

附件 2

矿产资源节约与综合利用先进适用技术汇编（第一批）

第一篇 油气类	4
1. 特超稠油藏有效开发动用技术	5
2. 致密砂岩气藏冻胶阀欠平衡完井技术	7
3. 砾岩油藏提高采收率技术	9
4. 特高含水油藏二元复合驱大幅度提高采收率技术	11
5. 稠油或堵塞油层层内自生热解堵技术	13
6. 深层低渗低品位储层改造开采技术	15
7. 特低渗透油藏二氧化碳驱大幅度提高采收率技术	17
8. 底水油藏化学与机械联合堵水技术	19
9. 特低渗透油藏数字化集成技术	21
10. 油页岩综合利用集成技术	23
第二篇 煤炭类	25
11. 露井联合开采技术	26
12. 露天煤矿抛掷爆破-吊斗铲无运输倒堆工艺	28
13. 煤矸石井下充填置换煤炭技术	30
14. 水资源保护采煤技术	32
15. 7m 大采高综采工作面回采工艺	34
16. 300m 工作面综采技术	36
17. 建筑物下综合机械化充填采煤技术	37
18. 薄煤层综合机械化高效开采技术	39
19. 刨煤机薄煤层开采技术	41
20. 薄煤层顺槽控制综采自动化工作面技术	43
21. 急倾斜中厚煤层综采技术	45
22. 易选煤复合式干法选煤技术与工艺	47
23. 贫煤和贫瘦煤高炉喷吹燃烧技术	49
24. 煤矿区煤层气地面钻井抽采技术	51

25. 煤矿矿井乏风能量利用技术	52
26. 矸石电厂及瓦斯发电余热热电冷联供技术	54
27. 急倾斜近距离煤层群瓦斯抽采技术	56
第三篇 金属类	58
28. 山西式沉积型似层状铝土矿薄矿体分级分层综合开采技术	59
29. 金属矿山高浓度及膏体细尾砂充填技术	62
30. 采场交替上升无房柱连续开采及宽进路充填采矿技术	65
31. 金矿充填开采技术	67
32. 低品位金矿高效利用技术	69
33. 黄金矿山低品位资源动态评估技术	71
34. 金属、非金属矿石超细碎技术	73
35. 金属、非金属矿山粗颗粒原矿浆无外力管道输送技术	75
36. 铁矿山排岩系统中高效回收磁铁矿技术	77
37. 鞍山式含碳酸盐赤铁矿石高效浮选技术	79
38. 黑色金属矿山高压辊磨机超细碎技术	82
39. 低品位菱、褐铁矿回转窑磁化焙烧-磁选新技术	84
40. 低品位及难选磁铁矿磁场筛选法分选工艺	87
41. 铅锌银多金属硫化矿原生电位调控浮选工艺	89
42. 特低品位高含泥铜、钼多金属矿山废石高效浮选技术	93
43. 高氯咸水替代淡水高效选矿技术	97
44. 超贫钒钛磁铁矿尾矿磷钛资源回收利用技术	99
45. 低品位钒钛磁铁矿预抛尾综合利用技术	101
46. 铜钼尾矿膏体干堆排放技术	103
47. 酸性水低浓度铜资源硫化提取技术	105
48. 炼铜废渣资源化综合回收利用技术	107
49. 铅锌多金属矿资源高效开发与综合利用关键技术	110
50. 低品位硫化铜矿生物提铜大规模产业化应用关键技术	115
51. 钼钨金氧化矿综合利用新技术	118
52. CotL' s 酸法从含硫氰酸盐、氰化物尾液中综合回收氰化物技术	120
53. 黄金矿山含氰尾液处理技术	122

第四篇 非金属类	125
54. 固体钾矿浸泡式溶解转化开采技术	126
55. 磷石膏充填无废高效开采技术	127
56. 中低品位胶磷矿正反浮选工艺	133
57. 盐湖卤水钾镁盐反浮选-冷结晶法生产氯钾工艺	135
58. 难选硅线石“磁浮磁”选矿新技术	137
59. 磷矿伴生氟资源综合利用技术	139
60. 磷矿伴生碘资源回收新技术	141
61. 高岭土尾矿及其共伴生矿物资源高效综合利用技术	144
62. 低品位鳞状石墨矿“大型湿法搅拌磨”综合利用技术	147

第一篇 油气类

1. 特超稠油藏有效开发动用技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

特超稠油油藏。

三、技术内容

（一）基本原理

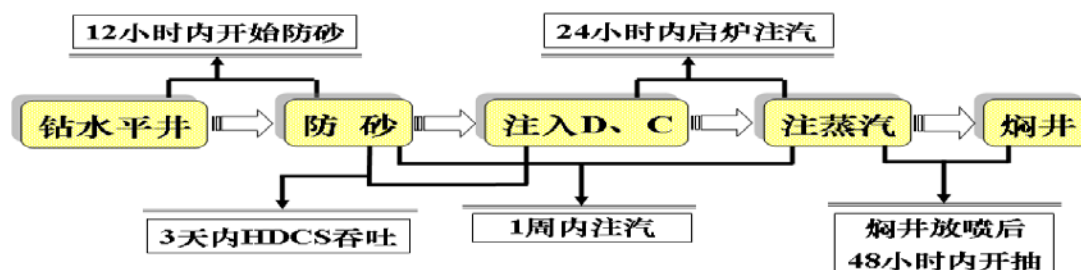
特超稠油藏有效开发动用技术采用高效油溶性复合降粘剂（D）和二氧化碳（C）、辅助水平井（H）、蒸汽（S）吞吐，简称 HDCS，该技术利用其滚动接替降粘、热动量传递及增能助排作用，降低注汽压力，扩大蒸汽波及范围。该技术不仅充分发挥了热、化学、气体和水平井的自身优势，还产生了“复合增效”作用，实现了特超稠油油藏的有效动用。

（二）关键技术

特超稠油非达西渗流机理、HDCS 复合作用机理与机制、HDCS 各要素配置的技术政策界限。

（三）工艺流程

在稠油油藏中钻水平井，首先向水平井内连续挤入油溶性复合降粘剂，再连续挤入液态二氧化碳，焖井一段时间后，向水平井内连续注入蒸汽，再焖井一段时间，然后下泵转为机械采油生产。与常规注蒸汽相比，该技术大幅降低特超稠油粘度，降低蒸汽注入压力，提高蒸汽热波及范围，提高了开发效果。



HDCS 工艺流程图

四、主要技术指标

揭示了特超稠油非达西渗流机理；阐释了 HDCS 开采稠油作用机制；首创了

HDCS 开发特超稠油的技术方法；研制了注汽压力 26MPa 的超临界锅炉；实现了粘度大于 $10 \times 10^4 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 、深度达到 1900m 的特超稠油高效开发，储量动用率由 0 提高到了 65.5%。

五、典型实例及成效

HDCS 技术已应用于中石化胜利油田分公司王庄油田郑 411 块、坨 826 块、单家寺油田单 113 块及中原油田分公司内蒙吉祥油田毛八块，共部署水平井 228 口。

截至 2011 年底，中石化胜利油田分公司、中原油田分公司已投产水平井 96 口，动用地质储量 892 万吨，初期平均单井日油能力 14.2t/d，已累积产油 $44.9 \times 10^4 \text{ t}$ ，创产值 15.7 亿元，减排 CO_2 约 7 万吨，取得了较好的开发效果和社会、经济效益。

六、推广前景

该技术应用前景广阔，可使全国 2.8 亿吨的特超稠油油藏储量得到有效动用。2012 年~2015 年在全国油田推广后，预计新增动用储量 1 亿吨，可增加产油量 105 万吨，按油价 80\$/bbl（3588 元/吨）计算，可创产值 37.7 亿元，可增加石油资源可采储量 940 万吨。同时，在资源综合利用方面，该技术可减排 CO_2 约 365 万吨（注入油层），减少了大气污染，具有较好的社会效益。

2. 致密砂岩气藏冻胶阀欠平衡完井技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

致密砂岩气欠平衡钻井完井。

三、技术内容

（一）基本原理

冻胶阀，一种在特定条件下实现特定功能的智能化学胶体，可用于在石油行业钻井过程中替代套管阀实现欠平衡完井。冻胶阀具有固体和液体的特性，在金属筒体中具备一定的抗压差能力，既能对油气起到封隔作用，同时也能被管柱穿透。冻胶阀技术正是利用这些特性来实现井下“阀”的功能。

（二）关键技术

1. 冻胶阀封隔井筒理论。
2. 冻胶阀欠平衡完井工艺技术。
3. 冻胶阀系列产品。

（三）工艺流程

1. 冻胶阀放置：通过地面设备将冻胶阀基液注入到油井中的设计位置，成胶后形成合格的冻胶。
2. 欠平衡完井：冻胶阀密封井筒油气后，实施下筛管、下生产管柱、更换井口等工序。
3. 冻胶阀解除：采用氮气或清水循环返排。

四、主要技术指标

1. 冻胶阀基液粘度：100~150mPa·s，流动性好，满足地面泵注要求。
2. 冻胶阀成胶后强度：1~20×10⁴mPa·s，冻胶自身具有强度具有一定固体特性。
3. 冻胶阀成胶时间：1min-120min，根据不同工艺要求，成胶时间可调。
4. 冻胶阀抗压差值：2~5MPa/100m，对井筒油、气有密封性。

5. 冻胶阀液化后粘度：小于 $100\text{mPa} \cdot \text{s}$ ，满足返排需求。

五、典型实例及成效

冻胶阀欠平衡完井技术已经通过 9 口井的矿场试验，均一次性获得成功，在欠平衡状态下实现了安全完井，技术充分显示出成本低、安全性好、操作性强等优势。与进口套管阀相比，单井节约钻井投资 180 万元，共节省投资 1620 万元，经济社会效益十分显著，对推动石油钻井技术的发展起到了促进作用，同时为致密气藏经济有效开发提供了有效的技术手段。

中国石油土哈油田分公司准噶尔盆地陆梁隆起滴南凸起滴西 141 井常规天然气藏冻胶阀欠平衡完井，应用自主研发的冻胶阀技术替代进口套管阀技术实现欠平衡完井，完井作业时间 5 天，一次性获得成功，投资 35 万元，比进口套管阀降低了 180 万元。完井后日产天然气 12 万方，增加之谜砂岩气产量 2190 万方。

六、推广前景和矿产资源节约与综合利用潜力

欠平衡钻井是提高致密砂岩气藏产量的重要手段，是中国石油天然气集团有限公司在“十二五”期间重点推广的钻井技术，2011 年应用达到 350 口，2012 年计划实施 500 井次。欠平衡钻井技术的规模应用为冻胶阀欠平衡技术应用提供了广阔的市场空间。

3. 砾岩油藏提高采收率技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

新疆砾岩注水开发油藏。

三、技术内容

（一）基本原理

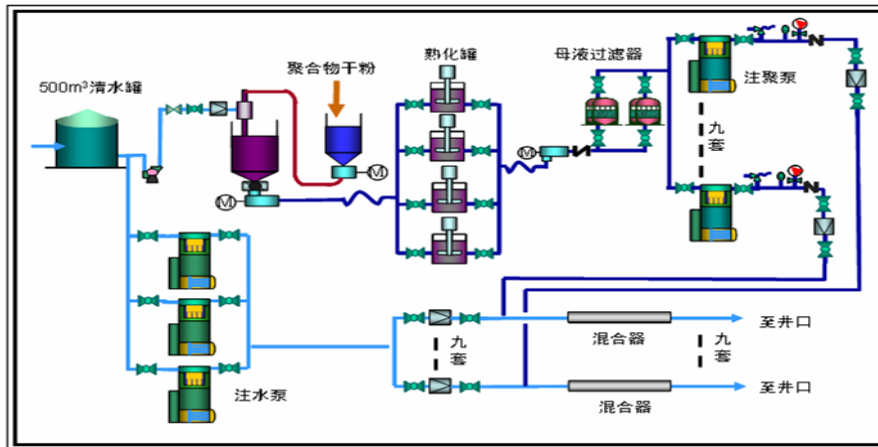
聚合物驱是一种改善水驱的化学驱油方法，它使用水溶性高分子聚合物作为添加剂，将其作为油田开发的注入剂，增加注入水的粘度，降低水相渗透率，大大地降低水油流度比，提高平面波及效率。避免或减缓注入水沿高渗透层窜进，提高垂向波及效率，增加吸水厚度。聚合物溶液通过后仍可保持对水的残余阻力，从而达到提高采收率的目的。

（二）关键技术

1. 基于砾岩储层复模态结构的聚合物驱分级调剖技术；
2. 砾岩油藏方案优化及数值模拟技术；
3. 砾岩储层油藏精细描述技术；
4. 注入及采出液监测技术；
5. 基于砾岩储层物性和流体性质的产品性能及配方评价技术；
6. 砾岩油藏聚合物驱油机理研究技术；
7. 砾岩油藏配套注采工艺技术；
8. 配制、注入工艺技术；
9. 砾岩油藏跟踪调整及效果评价技术。

（三）工艺流程

试验区选择，地质研究，筛选评价合适的驱油用聚合物产品，通过方案优化确定试验方案，通过地面设备注入井筒进入地层，进行驱油试验。



七东 1 注聚站工艺流程图

四、主要技术指标

试验区提高采收率 9 个百分点，实验区中心区域提高采收率 12.1 百分点。

五、典型实例及成效

中国石油新疆油田分公司，石油地质储量 194 万吨，油水井 25 口。油藏综合含水 95.6%，地质储量采出程度 46.7%，油藏进入特高含水期，达到了砾岩油藏水驱开发的经济技术极限。在达到经济极限的条件下，开展注入聚合物溶液驱替试验，改善开发效果，提高油藏最终采收率。投资 11374 万元建设注聚站 1 座，日注入聚合物能力 900 立方米，提高采收率 6.1 个百分点，累计增产原油 11.9 万吨，建设期 2 年，投资回收期 2.52 年，财务内部收益率 32.98%，财务净现值 2066 万元。

六、推广前景

新疆油田分公司可实施聚合物驱技术的油藏石油地质储量 4.28 亿吨，预计提高采收率 10 个百分点以上，增加可采储量 4280 万吨，经济效益和社会效益相当可观。

4. 特高含水油藏二元复合驱大幅度提高采收率技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

水驱后仍有丰富剩余油和较大开发潜力的需要进一步提高采收率的中高渗油藏。

三、技术内容

（一）基本原理

在无碱条件下，针对原油特点和色谱分离参数调控的要求，根据油剂结构相似、阴非加合增效的理论，选择非离子型表面活性剂与石油磺酸盐复配，提高洗油效率；通过活性剂与聚合物协同作用形成高效二元复合驱油体系，达到聚表抑制分离和增大波及体积作用，提高驱油效率。

