

# 煤炭绿色开采与安全环保技术 成果目录

科技部 国家能源局  
中国煤炭工业协会

二〇一五年十一月



# 前言

长期以来，我国煤炭需求量大，开采地质条件复杂、灾害多发，开采难度大，生态环境破坏严重，导致资源利用率低、环境污染重。近年来，随着信息技术、新能源技术、生物技术、新材料技术广泛渗透，为煤炭行业的结构调整和转型升级带来了新的机遇。在经济新常态和节能减排的大背景下，我国煤炭行业正面临煤炭需求增速的放缓期、超前产能与库存的消化期、环境制约的强化期和现代煤化工技术的发展期的“四期”并存的新形势，亟待依靠技术进步和科技创新推动行业的结构调整和转型升级。

自“十一五”以来，国家重视新兴技术与煤炭科技的融合，围绕“安全、绿色、智能”目标，组织开展了大量的科技攻关，重点突破煤炭高效、绿色、清洁开发新技术和新装备，促进煤炭集约化开发，为煤炭产业转变发展方式、提质增效提供强大的科技支撑，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。

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》、《国务院关于改进加强中央财政科研项目 and 资金管理的若干意见》（国发〔2014〕11号）、《国务院印发关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革方案的通知》（国发〔2014〕64号）及《国家能源发展战略行动计划（2014-2020年）》精神，实施创新驱动发展战略，牢固树立并切实贯彻党的十八届五中全会提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念，充分发挥市场在科技成果转化中的决定性作用，实现科技成果的社会共享。我们组织国家科技计划课题任务承担单位对“十一五”以来国家科技计划体系关于煤炭领域的支持情况进行了一次全面梳理，对所取得的有重要影响和代表性的成果进行较为系统地归类、整理和凝练，并组织专家进行了评估和论证，筛选出 97 项技术成果编制形成了《煤炭绿色开采与安全环保技术成果目录》（以下简称《成果目

录》)。

《成果目录》涵盖了地质勘探、矿井建设、开采、煤层气开发、煤矿安全、煤炭分选、生态矿山建设等 7 个方面，是我国当前迫切需要的煤炭领域相关技术、工艺和装备，具有较好的实用性。

为便于使用者查阅和掌握整体情况，《成果目录》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。第二部分技术简介由适用范围及推广前景、技术内容、主要技术指标、典型案例及成效和技术咨询联系方式等部分组成，其中的技术内容中较详细阐述了各项技术的基本原理和关键技术等。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。

《成果目录》经专家评估评审和征求国家相关部门与相关地方意见，由中国矿业大学协助编制完成。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.....	29
一、地质勘探技术 .....	31
1 复杂条件大型煤炭基地快速精细勘查技术.....	31
2 深部矿井工作面地质条件精细探测技术.....	32
3 煤层气富集区地球物理识别技术.....	33
4 基于孔间地震采动覆岩破坏探测技术.....	35
5 大电流中心回线矿井瞬变电磁波场反演解释技术.....	36
6 矿井地质构造巷道超前探测技术.....	37
二、矿井建设技术 .....	39
7 “一扩成井”快速钻井法凿井关键技术及装备 .....	39
8 千米级深井特殊地层注浆材料及注浆工艺.....	40
9 深厚复杂岩土中冻结法凿井关键技术.....	41
10 千米级深井高压注浆关键装备.....	42
11 千米级深井基岩快速掘砌关键技术及装备 .....	43
三、煤炭开采技术 .....	45
12 基于关键层位置的“导高”预计方法 .....	45
13 大采高综放开采工艺技术.....	46
14 薄煤层开采工艺及安全保障技术.....	48
15 煤柱及不规则块段开采关键技术.....	49
16 薄煤层切顶卸压沿空成巷无煤柱开采关键技术.....	51
17 煤矿千米深部岩巷稳定控制关键技术.....	52
18 大采高综放液压支架及其配套技术.....	53
19 煤矿巷道高预应力锚杆支护技术.....	55
20 大型矿山提升关键技术.....	56
21 两柱式超强力放顶煤液压支架.....	57
22 大运量长距离顺槽带式输送机.....	58
23 智能化超重型岩巷掘进机.....	59
24 大断面煤巷快速掘进技术及装备.....	60

25	掘进机远程控制技术及监测系统.....	61
26	大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术.....	62
27	综采工作面采煤机精确定位技术.....	63
28	煤炭综采智能化控制平台.....	66
29	高速高可靠性电牵引采煤机技术.....	67
30	薄煤层机电一体化开采关键技术及装备.....	68
31	矿用 3G 无线通信系统.....	69
32	采煤机远程控制技术及监测系统.....	71
33	大采高综放工作面快速搬家工艺及设备.....	72
34	工作面“三机”协同控制技术.....	73
35	煤矿井下采选充采集成技术.....	75
<b>四、煤层气开发技术 .....</b>		<b>77</b>
36	煤层气地面规模抽采条件下压降预测技术.....	77
37	煤矿卸压区裂隙快速识别与渗透率区划技术.....	78
38	多层叠置含煤层气系统排采优化地质设计技术.....	79
39	低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采关键技术.....	80
40	高瓦斯煤层群优质瓦斯通道构建与瓦斯抽采技术.....	81
41	煤层气抽采产能影响参数测试技术及装置.....	82
42	构造煤发育煤矿区卸压煤层气地面开发技术.....	83
43	采空区煤层气抽采监控技术与装备.....	85
44	采动区煤层气地面抽采技术及装备.....	86
45	高能空气冲击致裂强化抽采煤层气技术与装备.....	87
46	低浓度煤层气燃烧器技术与装备.....	89
47	低浓度煤层气浓缩技术与装备.....	90
48	地面远距离自动控制钻进技术与装备.....	91
<b>五、煤矿安全技术 .....</b>		<b>93</b>
49	基于声发射与瓦斯涌出动态的煤与瓦斯突出灾害监测预警技术.....	93
50	煤与瓦斯突出动力效应机理及安全防护关键技术.....	94
51	瓦斯煤尘爆炸事故物证分析关键技术.....	95
52	煤层群开采煤岩渗透率动态监测技术.....	97
53	煤层瓦斯含量快速测定、煤与瓦斯突出事故报警技术及装备.....	98
54	煤层瓦斯含量及压力快速测定技术装备.....	99

55	煤与瓦斯突出防治及瓦斯抽采关键技术及装备.....	100
56	井下近水平定向钻进技术与装备.....	102
57	松软突出煤层深孔钻进技术与装备.....	103
58	高压射流钻割一体化卸压增透成套技术.....	104
59	三维旋转水射流扩孔及割缝技术与装备.....	105
60	煤矿重大灾害综合监测预警关键技术及系统.....	106
61	煤矿井下自动水幕抑爆技术及其装备.....	107
62	防治煤炭自燃的高效阻化方法与关键技术.....	109
63	煤自然发火期快速测试技术及装备.....	110
64	煤矿巷道突水机理及防治技术.....	112
65	矿井突水重大灾害实时监测预警技术.....	113
66	矿井水害快速治理技术与装备.....	114
67	矿井灾害源探测技术.....	115
68	松散承压含水层下采煤压架突水灾害防治技术.....	116
69	煤矿冲击地压的多参量前兆识别及监测预警技术.....	118
70	采动动力灾害监测、预警与控制的关键技术.....	119
71	煤层坚硬顶板水力致裂控制理论与成套技术.....	121
72	基于应力控制的冲击地压综合防治技术.....	122
73	滑坡灾害远程实时监测预警及调控技术.....	124
74	矿山物联网安全生产超前感知关键技术.....	125
75	煤矿高可靠性安全监控系统关键技术.....	126
76	便携式自诊断传感器及安全检测仪表无线接入技术及装备.....	128
77	多功能矿灯检测技术及装备.....	129
78	矿井重大事故救援指挥辅助决策系统.....	130
79	遇险人员快速救护关键技术及装备.....	131
80	深部煤矿高温热害治理技术及其装备系统.....	133
<b>六、煤炭分选技术 .....</b>		<b>136</b>
81	难选煤高效分选关键技术.....	136
82	大型模块选煤关键技术及配套装备.....	137
83	模块式干法重介质流化床选煤技术.....	138
84	柱式短流程分选的过程控制技术.....	140
85	高灰难选煤泥的高效分选设备与工艺.....	141
86	矿物—硬度法难沉降煤泥水绿色澄清技术.....	142

87	高性能大型振动筛.....	143
<b>七、生态矿山建设技术 .....</b>		<b>145</b>
88	高强度开采矿区环境损伤形成机理及预测技术.....	145
89	生态脆弱区煤炭现代开采地下水和地表生态保护技术.....	147
90	采煤沉陷区复垦环境监测与评价技术.....	148
91	控制矿井突水的水资源保护性采煤理论与方法.....	149
92	城市工矿区废弃土地再利用技术.....	150
93	酸性自燃煤矸石山原位治理与生态修复一体化技术.....	152
94	典型矿业城市受损生态系统恢复技术及示范.....	153
95	微生物修复矿区采煤废弃地关键技术.....	154
96	采煤沉陷区土地复垦与农业生态再塑技术.....	156
97	采煤沉陷区地基处理与工程建设技术.....	157

# 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
<b>一、地质勘探技术</b>				
1	复杂条件下大型煤炭基地快速精细勘探技术	通过综合研究地质、地球物理、采矿与大型煤炭基地开发的本质关系，建立复杂条件大型煤炭基地快速精细勘探技术。基于高分辨率三维地震勘探技术，开展复杂地质构造精细探测，查明深度 1000m 以浅、落差 3-5m 以上的断层；基于电法地震等综合地球物理探测技术，研究含煤地层赋水性；基于井下超前探测技术，实现 150m 范围内小构造探测。形成地面与井下相结合的立体综合勘探预测方法，为复杂条件大型煤炭基地高效勘探开发提供地质技术保障。	适用于复杂条件下煤田地质勘探和矿井地质勘探。	31
2	深部矿井工作面地质条件精细探测技术	使用研发的矿井物探装备技术进行深部矿井工作面地质条件的精细探测：①矿井地质构造探测：地震法辅助电法，探测精度：>1~3m 断层，>5m 褶曲，探测距离>100m；②矿井水探测：直流电法与瞬变电磁法，探测精度：圈定富水区（包括顶底板含水层、老空区等）边界偏移<20m，探测距离 80~100m；③煤层瓦斯探测：地震和地质雷达法，圈定瓦斯富集区，边界偏移<10m，评价煤层瓦斯突出危险性。	适用于金属与非金属矿山、煤矿及隧道工程	32
3	煤层气富集区地球物理识别技术	通过研究地质、钻井、测井和巷道等资料，基于数学统计、物理测试和数值模拟等方法，对煤层气地球物理测井响应、岩石物性响应、煤层多波裂隙响应和煤层 AVO 响应等方面展开研究，建立煤层气地球物理响应机理，在此基础上，开展地球物理资料的采集、处理、解释和反演，通过测井约束反演，进行煤层精细结构、煤层厚度及其顶底板岩性的预测，通过转换波地震资料处理和解释，实现对煤层裂隙的反演，通过 AVO 反演方法，获得煤系地层岩石物性参数，综合分析控制煤层气富集的地震地质参数，如煤层厚度、结构、构造、岩性和裂隙参数，基于地球物理信息融合方法对煤层气富集区进行预测，实现煤层气富集区的地球物理识别。	适用于煤层气勘探开发、非常规页岩气勘探开发和煤矿瓦斯富集区预测。	33

4	基于孔间地震采动覆岩破坏探测技术	通过地震波穿越覆岩的走时或能量变化，得到覆岩内部的地震波速或地震波衰减系数分布图像，以此推断覆岩内部的地质构造、岩层速度变化、裂隙发育程度等特征，通过采前和采后的对比研究获得覆岩破坏发育情况。	适用于研究煤矿覆岩破坏规律，适合在浅埋深矿区，尤其是涉及保水开采和水害问题的矿井推广应用。	35
5	大电流中心回线矿井瞬变电磁波场反演解释技术	本项目研制了磁探头（等效面积 $\geq 450\text{m}^2$ ）接收的稳流大电流（ $I \geq 4\text{A}$ ）发射矿井瞬变电磁仪器，实现了井下中心回线装置施工，结合多匝小回线电感校正技术，有效消除了曲线畸变影响；研发了提取瞬变电磁场波动特征的精细反演方法，有效消除浅部解释盲区，提高了异常定位精度和多层异常分辨能力，开发了能在 1.5 分钟内现场即时成图的快速处理软件，满足了矿方对巷道安全快速掘进的需求。	适用于煤矿掘进巷道迎头前方含（导）水地质异常体的超前探测，巷道顶板、底板、侧帮含（导）水异常体的勘查，老窑采空积水区、断层和陷落柱等含水地质构造的探查。	36
6	矿井地质构造巷道超前探测技术	该技术将直流电法、瞬变电磁超前探测技术与反射波超前探测技术相融合，形成了能对简单地质构造和复杂地质条件进行探测与预报的巷道综合超前预报技术系统。预测距离为掘进巷道前方 120m 范围内有效的地质异常界面参数。探明落差小于 3m 断层及其异常带，解释距离误差 $< 10\%$ ，异常可靠性 $> 80\%$	适用于煤矿及非煤矿山地质构造巷道探测、安全掘进技术等。	37
<b>二、矿井建设技术</b>				
7	“一扩成井”快速钻井关键装备	该技术通过理论研究、工艺研究、设备关键部件研制和工业性试验，以及对地层（井帮）稳定性研究，首次开发形成了“一扩成井”和“一钻成井”快速钻井法凿井新工艺，“一扩成井”钻井直径达 9m 以上，“一钻成井”钻井直径达 7m 以上，提高了钻井法凿井成井速度；通过理论计算和泥浆流动规律分析，完成了新型表土钻头和岩石钻头设计、加工，提高了破岩效率和吸收效果。	适用于冲积层厚度小于 600m 或软岩地层条件下的煤矿及其他领域立井井筒施工。	39

8	千米级深井特殊注浆材料及工艺	该技术通过塑性早强材料、低粘度化学浆研究，解决满足深井特殊地层堵水和加固的注浆材料需要；通过室内模拟试验提出千米级深井注浆参数设计依据，提出千米级深井注浆防水帷幕的设计方法；通过深井注浆工业性试验和注浆效果观测，研究注浆材料的实用性、合理性和可靠性，研究出满足千米深井注浆需要的工艺参数。“塑性早强”浆液，析水率小于 5%，初凝时间小于 8h。复合化学浆液，结石体抗水压达到 12MPa。地面预注浆用化学浆液粘度小于 $6 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$ ，胶凝时间 5min~30min。	适用于地质条件复杂的千米级深井注浆法及钻井法与注浆法相结合的工程施工。	40
9	深厚复杂岩层中凿井关键技术	在待开凿的井筒周围钻冻结孔；在孔内下入钢质冻结管和塑料管，形成冻结器；在冻结器内循环来自制冷站的低温盐水，使周围地层冻结，形成筒形冻土墙—冻结壁；而后在冻结壁的保护下掘砌施工井壁，形成永久的封水与支护结构。可突破技术瓶颈，开凿表土厚度达 800m 的特厚表土井筒、富水岩层深达 1000m 的井筒；井壁（钢纤维）混凝土强度等级可达（CF100）C100；可预防冻结管断裂、冻结孔导水淹井事故及井壁破裂灾害。	适用于煤炭、金属、化工、建材等矿山开发中复杂岩土条件下立井井筒的建设	41
10	千米级深井高压注浆关键装备	该技术研制了变频调速高压注浆泵和高压化学注浆泵；实现注浆泵流量的无级调节、柱塞的长行程，提高泵流量输出的稳定性和使用寿命。研制了坐封力可达 60t 的止浆机具模拟测试试验台、耐压 $\geq 25 \text{MPa}$ 的止浆塞和止浆塞安全脱离装置，研制了注浆参数自动监测、高效制浆系统。变频调速高压注浆泵，压力达到 50MPa，流量 0~380 l/min 范围内无级调节；ZBBJ-300/35-H 型高压化学注浆泵，压力达到 35MPa，流量 0~380 l/min 范围内无级调节，止浆机具耐压 25MPa 以上	适用于煤矿、金属矿山立井井筒安全快速施工。	42
11	千米级深井基岩快速掘砌关键技术及装备	该技术制定了新型千米深井基岩快速掘砌施工工艺，得到可以取消临时支护的短段掘砌及与之相配套的伞形钻架、大型抓岩机、整体下移金属模板等成套工艺及装备，实现了 4.2m 段高掘砌正规循环作业，从而提高了深立井凿井钻、爆、掘、砌设备能力及工艺技术水平。掘砌循环作业进尺 4.2m，爆破效率平均达到 85~90.5%，周边半眼痕率达 83% 以上。	适用于煤炭及其他领域千米级深立井井筒施工。	43

### 三、煤炭开采技术

12	基于关键层位置的“导高”预计方法	采动岩层裂隙演化与覆岩的破断运动有关，采动岩层破断运动受关键层的控制，因此采动裂隙演化必然受关键层结构的影响。事实上，覆岩关键层位置会影响采动裂隙发育高度，只有当关键层位置距开采煤层小于某一临界高度时，该关键层及其控制的上覆岩层破断裂缝才会贯通成为导水裂隙。关键层破断裂隙贯通的临界高度可按（7~10）倍采高取值，据此提出了基于关键层位置的“导高”预计新方法，弥补了《规程》中经验公式要求煤层分层采厚不大于 3.0m 以及无法预计放顶煤开采“导高”的不足。	煤矿保水开采、煤与瓦斯共采、采动覆岩隔离注浆充填等方面。	45
13	大采高综放开采工艺技术	大采高综放开采，即工作面采煤机割煤高度大于 3.5m 的综放开采。大采高综放工作面通过加大割煤高度发挥大功率大采高采运设备能力；大采高综放支架后部通风与放煤的空间大，提高了工作面放煤口附近瓦斯稀释及工作面放煤能力。）割煤高度 3.5~5.0m；单个大采高综放工作面年产达到 1000 万吨以上；资源回收率达到 85% 以上。	适用于煤层厚度 7m 以上的特厚煤层综合机械化一次采全厚。	46
14	薄煤层开采工艺及安全保障技术	薄煤层采煤方法智能选择与开采参数优化；薄煤层综采工艺模式优选技术；煤厚和地质构造 CT 探测技术和薄煤层工作面预设轨迹自动割煤技术；薄煤层综采工作面高效降尘技术；薄煤层综采面围岩控制的智能决策系统。构造和煤厚判断准确率和工作面来压的预报准确率达到 80% 以上；根据工作面瓦斯浓度自动调节割煤速度技术；成套技术实施后，工作面人员可减少 30%，产能可提高 15% 以上。	薄煤层综采工作面设备配套与选型，自动化工作面设计。	48
15	煤柱及不规则块段关键技术	根据煤柱应力场、位移场分析理论，采用数值模拟和现场观测的综合研究手段，对煤柱及不规则块段开采关键技术适应性展开研究，解决相应的矿压特征、顶板控制等问题，完成开采总体设计及工艺研究；采用虚拟样机技术进行运动学、动力学仿真分析和有限元优化设计，并与测试技术相结合，研制大功率连续采煤机。装机功率 597kW、生产能力 15~27 t/min。	综采后遗留煤柱、煤矿井下不规则块段。	49

16	薄煤层切顶卸压沿空成巷无煤柱开采关键技术	该方法在工作面煤层回采前，在回采巷道沿将要形成的采空区侧顶板切一条缝形成一个面，待工作面煤层回采后，在矿山压力作用下，顶板沿切缝自动切落形成巷道的一个墙壁，既隔离采空区又保持该巷道的完整性，从而将自动形成的巷道作为下一个工作面的运输巷。该开采方式将顶板按设计位置切落，切断了顶板的应力传递，避免了采空区侧煤体受到回采动压的影响，从而保证了煤体的完整性；同时，由于新形成的巷道处于矿山压力的卸压区，解除了高应力环境的威胁，从根本上避免了灾害事故的根源。	适用于瓦斯矿井。	51
17	煤矿千米深部岩巷稳定控制关键技术	该技术系统地提出了深部岩巷围岩稳定控制的理论和对策，形成了深部岩巷支护和围岩稳定控制的成套技术。应用本项目成果后，巷道稳定周期由原来每年翻修 3~5 次到现在 5 年不用翻修；断面收缩率由原来每半年收缩 50% 以上到现在 5 年收缩不大于 10%；掘进速度由原来月均 40 米到现在月均 80 米以上；掘进支护与巷道维护综合成本降低 30% 以上，吨煤生产成本降低 5~20 元。	适用于煤矿及其他深部巷道支护、岩层控制技术。	52
18	大采高综放液架及其配套技术	该技术通过加大工作面割煤高度，发挥大功率大采高采运的设备能力，同时提升整体的放煤高度。通过解决液压支架稳定性及尾梁控制、采煤机可靠性、刮板输送机运行空间等难题，将现有工作面采煤机割煤高度提升到 3.5m 以上；研制的 5.2m 大采高综放液架工作阻力 15000kN，支护高度 3.2~5.2m，可使一次采煤高度达到 20m 以上。	20m 以上特厚煤层综放开采。	53
19	煤矿巷道高预应力锚杆支护技术	该技术针对煤矿复杂困难巷道存在的顶板垮落、巷道大变形等问题，提出了高预应力一次支理论，开发出钢号为 500-830MPa 系列高强度、高冲击韧性锚杆材料，研制出 1×19 结构、直径 18mm-28.6mm 系列大吨位、高延伸率锚索；研制锚杆高预应力施工机具，锚杆预紧力达到 120kN 以上，并精细化地研究了支护材料与构件的力学性能，形成了针对煤矿复杂困难巷道支护的巷道高预应力锚杆支护成套技术。	适用于东部深部煤矿巷道和西部强烈采动影响等复杂困难巷道支护	55

20	大型矿山提升关键技术	针对国产提升装备的年提升能力小，无法满足大型矿井提升载荷大、速度快、工况复杂等要求，自主研发了大型提升机及其运行状态监测系统、高可靠性制动系统、大型曲轨自动卸载箕斗及其称重装置，提升装备满足了我国大型矿井对提升能力的需求。	适用于大型矿山（金属矿和非金属矿）提升	56
21	两柱式超强力放顶煤液压支架	该技术建立两柱放顶煤液压支架与特厚煤层围岩耦合关系模型，采用逻辑运算和智能决策技术实现护帮、姿态调节和初撑力的自动控制；建立以时间为主控制因子的放顶煤程序自动控制与人工干预协调的生产过程控制机制，实现智能化放煤；研制的两柱式超强力放顶煤液压支架工作阻力18000kN，最大支撑高度5.5m；支架与围岩自动耦合响应时间 $\leq 3s$ 。该技术全面提升了综放工作面开采装备的智能化、自动化水平，可提高放顶煤回收率1.5%以上。	综采放顶煤一次采全厚。	57
22	大运量长距离顺槽带式输送机	该输送机采用CST可控软启动装置或大功率低压防爆变频技术；中间驱动功率平衡控制技术；自控张紧装置及控制技术；高强度高可靠性的储带技术；液压卷带技术；智能化电控技术。运量2500~4500t/h，运距 $> 6000m$ ，带宽1400、1600mm，带速0~4.5m/s，带强不大于PVG2500S，储带能力 $\leq 200m$ ，功率 $(3+3) \times 500 \sim 1000kW$ ；年运量超过1400万吨。	适用于大运量、长距离工作面顺槽运输。	58
23	智能化超重型岩巷掘进机	采用掘进机截割工况识别和截割转速自动调节技术、岩巷掘进防卡链技术、大断面岩巷截割稳定性技术、岩巷掘进干式除尘技术、综掘超前探测技术，研制截割功率450kW的岩巷掘进机。可实现截割输出扭矩和转速调节自适应控制，可截割岩石单向抗压强度120MPa。在硬度80~120MPa、巷道断面20m <sup>2</sup> 岩巷掘进中月进尺达100米以上。	适应大断面岩巷掘进。	59

24	大断面煤巷快速掘进技术及装备	通过对高效截割技术、高效装运技术、截割断面监视技术、掘进与支护一体化作业技术等研究，开展了大断面煤巷快速掘进装备的研制和大断面煤巷快速掘进工程示范的研究工作，研制成功了配有机载锚杆钻机的大断面煤巷重型掘进机。可掘最大断面 30m <sup>2</sup> ，该机在煤岩单向抗压强度 ≤80MPa，顶板复杂条件，巷道断面 22m <sup>2</sup> 的煤巷中配备综掘作业线，通过掘进及支护一体化施工，月进尺达到 600m。	用于煤巷或半煤岩巷掘进。	60
25	掘进机远程控制及监测系统	掘进机任意断面自动截割成形控制技术；基于多参数判断的截割臂摆速自适应控制技术；掘进机机身姿态参数在线自动检测技术；基于多参数负反馈控制的定向掘进控制技术；掘进机井下可视化远程监控技术与远程无线遥控技术；基于多路隔爆型摄像仪的视频监控技术；地面远程可视化监测诊断技术。掘进巷道截割断面边界最大误差 <10cm；水平偏角检测最大误差 <0.1°；掘进定向最大误差 <10cm；掘进机远程控制距离 500~1000m 或更远；掘进机及工作面远程监测距离 500~20000m；视频信号同时传输数量 ≥6 路。	适用于煤矿井下大型采掘装备的掘进作业。	61
26	大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术	本项目集成计算机仿真、先进制造、电液控制、岩层运动与顶板控制、变频调速、材料强化等多领域技术创新，攻克了大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术，实现了 35°~55°大倾角煤层的安全高效开采。研制的大倾角煤层综采综放工作面成套装备适用工作面采高 4.8m，倾角达到 56°，煤炭回收率 >85%。液压支架单架循环工作时间降至 10 秒以下，采煤机导向滑靴寿命提高了 46%，刮板输送机圆环链的使用寿命提高 35%	35°~55°大倾角煤层的安全高效开采。	62
27	综采工作面采煤机精确定位技术	建立工作面煤层地理信息系统、采煤机高速自主定位定姿系统，获得了采煤机自适应调高、工作面自动动态校直方法。该技术解决了采煤机有效感知煤层、地质条件异常情况下的采煤机自动调高、工作面自动校直等技术问题。综采工作面采煤机姿态量程：横滚：±90°，俯仰：±90°，航向：0~360°。输出信息：采煤机姿态（横滚、俯仰）、采煤机航向、采煤机截割轨迹、采煤机运行轨迹。	采煤机智能化、综采工作面自动化与智能化以及地下移动定姿。	63

28	煤炭智能化采制平台	该平台以井下监控中心和地面监控中心为控制核心，以压力、行程、姿态、环境等多种传感器为感知系统，依据智能化采煤工艺，控制采煤机实现记忆割煤，控制液压支架和刮板输送机等设备实现跟机自动化操作，实现综采工作面的自动化采煤，监控中心操作人员通过监视工作面的实时视频场景对自动化采煤过程中动作不到位的设备进行查看，并通过远程遥控干预的方式对该设备进行控制，实现设备的自动归位。工业以太网通信平台带宽为1000Mb/s；高清视频 720P；系统控制延迟不大于 200ms；平均故障率小于 1%；作业人员减少 50%；工作面回采率大于 95%。	工作面智能化开采。	66
29	高速高电可牵引采煤机	该技术通过建立采煤机牵引机构参数化模型、动力学仿真得到最佳齿形曲线，通过行走轮齿形、强度和断裂理论及表面强化技术，得到了基于动力学仿真的高速高寿命牵引机构，截割牵引速度达 17.5m/min，机构无故障连续过煤量达到 300 万吨以上。煤岩识别工况自适应智能控制技术，煤岩抗压硬度差大于 20MPa 时，煤岩分界面识别率大于 75%；重型摇臂的壳体硬度达到 200HB 以上，抗拉强度达到 700MPa 以上。	煤炭资源开发，尤其是安全高效、无人自动化开采。	67
30	薄煤层机电一体化开采关键技术及装备	研发出适于厚 1.0m 薄煤层开采的电牵引滚筒采煤机、大运量低槽帮刮板输送机、支撑高度 0.65~1.3m 的掩护式液压支架及其电液控制系统等薄煤层机电一体化高效开采成套装备与技术，并在大倾角及缓倾斜煤层进行工业性试验及推广。研发出薄煤层滚筒采煤机，总功率约 238kW，适应煤层厚度下限 1.0m。研发出近水平和大倾角薄煤层高效开采工艺，并进行工业性试验，年产量达到 50~80 万 t，回采率达到 85%以上。	薄煤层开采。	68
31	矿用 3G 无线通信系统	系统采用标准工业以太网结构，利用 TCP/IP 协议，Wi-Fi 协议、DSL 以及 3G 无线通信等技术，实现全矿井有线、无线及扩音广播等语音通讯融合，实现数据、视频与语音的共网传输，可融合安全监控、视频监控、移动办公等多种业务。系统组成井下工业以太环网，无需建设专用的语音传输线路，并允许其它系统接入，具有远程 WEB 管理功能。无线基站之间采用光缆或双绞线连接，工作面基站采用 DSL 传输。系统注册用户数不小于 5000 门，井下总覆盖距离不小于 60km。	适合在煤矿井下安装使用。	69

32	采煤机远程控制及监测系统	通过对采煤机工作状态的在线监测，利用信息融合技术，实现采煤机工作姿态的自动调节以及采煤机的故障诊断和故障预报。通过对采煤机的参数检测、控制、信号传输及可视化技术的集成，实现采煤机的远程可视化控制和监测。在此基础上，实现采煤机、刮板输送机和液压支架的协同控制。采煤机截割高度控制最大误差 $<0.1\text{m}$ ；采煤机水平姿态监测最大误差 $<0.1^\circ$ ；煤矿综采工作面无线交换机单机传输距离 $>50\text{m}$ ；采煤机远程监控距离 $>2\text{Km}$ ；采煤机顺槽控制中心总响应时间 $<1\text{s}$ 。	适用于煤矿综采工作面采煤装备的自动化和智能化。	71
33	大放采快速搬家工及综采搬家设备	通过综采、综放工作面回撤工艺的研究实施，可以使回撤空间得到安全支护，保证快速搬家设备快速回撤与运输支架。研制了国内外功率最大的 200kW 以上 V 型六缸防爆柴油发动机系统。集行星减速和大扭矩湿式多盘安全制动一体式行走减速制动器。研制了车载智能监控系统。额定载荷：55t；满载行走速度 0~12 (km/h)。	新型矿井综采工作面液压支架搬家倒面。	72
34	工作面“三机”协同控制技术	通过研究“三机”及其配套设备动作时序规划、“三机”联动控制模型和策略等关键技术，并在研发薄煤层刮板输送机控制系统和薄煤层液压支架电液控制系统的基础上，通过实时提取并综合分析薄煤层综采工作面采煤机、液压支架及刮板输送机等三机及其配套设备运行的参数，实现三机运行控制参数的自适应调整和匹配，达到“三机”协同控制，最终实现薄煤层综采的自动化和无人化作业。	薄煤层及一般煤层的自动化、无人化开采。	73
35	煤矿井下采选集成技术	提出并实施了煤矿井下“采煤-分选-充填-采煤”闭合循环的一体化采煤新模式；开发了抗高强度冲击、耐磨损的投料管和缓冲装置，解决了地面矸石大流量、大垂深直投的安全难题；设计施工了高应力软弱岩层中超大硐室的开挖施工工艺与围岩控制技术，解决了井下煤流矸石分选装备安设空间大难以维护的问题；基于煤层群分布和现有巷道布置情况，建立了固体充填采煤层群联合开采体系。实现了 300 万 t 原煤井下高效分选，分选数量效率达到 90% 以上，每年可减少矿井提升量 100 万 t 以上；工作面充采比达到 1.3:1，充实率达 91.2% 以上。	适用于“三下”压煤开采、固体废弃物排放与井下煤矸分离。	75

四、煤层气开发技术				
36	煤层气地面规模抽采压降预测技术	通过研究煤层气地质、钻井、测井、试井、测试、抽采等资料，基于煤层气的吸附/解吸理论、煤层气储层的双孔（基质孔隙和天然裂隙）双渗（天然裂隙内的达西渗流和基质孔隙内的非达西渗流）理论、煤层气地面抽采过程中的压降及井间干扰理论，运用地面抽采数据分析和煤层气数值模拟，以构建煤层气地面规模抽采条件下压降预测。本技术主要包煤层及顶底板三维精细地质建模、生产数据分析、地面抽采井生产数据历史拟合、抽采煤层的储层特性再描述、抽采井网生产动态预测和规模抽采条件下的压力降预测等六个工艺单元。煤层气地面规模抽采条件下压降预测符合率达到 85%	适用于高突瓦斯煤矿超前预抽及煤矿瓦斯综合防治。	77
37	煤矿卸压区裂隙快速识别渗透率区划技术。	通过对覆岩破坏裂隙变化、瓦斯赋存等规律的研究，基于数理统计、物理模拟和数值模拟等方法，对煤岩层物理力学性质、煤岩层破坏机制、煤岩层裂隙识别、瓦斯运移特性等方面展开研究，形成煤矿卸压区裂隙的快速识别技术与渗透率定量区划。	适用于卸压区瓦斯抽采设计及施工工程。	78
38	多层叠置含煤层气系统排采优化地质设计技术	该技术针对多煤层区煤层气合层开发面临的困境，以最大限度释放多煤层煤层气井产能为目标，以查明垂向上不同含气系统煤储层地质特征为基础，本着含气系统煤储层流体压力优化控制的设计理念，以及系统间干扰最小化、地层能量利用最大化、单井产气量和采收率最大化的原则，初步研发出合层排采有利区优选及合层排采井地质设计方法，形成了“五步法”排采优化设计流程，能够将多煤层区单井日产气量及采收率提高 50% 以上。	煤层气勘探开发、多煤层煤层气井排采设计	79
39	低透气性煤层群煤柱瓦斯共采关键技术	该技术首次提出了无煤柱煤与瓦斯共采技术原理、创建了无煤柱沿空留巷 Y 型通风钻孔法煤与瓦斯共采技术体系、系统地研究并获得了 Y 型通风采空区的流场与瓦斯浓度场、创新性的提出了无煤柱沿空留巷 Y 型通风煤与瓦斯共采技术及煤与瓦斯共采覆岩卸压、渗透率分布以及瓦斯抽采动态运移三个基本规律模型。应用该技术创造了深井复杂地质条件下沿空留巷综采月产 36 万吨的纪录，采区瓦斯抽采率 70% 以上。	适用于煤矿瓦斯抽采技术、低透气性煤层群煤与瓦斯共采技术等。	80

40	高瓦斯煤层群优质瓦斯通道构建与瓦斯抽采技术	优质瓦斯通道构建以钻孔围岩“蝶形塑性区”理论为基础，深部应力环境和采矿活动引起的“加载”与“卸荷”效应，会使钻孔围岩出现有利于瓦斯导通的“蝶形塑性区”，蝶叶长度可达钻孔直径的几十倍以上，促使钻孔围岩产生蝶形塑性区，并尽量增加蝶形塑性区的蝶叶尺寸，可以扩大瓦斯抽采钻孔的联通范围，提高瓦斯抽采效果。单孔影响范围提高50倍以上。减少了瓦斯抽采钻孔施工量10%以上，提高了瓦斯抽采的浓度和稳定性。	深部高瓦斯煤层群的煤与瓦斯共采。	81
41	煤层气抽采产能影响参数测试技术及装置	本技术包括了影响煤矿区煤层气抽采产能主要地质参数的测试技术及装置。其一，煤矿井下煤层密闭取心装置及工艺，可减少煤层取心过程中损失气量，精确获取煤层气含量数据，气含量比常规结果提高20%；其二，煤层瓦斯压力快速测定技术及装置，可快速准确的获得煤层瓦斯压力参数，比常规方法缩短40%测试时间、误差率低于5%；其三，注气式测定煤层透气性系数的方法及装置，可现场实测煤储层透气性系数，比常规方法误差率低于5%。	快速、准确获取煤层气含量和瓦斯压力、透气性系数等参数。	82
42	构造煤发育区煤层卸压地面开发技术	本技术主要包括构造煤储层特征与储层描述、煤矿采动区采场应力对构造煤储层改造机理与煤储层演变规律、地面直井卸压煤层气抽放的井位、井身设计及钻完井强化、煤矿生产接替与煤层气井滚动部署间的匹配优化。远程卸压煤层气地面抽采井：煤层气日产可达5000-60000m <sup>3</sup> /d；煤层气井服务时间一般为200-900d；煤层气浓度30%-90%；邻近层及本煤层卸压煤层气地面抽采井：煤层气日产可达3000-30000m <sup>3</sup> /d；煤层气井服务时间一般为200-500d；煤层气浓度20%-80%。	适用于煤与煤层气资源丰富，构造煤发育，井下瓦斯抽采技术难抽采的煤矿区。	83
43	采空区煤层气抽采与监控技术	该装备集本安计算机、PLC控制分站、采样部分、显示部分、控制执行部分为一体，实现了自动采取样、自动检测和自动控制，达到安全、可靠抽采采空区煤层气的目的。采用本安计算机作为控制核心，根据各类传感器监测的抽采管道中的混合气体浓度指标高低，来自动调节管道控制阀门的开启程度，并能防止因抽采煤层气引起采空区煤炭自然发火。	适用于矿井采空区煤层气抽采与利用。	85

44	采动区煤层气抽采技术及装备	通过在采煤工作面前方提前施工地面井，并安设配套的地面井负压抽采系统，待采煤工作面推进至地面井一定位置，实施地面井的负压抽采，充分利用煤层回采的卸压增透作用，抽采煤层采动卸压区、工作面上隅角和采空区瓦斯。为采煤作业的安全及抽采煤层气提供保障。地面钻孔抽采期间，工作面回风瓦斯浓度降低 0.2~0.3%，地面钻孔煤层气抽采浓度达到 60%，实现工程示范基地地面抽采试验钻井的有效成功率不低于 70%。	煤层气抽采。	86
45	高能空气冲击致裂强化抽采煤层气技术与装备	利用高压空气冲击波为动力源，通过喷射嘴冲击切割钻孔周围的煤体，使钻孔周围的煤体逐渐破碎脱离孔壁，利用这些孔洞使钻孔周围的煤体卸压、膨胀、裂隙增大，实现煤体“爆破”增透目的；同时利用高压空气冲击波为动力源，借助煤层控制钻孔所形成的自由面，通过喷嘴沿煤层对钻孔内煤体瞬间冲击，使冲击钻孔与控制钻孔之间的煤体震动，产生位移或裂隙，达到煤层增透目的。低透气性煤层煤层气抽采率提高 40%~50%。	适用于煤层增透；也适用于煤矿、非煤矿山、隧道、爆破拆除等不利于采用炸药的场所。	87
46	低浓度煤层气燃烧器技术与装备	利用金属纤维织物的孔隙直径远小于燃气的熄火距离的原理，制成低浓度瓦斯安全燃烧器。乏风瓦斯蓄热氧化系统利用热逆流氧化原理，将乏风瓦斯加热至高温，发生氧化反应并放出热量。当处理的乏风浓度较高时，可从氧化装置的高温区域抽取部分的高温烟气，利用余热锅炉生产蒸汽供发电或矿区采暖使用。低浓度瓦斯安全燃烧处理量可达到 500m <sup>3</sup> /h，瓦斯燃烧率达到 100%；乏风氧化技术处理甲烷浓度范围：0.2%~1.15%，甲烷氧化率：≥95%，气体进出口温差：≤40℃，最低自热平衡浓度：≤0.3%。	低浓度瓦斯安全燃烧。	89
47	低浓度煤层气浓缩技术与装备	利用吸附剂对气体混合物各组元的吸附强度，在吸附剂颗粒内外扩散的动力学效应或吸附剂颗粒内微孔对各组元分子的位阻效应不同，以压力的循环变化为推动力，使一种或多种组分得以浓缩提纯。本技术主要包括安全输送、压缩净化、变压吸附浓缩三个工艺单元。通过三次浓缩，甲烷浓度由 30% 浓缩达到 90% 以上。CH <sub>4</sub> 回收率 > 85%。	低浓度煤层气浓缩。	90

48	地面远程控制钻进技术与装备	操作人员在地面通过操作箱输入控制信息，借助矿上综合自动化网络将控制信息传输给井下钻机电控箱，再通过电控箱控制钻机作业；电控箱通过传感器实时监测钻机的工作状态参数信息，并将这些信息传送至地面显示屏显示出来。采用虚拟样机优化钻机设计，利用用自动上下钻杆技术、自动钻进技术、自动移机、稳机及锚固技术。钻孔深度 $\geq 150\text{m}$ ，钻孔直径 $\geq 94\text{mm}$ ，远控距离 $\geq 20\text{km}$ 。	煤矿井下瓦斯抽采钻孔。	91
<b>五、煤矿安全技术</b>				
49	基于声发射与瓦斯涌出动态的煤与瓦斯突出灾害监测预警技术	通过煤岩体破裂演化过程中释放出的声发射信息的分析，解译突出灾害煤岩体稳定状态，实现瓦斯突出动力灾害的监测预警。通过采掘过程中煤层释放出的瓦斯的分析，反演得到主控突出灾害的瓦斯含量、煤体物理力学性质和地应力的变化信息，实现煤与瓦斯突出的监测预警。山西某矿长期应用瓦斯涌出动态方法进行瓦斯突出灾害的监测预警，在掘进面累计进尺超过 2 万 m，共实现 15 个区段连续报警，其中 12 个区段井下复查出现异常现象，预警准确率高达 80%。	煤与瓦斯突出的监测预警。	93
50	煤与瓦斯突出动力效应机理及安全防护关键技术	通过研究矿井煤层参数、灾害事故特征、安全设施状况和巷道条件等资料，基于数理统计、物理实验、现场测试和数值模拟等方法，对突出灾害气流冲击能量特征、冲击波传播过程、矿井通风构筑物承载和变形特征、灾害流体和冲击波传播过程中巷道气体参数变化特征等方面展开研究，建立特定矿井条件下的突出灾害动力效应理论模型，并提出针对性的矿井安全防护措施。	煤与瓦斯突出矿井。	94
51	瓦斯煤尘爆炸事故物证分析关键技术	通过实验模拟研究瓦斯煤尘爆炸的爆炸压力、火焰传播速度、火焰温度等特征参数及其影响因素和关联效应，分析了瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸后的气、固态残留物的成分、特征及其与爆炸参数之间的关系，并根据事故调查所取得的物证确定爆炸事故性质，适用于煤矿井下爆炸事故的现场调查及其事故原因的认定。	煤矿井下爆炸事故的现场调查及其原因的认定。	95

52	煤层群开采煤岩渗透率动态监测技术	该技术主要针对卸压煤岩体在没有瓦斯涌出或者瓦斯涌出较小的情况，主动向多个测试钻孔内注入示踪气体，通过预先布置自主研发的若干个示踪气体变送器，监测采动过程中示踪气体多个参数的变化速率来计算瞬时煤岩体渗透率，绘制出煤体渗透率连续变化曲线，最终确定被保护煤层不同区域不同采动条件下瓦斯的解吸和运移情况。以某矿为例，通过卸压煤层煤体渗透率的监测，预测出卸压煤层瓦斯抽采最佳时间，有效的指导了现场瓦斯抽采，极大的提高了抽采效率，为近距离高突煤层群煤与瓦斯协同共采提供了理论支撑和技术保障。	高瓦斯突出矿井。	97
53	煤层瓦斯含量快速测定、煤与瓦斯突出事故报警技术及装备	煤层瓦斯含量快速测定通过升级、集成取样钻头、钻孔、孔口引射等装置，基于孔底喷射+孔口引射方式实现反循环原理的快速取样测定。煤与瓦斯突出事故报警系统通过部署各类监测传感器，依据突出事故监测、判识模型，监测突出事故发生及演变情况。在重庆石壕煤矿利用快速取样设备进行取样，操作简单，取样质量均超过 1kg，取样时间均不超过 5min，取样粒度大于 3mm 的占 60%以上，取样深度最大达到 140m。瓦斯含量快速测定时间在 20min 内，误差在 10% 内。	适用于高瓦斯及突出矿井的瓦斯参数测定。	98
54	煤层瓦斯含量及压力快速测定技术装备	该技术研究不同牌号、不同粒度煤钻屑解吸规律，及不同测压条件下的密封液、密闭防漏失煤样取芯装置等关键性问题，利用计算机、高精度传感器、工业监控等技术手段，实现了对瓦斯含量和压力进行自动连续监测和快速测定。该装置压力测定误差小于 10%，测定时间 < 3 天；瓦斯含量测定误差小于 15%。	适用于煤层瓦斯含量及压力快速测定。	99
55	煤与瓦斯突出防治及瓦斯抽采关键技术及装备	通过研究采动影响下的岩层移动、变形和破坏规律，优化设计出能抵抗水平应力错断作用的钻孔结构；通过研究旋转水射流冲割煤体动力学特性及井下煤层钻孔分段水力压裂的作用机理，研制水射流冲割喷枪、系列喷嘴及其传动机构、井下煤层钻孔分段水力压裂封孔装备；通过实验室研究确定高压脉动疲劳注水设备的相关参数，研制开发一套压力可调的高压脉动疲劳注水装备及其控制系统。阳泉新景煤矿，被保护层瓦斯含量由 18.17m <sup>3</sup> /t 降为 5.76m <sup>3</sup> /t，综合瓦斯抽采率达 68.8%。	突出防治及瓦斯抽放。	100

56	井下近水平定向钻进技术与装备	钻机打钻时，通过高压动力液驱动孔底马达带动钻头在孔低实现旋转钻进，钻杆本身不旋转，钻机随钻测量系统实时采集钻孔轨迹，通过通缆钻杆传输到钻机主机上的计算机，施钻人员可随时通过调整钻头工具面角来控制钻孔轨迹。近水平定向钻机在晋城煤业集团寺河矿进行钻孔施工，完成主孔 10 个，其中主孔深度超过 1000m 的钻孔 4 个，最深主孔 1017m，分支钻孔 56 个，最深分支孔 240m，钻孔累计总进尺 11000 余米，正常钻进平均日进尺达 150-180m。	解决煤矿井下定向问题。	102
57	松软突出煤层深孔钻进技术与装备	对松软突出煤层孔壁稳定性、孔壁失稳力学条件及钻进工艺进行研究，提出了高转速螺旋钻进与筛管下放施工工艺方法，来提高钻进深度及成孔瓦斯抽采率，设计大扭矩、高转速钻机，开发三棱螺旋钻杆及大通孔开闭式钻头实现全孔段下放筛管工艺，最终形成松软突出煤层深孔钻进技术与装备。在淮南张集矿等 10 个松软煤层矿井进行了钻孔施工，累积进尺达 14196m，钻孔成孔率大于 90%。	煤层坚固性系数 $\leq 1.5$ 的松软突出煤层。	103
58	高压射流钻割一体化卸压增透成套技术	高压水射流钻割一体化卸压增透技术能有效提高低透气性煤层的透气性，促进瓦斯抽采。割缝期间能排出大量瓦斯，割缝后煤体膨胀变形，卸压范围扩大，透气性增大，远处瓦斯也不断涌向孔道，可显著提高瓦斯抽采效率。由于地应力降低，瓦斯含量减小，煤层透气性提高，可有效消除煤与瓦斯突出动力灾害。钻孔效影响范围提高 2 倍；瓦斯抽采流量提高 2.5-6 倍；瓦斯抽采浓度达到 30%-98%；煤层透气性提高 200 倍以上；抽采达标需要钻孔量减少 30%-50%。	高瓦斯低透气性突出煤层瓦斯强化抽采。	104
59	三维旋转水射流扩孔及割缝技术与装备	采用高压旋转水射流对煤层扩孔及割缝来增大煤层钻孔的卸压范围，强化瓦斯抽采效果。通过钻杆轴向旋转带动装有导向叶轮的旋转水射流喷头形成三维旋转水射流，有效地降低破煤压力，增强破煤效率。在淮南矿业集团丁集煤矿应用水力冲割煤层卸压抽采瓦斯技术及成套设备，在泵压 10~25MPa 的工况下将钻孔直径扩 448~1042mm。单孔瓦斯抽采量为与其对比较的常规钻孔的 1.2~10.31 倍。经过 33~44 天的抽采，吨煤抽采量达到了 1.86~3.2m <sup>3</sup> /t、平均 2.45 m <sup>3</sup> /t，抽采率平均达 37.7%。在保证抽采效果的同时，减少措施钻孔数量 60%左右，降低抽采成本 323.4 万元。	适用于高瓦斯及突出矿区的低透气性煤层增透、石门快速揭煤等。	105

