

节水治污水生态修复先进适用技术 指导目录

科技部 环境保护部
住房城乡建设部 水利部

二〇一五年十一月

前 言

近年来，随着工业化、城镇化快速推进和全球气候变化影响加剧，我国水安全呈现出新老问题交织的严峻形势，水资源短缺、水灾害频发、水生态损害、水环境污染等问题愈加凸显，已经成为制约经济社会发展的突出瓶颈。自“十一五”以来，围绕节水、治污和水生态修复，国家和地方组织开展了大量的科技攻关，形成了一大批技术创新成果，有力地支撑和引领了相关领域工作进展。

为贯彻落实中央财经领导小组第 5 次会议精神，深入实施《促进科技成果转化法》、《水污染防治行动计划》和科技创业者行动，推动节水、治污、水生态修复等方面先进适用技术推广应用，提升科技对水安全保障支撑能力，科技部联合水利部共同组织开展了节水、治污、水生态修复先进适用技术成果的征集与筛选评估工作，具体技术审查评估工作委托中国环境科学学会开展。中国环境科学学会按照既定的工作流程，组织专家对征集到的 400 余项技术成果进行了多轮次的审查评估，筛选出 86 项代表性的技术成果。在环境保护部、住房城乡建设部的大力支持下，两部水专项办公室从“水体污染控制与治理科技重大专项”第一阶段实施以来产出的科技成果中评估筛选出 66 项相关先进适用技术。经整合修编，形成《节水治污水生态修复先进适用技术指导目录》（以下简称《技术指导目录》）。

《技术指导目录》包括节水、治污、水生态修复先进适用技术成果 152 项，其中节水技术 30 项，城镇污水治理技术 31 项，工业废水治理技术 50 项，农村及面源污染治理技术 14 项，水生态修复技术 19 项，监测与预警技术 8 项，入选技术均通过工程示范或用户使用等方式得到应用，并进行了第三方监测或检验，具备进一步推广的前景。

为便于使用者查阅和掌握整体情况，《技术指导目录》分为技术目录和技术简介两部分。第一部分技术目录中，每项技术由技术名称、技术内容和适用范围三部分组成。第二部分技术简介中较详细介绍了各项技术的具体内容、应用的典型案例、技术咨询单位信息等。由于时间有限，未对各项技术的技术经济指标和实际运行情况进行现场核实。

《技术指导目录》经专家评估评审和征求相关部门、地方意见后形成。任何机构使用本目录所列技术，请认真研究分析该技术在相关应用中的适用性，并根据《合同法》等相关法律法规，与技术咨询方约定双方权利义务，在技术交易和使用中严格履行供需双方的责任与义务。

目 录

第一部分 技术目录	1
第二部分 技术简介	58
一、节水技术	
1. 凝结水与乏汽闭式回收装置	59
2. 双室一级、二级除盐水处理技术	61
3. 循环冷却水高浓缩倍数运行关键技术	63
4. 节水型无镉铅蓄电池多阶段内化成工艺	65
5. 模块化排水及户内中水集成系统	68
6. 节能型自由侧翻式拍门	70
7. 光洁纳米级抗菌陶瓷免冲水小便器	72
8. 滨海大中型生活小区海水利用技术	74
9. 无洗衣粉洗涤循环用水新技术	76
10. 供水管网漏损监测与分析系统	78
11. 砂基雨水收集利用系统	80
12. 分散式“海岛-陆地”太阳能毛细管蒸发海水淡化器	83
13. 反渗透淡化差动式能量回收技术	85
14. 祛根防负吸抗堵塞地下滴灌灌水技术	88
15. 低能耗滴灌技术	90
16. 干旱绿洲灌区枣树冠层弥雾与根域水肥调控立体高效灌溉技术	92
17. 干旱区成龄葡萄微灌节水技术	94
18. 高效、环保、节水型静电喷雾技术	96
19. 果树优质丰产综合农艺节水技术	98
20. 寒地水稻节水控制灌溉技术	100
21. 节水型热雾施药技术	103
22. 精量滴灌关键技术	106
23. 内镶贴片扁平紊流压力补偿滴灌管滴头技术	108
24. 水稻节水减排防污综合调控关键技术	110
25. 新型压片式微喷灌溉技术	112
26. 苜蓿地埋滴灌灌水技术	114
27. 牧区饲草料地光伏提水滴灌技术	116
28. 东北玉米膜下滴灌综合配套管理技术	118

29. 精量灌溉决策与控制技术	120
30. 再生水滴灌系统防堵塞安全加氯技术	123
二、城镇污水治理技术	
31. 兼氧膜生物反应器技术	125
32. 以芽孢杆菌为优势菌的生物反应器污水处理工艺	127
33. 复合磁催化-膜生物一体化污水处理设备	129
34. 超磁分离水体净化技术	131
35. 多级生态净化污水治理技术	133
36. 改良分段进水工艺及优化调控关键技术	136
37. 高效自吸混合曝气技术	139
38. 微生物自固定化污水处理技术——曝气生物流化池	142
39. 污水物化-生化耦合处理工艺	144
40. 阵列式大排量臭氧水处理系统	146
41. 臭氧催化氧化与生物过滤联用污水回用技术	149
42. 小孔眼网格絮凝反应技术	151
43. 生物相容性碳纤维污水处理关键技术及其装备	153
44. 旋流剪切气泡曝气技术	156
45. 微好氧双膜处理技术	158
46. 膜生物反应器强化脱氮除磷技术	161
47. 小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术	163
48. 小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术	165
49. 山地小城镇污水自然曝气渠道式下水道处理技术	167
50. 小城镇污水序批式人工湿地处理技术	169
51. 山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术	171
52. 不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升级改造工艺技术	173
53. 厂矿区混排污水集成生态处理技术	175
54. 基于地表IV类水标准的再生水集成工艺技术	177
55. 不同途径回用的城市污水再生处理关键技术	179
56. 回用水补水条件下的水体水质保障关键技术	183
57. 分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术	185
58. 合流管网的源-流-汇综合降污集成技术	187
59. 老城区滨河带适宜性真空截污技术	189
60. 三相内循环生物膜处理技术	191
61. 好氧/准好氧单级自养脱氮高氨氮废水处理工艺技术	193

三、工业废水治理技术

62. 重金属废水处理及资源回收技术	195
63. 膜生物反应器-反渗透膜集成技术	197
64. 双旋流全封闭、短流程油田采出液回注处理工艺	199
65. 电镀废水深度处理及资源化利用技术	201
66. 发酵废水超低排放关键处理技术	203
67. 发酵糖蜜酒精废液生产液态生物有机肥资源化利用技术	205
68. 高性能吸油材料----高分子吸收剂	208
69. 工业废水电氧化处理技术	210
70. 工业废水在线检测与优化控制成套技术	212
71. 工业污水芬顿流化床深度处理技术	214
72. 含汞废水物化处理新工艺	216
73. 含硝基苯、苯胺污染物废水的处理方法	218
74. 含重金属高浓度氨氮废水资源化处理技术	221
75. 机械蒸汽再压缩污水处理技术	224
76. 节能型工业高氨氮废水处理技术	227
77. 利用余热资源化处理焦化脱硫废液技术	229
78. 高含盐废水综合治理技术	231
79. 同轴电絮凝水处理系统	233
80. 稀土磁盘分离净化废水技术	236
81. 印染废水治理及污泥减量新技术	238
82. 油田工业废水重核-催化强化絮凝净水技术	241
83. 蒸发、结晶法废水处理与资源化利用技术	244
84. 化工尾水膜法处理回用工艺	247
85. 含盐有机废水造粒焚烧技术	249
86. 化学氧化-曝气生物滤池联合废水处理技术	252
87. 高浓度难降解工业废水高效厌氧颗粒污泥反应器技术	254
88. 高浓度竹制品废水达标处理与资源化利用技术	256
89. 煤化工废水深度处理及回用集成技术	258
90. 高氨氮废液氨精馏回收技术	260
91. 化纤(腈纶)含氮, 氮-二甲基乙酰胺废水有毒有机物减排技术	262
92. 微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术	264
93. 生物定向转化采油污水难降解组分处理技术	266
94. 缺氧/好氧偶合生物载体与多参数联合调控强化脱氮关键技术	268

95. 制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术	271
96. 硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术	273
97. 锌冶炼过程提高镉回收率新工艺	275
98. 湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术	277
99. 硫酸法钛白粉酸性废水除铁降钙回用一体化技术	279
100. 硫铁矿制酸厂酸性含砷废水循环利用技术	281
101. 生物制剂深度处理重金属废水及资源化技术	283
102. 载体复配序批式活性污泥法强化生物脱氮技术	286
103. “前置水解酸化+强制内循环改良上流式厌氧污泥床反应器+填料循环 式活性污泥法+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术	288
104. 废纸造纸废水集成技术	290
105. 印染综合废水集成技术	292
106. 生化尾水磁性微球树脂吸附深度处理技术	294
107. 适度催化氧化联合生物处理的保障技术	296
108. 城镇污废水协同处理技术	298
109. 工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术	300
110. 高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术	303
111. 超临界水氧化处理危险废物及污泥技术	305

四、农村及面源污染治理技术

112. 农药面源污染微生物原位修复技术	308
113. 农业面源污染末端砾间接触氧化和人工快速渗滤组合技术	310
114. 人工快速渗滤污水处理系统	312
115. 保温式土壤渗滤系统处理农村生活污水技术	314
116. 山地果畜结合区面源污染控制技术	316
117. 稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术	318
118. 基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库 增容技术	320
119. 富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术	322
120. 养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术	324
121. 生活污水多介质土壤层耦合处理技术	326
122. 立体循环一体化氧化沟技术	328
123. 复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术	330
124. 易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术	333

125. 微藻处理畜牧业养殖废水资源化利用技术	335
-------------------------------	-----

五、水生态修复技术

126. 人造生物膜-强化污水处理剂污泥减量新技术	337
127. 高效水生态修复集成技术	340
128. 灌注型植生卷材护坡及绿化技术	342
129. 湖泊退塘还湖区湿地生态系统修复集成技术	345
130. 一种新型人工湿地技术	347
131. 生态护坡技术	350
132. 无灌溉管件防护荒漠造林技术	352
133. 植物固沙机种草技术	355
134. 生态节水型灌区构建技术	357
135. 北方寒冷地区厌氧好氧工艺法—人工湿地污水处理耦合工艺研究与应用	360
136. 湖口区污染物拦截前置库构建技术	362
137. 湖滨-缓冲带生态建设成套技术	364
138. “稳定塘—湿地”尾水生态净化技术	366
139. 一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船技术	368
140. 大型仿生式水面蓝藻清除技术与设备	370
141. 洱海水生植被防退化技术	372
142. 基于水质保护的洱海鱼类群落结构调控技术	374
143. 城区河流水质净化与生态修复集成技术	376
144. 城市河湖水系水质保障与修复技术	378

六、监测与预警技术

145. 流域水环境突发型风险预警与控制技术	380
146. 浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术	382
147. 基于主动性指标选择的河流健康综合评估技术	384
148. 山区水库型控制单元水质目标管理技术	387
149. 河网型控制单元水质目标管理技术	389
150. 城市河段控制单元水质目标管理技术	391
151. 感潮河段控制单元水质目标管理技术	393
152. 北方缺水型河流水质目标管理技术	395

第一部分 技术目录

技术编号	技术名称	技术内容	适用范围	页码
一、节水技术				
1	凝结水与乏汽闭式回收装置	该技术在蒸汽间接换热系统的换热设备后端，将由蒸汽换热降温形成的高温凝结水采用全封闭的方式集中收集后，经离心泵或汽/气动力泵加压输送至用户使用。以某采暖系统节能技术改造项目为例，项目总投资约 190 万元，其中设备投资 120 万元。年回收凝结水 56 万吨，凝结水回收率达到了 92.6%。年运行费用 50.35 万元，吨水运行费用为 0.89 万元。	石油、石化、化工、火电、冶炼等行业。	59
2	双室一级、二级除盐水处理技术	阳、阴高流速双室床体上室装入弱型树脂，去除掉水中 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ （暂硬）的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 阳离子，下室装有强型树脂，去除掉水中剩余的阳离子和阴离子。一级除盐出水电导率 $\leq 0.2\mu\text{S}/\text{cm}$ ，二级除盐出水电导率 $\leq 0.1\mu\text{S}/\text{cm}$ ；树脂清洗间隔可延至 3a；再生酸碱比耗低，能实现单元制匹配运行，节省酸碱中和费用 30%；自用水耗 $< 5\%$ ，树脂损耗为 2%。	电力、石油、化工、电子、冶金、纺织、医药等行业一级、二级除盐水处理。	61
3	循环冷却水高浓缩倍数运行关键技术	该技术以水为溶剂，以钨酸盐为催化剂，用 H_2O_2 氧化马来酸（酐）的方法制得环氧琥珀酸盐（ESA）。将 ESA、丙烯酸、磺酸单体按一定的比例进行反应，合成具有可生物降解性的高效水处理缓蚀阻垢分散剂，可解决高浓缩倍数运行的腐蚀、结垢问题。水蒸汽在 S 形管道中凝结产生大量的冷凝水，经分离后输送回循环冷却水系统，可将蒸发损失降到 1.0~1.2%。采用该技术，工业循环水系统的浓缩倍数由原来的 2.0~3.0 提高到 6.0~8.0；水的重复利用率可达 97%；污水外排达标率可达 98%。	石油化工生产过程中循环水系统。	63
4	节水型无	该技术采用铅钙无镉合金、网格状	铅酸蓄电池电	65

	镉铅蓄电池多阶段内化成工艺	板栅结构、短时高温和膏及固化技术以及大电流间歇脉冲充电内化成工艺，替代极板外化成工艺，使铅蓄电池实现无镉化，同时提高了电池初始容量，延长了使用寿命。生产过程无清洗和二次干燥极板作业，从工艺源头上削减含铅废水产生量，达到节约用水 90%，节约用电 28%，减少含铅、酸废水排放 90%的效果。按生产每万 KVAh 电池计算，节约用水 900t。每万 KVAh 投资费用为 51.6 万元，运行费用为 9.7 万元。	池极板制造及组装生产。	
5	模块化排水及户内中水集成系统	该技术采用集同层排水与户内优质杂排水收集、储存、过滤、消毒、自动回用冲洗马桶为一体的排水及户内建筑中水集成装置。该装置去除水中的悬浮物、细菌、病毒等，水质满足生活杂用水要求。使用该系统后，三口之家可减少污水排放 36 m ³ /a。投资为 3000 元，每月耗电量约 1kW·h；每 30-40d 投加 1 次消毒药剂；年运行费约 44 元。	新建、改建、扩建的住宅、宾馆、公寓等建筑内的卫生间排水及建筑内中水回用。	68
6	节能型自由侧翻式拍门	该技术根据力学原理，将门体铰轴竖向布置并向里倾斜一定角度，利用门体自重的水平分力作为闭门的动力，达到减小拍门的开启阻力和自动关闭的目的，解决了自由悬挂式拍门无自闭能力的问题。该技术可用于防洪排涝、河流储水防旱。以湖南省湘江风光带九华段防洪堤为例，项目总投资约 32 万元，其中原材料 18 万元，加工费 4 万元。无运行费用，产品使用寿命可达 30a 以上。	各水利设施与泵站机井建设及改造工程。	70
7	光洁纳米级抗菌陶瓷免冲水小便器	该技术在光洁纳米级陶瓷表面喷涂纳米级钙系抗菌釉料，采用“无铰链弹性体单向阀”，通过密封挡板自动开启闭合，结合自身重力形成密封，阻隔小水道异味上返。每台免冲水小便器价格约 1500 元-2400	公共厕所、移动公厕等公共卫生场所。	72

		元，每年可以节水 400t。6-12 个月芯体更换 1 次，年运行成本≤100 元。		
8	滨海大中型生活小区海水利用技术	该技术利用海水替代淡水作为居民生活杂用水（主要用于冲厕）。海水抽取后输送至海水净化系统，经净化消毒处理后，再输送至配水池或用户。供应的海水需达到以下水质标准：浊度≤5NTU，SS≤10mg/L，色度≤30，氨氮≤2mg/L，BOD ₅ ≤10mg/L，阴离子洗涤剂≤1mg/L，DO≥2mg/L，大肠杆菌≤10 个/mL。利用海水作为生活杂用水可节约 30% 左右的生活用水。以青岛隆海·海之韵 46 万 m ² 大生活用海水工程为例，海水供应量为 1000t/d，吨水投资为 0.471 万元，运行成本<1 元/t。	沿海城镇、海岛地区新建居民区、旅游区、工业园区等。	74
9	无洗衣粉洗涤循环用水新技术	该技术采用电化学、物理化学原理及多次电解置换工艺，将洗涤与水净化处理进行一体化设计，利用羟基自由基的氧化作用，对污渍等有机物进行强氧化降解，达到洗涤去污降解、消毒杀菌、增白的作用。水循环利用率 95%，节约热能 80%。单台设备（100kg）投资 48 万元，年运行成本 5 万元左右。	酒店、医院、铁路、公路洗涤布草服务的专业洗衣房和大型专业洗涤公司。	76
10	供水管网漏损监测与分析系统	该系统由三层设备、两级通道以及一套系统构成。关键技术为 ANN 类神经网络算法、GIS 实时检测 DMA 分区、自动标定技术、夜间最小流量监测等。其中计量设备采用量程比为 R160 的高精度电子式水表，应用了磁隧道结（MTJs）中的 TMR 效应，可计量累积流量、瞬时流速，为系统的夜间最小流量监测提供支持。根据已运行项目结果，在 2.8 万 m ² ，建筑面积为 15.8 万 m ² 的工业园区，该系统可降低管网漏损率 5%。	供水管网漏损监测，学校、医院、企事业单位等的节能监管平台。	78

11	砂基雨水收集利用系统	以沙漠沙为主要原材料，制成具有微米级孔隙透水滤水功能和具有透气防渗功能的两大系列产品，并集成“收蓄滞净用排”于一体的雨水收集利用系统。出水水质可达到地表水水质Ⅲ类标准，其中透水滤水类产品的透水速率达 2.45m/h，SS 去除率≥85%，COD _{Cr} 去除率≥75%；透气防渗类产品的防水高度达 39.5 m。该技术综合造价为 1600-2500 元/t，运行和维护成本为 0.1 元/t。	建筑与小区、城市道路、城市绿地与广场、城市水系的雨水收集利用工程。	80
12	分散式“海岛-陆地”太阳能毛细管蒸发海水淡化器	该技术利用活性炭纤维发达毛细管的毛细作用，将海水吸附到较大的比表面上，形成立体的蒸发表面，同时利用太阳能将水份蒸发到密闭的透光罩体内，防止水蒸汽外泄，并利用罩内设置的海淡水冷凝板将水蒸气冷凝成淡水排出，达到海水淡化的目的。出水可达《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006），咸水脱盐率>95%，海水淡化脱盐率>98%。日产水量 100L/d 的项目，总投资约 27.6 万元，吨水投资费用为 0.0325 元，吨水运行费用为 0.041 元。	海岛和高盐（苦涩）水淡化。	83
13	反渗透淡化差动式能量回收技术	该技术利用液压缸内活塞两侧面积及液体压力不同产生推力，推动活塞运动，从而实现反渗透浓水和给水的能量交换，进而实现淡化过程浓水压力能的回收利用。单台装置处理流量为 5-100m ³ /h，通过并联可实现规模放大。其能量回收装置的主要性能为：能量回收转换效率>93%，高压出口压力波动<0.05MPa/s，混合率<1%，噪声<72dB（A）。	反渗透淡化差动式能量回收技术可用于反渗透高压浓盐水能量回收、液体余压回收等领域。	85
14	祛根防负吸抗堵塞地下滴灌灌水器技术	该技术通过在灌水器中加入适量的氟乐灵，在灌水器工作时，按一定速率以蒸汽形式释放出来，从而防止出水孔及流道被堵塞；采用窄缝出水口及圆弧状紊流流道技术，解决负压吸泥堵塞问题。该产品自洁	灌溉农业地区，尤其是西北半干旱干旱地区农业高效节水农田。	88

		净率达到 85%以上, 抗负压微粒吸入性能提高 20%; 流量均匀性达到 3.02%, 流态指数为 0.456, 符合《农业灌溉设备滴灌管技术规范 and 试验方法》(GB/T17188-1997) 标准要求。经推广应用, 亩均投资为 700 -900 元; 人工费约 200 元/亩, 电费约 140 元/亩; 产品使用寿命 8-10 年。		
15	低能耗滴灌技术	该技术运用低压全自动自吸清洗网式过滤器与低压小流量滴灌带的配套使用, 滴灌系统先通过低压全自动自吸清洗网式过滤器过滤, 在 15 m 工作水头下全自动高效反冲洗, 较现状滴灌压力降低 5-10m, 田间使用的低压小流量滴灌带, 其标称流量<6L / m·h, 工作压力低于 5m, 灌水均匀度>90%。该技术与常规大田滴灌相比, 工程造价低, 系统运行能耗降低 20-30%, 可实现节水 10%, 降低运行成本 10-15%, 增产 10%。	干旱、半干旱地区大田作物滴灌。	90
16	干旱绿洲灌区枣树冠层弥雾与根域水肥调控立体高效灌溉技术	该技术以调控枣园温湿度和枣树根区水肥分布为核心的立体灌溉技术, 由冠层弥雾和根域水肥调控技术组合而成。在运行费相同时, 与常规灌溉技术相比, 可节水 20-30%, 节肥 15—20%, 坐果率提高 8-12%, 增产 10%以上, 该技术亩均材料费用 3000 元, 正常运行 3a。	枣树冠层弥雾技术适用于盛花期时高温低湿的枣园; 根域水肥调控技术可适用于干旱绿洲区的果园。	92
17	干旱区成龄葡萄微灌节水技术	该技术将微灌技术应用于成龄葡萄园中, 根据葡萄园不同土壤质地和根系分布范围, 确定壤土和戈壁砾石土壤的地下滴灌田间毛管, 采用一沟两管和一沟三管的布置方式, 滴头间距宜在 40cm 左右, 滴头流量在 2.2L/h 左右; 根据葡萄生育期需水规律与耗水特征, 确定葡萄灌溉定额为 670 m ³ /亩左右, 灌水定额 30 m ³ /亩, 灌水次数 20 次, 葡萄埋墩水采用传统沟灌。该技术应用后,	干旱地区葡萄栽培区灌溉。	94

		较传统灌溉方式节水 40%，增产 20%，节肥 20%左右。		
18	高效、环保、节水型静电喷雾技术	该技术通过对高压静电场参数的优化设计，使喷洒的雾滴带有电荷，这些带电雾滴顺着电力线的运动方向“环卷缭绕”吸附于植物茎叶的各个部位，达到沉积效率高、雾滴飘移散失少（雾滴利用率达 90%以上）的效果。与传统产品相比，实现节水省药均在 30-50%以上。其背负式、车载式、喷杆式三种产品每台年作业亩次分别为：200 亩、2500 亩、5000 亩；可节省农药成本分别为：0.12 万元、1.5 万元、3 万元；可节省用水分别为：4.8m ³ 、60m ³ 、120m ³ ；可节省农药分别为：6kg、75kg、150kg；达到经济效益分别为：0.55 万元、2.21 万元、1.96 万元。	农作物、禽畜病虫害防治；水源地环境保护消毒杀菌；防洪抗震救灾杀毒防疫。	96
19	果树优质丰产综合农艺节水技术	该技术包括“灌溉果园果树根域有机肥局部改良、树冠下起垄覆膜（园艺地布）、小沟适时交替灌溉技术”和“旱地果园树冠下起垄覆膜、行间覆草集雨保墒技术”。通过因地制宜的利用农艺节水措施，早春提高地温、减少水分蒸发，夏季集水、排水，保持根域土壤水分稳定，调节了自然降水与果树需水的矛盾、提高果实品质和产量。果园应用该技术每亩每年较常规灌水节水 160-180m ³ ，节约用电投入 16 元，减少 5 个工日除草和灌溉的劳动用工，节约投入 200 多元；果实可溶性固形物含量提高 0.8~1.6 度，优质果率达 88%，肥料利用率提高 30%以上。	灌溉果园和旱塬水养果园。	98
20	寒地水稻节水控制灌溉技术	该技术以不同生育期调亏型根层土壤水分下限阈值作为控制指标替代常规水层管理指标，确定灌水时间和灌水定额。灌水上限不超过 30mm，下限视各生育期需水敏感程	东北三省寒地水稻种植区。	100

		度，按土壤饱和含水率的 60-90%进行调亏组合，蓄雨深度不超过 50m m。该技术集成各灌溉因子提出了 10 个灌溉分区的技术组合模式。与常规灌溉相比，灌溉净定额下降 33%，亩节水 150~200m ³ ，亩增产 5-10%，病株率降低 43%，病叶率降低 42%，杆茎壁厚提高 30%，茎节充实度提高 20%以上，减少返青-分蘖期灌水 1~2 次，减少稻田甲烷等温室气体排放 29.6%。同时，水稻食味、外观和加工品质指标均好于常灌水稻。		
21	节水型热雾施药技术	该技术利用凝结核热雾沉降原理，通过热雾机械形成的高温高压气体，将农药及热雾稳定剂形成含药热雾团，在目标空间内形成气溶胶，到达靶标，进行病虫害防治。与农民常规施药方法相比，该技术可一次喷施农作物面积 10 亩以上，平均每亩施药节水 29.5kg 以上，为传统施药方法的 1/60；用药量只有常规施药的 1/10，显著降低农药施药形成的水土面源污染。施药效率单人平均每小时可达 40 亩。	水资源匮乏地区作物病虫害防治。	103
22	精量滴灌关键技术	该技术关键部件——“双面齿形高效能内镶片式灌水器”，采用高温下模具一次注塑成型，制造偏差小于 1%，紊流流道的结点处倒角 R 大于 0.2mm。选择 U 型出水孔，提高滴头抗负压堵塞性能；采用双面流道对称结构，提高滴头拣选精度，减少反片、倒片及产品故障率。优化结构参数和注塑材料及加工工艺，提高过滤器吸污能力、传动效率和其强度等级；加设过滤器压差报警器系统，实现实时监控，及时清洁的目的。与常规滴灌相比，节水 55.6%，节肥 22.6%，能耗降低 12.8%，年运行费用降低 16.0%，单方水运行费用为 1.24 元，降低 0.44	经济作物、粮食作物、林果及温室等高效水肥一体化灌溉。	106

		元。		
23	内镶贴片扁平紊流压力补偿滴灌管滴头技术	该技术在滴头调节区内设计有条状柔（弹）性膜片，在柔（弹）性膜片下设计有双紊流水道。该产品在工作压力范围中值为入口压力时，流量变异系数小于 5%，滴水元件属 A 类均匀度产品，铺设长度为 100—500m。经推广应用，该技术产品年均节水 205.8m ³ /亩；亩均投资为 800—1000 元，可持续使用 8—10 年；年均运行费用为：人工费约 200 元/亩；电费约 140 元/亩。	地形复杂、坡度较大、水质较差的丘陵山区及沙漠地区的滴灌。	108
24	水稻节水减排防污综合调控关键技术	该技术采用节灌、节肥、控排及人工湿地综合技术为核心的农业面源污染污水处理组合工艺，即田间采用水稻“薄、浅、湿、晒”灌溉和水肥耦合技术，田间排出的污水再通过灌溉—排水—湿地综合管理系统进行净化。该技术可实现水稻灌溉节水 220m ³ /亩、增产 20kg/亩，减少肥料、农药支出 5%，减少农田排水中氮、磷元素的流失 30%，对早稻总氮去除率 43%，总磷去除率 54%；晚稻总氮去除率 64%，总磷去除率 79%。以 10000 亩估算田间渠系农田改造费 51 万元，人工湿地建设费 1.6 万元/亩，年运行费用 5.5 万元。	南方稻区农业面源污染防控。	110
25	新型压片式微喷灌溉技术	该技术是以新型压片式微喷带为主体的作物灌溉技术：压片式微喷带通过压边热合设备，使两片聚乙烯塑料薄片很好的融合结为整体，并利用机械打孔设备在上片打孔而形成。以建平县八家农场柴达木村微喷带节水灌溉工程为例，项目区估算总投资 22.4 万元，两年平均每年每亩节约灌溉水量约 80m ³ ，亩产量增加 140kg，平均每亩可增加效益 300 余元。	各种矮棵作物灌溉和高秆作物苗期灌溉。	112
26	苜蓿地埋	该技术采用地埋滴灌灌水方式对苜	水资源短缺紫	114

	滴灌灌水技术	苜蓿进行灌溉，其原理是灌溉过程中水通过地埋滴灌带上的灌水器缓慢渗入苜蓿根系附近土壤，再借助土壤毛细管作用或重力扩散到整个根层；内蒙古鄂尔多斯市鄂托克前旗250亩紫花苜蓿地埋滴灌每年刈割3茬，年产干草20万kg，比喷灌条件增产12.5%，节水21.8%，节水增产效果显著。	花苜蓿种植区。	
27	牧区饲草料地光伏提水滴灌技术	该技术包括光伏提水系统设计、田间滴灌管道布置、灌溉制度、作物品种选择等。本技术在内蒙古达茂旗典型牧户家庭草场运行多年。经测算，示范影响区域面积达350km ² 。典型牧户应用效果：灌溉水利用率由0.45提高到0.86，提高了91%；灌溉保证率由不足50%，提高到75%以上；综合产量（干草、鲜草）提高了15倍；饲草料销售收入提高了4.4倍。	内蒙古中部干旱牧区、半农半牧区家庭规模饲草料地种植区域。	116
28	东北玉米膜下滴灌综合配套管理技术	该技术由移动首部施肥技术、膜下滴灌系统施肥灌溉运行管理技术、膜下滴灌玉米综合配套集成技术等构成。移动首部施肥技术着力解决了动力配合、过滤与施肥装置选配等关键问题，膜下滴灌系统施肥灌溉运行管理技术，提出了膜下滴灌玉米的适宜施肥灌溉管理模式。膜下滴灌玉米综合配套集成技术实现了适宜种植模式、机械化耕作、灌溉施肥管理、化控技术等技术的综合集成。经测算，玉米膜下滴灌综合配套技术与常规管理相比可使玉米生育期内土壤积温平均增加13.2℃，累积降低蒸发46%，田间水利用率提高15%，肥料利用率提高14.8%，产量增加10-25%。	东北地区大田作物灌溉，尤其是采用膜下滴灌技术的玉米。	118
29	精量灌溉决策与控制技术	该技术通过对作物生理生态、土壤水分状况以及田间小气候的观测和监测，详尽分析作物生长状况，综合反映作物需水程度，以指导灌溉	干旱、半干旱区域的农业、园林等灌溉管理。	120

		的“适时”和“适量”。与来源于精准农业的精准灌溉相比，精量灌溉更精细地考虑了作物生长环境中气象、作物和土壤状况，同时在优质高产的农业生产目标下，考虑适度非充分灌溉。该技术与常规大田灌溉相比，系统运行能耗降低 20-30%，可实现节水 30%，降低运行成本 10-15%，增产 10% 以上。		
30	再生水滴灌系统防堵塞安全加氯技术	该技术针对再生水滴灌系统运行过程中细菌、藻类及有机物等化学物质形成的生物堵塞，利用氯的强氧化作用，定期对再生水进行加氯处理。该技术可使再生水中 99.9% 以上的细菌被杀死，连续 2500h 的系统运行试验表明，加氯处理可减轻灌水器堵塞 8-35%，系统均匀系数平均提高 9.5%，灌水器堵塞状况明显改善，且对作物生长和产量未产生不利影响。对于设施农业的可重复使用滴灌带而言，使用寿命增加 3 年以上，按滴灌带投资 500 元/亩计算，年节约系统投资 480 元/亩。	以二级处理再生水为水源的大田和设施农作物滴灌系统以及园林绿地滴灌系统。	123
二、城镇污水治理技术				
31	兼氧膜生物反应器技术	该技术通过建立兼氧环境，培养驯化出高浓度的兼性微生物菌群，在微生物的新陈代谢作用下，实现有机污泥近零排放、气化除磷、厌氧氨氧化脱氮，同步去除 C、N、P；出水可回用于绿化、景观等杂用水。占地面积为常规工艺的 1/5~1/10；无有机剩余污泥排放；不需专业人员现场管理；综合投资约为常规工艺的 40%、运行成本约为常规工艺的 80%。以日处理 500t 的生活污水为例，吨水投资费用约为 4000 元，吨水电费为 0.25 元，主体设备寿命 10 年以上。	不便接入集中管网区域及湖泊等地区的生活污水、养殖及印染等工业有机废水处理。	125
32	以芽孢杆菌为优势菌的生物	该技术使用 Bacillus 菌（芽孢杆菌属）作为系统的优势菌属，采用生物膜法（BBR 装置）和活性污泥法	各种生活污水、工业废水和垃圾渗滤液	127

	反应器污水处理工艺	（曝气池）相结合的组合生化处理工艺，BOD ₅ 去除率93%以上，COD _{Cr} 、氨氮、TN、SS、TP去除率均达90%以上。出水可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准。总能耗较传统工艺节省20~30%；系统占地面积是传统活性污泥法系统的50%~70%，易实现自动控制；污泥产生量是传统活性污泥法的50%~70%。日处理10万吨的污水处理厂建设投资1500元/m ³ ，运行成本0.25元/m ³ ，吨水电耗0.2kW·h/m ³ 。	的处理。	
33	复合磁催化-膜生物一体化污水处理设备	该技术是一种集膜生物反应器（MBR）和序批式活性污泥技术（SBR）于一体的撬装式污水处理设备，是对膜生物反应器进行SBR间歇式控制改良，在维持活性污泥高浓度的情况下，实现精确的厌（缺）氧和好氧的过程控制，使S-MBR具有更加优异的脱氮除磷效果。技术指标：进水SS≤200mg/L，出水SS<10mg/L；进水COD _{Cr} ≤400mg/L，出水COD _{Cr} <50mg/L；进水BOD ₅ ≤150mg/L，出水BOD ₅ <10mg/L；进水氨氮≤50mg/L，出水氨氮≤10mg/L。日处理量120m ³ /d，建设投资70万，吨水运行费用为0.4元-0.6元。	居民小区、新农村聚居点、学校、旅游景点、高速公路48服务区、酒店、医院及工业园区生活污水等的处理及回用。	129
34	超磁分离水体净化技术	该技术将不带磁性的水体悬浮物赋予磁性，然后通过超磁分离机进行固液分离，使水体得到净化；水体中分离出来的泥渣经磁种回收系统分散、脱磁后实现磁种与泥渣的分离，磁种再循环使用。进水SS在400~500mg/L的情况下，出水SS≤15mg/L；进水TP=2-4mg/L的情况下，出水TP<0.05-0.5mg/L；进水油≤50mg/L的情况下，出口油≤5mg/L，非溶解性COD _{Cr} 的去除率>80%。日处理水量20000m ³ /d的市政污水厂建设投资1000万，吨水运行	河道湖泊水体的富营养化治理、市政污水的一级强化处理、煤炭行业矿井水处理、油田采出水处理、水污染事故应急处理、以及其它工业水处理等。	131

		费用为 0.1-0.3 元。		
35	多级生态净化污水治理技术	该技术基于多级生态净化及营养梯级利用原理，在传统人工湿地基础上，通过对水解酸化、水生植物保温无土栽培、生物接触氧化、浮游生物净化及人工湿地技术等单元技术进行集成，逐级将废水中污染物降解成为异样微生物的有机养分，依从食物链关系充分地转化为微生物体及二氧化碳和水，最终实现有效净化。该技术污染物去除率分别为：BOD ₅ 45-85%、COD _{Cr} 55-75%、SS50-80%、NH ₃ -N 40-70%、TP70-80%。日处理污水 300t，总装机容量 2.6kW，运行 8h/d 耗电量 30.6kW/d，运行成本 0.125 元/t。	农村生活污水处理、城镇生活污水处理、畜禽有机废物处理和利用。	133
36	改良分段进水工艺及优化调控关键技术	该技术针对脱氮除磷或脱氮为目标，分别采用 A ² /O 分段进水或多段 A/O 分段进水工艺。A ² /O 分段进水工艺由厌氧区+多段缺氧/好氧区组成；多段 A/O 分段进水工艺则省去厌氧区。该技术充分利用原水碳源，并省去内循环及其携带的溶解氧对厌氧/缺氧环境的影响。以三段式为例，在流量分配比为 40%、30%、30%，污泥回流比为 100%，HRT 不长于普通 A ² /O 的条件下，TN 去除率≥80%，TP 去除率≥90%，出水指标优于国家一级 A 排放标准。日处理 5-30 万 m ³ 的污水处理厂基建投资≤2000 元/ m ³ ，运行成本≤0.5 元/ m ³ 。	处理城市污水或工业废水，可应用于新建城市污水处理厂，或因出水水质不达标、面临升级改造的旧污水处理厂。	136
37	高效自吸混合曝气技术	该技术将机械运动和水力特性相结合，充分利用流体构件空间，优化叶轮结构设计，利用叶轮旋转时的离心力，将深层的泥水混合体吸汲上提的同时，负压区吸入大量空气，注入水、气、固三相混合管内，水、气、固充分混合、传质后呈水雾状周向喷射，形成表层旋流，同时因为吸汲管的连续不断地	城市生活污水、工业废水等污水处理的好氧生化工艺。	139

		上提，形成上下环流，达到势能和动能相互转换的最佳效果，其理论动力效率高于 3.5 kgO ₂ /kW·h、能效比值高于 2.8kgO ₂ /kW·h，生化池的有效水深≥6m。同等能耗条件下，生物池节约占地面积 30%，理论动力效率提高近 50%，可节电 30%。		
38	微生物自固定化污水处理技术—曝气生物流化池	该技术采用先进的微生物与载体自固定化技术，将生物菌群固定在载体中，可对有机物、氮、磷等污染物同步去除。载体微生物负载量最高可达 40g/L，容积负荷最高可达 16kgBOD ₅ /m ³ ·d。COD _{Cr} 去除率>90%，氨氮去除率>95%；出水水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级 A 标。曝气生物流化池可休眠，启动迅速。日处理 5000m ³ 的工程总投资约 135 万元，吨水运行成本约为 0.68 元。	分散式生活污水处理、中型污水厂提标改造等。	142
39	污水物化-生化耦合处理工艺	该技术采用微膜过滤与污泥脱水一体化系统，污泥可直接脱水至含水率约 80%，同时强化去除微生物难降解污染物，大幅减轻生物处理负荷。生物过滤处理工艺对溶解性有机污染物、氮类和悬浊质起到进一步去除作用，实现污水高效低碳处理。工艺抗冲击负荷能力较强，适应低温、低碳氮比水质条件。出水水质可根据需要达到国家一级 A 标准。占地面积与常规工艺相比可节约 60-75%，吨水投资费用约为 1800 元，吨水运行费用约为 0.45 元。	城镇生活污水与工业废水处理。	144
40	阵列式大排量臭氧水处理系统	采用阵列式分布控制，形成大排量臭氧产生系统，将多个较小规模的臭氧发生器按照阵列式分布，允许小规模臭氧发生器之间存在击穿时间差异，从而保证系统产生臭氧的整体水平；采用自动检测装置对臭氧输出量进行在线检测并控制脉冲信号、报警显示的调整，充分发挥臭氧发生装置的能力，即使在系统	饮用水、工业废水、医疗废水、养鱼塘水、游泳池水等水处理以及农业灌溉、农田土壤去农药残留等。	146

		性能下降时也可使水中的臭氧浓度保持较为稳定的水平，可延长臭氧装置的维修和更换周期。主要技术指标：臭氧质量浓度 200 g / m ³ 、臭氧产生量在 50kg / h（单台）以上、臭氧合成率为 150g/kW·h、处理能力≥5t/h 水。		
41	臭氧催化氧化与生物过滤联用污水回用技术	该技术以臭氧催化氧化及高效生物过滤处理技术为关键技术，整合了曝气生物滤池、臭氧催化氧化、生物活性炭处理技术，充分发挥其协同增效降解污染物作用，保障出水水质。出水可以既可满足生活杂用，也可经深度处理后作为锅炉用水。对于日处理能力 4800 吨的示范工程，工程总投资为 480 万元，系统原水（二级生物处理出水）COD _{Cr} 为 70-100mg/L，出水 COD _{Cr} 浓度为 4 -7mg/L，COD _{Cr} 削减率 90-96%；原水 SS 平均为 50mg/L，处理后水 SS<5mg/L，SS 削减率>90%。	经过二级生物处理后的市政污水或工业废水等。	149
42	小孔眼网格絮凝反应技术	该技术包括混合、絮凝、沉淀三项单元工艺的专有技术。投加絮凝剂后的二沉池出水经过混合器充分混合后，进入小孔眼网格絮凝池进行絮凝反应，来水中的悬浮物和磷经过反应后形成矾花，再通过沉淀池的澄清去除。与传统工艺比，该技术升级改造旧污水厂，在不增加构筑物容积情况下，可使处理量净增 75%-100%。该工艺段的吨水处理成本 0.12 元-0.15 元，吨水投资成本约 120 元。	城市污水处理厂再生水回用和已有污水厂升级改造。	151
43	生物相容性碳纤维污水处理关键技术及其装备	以生物相容性碳纤维为主的水质净化材料与其他传统工艺技术进行有机结合，形成多种（膜组件、SB R、A ² /O 等）污水处理反应器和装备，通过生物膜新陈代谢实现水体中污染物的去除。该材料比表面积为 1000m ² /g；生物亲和性好，微生物挂膜时间为 3 天；COD _{Cr} 和氨氮	生活污水处 理；河湖水库等微污染水体修复；制药、化工和畜禽等高浓度废水处理等。	153

		去除率 80%左右；微污染水体修复成本为 5-50 元/m ² ，流动水 200-600 元/ m ² ，高浓度废水 600-1000 元/m ³ ；机械强度为 4.9GPa；寿命 15 年。该材料处理 1gCOD _{Cr} 和氨氮所需成本分别为 0.92 元和 15.1 元。根据不同水质，该技术和装备五年内处理污水的综合运行成本为 1.11~1 8.2 元/吨。		
44	旋流剪切气泡曝气技术	该技术采用大孔条缝高速喷射配气、旋流剪切，实现了多级气泡切割、拖拽、立体缓释扩散综合作用碎泡，使气泡大小更合适，分布更均匀。其氧利用率 20%以上，动力效率 4.609kg/kW·h，阻力损失<12 0Pa，服务面积 0.3-1.0 m ² /套，运行水深>3m，曝气流量 0.5-3.5 m ² /h 套，点阵间距 600-800mm。用于好氧生物处理提供有效的氧量，同时对 SS、COD 的去除有一定的效果：SS 去除率>65%，COD _{Cr} 去除率可达到 70%，氨氮去除率可达到 27.2%。处理水量规模 10000 m ³ /d 的项目，总投资 10 万元，其中设备投资 6 万元，运行费用 0.8 万元/年。	活性污泥法、生物膜法、SB R 及其变型工艺以及 MBR 等新建污水厂，也可用于老污水厂技术改造与更新	156
45	微好氧双膜处理技术	该微好氧双膜处理系统是传统膜生物反应器与生物膜反应器的耦合。膜生物反应器（MBR）具有污染物去除率高、出水水质好等优点，但膜组件价格高、能耗高，且膜易污染的缺点。研究开发的微好氧双膜处理系统利用廉价粗网材料代替传统微滤膜，采用重力出水和低曝气量，降低了成本和运行费用，且能有效缓解膜污染；在系统中加入纤维填料，实现较好的微好氧环境，并通过连续进水、间歇曝气实现同步硝化、反硝化，最终达到 COD _{Cr} 、TN、TP 的同时去除。该系统充分利用微好氧生物群落对冲击负荷的优异适应性，实现废水污染物的持续高效去除。该技术运行操作简	处理冲击负荷大及含部分油污污染物的生活污水。	158

		单，一次性投资低，仅为常规膜生物反应器的 1/5。		
46	膜生物反应器强化脱氮除磷技术	该技术由厌氧-前缺氧-好氧-后缺氧-膜池构成，利用膜对微生物的高效截留，使高浓度的硝化菌截留在反应器内，提高硝化效果；高污泥浓度可以实现同时硝化反硝化；设置后缺氧段强化内源反硝化，其脱氮贡献达到 15-20%，实现总氮的深度去除；利用膜对胶体磷的截留，提高除磷稳定性；脱氮除磷效果明显高于传统生物脱氮除磷工艺；与传统生物脱氮除磷工艺相比，占地节省约 30%，剩余污泥产量减少 20-30%；应用于日处理万吨级规模的城市污水，吨水工程投资为 2500-3500 元，吨水能耗 0.5-0.65kWh。	城市污水处理厂一级 A 提标改造新建或改扩建工程，或需对污水进行再生回用的工程，或土地资源紧张的地区。	161
47	小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术	以水解-好氧生物处理为核心的污水生化处理工艺，利用水解工艺替代功能单一的初沉池，不仅提高了污染物处理率和污水生化性能，还特别适应小城镇水质波动较大特点；利用 SBR 改型工艺，具有占地面积小、结构紧凑、可实现工艺脱氮除磷，且省掉二沉池等特点，对寒冷小城镇具有较好的适应性。	北方地区小城镇。	163
48	小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术	针对传统土地处理技术处理效率低、易堵塞，不能脱氮除磷，占地面积较大，夏季滋生蚊蝇，有一定气味等突出问题，开发了土地处理系统进水预处理技术、耕作层下污水土地自然净化系统构造的优化技术、耕作层下污水土地自然净化系统防堵塞技术、污水土地自然净化系统顶部的综合利用技术等，建立了小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术。	经济相对薄弱的小城镇。	165
49	山地小城镇污水自然曝气渠	自然曝气渠道式下水道处理系统集成污水输送与净化为一体，在长距离污水输送渠道中，利用下水道空	地形落差大、输送距离较长、经济及管	167

	道式下水道处理技术	间，通过投加高效悬浮生物填料，在空间上构建多级生物膜系统，并通过自然地形成落差进行跌水充氧，系统净化能力强，出水达到《城镇污水厂污染物排放标准》二级标准；设施管理简便，不需专业人员现场管理；无需污水厂专用占地。工程投资较常规工艺节省 20% 以上；运行成本约为常规工艺的 5%。以日处理 1200 立方米的城镇污水为例，吨水投资费用约为 1225 元，吨水运行费用约为 0.022 元。	理水平低，以及污水厂用地受限的山地小城镇污水处理，主要去除污水中有机物及氨氮污染物。	
50	小镇污水序批式人工湿地处理技术	序批式人工湿地采用“进水-反应-排水-排空闲置”的周期运行方式，通过间歇进出水，以及设置排空闲置等措施强化湿地的自然复氧能力，增强了系统的脱氮效能，系统运行负荷高、净化能力强，出水稳定达到《城镇污水厂污染物排放标准》一级 B 标准；并且通过排空闲置工况，可使湿地深度增加至 2m，大幅减少了占地面积；同时，序批式运行方式布水均匀，避免了常规湿地易短流的问题。设施自控运行管理简便。工程投资较常规湿地工艺节省约 30%；运行成本节约 20%。以日处理 1000 立方米的城镇污水为例，吨水投资费用约为 1200 元，吨水运行费用约为 0.08 元。	有地形落差，用地面积受限的山地小城镇污水生态处理，主要去除污水中悬浮物、有机物、氨氮、总氮等污染物。	169
51	山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术	复合型人工湿地以强化和优化微生物作用为目的，由总体处于厌氧状态的竖向折流湿地和总体处于兼氧状态的侧向潜流湿地组合而成，在侧向潜流湿地中设置自然复氧槽，合理溶解氧分区，在人工湿地系统内形成了厌氧+好氧/缺氧的微生物生长环境，提高湿地微生物功能分区和作用效率。连续的上下 U 形折流和水平 S 形流态，保证高效池容利用率，简化复杂布水系统和运行管理难度，无需自控系统支持。采用模块化设计，可根据处理水量、	低碳氮比进水的小城镇、村庄污水处理工程。	171

		水质和场地条件，因地制宜地进行快速设计拼装。竖向折流湿地进行了防堵设计，保障了湿地长效稳定运行。处理出水可以稳定达到《城镇污水厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 B 标准。吨水工程建设投资 1520 元，吨水运行成本 0.15 元。		
52	不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升级改造工艺技术	通过对回流污泥预浓缩系统和内置缺氧区对提升厌氧-氧化沟工艺脱氮除磷性能研究，回流污泥预浓缩能够有效提高回流污泥浓度，减少污泥回流量，强化预缺氧池中硝酸盐的内源去除率、强化厌氧区碳源有效利用，保护厌氧环境，强化系统的除磷能力；而氧化沟内部缺氧区域能够强化氧化沟内碳源的有效利用，强化系统的脱氮能力。	低碳源城镇污水脱氮除磷处理。	173
53	厂矿区混排污水集成生态处理技术	针对巢湖市城郊缺乏污水收集系统，近期内尚无截污管网建设规划，厂矿区生活污水、地表径流（初期雨水）直接排入河道等问题，因地制宜地开展入河污水的收集、拦截及一体化处理技术体系研究。以生物生态处理系统为核心，辅以源头控制和过程收集拦截的复合净化技术研究工程示范，最大限度削减污水对河道水体的影响。研发生物—强化生态工艺处理系统，主要技术特点为结构简单、成本低、低能耗和环境安全，适于多种受污染水体的治理，易于大范围推广。最终形成适合巢湖城市下游河流城区与城郊污染控制的具有景观与净化复合功能特点的低成本的生态工艺集成技术体系。系统抗冲击负荷能力强，环境安全，一次性投资低，比传统技术降低 20%，运行成本低，免维护。	中低浓度受工业污染雨水、生活污水。	175
54	基于地表Ⅳ类水标	基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术主要包括超滤膜+臭氧集成	高品质再生水生产工艺的新	177

	准的再生水集成工艺技术	技术和反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧集成技术，主要针对含难降解COD _{Cr} 、胶体及微量有毒有机污染物的二级处理出水 and 有机物浓度及冬季水温较低的北方地区二级出水的深度处理提供技术支撑，主要出水水质达到地表IV类标准。	建或改造。	
55	不同途径回用的城市污水再生处理关键技术	针对再生水市政回用和景观环境回用的水质保障需求，课题研发了城市污水直接再生的A2O-MBR处理技术、复合式膜生物反应器处理技术、生物造粒流化床-臭氧气浮组合处理技术；针对再生水作为工业用水原水的水质保障要求，课题研发了臭氧气浮一体化污水深度处理技术；针对再生水回用于工业循环补充水、冷却水、锅炉用水的水质保障要求，课题研发了适用于企业内再生水深度净化的化学-物化组合阻垢、缓蚀和水质稳定技术。应用上述技术的再生水分别稳定达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）、《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T 18921-2002）、《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T 19923-2005）规定的工业用水水源水质标准。	城市污水及工业废水处理、再生水处理。	179
56	回用水补水条件下的水体水质保障关键技术	针对再生水调蓄和景观利用中的水质保障需求，研发了雨污再生水为主要补水来源条件下的水体水质安全保障技术。建立了集水力调控、物化调控、生态调控为一体的多元组合水质保障技术体系。技术应用于西安陕鼓动力股份有限公司生态园人工湖水体水质保障，COD _{Cr} 、SS、NH ₃ -N、TP等主要水质指标达到景观水质要求，水体富营养化得到有效控制。处理水质达到城市杂用水水质标准（GB/T 18920-2002）和景观环境用水的再生水水质标准	污水再生回用领域。	183

		(GB/T18921-2002)。		
57	分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术	该技术通过建立基于水量调查和混接水质特征因子调查的雨水管网混接识别方法,实现对雨水管网系统中旱天水量来源(如生活污水中黑水及灰水、不同行业的工业废水、地下水、倒灌河水等),以及对应的混接水量解析判断。通过建立现场调查工程技术方法,以及混接改造决策分析方法,优化确定雨污分流改造的点位和末端截流改造相结合的工程技术方案。该技术能够高效、全面地识别排水系统的混接污染源,并以较少的工程投资实现对混接系统的全面改造。	城市分流制地区排水系统雨水管网混接污水的截流改造。	185
58	合流管网的源-流-汇综合降污集成技术	这是一项由多种单项技术组成的集成技术,主要针对城市合流管网溢流污水污染消减;本集成技术系统地进行了从源头收集、过程输运以及末端溢流汇流进入水体这一合流管网污水的全流程产流过程,系统的开展针对性的技术应用,从而解决污染物在合流制管网系统中源-流-汇净化链中的负荷匹配与功能耦合、解决管网中污染物输运规律及对管网系统运行参数的响应过程等科学问题,提高合流制管网的截污效率。通过系统总结,从规划、管理和工程三个方面提出了城市合流管网溢流污染控制的系统解决方案。	城市合流制管网溢流污染控制或海绵城市建设中合流管网的污染物减排改造。	187
59	老城区滨河带适宜性真空截污技术	提出了适宜于老城区滨河带的“重力调蓄-线性真空”截污模式。设计研发了真空排水系统关键设备,开发的电动真空隔膜阀和压力感应式隔膜阀抽吸能力可达 2~3L/s。对真空排水系统的管材选择进行了研究,最佳管材选择为 UPVC 给水管材,抗压要求>1MPa。一般气液比的选择范围为 2~12,管径为 DN65~250,系统最大提升高度 5 m,最大收	作为一种补充性排水系统,适用于滨河带污水排放杂乱,收集设施简陋及无法开挖埋管的地区。	189

		集半径 2500 m。		
60	三相内循环生物膜处理技术	该技术同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，比传统工艺节能 30%。污水经内筒生物接触氧化处理后，通过内循环，经由布水器自上而下滴入生物滤池，水流紊动强烈，滤料上的生物膜、污水、空气接触充分后出水。以处理规模为 800 t/d 的工程实例为例，COD _{Cr} 、TP、TN、SS 的去除率分别为 70.3%、66.7%、62.1%、69.2%。示范工程总投资为 120 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 1000 元/t。主体设备寿命 5 年以上。年处理污水 28 万 t，年运行费用 11.2 万元，吨水运行费用为 0.4 元。	城镇污水、中低浓度工业废水以及受污染雨水。	191
61	好氧/准好氧单级自养脱氮高氨氮废水处理工艺技术	本技术通过限制性供氧和特殊的反应器构造，在实现亚硝酸阶段的基础上，在同一反应器中在较短时间内启动自养脱氮系统，解决了单级自养脱氮反应器接种物来源的难题，并且启动方式简单易行，降低了系统启动难度，缩短了启动时间。以工程规模为 1200t/a 的污水处理站为例，该工艺系统对 COD _{Cr} 平均去除率为 96%，氨氮平均去除率为 94%，TN 平均去除率为 86%。处理出水水质达到《肉类加工工业水污染物排放标准》一级标准。每天还可以回收沼气 $\geq 1.0 \text{ m}^3 / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；畜禽养殖废弃物 COD _{Cr} 去除率 $\geq 75\%$ ，可以节省 40% 的碳源、25% 需氧量和降低 300% 的污泥产量该项目总投资 55 余万元。吨水投资费用为 0.98 万元。主体设备寿命 15 年以上，年运行费用 0.55 万元，吨水运行费用为 4.6 元。	垃圾渗滤液、污水处理厂的污泥析出液及畜禽动物粪便废水等高氨氮低 C/N 比废水。	193
三、工业废水治理技术				
62	重金属废水处理及	该技术运用特种膜技术截留小颗粒晶核，并采用脉冲震动体系防止膜	线路板、电镀、矿山及冶	195

	资源回收技术	堵，处理过程中不加入铁盐、铝盐等絮凝剂，形成的固体悬浮物重金属含量高，易脱水，可直接资源化回收利用。处理出水 $Cu \leq 0.3 \text{ mg/L}$ ，总 $Cr \leq 0.5 \text{ mg/L}$ ， $Zn \leq 1.0 \text{ mg/L}$ ， $Ni \leq 0.1 \text{ mg/L}$ ；处理过程不加入铁盐、铝盐等絮凝剂，形成金属含量高的化合物，易脱水，可直接资源化回收利用，重金属污泥量减少 70% 以上；由于不投加絮凝剂，直接处理成本降低 20% 以上，占地面积节省 70% 以上。	炼等行业重金属废水处理或园区的废水集中处理。	
63	膜生物反应器-反渗透膜集成技术	该技术将膜生物反应器与反渗透工艺结合，利用 MBR 去除有机污染物，利用 RO 脱盐、脱色。MBR 采用高强度、抗污染中空纤维帘式膜组件系统，在较高污泥浓度下降解有机物，生化功能进一步加强， $CO D_{Cr}$ 去除率稳定在 80%-90% 之间，浊度小于 0.5NTU。MBR 出水直接泵送 RO 系统。RO 系统进水电导率在 3000-8000 $\mu\text{S/cm}$ 之间，RO 系统回收率为 60%-70%，RO 产水 COD_C 均在 10mg/L 以下，浊度低于 0.2NTU，电导去除率稳定在 98% 以上。日处理 1.4 万吨的污水处理厂，吨水运行费用为 3.5-4.5 元，每年可节约自来水约 240 万吨。	工业废水处理回用。	197
64	双旋流全封闭、短流程油田采出液回注处理工艺	该技术采用双旋流除油、快速沉降过滤和金属膜精细过滤组合工艺，即先通过双旋流将水中含油降至 100mg/L 以内；然后经混凝沉降、污泥及滤料粗过滤，将出水悬浮物及含油降至 10mg/L 以下；最后通过 316L 五层烧结金属网过滤，最高可达 A1 标准。应用该技术处理含油 500-8000mg/L 废水，出水含油可达 5mg/L、悬浮物 1mg/L。日处理污水 2000 t 的污水处理联合站，污水处理设施建设投资 3000 元/ m^3 ，运行成本 1.8 元/ m^3 ；平均电耗 102 万 k	油田产出液含油污水、其他含油污水及工业污水处理。	199

		W·h/a。		
65	电镀废水深度处理及资源化利用技术	该技术采用双级处理、深度回用和膜分离技术，通过自主研发的三段式回用工艺、双级污泥循环反应设备，运用现代化自动控制技术，实现了电镀废水多级利用、系统动态监控、工艺参数的设定、故障报警等功能。电镀废水处理后达到《城市污水再生利用和城市杂用水水质标准》（GB/T18920-2002），废水的资源化利用率大于 76%，出水悬浮物低于 5mg/L，贵金属去除率达到 98%。对日处理水量 160 m ³ ，年减少 COD _{Cr} 排放 10890kg，减少重金属排放 3000kg；年节水 43000t，综合运行成本 9 元/m ³ 。	电镀企业及电镀生产园区电镀废水处理。	201
66	发酵废水超低排放关键处理技术	该技术集降解 COD _{Cr} 、脱色、脱氮功能于一体，采用“高级催化氧化+生物强化处理+双膜脱盐”成套技术，通过催化氧化脱色，同时提高可生化性；然后采用新型上流式一体化生物反应器 and 高效节能内循环曝气生物滤池进行有机物降解；最后由双膜完成脱盐，出水实现分质回用。日处理水量 8000 m ³ ，以平均进水 COD _{Cr} 为 280 mg/L 计，每年削减 COD _{Cr} 排放 488t，水回用率为 87%。吨水投资费用为 375 元，吨水处理费用 1.10 元。	发酵行业废水深度处理与分质再生利用。	203
67	发酵糖蜜酒精废液生产液态生物有机肥资源化利用技术	该技术利用发酵有机废弃物中含有的有机质为原料，在好氧条件下通过微生物的作用，将蛋白质转化成氨基酸，高分子转化成小分子，有机质转化成腐殖酸，逐渐将废液腐殖化。废液经冷却至 45℃，调节 pH 值至 4.3 - 4.6，投加菌种；曝气促进腐殖转化；最后经过降温、中和以及好氧发酵之后，形成的成品有机液态肥进入成品储存罐。所得液态有机肥主要指标为：有效活菌总数 ≥0.2 亿个/mL、有机质 ≥50 g/	制糖、酒精、淀粉加工、畜禽养殖等中高浓度有机废弃物处理。	205

		L、pH 值 4.0~5.5、粪大肠菌群数 ≤100 MPN/g、蛔虫卵死亡率 ≥95%、汞 ≤5 mg/kg、砷 (≤10 mg/kg)。		
68	高性能吸油材料—高分子吸收剂	该技术采用悬浮聚合方法制备丙烯酸烷基酯与高碳烯烃低度交联的共聚物，经后处理成为高性能吸收材料。该吸收剂既可直接使用，也可制成吸收包（单包规格为 200mm×200mm，重量约 110g）。根据有机液体的粘度及分子尺寸的不同，吸收包吸收能力不同，单个吸收包最大可吸收有机液体 900mL，整箱包装吸收包（30 包）最大可以吸收约 24.3kg 油品或液体化学品。处理 1t 废油或危险液体化学品约需 3.1 万元。根据实际处理的有机废液的不同特性，处理成本会有相应浮动。	工业含油废水、化工、核电核军工低辐射废油处理、海上石油钻井平台、油田、交通运输、环保应急等。	208
69	工业废水电氧化处理技术	该技术通过电极表面电子迁移和活性物种的化学反应，实现 COD _{Cr} 和氨氮同步去除。其电流效率大于 30%，有效解决了废水电氧化电流效率低、能耗高等工程问题。技术关键包括高活性大面积催化电极开发和高时空效率柱塞流电化学反应器设计。对日处理 500t 及以上规模的工业废水提标改造处理工程，吨水运行费用约 3.0-6.0 元，吨水投资 0.25-0.8 万元。	化工、医药等可生化性差的废水预处理和生化外排尾水深度处理。	210
70	工业废水在线检测与优化控制成套技术	该技术建立一套工业废水在线检测与优化控制技术体系：首先对工艺、设备和水质参数进行在线监测，并进行在线数据的分析和挖掘，实现污水可生化性、微生物活性等关键指标的在线分析和提取，以此为基础动态调整物化处理加药量、生化处理曝气量等关键操作参数，及时调整工艺参数以减少异常工况的发生，可降低工业废水处理的药耗能耗，提高废水处理系统运行效率，实现工业废水处理的精细	电镀、纺织印染等工业废水处理自动化、节能增效升级改造。	212

		化运行管理，保证系统运行的全流程监控和出水水质的稳定达标。该技术可将废水处理异常工况发生率降低 30%，化学药剂添加量降低 5%，曝气能耗下降 3%。对日处理能力 4 万吨的废水处理厂改造投资 4 00 万元，运行成本降低 10%，操作人员数量减少 50%。		
71	工业污水芬顿流化床深度处理技术	该技术综合同相化学氧化（Fenton 法）、异相化学氧化（ $H_2O_2/FeOOH$ ）、流化床结晶及 $FeOOH$ 的还原溶解等功能，生化出水色度 120-300 倍， COD_{Cr} 浓度 300-800mg/L，出水满足《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）中 CO_D 、色度要求。用药量比常规 Fenton 技术节省 20-30%。处理费用 3.50 元/ m^3 。	造纸、化工、制药、发酵、印染等行业废水深度处理。	214
72	含汞废水物化处理新工艺	采用“形态转化-固液分离”工艺即投加硫化剂使溶解态汞生成不溶性硫化汞颗粒，并利用复合助剂控制过量的硫化剂与反应后的硫化汞颗粒接触，防止副反应发生。固化后的汞通过物理沉降及物理截留完成固液分离，从而达到去除水中溶解态汞的目的，去除效率达到 99.8%。以 20 万吨/年 PVC 生产企业含汞废水处理工程投资为例：总投资 100 万元，设备投资 60 万元，运行费用 25.52 万元/年，主体设备寿命 20 年。	高浓度含汞废水处理。	216
73	含硝基苯、苯胺类污染物废水的处理方法	该技术采用以催化氧化为核心的废水处理工艺，通过 H_2O_2 在一定条件下产生的 $\cdot OH$ 自由基，将有机污染物直接氧化成无机物，或将其转化为易生物降解的中间产物； H_2O_2 再与催化剂构成氧化体系，会产生更高浓度的 $\cdot OH$ 自由基，使硝基苯、苯胺最终降解为 CO_2 ， H_2O ， N_2 等物质。该技术可保证出水 COD_{Cr} 为 80-120mg/L， $pH=7-8$ ，硝基苯 0.3-1.	含硝基苯、苯胺类污染物废水的处理、也可应用于 TD I、硝基苯、苯胺等化工装置的工业化生产中。	218

		2mg/L, 苯胺 0.3-0.9mg/L。处理过程中会产生一定量的污泥, 污泥含水率 60%, 通过焚烧处理后可填埋或二次利用。年处理 100 万吨废水项目投资 5000 万元, 运行成本 58 元/t。		
74	含重金属高浓度氨氮废水资源化技术	废水经加减中和及预热后进入精馏塔, 在强化解络合的作用下进行热解络合-分子精馏, 脱氨废水与原水换热后进入沉降设备, 去除大部分悬浮物。然后, 利用微孔过滤设备回收未去除完全的解络合的重金属氢氧化物, 净化水达标排放或继续回收盐; 塔顶冷凝液得到 16%以上的高纯浓氨水直接回用于生产。处理出水氨氮<10mg/L。技术已在 10 余个行业建成示范工程近 30 套, 处理规模 50-3000t/d, 吨水处理成本约 20 元。	钒、钨钼、镍钴、三元电池、稀土、锆、铌钽等有色行业及焦化、石化等产生的高浓度氨氮废水。	221
75	机械蒸汽再压缩污水处理技术	该技术采用机械蒸汽再压缩污水处理工艺: 即废水经进料泵进入预热器预热后, 进入蒸发器蒸发; 原液在蒸发器中蒸发产生的二次蒸汽和未蒸发的原液一起进入分离器进行气液分离; 蒸汽进入分离器分离后进入压缩机, 温度、压力升高后作为热源进入蒸发器壳侧对原液进行加热, 蒸汽释放潜热后变为冷凝水进入冷凝水罐; 分离器中分离出的原液经循环管进入蒸发器继续蒸发。该技术可实现金属离子去除率≥98%, 有机物去除率≥90%, 脱盐率超过 95%。比传统方式节能 30%, 不需要蒸汽锅炉蒸馏。年处理污水浓缩液 3300t 的系统, 年运行费用 16.5 万元, 吨水处理费用为 50 元。总投资约 100 万元, 其中设备投资 93 万元。	城市污水, 化工、制药、印染等行业废水处理。	224
76	节能型工业高氨氮废水处理	该技术将先进的热泵、闪蒸和蒸汽汽提技术有机结合, 并具有以下特点: 复合汽提脱氨塔能够提高脱氨	处理石油、化工、冶金等行业产生的高氨	227

	技术	效率；蒸汽循环热泵和蒸汽喷射压缩机组成热泵机组，可大幅度降低蒸汽消耗量；采用真空闪蒸热量回收技术，避免了传统工艺使用换热器引起的堵塞问题；高氨氮废水处理后可达到国家一级排放标准。氨氮浓度可由 2500~7500mg/L 降至 15mg/L 以下，蒸汽耗量≤50kg/t 废水，电耗≤4kW·h/t 废水。	氮废水。	
77	利用余热资源化处理焦化脱硫废液技术	该技术以焦炉高温荒煤气余热为热源，采用高度自动化的设备将脱硫废液精过滤、预热和加压雾化，雾化后在上升管底部与高温荒煤气（750℃-900℃）接触，其中的 NH ₄ SCN 等有害物质分解为 NH ₃ 、H ₂ S、CO ₂ 和 N ₂ 等气体，并随荒煤气一起进入初冷和回收系统，最终以 S 和 NH ₃ 等资源回收。采用该技术对焦化脱硫废液进行处理，NH ₄ SCN 分解率≥97%；系统自动封闭连续运行，处理过程无废气、液、固产物外排。以 100 万吨/年焦化企业为例，投资约为 600 万元，运行成本约 20 元/t 废液，可处理剧毒高浓度脱硫废液 12000t/a，COD _{Cr} 1200t/a，氨氮 870t/a，硫化物 24t/a，节约标准煤 2000t/a。	采用氨法湿式氧化脱硫工艺的焦化企业。	229
78	高含盐废水综合治理技术	该技术采用气、固、液三相流分离工艺，以蒸汽加热将废水中盐和水分离开来作为不同的副产品，达到零排放。分离系统由四效分离装置构成，采用平流进料、分级预热、集中排盐方式，提高进罐料液温度，减少升温热，降低排出系统的热量；盐浆经离心脱水后暂储于湿盐储斗待销。每一个分离器为带有特殊捕沫装置的强制循环结晶器，该结晶器具有高效节能，冷凝液水质高，结晶盐产品质量较好等特点。主要污染物 NaCl、CaSO ₄ 、MgSO ₄ 的去除效率 90%，日处理含盐废水能力 360m ³ ，吨水投资费用为 1	石油、天然气、石化、化工、农药等行业产生的高含盐废水的处理及废水浓缩。	231

		75 元，运行成本 61.19 元/m ³ 。		
79	同轴电絮凝水处理系统	该技术采用电化学原理，利用特殊的同轴电极结构配以智能化电源，在一个完全封闭的反应器中去除废水中的杂质，产生易去除的不溶于水的氧化物和氢氧化物。该技术取代了复杂的化学处理法，减少了对酸、氢氧化物、三氧化铁、亚硫酸盐或其他试剂的需求和依赖，处理效果优于常规电絮凝技术。水中的重金属如：砷、镉、铬、铅、镍、锌、钙的去除率可达 95%~99%。以某一示范工程为例，设计规模为 1000m ³ /d，设计进水砷含量≤100mg/L，出水砷含量≤0.05mg/L，去除率达到 99%，水质稳定达到地表水水质标准Ⅲ类标准。污水处理废水运行成本 4.82 元/m ³ 。	有机化工、石油化工、印染、医药、农药等高浓度、毒性大、难生化降解的有机废水处理。	233
80	稀土磁盘分离净化废水技术	该技术利用稀土磁盘的高强磁场将冶金废水中的磁性、弱磁性的悬浮物打捞分离出来，从而达到水质净化和磁性物回收的目的。该技术解决了钢铁工业废水产生量大、水质波动频繁、悬浮和油性污染物浓度大等问题，可提高现有处理工艺处理效率，减少占地面积。技术指标：进口水质 SS300~400mg/L，出口水质 SS≤20mg/L。日处理水量 18000m ³ /h，建设投资 3000 万，吨水运行费用为 0.04 元-0.1 元。	轧钢、连铸浊环水净化，转炉污泥富集金属铁、铁矿尾矿洗选，金属研磨废液净化等。	236
81	印染废水治理及污泥减量新技术	该技术由 4 大模块集成构建：基于 HY 剂（一种复合型还原剂）活性材料的预处理活化反应器技术；基于 CSE 剂（一种复合型氧化剂）脱色/降 COD _{Cr} 新材料的深度处理反应器技术；基于高性能改性 PP 滤材的高密度生物膜脱氮反应器（HBF）技术；基于 CSE-G 剂的污泥循环再利用反应器技术。日处理废水 1000t，吨水投资费用为 0.2 万元，吨水运行	染整行业印染废水处理及污泥减量。	238

		费用为 1.86 元。		
82	油田工业废水重核-催化强化絮凝净水技术	该技术以“重核-催化强化絮凝工艺”为核心，根据处理要求和污染物类别不同，辅以反应吸附技术和稠油污水除硅技术，能够处理油田生产中各个环节的生产废水，将油田污水中污染物通过物理化学作用转化为混凝沉淀反应的“重核”，再通过混凝、絮凝达到去除污染物、净化污水的目的。处理后的污水分别可达到回注地层、锅炉回用等技术要求，处理达标率均达 95% 以上。日处理量约为 10 万 m ³ ，运行成本 2.5 元/ m ³ ，年减少污水排放量和节约清水量均超过 3000 万 m ³ 。	油田生产过程中各个环节产生的污水处理和达标回用，污染物类型相近的其他工业行业。	241
83	蒸发、结晶法废水处理与资源化利用技术	为提高能量的利用效率，该技术将首次蒸出的二次蒸汽作为下一台蒸发设备的热源，将二次蒸汽以机械压缩的方式循环利用。在含盐废水或有机废水处理过程中，将蒸发、结晶及 MVR 技术集成应用，以实现废水综合处理和废物资源化利用的效果。以某一示范项目为例，该技术可实现 100% 六价铬还原和铬回收的同时，副产元明粉，元明粉质量达到《GB/T6009-2003 工业无水硫酸钠》I 级要求。项目总投资 1410 万元，处理废水能力为 15.3 万 t/a，年运行费用 474.8 万元，吨水运行费用为 31.03 元。	含盐废水或有机工业废水。	244
84	化工尾水膜法处理回用工艺	该技术采用超滤+反渗透分离，实现对悬浮物、细菌、离子等的截留，使回收水水质满足冷却循环水、锅炉用水等生产用水要求。以连云港三吉利化学污水处理厂为例，出水达到《污水再生利用工程设计规范》（GB/T50335-2002）要求。中水回用系统总回收率≥90%，超滤系统出水淤泥密度指数（SDI）<3，浊度<0.2NTU；反渗透膜脱盐率≥98%，	化工行业经二级处理后的尾水。	247

		出水浊度<0.1NTU, COD _{Cr} ≈0mg/L, 硬度≈0mg/L。项目年处理污水约 52 万吨, 总投资约 246 万元, 主体设备投资 205 万元。年运行费用约 100 万元, 吨水运行费用 1.9 元。		
85	含盐有机废水造粒焚烧技术	该技术通过流化造粒干燥、固体污盐焙烧、焙烧烟气二次焚烧、废水预热等单元技术集成, 可实现处理过程热量利用的最大化和焚烧废物的减量化。利用流化床良好的混合和蓄积热容量大的特性, 可在 0.05s 内将温度由 600℃降至 150℃以下, 抑制二噁英的再合成。系统无废水外排放, 处理过程自身余热利用率达 93%, 处理每吨含氯化钠 21%、氰化钠 2%、有机物 5%废水燃料消耗 60~80kg, 是直接雾化焚烧法燃料消耗量的 50~60%。焚烧烟气满足《危险废物焚烧污染控制标准》(GB18484) 排放要求。	农药、染料、医药等精细化工行业的高含盐、高毒性、高色度等难生化降解有机废水。	249
86	化学氧化—曝气生物滤池联合废水处理技术	该技术用 Fenton 氧化或臭氧氧化联合曝气生物滤池工艺处理难降解有机废水: 先通过化学氧化将废水中的难降解有机物氧化, 提高其可生性, 然后经曝气生物滤池生化处理进一步降低废水的有机物浓度、SS 和色度, 实现废水的深度处理和回用。该技术可有效处理原水 COD _{Cr} =80-150mg/L, SS=40-100mg/L, 色度 40-200 倍的难降解有机废水。废水经深度处理后可实现出水稳定达到中水回用的标准: COD _{Cr} <40mg/L, SS <10mg/L, 色度<10 倍。日处理 6 万吨的印染废水深度处理企业, 吨水处理设施建设投资 1000 -1200 元/t, 运行费用 0.2-0.4 元/t。	印染、制药、港口洗舱、电镀、线路板等行业的废水深度处理	252
87	高浓度难降解工业废水高效厌氧颗粒污泥反应	该技术是一种新型的 EGSB 厌氧反应器, 其通过内部独特设计的三相分离器和对回流方式的改进, 达到废水和污泥及沼气高效分离的目的, 从而使反应器稳定地运行, 且	COD _{Cr} 浓度高、成分复杂、难生化降解的废水。	254

	器技术	能形成性状优良的颗粒污泥。该技术 COD _{Cr} 去除率达 80-90%，去除同量的污染物能耗为常规技术的 30-50%，产泥量为常规技术的 10%-30%。该反应器建设投资 1000 元/m ³ 左右，运行费用平均为 0.07 元/m ³ 。		
88	高浓度竹制品废水达标处理与资源化利用技术	该技术针对竹制品废水有机物浓度高、色度大、pH 值低、成分复杂的特点，先以厌氧膨胀颗粒污泥床反应器（EGSB）去除大部分有机物，并回收沼气，然后以膜生物反应器（MBR）-纳滤（NF）工艺进行深度处理，在原水 COD _{Cr} 浓度 20000-50000mg/L、pH=2.5-5 情况下，处理出水可达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。日处理水量 300m ³ /d，每年可产生约 9.2×10 ⁵ m ³ 沼气，吨水投资费用<5 万元，处理成本<82 元/吨水。	高浓度竹制品废水处理。	256
89	煤化工废水深度处理及回用集成技术	本工艺由预处理（除油、脱酚、蒸氨），深度处理（絮凝沉降、过滤、臭氧催化氧化），脱盐回收（超滤、纳米、电渗析）等工艺组成，有效回收粗酚、焦油、浓氨水等产品，深度处理出水 COD _{Cr} <50 mg/L，总氰<0.2 mg/L，臭氧催化剂稳定使用 3 年以上，处理出水符合行业标准和辽宁省地方排放标准。脱盐回用的淡水产率 85%以上。	钢铁/煤化工行业湿法熄焦废水、煤气化废水，钢铁园区综合废水，并可推广至其他行业难处理废水。	258
90	高氨氮废液氨精馏回收技术	通过 pH 调节初步除重金属离子，并将铵离子转化氨分子，后采用研发的热解络合药剂，高温下破坏重金属-铵络合物配位键，实现重金属与氨分离。回收高纯氨水（浓度 16% 以上）回用或销售，出水氨氮降至 10mg/L 以下，优于国家排放标准（GB8978-1996）一级标准，经热交换后回用或排放，重金属也同步回收。处理规模 50-3000 吨/天，投资成本 1-3 万元/（吨·天）。	冶金、有色、稀土、电池等行业含重金属离子和高氨氮废水。	260

91	化纤（腈纶）含氮，氮-二甲基乙酰胺废水有毒有机物减排技术	本工艺由有机高分子聚合物截留、A/O 生物膜和氧化混凝处理单元组成：有机高分子聚合物截留单元采用自动反冲洗连续砂滤去除废水中的悬浮颗粒物，减少颗粒物对生物处理单元的影响；然后利用投加改性生物填料的 A/O 生物膜处理单元实现废水中的 DMAC（N，N-二甲基乙酰胺）和丙烯腈的有效去除；最后采用氧化混凝技术实现废水中难降解有机化合物的有效去除，使出水 COD _{Cr} 达到 150mg/L 以下，废水 DMAC、丙烯腈等有毒物质去除率 90% 以上。	化纤（腈纶）含 DMAC 废水处理。	262
92	微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术	在生化出水过滤前不设沉淀工序，通过加入一定量的絮凝剂在短时间内形成微小絮凝体，然后立即进入滤池，絮凝反应在滤池中进行。出水水质分别降至 COD _{Cr} = 30 mg/L、SS =10 mg/L、TN =10 mg/L 与 TP= 0.5 mg/L，满足中石油初级再生水回用指标的要求，深度处理单元运行费用约 0.4 元/吨水。	石油化纤行业废水处理与回用处理。	264
93	生物定向转化采油污水难降解组分处理技术	该技术针对稠油污水的 COD _{Cr} 去除问题，以污染物分类、分子量分级、处理过程分段为技术思路，以生物-物化协同为工艺核心，通过生物反应改变有机物的组成和结构，利用生物代谢对污染物进行定向转化；与生物处理相匹配，选择具有针对性的物化工艺，根据生物、物化技术的临界条件，通过目标污染物的高效分离去除，解决难降解 COD _{Cr} 的削减问题，出水水质满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/16 27-2008）。以日处理 300t 的采油污水为例，吨水运行费用约为 3 元，主体设备寿命 5 年以上。	油田采油污水处理。	266
94	缺氧/好氧耦合生物载体与多	该技术在缺氧/好氧污水处理工艺的基础上，在好氧反应池（O 池）内投加球形悬浮载体，可实现增大生	合成氨、氮肥企业等无机高氮废水处理。	268

	参数联合调控强化脱氮关键技术	物量，丰富种群结构，优化细菌结构，提高耐冲击能力，同时增加脱氮过程多参数联合调控装置，根据进水水质变化，实时调节碳源加入量、曝气量、污泥排放三项关键影响因子，实现脱氮工艺条件的优化。以日处理 4000t 的污水为例，吨水投资费用约为 3000 元，进水水质 COD _{Cr} <250mg/l、氨氮<150mg/l、总氮<170mg/l，出水水质 COD _{Cr} <50mg/l、氨氮<15mg/l、总氮<20mg/l，与现有一级缺氧/好氧处理工艺相比，其曝气量下降 30%，碳源投加量下降 33%，污泥产生量下降 50%。吨水运行费用 2 元。		
95	制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术	该技术是根据废水中主要有机污染物的分子结构特点及性质，采用模拟过氧化氢酶技术，在特定的反应条件下，首选通过仿酶催化条件下的自由基传递转移、选择性部分氧化等过程使废水中以木质素衍生物为主的有机污染物分子的羧基等负电性基团增加，然后与金属离子进行络合、混凝等多种反应过程，反应生成的络合物分子量大幅增加，其水溶性大幅降低，可以通过沉淀分离方式分离出来，从而达到废水中污染物去除的目的。该技术应用于制浆造纸废水深度处理工程，吨水投资约 500 元，吨水处理费用 0.4-0.8 元。	生化后制浆造纸废水的深度处理。	271
96	硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术	该技术通过反应器自身高度底部产生 0.35Mpa 的压强，利用氧气将二价铁氧化为三价铁，三价铁将硫化锌精矿氧化成硫酸锌溶液和单质硫。全套工艺含备料、浸出、硫浮选、针铁矿沉铁等。占地面积为常规工艺的 1/3。综合投资约为常规工艺的 50%、运行成本约为常规工艺的 80%。锌精矿中锌浸出率 98.5% 以上，铜、镉浸出率 95% 以上。以日处理 600t 锌精矿为例，吨水耗约	处理常规硫化锌精矿、高铅、高硅硫化锌精矿。不适应处理黄铜矿类硫化锌精矿。	273

		为 1.3t, 吨电耗为 250Kwh, 吨氧气耗为 150Nm ³ , 无二氧化硫排放, 无污酸渣产生。主体设备寿命 15 年以上。		
97	锌冶炼过程提高铟回收率新工艺	该工艺针对锌冶炼过程中铟综合回收率较低的现状通过氧化锌浸出工艺改变和氧化锌酸上清直接萃取提铟新工艺, 消除了铟铁矾的形成, 为氧化锌酸上清直接萃取新工艺创造了条件。同时减少了锌粉置换沉铟、富集渣转运、富集渣浸出等工序, 不仅简化工艺流程, 消除铟在锌粉置换和富集渣二段浸出等工序损失, 提高铟回收率, 也能大幅降低铟生产成本, 还可消除锌粉置换时砷带来的危害。铟回收率较传统工艺提高 10% 以上, 综合投资约为常规工艺的 60%。	锌冶炼过程中铟综合回收及含铟物料回收。	275
98	湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术	该技术通过将溶液净化除铜分为两步, 第一步将中性上清液铜除到约 200mg/L。除铜后进行浓密, 浓密溢流进入下一工艺, 底流大部分返回除铜生成氧化亚铜, 少部分与部分中性上清液反应进行除氯, 除氯矿浆进行压滤, 滤液返回除铜, 滤渣用氢氧化钠进行洗氯。洗氯后进行压滤, 滤液处理后外排, 滤渣返回除氯或外销。除氯率约 60%。占地面积为常规工艺的相当。废水排放少; 无中和渣产生。综合投资约为常规工艺的 1 倍、运行成本约为常规工艺的 20%。以年产 300000t 锌为例, 吨碱耗约为 0.01t, 吨水耗约为 0.24t, 吨电耗为 9Kwh, 主体设备寿命 15 年以上。	湿法炼锌溶液净化除氯。	277
99	硫酸法钛白粉酸性废水除铁降钙回用一体化技术	该技术由钛白粉酸性废水分步中和氧化除铁、碱性高钙废水混凝共沉淀降钙和废水定向回用三部分组成, 克服了传统中和曝气法反应池快速结垢堵塞的顽疾和处理后废水钙盐过饱和的弊端, 在不增加处理	各种规模的硫酸法钛白粉厂以及高岭土选矿厂的酸性废水处理, 实现废水达标排放	279

		成本的条件下能够将废水处理达到：铁浓度 $\leq 1\text{mg/L}$ 、重金属（以铅计） $\leq 0.05\text{mg/L}$ 、钙浓度 $\leq 630\text{mg/L}$ （不饱和状态）、 $\text{pH}=6\sim 9$ ；处理后废水不结垢、不堵管，不仅可达标排放，而且可部分或大部分回用某些用途。以日处理 14400t 钛白粉酸性废水工程为例，吨废水工程投资费用约为 1940 元；运行成本与氢氧化钙来源有关，电石渣（不计费）的运行成本大约为吨废水 4.5 元；石灰的运行成本大约为吨废水 10 元。	和回用于某些用途。	
100	硫铁矿制酸厂酸性含砷废水循环利用技术	该技术由硫铁矿制酸废水分步脱氟除砷铅和二氧化碳脱钙回用两部分组成，克服了传统两级石灰铁盐和曝气法存在的反应池结垢淤塞和处理后废水不能回用的弊端，在几乎不增加处理成本的条件下，能够把硫酸废水中主要污染物处理达到：砷 $\leq 0.1\text{mg/L}$ ，铅 $\leq 0.05\text{mg/L}$ 、氟 $\leq 3\text{mg/L}$ 、 $\text{pH}6\sim 9$ ，并且出水钙浓度 $\leq 600\text{mg/L}$ ，能够全部返回酸洗工序循环利用，不会堵管和析出。以日处理 2400t 硫铁矿制酸废水工程为例，吨废水工程投资费用约为 2200 元；运行成本与氢氧化钙来源有关，电石渣（不计费）的运行成本大约为吨废水 7 元；石灰的运行成本大约为吨废水 25 元。没有考虑废水循环利用的效益。	各种规模的硫铁矿制酸装置以及冶炼烟气制酸装置的酸性含重金属废水处理，实现废水循环利用。	281
101	生物制剂深度处理重金属废水及资源化技术	该技术基于细菌代谢产物，得到可深度净化多金属离子的复合配位体水处理剂（生物制剂），解决了目前化学药剂难以同时深度净化多金属离子的问题，出水可回低质回用，污泥为一种水解渣，可返回生产系统回收有价金属。占地面积为常规工艺的 1/2，现场可实现无人化自动控制管理，综合投资为常规工艺的 80%，运行参数以株冶总废水生物制剂法处理为例（废水中锌 10	含铜、铅、锌、镉、砷、汞、钙、铊等重金属的采选矿及尾矿库废水、有色金属冶炼及压延加工废水、电镀废水、化工重金属废水。	283

		0-400 mg/L, 钙 200-350 mg/L), 项目单位运行成本为 3.7 元/m ³ 废水, 出水达到《铅、锌工业污染物排放标准》(GB25466-2010), Ca ²⁺ 浓度低于 50mg/L, 年减排重金属废水 400 多万 m ³ , 减排重金属近 30 吨。该技术于 2011 年获得国家技术发明奖二等奖。		
102	载体复配序批式活性污泥法强化生物脱氮技术	该技术提供一种有效避免曝气气泡对填料表面生物膜的剪切作用, 减小水流对生物膜冲刷作用的装置, 从而利于活性微生物附着、生长和自然更新。经过一段时间的挂膜反应, 填料表面会附着一层生物膜。生物膜内有极其丰富的生物相, 延长了微生物食物链, 提高了生物量, 同时由于生物膜的存在可以使世代时间较长、比增值速度很小的硝化菌得到固着繁殖, 继而强化生物膜的硝化能力。废水回用率为 50% 以上, 年节约用水 33 万 t, 年实现源头减排 COD _{Cr} 72.6t, 氨氮 10.9 t。	食品发酵行业有机废水的处理。	286
103	“前置水解酸化+强制内循环改良上流式厌氧污泥床反应器+填料循环式活性污泥法+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术	该技术通过前置水解酸化均质均量技术减轻后续生化单元(UASB、CASS)的污染负荷, 强制内循环改良 UASB+填料 CASS 组成强化的生化处理系统, 显著提升污染物去除效果, 达到深度脱氮的目的, 后续深度出水可满足循环冷却水补充用水要求; 较原有工艺主要污染物减排 40% 或以上, 深度处理后的中水可回用于示范企业循环冷却水补给水; 填料 CASS 运行费用 0.62 元/吨废水、混凝沉淀-过滤+消毒运行费用 0.37 元/吨废水。	酒精、味精等食品发酵行业有机废水的处理。	288
104	废纸造纸废水集成技术	高浓度造纸废水采用“初沉、厌氧、好氧、高级氧化、沉淀”集成技术处理, 其中: 厌氧采用 IC 反应器, 可大幅去除废水中的有机物; 好氧采用 A/O 工艺, 进一步降解有	以废纸为原料生产高档瓦楞纸和箱板纸的造纸企业产生的废水。	290

		<p>机物并通过硝化/反硝化脱氮；经 I C、A/O 工艺处理后，尾水中主要以难降解的可溶性有机物为主，采用 Fenton 氧化工艺进行氧化深度处理，经最终沉淀降低悬浮物和胶体物质后排放。工艺流程为“初沉-IC 厌氧-A/O-Fenton 氧化”；整套处理工艺 COD_{Cr} 去除率可达 99% 左右。示范工程运行结果表明，处理出水 COD_{Cr} 低于 60mg/L，达到 GB3544-2008 中表 3 特别限值的要求，以设计处理能力 1.5 万 t/d 的改造工程为例，总投资 4500 万元，改造工程的吨水投资费用为 3000 元，处理成本约为 5 元/m³。</p>		
105	印染综合废水处理集成技术	<p>该技术通过高效厌氧折流板反应器（ABR）提高厌氧处理效果和抗冲击负荷能力，改善印染废水可生化性，降解有机物，降低色度；强化 A/O（PACT）对高难降解有机物和氨氮、总氮的去除；高效澄清-过滤进一步去除废水中的有机物、TP、SS 和色度等污染物，确保处理出水达标排放。整套处理工艺具有良好的污染物去除效果，COD_{Cr}、BOD₅、总氮、氨氮和总磷去除率分别达到 90%、95%、80%、99% 及 99% 左右。该工艺较常规先物化工艺污泥产生量减少 20~40%，可显著减少污泥处理处置费用。以工程设计规模 2.0 万 m³/d 的实例为例，提标改造工程总投资 3300 余万元，吨水投资低于 1700 元，直接运行费用约为 1.70 元/m³。</p>	印染综合废水或以印染为主的工业园区废水处理。	292
106	生化尾水的磁性微球树脂吸附深度处理技术	<p>该技术利用磁性微球离子交换树脂与生化尾水中水溶性有机污染物的离子交换、氢键等多重作用，实现高效、快速去除。通过树脂动态再生，确保处理过程的连续运行。新型磁性微球吸附材料反应速度快（接触反应时间 15 min 左右）、易再生、易分离。对印染生化尾水 CO</p>	废水量较大的印染、工业园区污水处理厂等生化尾水的深度处理。	294

		<p>D_{Cr}、TP、TN、色度等去除率分别可达 40~70%、40~70%、15~30% 和 80~90%。示范工程运行表明, COD_{Cr}、TN、TP 削减率分别大于 50%、25% 和 50%, 色度去除率大于 90%, 根据环境监测站结果, 总排口 $COD=51.6mg/L$, $TN =2.1mg/L$, $TP= 0.147mg/L$, 达到太湖标准的要求; 以设计处理能力为 5000t/d 工程为例, 总投资约为 150 万元, 吨水投资约为 300 元/t、处理成本 0.3~0.4 元/t。</p>		
107	适度催化氧化联合生物处理的保障技术	<p>通过投加少量的高级氧化试剂, 利用产生的自由基与废水中有机物反应, 使其转变为生物易降解物质, 同时去除废水中少量 COD_{Cr}; 之后利用微生物处理单元中填料的截留、吸附及生物膜降解等作用, 去除大多数的 COD_{Cr}。反应停留时间 2 h, BAF 最佳滤速 3.47 m/h, 汽水比 1:1。经过适度催化氧化联合生物处理, 废水中的 COD_{Cr} 能去除 60% 以上, 出水 COD_{Cr} 小于 30 mg/L, 硬度去除率 50~60%, 碱度小于 450 mg/L, 铁锰含量小于 0.1 mg/L, 作为脱盐系统的预处理, 有效的防止了膜的生物及化学污染, 经过脱盐系统处理后的废水, 出水 COD_{Cr} 及硬度检测不出, 能够达到循环冷却水补充水/锅炉补充水的要求。吨水投资费用为 4500 元, 吨水运行费用约 3.5 元。</p>	经过二级处理后的工业废水末端出水处理。作为膜分离单元的保障技术。也可推广用于污水回用中反渗透或纳滤浓排水、以及循环水系统排水中有机物的处理与达标排放。	296
108	城镇污废水协同处理技术	<p>该技术针对含工业废水比例较高的城镇污水处理厂二级处理尾水残留有机物复杂, 出水有机物、总磷和色度高、氮素含量相对较低的特点, 基于改善污废水可生化性、提高复杂有机物去除效果的需求, 采用“水解-活性污泥-混凝沉淀-生物过滤”污废水协同处理工艺, 将常规 A^2/O 工艺改为好氧氧化, 曝气池停留时间达 16~18h, 实现了生物-物化单</p>	含工业废水比例较高的城镇污水厂升级改造或者新建工程, 尤其适用于印染、化工、机械加工等行业混合工业废水的处理。	298

		元的协同作用和功能互补，整体上提高城镇污废水处理系统对有机物、总磷的去除效果及系统运行的稳定性。改造后曝气池出水 COD _{Cr} 降低 33%，波动范围变小，TP 降低 47%。经混凝沉淀-曝气生物滤池后，系统出水 COD _{Cr} 低于 50mg/L，TP 为 0.20mg/L，色度达到 30，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 A 标准要求。		
109	工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术	针对化工园区污水处理厂的尾水特征，采用由生物滤池—潜流人工湿地—自由水面人工湿地与生态氧化塘等单元组合成的生物-生态工艺进行处理，尾水中的氮、磷、COD _{Cr} 以及主要有毒有害污染物在上述生物—生态工艺中得到了有效去除，出水达到了《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 V 类标准的要求，可回用于园区绿化与市政用水等。	工业园区集中式污水处理厂尾水的深度处理与循环利用。	300
110	高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术	该技术采用电催化氧化+活性炭厌氧生物流化床工艺对高浓度有毒有机化工废水进行预处理，先通过电催化氧化，高效去除化工废水急性生物毒性、提高废水的可生化性，再经活性炭厌氧生物流化床的吸附和生物降解作用，使废水的有机污染负荷削减 60%左右。较常规的铁碳微电解+Fenton 试剂氧化+混凝沉淀+厌氧水解酸化预处理工艺，该工艺 COD _{Cr} 去除率提高了 20%左右，运行成本约为常规工艺的 60%，水力停留时间与占地面积约为常规工艺的 10%，不产生物化污泥。以 15 0m ³ /d 的农药废水处理工程为例，吨水投资约 3000 元，处理成本约为 2.5 元/t，主体设备寿命约 8 年。	高浓度、难降解有毒有机化工废水的预处理。	303

111	超临界水氧化处理危险废物及污泥技术	<p>该技术是在水的温度和压力分别高于水的临界点（374.2℃，22.1MPa）的状态，形成一种强氧化环境，危废及污泥中的污染物和氧发生氧化反应，生成二氧化碳和水，从而实现危废及污泥高效完全转化的技术。该技术具有流程短、效率高的特点，有机物降解彻底，排水指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级排放标准，产水可回用于生产，颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、二噁英等二次污染物近零排放。其中有机质转化率≥99%、固相减容率>90%，灰分中碳含量<2%，重金属转化为稳定氧化态。尾气中二噁英类<0.02ng TEQ/Nm³，SO₂<5mg/Nm³、NO_x<1mg/Nm³。单位投资成本为 50-80 万元/吨污泥，运行成本为 250-400 元/吨污泥。针对不同工业危废，单位处理成本仅为常规工艺（焚烧）的 60%-70%。</p>	制药、农药行业产生的抗生素菌渣、母液、合成废液、蒸馏残渣、污泥、高浓废液等，化工行业的反应残渣、蒸馏残渣、焦油及焦油状废物、有机溶剂、高浓废液等；市政污泥。	305
-----	-------------------	---	--	-----

四、农村及面源污染治理技术

112	农药面源污染微生物原位修复技术	<p>该技术利用微生物所产生的各种酶降解化学农药的原理，将微生物菌株工业化发酵制成菌剂。该技术能在 30d 内降解 80%以上的土壤、水体中残留农药，解除残留除草剂对后茬作物的药害。生物修复菌剂菌数>50 亿/mL，土壤中农药降解效率>80%；菌剂用量为 5-10kg/亩，修复成本 100-200 元/亩。</p>	受有机磷类、有机氮类、有机氯类杀虫剂、除草剂和杀菌剂污染的土壤、水体的原位生物修复等。	308
113	农业面源污染末端砾间接触氧化和人工快速渗滤组合技术	<p>该技术为砾间接触氧化和人工快速渗滤联合工艺：即污水先经砾间接触氧化的好氧、兼氧去除污染物，然后提升到人工快滤池。污染物在填料层间经过滤、吸附、化学反应与沉淀、生物降解等作用后得到有效削减。可处理废水水质：SS=100mg/L-150mg/L，COD_{Cr}=250mg/L-300mg/L，BOD₅=150mg/L-200mg/L，</p>	农业面源纳污溪沟或河流的水质净化，还可用于小城镇生活污水净化和农村或小区生活污水净化等。	310

		NH ₃ -N=4mg/L, 其去除率分别达 88.7%、85.9%、86.2%和 87.2%。净化废水可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标准。平均能耗 0.14kW·h/m ³ ; 建设直接投资为 500 元/m ³ , 运行直接费用 0.30-0.50 元/m ³ 。		
114	人工快速渗滤污水处理系统	该技术是在快速渗滤土地处理的基础上, 填充渗透性能良好的专利填料, 采用干湿交替的运转方式, 利用滤料表面生长的生物膜对污水中的污染物进行物理化学吸附以及生物降解。系统水力负荷为 1.0-3.0 m ³ /m ² ·d, 对于一般生活污水采用 1.0-1.2 m ³ /m ² ·d。污染物去除效果如下: COD>90%, BOD ₅ >90%, SS>95%, 氨氮为 90%左右, 总磷在 80%以上; 中小城镇生活污水经该工艺处理后可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准或达到人体非直接接触的景观回用水及绿化回用水的水质要求。日处理规模 10000t 的污水处理工程建设投资为 1500 元/吨左右, 直接运行成本在 0.2-0.35 元/t 之间, 吨水电耗为 0.08~0.15 kW·h。	城镇污水集中处理、江河湖库水环境修复、农村集中居住区分散式污水处理、污水深度处理等。	312
115	保温式土壤渗滤系统处理农村生活污水技术	采用“调节+接触氧化+保温式土壤渗滤处理”工艺, 配合温室使用形成一套污水处理系统。调节池及接触氧化池建在温室操作间的地下, 在实现水温基本恒定的同时节省了建筑面积, 提高了土地利用效率; 土壤渗滤系统建在温室内 50cm 土壤层以下, 保证了即使冬季温室不覆盖塑料薄膜情况下的系统可靠运行。通过降低负荷, 解决了土壤渗滤系统容易堵塞的问题; 通过保温, 解决了北方地区冬季的运行问题。吨水建设成本 5000 元、处理成本 0.25 元, 出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-200	华北农村生活污水处理。	314