（二）关键技术

驱油体系设计技术、驱油剂跟踪分析技术、二元复合驱数值模拟技术、开采动态评价技术。

（三）工艺流程

试验区筛选，油藏地质特征研究，水驱开发效果评价及剩余油分布研究，驱油用化学剂性能评价及驱油体系优化设计，方案优化设计，化学驱方案评价，方案实施要求。

四、主要技术指标

二元驱油体系界面张力达 10^{-3}mN/m ，粘度大于 $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，矿场实施可提高采收率 10.2% 以上。

五、典型实例及成效

到 2012 年 6 月，中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司已动用储量 16356 万吨，增加可采储量 1668 万吨，累计增油 466 万吨，实现产值 169 亿元，利税 113 亿元。

六、推广前景

二元复合驱可覆盖储量 67.6 亿吨，增加可采储量 6.9 亿吨；其中胜利油田可覆盖储量 10.95 亿吨，增加可采储量 1.1 亿吨。

5. 稠油或堵塞油层层内自生热解堵技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

稠油油田、油层存在堵塞、常规解堵措施无效井。

三、技术内容

（一）基本原理

自生热解堵液高温熔化蜡、胶质、沥青等有机物，提高近井油层压力，提高返排能力，利用相似相溶原理，使油垢溶解并随有机相流动，溶蚀无机垢，参与热反应。

（二）关键技术

自生热解堵体系选择。

（三）工艺流程

采用不动目前生产管柱直接注酸、采用电泵排酸的实施方式，残酸注碱液中和后进入生产流程。

四、主要技术指标

1. 反应放热能力，在不考虑热量通过环空扩散情形下，推算 1m^3 反应液可使得 300m 油管及液体温度升高幅度达到 $80-95^{\circ}\text{C}$ ；
2. 生热液性能，在不考虑热量通过环空扩散情形下，推算 1m^3 反应液可使得 300m 油管及液体温度升高幅度达到 $80-95^{\circ}\text{C}$ ；
3. 工作液综合性能，自生热解堵液在静态条件下能很好的清洗岩石颗粒表面的稠油和有机质，清洗效率可以达到 80% 以上。

五、典型实例及成效

中海石油（中国）有限公司天津分公司埕北油田实施技术改造，对地层供液充足、存在堵塞的油井实施解堵，投资 80 万元。该技术应用于埕北油田油井解堵的生产实践表明，油井供液能力增强，产液量对比措施前增加了 1.7-2.5 倍，动液面上升了近 700 米，为后续大泵提液增油提供了能量保障。

六、推广前景和矿产资源节约与综合利用潜力

稠油油藏的地质储量占整个渤海油田地质储量 80%以上，原油中胶质沥青质等物质析出，对地层造成堵塞；自生热解堵技术可有效高温熔化蜡、胶质、沥青等有机物。该技术可以有效解堵，在稠油油田具有广泛的推广价值。

6. 深层低渗低品位储层改造开采技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

深层低渗、特低渗油气藏，薄油藏，边水油藏、非常规油气藏。

三、技术内容

（一）基本原理

改变渗流模式，改善地层渗流条件，降低渗流阻力，提高储层产能，实现低品位储层有效动用。

（二）关键技术

缝高控制技术、多段压裂技术。

（三）工艺流程

1. 储层地质特征、压裂技术难点分析，技术对策制定；
2. 压裂选井选层，压裂方式优选；
3. 分段工具、入井材料研制、优选；
4. 压裂优化设计；
5. 压裂施工及配套技术应用；
6. 应用效果评价分析；
7. 技术改进。

四、主要技术指标

1. 单井单层压裂厚度：1m
2. 直井：分压 3 层；水平井：水平段最长 1200m、分压 10 段
3. 最大井深：垂深 3806m、斜深 4357m
4. 缝高控制：3m 隔层有效封隔

五、典型实例及成效

《低品位储层改造技术》适应于中原油田非常规油气藏、低渗油藏，实现了未动用、动用程度低储量的有效动用。经过多年的攻关，形成了成熟配套的常规

储层改造技术，基本满足勘探、开发需要。通过引进、集成和配套，水平井多段压裂技术取得突破，自行设计、自主施工 3 口井，最大垂深 3806m、斜深 4357m，最高施工压力 88.9MPa，水平段最长 1200m、分压 10 段，初期日增油最高 42.3m³，实现了探明储量的有效动用，为资源向储量转化提供了手段，下步攻关重点是分段压裂工具国产化。

六、推广前景

中原油田剩余资源主要赋存在低品位油气藏，储量分布广包括已探明未动用、动用效果差、新探明储量，油气藏类型丰富主要为常规低渗、特低渗边水，非常规致密砂岩油气藏。预计年均试验、推广应用 100 井次以上，实现资源向储量转化，探明未动用、动用效果差、新探明储量有效动用，具有广泛的推广应用前景和矿产资源节约与综合利用潜力。

7. 特低渗透油藏二氧化碳驱大幅度提高采收率技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

特低渗透油藏二次采油和低渗透油藏注水后三次采油。

三、技术内容

（一）基本原理

烟道气 CO_2 捕集纯化工艺采用以 MEA 为主体的复合胺吸收溶剂的化学吸收法； CO_2 驱采用混相驱机理（降低界面张力、减小残余油饱和度、有效降粘和膨胀地层原油）；产出气 CO_2 回收采用变压吸附法（利用吸附剂对不同气体组分的吸附量随压力变化的特性，加压吸附部分组分，降压解吸这些组分，从而使不同气体得到分离）

（二）关键技术

1. CO_2 驱提高采收率油藏适应性评价技术；
2. CO_2 驱室内系统评价技术；
3. CO_2 驱油藏工程方案优化设计技术；
4. CO_2 驱采油工程技术；
5. CO_2 驱地面工程技术；
6. 电厂烟道气中 CO_2 捕集纯化技术。

（三）工艺流程

技术流程主要包括三部分：道气中 CO_2 捕集纯化工艺流程、低渗透油藏 CO_2 驱技术流程和采出气 CO_2 回收工艺流程。

CO_2 由胜利电厂通过 MSA 技术捕集、压缩、干燥和液化、储存后，通过罐车输送到注入站，先由站场的储罐储存，然后利用注入泵注入到地下进行驱油，随着开发的不断进行，部分 CO_2 会从地下采出进入集输系统，一旦产出，在利用地面的回收系统，将 CO_2 从天然气中分离出来，进行重新利用，已达到提高油藏采收率、 CO_2 利用率和封存率的目标。



技术总流程图

四、主要技术指标

1. CO_2 驱提高采收率 15%以上；2. 管柱及井口寿命 2 年以上；地面系统使用寿命 ≥ 5 年，腐蚀速率小于 0.076mm/a ；3. 烟道气捕集纯化 CO_2 纯度达到 99%；4. 建成处理能力 $20000\text{Nm}^3/\text{h}$ 的塔式 CO_2 捕集与纯化装置；5. 建成处理能力 $800\text{--}900\text{Nm}^3/\text{d}$ ，处理后 CO_2 纯度 $>95\%$ 的变压吸附产出气回收 CO_2 装置。

五、典型实例及成效

目前该技术在胜利油田和东北局腰英台油田得到应用，成熟度较高，基本具备规模化推广的条件。存在的问题主要一是烟道气 CO_2 捕集纯化成本较高；二是 CO_2 突破后合理的剖面调整技术尚需深化研究。

六、推广前景

根据初步筛选，在胜利油田，适合二氧化碳驱油的地质储量 4.19 亿吨（水驱的储量 3.29 亿吨，弹性驱储量 0.9 亿吨），其中，满足 CO_2 混相驱储量 2.29 亿吨，近混相驱储量 1.9 亿吨。胜利油区适合 CO_2 驱的低渗透区块全部实施后，预计新增可采储量 5335–7430 万吨，其中，混相驱提高采收率按 15–20%计算，预计新增可采储量 3435–4580 万吨；近混相驱提高采收率按 10–15%计算，预计新增可采储量 1900–2850 万吨。

根据 2006–2010 年国家重大技术研究计划《温室气体提高采收率的资源化利用及地下埋存》项目分析和预测。全国约 130 亿吨的原油地质储量适合 CO_2 驱，可增加可采储量 19.2 亿吨，其中，难动用储量占 60%以上；可埋存 CO_2 潜力 50–60 亿吨。

8. 底水油藏化学与机械联合堵水技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

底水油藏且采用砾石充填完井的油井。

三、技术内容

（一）基本原理

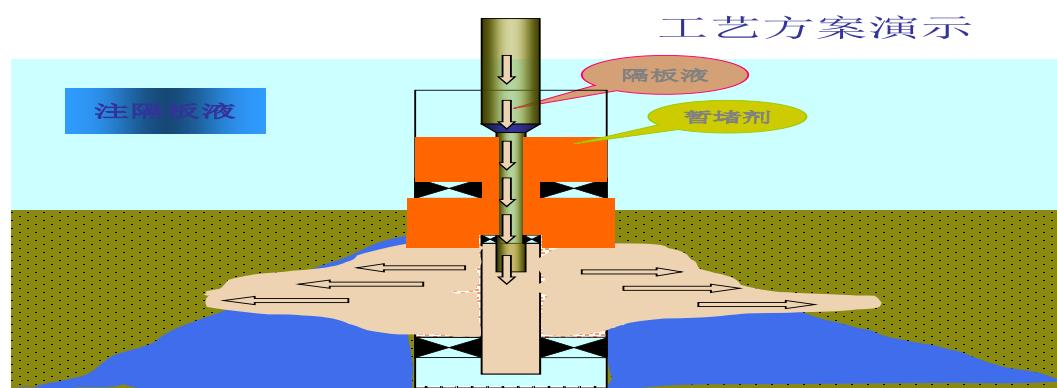
通过下入带有封隔器的堵水管柱，在筛管内封隔上部未水淹层，在油套环空注入暂堵剂，在筛管外保护未水淹层，然后从油管向地层注入堵剂，在地层形成化学隔板，起到化学堵水作用，施工后堵水管柱脱手留在井下，起到机械堵水的作用。

（二）关键技术

1. 环空暂堵技术
2. 筛管内小尺寸长井段封隔技术
3. 选择性化学堵剂技术

（三）工艺流程

主要的施工程序为：①压井、拆采油树、安装 BOP 及起原井生产管柱。②刮管、洗井。③下堵水管柱、坐封封隔器、油管锚及剪切球座。④从环空注暂堵剂。⑤从油管注前置液、各类隔板液、顶替液及增孔液。⑥堵水管柱脱手。⑦下常规电泵生产管柱。



底水油藏化学与机械联合堵水技术工艺流程图

四、主要技术指标

阻水增油有效期 4 个月，降水增油有效期一年。

五、典型实例及成效

中海石油（中国）有限公司湛江分公司涠洲 1 1—4 油田，A15 井实施后累计增油 1233 m³，累计减少污水处理量约 9×10⁴ m³，累计增油 1096t（1233 方）。该井支出费用 229.5 万元，增油按 2696 元/吨计算，增收 295.5 万元，创经济效益 66 万元，投资回收期 6 个月。

六、推广前景

海上油田一般为大斜度井，防砂多采用筛管砾石充填完井技术，这种完井方式增加了管内分层控水的难度，是制约化学堵水或机械堵水成功的主要因素。在底水油藏且筛管外砾石充填完井的油井中堵水，将增加产量，减少污水处理，具有很好的经济效益和环保效益。

9. 特低渗透油藏数字化集成技术

一、技术类型

油气资源高效开采技术。

二、适用范围

特低渗透油藏。

三、技术内容

（一）基本原理

数字化橇装集成密闭混输技术是指以大井组、橇装站场、井站共建、多站合建为主要建设方式，通过井组单管不加热密闭集输、站点混输、井站串接等手段，实现从井场-联合站的全密闭油气混合输送工艺技术。

（二）关键技术

1. 数字化一体装置（数字化橇装增压集成装置、智能移动注水装置）
2. 井站合一布局（大井组、井站共建、多站合建）
3. 油气全密闭混输工艺（丛式井组采用单管不加热密闭集输工艺、站场密闭混输工艺、井站串接集输工艺）

（三）工艺流程

大丛式井组采用单管不加热密闭集输工艺，增压点采用数字化橇装增压集成装置，采用井站合一布局、井站串管集油方式实现丛式井组—增压点—联合站泵到泵油气全密闭集输。



四、主要技术指标

百万吨产建节约土地 1500 亩以上，地面系统投资降低 20%，地面建设速度提升 30%，用工人数量减少 6 人/万吨。

五、典型实例及成效

长庆姬塬油田罗 1-黄 57 井区 2011 年部署 30×10^4 t 产能，采油井 427 口，注水井 142 口。随着姬塬特低渗透油藏大规模滚动开发，已有的地面系统已经不能满足油田快速发展和效益开发需要，同时也不能满足节能环保的需求。实施常规站场转变为数字化橇装站场；丛式井组转变为数字化大井组；井站分别建设转变为井站合一；辐射状集油转变为树枝状串接集油。投资额 3.45 亿元，建设期 1 年，投资回收期 5.3 年，投产后节约土地资源 450 亩，伴生气回收率 100%，万吨产建地面投资降低 180 万元以上，降幅超过 15%。

六、推广前景

本技术是在油田大发展的背景下，针对姬塬特低渗透油藏开发特点，集成的地面系统主体工艺技术，能够很好的适应油田地面建设低成本和集约化发展战略。该技术在节约土地资源、降低建设投资，提高系统效率，提高资源综合利用程度方面具有显著的优势。该技术的成功应用实现了姬塬特低渗透油藏的规模、快速和效益开发，并对我国同类油气藏的开发建设具有重要的示范、引领作用。

