

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
油气类						
一、高效开采技术						
1	特低渗透油藏生物活性复合调驱提高采收率技术	在常规注水开发中。	在筛选驯化出本源微生物菌种基础上，研制了微生物菌液中试发酵装置，研发了具有超微尺度、超低界面张力、中性润湿反转、降解、环保、廉价等特点的生物活性复合驱油剂及抗温、抗盐、抗剪切性、成胶时间可控的耐盐长效生物弱凝胶调堵剂体系，形成了特（超）低渗油藏生物活性复合调驱提高采收率技术。	特（超）低渗透裂缝性油藏生物活性复合调驱技术，适用于渗透率小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、裂缝发育、地层水总矿化度100000mg/L以下、钙镁离子5000mg/L以下、地层温度20-70℃的储层调驱，室内驱油效率较水驱可提高20.3%。	延长油田股份有限公司	按本项技术达到的技术经济指标，预计新增可采储量 0.83×10^8 吨，新增产值2738.93亿元，新增利润976.43亿元，新增税收1210.77亿元，具有广阔的推广应用前景。
2	高含水期聚合物驱油开发技术	低温低矿化度砂岩油藏三次采油开发。	聚合物驱油技术是在注入水中加入聚合物，提高注入水的黏度，改善油水流动度比，扩大驱替液在油层中的波及体积，提高原油采收率。	大庆油田应用聚合物驱油，一类油层提高采收率15%，二类油层提高采收率12%，三类油层提高采收率10%。	中国石油天然气集团公司大庆油田分公司	应用这一技术，大庆油田还将增加可采储量1.24亿吨以上，将继续支撑4000万吨持续稳产。本技术成果已在国内6个油田推广应用，对中国陆上近100亿吨储量的高含水油田深度挖潜，预计可提高采收率10个百分点以上，增加可采储量超过10亿吨。
3	CO ₂ 驱油与埋存技术	特低、低渗透较均质油藏可实现CO ₂ 混相、近混相驱和有有效埋存。	CO ₂ 驱油与埋存主要经过CO ₂ 捕集、CO ₂ 注入及驱油、原油及CO ₂ 采出、CO ₂ 循环注入及埋存等过程。捕集气田产出的CO ₂ ，将其注入油藏，使CO ₂ 溶解在原油中，达到膨胀原油体积、降低原油粘度、降低CO ₂ 与原油界面张力，从而大幅提高驱油效率，实现低渗透油藏原油采收率的提高和CO ₂ 的有效埋存。	已形成年驱油能力10万吨，年捕集、埋存CO ₂ 能力25万吨，试验区最终可提高采收率10%以上。	中国石油吉林油田公司乾安采油厂	2009-2012年累积产油9.27万吨，累积增油2.63万吨。实现利税2.21亿元。采收率由水驱的19.1%提高到CO ₂ 驱的29.5%，提高采收率10.4%。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
4	陆相页岩气水平井井壁稳定性及大型压裂关键技术	陆相页岩气勘探开发。	针对陆相页岩层水平井井壁稳定问题，开发了一种油基钻井液，有效降低高粘土含量页岩层段水平井钻井过程井壁坍塌事故发生率、提高钻井成功率；针对鄂尔多斯盆地陆相页岩气储层粘土矿物含量高、岩性致密、非均质性强、地层压力低及压裂配液周期长的特点，开发形成专用助排剂，结合专用压裂液配制方法，形成陆相页岩气压裂液体系配方。	针对陆相页岩层水平井井壁稳定问题，开发了一种油基钻井液，钻井液体系润滑系数低于0.08，破乳电压 ≥ 1000 伏，API滤失量接近于0，HTHP滤失量 ≤ 10 ml，井漏率下降20%以上。针对鄂尔多斯盆地陆相页岩气储层特点，开发形成陆相页岩气压裂液体系配方，该压裂液已成功应用于6口页岩气井，施工摩阻降低10MPa以上，压后残液返排率提高10%	延长油田股份公司下寺湾采油厂	78.71 $\times 10^8$ m ³ 。在示范基地矿产资源节约与综合利用的思想指导下，采用油气综合勘探的工作思路，在探明页岩气含气面积的同时，结合油层试油结果，在柳洛峪区块初步探明长82含油面积42.7Km ² ，初步估算地质储量640.5 $\times 10^4$ 吨。利用压裂返排液回用处理技术在延页平1井储量返排液8400m ³ ，处理后均应用于邻井压裂用水。
二、综合利用技术						
5	致密油有效开发利用技术	致密油。	集成应用“水平井、体积压裂、注采井网及精细超前分层注水”等主要手段，通过增加原油流动通道，提高泄油体积，建立有效驱替压力系统，提高致密油单井产量，实现致密油的有效开发利用。	实现了致密油的有效开发，水平井水平段长度800-1500m，井均压裂9段23簇，排量6-17方/分钟，加砂量500-1400方，入地液量5500-15600方，单井产量由常规开发手段的1.6t/d提高到10-12t/d。	中国石油天然气集团公司长庆油田分公司	2012-2013年在姬塬油田安83部署水平井56口，注水井56口，建产能16.8万吨。