60	煤矿重大灾害综合监测预警关键技术及系统	通过本安环网、通信网关、监控分站、控制软件等关键技术的研究，构建高可靠、快速反应和宽带传输的新一代煤矿安全监控系统。重大灾害预警技术系统利用安全监控系统及各职能部门终端采集各种安全信息，借助专用分析软件进行信息融合、挖掘和分析，实现重大灾害在多因素、多指标在线监测、超前预警。比如淮北芦岭煤矿建立了本技术系统。系统反应速度比系统改造前提高了 2 倍以上，系统故障率减少了 50% 以上。	瓦斯灾害矿井的甲烷、二氧化碳等气体的高可靠、快速监测。	106
61	煤矿井下自动水幕抑爆技术及其装备	依靠对燃烧或爆炸信息的超前探测，在煤矿井巷内布置水雾抑爆装备，组成水雾抑爆系统。一旦燃烧爆炸发生，传感器探测到火焰信号，通过控制仪快速触发水雾设施，在井下巷道断面形成水幕带，起到抑制瓦斯爆炸传播的作用。比如在山西国新能源股份有限公司应用该技术装备。系统动作时间： $\leq 20\text{ms}$ ；形成封闭断面水幕时间： $\leq 20\text{ms}$ ；水幕长度： $> 10\text{m}$ ；每道水幕喷雾强度： $2.5\text{MPa}$ 喷雾压力下 $18\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 。	适用于井下抑制和隔绝瓦斯爆炸事故。	107
62	防治煤炭自燃的高效阻化方法与关键技术	气源（惰气或压风）从主管路中直接进入到喷射式负压混合器中，因气体射流形成的负压和旁侧支路中的压力水将阻化泡沫原液吸入到主管路的喷射混合器中，水、阻化泡沫原液与气源在喷射混合器中充分混合，然后在气体压力驱动下以喷射的方式进入倾斜挡板涡流式发泡器中发泡，而形成高倍阻化泡沫。为降低阻化砂浆的制备成本，在矿区就地对稠化剂原材料加工并配制成稠化剂溶液，然后加入山砂制备成具有高效阻化功能的阻化砂浆。该技术已在神东补连塔矿、淮北朱仙庄矿、兖州东滩矿等 100 多个煤矿得到广泛应用，成功治理了 50 余起煤自燃火灾。	适用于煤矿自燃火灾防治。	109
63	煤自然发火期快速测试技术及装备	考虑对流、导热及源项作用，建立了均质、各向同性松散煤体流场、温度场控制方程，结合近似绝热及外加热源实验测试结果，计算经历不同温度区间所需的时间间隔，通过累加获得煤最短自然发火期。装置控温范围为室温 $\sim 300\text{ }^\circ\text{C}$ ，控温精度为 $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ ，供风量为 $0\sim 5\text{L}/\text{min}$ 。应用该项技术对双鸭山矿业集团 48 个工作面、神东公司 3 个工作面煤最短自然发火期进行测试，与实际吻合较好。	适用于煤最短自然发火期快速测试。	110

64	煤矿巷道突水机理及防治技术	将探测地质构造的地震法、探查含水体的电法和探查区域性富水构造等含水层的电磁法深度综合，建立基于多元地球物理信息联合反演理论的突水灾害源综合定量超前预报方法及集成系统。在具有足够排水能力且经济合理的条件下选用疏水降压；在承压含水层周边构筑止水帷幕，截断井田区域径流补给；注浆堵水作为超前改造的补充手段。前向三维激发极化超前探测深度 40m，基于三维跨孔电阻率 CT 约束反演理论及其并行算法的组合观测模式，分辨率达到 20cm，定位误差<10%；GT-1 型水泥基抗分散注浆材料初终凝时间可调结石率可达 71~95 %；1h 强度 0.5~1.1MPa，3d 强度 4.1~6.2MPa。	适用于水害矿区巷道掘进、岩溶地区地下工程建设及灾害防治	112
65	矿井突水重大灾害实时监测预警技术	针对突水危险源、隔水层断裂、早期突水和注浆封堵等四个关键环节，在煤矿透水机理及探测理论与技术指导下，从突水危险源探测、隔水层破断监测和水质在线分析，到涌水异常监测和注浆封堵过程监测，形成了集传感器、网络、软件于一体的实时监测预警系统，对采动过程中地下水运移及注浆封堵效果进行全方位监测。	井工矿山突水防治问题。	113
66	矿井水害快速治理技术与装备	该技术研发了矿井突水水源快速判别技术、高精度定向钻探技术、快速注浆工艺和装备、动水条件下的高效注浆材料、基于全尾充填技术的采空区水害控制关键技术及装备、岩溶水矿井井下定位注浆技术和装备。研制的陀螺测斜仪顶角测量精度 $\pm 1'$ ，方位角测量精度 $\pm 2.5^\circ$ ；孔内螺杆钻具（孔底马达），偏斜率在 1% 以内；电双动力、无级调速高压注浆泵，最高压力 35MPa，最大流量 750L/min。	适用于各种矿山矿井水害治理和井下抢险	114
67	矿井灾害源探测技术	该项技术属于煤炭矿井灾害源探测的创新技术，基于电磁波技术、电子技术、通讯技术、计算机技术等技术进行灾害源探测仪器的开发和识别处理算法的研究，并通过数值模拟、实验基地测试、数学统计等方法对开发的硬件和软件系统进行测试并进行设计参数修正，形成一套矿井灾害源探测技术。用于井工开采巷道掘进面前方 50 米范围内、顶底板 30 米范围内以及开采工作面 400 米范围内的断层、小构造、破碎带、富水等隐伏灾害源探测。	适用地下断层、小构造、采空区、破碎带、富水等矿井隐伏灾害源探测。	115

68	松散承压含水层下采煤压架突水灾害防治技术	松散承压含水层载荷传递作用导致一定覆岩条件的关键层结构发生整体破断，覆岩结构失稳引起顶板导水裂隙异常发育，并沟通基岩顶部的承压含水层，引发压架突水事故。基于承压含水层下采煤覆岩破断运动规律和灾害发生机理，形成了压架突水危险区域的预测方法，建立了以高阻力支架控顶、关键层人工预裂爆破、长观孔水位降速预警为核心的灾害防治技术体系，为成功防范松散承压含水层下采煤压架突水事故提供了重要技术保障。	适用于煤矿开采岩层移动与控制、绿色开采、煤矿突水灾害治理等领域。	116
69	煤矿冲击地压的多参量前兆识别及监测预警技术	根据煤岩破坏的不同裂隙发展阶段与微震、应力、声电等参量响应的关系，建立煤岩受载破坏过程的“应力场-震动场”多参量归一体化监测预警模型，提出以微震监测、震动波 CT 反演和采动应力探测冲击危险的预警指标与方法。比如鲍店煤矿采用 SOS 微震监测系统监测矿震规律，采用采动应力在线系统监测煤体应力变化，并结合震动波 CT 反演技术，预测和确定了 103 上 02 工作面冲击危险区。	适用于受矿震及冲击矿压灾害威胁矿井的动力灾害防治。	118
70	采动动力灾害监测、预警与控制的关键技术	利用现场取得的岩石样品进行试验测试，测试岩样加载过程中的电磁辐射和震动信号特征，利用开发的 TDS-8 微震监测系统可以有效监测地下空间的震动分布和特征，为岩爆预测预报提供基础。利用 TDS-8 微震监测和 KBD-5 电磁辐射监测实现了全局监测预警与局部监测预警相结合、实时监测与即时监测相结合，并通过一种监测手段对另一种监测手段的结果进行验证，提高了监测系统的可靠性。	适用于受矿震及岩爆灾害威胁的非煤矿山的动力灾害防治。	119
71	煤层坚硬顶板水力致裂控制理论与成套技术	揭示了煤岩体水力致裂的机理与裂缝扩展规律，掌握了层面等的影响规律；揭示了采动煤岩体水力致裂的时空关系。提出了系统的定向、增加裂缝数目与均匀水力致裂方法。研制了成套煤矿井下顶板高压（60MPa）水力致裂装备。可基于锚索钻机的小孔径致裂。形成了采煤工作面端头悬顶、切眼及中部坚硬顶板、坚硬顶煤、临空巷道冲击地压与大变形等成套控制工艺技术。与爆破相比，该技术的顶板控制距离更远、安全性高、管理简单，且成本不到其 1/10。	矿井坚硬顶板导致的围岩控制与安全问题。	121

72	基于应力控制的冲击地压综合防治技术	该技术主要包括基于应力控制的冲击地压区域防范技术和基于应力控制的冲击地压局部解危技术。前者在煤岩体未形成高应力集中或不具有冲击危险之前，开展区域应力控制，避免煤岩体形成高应力集中。后者在已经形成高应力集中或冲击危险区域，通过局部解危技术使煤岩体的应力集中程度降低，消除可能导致冲击地压发生的应力条件，实现冲击地压的防治。	适用于煤矿冲击地压防治。	122
73	滑坡灾害远程实时监测预警及调控技术	提出了“滑坡发生的充分必要条件是滑动力大于滑动面抗滑力，并将滑动力的变化作为滑坡监测预报主要参数”的思想，确立了把对位移、裂缝等变化的常规监测转变为“通过监测滑动力变化预测预报滑坡地质灾害”的技术途径。本工艺技术主要包括监测点设计、钻孔现场施工、设备安装和设备调试四个工艺单元。	适用于矿山、冶金、铁路、公路、石油、水利等工程边坡和自然边坡的滑坡监测、预警和控制领域。	124
74	矿山物联网安全生产超前感知关键技术	针对矿山井下灾害发生区域和时间的未知性以及矿山开采过程的动态特点，本项技术采用分布式传感技术、新型低功耗无线传感技术、高精度授时及网络时间同步技术，并与现有的井下网路系统相结合实现对矿井重大灾害源的超前感知。本项技术可对甲烷浓度、矿井突水、矿山动力灾害所导致的矿震进行实时大范围监测，专家/专家系统对监测数据判读后可最终实现对灾害的超前感知。	不仅可用于煤矿井下安全生产的超前感知，也可移植用于非煤矿山相关危险源的超前检测与感知。	125
75	煤矿高可靠性安全监控系统关键技术	该技术应用数据挖掘、知识科学的原理，把存在于专家头脑中的隐性知识转化为显性知识，引入专家知识进行推理判别，提高监控数据可靠性和信息利用度。监控系统伪数据滤除率不小于 50%；监控系统测点数据异常识别正确率不小于 70%；主要作业区域危险程度分级评价正确率不小于 70%；在基于海量数据的多因素多维度的瓦斯涌出预测正确率方面不小于 70%。	煤矿井上、井下各类环境参数、生产参数的监测。	126

76	便携式自诊断传感器及安全检测仪表无线接入技术及装备	把传感器分为电源、敏感元件、信号预处理、智能分析、无线接入等功能单元，攻克了故障判据设定、人为误操作识别、诊断信息指示、无线接入、抗电磁干扰、调校周期延长等技术难题。以上技术融合运用，实现传感器整体工作状态评估和提示，提升了传感器的智能化程度，增强可靠性，延长调校周期，降低维护成本，传感器具有工作状态、误操作和信息传输故障等自诊断功能，调校周期达到 21 天以上，误报率降低 80%，抗电磁干扰能力达到 3 级。	适用于煤矿安全监控系统。	128
77	多功能矿灯检测技术及装备	通过研究矿灯用 LED 光源、矿灯用锂离子电池、矿灯保护装置、甲烷报警矿灯以及具有人员信息管理和定位等功能的多功能矿灯的安全性评定方法和检测技术，制定相关矿灯技术标准，研发相关专用检测装备。全面系统地提出了多功能矿灯及矿灯关键零部件安全性评定指标和检测方法。开发出甲烷报警矿灯、锂离子蓄电池、矿灯保护器、LED 光源等专用检测设备。	适用于矿灯生产企业、矿灯检测检验机构以及用户。	129
78	矿井重大事故救援指挥辅助决策系统	移动式矿井重大灾害应急救援指挥系统平台搭载了束管监测、救灾通讯、视频监控等辅助决策系统，灾变时可将煤矿井下灾区及高危险区域气体，通过束管负压连续取样至井上进行分析，具有对矿井可燃气体爆炸危险性判别及火灾危险程度智能识别功能，快速完成灾区内主要气体全组份分析，为爆炸危险性判别提供技术支持。色谱仪型束管监测系统监测点数不少于 8 点，监测距离不小于 5km，6min 内完成灾区 12 种主要气体全组份分析。	适用于矿山抢险救灾工作。	130
79	遇险人员快速救护关键技术与装备	该技术以提高矿井灾难应急救援能力为目标，研制出以粉状的超氧化钾生氧剂的生产技术与装备，隔爆与潜水多功能抗灾型电动机、多级离心式卧、潜两用排水泵、刚性多级伸缩支柱及组合支架、柔性救护气垫（囊、棒）、救灾用防爆装岩机及可移动式救生舱等救护技术和设备。化学氧自救器：口具温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ； $\text{CO}_2 < 3.0\%$ ；平均 $\text{CO}_2 < 1.5\%$ 。可移动式救生舱：可独立保障 8 人 96h 的生存环境。排水设备：耐水压 6MPa 以上，水泵流量 $450\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 600m 以上。	适用于我国各地大、中型煤矿以及非煤矿井。	131

80	深部煤矿高温热害治理技术及其装备系统	HEMS 降温及热能利用系统是通过一系列工艺技术实现热害资源化、变废为宝，有效改善井下热环境的同时，成功利用提取井下热能代替井上燃煤锅炉供热，最终解决深部矿区面临的热害和环境污染两个问题，促进矿区低碳环境经济，实现可持续发展。其工作原理是利用矿井各水平现有涌水，通过能量提取系统从中提取冷量，然后运用提取出的冷量与工作面高温空气进行换热作用，降低工作面的环境温度及湿度，并且以矿井涌水为介质将工作面热害转为热能输送到井上代替燃煤锅炉进行供热。该技术已在我国典型的深井高温热害矿区徐州张双楼煤矿成功应用。工作面温度都能控制在30℃以内，相对湿度降低 5~15%。	深部煤矿高温热害治理。	133
<b>六、煤炭分选技术</b>				
81	难选煤高效分选关键技术	采用“等基元灰分”分选原理研究设计选煤工艺系统集成，以一套介质系统实现对原煤的高效分选，达到精煤产率和资源回收率最大化的目标。通过对旋流器结构创新，首创新型两段均为锥形的双供介无压给料三产品重介质旋流器，解决大量中煤和矸石含量高的原煤有效分选问题，并研究开发高可靠性的配套装备，形成系统集成。研制成功的结构新颖、低能耗无压给料三产品重介质旋流器，构成难选煤分选工艺系统，实现了粗细粒级原煤按“等基元灰分”分选，建设了单系统、单机年处理能力为 240 万吨示范厂，精煤产率提高了 2%，吨煤电耗降低了 10%，介耗降低了 20%，吨煤投资降低了 25%。与国际先进水平同步。	适用于国内外选煤厂新建及技术改造工程。	136
82	大型模块选煤关键技术及成套装备	针对我国煤质和应用特点，研制实现产品质量实时调节的重介质高效分选工艺系统及模块化布置建设技术。同时，采用三维数字化软件和模块结构优化配置技术，简化了厂房结构，降低投资，缩短周期。应用先进软件研制了自主创新的新设备，形成了年处理能力 300 万 t 级模块式选煤厂关键技术装备。研发大型模块选煤厂工艺系统、模块建设新技术及先进新设备；发表有关论文 3~5 篇；形成标准 3 项；申请专利 3 项。建厂投资较同规模选煤厂降低 30%~40%，生产成本降低 40%~50%，分选效率≥95%；建厂周期≤6 个月。	选煤厂、选矿厂、选煤及筛分系统车间。	137

83	模块式干法重介质流化床选煤技术	以气—固两相悬浮液作为分选介质，床层密度与分选密度相当，类似于湿法重介质以液—固悬浮液作分选介质。利用气—固流化床的似流体特性，对煤炭进行按密度分选，得到精煤和尾煤。该系统可根据用户需求生产不同质量的精煤产品，入料粒级 100~6 mm，处理能力实现系列化（60-500 t/h），分选精度 0.05~0.08 g/cm <sup>3</sup> ，数量效率>90%，分选密度可在 1.3~2.2 g/cm <sup>3</sup> 范围内调节，吨煤介耗<0.5 kg，煤种适应性强；在国内外首次实现了干法分选生产超低灰精煤（Ad<3.5%）。	用于动力煤燃前脱灰降硫、原煤排矸、对遇水易泥化的低阶煤进行分选提质、生产超低灰精煤等。	138
84	柱式短流程分选控制技术	从工艺过程、相关装备和控制策略三个层面进行研究，形成了以几何结构优化和长程起泡泡剂为标志的气泡制造过程过程（非电）控制技术、以液位和多参数优化控制为核心的浮选柱单机控制技术、以浮选入料和加药量稳定性控制为代表的浮选系统整体稳定性控制技术。	适用于柱式浮选过程。	140
85	高灰难选煤泥的高效分选设备与工艺	针对高灰难选煤泥的分选问题，通过强化分选过程中的能量输入，实现煤泥分选过程中能量输配与物性变化的合理适配，既提高的分选精度，又节约了能量。与矿浆预处理器相比，强力调浆机可提高精煤产率约 5 个百分点，药剂节省 20%；开发了大型两段式柱分选设备，干煤泥处理能力达 40t/h，矿浆处理能力达到 450-500m <sup>3</sup> /h；开发了基于二次资源回收的高灰难选煤泥分选工艺，在精煤灰分相当时，比浮选机传统工艺提高精煤可燃体回收率 10% 以上。	适用于我国细粒煤的分选、低品质煤综合利用，同时适用于后续煤泥水、煤化工废水、焦化废水澄清处理的环保领域。	141
86	矿物—硬度法难沉降煤泥水绿色澄清技术	利用天然矿物调节煤泥水或金属矿尾矿矿浆硬度至临界硬度，在该临界硬度条件下煤泥水可实现清水循环，同时细粒煤的分选效果又不受影响。矿物—硬度法煤泥水澄清技术以煤泥水溶液化学环境为处理对象，添加药剂后形成稳定的溶液条件促进颗粒凝聚，对微细颗粒效果显著，药剂消耗少。实现由洗水闭路循环到清水选煤的跨越，循环水浓度由每升 50 克以上降至 0.3 克，药耗降低 50%，水利用率 100%，产品质量整体提高 1-2 档，开工率与负荷率达到 100%。	主要适用于难沉降煤泥水澄清、金属矿难沉降尾矿水澄清。	142

87	高性能大型振动筛	高性能大型振动筛创新发明并应用梁系组合超静定结构和弹性筛分方法及弹性结构筛面。超静定结构具有多余约束，与静定结构相比，载荷作用时内力分布均匀、变形小，具有较强抵抗破坏的能力，将传统的振动筛静定结构发展为超静定结构，实现大型振动筛高可靠性；弹性结构筛面在近共振区工作，使其加速度较筛体提高，筛面振动强度大于筛体，从而实现弹性筛分，提高振动筛筛分效率和可靠性。高性能大型振动筛主要用于大型选煤厂的分级、脱介、脱水等筛分环节，筛面面积 21.6m <sup>2</sup> 以上，筛体振动强度 3.3~5.0g，筛面振动强度 4.0~6.0g，大于筛体，筛分效率达 90%，使用寿命 5 年以上，价格仅为国外同类产品的 1/2 左右。	应用于我国大型选煤厂建设，用于分级、脱介、脱泥、脱水。也可应用于矿山、建材、化工等其它领域。	143
<b>七、生态矿山建设技术</b>				
88	高强度开采矿区环境损伤形成机理及预测技术	通过揭示高强度开采对生态环境的影响规律、建立预测与评价方法、提出减轻环境损伤的调控措施，为西部煤炭高强度开采下生态环境保护提供理论依据和技术保障，实现采矿与环境的协调发展。	适用于解决高强度开采矿区水土流失、植被退化等环境损伤问题。	145
89	生态脆弱区煤炭现代开采地下水和地表生态保护技术	成果揭示了西部生态脆弱区煤炭开采对地下水和地表生态的影响规律，提出了矿井水井下储用的理念，研发了井下储用矿井水（煤矿地下水库）和地表生态主动减损与引导型修复技术。在神东矿区建成 32 座地下水库，储水 3100 万方，建设世界首座大柳塔煤矿分布式地下水库，储水 710 万方，实现了矿井水不外排。近三年节支约 14 亿元；应用地表生态修复促进技术，三年累计修复 20 平方公里塌陷区，节支 2.3 亿元。	适用于煤炭开采地下水保护利用与地表生态修复领域	147
90	采煤沉陷区复垦环境监测与评价技术	项目以采煤沉陷区土地监测与评价为思路，实施方案结合了煤矿沉陷区复垦现状和发展，以矿区生态重建和恢复为目标，同时采用现场试验和室内模拟试验相结合的方法，以东部采煤沉陷区为攻关重点，符合国家以恢复耕地为优先的土地复垦政策，研究了采煤地表沉陷生产力评价指标、煤炭资源开采环境损耗核算方法这些急需解决的关键问题。选取兖州煤业股份有限公司鲍店煤矿十采区作为评价研究区，运用研制的“煤矿塌陷区耕地生产力损害组件式 GIS 可视化评价系统”进行了实证应用研究，给出了耕地生产力损害的详细评价过程并对评价结果做了深入、系统的分析。	应用于复垦土地环境的长期监测和评价。	148

91	控制矿井突水的水资源保护性采煤理论与方法	该技术体系包括厚基岩区保水采煤技术、烧变岩区保水技术、重要水源地保护技术、薄基岩区预疏放水资源转移存贮技术和矿井水资源化技术。研发出的综合机械化固体废弃物密实充填采煤生产系统及装备，性能可靠、操作简便，可实现的指标为：采空区密实率超90%，采区回收率达85%，不仅能安全高效采出水体上（下）压煤，还能充分保护矿区水资源和环境。	适用于干旱半干旱、水资源贫乏的矿区，以及存在水体资源回收的矿区。	149
92	城市工矿区废弃土地再利用技术	通过工矿区废弃土地类型及成因分析，基于水土养分测试、采空区形变数值模拟等方法，建立废弃土地土壤重构与改良、采空区建设设计与形变控制等技术。使得工矿区废弃土地利用率达到80%以上，有效利用土地资源；采空区上方废弃土地建筑利用比例提高20%以上，拓展了建设用地空间。	适用于城市工矿区各类废弃土地的高效利用。	150
93	酸性自燃煤矸石山原位治理与生态修复一体化技术	煤矸石山自燃主要原因是硫铁矿氧化产酸、产热，其氧化菌催化氧化和空气是最主要驱动力，利用专性杀菌剂和还原菌抑制氧化过程、采用惰性材料覆盖碾压隔绝空气，实现很好的防火；通过科学诊断表面温度场和深部着火位置，采用表面喷浆和深部注浆相结合的灭火方法，再覆盖适宜的植被生长介质和采用植被恢复技术，实现酸性自燃煤矸石山的原位治理和生态修复。表面温度空间定位精度0.02cm~0.15m，深部着火位置点预计偏差在0.15m~0.5m；植被覆盖率≥70%。	适用于煤矸石山治理。	152
94	典型矿业城市受损生态系统恢复技术及示范	针对高潜水位煤矿区域性积水特点，结合矿业生态城市发展需求，研发采煤沉陷积水区城市次生湿地构建技术，提升近郊沉陷积水区城市服务功能，具有较高的生态、社会、经济效益和推广应用价值。	黄淮海中部平原矿区。	153
95	微生物修复矿区采煤废弃地关键技术	利用解磷菌、脱硫菌和菌根真菌的不同生理作用特点，针对粉煤灰中磷含量较多特性，进行解磷菌高效解磷作用的研究，并针对高硫煤矸石中的硫筛选分离了脱硫菌，进行了解磷菌、脱硫菌和菌根真菌联合改良废弃地基质的研究，提高了植物的成活率，改良了复垦基质理化性状，生态效应明显。筛选出高效的解磷菌解磷效率达到30%、脱硫菌脱硫效率达70%；优势菌根真菌的贡献率达到20%以上；微生物联合对废弃地利用的生态效应显著，促进植物的生长发育，成活率提高10%以上，生物种群多样性增加，生态持续性和稳定性强。	适用于西部煤矿区采煤废弃地，包括煤矸石山占地及采地沉陷地的生态重建与修复。	154

96	采煤沉陷区土地复垦与农业生态再塑技术	采煤沉陷区土地复垦与农业生态再塑技术针对我国土地复垦过程中的复垦耕地质量差，区域农业景观配置不合理等问题，攻克了沉陷区复垦土壤重构与生态重建关键技术难题。主要技术指标：技术成果运用矿区复垦率提高了10%-20%；复垦土壤改良时间缩短了2-3年。	适用于东部平原采煤沉陷区农业复垦。	156
97	采煤沉陷区地基处理与工程建设技术	从我国采煤矿区沉陷地建设利用实际需求出发，分析了采空区上覆岩层残余移动变形机理，研发了采空区地表建筑地基稳定性评价与加固处理技术，使采煤沉陷区建筑层数提高至15~20层；完善了采空区钻探及物探技术，确定了应用EH-4电导率系统探测老采空区的有效范围，采空区空洞综合探测准确率达95%，解决了我国采空区综合探测技术的难题。	适用于采煤沉陷区建筑复垦。	157



## 第二部分 技术简介



# 一、地质勘探技术

## 1 复杂条件大型煤炭基地快速精细勘查技术

### 适用范围及推广前景

复杂条件大型煤炭基地快速精细勘查技术适用于复杂条件下煤田地质勘探和矿井地质勘探。

该技术具有勘探精度高、勘探周期短和勘探成本低的特点，有助于保障煤矿安全开采和煤炭资源高效开发，可为煤矿安全高效发展提供地质保障，具有良好的应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过综合研究地质、地球物理、采矿与大型煤炭基地开发的本质关系，建立复杂条件大型煤炭基地快速精细勘查技术。基于高分辨率三维地震勘探技术，开展复杂地质构造精细探测；基于电法地震等综合地球物理探测技术，研究含煤地层赋水性；基于井下超前探测技术，实现矿井小构造分布预测，形成地面与井下相结合的立体综合勘探预测方法，为复杂条件大型煤炭基地高效勘探开发提供地质技术保障。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：复杂条件煤田高分辨率三维地震勘探技术。采用高精度野外观测系统设计和采集方法、叠前偏移处理技术、地震多属性解释和全三维解释技术，实现查明深度 1000m 以浅、落差 3-5m 以上的断层。

关键技术二：复杂条件含煤地层赋水性综合地球物理探测技术。采用地质、测井、地震和电法相结合的综合探测技术，实现导水通道、煤系含水性、富水区、含隔水层厚度变化和老窑水害位置等预测。

关键技术三：复杂条件矿井小构造精细探测技术。采取地质雷达、瞬变电磁探测和多波地震相结合的井下超前探测方法，实现对井下工作面地质异常、煤层及其顶板岩性的预测。

#### （三）技术流程

将地面三维地震勘探、电法勘探以及井下超前探测等方法相结合，进行复杂地质构造三维立体探测。

### 主要技术指标

（一）利用高精度三维地震勘探技术，在黄土塬山区地貌 1000m 以浅深度，实现查明落差 3-5m 以上的断层；

（二）利用地震电法联合预测技术，实现对含煤地层赋水性进行有效预测；

（三）采用井下综合超前探测技术，实现对井下 150m 探测范围内小构造

进行有效探测。

### 典型案例及成效

以平朔矿区为靶区，针对矿区黄土丘陵地貌沟壑发育，煤层埋藏浅，地质构造复杂，局部富水性强等地质条件，采用三维地震勘探、电法勘探、数字测井和垂直地震剖面测井等技术，进行了小构造、风氧化带、煤层变薄区、采空区及小窑巷道积水性预测，已有部分成果得到验证。该研究成果于 2012 年获得中国煤炭科技进步一等奖（编号：2012-101-R03）。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）煤炭资源与安全开采国家重点实验室

联系人：彭苏萍；杜文凤

联系方式：13910291491

E-mail: duwf66@126.com

## 2 深部矿井工作面地质条件精细探测技术

### 适用范围及推广前景

从矿井地球物理勘探技术现状出发，针对深部矿井地球物理勘探特殊的地质与环境空间条件，着重开展了矿井全空间下特征地球物理场基础理论与方法的研究，项目在矿井地球物理装备技术的研究成果适用于矿井复杂地质构造、矿井水与煤层瓦斯等灾害地质因素的精细探测，可在全国矿山开采中广泛应用，将能在矿井高产高效安全生产中发挥重要的地质保障作用，尤其是深部矿井开采，地质条件复杂并且地面勘探的难度增大、精度减小，加强井下钻探与物探工作是深部矿井实现安全高效地质保障的必由之路。

### 技术内容

#### （一）基本原理

基于地球物理场基本理论与方法，针对矿井地球物理勘探的工作条件和地质任务，进行矿井主要物探装备技术的研究，以阐明非连续性、非均质性、渗透性和含气（含水）性等煤系特征在地球物理场中的高精度响应机理；形成深部矿井工作面内超前、朝下探测复杂地质构造和灾害源技术，建立深部矿井工作面内复杂地质构造和灾害源探测理论和方法。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：矿井工作面高分辨率地震勘探与电磁法精细探测的设计、数据采集与处理、解释理论与方法的系统研究。

关键技术二：井巷条件下全空间 RST 超前探测与工作面 CT 成像、多极供电叠加观测系统等矿井物探新方法。

关键技术三：建立了波场及电场敏感性参数指标体系，初步实现矿井工作面地质异常产状的精细解析和定性（定量）判别。

关键技术四：研发适用于矿井的三分量地震仪与地质雷达，形成深部矿井

工作面精细探测的成套技术体系。

### （三）技术流程

主要技术流程：矿井地质条件→地质任务→探测方法→数据采集→数据处理→地质解释（精细反演）→成果资料

### 主要技术指标

（一）矿井地质构造探测：地震法为主，电法为辅，探测精度：>1~3m 断层，>5m 褶曲，探测距离>100m。

（二）矿井水探测：主要使用直流电法与瞬变电磁法，探测精度：准确圈定富水区（包括顶底板含水层、老空区等），探测距离 80~100m。

（三）煤层瓦斯探测：主要利用地震和地质雷达法，成果指标：准确圈定瓦斯富集区，评价煤层瓦斯突出危险性。

### 典型案例及成效

项目成果在全国多个矿区约 300 多个采煤工作面进行了矿井地质条件探测应用，取得了十分理想的效果，比如平朔井工三矿 90105 工作面使用 RST 法结合电法跟踪探测，准确地预报了辅运巷出现的老窑采空区、冲刷带、陷落柱及风化带，地质异常探测准确率大于 85%；在淮南顾桥—780m 大巷应用地震超前探测技术进行跟踪探测，地质异常预报精度大于 80%，在山西晋城、鲁西南巨野及开滦矿区也取得了很好的应用效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）

联系人：朱国维

联系方式：13621041696

E-mail: zhugwcumtb@126.com

## 3 煤层气富集区地球物理识别技术

### 适用范围及推广前景

煤层气富集区地球物理识别技术适用于煤层气勘探开发、非常规页岩气勘探开发和煤矿瓦斯富集区预测。

和煤层气富集区预测的地质钻探方法相比，该技术具有成本低、周期短、效率高的特点，适合在煤层气勘探开发和煤矿瓦斯突出部位预测方面使用，应用前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过研究地质、钻井、测井和巷道等资料，基于数学统计、物理测试和数值模拟等方法，对煤层气地球物理测井响应、岩石物性响应、煤层多波裂隙响应和煤层 AVO 响应等方面展开研究，建立煤层气地球物理响应机理，在此基础上，开展地球物理资料的采集、处理、解释和反演，通过测井约束反演，进行

煤层精细结构、煤层厚度及其顶底板岩性的预测，通过转换波地震资料处理和解释，实现对煤层裂隙的反演，通过 AVO 反演方法，获得煤系地层岩石物性参数，综合分析控制煤层气富集的地震地质参数，如煤层厚度、结构、构造、岩性和裂隙参数，基于地球物理信息融合方法对煤层气富集区进行预测，实现煤层气富集区的地球物理识别。

## （二）关键技术描述

关键技术一：煤层厚度及其顶底板岩性的精确描述方法。基于测井约束反演方法，反演煤层精细结构，对煤层厚度分布及其顶底板岩性进行预测。

关键技术二：煤层气转换波勘探方法与技术。利用煤层气三维三分量地震勘探基础理论和方法，开展转换波地震资料处理，实现对煤层裂隙的反演。

关键技术三：煤层气储层 AVO 正演和反演方法。利用 AVO 技术探测煤层气的原理，基于各向异性的薄煤层 AVO 方法，研究煤层气富集区的 AVO 响应特征，利用三参数 AVO 反演方法获得煤系地层弹性密度、体积模量和剪切模量。

关键技术四：煤层气（瓦斯）富集区地质与地球物理预测。利用瓦斯含量预测的数学地质模型、瓦斯涌出量预测的数学地质模型和煤与瓦斯突出区域预测的数学地质模型，对煤层气富集区（或瓦斯富集区）进行地质与地球物理综合预测。

## （三）技术流程

分析影响煤层气富集的地球物理参数，对煤层气富集区进行地球物理识别，实现煤层气富集区预测。

## 主要技术指标

（一）可实现煤层厚度、煤层裂隙发育大小、裂隙主方位发育方向以及煤层含气量的预测；

（二）可实现煤层气富集区和瓦斯富集区的预测。

## 典型案例及成效

以淮南矿区为靶区，利用地质调查和地球物理资料，使用煤层气富集区地球物理识别技术，预测出煤层气富集区块，已有部分区域已获得验证。该研究成果作为“中国中高煤阶煤层气地质理论、关键技术与工业化应用”项目的重要组成部分，于 2011 年获得国家科技进步二等奖（编号：2011-J-210-2-06-R05）。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）煤炭资源与安全开采国家重点实验室

联系人：彭苏萍；杜文凤

联系方式：13910291491

E-mail: duwf66@126.com

## 4 基于孔间地震采动覆岩破坏探测技术

### 适用范围及推广前景

基于孔间地震的采动覆岩破坏探测技术适用于研究煤矿覆岩破坏规律。传统的探测方法主要是基于钻孔的点观测方式，而孔间地震可以进行大范围的断面探测，较为全面的获得覆岩破坏情况。本技术在浅埋深矿区，尤其是涉及保水开采和水害问题的矿井具有广泛的应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

孔间地震探测覆岩破坏是基于地震波层析成像技术，通过地震波穿越覆岩的走时或能量变化，得到覆岩内部的地震波速或地震波衰减系数分布图像，以此推断覆岩内部的地质构造、岩层速度变化、裂隙发育程度等特征，通过采前和采后的对比研究获得覆岩破坏发育情况。

#### （二）关键技术描述

利用孔间地震层析成像技术精细探测采前和采后钻孔之间的地震波传播速度或衰减系数等物性变化特征，从而获取覆岩破坏范围和发育程度。

#### （三）技术流程

对研究区开展数值模拟试验，进行探测方案设计，现场打钻形成震源孔和接收孔，进行数据采集，对数据进行处理和层析成像反演等研究，获得钻孔之间物性变化特征，研究覆岩破坏规律。

### 主要技术指标

（一）导水裂隙带发育高度的断面探测，可全面预测钻孔之间的导水裂隙带发育程度。

（二）覆岩破坏发育范围和程度的断面探测，可获得覆岩破坏规律。

### 典型案例及成效

以伊泰集团阳湾沟煤矿为典型案例，在工作面开采前后分别进行了孔间地震探测试验，经过精细的数据处理、层析成像反演和采前、采后探测结果对比研究，全面获得了钻孔之间的覆岩破坏范围和发育程度。在钻孔处将孔间地震探测结果与钻孔电视观测结果对比，结果十分吻合，解决了覆岩破坏的大范围断面探测问题，取得了良好的效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司

联系人：廉玉广

联系方式：010-84264744/15110069380

E-mail: 31304336@qq.com

## 5 大电流中心回线矿井瞬变电磁波场反演解释技术

### 适用范围及推广前景

本技术主要用于煤矿掘进巷道迎头前方含（导）水地质异常体的超前探测，和巷道顶板、底板、侧帮含（导）水异常体的勘查，及老窑采空积水区、断层和陷落柱等含水地质构造的探查；也可用于探测孤立微小低电阻异常体，如充水钻孔等；还可用于井下煤层气压裂效果检测；在隧道掌子面前方含（导）水地质异常体超前探测、浅层工程物探和未爆弹军事勘探方面也有良好的应用效果。

### 技术内容

#### （一）基本原理

研究本安条件下提升矿井瞬变电磁信号分辨率的仪器研制和施工技术，多匝小回线电感校正技术和从瞬变场提取波动场特征的精细反演方法，有效消除浅部盲区，提高异常定位精度和多层异常分辨能力。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：使用磁探头接收的大电流仪器。本安条件下发射电流达 4.5A，强度不随时间衰减；使用等效面积 450m<sup>2</sup> 的磁探头以中心回线方式接收信号，有效分辨小异常。

关键技术二：多匝小回线电感影响校正技术。基于磁探头、中心回线、关断影响校正和曲线偏移技术多方法联合，消除电感影响。

关键技术三：瞬变电磁虚拟波场波形反演方法。通过提取瞬变电磁场中的波动场特征进行反演成像，显著提升了异常定位、分辨能力，消除了解释盲区。

关键技术四：现场即时成像处理软件。研发全空间系数自动选取技术，现场可 1.5 分钟内处理成图。

#### （三）技术流程

矿井瞬变电磁精细反演解释技术流程是：采用中心回线施工采集数据，校正关断影响，偏移拟合理论曲线，提取波动场特征，压缩波形，反演成像，解释地质异常。

### 主要技术指标

- （一）发射电流 $\geq 4\text{A}$ ，采样率 $\geq 1\text{MHz}$ ；
- （二）探头等效面积 $\geq 450\text{m}^2$ ；
- （三）基于电感校正技术，实测曲线与理论拟合误差 $\leq 15\%$ ；
- （四）基于波场反演技术，无解释盲区，异常定位准，多异常辨识能力强；
- （五）现场成像时间 $\leq 1.5$  分钟。

### 典型案例及成效

在淮北两个煤矿的 41 次超前探测试验中，解释异常 42 处，与实际相符 39

处，准确率达 92.86%。在平朔和神东的两个煤矿进行多次超前探测，解释出多个探测位置 20m 内（传统盲区）的地质异常，包括疑似陷落柱和顶板淋水，对多个深度异常也有明显分辨能力。在宁煤某煤矿探测解释了 1 处含水钻孔的位置。在中煤某煤矿探测解释了一处矿方水仓，对两条充水巷道有很高的分辨率。在陕西某军工厂准确探测到 2 个长度 0.5m 以下、直径 0.1m 以下的炮弹。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

联系人：范涛

联系方式：15002917968

E-mail: fantao@cctegxian.com

## 6 矿井地质构造巷道超前探测技术

### 适用范围及推广前景

我国煤矿巷道掘进过程中不同程度受到前方地质构造及其异常的影响，给安全高效生产带来极大的危害。研究三维空间条件下巷道超前探测技术，对前方地质条件判断及巷道安全掘进意义巨大。实践证明，利用反射波超前探测技术和电磁法超前探测技术之间的组合，可对掌子面前方断层等地质构造及其含、导水异常进行综合判断与预报，效果理想。项目已在淮南矿业集团、皖北煤电集团、淮北矿业集团等得到成功应用。该技术对提高巷道掘进工作效率作用很大，其经济和社会效益显著，应用前景非常广阔。

### 技术内容

#### 1、基本原理

该项目基于数值模拟和物理模型实验，同时将直流电法、瞬变电磁超前探测技术与反射波超前探测技术相融合，形成了能对简单地质构造和复杂地质条件进行探测与预报的巷道综合超前预报技术系统。

#### 2、关键技术描述

关键技术一：基于数值模拟和物理模型实验，提出了巷道掘进条件下有限空间三维反射波数据采集系统及其现场工作技术方法，并形成了一套具有自主知识产权适用于矿山巷道掘进地质条件的反射波超前成像预报系统。

关键技术二：将直流电法、瞬变电磁超前探测技术与反射波超前探测技术相融合，形成能对简单地质构造和复杂地质条件探测与预报的巷道综合超前预报技术系统。

关键技术三：淮南矿区煤岩巷道的现场探测试验与应用结果表明，该套综合超前探测技术系统具有良好的适用性，可提供掘进巷道前方 120m 范围内有效的地质异常界面参数，进一步提高了巷道安全掘进效率。

#### 3、技术流程

对巷道掘进条件下有限空间三维反射波数据采集系统及其现场工作技术方法进行了研究，将直流电法、瞬变电磁超前探测技术与反射波超前探测技术相融合，已在淮南顾桥、顾北、潘一等矿，以及淮北矿业集团、皖北煤电集团部分井下现场得到成功应用。

## **主要技术指标**

- (一) 可预测掘进巷道前方 120m 范围内有效的地质异常界面参数;
- (二) 探明落差小于 3m 断层及其异常, 解释距离误差 $<10\%$ , 异常可靠性 $>80\%$ ;
- (三) 对影响巷道掘进安全的岩煤层富水区等做出定性评价。目前该方法已在淮南、皖北、淮北等矿井成功应用。

## **典型案例及成效**

项目在淮南矿区顾桥、顾北、潘一等矿巷道的现场探测实验与应用结果表明, 该套综合超前探测技术系统具有良好的适用性, 可提供掘进工程前方 150m 范围内有效的异常界面参数, 进一步提高了巷道安全掘进效率。

## **技术咨询联系方式**

技术咨询单位: 淮南矿业集团  
联系人: 余国锋  
联系方式: 13956466567  
E-mail: zgbkyk@126.com

## 二、矿井建设技术

### 7 “一扩成井”快速钻井法凿井关键技术及装备

#### 适用范围及推广前景

本成果适用于冲积层厚度小于 600m 地区钻井法凿井工程。

本成果成功攻克了深厚冲积层“一扩成井”和“一钻成井”钻井工艺技术和设备的难题，为我国中、东部地区被深厚冲积层覆盖煤炭资源深大井筒的凿井提供了建井技术保障，提高了钻井成井速度，增加了钻井法凿井的优越性，通过进一步研究本项技术还可以推广到内蒙、新疆、山西、陕西等西部软岩地层煤矿大直径井筒建设，也可以在其它类似的地下矿山工程应用，推广前景十分广阔。

#### 技术内容

##### （一）基本原理

通过理论研究、工艺研究、设备关键部件研制和工业性试验，以及对地层（井帮）稳定性研究，验证“一扩成井”工艺的合理性，形成“一扩成井”钻井法凿井新工艺，特别是通过对钻井破岩滚刀和钻头结构研究，提高破岩效率和吸收效果，提高钻井法凿井成井速度，提高钻井法的竞争力和应用范围，满足我国东部煤矿深厚冲积层、复杂地层井筒建设的需要。

##### （二）关键技术描述

关键技术一：通过理论计算和泥浆流动规律分析，完成了新型表土钻头和岩石钻头设计、加工，提高了破岩效率和吸收效果。

关键技术二：首次开发了“一钻成井”和“一扩成井”快速钻井法凿井新工艺，提高钻井法凿井成井速度。

#### 主要技术指标

（一）“一扩成井”钻井直径 9m 以上。

（二）“一钻成井”钻井直径 7m 以上。

#### 典型案例及成效

完成了袁店二矿副井“一扩成井”工业性试验，钻井直径 9.3m，井深 307.8m，综合月成井速度 31m，成井偏斜率 0.234‰，减少泥浆排放量 28.1%。

完成了袁店二矿主井、风井和朱集西矿矸石井三个井筒“一钻成井”工业性试验，钻井直径分别为 7.1m、7.1m、7.7m，钻井深度分别为 302.8m、305.2m、545.0m，综合月成井速度分别为 45m、42m、39m，成井偏斜率分别为 0.11‰、0.34‰、0.159‰；减少泥浆排放量分别为 27.8%、25.7%、39.7%。

#### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：北京中煤矿山工程有限公司

联系人：姜浩亮  
联系方式：18515552878  
E-mail: jhaol@qq.com

## 8 千米级深井特殊地层注浆材料及注浆工艺

### 适用范围及推广前景

本成果适用于地质条件复杂的千米级深井注浆法及钻井法与注浆法相结合的工程施工。

目前我国浅部煤炭资源逐步减少，开发深部煤田已势在必行。深部煤田，部分岩层裂隙发育、破碎，本成果将有效解决此种地层的注浆难题，同时还能够解决钻井废弃泥浆排放处理压力，实现注浆法和钻井法的有效结合，加快矿井建设速度，改善立井施工作业安全环境，减少能源和材料消耗、节约施工成本，推广应用前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过塑性早强材料、低粘度化学浆研究，解决满足深井特殊地层堵水和加固的注浆材料需要；通过室内模拟试验提出千米级深井注浆参数设计依据，提出千米深井注浆防水帷幕设计方法；通过深井注浆工业性试验和注浆效果观测，研究注浆材料的适用性、合理性和可靠性，研究出满足千米深井注浆需要的工艺参数。

#### （二）关键技术描述

（1）首次研制了耐压高达 36MPa、测量参数可自动监控的裂隙注浆模拟试验台。

（2）研制出适用于断层导水带、风化带的水玻璃类浆液和适用于断层阻水带的水泥基“塑性早强”浆液。

（3）研制出适用于基岩微裂隙、孔隙性等特殊地层的低粘度复合化学浆液，该浆液成本低、低毒性。

（4）首次研制出钻井废弃泥浆作为注浆材料的 MTG 浆液（Mud to Grout）。

（5）首次完成了钻井废弃泥浆用于地面预注浆材料。

### 主要技术指标

（一）“塑性早强”浆液，析水率小于 5%，初凝时间小于 8h。

（二）复合化学浆液，结石体抗水压达到 12MPa。

（三）地面预注浆用化学浆液粘度小于  $6 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$ ，胶凝时间 5min ~ 30min。

#### 典型案例及成效

本成果在国投新集能源股份有限公司杨村煤矿风井和皖北煤电朱集西矿矸石井，对塑性早强注浆浆液进行了工业性试验。节约注浆工期 26 天左右，创造出较大的产值和利润。

在杨村煤矿风井 957.45m~972.70m 含水层应用了低粘度复合化学注浆材料

及工艺，直接节约工期 14 天。

钻井废弃泥浆作为注浆材料在袁店二矿主井、朱集西矸石井和信湖煤矿进行了成功应用，既节约了成本，又保护了环境。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：北京中煤矿山工程有限公司

