附件 1：

矿产资源节约与综合利用鼓励、限制和淘汰技术目录（简表）

一、鼓励类技术

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
（一）安全、高效采矿综合技术				
（1）露天矿山高效开采技术				
1	露天矿陡帮开采工艺	金属矿露天开采技术	加陡露天矿剥岩工作帮所采用的工艺方法和采剥程序，分组合台阶开采、倾斜分条开采、追尾式开采和高台阶开采	大中型露天矿山（特别是覆盖层厚、剥离量大的露天矿山）
2	露天矿大区微差爆破技术	露天开采技术	利用微差爆破技术的特点，在大型露天矿山的深孔爆破台阶爆破中采用较大孔径、多排孔（10 排以上）的微差爆破	石方的松动爆破，需挖掘机铲装
3	露天开采裂隙岩体高质量爆破技术	金属矿露天开采技术	工程地质条件精确分析、环形不耦合分段装药、周边炮孔延时减震、中间 V 形逐孔起爆，安全、低成本、高质量爆破新技术	露天裂隙岩体矿山及其他类似的矿山
4	露天与地下联合开采技术	金属矿露天开采技术	又分为露天和地下同时联合开采、露天转地下开采、地下转露天开采等。包括露天-地下联合开拓方法、露天-地下联合开采稳定性分析、露天-地下联合采矿法、露天边帮残矿回收技术	矿体厚大、形状规整、倾角陡、矿石中等稳固的金属矿床
5	磷块岩露天长壁式开采 技术	化工矿露天开采技术	穿爆、裂矿、集堆沿长壁采矿，装矿和运输集中在联合采掘运输平盘上，上层矿、夹层、下层矿采掘沿走向相互保持超前距离，并沿矿体走向推进	大中型缓倾斜、薄至中厚矿体露天矿山
6	露天矿陡坡铁路运输技术	露天开采技术	采用先进的防滑装置大功率牵引电机车，特别是确定了 40‰～45‰陡坡铁路线路和牵引网路成套技术	采用铁路运输的露天矿山，特别是深露天矿山

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
（2）地下矿山高效开采技术				
7	大间距集中化无底柱开采新工艺	金属矿地下开采技术	大间距结构的无底柱开采	缓倾斜矿体无底柱开采矿山技术改造
8	自然崩落法	地下开采技术	在矿体底部进行拉底，上部的矿岩不需借助强制爆破，在矿岩自重的作用下形成持续稳定的崩落的采矿方法	岩性强度较高、厚度大于 50m、有一定节理裂隙的缓倾斜矿体
9	大孔空场采矿法	地下开采技术	采用了直径大于 100mm 的孔崩矿回采	矿岩较稳定的厚、中厚层倾斜、急倾斜矿体
10	安全高效低成本全尾砂充填采矿技术	地下开采技术	将未经分级的全部尾砂，通过与水泥等混合，制备成砂浆充填采空区。可避免地下矿山开采沉陷，减少或无需建设尾矿库，实现资源的有效开发	所有利用尾砂充填的有色金属、黄金等矿山
11	制备高浓度全尾砂充填料浆立式砂仓技术与装置	金属矿地下开采技术	选厂尾砂直接泵入立式砂仓，实现了仓顶进料和仓底放砂连续充填，不仅回收利用溢流清水，同时可制备高浓度充填用全尾砂砂浆	新建充填系统的矿山
12	井下废石就地充填技术	金属矿地下开采技术	井下废石就地高效胶结充填、井下废石就地高效非胶结充填和井下废石的缓存及高效倒运技术等	地下开采的矿体条件较好并适用充填法的金属矿山
13	磷矿全废料自胶凝充填开采技术	化工矿地下开采技术	将磷肥生产的磷石膏渣和井下废石用于井下充填，实现山体稳定、回采率提高 10%～15%的技术	矿体连续稳定的大型地下开采矿山
14	薄煤层综合机械化高效开采技术与成套装备	地下采煤技术	基于滚筒式采煤机的薄煤层开采成套技术与装备，实现了开采综合机械化，工作面年产达 50～80 万吨，工效达 40～80t/工	厚 0.8～1.3m、倾角小于 25°、厚度稳定、地质构造简单的薄煤层

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
15	煤矸石井下充填置换煤成套技术与装备	地下采煤技术	采用煤矸石回填煤矿采空区的方法，防止地表沉陷，提高了煤炭采收率。主要内容：①地面煤矸石破碎回运、井下煤矸石分离、综采充填、普采充填、巷道充填、岩层移动与地表沉陷控制工艺。②井下煤矸石分离处置、回运、充填关键设备	适用于各类井工煤矿中厚煤层开采条件的采空区充填。特别是村庄、建筑物和河流湖泊等“三下”煤炭资源
16	煤矿区水资源保护性采煤技术	地下采煤技术	针对煤炭开采引发的地下水资源破坏问题，采用煤炭开采中隔水关键层保护、矿井浅部水资源转移和配套的保护性采煤方法，实现煤炭开采与水资源保护协调发展	西部和北部干旱、半干旱、生态环境脆弱的煤炭井工开采矿区
17	煤矿区煤层气地面抽采技术	煤层气抽采技术	采用集地面钻井、水力压裂、排采、集气与输送为一体的地面煤层气抽采技术，实现矿区煤层气高效、稳定开发利用	高变质煤种、低渗透率、高储层压力的煤层气开采
（3）石油天然气煤层气高效开采技术				
18	煤层气强化开采关键技术	煤层气高效利用技术	钻完井工艺、水力压裂增产、注二氧化碳增产、羽状分支水平井开发技术	煤层气资源分布广泛但又相对集中的地区
19	利用二氧化碳驱油技术	高效采油技术	二氧化碳可以从水溶液中转溶于原油中。作为气驱的一种驱替方式,主要有二氧化碳混相驱替、二氧化碳非混相驱替两种	多种无法注水开发的油藏和注水开发后枯竭的油气藏
20	多分支井采油技术	高效采油技术	在一口主井眼（直井、定向井、水平井）中钻出若干进入油气藏的分支井眼	常规方法开采很不经济的油气田，低渗透油田
（二）矿产资源高效利用技术				
（1）金属矿产高效利用技术				
21	多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术	金属矿高效选矿技术	强化破碎，减小磨矿给矿粒度以提高磨矿效率、降低选矿成本，阶段磨矿阶段选别，粗选尾矿直接抛尾，提前回收部分合格精矿，粗精矿和中矿分别再磨再选可提高目的矿物的单体解离度	极贫、细粒嵌布的矿石，粗粒和细粒嵌布的矿石

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
22	微细粒磁、赤铁矿全磁流程分选技术	黑色金属矿高效选矿技术	以 ZHⅠ型组合式湿式强磁选机作为回收弱磁性赤（褐）铁矿关键设备的阶段磨矿、粗粒重选、细粒多段磁选，细筛或旋流器预先分离出已经单体解离的合格粒级粗精矿，细筛和磁选柱或者磁筛提高最终铁精矿品位	不均匀嵌布的微细粒磁铁矿及磁、赤（褐）共生矿的分选
23	鞍山式贫赤铁矿高效分选技术	金属矿高效选矿技术	由阶段磨矿阶段选别技术、粗细分选工艺、粗粒重选技术、弱磁-强磁－阴离子反浮选技术等部分组成	鞍山式混合贫赤铁矿石
24	磁铁矿细筛—再磨再选技术	黑色金属矿高效选矿技术	根据矿物结晶粒度的粗细采用阶段磨矿、阶段磁选－细筛自循环和阶段磨矿、阶段磁选－细筛再磨两种原则工艺流程	细粒嵌布的贫磁铁矿石
25	贫磁铁矿预选技术与设备	金属矿高效选矿技术	在破碎后或入磨前通过大块干式永磁磁选机和高效磁力滚筒（磁滑轮）预选，以提高入磨矿石品位，提前抛弃部分尾矿	原矿铁品位低于 20%，且有用磁铁矿矿物嵌布不均的贫磁铁矿石
26	贫赤铁矿强磁预选技术与设备	黑色金属矿高效选矿技术	通过优化设计、表面场强 1T 左右的钕铁硼永磁强磁预选机的选别，将贫赤铁矿石入选品位提高到 25%左右，回收率达到 60%~70%	低品位粗粒赤铁矿石的预选
27	弱磁性铁矿石高梯度磁选抛尾技术	金属矿高效选矿技术	弱磁性铁矿物用立环脉动高梯度磁选机和湿式双频脉冲双立环高梯度磁选机磁选抛尾以稳定工艺流程，优化浮选环境，改善指标	弱磁性和中磁性铁矿石的磁选抛尾
28	贫磁铁矿石的弱磁－反浮选技术与工艺	黑色金属矿高效选矿技术	贫磁铁矿石经弱磁选后得到的磁选精矿再经阴离子捕收剂（如 MH－8、MD－28 等）或阳离子捕收剂（如十二胺、YS－73、GE601 等）反浮选，以提高精矿品位，并降低 SiO_2 的含量至 4%以下	强磁性磁铁矿石
29	粗粒结晶磁铁矿的磁-浮联合流程生产超级铁精矿技术	黑色金属矿高效选矿技术	粗粒结晶的磁铁矿先用筒式磁选机、细筛和磁选柱等弱磁选分选出品位达 69%的磁铁矿精矿，再采用阳离子捕收剂（如季胺盐）反浮选分选出脉石及连生体，获得品位高于 71%合格的超级铁精矿	粗粒结晶的磁铁矿石

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
30	异步混合浮选技术	有色金属矿高效选矿技术	充分利用矿石中不同矿物间的可浮性差别，人为控制其中某些矿物的抑制、活化时机和条件，确保不同矿物或同一矿物不同步地最充分地发挥其特有的浮游性，进入混合精矿	应用常规混合浮选无法同时提高混合精矿中两种或两种以上金属回收率时
31	电化学控制浮选技术	有色金属矿高效选矿技术	通过测定控制矿浆的离子参数，按照物理化学模型对浮选药剂制度进行优化控制	多金属硫化矿浮选
32	铝土矿选择性磨矿-粗细分选脱硅技术	高效选矿技术	对一水硬铝石型铝土矿选择性磨矿-粗细分选脱硅提高铝硅比	所有一水硬铝石型铝土矿
33	低品位铜矿 L-SX-EW 技术	有色金属矿高效提取技术	通过破碎进行堆浸或细磨后加压浸出，浸出液采用高效萃取剂分离富集铜，电积获得高纯阴极铜	一般的低品位氧化铜或硫化铜矿，还可在高海拔、寒冷地区使用
34	钼镍矿综合利用清洁技术	有色金属矿高效提取技术	钼镍矿细磨后，强化选择浸出镍，提取镍后的渣继续选择浸出钼。浸出液通过分离提取生产钼和镍产品，环境友好，金属提取率高	黑色岩系钼镍矿
35	低品位氧化镍矿煤基直接还原镍铁技术	有色金属矿高效提取技术	原矿细磨后与煤基团聚剂混合、压团，连续加入回转窑直接还原氧化镍矿	氧化镍矿
36	直接湿法炼锌清洁技术	有色金属矿高效提取技术	硫化锌精矿无需焙烧，在高温富氧条件下直接进行浸出，硫化矿中的铁大部分氧化后以稳定的赤铁矿进入渣中，硫直接以元素硫进入渣中，浸出液净化后直接电解提锌，工艺流程简单	高铁、高铅、高硅的复杂硫化锌物料，尤其在处理地处偏远和硫酸销售、存储、运输困难的地区
37	低品位金矿综合利用技术	有色金属矿高效提取技术	碎矿—筛分—洗矿，重选—细泥炭浸—粗矿堆浸的组合工艺处理低品位金矿	含泥量高、渗透性差的金氧化矿和有色金属的大型堆浸或分级—洗矿
38	原矿焙烧提金工艺	有色金属矿高效提取技术	包括原矿破碎、干式磨矿、沸腾焙烧、收尘与烟气治理、气固热交换、焙烧再磨、氰化炭浸、解吸电解、金泥冶炼提纯等工序	金矿物可浮性差、金呈微细粒包裹状态和含砷、炭等的难处理金矿石

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
39	难浸金精矿生物氧化 有色金属矿高效提 包括磨矿分级、嗜硫铁菌株氧化、固液分离、中和处理、氰化 预处理提金新技术 取技术 浸出、逆流洗涤、锌粉置换（炭浆法提金）、冶炼提纯等			含砷、硫化物微细包裹型的难处理金矿石
40	复杂难处理金矿循环 有色金属矿高效提 流态化焙烧新技术 取技术		在高温、高气速下实现金矿的充分氧化，使硫化物包裹金暴露出来，同时去“劫金”的炭质物，利用固化焙烧逸出的砷、硫烟气	原生金矿、低硫多金属精矿、硫金精 矿等
41	碎磨过程关键参数检测 技术	矿山高效选矿技术	以图像特征提取技术实现矿石粒度检测、精密差动位移测量技术和线性回归分析技术实现矿浆粒度检测和基于磨机筒体振动信号检测的磨机负荷监测	矿山破碎、磨矿
42	浮选过程关键参数检测技术	矿山高效选矿技术	基于载流 X 荧光的矿浆品位检测和浮选泡沫图像分析技术	有色金属、黑色金属等金属浮选流程
（2）化工与非金属矿产高效利用技术				
43	中低品位磷矿浮选技 化工矿高效选矿技 术 术		在磨矿细度为-0.074mm 占 60%左右时，采用特效选矿药剂，配合使用正、反浮选工艺，脱除磷矿中的含镁矿物和含铝、硅的矿物	主要脉石矿物为硅、钙质的中低品位沉积型磷矿石
44	磷矿 WFS（酸性废水循 化工矿高效提取技 环利用）－选矿技术 术		针对中低品位磷矿石的不同赋存状态,在磨矿细度为-0.074mm 占 55%～62%时,利用 WFS 废水含 SO_4^{2-}和 PO_4^{3-}的特点,使用反浮选工艺脱出其中的含镁矿物,实现提磷降杂的目的	原矿为碳酸盐型或方解石型磷矿石
45	胶磷矿微差比重分选 化工矿高效选矿技 与洁净环保技术 术		在破碎粒度 15mm 时，采用重介质一次选别，脱除含镁矿物和含硅的矿物，精矿、中矿和尾矿经过弧形筛一次脱介和洗矿筛二次脱介后成为最终精矿产品；筛下物经过磁选机回收介质	主要脉石矿物为硅钙质的中低品位沉积型条带状磷矿石
46	高效利用磷、钙直接生产脱氟磷酸三钙新技术	化工矿高效提取技 以选矿后的磷精矿为原料，添加一定量的磷酸，配以不同脱氟 术 剂和添加剂，在回转窑内进行烧结脱氟，得到饲料磷酸三钙		有配套磷矿石选矿工程的磷矿资源集中地区

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
47	磷矿伴生氟资源回收技术	化工矿高效利用技术	以磷肥生产的副产物氟硅酸为原料制取无水氟化氢，流程由脱砷、氟硅酸浓缩、反应及 HF 净化组成	磷矿伴生氟资源利用
48	磷矿伴生碘资源回收技术	化工矿高效利用技术	结合磷化工生产流程，以稀磷酸为原料，通过氧化萃取、还原反萃、再氧化、液固分离等过程，得到粗碘产品，再精制得到精碘	磷矿伴生碘资源利用
49	硫酸镁亚型卤水制取硫酸钾技术	化工矿高效提取技术	经浮选提纯得到软钾镁矾和氯化钾中间产品，按一定比例配比反应转化得到优质硫酸钾产品	内陆干旱区的含钾硫酸盐型盐湖
50	从碳酸盐型富锂卤水中提取锂技术	化工矿高效提取技术	冬储卤—多级冷冻日晒分离—太阳池集热沉锂，锂盐粗精矿用淡水浸泡选择性富集碳酸锂精矿，再经干燥得锂盐精矿	全年太阳能资源优越、冬季气温低的地区碳酸盐型富锂卤水
51	低品位硅藻土矿选矿与深加工技术	非金属矿高效利用技术	采用空气离心分离除去硅藻土中的粗砂粒和碎屑，煅烧除去有机质；机械强制擦洗和化学分散解离硅藻土与粘土矿物并良好分散，悬浮液差速离心沉降分离出粘土杂质。改性和填充共混复合制备铺路用硅藻精土改性沥青材料；表面改性和无机纳米复合技术制备硅藻土污水处理剂和硅藻土负载纳米 TiO_2复合光催化材料	具备供水、供电条件的硅藻土矿
52	低品位菱镁矿选矿提纯技术	非金属矿高效利用技术	以胺类为捕收剂，同时添加专用的调整剂，在中性或弱碱性条件下反浮选去除菱镁矿石中的石英	MgO 含量低而 SiO_2含量高的菱镁矿原料
53	鳞片石墨多段磨矿、多段选别技术	非金属矿高效利用技术	原矿经粗磨、粗选、扫选后丢弃尾矿，粗精矿再经 4～5 段磨矿、5～7 次精选达到保护石墨晶体结构、提高石墨精矿的目的	具备水、电、交通等开发条件的鳞片石墨矿山
54	微晶石墨（土状石墨）高温提纯技术	非金属矿高效利用技术	采用中高温或高温煅烧技术除去微晶石墨中含铝、铁、钙、镁的硅酸盐、脉石矿物及其他杂质，采用流态化技术使矿物颗粒充分分散，达到微晶石墨的精制提纯	具备供水、供电条件的微晶石墨资源产区

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
55	非金属矿粉体加工球磨加分级技术	非金属矿高效利用技术	通过优化长径比、篦板等的球磨机来实现非金属矿的超细粉碎，后配超细分级技术来控制不同粒度及粒度分布，生产不同细度的粉体产品	方解石、大理石、石灰石、重晶石、高岭土、矿渣、粉煤灰、水泥、石英、氧化铝等非金属矿
（3）能源矿产高效利用技术				
56	复合式干法选煤技术与工艺	煤炭高效洗选加工技术	以新研制的复合式干选机为核心，借助机械振动、析离、风力等作用的综合进行煤矸分选，可以作为主选和辅选工艺，实现了煤炭分选不用水。包括原煤准备、干选系统、产品储运等工艺	主要用于排除原煤中的矸石和硫铁矿，适应北方缺水矿区煤炭、易泥化褐煤、煤矸石分选加工
57	煤泥分级浮选技术与工艺	煤炭高效洗选加工技术	根据粗、细煤泥的不同可浮性和过滤特性，采用不同的加药制度和浮选、脱水设备，实现粗、细煤泥高精度分选和高效脱水	煤炭深度脱硫降灰，细粒矿物浮选、脱水及工业污水处理
58	常减压蒸馏技术	石油高效利用技术	经过常压蒸馏和减压蒸馏装置，原油被分割成汽油、煤油、轻柴油、重柴油、润滑油馏分等一次加工产品和重整原料、催化裂化原料、加氢裂化原料等二次加工产品	经过初步脱盐脱水的原油
59	两段提升管催化裂化技术	石油高效利用技术	新鲜催化裂化原料进人第一段提升管反应器与再生催化剂接触进行反应，循环油进入第二段提升管反应器与再生催化剂接触反应，能大幅度地提高轻油收率，降低干气产率。降低汽油的烯烃含量，汽油辛烷值不降低。同时可提高产品的柴汽比	直馏减压馏分油、焦化重馏分油、减压渣油、溶剂脱沥青 油、加氢处理重油等
60	连续重整国产化技术	石油高效利用技术	在一定温度、压力、临氢和催化剂存在的条件下，使石脑油转变成富含芳烃的重整汽油并副产氢气的过程，装置内设有单独的催化剂连续再生循环回路，从而使积炭催化剂连续不断地进行再生，催化剂始终保持有较高的活性	以直馏汽油为主的石脑油
61	超稠原油直接延迟焦化技术	石油高效利用技术	直接进行延迟焦化反应，省去蒸馏装置，节省能源，提供了一条二次加工装置直接加工重质原油的新途径	重油

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
62	FCC 汽油加氢改质催化剂和工艺	石油高效利用技术	将全馏分催化裂化汽油或经切割以后的重催化裂化汽油首先经过一装有选择性脱硫催化剂的反应器脱硫，然后再在一装有加氢异构化/芳构化催化剂的反应器恢复辛烷值，以在保证汽油辛烷值的前提下得到硫和烯烃含量均满足国 IV 清洁汽油标准的调和组分	催化汽油
63	重交沥青生产技术	石油高效利用技术	将软化点低和针入度、温度敏感性大的减压渣油，在一定温度条件下，通入空气进行氧化反应，使其软化点上升，针入度和温度敏感性减小，达到沥青规格指标和使用性能要求，生产高等级沥青，将低附加值产品转化为高附加值产品，经济效益显著	稠油生产重交道路沥青
（4）矿产资源高效利用技术装备				
64	大块岩石液压破碎机	矿山高效选矿辅助设备	由动力系统、液压系统、工作机构、液压破碎工具等部分组成	矿山溜井口、放矿口、入料口、格筛等处物料阻塞疏通及破碎。采石场的二次破碎。冶金炉、移动式钢包打壳，拆砖，拆包，清渣处理
65	CYM 型粉体湿法超细研磨机	矿山高效选矿辅助设备	通过研磨介质和生浆充分的混合、研磨、冲击、剪切，使粉体颗粒不断磨细，同时浆流由下往上运动，磨细的浆料从筒体上部出浆口溢出，过振动筛筛分后进入成品储罐	所有非金属矿、金属矿和能源矿粉体的超细粉碎
66	磁性衬板的应用技术	矿山高效选矿辅助设备	靠磁力在衬板工作面吸附一层磁性物质，形成保护层，达到减轻磨损、延长衬板寿命的目的的磨矿耗件	取代传统的高锰钢衬板用于铁矿、铜矿、金矿、多金属矿磨矿机衬板
67	新型高效分级技术与设备	矿山高效选矿辅助设备	采用新型的结构型式，大大提高了分级效率	磨矿分级回路中作为分级设备

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
68	100m³以上机械搅拌式充气浮选机	矿山高效选矿设备	单槽容积在100m³以上并有配套的矿浆pH检测、液面控制、给药控制和 PLC 中央操作等系统的充气机械搅拌式浮选设备	有色、黑色金属和非金属矿的浮选粗选扫选作业
69	旋流-静态微泡柱分离方法及应用技术	矿山高效选矿设备	柱体上部的柱浮选用于原料预选，选择性好，可得到高质量精矿；柱浮选下部进一步旋流分选得到合格尾矿；柱外管流矿化引入气体并形成微泡进一步分选旋流中的矿并与旋流分选相连形成循环	附近有充足水源和电源的金属、非金属矿浮选
70	露天铁矿废石永磁干选回收技术与设备	金属矿山固体废弃物利用技术	土场废石进行再选回收磁性铁，进而采用破碎、磨矿、磁选工艺选别，获得高品位磁铁精矿；同时生产用于铺路和建筑的矿石产品	铁矿山剥离废石或老排土场废石
71	大块矿石永磁干选机	黑色金属矿高效选矿设备	表面磁通密度高达 0.5T、筒表分选区磁场强度的平均值可达 400mT 的大块干式预选永磁干选设备，适宜矿石粒度为－450mm	大型铁矿选厂的预选作业、粗碎作业及废石再选作业
72	磁铁矿中磁场预选抛尾技术及设备	黑色金属矿高效选矿设备	用于矿石细碎后入磨前的 CT 型干式磁滚筒和细碎或粗磨后的 BKY 型和 BKC 型湿式预选磁选机等粗颗粒矿物二次预选技术及设备	粗粒嵌布的磁铁矿、锰矿
73	XCTG 系列新型高效干选机	黑色金属矿高效选矿设备	采用筒体和磁系不同步双旋转、形成强度和方向交替变化产生强烈的磁搅拌作用的动态磁场的干式磁选设备	粒度-12mm 的磁铁矿石，给料粒度最大可以达到 20mm,含水量小于 5%
74	永磁中磁场磁选机	黑色金属矿高效选矿设备	磁场强度一般在 400mT～800mT 之间，分选方式为干选，给料方式为上部给料，矿物分选粒级范围在 25～0mm 之间	粗粒磁铁矿、假象半假象赤铁矿分选及各种矿物的除铁提纯
75	大型永磁筒式磁选机	黑色金属矿高效选矿设备	新型永磁筒式磁选机，处理能力达到 150～180t/h（干矿），矿浆处理能力500～650m³/h，单机处理能力大幅提高，单位能耗显著降低	大型磁铁矿选矿

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
76	磁铁矿磁重分选技术与高效精选设备	黑色金属矿高效选矿设备	利用磁铁矿单体磁团聚后增大了与连生体的尺寸差、密度差，筛上为精矿，筛下为尾矿；磁聚机利用磁铁矿颗粒磁团聚加速沉降成为精矿，单体脉石和连生体被上升水流带走成为尾矿	弱磁性磁铁矿石
77	煤泥干扰床分选技术与设备	煤炭高效洗选加工设备	利用干扰沉降条件下入选颗粒粒度、密度的不同实现了全粒级粗煤泥的有效分选，使重介质、浮选选煤工艺系统得到改善，可使重介旋流器分选中细煤泥量减少，降低了精煤中高灰细颗粒的含量，提高精煤产率	与重介旋流器和浮选工艺配合使用
78	高效重介质选煤脱水脱介成套装备	煤炭高效洗选加工设备	重介质选煤脱水、脱介装备包括高效煤泥离心脱水机、新型高效磁选机、大型高效振动筛等的大型配套装备	炼焦煤、动力煤重介选煤厂精煤脱水分级、煤泥水脱介、煤泥脱水等
79	重介质浅槽分选技术与设备	煤炭高效洗选加工设备	根据悬浮液在重力场中对不同密度分选物料浮力作用原理，实现块煤的高效分选，包括排矸和精煤分选两种工艺，洗选效率高，且可实现自动化监控	150～13mm（6mm）颗粒的精煤分选和 50～300mm 颗粒的原煤排矸处理
80	双供介无压给料三产品重介质分级选煤工艺及装备	煤炭高效洗选加工设备	利用介质浮力和旋流器离心力将悬浮液由两个不同直径的渐开式的供介管给旋流器供料，进行原煤分选的物理方法，具有分选效率高、生产能力大、能耗低等突出的优点	各类焦煤、动力煤洗选，高硫、难选和极难选煤洗选
81	NDY 型内热式煅烧回转窑	矿山高效选矿辅助设备	窑头罩前端设置一热风炉，产生高温气体直接进入回转窑内，物料在回转窑内运动过程中被高温热气逐渐加热到工艺煅烧温度	非金属矿行业、冶金行业和化工行业的煅烧深加工
（三）矿业固体废弃物、废水、废气利用技术				
82	伟晶岩型钽铌矿伴生非金属矿的回收技术	有色金属矿山固体废弃物利用技术	充分利用白云母耐磨、难磨细、片状解理发育的特性，采用高频细筛和 GL 螺旋选矿机预先分离实现白云母早收多收，不影响主流程重选回收钽铌	矿石含有云母、长石和石英矿物的同类尾矿

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
83	铁矿尾矿再选技术	金属矿山固体废弃物利用技术	对磁铁矿尾矿进行再选；强磁抛尾—强磁精矿再磨一弱磁反浮选或弱磁粗选一弱磁精选一强磁扫选对赤铁矿尾矿再选	磁铁矿尾矿或赤铁矿尾矿
84	石棉尾矿高效综合利用技术	非金属矿固体废弃物利用技术	采用酸浸工艺浸出石棉尾矿中的氧化镁及少量氧化铁、金属镍；酸浸液沉淀分离铁镍混合物后碱析超细氢氧化镁；固体渣经碱溶、酸析生产超细高比表面白炭黑或多孔二氧化硅	石棉尾矿或蛇纹石资源，并具备供水、供电条件
85	磷矿尾矿再选技术	化工矿山固体废弃物利用技术	再磨后，采用添加选矿药剂和配合使用反浮选工艺脱除废石矿物，从而得到磷矿尾矿再选精矿	非金属矿尾矿
86	磷石膏综合利用生产硫酸铵技术	化工矿山固体废弃物利用技术	在复分解转化后，采用三效蒸发浓缩技术,降低蒸汽消耗，减少采用直流水加热消耗能源，尾气中的 NH_3 含量低于国家标准	磷复肥工业的废渣
87	有色金属冶炼废渣中铟等稀有金属综合利用技术	有色金属矿山固体废弃物利用技术	火法与湿法冶金相结合，将废料中的铟等可利用元素富集，再经浸取、过滤、沉淀、萃取、反萃取、置换、熔铸等工艺，将有用元素从废料中转入溶液，再经分离、提纯和铸造，获金属铟等	与铅、锌、铜、锡、锑等金属有关的冶炼渣、烟尘和冶化废水
88	冶炼厂含铁尘泥循环利用技术	矿山废渣利用技术	高炉瓦斯泥经除渣筛隔除的粗粒浮选回收炭、细粒经螺旋溜槽重选回收铁精矿，尾泥作建材	钢铁冶炼过程中产生的各种细粒粉尘（泥），特别是高炉瓦斯泥
89	硫酸渣高效选铁技术	矿山废渣利用技术	硫酸渣原料经配浆、隔渣处理、段粗细分级、重力选铁、重尾磨矿、二段粗细分级、返回重力选铁、细级别反浮选	黄铁矿制造硫酸或亚硫酸过程中排出的废渣
90	利用高炉水渣生产硅肥技术	矿山废渣利用技术	高炉水渣进行破碎、筛分，使其粒度达到 250μm 以下，并检测其化学成分和有效硅的含量，用不同硅肥激发剂和粘结剂对其进行有效硅调配和产品造粒	炼铁炉渣、黄磷炉渣、燃煤炉渣、粉煤灰、赤泥等
91	硼泥综合利用技术	化工矿山固体废弃物利用技术	以硼砂厂的硼泥为原料，利用白云灰与硼泥生产轻质碳酸镁和轻质氧化镁	硼镁矿生产硼砂厂的硼泥
92	氰化尾渣综合回收低含量有价金属技术	有色金属矿山固体废弃物利用技术	易处理氰渣先浮铅再浮选出含铜金银精矿，含砷氰渣经中和脱 CN、再浮选再次回收金、银	金氰化尾渣（包括含砷的）

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
93	矿井回风源热泵系统及配套技术	矿山废热利用技术	采用卡诺原理、制冷压缩机从矿井低温回风热源提取高位热源，回收热能替代燃煤锅炉为工业广场建筑供暖、进风井井筒防冻	井工煤矿有稳定回风的矿井
94	铁尾矿生产建筑用砂技术	金属矿山固体废弃物利用技术	将铁矿尾矿分级出粗粒尾矿，所剩细粒尾矿磁选回收铁矿物，得细粒新尾矿；对细粒尾矿或细粒新尾矿脱水得细粒干尾矿堆存或作为工业原料使用	SiO_2≥40%的铁矿尾矿
95	尾矿生产加气混凝土	金属矿山固体废弃物利用技术	将尾矿、石灰、水泥、石膏、发气剂、外加剂在温度 205℃下蒸压得符合 A5.0、B07 级加气混凝土产品	尾矿原料中 SiO_2 含量大于 40%
96	尾矿免烧砖、尾矿多孔砖制备技术	金属矿山固体废弃物利用技术	原尾矿、改性尾矿、水泥、粗骨料（砂石）、钢渣粉经配料、搅拌均匀、砌块成型、养护得强度达 14.2MPa 的免烧砖、强度达 5.7～13MPa 的多孔砖	矿石选矿后的废弃尾矿
97	二水磷石膏直接生产磷石膏砖技术	化工矿山固体废弃物利用技术	直接利用二水磷石膏为原料，通过“一步法”工艺生产磷石膏砖	磷复肥工业的废渣
98	矿山酸性废水综合处理及应用技术	矿山废水利用技术	将酸性废水和碱性废水配成一定比例的循环底泥和石灰乳，充分混合、添加絮凝剂，浓密沉淀，上清液回用或达标外排，底泥（中和泥浆）部分用作循环底泥、部分输送到压滤车间或排入尾矿库	常规的石灰法酸性废水处理工艺改造
99	矿山含硫矿物、As、Pb、Cd 废水的处理工艺	矿山废水利用技术	废水经过曝气氧化后给入中和池（pH 为 8.6～9.5）中和、混凝，再进入沉淀池中静置、沉淀；上清液进入物化吸附装置—活性炭过滤其中重金属，获得符合环保或农用要求的清水	有色、化工、冶金等矿山选厂排水、尾矿库溢流水和采矿矿坑涌水
100	煤矿矿井水资源化综合处理技术与工艺	矿山废水利用技术	根据矿井水类型和所含污染物，采用固体悬浮物去除、溶解性盐类去除、酸性水中和、特殊污染物处理等工艺进行净化处理，达到国家工业和生活用水标准，替代地下水源，减少污染排放	煤矿井下排出的各类矿井水洁净化、资源化处理