		2) 一级 B 标准。		
116	山地果畜结合区面源污染控制集成技术	该技术以物质循环利用与梯级净化的原理进行技术组装与设施配置，使山坡种果、山凹建猪场、沼气发酵、氧化塘、鱼塘构成一个系统单元间定量化配置的农业生态工程体系。突出“氧化塘即利用浮萍净化与资源化沼液”与“径流水汇集塘即鱼塘”两个环节在果畜结合系统面源污染控制中的重要作用，解决了系统不能消纳沼液和产生径流水的直接排放污染问题。脐橙果园实现了生态化种植，化学农药使用量约减少 45%，化肥使用量减少 65%。示范工程总排口排水水质优于地表水 IV 类标准，与猪场排放的沼液浓度相比，氨氮、总磷浓度分别削减 99% 和 98%。该技术融养殖废弃物处理于系统单元的梯级应用之中，不产生额外的运行成本。	南方丘陵山区果畜结合系统的农业面源污染控制。	316
117	稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术	该技术全程考虑土壤潜在养分供应能力、合理的目标产量以及相应的养分需求等诸多因素，融入稻田生态湿地的理念，在保证水稻产量的同时进一步削减了化肥氮磷的流失通量。以 3034 亩集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程为例，结合排水水量计算表明，在整个水稻季 3034 亩稻田示范工程的 TN 流失量削减 2.1t，TP 流失量削减 0.24 t，稻田示范工程末端排水氮、磷面源污染削减分别达 31.7%、24.2%，该项目设备投资 80 万元，亩农资投入费用为 300 元。	水稻种植区。	318
118	基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养	包括分区限量施肥技术和土壤氮磷养分库增容技术（以碳控氮技术），以土壤“碳坝、碳通道”控制农田面源污染。以 7000 亩的示范推广规模为例，大蒜产量比习惯种植增加 10% 左右，可减少氮磷化肥施用量 30% 以上，节省成本 20%。	农田面源污染防治。	320

	分库增容技术	该项目为农艺措施，成本投入主要为前期区域土壤养分空间分布状况数据测定，每 5 年测定一次，每一次每公顷 3~5 个样品，测定成本为 1000 元/公顷左右，实际运行情况年均投入 200~300 元/公顷。		
119	富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术	对富磷区高含磷地表径流进行仿肾型收集和处理，使坡面汇水区污染进行再削减。根据当地的降雨量和径流量，建一个或多个矩形沉淀池，其长宽高的尺寸以使表面水力负荷 q 在 0.8~3.0 为宜。设定草滤带长度为 30m。沟渠的长度设置为约 310m，截面积为 0.44m ² 。该技术对径流中 70% 以上的泥沙量进行了有效拦截，对氮、磷和 COD _{Cr} 的去除率可以分别达到 50%、60% 和 30% 以上，其中拦砂堰、沉砂池需要定期进行淤泥的清掏，每年大约进行 2~4 次清掏，沟渠系统填料每 1~2 年更换 1 次，沟渠系统的坡面植物大约每年需要进行 2~4 次刈割。该系统的投资根据当地（晋宁县）的物价水平，土地费用为 6000 元/年；人工费用共计约 10 万元，材料费共计约 8 万元。每年需维护费大约 8000 元。	山地富磷地区径流中总悬浮物、磷、氮等面源污染物的去除。	322
120	养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术	筛选保氮除臭功能微生物结合中高温纤维素降解微生物，减少高效堆肥中的氮损失及恶臭排放；进一步筛选解磷解钾、生防促生等一系列功能的目标微生物，开发一系列高效复合多功能有机肥，形成高附加值的堆肥后加工产品。生产的有机肥、有机无机复混肥分别符合国家《有机肥料标准》（NY525-2002）、《生物有机肥标准》（NY884-2004）、《有机无机复混肥质量标准》（NY481-2002）。以 50t/年微生物菌剂发酵制备示范生产线为例，项目设备投资 350 万元，有机肥生产线投资费用为 200 万元。主	养殖废弃物资源化利用。	324

		体设备寿命 20 年以上，年运行费用 70 万元。		
121	生活污水多介质土壤层耦合处理技术	反应器内多介质填料（铁粉、石灰石、生物改性材料、微生物菌种、碳源缓释材料等）。与土壤层耦合形成大量厌氧-好氧微区。长期运行后（5~10 年），更换的介质可作土壤改良剂，不存在二次污染。处理后出水水质可达到 GB18918-2002 一级标准。厌氧池应为多格式内设填料的厌氧系统，水力停留时间不小于 2d。当水质浓度高时，就增加停留时间。反应器水力负荷不大于 0.3 m ³ /d。出水水质 COD _{Cr} 、氨氮、TN、磷去除效率可稳定在 85%、85%、70%、80%，以日处理量为 50 m ³ 的示范工程为例，项目设施总投资 25 万元，其中土建部分为 12 万元，填料、管阀、覆盖物等配件 13 万元，吨水投资费用为 5000 元。主体设备寿命 10 年以上。年运行费用平均 0.4 万元，吨水运行费用为 0.11 元。	农村生活污水处理。	326
122	立体循环一体化氧化沟技术	将传统氧化沟混合液的平面循环改为立体循环，固液分离器利用主沟水流产生的动力自动回流。由于立体循环一体化氧化沟独特的立体循环结构，占地面积减少了约 50%，使得一次性投资成本大幅降低；同时，在运行过程中，立体循环一体化氧化沟仅由一台电机驱动转刷，设备少、维护简便，管理费用省，而且，固液分离器实现污泥自动回流，能耗的降低使得运行成本减少约 10% 以上。主要污染物出水指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）中的一级标准中 B 级标准工艺流程为“农村污水—化粪池—立体循环一体化氧化沟—达标排放”。以 30 t/d 的生活污水处理示范工程为例，吨水设备投资费用为 5500 元。主体设备	农村生活污水处理。	328

		寿命 20 年以上年处理污水 300t，吨水运行费用为 0.53 元。		
123	复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术	工艺前端将农户现有的化粪池改造后或直接加以利用，用污水管收集后（经格栅）进入水解酸化池。然后泵提升至高效厌氧池，水自流至复合塔式生物滤池单元，经生物、生态及物化处理后，出水由下部沟道，排放至人工湿地进行进一步强化处理，确保总氮、总磷去除效果，同时也确保冬季低温条件下的系统污水处理效率。工艺流程为“水解酸化池—高效厌氧池—蚯蚓生态滤池—复合人工湿地”。可有效去除污染物 TN 约 10~15%，TP 约 2~10%，COD _{Cr} 约 22%，SS 约 98% 以上，确保出水达到一级 A 标准。以 30t/d 标准计，该项目单套设备投资 20.0 万元，吨水投资费用约为 7000 元。主体设备寿命 15 年以上。年运行费用 0.13 万元，吨水运行费用为 0.12 元。	农村生活污水	330
124	易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术	课题研发的关键技术，将水解段和甲烷化段予以分离，隔离了混杂生活垃圾对甲烷化段微生物的直接影响，可以保证甲烷化产沼过程的稳定运行，也避免了厌氧过程环境条件控制的复杂性，简化了设备设计，为技术成本与村镇社区条件的相容性提供了基础；同时，水解段采用堆置发酵方式，也为水解后衔接好氧稳定提供了条件。项目产物的重金属含量低于农业部《有机肥料》（NY525-2002）中的“有机肥料”标准要求；产物的植物养分（氮、磷、钾）含量达到该标准的 90%，并优于《城镇生活垃圾农用控制标准》（GB8172-87）的要求。以每吨易腐垃圾产生渗沥液 0.4t、渗沥液平均 COD _{Cr} 为 20000mg/L，TN 为 2000mg/L 计，该垃圾分类处理设施每年削减总氮排放 1t，减	农村生活垃圾	333

		少 COD _{Cr} 排放 10t。同时该项目产物产率约 30%，用于土地利用，化学肥料替代量约 5t/a，相当于节约该值 50~100 倍的化石能源。工程总投资 47 万元，每吨易腐垃圾日处理能力直接投资费用约为 10 万元。主体设备寿命 10 年以上。年运行费用约 3.7 万元，吨垃圾处理运行费用约为 47 元。		
125	微藻处理畜牧业养殖废水资源化利用技术	该技术使用微藻养殖系统，通过微藻自身光合作用，将畜牧业养殖废水中氮磷吸收转化为生物质，达到脱氮除磷效果；出水可用于绿化或冲洗圈舍，产出微藻可加工成高附加值饲料使用，实现资源化循环利用的生态系统。占地 10 亩，设备投资 100 万元，年处理 270 吨高浓度畜禽养殖废水，年运行费用 30 万元，年产微藻经济价值 135 万元，节约新鲜水约 260 吨。	畜牧养殖业废水、发酵沼液以及水产养殖等废水处理。	335
五、水生态修复技术				
126	人造生物膜-强化污水处理剂污泥减量新技术	该技术利用微生物对有机污染物的降解和对氨氮、磷等的转化作用，将其细胞固定在适当载体上，制成不同功能和剂型的产品。以万头养猪场日处理污水 100 吨为例，污水净化后回用，节能 30% 左右，年运行费用 5.53 万元；吨水投资 1.65 万元，处理费用 1.514 元；年削减 CO _{D_{Cr}} 21680kg，氨氮 18430kg，总磷 1914kg。	污染水环境生态修复、污泥减量、高磷高氨氮有机污水、畜禽养殖及屠宰废水、水产养殖水体净化等。	337
127	高效水生态修复集成技术	该技术以“碳素纤维生物膜、微纳米气泡发生器、生态浮岛与高效土著微生物联用技术”为主，以水生动植物为辅，通过生物-生态方法快速净化水质，同时促进水体生态链趋于平衡，促进自然水体自我修复功能，强化水体的自净能力。该技术 COD _{Cr} 去除率 30~80%，TP 去除率 30~75%，TN 及氨氮去除率 30~50%，可消除黑臭、提高水体透	城市河道、黑臭水体、湖泊富营养化、流域面源污染生态治理；人工湖泊生态构建等。	340

		明度，防控水华爆发，达到地表水四类的标准。吨水投资 50-200 元，运行费用<0.01 元 / 吨·年，无化学药剂添加。		
128	灌注型植生卷材护坡及绿化技术	该技术通过在坡面上铺设由专用材料和工艺编制的植生卷材，用锚钉固定后，把种子和有机质资材以及发育基础材料，通过专用注入机械压送注入到植生卷材内，从而在各类边坡表面形成长期稳定的植物生长基础层。实现了混凝土、浆砌石、岩石等硬质坡面以及其他无土壤地带的永久性绿化；一方面不拆除原有结构面，不会发生拆除过程中对环境的二次污染；另一方面由于其特殊的结构和材料配置，绿化及生态修复效果显著。按标准配比、结构层标准设计厚度 10cm 生成的植生卷材护坡，单位价格约在 30~100 元/m ² 。	边坡的坡面防护、生态恢复及景观绿化。	342
129	湖泊退塘还湖区湿地生态系统修复集成技术	该技术通过对湖滨带鱼塘群区域进行塘库系统构建、堆岛等地形地貌多样性改造，对退塘还湖区密集而封闭的鱼塘个体进行整合和联通，在湿地中形成前置沉淀塘库区、植物氧化塘库区和植物景观塘库区等不同的水质净化功能区，在湖滨带形成具有引水、布水和排水的塘库湿地生态系统。该技术可实现低污染水体低能耗水质净化，日处理污水 5 万 m ³ 的入湖河口塘库系统生态湿地，水力停留时间 10-15d，水力负荷 0.05-0.1 m ³ /m ² ·d，COD _{Cr} 、TP、TN 去除率分别为 40-60%、40-80%、44-70%，劣 V 类污水经湿地净化后达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类水质标准。建设投资 600 元/m ³ ，运行成本 0.05 元/m ³ 。	湖泊退塘还湖区和入湖河口区，湖滨带严重受损和生态系统退化、生态、水质净化和景观功能丧失的区域。	345
130	一种新型人工湿地	该技术以强化人工湿地为核心，构建生态修复与水质净化组合工艺，	处理污染河水、城市污水	347

	技术	通过嵌套式增氧和分段进水技术，提高系统溶解氧水平、碳源利用效率，强化微生物硝化和反硝化作用，提高有机物、氨氮和总氮去除效果；通过人工弓棚和季节性植物配置技术，利用人工湿地内部保温和耐寒植物生长等综合作用，强化冬季人工湿地的运行效果，在冬季可提升有机物和氨氮去除率 40%以上。工艺净化出水的主要水质指标稳定全年优于地表水 VI 类标准，净化出水可用于各类再生水回用途径。工程建设投资 ≤ 1000 元/ $m^3 \cdot d$ ，运行成本 ≤ 0.2 元/ $m^3 \cdot d$ 。	处理厂达标排放的尾水、农业面源污染径流等。	
131	生态护坡技术	该技术将抗腐蚀、耐磨损、高强度的低碳热镀锌钢丝、铝锌合金钢丝，包覆 PVC 或经高抗腐处理的以上同质钢丝，采用机械较合编织成的多较状、六边形网孔的网片结构，用网片结构组合成定制的箱笼，在箱笼中填充块石、卵石、废旧砼块等具备一定粒径和强度的填充料，形成独特的柔性结构单元体，这些柔性结构单元体通过一定规则的摆放、并用绑扎丝或扣环连接，从而完成岸坡防护、支挡的功能。生态格网结构护坡与传统的结构护坡形式相比，可实现水土交换，生态效果好，动植物能自由生长。抗冲刷，适用河道流速达到 6m/s 的场地。投资费用包括人工费，材料费和机械费。材料费参照生态格网石笼概预算定额进行计算，定额中毛石取定基价为 30 元/t，格网取定基价为 15 元/ m^2 ，为可调价材料，应用进行价差调整。	水利工程、水土保持、公路铁路护坡工程、海洋工程、山体滑坡、泥石流治理等工程中的生态修复。	350
132	无灌溉管件防护荒漠造林技术	该技术采用无灌溉管件技术对荒漠植物直播或移栽，给荒漠植物幼苗创造利于生长的微环境，促进生长、提高成活率和保存率。可有效提高初春夜晚管件内地表温度促进幼苗生长，并有效降低夏季管内地	地下水位较高、湿沙层丰富的荒漠地区植树造林以及河网地区生态修复等。	352

		表温度（降低值可达 20-50°C）对荒漠植物幼苗的“灼伤”危害；有效降低风沙、小动物啃食对荒漠幼苗的危害；无需灌溉、操作简便，宜秋春种植，可直播、移栽。荒漠植树保存率达 70%以上，年生长量提高 20%以上，亩种植成本（含维护成本）200-300 元，管件采用可降解管件，基本无环境污染。		
133	植物固沙机种草技术	该技术通过采用混合料代替了现有植物固土技术中使用的石油副产品或者天然胶凝材料等化学材料，消除了原有固土材料带来的毒副作用和难降解的问题，能够有效杜绝土壤的板结硬化，保证植物种子正常的发芽出土和生长发育。大型工程价格 15-20 元/m ² ，小型工程价格 30-50 元/m ² 。	水源地、河网地区、大型水库和湿地的生态修复。	355
134	生态节水型灌区构建技术	该技术采用以农田排水生态净化系统、可移动式农田排水沟水质净化器、农田排水沟便携式复合人工湿地净化箱为核心的农田面源污染控制工艺，将可移动组装式水质净化单元与农田排水系统进行耦合，借助于生物净化、填料吸附、附着微生物净污原理，拦截净化农田排水中的氮磷营养盐。该技术 COD _{Cr} 去除率 >38%，TP 去除率 >28%，TN 去除率 >30%，NH ₃ -N 去除率 >30%。投资设施建设费：农田排水生态净化筒 200 元/m；不同规格可移动式农田排水沟水质净化器成本为 150-250 元/个；不同规格便携式净化箱人工湿地净化箱成本为 120-180 元/个。平均单个水质净化器运行维护费 <8 元/年，主要用于生物净化体的维修、生物净化填料的更新。	灌区农田排水氮磷营养盐的生态拦截处理。	357
135	北方寒冷地区厌氧好氧工艺	根据北方地区春秋短、冬夏长的特点，把处理工艺分冬、夏两种处理方案。冬季运行时，对污染物的去	土地资源丰富地区生活污水的处理。	360

	法-人工湿地组合工艺污水处理技术	除以 A/O 为主，人工湿地为辅；夏季运行时，对污染物去除以人工湿地为主，A/O 为辅，保证处理后的污水常年达标排放。人工湿地水力负荷为 $0.2-0.6\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，有机物、氨氮、总磷出水满足城镇污水处理厂污染物排放一级 B（GB18918-2002）标准。以日处理 20000t 生活污水为例，吨水投资费用约为 2500 元。		
136	湖口区污染物拦截前置库构建技术	前置库系统采用了新型复合式生态回廊技术、湖口区天然能源驱动提水技术，并结合生态浮床、水生植被修复、生物操纵等技术，通过沉降吸附、微生物降解、动植物吸收等作用，实现对入湖污染物的高效去除和水域的生态修复。以面积 100 亩的示范工程为例，技术示范建成后 TN 下降 55.93%，TP 下降 70.71%， COD_{Cr} 下降 34.49%，且达到地表水 III 类标准；工程示范建成后 N 下降 47.7%，TP 下降 29.1%， COD_{Cr} 下降 27.7%。工程示范费用合计约为 4620 万元，工程年度运行总费用共计 131.5 万元。	湖泊污染物拦截与生态修复。	362
137	湖滨-缓冲带生态建设成套技术	该技术是根据湖泊陆域到水域，划定缓冲带农业生产区-缓冲带防护隔离区-湖滨带的空间布局，结合各区域现状及问题，分别采用适宜的技术体系，包括缓冲带农业生产区短流径入河农田尾水强化拦截净化技术、缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪建植与径流拦截净化技术、堤岸型湖滨带水生植物倒置式配置技术。最终形成地域空间上有机衔接、生态结构上合理延续，污染迁移上有效缓冲的生态屏障。以处理能力是 205 亩的湖滨带及缓冲带湖滨污水及农田尾水的示范工程为例，缓冲带农业生产区与非示范区相比，径流污染物拦截净化率达到 30% 以上，缓冲带防护隔离区枯落	建有大堤的湖滨带及建设了湖泊防护林（功能区）和连带部分较高强度农田种植的湖滨-缓冲带区域。	364

		物减少 60%以上，径流污染削减率 50%以上；湖滨带生境条件得到改善，植被覆盖率达到 30%以上，该项目设备投资 30 万元（现场施工由甲方建成，总投资约 1200 万元），主体设备寿命 8 年以上，年运行维护费用仅 10 万元。		
138	“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术	本技术针对污水处理厂排放的尾水氮磷等营养物质含量高，对纳污水体富营养化贡献大的问题，研究开发“稳定塘—湿地”生态净化技术。开展高效植物生态系统脱氮除磷技术研究，筛选适宜当地条件的高效生物组合，开展生态塘植物浮岛技术、高效植物与水体中微生物对污染物的协同作用规律、复合垂直流人工湿地等技术的研究，开展“稳定塘—湿地”生态系统的运行模式技术研究，攻克“稳定塘—湿地”生态系统协调与控制技术、系统中污染物迁移转化过程控制技术，优化“稳定塘—湿地”生态系统的运行条件，研究净化尾水的利用模式，并进行高效植物生态治工程经济效益分析，提升污水处理厂尾水出水水质。以 3300t/d 的城市污水处理厂尾水“稳定塘—湿地”示范工程为例，经过该生态工程的处理，污水处理厂尾水中的 COD _{Cr} 、氨氮、TP 的去除率分别为 49%、57%、42%。	污水厂尾水深度净化及富营养化水体的净化。	366
139	一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船技术	依据授权发明专利（ZL200910185151.8），在打捞获得的富藻水中投加磁种，以此磁种为“凝核”，配合投加混凝剂和助凝剂，使非磁性悬浮物与磁种快速凝聚成微小的磁性絮团，利用高能物理场强大的能量场吸附力瞬间吸附水中絮体，使得水中的絮体瞬间被吸附除去，余水排放湖中。可一次性将富藻水含水率降低到 90%，实现打捞、处置一体化，具有效率高、体积小、能	大规模蓝藻暴发的富营养化湖泊湖面蓝藻机械化打捞、现场减容，能够连续作业。	368

		耗低、机动性好等特点。处理能力大于 30m ³ /h；机械除藻后的水体中藻类密度减少达 90%以上，可一次性将富藻水含水率降到 90%以下。一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船示范工程投资 600 万元。主体设备寿命 10 年以上，一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船运行成本为每小时 50~60 元（包括药剂费、水电费、人工费及燃油费等）。		
140	大型仿生式水面蓝藻清除技术与设备	仿照鲢鱼滤食浮游生物的原理，研制出以“鳃式过滤器”为核心技术（ZL200910031268.0）的“大型仿生式水面蓝藻清除设备”（ZL200910026679.0）。技术工艺：抽吸富藻水（1000m ³ /h）→仿生式鳃式过滤器→浓缩富藻水→摇振浓缩→藻泥→收集→运输。操纵工艺：接受蓝藻水华发生预报→达到蓝藻打捞现场→清除蓝藻→收集→运输→无害化处理。该设备作业幅宽 10m，能够以 1000m ³ /h 的流量分离汲取表层 5~20cm 富含蓝藻的湖水，经过两级过滤分离输出粘稠藻浆，并通过藻浆袋装储运实现连续作业，对可见蓝藻颗粒的去除率 100%，在含藻率只有万分之一（体积比）时每小时仍然可以去除 100kg 的蓝藻。该设备投资 260 万元，吨水投资费用为 108 元，主体设备寿命 10 年以上。处理量为 1000m ³ /h 的大型仿生式水面蓝藻清除设备，每处理 1m ³ 藻水的动力消耗仅有 0.05kwh，费用为 0.05 元。	可在水华蓝藻易堆积需要清除、但是又必须绝对避免二次污染的湖泊饮用水水源地区域推广使用。	370
141	洱海水生植被防退化技术	水下光照强度弱是限制洱海沉水植物生长和分布的主要因素，而水下光照强度主要受到水体透明度和水深的影响；因此，通过改善水体透明度和根据植物的生长季节调整洱海水位可以是水下光照强度得到显著改善，从而有利于沉水植物的生长。同时，水生植物繁殖体的数量	洱海等类似湖泊的水生植被防退化。	372

		和幼苗在水中的定植也会影响沉水植物的存活；因此，通过沉水植物繁殖体补充、人工辅助定植和种质资源保护有利于植被的存活和扩增，从而达到沉水植被防退化的效果。以洱海 1km ² 的浅水区示范工程为例，示范工程区内负荷削减 30%，生物多样性指数增加 20%，黑藻和苦草群落占沉水植被总面积 30%，并形成可自我维持的稳定群落。该项目一次性投资 50 万元，完成 10000m ² 示范区建设，单价为：50 元/m ² ，该项目后期运行费用为 5 万元/年。		
142	基于水质保护的洱海鱼类群落结构调控技术	鱼类是湖泊生态系统的重要生物类群，处于食物链的上端。以水质保护和生态系统健康为目标，将放养和捕捞作为洱海食物网操纵和鱼类群落结构调控的重要手段。基于银鱼、鰕虎鱼、鲢、鳙等关键鱼类生态学和生态功能评估，建立了不同生态位鱼类调控的技术参数。根据食物网理论，大规模捕捞浮游动物食性的银鱼和鰕虎鱼，可以大量增加浮游动物；浮游动物或藻食性鲢/鳙鱼的大幅度增加，可以有效控制浮游植物过度繁衍，减少浮游植物密度和生物量，从而有利于提高水体透明度，防止藻类水花发生。示范工程采用本技术，水体透明度均值比示范前提高了 20%，本技术单位水面的投资费用只有鱼种费，每亩水面鱼种费估算为 6~8 元，运行费用可不加考虑。	外来入侵的浮游动物食性鱼类占主导地位、生物控藻能力较弱的云贵高原湖泊。	374
143	城区河道水质净化与生态修复集成技术	针对城区河道水文水质特点及污染特征，对多元生态构建、河道充氧造流、底泥污染控制、河水快速净化、水力调配控制等单项技术方法加以完善、优化，并在多项技术耦合机制研究的基础上，提出了针对城区不同类型污染河道的组合技术方案，分应急、过渡、水质改善、	外源入河污染基本得到控制，河宽 < 40 米，水深 < 5 米，水体流动性较差的城市河流的水质净化与生态修	376

		生态恢复等不同阶段，形成城市河道水质净化与生态修复集成技术体系。河流内源污染释放抑制药剂投量 1-1.9kg/m ² ，生态浮岛等生态设施覆盖度约为 10-15%，曝气充氧设施需保证水体溶氧不低于 3.0mg/L。投资费用约每公里河道 68 万元，运行成本：0.02 元/吨。实施后，污染物去除率达到 30-50%，溶氧提高率 100%，水质显著好转，黑臭现象基本消除，河道景观显著改善，水环境生态多样性显著增加。	复。	
144	城市河湖水系水质保障与修复技术	该技术针对城市景观水体水动力条件差、污染严重与水生态系统退化问题及成因，利用建立的水量水质模型，通过水系连通与水力调度，增强水体流速与交换；开发碳源补充的高效脱氮的人工湿地城市污水处理厂尾水深度处理工艺，提升尾水补充水体水质；通过人工强化与水生植物组合原位修复，恢复水生植物，促进水生态系统重建。在南淝河上游示范区，恢复了岸带与水体水生植物群落，初步重建水生态系统；综合断面主要水质指标 COD _{Cr} 、总氮、总磷浓度分别降低 28%、40%和 58%。属于生态工程技术，投资费用低、操作简便、维护成本低廉。	城市景观水体、河道、湖泊等水体的水质保障与生态修复。	378
六、监测与预警技术				
145	流域水环境突发型风险预警与控制技术	该技术着眼于水污染事故发生特征、风险源控制机制和敏感目标受威胁程度，以辨识事故型水环境污染风险源和敏感目标，并基于此构建风险源风险值计算方法和敏感目标风险值计算方法，提出风险源和敏感目标的分级评估方法，建立风险源和敏感目标耦合的水环境风险分区方法；围绕满足不同地区对流域水环境风险模拟预测需求，建立预测模型库、模型参数库；同时，	流域水环境突发型风险源识别及水污染事件水环境影响快速模拟、饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定和突发性水污染事件现场应急控制。	380

		以保护水污染事件下暴露人群健康为立足点，建立了安全阈值；同时，筛选出 120 种特征污染物、典型危险化学品突发泄漏至水源水体及土壤事故现场的应急处理方法，提供物理与化学的应急处理数据。		
146	浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术	该技术基于重污染区域内的实时水环境自动监测数据以及水文气象、水下地形、遥感影像等资料，通过构建综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的水质蓝藻预测预警模型，并使用长时间序列的、大量而又系统的实测资料进行模型的参数率定，实现浅水湖泊蓝藻水华的聚集动态模拟和预警。	湖泊藻华生消动态变化预测预警。	382
147	基于主动性指标选择的河流健康综合评估技术	综合河流物理、化学和水生生物等多类型评价指标，基于压力-响应关系筛选能够有效指示环境压力的评价指标，在压力-响应预测模型的基础上，确定各指标的阈值范围，最终构建能够全面反映河流健康状况的综合评价指数。	各类型河流生态系统的健康评价。	384
148	山区水库型控制单元水质目标管理技术	在进行水库流域水环境问题诊断的基础上，应用 SWAT 模型模拟核定流域内各类非点源污染产生负荷和入河负荷，建立 EFDC 模型进行水库水体三维水动力水质模拟，采用正反结合算法进行水库水环境容量计算，制定总量分配方案。	山区水库水质目标管理。	387
149	河网型控制单元水质目标管理技术	基于分类输出系数法核算平原河网区非点源污染负荷，分析污染物产生、排放、入河量；基于 EFDC 模型构建河网和湖体水动力水质模型，得到水质响应特征曲线；基于 5 级分配技术得到总量控制方案。	平原河网水质目标管理。	389
150	城市河段控制单元水质目标管理技术	基于城市点源入河系数估算和非点源类型源试验和 SWMM 模型计算-设计水文条件的选择-基于水质模型的输入响应关系计算-水环境容量计	城市河流水质目标管理。	391

		算-污染物允许排放负荷计算的城市河段控制单元水质目标管理方法。		
151	感潮河段控制单元水质目标管理技术	考虑地表水和海水标准进行水质目标核定，对常规污染物考虑 30 天潮流过程，选择月潮过程；对毒性物质的急性效应可考虑流速为零时低水位相应水域的水量。采用稳态设计水文条件动态水质模型进行模拟与分析背景负荷（入境浓度）和不同可控污染源（排污口单位负荷）对河流水质的响应关系。采用模拟优化法实现感潮河段控制单元水质目标管理。	感潮河流水质目标管理。	393
152	北方缺水型河流水质目标管理技术	针对北方河流丰、平、枯水期流量与水质差异明显的特征，建立以季节水环境容量为基础控制单元水质目标管理技术体系，形成了污染负荷核定、不同水期水文条件设定以及水环境容量总量分配等关键技术，以适应缺水型北方河流水文特点。	北方缺水型河流水质目标管理。	395

第二部分 技术简介

1 凝结水与乏汽闭式回收装置

适用范围

适用于石油、石化、化工、火电、冶炼等行业。

基本原理

凝结水闭式回收装置：在蒸汽间接换热系统的换热设备后端，将由蒸汽换热降温形成的高温凝结水采用全封闭的方式集中收集后，采用离心泵或汽/气动力泵加压输送至用户规定的场合以使用户对其中水资源循环利用。同时，也能对其余热加以再利用。

乏汽回收装置：由高压乏汽自身压力驱动或依靠喷射泵抽吸乏汽进入集汽罐与冷水混合后形成高温水后，采用电动泵进行压送回收。

工艺流程

电动离心泵式凝结水回收工艺流程：多路收集器收集凝结水→凝结水在集水罐进行汽水分离→集水罐内液位上升至规定高度→电子式液位信号传输至 PLC→PLC 指令泵启动压送凝结水→罐内凝结水液位下降不规定液位→电子式液位信号传输至 PLC→PLC 指令泵行业→凝结水持续流入集水罐，罐内液位上升，开始下一个泵的启停工作循环。

汽/气动力泵式凝结水回收工艺流程：凝结水流入闭式集水罐内→凝结水靠压力及自身水头流入泵体内→泵内凝结水液位上升至疏水阀临界开启的相应高度→传动机构带动疏水阀开启→当泵前后压差足够时无需引入动力气/气体而依靠压差直接回收凝结水；当泵前后压差不足时，泵内液位继续上升至指定高度→传动机构开启进汽/气阀→动力汽/气体进入泵内，压送凝结水；泵进水口单向阀关闭，泵内停止进水→泵内凝结水排出，液位下降至规定高度→传动机构并联驱动进汽/气阀关闭，排汽/气阀打开→排出动力汽/气体至集水罐→罐内凝结水流入泵内，液位上升，开始下一个“进汽/气、排水”+“排汽/气、进水”工作循环。

自压流入喷淋换热式乏汽回收工艺流程：乏汽依靠自压流入集汽混合罐内→喷淋冷水使乏汽凝结成水→改变喷淋冷水量控制混合水温→采用电动泵式凝结水回收装置压送。

喷射泵抽吸直接混合式乏汽回收工艺流程：采用喷射泵喷射冷水抽吸低压乏汽进入集汽混合罐→改变喷射冷水量控制混合水温→采用电动泵式凝结水回收装置压送。

关键技术或设计特征

电动离心泵式回收装置：多路共网收集技术；汽水分离技术；“汽蚀”消除技术；引流加压技术；PLC 运行控制技术。

汽/气动力泵闭式回收装置：泵阀组合技术，“进汽、排水”+“排汽、进水”联动切换技术。

推广情况

共承接用户凝结水回收改造工程 96 项，售出各类凝结水回收装置 480 套；承接用户乏汽回收改造工程 2 项，乏汽回收装置 4 套。

典型案例

（一）项目概况

金川集团有限公司厂区采暖系统节能技术改造项目。项目安装由甘肃红峰公司设计、制造的凝结水闭式回收套装 2 套。项目设计目标为：凝结水回收率达到 90% 以上。项目于 2008 年 4 月 20 开工建设，2008 年 11 月 1 日前建成验收。

（二）技术指标

经金川公司动力厂组织验收确认，项目采用的凝结水回收装置其主要技术指标达到企标 Q/JHF271-2007 及金川公司与红峰公司签订的项目技术协议要求。经统计，项目每运行一年，可回收并循环利用凝结水 56 万吨，凝结水回收率达到了 92.6%，回收凝结水水温平均达到了 130℃。大幅节约了金川公司厂区采暖热源用水，由于利用了凝结水的余热，也使供暖煤耗有了一定幅度的下降。

（三）投资费用

该项目总投资约 190 万元，其中设备投资 120 万元，基建投资 50 万元，其他投资 20 万元，每年每回收万吨凝结水投资费用为 3.4 万元。主体设备寿命 8 年。

（四）运行费用

根据 2008 年 11 月-2009 年 5 月实际运行情况，折算年回收凝结水 56 万吨，年运行费用 50.35 万元，吨水运行费用为 0.89 万元；年回收凝结水 56 万吨，按每吨凝结水价值 6 元计，年节水总节约费用为 336 万元，除去运行费用，项目实际年净收益为 285.64 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：甘肃红峰机械有限责任公司

联系人：郭玉栋

电话：0933-8719130

地址：甘肃省平凉市崆峒西路 229 号

邮编：744000

E-mail: hfjszx@163.com

2 双室一级、二级除盐水处理技术

适用范围

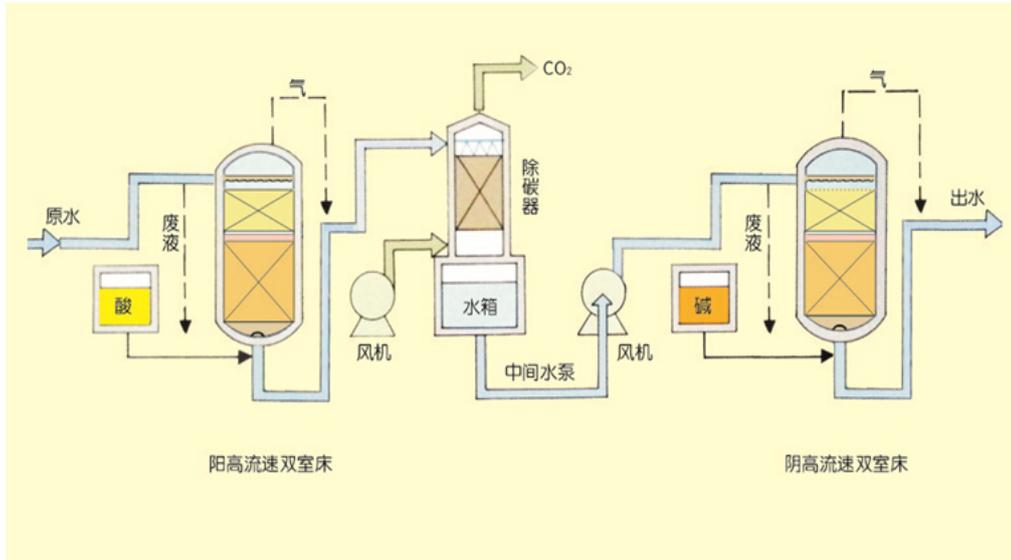
电力、石油、化工、电子、冶金、纺织、医药等行业一级、二级除盐水处理。

基本原理

该技术中高流速阳双室床、高流速阴双室床是作为一级除盐的主要设备，阳、阴高流速双室床体内分为上、下二室，每个床体内装有弱、强二种不同的树脂，上室装有弱型树脂、下室装有强型树脂，运行时水流自上而下，上部的弱酸树脂只能去除掉水中 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ （暂硬）的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 阳离子，弱碱树脂只能除掉水中的 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 等强酸阴离子，下室的强酸树脂和强碱树脂可以分别去除掉水中剩余的所有阳离子和所有阴离子。

工艺流程

地下水（如是河水需设置预处理系统）→生水泵→双介质过滤器→阳高流速双室床→除碳器→中间水箱→中间水泵→阴高流速双室床（一级除盐）→精除盐复床（二级除盐）。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用双室结构，双室一级除盐装置内部装填为强弱二种树脂，二级除盐装置在上室由一级除盐高流速双室床所使用的弱型树脂改为强型树脂等举措后，它又具备了前置阳床（即前置过滤器）的新功能。

进水装置和再生排液装置合二为一，实施进、排水一体化，这样就可以实现再生时由制水中进入的悬浮物以及在运行中已经破碎的细小树脂，能够被底部逆向进入再生液和置换水反洗出去。从而实现了床体的自洁净功能。

在设备顶部增设排气装置，可以使设备在再生时床体直通大气，不再承受压力，阻力小，液流均匀性好，不会发生偏流和死角，更有利于树脂的清洗工作，可以获得最佳的再生和运行工况，能提高运行流速。

使用专用的筛管式进水支母管装置及专用的双头水帽，同时其他的有关部件必须做相应的配套设计。

典型规模

该技术应用于兰州石化公司动力厂第二套除盐水装置的改造，除盐水处理系统出力 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，共三列设备，其中二列运行，一列备用，本系统设备采 DN2800 的高流速阳、阴双室床各三台；应用于陕西榆林天然气化工有限公司除盐水处理系统，除盐水处理系统出力 $180\sim 240\text{m}^3/\text{h}$ ，该系统设备采用 2 台 DN2500 的阳高流速双室床和 2 台 DN2500 的阴高流速双室床等组成的一级除盐系统，共二列设备，其中一列运行，一列备用。

推广情况

该技术在兰州石化公司动力厂、陕西榆林天然气化工有限公司等多个项目的除盐水处理系统中得到了应用。

典型案例

（一）项目概况

该项目是针对进水水质要求高、酸碱耗大、自用水量、树脂补充率高、运行费用高等运行中存在的问题进行改造的，改造可去除水中的浊度、盐类等杂质。兰州石化公司动力厂一套除盐水处理装置设计出力 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，2005 年 12 月立项改造，2006 年 4 月开始施工，2006 年 9 月完成调试并投产。

（二）技术指标

优于《火力发电厂化学设计技术规程》（DLT5068-1996）标准规定，高流速阳双室床平均周期制水量产水量增加 2403t，高流速阴双室床平均周期制水量产水量增加 1980t，再生废水量减少排放 419m^3 ，再生时间节约 85 min，自用水率减少 19.29%，再生废水经酸碱中和后排放，达到国家二级排放标准。

（三）投资费用

除盐水处理系统改造的总投资费用为 581 万元，每年运行 8000 小时，年制水量 400 万吨，单位水量的投资费用约 $1.45\text{元}/\text{m}^3$ 。

（四）运行费用

年除盐水处理能力 400 万吨，年运行费用 804 万元，吨水运行费用为 2.01 元；利用本工艺减少了自用水约 319 万吨，增加再生用酸约 320t，减少用碱 385 万吨，减少蒸汽用量 133 万吨，年运行费用减少 628 万元，吨水运行费用减少了 0.79 元。

联系方式

技术信息咨询单位：西安净源水处理科技有限公司

联系人：温雅莉

电话：13384900816

地址：西安高新区科技七路

邮编：710075

E-mail: xacywyl@163.com

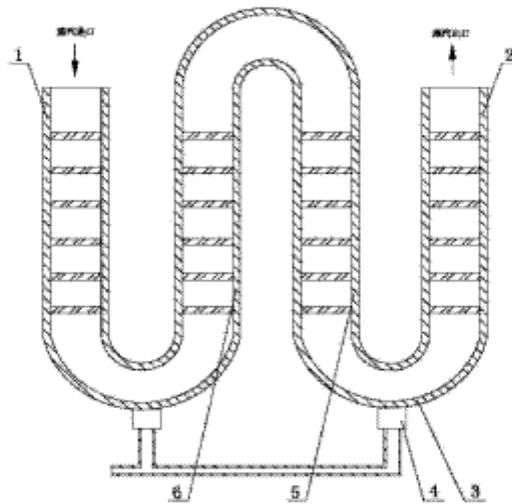
3 循环冷却水高浓缩倍数运行关键技术

适用范围

石油化工生产过程中循环水系统。

基本原理

循环冷却水系统冷凝节水器是采用在每根竖管内设置凝水球，在连接杆上安装有虑水球构成的凝水网，与每根竖管内的凝水球接触，增大蒸汽与 S 形管道的接触面积，降低水蒸气在 S 形管道内的流速，水蒸气在 S 形管道中凝结产生大量的冷凝水，经分水器分离，分离出的冷凝水再输送回循环冷却水系统。



循环冷却水系统冷凝节水器的结构原理图

关键技术或设计特征

采用了高效阻垢缓蚀分散剂（即：可生物降解水处理化学品），解决了“四高”水质在高浓缩倍数运行下的腐蚀、结垢难题，实现了循环水系统近零排放技术的应用。

以高效阻垢缓蚀分散剂为主剂的水处理剂配方具有可生物降解性，属于环境友好型的水处理剂。该水处理剂配方具有无磷特性，不会对水体产生富营养化问题。

采用了循环水系统冷凝节水器装置，对循环冷却水系统水分损失最大的蒸发损失进行回收。

推广情况

该项目在陕西渭河重化工有限责任公司、陕西华山化工集团陕化化肥股份有限公司等企业得到了很好的推广。

典型案例

（一）项目概况

陕西渭河重化工有限责任公司循环水系统技术服务项目，对其多个循环水系统进行改造，循环量分别为 41000m³/h、22000 m³/h、51000 m³/h。从 2010 年开始循环冷却水系统实施高浓缩倍数条件运行。

(二) 技术指标

从 2010 年开始循环冷却水系统实施高浓缩倍数条件运行，并采用冷凝节水器，将蒸发损失由原来的 1.7%~2.0%降到 1.0%~1.2%，累计节约新鲜水用量近亿方，减少排污 1.3 亿方，为企业节约资金 1.1 亿元，累计实现产品销售 4270t。

(三) 投资及运行费用

项目投资主要用于生产企业冷却水塔的改造及循环水系统药剂；该项目的运行费是根据现场循环水水量、水质要求及现场运行要求确定，主要包括水处理化学品费及循环冷却水系统冷凝节水器的改造费。采用该技术循环水运行成本 0.003 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：陕西省石油化工研究设计院

联系人：司新生

电话：029-85542605

地址：陕西西安市雁塔区西延路 61 号

邮编：710054

4 节水型无镉铅蓄电池多阶段内化成工艺

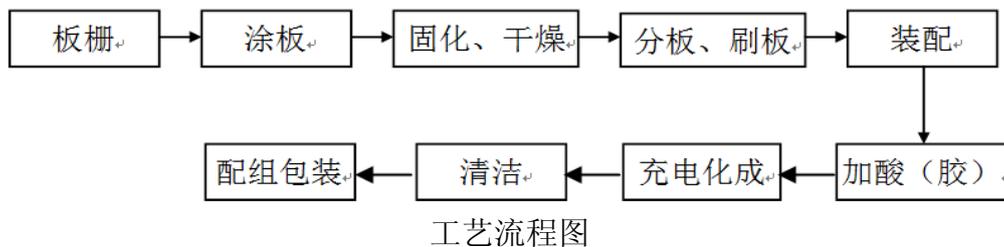
适用范围

铅酸蓄电池极板制造及组装生产过程。

基本原理

化成是蓄电池制造十分关键的一道工序，其技术原理是利用化学和电化学反应使极板转化成具有电化学特性的正、负极板的过程，其转化过程的好坏将直接影响蓄电池的性能。化成有外化成和内化成两种工艺，外化成工艺是把固化后的生极板置于带硫酸的化成槽内充电化成为熟极板，然后组装电池，最后再补充充电；内化成是把固化后的生极板直接组装电池，然后充电化成。相比外化成工艺，内化成工艺省略了生极板在化成槽内充电化成为熟极板的过程，其优点是节约了化成槽用水，以及外化成完成后极板清洗用水。

工艺流程



关键技术或设计特征

(1) 板栅合金材料优选技术

内化成电池广泛采用铅钙合金方案，其最大优点是具有优异的免维护性能。但由于钙元素的存在，铅钙合金板栅与活性物质界面易生成硫酸铅、硫酸钙或半导体性质的氧化物阻挡层，增加电池内阻，出现“早期容量衰减严重和深循环寿命性能差”。该项目研究一种铅钙基铅蓄电池板栅合金材料优选技术，解决内化成铅钙电池容量衰减和循环寿命短等问题。

(2) 新型板栅结构设计技术

板栅是活性物质的导体和载体，其结构设计对蓄电池的性能影响较大。对于动力型铅蓄电池，在设计时应考虑板栅的厚度要适中、板栅的尺寸根据容量大小、筋条粗细、筋条布局等几个方面的问题。其中筋条布局对电池的导电性和大电流充放电性能有着较大影响。该项目研究一种新型板栅结构，以提高电池的大电流充放电性能。

(3) 铅膏方法和新型添加剂技术

铅膏相组成决定极板的容量和寿命。该项目选择合适的和膏温度范围和添加剂，以提高铅膏中 4BS 含量，提高极板循环性能。

(4) 固化工艺技术

固化工艺控制对极板的容量、寿命、化成难易程度都有较大的影响。该项目研究较合理的温度、湿度控制方案，以提高极板质量。

(5) 内化成充放电技术

化成是蓄电池制造十分关键的一道工序，其转化过程的好坏都将直接影响到蓄电池的性能。该项目研究一种内化成充放电技术，以提高活性物质转化率，提高电池初始容量和使用寿命。

典型规模

该技术于 2011 年在江苏超威电源有限公司建设典型示范工程，投资 2320 万元，改造产能为年产铅蓄电池 45 万 KVAh（300 万只），经测算，同比原外化成工艺，现工艺年可节约用水 4 万吨，节约生产成本 220 万元。

推广情况

已在超威集团下属 12 家子分公司及 14 家联合体企业推广应用，每年可节约生产用水 243 万吨。

典型案例

(一) 项目概况

江苏超威电源有限公司无镉铅蓄电池内化成工艺改造项目，总投资 2320 万元，改造产能为年产铅蓄电池 45 万 KVAh（300 万只），2011 年 1 月开工建设，于 2011 年 6 月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

该项目采用无镉内化成工艺，按年产 45 万 KVAh（300 万只）产能计算，根据测算和检测，每年可节约用水 4 万吨，节约率 90%，折合万 KVAh 每年可节约用水 900t。生产的电动助力车用动力电池产品主要技术指标达到且优于国家标准及外化成工艺，具体见下表 1：

铅蓄电池产品技术指标

序号	项目	GB/T22199-2008	外化成	内化成
1	2h 容量	$\geq 100\%C_2$	105 C ₂	109.4%C ₂
2	-15℃2h 容量	$\geq 70\%$	80%	81.6%
3	容量保存率 28 天	$\geq 85\%$	88%	92.6%
4	循环使用寿命	≥ 350 次	600 次	712 次
5	放电容量恢复	$\geq 75\%$	81%	100%

(三) 投资费用

该项目总投资 2320 万元，包括生产用房、电气等基础设施改造 310 万元，充电机等生产设备购置 1350 万元，酸雾处理机等环保设备 155 万元，中试研发投入 505 万元。折合每万 KVAh 投资费用为 51.6 万元。

(四) 运行费用

根据 2011 年 6 月-2011 年 6 月实际运行情况，年生产铅蓄电池 40 万 KVAh（265 万只），年运行费用（主要为耗电）395 万元，折合每万 KVAh 运行费用为 9.7 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：超威电源有限公司

联系人：吴移照

电话：0572-6217985

地址：浙江省长兴县画溪工业功能区

邮编：313100

E-mail: zjcxwyz@163.com

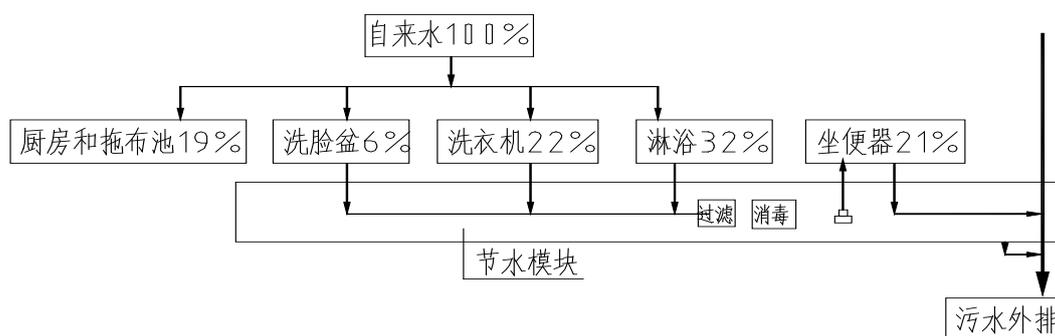
5 模块化排水及户内中水集成系统

适用范围

适用于新建、改建、扩建的住宅、宾馆、公寓等建筑内的卫生间排水及建筑内中水利用。

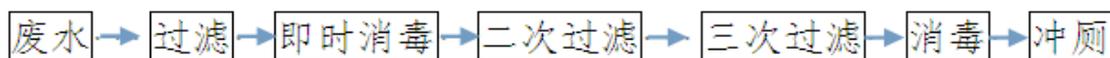
基本原理

模块化排水及户内中水集成系统主要是将卫生间排水横支管集成为模块，集同层排水与优质杂排水自动收集、储存、过滤、消毒、回用冲厕功能为一体的户内循环水利用集成装置技术。



设计原理图

工艺流程



关键技术或设计特征

废水水质自动识别技术，确保水质稳定。

排水横支管集成模块化，实现户内废、污分流和同层排水。

模块内自动清洗，排空技术，保证汇集水箱内壁的清洁。

高层单立管排水技术，节约空间。

定时消毒措施，保证水质安全。

智能化控制，定时排空和反冲洗，确保模块自保洁。

集水箱设置自动定时排空、清洗装置，确保模块内部清洁卫生。

典型规模

河南省濮阳市滨河小区、添运小区、建设新村等共 3400 户，2011 年交付使用，安装使用了模块化排水及分户中水系统的第二代产品，已使用近 3 年，每户每年可节约用水 36-60m³，同时减少等量排污。

推广情况

已在河南、山东、新疆、河北、安徽等地应用约 5 万余套。

典型案例

（一）项目概况

中原油田 2008 年经济适用房工程位于河南省濮阳市，是中国石化集团中原石油勘探局的职工居住小区，建筑类型有多层建筑及小高层。2008 年设计，2011 年 8 月 9 日竣工验收，交付使用。该工程共 3400 户，安装使用了模块化排水节水分户中水系统的第二代产品，现今已经安装近 4 年，使用近 3 年。

（二）技术指标

根据 2014 年 3 月住建部科技司的验收意见，户内中水系统可节水 30%，同时解决了卫生间排水系统“裂、渗、漏、臭”的质量通病。

根据中国人民解放军疾病预防控制中心卫生学评价研究中心的《水质安全评价报告》，监测水质安全。模块化排水节水分户中水系统水样中未检测到相关健康危害因素。结合已经使用 5-8 年的实际效果，未发现水质对户内环境及人体产生健康危害现象。

（三）投资费用

用于节水系统的总投资为 680 万元，包括节水模块设备费、安装费、维护费等。每户年节约用水 36m³，按照 50 年的使用寿命，共可节约用水 1800 m³，每单位节水的投资为 1.11 元/m³。

（四）运行费用

该系统的年运行费用包括：包括滤网更换费用 1 元，药剂费 36 元，电费 7.2 元，共 44.2 元。每年节水量 36 方，每立方米的运行成本是 1.2 元。按照濮阳市每立方米自来水水价为 2.65 元计算，每户每年可节约水费 95.4 元。

联系方式

技术信息咨询单位：濮阳市明锐建筑节能技术有限公司

联系人：王凤蕊

电话：13513919180

地址：濮阳市五一东路 285 号

邮编：457001

E-mail: fr9978@163.com

6 节能型自由侧翻式拍门

适用范围

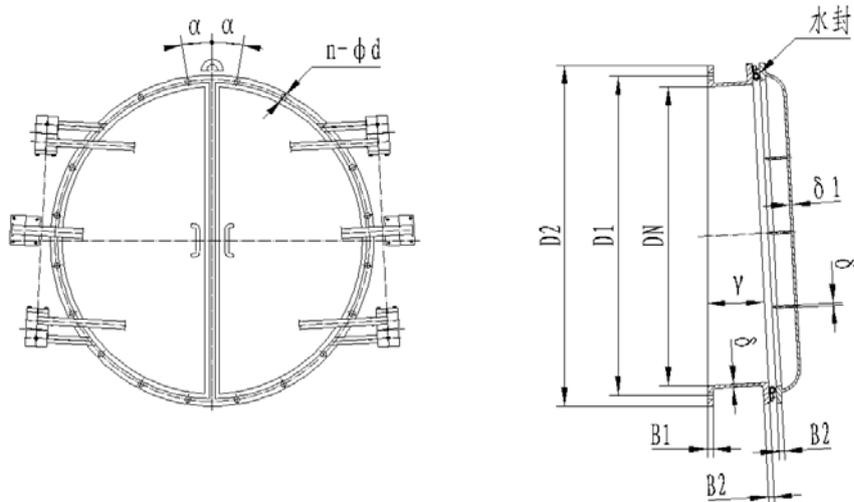
主要应用于各水利设施与泵站机井建设改造工程。

基本原理

根据力学原理，将门体铰轴竖向布置并向里倾斜一定角度，利用门体自重的水平分力作为闭门的动力，达到减小拍门的开启阻力和自动关闭的目的。当管道内部的介质压力大于外部拍门背压时，拍门即自动开启，当管道内部的介质压力小于或等于外部拍门背压时，拍门就自动关闭，无需电动控制，不要人工操作。

工艺流程

其技术内容是将门轴倾斜（设计了 δ 角和 γ 角），从而使拍门向内和向后倾斜。这样当门页离开管口位置时，门重的水平面分力会促使拍门关闭。利用门页自重的水平分力作为闭门动力（利用的重力仅占自由悬挂式拍门全部重量的1/10左右），克服了自由悬挂式拍门无自闭能力的技术缺陷。



关键技术或设计特征

将门轴倾斜（设计了 δ 角和 γ 角），从而使拍门向内和向后倾斜，这样当门页离开管口位置时，门重的水平面分力会促使拍门关闭。

利用门页自重的水平分力作为闭门动力（利用的重力仅占自由悬挂式拍门全部重量的1/10左右），克服了自由悬挂式拍门无自闭能力的技术缺陷。

推广情况

已在江西、湖南、湖北、安徽、广东、广西、江苏、浙江、甘肃、山东、陕西、河南、河北、北京、天津、上海等省、市各水利实施与泵站机井建设及改造工程中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

为解决湘江风光带九华段防洪堤流域的防洪、排涝、抗旱、景观等，2014年2月，湘江流域道路、景观工程施工二标购买节能型自由侧翻式拍门。其产品规格型号：6000×4500MM，此拍门也是目前国内最大拍门。2014年3月9日顺利交付工地现场使用，至今产品运行良好，未收到任何不良反馈。

（二）技术指标

- 公称压力：1.0—4.0 (Mpa) ;阻力系数：≤0.10
- 用温度：-20—+120℃;水头损失：<0.04
- 开启角度：1—85°;装置效率：73%
- 开启时间：5—10S;节约电能：22.5%

（三）投资费用

该项目总投资约 32 万元，其中原材料 18 万元，加工费 4 万元，管理费 2.56 万元，税金 5.44 万元，利润 2 万元。主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

项目产品主要用于各种给排水及污水处理等。产品主体原材料为碳钢材料，铰轴为不锈钢材料，轴套以铜合金为基体的球铰式自润滑轴承，配合偶件不会生锈。产品使用寿命可达 30 年以上。产品主要为一次性投入，后期运行不产生费用。

联系方式

技术信息咨询单位：湖南力威液压设备有限公司

联系人：周卫东

电话：0731-52670003

地址：湖南省湘潭市天易示范区海棠路

邮编：411228

E-mail: hnlw@163.com

7 光洁纳米级抗菌陶瓷免冲水小便器

适用范围

公共厕所、移动公厕、政府、医院、高校、火车站、高速公路服务区公厕、会展中心、宾馆、商场、超市、公园、游乐场等公共卫生场所。

基本原理

当尿液流经隔臭装置后，密封挡板自动开启闭合，密封挡板结合自身的重力形成了良好的密封环境，完全阻隔了下水管道异味的上返。并且在零下 20 度至零上 60 度之间都可以开启闭合，保证了隔臭装置的正常运行。

关键技术或设计特征

不残留特性：独创的光洁纳米技术烧制的陶瓷体，表面不残留液体。

抗菌特性：高密度陶瓷表面喷涂纳米级钙系抗菌釉料，该釉料含有“钙系”、“二氧化钛光催化系”、“稀土复合系”等抗菌剂成分，具有长效抗菌性。

隔离装置：独创的无铰链弹性体专利技术，特有的“不残留接口”，有效地抑制臭味。独特的流畅内凹面陶瓷技术及陶瓷与不锈钢接口的预应力贴口专利技术，使得无论尿液或尘埃均不易滞留、生菌。

典型规模

每台“光洁纳米级抗菌陶瓷免冲水小便器”每年可以节水 200-400t。

推广情况

国内已在天津华侨城欢乐谷、天津滨海万丽泰达酒店、周邓纪念馆、北京西客站等多家单位或公共场所实现推广应用；同时，产品出口到哥伦比亚、智利、德国等十七个国家，在这些国家的五十多个城市使用。

典型案例

（一）项目概况

永旺天津中北店使用无铰链弹性体单向阀技术的免冲水小便器后，用 XP-329M 检测室内气味指数由原来的 189 降为 45（室内气味指数标准值为 42），使用一年运行良好。

（二）技术指标

- 1、用水量为 0，节水 100%。
- 2、全部符合《卫生陶瓷国家标准》（GB6952-2005）质量要求。
- 3、陶瓷体吸水率低于 0.04%。
- 4、无需设置进水管。
- 5、无铰链弹性体单向阀抗疲劳性开辟闭合超过 600 万次/年。
- 6、陶瓷体和接口无液体残。
- 7、金黄色葡萄球菌平均抗菌率达到 99.6%（国家标准 $\geq 90\%$ ）。
- 8、大肠杆菌平均抗菌率达到 94.6%（国家标准 $\geq 90\%$ ）。

(三) 运行费用

根据人流量每 3-6 个月更换密封芯体，维护简单。

联系方式

技术信息咨询单位：三明兴业科技（天津）有限公司

联系人：杨薇

电话：022-23521760 18602222062

地址：天津市河西区马场道 188 号干部俱乐部燕园景观别墅

邮编：300074

电子邮箱：sunming@sanming-cj.com

8 滨海大中型生活小区海水利用技术

适用范围

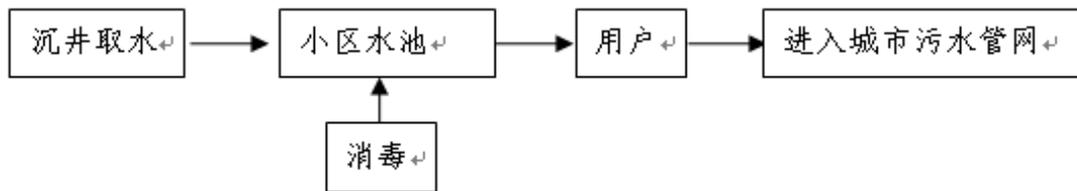
主要适用于沿海城镇、海岛地区新建居民区、旅游区、工业园区等。

基本原理

将海水直接替代淡水作为居民生活杂用水（主要用于冲厕），属于海水直接利用技术范畴。该技术成果主要包括海水取水和预处理技术、海水输送技术、防海洋生物附着技术、异味去除技术、大生活用海水生化处理技术和大生活用海水利用工程设计等。

工艺流程

海水取水工艺采用沉井取水，海水通过管道输送至小区水池，经加药杀菌后通过水泵输送至用户家中，使用后的海水直接排入下水道进入城市污水管网。



工艺流程图

关键技术或设计特征

综合考虑工程所在地区海水水质、海边地形地质特点和风浪潮汐状况，完成海水取水沉井的设计、建设。

在保证海水水量的前提下，利用沉井地下砂层过滤作用最大程度降低了海水中的污染物含量，使海水水质满足相关标准要求，最大程度地降低了工程运行费用。

海水供水系统中采用变频调速供水设备，有效减少了海水输送过程能耗。

典型规模

青岛隆海·海之韵住宅小区大生活用海水工程是国内首个大生活用海水示范工程。该小区地处山东省青岛胶南市南端灵山湾畔，大生活用海水示范工程服务总建筑面积约 46 万 m^2 ，海水水量大于 1000 m^3 /天，运行情况稳定，供水水质达到设计要求，运行费用小于 1.0 元/ m^3 ，于 2007 年年底完成工程验收。每年可节约淡水约 38 万 m^3 ，节省水费 30 万元以上。

推广情况

应用于山东青岛海之韵小区大生活用海水示范工程。

典型案例

（一）项目概况

青岛隆海·海之韵小区大生活用海水示范工程是由国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所负责设计，与青岛市发改委、青岛市城市节约用水办公室、青岛隆海集团市政工程有限公司共同合作完成的国内首个大生活用海水示范工程。该示范工程服务总建筑面积约 46 万 m²，海水供应量约 1000m³/天。项目于 2007 年年底完成工程验收，运行情况稳定，供水水质达到设计要求，运行费用小于 1.0 元/m³。

（二）技术指标

项目海水供水量约 1000m³/天，海水水质达到设计要求后入户，即：浊度<5NTU，SS<10mg/L，BOD₅<10mg/L，DO>2mg/L，大肠杆菌<10 个/ml。该项目每年可节约淡水约 38 万 m³，节省水费 30 万元以上。

（三）投资费用

项目总投资 471 万元，海水供应量为 1000t/d，吨水投资为 0.471 万元。

（四）运行费用

该项目单位制水成本 1.061 元，单位经营成本为 0.627 元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所

联系人：张雨山

电话：022-87890659

地址：天津市南开区科研东路 1 号

邮编：300192

E-mail: dhskjc@vip.163.com

9 无洗衣粉洗涤循环用水新技术

适用范围

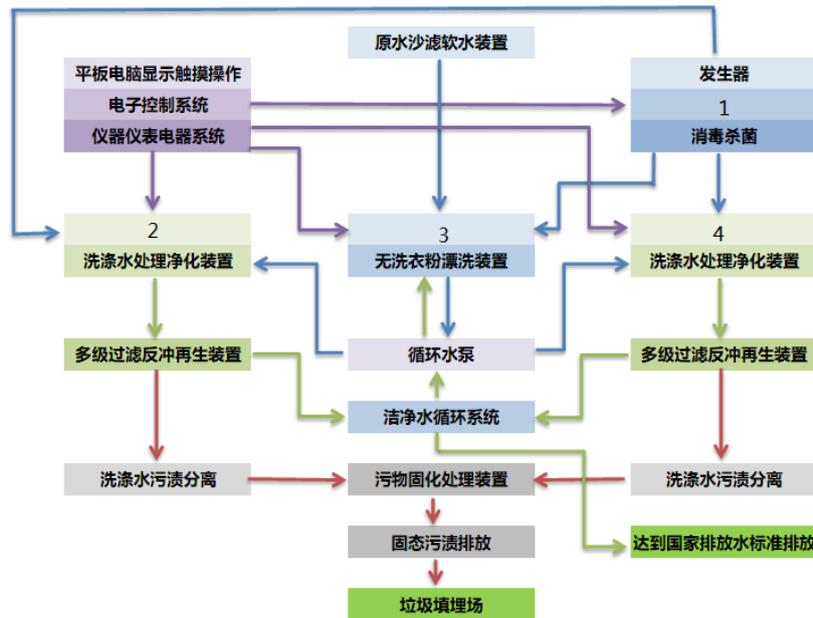
主要适用于酒店、医院、铁路公路洗涤布草服务的专业洗衣房和大型专业洗涤公司。

基本原理

利用电能和化学能之间相互转化作用产生的中间产物—羟基自由基，对污渍有毒有害有机物进行强氧化降解、转变为无害物质；利用两极氧化反应过程中间产物，具有极高的氧化电位，强大的细胞溶解能力、使其充分与污物发生催化氧化反应，使污物中的微生物体外的多糖类物质降解，对微生物细胞进行破壁、细胞内有机质、碳源、生物酶、DNA、RNA 等释放出来，氧化成 CO₂ 和 H₂O。氧化反应后的水质具有暴液、祛污、降解、消毒杀菌、增白的功能。

工艺流程

工艺路线为：爆液——浸润——电解氧化反应——祛污降解——消毒灭菌——增白——电凝聚气浮降解——固液分离——凝絮——水处理脱色——循环用水——污渍固态化无污染排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

该工艺利用水中物质或污渍或氧化物溶液为充分浸润反应，在机械动力、化学能和气液速率微动力的作用下进行友好洗涤，在洗涤时不添加合成洗衣粉、消毒液、漂白剂、可以实施洗、漂一次完成洗净衣物。洗涤后的污水中没有磷，从源头削减污染物。

洗涤后的污水不排放经本系统装置净化处理后变成清洁的水，下一次再使用或达标排放。

洗涤后污水经净化处理分离出少量的污渍，经本系统装置处理为固态状污物排放均为无污染物不污染环境，不破坏水资源。

典型规模

无洗衣粉循环用水工业洗衣机典型洗涤容量为 50kg、100kg、150kg，洗衣机占地小于 4m²，根据洗涤容量不同占地面积略有不同，每年为用户节省运行费用 26 万元（或 36 万元）以上。

推广情况

- 2004 年，于北京光明苑洗涤服务中心使用了 1 年；
- 2009 年，于北京京西酒店洗衣厂技术改造中试样机使用 1 年；
- 2012 年，于北京京西酒店洗衣厂一体化标准样机使用 2 年。

典型案例

（一）项目概况

北京京西酒店专业布草洗衣房设计生产的 75kg 一体化样机，2009 年 8 月开始设计，于 2011 年 6 月完成并投入使用，该项目在 2013 年 4 月 18 日水利部召开的 2013 年度水利先进实用技术重点推广大会上，被授予技术推广证书。

（二）技术指标

根据水质检测报告（PONY 谱尼测试）以及纤维检测报告（北京市纺织产品及染料助剂质量监督检验站），该项目达到洗涤效果以及节水回用要求。每天节省用水 22t 以上，减少污水排放 22t。

项目 1 台 75kg 一体全自动智能化控制中试样机，每年节水 0.8 万吨，每年减少污水排放 0.8 万吨，每年节省 4 万元左右。

（三）投资费用

项目产品价格 42 万元（100kg/台一体化标准样机价格 48 万元/台），占地小于 4m²，每年为用户节省运行费用 26 万元（或 36 万元）以上，主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

项目根据 2011 年 6 月-2013 年 6 月实际运行情况，每年节水 0.8 万吨，每年减少污水排放 0.8 万吨，每年为用户节省运行费用 16 万元以上。

联系方式

技术信息咨询单位：万锦河（北京）科技有限公司
联系人：周红雁
电话：18001281139
地址：北京市朝阳区望京街 10 号望京 SOHO 塔 2-B 座-1702 室
邮编：100102
E-mail: 1272503755@qq.com

10 供水管网漏损监测与分析系统

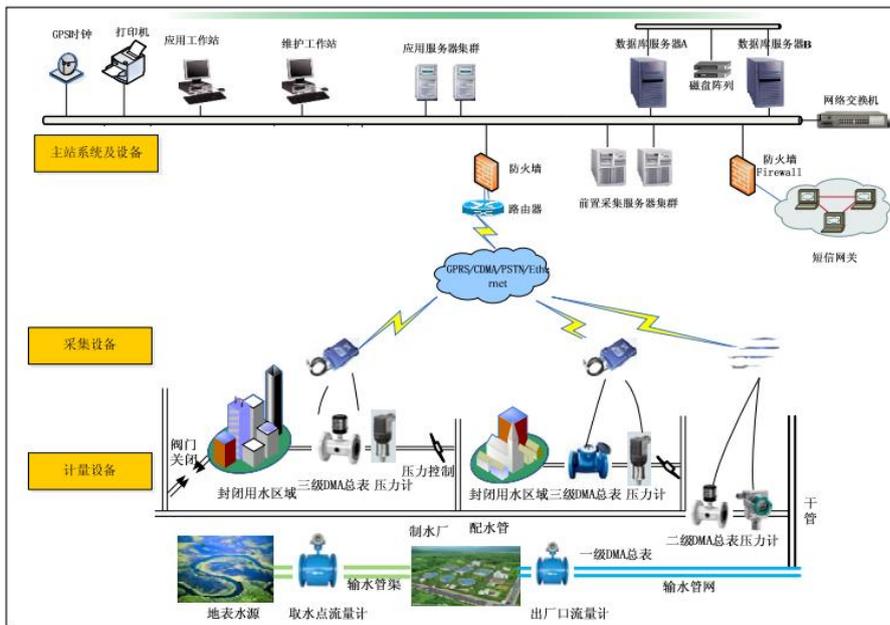
适用范围

适用于供水管网漏损监测，学校、医院、企事业单位等的节能监管平台。

基本原理

供水管网漏损监测与分析系统由三层设备、两级通道以及一套系统构成。三层设备是指：计量设备、采集设备和主站设备；两级通道是指：采集设备上行通道和下行通道，其中上行通道采用 GPRS 通讯方式，下行通道采用 M-bus 通讯方式；一套系统是指：供水管网漏损检测与分析系统，由主站系统应用软件，服务器、网络设备等组成。关键技术为计量仪表的基于流量测量专业领域的 ANN 类神经网络算法、流量测量自适应标定技术、基于统计分析的夜间最小流量监测等，配合系统 GIS 实时检测 DMA 分区计量，采用基于国际水协（IWA）的水量平衡表的理论体系实现供水管网的漏损监测，获得各 DMA 分区内的可能的供水漏损数据，为进一步的漏损控制提供基础数据和策略指导。

其中计量设备采用量程比为 R160 的高精度电子式水表，应用了磁隧道结（MTJs）中的 TMR 效应。可计量累积流量、瞬时流速，为系统的夜间最小流量监测提供支持。



供水管网漏损监测与分析系统示意图

关键技术或设计特征

依靠自动标定系统进行并行处理，定义 ANN 结构原型，对样本流量数据进行多目标学习，自动从流量样本数据中抽取函数内涵。

能自动校验水表且降低校表误差率，校表方式有瞬时流量与体积收集两种方法，在同一调表流程中交替使用。

采用 GIS 系统面板进行监测数据展示，面板上包含设备图元信息、档案信息、预警事件信息。

典型规模

根据已运行项目结果，在 2.8 万 m²，建筑面积为 15.8 万 m² 工业园区，该系统可降低管网漏损率 5%。

推广情况

已经在国内湖南、安徽、江苏、湖北等省份的多个城市水司进行了推广应用，涵盖了供水管线水量计量和用户用水计量。其中，2014 年在湖南长沙水司应用了各种口径的水表 8000 多只；在安徽合肥水司应用了各种口径的水表 50000 多只；在江苏海门水司应用了各种口径的水表 4000 多只；在湖北恩施水司应用了各种口径的水表 3000 多只。上述项目均通过了各地水司的验收，正式投入使用。

典型案例

（一）项目概况

天健·芙蓉盛世二期项目位于长沙市开福区芙蓉路与开福寺路交界处西南角，占地面积为 28245.17 m²，建筑面积为 158350.03 m²。该项目通过主动检漏控制和压力管理，并辅以漏损考核机制显著降低管网漏损，利用本系统提升了技术管理水平，降低管网漏损率 5%，降低企业综合运营成本、提升了产业园的供水服务质量。

（二）技术指标

系统满足《城市供水管网漏损控制及评定标准》（CJJ_92-2002）要求，通过主动检漏控制和压力管理，并辅以漏损考核机制显著降低管网漏损。项目实施后，每年为园区控制并降低漏损率 5%，节约漏水费用达到 20.7 万元（用水量×5%×水费）。

（三）投资费用

项目总投资约 44.48 万元，其中设备费用投资 34.112 万元，安装费用投资 10.368 万元。主体设备寿命 8 年。

（四）运行费用

项目主要运行费用是 7 台集中器的电费和 SIM 卡费用，每台集中器每年的电费约 50 元，SIM 卡月租费包月 9 元，合计是 150 元/台/年，7 台集中器每年的运行费用共计是 1035 元。

联系方式

技术信息咨询单位：湖南威铭能源科技有限公司

联系人：胡婉

电话：0731-88619467

地址：长沙市高新技术产业开发区桐梓坡西路 468 号威胜科技园

邮编：410205

E-mail: huwan@wasion.com

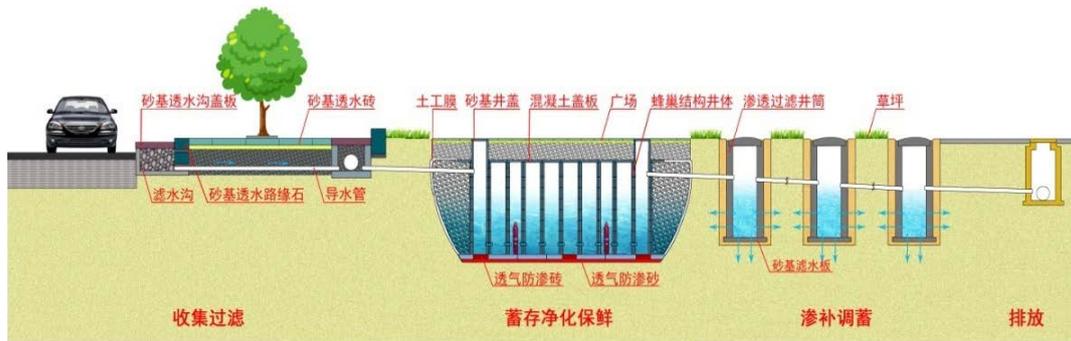
11 砂基雨水收集利用系统

适用范围

建筑与小区、城市道路、城市绿地与广场、城市水系的雨水收集利用工程。

基本原理

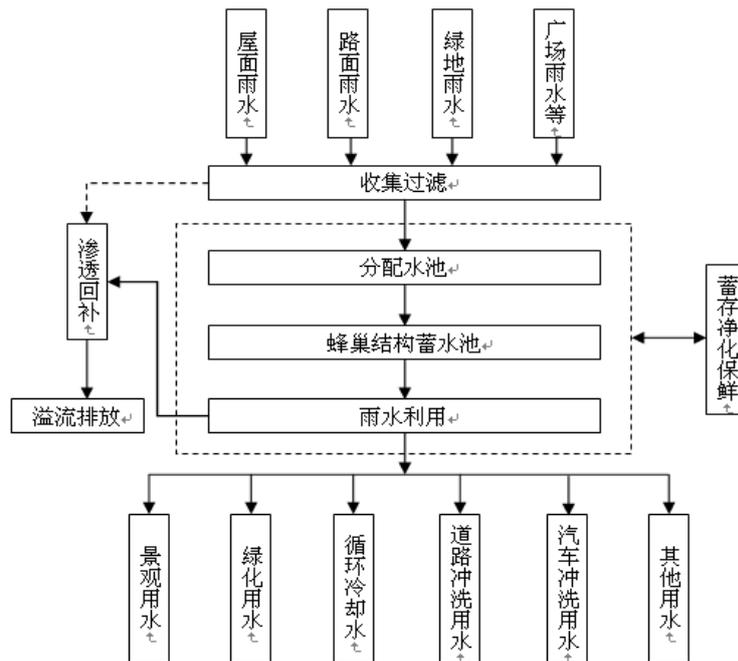
该技术以沙漠沙为主要原材料制成具有微米级孔隙透水滤水功能和具有透气防渗功能的两大系列产品，并集成“收、蓄、滞、净、用、排”于一体的雨水收集利用系统。



技术原理图

工艺流程

砂基雨水收集利用系统由“收集过滤”、“蓄存净化保鲜”、“渗透回补”、“溢流排放”四个子系统组成，如下图所示。雨水分别通过由砂基透水砖铺装形成的海绵型吸水地面，以及砂基透水路缘石、滤水沟及沟盖板等构成的“面式排水”结构收集过滤；过滤后的雨水由导水管流入分配水池，进而流入蜂巢结构蓄水池，雨水经过蜂巢结构的层层过滤，得以净化，可用于景观、绿化、道路冲洗等方面；过量雨水溢流进入“渗透回补”子系统，每个渗水井既起到滞留调蓄作用，同时又能起到渗透回补地下水作用；当降雨量超过上述系统的容量时，超量溢流的雨水则通过连通到市政管网的已有管道，实现错峰排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

砂基透水滤水技术产品：亲水性粘结剂具有粘结强度高、耐候性好、生态环保的特点，将其均匀包覆到沙粒表面，既提高强度又保持沙粒间微米级孔隙；通过对沙粒表面进行亲水性改性，降低水在界面的张力，在微孔隙透水的同时，还起到滤水作用。

砂基透气防渗技术产品：采用沙漠沙为原料，对沙粒表面进行疏水性改性，增加水的界面张力，实现了透气防渗，发明出透气防渗砖和透气防渗砂等系列产品，用于蓄水池可有效增加水中溶解氧含量，使水质保鲜，使储水能够长期使用。

典型规模

工程规模根据当地降雨条件和雨水汇集面积进行设计，以北京市为例，通常每 1000m² 硬化地面配建 30m³ 的雨水调蓄设施，工程规模一般在 200~3000m³；积水点改造或重点雨水收集利用工程，工程规模可达到上万立方米。

推广情况

技术已成功应用于 13 个省市 300 多项不同类型工程，典型的有：国家重大工程（北京奥运和上海世博工程等）；城市化发展重点民生工程（北京积水点改造和老旧小区改造、贵阳市贵安新区水源地保护、重庆武隆喀斯特地貌村庄饮水等）；国防保障工程（南京军区现代绿色军营建设项目等）。

典型案例

（一）项目概况

中关村国家自主创新展示中心积水点改造示范工程是为解决中关村展示中心、新建宫门路及万泉河路西侧道路积水，并实现雨水资源化利用而修建的工程。

2013年8月工程完工后具备9750m³的雨水收集利用能力。工程经受了2013年8月11日海淀区特大暴雨的考验，当场降雨收集储存量达3500m³。截止2014年9月中旬，跟踪监测发现该工程在2014年历次降雨中发挥了积极有效作用，工程服务区域内路面无积水，蓄水池每次有效降雨均有进水。

(二) 技术指标

根据谱尼测试出具的检测报告，蓄水池出水水质完全达到《城市杂用水水质标准》，能够用于周边绿化灌溉、广场及道路冲洗，也可用于消防应急水源。

(三) 投资费用

项目总投资约2142.68万元，其中工程基建费用1896.57万元，工程建设其他费用245.11万。工程设计使用年限50年，吨水投资费用为1.7元。

(四) 运行费用

根据2013年8月至2014年12月实际运行情况，年收集利用雨水约20000m³，年运行费用0.1万元，吨水运行费用为0.05元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京仁创科技集团有限公司

联系人：党金莉

电话：13810998739/18911880540

地址：北京市海淀区中关村上地三街九号嘉华大厦B座508

邮编：100085

E-mail: dangjinli@rechtsand.com

12 分散式“海岛-陆地”太阳能毛细管蒸发海水淡化器

适用范围

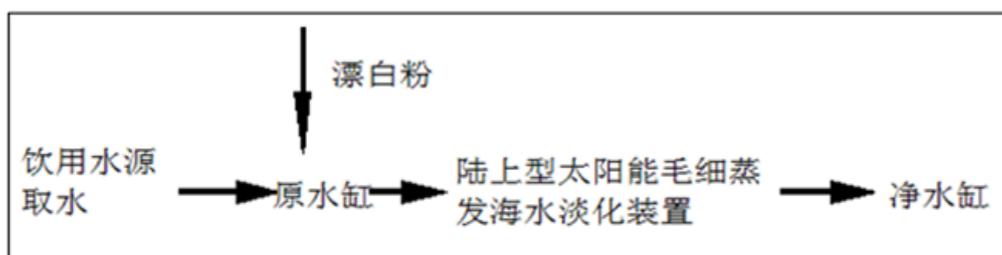
适用于海岛和高盐（苦涩）水地区。

基本原理

该技术利用毛细现象，通过增大蒸发表面从而实现利用太阳能淡化海水。利用活性炭纤维发达毛细管的毛细作用将海水吸附到较大的比表面上，形成立体的蒸发表面而不是常规的水平面蒸发表面，同时利用太阳能将水份蒸发到密闭的透光罩体内，防止水蒸汽外泄，并利用罩内设置的淡水冷凝板将水蒸汽冷凝成淡水排出。

工艺流程

饮用水水源—原水缸—陆地型太阳能毛细蒸发海水淡化装置—净水缸。



工艺流程图

关键技术或设计特征

应用活性炭纤维作为提水—吸光—蒸发材料，具有吸水性良好，蒸发效率高，太阳能再利用效率高的特点。

研究确定了冷凝板温度与蒸发器温度之间的关系和温度差，确定了冷凝材料、冷却方式，以及冷凝板密度设置等工艺设计参数。

选择了合适的透光材料，进一步提高装置性能。

形成成套化的盐水淡化饮用水制备装置。

典型规模

在长 7.35m、宽 7.33m、高 1.5m 的透光蒸发罩内，沿长度方向均匀安装 160 组个活性炭纤维毡毛细蒸发器，每一个厚度 0.0063m，高度平均 0.56m，长度 7.33m（相当于罩体的宽度），在相邻两个活性炭纤维毡蒸发器之间安装 1 个淡水冷凝板，冷凝板厚度 0.0023m，高度 1.42m（其中伸入水中 0.4m，位于罩内 0.8m），长度 7.3m。按照北方地区日照强度及能量利用情况，该装置的淡水产量为 0.241t/d，可供 83-105 人生活之用。

推广情况

已在天津新河船舶重工有限公司、北京光明环境设备有限公司、山东益通有限公司、北京泰格昌有限公司等 5 个单位进行了试运行应用。

典型案例

（一）项目概况

天津新河船舶重工有限公司苦涩咸盐水淡化项目设计日产水量 100L/d，供水水源采用地表水及地下水中矿化度 2.0~5.0g/L 微咸水和大于 5.0g/L 苦水，出水水质达到国家《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）。2013 年 6 月开工建设，于 2013 年 9 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

水淡化处理装置制造的水，检验指标达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）所规定的水质标准，苦咸水脱盐率 95% 以上；海水淡化脱盐率 98%。

（三）投资费用

项目总投资约 27.6 万元，吨水投资费用为 0.0325 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

据 2013 年 10 月-2014 年 12 月实际运行情况，年产水量 36.5t，年运行费用 1.5 元，吨水运行费用为 0.041 元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京志峰华源环境工程有限公司

联系人：李长胜

电话：18610318032

地址：北京市通州区潞城镇武兴路 7 号

邮编：101107

E-mail: 34783859@qq.com

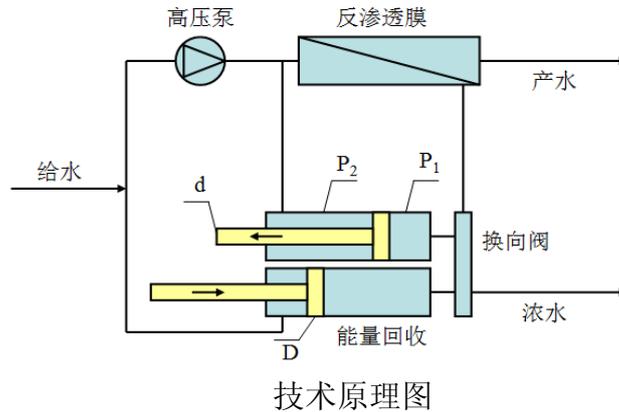
13 反渗透淡化差动式能量回收技术

适用范围

可用于反渗透高压浓盐水能量回收、液体余压回收等领域，具体涵盖海水淡化、苦咸水淡化、高盐废水处理、液体余压回收等。

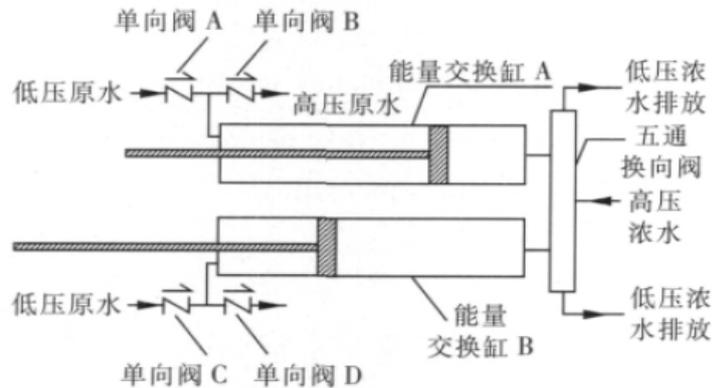
基本原理

该装置利用液压缸内活塞两侧面积及液体压力不同产生推力，推动活塞及活塞杆运动，从而实现反渗透浓水和给水的能量交换，进而实现淡化过程浓水压力能的回收利用和整个淡化系统的节能脱盐。



工艺流程

低压原水从单向阀 A 或单向阀 C 进入能量回收装置，充满能量交换缸 A 或能量交换缸 B；高压浓水从五通换向阀进入能量回收装置，当五通换向阀使高压浓水与能量交换缸 A 连通时，高压浓水将能量传递给低压原水，实现能量交换，高压原水从单向阀 B 进入反渗透膜压力容器进行脱盐处理；待将能量交换缸 A 中的原水全部加压送至反渗透系统后，五通换向阀，将高压浓水与能量交换缸 B 连通，重复上述能量交换过程，同时能量交换缸 A 中低压原水进入，排出低压浓水。两个能量交换缸交替进行高压浓水与低压原水的能量交换，实现将低压原水连续增压送至反渗透系统进行脱盐处理。



工艺流程图

由于液压缸活塞左侧装有活塞杆，使得活塞左侧的表面积小于右侧的表面积，故左缸压力高于右缸压力，即通过能量交换后原海水的压力高于浓海水的压力。

关键技术或设计特征

通过革新反渗透淡化工艺流程，省去了常规反渗透淡化系统所需配置的高压增压泵，节省了昂贵的设备投资；

通过采用两位五通换向阀，使换向时间低于 0.5s，消除了能量回收装置的换向压力波动问题；

由于有实体活塞分隔，避免了浓海水掺混到反渗透进水端而引起的混合率升高问题；

开发出能量回收 PLC 集中控制技术，通过改变活塞运动速率实现工况自适应调节，满足实际需求。

典型规模

单台装置处理流量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ - $100\text{m}^3/\text{h}$ （以浓盐水进水流量计），通过多台装置并联可实现规模的线性放大。

推广情况

该技术已在青岛灵山岛 $300\text{m}^3/\text{d}$ 海水淡化工程中获得首次工程应用。目前该技术产品正在福建、浙江、山东、辽宁、海南等地进行重点推广使用。

典型案例

（一）项目概况

青岛灵山岛反渗透海水淡化项目设计规模为 $300\text{m}^3/\text{d}$ ，由国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所设计建造，产水主要用于当地居民生活饮用和发展旅游业，2012年03月开工建设，于2012年11月完成调试并建成投产。以该项目作为主要示范工程的“海岛适用的系列海水淡化技术装备”项目于2014年12月获2014年度海洋科学技术奖二等奖。

（二）技术指标

根据第三方检测机构国家海水及苦咸水质量监督检验中心出具的检验报告，项目产水达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的要求。反渗透回收率大于 40%，产水溶解性总固体平均值为 $199\text{mg}/\text{L}$ ，反渗透膜的稳定脱盐率高于 99.1%。差动式能量回收装置采用了低速压力波动削减措施，换向时间压力波动低于 $0.05\text{MPa}/\text{s}$ ；装置实测能转换效率高达 93.7%；装置混合度低于 1%；装置噪声低于 $72\text{dB}(\text{A})$ 。

（三）投资费用

项目总投资约 220 万元，其中设备投资 180 万元，基建投资 30 万元，其他投资 10 万元，吨水投资费用为 0.73 万元。主体设备寿命 25 年。

（四）运行费用

根据 2013 年 03 月-2014 年 10 月实际运行情况，年生产淡水 8.76 万吨，年运行费用 40.21 万元，吨水运行费用为 4.59 元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所

联系人：余坚

电话：022-87894686

地址：天津市南开区科研东路 1 号

邮编：300192

E-mail: dhskjc@vip.163.com

14 祛根防负吸抗堵塞地下滴灌灌水器技术

适用范围

我国灌溉农业地区，尤其是西北半干旱干旱地区农业高效节水农田

基本原理

(1) 在灌水器中适当加入生物抑制剂，生物抑制剂与高分子材料在加工过程发生反应所产生的可抑制霉菌繁殖的助剂，可有效提高灌水器的在荫湿环境下防止霉菌繁殖聚集、腐蚀老化而引起堵塞的性能。(2) 采用窄缝出水口技术，有效防止泥沙微粒吸入流道。(3) 采用圆弧状紊流流道技术，能有效提高流道的自清洁能力。

工艺流程

在灌水器中加入适量的氟乐灵，在灌水器工作时，氟乐灵将按一定速率以蒸汽形式释放出来，与灌水器周围的土壤混合，起到限制根系向灌水器附近生长的作用，以此起到防负吸抗堵塞的效果。当土壤中氟乐灵蒸汽压高于灌水器中的蒸汽压时，氟乐灵就停止释放。同时，灌水器结构上采用窄缝出水形式，流道设计有圆弧状紊流流道，水流中的泥沙微粒在光滑的圆弧流道中随水运行，被带出流道，且圆弧状流道的倾斜度较大，水流形成的低速区较小，促使水中微粒随水流出，提高了流道的自清洁能力。

关键技术或设计特征

在灌水器中加入适量的氟乐灵，在灌水器工作时，将按一定速率以蒸汽形式释放出来，与灌水器周围的土壤混合，起到限制根系向灌水器附近生长的作用。当土壤中氟乐灵蒸汽压高于灌水器中的蒸汽压时，就停止释放。

在灌水器中适当加入生物抑制剂，生物抑制剂与高分子材料在加工过程发生反应所产生的可抑制霉菌繁殖的助剂，可有效提高灌水器的在荫湿环境下霉菌繁殖聚集、腐蚀老化而引起堵塞的性能。

采用窄缝出水口技术，有效防止泥沙微粒吸入流道。

采用圆弧状紊流流道技术，水流中的泥沙微粒在光滑的圆弧流道中随水运行，被带出流道，且圆弧状流道的倾斜度较大，水流形成的低速区较小，促使水中微粒随水流出，有效提高流道的自清洁能力。

推广情况

已在我国甘肃、宁夏、陕西等西北省市推广应用面积达 10 万余亩。

典型案例

(一) 项目概况

甘肃省张掖市甘州区地下滴灌工程位于甘州区党寨镇汪家堡村，工程控制面积 246 亩。该项目主要工程量：PVC 管道 2354m、地埋 PE 管道 5265m、舌片内镶式滴灌带 18.05 万 m、管道开挖 2518m³、管道回填 2518m³、 ϕ 63PE 管道开挖回填 5325m³、检查井 3 座、排水井 3 座、阀门保护井 77 座。

(二) 技术指标

田间工程改造后，灌溉设计保证率达到 85%，灌溉水利用系数达到 0.95，项目区粮食综合生产能力同比提高 13.5%。

(三) 投资费用

工程概算总投资 54.41 万元，其中建筑工程费 14.71 万元，材料、设备及安装工程费 31.75 万元，临时工程费 0.65 万元，独立费用 3.51 万元（建设管理费和工程勘察设计费），技术指导费用 3.79 万元。

(四) 运行费用

该项目投入运行后，年均运行费用为：人工费 200 元/亩；电费 100 元/亩。

联系方式

技术信息咨询单位：甘肃大禹节水集团股份有限公司

联系人：薛瑞清

电话：13359430255

地址：甘肃省酒泉市肃州区解放路 290 号

邮编：735000

E-mail: 3860915q@163.com

15 低能耗滴灌技术

适用范围

干旱、半干旱地区大田作物采用滴灌技术灌溉。

基本原理

该技术通过低压全自动自吸清洗网式过滤器与低压小流量滴灌带的配套使用，实现低压、高效滴灌、节水的目的。

工艺流程

滴灌系统首部通过运用低压全自动自吸清洗网式过滤器对灌溉水进行不停水自动排沙，同时田间铺设两条毛管，标称滴灌带流量小于 6L/m·h，使滴灌系统能够低压正常运行。

关键技术或设计特征

采用低压小流量滴灌带（滴头流量 1.38-1.8L/h，滴头间距 0.3-0.4m），代替原有的大流量滴灌带（滴头流量 3.2L/h，滴头间距 0.3m），滴灌带铺设长度达到 80-120m；

结合低压自动网式过滤器，使滴灌系统首部工作压力较常规降低 5-10m，滴灌带工作压力低于 5m。

典型规模

库尔勒市包头湖农场 1500 亩低压小流量滴灌示范。

推广情况

建设低压小流量滴灌示范区 5100 亩，其中新型过滤器示范区 880 亩，低能耗小流量滴灌系统示范区 4220 亩。

典型案例

（一）项目概况

包头湖农场低压小流量滴灌示范项目，示范区面积 1500 亩，将常规滴灌改造成低压小流量滴灌，2013 年 3 月开工建设，于 2013 年 6 月完成调试并建成运行。

（二）技术指标

根据巴州水利局出具的验收报告，项目达到了新疆水利科技项目专项经费项目任务书“包头湖农场低压小流量滴灌示范”各项考核指标要求。利用低压小流量滴灌技术，滴灌系统首部工作压力较常规降低 5-10m，滴灌带工作压力低于 5m，与常规滴灌相比，工程造价低，系统运行用电量降低 31.03%。该技术有明显的节能、省工效果，运用管理人员数量降低 50%，年节电 7.6 万 kW·h。

（三）投资费用

该项目总投资约 70 万元，其中专用设备投资 14 万元，专用材料费 32 万元，技术服务费 9 万元，其他投资 15 万元，亩投资费用为 400 元。专用设备寿命 20 年。

(四) 运行费用

根据 2013 年 5 月-2013 年 10 月实际运行情况，利用低压小流量滴灌技术，滴灌系统首部工作压力较常规降低 5-10m，滴灌带工作压力低于 5m，与常规滴灌相比，工程造价低，系统运行用电量降低 31.03%，运行管理人员数量减少 50%。

联系方式

技术信息咨询单位：新疆农业节水工程技术中心（新疆水利水电科学研究院）

联系人：张胜江

电话：13199873996

地址：乌鲁木齐红雁池北路 73 号

邮编：830049

E-mail: zhsh1104@163.com

16 干旱绿洲灌区枣树冠层弥雾与根域水肥调控立体 高效灌溉技术

适用范围

特别适用于盛花期时高温低湿的枣园；根域水肥调控技术可适用于干旱绿洲区的果园。

基本原理

该技术由冠层弥雾调控技术和滴灌根域水肥调控技术构成。冠层弥雾调控技术是指在枣树冠层架设雾化指数很高的微喷头，在枣树盛花期的傍晚时分，通过微喷头喷洒弥雾调控枣园环境，达到降低空气温度，提高空气湿润的效果；滴灌根域水肥调控技术是指在枣树根区定向施混合肥（把农家肥、秸秆、化肥按一定比例混合），并用滴灌管向果树根区定向补充水分的一项技术，以实现提高水肥利用效率的目的。

工艺流程

（1）冠层弥雾技术

将喷头架设在高于树顶 0.5m 处，在盛花期气温超过 35℃ 进行喷洒，喷洒时间宜在每日傍晚（18:00-19:00）进行，喷洒 10—12 分钟；喷洒时段宜在 6 月 20 日-7 月 20 日的盛花期时进行。

（2）穴储肥水技术

将秸秆粗粉碎，长度不要超过 5—10cm；距离树干 50—75cm 两侧各开一条深、宽各 50cm 左右的沟；将肥料充分拌合后，倒入到沟中，并将滴灌管摆好铺放在沟中，然后连续滴灌 20h 以上，确保农家肥和秸秆湿透。

关键技术或设计特征

在枣树盛花期，用雾化指数超过 5000 的微喷头进行淋洒，以提高枣园空气湿度，降低空气温度，提高坐果率，要注意与喷洒叶面肥等其它农艺措施配合进行。

将农家肥、秸秆和磷肥等按比例配好后，置于沟中，用滴灌系统连续灌溉 20h，使之充分湿透后，以后每次灌水 20 m³/亩，以保证无深层渗漏。

典型规模

在哈密地区哈密市推广 200 亩，坐果率增加 12.4%，红枣产量增加 10.3%，节水 22%。

推广情况

在新疆阿克苏地区温宿县推广 225 亩，在和田地区和田市推广 1500 亩。

典型案例

（一）项目概况

哈密市西戈壁枣树立体微灌技术项目，于 2013—2014 年建设，面积 200 亩，枣树株行距为 3×2m，采用了冠层弥雾技术和根域环境调控技术的立体节水综合技术，以该项技术为主要创新性成果的项目“新疆特色林果高效节水综合技术研究与应用”2011 年获新疆科技进步一等奖。

(二) 技术指标

通过试验研究，冠层弥雾技术可较对照提高坐果率 8%-12%，产量增加约 10%，根域调控技术可较对照提高红枣产量 48kg/亩。与传统灌溉方式相比较，在灌水量减少 30%的情况下，该项技术仍可达到比对照增产，同时肥料利用效率提高的效果。

(三) 投资及运行费用

该项目总投资约 30 万元，其中管道、喷头材料投资 18 万元，肥料投资 12 万元。根据 2014 年 6 月-7 月实际运行情况看，该项技术与常规滴灌技术相比，运行费用几乎没有增加。

联系方式

技术信息咨询单位：新疆农业大学水利与土木工程学院

联系人：马英杰

电话：0991—8763342

地址：新疆乌鲁木齐市农大东路 311 号

邮编：830052

E-mail: 342834436@qq.com

17 干旱区成龄葡萄微灌节水技术

适用范围

干旱地区葡萄栽培区灌溉。

基本原理

该技术针对干旱区成龄葡萄灌溉中存在的高耗低效问题，将微灌技术应用于成龄葡萄园中，从葡萄需水、供水、管理三个层面出发，通过探明成龄葡萄物候期内的耗水特征及需水规律，根据不同土壤质地确定田间滴灌毛管适宜的布置方式，采取根据葡萄物候期需水关键期与非需水关键期科学的水分管理以及农艺综合调控技术，建立干旱区成龄葡萄植株冠层与大气界面、土壤与大气界面、根系与土壤界面水分综合调控的立体节水技术应用模式。

关键技术或设计特征

微灌条件下水肥优化管理技术
田间管网的优化布置技术

典型规模

在吐鲁番市葡萄乡铁提尔村建成 680 亩的成龄葡萄微灌节水技术示范区，鄯善县七克台镇台子村建成 500 亩成龄葡萄微灌节水技术示范区。

推广情况

成龄葡萄园微灌节水技术在吐哈地区推广应用 7100 亩。

典型案例

（一）项目概况

新疆吐鲁番地区鄯善县七克台镇太子村成龄葡萄微灌节水技术工程位于鄯善县城东 30km 处的七克台镇台孜村二组，全组 174 户、共 642 人，耕地面积 1400 亩左右，其中葡萄 800 余亩，均为多年成龄葡萄，其它作物 600 余亩，项目区土壤质地为沙质壤土。该工程于 2009 年 4 月 10 日开工建设，5 月初完工投入运行，控灌面积 500 亩。项目区分为 4 个滴灌系统，安装首部 4 套。

（二）技术指标

田间毛管选择滴头间距宜在 40cm 左右，滴头流量在 2.2L/h 左右；葡萄园全年滴灌灌溉定额为 $10045 \sim 11475 \text{m}^3/\text{hm}^2$ ，共灌水 20 次左右。工程可节水 30%，增产 20%，节肥 20% 左右，新增产值 60.0 万元；亩节约灌溉水量 400m^3 ，节约水费 2.4 万元，亩均节约肥料 50 元，节省化肥 2.5 万元，共计 4.90 万元。