煤炭类						
一、高效开采技术						
6	高水膨胀材料充填采煤技术	主要应用于煤炭企业“三下”压煤（建筑物下、铁路下和水体下）和非煤矿山企业的采空区的充填。	以粉煤灰、风积沙或尾矿、建筑垃圾等硅质材料为主料，配以延缓剂、速凝剂、固化剂和膨胀剂等辅料，将各种原料混合后，制成固水质量比为1: 1.3左右的充填料浆。通过管路输送到采空区，在2小时以后开始固化并伴随体积膨胀，可实现主动接顶，在8小时以后形成固体并可承受压力，最终单轴抗压强度最高可大于10 Mpa。	10%以下的体积膨胀使充填体实现膨胀自主接顶。因此，可以实现控制围岩移动；充填体最终单轴抗压强度超过10PM。因此可以有效控制围岩移动；充填站建设投资500万元以下。因此，可以降低固定成本5至20倍；充填料浆实现数控制备和自流输送。因此，可以降低运行成本2至5倍。	阜新矿业集团有限公司	淄博市王庄煤矿自应用膨胀材料充填采煤技术以来，已回收临淄地区的公路与村庄压煤50万吨，新增产值36371万元，新增利税20729万元。同时，还取得了临淄煤田近2亿吨原来禁采资源的采矿权与探矿权，解放了自身10年以上的开采储量。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
7	村庄下与承压水上膏体充填绿色开采技术研究	村庄下与承压水上煤炭资源的开采。	将煤矸石、粉煤灰、胶结料及矿井水等按照一定的配比制作成膏体，通过充填泵输送充填到回采工作面采空区，凝固形成覆岩支撑体系，做到地表基本不变形，解决地表下沉问题，同时降低底板应力不平衡度，实现不迁村开采和承压水上煤炭资源安全回收。	能够满足矿井一5煤条件下工作面日产700t能力的需要；开采以后地表村庄建筑物90%以上控制在I级损害范围内，正常质量房屋受采动影响最严重者不超过II级损害；以煤矸石、粉煤灰为集料，膏体充填材料成本不高于40元/m ³ ，即吨煤充填材料成本不高于26元。	焦作煤业（集团）有限责任公司朱村矿	膏体充填技术继续应用在朱村矿53采区一5煤开采中，可以解放储量120万吨。将膏体充填技术应用在朱村矿的二1煤开采上，可解放矿井村庄下压煤400多万吨，可延长矿井服务年限8~10年。
8	急倾斜煤层综放开采顶煤超前预爆弱化技术	各种倾角条件下中厚、厚及特厚煤层综放开采。	急倾斜特厚煤层综放开采覆岩移动和覆岩大规模剪切矿压显现规律、顶煤超前预爆破弱化机理、综放支架双重控制机理。	工作面采出率提高6%； 生产时间提高5小时左右； 优化工作面生产工序、提高生产的连续性，采煤综合机械化程度达到100%； 综合成本降低5~10%。	碱沟煤矿、乌东煤矿	回采率提高了6.0%，日产量提高41%。四年累计节约1.94亿元。
9	高瓦斯厚煤层采煤方法改造项目	对目前矿井现有及设计推荐的采煤方法为水平分段综采放顶煤和伪倾斜柔性掩护支架炮采的高瓦斯厚煤层煤矿。	由采储式采煤改造为综合机械化开采，改造矿井提升、运输、供电、排水、灭尘、防火、监测监控、瓦斯抽放、通讯等系统的改造，提高矿井生产能力。	矿井瓦斯抽采率达30%以上，煤层瓦斯含量降到8m ³ /t以下，或将煤层瓦斯压力降到0.74MPa以下，采放比1:3，矿井回采率达75%以上。	新疆大黄山豫新煤业有限责任公司一号井	高瓦斯厚煤层采煤方法实施后，可在以下几个方面节约资源：1.转载机受浮煤影响，造成运输机头附近丢失下三角煤，每米约1吨；2.由于受断层约束，布置“矩形”或“刀把”工作面造成断层附近三角煤丢失煤炭每年约4万吨；3.放煤工艺本身造成的后部运输机后部丢煤，按100m长工作面，每推0.6m，工作面丢煤5.5吨。
二、综合利用技术						

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
10	分布式地下水库技术	所有井工矿井。	利用井下采空区对生产污水的过滤、沉淀、吸附和离子交换作用，自生矿物生成作用等物理化学过程，矿井污水中的悬浮物、钙离子及其他有害离子大幅度减少，可以直接作为工业用水（即污水注入采空区后经过一定时间后，流出的水变为清水，其水质能满足井下生产用水的要求）；在采空区各顺槽口彻筑防水密闭，将生产污水通过注水孔注入采空区较高区域，生产污水在采空区从较高区域流向较低区域时，经采空区净化后通过出水口提前施工的配套设施和供水管路流出，然后通过加压泵、管路把采空区净化后的清水输送到矿井每个用水地点，实现了井下污水的零排放和地下水循环利用。	1、水库面积约70.1万m ² ； 2、水库库容210万m ³ ； 3、污水处理量350.4万方/年； 4、清水供应量245.3万方/年； 5、节省费用：5550万元/年。	中国神华能源股份有限公司大柳塔煤矿	已建成的水循环利用系统能满足井下2000万吨/年生产能力的需要。