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	应用对象条件
101	煤矿高浊、高铁锰、高矿化度矿井水处理技术	矿山废水利用技术	采用混凝沉淀、锰砂过滤、精密过滤、反渗透等综合处理技术，实现重度污染的高浊、高铁锰、高矿化度矿井水资源化	高浊、高铁锰和高矿化度极难处理矿井水的净化处理
102	冶炼烟气制酸技术	矿山废气利用技术	包括烟气净化、烟气的干燥、二氧化硫的转化和三氧化硫的吸收	铜、镍、铅、锌等有色金属冶炼产生的SO_2＞3.5%烟气
103	可资源化活性焦烟气化工矿山废气利用技术	高温	加热状态下，活性焦微孔中的硫酸被分解，生成高浓度二氧化硫的气体，同时再生后的活性焦可循环利用	化工矿废气利用
（四）矿山环境修复技术				
104	煤矿塌陷地充填复垦土壤重构技术	矿山生态恢复技术	采用粉煤灰、煤矸石等固体废弃物充填、水工余土回填地面采煤沉陷区，恢复地表形貌，采用土地平整、疏排和水土、肥力重构技术，实现了煤矿塌陷地复垦和生态保护	煤矿开采造成的地面塌陷治理和复垦，尤其适宜在东部平原矿区推广应用
105	塌陷区尾砂干式排放工艺技术	矿山生态恢复技术	集成“高压深锥浓缩、远程一段输送、陶瓷过滤脱水、干式排放治患”的成套尾矿处理与塌陷区治理新技术	金属矿山新建尾矿库和塌陷区尾矿干式排放
106	矿山尾矿库无土植被生态恢复技术	矿山生态恢复技术	主要包括场地稳定技术、污染防治技术、尾砂改良技术和生物多样性技术	尾砂属于中性、弱酸或弱碱性、周边土源缺乏的矿山尾矿库
107	金属矿山排土场复垦土壤改良及植被快速恢复技术	矿山生态恢复技术	包括物理、生物法改良复垦土壤，植物品种选择、种植方法、配置模式	位于山地丘陵地带、难以采集到大量覆盖客土或客土来源广泛的金属矿山排土场

二、限制类技术

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
（一）采矿领域				
1	水力采煤技术	采煤技术	用于倾斜、急倾斜中厚和厚煤层开采，采用巷采式开采工艺，采掘合一，高压水力落煤、水力冲运的采运方式。矿井水采、水运，原煤通过管路提升。在构造条件复杂的煤层应用时，开采工艺简便。在煤层赋存条件较好时，生产能力小，但资源回收率低	倾斜煤层综合机械化采煤技术
2	厚和特厚煤层普通机械化放顶煤开采技术	采煤技术	厚和特厚煤层长壁工作面下部煤层采用机械破采或爆破开采后，再依靠矿山压力对顶部煤层进行冒落开采的采煤方法。顶煤冒落和支护设备回撤由人工完成，劳动强度大、安全性差	综合机械化放顶煤开采技术
3	厚煤层房柱式开采技术	采煤技术	在煤层中同时开掘数条平行巷道，隔一定距离相互贯通形成循环通风和交通运输通道，再继续向前掘进，循环往复，直至采区边界。然后采用后退式方法进行平行巷道间的煤柱回收。主要生产设备为连续采煤机、运煤梭车、锚杆钻车、通风设施等，开采高度一般小于 4m。煤层厚度大时，资源丢弃严重	厚煤层长壁式综合机械化采煤技术
4	厚煤层留顶煤、留底煤开采方法	采煤技术	煤层顶板破碎或底板松软采用留顶煤、留底煤的方法对采煤工作面顶板和底板进行管理。但顶煤和底煤留设厚度难以掌握，多数回采工作面采用偏于保守的多留顶煤、底煤的方法，造成资源的损失。厚煤层开采时，有部分工作面设备开采高度低，也会造成顶煤、底煤的丢失，浪费大量资源	厚煤层综合机械化分层开采技术或放顶煤开采技术
5	坚硬煤层综采放顶煤开采方法	采煤技术	厚和特厚煤层长壁工作面依靠采煤机械设备开采煤层下部，依靠顶板压力使工作面支护设备上部顶煤得到破碎。在坚硬煤层条件下顶煤需要进行超前松动爆破，目前爆破效果难以控制，破碎程度难以掌握，导致放煤工艺中部分顶煤难以回收，浪费了资源	综合机械化分层采煤方法

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
6	近距离煤层群矿井逆顺序开采工艺	采煤技术	当矿井中分布多个可采煤层，且煤层间距离较小时，下部煤层的开采会造成上部煤层底板和煤层垮落，破坏了上部煤炭资源。尤其是在中厚煤层、厚煤层、薄煤层共存的矿井中，中厚和厚煤层工作面生产能力大，是矿井主采煤层。若在同一开采区段内，逆顺序开采必定会造成上部煤炭资源破坏，难以再进行开采利用	近距离煤层群按煤层上、下分布关系，在同一区段内应采用从上至下顺序的开采工艺
7	巨厚煤层一次采全高放顶煤采煤方法	采煤技术	当煤层厚度巨大时（一般超过 15m），若采用一次采全高放顶煤采煤的方法，顶煤破碎、下落轨迹难以控制，致使部分煤炭下落到采空区，采区回收率极难保证，造成资源丢失。且该采煤方法原煤含矸率较高，影响洗选效果，造成煤矸石外排，污染环境	厚煤层综合机械化分层开采方法
8	露天煤矿间断式开采工艺	采煤技术	在露天矿坑的生产作业点依次轮回地进行凿岩爆破、岩土剥离、煤炭采装等工艺，主要采用单斗挖掘机、铁道运输等机械设备，设备重复频繁移动，能源消耗大；开采工序繁杂，有效利用时间短，矿坑坡度小，资源利用率较低	露天煤矿连续式或半连续式开采工艺
9	矿井提升直流电机	矿井提升设备	矿井提升电机直流调速系统结构复杂，维修费用高，电机结构较交流电机复杂，能耗高	交流变频电机
10	矿井提升串电阻调速	矿井提升设备	在电阻上产生电压降，减少了加在定子绕组上面的电压，减小了启动电流。启动阶段电能损耗大，加减速过程平滑性差	变频调速
11	地下矿山通风用离心风机与低效率轴流风机等高能耗通风设备	矿井通风设备	离心风机作为主扇需设立反风道以满足安全要求，风机漏风大，有效风量率低；不适合矿井通风的低效率轴流风机能耗高	高效率矿用轴流风机
12	单一压入或抽出式通风系统	矿井通风技术	地表或井下设立单一扇风机站，将地表新鲜风流经由进风井巷送到井下作业点，污风经由回风巷道排出地表，内部外部漏风量大，风流难以控制，能耗高；井下很难实现按需供风，通风效果不佳	多机并联空气幕通风技术
13	高能耗矿井固定设备	矿井固定设备	矿井高耗能提升、风机、水泵、空压等设备，作业效率低	低能耗高效矿井固定设备

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
14	高能耗矿岩提升、运输工艺技术	矿井提升运输技术	单位能耗高的提升与运输系统，生产效率低	低能耗矿岩提升、运输设备合理匹配工艺技术
15	普通电耙采矿	出矿技术	用普通电耙出矿的采矿方法，电耙能耗高，效率低；电耙道容易损坏，维修难	铲运机出矿
16	磷、硫矿山空场采矿法中的浅孔房柱法	化工矿山采矿技术	根据矿体产状和设备的要求，一般沿走向划分采区或矿块，矿块又分为矿房和矿柱。为支撑回采空间的顶板，空场内留有规则的矿柱。电耙出矿。劳动生产率、矿石回收率偏低，生产安全性差	高效率的凿岩台车凿岩，铲运机出矿，顶板锚固技术和高效率中深孔房柱法的生产工艺，组合式房柱法
（二）选冶加工领域				
17	传统的高耗能鄂式破碎机	破碎设备	规格较小的 PJ 型简摆式颚式破碎机、上动型复摆式颚式破碎机等，结构不合理，耗能高，破碎比小，耐磨性差，破碎产品粒度不均匀，过粉碎现象严重，排矿易堵塞	GXPE 型高效颚式破碎机、PEW 型外动颚式破碎机等新型颚式破碎机
18	小规格弹簧圆锥破碎机	破碎设备	采用偏心套驱动动锥体，大偏心距，低摆频，小驱动功率，排矿口采用大型螺旋套，过载保护采用弹簧组。用于中碎和细碎。破碎比小，排料口调节难，衬板磨损不均匀，过载保护差	液压圆锥破碎机
19	锤式破碎机	破碎设备	利用高速旋转的破碎体对物料施以打击作用使物料破碎，主要用于中、细碎。锤头磨损快，检修率高，不适于中硬以上矿石	液压圆锥破碎机、高压辊磨机
20	复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大铁矿石的一段磨选技术	选矿技术	一段湿式球磨机进行磨矿分级后就直接进行分选，一般磨矿细度为-200 目者占 40%～60%。无法达到有效分离的目的，最终造成资源、能源的浪费	多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术
21	极低品位“软铁矿”选矿技术	选矿技术	首先采用干湿磁选机预选，得到含铁品位 15%以上的粗精矿，然后采用湿式球磨机磨矿-磁选，最终获得合格的铁精矿	

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
22	有色金属破磨系统传统除铁技术	选矿技术	皮带输送机上安装永磁或电磁滚筒和悬挂式除铁器或电磁吸盘进行除铁。碎球难以除尽；可靠性差；能耗大	磁力弧除铁技术
23	采用大量石灰抑制黄铁矿的多金属矿浮选分离技术	选矿技术	在分离过程中加入大量石灰抑制硫（黄铁矿），在碱性介质中实现目的矿物与黄铁矿的分离。浮选分离效率低；生产成本高，运输、管理问题多；环境污染严重	新型的有价元素选择性捕收剂和黄铁矿高效抑制剂，配合有针对性的流程结构
24	采用大量硫化钠的抑铜浮钼的铜钼分离技术	选矿技术	在铜钼分离过程中大量使用硫化钠抑制黄铁矿、黄铜矿而浮选辉钼矿的生产工艺。矿浆粘性增大，分离效率降低；增加环境治理成本	配合先进选矿工艺，使用含铜含铁矿物绿色抑制剂
25	手工拣选等非金属矿选矿提纯工艺	选矿技术	根据矿石和废石之间的外观特性（颜色、光泽、形状等）采用人工方法拣选出矿石和废石，但分选效果不佳、劳动强度大	机械拣选法
26	辉钼矿和镍钼矿回转窑焙烧工艺	有色金属矿提取技术	采用煤、重油或煤气加热，辉钼精矿或镍钼矿在一个钢制圆筒回转窑内经过250～650℃温度的氧化焙烧脱硫。生产能力小，炉体寿命短，造成烟气二氧化硫浓度低不能制酸，污染排放	全湿法钼精矿加压浸出技术
27	小筒径永磁磁选机	磁选设备	小筒径永磁磁选机规格如Φ600、Φ750 等磁选机，分选效率不高，生产能力不够	Φ1200 筒径磁选机
28	永磁盘式回收机	磁选设备	主轴支撑在装有滚动轴承的轴承座上，主轴上穿有一个或多个由永磁铁氧体磁源组成的磁系、表面磁感应强度最高可达 200mT 的磁盘。作为铁矿尾矿中磁性铁矿物回收设备磁性矿物回收不充分，处理量较小、效率低，结构复杂，稳定性差，分选效果差	BKW 型尾矿再选磁选机
29	真空筒式内滤外滤机、带式过滤机	过滤设备	真空筒式过滤机是借在过滤介质一侧造成一定程度的负压（真空）而使滤液排出实现固液分离的连续式真空过滤机。带式真空过滤机通过将滤布铺设在带有网眼的胶带上，借助于重力和真空压差经滤布和网眼实现固液分离和脱水，脱水后的滤饼经卸料轮卸下。适应不了细粒矿物的过滤，且能耗大、难以大型化	陶瓷圆盘真空过滤机

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
30	干法选煤技术	选煤技术	6mm 以上的粒煤和块煤。原煤水分控制在一定范围内。用于排矸。但噪音和煤尘较大	湿法重选、浮选技术

三、淘汰类技术

（一）采矿领域

1	残柱式、巷柱式、高落式采煤法	采煤技术	从地面挖掘一立井井筒进入煤层，分头向各个方向挖掘巷道，随挖随采，留设煤柱作为顶板支撑。煤层厚时，人工凿落或炸药崩落的方法开采上部煤炭，资源回收率低，劳动环境和安全性极差	长壁式综合机械化采煤方法或短壁机械化开采方法
2	刀柱式采煤法	采煤技术	先在煤层中开掘两条平行巷道，直至采场边界，再掘进垂直于平行巷道的开切眼，形成循环通风、运输和人行通道。以开切眼为工作面向两侧煤帮劈帮采煤，局部临时支护。工作面较宽时，撤入预先新开切眼开采。两个开切眼相距一定距离，工作面留设煤柱隔断顶板的垮落。开采不连续，丢弃大量护顶煤柱，浪费资源	长壁式综合机械化采煤方法
3	扩壶爆破	爆破技术	采用凿岩机凿岩，炮空直径一般 38～42mm，孔深 5～6m，分一次或多次在孔内放置小药量爆破，使孔内形成一个扩大的壶囊空腔，再在空腔内放置炸药爆破。安全性差，浅孔容易产生飞石	中深孔爆破
4	地下矿山自然通风	矿井通风技术	由于地热的作用，在矿井中不同井筒的风流温度不同，井筒底部的空气压力不相等，产生自然分压，在自然风流的作用下风流不断流过矿井形成自然通风过程，实现矿井通风。但漏风量大，风流难以控制，能耗高；通风效果不佳；通风系统可靠性差	机械通风系统
5	地下矿山干式混凝土喷射技术	矿井支护技术	由气力输送干拌合料，在喷嘴处与压力水混合后喷出。机旁和喷嘴外的粉尘浓度高，对工人健康的危害大；生产率、回弹度高；水灰比难于控制，混凝土固化程度低	地下矿山湿式混凝土喷射技术

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
6	人工装运	装运技术	矿石装运作业由人力完成，劳动强度大，安全性差	机械化装运
7	手工开采技术	开采技术	手工装运矿石作业，矿山开采规模小，工艺技术落后，资源浪费大；劳动强度大，作业环境安全性差	机械化开采技术
8	贴炮崩矿采矿工艺	开采技术	属于裸露爆破，将药包放在需爆破岩体的凹槽处、裂隙发育部位、孤石或块石的中部，并用粘土覆盖后引爆，但不易控制，且岩石易飞散较远造成事故，资源利用率低	穿孔爆破崩矿采矿工艺
（二）选冶加工领域				
9	电磁磁力脱水槽、电磁筒式磁选机和电磁带式磁选机	磁选设备	采用电磁技术进行弱磁性铁矿石的分选。耗能大，分选效率低	永磁磁力脱水槽，永磁筒式磁选机
10	固定尼龙细筛	过滤设备	开孔率低，不足 10%，且筛面固定不动，仅靠料流切割筛缝透筛，筛分效率很低，导致再磨循环量大，再磨产品过磨现象严重	高频振动细筛
11	A 型浮选机、XZF 型浮选机、SF 型浮选机、SKF 型 浮选机	过滤设备	A 型浮选机是结构较为简单、可自吸矿浆、自吸空气的机械搅拌式浮选机，XZF 型浮选机、SF 型浮选机、SKF 型浮选机是国内在 A 型浮选机基础上改进的机械搅拌式浮选机。能耗高，易损件寿命短，控制水平低下，选别指标差	XCF/KYF 型自吸浆充气机械搅拌式浮选机，BF 、GF、JJF 型自吸气机械搅拌式浮选机等
12	折带式真空过滤机	过滤设备	借助于滤布和压强差的作用，对浆体进行固液分离的过程。滤液通过多孔滤布滤出，固体物料留在滤布上，滤饼水分较高，过滤系数低，能耗高，占地面积大，造价高，劳动强度大	陶瓷过滤机、盘式真空过滤机
13	仿琼斯强磁选机	磁选设备	平环式强磁选机，用于对弱磁性铁矿石进行分选，易堵塞，脉石的机械夹杂较严重，磁性精矿品位不高，对给矿粒度的要求苛刻	立环脉动高梯度磁选机

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
14	铜铅分离过程中使用重铬酸盐或氰化物等剧毒药剂的分离技术	选矿技术	重铬酸盐是方铅矿的最重要的抑制剂，常用作方铅矿的抑制剂；氰化物对含铜矿物具有良好的抑制性，常用作黄铜矿的抑制剂实现抑铜浮铅。重铬酸盐、氰化物毒性较强	包括黄铜矿或方铅矿的绿色抑制剂（组合），以及选择性捕收剂的含铜铅多金属矿石短流程高效分离技术
15	复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大矿产的一段磨选技术	选矿技术	对于复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大的矿产资源采用一段直接磨细，进行一段选别的技术，能耗高，有用矿物过粉碎，降低分选效率，磨矿介质单耗高，生产成本高	阶段磨矿阶段选别技术
16	氢氟酸提纯石墨土法生产技术	非金属矿提纯技术	氢氟酸（HF）与碳含量 96～97%的鳞片石墨混合反应，去除石墨中的碱性氧化物和 SiO_2 等杂质，以提纯石墨，但对环境的危害大	酸碱提纯法
17	钾盐热熔法技术	化工矿利用技术	利用钾石盐和石盐在不同温度下，水溶液中具有不同的溶解度而进行分离，但工艺复杂，能耗大，设备腐蚀严重，材质要求高	反浮选—冷结晶工艺技术
18	混汞法提金工艺	金矿利用技术	用液态汞润湿矿浆中的金粒，生成汞齐，从而使金粒与其他金属矿物和脉石分离的化学选矿方法，但严重危害人体健康和环境	尼尔森选矿机重选技术
19	氰化池浸工艺	金矿利用技术	用含氧的氰化物溶液浸出矿石中的金,再用锌粉或锌丝从浸出液中提取金，但严重危害人体健康和环境	连续规模化氰化工艺
20	辉钼矿和镍钼矿反射炉焙烧工艺	有色金属矿利用技术	采用煤、重油或煤气加热，辉钼精矿或镍钼矿平铺炉底，从炉头燃烧室到炉尾尾气温度依次降低，加料、焙烧过程中物料翻动、焙烧放出等过程都是人工操作，劳动强度大，烟气不能处理，钼损失大和污染大气，铼无法回收	全湿法钼精矿加压浸出技术
21	烧结-鼓风炉熔炼炼铅技术	有色金属矿冶炼技术	铅精矿先进行烧结脱硫，采用设备一般为烧结机、烧结锅、烧结盘等，脱硫后的烧结块在鼓风炉中进行还原熔炼，得到粗铅，但烟气 SO_2 浓度低难以制酸，烧结块残硫，烧结返料量大，能耗高	铅富氧闪速熔炼技术
22	有效容积小于等于 $18m_3$ 的轻烧镁反射窑	非金属矿加工技术	粒度 50～200mm 的菱镁矿送入反射窑中，在 750～1100℃温度下煅烧两小时，煅烧后的矿石即为轻烧镁，经粉磨后为轻烧镁粉，热效率低，能耗高	节能型悬浮炉、沸腾炉、多层炉等新型窑炉

序号	技术名称	技术类别	主 要 内 容	推荐替代技术
23	有效容积小于等于30m³ 的重烧镁砂竖窑	非金属矿加工技术	轻烧镁粉经制砖、干燥在竖窑中 1800℃高温下煅烧 30 小时，煅烧后的物料经破碎到适当的粒度即为重烧镁砂，热效率低，生产能力小、能耗大	高效、节能、镁质原料高温煅烧技术
24	活塞跳汰选煤技术	选煤技术	采用活塞运动使跳汰机内水流产生脉动重力选煤，效率低、调整跳汰频率困难，能耗大、机械磨损大，处理量小	
25	溜槽选煤技术	选煤技术	在木溜槽或铁溜槽内利用水力冲洗煤炭，使煤和矸石分离，效率低，矸石中含煤量大，资源浪费大，用水量大，操作困难	
26	选煤工艺中不设浮选的炼焦煤选煤技术	选煤技术	没有浮选，煤泥中的精煤不能回收	
27	自生介质螺旋选煤技术	选煤技术	重力选煤的一种，效率低，适应性差、用水量大、资源浪费大	
28	洗水不闭路选煤技术	选煤技术	选煤厂煤泥水不闭路，洗水外排，污染环境，浪费资源	
29	淘汰的主要选煤设备	选煤设备	ΦM2.5 和 MA-3、PA-3 型浮选机；振动筛 YTS 型等；PG-27 真空过滤机	
（三）综合利用领域				
30	尾矿烧结实心墙体砖	尾矿利用技术	以尾矿为主要原料，采用高温烧结方法生产尾矿实心墙体砖，能源消耗高、生产成本高，且尾矿实心墙体砖产品的容重大，运输、使用不便	加工成建筑用骨料，制备加气混凝土、混凝土空心砌块、加气砖和蒸压砖
31	小型采砂船回采、重选回收尾矿库中铁	尾矿利用技术	回采能力小于 500t/d 的小型采砂船回采尾矿库中铁矿尾矿，用砂泵输送，螺旋溜槽选铁，处理能力小、效率低、选矿成本高，回采率低、铁精矿回收率低、品位低	高压水切和砂砾泵抽吸结合开采、水力旋流器和细筛分级、永磁大筒径磁选机高效分选

附件 2：

矿产资源节约与综合利用鼓励、限制和淘汰技术目录

鼓励类技术

1．露天矿陡帮开采工艺.....33
2．露天矿大区微差爆破技术.....35
3．露天开采裂隙岩体高质量爆破技术.....37
4．露天与地下联合开采技术.....38
5．磷块岩露天长壁式开采技术.....40
6．露天矿陡坡铁路运输技术.....41
7．大间距集中化无底柱开采新工艺.....42
8．自然崩落法.....44
9．大孔空场采矿法.....46
10．安全高效低成本全尾砂充填采矿技术.....48
11．制备高浓度全尾砂充填料浆立式砂仓技术与装置.....50
12．井下废石就地充填技术.....52
13．磷矿全废料自胶凝充填开采技术.....53
14．薄煤层综合机械化高效开采技术与成套装备.....55
15．煤矸石井下充填置换煤成套技术与装备.....57
16．煤矿区水资源保护性采煤技术.....59
17．煤层气地面抽采技术.....61
18．煤层气强化开采的关键技术.....63
19．利用二氧化碳驱油技术.....65
20．多分支井采油技术.....66
21．多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术.....68
22．微细粒磁、赤铁矿全磁流程分选技术.....70
23．鞍山式贫赤铁矿高效分选技术.....72
24．磁铁矿细筛—再磨再选技术.....74

25．贫磁铁矿预选技术与设备.....75
26．贫赤铁矿强磁预选技术与设备.....76
27．弱磁性铁矿石高梯度磁选抛尾技术.....77
28．贫磁铁矿石的弱磁－反浮选技术与工艺.....79
29．粗粒结晶磁铁矿的磁—浮联合流程生产超级铁精矿技术.....81
30．异步混合浮选技术.....82
31．电化学控制浮选技术.....84
32．铝土矿选择性磨矿—粗细分选脱硅技术.....86
33．低品位铜矿 L-SX-EW技术..... 88
34．钼镍矿综合利用清洁技术.....89
35．低品位氧化镍矿煤基直接还原镍铁技术.....90
36．直接湿法炼锌清洁技术.....91
37．低品位金矿综合利用技术.....92
38．原矿焙烧提金工艺.....94
39．难浸金精矿生物氧化预处理提金新技术.....96
40．复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术.....97
41．碎磨过程关键参数检测技术.....99
42．浮选过程关键参数检测技术.....101
43．中低品位磷矿浮选技术.....103
44．磷矿 WFS（酸性废水循环利用）－选矿技术.....105
45．胶磷矿微差比重分选与洁净环保技术.....107
46．高效利用磷、钙直接生产脱氟磷酸三钙新技术.....108
47．磷矿伴生氟资源回收技术.....109
48．磷矿伴生碘资源回收技术.....111
49．硫酸镁亚型盐湖卤水制取硫酸钾技术.....112
50．从碳酸盐型富锂卤水中提取锂技术.....114
51．低品位硅藻土矿选矿与深加工技术.....116
52．低品位菱镁矿选矿提纯技术.....118
53．鳞片石墨多段磨矿、多段选别技术.....120
54．微晶石墨（土状石墨）高温提纯技术.....122
55．非金属矿粉体加工球磨加分级技术.....124

56．复合式干法选煤技术与工艺.....126
57．煤泥分级浮选技术与工艺.....128
58．常减压蒸馏技术.....130
59．两段提升管催化裂化技术.....132
60．连续重整装置国产化技术.....134
61．超稠原油直接延迟焦化技术.....136
62．FCC汽油加氢改质催化剂和工艺..... 138
63．重交沥青生产技术.....140
64．大块岩石液压破碎机.....142
65．CYM型粉体湿法超细研磨机.....144
66．磁性衬板的应用技术.....146
67．新型高效分级技术与设备.....147
68．100m3以上机械搅拌式充气浮选机.....148
69．旋流-静态微泡柱分离方法及应用技术..... 149
70．露天铁矿废石永磁干选回收技术与设备.....151
71．大块矿石永磁干选机.....153
72．磁铁矿中磁场预选抛尾技术及设备.....154
73．XCTG系列新型高效干选机..... 155
74．永磁中磁场磁选机.....157
75．大型永磁筒式磁选机.....158
76．磁铁矿磁重分选技术与高效精选设备.....159
77．煤泥干扰床分选技术与设备.....161
78．高效重介质选煤脱水、脱介成套装备.....163
79．重介质浅槽分选技术与设备.....165
80．双供介无压给料三产品重介质分级选煤工艺及装备.....167
81．NDY型内热式煅烧回转窑..... 169
82．伟晶岩型钽铌矿伴生非金属矿的回收技术.....171
83．铁矿尾矿再选技术.....173
84．石棉尾矿高效综合利用技术.....174
85．磷矿尾矿再选技术.....176
86．磷石膏综合利用生产硫酸铵技术.....178

87．有色金属冶炼废渣中铟等稀有金属综合利用技术.....180
88．冶炼厂含铁尘泥循环利用技术.....182
89．硫酸渣高效选铁技术.....184
90．利用高炉水渣生产硅肥技术.....186
91．硼泥综合利用技术.....188
92．氰化尾渣综合回收低含量有价金属技术.....189
93．矿井回风源热泵系统及配套技术.....191
94．铁尾矿生产建筑用砂技术.....193
95．尾矿生产加气混凝土.....195
96．尾矿免烧砖、尾矿多孔砖制备技术.....197
97．二水石膏直接生产磷石膏砖技术.....199
98．矿山酸性废水综合处理及应用技术.....200
99．矿山含硫矿物、As、Pb、Cd废水的处理工艺..... 202
100．煤矿矿井水资源化综合处理技术与工艺.....204
101．煤矿高浊、高铁锰、高矿化度矿井水处理技术.....206
102．冶炼烟气制酸技术.....208
103．可资源化活性焦烟气中硫的回收技术.....209
104．煤矿塌陷地充填复垦土壤重构技术.....211
105．塌陷区尾砂干式排放工艺技术.....213
106．矿山尾矿库无土植被生态恢复技术.....215
107．金属矿山排土场复垦土壤改良和植被快速恢复技术.....216

限制类技术

1．水力采煤技术.....221
2．厚和特厚煤层普通机械化放顶煤开采技术.....221
3．厚煤层房柱式开采技术.....221
4．厚煤层留顶煤、留底煤开采方法.....222
5．坚硬煤层综采放顶煤开采方法.....222
6．近距离煤层群矿井逆顺序开采工艺.....223
7．巨厚煤层一次采全高放顶煤采煤方法.....223
8．露天煤矿间断式开采工艺.....224

9．矿井提升直流电机.....224
10．矿井提升串电阻调速.....224
11．地下矿山通风用离心风机与低效率轴流风机等高能耗通风设备.....225
12．单一压入或抽出式通风系统.....225
13．高能耗矿井固定设备.....225
14．高能耗矿岩提升、运输工艺技术.....225
15．普通电耙采矿.....225
16．磷、硫矿山空场采矿法中的浅孔房柱法.....225
17．传统的高耗能颚式破碎机.....226
18．小规格弹簧圆锥破碎机.....226
19．锤式破碎机.....227
20．复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大铁矿石的一段磨选技术.....227
21．极低品位“软铁矿”选矿技术..... 227
22．有色金属破磨系统传统除铁技术.....228
23．采用大量石灰抑制黄铁矿的多金属矿浮选分离技术.....228
24．采用大量硫化钠抑铜浮钼的铜钼分离技术.....229
25．手工拣选非金属矿选矿提纯工艺.....229
26．辉钼矿和镍钼矿回转窑焙烧工艺.....230
27．小筒径永磁磁选机.....230
28．永磁盘式回收机.....231
29．真空筒式内滤外滤机、带式过滤机.....231
30.干法选煤技术.....232

淘汰类技术

1．残柱式、巷柱式、高落式采煤法.....235
2．刀柱式采煤法.....235
3．扩壶爆破.....236
4．地下矿山自然通风.....236
5．地下矿山干式混凝土喷射技术.....236
6．人工装运.....237
7．手工开采技术.....237

8．贴炮崩矿采矿工艺.....237
9．电磁磁力脱水槽、电磁筒式磁选机和电磁带式磁选机.....237
10．固定尼龙细筛.....237
11．A型浮选机、XZF型浮选机、SF型浮选机、SKF型浮选机.....238
12．折带式真空过滤机.....238
13．仿琼斯强磁选机.....239
14．铜铅分离过程中使用重铬酸盐或氰化物等剧毒药剂的分离技术.....239
15．复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大矿石的一段磨选技术.....240
16．氢氟酸提纯石墨土法生产技术.....240
17．钾盐热溶法技术.....241
18．混汞法提金工艺.....241
19．氰化池浸工艺.....241
20．辉钼矿和镍钼矿反射炉焙烧工艺.....241
21．烧结-鼓风炉熔炼炼铅技术..... 241
22．有效容积小于等于 18m_3的轻烧镁反射窑.....242
23.有效容积小于等于 30m_3的重烧镁砂竖窑.....243
24．活塞跳汰选煤技术.....243
25．溜槽选煤技术.....243
26．选煤工艺中不设浮选的炼焦煤选煤技术.....243
27．自生介质螺旋选煤技术.....243
28．洗水不闭路选煤技术.....243
29．淘汰的主要选煤设备.....243
30．尾矿烧结实心墙体砖.....243
31．小型采砂船回采、重选回收尾矿库中的铁.....244

鼓励类技术

1．露天矿陡帮开采工艺

一、技术名称

露天矿陡帮开采工艺。

二、技术概况

陡帮开采是加陡露天矿剥岩工作帮所采用的工艺方法、技术措施和采剥程序的总称。它是针对露天矿初期剥岩量比较大，生产剥采比大于平均剥采比这一技术经济特征，为了均衡整个生产期的剥采比，推迟部分剥岩量，节约基建投资而发展的一项有效的工艺措施。