联系人：冯旭海

联系方式：010-84263086

E-mail: fengxuhai@163.com

## 9 深厚复杂岩土中冻结法凿井关键技术

### 适用范围及推广前景

近年来，我国东、西部地区深井建设中普遍遇到深厚复杂岩土层，冻结法是其最主要的凿井方法。本技术适用于表土层厚度 800m 以内，含水岩层深度 1000m 以内的复杂岩土层中凿井，突破了深厚复杂岩土层下固体资源开发的凿井技术瓶颈制约，推广应用前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

在待开凿的井筒周围钻冻结孔；在孔内下入钢质冻结管，再在冻结管内下入塑料管，形成冻结器；在冻结器内循环来自制冷站的低温盐水，使周围地层冻结，形成筒形冻土墙—冻结壁；而后在冻结壁的保护下掘砌施工井壁，形成永久的封水与支护结构。

#### （二）关键技术描述

冻结井壁关键技术：井壁永久荷载和冻结压力理论，双层复合井壁和单层井壁设计理论，适应表土层沉降的井壁结构及其设计理论，井壁防裂技术、接茬防渗技术，（钢纤维）高强混凝土井壁施工技术。

冻结壁关键技术：冻结壁厚度设计理论，多圈管冻结壁发展厚度与平均温度计算方法，分圈异步冻结技术，高效保温局部冻结技术，预防冻结管断裂技术，控制冻结技术，冻结孔内缓凝水泥浆固管封水技术。

#### （三）工艺流程

- 1.打井筒检查孔；
- 2.确定冻结深度；
- 3.确定井壁结构与材料，设计井壁厚度等；
- 4.设计冻结壁的厚度及平均温度；设计冻结方案、工艺和冻结孔位置等；
- 5.打冻结孔，下入钢质冻结管和塑料供液管，形成冻结器；同时建制冷站；
- 6.在冻结器内循环来自制冷站的低温盐水，冻结地层形成合格冻结壁；
- 7.掘砌施工井壁；
- 8.停冻，拔出供液管并充填冻结管。

## 主要技术指标

- (一) 可开凿表土厚度达 800m 的特厚表土井筒、富水岩层深达 1000m 的井筒；
- (二) 井壁（钢纤维）混凝土强度等级可达（CF100）C100；
- (三) 可预防冻结管断裂及冻结孔导水淹井事故；
- (四) 可预防深厚表土层沉降引起的井壁破裂灾害；
- (五) 与传统的双层复合井壁技术比，新型单层冻结井壁技术壁厚减少近 50%。

## 典型案例及成效

- 1.深厚表土层冻结法凿井技术：已施工 49 个表土厚度达 400~754m（创世界纪录）的井筒，井壁混凝土设计等级达 CF90。
- 2.深厚富水岩层冻结法凿井技术：已施工 31 个富水岩层深达 500~910m 的井筒，井壁混凝土设计强度等级达 C90。
- 3.发明的内层可缩冻结井壁技术应用于 62 个深厚表土井筒，成功预防了井壁破裂重大灾害。
- 4.发明的新型单层冻结井壁技术已应用于 15 个井筒，井壁厚度较传统的双层复合井壁减少近 50%，凿井费用降低 30% 以上。
- 5.发明的冻结孔内缓凝水泥浆固管封水技术用于 29 个井筒，成功杜绝了冻结孔导水淹井重大安全隐患。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：杨维好  
联系方式：13952166350  
E-mail: whyang@cumt.edu.cn

# 10 千米级深井高压注浆关键装备

## 适用范围及推广前景

本成果适用于煤矿、金属矿山立井井筒安全快速施工，直接服务于千米深井建设工程，使我国千米深井注浆技术有所突破，对提高我国注浆装备技术水平、加快大型现代化矿井建设具有十分重要的意义。

随着浅部资源的枯竭，我国深部煤炭资源的开发已势在必行，技术成果推广应用的市场广阔。技术成果通过系统总结、完善提高，呈现更广阔的市场前景，必将创造更大的经济效益和社会效益。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过理论研究、设备研制和工业性试验，使我国高压大泵量注浆泵、高压化学浆液注浆泵、耐压止浆机具、注浆参数自动检测与高效制浆系统等地面预注浆装备满足千米级深井高压注浆的需要。为千米级深井安全、快速、高效施工提供装备支持。

## （二）关键技术描述

（1）首次研制了变频调速高压注浆泵和高压化学浆液注浆泵；注浆泵柱塞行程长、流量无级调节，注浆泵流量输出的稳定性和使用寿命大幅提高。

（2）首次研制了坐封力可达 60t 的止浆机具模拟测试试验台。

（3）研制了耐压 $\geq 25\text{MPa}$  的止浆塞和止浆塞安全脱离装置，研制出注浆参数自动监测、高效制浆系统。

## 主要技术指标

（一）变频调速高压注浆泵，压力达到 50MPa，流量 0~380 L/min 范围内无级调节；

（二）ZBBJ-300/35-H 型高压化学浆液注浆泵，压力达到 35MPa，流量 0~380 L/min 范围内无级调节；

（三）止浆机具耐压 25MPa 以上。

## 典型案例及成效

项目以淮北、皖北矿区为工程依托，成果应用于朱集西煤矿研石井、杨村煤矿风井、邹庄煤矿主井和信湖煤矿主井等地面预注浆工程。装备设计合理，工作效率高，性能稳定、可靠，操作方便。提高了地面预注浆工程的施工效率，为深井矿井的建设提供了强有力的技术装备保障，为煤矿企业创造了巨大的经济效益，应用效果显著。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：北京中煤矿山工程有限公司

联系人：冯旭海

联系方式：010-84263086；

E-mail: fengxuhai@163.com

# 11 千米级深井基岩快速掘砌关键技术及装备

## 适用范围及推广前景

本成果适用于煤炭及其他领域千米级深立井井筒施工。

项目的研究内容直接来源于深井建设实际需要，研究成果直接服务于千米深井建设工作。我国今后煤炭产量还将继续增加，现在每年煤矿有 300 多个井筒需要凿井，其他行业也有 100 多个井筒需要凿井，这是一个广阔的市场，本成果将呈现更为广阔的市场前景，必将创造更大的经济效益、社会效益和环境效益。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过对千米级深立井井筒基岩段大段高掘砌及与之相配套的伞形钻架、大型抓岩机、整体下移金属模板等成套工艺及装备的技术参数。对液压伞形钻架的凿岩性能与效率，对深孔爆破参数的优化设计及效果进行检验；对迈步式模板安全可靠性以及大型液压抓岩机的生产能力、抓岩效率等进行单机试验。

## **(二) 关键技术描述**

(1) 首次在千米深井凿井配套设备中采用了 SJDY4-8 新型液压凿岩伞钻、大型液压中心回转式抓岩机和液压迈步式模板等全液压动力系统。

(2) 研究了 5m 深孔控制爆破技术，实现了每循环 4.2m 的爆破进尺。

### **主要技术指标**

掘砌循环作业进尺 4.2m，爆破效率平均达到 85~90.5%，周边半眼痕率达 83% 以上。

### **典型案例及成效**

成果分别在国投新集能源股份有限公司、皖北煤电集团有限责任公司、峰峰集团有限公司等 6 家企业进行了试验，效果良好。在深度为 943m 的羊东风井井筒基岩快速掘砌装备工业性试验中，人员工效达  $2.22\text{m}^3/\text{工}$ ，月平均进度达到 110m，达到国际领先水平。

### **技术咨询联系方式**

技术咨询单位：北京中煤矿山工程有限公司

联系人：龙志阳

联系方式：13701167059

E-mail: 804194589@qq.com

# 三、煤炭开采技术

## 12 基于关键层位置的“导高”预计方法

### 适用范围及推广前景

岩层采动裂隙是矿井突水、邻近层瓦斯运移的主要通道，如何准确预计具体开采条件下的“导高”，是煤矿水体下采煤设计、顶板突水灾害防治、邻近层瓦斯抽采与防治的基础。该方法可用于不同开采条件下采动覆岩竖向贯通裂隙发育高度（简称“导高”）的预测，在煤矿保水开采、煤与瓦斯共采、采动覆岩隔离注浆充填等煤矿绿色开采领域有广阔的适用性和推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

煤层开采引起的覆岩裂隙演化与采动岩层破断运动有关，采动岩层破断运动受关键层的控制，因此采动裂隙演化必然受关键层结构的影响。事实上，覆岩关键层位置会影响采动裂隙发育高度，只有当关键层位置距开采煤层小于某一临界高度时，该关键层破断裂缝才会贯通成为导水裂隙，且受该关键层控制而同步破断的上覆岩层破断裂缝也会贯通成为导水裂隙。关键层破断裂隙贯通的临界高度可按（7~10）倍采高取值，据此提出了基于关键层位置的“导高”预计新方法。

#### （二）关键技术描述

现有的《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程（2000）》（简称《规程》）中的统计经验公式预计方法将顶板岩性统计均化为坚硬、中硬、软弱进行顶板导水裂隙带高度预计，未考虑具体开采条件下特定的覆岩关键层结构与破断特征，在特定开采条件下，会导致预计的覆岩导水裂隙带高度与实际偏差很大。基于关键层位置的“导高”预计新方法可以充分体现具体开采条件下覆岩关键层结构特征，避免了对顶板岩性进行统计均化的不足，减少预计误差。

#### （三）技术流程

第一步，收集工作面钻孔柱状资料。

第二步，采用关键层判别软件 KSPB 进行覆岩关键层位置的判别。

第三步，计算关键层位置距开采煤层高度，并判别关键层破断裂隙是否贯通。

第四步，确定导水裂隙带高度。当主关键层位于（7~10）M 以内时，导水裂隙带高度等于或大于基岩厚度（图 1 右侧柱状）；当主关键层位于（7~10）M 以外时，导水裂隙将发育至（7~10）M 上方最近的关键层底部，导水裂隙带高度等于该关键层距煤层的高度（图 2 左侧柱状）。

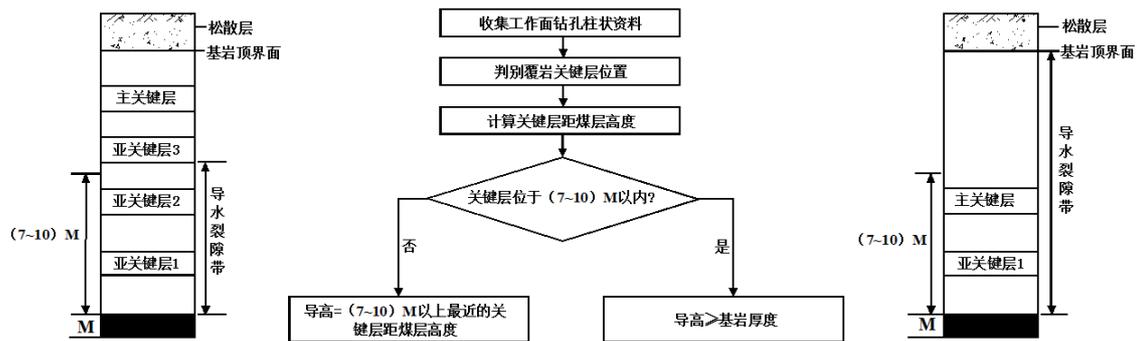


图 1 基于关键层位置的“导高”预计方法的流程

### 主要技术指标

(一) 形成的“导高”预计新方法，可满足对煤层单层采厚大于 3.0m 时的导水裂隙带高度预计，弥补了《规程》中经验公式要求煤层分层采厚不大于 3.0m 以及无法预计放顶煤开采“导高”的不足。

(二) 新方法预计结果较《规程》经验公式更为准确，尤其当主关键层位于 (7~10) M 以内时，《规程》预计方法不再适用。

### 典型案例及成效

基于关键层位置的“导高”预计方法已在神东矿区保水采煤、阳泉矿区煤与瓦斯共采及淮北矿区采动覆岩隔离注浆充填不迁村采煤等工程中得到应用。

如，神东补连塔矿四盘区 31401 首采面按经验方法预计的顶板导水裂隙带高度不应发生顶板突水，但回采至距开切眼 1600m 开始，连续发生了数十起突水事故，严重影响了工作面安全高效生产。为此矿方提出：31401 工作面留设一定宽度的煤柱后重开切眼，更换为小采高支架开采剩余块段。应用基于关键层位置的“导高”预计方法对四盘区 1-2 煤全部 29 个钻孔柱状的关键层位置进行了判别，发现剩余块段覆岩“导高”不会沟通含水层，不会再发生突水事故。据此神东公司否定了矿方提出的跳采方案，实现了剩余块段的安全开采，避免了一次拆面搬家，消除了煤柱损失，直接经济效益达 1.46 亿元。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
 联系人：许家林；王晓振  
 联系方式：13952118050；13645216184  
 E-mail: cumtxjl@cumt.edu.cn; wxzcumt406@163.com

## 13 大采高综放开采工艺技术

### 适用范围及推广前景

适用于煤层厚度 7m 以上的特厚煤层综合机械化一次采全厚，要求工作面顶煤冒放性较好，不易片帮冒顶，满足综放安全开采要求。大采高综放开采技术在特厚煤层矿区大型、特大型矿井推广应用，对于高瓦斯厚煤层可有效减少瓦斯对生产的影响；对于低瓦斯厚煤层可充分发挥割煤和放顶煤平行生产的特

点，大幅度提高工作面单产水平和资源回收率，推广应用前景广阔，已成为特厚煤层采用国产装备实现单面年产 1000 万吨的主要途径。

## 技术内容

### （一）基本原理

大采高综放开采，即工作面采煤机割煤高度大于 3.5m 的综放开采。大采高综放工作面通过加大割煤高度发挥大功率大采高采运设备能力；大采高综放支架后部通风与放煤的空间大，提高了工作面放煤口附近瓦斯稀释及工作面放煤能力，有利于充分发挥大采高综采与普通综放开采的产能优势，实现安全高效生产。

### （二）关键技术描述

关键技术一：大采高综放开采适应性评价方法。通过分析影响大采高综放开采顶煤冒放性及煤壁稳定性的因素，提出大采高综放适应性评价方法，分析具体煤层条件大采高综放开采适应性并确定割煤高度。

关键技术二：大采高综放工作面设备配套技术。分析支架支护强度、结构对煤壁稳定性与顶板下沉量的影响，确定合理的支架参数，根据工作面设计生产能力确定工作面参数、设备选型及配套。

### （三）技术流程

技术流程：分析煤层开采条件，研究大采高综放开采可行性，确定大采高综放工作面参数，进行设备选型及配套，确定工作面采放工艺。

## 主要技术指标

- （一）割煤高度 3.5~5.0m；
- （二）单个大采高综放工作面年产达到 1000 万吨以上；
- （三）工作面资源回收率达到 85% 以上。

## 典型案例及成效

以山西大同塔山煤矿为例，8105 工作面煤层平均厚度 16.8m，倾角 1~3°，普氏硬度系数 2.7~3.7，通过采用大采高综放开采技术与装备，工作面月产量达 103.5 万吨，年产量达 1085 万吨，工作面资源回收率达 88.9%。目前该技术成果已在大同、平朔、神东、新疆等 13 个矿区的 32 个煤矿得到推广应用。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司开采设计事业部  
大同煤矿集团有限责任公司  
联系人：毛德兵  
联系方式：13911586322  
E-mail: maodebing@tdkcsj.com

## 14 薄煤层开采工艺及安全保障技术

### 适用范围及推广前景

我国薄煤层储量、产量约占煤炭总储量和总产量 20%和 10%，各类矿区普遍存在采厚弃薄现象。目前薄煤层开采技术的需求类型主要有三种：1) 中东部厚及中厚煤层储量枯竭矿区，需求高效的开采技术以延长矿井服务年限；2) 主焦煤等稀缺煤种矿区，需求高采出率开采技术以提高开采效益；3) 高瓦斯煤层矿区普遍通过开采薄煤（岩）层保护层卸压增透上下煤层群的方法治理瓦斯，需求高安全性开采技术以确保主采煤层的安全开采。本项技术可满足上述技术需求，具有广阔的推广前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

针对薄煤层开采采掘割岩量大、效率低和工人劳动强度大、安全保障差两大技术难题，基于“减矸增效”和“减人提效”的技术思路，通过优化采掘工作面参数，最大限度降低采高，减少矸石采掘量，提高开采效益；通过采煤方法选择、自动化开采技术与工艺模式匹配，最大限度提高单产、减少采掘工人数及工人劳动强度。

#### (二) 关键技术描述

##### 1) 薄煤层采煤方法智能选择与开采参数优化

通过对薄煤层工作面地质条件多指标多层次综合评价，结合经济可采性评价结果，对薄煤层的合理开采工艺进行分类；根据开发的薄煤层综采工作面开采方法与设备配套决策支持系统软件，实现根据特定薄煤层条件，对开采方法和工作面“三机”设备的智能选择；以开采设备空间限制、便于实现工作面自动化、利于辅助运输为约束条件，对薄煤层工作面采高、长度和巷道高度进行优化。可对薄煤层安全高效开采进行系统科学设计。

##### 2) 薄煤层工作面预设轨迹自动割煤技术

利用自主开发的地质异常体的 CT 数据分析软件，准确探测工作面煤厚变化和地质构造，对工作面内主要断层、褶曲及其它构造按照理论计算预先设定采煤机割煤轨迹；根据采煤机割煤速度与瓦斯涌出量的相关关系，设计高瓦斯工作面割煤速度和轨迹，辅助煤岩识别及记忆切割技术，实现复杂地质条件和高瓦斯工作面的自动化割煤，为薄煤层综采工作面自动化、少人化开采奠定基础。

##### 3) 薄煤层综采工艺模式优选技术

根据工作面煤层复杂程度、勘探精度，优选传统综采、端头控制综采、人工分段控制综采、自动化分段控制综采和全长智能化综采五种工艺模式，可实现不同开采条件、不同用户需求的开采工艺的合理化选择。

##### 4) 薄煤层综采面围岩控制的智能决策系统

基于激光测距原理和光纤光栅传感技术，开发了半煤岩巷道围岩实时监测智能分析系统和薄煤层工作面矿压在线监测系统，可实现工作面矿压和超前巷道离层的智能预测预报，以及工作面支架位态的自适应调整。

### 主要技术指标

(一) 工作面地质异常区覆盖范围判断准确率和工作面来压的预报准确率达到 80% 以上；

(二) 成套技术实施后，工作面人员可减少 30%，产能可提高 15% 以上。

### 典型案例及成效

汇森凉水井煤矿根据上述研究成果进行了薄煤层开采系统布置、综采工作面设备配套及参数优化、自动化工艺方式设计等系统研究；平禹六矿五<sub>2</sub>22120 工作面应用该预设轨迹自动割煤技术，平均原煤含矸率较实施前降低了 13%；华晋焦煤沙曲煤矿应用实现了薄煤层工作面预设轨迹自动割煤技术，实现了高瓦斯保护层薄煤层的安全高效开采；冀中能源邯矿集团郭二庄煤矿应用本项技术，实现了复杂地质条件下薄煤层的自动化开采。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：屠世浩；袁永

联系方式：13952160512；18005212386

E-mail: Tsh-cumt@163.com；yy20062006@163.com

## 15 煤柱及不规则块段开采关键技术

### 适用范围及推广前景

煤柱及不规则块段开采关键技术是一种大幅提高煤炭资源回收率的先进开采技术，适用于综采后遗留煤柱、煤矿井下不规则块段、“三下”压煤和残采煤区的开采，具有采掘合一、机动灵活、适应范围广等特点。目前，适合综合机械化开采的煤炭资源日益减少，煤柱及不规则块段开采技术可以安全、高效地开采难以应用综采技术的区域，可以最大限度地回收煤炭资源，延长矿井服务年限，提高煤炭企业经济效益，该项技术具有非常广阔的应用前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

根据煤柱应力场、位移场分析理论，采用数值模拟和现场观测的综合研究手段，对煤柱及不规则块段开采关键技术适应性展开研究，解决相应的矿压特征、顶板控制等问题，完成开采总体设计及工艺研究；采用虚拟样机技术进行运动学、动力学仿真分析和有限元优化设计，并与测试技术相结合，研制具有完全自主知识产权的关键技术装备——大功率连续采煤机。

#### (二) 关键技术描述

煤柱及不规则块段开采的总体设计及工艺技术研究：利用 FLAC3D 对采场

矿压规律、顶板控制技术进行研究，基本明确了硐间煤柱、隔离煤柱的合理尺寸以及大面积来压的顶板控制技术措施。研制了大功率连续采煤机：开发了采用矢量控制技术的矿用机载交流变频器，并首次应用于履带式行走设备，增强了整机适应性；截割装置采用双电机横轴双支撑结构，优化截齿布置，具有较强的截割能力和良好的稳定性；截割传动系统采用机电三重保护技术，保护可靠有效；机载湿式除尘装置利用独特的水幕雾化和煤尘分离技术，有效提高降尘效果。

### (三) 技术流程

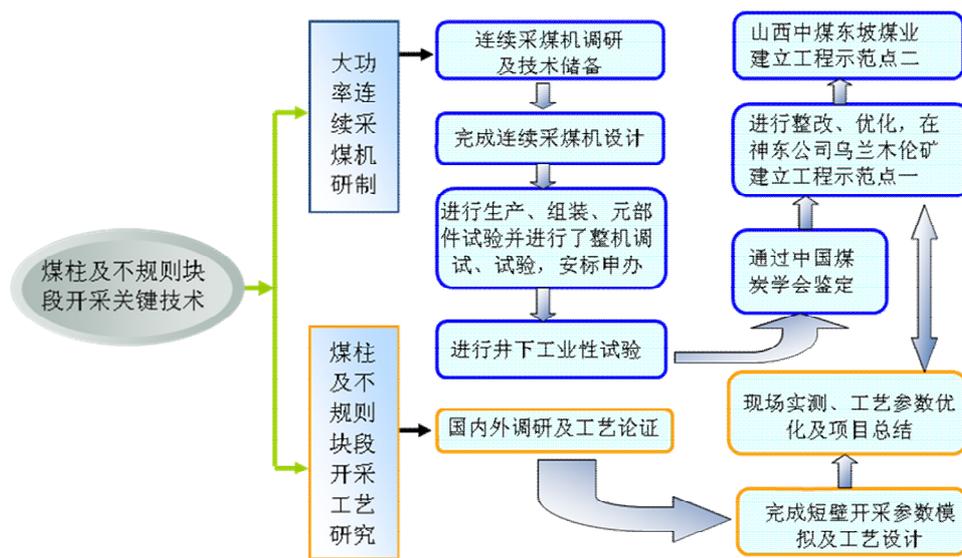


图 2 煤柱及不规则块段开采关键技术流程

### 主要技术指标

研制连续采煤机：装机功率 597kW、生产能力 15~27 t/min，其履带式行走设备采用矢量控制技术的矿用机载交流变频器，达到了国际领先水平；完成煤柱及不规则块段开采总体设计，制定成熟的工艺技术措施，建立工程示范点。

### 典型案例及成效

示范点选在神东煤炭集团公司乌兰木伦煤矿，完成了 61205、61204 旺采面、南集中辅运巷旺采区的开采，有效工作 192 天，掘进进尺 5251m，采硐 105 个，总折合掘进进尺 12377m，产煤 48.5 万吨。其中日最高纪录为：支巷掘进为 70m；掘进进尺 50m，采硐 8 个。目前，关键设备 EML340 连续采煤机已在神东煤炭集团、陕煤集团、铁法煤业集团、中煤平朔煤业等公司推广 21 台，标志着煤柱及不规则块段开采技术逐步成熟，其应用范围不断扩大。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国煤炭科工集团太原研究院有限公司  
 联系人：樊运平  
 联系方式：13934600674  
 E-mail: mkyfyp@163.com

## 16 薄煤层切顶卸压沿空成巷无煤柱开采关键技术

### 适用范围及推广前景

长壁开采是目前我国煤炭开采的主要形式，占煤炭产量的 80% 以上。采用切顶卸压沿空成巷无煤柱开采技术，可以有效切断诱发工程灾害的应力来源，消除工作面留设煤柱引发的顶板事故、冲击地压、煤与瓦斯突出等安全隐患，是降低和避免煤矿重大灾害事故的有效手段；同时，本项技术提高了煤炭资源回收率，大幅度减小了巷道掘进工程量及支护材料消耗。为保证安全高效开采及可持续发展，在低瓦斯矿井大力推广无煤柱开采技术将是今后的重要发展方向，因此，本技术具有广阔的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

随着开采强度的增加，传统长壁一面两巷留煤柱开采方式所造成的煤炭回收率低、采掘比高、资源浪费的问题日益突出。同时，工作面沿空巷道受动压影响而引起的巷道围岩大变形、顶板塌方、冲击地压以及煤与瓦斯突出等工程灾害也日趋严重，占到所有灾害 70% 左右。解决上述问题的关键在于切断顶板应力传递，消除诱发工程灾害的应力来源。为此，提出了工作面切顶卸压沿空成巷无煤柱开采方法，技术思路如图 4 所示。该方法在工作面煤层回采前，在回采巷道沿将要形成的采空区侧顶板切一条缝形成一个面，待工作面煤层回采后，在矿山压力作用下，顶板沿切缝自动切落形成巷道的一个墙壁，既隔离采空区又保持该巷道的完整性，从而将自动形成的巷道作为下一个工作面的运输巷。该开采方式将顶板按设计位置切落，切断了顶板的应力传递，避免了采空区侧煤体受到回采动压的影响，从而保证了煤体的完整性；同时，由于新形成的巷道处于矿山压力的卸压区，解除了高应力环境的威胁，从根本上避免了灾害事故的根源。

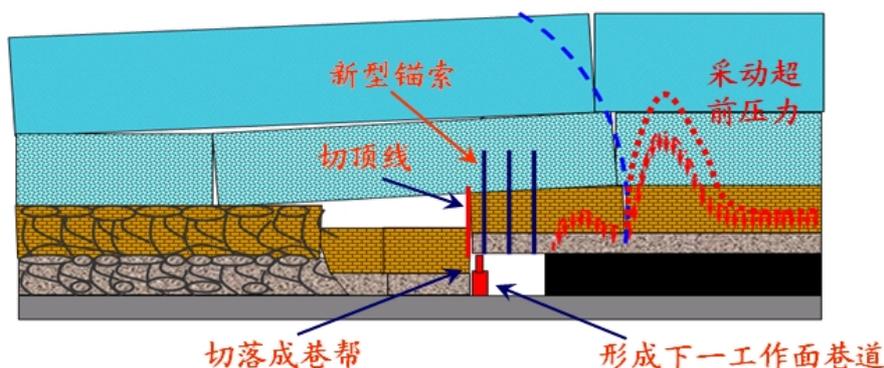


图 3 切顶卸压沿空成巷技术思路

#### （二）关键技术描述

关键技术一：双向聚能爆破顶板预裂切缝技术；  
关键技术二：恒阻大变形锚杆（索）支护技术；  
关键技术三：矿压远程实时监测及预警技术。

#### （三）技术流程

本工艺技术主要包括工作面上下顺槽施工→恒阻大变形锚索防冲支护→成巷全过程远程实时监测系统布设→沿空侧顶板超前切缝钻孔→超前顶板预裂爆破→工作面回采→沿空挡矸高强支护→切顶卸压沿空成巷。

### 主要技术指标

- (一) 切断了“砌体梁”或“传力岩梁”的压力传递，成功转化为“切顶短臂梁”；
- (二) 改变和优化了经典的围压分布规律；
- (三) 减少了顺槽巷道掘进量 50%（煤矿万吨掘进率减少 50%）；
- (四) 利用矿压和围岩运动，自动成巷，实现无煤柱开采；
- (五) 缓解了工作面接续紧张；
- (六) 围压大幅度减小；
- (七) 由于切缝采动期间超前压力大幅度减小；
- (八) 围岩变形量,底臃量大大减小, 维修量大大减小；
- (九) 临空岩柱压力小和围岩完整性好；
- (十) 消除了采空区瓦斯的威胁,降低了防灭火的难度。

### 典型案例及成效

2009 年，本项技术率先在全国岩爆灾害最严重的四川芙蓉集团白皎矿进行应用：建矿 41 年（1967-2008），发生岩爆（冲击地压）210 次，其中特大型 7 次，大型 60 次，伴随瓦斯爆炸 63 起，自 2009 年使用本项目技术以来，没有再发生岩爆事故，结束了建矿 41 年来每年都发生人员死亡的历史。新技术的应用，减小了工人的劳动强度，避免了人员伤亡和设备损害，取得了显著的安全和社会效益。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）深部岩土力学与地下工程国家重点实验室

联系人：何满潮

联系方式：010-62331091

E-mail: hemancho@263.net

## 17 煤矿千米深部岩巷稳定控制关键技术

### 适用范围及推广前景

目前，淮南、平顶山、国投新集、徐州等矿区都已制定了该项成果的全面推广应用计划，该研究成果适应于我国中东部地区的煤矿深部岩巷控制技术，应用前景广阔。预计推广应用后将累计产生经济效益 30~50 亿元。此外，该技术还在围岩赋存条件类似的深埋公路隧道支护技术中得到成功应用，表明该技术在煤矿以外的其它深部地下工程中也具有推广应用前景。

### 技术内容

- (一) 基本原理

通过深入揭示巷道围岩变形破裂机理，系统地提出了深部岩巷围岩稳定控制理论和对策，形成了深部岩巷支护和围岩稳定控制的成套技术。

## （二）关键技术描述

关键技术一：提出了一种围岩参数反分析进化神经网络模型新算法，开发了“三高”耦合作用下深部围岩稳定性分析系统软件、围岩相似模拟材料和深部位移测试技术，揭示了千米深部岩巷围岩的变形破裂机理，建立了千米深部岩巷围岩稳定性分析和控制的理论体系。

关键技术二：创新发展了帮脚锚杆与底角注浆锚管，成功研制了风动底板锚索钻机及气动底板注浆机，发展了带止浆层的底板注浆工艺。

关键技术三：发明了锚杆高预紧力施工技术及大扭矩气动锚杆预紧安装机。

关键技术四：得到了深部膨胀岩石巷道稳定控制技术。

关键技术五：研究获得了穿过超大断层群地质构造异常带巷道施工安全保障及围岩长期稳定控制技术。

## （三）技术流程

对研究区域的基本地质条件和基础资料进行了分析，通过数值和物理模拟以及工业性试验等技术手段，对煤矿千米深部岩巷稳定控制关键技术进行了研究，并得到成功应用。

## 主要技术指标

应用本技术后的淮南矿区井下巷道稳定周期由原来每年翻修 3~5 次到现在 5 年不用翻修；断面收缩率由原来每半年收缩 50%以上到现在 5 年收缩不大于 10%；掘进速度由原来月均 40 米到现在月均 80 米以上；掘进支护与巷道维护综合成本降低 30%以上，吨煤生产成本降低 5~20 元。

## 典型案例及成效

本技术成果已在淮南、平顶山、徐州、新集等矿区得到全面推广应用，在 800~1000 米深部岩巷中应用该技术后，掘进支护和维修的巷道长期稳定状况良好，围岩完整，巷道断面收缩率显著降低，且都处于稳定不再发展的状态，未出现后续维修情况。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：淮南矿业集团

联系人：余国锋

联系方式：13956466567

E-mail: zgbkyk@126.com

# 18 大采高综放液压支架及其配套技术

## 适用范围及推广前景

本项研究成果适合于西部矿区 20m 以上特厚煤层综放开采。我国山西、新疆、内蒙、陕西、甘肃等多个产煤省区都存在 20m 左右的特厚煤层，对这部分

煤层的开采，借鉴大采高技术的发展成果，实行大采高综放开采是目前唯一可行的开采途径，具有广阔的推广前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

根据我国《煤矿安全规程》1:3 采放比的规定，项目研制的 5.2m 大采高综放液压支架可使一次采煤高度达到 20m。大采高综放工作面割煤高度加大，不仅可以实现工作面采放均衡生产、提高工作面回收率，而且为配备大功率后部输送机提供了空间，有利于工作面快速放煤。另外，割煤高度增加也使工作面通风断面加大，降低瓦斯浓度，减少工作面的安全隐患。

### （二）关键技术描述

关键技术一：发明大采高综放液压支架围岩耦合动态设计方法，大幅提升液压支架与围岩的适应性；发明双伸缩抗冲击立柱、中缸复合密封圈密封结构、1000L/min 大流量安全阀快速卸载及实验装置，提升液压支架可靠性；

关键技术二：发明采用双前双后连杆稳定机构、连杆之间设置人行通道、强扰动式尾梁一插板放煤机构的新型放顶煤液压支架，创新研制首台套工作阻力 15000kN、最大高度 5.2m 的大采高放顶煤液压支架；

关键技术三：研制新型大采高放煤过渡液压支架和放顶煤端头液压支架，与中部支架形成完整的大采高综放工作面高效支护系统。

## 主要技术指标

（一）支架工作阻力 15000kN，支护高度 3.2~5.2m。

（二）支架寿命通过 50000 次循环加载型式试验，大修周期达到 2000 万吨以上。

（三）端头和超前支架能有效维护大采高综放工作面顶板，实现工作面连续、自动化推进。

## 典型案例及成效

本项目成果在大同塔山、同忻、华亭等矿井推广使用 10 套以上，为煤炭企业创造效益达 20 亿元以上。该项目可以辐射到西部地区相同地质条件的矿井，解决特厚煤层开采难题。

此外，本项目研究成果还对钢铁行业、大型结构件制造加工、仪器仪表检测等领域的技术进步具有重要的推动作用；对于提升我国的基础工业水平、促进高端制造业的快速发展、增强企业参与国际市场竞争的能力具有重要意义。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司

联系人：王国法

联系方式：13801233571

E-mail: wangguofa@tdkcsj.com

# 19 煤矿巷道高预应力锚杆支护技术

## 适用范围及推广前景

该技术适用于特厚煤层综放开采大断面全煤巷道、强烈动压影响巷道、千米深井高应力巷道、深部矿井沿空留巷、软岩含水地层巷道、小煤柱沿空掘巷、近距离煤层群巷道等各类复杂困难巷道。目前已在大同、潞安、晋城、淮南、平庄、新汶、宁东、汾西、平朔等 10 余个矿区进行了推广应用，推广前景十分广阔。

## 技术内容

### （一）基本原理

针对复杂困难巷道存在的锚杆与锚索破断、支护构件失效、预应力施加困难等问题，提出了高预应力一次支护理论，开发了先进、实用的高预应力锚杆与锚索系列支护材料、配套支护构件，研制了锚杆与锚索高预应力施加机具，精细化地研究了支护材料与构件的力学性能，形成了煤矿巷道高预应力强力锚杆支护成套技术。

### （二）关键技术描述

（1）研制出钢号为 500-830MPa 系列高强度、高冲击韧性锚杆材料；（2）开发出 1×19 结构、 $\phi 18\text{mm}-\phi 28.6\text{mm}$  系列大吨位、高延伸率锚索及配套构件；（3）开发出与强力锚杆配套的系列支护构件；（4）发明了定力矩锁紧预应力锚杆液压张拉器等高预应力施加机具；（5）精细化地研究并得出系列支护材料及构件力学性能。

### （三）技术流程

对煤矿巷道围岩进行地质力学测试，基于地质力学测试结果进行煤柱优化和巷道支护设计，提出基于高预应力一次支护理论的设计方案，采用开发的支护材料、构件及施工机具进行井下施工，通过在线矿压监测评估支护效果。

## 主要技术指标

- （一）形成钢号为 500-830MPa 系列高强度、高冲击韧性锚杆材料；
- （二）形成 1×19 结构、 $\phi 18\text{mm}-\phi 28.6\text{mm}$  系列大吨位、高延伸率锚索；
- （三）研制高预应力施加机具，锚杆预紧力达到 120kN 以上。

## 典型案例及成效

同煤大唐塔山煤矿 8105 工作面 5105 回风顺槽，巷道宽度为 5.5m，高度为 3.6m，属于典型的大断面巷道。巷道穿越多条断层，同时还受临近 8104 工作面及 8105 工作面两次工作面采动影响。在该巷采用了新开发的高强度锚杆、锚索支护材料与高预紧力施工机具，在巷道围岩地质力学评估的基础上进行了高强度、高预紧力锚杆支护设计。从矿压监测结果来看，巷道变形量较原支护明显减小，巷道断面收缩率小于 4%，支护状况发生了根本性的改变。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司  
联系人：姜鹏飞  
联系方式：13488684058  
E-mail: jiangpengfei@tdkcsj.com

# 20 大型矿山提升关键技术

## 适用范围及推广前景

大型矿山提升关键技术适用于我国大型及特大型矿井提升。

煤炭资源开采向着深部化、大型化方向发展，国家 14 个大型煤炭基地的煤炭产量约占全国总产量的 90%，未来我国还将建设一大批大型矿井，因此该成果推广应用前景广阔。

## 技术内容

### （一）基本原理

针对国产提升装备的年提升能力小，无法满足大型矿井提升载荷大、速度快、工况复杂等要求，自主研发了大型提升机及其运行状态监测系统、高可靠性制动系统、大型曲轨自动卸载箕斗及其称重装置，提升装备满足了我国大型矿井对提升能力的需求。

### （二）关键技术描述

关键技术一：开发了大型提升机的双电机直联驱动技术。  
关键技术二：研制了保障大型提升机安全运行的高可靠性制动系统。  
关键技术三：研发了大型提升机运行状态监测系统。  
关键技术四：研制了大型曲轨自动卸载箕斗及其称重装置。

### （三）技术流程

本工艺技术主要包括提升机大功率传动、重型传动主轴材料与制造工艺、高性能摩擦衬垫、高速重载下可靠制动、大型提升箕斗及其装卸载等关键技术。

## 主要技术指标

大型提升机摩擦轮（卷筒）直径 4.5~6m、拖动功率达 2×3000kW。

## 典型案例及成效

研制的大型提升机已在安徽淮南、山东兖州、甘肃华亭等全国多座矿井以及安徽铜陵冬瓜山铜矿、湖北武钢程潮铁矿等多个金属矿山推广应用；大型曲轨自动卸载箕斗已在安徽淮南、山东新汶、河北开滦等全国多座矿井以及湖北武钢程潮铁矿、河北邯郸北铭河铁矿等多个金属矿山推广应用。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学、中信重工机械股份有限公司、徐州煤矿安

全设备制造有限公司、中实洛阳工程塑料有限公司

联系人：彭玉兴

联系方式：13805209649

E-mail: pengyuxingcumt@126.com

## 21 两柱式超强力放顶煤液压支架

### 适用范围及推广前景

西部矿区 10~20m 特厚煤层储量丰富，综采放顶煤一次采全厚是实现其安全高效开采的最佳途径。两柱超强力大采高放顶煤液压支架适于自动化控制，有利于全面提升煤矿生产装备智能化、自动化水平，提高放顶煤回收率 1.5%以上，具有推广前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

建立两柱放顶煤液压支架与特厚煤层围岩耦合关系模型，得出支架的最佳结构参数；研究采用新的定位基点和误差积累处理算法实现液压支架姿态描述与定位；采用逻辑运算和智能决策技术实现护帮、姿态调节和初撑力的自动控制；建立以时间为主控制因子的放顶煤程序自动控制与人工干预协调的工艺参数和生产过程控制机制，实现智能化放煤

#### （二）关键技术描述

关键技术一：动态边界条件下的 2.05m 大中心距液压支架结构优化

关键技术二：两柱放顶煤液压支架智能耦合关键装置

关键技术三：特厚煤层放煤工艺及自动化放煤控制系统

关键技术四：综放工作面后部输送机交叉侧卸技术

### 主要技术指标

（一）两柱式超强力放顶煤液压支架：2.05m 中心距，工作阻力 18000kN，最大支撑高度 5.5m；支架与围岩自动耦合响应时间 $\leq 3s$ ；试验寿命 60000 次循环加载；

（二）液压支架智能耦合控制装置：数据传输误码率 $\leq 1 \times 10^{-6}$ ；支架顶梁倾斜姿态调节误差 $\leq 5\%$ ；

（三）两柱大采高放顶煤液压支架放煤自动控制系统，实现以时序控制为主，人工干预为辅的自动放煤控制，高效放煤机构调整响应时间 $\leq 2s$ ；

### 典型案例及成效

两柱放顶煤液压支架在澳大利亚澳斯达、神华集团神东矿区、万利柳塔、淄博、淮北、龙口、大同、济宁、鄂尔多斯、邢台等矿区推广应用。据不完全统计，实现直接收入 100 多亿元，外汇收入 2.2 亿美元。本项目发展和完善了我国综采放顶煤技术体系，使我国综放开采技术水平迈上一个新台阶，确立了我国综放开采技术在国际采矿技术领域的领先地位。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司  
联系人：王国法  
联系方式：13801233571  
E-mail: wangguofa@tdkcsj.com

# 22 大运量长距离顺槽带式输送机

## 适用范围及推广前景

随着高新技术应用，综采成套设备的设计生产能力已经达到 3000t/h 以上，工作面走向长度超过 6000m，工作面年产量已达到 8~14Mt，出现了“一矿一面”的高效集约化生产模式，必须采用大运量长距离顺槽带式输送机以满足高产高效集约化矿井工作面生产的要求。随着国家产业政策的调整，国内煤矿正在向高产高效、大型化、现代化转变，每年新增高产高效工作面超过 50 个，大运量长距离顺槽带式输送机具有广泛的推广应用前景。

## 技术内容

1、CST 可控软启动装置或大功率低压防爆变频技术，实现带式输送机慢速启动。

2、中间驱动功率平衡控制技术，在不提高输送带强度等级前提下，最大限度地增加单机长度，使得单元驱动装置小型化、通用性强，单元驱动装置的功率保持在一个较为经济合理的范围内，降低输送机的投资费用。

3、自控张紧装置及控制技术，能随着输送带张力变化而能自动地调节张力与张紧行程，始终保持输送带所规定的挠度，响应速度快。

4、高强度高可靠性的储带技术，实现输送带不跑偏，张紧小车、托辊小车不掉道，托辊小车自动定位。

5、液压卷带技术，卷带方便、可靠、快捷，可极大地提高工作效率，降低劳动强度。

6、智能化电控技术，满足输送机动态仿真、可控软启制动、中间驱动、功率平衡、带速同步、自控张紧、机尾自移以及各种保护、通信与信号联络等综合功能的要求，构成由数据采集、处理、存储、传输、故障诊断与查寻、反馈等组成的自动监控系统。

## 主要技术指标

运量 2500~4500 t/h，运距 > 6000m，带宽 1400、1600mm，带速 0~4.5m/s，带强不大于 PVG2500S，储带能力 ≤ 200m，功率 (3+3) × 500~1000kW；

## 典型案例及成效

研制的顺槽带式输送机在国内千万吨工作面得到广泛应用，取得了巨大的经济效益。典型案例有：神东公司上湾、补连塔、大柳塔等矿，运量 4500 t/h，运距 6000m，带宽 1600mm，提升高度 60m，带速 4.5m/s，带强 PVG2000S，功率 (3+3) × 560kW，储带能力 200m，采用 1140V 低压变频驱动技术及变频绞

车自动张紧，运行无故障，维护工作量小。年运量超过 1400 万吨。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团上海有限公司

联系人：张炳福

联系方式：13651697710

E-mail: zhangbfu@163.com

## 23 智能化超重型岩巷掘进机

### 适用范围及推广前景

智能化超重型岩巷掘进机是为适应大断面岩巷掘进研制开发的一种智能化程度高、性能可靠的高效掘进装备。该机重 140t，采用转速自动调节智能截割机构、大断面岩巷掘进机稳定支撑机构、岩巷掘进防卡链装运机构。通过掘进机在线状态监测与故障诊断技术，动载荷识别等技术，实现截割输出扭矩和转速调节自适应控制，可截割岩石单向抗压强度 120MPa。提高我国岩巷掘进效率，应用前景良好。

### 技术内容

#### （一）基本原理

本项目通过攻克掘进机截割工况识别和截割转速自动调节技术、岩巷掘进防卡链技术、大断面岩巷截割稳定性技术、岩巷掘进干式除尘技术、综掘超前探测技术等技术难题，研制出智能化超重型岩巷掘进机。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：研究截割头转速自动调节的智能截割技术，实现对不同性质岩石的自适应截割，大幅提高破岩效率及可靠性。

关键技术二：研究适合于重型岩巷掘进机截割时稳定支撑技术，提高截割稳定性。

关键技术三：研制适用于岩石物料运输的防卡链高效装运系统，降低卡链故障率，提高岩巷掘进的装运效率。

关键技术四：基于激发极化理论，研究适用于煤矿井下巷道掘进的超前探测技术，利用电场约束原理，研制出电场约束法超前探测仪器，实现对探测区域的角度扫描和深度扫描，确定地质异常体的方位。

### 主要技术指标

研制截割功率 450kW 的岩巷掘进机，可截割岩石单向抗压强度 120MPa。在硬度 80~120MPa 岩巷中工业性试验三个月（90 个工作日），累计进尺 750m（标准断面 8m<sup>2</sup>），其中最高月进尺达 300m（标准断面 8m<sup>2</sup>），掘进机无故障率≥90%。

### 典型案例及成效

交流变频调速控制技术应用于智能化超重型岩巷掘进机的截割头转速自动

调节，可以有效提高掘进机的截割适应性，减少掘进机的过载损害，降低截齿消耗和无功电能损耗，提高掘进机效率和稳定性，降低整机的振动，通过技术攻关，确定了截割转速交流变频调速技术的研究方案，完成了掘进机用 630kVA 变频器的试制。

研制截割刀具试验台，该实验台能够对截割过程实现自动化、参数化控制，对截割过程中形成的截割三向力进行记录，分析切削厚度、截割速度和刀具角度对截割阻力的影响，从而研究截割头设计参数的匹配关系，并将研究结果应用于高性能截割头的优化设计。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：山西天地煤机装备有限公司

联系人：樊运平

联系方式：13934600674

E-mail: tykjfz@sina.com

## 24 大断面煤巷快速掘进技术及装备

### 适用范围及推广前景

本项目研制的配有机载锚杆钻机的大断面煤巷重型掘进机具有技术先进、自动化程度高的特点。用于煤巷或半煤岩巷掘进。该机多项技术属国内外领先的新技术和创新技术，代表了国内掘进机的发展趋势。该机经济截割硬度  $f \leq 8$ ，适用于各种类型底板，坡度  $\pm 16^\circ$  的煤矿采准巷道掘进，也可用于铁路、公路、水利工程等隧道施工。

### 技术内容

#### （一）基本原理

针对我国大断面煤巷掘进条件，采用地面试验与井下工业性试验相结合的方式，通过对高效截割技术、高效装运技术、截割断面监视技术、掘进与支护一体化作业技术等研究，开展了大断面煤巷快速掘进装备的研制和大断面煤巷快速掘进工程示范的研究工作，研制成功了配有机载锚杆钻机的大断面煤巷重型掘进机。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：首创双齿条齿轮回转机构，同比油缸推拉式回转机构，截割牵引力提高 40% 以上，且回转牵引力始终保持恒定，提高了截割稳定性。

关键技术二：采用鱼脊梁分体式，改向链轮前置的高效装运机构，可扩大刮板机的主动受煤能力，提高装载机构的装运效率。

关键技术三：采用双速截割机构，在同一巷道内根据煤岩特性，可以方便的切换高低两种不同截割速度，提高截割效率。

### 主要技术指标

研制配有机载锚杆钻机的大断面煤巷掘进机 1 台，可掘最大断面  $30\text{m}^2$ ，该机在煤岩单向抗压强度  $\leq 80\text{MPa}$ ，顶板复杂条件，巷道断面  $22\text{m}^2$  的煤巷中配备综