（三）投资费用

工程建设总投资 120 万元，亩均投资 2400 元，投资主要包括水源工程建设、管网系统建设，首部过滤系统建设等。

(四) 运行费用

工程年运行费为 20 万元，主要包括工程管理人员工资、电费及管网系统维修费。

联系方式

技术信息咨询单位：新疆水利水电科学研究院

联系人：白云岗

电话：0991-8523145

地址：新疆乌鲁木齐市红雁北路 73 号

邮编：830049

E-mail: xjbaiyg@sina.com

18 高效、环保、节水型静电喷雾技术

适用范围

农作物、禽畜病虫害防治；水源地环境保护消毒杀菌；防洪抗震救灾杀毒防疫。

基本原理

该技术应用高压静电在喷头与喷雾目标间建立起静电场，在药液体流经喷头雾化后，通过不同的充电方式被充上电荷，形成群体荷电雾滴，然后在静电场力作用下，喷射到植物表面。雾滴所带静电为负电荷，而植物表面静电为正电荷，这些正电荷（吸引力很强，是地球引力的 40 倍）把带有负电荷的雾滴强拉到植物表面。这些带电雾滴顺着电力线的运动方向，“环卷缭绕”吸附于植物茎叶的各个部位，达到沉积效率高、雾滴飘移散失少，从而大幅度减少用药与用水量。

关键技术或设计特征

静电场强参数的合理设计与匹配。

采用设置零位电极的方法，解决静电集肤效应（麻电现象）。

通过不同喷雾方式的研究，使药滴具有较强的渗透性，有效解决所有作物的适用性。

典型规模

2010 年江苏省常熟市农机局政府采购 10106 台发放给农户，每台 680 元，年运行费用 186 元/台，年作业 200 亩次/台，按亩省药费 60 元、省工费 45 天×100 元计算，年净效益 5514 元/台，年节水 4800L/亩。

推广情况

已在国内推广应用达到 11.5 万台，服务面积 200 多万亩。

典型案例

（一）项目概况

2012 年 5 月，在河南省中牟县应用静电喷雾器防治小麦蚜虫田间作业情况案例。（该案例是农业部全国农技推广服务中心在全国 20 省市多种作物典型案例之一）。

（二）技术指标

小麦田试验设置 7 个处理，效果如下：

处理编号	药前 蚜量 (头)	药后 4d			药后 7d 防效
		残虫数 (头)	减退率 (%)	防效 (%)	防效 (%)
(1)	483	39.4	91.8	63.19	59.46
(2)	387.8	18	95.4	79.05	71.84
(3)	353.6	44.6	87.4	43.08	42.49
(4)	322	10.4	96.8	85.42	68.43
(5)	487.4	59.6	87.8	44.82	16.56
(6)	402	60.8	84.9	31.75	1.65
(7)	459.4	101.8	77.8	--	--

施药后观察药剂对作物无药害。麦收前调查每小区 3 点取样，每点 1m 行长。调查株数、穗粒数、千粒重，计算亩产。

处理 编号	产量三要素			亩产 (kg)	增产 (%)
	亩穗数	穗粒数	千粒重 (g)		
(1)	382847.42	33.02	33.20	419.72	15.42
(2)	329309.39	33.13	39.40	429.82	18.20
(3)	449517.42	26.58	30.60	365.67	0.56
(4)	318197.73	31.95	39.60	402.55	10.70
(5)	295974.39	28.15	41.10	342.44	-5.83
(6)	320218.03	26.04	42.40	353.55	-2.78

联系方式

技术信息咨询单位：苏州稼乐植保机械科技有限公司

联系人：汪惠明

电话：0512-53432753

地址：江苏省太仓市双凤镇黄桥经济开发区

邮编：215416

E-mail: Suzhoujiale168@126.com

19 果树优质丰产综合农艺节水技术

适用范围

灌溉果园和旱塬水养果园

基本原理

针对果园常规大水漫灌灌溉方式进行农艺节水技术改进，通过起垄覆盖提高早春地温、减少水分蒸发，在夏季多雨时有效排水，秋季果实成熟期保持土壤水分稳定，实现调节自然降水与果树需水矛盾、提高果实产量和品质的效果。该技术核心内容包括“灌溉果园果树根域有机肥局部改良、树冠下起垄覆盖膜、小沟适时交替灌溉技术”和“旱地果园树冠下起垄覆盖膜、行间覆草集雨保墒技术”。通过因地制宜的利用农艺节水措施，早春提高地温、减少水分蒸发，夏季多雨时排水，保持土壤水分稳定，调节了自然降水与果树需水的矛盾、提高果实品质和产量。

工艺流程

实施过程：树行两侧 1.5m 垂直向下内侧 30cm 各开 2 个宽 30cm、深 40cm 的沟，每亩施用 4t 有机肥。在施肥沟外顺行向贴施肥坑外缘做宽、深分别为 30cm 的灌水、排水沟。在起垄和施肥坑上面铺盖黑色地膜，每边 1.5m。行间自然长草，在树下距离树干 50cm 处的土壤内安装两个张力计，深度分别为 20cm 和 50cm。当 20cm 处土壤水势达到-80kPa 时，准备灌溉，当 50cm 处土壤水势达到或超过-45kPa 时，进行灌溉。

关键技术或设计特征

挖施肥坑，施有机肥提高土壤蓄水能力。

树行两侧挖沟起垄，在树下距离树干 50cm 处的土壤内安装两个张力计，深度为 20cm 和 50cm，根据土壤墒情进行交替灌溉。

覆盖黑色地膜在早春提高地温、保持水分、减少土壤水分蒸发、灌水次数和灌水量、抑制杂草生长和病原菌蔓延。

行间自然长草：行间的杂草自然生长，当长到 50cm 左右时，刈草覆盖树下，每年刈草 2 到 3 次，增加土壤腐殖质含量。

典型规模

在北京市的平谷、大兴、顺义、通州、延庆、海淀和门头沟等区县建立果树试验示范点 20 个，示范面积 2.6 万亩。

推广情况

已累积推广应用 340.45 万亩，其中北京 34.75 万亩，山东 140.4 万亩，陕西 37.0 万亩，甘肃 41.2 万亩，山西 7.7 万亩，河北 49.6 万亩，辽宁 29.8 万亩，共节约灌溉水 5.68 亿方。

典型案例

（一）项目概况

北京市昌平区天汇园果园农艺节水技术应用案例。北京市昌平区天汇园果园面积 300 亩，采用地下水灌溉。常规管理期间年灌溉量为 300m³/亩，自 2012 年起开始采用起垄、有机肥根域局部改良、覆盖园艺地布、小沟交替灌溉技术进行节水灌溉，实现每亩年节约灌溉量 180 m³，年节约灌溉用水 5.4 万 m³，已有效运行 3 年。

（二）技术指标

昌平区天汇园果园应用该农艺技术后，每亩较常规灌水节约用水 180m³，果实产量基本不变，果实可溶性固形物提高 1.6 度，优质果率由 60% 提高至 85%。

（三）投资费用

果树农艺节水技术应用投资门槛低，每亩仅增加 5kg 地膜的物质投入，多投入 60 元；起垄、挖沟为一次性投入，机械和人工成本每亩约 200 元。

（四）运行费用

根据 2012 年至 2014 年运行情况，采用农艺节水技术后，每亩较常规灌水节约用水 180m³，每年每亩节约用电投入 16 元。每年每亩增加覆膜用工 0.25 个工作日，减少除草和灌溉用工 5.25 个工作日，即每年每亩减少 5 个工作日的劳动用工，每年每亩节约投入 225 元。果园应用该技术后提高了果实品质，果实可溶性固形物含量提高 0.8~1.6 度，裂果率降低 30%，优质果率达 85%，降低肥水流失，肥料利用率提高 35%，均每亩增收节支 940 元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京市农林科学院林业果树研究所

联系人：孙健

电话：01082598038

地址：北京市海淀区香山瑞王坟甲 12 号

E-mail: Sjroad@126.com

20 寒地水稻节水控制灌溉技术

适用范围

东北三省寒地水稻种植区

基本原理

根据寒地水稻控制灌溉的需水规律和生理生态机理，通过控制灌溉节水、增产、保质、抗逆等对比实验，提出不同分区土壤水分调控、灌溉制度、雨量利用等量化指标体系，建立控制灌溉效果评价模型，建立适合寒地特点的水稻分区控制灌溉模式和综合技术配套模式。

工艺流程

按照不同水分上下限和蓄雨深度管理返青期、分蘖期、拔节孕穗、抽穗开花、乳熟黄熟期的田间土壤水分。以黑龙江省灌溉试验中心站 2010 年试验为例：

(1) 返青期~有效分蘖临界叶龄期，水层自然落干至田面出现 0~4mm 裂缝后，再田间灌水层 2~3 cm，如此循环。

(2) 有效分蘖叶龄期~拔节孕穗期，每次灌水后自然落干，当田面出现 0~3mm 裂缝时再灌水水层 2~3cm，如遇降雨，可蓄雨水，蓄雨深度不超过 5cm；分蘖末期要及时排水晒田重控。

(3) 拔节孕穗期~抽穗开花期、抽穗开花期~乳熟期、乳熟期~黄熟期，进行间隙湿润灌溉，灌溉水层 2~3cm，然后落干，如此循环。

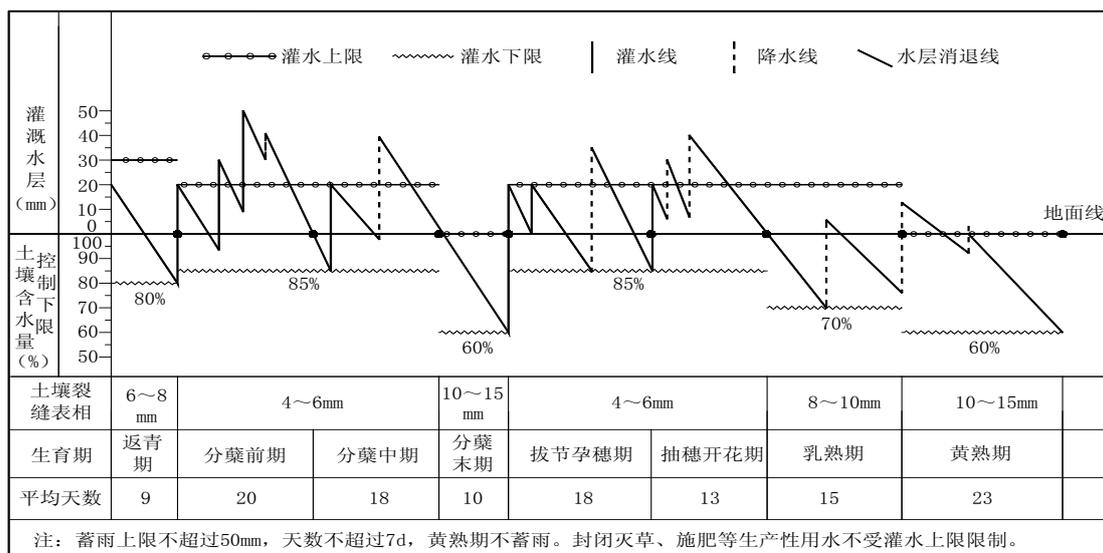
(4) 此后根据成熟情况定停灌落水时间，如果天气过于干旱，在水稻收割前 10-15 天灌水 2~3cm，防止水稻早衰。

关键技术或设计特征

水稻控制灌溉各生育期水分调控推广阈值

水层	返青	分蘖 (20cm)			拔节孕穗	抽穗开花	乳熟	黄熟
		前期	中期	末期				
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8
上限	20mm	30mm	30mm	0	30mm	30mm	20mm	20mm
下限	100%	90%	90%	70%	100%	100%	80%	60%
蓄雨	20mm	50mm	50mm	0	50mm	50mm	20mm	20mm

集成灌溉水层、土壤含水量、降雨、灌水和不同生育期适宜的土壤水分控制阈值等指标，清晰地绘制了控制灌溉技术模式图。按照 10 个灌溉分区单元提出了适合寒地特点的水稻节水灌溉技术模式图 10 套（见下图）。



寒地水稻节水控制灌溉技术模式图

典型规模

通过建立的 22 个试验站点和 104 个示范区扩大推广；以 370 个农民用水协会、18 个水田农机合作社和 101606 个农户为依托，充分调动 788 个乡镇水利站的服务功能；2014 年推广面积达到 873 万亩。

推广情况

在黑龙江省水稻灌区推广应用，2007 年至 2014 年，累计推广面积 2376 万亩。

典型案例

（一）项目概况

铁力农场位于黑龙江省铁力市，地处松花江一级支流呼兰河上游。全场耕地面积 20 万亩。其中，水稻面积 15 万亩，占耕地面积的 75%。全场水稻基本利用地下水灌溉。2012 年~2014 年，该技术在该农场井灌区累计推广面积 15.2 万亩。其中，2012 年推广 3.9 万亩，2013 年推广 5.2 万亩，2014 年推广 6.1 万亩。

（二）技术指标

经调查统计，2012—2014 年三年平均每亩增产 25—30.1kg，每亩节水 59—81m³，每亩节省油电、用工费用 16.45—18.05 元。总增产效益达到 1187.8 元，节水效益达到 25.92 万元，节本效益达到 265.15 万元。总经济效益达到 1478 万元。铁力农场除部分土地平整度达不到要求的水田外，总计可推广面积在 13.5 万亩左右。

（三）投资费用

该项目总投资约 42 万元，其中 500 亩推广示范区基本建设投资 40 万元，宣传、培训等推广费用 2 万元。

(四) 运行费用

只需正常管理，不需运行费用。

联系方式

技术信息咨询单位：黑龙江省农田水利管理总站、河海大学

联系人：吕纯波

电话：13946097198

地址：哈尔滨市香坊区农林街 40 号

邮编：150040

E-mail: Lcb8880@126.com

21 节水型热雾施药技术

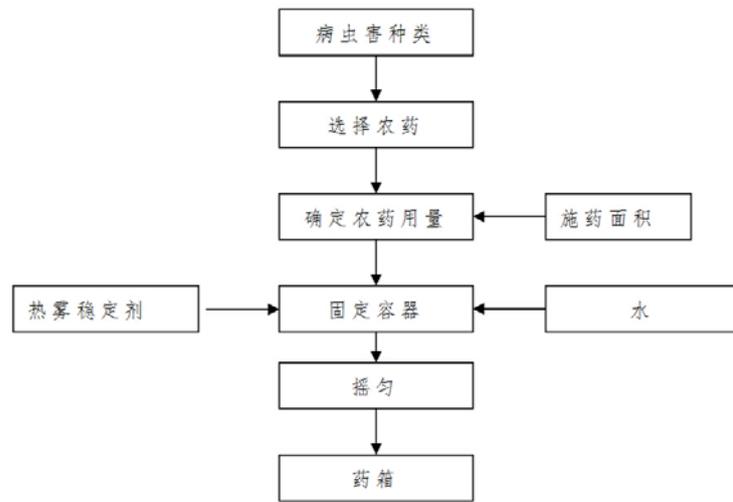
适用范围

应用于水资源匮乏地区作物病虫害防治。

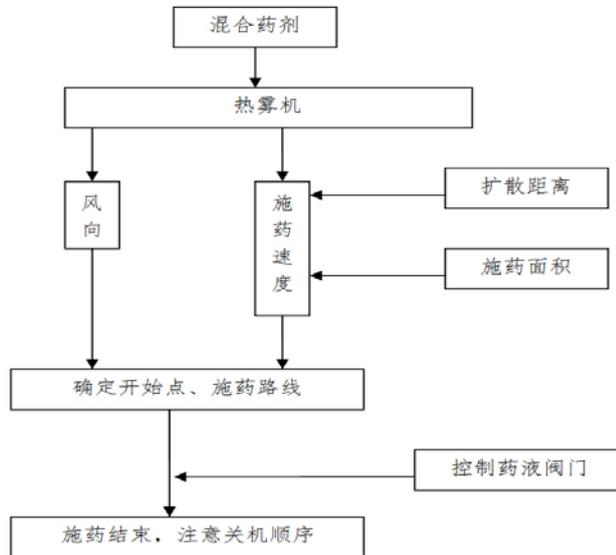
基本原理

该技术利用热雾机械启动后形成的高温高压气体将农药及热雾稳定剂形成含药热雾团，在目标空间内形成气溶胶，当靶标接触后达到病虫害防治效果。

工艺流程



配药流程图



施药流程图

关键技术或设计特征

热雾稳定剂；

热雾机：热雾机主要由脉冲喷气式发动机和供药系统组成。其中，脉冲喷气式发动机主要由燃烧室、喷管、冷却系统、供油系统、点火系统及启动系统等构成，供药系统则由增压单向阀、开关、药管、药箱、喷药嘴及接头组成。

典型规模

2014年4月30日，在芜湖市油菜菌核病防治上开展了1500亩的节水、治污示范。示范项目前期投入10万元，节约农业用水44.25t，农药对土壤生态环境的破坏降低到传统施药方法的1/6。

推广情况

联合安徽省农业科学院植物保护和农产品质量安全研究所、安徽农业大学植物保护学院、南通宏大机电制造有限公司在全国推广应用面积达200万亩，节约用水达59万m³。

典型案例

（一）项目概况

芜湖市耕地面积约180万亩，其中油菜种植面积约占20万亩左右，每年因病虫害防治需耗水54万m³，并且造成了土壤生态环境的污染。该项目于2014年4月30日在芜湖市油菜菌核病防治上开展了1500亩的节水、治污示范。

（二）技术指标

根据2015年04月芜湖油菜菌核病示范项目实际运行情况，每次施药亩均节约用水约29.5kg（按传统施药用水量亩均30kg计算），热雾剂成本亩需4元，亩均农药残留量降低到传统施药方式的1/6-1/8。

热雾机技术指标：

含固量（%）≥23；

混合稳定性合格；

水分（%）≤3.0；

pH值范围6.0~8.0；

闪点（℃）≥60；

密度（20℃，g/cm³）0.91±0.0

热雾机运行参数：

药箱容积：6L（可喷施10亩）；

药箱压力：0.3-0.4kg/cm²；

喷嘴直径：1.0-1.5mm；

热雾滴直径：35-40μm。

（三）投资费用

该项目总投资约10万元，其中热雾机投资6.4万元（3200元/台×20台）；热雾稳定剂和农药1.35万元，其他投资2.25万元。主体设备寿命5年。

（四）运行费用

通过该技术推广应用，按年覆盖面积占到芜湖耕地面积的10%计算，每年将为芜湖农业节水5.31万方，极大程度地降低了农药施用对土壤生态环境造成的破坏。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院理化技术研究所
联系人：程善闽
电话：13909695747
地址：合肥市望江西路 69 号西湖国际广场 B 座 16 楼
邮编：230022
E-mail: chengsm01@163.com

22 精量滴灌关键技术

适用范围

经济作物、粮食作物、林果及温室等高效水肥一体化灌溉

基本原理

滴灌系统关键部件“双面齿形高消能内镶片式灌水器”利用人工智能、结构力学、流体力学和 ANSYS 模拟相结合进行滴头结构设计，快速成型样品进行检测试验，依据实测结果进行计算机模拟修正，完善产品结构，最终达到节水目的。

关键技术或设计特征

滴灌关键产品“双面齿形高消能内镶片式灌水器”以现行内镶贴片式滴头为原型，针对其加工制造过程中反片、倒片造成合格率低等问题，优化滴头流道结构，加设双面流道对称结构，采用高温下模具一次性注塑成型工艺，提高拣选工序中拣选的精度。

针对滴灌首部关键部件网式过滤器过滤清洁效率低和锈蚀的问题，通过对滤网、吸嘴、吸轴等组件的关键技术参数进行分析优化，改进排污管结构，提高清洁效率；通过制备专用母粒料，按注塑工艺完成过滤器主体与配件的试制。

典型规模

在尚义县 2012 年小型农田水利重点县项目中实施蔬菜膜下滴灌高效节水示范面积 4.05 万亩。

推广情况

已在天津、河北、河南、内蒙、广西、甘肃等 16 个省区推广辐射面积 183 万亩，累计节约农业用水量 38.47 亿 m^3 。

典型案例

（一）项目概况

尚义县 2012 年小型农田水利重点县项目实施蔬菜膜下滴灌高效节水示范面积 4.05 万亩。项目包括机井水泵以下设备及材料（包括过滤器、施肥器、内镶式滴灌带及配套管材和地膜等）的供应、勘察设计及现场施工安装、用户运行管理培训及售后服务。2012 年 11 月开工建设，于 2013 年 6 月完成工程维护指导与售后服务工作并建成投产。

（二）技术指标

根据水利部灌排设备检测中心出具的检测报告，项目所述双面齿形高消能内镶片式灌水器达到《塑料节水灌溉器材内镶式滴灌管、带》（GBT 19812.3-2008）A 类标准要求，变异系数 $C_v=1.13\%$ ；最大工作压力的 1.2 倍条件下保压 1h，滴灌管无破损，滴头流量偏差为 0.85%；在 130N 试验压力下无断裂损坏，标线间距变化量 $<5\%$ ；流态指数 0.4498，压力流量关系较优。

项目所述注塑手摇吸式网式过滤器达到《农业灌溉设备过滤器网式过滤器》（GB/T 18690.2-2002）标准要求，最小工作压力 0.08Mpa，最大工作压力 0.6Mpa，额定流量 8-40m³/h，清洁压降≤0.05Mpa；最大工作压力的 1.5 倍条件下保压 1min，无变形，无渗漏；最大工作压力下保压 5min，过滤元件无永久变形、弯折或扯裂；出口泄露量不大于最大推荐流量的 0.05%，过滤原件无泄漏。

（三）运行费用

根据 2013 年 4 月-2014 年 9 月实际运行情况，尚义县 2012 年小型农田水利重点县项目实施蔬菜膜下滴灌面积 4.05 万亩，年灌溉水量 920.58 万 m³，年运行费用 1547.1 万元，单方水运行费用为 1.68 元；利用注塑手摇吸式网式过滤器和双面齿形高消能内镶片式滴灌带，节约成本 722.3 万元，节水 55.6%，节肥 22.6%，与常规滴灌相比，能耗降低 12.8%，年运行费用降低 16.0%，单方水运行费用降低 20.6%（0.44 元）。

联系方式

技术信息咨询单位：大禹节水（天津）有限公司

联系人：宗金三

电话：022-59679311

地址：天津市武清区京滨工业园民旺道 10 号

邮编：301712

E-mail: nsq@dyjs.com

23 内镶贴片扁平紊流压力补偿滴灌管滴头技术

适用范围

适用于地形复杂、坡度较大、水质较差的丘陵山区及沙漠地区的滴灌。

基本原理

该技术是以柔（弹）性复合膜片材料替代弹性薄片材料，提高压力补偿能力；以互通双流道，提高抗堵塞能力。调节区内的柔（弹）性膜片是由聚氨酯特殊材料制成的特定形状，在水压发生变化后，柔（弹）性膜片发生形变和位移的双向运动。在压力大小发生变化时，可有效实现压力——流量的补偿。柔性膜片下开设的双流道为互通的双流道，在正常状态下两个流道均正常工作且相互具有自动冲洗功能；在一条通道发生堵塞后，正常工作的流道将对堵塞通道发生自动冲洗作用。

关键技术或设计特征

内镶扁平紊流压力补偿滴头技术创新性主要表现在：在滴头调节区内设计有特殊材料制成的、特定的、条状柔（弹）性膜片。在柔（弹）性膜片下设计有双紊流水道。在水压小的状态下，柔（弹）性膜片发生形变和位移后，覆盖双流道进口短，水流通过双流道的路程短，水流涡旋形成的阻力小，水头能量损失小。在水压大的状态下，柔（弹）性膜片发生的形变和位移覆盖的双流道进口长，水流通过双流道的路程长，水流涡旋形成的阻力大，水头能量损失大。这样就具有了良好的压力——流量补偿功能。

推广情况

该技术已在甘肃、新疆、宁夏、青海、内蒙古等地推广应用。

典型案例

（一）项目概况

敦煌市规模化节水灌溉增效示范项目拟实施棉花滴灌工程 16000 亩。项目区灌溉水源为地下水，灌溉水源主要利用机井提取地下水。项目区利用现有的农用机井 96 眼，井深 60-80m，单井出水量 30-40m³/h 左右。滴管带选用内镶贴片扁平紊流压力补偿滴灌管。该项目于 2013 年 3 月开工建设，于 2014 年 4 月完成试用并投入使用。

（二）技术指标

项目实施后，微灌的灌溉设计保证率为 90%，微灌的设计灌溉水利用系数为 0.9。本次项目主要为棉花膜下滴灌工程，作物的净灌水定额为：棉花 340m³/亩。由项目区作物种植情况、作物灌溉定额以及灌溉水利用系数计算确定实施后灌溉年总需水量为 786.89 万 m³，较实施前节水 200.69 万 m³。从灌区本身角度看，由于灌溉节水措施的实施，可有效的改善项目区水资源紧缺的状况。农田灌溉水利用系数达到 0.9。

（三）投资费用

该项目总投资 2474.55 万元，其中建筑工程 1899.35 万元，设备及安装工程 201.21 万元，临时工程 37.76 万元，独立费用投资 252.02 万元，预备费 84.21 万元。

(四) 运行费用

根据 2014 年 3 月至 2014 年 12 月敦煌市棉花滴灌实际使用情况，年总需水量为 786.89 万 m³，年耗电量 216.39 万 kW·h，每套过滤器需人工 3 人，共需 42 人；水费 0.14 元/ m³，电费 0.5 元/kW·h，人工费年均 1 万元；因此年水费为 110.16 万元，电费为 108.195 万元，人工费用 42 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：甘肃大禹节水集团股份有限公司

联系人：胡进亨

电话：15379025816

地址：甘肃省酒泉市肃州区解放路 290 号

邮编：735000

电子邮箱：hjh1213@126.com

24 水稻节水减排防污综合调控关键技术

适用范围

南方稻区农业面源污染防治。

基本原理

该技术采用节灌、节肥、控排及人工湿地综合技术为核心的农业面源污染污水处理组合工艺，即田间采用水稻“薄、浅、湿、晒”灌溉和水肥耦合技术，田间排出的污水再通过灌溉—排水—湿地综合管理系统进行净化。

关键技术或设计特征

根据水稻各个生育期的需水规律与水肥耦合机理，制定出节水节肥高产的灌溉制度。

利用以上优化灌溉制度确定田间的灌溉定额与渠系的配水流量，达到控制定额管理的目的。

通过生态沟人工湿地快速渗滤系统对农田排水进行净化处理。

通过节水节肥技术对农业面源污染源头进行拦截，达到减排的目的。

利用田间节水技术与渠系节水管理技术及人工湿地管理技术实现水资源高效利用。

推广情况

已应用于桂林市青狮潭灌区 10 万亩、临桂县义江灌区 5 万亩示范区。

典型案例

（一）项目概况

2008 年 5 月至 2009 年 12 月，临桂县义江灌区利用水稻节水增产减排防污综合调控关键技术在灌区 1 万亩稻田推广应用。

（二）技术指标

根据桂林市临桂县义江水电管理所出具的应用证明，节约灌溉用水 10%，减少化肥、农药的使用量各约 5%，相应减少肥料、农药支出约 5%，进行循环利用减少农田排水中氮、磷元素的流失 22%，对早稻总氮去除率 48%，总磷去除率 60%；晚稻总氮去除率 70%，总磷去除率 83%。

（三）投资费用

该项目工程投资每 10000 亩，42.4 万元。其中：人工湿地建设投资 4 万元，湿地植物种植 2.4 万元，田间渠系改造投资 20 万，人工费 8 万，其它投资 8 万元，每亩投资 42.4 元。

（四）运行费用

根据示范区 2008 年到今实际运行情况，每 10000 亩水稻田年运行费用为 5.5 万元，其中设备维修费 2 万元、人工管理费 2.5 万元、湿地生物塘植物的换季种植 1 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：广西壮族自治区灌溉试验中心站、广西农业灌溉排水工程技术研究中心

联系人：李新建

电话：13977305358

地址：广西壮族自治区桂林市临桂县临桂镇庙岭桂林农田灌溉试验中心站

邮编：541105

E-mail: glsyz@163.com

25 新型压片式微喷灌溉技术

适用范围

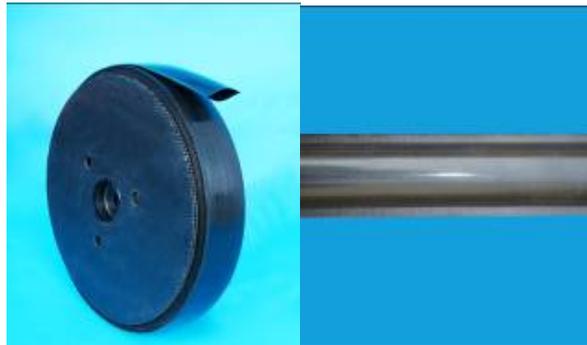
适用于各种矮棵作物灌溉和高秆作物苗期灌溉。

基本原理

该技术是以新型压片式微喷带为主体的作物灌溉技术，压片式微喷带通过压边热合设备，使两片聚乙烯塑料薄片很好的融合结为整体，并利用机械打孔设备在上片打孔而形成。压片微喷灌溉是压片式微喷带在一定的工作压力下，通过微喷带上规则分布的出水孔喷出的水对作物进行灌溉。

关键技术或设计特征

首次提出压片式微喷带灌溉技术，微喷带产品在结构形式上有创新。攻克了聚乙烯材料物理热合强度难题，大大提高了微喷带承压能力。首次提出分组循环异径异角度布孔方式，突破了不足 1mm 微孔的造孔技术，保证了灌水效果。研发了“吹膜——切片——热合——打孔”的生产工艺。



典型规模

建平县 3 年应用面积 6.15 万亩，主要用于甘草、花生、烤烟、玉米等作物的补充灌溉。

推广情况

在辽宁省 13 个市县进行了推广示范，推广面积 18.5 万亩，建立示范区 16 处。在朝阳市建平县、阜新市彰武县、锦州市黑山县和沈阳市新民等地进行压片式微喷带灌溉技术的大面积推广，主要应用于矮棵作物（花生、大豆等）、苗木、药材以及玉米早期灌溉。

典型案例

（一）项目概况

建平县八家农场柴达木村微喷带节水灌溉工程。项目区面积 1150 亩，现有机井 5 眼，单井出水量 50m³/h，原有管灌工程，干、支管路部分已经损坏。项目采用压片微喷灌溉技术以降低灌溉水量，达到节水增产效果。项目于 2013 年 3 月开工建设，于 2013 年 5 月调试完成开始运行。

(二) 技术指标

根据 2013 年 4 月-2014 年 10 月实际运行情况，两年平均每年每亩节约灌溉水量约 80m³，亩产量增加 140kg，平均每亩可增加效益 300 余元。

(三) 投资费用

项目区估算总投资 22.4 万元，其中旧井改造 4.0 万元，首部工程 1.8 万元，田间管网直接材料费 13.0 万元，田间管网运输安装费 1.9 万元，其他费用 1.8 万元（下表）。资金主要来源于国家节水增粮行动项目和水利部科技推广计划项目补助。

总投资估算表

序号	内容	单位	数量	单价 (元)	小计 (元)
一	旧井改造	座	5	8000	40000.0
二	首部工程	处	5	3500	17500.0
三	田间管网直接材料费	亩	1150	112.7	129637.6
四	田间管网运输、安装及开挖费			取直接材料费的 15%	19445.6
五	其他费			取一~四费用之和的 8.5%	17559.6
合计					224142.8

联系方式

技术信息咨询单位：辽宁省水利水电科学研究院

联系人：孟维忠

电话：024-23252133

地址：辽宁沈阳和平区 14 纬路 1 号

邮编：110003

E-mail: lnskynts@163.com

26 苜蓿地埋滴灌灌水技术

适用范围

干旱半干旱水资源短缺地区苜蓿灌溉，特别是西北牧区苜蓿灌溉。

基本原理

灌溉过程中水通过地埋滴灌带上的灌水器缓慢渗入苜蓿根系附近土壤，再借助土壤毛细管作用或重力扩散到整个根层的灌水技术。地埋滴灌系统一般由水源工程、首部控制枢纽、输配水管网和滴灌带系统四个部分组成；水源可以是机井、水库水、河水、湖泊等；首部控制枢纽包括提水设备、过滤设备设施、电器控制设备、安全保护控制阀及量测仪表等部件；输配水管网是将经首部枢纽处理的水流按照要求输送分配到每个灌水单元，包括干管、分干管、支管、毛管及连接管件，各级管道和连接管件均埋设于地下；苜蓿地埋滴灌带选用贴片式或压力补偿式滴头。

工艺流程

苜蓿地埋滴灌灌水技术主要工艺流程包括：苜蓿播种铺管一体化、地埋滴灌设备运行和田间灌水技术等。

首先紫花苜蓿种子细小，幼芽细弱，顶土力差，铺管播种前应进行精细整地；然后采用播种铺管一体化机械进行播种和铺管；将各毛管接支管进行灌水操作，灌水器将水缓慢渗入土壤，当土壤含水率达到适宜含水率上限时停止灌水；地埋滴灌系统运行前，应对水泵、电力线路等进行检查，保持系统完好；地埋滴灌带运行压力一般在 0.05MPa-0.1MPa 之间。

关键技术或设计特征

苜蓿地埋滴灌关键技术主要包括：滴灌带类型、滴灌带壁厚、滴头流量、滴灌带埋深、滴头间距、滴灌带间距、滴灌带布设长度和工作压力等，关键技术参数如下：

采用贴片式滴灌带。

壁厚不小于 0.4mm。

滴头流量不大于 3.0L/h。

滴灌带埋设深度 10-20cm。

滴头间距 0.3-0.6m。

滴灌带间距 40-80cm。

滴灌带布设长度 60-80m。

滴灌工作压力 0.08-0.1MP。

推广情况

在内蒙古四个千万亩科技支撑项目的推动下，2013 年~2015 年在内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克前旗推广应用苜蓿地埋滴灌 250 亩，在内蒙古巴彦淖尔市磴口县推广应用 50 亩；在水利部科技推广计划项目的推动下，2014 年~2015 年在新疆阿勒泰地区推广应用紫花苜蓿苜蓿地埋滴灌 300 亩。

典型案例

（一）项目概况

2014 年在内蒙古鄂尔多斯市鄂托克前旗建设了紫花苜蓿地埋滴灌示范区 250 亩，其中新建紫花苜蓿地埋滴灌示范区 200 亩，管道灌溉改地埋滴灌示范区 50 亩。目前地埋滴灌系统的首部、管网系统和地埋滴灌带的各项性能指标均正常，2015 年紫花苜蓿刈割 3 茬，干草产量达到 800kg/亩，与喷灌相比亩节水达 50m³/亩，节水增产效益显著。

（二）技术指标

紫花苜蓿每年刈割 3 茬，250 亩紫花苜蓿年产干草 20 万 kg，比喷灌条件增产 12.5%；与喷灌相比示范区年节水量为 1.25 万 m³，节水率 21.8%；在牧区推广紫花苜蓿地埋滴灌技术，对提高灌溉水利用效率，缓解当地水资源压力，推动牧区饲草料地建设具有重要作用；尤其在牧区应用地埋滴灌技术，即有效解决了苜蓿在灌水、施肥、种植、刈割和田间管理等方面的问题，又节约了水资源，增加了牧民生产收入，社会与经济效益显著。

（三）投资费用

该项目 250 亩紫花苜蓿地埋滴灌总投资 32.5 万元，亩投资费用 1300 元。其中建筑工程总投资 7.65 万元，占总投资的 23.54%；设备及安装工程总投资 22.98 万元，占总投资的 70.71%，其中地埋滴灌带亩投资 389 元，投资 9.73 万元，占项目总投资的 29.9%；临时工程 1.08 万元，占总投资的 1.08%；独立费用 1.52 万元，占总投资的 4.68%。

（四）运行费用

苜蓿地埋滴灌年运行费包括滴灌系统维修维护费、苜蓿施肥施药、刈割、田间管理和电费等工程运行管理中所需支付的各项费用。根据 2014 年~2015 年工程实际运行情况，年运行费为 420 元/亩，示范区 250 亩紫花苜蓿地埋滴灌年总运行费为 10.5 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：水利部牧区水利科学研究所

联系人：李和平

电话：0471-4690556

地址：内蒙古自治区呼和浩特市大学东街 128 号

邮编：010020

E-mail: mkslhp@163.com

27 牧区饲草料地光伏提水滴灌技术

适用范围

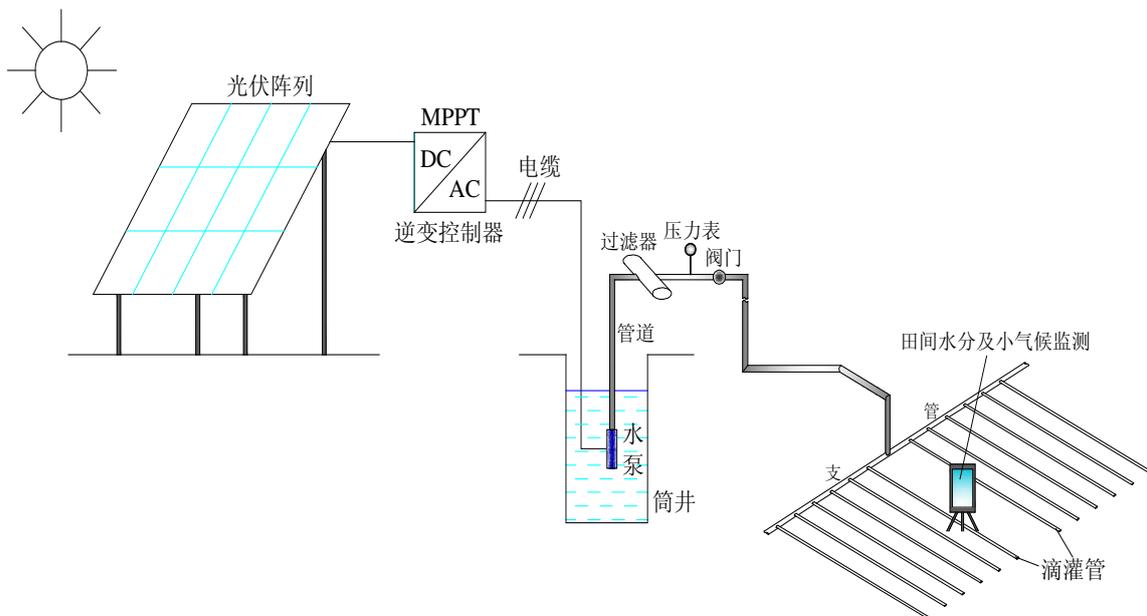
内蒙古阴山北麓、中西部，降雨量 300mm 以下，具备浅表水源开采条件的干旱牧区、半农半牧区饲草料作物种植区域。

基本原理

光电板接收、转换太阳能为电能，经由逆变控制器，驱动水泵提水，水提起来后经过输配水管道进入田间滴灌管，实施滴灌，同时动态监测作物生长、土壤水分及田间小气候，结合作物生物生态学特性，制定合理的灌溉制度，促进饲草料地节水、高效、增产。

工艺流程

光伏提水系统设计安装（光伏阵列→逆变控制器→水泵及管道→首部计量及安全装置（压力表、阀门等）→田间输配水管道系统设计建设→田间小气候、土壤水分及作物生长监测→高效节水灌溉制度



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用光伏阵列功率为 1.5kW；离心式交流潜水泵，流量 8t/h，扬程 30m；逆变控制器，功率为 2~3kW；首部设过滤器、压力表、逆止阀、减压阀等。

选用直径 16mm、滴头间距 30cm 的滴灌管，水平地面单管布置长度以 L=50m 为宜，地面如果有坡度，顺坡可延长 10%，逆坡则缩短 20%。滴灌管间距可以按作物行宽布置。

根据不同饲草料作物的生物生态学特性，结合田间小气候、土壤水分及作物生长状况的动态监测，制定合理的灌溉制度。

典型规模

该技术应用于内蒙古达茂旗牧户饲草料地灌溉，种植作物一般为紫花苜蓿和青贮玉米，控制面积为 1~2hm²，系统流量 7.5m³/h 左右，无需任何传统能源，可一人独立操作运行。

推广情况

在内蒙古达茂旗牧户饲草料地已运行多年，经测算，示范影响区域面积达 350km²。

典型案例

（一）项目概况

该项目是针对北方牧区气候干旱、浅层地下水出水量小、电力供应保障性差等实际情况设计建设的。实施地点分别位于内蒙古达茂旗希拉穆仁镇哈拉乌素嘎查水利部牧区水利科学研究所试验基地牧草种植试验区和白彦淖尔嘎查刘敖腾家庭饲草料地，面积均为 1hm²，种植作物为紫花苜蓿和青贮玉米。2011 年 4 月设计安装，2011 年 5 月完成调试，至今运行正常。

（二）技术指标

根据水利部科技推广计划项目-牧区草地退化修复及水资源高效利用技术推广应用项目验收报告，灌溉保证率 75%，灌溉水利用率 0.85，达到了《节水灌溉工程技术规范》（GB/T50363-2006）的要求。紫花苜蓿和青贮玉米综合产量 2000kg/亩，牧户饲草料收入提高 3 倍以上，相比以往传统机井漫灌，每年可以节约用电 200 度以上，节约用水 100m³/亩以上。

（三）投资费用

光伏提水滴灌系统总投资费用 6.7 万元，其中光伏提水系统 4.5 万元，光伏提水系统基础及阀门井（砖石砼结构）1 万元，田间滴灌管道系统 1.2 万元。主本设备寿命 20 年左右，以每年提水 3000m³计，吨水投资费用为 1.1 元。

（四）运行费用

该系统无需任何传统能源，操作简便，一个可独立完成，因此正常运行时不产生费用。

联系方式

技术信息咨询单位：水利部牧区水利科学研究所

联系人：张瑞强

电话：13204806655

地址：内蒙古呼和浩特市大学东街 128 号

邮编：010020

E-mail:zhangrp@iwhr.com

28 东北玉米膜下滴灌综合配套管理技术

适用范围

东北地区大田作物灌溉，尤其是采用膜下滴灌技术的玉米灌溉。

基本原理

该技术由移动首部施肥技术、膜下滴灌系统施肥灌溉运行管理技术、膜下滴灌玉米综合配套集成技术等构成。移动首部施肥技术着力解决了动力配合、过滤与施肥装置选配等关键问题，构建了 6 种不同机型，实现了首部施肥灌溉系统的机动灵活，提高了适应性。膜下滴灌系统施肥灌溉运行管理技术通过揭示膜下滴灌的节水增产机理以及作物对水氮管理的响应特征，提出了膜下滴灌玉米的适宜施肥灌溉管理模式。膜下滴灌玉米综合配套集成技术实现了适宜种植模式、机械化耕作、灌溉施肥管理、化控技术等技术的综合集成。

关键技术或设计特征

(1) 移动首部施肥技术

对于机组立地高程与水源动水位差小于 7m 的小型地表或地下水源，采用自吸泵提水，动力配套柴油机和汽油机，并配套过滤器与施肥装置，整机安装于手推车上。对于机组立地高程与水源静水位差小于 15m、与动水位差小于 22m 的小型地表或地下水源，采用软轴泵提水，动力配套柴油机，动力机、软轴泵等安装于手推车上，并配套过滤器与施肥装置。当水源与田间滴灌系统有一定距离情况，考虑增加卷盘，卷盘长度 20-50m，便于直接往田间系统供水。

(2) 施肥灌溉系统运行管理技术

使用压差式施肥罐作为注入装置时，压差控制在 0.02-0.04MPa 左右。施肥系统运行方式采用“1/4-1/2-1/4”的方案，即先灌 1/4 时间的水，接着灌 1/2 时间的肥液，最后灌 1/4 时间的水。

根据玉米的需肥规律、地块的肥力水平、目标产量确定总施肥量、氮磷钾比例及底肥、追肥的比例，追肥分三次为宜，分别在拔节期、抽穗期和灌浆期。

(3) 综合配套集成技术

机械化播种后，用除草剂对土壤处理，然后覆膜和铺设滴灌带（管）。膜下滴灌玉米宜采用大垄双行覆膜的栽培模式，垄宽 130 cm，垄上行距 50 cm，垄间行距 80 cm。垄上沿玉米行向铺设滴灌带，为 1 膜 1 管 2 行玉米，滴灌带铺设在膜下。

幼苗期破膜引苗，引苗后及时查苗、补苗。苗期 2~3 片玉米叶片展开时即可开始间苗，幼苗叶片达到 3~4 片时开始定苗。生育期内发生粘虫的地块用 20%速灭杀丁 2000~3000 倍液喷雾防治，在 10 片~12 片叶（大喇叭口期）用辛硫磷拌毒砂防治玉米螟，玉米抽穗期，用 40%乐果或 73%克螨特 1000 倍液防治红蜘蛛，玉米大小斑病发生时可加入 15%粉锈宁可湿性粉剂 150g~200g。

典型规模

在黑龙江省哈尔滨市、杜蒙县、肇州县等地建成核心示范区 310 亩。

推广情况

在黑龙江省肇州县二井镇建成膜下滴灌综合示范区 2000 亩。

典型案例

（一）项目概况

玉米膜下滴灌综合配套技术典型示范区分别位于黑龙江省哈尔滨市、杜蒙县、肇州县等 3 处不同土质地区。其中黑钙土试验位于哈尔滨机场路 1234 号黑龙江省水利科学研究院综合实验基地，试验用地 30 亩。砂土试验区位于杜蒙县一心乡的杜蒙县农业技术推广中心试验基地，试验用地 200 亩，土质为砂土。壤土试验区位于肇州市的大庆肇州高科技农业节水灌溉试验示范基地管理站，试验用地 80 亩。共计 310 亩。

（二）技术指标

通过试验研究，玉米膜下滴灌综合配套技术与常规管理相比可使玉米生育期内土壤积温平均增加 132℃，累积降低蒸发 46%，田间水利用率提高 15%，肥料利用率提高 14.8%，产量增加 10-25%。

（三）投资及运行费用

项目投资 702 元/亩，其中种子、化肥、农药及用工等农业生产费 477 元/亩，膜下滴灌辅助机械费用 35 元/亩，田间灌溉设施及覆膜投资 190 元/亩，效益达到 1650 元/亩。根据 2011-2013 年的实际运行情况看，投资及运行费用比常规滴灌技术平均增加 212 元/亩，效益增加 410 元/亩。

联系方式

技术信息咨询单位：中国水利水电科学研究院

联系人：栗岩峰

电话：010-68786500

地址：北京市车公庄西路 20 号

邮编：100048

E-mail: Liyf@iwahr.com

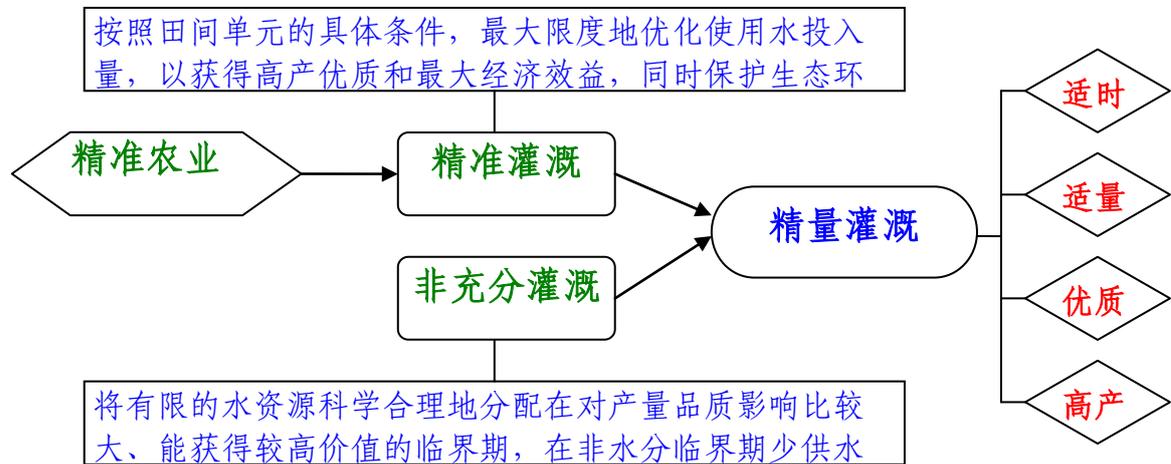
29 精量灌溉决策与控制技术

适用范围

节水技术、农业水管理。

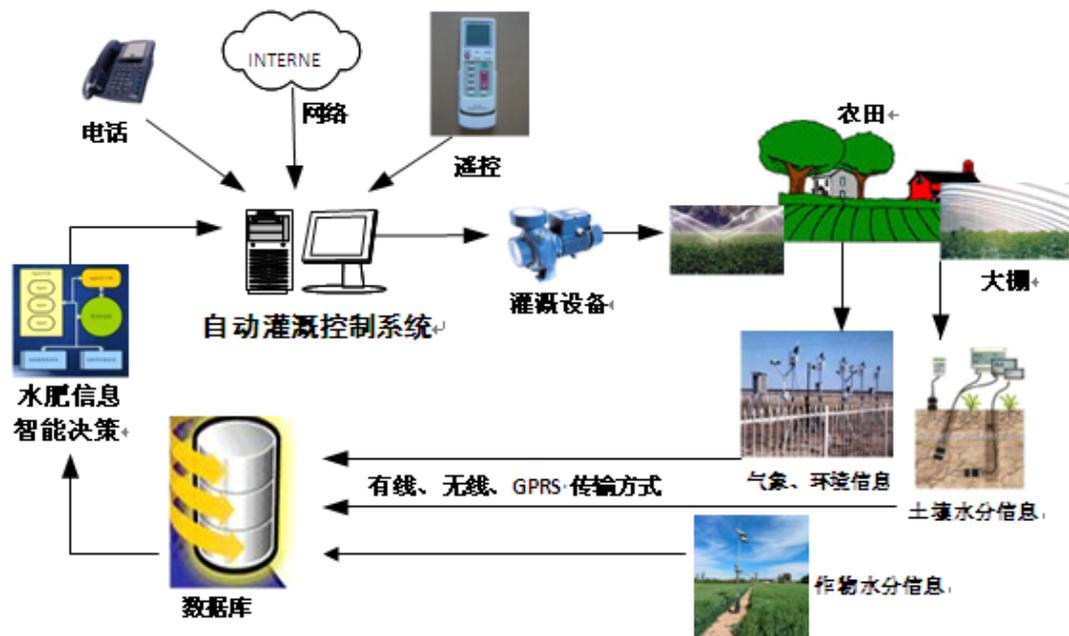
基本原理

精量灌溉能够根据所采集的田间各种信息来进行综合灌溉决策，使作物在最适宜的時刻得到最适量的水分，从而在水资源日益紧缺的情况下获得最大的经济效益、生态效益和社会效益。精量控制灌溉试验的目的是通过对作物生理生态、土壤水分状况以及田间小气候的观测和监测，详尽分析作物生长状况，综合反映作物需水程度，以指导灌溉的“适时”和“适量”。与来源于精准农业的精准灌溉相比，精量灌溉更精细地考虑了作物生长环境中气象、作物、土壤状况，同时在优质高产的农业生产目标下，考虑适度非充分灌溉。图 1 可以说明精量灌溉的来源及其主要特点。



精量灌溉的来源与特点

农田精量灌溉系统监测和控制流程如图所示。



农田精量灌溉控制与决策系统

关键技术或设计特征

田间布设传感器实时采集农田气象信息、土壤墒情、作物水分信息；
通过有线、无线、GPRS 的传输方式将数据传输至数据库或者网络服务器；

对田间农情信息数据进行处理，并利用此多源信息进行灌溉决策，获得灌溉时间和适宜灌溉量；

通过自动灌溉控制系统启闭水泵和田间电磁阀，实施灌溉；

田间实时数据采集系统开始新一轮的田间农情监测。

推广情况

已在北京大兴区、新疆库尔勒和内蒙等地推广应用。

典型案例

(一) 项目概况

新疆维吾尔自治区库尔勒蒙古自治州和硕县智能化精量灌溉决策与控制系统示范区，位于和硕县乌什塔拉回族乡（马兰基地旁）。示范区土地隶属和硕县水利局，于 2008 年在戈壁滩上开垦而成，2009 年建成滴灌灌水系统。

(二) 技术指标

示范区灌溉水来源为新疆八一水库，水库蓄水经灌溉输水渠道输送至示范区田头蓄水池中，经水泵加压通过过滤系统后进入滴灌系统。示范区呈东北向倾斜布置，长度 2000m，最大宽度 230m，南部最小宽度 210m，总面积约 700 亩。示范区 2009 年为第一年种植，栽种作物为马来辣椒。灌溉控制系统于 2009 年 7 月在新疆库尔勒和硕县灌溉试验站安装完成，并同时进行了生产运

行，效果良好。田间工程改造后，灌溉设计保证率达到 90%，灌溉水利用系数达到 0.95，项目区粮食综合生产能力同比提高 15%。

（三）投资费用

项目总投资约 20 万元，其中设备费用投资 16 万元，安装费用投资 4 万元。主体设备寿命 5 年以上。

（四）运行费用

该项目投入运行后，年均运行费用为：人工费 200 元/亩；电费 100 元/亩。

联系方式

技术信息咨询单位：中国水利水电科学研究院

联系人：蔡甲冰

电话：010-68786532

地址：北京市海淀区车公庄西路 20 号

E-mail: caijb@iwhr.com

30 再生水滴灌系统防堵塞安全加氯技术

适用范围

以二级处理再生水为水源的大田和设施农作物滴灌系统以及园林绿地滴灌系统。

基本原理

该技术针对再生水滴灌系统运行过程中细菌、藻类及有机物等化学物质形成的生物堵塞，利用氯的强氧化作用，定期对再生水进行加氯处理，起到抑制灌水器流道中细菌生长、减缓生物膜的形成或分解的作用，从而防止和减轻生物堵塞危害，有效提高再生水滴灌系统性能和运行管理水平。

关键技术或设计特征

(1) 加氯原料与装置

加氯装置选用控制精度较高的施肥装置，如比例施肥泵等，但不能与加酸和施肥同时使用。加氯装置布置在过滤器的上游位置，以防止细菌和藻类在过滤器内生长，同时也可过滤加氯处理可能产生的沉淀，如嗜铁、锰细菌氧化灌溉水中的铁和锰形成的沉淀。从使用方便及安全角度考虑，加氯原料可选用 NaOCl。

(2) 加氯方法与优化运行参数

根据水质状况每周一次或每月一次进行加氯处理，加氯浓度范围根据再生水水质状况取 0.2-2%。为了保证加氯的有效性，每次加氯的时间应不少于 1 h，以保证氯与再生水中污染物有充足的接触和反应时间。加氯周期应根据灌溉水质状况和灌溉频率综合考虑确定，加氯周期以不超过两周为宜。

加氯过程中需要通过余氯测试来判断和调整加氯浓度范围是否适当。定期注入氯的浓度在 1% 左右时，系统末端余氯浓度范围为 0.2-0.3%；余氯浓度的变化取决于灌溉水质状况。余氯测试应在加氯开始 10-15 min 后在系统最远端的滴头或冲洗阀门处，用便携式余氯测试工具测定出流水中的余氯浓度，如余氯浓度超出范围则需调整加氯浓度，重新计算加入量。

每次开始加氯处理前先灌水 10 min 以上，以保证系统运行的稳定，加氯处理完成后再根据设定的灌水量灌水 10-40 min 冲洗管网。

在加氯过程中，当灌溉水的 pH 值超过 7 时需要加酸，将灌溉水的 pH 值调整至 6.5-7。加酸的原料可选用盐酸、硫酸、硝酸、磷酸和酸性氮肥（如硫酸尿素）等。

典型规模

在北京市大兴区建成核心示范区 60 亩。

典型案例

(一) 项目概况

该技术于 2008-2010 年在国家节水灌溉北京工程技术研究中心大兴试验基地开展试验研究和示范，项目区面积共 60 亩。首先研制了再生水滴灌加氯技术

试验平台，进行了三个阶段共 2500 余小时的加氯处理性能研究试验，随后在项目区内的番茄种植区对该技术进行了田间试验验证和示范。

(二) 技术指标

再生水滴灌系统安全加氯技术可使再生水中 99.9% 以上的细菌被杀死，连续 2500h 的系统运行试验表明，加氯处理可减轻灌水器堵塞 8~35%，系统均匀系数平均提高 9.5%，灌水器堵塞状况明显改善，且对作物生长和产量未产生不利影响。

(三) 投资及运行费用

该技术较常规不加氯滴灌技术增加的投资主要用于购买加氯设备和原料，加氯装置可选用控制精度较高的注入装置，故加氯处理可借助系统自身的施肥装置来完成，但不能与加酸和施肥同时使用。因此该技术增加的投资主要用于购置加氯原料，增加投资不超过 20 元/亩。加氯处理后，滴灌系统性能明显提升，对于设施农业的可重复使用滴灌带而言，使用寿命增加 3 年以上，按滴灌带投资 500 元/亩计算，年节约系统投资 480 元/亩。

联系方式

技术信息咨询单位：中国水利水电科学研究院

联系人：栗岩峰

电话：010-68786500

地址：北京市车公庄西路 20 号

邮编：100048

E-mail: Liyf@iwahr.com

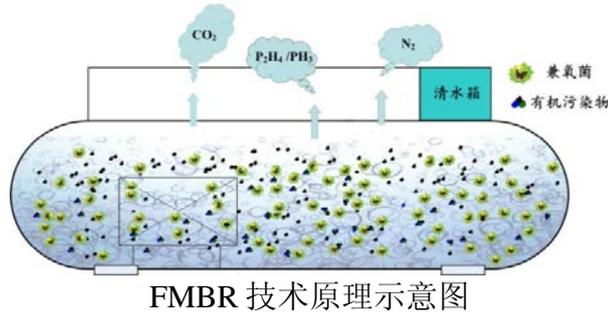
31 兼氧膜生物反应器技术

适用范围

不便接入集中管网区域及湖泊等地区的生活污水、养殖及印染等工业有机废水处理。

基本原理

兼氧膜生物反应器技术（简称“FMBR 技术”）是对好氧 MBR 和传统生物技术的全面提升，其核心是兼性复合菌体共生，通过引入噬泥菌，将细菌残骸（即污泥）彻底分解，实现污泥零排放，同步降解碳、氮和磷，最终以气体形式排入空气，进入大自然生物循环。技术原理示意图如下：



工艺流程

工艺流程为：生活污水经格网去除悬浮或漂浮状态的颗粒固体物质；污水经泵提升至 FMBR 兼氧膜生物反应器，反应器内培养有大量的兼性复合菌群，污水中的有机污染物和氮磷等无机污染物同时在兼性复合菌群的作用下得到降解和去除；泥水混合液通过膜组件的过滤分离，出水直接排放或回用。由于兼氧膜生物反应器内形成高浓度的活性污泥，污泥通过内源呼吸和细胞衰减等作用达到自身消化的目的，最终实现有机污泥零排放。工艺流程图如下。



工艺流程图

关键技术或设计特征

微氧、缺氧、厌氧状态并存，各类微生物并存，各种反应并存。
可同步去除污水中 C、N、P 污染物质以及有机剩余污泥。

典型规模

目前，针对生活污水处理已开发了一系列标准化尺寸的 FMBR 设备，典型规模有：15m³/d、50m³/d、100m³/d、200m³/d、300m³/d、500m³/d。也可根据不同水量和水质进行设计。

推广情况

已在全国 23 个省市得到不同程度应用，累计处理水量达 35.82 万吨/天，尤其在云南的湖泊面源污染控制、山东荣城的村落污水连片整治、重庆铜梁县的

乡镇污水综合治理、四川双流的江河流域点源污染控制及大连高新区凌水河流域治理等重点工程表现卓越。此外，2011年该产品中标某大型国际组织采购项目，现已有近500套设备出口至意大利、海地、埃及、迪拜等多个国家。

典型案例

（一）项目概况

华东交通大学生活污水处理及回用设施设计日处理水量 200 m³/d，污水来源于华东交通大学校园生活污水，2008年5月开工建设，于2008年6月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据南昌市环境保护局出具的验收报告，项目出水达到《城市污水再生利用城市杂用水质》（GB//T18920-2002）中的“城市绿化”水质标准要求。以平均进水 TN 为 20mg/L，TP 为 3mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 0.73t，减少总磷排放 0.18t。同时该项目出水用于该校生活杂用及绿化补充用水，节约新鲜水资源消耗 7.2 万吨/年，按新鲜水价 2 元/吨水，节支总额达 14.4 万元/年。

（三）投资费用

该项目设备投资 80 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 4000 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 71893t，年运行费用 2.48 万元，吨水运行费用为 0.35 元。

联系方式

技术信息咨询单位：江西金达莱环保股份有限公司

联系人：谢锦文

电话：15079003847

地址：江西省南昌市长埠外商投资开发区工业大道 459 号

邮编：330100

E-mail: xiejinwen@jdlhb.com

32 以芽孢杆菌为优势菌的生物反应器污水处理工艺

适用范围

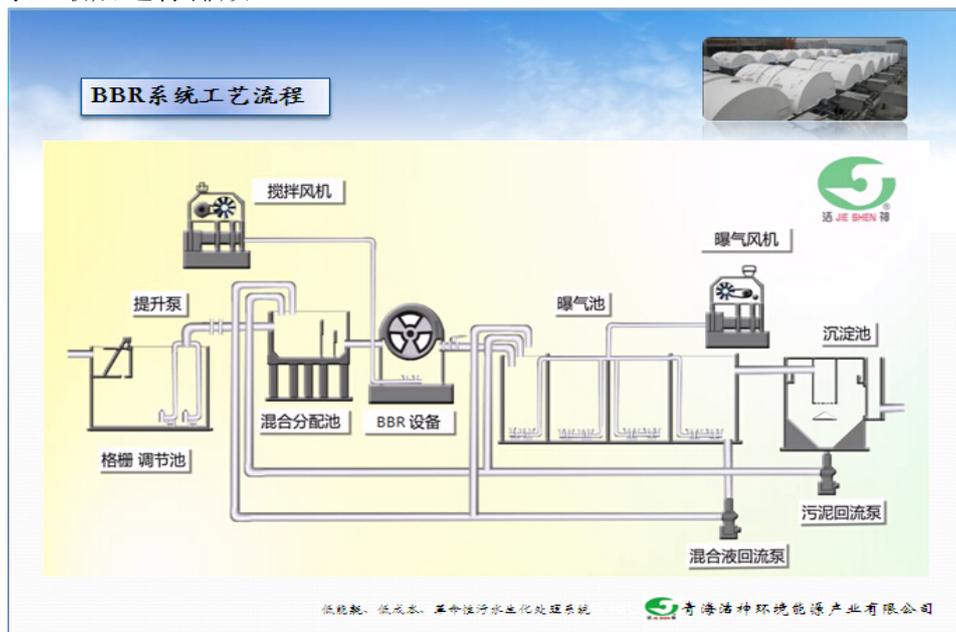
各种生活污水、工业废水、垃圾渗滤液的处理。

基本原理

该技术是以 *Bacillus* 菌为主体的接触生化处理工艺（简称 BBR 工艺），是缺氧、兼氧、好氧生化处理的组合体，是在活性污泥法和回转式生物接触法的基础上进化演变的污水处理系统。

工艺流程

工艺流程为：原水通过机械格栅进入调节池；从调节池出来流入混合槽，原水、回流污泥及循环液按比例进行混合；混合液流入 BBR 装置进行附着型生化处理；出水自流进入曝气池组进行完全混合型曝气生化处理；生化处理后废水进入后续沉淀池进行沉淀处理；沉淀池沉淀污泥一部分被排泥泵定期排出到污泥处理系统进行处理，另一部分经污泥回流泵回流至混合槽；沉淀池出水经过消毒，最后达标排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用新型 BBR 系统，该系统具备特殊空间网状结构的载体，生物附着量是常规载体的 900 倍，使用寿命长，运行功率低，系统具有集成性和可移动性。

采用生物强化技术，接种高效功能菌 *Bacillus* 菌。*Bacillus* 菌对有机物，特别是氮、磷有较强的分解能力；0.1-1.0mg/L 范围内活性最高；*Bacillus* 菌在没有营养物质和缺氧的情况下会形成孢子，孢子可在-50-210℃温度内存活；能够分解臭气和分泌抗生素。

BBR 系统比传统工艺节能 30% 以上，比传统工艺省地 20%~40%，比传统工艺剩余污泥量减少 30%~50%。

推广情况

截止 2013 年 6 月底，已签订天津大韩庄、银川城市污水改造、西宁文元屠宰场、大通新农村、西宁城南污水厂、西宁第一污水厂、第二污水处理厂、第三污水处理厂、海晏县污水厂、杭州天子岭垃圾渗滤液处理和贵州六盘水污水处理改造等项目近 100 多项。

典型案例

（一）项目概况

杭州市天子岭生活垃圾填埋场位于杭州市北部，因原渗滤液处理出水不达标，进行提标改造。2010 年 11 月开工建设，于 2012 年 1 月完成调试并建成投产，日处理渗滤液 1500m³/d。

（二）技术指标

根据杭州环境监测中心站出具的验收报告，项目出水达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889—2008）要求。以平均进水 COD 19600mg/L，TN 4363mg/L，BOD₅ 为 15000mg/L，氨氮为 2410mg/L，SS 为 1290mg/L 计，该污水厂每年减少 COD 排放 8683t，减少 BOD 排放 6687t，减少氨氮排放 1066t，减少悬浮物排放 563t。

（三）投资费用

该项目总投资约 18500 万元，其中设备投资 3200 万元，基建投资 15000 万元，其他投资 300 万元，吨水投资费用为 38000 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2012 年 6 月-2012 年 10 月实际运行情况，年处理污水 13200t，年运行费用 45.27 万元，吨水运行费用为 7.42 元；利用本工艺投加适量外碳源和混凝剂实现深度处理，投加营养剂 10t，混凝剂 25t，年运行费用将增加 16.73 万元，吨水运行费用增加 2.74 元。

联系方式

技术信息咨询单位：青海洁神环境能源产业有限公司

联系人：翟英宏

电话：0971-8062609

地址：青海省西宁市城东经济开发区金桥路 39 号

邮编：810007

E-mail: 1198105361@qq.com

33 复合磁催化-膜生物一体化污水处理设备

适用范围

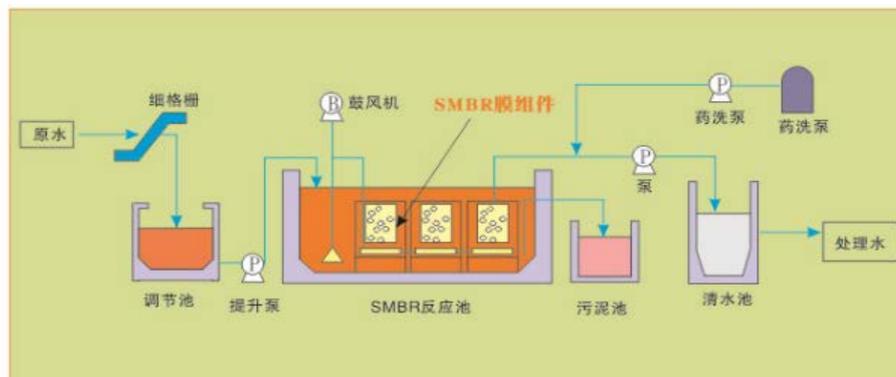
适用于居民小区、新农村聚居点、学校、旅游景点、高速公路服务区、酒店、医院及工业园区生活污水等的处理及回用。

基本原理

复合磁催化-膜生物（S-MBR）一体化污水处理设备是一种集膜生物反应器（MBR）和序批式活性污泥技术（SBR）于一体的撬装式污水处理设备，是对膜生物反应器进行 SBR 间歇式控制改良，在维持活性污泥高浓度的情况下，实现精确的厌（缺）氧和好氧的过程控制，使 S-MBR 具有更加优异的脱氮除磷效果，对 COD、TP、NH₃-N 的去除效率更高。

工艺流程

工艺流程为：污水经过格栅实现对大颗粒物及垃圾的截留；通过调节池调节水量，均和水质；进入 S-MBR 一体化污水处理设备，经过缺氧/好氧生化反应降解水体中的污染物；反应完全的泥水混合液经过平板膜组件过滤；出水回用或排放。见工艺流程图。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用序批式控制模式，集厌氧、缺氧、膜过滤为一体，提高脱氮除磷性能，出水水质良好。

采用 S-MBR 平板膜，抗膜污染性能强，机械稳定性强，使用寿命长。

结构简单紧凑，采用一体化撬装式结构，可满足地上及地理要求，设备安装简单，占地面积小。

采用高性能平板膜，使用寿命长，易于控制，产水量大，抗污染能力强，清洗更换方便。

系统污泥浓度 $\geq 10000\text{mg/L}$ ，污泥活性高，污泥产量低。

系统抗冲击能力强，运行方式灵活，可根据进水水质条件及处理要求调整运行参数。操作简单方便，易于自动化控制。

推广情况

目前已在成都市崇州建立多个示范工程。

典型案例

（一）项目概况

崇州三郎镇污水处理站设计日处理水量 120m³/d，污水来源于山水桃源社区生活污水，2014 年 4 月开工建设，2014 年 5 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据成都市华测检测技术有限公司出具的验收报告，项目出水可达到《城市污水再生利用城市杂用水质》（GB/T18920-2002）标准要求，可作为再生水资源回用或达标排放。以平均进水 TN 为 35mg/L，TP 为 1.5mg/L 计，该污水厂每年减少总氮排放 0.876t，减少总磷排放 0.044t。

（三）投资费用

该项目总投资约 71 万元，其中设备投资 63 万元，基建投资 8 万元，吨水投资费用为 5917 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 5 月-2015 年 5 月实际运行情况，年处理污水 4.38 万吨，年运行费用 2.87 万元，吨水运行费用为 0.656 元。

联系方式

技术信息咨询单位：四川环能德美科技股份有限公司

联系人：李永强

电话：15196683527

地址：成都市武侯区武兴一路 3 号

邮编：610045

E-mail: lyq@scimee.com

34 超磁分离水体净化技术

适用范围

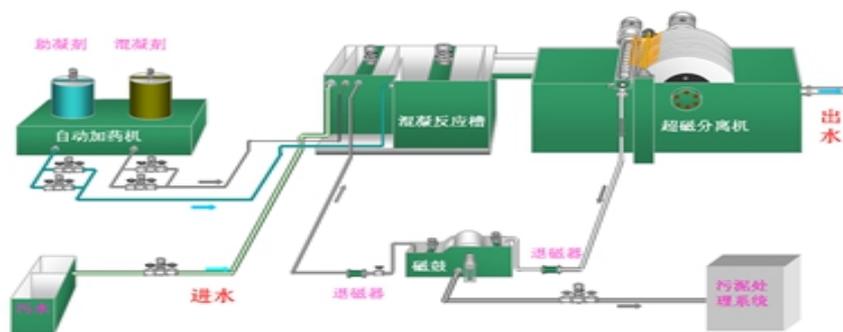
河道湖泊水体的富营养化治理、市政污水的一级强化及应急处理、煤炭行业矿井水处理、油田采出水处理、水污染事故应急处理、以及其它工业水处理等。

基本原理

普通水体中悬浮物一般不带磁性。超磁分离水体净化技术是将不带磁性的水体悬浮物赋予磁性，然后通过超磁分离机进行固液分离，水体得到净化；水体中分离出来的泥渣经磁种回收系统分散、脱磁后实现磁种与泥渣的分离，磁种循环使用。

工艺流程

工艺流程为：待处理水体经过预处理后，进入混凝反应器，与一定浓度磁性物质均匀混合，在混凝剂和助凝剂作用下，磁性物质与非磁性悬浮物结合，形成微磁絮团；经过混凝反应后，出水流入超磁分离设备，在高磁场强度下，形成的磁性微絮团由磁盘打捞出水，实现微磁絮团与水体的分离，出水直接排放或回用；由磁盘分离出来的微磁絮团经磁回收系统实现磁性物质和非磁性污泥的分离，分离所得磁性物质回收再利用（回收率>99%），污泥进入污泥处理系统。待处理水体从流入混凝反应器至超磁分离设备净化处理总的停留时间大约为3min左右。见工艺流程图。



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过加入磁种材料，并通过投加混凝与絮凝药剂，使磁种能与非磁性悬浮物结合紧密，在保证混凝效果的基础上，获得最短的混凝时间与絮凝时间，从而使设备小型化。

磁种制备投加回收装置：将磁种定量的高分散性的投加到混凝箱中参与反应，并能从磁盘分离出来的渣中尽可能的回收磁粉并重复使用。

超磁分离机：分离性能优于冶金行业用磁盘机，分离后出水悬浮物小于10mg/L，并能处理大流量污水，体积紧凑。

推广情况

已在北京市北排集团北小河再生水厂、山东新汶矿业集团新泰市小协镇协庄煤矿、山西襄垣诚丰电力有限公司煤矸石热电厂、大庆油田第 51 号供水站、胜利油田道浮采场回注水处理工程中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

北小河再生水厂设计日处理水量 20000m³/d，污水来源主要为市政污水，2009 年 9 月开工建设，于 2010 年 4 月完成调试并建成投产，2010 年 8 月，通过北京市北小河再生水厂项目验收。该项目于 2010 年 12 月 29 日获国家重点环境保护实用技术示范工程。

（二）技术指标

根据总装备部工程设计研究总院环境监测实验室出具的验收报告，项目出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）三级标准要求。以平均进水 COD 为 550mg/L 计，TP 为 10mg/L 计，SS 为 340mg/L 计，该污水厂每年可削减 COD 排放 2178 t；SS 可削减排放 2046t；减少 TP 排放 59.4t。

（三）投资费用

该项目总投资约 950.18 万元，其中设备投资 380 万元，基建投资 360 万元，其他投资 210.18 万元，吨水投资费用为 475.09 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2010 年 4 月-2010 年 12 月实际运行情况，年处理污水 660 万吨，年运行费用 187 万元，吨水运行费用为 0.2845 元。

联系方式

技术信息咨询单位：四川环能德美科技股份有限公司

联系人：李永强

电话：15196683527

地址：成都市武侯区武兴一路 3 号

邮编：610045

E-mail: lyq@scimee.com

35 多级生态净化污水处理技术

适用范围

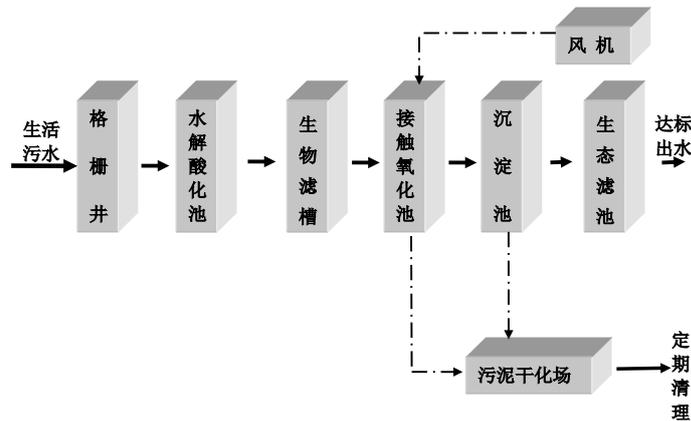
适用于农村生活污水处理、城镇生活污水处理、畜禽有机废弃物处理和利用。

基本原理

基于多级生态净化及营养梯级利用原理，对水解酸化、水生植物保温无土栽培、生物接触氧化、浮游生物净化及人工湿地技术等单元技术进行集成，并依照生态链关系合理定序，让五个关键环节的单元技术各尽所长，逐级将废水中污染物质降解成为异养微生物的有机养分，依从食物链关系充分地转化为微生物体及二氧化碳和水，最终实现有效净化。

工艺流程

工艺流程为：生活污水首先经过格栅；格栅出水自流进入水解酸化池；水解酸化池出水自流进入生物滤槽，N、P 和悬浮物通过无土栽培花卉根须和根须下面的过滤浅层得到去除；生物滤槽出水直接进入生物接触氧化池，专性微生物以污水中污染物质为食物，通过内源呼吸和新陈代谢作用将生活污水中的有机物彻底分解为水和二氧化碳以及新的生物体；生物接触氧化池出水进入沉淀池，水中悬浮物质在物理沉降作用下汇集在池底泥斗区，再经过污泥泵抽至污泥干化池干化后，外运至废物处理站或经无害化处理后作农肥回田；出水进入生态滤池，通过专性微生物的吸收、利用，对污水残留的污染物质进行深度再处理，进一步去除废水中的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、P、SS、色度，使处理出水达标排放。见工艺流程图。



止堵塞；利用浮游生物消化污泥，污泥产生量少，解决常规人工湿地普遍存在淤积、清理麻烦的难题，系统不易堵塞。

突发事故应急设计：当动力设施停电或发生故障时，污水处理系统还能保持较强的处理能力，保障污水处理稳定达标，在停电的情况也能保证系统长期稳定运行。

长效运行设计：利用花卉无土栽培、牧草种植，可产生一定的经济效益，增加村民自觉参与管理的积极性，为生活污水处理系统的运行、维护管理提供了保障。

实现人工湿地环境温度在 0℃ 及以上，浮游生/植物不会进入休眠状态。

典型规模

农村、乡镇等分散型生活污水处理规模：30-2000m³/d。

推广情况

已在广西得到大规模推广应用，至今完成约 300 余项的农村污水治理工程。2014 年完成 15 个县（区）农村连片整治项目 131 项，乡镇级生活污水集中处理中心 3 项，均通过验收或监测。主要应用于广西的南宁、桂林、柳州、河池、百色、崇左、防城港、贺州、钦州、玉林等地区的农村连片整治工程。该技术也应用于乡镇生活污水集中处理，至今在上林县三里镇、田东县祥周镇、阳朔县杨堤镇 3 个乡镇建成镇级生活污水集中处理中心，与崇左市、北流市等地 4 个乡镇达成了合作建设意向，已进入设计阶段。

典型案例

（一）项目概况

北流市民乐镇南庆村生活污水处理站设计日处理数量为 300m³/d，污水来源于南庆村产生的生活污水，2012 年 10 月开工建设，2012 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据玉林市环保局出具的验收报告，项目出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准要求。以平均进水 COD 为 174mg/L，NH₃-N 为 48.64mg/L，SS 为 82mg/L 计，该污水厂每年减少：COD 排放 12.63t，NH₃-N 排放 4.53t，SS 排放 7.1t。

（三）投资费用

该项目总投资约 72.55 万元，其中设备投资 8 万元，基建投资 28.50 万元，其他投资 36.05 万元，吨水投资费用 1216.67 元。主体设备寿命 15 年。

（四）运行费用

根据 2012 年 12 月-2013 年 12 月实际运行情况，年处理污水 10.8 万吨，年运行费用 1.35 万元，吨水运行费用为 0.125 元。

联系方式

技术信息咨询单位：广西鸿生源环保科技有限公司

联系人：凌子琨

电话：0771-5737391

地址：广西壮族自治区南宁市青秀区青山路 6-4 号东方园综合楼 709

邮编：530022

E-mail: gxhsy@vip.sina.com

36 改良分段进水工艺及优化调控关键技术

适用范围

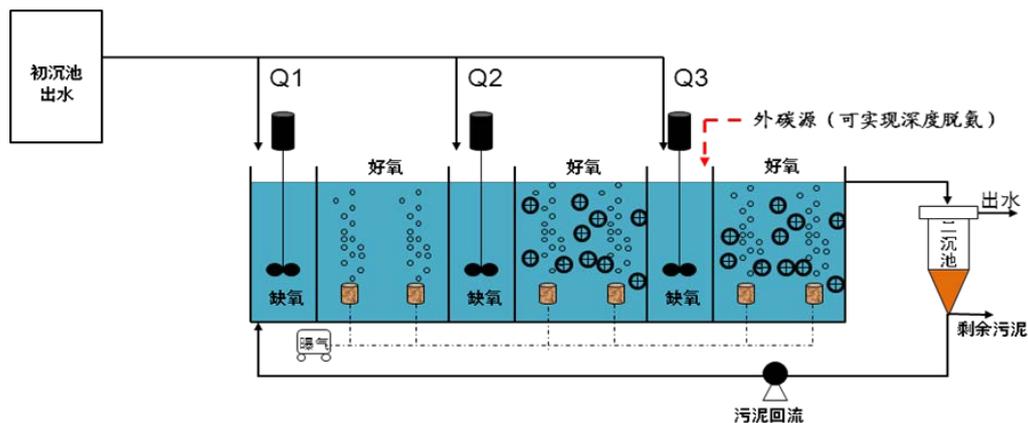
适用于处理城市污水或工业废水，可应用于新建城市污水处理厂，或因出水水质不达标、面临升级改造的旧污水处理厂。

基本原理

如果以脱氮除磷为目标，则采用 A^2/O 分段进水工艺；若只以脱氮为目标，则采用多段 A/O 分段进水工艺。 A^2/O 分段进水技术由厌氧区+多段缺氧/好氧区组成，多段 A/O 分段进水技术则省去厌氧区。该技术一般由 2-4 段的缺氧/好氧区顺序排列组成（ A^2/O 分段进水第一段则增设厌氧区），原水分别进入各段的缺氧区，二沉池污泥回流到系统首端，不设置硝化液内回流设施。在第一段的厌氧区（若设置）完成释磷过程，缺氧区进行反硝化反应，好氧区进行硝化反应和吸磷反应，反应后的混合液和部分进水进入第二段的缺氧区，后续各段反应功能同第一段。

工艺流程

以三段 A/O 进水方案为例，工艺流程为：由 3 段缺氧/好氧顺序排列组成，其中好氧第二段和第三段均投加 20%—30% 的悬浮生物填料。原水分三段进入各缺氧区， $Q_1: Q_2: Q_3$ 为 40%:30%:30%（流量分配比可根据水质水量进行优化调节），回流污泥回流到系统的首端。第一段的缺氧区利用进入该区污水 Q_1 中的碳源对回流污泥中的 NO_x-N 进行反硝化，然后，混合液流入第一段的好氧区进行硝化反应；反应后的混合污水流入到第二段缺氧区，利用进入该区污水 Q_2 中的碳源进行反硝化，混合液再进入到第三段的好氧区进行硝化反应，以后各段以此类推。



工艺流程图

关键技术或设计特征

在不外加碳源的情况下，处理低碳氮比城市污水，出水达到一级 A 排放标准。

建立分段进水过程控制系统，有利于提高工艺管理水平和运行效果，加强工艺运行的可靠性和稳定性。

优化分段进水工艺好氧池同步硝化反硝化的低氧曝气节能技术，好氧池溶解氧浓度可控制在 1.0~3.5mg/L，节省曝气能耗。

在分段进水生物池曝气区内投加悬浮性填料，强化系统的硝化能力，增强同步硝化反硝化技术，提高系统运行效果。

工艺技术易于实施，对原 A2/O 工艺升级改造工程相对比较简单，只需将进水管道分成三部分，分别进入各段的缺氧池，并增设搅拌器，投加悬浮填料，重新划分缺氧好氧区域，无需添加其它辅助构筑物。

典型规模

处理规模：5-30 万 m³/d。

推广情况

已在北控水务、中持水务、北京水润石环保、江苏裕隆环保、广州市政设计院等单位得到应用。

典型案例

（一）项目概况

青岛城阳污水处理厂（二期）一级 A 标准分段进水工艺升级改造项目设计日处理水量 5×10⁴ m³/d，污水来源于白沙河北岸区域的工业废水和生活污水，2010 年 5 月开工建设，于 2011 年 5 月完成调试并建成投产。该项目于 2012 年 12 月 25 日获“国家重点环境保护实用技术示范工程”。

（二）技术指标

根据国家环保产品质量监督检验中心出具的验收报告，项目出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求。以 COD、NH₄⁺-N、TN、TP 的平均进水值分别为 237.6mg/L、35.94mg/L、38.64mg/L 和 3.38mg/L 计，该污水厂每年减少的 COD、NH₄⁺-N、TN、TP 排放量分别为 5016t、575.5t、424.7t 和 90.9t。利用本工艺投加适量外碳源和混凝剂可实现深度脱氮除磷（TN≤5mg/L，NH₄⁺-N≤1mg/L，TP≤0.3mg/L）。同时，该技术有明显的节能效果，和原工艺相比吨水电耗下降 12%，年节电 245MW·h。

（三）投资费用

该项目总投资约 6700 万元，其中设备投资 2400 万元，基建投资 3600 万元，其他投资 700 万元，吨水投资费用为 1340 元。主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

根据 2011 年 1 月-2011 年 12 月实际运行情况，年处理污水 1825 万吨，年运行费用 405 万元，吨水运行费用为 0.22 元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京工业大学

联系人：彭永臻

电话：010-67392627

地址：北京市朝阳区平乐园 100 号

邮编：100124

E-mail: pyz@bjut.edu.cn

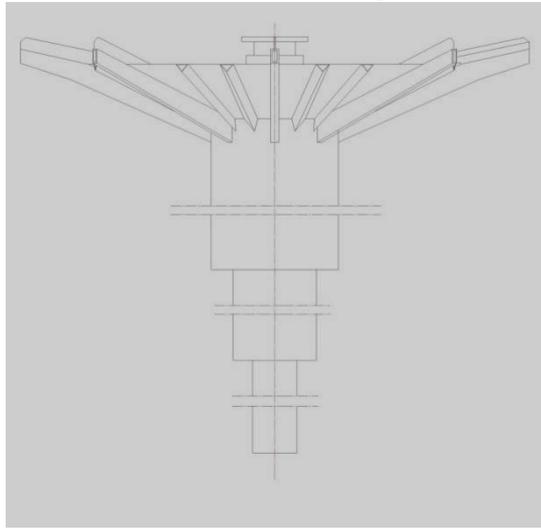
37 高效自吸混合曝气技术

适用范围

适用于城市生活污水、工业废水等污水处理的好氧生化工艺。

基本原理

通过水力构件即曝气叶轮旋转所产生的离心力与介质的重力势能转化形成的压力差，将泥水混合液连续不断的提升、搅拌和混合，形成上下环流、周向旋流的立体复合流态，由于液面的不断更新和氧的浓度差作用，使得空气中的氧进入泥水混合液，无须风机而完成充氧过程。在叶轮上设置了气、液、固三相混合管，使三相充分接触、混合，混合后向空间周向喷洒形成水雾，再次挟裹空气进行传质，理论充氧动力效率达到 $3.83 \text{ kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$ 。见设备结构图。



高效自吸混合曝气机叶片结构图

关键技术或设计特征

采用了新颖的水力构件即曝气叶轮，设置气、液、固三相混合管，使三相充分接触、混合，同时通过对流体的梳理、整流，使水体不产生紊流或脉冲流，消除了设备在运行过程中脉冲式的撞击震动，保证了设备运行平稳，从而降低了能源消耗。

增设了抽吸、搅拌和混合装置，可以将好氧生化池中、底层缺氧的水和缺氧的活性污泥抽吸至液面，使液面不断更新，由于氧的浓度差增大使得传质效率进一步提高，同时可以最大限度地阻滞了污泥的沉积。

典型规模

目前已完成直径为 $\phi 1200\text{mm}$ 、 $\phi 1650\text{mm}$ 、 $\phi 2000\text{mm}$ 、 $\phi 2250\text{mm}$ 、 $\phi 2500\text{mm}$ 、 $\phi 2750\text{mm}$ 、 $\phi 3000\text{mm}$ 、 $\phi 3250\text{mm}$ 、 $\phi 3500\text{mm}$ 、 $\phi 3750\text{mm}$ 、 $\phi 4000\text{mm}$ 与 $\phi 4500\text{mm}$ 产品样机的试制与性能检测，并定性、设计、制造、工程化推广 $\phi 1650\text{mm}$ 、 $\phi 2250\text{mm}$ 、 $\phi 2750\text{mm}$ 、 $\phi 3250\text{mm}$ 与 $\phi 4000\text{mm}$ 的高效自吸混合曝气机，年产能力达到 100 台套。

推广情况

高效自吸混合曝气机（第三代）已在山东寿光综合污水处理厂和山东平阴污水处理厂稳定运行超过 5 年；2013 年开发完成的高效自吸混合曝气机（第四代）也已经在山东寿光、安徽宣城、安徽天长、安徽来安等污水处理厂进行推广应用。

典型案例

（一）项目概况

寿光综合污水处理厂设计日处理水量为 12 万 m³/d，污水来源于晨鸣纸业的造纸废水和生活污水。2007 年 5 月九台曝气机更新改造，于同年 8 月底调试完成并正常运行。该项目获“山东省 2012 年度全省城市污水处理厂绩效考核示范单位”称号。

（二）技术指标

根据山东省寿光市环境监测站出具的监测报告，项目出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求，以平均进水 COD 为 600 mg/L、NH₃-N 为 40 mg/L、TP 为 3 mg/L 计，该污水厂每年减少 COD 排放量 24528t，减少 NH₃-N 排放量 1664.4t，减少 TP 排放量 122.64t。高效自吸混合曝气机理论动力效率达到 3.83 kgO₂/kW·h（标准条件下），每度电耗的充氧量 > 2.8kg（标准条件下），同时能够使氧化沟有效水深提升至 ≥ 6m。

（三）投资费用

该项目设备投资为 360 万元，无基建投资费用，吨水投资费用为 30 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

表 1 高效自吸混合曝气机改造前后运行耗电情况对比表

指标项目	配套电机型号	工作电压 (V)	额定电流 (A)	运行电流 (A)	电流表指示情况	单机输入功率 (kW)	全年累计电费 (万元)	节约电费 (万元/年)
改造前	MZQ315L-4A	380	287.8	265	指针跳动幅度大、不稳定	174.4	990	242（扣除新增推流器的电耗仍可节约 225 万元）
改造后	MZQ315L-4A	380	287.8	200	稳定	131.6	748	
指标	氧化沟溶解 (mg/L)			充氧量	提升能力	流态流场		

	表层	中层	底层			
改造前	4	2	0	≤ 230	不佳	脉冲式 大片状
改造后	4	4	4	≥ 340	很好	没有脉冲现象，雾状喷射

注：表 1 为高效自吸混合曝气机改造前后运行耗电情况对比，该厂采用高效自吸混合曝气机后，从节能降耗效果方面看，单台曝气机的输入功率下降 42.81 kW，全年累计节约电费 242 万元，扣除新增加的推流器电耗费用，每年尚可节约电费 230 多万元。

联系方式

技术信息咨询单位：中冶华天节能环保研究院

联系人：程寒飞

电话：18662729199

地址：马鞍山市湖南西路 699 号

邮编：243005

E-mail: mccchf9199@163.com

38 微生物自固定化污水处理技术—曝气生物流化池

适用范围

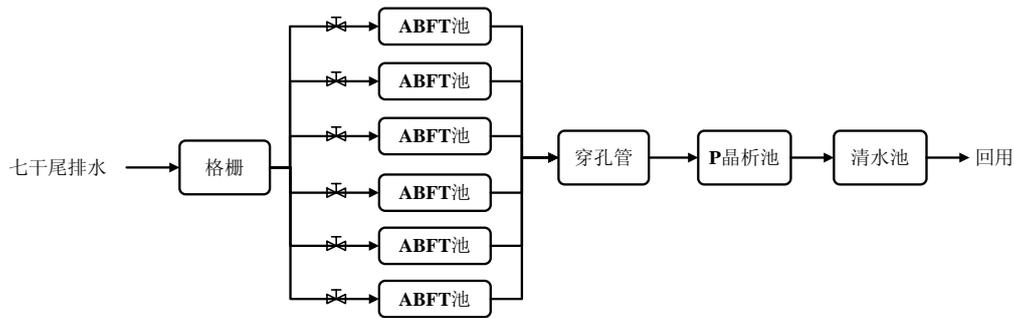
分散式生活污水处理、中型污水厂提标改造等。

基本原理

曝气生物流化池（简称 ABFT）内有上下拦截网将载体限制在载体区，并利用好氧及厌氧微生物的高效固定化技术附着于载体上，进行好氧及厌氧反应，通过硝化及反硝化作用对水中的污染物质进行去除。

工艺流程

污水通过人工格栅将比较大的悬浮物隔离后，由阀门控制直接进入六组并联的 ABFT 生化系统，出水端采用穿孔管集中出水，经 ABFT 生化处理完成后直接进入清水池，用泵提升至蓄水池后作为体育公园所需的回用水，六组 ABFT 生化系统可根据实际需要来控制单独使用，最大限度的降低运行成本。见工艺流程图。



工艺流程图

关键技术或设计特征

充分利用原水中的碳源进行好氧反应，对于生活污水不需另加碳源。

采用小池结构，布置灵活，可逐级串联，对污水中的污染物进行分级深度处理；采用微生物与载体自固定化技术，提高载体的流化性能，能与污水进行充分接触，提高处理效果，使出水稳定并达到设计要求。

采用自主研发的 JHE 型生物载体，可提高生物负载量。

全程采用自动化控制技术，提高自控水平，便于管理。

可在进水的情况下进行系统维护及检修。

典型规模

温榆河丽来体育公园中水处理站处理量为 10000m³/d。

推广情况

该技术已在中石油兰州石化分公司、蓝星兰州日用化工厂等单位得到应用。

典型案例

（一）项目概况

北京市温榆河丽来体育公园中水处理站设计日处理水量 10000m³/d，原水来源于七干尾排水或温榆河河水，2005年6月开工建设，于2006年5月完成调试并建成投产。该工程已稳定运行十年，通过污水处理站处理后的水作为周边高尔夫球场草地绿化用水，剩余水流入人工湖养鱼并储存。

（二）技术指标

根据北京市水环境检测中心出具的检测报告，该项目 7500m³出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求；2500m³出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 IV 类地表水标准要求。该污水处理站进水 COD 约 260mg/L，出水 COD 年平均值为 25.5mg/L，低于设计要求，该处理站每年减少 COD 排放 204.3t。

（三）投资费用

该项目工艺部分总投资为 300 万元。其中：生物载体 135 万元，高效菌酶添加剂 45 万元，PLC 自控 40 万元，基建及其他配套 80 万元。吨水投资费用为 300 元，主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月到 2014 年 12 月的实际运行情况，年处理污水 253.832 万吨，回用的水量 67.801 万吨。年运行费用为 159.35 万元，吨水运行费用为 0.628 元。

联系方式

技术信息咨询单位：兰州捷晖环境工程集团有限公司

联系人：何晓静

电话：0931-8551596，13669384230

地址：兰州市城关区张苏滩 800 号高科大厦 6 楼

邮编：730000

E-mail: jeffbio@163.com

39 污水物化-生化耦合处理工艺

适用范围

城镇生活污水与工业废水处理。

基本原理

采用一级微膜过滤与污泥脱水一体化系统，强化去除微生物难降解污染物，大幅减轻生物处理负荷。二级生物处理采用组合生物过滤处理工艺，对溶解性有机污染物进行灵活组合处理，进一步去除污水中的有机物及氮类等污染物，同时过滤介质对水中的悬浊质起到了进一步的截留作用，实现污水高效低能耗处理。污水经过一级微膜处理工艺后，含水污泥可直接挤压脱水形成含水率 80% 以下脱水污泥，通过后续耦合污泥处置设备可实现污泥的同步处理。

工艺流程

采用哈尔滨工业大学自主研发的“污水物化-生化耦合处理工艺（第三代）”，工艺流程为：进水——一级微膜强化过滤——生物过滤——紫外消毒——出水。

关键技术或设计特征

该工艺采用一级微膜过滤（微米级膜过滤）预处理技术，强化去除污水中颗粒与胶体污染物等微生物难降解污染物，大幅减轻生物处理负荷。通过微膜过滤装备智能自清洁系统保证膜通量实时处于高通量运行工况。

采用微膜过滤技术与生物过滤技术耦合去除污水中有机物、氮、磷、悬浊质等污染物，抗冲击负荷能力强，适应低温、低碳氮比水质。

采用微膜过滤与污泥脱水一体化系统，节约沉砂池、沉淀池与污泥浓缩池等污水处理单元，和常规污水处理工艺（包括化学强化处理工艺）比较，可大幅节约设备投资，建设费用和运行费用；占地面积与常规工艺相比节约 60-75%；可建成与周边环境为一体的景观建筑物。

采用高效臭气收集处理技术与降噪技术，臭气处理可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）要求，空气质量可达《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）要求，厂界噪声可低于 50 分贝。

采用基于物联网污水处理工艺自动监测控制技术，可实现远程监测控制，工艺自动化程度高，人员是传统污水处理厂 30%。

典型规模

“污水物化-生化耦合处理工艺”组合灵活，适应于不同污水水质水量变化，处理规模范围 200t/d-200, 000t/d，处理后的水质可根据需要达到不同排放与回用标准。

推广情况

已在北方寒冷地区建设多个 5000-20000t/d 示范项目。

典型案例

（一）项目概况

黑龙江省鸡西市城子河污水处理厂设计日处理水量 20,000m³/d, 污水来源于城镇生活、生产污水, 2013 年 5 月开工建设, 2014 年 11 月完成调试并投产。

（二）技术指标

根据黑龙江省环境监测中心站出具的验收监测报告表, 进水水质平均值为 COD 306 mg/L, 氨氮 32.2 mg/L, 总氮 41.5 mg/L, 总磷 6.90 mg/L, 处理后水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。按照日处理 2 万吨污水计, 污水处理厂每年可减少排放量: COD 约 1868t, 总氮约 193t, 总磷约 46t。

（三）投资费用

总投资约 3600 万元, 其中设备投资约 1400 万元, 基建投资约 1400 万元, 其它投资约 800 万元, 吨水投资费用约为 1800 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 11 月-2015 年 5 月运行情况, 吨水运行费用约为 0.45 元。按照日处理能力 2 万吨规模计, 处理费用约 328.5 万元。

联系方式

技术信息咨询单位: 哈尔滨工业大学

联系人: 许国仁

电话: 13936139559

地址: 黑龙江省哈尔滨市南岗区黄河路 73 号哈工大二校区 2602 信箱

邮编: 150090

E-mail: xgr099@outlook.com

40 阵列式大排量臭氧水处理系统

适用范围

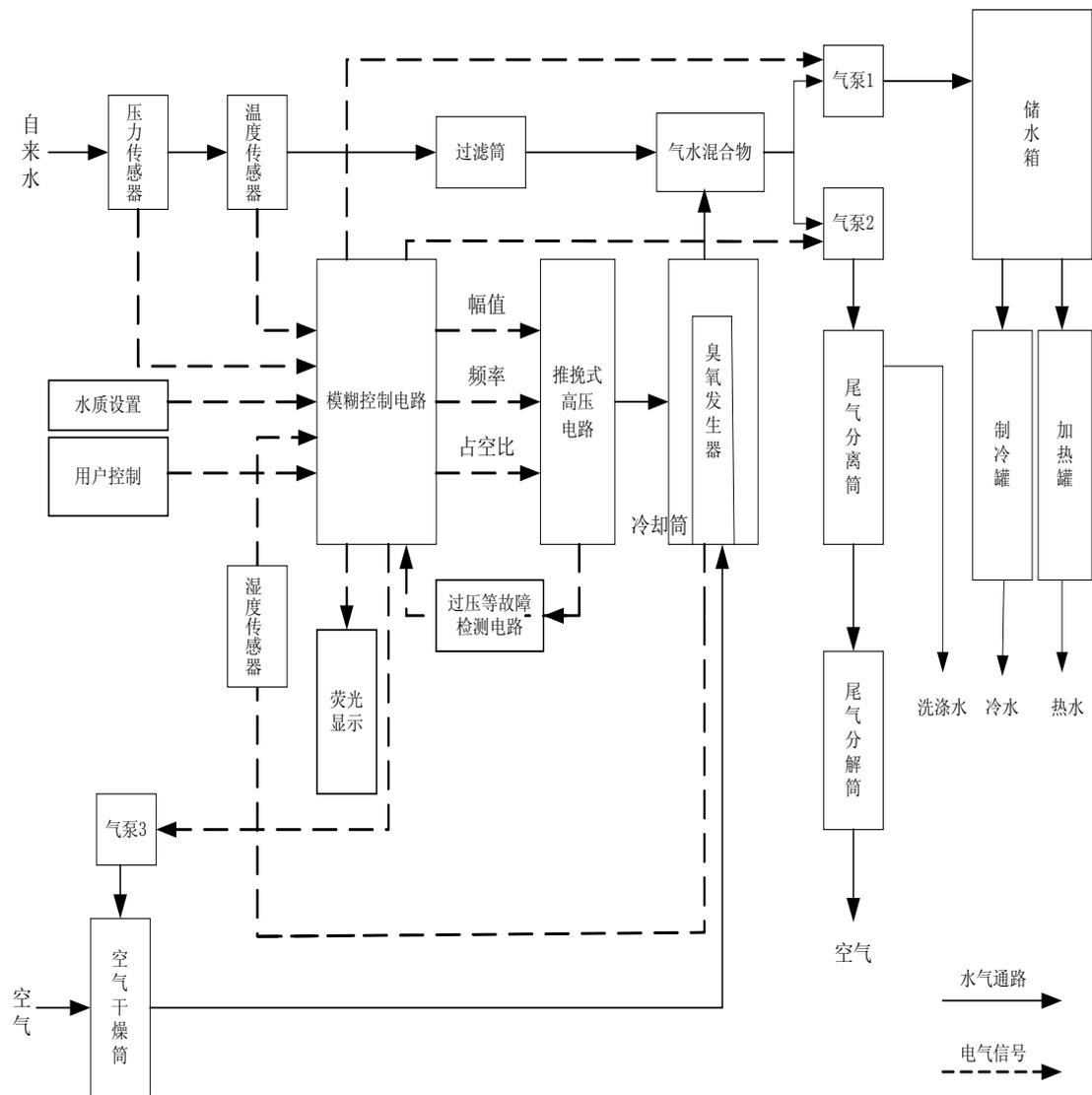
适用于饮用水、工厂废水、医疗废水、养鱼塘水、游泳池水等水处理以及农业灌溉、农田土壤农药去残留等。