10. 油页岩综合利用集成技术

一、技术类型

油气资源综合利用技术。

二、适用范围

油页岩工业化开采矿区。

三、技术内容

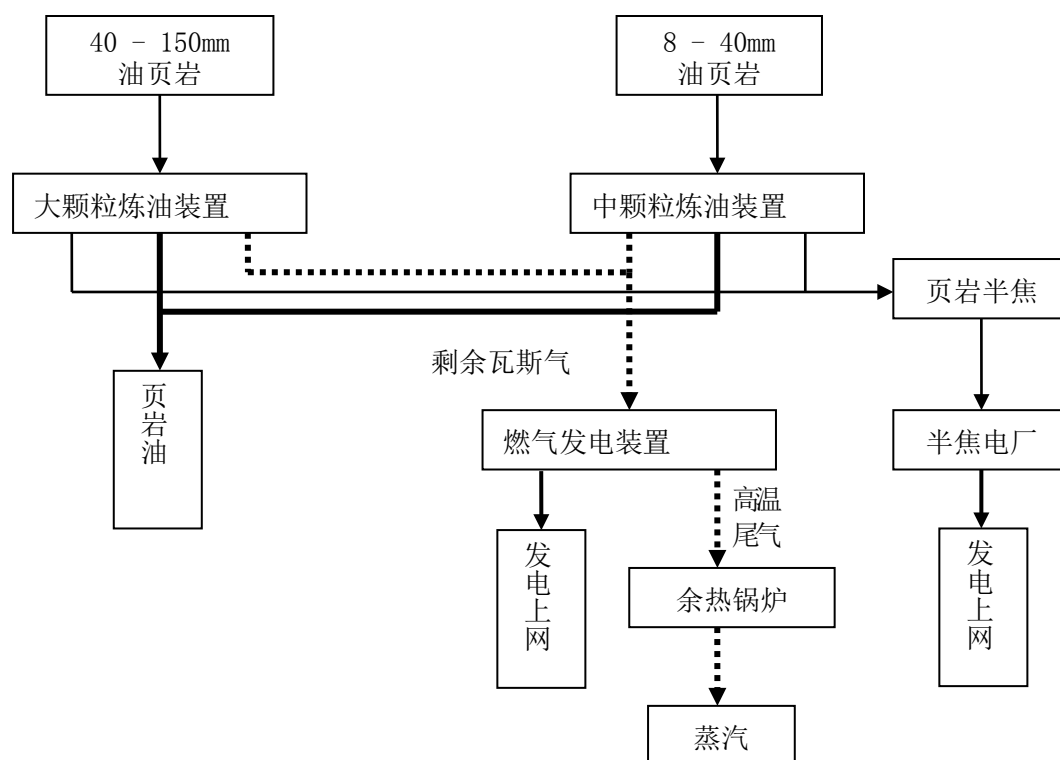
（一）基本原理

该技术首先采用低温干馏工艺对油页岩进行干馏炼油；油页岩放出页岩油后变成页岩半焦，与次煤混合后供电厂作燃料发电；干馏过程中产生的剩余瓦斯气经净化后供燃气发电机组发电；燃气发电机组排放的高温尾气经过余热锅炉产生蒸汽，供炼油装置生产及厂区生活用汽。

（二）关键技术

1. 大颗粒油页岩炼油；2. 剩余瓦斯发电；3. 中颗粒油页岩炼油。

（三）工艺流程



油页岩综合利用工艺流程图

四、主要技术指标

1. 年处理油页岩 120 万吨
2. 产油 12 万吨
3. 半焦 90 万吨
4. 剩余瓦斯发电 5000 万度

五、典型实例及成效

山东龙福油页岩综合利用有限公司大颗粒炼油项目，建设规模为年处理油页岩 60 万吨，年产页岩油 6 万吨；2007 年起主要进行了单炉传动改造、放料装置改造、电动火板门改造，投资额 2 亿元，建设周期 2.5 年，投资回收期 4 年。中颗粒炼油项目：建设规模为年处理 60 万吨中颗粒油页岩，年产页岩油 6 万吨，投资额 1.6 亿元，建设周期 1 年，投资回收期 3 年。合计年生产页岩油 12 万吨，生产副产品页岩半焦 90 万吨。

瓦斯发电项目建设规模为 24×500 KW，供电量可达 5000 万 kwh，投资额 7588 万元，建设周期 1 年，投资回收期 4 年。

六、推广前景

近几年来国际上石油价格猛涨、居高不下，同时带动煤炭价格相应上扬，各种替代能源的研究和开发呈明显上升趋势，而页岩油和其他替代能源相比，具有原料丰富、加工利用工艺成熟等优势，因此，油页岩的深加工利用已逐渐受到了我国各级政府的重视。国务院在中长期科学和技术发展纲要(2006~2020 年)中明确地将“矿产资源高效开发利用，发展低品位与复杂难处理资源高效利用技术、矿产资源综合利用技术”列入重点攻关领域和优先发展主题。

该套集成技术为油页岩炼油行业内首次采用综合利用为核心理念的技术路线，使油页岩开发利用的经济效益倍增，同时可实现生产各环节无固体、液体废物排放，达到了良好的环境和社会效益，为如何有效提高油页岩资源的利用率开辟了一条新路。通过这种综合开发利用，进一步拉长了油页岩开发的产业链，极大地提高了油页岩开发利用的附加值，符合国家提倡发展循环经济的产业政策。既可局部缓解国内石油、电力短缺状况，又能充分发挥国内油页岩资源的潜力，符合国家可持续发展油气资源战略和节约能源的方针政策，其综合利用前景广阔，开发价值巨大。

第二篇 煤炭类

11. 露井联合开采技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

露天矿区（如准格尔、伊敏河、霍林河等推广应用）。

三、技术内容

（一）基本原理

利用露天矿工业场地及露天矿采空区开采露天排土场及端帮压覆的煤炭资源。

（二）关键技术

井工与露天协调开采。

（三）工艺流程

由“露天开采”发展为“露井联采”。

四、主要技术指标

露天矿回收率在 96%以上，井工采区回收率不低于《规范》要求。

五、典型实例及成效

中煤平朔公司井工一矿投资 5.5 亿，用时 16 个月形成井工矿的生产系统，开采露天排土场及端帮压覆的煤炭资源。产生的资源效益：回收排土场下压煤 4500 万 t，井工工作面回采率达到 88%以上，采区回采率达到 78%以上；经济效益：当年井工工作面单面产量达到 430 万 t，2006 年单面产量达到 930 万 t，2007、2008 年单面产量均达到 1000 万 t 以上，2007、2008 连续两年被评为全国特级安全高效生产矿井。

井工二矿投资 4.5 亿，用时 17 个月形成井工矿的生产系统，开采露天排土场及端帮压覆的煤炭资源。产生的资源效益：回收露天排土场下压煤累计 9800 万 t；工作面回采率达 88%以上，采区回采率 78%以上。经济效益：井工二矿地面为安太堡、安家岭露天矿的排土场，利用该排土场，两露天矿缩短外排运距，节省运费 2.27 亿元。2005 年，实施露井联采的安家岭井工二矿原煤产量

15.0094Mt，实现利润 11 亿元，其中，井工生产原煤 344.65 万 t，实现利润 9.02 亿元。

六、推广前景

单一露天矿开采势必会造成边帮及排土场下煤炭资源丢失，露井联采最大限度地发挥露天与井工开采的优点，用少量的投资和工程将露天生产压占的煤炭资源同时采出。通过分析露井开采之间的关系，确保两者均能安全、高效生产，在露天煤矿区的开采中有较好的推广前景。

12. 露天煤矿抛掷爆破-吊斗铲无运输倒堆工艺

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

大型露天煤矿。

三、技术内容

（一）基本原理

采用多排孔微差抛掷爆破与预裂爆破控制技术进行高台阶抛掷爆破，用吊斗铲将爆破后煤层上部覆岩倒堆剥离后直接排放至采空区。

（二）关键技术

吊斗铲倒堆剥离工艺技术；高台阶抛掷爆破技术；与其他工艺衔接匹配技术；安全生产保障技术。

（三）工艺流程

高台阶采用多排孔微差抛掷爆破与预裂爆破控制技术抛掷爆破后，推土机与吊斗铲联合做扩展平台进行倒堆作业，倒堆剥离和采煤作业分别采用由中部向两端部错开一个采掘带反向交错进行的开采程序。

四、主要技术指标

吊斗铲型号为 Bucyrus 8750-65 型，斗容 90m³、作业半径 100m、最大悬吊载荷 289.4 t，系统剥离能力 2610 万 m³ / a。采掘带宽度 80m，采煤工作线长 2000m，吊斗铲工作线长 2100m，倒堆台阶高度 45m，倒堆台阶坡面 65°，煤台阶坡面角 75°。

五、典型实例及成效

黑岱沟露天煤矿对吊斗铲工艺进行引进、消化、吸收，攻克诸多技术难题，形成宽采掘带高台阶抛掷爆破—吊斗铲无运输倒堆工艺。采区间压覆煤柱量减少，提高帮坡角扩大露采深部境界，同时应用先进的爆破技术可减少煤顶板破坏损失。该矿 2009 年至 2011 年多回收资源 239 万 t，三年开采回采率均保持在 98% 以上，比设计高出 2 个百分点，盘活资源近 3100 万 t，可增加经济效益 68.70 亿

元。降低生产剥采比，可节约剥离费用 81.6 亿元，可提高生产效率，节约 2 万 t 标准煤。2009 年至 2011 年，该矿多回收资源增加经济效益近 5.30 亿元，节省剥离费用 9.23 亿元，节约运营成本 6.49 亿元。技术应用覆盖内蒙古、陕西、黑龙江、辽宁、山西等省市自治区。

六、推广前景

该工艺创新了露天煤矿开采理论和技术，拓展了露天开采的适用范围，提升了我国露天煤矿开发水平，带动和促进了煤炭行业技术进步。其应用有利于提高煤炭资源回采率，大幅度降低露天开采成本，改善煤炭生产整体安全状况，实现露天煤矿安全、高效、低耗绿色开采，可推广至国内同类露天煤矿应用。

13. 煤矸石井下充填置换煤炭技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

东部地区村庄、建筑物和河流湖泊较密集的矿区。

三、技术内容

（一）基本原理

井工开采通常会造成对应区域上方地表沉陷，使土地及地面建筑遭受不同程度的破坏，一般对建筑物下压煤的开采需留设保护煤柱或部分煤柱，采用条带开采技术或充填开采技术。同时，煤炭开采造成大量煤矸石在地面堆积，占用土地，污染环境。本技术在煤矿井下对煤矸石进行分选，并回填至采煤工作面采空区，既控制“三下”采煤引起的地表急剧沉陷，又减少工业废弃物——煤矸石的排放及占用土地。

（二）关键技术

1. 普采矸石充填；
2. 巷采矸石充填。

四、主要技术指标

普采矸石充填开采可实现充填与采煤并行作业，并可实现无煤柱开采，普采系统生产能力达 600t/d，提高了矿井生产能力。

五、典型实例及成效

该技术已在山东新汶矿业集团、河北金牛能源集团、山东淄博矿业集团、兖矿集团的 19 座煤矿进行了大规模推广应用。新矿集团经过 8 年的探索和实践，在 14 个矿井，81 个工作面推广应用充填开采工艺，建成 5 个“井下洗选厂”，完成以矸换煤量 1000 万吨。

六、推广前景

近三年来，山东、河北等矿区应用此技术累计从“三下”呆滞煤柱资源中安全

采出煤炭 549.48 万 t，减少向地面排矸 660.3 万 t，新增产值 30 多亿元，取得直接经济效益达 9.45 亿元，且保证了地面各类设施的安全，大大减轻固体废弃物的排放，社会效益和环境效益非常显著。

目前，我国各煤炭产区地面煤矸石堆放量巨大，占用大量土地资源，且因矸石山自燃等原因对矿区环境造成严重损害。此技术采用煤矸石充填的方法进行煤炭开采，解决了“三下”压煤开采和地面工业废弃物堆放问题，提高了资源回收率，保护了矿区环境，应用前景十分广阔。

14. 水资源保护采煤技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

适用于我国西部和北部干旱、半干旱，具有浅部水资源的矿区。

三、技术内容

（一）基本原理

采用直流电法、钻孔法、弹性波测井法等综合探测手段探查地层隔水层的结构，结合煤炭开采引发的覆岩破坏与移动规律，查明受结构关键层控制的覆岩导水裂隙通道高度及分布规律，建立隔水关键层的判别条件及流程，确定隔水关键层及位置分布，选择相应的保水采煤类型，确定具体的采煤方法、回采工艺和水资源保护措施。可有效地预防和治理采动条件下顶板导水裂隙和通道的形成，防止矿区浅部水资源破坏，或者将被开采煤层上部岩层中水体转移到下部储水层中。

（二）关键技术

1. 水文地质结构分区与保水采煤技术分类。
2. 控制隔水关键层结构稳定及控制采动导水裂隙闭合局部区域充填支撑方法。
3. 利用采空区转移、存储顶板水技术。
4. 利用上下含水层压力差向下伏储水层转移顶板水技术。

四、主要技术指标

1. 水文地质分区主要技术指标包括：弱含水区、泉域水源区、烧变岩富水区、无隔水层区及有隔水层区五类及相应的保水采煤技术对策。
2. 控制隔水关键层结构稳定，控制采动导水裂隙闭合局部区域充填支撑方法主要技术指标：隔水关键层结构与渗流稳定性判据、导水裂隙贯通高度及渗流规律。
3. 利用采空区转移存储顶板水技术主要技术指标：采空区面积；采空区空

间；年用水量；水质是否达到工农业用水标准。

五、典型实例及成效

该技术已在陕西及内蒙古的神东矿区、万利矿区和金峰矿区推广应用，矿区水资源状况和生态环境得到显著改善。2005～2008 年，神东矿区主要含水层地下水位恢复明显，采前采后水位差仅 1～6m，保护矿区地下水资源 39600 万 m^3 ，累计利用矿井水 9900 万 m^3 ，保水开采技术扩大了煤炭开采区域，累计新增开采储量 1.05 亿 t。同时，神东矿区应用隔水关键层保护技术，避免了采动裂隙通道沟通上覆强含水层，消除了矿井水害发生，改善了矿井安全条件。

六、推广前景

我国西部地区煤炭资源开发与地区水资源、环境保护的矛盾突出，矿区生产、生活及生态环境保护都需要大量水资源，保护好矿区水资源是解决水资源短缺的重要途径。国家已规划在晋、陕、内蒙古地区再建一批千万吨级特大型矿井，远景规划产量将达到 10 亿 t 以上。保护矿区水资源势在必行，该技术推广应用前景广阔。

15. 7m 大采高综采工作面回采工艺

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

煤质比较坚硬（ $f=3\sim4$ ）、厚 6~7m 的综采工作面。

三、技术内容

（一）基本原理

利用煤层比较坚硬、煤壁稳定性较好的特点选用大采高液压支架及配套设备增大回采高度，将 6~7m 厚煤层一次采出，有效提高回收率。

（二）关键技术

1. 7m 大采高液压支架的稳定性、安全性和可靠性；
2. 大采高强度滚筒采煤机的可靠性；
3. 大采高工作面的设备配套，优化组合，实现世界最大采高的超重型综采工作面；
4. 大采高综采工作面机头、机尾垂直过渡，减少三角煤丢失。