三、基本原理和工艺

在保持相同采矿量的前提下，用加陡剥岩工作帮坡角的工艺方法把接近露天境界圈附近的部分岩石推迟到后期采出,它与分期开采的目的相同，而比分期开采更加有效、灵活。陡帮开采把剥岩帮上的台阶分为工作台阶和暂不工作台阶，只要求工作台阶的工作平盘宽度大于或等于最小工作平盘宽度，而暂不工作的台阶则可按保证安全和运输通道的要求，尽量减小宽度。因此，陡帮开采通过控制暂不工作台阶数并减小它们的宽度来减小整个剥岩工作帮上台阶所占的平盘宽度,实现加陡剥岩工作帮坡角。

工艺流程：陡帮开采工艺方式有组合台阶开采、削帮开采（倾斜分条开采）、追尾式开采和高台阶开采。就其工艺实质而言，倾斜分条是组合台阶开采的特例，追尾式开采是横向推进方向的组合台阶开采。

四、技术特点

陡帮开采的特点是工作场地紧凑和分散，下降速度快，汽车运输方式，大型高效采装运输设备。矿山一般是大设备用于陡帮剥离，小设备用于缓帮采矿，从而避免出现剥离落后于采矿的“压死”现象。

五、适用条件

由于陡帮开采具有初期剥离量小、基建工程量少、建设周期短、最终边坡暴露时间短等优点,该技术适合于在大中型金属露天矿山（特别是覆盖层厚、剥离量大的露天矿山）推广应用。

六、应用情况和前景

该项技术已在本溪南芬应用，采剥工艺与开采参数如下。

1. 纵向工作线横向推进和双工作帮开采；2.上、下盘扩帮应用组合台阶和倾斜分条开采法。

组合台阶开采参数如下。

分台阶高度：12m，组合台阶全高72m，安全平台宽B2＝15m，循环推进宽度B1=65m，组合台阶开采周期T=（2～3）～（3～5）年，对应的工作平盘宽度B＝80～110m，陡工作帮边坡角φ＝15°，陡帮非工作帮坡角31°。延深步距24m，陡帮超前沟底130～150m。

扩帮工艺：

1. 按自然地形，共有4个独立的扩帮区：铁山上盘区、铁山下盘区、矽石山区、北山区。铁山区与矽石山区同时扩帮，两者扩帮后再进行北山扩帮。

2. 铁山上盘扩帮宽度大，分2～3个条带用组合台阶采出，铁山下盘用倾斜分条一次采出到位，矽石山430～382m水平以下用两个倾斜分条采出，北山是独立山包，310m水平以上，单台阶轮流开采一次靠帮到位，310m以下各水平用两个组合台阶开采。

2．露天矿大区微差爆破技术

一、技术名称

露天矿大区微差爆破技术。

二、技术概况

在大型露天矿山中，由于矿岩产量的增加，为了减少年爆破次数，必须提高爆破规模。大区微差爆破技术是在深孔爆破台阶爆破中采用较大孔径、多排孔的微差爆破，不但可以达到增大爆破规模的目的，而且可以改善矿岩破碎质量、减少爆破震动效应，可使矿山获得较大的经济效益。

三、基本原理和工艺

大区微差爆破技术实际上是利用微差爆破技术的特点，在大型露天矿山的深孔爆破台阶爆破中采用较大孔径、多排孔（10 排以上）的微差爆破，可以充分发挥临空面的反射控裂作用，前排的抛掷运动可以为后排爆破创造良好的新的临空面。而在多排微差爆破中，爆破后碎石的岩块向前运动的趋势严重受阻，产生挤压和碰撞。如果爆破数超过 10 排，甚至达到 15 排或 20 排以上时，爆破基本呈向上隆起的形态。由于爆破排表的增加，后排孔爆破挤压作用也会更大，爆堆向前抛移的距离会更小，有可能产生“挤压”现象或者极大地影响爆堆的松散性。

大区微差爆破由于爆破分段数量较多，分段药量较小，爆破地震效应得到了有效的控制。在大区微差爆破中采用较小的抵抗线和较大的孔距、斜线起爆等技术措施，取得了较好的降震效果。同时，减少了二次破碎工作量、增加了延米爆破量、降低了炸药单耗、减少了设备停产避炮时间，提高了铲装效率，可使矿山获得较大的经济效益。

四、技术特点

大压微差爆破的主要特点是采用多排孔微差爆破（10 排以上），增大爆破规模（几万吨到几十万吨）。在这种条件下，首先要保证爆破安全、可靠，尤其是 10 排以上的后排孔的爆破。前排孔爆破后要为后排孔爆破创造更好的临空面，

产生松动爆破的效果，不能被“挤死”。

1. 采用孔间和排间延时，爆压较长时可分压进行爆破。排间延时要大于孔间延时。

2. 孔径小、难爆矿岩的延时取小值，孔径大、易爆矿岩的延时取大值。

在采用多排微差爆破时，为了不使各段爆破振动波发生叠加、避免峰值振速放大，确保多分段、小药量、有效降低爆破震动的目的，合理的微差间隔时间尤为重要。

五、适用条件

大区微差技术适合在大型矿山中石方的松动爆破，需挖掘机铲装，可增大爆破规模，减少年爆破次数，有利于提高矿山的矿岩产量，应用于复杂条件下的石方开挖工程中，可以缩短施工期限、减少对周围环境的干扰，获得较大的经济效益。

六、应用情况和前景

在金堆城钼矿露天采用大压微差爆破，一次爆破矿岩量已达 46 万吨。德兴铜矿采用大压微差爆破也取得了良好的爆破效果。

在青岛环胶州湾高速公路山脚村段，长 470m 深路堑的石方开挖中采用大压微差爆破，总爆破方量 11.5 万 m^3，总装药量 73.8 吨，爆破后效果很好，适宜挖装。距炮源仅 2.5～1.5m 的建筑物，爆破振动影响很小。

3．露天开采裂隙岩体高质量爆破技术

一、技术名称

露天开采裂隙岩体高质量爆破技术。

二、技术概况

对于复杂裂隙岩体，爆破矿石多半沿自然裂隙面松动，块度特大，多为 1～3m³。在地质调查分析的基础上，针对裂隙发育岩体的特性，确定合理的爆破参数。

三、基本原理和工艺

采用环形不耦合分段装药结构，提高装药重心，降低作用在孔壁上的冲击压力峰值，增加应力波作用时间，延长应力波幅值对岩体的作用时间，增大应力波传给岩石的冲量，使炸药爆炸后能量分布更均匀，降低大块和粉矿率，从而提高爆破效果。实施中间 V 型逐孔起爆，先爆炮孔能为后爆炮孔创造更多的自由面，爆破应力波反射充分，从而达到充分利用炸药能量的叠加作用，炸药用量最经济、合理，产生的爆破作业振动也最小。

四、技术特点

露采裂隙岩体高质量爆破技术的特点：工程地质条件精确分析、环形不耦合分段装药、周边炮孔延时减震、中间 V 形逐孔起爆。

五、适用条件

可广泛用于对露天裂隙岩体矿山及其他类似矿山的低耗爆破。

六、应用情况和前景

宜春钽铌露天矿采用裂隙岩体高质量爆破技术后，大块率由 6.5%降低到 1.6%，粉矿率由 4%降低到 2%；铲装、运输效率提高 22.3%；增加直接经济效益总计 5193.35 万元，经济效益显著；同时降低了爆破振动，爆破振动降低 51%，保护了周边建筑物的安全，属于典型的低碳爆破技术。

近年来，露天开采裂隙岩体高质量爆破技术已在国内外类似露天开采矿山推广应用，推广应用前景广阔。

4．露天与地下联合开采技术

一、技术名称

露天与地下联合开采技术。

二、技术概况

该项技术为目前在该领域最系统的技术，包括平稳过渡技术、联合采矿方法、联合采矿工艺、联合开采地质力学等，为露天地下联合开采矿山提供了一套成熟的工艺技术。

三、基本原理和工艺

露天转地下开采是指在同一矿床内，无论顺序的或者同时的进行露天和地下开采，如果它们在时间和空间上的结合是作为一个有机的整体，同时考虑开采设计时，则称之为矿床的联合开采。根据露天和地下开采在时间和空间上结合方式的不同，联合开采又分为：露天和地下同时联合开采、露天转地下开采、地下转露天开采等。

露天与地下联合开采技术包括露天-地下联合开拓方法、露天-地下联合开采稳定性分析、露天-地下联合采矿法、露天边帮残矿回收技术等。

1. 露天-地下联合开拓方法：根据矿山露天境界、露天开拓系统的具体布局形式，结合转地下后的开拓系统，在过渡期选择合理的开拓线路，以简化生产系统，提高生产能力。

2. 露天-地下联合开采稳定性分析：联合开采阶段地下、露天生产系统相互结合紧密，既要共用一些生产系统（如开拓系统），又会相互影响、制约。根据联合开采的相互制约条件关系，提出了地下采场稳定性分析方法、露天开拓系统稳定性分析方法和措施，以及露天境界顶柱稳定性分析方法。

3. 露天-地下联合采矿法：联合采矿法是露天生产体系和地下生产系统结合度最高的联合采矿方法，即根据露天生产的实际情况和地下开拓系统采矿方法的选择，选用露天穿孔、爆破，地下采装运输，露天和地下共用开采空间的一种采

矿方法，同时露天开采和过渡层开采形成下部采空区用以内排。应用该方法可以提高落矿作业效率，保障过渡期产能的顺利衔接，降低矿石运输成本。

联合开采工艺如下。首先分析露天采场和露天开拓、生产系统的现状，结合矿床地质资料、地下开拓回采方法，确定露天转地下过渡期的联合开采方案。根据联合开采方案，确定开拓线路的布设和采矿方法的选择，本着安全、效率、资源、成本的顺序和原则，确定各开拓系统、开采系统的时间布局和顺序，降低两种开拓、回采方式的相互影响和制约。利用数值分析方法和物理实验方法对开拓系统、采场（边坡）的稳定和安全进行分析、评价，并根据评价结果对回采顺序和采场结构参数进行调整和优化。

四、技术特点

该项技术为工艺性技术，系统性强，需要进行一系列复杂的研究与计算，能给露天地下联合开采矿山节约投资，防范安全事故，减少开采成本。

五、适用条件

该技术适用于具备露天地下联合开采的矿山，特别是露天开采即将结束、深部存在矿体、露天开采技术经济不合理、需要用地下采矿方法开采的矿山。

六、应用情况和前景

通过对露天-地下联合开采阶段的地下采场稳定性、露天开拓系统稳定性、露天境界顶柱稳定性等进行分析，优化地下采场的结构尺寸、地下矿块回采顺序，对露天境界顶柱厚度和结构进行重新优化。应用结果表明，矿山资源回收率提高了 20%，过渡期生产效率提高 40%； 露天-地下共用生产系统，降低过渡期矿石生产成本 2.31 元/吨；保证了矿山露天转地下过渡期衔接产能的稳定，保证了矿山生产系统的连续性。

我国目前有许多矿山正在转入地下开采，迫切需要露天地下联合开采技术提供支撑。

5．磷块岩露天长壁式开采技术

一、技术名称

磷块岩露天长壁式开采技术。

二、技术概况

缓倾斜、薄至中厚矿体一直是露天开采的难题。缓倾斜薄至中厚矿体露天采矿方法是以大功率推土机裂矿（或经穿爆）集堆为中心的新采矿工艺，解决了长期制约本类矿体露天开采的一个难题，成功地应用于云南滇池周边的磷矿山和其他类似的矿山，获得了显著的经济效益、资源效益和社会效益。

三、原理和工艺

在缓倾斜薄至中厚矿体这一特定的矿床赋存条件下，该方法在整个采场范围内，穿爆、裂矿、集堆沿着长壁采矿工作在斜面上操作，而装矿和运输则集中在联合采掘运输平盘上；在开采过程中，上层矿、夹层、下层矿采掘工作面沿走向相互保持一定的超前距离，并沿矿体走向不断向前推进。将以电铲为中心的传统采矿工艺，改变为以大功率推土机裂矿（或经穿爆）集堆为中心的新采矿工艺。

四、技术特点

该技术解决了长期以来因矿层倾角缓、厚度薄造成采掘分散、系统复杂、设备效率低和开采强度低的问题，大幅度地提高了采矿台阶的高度，改变了传统的低台阶、小分段的开采方式，简化了开采工艺和采场布置，提高了开采强度，简化了运输系统，大大改善了汽车运行条件，实现了采矿和内排复土在一个采区内同时进行。

五、适用条件

大中型缓倾斜、薄至中厚矿体露天开采。

六、应用情况和前景

该技术获得国家科技进步一等奖，可使开采强度提高 70%以上，开采损失贫化率大大降低，成本可降低 36%以上，推广前景广阔。

6．露天矿陡坡铁路运输技术

一、技术名称

露天矿陡坡铁路运输技术。

二、技术概况

我国露天矿山铁路运输常规坡度在 30‰以下，困难条件下也不超过 35‰。陡坡铁路运输采用大功率牵引电机车，在采用先进的防滑装置的情况下，铁路坡度达到 40‰～50‰。

三、基本原理和工艺

露天矿山陡坡铁路运输产生的轨道爬行力矢量与普通铁路运输产生的轨道爬行力矢量相比发生了很大的变化，其值超过轨道的安全使用指标 1 倍以上，造成轨道的严重变形、破坏，导致陡坡铁路无法实施。

根据爬行力矢量理论解决陡坡铁路轨道爬行关键性问题的途径是抵消及反作用爬行力矢量。采取增加轨枕和道床阻力，使两者相平衡，增加轨道整体防止爬行力矢量。对于钢轨与轨枕之间的爬行，关键是采用正反向穿销式防爬器；对于轨梯与道床之间的整体爬行，采用防爬桩装置，即以防爬桩装置承接轨梯剩余纵向爬行力。

陡坡铁路运输采用 ZG224-1500 型电机车（该型电机车安装 8 轴，配备 8 台 ZQ-400kW 大功率牵引电动机。轴重从 25t 增加到 28t）和 ZG150-1500 型电机车双机牵引，陡坡铁路使用的钢轨为 50～60kg/m 型，碎石道床（厚度 300～400mm），混凝土轨枕，B 型弹条式扣件，铁路坡度达到 40‰～50‰。

四、技术特点

陡坡铁路立足于矿山已有铁路技术装备和条件，以清洁能源——电为动力，节约木材，耗能低，更环保，使用和维护方便，运营成本低。

五、适用条件

适用于采用铁路运输的露天矿山，特别是深露天矿山。

六、应用情况和前景

陡坡铁路运输技术在我国大中型金属露天矿山（特别是深凹、运输量大的露天矿山）推广应用前景广阔。

7．大间距集中化无底柱开采新工艺

一、技术名称

大间距集中化无底柱开采新工艺。

二、技术概况

大间距无底柱开采新工艺解决了国内长期以来进路间距不能大于分段高度的技术难题，改善了放矿效果及采场地压，提高了采矿强度（劳动生产率提高了18%），降低了矿山采矿成本（矿石成本下降了 15%），提高了地下矿山产品的竞争能力。

三、基本原理和工艺

我国无底柱采矿法的结构参数一般是 10m×10m、15m×15m、20m×20m 等。从近年来的放矿模拟及多个椭球体的排列分析，进路间距与分段高度相等并不是最好的参数组合。从多个椭球体的平面排列来看，当椭球体五点相切时其矿石回收效果最好，而此时存在两种球体的组合，即通常所说的高分段和大间距结构。

从其相互变化关系来看，分段高度 H 与进路间距 L 的比值 K 和放出体之长半轴 a 与短半轴 b 的比值 V 之间有：

K=f（v），

具体是：在高分段条件下的分段高度 H 与进路间距 L 之比：

$H/L=3/2\times a/b$，

在大间距条件下的分段高度 H 与进路间距 L 之比：

$H/L=3/6\times a/b$，

放矿物理模拟试验表明，在分段高度为 15m 条件下，进路间距为 20m 的放矿效果较好。

四、技术特点

大间距采矿工艺具有如下特点：①采用大间距采矿结构大幅度地减少了矿山采准工程量，减少了矿石开采成本。据测算，当矿山由 10m×10m 的结构参数改

用大间距结构后，矿山可降低千吨采切比 30%左右，矿山开采成本可降低 30%以上。②改善采场地压状况。由于该结构加大了进路间的间距，减少了对岩体的削弱破坏，增大了应力分布的区域，减少了应力集中的程度，从而简化了矿山采场地压管理。

五、适用条件

适合于采用无底柱采矿法的地下矿山。

六、应用情况和前景

大间距无底柱采矿工艺由于具有减少采准工程量、改善采场地压、改造速度快等突出的优点，可以使矿石开采成本得到大幅度的降低，简化了矿山地压管理，可以适用于所有的无底柱开采应用的矿山。

8．自然崩落法

一、技术名称

自然崩落法。

二、技术概况

大型化、连续化回采是地下大规模高效采矿技术发展的方向。利用矿岩应力自然崩落是一种成本最低的地下大规模采矿方法。在矿体底部进行拉底，上部的矿岩不需借助强制爆破，依靠矿岩自重的作用下形成持续稳定崩落的采矿方法。多用于大型低品位矿床，生产能力高，一般可获得很好的经济效益。但矿块（自然）崩落法对其成功应用的技术条件，如可崩性、决定崩落矿岩块度的节理、裂隙特征和矿体规模产状有较严格的要求。

三、基本原理和工艺

矿块（自然）崩落法采矿利用地球内部的应力，矿体上覆岩石的重力、地质构造运动产生的残余应力和矿山井巷工程所引起的应力集中和分散，同时也利用岩体中的裂隙，在矿房底部进行较大的水平面积拉底，并且沿矿块四周采用一些垂直的和水平的巷道，削弱其与四周的联系，破坏矿石整体的应力平衡，使采区内的矿石在阶段的整个高度上自然崩落，并通过合适的底部结构放出、运走，从而保证崩矿的连续进行。

四、技术特点

用于地下矿山的矿块（自然）崩落法是一种大规模的和低成本的采矿方法，不需进行分层凿岩和分步骤的爆破使矿体崩落，仅依靠采场底部的拉底空间使矿体自然崩落，其生产能力大，工艺简单，便于组织管理，作业安全，开采成本低，是唯一能与露天开采经济效益媲美的高效地下采矿方法。

五、适用条件

矿块（自然）崩落法的应用有其特有的应用条件：①裂隙、节理或构造发育的大型块状矿床或厚度很大的倾斜或急倾斜矿体；②矿化较均匀，矿体内夹石含

量不宜多；③矿体必须是易于破碎的岩体；④矿石无结块和自燃的危险；⑤覆盖层要能随矿石一道崩落，否则会因空顶过高而突然冒落，引起强烈冲击波的危害；⑥覆盖岩石最好能破碎成较大的块度，而矿石破碎的块度较小；⑦地表允许塌陷。

六、应用情况和前景

矿块（自然）崩落法已能成功地应用于节理裂隙发育的硬岩体，目前已在美国、加拿大、智利、印尼、南非、菲律宾等 20 多个国家的 50 多座矿山得到了应用。如智利的特尼恩特矿年产 3500 万 t，美国享德森矿年产 600 万 t 等。我国中条山铜矿峪矿年产量为 400 万 t，采用电耙出矿。2000 年矿山实际生产能力已达设计产量 400 万 t/a，做到了扭亏为盈。目前已基本完成年产 600 万 t 二期扩建工程，是当前我国地下金属矿山规模最大的矿山。

可广泛地应用于厚大矿体的开采，特别是特厚大、低品位的矿体，可获得更高的经济效益。

9．大孔空场采矿法

一、技术名称

大孔空场采矿法。

二、技术概况

大孔空场条件下开采，具有采场一次崩矿量大、生产能力高、工艺简单、出矿效率高等优点，是地下开采的主要方法之一。按爆破方式的不同，可分为侧向崩矿（深孔阶段爆破和梯段爆破）与水平分层落矿（VCR 方法）两种。按炮孔的排列方式，又可分为均匀布孔与束状孔布孔。

三、基本原理和工艺

大孔侧向崩矿，炮孔单位长度装药量增加，使爆破抵抗线加大，爆破的效率提高、强度增大。但崩落矿岩块度和爆破有害效应的控制较为困难，落矿前需进行切割井、切割槽的低效率辅助工程作业。

水平分层落矿（VCR）大直径深孔采矿方法与侧向崩矿相比，半无限介质中球形药包爆破作用于矿岩的能量效率更高，破岩效果更好。同时，作用于矿房周边矿岩上的爆破有害作用较小。但在现有的炮孔孔径（一般为 165mm）条件下，为了实现球形药包爆破下向分层落矿，由于约束条件的限制，必须采用高爆速、高爆能、高密度炸药，这增加了爆破的成本。另外，球形药包落矿分层厚度仅 3 m 左右，装药工艺复杂。

束状孔大量空场采矿方法是以束状深孔高分层爆破与束状深孔变抵抗线爆破技术为基础的采矿新技术。解决了单个大孔均匀布孔爆破的技术难题。束状深孔爆破是以由数个密集平行深孔形成共同应力场的作用机理为基础的深孔爆破技术。

四、技术特点

大直径深孔采矿技术都在所开采的本阶段直接使用大型装载运输设备,在采场底部出矿，从而大幅度地提高开采强度；凿岩主要是潜孔钻和牙轮钻,孔径

106～200mm，最大孔深 100m，使用耦合或非耦合的连续或分段装药。

束状大孔空场爆破方案综合利用了有利于增强装药中远区爆破作用的束状孔效应和最优埋深条件下的球形药包漏斗爆破合理利用炸药能量的最优条件。凿岩硐室可以布置成凿岩巷道的形式，凿岩水平可以留有大尺寸连续矿柱；避免了切割井、拉槽等低效率作业辅助工程。从根本上改善装药爆破的约束条件。当量球形药包可以采用无特殊性能要求的普通低成本炸药，在提高每米崩矿量、降低炸药成本方面有明显的效果。多层矿体开采过程中，采用分层爆破，可以较好地控制落矿高度，实现分采分出，剔除夹石，降低贫化率。

五、适用条件

广泛适用于矿岩较稳定的厚、中厚倾斜、急倾斜矿体的大量开采。

六、应用情况和前景

大直径深孔采矿技术的发展是 20 世纪地下硬岩采矿技术的重大成就。国外使用空场采矿法出矿约占地下总采出矿量的 60%,如南非的全面采矿法、加拿大和西班牙的阶段空场采矿法、VCR 法甚至占绝对优势。

国内如凡口铅锌矿,使用阶段强制空场嗣后充填采矿法（VCR 法）,采场综合生产能力可达 300t/d,出矿能力达 1000t/d。冬瓜山铜矿、大红山铜矿实现了束状大孔 7m 分层与 12m 揭顶大量崩矿,铜坑矿束状大孔变抵抗线爆破一次崩落矿岩 77 万 t。金川二矿区、金厂峪金矿、安庆铜矿、狮子山铜矿、凤凰山铜矿相继开展了大直径深孔采矿技术的试验研究,并取得了成功。

可广泛推广应用于地下矿山的高效安全开采。

10．安全高效低成本全尾砂充填采矿技术

一、技术名称

安全高效低成本全尾砂充填采矿技术。

二、技术概况

全尾砂高浓度连续充填采矿技术是将未经分级的全部尾砂，通过与水泥等混合，制备成砂浆充填采空区。采用全尾砂高浓度连续充填采矿技术可避免地下矿山开采沉陷，回收矿柱，实现资源的有效开发、避免矿山开采沉陷对地表的破坏，减少或无需建设尾矿库，降低尾矿库尾矿排放、运营管理和尾矿库的征地费用。

三、基本原理和工艺

全尾砂高浓度连续充填采矿技术采用国际先进的三相流态化技术和絮凝沉降固液分离技术，将选厂尾砂直接泵入砂仓（有立式和卧式两种），实现了仓顶进料和仓底放砂连续充填：一方面仓顶进料，通过絮凝沉降脱水系统，尾砂下沉，清水溢流，回选厂重复利用；另一方面，仓底活化放砂，制备高浓度全尾砂砂浆进行充填。

工艺流程：首先利用先进的固液分离技术将砂仓顶部进入的尾砂料浆进行固液分离，在尾砂浆沉淀、浓缩的同时得到可以直接循环利用的澄清溢流水；然后利用高压水、气在立式（或卧式）砂仓底部的过饱和砂区域进行流态化造浆，得到满足充填要求的高浓度（＞74%）尾砂料浆。在这些技术的基础上形成单体砂仓的高效、连续高浓度充填技术。

四、技术特点

该技术建设的充填系统，能实现生产矿山全部或大部分尾矿的充填，充填能力强，充填成本低，不仅在有色金属、贵金属矿山使用，而且可在黑色金属等矿山广泛推广应用。

五、适用条件

该技术可在所有利用尾砂充填的黑色、有色、黄金等矿山应用，其应用的条

件为当前充填系统中应用较广泛的立式砂仓。随着充填技术在矿山的应用推广，许多老的充填系统中的砂仓正逐步地改造为高效、节能的立式或卧式砂仓；新建矿山则大多直接设计为立式或卧式砂仓充填系统，这就为本技术的推广应用提供了很好的基础条件。

六、应用情况和前景

已在安徽省铜陵市冬瓜山铜矿应用，取得的技术指标如下：立式砂仓尾砂制浆流量为 45～50m^3/h，连续作业时放出尾砂浓度 68%，间隔 6h 放出尾砂浓度 71%，间隔 12h 放出尾砂浓度 74%，絮凝剂添加量 30～40g/t，溢流水为清水。

与采用真空过滤制备料浆的全尾砂膏体泵压充填技术相比，该技术大大简化了工艺流程，操作简单易用、安全可靠，而且投资省，充填能耗和成本低，对于大多数充填矿山均具有很好的充填应用潜力。

11．制备高浓度全尾砂充填料浆立式砂仓技术与装置

一、技术名称

制备高浓度全尾砂充填料浆立式砂仓技术与装置。

二、技术概况

制备高浓度全尾砂充填料浆立式砂仓技术利用砂仓直接将沉淀尾砂制备成高浓度料浆，实现了高浓度全尾砂连续充填，克服了低浓度胶结充填料浆离析、泌水严重等困难，创造性地解决了高浓度料浆的连续制备和贮存问题，为实现矿山全尾砂充填创造了条件。

三、基本原理和工艺

采用国际先进的三相流态化技术和絮凝沉降固液分离技术，将选厂尾砂直接泵入立式砂仓，实现了仓顶进料和仓底放砂连续充填。首先利用先进的固液分离技术将立式砂仓顶部进入的尾砂料浆进行固液分离，在尾砂浆沉淀、浓缩的同时得到可以直接循环利用的澄清溢流水；然后利用高压水、气在立式砂仓底部的过饱和砂区域进行流态化造浆，得到满足充填要求的高浓度（＞74%）尾砂料浆。在这些技术的基础上形成单体砂仓的高效、连续高浓度充填技术。

四、技术特点

仓顶采用现代固液分离和澄清技术，实现尾砂仓内料浆快速沉降、浓缩，上部澄清水达到选厂重复利用或外排要求；仓底采用高压水、气区域流态化造浆技术，造浆浓度高且稳定，成本低，操作管理简单可靠；仓顶进料与仓底放砂同时进行，实现连续充填，便于同步处理选厂连续产出的尾砂，尾矿水回选厂重复利用，尾砂充填井下，形成矿山采选联合清洁生产工艺。

五、适用条件

随着充填技术在矿山的应用推广，许多老的充填系统中的砂仓正逐步地改造为高效、节能的立式砂仓；新建充填系统矿山则大多直接设计为立式砂仓充填系统，这就为本技术的推广应用提供了很好的基础条件。

六、应用情况和前景

该技术已成功地在安徽铜陵冬瓜山铜矿、河北蔡家营锌金矿、云南楚雄大姚铜矿等近百家矿山进行推广应用。与采用真空过滤制备料浆的全尾砂膏体泵压充填技术相比，高浓度全尾砂充填料浆技术大大简化了工艺流程，操作简单易用、安全可靠，而且投资省，充填能耗和成本低。

该技术在实现全尾砂充填的同时，立式砂仓仓顶溢流脱水与仓底造浆同步进行，彻底摒弃了传统间断充填与选矿连续作业制度的不协调，达到了选矿水闭路循环的目的，不仅提高了工业水的重复利用率，而且避免了矿山开采废弃物——尾砂和工业水污染，有利于环境保护，具有极好的社会效益。

随着环保要求的日益严格，充填技术将获得更为广泛的应用，立式砂仓的高效、稳定造浆可有效地解决充填工艺中的关键技术环节，推广前景广阔。

12．井下废石就地充填技术

一、技术名称

井下废石就地充填技术。

二、技术概况

在现代采矿业中，地压控制问题日益突显，成为地下矿山开采高效、安全作业的主要影响因素。为了防止或限制采空区大面积塌方和地表沉陷，维护矿柱围岩的稳定性，提高资源回收率，必须对采空区进行充填。井下废石就地充填技术将矿山采矿工程中的废石就地回填到井下采空区，不仅可以解决充填材料的来源问题，也可以解决环境污染问题，应用范围广。

三、基本原理和工艺

利用废石进行采空区充填,可解决尾砂充填料不足与采充严重不平衡的问题,有效地保证了矿山的持续生产。

工艺流程：首先形成井下废石的缓存及高效倒运系统，然后就矿房、矿柱进行井下废石就地高效胶结充填和非胶结充填。

四、技术特点

废石不出坑，节省废石的提升运输费用；避免或减少掘进进度受提升系统的影响；减少地表废石堆放量，节约征地费用，改善矿山环境；减少水泥用量，节约充填成本；增加充填骨料的供给，缓解矿山分级尾砂不足的矛盾，节约外购骨料的费用；加大充填能力，缩短采场充填时间，加快采充周期，提高生产效率。

五、适用条件

适用于地下开采的矿体条件较好并适用充填法的金属矿山。

六、应用情况和前景

安庆铜矿应用该技术，使矿山所产废石完全被井下充填消纳利用，节约提升运输费用 240 万元/a，充填成本减少 180 万元/a，解决了矿山废石排放和尾砂不足的问题，同时节约了采矿成本，提高了企业的生产效率，并取得良好的环境效应和经济效益，该技术具有广阔的推广应用前景。

13．磷矿全废料自胶凝充填开采技术

一、技术名称

磷矿全废料自胶凝充填开采技术。

二、技术概况

环保型化工全废料自胶凝充填开采技术利用磷矿山采出的废石、磷石膏等磷化工废料渣制成的充填料，为磷矿开采和磷化工磷石膏等工业固体废弃物的综合利用开辟出一条利用废渣的可行途径，既提高了资源利用水平，又可防止和减少地质灾害，是磷矿资源生态环保型无废害开采的综合体现。

三、原理和工艺

该技术是在矿山井下采空区内充填料浆（由磷石膏、水泥、粉煤灰和水按一定比例在地面充填站制成，然后由管道输送到采空场）和废石（由铲运机送到采空场）等混合物作为充填料，待凝固后，实现充填体对采空区顶板岩体的支撑。通过对采空区的充填，控制采空区顶板岩层的垮落，从而达到使地表岩石不受采矿的影响或影响很小，防止垮山、耕地破坏、排矸场占用耕地、地表公路和房屋受采矿威胁等地质灾害，同时，在对采空区进行充填时，由于使用磷石膏和采矿废石作为充填料，可防止磷石膏、废石占用大量的耕地和对周围环境产生的污染。采矿方法包含制浆输送、充填回采和沉降观测 3 个部分。

四、技术特点

解决磷石膏料中大块处理难的问题，使磷石膏的利用率从 90%提高到 100%；解决磷石膏和粉煤灰在放料过程中的结拱现象,确保磷石膏和粉煤灰能连续均匀地供料；解决磷石膏胶结充填料极细、搅拌困难等难题，使制备出的充填料浆呈似膏体状态、并且混合均匀、流动性好、采场脱水量少；采用了计算机控制技术和电视监视技术，确保充填料配比符合充填的要求，并大量减轻了人工强度。