掘作业线，通过掘进及支护一体化施工，月进尺达到 600m。

### 典型案例及成效

本项目工程示范地位于同煤集团晋华宫矿，煤层赋存稳定，西部发育两层夹石，东部发育一层夹石，总体为一单斜构造，该机在 23.1m<sup>2</sup> 的煤巷中配备综掘作业线，通过掘进及支护一体化施工，月进尺达到了 609m。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国煤炭科工集团太原研究院有限公司

联系人：樊运平

联系方式：13934600674

E-mail: mkyfyp@163.com

## 25 掘进机远程控制技术及监测系统

### 适用范围及推广前景

掘进机远程控制技术及监测系统适用于煤矿井下大型采掘装备的掘进作业。

该技术已成功应用于石家庄煤矿机械有限责任公司生产的多种机型掘进机及多家煤矿，系统稳定可靠，应用效果良好，具有较好的应用推广前景。该技术既可完成近地点自动定向掘进控制，也可完成远程可视化自动控制及监测，实现掘进工作面的无人化，消除安全生产隐患，使高突工作面的作业更加安全，对提高我国煤炭资源的开采能力，避免或减少井下开采中重大人员伤亡的发生具有重要的意义。

### 技术内容

#### （一）基本原理

综合应用自动化、智能化和信息化等高新技术研制出适合煤矿综掘工作面地质与环境条件的掘进机远程监测和控制关键技术。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：掘进机任意断面自动截割成形控制技术；

关键技术二：基于多参数判断的截割臂摆速自适应控制技术；

关键技术三：掘进机机身位姿参数在线自动检测技术，可实现机身 5 个位姿参数的绝对法自动检测和显示；

关键技术四：基于多参数负反馈控制的定向掘进控制技术；

关键技术五：掘进机井下可视化远程监控技术与远程无线遥控技术；

关键技术六：基于多路隔爆型摄像仪的视频监控技术；

关键技术七：地面远程可视化监测诊断技术。

### 主要技术指标

（一）掘进巷道截割断面边界最大误差<10cm；

（二）掘进机水平偏角检测最大误差<0.1°；

- (三) 掘进定向最大误差 $<10\text{cm}$ ;
- (四) 掘进机远程控制距离 500~1000m 或更远;
- (五) 掘进机及工作面远程监测距离 500~20000m;
- (六) 视频信号同时传输数量 $\geq 6$  路。

### 典型案例及成效

2011 年, 该技术应用于石家庄煤矿机械有限责任公司出产的 EBZ200 半煤岩掘进机, 在邯矿集团云驾岭矿开展工业性试验。掘进机具有自动截割成形、位姿检测及自动纠偏、远程遥控、视频监控、远程监测及故障诊断功能, 实现了掘进远程控制、掘进工作面掘进过程无人化。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位: 中国矿业大学(北京)  
联系人: 吴淼  
联系方式: 13701021659  
E-mail: wum@cumtb.edu.cn

## 26 大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术

### 适用范围及推广前景

大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术适用于  $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$  大倾角煤层的安全高效开采, 研制的液压支架及其电液控制系统、电牵引采煤机和刮板输送机成套装备已投入批量生产, 实现了产业化, 解决了大倾角煤层开采的装备技术难题, 使约占我国煤炭资源总储量 30%, 制约我国 60% 以上矿区的大倾角煤层资源得到了高效开采和利用, 应用前景广阔。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

本项目集成计算机仿真、先进制造、电液控制、岩层运动与顶板控制、变频调速、材料强化等多领域技术创新, 攻克了大倾角煤层综采综放工作面成套装备关键技术, 实现了  $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$  大倾角煤层的安全高效开采。

#### (二) 关键技术描述

1. 提出了液压支架多学科协同设计、协同仿真与协同优化技术, 发明了大倾角低位放顶煤液压支架以及滑靴式抬底机构等新结构和元部件, 解决了  $35^{\circ}\sim 55^{\circ}$  大倾角煤层液压支架防倒防滑和稳定性控制的关键技术难题。

2. 创新了采煤机四象限交流变频电牵引、制动技术, 发明了延长采煤机导向滑靴使用寿命的结构和工艺, 创新研制了适用于  $55^{\circ}$  大倾角煤层的电牵引采煤机, 解决了采煤机牵引、制动困难和可靠性差的技术难题。

3. 创新研制了大倾角刮板输送机, 发明了刮板输送机圆环链单环回火处理技术与工艺, 解决了刮板输送机整机下滑及圆环链损坏率高的技术难题。

4. 建立了工作面设备总体配套技术体系, 解决了大倾角煤层综采综放工作面成套设备协调、稳定和可靠运行的技术难题。

## 主要技术指标

(一) 研制的大倾角煤层综采综放工作面成套装备适用工作面采高 4.8m，倾角达到 56°，煤炭回收率>85%。

(二) 液压支架单架循环工作时间降至 10 秒以下，采煤机导向滑靴寿命提高了 46%，刮板输送机圆环链的使用寿命提高 35%。

## 典型案例及成效

本项目研制的成套装备已在西安煤矿机械有限公司、中煤张家口煤矿机械有限责任公司、四川神坤装备股份有限公司、中煤北京煤矿机械有限责任公司等煤机装备制造企业投入批量生产，实现了产业化，在内蒙古福城矿业有限责任公司等 30 多个矿井的大倾角煤层推广应用，提高了煤炭回采率和安全性，对增强我国煤机装备的研发能力和国际竞争力、推动行业技术进步具有重大作用，2009-2011 年，创造经济效益 120 多亿元。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：山东科技大学机电学院

联系人：张鑫

联系方式：13573267286

E-mail: zhangxinmt@163.com

# 27 综采工作面采煤机精确定位技术

## 适用范围及推广前景

综采工作面采煤机精确定位技术适用于采煤机智能化、综采工作面自动化与智能化以及地下其它移动装备的定位定姿。

综采工作面采煤机精确定位技术是在国家 863 计划课题支持产出的技术成果，利用综采工作面采煤机精确定位技术可以提供采煤机在综采工作面的实时作业位置和姿态，是实现自动化采掘关键设备，因此本研究成果对加速我国实现采掘工作面自动化与无人化具有重要作用和推广前景。

## 技术内容

### (一) 基本原理

采煤机是长壁综采工作面的核心装备，它直接作用于待采煤岩，刮板输送机与液压支架服务于采煤机实现煤岩截割及装煤。采煤机底板截割轨迹决定了刮板输送机的姿态，顶板截割轨迹确定了液压支架的支护空间，行走轨迹反应了刮板输送机的推移直线程度。通过快速、精确定位导航技术实现采煤机在地质空间的绝对定位是实现采煤机自动调高、综采工作面自动校直的关键技术。针对综采工作面“三机”工作特点，开展了工作面煤层地理信息系统、采煤机高速自主定位定姿系统、采煤机自适应调高、工作面自动动态校直等关键技术研究，解决了采煤机有效感知煤层、地质条件异常情况下的采煤机自动调高、工作面自动校直等技术问题，为综采工作面全面实现自动化、智能化提供了有力支撑。

## (二) 关键技术描述

关键技术一：可视化工作面煤层地理信息系统软件。利用震波 CT 探测技术对工作面煤层进行精细勘探，结合工作面钻探数据、巷探数据，在 ArcGIS 平台下开发了工作面煤层顶底板可视化软件。该软件不但包括煤层顶底板绝对位置、煤层厚度变化等地质信息，还可融合工作面采煤机位置、姿态数据。

关键技术二：采煤机高速自主定位定姿系统。开发了 ARM 系统为核心的机载式采煤机高速自主定位定姿系统，实现了采煤机绝对牵引方向、牵引速度、位置及姿态、左右摇臂摆角等参数的高速测量；开发了采煤机专用滤波算法，抑制了惯性元件的漂移，实现稳定测量采煤机截割轨迹和运行轨迹。

关键技术三：采煤机自适应调高技术。以采煤机记忆截割为基础，利用历次采煤机截割轨迹形成的截割模型与工作面 GIS 系统建立的煤层模型进行对比，获得调高参数，使采煤机具备了在褶皱、断层等地质异常情况下的自动截割，实现采煤机对工作面煤层的自适应调高。

关键技术四：综采工作面自动动态校直技术。载有绝对方位信息的采煤机运行轨迹反映了刮板输送机直线程度，开发了以采煤机运行轨迹为基础的工作面自动校直算法及其控制系统，实现工作面自动动态校直以及倾斜工作面自动调伪倾斜控制。

## (三) 工艺流程

综采工作面采煤机精确定位技术的实施工艺流程为（如图 4）：首先利用精细物探技术建立工作面地理信息系统，利用采煤机定位系统测量采煤机绝对牵引方向、牵引速度、位置及姿态、左右摇臂摆角等参数，获得采煤机运行轨迹与截割轨迹，并与工作面地理信息系统融合，实现采煤机自适应煤层条件的自动调高、工作面自动动态校直。

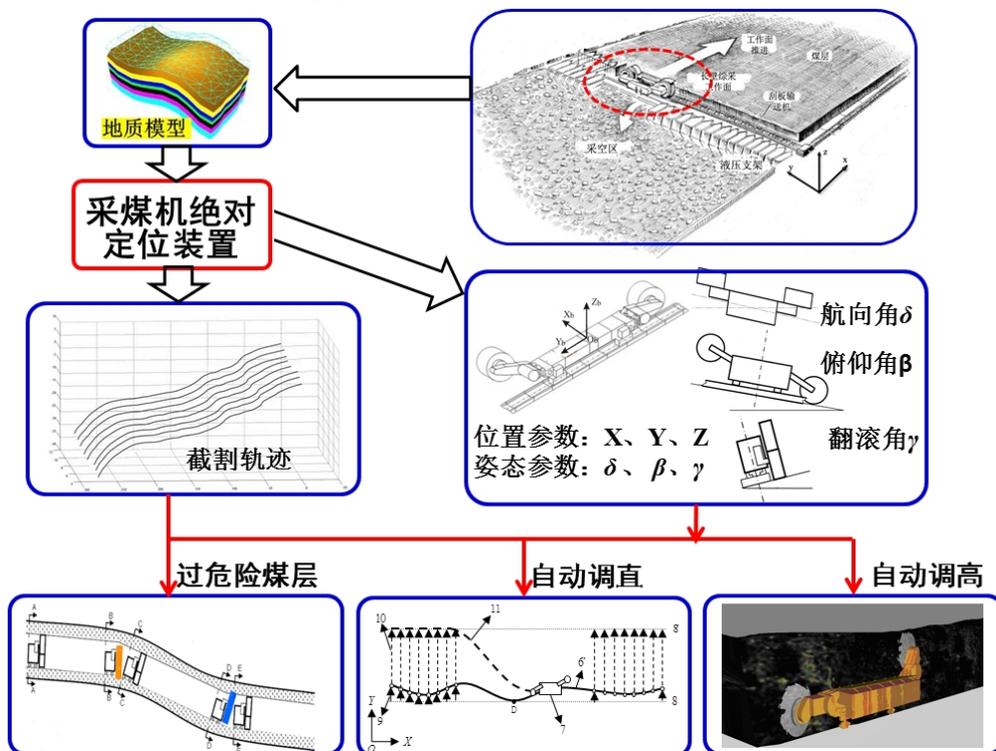


图 4 综采工作面采煤机精确定位定姿技术及其应用原理示意图

## 主要技术指标

表 1 综采工作面采煤机精确定位系统技术参数表

姿态量程	横滚: $\pm 90^\circ$ , 俯仰: $\pm 90^\circ$ , 航向: $0\sim 360^\circ$
航姿精度 (动态)	航向: $0.05^\circ$
	横滚/俯仰: $0.01^\circ$
分辨率	$0.05^\circ$ @横滚/俯仰角 $0.1^\circ$ @航向角
预热时间	$\leq 10\text{min}$
初始对准时间	$\leq 5\text{min}$
热启动时间	2s
刷新率	50Hz
供电	AC127V
功耗	120W
输入	采煤机左右摇臂摆角、牵引部牵引速度
输出接口	TCP/IP、RS485
输出信息	采煤机姿态 (横滚、俯仰)、采煤机航向、采煤机截割轨迹、采煤机运行轨迹
工作温度	$-40\sim 75^\circ\text{C}$
防护等级	IP67
冲击	$< 25\text{g}$
外形尺寸	330x230x110mm

## 典型案例及成效

典型实例：山西某煤矿综采工作面采煤机精确定位

2013年9月~2014年8月,在山西某煤矿18201工作面,开展了震波CT工作面精细物探,建立了工作面地理信息系统;开发了工作面地理信息系统与采煤机定位定姿硬件与软件系统,自2013年9月,对该系统分段进行调试、详细测试。通过现场测定,该装置运行正常、平稳可靠,定位精度达到10cm/m,实现了采煤机自动调高,并能实时直观的给出采煤机行走轨迹、截割轨迹及其与煤层顶底板关系。包含该技术十二五智能制造装备发展专项“煤炭综采成套设备智能系统开发与示范应用”项目已通过国家验收。对基于GIS采煤机定位系统进行了煤层勘探、安装、调试、试生产,并对该系统的稳定性、定位准确性、软件操作、硬件运行分段进行调试、详细测试。通过现场测定,该装置运行正常、平稳可靠,定位精度达到10cm/m,实现了采煤机自动调高,并能实时直观的给出采煤机行走轨迹、截割轨迹及其与煤层顶底板关系。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：王世博

联系方式：13814420728

E-mail: wangshb@cumt.edu.cn

## 28 煤炭综采智能化控制平台

### 适用范围及推广前景

该平台集综采工作面智能感知、决策和执行功能为一体，以实现综采工作面常态化无人作业为目标，采用可视化远程干预技术，通过智能控制平台的逻辑控制实现煤矿综采工作面割煤、推溜、移架、运输、灭尘等综采设备的智能化运行，实现综采工作面的安全、高效和自动化开采。目前全国共有综采工作面 3000 个左右，智能化开采工作面仅占综采工作面的 1%。我国煤矿恰逢向高产、高效、信息化、智能化方向转型升级的关键时期，对智能综采设备具有广泛的需求，因此该平台具有较好的市场前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

该平台以井下监控中心和地面监控中心为控制核心，以压力、行程、姿态、环境等多种传感器为感知系统，依据智能化采煤工艺，控制采煤机实现记忆割煤，控制液压支架和刮板输送机等设备实现跟机自动化操作，实现综采工作面的自动化采煤，自动化采煤过程中监控中心操作人员通过监视工作面的实时视频场景对自动化采煤过程中动作不到位的设备进行查看，并通过远程遥控干预的方式对该设备进行控制，实现设备的自动归位。采煤的整个过程中仅有 2 名监控中心操作人员和 1 名工作面巡视人员（不操作设备），达到工作面内“有人巡视、无人操作”的要求，实现工作面内智能化的无人采煤。

#### （二）关键技术描述

核心技术包括采煤机记忆截割技术、自动化运行可靠性保障技术、跟机自动化技术、视频场景远程实时呈现技术、视频拼接技术、煤矿井下设备远程实时控制技术和集中控制技术、智能集成供液技术等。

#### （三）技术流程

按照“有人巡视、无人操作”要求，首先由监控中心操作人员利用远程启停技术实现集成供液系统、皮带机、刮板输送机等辅助设备的开启，然后启动采煤机记忆截割和工作面跟机自动化功能，实现工作面的正常割煤，对自动化采煤过程中出现的设备不到位问题，监控中心操作人员及时进行远程干预控制。

### 主要技术指标

工业以太网通信平台带宽为 1000Mb/s；高清视频 720P；系统控制延迟不大于 200ms；平均故障率小于 1%；作业人员减少 50%；工作面回采率大于 95%。

### 典型案例及成效

陕煤黄陵矿业有限公司一号煤矿通过应用该技术在国内外率先实现了地面远程操控采煤的功能，实现了“有人巡视、无人操作”的常态化运行和采煤机、刮板输送机、转载机、皮带机、泵站等设备的一键起停，将工作面人员由 11 人减为 3 人，实现了工作面内 1 人巡视的“无人操作”，年产量达到 200 万吨，生产

效率提高了 25%以上，安全生产“零”事故。智能化无人开采技术的成功应用填补了我国煤矿综采工作面智能化无人开采的空白，对我国煤矿实现转型升级和减少煤矿事故具有重要意义。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：北京天地玛珂电液控制系统有限公司

联系人：田成金

联系方式：13911487886

E-mail: tcj@tdmarco.com

## 29 高速高可靠性电牵引采煤机技术

### 适用范围及推广前景

高速高可靠性电牵引采煤机具有高速高可靠性截割牵引机构、高强度摇臂壳体等功能特性，使煤矿高效开采成为可能，其在煤岩识别工况自适应、摇臂故障智能诊断预测等方面取得的技术突破将把国产采煤机的智能化水平提升到前所未有的高度，从而打破国外高端采煤机在我国的技术垄断。本成果特别适用于我国安全高效矿井建设，尤其适用于具有无人自动化开采要求的煤炭生产。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过研究采煤机牵引系统、摇臂壳体、煤岩界面识别工况自适应技术、摇臂故障诊断系统，研制出具有较高智能化水平的高速高可靠性电牵引采煤机，满足安全高效矿井生产需求。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：基于动力学仿真的高速高寿命牵引机构。建立采煤机牵引机构参数化模型，通过动力学仿真得到最佳齿形曲线；通过行走轮齿形、强度和断裂理论及表面强化技术，保证高速牵引条件下的高可靠性。

关键技术二：煤岩识别工况自适应智能控制技术。研究煤岩分界表征信号的产生机理与传播特性，开发稳定、高抗干扰的煤岩分界表征信号检测技术，开发专用复合型传感器及基于高性能 DSP 处理器的嵌入式煤岩识别智能调高控制装置。

### 主要技术指标

- （一）高速采煤机牵引系统，截割牵引速度达 17.5m/min；
- （二）煤岩抗压硬度差大于 20MPa 时，煤岩分界面识别率大于 75%；
- （三）重型摇臂的壳体硬度达到 200HB 以上，抗拉强度达到 700MPa 以上。

### 典型案例及成效

开发的高速牵引系统，牵引速度达 17.5m/min；开发了 900kW 摇臂，壳体

硬度 $\geq 200\text{HB}$ ，抗拉强度 $\geq 700\text{MPa}$ ；目前已经开发了改进版（第二版）煤岩识别装置样机，实验室验证效果较佳，拟于 2015 年 3 月份同新开发的项目样机 MG900/2400-WD 型采煤机一并投入工业性试验验证（伊泰集团）。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司上海分公司

联系人：钱立全

联系方式：13817239575

E-mail: liquanqian@126.com

## 30 薄煤层机电一体化开采关键技术及装备

### 适用范围及推广前景

我国薄煤层资源丰富，分布广泛，已探明可采储量为 61.5 亿吨，约占总可采储量的 20%。由于薄煤层开采单产低、生产成本低，缺乏适合的开采装备，致使很多煤炭企业放弃薄煤层开采，造成煤炭资源的严重浪费。项目成果解决了厚 1.0m 以上、倾角  $45^\circ$  以下薄煤层的综合机械化开采难题，随着厚及中厚煤层的储量日趋减少，薄及极薄煤层将成为主采煤层，项目成果已在山东、重庆、四川等地薄煤层矿区得到应用，推广前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

研发适于厚 1.0m 薄煤层开采的电牵引滚筒采煤机、大运量低槽帮刮板输送机、支撑高度 0.65~1.3m 的掩护式液压支架及其电液控制系统等薄煤层机电一体化高效开采成套装备与技术，并在大倾角及缓倾斜煤层进行工业性试验及推广。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：采煤机总体设计采用多电机纵横布置方式——即截割部采用单个截割电机纵向布置在摇臂的煤壁侧，牵引部采用单个电机横向布置在机身煤壁侧。

关键技术二：基于嵌入式系统和网络控制功能的薄煤层采煤机自动化系统。

关键技术三：近水平和大倾角薄煤层高效开采工艺，实现薄煤层条件下工作面快速推进、大倾角薄煤层中设备防倒防滑等。

### 主要技术指标

研制开发出具有自主知识产权的紧凑型薄煤层滚筒采煤机，总功率约 238kW，适应煤层厚度下限 1.0m。研究近水平和大倾角薄煤层高效开采工艺，并进行工业性试验，年产量达到 50~80 万 t，回采率达到 85% 以上。

### 典型案例及成效

项目所研制的薄煤层机电一体化高效开采关键技术与装备在山东枣庄蒋庄

煤矿、新汶协庄煤矿薄煤层工作面进行了成功开采，蒋庄煤矿工作面月产量达到40620t，回采率达到97%以上；协庄煤矿工作面平均月产3.6万t，与炮采工艺对比，平均日产是炮采工艺的6.6倍，工效提高了14.6%，回采率达到97%以上。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地科技股份有限公司开采设计事业部  
联系人：毛德兵  
联系方式：13911586322  
E-mail：maodebing@tdkcsj.com

## 31 矿用 3G 无线通信系统

### 适用范围及推广前景

矿用 3G 无线通信系统井下基站、手机等设备均为矿用本安型设计，适合在煤矿井下安装使用。随着我国煤炭行业现代矿井的建设，煤矿井下通信系统成为煤矿井下现代化子系统建设不可缺少的一环，有效的提高了煤矿生产管理效率，同时随着无线通信系统功能的不断拓展，系统将为建设信息化矿井提供了有力的支撑，提高我国矿井的现代化建设水平，市场前景广阔。

### 技术内容

系统采用标准工业以太网结构，利用 TCP/IP 协议，Wi-Fi 协议、DSL 以及地面成熟的 3G 无线通信等技术开发矿用无线通信系统，系统注册用户数不小于 5000 门，实现了全矿井有线、无线语音通讯与扩音广播语音通讯，语音通讯音质好、掉话率低，系统带宽高，能够实现数据、视频与语音的共网传输，可以融合安全监控、视频监控、移动办公等多种增值业务。系统组成井下工业以太环网，无需额外建设专用的语音传输线路，可减少线路建设的投入；并允许其他系统接入。系统通讯设备采用了标准 TCP/IP 协议，具有远程 WEB 管理功能。无线基站之间采用光缆或者双绞线连接，光纤传输可以自成环网确保系统可靠性，工作面基站采用 DSL 传输，便于基站的移动覆盖。

### 主要技术指标

(一) 系统容量：

Ø 用户容量：2000 个话音用户

Ø 中继容量：8 个 E1 中继接口

Ø 支持接入基站数：72 个

Ø 同时通话用户：TD 系统：23 个/扇区、CDMA 系统 30 个/扇区、WCDMA 系统 32 个/基站）、WIFI 系统：16 个；

(二) 传输距离

Ø 无线覆盖范围：手持机在系统无线覆盖范围内实现无线通信，定向天线在其辐射方向无线覆盖范围不小于 500~700 m；

Ø 井下总覆盖距离：不小于 60km；

(三) 主要功能：除移动语音通信、短信功能外，还实现了移动多媒体服

务系统，主要包括移动视频监控、无线监测浏览、移动 IP 网络广播对讲系统、移动井下人员定位监测查询、移动报警功能、移动考勤统计功能、移动 OA、移动信息发布等功能。

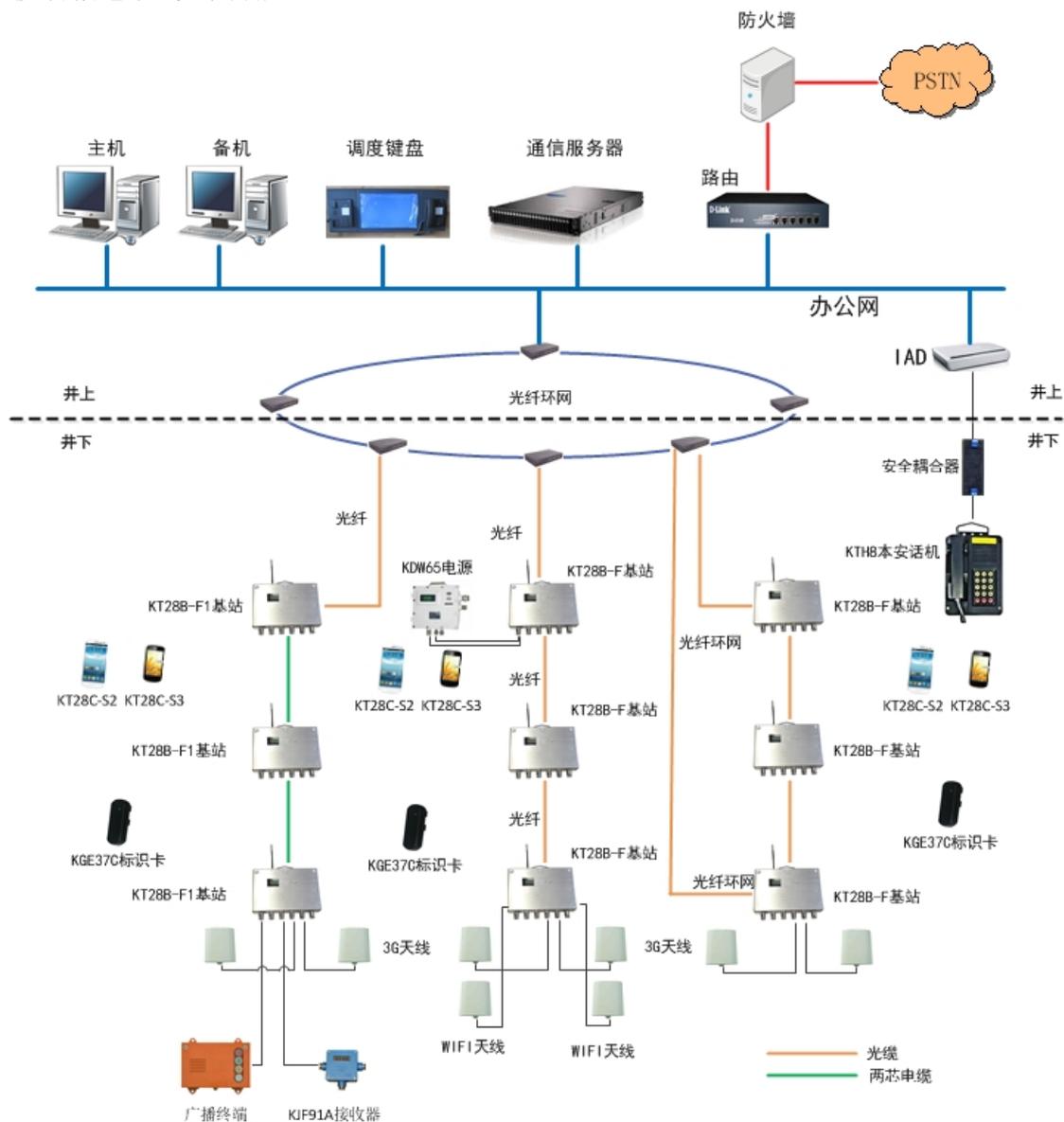


图 5 矿用无线通信系统示意图

### 典型案例及成效

系统已在山东柴里煤矿、北徐楼煤矿、古城煤矿、甘肃华亭煤矿等多个煤矿进行了现场使用，系统解决了煤矿井下通信不畅的难题，可有效满足井下移动作业人员随时随地保持通信联络的应用需求。同时在矿用 3G 无线网络的基础上，结合智能终端，针对煤矿的应用需求，开发出移动办公、移动视频监控、手机定位、安全隐患管理等行业应用软件，提高了矿井信息化管理水平及安全生产能力，为煤矿安全安全高效生产提供了有效的支撑，取得了较好的应用效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地（常州）自动化股份有限公司

联系人：王海波  
联系方式：0519-86998507/13861262189  
E-mail: whbls@163.com

## 32 采煤机远程控制技术及监测系统

### 适用范围及推广前景

采煤机远程控制技术及监测系统适用于煤矿综采工作面采煤机的远程监测和控制。目前我国正在大力推进煤矿的综采工作面自动化建设，智能化综采装备正在我国大中型煤矿推广应用。另外，我国 1.4 米以下薄煤层可采储量占全国煤炭储量的近 17.5%，薄煤层环境恶劣、开采难度大，相关技术可以推广到薄煤层开采。本项目研究成果应用前景广泛。

### 技术内容

#### （一）基本原理

对采煤机的状态监测系统进行研究，通过对采煤机工作状态的在线监测，利用信息融合技术，实现采煤机滚筒的自动调高以及采煤机的故障诊断和故障预报。通过采煤机的参数检测、控制、信号传输及可视化技术的整合，实现采煤机的远程可视化控制和监测。在此基础上，实现采煤机、刮板输送机和液压支架的协同控制。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：基于无线网状网的采煤机在线状态监测和故障诊断技术。  
关键技术二：采煤机截割滚筒自动调高以及工作姿态的自动控制技术。  
关键技术三：采煤机运行工况的远程可视化监测技术。  
关键技术四：采煤机与关联设备的协同控制技术。

#### （三）技术流程

（1）采煤机远程控制与监测系统技术方案总体构建；（2）研制采煤机远程控制需要的主要装置和系统；（3）采煤机远程控制技术的研究；（4）采煤机远程控制与监控系统技术集成试验；（5）通过以上关键技术的研究及装置开发，经过系统集成和试验，实现采煤机的远程监测与控制。

### 主要技术指标

- （一）采煤机截割高度控制最大误差 $<0.1\text{m}$
- （二）采煤机水平姿态检测最大误差 $<0.1^\circ$
- （三）煤矿综采工作面无线交换机单机传输距离 $>50\text{m}$
- （四）采煤机远程监控距离 $>2\text{Km}$
- （五）采煤机顺槽控制中心总响应时间 $<1\text{s}$

### 典型案例及成效

采煤机远程控制技术及监测系统已经在平顶山天安煤业股份十三矿、平顶山天安煤业股份六矿、义马煤业集团常村煤矿等综采工作面应用。达到了适量减少操作人员、提高设备开机率和改善工人劳动条件的效果。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：王忠宾  
联系方式：13685139527  
E-mail: wzbcmee@163.com

# 33 大采高综放工作面快速搬家工艺及设备

## 适用范围及推广前景

支架搬运车主要用于煤矿井下综采工作面液压支架的整体下井、井下的液压支架倒运和其他重型设备的搬运，是目前国内外新型矿井综采工作面液压支架搬家倒面中理想设备。

随着综采液压支架的发展，工作面支架数量、重量、采高都发生了很大的变化，国产一次采全高工作面液压支架重量已发展到采高达 7m 的近 80 吨，大采高综放工作面搬家工艺及搬家设备将大大减少搬家时间，提高生产效率，并在新建矿井、改扩建矿井等具有广阔应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过综采、综放工作面回撤工艺的研究实施，可以使回撤空间得到安全支护，保证快速搬家设备快速回撤与运输支架，为综采、综放工作面快速搬家提供安全保证。

### （二）关键技术描述

（1）研制了国内外功率最大的 200kW 以上 V 型六缸防爆柴油发动机系统。

（2）研制了集行星减速和大扭矩湿式多盘安全制动一体式行走减速制动器，提高了井下行车安全性能。

（3）研制了车载智能监控系统，实现了车辆各运行状态、故障保护的实时监控。

### （三）技术流程

本项目采用引进消化吸收和自主创新相结合的路线进行，通过调研分析引进同类机型的优缺点和现场使用现状，同时结合国内特厚煤层大采高工作面设备搬家倒面的新特点进行开发。对关键元器件及其重点部件加工工艺进行攻关。对关键部件，包括传动部件、液压元件、电气元件等进行实验室试验，提高可靠性。样机组装调试、出厂检验后在示范点进行工业性试验，根据试验结果进行改进、并向国内推广使用。

## 主要技术指标

重载支架搬运车：  
额定载荷（t）：55；  
外形尺寸（长×宽×高）（mm）：9560×3650×1824；

设备自重 (t) : 32;  
满载行走速度 (km/h) 0~12;  
爬坡能力 (°) : 12;  
防爆后发动机标定功率: 220kW;  
转弯半径: 2800mm (内), 7000mm (外)。

### 典型案例及成效

2010年5月,2台WC55Y支架搬运车在大同煤矿集团塔山矿完成了8105工作面的安装工作。8105大采高综放工作面是十一五国家科技支撑项目集成示范工作面,该工作面距离地面约7km,共有支架121架,工作面支架重46吨,过渡支架重49吨。搬家期间包括两台进口车辆共有4台支架搬运车进行工作,WC55Y支架搬运车共搬运液压支架48架,搬运综放工作面其它设备32台次,运行里程两台车合计约1120m,每班油耗为120~130升,相比进口车型省油30升左右。

该设备的应用为煤矿带来了良好的社会效益与经济效益,与传统轨道运输搬家方式相比,无轨运输将搬家时间缩短70%,人员减少50%以上,为煤矿安全、高效生产提供保障。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位:中国煤炭科工集团太原研究院有限公司  
联系人:樊运平  
联系方式:13934600674  
E-mail: mkyfyp@163.com

## 34 工作面“三机”协同控制技术

### 适用范围及推广前景

工作面“三机”协同控制技术适用于我国薄煤层及一般煤层的自动化、无人化开采。

采用工作面“三机”协同控制技术及工作面综合智能管理及远程监控技术,提高综采工作面开采装备技术水平,探索综采工作面的自动化、无人化开采,改善井下作业环境,降低劳动强度,提高资源回收率与工人劳动效率,实现安全高效开采。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

通过研究“三机”及其配套设备动作时序规划、“三机”联动控制模型和策略等关键技术,并在研发薄煤层刮板输送机控制系统和薄煤层液压支架电液控制系统的基础上,通过实时提取并综合分析薄煤层综采工作面采煤机、液压支架及刮板输送机等三机及其配套设备运行的参数,实现三机运行控制参数的自适应调整和匹配,达到“三机”协同控制,最终实现薄煤层综采的自动化和无人化作业。

## （二）关键技术描述

采用工作面“三机”协同控制技术开发的井下工作面数字集控系统，将井下工作面设备（采煤机、刮板机、液压支架等）以及相关辅助设备的工况数据实时传输到同一监控平台内，通过在顺槽安放的井下主机对设备进行集成显示及远程协同控制。

集控系统具备设备参数显示、远程控制、故障信息报警等功能，所有数据汇总至同一平台内，使工作面设备有机的结合在一起，同时通过矿井工业以太环网实现信息传输，能够在地面完成数据显示、分析及远程监控，具备视频图像全景拼接显示和 3DVR 虚拟现实功能，提高综采工作面生产效率。

## （三）技术流程

技术流程主要包括割煤、运煤、支护和处理采空区 4 个工序。其中，采煤机的进刀方式以及液压支架的支护方式不同是导致采煤工艺不同的主要因素。具体的工艺流程见图 6

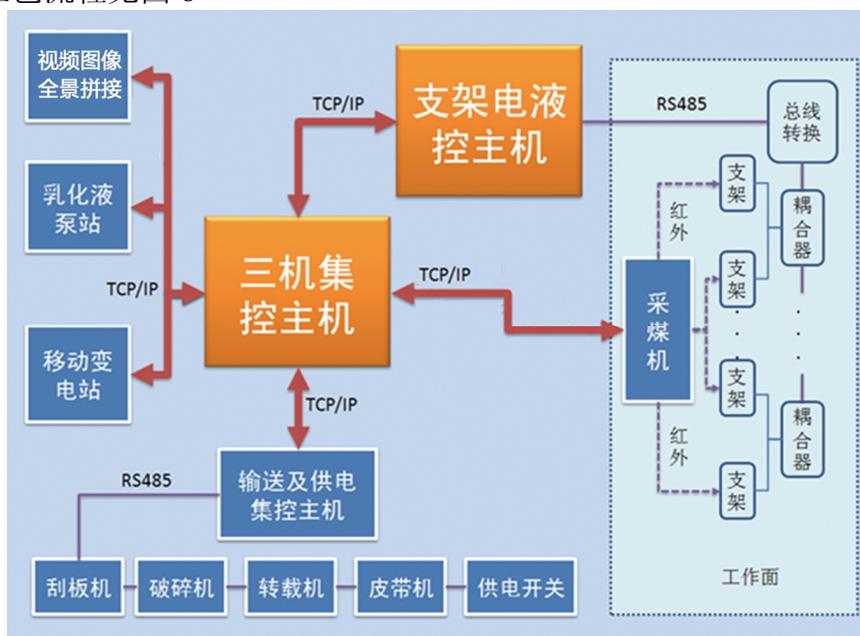


图 6 工艺流程图

## 主要技术指标

- （一）采煤机、电液控支架、刮板机的远程“三机”协同控制。
- （二）实现刮板机、破碎机、转载机、皮带机等机电装备的工作面输送装备的远程集控。
- （三）工作面视频图像全景拼接显示和图像跟随采煤机位置自动切换显示。
- （四）基于三维虚拟现实数字化平台（3DVR）实现采煤机、液压支架、刮板输送机的地面远程监控。
- （五）分析设备运行数据，实现设备自动保护功能，减少故障发生频率，降低生产成本
- （六）系统能够检测采区环境变化，当出现危险情况时能够自动停止设备工作，保障人员安全。
- （七）工作面集控系统能够统计设备运行时间，为设备检修提供可靠依

据，同时能够分析设备开机率及停机率，并确定设备停机原因，保证系统安全可靠运行。

### 典型案例及成效

采用此项技术开发的工作面集控系统已经开始推广试用，在邯郸、平煤等矿区试用情况较好，具有较强的可靠性、适应性和先进性。集控系统具备设备参数显示、远程控制、故障信息报警等功能，所有数据汇总至同一平台内，使工作面设备有机的结合在一起，同时通过矿井工业以太环网实现信息传输，能够在地面完成数据显示、分析及远程监控，具备视频图像全景拼接显示和3DVR虚拟现实功能，提高综采工作面生产效率。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
徐州中矿大华洋通信设备有限公司

联系人：钱建生

联系方式：13905202507

E-mail: qianjsh@cumt.edu.cn

## 35 煤矿井下采选充采集成技术

### 适用范围及推广前景

煤矿井下采选充采集成技术适用于“三下”压煤开采、固体废弃物排放与井下煤矸分离。

本项目已在唐山矿业分公司进行了工业性试验，开启了矿井“采煤-分选-充填”一体化绿色开采新模式，采出率由条带开采时的40%左右提高到82%以上，可延长矿井服务年限25年，取得了巨大的社会与经济效益，包括河北省委书记周本顺等领导先后到示范基地进行了考察，对该项技术取得的成果给予高度评价。同时我国存在此类问题的矿井，尤其在东部矿区较为明显，该技术具有广阔的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

针对日益突出的“三下”压煤与环境协调发展的问题，开发了煤矿井下采选充采集成技术。总体思路包括两个方面：一方面开发井下煤流矸石分选技术，实现煤矿矸石不升井；另一方面开发综合机械化固体充填采煤技术，利用地面和井下矸石等固体废弃物直接充填入采空区，置换城市及周边密集建筑物下的压煤，从而形成煤矿井下“采煤-分选-充填”集成化生产新模式。

#### （二）关键技术描述

提出并实施了煤矿井下“采煤-分选-充填-采煤”闭合循环的一体化采煤新模式；开发了耐高强度冲击、磨损的投料管和缓冲装置，解决了地面矸石大流量、大垂深直投的安全问题；设计施工了高应力软弱岩层中超大硐室的开挖施工工艺与围岩控制技术，解决了井下煤流矸石分选装备安设空间的问题；基于

煤层群分布和现有巷道布置情况，建立了固体充填采煤煤层群联合开采方案。

### (三) 技术流程

矿井采选充技术集成技术包括井下煤流矸石分选系统、充填矸石综合供应系统以及固体充填采煤生产系统，其整体系统布置如图 7 所示。井下煤流矸石分选系统包括跳汰排矸系统和煤泥水系统两部分；充填矸石综合供应系统包括地面矸石、掘进矸石和洗选矸石综合供应系统；充填材料输送至充填空间，最后利用全采高夯实系统进行夯实，实现采空区的密实充填。

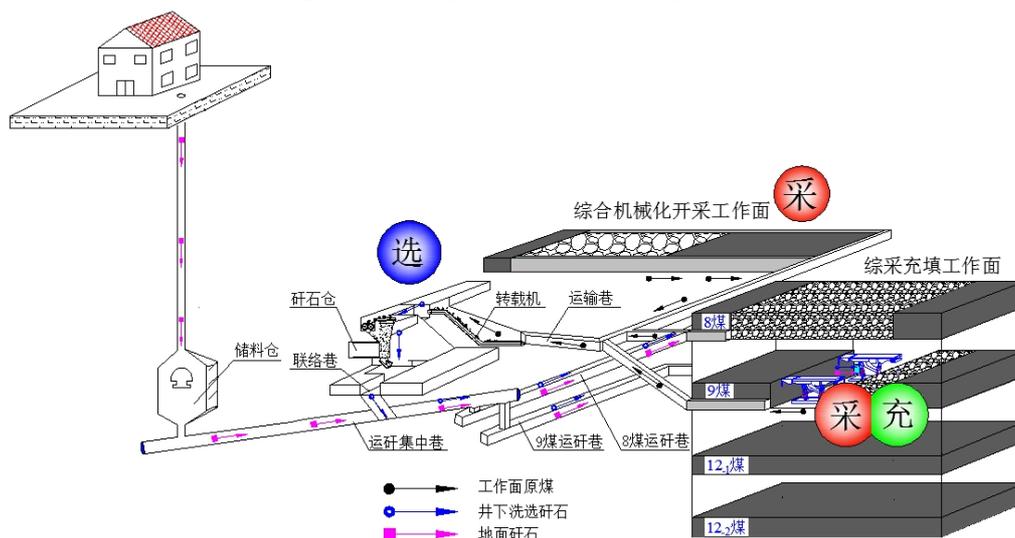


图7 煤矿井下采选充采集成技术工艺流程

### 主要技术指标

实现了 300 万 t 原煤井下高效分选，分选数量效率达到 90%以上，可减少矿井年提升量 100 万 t/a 以上；采空区采充比平均达到 1.3:1，充实率达 91.2%以上，地表沉陷保证在国家一级范围之内，地表沉陷控制效果较好，确保了地表密集建筑群的安全使用。

### 典型案例及成效

矿井采选充采集成技术成功应用于我国开滦集团唐山煤矿，实现了工作面采出原煤于井下分选排矸，以及充填矸石（地面矸石、掘进矸石以及洗选矸石）向固体充填采煤工作面的综合协调供应，取得了非常显著的成效。本技术与国内外同类技术比较具有以下优点：（1）原煤井下分选排矸，大大降低了提升费用，缓解了辅助提升压力；（2）不同来源充填材料综合协调供应，提高了供应系统的效率；（3）相关的超大垂深固体材料投放技术实现了地面矸石山矸石向大采深固体充填采煤工作面的连续安全输送；（4）高应力软弱岩层超大硐室施工与支护技术采用下行分层卧底施工方式进行开挖，同时锚网喷进行联合支护，实现超大硐室的快速施工。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：缪协兴  
联系方式：13505205188  
E-mail: xxmiao@cumt.edu.cn

## 四、煤层气开发技术

### 36 煤层气地面规模抽采条件下压降预测技术

#### 适用范围及推广前景

随着我国全面推进先抽后采、抽采达标、规模化抽等煤矿瓦斯综合防治措施及高瓦斯矿井强制抽采的恩威并施政策，瓦斯超前地面预抽将成为高瓦斯矿井的重要的瓦斯防治措施，因此该项技术具有广阔的推广前景。本技术适用于高突瓦斯煤矿的瓦斯超前地面预抽及煤矿瓦斯综合防治。科学预测地面规模抽采条件下的煤层内的压力降低状况及压降分布规律，可指导正确预测地面抽采效果和煤层中的瓦斯残存量，为煤矿掘进和回采进度控制提供科学依据。

#### 技术内容

##### （一）基本原理

通过研究煤层气地质、钻井、测井、试井、测试、抽采等资料，基于煤层气的吸附/解吸理论、煤层气储层的双孔（基质孔隙和天然裂隙）双渗（天然裂隙内的达西渗流和基质孔隙内的非达西渗流）理论、煤层气地面抽采过程中的压降及井间干扰理论，运用地面抽采数据分析和煤层气数值模拟，以构建煤层气地面规模抽采条件下压降预测。

##### （二）关键技术描述

关键技术一：煤层及顶底板的三维精细地质建模技术，尤其是煤储层含气量、煤层渗透率、储层压力、煤层气吸附饱和度等关键属性的地质建模技术；

关键技术二：煤层气地面抽采井的生产数据历史拟合和抽采煤层的储层特性再描述技术；

关键技术三：规模抽采井网生产动态预测和规模抽采条件下的压力降预测。

##### （三）技术流程

本技术主要包煤层及顶底板三维精细地质建模、生产数据分析、地面抽采井生产数据历史拟合、抽采煤层的储层特性再描述、抽采井网生产动态预测和规模抽采条件下的压力降预测等六个工艺单元。

#### 主要技术指标

煤层气地面规模抽采条件下压降预测符合率达到 85%。

#### 典型案例及成效

本技术曾被成功地应用于韩城矿区和晋城矿区的地面开发下面，效果显著。研究发现：抽采初期，各井压降漏斗呈孤立状态。随着抽采井网不断地排水采气，各个煤层气地面抽采井的压降漏斗不断向外扩展，并逐步交汇在一起，形成压降漏斗井间干扰。但由于煤储层的非均质性较强，以至于各地面抽采井压降漏斗的扩展传播速度和幅度不同，井间干扰形成速率有明显的差异

性，也存在难以形成井间干扰的区域，此区域被称为压力“孤岛”现象。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国石油大学（北京）煤层气研究中心

联系人：张遂安

联系方式：13901129720

E-mail: sazhang@263.net

## 37 煤矿卸压区裂隙快速识别与渗透率区划技术

### 适用范围及推广前景

适用于卸压区瓦斯抽采设计及施工工程，在高瓦斯及突出矿井具有广泛的应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过对覆岩破坏裂隙变化、瓦斯赋存等规律的研究，基于数理统计、物理模拟和数值模拟等方法，对煤岩层物理力学性质、煤岩层破坏机制、煤岩层裂隙识别、瓦斯运移特性等方面展开研究，形成煤矿卸压区裂隙的快速识别技术与渗透率定量区划。

#### （二）关键技术描述

煤矿卸压区裂隙快速识别技术。基于物理模拟、数值模拟，反演煤岩层在采动下的破坏过程以及气体渗透特性变化规律，对煤岩层裂隙的产生、发展以及渗透率变化进行定量识别。

#### （三）技术流程

对研究区煤岩层裂隙产状、透气特性进行研究分析，结合物理模拟、现场观测等实验，对裂隙与渗透数据进行处理、反演等研究，最后获得裂隙及渗透率变化的量化指标，利用定量区间范围进行区域划分。

### 主要技术指标

（一）卸压区裂隙快速识别，可预测出裂隙演化规律；

（二）加卸载条件下裂隙反演渗透率变化规律，可应用于现场划分卸压区煤岩层不同渗透率分布区域。

### 典型案例及成效

以华晋焦煤沙曲矿为典型案例，基于现场测试、实验室物理模拟及数值模拟试验等，进行了煤岩层卸压区裂隙快速识别研究，分析了裂隙演化与煤岩层渗透率之间关系，对卸压区煤岩层渗透率的演化规律和可抽放区域进行了量化划分，指导卸压区瓦斯抽采的设计与施工，取得了很好的效果，降低了工程成本。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司  
联系人：王维华  
联系方式：010-84262842/18519205415  
E-mail：527071027@qq.com

## 38 多层叠置含煤层气系统排采优化地质设计技术

### 适用范围及推广前景

该项技术适用于多煤层地区煤层气地面井产层和产层组合选择，以及合理排采制度的设计与优化。

### 技术内容

#### （一）基本原理

我国多煤层发育地区含煤地层垂向上发育多套独立叠置含煤层气系统，以往排采设计中未考虑这一因素，这是造成合层排采失利的重要地质原因。独立含气系统形成的物质基础是层序地层结构，受控于沉积、构造、水文地质条件的耦合作用，深刻影响到煤层气井生产特征，需要采取针对性的开发技术策略。