基本原理

该技术采用阵列式分布控制，实现大排量臭氧产生系统。将多个较小规模的臭氧发生器按照阵列式分布，采用分布式控制方式，允许小规模臭氧发生器之间存在击穿时间差异，从而保证了系统产生臭氧的整体水平；采用适应性智能控制方法间歇式控制臭氧产生的脉冲，使得在不同出水压力下水中的臭氧浓度保持较为稳定的水平，实现了节能的目的；采用自动检测装置对臭氧输出量进行在线监测并控制脉冲信号、报警显示的调整，充分发挥臭氧发生装置的能力，即使在系统性能下降时也可以使得水中的臭氧浓度保持较为稳定的水平，从而延长臭氧装置的定期检测、维修、更换周期。

工艺流程

整套系统的工艺流程如图所示。系统的输入有两个：自来水和空气。自来水是净化对象，空气是臭氧的来源。自来水和臭氧的气水混合物由系统的两路通道分别得到，气水混合物分别用于给储水罐加水和洗涤。储水罐中的储水用于饮用，可分作两路分别进入制冷罐和加热罐，得到冷水和热水；洗涤水从尾气分离筒中流出，可用于洗涤食物等。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用臭氧模糊控制设计思路，通过模型结构辨识和参数辨识确定有关非线性关系，建立模糊模型，并结合单片机技术设计模糊控制器。

自动调节臭氧管驱动控制量，稳定维持臭氧浓度，降低成本，提高控制、驱动部分的可靠性。

采用自动检测技术、保护技术、故障检测及报警技术，系统运行稳定。

采用 VFD 荧光显示系统，具有良好的人机界面。

在水路、水冷却、尾气回收、过滤、干燥剂自动再生等方面采用各种新技术，应用面广，功能强大。

典型规模

标准 10 个阵列的阵列式大排量臭氧水处理系统可以每小时产生 1kg 臭氧，每小时可以处理水 250 吨，耗电 90-120 千瓦时。

推广情况

该技术在眉县 30 亩鱼塘（3 个 10 亩）作为试验推广点开始试验推广；对 80 亩卤阳湖分块（湖面面积 80 亩、两个 5m×25m×1.5m 水池）进行水处理试验推广。

典型案例

（一）项目概况

蓝电臭氧净水机生产线 2000 年 1 月开工建设，于 2001 年 6 月完成调试并建成投产。该型臭氧净水机自推出以来得到国家权威部门认证，已先后通过国家卫生部、北京预防医院研究院、北京市卫生防疫站、广东省卫生厅的检测和评审，并通过 ISO9001-2000 国际质量体系认证和 CCEE 电工产品认证。

（二）技术指标

大型阵列式臭氧水处理系统和家用臭氧净水机利用空气制备臭氧的效率分别为 200kg/h 和 0.4mg/s。

（三）投资费用

该项目总投资约 3000 万元，其中设备投资 600 万元，基建投资 200 万元，其他投资 2200 万元，主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2010 年 1 月-2013 年 12 月实际运行情况，臭氧净水机的控制器能够适应水温、水压、水质和空气湿度等条件的变化，保持较高的臭氧浓度，提高自来水的处理质量，每吨自来水处理费用 0.85 元。

联系方式

技术信息咨询单位：西北工业大学、陕西省环境监测中心站、西安费斯达自动化工程有限公司

联系人：史忠科

电话：029-88431323，13909185792

地址：西安市友谊西路 127 号 615 信箱

邮编：710072

E-mail: zkeshi@nwpu.edu.cn

41 臭氧催化氧化与生物过滤联用污水回用技术

适用范围

经过二级生物处理后的市政污水或工业废水

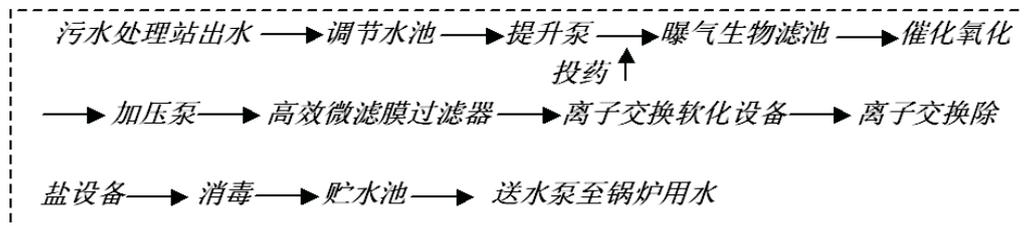
基本原理

整合了曝气生物滤池、臭氧催化氧化、生物活性炭处理技术，发挥其协同降解污染物作用，有效去除污染物、保障出水水质；采用复合药剂强化曝气生物滤池除污染效率的方法，能够有效的提高曝气生物滤池的运行效率；提出臭氧催化氧化与生物活性炭工艺联合处理污水，发挥两种工艺的协同作用，保障供水水质。

工艺流程

该技术目前已在中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司（简称中航工业哈飞）污水回用项目中应用（系统处理能力为 200m³/h），以该工程应用为例，简要介绍关键工艺流程：

生活污水、洗机废水、加工车间废水混合废水经好氧生物前处理后进入本处理系统。本系统主要包括曝气生物滤池（在该滤池前投加复合药剂，以提高有机物的去除效果）、臭氧催化氧化系统、高效微滤膜过滤器、离子交换软化设备、除盐设备、消毒等单元。膜过滤单元出水消毒后可作生活杂用，经离子交换除盐处理后可用作锅炉用水。



工艺流程图

关键技术或设计特征

该技术中关键技术为：臭氧催化氧化除污染技术及与之联用的高效生物过滤处理技术。该技术适用于处理经过生物处理后的市政污水或工业废水，经该工艺处理后，出水可作为中水回用，或经过深度处理后作为工业生产用水。

典型规模

中航工业哈飞污水回用项目为例：系统处理能力为 200m³/h。本系统原水 COD 浓度为 70-100mg/L，处理后水 COD 浓度为 4-7mg/L，COD 削减率 90%-96%。

推广情况

该技术已在城市污水、工业废水处理等领域完成中试，并在黑龙江、河北等地的石化废水、机械制造废水处理领域不同水厂进行应用。

典型案例

（一）项目概况

中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司（简称中航工业哈飞）中水回用工程设计日处理水量 4800m³/d，污水来源于厂区工业废水及生活污水经过二级生物处理后出水。2004 年开工建设，于 2004 年 12 月完成调试并建成投产。投产后该处理单元处理效果稳定，高效，处理后水最初部分排放，部分回用，运行 1 年后，该处理站处理后水全部用于该企业生产之用。

（二）技术指标

根据验收报告及企业常规检测报告，该项目原水 COD 浓度为 70-100mg/L，处理后水 COD 浓度为 4-7mg/L，COD 削减率 90%-96%；原水 SS 平均为 50mg/L，处理后水 SS 低于 5mg/L，SS 削减率>90%。该企业每年减少有机物排放量 138t。可为企业每年提供再生水超过 150 万吨，节水、节能效益显著。

（三）投资费用

该项目总投资约 480.25 万元，其中设备投资 285.25 万元，基建投资 150 万元，其他投资 45 万元，吨水投资费用为 1000 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2005 年 1 月-2005 年 12 月实际运行情况，年处理污水 170 万吨（回用作锅炉用水），年运行费用 91.46 万元，吨水运行费用为 0.538 元。

联系方式

技术信息咨询单位：哈尔滨工业大学

联系人：马军

电话：13704509628

地址：黑龙江省哈尔滨市南岗区黄河路 73 号哈尔滨工业大学二区市政环境工程学院

邮编：150090

E-mail: majunhit@126.com

42 小孔眼网格絮凝反应技术

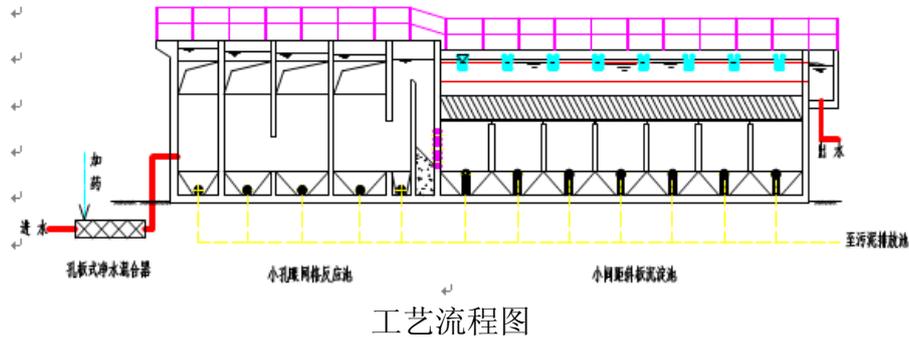
适用范围

城市污水处理厂再生水回用和已有污水厂升级改造。

基本原理

亚微观传质和惯性效应理论

工艺流程



关键技术或设计特征

孔板式净水混合装置在管体内设置多层有一定间距的多层孔板，利用水流过小孔眼网格板所产生的惯性效应，在孔眼后面产生的高比例、高强度微涡旋的离心惯性效应作用，彻底解决了混凝剂水解产物细部传质问题。

小孔眼网格絮凝反应技术通过科学地布设多层网格，使水流过网格时产生强烈的惯性效应对矾花的柔动作用，控制矾花合理的有效碰撞，迅速形成密实且易沉淀的矾花。

小间距斜板沉淀池技术抑制了矾花沉降中的脉动干扰，同时使沉淀面积与排泥面积相等无侧向约束不积泥。

典型规模

青岛团岛污水处理厂再生水回用工程：青岛团岛污水处理厂是一座设计处理规模 10 万 t/d 的二级污水处理厂。

推广情况

该技术在青岛团岛污水处理厂、长春北郊污水处理厂两家水厂进行推广应用。

典型案例

(一) 项目概况

青岛团岛污水处理厂再生水回用工程于 2009 年招标，设计规模为 10 万 m^3/d ，主要服务于团岛排水系统，收水面积为 $5.6 km^2$ ，服务人口为 26 万人，该工程于 2010 年完成调试投产。

(二) 技术指标

根据该厂出具的检测报告，项目出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB8918-2002）一级 A 标准要求。根据水厂运行分析报告可知，该污水厂每年减少总氮排放 158t，减少总磷排放 35.8t。该技术有明显的节能效果，且运行稳定。

（三）投资费用

中水回用工程设备投资约 2600 万元，核算吨水投资费用为 260 元/t，主体设备寿命为 20 年。目前该项目各项指标效果良好，工况运行稳定。

（四）运行费用

根据水厂的核算分析，该水厂处理水量为 10 万吨/天，日运行费用约 34000 元/天，吨水运行成本 0.34 元。利用本工艺节省混凝剂投加量 20~30%。节省滤池反冲洗水 50%左右，并可延长滤料更换周期，节省滤料投资费用。

联系方式

技术信息咨询单位：哈尔滨市多相水处理技术有限公司

联系人：高雪莲

电话：15045033108

地址：哈尔滨市南岗区华山路 73 号

邮编：150090

E-mail: duoxiangdz@126.com

43 生物相容性碳纤维污水处理关键技术及其装备

适用范围

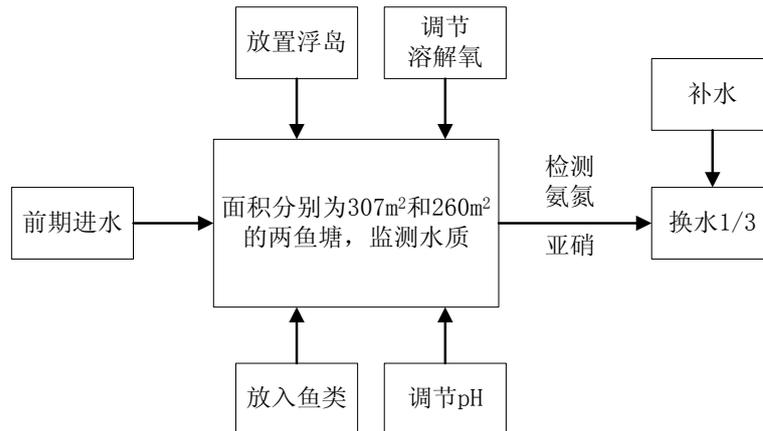
生活污水处理；河湖水库等微污染水体修复；制药、化工和畜禽等高浓度废水处理等。

基本原理

在生物相容性碳纤维的处理污水过程中，微生物主要以生物膜的状态附着在固体填料上，污染物去除主要靠生物膜的作用来完成。随着有机物的降解，微生物不断增殖，生物膜厚度不断增加，到一定程度，在氧不能透入的内侧就形成了厌氧层。当厌氧层厚度增加到一定程度，老化的生物膜脱落后，载体上重新生成新的生物膜，不断更新、脱落。

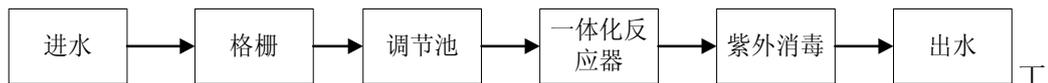
工艺流程

生物碳纤维生态浮床工艺，将植物种植于浮于水面的床体上，利用植物根系吸收水体中污染物质，同时植物根系附着的微生物降解水体中污染物；同时，通过具备高比表面积、吸附性能强、适应微生物生长等优势的生物碳纤维材料的强化，强化植物与微生物之间的协同作用，进一步提高微生物对水体的净化效果。见工艺流程图 1。



工艺流程图 1

生物碳纤维+MBR 一体化工艺，总进水先经过细格栅过滤装置，再经过调节池混凝沉淀，去除可沉固体物质；通过控制进水量来调节水力停留时间，进水先经过生物碳纤维材料的吸附和生物净化作用之后进入 MBR 反应器中。见工艺流程图 2。



工艺流程图 2

关键技术或设计特征

生物碳纤维生态浮床工艺将生物碳纤维悬挂在浮床底部，提高了原本仅有植物根系时的比表面积和吸附性，强化了植物与微生物之间的协同作用使出水稳定达标。

生物碳纤维+MBR 一体化工艺在缺氧区中悬挂碳纤维填料，在好氧区充分利用膜片自旋回流的作用，增强了传质效果，增加了反硝化的能力和耐冲击负荷，减轻了膜污染。

采用针对生物碳纤维研发的微生物菌剂和微纳米曝气技术，提高水总溶解氧浓度，污水处理效果提升显著。

典型规模

- 1.水产养殖水体修复、净化与循环利用工程示范，800m³；
- 2.长春新凯河生态碳纤维泛氧化塘污水净化工程，500 m³。

推广情况

目前已应用：长春王家楼泛氧化塘工程、北京小汤山鸿羽水产养殖水质净化、浙江金时针织印染有限公司印染废水处理、绍兴大山池水质净化工程、汕头市铁洲社区农村污水处理工程、北京通州碧水污水处理厂水质提标、北京昌平常兴庄渔场水质净化利用工程示范、北京通州张家湾渔场水质净化与利用工程示范、以及南京南湖东河水体修复示范中。

典型案例

（一）项目概况

张家湾鑫淼渔场养殖水体日处理水量为 800 m³，污水来源于渔场的水产养殖废水，2013 年 4 月开工建设，于 2013 年 5 月完成调试并建成投产。本项目中的核心技术均已获得国家专利授权，于 2014 年 1 月通过了中国石油与化学工业联合会的技术鉴定，并于 2014 年 11 月获中国石油与化学工业联合会科技进步三等奖。

（二）技术指标

根据北京市科委专家组出具的验收报告，项目进水 COD 含量为 40mg/L，氨氮含量为 2.5mg/L，出水 COD 小于 20mg/L，氨氮小于 0.5 mg/L，溶解氧满足水质要求。

通过净化，延长水体寿命以节省养殖用水量是本技术应用的主要目标。通过项目的实施，养殖水体的利用效率得到了显著提高。生物碳纤维浮床工艺将养殖系统的日换水率由 2%降低为 0.83%，年节省水量 3416t；碳纤维+MBR 一体化膜工艺使养殖废水的循环利用率达到 77%，年节省养殖用水约 5000t，节水效果显著。

对于渔场养殖来说，水体的净化，使鱼苗的成活率达到了 99%以上，锦鲤的养殖密度由最初的 10kg/ m³提高到 30kg/ m³，显著提高了渔场的经济效益。

（三）投资费用

本项目总投资约 19 万元，其中设备投资 8 万元，基建投资 11 万元，吨水投资费用为 237.5 元。主体设备寿命 5 年以上。

（四）运行费用

根据 2013 年 5 月-2014 年 5 月实际运行情况，本项目年净化水量 3200m³，年运行费用 1.2 万元，吨水运行费用为 0.0375 元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京化工大学
联系人：海热提
电话：64413170
地址：北京市朝阳区北三环东路 15 号
邮编：100029
E-mail: hjzhx@mail.buct.edu.cn

44 旋流剪切气泡曝气技术

适用范围

适用于活性污泥法、生物膜法、SBR 及其变型工艺以及 MBR 等新建污水厂，也可用于老污水厂技术改造与更新。

基本原理

旋流剪切气泡曝气器抛开微孔曝气、小孔截留思路，集成微循环反应和缓释扩散技术。其整体由四大功能结构组成，采用大孔条缝高速喷射配气、旋流剪切，对气泡进行多级切割、拖拽、立体缓释扩散，使气泡尺寸更优、分布更均；并特有多级氧传递区域，使微循环缓释充氧更高效。同时，旋流剪切气泡曝气器具备充氧、基质反应及搅拌混合三种功能。

工艺流程

可与需要氧量的水处理工艺进行联用，旋流剪切气泡曝气器基本上可安装于任何好氧污水处理设施中。具体工艺流程：

气源（风机）→配气支管→双级旋流孔+内外循环筒→扩散盘中心旋混通道→剪切气泡扩散盘→细泡布气（均布池体）

关键技术或设计特征

独特的排气结构：完全脱离了孔性定势，“大孔”与“细泡”之间的矛盾迎刃而解。旋流剪切气泡曝气器抛开微孔曝气器小孔截留的思路，气体分配器采用立式大孔条缝高速喷射配气，旋流剪切。实现了多级气泡切割、拖拽、立体缓释扩散作用碎泡原理，气泡大小更合适、分布更均匀、永不堵塞。

强化反应器式充氧功能：通过内、外筒的气、水、泥三相微循环过程强化了反应功能，具有搅拌混合、基质反应、充氧三种功能。

采用生物适应性好的材料：曝气器采用了 ABS、FRPP（增强聚丙烯）等防腐耐用，生物适应性好的材料。

典型规模

适用于任何规模的水处理工程项目，目前应用的实际工程规模从 1000 m³/d 到 250000 m³/d 不等。

推广情况

已完成验收的项目有湘潭中心医院污水处理站，完成调试项目有辽宁灯塔皮革废水处理工程、托口集镇新址污水处理工程、浙江平阳昆鳌污水处理厂，完成安装的项目有云南晋宁宝峰污水处理厂、平阳萧江污水处理厂，同时还有云南安宁再生水厂、平阳县水头污水处理厂、平阳县东海污水处理厂等项目完成了设计工作。

典型案例

（一）项目概况

湘潭市中心医院心血管大楼埋地式污水处理站设计日处理水量 1800 m³/d, 污水来源于医院医疗区产生的医疗废水, 2012 年 9 月开工建设, 于 2013 年 12 月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

根据湘潭市环境保护局出具的验收报告, 项目出水达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 要求。以平均进水 COD 为 250mg/L, NH₄⁺-N ≤30mg/L, SS ≤250mg/L 计, 该污水厂每年减少 COD 排放 124.83t, 减少氨氮排放 16.43t, 减少悬浮物排放 124.83t。

(三) 投资费用

本项目总投资约 942 万元, 其中设备投资 136 万元, 基建投资 806 万元, 吨水投资费用为 5200 元。主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

根据 2013 年 12 月-2014 年 4 月实际运行情况, 年处理污水 65.7 万吨, 年运行费用 95 万元, 吨水运行费用为 1.48 元/t。

联系方式

技术信息咨询单位: 湖南中南水务环保科技有限公司

联系人: 唐传祥/刘德华

电话: 0731-85075121

地址: 湖南省长沙市雨花区香樟东路 16 号

邮编: 410014

E-mail: zngsyfzx@163.com

45 微好氧双膜处理技术

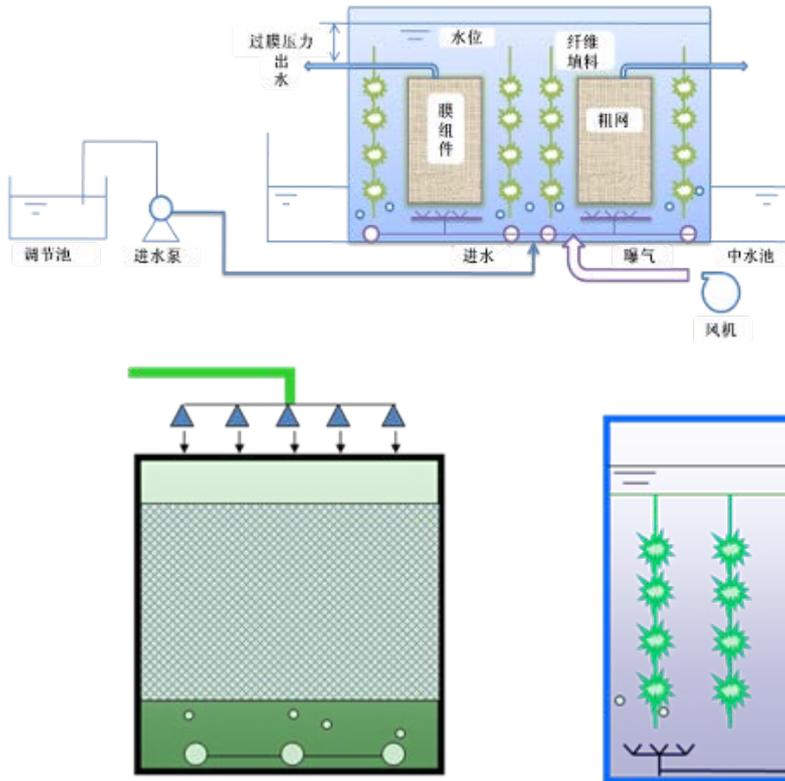
适用范围

适用于处理冲击负荷大及含部分油污污染物的生活污水的一种膜处理新技术。

基本原理

该微好氧双膜处理系统是传统膜生物反应器与生物膜反应器的耦合。膜生物反应器（MBR）具有污染物去除率高、出水水质好等优点，但膜组件存在价格高、能耗高，且膜易污染的缺点。研究开发的微好氧双膜处理系统利用廉价粗网材料代替传统微滤膜，采用重力出水和低曝气量，降低了成本和运行费用，且能有效缓解膜污染；在系统中加入纤维填料，实现较好的微好氧环境，并通过连续进水、间歇曝气实现同步硝化、反硝化，最终达到 COD、TN、TP 的同时去除。该系统充分利用微好氧生物群落对冲击负荷的优异适应性，实现废水污染物的持续高效去除。反应器结构原理如下图所示。

双膜生物反应器示意图：



微好氧双膜反应器原理示意图

工艺流程

污水经调节池由进水泵引入微好氧双膜反应器，底部进水并曝气处理，污水自下而上经过膜组件，处理后，由反应器上部过膜压力出水。

关键技术或设计特征

系统优化和模块化控制技术
 自动化运行技术
 廉价膜组件挂膜技术

典型规模

应用于课题厂区生活污水及初期雨水生物净化示范工程（张岗桥示范工程），示范工程日处理量 4000 吨，该技术主要用于处理厂矿区生活污水部分。

推广情况

该技术已在课题内部示范工程应用，取得良好的污染物去除效果。且已在安徽省污水产业联盟中推广应用，尚未建成示范。

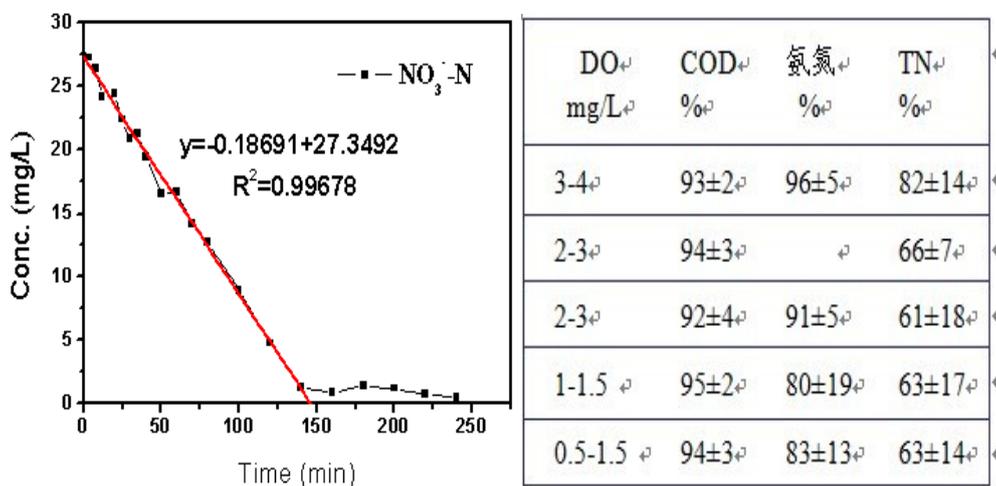
典型案例

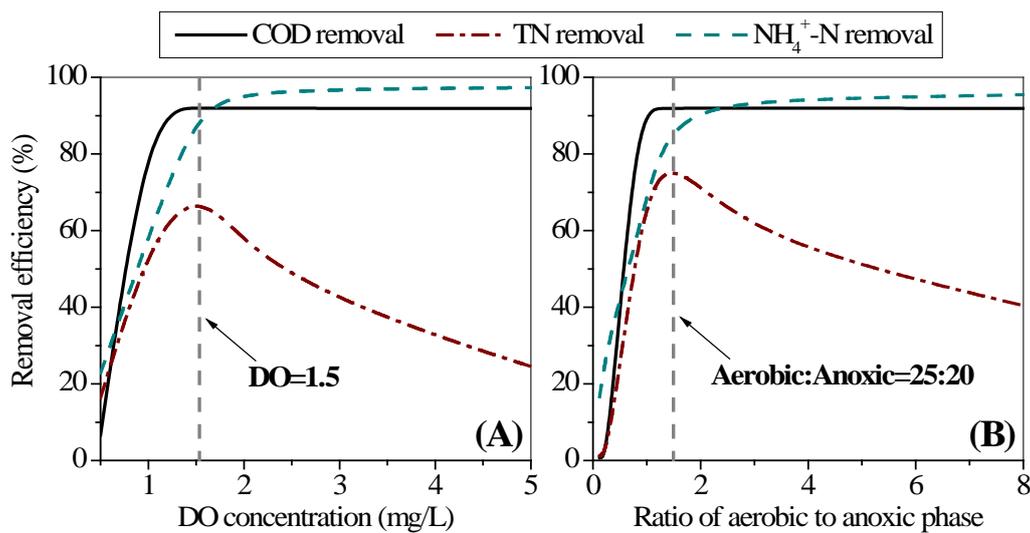
（一）项目概况

巢湖污染治理综合开发有限公司负责建设的厂区生活污水及初期雨水生物净化示范工程（张岗桥示范工程），设计日处理水量 4000t/d，污水来源于厂矿区生活污水及初期雨水，2009 年底建成，2010 年 3 月-2011 年 4 月运行。

（二）技术指标

根据合肥市环境监测站出具的验收报告，示范工程运行期间主要对 COD、TP、TN 做了详细监测，出水及污染物削减均达到了考核指标要求。以进水 TN9.4mg/L，TP 为 0.85mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 11t，减少总磷排放 1.06t。该系统运行数据如下：





微好氧双膜处理系统运行数据

(三) 投资费用

该项目设备投资 200 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 300 元。主体设备寿命 5 年以上。

(四) 运行费用

根据 2010 年 3 月-2011 年 4 月实际运行情况，年处理污水 146 万吨，年运行费用 11.68 万元，吨水运行费用为 0.08 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学技术大学
 联系人：江鸿
 电话：0551-63607482
 地址：安徽省合肥市金寨包路 96 号
 E-mail: jhong@ustc.edu.cn

46 膜生物反应器强化脱氮除磷技术

适用范围

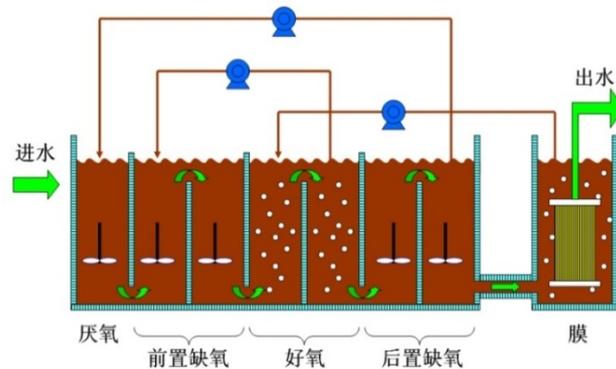
城市污水处理厂一级 A 提标改造新建或改扩建工程，或需要对污水进行再生回用的工程，或土地资源紧张的地区。

基本原理

该技术由厌氧-前缺氧-好氧-后缺氧-膜池构成，利用膜对微生物的高效截留，使高浓度的硝化菌截留在反应器内，提高硝化效果；高污泥浓度可以实现同时硝化反硝化；设置后缺氧段强化内源反硝化，实现总氮的深度去除；利用膜对胶体磷的截留，提高除磷稳定性；脱氮除磷效果明显高于传统生物脱氮除磷工艺。

工艺流程

工艺流程包括厌氧-前缺氧-好氧-后缺氧-膜池。污水首先进入厌氧池，在该池发生厌氧释磷；之后进入前缺氧池，来自好氧池的回流带来大量硝酸盐，反硝化菌利用进水中的碳源进行反硝化脱氮，同时部分反硝化聚磷菌进行反硝化除磷；之后进入好氧池，进水中的氨氮通过硝化作用被去除，聚磷菌通过吸磷去除溶解性磷；之后进入后缺氧池，由于碳源在好氧池已基本消耗殆尽，此阶段的主要功能是利用高污泥浓度促进内源反硝化，实现总氮的深度去除；最后进入膜池，膜对污泥絮体、溶解性大分子有机物、胶体磷等进行有效分离，保证稳定的出水水质。



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过膜分离和生物处理单元的有机耦合，强化脱氮除磷。

由于膜的截留作用，使高浓度的硝化菌截留在反应器内，即使在低温条件下，也能维持良好的硝化效果。

缺氧段可以强化内源反硝化，实现总氮的深度去除。

膜对胶体磷有良好的截留效果，出水磷浓度稳定。

典型规模

适用于日处理万吨级规模的城市污水脱氮除磷工程。

推广情况

在无锡硕放污水处理厂（设计处理规模 2 万 m³/d）、无锡城北污水处理厂（设计处理规模 5 万 m³/d）得到推广应用。

典型案例

（一）项目概况

无锡硕放污水处理厂膜生物反应器强化脱氮除磷工程，设计日处理水量 2 万 m³/d，污水来源于无锡新区硕放地区的生活污水和电子厂、钢管厂、饮料厂和染料厂等排放的工业废水，工业废水比例约占 40-60%。该工程于 2009 年 2 月开工建设，于 2009 年 11 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

从 2009 年 12 月到 2010 年 10 月的运行监测数据表明，示范工程出水 COD、总氮、氨氮和总磷的平均浓度分别为 21±10mg/L、5.91±2.72mg/L、1.16±0.75mg/L 和 0.19±0.09mg/L，其中 83% 的出水 COD_{Cr} 浓度低于 30mg/L，95% 的出水总氮浓度低于 10mg/L，86% 的出水氨氮浓度低于 2mg/L，90% 的出水总磷浓度低于 0.3mg/L。在进水水质波动较大的条件下，出水水质稳定满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 和《城市污水再生利用-景观环境用水水质》标准。与传统生物脱氮除磷工艺相比，该工艺占地节省约 30%，剩余污泥产量减少 20-30%。

（三）投资费用

工程总投资 8600 万元，其中工程直接费用 6410 万元，吨水投资为 3205 元。

（四）运行费用

吨水运行能耗 0.65kWh/m³，吨水运行成本（不计膜折旧）约为 0.8-1.0 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：清华大学
联系人：黄霞
电话：010-62772324
地址：北京市海淀区清华园 1 号
邮编：100084
E-mail: xhuang@tsinghua.edu.cn

47 小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术

适用范围

北方地区小城镇。

基本原理

以水解-好氧生物处理为核心的污水生化处理工艺，利用水解工艺替代功能单一的初沉池，不仅提高了污染物处理率和污水生化性能，还特别适应小城镇水质波动较大特点；利用 SBR 改型工艺，具有占地面积小、结构紧凑、可实现工艺脱氮除磷，且省掉二沉池等特点，对寒冷小城镇具有较好的适应性。

工艺流程

工艺流程为“格栅—沉砂池—水解池—改型 SBR—消毒”。

主要工艺特点：

1、水解反应器内为升流式的水力学流态，这样使反应器具备了良好的截留污泥的能力，促使微生物与进水基质的充分混合接触，完成大分子有机物的水解酸化过程，并有利于反应器内菌群的功能分区，保证反应器内较高的基质降解效率，适合进水水质较高、水量不稳定的北方低温小城镇污水处理。

2、由于水解反应器可通过停留其中的水解酸化菌和反硝化菌进行水解酸化处理和反效果脱氮作用，以去除 COD、BOD、悬浮物 SS 和总氮指标，并将污水中的难降解有机物转化为易被生物降解的有机物，适合于进水水质不高的北方小城镇污水处理。

3、水解-好氧工艺由于采用厌氧处理技术，在处理水的同时，也完成了对污泥的处理，污泥量比常规污水处理工艺减少 50-60%。使污水、污泥处理一元化，简化了传统处理工艺流程采用厌氧-好氧污水处理工艺。

4、水解-好氧工艺由水解、厌氧、缺氧、好氧、沉淀五部分组成，可实现系统的单元化、模块化、集成化，布置紧凑，占地少。

关键技术或设计特征

低温污水溶解氧强化传质技术

低温污水生物功能强化技术

系统优化运行技术

典型规模

污水处理规模 5000~20000 m³/d。

推广情况

目前小城镇低温污水水解-好氧强化处理集成技术已经在吉林、黑龙江等多个污水处理工程中应用。

典型案例

（一）项目概况

吉林磐石生活污水处理设施，二期工程设计规模 15000 m³/d，污水来源于

吉林磐石生活污水，于 2011 年 11 月完成调试并建成投产。在整个建设和运行过程中，采用低温污水溶解氧强化传质技术措施、低温污水生物功能强化技术措施，以及系统优化运行技术措施，使得冬季条件下污水好氧处理单位水温提升了 2-3℃，降低了示范工程的运行过程能耗。

(二) 技术指标

根据住房城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心出具的示范工程评估报告，项目出水达到 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级 B 水质标准要求。以平均进水 TN 为 35mg/L，TP 为 2.6mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 67.5t，减少总磷排放 7.2t。

(三) 投资费用

该项目投资 2000 万元，吨水投资费用为 1330 元。

(四) 运行费用

根据 2012 年 1 月-2012 年 12 月实际运行情况，污水处理成本低于 0.45 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：哈尔滨工业大学

联系人：赵庆良

电话：0451-86283017

地址：哈尔滨市南岗区海河路 202 号

E-mail: zhql1962@163.com

48 小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术

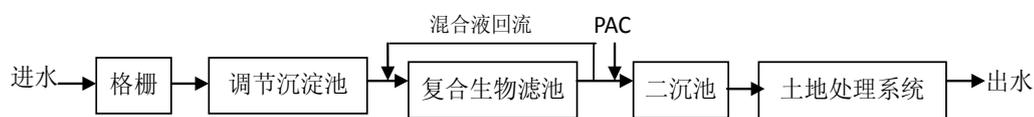
适用范围

经济相对薄弱的小城镇。

基本原理

针对传统土地处理技术处理效率低、易堵塞，不能脱氮除磷，占地面积较大，夏季滋生蚊蝇，有一定气味等突出问题，开发了土地处理系统进水预处理技术、耕作层下污水土地自然净化系统构造的优化技术、耕作层下污水土地自然净化系统防堵塞技术、污水土地自然净化系统顶部的综合利用技术等，建立了小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术。

工艺流程



工艺流程图

系统进水首先经过格栅，去除较大的悬浮物和漂浮物后进入调节沉淀池均衡水质水量，再进入复合型生物滤池，污水依次经过厌氧、好氧环境，出水回流到复合型生物滤池入口，厌氧条件下通过厌氧微生物去除部分有机污染物，同时进行反硝化，去除硝酸盐，好氧条件下利用好氧微生物的新陈代谢作用，氧化分解水中的有机物，同时进行硝化反应，去除氨氮。复合型生物滤池出水进入二沉池，以进一步去除脱落的生物膜，然后经配水井配水后进入耕作层下土地处理系统，利用土壤、微生物、植物构成的生态系统对污水进行净化，出水达标排放。二沉池的污泥通过蚯蚓生态处理后，可作肥料供农田使用。

关键技术或设计特征

耕作层下污水土地自然净化系统防堵塞技术
污水脱氮除磷的厌氧-好氧土地处理工艺
耕作层下污水土地自然净化系统构造的优化技术
处理系统顶部耕作层优化利用技术

典型规模

污水处理规模 100~2000 m³/d。

推广情况

目前小城镇抗堵型地下升流式 A/O 土地高效处理技术已经在青岛市东庄头村、夏南庄等 20 个小城镇得到推广应用。

典型案例

(一) 项目概况

山东省河头店镇污水处理厂设计规模为 500m³/d，处理河头店镇工业园区废

水及东大寨村生活污水，于 2010 年 7 月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

根据住房和城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心出具的示范工程评估报告，项目出水达到 GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级 B 水质标准要求。以平均进水 TN 为 45mg/L，TP 为 4.5mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 3.75t，减少总磷排放 0.5t。

(三) 投资费用

该项目投资 103 万元，吨水投资费用 0.206 万元/m³。

(四) 运行费用

根据 2012 年 5 月-2013 年 4 月实际运行情况，污水处理成本低于 0.3 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：青岛理工大学、
联系人：郭一令
电话：0532-84962169
地址：山东省青岛市四方区抚顺路 11 号
E-mail: yilingguo@126.com

49 山地小城镇污水自然曝气渠道式下水道处理技术

适用范围

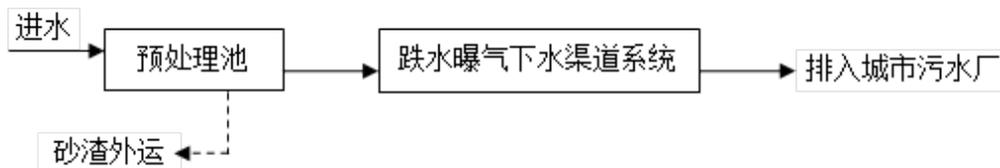
适用于地形落差大、输送距离较长、经济及管理水平低，以及污水厂用地受限的山地小城镇污水处理，主要去除污水中有机物及氨氮污染物。

基本原理

自然曝气渠道式下水道处理系统集污水输送与净化为一体，在长距离污水输送渠道中，利用下水道空间，通过投加高效悬浮生物填料，在空间上构建成多级生物膜系统，并通过自然地地形落差进行跌水充氧，在渠道下水道前、中、后段分别形成厌氧、好氧、硝化多级生物膜系统，污水在渠道输送过程中实现了对有机物及氨氮高效稳定去除。

工艺流程

污水首先进入预处理池去除大的漂浮物，并通过沉淀去除无机砂及部分悬浮物；出水进入自然曝气渠道式下水道多级生物膜净化系统。在渠道式下水道的前段进水有机物浓度高，渠道内生物膜处于厌氧状态，通过厌氧微生物降解污水中的有机物；随着有机物在前段渠道中的沿程降解，污水沿程的耗氧量逐渐降低，进入渠道中段生物膜处于好氧状态，通过好氧微生物进一步降解有机物；出水进入渠道后段，后段渠道中生物膜主要富集了硝化菌，污水中的氨氮在渠道后段得以去除。预处理池产生的漂浮物、无机砂及沉淀污泥，定期数月清理一次。



工艺流程图

关键技术或设计特征

简易预处理技术：预处理池分 2 格，第一格主要去除和贮存污水中大的漂浮物和无机砂；第二格主要去除污水中的悬浮物。根据污水中污染物的含量和清理周期确定预处理池各部分容积。

污水自然曝气渠道式下水道处理系统构建：根据地形条件，在渠道沿程内适当位置设置隔墙形成贮水滞留区，内设球形悬浮生物膜组合填料。

典型规模

适宜的处理规模 100~1000 m³/d。

推广情况

该技术在重庆武隆仙女山镇谭家沟和大坪污水处理中得到应用：（1）重庆

市武隆仙女山镇谭家沟污水预处理工程规模：1200m³/d，处理渠道长 2km，落差 88m；（2）重庆市武隆仙女山镇大坪污水预处理工程规模：1000m³/d，处理渠道长 0.91km，落差约 50m，出水均稳定达到国家二级标准。

典型案例

（一）项目概况

重庆武隆仙女山镇谭家沟城镇污水预处理工程设计日处理水量 1200m³/d，污水来源于仙女山镇生活污水，2009年3月开工建设，于2009年8月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据武隆县环境监测站出具的监测报告，项目出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》二级标准要求。进水平均 COD_{Cr} 为 370.5mg/L，平均 NH₃-N 为 58.0mg/L，平均 TN 为 61.15mg/L，COD_{Cr} 平均去除率为 85.2%，NH₃-N 平均去除率为 45%，TN 平均去除率为 37.5%，该污水处理设施每年削减有机物排放 114.3t，减少总氮排放 9.25t。

（三）投资费用

该项目工艺部分工程投资 147 万元，吨水投资费用为 1225 元。

（四）运行费用

根据 2014 年 6 月-2015 年 6 月实际运行情况，年处理污水 403325t，年运行费用 0.887 万元，吨水运行费用为 0.022 元。

联系方式

技术信息咨询单位：重庆大学

联系人：周健

电话：15523829081

地址：重庆沙坪坝重庆大学 B 区城市建设与环境工程学院

邮编：400045

E-mail: zhoujian@126.com

50 小城镇污水序批式人工湿地处理技术

适用范围

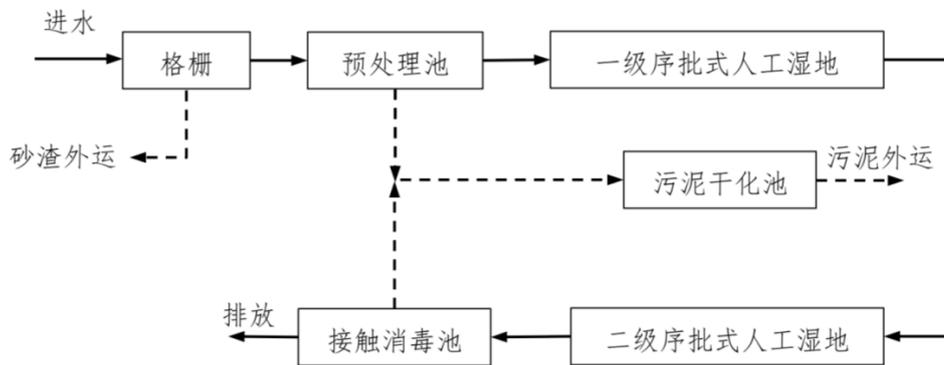
适用于有地形落差，用地面积受限的山地小城镇污水生态处理，主要去除污水中悬浮物、有机物、氨氮、总氮等污染物。

基本原理

序批式人工湿地采用“进水-反应-排水-排空闲置”的周期运行方式，通过间歇进出水，以及设置排空闲置等措施强化湿地的自然复氧能力，增强了系统的脱氮效能，系统运行负荷高、净化能力强，出水稳定达到《城镇污水厂污染物排放标准》一级 B 标准；并且通过排空闲置工况，可使湿地深度增加至 2m，大幅减少了占地面积；同时，序批式运行方式布水均匀，避免了常规湿地易短流的问题。设施自控运行管理简便。

工艺流程

污水通过格栅去除漂浮物；出水进入序批式预处理池，该池通过序批式运行，集调节、絮凝、沉淀、沉砂等多种功能于一体，一般情况下，在预处理池完成水量调节、无机砂及悬浮物去除，在冬季低温期，投加絮凝剂协同人工湿地去除有机物、磷等污染物；出水进入一级序批式人工湿地，通过生物、植物及物化作用去除污水中的有机物、氨氮、总氮及磷，出水进入二级序批式人工湿地进一步去除残留污染物，保证出水稳定达标，出水经消毒后排放。预处理池中的剩余污泥定期排入污泥干化池，干化后外运填埋。



工艺流程图

关键技术或设计特征

序批式人工湿地的强化复氧技术：通过延长进水时间，将进水贯穿反应过程，使湿地的水位提升缓慢，有效地提高了系统的复氧能力；同时，通过排空闲置复氧有效地强化了系统的复氧能力。

序批式人工湿地除磷脱氮系统构建技术：采用“进水-反应-排水-排空闲置”的周期运行工况，湿地在排空闲置期对吸附于基质上的氨氮硝化，使系统在进水反应期脱氮能力大幅提高；在人工湿地表层设置 20cm 钢渣，强化除磷；也可在预处理投加絮凝剂除磷。

典型规模

适宜的处理规模 500~3000 m³/d。

推广情况

该技术在重庆武隆仙女山镇大坪污水处理工程中得到应用：工程规模：1000m³/d，出水均稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》一级 B 标准；此外，该技术在重庆江北机场污水厂提标改造工程中得到应用，工程规模 6000m³/d，对 SBR 工艺出水进行深度处理，出水稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》一级 A 标准。

典型案例

（一）项目概况

仙女山大坪污水厂序批式人工湿地处理工程设计规模 1000m³/d，污水来源于武隆仙女山镇新区夏宫、阔江、香叶路沿线居民和旅游设施排放的生活污水，2011 年 5 月开工建设，于 2011 年 11 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据武隆县环境监测站出具的监测报告，项目出水水质稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》一级 B 标准。进水平均 COD_{Cr} 为 213.2mg/L，TN 为 39.02mg/L，TP 为 2.77mg/L 计，COD_{Cr} 平均去除率为 85.4%，TN 去除率为 86.8%，TP 去除率为 97.8%，该污水处理设施每年削减有机物排放 60.7t，减少总氮排放 11.3t，减少总磷排放 0.88t。

（三）投资费用

该项目工艺部分工程投资 120 万元，吨水投资费用为 1200 元。

（四）运行费用

根据 2014 年 6 月-2015 年 6 月实际运行情况，年处理污水 333245t，年运行费用 2.66 万元，吨水运行费用为 0.08 元。

联系方式

技术信息咨询单位：重庆大学

联系人：周健

电话：15523829081

地址：重庆沙坪坝重庆大学 B 区城市建设与环境工程学院

邮编：400045

E-mail: zhoujian@126.com

51 山地小城镇污水处理复合式人工湿地技术

适用范围

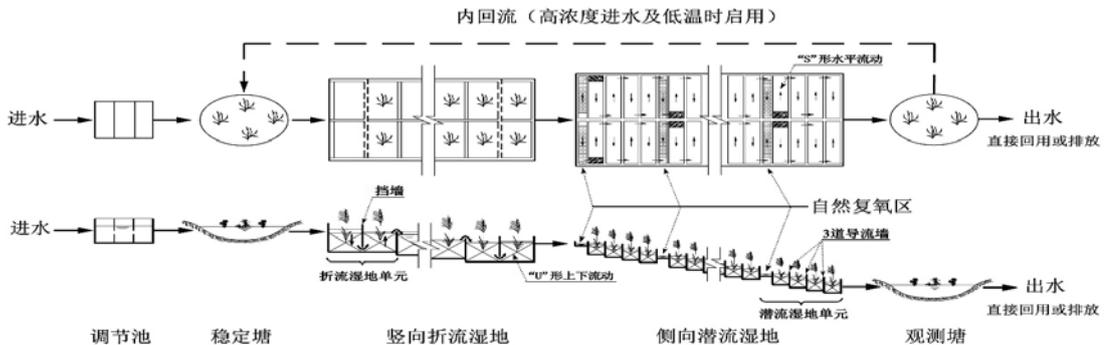
低碳氮比进水的小城镇、村庄污水处理工程

基本原理

复合型人工湿地：竖向折流湿地+侧向潜流湿地，将总体处于生物厌氧状态的竖向折流湿地与总体处于好氧/兼氧状态的侧向潜流湿地相组合，在人工湿地系统内形成了厌氧+好氧/缺氧的微生物生长环境，提高了填料及根区内的微生物量，促进了不同净化功能微生物的组合，强化了传统人工湿地的生物净化作用。在内回流系统的协助下，可以实现碳源有机物和氮等污染物的高效去除。独特的流态设计，提高了池容利用率，避免了传统湿地复杂的布水系统，运行管理简便，无需自动控制系统。该人工湿地系统采用模块化设计，可根据处理水量、水质和场地条件，因地制宜地进行快速设计拼装。

工艺流程

污水经调节池和沉淀塘预处理后，去除大部分的悬浮物，降低后续湿地的污染物负荷和堵塞的可能性；之后，污水依次流经平行设置的多组竖向折流湿地和侧向潜流湿地；最后，污水进入观测塘，在高浓度进水或低温时，部分处理后的水回流至沉淀塘，以加强生物反硝化作用并提高处理效率，剩余的出水可回用或排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 合理的溶解氧分区，保证湿地内微生物处理效率；
- 应对低碳氮比进水的高效生物脱氮技术；
- 低温地区复合式人工湿地设计及运行控制技术；
- 模块化设计，能够适应不同水量和地形条件的要求；

竖向折流湿地进行了防堵设计，保障了湿地长效稳定运行。

典型规模

该复合型人工湿地污水处理技术的典型处理规模为 3000m³/d 以下的镇乡和村庄污水处理，但也可以应用于中等规模的城镇污水处理及回用工程。

推广情况

该复合型人工湿地污水处理技术已经在四川省泸沽湖母支污水厂、重庆武隆仙女山新区，九龙坡区白市驿镇、白市驿农业园区，江津夏坝镇、贾嗣镇，彭水县润溪乡、龙塘乡，长寿区葛兰镇、云集镇等多个镇乡和重点村的污水处理工程中成功应用。运行效果良好、稳定。

典型案例

（一）项目概况

重庆市九龙坡区白市驿镇污水处理工程设计日处理水量 1500m³/d，污水来源于白市驿镇周边新农村集中住宅区生活污水，2010 年 1 月开工建设，于 2011 年 1 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据九龙坡区环境监测站出具的水质检验报告，项目水质可以稳定达到国家《城镇污水厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 B 标准。以平均进水 COD 为 250mg/L，TN 为 70mg/L，TP 为 5mg/L 计，该污水处理设施每年削减 COD 排放 104t，总氮排放 27t，减少总磷排放 2.5t。

（三）投资费用

该项目工程建设投资 228 万元（土地为市政绿化用地，没有征地费），吨水投资费用为 1520 元。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2011 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 29.2 万 t，年运行费用 4.5 万元（其中人工费 1.5 万元，植物收割及日常维护维修费 2.5 万元，电费 0.5 万元），吨水运行费用为 0.15 元。

联系方式

技术信息咨询单位：重庆大学

联系人：翟俊

电话：13637966883

地址：重庆大学 B 区城市建设与环境工程学院

E-mail: zhaijun99@126.com, zhaijun@cqu.edu.cn

52 不同进水水质和出水要求的氧化沟处理工艺的升级改造工艺技术

适用范围

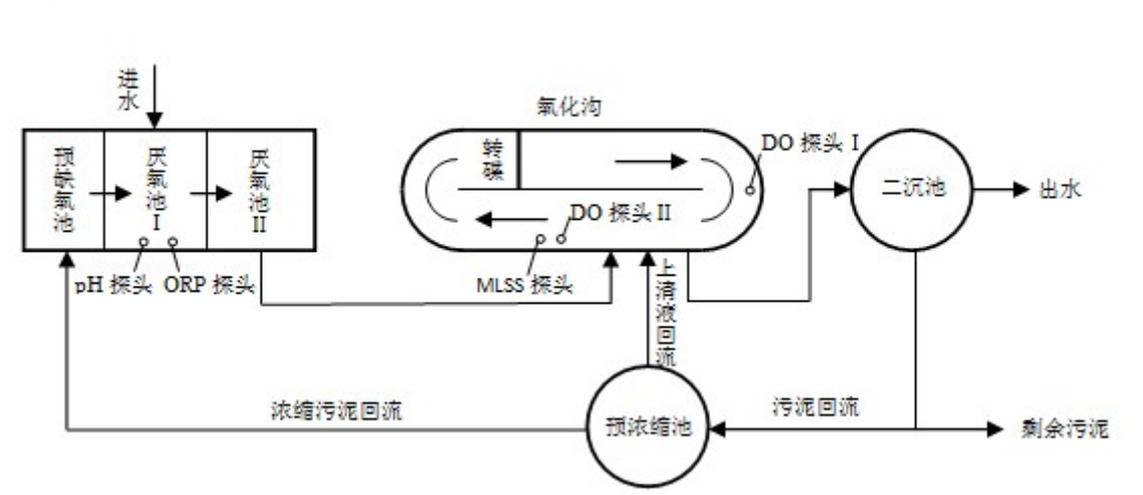
低碳源城镇污水脱氮除磷处理。

基本原理

对厌氧-氧化沟系统的回流污泥进行预浓缩和预缺氧处理，通过预浓缩可以有效提高回流污泥浓度，减少回流污泥流量，有效增加厌氧池水力停留时间，有利于聚磷菌的筛选和截留，预缺氧池可以内碳源消除回流污泥对厌氧区的影响，强化厌氧区碳源有效利用，保护厌氧环境，强化系统的除磷能力；氧化沟内的缺氧区域能够强化氧化沟内碳源的有效利用，强化系统的脱氮能力。

工艺流程

在常规的“厌氧+氧化沟”工艺基础上，通过添加回流污泥预浓缩系统，将回流污泥通过预浓缩池进行重力浓缩后再回流至预缺氧池，上清液直接流入氧化沟的缺氧段。



新型氧化沟中试工艺流程图

关键技术或设计特征

通过回流污泥系统的预浓缩，提高回流污泥浓度，减少回流污泥流量，增加系统的反应推动力。

典型规模

该技术普遍适用于市政或城镇污水处理厂，处理规模 1 万-50 万 m^3/d 。

推广情况

该技术在氧化沟系统及其他活性污泥处理工艺中正在推广使用。

典型案例

（一）项目概况

巢湖市污水处理厂，受污水收集管道的影响，进水水质水量变化较大，为了稳定达到排放标准，同时最大限度提高污染物质的去除效率，对该厂进行了回流污泥预浓缩工艺改造。

（二）技术指标

由于巢湖市污水处理厂的全年进水水质存在波动，综合回流污泥预浓缩和预缺氧的处理功能，结合氧化沟系统内部的内碳源反硝化，处理不同低碳源城镇污水，其运行效果如表所示：

综合改良型氧化沟工艺全年运行效果

时 间 (月)	气 温 (°C)	COD平 均	C/N 平均	预浓缩比	内回流 比	TN (mg/L)	TP (mg/L)
3-6	17-25	177	>5	80%-90%	200%	<15	<0.5
7-10	25-33	123	4	55%-70%	100%	15-20	0.5-1.0
11-2	-16	196	5.7	40%-50%	50%	<20	<0.5

从全年的运行效果看，综合回流污泥预浓缩系统和内置缺氧区改良传统厌氧-氧化沟系统，能够确保系统在进水碳源较低时，出水仍能达到国家污水排放一级 B 标准，当碳源相对充足时，出水能够达到一级 A 排放标准，极大地强化了系统脱氮除磷的效果。

（三）投资费用

新建系统根据进水水质和出水水质要求，在氧化沟或其他活性污泥法工艺中嵌入该技术体系时，单位投资增加约 500 元/m³污水，升级改造系统单位水量增加投资小于 600 元/m³污水。

（四）运行费用

采用回流污泥预浓缩系统的污水处理工艺运行费用与传统工艺相当，如果考虑低碳条件下节省的碳源投加费用，运行费用比传统工艺更低。

联系方式

技术信息咨询单位：同济大学
联系人：杨殿海
电话：021-65981361
地址：上海市四平路 1239 号
E-mail: yangdaihai@tongji.edu.cn

53 厂矿区混排污水集成生态处理技术

适用范围

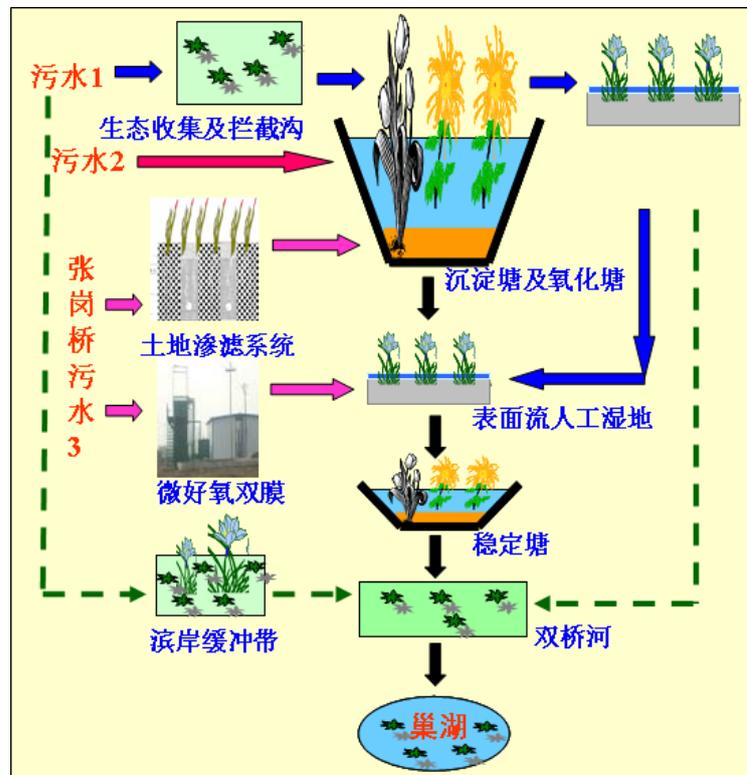
适用于中低浓度受工业污染雨水、生活污水。

基本原理

针对巢湖市城郊缺乏污水收集系统，近期内尚无截污管网建设规划，厂矿区生活污水、地表径流（初期雨水）直接排入河道等问题，因地制宜地开展入河污水的收集、拦截及一体化处理技术体系研究。以生物生态处理系统为核心，辅以源头控制和过程收集拦截的复合净化技术研究与工程示范，最大限度削减污水对河道水体的影响。研发生物—强化生态工艺处理系统，主要技术特点为结构简单、成本低、低能耗和环境安全，适于多种受污染水体的治理，易于大范围推广。最终形成适合巢湖城市下游河流城区与城郊污染控制的具有景观与净化复合功能特点的低成本的生态工艺集成技术体系。

工艺流程

对悬浮物含量高的水泥厂区废水及生活污水混合水（污水 2）采用沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺；对流经农田的厂区生活污水（污水 1）采取生态收集及拦截沟——沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺；对来自张岗桥的高浓度生活污水采用沉淀——土地渗滤——沉淀塘——氧化塘——湿地——稳定塘工艺。该技术工艺流程如图所示。



关键技术或设计特征

生态收集及拦截沟技术

土地渗滤系统技术
多塘-人工湿地技术

典型规模

应用于课题厂区生活污水及初期雨水生物净化示范工程（张岗桥示范工程），示范工程日处理量 4000 吨，该技术主要用于处理厂矿区生活污水部分。

推广情况

该技术在课题内部示范工程应用，取得良好的污染物去除效果。现已推广应用到“十二五”巢湖水专项的课题中，正在建设示范工程。

典型案例

（一）项目概况

巢湖污染治理综合开发有限公司负责建设的厂区生活污水及初期雨水生物净化示范工程（张岗桥示范工程），设计日处理水量 4000t/d，污水来源于厂矿区生活污水及初期雨水，2009 年底建成，2010 年 3 月-2011 年 4 月运行。

（二）技术指标

根据合肥市环境监测站出具的验收报告，示范工程运行期间主要对 COD、TP、TN 做了详细监测，出水及污染物削减均达到了考核指标要求。以进水 TN9.4mg/L，TP 为 0.85mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 11t，减少总磷排放 1.06t。

（三）投资费用

该项目设备投资 200 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 300 元。主体设备寿命 5 年以上。

（四）运行费用

根据 2010 年 3 月-2011 年 4 月实际运行情况，年处理污水 146 万吨，年运行费用 11.68 万元，吨水运行费用为 0.08 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院水生生物研究所
联系人：方涛
电话：18627089078
地址：武汉武昌区东湖南路 7 号

54 基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术

适用范围

城市高品质再生水生产工艺的新建或改造。

基本原理

基于地表Ⅳ类水标准的再生水集成工艺技术主要包括“超滤膜+臭氧”集成技术和“反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧”集成技术，可针对不同二级出水水质，如较低的有机物浓度及水温等，利用膜工艺的截留作用、生物滤池的生物降解作用和臭氧的化学氧化作用，对 TN、难降解 COD_{Cr}、胶体、悬浮物、微量有毒有机污染物等物质进行有效去除，主要出水水质达到地表Ⅳ类标准。

工艺流程

对于难降解 COD 和胶体及微量有毒有机污染物高的二级处理出水，采用 UF+O₃ 再生水深度处理技术进行处理，通过膜单元的过滤作用截留水中绝大部分颗粒物、病原微生物及部分大分子有机物，臭氧处理单元进一步氧化水中残留的有毒有害有机物质以保证出水色、嗅及有机物达到再生水水质要求。该组合处理技术可以起到“多级屏障”的作用，对二级水中的毒害微生物、有机物等进行多层次的去除。

针对北方地区二级污水有机物浓度及水温较低的水质特点，采用反硝化生物滤池+曝气生物滤池+臭氧工艺再生水集成技术，利用开发的快速启动方法，系统启动周期可大大缩短，通过工艺单元的调控策略和反硝化滤池碳源投加策略，可实现再生水深度脱氮、去除有机物，同时实现良好的脱色除味功效。

关键技术或设计特征

采用两级生物滤池/超滤膜与臭氧单元串联的形式，进行工艺组合。针对不同的二级出水氨氮和硝态氮浓度，可以灵活调整硝化和反硝化生物滤池的布置方式，并配以相应的碳源投加控制系统、反冲洗控制系统和回流系统。

典型规模

适用于处理规模为 5 万吨/日以上的再生水厂。

推广情况

已在北京多座再生水厂进行了技术推广，如北京卢沟桥再生水厂（10 万吨/日）、清河再生水厂（40 万吨/日）、吴家村再生水厂（8 万吨/日）、酒仙桥再生水厂（20 万吨/日）、高碑店再生水厂（100 万吨/日，在建）、小红门再生水厂（60 万吨/日，在建），处理效果稳定。

典型案例

（一）项目概况

卢沟桥再生水示范工程建于北京市卢沟桥污水处理厂内，以污水处理厂二级处理出水为水源，工程规模为 10 万吨/日，2011 年建设完成并投入运行。采用反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧氧化处理工艺，由碳源投加系统、反硝化滤

池、曝气生物滤池及臭氧氧化处理单元组成，通过生物滤池和臭氧氧化有效控制出水营养盐、浊度和色度。

(二) 技术指标

经该工程处理后的排放水质满足景观环境用水水质及城市杂用水水质要求，主要指标达到地表 IV 类水体的水质标准。住建部水专项实施管理办公室和北京市水务局组织的第三方评估认为，应用课题研发的“反硝化滤池+曝气生物滤池+臭氧氧化”集成技术，达到了预期效果，形成了基于地表IV类水标准的再生水集成工艺技术的标志性成果。卢沟桥再生水示范工程每年可为永定河、凉水河等提供高品质再生水量约 3000 万吨，具有较好的经济、社会和环境效益。

联系方式

技术信息咨询单位：北京城市排水集团有限责任公司

联系人：李鑫玮

电话：67798827

地址：北京市朝阳区高碑店甲 1 号

E-mail: lixinwei@bdc.cn

55 不同途径回用的城市污水再生处理关键技术

适用范围

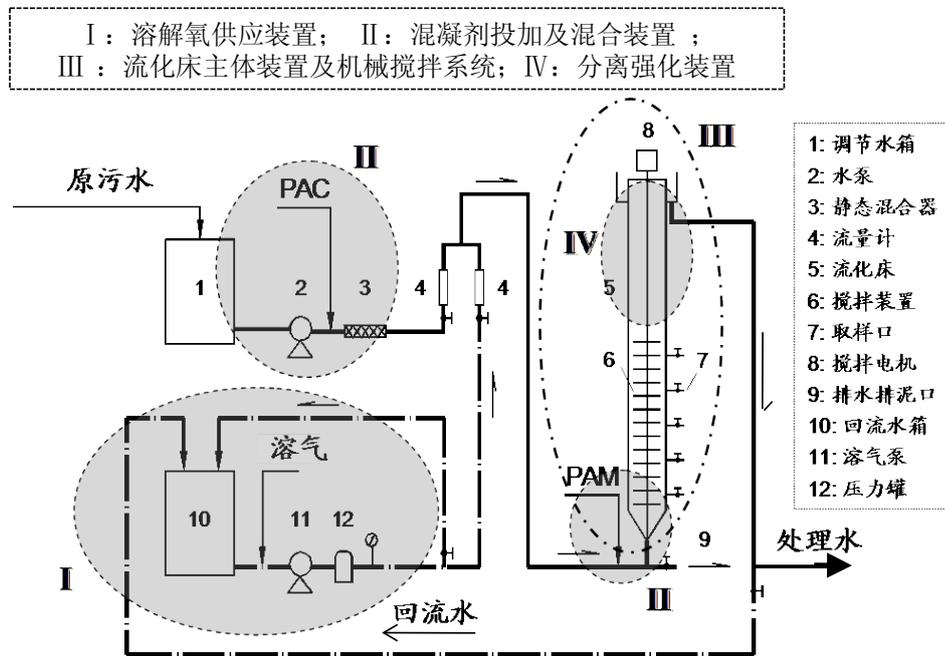
城市污水及工业废水处理、再生水处理。

基本原理

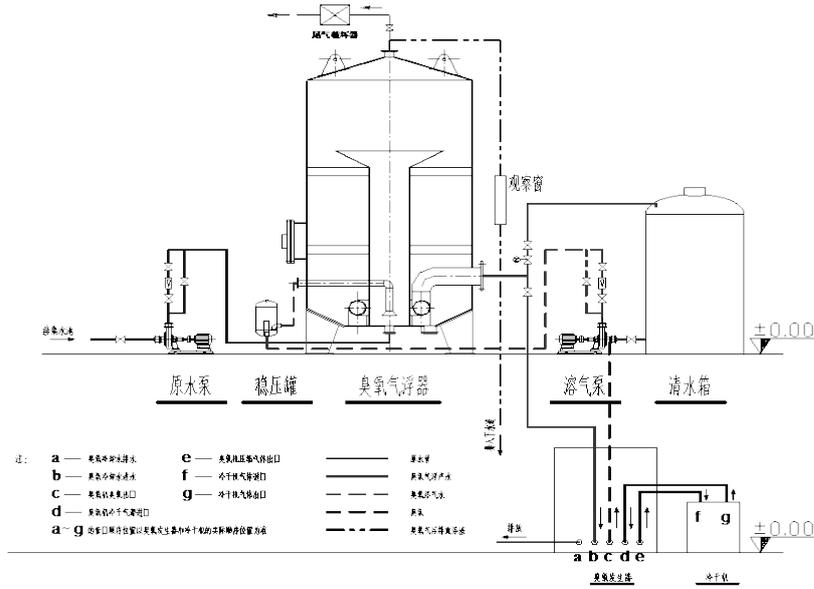
针对再生水市政回用和景观环境回用的水质保障需求，课题研发了城市污水直接再生的 A²O-MBR 处理技术、复合式膜生物反应器处理技术、生物造粒流化床-臭氧气浮组合处理技术；针对再生水作为工业用水原水的水质保障要求，课题研发了臭氧气浮一体化污水深度处理技术；针对再生水回用于工业循环补充水、冷却水、锅炉用水的水质保障要求，课题研发了适用于企业内再生水深度净化的化学-物化组合阻垢、缓蚀和水质稳定技术。应用上述技术的再生水分别稳定达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）、《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T 18921-2002）、《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T 19923-2005）规定的工业用水水源水质标准。

工艺流程

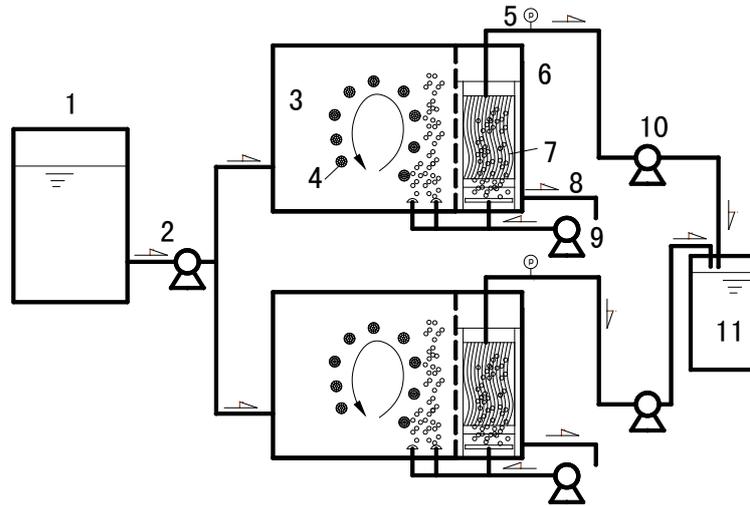
不同途径回用的城市污水再生处理关键技术包括物化-生化组合污水处理与再生技术（生物造粒流化床技术）、化学-物化组合污水深度处理技术（臭氧-气浮一体化自动排渣污水深度处理技术）、生物强化污水处理与再生技术（复合式膜生物反应器技术）、再生水补充锅炉用水的水质稳定技术、再生水补充工业冷却水的水质稳定技术五项关键技术，具体技术工艺流程图所示。



生物造粒流化床处理工艺流程图

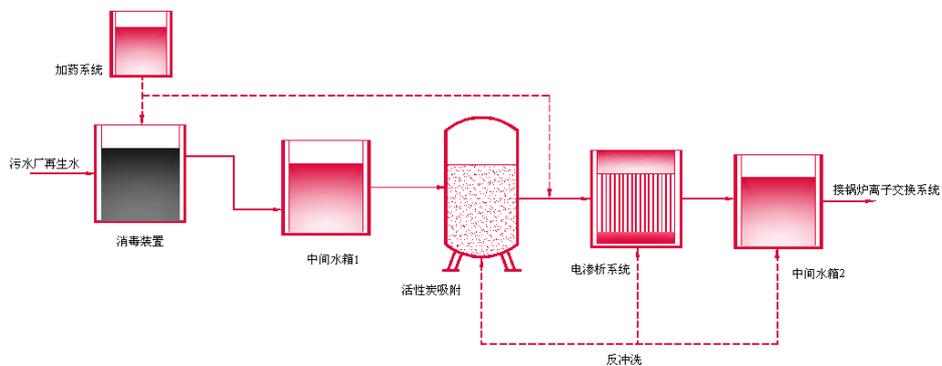


臭氧-气浮一体化自动排渣污水深度处理工艺流程图

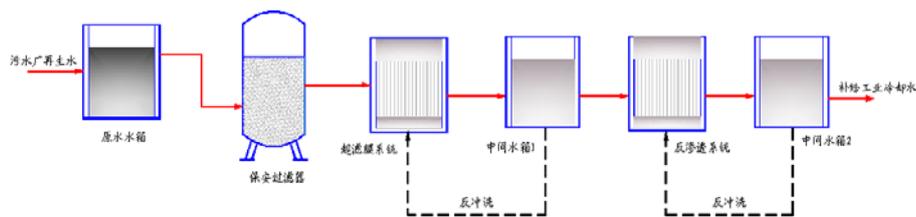


1. 水箱 2. 提升泵 3. 曝气池 4. 填料 5. 负压表 6. 膜池 7. 膜组件
8. 剩余污泥 9. 鼓风机 10. 抽吸泵 11. 清水池

复合式膜生物反应器工艺流程



再生水补充锅炉用水处理工艺



再生水补充工业冷却水处理工艺

关键技术或设计特征

物化-生化组合污水处理与再生技术
 化学-物化组合污水深度处理技术
 生物强化污水处理与再生技术
 再生水补充锅炉用水的水质稳定技术
 再生水补充工业冷却水的水质稳定技术

典型规模

污水处理再生利用规模 5000-10000 m³/d

推广情况

西安阎良污水处理与回用工程总处理规模为 10000 m³/d
 西安思源学院雨污水再生利用工程总处理规模为 5500 m³/d

典型案例

(一) 项目概况

西安思源学院示范工程建成设施的总处理规模为 5500 m³/d，其中新建污水处理设施采用“A²O+MBR”处理工艺，规模为 4000 m³/d，分为 2 组，每组处理规模 2000 m³/d，其中一组完成设备安装投入运行，另一组作为远期发展备用；现有污水处理设施升级改造规模 1500 m³/d，采用“AO+混凝沉淀过滤”工艺。2009 年初开工建设，2011 年 5 月正式投入运行。

(二) 技术指标

根据西安市环保局灞桥分局环境监测站出具的验收报告，能够稳定达到《城市污水再生利用景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)标准。出水 COD 平均浓度为 21.13mg/L，COD 的去除率平均达到 87.9%；出水 TOC 平均浓度为 2.67mg/L，TOC 的去除率平均达到 97.0%；出水 NH₃-N 平均浓度为 0.34mg/L，NH₃-N 的去除率平均达到 98.5%；出水 TP 平均浓度为 0.35mg/L，TP 的去除率平均达到 89.8%；出水 SS 平均浓度为 6.49mg/L，SS 的去除率平均达到 94.1%。

(三) 投资费用

该项目投资 3000 万元（基建部分由甲方建成）。主体设备寿命 20 年以上。

(四) 运行费用

根据 2011 年 5 月至今实际运行情况，年处理污水 600000t，综合处理成本为 2.021 元/吨水，比同规模污水回用处理平均成本降低 15.8%。示范工程投入运行，每年可取得经济效益 1395.2 万元，每年节约自来水 200.75 万 m³，产生经济效益 534.36 万元；每年减少污水排放量 200.75 万 m³，产生经济效益 140.53 万元；减少地下水开采量 109.5 万 m³，产生经济效益 326.31 万元；避免从城市自来水管网引水过程中水泵提升高度达 240m 的能量消耗，产生经济效益 132 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：西安建筑科技大学

联系人：张琼华

电话：029-82205652

地址：西安市雁塔路 13 号

邮编：710055

E-mail: qionghuazhang@126.com

56 回用水补水条件下的水体水质保障关键技术

适用范围

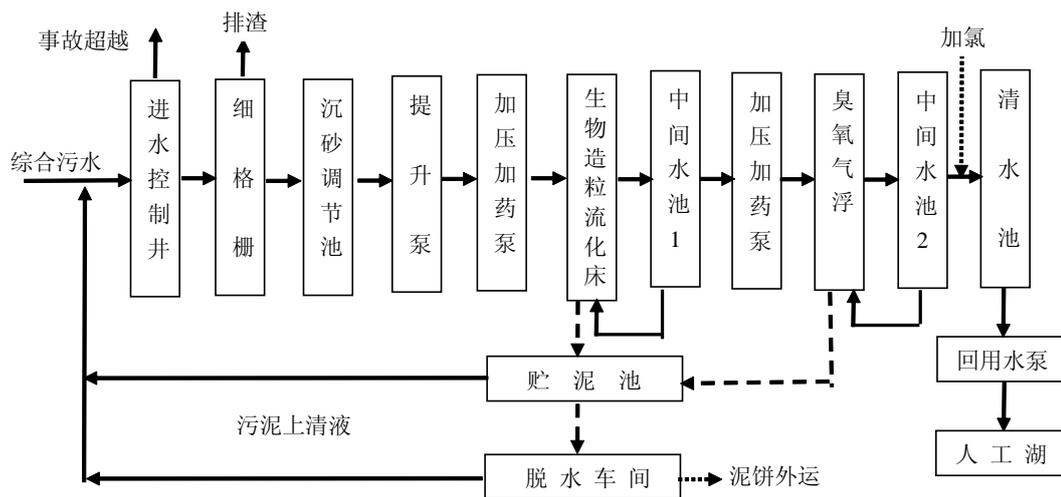
污水再生回用领域。

基本原理

针对再生水调蓄和景观利用中的水质保障需求，研发了雨污再生水为主要补水来源条件下的水体水质安全保障技术。建立了集水力调控、物化调控、生态调控为一体的多元组合水质保障技术体系。技术应用于西安陕鼓动力股份有限公司生态园人工湖水体水质保障，COD、SS、NH₃-N、TP 等主要水质指标达到景观水质要求，水体富营养化得到有效控制。处理水质达到城市杂用水水质标准（GB/T 18920-2002）和景观环境用水的再生水水质标准（GB/T18921-2002）。

工艺流程

“生物造粒流化床+臭氧气浮”组合处理工艺。



关键技术或设计特征

研发了雨污再生水为主要补水来源条件下的水体水质安全保障技术；集水力调控、物化调控、生态调控为一体的多元组合水质保障技术体系。

典型规模

污水处理再生利用规模 1000-2000 m³/d

推广情况

西安陕鼓雨污水处理与环境回用工程总处理规模为 2000 m³/d

典型案例

（一）项目概况

西安陕鼓雨污水处理与环境回用工程设施设计日处理水量 2000m³/d，处理

水用于陕鼓生态园（总面积 70596 m²，其中湖水面积 14338 m²，绿化面积 44296 m²）的景观补水和绿化用水；厂区雨水收集与净化设施用于厂内绿化用水。污水来源于代王镇生活污水和区域雨水，2009 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据西安市环境监测站出具的验收报告，处理水质达到城市杂用水水质标准（GB/T 18920-2002）和景观环境用水的再生水水质标准（GB/T18921-2002）。污水直接再生处理综合成本 1.032 元/吨水，比同规模西安高陵污水处理厂污水回用处理（1.233 元/吨水）平均成本降低 16.3%。

（三）投资费用

该项目设备投资 5000 万元（基建部分由甲方建成），主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

工程运行每年产生节水、减排等效益 440.1 万元，同时再生水回用，避免了约 6.8 公里的自来水引水输水管网的建设 and 10.6 公里的污水排放输水管网的建设，产生工程节约效益 489 万元，课题实施以后产生累积经济效益 2056.9 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：西安建筑科技大学

联系人：张琼华

电话：029-82205652

地址：西安市雁塔路 13 号

邮编：710055

E-mail: qionghuazhang@126.com

57 分流制排水系统雨水管网混接识别与改造技术

适用范围

城市分流制地区排水系统雨水管网混接改造。

基本原理

为解决分流制地区排水系统雨水管网中由于旱天污水接入等造成的混接污染直接排放问题，需要采取混接改造的工程措施，但是全面的调查和分流改造投资很大，需要建立一种有针对性的雨污混接改造技术方法。该技术的基本原理是通过建立基于水质特征因子的雨水管网混接识别方法，确定雨水管网中混接来源及其对应的混接水量，确定与主要混接成因相关联的重点分流改造区域；并通过有针对性的现场调查和混接改造经济评估，优化确定雨污分流改造的点位和末端截流相结合的改造工程技术方案。实现以较低的成本对混接管网系统的综合改造。

工艺流程

1. 基于水量和水质特征因子调查的雨水管网混接成因解析

对区域污水产生量、污水收集量和旱天雨水管网排放量开展平衡分析，确定雨水管网混接水量排放特点。其次，采用表征不同混接类型的水质特征因子，通过入流和出流的化学质量平衡，进一步明确雨水管网混接来源（生活污水、工业废水、地下水等）及对应的混接水量。

2. 雨水管网混接源现场检测

开展混接点现场检测，重点核实确定与雨污混接成因相关联的大流量混接点位。对经判断存在河水倒灌的系统，调查河水倒灌点位。

3. 雨水管网混接改造优化论证

综合采用管网水力模型、管网 GIS 系统和混接改造技术经济评价方法，确定雨污分流改造的点位，以及末端截流改造相结合的工程技术方案。

关键技术或设计特征

基于水质特征因子调查的雨水管网混接改造工程技术方法

综合采用水质特征因子、管网水力模型和管网 GIS 系统，建立混接改造的工程技术方法。其中：水质特征因子解析方法结合混接改造技术经济评估方法，对分流改造的必要性及其规模进行评估；管网水力模型结合管网 GIS 系统对污水管网在混接改造前后的水力效能进行评估，确定局部分流改造的可行性和必要的末端截流改造措施。

典型规模

适用于进行改造的城区排水系统服务范围，既适用于单个排水系统，也适用于成片进行改造的混接分流制排水系统。

推广情况

该技术已推广应用于上海市中心城区分流制排水系统的混接改造。

典型案例

（一）项目概况

上海市漕河泾排水系统服务面积 3.74km²，1986 年兴建，为分流制排水系统。但是自兴建以来，雨水管网混接排放问题严重，导致周边河道水质达不到 V 类水功能区目标，甚至旱季河道黑臭。“十一五”期间，采用本项技术，对该系统的雨水管网混接成因进行了分析，确定该系统雨水管网中接入的污水量占该区域污水产生量的 50% 以上，其主要混接来源是旧式居住区生活污水的混接以及半导体工业废水的接入，并存在河水倒灌问题。对此上海市徐汇区实施了漕河泾排水系统混接改造。

（二）技术指标

进一步通过现场调查，3 个大流量的生活和工业混接点源约 6250 m³/d，占雨水管网混接污水排放量的 35%，主要来自于某成片小区的生活污水管道直接接入雨水管道，以及两家半导体企业。通过管网 GIS 系统和管网水力模型分析，对 3 个大流量的点源实施了雨污分流改造。对其余的潜在的量小面广分散源，实施了末端市政泵站旱流污水截流（设计截流能力 21600m³/d）。对与雨水管网连通的 40 多个河水倒灌点实施封堵或者修复。

根据国家城市给水排水工程技术研究中心出具的评估报告，示范工程实施后，雨水管网旱流和雨天溢流污染负荷较大幅度削减，年削减 COD 溢流负荷 1200 吨、TN 溢流负荷 188 吨、TP 溢流负荷 24 吨；周边河道水质改善，基本消除了旱季黑臭。

（三）投资费用

该改造项目投资 890 万元（包括截流泵站和分流改造等的费用，基建部分由甲方建成），折合每平方公里改造费用 238 万元。截流管网设施主体寿命 50 年以上。

联系方式

技术信息咨询单位：同济大学
联系人：徐祖信
电话：021-65981650
地址：上海市四平路 1239 号
E-mail: xzx@stcsm.gov.cn

58 合流管网的源-流-汇综合降污集成技术

适用范围

城市合流制管网改造。

基本原理

这是一项由多种单项技术组成的集成技术，主要针对城市合流管网溢流污水污染消减；本集成技术系统地进行从源头收集、过程输运以及末端溢流汇流进入水体这一合流管网污水的全流程产流过程，系统的开展针对性的技术应用，从而解决污染物在合流制管网系统中源-流-汇净化链中的负荷匹配与功能耦合、解决管网中污染物输运规律及对管网系统运行参数的响应过程等科学问题，提高合流制管网的截污效率。通过系统总结，从规划、管理和工程三个方面提出了城市合流管网溢流污染控制的系统解决方案。

工艺流程

“源头减污”：利用错时分流技术、源头减量控污、分质调蓄等技术对合流管网系统中在降雨时产生的地表径流进行源头控制，实现雨天时的调蓄减排。

“过程控污”：在溢流污染物质迁移的过程中，利用拦截、阻断、调蓄、分质截留等技术，阻碍污染物质的运移或延长污染物质的迁移路径，从而实现污染物质迁移与扩散量的最小化。

“末端治污”：包括两部分内容，其一为管网系统末端的污染物深度净化系统；主要内容包括构建溢流口生物、生态、物化净化措施；进一步控制排入水体的污染物质。其二是最终实现受纳水体系统自我修复能力的提高和自我净化能力的强化，由损伤状态向健康稳定状态转化。

关键技术或设计特征

错时分流技术：利用错时分流调蓄池调蓄污水，使降雨时污水不进入合流管网，一方面减少了污水溢流进入水体造成污染；另一方面为管网节省出了一定的输送能力，有利于更多的初期雨水截流进入污水厂。在降雨后期或停止后在把错时分流调蓄池内的污水送入合流管网，最终进入污水厂。

分质截留技术：本技术根据城市不同汇水区域水质的差别，进而分别设置不同截流倍数的截流系统，实现污染物最小化排入水体。

典型规模

该技术可广泛适用于我国各类城市合流制管网系统的改造，不受管网系统规模大小的影响。

推广情况

目前，本技术已在镇江市进行推广应用，主要包括镇江市京岷山区域合流管网改造工程（14km²），镇江市中山路排水管网改造工程（7.9km）等。

典型案例

（一）项目概况

镇江市古运河中段综合整治工程由两部分组成，其一为老城区雨污水管网源-流-汇综合降污改造技术示范工程；其二为古运河中段合流管网运行调控与污染控制示范工程。包括 2600m³/h 处理能力的截流式溢流污染负荷削减工程和 100m³/h 泵站溢流污染消减工程各一项；由 4.5 公里污水管道、0.5 公里雨水管道、各类污水井 138 座和各类雨水井 30 座组成的古运河中段污水截流工程一项，以及 2.5 万 m³/d 谷阳路污水提升泵站一座。2009 年 1 月开工建设，于 2012 年 1 月完成。

（二）技术指标

工程实现消减旱流污水：8278m³/d，新增溢流污染负荷消减量：4730m³/h，老小区合流管网错时分流改造工程 2.5 万 m²；老城区雨污分流改造工程 18.4 万 m²；居民楼雨污水混接乱接改造工程，3.3 万 m²；污水截流管维修改造工程，835m；老城区雨污水管道维修改造工程，1290m；开发区雨污混接诊断及改造工程，17.6 万 m²；工程的建设每年可减少入河污染物 320 吨（以 COD 计），氨氮近 22 吨。

（三）投资费用

本工程投资约 2000 万元，其中合流管道改造工程投资约 820 万元，截污泵站约 440 万元，溢流污染控制工程约 660 万元，其他约 80 万元。

（四）运行费用

根据 2012 年 1 月-2012 年 7 月实际运行情况，工程运行稳定，实现减排旱流 30%，溢流削减 20% 以上的目标，其中溢流污水处理系统运行费用 0.26 元/m³。

联系方式

技术信息咨询单位：江苏大学环境与安全工程学院
联系人：吴春笃
电话：13805293698
地址：江苏省镇江市学府路 301 号
E-mail: wcdijs@126.com

59 老城区滨河带适宜性真空截污技术

适用范围

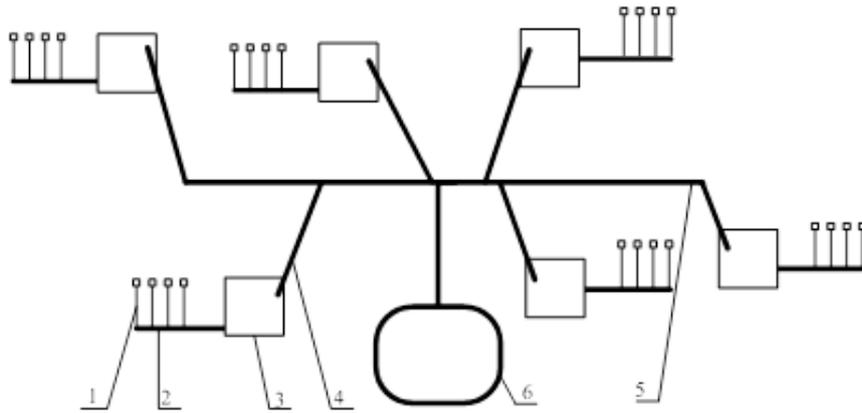
适于作为一种补充性排水系统，适用于滨河带污水排放杂乱，收集设施简陋及无法开挖埋管的地区，特别适用于老城区滨河带截污工程。

基本原理

适宜性真空截污技术创造性地提出并示范了一种与雨污排放口衔接的具有调蓄功能的室外真空截污系统。该系统采用沿岸架管的方式实现与多个雨污排放口的衔接，并通过负压作用完成污水收集。在收集过程中集水单元容积可调，从而实现调蓄功能。

工艺流程

该真空截污系统，在各排污口相对集中河岸设置重力调蓄短管，收集排放的污水；污水通过重力流汇入防水不锈钢真空阀井，间断自动抽吸至真空管路系统，最终通过负压作用收集至真空泵站。真空截污系统如工艺流程图所示。



1 截污口排放污水进入收集立管，2 通过多个收集立管汇集到重力调蓄管，3 进入真空阀井，4 真空支管，5 最后通过真空主管，6 真空泵站

关键技术或设计特征

针对老城区滨河带污水排放杂乱，收集设施简陋及无法开挖埋管的特点，开发了适用于老城区滨河带截污工程的真空排水系统，提出了适宜于老城区滨河带的“重力调蓄-线性真空”截污模式。设计开发浮球/压力感应式真空界面单元抽吸能力可达 2~3L/s，最佳管材选择为 UPVC 给水管材，抗压要求>1MPa。从水力学、能效及气液流态等方面研究了真空管道负压输水特性，总结提出相应的优化设计方法。

典型规模

该技术系统中电动控制阀及浮球式、压力感应式真空界面阀，阀流通能力 2.5~7 L/s。一般气液比的选择范围为 2~12，管径为 DN65~250，系统最大提升高度 5 m，最大收集半径 2500 m。系统每小时负压漏损率<5%，日收集污水量为 50~500 m³。

推广情况

该技术已成功应用于常州市北市河流域滨河带真空截污示范工程。设计日收集污水水量 $300\text{m}^3/\text{d}$ ，污水来源于常州市北市河滨河带排放的生活污水，包括重点雨污合流管排放口 8 处，小流量排污口约 30 处；公共厕所及垃圾中转站 2 处。工程于 2009 年 11 月开工建设，于 2011 年 7 月完成调试并建成投产。

典型案例

（一）项目概况

老城区滨河带适宜性真空截污示范工程设计日收集污水水量 $300\text{m}^3/\text{d}$ ，污水来源于常州市北市河滨河带排放的生活污水，包括重点雨污合流管排放口 8 处，小流量排污口约 30 处；公共厕所及垃圾中转站 2 处。工程于 2009 年 11 月开工建设，于 2011 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据常州市城市排水监测站出具的验收报告，该工程真空系统每小时负压漏损率需小于 5%，且相关连接部件可承受最大气压 $(70\pm 5)\text{kPa}$ ，并在该气压下稳定存在 30min，满足欧洲室外真空设计标准 (EN1091:1996)。系统运行期间室内噪声最大时为排气阀开启时为 91.95 dB，低于允许噪声标准（企业标准 GB3096-93）。工程每日截污量在 $50\text{--}220\text{m}^3$ ，平均每日收集量在 140m^3 ，基本符合设计能力（设计最大收集能力 300m^3 ）。

（三）投资费用

该项目投资由设备费，基建费等部分组成，其中设备费 100 万元，基建费 300 万元（基建部分由甲方建成）。根据运行监测记录计算吨水投资费用为 0.47 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2011 年 1 月-2011 年 7 月实际运行情况，年收集污水 3.1 万 t，吨水运行费用约为 0.1 元。

联系方式

技术信息咨询单位：清华大学深圳研究生院

联系人：管运涛

电话：0755-26036702

地址：深圳南山区西丽大学城清华园区

E-mail: Guanyt@sz.singhua.edu.cn

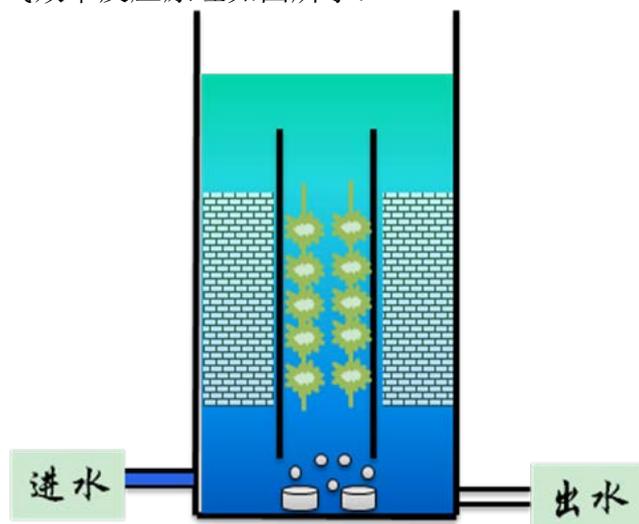
60 三相内循环生物膜处理技术

适用范围

城镇污水、中低浓度工业废水以及受污染雨水

基本原理

该技术同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，比传统工艺节能 30%。特征是主体反应器采用双套筒结构，内筒为填充半软性悬挂填料的生物接触氧化，外筒为填充页岩陶粒的生物滤池；在内筒底部曝气推动水流在填料区和过滤床之间形成环流，由此在反应器内形成内循环；同时外筒壁上开有通风口，并采用 4-8 的高径比，在外筒过滤床内形成较强的拔风状态，通风效果良好、能耗低；废水经内筒生物接触氧化处理后，通过内循环，经由布水器自上而下滴入生物滤池，水流紊动强烈，滤料上的生物膜、污水、空气—此固、液、气三相接触充分，充氧效果良好，污染物质传质速度快；另外，当有冲击负荷时，污染物大部分在生物接触氧化池内处理掉，克服了单一生物滤池遇到冲击负荷时容易堵塞的弊端。所以此三相内循环生物膜反应器同时具有生物接触氧化和生物滤池的优点，并且克服了原有系统曝气能耗高、抗冲击负荷性能差、供氧不足、易堵塞的缺点，从而降低系统能耗，抗负荷冲击，减少污水处理系统占地面积，降低污水处理系统建设和运营成本；系统在低能耗、高效、稳定的同时，获得较好污染物去除效果和出水水质。同时实现气、液、固三相分布于反应器内不同功能分区，结合曝气控制，实现好氧、厌氧和缺氧操作的合理分配，从而提高曝气效率反应原理如图所示：



工艺流程

污水经内筒生物接触氧化处理后，通过内循环，经由布水器自上而下滴入生物滤池，水流紊动强烈，滤料上的生物膜、污水、空气接触充分后出水。

关键技术或设计特征

- 快速挂膜填料构建技术
- 反应器内部结构的优化技术
- 曝气与反应器流态优化技术

耦合反应器高效低耗稳定运行技术
三相生物膜耦合技术

推广情况

巢湖污染治理综合开发有限公司处理规模为 800 t/d。

典型案例

(一) 项目概况

巢湖污染治理综合开发有限公司负责建设的厂区工业废水和厂区雨水处理优化示范工程(皖维集团示范工程),设计日处理水量 800t/d,污水来源于厂区受污染雨水,2009 年底建成,2010 年 3 月-2011 年 4 月运行。

(二) 技术指标

根据合肥市环境监测站出具的验收报告,示范工程运行期间主要对 COD、TP、TN、SS 做了详细检测,出水及污染物削减均达到了考核指标要求。以进水 TN12.4mg/L,TP 为 1.5mg/L 计,该污水处理设施每年削减总氮排放 2.25t,减少总磷排放 0.29t。可以削减主要污染物 60%以上。

示范工程处理效果

	COD _{Cr}	TP	TN	SS
平均进水 (mg/L)	79.2	1.50	12.4	50.6
平均出水 (mg/L)	23.5	0.50	4.7	15.6
去除率 (%)	70.3	66.7	62.1	69.2
去除量 (t/a)	16.3	0.29	2.25	10.2
考核指标 (t/a)	13.7	0.26	1.15	5.3

(三) 投资费用

示范工程总投资为 120 万元(基建部分由甲方建成),吨水投资费用为 1000 元/吨。主体设备寿命 5 年以上。

(四) 运行费用

根据 2010 年 03 月-2011 年 04 月实际运行情况,年处理污水 28 万吨,年运行费用 11.2 万元,吨水运行费用为 0.4 元。

联系方式

技术信息咨询单位:中国科学技术大学
联系人:江鸿
电话:0551-63607482
地址:安徽省合肥市金寨包路 96 号
E-mail: jhong@ustc.edu.cn

61 好氧/准好氧单级自养脱氮高氨氮废水处理工艺技术

术

适用范围

垃圾场渗滤液、污水处理厂污泥析出液、畜禽动物粪便废水等高氨氮低 C/N 比废水

基本原理

本技术通过限制性供氧和特殊的反应器构造，在实现亚硝酸阶段的基础上，在同一反应器中在较短时间内启动自养脱氮系统，解决了单级自养脱氮反应器接种物来源的难题，并且启动方式简单易行，降低了系统启动难度，缩短了启动时间。

工艺流程

首先接种污泥于单级自养脱氮生物膜序批式反应器内；在限制性供氧和少量有机碳源条件下，构建以亚硝化菌和硝化菌为主导的微生物系统；通过限制性供氧，控制氨氮氧化至亚硝酸阶段，以富集亚硝化菌，抑制硝化菌的生长，建立以亚硝化菌为主导的微生物系统；在稳定的亚硝酸阶段基础上，通过调整曝气方式及控制溶解氧水平，调整优化亚硝化菌及厌氧氨氧化菌共存的反应器微环境，促使厌氧氨氧化菌生长并富集，从而启动单级自养脱氮系统。