11	特厚煤层采空区瓦斯地面直井抽采技术	高瓦斯突出特厚煤层条件下瓦斯治理。	通过地面钻井抽采采空区瓦斯，大幅度降低工作面瓦斯涌出量，降低回风巷、上隅角瓦斯浓度，确保工作面安全高效回采。	平面上钻井沿工作面走向距切眼50m，沿倾向距风巷30m，钻井间距为220m；回风瓦斯浓度基本保持在0.2~0.3%，回风瓦斯浓度基本处在0.2%以下；实施气液相组合增产技术累计增产纯瓦斯106904 m ³ 。	甘肃靖远煤电股份有限公司魏家地煤矿	西北地区是矿产资源非常丰富的地区，我国优质煤总量的90%分布在该地区，该地区煤炭资源埋藏浅，表土层薄，但是煤层厚度大，矿区内煤层气资源富集，造成瓦斯及突出灾害严重，如宁夏呼鲁斯太矿区、甘肃窑街矿区（煤与二氧化碳突出）和内蒙古包头矿区等，在这些有相似地质条件的矿区，可以推广应用该项技术，确保煤与瓦斯安全、高效、和谐共采，为煤矿的安全生产做出贡献。
12	矿井瓦斯发电	瓦斯抽放系统纯瓦斯抽放量在100万m ³ /年左右，瓦斯浓度在6%-25%之间的煤矿。	由瓦斯抽排设备将井下瓦斯排至地面输送至瓦斯发电站，瓦斯发电机组是以成熟的内燃机技术为基础结合煤矿瓦斯的特点对柴油发电机组加以改造而成。它由原来燃油改为燃烧瓦斯，发动机驱动发电机运转达到由机械能转化为电能的目的。	500GFI—3PWW瓦斯发电机组配套电机TYPEIFC6455-6，设计年发电量401.5kWh。700kW瓦斯发电机组配套电机700GFwd，设计年发电量562.1kWh。	沈阳焦煤鸡西盛隆矿业有限责任公司新城煤矿	设计装机总容量4100kW，配备500kW发电机组四台，电价按0.5元/kWh计算，年发电量828万kWh年发电收益414万元。

金属类

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
一、高效开采技术						
13	地下立体分区大规模控制爆破开采技术	矿体中厚以上，矿岩硬度在中硬及以上（ $f \geq 6$ ），生产规模较大；中厚以上矿柱群回采及采空区处理；中厚以上矿体的规模化开采。	根据确定好的一次性回采区，按爆破矿体体积及所需补偿空间的比例，以及爆破自由面与毫秒微差雷管排列顺序的关系，将回采区分解成补偿空间和爆破自由面相对独立的几个至几十个爆区。为了保证施工作业安全和好的爆破效果，各爆区呈三维立体错位布置，爆破体积与补偿空间等比。各爆区为独立的回采单元，爆破抵抗线方向各异，崩落矿石相互挤压、碰撞破碎，各爆区形成的爆破空气冲击波、爆破震动波相互抵消衰减。一个回采区内的空区处理与矿柱回采由具有相对独立结构力学体系的等比错位立体分区来控制。	矿段开采回采率由42%提高到90%；炸药单耗:0.4-0.5 kg/t；水平大孔以采空区为自由面，由下往上顺序爆破最大高度56.5米。	湖南柿竹园有色金属有限责任公司多金属井下矿柱回采与采空区处理。	该技术在柿竹园多金属井下已实施总装药量100吨以上的大规模爆破10多次，崩落矿石总量1075万吨。同时，还在在内蒙古获各琦铜矿、紫金矿业崇礼金矿等5个矿山矿柱回采和采空区处理中得到了推广应用，取得了良好的效果。
14	安全隐患条件下诱导崩落连续开采技术	适合采用崩落法处理的矿段。	通过对隐患金属矿产资源特定受力环境的研究，构建了符合隐患金属矿产资源开采扰动状况的矿岩动静组合加载试验系统与失稳环境控制方法。	非重叠区下诱导崩落顶板连续采矿法矿石贫化率控制为12%-15%，矿石平均回采率控制为84.6%，切割掘进量为511.5m ³ /万t，矿块生产能力达到1200t/d。重叠区下中深孔崩矿、诱导崩落顶板连续采矿法矿石贫化率控制为8.3%，矿石平均回采率控制为77.9%，切割掘进量为572m ³ /万t，矿块生产能力达到876t/d。	广西华锡集团股份有限公司铜坑矿	采用该技术可最大限度地回收隐患资源，仅铜坑矿92矿体就盘活锡锑资源量4000多万t，增加产值约140亿元，增加税费17.8亿元。可推广到占我国金属资源30%-35%的隐患矿床。