（三）工艺流程

1. 割煤方式

采用一次采全高综采工艺，机头和机头顶板采用垂直过渡进行割煤和支护；工作面运顺超前 20m 范围采用四柱支撑掩护式液压支架和单体液压支柱超前支护；回顺超前 20m 范围采用支架组进行超前支护。

工作面液压支架操作采用电液控制，顶板采用自然垮落法管理。

2. 装煤方式

采煤机割煤时利用滚筒上的螺旋叶片旋转将煤抛至刮板输送机内。

3. 运煤方式及技术要求

（1）刮板输送机将煤运至机头后侧卸入桥式转载机，经破碎机破碎后运至转载机机头卸入可伸缩带式输送机机尾。

（2）刮板输送机最大水平弯曲角 1° ，采用成组方式推移，滞后采煤机后

滚筒 14~15 架支架，弯曲段不得小于 32.8m，机头机尾成组推移长度不小于 8 架支架所占长度。

四、主要技术指标

7m 大采高液压支架（带伸缩梁）主要技术参数：

支架高度 3.2~7.0m，支架中心距 2.05m，工作阻力 16800KN，初撑力/工作阻力为 73.6%，支撑强度 1.39~1.43MPa，底座大脚前端对地比压 2.77~5.15MPa，运输尺寸为 9335×1950×3200mm，立柱缸径 500mm，立柱供液采用快速供液阀双阀芯供液、旁路回液方式。

五、典型实例及成效

神东煤炭集团上湾煤矿 12206 工作面宽 318m，采用大采高综采后多采出原煤 120 万 t，产生经济效益 42247 万元；12105 采用大采高综采开采年产达到 1200 万 t 原煤生产水平。

六、推广前景

使用 7m 支架后，每工作面盘活煤量 120 万 t，实现经济效益 4.2 亿元；.使用 7m 大采高设备后，上湾矿预期盘活煤量 3600 万 t，预期实现经济效益总额 119 亿元。采用厚煤层一次采全高技术开采，可大大提高资源回收率，延长矿井服务年限。该项目的研究已经为矿井及公司带来巨大的安全效益和经济效益，还将带来更大的安全效益和经济效益，同时对矿区可持续发展及国内同类矿井厚煤层开采具有重要的借鉴意义。

16. 300m 工作面综采技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

赋存稳定的近水平中厚、厚煤层。

三、技术内容

（一）基本原理

结合矿区煤层地质条件，将工作面加长至 300m，以减少工作面之间的煤柱留设数量、回采巷道掘进量、搬家倒面次数，提高盘区资源回收率。

（二）关键技术

1. 优化综采面设备配置，选用 $\Phi 42\text{mm}$ 刮板链， $3 \times 1000\text{KW}$ 的变频电机，保障工作面设备运行正常。
2. 选用大工作阻力的液压支架，保证加长工作面顶板安全。

（三）工艺流程

采用综采一次采全高工艺。

四、主要技术指标

采区回采率由 84.8 提高到 86.2%，提高了煤炭资源回收率。

五、典型实例及成效

神华集团四盘区工作面布置，按长度 240m 可布置工作面 13.5 个，按长度 300m 可布置工作面 11 个，相比减少工作面间 3 条保护煤柱，多回收煤炭 101.1 万 t。按照 300 元/t 利润计算，多创经济效益 3 亿元；少掘进巷道 17750m，巷道按照 3000/m 元计算，节约费用 5325 万元；综采工作面搬家倒面减少 3 次，按 1381 万元/次计算，本盘区共节省费用 4143 万元。

六、推广前景

我国目前回采工作面的长度一般在 200 多米，条件差的仅 100 多米，也有少数条件好的达到或超过 300m。根据地质条件提高部分回采工作面的长度是有可能的。随着回采工作面长度的增加，就可减少工作面之间留设的煤柱数量，提高采区资源的回收率。

17. 建筑物下综合机械化充填采煤技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

顶板比较稳定的薄及中厚煤层。

三、技术内容

（一）基本原理

建筑物下综合机械化充填采煤技术就是将矸石、粉煤灰等固体废弃物经投料系统、井下运输系统运至工作面，再通过充填开采输送机充填至生产采空区，达到解放建筑物下压煤并控制覆岩运动及地表沉陷。

（二）关键技术

综合机械化充填开采有三个关键技术：

1. 推压密实充填装备；
2. 采-充平行作业的充填采煤工艺；
3. 充填区域注浆补强工艺。

（三）工艺流程

将矸石与粉煤灰以合适比例（例如 1: 0.31）混合后，通过投料系统、井下运输系统运至工作面，再通过充填开采输送机充填到采空区，由推压密实充填液压支架进行夯实。利用煤壁、支架和充填体对直接顶的不间断接力支护限制直接顶变形，使直接顶转变为基本顶，改变矿山压力岩梁传递作用岩层，从而控制矿压显现，达到解放建筑物下压煤并控制覆岩运动及地表沉陷的目的。

四、主要技术指标

1. 主要设备参数：

- （1）矸石投料系统：投料深度 350~400m，投料能力 450t/h。
- （2）全封闭式充填液压支架：支护高度 2~4.5m，采充平行作业，配合采煤与运输设备年产能能力达 100 万 t。
- （3）矸石膏体充填系统：膏体浓度大于 80%，初凝时间 4h，系统充填能力 150m³/h。

2. 技术效果参数:

采区回采率 85%以上, 采空区充实率达 90%, 地面沉降变形控制在建筑物承受范围内。

五、典型实例及成效

冀中能源股份有限公司邢台矿、东庞矿、邢东矿等矿山企业, 解放村庄建筑压煤, 延长矿井服务年限。邢台矿主采 2 号煤层, 村庄及建筑物下压煤约 3200 万 t, 其中村庄下压煤约 1500 万 t, 邢台市区压煤 (I 勘探区) 约 1700 万 t。充填采煤试验成功后, 可实现不迁村开采。按照目前我矿原煤平均价格 710 元/t, 成本按 352 元/t 计算, 投资费用服务于现充填区, 其储量为 799.6 万 t, 按厚煤层 75%采出率计, 可采出煤炭量 599.7 万 t, 可获经济效益 425787 万元, 利润 214692.6 万元。

六、推广前景

建筑物下综合机械化充填采煤技术的成功应用, 能够盘活矿井呆滞煤量, 解决“三下”压煤问题, 是一套先进的矿井采煤技术, 具有可观的社会推广价值, 为全国煤矿生产提供了新方法, 其主要意义:

1. 解决矸石与粉煤灰的地面排放造成环境污染与破坏和占地的问题;
2. 大大减轻边角煤柱产生冲击地压的威胁、减轻地表沉陷带来的生态破坏等问题;
3. 为解决我国“三下”压煤问题提供一条新的技术途径。

充填开采不仅适用于建(构)筑物、村庄下、水体下压煤的开采, 对承压水体上煤炭的安全开采也是一条重要的技术途径。

18. 薄煤层综合机械化高效开采技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

0.8~1.3m 薄煤层长壁机械化开采，煤层倾角小于 45°，地质条件较稳定，煤层构造简单或中等。

三、技术内容

（一）基本原理

采用薄煤层矮机身滚筒式采煤机破煤和装煤、刮板输送机运煤和掩护式液压支架支护工作面顶板，实现生产过程全部机械化。

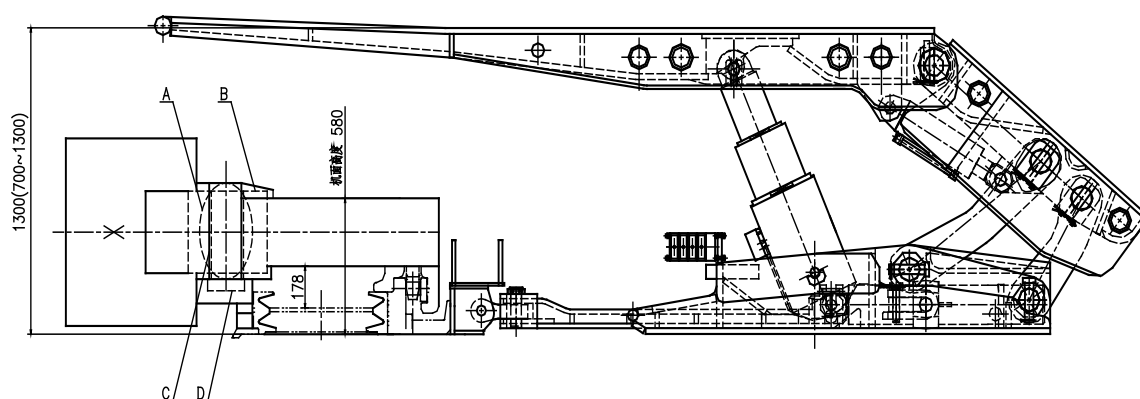
（二）关键技术

基于滚筒式采煤机的薄煤层综合机械化开采技术与成套装备。

（三）工艺流程

滚筒采煤机沿工作面煤壁采煤、并将采落的煤装入刮板输送机→液压支架降低高度并向煤壁侧推移并再次支撑顶板→刮板输送机向煤壁推移→开始二次采煤。

（四）关键设备



薄煤层滚筒采煤机综采成套技术设备

四、主要技术指标

年产可达 50~120 万 t，工作面工效可达 40~80t/工。

五、典型实例及成效

薄煤层高效综采技术与成套装备已在西南、华东、东北、西北等全国 18 个矿务局采用，已回采 0.8~1.3m 薄煤层资源 1 亿多吨，产生直接经济效益 300 多亿元。四川华蓥山广能（集团）有限公司李子垭煤矿应用基于滚筒式采煤机的薄煤层开采技术开采 1~1.3m 薄煤层，月产达到 6.58 万 t。山东新汶矿业集团公司应用薄煤层综合机械化开采技术。薄煤层综采工作面投产以来，最高班产达到 1307t，最高月产 5.6 万 t，平均 3.6 万 t/月，是高档普采的 2 倍以上。

六、推广前景

该技术解决了薄煤层开采的技术难题，实现了薄煤层综合机械化开采，对提高煤炭资源回收率具有重要意义。推广应用前景广阔，已推广至四川华蓥山煤业、大同煤业、兖州煤业、峰峰煤业、平顶山煤业、山东淄博煤业、阳泉煤业、贵州盘江煤业、沈阳煤业、四川攀枝花煤业、辽宁阜新煤业、晋城兰花煤业、枣庄煤业等矿区。

19. 刨煤机薄煤层开采技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

0.7~1.7m 厚的薄煤层。

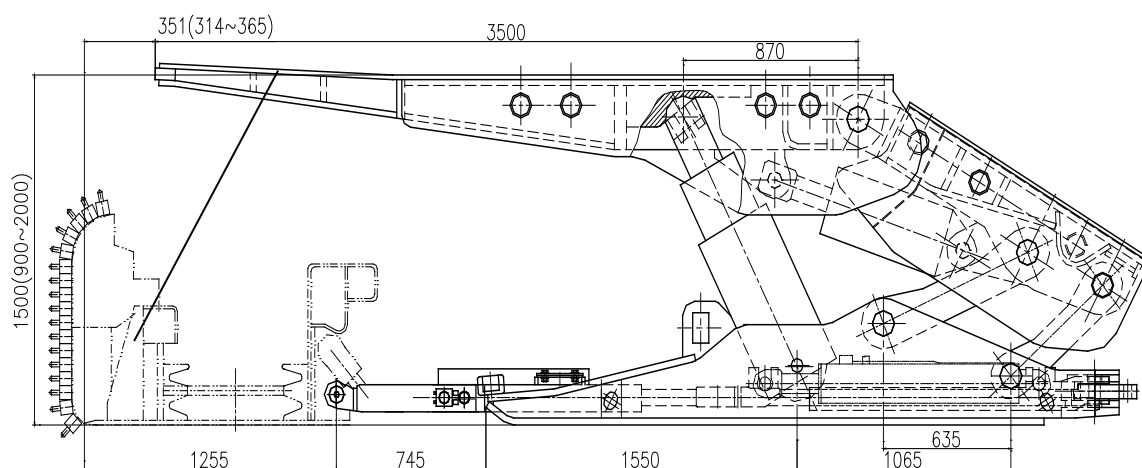
三、技术内容

（一）基本原理

采用刨煤机对 0.7~1.7m 薄煤层进行的综合机械化采煤，集“采、装、运”功能于一身，配备自动化控制系统实现无人工作面全自动化采煤。

（二）关键技术

基于刨煤机的薄煤层开采成套技术装备。



刨煤机综采机组配套图

（三）工艺流程

刨煤机沿工作面煤壁采煤、并将采落的煤装入刮板输送机→液压支架降低高度并向煤壁侧推移并再次支撑顶板→刮板输送机向煤壁推移→开始下一个采煤循环。

四、主要技术指标

要求工作面长度 80-200m，走向长度 400 以上，煤层倾角小于 45°，年产可达 50-120 万吨，工作面工效可达 40-80 吨/工。

五、典型实例及成效

小青煤矿是铁法煤业（集团）公司主要生产矿井之一，刨煤机综采工作面煤厚平均 1.3~1.4m，倾角 5~6°，工作面长 150~195m，走向长 750~900m，回采工作面原煤工效平均 136t/工。凤凰山矿 92034 工作面采用刨煤机综采煤层厚度 0.7~1.7m，平均 1.49m，煤体硬度 $f=3\sim4$ ，煤层倾角平均 6°，工作面长 214m，回采工作面原煤工效 54.82t/工。

六、推广前景

该技术解决薄煤层开采的技术难题，实现薄煤层综合机械化开采，对提高煤炭资源回收率具有重要意义。

20. 薄煤层顺槽控制综采自动化工作面技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

顶底板比较稳定的 0.7~1.3m 缓倾斜煤层。

三、技术内容

（一）基本原理

利用网络、自动控制、通信、计算机、设备工况检测、故障诊断、电液控制及视频技术，将采煤工作面设备信息的处理与采煤生产工艺过程控制有机结合。

（二）关键技术

采煤机记忆截割和自动调高技术；采煤机 CAN 总线通信技术；液压支架电液控制技术；全煤壁连续监视技术；综合监视、集中控制技术；风幕式主动防尘风罩技术；电缆自动收放技术。