关键技术或设计特征

在实现亚硝酸阶段的基础上启动单级自养脱氮反应器，以处理垃圾填埋场渗滤液、污水处理厂污泥析出液、以及家禽养殖场的动物粪便废水等高氨氮低 C/N 比废水。

推广情况

白市驿板鸭食品有限责任公司污水处理站，工程规模为 1200t/a。

典型案例

（一）项目概况

白市驿板鸭食品有限责任公司污水处理站项目位于重庆白市驿板鸭食品有限责任公司，处理规模为 1200t/a。于 2011 年 6 月份开始建设，9 月中旬建设完成开始正式启动并运行至今。主要处理暂存的猪、鸭、鸡等畜禽粪便废水及其屠宰加工过程产生的废水。

（二）技术指标

根据重庆市水专项办出具的验收报告，该工艺系统对 COD 平均去除率为 96%，氨氮平均去除率为 94%，TN 平均去除率为 86%。处理出水水质达到《肉类加工工业水污染物排放标准》一级标准。该污水处理设施每年削减总氮排放 0.14t，减少总磷排放 0.05t，削减 COD 排放 2.5t。每天还可以回收沼气 $\geq 1.0\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ；畜禽养殖废弃物 COD 去除率 $\geq 75\%$ 。

(三) 投资费用

该项目采用的是将工艺技术完全设备化，没有土建，总投资 55 余万元。吨水投资费用为 0.98 万元。主体设备寿命 15 年以上。

(四) 运行费用

本工艺实现产甲烷反硝化与自养脱氮耦合于一体，实现了废水 COD、亚硝氮、氨氮的同时去除并可以节省 40%的碳源、25%需氧量和降低 300%的污泥产量。根据三年多的运行数据表明：年处理污水 1200t，年运行费用 0.55 万元，吨水运行费用为 4.6 元。

联系方式

技术信息咨询单位：重庆大学

联系人：郭劲松

电话：13908361618

地址：重庆市沙坪坝去沙正街 174 号

邮编：400030

E-mail: guo0768@126.com

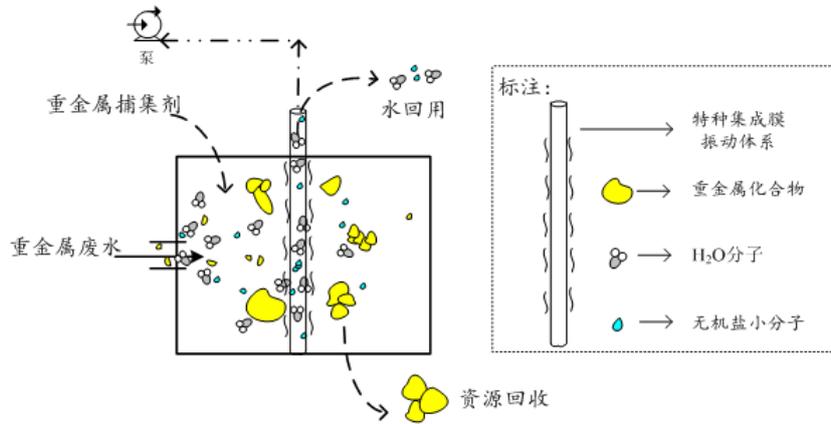
62 重金属废水处理及资源回收技术

适用范围

适用于线路板、电镀、矿山及冶炼等行业企业的重金属废水处理或园区的废水集中处理。

基本原理

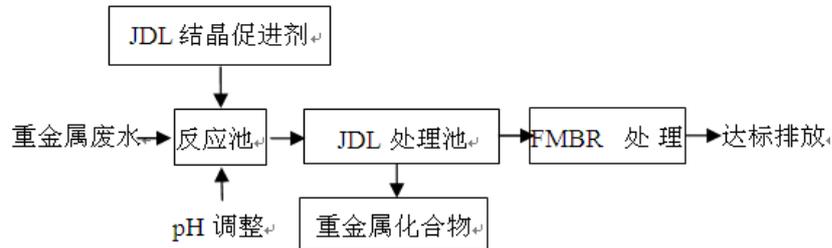
运用特种膜技术截留小颗粒晶核，并采用脉冲震动体系防止膜堵，处理过程中不加入铁盐、铝盐等絮凝剂，形成的固体悬浮物重金属含量高，易脱水，可直接资源化回收利用。技术原理示意图如下：



JDL 技术原理示意图

工艺流程

重金属废水处理及资源回收技术（简称“JDL 技术”）是集生物、化学、物理方法为一体的创新技术，工艺流程为：重金属废水经管道收集，进入反应池，调整 pH 值至合适值、加入 JDL 结晶促进剂，使废水中金属离子形成沉淀物，进入 JDL 处理池中进行固液分离，最后针对有机废水则再进入 FMBR 处理池后再进行处理，出水达标排放。重金属化合物经脱水后最后形成高纯度重金属化工产品（半成品）或原料，直接销售或再利用。见工艺流程。



JDL 工艺流程图

关键技术或设计特征

引入中空纤维膜技术取代沉淀过滤系统，形成了一种全新的重金属废水处理工艺。

发现、验证并应用了在不混凝情况下，重金属初始沉淀晶核可直接被超微滤膜隔离的现象。

将 FMBR 技术用于重金属废水中有机物的降解，并实现有机剩余污泥零排放。

不投加 PAM，解决 RO 膜堵塞难题，易回用。

无需投加絮、混凝剂，危废量小，易资源化。

可以有效处理混排废水，持续稳定达标；且固型物少。

典型规模

可根据不同水量和水质进行设计。

推广情况

该技术自 2010 年推广以来，已在富士康集团、广东建滔集团、铜陵 PCB 园、万安 PCB 园等几十家电子电镀企业或园区得到应用。

典型案例

（一）项目概况

开封凯乐实业有限公司电镀废水处理站设计日处理水量 2400m³/d，污水来源于企业电镀废水，2010 年 4 月开工建设，于 2012 年 2 月完成调试并建成投产。该项目于 2013 年 7 月获评为“2013 年国家重点环境保护实用技术示范工程”。

（二）技术指标

根据开封市环境保护局出具的验收报告，项目出水达到《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）要求。以平均进水 Ni 为 55mg/L，COD \leq 350mg/L 计，该污水厂每年减排 Ni 排放 47.52t，减少 COD 排放 259.20t。同时，利用本工艺可减少混、絮凝剂等化学药剂用量，直接处理成本较传统工艺降低 10-20%；可回收污泥 Ni 资源，作为相关工业产品或原料回收利用，实现了废水重金属有效利用，产生年收益 35.6 万元/年。

（三）投资费用

该项目总投资约 960 万元，其中设备投资 480 万元，基建及其他投资 480 万元，吨水投资费用为 4000 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 10 月实际运行情况，年处理污水 98816t，年运行费用 37.4 万元，吨水运行费用为 3.20 元。

联系方式

技术信息咨询单位：江西金达莱环保股份有限公司

联系人：谢锦文

电话：15079003847

地址：江西省南昌市长埠外商投资开发区工业大道 459 号

邮编：330100

E-mail: xiejinwen@jdlhb.com

63 膜生物反应器-反渗透膜集成技术

适用范围

工业污水处理回用

基本原理

该技术采用膜生物反应器+反渗透（以下简称“MBR+RO”）工艺相结合，MBR 强化 COD 的去除，RO 去除盐分，出水满足印染生产的需要，实现 COD 减排和节水双重功效。

工艺流程

接触氧化池出水—MBR 池—MBR 产水池—增压泵—保安过滤器—RO 膜池—RO 产水池—出水回用。

关键技术或设计特征

采用高强度 MBR 膜，该 MBR 膜丝强度高，断丝率低，可以耐高强度曝气，减少 MBR 的积泥现象，保证出水水质稳定。

MBR 膜系统结构紧凑，节省占地。

采用了 MBR+RO 膜集成技术，保证出水水质稳定，实现回用。

典型规模

浙江东方华强纺织印染有限公司于 2013 年 3 月采用 MBR+RO 工艺，用于印染废水深度处理和回用，处理规模 15000 m³/d。

推广情况

在东方华强纺织印染有限公司及其他多家印染企业得到应用。

典型案例

（一）项目概况

浙江东方华强纺织印染有限公司废水处理站设计日处理水量 15000 m³/d，污水来源于该公司产生的纺织和印染废水，2011 年 12 月开工建设，于 2012 年 3 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据浙江东方华强纺织印染有限公司出具的验收报告，项目出水达到《纺织染整工业回用水水质标准》（GB4287-2012）要求。该技术有明显的节水效果，每天回用水达到 8000t，一年按照 330 天计算，每年可节约自来水 264 万吨。

（三）投资费用

该项目总投资约 1500 万元，其中设备投资约 1450 万元（膜池为碳钢防腐，计入设备投资），其他投资 50 万元，吨水投资费用为 1000 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2013 年 1 月-2014 年 1 月实际运行情况，年处理污水 495t，年运行费用约 1980 万元，吨水运行费用为 3.5-4.5 元。

联系方式

技术信息咨询单位：天津膜天膜科技股份有限公司

联系人：李莉

电话：022-66230233-751

地址：天津经济技术开发区第 11 大街 60 号

邮编：300457

E-mail: lili@motimo.com.cn

64 双旋流全封闭、短流程油田采出液回注处理工艺

适用范围

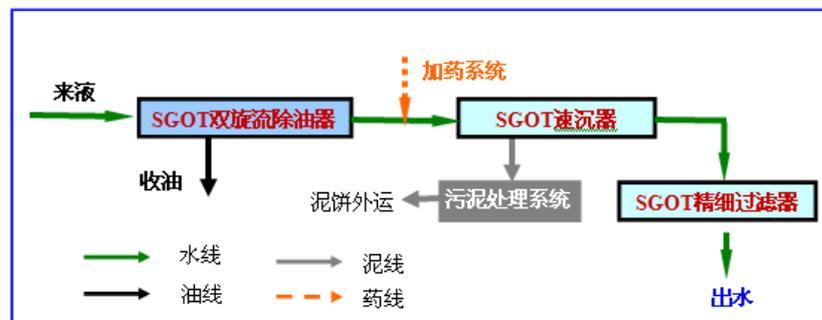
油田产出液含油污水、其他含油污水及其他工业污水处理。

基本原理

双旋流除油器与传统的旋流分离单向同速的分离原理不同，是双向双速旋流离心分离的原理，分离效果大大提高。在降低污水处理能耗的同时，解决了传统旋流分离器存在的两大难题，即由于来水工况不稳定造成的出水水质差以及不同油区原油密度、粘度差异性大带来的油水分离难的问题。

工艺流程

工艺流程为：进水—双旋流除油器—缓冲罐—速沉器—全自动精细过滤器—出水。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用新型双旋流除油器、速沉器沉降、精细过滤设备并辅以全自动加药过程控制，将原水中的含油量、悬浮物含量及粒径中值达到油田 5, 5, 2 的标准。

建立系统报警控制、系统运行控制、溶药加药控制系统等，提高了自动控制水平。

采用了超声波清洗金属膜等新技术，可以使出水稳定达标。

典型规模

油田采出水点比较分散，联合站规模根据实际情况不同，一般以 1000-10000m³/d 为主。

推广情况

在长庆油田、大庆油田、冀东油田、新疆油田共 13 个联合站使用。

典型案例

（一）项目概况

大庆油田采油三厂北III-1 联合站污水处理站设计日处理水量 2000m³/d，污水来源于北III-1 联合站产生的生产废水，2009 年 10 月开工建设，于 2010 年 8

月完成调试并建成投产。该项目来液为四种，水中含油量从 20-8000mg/L 不等，要求出水含油小于 5mg/L。

(二) 技术指标

根据大庆油田设计研究院水质化验中心出具的验收报告，项目出水达到的《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》（SYT 5329-2012）二级标准要求。

(三) 投资费用

该项目总投资约 1252 万元，其中设备投资 971 万元，基建投资 40 万元，其他投资 241 万元，吨水投资费用为 6260 元。主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

根据 2011 年 11 月-2012 年 10 月实际运行情况，年处理污水 1642500t，年运行费用 109 万元，吨水运行费用为 0.98 元。

联系方式

技术信息咨询单位：北京中天油石油天然气科技有限公司

联系人：黎雪春

电话：010-65182891-823

地址：北京市朝阳区东四环中路 82 号金长安 C 座 2110

邮编：100124

E-mail: sherryli@sgotnet.com.cn

65 电镀废水深度处理及资源化利用技术

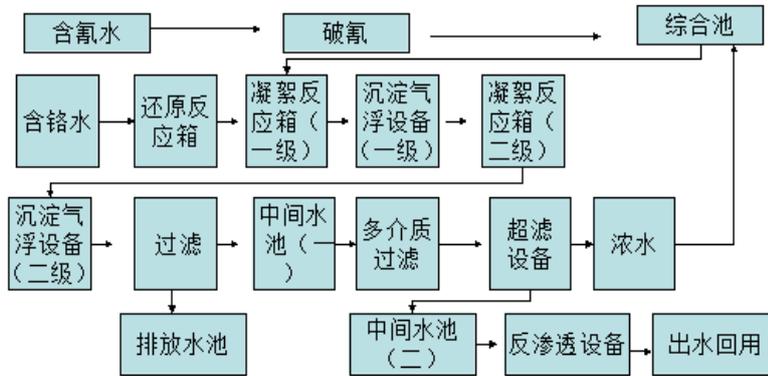
适用范围

电镀企业及电镀生产园区电镀废水处理

基本原理

采用物理化学方法对电镀废水中的重金属进行分离处理，通过两次调节废水的 pH 值，使废水中碱性重金属离子和中性重金属离子分别在其最佳的沉淀环境内进行沉淀分离，达到去除重金属的目的，使废水达到《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）中的标准，再对达标的废水进行双膜法（超滤膜+反渗透膜）分离，进一步去除水中的各类金属离子，反渗透膜清水侧出水达到电镀清洗工艺用水水质标准，回用于电镀生产线，反渗透浓水侧出水再经过一次物化沉淀，最终使浓水达标排放。

工艺流程



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用混凝、沉淀、气浮、过滤的综合处理技术，使电镀废水的各项指标远低于国家标准排放限值。

采用多介质过滤-超滤-渗透分级处理技术，比传统反渗透工艺降低运行费用 30%-40%。

采用“分流排放、分级处理、资源化利用”，将电镀废水回用率由目前的 30% 以下（行业水平）提高到循环利用率 76%，使电镀生产节约用水 46%。

采用自动化运行及在线检测、远程监控、联网诊断等先进技术，使处理过程稳定、可靠、安全、达标。

典型规模

2010 年 10 月承建云南云开电气股份有限公司废水处理项目，占地 300 m²，处理能力 57600m³/a。

推广情况

该技术主要应用在输变电和汽车制造等行业，在西安庆安（15m³/h）、云南云开（10m³/h）、山东泰开（42m³/h）、中国西电（100m³/h）、沈阳凯迪（100m³/h）和河南煤化集团（35m³/h）等十多家用户的电镀废水处理项目中得到了实施应用。

典型案例

（一）项目概况

云南云开电气股份有限公司电镀废水处理站设计日处理水量 160 m³/d，污水来源主要为该公司产生的酸碱综合废水、含铬废水、含氰废水、地面废水等，2010 年 6 月开工建设，于 2010 年 10 月完成调试并建成投产。该项目获 2010 年陕西省优秀工程省级表扬奖，2013 年获“陕西省中小企业专利新产品”称号，于 2014 年获“国家重点环境保护实用技术”荣誉称号。

（二）技术指标

根据楚雄州环境监测站出具的楚环检字（2011）第 039 号的检测报告，项目出水满足《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）。以处理水量 160 m³/d 计算，含铬废水进水水质 COD120-150 mg/L，六价铬 200 mg/L，经预处理后与酸碱废水中和，COD 为 350-400 mg/L，重金属铬 70-75 mg/L，经过深度处理及资源化利用，出水 COD 稳定低于 80mg/L，每年减少 COD 排放量 10.89t，减少重金属排放量 3t；通过资源化利用，年减少自来水用量约 43000t，折合人民币 156950 元。

（三）投资费用

该项目总投资约 170 万元，其中设备投资 128 万元，基建投资 42 万元，吨水投资费用为 4.5 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2010 年 11 月-2014 年 11 月实际运行情况，年处理污水 57600t，年运行费用为 23 万元，吨水运行费用为 4.5 元。

联系方式

技术信息咨询单位：陕西昕宇表面工程有限公司

联系人：赵勒丹

电话：18709201158

地址：陕西省西安市莲湖区劳动路 81 号

邮编：710082

E-mail: 1725279100@qq.com

66 发酵废水超低排放关键处理技术

适用范围

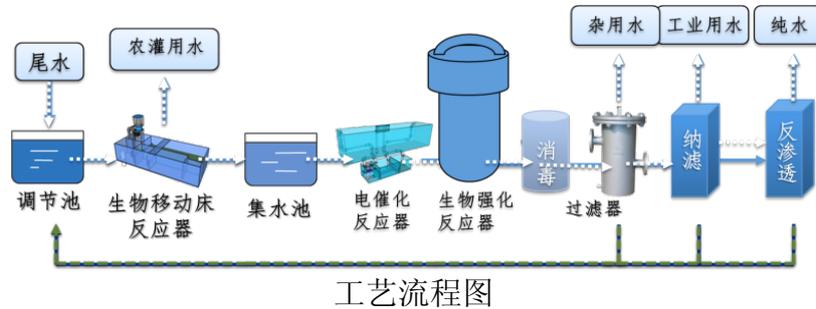
发酵行业废水深度处理与分质再生回用。

基本原理

采用“高级催化氧化+生物强化处理+双膜脱盐”成套技术，其中包括具有自主知识产权的新型上流式一体化生物反应器和高效节能内循环曝气生物滤池新设备，集降解 COD、脱色、脱氮功能于一体。

工艺流程

废水经该技术各工艺段分级处理后，可满足不同级别废水再生回用标准，实现分质回用。工艺流程图如下：



关键技术或设计特征

发酵废水生化处理尾水脱色技术：建立了以傅里叶红外光谱和紫外光谱为核心的维生素 C 废水发色化合物的系统解析方法，研发出了高效组合脱色新技术。

发酵废水生物强化处理技术：开发了以新型上流式一体化生物强化反应器和内循环曝气生物滤塔为核心的生物强化新技术，实现了降 COD、脱色、脱氮一体化功能。

发酵废水超低排放关键集成技术：研发出基于生物强化处理工艺为核心的超低排放集成新技术，开发出“高级催化氧化+生物强化处理+双膜脱盐”维生素 C 废水高标准水质分质回用组合新工艺。

推广情况

该技术已在河北维尔康制药有限公司进行了应用和示范，包括年处理 240 万吨维生素 C 废水超低排放工程和 50000 t/a 高标准水质分质回用工业化示范。现由江苏三强环境工程有限公司进行推广应用，即将在浙江海正药业有限公司进行工程应用。

典型案例

(一) 项目概况

河北维尔康制药有限公司废水处理站设计日处理水量 8000 m³/d，废水来源于该公司产生的制药废水，2008 年 6 月开工建设，于 2009 年 12 月完成调试并

建成投产。在此基础上，于 2010 年 5 月开工建设，2010 年 10 月建成 50000 t/a 高标准水质分质回用工业化示范装置。

（二）技术指标

根据河北省环境监测中心出具的验收报告，项目出水达到《城市污水再生利用——农田灌溉用水水质》（GB5084-2005）要求，生物一体化反应器出水和 HPES 生物滤塔出水的水质指标满足《发酵类制药工业水污染物排放标准》（GB21903-2008）要求，纳滤出水可结合相应水质要求用于工业用水，反渗透出水可用于生产过程中的工艺用水。以平均进水 COD 为 280 mg/L 计，该污水站每年消减 COD 排放 488.4t，出水回用率为 87%。

（三）投资费用

该项目总投资约 300 万元，其中设备投资 190 万元，基建投资 110 万元，吨水投资费用为 375 元。主体设备寿命 15 年。

（四）运行费用

根据 2010 年 10 月-2011 年 9 月实际运行情况，年处理污水 292 万吨，年运行费用 322.43 万元，吨水处理费用为 1.10 元。

联系方式

技术信息咨询单位：南京大学

联系人：施萱

电话：025-83593827

地址：江苏省南京市汉口路 22 号南京大学

邮编：210093

E-mail: shixuan@nju.edu.cn

67 发酵糖蜜酒精废液生产液态生物有机肥资源化利用技术

适用范围

制糖、酒精、淀粉加工、畜禽养殖等中高浓度有机废弃物处理。

基本原理

利用发酵有机废弃物中含有的有机质为原料，在好氧条件下通过微生物的作用，将蛋白质转化成氨基酸，高分子转化成小分子，有机质转化成腐殖酸，逐渐将废液腐殖化。发酵后残留的有机物分解率较低并相对稳定，大大降低了臭味，其含有丰富 N、P、K 等营养元素，同时还有氨基酸、有机质、腐殖酸及各种有益的微生物菌，成为一种适宜于土地利用的液态肥。

工艺流程

(1) 冷却

制糖、酒精、淀粉加工等行业排出的中高浓度废液经预存池初步冷却后，送往鼓风式冷却塔降温，使得酒精废液温度控制在 45℃ 以下，避免原液温度过高对菌种产生抑制作用。

(2) pH 调节，投放菌种

经过冷却后的原液送往培菌池，与发酵投加的菌种溶解混合，搅拌均匀后进入到曝气池。

原液的 pH 一般在 4.3~4.6 左右，为了创造有利于菌种生长繁殖的环境，适当调节 pH，需要添加碱液或石灰乳等碱性物质，有利于菌种的发酵繁殖，形成优势菌落。

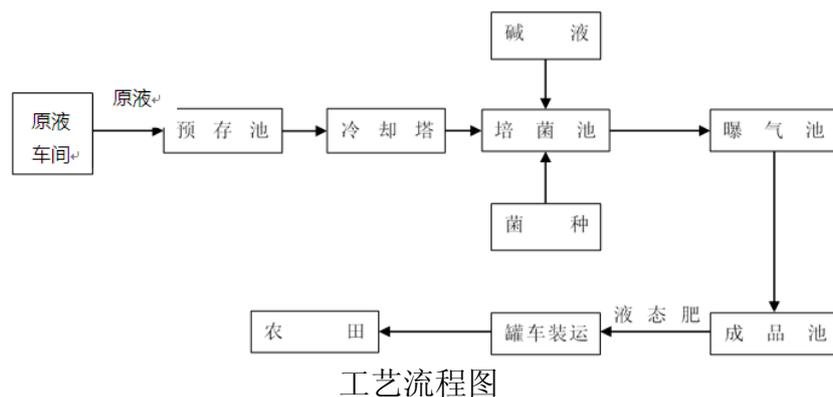
(3) 曝气

曝气单元是整个液态肥生产的核心部分，原液在微氧曝气情况下，将蛋白质转化成氨基酸，高分子转化成小分子，有机质转化成腐殖酸，有机酸转化成挥发酸，逐渐将废液腐殖化，使生料变成熟料。当原液中的腐植酸与全碳比例变化程度趋于平滑时，即可判断腐熟完成，原液转变为液态有机肥。

保证曝气池中有足够的溶解氧是本生产的基本条件之一，曝气池采用“鼓风曝气+微气泡曝气器+扩散罩”曝气方式，能够使菌种、废液以及空气充分混合搅拌，为菌种提供一个良好的环境，有利于原液的腐殖转化。

(4) 成品储存、灌装

原液经过降温、中和以及好氧发酵之后，转化成含有微生物和腐殖质等能被农作物吸收或有利于农作物生长的液态肥，通过自流或泵送方式进入成品池。成品池设有装车泵，每天均启动装车泵，将液态肥外运施用，防止成品池过满影响生产。



关键技术或设计特征

采用高效专用微生物菌剂，筛选后的专性微生物耐受性好、活性强，在高浓度、高温、酸性的废水中可以迅速繁殖，通过微生物活动大量降解大分子有机质，并且可以高度抑制腐败菌，消除腐臭，使产物安全无臭。

通过优化组合的微生物具有肥效作用，可以固氮、解磷、解钾，合成活性生理物质，促进作物生长，并可有效改良土壤，增加土壤活性，减少病虫害的发生，使作物得到增产提质。

工艺采用二级快速冷却设计，实现废水的快速降温。

典型规模

昌菱制糖有限公司利用糖蜜酒精废液日产 3000t 液态生物有机肥工程，日产液态生物有机肥 3000t。

推广情况

在广西承接了广西农垦糖业集团昌菱制糖公司、思源酒业公司、上上糖业公司和龙州将山酒精厂 4 家酒精废液的处理项目，年生产液态生物有机肥 123.6 万吨，年浇灌蔗田 41.2 万亩。

在云南承接了英贸糖业、生物力量集团、中云勐滨糖业、南华糖业等共 20 家糖厂酒精废液的处理项目，年生产液态生物有机肥 157.2 万吨，年浇灌蔗田 52.4 万亩。

典型案例

（一）项目概况

昌菱制糖有限公司酒精废液处理站设计日处理水量为 3000m³/d，2013 年 7 月开工建设，于 2013 年 11 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据广西省测试分析中心出具的验收报告，项目生产的产品品质符合广西鸿生源环保科技有限公司企业标准《液态生物有机肥》（Q/HSYHB 11-2009）要求，各项指标如表 1 所示。

液态生物有机肥各项指标

项目	指标	检测值
有效活菌总数（以第3章的菌种计）/（亿个/mL）	≥0.2	1.3
有机质/（干基）（g/L）	≥50	11.1%
pH值	4.0~5.5	4.54
粪大肠菌群数/（MPN/g）	≤100	<0.03
蛔虫卵死亡率/（%）	≥95	100
外观	暗红色，紫色，黑褐色，可略有沉淀或浑浊的液体，无恶臭或刺激性气味	/
汞（以Hg计）/（mg/kg）	≤5	0.0020
砷（以As计）/（mg/kg）	≤10	0.051
镉（以Cd计）/（mg/kg）	≤10	0.16
铅（以Pb计）/（mg/kg）	≤50	0.47
铬（以Cr计）/（mg/kg）	≤50	0.43

（三）投资费用

该项目总投资 1186.64 万元，其中设备投资 285.50 万元，基建投资 679.22 万元，其他投资 221.92 万元。吨水投资费用为 3215.73 元。主体设备寿命 15 年。

（四）运行费用

根据 2013 年 11 月-2014 年 11 月实际运行情况，年处理废水 14 万吨，年运行费用 285.07 万元，吨水运行费用为 7.92 元。

联系方式

技术信息咨询单位：广西鸿生源环保科技有限公司
 联系人：冯光兴
 电话：15977902599
 地址：广西壮族自治区南宁市青山路 6 号东方园综合楼 709 房
 邮编：530022
 E-mail: gxhsy@vip.sina.com

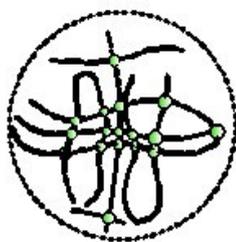
68 高性能吸油材料----高分子吸收剂

适用范围

工业含油废水、化工、核电核军工低辐射废油处理、海上石油钻井平台、油田、交通运输、环保应急等。

基本原理

高分子吸收剂一般是以亲油性单体聚合而成的低交联度聚合物，分子间具有三维交联网状结构（见下示意图）。当高分子吸收剂接触到油时，高分子吸收剂的体积会发生膨胀，其膨胀度与高分子吸收剂本身的结构有关。当油分子和高分子表面接触时，材料表面的高分子开始发生溶剂化作用。当溶剂化作用足够强，链段充分伸展，达到充分溶胀。由于交联结构的存在，高分子吸收剂不会溶于油，而油分子则包裹在网络结构中，从而达到吸油、储油的目的。



高分子吸收剂中交联网状结构示意图

工艺流程

针对危化品泄漏：直接在水面或陆地铺设吸收包吸收，或使用消防炮或其他喷洒设备直接喷洒吸收剂颗粒到泄漏液体表面，吸收后收集处理。

针对生产过程中产生的废油：结合不同的生产工艺环节投放高分子吸收剂用于吸收液体化学品、油水分离、有毒化学品固化等，需根据不同的行业和具体的生产工艺做出相应的设计。

关键技术或设计特征

吸收能力强，能吸收至原体积 27 倍以上。在处理泄露事件时，由于本产品吸收量大，只需少量产品就能完成处理工作，节省人力物力。同时便于后期处置，不会二次污染，综合成本低。

极广的吸收范围，不亲水，可以用于油水混合物的吸收。广泛用于水面石油泄漏，危险化学品泄漏等领域，主要吸收运输燃料及石油、芳烃溶剂、氯化溶剂和极性化合物。

吸收速度快，基本在 10 分钟之内完全吸收，只有少数吸收速度需要 15 分钟以上。并且大多数有毒害的液体化学品在 5 分钟内即可完全吸收，如二甲苯、苯、苯乙烯、甲苯、环己烷、丙烯腈和二氯化乙烯。

吸收后不会产生再泄露，便于后期处理及安全存放，有效防止污染液的二次污染。

高分子吸收剂可吸收现投入商用的液体化学品超过 600 万种。

典型规模

目前已经建成年产 1000t 高分子吸收剂的生产线，对有毒有害有机化学品的处理能力达到 10000t/a。

推广情况

使用该产品的厂家涵盖化工、油田、核电、码头航道、水面化学品油品泄漏处理等领域，多分布在工业废油较多的地区，如：甘肃兰州污水处理厂及炼油装置计划消耗吸收剂 5t/a，四川重庆核电废液处理计划消耗吸收剂 10t/a，安徽合肥肥东应急储备库储备 5t，安徽锦邦化工厂应急储备高分子吸收剂 1t。

典型案例

（一）项目概况

安徽锦邦化工厂在 2014 年 1 月开始购买使用该高分子吸收剂，以处理和预防危化品泄漏事故。

（二）技术指标

高分子吸收剂制成吸收包，单包规格为 200mm×200mm，重量约 110g。根据有机液体的粘度及分子尺寸的不同，吸收包吸收能力不同，单个吸收包可以最大可以吸收有机液体 900mL。整箱包装吸收包为 30 包，最大可以吸收约 24.3kg 油品或液体化学品。

（三）投资费用

该项目为污染控制防护项目，投资费用 50 万元。

（四）运行费用

该项目为污染控制防护的应急物资储备，储备后无运行费用。

联系方式

技术信息咨询单位：安徽成方新材料科技有限公司

联系人：沈向洋

电话：13866660988

地址：安徽省合肥市芙蓉西路 6 号，海外学者创业园 11 栋

邮编：230031

E-mail: tiger.shen@gmail.com

69 工业废水电氧化处理技术

适用范围

化工、医药等可生化性差的废水预处理和生化外排尾水深度处理。

基本原理

通过电极表面电子迁移和活性物种的化学反应，有效分解污染物。

工艺流程

工艺流程为：电氧化—集水池—载体流化床—MBR 池—中水收集池。

关键技术或设计特征

采用网板柱塞流反应器，在实现染料及中间体废水高效处理的同时，显著提升电流效率。

流化载体的投加，提高了活性污泥浓度，提升单位池体的废水处理量。

好氧池增设 MBR 装置，可增加生化池污泥浓度，提升生化出水水质，以满足中水回用要求。

开发了改性长寿命工业催化电极的制备技术。

开发了新型柱塞流电化学反应器，从强化传质、消除电极表面浓差极化等角度，通过水流向与网板电极面正交切入，显著提高柱塞流体系传质系数，并实现工业化应用，电流效率大于 30%，有效解决了废水电氧化电流效率低、能耗高等工程问题。

推广情况

在上虞金冠化工等企业得到成功推广应用，在全国建立 30 多套有机废水电氧化装置。

典型案例

（一）项目概况

上虞市金冠化工有限公司染料废水处理站设计日处理水量 2000 m³/d，污水来源于金冠化工的染料中间体生产废水，2012 年 6 月开工建设，于 2012 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据浙江多谱检测科技有限公司出具的检测报告，进水水质 COD 3000-4000mg/L，电解氧化+生物载体流化床处理后的出水符合《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）B 等级标准要求，膜装置出水满足车间回用水水质要求。

（三）投资费用

该项目总投资约 700 万元，其中设备投资 450 万元，基建投资 250 万元，吨水投资费用为 3500 元。主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

根据 2013 年 01 月-2013 年 12 月实际运行情况，年处理污水 70 万吨，年运行费用 288.4 万元，吨水运行费用为 4.12 元；另外，膜处理回用成本主要是膜清洗药剂费和泵电耗，年运行费用为 88.2 万元，吨水运行费用为 1.26 元。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江工业大学

联系人：王家德

电话：0571-88320915

地址：浙江省杭州市潮王路 18 号

邮编：310032

E-mail: jdwang@zjut.edu.cn

70 工业废水在线检测与优化控制成套技术

适用范围

电镀、纺织印染等工业废水处理自动化、节能增效升级改造。

基本原理

该技术体系分为数据采集层、过程控制层和过程优化层三个层次，其中数据采集层为通过水质仪表等设备将过程数据信息（工艺参数和设备运行状态）进行在线监测；过程控制层为根据数据采集层的在线监测信息，通过控制调整执行机构（鼓风机、泵等），对设备运行状态和工艺参数进行控制，以保证工艺系统的正常运行；过程优化层为在过程控制层的基础上，对关键工艺环节（加药和曝气）和设备（鼓风机）进行优化运行，对关键工艺参数（溶解氧和加药量）进行动态优化设定。

关键技术或设计特征

采用自动化加药系统，采用变频器控制计量泵电机转速，根据 pH/ORP 反馈信号自动调节频率自动调节加药量，降低人为误差造成的水质超标，降低药耗。

采用水质自动分水系统，当车间来水出现混排时，可及时报警并切换阀门，避免混排废水进入废水站，造成水质超标。

采用可视化界面控制，人机对话。

采用基于微生物呼吸速率的污水可生化性在线监测技术。

采用基于图像识别的离子交换树脂饱和度识别技术。

采用模块化专家知识库。

典型规模

宝兴科技（深圳）有限公司电镀废水提标改造工程，处理规模 500m³/d；
惠州坑塘电镀废水处理厂提标改造工程，处理规模 700m³/d。

推广情况

分别在互太（番禺）纺织印染有限公司、宝兴科技（深圳）有限公司、惠州坑塘电镀废水处理厂、惠州龙溪电镀基地等单位获得推广应用。

典型案例

（一）项目概况

坑塘电镀厂废水处理站设计日处理水量为 700m³/d，污水来源于该电镀厂产生的工业废水，2013 年 10 月开工建设，于 2014 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据业主验收意见，可节省药剂成本 10%，出水水质稳定达标。

（三）投资费用

该项目总投资约 220 万元，其中设备投资 150 万元，基建投资 0 万元，其他投资 70 万元，吨水投资费用为 3143 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 6 月-2015 年 1 月实际运行情况，年处理污水 25.55 万吨，年运行费用 357.7 万元，吨水运行费用为 14 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院沈阳自动化研究所广州分所

联系人：于广平

电话：18520346886

地址：广州市南沙区海滨路 1121 号

邮编：511458

E-mail: ygping@sia.cn

71 工业污水芬顿流化床深度处理技术

适用范围

造纸、化工、制药、发酵、印染等行业废水深度处理。

基本原理

芬顿流化床技术是一项结合了同相化学氧化（Fenton 法）、异相化学氧化（ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{FeOOH}$ ）、流化床结晶及 FeOOH 的还原溶解等功能的新技术。其反应机制包括三部分：（1） FeOOH 的溶解还原： FeOOH 与有机物形成络合物前驱体，通过电子转移，释放出有机基和 Fe^{2+} ；（2） FeOOH 的形成： Fe^{2+} 催化分解 H_2O_2 产生 $\text{OH}\cdot$ 和 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 在载体表面结晶形成 FeOOH ；（3）有机物的降解：包括非均相催化和均相催化氧化降解。

工艺流程

工业废水→pH 调节→Fenton 流化床→pH 调节→沉淀池→出水

关键技术或设计特征

该技术核心为集同相化学氧化、异相化学氧化、流化床结晶及 FeOOH 还原溶解等功能于一体的新型 FBR-Fenton 技术。

负载氧化铁作为非均相反应催化剂，在反应过程中拓宽了反应酸碱范围，减少了酸碱投加；减少了铁盐的投加量，减少运行成本的同时降低了出水的盐度。

由膨胀态替代了原有的流化床体系，减少了催化剂颗粒间剧烈的相互摩擦，减少了催化剂表面金属离子的溶出，延长了催化剂寿命。

典型规模

该技术在河北丰源特种纸业有限公司开展了工程化示范，实现了年处理 22 万吨工业废水处理技术示范的稳定运行；同时，在该公司建成了 $600 \text{ m}^3/\text{d}$ 水质分质回用工业化示范装置，并实现稳定运行半年以上。

推广情况

该技术已在河北丰源特种纸业有限公司进行了应用和示范。

典型案例

（一）项目概况

河北丰源纸业污水处理站设计日处理水量 $600 \text{ m}^3/\text{d}$ ，污水来源于该企业产生的工业废水，2013 年 1 月开工建设，于 2013 年 12 月完成调试并建成投产。该项目研究成果获得“工业废水高标准排放与分级再生利用新技术及应用”中国产学研合作创新成果奖。

（二）技术指标

根据江苏省科技厅出具的项目验收意见，项目出水水质满足《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）排放标准要求。以平均进水 COD

为 900mg/L，色度为 120 倍计，该污水厂每年消减 COD 排放 197.1t，出水色度降低 $\geq 90\%$ 。利用本工艺投加适量七水合硫酸亚铁、双氧水和酸碱试剂可实现对亚麻废水的深度降解（ $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 60\text{mg/L}$ ，色度 ≤ 10 倍）。

（三）投资费用

工程总投资为 109 万元，其中设备投资 40 万元，基建投资 20 万元，其他投资 49 万元，吨水投资费用为 1816 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 18 万吨，年运行费用 63 万元，吨水运行费用为 3.5 元。

联系方式

技术信息咨询单位：南京大学

联系人：施萱

电话：025-83593827

地址：江苏省南京市汉口路 22 号南京大学

邮编：210093

72 含汞废水物化处理新工艺

适用范围

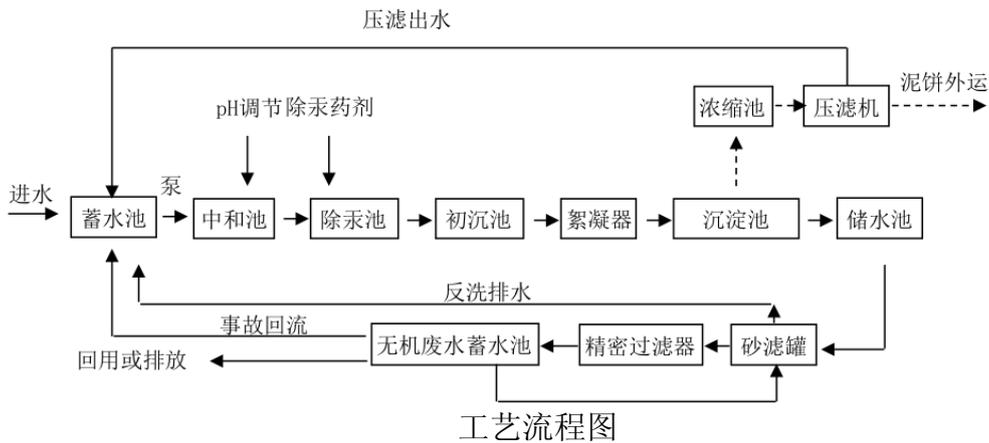
高浓度含汞废水处理

基本原理

采用“形态转化-固液分离”工艺处理工业高浓度含汞废水，投加硫化剂使溶解态汞生成不溶性硫化汞颗粒，利用复合助剂控制过量的硫化剂与反应后的硫化汞颗粒接触，防止副反应发生。固化后的汞通过物理沉降及物理截留完成固液分离，从而达到去除水中溶解态汞的目的。

工艺流程

含汞污水首先进入蓄水池稳定水质水量，经中和池将 pH 值调节至 7~8 后进入除汞池使污水中溶解态汞与药剂发生化学沉淀反应，经初步沉淀后利用混凝剂进一步强化固液分离效果，经物理沉降作用后的上清液进入储水池，经泵依次送入砂滤罐和精密过滤器利用物理截留作用对其深度处理，出水进入无机废水蓄水池待回用或排放。定期将沉淀污泥排入浓缩池，经压滤机压滤处理，产生的泥饼外送集中处理，压滤液回流至蓄水池。见工艺流程图。



关键技术或设计特征

复合助剂配方设计合理，絮凝效果良好，可高效的吸附桥联 HgS 细微颗粒，有效的降低 HgS 与过量的 S²⁻的碰撞。

设计初级沉淀环节，沉淀药剂循环使用，减少资源浪费，缩减重金属污泥生成量，节约运行成本，保证反应体系内除汞药剂浓度，有效控制瞬时水质冲击。

砂滤、精密过滤装置的增设保证了加药反应后废水的高效固液分离效果，处理后水质能够完全达到汞的限值指标。

开发一体化集成设备，布局紧凑，减少重金属汞的沿程污染风险，全程模式，出口设置在线监控装置，事故产水自动进入调节池再次处理，避免不合格产水外排。

典型规模

该技术工程应用案例涉及处理规模从 72m³/d 到 144m³/d 不等，废水汞浓度从 0.6mg/L 到 8.0mg/L 不等。可根据业主的废水水质、水量等实际情况，开展针对性的工艺设计。

推广情况

已在氯碱行业成功建有 9 项工程业绩。

典型案例

（一）项目概况

内蒙古君正化工的重金属汞污水项目占地面积 350m²，设计日处理水量 120m³/d，含汞污水主要来源于烧碱、PVC 树脂生产过程中的水洗排污、碱洗排污和车间地面冲洗水，污水中汞含量为 2mg/L~3mg/L。该项目于 2009 年 4 月开工建设，于 2010 年 5 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

项目出水达到《烧碱、聚氯乙烯工业污染物排放标准》（GB15581-95）一级标准要求。平均进水汞含量为 2.0mg/L，出水汞含量 \leq 0.003mg/L，去除率 \geq 99.8%，年平均达标率为 100%。按每年运行 8000h 计算，该项目年消减汞排放 79.8kg。

（三）投资费用

该项目一次性投资 100 万元，其中设备投资 60 万元，吨水投资费用为 0.83 万元。

（四）运行费用

年处理污水 40000m³，年运行费用 25.52 万元，其中电费 2.5 万元，药剂费 7.18 万元，其余为人工费。吨水运行费用为 6.38 元（药剂费 1.79 元，电费 0.63 元）。

联系方式

技术信息咨询单位：北京中科国益环保工程有限公司

联系人：王宇

电话：010-82488578 转 810

地址：北京市海淀区彩和坊路 8 号天创科技大厦 304B

邮编：100080

E-mail: wangyu@csep.com.cn

73 含硝基苯、苯胺污染物废水的处理方法

适用范围

主要适用于含硝基苯、苯胺类污染物废水的处理、也可应用于 TDI、硝基苯、苯胺等化工装置的工业化生产中。

基本原理

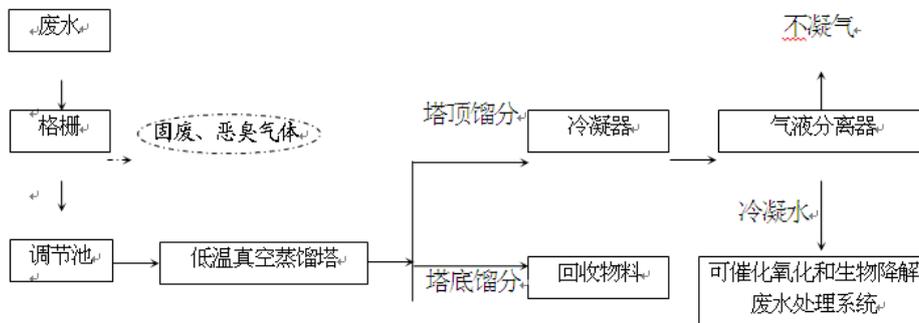
还原反应的催化剂采用含金属铁的 CHA-2X 型催化剂，并控制废水的酸碱度为 3~4，通入空气进行搅拌，发生如下电化学反应： $\text{Fe}-2\text{e}^{-}\rightarrow\text{Fe}^{2+}$ ， $2\text{H}^{+}+2\text{e}^{-}\rightarrow\text{H}$ ，新生态的 H 可与废水中的硝基苯类物质发生加氢反应生成苯胺类物质，以易于进行催化氧化反应。

催化氧化反应加入的 H_2O_2 在一定条件下可产生很强的 $\cdot\text{OH}$ 自由基， $\cdot\text{OH}$ 自由基能将有机污染物直接氧化成无机物，或将其转化为易生物降解的中间产物。 H_2O_2 再与催化剂构成氧化体系，会产生更高浓度的 $\cdot\text{OH}$ 自由基，对有机物的降解更加彻底。使硝基苯、苯胺最终降解为 CO_2 ， H_2O ， N_2 等物质。

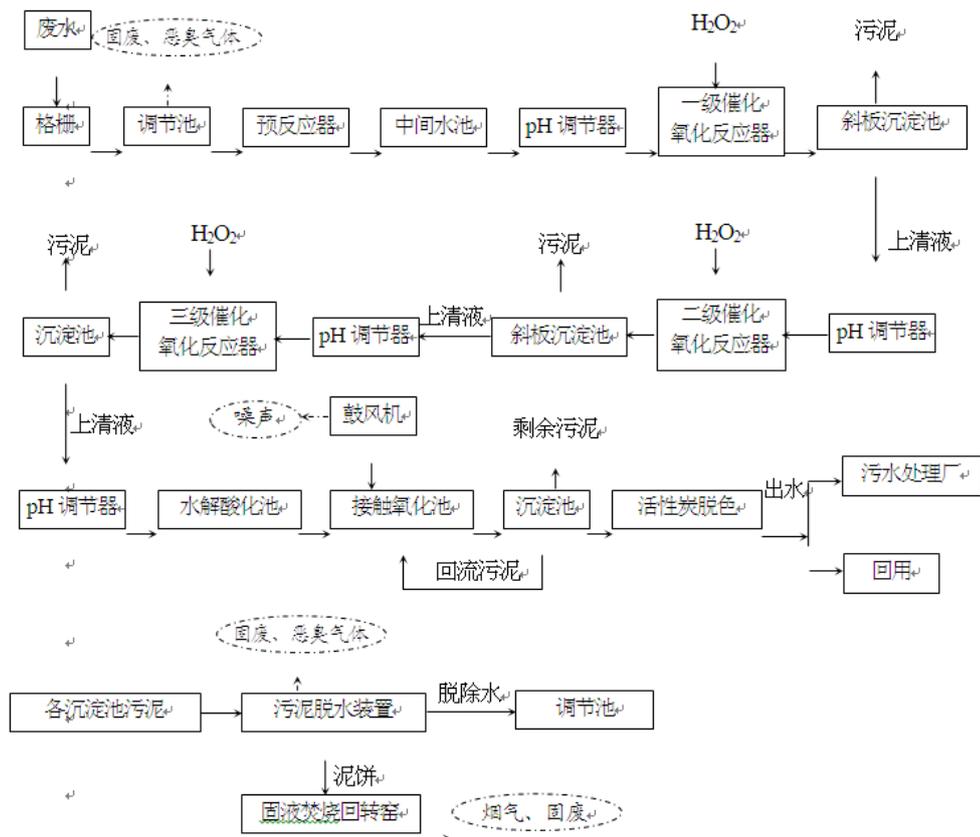
在中和絮凝沉淀工序中，中和剂采用氢氧化钠，废水的酸碱度为 pH 7~9，并加入絮凝剂聚丙烯酰胺等阴离子絮凝剂，使还原反应产生的 Fe^{2+} 已被氧化成 Fe^{3+} ， Fe^{3+} 又是良好的絮凝剂，能形成具有较高表面能的以 Fe^{3+} 水解产物为凝胶中心的胶粒或微絮体，进一步吸附废水中的污染物以降低其表面能，最终聚结成较大的絮体沉淀，实现固液分离。

工艺流程

1. 调节酸碱度：将生产装置产生的含硝基苯、苯胺类污染物的废水先用硫酸调节酸碱度到 pH=3~4；2、还原反应：将调节酸碱度后的废水由污水泵送入填充有含铁、铜、锌组分的催化剂和焦炭的还原处理器进行还原处理，同时吹入适量空气进行搅拌；3、催化氧化：还原处理后的废水再用硫酸调节酸碱度至 pH=3~4 后，再将废水送入填充有含铁、铜、锌组分 CHA-1 型催化剂和焦炭的催化氧化处理器进行催化氧化处理，同时加入一定浓度和定量的 H_2O_2 ，吹入空气进行搅拌；4、中和絮凝沉淀：经催化氧化处理后的废水用氢氧化钙中和剂和絮凝剂进行中和絮凝沉淀后固液分离；5、固液分离：分离的清液检测后直接排放或二次利用、污泥经脱水后外运处置。



可回收废水中物料废水处理工艺流程及排污节点示意图



可催化氧化和生物降解废水工艺流程及排污节点示意图

关键技术或设计特征

用含金属铁的 CHA-2X 型催化剂，并控制废水的酸碱度为 3~4，以易于进行催化氧化反应。

催化氧化反应加入的 H₂O₂ 在一定条件下可产生强氧化能力的 ·OH 自由基，可将有机污染物直接氧化成无机物，或将其转化为易生物降解的中间产物，从而提高了氧化能力，对有机物的降解更加彻底。

采用氢氧化钠作为中和剂，并加入絮凝剂聚丙烯酰胺等阴离子絮凝剂，可形成具有较高表面能的胶粒或微絮体，可吸附污染物结成絮体沉淀，实现固液分离。

典型规模

沧州丰源环保科技有限公司年处理 100 万吨高浓度有机废水项目。

推广情况

该技术已经应用于沧州丰源环保科技有限公司年处理 100 万吨高浓度有机废水项目中。

典型案例

(一) 项目概况

沧州丰源环保科技有限公司年处理 100 万吨高浓度有机废水处理项目，设计 3300t 日处理水量，污水来源于沧州临港化工园区沧州大化集团 15 万 t/a TDI

生产装置、两个年产 6 万吨二硝基甲苯项目、沧州港化工园区天一化工及聚氯乙烯生产企业的废水。2008 年 3 月开工建设，于 2009 年 8 月完成调试并建成投产。该项目于 2012 年 12 月获国家重点环境保护实用技术示范工程。

(二) 技术指标

根据沧州市环保局出具的监测报告，该项目可催化氧化和生物降解废水处理设施出水满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）二级标准和《城市污水再生利用·工业用水水质》（GB/T19923-2005）标准要求，同时也满足沧州市临港化工园区污水处理厂进水水质要求。该项目控制的主要污染物及排放指标为 COD80-120mg/L、氨氮、硝基苯 0.3-1.2mg/L、苯胺 0.3-0.9mg/L 四种。

(三) 投资费用

该项目总投资约 5000 万元，设备投资 2600 万元，基建投资 1800 万元，其他投资 600 万元，吨水投资费用约为 1.5 万元。

(四) 运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 35 万吨，年运行费用 2021 万元，吨水运行费用 58 元。

联系方式

技术信息咨询单位：沧州丰源环保科技有限公司

联系人：周凤

电话：0317-8553587

地址：河北省沧州市中捷产业园区规划一号路南沧州丰源环保科技有限公司

邮编：061100

E-mail: fyzongguan@vsain.com

74 含重金属高浓度氨氮废水资源化处理技术

适用范围

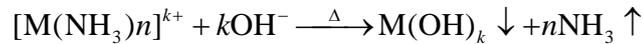
钒、钨钼、镍钴、三元电池、稀土、锆、铌钽等有色行业及焦化、石化等产生的高浓度氨氮废水

基本原理

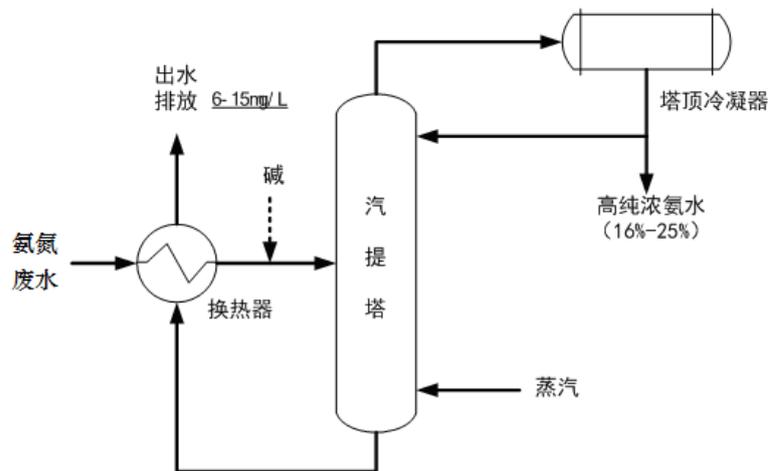
该技术基于氨与水分子相对挥发度的差异，通过氨-水的气液平衡、金属-氨的络合-解络合反应平衡、金属氢氧化物的沉淀溶解平衡的热力学计算，通过在汽提精馏脱氨塔内将氨氮以分子氨的形式从水中分离，然后以氨水或液氨的形式从塔顶排出，并被冷凝器冷却到常温成为高纯氨水进行回收。

工艺流程

通过在含重金属的高浓度氨氮废水中加入碱，使铵离子转化为氨分子，并存在多余的氢氧根离子。经过 pH 调节并换热后的废水进入汽提精馏塔内，通过控制输入汽提塔内的蒸汽流量与蒸汽压力来控制汽提塔的温度分布，使液体在汽提塔内一定的温度区域保持一定的停留时间，使得重金属-氨络合物在高温区域吸收能量，配位键被破坏，实现重金属与氨的分离。氨气在高温下挥发，实现气液分离，同时溶液中的过量氢氧根与重金属反应生成沉淀使化学平衡向右移动，如此反复经过多级反应平衡之后，最终实现氨的彻底脱除。此步骤的化学反应为：



挥发出的氨至塔顶冷凝器采用药剂进行吸收，形成高纯氨水（浓度 16%以上）或铵盐产品，可直接回用于生产工艺或进行销售。废水由进水口至塔底的过程中氨氮浓度逐渐降低，至塔底出水口时降至 10mg/L 以下，塔底出水经与进塔废水换热后可达标排放或回用，也可以根据重金属含量情况进入金属回收系统对其中重金属进行回收。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用重金属-氨氮-水的药剂强化热解络合-分子精馏分离技术，实现氨氮污染物削减率大于 99%，同时全过程无废水、废气、废渣等二次污染产生。

资源回收率高，将废水中分离出的氨氮回收为高纯氨水，重金属回收为金属氢氧化物，可回用于生产工艺或直接出售。

通过专用塔内件设计技术实现传质效率提高，漏液降低，拓宽设备弹性负荷。

动态集成控制技术实现操作安全性，保证出水合格率为 100%。

典型规模

原水氨氮浓度：1-70g/L；

原水重金属浓度：10-200mg/L；

处理规模：50-3000 吨废水/天。

处理后水中氨氮浓度优于国家排放标准《中华人民共和国污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

推广情况

在钒、钼、镍、三元电池、稀土、锆、铌钽等行业完成示范工程应用。

典型案例

（一）项目概况

江门长优实业有限公司电池材料生产氨氮废水资源化处理工程，日处理水量 800m³/d，高浓度氨氮废水来源于电池材料的生产过程。该示范工程一期项目和二期项目分别于 2009 年 3 月和 2012 年 1 月一次开车成功，整套装置运行稳定，自动化程度高，操作简单。该项目 2014 年度被评为“国家重点环境保护实用技术示范工程”。

（二）技术指标

处理前废水的氨氮和镍浓度为 8000-16000mg/L 和 10-20mg/L，处理出水氨氮和镍达到广东省《水污染物排放限值》（DB4426-2001）二时段一级标准，标准氨氮允许排放浓度 10 mg/L。该工程每年减排氨氮 2900t，重金属镍 4.2t，回收浓氨水 18000t、氢氧化镍 7t。

（三）投资费用

项目总投资 1200 万元，其中工程基础设施建设费用 200 万元，设备投资 900 万元，设备占地面积 400 m²。单位废水处理投资费用为 1.5 万元。

（四）运行费用

工程年处理废水量约 24 万吨，年运行费用 600 万元/年，吨水运行费用为 25 元。主要运行费用包括：蒸汽费用：312 万元/年，电费：144 万元/年，人工：9 万元/年，设备折旧：90 万元/年，维修管理费用：45 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院过程工程研究所；北京赛科康仑环保科技有限公司

联系人：陶莉

电话：15652603493

地址：北京市海淀区中关村东路 18 号财智国际大厦 A 座 1607 室

邮编：100083

E-mail: ltao@saikekanglun.com

75 机械蒸汽再压缩污水处理技术

适用范围

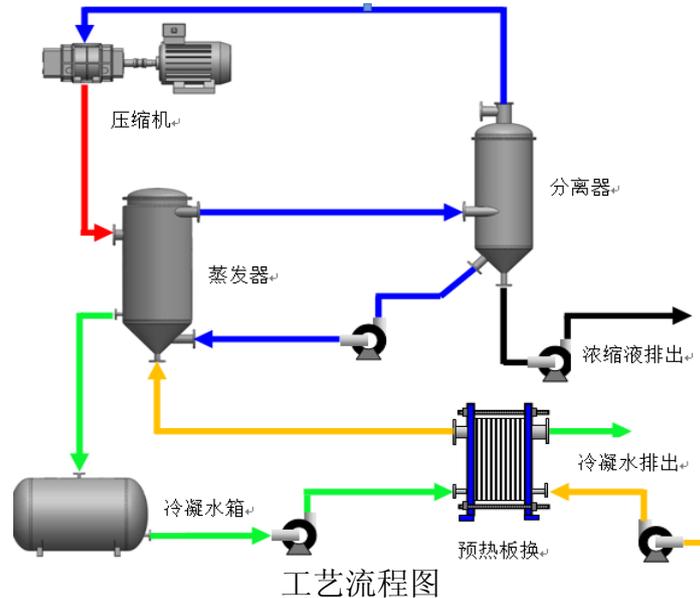
城市污水，化工、制药、印染等行业废水处理

基本原理

该技术针对蒸发过程中的余热蒸汽进行循环利用，采用水蒸汽压缩机将蒸汽进一步压缩作为热源来循环加热浓污水使其蒸发，而压缩后的蒸汽冷凝为水一部分进入压缩机对其进行润滑密封，另一部分进入预热器对原液用于预热原液，实现余热蒸汽的全部回收利用。

工艺流程

工艺流程为：1、废水首先进入原料缓冲罐；2、原液从原料缓冲罐经进料泵泵入预热器预热后进入蒸发器蒸发；3、蒸发器中蒸发产生的二次蒸汽和未蒸发的原液一起进入分离器进行气液分离；4、二次蒸汽在二次分离器中进一步分离后进入压缩机压缩温度、压力升高后作为热源进入蒸发器壳侧对原液进行加热，蒸汽释放潜热后变为冷凝水进入冷凝水罐；5、分离器中分离出的原液经循环管进入蒸发器继续蒸发；6、冷凝水罐中的冷凝水一部分经水泵进入压缩机对压缩机进行润滑密封和消除过热度，另一部分经冷凝水泵进入预热器对原液预热后排出，进入其它处理系统处理。



关键技术或设计特征

该工艺采用板式换热器预热技术，充分利用冷凝水热量，提高进入系统的原液温度。

采用一次蒸发、多次分离技术，去除蒸汽中夹带的液滴，有效保护压缩机，并提高污水净化效率，使出水稳定达标。

采用上位机操作，使操作人员与系统分离，提高了自动控制水平，改善操作人员工作环境。

典型规模

该系统能够达到 10t 的日蒸发量，吨水能耗 50kW·h。

推广情况

在广东汕头有蒸发量 200kg/h 的硝酸银处理系统；江苏镇江有处理量 10t/d 的电镀废液处理系统；河南新乡有处理量 1t/h 的硫酸锌处理系统。

典型案例

（一）项目概况

江苏镇江华科电镀产业园电镀废液处理项目，设计日处理量 10t，污水来源于电镀产业园污水处理厂膜系统初步处理的电镀废水浓缩液，2013 年 5 月开工建设，于 2013 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据谱尼测试对冷凝液的分析结果，冷凝液达到排放标准。原水理化性能如下所示：

表 1 原液检测结果

原液 pH	5.32
原液 COD mg/L	5760
镍（络合态）mg/L	30-80
铜（络合态）mg/L	30-60
锌（络合态）mg/L	约 50

表 2 冷凝液检测结果

COD mg/L	362
氨氮（以 N 计）mg/L	77.2
总磷（以 P 计）mg/L	0.91
铁 mg/L	未检出（<0.03）
铜 mg/L	0.25
锌 mg/L	未检出（<0.006）
镍 mg/L	未检出（<0.01）

该技术节能效果明显，吨水能耗 50kW·h，相对双效降低 75%，年节约运行费用 49.5 万元。

（三）投资费用

该项目总投资约 100 万元，其中设备投资 93 万元，基建投资 0 万元，其他投资 7 万元。主体设备寿命 10 年。

(四) 运行费用

该系统完全由电力驱动，不需要消耗水及蒸汽。年处理污水浓缩液 3300t，年运行费用 16.5 万元，吨水运行费用为 50 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院理化技术研究所

联系人：杨鲁伟

电话：01062627901

地址：北京市海淀区中关村东路 29 号理化技术研究所

邮编：100190

E-mail: Lwyang2002@mail.ipc.ac.cn

76 节能型工业高氨氮废水处理技术

适用范围

适用于处理石油、化工、冶金等行业产生的高氨氮废水。

基本原理

当溶液中 pH 值在 10.8~11.5 时，溶液中铵离子将转变成游离氨，此时废水中的氨通过蒸汽汽提的方法易于从液相进入气相，进入气相的氨与稀硫酸反应生成硫酸铵，生成的硫酸铵可作为催化剂制备过程中的原料回用，从而达到废水脱氨的目的。

工艺流程

1.将预处理后的氨氮废水与脱氨后的废水经过闪蒸的蒸汽通过文丘里喷射器直接加热后，加入碱液调节 pH 值后，送入脱氨塔汽提段的顶部，与脱氨塔汽提段底部来的蒸汽进行逆流接触，汽、液两相在塔内的填料层发生传质，废水中的游离氨气进入汽相。

2.脱氨后的废水进行闪蒸降温，闪蒸产生的蒸汽再进入文丘里喷射器和高氨氮废水混合加热预处理的高氨氮废水，实现脱氨前废水和脱氨后废水的热量交换。闪蒸后的脱氨废水温度降至 60℃ 左右排放。

3.脱氨塔顶部出来的含氨蒸汽经过蒸汽循环热泵增压后进入吸收塔进行氨气吸收。吸收塔同样为逆流设计，含氨蒸汽由塔下部进入塔内，循环吸收液经硫酸循环液泵由塔上部进入塔内。在吸收塔的填料层中汽、液相发生传质及酸碱中和反应，且反应为放热反应，所放出热量最终产生部分蒸汽，在脱氨过程中得到充分利用。

4.蒸汽中的氨被硫酸循环吸收液所吸收，重新变得洁净的蒸汽，以及硫酸和氨反应放热产生的蒸汽一道经过蒸汽喷射器，由公用工程来的补充蒸汽引射增压后，送入到汽提脱氨塔循环使用。

5.硫酸循环吸收液携带着中和反应产物硫酸铵进入塔底。

6.当循环液的 pH 值到达一定条件时，将吸收循环溶液送到分子筛制备单元，作为原料使用。

关键技术或设计特征

将汽提脱氨技术、节能热泵技术、真空闪蒸技术集成创新。

汽提脱氨后废水经过两次减压闪蒸技术，以进一步降低脱氨废水中的氨氮含量。

该项目采用的吸收塔，将汽提后携带有氨氮的蒸汽用稀硫酸吸收，吸收后形成的硫酸铵作为分子筛合成过程中的原料使用，而经过吸收后重新变得洁净的蒸汽通过热泵机组增压后作为汽提蒸汽循环使用，从而大大的降低了蒸汽消耗量，显著地降低了分子筛生产的成本。

典型规模

催化剂长岭分公司建成 75t/h 高氨氮废水处理工业装置；
催化剂齐鲁分公司建成了 40t/h 高氨氮废水处理工业装置。

推广情况

该项目技术已在中国石化催化剂长岭分公司和齐鲁分公司、中石油抚顺石化公司、青岛惠城石化科技有限公司推广应用。

典型案例

（一）项目概况

长岭分公司高浓度氨氮废水（4000~6000mg/L）处理能力 50t/h，污水来源于炼油催化剂装置，2008 年 5 月开始工艺包设计，2008 年 12 月完成工程设计，并于 2009 年 2 月整套装置开始建设。2010 年 5 月装置竣工并正式投产运行，各项指标均达到了设计要求，并稳定运行至今。

（二）技术指标

根据催化剂长岭分公司和齐鲁分公司出具的标定报告，项目装置运行平稳，氨氮含量由 2500~7500mg/L 降至 15mg/L 以下，达到国家一级排放要求（氨氮含量<15 mg/L）；蒸汽耗量≤50kg/t 废水，较传统技术节省三分之二；电耗≤4kW·h/t 废水，运行效果优于进口同类装置。

（三）投资费用

该项目总投资约 1830 万元，其中设备投资 850 万元，基建投资 628 万元，其他投资 352 万元，吨水投资费用为 24.4 万元。主体设备寿命 15 年。

（四）运行费用

根据 2010 年 5 月 13 日 9:00~2010 年 5 月 19 日 9:00 催化剂长岭分公司实际运行标定情况，以标定期间物料价格为基准，处理每吨高氨氮污水所需原材料成本 16.98 元、能耗成本 7.25 元、回收硫铵产生效益 7.96 元，即处理每吨高氨氮污水所需费用为 16.3 元。

联系方式

技术信息咨询单位：天华化工机械及自动化研究设计院有限公司

联系人：孙明业

电话：0931-7310688

地址：甘肃省兰州市西固区合水北路 3 号

邮编：730060

E-mail: jsc@cthkj.com.cn

77 利用余热资源化处理焦化脱硫废液技术

适用范围

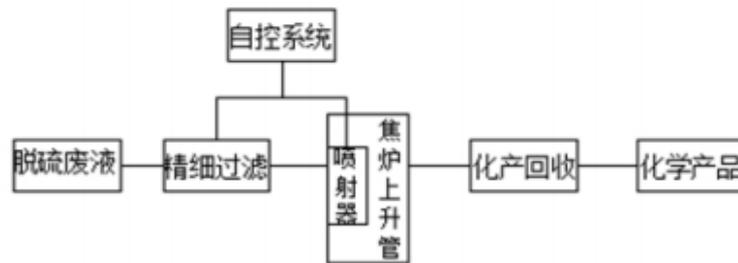
采用氨法湿式氧化脱硫工艺的焦化企业

基本原理

主要是基于脱硫废液中的主要污染物硫氰酸铵等铵盐的热稳定性较差，在 425℃ 前即可全部分解为 NH_3 、 H_2S 、 CO_2 和 N_2 等气体。而焦化企业荒煤气的温度高达 750℃ 左右，同时通过热量衡算表明，焦化企业在炼焦过程中产生的荒煤气从 750℃ 降至 500℃ 的热量足够热解企业产生的全部脱硫废液。因此，脱硫废液以雾状形式进入荒煤气后，在荒煤气的高温作用下即可全部分解，从而实现脱硫废液的资源化处理。

工艺流程

脱硫废液经精细过滤后，进入喷射器，经喷射器喷嘴雾化后的脱硫废液和上升管底部的高温荒煤气（750℃-900℃）接触后，在高温条件下，脱硫废液中的 NH_4SCN 等有害物质分解为 NH_3 、 H_2S 、 CO_2 和 N_2 等气体后随荒煤气一起进入随后的初冷和化产回收系统（焦化企业现有的系统），污染物 NH_4SCN 最终以 S 和 NH_3 等资源回收。其工艺技术方案如图所示。



工艺流程图

关键技术或设计特征

开发了内衬耐火砖高温（800℃~1000℃）打孔技术并研制高温打孔冷却液。

采用具有自清洗功能的过滤装置，使过滤后固体颗粒小于 50 μm 。

建立了喷射器中介质自动切换的自控系统，使脱硫废液的处理过程能够自动运行。

采用耐高温、高压和强腐蚀脱硫废液喷射器，强化脱硫废液热解能力。

开发了防滴漏、自清洗抗积炭的精细雾化喷雾技术，使雾化后雾粒到小于 100 μm ，并能在高温及强腐蚀性的环境下不产生滴漏现象。

典型规模

在屯留县华诚焦化有限公司建立的工业化运行装置，处理规模为 4000t/a 脱硫废液，并于 2014 年初实现成功运行，目前运行过程稳定，处理效果良好，达到了预期的所设计的效果。

推广情况

目前正在为山西省焦炭集团有限责任公司益兴焦化厂（规模为 100 万吨/年）建设 12000t/a 利用余热资源化处理脱硫废液技术示范工程。

典型案例

（一）项目概况

利用余热资源化处理焦化脱硫废液项目，设计日处理水量 11m³/d，污水来源于屯留县华诚焦化有限责任公司内脱硫工段产生的脱硫废液，2013 年 9 月开工建设，于 2014 年 1 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

1. 硫氰酸铵的分解率 $\geq 97\%$;
2. 系统全部自动化操作，设备连续运行；
3. 全系统封闭连续，处理过程中无废气、液、固体产物外排；

（三）投资费用

该项目总投资约 240 万元，其中设备投资 110 万元，基建投资 80 万元，其他投资 50 万元。项目的总投资随水量的增大而增大，吨水投资费用约为 60 元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2015 年 1 月实际运行情况，年处理污水 3800t，年运行费用约 8 万元（其中包括人工费 3.5 万、电费 1.5 万、蒸汽费 0.3 万和设备维护费 2.7 万），吨水运行费用为 20 元。

联系方式

技术信息咨询单位：太原天元能环科技有限公司

联系人：李国强

电话：15135155906

地址：太原市迎泽西大街 79 号

邮编：030024

E-mail: lgqiang2000@126.com

78 高含盐废水综合治理技术

适用范围

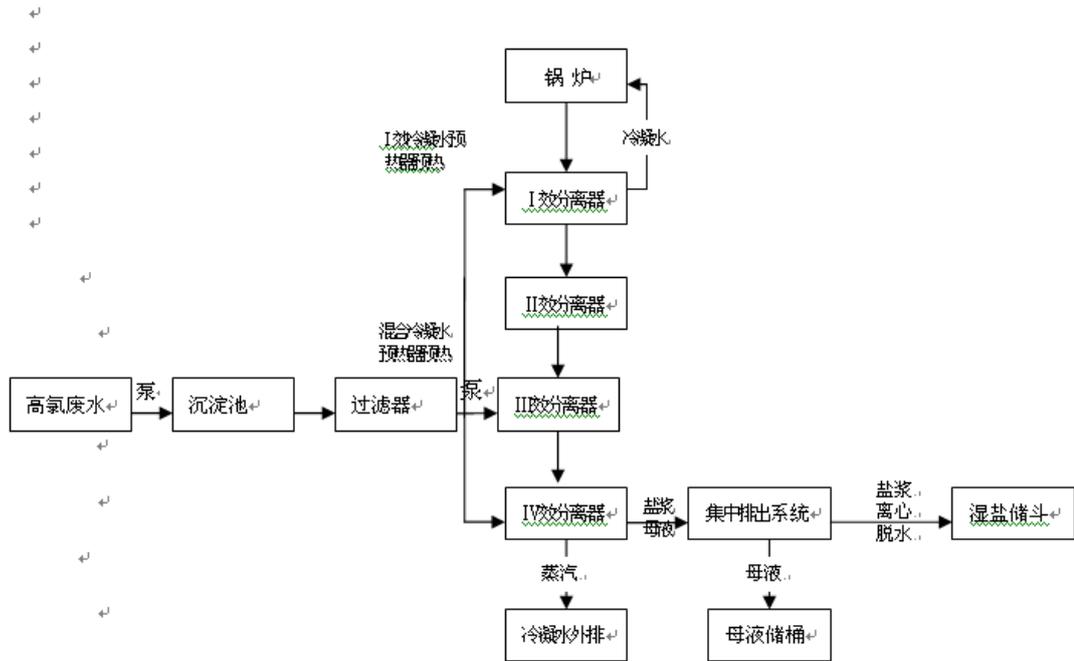
石油、天然气、石化、化工、农药等行业产生的高含盐废水的处理及废水浓缩。

基本原理

利用气液平衡和固液密度差分离原理，实现固形物和液相有效分离。

工艺流程

废水经预处理脱除 H₂S 等还原性物质，再经过三相流分离，通过气液分离使冷凝液中 Cl⁻ 含量降低，冷凝液处理后经吸附去除 COD_{Cr}，回收利用或达标外排；三相流分离冷凝液的同时，结晶析出氯化钠，通过固体收集器确保产出氯化钠达到精制工业盐优级标准，使废水得到综合治理，达标排放，并回收利用废水中的部分有用资源的目的。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用三相流分离技术。

稳定分离出水氯根技术，开发出新型带自动冲洗的气液分离装置，使冷凝液 Cl⁻ 含量 ≤ 10mg/L，达到国家污水综合排放标准（一级）和锅炉用水标准。

盐质洁净技术，开发出新型带浮选装置的固体收集器，增加淘洗功能，达到较高的排放固液比，保持固体排放通畅及浮选产品的纯度及质量要求。

典型规模

- 1、天然气废水处理能力 360m³/d 或 11.98 万 m³/a;
- 2、天然气废水处理能力 700m³/d 或 23.3 万 m³/a;

3、天然气废水处理能力 1150m³/d 或 38.3 万 m³/a。

推广情况

中石化川西气田水二期处理装置，设计处理能力 700m³/d，2014 年 9 月投产；中国石油安岳气田水处理装置，设计处理能力 375m³/d，2014 年 10 月投产；土库曼斯坦气田水处理装置，设计处理能力 1150m³/d，预计 2016 年初投产；中石化元坝气田水处理装置，设计处理能力 700m³/d，预计 2015 年底投产。

典型案例

（一）项目概况

中石化西南分公司川西采气厂天然气开采废水综合治理项目处理能力 360m³/d，2011 年 11 月开工建设，2012 年 5 月完成调试并建成投产，处理后的主要产物为水和盐产品。该项目于 2013 年 5 月获自贡市科技进步一等奖，申请专利 7 项（发明 2 项、实用新型 5 项），授权专利 6 项（发明 1 项、实用新型 5 项）。

（二）技术指标

主要污染物 NaCl、CaSO₄、MgSO₄ 的去除效率达到 90%，处理后水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，主要污染物年消减量 8500t，回收盐达到国家《工业盐》（GB/T5462-2003）优级标准，年回收氯化钠 8000t，年回收水量 8000t。

分离器 φ 2200mm，加热面积 F=120m²，加热室蒸汽压力 0.025~0.198 Mpa，温度 65~120℃。

（三）投资费用

该项目总投资约 2100 万元，其中设备投资 1150 万元，基建投资 640 万元，其他投资 310 万元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2012 年 7 月-2013 年 6 月实际运行情况，年处理废水 119880m³，年运行费用（直接费用）733.5 万元，吨水运行费用 61.19 元，与物理化学法相比每年运行费用节省 239.8 万元，吨水运行费用节省 20 元。

装置产出的冷凝水直接用于锅炉补充水，有效利用冷凝水的余热。生产装置锅炉平均补充水量为 1t/h，年操作时间 8000 小时，锅炉年回用冷凝水 8000t，年利用余热折合标煤 191.27t 标煤。

联系方式

技术信息咨询单位：自贡市轻工业设计研究院有限责任公司

联系人：李长政

电话：0813-8222840

地址：四川省自贡市五星街黄桷坪路 66 号

邮编：643000

E-mail: 1316355640@qq.com

79 同轴电絮凝水处理系统

适用范围

适用于有机化工、石油化工、印染、医药、农药等高浓度、毒性大、难生化降解的有机废水处理。

基本原理

采用电化学原理去除废水中的杂质，产生易去除的不溶解于水的氧化物和氢氧化物。在一般情况下，电场作用于电极上，产生离子或释放的电子在进入水体时产生氧化、还原、絮凝、气浮等物理化学反应，反应器本体在不同要求的用途下，配合高频电源还可以发生较强络合反应或螯合反应，使得一些难以去除的物质以络合胶体的形式沉淀出来。对于氯离子，可以跟羟基和其他物质形成卤化复合物絮体。同时，配合高频电源及敏化剂的使用，可以发生诱导催化氧化反应，使氧化、还原反应进行的更彻底。从而可使 COD_{Cr} 、氨氮等去除率可高达 90% 以上。

工艺流程

含砷废水电絮凝处理的工艺流程为：污水经过格栅去除粗大杂物后进入长廊道式调节沉砂池，调节池后部设集砂斗去除雨水冲刷带来的泥沙。在出水中投加碱液将 pH 调至 8~8.5，经预处理砂滤器去除碱反应产生的悬浮絮体。出水依次泵入四级电絮凝反应器（每级 12 个反应器）除砷。中间设砷浓度在线监测仪，如砷浓度达标可提前直接排放，反之则进入下一级继续处理。

单反应器处理水量：4.5m³/h

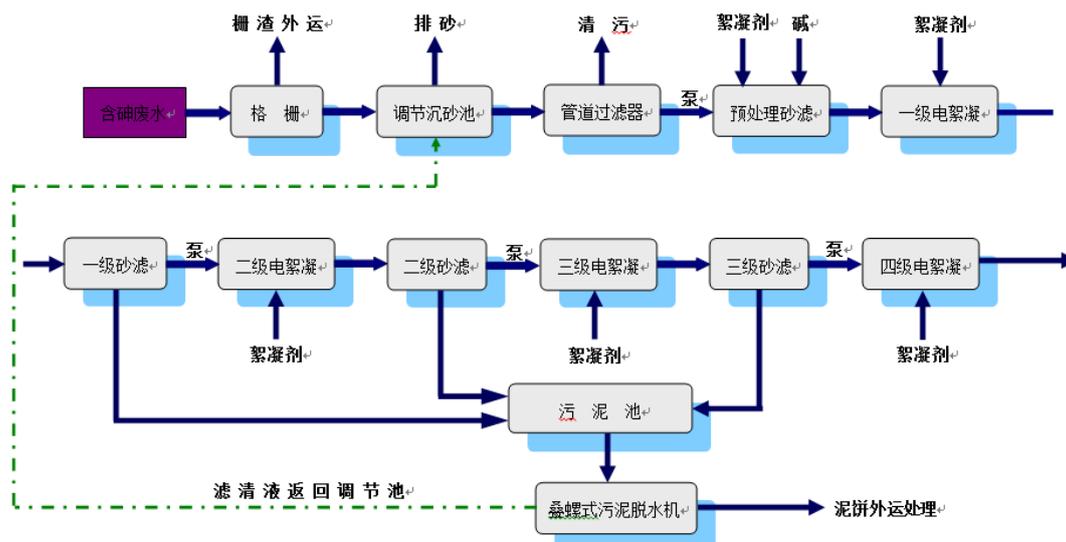
每级反应器砷去除率：≥90%

每级絮凝剂加药量：10~15mg/L

单个过滤器容：过滤面积 4.52m²，滤速 10m/h。

外形尺寸：φ 2.4×6.5m，碳钢防腐

栅渣和沉砂池泥沙采用人工定时清理，堆积自然干化。每一级过滤器分离出的污泥中含有大量的砷，经稠化脱水后送到指定地点集中处理，脱水液送入前段调节池。



工艺流程图

关键技术或设计特征

预处理段由调节池（1000m³）和澄清池组成。调节池内设有液位开关，控制电絮凝处理段的进水泵启停。

处理段由电絮凝装置和砂滤器组成，为四级反应器串联使用。第一级反应器出水悬浮物絮体含量较大，固液分离采用两台过滤器，后面三级反应器出水均采用一台过滤器。五台过滤器出水可直接排放，也可以根据要求串联排放。

整个系统操作均由计算机自动控制。

典型规模

公司承建的“阳宗海流域澄江锦业工贸有限公司含砷废水治理示范项目”，设计规模为 1000 m³/d，设计进水砷含量≤100mg/L，出水砷含量≤0.05mg/L，去除率达到 99%，水质稳定达到地表水Ⅲ类标准。

推广情况

已应用于个旧乘风有色金属股份有限公司、个旧双龙贵金属实业有限公司、个旧金鹰工贸有限公司、石药集团中国内蒙古中润制药厂污水处理等项目重金属废水处理的项目中。

典型案例

（一）项目概况

阳宗海流域澄江锦业工贸有限公司含砷废水治理项目设计日处理水量 1000m³/d，污水来源于厂内各水池现有砷超标废水、超标初期雨水以及超标泉涌水，2010 年 7 月开工建设，于 2010 年 12 月完成调试并建成投产。该项目于 2013 年 7 月 16 日获中国重点环境保护实用技术示范工程荣誉。

（二）技术指标

根据昆明市环境监测中心出具的验收报告，项目出水达到的《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水标准。

(三) 投资费用

该项目总投资约 3480.07 万元，建设总投资 1711.44 万元。

(四) 运行费用

根据 2010 年 12 月-2013 年 12 月实际运行情况，年处理废水 36.5 万吨，年运行费用 589.55 万元，吨水运行费用为 16.15 元。

联系方式

技术信息咨询单位：云南银发绿色环保产业股份有限公司

联系人：郭艳玲

电话：0871-68265258

地址：昆明市环城西路 386 号华海新境界商务大厦 B 座 9 楼

邮编：650034

E-mail: yinfa@ynyf.cn

80 稀土磁盘分离净化废水技术

适用范围

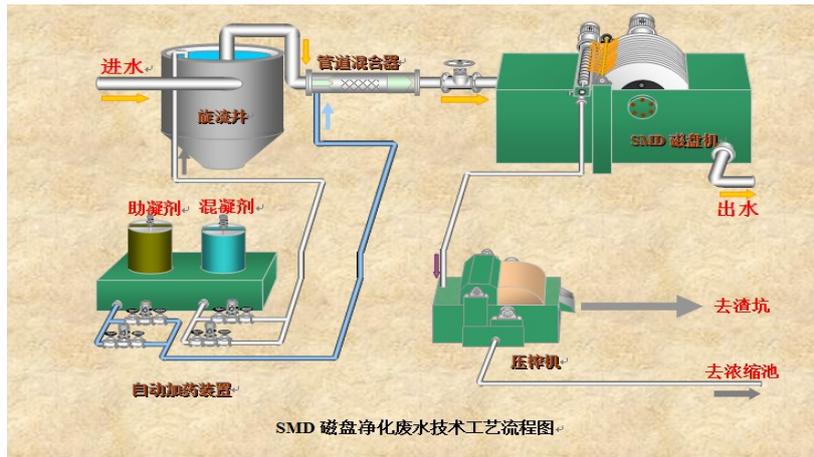
适用于轧钢、连铸浊环水净化，转炉污泥富集金属铁、铁矿尾矿洗选，金属研磨废液净化等。

基本原理

在冶金过程中产生的废水多含有铁磁性及顺磁性物质，利用稀土磁盘的高强磁场将废水中的磁性、弱磁性的悬浮物打捞分离出来，从而达到水质净化和磁性物回收的目的。

工艺流程

- 1.当流体流经磁盘之间的流道时，流体中所含的磁性悬浮絮团，受到强磁场力的作用，吸附在磁盘上，逐渐从流体中分离出来；
- 2.磁盘通过旋转让悬浮物脱去大部份水份，运转到刮渣条时，由刮渣轮刮入“螺旋输送机”，渣被输入渣池；
- 3.卸渣后磁盘重新转入流体，达到废水净化、悬浮物回收、循环水回用的目的。



工艺流程图

关键技术或设计特征

混絮凝技术：药剂复合后一次投加，使用单台投药机，投资省。

NdFeB 防腐蚀技术：对 NdFeB 材料磁环的防腐蚀、防氧化，实现了低成本、高效果的 NdFeB 防腐蚀、防氧化处理。

磁盘分离技术：利用稀土磁盘的高强磁场将废水中的磁性、弱磁性的悬浮物打捞分离出来。

推广情况

该技术已在首钢、柳钢、攀钢等大型钢铁企业应用。

典型案例

(一) 项目概况

重庆钢铁股份有限公司热轧厂设计日处理水量 18000m³/h，污水来源于热轧线浊环废水，2010 年 10 月开工建设，于 2011 年 4 月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

根据重钢（集团）设计院出具的检测报告，项目出水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）。以平均进水 SS 为 35mg/L 计，该污水厂每年消减 SS 排放 3700t。

(三) 投资费用

该项目总投资约 3000 万元，其中设备投资 2450 万元，基建投资 550 万元，吨水投资费用为 57 元。主体设备寿命 20 年。

(四) 运行费用

根据 2010 年 10 月-2011 年 11 月实际运行情况，年处理污水约 10000 万吨，年运行费用 470 万元，吨水运行费用为 0.047 元，其中吨水药剂投加费用为 0.027 元。

联系方式

技术信息咨询单位：四川环能德美科技股份有限公司

联系人：李永强

电话：15196683527

地址：成都市武侯区武兴一路 3 号

邮编：610045

E-mail: lyq@scimee.com

81 印染废水治理及污泥减量新技术

适用范围

染整行业印染废水的达标处理及污泥减量。

基本原理

该技术采用基于新材料的模块反应器工艺，先经基于 HY 剂的预处理反应器充分改变水中有机物结构，断链开环，提高 B/C 比；然后通过基于 CSE 剂的反器氧化降解去除水中残余色度、部分 COD_{Cr} 和磷，色度≤8，污泥量减量 85% 以上；再经 A/O 工艺，去除大部分 COD_{Cr}、氨氮和总氮；最后经基于高性能改性 PP 滤材的高密度生物膜反应器（HBF）高效脱氮，出水无需沉淀即稳定满足《太湖地区城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》纺织染整工业的标准要求。将经带式压滤机压滤后泥饼投入基于 CSE-G 剂的污泥循环再利用反应器中改质，被有机质包裹的无机铁泥成分活性提高，100% 循环再利用，少量有机泥车间焚烧。

工艺流程

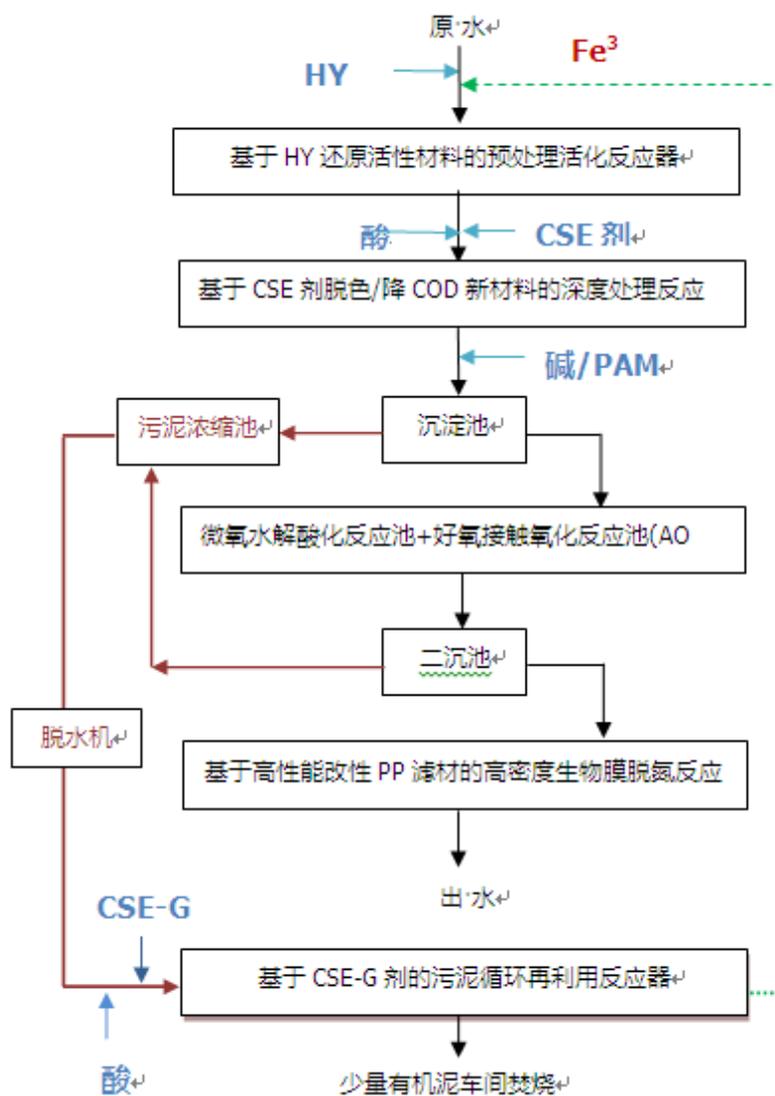
1. 印染废水泵入基于 HY 剂活性材料的预处理活化反应器中，在 HY 剂与回流的改质 Fe³⁺ 协同作用下搅拌反应 2h，充分改变废水中有机物结构，发生断链开环等预处理，提高 B/C 值；

2. 经步骤一处理出水进入基于 CSE 剂脱色/降 COD_{Cr} 新材料的深度处理反应器中发生高级氧化反应，在酸性条件下将水中残存的色度进行高效去除，解决原有工艺脱色污泥量大问题并去除部分 COD_{Cr} 和磷；系统出水经中和絮凝沉淀后进入 AO 生化系统进行生物处理，污泥直接排入污泥浓缩池；

3. AO 单元采用接触氧化工艺，主要去除废水中大部分 COD_{Cr}、氨氮、总氮等，再经沉淀，分离出的污泥进入污泥浓缩池，此时出水暂不能达标；

4. 上述出水利用基于高性能改性 PP 滤材的高密度生物膜脱氮反应器（HBF）进行高效处理，无需沉淀池其最终出水稳定满足《太湖地区城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》纺织染整工业 COD_{Cr}≤50mg/L、氨氮≤5mg/L、总氮≤15mg/L、总磷≤0.5mg/L 的标准要求。出水稳定达标，污泥减量 85% 以上。

5. 污泥回用即浓缩池中的污泥经带式压滤机压滤后泥饼投入基于 CSE-G 剂的脱色污泥循环再利用反应器中进行改质，基于氧化剂及 β-葡聚糖酶协同作用，被有机质包裹的无机铁泥成分活性提高，100% 满足系统循环再利用要求，其余的有机污泥（夹带少量的无机铁泥）直接运到车间锅炉焚烧。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 基于 HY 剂活性材料的预处理活化反应器技术
- 基于 CSE 剂脱色/降 COD_{Cr} 新材料的深度处理反应器技术
- 基于高性能改性 PP 滤材的高密度生物膜脱氮反应器（HBF）技术
- 基于 CSE-G 剂的污泥循环再利用反应器技术

典型规模

句容市工艺织造厂处理规模：1000m 织造厂。

推广情况

该技术涉及的各单元技术推广应用情况具体如下：

- 1、基于 HY 剂活性材料的预处理活化反应器主要应用于句容市织造厂、民达污水处理厂等多家单位；
- 2、基于 CSE 剂脱色/降 COD_{Cr} 新材料的深度处理反应器主要应用于上海吉田拉链有限公司、句容市织造厂等 5 家单位；

3、基于高性能改性 PP 滤材的高密度生物膜脱氮反应器 (HBF) 主要用于句容市工艺织造厂;

4、印染废水深度处理工艺智能化控制系统研制主要应用于上海吉田拉链有限公司、句容市工艺织造厂、民达污水处理厂等单位。

典型案例

(一) 项目概况

江苏艾特克环境工程设计研究院有限公司设计日处理量 1000 m³/d, 污水主要是印染废水, 2013 年 4 月开工建设, 于 2014 年 7 月完成调试并投入运行。

(二) 技术指标

出水达到《太湖地区城镇污水处理厂主要水污染物排放限值》(DB32/T1072-2007) 标准, 以平均进水 COD_{Cr} 为 500mg/L 计, 氮氧为 30mg/L 计, 总氮、总磷分别为 50mg/L、10mg/L 计, 每年以 300 天计, 可消减 COD_{Cr} 排放 135t, 氮氧排放 7.5t, 总氮、总磷分别为 12.5t、2.85t, 污泥 1020t (含水率 80%)。

(三) 投资费用

该项目总投资 200 万元, 其中设备一次总投资 120 万元, 基建投资 65 万元, 其他投资 15 万元, 吨水投资费用为 0.2 万元。主体设备寿命 10 年以上。

(四) 运行费用

根据 2013 年 8 月 11 日-2014 年 12 月 31 日运行情况, 年处理污水 30 万吨 (一年正常运行 300 天), 年运行费用 55.8 万元, 吨水运行费用为 1.86 元, 其中药剂费 1.18 元、电费 0.48 元、人工 0.15 元、其他费用 0.05 元。

联系方式

技术信息咨询单位: 江苏艾特克环境工程设计研究院有限公司

联系人: 王磊

电话: 18352601074

地址: 江苏省无锡市宜兴高塍镇宜高路 68 号

邮编: 214214

E-mail: wl1230521@126.com

82 油田工业废水重核-催化强化絮凝净水技术

适用范围

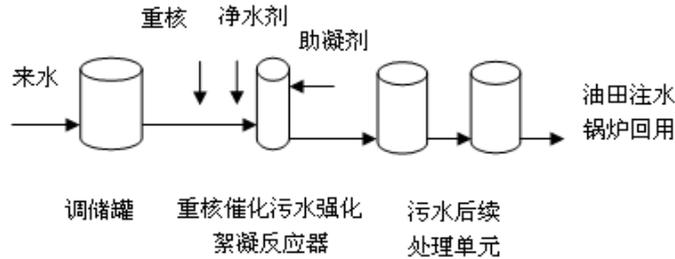
适用于油田生产过程中各个环节产生的污水处理和达标回用，也可用于污染物类型相近的其他工业行业。

基本原理

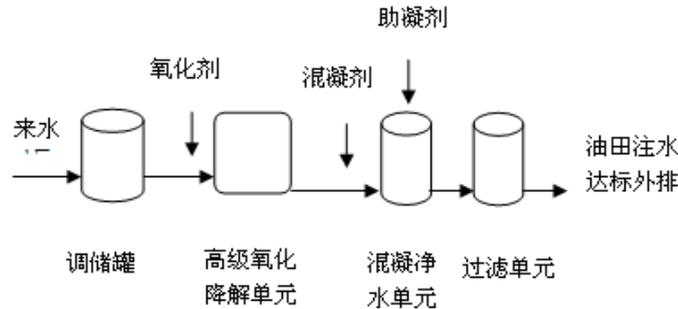
该技术主要以物理化学方法、结合污水反应器技术处理油田生产过程中采油废水，处理后污水根据使用目的分别可达到回注地层、锅炉回用等技术要求；反应吸附净水技术采用先进的氧化降解技术先将污水中难降解的污染物进行反应降解，再利用高效的净水药剂和污水反应工艺进行混凝净水作用，最终达到作业废水的水质净化目的，净化后污水主要用于油田注水和达标回用等；稠油污水除硅技术主要采用化学反应条件设计，结合除硅专用反应器达到降低稠油污水中二氧化硅含量的目的。

工艺流程

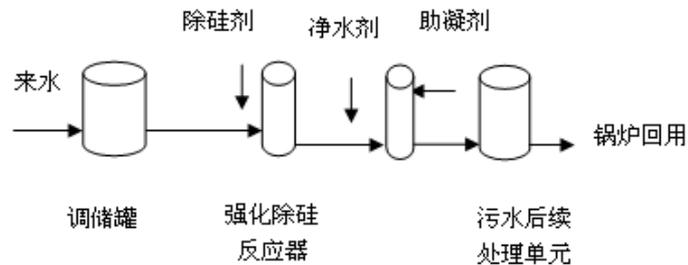
重核-催化强化絮凝净水技术的经典处理流程如下：



反应吸附净水技术的经典流程如下：



稠油污水除硅技术的经典流程如下：



关键技术或设计特征

重核-催化强化絮凝净水技术
稠油污水除硅技术
反应吸附技术

典型规模

该公司污水处理处理规模多样化，主要以业主处理要求和建设规模为主要依据，其中目前应用较多的规模主要为 1000m³/d、2000m³/d、5000m³/d、10000m³/d 等，处理效果均能达到设计要求。

推广情况

站点名称	处理规模 (m ³ /d)	合计 (m ³ /a)	用途
风城特 2 联污水处理站	30000	10950000	回用锅炉
SAGD 循环液污水处理站	3000	1095000	回用锅炉
风城稀油污水处理站	4000	1460000	回注油田
百口泉稀油污水处理站	6000	2190000	回注油田
百联站作业废水处理系统	1200	438000	达标外排
七中区含聚污水处理站	1500	547500	回注油田
石南联合站清、污水处理	4500	1642500	回注油田
陆梁污水处理站	12000	4380000	回注油田
石南 21 污水处理站	6000	2190000	回注油田
吉七压裂返排液	400	146000	达标外排
彩南污水处理站	10000	3650000	回注油田
滴 12 污水处理撬装	300	109500	回注油田
彩 8 污水处理撬装	200	73000	回注油田
塔里木轮一联污水处理站	6000	2190000	回注油田
吐哈油田作业废水处理撬装	500	182500	回注油田
哈国扎纳诺尔污水处理站	6000	2190000	回注油田
哈国 KAM 污水处理站	4000	1460000	回注油田
哈国肯迪亚克污水处理站	3000	1095000	回注油田
总计 (m ³ /a)		35989000	

典型案例

（一）项目概况

陆梁油田是新疆油田公司 2001 年重点开发建设的一个主力油区，油区原污水处理系统处理规模为 5000m³/d，由于管网和设备的腐蚀结垢趋势严重，处理后的污水水质波动较大，不能持续满足注水标准，于 2012 年底通过对陆九污水处理系统改扩建方案。改扩建后的陆梁作业区陆九污水处理系统日处理水量 10000m³/d，污水来源为陆梁作业区陆九采油区块及陆 12 拉油点等原油分离出的含油污水。2012 年 3 月开工建设，于 2013 年 9 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据新疆油田公司出具的水质检验报告，项目出水达到《新疆油田公司陆梁作业区注水指标》标准要求。出水中含油、悬浮物均低于 5mg/L，TGB、SRB、FB 均低于 25 个/mL，腐蚀率低于 0.05mm/a，其他注水辅助指标均达到指标要求。经过该工艺处理后的油田生产废水可完全替代清水作为油田注水使用。

（三）投资费用

该项目总投资约 7292 万元，其中设备投资 6000 万元，基建投资 1200 万元，其他投资 90 万元。主体设备寿命 14 年。

（四）运行费用

根据 2013 年 9 月-2014 年 9 月实际运行情况，年处理污水 438 万吨，年运行费用 220 万元，吨水运行费用为 0.60 元；利用本工艺投加适量助沉剂（重核）、净水剂和助凝剂实现含油污水水质净化，投加助沉剂 438t、净水剂 438t、助凝剂 900t（药剂均为液体工业品）。年运行费用将增加 500 万元，吨水运行费用增加 1.14 元。

联系方式

技术信息咨询单位：新疆科力新技术发展有限公司

联系人：宋小青

电话：13999519990

地址：克拉玛依市友谊路 138 号

邮编：834000

E-mail: 522398762@qq.com

83 蒸发、结晶法废水处理与资源化利用技术

适用范围

含盐废水或有机工业废水

基本原理

利用蒸发、结晶的基本原理将水溶液中的无机物、有机物浓缩、分离、提纯。蒸发原理：不同物质的混合溶液因沸点差异，在加热过程中低沸点组分以气态形式溢出，溢出后被冷凝成液态达到浓缩或分离提纯的目的。为了提高能量的利用效率，将首次蒸出的二次蒸汽作为下一台蒸发设备的热源而派生出多效蒸发和热力蒸汽再压缩（TVR）蒸发技术，将二次蒸汽以机械压缩的方式循环利用派生出了机械蒸汽再压缩（MVR）蒸发技术。结晶原理：根据物质在水溶液中不同温度下存在不同溶解度的基本事实，通过蒸发除水或冷却降温的方式使水溶液产生过饱和度，在过饱和度的驱动下晶核产生并生长最终达到设计要求的晶体排除系统。在含盐废水或有机废水处理过程中，将蒸发、结晶及MVR技术集成应用，以实现废水综合处理和废物资源化利用的效果。