15	无底柱充填联合采矿技术	适应不允许地表塌陷地区，厚大或急倾斜的矿山。	采用现场测试、室内试验、理论分析、数值模拟、工业试验相结合的研究手段，先后进行优化大孔径精细爆破技术、研制泡沫砂浆充填工艺、采用基于CMS采场空区探测技术、优选尾砂沉降絮凝剂等关键技术的研究工作，成功试验了无底柱充填联合采矿技术。	单个采场综合生产能力大于230t/d，贫化率和损失率分别小于6%、2%，大块率小于1%，尾砂利用率在95%以上，水泥用量减少20%以上，水用量减少65%以上，充填效率提高20%以上，结实率由常规的65%提高到95%以上。	凡口铅锌矿	年总经济效益可达1.351亿元，其中新增利税8517.86万元，节支总额4989.35万元。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
16	露天采场第四系砂砾卵石层承压水下开采综合技术	露天开采第四系砂砾卵石层承压水防治和矿回采的安全回采。	姑山铁矿露天采场水文地质条件极为复杂，是著名的大水矿山，特别是第四系砂砾卵石层的承压水对下覆铁矿体开采带来极大的不安全因素，开采技术难度大。姑山铁矿露天采场第四系砂砾卵石层承压水下开采综合技术研究原理主要应用半墙可控双液灌浆对砂砾卵石层承压水形成防渗帷幕堵水、砂砾卵石层边坡开挖拉槽揭露试验、软土置换、分层控制、逐步推进，控制爆破减震、压坡护坡、水文位移观测、及时内排覆盖等综合技术组合应用。目的是截断采场外围区域第四系砂砾卵石层承压水往采场内补给，保证采场砂砾卵石层揭露开挖、回采下覆铁矿石资源，延长露天采场服务年限。	第四系松散层渗透系数均值达 $2.32 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，灌浆前 $1.97 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ，平均减少了1000倍。	马钢（集团）控股有限公司 姑山矿业公司 姑山铁矿露天采场	盘活铁矿石资源量工业铁矿石389.54万吨，低品位铁矿石28.19万吨，提高资源利用率15.98%，同时延长露天服务年限4.87年，产生的经济效益合计约为100592.38万元。
二、高效选矿技术						
17	57钼精矿新工艺及产业化技术	钼矿床或铜钼共生矿床的选矿。	采用特定药剂制度，浮选法快速提高钼精矿品位；浮选柱、浮选机配合使用，同时实现了对微细粒级及较粗粒级的有效回收；对钼精矿泡沫进行有效擦洗，充分暴露矿物新鲜表面；应用高效旋流器，解决旋流器与泵的能力匹配问题，稳定给矿压力，提高分级效率与再磨分级细度。	钼精矿含Mo $\geq 57\%$ ，选钼回收率 $\geq 87.50\%$ 。	金钼股份百花岭选矿厂	该工艺可全部稳定生产含Mo $\geq 57\%$ 的钼精矿，精选回收率和总回收率分别达到98.37%和86.57%，较原有浮选机工艺各提高0.54和0.48个百分点，无低品位的副产钼精矿。经过新工艺的推广应用，金钼股份已形成年产57钼精矿8900余t的生产能力，平均年创税前利润38766万元，税后净利润24815万元。
18	铜冶炼渣资源综合利用	各种铜冶炼工艺生产的炉渣。	利用渣包缓冷技术，增加金属铜的结晶粒度，提高选铜回收率。采用的半自磨+球磨工艺代替了传统的碎磨流程，该工艺碎磨成本低；采用浮选工艺回收炉渣中的铜矿物。	原矿品位Cu 1.4%，精矿品位Cu 24.2%，尾矿铜品位0.3%；回收率Cu 79.4%。	白银有色集团股份有限公司	在炉渣含铜1.3%左右的条件下，通过浮选回收，炉渣含铜品位可以降低到0.28%左右，铜的回收率可以达到76%以上。可实现年平均销售收入为93207万元，增值税2643.39，销售税金及附加为264.34万元，达产年平均利润总额为8697.51万元，年平均上缴所得税2174.38万元，净利润6523.13万元。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
19	复杂难处理钨细泥高效选矿新工艺	复杂难处理钨细泥。	采用捕收力强、选择性好的钨矿组合捕收剂GYB+FW替代常规浮选药剂进行常温浮选。采用离心选矿机实行高效重选，有效地提高了钨细泥选矿的金属回收率及钨精矿品位。	钨精矿品位W ₃ 20%，钨细泥综合回收率60%。	宁化行洛坑钨矿有限公司	经过2009年的调试成功正常生产以后，2010~2012三年连续生产的钨金属量分别达到242吨、284吨、300吨，全厂钨精矿综合回收率连续三年分别提高7.96、9.13和9.65个百分点，毛利润达到7038万元。同时，解决了矿山所在地富余劳动力30多人的就业问题。