（三）工艺流程

1. 控制采煤机割一刀为示范刀；
2. 根据示范刀，进行记忆自动割煤；
3. 同时实现液压支架的自动移设和刮板输送机的自动推移；
4. 在记忆割煤基础上，根据工况监测对采煤机进行有线远程干预和控制。

四、主要技术指标

煤层厚度 0.7-1.3m。

五、典型实例及成效

峰峰集团薛村矿用时 9 个月投资 3700 万元对 ZY3300/07/13D 型掩护式液压支架持续改造，引进薄煤层数字化工作面控制系统，采用 MG160/360-BWD 型电牵引采煤机及其它关键技术，实现顺槽控制的综采工作面自动化生产，盘活峰峰集团生产矿井薄煤层资源，产生经济效益 7074 万元。

大力公司矿业有限公司用时 6 个月投资 2900 万，通过对掩护式液压支架的持续改造，引进薄煤层数字化工作面控制系统应用薄煤综采自动化生产工艺，通

过对变频调速电牵引采煤机（MG160/360-BWD）型进行技术改造，增加记忆截割、自动调高等技术，实现顺槽控制的综采工作面自动化生产。盘活呆滞资源 5000 万 t 以上，产生经济效益 3360 万元。

六、推广前景

该技术提高了煤矿装备科技水平及煤炭资源的开采效率，降低工人劳动强度，为国内综采工作面自动化技术的应用和推广积累了成功经验，有广泛的应用和推广前景。

21. 急倾斜中厚煤层综采技术

一、技术类型

煤炭资源高效开采技术。

二、适用范围

45°~60°急倾斜中厚煤层开采。

三、技术内容

（一）基本原理

采用适应急倾斜开采工艺，解决设备防倒防滑、飞矸伤人、人员行走困难和端头可靠的安全出口问题，实现安全高效生产。

（二）关键技术

1. 设备防倒、防滑；
2. 防飞矸伤人；
3. 出口、行人安全控制；
4. 安全出口顶板管理。

（三）工艺流程

落煤→降架前挡矸装置→推溜→降架间挡矸装置→拉架

四、主要技术指标

工作面倾斜长 120m，煤层倾角 45°~60°，煤厚 1.8~2.5m，资源回收率提高了 30~50%。成套设备适应最小采高 1.3m，最大采高 3.5m，

五、典型实例及成效

黑龙江龙煤集团双鸭山东保煤矿为 45°~60° 急倾斜煤层，主要加强了采煤机、输送机和液压支架的稳定性，解决了工作面设备的防倒防滑、上、下端头液压支架的合理使用和可靠性；以及煤层顶板因片帮空顶后发生大面积冒落等问题。

通过采用急倾斜中厚煤层综采技术产生资源效益：3212 工作面地质储量为 84.1 万 t，采用急倾斜煤层综合机械化开采按最低回采率 95%计，可产原煤 79.9 万 t。利用柔性掩护支架采煤，资源回收率最大为 85%，可产原煤 71.5 万 t。二

者相比，急倾斜煤层综合机械化开采可多生产原煤 8.4 万 t。产生经济效益：按多生产原煤 8.4 万 t 计，可增加销售收入 5065.7 万元。

六、推广前景

综合机械化采煤是提高采煤工作面煤炭资源回收率的有效途径，也是实现安全高效开采的有效途径。我国急倾斜煤层分布较广，储量较丰富，采用急倾斜综采技术，可使煤炭资源回收率提高 30~50%，推广前景广阔。

22. 易选煤复合式干法选煤技术与工艺

一、技术类型

煤炭资源高效洗选技术。

二、适用范围

主要用于干旱缺水地区排矸脱硫。

三、技术内容

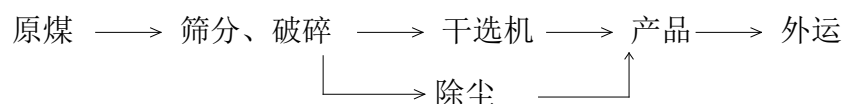
（一）基本原理

借助机械振动使分选物料在床面上做螺旋翻转运动，料层上部低密度矿粒逐次被剥离，形成精煤产品；利用入选原煤中所含细粒煤作为自生介质，与床面上升气流组成气-固两相混合悬浮体进行分选；利用高密度矸石颗粒相互挤压碰撞产生的浮力效应强化煤矸分离；利用析离和风力的综合作用进行分选；物料通过床面上设置的平行格条及沟槽分选。

（二）关键技术

风力干选，利用上吹风力对梯形振动筛面上的物料按密度进行分选。

（三）工艺流程



复合式干法选煤工艺流程

四、主要技术指标

1. 分选密度 $S_p=1.8\sim2.0\text{ g/cm}^3$;
2. 可能偏差 $E_p=0.13\sim0.2$;
3. 不完善度 $I=0.08\sim0.12$;
4. 数量效率 $\eta=90\%\sim96\%$ 。

五、典型实例及成效

复合式干法选煤技术已在全国 26 个省、市、自治区推广，应用 885 台（套）各型号的复合式干法选煤设备，并向美国、俄罗斯、乌克兰、南非、土耳其、巴

西、印尼、菲律宾、朝鲜、蒙古、越南等十几个国家出口设备。神华集团金锋公司韩家村选煤厂、开滦蔚州矿业单侯矿、朔州小峪煤矿等已采用该项技术，并取得显著成效。神华集团韩家村选厂建成年选煤 700 万吨的风选车间，重点处理 50-0mm 的混煤，解决了风选室内布置粉尘污染与供暖问题。

六、推广前景

我国陕北、内蒙、宁夏等地区煤炭资源丰富，水资源缺乏、自然环境干燥少雨、煤产量巨大，而且随着主要煤产地的西移，复合式干法选煤技术与工艺有广阔的应用前景。

23. 贫煤和贫瘦煤高炉喷吹燃烧技术

一、技术类型

煤炭资源高效洗选技术。

二、适用范围

凡低硫、低灰贫煤和贫瘦煤均可应用。

三、技术内容

（一）基本原理

根据贫煤和贫瘦煤显微结构、喷吹、燃烧和安全性能，确定不同高炉炉型喷吹贫煤和贫瘦煤的喷煤指标及操作工艺，利用贫煤和贫瘦煤高炉喷吹安全监控系统、高炉喷吹贫煤和贫瘦煤的专用燃烧促进剂，解决高炉喷吹贫煤和贫瘦煤安全问题，实现贫煤和贫瘦煤的高炉高效喷吹燃烧，节约稀缺的炼焦煤资源。

（二）关键技术

1. 贫煤、贫瘦煤煤粉高炉燃烧方式与参数；
2. 贫煤、贫瘦煤煤粉高炉喷吹燃烧工艺与流程控制技术；
3. 贫煤、贫瘦煤煤粉燃烧促进剂；
4. 贫煤、贫瘦煤煤粉燃烧安全防爆技术。

（三）工艺流程

原煤球磨机粉碎→粗粉和细粉分离器分离→煤粉收集→煤粉分配器配送
喷枪喷入高炉风口→高炉炉内燃烧供热。

四、主要技术指标

1. 煤粉粒度 80~200 目(0.074~0.175mm)，煤铁比 100~200kg 煤/t 铁。
2. 高炉喷吹贫煤和贫瘦煤在工艺优化条件下燃烧率达 62~79%。
3. 高炉回旋燃烧区温度达 2300~2400℃，CO 平均浓度约 30%。
4. 贫煤和贫瘦煤燃烧促进剂提高燃烧率 14%~21%，并可抑制爆燃危险发生。

五、典型实例及成效

“十一五”以来，高炉喷吹贫煤和贫瘦煤技术已在武钢、鄂钢、唐钢等全国 20 余家钢铁公司推广应用。全国冶金行业年消耗贫瘦煤种的喷吹煤约

3500~4000 万 t，降低成本 350~400 亿元。山西潞安煤业集团年销售高炉喷吹煤约 600~800 万 t，较销售贫瘦煤原煤增加经济效益 15~20 亿元。

六、推广前景

节约资源方面：每 1000 万 t 喷吹煤可替代优质炼焦原煤 1333 万 t，可节约煤炭 333 万 t。环境保护方面：应用 1000 万 t 喷吹煤可减少炼焦废气排放 13940t、煤粉尘排放 28800t、废水排放 1124 万 t，资源综合利用潜力巨大。

贫煤、贫瘦煤是介于烟煤与无烟煤之间的煤种，全国储藏量约 1468 亿 t，约占已探明煤炭资源的 15%。本技术经济和社会效益显著，推广应用前景广阔。

24. 煤矿区煤层气地面钻井抽采技术

一、技术类型

煤炭资源综合利用技术。

二、适用范围

适用于中硬、中渗透率、高含气量煤层的煤层气开发。

三、技术内容

（一）基本原理

采用地面钻井进入煤层排采煤层解吸和游离态的煤层气。

（二）关键技术

钻井工艺，水力压裂，煤层气排采工艺。

（三）工艺流程

钻井→固井→测井→完井→压裂→排采→集输。

四、主要技术特点

根据矿区煤层赋存条件和地形地貌，地面钻井可选用垂直井、丛式井、水平井、水平羽状井等开采煤层气。钻井参数、井间距、井深等基本参数依据矿区具体条件设计。如晋城矿区采用直径 8 英寸（215.9mm），下 7 英寸半（190.5mm）套管，井间距选用 300m×300m。

五、典型实例及成效

该技术已在晋城、韩城、阜新、阳泉、淮南、淮北等矿区应用。晋城无烟煤集团已形成直井为主的地面钻井规模化开采煤层气。2010 年地面井抽采煤层气 9.08 亿 m³。

六、推广前景

煤矿区地面煤层气开采技术解决了煤层透气性低、解吸难度大的难题，形成了从钻井、完井、压裂抽采和集气输送的成套工艺，实现了商业化运营，可以在各煤层气富集矿区推广应用。

25. 煤矿矿井乏风能量利用技术

一、技术类型

煤炭资源综合利用技术。

二、适用范围

适用各类矿井。

三、技术内容

（一）基本原理

矿井总回风温度、湿度基本保持恒定，其中蕴藏大量低温热能，通过热泵技术回收总回风中的低温热能，满足工业广场地面建筑采暖、井筒防冻及洗浴热水的需求。回风热交换器换热的同时可降低主扇噪音，并使总回风流得到净化，实现煤矿不燃煤，取消燃煤锅炉，减少大气污染。

（二）关键技术

矿井乏风热能提取技术，热交换技术。

（三）工艺流程

矿井回风热交换器实现将矿井回风中所蕴含的大量低温热能通过喷淋换热方式转移到循环水里面，循环水作为热泵系统的低温热源。制热工况时，热泵系统提取循环水中的热量，循环水温度有所降低（一般 5°C ）；制冷工况时，热泵系统向循环水中放热，循环水温度有所提高（一般 10°C ）。经过热泵系统后的循环水再重新送入矿井回风热交换器进行热交换，循环往复。热泵系统制热工况时，制出热水（一般 50°C 以上）作为供暖、井筒防冻、洗浴热水的热源。热泵系统制冷工况时，制出冷水（一般 7°C ）作为夏季空调的冷源。

四、主要技术指标

通风局部阻力、主扇噪音。

五、典型实例及成效

河北金牛能源股份有限公司章村煤矿、葛泉煤矿、邢东煤矿，冀中能源邯郸矿业集团云驾岭煤矿、张煤集团康保煤矿，兖州矿业集团兴隆庄煤矿、赵楼煤矿，淄博矿业集团许厂煤矿，山西焦煤汾西集团曙光煤矿、新峪煤矿，肥城矿业集团

杨营煤矿。

该技术成果首先在河北金牛股份公司东庞矿得到应用，按照《煤炭工业矿井设计规范》（国家标准 GB50215—2005），煤矿风井供暖空调、井筒防冻已不允许采用燃煤锅炉。东庞矿井总回风中蕴藏大量低温热能，北风井风量 $100\text{m}^3/\text{s}$ ；温度冬季 18°C ，相对湿度为 95%；夏季 21°C ，相对湿度为 95%，矿井回风中冬天可以提供的热量为 2298kW ，夏季可以吸收热量 1777kW 。采用矿井回风源热泵系统及配套技术能够有效提取这些热能，电力消费低于提取热量的 20%。

此技术的应用取得良好效果：

1. 实现工业广场建筑冬季供暖、夏季制冷，全年提供卫生热水功能，运行参数符合《煤炭工业矿井设计规范》（国家标准 GB50215—2005）规定。每采暖季可减少煤炭消耗 2958t，减少 CO_2 排放 7690t。

2. 矿井回风热交换器降低主扇噪音 33dB，同时使得扩散塔出口风流得到净化，仅增加的通风局部阻力 38Pa。

3. 经过井筒防冻散热器后进风混合温度 2°C 以上；井筒防冻散热器噪音不超过 50dB。

六、推广前景

按照 2007 全国煤炭年产量 25.5 亿 t 计算，预计全国矿井总回风量 $222233\text{m}^3/\text{s}$ ，可利用热量 10436334kW ，约折合 2485 万 t 标准煤/a。按回收 50% 热量计，相当于减少煤炭燃烧约 1242.5 万 t/a，减少 CO_2 排放 3230 万 t/a。此技术在煤矿中具有节能减排的突出效果，推广前景广泛。

26. 矸石电厂及瓦斯发电余热热电冷联供技术

一、技术类型

煤炭资源综合利用技术。

二、适用范围

高瓦斯、高地温矿井。

三、技术内容

（一）基本原理

利用矸石电厂和瓦斯电站发电余热为动力，采用溴化锂吸收式制冷机、离心式电制冷机制出的低温冷水，由保温管输送至井下冷媒分配站，再由井下冷媒分配站将冷水分配到井下各采区采掘头面，经末端设备（空冷器）将冷水中冷量转换为冷风，以达到降温效果。

（二）关键技术

溴化锂吸收式制冷技术；井下冷媒高低压交换、分配及控制技术。

（三）工艺流程

地面集中制冷系统：冷媒回水→蒸汽型溴化锂制冷机→离心式电制冷机→冷媒水循环泵→冷媒供水。井下供冷系统：地面冷媒水供水→三腔冷媒分配器→输冷供水管→采区分配站→空冷器→输冷回水管→二次循环水泵→三腔冷媒分配器→地面冷媒水回水。

四、主要技术指标

降温总制冷量 21MW，制冷机组用电负荷约为 2000kW，用蒸汽量为 19.2t/h，其中利用瓦斯发电余热蒸汽量约为 7.2t/h，矸石发电厂蒸汽量为 12t/h。