磷石膏胶结充填系统与传统的膏体充填系统相比，具有工艺简单、操作容易、基建投资少等优点，仅为传统膏体充填系统基建投资的十几分之一，技术和主要

技术经济指标达到国际先进水平。

五、适用条件

类似地下矿山企业应用，可用尾矿、废石做替代物。

六、应用情况和前景

贵州开阳沙坝矿段用磷石膏、废石充填采矿技术，对回采后的采空场进行充填处理，采矿作业安全性能得到保障；解决了采矿可能引起的山体滑坡等灾害问题，保护了矿区内村庄和山体的安全，并实现了公路下保安矿柱安全开采，通过技术手段监测，山体保持稳定。采用全废料自凝胶结充填新工艺技术，解决了公路下 2262 万吨保安矿量开采的技术难题，并使沙坝的矿石回收率从目前的 70%提高到 85%～90%。推广前景广阔。

14．薄煤层综合机械化高效开采技术与成套装备

一、技术名称

薄煤层综合机械化高效开采技术与成套装备。

二、技术概况

我国薄煤层的储量丰富，约占全部储量的 20%。针对薄煤层工作面空间狭小、开采困难等特点，依靠基于滚筒式采煤机的薄煤层综合机械化开采技术和成套装备，为薄煤层煤炭资源安全高效开采提供技术手段。

三、基本原理与技术参数

采用长壁开采方法，由煤层中开掘的运输和通风巷道、采煤工作面和回风运料巷道组成了采区开采系统。安装在采煤工作面的薄煤层综合机械化装备完成破煤、装煤、运输、顶板支护等工艺。其中，薄煤层矮机身滚筒式采煤机破煤和装煤、低矮型铠装刮板输送机运煤、薄煤层掩护式液压支架支护工作面顶板，并移设工作面设备，实现了生产过程的全部机械化。

薄煤层综合机械化开采成套装备包括：低机身的 MG100/238-WD 型、MG2×100/456-WD 系列滚筒式薄煤层电牵引采煤机，SGZ630/2×132、SGZ764/2×160 型矮型刮板输送机和 ZY3800/06/14、ZY5200/08/16 系列薄煤层两柱掩护式液压支架。主要技术参数：①开采高度：0.8～1.3m；②工作面长度 80～150m，走向长度 600～2000m；③巷道断面尺寸：4.2m×2m；④设备装机总功率：660～980kW；⑤设计生产能力 500～800t/h；⑥顶板支护高度：0.6～1.6m；支护强度：0.75～0.98MPa。

四、技术特点

薄煤层综合机械化开采技术与成套装备采用低机身和矮型机构，过煤空间和装机功率较大，液压支架高度低、伸缩比和架间通道大，刮板输送机中布槽矮，满足了作业空间狭小条件下的人员通行、通风、运输等要求，实现了生产工艺的全部机械化，具有生产能力大、劳动效率高、安全可靠等特点，工作面年产可达

50～80 万吨，工作面工效可达 40～80t/工。

五、适用条件

薄煤层高效综采技术与成套装备适用于 0.8～1.3m 的薄煤层开采，煤层倾角小于 25₀，煤层厚度稳定，地质构造简单。在高瓦斯和有煤与瓦斯突出等重大灾害威胁的矿井中应采用必要的安全措施。

六、应用情况和前景

我国 85%以上的煤矿区均赋存有薄煤层，薄煤层资源不仅分布广泛而且大多为优质煤，四川、山东、黑龙江等矿区薄煤层储量均超过 50%，国有煤矿 1.3m 厚以下的薄煤层可采储量就达 60 亿吨以上。目前，为贯彻国家节约利用资源的政策，各主要产煤省区、煤炭企业对薄煤层资源的开采愈来愈重视。本项技术成果符合国家的产业政策和企业的发展需求，具有广阔的推广前景。

15．煤矸石井下充填置换煤成套技术与装备

一、技术名称

煤矸石井下充填置换煤成套技术与装备。

二、技术发展概况

我国东部经济发达地区煤炭资源短缺，建筑物、铁路公路、河流湖泊之下（“三下”）压煤问题严重。煤炭开采造成地表大面积沉陷，部分矿区煤矸石排放占用了土地资源，污染了环境。煤矸石置换煤成套技术、工艺与装备将煤矸石充填到工作面采空区实现了煤矸置换，使矿井开采造成的地面沉陷得到控制，使“三下”呆滞煤炭资源得到回收，实现了煤炭资源开发与矿区环境协调发展。

三、基本原理与工艺

本技术将地面堆存的煤矸石破碎后回运到井下，煤矿井下对采掘产生的煤矸石进行分选，一并回填到采煤工作面采空区充填，控制了“三下”采煤引起的地表沉陷，减少了煤矿工业废弃物煤矸石的排放，提高了资源回收率，保护了环境。

主要工艺：

1. 综采工作面矸石充填工艺：综采支架掩护的工作面割煤—井下运矸系统将矸石回运采煤工作面—液压支架后部输送系统将矸石充入采空区—液压支架充填机将矸石推移夯实，实现采煤与充填并行作业。

2. 普采工作面矸石充填工艺：利用采煤工作面下巷运煤、上巷回运矸石，在工作面铺设一部运煤刮板输送机和一部矸石充填刮板输送机，运煤刮板输送机随工作面开采推进前移，矸石充填刮板输送机随充填回移，实现采煤与充填的并举。

3. 矿井巷道采矸石充填工艺：

在煤柱中布置矸石充填巷道，先掘进采煤，然后采用矸石充填输送系统向巷道由内向外充填矸石，保证采空区充填物具有一定的密实度，将地表变形控制在地表建（构）筑物允许的范围之内。

4. 地面煤矸石破碎回运井下工艺：利用机械装置将地面煤矸石适当破碎，在地面适当位置打钻孔将其投入井下运输巷道，再经巷道运输系统将煤矸石回运到采区。

5. 井下煤矸分选系统工艺流程：利用煤和矸石力学性质的差异，由分矸机完成煤与矸的分离。

四、技术特点

1. 能够与煤矿现有的采煤技术体系相衔接，实现井下煤矸分离处置、开采沉陷控制和“三下”高回收率采煤相结合的矿区协调发展新生产模式，提高资源回收率，保护了矿区的环境。

2. 采用井下采空区进行煤矸石的机械化充填采煤方法，减少了煤矿固体废弃物的排放，有效地控制了岩层运动和地表沉陷，减轻了开采沉陷灾害，可以实现矿井矸石零排放，有效地保护环境和地面建筑。

五、适用条件

本项技术适用于各类井工煤矿中厚煤层的开采条件，特别是村庄、建筑物和河流湖泊较密集的矿区，应用本项技术对实现资源开发与地表环境保护具有重要意义。该技术一次充填高度不宜太大。目前，主要适应在厚度 4.5m 以下煤层开采的条件下应用。

六、应用情况和效果

该项技术已在山东、河北等地的 19 座煤矿进行了大规模推广应用。近 3 年来，上述矿区累计从“三下”呆滞煤柱资源中安全采出煤炭 549 万 t，减少向地面排矸 660 万 t，新增产值 30 多亿元，取得的直接经济效益达 9.45 亿元。

该项技术对煤层赋存条件和原生矸石充填材料具有很好的适应性，对岩层移动和地表沉陷控制效果好、实现了矸石不出井，并且技术先进、工艺系统简单，成果具有通用性与可移植性，适合在我国煤炭行业大规模地推广应用。

16．煤矿区水资源保护性采煤技术

一、技术名称

煤矿区水资源保护性采煤技术。

二、技术概况

本技术结合矿区水文地质结构系统的特征、采动覆岩运动破断规律、采场覆岩裂隙扩展与渗透规律、裂隙闭合及地下水位恢复条件、不同条件保水开采等关键问题，形成了煤矿区水资源保护性采煤技术体系，有效地解决了我国北方干旱半干旱地区浅埋深、薄基岩条件下煤炭资源开采与水资源保护之间的矛盾。

三、基本原理与工艺

技术原理：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垮落运动，查明受结构关键层控制的覆岩导水裂隙通道的高度及分布规律，建立隔水关键层的判别条件和判别流程，确定是否存在隔水关键层及其位置分布，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。

主要工艺流程：运用水文地质、岩体力学、采矿工程等多学科基础理论研究矿区水文地质、岩层采动导水裂隙发育规律—建立隔水关键层的判别模型—揭示隔水关键层的利用保护和恢复机理—形成煤层上覆厚基岩条件下的保水开采、薄基岩条件下水资源的转移贮存、烧变岩带保水开采、重要水源地保护规划等水资源保护性采煤技术—确定合理的采区布置和采煤工艺，保护隔水关键层，防止浅部水资源流失。

四、技术特点

本技术系统性地解决了北方大型煤炭基地资源开发与矿区水资源保护的问题。主要特点如下。

1. 根据煤矿区水文地质结构类型和结构系统，将整个井田划分为薄基岩含水区、厚基岩含水区、烧变岩含水区和弱含水区，提出相应的保水采煤技术措施。

2. 以煤矿区采动覆岩结构运动、裂隙演化和渗流规律为依据，建立保水采煤的隔水关键层模型，给出隔水关键层的判别条件，揭示矿区隔水关键层的利用、保护和恢复机理。

3. 针对矿区的水文地质结构特征和采煤条件，提出矿区水资源转移储存、矿井水资源化等相应的保水开采技术，系统地解决了浅埋深、薄基岩条件下煤炭资源开发与水资源保护之间的矛盾。

五、适用条件

本技术适用于我国西部和北部干旱、半干旱地区大型煤炭基地的煤炭井工开采矿区，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。

六、应用情况和前景

已在陕西和内蒙古的神东矿区、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明显改善。2005～2008 年，神东矿区主要含水层地下水位明显恢复，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 亿吨。同时，神东矿区通过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，消除了矿井水害的发生，改善了矿井安全条件。

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、生活和生态环境保护都需要大量的水资源，保护好矿区水资源是解决水资源短缺的重要途径。国家已经规划在晋、陕、内蒙古地区再建设一批千万吨级德特大型矿井，远景规划产量将达到 10 亿吨以上，保护矿区水资源势在必行。本项技术推广应用前景广阔。

17．煤层气地面抽采技术

一、技术名称

煤矿区煤层气地面抽采技术。

二、技术概况

我国煤层气 2000m 以浅地层中的储量约为 36 万亿 m_3，与常规天然气储量相当。但可解吸性差，透气性低，抽采难度大,多数矿区采用井下巷道钻孔的抽采方式。地面煤层气抽采具有生产条件好、抽采浓度大、抽采周期长、便于应用大型机械化装备等特点。

三、基本原理与工艺流程

煤层气通常吸附于煤层和煤系地层中，需要钻井进入储气层进行解吸和抽采。煤层气地面抽采技术包括地面钻井、水力压裂解吸、煤层气排采、集气输送等技术环节。

主要作业工艺流程为：钻井—完井—压裂—排采—集气输送。

1. 钻井工艺：采用清水钻井技术从地面向煤层中施工垂直井或定向井。

2. 完井工艺：在已完钻的井眼中下入合适的套管，在套管和井眼形成的环空中注入水泥浆，形成永久性钻孔井壁。

3. 压裂工艺：采用高压泵车将含有石英砂的压裂液大排量注入煤层，在煤层中形成裂缝，为煤层气的运移提供通道。

4. 排采工艺：采用整筒泵、螺杆泵或电潜泵等设备将煤层中的地下水抽出，使煤层压力降低，使煤层气自然解吸出来，通过调整产水量和井口套管的压力来控制井底流动压力和井底与储层的压差，实现“排水—降压—解吸—采气”。

5. 集气输送工艺：采用低压集输技术将煤层气井组（每组有几到十几口气井）各自的产气集中输送到集气处理站，为用户或输气干线输送符合气质要求的煤层气。

四、技术特点

地面煤层气抽采具有生产条件好、安全性高、抽采浓度大、抽采周期长、便于应用大型机械化装备等特点，是煤层气开采技术的重要发展方向。

五、应用条件

煤层气地面抽采技术适合于高瓦斯矿区高变质煤种、低渗透率高储层压力的煤层气藏开采，可以有地面煤层气垂直井、丛式井、水平羽状井等抽采方式。

六、应用情况和前景

已在山西沁水煤田大规模应用，单井最高稳定产气量达到 30000m3/d 以上。目前，山西晋城累计施工煤层气井 1536 口，稳定产气运行煤层气井 900 多口，煤层气日产量达到 180 万 m3，2006～2008 年煤层气共抽采量 6.6 亿 m3，累计销售收入达到 1.68 亿元。

本技术可应用于我国不同地质成因条件下的煤层气藏开发，应用前景十分广阔。

七、其他需说明的问题

我国煤炭资源地质条件复杂，煤层气储气条件多样化，以可解吸性差、透气性低、高变质煤层为主要特点，各矿区应根据实际情况研究选择地面煤层气抽采的具体工艺。

18．煤层气强化开采的关键技术

一、技术名称

煤层气强化开采的关键技术。

二、技术概况

煤层气勘探开发技术主要体现在钻井技术、完井技术、压裂工艺技术、注二氧化碳增产技术、煤层气生产和评价技术等方面。

三、技术原理和工艺

1. 钻井、完井工艺。①煤层气钻井在非煤层段一般采用泥浆钻进，目的层段用清水、优质低固相泥浆或无固相作为钻井液，防止煤储层的伤害；②采用绳索取心技术使煤层采取率达到90%以上；③高强低密度固井技术已成为国内煤层气勘探开发的完井规范技术，其水泥浆密度可控制在1.3～1.6g/cm3之间，而强度可以满足工程需要；④我国大部分煤层气井采用全套管完井、射孔压裂技术，少数井进行了套管、裸眼复合完井技术和裸眼筒穴完井技术尝试,但没有取得成功。

2. 水力压裂增产技术。煤层气开采最常用的增产措施是水力压裂。但是由于我国含煤地层的煤层塑性强,水力压裂效果并不理想。针对这一问题,进行了煤样三轴力学性质、静动态试验和煤岩的水力压裂裂缝启裂实验,建立了煤岩水力压裂的数学模型。中国石油煤层气项目经理部在煤层气勘探开发实践中还建立了煤层水力压裂裂缝诊断测试方法；中联煤层气公司采用放射性同位素和煤层破裂微地震检测方法来测试裂缝的高度、方位和长度。

3. 注二氧化碳增产技术。目前初步选定将沁南、三交、韩城3个区块之一作为工业试验地点，建立了微型先导性试验技术方案。首次在实验室进行了单组分（氮气、二氧化碳、甲烷）、多组分的吸附、解吸实验和单组分、多组分置换煤层气实验，取得了创新性的成果。

4. 羽状分支水平井开发技术。该项技术主要适用于中、高煤阶低渗透含煤区，通过增加煤层的裸露面积，沟通天然割理、裂隙，提高单井产量和采收率，

解决低渗区单井产量低、经济效益差的问题。高含气薄煤层也可采用这一技术。

四、技术特点

总体上我国煤层气强化开采的关键技术进展很大，主要体现在：针对性强，即主要针对我国煤层气的特点；突出经济效益，即有效地开发低产的煤层气资源。

五、适用条件

煤层气属于自生自储式的非常规天然气，是有机质在煤化作用过程中生成的、主要以吸附状态赋存于煤层及其围岩中的可燃气体，煤层气强化开采的关键技术主要应用于煤层气资源分布广泛但又相对集中的地区。

六、应用情况

针对不同煤层的特点，已形成的主要技术系列和预期效果如下表所示。

技术指标	性能	适用地质条件	适用地区	预期效果
地震 AVO 高产富集区预测	利用振幅随偏移距增大而减小的大截距大梯度异常，即煤层亮点中的强点显示信息	煤层含水、气量在各个区块各井中差别大,含气量较高	沁水、六盘水、鄂尔多斯、宁武、准噶尔等盆地	预测高产富集有利区
羽状水平井钻井	钻遇煤层水平段长1～2km，并在水平段均匀分支整体沟通煤层	中、低渗透性,低含水煤层;构造稳定,断层少	沁水、宁武、鄂尔多斯盆地中—高煤阶区	单井产量提高6~10倍
U型钻井及水平井钻井	钻遇煤层水平段长1~2km，进行末段两井穿针对接	中、低渗透性,低含水煤层;构造稳定,断层少	沁水、宁武、鄂尔多斯、准噶尔、吐哈等盆地中—高煤阶区	单井产量提高2~3倍
超短半径水力喷射钻井	在煤层中分几段向几个方向水力喷射钻进100~200 m	煤层稳定,厚度较大	沁水、鄂尔多斯、阜新、霍林河、准噶尔等盆地各类煤阶	单井产量可提高2~5倍
沿煤层钻井	高角度煤层沿煤层钻井，钻遇煤层达上千米	煤层倾角大于45°，断层少,构造稳定,煤层稳定	霍林河、准噶尔、格目底盆地周缘	单井产量可提高3~5倍
直井压裂	根据地层温度、应力、煤层、煤阶,确定压裂液体系和施工排量,排采中科学化管理	中、低渗透性煤层	沁水、鄂尔多斯、宁武、准噶尔、二连等盆地	同一口井比未压裂时的产量提高数十倍
连续油管压裂	在煤系地层砂岩、煤层中分段自下而上连续压裂	中、高渗透性，多煤层、薄煤层分布区	鄂尔多斯盆地乌审旗、准噶尔盆地准东南等地区	加拿大阿尔伯达盆地开发效果好
裸眼洞穴	煤层造洞穴并砾石充填或	高渗透煤层（渗透率 $>10^{-3}\ \mu m^2$）	霍林河、沙尔湖等厚煤	粉河、圣胡安、苏拉特盆地开发效果好

19．利用二氧化碳驱油技术

一、技术名称

利用二氧化碳驱油技术。

二、技术概况

注二氧化碳采油具有很多环境保护上的优点，不仅可以提高原油采收率，取得丰富的经济效益，而且具备社会效益，越来越受到世界各国的重视，应用越来越广泛。

三、技术原理和流程

二氧化碳比一般烃类气体易溶于水，而且在原油中的溶解度大于在水中的溶解度，即二氧化碳可以从水溶液中转溶于原油中，作为气驱的一种驱替方式。主要有以下两种：

1. 二氧化碳混相驱替。在混相驱替过程中，二氧化碳抽提原油中的轻质组分或使其汽化，从而起到混相、降低界面张力等作用，该过程是二氧化碳混相驱替最重要的提高采收率的机理。由于受地层破裂压力等条件的限制，混相驱替只适用于API 重度比较高的轻质油藏。

2. 二氧化碳非混相驱替。二氧化碳非混相驱替的主要采油机理是,降低原油的粘度，使原油体积膨胀，减小界面张力。当地层和流体的性质决定油藏不能采用混相驱替时，利用二氧化碳非混相驱替的开采机理，也能达到提高原油采收率的目的。其主要应用包括:①用二氧化碳来恢复枯竭油藏的压力；②重力稳定非混相驱替；③重油二氧化碳驱替；④用二氧化碳驱替开采高粘度原油。

四、技术特点

降低油水界面张力，减少驱替阻力；降低原油粘度；使原油体积膨胀；压力下降造成溶解气驱；改善原油与水的流度比；酸化解堵作用，提高注入能力；萃取和汽化原油中的轻质烃；混相效应。

五、适用条件

适用于多种无法注水开发的油藏和注水开发后枯竭的油气藏。

六、应用情况

大庆油田部署的40口井注气效果良好，油井产量明显回升，利用二氧化碳驱油技术累计增产原油3000t。

中原油田部分油井采用该技术后，经过1年的运行初步见效，日产油由0.3t升至12.3t，试验井组原油采收率达到55.4 %，比常规水驱采收率提高12.5%。

20．多分支井采油技术

一、技术名称

多分支井采油技术。

二、技术概况

多分支井是2O世纪9O年代迅速发展起来的一项极具竞争力的石油开采技术， 可高效、低成本地开发低渗透油藏、页岩气、煤层气、致密气等多种难采的油气藏，大幅度下降综合成本，在降低成本的同时生产更多的油气，提高经济效益。

三、技术原理和流程

包括从主井筒钻出、回接到主井筒内的一个以上分支井筒的井。实施该技术的关键和前提是做细做好钻井和完井设计。

1. 多分支井类型的选择。根据主井眼是否已下套管、油藏的不同特点（单一、多层、块状等）、油层构造特性、完井方式、主井眼与分支井眼是分采还是合采等来确定分支井的类型。

2. 多分支井井眼轨迹设计。①根据分支井眼侧钻方式的不同，确定分支井眼侧钻点的间距和初始井段的类型；②分支井眼的分支位置应选择在地层致密、岩层易钻和井眼稳定的井段。造斜率的设计应考虑完井方式、后期采油及修井作业的要求。而侧钻点的深度、靶点位移和水平段长度的设计，应充分考虑主井眼的条件、油层压力、流动摩阻等因素；③用斜向器进行开窗侧钻施工的多分支井，其斜向器一般应下在直井段或稳斜段。

3. 多分支井钻柱的确定。①最大限度地降低扭矩和摩阻；②钻柱具有较高的抗拉强度，可采用钢级为S135的钻杆；③直井段应有一定数量的加重钻杆，保证在以定向方式钻进时，能施加钻压，克服井眼摩阻；④采用无磁抗压钻杆代替无磁钻挺，最大限度地降低MWD钻挺接头和井下马达的弯曲应力。

4. 多分支井钻井液的设计与使用。多分支井的钻井液应考虑到先钻出的分支井眼由于在钻井液中浸泡时间长，可能发生较严重的油层污染、井眼坍塌等问题，因此除合理选择与地层相配伍的钻井液体系外，还必须在分支井眼完井后注入专门配置的与地层配伍的完井液，替换出原钻井液，然后再施工下一个分支井眼。

5. 多分支井完井。多分支井眼的完井方式主要有4种类型：裸眼完井、割缝衬管完井、尾管完井和回接完井柱完井。原则为：完井管柱的最大有效直径应小于主井眼套管柱的最小内径；计算设计套管柱的扭矩和摩阻时，应附加一定的安全系数；要考虑

地温梯度的变化，防止井下高温造成管柱密封件的损坏、影响其密封效果。完井管柱设计还应考虑修井作业时分支井眼的再进入问题，确保多分支井有效开采。

四、技术特点

可以增大单井泄油面积，发挥“少井高产”的优点，降低钻井成本，提高低效油层产能，并减少井口装置，泥浆、岩石碎屑的处理及其带来的环境污染。

五、适用条件

多年来，世界油井作业一直面临着在降低成本的同时如何生产更多油气的挑战。多分支井技术的出现为达到这些目的提供了一种手段，它使一些用常规方法开采很不经济的油气田可以进一步开发。对于低渗透油田，作业者面临着降低成本的更大压力，因此要更多地利用现有的井眼。

六、应用情况和前景

与常规直井相比，多分支水平井单井施工成本需增加3～5倍，但井深每米成本降低，产量提高10～20倍；采气时间有所减少，但采收率升高。

21．多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术

一、技术名称

多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术。

二、技术概况

碎磨作业是选矿厂中的物料准备作业，采用多碎少磨可降低电耗。一般来说，入磨粒度每减小 1mm，球磨机生产率提高 2%～3%。 多碎少磨”是实现矿山增产降耗的最佳技术方案。对于有用矿物嵌布粒度粗细不均匀的矿石，在磨矿过程中会存在有用矿物部分未解离、另一部分过磨的现象，导致工艺技术指标偏低。针对这种矿石，可采取阶段磨矿阶段选别的方式，一方面优化选别指标，另一方面减少选矿过程中需要磨矿的矿石量，降低能耗和生产成本。

三、基本原理和工艺

“多碎少磨”，强化破碎作业的效率，尽量减小磨矿的给矿粒度，增加细粒级在破碎产品中的含量，提高磨矿效率、降低选矿成本。可选用大破碎比的新型圆锥液压破碎机、高压辊磨机，实现降低入磨物料的粒度。

“阶段磨矿阶段选别”，对于有用矿物嵌布粒度粗细不均匀的矿石，利用粗磨粗选，可以回收部分合格的精矿，尾矿直接抛尾；对于含有连生体的粗精矿和中矿分别再磨再选，提高目的矿物的单体解离度及技术指标，达到有效分选的目的。

多碎少磨工艺流程如图 1 所示，阶段磨矿阶段选别的流程如图 2 所示。

四、技术特点

多碎少磨有以下特点：可大幅度地降低入磨矿石的粒度，提高磨机处理能力；节省能耗，降低生产成本；具有一定的破碎选择性。

阶段磨矿阶段选别的特点：减少过磨，节省能耗；粗粒可预先大量抛尾；处理量大，选别效率高。

五、适用条件

多碎少磨适用于各类矿石。阶段磨矿阶段选别适用于处理有用矿物嵌布粒度不均匀的矿石。

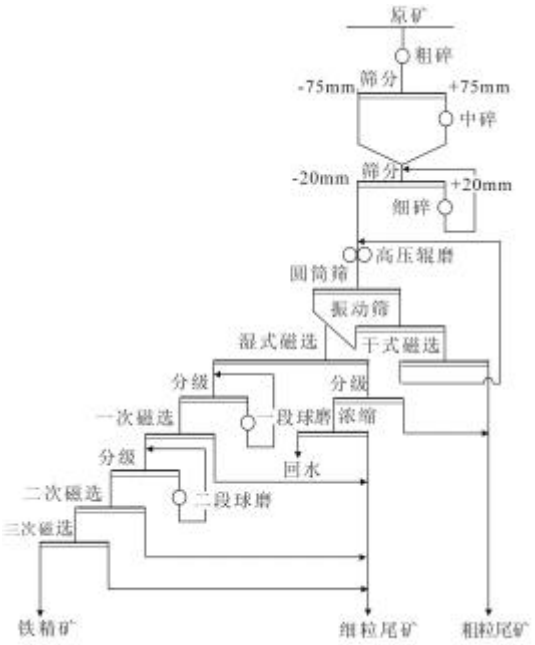


图 1 多碎少磨工艺流程

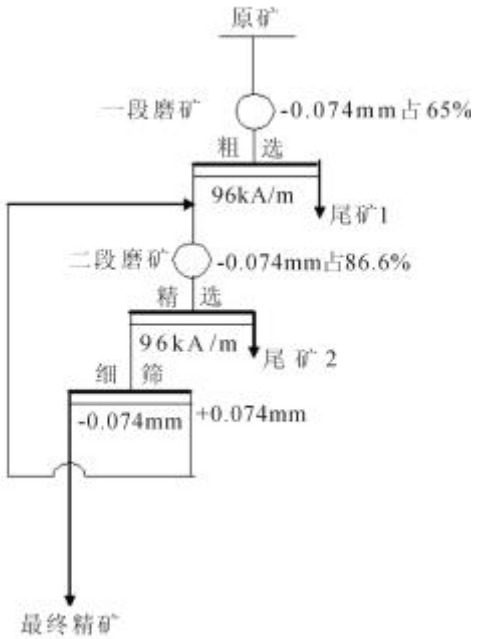


图 2 阶段磨矿阶段选别选矿工艺流程

六、应用情况和前景

近年来，多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术已在国内外的选矿厂普遍得到重视和应用，经济效益显著。

新型液压圆锥破碎机目前在鞍钢齐大山铁矿、弓长岭铁矿、大孤山铁矿、鞍千矿，马钢南山铁矿、太钢尖山铁矿等得到了普遍应用，节能降耗效果显著。

国内外生产的压辊磨机，最大规格达到Φ2.2m×1.9m，单机处理能力达 2500t/h，在给料粒度为-75mm 的条件下，经一次辊压，产品中-3mm 的含量达 70%～80%。

凹山铁矿采用多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术，使原矿处理量达到 700 万 t/a；入磨矿量降至 315 万 t/a，铁品位提高至 41%～45%；获得品位 64%的铁精矿。

多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术已经是新选矿厂设计和建设的首选技术，也是老选矿厂技术改造的首选技术，具有广阔的推广应用前景。

22．微细粒磁、赤铁矿全磁流程分选技术

一、技术名称

微细粒磁、赤铁矿全磁流程分选技术。

二、技术概况

我国铁矿具有“贫、细、杂、散”的特点，大量微细粒磁（赤、褐）铁矿由于品位低、嵌布粒度极微细而未能开发利用或利用率极低。多段磁选辅以反浮选脱硅工艺虽能确保铁精矿的品位，但浮选对操作工人技术水平要求较高，浮选药剂的使用加剧了矿石粒度微细导致的过滤难的问题，同时成本较高、影响环境。

三、基本原理和工艺

全磁工艺流程以能耗最低为原则，强化阶段磨矿、阶段拿精和抛尾，以达到能丢早丢、能收早收、减少再磨粗精矿量的目的（图 3）。同时通过磨矿作业的合理装配球和强化分级作业，实现有效磨矿、高效分级，使已经单体解离的铁矿物高效地解离出来进入分选系统，降低了磨矿量，减少过磨，还可以减少微细粒单体铁矿物的损失。在分选阶段则要采用先进适用的设备，分段反复精选以提高产品的质量。

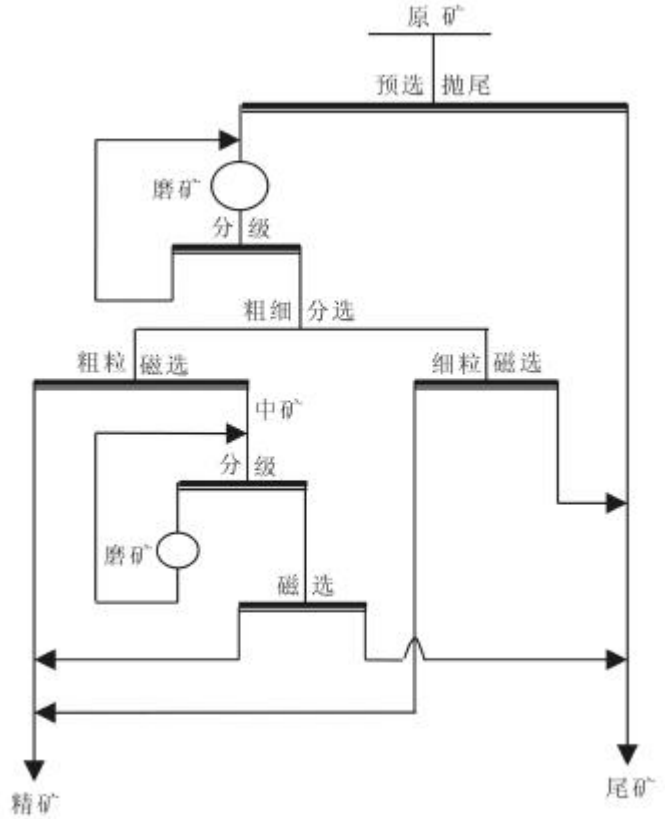


图 3 全磁流程分选磁、赤铁矿的原则流程

四、技术特点

磁铁矿全磁流程的技术特点:

1. 阶段磨矿、粗粒重选、细粒多段磁选，以达到能收早收、能丢早丢、减少再磨粗精矿量的目的，是节能降耗的关键之一。

2. 关键方法之二是，通过细筛或旋流器预先分离出已经单体解离的合格粒级的粗精矿，只磨连生体，这样可以减少一半以上的磨矿量，大幅度降低磨矿能耗。

3. 对于品位已经达到 65%左右的粗精矿,最后两个作业细筛和磁选柱或者磁筛闭路,常可以将铁精矿的品位提高 1.5～2 个百分点,达到最终铁精矿品位 69%以上,SiO_2 降低到 4%左右,细筛—磁选作业铁回收率一般都大于 98%。

磁、赤（褐）铁矿全磁流程的技术特点:

磁、赤（褐）铁矿全磁流程的技术特点基本上与磁铁矿全磁流程一样，不同点在于，采用新型高效的 ZHⅠ型组合式湿式强磁选机作为回收弱磁性赤（褐）铁矿的关键设备，相对于目前工业上常用的 SHP 仿琼斯强磁选机和 SLON 强磁选机，由于下盘磁场强度高 0.8T，铁回收率要高出 10 个百分点以上，且由于对不同磁性的铁矿物分阶段选别，大幅度减少了磁性杂质，仅采用磁选就能将铁精矿的品位提高到 65%以上。