20	冶金矿山高压辊磨新工艺成套技术与装备	冶金矿山应用高压辊磨新工艺选矿流程试验研究；冶金矿山应用高压辊磨新工艺老选厂技术改造设计；冶金矿山应用高压辊磨新工艺新选厂设计；冶金矿山应用高压辊磨新工艺成套技术与装备设计与制造。	利用高压辊磨机的料层粉碎原理，其对物料实施的是物料与物料之间的相互粉碎，辊子间的物料受挤压后除粉碎外，尤其重要的是在颗粒内部产生了大量裂纹、塌散、疏松等缺陷，使物料可磨性大为改善，在后续工序的磨机内易于磨碎，节省大量能耗。	以马钢集团南山矿业公司凹山选矿厂技术改造为例，矿石高压辊磨，将矿石碎磨到3~0，真正实现了选矿厂的多碎少磨；在磨前湿式粗粒磁选抛尾，减少了近50%的磨矿量，节省了大量的能耗和钢耗，电耗节省约25%，在全国大型铁矿选矿厂中，凹山选矿厂的球耗仅为0.4~0.5kg/t原矿；3~0mm湿式粗粒磁选抛尾后捞出粗砂120万吨/年不进尾矿系统，减少了尾矿输送矿量，降低了尾矿库库容对尾矿堆排的压力，减少了尾矿库的征地面积或增加了尾矿库的使用年限，使矿山更加绿色安全环保	马钢集团南山矿业公司凹山选厂	采用高压辊磨湿式粗粒磨前抛尾技术，使低品位磁铁矿的利用成本大大降低，在新工艺新技术条件下，可使高村铁矿的工业可利用品位降低到10%以下，大大地提高了资源的利用率，预计可增加低品位资源量约3000万吨，达到了变废为宝的效果。
三、综合利用技术						

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
21	钛铁矿高效回收工艺及装备产业化集成技术	钒钛磁铁矿选钛技术领域。	运用选矿手段及方法，从钒钛磁铁矿中分离钛铁矿、硫钴矿、铁精矿，进行提纯及制备。	1、钛精矿：TiO ₂ 品位≥47.00%，含S：≤0.18%，TiO ₂ 回收率≥37.26%； 2、钒钛铁精矿：TFe≥52.50%； 3、硫钴精矿：S≥30.00%。	攀钢集团矿业有限公司选钛厂	1、利用钒钛磁铁矿选铁后尾矿620万吨/年（磁尾量不变）和钛精矿品质得到保证的前提下，年可增产26万吨钛精矿；1万吨硫钴精矿；新增20万吨铁精矿。 2、TiO ₂ 回收率较原流程提高17个百分点，产率较原流程提高4.2个百分点； 3、钛精矿单位成本较原流程下降24.15元/吨。
22	原矿焙烧提金技术与工艺	高砷、高碳、微细粒浸染难处理金矿石。	通过控制焙烧条件破坏包裹金的硫化物，使载金矿物结构上出现裂隙、同时固砷、固硫；抑制有机碳对后续提金工艺的负面影响，达到显著提高金回收率的目的。	原矿金品位2.6g/t，砷的氧化率99%，硫的氧化率98%，有机碳氧化率95.35%，砷的固化率98.99%，硫的固化率72.95%，金总回收率80%。	贵州金兴黄金矿业有限责任公司紫木凼金矿	2010年处理矿石量33.1万吨；平均原矿金品位3.10g/t；2011年处理矿石量33.3万吨；平均原矿金品位2.68g/t；2012年处理矿石量33.5万吨；平均原矿金品位2.64g/t；累计三年利用难选冶低品位矿石量99.9万吨。使难选冶低品位矿石得到充分利用。
23	含钒页岩双循环高效氧化提钒技术	原生型、混合型或氧化型含钒页岩资源。	以工艺自身产生的富钒渣为催化剂，在加速复合添加剂分解的同时，强化对含钒页岩云母结构的高效解离破坏，促使三价钒从晶格束缚中转变为游离状态，从而被焙烧气氛中的O ₂ 氧化，通过自催化-高效解离-循环氧化，实现低价钒的循环氧化和回收。	获得工业99级V ₂ O ₅ 产品，钒回收率>75%。	湖北郧西平凡矿业有限公司1000t/a V ₂ O ₅ 石煤提钒工程	湖北郧西平凡矿业有限公司所属指甲沟矿区石煤钒矿探明钒矿石储量2281.5万吨，V ₂ O ₅ 均品位1.03%。矿体呈不均一的鳞片花岗变晶结构，其中钒云母、钒铁矿为主要矿石矿物，为难处理混合型含钒页岩。经采用含钒页岩双循环高效氧化提钒技术后，获得高纯偏钒酸铵产品，操作简单、生产成本低、工艺流程短、占地面积小；当原矿V ₂ O ₅ 品位>1.0%时，工艺总回收率可达80%以上，且能够实现工业废水不外排、烟气达标排放和尾渣综合利用等优点。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
24	金属矿山选矿尾砂、干渣和冶炼废渣膏体充填技术	金属非金属矿山充填法开采，井下具备一定的干式运输充填系统，结合膏体胶结充填使充填效果达到最佳。	利用深锥浓密机将选矿产生不同粒级的尾砂进行混合，通过自动加药系统添加阴离子絮凝剂，流入深锥浓密机进行搅拌混合，使其浓缩到一定浓度。利用搅拌槽按工艺配比添加冶炼废渣和水泥，经二级搅拌混合后，由充填专用管道自流输送到井下。通过视频监控软件和上位机对生产工艺过程进行实时监控，根据不同的工艺配比，使膏体符合采场使用强度。既减少冶炼废渣对环境的污染，同时降低了水泥用量，又解决了尾矿库尾砂堆积产生的环保问题。	