工艺流程

工艺流程主要分为四段，第一段为物料预处理：按照原料的性质采用物理方法或化学方法对原料进行预处理，主要有还原、混凝、沉淀、压滤等方法；第二段为蒸发浓缩：应用板式或管式蒸发设备和闪蒸、多效、TVR、MVR蒸发技术对原料进行浓缩或液相分离；第三段为结晶：运用不同结晶设备和结晶技术将浓缩至饱和点附近的母液进行结晶，分离出盐类；第四段为干燥和包装：将结晶出的盐进行干燥包装作为产品出售。整个过程实现了将有毒有害物质转化、分离、循环回用，水循环回用，固体盐资源化利用。实现废水零排放和资源化利用最终目的。

关键技术或设计特征

多效、TVR、MVR蒸发技术及板式蒸发设备。采用专利技术板式结构蒸发器和冷凝器，总传热系数在 $3000\text{w}/(\text{m}^2\text{K})$ 以上，有效节约贵重金属消耗，同时占地面积小。根据不同物料采用三效至五效（TVR）工艺、MVR多体工艺，有效的减少蒸汽消耗甚至达到主蒸发设备零蒸汽消耗，经济性好。

结晶技术及设备。根据不同物料采用FC结晶器、olso结晶器、DTB结晶器、强制循环带自动淘洗装置结晶器等设备实现高效、晶体粒度可调可控。

MVR板式蒸发、结晶耦合技术，配套先进自控系统，实现高效、节能和低人员配置。将MVR技术优点和板式蒸发设备优点和结晶技术优点应用于废水零排放和废物资源化利用项目中，实现治污过程中单纯投资到获得利润汇报的过程。

典型规模

黄石振华化学有限公司铬盐废水处理副产元明粉项目，年处理含六价铬废水36万吨，副产优质元明粉10万吨。设备为三体MVR板式蒸发olso结晶设备，设备占地（长×宽×高） $12\text{m}\times 12\text{m}\times 24\text{m}$ 。

推广情况

该技术共涉及项目 14 项，推广应用行业涉及无机盐废水处理三项（黄石振华化学有限公司），农药废水处理六项（江苏利民化工股份有限公司三项、黄石驰顺化工有限公司、河北威远生物化工股份有限公司、山东科源化工有限公司各一项），造纸黑液处理一项（中国宣纸集团），化纤废水处理一项（温县神龙化纤有限公司），生物发酵废水一项（安琪酵母有限公司），冶金废水一项（河南钨都钼科技有限公司），小麦废液处理一项（北京麦克（伊朗）科技发展有限公司）。

典型案例

（一）项目概况

该项目用于处理生产重铬酸钠产生的废水，废水中主要成分为硫酸钠，另外含 0.2%左右六价铬、1%左右钙离子和镁离子。项目处理废水能力为 15.3 万 t/a（年开工 11 个月）。于 2012 年 10 月完成安装调试并投产，连续运行至今。2013 年 9 月依据该项目技术申请的“元明粉生产系统”获实用新型专利授权，2014 年 5 月依据该项目技术申请的“元明粉生产系统及生产方法”获发明专利授权。

（二）技术指标

该项目废水中主要污染物为六价铬，可产生致癌作用，同时含有钙、镁离子。该技术可以实现 100%六价铬还原和铬回收的同时副产元明粉，元明粉质量达到《工业无水硫酸钠》（GB/T 6009-2003）I 级要求。废水中以六价铬含量平均 0.2%计，每年减少六价铬排放 300 多吨，副产元明粉 4.75 万吨。废水处理回收有毒物质六价铬，回收元明粉产品，蒸发水作为工艺水二次回用，与三效蒸发加单效结晶工艺相比，吨废水处理成本减少 65.6 元，每年节水 11 万吨。

（三）投资费用

总投资 1410 万元，其中土建投资 60 万元，前处理设备投资 90 万元，缓冲罐区投资 120 万元，蒸发结晶设备 520 万元，压缩机 400 万元，干燥设备 40 万元、自动包装设备 20 万元，电器和控制系统 60 万元，公用工程 100 万元。

（四）运行费用

该项目每年处理废水约 15.3 万吨，年运行费用 474.8 万元，其中蒸汽费 92 万元，电费 378 万元，水费 4.8 万元。吨水运行费用为 31.03 元，其中蒸汽费 6.01 元，电费 24.71 元，水费 0.31 元。副产元明粉约 4.75 万吨，按厂家提供元明粉价格 500 元/吨计，回收元明粉价值为 2375 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司

联系人：宋金虎

电话：0931-7639815

地址：甘肃省兰州市安宁区蓝科路 8 号

邮编：730070

E-mail: songjinhu@lanpec.com

84 化工尾水膜法处理回用工艺

适用范围

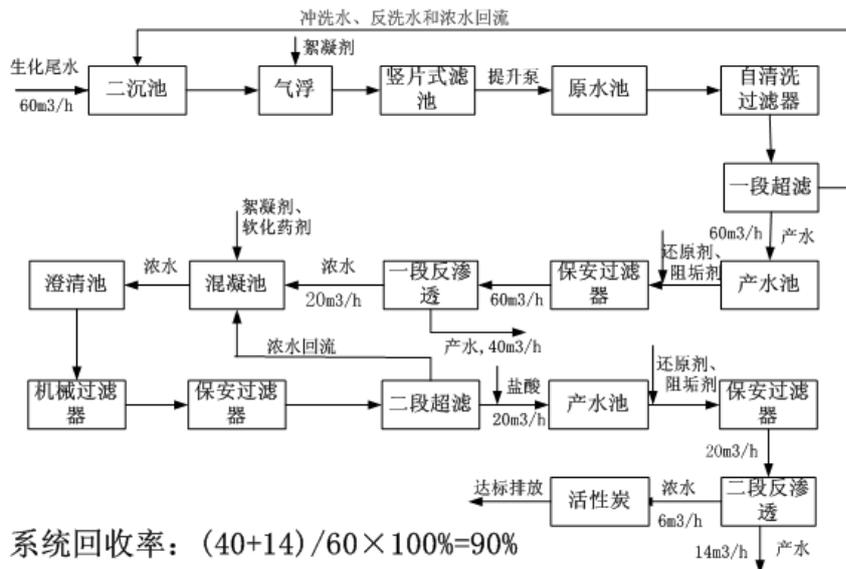
应用于化工行业经二级处理后的尾水。

基本原理

废水进行深度处理后，通过“超滤膜+反渗透膜”优良的分离性能，实现对悬浮物、细菌、离子等的截留，使回收水水质能广泛应用于冷却循环水、锅炉用水等生产用水。

工艺流程

原水由气浮设备加絮凝剂处理后，经竖片式滤池及自清洗过滤器进一步去除废水中较小的颗粒悬浮物，随后废水进入一段超滤。一段超滤产水依次通过增压泵和保安过滤器进入一段反渗透，脱盐率不低于 98%。一段反渗透浓水加药软化降低硬度后，经沉淀池沉淀，上清液依次通过机械过滤器，自清洗过滤器后进入二段超滤。二段超滤产水经保安过滤器送至二段反渗透，脱盐率不低于 98%。一、二段反渗透产水均达到回用要求。二段反渗透浓水经活性炭吸附处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》三级排放标准。



系统回收率： $(40+14)/60 \times 100\% = 90\%$

工艺流程图

关键技术或设计特征

超滤膜为“整体非对称性聚偏氟乙烯（PVDF）中空纤维超滤膜”，反渗透膜为复合膜。

运行的同时投加阻垢剂，防止硫酸盐、碳酸盐、二氧化硅等在反渗透膜上结垢；投加还原剂降低原水中的氧化物含量，保护反渗透膜元件。

超滤装置浓水、冲洗水的系统内回流，保证超滤装置废水回收率超过 99%，减少了废水的排放量。

建立 PLC 自动控制系统、在线自动加药系统、设备自动反洗系统等，提高设备的自动控制水平。

典型规模

典型规模为数千吨/天，并可根据实际情况调整模块规模。

推广情况

目前已成功应用于连云港三吉利化学工业有限公司生化尾水中水回用项目。

典型案例

（一）项目概况

该项目设计处理水量 60 m³/h，以连云港三吉利化学有限公司污水厂生化尾水为处理对象，污水悬浮物、有机物含量较高。2012 年 1 月开工建设，于 2012 年 6 月完成调试并建成运行。该项目废水总回收率达 90% 以上，创造了国内化工领域中水回用高回收率的记录。

（二）技术指标

该项目出水达到《污水再生利用工程设计规范》（GB/T50335-2002）标准要求。中水回用系统总回收率 $\geq 90\%$ ，超滤系统出水淤泥密度指数（SDI） < 3 ，浊度 $< 0.2\text{NTU}$ ，反渗透膜脱盐率 $\geq 98\%$ ，出水浊度 $< 0.1\text{NTU}$ ，COD $\approx 0\text{mg/L}$ ，硬度 $\approx 0\text{mg/L}$ 。以平均进水 COD 90mg/L 计，该项目年节约水量达 473040t，年消减 COD 排放 47t，作为冷却循环水的补充水，降低了生产成本。

（三）投资费用

该项目总投资约 246 万元，主体设备投资 205 万元，其中预处理+超滤设备费用 94.55 万元，反渗透设备费用 71.47 万元，电气仪表及辅材费用 38.98 万元。主体设备投资成本约 1580 元/（t·d）。

（四）运行费用

根据 2012 年 6 月至今的实际运行情况，年处理污水约 52 万吨，年运行费用约 100 万元，吨水运行费用 1.9 元（主要含阻垢剂、絮凝剂、软化药剂、还原剂、清洗剂、电耗等）。

联系方式

技术信息咨询单位：南京九思高科技有限公司

联系人：丁晓斌

电话：025-58133155

地址：江苏省南京市浦口经济开发区凤凰路 8 号

邮编：211800

E-mail: dingxiaobin@jiusi.com

85 含盐有机废水造粒焚烧技术

适用范围

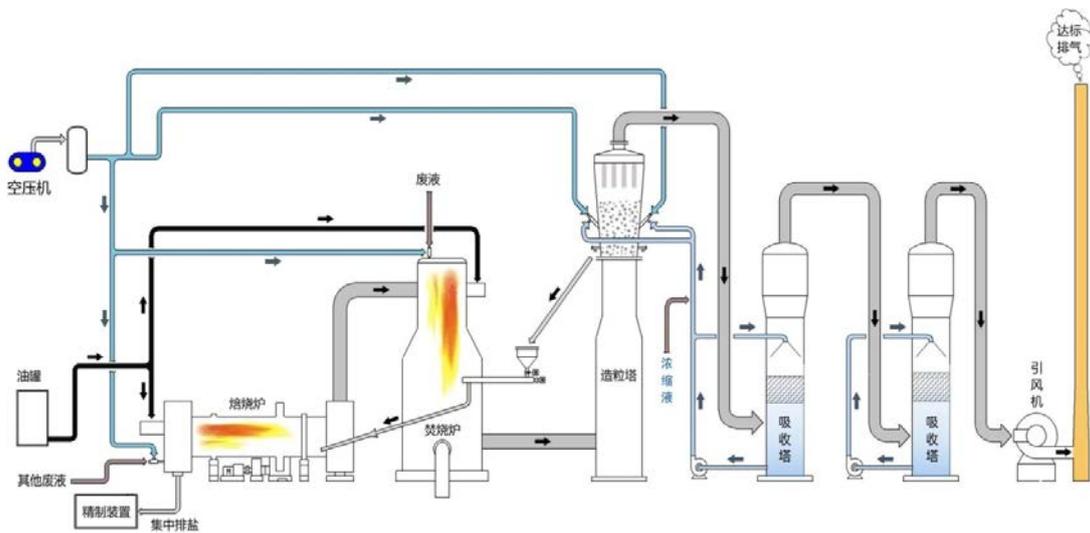
适用于农药、染料、医药等精细化工行业的高含盐、高毒性、高色度等难生化降解有机废水。

基本原理

将含盐有机废水通过流化造粒干燥、固体污盐焙烧、焙烧烟气二次焚烧、废水预热与尾气净化等单元技术组合，实现了处理过程热量利用的最大化，废弃物焚烧减量化。利用流化床的良好混合和蓄积热容量大的特性，实现了焚烧烟气有效急冷，抑制二恶英的再合成。

工艺流程

采用煤和废液为加热介质，将在流化造粒塔中生成的含有机物的混合污盐加入回转焙烧炉内焙烧，在高温下污盐中的有机物气化热解，焙烧后的无机盐外送，焙烧产生的烟气经焚烧炉二次焚烧，将烟气中有机物完全氧化成 CO_2 、 H_2O 、 HCl 、 SO_2 。焚烧产生的高温烟气作废水造粒干燥热源将含盐废水中的水分在造粒塔中汽化，有机物和无机盐在晶种盐上涂布成粒长大，污盐粒排至焙烧炉中处理，造粒尾气经旋风分离器除去大部分盐尘后进洗涤塔洗涤，旋风分离器收集的盐粉返回造粒塔作晶种，洗涤水在循环洗涤造粒尾气的同时被预热，并被不断地送至造粒塔处理。洗涤塔排出的尾气进水洗塔，除去所夹带的液沫后，通过烟囱排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过集成流化造粒干燥过程使焚烧处理量减少为进料量的 30%左右。

利用焚烧产生的高温烟气作为废水造粒干燥热源以及造粒尾气热量经洗涤塔被吸收，充分实现系统余热自身利用，降低燃料消耗。

利用流化床的喷雾流化急冷过程实现焚烧烟气在 0.5s 内温度由 600 °C 降至 150 °C 以下，有效抑制二噁英的合成。

整个工艺过程废水和烟气呈逆向流动，洗涤吸收液定期转入造粒干燥，系统无废水外排，粉尘回收后作为造粒晶种，无飞灰产生。

典型规模

该技术现已形成 36t/d、72t/d、108t/d 三个不同规格的标准化、系列化技术产品，其中 72t/d 规格目前应用较多。

推广情况

先后向国内农药、染料、医药等精细化工企业进行推广应用 20 余家，已形成 2.6 万吨/年的处理能力，累计处理高含盐有机废水 50 万吨。

典型案例

（一）项目概况

潍坊绿霸化工股份有限公司含盐有机废水造粒焚烧项目设计处理能力 72t/d（含 NaCl~22%、NACN~3%、有机物~5%、其余为水），废水主要来源于公司主打产品 42% 百草枯生产工艺，2009 年 4 月引进沈阳化工研究院设计工程有限公司专利技术并开工建设，于 2009 年 12 月完成调试并投入运行。该项目于 2012 年 6 月获得中国石油和化学工业联合会科技进步二等奖。

（二）技术指标

该项目严格按照《危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范》（HJ/T176）要求进行设计和运行，根据中国环境监测总站出具的验收报告，项目排放尾气达到《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）中各项指标要求。经中科院大连化物所检测，焚烧尾气中二噁英浓度均低于 0.1 ngTEQ/Nm³，达到欧盟标准；烧残盐中 CN-1 未检出，TOC 小于 50 ppm。以平均进水 COD 为 40000 mg/L 计，该项目每年消减 COD 1600t，与用直接雾化焚烧技术相比利用本工艺每年可节省燃料 1920t（按 10000 kcal/kg 重油计），减少 CO₂ 排放 5575t，节能效果明显。

（三）投资费用

该项目总投资约 980 万元，其中设备投资 620 万元，基建投资 180 万元，其他投资 180 万元，吨水投资为 453 元。主体设备寿命 15 年。

（四）运行费用

根据 2011 年 3 月~2012 年 3 月实际运行情况，年处理高含盐有机废水 20000t，年运行费用 520 万元，吨水运行费用 260 元；由于该技术后期采用公司吡啶生产中排出的废液代替煤和重油作为辅助燃料，运行费用除了长明火外只有人工和电力消耗，吨水运行费用降至 36 元。

联系方式

技术信息咨询单位：沈阳化工研究院设计工程有限公司

联系人：王洪发

电话: 024-85869273
地址: 沈阳市铁西区沈辽东路 8 号
邮编: 110021
E-mail: Wanghongfa@sinochem.com

86 化学氧化-曝气生物滤池联合废水处理技术

适用范围

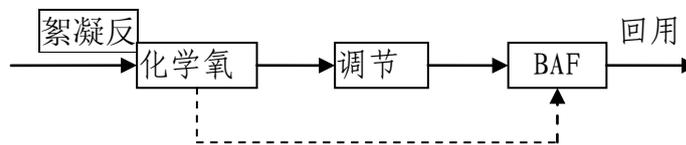
印染、制药、港口洗舱、电镀、线路板等行业的废水深度处理

基本原理

“化学氧化-曝气生物滤池联合废水深度处理技术”主要分为两部分：Fenton 氧化联合曝气生物滤池和臭氧氧化联合曝气生物滤池技术。其主要原理为针对难生物降解有机废水，利用化学氧化将废水中的难降解的大分子有机物利用强化剂氧化分解为可生化性良好的小分子有机物，提高废水的可生化性，然后利用曝气生物滤池进行高效生化处理，使废水得到深度处理并实现回用。

工艺流程

工艺流程：化学氧化—调节池—曝气生物滤池—出水回用。



工艺流程图

关键技术或设计特征

利用通过化学预氧化破坏废水中不可降解有机物的结构，改善其可生化性，通过中间池的调节将化学氧化残余的双氧水和臭氧完全释放，不影响后续 BAF 的高效运行，实现难降解有机物的降解。

典型规模

广东溢达纺织有限公司 5000t/d 印染废水回用工程采用臭氧-曝气生物滤池联合技术进行深度处理；互太纺织印染有限公司 40000t/d 的印染废水深度处理工程采用一体式臭氧-曝气生物滤池进行深度处理。

推广情况

据不完全统计已在国内 50 余家单位得到了推广应用，涉及以下领域：纺织印染（广东溢达）、港口仓储（东莞百安石化）、皮革（佛山永利皮革）、烟草（广东中烟）、日用化工（武汉拜尔斯道夫）、石油化工（辽宁宝来盘锦北方）、煤化工（神华集团）、电镀（东莞富港电子）、制药（珠海联邦制药）、造纸（江门中烟摩迪）等 10 种行业废水及垃圾渗滤液（杭州天子岭）的深度处理与回用领域。

典型案例

（一）项目概况

广东溢达纺织印染有限公司污水处理厂设计日处理水量 5000m³/d，污水来自公司溢达纺织工业园区的印染废水，2011 年 8 月开工建设，于 2012 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据佛山市环保局出具的验收报告，项目出水达到《纺织染整工业污染物排放标准》（GB4287-2012）直接排放标准和中水回用标准要求。以平均进水 COD 为 120mg/L，SS 为 100mg/L 计，该污水厂每年消减有机物排放量 146t，减少 SS 排放量 165t，大大改善受纳水体色度。该技术相对于双膜法技术有明显的优势，无需膜的日常维护与定期更换，处理成本 0.4~0.6 元/m³，按自来水 2.5 元/m³ 计算，如全部实现中水回用，每年可节省自来水成本 450 多万元。

（三）投资费用

该项目总投资约 500 万元，其中设备投资 200 万元，基建投资 250 万元，其他投资 50 万元，吨水投资费用为 1000 元，主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 180 万吨，年运行费用 90 万元，吨水运行费用为 0.50 元。

联系方式

技术信息咨询单位：华南理工大学

联系人：汪晓军

电话：13802767806

地址：广东省（自治区）广州市天河区（县）五山街（路）381 号

邮编：510640

E-mail: cexjwang@scut.edu.cn

87 高浓度难降解工业废水高效厌氧颗粒污泥反应器技术

适用范围

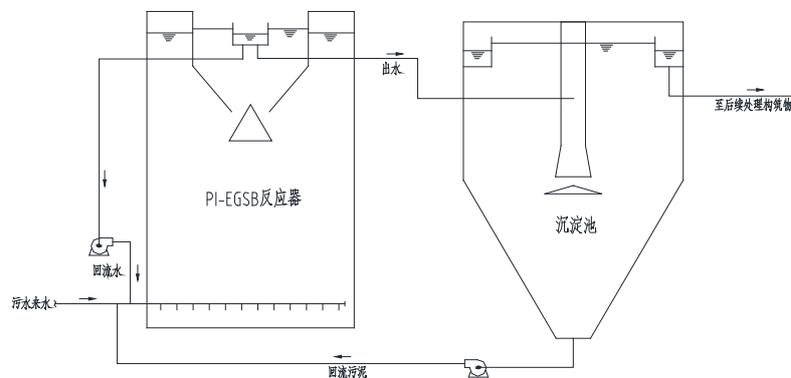
适用于 COD_{Cr} 浓度高、成分复杂、难生化降解的废水。

基本原理

该技术通过对回流出水的位置进行改进，对池体的流体力学优化，对三相分离器的独特设计以及采用新型控制方式获得了比传统的 EGSB 工艺更好的处理效果。

工艺流程

经过预处理的废水与来自膨胀颗粒污泥床反应器（PI-EGSB 反应器）的回流水及后面沉淀池的回流污泥混合后进入 PI-EGSB 反应器底部，反应器底部设置布水装置将水均匀布置在整个反应器内。在反应器内有机物被充分降解，反应器顶部设置特制的三相分离器将水、污泥和产生的沼气分离，出水进入沉淀池，经过沉淀池将出水中含有的污泥与悬浮物沉淀后，出水流到下一级污水处理构筑物继续进行处理。三相分离器分离的污泥重新沉降至反应器内，沼气经收集后作为能源利用。



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过建立 3D 模型进行了流体力学方面的模拟试验研究，着重确定出几种不同的具有良好的分离性能的三相分离器形式及回流方式，以达到废水可以和污泥及沼气得以高效分离的目的。

典型规模

模块化设计，可以根据水量自由组合，适用于各种水量规模。

推广情况

该技术在重庆华峰化工生产废水治理工程中成功应用。

典型案例

（一）项目概况

重庆华峰化工生产废水治理工程设计日处理水量 3960m³/d，污水来源于该化工厂的 KA 装置废水、AA 装置废水及生活污水（生活污水的量很少）。2011 年 3 月开工建设，于 2012 年 6 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

项目出水达到国家《污水综合排放标准》（GB8978—1996）三级标准要求。KA 装置废水：COD_{Cr}<3000 mg/L，含环己烷、环己醇、环己酮及微量的苯。AA 装置废水：COD_{Cr}<6000 mg/L，含碳六以下的一元酸、二元酸，硝酸含量小于 1.68%（质量分数）。利用本工艺可实现对碳源污染物的去除（COD_{Cr}≦500mg/L，BOD₅≦300mg/L），COD_{Cr}年削减量为 5180t/a。

（三）投资费用

该项目总投资约 2000 万元，其中设备投资 810 万元，基建投资 1190 万元，吨水投资费用为 5050 元。

（四）运行费用

根据自投运以来的实际运行情况，年处理污水 144.54 万吨，年运行费用 302.1 万元，吨水运行费用 2.09 元。

联系方式

技术信息咨询单位：博天环境集团股份有限公司

联系人：曾华湘

电话：13910736081

地址：北京市海淀区中关村南大街甲 18 号北京国际大厦 B 座五层

E-mail: huaxiang.zeng@poten.cn

88 高浓度竹制品废水达标处理与资源化利用技术

适用范围

高浓度竹制品废水处理

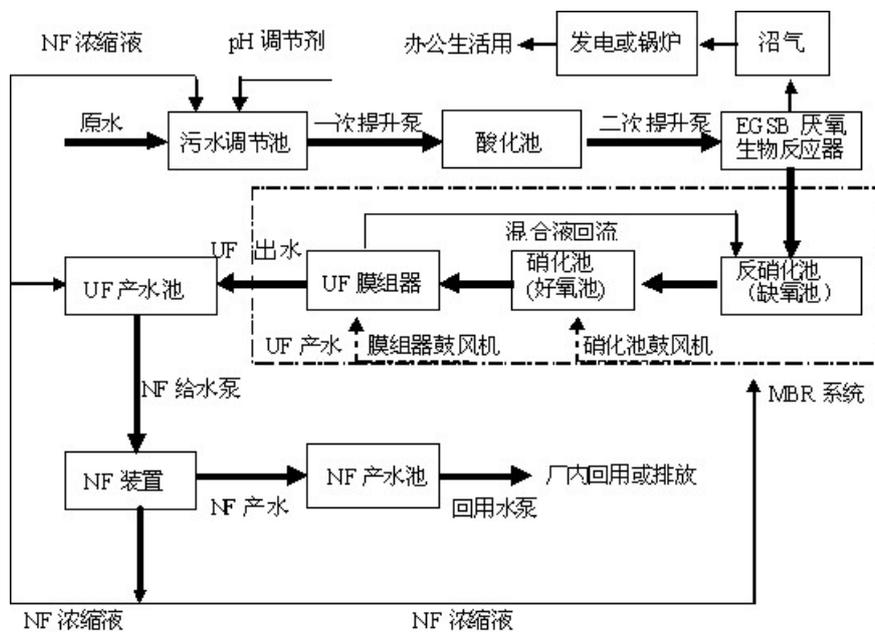
基本原理

该工艺采用颗粒污泥膨胀床反应器（EGSB）作为厌氧生物处理段工艺，将原水中难降解 COD_{Cr} 转化为易降解 COD_{Cr} ，为后续高效生物处理打下基础；该工艺采用膜生物反应器（MBR）作为好氧处理段工艺，其流程短、占地省，而且还可以保证稳定和良的出水质量，超滤膜产水无悬浮物和菌体，整个污水处理系统抗冲击负荷能力更强，剩余污泥产量大幅降低；同时，针对 MBR 出水，选择纳滤膜（NF）去除废水中残留的难生物降解的溶解性中低分子量有机物以及阴阳离子等，以确保废水完全达标排放。

工艺流程

工艺流程为：污水调节池—酸化池—颗粒污泥膨胀床反应器（EGSB）—反硝化池—硝化池—UF 膜组件—UF 产水池—NF 装置—NF 产水池—出水。

采用组合式污水处理工艺，由 EGSB-MBR-NF 顺序排列组成。原水进入厌氧 EGSB 反应器，出水进行除碳和硝化反硝化处理，然后混合液流入 MBR 反应器进行好氧处理；处理后的出水进入纳滤膜组件进行深度处理，以去除残留的难生物降解的溶解性中低分子量有机物以及阴阳离子等，最终的出水达标排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

该工艺采用 EGSB 作为厌氧生物处理段工艺，将原水中难降解 COD_{Cr} 转化为易降解 COD_{Cr}，为后续高效生物处理打下基础。

该工艺采用 MBR 工艺作为好氧处理段工艺，其流程短、占地省，出水水质稳定且水质良好。

该工艺采用 NF 进行深度处理，超滤膜产水无悬浮物和菌体，整个污水处理系统抗冲击负荷能力更强，剩余污泥产量大幅降低，污泥处理处置成本较低，处理成本适中。

典型规模

安吉逢春污水处理有限公司废水处理站设计日处理水量 300m³/d。

典型案例

（一）项目概况

安吉逢春污水处理有限公司废水处理站设计日处理水量 300m³/d，污水来源于浙江省安吉县竹制品工业废水，2010 年 7 月开工建设，于 2011 年 4 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据安吉县环境保护监测站出具的监测报告，处理出水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准要求；以平均进水 COD_{Cr} 为 20000-50000 mg/L 计，该废水处理站每年可消减 COD_{Cr} 排放量 2179t，每年可产生约 9.2×10⁵m³ 沼气供综合利用，可节约标煤 641t/a（1m³ 沼气折合 0.7kg 标准煤计），每年减少二氧化硫排放 3.85t。

（三）投资费用

本项目总投资约 1600 万元，其中设备投资 800 万元，基建投资 700 万元，其他投资 100 万元，吨水投资费用为 5.3 万元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2011 年 6 月-2014 年 6 月实际运行情况，年处理污水 90000t，年运行费用 720 万元，吨水运行费用为 80 元。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江大学

联系人：吴东雷

电话：13805739113

地址：杭州市余杭塘路 388 号浙江大学环境与资源学院

邮编：310058

E-mail: wudl@zju.edu.cn

89 煤化工废水深度处理及回用集成技术

适用范围

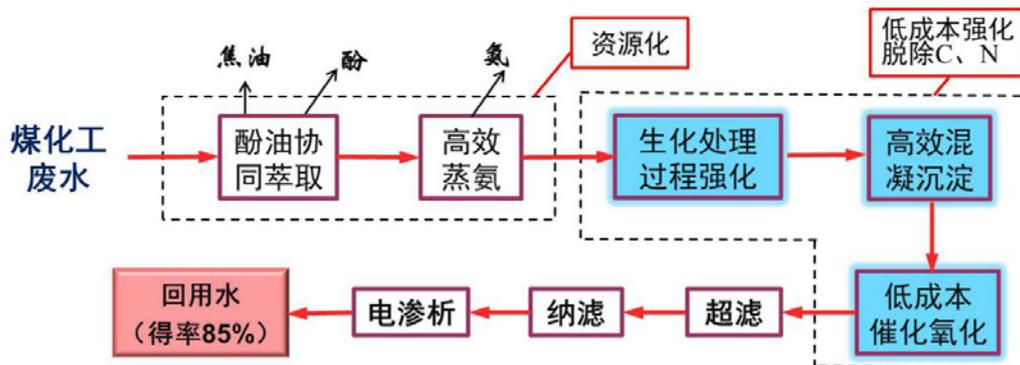
煤焦化废水、煤气化废水、钢铁工业园综合废水处理

基本原理

该技术通过酚/油萃取回收焦油和粗酚，高效蒸氨回收浓氨水通过生化处理去除大部分有机物，再通过混凝沉淀去除总氮和部分有机物，再通过臭氧氧化进一步去除水体中有机物，实现废水达标排放的目标；还可根据实际需要，通过超滤、纳滤、电渗析等过程脱盐，实现废水回用目的。

工艺流程

工艺流程为：1 煤化工废水首先进入酚油协同萃取槽，回收可利用的焦油和粗酚产品；2 萃取出水进入蒸氨塔，回收浓氨水回用；3 蒸氨废水进入生化处理系统，去除废水中大部分有机物和总氮总磷；4 生化出水进入混凝沉淀系统，脱除废水中绝大部分总氮，色度，悬浮物，并部分去除 COD_{Cr}；5 混凝出水进入臭氧氧化塔和曝气生物滤池，进一步去除废水中的 COD_{Cr} 和微量有毒污染物，实现废水达标排放目标；6 臭氧出水再经过超滤、纳滤、电渗析等脱盐单元，实现废水回用目的。



工艺流程图

关键技术或设计特征

开发酚油协同萃取剂，可同步萃取焦油、单元酚和多元酚，萃取效率高。

采用自主研发的有机无机复配絮凝剂，对极性有机物和氰化物去除效率高，并同步去除色度和悬浮物。

采用自主研发的非均相催化剂，催化分解臭氧效率高，产生自由基深度矿化有机物能力强。

典型规模

该技术处理规模灵活多变，可根据现场需求，进行除 COD_{Cr}、总氮的深度处理后达标排放，也可以进一步脱盐后水回用，处理能力可为 1-2000 m³/h 不等。

推广情况

目前相关技术已应用于钢铁/焦化行业 10 套水处理工程，包括鞍钢集团下属焦化厂处理工程 3 套，园区综合废水处理工程 1 套，沈煤集团集团处理工程 1 套，武钢集团处理工程 1 套等，处理规模 100-1000 m³/h。

典型案例

（一）项目概况

鞍钢集团焦化厂三期水深度处理工程改造，主要是絮凝加臭氧氧化工段。设计能力 200 m³/h，污水来源为焦化废水的生化处理出水，2010 年 9 月开工，于 2011 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

原有工艺为生化处理加絮凝，出水中 COD_{Cr} 和总氰均超标，有毒污染物苯并吡等也超标。采用该技术改造后，絮凝可去除 90% 的色度，总氰去除率超过 90%，COD_{Cr} 去除率 > 50%，再经臭氧氧化处理后，进一步去除废水中有机物，出水中总氰浓度 < 0.2 mg/L，COD_{Cr} < 50 mg/L；满足辽宁省污水综合排放一级标准（DB 211627-2008），高于国家污水排放一级标准（GB8978-1996），臭氧氧化催化剂可稳定使用 3 年以上。

（三）投资费用

该项目总投资约 1200 万元，设备投资 800 万元，吨水投资费用为 4 万/吨元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

该系统需消耗电能、工业氧气和循环冷却水，年处理污水 144 万吨，年运行费用 576 万元，吨水运行费用为 4 元（含絮凝+臭氧氧化）。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院过程工程研究所

联系人：曹宏斌

电话：01082544844

地址：北京市中关村北二条一号过程大厦

邮编：100190

E-mail: hbcao@ipe.ac.cn

90 高氨氮废液氨精馏回收技术

适用范围

煤焦化、煤气化、有色冶金、稀土、电池等行业废水

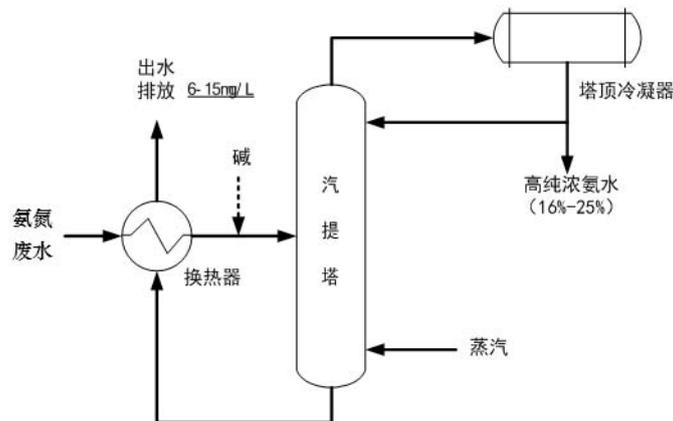
基本原理

基于氨与水分子相对挥发度的差异，通过氨-水的气液平衡、金属-氨的络合-解络合反应平衡、金属氢氧化物的沉淀溶解平衡的热力学计算，在汽提精馏脱氨塔内通过数十次气液平衡将氨氮以分子氨的形式从水中分离，然后以氨水或液氨的形式从塔顶排出，并被冷凝器冷却到常温成为高纯氨水进行回收；在塔底得到较纯净的处理出水。

工艺流程

工艺流程为：

1 废水首先与碱（碱源选择包括 NaOH、石灰等，根据不同的工艺要求而不同）反应，调节 pH 同时脱除水中大部分重金属离子，或氟离子、硫酸根离子等；2 物理分离颗粒物后再向废水中添加阻垢分散剂，预热后进入精馏塔；3 在强化解络合药剂的作用下进行热解络合-分子精馏；4 脱氨后的水与原水换热后继续利用微孔过滤设备回收解络合的重金属氢氧化物；5 净化水达标排放或继续回收盐；6 塔顶冷凝液得到 16% 以上的高纯浓氨水可回用或直接销售。



工艺流程图

关键技术或设计特征

重金属与氨氮的络合与热解络合-分子精馏技术，实现废水中重金属与氨氮的分离与深度去除；

高性能专用塔内件设计技术实现塔内件的节能、抗垢、高通量和高弹性负荷等要求；

高温高碱的钙盐阻垢分散技术，将清塔周期由 2 周延长到 6 个月，保证设备长期稳定运行；

氨氮废水热解络合-分子精馏处理的过程动态控制技术，保障了氨氮废水处理设施的稳定、可靠、全自动运行。

典型规模

该技术处理规模适应能力强，可根据现场需求，处理能力可为 $1\text{m}^3/\text{h}$ — $200\text{m}^3/\text{h}$ 不等。

推广情况

目前相关技术已应用于冶金、有色、稀土、电池等行业约 30 套水处理工程，处理规模 $50\text{-}1500\text{m}^3/\text{d}$ 。

典型案例

（一）项目概况

衢州华友钴新材料有限公司含重金属高氨氮废水资源化处理工程，设计能力为一期工程 650 t/d 、二期工程 1500 t/d ，废水来源于钴冶炼及钴新材料生产，一期工程与二期工程分别于 2014 年 7 月、2015 年 7 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

处理前废水的氨氮浓度为 5000mg/L ，处理出水氨氮浓度优于《中华人民共和国污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，稳定低于 10 mg/L 。项目具有显著环境和社会效益，该工程每年减排氨氮 3200 吨以上，回收浓氨水 24000 吨。企业通过氨氮减排及氨水资源回收利用节约排污及原料费用 1500 万元以上。

（三）投资费用

该项目总投资约 2500 万元，其中设备投资 1958 万元，吨水投资费用为 1.2 万元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

本工程年处理废水量约 65 万吨，年运行费用 1394 万元/年，吨水直接运行费用为 21 元，计算氨水回收效益后收支基本达到平衡。

主要运行费用包括：蒸汽费用：845 万元/年，电费：390 万元/年，人工：24 万元/年，设备折旧：90 万元/年，维修管理费用：45 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院过程工程研究所

联系人：曹宏斌

电话：010-82544844

地址：北京市中关村北二条一号过程大厦

邮编：100190

E-mail: hbcao@ipe.ac.cn

91 化纤（腈纶）含氮，氮-二甲基乙酰胺废水有毒有机物减排技术

适用范围

化纤（腈纶）含 DMAC（氮，氮-二甲基乙酰胺）废水处理。

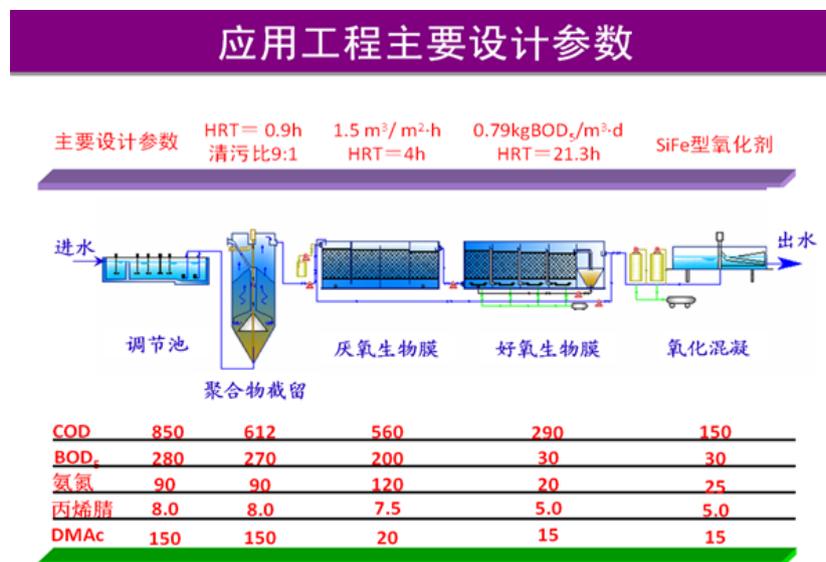
基本原理

本工艺由有机高分子聚合物截留、A/O 生物膜和氧化混凝处理单元组成：有机高分子聚合物截留单元采用自动反冲洗连续砂滤去除废水中的悬浮颗粒物，减少颗粒物对后续生物处理单元的影响；然后利用投加改性生物填料的 A/O 生物膜处理单元实现废水中的 DMAC 和丙烯腈的有效去除；最后采用氧化混凝技术实现废水中难降解有机物的有效去除。

工艺流程

工艺流程为：

- 1、废水通过连续砂滤进行有机高分子聚合物截留处理，降低废水悬浮颗粒物含量。
- 2、废水进入投加改性生物填料的 A/O 生物膜处理单元进行处理，实现废水中的 DMAC 和丙烯腈的有效去除。
- 3、生物处理出水进行氧化混凝处理，实现废水中难降解有机物的有效去除，最终出水达标排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用自动反冲洗连续砂滤去除废水中的悬浮颗粒物（有机高分子聚合物），减少其对后续生物处理单元的影响，改善生物单元出水水质。

采用改性生物填料提高生物处理单元处理能力，实现废水中的 DMAC 和丙烯腈的有效去除。

综合利用氧化和混凝作用实现废水中难降解有机物的去除。

典型规模

根据实际需求，处理规模可达 1000m³/h。

推广情况

该工艺已成功应用于松花江流域大型化纤企业吉林奇峰化纤股份有限公司废水处理改造工程（设计规模 400m³/h）。

典型案例

（一）项目概况

吉林奇峰化纤股份有限公司废水处理改造工程，设计日处理水量 400m³/h，废水来源于 DMAC 一步湿法腈纶生产工艺，2011 年 4 月开工建设，于 2012 年 4 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据吉林市环境监测站出具的验收报告，项目出水达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）二级标准要求。废水 DMAC、丙烯腈等有毒物质去除率 90% 以上，每年可在原有基础上减排 COD_{Cr} 392 吨、DMAC 38 吨、丙烯腈 5 吨。

（三）投资费用

该项目总投资 4231.27 万元，吨水投资费用为 4408 元。

（四）运行费用

根据 2012 年 4 月-2012 年 7 月实际运行情况，年处理污水 320 万吨，年运行费用 981.62 万元，吨水运行费用为 3.07 元。

主要运行费用包括药剂等费用 561.07 万元、动力费用 360.00 万元、工资及福利 45.00 万元、修理费 9.55 万元、其他费用 6.00 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院

联系人：周岳溪

电话：010-84915311

地址：北京市朝阳区安外大羊坊 8 号

邮编：100012

E-mail: zhouyuexi@263.net

92 微絮凝-接触过滤难降解石化废水回用技术

适用范围

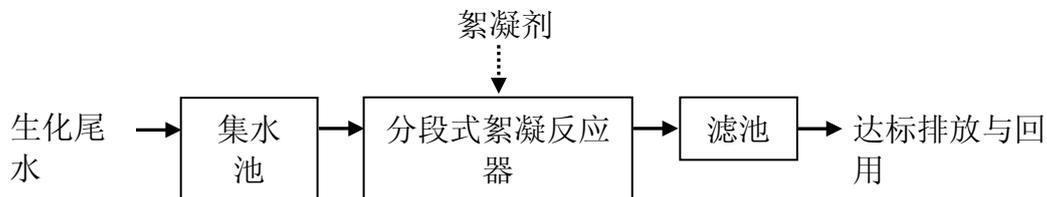
适用于难降解石化废水的资源化回用深度处理，可以实现难降解石化高有机物浓度化纤废水的低成本资源化回用处理。

基本原理

针对难降解石化废水二级生化处理尾水 COD_{Cr} 、TP、SS 达不到一级 A 排放标准或循环冷却水补水的水质要求的，通过加入少量的絮凝剂-聚硅酸铝铁与聚合氯化铝，在分段式絮凝反应器内通过优化不同阶段的搅拌强度和时间的，使污水中的胶体经脱稳后短时间内形成微小絮凝体；然后立即进入滤池，污水自下而上通过滤层，先经过粗滤料，后经过细滤料，提高了滤层的截污能力，在过滤过程中絮体吸附于滤料表面，絮凝反应与过滤可在滤池内同步进行。该技术深度处理化纤废水二级生化出水，污染物去除率高、运行稳定、投药量少、反应时间短、滤池结构与滤料级配合理、清洗效果好，出水可直接达标排放或回用。

工艺流程

工艺流程为：在过滤前不设沉淀工序，生化尾水首先进入分段式絮凝反应器，短时间内胶体脱稳形成微小絮体；然后立即进入滤池，絮凝反应与过滤可在滤池内同步进行；经过微絮凝-接触过滤后去除 COD_{Cr} 、TP 与 SS，实现废水回用的目的。



工艺流程图

关键技术或设计特征

在过滤前无需设置沉淀工序，通过加入少量的絮凝剂，分段式絮凝反应器的速度梯度按混凝动力学规律连续变化，污水中的胶体经脱稳后短时间内（5-10 分钟）形成微小絮凝体；然后立即进入滤池，污水自下而上通过滤层，先后经过不同粒径的滤料，絮凝反应与过滤可在滤池内同步进行。该技术流程简单、运行稳定、投药量少、反应时间短、滤池结构与滤料级配合理，出水可直接达标排放或回用。

新建深度处理回用单元，将原二沉池排水汇集至集水池，经过絮凝-接触过滤深度处理后，出水水质从示范工程实施前的 COD_{Cr} 60 mg/L、SS 50 mg/L、TN 20 mg/L 与 TP 1.5 mg/L 分别降至 COD_{Cr} 30 mg/L、SS 10 mg/L、TN 10 mg/L 与 TP 0.5 mg/L 以下，满足中石油初级再生水回用指标的要求。

典型规模

适用于石化废水二级生化尾水的深度处理，处理水量可为 2000~50000 m³/d 不等。

推广情况

应用于辽阳石化化纤废水深度处理与回用工程。处理规模为 24000 m³/d，其中回用规模为 10000 m³/d，

典型案例

（一）项目概况

该技术应用于辽阳石化化纤废水深度处理与回用工程。原化纤综合污水二级生化处理装置，主要处理芳烃、PTA、聚酯厂的生产废水和辽化生活区部分生活污水。示范工程新建深度处理回用单元，将原二级生化排水汇集至集水池，经过絮凝-接触过滤深度处理后，出水可以满足排放要求与回用标准。处理规模为 24000 m³/d，其中回用规模为 10000 m³/d，2011 年 8 月开工，2011 年 4 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

辽阳石化化纤废水深度处理与回用工程实施前，出水水质指标达不到一级 A 排放标准或循环冷却水补水的水质要求。经过絮凝-接触过滤深度处理后，出水水质分别降至 COD_{Cr}30 mg/L、SS 10 mg/L 与 TP 0.5 mg/L，满足辽宁省污水综合排放一级标准（DB 211627-2008）与中石油初级再生水回用水质要求。该工程年减排 COD_{Cr}350 吨。

（三）投资费用

该项目总投资约 4500 万元，吨水投资费用为 1900 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

该系统需消耗电能、药剂与滤料，根据 2012 年 4 月至 2013 年 4 月的实际运行情况，年处理污水 840 万吨，年运行费用 336 万元，吨水运行费用为 0.4 元。

联系方式

技术信息咨询单位：大连理工大学

联系人：徐晓晨

电话：15141189998

地址：大连市凌工路 2 号

邮编：116024

E-mail: xxcep@dlut.edu.cn

93 生物定向转化采油污水难降解组分处理技术

适用范围

适用于油田采油污水处理。

基本原理

针对采油污水中石油类及各种有机高分子聚合物等难降解组分（尤其是稠油污水中的胶质、沥青质等石油类成分），基于有机物的厌氧、好氧和兼性菌对稠油污水的不同作用，自主研发了适合辽河油田采油污水的复合型微生物菌剂，实现了采油污水难降解组分在厌氧生物反应器中的定向转化，为后续的物化分离工艺提供技术支持。

工艺流程

采油污水生物降解与转化工艺，主要由两段组成，一是厌氧段，二是兼性及好氧段；厌氧段通过厌氧菌对其中的有机物进行调整和转化，兼性及好氧段既起到降解作用，同时也能将大分子有机物转化成脂肪酸类。

关键技术或设计特征

自主研发了适合辽河油田采油污水的复合型微生物菌剂，该菌剂可利用微生物间的协同作用和共代谢作用，促进污水中污染物的降解和转化，可显著提高降解产物中脂肪酸等物质的比例，对污染物的降解具有调控功能；同时该菌剂具有降解石油和产生生物表面活性剂的双重功能，与单独使用石油降解菌的处理效率比较，处理效率可提高 20% 左右，对于石化难降解稠油废水处理具有很好的适用性和应用前景。

典型规模

该系统能够达到 300t/d 的日处理量。

推广情况

在辽河油田曙光工业园区具有日处理能力为 300t/d 的处理系统。

典型案例

（一）项目概况

辽河油田采油污水处理示范工程，设计日处理水量 300t，污水来源于稠油污水二级处理出水，2011 年 5 月开工建设，于 2012 年 6 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据辽河油田环境监测站对运行期间送检样品的监测报告，项目出水中 COD_{Cr} 、石油类等污染物达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）。

进出水检测结果

指标	进水	出水
pH	7.5	7.0
化学需氧量 (mg/L)	338	35
氨氮 (mg/L)	16.6	2.5
石油类 (mg/L)	14.5	0.30
悬浮物 (mg/L)	56	14

(三) 投资费用

该项目总投资 140 万元，设备投资 80 万元，基建部分投资 50 万元，其它 10 万元，主体设备寿命 5 年以上。

(四) 运行费用

根据 2012 年 6 月 2012 年 12 月实际运行情况，年处理污水 11 万吨，年运行费用 33 万元，吨水运行费用为 3 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院沈阳应用生态研究所

联系人：郭书海

电话：024-83970449

地址：沈阳市沈河区文化路 72 号

邮编：110016

E-mail: shuhaiguo@iae.ac.cn

94 缺氧/好氧耦合生物载体与多参数联合调控强化脱氮关键技术

适用范围

适用于合成氨、氮肥企业等无机高氮废水处理。

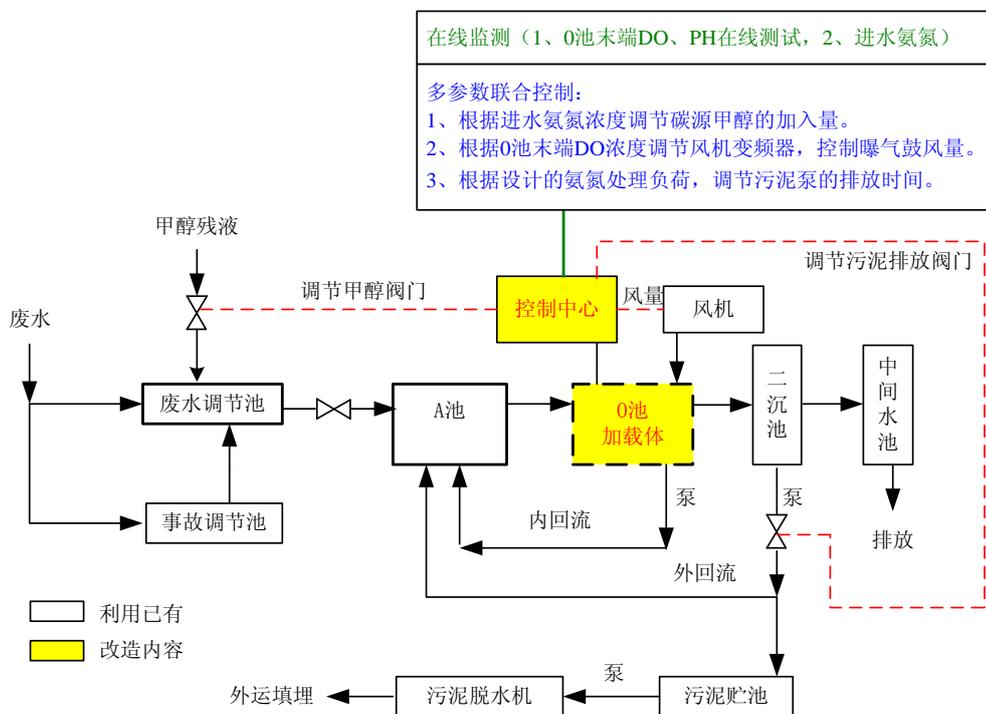
基本原理

在缺氧/好氧污水处理工艺的基础上，在好氧反应池（O池）内投加球形悬浮载体，可实现增大生物量，丰富种群结构，优化细菌结构，提高耐冲击能力，强化脱氮效果。同时增加脱氮过程多参数联合调控装置，根据进水水质变化，实时调节碳源加入量、曝气量、污泥排放三项关键影响因子，实现脱氮工艺条件的优化。

工艺流程

工艺流程为：废水进入废水调节池，由于原水的 COD_{Cr}/NH_3-N 比值（简称 C/N 比）较低，在调节池设置碳源添加设施，其中碳源可采用粗甲醇或甲醇精馏残液。调节 C/N 比后的废水经提升泵提升至 A 池，废水在 A 池内反硝化，将部分硝态氮还原化成氮气；A 池出水自流到 O 池，O 池内设鼓风曝气与球形悬浮填料，去除大部分有机污染物，并将水中氨氮转化成硝态氮。O 池出水混合液回流到 A 池进行反硝化。O 池出水进入二沉池进行固液分离后，出水可达标排放。

同时污水处理装置增加多参数调控装置，根据进水水质、O 池中的 pH 和溶解氧等调节风量与碳源加入量，并增设双回流实现强化脱氮。在运行参数优化基础上，实现氨氮、总氮的深度脱除，处理后出水稳定达标。



工艺流程图

关键技术或设计特征

该技术在 O 池内投加悬浮载体，载体随水流在池体自由运动，生物膜在填料内外表面生长，可增加系统污泥量和延长污泥停留时间，同时配备脱氮过程多参数联合调控系统，由设计好编程的控制中心（PLC）自动控制完成，可根据进水水质变化，调节曝气量、碳源加入量、排泥量，实现脱氮工艺条件的优化。技术参数如下：

进水氨氮容积负荷为 0.12-0.14KgNH₃-N/（m³.d）

进水 C/N 比：4/1

O 池：DO 浓度为 1.5-2.5 mg/L

填料：球形悬浮填料 Φ10cm

填料投加比：8-10%

典型规模

该系统处理规模可达 4000t/d，吨水运行处理成本 2 元。

推广情况

在中平能化集团飞行化工有限公司建设了 4000 t/d 的污水处理装置。

典型案例

（一）项目概况

中平能化集团飞行化工有限公司污水来源合成氨、尿素及联碱生产过程中的工业污水，污水处理装置规模 4000 t/d，2011 年已建成投运，采用 A/O 处理工艺，2012 年采用该技术对污水处理装置进行了改造，2012 年 4 月开工建设，于 2012 年 8 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据平顶山环境监测中心站出具的验收报告，项目出水低于河南省地方标准 DB41/538-2008《合成氨工业水污染物排放标准》要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 130mg/L，TN 为 90mg/L 计，出水 COD_{Cr} 为 40mg/L，TN 为 20mg/L 计，该污水处理设施每年削减 COD_{Cr} 排放 108t，减少总氮排放 84t。

监测结果统计一览表

监测点位	流 量 (m ³ /h)	COD _{Cr} (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)
进口平均	159.7	129.7	80.5	90.5
出口平均	159.7	38.6	3.2	9.0

（三）投资费用

该项目在原有 4000m³/d 污水处理装置上改造（基建部分由甲方 2011 年建成，投资 1000 万元），改造设备投资 200 万元，折合吨水投资费用为 3000 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2012 年 8 月至 2012 年 12 月实际运行情况，与改造前常规 A/O 处理技术相比，可提高装置 20% 的容积负荷，降低 30% 的曝气量，降低 33% 的碳源投加量，降低 50% 的污泥产生量，降低综合运行成本 20%，吨水处理费用由 2.5 元降至 2 元。

联系方式

技术信息咨询单位：河南省化工研究所有限责任公司

联系人：王晓毅

电话：0371-67445706

地址：河南省郑州市建设东路 37 号

邮编：450052

E-mail: wangxiaoyi68@126.com

95 制浆造纸废水复合仿酶深度处理技术

适用范围

该技术可广泛应用于各种原料、各种制浆方式、生产各种纸品产生的制浆造纸废水经过二级生化处理后的废水的深度处理。

基本原理

该技术是根据废水中主要有机污染物的分子结构特点及性质，采用模拟过氧化氢酶技术，在特定的反应条件下，首选通过仿酶催化条件下的自由基传递转移、选择性部分氧化等过程使废水中以木质素衍生物为主的有机污染物分子的羧基等负电性基团增加，然后与金属离子进行络合、混凝等多种反应过程，反应生成的络合物分子量大幅增加，其水溶性大幅降低，可以通过沉淀分离方式分离出来，从而达到废水中污染物去除的目的。

工艺流程

工艺流程为“二沉池出水—磁化混合反应器—催化反应池—一级沉淀池—二级反应池—二级沉淀池”。具体如下：

- 1.首先将二沉池出水由泵提升至磁化混合反应器，并在反应器中加入条件促成药剂；
- 2.磁化混合反应器出水进入催化反应池，实现加入药剂与废水中污染物的催化反应；
- 3.催化反应池出水进入一级沉淀池，实现废水中不溶性沉淀物与废水的分离；
- 4.一级沉淀池出水进入二级反应池，通过加入药剂，实现废水的中和和进一步净化；
- 5.二级反应池出水进入二级沉淀池，进行泥水分离，出水回用或达标排放。

关键技术或设计特征

废水复合仿酶催化反应技术，通过对反应条件的精确控制，达到在较低药剂消耗情况下，废水中溶解性污染物向不溶态的转化，再通过固液分离实现水质净化。

废水磁化技术，利用废水中水分子和极性有机污染物分子的顺磁性原理，通过特定的立体结构磁场磁化，改变水分子与污染物分子的包裹状态，提高污染物分子与药剂分子的碰撞机会，达到节省药剂的目的。

典型规模

该技术适用于各种规模制浆造纸废水的深度处理。

推广情况

该技术已在国内山东、江苏、河南、湖北、江西、四川、河北、天津等十一省市的二十余家大型制浆造纸企业废水深度处理工程中推广应用，用户包括山东晨鸣纸业、玖龙纸业、山东博汇纸业等国内制浆造纸行业龙头企业，采用

该技术实施的制浆造纸废水深度处理工程总处理规模超过 70 万 m³/d。

典型案例

（一）项目概况

山东晨鸣纸业废水深度处理回用工程设计处理水量 30000m³/d，该工程处理废水主要包括杨木化机浆废水、白卡纸白水等，该工程自 2007 年 6 月开工建设，2007 年 12 月完成调试并投产运行。

（二）技术指标

该工程自投产以来，运行效果稳定，在系统进水 COD_{Cr} 300-500mg/L、色度 300-600 倍的情况下，处理出水 COD_{Cr} 50mg/L 以内、色度 10 倍以下，处理费用在 0.6-1.0 元/m³。深度处理出水打入全厂供水系统，回用于制浆造纸生产过程。

（三）投资费用

该项目总投资 1650 万元（其中土建投资 700 万元，设备投资 950 万元），吨水投资费用为 550 元。

（四）运行费用

根据企业 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 952 万吨，年运行费用 809.2 万元，吨水运行费用为 0.85 元。

联系方式

技术信息咨询单位：山东大学

联系人：张波

电话：0531-86106106

地址：山东省济南市山大南路 27 号

邮编：250100

E-mail: zhangbo62@163.com

96 硫化锌精矿搭配锌浸出渣直接浸出关键技术

适用范围

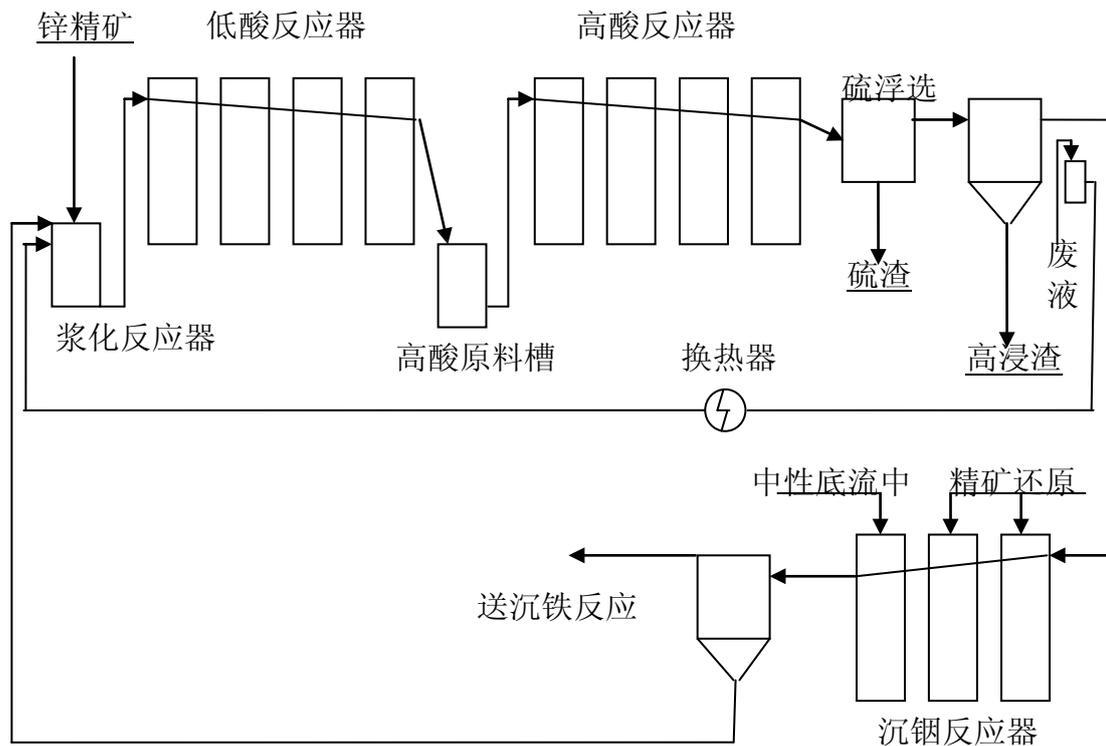
技术适用于处理常规硫化锌精矿、高铅、高硅硫化锌精矿。不适应处理黄铜矿类硫化锌精矿。

基本原理

锌精矿常压富氧直接浸出技术是利用铁的价态变化来实现硫化锌的直接浸出，直接获得浸出液和硫磺，从而取代了传统湿法炼锌过程中的精矿干燥、焙烧、浸出和制酸。常压富氧直接浸出工艺与传统炼锌工艺相比，少了精矿焙烧和制酸系统，且锌总回收率高，操作成本低环境污染小，是进行环境综合治理、淘汰落后工艺、节能减排、实现循环经济、提高经济效益的有效途径。

工艺流程

针对设计的逆流工艺中出现的问题，采用“顺流浸出”工艺优化方案，并进行系统的集成工艺及设备的改进，其主要工艺流程图如图所示。



还原优化改造后顺流工艺流程图

关键技术或设计特征

该技术研究主要开展了常压富氧顺流工艺优化研究。如将“低浸”与“高浸”串联浸出，同时将浮选后的高酸溢流经原沉钢反应器进行精矿预还原；为减少沉铁过程中和剂加入量，在最后一个沉钢反应器内加 II 系统中性底流进行预中和，沉钢浓缩槽溢流送沉铁工序，进行针铁矿沉铁。同时围绕顺流工艺进行了精矿备料系统、锌精矿泡沫开路压滤等系列配套设备的改进。

典型规模

10 万 t/a 锌冶炼直接浸出工艺。

推广情况

目前在株洲冶炼集团股份有限公司全面运行，新工艺电锌产能为近 13 万 t/a，其中包括搭配处理锌浸出渣 16 万 t/a。

典型案例

（一）项目概况

基于株冶引进的奥托昆普常压富氧直接浸出技术，通过系统研究新工艺搭配处理锌浸出渣过程中可能出现的一系列关键技术难题，实现了国外先进技术在国内的消化吸收和再创新。该项目设计生产锌锭 100000t，搭配处理 130000t 浸出渣，2008 年 1 月开工建设，于 2010 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据近年来生产运行结果统计，目前该技术实现年处理锌精矿 216 万吨，搭配处理浸出渣 13 万吨，硫尾矿渣含锌 0.5%，硫精矿渣含锌 2.5%，铁渣品位：35%。每年可减少排放含高浓度汞、镉、砷的污酸 18 万 m³，减排 SO₂ 约 8000t，减排 CO₂ 约 38.7 万 t/a。

（三）投资费用

该项目设备投资 30000 万元。主体设备寿命 15 年以上。

（四）运行费用

该项目淘汰了传统的挥发窑处理浸出渣工艺，以及焙烧和制酸系统设备。根据 2009 年 12 月-2014 年 12 月实际运行情况，日处理可达 600t 锌精矿，年生产锌锭 10 万 t，其中锌精矿中锌浸出率 98.5% 以上，铜、镉浸出率 95% 以上。吨水耗约为 1.3t，吨电耗为 250Kwh，吨氧气耗为 150Nm³，年减少生产水耗 41 万 m³、循环冷却水耗 122 万 m³。工艺占地面积为常规工艺的 1/3，综合投资约为常规工艺的 50%、运行成本约为常规工艺的 80%，年运行费用 5100 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：中南大学冶金与环境学院

联系人：王海鹰

电话：13874882823

地址：湖南省长沙市麓山南路 932 号

邮编：410083

E-mail: haiyw25@163.com

97 锌冶炼过程提高镉回收率新工艺

适用范围

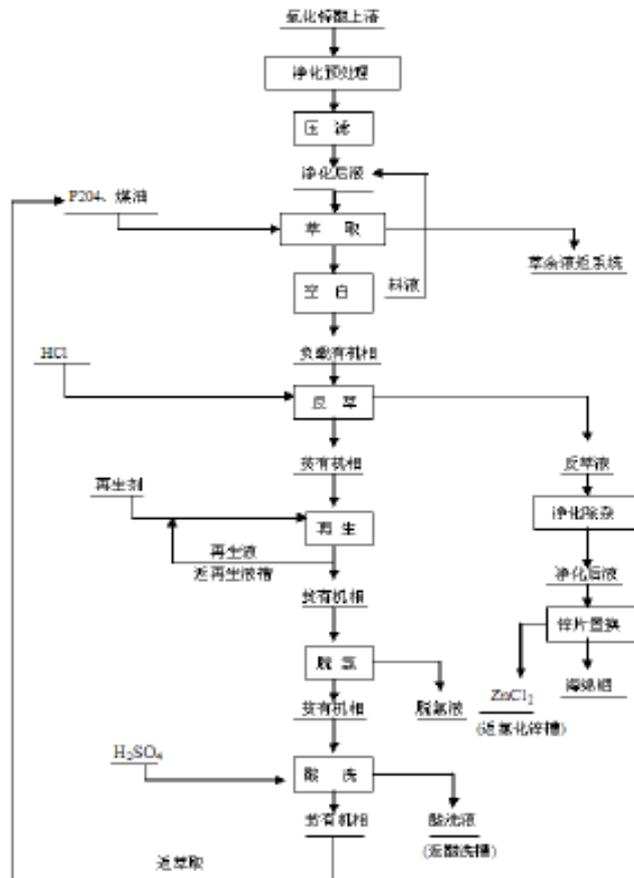
锌冶炼过程中镉综合回收及含镉物料回收。

基本原理

该技术基于常规氧化锌三段浸出工艺，提出两段浸出和氧化锌酸上清直接萃取提镉新工艺，其浸出过程消除了镉铁矾的形成，也为氧化锌酸上清直接萃取新工艺创造了条件。同时减少了锌粉置换沉镉、富集渣转运、富集渣浸出等工序，不仅简化工艺流程，消除镉在锌粉置换和富集渣二段浸出等工序损失，提高镉回收率，也能大幅降低镉生产成本，还可消除锌粉置换时砷带来的危害。

工艺流程

该技术主要针对氧化锌两段浸出过程及氧化锌酸上清直接萃取提镉过程进行系统优化及技术集成，所涉及的氧化锌酸上清直接萃取提镉工业化试验工艺流程见图。



工艺流程图

关键技术或设计特征

短流程镉回收工艺，工艺流程较常规流程大幅缩短。

采用了大型萃取箱，处理量较大且操作简便。
酸上清采用预处理工艺，预处理后溶液可直接进行萃取。
反萃液采用净化工艺，置换率高。

典型规模

配套 40 万吨锌冶炼厂，可年产钢 70 吨。

推广情况

目前该技术在株洲冶炼集团股份有限公司全面运行，建成 70 吨钢/年生产线。钢回收率较传统工艺提高 10% 以上，综合投资约为常规工艺的 60%。

典型案例

（一）项目概况

该项目在株冶 2011 年 11 月开工建设，于 2012 年 5 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据近年来的运行情况，钢回收率提高 15%，累计创效 2.4 亿元。钢回收率较传统工艺提高 10% 以上。

（三）投资费用

该项目投资 2600 万元，主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年产精钢 78 吨，氧化锌至精钢回收率 91.1%，综合投资约为常规工艺的 60%。2014 年创效 1.1 亿元。

联系方式

技术信息咨询单位：株洲冶炼集团股份有限公司

联系人：李云新

电话：18173381551

地址：南省株洲市石峰区清水塘

邮编：412004

E-mail: 172869665@qq.com

98 湿法高效除氯及除氯渣的资源化利用技术

适用范围

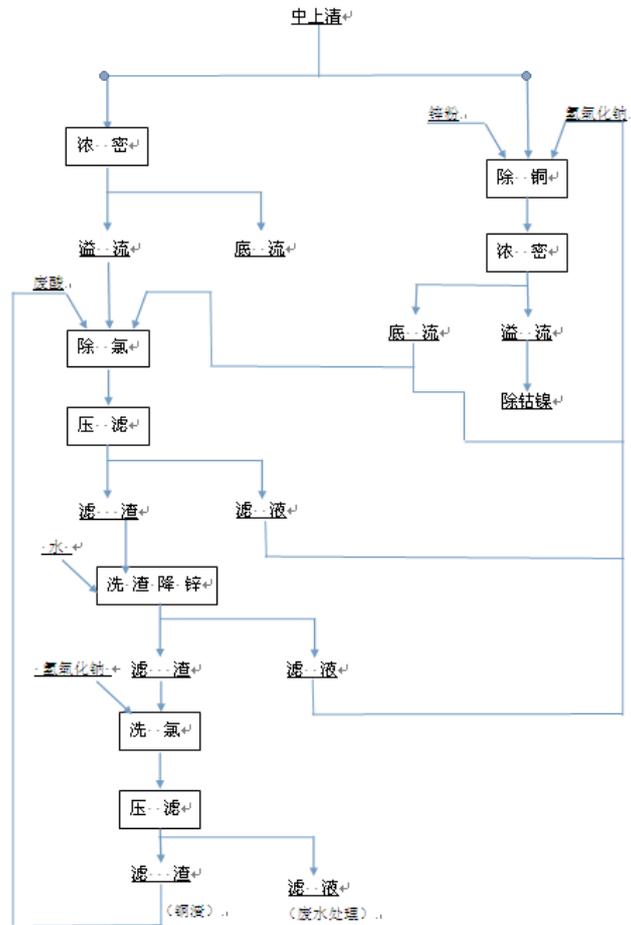
适用于我国湿法炼锌过程溶液净化除氯。

基本原理

该技术针对硫酸锌净化液中氯含量超高造成生产设备腐蚀严重问题，采用铜渣除氯，降低生产风险与成本，并实现除氯渣的资源化利用。铜渣除氯基本原理是利用铜及二价铜离子与溶液中的氯离子相互作用，生成难溶的氯化亚铜沉淀，进而从溶液中将氯除去。铜渣除氯的反应式为： $Cu + 2Cl^- + Cu^{2+} = Cu_2Cl_2 \downarrow$ 。所用的铜渣可为两段净化除铜镉时产生的铜渣，也可用从铜镉渣中回收镉后产生的铜渣。采用此法除氯时，应在除铜前进行，否则除氯后的溶液又被铜离子污染，还需再次除铜。

工艺流程

第一步将中性上清液铜除到约 200mg/l。除铜后进行浓密，浓密溢流进入下一工艺，底流大部分返回除铜生成氧化亚铜，少部分与部分中性上清液反应进行除氯，除氯矿浆进行压滤，滤液返回除铜，滤渣用氢氧化钠进行洗氯。洗氯后进行压滤，滤液处理后外排，滤渣返回除氯或外销。



铜渣除氯工艺流程图

关键技术或设计特征

采用除铜浓密底流渣加入直接浸出中上清液实现高效脱氯，其优化工艺条件为，中上清 pH 2.0-3.0，除氯温度 $<60^{\circ}\text{C}$ ，净化时间 30-60min，铜渣加入量为 2-5g/L 中上清液。工业运行实验表明，溶液中的氯降至 200mg/L 以下，氯脱除率 $>80\%$ 。随着中上清 pH 值的增加，脱氯率逐渐下降。温度升高有利于除氯，但过高可能导致氯化亚铜的返溶，反而降低除氯效果。净化时间增加不利于氯的脱除，一般可控制在 30—60min。

所得的除氯铜渣直接加入铜富氧熔炼，进行铜回收，以实现资源化利用。

典型规模

可适用常规锌冶炼过程除氯及除氯渣的资源化应用。

推广情况

目前该技术在株洲冶炼集团股份有限公司全面运行。

典型案例

（一）项目概况

该技术依托于株冶从芬兰奥图克引进的常压富氧直接浸出工艺，2008 年 1 月开工建设，于 2010 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据生产运行数据统计，该技术已实现年处理中上清溶液量 12 万 t，除氯率 60%，铜渣含锌 5%，铜渣含铜 75%，

（三）投资费用

该项目设备投资 2000 万元，主体设备寿命 15 年以上。

（四）运行费用

根据 2009 年 12 月至 2014 年 12 月实际运行情况，年生产锌锭 30 万 t，其中除氯率约 60%，废水排放少，无中和渣产生。综合投资与常规工艺相近、运行成本约为常规工艺的 20%。吨碱耗约为 0.01t，吨水耗约为 0.24t，吨电耗为 9Kwh。占地面积为常规工艺的相当，年运行费用 1400 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：株洲冶炼集团股份有限公司

联系人：李云新

电话：18173381551

地址：南省株洲市石峰区清水塘

邮编：412004

E-mail：172869665@qq.com

99 硫酸法钛白粉酸性废水除铁降钙回用一体化技术

适用范围

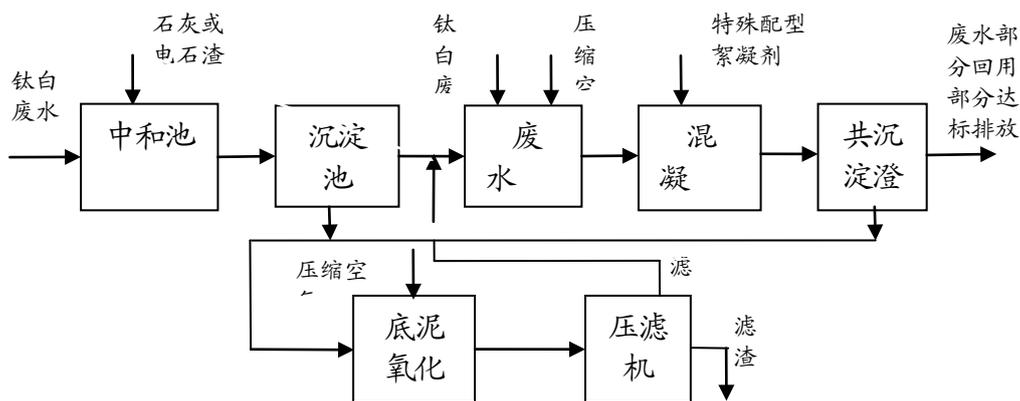
各种规模的硫酸法钛白粉厂以及高岭土选矿厂的酸性废水处理，实现废水达标排放和回用于某些用途。

基本原理

该技术由钛白粉酸性废水分步中和氧化除铁、混凝共沉淀降钙和废水定向回用三部分组成，其中第一部分是先进行酸性废水氢氧化钙中和、沉淀除铁，再对沉淀池的出水进行曝气（氧化其中的亚铁），从而避免因同时中和曝气引起的结垢堵塞；第二部分是对经过除铁的钙盐过饱和废水进行混凝共沉淀降钙处理，加入了一种特殊配型复合絮凝剂营造共沉淀氛围，使废水在沉淀之后钙盐浓度降低至不饱和状态；第三部分是把这种不饱和含钙废水部分或大部分回用到某些特定的用途，由于这种废水回用可能需要对原有用水工艺做一定调整，故称为废水定向回用。

工艺流程

工艺流程为：钛白粉酸性废水进入中和池，在机械混合下用氢氧化钙中和至碱性；废水再进入沉淀池沉淀，把水中的钙、铁等悬浮物分离出来；沉淀池的上清水进入废水氧化池，加适量钛白废水回调 pH 值和用压缩空气曝气氧化水中的亚铁；废水氧化池的出水进入混凝反应池，加入特殊配型絮凝剂进行混凝；混凝废水进入共沉淀澄清池发生钙、铁等不溶物与混凝剂的共沉淀，其出水清澈、铁浓度 $\leq 1\text{mg/L}$ 、重金属（以铅计） $\leq 0.05\text{mg/L}$ 、钙浓度 $\leq 630\text{mg/L}$ 、 $\text{pH}6\sim 9$ ，可定向回用也可达标排放。沉淀池和澄清池的底泥，如果是用电石渣中和的，因含 S^{2-} 要经底泥氧化池曝气氧化，否则直接送压滤机过滤。



工艺流程图

关键技术或设计特征

钛白粉酸性废水分步中和氧化新方法，即先中和沉淀除铁、再曝气氧化亚铁，避免了传统钛白粉酸性废水中和曝气池快速结垢堵塞的顽疾。

特殊配型复合絮凝剂及其混凝共沉淀降钙技术，将除铁后的钙盐过饱和废水处理至不饱和状态。

不饱和含钙废水定向回用技术，使处理后的钛白粉废水实现回用。

典型规模

该技术适应各种规模的硫酸法钛白粉厂酸性废水处理，也适应各种规模的高岭土选矿厂酸性废水处理，处理后的水质不仅能够达到排放标准，而且可以回用到某些用途。

推广情况

该技术已经在国内三家企业的酸性废水处理工程应用：湖南株洲化工集团有限公司钛白粉厂酸性废水处理与回用工程，设计日处理水量为 14400m³（有部分其他废水并入处理），实际处理水量为 9000~12000m³/d，低于设计值；广西北海高岭科技有限公司 60 万吨/年高岭土选矿厂酸性废水处理工程，设计日处理水量为 7680m³，实际处理水量为 8000~9000 m³/d，超过设计值；广东茂名高岭科技有限公司高岭土选矿酸性废水处理与回用工程，设计日处理水量为 7200m³，实际处理水量与设计值基本持平。

典型案例

（一）项目概况

湖南株洲化工集团有限公司钛白粉厂酸性废水处理与回用工程，设计日处理水量为 14400m³，2009 年 1 月开工，分两期建设，2009 年 11 月第一期工程完成调试并投入运行，2010 年 10 月第二期工程完成调试并投入运行。

（二）技术指标

根据湖南省环境监测中心站出具的验收报告和株洲市环境监测中心站出具的监测报告，项目出水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准要求。同时该项目约有 50% 废水实现回用，废水减排效果显著。

（三）投资费用

该项目总投资约 2800 万元，其中设备（构筑物）投资约 2500 万元，其他投资约 300 万元，吨水投资费用为 1944 元。主体设备寿命 15 年以上。

（四）运行费用

根据 2012 年 1 月-2012 年 12 月实际运行情况，年处理废水约 260×10⁴t，年运行费用 1170 万元，吨水运行费用为 4.5 元（该公司所用电石渣浆不计费）。

联系方式

技术信息咨询单位：湘潭大学

联系人：黄力群

电话：13807333006

地址：湖南省湘潭市雨湖区湘潭大学化工学院

邮编：411105

E-mail: huanglq_q12@sina.com

100 硫铁矿制酸厂酸性含砷废水循环利用技术

适用范围

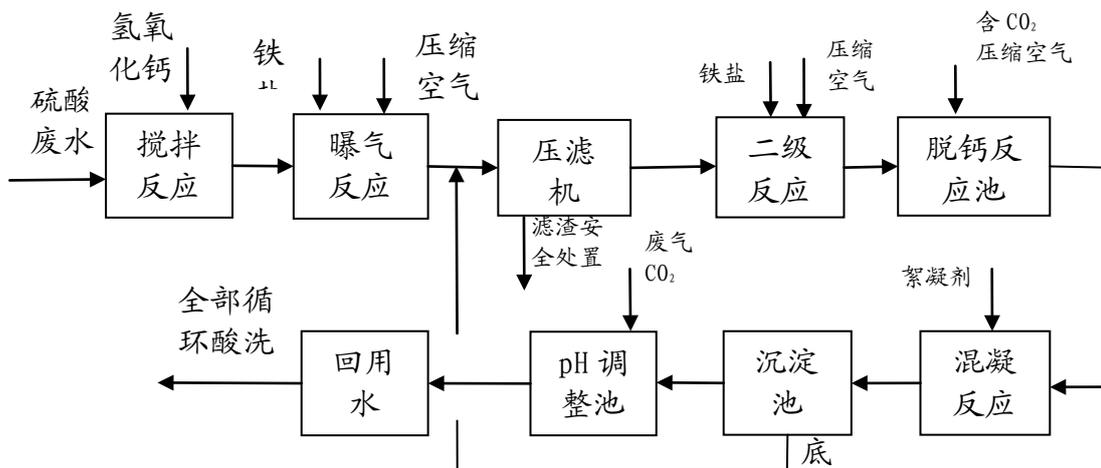
各种规模的硫铁矿制酸装置以及冶炼烟气制酸装置的酸性含重金属废水处理，实现废水循环利用。

基本原理

该技术由硫酸废水分步脱氟除砷铅和二氧化碳脱钙回用两部分组成，其中第一部分先用氢氧化钙对废水进行中和脱氟（生成氟化钙），再加入铁盐并曝气，使 As（III）、Fe（II）氧化和生成砷酸铁沉淀，而过量的 Fe（III）能够把废水中的砷铅氟等不溶物充分絮凝，然后被滤除；第二部分是二氧化碳对生成的碱性钙盐过饱和废水进行脱钙处理，由于碱性是氢氧化钙所致，用含二氧化碳的压缩空气曝气能够生成碳酸钙晶粒，并使溶解态 Fe（II）被氧化成 Fe（III）析出，使得过饱和硫酸钙的稳定性降低，再加入絮凝剂混凝后能够形成共沉淀效应，使沉淀池出水钙浓度降低为不饱和状态。由于硫酸钙在硫酸溶液中溶解度增大，该废水可全部返回酸洗工序循环利用。

工艺流程

工艺流程为：硫酸废水进入搅拌反应池，加入氢氧化钙进行中和脱氟反应；废水再进入曝气反应池，加入铁盐并用压缩空气曝气，使 As（III）、Fe（II）被氧化和生成砷酸铁；曝气反应池的悬浮液进入压滤机分离；压滤机的出水进入二级反应池，加入少量铁盐并用压缩空气曝气，使残留的砷与铁进一步反应；其出水进入脱钙反应池，用废气二氧化碳掺混的压缩空气曝气，生成碳酸钙晶种；该废水再进入混凝反应池，加入絮凝剂进行混凝；混凝液进入沉淀池发生碳酸钙、硫酸钙与絮凝物的共沉淀，废水钙浓度降低至不饱和状态；废水进入 pH 调整池，用废气二氧化碳调整 pH 值，然后进入回用水储水池待用。



工艺流程图

关键技术或设计特征

硫铁矿制酸废水分步脱氟除砷铅新方法，改变了传统两级石灰铁盐中和曝

气法存在的反应池结垢淤塞和处理后废水不能回用的弊端，使污染物去除更彻底、能耗降低、运行稳定。

碱性高钙废水二氧化碳脱钙回用新方法，能够将所生成的钙盐过饱和废水通过二氧化碳反应和混凝共沉淀降低至不饱和状态，并且实现废水循环利用。

典型规模

该技术适应各种规模的硫铁矿制酸装置以及冶炼烟气制酸装置的酸性含重金属废水处理，实现废水循环利用。

推广情况

该技术在湖南株洲化工集团有限公司硫酸厂硫铁矿制酸废水零排放工程应用，设计日处理水量为 2400m³，实际处理水量为 1000~2000m³/d。

典型案例

（一）项目概况

湖南株洲化工集团有限公司硫酸厂硫铁矿制酸废水零排放工程，设计日处理水量为 2400m³，2010 年 8 月开工，2011 年 12 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

硫酸废水经过处理之后，废水中砷≤0.1mg/L，铅≤0.05 mg/L、氟≤3mg/L、钙<600mg/L，废水全部循环利用不排放。

（三）投资费用

该项目总投资约 520 万元，其中设备（构筑物）投资约 450 万元，其他投资约 70 万元，吨水投资费用为 2200 元。主体设备寿命 15 年以上。

（四）运行费用

根据 2012 年 1 月-2012 年 12 月实际运行情况，年处理废水约 50×10⁴t，年运行费用 350 万元，吨水运行费用为 7.0 元（该公司所用电石渣浆不计费）。

联系方式

技术信息咨询单位：湘潭大学

联系人：黄力群

电话：13807333006

地址：湖南省湘潭市雨湖区湘潭大学化工学院

邮编：411105

E-mail: huanglq_q12@sina.com

101 生物制剂深度处理重金属废水及资源化技术

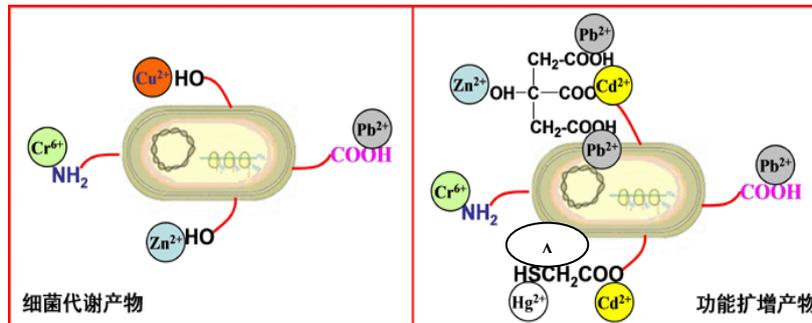
适用范围

应用于选矿尾矿库废水、有色金属冶炼废水、有色金属压延加工废水、矿山酸性重金属废水、电镀废水、化工重金属废水处理。

基本原理

生物制剂是以硫杆菌为主的复合特异功能菌群在非平衡生长（缺乏氮、氧、磷、硫）条件下大规模培养形成的代谢产物与某种无机化合物复配，形成的一种带有大量羟基、巯基、羧基、氨基等功能基团的聚合物，在低 pH 条件下呈胶体粒子状态存在，可与金属离子 Cu^{2+} ， Pb^{2+} ， Zn^{2+} ， Hg^{2+} ， Cd^{2+} 成键形成生物配合体。然后在 $\text{pH}9\sim 10$ 时水解，诱导生物配位体形成的“胶团”长大，并形成溶度积非常小的、含有多种元素的非晶态的化合物，从而使重金属离子高效脱除。

生物制剂与重金属配合图如下所示：



工艺流程

生物制剂处理常规重金属废水工艺流程图如下所示：

流程说明：重金属废水经收集至调节池进行水质水量调节，然后经提升泵进入配合反应池，在配合反应池中加入生物制剂与废水中的重金属离子发生配合反应，生成重金属配合物，实现重金属离子的深度脱除；在水解反应池中加入石灰乳调节体系 pH 值进行水解反应，在絮凝反应池中加入 PAM 絮凝后进入沉淀池实现固液分离，固液分离后的上清液进入清水池，在清水池经硫酸调节 pH 值至 6-9 后外排或回用。污泥经脱水后根据需要安全处置或回用。

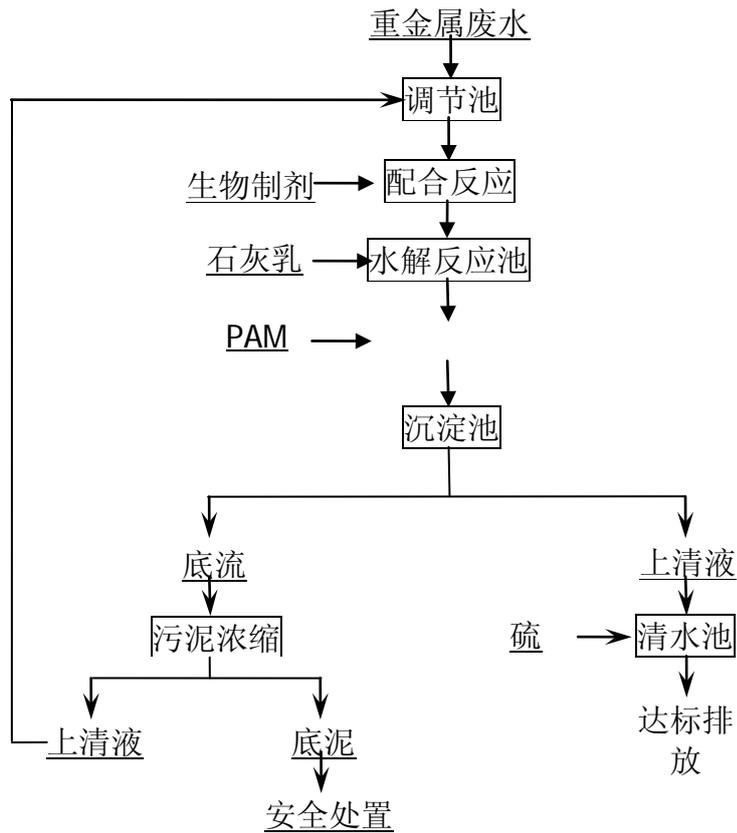
根据企业水质不同，可调整为不同工艺；

当废水需脱钙回用时，应增加脱钙剂和脱钙反应池，其余流程不变；

当废水为选矿废水，含有 COD_{Cr} 时，应增加氧化剂和氧化反应池，其余流程不变；

当废水需要脱铊时，应增加稳定剂和稳定反应池，其余流程不变；

当废水需要脱氟时，应增加脱氟剂和脱氟反应池，其余流程不变。



关键技术或设计特征

该技术经取样分析，经过筛选和分离得到三株细菌：*Pannonibacter phragmitetus* T1, *Enterobacter* sp.T2, *Microbacterium* sp.T3，这三株细菌能够耐受 Pb^{2+} 、 Cr^{6+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ag^+ 、 Hg^{2+} 多种重金属。

在整个系统的运行过程中，无废气产生，节约能源。系统抗污染物冲击负荷强，净化高效，运行稳定。

处理快速高效，反应时间只需 10-30min，且工艺稳定，高效处理 COD_{Cr} 的同时，对重金属离子实现同时深度脱除。

设备设施简单，布局紧凑，投资成本低，可结合自控系统减少人工劳动力。

对于常规的重金属废水处理药剂成本很低，且处理后的净化水能够满足回用的要求。

典型规模

生物制剂处理重金属废水处理规模不限，日处理规模可从几立方米到几万立方米。

推广情况

该技术已经被广泛应用于株洲冶炼集团（14400m³/d）、河南豫光金铅集团（5000m³/d）、中金岭南凡口铅锌矿（14400m³/d）、湖南水口山康家湾矿（5500m³/d）、锡矿山闪星锡业（10000m³/d）、江西铜业铅锌金属有限公司

(8000m³/d)、紫金铜业有限公司(1500m³/d)、株洲清水塘重金属污水处理厂(10000m³/d)、永州福嘉(300m³/d)、郴州金贵银业(100m³/d)等50多家大型采选矿、冶炼、化工企业。由该技术处理废水总量占当前我国铅锌总产能水量的60%以上,实现年处理重金属废水量为11000万m³,废水减排量4000万m³,重金属减排量230t/a。

典型案例

(一) 项目概况

水口山康家湾重金属废水生物制剂处理及回用设施设计处理水量5500m³/d,污水来源于选矿废水,2014年3月开工建设,于2015年1月完成调试并建成投产。

(二) 技术指标

根据水口山集团康家湾矿、长沙质监站和湖南诚信监理有限公司共同出具的验收报告,项目出水达到《铅锌工业污染物排放标准》(GB 25466—2010)。以平均进水铅为2.689mg/L,锌为4.73mg/L,COD_{Cr}为99,SS为208计,该污水处理设施每年削减COD_{Cr}约14.1吨,重金属离子3.3吨,其中Pb减排0.44吨,Zn减排1.77吨。同时该项目出水用于该矿生活杂用及绿化补充用水,节约新鲜水资源消耗16万吨/年,按新鲜水价4元/吨水,节支总额达64万元/年,可年减少排污费约50万元。

(三) 投资费用

该项目总投资1658万元,吨水投资费用为0.3元,主体设备寿命20年以上。

(四) 运行费用

根据2015年1月-2015年7月实际运行情况,估算年处理污水165万t,年运行费用330万元,吨水运行费用为2.0元。

联系方式

技术信息咨询单位:中南大学冶金与环境学院

联系人:王庆伟

电话:0731-88830875

地址:湖南省长沙市麓山南路932号

邮编:410083

E-mail:qw_wang@foxmail.com

102 载体复配序批式活性污泥法强化生物脱氮技术

适用范围

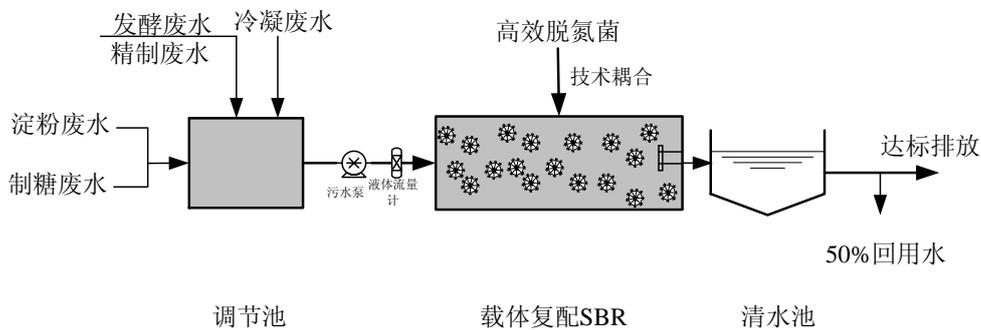
食品发酵行业有机废水的处理

基本原理

该技术提供一种有效避免曝气气泡对填料表面生物膜的剪切作用，减小水流对生物膜的冲刷作用的装置，从而利于活性微生物附着、生长和自然更新。经过一段时间的挂膜反应，填料表面会附着一层生物膜。生物膜内有极其丰富的生物相，延长了微生物食物链，提高了生物量，同时由于生物膜的存在可以使世代时间较长、比增值速度很小的硝化菌得到固着繁殖，继而强化生物膜的硝化能力。

工艺流程

工艺流程为：首先味精发酵综合废水进入调节池进行废水 pH 调节；再将经调解后的废水进行载体复配 SBR（序批式活性污泥法）反应池处理；在载体复配 SBR 反应池中添加高效脱氮菌强化脱氮；经清水池可达标排放。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用有机材料填料，创新了填料投加方式，解决了如何迅速挂膜、使膜自然更新的问题。

填料篮的使用改善了反应池的流体动力学状态，提高了溶解氧的转移效率，增加生物膜的稳定性，提高原反应池的生物量，增强硝化和反硝化效果。

典型规模

“载体复配 SBR 强化生物脱氮”示范工程规模 2000m³/d，减少废水排放量 33 万 t/a。

推广情况

河南莲花味精股份有限公司；河南丰太生态农业发展有限公司。

典型案例

（一）项目概况

河南莲花味精股份有限公司污水处理站改造工程设计日处理水量 2000 m³/d，废水来源于味精发酵废水、淀粉废水、制糖废水、冷却水，2012 年 5 月开工建设，于 2012 年 11 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据周口环境监测中心站出具的验收报告，项目出水满足《味精工业污染物排放标准》水质要求。出水 COD_{Cr} 68.6mg/L，NH₃-N 7.0mg/L，废水回用率提高到 50%以上，即废水回用量为 1000t/d，COD_{Cr}削减量约 72.6t/a，NH₃-N 削减量约为 10.9t/a，节水约 33 万 t/a。按再生回用水单价 1.2 元/t 计，再生回用水收益 39.6 万元/a。

（三）投资费用

该项目总投资 273.54 万元，其中地方财政资金实际到位 73.54 万元，企业自筹资金为 200 万元。

（四）运行费用

根据 2012 年 11 月-2013 年 3 月实际运行情况，日处理污水 2000t，载体复配 SBR 强化生物脱氮运行费用 0.6 元/吨废水。

联系方式

技术信息咨询单位：郑州大学

联系人：何争光

电话：0371-67739306

地址：河南省郑州市科学大道 100 号

邮编：450001

E-mail: hezhengguang163@163.com

103 “前置水解酸化+强制内循环改良上流式厌氧污泥床反应器+填料循环式活性污泥法+混凝沉淀-过滤+消毒”集成技术

适用范围

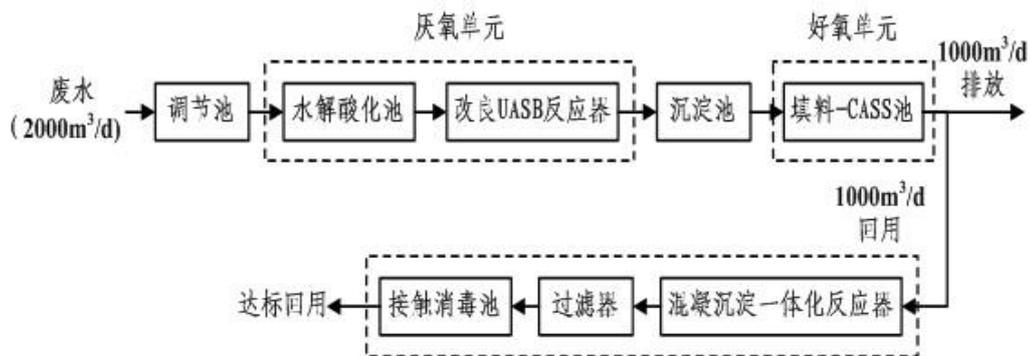
酒精、味精等食品发酵行业有机废水的处理

基本原理

该技术针对酒精废水处理后进行中水回用，采用前置水解酸化均质均量技术降低改良 UASB（上流式厌氧污泥床反应器）进水负荷；强制内循环装置显著提升 UASB 反应器内的泥水混合效率，提高净化效果；填料 CASS（循环式活性污泥法）通过在填料表面形成生物膜增加反应器内生物量和生物种类，且形成的生物膜表面到内部存在溶解氧梯度，达到深度脱氮的目的。深度处理“混凝沉淀-过滤-消毒”出水可满足循环冷却水补充用水要求，达到酒精废水回用的目的。

工艺流程

工艺流程为：首先进行废水 pH 调节；再将经调解后的废水进行水解酸化处理，有效去除废水中部分悬浮物，提高废水可生化性；然后再将水解酸化处理后的废水进行内循环上流式厌氧污泥反应器（UASB）厌氧处理；随后再将内循环 UASB 处理后的废水进行填料循环式活性污泥法（CASS）好氧处理；最后将好氧处理后的废水采用混凝沉淀-过滤及消毒工艺进行深度处理。



工艺流程图

关键技术或设计特征

该工艺采用前置水解酸化技术，在去除 SS 的同时起到了均质均量的效果，提高难降解废水的可生化性。

通过在反应器内三项分离器下部增设回流装置，显著提升泥水混合效率，改善厌氧生物处理效果。

填料 CASS 技术通过投加一种自主研发的填料篮装置，改变反应池的流体动力学状态，提高溶解氧转移效率，增加生物膜的稳定性。

典型规模

“前置水解酸化+强制内循环改良 UASB+填料 CASS”示范工程规模 2000m³/d, “混凝沉淀-过滤+消毒”深度处理示范 1000 m³/d, 减少废水排放量 36.5 万 t/a。

推广情况

漯河临颍河南天冠生物化工有限责任公司; 孟州市华兴有限责任公司。

典型案例

(一) 项目概况

漯河临颍河南天冠生物化工有限责任公司污水处理站一期工程设计日处理水量 2000 m³/d, 废水来源于发酵罐清洗废水、酒精糟液、冷却水和厂区内生活污水, 2012 年 5 月对该厂原一期工程进行改造建设, 于 2012 年 11 月完成调试并投运。