五、适用条件

本项技术主要用于不均匀嵌布的微细粒磁铁矿及磁、赤（褐）共生矿的分选。尤其适用于地处偏远、技术人才缺乏的中小矿山企业和民营企业。

六、应用情况和前景

微细粒磁、赤铁矿选矿工艺复杂，采用本流程后，大多数都能显著节能降耗，降低生产成本，减少劳动强度。全磁流程已经在全国范围内得到广泛的推广应用。在河北地区低贫矿山用户达到上百家。以镜铁矿、赤（褐）铁矿为主，有少量磁铁矿，年处理量 50 万吨，推广效果显著。

23．鞍山式贫赤铁矿高效分选技术

一、技术名称

鞍山式贫赤铁矿高效分选技术。

二、技术概况

该技术和工艺由阶段磨矿阶段选别技术、粗细分选工艺、粗粒重选技术、弱磁-强磁－阴离子反浮选技术等部分组成，是目前混合型贫赤铁矿石分选的最主要的工艺。

三、基本原理和工艺

阶段磨矿阶段选别技术是针对我国铁矿石嵌布粒度不均匀的特点而出现的，即在粗磨之后，采用适当的选别方法，抛除部分尾矿和选出部分合格粗精矿，而将粗精矿再磨再选。在较粗的一段磨矿细度下采用高效选矿设备提前抛尾，大大减轻了进入二段磨矿的处理量。

连续磨矿技术就是针对矿石嵌布粒度细的特点，通过将矿石连续磨矿，使其达到单体解离，从而进行后续分选。连续磨矿工艺直接将矿石磨至单体解离度较高的水平，避免了阶段磨矿中矿再磨量的波动较大和效率不高给流程带来负面影响的问题。另外精矿粒度较细，易实现精矿的长距离管道输送。可根据矿石的特点来选择是否采用连续磨矿技术。

粗细分选工艺是处理混合型铁矿石的一种经济高效技术，一般采用水力旋流器或水力旋流器组，水力旋流器组分级获得的粗粒级产品采用螺旋溜槽和扫中磁，细粒级分选则采用弱磁选－高梯度磁选－反浮选工艺。粗粒部分用重选可在一段磨矿后拿出大部分粗粒铁精矿，细粒部分用强磁选机进一步抛尾，为反浮选创造了良好的条件。故粗细分选工艺可保证全流程获得较高的回收率，并保证细粒级获得较高的精矿品位。

粗粒重选技术是针对已经单体解离的粗颗粒铁矿物进行分选的技术，一般采用螺旋溜槽进行分选。大型螺旋溜槽主要规格有 BL－1500 型和 DL－2000 型，适于处理中、细粒级（-4mm）的铁矿石。采用一次螺旋溜槽粗选、一次螺旋溜槽精选、一次螺旋溜槽扫选流程，可获得部分高品位的铁精矿。粗粒重选有利于铁矿物的充分回收。

高梯度磁选－阴离子反浮选工艺是针对细颗粒分选而采用的组合技术。高梯度磁选本身对提高精矿品位的效果并不明显，但依靠其强磁脱泥抛尾为反浮选提供了理想

的原料。同时，阴离子反浮选受其自身工艺特点的影响，对细粒级相对高品位物料的选别特别有效。高梯度强磁选与阴离子反浮选工艺的优势互补，实现了选矿过程的精妙配合。阴离子反浮选技术具有较高的选矿效率。

阴离子反浮选技术是指磁选精矿采用阴离子捕收剂选出脉石产品以提高精矿品位的方法，目前在鞍山地区混合型铁矿石和贫赤铁矿选矿厂均采用了该技术。反浮选工艺条件：浮选温度 30℃，浮选浓度 33%，矿浆 pH 值为 11.5；浮选药剂：pH 调整剂为 NaOH，抑制剂为淀粉，活化剂为 CaO，捕收剂为 RA715、KS 系列（东鞍山烧结厂）、RA515（齐大山选矿厂）、LKY（齐大山铁矿选矿分厂）等。反浮选工艺都采用一次粗选、一次精选、三次扫选工艺。反浮选工艺条件比较适合混合型铁矿石和贫赤铁矿的细粒嵌布及脉石矿物组成单一的特点，从而可确保获得合格的精矿品位。

四、技术特点

该项技术集成了多项创新技术，如粗细分选技术，即粗颗粒铁矿石的重选分离技术和细颗粒铁矿石的高梯度磁选、阴离子反浮选技术与工艺，涉及了立环脉动高梯度磁选机、大型螺旋溜槽等新型分选装备和 RA、KS、MZ、LKY 系列等新型阴离子反浮选药剂等。

五、适用条件

本技术适用于鞍山式混合贫赤铁矿石的分选。

六、应用情况和前景

目前，辽宁齐大山、东鞍山、鞍千、弓长岭、河北司家营铁矿、山西袁家村铁矿、安钢舞阳矿等都采用上述工艺。鞍山式混合贫赤铁矿石采用上述技术均可以取得较好的分选效果，应用前景广阔。

24．磁铁矿细筛—再磨再选技术

一、技术名称

磁铁矿细筛—再磨再选技术

二、技术概况

该技术主要针对磁铁矿石，根据矿物结晶粒度的粗细采用阶段磨矿、阶段磁选－细筛自循环和阶段磨矿、阶段磁选－细筛再磨两种原则工艺流程。通过该技术可实现磁铁矿石的有效分选，提高磁铁矿石分选指标。

三、基本原理和工艺

结晶粒度偏粗的，采用阶段磨矿、阶段磁选－细筛自循环流程，一般是将细筛筛上产品给到二段磨矿再磨，工艺流程简单。结晶粒度偏细的，采用阶段磨矿、阶段磁选－细筛再磨流程，此种流程是一、二段细筛筛上产品经浓缩磁选后，给入第三段磨矿，细磨后再经磁选－细筛处理，流程相对较为复杂。

细筛再磨工艺是提高铁精矿品位的有效方法之一。细筛是该工艺中最关键的装备，近年来出现了电磁振动高频振网筛、高频振动细筛等设备代替原来的尼龙细筛，大大提高了筛分效率和处理能力。

四、技术特点

磁铁矿采用细筛技术提高铁精矿品位，降低再磨循环量，并为反浮选提高精矿品位创造条件，并为磨机提高磨矿效率。

五、适用条件

适用于处理细粒嵌布的贫磁铁矿石。

六、应用情况和前景

目前细筛再磨再选工艺在我国磁铁矿选矿厂得到普遍应用，如大孤山、弓长岭，大石河、水厂，南芬、歪头山，峨口矿，金山，庙沟等。该技术在磁铁矿选矿厂应用前景广阔。

25．贫磁铁矿预选技术与设备

一、技术名称

贫磁铁矿预选技术与设备。

二、技术概况

贫磁铁矿石在破碎后或入磨前通过预选，以提高入磨矿石的品位，提前抛弃部分尾矿，从而达到减轻磨矿负荷、提高磨矿效率和节能降耗的目的。

三、基本原理和工艺

由于近年来采出的铁矿石越来越贫，选矿生产成本大大提高，而采用贫磁铁矿高效预选设备，可提高入选矿石的品位，降低选厂的生产成本。贫磁铁矿预选设备包括大块干式永磁磁选机和高效磁力滚筒（磁滑轮），可抛弃产率为 10%~30%的尾矿，提高矿石入选品位 2~5 个百分点。

四、技术特点

采用弱磁场的干式或湿式磁选机针对相对较粗的贫磁铁矿石进行分选，以提高入选品位的目的。

五、适用条件

适用于原矿铁品位低于 20%，且有用磁铁矿矿物嵌布不均的贫磁铁矿石。

六、应用情况和前景

歪头山铁矿、金山店铁矿、漓渚铁矿、弓长岭铁矿等均使用大块干式磁选机。最近研制的磁感应强度为 400mT、规格为⌀800mm×950mm 的永磁磁力滚筒，可以分选 150mm 以下的磁铁矿矿石，用于一段破碎作业后，达到早抛弃尾矿的效果。入磨前的破碎最终产品再经过磁感应强度 200mT、规格为⌀630mm×750mm 的永磁磁力滚筒的分选，效果明显，可提高原矿入磨品位 3~6 个百分点，铁精矿产量提高 15%~25%。近年来还研制了 CT-80、CTDG-0808X、CTDG-0808X 等磁滑轮，场强达到了 150~200kA/m 以上，使该设备的抗泥、水干扰性能大大提高。如桃冲铁矿采用 CT-108 型永磁磁滑轮对 15~50mm 的块矿进行预选，当原矿铁品位为 35.19%时，获得的精矿品位为 42.16%，回收率为 88.55%。

该预选技术对原矿品位较低的贫磁铁矿石具有广泛的应用前景。

26．贫赤铁矿强磁预选技术与设备

一、技术名称

贫赤铁矿强磁预选技术与设备。

二、技术概况

磁铁矿干式预选技术在我国已经普遍采用，但我国拥有大量的贫赤铁矿资源，目前每年都堆存大量的品位 15%～20%的赤铁矿表外矿，这部分物料如进入选矿厂则造成选矿过程能耗的上升，如彻底丢弃则会造成资源的浪费和环境的污染。该强磁预选技术运用钕铁硼永磁强磁选机可使低品位的赤铁矿得到富集，提高入选品位，使贫赤铁矿资源得到合理的利用，减少其对环境的影响。

三、基本原理和工艺

采用钕铁硼永磁材料通过优化磁系设计，使表面场强达到 1T 左右，然后通过布料、皮带、机架、卸料部分的优化设计，形成可分选赤铁矿石的永磁强磁预选机，通过永磁强磁预选机的选别，可将精矿的品位提高到 25%左右，回收率达到 60%～70%，使赤铁矿资源得到有效的回收与利用。

目前贫赤铁矿强磁预选装备包括 YCG 系列粗粒永磁辊式强磁选机、HIPS-3510 型强磁预选机、高效粗粒湿式磁选机、DPMS 系列永磁筒式强磁选机、High－Force 型永磁辊式强磁选机等。

四、技术特点

采用钕铁硼等永磁材料，提高设备的表面场强，从而实现对弱磁性赤铁矿石的强磁预选，抛弃废石，提高选厂入选品位，降低生产成本。

五、适用条件

适用于低品位粗粒赤铁矿石的预选。

六、应用情况和前景

上海梅山铁矿在给矿粒度 20~2mm、给矿品位 24%~26%的条件下，可获得铁品位 32%~34%的粗精矿，尾矿品位 10%~12%。粗精矿给入磨浮车间，可得到品位 58.00%的最终精矿。节能减排效果显著，推广应用前景广阔。

27．弱磁性铁矿石高梯度磁选抛尾技术

一、技术名称

弱磁性铁矿石高梯度磁选抛尾技术。

二、技术概况

弱磁性铁矿物采用高梯度磁选技术的主要作用是稳定工艺流程，优化浮选环境，改善选别指标。特别是在降低强磁作业尾矿损失率为全流程取得较高回收率方面具有较好的效果。主要的高梯度磁选机有立环脉动高梯度磁选机和湿式双频脉冲双立环高梯度磁选机。

三、基本原理和工艺

立环脉动高梯度磁选机。具有冲洗精矿的方向与给矿方向相反、粗颗粒不必穿过磁介质堆便可冲洗出来，从而有效地防止磁介质堵塞的特点。在分选过程中，该机脉动机构驱动矿浆产生脉动，可使分选区内矿粒保持松散状态，磁性颗粒更容易被磁介质捕获，非磁性颗粒尽快穿过磁介质堆进入到尾矿中去。显然，反冲精矿和矿浆脉动可防止介质堵塞，脉动分选可提高精矿铁品位。由于磁场梯度高，可分选的粒度下限较低，所以尾矿含铁较低，回收率较高。该设备已在我国大型混合型铁矿石和弱磁性铁矿石选矿厂获得广泛应用。对提高全流程的铁回收率和为浮选作业创造良好的条件起到了重要作用。

湿式双频脉冲双立环高梯度磁选机。采用独特的双频脉冲装置，能兼顾精矿质量和金属回收率，既能得到高品位的精矿，又能使尾矿品位降到一定程度，选别指标根据流程的需要可灵活地调节。可选别弱磁性矿物和中磁性矿物。

四、技术特点

采用立环结构和脉动装置，防止磁介质的堵塞，并提高精矿品位和回收率，除去对后续分选过程有严重影响的矿泥，并可直接抛尾，提高分选综合指标。

五、适用条件

适用于弱磁性和中磁性铁矿石的磁选抛尾。

六、应用情况和前景

齐大山铁矿和东鞍山采用高梯度强磁选机处理弱磁尾矿、高梯度中磁机处理重选尾矿，能有效地抛弃大量的合格尾矿，为下一段选别作业创造良好的条件。

立环脉动高梯度磁选机已在齐大山铁矿、东鞍山、弓长岭、包钢、海钢、舞阳铁矿、大红山等得到推广应用。

SSS 型湿式双频脉冲双立环高梯度磁选机已在海南石碌铁矿、广东韶关、广东大宝山铁矿、广东云浮铁矿和云南王家滩、八街、罗茨铁矿等得到广泛应用。

该技术应用前景广阔，鼓励在弱磁—中磁性铁矿大规模推广应用。

28．贫磁铁矿石的弱磁－反浮选技术与工艺

一、技术名称

贫磁铁矿石的弱磁－反浮选技术与工艺。

二、技术概况

贫磁铁矿石经弱磁后得到的磁选精矿再经阴离子捕收剂（如 MH－8、MD－28 等）或阳离子捕收剂（如十二胺、YS－73、GE601 等）反浮选，以提高精矿品位。该技术可以大大提高铁精矿品位，并降低 SiO_2 的含量至 4%以下。

三、基本原理和工艺

贫磁铁矿通过弱磁得到磁选精矿，但磁选精矿中含硅量一般仍在 8%以上，进一步通过阴离子和阳离子反浮选技术，可使精矿品位进一步提高，含硅量降到 4%以下，从而为炼铁提供优质原料，降低冶炼生产成本。

磁铁矿矿石中主要脉石矿物为石英和一些硅酸盐矿物，铁矿物能通过有机抑制剂淀粉抑制，然后采用阳离子捕收剂可直接浮出脉石矿物，称阳离子反浮选技术；如果铁矿物采用淀粉抑制，用石灰活化石英和硅酸盐矿物，再采用阴离子捕收剂浮出脉石矿物，则称阴离子反浮选技术。无论采用阴离子反浮选还是阳离子反浮选，均可以提高铁精矿品位，降低精矿中的含硅量。一般采用一粗、一精、三次扫选的工艺流程。

四、技术特点

采用新型阴离子和阳离子捕收剂对弱磁精矿进行反浮选，实现提高精矿品位和降低精矿中含硅量的目的。

五、适用条件

适用于对强磁性磁铁矿石的分选。

六、应用情况和前景

如弓长岭曾采用磁选－反浮选生产工艺，以 YS－73 作为阳离子捕收剂，铁精矿品位由改造前的 65.55%提高到 68.89%，SiO_2 含量由改造前的 8.31%降低到 3.90%，作业回收率达 98.50%以上。鲁南矿对原磁选铁精矿采用阴离子反浮选，采用一次粗选、三次扫选、一次扫选中矿返回浓密机，二次扫选中矿和三次扫选中矿顺序返回反浮选工艺流程，获得了铁精矿品位 67.00%以上、SiO_2 含量 5.50%左右的较好指标。太钢尖山

铁矿采用三段阶段磨矿、弱磁选－磁选柱－阴离子反浮选工艺，获得了铁精矿品位69.12%、SiO_2 含量 3.56%、铁作业回收率 98.58%的技术指标。

应用效果表明，磁铁矿石采用磁选—反浮选技术已经成熟，推广前景广阔。

29．粗粒结晶磁铁矿的磁—浮联合流程生产超级铁精矿技术

一、技术名称

粗粒结晶磁铁矿的磁—浮联合流程生产超级铁精矿技术。

二、技术概况

超级铁精矿是指含铁量高、脉石含量低的铁精矿，一般指铁品位高于 71%、二氧化硅含量小于 1%的铁精矿。它既是选矿的深加工产品，又是一种很有发展潜力的新型功能材料。该技术采用磨矿、弱磁选、反浮选、浸出等工序制备。

三、基本原理和工艺

粗粒结晶的磁铁矿首先采用弱磁选分选出一定品位的磁铁矿精矿（如铁精矿品位达 69%），如采用筒式磁选机、细筛、磁选柱等设备进行分选，分选出的磁铁精矿采用阳离子捕收剂（如季胺盐），在一定的条件下通过反浮选分选出脉石及连生体，以获得合格的超级铁精矿。

四、技术特点

采用新型磁选设备磁选柱提高磁选精矿的品位，进一步通过反浮选和化学浸出技术使铁精矿达到超级铁精矿的质量要求。

五、适用条件

适用于粗粒结晶的磁铁矿石的分选。

六、应用情况和前景

齐大山铁矿、歪头山铁矿、南芬铁矿、大孤山铁矿、保国铁矿和大石河铁矿应用后，均获得了含铁品位 71.50%、含硅 0.50%以下的超级铁精矿。不同品质的超级铁精矿的工业化生产，为海绵铁、粉末冶金、磁性材料等行业提供了优质原料，也提高了铁精矿的附加值。推广前景广阔。

30．异步混合浮选技术

一、技术名称

异步混合浮选技术。

二、技术概况

在分选过程中，通过采用有效的针对性药剂制度，利用不同矿物之间可浮性和浮选动力学的差异，将浮游性不同的同一种有用矿物或几种不同的有用矿物在不同的药剂制度下先后浮出，进入混合精矿，尽量得到较高的选矿回收率，使矿产资源得到有效利用。该技术推动了有色金属矿综合利用的技术发展，处于国际领先地位。

三、基本原理和工艺

根据矿石中的有用矿物之间的可浮性差别，人为地控制对其中某些矿物的抑制、活化时机和条件，确保不同矿物或同一矿物不同步地在各自适宜的浮选条件下最充分地发挥其特有的浮游性，提高混合精矿中不同目的矿物的回收率。见图 4：

图 **4** 异步混合浮选流程（**A**）与常规混合浮选流程（**B**）对比

四、技术特点

异步混合浮选技术用于生产混合精矿，有目的地制定适合某种矿物充分上浮的矿浆条件，使矿产资源得到有效利用。

五、适用条件

对于多金属矿的浮选回收，在生产混合精矿需要提高不同金属的回收率时可采用。

六、应用情况和前景

异步混合浮选技术在凡口铅锌矿研发成功后直接转为工业生产。与传统的同步混选相比，异步混选的铅锌混合精矿品位和铅锌银的回收率大幅度提高。采用异步混合浮选流程得到的混合精矿品位铅+锌为 54.7%，回收率分别为 88.8%和 96.8%，比原工艺分别提高 2 个百分点。

异步混合浮选技术已经在德兴铜矿、天台山银铅锌矿和小铁山铜铅锌矿推广均获成功。异步混合浮选技术已经全部或部分地成功应用于我国多金属矿的选矿过程中，如：钨铋钼复杂多金属矿选矿新技术——柿竹园法的应用、会泽铅锌矿的“等可浮－异步选铅—锌硫异步混选—铅锌硫分离—氧化铅锌不脱泥硫化电位控制浮选”新技术的研发等。

由于我国金属矿产资源的“贫、细、杂”的特点，要求在矿产资源开发利用过程中要尽量提高回收率，因此，对于多金属矿的浮选，异步混合浮选技术具有广阔的推广应用前景。

31．电化学控制浮选技术

一、技术名称

电化学控制浮选技术。

二、技术概况

电化学控制浮选技术是集电化学、浮选技术、现代检测技术、计算机和自动控制于一体的系统工程，是以浮选电化学为基础，依托先进的传感器技术、电子计算机和自动控制技术，通过科学的数学模型对浮选工业过程实行优化控制的方法。

三、基本原理和工艺

电化学控制浮选是通过对经典的浮选吸附假说进行严密的热力学计算和电化学测试之后，从物理化学原理上寻找矿浆中某些电位与矿物可浮性之间的关系，通过测定控制矿浆的离子参数，建立电化学浮选的热力学模型，采用先进的自动控制技术，按照物理化学模型对浮选药剂制度进行优化，实现药剂用量的最佳化控制，达到浮选过程的电化学控制目的。

利用特性的离子选择性电极插入浮选回路中进行在线监测，将检测到的浮选过程电位信号、药剂离子浓度信号转换成电信号（mV），通过信号调理板将电信号转换成 4～20mA 的标准信号，并按浮选过程的实际情况实施常规 PID 控制或专家控制，控制输出经加药机对浮选过程进行调节，实现浮选过程的电化学控制。

四、技术特点

按物理化学模型进行优化，综合考虑原矿品位、矿物种类、矿石氧化程度等的变化，掌握每一时刻的矿石性质，及时分析工艺指标的变化，并在生产组织中采取相应的措施。可在磨矿回路的产品筛析特性、处理量和矿浆浓度发生变化的情况下，借助于离子选择性电极进行离子浓度和电位测定，按物理化学模型计算最佳药剂添加量，并控制添加药剂的执行机构，因而易于实现自动化。

五、适用条件

一般在硫化矿浮选过程中，通过系统的实验室研究建立相应的数学模型后，即可应用电化学控制浮选技术。

六、应用情况和前景

在西林铅锌矿通过控制矿浆电位和应用集散型系统，实现对铅锌矿浮选的 6 种药剂 14 个药点的优化控制，改进了铅精矿质量，从五级品提高到四级品，铅、银、锌的

回收率分别提高了 2.94%、3.17%、2.37%。在乌拉嘎金矿用专用传感器测定矿浆电位，实现对硫化矿和氧化矿石类型的识别及药剂制度自动切换，使金的回收率提高 2.6%。

我国矿产资源“贫细杂”的特点，决定在硫化矿浮选过程中可以应用电化学控制浮选技术，实现浮选过程的自动控制，优化生产成本和浮选指标，使企业获得最大的经济效益。因此，具有广阔的推广应用前景。

32．铝土矿选择性磨矿—粗细分选脱硅技术

一、技术名称

铝土矿选择性磨矿—粗细分选脱硅技术。

二、技术概况

针对我国中低铝硅比铝土矿采用选矿方法预先选出矿石中的含硅矿物，以选出的高铝硅比选矿精矿作为原料采用拜耳法生产氧化铝（选矿—拜耳法），是缩短生产流程、减少能耗、降低生产成本的唯一途径。

三、基本原理和工艺

在原矿磨矿过程中，通过控制磨矿介质和磨矿时间，实现有用矿物的选择性解离，然后将磨矿产品分成粗细两个粒级，分别营造适宜的浮选矿浆环境，通过应用不同的药剂制度和工艺条件，快速脱出矿石中含有的含硅矿物，得到可供拜耳法生产氧化铝的一水硬铝石精矿。

对分级成粗细两个粒级的原矿石，分别采用合理的选别方法，提高分选效率，降低选矿加工成本。粗细分选工艺原则流程见图 5。

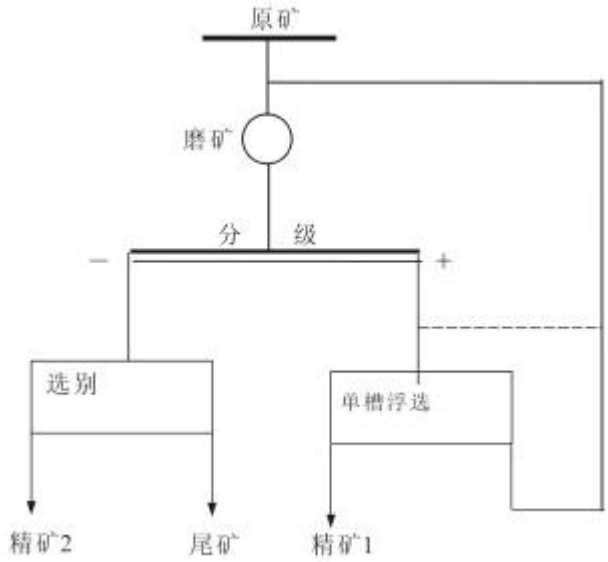


图5　粗细分选工艺原则流程

四、技术特点

1. 营造分别适应粗粒和细粒浮选过程的浮选化学和动力学环境，提高粗粒一水硬铝石单体和富连生体的上浮率，改善微细矿粒的分选效率，避免矿泥对浮选作业的恶化。

2. 采用该技术进行选矿脱硅，精矿铝硅比和 Al_2O_3 回收率高，精矿滤饼水分低，选矿基建投资和加工成本低，过程稳定，且对不同的矿石具有良好的适应性。

五、适用条件

适用于所有新增一水硬铝石型铝土矿选矿富集、精矿生产氧化铝项目，以及现有氧化铝生产工艺的改造升级。

六、应用情况和前景

选矿脱硅工艺已应用于中铝山东分公司 54 万吨／年的铝土矿选矿脱硅工业生产线。吨氧化铝制造成本由 1443.24 元降低到 1400.29 元。整个系统改造后，年增销售收入 2.8 亿元，新增利润 0.57 亿元。

采用新技术的选矿—拜耳法生产氧化铝工艺，可明显提高我国中低铝硅比铝土矿的利用水平，可应用于全国中低铝硅比的铝土矿。

33．低品位铜矿 L-SX-EW 技术

一、技术名称

低品位铜矿 L-SX-EW 技术。

二、技术概况

随着铜矿石开采品位逐渐下降、难处理矿石的增加和对 SO_2 所造成的环境污染的普遍关注，人们对低品位铜矿的湿法冶金技术越来越重视。以浸出—萃取—反萃—电积法为特点的“L-SX-EW”技术是处理低品位矿石的有效方法，在湿法炼铜领域处于重要地位。对扩大我国铜可利用资源量具有重要意义。

三、基本原理和工艺

对于低品位铜矿采用堆浸、生物浸出、搅拌浸出等方法，将大部分铜转化成硫酸铜进入溶液，含铜溶液通过专属萃取剂与分离富集铜离子，经过反萃后的富铜液可直接电积生产阴极铜。

四、技术特点

采用浸出—萃取—电积技术从低品位铜矿生产阴极铜，具有投资少、成本低、效益好、无污染等特点，可提高低品位铜矿资源的利用率，增加湿法炼铜产量。其关键技术在于能够高效地浸出低品位铜矿、高选择性地从浸出液中分离富集铜。该技术的推广应用拓宽了可利用的铜矿资源的范围，使得以往未能有效开发利用或视为无用的低品位铜资源得以开发利用。

五、适用条件

该技术可广泛应用于低品位氧化铜矿、低品位硫化铜矿、复杂多金属氧化铜矿等。本技术所用辅助材料少，可在一般的低品位铜矿使用，还可在高海拔、寒冷地区使用。

六、应用情况和前景

该技术已经在黑龙江多宝山铜矿、山西中条山铜矿、西藏玉龙铜矿等获得工业应用。实践证明，该技术对处理低品位铜矿具有较好的效果，能够提高铜资源综合利用率，经济效益较好，吨铜成本可控制在 3500～4000 元之间。三废排放少，环保好。

2009 年全世界采用湿法炼铜技术生产的铜已达到 342 万 t，占世界铜矿产量的 24%以上，预计今后湿法炼铜产量还将进一步扩大。我国低品位铜矿资源在 800 万吨（金属量）以上，开发利用潜力很大，推广应用前景十分广阔。

34．钼镍矿综合利用清洁技术

一、技术名称

钼镍矿综合利用清洁技术。

二、技术概况

钼镍矿综合利用清洁技术不需焙烧，也不需添加强氧化剂，直接强化浸出钼镍矿，从源头彻底消除 SO_2 的污染，可同时高效回收钼、镍。由于不需添加强氧化剂就能选择性浸出钼镍矿中的钼镍等有价金属，显著降低辅助材料的消耗和加工成本，同时也有利于废水处理。

三、基本原理和工艺

钼镍矿经过破碎、磨矿后，首先进行强化选择浸出镍，在浸出过程中无需加入任何强氧化剂，不引入任何阴离子和阳离子，试剂消耗少，成本大大降低，过程没有二氧化硫产出，清洁环保。提取镍后的渣继续选择浸出钼。浸出液通过分离提取生产钼和镍产品。

四、技术特点

采用全湿法冶金过程，同时实现钼和镍的高效回收。与传统工艺相比，大大减少了对环境的污染，金属提取率显著提高，钼镍回收率分别达到 95%以上。

五、适用条件

适用范围较广，对钼镍矿的品位无严格要求。在一般地区均可建厂，辅助材料消耗少。

六、应用情况和前景

该技术已经获得工业应用，湖南鑫源建成年处理 1.8 万吨钼镍矿工厂 1 座；国内正在设计的年处理 3 万吨钼镍矿的 2 座。与传统工艺相比，该技术钼回收率可提高 10%，传统工艺无法回收镍，该技术镍回收率可超过 95%；二氧化硫减排效果十分明显。

我国湖南、贵州、浙江一带储藏有丰富的钼镍矿资源，目前缺乏先进清洁生产工艺，该技术推广应用前景良好。

35．低品位氧化镍矿煤基直接还原镍铁技术

一、技术名称

低品位氧化镍矿煤基直接还原镍铁技术。

二、技术概况

目前国内主要从东南亚国家进口大量的氧化镍矿，通过小高炉冶炼低镍生铁，缓解不锈钢原料的短缺。但该工艺环境污染严重，生产的不锈钢产品质量较差，只能生产低档的不锈钢。本技术采用煤基回转窑直接还原氧化镍矿，具有工艺流程短、环保友好、成本低的特点，对经济、清洁地利用低品位氧化镍矿资源和满足不锈钢行业对镍铁的需求具有重要作用。

三、基本原理和工艺

将氧化镍矿与煤混合压团，在回转窑内还原的环境下，镍优先还原成为金属镍，少量铁还原，形成粒状镍铁，而大部分铁和其他成分包括氧化镁、氧化硅留在渣中，通过重选或磁选将粒状的镍铁合金从窑渣中分离出来。

四、技术特点

直接以廉价的煤为还原剂，具有工艺简单、综合能耗低、成本低、不受规模限制、产品质量好等优点。

五、适用条件

本技术适用范围较广，对氧化镍矿的品位要求低，生产规模可大可小。

六、应用情况和前景

山西星光已建设一条 2000t/a 金属镍的生产线。技术指标镍回收率大于 90%；粒铁镍品位大于 15%；吨矿能耗低于 250kg 标煤，吨镍生产成本比现有高炉流程降低 15000 元。

煤基回转窑工艺技术可以很好地替代小高炉工艺，市场需求大，该技术具有较好的推广应用前景。

36．直接湿法炼锌清洁技术

一、技术名称

直接湿法炼锌清洁技术。

二、技术概况

传统湿法炼锌工艺为“焙烧—浸出—净化—电积”，锌损失量较大，同时大量不稳定的铁矾渣污染环境。另一方面，我国西部矿产资源丰富，交通不便，传统湿法炼锌生产的硫酸存在需求少、外运不经济等问题，导致硫化矿资源不能有效开发。本技术采用直接加压湿法冶金，无需焙烧工序，硫生成硫磺，减少了二氧化硫尾气的生成，具有流程短、环境友好、锌回收率高等特点，是锌冶炼未来发展的方向。

三、基本原理和工艺

直接湿法炼锌清洁技术以加压浸出技术为核心，实现了真正意义上的全湿法冶金，硫化锌精矿无需焙烧直接进行浸出，简化了工艺流程，由于在高温富氧条件下进行操作，锌金属回收率高，溶液中的铁大部分氧化后以稳定的赤铁矿进入渣中，溶液中的铁含量低于 2g/L。硫直接以元素硫的形式进入渣中，并可进一步提纯成优质硫磺。