将不同粒级的选矿尾砂经深锥浓密机，添加絮凝剂后，根据所充填采场性质，制备成浓度为70%~75%的砂浆，再经过两级搅拌槽，根据不同工艺配比添加冶炼废渣—水淬渣和水泥，将充填料混合成浓度为73%~78%的膏体，经充填管道，以30~90m ³ /h流量自流输送到井下采场。采用此工艺技术用于充填可使采矿回收率达到98.5%左右。	云南驰宏锌锗股份有限公司会泽矿业分公司下属的麒麟厂与矿山厂两座矿山。	金属矿山选矿尾砂、干渣和冶炼废渣膏体充填技术”的成功应用使采矿技术经济指标中矿石回收率得到提高与控制，与原水砂充填采矿法相比提高1.3%~2.5%；选矿尾砂利用率达100%，同时解决部分冶炼废渣的安全处置问题；井下生产掘进渣综合回收利用率达95%以上，有效减轻渣石提升运输成本，提高矿石运输效率。
25	铁尾矿梯级分离多元素综合回收技术	铁矿石尾矿。	通过选矿、冶金联合流程，对含硫铁尾矿进行选矿，浮选尾矿制砖，浮选精矿为高硫精矿，焙烧制备烧渣，含硫烟气制酸，烧渣浸出除杂产出合格铁精粉，浸出液中的多元素梯级分离回收。通过此流程，实现含硫铁尾矿中的多种有价元素的综合回收利用。利用磁选机将矿物中的磁性铁选出，然后用浮选来选出磷精矿和钛精矿，浮选是利用矿物的表面亲疏水性来将不同矿物分离开，加入适当的药剂使有用矿物疏水，以便随气泡浮出。	硫精矿含硫>45%； 高品质铁精粉含铁>65%。	镇江韦岗铁矿有限公司冶金分公司，邢台庆华再生资源利用有限公司	盘活尾矿资源138.6万吨。梯级分离出铁尾矿中的铁、硫、铜等元素，生产出合格的铁精粉、硫酸、阴极铜、空心砖等多种产品。
26	难浸金精矿细菌氧化预处理工艺技术	含砷、硫化物微生物包裹型的难浸浮选金精矿。	生物氧化工艺是利用自然界中的嗜酸性能自养菌经过严格的筛选、培养、驯化后，在适宜的条件下，对矿石中的硫化物进行氧化分解，使包裹于其中的金矿物暴露解离，再用浸金剂，达到提高金浸出率的目的。	回收率提高至80%以上。	西部黄金伊犁有限责任公司阿希金矿	选矿回收率由改造前65%提升至80%，每年多增利380万元。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
27	有色金属尾矿萤石综合回收利用关键技术	含有萤石的有色金属尾矿回收，下游氟化工产品生产应用。	针对湖南柿竹园有色金属有限责任公司钨钼铋多金属浮选尾矿中萤石，按高效浓缩脱药、高梯度磁选去除磁性矿物、常温下新型选矿药剂浮选萤石、浮选柱浮选机连选结合、中矿合理返回、强磁脱硅、产品分流等新的技术思路解决柿竹园尾矿中萤石的回收问题。	1、氟化钙综合回收率 $\geq 40\%$ ，主含量氟化钙 $\geq 94\%$ ，碳酸钙 $\leq 2.0\%$ ，二氧化硅 $\leq 2.8\%$ ；2、尾矿回收低品位萤石生产无水氟化氢，合格品率 $\geq 95\%$ ，优级品率 $\geq 85\%$ ；3、生产干法氟化铝，质量达到F1级以上 $\geq 95\%$ ；4、超细萤石粉成球技术指标：粘合剂添加量 $\leq 3\%$ ，一次成球率 $\geq 80\%$ ，产品机械强度 ≥ 5 牛·吨/厘米	湖南有色郴州氟化学有限公司、湖南有色湘乡氟化学有限公司、湖南有色郴州萤石球团有限公司	萤石总回收率达到60%以上，绝大部分产品质量符合酸级萤石（95%以上）要求的目标；减少了矿山开采和尾砂排放；带动就业，增加就业岗位600多个；年创利润5600万元。
非金属类						
一、高效采矿类						
28	人工永久矿柱置换安全高效开采技术	缓倾斜薄-中厚矿体的地下矿山。	在备采矿房的矿柱硐室内先浇筑人工砼矿柱，后回采矿房矿石。	人工矿柱的抗压承载力不低于25MPa。3、人工矿柱采场结构参数：C25混凝土人工矿柱截面尺寸采用沿矿体走向宽 ≥ 4 米，沿倾斜方向长 ≥ 6 米；沿走向矿柱净距不超过12米，沿倾斜方向矿柱净距不超过9米。随采空区面积增大，覆盖岩层厚度增加，人工矿柱截面尺寸相应增加，或矿柱间距相应减小。	湖北柳树沟矿业股份有限公司丁西磷矿	实施该项目，能更好更多的回收矿产资源，回采率由设计的78.1%提高到95%以上，资源综合利用效率明显提高；采空区得到有效治理，上覆岩层及地表更加稳定，降低了因采矿诱发地质灾害的机率；开采过程中的废石得到有效利用，真正实现了无废开采。
29	局部胶结充填与空场组合采矿技术	水平~缓倾斜、薄~中厚矿体。	本技术针对水平~缓倾斜矿体空场采矿法，在矿体开采过程中，应用胶结材料进行局部胶结充填形成采场支撑骨架，支撑采场顶板，控制地压，达到安全高效开采、提高矿石回收率，充分回收矿产资源的目的是。	1. 矿石回采率由原65~75%提高到90~95%； 2. 矿石贫化率由原10~12%降低到4~8%； 3. 矿块生产能力达到200t/d。	四川省金河磷矿	以金河磷矿马槽滩磷矿目前可采储量472.89万吨计算，应用该项技术后，矿石回采率提高20%，可多采矿石94.56万吨，以马槽滩磷矿现在300kt/a的生产能力，可使马槽滩磷矿预计11.8年的服务年限延长至15.0年以上，延长服务年限超过3.2年。