#### （二）关键技术描述

针对多煤层条件煤层气开发面临的困惑，在查明垂向上不同含气系统煤储层地质特征的基础上，本着含气系统煤储层流体压力优化控制的设计理念，以及系统间干扰最小化、地层能量利用程度最大化、单井产气量和采收率最大化的原则，初步研发出合层排采有利区优选以及合层排采井地质设计方法。

#### （三）技术流程

通过探索，形成了“五步法”优化设计流程：第一步，开展单井排采历史拟合，分析不同含气系统（煤层组）的产气贡献；第二步，优化分析含气系统间垂向干扰与产气压力，查明各系统储层压力、临界解吸压力、产气压力之间的相互关系；第三步，分析单含气系统产能，了解在没有层间干扰情况下各系统的储层压力动态变化历史、产气历史和产气能力；第四步，分析含气系统不同组合方案条件下的排采状况，了解不同层间干扰情况下煤层气井的产能特征和动态变化；第五步，设计合层排采地质优化方案，提出多层含气系统煤层气递进排采制度优化设计策略。

### 主要技术指标

最大限度释放多煤层煤层气井产能，单井日产气量及采收率提高 50% 以上。

### 典型案例及成效

申报国家专利 21 项，其中发明专利 17 项。研究成果分别应用于沁水盆地南部合采有利区优选、延川南区块 5 亿方产能基地建设评价、织纳区块煤层气工程部署等，通过煤层气勘探与开发实践得到初步验证。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：秦勇  
联系方式：13951353093  
E-mail: yongqin@cumt.edu.cn

# 39 低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采关键技术

## 适用范围及推广前景

截止 2008 年 12 月底，该技术已在两淮矿区的 9 个煤矿 16 个采面工作面成功推广应用，正在推广应用此项的矿区有重庆能源集团、冀中能源集团、辽宁铁煤集团、山西华晋焦煤集团等，此项技术可覆盖煤炭行业领域 3 亿吨左右的煤炭开采量，节约煤炭生产成本 10 亿元。

## 技术内容

### （一）基本原理

基于大量现场矿压测试和三维数值模拟分析得出沿空留巷存在明显的阶段性矿压特征，研究指出不能简单地描述沿空留巷处于低值应力区，在受工作面采动影响的留巷过程中存在一个强烈的应力调整期，这一时期留巷帮顶出现显著的剪切应力集中，合理的巷内支护形式应适应这种剪切破坏，抗剪切能力强的新型高性能锚杆组合支护配合新型巷内辅助加强支架，具有很好的适应性。

### （二）关键技术描述

（1）首次提出了无煤柱煤与瓦斯共采技术原理；（2）创建了无煤柱沿空留巷 Y 型通风钻孔法煤与瓦斯共采技术体系；（3）系统地研究并获得了 Y 型通风采空区的流场与瓦斯浓度场；（4）创新性的提出了无煤柱沿空留巷 Y 型通风煤与瓦斯共采技术；（5）提出了煤与瓦斯共采覆岩卸压、渗透率分布以及瓦斯抽采动态运移三个基本规律模型。

### （三）技术流程

针对我省淮南矿区煤层瓦斯赋存条件复杂多变的总体背景，以矿井深部开采安全保障技术及装备为研究主线，立足于降低煤矿重大瓦斯事故和开发有效防治新技术和装备的根本目的，完成了六个方面的研究内容，分别为：深部矿井强突出煤层区域预抽消突技术、打钻技术、快速揭煤防突技术、卸压开采技术研究；低透气性煤层地面钻井抽采瓦斯技术研究；深井煤与瓦斯突出的机理及动力学理论研究；微震监测及煤与瓦斯突出预测预报技术研究；深部开采通风系统结构、模式及技术装备；深部矿井瓦斯赋存规律的研究。此六项研究内容分为三个层次，分别为理论与基础研究、监测与预报技术研究以及抽采消突及装备研究。

## 主要技术指标

研制出强突出煤层打钻防喷装置和瓦斯含量法预测突出危险快速取样装置。建立深部煤矿瓦斯地质区域分布及采动影响区瓦斯流动场理论、高瓦斯低

渗透性煤层高效抽采瓦斯技术和瓦斯综合治理成套技术；低透气高瓦斯煤层卸压瓦斯抽采率达到 50~60%。示范矿井瓦斯抽采率由现在的 45%提高到 48~50%。

### 典型案例及成效

成果在包括淮南在内的十个矿区 40 多个矿井推广应用，2010 年，淮南矿业集团瓦斯抽采量达 40000 万 m<sup>3</sup>，2010 年瓦斯利用量 6885 万 m<sup>3</sup>/年，瓦斯利用率 24.8%，减排 2.75 亿 m<sup>3</sup>，直接节约煤炭生产成本 8.81 亿元。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：淮南矿业集团

联系人：余国锋

联系方式：13956466567

E-mail: zgbkyk@126.com

## 40 高瓦斯煤层群优质瓦斯通道构建与瓦斯抽采技术

### 适用范围及推广前景

优质瓦斯通道构建与瓦斯抽采技术适用于深部高瓦斯煤层群的煤与瓦斯共采。钻孔抽采依然是当前煤与瓦斯共采中瓦斯抽采的主要工程手段，本技术通过协调采矿工程活动与瓦斯抽采钻孔布局，建立浓度稳定、抽采高效、通道长寿的优质瓦斯通道，形成有利瓦斯抽采的瓦斯导通和流动网络，使瓦斯抽采具有瓦斯浓度高、流量大、稳定性好、钻孔寿命长的特性，大幅度提升瓦斯抽采效果，达到协同开发煤层气资源、提高煤矿安全开采水平和减少温室气体排放的作用。

### 技术内容

#### （一）基本原理

优质瓦斯通道构建以钻孔围岩“蝶形塑性区”理论为基础，深部应力环境和采矿活动引起的“加载”与“卸荷”效应，会使钻孔围岩出现有利于瓦斯导通的“蝶形塑性区”，蝶叶长度可达钻孔直径的几十倍以上，如图 8 所示。促使钻孔围岩产生蝶形塑性区，并尽量增加蝶形塑性区的蝶叶尺寸，可以扩大瓦斯抽采钻孔的联通范围，提高瓦斯抽采效果。

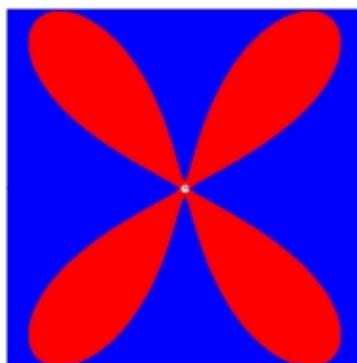


图 8 钻孔围岩蝶形塑性区

## （二）关键技术描述

关键技术一：科学构建优质瓦斯通道的应力环境

采矿工程活动引起的“加载”与“卸荷”效应可以形成高偏应力环境，这种高偏应力环境是钻孔围岩形成蝶形塑性区的必要条件。因此，需要合理的规划采矿工程活动的方式和参数，在采场的周围形成能够产生蝶形塑性区的稳定的高应力比值带，形成有利于优质瓦斯通道构建的应力环境。

关键技术二：合理确定瓦斯抽采钻孔布局

根据采场周围高应力比值带的时空分布特点，确定钻孔层位、方向、间距和布设时间等瓦斯抽采钻孔布局，实现优质瓦斯通道的高效性、稳定性、长期性，大幅度提高抽采效率。

### 主要技术指标

（一）扩大了瓦斯抽采钻孔的导通范围

通过协调采矿活动构建有利的应力环境，单孔影响范围提高 50 倍以上；

（二）减少了瓦斯抽采钻孔施工量，提升抽采效果

根据采场周围高应力比值带的时空分布特点，有的放矢的确定钻孔层位、方向、间距和布设时间，减少了瓦斯抽采钻孔施工量 10% 以上，提高了瓦斯抽采的浓度和稳定性。

### 典型案例及成效

钻孔围岩蝶形塑性区理论已经被实践证明并逐步被广泛认可，以此为基础提出优质瓦斯通道构建与瓦斯抽采技术，目前在多个高瓦斯矿井进行了现场工业性试验。从现有的工业试验情况来看，该技术能够有效的提升瓦斯抽采效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）

联系人：马念杰

联系方式：13910506828

E-mail: njma5959@126.com

## 41 煤层气抽采产能影响参数测试技术及装置

### 适用范围及推广前景

本成果所形成的技术及装置可快速、准确获取煤层气含量和瓦斯压力等参数。对精确化认知煤矿区煤层气地质条件、提高煤层气资源量计算和评价的准确性具有重要意义；可为煤矿区地面煤层气开发部署、产能预判提供决策依据，为煤矿煤炭采掘规划、井下瓦斯抽采及治理提供地质支撑。

### 技术内容

（一）基本原理

通过研究影响煤层气抽采产能的地质因素，分析煤层气地面勘探开发、井下瓦斯测试及抽采等资料，基于理论研究、实验室测试、数值模拟等方法，对

影响煤层气抽采产能的地质因素诸如气含量与瓦斯压力的测试方法及装置等方面开展了研究，形成了比较系统的影响煤矿区煤层气抽采产能的测试技术及装置。

## （二）关键技术描述

关键技术一：煤矿井下煤层密闭取心装置及工艺。可减少煤层取心过程中损失气量，精确获取煤层气含量数据。

关键技术二：煤层瓦斯压力快速测定装置及软件。包括煤层瓦斯压力测定装置和软件，可快速准确测定煤层瓦斯压力，并获取煤层渗透性参数和产能系数。

关键技术三：注气式测定煤层透气性系数的方法及装置，可获取抽采过程中煤层透气性系数参数及变化规律。

## （三）技术流程

研究分析研究区的煤层气地质及抽采资料，采用密闭取心装置、瓦斯压力快速测定装置、注气式测定煤层透气性系数的方法及装置，分别测定煤层气含量、瓦斯压力、透气性系数，然后采用煤层气藏数值模拟技术对煤层气井未来产能进行预测。

## 主要技术指标

（一）煤层密闭取心技术，可减少煤层气中损失气量，煤层气含量比常规方法提高 20%；

（二）煤层瓦斯压力快速测定技术，可快速准确的获得煤层瓦斯压力参数，比常规方法缩短 40%测试时间、误差率低于 5%；

（三）注气式测定煤层透气性系数的方法，可现场实测煤储层透气性系数，比常规方法误差率低于 5%；

## 典型案例及成效

在淮北芦岭煤矿进行了煤层密闭取心装置试验，通过比对常规取心方法的气含量测试结果，发现密闭取心装置所测煤层气含量超过常规方法的 20%。采用瓦斯压力快速测定装置，在淮南潘一煤矿进行了试验，发现测试时间比常规方法缩短超过 50%、误差率低于 1%。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团西安研究院有限公司

联系人：降文萍

联系方式：13572267187

E-mail: jwp1225@126.com

# 42 构造煤发育煤矿区卸压煤层气地面开发技术

## 适用范围及推广前景

构造煤发育煤矿区卸压煤层气地面开发技术适用于煤与煤层气资源丰度高，构造煤发育，井下瓦斯抽采技术难以保障煤炭正常生产进度的煤矿区的煤

层气及瓦斯抽采，其对于煤炭回采过程中的瓦斯治理效果明显。我国煤与瓦斯严重突出矿区及煤与瓦斯突出矿区中，三分之二以上是构造煤发育且是煤层群开采，具有煤与煤层气资源丰度大、压力大、透气性差、抽采难度大的特点，本技术推广前景广阔。

## 技术内容

### （一）基本原理

构造煤瓦斯含量及压力大，渗透率低下，导致构造煤发育区煤层气丰度高且难以抽采，但构造煤强的应力敏感性，即其具有的极其显著的“加压减流”、“卸压增流”效应提供了破解其瓦斯抽采难度的思路，充分利用采动应力扰动作用抽采“增流”区原本难以抽采且丰度极高的煤层气便是本技术的基本原理。

### （二）关键技术描述

关键技术一：构造煤储层特征与储层描述技术。

关键技术二：采动影响下应力扰动区内渗透性及岩层移动的时空演变规律。

关键技术三：地面直井卸压煤层气抽放的井位、井身设计技术，从高渗流、高井身稳定性、长时期三个角度设计，保障卸压煤层气地面井的长期高效抽采。

### （三）技术流程

本工艺技术主要包括构造煤储层特征与储层描述、煤矿采动区采场应力对构造煤储层改造机理与煤储层演变规律研究、地面直井卸压煤层气抽放的井位、井身设计及钻完井强化、煤矿生产接替与煤层气井滚动部署间的匹配优化等四个工艺单元。

## 主要技术指标

远程卸压煤层气地面钻井：

（一）煤层气日产在5000-60000m<sup>3</sup>/d；

（二）煤层气井服务时间200-900d；

（三）煤层气浓度30-90%；

（四）抽采后消除被保护层瓦斯突出危险，保障保护层及被保护层煤炭正常开采进度。

邻近层及本煤层卸压煤层气地面钻井：

（一）煤层气日产在3000-30000m<sup>3</sup>/d；

（二）煤层气井服务时间200-500d；

（三）煤层气浓度20-80%；

（四）显著减少采动过程的回风瓦斯超限，保障开采层煤炭正常生产进度。

## 典型案例及成效

本技术已与淮南矿业（集团）有限责任公司、淮北矿业（集团）有限责任公司、内蒙古太西煤集团公司兰山煤业公司、贵州省煤田地质局、铁法煤业集团等展开技术合作，在两淮、铁法矿区等区域已获得验证。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：桑树勋  
联系方式：13952151153  
E-mail: shuxsang@cumt.edu.cn

# 43 采空区煤层气抽采监控技术与装备

## 适用范围及推广前景

适用于矿井煤层气（瓦斯）抽采与利用，可实现对自燃发火煤层采空区煤层气智能抽采。该成果通过现场应用考察，抽采控制装备反应迅速，抽采控制装置达到设定的临界值时，能够迅速启动控制、执行装置，同时能够对监测指标的临界值进行设定修改，实现人机对话，保障采空区煤层气安全高效抽采。在生产实践中尤其对于有自燃发火的瓦斯矿井，无论是井下的局部抽采系统，还是全矿抽采系统，都有广泛的推广与应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

该装备集本安计算机、PLC 控制分站、采样部分、显示部分、控制执行部分为一体，能实现自动采取样、自动检测和自动控制，达到安全、可靠抽采采空区煤层气的目的。采用本安计算机作为控制核心，根据各类传感器监测的抽采管道中的混合气体浓度指标高低，来自动调节管道控制阀门的开启程度，并能防止因抽采煤层气引起采空区煤炭自然发火。

### （二）关键技术描述

关键技术一：本安计算机作为井下整个控制系统的主要监控设备，具有强大数据量的计算、存储、数据分析处理能力，实现了在井下近距离监控的目的。

关键技术二：采用 PLC 作为监控分站的控制核心，采用 PID 算法来实现整个系统自动化控制，实现了全部自动化。

### （三）技术流程

采用调研→方案设计→采空区内气体组分研究→抽采监控参数敏感指标确定→监控装置设计、加工→现场调试→装置设计修改和完善→现场实际应用。

## 主要技术指标

（一）建立了 O<sub>2</sub>、T、CO 等作为控制自燃发火煤层采空区抽采监控指标体系并确定了临界值。

（二）采空区煤层气抽采监控装备集本安计算机、PLC 控制分站、采样、显示、控制执行等部分为一体，并能分析、优化出合理的抽采参数，并实施自动控制，控制率达到 100%。



斯。为采煤作业的安全及抽采利煤层气提供保障。

## （二）关键技术描述

关键技术一：采动区瓦斯地面井抽采设计规范及安全监控系统设计；

关键技术二：采动区覆岩内套管破坏判别模式、套管损伤机理及新型防护结构配套防治措施；

关键技术三：对不同条件采动稳定区瓦斯资源量进行总量评估、可采量评估。

## （三）技术流程

通过在采煤工作面前方提前施工地面井，并安设配套的地面井负压抽采系统，待采煤工作面推进至地面井一定位置，实施地面井的负压抽采煤层采动卸压区、工作面上隅角和采空区瓦斯。

## 主要技术指标

（一）建立采动影响下地面瓦斯抽采钻孔变形破坏的综合作用模型，为地面瓦斯抽采钻孔防护措施的制定提供理论基础；获得钻孔在采场空间的变形破坏分布规律和时间变化规律。获得采动稳定区的抽采量评估系统；

（二）形成完善的采动区地面井安全抽采系统及安全监控系统；地面钻孔抽采期间，工作面回风瓦斯浓度降低 0.2~0.3%，地面钻孔煤层气抽采浓度达到 60%，实现工程示范基地地面抽采试验钻井的有效成功率不低于 70%。

## 典型案例及成效

晋煤集团岳城矿 1303 工作面的 2013ZX-YCCD-02 地面井实施煤矿采动区瓦斯地面井抽采设计抽采井防护及安全监控成套技术后，岳城矿 YCCD-02 地面井投运后平均抽采瓦斯量 1.54 万 m<sup>3</sup>/d,平均瓦斯浓度 55.3%，工作面推至井位处时，抽采瓦斯纯量最大 3.6 万 m<sup>3</sup>/d，抽采时间 6 个月，累计抽采瓦斯量约为 260 万 m<sup>3</sup>。工作面和回风瓦斯明显降低。

寺河矿 4303 工作面的 2013ZX-SHCD-01 地面井实施该技术后，寺河矿 SHCD-01 抽采瓦斯纯量最高达 1.23 万 m<sup>3</sup>/d,平均抽采瓦斯纯量 1.05 万 m<sup>3</sup>,抽采瓦斯浓度最高达 90%，平均抽采瓦斯浓度为 83.5%。地面井抽采后，工作面、回风巷瓦斯都得到很好的缓解。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：林府进

联系方式：13883970993

E-mail: lfjqy@163.com

# 45 高能空气冲击致裂强化抽采煤层气技术与装备

## 适用范围及推广前景

该成果不仅能够用于增加煤层透气性，提高煤层气抽采效果，还可用于区域性的消突措施，一般工作面经强化抽采后在回采过程中不需要补充局部防突

措施，既节约了防突费用，又加快回采速度，使工作面实现高产高效；也适用于煤矿、非煤矿山、隧道、爆破拆除等不利于采用炸药的场所，具有广阔的推广应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

在高压空气爆破应力波传播及裂隙扩展的同时，高压空气体积迅速膨胀，充填径向裂隙空间。在高压气体的尖劈作用下，煤层裂隙继续扩展，使爆破孔周围形成交叉裂隙网。从而达到增加煤层透气性，提高煤层气抽采效果的目的。

### （二）关键技术描述

研制了单点与多点爆破释放装置，在多点爆破释放装置解决了高能空气爆破的定向技术。

### （三）技术流程

利用高压空气冲击波为动力源，通过喷射嘴冲击切割钻孔周围的煤体，使钻孔周围的煤体逐渐破碎脱离孔壁，利用这些孔洞使钻孔周围远处的煤体卸压、膨胀、裂隙增大，实现煤层“爆破”增透目的；同时利用高压空气冲击波为动力源，借助煤层控制钻孔所形成的自由面，通过喷嘴沿煤层对钻孔内煤体瞬间冲击，使冲击钻孔与控制钻孔之间的煤体震动，产生位移或裂隙，达到煤层增透目的。

## 主要技术指标

- （一）低透气性煤层工作面煤层气抽采率提高 40%~50%；
- （二）空气加压站稳定输出额定压力 $\geq 50\text{Mpa}$ ；
- （三）空气加压站额定流量 $\geq 0.5\text{m}^3/\text{h}$ ；
- （四）空气加压站工作压力下，连续运行时间 $\geq 3\text{h}$ ；
- （五）高能空气冲击影响范围 $\geq 2\text{m}$ 。

## 典型案例及成效

在黑龙江双鸭山新安煤矿应用取得良好效果。利用高能空气冲击致裂强化抽采煤层气技术对六采区-570 八上层左片采面进行煤体致裂增透，对低渗透煤体高压气体冲击前、后的瓦斯压力和流量等参数进行监测，通过现场试验，高能空气冲击钻孔强化抽采煤层气技术与装备能够在低透气性煤层取得增透效果；单孔对比试验表明，采用高能空气增透后，钻孔流量最大增加 155.96%，平均增加 112.73%；增透距离试验表明，在距试验钻孔 2.5m 处，增透效果最好，流量增加 179.68%。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司  
联系人：高坤；李守国  
联系方式：13841368869；13942357610

## 46 低浓度煤层气燃烧器技术与装备

### 适用范围及推广前景

2013年煤矿瓦斯抽采量为126亿立方米、利用量为43亿立方米，利用率为34.1%。大量的低浓度瓦斯加上更大量的矿井通风瓦斯直接排空既造成能源的极大浪费，对大气环境造成较大破坏，又严重威胁煤矿区的安全生产。本项技术之低浓度瓦斯安全燃烧技术能实现对处于爆炸极限范围内的低浓度瓦斯气体的安全燃烧，而乏风瓦斯氧化利用技术则可将乏风瓦斯或乏风瓦斯与抽采瓦斯的混合气在高温条件下氧化处理，并可利用多余热量生产蒸汽用于矿区供暖或发电。

### 技术内容

#### （一）基本原理

利用金属纤维织物的孔隙直径远小于燃气的熄火距离的原理，制成低浓度瓦斯安全燃烧器，另外金属纤维材料具有良好的导热性能，未燃气体侧的温度达不到着火点。因此，配有金属纤维燃烧器的低浓度瓦斯安全燃烧系统能够安全燃烧低浓度瓦斯而不发生回火，进而避免发生爆炸等事故。

乏风瓦斯蓄热氧化系统利用热逆流氧化原理，将乏风瓦斯加热至高温，发生氧化反应并放出热量。当处理的乏风浓度较高时，可从氧化装置的高温区域抽取部分的高温烟气，利用余热锅炉生产蒸汽供发电或矿区采暖使用。

#### （二）关键技术描述

（1）通过水封泄爆装置、阻火器、以及金属纤维燃烧器实现防止火焰回火。

（2）采用两床立式结构氧化装置，甲烷氧化率可达95%以上。

### 主要技术指标

（一）低浓度瓦斯安全燃烧处理量可达到500m<sup>3</sup>/h，瓦斯燃烧率达到100%；

（二）乏风氧化技术处理甲烷浓度范围：0.2%~1.15%，甲烷氧化率：≥95%，气体进出口温差：≤40℃，最低自热平衡浓度：≤0.3%。

### 典型案例及成效

在中煤科工集团重庆研究院有限公司清水溪试验基地建立了处理量为500m<sup>3</sup>/h低浓度瓦斯安全燃烧系统，试验结果表明低浓度瓦斯安全燃烧技术在处理低浓度瓦斯气体时具有较好的防回火功能，保证了燃烧的安全。

在重庆松藻煤电集团有限责任公司打通一矿建设了处理量10万Nm<sup>3</sup>/h的乏风瓦斯蓄热氧化系统，并利用余热生产过热蒸汽供厂区供暖使用。该系统已在山西潞安高河煤矿和五阳矿的两个乏风利用项目中得到应用，均已调试运行，效果良好。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：康建东  
联系方式：18983204070  
E-mail: cumtkangkang@126.com

## 47 低浓度煤层气浓缩技术与装备

### 适用范围及推广前景

低浓度煤层气变压吸附浓缩分离技术适用于煤矿区煤层气甲烷浓度为 1-30%的低浓度煤层气以及甲烷浓度为 30%以上的中高浓度煤层气。

通过变压吸附浓缩分离技术对煤层气进行提浓，用于瓦斯发电保障、民用及工业燃料、生产压缩天然气（CNG）、液化天然气（LNG）和化工原料。既改善了煤矿安全生产条件，有效减排温室气体改善大气环境，又增加了清洁能源供给，弥补天然气供需缺口，提高煤矿区煤层气利用率，具有广阔的推广前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

变压吸附浓缩分离的基本原理是利用吸附剂对气体混合物的各组元的吸附强度，在吸附剂颗粒内外扩散的动力学效应或吸附剂颗粒内微孔对各组元分子的位阻效应不同，以压力的循环变化为推动力，使一种或多种组分得以浓缩提纯。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：低浓度煤层气安全输送技术。

关键技术二：变压吸附浓缩分离技术。

#### （三）技术流程

本工艺技术主要包括安全输送、压缩净化、变压吸附浓缩三个工艺单元。

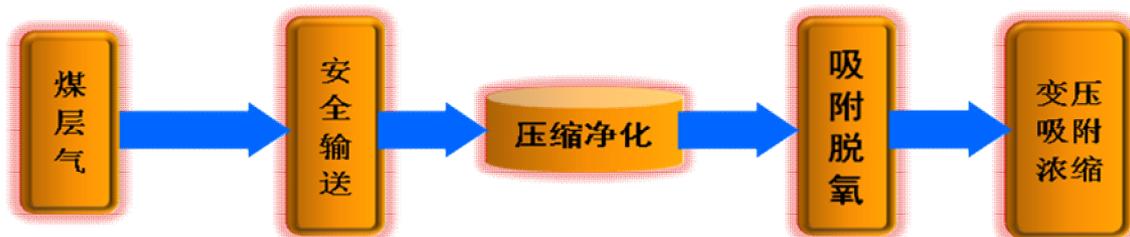


图 10 低浓度煤层气变压吸附脱氧浓缩分离工艺流程

新鲜的煤层气原料气压力 30kPa，CH<sub>4</sub> 浓度 10-30%，通过安全输送装置送至压缩净化单元，进入煤层气压缩机，排气压力 0.7-0.8MPa，再经过滤器、冷干机和活性炭罐进行除尘、脱水和除油净化处理进入变压吸附浓缩单元，吸附压力 0.5-0.7MPa，浓缩产品气压力 0.3-0.5MPa，CH<sub>4</sub> 浓度 90% 以上。

### 主要技术指标

（一）将甲烷浓度 30%的原料气通过一次浓缩达到 55%以上，尾气浓度控制在 5%以下，二次浓度达到 70%以上，三次浓缩达到 90%以上；

- (二) 通过三次浓缩把煤层气中氧气浓度从约 12-14%降至 1%以下;
- (三) CH<sub>4</sub> 回收率>85%;

### 典型案例及成效

利用低浓度煤层气浓缩分离技术于 2009 年 1 月在实验室搭建了 5Nm<sup>3</sup>/h 和 1Nm<sup>3</sup>/h 变压吸附浓缩分离评价装置, 在两套装置上进行了系列的研究实验, 得出了合适的工艺参数条件, 打通了低浓度煤层气浓缩分离工艺, 在此基础上于 2010 年 5 月在阳泉平定县五矿建设了 100Nm<sup>3</sup>/h 的中试评价装置, 完成了低浓度煤层气浓缩分离的中试放大实验, 连续运行 72h, 累计运行 2000h 达以上, 形成了可工业示范的低浓度煤层气浓缩分离技术工艺包。2013 年 9 月与阳煤集团合作在神堂嘴工业园区建设低浓度煤层气浓缩制 1800 万 Nm<sup>3</sup>/a 压缩天然气 (CNG) 示范项目, 该项目已经完成设计与概算, 即将开工建设。2014 年 11 月在阳泉盂县跃进矿建设了低浓度煤层气浓缩制 1 万 Nm<sup>3</sup>/d 液化天然气 (LNG) 项目, 该项目已经建设完成并进行了调试试车。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位: 煤炭科学技术研究院有限公司  
联系人: 李雪飞  
联系方式: 13810023539  
E-mail: lixfeilove@qq.com

## 48 地面远距离自动控制钻进技术与装备

### 适用范围及推广前景

地面远距离自动控制钻机主要适用于煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工, 能够减小工人劳动强度、减少煤矿井下工作面作业人数, 提高施工人员人身安全保障, 为煤矿带来较高的经济效益和社会效益, 为实现煤矿井下钻孔无人化奠定良好的技术基础, 具有广阔的应用前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

操作人员在地面通过操作箱输入控制信息, 借助矿上综合自动化网络将控制信息传输给井下钻机电控箱, 再通过电控箱控制钻机作业; 电控箱通过传感器实时监测钻机的工作状态参数信息, 并将这些信息传送至地面显示屏显示出来。

#### (二) 关键技术描述

关键技术一: 自动上下钻杆技术。通过位移传感器、角度传感器及电液控制系统的配合来抓取钻杆、输送钻杆和调节钻杆倾角, 实现自动上下钻杆。

关键技术二: 自动钻进技术。控制系统通过传感器测量相关钻进参数来综合判断并自动调节钻机钻进状态, 实现智能钻进控制, 可实现“一键”全自动钻孔作业。

关键技术三: 自动移机、稳机及锚固技术。通过钻机上的摄像机及超声测

距仪监测钻机周围障碍物来实现操作人员在地面控制钻机移机；通过姿态仪测定方位角和倾角并根据需要调节机架的方位和倾角，实现钻机的准确定位；通过电液反馈控制技术实现钻机自动锚固。

### **(三) 技术流程**

采用虚拟样机优化钻机设计，并对控制流程进行优化设计，采用仿人工智能原理的自动控制程序控制钻进。

### **主要技术指标**

- (一) 钻孔深度 $\geq 150\text{m}$ ，钻孔直径 $\geq 94\text{mm}$ ，远控距离 $\geq 20\text{km}$ ；
- (二) 钻孔倾角  $0-50^\circ$ 。

### **典型案例及成效**

地面远距离自动控制钻机在重庆松藻煤电有限责任公司进行了为期一个月的井下工业性试验，共钻孔施工 29 个，总进尺 3192 米，其中 150 米以上的能力孔 3 个，最深进尺 167 米，钻孔的终孔直径都在  $\Phi 94\text{mm}$  以上，该地面远控钻机自动化程度高、钻进能力强，钻孔效率高。矿用姿态仪能够准确的测定钻机机架方位角和倾角，并能实时显示测量值，姿态仪方位角精度为 $\pm 0.8^\circ$ ，倾角精度为 $\pm 0.2^\circ$ ，该姿态仪除可用于远控钻机外，还可用于普通钻机或其他矿用设备，从而实现钻机的准确开孔。

### **技术咨询联系方式**

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：肖玉清

联系方式：023-65239395

E-mail: xyqllh79@sohu.com

## 五、煤矿安全技术

### 49 基于声发射与瓦斯涌出动态的煤与瓦斯突出灾害监测预警技术

#### 适用范围及推广前景

该技术适用于煤与瓦斯突出灾害的监测预警，其中，声发射方法主要适用于应力主导型突出灾害的监测预警，瓦斯涌出动态方法主要适用于瓦斯主导型突出灾害的监测预警。煤与瓦斯突出灾害的声发射、瓦斯涌出动态预警技术突破了传统煤与瓦斯突出预测技术依靠打钻才能实现的技术瓶颈，节约了工程量，降低突出预测工程成本，为提高煤矿生产效率，具有广阔的推广应用前景。

#### 技术内容

##### （一）基本原理

通过煤岩体破裂演化过程中释放出的声发射信息的分析，解译突出灾害煤岩体稳定状态，实现瓦斯突出动力灾害的监测预警，这是声发射方法监测预警突出灾害的技术原理。通过采掘过程中煤层释放出的瓦斯的分析，反演得到主控突出灾害的瓦斯含量、煤体物理力学性质和地应力的变化信息，实现煤与瓦斯突出的监测预警，这是瓦斯涌出动态方法监测预警突出灾害的技术原理。

##### （二）关键技术描述

关键技术一：煤岩稳定性的声发射判识方法。基于煤岩破裂释放出的声发射信号，建立煤岩体稳定性的判识模型，实现对煤岩体稳定性的分析和判识。

关键技术二：突出灾害的瓦斯涌出动态预警模型。基于瓦斯涌出特征，建立能反演煤层瓦斯含量、煤体物理力学性质、地应力等因素特征的预警判识模型，实现突出的监测预警。

#### 主要技术指标

- （一）基于声发射信号的频度和能量变化，可实现煤岩失稳的提前预测；
- （二）基于瓦斯涌出动态的数据分析，可实现瓦斯含量、煤体物理力学性质、地应力等因素的特征及其变化趋势的分析解译，实现突出灾害的提前预警；

#### 典型案例及成效

在平煤集团矿区的突出危险回采工作面进行了突出灾害的声发射预警应用，通过对工作面煤体破坏特征的分析及声发射监测考察，提出了针对性的灾害判识模型，实现了 2 次瓦斯超限事故的提前预警；山西某矿长期应用瓦斯涌出动态方法进行瓦斯突出灾害的监测预警，在掘进面累计进尺超过 2 万 m，共

实现 15 个区段连续报警，其中 12 个区段井下复查出现异常现象，预警准确率高达 80%。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：杨慧明；邹云龙

联系方式：15923563380 18223588859

E-mail: yhm3380@163.com

## 50 煤与瓦斯突出动力效应机理及安全防护关键技术

### 适用范围及推广前景

该技术主要应用于煤与瓦斯突出矿井及有气流冲击性灾害的矿井，可开展特定矿井条件下煤与瓦斯突出冲击波形成和传播机理、气流冲击性灾害的能量破坏特性、受气流冲击影响的通风构筑物（如风门、密闭等）的强度和结构设计、灾害影响范围预测和预警方法、有冲击性灾害危险地点的安全防护设施和装备设计和工作人员防护方案设计等相关技术服务。该技术尚处于推广初级阶段，应用前景广阔，其中有关煤—瓦斯两相流的研究成果对煤与瓦斯突出机理探索也具有重要的实际意义。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过研究矿井煤层参数、灾害事故特征、安全设施状况和巷道条件等资料，基于数理统计、物理实验、现场测试和数值模拟等方法，对突出灾害气流冲击能量特征、冲击波传播过程、矿井通风构筑物承载和变形特征、灾害流体和冲击波传播过程中巷道气体参数变化特征等方面展开研究，建立特定矿井条件下的突出灾害动力效应理论模型，并提出针对性的矿井安全防护措施。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：基于矿井煤层基本参数特性和灾害统计特征，分析灾害动力效应，对灾害影响范围及灾害破坏能量进行预测。

关键技术二：计算分析冲击波在特定巷道网络中的传播过程，得到巷道不同地点和通风设施处的气体压力变化。

关键技术三：根据灾害流体及其冲击波运动和传播特性，提取灾害特征指标作为安全防护技术措施依据。

#### （三）技术流程

煤与瓦斯突出动力效应机理及安全防护关键技术流程如图 11 所示。

### 主要技术指标

（一）基于矿井综合信息，可预测突出灾害发生时孔洞内煤—瓦斯两相流体混合比例和能量衰减特征，进而得出灾害的动力效应参数。

（二）基于灾害冲击波传播机理，可预测出矿井巷道气压变化及矿井设备

设施承载破坏特征。

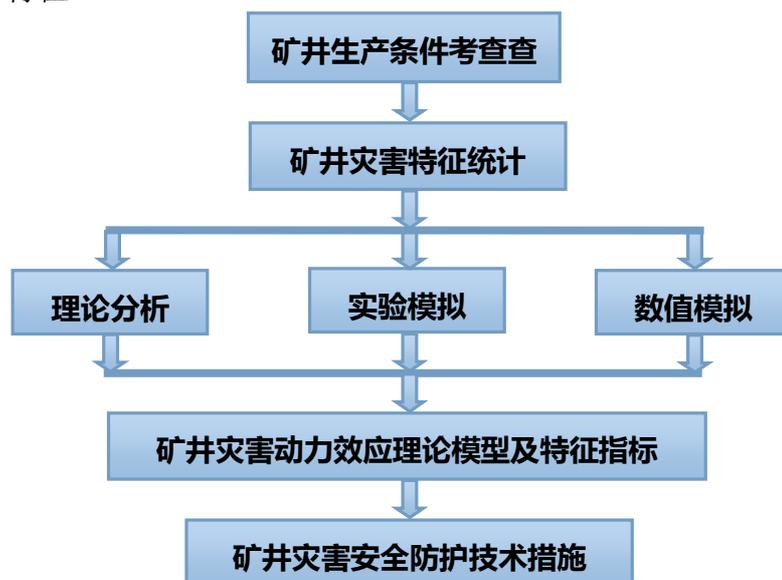


图 11 技术流程

### 典型案例及成效

以 1977 年中梁山煤矿实测突出资料为基础，应用煤与瓦斯突出动力效应机理理论，详细分析了突出发生时的声响记录、钻孔瓦斯压力记录和钻孔瓦斯流量记录数据，阐述了突出时冲击声响和冲击时间间隔的原理及其论证依据，对比分析了顶板冒落冲击声响与突出冲击声响的不同特征，并对钻孔瓦斯压力的变化趋势进行了理论解释说明。实测参数与理论成果相互验证，全面揭示了此次突出实测数据资料的理论原理。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：苗法田

联系方式：13883632778

E-mail: mftmft@sina.com

## 51 瓦斯煤尘爆炸事故物证分析关键技术

### 适用范围及推广前景

瓦斯煤尘爆炸事故物证分析关键技术适用于煤矿井下爆炸事故的现场调查及其事故原因的认定。煤矿爆炸事故对现场具有极强的破坏性，给事故调查组的事故根源、性质的认定工作带来困难，相关的技术手段制约该方面发展。本项目成果是通过遗留的现场物证痕迹进行事故反演，可为各类爆炸事故调查提供可行的技术手段，具有广泛的应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过实验模拟研究瓦斯煤尘爆炸的爆炸压力、火焰传播速度、火焰温度等

特征参数及其影响因素和关联效应，分析了瓦斯爆炸、瓦斯煤尘爆炸后的气、固态残留物的成分、特征及其与爆炸参数之间的关系，并根据事故调查所取得的物证确定爆炸事故性质。

## （二）关键技术描述

关键技术一：瓦斯煤尘爆炸特性和传播规律。

通过实验模拟密闭罐体内瓦斯煤尘爆炸及其管道/巷道内瓦斯爆炸传播情况，掌握瓦斯煤尘爆炸特征参数之间的相互影响关系。

关键技术二：瓦斯煤尘爆炸事故调查分析技术。

参考点火源的判定依据、发生时间的判定依据、事故性质的判定依据以及引火源的判定依据对瓦斯煤尘爆炸事故性质、损害情况、爆炸波及范围、爆源点和点火源、事故直接原因等进行认定。

## （三）技术流程

瓦斯煤尘爆炸事故物证分析关键技术的技术流程如下图 12 所示。

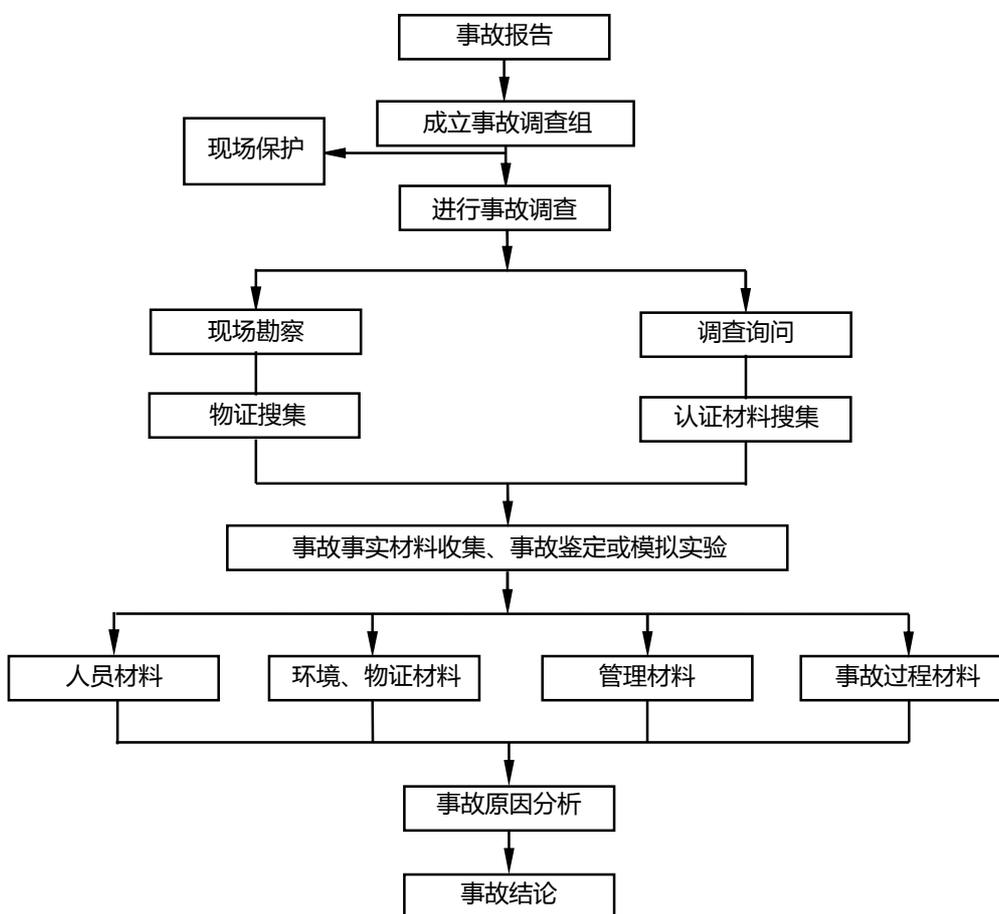


图 12 事故调查流程

分别通过现场勘察对物证进行收集，以及调查询问进行认证材料收集，并开展巷道/管道模拟实验和数据综合分析对事故原因进行分析，为事故调查提供可参考结论。

## 主要技术指标

（一）瓦斯煤尘爆炸特性和传播规律；

(二) 物证分析关键技术。

### 典型案例及成效

本成果成功应用于某矿特别重大煤尘事故调查。通过现场勘查，发现现场焦疤和焦粒现象，以及现场设施的过火痕迹情况，结合现场作业工作信息和监测设备采集数据，并通过实验模拟综合分析得出事故结论为：井下爆破处理堵仓过程中扬起沉积煤尘并引发爆炸，爆炸波及范围传播至巷道其他部分，引发大规模的煤尘爆炸事故。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：司荣军

联系方式：023-65239559

E-mail: sirj73@163.com

## 52 煤层群开采煤岩渗透率动态监测技术

### 适用范围及推广前景

该技术主要适用于煤层群条件下高瓦斯突出矿井。煤岩层渗透性的精确把握一直是制约瓦斯抽采效果的瓶颈，该技术主要针对煤层群条件下采动渗透率的演化过程进行监测，获得煤层群开采条件下煤岩层的渗透特性，为高瓦斯矿井削突设计、瓦斯抽采设计、通风系统维护、开采工艺优化等提供支撑，具有较好的应用前景和推广价值。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

通过研究瓦斯、煤岩性质和矿山压力等资料，基于煤岩物理测试、现场示踪气体浓度监测等方法，对煤层群瓦斯运移和被保护煤层渗透率变化等方面展开研究，获得采动条件下煤岩体渗透率演化规律。

#### (二) 关键技术描述

关键技术：采动煤岩体渗透率监测技术。基于示踪法，通过将气体注入煤层中，然后着重监测附近一定范围内 SF<sub>6</sub> 气体的运移规律，最终可以获得围岩的渗透特性。

#### (三) 技术流程

采动煤岩体渗透率变化监测技术流程是：通过在煤体内布置若干个示踪监测探头，再向煤体内注入一定量的示踪气体，通过监测采动过程中示踪气体扩散速度的变化来计算出不同时刻相应位置的煤体渗透率，绘制出煤体渗透率变化曲线，最终确定被保护层不同区域内瓦斯的解吸和运移情况。

### 主要技术指标

(一) 系统允许测试孔深 20~200m；

- (二) 主传感元件精度小于 10ppm，最小记录时间间隔小于 1ms；
- (三) 可用于卸压后的极小瓦斯涌出煤体和没有瓦斯涌出的煤岩体；
- (四) 渗透率测试在方向性特征方面达到定量化程度。

### 典型案例及成效

以华晋焦煤沙曲矿主采煤层为对象，基于瓦斯调查和矿山压力等资料，研究了卸压煤层煤体渗透率演化机理，分析了近距离煤层群条件下保护层卸压开采瓦斯运移规律以及被保护煤层渗透率变化规律，通过监测采动过程中示踪气体扩散速度的变化来计算出不同时刻相应位置的煤体渗透率，绘制出煤体渗透率变化曲线，预测出瓦斯抽采最佳时间，已有部分区域已获得验证。该技术有效的指导了现场瓦斯抽采，极大的提高了抽采效率，为近距离高突煤层群资源的安全高效开采提供了技术支撑和保障。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司  
联系人：张浪  
联系方式：010-84264482/18611133244  
E-mail: lnzhanglang@163.com

## 53 煤层瓦斯含量快速测定、煤与瓦斯突出事故报警技术及装备

### 适用范围及推广前景

该技术适用于高瓦斯及突出矿井的瓦斯参数测定、瓦斯赋存规律分析、区域预测、区域措施效检等预防突出工作中煤层瓦斯含量测定，以及矿井及工作面生产过程中的瓦斯监测、突出事故监测判识及突出事故发生后的应急救援辅助决策。我国高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井众多，瓦斯灾害极其严重，以后会日趋严重，有效预防突出事故和控制突出事故扩大已经成为瓦斯治理的重点，本技术为突出防治及事故监测提供了先进技术和手段，推广前景广阔。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

煤层瓦斯含量快速测定通过升级、集成取样钻头、钻孔、孔口引射等装置，基于孔底喷射+孔口引射方式实现反循环原理的快速取样测定。煤与瓦斯突出事故报警系统通过部署各类监测传感器，依据突出事故监测、判识模型，监测突出事故发生及演变情况。

#### (二) 关键技术描述

关键技术一：煤层瓦斯含量快速测定装置。由新型孔底喷射取样钻头、配套双壁钻杆、孔口喷射器、尾辫及辅助配件构成，实现快速取样。

关键技术二：突出事故报警技术体系：提出了在线监测传感器技术参数要求和部署规则，建立了突出事故报警分析模型，形成了一套集数字化建设、工

艺设计、算法设计、软件研发、硬件监测在内的成套突出事故报警技术体系。

### （三）技术流程

煤层瓦斯含量测定，正常钻进过程中，风流从钻杆环形空间和中心空间进入孔底，携带钻屑从钻杆与孔壁之间的空间排出，实现快速取样。突出报警系统动态采集信息，自动进行计算、事故发生判识后，给出结果和图形化直观展示。

### 主要技术指标

（一）实现 5min 以内 120m 以上深孔煤样的随钻随取，以及 20min 内煤层瓦斯含量的快速测定。

（二）突出事故报警系统能准确、及时判识突出发生的时间与地点，以及事故波及范围和瓦斯逆流情况，并可判断受灾人员、机电设施。

### 典型案例及成效

在重庆石壕煤矿利用快速取样设备进行取样，操作简单，取样质量均超过 1kg，取样时间均不超过 5min，取样粒度大于 3mm 的占 60% 以上，取样深度最大达到 140m。瓦斯含量快速测定时间在 20min 内，误差在 10% 内。在黑龙江新行煤矿建立了突出事故报警系统，部署各类监测传感器 40 余个，设计、研究了突出事故判识及波及范围分析模型，实现了突出事故发生时间和地点的智能、准确判识和事故波及范围的实时分析，以及报警、通知、撤人、断电等联动应急处置。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：张庆华