五、典型实例及成效

潘一矿井南风井热电冷集中降温项目选用溴化锂机组回收瓦斯发电机组余热，用于井下高温工作面制冷，设置余热锅炉，多余烟气进入余热锅炉制取蒸汽向潘一南风井工业广场供热。主要设备瓦斯发电机组、溴化锂制冷机组，螺杆压缩制冷机，离心制冷机，冷却及一、二级冷水循环泵，高低压热交换器，末端空冷器等。用时 2 年投资 21600 万元，产生资源效益：瓦斯发电 3912 万 KWh；年

利用瓦斯 1057 万 m^3 ；节约标煤量 0.756 万 t；年供冷量 44.2 万 KW。经济效益：瓦斯发电年所得税后利润 346 万元。

丁集矿井热电冷集中降温项目选用溴化锂机组回收瓦斯发电机组余热用于井下高温工作面制冷，设置余热锅炉，多余烟气进入余热锅炉制取蒸汽向工业广场供热。瓦斯发电机组、溴化锂制冷机组，离心制冷机，冷却循环及一、二级冷水循环泵，高低压热交换器，末端空冷器等。用时一年投资 29128 万元，产生资源效益：瓦斯发电 2589 万 KWh；年利用瓦斯 700 万立方；节约标煤量 0.5 万 t；年供冷量 126.44 万 KW。经济效益：瓦斯发电年所得税后利润 269 万元。

六、推广前景

煤矿生产井中存有大量的瓦斯气源，合理、高效地利用这部分资源，减轻环境压力，并实现节能、减排、经济的目标具有重要意义。许多学者研究认为发展热电冷联供技术具有实现此目标的潜力。

热电冷联供系统，是一种建立在能源梯级利用概念基础上，将供热、制冷及发电过程一体化的能源综合利用系统，受到许多发达国家的重视并被称为“第二代能源系统”。

由于热电冷联供系统从原理上实现了对能源的梯级利用，因而，科学合理的联产系统配置与利用方式，相对传统的燃煤分产系统而言，将有较大的节能潜力。同时，系统能源利用效率的提高及瓦斯气清洁能源的应用，对降低二氧化碳及其它空气污染物(SO_x 、 NO_x 和烟尘等)排放有着积极作用。

27. 急倾斜近距离煤层群瓦斯抽采技术

一、技术类型

煤炭资源综合利用技术。

二、适用范围

急倾斜近距离煤层群的高瓦斯、煤与瓦斯突出矿井。

三、技术内容

（一）基本原理

在煤层底板较坚硬的岩层内布置专用瓦斯抽采巷道，在抽采巷道内每30~60m 布置一个钻场。每钻场布置 3~5 个扇形钻孔。钻孔封孔后与井下抽采系统联结抽采煤层瓦斯。

（二）关键技术

选择合理的钻孔布置方式和钻孔参数，保证抽采钻孔封孔的严密性，防止抽入空气。

（三）工艺流程

钻孔施工→ 封孔→ 与抽采管路系统联结→ 抽采瓦斯

四、主要技术特点

根据矿井采掘布置及开采程序可以采用该技术进行预抽煤层瓦斯，也可以抽采保护层开采时的卸压瓦斯，也可以抽采围岩溶洞中的瓦斯。中梁山煤矿应用该抽采技术时，钻孔直径分为 $\phi 25\text{mm}$ 、 $\phi 90\text{mm}$ 、 $\phi 108\text{mm}$ ，钻孔深度 100~150m，钻孔倾角 $-25^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，钻孔终孔间距 10m，钻孔有效抽采半径 5m。

五、典型实例及成效

中梁山煤田系完整封闭背斜构造，无煤层露头，上覆围岩封闭性好，致使瓦斯在煤层中及采空区聚集，采用该技术在保证预抽煤层瓦斯的条件下，还进行了卸压抽采，采空区密闭、溶洞裂隙瓦斯抽采。近三年共抽采瓦斯 15355 万 m^3 ，取得显著的安全、经济和环境效益。

六、推广前景

中梁山煤田特殊的地质条件（煤田系完整封闭背斜构造，无煤层露头，上覆围岩封闭性较好，瓦斯不易逸散），致使瓦斯在煤体中及采空区大量积聚，南、北井属急倾斜近距离煤层群，煤层瓦斯含量丰富，采空区瓦斯富积量大，补给容易。通过对“急倾斜近距离煤层群瓦斯抽采技术”推广应用，在保证矿井基本的煤层瓦斯预抽技术实施条件下，进行卸压抽采，结合空区、密闭、溶洞裂隙、巷道抽采等综合抽采瓦斯，成本低，投入少，工艺简单，技术可行，效果明显，大大提高了矿井瓦斯抽采量，杜绝了矿井瓦斯事故,安全经济效益明显，对于类似赋存条件下的矿井具有推广价值。

第三篇 金属类

28. 山西式沉积型似层状铝土矿薄矿体分级分层综合开采技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

山西式沉积型铝土矿及伴生资源开采。

三、技术内容

（一）基本原理

山西沉积型铝土矿总体上呈层状、似层状、漏斗状分布，矿体平均厚度为5m，矿体依上到下分别为粘土矿、铝土矿（内部又分为普铝、高铝、普铝）、铁矿。矿山过去主要采用混采的方式，一次性回采铝土矿，清顶过程中，粘土矿作为废渣直接外排至排土场，底板铁矿作为氧化铝生产的配料，开采量很小，大部分直接遗弃在采场，由于矿山采用内排土方式，大量废渣堆无法进行开采。

该技术在分级分层开采理论指导下，依靠可视化三维开采环境数据平台技术，利用中、小型设备分5层，逐序分级分层高效开采粘土矿、铝土矿（低、高、低A/S品位）和铁矿，实现资源综合利用效益最大化。

（二）关键技术

1. 矿山三维开采环境数据平台建设与可视化模拟开采技术

针对沉积型铝土矿复杂成矿特征，研究构建沉积型铝土矿开采环境的三维数据平台的方法，为层状、似层状薄矿体开采的科学决策、设计和生产规划与管理提供支撑技术平台。针对矿山的地表地形和钻孔地质资料，研究建立沉积型露天矿山地表的DTM模型、地质钻孔数据库的方法；综合地质统计分析理论模型，遴选地质钻孔组合样本的最佳长度值，估算 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、A/S的品位分布规律，研究沉积型铝土矿床的三维块段模型的手段；探究层状、似层状矿体的层位分界方法，构建层面间界限模糊的沉积型铝土矿岩（矿）体层面模型。

2. 合理边际A/S品位动态分级控制和距离判别分层技术

基于沉积铝土矿的复杂成矿环境，探究支撑沉积铝土矿的分级分层开采理论模型，指导矿山规模化高效开采。应用微观经济学边际理论方法，构建沉积型铝土矿的动态边际品位分级控制理论模型，探寻不同约束条件下铝土矿石开采的分

级规律；基于马氏距离判别法，综合分析影响损失率、贫化率、围岩混入率的各要素特征，研究多指标的分层判别函数关系，实证分析所建模型的优良性，探索沉积型铝土矿的规模化、高效开采的支撑理论框架。

3. 露天条带式开采工艺流程优化技术

基于分级分层理论和三维数据平台技术，研究影响薄矿体分级分层开采的关键技术参数和工艺方法，指导沉积型铝土矿的规模化高效开采。研究沉积型铝土矿开采的合理工艺参数，明确夹石的剔除合理厚度、围岩清除标准，通过与普通混采工艺开采的技术经济对比，分析分级分层开采理论的适用性和工艺技术的可靠度，指导沉积型铝土矿山高强度开采。

4. 内排土条件下采场端帮边坡角优化技术

根据孝义铝矿生产的整体安全，建立了内排条件下铝土矿山三维临界边坡设计计算模型。在确保开采期间及闭坑后边坡安全的前提下，利用内排土，孝义铝矿的边坡角可以由原来设计的 45° 增加到 48.3° ，端帮最终边坡角提高 7.5% 以上；每米端帮边坡减少剥离量为 5138.4m^3 ，占端帮剥离量的 6.4%。

5. “剥离—排土—采矿—复垦”一体化生态开采技术

基于三维开采环境数据平台，研究矿山生态复垦理论和技术，探寻沉积型矿山“剥离—采矿—排土—复垦”一体化生态开采技术。减少复垦工程成本和能耗，缩短土地占用周期；遴选培肥的优良植株，迅速恢复矿山区域生态环境，从源头上解决沉积型铝土矿山高效开采耗地量大的难题，实现矿山生态环境的和谐发展。

（三）工艺流程

剥离主要为“铲运机—汽车”和“松土机—前装机—汽车”工艺；清顶主要采用“松土机—前装机—汽车”工艺结合“反铲—汽车”工艺进行；对于局部围岩坚硬地段辅助松土机、前装机、汽车作业。三角矿带的清顶主要以松土机、前装机、汽车为主，局部辅助反铲—汽车。

四、主要技术指标

1. 铝土矿的综合回采率由原设计的 90%，提高到 96%；
2. 伴生铁矿回收率由原来的 0%，提高到 86%；
3. 伴生粘土矿回采率由原来的 0%，提高到 86%。

五、典型实例及成效

孝义铝矿西河底矿区，建设规模 50 万吨/年，投资额 2300 万元，建立了沉积型铝土矿三维开采环境数据平台，实现可视化指导下的精细开采；优化改造生产工艺流程，增加分级分层开采控制工艺，实现资源利用效率最大化；利用部分采空区，改造为堆矿场及简易破碎场，减少征地面积；新建地磅及附属设施，建设周期 2 年，投资回收期 0.5 年。实施后投产后，粘土矿的回采率由 0 提高到 86.03%；伴生铁矿回收率平均为 86%；伴生粘土矿平均回采率为 86%，年增加经济效益 2000-3000 万元。

六、推广前景

该技术可以为孝义铝矿西河底伴生资源铁矿 1865.2 万 t，粘土矿 1502.1 万 t 的开采提供技术支撑。同时，山西式沉积型铝土矿储量约占全国资源储量的 21.76%，约 10 亿吨，该类铝土矿矿床普遍伴生有粘土、山西式铁矿，一般没有达到规模化开采技术标准，没有列入大型矿山的开采初步设计范围内。在当前市场条件下，开采此类伴生资源，经济效益显著。山西式沉积型铝土矿床为该技术的应用推广提供了广阔的空间。

29. 金属矿山高浓度及膏体细尾砂充填技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

矿山开采，尾矿综合利用、回填与干堆等。

三、技术内容

（一）基本原理

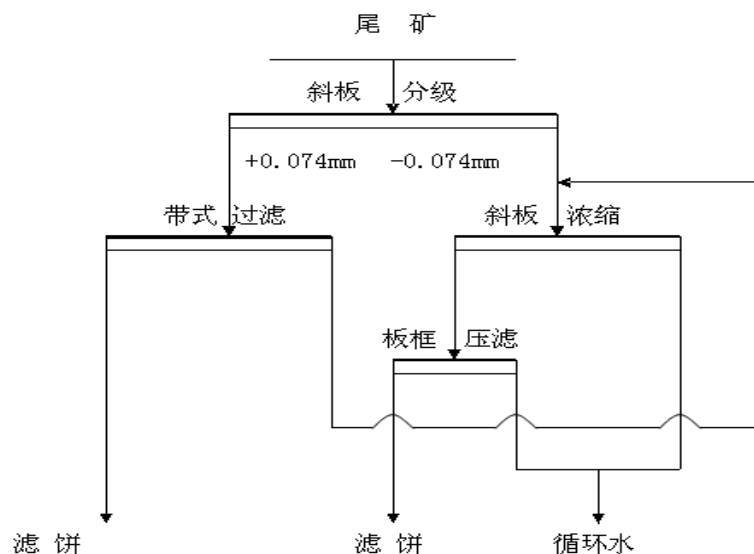
将不同粒度和性质的尾砂分离开来，分别采取不同的脱水方式, 选用不同的脱水设备，以提高整体的脱水效果和降低生产成本；深锥浓密机脱水工艺技术在传统的深锥浓密机基础上进行合理化改造，增加了底流浓度的稳定性和可靠性；充填料均匀搅拌设备及控制技术采用专用的高效和节能搅拌设备进行搅拌，通过软件模拟批量生产工艺过程进行控制，达到各种充填物料的高度均匀和连续制备的目的，减少了充填灰砂比。

（二）关键技术

低成本细尾砂脱水及控压助流技术；尾砂分级脱水技术；深锥浓密机脱水工艺技术；充填料均匀搅拌设备及控制技术；充填料满管输送技术；充填采场工艺技术。

（三）工艺流程

根据控压助流的技术原理，通过采用中国恩菲的专利脱水装置或采用分级脱水技术、深锥浓密机脱水工艺技术，将细粒级尾砂（ $-20\mu\text{m}$ 全尾砂可占 40%以上）直接低成本地制备成高浓度（74%以上）料浆或膏体从脱水装置底部排出，可以再适当添加水泥、粉煤灰、炉渣等搅拌混合均匀后，通过管道自流或泵送设备输送至井下采矿区或地表尾矿堆场，以达到提高采矿回收率和资源综合利用的目的。



尾砂分级脱水示意图

四、主要技术指标

对于极细粒级的全尾砂（ $-20\mu\text{m}$ 全尾砂约占 40%以上）直接制备成高浓度（74%以上）砂浆,解决了传统立式砂仓充填工艺存在的上述缺点。底流尾砂浓度为 74%–80%；流量可达到 $50\text{--}200\text{m}^3/\text{h}$ 。采用此工艺技术用于充填可使采矿回收率达到 90%–97%左右。

五、典型实例及成效

崇礼紫金矿业有限责任公司，采矿能力 $2500\text{t}/\text{d}$, 充填站及输送系统总投资约 2943.08 万元，建设周期 1 年，投资回收期 1 年，使以前不能回采的残矿得以回收，矿山服务年限得以有效延长，采矿回收率提高约 15%以上；减少地表尾矿排放量约 60%，年增加经济效益超过 2000 万元。

冬瓜山铜矿充填系统，建设规模 $10000\text{t}/\text{d}$, 占地面积 1600m^2 , 总投资 11600 万元，运行费用约 3800 万元/年，综合利用效益 4363 万元/年，投资回收年限为 4 年，开采回采率提高 8%以上。

六、推广前景和节约与综合利用潜力

我国是一个矿产资源大国，矿业尾矿废料的积存量和年排放量都十分巨大。尤其是在提倡可持续性发展的当今社会，资源的合理有效利用显得尤为重要。目前，选矿以后产生的废料多储存于地表尾矿库中，这些尾矿不仅要侵占大量的土地资源，还要污染着矿区与周边地区的环境；而且，每年还需要投入大量的废料