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
30	多层薄矿体一次性开采技术	5° -15° 缓倾斜矿体，相邻矿层间距不超过2米，充填法开采。	空区完全充填，在矿压周期及步距内安全采矿。	采准巷长度一般250-300米，间距不超过60米，作业面宽度不超过1.5米并辅以支护，废石完全充填，相邻矿层作业面步距一般在20米以内。矿块回采率达到80%以上。	湖北龙源石膏有限公司板庙石膏矿，湖北龙源石膏有限公司横店石膏矿。	按多层薄矿体保有储量占优质纤维石膏总量的一半（即0.75亿吨）计算，若采用该技术进行开采，可盘活资源储量0.25亿吨，增加产值约100亿元、税费20亿元，具有十分显著的经济效益。
二、高效选矿类						
31	提高高岭土淘洗率及可塑性的技术	砂质高岭土原矿选矿。	砂质高岭土原矿主要由高岭石类和云母类等粘土矿物和石英组成，其中高岭石类和云母类属于价值较高的粘土矿物；在内在结构形态上，高岭石类和云母类等粘土矿物呈鳞片结构、且矿物之间呈嵌型结构的特征，故对高岭土原矿先采用机碾破碎的手段，可对原矿价值较高的粘土矿物进行解离细碎，而高岭土原矿中石英由于硬度高和自身结构的原因其颗粒基本保持不变。这种低成本的选择性解离和细碎矿物的手段，大大提高了高岭土原矿淘洗率。同时高岭土被机碾过程逐渐变细，当颗粒细到微米粒级时，具有层间结构的高岭石类矿物晶体受到挤压、冲击改变外型结构，尤其是龙岩高岭土管状，蜂窝状较多，可塑性差，通过机碾后不仅微米粒级增加，而且矿物晶体外型和粒度分布得到改善，从而提高可塑性。	高岭土原矿325目淘洗率由21-22%提高到34-35%；325目产品可塑性指数由0.45提高到0.65；325目产品选矿粒级回收率由设计的90%提高到94%。	龙岩高岭土有限公司、龙岩市兴盛高岭科技有限公司	2012年机碾高岭土原矿4.24万吨，325目淘洗率由22%提高到35%；325目粒级选矿回收率93.76%，比设计的90%提高了3.76%。；节约高岭土原矿使用量1.97万吨，减少尾矿排放5512吨。2012年多增加325目高岭土产品产量收入851.11万元。
32	低品位滑石光选提纯技术	低品位滑石小粒、尾矿和混合矿。	依据滑石与脉石矿物之间硬度、反光性等物理性质的差异，通过先选择性破碎分级及光选技术实现其分离，得到纯度较高的优质滑石产品。	项目年处理艾海公司低品位低品位滑石尾矿达50万吨。经过对其进行加工提纯后，年可产生一级品滑石约占10%，二级品占20%，低品级占70%。一级品滑石硅含量约为60%，二级品滑石硅含量约为53%。	辽宁艾海滑石有限公司	该项目从近2年来的生产运行情况看，项目运行良好，技术成熟，即降低储存空间，又减少排放，减少了土地的占用面积，同时将对环境有很大的改善。2012年艾海公司通过该技术盘活滑石资源15万吨，年主营业务收入可达1.2亿元，新增税金2733万元。
三、综合利用类						

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
33	硬石膏制硫酸废渣联产水泥	天然石膏、工业副石膏、脱硫石膏等化工硫酸生产及水泥建材领域。	以石膏为主原料，通过技术对石膏进行分解煅烧，分解后的含二氧化硫的窑气送制酸系统制硫酸。煅烧后的渣即得高贝利特水泥熟料。	1、熟料： $C_2S \geq 40\%$ ，标号52.5，水泥产品符合GB/T21372-2008标准。2、硫酸：转化率 $\geq 99.5\%$ ，吸收率 $\geq 99.95\%$ ，尾气二氧化硫排放浓度 $\leq 100\text{ppm}$ 。成品酸符合GB/T534-2002标准。	湖南嘉丰建材有限公司	以硬石膏为原料制硫酸联产高贝利特水泥生产线已于2011年9月投产，并且一次开车成功，生产出硫酸、水泥合格产品。自该项目产业化以来，已分别销售硫酸10万吨和水泥15万吨，销售额约9000万元，经济效益良好。