联系方式：13983023211

E-mail: zqhcqmky@163.com

## 54 煤层瓦斯含量及压力快速测定技术装备

### 适用范围及推广前景

该技术适用于煤层瓦斯含量及压力快速测定。针对我国煤矿瓦斯防治技术现状，通过集成与引进吸收再创新，在瓦斯含量及压力测定技术方面取得了重大突破，成功研制了煤层瓦斯含量和压力快速测定装置，为煤矿瓦斯防治提供关键装备支持。新型煤层瓦斯压力测定仪、煤层瓦斯含量测定仪器保证了煤层瓦斯含量、压力测定的及时性和准确性，为行业管理部门和煤矿企业提供可靠的数据支持，市场应用前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过研究不同牌号、不同粒度煤钻屑解吸规律及不同煤种直接法测定瓦斯含量和压力的变化规律，并突破不同测压条件下的密封液、密闭防漏失煤样取

芯装置等关键性问题，利用计算机、高精度传感器、工业监控等技术，实现了对瓦斯含量和压力自动连续监测和快速测定，形成一整套瓦斯含量及压力测定装置。

## （二）关键技术描述

关键技术一：高精度瓦斯压力测定自动充气补偿控制调节技术。

关键技术二：封闭式瓦斯残存含量连续快速测定技术。

## （三）技术流程

在现场资料收集的基础上，针对现场需求，进行总体系统设计、仪器软件开发、硬件研制及加工、联机调试，并在实验室进行仪器的安装调试与试运转后，在煤矿现场大量工业性试验的基础上产品定型并投入应用。

## 主要技术指标

建立和完善井下煤层瓦斯参数快速准确测定方法，研制出煤层瓦斯压力、瓦斯含量快速测定装置，使瓦斯压力测定误差小于 10%，测定时间 < 3 天；瓦斯含量测定误差小于 15%。

## 典型案例及成效

煤层瓦斯含量、瓦斯压力快速测定技术与装置先后在抚顺、淮南、淮北、峰峰、开滦、郑州、大屯、枣庄、铜川、平顶山等多个矿区应用，取得了较好的效果。

以抚顺矿区为靶区，利用煤层瓦斯含量及压力快速测定技术，对目前抚顺矿区瓦斯含量及压力的测定工艺、设备进行改进更新，避免了误差影响因素，缩短了测定时间，进一步提高煤层原始瓦斯含量和压力测定的准确性和可靠性，为瓦斯的防治与利用快速、准确地提供基础参数，提高了煤巷的掘进速度与突出危险性的准确性，为矿井瓦斯治理提供可靠的依据，减少了煤矿瓦斯事故的发生。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司、中煤科工集团西安研究院、中煤科工集团重庆研究院、华北科技学院

联系人：姜文忠

联系方式：13904939816

E-mail: jiangwz@163.com

# 55 煤与瓦斯突出防治及瓦斯抽采关键技术及装备

## 适用范围及推广前景

该成果是针对我国煤层构造复杂、瓦斯含量高、突出危险性大、煤层钻孔施工困难等问题进行深入研究形成的一套较为完善的突出防治及瓦斯抽放工艺技术和装备体系，在国内高瓦斯、突出矿井具有大面积推广应用的良好前景。

## 技术内容

## （一）基本原理

通过研究采动影响下的岩层移动、变形和破坏规律，优化设计出能抵抗水平应力错断作用的钻孔结构；通过研究旋转水射流冲割煤体动力学特性及井下煤层钻孔分段水力压裂的作用机理，研制水射流冲割喷枪、系列喷嘴及其传动机构、井下煤层钻孔分段水力压裂封孔装备；通过实验室研究确定高压脉动疲劳注水设备的相关参数，研制开发一套压力可调的高压脉动疲劳注水装备及其控制系统。

## （二）关键技术描述

关键技术一：钻孔轨迹动态预测软件和钻进参数检测装置，研制的煤矿井下定向长钻孔和多孔底定向分支孔钻机具能够满足井下定向开分支孔的要求。

关键技术二：开发出高压旋转水射流扩孔用的喷嘴、喷头及井下移动高压水力泵站系统和分段水力压裂封孔器，能够将钻孔一定范围内的煤层压裂，压裂增透效果良好。

## （三）技术流程

该技术的主要流程为：首先利用井下定向长钻孔和多孔底定向分支孔钻机具施工煤层抽采钻孔；然后利用旋转水射流冲割煤系统及分段水力压裂封孔装备提高煤层透气性；同时利用高压脉动疲劳注水装备降低煤层突出危险性；最后利用抗破坏结构的地面钻孔实现采动区瓦斯的开发。

## 主要技术指标

- （一）采动影响煤层及采空区瓦斯地面抽放钻孔的成孔率大于 60%；
- （二）在远距离、薄煤层（保护层）开采条件下，对邻近层卸压瓦斯强化抽采的抽采率达 60%以上；
- （三）高地应力、高瓦斯压力条件下高压水射流顺层钻孔成孔直径 100~150mm，钻孔深度 30~50m；
- （四）高压循环脉动疲劳注水防突技术，使煤与瓦斯突出危险降低 30%以上。

## 典型案例及成效

成果应用于阳泉新景煤矿，该煤矿开采 15#煤层保护 3#煤层，属于超远距离下保护层开采矿井，15#与 3#煤层层间距 136.5m，相对层间距 21 倍。通过现场试验，被保护层瓦斯含量由 18.17m<sup>3</sup>/t 降为 5.76m<sup>3</sup>/t，综合瓦斯抽采率达 68.8%。在晋城成庄煤矿进行了注水试验，结果表明：煤层突出性预测指标钻屑量（S）平均下降约 26.7%，解吸指标（K1）平均下降约 23.7%，对防治煤与瓦斯突出能够起到一定的作用。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司  
联系人：李日富  
联系方式：15923523220  
E-mail: cqlirifu@163.com

## 56 井下近水平定向钻进技术与装备

### 适用范围及推广前景

井下近水平定向钻进技术与装备主要解决煤矿井下钻孔定向问题，用于中硬煤岩层井下瓦斯抽（排）放、注浆防灭火、煤层注水、防突卸压、地质勘探等各类工程定向钻孔的施工。可实现钻孔施工的可控化、定向化；能极大提高煤矿井下瓦斯抽放量及抽放效率，目前该技术及装备在各大煤矿得到了广泛的应用，为煤矿企业降低了钻孔成本，具有良好的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

钻机打钻时，通过高压动力液驱动孔底马达带动钻头在孔底实现旋转钻进，钻杆本身不旋转，钻机随钻测量系统实时采集钻孔轨迹，通过通缆钻杆传输到钻机主机上的计算机，施钻人员可随时通过调整钻头工具面角来控制钻孔轨迹。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：定向钻孔及分支钻孔技术。采用随钻测量系统实施采集钻孔轨迹，并通过调整钻头工具面角来精确控制钻孔轨迹，可进行分支钻孔。

关键技术二：随钻测量系统信号共线传送技术。采用电流环技术，使探管驱动电流和测量信号实现共线传输，数据传输精度高并可降低钻孔辅助时间。

关键技术三：定向通缆钻杆技术。采用双锥面密封结构的通缆钻杆，实现了测斜探管外部供电，杜绝了采用电池供电造成电量不足引起测量数据中断的问题。

#### （三）技术流程

通过调研进口定向钻机在煤矿井下的施工情况，结合国内煤矿具体特点，确定钻机总体参数，研制了适合于国内煤矿的定向钻机，实现了定向钻机的国产化。在随钻测量系统的设计上进行了创新研究，数据共线传输技术达到国际领先水平。

### 主要技术指标

- （一）煤岩层硬度  $f=1.5\sim 8$ ，钻孔直径  $95\sim 200\text{mm}$ ，钻孔深度  $>1000\text{m}$ ；
- （二）钻孔测斜误差倾角  $\pm 0.2^\circ$ 、方位角  $\pm 1.5^\circ$ 、面向角  $\pm 1.5^\circ$ ；
- （三）孔底马达寿命  $\geq 200\text{h}$ 。

### 典型案例及成效

近水平定向钻机在晋城煤业集团寺河矿进行钻孔施工，完成主孔 10 个，其中主孔深度超过 1000m 的钻孔 4 个，最深主孔 1017m，分支钻孔 56 个，最深分支孔 240m，钻孔累计总进尺 11000 余米，正常钻进平均日进尺达 150-180m，顺煤层钻孔机械钻速 18-24m/h，顶底板岩石钻孔机械钻速 6-8m/h，其在东五盘区所施工的钻孔瓦斯抽放纯量一直维持在  $80\text{ m}^3/\text{min}$  以上，远远高于普通

钻机钻孔的抽放效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：史春宝

联系方式：13896143189

E-mail: cqshichunbao@163.com

## 57 松软突出煤层深孔钻进技术与装备

### 适用范围及推广前景

松软突出煤层深孔钻进技术与装备适用于煤层坚固性系数  $f \leq 1.5$  的松软突出煤层，特别是具有煤与瓦斯突出危险的软煤层中钻进，解决钻孔施工中孔壁坍塌、瓦斯喷孔、卡钻、夹钻等原因导致成孔率低、成孔深度浅，以及单孔利用率低的问题。该成果可在全国的大多数突出矿井中应用，因此具有广阔的市场推广应用前景，将取得十分显著的经济效益和社会效益。

### 技术内容

#### （一）基本原理

根据松软突出煤层具有的低渗、煤软、高应力、构造复杂等特点，钻孔时采用高转速螺旋排渣方式来提高钻孔施工效率，从钻杆中间下放筛管，退钻后将筛管留在钻孔中，提高瓦斯抽采效果。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：松软煤层深孔钻进及护孔技术，采用高转速螺旋排渣方式实现松软煤层深孔钻进，通过在钻孔中下放筛管来保护钻孔，使钻孔长期有效抽放瓦斯。

关键技术二：高转速动头冷却润滑技术。动力头旋转时，液压系统向箱体轴承持续供油润滑、冷却轴承，提高了液压系统的使用寿命。

关键技术三：筛管下放工艺方法。三棱螺旋钻杆和大通孔开闭式钻头钻至设计孔深，通过组合钻具内通孔将筛管下入钻孔内，退出组合钻具，将筛管留在松软突出煤层孔内进行瓦斯抽采。

#### （三）技术流程

对松软突出煤层孔壁稳定性、孔壁失稳力学条件及钻进工艺进行研究，提出了高转速螺旋钻进与筛管下放施工工艺方法，来提高钻进深度及成孔瓦斯抽采率，设计大扭矩、高转速钻机，开发三棱螺旋钻杆及大通孔开闭式钻头实现全孔段下放筛管工艺，最终形成松软突出煤层深孔钻进技术与装备。

### 主要技术指标

（一）在  $f < 0.5$  的煤层中，成孔直径  $\geq 115\text{mm}$ ，成孔深度  $\geq 200\text{m}$ ，成孔率  $\geq 70\%$ ；

（二）在  $0.5 \leq f < 1.5$  的煤层中，成孔直径  $\geq 115\text{mm}$ ，成孔深度  $\geq 250\text{m}$ ，成孔

率 $\geq 70\%$ 。

### 典型案例及成效

松软突出煤层高转速钻机在阳煤平舒矿采用螺旋压风钻孔工艺在  $f < 1.5$  的煤层中钻进，最大孔深达到 271m，钻进速度可达到 35m/h；松软突出煤层全孔段下放筛管下放工艺在淮南张集矿等 10 个松软煤层矿井进行了钻孔施工，累积进尺达 14196m，钻孔成孔率大于 90%，下筛管总长度达 13628m，筛管下放率大于 95%，提高了瓦斯抽采率。以平煤十矿为例，在  $f$  值  $< 0.5$ ，钻孔 27 个，总进尺 2668m，成孔率大于 97.3%，采用筛管护孔工艺成孔的瓦斯平均日抽采量达 112.3m<sup>3</sup>，是传统工艺的 10 倍。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：史春宝

联系方式：13896143189

E-mail: cqshichunbao@163.com

## 58 高压射流钻割一体化卸压增透成套技术

### 适用范围及推广前景

本技术主要涉及双动力协同钻进、钻割一体化和钻孔动态裂隙密封技术等，为我国高瓦斯突出煤层瓦斯高效抽采提供了先进的技术及装备，可明显提高瓦斯抽采效率。其适用于高瓦斯、低透气性突出煤层的预抽，卸压等方面，可有效扩大单孔影响半径，提高瓦斯抽采效率。具有广阔的推广应用前景。

### 主要技术内容

#### （一）基本原理

高压水射流钻割一体化卸压增透技术不但能在割缝期间排出大量瓦斯；而且割缝后，由于煤体发生膨胀变形，影响范围逐渐扩大，孔隙率增加，透气性增大，导致较远处的瓦斯也源源不断地涌向孔道。因此，排出的吨煤瓦斯量远大于原煤瓦斯含量，如果再配合瓦斯抽采，将可显著提高瓦斯抽采效率，有效降低水力割缝附近煤体的煤层瓦斯含量。由于高应力的缓解，瓦斯含量的减小，煤层透气性的提高，对消除煤与瓦斯突出及加速瓦斯解析起到了有效作用。

#### （二）关键技术

关键技术一：开发了高瓦斯突出煤层双动力协同钻进技术，创建了“钻孔+射流割缝+致裂”的卸压增透模式。

关键技术二：研制了瓦斯高效抽采卸压增透技术及装备；

关键技术三：提出了采动区主动式组合封孔方法，发明了瓦斯抽采钻孔强渗透、高粘结、柔性膨胀封孔材料。

#### （三）技术流程

首先在煤层内施工水力割缝钻孔，即先利用低压水进行打钻，待钻进至距

煤层顶板 0.5m 位置后退钻水力割缝。钻杆割缝时间为 20min 左右，钻杆割缝时初始压力应不大于 10MPa，并逐步调节射流压力，保证煤屑顺利的从钻孔内排出来，一般当煤层硬度  $f$  值小于 0.5 时，射流压力不超过 20MPa。割缝完成后，利用研制的 PD 密封材料进行封孔，然后抽放瓦斯。

### 主要技术指标

钻孔有效影响范围提高 2 倍；钻孔瓦斯抽采流量提高 2.5-6 倍；钻孔瓦斯抽采浓度达到 30%-98%；煤层透气性提高 200 倍以上；抽采达标需要钻孔量减少 30%-50%。

### 典型案例及成效

该技术在 50 多对高瓦斯矿井得到推广应用。例如在平煤集团，将该技术作为瓦斯预抽技术在高瓦斯突出矿井推广应用，矿井瓦斯突出危险性显著降低，巷道掘进期间取消了局部防突措施，巷道掘进速度提高 1 倍以上。推广应用矿区煤矿瓦斯事故得到了有效控制，促进了安全生产，产生了良好的社会效益。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：林柏泉；杨威

联系方式：13505211038；13952194967

E-mail: lbq21405@126.com; ywcumt@163.com

## 59 三维旋转水射流扩孔及割缝技术与装备

### 适用范围及推广前景

适用于高瓦斯及突出矿区的低透气性煤层煤层气增产、石门快速揭煤等。国有重点煤矿 70% 以上是高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井，且大部分为低透气性煤层，必须采用强化措施来增加煤层的透气性，才能有效地抽出瓦斯。三维高压旋转水射流扩孔及割缝装备采用三维旋转水射流冲割煤体，能够有效增加煤层裂隙，扩大煤层钻孔的卸压范围，强化瓦斯抽采效果。因此，该装备具有较强的市场竞争力和广阔的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

采用高压旋转水射流对煤层扩孔及割缝来增大煤层钻孔的卸压范围，强化瓦斯抽采效果。通过钻杆轴向旋转带动装有导向叶轮的旋转水射流喷头形成三维旋转水射流，有效地降低破煤压力，增强破煤效率。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：实现具有径向、切向、轴向速度的三维旋转水射流切割煤体，有效地降低破煤压力，扩孔煤屑颗粒小，不易堵孔，破煤效率高。

关键技术二：在输送高压水的同时水射流钻杆和喷头旋转以流体排渣和机械排渣协同作用，解决低透气性煤层水射流扩孔及割缝过程中钻孔排渣问题。

### （三）技术流程

三维旋转水射流扩孔及割缝的工艺流程如下：①按照设计在煤巷或者岩巷施工钻孔；②乳化液泵、高压胶管、高压旋转水尾连接高压水射流钻杆形成高压水射流系统，将割缝喷头送至煤层段底部；③开启泵将泵压缓慢调至10~25MPa、流量调至最大，然后利用钻机夹持高压水射流进行割缝作业；④当孔内返水变清时，通过增加或减少钻杆进行割缝，直到完成割缝作业。

#### 主要技术指标

水射流流动压力 $\geq 15\text{MPa}$ ，每米煤孔出煤 0.5~0.75t，扩孔后直径 700mm 以上，单孔抽采量提高了 2 倍以上。

#### 典型案例及成效

2010 年在淮南矿业集团丁集煤矿西 11-2 运输大巷的穿层钻孔进行了现场工业试验。应用水力冲割煤层卸压抽采瓦斯技术及成套设备，在泵压 10~25MPa 的工况下将钻孔直径扩至 448~1042mm。单孔瓦斯抽采量为与其对比的常规钻孔的 1.2~10.31 倍。经过 33~44 天的抽采，吨煤抽采量达到了 1.86~3.2m<sup>3</sup>/t、平均 2.45 m<sup>3</sup>/t，抽采率平均达 37.7%。在保证抽采效果的同时，减少措施钻孔数量 60%左右，降低抽采成本 323.4 万元，同时缩短抽采时间，实现工作面的提前回采，从而创造了可观的经济效益。

#### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司

联系人：姜文忠

联系方式：13904939816

E-mail: jiangwz@163.com

## 60 煤矿重大灾害综合监测预警关键技术及系统

### 适用范围及推广前景

该技术适用于瓦斯灾害矿井的甲烷、二氧化碳等气体的高可靠、快速监测，安全监控及异常联动控制，煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸、火灾等重大灾害的在线辨识、智能分析和综合预警以及灾害防治日常工作的专业管理与分析。我国高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井众多，瓦斯灾害极其严重，本技术可显著提升灾害监测和防治技术，推动了煤矿安全管理的信息化、智能化发展，符合煤矿“工业化与信息化深度融合”的发展政策和趋势，推广前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过本安环网、通信网关、监控分站、控制软件等关键技术的研究，构建高可靠、快速反应和宽带传输的新一代煤矿安全监控系统。重大灾害预警技术系统利用安全监控系统和各职能部门终端采集各种安全信息，借助专用分析软件进行信息融合、挖掘和分析，实现重大灾害在多因素、多指标在线监测、超前预警。

## （二）关键技术描述

关键技术一：新一代煤矿安全监控系统。解决了系统传输网络拓扑结构、监控接入设备的散热问题及大功率本安电源技术研发三大技术难题，开发了高可靠、快速反应的安全监控系统和煤矿用无线通信人员管理系统。

关键技术二：重大灾害预警技术。提出了重大灾害预警技术模型及方法，开发了可灵活运用的组件式配套软件，形成了由模型、软件、人员、机制构成的预警成套技术体系，进行重大灾害的在线监测和预警。

## （三）技术流程

重大灾害预警技术流程见下图：通过各种方式尽可能多的获取相关信息，进行指标计算、危险综合判识后，确定预警结果，并多方式发预警信息。

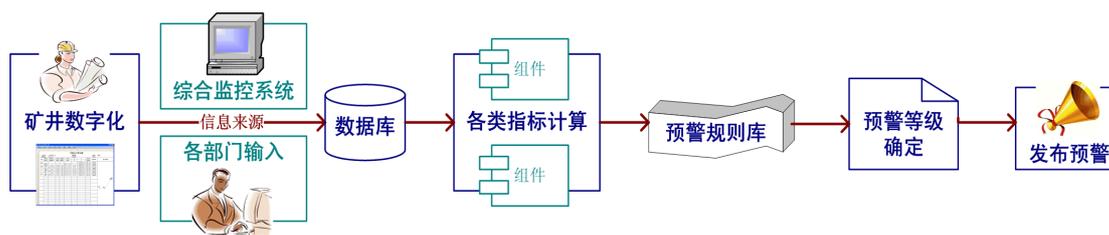


图 13 技术流程图

## 主要技术指标

（一）安全监控系统反应速度在 12s 内、连续无故障运行 2 个月以上，并可连接接入电网、人员等安全系统。

（二）灾害预警系统从灾害各影响因素、管理各环节入手，进行灾害全面分析，实现灾害防治的规范化、精细化管理。

## 典型案例及成效

在淮北芦岭煤矿和重庆松藻渝阳煤矿建立了本技术系统。新一代安全监控系统的反应速度系统反应速度比系统改造前提高了 2 倍以上，系统故障率减少了 50% 以上，实现了对重大危险源的实时监测、快速反应、高效准确传输和控制。重大灾害预警系统运行稳定、可靠、预警结果准确、可信，平均预警准确率在 85% 以上，实现了重大灾害的在线分析、综合预警，减少了矿井重大事故导致的人员伤亡与经济损失，对矿井的重大灾害的防治具有重要指导作用。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：张庆华

联系方式：13983023211

E-mail: zqhcqmky@163.com

# 61 煤矿井下自动水幕抑爆技术及其装备

## 适用范围及推广前景

煤矿井下自动水幕抑爆技术及其装备适用于井下抑制和隔绝瓦斯煤尘爆炸

事故。水幕抑爆技术具有经济、环保的特点，也是一种高效的减弱瓦斯爆炸强度、降低火焰传播速度的抑爆方式，具有广阔的应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

水幕抑爆系统的基本原理是依靠对燃烧或爆炸信息的超前探测，通过控制器使快速触发装置动作，接通供水系统和水幕设施，形成细水幕抑制带，抑制燃烧、爆炸火焰传播的装置。

### （二）关键技术描述

关键技术一：水雾抑爆系统。

水幕抑爆系统由传感器、控制仪、快速触发装置、供水系统及水幕设施五部分组成，通过调整达到给定的抑爆性能要求，并符合井下安装的需要。

### （三）技术流程

水雾抑爆装备的结构示意图（如图 14）：

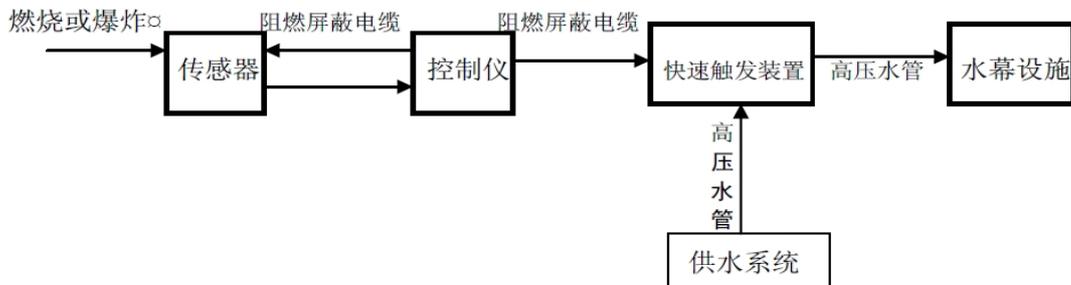


图 14 水雾抑爆装备结构示意图

依据瓦斯煤尘爆炸传播规律，在煤矿井巷内布置水雾抑爆装备，组成水雾抑爆系统。一旦燃烧爆炸发生，传感器探测到火焰信号，通过控制仪快速触发水雾设施，在井下巷道断面形成水幕带，起到抑制瓦斯爆炸传播的作用。

## 主要技术指标

- （一）系统动作时间： $\leq 20\text{ms}$ ；
- （二）形成封闭断面水幕时间： $\leq 20\text{ms}$ ；
- （三）水幕长度： $> 10\text{m}$ ；
- （四）每道水幕喷雾强度： $2.5\text{MPa}$  喷雾压力下  $18\text{L}/\text{min}\cdot\text{m}^2$
- （五）水雾粒度：约  $198\mu\text{m}$ 。

## 典型案例及成效

2009 年，受山西国新能源股份有限公司的委托完成喷雾式自动抑爆装置研发及其应用。研究了喷雾式自动抑爆装置的结构、喷嘴安装方式及喷嘴结构，并在地下实验巷道进行性能实验，研制出高性能的自动水幕抑燃抑爆系统，并在国阳公司下属 4 个矿井进行运用，使用效果良好。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团重庆研究院有限公司

联系人：司荣军  
联系方式：023-65239559  
E-mail: sirj73@163.com

## 62 防治煤炭自燃的高效阻化方法与关键技术

### 适用范围及推广前景

主要适用于煤矿自燃火灾防治，特别是大范围采空区或巷道高冒火灾、采空区隐蔽火源及高位火源、综放及俯采工作面煤炭自燃的防治。

本项目成果对我国西部缺水少土矿区、大面积采空区隐蔽火源、巷道高冒区以及其它井下地点的煤自燃火灾的防治起到了关键的作用，已在神东补连塔矿、中煤西沙河矿、义马千秋矿、铁法大兴矿、淮北朱仙庄矿、兖州东滩矿等100多个国有重点煤矿得到广泛应用，成功治理了50余起煤自燃火灾。项目成果还可用于非煤矿山等其他领域的自燃火灾防治，推广前景十分广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

针对传统的隔氧保湿低阻化、低效能和高成本的防灭火技术难以满足需要以及西部多砂缺土少水矿区缺少有效防灭火技术的难题，本成果从阻化原理及高效防治思路创新，研发了新一代的防灭火材料与技术。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：煤自燃倾向性快速准确测试技术。

关键技术二：化学阻化剂及阻化泡沫防灭火技术。

关键技术三：悬砂稠化剂及阻化砂浆防灭火技术。

#### （三）工艺流程

为构建阻化泡沫防灭火技术，本项目发明了高倍阻化泡沫发生装置（图15）。气源（惰气或压风）从主管路中直接进入喷射式负压混合器中，因气体射流形成的负压和旁侧支路中的压力水将阻化泡沫原液吸入到主管路的喷射混合器中，水、阻化泡沫原液与气源在喷射混合器中充分混合，然后在气体压力驱动下以喷射的方式进入倾斜挡板涡流式发泡器中发泡，而形成高倍阻化泡沫。

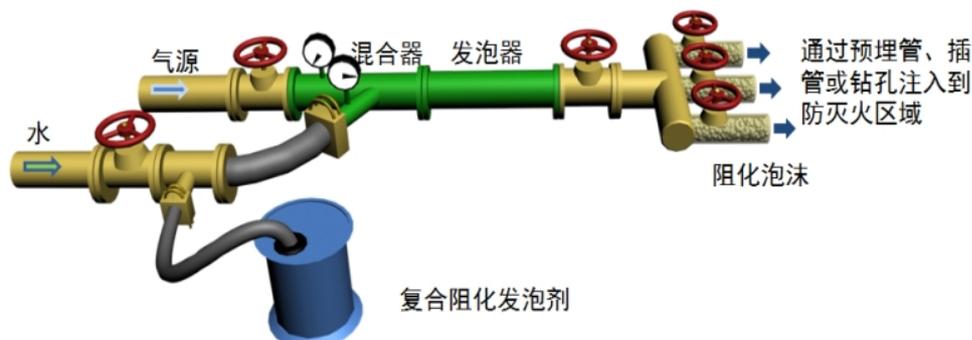


图15 阻化泡沫发生装置及灌注工艺

为降低阻化砂浆的制备成本，在矿区就地对稠化剂原材料加工并配制成稠

化剂溶液，然后加入山砂制备成具有高效阻化功能的阻化砂浆，为此发明了制备稠化剂浆体的制备方法及其装置，其制备方法如图 16 所示。

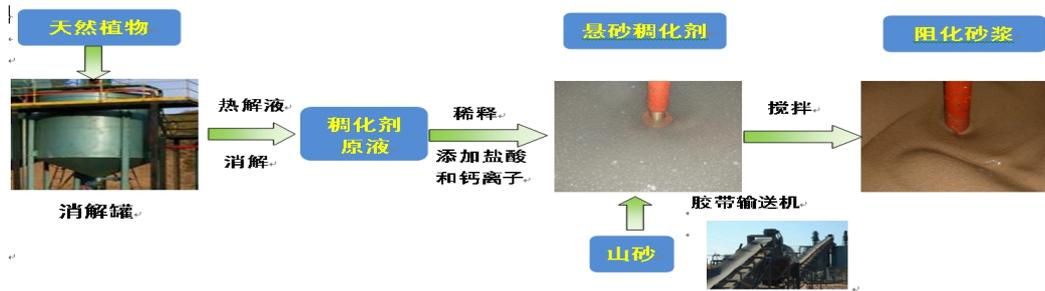


图16 防灭火阻化砂浆制备方法

### 主要技术指标

煤自燃倾向性氧化动力学测试方法重复实验误差率 $\leq 0.5\%$ ，测试时间 $\leq 3\text{h}$ ；化学阻化剂平均阻化率 $> 80\%$ ，阻化泡沫流量  $600\text{-}1200\text{m}^3/\text{h}$ 、最大扩散半径 $> 60\text{m}$ ；稠化剂悬砂能力 $> 48\text{h}$ ，阻化砂浆具有剪切稀化特性，不易堵管磨管。

### 典型案例及成效

从2007年开始，采用煤自燃倾向性氧化动力学测试方法对全国不同矿区的300多个煤层的煤样进行测试，很好的指导了这些矿井的煤自燃防治工作。该方法已成为我国安全生产行业标准，从2009年1月1日开始实施。

本成果获发明专利7项；制定安全生产行业标准1项；出版专著1部，发表论文98篇，其中被 SCI、EI 检索47篇。与传统防灭火技术相比，本成果在阻化原理、高效防治方法与技术方面创造性突出，技术水平及关键技术经济指标处于国际领先水平，获2012年度国家技术发明二等奖。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
 联系人：王德明  
 联系方式：13952239019  
 E-mail: wdmcumt@163.com

## 63 煤自然发火期快速测试技术及装备

### 适用范围及推广前景

适用于煤矿对煤最短自然发火期快速测试。项目开发了一整套具有自主知识产权的煤最短自然发火期测试装置，提出了一种基于实验室条件下煤最短自然发火期快速测试新方法，为煤层自然发火期的实验室测试鉴定工作提供一可靠的技术手段，进而为煤矿现场生产企业制定防灭火技术方案提供技术支撑，故具有广泛的推广应用前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

考虑对流、导热及源项作用，建立了均质、各向同性松散煤体流场、温度

场控制方程，结合近似绝热及外加热源实验测试结果，计算经历不同温度区间所需的时间间隔，通过累加获得煤最短自然发火期。

## （二）关键技术描述

利用程序控温方法分别实现绝热氧化和加速氧化两种实验条件下煤自燃过程，可以对煤低温氧化特性进行较精确的测定。

## （三）技术流程

装置主要由四部分组成。（1）供风单元：由压缩空气提供的空气经过过滤器、减压阀和调节阀进入流量控制器达到风量的控制，从流量计出来的空气进入油浴单元，使风流温度达到炉内煤体入口要求的温度。（2）炉体单元：由煤样罐、油浴层、保温层和真空层组成。煤样罐顶、低部分别有一自由空间，使气流由下向上均匀通过实验煤体。在煤样罐的内部布置有螺旋状不锈钢管，经过预热的空气通过钢管进入煤样罐底部的下气室。（3）煤温检测、控温及调压单元：包括温度传感器、单片机程控系统、调压系统及温度显示表等组成。备有专用接口，通过外配数据采集器可分别提取不同测点温度；对于不同测点温度均可由数显温度表对应显示；单片机程控系统根据煤样温度与环境温度的逐时温差来实现控制；调压系统根据需要调节加油浴加热电压，通过数显电压表与温度表进行监测。（4）油浴加热单元：配备有高精度油浴加热单元，可满足 $0^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 温度范围不间断加热，为实验煤样实现自然发火期快速测试提供外在热源。（5）分析软件：数据分析软件可以对系统硬件进行自动控制和实验过程数据采集，并根据实验结果进行数据分析，得到实验条件下煤样最短自然发火期。

## 主要技术指标

- （一）电源： $\text{AC}220\text{V}\pm 10\%50\text{Hz}$
- （二）炉体控温范围： $\text{室温}\sim 270^{\circ}\text{C}$
- （三）炉体控温精度： $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- （四）炉体加热功率： $1000\text{W}$
- （五）油浴加热功率： $1500\text{W}$
- （六）油浴加热控温范围： $\text{室温}\sim 300^{\circ}\text{C}$
- （七）油浴加热控温精度： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- （八）供风量的范围： $0\sim 5\text{L}/\text{min}$

## 典型案例及成效

应用本项目建立的煤的自燃难易程度判定新方法，对双鸭山矿业集团 48 个工作面、神东公司 3 个工作面煤的自燃难易程度进行了判定，对着火活化能小，存在严重自燃隐患的工作面进行了重点防治，在项目研究期间没有发生一起因为采空区遗煤自燃原因造成的工作面停产事故，仅神东公司 3 个工作面就安全生产原煤 1000 万吨，创产值 30 亿元，确保了煤炭企业的安全开采。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司  
联系人：刘志忠  
联系方式：13841329129  
E-mail: tongfengsuolz@163.com

## 64 煤矿巷道突水机理及防治技术

### 适用范围及推广前景

煤矿巷道突水机理及防治技术适用于水害矿区巷道掘进、岩溶地区地下工程建设及灾害防治。

我国煤矿受水威胁的面积、类型与水害威胁程度都是世界罕见的，在煤矿突发事故造成人员财产损失中，水害排在第二位，水害在非煤矿山中占第一位。

该技术分析了煤矿巷道突水事故资料，揭示了突水主控因素的特征。从煤矿水害防治原则、多种方法预测预警和水害治理技术等角度提出了巷道水害综合防治技术体系。

### 技术内容

#### （一）基本原理

首先明确了煤矿巷道水害类型及分布，分析了突水的各种条件，揭示了突水主控因素的主要特征。从煤矿水害防治原则、多种方法预测预警和水害治理技术等角度提出了巷道水害综合防治技术体系。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：巷道致灾构造综合物探方法

将探测地质构造的地震法、探查含水体的电法和探查区域性富水构造等含水层的电磁法深度综合，建立基于多元地球物理信息联合反演理论的突水灾害源综合定量超前预报方法及集成系统。

关键技术二：巷道突水在害防治技术

- ①在具有足够排水能力且经济合理的条件下选用疏水降压；
- ②在承压含水层周边构筑止水帷幕，截断井田区域径流补给；
- ③注浆堵水作为超前改造的补充手段。

### 主要技术指标

前向三维激发极化超前探测深度 40m，对异常干扰的响应小于 2%，基于三维跨孔电阻率 CT 约束反演理论及其并行算法的组合观测模式，分辨率达到 20cm，定位误差 < 10%；GT-1 型水泥基抗分散注浆材料初终凝时间可调（凝胶时间 45s~30min，终凝时间 2min~45min）；动水中抗分散性强，结石率可达 71~95%；1h 强度 0.5~1.1MPa，3d 强度 4.1~6.2MPa。

### 典型案例及成效

高温高压断层水治理-野矿区郭屯煤矿突涌水情况：涌水段主要分布在断层及向斜核部，涌水水压 4.0MPa，水温 40°，围岩稳定性极差。

治理方案：深部截源引流+浅部注浆加固；

注浆材料：水泥单液浆+凝胶可控型双液浆；

配套措施：变形监测、必要时留泄水孔，集中可控排放。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：靖洪文  
联系方式：13805209187  
E-mail：hwjing@cumt.edu.cn

# 65 矿井突水重大灾害实时监测预警技术

## 适用范围及推广前景

适用于全国煤矿普遍存在的突水防治问题。在我国煤矿重特大事故中，矿井突水事故在死亡人数上和发生次数上，仅次于煤矿瓦斯事故，但造成的经济损失一直居各类煤矿灾害之首。随着矿井开采深度的增加，矿井突水事故居高不下。本项目从突水危险源探测、隔水层破断与导水通道形成监测、水的运移监控到突水的封堵效果评价，首次提出了全方位的监测技术方案，对提高矿井突水监测预警的可靠性具有重要的理论与现实意义，推广前景广阔。

## 技术内容

### （一）基本原理

从突水危险源、隔水层断裂、早期突水和注浆封堵等四个环节，基于地球物理、地球化学、岩石力学等物理化学规律研发矿井水实时动态监测预警设备，在有效预防和控制矿井突水重大灾害方面取得突破性进展。

### （二）关键技术描述

关键技术一：突水危险源的地球物理响应规律；  
关键技术二：突水灾变前兆信息特征及其状态表征和辨识方法；  
关键技术三：突水危险源精密探测技术；  
关键技术四：宽带声发射技术；  
关键技术五：矿井突水水源在线分析技术；  
关键技术六：注浆封堵监测技术。

### （三）技术流程

围绕透水事故形成的主要环节，在煤矿透水机理及探测理论与技术研究成果指导下，从突水危险源探测、隔水层破断监测和水质在线分析，到涌水异常监测和注浆封堵过程监测，突出监测传感器、传输方式、支撑软件三个重点，对突水过程及封堵效果进行全方位监测。

## 主要技术指标

（一）突水危险源精密探测技术及装备探测深度 $\geq 150\text{m}$ ，探测盲区 $\leq 5\text{m}$ ；目标定位误差 $\leq 3\text{m}$ 。

（二）隔水层断裂实时监测预警技术及装备能实现整个掘进工作面多点、多参数的实时监测预警，监测深度 $\geq 20\text{m}$ ；全波形多通道岩体声发射仪采用分布式总线结构，频率响应范围 20Hz-200kHz，定位误差 $\leq 5\text{m}$ ；煤岩含水率分布场监测仪的监测深度 $\geq 20\text{m}$ ，煤岩含水率监测范围：20%~100%。

(3) 涌水异常监测预警技术及装备矿坑涌水量实时监测范围：0-30m<sup>3</sup>/h 线性误差≤0.5%；突水水源在线监测仪，能够在线分析奥陶系灰岩岩溶水、煤系砂岩裂隙水，煤系灰岩水，第四系冲积层水和老窑水等不同水源，分析时间≤30s。

(4) 注浆封堵动态监测技术及装备注浆内部压力检测范围：0-5MPa，分辨率 0.1Mpa；注浆位移检测范围：0-1000mm，误差：≤10mm；注浆流速检测范围：0-5m/s，误差：≤0.1m/s。

### 典型案例及成效

研究成果已用于大同煤矿集团忻州窑、同忻、燕子山等矿井防治水工作，获山西省科技进步二等奖和中国煤炭科学工业协会科学技术二等奖。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：岳建华

联系方式：13505216399

E-mail: yuejh@cumt.edu.cn

## 66 矿井水害快速治理技术与装备

### 适用范围及推广前景

本成果适用于各种矿山矿井水害治理和井下抢险。

本成果包含便携式突水水源快速判别系统、井下高精度定向钻探技术与快速注浆装备、地面高精度连续快速测斜仪与地面移动式高压无级调速注浆泵、高效注浆材料、全尾砂低能耗结构流充填技术，具有针对性强，快速、方便现场使用等特点，同时可有效保护矿区及周边生态环境，面对全国频频发生的煤矿水灾具有巨大的应用市场和推广前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

针对矿井水害治理的需要，通过理论研究、装备研制、现场试验和示范工程，进行矿井突水水源快速判别技术及便携式测试装置、井下高精度定向钻探技术与快速注浆工艺和装备、地面高精度定向钻探技术与快速注浆装备、动水条件下的高效注浆材料的研发、基于全尾充填技术的采空区水害控制关键技术及装备研究和岩溶水矿井井下定位注浆技术和装备研究。

#### (二) 关键技术描述

(1) 研制成功煤矿便携式水质快速综合测试仪，煤矿水质钙、镁、钠多离子测试仪，矿井水源快速判别分析软件，形成配套的可在现场方便携带使用的水源快速判别系统。

(2) 研制成功的复杂地层井下高精度定向钻进工艺。

(3) 研制了地面高精度连续陀螺测斜仪，地面柴、电双动无极调速高压注浆泵。

(4) 研制了金属矿山全尾砂低能耗结构流采空区充填技术。

### 主要技术指标

(一) 孔内螺杆钻具(孔底马达), 钻孔深度 150m 以上, 偏斜率在 1% 以内。

(二) 连续陀螺测斜仪及配套绞车、地面仪, 顶角测量精度 $\pm 1'$ , 方位角测量精度 $\pm 2.5^\circ$ 。

(三) 柴电双动力、无级调速高压注浆泵, 最高压力 35MPa, 最大流量 750L/min。

### 典型案例及成效

建立了低能耗全尾砂结构流胶结充填系统并应用于莱芜莱新矿业有限公司矿山生产中。根据具体矿山尾砂情况, 充填尾砂浓度为 58~62%, 流量 60~80m<sup>3</sup>/h, 单月最大充填量 2.55 万 m<sup>3</sup>, 充填体强度 0.59~2.86MPa, 析水率低, 满足采矿要求, 直接结顶率达到 85% 以上, 用胶固粉全部替代水泥, 水泥用量降低 100%, 充填成本大幅降低。示范矿山试验采空区全尾充填率达到 100%。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位: 北京中煤矿山工程有限公司

联系人: 冯旭海

联系方式: 010-84263086

E-mail: fengxuhai@163.com

## 67 矿井灾害源探测技术

### 适用范围及推广前景

矿井灾害源探测技术适用于井工开采巷道掘进面前方 50 米范围内、顶底板 30 米范围内以及开采工作面 400 米范围内的隐伏灾害源探测。

该项技术属于煤炭矿井灾害源探测的创新技术, 可用于探测地下断层分布、顶底板和开采工作面构造发育、采空区底板破碎带范围及其深度、采空区富水性等矿井灾害源特征, 其成果装备探测频率高、精度高、因自带发射激励源, 现场施工简单, 具有良好的发展应用前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

首先确定矿井灾害源探测仪器的设计参数, 基于电磁波技术、电子技术、通讯技术、计算机技术等技术进行灾害源探测仪器的开发和识别处理算法的研究; 基于数值模拟、实验基地测试、数学统计等方法对开发的硬件和软件系统进行测试并进行设计参数修正; 基于生产线建设及其相关管理技术最终建立一系列产业化工艺流程。

#### (二) 关键技术描述

关键技术一：CT 透射防爆地质雷达的开发；  
关键技术二：超前探测双频天线防爆地质雷达的开发；  
关键技术三：顶底板探测防爆地质雷达及智能支架系统的开发；  
关键技术四：矿井灾害源信息识别及管理系统的开发。  
关键技术五：产业化基地的建设。

### （三）技术流程

本技术开发主要包括六个子单元：（1）CT 透射地质雷达开发；（2）双频地质雷达开发；（3）顶底板探测地质雷达及支架开发；（4）实验基地探测实验；（5）矿井灾害源信息识别及管理系统的开发；（6）产业化基地建设。

其中，1、2 和 3 是核心和前提，并为 4 提供仪器设备，为 5 提供数据；4 的结果又为 1、2、3 和 5 提供设计参数修改意见；最终 6 进行仪器的批量中试生产。

### 主要技术指标

（一）不同类型的防爆地质雷达探测仪，能有效探测巷道掘进面前方 50 米范围内、顶底板 30 米范围内以及开采工作面 400 米范围内的隐伏灾害源；

（二）建立地质雷达仪器中试生产线，生产能力达到 100 套/年。

### 典型案例及成效

以神华集团有限责任公司、中煤能源集团有限公司、河南能源化工集团有限公司、山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司等国内大型煤矿企业下属 8 个矿区为试验基地，针对不同地区不同煤矿不同矿井事故特点，开展巷道掘进面超前预报、顶底板灾害源和开采工作面灾害源探测应用技术方法研究，同时，通过应用来建立一套适合现场探测技术方法，将矿井灾害源地质雷达逐步转变为成熟的技术方法。已有部分区域已获得验证。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）煤炭资源与安全开采国家重点实验室

联系人：彭苏萍；许献磊

联系方式：13426290382

E-mail: tracyxxl@163.com

## 68 松散承压含水层下采煤压架突水灾害防治技术

### 适用范围及推广前景

顶板和突水事故是煤矿五大灾害的主要组成部分，其中顶板事故总量一直居于首位。顶板事故的有效防治是保障煤矿安全生产的重中之重。本技术是一项针对采场动载与顶板突水并发灾害的防治技术，适用于煤矿开采岩层移动与控制、煤矿保水开采、煤矿突水灾害防治等领域，尤其在华东、华北等矿区基岩顶部普遍存在松散承压含水层的开采条件下，具有广阔的推广应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

松散承压含水层载荷传递作用导致一定覆岩条件的关键层结构发生整体破断，顶板导水裂隙因覆岩结构失稳而异常发育至承压含水层，引发压架突水事故。基于承压含水层下采煤覆岩破断运动规律和灾害发生机理，形成了压架突水危险区域的预测方法，建立了以高阻力支架控顶、基于关键层位置的顶板预裂爆破、水位降速预警为核心的灾害防治技术体系。

### （二）关键技术描述

1、本技术考虑了覆岩关键层特殊破断特征对导水裂隙带高度的影响，形成压架突水危险区域预测方法，是对传统防水煤岩柱留设方法的重要补充和完善。

2、基于覆岩破断失稳特征，确定了工作面的合理支架工作阻力计算方法，可指导工作面支架的合理选型；

3、基于水位变化与覆岩破断的联动效应，可利用长观孔水位降速进行压架突水灾害的预警，提高灾害防范的及时性和准确性。

### （三）技术流程

第一步，收集工作面钻孔柱状资料。

第二步，采用关键层判别软件，进行覆岩关键层破断特征及危险区域的判断。

第三步，针对危险区域的开采，进行合理支架选型、设计顶板预裂爆破方案。

第四步，利用长观孔水位进行预警，并在采动过程中开展推进速度、采高、支护质量等实时调控措施。

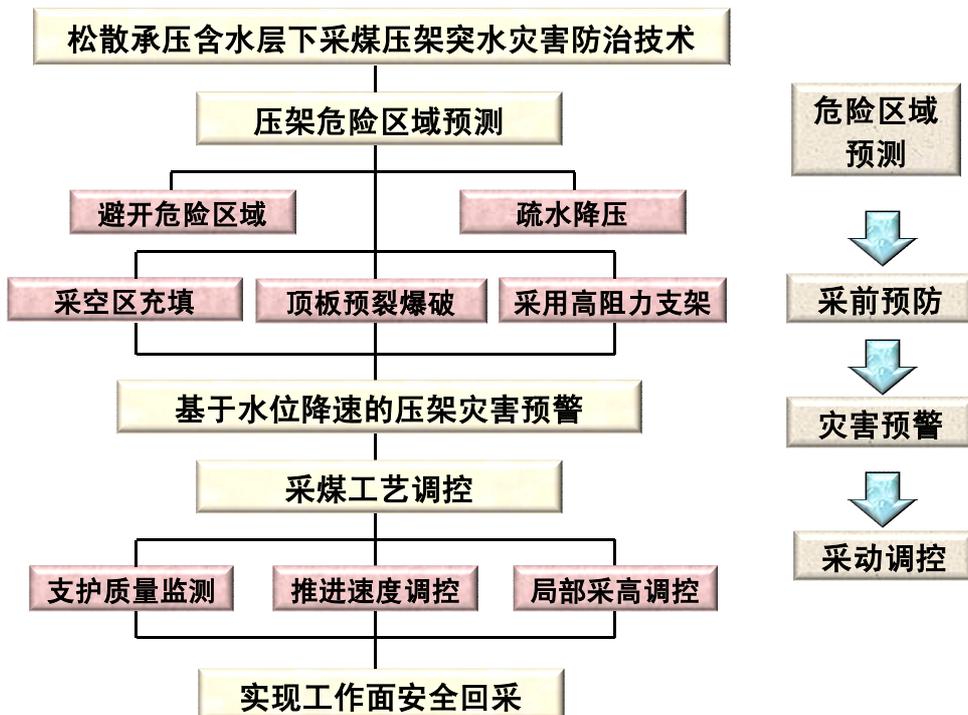


图 17 松散承压含水层下采煤压架突水灾害防治技术体系

## 主要技术指标

(一) 形成的压架突水危险区域预测方法, 是对现有防水煤岩柱留设方法的补充和完善。

(二) 形成基于长观孔水位降速的压架突水灾害预警新方法。

(三) 建立“危险预测-采前预防-采动预警-实时调控”的灾害防治技术体系。

## 典型案例及成效

对松散承压含水层下采煤压架突水灾害防治问题的研究已持续约 10 年之久, 逐步形成了一套具有完全自主知识产权的灾害防治技术, 并在皖北煤电集团得到了推广应用。

如, 皖北煤电祁东煤矿曾在 9 个工作面发生 17 次压架突水事故, 造成了重大的经济损失, 严重威胁煤矿安全生产和采掘接替。通过在该矿 7121、7131 等工作面采用高阻力支架控顶、关键层人工预裂爆破、长观孔水位降速预警、采动实时调控等防治措施, 扭转了祁东煤矿松散承压含水层下采煤不断发生压架突水事故的被动局面, 保证了矿井正常的安全生产, 累计回采煤炭约 246.5 万 t, 新增效益约 4.1 亿元。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位: 中国矿业大学