(二) 技术指标

根据漯河市环境监测中心站出具的验收报告, 项目出水达到《城市污水再生利用工业用水水质》(GB/T 19923-2005) 工业循环冷却水补充水的水质要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 3000mg/L, 氨氮为 16.00mg/L 计, 污水处理厂工艺改造后较改造前 COD_{Cr} 减排 50.3%, 氨氮减排 87.9%。该项目出水用于工业循环冷却补给水, 节约新鲜水资源消耗 36.5 万吨/年, 按新鲜水价 2.4 元/吨水, 节支总额达 87.6 万元/年。

(三) 投资费用

该项目总投资 378.61 万元。

(四) 运行费用

根据 2012 年 11 月~2013 年 3 月实际运行情况, 日处理污水 2000t, 填料 CASS 运行费用 0.62 元/吨废水、混凝沉淀-过滤+消毒运行费用 0.37 元/吨废水。

联系方式

技术信息咨询单位: 郑州大学

联系人: 何争光

电话: 0371-67739306

地址: 河南省郑州市科学大道 100 号

邮编: 450001

E-mail: hezhengguang163@163.com

104 废纸造纸废水集成技术

适用范围

以废纸为原料造纸企业产生的废水

基本原理

本技术对企业节水后产生的高浓度废纸造纸废水采用“初沉+厌氧+A/O+高级氧化”集成技术进行处理，其中：厌氧采用 IC 反应器，可大幅去除废水中的纤维素等易快速甲烷化的有机物；A/O 工艺可进一步降解废水中的其他可生物降解有机物，并通过硝化/反硝化进行脱氮；经 IC、A/O 工艺处理后，尾水中剩余 COD_{Cr} 主要以难降解的可溶性有机物为主，采用 Fenton 氧化工艺进行氧化处理，将此部分有机物通过氧化的方式去除，经最终沉淀分离悬浮物和铁盐后排放。

工艺流程

工艺流程为“初沉-IC 厌氧-A/O-Fenton 氧化”。具体流程如下：

1、生产废水经管道输送至污水处理站，先经过格栅去除水中纤维然后进入初沉池进行沉淀，进一步去除废水中的颗粒物。

2、初沉池出水进入调节池在调节池中调整水质水量并投加营养盐及氢氧化钠以达到厌氧微生物生长的要求。

3、调节池出水经泵提升至 IC 反应器内，在 IC 反应器内利用厌氧微生物降解废水中的有机物，IC 反应器主要去除废水中易降解有机物，并将其转化为沼气利用，其对 COD_{Cr} 去除率可达 80% 左右。

4、IC 反应器出水进入 A/O 池，在 A/O 池中利用好氧微生物进一步去除废水中的有机物，其对 COD_{Cr} 的去除率可达 90% 左右。

5、A/O 池出水进入 Fenton 氧化系统，Fenton 氧化系统需投加硫酸、硫酸亚铁、双氧水氢氧化钠等化学品，可将废水中无法被生物降解的有机物彻底氧化，从而使废水出水达到排放要求。

整套处理工艺 COD_{Cr} 去除率可达约 99%，最终处理出水 COD_{Cr} 可控制在 60mg/L 以下。

关键技术或设计特征

废纸造纸废水“初沉-IC 厌氧-A/O-Fenton 氧化”集成处理技术
Fenton 氧化深度处理技术

推广情况

无锡荣成纸业有限公司改造工程设计处理能力 1.5 万 t/d。

典型案例

（一）项目概况

无锡荣成纸业有限公司通过在线节水和白水回用等手段，使吨纸排水量从 15t 降为 9t 左右，采取节水措施后废水的浓度大幅上升，针对高浓度造纸废水采用采用课题研发的集成处理技术对原有废水处理工程改造，增加了 IC 厌氧和

Fenton 氧化处理装置，调节池、初沉池、A/O 池、二沉池和混凝沉淀池以及污泥脱水系统等利用原有设施，形成初沉-IC 厌氧-A/O-Fenton 氧化组合处理工艺。改造工程设计处理能力 1.5 万 t/d。

（二）技术指标

示范工程运行结果表明，在进水 COD_{Cr} 小于 6000mg/L 时，处理出水 COD_{Cr} 低于 60mg/L， COD_{Cr} 去除率 99% 左右，达到 GB3544-2008 中表 3 特别限值的要求。年削减 COD_{Cr} 排放量为 570t。

（三）投资费用

改造工程总投资 4500 万元，改造工程的吨水投资费用为 3000 元。

（四）运行费用

示范工程运行结果表明，处理成本约为 5 元/ m^3 。

联系方式

技术信息咨询单位：江苏省环境科学研究院

联系人：郭方峥

电话：13805157559

地址：江苏省南京市建邺区应天大街 927 号中北大厦 4 楼

E-mail: gfz2002@163.com

105 印染综合废水集成技术

适用范围

印染综合废水或以印染为主的工业园区废水处理

基本原理

针对印染综合废水色度高、pH 高、水质水量变化大、难降解物质多等问题，通过对常规处理单元技术的优化和组合，实现经济、高效处理。

通过高效厌氧折流板反应器（ABR）提高厌氧处理效果和抗冲击负荷能力，改善印染废水可生化性，降解有机物，降低色度；强化 A/O（PACT）对高难降解有机物和氨氮、总氮的去除；高效澄清-过滤进一步去除废水中的有机物、TP、SS 和色度等污染物，确保处理出水达标排放。

工艺流程

工艺流程为“调节-ABR 厌氧水解-A/O（PACT）-二沉-高效澄清-过滤”。

经调节和匀质后的印染综合废水经泵提升进入 ABR 厌氧水解池进行厌氧水解和色度去除，同时改善废水 B/C 比。厌氧酸化后的废水自流进入 A/O（PACT）池进行有机物和氮的降解，通过粉末活性炭的投加，改善污泥沉降性能、提高污泥浓度，吸附部分难降解有机物和发色基团。A/O（PACT）出水经二沉池泥水分离后进入深度处理系统，高效澄清池进一步进行有机物去除和 SS、部分色度，经高效澄清后进入最后进行过滤，保证出水水质稳定达标。二沉池和高效澄清池的污泥回流比均为 50-100%。

整套处理工艺具有良好的污染物去除效果，COD_{Cr}、BOD₅、总氮、氨氮和总磷去除率分别达到 90%、95%、80%、99%及 99%左右。

该工艺较常规先物化工艺污泥产生量减少 20~40%，可显著减少污泥处理处置费用。

关键技术或设计特征

印染综合废水“调节-ABR 厌氧水解-A/O（PACT）-高效澄清-过滤”集成处理技术；

印染综合废水 ABR 厌氧水解技术。

推广情况

常熟梅李污水处理有限公司工程设计规模2.0万m³/d。

典型案例

（一）项目概况

常熟梅李污水处理工程设计日处理水量 2.0 万 m³/d，污水来源于梅李工业园区工业废水、生活污水及镇区部分生活污水，其中印染废水占接管水量的 80%以上，2008 年 12 月开工建设，于 2009 年 7 月完成调试并建成投产。工艺流程为“调节-ABR 厌氧水解-A/O（PACT）-二沉-高效澄清-过滤”。

（二）技术指标

根据常熟市环保局出具的验收报告，项目出水达到《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/1072-2007)中的“印染行业”水质标准要求。

以平均进水 COD_{Cr} 为 462 mg/L，TN 为 33.2 mg/L，氨氮为 24 mg/L，TP 为 2.7mg/L 计，该污水处理设施每年削减 COD_{Cr} 排放 2719.2t，总氮排放 120.12t，氨氮排放 125.4t，总磷排放 14.52t。

(三) 投资费用

该项目工程总投资 3300 余万元，吨水投资费用为 1700 元。主体设备寿命 15 年以上。

(四) 运行费用

根据 2009 年 7 月-2010 年 6 月实际运行情况，年处理污水 660 万 t，年运行费用 1122 万元，吨水运行费用为 1.70 元。

联系方式

技术信息咨询单位：江苏省环境科学研究院

联系人：许明

电话：13913847106

地址南京市江东北路 176 号江苏环境科研大厦 19 楼

E-mail: yexumingbai@126.com

106 生化尾水磁性微球树脂吸附深度处理技术

适用范围

废水量较大的印染、工业园区污水处理厂等生化尾水的深度处理。

基本原理

根据生化尾水中有机污染物的特性，以及水量大、浓度低等特点，开发了磁性微球离子交换树脂的全混式深度处理工艺，利用磁性微球离子交换树脂与生化尾水中水溶性有机污染物的离子交换、氢键等多重作用，实现高效、快速去除。通过树脂动态再生，确保处理过程的连续运行。

工艺流程

在反应区中树脂与生化尾水充分接触反应，达到对水体中有机物、总磷等污染物的去除，处理后出水进入沉淀分离区进行自然沉淀实现固液分离；沉淀分离下部的树脂大部分回流至反应器中继续运行，小部分送入再生池进行再生处理，再生后的树脂回流至反应器中循环使用。

新型磁性微球吸附材料反应速度快（接触反应时间 15 min 左右）、易再生、易分离。对印染生化尾水 COD_{Cr} 、总磷、总氮、色度等去除率分别可达 40~70%、40~70%、15~30% 和 80~90%。

关键技术或设计特征

磁性微球离子交换树脂的全混式深度处理技术
全混式树脂吸附反应器

推广情况

常州老三集团有限公司使用该技术建成了设计处理能力为 5000t/d 的印染生化尾水深度处理示范工程

典型案例

（一）项目概况

在常州老三集团有限公司建立印染生化尾水深度处理示范工程，对生化尾水采用生化尾水磁性微球树脂吸附技术进行深度处理，新增加了树脂吸附反应分离器 1 台以及其它配套设施，设计处理能力为 5000t/d。

（二）技术指标

根据环境监测站结果，总排口 COD_{Cr} 51.6mg/L，TN 2.1mg/L，TP 0.147mg/L，达到《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》（DB32/1072-2007）标准的要求。 COD_{Cr} 、TN、TP 削减率分别大于 50%、25% 和 50%，色度去除率大于 90%， COD_{Cr} 削减量 82.5t/a，TN 削减量 16.5t/a，TP 削减量 0.825t/a。

（三）投资费用

工程总投资约为 150 万元，吨水投资约为 300 元/吨。

(四) 运行费用

处理成本 0.3~0.4 元/吨。

联系方式

技术信息咨询单位：南京大学

联系人：龙超

电话：025-89680380

地址：南京市仙林大道 163 号

E-mail: clong@nju.edu.cn

107 适度催化氧化联合生物处理的保障技术

适用范围

主要用于经过二级处理后的工业废水末端出水处理，作为膜分离单元的保障技术。该技术也可推广用于污水回用中反渗透或纳滤浓排水、以及循环水系统排水中有机物的处理与达标排放。

基本原理

该技术集成了高级氧化法对难生物降解有机物的处理能效和微生物处理的环境友好性，通过投加少量的高级氧化试剂，利用产生的自由基与废水中有机物反应，使其转变为生物易降解物质，同时去除废水中少量 COD_{Cr} ；之后利用微生物处理单元中填料的截留、吸附及生物膜降解等作用，去除大多数的 COD_{Cr} 。达到同时去除二级出水中有机物、硬度、碱度以及铁锰等离子目的，保障膜分离稳定高效运行，服务于污水回用。

工艺流程

工艺流程为：调节池——催化氧化反应器——絮凝沉淀池——生物反应器——出水。

具体如下：

- 1、废水进入调节池，将 pH 值调节至 3.0~3.5；
- 2、催化氧化反应器中，投加氧化剂及催化剂，反应 2h；
- 3、之后进入絮凝沉淀池，沉淀；
- 4、最后通过生物反应器进一步去除有机物。

关键技术或设计特征

适度催化氧化反应停留时间 2 h，BAF 最佳滤速 3.47 m/h，汽水比 1:1。

典型规模

该技术普遍适用于工业园区集中污水处理厂或者工业企业污水处理厂，处理规模 1 万 m^3/d 以下。

推广情况

该适度催化氧化联合生物处理的保障技术已经在河北石家庄诚志显示材料污水处理工程中成功应用。运行效果良好。

典型案例

（一）项目概况

适度催化氧化联合生物处理的保障技术设计日处理水量 100 m^3/d ，污水来源于协联生物污水处理站二级出水，2010 年 7 月开工建设，于 2010 年 9 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据宜兴监测站出具的验收报告，经过适度催化氧化联合生物处理，废水

中的 COD_{Cr} 能去除 60% 以上，出水 COD_{Cr} 小于 30 mg/L，硬度去除率 50~60%，碱度小于 450 mg/L，铁锰含量小于 0.1 mg/L，作为脱盐系统的预处理，有效的防止了膜的生物及化学污染，经过脱盐系统处理后的废水，出水 COD_{Cr} 及硬度检测不出，能够达到循环冷却水补充水/锅炉补充水的要求。

(三) 投资费用

该项目设备投资 42 万元，吨水投资费用为 4500 元，吨水运行费用约 3.5 元。主体设备寿命 10 年以上。

联系方式

技术信息咨询单位：北京国环清华环境工程设计研究院有限公司

联系人：赵雪锋

电话：010-62798505

地址：北京市海淀区清华大学学研大厦 A305 室

邮编：100084

E-mail: zhaoxuefeng2003@sina.com

108 城镇污废水协同处理技术

适用范围

本技术适用于含工业废水比例较高的城镇污水厂升级改造或者新建工程，尤其适用于印染、化工、机械加工等行业混合工业废水的处理。

基本原理

针对含工业废水比例较高的城镇污水厂二级处理尾水残留有机物复杂，出水有机物、总磷和色度高、氮素含量相对较低的特点，基于改善污废水可生化性、提高复杂有机物去除效果的需求，将城镇污废水处理厂常用的 A²/O 工艺改为水解-好氧工艺，A²/O 单元改为好氧氧化，减少溶解性易生物降解有机物在厌氧/缺氧段的消耗，提高好氧段生物量，改善活性污泥性状；同时延长好氧单元停留时间达 16~18h，提高复杂有机物的降解效率。以总体去除 COD_{Cr} 效果最优为目标，优化了混凝-曝气生物滤池深度处理工艺，形成“水解-活性污泥-混凝沉淀-生物过滤”污废水协同处理工艺，实现了生物-物化单元的协同作用和功能互补，提高了系统对有机物、总磷的去除效果及系统运行的稳定性。

工艺流程

工艺流程为“水解-活性污泥-混凝沉淀-生物过滤”。具体如下：

1、污水进入水解酸化池，与池中污泥混合，发生水解酸化反应。水力停留时间为 12 小时。

2、水解出水进入曝气池，仅采用好氧氧化，易采用较低的有机负荷和较长的水力停留时间，适宜的有机负荷为 0.045-0.205kgBOD₅/ (kgMLVSS.d)，水力停留时间为优选 16~18 小时。

3、二沉池出水通过混凝沉淀步骤，进一步去除悬浮性有机物、部分胶体物质及大分子有机物，避免后续曝气生物滤池的阻塞，同时降低有机负荷，有利于后续曝气生物滤池的运行。

4、混凝沉淀后采用曝气生物滤池对污水进行处理，去除水中残留的长碳链脂类物质和中小分子有机物。最终出水可以满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。

关键技术或设计特征

优化的二级生物处理工艺与参数。

适用于二级处理尾水的混凝-曝气生物滤池深度处理工艺。

典型规模

适用对象为城镇污废水，适宜处理规模不大于 5 万 m³/d，建议规模小于 10 万 m³/d。

推广情况

该技术适用于具有以下特征的污废水：1.工业废水比例较高，COD_{Cr} 是达标排放的限制性；2.氮素含量相对不高，不需要采用专门的生物脱氮工艺；3.进水水质复杂，有机组分繁多，可生化性较差，该技术具有针对性。对于有再生

回用需求的污废水处理厂，也适合采用该技术。目前已经达到的处理规模为 4. 万 m³/d。

典型案例

（一）项目概况

苏州甬直污水处理厂升级改造工程，设计日处理水量 4 万 m³/d，污水厂纳管企业 73 家，接纳的污水量在 500 m³/d 以上的工业企业共 52 家，其中纺织染整 34 家，电子元器件 4 家。来水主要构成为工业废水，其比例高达 80%~85%。废水主要为印染废水，其余为金属表面处理、食品、塑胶、化工废水。升级改造工程自 2010 年 2 月 1 日开工开工建设，于 2010 年 12 月建成。

（二）技术指标

进水中存在大量环状结构和长碳链（C17-C28）有机物，含较多色氨酸和含色氨酸的类蛋白质，有机组分复杂，可生化差，溶解性易生物降解有机物仅占 7.6% ~9.0%，氮素含量不高。改造后曝气池出水 COD_{Cr}降低 33%，波动范围变小，TP 降低 47%。经混凝沉淀-曝气生物滤池后，系统出水 COD_{Cr} 低于 50mg/L，TP 为 0.20mg/L，色度达到 30，解决了原有常规工艺没有针对性、传统 A²/O 工艺出水 COD_{Cr}和 TP 超标、生物主体处理单元效果不好、曝气池污泥浓度低、出水难以达到新排放标准要求等关键问题。经苏州市吴中区环境监测站现场检测及澳实分析检测（上海）有限公司检测，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级 A 标准要求。较改造前每年 COD_{Cr}、TP、分别减少排放 518.00 t/a、14.90 t/a。

（三）投资费用

工程实施的主要内容包括改造原 A²/O 工艺的曝气池、新建后混凝沉淀池、新建曝气生物滤池，以及相关的配套设施。该项目吨水投资费用为 470 元。

（四）运行费用

根据 2011 年 10 月-2012 年 6 月实际运行情况，吨水运行费用为 1.6 元。

联系方式

技术信息咨询单位：清华大学

联系人：张旭

电话：010-62792336

地址：北京市海淀区清华大学环境节能楼 702

邮编：100084

E-mail: zhangxu@tsinghua.edu.cn

109 工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术

适用范围

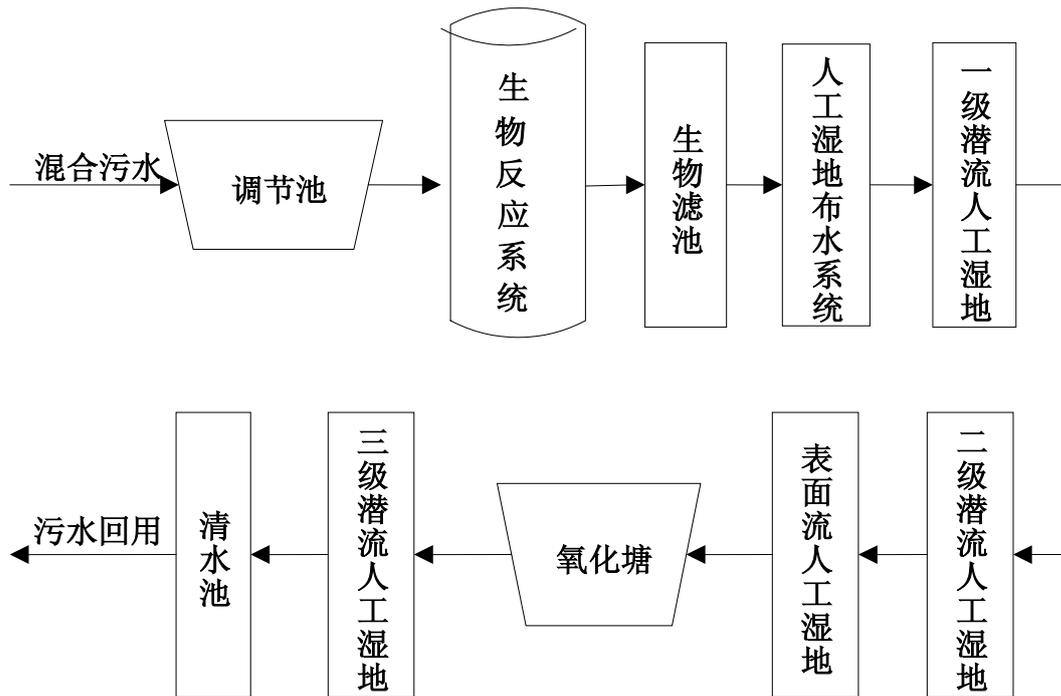
适用于工业园区集中式污水处理厂尾水的深度处理与循环利用。

基本原理

针对化工园区污水厂尾水含有常规污染物以及有毒难降解物质的特征，采用生物滤池—潜流人工湿地—自由水面人工湿地与生态氧化塘组合工艺进行处理，氮、磷、COD 以及主要有毒有害污染物在上述生物—生态工艺中得到了有效去除，出水可达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 V 类标准的要求，可回用于园区绿化与市政用水等。

工艺流程

工艺流程为“人工快渗生物滤池-潜流人工湿地-表面流人工湿地-生态氧化塘-出水回用”。具体如下图所示：



工业园区污水厂尾水生物生态处理工艺流程图

工业园区集中式污水处理厂的尾水，首先进入人工快渗生物滤池，通过微生物的降解作用，去除废水中部分剩余污染物。生物滤池出水经配水后均匀进入水平潜流人工湿地，水中的污染物经过吸附、微生物降解、生物吸收等多种途径去除，水平潜流湿地出水进入表面流湿地时，水中的污染物已经降低到很低的水平，表面流湿地中水流的流动能够加快水体复氧过程，提高水体中溶解氧含量，还可以在水生植物的吸收作用下进一步减少氮磷的含量，特别是降低氮的浓度。为进一步保证出水水质，在组合人工湿地后面增加一级生态氧化塘

工艺，使水质稳定至接近地表水，确保安全回用。

关键技术或设计特征

工业园区污水厂尾水循环利用的生物-生态深度处理技术，采用生物滤池与组合式人工湿地，在微生物的降解作用下，去除废水中部分可降解污染物；利用人工湿地中的植物吸收作用，进一步去除氮磷，利用人工湿地中发生的沉降、化学吸附、自然光解等物理化学作用，进一步去除有毒有害物质。从而使出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 V 类标准的要求，回用于园区绿化与市政用水等。

典型规模

适用于几百吨至上万吨的工业园区污水处理厂。

推广情况

合肥循环经济示范园区污水处理厂已采用该工艺作为示范工程。示范工程位于合肥循环经济示范园区污水处理厂内，于 2010 年 5 月建成，占地 11 亩，建设规模为 360m³/d。出水 COD_{Cr}、氨氮、总磷等主要指标达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 V 类标准。

典型案例

（一）项目概况

针对合肥循环经济示范园区污水处理厂含有一定有害污染物的尾水，采用人工快渗生物滤池-潜流人工湿地-自由水面人工湿地-生态氧化塘-后潜流人工湿地组合工艺进行深度处理。设计日处理水量 360 m³/d。其中人工快渗生物滤池由 4 座 12×5m²的反应池组成，设计水力负荷为 1.5 m³/m²·d。人工湿地总面积 4144m²，水力停留时间 7.7d。示范工程位于合肥循环经济示范园区污水处理厂内，于 2010 年 5 月建成投产。

（二）技术指标

整个湿地系统对 COD_{Cr} 的平均去除率为 68%，对氨氮的平均去除率为 82%，对正磷酸盐去除率达到了 81%。项目出水 COD_{Cr}、氨氮、总磷等主要指标达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的 V 类标准。园区工业废水含有磺酰胺类除草剂的化工原料以及除草剂降解的中间体。经过生物处理后，有机物 C 原子个数有降低的趋势，但是不明显。人工湿地对难降解的有机物有很好的截留和去除作用。人工湿地最终出水中有机物的 C 原子数以低 C 原子数为主，有机物的分子量也大大降低。同时该项目出水可用于园区绿化补充用水。

（三）投资费用

该项目总投资 185 万元，其中土建部分 56 万元，设备材料部分费用为 99 万元，其它费用为 30 万元。

（四）运行费用

该项目除了进水需要提升外，其他全部为自流设计，因此能耗低，且不需要投加任何化学药剂，主要运行费用包括电耗和人工费。根据 2010 年 6 月-

2011年6月实际运行情况，年处理污水131400t，年运行费用18000万元，吨水运行费用为0.14元。

联系方式

技术信息咨询单位：同济大学

联系人：李咏梅

电话：021-65982692

地址：上海市四平路1239号

E-mail: liyongmei@tongji.edu.cn

110 高浓度有毒有机化工废水电催化-活性炭厌氧生物流化床预处理技术

适用范围

高浓度、难降解有毒有机化工废水的预处理。

基本原理

该技术针对化工废水有机污染物浓度高、生物毒性强、难降解的特点，先采用内循环多维电催化氧化技术，高效去除废水急性生物毒性、提高废水的可生化性，再经活性炭厌氧生物流化床的吸附和生物降解，使废水的有机污染负荷削减 60%左右。预处理后的废水可采用 A/O 生物法等常规工艺处理后达标排放。

工艺流程

工艺流程为“有机化工废水-中和沉淀或气浮-电催化氧化-厌氧活性炭生物流化床-传统生化处理-出水达标排放”。具体如下：

高盐度、高浓度有毒有机化工废水先采用中和沉淀或气浮，调节废水的 pH 至中性，并去除废水中的大部分悬浮物和油类污染物，然后送入电催化氧化反应器，高效去除废水的急性生物毒性、提高废水可生化性，再经活性炭厌氧生物流化床高效截留降解废水中的有机污染物，出水达到后续生化单元的进水要求，经常规生化处理后，出水达到园区污水接管标准。

关键技术或设计特征

高盐度有毒有机化工废水的电催化氧化预处理技术，采用内循环多维电催化氧化废水处理装置，实现了装置内水力停留时间与污染物停留时间分离，延长了污染物滞留时间，提高了反应效率。

高浓度难降解有机废水的活性炭厌氧生物流化床预处理技术，该技术综合了吸附和生物降解作用，处理效率高，工艺稳定，耐冲击负荷，污泥量少，占地省，运行成本低。

典型规模

该技术主要适用于化工类企业生产中产生的少量高盐度、高浓度有毒有机废水的预处理，不宜用于低浓度废水的处理，适宜处理规模为 50-300m³/d。

推广情况

在合肥循环经济示范园区，开展了高浓度难降解有毒有机农药废水电催化氧化和活性炭生物流化床实验研究，取得了预期成果。2010 年 3 月，在安徽久易农业股份有限公司（原合肥久易农业开发有限公司）建立了 150m³/d 的高浓度难降解有机农药废水处理示范工程，并于 2010 年 8 月顺利通过环保部门的达标验收。2010 年 11 月，在合肥星宇化学有限公司建设了 180m³/d 农药精细化工废水处理工程，该工程于 2011 年 5 月也顺利通过环保部门的达标验收。

典型案例

（一）项目概况

合肥久易农业开发有限公司农药废水处理工程设计处理水量为 150m³/d，污水来源于生产工艺和设备冲洗等，2010 年 3 月开工建设，于 2010 年 6 月建成，2010 年 8 月完成调试运行并通过环保验收。

（二）技术指标

根据合肥市环境监测站出具的验收监测报告，项目出水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 中的三级标准和园区污水厂纳管标准要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 15000mg/L、TN 为 900mg/L，TP 为 100mg/L 计，该污水处理设施每年削减 COD_{Cr} 排放 652.5t、减少总氮排放 37.8t，减少总磷排放 4.27t。

（三）投资费用

该项目设备投资 116.5 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 7767 元。其中：电催化氧化+活性炭厌氧生物流化床预处理设备投资 45 万元，吨水投资费用为 3000 元。截止 2015 年 8 月，主体设备已运行 5 年以上。

（四）运行费用

根据 2010 年 6 月-2011 年 10 月实际运行情况，年处理污水 30000t，年运行费用 21.6 万元，吨水运行费用为 7.2 元。其中：电催化氧化+活性炭厌氧生物流化床预处理系统的运行能耗约 3.6kW·h/t，吨水处理成本约 2.5 元（不含设备折旧成本）。

联系方式

技术信息咨询单位：合肥工业大学

联系人：崔康平

电话：0551-62901523

地址：安徽省合肥市屯溪路 193 号

邮编：230009

E-mail: cui kangping@163.com

111 超临界水氧化处理危险废物及污泥技术

适用范围

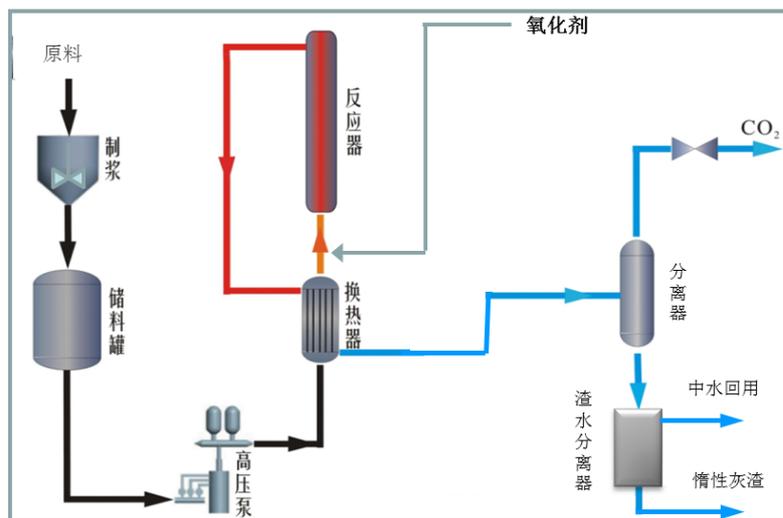
制药、农药行业产生的抗生素菌渣、母液、合成废液、蒸馏残渣、污泥、高浓废液等，化工行业的反应残渣、蒸馏残渣、焦油及焦油状废物、有机溶剂、高浓废液等；市政污泥。

基本原理

该技术是在水的温度和压力分别高于水的临界点（374.2℃，22.1MPa）的状态，形成一种强氧化环境，危废及污泥中的污染物和氧发生氧化反应，生成二氧化碳和水，从而实现危废及污泥高效完全转化的技术。该技术具有反应效率高、处理彻底的特点，其中有机质转化率 $\geq 99\%$ 、固相减容率 $> 90\%$ ，灰分中碳含量 $< 2\%$ ，重金属转化为稳定氧化态。尾气中二噁英类 $< 0.02\text{ng TEQ/Nm}^3$ ， $\text{SO}_2 < 5\text{mg/Nm}^3$ 、 $\text{NO}_x < 1\text{mg/Nm}^3$ 。排水指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级排放标准，颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、二噁英等二次污染物近零排放。

工艺流程

危废、污泥等待处理原料废弃物首先经过预处理调整至设计浓度后进入到储料罐，通过高压泵经高效预热系统与来自高温反应后物料进行换热，达到反应温度后进入超临界反应器，在超临界水状态下物料与氧气充分接触，物料中有机质与氧气在短时间内完成氧化反应，有机质彻底转化，整个反应过程可实现自热平衡。反应后产物作为热源给冷物料换热，多余热量可通过蒸汽回收，实现能量的高效利用。换热后的产物再经过分离器实现气-液-固三相分离，分离后的中水回用，惰性灰渣可用于建材。



工艺流程图

关键技术或设计特征

采用自主开发的超临界氧化反应器、高温高压换热器、多级降压设备的放大与优化模型，形成超临界水氧化的耐腐蚀、堵塞和磨蚀的反应器、换热器等

关键设备，关键设备自主设计、制造；

开发了关键设备的耐腐蚀新材料，研制出适合超临界氧化处理反应器、换热器新材料，满足工况使用；

采用超临界水氧化自动控制系统，上位机操作，使操作人员与高温高压系统分离，提高了自动控制水平，并保障人员安全。

典型规模

该技术已建成 240 吨/天超临界水氧化处理市政污泥示范工厂，具有自主知识产权。

在产品序列化模块化等方面，已形成 18 吨/天、36 吨/天和 120 吨/天不同规模的危废工艺方案及工艺包，已形成 18 吨/天、36 吨/天的撬装装置。

推广情况

在河北省廊坊市有 240 吨/天市政污泥处理示范厂；18 吨/天和 36 吨/天的撬装危废处理系统，满足危废处理的原料评价、方案设计和快速安装等需求，应用于石家庄及南京市等化工园区。

典型案例

（一）项目概况

新奥集团危险废弃物及市政污泥处理系统设计日处理量 240 吨/天，2014 年 11 月开工建设，于 2015 年 5 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据谱尼测试出具的检测报告。以处理某医药厂药渣为例说明。

表 1 处理后出水第三方检测结果

样品名	药厂药渣处理后出水	市政污泥出水结果
PH	6.73	7.19
COD _{Cr} (mg/L)	47.9	11.4
NH ₃ -N (mg/L)	1.33	13.6
五日生化需氧量 (BOD ₅ mg/L)	8.5	2.1

药渣危废处理后排水指标满足《发酵类制药工业水污染物排放标准》(GB 21903-2008)，且低于标准中规定的先进控制技术限值。市政污泥处超临界水氧化处理后排水指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级排放标准，主要污染物 COD_{Cr}、BOD₅、NH₃-N 等脱除率 > 99%。240 吨/天市政污泥处理装置年节水量达 5 万吨以上。

表 2 处理后气体组分含量分析

样品名	二噁英类 (ng TEQ/Nm ³)	SO ₂ (mg/m ³)	氮氧化物 (mg/m ³)	烟气黑度 (格林曼级)
药渣处理后	0.0057	2.8	<0.7	<1 级
市政污泥	0.0093	2.2	<0.7	<1 级
国家标准（焚烧）	0.5	200	500	1 级

处理尾气远低于《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）要求。

（三）投资费用

以 240 吨/天市政污泥及危险废物项目为例，项目总投资约 1.5 亿元左右，其中设备投资占总投资 60%-70%。

（四）运行费用

根据 2015 年 5 月运行数据，超临界水氧化处理市政污泥的处理成本为 279.37 元/吨，燃料动力费用为 42.06 元/吨，主要用于电耗和氧耗。

针对制药及化工行业的高浓度、高毒性的工业危废的运营成本，较常规焚烧处理费用降低 40% 以上。

联系方式

技术信息咨询单位：新奥科技发展有限公司

联系人：程乐明

电话：0316-2595840

地址：河北省廊坊市经济技术开发区新源东道新奥科技园南区

邮编：065001

E-mail: chengleming@enn.cn

112 农药面源污染微生物原位修复技术

适用范围

受有机磷类、有机氮类、有机氯类杀虫剂、除草剂和杀菌剂污染的土壤、水体的原位生物修复。

基本原理

该技术利用微生物多样性的特点，筛选各类农药降解微生物菌株，研究其生物学特性与安全评估，将高效降解菌株经过工业化生产制成菌剂，外源投加优势降解菌剂，利用微生物产生的降解酶类对农药进行矿化、共代谢和去毒作用，应用于农药面源污染的原位生物修复，从而降解土壤中和作物表面的农药残留和解决残留除草剂药害等问题。

工艺流程

菌剂使用：降解菌剂在使用时摇匀后再兑水稀释，每种菌剂使用量为 5kg/亩，以菌剂：水=1：4 的比例兑水喷施。四种菌剂可混合使用。喷施菌剂每亩地约用 100kg 水。

土壤先喷施菌剂，菌剂喷施一定要均匀，喷施菌剂以后要立即旋耕，使菌剂与 0-20cm 深的土壤充分混匀。

湿度控制：喷施菌剂后，土壤湿度控制在 45-65%。

喷施时间：在盛夏酷热高温时应在下午 4 时后为宜。

在用水漫灌稻田前，可保持菌剂与土壤作用 7 天以上的时间。

大田的管理按照作物正常管理模式。

关键技术或设计特征

农药残留微生物降解技术

农药降解菌株的大规模发酵技术

农药降解菌剂的田间应用技术

典型规模

在南京溧水建立了年产 3000t 农药微生物降解菌剂的发酵车间，农药微生物降解菌剂按每亩用量 10kg 计，每年可修复 30 万亩土地。

推广情况

在江苏、山东、河北、浙江等省市建立了 20 余个基地。

典型案例

（一）项目概况

环太湖地区的江苏宜兴、吴江、泰兴等地万亩水稻农田土壤中 DDT、噻嗪酮、毒死蜱等有明显残留，通过 6 个月的微生物修复工程，水稻田土壤中 DDT 降解率 97% 以上，毒死蜱和噻嗪酮的降解率也分别达到了 83% 和 62%。至此，稻米中均未检测到 DDT。获得国家级重点新产品和农业部正式登记证各 1 项。

(二) 技术指标

生物修复制剂菌数达到 50 亿/mL 以上，液体菌剂在 4-10℃ 阴凉条件下保存 3 个月，固体产品保存 6 个月以上，土壤中农药降解效率在 80% 以上，并能解除除草剂对后茬作物的抑制。

(三) 投资费用

每亩菌剂使用成本 125 元，累计投入 125 万元，亩增效益 500 元，投入产出比 1:4 以上。

(四) 运行费用

每亩用量为 5-10 kg 菌剂，菌剂成本为 50-100 元/亩，加上人力使用成本 50 元/亩。每亩地的修复成本约为 100-150 元。

联系方式

技术信息咨询单位：南京农业大学

联系人：蒋建东

电话：025-84399726

地址：江苏南京卫岗 1 号，南京农业大学生命科学学院

邮编：210095

E-mail: jiang_jjd@njau.edu.cn

113 农业面源污染末端砾间接触氧化和人工快速渗滤组合技术

适用范围

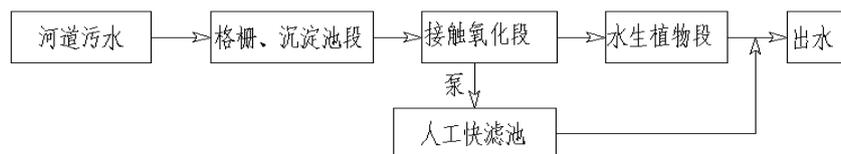
主要应用于农业面源纳污溪沟或河流的污水净化，还可用于小城镇生活污水净化和农村或小区生活污水净化等。

基本原理

该技术净化机理主要为：物理过滤、物理吸附、物理化学吸附、化学反应与沉淀、微生物代谢过程与有机物的生物降解。

工艺流程

包括预处理和净化系统，前者包括格栅、沉淀池和分流堰，分流量、去除来水中无机悬浮物、大块杂物，以提高净化段处理效率和使用寿命；后者净化系统包括河道净化系统、人工快滤系统。



污水处理系统流程图

污水经预处理系统后进入河道净化系统，包括多段接触氧化段和水生植物段，污水经历好、兼氧过程，部分污染物被去除。接触氧化是河道中用曝气提供较充分溶解氧，曝气搅动加速生物膜更新，提高膜活力和氧化能力。曝气形成紊流，填料上的生物膜可连续、均匀接触污水。在第一接触氧化段中充氧后提升到人工快滤池，包括布水系统、厌、好氧填料层和集水层，污水在下渗中污染物被填料吸附，微生物利用空气自动复氧降解污染物。滤池出水与河道净化系统形成回流利于污水净化。

关键技术或设计特征

砾间接触氧化和人工快速渗滤联合技术对溪沟或河流污水进行净化，净化后的尾水仍回到溪沟和河道用于农灌。

A 型无机矿物填料，具有比表面积大，生物易附着，可大幅度提高 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 P 去除能力及重金属脱除，将 A 型无机矿物填料用于砾间接触氧化填料和人工快滤填料，可以快速削减农业面源污染中的 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 P 的浓度及脱除重金属。

推广情况

已应用于桂林市芦笛岩景区污水处理工程、桂林市鲁家村污水处理工程、桂柳高速公路管理处鹿寨服务区污水处理工程、桂林乌金河治理工程。

典型案例

(一) 项目概况

桂林市乌金河污水治理示范工程设计日处理水量 3000 m³/d, 污水主要来自: 1.农业面源污染, 包括农田化肥、禽畜粪便、污水灌溉、城镇地表径流、水产养殖; 2.点源污染: 主要为生活污水和厂矿企业混合污水, 根据现场调查, 全线共有 11 个排污口, 排污总量约 1.2 万 m³/d; 3.其它污染: 主要有河道淤积等。该工程于 2006 年 1 月开始施工, 2006 年 5 月完成土建和污水初期调试。2006 年 10 月至 2007 年 1 月进行污水净化调试。该项目于 2007 年 12 月 15 日获中国有色金属工业科学技术奖二等奖。

(二) 技术指标

根据桂林市环境监测站出具的验收报告, 项目出水达到的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准要求。对来水中悬浮物、化学需氧量、生化需氧量和氨氮的去除率分别达到 88.7%、85.9%、86.2% 和 87.2%。正常状态下的能耗为 0.14kWh/ m³。

(三) 投资费用

该项目总投资约 167 万元, 其中设备投资 45 万元, 基建投资 98 万元, 其他投资 24 万元, 吨水投资费用为 400 元。主体设备寿命 15 年。

(四) 运行费用

根据 2006 年 10 月-2008 年 11 月实际运行情况, 年处理污水 90 万吨, 年运行费用 13.5 万元, 吨水运行费用为 0.15 元。

联系方式

技术信息咨询单位: 中国有色桂林矿产地质研究院有限公司

联系人: 张静

电话: 13768432380

地址: 广西桂林市辅星路 9 号

邮编: 541004

E-mail: Kdy_tws@163.com

114 人工快速渗滤污水处理系统

适用范围

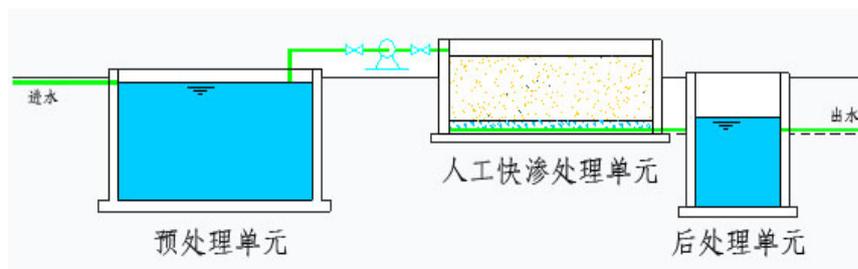
主要适用于城镇污水集中处理、江河湖库水环境修复、农村集中居住区分散式污水处理、污水深度处理等。

基本原理

人工快速渗滤系统（简称 CRI 系统）是在快速渗滤土地处理系统的基础上，填充渗透性能良好的 CRI 介质，采用干湿交替的运转方式，利用滤料表面生长的生物膜对污水中的污染物质进行物理化学吸附以及生物降解的新型污水处理技术。

工艺流程

人工快渗污水处理系统一般由三大部分组成，即预处理单元、人工快渗处理单元和后处理单元三部分组成。



工艺流程图

关键技术或设计特征

主要工艺参数：

水力负荷：对于一般生活污水采用 $1.0-1.2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，对于河道水采用 $1.2-1.5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，对深度处理水采用 $1.5-3.0\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。CRI 系统的水力负荷值比传统土地快速渗滤 RI 的水力负荷上限高出 3-5 倍。

渗滤介质：一定人工配比的专利填料。

专利填料厚度：对于生活污水一般为 1.2m，对于受污染河水一般为 1m。

运转周期和湿干比：各快渗池中淹水和落干相互交替运行（干湿交替运行），典型方式是每天投配四次，每隔 6 小时投配一次；一般淹水期 1h，落干期 5h。

典型规模

在农村分散式污水处理中，设计日处理规模一般为几十吨至 1000t，集中建制镇污水处理规模一般为 1000t/d-10000t/d 不等，在大型城市污水处理厂中，日处理规模在万吨以上。

推广情况

CRI 系统自 2001 年应用于实际工程以来，经过十余年的应用推广，已经在北京、广东、广西、重庆、四川、山西、山东、江苏、安徽、湖南、湖北、河

南、河北、黑龙江和香港等十几个省、市和地区建成近百处污水处理工程，设计规模从日处理几十吨至数万吨，总处理规模近 70 万 t/d。主要应用于集中城市（含建制镇）污水处理工程、农村集中居住区分散式污水处理等领域。

典型案例

（一）项目概况

广西鹿寨县城市污水处理厂一期工程设计规模为 40000m³/d，目前，一期工程（第一阶段）已建成，日处理规模为 20000m³/d，该污水处理厂远期设计规模 60000m³/d。污水主要来源于城镇生活污水，该污水处理厂 2008 年 8 月开始建设，于 2010 年 6 月完成调试并建成投产。该工程获得 2010 年度鹿寨县人民政府颁发的“节能减排奖”，2013 年获得“国家重点环境保护实用技术示范工程”。

（二）技术指标

根据柳州市环境保护监测站出具的验收报告，项目出水达到的《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准要求。以平均进水 TN 为 60mg/L，TP≤7.45mg/L 计，该污水厂每年可消减总氮排放 223.7t，减少总磷排放 36.1t。

（三）投资费用

总投资为 1751.37 万元，其中设备投资为 282.88 万，基建费用为 1253.77 万元，其他投资 215.27 万元，主体设备寿命约 30 年。

（四）运行费用

据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，该处理厂年处理污水 559.4 万吨，年直接运行费用 173.41 万元，吨水直接运行费用为 0.31 元。

联系方式

技术信息咨询单位：深圳市深港产学研环保工程技术股份有限公司

联系人：李旭宁

电话：13590404918

地址：深圳市南山区西丽街道麻磡村南路 31 号环保产业园二栋

邮编：518071

E-mail：29213627@qq.com

115 保温式土壤渗滤系统处理农村生活污水技术

适用范围

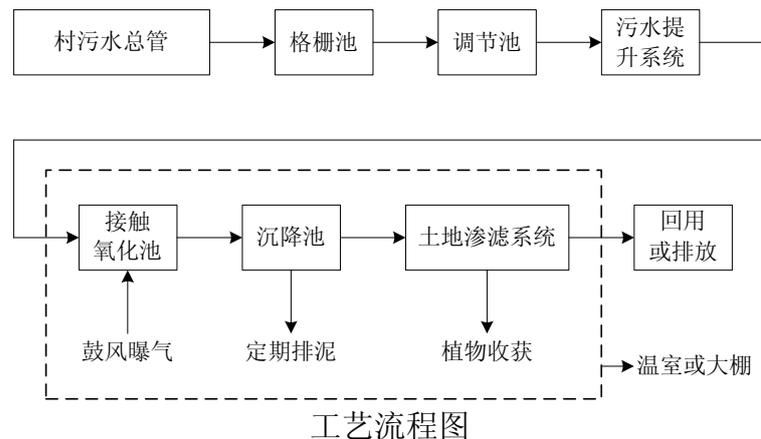
华北农村生活污水处理

基本原理

技术采用“调节+接触氧化+保温式土壤渗滤处理”的工艺和一座温室就是一套污水处理系统的形式对农村生活污水进行处理。调节池及接触氧化池建在温室操作间的地下，在实现水温基本恒定的同时节省了建筑面积提高了土地利用效率；土壤渗滤系统建在温室内 50cm 土壤层以下，保证了即使冬季温室不覆盖塑料薄膜情况下的系统可靠运行。通过降低负荷，解决了土壤渗滤系统容易堵塞的问题；通过保温，解决了北方地区冬季的可靠运行问题；通过种植收益对运行费用的弥补，解决了农村生活污水处理系统长期可靠运行的费用短缺问题。

工艺流程

利用接触氧化池与土地渗透系统相结合的方式，主要包括预处理部分、土壤渗滤部分和用于保温的温室或大棚等部分。污水处理系统的工艺路线如图 1 所示：



工艺流程图

关键技术或设计特征

通过加设接触氧化池和沉淀池，有效降低污水负荷，解决了土壤渗滤系统易堵塞问题；调节池、接触氧化池、土壤渗滤系统建于地下及温室，起保温效果，增强了北方地区冬季运行可靠性；土壤渗滤系统建在温室内 50cm 土层以下，通过种植获收益，解决了农村生活污水处理系统长期可靠运行费用短缺问题；建立了基于 Internet 的远程监控系统等，提高了自控水平。

污水处理系统主要由预处理和土壤渗透部分组成；前者包括格栅池、调节池、污水提升系统、接触氧化池和沉淀池；接触氧化池、沉淀池、土壤渗滤部分建于温室或大棚内。为增加温室有效利用面积，也可预处理系统建在温室操作间下，温室内面积全为土壤渗滤部分，适于可用面积较小时。

典型规模

受日光温室效率的影响，最小的处理规模为 50t/d，占地 360m²；典型的规模为每天处理 100~500t，占地 1~5 亩。

推广情况

已在天津市武清区梅厂镇周庄村、静海县双塘镇东双塘村、静海县梁头镇谷庄子村的生活污水处理工程中应用。

典型案例

（一）项目概况

天津市静海县双塘镇东双塘村生活污水处理系统设计日处理水量 150m³/d，污水主要来源于双塘村中村民家庭的生活污水及村里的一家洗浴中心，污水处理工程于 2011 年 11 月开工建设，2012 年 7 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

根据天津市环境检测中心出具的检测报告，项目出水达到的《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准要求。

以日处理农村生活污水 150t、出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准计算。每日减排量如下：

$$\text{COD}_{\text{Cr}} = (450-60) \times 1.05/10 = 58.8 \text{ kg};$$

$$\text{TN} = (240-20) \times 1.05/10 = 3.3 \text{ kg};$$

$$\text{TP} = (10-1) \times 1.05/10 = 1.35 \text{ kg};$$

该污水厂每年能消减 COD_{Cr} 量 21.4t、总氮 1.1t、总磷 0.5t。

（三）投资费用

项目总投资费用 56 万元，吨水投资费用为 3733 元，主体设备寿命约 30 年。

（四）运行费用

通过对系统 1 年零 3 个月运行时间的检测，现已处理污水总量 61500t，80% 的污水得到回用，产生回用水 49200t，按每吨 1 元计算，收入 4.92 万元；通过育苗收入 3.4 万元，通过种植收入 8000 元；总收入 9.12 万元，除去电费、管理人员工资、加热用煤、地膜、保温被、肥料、种子等费用的支出 8 万元，净收入 1.12 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：天津农学院

联系人：张伟玉

电话：022-23781291，13820163875

地址：天津市西青区津静路 22 号

邮编：300384

E-mail: zhangweiyu@tjau.edu.cn

116 山地果畜结合区面源污染控制技术

适用范围

适用于南方丘陵山区果畜结合系统农业面源污染控制。

基本原理

针对丘陵山区的地貌特征，以小流域为系统单元，建立山坡种果，山沟养猪，沟底筑坝养鱼的果畜生态农业模式。该模式以物质循环利用与梯级净化的原理进行技术组装与设施配置，突出“氧化塘即利用浮萍净化与资源化沼液”与“径流水汇集塘即鱼塘”两个环节在果畜结合系统面源污染控制中的重要作用，解决了系统不能消纳沼液和产生径流水的直接排放污染问题，使山坡种果、山凹建猪场、沼气发酵、蓄水养鱼构成一个四位一体的有机整体。该模式实现循环利用养殖业废弃物，减少化肥使用量，并通过实行果园生态化种植和病虫草害综合防治，有效减少化学农药使用量，有效控制水土流失，在满足当地经济发展的同时确保其对水环境影响的最小化。

工艺流程

1、以“以种定养“和”量化配置”为原则，建立果园、养猪场、沼气系统、氧化塘、鱼塘生态工程体系；

2、果园生态化种植，山顶戴帽、山腰种果、山脚穿靴，等高种植，梯壁留草，合理修建生态排水沟、沉砂池等设施；以杀虫灯诱杀害虫、捕食螨防治红蜘蛛和保留果园植物多样性为核心，协调运用生物农药控害技术，综合防治果园病虫害；

3、猪场干湿分离，建立猪粪堆肥设施和沼气系统；沼液部分用于果园，多余部分再经氧化塘浮萍净化，然后排入鱼塘；

4、整个生态工程系统的排水汇集到滞留塘即鱼塘，配以生态浮床、微生物菌剂等净化，再经生态沟渠排出系统。

关键技术或设计特征

果畜结合生态工程体系量化配置技术：经过核算，100 亩脐橙果园可配套养殖生猪 280 头，配套建设沼气池 200m³，135m³ 沼液池，浮萍氧化塘 600m²，鱼塘 15 亩。

氧化塘浮萍净化与资源化利用沼液：利用浮萍净化沼液，浮萍繁殖快，净化效果好，同时又是养鱼的优质饵料。

果园生态化种植控源技术：捕食螨防治红蜘蛛等生物防治，有机肥和沼液使用，减少农药化肥投入；种植带覆草，保留堤壁植物，防止水土流失。

典型规模

果畜结合区面源污染控制生态工程是根据南方丘陵山区的地形进行设计的，规模面积由小流域的大小而定，通常总规模面积为 500 -2000 亩左右。

推广情况

目前已在东江源头区定南县杏林农庄 500 亩生产基地，定南县华鹏果业公

司胜前基地 1000 亩脐橙果园，安远县江西王品公司 1600 亩有机脐橙果园进行应用，取得了良好的经济与环境效益。

典型案例

（一）项目概况

定南县杏林农庄位于江西省定南县龙塘镇，总规模 500 亩，其中果园和山顶水土涵养林 380 亩，鱼塘等 80 亩，其余为猪场、道路等配套设施。2009 年以来，在原有基础上改造，2011 年初完成造成调试正常运行。

（二）技术指标

定南县杏林农庄 500 亩山地农林畜区面源污染控制示范工程以物质循环利用与梯级净化的原理进行技术组装与设施配置，形成山坡种果、山凹建猪场、沼气发酵、蓄水养鱼四位一体的有机整体。脐橙果园实现了生态化种植，与常规果园相比，化学农药使用量较减少 46.77%，化肥使用量减少 66.9%，以系统自产有机肥为主，节约肥料成本 300 元/亩；同时，脐橙产量 12750kg/hm²，与当地常规脐橙果园产量相当，净收入较常规脐橙种植提高 30% 以上，取得良好的经济效益。示范工程总排口排水氨氮平均浓度为 0.695mg/L，总磷 0.132mg/L，水质优于地表水 IV 类水质标准，与猪场排放的沼液浓度相比，氨氮、总磷浓度分别削减 99.4% 和 98.3%。

（三）投资费用

示范工程为农业工程，年总投资约为 70 万元，主要是种养殖的生产性投入，系统产生的废弃物通过系统单元间的循环与梯级利用，不需要额外的处理资金投入。

（四）运行费用

本示范工程是典型的“代价小、效益好、排放低、可持续的”生态农业工程，2011 年示范工程运行投入（农业物资为主）70.42 万元，收入为 97.44 万元，净收入为 27.02 万元。示范工程有效减少农药、化肥的使用量，保护生物多样性，提高农业废弃物的综合利用率，减少畜禽养殖污染物排放，有效控制农业面源污染，同时降低种植成本，促进农民增收，具有良好的经济、社会和生态效益。

联系方式

技术信息咨询单位：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：席运官

电话：025-85287062

地址：江苏省南京市蒋王庙街 8 号

邮编：210042

E-mail: xygofrcc@126.com

117 稻田适时适地养分综合调控氮磷减排技术

适用范围

水稻种植区

基本原理

针对种植业普遍存在的化肥施用过量、养分管理水平低下、农田径流氮磷流失负荷偏高等情况，在测土配方的基础上全程考虑了土壤潜在养分供应能力、合理的目标产量以及相应的养分需求、养分平衡、养分利用效率以及社会经济效益等诸多因素，注重中后期作物养分需求，融入稻田生态湿地的理念，在保证水稻产量的同时进一步削减了化肥氮磷的流失通量，成为作物高产养分管理的一个革新。

工艺流程

稻田适时适地养分全程调控氮磷减排技术的关键步骤包括：

①根据气候条件、耕作制度、作物品种特性和经济效益，确定水稻作物目标产量；

②在代表性田块设立缺肥小区测定土壤氮磷钾潜在供应能力；

③运用养分决策支持系统（NuDSS）软件，计算作物需 NPK 肥料总量；

④从作物 N 素平衡供应出发，调节 N 肥分次施用时期；基于叶色卡读数确定作物关键生育期 N 肥施用量；

⑤结合常规土壤测试方法，确定 P、K 肥施用量，以及进行微量元素诊断和矫正，保证养分的平衡供应。

关键技术或设计特征

水稻专用缓释肥研发及施用技术

稻田 AWD 节水减肥技术

稻田节水控排氮磷消纳技术

反硝化吸磷生态沟渠构建技术

推广情况

杭州市余杭区径山镇前溪村以本技术为核心的 3034 亩集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程。

典型案例

（一）项目概况

在苕溪流域中游径山镇建立了以本技术为核心的 3034 亩集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程。在水稻全生育期（6 月—11 月），连续 6 个月对集约化稻作制农田氮磷污染原位控制示范工程总排水沟渠水质进行监测。

（二）技术指标

根据杭州市环境检测科技有限公司出具的检测报告【杭环检（2011）水字第 S06024 号】显示，技术示范区出水口化学需氧量、总磷、总氮等指标较之周

边常规耕种稻田出水，浓度明显下降。常规耕作农田总排水沟渠水体化学需氧量为 70.0-79.2 mg/L，总氮为 10.10-11.10 mg N/L，氨氮为 1.155-3.685 mg N/L，总磷为 2.040-2.140 mg P/L；而技术处理出水化学需氧量为 28.2-35.7 mg/L，总氮为 3.11-3.97 mg N/L，氨氮为 0.244-0.249 mg N/L，总磷为 0.283-0.58 mg P/L。该技术，每亩可节约水稻氮肥用量折纯氮 4 公斤/亩，纯磷 0.5 公斤/亩，节支 15 元，增产 20 公斤，增收 35 元。累计增产水稻 1.80 万吨，增收 3150.0 万元；节氮（纯氮）3600.0 吨，节磷（纯磷）450.0 吨，增产节支总额 4500.0 万元人民币，氮素减排 540.0 吨，磷素减排 45.0 吨。

（三）投资费用

该项目设备投资 80 万元。

（四）运行费用

根据水稻全生育期 2011 年 6 月-2011 年 11 月实际运行情况，亩农资投入费用为 300 元。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江大学

联系人：梁新强

电话：13094817828

地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

E-mail: liang410@zju.edu.cn

118 基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术

适用范围

农田面源污染防治

基本原理

本项技术包括了两个部分：分区限量施肥技术和土壤氮磷养分库增容技术（以碳控氮技术）。分区限量施肥技术，融合应用传统土壤学、植物营养学、地学方法和现代信息高新技术，通过 GPS 定位的农田土壤网格采样，结合高精度土壤空间数字模型，气象与多年农田养分平衡状况，迅速而详尽了解一个区域农田土壤养分时空变化状况，并据此制定这一区域各主要种植模式下分区施肥技术标准。以碳控氮技术，本课题通过外源有机物料对农田土壤氮素的固持与矿化机制研究，揭示了土壤“碳坝、碳通道”效应。“碳坝”效应主要通过增强土壤碳库，对无机氮素起到固持与保蓄作用，从而提高土壤氮储量，使土壤中无机氮素保持在相对稳定的浓度，从而降低流失风险。“碳通道”效应可使土壤碳库固持的无机氮素缓效释放，在作物需肥时提供必需的养分。

工艺流程

区域土壤养分空间分布状况的快速获取→养分分区→分区配肥以碳控氮

关键技术或设计特征

分区限量施肥技术
以碳控氮技术

推广情况

该项技术在洱源县上关镇兆邑村实施了 7000 亩的示范推广

典型案例

（一）项目概况

该项技术在洱源县上关镇兆邑村实施了 7000 亩的示范推广，大蒜产量比习惯种植增加 10% 左右，可减少氮磷化肥施用量 30% 以上，节省成本 20%。该技术操作简单，可以降低生产成本，容易被农户接受。2010 年 09 月开工建设，于 2010 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

项目针对农业有机物污染采用有机肥还田，重复利用氮、磷、钾等养分，生物活性有机肥的使用能提高化学肥料利用率 30% 左右。采用分区限量施肥技术、以碳控氮技术减少化肥氮投入 40%，氮流失量减少 65%。减少人工投入成本 400 元/亩，增加作物产量 10%，单头大蒜重增加 8%，改善品质，培肥地力，可持续性减少化肥投入、减少土壤扰动、减少水土流失，提高含水量达 10%，秸秆覆盖层对养分物理阻截，显著降低氮素流失。

(三) 投资费用

该项目为农艺措施，成本投入主要为前期区域土壤养分空间分布状况数据测定，每5年测定一次，每一次每公顷3-5个样品，测定成本为1000元/公顷左右。根据技术操作流程能长期使用。

(四) 运行费用

根据2010年10月-2011年6月实际运行情况，年减少氮投入17.2kg/亩，减少磷投入5kg/亩。每5年测定一次区域土壤养分空间分布状况，年均投入200-300元/公顷。

联系方式

技术信息咨询单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

联系人：刘宏斌

电话：13911095956

地址：北京市海淀区中关村南大街12号

E-mail: liuhongbin@caas.cn

119 富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术

适用范围

对山地富磷地区径流中总悬浮物（SS）、磷（P）、氮（N）等面源污染物的去除。

基本原理

对富磷区高含磷地表径流进行仿肾型收集和处理，使坡面汇水区污染进行再削减。

工艺流程

查阅历年降雨资料并分析径流中 ss、总磷（TP）、溶解态磷（DP）、总氮（TN）的含量，根据降雨量和 ss 含量确定沉砂-滤砂系统的规模；根据降雨量、相关面源污染物的浓度确定所需的填料和植物的量；根据降雨量、汇水面积、径流量和水力停留时间、水力负荷、流量、流速等水力参数设计集水/排水沟渠的尺寸。

关键技术或设计特征

富磷区坡面汇水区仿肾型收集技术
富磷区坡面汇水区再削减技术

推广情况

昆明市晋宁县上蒜镇段七村，占地总面积约 1300m²。

典型案例

（一）项目概况

富磷区面源污染仿肾型收集与再削减设施主要针对山地富磷地区地表径流及其面源污染物进行处理，项目选择一富磷区汇水沟，建立了四级植物拦砂堰、一个沉砂池、一个草滤带和沟渠处理系统，占地总面积约 1300m²。设计的最大处理径流量为 4000m³/d。2011 年 11 月开工建设，于 2012 年 3 月完成建设，2012 年 5 月进行运行。

（二）技术指标

通过对拦砂堰、沉砂池、草滤带和沟渠系统的效果监测分析表明：该技术对径流中 70% 以上的泥沙量进行了有效拦截，对氮、磷和 COD_{Cr} 的去除率可以分别达到 50%、60% 和 30% 以上。其中拦砂堰、沉砂池需要定期进行淤泥的清掏，每年大约进行 2-4 次清掏，沟渠系统填料每 1-2 年更换 1 次，沟渠系统的坡面植物大约每年需要进行 2-4 次刈割。

（三）投资费用

该系统的投资构成主要包括土地使用费、人工费和材料费；根据当地（晋宁县）的物价水平，土地费用为 6000 元/年；人工费用共计约 10 万元，材料费共计约 8 万元。

(四) 运行费用

由于系统可以自行运行，无需人为控制，因此系统基本不需要运行成本，但系统需定期进行维护，系统的维护主要是对沉砂池的清淤、植物地上部分的刈割和填料更换这三部分的人工费用，系统在降雨量较多且降雨强度较大的年份，每年需维护费大约 8000 元。

联系方式

技术信息咨询单位：云南大学

联系人：付登高、段昌群

电话：15925211825

地址：云南省昆明市翠湖北路 2 号云南大学生态学与环境学院

E-mail: dgfu@ynu.edu.cn

120 养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术

适用范围

养殖废弃物资源化利用

基本原理

针对苕溪流域规模化畜禽养殖业固体废弃物污染问题，重点解决畜禽养殖废弃物粪便污染减排中堆肥资源化保氮除臭功能有机肥技术问题，筛选研制一系列高效纤维素、保氮除臭发酵复合功能微生物，结合生防、促生等高效功能微生物，研发耐高温快腐熟保氮除臭发酵复合菌剂与复合多功能微生物添加剂制备技术，实现养殖废弃物高效堆肥与功能有机肥生产。

工艺流程

以畜禽粪便资源化循环利用与污染控制为核心，筛选一系列具有耐高温功能的纤维素降解功能微生物，加快堆肥过程的纤维素降解，缩短堆肥发酵周期；筛选保氮除臭功能微生物结合中高温纤维素降解微生物，组配一系列高效保氮微生物发酵复合菌剂，进一步结合高效堆肥调理剂，共同减少高效堆肥过程中的氮素损失以及恶臭的排放；进一步筛选解磷解钾、生防促生等一系列功能的目标微生物，开发一系列高效复合多功能有机肥，大大提高堆肥产品中有益微生物数量与比率，提高产品的品质与效益，形成高附加值的堆肥后加工产品。

关键技术或设计特征

高效纤维素降解菌剂生产技术
保氮除臭复合菌剂与堆肥调理剂生产技术

推广情况

余杭区径山镇建立 50 吨/年微生物菌剂发酵制备示范生产线，年消纳猪粪、牛粪等畜禽粪便 18000 吨的一机多槽式堆肥发酵示范生产线、建立年产有机肥 3000 吨、有机无机复混肥 2000 吨的示范生产线。

典型案例

（一）项目概况

养殖废弃物高效堆肥复合微生物菌剂及功能有机肥生产技术年生产微生物菌剂 50 吨，年消纳猪粪、牛粪等畜禽粪便量 18000 吨，粪便主要来源于苕溪流域示范区域内的畜禽养殖场，2008 年 8 月开工建设，于 2011 年 8 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

建立 50 吨/年微生物菌剂发酵制备示范生产线；建立从物料调适、菌剂强化、快速启动、保氮保碳、翻混供氧、适度发酵等多方面综合调控的堆肥保氮

除臭适度发酵技术体系，建立年消纳猪粪、牛粪等畜禽粪便 18000 吨的一机多槽式堆肥发酵示范生产线；建立全封闭堆肥车间的恶臭气体收集管网系统，实现堆肥发酵的清洁生产；通过功能化二次堆肥发酵生物有机肥质量调控、农经作物全营养复混肥料配方调控，建立年产有机肥 3000 吨、有机无机复混肥 2000 吨的示范生产线。生产的有机肥、有机无机复混肥分别符合国家《有机肥料标准》（NY525-2002）、《生物有机肥标准》（NY884-2004）、《有机无机复混肥质量标准》（NY481-2002）。

（三）投资费用

该项目设备投资 350 万元，有机肥生产线投资费用为 200 万元。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2009 年 8 月-2011 年 8 月实际运行情况，年生产微生物菌剂 50 吨，年消纳猪粪、牛粪等畜禽粪便 18000 吨，年运行费用 70 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江大学

联系人：吴伟祥

电话：13034201208

地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

E-mail: weixiang@zju.edu.cn

121 生活污水多介质土壤层耦合处理技术

适用范围

农村生活污水处理

基本原理

农村住宅生活污水经管道收集至新型生物填料厌氧池，经厌氧消化后通过水管均匀布入多介质高效生物脱氮除磷反应器。反应器内填有多层经科学配方混合而成的多介质专用填料，该填料利用铁粉、石灰石、生物改性材料、微生物菌种、碳源缓释材料等。多介质填料内形成大量厌氧-好氧微区，生活污水在反应器内经连续的厌氧-好氧过程，有机物分解、氮经硝化反硝化得到去除，磷与铁、钙共同沉淀于介质内。长期运行后（5-10年），更换的介质可作土壤改良剂，不存在二次污染。处理后出水水质可达到GB18918-2002一级标准。

工艺流程

工艺流程为“农村污水—新型生物填料厌氧池—多介质无动力高效反应器—达标排放”。具体如下：

进入本工艺流程前，生活污水需要设置化粪池、隔油-沉砂-格栅井，除去油脂、粗大杂物、泥砂等。本系统前也应设置格栅-沉砂井，防止从管网进入的杂物。

厌氧池应为多格式内设填料的厌氧系统，水力停留时间不小于 2d。当水质浓度高时，就增加停留时间。

反应器水力负荷不大于 $0.3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

关键技术或设计特征

多介质土壤层耦合技术

推广情况

安吉，余杭，临安，贵州湄潭。在贵州湄潭进行了养殖污水处理的示范工程，日处理量为 50 m^3 ，运行时间 6 个月。

典型案例

（一）项目概况

浙江省安吉县报福镇石岭村农家乐与农村生活污水处理设施设计日处理水量 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ ，污水来源于石岭村生活污水与农家乐污水，2009 年 8 月开工建设，于 2009 年 11 月完成建设并投入使用。

（二）技术指标

项目适用的主要污染物为 COD_{Cr} 、氨氮、总氮、磷、SS。根据安吉县环境保护局出具的检测报告， COD_{Cr} 、氨氮、总氮、磷去除效率可稳定在 85%、85%、70%、80%。项目出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》

（GB18918-2002）中的一级（A）标准的要求。以平均进水 TN 为 50 mg/L ，TP 为 5 mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 639kg，减少总磷排放 73kg。

填料设计寿命为十年，更换后填料部分可再重新装使用，其它可作为土壤改良剂，不产生二次污染。

（三）投资费用

该项目设施总投资 25 万元，其中土建部分为 12 万元，填料、管阀、覆盖物等配件 13 万元，吨水投资费用为 5000 元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2009 年 11 月-2014 年 10 月实际运行情况，年处理污水 18250t，共运行 5 年，处理污水量 91250t。5 年内于 2014 年 11 月管线等检修 1 次，花费 1 万元，污水自流进入处理系统，处理过程无能源、药剂或其它耗费。年运行费用平均 0.4 万元，吨水运行费用为 0.11 元。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江大学

联系人：罗安程

电话：13357128632

地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

E-mail: 314764943@qq.com

122 立体循环一体化氧化沟技术

适用范围

农村生活污水处理

基本原理

氧化沟具有处理效果好，便于维护管理等优点在污水处理中广为应用，但是氧化沟工艺也存在占地面积大、能耗高等问题。立体循环一体化氧化沟技术将传统氧化沟混合液的平面循环改为立体循环，由一隔板将氧化沟主沟分为上、下层流道，沟内液体在转刷的推动下沿上、下层流道循环流动。固液分离器设置在主沟的弯道处，利用主沟的水流产生的动力自动回流。由于立体循环一体化氧化沟独特的立体循环结构，占地面积减少了约 50%，使得一次性投资成本大幅降低；同时，在运行过程中，立体循环一体化氧化沟仅由一台电机驱动转刷，设备少、维护简便，管理费用省，而且，固液分离器实现污泥自动回流，能耗的降低使得运行成本减少约 10% 以上。

工艺流程

工艺流程为“农村污水—化粪池—立体循环一体化氧化沟—达标排放”

关键技术或设计特征

立体循环一体化氧化沟技术

推广情况

苕溪流域的余杭区径山镇建立了 30 t/d 的生活污水处理示范工程。

典型案例

（一）项目概况

苕溪流域的余杭区径山镇漕桥村生活污水处理施设计日处理水量 30m³/d，污水来源于村落的生活污水，2010 年开工建设，于 2011 年 06 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据课题第三方的检测数据，该工程主要污染物出水指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918—2002）中的一级标准中 B 级标准。

（三）投资费用

吨水设备投资费用为 5500 元。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2012 年 06 月-2012 年 12 月实际运行情况，年处理污水 300t，吨水运行费用为 0.53 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院生态环境研究中心

联系人：郭雪松

电话：13521681968

地址：北京市海淀区双清路 18 号

E-mail: gxs0122@rcees.ac.cn

123 复合塔式生物滤池农村生活污水处理技术

适用范围

农村生活污水处理

基本原理

工艺前端将农户现有的化粪池改造后或直接加以利用，用污水管收集后（经格栅）进入水解酸化池。然后泵提升至高效厌氧池，水自流至复合塔式生物滤池单元，经生物、生态及物化处理，出水由下部沟道，排放至人工湿地进行进一步强化处理，确保总氮、总磷去除效果，同时也确保冬季低温条件下的系统污水处理效率。

工艺流程

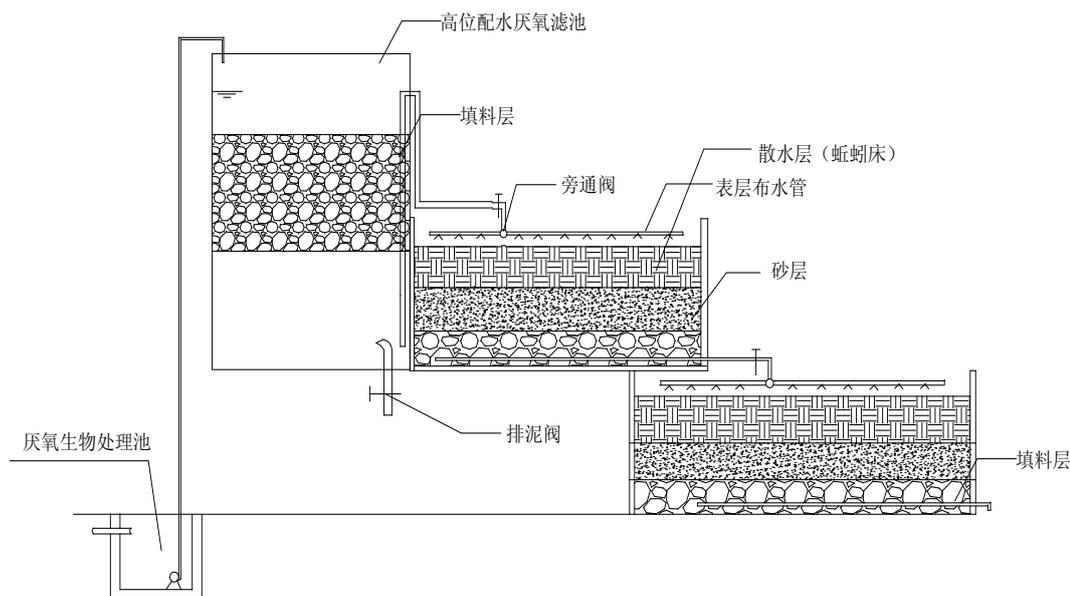
工艺流程为“水解酸化池—高效厌氧池—蚯蚓生态滤池—复合人工湿地”。

1. 水解酸化池的来水为农户管网收集来的生活污水，具有混合、沉淀、消化以及调节池功能，经水解酸化作用后进入高效厌氧池单元，该单元内配置新型厌氧滤料，厌氧滤料为不同级配的颗粒滤料，可有效去除污染物 TN 约 10-15%、TP 约 2-10%、COD_{Cr} 约 22%、SS 约 98% 以上，可达到较好的预处理效果；

2. 蚯蚓生态滤池在普通的生态滤池基础上，充分利用了动物、植物与微生物的协同作用，以及蚯蚓的增加通气性、分解有机物等功能，能够更好、更有效地进行污水处理。蚯蚓在滤池内的活动还能有效提高微生物数量及微生物活性，改变、促进有机物质的厌氧分解转化。

3. 复合人工湿地具有投资及运行费用低、运行管理方便、对负荷变化适应性强、出水具有一定的生物安全性、生态环境效益显著等优点，比较适合于管理水平不高、水量及水质变化不大的城郊或乡村应用；同时，人工湿地还具有对氮、磷污染物去除效果好的特点，因此作为塔式蚯蚓生态滤池的辅助技术，用来处理太湖流域的农村生活污水尾水。

复合塔式蚯蚓生态滤池工艺示意图：



关键技术或设计特征

采用新型生物填料的污水厌氧生物处理预处理单元；
充分利用动物、植物与微生物的协同作用，由好氧—厌氧—一层间滴落充氧等多次循环过程组成，生物脱氮效果好，磷去除由填料吸附和植物吸收完成；
复合人工湿地技术确保出水达到一级 A 标准。

推广情况

武进区农林局用此技术处理共 33 个自然村（村民小组）的污水。

典型案例

（一）项目概况

农村生活污水处理系列化技术自 2008 年应用于社会以来，先后在武进区武进港沿岸和周边农村环境整治及村庄村落污水处理项目中，采用复合塔式生态滤池和改进型毛细管渗滤沟技术及其他复合型生态技术处理该区共 33 个自然村（村民小组）的污水。

复合塔式蚯蚓生物滤池设计日处理水量 20-60m³/d，污水来源于武进区各外镇农户生活污水，于 2007 年 5 月陆续开工建设，2007 年 10 月至 2009 年 10 月间完成调试并建成投产，由武进区农林局招标后续运行、监测和管理。

（二）技术指标

自污水处理工程实施以来，处理设施运行良好。根据常州市环保局抽样检测，生活污水经设施处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。以平均进水 TN 为 50.0mg/L，TP 为 6.0mg/L 计，污水处理设施（总处理量 1000t/d）每年削减总氮排放 190t，减少总磷排放 60t。有效地控制了进入太湖的水污染负荷，改善了武进区进入太湖重点控制河

流的水质，降低了水污染对居民身体健康的影响，美化了村内景观，有良好的社会效益和环境效益。

(三) 投资费用

设施投资构成：格栅井 0.75 万元，厌氧水解池 6.9 万元，蚯蚓生态滤池 8.9 万元，设备、材料安装费 3.6 万元。

该项目单套设备（以 30t/d 标准计）投资 20.0 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用约为 7000 元。主体设备寿命 15 年以上。

(四) 运行费用

根据 2007 年 10 月-2010 年 12 月实际运行情况，单套污水处理设施（日处理污水量 30 吨）年处理污水约 10000t，年运行费用 0.13 万元，吨水运行费用为 0.12 元。

联系方式

技术信息咨询单位：南京大学

联系人：郑正

电话：021-65643342

地址：上海市邯郸路 220 号

E-mail: zzhenghj@fudan.edu.cn; zym@nies.org

124 易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术

适用范围

农村生活垃圾处理

基本原理

固相有机物的厌氧降解基本可划分为液化（水解）和甲烷化（气化）两个阶段。两阶段的优势微生物相不同；其中，水解段微生物大多为兼性，对 pH 环境的兼容性亦较大；而甲烷化段微生物为严格厌氧，仅适应中性的 pH 环境。课题研发的关键技术，将水解段和甲烷化段予以分离，隔离了混杂生活垃圾对甲烷化段微生物的直接影响，可以保证甲烷化产沼过程的稳定运行，也避免了厌氧过程环境条件控制的复杂性，简化了设备设计，为技术成本与村镇社区条件的相容性提供了基础；同时，水解段采用堆置发酵方式，也为水解后衔接好氧稳定提供了条件。

为了保证足够的有机物水解率，达到要求的有机物气化水平，采用了沼液循环水解方式，从微生物、环境条件和传递条件三方面强化水解发酵速率。

工艺流程

可降解生活垃圾分流收集，通过分类收集实现可降解生活垃圾（食品垃圾、卫生用纸、居住区的农作物残余等）的分流收集；可降解生活垃圾水解发酵，分流收集可降解生活垃圾形成堆体，通过限量通风和循环液浸滤强化水解发酵使易降解有机物溶出；水解液甲烷化产沼，富集了溶出有机物的水解液在厌氧反应器中甲烷化发酵转化为沼气，沼液循环至水解堆体加以利用；水解剩余物好氧稳定制堆肥，堆体水解完成后停止循环液浸滤，足量通风进行好氧稳定和腐熟，得到堆肥产品。

关键技术或设计特征

易腐生活垃圾水解-甲烷化-好氧稳定技术

推广情况

余杭区径山镇服务村民约 270 户，900 余人。

典型案例

（一）项目概况

余杭区径山镇前溪行政村生活垃圾资源化处理设施，设计日处理分类收集易腐垃圾 3.5 t/d，易腐垃圾来源于前溪行政村单独分类收集的村民食品垃圾、径山镇集贸市场垃圾和部分稻田秸秆（兼用于好氧稳定操作的水分调节），2009 年 11 月开工建设，于 2010 年 7 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据农业部农产品及转基因产品质量安全监督检验测试中心（杭州）出具的检验报告，项目产物的重金属含量低于农业部《有机肥料》（NY525-2002）

中的“有机肥料”标准要求；产物的植物养分（氮、磷、钾）含量达到该标准的90%，并优于《城镇生活垃圾农用控制标准》（GB8172-87）的要求。

以每吨易腐垃圾产生渗沥液 0.4t、渗沥液平均 COD_{Cr} 为 20000mg/L，TN 为 2000mg/L 计，该生活垃圾分类处理设施每年削减总氮排放 1t，减少 COD_{Cr} 排放 10t。同时该项目产物产率约 30%，用于土地利用，化学肥料替代量约 5t/a，相当于节约该值 50-100 倍的化石能源。

（三）投资费用

该项目主要设施有：垃圾收集运输体系，好氧堆肥槽，强制通风系统，恶臭过滤处理处置系统，堆肥分选筛等。工程总投资 47 万元，其中，设备投资 22.9 万元，土建部分 15.4 万元，工程直接费用 38.3 万元，其它工程费用 9.7 万元。每吨易腐垃圾日处理能力直接投资费用约为 10 万元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2010 年 9 月-2011 年 10 月的实际运行情况，年处理易腐生活垃圾约 800t，月均人工费（含分类收集）2400 元，水电费 500 元，其它费用（设备维护等）200 元；年运行费用约 3.7 万元，吨垃圾处理运行费用约为 47 元。当地生活垃圾集中焚烧处理总费用约 280 元/t；远高于本项目成本。

联系方式

技术信息咨询单位：同济大学

联系人：邵立明

电话：13918834161

地址：上海市杨浦区四平路 1239 号

E-mail: slm0039@163.com

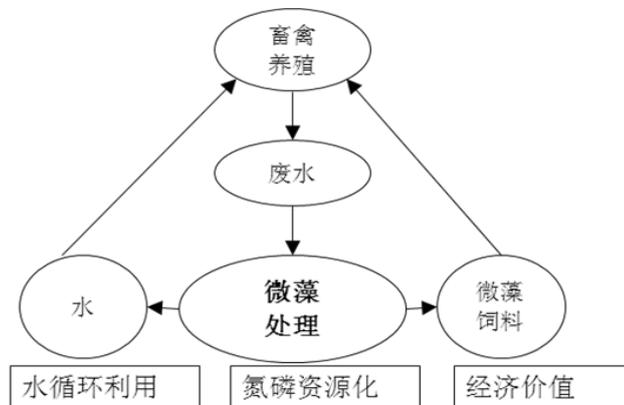
125 微藻处理畜牧业养殖废水资源化利用技术

适用范围

畜牧养殖业废水、发酵沼液以及水产养殖等废水处理。

基本原理

微藻通过光和作用将废水中多种氮、磷化合物（无机、有机）吸收转化为蛋白质，脂肪酸，色素等机能性有机物质；选用不同的藻株最终可以产生富含不同的机能性成分的微藻产品；用微藻对污水进行处理，既能有效降低废水中N、P等造成河川富营养化的污染物浓度，同时获得的高附加值藻作为饲料原料喂养畜禽，提高畜禽的经济价值；整体系统可实现氮磷的资源化循环利用，降低废水的排放量，为养殖户创造更大经济效益。



工艺流程

工艺流程为：1、畜牧养殖废水首先经过沼气发酵系统，生成日常生活所用沼气、固体肥料以及沼液；2、沼液经过固液分离预处理降低浊度；3、稀释预处理后的沼液到一定浓度；4、稀释后沼液进入微藻养殖系统，作为微藻培养液提供微藻生长所需营养盐，微藻光合作用生长吸收氮磷；5、微藻生长到一定浓度时进行藻液分离采收；6、分离的固相藻泥干燥加工成饲料原料使用，同时分离的清水回收用于绿化、冲洗畜禽圈舍以及稀释沼液实现循环利用。

关键技术或设计特征

利用高效低成本微藻养殖系统，通过光合成微藻将废水中N、P资源化，减少造成河川富营养化的废水排放量。

选用可以生产具有不同机能性成分的微藻藻株，加工为高价值饲料原料，通过提高产品的经济价值，提高整体设备投资效益。

藻液分离清水循环利用，节省大量用水。

本系统导入可实现畜禽养殖废水的生态循环，为养殖业创造经济价值，可适用于大规模畜禽养殖场

典型规模

可以根据处理废水量，产出微藻饲料原料需求量进行量身定做，例：日处理1吨，10吨等，均可以设计。

推广情况

在河北省廊坊市已经建成微藻养殖规模 30 立方的畜禽养殖废水规模化处理系统，处理能力测试已经完成，与相关大型养殖企业正在商谈示范。

典型案例

（一）项目概况

微藻养殖处理畜禽养殖废水处理及回用设施:设计日处理废水量 $1\text{m}^3/\text{d}$ ，污水来源于畜禽养殖场沼气发酵后沼液，2014 年 4 月开工建设，于 2014 年 7 月完成调试并建成投产，连续运行 3 个月。

（二）技术指标

根据新奥研究院分析中心出具的验收报告，项目出水总氮总磷指标达到《城市污水再生利用城市杂用水质》（GB//T18920-2002）中的“城市绿化”水质标准要求。以平均进水 TN 为 3692mg/L ，TP 为 153mg/L 计，该污水处理设施每年削减总氮排放 1.08t，减少总磷排放 0.18t。同时该项目出水完全回用于畜禽舍冲洗用水，节约新鲜水资源消耗 262 吨/年，按新鲜水价 2 元/吨水，节支总额达 524 元/年。产生微藻作为高价饲料原料约 27 吨，按照干燥微藻藻粉 5 万元/吨计算，创造经济价值 135 万元/年。将藻粉作为饲料原料用于畜禽养殖后，可提高畜禽肉及禽蛋中的抗氧化性成分，不饱和脂肪酸等机能性成分含量，进而提高相关肉蛋产品的销售价格。

（三）投资费用

该项目设备投资 100 万元（基建部分由甲方建成），吨水投资费用为 100 万元。主体设备寿命 10 年以上。占地面积约 10 亩。

（四）运行费用

根据 2014 年 7 月-2014 年 9 月实际运行情况，折合年处理废水 270 吨，年运行费用 30 万元，吨水运行费用为 1111 元，产生净化水用于鸡舍冲洗回用 262 吨。节约新鲜水资源消耗 262 吨/年，按新鲜水价 2 元/吨水，节支总额达 524 元/年。产生微藻作为高价饲料原料约 27 吨，按照干燥微藻藻粉 5 万元/吨计算，创造经济价值 135 万元/年。将藻粉作为饲料原料用于畜禽养殖后，可提高畜禽肉及禽蛋中的抗氧化性成分，不饱和脂肪酸等机能性成分含量，进而提高相关肉蛋产品的销售价格。

联系方式

技术信息咨询单位：新奥科技发展有限公司

联系人：张凯

电话：03162596921

地址：河北省廊坊市经济技术开发区华祥路新源东道新奥工业园南区

邮编：065001

E-mail: zhangkai@enn.cn

126 人造生物膜-强化污水处理剂污泥减量新技术

适用范围

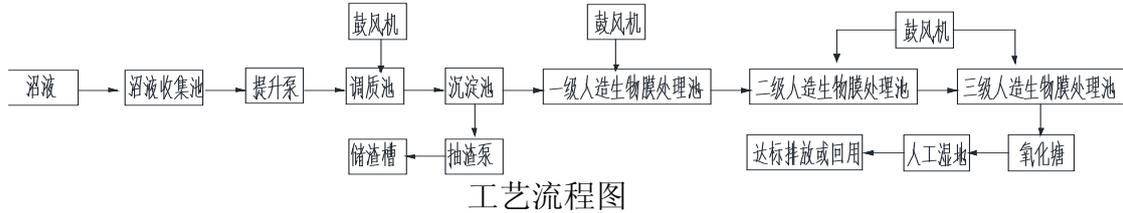
适用于污染水环境生态修复、污泥减量、高磷高氨氮有机污水、畜禽养殖及屠宰废水处理、水产养殖水体净化等。

基本原理

利用微生物对有机污染物的降解和对氨氮、磷等的转化作用，将其细胞固定在适当载体上，研制成为不同功能和剂型的产品，结合相关配套措施，净化污水、除磷脱氮、回用资源。

工艺流程

在沼气发酵后通过固液分离和调质池时，去除部分氮磷，再经过 1-3 级人造生物膜反应池进一步去磷、脱氮，再经氧化塘即可达到排放标准，实现中水回用（见下图）。其中，人工湿地可根据当地现场情况而定。



工艺流程中前期有机物厌氧发酵产生沼气作能源；人造生物膜降解和转化污染物，除磷脱氮；氧化塘水生植物去除残余氮磷，净化水用于冲洗猪舍或灌溉。其特殊性能表现为净化系统启动快，除磷脱氮效率高，从源头上削减污泥，消除臭气，水和磷、氮资源回用，能耗低，管理方便。

关键技术或设计特征

工艺流程简约，节省基建投资。

养猪污水经厌氧发酵后的沼液，经过 3 级人造生物膜处理即可去除大量 COD_{Cr}、氨氮、总磷和臭气，再经过氧化塘，实现水和氮磷资源回用。

间歇曝气，能耗低。

无污泥排放，避免其二次污染。

推广情况

1. 广东华农温氏畜牧股份有限公司新建养猪场日处理 350t 沼液，另外，改造原有污水处理设施，日用水量增至日处理 450t 沼液。

2. 北京动物园长渠：每日约有 1000~1500 t 水通过，实际每日处理水量大于 3000 m³。

3. 万科建筑研究有限公司试验基地：景观试验小水体，约 24 m³ 水池，另外居民小区景观水体规模为 2-3 亩水面。

典型案例

（一）项目概况

高浓度有机污水处理新工艺示范工程于 2010 年设计，设计日处理量 100t，污水主要来自广东惠州源茵畜牧科技有限公司汝湖农场原种养猪场污水。2011 年 3 月完成土建后试运行，4-5 月调试达《广东省畜禽养殖业污染物排放标准》（DB44613-2009），同年 9 月通过当地环保局验收。由 2011 年 4 月至今已运行 4 年 2 个月。

（二）技术指标

养猪污水处理示范工程日处理量为 100t，主要污染物的去除效率、达标情况和年削减量见下表。

表 1 污染物的去除效率、达标情况和年削减量

项目	CODCr 平均值	TP 平均值	氨氮平均值
进水平均值 (mg/L)	743	56.2	558.7
出水平均值 (mg/L)	149	3.75	53.7
去除率 (%)	80	93.3	90.4
年削减量 (kg)	21681.0	1914.4	18432.5

削减量是以试运行期间 11-13 次采样检测所得数据平均值计算的较保守的推算。在长期运行中当地环保部门和异地环保检测单位检测结果优于表中所列数据。

新工艺可将污水中的氨氮和磷转化为磷酸镁铵结晶或其它磷酸盐肥料回收；从源头上削减污泥，可防止其二次污染；采用间歇曝气，节省能耗 30%，还可除臭，污水净化后回用，实现减排、节能、节水。

主要净化产品-人造生物膜具有长效性，示范工程运行已近 4 年，无需更换或添加，预期有效期可达 5 年以上。

（三）投资费用

表 2 万头养猪场污水处理投资预算基本构成和吨水处理费用

项目		金额 (万元)	占总投资的%
基础 设施	黑膜沼气池	40	24
	沼液处理池	70	42
	氧化塘	6	3.6
小计		116	70.3
净化材料 及设备	人造生物膜	25	15.2
	设备	24	14.5
小计		49	29.7
合计		165	100
吨水投资	165 万元 ÷ 100t = 1.65 万元/t		

说明：该示范工程是土建沼气池，总造价为 240.1 万元。

（四）运行费用

根据实际运行情况，日处理污水 100t，因节能 30%左右、无污泥处置费用，污水净化后回用，管理人员少，年运行费用仅 5.53 万元，吨水处理费用仅 1.514 元。

联系方式

技术信息咨询单位：武汉益生泉生物科技开发有限责任公司

联系人：李勤生

电话：027-87608343

地址：湖北省武汉市南湖大道光谷软件园 E 3-703，

邮编：430073

E-mail: whysq178@qq.com

127 高效水生态修复集成技术

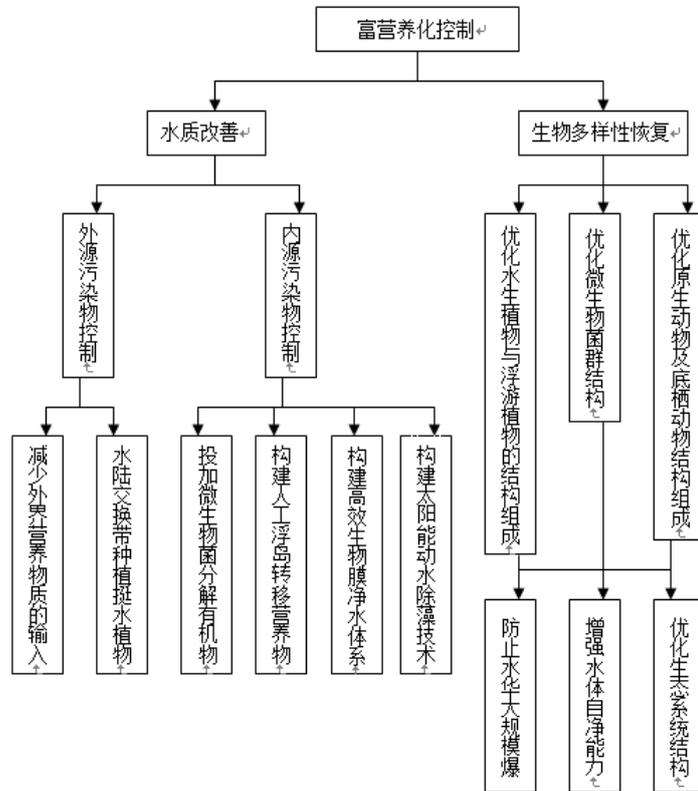
适用范围

城市河道、黑臭水体、湖泊富营养化、流域点面源污染生态治理；水华防治；人工湖泊生态构建等。

基本原理

该技术以“碳素纤维生物膜系统——微纳米气泡发生器系统——生态浮岛与高效土著微生物联用技术”为主，以水生动植物为辅，外加藻类水华预警及防控体系监控技术的综合治理措施。这套系统中的各项技术可根据受污染水体的程度不同而进行调整，促进自然水体恢复自我修复功能，强化水体的自净能力。

工艺流程



关键技术或设计特征

- 高效复合塘再生水深度净化系统生物量增加与保持技术
- 水生植物—净水微生物菌剂—复合生态浮岛与植物组合技术
- 复合菌藻共生培养技术
- 菌藻联合固定化技术
- 景观水体健康水生态系统构建与稳定化技术
- 藻类水华预警及防控体系

典型规模

南海子郊野公园一期景观水处理项目在南海子公园建成 450 亩的湖体水质保持示范区，湖区水域治理面积约 300000m²，公园补水水源为上游 5km 处的小红门污水处理厂再生水，湖区入水口的再生水量为 1.0 万 m³/天。

推广情况

该技术已在南海子中水景观回用、大兴城市黑臭河道、天津新开河城市河道控制蓝藻水华、密云城市河道点源污染治理、江苏江心洲污水处理厂升级改造的生态方法项目中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

南海子郊野公园一期景观水处理项目，于南海子公园建成了 450 亩面积的湖体水质保持示范区，湖区水域治理面积约 300000m²，公园补水水源为上游 5km 处的小红门污水处理厂再生水，湖区入水口的再生水量为 1.0 万 m³/天。该项目 2011 年 8 月 7 日开工建设，于 2013 年 6 月 19 日完成维护。该项目属于北京市科技计划项目。

（二）技术指标

中国环境科学研究院与北京新奥环标理化分析测试中心出具的检测报告，项目湖区水质达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002），地表水Ⅳ类标准要求。对湖区入水口区域进行了水质采样分析水体总氮浓度为 6.55mg/L，超地表水Ⅳ类标准 4.37 倍。总磷浓度为 0.07 mg/L，属于地表水Ⅲ~Ⅳ类标准之间。五日生化需氧量（BOD₅）为 10.1 mg/L，基本为地表水Ⅴ类标准。化学需氧量（COD_{Cr}）为 28.5 mg/L，略好于地表水Ⅳ类标准。

利用本工艺投加适量净水微生物，水生动植物可实现地表水Ⅳ类标准要求（总氮≤1.5 mg/L，总磷≤0.1 mg/L，COD_{Cr}≤30 mg/L，BOD₅≤6 mg/L）。

（三）投资费用

该项目总投资约为 589 万元，全部用于设备投资费用，无其投资费用；吨水投资费用为 350 元，主体设备平均寿命 10 年。

（四）运行费用

根据 2012 年 6 月-2013 年 6 月实际运行情况，年处理污水 360 万吨，每年维护费用为 10 万元。该技术不需要任何电能消耗，有明显的节能效果。

联系方式

技术信息咨询单位：北京京阳环保工程有限公司

联系人：霍石磊

电话：15275703586

地址：北京市丰台区角门 18 号枫竹苑一区 07-02

邮编：100068

E-mail: tcrzbigbird@163.com

128 灌注型植生卷材护坡及绿化技术

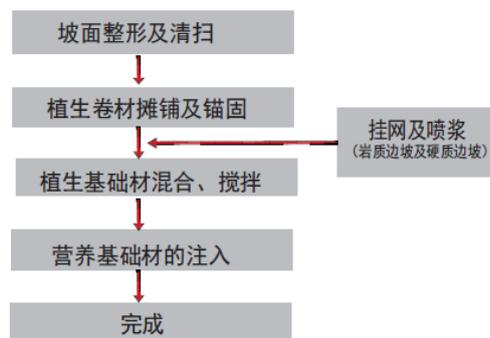
适用范围

边坡的坡面防护、生态恢复及景观绿化。

基本原理

通过在坡面上铺设由特殊材料和方法编制的植生卷材，用锚钉固定后，把种子和特殊有机质资材以及特殊发育基础材料，通过专用注入机械压送注入到植生卷材内，从而在各类边坡表面形成长期稳定的植物生长基础层。

工艺流程



施工工艺流程图



原浆砌石面卷材施工中



施工完成效果

关键技术或设计特征

该技术所采用的灌注型植生卷材是由特殊材料通过独特的方法编织而成，编织材料具有较大的抗拉强度和伸缩率，具有抗紫外线（UV）、抗老化、无毒、不助燃、裂口不延伸等特点。植生卷材独特的编织方法和较强的材料伸缩性既可保证植生基础材料注入时织物孔隙闭合，防止注入材料发生泄漏，又能保证植生基础材料注入后织物孔隙逐渐张开，避免妨碍到植物的发芽；编织材

料较大的抗拉强度及抗 UV、抗老化性能，保证了植生卷材在使用过程中的耐久性及抗破损能力。

典型规模

该技术的典型规模为 1 万 m² 到 3 万 m² 间的生态护坡。采用灌注型植生卷材护坡及绿化技术之灌注型植生卷材所用材料包括种子和特殊有机质资材以及特殊发育基础材以及植生卷材，因各地区的原材料价格有差异，按标准配比、结构层标准设计厚度 10cm 生成的植生卷材护坡单位价格约在 30~100 元/m² 区间。

推广情况

该技术从 2010 年开始在国内推广，目前已在青海、江苏等省份的水利项目上应用。

典型案例

（一）项目概况

北川河朝阳电厂引水口至门源桥防洪治理工程，河堤改造北起电厂引水口入口，南至门源桥，于 2011 年完工，该项目总投资 1240 万元，具体包括河堤改造和沿河路道路工程，其中河堤改造部分（原为浆砌石护坡）采用灌注型植生卷材及其护坡技术，目前项目运行 4 年，是西宁防洪及流域管理利用世行贷款项目的分段。

（二）技术指标

1) 生态治理效果

- 1、快速植生，同时保证绿化效果，无需后期养护。
- 2、植生卷材可以根据坡面形状进行加工，既可以植草也可以栽植树木和花卉，增加景观性。
- 3、植生卷材内的植物生长基础层具有长期稳定性，不会发生因降水、淹水以及水流冲刷、水位变动而导致植物生长基础层材料的流失。
- 4、注入的植物生长基础层可在坡面上进行自然的循环，实现永久性绿化。
- 5、长期稳定的植物生长基础层可促进周边植物的自然侵入，加快生态恢复。
- 6、植物生长基础层内保持有相当数量的空气，即使在淹水时也能保障植物根部可以在相当长时间内成活及继续成长。
- 7、所有材料可降解，不会造成环境污染。
- 8、灌注后的植生卷材作为连续的植生基础层对坡面进行了覆盖，能有效防止小落石和各种侵蚀，对于坡面的保护效果好。
- 9、植生卷材与坡面锚固并灌注植生基础材料后，可抵抗波浪冲刷及雨水侵蚀，对坡面堆土起到很好的保护及反滤作用，水土保持效果好。