处理资金，尾矿的处理已成为矿山企业沉重的包袱。

随着近些年来矿业资源需求的增加，采用充填法采矿的矿山也越来越普遍。充填技术是充填采矿方法的核心所在。胶接充填技术的发展给采矿业的许多技术难题找到了解决问题的途径。胶接充填技术可以使大矿体矿柱回采率大幅提高，从而提高矿石回收利用率。对于深井大规模开采矿山，为有效地控制深井开采引起的地压灾害，缓解岩爆威胁，实现矿山大规模、安全、高效的开采，就必须对井下采空区及时进行回填。利用胶结充填技术既可提高矿山的资源利用率、保护远景资源、防止地表塌陷，又可减少固体废料向地表排放，是充分利用尾矿资源，发展节地、节能、节材、环保、废物利用的直接有效的途径，也是现代采矿工业中一项支撑矿业可持续发展的战略高新技术。

在应用胶结充填的相当长的一段时期内，多数矿山的实际生产中使用的充填浓度一般低于 70%，在胶结充填中料浆充入采场脱水过程中，料浆离析带走胶结水泥和细粒级尾砂，污染采场作业环境，给井下排水排泥造成麻烦，水泥的流失也会影响充填体的强度。采用分级尾砂作为充填料，就要将细粒级尾砂输送至尾矿库，给堆坝增加了难度，提高了尾矿库的建设成本。传统设计的分级尾砂高浓度制备技术的尾砂脱水浓度达不到大规模充填的要求，井下排水工作量大；而现有国内外的全尾砂脱水工艺比较复杂，充填设备成本以及生产维护成本较高，这都使得许多矿山都望而止步。当前，找到工艺流程简单可靠，易于操纵控制，投资成本节省的适合的全尾砂或细尾砂浓缩脱水新工艺、新装置是世界范围内迫切需要解决的问题，也是一直困扰国内外广大矿山工程技术人员的难题。

本技术作为一种新型高效的充填方法或干堆技术，能最大限度的利用尾矿资源，以减少对环境的污染。目前，我国经济增长保持稳定，矿产资源需求旺盛，矿山充填/尾矿排放具有很好的市场前景和极大的推广价值，应用本充填新工艺和新装置经济效益和社会效益十分显著，行业需求十分迫切。

30. 采场交替上升无房柱连续开采及宽进路充填采矿技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法适用于矿体水平厚度大于 25m 的矿体，宽进路充填采矿法适用于矿体水平厚度小于 25m 的矿体。

三、技术内容

（一）基本原理

采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法采用分段隔一采一的回采方案，分两步进行回采。先一步采后二步采，一步采超前二步采一个分段。同一个采场在不同分段进行回采时，有一步采和二步采之分，一步采和二步采是交替的，一步采与二步采在垂直空间上是交互进行的，每个分段的一步采在高度方向上是交互进行的。

（二）关键技术

采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法分段高度 10m，矿房矿柱宽度均为 10m，采场内不留底柱、间柱、点柱、上盘护顶矿柱，只留 3m 顶柱。宽进路采矿法回采进路宽度为 3m-5m，采用从两翼向中央依次回采作业方式。

（三）工艺流程

采场交替上升无房柱连续采矿新工艺技术的本质是：将矿体沿走向划分为间隔布置的采场，多个房柱采场构成一个盘区；采用脉外无轨采准系统，由斜坡道、脉外分段平巷和脉外集中出矿溜井构成；用机械化上巷分层充填采矿法开采；采一层，充填一层。盘区回采顺序是先采一步矿房，后采二步矿柱；所有一步矿房同时向上回采，一步矿房采完 1 个回采单元后，充填接顶，一步矿房临时性停采并改采二步矿柱；二步矿柱回采 1 个单元后转换为一步矿房单元，再向上回采 2 个单元后充填接顶，转为继续回采一步前期一步矿房，此时原一步矿房转换为二步矿柱；采场开采过程中没有固定的矿房或矿柱，矿房与矿柱在开采过程中不停转换；反复如此，直至矿块回采完毕。该采矿工艺具有提高回采安全性、实现连续开采，降低资源贫化率，减少支付成本，增加企业效益等显著特点。

四、主要技术指标

原点柱采矿法损失率平均 24%，贫化率 8%；采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法综合生产能力为 450t/d，损失率为 4.97%，贫化率为 6%。宽进路采场平均生产能力为 60t/d，损失率为 6%，贫化率为 7%。

五、典型实例及成效

山东黄金矿业（莱州）有限公司三山岛金矿 2009-2011 年，投资 9000 万元进行技术改造，建设周期 2 年，多回收资源 60 万吨，年创造直接经济效益 1.5 亿元，投资回收期 7 个月。采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法生产采场个数占采场总数的 20%左右，宽进路采场占 80%左右，两种采矿方法采矿工艺应用非常成熟，存在问题是采场交替上升无房柱连续开采第二步采受两侧充填体强度影响较大，一般回采相对较危险，需要进行长锚索支护。宽进路采场充填接顶较困难，对下一步回采造成较大影响。

六、推广前景

采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法及宽进路充填采矿法在同类矿山具有广泛的应用前景，特别是采场交替上升无房柱连续开采充填采矿法，具有生产能力大，损失率贫化率较低，适用大型无轨机械化作业的优点。

31. 金矿充填开采技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

适用于地下开采的矿山。

三、技术内容

（一）基本原理

将掘进废石回填至采空区，减少主竖井提升废石量，实现矿山最大可能的扩产增效；减少地表废石排放压力，有利于环境保护，使矿山开采的经济效益、社会效益与生态环境效益达到协同增长。

（二）关键技术

1. 建立矿山生产动态管理系统，严密制定采掘生产作业计划。及时调整采充平衡，严格控制采掘节奏，确保采掘工程进度与提升运输及充填能力严格匹配。
2. 建立矿山生产智能调度与指挥系统，通过数字矿山平台实时管控生产流程，保证井下运输系统与采掘生产实现无缝对接，保证设备有效运转率趋于最大化。
3. 结合数字矿山管控平台，利用系统工程，运筹确立井下无轨运输设备最佳运行路线，提高设备有效运转率。
4. 优化采场回采参数，调整运输辅助工程工程参数，确保车辆高效存储废石。

（三）工艺流程

掘进废石→铲车将毛石装入坑内卡车→运至待充采场→充填

四、主要技术指标

1. 扩产增效费用 1.58 亿元/年。
2. 节省提升费用 105 万元/年。
3. 减少坑内废石运输费用 287 万元/年。
4. 减少充填费用 515 万元/年。

五、典型实例及成效

山东黄金矿业股份有限公司新城金矿采用主竖井、主斜井两套提升系统，年采掘总量可达 180 万吨，选厂日处理矿石量 4500t/天，掘进毛石量 30 万吨/年。在井下实行无废开采，减少废石的提升、运输，增加矿石的提升量，对矿山的发展意义重大。技改投资 200 万元，建设期 1 年，投资回收期 1 年。

六、推广前景

随着矿山开采深度的增加，掘进废石运输、提升成本不断攀升，推广无废开采技术，不仅增加了矿石提升能力，为矿山的扩产增效创造条件，而且减少了地表废石排放压力，有利于环境保护，促进矿山节能减排工作的发展，使矿山开采的经济效益、社会效益与生态环境效益达到协同增长。

2012 年新城金矿预计掘进产生废石约 30 万吨，约 95%的废石可运至采空区，因毛石回填而增加的矿石提升量为 28.5 万吨，经计算，扩产增效费用为： $285000t \times (2.7g/t \times 0.933 \times 330 \text{ 元/g} - 333 \text{ 元/t}) = 1.42 \text{ 亿元/年}$ ；节省废石提升、运输费用： $285000t \times 13.6 \text{ 元/t} = 388 \text{ 万元/年}$ ；减少充填费用： $285000t \div 2.64t/m^3 \times 1.2 \times 35.2 \text{ 元/m}^3 = 456 \text{ 万元/年}$ 。

32. 低品位金矿高效利用技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

适用于金矿开采的各类采场。

三、技术内容

（一）基本原理

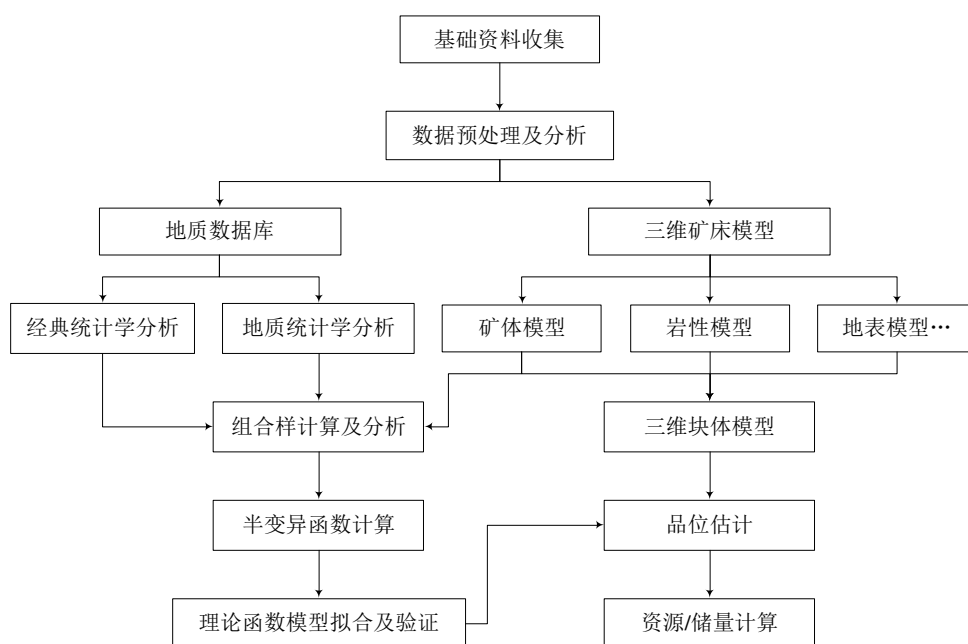
三山岛金矿是典型的焦家式金矿床，蚀变带（矿化带）连续、矿体厚度大，是其典型的特点，矿体上下盘及两翼赋存有大量的低品位资源，随着近年黄金价格的不断增加，利用原有的开拓采准工程回收低品位资源，效益巨大。

（二）关键技术

将原边界品位 2.0g/t 降至 0.8g/t，局部 0.5g/t。利用现有工程及坑内钻查明矿山低品位矿产资源状况，低品位矿产资源共有三种情况进行开发利用，第一类为与主矿体同时开采，无需增加太多切割工程便可回采的低品位资源，即顺采的低品位资源；第二类为需新增采场独立回采的低品位资源，即需投入采准切割工程及后续成本才能回采的低品位资源；第三类为采空区下盘的低品位资源，利用矿山已有的开拓系统、采准工程、辅助系统、现有设备，施工部分采准工程，回采矿体上下盘中的低品位矿产资源。

四、主要技术指标

勘查网度：钻探工程间距为 20×20 (走向 $\times$ 倾向)；圈矿指标：边界品位 $\geq 0.8 \times 10^{-6}$ ；夹石剔除厚度 $\geq 2.00\text{m}$ ，局部地段边界品位 $\geq 0.5 \times 10^{-6}$ ，新增低品位资源矿石量 589 万 t，金属量 9909kg。低品位矿产资源合计综合利用 225 万 t，金属量 3010kg。



低品位金矿利用流程

五、典型实例及成效

山东黄金矿业（莱州）有限公司三山岛金矿投资 200 万元，开展施工采联、切割巷、回风天井、泄水井、泄水巷技术改造，建设期 6 个月，投资回收期 6 个月。新增低品位资源矿石量 589 万 t.，金属量 9909kg。自 2007 年至 2011 年低品位矿产资源合计综合利用 225 万 t，金属量 3010kg，实现经济效益 6.36 亿元。

六、推广前景

随着金需求量的不断上升和价格的上涨，低品位金矿具有了经济上的开发利用价值，该技术对我国同类矿山低品位金矿的圈定及开发利用具有良好的示范效应，具有广泛的应用前景

33. 黄金矿山低品位资源动态评估技术

一、技术类型

金属矿山高效采矿技术。

二、适用范围

构造破碎带蚀变岩型金矿床；规模较大的生产矿山。

三、技术内容

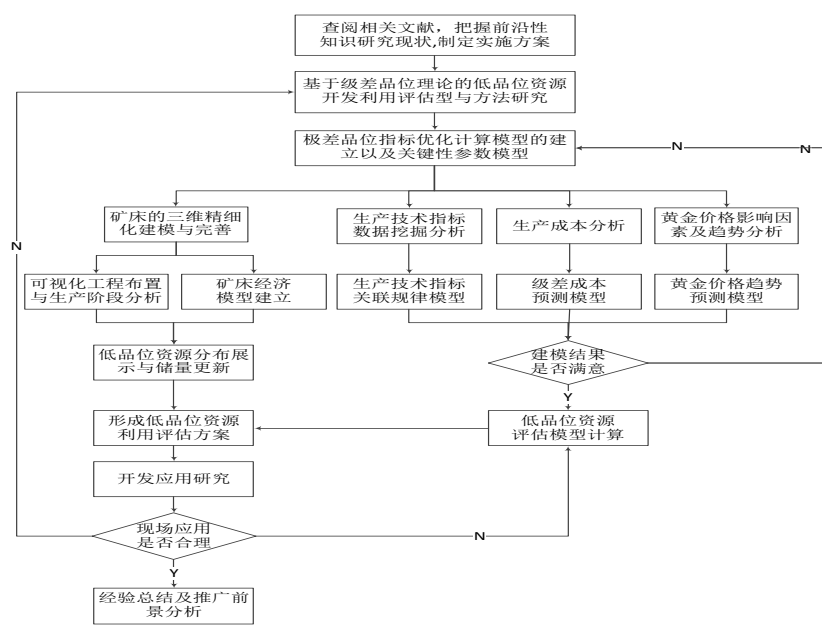
（一）基本原理

随着金属价格的上扬、开采系统的形成以及矿山技术水平提高所带来的成本下降，使得不具备开采价值的低品位矿石，有了不同程度的利用价值。本技术基于盈亏平衡原理，根据金属价格、企业生产条件调整品位指标，在三维矿床模型上展示其数量、质量、分布状况以及工程控制程度，因地制宜设计回采方案，实现低品位资源的动态评估与利用。