四、技术特点

实现了硫化矿的直接浸出，取消了焙烧、烟气制酸的工序，大大简化了流程，并从根本上避免二氧化硫对环境的污染；可回收优质硫磺，便于储存和运输，可不受矿区周边硫酸市场的限制。同时可综合回收镓、锗、铟等稀散元素。

五、适用条件

该工艺原料适应性强，生产规模可大可小，较为灵活，适合我国西部地区。

六、应用情况和前景

2009 年中金岭南丹霞年产 10 万 t 锌得加压浸出项目投产，实现了我国锌加压浸出技术的应用。我国是世界锌产量大国，技术推广前景较好。

37．低品位金矿综合利用技术

一、 技术名称

低品位金矿综合利用技术。

二、 技术概况

我国广泛分布着大量低品位氧化金矿床，针对低品位金矿综合利用提出了碎矿—筛分—洗矿，重选—细泥炭浸—粗矿堆浸的组合工艺。该工艺有效地降低了尾矿的品位，大幅度地提高了浸出率，选矿综合回收率提高 11.07%；缩短了浸出周期，降低了生产成本；有较强的适应性和较好技术指标，解决了氧化矿石因含泥多而浸出效果不佳的问题；降低了最低入选品位，提高了资源利用率，延长了矿山服务年限。

三、 基本原理和工艺

根据矿石粒度的不同，粗细粒分别处理、组合浸出——粗粒堆浸、细粒搅浸，实现金的高效回收。

原矿（-800mm）由露天采场经自卸汽车或溜井—有轨电机车运至原矿仓，经粗碎后送至圆振动筛筛分洗矿，筛上部分进圆锥破碎机二段破碎至-50mm 储存在成品矿仓，筛下部分经溜槽重选后进入螺旋分级机，返砂进成品矿仓，溢流矿浆经水力旋流器二次分级，合格（-0.074mm，80%）的矿浆进浓密机，底流返回螺旋分级机。

粗粒成品矿仓矿石由汽车运到堆场筑堆，经过调碱、氰化物喷淋浸出—浸液炭吸附和尾渣洗涤、消毒净化后卸堆排入弃渣场。而浓密机底流矿浆（40%左右的浓度）泵入炭浸槽进行浸出，尾矿经消毒处理后排入尾矿库。堆浸和炭浸的载金炭送冶炼厂解吸—电积—提纯至 1 号金。

四、 技术特点

突破了矿石品位低、含泥较高、渗透性不好、含粗粒金浸出难等难题，提出了一种投资少、生产成本低、回收率高的选矿工艺，有效地解决了氧化矿石含泥高不宜直接堆浸的问题，浸出周期缩短了约 1/3，提高了浸出率。

五、 适用条件

该工艺可以适用于含泥量高、渗透性差等的低品位氧化金矿及其他低品位有色金属的大规模堆浸或其他分级—洗矿工艺。

六、 应用情况和前景

利用该技术处理紫金山金矿露采境界内品位 0.385g/t、5208.8 万 t 的极低品位废石，解决了泥石流对紫金山金矿北口地区的危害。我国低品位金矿资源极为丰富，品位小于 1g/t 的金矿石过去一直当作废石看待，没有进行勘查和评价。近年来，我国西部地区发现了大量以板岩、泥岩、砂岩为赋矿载体的矿床，本工艺可使大量矿山实现机械化、规模化生产，在几乎不增加成本的条件下，使选矿回收率大幅度提高，有极好的推广应用前景。

38．原矿焙烧提金工艺

一、技术名称

原矿焙烧提金工艺。

二、技术概况

在我国西部地区还蕴藏着大量的具有载金矿物可浮性差、金呈微细粒包裹状态、含砷、含炭等有害元素等特征的卡林型（或类卡林型）难处理金矿石，约占黄金保有储量的 1/3～1/4。该技术是针对此类难处理金矿石而开发出的原矿富氧焙烧氧化预处理提金新工艺。

三、基本原理和工艺

原矿焙烧就是在高温条件下焙烧原生金矿，使包裹金的硫化矿物分解为多孔的氧化物而使其中的金暴露出来，同时去除矿石中有机炭的“劫金”性，利用矿石中所含碳酸盐的焙烧分解产物（CaO/MgO）固化焙烧逸出的砷、硫烟气，使环保治理更加简单容易。

工艺流程为矿石破碎、磨矿干燥和焙烧收尘，烧渣氰化浸出工艺流程见图 6。

四、技术特点

一炉两段、分别可控、原矿连续焙烧，有效地解决了含砷、含炭类型难处理金矿硫化物对金的微细粒包裹问题，消除了有机炭“劫金性”的影响，特别是焙烧过程中利用矿石中碳酸盐的自然分解对砷、硫实现了“自洁固化”，合理有效地解决了焙烧工艺砷、硫对环境的污染问题；设备结构紧凑、占地少、投资省、工作稳定可靠、易于工程化。

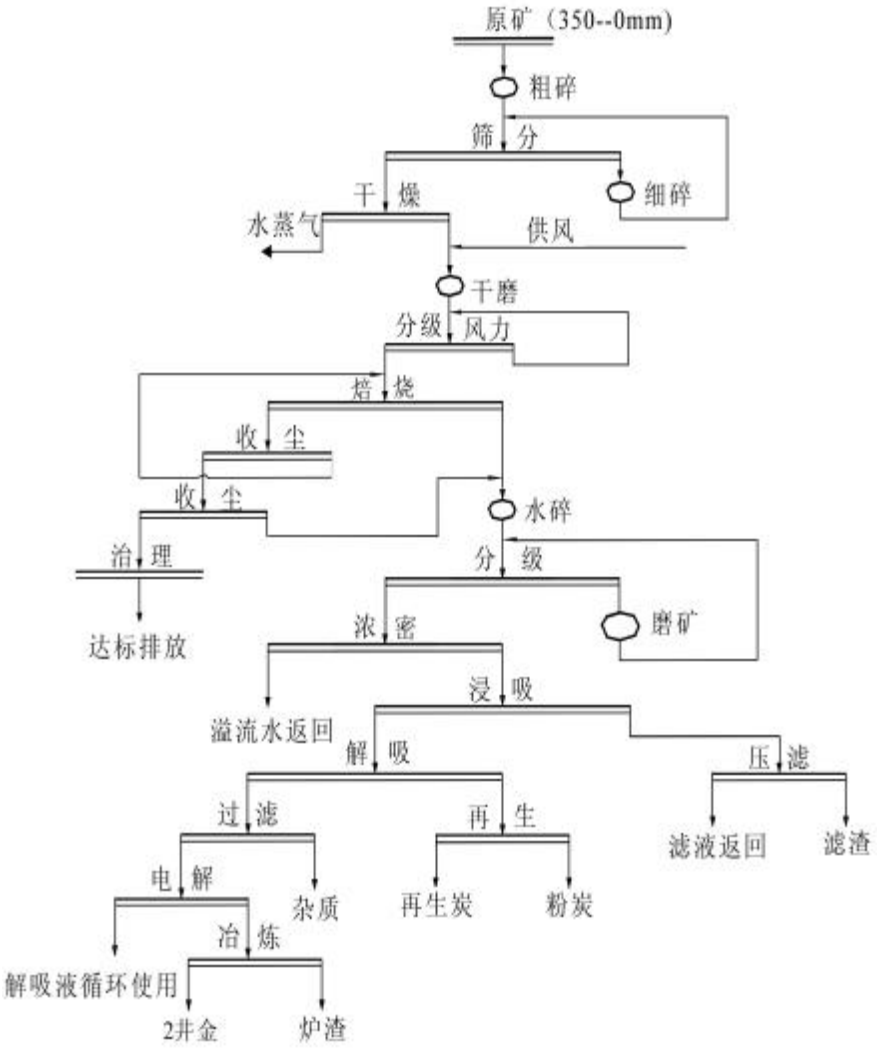


图 **6** 原矿焙烧提金工艺流程

五、适用条件

适用范围较广，对原矿品位符合经济核算要求即可。一般在矿区附近建厂，辅助材料消耗少。对于年处理 33 万吨原矿规模来说，固定资产投资在 4000 万元左右。

六、应用情况和前景

我国难处理金矿石资源储量大、分布广，总的静态储量达 1000t 以上，将成为黄金矿山主要的开发利用资源，原矿焙烧提金工艺已成为难处理黄金资源开发利用的重要技术支撑。工业实践表明，一炉两段连续焙烧氧化预处理提金新工艺适合含硫、含砷、含炭的微细粒浸染型难选难浸金矿，金总回收率生产指标可达83%以上，推广前景广阔。

39．难浸金精矿生物氧化预处理提金新技术

一、 技术名称

难浸金精矿生物氧化预处理提金新技术。

二、 技术概况

利用自然界中的微生物，优选出嗜硫、铁的浸矿菌株，经过适应性培养、驯化，在适宜的环境下，利用这些微生物新陈代谢的直接作用或代谢产物的间接作用，从而直接或间接地氧化和分解硫化矿基体，将包裹金的基本矿物黄铁矿、砷黄铁矿等有害成分破坏，使金充分暴露出来，从而为随后的氰化提金工艺创造有利的条件。

三、 基本原理和工艺

生物氧化预处理提金工艺即：黄铁矿、砷黄铁矿在细菌、氧气、水的作用下，被直接和间接地氧化为硫酸铁、硫酸亚铁和硫酸，中和后氰化提金。

生物氧化预处理提金技术的主要工艺流程为生物氧化—氰化—逆流洗涤—锌粉置换提金（或炭浆法提金）。主要工艺过程包括：磨矿分级、生物氧化、固液分离、中和处理、氰化浸出、逆流洗涤、锌粉置换（炭浆法提金）、冶炼提纯等。

四、 技术特点

该工艺在生产过程中不会产生烟尘，不向大气排放有害气体，矿石中对环境有害的元素砷被氧化—中和后，可以相对稳定的碱式砷酸铁沉淀物的形式进入尾矿库。因此，与传统的焙烧工艺相比，其对环境更加友好，有利于环境保护；生产工艺大部分采用常规的矿物处理设备，不需要高压、高温、纯氧，因此与压热氧化工艺相比，其基建投资低；该工艺对预处理复杂的含砷、高硫、微细包裹型的含金矿石适应性更强，资源的利用率高。

五、 适用条件

生物氧化技术在黄金领域中的主要应用是作为预处理工艺，用于难处理金矿资源的开发，与沸腾焙烧氧化、加压氧化一同成为难处理金矿资源的三大预处理技术。根据难处理资源的特性调查、工艺研究的初步统计，我国难处理金矿资源中的 50%以上适于采用生物氧化提金技术，这部分资源主要是含砷、硫化物微细包裹型的金矿石。

六、 应用情况和效果

生物氧化提金新技术在国内实现工业化应用时间不长，但却成为应用发展速度最快的处理难选冶金矿技术。随着基础理论研究的不断深入和工业生产实践的日渐成熟，该项新技术已经成为难处理黄金资源开发利用的重要技术支撑，应用前景广阔。

40．复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术

一、技术名称

复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术。

二、技术概况

难选冶金矿石提金技术的关键是矿石的预氧化或预选除去碳质物和硫、砷，国内外对难选冶矿石的预处理技术主要有焙烧工艺、加压氧化工艺、细菌氧化工艺等，但均存在投资大、流程长、金回收率低、污染严重等问题。采用循环流态化焙烧炉的复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术可有效地解决上述问题，不仅可以有效地盘活我国大量“呆滞”的黄金资源，同时可实现此类金矿的清洁高效提取。

三、基本原理和工艺

复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术的原理就是在高温、高气速下实现金矿的充分氧化，使包裹金的硫化矿物分解为多孔的氧化物而使其中的金暴露出来，同时去除矿石中炭质物的“劫金”性，同时可利用矿石中碱性脉石固化焙烧逸出的砷、硫烟气。

四、技术特点

1. 循环流化焙烧炉可在单一炉膛内实现矿物的还原焙烧与氧化焙烧过程，使难处理的复杂金矿中的包裹金充分解离而被氰化浸出，金的浸出率提高 5%～15%，解决了国内含砷含硫含碳微细粒包裹型难处理复杂金矿的焙烧预处理难题。

2. 循环流态化焙烧技术中碳燃烧完全，煤的利用率达到 98%以上，烧渣不含影响金氰化浸出的残炭。

3. 难处理复杂金矿循环流态化焙烧技术能实现循环流态化焙烧炉内固砷固硫，达到清洁生产的目的。

五、适用条件

本技术适用范围较广，对难处理原生金矿、低硫多金属精矿、硫金精矿等资源均可适用。一般在矿区附近建厂，辅助材料消耗少，投资少，见效快。建设规模 200～4000t/d，可以依据矿山的实际情况确定。

六、应用情况和前景

复杂难处理金矿循环流态化焙烧新技术在新疆星塔建成了处理量为 200t/d 的工厂，一次投产成功。复杂含砷难处理金精矿（Au 平均品位 40g/t）提金总的回收率由两段焙烧提金的 88%~92%（平均）提高到 95%~98%，金的总回收率平均提高 5%~15%，成功地解决了该难处理金矿的提金难题。

难处理复杂金矿循环流态化焙烧技术在黄金冶炼行业的成功应用，可以解决我国难处理复杂金矿长期以来生产回收率低、经济效益差的现状，使已经发现的难处理金矿能有效地开采和利用，推广应用前景广阔。

41．碎磨过程关键参数检测技术

一、技术名称

碎磨过程关键参数检测技术

二、技术概况

碎磨过程关键参数检测技术包括矿石粒度检测、矿浆粒度检测和磨机负荷监测。采用图像特征提取技术实现了矿石粒度图像的在线分析；采用高精密差动位移测量技术和线性回归分析技术，实现对矿浆中固体颗粒粒径大小及概率分布的检测；取得了基于磨机筒体振动信号检测的磨机负荷监测关键技术，利用软测量技术实现对磨机充填率、磨矿浓度、磨矿粒度变化的分析检测。

三、基本原理和工艺

碎磨是矿物加工的第一道工序，是选矿能耗最高的工序，其电耗和钢耗占选厂生产成本的 50%以上。粒度检测反映了碎磨的效果，从而指导破碎机和磨机的生产条件进行优化调整，实现节能的目的。磨机负荷检测反映了磨矿设备的运行状况，从中分析出矿石性质、给料条件等因素，与磨机性能、磨机处理能力之间的关系或者数学模型，用于指导磨机的操作优化、维护优化，实现磨机设备的最佳运转效率。

四、技术特点

采用自主开发嵌入式系统作为主机，极大地保护了知识产权；以线性回归分析和基于经验知识的机器学习算法为核心技术开发的软测量技术。

五、适用条件

适用于国内各大中型选矿厂的碎磨生产流程。

六、应用情况和前景

一体化矿浆粒度浓度分析仪、矿石粒度图像分析仪和磨机负荷监测仪已在武山铜矿、冬瓜山铜矿、乌奴格吐山铜钼矿等企业推广应用数十台，应用场合包括铜矿、金矿、钼矿等有色金属矿和磷矿等非金属矿。以江西武山铜矿为例，通过实现矿浆粒度浓度的在线检测，入选矿浆粒度由原来的-74μm 占 56%在±3%范

围内波动稳定到-74μm 占 60%在±3%范围内波动，提高了入选矿浆粒度合格率，为浮选提供更多合格的矿浆产品；磨矿综合电耗由 33.73kW h/t（2008 年）减少到 31.46kW h/t（2009 年）；钢球消耗由 0.882 千克钢球/吨矿（2008 年）减少到 0.628 吨钢球/吨矿（2009 年）。

矿石粒度检测、矿浆粒度检测、磨机负荷监测 3 项技术的融合可以整体解决碎磨工艺国产化关键参数检测问题，对于矿石碎磨的节能控制起到关键作用。因而该项技术有着非常广阔的推广前景。

42．浮选过程关键参数检测技术

一、技术名称

浮选过程关键参数检测技术

二、技术概况

浮选过程关键参数检测技术包括基于载流 X 荧光的矿浆品位检测和浮选泡沫图像分析技术。X 光管激发、波长色散+能量色散相结合的载流荧光分析仪，同时集成多模型回归分析技术，以波长色散为主，在一定品位区间内测量精度有保证，适合我国矿山矿石品位低、成分复杂、性质变化大的特点。浮选泡沫图像分析仪采用图像特征提取技术，识别浮选泡沫的大小、颜色、流动速度和预测泡沫品位等泡沫特征参数，其品位预测技术也比国外的更先进。

三、基本原理和工艺

载流 X 荧光分析仪采用波长色散+能量色散的测量原理设计研制了专用的测量装置，同时利用多模型分析技术提高仪器对矿石性质变化的波动的适应性，保证了测量精度。载流 X 荧光品位分析仪可以实时地分析出原、精、尾矿中的有价金属含量，计算出浮选的回收率，从而帮助工艺人员和生产人员及时掌握浮选流程的动态，及时调整浮选生产操作的条件，达到稳定精矿品位、提高回收率的目的。

浮选泡沫图像分析仪采用图像特征提取技术，识别浮选泡沫的大小、颜色、流动速度和预测泡沫品位等泡沫特征参数，解决特定浮选设备的浮选状况的监测问题。浮选泡沫图像分析仪替代了人工视觉观察并对泡沫参数进行定量分析，通过计算机对泡沫特征和生产操作经验、浮选效果的跟踪形成浮选专家控制系统，可以更准确地控制精矿品位的稳定，提高资源的利用率，减少废渣的排放。

四、技术特点

波长色散和能量色散相结合的 X 荧光射线测量方法，多模型分析的软测量方法。

五、适用条件

适用于有色金属、黑色金属等金属浮选流程。

六、应用情况和前景

载流 X 荧光分析仪对浮选指标的控制作用和经济效益是非常明显的，已经

在江西永平铜矿选矿厂进行了工业应用，测量铜原矿品位。对 Cu 和 S 的测量目前的标定精度可以达到 10%（1δ精度）；在采用多模型的情况下，测量精度可以达到 6%左右。测量的精度和稳定性已经达到国外同类产品的水平。

浮选泡沫图像分析技术和载流 X 荧光分析技术是提高浮选整体操作控制水平、稳定浮选精矿产品质量、提高回收率的关键技术，随着国产化，应用前景和范围将更加广阔。

43．中低品位磷矿浮选技术

一、技术名称

中低品位磷矿浮选技术。

二、技术概况

采用高效选矿药剂制度，通过不同流程结构的反浮选进行中低品位磷块岩选矿脱硅，是解决这类难选矿石的关键选矿技术，可以大大提高资源利用率，扩大可利用的资源总量，对我国磷矿山的选矿技术进步起到极大的推动作用。

三、原理和工艺

针对中低品位磷矿石的赋存状态，在磨矿细度为-0.074mm 占 60%左右时，通过采用特效选矿药剂配合使用反浮选工艺，脱除其中的含镁矿物和含铝、硅的矿物，实现提磷降杂的目的。工艺流程图见图 7。

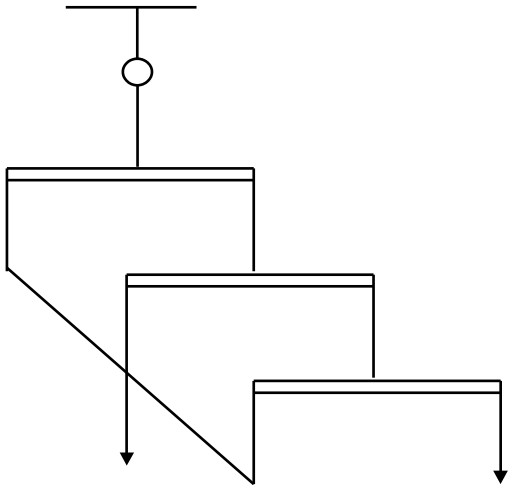


图 7中低品位磷矿石选矿工艺原则流程

四、技术特点

在晶体化学、胶体化学、表面化学等理论的指导下，利用含硅、含钙镁脉石矿物与含磷矿物的特性差异，为中低品位磷矿石的浮选富集创造条件，在粗磨的前提下实现有用矿物的单体解离，为选矿富集创造条件。

利用高效绿色选矿药剂与不同结构工艺流程的匹配技术，实现硅酸盐矿物与中低品位磷酸盐矿物的浮选富集、分离和硅钙质磷矿资源的高效利用。

降低硅钙质磷矿石的入选品位，增加资源可利用量，提高资源的综合利用率。

五、适用条件

原矿为沉积型磷矿石；主要脉石矿物为硅钙质的中低品位磷矿石。针对某一具体的沉积型硅钙质磷矿石，首先需要进行实验室试验，以确定本技术的适应性。

六、应用情况和前景

该技术是以翁福矿区的沉积型硅钙质磷矿石为研发对象研发成功的一项具有突破性的新技术，具有广阔的应用前景。

44．磷矿 WFS（酸性废水循环利用）－选矿技术

一、技术名称

磷矿 WFS（酸性废水循环利用）－选矿技术。

二、技术概况

在磷矿选矿领域，国内外使用的调整剂都是硫酸或磷酸。磷肥厂在生产过程中所产生的酸性废水又造成污水处理和环保的压力。为了使生产过程中产生的酸性废水得到合理、有效的利用，采用 WFS－选矿工艺，利用磷肥厂酸性废水循环使用返回选矿过程，既可代替硫酸作选矿调整剂，又实现了废水零排放。

三、原理和工艺

针对中低品位磷矿石的不同赋存状态,在磨矿细度为-0.074mm 占 55%～62%时,利用 WFS 废水含 SO_4^{2-}和 PO_4^{3-}的特点,使用反浮选工艺脱出其中的含镁矿物,实现提磷降杂的目的。工艺流程见图 8。

图 8 磷矿 WFS－选矿工艺流程

四、技术特点

WFS 作为调整剂，完全可以取代硫酸，节约硫酸消耗 12～15kg/t 原矿；减少清水消耗，节约清水消耗 0.5m^3/t 原矿；提高选矿回收率 1.1%；减少废水处理费 10 元/m^3；减外排废水 2.5m^3/t 磷酸；WFS 作为调整剂较硫酸对人的伤害小；尾矿泡沫流动性好，减少尾矿冲洗水；浮选指标稳定；浮选设备没有结钙现象，减少除钙时间对生产的影响。

五、适用条件

原矿为碳酸盐型或方解石型磷矿石；主要脉石矿物为白云石的中低品位磷矿石。

六、应用情况和前景

该技术不仅减轻了污水处理厂的压力，减轻了环保压力，而且还使生产过程中产生的废水得到合理、有效的利用，还取得了环保效益、社会效益和经济效益。

45．胶磷矿微差比重分选与洁净环保技术

一、　技术名称

胶磷矿微差比重分选与洁净环保技术。

二、技术概况

将条带状构造的磷块岩破碎到一定粒度，实现磷块岩含矿条带与脉石条带的解离，达到适合重介质选矿的要求。磷块岩脉石比重仅相差 0.08 g/cm3。生产过程采用在线监测，自动控制选矿分选密度是解决这类难选矿石选矿的关键技术。

二、　原理和工艺

采用粗、中和细三段一闭路破碎，一级筛分和一次重介质旋流器选别，精矿、中矿和尾矿经过弧形筛一次脱除介质和洗矿筛二次脱除介质后成为最终精矿产品；筛下物经过磁选机回收介质，尾矿泥通过浓缩、过滤得到清水和滤饼；精矿通过浓缩、沉淀得到精矿砂；清水循环利用。

四、技术特点

磷块岩含矿条带与脉石条带之间硬度差别大，接合面不紧密，易解离，将矿石破碎到一定粒度（15cm）时，可实现磷块岩条带间的解离。产品分别处理不仅提高了选矿综合回收率，而且实现了洁净环保零排放。生产用水和介质循环利用，符合国家环保政策，矿渣和滤饼干排无有害成分，集中堆放可逐步还田还林。

五、适用条件

原矿为沉积型磷矿石，主要脉石矿物为硅钙质的中低品位条带状构造磷矿石；磷块岩含矿条带与脉石条带之间硬度差别大，接合面不紧密，易解离；磷块岩含矿条带与脉石间存在一定的比重差。

六、应用情况和前景

微差比重分选与洁净环保技术用于胶磷矿的选别效果良好，该选矿方法具有优越的针对性和适应性。生产用水和介质全部得到循环利用，无废气、废水排放，实现了洁净环保零排放。

46．高效利用磷、钙直接生产脱氟磷酸三钙新技术

一、技术名称

高效利用磷、钙直接生产脱氟磷酸三钙新技术。

二、技术概况

该技术以选出的磷精矿为原料，添加少量磷酸，经回转窑烧结脱氟，得到磷酸三钙，一次性的利用磷和钙，实现了资源高效利用。

三、原理和工艺

进行饲料脱氟磷酸三钙的规模化生产，将为我国磷资源的综合利用开辟一条新的途径，对饲料磷酸盐行业调整产品结构、提升产品档次、拓展国际市场和节能减排将发挥积极作用。该技术在吸收日本和俄罗斯脱氟磷酸三钙先进生产工艺的基础上，采用德国的控制技术，自主创新地研制出了一种新的适合我国磷矿特点的回转窑烧结脱氟生产脱氟磷酸三钙的新工艺。工艺以选矿后的磷精矿为原料，添加一定量的磷酸，配以不同的脱氟剂和添加剂，在回转窑内进行烧结脱氟，得到含 P_2O_5 36%~42%的饲料磷酸三钙产品。

四、技术特点

用高温烧成，无细菌污染；最大限度地综合利用了磷、钙资源；无“三废”排放（无磷石膏，不用硫）；钙磷比更适合禽畜动物吸收，而且含有动物生长所需的 Na、Mg、K、Fe 等常量矿物质元素。

五、应用条件

适宜在磷矿资源比较集中的地区应用，需建配套的磷矿石选矿工程。

六、应用情况和效果

该技术已获得工业应用，已建成 10 万吨/年脱氟磷酸三钙生产线。为我国磷资源综合、高效利用开辟了一条新途径。

47．磷矿伴生氟资源回收技术

一、技术名称

磷矿伴生氟资源回收技术。

二、技术概况

目前制取无水氟化氢的原料主要为萤石，随着萤石资源的开采，资源逐渐减少，目前国家已限制开采量。本技术以磷矿生产磷肥的副产物无水氟化氢为原料制取无水氟化氢，促进了磷肥生产的副产物综合利用，发展了循环经济，延长了磷化工产业链，又可推动磷肥清洁生产。

三、原理和工艺

先将氟硅酸进行脱砷，达到一定的要求后，将其作为原料进入无水氟化氢生产装置，吸收反应器溢出的四氟化硅，与其反应生成二氧化硅并提高氟硅酸的浓度，经过滤得到一定浓度的浓氟硅酸。浓氟硅酸与硫酸反应生成四氟化硅和氟化氢，四氟化硅进入上述流程提浓氟硅酸，氟化氢则经过冷凝、精馏等手段进行纯化，得到无水氟化氢产品。而硫酸则返回磷酸生产系统用于分解磷矿制取磷酸。

四、技术特点

1. 流程简短，操作简便。整个流程由原料脱砷、氟硅酸浓缩、反应和 HF 净化组成。进入系统的只需要氟硅酸、浓硫酸及少量的脱砷剂为原料。产品除氟化氢外，硫酸可以再利用，渣的资源化利用已完成。

2. 自主研发配套。通过自主研发，为基础流程配套相关技术，如原料脱砷、工艺优化、设备改造、材质研究选型。副产硅渣应用研究，将原基础技术进行提升。

3. 有利于环境保护。通过该技术产业化，将磷酸副产氟硅酸资源化利用，有利于环境保护。

4. 节能示范效果明显。该技术与磷肥生产装置配合，其循环水可以将磷肥装置的液氨升温，达到循环水降温的目的，节约了能源消耗。

5. 生产成本低、经济效益高。

五、适用条件

本技术所用的辅助原料少，适用于所有的湿法磷酸厂和具有氟硅酸的厂家。

其关键技术在于能够高效利用副产氟硅酸，除产生少量的渣外，其他物质均得到充分的利用，而且渣的资源化开发已完成。

六、应用情况和前景

该技术已获得工业应用，制得的无水氟化氢产品优于萤石法无水氟化氢的国家标准 GB7746-1997 优等品指标。我国仍有大量氟硅酸未充分利用，本技术在全球范围内具有广阔的应用前景。

48．磷矿伴生碘资源回收技术

一、技术名称

磷矿伴生碘资源回收技术。

二、技术概况

我国有丰富的地下含碘盐卤资源和磷矿伴生碘资源，过去由于没有很好的回收手段，大量碘资源不仅未得到利用，还造成磷化工厂局部生产环境的碘污染。我国碘的产量不能满足国内的需求，每年仍然需要大量进口碘产品。本技术针对磷矿伴生碘资源在磷化工生产流程中予以回收。

三、原理和工艺

该工艺结合磷化工生产流程，以稀磷酸为原料，通过氧化萃取、还原反萃、再氧化、液固分离等过程，得到粗碘产品，然后进一步精制得到精碘。该提碘技术工艺流程简单、操作简便，对稀磷酸原料的质量无任何影响，投资少，成本低，易于实现工业化、自动化。

四、技术特点

稀酸提碘技术是目前唯一可以用来处理含碘量极低的磷化工厂含碘物料回收碘的先进技术。所用辅助原材料少，总回收率较高，对磷矿中伴生的碘进行了有效回收，提高了磷资源的利用率。

五、适用条件

本工艺技术主要针对含碘磷矿在湿法加工过程中进行回收利用，必须以磷矿制酸生产流程为依托。

六、应用情况和前景

贵州省福泉市已先后分期建成两套 50t/a 的碘回收工程，目前生产运行稳定，经济效益较好。

49．硫酸镁亚型盐湖卤水制取硫酸钾技术

一、技术名称

硫酸镁亚型盐湖卤水制取硫酸钾技术。

二、技术概况

针对罗布泊盐湖蕴藏丰富的含钾硫酸盐型卤水的资源特点和极端干旱、光热丰富、温差强烈的自然地理条件，采用国内外首创的硫酸镁亚型盐湖卤水制取硫酸钾的新技术，创造性地开发出了一条适合罗布泊盐湖资源特点的工艺技术。

三、原理和工艺

该技术的基本原理：①利用相图原理，结合气候条件特征，以兑卤法改变原卤结晶路线，使罗布泊盐湖K^+、Na^+、Mg^{2+}//Cl^-、SO_4^{2-}－H_2O五元体系卤水中的钾集中在两个阶段析出，同时排出了过量的硫酸镁，在盐田制取优质钾盐镁矾型钾混盐和光卤石钾混盐。②任何物质表面都有一定的疏水性，如果一物料中两种物质的疏水性存在很大差异，可据此利用浮选的方法将其分离,经浮选提纯得到软钾镁矾和氯化钾中间产品，按一定比例配比反应转化得到优质硫酸钾产品。③根据结晶动力学原理，采用双级推料混合型分解结晶器生产出大颗粒的优质硫酸钾。工艺流程见图9。

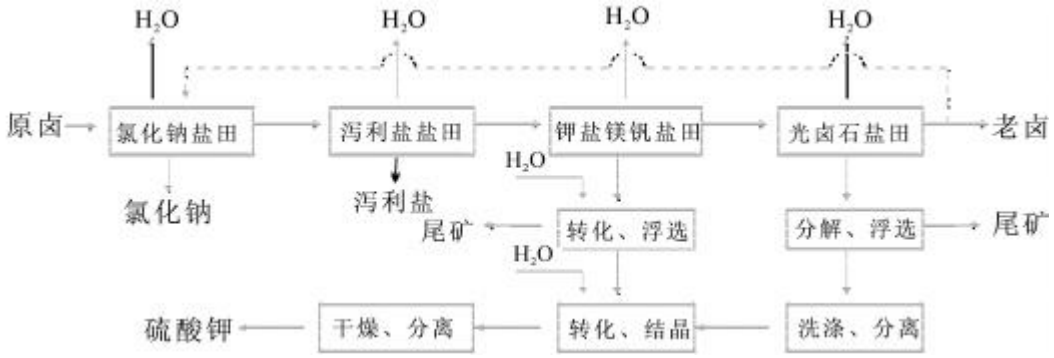


图 9　罗布泊含钾硫酸镁亚型卤水生产硫酸钾工艺原则流程图

四、　技术特点

1. 以兑卤法改变原卤的结晶路线，制取低钠优质钾混盐。采用兑卤法调整卤水体系点，首创性地将含钾硫酸镁亚型卤水蒸发过程中的钾混盐析出阶段进行

合理分段，获得的高品位低钠钾盐镁矾型钾混盐和光卤石型钾混盐，为在罗布泊进行硫酸钾的生产提供了两种必需的原料。

2. 不用淡水分解而以特定卤水分解、富集制取优质氯化钾，解决了在罗布泊生产硫酸钾所需氯化钾原料的供应问题。

3. 钻井采卤技术。罗布泊盐湖有 1 层潜卤水（W_1）和 6 层承压卤水（W_2～W_7），传统采用的渠道采卤方式只能开采埋深在 8～10m 以内的潜卤水层。采用钻井采卤新技术，利用液体矿的流动特性，采卤井则可一次性穿透含矿层系，使卤水矿的采出比较完全，采卤能力和采出率均较高，可开采埋深 100m 以上的各层卤水，卤水回采率从现有的约 11%提高到 50%以上。