2) 与其他护坡差别

与其他硬质护坡改造相比，该技术无需拆除原有结构面即可实现绿化及生态效果，其生态性和经济成本较其他方式具有明显优势。

3) 评价指标

- 1.绿化率：绿化率≥98%

- 2.绿化的持久性：永久
- 3.植物群落的多样性：草+灌，草+灌+乔
- 4.抗冲刷能力：流速 $\geq 3\text{m/s}$

（三）投资费用

材料主要由植生卷材、种子、特殊有机质资材以及特殊发育基础材料组成，投资费用在每平方米 180 元以内。

（四）运行费用

该技术所采用的植生卷材在特定工程场合可以完全替代石头、水泥等材料，大幅度减少工程成本。该技术运行费用受项目坡面影响较大，其综合单价约为：30 元/m²-100 元/m²

联系方式

技术信息咨询单位：北京亚盟达生态技术有限公司

联系人：李淼

电话：18701637697

地址：北京市朝阳区泰利明苑大厦 A 座 7 层

邮编：100011

E-mail: dongfu2106@126.com

129 湖泊退塘还湖区湿地生态系统修复集成技术

适用范围

湖泊退塘还湖区和入湖河口区，湖滨带严重受损和生态系统退化，生态、水质净化和景观功能丧失的区域

基本原理

通过对湖滨带鱼塘群区域进行塘库系统构建、堆岛等地形地貌多样性改造，对退塘还湖区密集而封闭的鱼塘个体进行大规模整合和联通，在湿地中形成前置沉淀塘库区、植物氧化塘库区和植物景观塘库区等不同的水质净化功能区，为湖滨带生态系统修复创造良好的生境条件，在此基础上进行全系列湿地植被生态修复工程，在湖滨带形成具有引水、布水和排水的塘库湿地生态系统，可实现湖滨湿地示范工程区生物多样性保育、入湖河流水质净化和景观美化三大功能，对改善湖泊水质和生态环境起到重要作用。

工艺流程

入湖河流闸门引水—前置沉淀塘—植物氧化塘—植物景观塘—出水堰—出水。

据不同类型湿地植物所需立地条件、满足湿地水质自然净化对底质、水力负荷、污染负荷、水力停留时间和湖滨带景观美学的标准和原则，对湖泊退塘还湖区严重受损湖滨带采用塘库系统构建及地形地貌多样性改造基底修复技术和全系列湿地植物多样性生态修复技术，在湖滨带形成大规模塘库、滩地、岛屿和陆地等不同地貌湖滨塘库生态湿地，将异龙湖最大入湖河水全引入湿地自然净化后入湖。

关键技术或设计特征

湖滨带塘岛系统构建基底修复技术
湖滨带全系列湿地植物群落空间配置技术

典型规模

在云南省高原湖泊异龙湖西岸退塘还湖区湖滨带形成具有完善引水、布水和排水设施和水质净化功能的大规模水域、滩地、岛屿和陆地等不同地貌湖滨塘库系统生态湿地 600 亩。

推广情况

该技术成果已在云南省高原湖泊异龙湖西岸 1200 亩湖滨带和异龙湖 9000 亩退塘还湖区进行推广应用。

典型案例

（一）项目概况

高原湖泊退塘还湖区湿地生态修复工程项目设计日处理水量 5 万 m^3/d ，污水来源于城镇村落生活、生产污水及农田面源污水等混合污水，2012 年 12 月开工建设，于 2013 年 12 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据昆明绿岛环境科技有限公司出具的监测报告，项目出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类水质标准。以平均进水 COD_{Cr} 为 101 mg/L，TN 为 8.29mg/L，TP0.739mg/L 计，该项目每年消减化学需氧量排放 465t，总氮排放 102t，减少总磷排放 10t。该技术具有明显的水质净化效果。

（三）投资费用

该项目总投资约 3000 万元，其中设备投资 10 万元，基建投资 1500 万元，其他投资 1490 万元，吨水投资费用为 600 元。主体设备寿命 20 年。

（四）运行费用

根据 2014 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况，年处理污水 1825t，年运行费用 75 万元，吨水运行费用为 0.04-0.06 元。

联系方式

技术信息咨询单位：云南省环境科学研究院

联系人：陈静

电话：0871-64114189

地址：昆明市气象路王家坝 23 号

邮编：650034

E-mail: 892097793@qq.com

130 一种新型人工湿地技术

适用范围

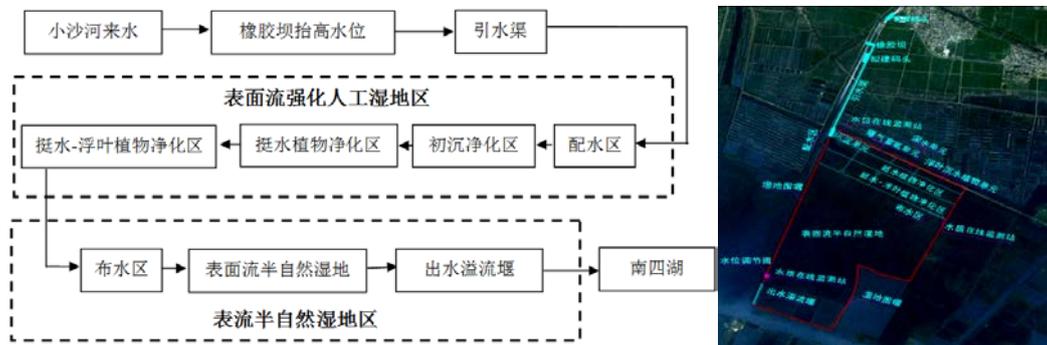
适用于处理污染河水、城市污水处理厂达标排放的尾水、农业面源污染径流等。

基本原理

以提升人工湿地污染物去除效率并保证长效稳定运行状态为目标，通过嵌套式增氧和分段进水技术，显著增加系统内部的溶解氧水平和进水中的碳源利用效率，提高有机物、氨氮和总氮的去除效果；通过人工弓棚（ZL200610070040.9）和季节性植物配置技术，综合发挥人工湿地内部保温和耐寒湿地植物生长等作用，实现冬季人工湿地净化效果的大幅度提升，确保常年稳定运行，实现出水水质全年稳定优于地表水 VI 类标准。

工艺流程

以薛城小沙河人工湿地水质净化工程为例，小沙河上游来水经橡胶坝、引水渠进入表面流强化人工湿地区进行水质净化。其中，在初沉净化区设置浮叶沉水植物单元（HRT>4d），种植睡莲、菹草等耐寒性植物保证冬季运行效果。初步净化后污水进入挺水植物净化区（HRT=6d），通过环形流动增强水质净化效果，减少湿地短流的发生。随后进入挺水-浮叶净化区（HRT>9d），通过合理配置不同的季节性湿地植物，利用植物耐寒特性保证小沙河人工湿地水质净化工程的冬季净化效果和系统的稳定运行。出水通过表面流经自然湿地（HRT>113d）被进一步净化后，排入南四湖，确保入湖水质达标。



小沙河人工湿地工程工艺流程图及平面布置图

关键技术或设计特征

该工艺采用环流等人工湿地结构优化配置技术，显著提高了抗冲击负荷能力，有效减少了湿地短流。与传统表面流人工湿地相比，结构优化配置后人工湿地 COD_{Cr}、氨氮、总氮、总磷去除率分别提高约 17%、34%、28%和 5%。

该工艺采用湿地植物混合配置冬季强化技术，搭配种植菹草、苦草等耐寒植物，突破北方地区人工湿地冬季稳定运行的技术瓶颈。相比常规湿地，冬季 COD_{Cr}、氨氮、总氮和总磷去除率分别提高 36%、44%、23%和 11.7%，可稳定达到地表水 III 类水质标准。

典型规模

薛城小沙河人工湿地水质净化工程建设规模为 5370 亩，污水处理规模为 $6.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ (3-10 月)、 $3.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ (1-2 月、11-12 月)，该工程对枣庄市薛城区污水处理厂的尾水进行深度处理。

推广情况

该技术被应用在南四湖、东平湖流域的 15 项人工湿地水质净化工程；被山东省环境保护科学研究设计院、北京远浪潮科技有限公司等环保单位应用在薛城小沙河、洸府河、武河等多项人工湿地水质净化工程中；同时应用于马踏湖人工湿地、白云湖入湖口人工湿地等工程。

典型案例

(一) 项目概况

薛城小沙河人工湿地水质净化工程建设规模为 5370 亩，污水处理规模为 $6.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ (3-10 月)、 $3.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ (1-2 月、11-12 月)，污水来源于枣庄市薛城区污水处理厂的尾水。该工程于 2011 年建成，目前运行良好。

(二) 技术指标

根据枣庄市环境监测站出具的测试报告，项目出水 COD_{Cr} 、氨氮和总磷可达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 40 mg/L，氨氮为 2 mg/L，总磷 0.95mg/L 计，该人工湿地项目每年可削减 COD_{Cr} 排放量 348.6t，氨氮 17.43t，有效改善小沙河的地下水污染状况，减轻了淮河流域水体污染。

季节	出水 COD_{Cr} (mg/L)	出水氨氮 (mg/L)	出水总磷 (mg/L)
春季	19	0.68	0.18
夏季	16	0.31	0.12
秋季	17	0.67	0.19
冬季	20	0.87	0.21

(三) 投资费用

该项目总投资约 2884.98 万元，其中基建投资 2246.70 万元，其他投资 280.02 万元，环保投资 31.67 万元，水土保持投资 20.88 万元，迁地补偿投资 170.45 万元。吨水投资费用为 565.7 元。

(四) 运行费用

根据 2011 年 12 月-2012 年 12 月实际运行情况，工程年处理污水总量 1436.2 万 m^3 ，年运行费用 122.25 万元，其中经营成本 35.76 万元；该工程运行过程中几乎不耗电，吨水运行费用低至 0.085 元，其中经营成本 0.025 元，相比常规污水处理厂，处理成本大幅下降，经济效益显著。

联系方式

技术信息咨询单位：山东大学
联系人：梁爽，张建
电话：13685312568，0531-88369518

地址：济南市山大南路 27 号山东大学环境科学与工程学院
邮编：250100
E-mail: 985057189@qq.com, zhangjian00@sdu.edu.cn

131 生态护坡技术

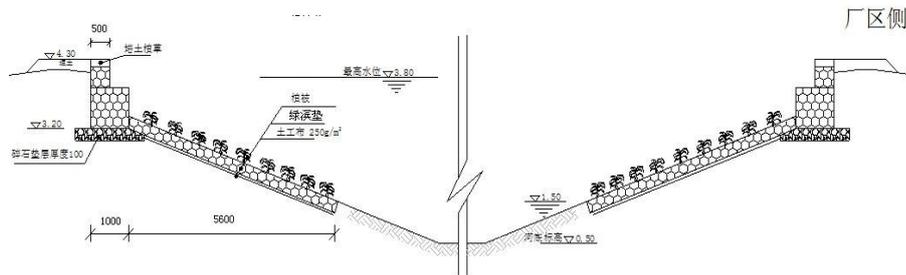
适用范围

适用于水利工程、水土保持、公路铁路护坡工程、海洋工程、山体滑坡、泥石流治理等工程中的生态修复。

基本原理

该技术取代竹木原料而将经过特殊处理的钢丝作为材料，由机械编织成网片，组装成笼，里面填上石料，使之成为有规则形状和一定重量的集合砌体。

工艺流程



设计断面图

关键技术或设计特征

无需水泥，可就地取材，也可采用符合要求的废旧建筑垃圾如混凝土块等作为充填物，大大减少碳排放。

充填物之空隙有利于动植物自然生长，透水性结构，利于水体循环，增强水体自净能力。

能适应软基不均匀沉降，无需特殊基础处理措施。单元结构间连接可靠，整体性强，抗震性能好

由于其整体性及充填物存在孔隙，其抗冲刷效果较传统结构及其他生态护岸结构强。

无需技术工人，可全天候施工，无需水电配套，也可不筑围堰水下施工，施工简便快捷，与传统硬质结构相比可节省工时 1/2 以上。

耐久性好，其耐久性基于设计科学、施工规范、选用标准材料，及科学的产品加工工艺流程。

推广情况

已出口全球三十多个国家和地区，并在国内多河道、海岸、公路堤坡防护工程中应用。

典型案例

(一) 项目概况

该技术在“小源溪整治工程”中得到应用。

（二）技术指标

以工程中使用最多固滨笼、绿滨垫为例，具体参数如下：固滨笼为 2m×1m×1m、2m×2m×1m、2m×1.5m×1m；网孔为 130mm×150mm；材质为 5% 铝-锌稀土合金层包覆 pvc 钢丝；钢丝直径为 2.7mm/3.7mm；边丝直径为 3.4mm/4.4mm；扎丝直径为 2.2mm/3.2mm。

绿滨垫为 2m×2m×0.3m；网孔为 130mm×150mm；材质为 5% 铝-锌稀土合金层包覆 pvc 钢丝；钢丝直径为 2.7mm/3.7mm；边丝直径为 3.4mm/4.4mm；扎丝直径为 2.2mm/3.2mm。



工程施工中



施工完成后

（三）投资费用

投资费用包括人工费，材料费和机械费。材料中可参照以下概预算价格计算，定额中毛石取定基价为 30 元/t，格网取定基价为 15 元/m²，为可调价材料，应用时按实际价格进行调整。

（四）运行费用

工程建设费用包括材料费用和建设费用，材料寿命根据试验研究，可达 30 年，无运行费用。

联系方式

技术信息咨询单位：无锡金利达生态科技有限公司

联系人：贾庆

电话：13912487371

地址：无锡市人民中路 118 号教仪大厦金鼎广场 4B402

E-mail: sales@gabion.cn

132 无灌溉管件防护荒漠造林技术

适用范围

适用于地下水位较高、湿沙层丰富的荒漠地区植树造林应用以及河网地区生态修复等。

基本原理

采用设施农业生产条件下梭梭苗培养方法专利技术进行梭梭属植物育苗，采用无灌溉管件对梭梭属植物直播或移栽，给植物创造利于生长的微环境，模拟地表温度对植物进行地表高温胁迫，防止梭梭林发生夏休眠，促使梭梭属植物提高成活率，促进其快速生长。

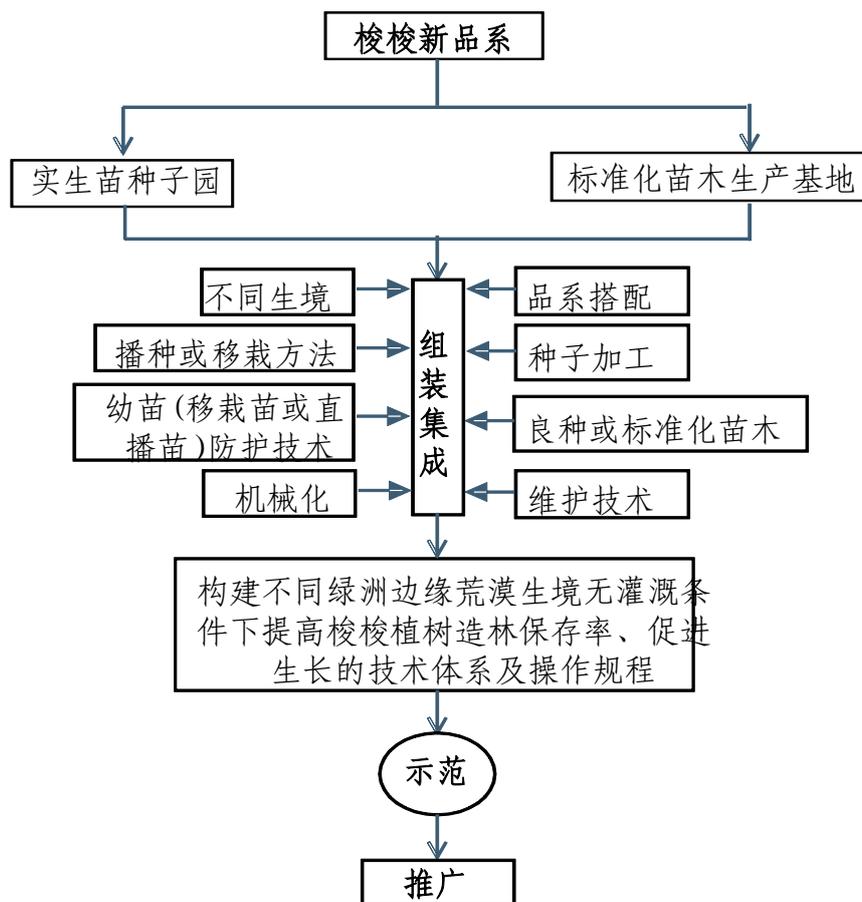


采用管件防护的梭梭移栽苗



采用管件防护的其他荒漠植物幼苗

工艺流程



技术路线图

关键技术或设计特征

可有效提高初春晚上地表温度，有效降低夏季白天管内表温，防“灼伤”幼苗。

可有效降低幼苗遭沙埋、沙割、风蚀等伤害。

可有效防止小动物，尤其沙老鼠等伤害幼苗。

可降低投入、操作简，宜秋和春植，可直播、移栽。

可对管内土壤保湿保温，不需灌溉就能为种子提供适宜生境

管件用荒漠沙子做成，1-2年内可分解，较PVC管成本低、防风沙效果好、且不污染环境。

典型规模

2012年实施吉木萨尔县“无灌溉管件防护梭梭荒漠造林新技术”示范推广项目，示范面积2000亩，梭梭幼苗移栽成活率平均在85%以上，梭梭播种成苗（穴）率在50%以上。

推广情况

2010 年在新疆准噶尔盆地古尔班通古特沙漠小面积示范取得成功；2011 和 2012 年在新疆准噶尔盆地南缘、中心以及西北缘 5 个点共计示范推广了约 16.67 公顷，2013 年春季在新疆吉木萨尔县古尔班通古特沙漠 216 国道边、甘肃省民勤县和内蒙古阿拉善左旗腾格里沙漠示范推广了约 133.33 公顷。

典型案例

（一）项目概况

2012-2014 年，在新疆古尔班通古特沙漠南缘吉木萨尔县境内，从多个荒漠生境、不同种源搭配，标准化苗木，春或秋种、移栽或直播苗防护技术、维护技术等方面对梭梭造林技术进行了组装、集成，构建了不同绿洲边缘荒漠生境无灌溉条件下提高植树造林保存率、促进生长技术体系及操作规程。

（二）技术指标

筛选苗期耐逆性梭梭新类型新材料 3 个，建立梭梭新类型实生苗种子园 2 个，建立标准化苗木生产基地 2 个；梭梭造林关键技术累计推广造林 21000 亩，可有效提高无灌溉条件下荒漠地区梭梭种植保存率 70% 以上、生长量 25% 以上，实现了“低投入、低耗水、无灌溉种植方式下”幼苗保存率高的突破。

（三）投资费用

该项目总投资约 1050 万元，其中设备投资 20 万元，基建投资 30 万元，其他投资 1000 万元。

（四）运行费用

根据 2012 年 1 月-2014 年 12 月实际运行情况和项目结题专项审计报告，年运行费用 300 多万元，主要为生态修复，生产标准化苗木，机构运行管理费用支出。每造林 1 万亩，将增加 200 万元成本投入，但三年期建成“低投入、低耗水、无灌溉种植方式下”的产业模式后，每造林 1 万亩，每年可新增产值 300 万元，盈利 200 万元，为当地农民增加收入 100 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：南京农业大学

联系人：麻浩

电话：13851556681

地址：江苏省南京市玄武区卫岗 1 号南京农业大学农学院

邮编：210095

E-mail: Lq-ncsi@njau.edu.cn

133 植物固沙机种草技术

适用范围

水源地、河网地区、大型水库和湿地的生态修复

基本原理

该技术通过采用一种固沙混合料代替了现有的植物固沙技术中使用的石油副产品或者天然胶凝材料等化学固沙材料，消除了原有固沙材料带来的毒副作用和难降解的问题；能够有效杜绝沙面的板结硬化，保证了植物种子正常的发芽出土和生长发育。

工艺流程

固沙种草机包括机架、搅拌装置（均匀混合搅拌固沙植物种子与植物纤维浆料并获得固沙混合料）、搅拌驱动机构、将搅匀的固沙混合料连续喷送至需固沙区域的喷枪、和喷枪驱动机构，行走机构与行走驱动机构间通过传动机构一传动连接，搅拌装置与搅拌驱动机构间通过传动机构二传动连接，喷枪与喷枪驱动机构间通过传动机构三传动连接；喷枪的进料口与搅拌装置的出料口间通过物料输入管道连接。本系统结构简单、设计合理、投入成本较低且使用操作简便、使用效果好，能有效解决现有植物固沙方法存在的劳动强度大、工作效率低、固沙效果较差等问题。

关键技术或设计特征

农作物秸秆 1000kg，牛粪 300kg，复合发酵菌 1kg，保持水分 50-60%；升温 3-5 天到 50°，50°~60°高温发酵 3-4 天，降温到常温，粉碎，5mm 筛子过筛，固沙混合料装袋；在植物固沙和种草机中注水 1500kg，然后加入固沙混合料 200-300kg；加入植物种子 1-5kg，搅拌 5 分钟，进行喷散。

典型规模

（2002-2015 年）榆林-靖边沙漠高速公路路基修复工程 50000 m²；（2009-2015 年）兰州红砂土地地区陡削坡面生态建设 40000m²；（2007-2015）兰州黄土地区陡削坡面生态建设 5000 m²；（2000-2015）解放军某部垃圾场山生态建设 50000 m²。

典型案例

（一）项目概况

榆靖高速公路是我国目前在沙漠地区开工建设的首条高速公路。为使其成为道路建设与沙区生态建设有机结合的典范，实施好公路沿线的绿化美化及防风固沙工程非常重要。为此，该公路建设管理处（甲方）应用中国科学院寒区旱区环境与工程研究所（乙方）植物固沙机种草技术快速绿化公路边坡。工程量为：榆靖高速公路 K70+060-K70+350 左侧、K71+600-K71+860 左侧、K77+300-K78+200 左、右侧、K110+260-K110+620 右侧共四处用液体喷播快速绿化技术，对路基边坡及平整带进行绿化，生态修复面积 40000m³。

（二）技术指标

搅拌机搅拌时间：8min，齿轮泵工作排空时间 10-12 min，喷散面积 500m²。台班生产率 1000m²/h；喷头喷散距离小于 10m，带输料管喷散距离 20-40m；喷头喷散角度 30-60°，半径小于 10m，弧长 5-10m；输料管的连接时间 5"（对接时间 0-1min），重量小于等于 1000kg，体积为 2m³。档位变换灵活顺利；两个防堵法兰打开顺利；杂质去除装置位置合理；搅拌机转速：50 - 60n/min；齿轮泵转速:50 -60n/min。

（三）投资费用

本项目总投资 450 万元，其中机械设备投资费用：150 万元；固沙混合料投资费用：100 万元；流动资金投资费用：200 万元。

（四）运行费用

总运行费用 200 万元。常年生产固沙混合料，运行费用包含工人 8 名，工资 30 万；材料费：150 万；该技术实施后无需灌溉，大量节水。按照 1hm² 计算，节约水费 300 元/hm²。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

联系人：孙宏义

电话：13893207299

地址：甘肃兰州市东岗西路 320 号

邮编：730000

E-mail: sunhy569@lzb.ac.cn

134 生态节水型灌区构建技术

适用范围

灌区农田排水氮磷营养盐的生态拦截处理

基本原理

该技术采用以农田排水生态净化系统、可移动式农田排水沟水质净化器、农田排水沟便携式复合人工湿地净化箱为核心的农田面源污染控制工艺，将可移动组装式水质净化单元与农田排水系统进行耦合，借助于生物净化填料吸附、附着微生物净污原理，拦截净化农田排水中的氮磷营养盐。

工艺流程

可移动式农田排水沟水质净化器的示意图如 1-5 所示。

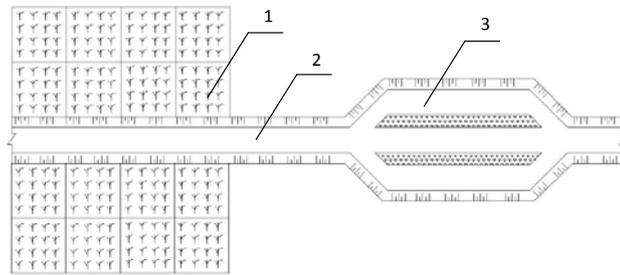


图 1 水沟渠开挖两条分流渠道的平面示意图

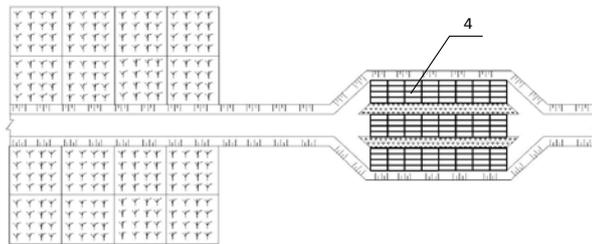


图 2 净化器在农田排水沟渠中摆放的平面示意图

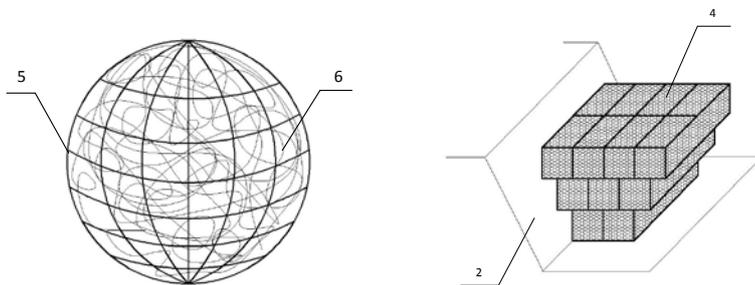


图 3 生物球示意图图 4 水质净化器在农田排水沟渠中组合摆放立体图

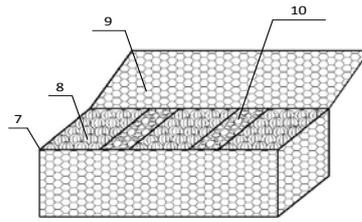


图 5

图 5 水质净化器示意图

图中 1 是农田，2 是农田排水沟渠，3 是分流渠道，4 是单体水质净化器，5 是聚烯烃塑料骨架，6 是以醛化纤维纶为材料的软性纤维填料，7 是钢筋，8 是生物净化球，9 是铁丝网，10 是活性炭。

对照图 1 和 2，据农田 1 面源污染程度和农田排水沟渠 2 内水流流速在原沟渠旁开挖 1 或 2 个分流渠道 3，分流渠与原沟渠大小相同，能显著降低水流流速、大幅增加水力停留时间；用钢筋 7 和钢丝网 9 制作成单体水质净化箱 4；可据农田排水沟渠断面尺寸合理选择不同尺寸的单体水质净化器 4 组合摆放以充满整个沟渠，使尽量多的农田排水经水质净化器处理。

所述流经水质净化器的农田排水在可移动组装式农田排水沟水质净化器组合体中的水力停留时间不小于 6 分钟。

关键技术或设计特征

1.对照附图 1-3，单体水质净化器内的生物净化球 8 由聚烯烃塑料制成球形的聚烯烃塑料骨架 5 与以醛化纤维纶为材料的软性纤维填料 6 构成。

2.对照图 4，单体水质净化器 4 以 $\phi 10$ 的钢筋 7 作为其骨架，以钢丝网 9 作为其 6 个面，钢丝网 6 的孔径略小于生物净化球 8 和活性炭 10 的大小，钢丝网 9 可拦截水中较大的悬浮物，防止水质净化器 4 内发生堵塞和填料流失。

3.水质净化器 4 上方的铁丝网 9 设置为可开启式，方便水质净化器 4 内填料的更换。

典型规模

江苏省宿迁市国家级大型灌区—沂北灌区 30 万亩的灌区排水系统；江西省国家级大型灌区—潦河灌区 33.6 万亩的灌区排水系统；江苏省昆山市花桥、锦溪万亩良田排水系统。

推广情况

该技术已在江苏省宿迁市国家级大型灌区——沂北灌区、江西省国家级大型灌区——潦河灌区、江苏省昆山市花桥、锦溪得到推广应用。

典型案例

(一) 项目概况

可移动式农田排水沟水质净化器在江苏省昆山市锦溪灌区排水系统中应用，面源污染来源于万亩良田的灌区排水，于 2010 年 2 月开工建设，2010 年 7 月调试并建成。

(二) 技术指标

以农田排水口、生态沟渠出水口水体作为生态沟渠水体净化的检测取样点。测定样品中氮磷等污染物浓度，分析生态沟渠拦截、净化效果。监测结果表明污水中 COD_{Cr} 去除率 $>38.8\%$ ，TP 去除率 $>28.6\%$ ，TN 去除率 $>30.7\%$ ， $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率 $>30.7\%$ 。

(三) 投资费用

该项目总投资约 20 万元，其中设备投资 15 万元，基建投资 3 万元，其他投资 2 万元。主体设备寿命 15 年。

(四) 运行费用

该系统在投入使用一段时间后，需将水质净化器从农田排水沟渠中取出，对其中的填料进行更换以保证处理效果，运行费用约为 3000 元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：河海大学

联系人：王超

电话：025-83787330

地址：江苏省南京市西康路 1 号河海大学环境学院

邮编：210098

E-mail: cwang@hhu.edu.cn

135 北方寒冷地区厌氧好氧工艺法—人工湿地污水处理耦合工艺研究与应用

适用范围

适用于土地资源丰富地区生活污水的处理，处理规模在 1000t-30000t。

基本原理

本项目通过对 A/O 预处理工艺和人工湿地技术的参数优化，将两者进行系统耦合，研发出一套高效的污水处理新工艺，用于处理北方寒冷地区中小城镇生活污水。同时针对人工湿地系统在冬季去除污染物和脱氮效果差的问题，通过培养、驯化出在低温条件下仍能保持较强活性的耐冷菌株，研究不同优势高效耐低温菌株及相关功能菌群的优化组合，提高人工湿地在低温条件下脱氮效果。

工艺流程

首先，污水经粗格栅、细格栅、平流沉砂池去除污水中的较大颗粒的悬浮污染物，然后污水自流到 A/O 池内进行二级生化处理。

污水首先进入厌氧反应池，将污水中结构复杂的、大分子的难于生物降解的有机物转化为分子结构较为简单的较易于生化的小分子物质，进行厌氧反应后进入好氧曝气池，绝大部分有机污染物和氮、磷得到降解和去除。曝气池出水进入二沉池，污水在二沉池进行固液分离，二沉池的污泥回流到厌氧反应池，上清液自流到人工湿地系统进行深度处理。

人工湿地对废水的处理综合了物理、化学和生物的三种作用。湿地系统成熟后，填料表面和植物根系将由于大量微生物的生长而形成生物膜。污水流经生物膜时，大量的 SS 被填料和植物根系阻挡截留，有机污染物则通过生物膜的吸收、同化及异化作用而被除去。湿地系统中因植物根系对氧的传递释放，使其周围的环境中依次出现好氧、缺氧、厌氧状态，保证了废水中的氮磷不仅能通过植物和微生物作为营养吸收，而且还可以通过硝化、反硝化作用将其除去。

关键技术或设计特征

根据北方地区春秋短、冬夏长的特点，及运行“低耗、高效”的理念，把处理工艺分冬、夏两种处理方案。冬季运行时，对污染物的去除以 A/O 为主，人工湿地为辅；夏季运行时，对污染物去除以人工湿地为主，A/O 为辅，保证处理后的污水常年达标排放。培养、驯化出在低温条件下仍能保持较强活性的耐冷脱氮菌株，使硝化过程在冬天较低温度条件下仍可正常进行，从而显著提高人工湿地在低温条件下的脱氮效果。

典型规模

日处理生活污水 20000t。

推广情况

该技术已在辽宁省昌图、义县等 8 座县级污水处理厂中得到应用，总处理规模达到 15.5 万 m³/d。

典型案例

（一）项目概况

昌图县人工湿地污水处理厂，处理能力为 20000t/d，污水来源于昌图县城区生活污水，2008 年 9 月开工建设，与 2010 年 10 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据铁岭市监测站出具的验收报告，项目出水达到《城市污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 B 水质标准要求。以平均进水 COD_{Cr} 为 220mg/L 计，该污水处理设施每年削减 COD_{Cr} 排放 1198t。

（三）投资费用

该项目总投资 5000 万元，吨水投资费用为 2500 元。

（四）运行费用

年处理污水 730 万 t，年运行费用 300 万元，吨水运行费用为 0.41 元。

联系方式

技术信息咨询单位：辽宁省环境科学研究院

联系人：李晓东

电话：024-62780047

地址：辽宁省沈阳市东陵区双园路 30 号甲

邮编：110161

E-mail: lxdlyl2005@126.com

136 湖口区污染物拦截前置库构建技术

适用范围

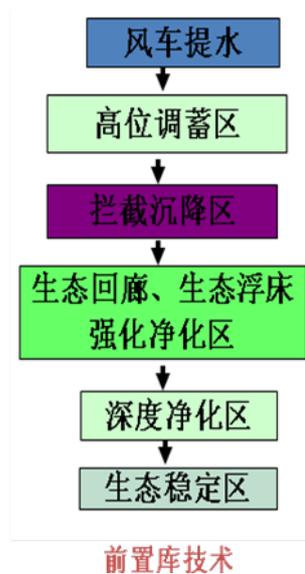
湖泊污染物拦截与生态修复

基本原理

由于溇湖污染负荷主要来自入湖河流，通过在入湖湖口处构建前置库系统进行污染拦截。前置库系统采用了新型复合式生态回廊技术、湖口区天然能源驱动提水技术，并结合生态浮床、水生植被修复、生物操纵等技术，通过沉降吸附、微生物降解、动植物吸收等作用，实现对入湖污染物的高效去除和水域的生态修复。

工艺流程

前置库系统包括调蓄缓冲区、生态拦截区、强化净化区、深度净化区和生态稳定区和导流系统。



工艺流程图

关键技术或设计特征

复合式生态回廊技术
天然能源驱动技术

推广情况

在溇湖西北部，夏溪河与扁担河汇合入溇湖的湖口处构建了示范面积 100 亩的示范工程。

典型案例

(一) 项目概况

在溇湖西北部，夏溪河与扁担河汇合入溇湖的湖口处，构建了前置库技术示范和工程示范，削减入溇湖污染负荷。技术示范面积为 100 亩，蓄水量为 1.3 万 m³，采用风车提水调蓄、人工复合生态回廊、前置库系统水力调配等前置库系统构建技术等。技术示范于 2009 年 9 月开工建设，于 2010 年 12 月完成调试并开始运行。工程示范面积约为 2.3km²，处理水量为 43.2 万 m³/d，包括生态河道、调蓄缓冲区、生态拦截区、强化净化区、深度净化区、生态稳定区等功能区域。工程示范于 2010 年 1 月开工建设，于 2011 年 5 月完成调试并开始运行。

（二）技术指标

根据泰州市环境监测站出具的示范工程第三方监测报告，技术示范建成后污染物浓度下降明显，TN 下降 55.93%，TP 下降 70.71%，COD_{Cr} 下降 34.49%，且达到地表水Ⅲ类标准。工程示范建成后污染物浓度下降明显，TN 下降 47.7%，TP 下降 29.1%，COD_{Cr} 下降 27.7%。

（三）投资费用

工程示范费用合计约为 4620 万元，包括生态河道建设 68.8 万元，土地平整与基地改造 1019.5 万元，导流坝 348.6 万元，闸站建设 275.0 万元，主体生态治理 2599.1 万元，现场勘测费 100.0 万元，临时建筑费 30.0 万元，工程管理费 90.0 万元，工程监理费 90.0 万元。单位处理能力的投资费用为 1.34 万元/亩。

（四）运行费用

工程年度运行总费用共计 131.5 万元，包括人工费 6 万元、设备维护费 23.1 万元，水质监测费 18 万元，植物处理费 15 万元，燃料动力费 69.4 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：环境保护部南京环境科学研究所

联系人：张毅敏

电话：18951642953

地址：南京市玄武区蒋王庙街 8 号

邮编：210042

E-mail: zym@nies.org

137 湖滨-缓冲带生态建设成套技术

适用范围

大堤的湖滨带，建设了湖泊防护林和连带部分较高强度农田种植的湖滨-缓冲带区域

基本原理

湖滨-缓冲带生态建设成套技术是根据湖泊陆域到水域，划定缓冲带农业生产区-缓冲带防护隔离区-湖滨带的空间布局，结合各区域现状及问题，分别采用适宜的技术体系，包括缓冲带农业生产区短流径入河农田尾水强化拦截净化技术、缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪建植与径流拦截净化技术、堤岸型湖滨带水生植物倒置式配置技术。最终形成地域空间上有机衔接、生态结构上合理延续，污染迁移上有效缓冲的生态屏障。

工艺流程

依据区域功能划分，本技术基本工艺为：农田尾水污染物拦截净化（缓冲带农业生产区）-林下低生物量草坪建植与径流蓄滞净化（缓冲带防护隔离区）-堤岸湖滨植物倒置式配置（堤岸型湖滨带）。

关键技术或设计特征

（1）缓冲带防护隔离区林下低生物量草坪建植与径流拦截净化技术

该技术关键以降低林地系统自身污染物发生量为突破点，结合径流污染拦截与生态净化技术，在强化高效拦截与持续净化上游污染物排入的基础上，实现防护隔离林带缓冲、调节等生态功能提升的目的。

（2）多自然型湖滨带修复成套技术

在问题诊断和驱动因子分析的基础上，分类集成研究了“多自然型湖滨带生态修复成套技术”，形成了解决大堤建设、强风浪侵蚀、陡岸、崩岸、藻类堆积等问题的湖滨带生态修复成套技术体系。

推广情况

宜兴市周铁镇人民政府在周铁镇建立了处理能力是 205 亩的湖滨带及缓冲带湖滨污水及农田尾水的示范工程。

典型案例

（一）项目概况

湖滨-缓冲带生态建设成套技术示范工程于 2010 年 3 月开工建设，于 2011 年 3 月完成建设及调试运行。建设地点是江苏省宜兴市周铁镇，处理能力是 205 亩的湖滨带及缓冲带湖滨污水及农田尾水。其中，缓冲带农业生产去采用优化径流布局、污染物拦截净化等技术，示范面积约 135 亩；缓冲带防护隔离区构建低生物量草坪，重建林下地表径流收集与净化系统等技术，示范面积约 46 亩；湖滨带采用了防波消浪、基底重建与植被恢复等技术，示范面积 24 亩。

（二）技术指标

根据无锡市环境监测中心站出具的第三方监测报告以及宜兴市农林局出具的技术报告，示范区总体生态功能得到提升，同时较大程度的削减了区域内径流污染物的输出。缓冲带农业生产区与非示范区相比，径流污染物拦截净化率达到 30%以上，且在不改变土地利用格局的前提下，协调了生成与生态的关系；缓冲带防护隔离区枯落物减少 60%以上，径流污染削减率 50%以上；湖滨带生境条件得到改善，植被覆盖率达到 30%以上，示范区湖滨带生态功能得到提升。

（三）投资费用

该项目设备投资 30 万元（现场施工由甲方建成，总投资约 1200 万元），主体设备寿命 8 年以上。

（四）运行费用

根据 2011 年 1 月-2011 年 12 月实际运行情况，年运行维护费用仅 10 万元，湖滨带水生植物区完全达到自维持状态，无需追加补种植物；缓冲带示范区仅需要对草坪进行定期维护及补种。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院，上海市农业科学院

联系人：叶春，邹国燕

电话：010-84915191

地址：北京市朝阳区北苑路大羊坊 8 号

E-mail: yechbj@163.com

138 “稳定塘—湿地”尾水生态净化技术

适用范围

污水厂尾水深度净化及富营养化水体的净化

基本原理

本技术针对污水处理厂排放的尾水氮磷等营养物质含量高，对纳污水体富营养化贡献大的问题，研究开发“稳定塘—湿地”生态净化技术。开展高效植物生态系统脱氮除磷技术研究，筛选适宜当地条件的高效生物组合，开展生态塘植物浮岛技术、高效植物与水体中微生物对污染物的协同作用规律、复合垂直流人工湿地等技术的研究，开展“稳定塘—湿地”生态系统的运行模式技术研究，攻克“稳定塘—湿地”生态系统协调与控制技术、系统中污染物迁移转化过程控制技术，优化“稳定塘—湿地”生态系统的运行条件，研究净化尾水的利用模式，并进行高效植物生态治工程经济效益分析，提升污水处理厂尾水出水水质。

工艺流程

本技术为物理—生物脱毒技术、陆生植物浮岛技术、表面流生态湿地技术和潜流湿地技术的高度集成，形成了成套的生态工程技术体系，可有效去除污水处理厂尾水中的氮、磷浓度，并符合相关水质标准。该技术工艺采用强化的自然净化原理，以重力流为驱动力，不使用化学试剂，是属于环境友好型的环保技术。

- 1) 强化微生物膜净化系统
- 2) 有害物质高效去除系统
- 3) 营养物质集约式植物资源化系统
- 4) 高效自净水生态系统
- 5) 植物生态滤地系统

关键技术或设计特征

植草镶嵌技术

推广情况

临安城市污水处理有限公司建立了 3300t/d 的城市污水处理厂尾水“稳定塘—湿地”示范工程。

典型案例

(一) 项目概况

“稳定塘—湿地”尾水生态净化技术已在临安市城市污水处理有限公司的尾水深度净化中得以推广应用，当前已完成 3300t/d 的城市污水处理厂尾水“稳定塘—湿地”示范工程的建设。

(二) 技术指标

该示范工程为物理—生物脱毒技术、陆生植物浮岛技术、表面流生态湿地技术和潜流湿地技术的高度集成，形成了成套的生态工程技术体系，可有效去除污水处理厂尾水中的氮、磷浓度，并符合相关水质标准。经过该生态工程的处理，污水处理厂尾水中的 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TP 的去除率分别为 49%、57%、42%，并为十二五建设 6 万 t/d 城市污水处理厂尾水高效植物生态治理示范区提供了详细的运行参数和示范效果。

联系方式

技术信息咨询单位：浙江大学

联系人：陈红

电话：0571-88982028

地址：浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

E-mail: chen_hong@zju.edu.cn

139 一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船技术

适用范围

大规模蓝藻暴发的富营养化湖泊湖面蓝藻机械化打捞、现场减容，能够连续作业

基本原理

依据授权发明专利（ZL200910185151.8），在打捞获得的富藻水中投加磁种，以此磁种为“凝核”，配合投加混凝剂和助凝剂，使非磁性悬浮物与磁种快速凝聚成微小的磁性絮团，利用高能物理场强大的能量场吸附力瞬间吸附水中絮体，使得水中的絮体瞬间被吸附除去，余水排放湖中。可一次性将富藻水含水率降低到 90%，实现打捞、处置一体化，具有效率高、体积小、能耗低、机动性好等特点。

工艺流程

首先通过采集装置对富藻水进行采集，藻水与混凝剂一起混合后从进藻管路进入反应池，与此同时，开启助凝剂与磁种的加药泵，输进反应池与藻水混合。混合后的藻水由反应池底部的管路流入藻水分离池。启动磁盘组的电机带动磁盘缓缓转动，即可以将藻水槽内带磁性的藻团吸附，通过铲藻条相切，藻泥刮下后，流进藻泥收集箱。而通过磁盘吸附后的水，通过溢流口流向清水输出管路，直接排放湖中。实现以简洁高效的一级分离技术代替传统的气浮加离心或气浮加压滤两级组合工艺，同时这一技术的应用还有效避免了由于船体晃动对气浮效率的影响。

关键技术或设计特征

- 蓝藻高效磁分离及浓缩脱水技术
- 浅吃水船型技术
- 表层藻水高浓度采集技术

推广情况

本技术荣获 2012 年度国家重点新产品（2012GR467011）及第七届国际发明展览会金奖，并实现小批量生产，目前已在江苏及浙江建立总计 6 艘一体化蓝藻浓缩脱水收聚船的示范工程，单船日处理富藻水 300m³。

典型案例

（一）项目概况

一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船日处理藻水量 300m³/d，首艘样船于 2010 年 1 月开工建造，2010 年 5 月完成调试并投入应用，目前总计 6 艘一体化蓝藻浓缩脱水收聚船分别在江苏、浙江等地进行作业示范，在各地蓝藻打捞作业发挥了重要作用。

（二）技术指标

一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船，应用于太湖水华蓝藻机械化打捞，处理能力大于 30m³/h；机械除藻后的水体中藻类密度减少达 90%以上，可一次性将富藻水含水率降到 90%以下，其效果显著优于传统气浮（含水率 95%），介于气浮与离心脱水（含水率 85%）之间。根据无锡市环保局出具的验收报告，试验测得的 COD_{Cr}（化学需氧量）去除率 98.9%；高锰酸盐指数去除率 98.9%；氨氮（NH₃）72.8%；总氮（N）去除率 99%；总磷（P）去除率 99.2%；叶绿素去除率 92.3%，藻水分离效果十分显著。

（三）投资费用

一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船示范工程投资 600 万元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

一体化高效蓝藻浓缩脱水收聚船运行成本为每小时 50~60 元（包括药剂费、水电费、人工费及燃油费等）。

联系方式

技术信息咨询单位：中国船舶重工集团公司第七〇二研究所

联系人：倪其军

电话：13952461545

地址：无锡市滨湖区山水东路 222 号

E-mail: nqj003@sina.com

140 大型仿生式水面蓝藻清除技术与设备

适用范围

可用于水华蓝藻易堆积需要清除、但是又必须绝对避免二次污染的湖泊饮用水水源

基本原理

仿照鲢鱼滤食浮游生物的原理，研制出以“鳃式过滤器”为核心技术（ZL200910031268.0）的“大型仿生式水面蓝藻清除设备”（ZL200910026679.0）。

工艺流程

技术工艺：抽吸富藻水（1000m³/h）→仿生式鳃式过滤器→浓缩富藻水→摇振浓缩→藻泥→收集→运输。

操纵工艺：接受蓝藻水华发生预报→达到蓝藻打捞现场→清除蓝藻→收集→运输→无害化处理。

关键技术或设计特征

鳃式过滤器技术
大型仿生式水面蓝藻清除设备技术

推广情况

该设备代表“水专项”作为重大科技成果，参加了“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环保成就展暨第十二届中国国际环保展，并在太湖流域的湖泊、云南高原湖泊和天津于桥水库等得到推广应用。目前该设备已经进驻南京市省级科技产业园区，实现产业化。

典型案例

（一）项目概况

大型仿生式水面蓝藻清除设备从 2010 年 2 月开始至 2010 年 5 月底完成了研制工作。2010 年 6 月中旬持续西南风导致巢湖水华蓝藻向东漂移，在集中式水源保护区内大量蓝藻水华堆积，臭味难闻；7 月 4 日部分自来水厂出水异味，一度停水 4 小时，引起群众恐慌。大型仿生式水面蓝藻清除设备投入应用，达到 1000m³/h 处理量，过滤水体中的高密度蓝藻，保证每天 2.4 万吨的安全取水，成功化解了因蓝藻水华引起的供水危机。

（二）技术指标

2010 年 9 月 7 日由中国科学院主持，对“大型仿生式水面蓝藻清除设备”开展了现场硬件结构核查和作业性能测试。该设备作业幅宽 10m，能够以 1000m³/h 的流量分离汲取表层 5-20cm 富含蓝藻的湖水，经过两级过滤分离输出粘稠藻浆，并通过藻浆袋装储运实现连续作业，对可见蓝藻颗粒的去除率 100%，在含藻率只有万分之一（体积比）时每小时仍然可以去除 100kg 的蓝藻，具有从低含量水体中富集分离蓝藻的优势，可于春季蓝藻复苏时去除藻

种，积极防御蓝藻灾害。该设备完全采用物理方式，没有任何污染，尤其适合于城市水源、景观水体等重要水域的高标准蓝藻清除。

（三）投资费用

该设备投资 260 万元，吨水投资费用为 108 元，主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据 2010 年 7 月-2015 年 7 月实际运行情况，处理量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 的大型仿生式水面蓝藻清除设备由一台 50kw 发电机组提供动力，每处理 1m^3 藻水的动力消耗仅有 0.05kwh，费用为 0.05 元。

联系方式

技术信息咨询单位：中科院南京地理与湖泊研究所

联系人：李文朝

电话：025-86882100

地址：江苏省南京市北京东路 73#

E-mail: wchli@niglas.ac.cn

141 洱海水生植被防退化技术

适用范围

适用于洱海等类似富营养化初期湖泊的水生植被防退化

基本原理

水下光照强度弱是限制洱海沉水植物生长和分布的主要因素，而水下光照强度主要受到水体透明度和水深的影响；因此，通过改善水体透明度和根据植物的生长季节调整洱海水位可以使水下光照强度得到显著改善，从而有利于沉水植物的生长。同时，水生植物繁殖体的数量和幼苗在水中的定植也会影响沉水植物的存活；因此，通过沉水植物繁殖体补充、人工辅助定植和种质资源保护有利于植被的存活和扩增，从而达到沉水植被防退化的效果。

工艺流程

在洱海开展详细的水生植被分布与群落结构和水质调查，获得优势植物分布的水质和水深阈值，从而筛选出具有相对耐污染的植物种类；在此基础上，依据洱海各水域的水质情况，分别选择对应的植物种类开展植被修复。沉水植物修复的水下光需求评价技术→不同水深梯度下沉水植物的种类筛选技术→沉水植物种子库复苏技术→幼苗移栽定植技术→水质与透明度改善技术→水位优化试运行技术→沉水植物繁殖体补充技术→洱海沉水植被种质资源保护区规划→洱海沉水植被管理方案。初步形成一套适用于洱海沉水植被修复的技术体系。

关键技术或设计特征

- (1) 水质改善
- (2) 优化水位运行节律
- (3) 繁殖体补充技术
- (4) 人工辅助水生植物修复
- (5) 种质资源保护
- (6) 水生植被管理

推广情况

大理市洱海管理局与大理州大理市环境保护局在洱海 1km² 的浅水区采用该技术体系对沉水植被进行优化。

典型案例

(一) 项目概况

该项技术在本课题的示范工程“洱海水生态防退化综合示范工程”中得到应用，该示范工程在 2011 年 1 月完工后开始对水质和水生生物进行连续监测，。示范工程区内负荷削减 30%，生物多样性指数增加 20%，黑藻和苦草群落占沉水植被总面积 30%，并形成可自我维持的稳定群落。

(二) 技术指标

根据本课题的现场调查、原位试验以及中试研究认为，目前洱海防治沉水植被退化的关键参数是改善水体的透明度和改善水质。初步认为，在洱海全面实施该项技术，有望到 2015 年，洱海水体透明度由 1.5 米提高到 2 米，水质总磷浓度由 0.05mg/L 改善到 0.03mg/L，总氮浓度有 0.7mg/L 改善到 0.4mg/L，沉水植被方面可由现在的 5% 增加到 13% 左右，逐步完成洱海一圈沉水植被的恢复；到 2020 年，透明度进一步提高到 2.5 米，洱海沉水植被的面积可以恢复到约 18%。

（三）投资费用

该项目一次性投资 50 万元，完成 10000 平米示范区建设，单价为：50 元/平米。

（四）运行费用

该项目后期运行费用为 5 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院，中国科学院水生生物研究所

联系人：王圣瑞，曹特

电话：18910895855

地址：北京朝阳区安外大羊坊 8 号院

E-mail: wangsr@craes.org.cn

142 基于水质保护的洱海鱼类群落结构调控技术

适用范围

本技术适用于外来入侵的浮游动物食性鱼类占主导地位、生物控藻能力较弱的云贵高原湖泊。

基本原理

鱼类是湖泊生态系统的重要生物类群，处于食物链的上端。以水质保护和生态系统健康为目标，将放养和捕捞作为洱海食物网操纵和鱼类群落结构调控的重要手段。基于银鱼、鳢虎鱼、鲢、鳙等关键鱼类生态学和生态功能评估，建立了不同生态位鱼类调控的技术参数。根据食物网理论，大规模捕捞浮游动物食性的银鱼和鳢虎鱼，可以大量增加浮游动物；浮游动物或藻食性鲢/鳙鱼的大幅度增加，可以有效控制浮游植物过度繁衍，减少浮游植物密度和生物量，从而有利于提高水体透明度，防止藻类水华发生。

工艺流程

在洱海放流适量的鲢/鳙鱼，用以直接摄食浮游藻类，从而防控或减少藻类水华发生强度。大约经过 8 个月（3-10 月）的生长，放养的鲢/鳙鱼可达到商品鱼规格，此时可捕捞上市。

通过捕捞调控，大幅度减少洱海银鱼、鳢虎鱼等以浮游动物为食的小型鱼类现存量，通过食物网下行效应，可导致浮游动物增加，浮游植物减少，有利于水质改善。

在洱海放流适量的春鲤、杞麓鲤等中下层栖息的土著鱼类，用以摄食水体中有机碎屑，既能增加生物群落多样性和稳定性，又能增强水体自净功能。

关键技术或设计特征

鲢/鳙增殖放流与捕捞管理。放流时间：11-12 月或翌年 1-2 月；放流规格：鲢为 50-80 g/尾，鳙为 150-200 g/尾；放流量：鲢为 750-1000 g/667m²，50-80 g/667m²；捕捞时间：每年 10-11 月；最小捕捞规格：鲢 500 g/尾，鳙 1000 g/尾。

以浮游动物为食的小型鱼类控制技术。捕捞时间为 7-8 月，银鱼捕捞量为 2.37—2.89 kg/667m²/年，鳢虎鱼为 3.94-5.26 kg/667m²/年。

重要土著鱼类增殖放流。放流时间：11-12 月或翌年 1-2 月；放流规格：鱼全长 15-25mm；放流量：春鲤 1-4 尾/667m²，杞麓鲤 2-6 尾/667m²。

典型规模

虽然本技术的相关参数主要是针对洱海鱼类群落结构调控而设计的，但面积在 300ha 以上的类似湖泊或水库均可以采用。

推广情况

本技术在云南洱海沙坪湾及全湖进行了示范，取得了一定的成效。以沙坪湾为例，采用本技术，结合水生植物和底栖动物群落重建，通过多种生态修复技术的集成应用，沙坪湾生态系统的稳定性和完整性得到增强，水质得到明显

改善，2010年7月水体透明度均值达到了210cm，比示范前（2009年7月）提高了20%。

典型案例

（一）项目概况

洱海鱼类群落的一个显著特征是以外来入侵的浮游动物食性鱼类占主导地位，在自然水体中浮游动物是浮游植物的主要牧食者。2008-2010年，通过鲢/鳙的增殖放流以及银鱼、鳊虎鱼等的强化捕捞试验与示范，优化了洱海鱼类群落结构与功能，建立了生态位不同的三个关键类群调控的技术参数。2011年，相关技术在洱海全湖（约25333 ha）进行了正常运行，实现了生物控藻、减少氮/磷负荷、促进水质改善、维持渔民生计的目标。

（二）技术指标

鲢/鳙增殖放流时间为11-12月或翌年1-2月；鲢放流规格为50-80 g/尾，鳙为150-200 g/尾；鲢放流量为750-1000 g/667m²，鳙为50-100 g/667m²；鲢/鳙捕捞时间为每年10-11月；鲢最小捕捞规格为500 g/尾，鳙为1000 g/尾。银鱼、鳊虎鱼捕捞时间为7-8月；银鱼捕捞量为2.37—2.89 kg/667m²/年，鳊虎鱼为3.94-5.26 kg/667m²/年。重要土著鱼类（春鲤、杞麓鲤）放流时间为11-12月或翌年1-2月；放流规格为全长15-25mm；春鲤放流量为1-4尾/667m²，杞麓鲤为2-6尾/667m²。

（三）投资费用

本技术投资费用主要是由鱼种费和捕捞费构成。由于洱海渔业捕捞没有统一经营管理，捕捞是渔民承担的，渔民自捕自销，不需要支付报酬。因此，单位水面的投资费用只有鱼种费，每亩水面鱼种费估算为6-8元。

（四）运行费用

本技术应用的两个关键环节是放养和捕捞，需要调控的关键鱼类均在天然湖泊生长，摄食天然食料。对于湖泊管理单位而言，不管本技术是否应用，湖泊渔业管理均会照常进行。因此，本技术运行不会增加湖泊管理单位的额外费用，运行费用可不加考虑。

联系方式

技术信息咨询单位：中国科学院水生生物研究所

联系人：刘永定

电话：027-68780715

地址：湖北省武汉市东湖南路7号

E-mail: liuyd@ihb.ac.cn

143 城区河流水质净化与生态修复集成技术

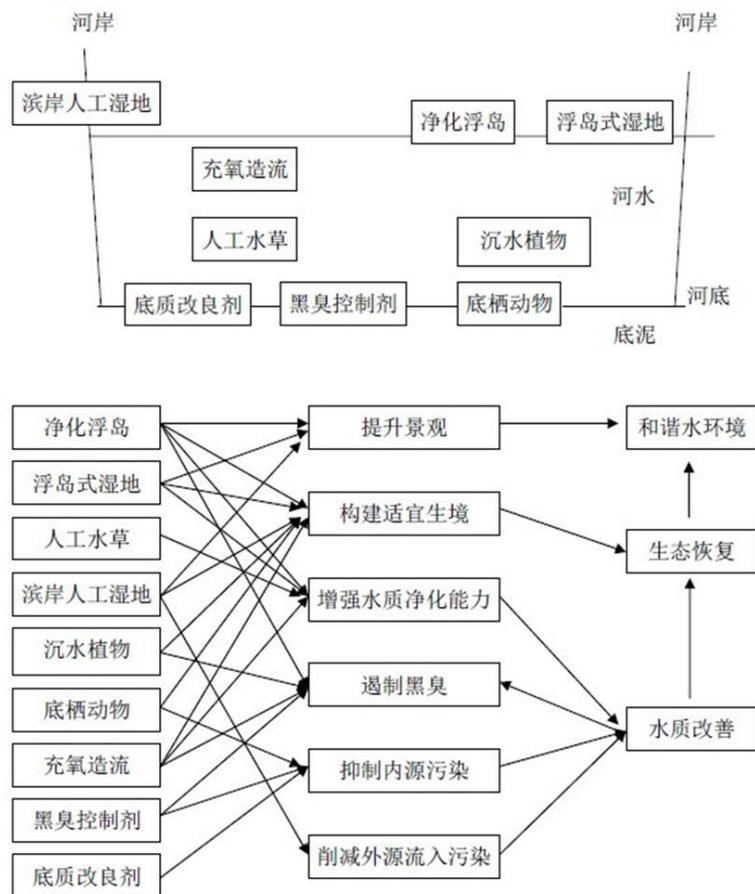
适用范围

适用于城市河流水质净化与生态修复。

基本原理

针对各类城区河道水文水质特点，通过技术比选、设计方法研究与规范化、高效能产品的研发、优化调控模型构建、水质生态效应的全面定量解析，使多元生态构建、河道充氧造流、内源污染控制、河水快速净化、水力调配控制等单项技术方法得以完善、优化，并在单项技术研发完善及多项技术耦合机制研究的基础上，提出针对城区不同类型污染河道的水质净化与生态修复集成技术体系及组合技术实施方案。技术方案针对不同污染程度的河流以及河流污染修复的不同阶段，包括应急、过渡、水质改善、生态恢复等方案，明确了不同阶段各项技术实施要点，各项单项技术及其组合技术的功能及实施效果，最终形成城市河流水质净化与生态修复集成技术体系。

工艺流程



工艺流程图

关键技术或设计特征

明确提出多元生态构建技术在不同类型河道或河道治理不同阶段的功能定

位差异，针对目前国内外对河道修复技术生态效应评估匮乏的现状，在河道修复技术示范河道开展了全面的生态系统构成监测并将长期进行，提高了生态修复工程设计实施的针对性；以实际水文水质气象监测为基础，建立起河道需氧量测算分析、河道曝气与调水充氧方式选择、河道充氧设计及设备选型思路、充氧设备性能评估等一系列方法体系，有利于提高河道充氧工程设计实施的科学性。

典型规模

该技术主要适用于外源入河污染基本得到控制，河宽<40 米，水深<5 米，水体流动性较差的城市河流的水质净化与生态修复。

推广情况

在江苏省常州市 17 条城市污染河流的水质净化与生态修复工程中得到应用，应用河道总长度达到 15 公里，均取得良好的净化效果以及社会效益。

典型案例

（一）项目概况

常州市北市河是典型城市滞流性河道，河水常年为劣 V 类水体，溶氧极低，时常有黑臭现象发生。柴支浜为典型城市重污染河道（断头浜），河水常年黑臭，水生生物基本绝迹。组合技术方案在常州市北市河（河长 2117m、平均河宽 15m）及柴支浜（河长 450m、平均河宽 20m）分别建立“滞流型河道多元生态构建水质改善技术示范工程”和“重污染河道物化/生物耦合消除黑臭示范工程”，治理河道污染物去除率达到 30-50%，溶氧提高率 100%，河道水质显著好转，黑臭现象基本消除，河道景观显著改善，水生生物增多，水环境生态多样性显著增加。

（二）技术参数

河流内源污染释放抑制药剂：参考投量 $1\text{—}1.9\text{kg/m}^2$ ，生态浮岛等生态设施覆盖度约为 10~15%，植物选取当地物种。曝气充氧设施需保证水体溶氧不低于 3.0mg/L。

（三）投资费用

投资成本：每公里河道 68 万元。

（四）运行费用

运行成本：0.02 元/吨。

联系方式

技术信息咨询单位：清华大学
联系人：王慧
电话：010-62772137
地址：北京市海淀区清华园 1 号
邮编：100084
E-mail: wanghui@tsinghua.edu.cn

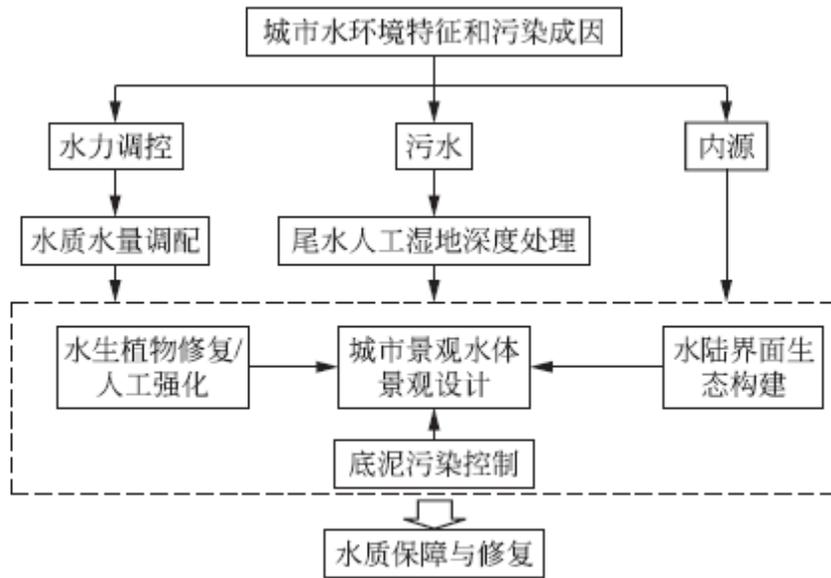
144 城市河湖水系水质保障与修复技术

适用范围

适用于城市景观水体、河道、湖泊等水体的水质保障与生态修复。

基本原理

针对城市景观河道水动力条件差、污染严重与水生态系统退化问题及成因，研发了以水功能区划为目标的“库-河-湖”多闸坝水量水质调配、污水厂尾水景观河道回用深度处理的人工湿地高效脱氮工艺、生态修复型底泥疏竣、河道水陆生态界面构建、人工强化与水生植物组合生态修复等技术，集成景观河道水质保障与生态修复技术。技术原理示意图如下。



工艺流程

开发合肥市南淝河和巢湖市环城河水系水量水质数学模型，并通过现场调水验证；通过工艺流程创新、碳源补充、填料选择、防堵塞等技术，研发城市污水处理厂尾水人工湿地深度处理工艺；通过人工强化与水生植物筛选恢复，形成景观水体交错的生态岸带，恢复水生植物群落，促进水生态系统重建。

关键技术或设计特征

城市水系水量水质调配技术，通过水系连通与水力调度，增强水体流速与交换；

碳源补充的高效脱氮的人工湿地城市污水厂尾水深度处理工艺技术，提高尾水的脱氮除磷；

城市河道人工强化与水生植物组合原位生态修复技术，促进水生态系统重建。

典型规模

主要针对城市景观水体、河道等水体的水质保障与生态修复，规模可大可小。

推广情况

项目技术内容在巢湖市环城河水系进行了示范，并在合肥市的城市河道治理中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

2008年起，针对南淝河的污染特点及存在问题，在南淝河上游自董铺水库下游到合九铁路桥附近河段 4.3 km 长度范围内开展南淝河水环境综合整治示范工程。包括水质水量调配、水陆交错带生态构建、污水处理厂尾水深度处理人工湿地、人工强化与水生植物修复等工程。

（二）技术指标

在南淝河自董铺水库下游到合九铁路桥附近两岸形成了两岸 4.3 km 长的水生植物岸带；设置组合生态浮床、原位曝气等城市河道原位修复设备，恢复重建水生植物面积 20000 m²，恢复水生植物种类 21 种；采用生物质添加的潜流人工湿地技术，构建城市污水厂尾水深度处理人工湿地。开展水质水量调配工程，调水流量为 6 m³/s，使流速提高到 0.1-0.2 m/s。清 I 冲上示范河段水质主要指标 COD_{Cr}、总氮、总磷浓度逐步下降，达到 V 类地表水标准；综合断面主要水质指标 COD_{Cr}、总氮、总磷浓度分别降低 28%、40%和 58%。

（三）投资费用

每公里河道投资约 100 万元，不含清淤与截污等工程措施。

（四）运行费用

运行管理主要包括设备与设施管理、植物管理和水质水量监控等。操作简便、费用低廉。每公里河道年管理费用在 1 万元以内。

联系方式

技术信息咨询单位：同济大学

联系人：成水平

电话：021-65980763

地址：上海市杨浦区四平路 1239 号

邮编：200092

E-mail: shpcheng@tongji.edu.cn

145 流域水环境突发型风险预警与控制技术

适用范围

适用于突发性污染事故条件下的流域水环境突发性风险源识别及水污染事件水环境影响快速模拟、饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定和突发性水污染事件现场应急控制技术。

基本原理

按照突发性水环境风险评估与预警技术需求,构建包括“风险源识别评估-环境风险监控-环境风险快速模拟-污染事故应急评估-特征污染物应急控制技术”完整的技术体系。在风险源识别与评估方面,提出基于水生态功能分区的风险源特征与水环境敏感目标相互耦合的风险源识别技术,完善流域水环境风险源管理技术体系,为预警监控提供“目标”;在环境应急监控技术方面,在现有水污染源和环境质量监督性监测的基础上,构建水污染源和水环境质量预警监控技术方法,实现环境监测从“事后监测”变为“预警监控”;在突发性水污染事故影响模拟方面,研发突发性环境风险快速模拟技术,实现突发性水环境风险的快速、准确判断;在突发性水污染事故影响评估方面,提出突发性水污染事故应急控制阈值确定技术,为污染事件“合理”处置提供科学依据;在水污染事故现场应急处置技术方面,研发污染事故化学品现场应急处理处置技术并构建相关应急处置技术方法库,为应急处置提供“工具”。

工艺流程

1、从水污染事故发生特征、风险源控制机制、敏感目标受威胁程度着眼,辨识事故型水环境污染风险源和敏感目标;借鉴德国“清单法”,建立水环境风险控制与管理评价指标及量化标准,并基于此构建了基于风险品数量、毒性、风险控制有效性的风险源风险值计算方法,和基于敏感目标价值、风险源对敏感目标影响程度的敏感目标风险值计算方法;提出风险源和敏感目标的分级评估方法,分为特大、重大、一般风险源;建立风险源和敏感目标耦合的水环境风险分区方法。

2、围绕满足不同资料地区对流域水环境风险模拟预测需求,建立能同时应用于资料缺乏地区和资料详实地区的流域突发性水环境风险应急模拟预测模型库、模型参数库。

3、以保护水污染事件下暴露人群健康为立足点,以评价污染物短时间,高剂量暴露下的人体健康风险为重点,以污染物急性暴露无响应剂量及暴露人群急性暴露量为基础,建立非致癌污染物1天和10天应急控制阈值确定方法。以致癌污染物慢性暴露安全浓度为基准,按照线性相关性原则,建立致癌污染物1天和10天暴露的安全阈值。

4、按照非金属氧化物、重金属、酸碱盐、致色物质、有机物及石油的分类原则筛选出120种特征污染物。采用实验模拟试验,建立了土壤、水体受非金属氧化物、重金属、酸碱盐、致色物质、有机物及石油污染应急控制技术。给出120种典型危险化学品突发泄漏至水源水体及土壤事故现场的应急处理方法,提供物理与化学的应急处理数据。

关键技术或设计特征

基于敏感目标和污染源风险特征的流域水环境突发型风险源识别技术
流域突发型水污染事件水环境影响快速模拟技术
基于饮用水源安全污染事故应急控制阈值确定技术
突发性水污染事件现场应急控制技术

推广情况

本技术已被重庆市环保局、环境保护部应急中心等单位应用，自 2010 年平台业务化运行以来在重庆市 53 次突发水污染事故中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

针对突发性水环境风险问题，全面引入风险管理的理念，挖掘现有流域水环境信息资源，建立风险源识别、风险分析、评估、预警和应急控制方法，在三峡库区开展水环境风险评估与预警流域示范，实现业务化运行。

（二）技术指标

按照突发性水环境风险评估与预警技术需求，构建了包括“风险源识别评估-环境风险监控-环境风险快速模拟-污染事故应急评估-特征污染物应急控制技术”完整的技术体系。以该技术体系为核心，构建了三峡库区水环境风险评估与预警平台，并实现业务化运行。确保库区 1360 余万人集中饮水安全和社会稳定。截止 2012 年底，该平台共处理投诉的水污染事件 3911 件，平均出警时间由原有 30 分钟以上缩短至 10 分钟以内；成功处置了 63 次水污染事件。完成了 42 次环境应急演练，培训了技术骨干 2500 余人次；按照环保部对我国污染事件经济损失评估结果推算，累计避免或减少直接或间接经济损失约 4.74 亿元。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院
联系人：秦延文
电话：01084913914
地址：北京朝阳区安外大羊坊 8 号
邮编：100012
E-mail: qinyw@craes.org.cn

146 浅水湖泊蓝藻水华聚集动态模拟和预警技术

适用范围

技术适用于中、小型湖泊水体的蓝藻水华预测预警

基本原理

本研究基于重污染区域内的实时水环境自动监测数据以及水文气象、水下地形、遥感影像等资料，通过构建综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的水质蓝藻预测预警模型，并使用长时间序列、大量而又系统的实测资料进行模型的参数率定，实现在太湖重污染区的水质和蓝藻水华的初步业务化预测预警。

工艺流程

1、数据采集与模型计算网格划分：根据水体基本水动力和水质特征，选取模型所需要使用的水动力子模块、浮游植物生态子模块等，并完成模型构建的准备工作。2、模型构建与求解：在第一阶段研究工作的基础上建立浅水湖泊二维水动力和物质输移的基本方程，将浮游植物生态学机理中较为成熟的动力学方程耦合到物质输移方程的源汇项，建立起综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的蓝藻生消模型，并运用有限体积法对构建的模型进行求解。3、使用实测资料进行模型的参数率定，并进行模型的验证计算，最后在计算的各项结果达到一定精度的条件下将模型应用于蓝藻水华的预测预警。

关键技术或设计特征

该技术基于浅水湖泊二维水动力和物质输移的基本方程，将浮游植物生态学机理中较为成熟的动力学方程耦合到物质输移方程的源汇项，建立起综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的蓝藻生消模型，并运用有限体积法对构建的模型进行求解。

推广情况

太湖梅梁湾藻华预测预警模型及相关算法在《太湖重污染区水环境风险评估预警技术研发综合运用示范》系统中实现，目前，已经应用在江苏省环保厅的太湖蓝藻藻华日常预测和预警工作中。

典型案例

（一）项目概况

将浮游植物生态学机理中较为成熟的动力学方程耦合到物质输移方程的源汇项，构建了综合考虑水动力条件、气象条件、营养盐条件和底泥影响的二维水动力学模型耦合浮游植物生态学模型的蓝藻生消模型，整合模型以及遥感监测系统和在线监测系统，构建了太湖重污染区水环境风险评估预警平台，实现了浅水湖湾氮、磷污染源解析与总量估算。

（二）技术指标

通过采用梅梁湾人工监测数据、自动监测数据以及卫星遥感数据进行了模

型参数的率定与校正，其中，总磷、总氮、高锰酸盐指数、氨氮、溶解氧的预报误差分别为：31.29%、43.45%、28.54%、36.93%和 15.19%；通过和遥感数据进行比对，2010 和 2011 年蓝藻模型预测总体正确率达到 75.6%，满足现有主要实际工作需求。

（三）投资费用

该技术总投资约 90 万元，其中设备投资 20 万元，软件开发费用 70 万元。

（四）运行费用

该系统的运行费用主要包括：电费、设备折旧、软件升级、设备维护、数据采集和传输等，每年运行费用大约 10 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：环保部南京所

联系人：刘庄

电话：13605181002

地址：南京市玄武区蒋王庙街 8 号

邮编：210042

E-mail: liuzhuang12@163.com

147 基于主动性指标选择的河流健康综合评估 技术

适用范围

该技术可广泛应用于对各类型河流生态系统进行多指标体系的综合健康评价，山地丘陵地区的河流应用效果更好。

基本原理

综合河流物理、化学和生物等多类型评价指标，基于压力-响应关系筛选能够有效反映环境压力的评价指标，在压力-响应预测模型的基础上，确定各指标的阈值范围，最终构建能够全面反映河流健康状况的综合评价指数技术方法。

工艺流程

1、河流分类：依据河流气候、地理、地貌和水文等特征，将流域内的河流进行分类和分区，将具有相似自然特征的河流归为同一个类型。

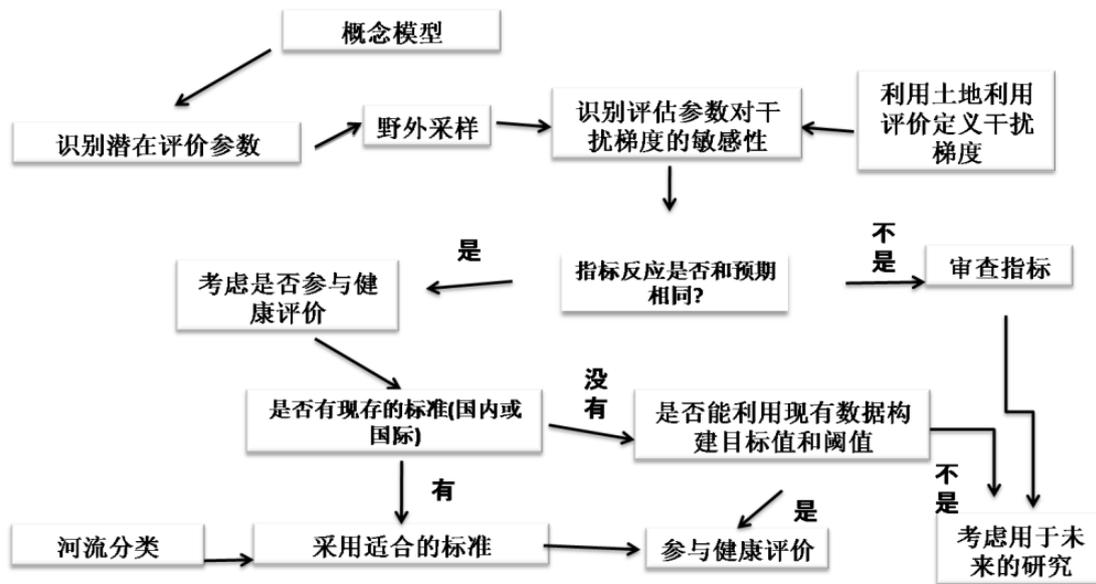
2、构建河流概念模型：针对不同类型河流，采用野外调研和文献调研等方法，初步诊断不同类型区中河流生态系统的压力源，并相应选择合适的评价指标与保护目标。

3、河流健康评价指标：依据概念模型中筛选的压力源和评价指标，开展河流生态系统野外监测，获取河流生态监测数据，利用实测数据分析和验证不同评价指标对压力源响应的敏感性和稳定性，筛选适用于不同河流类型的评价指标。

4、评价标准确定：依据不同类型河流区，参考国家水质标准、文献、模型模拟等技术手段，确定不同健康评价指标的参照值、临界值和 0 值。其中，参照值为生态系统完全未受到或仅受到微弱人为活动干扰时，评价指标的最大值；0 值为生态系统受到最高强度人为干扰时，评价指标理论上的最小值；临界值为生态系统处于管理下限时界限值，位于评价指标的最大值和最小值之间，当评价指标小于临界值时，则表明水生态系统超过了管理的下限要求，应启动相应的河流生态系统管理和修复策略。

5、河流健康综合评价：依据各评价指标的参照值和 0 值，对所有评价指标进行标准化，并根据不同评价指标对河流生态系统完整性贡献的强弱分配权重，计算各样点的健康综合得分。

6、健康等级与评价：根据河流生态系统管理需求，对河流健康状况进行等级划分，并依据各样点河流健康综合得分进行健康等级评价。



河流健康综合评价法标准化技术路线图

关键技术或设计特征

1、本研究以土地利用类型面积作为首要压力指标，利用总体线性回归模型法，筛选对土地利用面积和水质具有显著响应关系的水生生物指标，以相关性分析显著性检验作为判别候选指标是否有效指示人为活动干扰的依据；筛选对土地利用有显著响应关系的水质指标作为评价指标。

2、主动性的河流健康评价指标参照条件制定

参照条件的制定，是目前国内外水生态系统健康评价的难点，本研究中依次按照以下步骤，确定河流健康评价各指标的参照条件：

依据国家地表水、饮用水等水质标准，确定评价指标的参照条件；

依据国内外文献调研，确定不同物理、化学和生物指标的参照条件；

依据本地区水生态系统研究成果，确定不同类型指标的参照条件；

依据模型模拟等手段，选用模型预测值的 5% 和 95% 百分位值作为参照值和临界值（当指标值越大代表河流健康状况越好时，以 95% 和 5% 百分位值作为参照值和临界值），确定适合于不同类型水生态区健康评价指标的参照值和临界值。

3、综合评价

在单个指标标准化处理结果的基础上，采用加和平均值的方法，分别计算每个评价目标的得分值，具体如下公式：

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

式中，X 为评价目标综合得分； X_i 为单个指标标准化值； i 为第 i 个指标； n 为指标数。

通过专家打分的方式，确定了各个评价目标的权重关系。

根据生态系统健康综合得分，将生态系统健康状况划分为 5 个等级，分别为极好、好、一般、差和极差，其评估标准如表。

生态系统健康评估标准

生态系统健康等级	极好	好	一般	差	极差
评估标准	$0.2 \leq RHI$	$0.2 < RHI \leq 0.4$	$0.4 < RHI \leq 0.6$	$0.6 < RHI \leq 0.8$	$0.8 < RHI$

推广情况

辽河流域太子河为该技术的主要示范区，先后开展了 2 次示范研究，形成了河流健康报告卡。在此基础上，选择我国辽河、太湖、松花江等 10 个重点流域，分别开展河流健康综合评价，并首次形成了全国水生态系统健康评估结果。

典型案例

(一) 项目概况

基于主动性指标选择和参照条件指定的河流健康综合评价法，选择我国辽河流域太子河作为主要示范区，先后开展 2 次示范研究，形成的河流健康报告卡向地方政府和公众展示了太子河流域水生态系统现状和保护策略。

(二) 技术指标

在辽河流域依据不同的河流类型共建立了包括 5 方面、67 个备选指标库，通过压力-响应模型确定能够准确反映评估区域环境压力的物理、化学和生物指标共计 16 个，参考中国《地表水环境质量标准》(3838-2002) 和其他在研究区域和非研究区域的相关参考文献确定了每个评价指标的阈值范围，并依据不同指标类型确定适用的指标标准化方法，最终根据专家经验对每个评价指标进行权重的分配，最终根据评价标准界定了辽河流域主要研究区域的河流健康状况。结果显示，辽河流域河流健康受损较重，未达到“良”等级的样点有 146 个，所占比例高达 83 %，主要分布在浑河、东辽河和西辽河流域，这些流域受到来自城市、工业及农业面源污染较大；“良”等级的样点只有 30 个，主要分布在太子河流域上游地区，这些样点受到人类干扰较少；整个流域鱼类类群存在显著退化趋势，其中西辽河的鱼类类群衰退现象最明显。该评价体系建立所涉及的备选指标库的建立、评价指标的筛选、指标阈值的界定、评价指标权重的分配以及健康标准的建立，均遵循了学术界认可的方法学或者通过了相关专家的论证，因此该评价指标体系可以全面客观地反映河流当前所处的健康状况，并针对流域的水生态退化现状做出诊断。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院
 联系人：张远
 电话：01084926073
 地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号
 邮编：100012
 E-mail: zhangyuan@craes.org.cn

148 山区水库型控制单元水质目标管理技术

适用范围

山区水库

基本原理

在进行水库流域水环境问题诊断的基础上，应用 SWAT 模型模拟核定流域内各类非点源污染产生的负荷和入河负荷，建立 EFDC 模型进行水库水体三维水动力水质模拟，采用正反结合算法进行水库水环境容量计算，制定科学合理、技术和经济上可行的总量分配方案。

工艺流程

1、对于山区饮用水源地控制单元，考虑非点源作用，识别水库水环境问题特征；2、基于 SWAT 模型的流域非点源污染核算，考虑降水径流作用下，不同下垫面产生的污染物随径流入库，核算山区水库流域控制单元的非点源空间分布强度、入河系数、以及重点断面污染物通量过程；3、基于 EFDC 模型水库水动力水质模型研究水库污染物浓度的时空分布特征和规律；4、水库流域污染物总量分配，采用“正反算法”进行水库纳污力计算和总量分配方案确定。

关键技术或设计特征

应用 SWAT 模型核算流域非点源负荷——山区水库处于山区丘陵地带，其流域河道分界明晰，能够清晰划分出子流域，选择 SWAT 模型进行流域非点源模拟，得到污染源分布和入库污染负荷。

应用 EFDC 模型进行水库水质模拟——建立了基于 EFDC 模型的水库水动力-水质耦合模型，完成了关键参数的灵敏度分析和总体不确定性分析，研究水库水质响应特征。

利用正反算法进行总量分配——进行了不同的负荷分配情景设定，并通过多因子基尼系数比较分配法对分配方案公平性进行了评价，制定了效率较优并满足公平原则要求的最终分配方案。

推广情况

山区饮用水源控制单元水质目标管理技术方案以辽宁省铁岭市柴河水库及其汇水流域为示范区，制定出一套系统、科学、可行的水质目标管理技术，在柴河水库得到示范应用。

典型案例

（一）项目概况

山区饮用水源控制单元水质目标管理技术方案在辽宁省铁岭市柴河水库及其汇水流域开展示范。在柴河水库流域自然环境及社会经济状况调查结果的基础上，对河流的生态完整性进行了化学、物理生境和生物特性三个方面的评价。对研究区域进行污染源强度和结构分析，结果表明柴河水库流域以非点源污染为主，主要的污染因子为氨氮和总磷。根据柴河水库流域的水环境功能区划要求，结合研究区非点源污染为主的污染特征，选择丰水年中的丰水月作为

最不利设计水文条件，应用 EFDC 水动力—水质模型，计算了污染源在最不利时期——典型丰水月的入库情况。采用允许纳污负荷计算模型，进行污染源-水质响应关系分析，计算出柴河水库最大允许纳污量，并基于确定出的安全余量，采用优化的方法对污染负荷总量进行了分配。基于柴河水库流域以面源污染为主的特征，分别从农业源和农村生活源提出了污染物减排方案。在分析控制单元污染物总量监控方法的基础上，结合柴河水库流域的实际情况，提出了针对研究区的总量监控方案。

（二）技术指标

1、应用 SWAT 模型核算山区水库流域污染源负荷，得到污染源分布和入库污染负荷 2、建立了基于 EFDC 模型的水库水动力-水质耦合模型，完成了关键参数的灵敏度分析和总体不确定性分析，研究水库水质响应特征 3、利用正反算法进行不同的负荷分配情景设定，并通过多因子基尼系数比较分配法对分配方案公平性进行了评价，制定了效率较优并满足公平原则要求的最终分配方案。

联系方式

技术信息咨询单位：北京师范大学

联系人：苏保林

电话：01058802196

地址：北京市海淀区北京师范大学

邮编：100875

E-mail: subl@bnu.edu.cn

149 河网型控制单元水质目标管理技术

适用范围

平原河网

基本原理

基于分类输出系数法核算平原河网区非点源污染负荷，分析污染物产生、排放、入河量；基于 EFDC 模型构建河网和湖体水动力水质模型，得到水质响应特征曲线；基于 5 级分配技术得到总量控制方案。

工艺流程

1、基于分类输出系数法进行污染源核算河网地区污染负荷。2、应用动态模型进行污染源-水质压力响应关系分析，河网地区河流水质响应规律，获得相对稳定的水质压力响应特征曲线。3、应用分级污染分配体系进行总量分配，明确主控污染源，遵循“分区核算、分类控制”的原则，划分上游污染、本地排放的比例关系，重点控制本地污染，分点、面源进行总量分配。

关键技术或设计特征

建立水质响应特征曲线——基于 EFDC 模型分别建立太漏运河河网水动力模型和漏湖三维水动力，基于 wasp 模型建立水质模型，结合设计水文条件和污染源情况，进行水质模拟，得到水质响应特征曲线。

控制单元分级污染分配——按照湖体直接污染源（大气沉降、湖体内源、河流输入等）、直接入湖河流污染负荷、河流上游和本地污染负荷、本地点面源污染负荷等 5 个级别进行污染源分配，得到控制单元污染分配方案。

推广情况

在“分区、分类、分级、分期”的水环境管理理念的指导下，在“流域—区域—控制单元—污染源”水环境管理层次体系中，以水质目标管理为最终目标，直接面向污染源，开展太湖竺山湾-太隔运河控制单元的水质目标管理研究。

典型案例

（一）项目概况

在太湖竺山湾-太隔运河开展了河网型控制单元水质目标管理技术的示范。揭示了示范区控制单元常规污染物含量高，长期大面积处于超标的状态。含氮污染物（TN）是首要超标污染物；含磷污染物（TP）其次；有机污染物含量也较大，存在较大的超标风险；水体处于富营养状态，水华现象频发。确定了控制单元营养物、有机污染物、毒性污染物、浮游植物等水质控制目标。进行了控制单元点污染源和非点污染源负荷的核定，识别了控制单元的污染源负荷比例和类型。建立了太漏运河—竺山湾控制单元的多维动态水质模型，计算得出竺山湾允许纳污量。分别选用 EFDC 和 WASP 建立了太漏运河河网和竺山湾的水动力模型和水质模型，对主要参数进行了率定和误差分析，实现了对水动力和水质过程的准确模拟。采用动态算法，即基于多维动态水质模型建立太漏运河-竺山湾控制单元的负荷-水质响应关系，针对竺山湾的主要水环境问题和

污染物现状排放过程，计算出其允许纳污量。识别了竺山湾主要污染负荷来源，利用基于污染物源汇关系的污染负荷层次分配法形成污染负荷分配方案。给出了控制单元污染减排方案，确定了污染物削减目标和包括源头削减、过程削减、末端削减的方案。

(二) 技术指标

1、基于 EFDC 模型分别建立太漏运河河网水动力模型和漏湖三维水动力，基于 wasp 模型建立水质模型，进行水质模拟，得到水体水质对污染负荷的响应特征曲线。2、采用分级污染负荷分配方法，按照湖体直接污染源（大气沉降、湖体内源、河流输入等）、直接入湖河流污染负荷、河流上游和本地污染负荷、本地点面源污染负荷等 5 个级别进行污染源分配，得到基于污染源的控制单元污染分配方案。

联系方式

技术信息咨询单位：清华大学
联系人：贾海峰
电话：01062793001
地址：北京市海淀区清华大学
邮编：100084
E-mail: jhf@tsinghua.edu.cn

150 城市河段控制单元水质目标管理技术

适用范围

城市河段控制单元

基本原理

针对城市河段控制单元点源污染及城市暴雨径流污染为主的特点，重点针对水质目标管理技术环节中城市非点源污染负荷的估算及点源允许排放负荷计算的方法开展应用研究。

工艺流程

基于城市点源入河系数估算和非点源类型源试验和 SWMM 模型计算设计水文条件的选择;基于水质模型的输入响应关系计算水环境容量;基于污染物允许排放负荷计算城市河段控制单元水质目标。其中关键是城市非点源污染负荷核定以及城市点源允许排放负荷的分配原则与计算方法。

关键技术或设计特征

利用 SWMM 模型实现城市暴雨径流的污染负荷估算方法，针对完全合流制、截流式合流制、完全分流制和截流式分流制，采用水文分割法、水质与流域特征相关关系法，计算城市非点源污染物冲刷量。

推广情况

该技术在赣江下游和大辽河营口段进行了应用，对赣江下游以水环境容量利用率和总量分配合理性指标最大为目标建立了排污口总量分配模型进行排污口总量分配，以等比例消减法对各排污口纳污范围内企业进行污染源总量分配，对大辽河营口段城市非点源污染进行模拟，估算出了城市区域四个主要排污口纳污范围内城市非点源污染负荷排放量。

典型案例

(一) 项目概况

在赣江下游和大辽河营口段控制单元开展城市河段控制单元水质目标管理技术示范。

赣江下游控制单元主要污染物为氨氮和粪大肠菌群，主要以 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为污染物控制水质因子。该城市河段主要以点源的城镇生活污染为主，且受人为排污闸限制，城市暴雨径流污染估算方法难以用于非点源负荷估算，采用入河系数法确定点源负荷。因赣江下游分为 3 支，水流水动力条件复杂，选择采用 WESC2D 模型。设计水文条件选用 1999 年至 2008 年 10 年水文过程。分别以 COD_{Cr} (17.45mg/L) 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ (0.82mg/L) 入境浓度 (2000 年-2009 年地表水监测数据 30B3 条件) 计算的河流响应浓度和非点源负荷响应浓度为背景负荷，利用 RPSM 方法求解水环境容量模型。安全余量确定方法采用对所有排放源的分配降低一个百分比 (10%)。以水环境容量利用率和总量分配合理性指标最大为目标建立了排污口总量分配模型进行排污口总量分配，以等比例消减法对各排污口纳污范围内企业进行污染源总量分配。

大辽河控制单元采用 SWMM 模型，对大辽河营口段城市非点源污染进行模拟，估算出了城市区域四个主要排污口纳污范围内城市非点源污染负荷排放量。

(二) 技术指标

采用 SWMM 模型估算营口市非点源负荷，基于 WESC2D 模型建立二维水动力模型，利用 RPSM 方法求解水环境容量和污染源总量分配。赣江下游控制单元 COD_{Cr} 污染物分配总量为 75993.9kg/d，27737.8t/a。各排污口企业 COD_{Cr}，除青山闸与鱼尾闸的企业排放负荷需要削减外，其它排污口的企业在达标排放的前提下，排放负荷均维持现状。将青山闸与鱼尾闸的排污口分配负荷乘以工业源所占比例后，按照等比例分配的原则分配到企业。NH₃-N 污染物分配总量为 5264.6kg/d，1921.6t/a。各排污口企业间 NH₃-N，除晨鸣纸业与宏狄氯碱这两个直排企业排放负荷维持现状外，其它排污口均要进行削减。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

电话：01084915305

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号

邮编：100012

E-mail: leikun@craes.org.cn

151 感潮河段控制单元水质目标管理技术

适用范围

感潮河段控制单元

基本原理

感潮河流的水位、流速等水力要素随潮汐呈周期性变化和排污的浓度双向影响的特点，决定了其与一般河流控制单元水质目标管理技术在个别技术环节上有所不同。课题针对感潮河段重点提出了河口设计水文条件和河口数学模型的选择及建议。

工艺流程

考虑地表水和海水标准进行水质目标核定，对常规污染物考虑 30 天潮流过程，并选择月潮过程；对毒性物质的急性效应可考虑流速为零时低水位相应水域的水量。采用稳态设计水文条件动态水质模型进行模拟与分析背景负荷（入境浓度）和不同可控污染源（排污口单位负荷）对河流水质的响应关系。采用模拟优化法实现感潮河段控制单元水质目标管理。

关键技术或设计特征

重金属及有毒有机物也应选择所有源点断面、入境断面和出境断面，对毒性较低的物质可采用河段达标断面比例及入境断面和出境断面控制。

河口上边界设计条件采用余流量，下边界设计条件采用河口潮汐过程选择。

河口动态水动力水质模型选择 CE-QUAL-W2、EFDC、WASP 和 FVCOM 模型。

推广情况

技术应用于大辽河，得出大辽河控制单元水环境总量控制的压力主要取决于上游入境水质要求。现状情况是氨氮在枯季 1-4 月份上游入境比 V 类水高几倍甚至十余倍，最高三岔河的氨氮 29.32mg/L（2003 年 1 月），致使下游控制单元可利用容量非常少。因此，仅仅是削减大辽河控制单元污染物的作用很小，且不利于营口市的经济的发展，应加强上游控制单元的污染控制。

典型案例

（一）项目概况

在大辽河营口段开展感潮河段控制单元水质目标管理技术示范。大辽河控制单元主要以 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为污染物控制水质因子。采用入河系数法确定点源负荷，采用类型源试验与基于城市排水系统构建 SWMM 数学模型的方法来进行城市非点源负荷核定估算。设计水文条件选用三岔河流量 $21.16\text{m}^3/\text{s}$ （30B3），下游河口区根据四道沟 1999 年-2009 年（缺少 2006 年）潮位资料选择潮差最小的一个月数据作为下游边界条件。入境浓度为水质目标 V 类标准。采用动态二维水环境模型（WESC2D）提供水动力条件，WASP 模型分别模拟大辽河控制单元 30B3 设计水文条件下 14 个直排赣江排放口（营口造纸厂已关

闭) $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Cr} (包括点源与非点源) 单位负荷对河流污染浓度的贡献率。安全余量确定方法采用对所有排放源的分配降低一个百分比 (10%)。以总量分配合理性指标最大为目标建立了排污口总量分配模型, 以各排污口纳污范围内企业的总产值最大为原则建立污染源总量分配模型, 求解控制单元污染物总量分配方案。

(二) 技术指标

大辽河控制单元, 各入河排污口的 COD_{Cr} 分配量均大于现状负荷量。大辽河的重度污染很大原因是营口造纸厂的排污, 营口造纸厂的 COD_{Cr} 入河量占点源总入河量的 86.76%, 营口造纸厂停厂后, 在上游入境 V 类水的前提下, 各排污口均不用削减, 维持现状。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是大辽河的主要污染物, 超标严重。除港监潮沟进行企业的污染物削减外。其它排污口的企业在达标排放的情况下, 维持现状。

大辽河控制单元水环境总量控制的压力主要取决于上游入境水质要求。现状情况是氨氮在枯季 1-4 月份上游入境比 V 类水高几倍甚至十余倍, 最高三岔河的氨氮 29.32mg/L (2003 年 1 月), 致使下游控制单元可利用容量非常少。因此, 仅仅是消减大辽河控制单元污染物作用很小, 且不利于营口市的发展, 应加强上游控制单元污染控制。

联系方式

技术信息咨询单位: 中国环境科学研究院

联系人: 雷坤

电话: 01084915305

地址: 北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号

邮编: 100012

E-mail: leikun@craes.org.cn

152 北方缺水型河流水质目标管理技术

适用范围

适用于北方缺水型河流

基本原理

针对北方河流丰、平、枯水期流量与水质差异明显特征，建立以季节水环境容量为基础控制单元水质目标管理技术体系，形成了污染负荷核定、不同水期水文条件设定以及水环境容量总量分配等关键技术，以适应缺水型北方河流水文特点。

工艺流程

1、采用污染标识指数法与单因子污染指数法，筛选主要控制因子，确定水质保护目标。2、采用统计方法，结合流域污染源普查数据，核定流域污染负荷。3、分别采用 30Q10、50%保证率、75%保证率等设定不同时期水文条件，计算水环境容量和总量分配。4、根据容量总量分配结果，结合点源与面源污染负荷贡献率大小、环境保护规划、社会经济规划、环境背景值等，实现容量总量在点源、面源、安全余量间的分配，完成污染负荷总量削减方案。

关键技术或设计特征

采用水文分割法及输出系数法核定面源污染负荷。

采用一维水质模型及线性规划模型计算流域水环境容量。

在水环境容量计算基础上，确定污染负荷总量在点源、面源、安全与量间的分配。

推广情况

北方缺水型河流水质目标管理技术主要应用于辽河流域、铁岭、抚顺、盘锦示范区。铁岭示范区包括昌图、西丰、开原、清河区、铁岭县、调兵山、银州区 7 个控制单元；盘锦示范区包括盘山县、市辖区、大洼县控制单元，抚顺示范区包括浑河上游清原县、浑河上游新宾县、浑河上游抚顺县、浑河中游抚顺县、浑河中游抚顺市市辖区控制单元，每个控制单元均实现了污染负荷工程削减方案。在辽河摘帽环境治污行动中，调兵山市环保局、铁岭市环保局、抚顺市环保局、盘锦市环保局，先后采用该水质目标管理技术科研成果，规划辽河、浑河污染治理工程项目，该技术在辽河污染摘帽行动中起到非常重要作用。

典型案例

（一）项目概况

在鞍山南沙河流域进行北方缺水型河流水质目标管理技术示范。采用水文分割法及输出系数法核定面源污染负荷。采用一维水质模型及线性规划模型计算流域水环境容量。在水环境容量计算基础上，根据点源与面源污染负荷贡献率、水体污染负荷背景值、流域风险源等因子，确定污染负荷总量在点源、面源、安全与量间的分配。其中，安全余量的确定采用经验分析法，根据流域存

在风险源状况、污染负荷背景值、地方环保及经济发展规划，确定预留安全余量值。

(二) 技术指标

1、采用污染标识指数法与单因子污染指数法，分别对辽河流域水质进行单因子评价及综合评价，筛选主要控制因子为氨氮。2、采用统计方法，结合流域污染源普查数据，核定流域及控制单元工业点源、规模化畜禽养殖、污水厂等点源污染负荷；采用水文分割与输出系数法，结合社会经济统计数据，核定流域及控制单元农业用地、散养畜禽养殖、城镇用地等面源污染。3、分别采用30Q10、50%保证率、75%保证率等设定不同时期水文条件。4、采用一维水质模型及线性规划模型，根据流域水质保护目标及水文条件，模拟污染物排放量与水质动态响应关系，综合考虑流域人口、经济、污染负荷、容量等因子，计算流域水环境容量及容量总量分配。5、根据容量总量分配结果，结合点源与面源污染负荷贡献率大小、环境保护规划、社会经济规划、环境背景值等，实现容量总量在点源、面源、安全余量间的分配，完成污染负荷总量削减方案。

联系方式

技术信息咨询单位：中国环境科学研究院

联系人：雷坤

电话：01084915305

地址：北京市朝阳区安外北苑大羊坊8号

邮编：100012

E-mail: leikun@craes.org.cn