34	含钾尾矿溶解转化热溶结晶法生产氯化钾技术	钾肥生产尾矿中钾资源回收以及低品位钾矿综合利用。	将尾矿或低品位钾矿中的氯化钾溶解制得含钾卤水，卤水输送至盐田晒制钾石盐矿。钾石盐通过热溶结晶工艺生产出高品位氯化钾。热溶结晶法工艺是钾石盐矿用循环母液加热到 90°C 以上进行溶浸，氯化钾全部溶解于溶液中，绝大部分的氯化钠仍以固体存在，经离心分离后除去；澄清的氯化钾饱和液经真空冷却结晶出氯化钾产品。	$KCl \geq 98\%$ ；粒径 $\geq 0.4\text{mm}$ 。 氯化钾回收率：70%。	青海盐湖三元钾肥股份有限公司	通过对现有生产废弃物（尾矿）中钾的溶解回收，盐田晒制钾石盐，热溶真空结晶工艺建设10万t/年精制氯化钾装置，2012年试生产出7万吨的合格氯化钾产品，工艺技术成熟，整个装置生产过程不需添加药剂，氯化钾产品质量可以控制在98%以上，粒径 $\geq 0.4\text{mm}$ ，产品不含药剂，产品防结块性好。
35	低品位湖盐生产液体盐工艺	湖盐。	采用挖掘机采掘湖区贫矿，经过洗涤、筛分生产出液体盐原料；将盐盖、二层盐（再生盐与原生盐的混合物）粉盐等贫矿、尾矿加入淡水溶解，制成饱和卤水后，通过管道输送给客户。	机械洗盐生产线：氯化钠含量 $\geq 70.0\%$ ；硫酸钙 $\leq 16.0\%$ ；水不溶物 $\leq 4.0\%$ 。液体盐生产线： $Mg^{2+} \leq 0.4\%$ ； $NaCl \geq 300-310\text{g/l}$ ；透光率 $\geq 80\%$ ；废渣中 $NaCl \leq 8.0\%$ 。	内蒙古兰太实业股份有限公司	新增丁四条盐产品生产线，每年可处理湖区内废弃盐盖约10万吨，盐泥约30万吨，盘活资源量33万吨，这些项目生产工艺简单，生产成本低、机动灵活性强，可对盐湖内的多种贫矿及尾矿进行回收利用。现项目在我公司已成功运行五年，各项指标均能达到设计要求，已累计生产液体盐116.6万吨，二层盐138万吨

序号	技术名称	适用范围	基本原理	技术指标	典型实例	
					典型用户	实施效益
36	低品位含铀硼铁矿资源综合利用技术	低品位含铀硼铁矿及类似共生资源的矿物加工分离和资源综合利用。	遵循在当前技术经济条件下，最大限度利用硼资源的原则，通过对低品位含铀硼铁矿的选矿加工获得硼精矿、富镁低硅的含硼铁精矿、铀精矿，其中硼精矿和铀精矿采用化学工艺进行深加工。利用硼的基础上，综合利用了铁、铀、镁等资源。	矿石回采率95%，贫化率5%。联合选矿工艺对低品位含铀硼铁矿进行矿物加工分离，生产硼精矿 B_2O_3 品位 $\geq 10.0\%$ ，含硼铁精矿TFe品位 $\geq 56.0\%$ ，铀精矿U品位 $\geq 0.15\%$ ，铁的回收率达到79.00%，考虑含硼铁精矿中硼的综合利用，硼的总回收率可达到75.42%。硼化工主要技术指标：硼砂 B_2O_3 收率 $\geq 60\%$ ，硼酸 B_2O_3 收率 $\geq 95\%$ 。水冶主要技术指标：浸出率90.0%，金属总回收率85.0%。	辽宁首钢硼铁有限责任公司	一期采选规模200万吨/年矿石，年产TFe品位56%含硼铁精粉80万吨，年产 B_2O_3 品位10%硼精粉16万吨，年产U品位0.11%铀精矿2.32万吨；硼化工年产硼砂1.5万吨，硼酸0.6万吨；水冶生产“111”金属33吨。
37	高岭土矿资源高效开发与综合利用关键技术	软质高岭土矿物的采选及各种高岭土矿物的深加工。	高岭土矿共-伴生矿物中高岭石、埃洛石、伊利石、石英等矿在浆液中悬浮、分散、比重均存在着一定的差异。在高岭土煅烧处理过程中，其结晶水脱出所需温度一般低于 $550^\circ C$ ，有机质需要在 $920^\circ C$ 左右煅烧，长石等则会起烧结作用，精细分选后这些杂质得到去除；而直焰动态低温煅烧偏高岭土技术中，烟煤燃烧进入高温净化室二次燃烧，同时烟气夹带的粉尘经高温聚合沉降净化后直接提供热源；高岭土煅烧处理温度高则处理时间需求较短，而在低温下处理则需时间较长，即相同条件下需加长设备煅烧段；高岭土经低温煅烧处理后，随着其层间结构水的脱出，导致高岭土原有层状结构发生坍塌，其中的铝和硅变得具有活性，产品整体活性点增多。	1、原矿淘洗率从15%提高到40%；入选原矿品位从20%降到15%；原矿三氧化二铁含量从需小于1.5%提高到 unlimited。 2、偏高岭土的煅烧温度从 $920^\circ C$ 降低到 $650^\circ C$ ，直接利用烟煤燃烧烟气作煅烧热源，热利用率从60%提高到95%。 3、4A分子筛钙交换能力（ $mgCaCO_3/g$ —干基）大于310。 13X分子筛静态水吸附量 $>23\%$ ，比表面积 $>600 m^2/g$ 。	云南天鸿高岭矿业有限公司	盘活云南天鸿高岭矿业有限公司高岭土资源存量700万吨，盘活当地高岭土资源存量约2000万吨，尾矿排放总量从最初的850万吨减少到120万吨，甚至更低的水平。