五、适用条件

本项技术适用于盐湖资源丰富的西部干旱地区。我国北方和西北内陆干旱区分布有大量的盐湖，有些盐湖有丰富的含钾硫酸盐型卤水资源，如青海省的茶卡、柯柯、东台吉乃尔、西台吉乃尔、一里坪盐湖，新疆的玛纳斯盐湖等。

六、应用情况和前景

本工艺已成功地应用于新疆罗布泊钾肥基地年产 10 万吨的工业试验装置和新疆罗布泊钾肥基地一期工程年产 120 万吨钾肥的项目，并产生了良好的经济和社会效益。

50．从碳酸盐型富锂卤水中提取锂技术

一、技术名称

从碳酸盐型富锂卤水中提取锂技术。

二、技术概况

在缺乏矿物燃料、交通不便、高寒缺氧的高原条件下，巧用丰富的太阳能、冷资源、淡水及粘土，用“冬储卤—冷冻日晒分离—太阳池集热沉锂”的独创工艺选择性地富集碳酸锂精矿，为扎布耶盐湖碳酸盐型富锂卤水的锂资源提供了可靠的工业开发途径。

三、原理和工艺

碳酸锂在水中的溶解度随着温度的升高而降低，由 30℃时的 1.25g/L 至 80℃时的 0.85g/L，降低了 32%。通过太阳池从碳酸盐型卤水中提取锂盐精矿，是一种有效利用太阳能高效率、无污染提取锂盐的绿色工艺。太阳池的基本结构由上、中、下 3 层组成。最上层称为上对流层（UCZ），一般由淡水组成，水体温度与环境温度相近，具有隔热和防止下层溶液被扰动的功能；最下层称为下对流层（LCZ），由饱和的盐溶液组成，主要起储热和吸热作用，其最高温度可达 100℃左右；中间层称为非对流层（NCZ），是太阳池的关键部分，其盐溶液的浓度是随着池深呈梯度增大的，所以又称之为梯度层。太阳池也具备了大规模、长时期收集和储存太阳能的功能。若将下层的盐溶液换成富锂成卤即可进行碳酸锂生产。工艺流程见图 10。

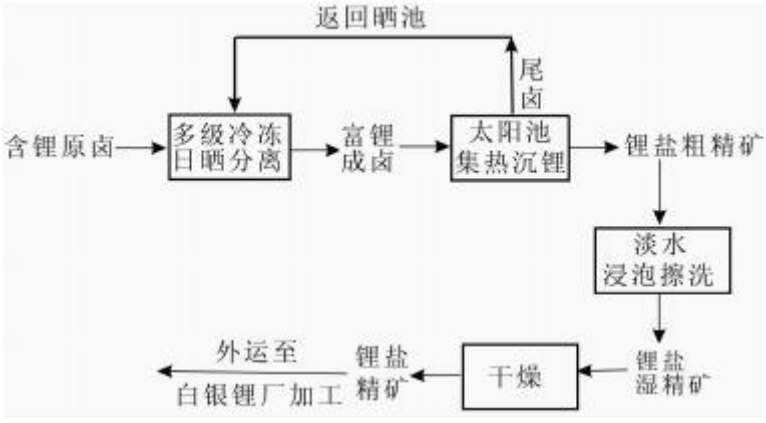


图 10　西藏扎布耶盐湖卤水制取碳酸锂总体工艺流程

四、 技术特点

针对碳酸盐型盐湖的特殊性，在长期观测、矿物学和卤水相化学基础研究取得规律性认识的基础上，扬长避短，在最适宜的月份和地段抽取富锂卤水；巧用当地丰富的太阳能、冷资源、淡水及粘土，在工业化水平上，用“冬储卤—冷冻日晒分离—太阳池集热沉锂”的独创工艺技术，使碳酸锂从卤水中大量集中沉淀，并按不同盐类矿物溶解度不同的特点，用淡水浸泡选择性地富集碳酸锂精矿，从而在当地低成本获取了工业化规模的碳酸锂精矿，卓有成效地克服了当地的制约条件，这是本技术最重要的创新点。全套提锂工艺无任何化学试剂介入，可谓名副其实的“绿色环保化工工艺”。此外，针对本技术取得的精矿组成，采用水浸碳化法制取碳酸锂产品，也是符合实际的、经济可行的工业化技术。

五、适用条件

1. 卤水中富含锂离子和碳酸根离子，为碳酸盐型富锂卤水。

2. 全年日照强度大、时间长，太阳能资源优越，便于盐梯度太阳池运行。

3. 冬季气温低，冷资源优越，便于冷冻日晒提高卤水中锂离子的浓度。

六、应用情况和前景

该技术已在西藏建成年产 5000t 碳酸锂的国家“十五”西部开发产业化示范工程，碳酸锂的生产成本较低，可为企业带来丰厚的利润，这将极大地促进西藏地方经济发展、增强造血功能，并带动盐湖资源开发和高原盐化工基地的崛起。

青藏高原盐湖碳酸盐型卤水提锂技术居国际领先地位，所生产的锂产品有 80 多个品种规格，可基本满足全国各行业的需要。

51．低品位硅藻土矿选矿与深加工技术

一、技术名称

低品位硅藻土矿选矿与深加工技术。

二、技术概况

采用干/湿结合的物理选矿提纯技术精选硅藻土；以硅藻精土为原料采用表面改性和表面纳米复合技术，生产污水处理剂、硅藻土改性沥青和硅藻土负载纳米 TiO_2 复合光催化材料；同时综合利用选矿尾矿生产保温节能型轻质墙体材料。

三、基本原理和工艺

采用空气离心分离技术除去硅藻土的粗砂粒和碎屑，通过煅烧除去硅藻土中的有机质；采用机械强制擦洗和化学分散技术使硅藻土颗粒与黏土矿物解离并良好分散，通过悬浮液差速离心沉降技术使硅藻土颗粒与黏土杂质分离，以达到低品位硅藻土的精选提纯。采用改性和填充共混复合技术制备铺路用硅藻精土改性沥青材料；采用表面改性技术和无机纳米复合技术用硅藻精土制备硅藻土污水处理剂和硅藻土负载纳米 TiO_2 复合光催化材料。工艺流程见图 11。

四、技术特点

1.集成干法和湿法分选技术达到硅藻土与黏土矿物、碎屑、有机杂质等的有效分离，可实现规模化连续生产。

2.采用针对不同污水处理要求的专业化表面改性与复合技术制备的硅藻土污水处理材料兼有吸附和生化（除氨氮）功能。

3.采用低温沉淀反应和可控梯度煅烧工艺制备兼有吸附捕捉和光催化降解（除甲醛、苯、甲苯等有害气体）功能的硅藻土负载纳米 TiO_2 复合光催化材料。

4.采用填充共混复合技术制备硅藻土改性路面沥青材料。

五、适用条件

1.本项目的选矿技术、污水处理材料改性复合技术、硅藻土改性路面沥青材料制备技术和硅藻土负载纳米 TiO_2 复合光催化材料制备技术，均已达到进行产业化开发的程度。

2.具备供水、供电条件的硅藻土资源产区，拥有硅藻土矿山的企业和现有硅

藻土生产企业或硅藻土材料应用企业。

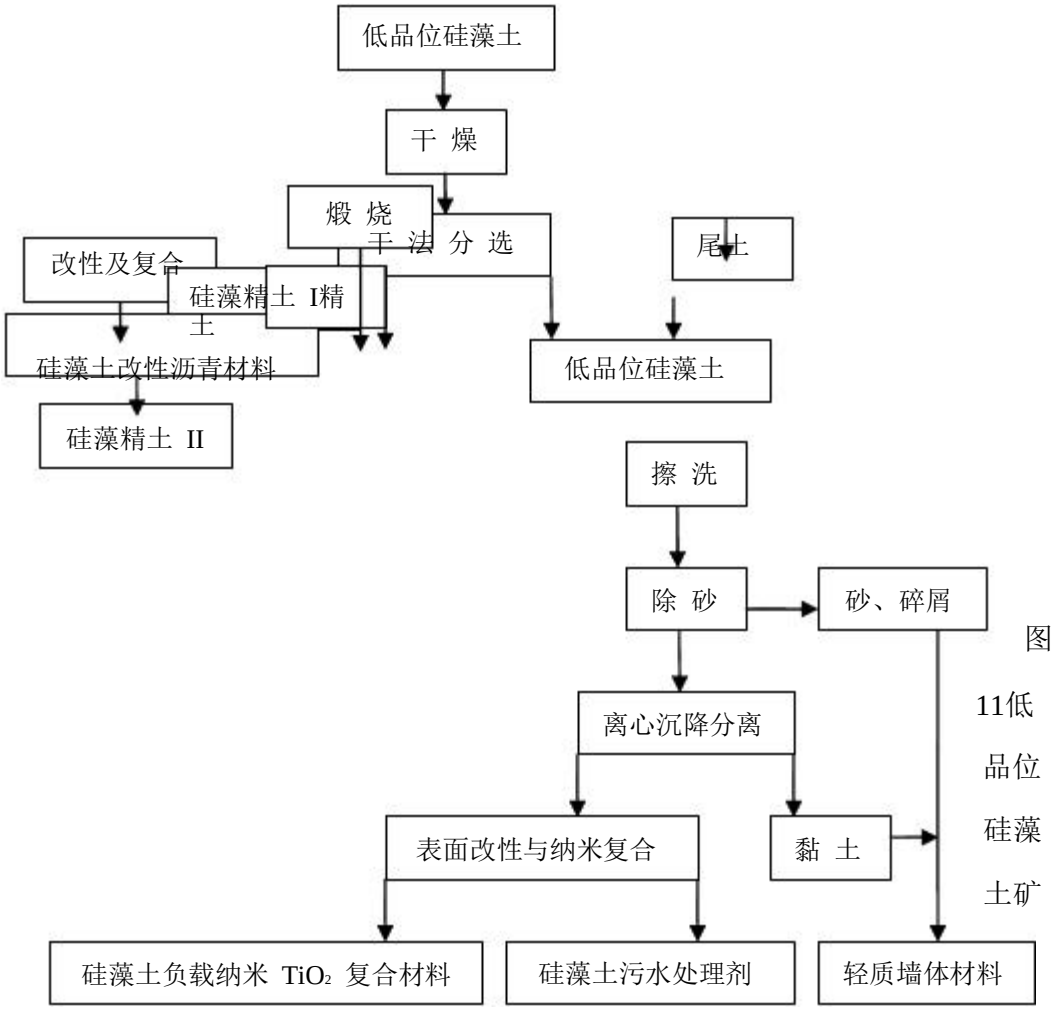


图 11低品位硅藻土矿选矿与深加工工艺流程

六、应用情况和前景

硅藻土干法/湿法集成选矿技术已建成了年处理 1500t 的中试生产线，其产品已用做硅藻土负载纳米 TiO_2 的原料；硅藻土负载纳米 TiO_2 复合材料已建成年产 120t 的中试生产线，产品已应用于木制印刷窗帘、高密度板印刷地板、涂料等；改性沥青铺路材料已完成了工业应用试验；硅藻土污水处理剂已在全国 100 多家污水处理厂得到应用。

52．低品位菱镁矿选矿提纯技术

一、技术名称

低品位菱镁矿选矿提纯技术。

二、技术概况

采用阳离子反浮选技术脱除低品位菱镁矿中的硅；以 MgO 含量低而 SiO_2 含量高的菱镁矿石为原料，以胺类为捕收剂，同时添加专用的调整剂，在中性或弱碱性条件下反浮选去除菱镁矿石中的石英，可以得到产率大于 75%、MgO 品位大于 47.0%、SiO_2 含量小于 0.3%的菱镁矿精矿。该技术可以解决用阳离子捕收剂反浮选时泡沫发粘和精矿过滤困难的问题，也可以使水全部循环利用。

三、基本原理和工艺

用反浮选法去除菱镁矿中的石英是利用石英或硅酸盐矿物表面性质的不同，添加胺类捕收剂，在一定的条件下，捕收剂吸附在石英或硅酸盐矿物的表面而使其疏水，在有气泡存在时石英或硅酸盐会吸附在气泡上并随之上浮到矿浆的表面。而菱镁矿由于不与捕收剂作用，所以仍保持亲水，不能与气泡作用，因此会留在矿浆中。采用一定方式刮出泡沫即可实现石英与菱镁矿的分离。该过程中调整剂起着非常重要的作用，它既可以改变捕收剂与矿物的作用，对气泡的性质也有很大的影响。工艺流程见图 12。

四、技术特点

1. 适用范围广，该技术适合于任何含硅高但含钙较低的菱镁矿石。

2. 精矿产率高，一般在 75%以上。

3. 菱镁矿精矿中的 SiO_2 含量低，可以小于 0.3%，实际使用时可根据需要也可以达到更低的水平。

4. 解决了阳离子捕收剂浮选过程中存在的泡沫发粘、产品过滤困难的问题。

5. 可以实现水的全部循环利用，节约水资源。

五、适用条件

含硅高但含钙较低的菱镁矿石。具备供水、供电条件的菱镁矿资源产区。

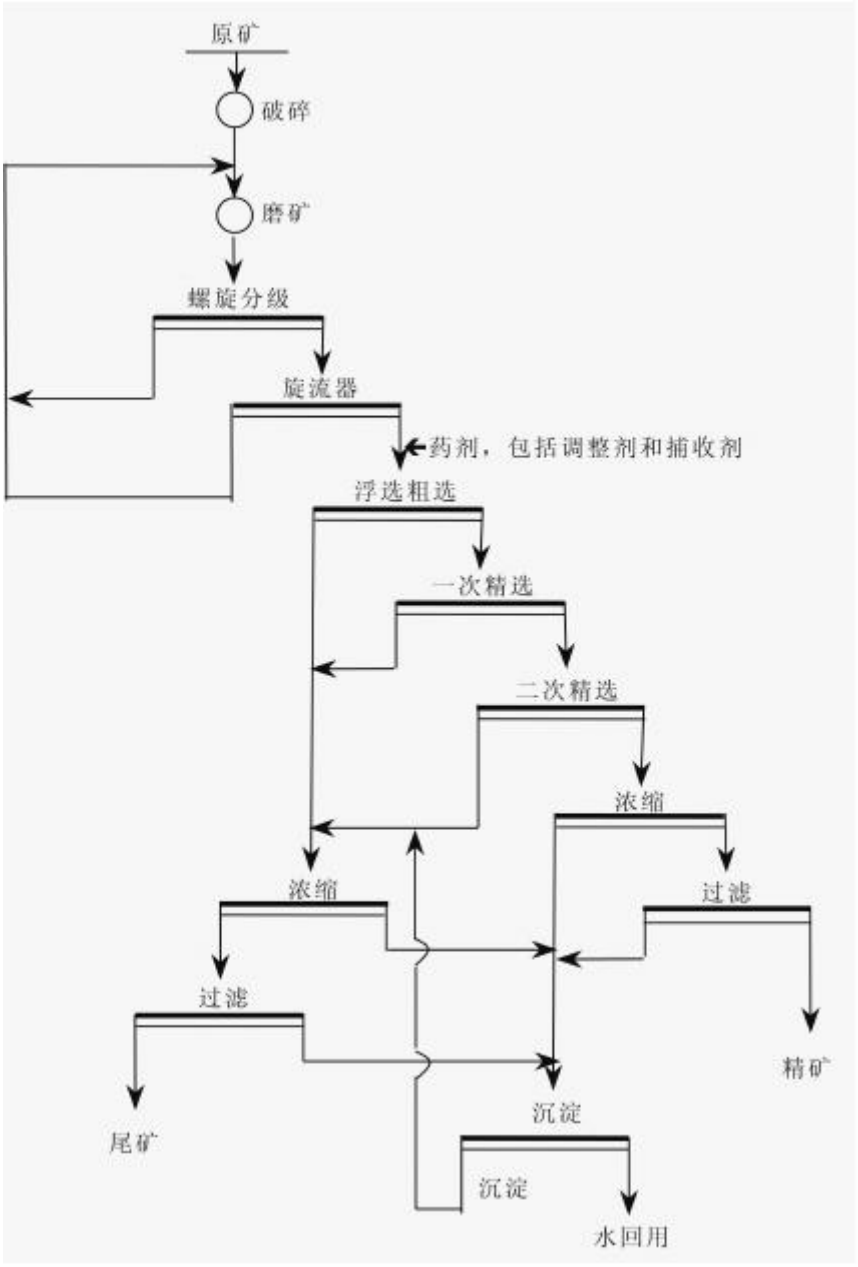


图 12　低品位菱镁矿选矿提纯工艺流程

六、应用情况和前景

目前我国生产与出口的镁质材料大都是原料初加工产品，优质产品和高科技产品少。辽宁某菱镁矿石反浮选后 SiO_2 含量可从 2.33%降低到 0.3%以下，精矿的产率在 78%以上，其中 SiO_2的去除率最高可以达到 94.60%。

53．鳞片石墨多段磨矿、多段选别技术

一、技术名称

鳞片石墨多段磨矿、多段选别技术。

二、技术概况

鳞片石墨原矿品位一般为 3%～10%，通常采用浮选方法获得石墨精矿。多段磨矿、多段选别（一般为 5～7 段磨矿和选别）技术主要是为了保护石墨晶体结构，提高利用价值高的大鳞片的产率，同时也提高了石墨精矿的品位和回收率。

三、基本原理和工艺流程

原矿经粗磨、粗选、扫选后丢弃尾矿，粗精矿再经 4～5 段磨矿、5～7 次精选达到提高石墨精矿的目的。工艺流程见图 13。

四、技术特点

1. 粗磨、粗选和扫选后即抛弃尾矿，使再磨矿量减少而节省能耗。

2. 采用多段磨矿，使已解离的大鳞片不再产生过磨而及时选别回收。

3. 对粗精矿再磨逐段提高磨矿强度，最后几段再磨可采用砂磨机，既保护石墨晶体结构，又可提高石墨最终精矿的品位。

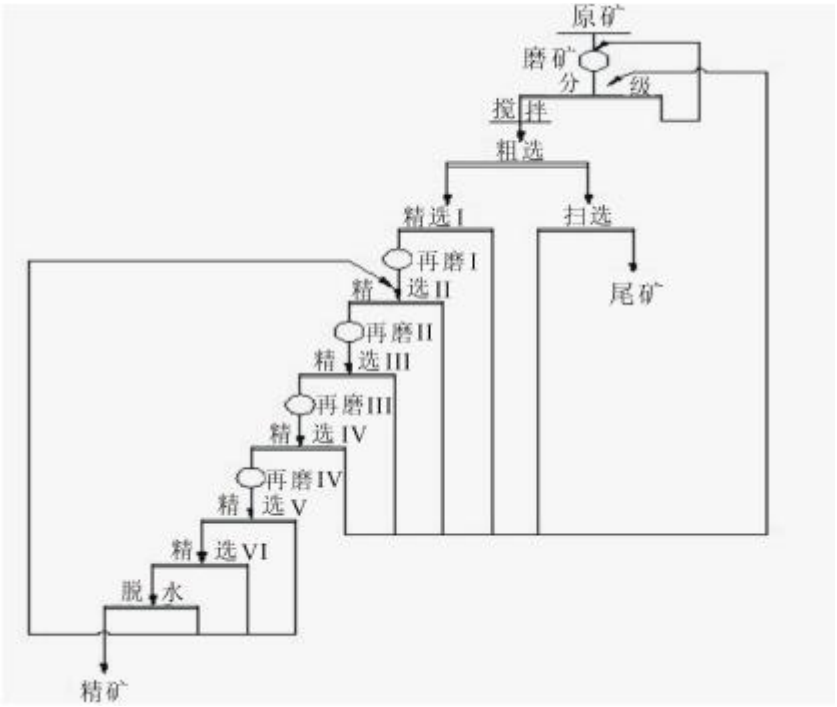


图 13　鳞片石墨多段磨矿、多段选别工艺流程

五、应用条件

应用于具备水、电、交通等开发条件的鳞片石墨矿山的选矿加工。

六、应用情况和前景

鳞片石墨多段磨矿、多段选别技术在鸡西柳毛石墨矿、萝北奥宇石墨矿，内蒙古兴和石墨矿，青岛黑龙石墨矿等重要矿山已成功地应用。一般采用 4～5 段磨矿、5～7 段磨矿选别。石墨精矿品位 90%以上，回收率 85%以上。再磨作业采用砂磨机，精矿品位可提高到 95%以上。多段磨矿、多段选别技术在鳞片石墨开发中应用前景广阔。

54．微晶石墨（土状石墨）高温提纯技术

一、技术名称

微晶石墨（土状石墨）高温提纯技术。

二、技术概况

采用梯度高温提纯技术生产高纯微晶石墨（碳含量 99.99%）；以高纯微晶石墨为原料，采用表面改性和结构调控技术生产锂离子电池电极材料。

三、基本原理和工艺

采用中高温或高温煅烧技术，除去微晶石墨中含铝、铁、钙、镁等的脉石矿物及其他杂质，采用流态化技术使矿物颗粒充分分散，达到微晶石墨的精制提纯。

采用表面改性和形状调控技术，调节微晶石墨的各向均一性；采用有机/无机复合包覆技术，调控微晶石墨结构制备锂离子电池电极材料。

工艺流程见图 14。

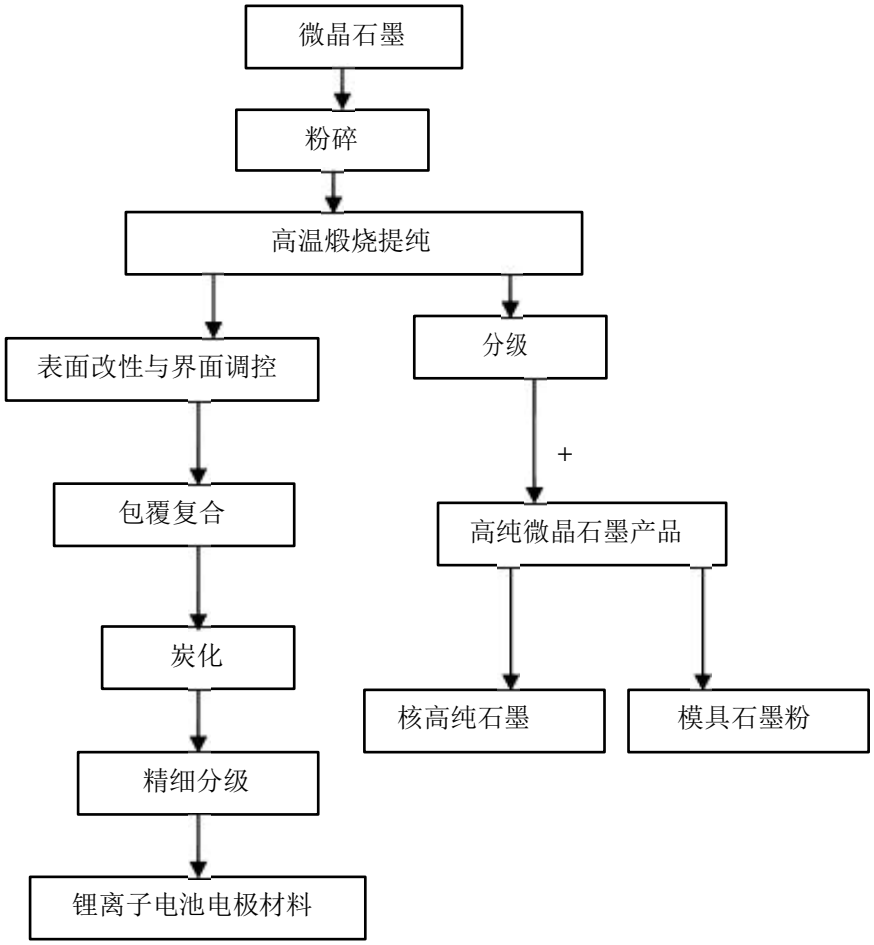


图 14　微晶石墨高温提纯技术工艺流程

四、技术特点

采用连续式高温提纯技术达到微晶石墨与硅酸盐、氧化物等杂质的有效分离，可实现规模化连续生产；采用不同的表面改性与复合技术可制备性能各异的微晶石墨材料；采用有机/无机包覆技术与炭化技术，制备锂离子电池电极材料；高温提纯技术可实现低污染，对环境友好。

五、适用条件

本项目的高温提纯技术、表面改性复合技术、有机/无机包覆复合技术均达到可产业化开发的程度，适用于具备供水、供电条件的微晶石墨资源产区、拥有微晶石墨矿山的企业和现有微晶石墨生产企业或微晶石墨应用企业。

六、应用情况和前景

目前在湖南的郴州和株洲各建有一条微晶石墨高温提纯中试生产线，郴州生产能力达到 6000~7000t/a, 株洲生产能力为 3000~4000 t/a, 固定碳含量大于等于99.99%，电耗 2000kW ħ/t。

微晶石墨作为一种重要的战略资源，随着高纯化和改性技术的进一步开发，不仅附加值大幅度提高，而且应用范围进一步拓宽，在通讯电子、润滑剂、热辐射防护、核能利用、军事工业等方面也有着广泛的应用前景。

高温提纯技术不仅在微晶石墨上具有巨大的发展前景，将来还可以推广到鳞片石墨的提纯上。

55．非金属矿粉体加工球磨加分级技术

一、技术名称

非金属矿粉体加工球磨加分级技术。

二、技术概况

青岛迈科隆公司结合中国国情，在引进消化吸收的基础上，改进完善非金属矿粉体加工球磨加分级技术，已经为国内数家非金属矿粉体加工用生产设计提供了成套的设备，粉体产品细度和能耗已达到国际先进水平。

三、基本原理和工艺

通过球磨来实现非金属矿的超细粉碎，后配超细分级技术来控制不同粒度和粒度分布，生产不同细度的粉体产品。整个系统在负压状态下运行，无粉尘和废气排放。

工艺流程为：粗破碎—输送—研磨分级—收集—包装（图 15）。

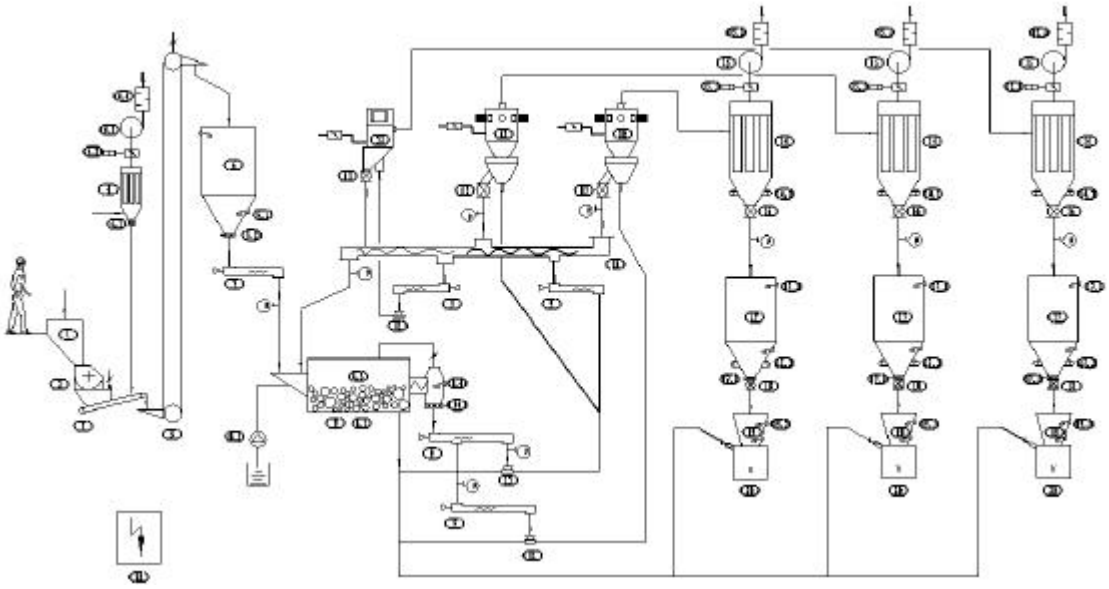


图 15非金属矿粉体加工球磨加分级工艺流程

四、技术特点

1. 优化了球磨机的长径比，保持合理的出料量和细粉含量，降低过研磨，提高研磨效率，节约能耗；优化了篦板的开孔形状、开孔尺寸和开孔率，出料顺畅，无涨磨现象，筒体无需冷却；衬板和研磨介质的材质和形状制作精良，耐磨损，研磨效率高；优化了驱动器和研磨能耗的匹配，最大限度地节省能耗；和分级机形成封闭系统,负压输送，无粉尘污染，保护环境。

2. 分级机精确的流程控制确保极佳的顶点切割；可调节冲洗气流,提高分级效率；物料直接进入分级区，不被分级后粗粉混染；优化转子设计,达到低能耗；可通过分级机的不同排列调节产品的粒度分布，满足不同产品的技术要求。

3. 球磨机的给料采用精确的定量系统，既使物料的密度发生变化，也可以稳定给料；高精度计量泵根据产品细度的要求，以准确的时间和量将研磨助剂喷入磨机内。

4. 料仓和产品仓均有料位器，可实现整条生产线的自动控制；PLC 控制，计算机操作，清楚明了；有利于与其他系统工序的整合，便于管理。

五、适用条件

本技术适用于方解石、大理石、石灰石、重晶石、高岭土、矿渣、粉煤灰、水泥、石英、氧化铝等非金属矿的超细粉碎。

六、应用情况和前景

本技术已经在四川宝兴、辽宁本溪、吉林磐石等地应用。废气的粉尘排放量低于 40 mg / m³，符合国家环保标准；噪音小于 75 dB（A）；无废水排放，仅有球磨机轴承的冷却水，可循环使用；系统稳定性好，在节能、环保等方面效果显著。

该工艺技术的投资基本上与正常生产投资差不多，但本工艺技术设备运行稳定、维修量小，整体运行成本较低。

56．复合式干法选煤技术与工艺

一、技术名称

复合式干法选煤技术与工艺。

二、技术概况

我国北方大型煤炭基地水资源十分匮乏，传统的以水为介质的重介选煤、浮选工艺等煤炭洗选技术的应用受到极大的限制。复合式干法选煤技术是我国独创的新型动力煤选煤方法，复合式干选机是集多种分选原理于一体的新型选煤设备。

三、基本原理与工艺

复合式干选机基本原理（图 16）：①借助机械振动使分选物料在床面上做螺旋翻转运动。料层上部密度较低的矿粒逐次被分离，形成精煤产品；②以入选原煤中所含德细粒煤为自生介质，与床面上升气流组成气固两相混合悬浮体进行分选；③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；④利用析离作用和风力作用的综合作用进行分选；⑤物料通过床面上设置的平行格条和沟槽分选。