（二）关键技术

- 1 以级差边际品位优化为核心的黄金矿山低品位资源动态评估技术；
- 2 基于矿业软件的低品位矿体圈定及控制工程三维精细化建模技术；
- 3 可视化的低品位矿体回采设计，以及低品位矿体合理开采顺序研究；
- 4 低品位矿体高效回采技术。

（三）工艺流程



黄金矿山低品位资源动态评估技术路线图

四、主要技术指标

采场生产能力 $\geq 60\text{t/d}$ ；矿石损失率 $\leq 10\%$ ；矿石贫化率 $\leq 10\%$ 。

五、典型实例及成效

山东黄金矿业股份有限公司新城金矿大范围隐患区下低品位矿体开采初期在-245m 分段展开。-245m 分段利用 169 线切割巷道作为运输通道，-235m 及以上区段由 168 线切割巷施工辅助斜坡道及分层联络巷，逐层通达矿体。回采时采场沿矿体走向布置，向两翼前进式回采。2010 年 10 月~2010 年 12 月，共回采矿石 6000 吨，产出金金属量 8.4kg。2011 年在-175m、-205m、-245m、-280m 中（分）段全面展开，预计盘活低品位矿石 136 万吨，金金数量 1900 多千克。2011 年以上区段产出矿石 11.5 万吨，平均品位 1.42g/t，金金属量 152.36kg，产生经济效益 5027.9 万元。

六、推广前景

随着金需求量和价格的不断上升，低品位资源具备了开采利用价值，低品位资源动态评估技术为合理开发利用低品位金资源提供了技术支撑，具有广泛推广价值。

34. 金属、非金属矿石超细碎技术

一、技术类型

金属矿山高效选矿技术。

二、适用范围

适用于金属、非金属矿山矿石破碎。

三、技术内容

（一）基本原理

采用大型矿石超细碎设备代替破磨系统中能耗较高的部分破碎及球磨设备，实现“多碎少磨”选矿理论，在一定高度料柱的自重压力下，物料强制给入辊间，矿石被相向旋转的具有一定结构的压辊表面高强度耐磨材料及其间填充物料的粗糙表面钳住，并在辊子的转动下卷入不断压缩的空间，使物料间的空隙在高压下得到充分的压缩，从而实现对全粒级的破碎或在颗粒内部形成微裂纹。

（二）关键技术

辊压磨技术、稳定给矿技术、辊磨机冷却技术。

（三）工艺流程

原矿→粗破→中破→细破→筛分→超细碎→筛分→湿式抛尾→球磨→选矿。

四、主要技术指标

给矿粒度 $\leq 50\text{mm}$ ，产品粒度 $-4\text{mm} \geq 95\%$ ，节能 50%以上。

五、技术现状与典型实例

安宁铁钛公司投资 3176 万建设 240 万吨/年的超细碎湿抛系统，可盘活低品位钒钛磁铁矿 1.46 亿吨，年综合利用低品位钒钛磁铁矿 240 万吨，总电耗降低 40%以上，年节约用电量 1410 万度，年节约电费 733 万元。总钢耗降低 40%以上，年节约钢球 720 吨，年节约钢球费用 345 万元。加上节约的土地费用、管理费用等，每年节约 1200 万元，投资建设起 6 个月，投资回收期 3 年。

六、推广前景

该项目减少了入选矿石的贫化，同时可以大量抛尾，改善选矿的作业条件，使其入选矿石更加稳定，降低选矿比，在同等条件下，降低了生产成本，也减少

了尾矿的排放量。攀西钒钛磁铁矿品位普遍较低，且多为岩矿，矿石硬度大，为了满足后期选矿的需要，国内多采用三段破碎和两段磨矿工艺使矿石达到选矿所需粒度，但无法在破碎段达到抛废粒度要求，该技术在此领域具有广阔的推广应用价值。

35. 金属、非金属矿山粗颗粒原矿浆无外力管道输送技术

一、技术类型

金属矿山高效选矿技术。

二、适用范围

适用于金属、非金属矿山原矿浆输送。

三、技术内容

（一）基本原理

利用自然高差，优化设计合理的管道坡度，控制管道中矿浆流速、矿浆浓度、粒度等相关工艺参数，使粗颗粒矿粒不致在管道中沉积而自流到山下选厂选别，从而大量节约矿石的运输能耗成本，减少扬尘。

（二）关键技术

管道坡度、矿浆流速、矿浆流量、矿浆粒度、管道压力、管道防爆、管道消能、管道材质等核心技术。

（三）工艺流程

原矿→破碎→超细破→筛分→磨矿分级→浓缩→管道输送→接矿分配→二段选矿（精选）。

四、主要技术指标

制备-200 目粒度 $\geq 25\%$ 的矿浆，矿浆浓度为 40~60%，矿浆经坡度小于 8 度且不为 0 的输送管道顺势输送到目的地，按 600 万吨/年原矿计，节约运矿能耗 9800 余吨标煤。

五、典型实例及成效

固体物料长距离管道水力输送是上世纪 50 年代发展起来的一种新的运输方式。在国外金属矿山和煤矿得到了广泛的应用。我国自上世纪 80 年代初开始关注这一新的运输方式并规划了几条精矿和煤的长距离水力输送管线。但本技术最大区别在于无外力矿浆输送和粗颗粒原矿浆输送。安宁铁钛公司投资 8077 万元建设粗颗粒原矿浆无外力管道输送系统，年输送原矿 600 万吨，可盘活低品位钒钛磁铁矿 1.46 亿吨，年税后利润 11082.15 万元，建设期 22 个月。

六、推广前景

本技术矿浆输送方法提高了矿石运输能力、极大改善了矿山公路沿线环境、雨季不再停产、有效降低了运矿成本、促进了矿山资源的可持续综合利用、为矿石的运输提供了一种新的选择，具有广阔的应用前景。

36. 铁矿山排岩系统中高效回收磁铁矿技术

一、技术类型

金属矿山高效选矿技术。

二、适用范围

从大中型铁矿山排岩中回收利用磁铁矿石资源,适用于大中型磁铁矿山的挖潜改造、矿石资源的回收利用领域。

三、技术内容

(一) 基本原理

采用干式磁选工艺在线回收大型矿山排岩系统排弃的磁选矿石资源,对回收的矿石采用“阶段磨矿、粗粒抛尾、单一磁选—细筛再磨”工艺选别得到高品质铁精矿,解决了流失到排岩中的贫磁铁矿石回收及再利用的重大生产难题。

(二) 关键技术

1. 首次将 CT1424 永磁大块矿石干式磁选机应用于矿山排岩生产系统。
2. 采用资源在线回收、岩石干选、贫铁矿石提铁降硅等关键技术,实现从排岩中在线回收矿石资源。
3. 回收的贫磁铁矿石采用阶段磨矿、粗粒抛尾、磁选—细筛再磨流程进行细磨深选,得到高品位铁精矿产品,实现了资源的高效回收和利用。

(三) 工艺流程

1. 大孤山铁矿排岩系统矿石资源回收工艺流程。对原皮带排岩生产系统进行工程改造,外移一部胶带机,增设两部胶带机、一台磁选机及附属设施;对原有的破碎站进行自动化改造,实现自动化无人操作。
2. 大孤山选矿分厂工艺流程。采用“三段一闭路破碎、阶段磨矿、粗粒抛尾、单一磁选—细筛再磨流程”的工艺流程。

四、主要技术指标

自 2006 年 9 月至 2008 年 12 月在工业上应用,累计回收矿石 1668160 吨,产出品位 67.26%以上的铁精矿 476315 吨,年均从 8355 万吨低品位围岩中在线回收品位 25%左右的铁矿石 714925 吨,并经选别得到含铁 67.26%以上的优质铁

精矿 204135 吨，有效提高了资源利用率。

五、典型实例及成效

大孤山选矿总投资 8550 万元，其中选矿分厂改造工程投资 8000 万元，排岩系统矿石资源回收技术改造工程投资 550 万元，在线岩石处理量 1300 万吨/年，2000 吨/小时，选矿工艺原矿处理量 130 万吨/年。建设期 10 个月，自 2006 年 9 月至 2008 年 12 月大孤山皮带排岩系统矿石资源回收工程累计运行 28 个月，排岩 2303.588 吨，从中回收矿石 166.816 万吨，单位污染物削减量或单位回收（再生）产品量 0.0724 吨位/吨位，盘活资源储量 166.816 万吨，创造经济效益 2.17 亿元。

齐大山选厂投资 1200 万元，对原皮带排岩生产系统进行工程改造，外移一部胶带机，增设两部胶带机、一台磁选机及附属设施；对原有的破碎站进行自动化改造，设计在线岩石处理量 6000 吨/小时，预计年回收矿石年回收品位 24%左右的矿石约 100 万吨。建设期 6 个月，投资回收期 6 个月，

六、推广前景

根据矿体赋存条件，采用浅孔留矿事后充填采矿法，即采场放矿结束后，在保障安全的前提下，回收矿柱后，进行混凝土灌注或支护，从上一中段进行废渣充填。这样既回收了一部分矿柱，提高了回采率，根据矿区内矿体较薄，矿体与围岩界限清晰，顶底板较稳固，矿体倾角 65° — 72° 的地质条件，依据采矿实验结果，米克吨值 ≥ 3 ，厚度小于 0.60m 的矿体，采用削壁充填采矿方法，对薄矿体进行回收利用。

37. 鞍山式含碳酸盐赤铁矿石高效浮选技术

一、技术类型

金属矿山高效选矿技术。

二、适用范围

此技术主要处理含有菱铁矿等碳酸盐矿物的赤铁矿或磁铁矿矿石。

三、技术内容

(一) 基本原理

1. 含碳酸盐赤铁矿石中主要铁矿物为假象赤铁矿，其次为菱铁矿、还有少量赤铁矿、半假象赤铁矿及极少量的磁铁矿，脉石矿物主要为石英，矿石中矿物嵌布粒度较细且不均匀。XRD 结果显示的矿物组分为赤铁矿和石英。

2. 含碳酸盐赤铁矿石浮选分离基础

对赤铁矿和石英纯矿物及常规反浮选流程中的精矿和尾矿分别进行 SEM 和 EDS 分析。首次发现细粒菱铁矿在赤铁矿和石英表面形成吸附罩盖，是导致含碳酸盐赤铁矿石浮选分离困难的根本原因。由于菱铁矿的罩盖，使石英和赤铁矿的表面性质与菱铁矿相近，使这两种矿物呈现与菱铁矿相似的浮游性。而菱铁矿是一种难以浮游也较难抑制的中等可浮性矿物。这是含碳酸盐赤铁矿石难选的原因。

针对含碳酸盐铁矿石的矿物组成，制备了赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、石英、铁白云石纯矿物，系统研究了矿物的自然可浮性、金属离子、无机和有机抑制剂、组合抑制剂对各种矿物可浮性的影响。结果表明除了石英外，矿石中磁铁矿、菱铁矿、赤铁矿和铁白云石在油酸钠体系中一定的 pH 值范围内均具有较好的可浮性；在 pH 小于 4 时，磁铁矿和赤铁矿的可浮性较好，而石英、菱铁矿和铁白云石的可浮性较差，故在强酸性条件下可实现磁铁矿、赤铁矿与石英、菱铁矿和铁白云石的浮选分离。淀粉和 CaO 组合，当 CaO 用量在 60mg/L 时，可实现石英与磁铁矿、赤铁矿和部分菱铁矿和铁白云石的浮选分离，但不能完全分离石英与菱铁矿和铁白云石； $(\text{NaPO}_3)_6$ 和 CaCl_2 组合、 $(\text{NaPO}_3)_6$ 和 CaO 组合均不能实现矿物的选择性分离；在强碱性条件下采用淀粉、 $(\text{NaPO}_3)_6$ 和 CaCl_2 组合可以实现石英

与赤铁矿和磁铁矿的浮选分离，但仍难以完全与菱铁矿和铁白云石浮选分离；腐殖酸钠与 CaCl_2 组合在 pH 为 4-6 的介质范围内，可实现铁白云石与赤铁矿和石英的浮选分离，但菱铁矿和磁铁矿仍无法彻底分离；腐殖酸钠与 CaO 组合难以实现上述五种矿物的浮选分离。

基于上述基础研究，针对含碳酸盐赤铁矿石创新性地提出了“分步浮选”工艺，即第一步在中性条件下正浮选菱铁矿，第二步在强碱性条件下反浮选赤铁矿。

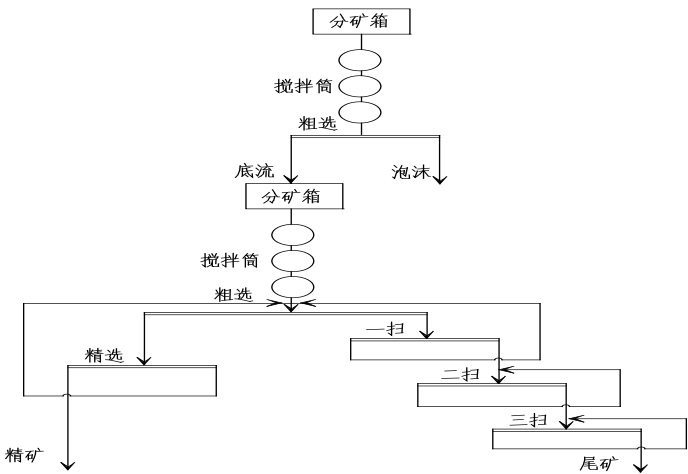
（二）关键技术

- 1. 首次发现细粒菱铁矿在赤铁矿和石英表面形成“吸附罩盖”是导致含碳酸盐赤铁矿石浮选分离困难的根本原因。
- 2. 首次提出“分步浮选”技术，即第一步在中性条件下采用正浮选分选菱铁矿，第二步在强碱性条件下采用反浮选工艺分选赤铁矿与石英，生产出合格铁精矿。
- 3. 首次研制出用于菱铁矿中性优先浮选组合药剂。

（三）工艺流程

针对含碳酸盐赤铁矿石创新性地提出了“分步浮选”工艺，即第一步在中性条件下正浮选菱铁矿，第二步在强碱性条件下反浮选赤铁矿。

工艺流程图：



鞍山式含碳酸盐赤铁矿石分步浮选工艺流程图

四、主要技术指标

按处理原矿量 5500~6000t/d 计，混磁精产率 33%，即 76-83t/d，工业试验系统处理量按 65t/h 计，正浮选精矿产率 15%计，反浮选矿量 55t/h 计，分步浮