联系人: 许家林; 王晓振

联系方式: 13952118050; 13645216184

E-mail: cumtxjl@cumt.edu.cn; wxzcumt406@163.com

# 69 煤矿冲击地压的多参量前兆识别及监测预警技术

## 适用范围及推广前景

适用于受矿震及冲击矿压灾害威胁矿井的动力灾害防治。针对我国深部煤岩冲击动力灾害监测预警的技术难题, 通过研究应力与应力波协同作用下煤岩失稳的前兆信息特征, 提出的微震监测、震动波 CT 反演预测和采动应力监测相结合的多参量监测预警理论及技术, 将降低冲击危险监测的盲目性, 提升我国冲击地压的监测与预警准确性, 为矿井制定防御、减轻和控制煤岩动力灾害提供可靠的科学依据, 有利提高矿井开采的安全性, 该技术应用前景广泛。

## 技术内容

### (一) 基本原理

根据煤岩破坏的不同裂隙发展阶段与微震、应力、声电等参量响应的关系, 建立煤岩受载破坏过程的“应力场-震动场”多参量归一体化监测预警模型, 提出以微震监测、震动波 CT 反演和采动应力探测冲击危险的预警指标与方法。

### (二) 关键技术描述

微震监测通过监测矿震震源、能量及变化趋势, 判断冲击危险区域和等

级；震动波 CT 是通过建立震动波波速与采动应力（梯度）之间的耦合模型，划分波速异常与波速梯度异常空间“应力场”；采动应力监测以监测煤体应力增量筛查和聚焦危险区。即根据震动能量与煤岩破裂状态的耦合关系，以及冲击变形能物理模型与预警指标，实现对冲击危险的分析预测与实时监测预警相结合、区域到局部逐级筛查的聚焦式预警。

### （三）技术流程

- （1）微震系统监测记录矿震能量、震源及变化趋势，确定矿震高发区；
- （2）震动波 CT 反演波速异常与波速梯度异常区，划分不同等级冲击危险区域；
- （3）采动应力监测煤体应力增量，筛选和聚焦冲击危险区，并实施解危措施。

### 主要技术指标

（一）在中国矿业大学建立了微震远程监控网络平台，已有几十个矿井加入该平台，微震监测数据可在线进行专家会诊，并及时提供预警和防治建议。

（二）震动波 CT 反演及采动应力增量监测的综合预警准确率达到 80% 以上。

### 典型案例及成效

鲍店煤矿采用 SOS 微震监测系统监测矿震规律，采用采动应力在线系统监测煤体应力变化，并结合震动波 CT 反演技术，预测和确定了 103 上 02 工作面冲击危险区。

波速分布图表明，在 103 上 02 工作面区域内存在两个异常区域。后期的微震监测情况表明，有 80% 左右的高能量（105J 以上）震动都发生在预测的冲击危险区域内，切眼附近巷道的冲击危险区通过采取卸压解危措施提前消除了冲击危险，保证了安全生产。这项技术已在全国 20 多个煤矿成功应用，效果良好。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：窦林名

联系方式：13952261972；0516-83995904

E-mail: lmdou@126.com

## 70 采动动力灾害监测、预警与控制的关键技术

### 适用范围及推广前景

适用于受矿震及岩爆灾害威胁的非煤矿山的动力灾害防治。针对我国非煤矿山的岩爆灾害监测预警技术难题，通过研究岩石的岩爆倾向指标和岩爆的前兆信息特征，提出了微震监测和电磁辐射监测，即全局与局部监测预警相结合、实时与即时监测相结合的监测预警理论与技术，提高了我国非煤矿山岩爆动力灾害的监测与预警准确性，为矿山开采提供了一种实用和有效的安全技术保障手段，该技术应用前景广泛。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过对岩石的有效冲击能指数  $W$ 、动态破坏时间  $DT$  和最大储存弹性应变能  $ES$  等指标综合分析，以及岩石的实验和三维数值模拟计算，揭示了岩石内聚集弹性应变能和岩爆矿岩破坏的震动、电磁辐射特征，建立了岩爆危险评价、分级指标体系，可通过弱化岩体降低弹性应变能和岩爆危险性。

### （二）关键技术描述

利用现场取得的岩石样品进行试验测试，测试岩样加载过程中的电磁辐射和震动信号特征，利用开发的 TDS-8 微震监测系统可以有效监测地下空间的震动分布和特征，为岩爆预测预报提供基础。利用 TDS-8 微震监测和 KBD-5 电磁辐射监测实现了全局监测预警与局部监测预警相结合、实时监测与即时监测相结合，并通过一种监测手段对另一种监测手段的结果进行验证，提高了监测系统的可靠性。

### （三）技术流程

- （1）试验测试岩样加载过程中的电磁辐射和震动信号特征；
- （2）划分矿岩岩爆破坏震动与电磁辐射前兆信息临界值；
- （3）现场布点监测岩爆震动与电磁辐射信号，对岩爆危险进行预警；
- （4）根据监测预警结果，实施针对性解危措施。

## 主要技术指标

（一）建立了岩爆矿岩破坏的震动、电磁辐射分级指标及岩爆危险评价、分级指标体系。

（二）岩石发生岩爆过程中，电磁辐射能量一般性临界值在 200mV、脉冲数 1500 左右，震动产生的加速度为几十到几百  $\text{cm/s}^2$ 。

## 典型案例及成效

夏甸金矿利用 TDS-8 微震监测系统和 KBD-5 电磁辐射系统，得到了岩体的电磁辐射、微震事件在时间上和空间上与生产采动的关系，磁辐射监测的强信号区域基本与微震监测的高能量震动区域是一致的，微震系统可以实现区域性监测，电磁辐射可以实现局部或点监测，两者联合可以优势互补，监测结果能够对矿山岩体应力状况进行科学合理的监测和分析，工程应用结果表明，该监测技术体系符合矿井生产实际，并对生产起到安全指导作用。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：窦林名

联系方式：13952261972；0516-83995904

E-mail: lmdou@126.com

# 71 煤层坚硬顶板水力致裂控制理论与成套技术

## 适用范围及推广前景

坚硬顶板对井工开采带来了诸多围岩控制与安全问题。我国坚硬顶板煤层储量丰富，开采深度逐渐加大，冲击地压和围岩大变形加剧。煤层坚硬顶板水力致裂理论与成套技术为坚硬顶板控制、冲击地压、保护临空巷道、治理综放面坚硬顶煤冒放性与初采瓦斯等提供了新的解决思路和方法。尤其在不适合爆破的高瓦斯矿井具有巨大的经济效益和社会效益，有着广阔的应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过水力致裂改造顶板岩体结构，可控制采煤工作面顶板的冒落。研制了4000kN真三轴水力致裂实验系统，揭示了煤岩体水力致裂的机理与裂缝扩展规律，掌握了层面等的影响规律，揭示了采动煤岩体水力致裂的时空关系。提出了定向水力割缝致裂、多孔线性控制水力致裂等定向致裂方法，提出了后退分段式水力致裂、水力爆破致裂等增加裂缝数目与均匀致裂方法。

### （二）关键技术描述

研制了成套煤矿井下顶板高压（60MPa）水力致裂装备，可基于锚索钻机的小孔径致裂。形成了基于锚索钻机的采煤工作面端头悬顶小孔径水力致裂控制、工作面切眼及中部坚硬顶板水力致裂控制、坚硬顶煤顶板水力致裂控制综放面顶煤冒放性与治理初采阶段瓦斯、坚硬顶板水力致裂弱化控制强矿压显现与保护临空巷道等技术。形成了坚硬顶板水力致裂在煤矿各方面应用的成套工艺技术。

### （三）技术流程

本工艺技术主要包括钻孔（预制缝）、封孔、泵注致裂、装备拆卸等四个工艺单元。

## 主要技术指标

- （一）成套井下水力致裂装备的水压力 $\geq 60\text{MPa}$ ；
- （二）致裂钻孔最小孔径达32mm，效率高、工程量小；
- （三）单水路高水压专用胶囊封孔器的效率高，能重复利用；
- （四）单孔控制范围30m以上，钻孔致裂封孔深度可达80m以上；
- （五）研制了专用测控仪。

## 典型案例及成效

波兰专家在大同试验坚硬顶板水力致裂多年一直未成功致裂开。之后大同引入本成套技术与装备，一次性成功致裂开坚硬顶板，并成功的解决了坚硬顶板带来的综放面初采瓦斯超限、临空巷道冲击地压和大变形等问题，取得了突破性进展。能代替炸药解决坚硬顶板的问题。

与传统爆破弱化顶板（顶煤）相比，水力致裂弱化顶板能实现更远距离的

顶板控制、安全性高、管理简单，而且经济成本不到其 1/10。成套技术已在大同、神东等矿区应用，克服了高瓦斯矿井炸药爆破存在的安全隐患。已获国家安全生产监督管理局第六届安全生产科技成果一等奖、中国煤炭工业科学技术一等奖。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：黄炳香  
联系方式：13585398762  
E-mail: huangbingxiang@cumt.edu.cn

## 72 基于应力控制的冲击地压综合防治技术

### 适用范围及推广前景

随着我国煤矿开采深度增加和强度增大，冲击地压灾害发生的频度和强度明显增加。基于应力控制的冲击地压综合防治技术，以应力控制为中心，协调区域构造应力，控制或转移局部采动应力，适用于我国煤矿冲击地压灾害防治，现场应用实践证明，该技术可有效提高煤矿冲击地压综合防治效果，具有广泛的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

采用区域防范与区域解危相结合的方法，通过应力的转移与释放，避免煤岩体中形成高应力集中区，降低冲击危险性，防治冲击地压。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：在煤岩体未形成高应力集中或不具有冲击危险之前，开展区域应力控制，避免煤岩体形成高应力集中。

关键技术二：在已经形成高应力集中或冲击危险区域，通过局部解危技术使煤岩体的应力集中程度降低，破坏冲击地压发生的应力条件，达到降低或者防治冲击的目的。

#### （三）技术流程

基于应力控制的冲击地压区域防范技术是（如图 18）：树立优化开采设计理念，以冲击危险性评价结果为指导，采取保护层开采、优化巷道布置方式、开采顺序等区域应力控制技术，从根本上控制冲击地压。基于应力控制的冲击地压局部解危技术是（如图 19）：深入分析导致煤岩体中局部应力高度集中的力源，根据力源的差异从顶板、煤层、底板进行局部应力控制技术，消除可能导致冲击地压发生的应力条件。

### 主要技术指标

- （一）应力梯度，可实现冲击地压预测预警与防治的有效性判断；
- （二）冲击地压综合地理信息系统 1.0，可综合考虑影响冲击地压发生的各

个因素，从而选择合适的评价方法进行评价，为采取有效防治措施提供依据。

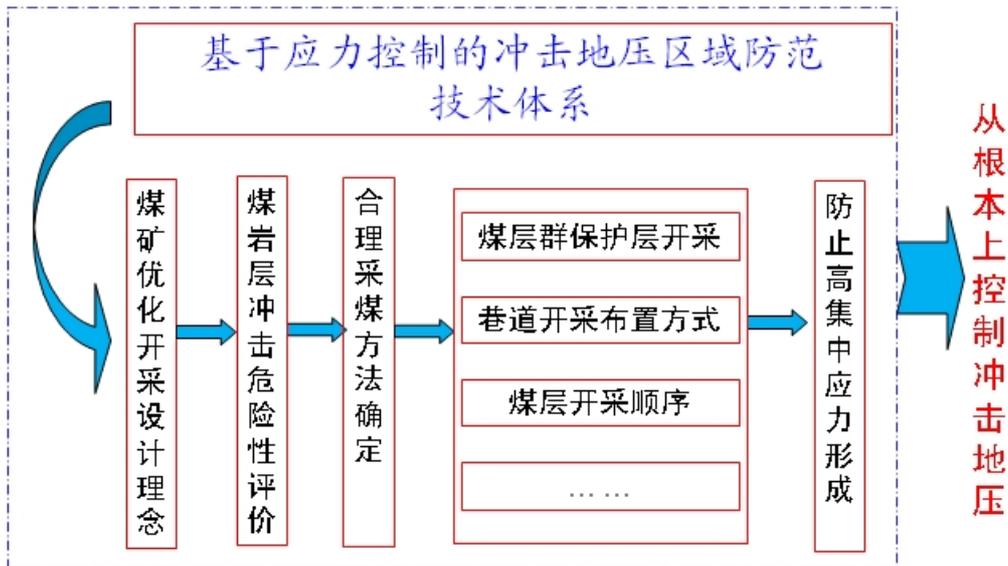


图 18 基于应力控制的冲击地压区域防范技术

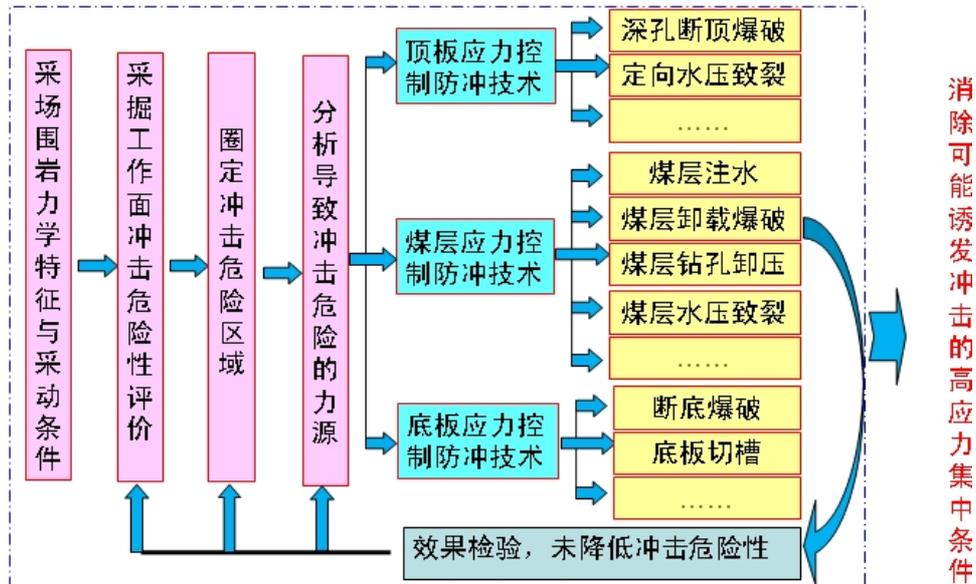


图 19 基于应力控制的冲击地压局部解危技术

### 典型案例及成效

以义煤集团跃进煤矿为工程依托，针对引起该矿 25110 工作面冲击地压的主要“力源”来自 F16 逆冲断层和上覆 380~600m 的巨厚砂砾岩，采取“顶板—煤层—底板”多级卸压防冲技术，对煤岩体中的高应力集中实施转移与释放，降低了开采区域的冲击危险性，实现了安全开采。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤炭科学技术研究院有限公司  
 联系人：欧阳振华  
 联系方式：010-84262292/18611732595  
 E-mail: oyzhua@163.com

## 73 滑坡灾害远程实时监测预警及调控技术

### 适用范围及推广前景

该技术以滑坡滑动力与抗滑力相互作用规律及滑坡发生的充分必要条件等关键性问题为突破点，研制了具有负泊松比效应的恒阻大变形缆索，结合北斗卫星和 GPRS 双路通讯平台，研发了“滑坡灾害监测预警装备系统”，适用于矿山、冶金、铁路、公路、石油、水利等工程边坡和自然边坡的滑坡监测、预警和控制领域。已经成功预报 11 次滑坡灾害，挽救了百余人生命和数以亿计的财产损失，具有重要的实际意义和广阔的推广应用前景。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过自主研发的滑坡超前滑动力物理模拟实验系统和工程灾害物理模型实验系统，结合现场调查分析得出，在滑坡发生前和发生的过程中，潜在滑动面上的滑动力首先发生变化，边坡岩体滑动力与抗滑力之间的平衡不断被打破，又不断形成新的平衡，滑坡发生与否决定于滑动力和抗滑力之间的平衡状态变化。当滑动力为主要因素时，就发生滑动，当滑动力为次要因素时，边坡就稳定。滑动力的变化先于位移、裂缝产生。因此，滑坡前的滑动力变化可以作为预测滑坡的充分必要条件。为此，提出了“滑坡发生的充分必要条件是滑动力大于滑动面抗滑力，并将滑动力的变化作为滑坡监测预报主要参数”的学术思想，并确立了把对位移、裂缝等变化的常规监测转变为“通过监测滑动力变化预测预报滑坡地质灾害”的技术途径。

#### （二）关键技术描述

- 关键技术一：NPR 恒阻大变形锚索技术；
- 关键技术二：滑坡发生全过程下滑力变化监测技术；
- 关键技术三：基于北斗卫星平台的 NPR/BD 信息通讯技术；
- 关键技术四：滑坡预警模式及其预测预报技术。

#### （三）技术流程

本工艺技术主要包括监测点设计、钻孔现场施工、设备安装和设备调试四个工艺单元。

### 主要技术指标

- （一）滑动力监测量程：1500kN-2000kN，精度 $\pm 0.05\%$ F.S.；
- （二）恒阻大变形缆索技术指标：
  - （1）最大变形量：2000mm；
  - （2）设计荷载：恒阻力为 850kN，张拉锁定 500kN；
- （三）钻孔技术指标：
  - （1）孔径参数：150mm；
  - （2）钻孔倾角： $25^\circ \pm 5^\circ$ ；
  - （3）钻孔孔深误差不能超过 $\pm 0.2\%$ ；

- (4) 钻孔孔斜每百米小于 1.5°。
- (四) 供电系统：太阳能板浮充蓄电池供电，可提供 2 个月左右的供电；
- (五) 通信系统：实现北斗卫星/GPRS 双通道；
- (六) 系统环境参数：工作温度-40°~+60°。

### 典型案例及成效

2006 年，上述技术与装备系统首先在内蒙古平庄能源股份有限公司西露天煤矿进行实施，技术实施期间，对采场工作帮、非工作帮和断层滑坡区进行远程实时监控。2007 年，工作帮和断层滑坡区分别发生了一次滑坡，分别提前 24 和 30 天成功预警，根据预报避免了人员伤亡和设备损失。该技术使该矿的开采服务年限延长了 8 年，全矿三千多名职工的就业和上万名家属的生活有了保障。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）深部岩土力学与地下工程国家重点实验室

联系人：何满潮

联系方式：010-62331091

E-mail: hemanchao@263.net

## 74 矿山物联网安全生产超前感知关键技术

### 适用范围及推广前景

矿山物联网安全生产超前感知关键技术以分布式传感检测、高精度授时及网络时间同步为核心技术。本项技术主要用于煤矿井下主要危险源的感知，可对甲烷、水害、矿震等主要矿山危险源实现超前感知。本项技术旨在通过超前感知降低井下灾害发生的客观因素，从而达到提升煤矿井下安全生产水平的新高度。本项技术不仅可用于煤矿井下安全生产的超前感知，也可移植用于非煤矿山相关危险源的超前检测与感知，且与现有矿山物联网等监控系统兼容，具有良好的大规模推广价值。

### 技术内容

#### （一）基本原理

针对矿山井下灾害发生区域和时间的未知性以及矿山开采过程的动态特点，本项技术采用分布式传感技术、新型低功耗无线传感技术、高精度授时及网络时间同步技术，并与现有的井下网路系统相结合实现对矿井重大灾害源的超前感知。本项技术可对甲烷浓度、矿井突水、矿山动力灾害所导致的矿震进行实时大范围监测，专家/专家系统对监测数据判读后可最终实现对灾害的超前感知。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：分布式无线甲烷传感技术

以低功耗免维护性好的甲烷敏感元件的甲烷传感技术可与矿灯相结合，随

人员移动实现对井下人员所处环境中甲烷浓度的分布式检测。

关键技术二：分布式透水监测技术

以分布式钻孔水压与围岩应力线传感监测，为煤矿井下透水提供超前感知的判读信息。

关键技术三：网络化同步授时、时间同步技术与分布式矿震监测技术

高精度网络同步授时、时间同步技术为分布式传感、后续判读提供不可或缺的精确时间标记。以此为基础，分布式矿震监测技术可对矿山动力灾害进行检测与定位。

## 主要技术指标

### （一）分布式甲烷无线传感技术

检测甲烷浓度 0~4%，功耗低于 130mW，灵敏度高于 10mV/%CH<sub>4</sub>，响应时间小于 10s，无线传送甲烷浓度信息，可与矿灯集成。

### （二）分布式透水监测

水压测量范围 0~10MPa，精度±2%（F.S.）；应力测量范围 0~200KN，精度±2%（F.S.）。

### （三）分布式矿震监测

时间同步精度优于 50μs，矿震定位误差控制在 5m 以内。

## 典型案例及成效

项目研究的新型瓦斯传感器、分布式突水检测节点、分布式矿震检测传感器，以及感知矿山系统架构、时空信息集成与共享、人员环境信息感知、全矿井连续定位等方面都具有独到之处。

本项技术在山西煤炭进出口集团有限公司的霍尔辛赫煤业有限责任公司进行了验证性应用及示范应用。本项技术形成的分布式新型甲烷传感、分布式透水监测、分布式矿震监测技术所形成的系统结构合理完备，与国内外同类系统相比具有整体性强，综合性好，功能全的特点。本项技术系具有较强的开放性和扩展性。本项技术与感知矿山物联网系统架构、时空信息集成交换技术、全矿井移动目标连续定位等技术相结合，将为煤矿安全生产超前感知提供全面的信息支撑环境，处于国际先进水平。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学物联网（感知矿山）研究中心

联系人：丁恩杰

联系方式：13805205592

E-mail: enjied@cumt.edu.cn

# 75 煤矿高可靠性安全监控系统关键技术

## 适用范围及推广前景

适用范围：煤矿井上、井下各类环境参数、生产参数的监测。

推广前景：随着国家对井下安全避险六大系统的快速实施，对煤矿监控系统

统产生了巨大需求。对煤矿安全生产监控系统重大关键性技术难题开展攻关研究并进行技术成果转化，形成适合我国煤矿灾害特点的高可靠性安全监控系统，解决了煤矿生产安全方面的重要问题，具有良好的社会效益和市场前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

应用数据挖掘、知识科学的原理，把存在于专家头脑中的隐性知识转化为显性知识，引入专家知识进行推理判别，提高监控数据可靠性和信息利用度。

### （二）关键技术描述

关键技术一：监控系统伪数据的滤除技术。提出煤矿监控系统中伪数据的滤除方法。

关键技术二：监测点数据异常识别技术。建立典型工作区域的传感器数据异常的判据。

关键技术三：主要作业区域危险程度分级判定技术。提出煤矿井下典型作业区域的危险程度分级方法。

关键技术四：煤矿瓦斯涌出趋势分析技术。建立工作面瓦斯涌出分布数学模型。

关键技术五：异构监测系统数据挖掘技术。研究信息标准、标准化的数据字典、元数据管理系统、数据的抽取、过滤、清洗、转换、装载等过程。

### （三）技术流程

进行广泛调研，分析伪数据产生的主要原因，分析典型作业区域内的各种危险因素，研究典型工作面瓦斯涌出分布数学模型，采用现代电子技术、软件技术和专家知识，试验各种可行方案，进行实验室模拟试验，提出解决方案。

## 主要技术指标

- （一）监控系统伪数据滤除率不小于 50%；
- （二）监控系统测点数据异常识别正确率不小于 70%；
- （三）主要作业区域危险程度分级评价正确率不小于 70%；
- （四）在基于海量数据的多因素多维度的瓦斯涌出预测正确率方面不小于 70%。

## 典型案例及成效

KJ95N 型煤矿安全生产综合监控系统。

实现了 KJ95N 煤矿监控系统利用新型网络结构进行信息传输，集成了监控系统伪数据的滤除技术、监测点数据异常识别技术、主要作业区域危险程度分级判定技术、煤矿瓦斯涌出趋势分析及异构监测系统数据挖掘技术。该系统已在山西潞安集团、北京开滦集团、山东兖矿集团、甘肃华亭煤业、窑街煤电集团、阳煤集团等煤矿进行推广应用，收到了良好的应用效果及效益。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：天地（常州）自动化股份有限公司  
联系人：王海波

联系方式：0519-86998507/13861262189

E-mail: whbls@163.com

## 76 便携式自诊断传感器及安全检测仪表无线接入 技术及装备

### 适用范围及推广前景

本项目研究成果适用于煤矿安全监控系统。成果提高了煤矿安全监测系统中信息采集部分的可靠性、覆盖性和时效性，减少了故障率，拓展了安全监控范围，为瓦斯和火灾事故隐患的判断提供丰富、准确的基础信息，提高煤矿对重大灾害的预警防范能力。同时与传统传感器相比，降低现场一次性维修成本，提高维修效率，降低维护成本。具有自主知识产权和多项关键技术面向全国煤炭生产企业推广应用前景广阔。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过对传感器各个功能单元的检测，实现对传感器整体工作状态的评估和提示；通过攻克恒温检测、纳米催化剂和高活性电极等技术，有效延长传感器调校周期；通过攻克基于 MEMS 的无线接入技术，实现传感器监测信息无线接入现有网络；通过攻克电源、接口、功能单元抗干扰技术，增强传感器抗电磁干扰能力，提升传感器可靠性。

#### （二）关键技术描述

把传感器分为电源、敏感元件、信号预处理、智能处理单元、信息传输单元等若干各个功能单元，攻克了功能单元故障判据设定、人为误操作判识、自诊断信息指示方法、自诊断信息传输、自诊断实现方法、无线接入、抗电磁干扰、调校周期延长等技术难题。

#### （三）技术流程

自诊断传感器的技术流程是：提出基于模块分析、综合决策技术的传感器自诊断方法，实现传感器整体工作状态的评估；提出传感器抗电磁辐射、浪涌冲击、快速瞬变脉冲群干扰的整体解决方案，形成具体解决措施，提升传感器抗干扰能力，降低误报率；针对检测不同气体类型的传感器，提出基于恒温检测技术、纳米催化剂配置和高活性电极制备等技术方法融合运用的解决方案，制备专用敏感元件，开发控制电路，有效延长了传感器调校周期；提出了基于无线传感网络的矿用传感器和便携式仪表无线接入技术，实现煤矿井下气体浓度感知数值、地点、时间、巡检人员以及设备状态等信息及时传输到地面工作站。

### 主要技术指标

（一）传感器调校周期达到 21 天以上，误报率降低 80%；

（二）传感器抗电磁干扰能力达 3 级；具有传输故障自诊断、人为误操作自诊断和工作状态自诊断共 3 项自诊断功能；



## （二）关键技术描述

1.模拟各种非正常使用工况，提出锂离子蓄电池安全性能评定方法与检测技术；

2.研究 LED 光源的电特性、光学特性、热学特性、有效寿命等对矿灯照明效果和使用者的影响，提出 LED 光源的技术指标和检测技术；

3.研究数字报警电路、数显报警方式、功能多样化甲烷报警矿灯的检测技术，研究开发报警性能检测装置；

4.研究矿灯短路保护动作时间、过充电、过放电、过流等保护功能对矿灯安全性能的影响，提出矿灯保护器评定方法及检测技术；

5.研究具有人员信息管理、无线通信等功能的信息矿灯技术现状和发展趋势，提出检测技术和安全性能评定方法。

## （三）技术流程

研究采用理论分析、实际调查、关键技术验证相结合，充分吸纳国外、国内相关领域的成果经验和做法，继承已有研究成果，广泛征集各方面的意见和建议。

## 主要技术指标

（一）全面系统的提出了多功能矿灯及矿灯关键零部件安全性评定指标和检测方法。

（二）开发出甲烷报警矿灯、锂离子蓄电池、矿灯保护器、LED 光源等专用检测设备，填补了检测手段空白，提升了矿灯检测评定能力水平；

（三）在国际上率先提出信息矿灯、甲烷报警矿灯、矿灯保护器、矿灯用锂离子蓄电池、矿灯用 LED 光源组等技术标准，研究成果具有国际领先水平。

## 典型案例及成效

研究制定的 10 项各种类型矿灯及矿灯关键零部件的产品标准均已发布实施，按新技术标准开发的矿灯已全面投入应用，对促进矿灯安全性能的提高及推进矿灯技术的作用显著。同时，研究开发相关检测技术装备全面投入应用，使研究单位在矿灯检测能力和水平方面得到很大提升，成为国内检测手段齐全、能力最强的专业矿灯检验机构，将为煤矿安全生产提供更有力的技术支撑。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司

联系人：朱世安

联系方式：13941351799

E-mail: zhushianabc@sina.com

# 78 矿井重大事故救援指挥辅助决策系统

## 适用范围及推广前景

适用于煤矿抢险救灾工作及需要对瓦斯等有害气体进行监测治理的瓦斯矿井和突出矿井的救援工作；可防止灾害发生后灾情进一步扩大，减少灾害损

失，保障救灾人员安全。ZJC3D（A、B、C型）车载矿山救援指挥系统已应用于鹤岗、开滦、平顶山、芙蓉、峰峰、辽源、阜新、北票、山西焦煤等矿山救护大队，参加多次抢险救灾任务，发挥了重要作用，应用前景广阔。

## 技术内容

### （一）基本原理

移动式矿井重大灾害应急救援指挥系统平台搭载了束管监测、救灾通讯、视频监控等辅助决策系统，灾变时可将煤矿井下灾区及高危险区域气体，通过束管负压连续取样至井上进行分析，具有对矿井可燃气体爆炸危险性判别及火灾危险程度智能识别功能，快速完成灾区内主要气体全组份分析，为爆炸危险性判别提供技术支持。

### （二）关键技术描述

矿井重大事故救援指挥辅助决策系统融合了矿井安全监测系统数据采集、动态分析决策等关键技术。

### （三）技术流程

将系统平台移动至井口或井下，快速敷设束管等装备至救灾现场，通过束管负压连续取样至井上移动平台，对所采气样进行定量分析，并收集其它数据，在此基础上进行危险性判别、救援方案制定、应急措施执行、向救援指挥中心汇报工作等。

## 主要技术指标

（一）色谱仪型束管监测系统监测点数不少于 8 点，监测距离不小于 5km；

（二）6min 内完成灾区 12 种主要气体全组份分析。

## 典型案例及成效

在辽源矿业（集团）有限责任公司救护大队、阜新矿业（集团）有限责任公司矿山救护大队及辽源矿业（集团）有限责任公司金宝屯煤矿、辽源市西安区双盛煤矿，阜新矿业集团恒大煤业有限责任公司、阜新高海矿业有限公司等单位对矿井重大事故救援指挥辅助决策系统平台及搭载子系统进行了全面的测试及应用，取得良好的社会效益和经济效益。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤科集团沈阳研究院有限公司

联系人：张占存

联系方式：13898336292

E-mail: 190338385@qq.com

# 79 遇险人员快速救护关键技术与装备

## 适用范围及推广前景

本成果适用于我国各地大、中型煤矿以及非煤矿井。

近年来，我国各种矿难频发，安全问题一直是煤矿生产的重中之重，遇险人员救护工作也为人们所重视，粉状的超氧化钾生氧剂的生产技术与装备、隔爆与潜水多功能抗灾型电动机、矿用快速救护气垫、救灾用防爆装岩机等救护设施为遇险人员快速救护开辟了新的途径，对避免矿难发生、减少遇难人员有着重要意义。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过对以往矿难情况的调查分析，研制出粉状的超氧化钾生氧剂的生产技术与装备，隔爆与潜水多功能抗灾型电动机、多级离心式卧、潜两用排水泵、刚性多级伸缩支柱及组合支架、柔性救护气垫（囊、棒）、救灾用防爆装岩机等救护技术和设备。

### （二）关键技术描述

- （1）建立了应急救援新体系。
- （2）开发了具有完全自主知识产权新型生氧剂生产工艺。
- （3）通过人体代谢模拟，真人生存等大量试验室试验，取得了人体最小生存空间、自身有害气体排放、基本生存环境的丰富数据。
- （4）形成了井下移动救生舱系统关键制造技术。
- （5）研制了 OSR K 30 化学氧自救器、JFY-96/8 矿用可移动式救生舱、ZWY-70/55.75L 型救灾用防爆装岩机等 8 项新产品。

### （三）技术流程

数据资料收集、整理分析——理论研究——技术方案设计——设备、材料研制——实验室试验——应急救援新体系建立——工业性试验——成果总结等。

## 主要技术指标

- （一）化学氧自救器：口具温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ ； $\text{CO}_2 < 3.0\%$ ；平均  $\text{CO}_2 < 1.5\%$ 。
- （二）可移动式救生舱：可独立保障 8 人 96h 的生存环境。
- （三）排水设备：耐水压 6MPa 以上，水泵流量  $450 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 600m 以上。

## 典型案例及成效

在北京六头沟避险硐室实验室进行了可移动式救生舱及相关产品、设施试验，效果良好。舱内设有独立的生命维持系统，在没有外界动力条件下可提供 8 人 4 天的生存环境，以及食物、水等生存物质。

通过近 2 年的工业性试验，研制的防爆与潜水多功能抗灾型电动机、多级离心卧式陆、潜两用排水泵和操作、控制闸阀等装备能在 6.4 Mpa 的高压水中可靠运行，效果良好。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：北京中煤矿山工程有限公司  
联系人：刘杰

联系方式：15810533833  
E-mail：251820868@qq.com

## 80 深部煤矿高温热害治理技术及其装备系统

### 适用范围及推广前景

随着浅部煤炭资源日趋减少，大部分煤矿已相继进入深部开采阶段。深部煤矿开采工作面温度高达  $35^{\circ}\text{C}$ - $40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度达 95% 以上。这种高温高湿环境不但引起生产效率降低，而且使得井下工人体能下降，严重影响工人身体健康和煤矿安全生产。因此，深井高温热害已经成为制约深部煤矿安全的重大灾害，深井高温热害治理问题亟待解决。本技术将在深部煤矿高温热害治理中发挥重要作用，为我国煤矿安全生产做出应有贡献，具有广阔的推广应用前景。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

HEMS 降温及热能利用系统是通过一系列工艺技术实现热害资源化、变废为宝，有效改善井下热环境的同时，成功利用提取井下热能代替井上燃煤锅炉供热，最终解决深部矿区面临的热害和环境污染两个问题，促进矿区低碳环境经济，实现可持续发展。其工作原理是利用矿井各水平现有涌水，通过能量提取系统从中提取冷量，然后运用提取出的冷量与工作面高温空气进行换热作用，降低工作面的环境温度及湿度，并且以矿井涌水为介质将工作面热害转为热能输送到井上代替燃煤锅炉进行供热，工作原理见图 21。

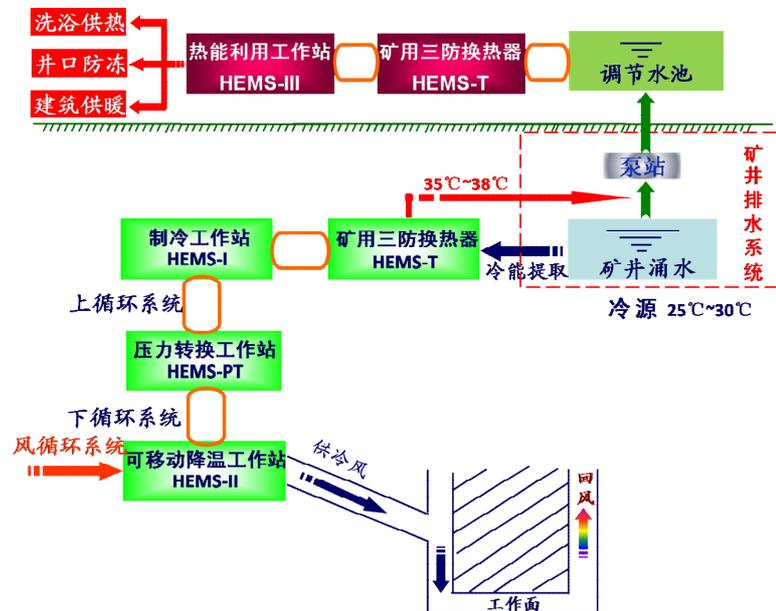


图21深井热害资源利用HEMS系统原理

#### (二) 关键技术描述

- 关键技术一：矿井涌水冷（热）能“三防”换热技术；
- 关键技术二：矿井热能循环转换生产技术；
- 关键技术三：深井热交换系统压力转换技术；

关键技术四：深井降温工作面全风降温技术；

关键技术五：矿井降温系统除垢技术。

### (三) 技术流程

本工艺技术主要包括矿井冷热能平衡计算、现场方案设计、设备安装和设备调试四个工艺单元。

### 主要技术指标

国际上深井高温热害治理主要有德国的集中空调制冷降温技术和南非的冰冷式降温技术。德国技术存在的主要问题是：（1）井下系统排热困难；（2）混风降温模式，降温效果差，降湿不明显；（3）地面系统投资太高，建设周期长，运行费用高。南非技术存在的主要问题是：（1）能耗大；（2）耗水高；（3）混风或喷淋降温，湿度增加。该技术与国外技术项目各项技术指标如下：

表 2 技术指标对比表

技术类型	能效比 (COP)	供风模式	降温指示	降湿指示	降温有效性评价		系统特点
					单位降温投资指标 (万元)	单位降温运行指标 (万元)	
德国水冷	2.5	混风	3~7℃	<3%	500	1	耗能系统
南非冰冷	1.6	混风	3~7℃	不显著	550	1.2	耗能系统
HEMS 降温系统	3.0	全风	6~11℃	4.5~15%	200 (少 55%)	0.5 (低 50%)	提能降温系统

注：单位降温投资指标是指 1000m<sup>3</sup>/min 的风量在工作面 C 点降低 1℃所需工程投资

单位降温运行指标是指 1000m<sup>3</sup>/min 的风量在工作面 C 点降低 1℃所需月运行费用

### 典型案例及成效

目前，该技术已在我国典型的深井高温热害矿区徐州张双楼煤矿成功应用。工作面温度都能控制在 30℃以内，相对湿度降低 5~15%。满足《煤矿安全规程》要求，避免了矿井停产，取得了显著的经济效益。同时，取代地面全部燃煤锅炉，大大减轻工业广场环境污染，运行以来节约燃煤 6 万 t 标煤，减排 CO<sub>2</sub>15 万 t，减排 SO<sub>2</sub>393.2t，减排氮氧化物 335.6t，减排烟尘 64t。具体减排指标见表 3。

表 3 系统运行后各项减排指标

减排项目	年减排量	应用时间	总减排量
节约燃煤量	1.5 万 t 标准煤	4 年	6 万 t 标准煤
减排 CO <sub>2</sub>	3.75 万 t	4 年	15 万 t
减排 SO <sub>2</sub>	98.3t	4 年	393.2t
减排氮氧化物	83.9t	4 年	335.6t
烟尘	16t	4 年	64t

## **技术咨询联系方式**

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）深部岩土力学与地下工程国家重点实验室

联系人：何满潮

联系方式：010-62331091

E-mail: [hemanchao@263.net](mailto:hemanchao@263.net)

# 六、煤炭分选技术

## 81 难选煤高效分选关键技术

### 适用范围及推广前景

难选煤高效分选关键技术适用于国内外选煤厂新建及技术改造工程，该技术能够实现精煤产率和资源回收率最大化，显著提高选煤厂技术水平和经济效益，对提升原煤入选比例、节能减排、改变商品煤质差、竞争力低的现状发挥了重要作用，推动了选煤行业的产业升级、技术进步和煤炭分选技术的发展。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

利用“等基元灰分”分选原理研究设计选煤工艺系统集成，根据各粒度级可选性不同，以一套介质系统，采用分级入选工艺实现对原煤的高效分选，达到精煤产率和资源回收率最大化的目标。通过对旋流器结构创新，首创新型两段均为锥形的双供介无压给料三产品重介质旋流器，解决大量中煤和矸石含量高的原煤有效分选问题，并研究开发高可靠性的配套装备，形成系统集成。

#### (二) 关键技术描述

关键技术一：研发成功了精煤产率和资源回收率最大化的难选煤高效分选工艺及成套装备。

关键技术二：首创了两段均为锥形结构的无压三产品重介质旋流器。

关键技术三：用一套介质系统实现了宽级别高灰高硫、高中矸原煤的分级入选。

#### (三) 技术流程

难选煤高效分选关键技术典型的设备工艺流程（如图 22）。

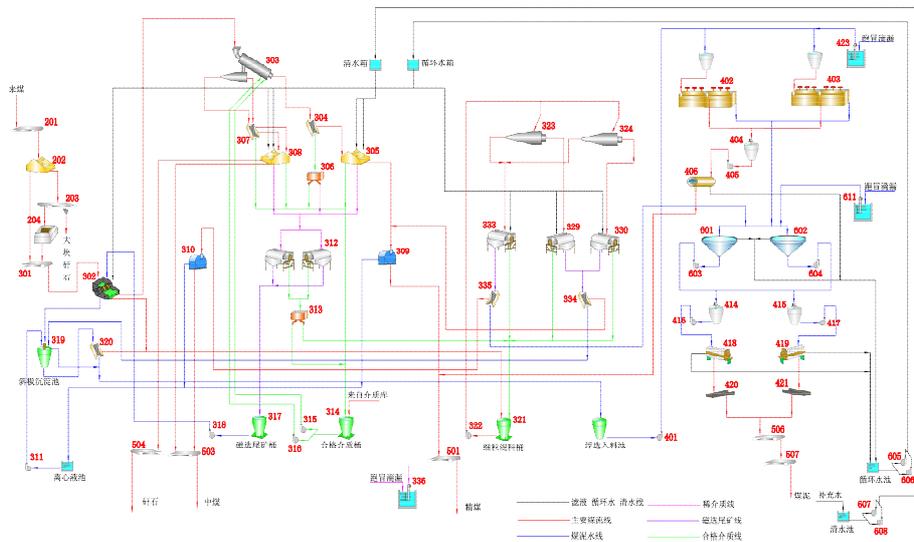


图 22 设备工艺流程

## 主要技术指标

研制成功的结构新颖、低能耗无压给料三产品重介质旋流器，构成难选煤分选工艺系统，实现了粗细粒级原煤按“等基元灰分”分选，建设了单系统、单机年处理能力为 240 万吨示范厂，精煤产率提高了 2%，吨煤电耗降低了 10%，介耗降低了 20%，吨煤投资降低了 25%。与国际先进水平同步。

## 典型案例及成效

典型案例为 2.4Mt 的内蒙古庆华集团百灵选煤厂技术改造工程，该厂采用一套介质回收净化系统，实现了 80~0mm 原煤分级入选，其中 80~2mm 采用新研制成功并获国家授权发明专利的锥形三产品重介质旋流器分选，2~0.15mm 细粒煤采用有压给料两产品重介质旋流器分选，煤泥采用浮选。粗煤泥全部入重介质旋流器分选，有限分选下限达 0.1mm，减少了浮选煤泥量。降低了动力消耗，改善了分选效果。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团唐山研究院有限公司  
联系人：孙华峰  
联系方式：13582590208  
E-mail: sunhuafeng1973@163.com

# 82 大型模块选煤关键技术及配套装备

## 适用范围及推广前景

本成果适用于选煤厂。本项目成果系自主创新，与传统选煤厂比较，具有基本建设投资低，建厂周期短，生产费用低，综合效率高等优点。该项成果如在国家所规划的十四个亿吨大型煤炭基地的配套选煤厂采用，年可创经济效益 20 亿元，节约投资 10 亿元。同时本项目的研发成功，对于加快选煤工业发展、调整煤炭产品结构、提高煤炭企业经济效益、减少燃煤排放量，改善生态环境以及推动我国重介质选煤技术进步具有重要作用。

## 技术内容

### （一）基本原理

针对我国煤质和应用特点，研制实现产品质量实时调节的重介质分选回收悬浮液工艺系统。同时，采用三维数字化软件和模块结构优化配置技术，简化了厂房结构，降低投资，缩短周期。应用先进软件研制了自主创新的新设备，形成了年处理能力 300 万 t 级模块式选煤厂关键技术装备。

### （二）关键技术描述

关键技术一：重介质分选回收悬浮液的工艺设计技术，实现了精煤产率和资源回收率最大化的目标。

关键技术二：应用三维数字化软件优化模块选煤厂设计。

关键技术三：应用计算流体力学技术首创高效、节能、多供介无压三产品重介质旋流器。

关键技术四：香蕉筛激振器、筛框侧板、驱动梁及横梁的新型设计技术。

关键技术五：采用新型磁系结构和磁组整体封装充磁技术发明了防粗颗粒堵塞、高梯度矿浆的磁选机。

关键技术六：形成了煤质分析专家系统和选煤流程模拟优化软件包，实现了煤炭的资料分析和效果评定。

### 主要技术指标

研发大型模块选煤厂工艺系统、模块建设新技术及先进新设备；发表有关论文 3~5 篇；形成标准 3 项；申请专利 3 项。

建厂投资较同规模选煤厂降低 30%~40%，生产成本降低 40%~50%，分选效率≥95%；建厂周期≤6 个月。

### 典型案例及成效

2009 年 3 月，本技术在示范厂的河北邯郸磁县申家庄煤矿 3.0Mt 选煤厂技改工程应用，到 2009 年 10 月正式投入生产，运行效果良好。建厂投资降低 30%，分选效率为 96.58%，建厂周期为 5 个月。目前，本项目的相关技术成果先后在汾西矿业集团介休选煤厂、内蒙庆华集团百灵选煤厂、鲍店选煤厂等成功推广应用。目前，为唐山研究院创造经济效益 7144.38 万元，创造税收 2976.83 万元。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团唐山研究院有限公司

联系人：齐正义

联系方式：13931556109

E-mail: qizhyi@163.com

## 83 模块式干法重介质流化床选煤技术

### 适用范围及推广前景

我国煤炭 2/3 以上分布在西部干旱缺水地区，随着水资源短缺问题的日益突出，我国亟需开展高效干法选煤技术的推广。本技术分选密度可调节范围宽（1.3~2.2 g/cm<sup>3</sup>），分选精度高（E=0.05~0.08 g/cm<sup>3</sup>），模块式干法重介质流化床选煤技术的适用范围有：

1. 用于动力煤燃前脱灰降硫，生产灰分低、发热量高的优质动力煤；
2. 用于原煤排矸，排除煤炭中密度高的脉石和黄铁矿等，减少煤炭加工利用过程中杂质的排放；
3. 对遇水易泥化的的低阶煤进行分选提质，提高低阶煤的利用效率；
4. 生产超低灰精煤，为制备活性炭、碳素材料等煤基高附加值产品提供优质原料。

### 技术内容

#### （一）基本原理

以气—固两相悬浮液作为分选介质，床层密度与分选密度相当，类似于湿

法重介质以液—固悬浮液作分选介质。利用气—固流化床的似流体特性，对煤炭进行按密度分选，得到精煤和尾煤。

## （二）关键技术描述

### 关键技术一：新一代干法重介质流化床分选机

研制了新型装配式耐磨抗堵布风结构，解决了长期以来布风装置堵塞的难题；研制了加重质内循环装置，大幅度减少了加重质循环量，提高了床层稳定性，减轻了系统负荷；研制了新型精煤尾煤产品输送装置，大幅度提高了分选机的处理能力；设计了新型的设备结构，提高了整机的可靠性。开发了宽粒级复合二元加重质级配技术，大幅度降低了加重质制备成本。

### 关键技术二：模块式干法重介质流化床选煤系统

开发了模块式干法选煤工艺与关键技术，将原煤准备、分选、介质循环、供风除尘等工艺过程优化集成，装配于同一平台，极大提高了分选技术的适用性，建成了世界上首座模块式干法重介质流化床选煤厂，是世界选煤技术的重大突破。

## （三）技术流程

分选机中均匀分布的上升气流与加重质作用形成一定密度的流化床层，经预处理后的入选原煤按床层密度分层后形成轻、重产物并排出，脱介后得到精煤和尾煤。脱除的介质分别进行净化和循环，并根据流化床层高度和密度调节分流量。分选系统在工作过程中产生的粉尘，通过引风除尘收集、循环。

## 主要技术指标

该系统可根据用户需求生产不同质量的精煤产品，入料粒级 100~6 mm，处理能力实现系列化（60-500 t/h），分选精度 0.05~0.08 g/cm<sup>3</sup>，数量效率>90%，分选密度可在 1.3~2.2 g/cm<sup>3</sup> 范围内调节，吨煤介耗<0.5 kg，煤种适应性强；在国内外首次实现了干法分选生产超低灰精煤（Ad<3.5%）。

## 典型案例及成效

2013 年在神华新疆能源公司建成了世界上首座模块式干法重介质流化床选煤厂，首次实现了干法分选生产超低灰精煤，工业应用表明该技术分选精度高、煤种适应性强、工艺简单、能耗低，与湿法选煤相比成本降低 1/3~1/2，是世界选煤技术的重大突破。该成果已通过煤炭工业协会组织的科技成果鉴定。目前，中国矿业大学与唐山市神州机械有限公司建立了广泛的合作关系，共同开展流态化干法选煤研究与应用推广。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：段晨龙

联系方式：13813281208

E-mail: clduan@cumt.edu.cn

## 84 柱式短流程分选的过程控制技术

### 适用范围及推广前景

柱式短流程分选的过程控制技术适用于柱式浮选过程中的气泡尺寸调控、浮选柱内气含率和液位的检测与控制、浮选系统整体稳定性控制等突出问题。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

从工艺过程、相关装备和控制策略三个层面进行研究，形成了以几何结构优化和长程起泡剂为标志的气泡制造过程过程（非电）控制技术、以液位和多参数优化控制为核心的浮选柱单机控制技术、以浮选入料和加药量稳定性控制为代表的浮选系统整体稳定性控制技术。

#### (二) 关键技术描述

**关键技术一：**基于微细粒分选的微泡制造及空气含量调控的过程控制技术。主要包括新型高耐磨气泡发生器及管流矿化装置开发；空气含量测控系统开发。

**关键技术二：**基于柱式高效分选装备的液位稳定及多参数优化控制系统开发。主要包括浮选柱液位（泡沫层厚度）稳定性控制技术，浮选柱多参数单机控制系统的构建与软件开发。

**关键技术三：**基于柱式分选系统的稳定及可靠性控制技术开发。

#### (三) 技术流程

柱式短流程浮选系统多参数稳定性测控技术采用三级控制架构。第一级为参数闭环控制，包括浮选柱液位闭环控制、气含率闭环控制，入料流量闭环控制、入料浓度闭环控制、加药量闭环控制等；第二级为参数优化控制，包括浮选柱单机多参数优化控制、浮选入料（浓度、流量）稳定性控制、浮选加药量稳定性控制；第三级是包括在线专家咨询系统在内的系统优化控制。

### 主要技术指标

(一) 基于射流的多通道气泡发生及管流矿化装置，气泡发生及管流矿化装置使用寿命达到 11880 小时。

(二) 柱式分选装备液位控制系统，提高液位控制的稳定性和可靠性。自控调节过流部件使用寿命超过 8000 小时，并实现浮选柱液位排放与高位输送一体化。

(三) 柱式分选装备单机自动控制系统，使空气含量波动范围低于 2 个百分点；液位波动小于 $\pm 2\text{cm}$ ；并能对矿浆循环量和循环压力、喷淋水和冲洗水流量进行有效控制。

(四) 浮选的药剂自动添加系统，实现基于干矿量的药剂自动添加。开发出柱式浮选的给料控制系统，以浓缩机底流为主的给料浓度波动范围低于 1 个百分点，给料量波动低于 3%，实现中矿返回的稳定控制。

(五) 柱式浮选过程控制系统，于鞍钢集团弓长岭选矿厂建立示范基地，对

流程参数进行稳定性监控。系统内矿浆流量、浓度等主要参控指标波动不超过5%。

### 典型案例及成效

云南大红山选矿厂、武钢大冶选矿厂、鞍钢集团弓长岭矿业公司等单位的浮选柱控制系统集成了浮选柱液位，循环泵工况（压力和流量）、喷淋水等的多参数控制。其中液位控制采用新型的“双压力传感器-尾矿变频”方法代替原有的“单压力传感器-电动阀”方式。循环泵采用“压力限位-变频调节”控制技术实现了循环泵压力、流量及充气量的有效控制。喷淋水调节采用了喷淋水用量的优化控制技术，均取得了满意的控制效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：杨建国

联系方式：13852031708

E-mail: scetyjg@126.com

## 85 高灰难选煤泥的高效分选设备与工艺

### 适用范围及推广前景

高灰难选煤泥的高效分选设备与工艺适用于我国细粒煤的分选及资源综合利用，其中包括矿浆的预处理作业和浮选作业，对无烟煤煤泥、烟煤（焦肥煤）煤泥、低阶煤煤泥浮选均有适用，且对焦肥煤等稀缺煤的中煤解离再选回收精煤方面也具有适用性，同时适用于后续煤泥水、煤化工废水、焦化废水澄清处理的环保领域。

### 技术内容

#### （一）基本原理

通过强化分选过程中的能量输入，实现煤泥分选过程中能量输配与物性变化的合理适配，既提高的分选精度，又节约了能量。

#### （二）关键技术描述

**高效剪切调浆与强制混合改性技术。**通过高剪切力和强制混合作用，实现药剂分散乳化、煤泥活化与改质以及药剂与煤粒有效接触。

**煤泥分选过程设计与强力高效分选技术。**通过柱浮选、旋流分选与管流矿化三种分离手段的有序集成形成高效梯级矿化环境，构建了适配矿物可浮性非线性变化特征的分选条件，形成了梯级强化分选方法。

**浮选精煤浓缩脱水技术。**将浮选精煤入浓缩机浓缩，浓缩机底流入加压过滤机脱水，浓缩机溢流通过二次分离装置进行泡液分离，达到低浓度浮选精煤高效脱水的目的。

#### （三）技术流程

在提高精煤质量方面，提出了粗精煤入沉降过滤离心机脱水后滤液再精选流程，减小了精选压力和系统循环量；在提高精煤可燃体回收率方面，提出了

粗选尾煤入旋流器浓缩分级、旋流器底流入高频筛脱水、高频筛筛上物入球磨机磨矿解离后再选。

### 主要技术指标

与矿浆预处理器相比，在精煤灰分相当时，强力调浆机可提高精煤产率约 5 个百分点，药剂节省 20%；开发了 FCSMC-II 3000×6000 大型两段式柱分选设备，干煤泥处理能力达 40t/h，矿浆处理能力达到 450-500 方/时；在精煤灰分相当时，基于二次资源回收的分选工艺比浮选机一粗一精工艺提高精煤可燃体回收率 10% 以上；浮选精煤的浓缩脱水技术提高了浮选精煤浓度，脱水能耗降低 30%。

### 典型案例及成效

基于中煤再选的高灰难选煤泥分选技术，针对开滦集团钱家营矿选煤厂优质稀缺焦肥煤资源，建立了年产 20 万吨的高灰难选煤泥高效分选示范工程。工业应用表明，在精煤灰分相当的情况下，与传统浮选流程相比，可提高精煤可燃体回收率 5-10 个百分点，该系统年新增利润为 1160.4 万元。该技术荣获 2013 年中国煤炭工业科学技术一等奖。

浮选精煤浓缩脱水技术应用于神火集团薛湖选煤厂煤泥水系统扩能技改工程。浮选精煤产率提高了 9.05 个百分点，综合精煤产率提高了 3.72 个百分点。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：陶秀祥；桂夏辉

联系方式：13505208100；13775989229

E-mail: taosx163@163.com; guixiahui1985@163.com

## 86 矿物—硬度法难沉降煤泥水绿色澄清技术

### 适用范围及推广前景

矿物—硬度法难沉降煤泥水绿色澄清技术主要适用于难沉降煤泥水处理、金属矿尾矿水处理及澄清等。难沉降煤泥或尾矿水体系指的是粘土矿物的高浓微细分散体系形成的大体量循环水体。化学絮凝的难以澄清，循环水系统的强制循环，使得选煤厂煤泥水处于 50-80g/L 的高浓度循环运行状态，并导致大量煤泥水外排。

### 技术内容

#### （一）基本原理

利用天然矿物调节煤泥水硬度至临界硬度，在该临界硬度条件下煤泥水可实现清水循环，同时细粒煤的分选效果又不受影响。矿物—硬度法煤泥水澄清技术以煤泥水溶液化学环境为处理对象，添加药剂后形成稳定的溶液条件促进颗粒凝聚，对微细颗粒效果显著，药剂消耗少。

#### （二）关键技术描述

- 1、针对粘土矿物的高浓微细分散循环水体，发明水体调整-临界硬度的工业废水澄清方法，形成两种硬度两种生产的难沉降煤泥水的循环运行体系；
- 2、开发 MC 矿物添加剂，发明利用天然矿物澄清煤泥水技术模式；
- 3、发明基于水质硬度的澄清控制技术，在循环水澄清自动控制方面实现突破。

### （三）技术流程

煤炭分选和煤泥水澄清。在煤炭分选环节，原煤及其伴生的粘土矿物不断进入煤泥水体系中，系列溶液化学反应及持续循环的耗散结构特征，使得水体硬度不断降低、煤泥水高度分散并呈现状态特征值——煤泥水原生硬度，此状态有利于浮选分离。煤泥水循环至澄清环节，高度分散的煤泥水体系不利于澄清，而临界硬度是实现煤泥水聚沉的最低水质硬度。因此在系统中加入水质调整剂，水体硬度不断提高直至临界硬度时，循环煤泥水系统中颗粒快速聚沉，溢流浓度明显降低，再次循环到煤炭分选环节。这样，在煤泥水循环过程中，形成了原生硬度条件下的微细粒煤分选及临界硬度条件下的尾煤聚沉。相互制衡与转化，形成了一个完整的选煤过程。

### 主要技术指标

实现由洗水闭路循环到清水选煤的跨越，循环水浓度由每升 50 克以上降至 0.3 克，药耗降低 50%，水利用率 100%，产品质量整体提高 1-2 档，开工率与负荷率达到 100%。

### 典型案例及成效

该技术已在金牛能源集团、开滦集团等百余家企业应用，29 家企业统计的年效益超亿元，27 家企业减少排煤泥水超过 800 万吨，煤泥流失超过 120 万吨。相对传统絮凝方法：澄清药剂成本降低（一般矿物添加剂成本可控制在 0.04—0.05 元/m<sup>3</sup>），精煤产率增加和精煤灰分降低（视具体情况而定）。荣获 2008 年国家技术发明二等奖。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学  
联系人：曹亦俊  
联系方式：13952261062  
E-mail: yijuncao@126.com

## 87 高性能大型振动筛

### 适用范围及推广前景

筛分是选煤的关键环节之一。本项目改变了我国大型振动筛完全依赖进口的局面，使我国大型振动筛由跟踪仿制跨越为自主研发、国际领先，可广泛应用于我国大型选煤厂建设，用于分级、脱介、脱泥、脱水。也可应用于矿山、建材、化工等其它领域的筛分作业，具有重大行业推广意义。

### 技术内容

## （一）基本原理

高性能大型振动筛创新发明并应用梁系组合超静定结构和弹性筛分方法及弹性结构筛面。超静定结构具有多余约束，与静定结构相比，载荷作用时内力分布均匀、变形小，具有较强抵抗破坏的能力，将传统的振动筛静定结构发展为超静定结构，实现大型振动筛高可靠性；弹性结构筛面在近共振区工作，使其加速度较筛体提高，筛面振动强度大于筛体，从而实现弹性筛分，提高振动筛筛分效率和可靠性。

## （二）关键技术描述

### 关键技术一：大型振动筛梁系组合超静定结构

在国际上首次提出了利用梁系组合超静定结构进行大型振动筛的结构设计，发明了双组超静定网梁体激振器、板块式超静定承重梁、Y形超静定加强梁和超静定帮箱体结构侧板，与传统相比，筛体固有频率远离激振频率，整机峰值应力降低 20%，刚度提高 30%，使用寿命提高 20%~60%。

### 关键技术二：弹性筛分方法及弹性结构筛面

研究筛分过程的巴西果和反巴西果效应及其形成机理，提出了大型振动筛的弹性筛分方法，发明了弹性悬挂结构筛面，筛面在近共振区工作使其加速度较筛体提高了 20% 以上，能耗降低 20%~40%，筛分效率高，筛体动应力小，突破了振动筛高可靠性和高筛分效率难以同时实现的技术瓶颈。

## 主要技术指标

高性能大型振动筛主要用于大型选煤厂的分级、脱介、脱水等筛分环节，筛面面积 21.6 平方米以上，筛体振动强度 3.3~5.0g，筛面振动强度 4.0~6.0g，大于筛体，筛分效率达 90%，使用寿命 5 年以上，价格仅为国外同类产品的 1/2 左右。

## 典型案例及成效

2002 年，云南省东源煤电集团公司后所煤矿选煤厂调整产品结构，采用高密度分选介质进行技术工艺改造，使用了两台本项目研制的高性能大型振动筛，分别用于精煤和中煤脱介，改造后的选煤厂加重质消耗量约为改造前的 1/6，吨煤洗选成本减小，多年生产证明，该振动筛处理能力大、效率高、可靠性高、性能稳定、寿命长，带来了显著的经济效益。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：段晨龙

联系方式：13813281208

E-mail: clduan@cumt.edu.cn

# 七、生态矿山建设技术

## 88 高强度开采矿区环境损伤形成机理及预测技术

### 适用范围及推广前景

适用于解决高强度开采矿区水土流失、植被退化等环境损伤问题，通过揭示高强度开采对生态环境的影响规律、建立预测与评价方法、提出减轻环境损伤的调控措施，为西部煤炭高强度开采下生态环境保护提供理论依据和技术保障，实现采矿与环境的协调发展。

### 技术内容

#### （一）基本原理

针对研究区域高强度开采与干旱脆弱生态环境耦合为研究背景，采取局部与整体相结合、定性与定量相结合、时间尺度与空间尺度相结合、单因子与环境系统相结合，井上下联动分析高强度开采与环境损伤之间的内在关系，揭示植被退化等环境损伤的形成机理，并建立高强度开采环境损伤的评价模型。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：西部生态脆弱区煤炭开采强度的评价方法。提出绝对开采强度和相对开采强度，系统衡量生产与环境，提出了评价西部生态脆弱区煤炭开采强度的评价方法。

关键技术二：高强度开采矿区环境要素影响机理分析及评判方法。选取多尺度植被覆盖空间异质规律的时空正交分解方法开展对比研究，分析与评价环境要素影响机理。

关键技术三：时空混合正交经验模型识别自然气候与矿山开采对植被影响的方法。基于矿区植被覆盖长时演变特征，揭示高强度开采对植被扰动的影响。

#### （三）技术流程

高强度开采矿区环境损伤形成机理及预测的技术流如图23所示。

### 主要技术指标

- （一）开采设计优化、开采强度及分区治理区划；
- （二）高强度开采矿区环境要素分析评判，高强度开采对植被扰动预测；
- （三）提出针对性的环境恢复治理方法。

### 典型案例及成效

以神东矿区为靶区，利用现场实测、数据反演和实验室试验结果，研究分析了高强度开采地表沉陷区生态环境要素，研究了矿区高强度开采地表沉陷及地裂缝演化规律，建立了采动地裂缝的预测判别模型；揭示了沉陷地裂缝对根系的损伤机制，精确预测了开采扰动影响下矿区植被的时间变化特征及其空间分布规律，掌握了高强度开采扰动下土壤水、地下潜水以及关键土壤力学参数

的变化特征与环境损伤机理。

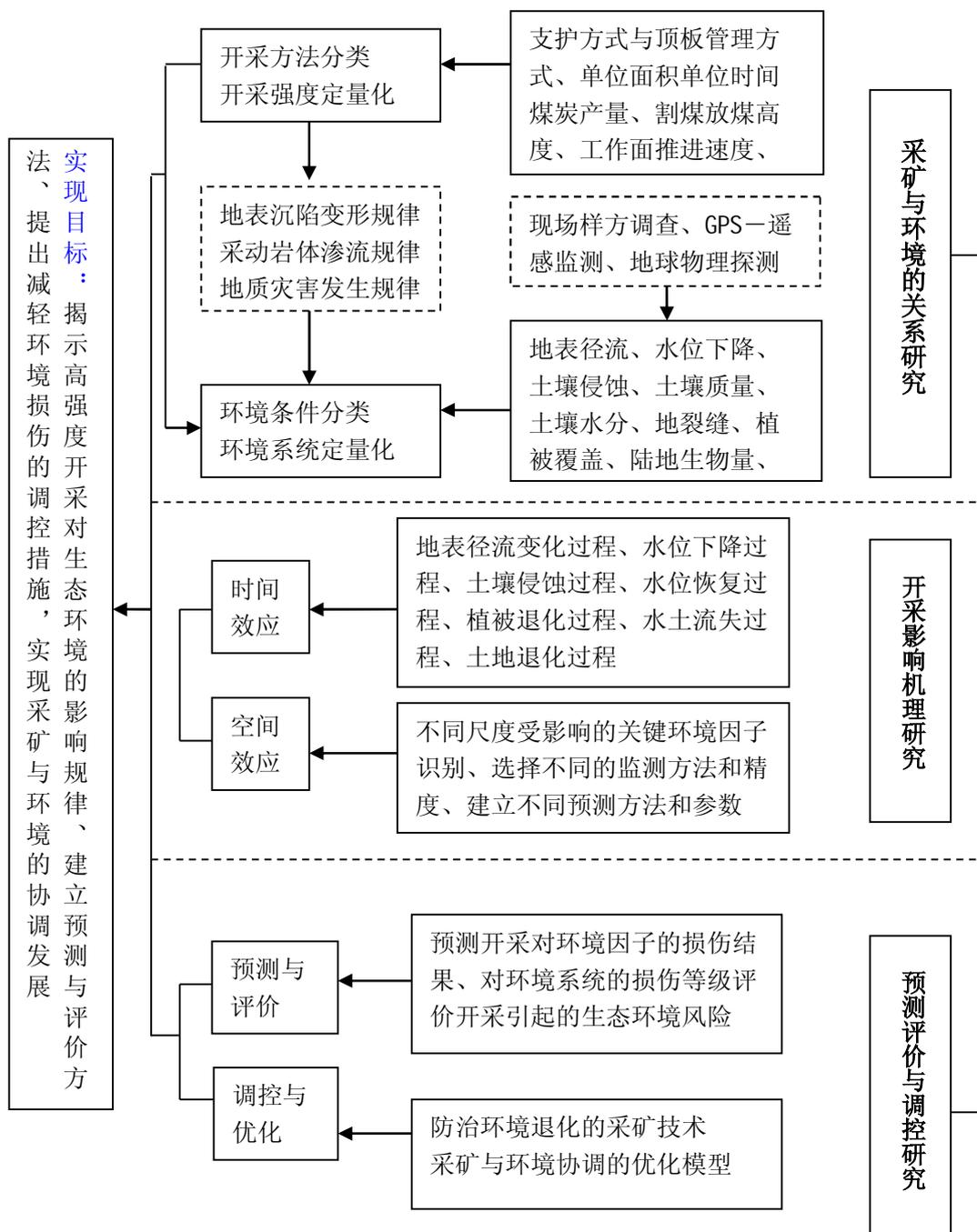


图 23 技术流程图

**技术咨询联系方式**

技术咨询单位：中国矿业大学  
 联系人：张农  
 联系方式：13605210567  
 E-mail: zhangnong@126.com

## 89 生态脆弱区煤炭现代开采地下水和地表生态保护技术

### 适用范围及推广前景

该成果适用于煤炭开采地下水保护利用与地表生态修复技术领域。

据统计，我国每年因煤炭开采造成的土地占压和沉陷超过4万公顷，破坏地下水资源约80亿吨，而利用率仅25%，每年损失水资源60亿吨；土地复垦率不足30%。西部晋陕蒙宁甘是煤炭主产区，但水资源仅占全国的3.9%，且干旱少雨，蒸发量大，生态脆弱，矿井水外排蒸发损失问题突出，煤炭开采造成的地表损伤严重。该成果的应用对于提高矿井水资源利用率和生态修复效率具有重要意义。

### 技术内容

#### （一）基本原理

揭示了生态脆弱区安全高效高回收率煤炭开采（简称现代开采）对地下水和地表生态的影响规律，充分利用井下自然空间和揭示的规律，储存利用矿井水（煤矿地下水库）和地表生态主动型减损与引导型修复。

#### （二）关键技术描述

关键技术一：揭示了现代开采地下水运移和地表生态变化规律

开发了煤炭开采覆岩结构变化、地表土壤水、第四系孔隙水、基岩裂隙水全周期、多层次、多参数四维探测技术，摸清了煤炭现代开采地下水和地表生态变化规律。

关键技术二：首次开发了矿井水井下储用技术

建立了煤矿地下水库储用矿井水的技术体系，开发了水源预测、选址和库容确定、坝体建设、水质控制和安全保障技术。

关键技术三：研发了地表生态修复关键技术

开发了基于开采工艺优化减损与人工引导型生态修复和地下水生态复用的地表生态修复技术。

#### （三）技术流程

本技术主要包括三个核心部分。

①建立了综合研究方法，揭示了煤炭现代开采地下水和地表生态变化规律。

②研发了煤矿地下水库储用矿井水技术。

③开发了西部生态脆弱矿区地表生态修复技术。

### 主要技术指标

（一）提供了神东矿区用水的95%以上

神东建成32座煤矿地下水库，储水3100万m<sup>3</sup>，3年累计节水超过8500万m<sup>3</sup>。

(二) 实现了矿井水不外排

神东大柳塔建设世界首座煤矿分布式地下水库，储水710万m<sup>3</sup>，实现了矿井水不外排。

(三) 矿区植被覆盖率达78%

2012年矿区植被覆盖率比2008年提高14个百分点。

### 典型案例及成效

神东矿区15个矿井建成32座地下水库，储水3100万方，建设了世界首座大柳塔煤矿分布式地下水库，储水710万方，实现了矿井水不外排。近三年节约支出约14亿元；应用地表生态修复促进技术，三年累计修复20平方公里，节省支出2.3亿元。

国土资源部、国家能源局和世界煤炭协会等正在国内外推广该项目核心技术（煤矿地下水库技术）。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：神华集团有限责任公司科技发展部

联系人：曹志国

联系方式：18910569296

E-mail: zgcao2008@163.com

## 90 采煤沉陷区复垦环境监测与评价技术

### 适用范围及推广前景

项目以采煤沉陷区土地监测与评价为思路，以矿区生态重建和恢复为目标，以东部采煤沉陷区为攻关重点，符合国家以恢复耕地为优先的土地复垦政策。实施方案结合了煤矿沉陷区复垦现状和发展趋势，同时采用现场试验和室内模拟试验相结合的方法，研究了采煤地表沉陷生产力评价指标、煤炭资源开采环境损耗核算方法等急需解决的关键问题，研究成果可以广泛应用于复垦土地环境的长期监测和评价过程中。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

通过对采煤沉陷区地形地貌、积水、附加坡度等环境因子和耕地理化性质的监测，获取土地生产力相关数据，结合土壤学基本原理，对采煤塌陷区土地复垦前后耕地生产力各因子进行研究，提出采煤塌陷耕地生产力破坏和土地复垦后耕地生产力恢复的评价指标和评价方法。

#### (二) 关键技术描述

研究采煤塌陷区土地生产力评价方法及评价指标体系、采煤塌陷区土地破坏预测系统和采煤塌陷区复垦土地安全评价方法，建立煤炭矿区生态恢复与补偿机制。

#### (三) 技术流程

依据采煤地表沉陷土地破坏预测模型，建立土地破坏预测系统，研究开发土地破坏预测系统软件，对采煤沉陷区土地破坏程度进行评价。通过对典型矿区煤炭资源开采造成环境损耗分析、试验、测算，确定煤炭资源开采与环境损耗因果关系并进一步确定相关因子系数，进一步研究建立煤炭资源开采环境损耗核算方法；根据研究确定的煤炭资源开采与环境损耗因果关系，建立的定量评价模型，研究提出煤炭矿区生态恢复与补偿标准和补偿办法。

### 主要技术指标

(一) 建立一套开采塌陷耕地生产力破坏与复垦后耕地土壤生产力的评价指标体系和评价方法；

(二) 采煤塌陷区土地破坏预测系统软件；

(三) 提出煤炭资源开采生态环境损耗核算方法和煤炭矿区生态环境恢复补偿标准及补偿办法。

### 典型案例及成效

选取兖州煤业股份有限公司鲍店煤矿十采区作为评价研究区，运用研制的“煤矿塌陷区耕地生产力损害组件式 GIS 可视化评价系统”进行了实证应用研究，给出了耕地生产力损害的详细评价过程并对评价结果做了深入、系统的分析。运用采煤沉陷区破坏耕地生产力评价系统软件，可以广泛应用于复垦土地环境的长期监测和评价过程中，有助于提出更为合理的复垦方式和改进方法。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：煤炭科学研究总院

联系人：包兴

联系方式：18610838435

E-mail: 14848369@qq.com

## 91 控制矿井突水的水资源保护性采煤理论与方法

### 适用范围及推广前景

控制矿井突水的水资源保护性采煤理论与方法研究成果适用于干旱半干旱、水资源贫乏的缺水矿区，以及存在水体下煤炭资源回收的矿区。缺水矿区主要对含水层和隔水层的分布、地下水赋存特征、采动条件下顶板导水裂隙带发育高度等问题的研究，大水矿区保水采煤的核心技术是综合机械化固体废弃物充填采煤技术和针对隔水层局部区域的注浆加固技术。我国晋、蒙、陕、甘、宁缺水矿区较多，东部矿区存在大量的水体下采煤矿井，其推广应用前景广阔。

### 技术内容

#### (一) 基本原理

对缺水矿区含水层和隔水层的分布、地下水赋存特征、主要富水区与主采煤层的关系、采动条件下顶板导水裂隙带发育高度等问题的研究，提出水文地

质结构系统分区及相应的保水采煤类型；在此基础上结合矿区的水文地质结构特征和采煤条件，提出对应的保水采煤模式及其关键技术，包括厚基岩区保水采煤技术、烧变岩区保水技术、重要水源地保护技术、薄基岩区预疏放水资源转移存贮技术和矿井水资源化技术等。对于大水矿区，通过对煤矿采区岩层破坏与移动规律的深入研究，设计综合机械化固体废弃物充填采煤系统、装备和工艺。

## （二）关键技术描述

关键技术一：建立采煤与充填一体化的工作面矿压模型，揭示充填采煤采场支架受力与非充填采煤存在着根本差别；

关键技术二：研发具有前后顶梁、掩护充填与采煤并行作业的液压支架，满足采-充一体的作业工艺要求；

关键技术三：建立充填采煤岩层移动与地表沉陷分析的力学模型，给出预计充填区域岩层运动的“等价采高”计算方法。

## （三）技术流程

本工艺技术主要包括采矿地质条件分析、隔水关键层结构稳定性判断、隔水关键层渗流稳定性分析、渗流突变通道控制和水体下保水安全采煤等过程。

## 主要技术指标

研发出的综合机械化固体废弃物密实充填采煤生产系统及装备，性能可靠、操作简便，可实现的指标为：采空区密实率超 90%，采区回收率达 85%，不仅能安全高效采出水体上（下）压煤，还能充分保护矿区水资源和环境。

## 典型案例及成效

以皖北煤电五沟煤矿为例，该矿为大水矿井，五沟矿主采 10#煤，由于该煤层上方覆盖 272m 的厚松散含水层，特别是其底部平均厚 20.7m 的第四纪含水层，给浅部煤层的开采构成了严重威胁。矿井设计留设 60~91m 的防水煤岩柱，压煤量达到 3664 万 t，约占矿井工业储量的 29%，为了进一步提高矿井煤炭资源采出率，采用该技术方法，已采用矸石密实充填回收四含水下压煤，并形成了水体上（下）固体废弃物充填采煤设计方法。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：缪协兴

联系方式：13505205188

E-mail: xxmiao@cumt.edu.cn

# 92 城市工矿区废弃土地再利用技术

## 适用范围及推广前景

城市工矿区废弃土地再利用技术适用于城市工矿区各类废弃土地的高效利用，包括农业再利用、建设再利用，特别适用于煤炭资源型城市采空区上方废

弃地再利用。该技术对促进煤炭资源型城市社会经济持续发展和保障土地资源利用具有重要作用。

## 技术内容

### （一）基本原理

通过工矿区废弃土地类型及成因分析，基于水土养分测试、采空区形变数值模拟等方法，建立废弃土地土壤重构与改良、采空区建设利用设计与形变控制等技术。

### （二）关键技术描述

关键技术一：工矿区废弃土地修复与土壤重构方法

针对工矿废弃土地农业利用需求，对耕作层中污染及养分状况测试分析，采取不同的污染修复技术改良土壤特性，并按照农业生产土壤结构开展重构，实现工矿废弃土地的农业利用。

关键技术二：采空区废弃土地建筑再利用方法

通过采空区建筑附加压力数值模拟，分析负载后地表参与形变趋势，采取建筑设计控制方法，实现采空区废弃土地建筑再利用，特别是大型工业建筑群利用。

### （三）技术流程

本工艺技术流程包括废弃土地类型与成因分析、废弃土地再利用方式规划设计、废弃土地改良与控制等三个工艺单元。

首先，针对工矿区废弃土地类型与成因分析，为废弃土地再利用可行性分析奠定基础；其次，结合废弃土地特征，确定废弃土地再利用方向；最后，根据废弃土地不同利用方向，提出相应的改良与控制措施。

## 主要技术指标

（一）工矿区废弃土地利用率达到 80% 以上，有效利用土地资源；

（二）采空区上方废弃土地建筑利用比例提高 20% 以上，拓展了建设用地空间。

## 典型案例及成效

以徐州矿区、淮南矿区、平顶山矿区、峰峰矿区为靶区，开展了工矿区废弃土地农业生态型耕地复垦、采空区上方工业园区、大型工业建筑群等示范应用，成果已经在上述区域取得重要应用效益。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学

联系人：赵华

联系方式：15105210478

E-mail: zhhcumt@163.com

# 93 酸性自燃煤矸石山原位治理与生态修复 一体化技术

## 适用范围及推广前景

酸性自燃煤矸石山原位治理与生态修复一体化技术适用于煤矸石山治理。

煤矸石排放已达 58 亿吨，形成了 4000 余座矸石山，其中 1/3 为酸性自燃矸石山，今后还以每年 3.5~7 亿吨的速度递增（矸石排放占煤产量的 10~20%）。由于煤矸石综合利用率较低，酸性矸石难以利用且污染环境，因此，该技术具有很好的推广应用前景。

## 技术内容

### （一）基本原理

煤矸石山自燃的主要原因是由于硫铁矿的氧化产酸、产热，其中氧化菌的催化氧化和空气的存在是最主要的驱动力，利用专性杀菌剂杀死氧化菌抑制氧化、并用还原菌抑制氧化过程、采用惰性材料覆盖碾压隔绝空气，实现很好的防火；通过科学的诊断表面温度场和深部着火位置，采用表面喷浆和深部注浆相结合的灭火方法，再覆盖适宜的植被生长介质和采用植被恢复技术，实现酸性自燃煤矸石山的原位治理和生态修复。

### （二）关键技术描述

关键技术一：煤矸石山酸性和自燃诊断技术：提出用净产酸潜力（NAP）取代传统的 pH 诊断煤矸石真实酸性的方法，研发了基于表面温度场测量的深部着火位置诊断技术；

关键技术二：抑氧隔氧防火技术：发明了集氧化菌专性杀菌剂、硫酸盐还原菌和覆盖碾压防火层为一体的防火方法与材料；

关键技术三：浅层喷浆与深部注浆相结合的综合灭火技术：摒弃用水灭火的传统做法和单一灭火措施，将绿化整地和覆压阻燃防火等技术与注浆灭火技术有机融合，提出了采用“从上向下，推散火层，局部注浆，斜坡压实，封闭覆盖”的灭火新工艺，革新了注浆材料。

关键技术四：植被恢复技术：构建防火层+生长介质层两层植被恢复型土壤剖面结构，提出了以灌木草本为主、少用乔木的灌草防燃型植被群落配置模式和适宜的种群；

关键技术五：提出了煤矸石山自燃综合治理技术新工艺：即以立地条件调查及诊断为基础、防灭火措施为核心、植被恢复为关键、整地为纽带，重点将整地、防灭火措施和植被恢复三者相耦合，确定了各工序的时空衔接。

### （三）技术流程

本工艺技术主要包括监测诊断、防灭火和植被恢复三个工艺单元。

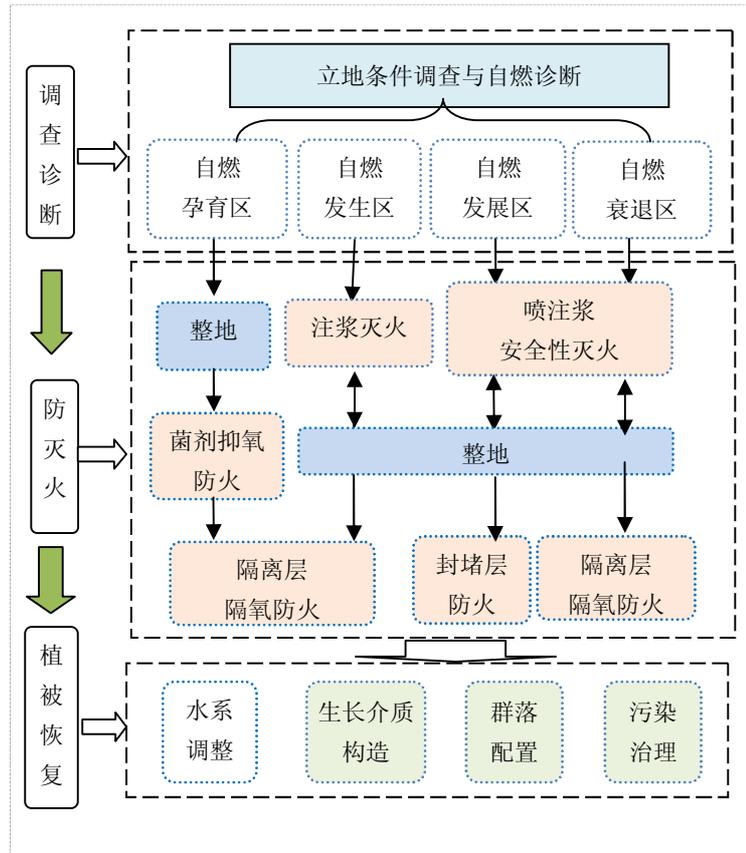


图 24 煤矸石山自燃综合治理技术工艺

### 主要技术指标

表面温度异常的空间定位精度在 0.02cm~0.15m，深部着火位置点预计偏差在 0.15m~0.5m；植被覆盖率为 70%以上；5 年复燃率小于 15%。

### 典型案例及成效

在山西多个矿区的煤矸石山实现全面治理，植被覆盖率为 80%以上，5 年内未发生复燃。附上的两个案例图片，分别是山西王庄煤矿和常村煤矿两个煤矸石山的绿化效果，实现全面绿化，植被覆盖率在 90%以上。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）土地复垦与生态重建研究所  
 联系人：胡振琪  
 联系方式：13910637448  
 E-mail: huzq@cumtb.edu.cn

## 94 典型矿业城市受损生态系统恢复技术及示范

### 适用范围及推广应用前景

我国黄淮海中部平原矿区，如开滦、徐州、淮南、兖州等矿区，地下潜水位高，开采后地表易于形成常年或季节性积水，引发严重的生态环境问题和社会

会问题。平原矿区工农业发达，也是人地矛盾突出地区，随着城镇化进程加快，城市发展与建设用地紧缺的矛盾日益突出。针对高潜水位煤矿区域性积水特点，结合矿业生态城市发展需求，研发采煤沉陷积水区城市次生湿地构建技术，提升近郊沉陷积水区城市服务功能，具有较高的生态、社会效益和推广应用价值。

### 技术内容

(1) 提出了一种基于光谱特征分析及新波段构造的高精度多层次遥感信息提取方法，应用遥感技术，基于多样性、均匀度、蔓延度等景观格局指数分析了沉陷区由生态退化、功能单一系统向多功能城市近郊次生湿地复合生态系统演变的过程与规律。

(2) 进行了采煤沉陷地区域性稳定评价，提出了煤炭开采时序、沉陷稳定程度及城市发展需求相协调的采煤沉陷次生湿地建设规划技术。

(3) 针对区域性水文地质条件，提出了沟通自然水系、人工提水循环、水利设施构建、湖岸维护措施等采煤沉陷区次生湿地水循环维系技术，从区域角度提出了控制周边污染源、清淤固化河道、生物植被净化等水污染综合治理技术。

(4) 在兼顾城市景观效应及生态效应基础上，建立了采煤沉陷次生湿地水体植物配置、岛屿植被配置、建筑周边植被配置等不同配置模式，开发了观光旅游、休闲娱乐、文化教育、净化空气、涵养水源等次生湿地城市服务功能，为相似地质条件下矿业城市生态修复提供技术支撑。

### 主要技术指标

- (一) 煤炭开采与采煤沉陷次生湿地的协调规划技术；
- (二) 不同地质采矿条件的水维系技术。

### 典型案例及成效

我国东部高潜水位矿区次生湿地建设技术是矿业城市可持续发展的迫切需求，本技术成果在唐山、淮北、徐州、济宁等多个矿区推广应用。在唐山矿采煤沉陷区建立了南湖城市次生湿地示范区面积 9.5km<sup>2</sup>，形成了改善唐山区域气候和生态环境的“绿肺”，据监测，唐山市区最高和最低气温比常年分别降低和升高了 3~4℃，南湖次生湿地每年接待国内外游客达 300 余万人次。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团唐山研究院有限公司  
联系人：李树志  
联系方式：15932533151；15931911551  
E-mail：lsz9686@163.com

## 95 微生物修复矿区采煤废弃地关键技术

### 适用范围及推广前景

本技术适用于西部煤矿区采煤废弃地，包括煤矸石山占地及采煤沉陷地的生态重建与修复。尤其对于植物生长基质的养分贫瘠、干旱缺水、立地条件

差，裂隙伤根等条件下的植物生长及成活、土壤改良、抗旱及污染等具有较好的生态效应，在西部煤矿区废弃地改良利用中具有较好的作用。

## 技术内容

### （一）基本原理

利用解磷菌、脱硫菌和菌根真菌的不同生理作用特点，针对粉煤灰中磷含量较多特性，进行解磷菌高效解磷作用的研究，并针对高硫煤矸石中的硫筛选分离了脱硫菌，进行了解磷菌、脱硫菌和菌根真菌联合改良废弃地基质的研究，提高了植物的成活率，改良了复垦基质理化性状，生态效应明显。

### （二）关键技术描述

从粉煤灰中分离筛选出 2 株能够高效解磷的微生物，获得其最佳培养时间、最适 pH 和温度、最适接种量和接种浓度等；从煤矸石中分离筛选出 2 株高效脱硫的微生物，获得最佳的培养条件；对废弃物煤矸石和粉煤灰的综合利用工艺进行了规模试验，研究了微生物（解磷细菌与脱硫微生物）作用于不同废弃物组合工艺的效应、最佳作用条件及其生态效应，废弃物粉煤灰和煤矸石组合的不同工艺对污染物浓度的不同作用结果；研究了微生物对废弃物中的重金属活性的影响，以及重金属在废弃物中的迁移运输规律；将解磷细菌、脱硫微生物与菌根联合接种，研究其对废弃物的综合改良作用；在典型煤矿区选择废弃地进行一定面积的微生物应用推广示范，并进行了定位监测与分析，微生物生态效应显著。

### （三）技术流程

本工艺技术主要包括从废弃物中溶解释放出磷、硫等物质，降低废弃物对环境的污染过程中同时也释放出能够对生态有益的养分。通过菌根微生物的高效吸收运输功能来提高植物生长发育效率。

## 主要技术指标

（一）筛选出高效的解磷菌解磷效率达到 30%、脱硫菌脱硫效率达 70%；优势菌根真菌的贡献率达到 20% 以上；

（二）微生物联合对废弃地利用的生态效应显著，促进植物的生长发育，成活率提高 10% 以上，生物种群多样性增加，生态持续性和稳定性强。

## 典型案例及成效

以神东矿区为主要靶区，利用微生物综合修复技术，研究了废弃地改良土壤、促进植被生长及生态修复的综合生态效果，通过多年的定点定位监测与分析测试，在野外获得了较好的微生物修复生态效应，生态系统较为稳定，经过微生物修复的生态系统更为稳定，成活率更高。

## 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中国矿业大学（北京）

联系人：毕银丽

联系方式：13910838597

E-mail: ylbi88@126.com

## 96 采煤沉陷区土地复垦与农业生态再塑技术

### 适用范围及推广应用前景

采煤沉陷区土地复垦与农业生态再塑技术针对我国土地复垦过程中的复垦耕地质量差，区域农业景观配置不合理等问题，攻克了沉陷区复垦土壤重构与生态重建关键技术难题。成果适用于东部平原采煤沉陷区农业复垦。

据统计，我国煤炭开采损毁土地累计达 6000 多万亩，每年还新增损毁土地 150 万亩，而我国现阶段矿区复垦率只有 20% 左右，其中东部煤矿待复垦耕地占煤炭行业待复垦耕地的 70% 以上，预计成果推广应用前景广阔。

### 技术内容

#### (1) 采煤沉陷区农业生态系统演变规律

通过建立农业生态系统监测站，综合运用“3S”技术和常规监测手段，对采动区农业生态环境要素进行长期监测研究，建立了采煤沉陷区农业生态系统数据库，掌握了高潜水位沉陷区生态系统和土壤质量时空演变规律，为高潜水位矿区农业生态复垦提供了科学依据。

#### (2) 采煤沉陷区复垦土壤剖面构建与复垦技术

针对矸石充填复垦合理覆土厚度问题，研究了覆土厚度对土壤结构、水分、作物长势、产量等影响，提出了矸石充填农业复垦经济覆土厚度（70cm），及剖面构建和土壤水分维系技术。

针对就地取土复垦土壤质量较差问题，应用土壤发生学和土壤质地分异原理，通过土壤剖面信息获取、土方调配、施工区段划分及施工顺序确定，提出了土壤质地可调的剖面构建技术和施工工艺。

根据煤层开采计划和地表沉陷预计结果，提出了动态沉陷区积水前土地预治理技术，明确了复垦区段、复垦时间、控制施工参数，实现了井下开采与地表复垦有机结合和损毁土地及时治理目标。

#### (3) 采煤沉陷区农业生态景观再塑技术

通过研究煤炭开采前后及复垦后 3 个阶段的沉陷区景观格局、生物多样性变化，从区域复垦角度提出了农业生态景观再塑技术，进行了规模达 1000 公顷的连片示范区建设，效果显著。

### 主要技术指标

- (一) 技术成果运用矿区复垦率提高了 10%-20%；
- (二) 复垦土壤改良时间缩短了 2-3 年。

### 典型案例及成效

项目成果已成功应用于开滦、徐州、兖州、淮北等 10 多个东部煤矿区，复垦总面积达 50 万亩，实现经济效益 35 亿元，农业景观建设保障了国家耕地红线和粮食安全。近 5 年来，仅唐山古冶、济宁邹城、淮北、徐州 4 个地区的统计，成果推广应用面积达 1.35 万公顷，取得了良好的示范效果。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团唐山研究院有限公司

联系人：李树志  
联系方式：15932533151；15931911551  
E-mail：lsz9686@163.com

## 97 采煤沉陷区地基处理与工程建设技术

### 适用范围及推广应用前景

我国煤炭开采 95% 为井工开采，随着煤炭需求的迅速发展，必然导致地表大面积沉陷和固体废弃物大量堆积，造成土地挖损和压占，使矿区大量耕地、地面建筑物受损，村庄搬迁，矿区生态环境日趋恶化，当地农民的生产生活及社会安定造成影响。本课题从我国煤炭工业发展现状及需求出发，研究采空区地表建筑地基稳定性评价与加固处理技术、废物回填建筑地基工程应用技术研究、采煤沉陷区建筑技术，推广应用前景广阔。

### 技术内容

(1) 分析了采空区上覆岩层残余移动变形机理，建立了采动区工程地质模型和采动区残余变形预测模型；提出了采动区地基稳定性评价指标体系，建立了考虑多种因素综合作用的采动区地基稳定性综合评价模型，解决了采空区地基稳定性评价的技术难题；

(2) 完善了采空区钻探及物探技术，确定了应用 EH-4 电导率系统探测老采空区的有效范围，解决了我国采空区综合探测技术的难题；

(3) 通过采空区注浆实验，完善了采空区地基处理及探测、检测技术，提出了“物探+少量钻探+钻孔电视”的采空区注浆效果的检测方法；

(4) 提出了矸石与土分层回填建筑地基的复垦技术及煤矸石回填建筑地基的无损检测方法；通过室内试验及现场取样测试试验，明确了煤矸石回填地基的环境效应，为煤矸石回填地基复垦技术推广应用提供了依据。

(5) 建立了采空区地基、基础与上部结构相互作用的数学模型，得出了采空区地基、基础与上部结构相互作用条件下建筑物附加内力变化规律，解决了采空区地基、基础与上部结构相互作用附加内力计算的技术难题。

### 主要技术指标

- (一) 采空区空洞综合探测准确率达 95%；
- (二) 采煤沉陷区建筑层数提高至 15~20 层。

### 典型案例及成效

成果在焦作矿区、开滦矿区、淮北矿区及徐州矿区等地得到推广应用，在采煤沉陷区上建成十层以上高层建筑，矿区生态环境得明显改善，取得了良好的经济和社会效益。煤矸石利用后不仅使煤矸石压占的土地得以释放，同时也减少了煤矸石对矿区生态环境的影响，取得了良好的生态效益。

### 技术咨询联系方式

技术咨询单位：中煤科工集团唐山研究院有限公司  
联系人：李树志  
联系方式：15931911551；15932533151  
E-mail：lsz9686@163.com