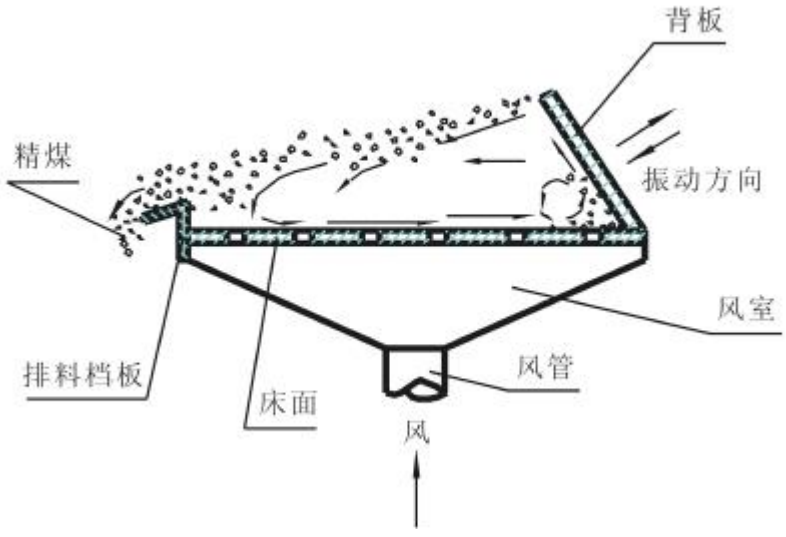


图 16　复合式干选技术分选原理

复合式干法选煤技术工艺流程包括原煤准备、干选系统、产品储运系统。典型工艺参数：分选密度 Sp=1.8～2.0，可能偏差 Ep=0.13～0.2，不完善度 I=0.08～0.12，数量效率η=90%～96%。

复合式干法选煤工艺的主要设备：①原煤准备：筛分机，破碎机，原煤皮带

运输机。②干选系统：缓冲仓，给料机，干选机，袋式除尘器，旋风除尘器， 引风机，主风机。③产品储运系统：精煤皮带运输机，精煤仓（或煤场），中煤皮带运输机，中煤仓（或煤场），矸石皮带运输机。

四、技术特点

1. 采用复合式干法，实现原煤分选，选煤不用水。

2. 工艺简单，生产成本低，可不建厂房，建设投资少，投产快，吨煤分选加工费仅为 3 元左右，为同规模水选投资的 1/5～1/10。

3. 劳动生产率高，用人少，干选系统操作人员仅 2～3 人，劳动生产率高达 80～250t/人。

4. 商品煤回收率高，并可出多种灰分不同的产品，不产生煤泥。

5. 适应 80mm 以下各种粒度级原煤的分选，对煤种适应性强，商品煤水分低。

五、适用条件

复合式干选技术主要用于排除原煤中的矸石和硫铁矿，分选密度一般 为 1.8～2.0 kg/L。我国煤炭绝大部分属易选煤，适合应用干法选煤技术。尤其适应我国北方缺水矿区煤炭的分选加工，也能进行褐煤、煤矸石分选。

六、应用情况和前景

鄂尔多斯韩家村、开滦单侯、朔州小峪、锦州九道岭、黑龙江黑宝山、宁夏磁窑堡、山西常村等全国 26 个省、区的煤炭洗选企业共推广应用 885 套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。

复合式干法选煤技术经济、实用，对提高煤的入选比例有重要作用，可以在我国各类煤矿区推广应用，尤其适用于干旱缺水的北方大型煤矿区。用于炼焦煤、动力煤选煤厂原煤预排矸，对降低重介质选煤工艺负担和成本具有显著成效。

57．煤泥分级浮选技术与工艺

一、技术名称

煤泥分级浮选技术与工艺。

二、技术概况

随着我国细粒和超细粒煤泥在原煤中的比例逐年提高，煤泥分级浮选技术与工艺针对不同粒级浮选入料，采用不同的加药制度，配合浮选和脱水设备，实现粗、细煤泥高精度分选和高效脱水。

三、基本原理与工艺

本项技术工艺流程：煤泥水浓缩—旋流器分选—煤浆浮选柱处理—精煤压滤机压滤。工艺流程见图 17，实线部分为选煤厂原混合浮选工艺，虚线部分为技术改造新增分级浮选新工艺。分级浮选新工艺采用的关键设备：①分级设备：FXJ-350 水力分级旋流器组；②细粒煤泥的浮选设备：FCMC—3000 型旋流微泡浮选柱；③细粒煤泥的脱水设备：XMZG-100/1090-U 型隔膜式自动滤机。

图 17　煤泥分级浮选技术与工艺流程

四、技术特点

1. 旋流微泡浮选柱在一个柱体内能够完成粗选、精选和扫选，精煤的灰分低，产率高，尤其适合于灰分高粒度细的难选煤泥浮选。

2. 煤泥分级浮选工艺采用旋流微泡浮选柱、快速开双隔膜压滤机等关键技术，实现了浮选参数自动化控制。

3. 快速双隔膜压滤机采用独立进气结构，气道不堵塞，易于维护。滤板结构上设计带有高强度双面隔膜，可实现隔膜压榨挤压滤饼脱水，增加了脱水功能，滤饼易于脱落，不粘滤布，卸饼速度快。

4. 高效压滤脱水工艺采用自流与风压给料，进料速度快，克服了精矿浓度低且含有大量泡沫导致泵压给料的困难，可实现高压强流体进料、强气体风吹滤饼和隔膜压榨挤压滤饼脱水。脱水过程采用 PLC 程序自动控制，运行可靠，配置合理，调节灵活。

五、适用条件

适用于煤炭洗选中的细粒煤深度脱硫、降灰和煤泥水过滤澄清，可以有效地提高洗煤产品的质量和效益，提高煤泥资源的利用。也可以应用于冶金、造纸、酿造、化工、环保等行业细粒矿物的浮选与脱水，以及城市生活、工业污水的处理。

六、应用情况和前景

目前，煤泥分级浮选新技术已经成功地应用于河北邯郸、山西东曲、山东枣庄柴里、黑龙江鹤岗峻发等 40 多家煤炭洗选加工企业。邯郸煤矿年处理能力 220 万 t，采用分级浮选工艺后综合精煤产率提高 1.73%，每年从尾煤中多回收精煤 3.86 万 t，年净增经济效益 3000 多万元。实行分级浮选后选煤厂电耗明显降低，设备总装机容量减少了 513.4kW，年节电 253 万 kW·h，节约电费 101 万元。

煤泥分级浮选技术克服了传统的煤泥混合浮选存在浮选精煤灰分高、尾煤灰分低，精煤回收率低、综合精煤质量波动大，超灰现象严重的问题。为原煤，尤其是细粒煤的深度脱硫降灰提供了新的技术途径，可带来显著的经济效益、社会效益和环境效益，具有广泛的推广应用前景。

58．常减压蒸馏技术

一、技术名称

常减压蒸馏技术。

二、技术概况

作为炼油厂原油加工的第一道工序，常减压蒸馏技术水平的高低直接关系着后续装置的质量、收率和经济效益，常减压蒸馏不会动摇炼油加工方案的优化和经济效益的基础地位。

近 20 年来在环境保护和激烈竞争的压力下，常减压蒸馏装置的数目不断减少、装置能力不断扩大，这种趋势在日本、加拿大、西欧等国都有相同表现。这些国家的炼油加工能力在 90 年代中期都降到了最低点，此后又逐渐上升，常减压装置数目一直呈减少的趋势，但是平均规模不断增加。例如日本炼厂常减压蒸馏平均规模就由 1983 年的 5.58Mt/a 增加至 2001 年的 6.84Mt/a。

三、基本原理和流程

常减压蒸馏的原理是通过常压蒸馏将原油分离成各种不同沸点的馏分，包括轻烃、石脑油馏分、航煤馏分、柴油馏分；通过减压蒸馏将原油分离成蜡油馏分或润滑油馏分、渣油馏分，然后送至下游相关装置进一步加工生产出合格的产品。

原油或燃料油自罐区进入装置，经过换热升温后原料油进入初馏塔，塔顶温度 128℃，塔底温度 220℃，一部分轻污油自初馏塔顶部进入油气分离罐，进行汽、 油、水分离，由泵作为产品送出的装置。初馏塔底油经塔底泵抽出升压后，经换热升温至 310℃进入常压炉，升温至 360℃左右进入常压分馏塔闪蒸段，塔顶操作温度 147℃，塔顶油气经过冷却至 40℃进入油气分离罐，经泵抽出装置。常一、二、三侧线抽出均作为轻蜡油馏分，经过冷却后进入油气分离罐，经泵抽出 装置；常四线作为蜡油馏分抽出装置。

常压重油经常压塔底泵抽出进入减压炉，在炉内被加热至 390℃左右进入减压塔的闪蒸段，减压塔顶部真空度为 97kPa，温度 95℃，减一、二、三线抽出作为蜡油组分，减底油作为渣油抽出，蜡油、渣油经换热降温后作为产品出装置。

四、技术特点

常减压蒸馏具有操作简单、工艺稳定、原料适应性强、能广泛处理组成复杂

的原料的特点，是炼厂加工原油的首选工艺。

五、适用条件

作为炼油厂原油加工的第一道工序，常减压蒸馏应用条件简单。经过初步脱盐脱水的原油经加热（含换热）至 360℃后进入常压塔进行精馏，塔底抽出物经加热至 390℃后再进入减压塔。

六、应用情况和前景

以长庆 500 万 t/a 常减压蒸馏装置为例。装置自 2005 年 8 月投产以来，一直运行良好，各项指标均达到设计要求。

近年来，国内建设和投产了多套千万吨级常减压装置，其中大连 1000 万吨/年常减压蒸馏装置和独山子 1000 万吨/年常减压蒸馏装置引进 Shell 工艺包，青岛 1000 万吨/年常减压蒸馏装置部分引进 KBC 工艺包，广西 1000 万吨/年常减压蒸馏装置部分引进 UOP 工艺包。

2000 年以来我国的原油消费量年均增长 6.4%,而国内原油产量年均增长率仅为 1.9%，原油进口量逐年提高。2008 年原油表观消费量 36489 万吨，其中净进口原油 17516 万吨。原油需求量不断增大，首先需要新建炼厂扩大炼油能力，对原有炼厂也需要不断进行扩能优化改造。

59．两段提升管催化裂化技术

一、技术名称

两段提升管催化裂化技术。

二、技术概况

近年来随着环保要求的日益严格，美国、日本和欧洲各国均相继颁发了新的汽油标准。我国也对汽油标准进行了重大调整。如何使汽油的烯烃下降又能使辛烷值不降低，同时目前我国的石油产品结构也不尽合理，汽油产品供过于求，而柴油却供不应求，提高柴汽比是我国目前石油加工行业面临的一个重大问题。而两段提升管技术采用分段反应、催化剂接力、短反应时间和大剂油比的工艺流程，通过前六套两端提升管工业装置表明，两段提升管技术能大幅度地提高轻油收率，降低干气产率，降低汽油的烯烃含量，同时汽油辛烷值不降低，可提高产品的柴汽比。反应温度与常规催化裂化相当，再生温度与常规催化裂化相同。目前国内有 10 套工业化装置在运行，运行效果良好。

三、基本原理和流程

两段提升管催化裂化第一段反应后取出反应生成的柴油组分，并将其作为反应的最终产品，不再参与第二段提升管内的反应，最大限度地保留了柴油组分，避免了在后期催化裂化反应中发生过裂化反应所造成的柴油产率损失，从而大大提高了产品的柴汽比。由于两段工艺采用两个短反应时间，段间更换新再生剂，过程的轻油选择性和催化作用大大加强，热反应和不利的二次反应减少，因此干气大幅度下降、轻质油产品增加。同时由于段间更换新催化剂，有效地促进了氢转移和异构化反应，在提高轻质产品收率的前提下，催化汽油的稀烃含量显著降低，辛烷值也有所提高。

工艺流程：两段提升管催化裂化技术的反应系统打破了原来单一的提升管反应器的型式和反应再生系统的流程，用优化的两段提升管反应器取代原来的单提升管反应器，构成两路循环的新的反应再生系统流程。新鲜催化裂化原料进人第一段提升管反应器与再生催化剂接触进行反应，油剂混合物进人沉降器进行油剂分离，油气去分馏塔，结焦催化剂经汽提后去再生器烧焦再生；循环油（包括在一段提升管未反应的催化裂化原料，即一段重油和回炼油、油浆）进入第二段提

升管反应器与再生催化剂接触反应，油剂混合物进人沉降器进行油剂分离，油气去分馏塔，结焦催化剂经汽提后去再生器烧焦再生。

四、技术特点

两段提升管技术能大幅度地提高轻油收率，降低干气产率，降低汽油的烯烃含量，汽油辛烷值不降低，同时可提高产品的柴汽比。

五、适用条件

两段提升管催化裂化技术可用于各种蜡油的加工，并可掺炼一定量的渣油。

六、应用情况和前景

长庆 500 万 t/a 常减压蒸馏装置自 2005 年 8 月投产以来，一直运行良好，各项指标均达到设计要求，彻底改变了原油加工能力不足的问题，满足并改善了下游装置的原料需求。该技术应用前景广阔。

60．连续重整装置国产化技术

一、技术名称

连续重整装置国产化技术。

二、技术概况

目前国内连续重整装置均从美国 UOP 或法国 Axens 购买工艺包和专利使用权，因此开发具有自主知识产权的连续重整技术显得尤为重要。一方面大大提高加工效率，另一方面可大量节省投资成本。以应用于华北石化公司 60 万吨/年的催化重整装置为例。由于采用了具有完全自主知识产权的超低压连续重整技术实际投资 36200 万元，比采用引进技术的重整装置节省投资 8800 万元。

三、基本原理和流程

连续再生重整工艺是装置内设有单独的催化剂连续再生循环回路，从而使积炭催化剂连续不断地再生，催化剂始终保持有较高的活性。

催化剂从第一反应器依靠重力依次流经重叠的几个反应器，从最下一个反应器底出来，经催化剂收集料斗，在闭锁料斗内用氮气置换后进入 1#提升器，在提升器内用循环氮气将催化剂提升到再生器顶部的分离料斗，经淘析器除去粉尘后落入再生器，催化剂在再生器内自上而下依次经过烧焦、氯化和干燥 3 个再生区，然后经流量控制料斗、缓冲罐和闭锁料斗进入 2#提升器，再由氢气提升到反应器顶上的还原区，催化剂被氢气还原后进入第一反应器，构成一个循环。流程如图 18 所示。

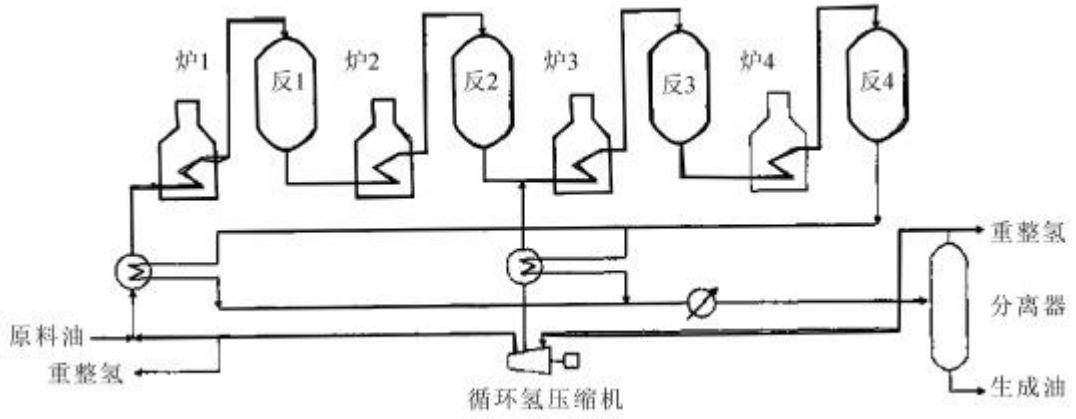


图 18　连续重整装置国产化技术流程图

四、技术特点

催化裂化汽油掺炼比例高达 50%；连续重整装置设备国产化程度高。

五、适用条件

连续重整装置以常减装置生产的直馏石脑油和催化裂化装置生产的重汽油为原料，生产高辛烷值的汽油组分和含氢气体。

六、应用情况和前景

大连石化 220 万吨/年催化重整装置和华北石化 60 万吨/年催化重整装置均采用国产化超低压连续重整成套技术，打破了国外连续重整工艺的垄断，填补了国产连续重整工艺的空白，为国内其他同类装置进行扩能改造和新上装置国产化提供了宝贵的经验。

现国有原油炼油能力约 4 亿吨/年，而连续重整装置的能力不足 2000 万吨/年。按国际正常比例，重整装置的能力为原油炼油能力的 8%～12%。因此我国仍需新建大量的连续重整装置。60 万吨/年连续重整装置的成功开发和工业应用，实现了超低压重整反应、催化剂连续再生和无阀输送，填补了国内超低压连续重整技术的空白，打破了国际垄断，推广使用前景广阔。

61．超稠原油直接延迟焦化技术

一、技术名称

超稠原油直接延迟焦化技术。

二、技术概况

近年来，世界原油的重质化趋势在明显加快。国内原油也出现了质量变重、变差和稠油占原油比例不断增大等问题。因此，发展重质、劣质原油深度加工，增产优质轻质石油产品，已成为全世界炼油工业，特别是我国炼油工业的重大课题。延迟焦化由于对原料适应性强，可以加工各种高沥青质、高金属含量的渣油，已成为炼厂重油轻质化的重要手段，延迟焦化装置因此也成为各个炼厂降低原油采购成本、提高经济效益的重要装置。

三、基本原理和流程

采用辽河石化公司超稠油直接进行延迟焦化反应的技术路线，省去了蒸馏装置，并于 2004 年建成了 1.0 Mt/a 的超稠油延迟焦化装置，现在装置运行良好。该加工方式较传统的加工方法节省能源，提供了一条二次加工装置直接加工重质原油的新途径。工艺流程见图 19。

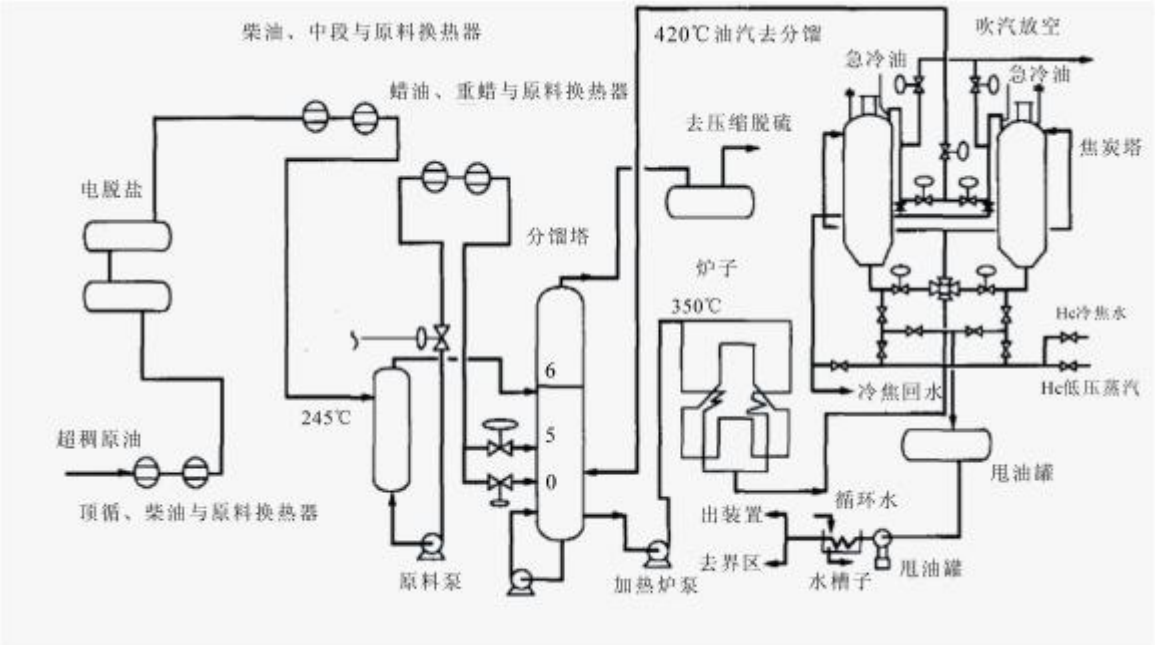


图 19　超稠油延迟焦化简易流程

四、技术特点

制定好与超稠原料相对应的加工方案，根据原料的性质确定相关的操作参数，以及采用灵活的变温操作技术。其创新点如下：①针对原料的性质制定出相应的加工方案；②根据焦化反应的不同阶段采取灵活的变温操作技术。

五、适用条件

应用于辽河超稠油的加工，在炉出口温度 492℃、焦炭塔压力 0.13MPa、循环比 0.4 的情况下，采用延迟焦化装置完全能够生产出焦化汽油、焦化柴油和 A 级石油焦，分馏塔底 355℃低温控制，阻止分馏塔底结焦，保证了装置长周期运行。

六、应用情况和前景

辽河石化于 2004 年采用了超稠油直接延迟焦化技术，处理量为 100 万吨/a，取得了很好的经济效益和社会效益。该技术成果主要用于超稠油加工技术领域，具有很好的经济效益和社会效益。

62．FCC 汽油加氢改质催化剂和工艺

一、技术名称

FCC 汽油加氢改质催化剂和工艺。

二、技术概况

由于环境保护的压力，对清洁油品的要求越发严格。在这样的背景下，各国发展了相应的汽油加氢改质技术，以脱除油品中的硫、氮等杂原子，其中以美国、法国等国家的技术较为先进。

本技术的选择性加氢脱硫催化剂在烯烃饱和度不超过 20%的情况下脱硫率达到 80%，且原料入口温度比国际最先进的 Prime-G+工艺所采用的同类催化剂低 30～50℃；辛烷值恢复催化剂在原料入口温度比国内同类催化剂低 20～30℃的情况下，可以保证在烯烃降低 33%的情况下汽油的 RON 损失小于 1。整体水平达到国际先进水平。

三、基本原理和流程

将全馏分催化裂化汽油或经切割以后的重催化裂化汽油首先经过一装有选择性脱硫催化剂的反应器进行选择性脱硫，然后再进入一装有加氢异构化/芳构化催化剂的反应器进行辛烷值恢复，因而可以在保证汽油辛烷值的前提下得到硫和烯烃含量均满足国 IV 清洁汽油标准的调和组分。工艺流程见图 20。

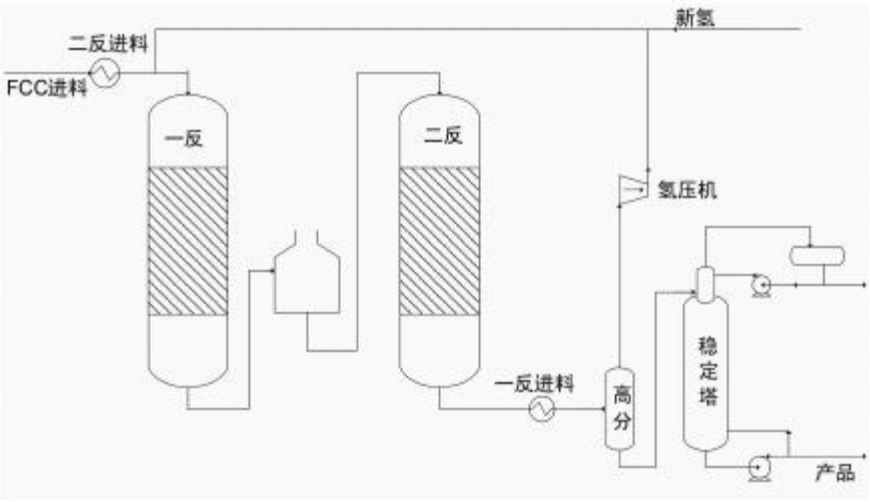


图 20　FCC汽油加氢改质催化剂和工艺流程

四、技术特点

在保证汽油辛烷值的前提下实现催化裂化汽油的深度脱硫和降烯烃。

五、适用条件

一反操作条件：进料温度 195～280℃，空速 2～5 h^{-1}，压力 1.5～2.0 MPa, 氢油比 200～400（v/v）。二反操作条件：进料温度 320～400℃，空速 1～2.5h^{-1}，压力 1.5～2.0 MPa, 氢油比 200～400（v/v）。

本技术适合于催化裂化汽油占有 50%以上的炼油企业。当催化裂化汽油的硫含量小于 250 mg/kg、烯烃含量小于 40 v%时，可直接采用本技术生产国 IV 标准的清洁汽油；当硫含量大于 250 mg/kg、烯烃含量小于 40 v%时，可先将全馏分汽油切割为轻重两个馏分，然后采用本技术对重催化裂化汽油进行加工得到满足国 IV 清洁汽油标准的产品。

六、应用情况和前景

采用本技术对总硫含量为 170 μg/g 的 FCC 汽油原料，经过加氢改质后，产品的平均总硫含量为 48.07μg/g，达到国 IV 汽油标准规定的硫含量要求，平均脱硫率为 71.7%。

原料油的硫醇平均含量为 95.9 μg/g，经加氢改质后，产品的平均硫醇含量为 8.4 μg/g，表明产品不经碱洗就可直接用于产品调和。

采用本技术可经济地从高硫、高烯烃的催化裂化汽油生产满足国 IV 标准的清洁汽油调和组分，降低车用尾气污染物的排放，具有较好的经济和社会效益。以大连石化分公司的操作为例，采用该技术生产国 IV 标准的清洁汽油，可减少高价的重整汽油的调和比例，并降低辛烷值损失 0.5 个单位，每吨汽油可增加效益 1400 元。

63．重交沥青生产技术

一、技术名称

重交沥青生产技术。

二、技术概况

随着我国经济的迅速发展，公路建设也一直持续高速地发展，而道路建设中又以沥青路面占主导，因此道路沥青的需求也随之旺盛。虽然国内的沥青产量不断提高，2006 年的产量已达到 1000 万吨，但仍不能满足筑路的需要，有约 1/4 的缺口需要通过进口的渠道来解决。

重交沥青生产技术可广泛地应用于稠油生产重交道路沥青。通过对减压渣油的处理，生产高质量的道路沥青，将低附加值的产品转化为高附加值的产品，经济效益显著。

三、基本原理和流程

氧化法是将软化点低和针入度、温度敏感性大的减压渣油，在一定温度条件下，通入空气进行氧化反应，使其软化点上升，针入度和温度敏感性减小，以达到沥青规格指标和使用性能的要求，生产高等级的沥青。

本工艺采用的工艺方法不同于传统的沥青生产法，先对超稠油进行化学改质，然后采用传统的蒸馏方法生产重交沥青，如图 21 所示：

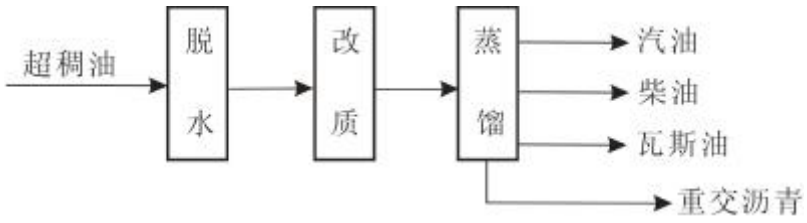


图 21　重交沥青生产技术简单流程

四、技术特点

生产重交道路沥青所采用的深度减压蒸馏串联浅度氧化工艺，通过轻度氧化工艺生产重交道路沥青。由于发生了氧化反应，沥青质增加，重交道路沥青低温延度好，脆点低，产品质量稳定。本技术的创新点如下。

1. 采用塔式连续氧化工艺。

2. 氧化塔内设置空气分布器，减少了塔内返混，改善了沥青质量。该技术总体达到国内先进水平。

3. 通过对减压渣油的处理，生产高质量的道路沥青，将低附加值的产品转化为高附加值的产品，经济效益显著。

五、适用条件

重交沥青生产技术可广泛地应用于稠油生产重交道路沥青。通过对减压渣油的处理，生产高质量的道路沥青。

六、应用情况和前景

辽河油田采用该技术，以辽河稠油的减压渣油为原料，通过氧化生产 AH-90、AH-70、AH-50 等牌号的高等级道路沥青。装置设计年处理减压渣油 50 万吨，装置年开工 7200 小时。经过检验，质量达到国际先进水平，具备了与国外优质沥青相抗衡的实力。

随着我国 GDP 的快速增长，公路的建设带动了道路沥青需求量的快速增长。本技术对于缩小沥青供需差距、满足国内市场对沥青的需求具有重要意义，有利于我国的经济建设。

64．大块岩石液压破碎机

一、技术名称

大块岩石液压破碎机。

二、技术概况

破碎大块岩石可采用炸药爆破、液压破碎、冲击破碎、静压破碎、电击破碎和火焰破碎。炸药爆破破碎存在安全隐患，其他破碎方法破碎效率低、成本高。液压破碎采用大块岩石液压破碎机将液压能量转换为机械能量，通过液压破碎锤的冲击来安全高效地破碎大块岩石。

三、基本原理和工艺

该设备由动力系统、液压系统、工作机构、液压破碎工具等部分组成。动力系统产生冲击力的能量源，液压系统传递能量和控制能量；工作机构是实现破碎过程的载体；液压破碎工具（液压锤）是将液压能转换为冲击力和冲击能量的机械设备。其基本原理如下：通过液压锤将液压能通过油路变换为机械能，并撞击钎杆，钎杆指向岩石或矿石，击碎岩石或矿石完成破碎。为了能快速地捕捉到被破碎物的着力点和冲击方向，由大臂、二臂、曲柄、连杆转锤组成的平面变幅机构和回转机构（具有 5 个自由度）能在三度空间内快速捕捉锤击物、锤击点和锤击方向，大大提高了工作效率。

四、技术特点

1. 采用低重心设计的机架底座，强度大、稳定性高。

2. 采用无齿型回转支承和双液压缸组成的回转机构，能有效地抵抗冲击和加压产生的倾覆翻转力矩和倾斜矿石面上冲击产生的回转力矩。

3. 大臂采用双油缸支承构成了空间桁架结构，能够有效地抵抗旋转时产生的惯性力矩和横向拨动矿石时产生的横向力矩。

4. 二臂油缸置于大臂和二臂的下方，在相同作业范围内，占用的空间小，针对在井下使用的设备，优点十分突出。

5. 主机同液压站分开布置，降低了机体高度，隔离了振动，更适合井下设备的安装和布局。

6. 液压系统选用负载反馈式比例多路阀和负载敏感式轴向变量柱塞泵，构成电磁比例先导和压力切断控制系统。各执行元件运动速度与负载变化无关，因而能快速准确地捕捉到打击点和调整打击方向。

7. 控制系统采用无线遥控、有线电控和手动 3 种控制方式，并能方便快速地相互转换，控制方便灵活可靠。操作者视野好，可在最安全的地点操作。

8. 电气系统采用 PLC 控制器，抗振性能好，工作可靠。

五、适用条件

适用于各类露天矿山（黑色金属、有色金属、水泥、石材）破碎机的入料口、格筛口处的物料阻塞疏通和破碎处理；各类地下矿山的溜井口、放矿口、入料口、格筛口等处物料阻塞时的疏通及破碎；各类矿山、采石场的二次破碎；各冶炼厂对移动式钢包打壳、拆砖、拆包处理；各冶金炉专用打壳、拆砖、清渣处理和矿石码头装卸站大块阻塞处理。

六、应用情况和前景

用于安徽霍邱主井区－150 中段溜井格筛上的大块破碎和疏通处理。经过连续工作考核，该机各项技术指标均达到设计要求，用于大块岩石破碎，提高矿山工作效率，产生明显的经济效益和社会效益，具有广阔的推广应用前景。

65．CYM 型粉体湿法超细研磨机

一、技术名称

CYM 型粉体湿法超细研磨机

二、技术概况

采用高固含浆料的国内首创研磨工艺，低成本、低介质消耗的高效节能研磨设备。

三、基本原理和工艺参数

配制好的粗粉生浆在浆泵的作用下从研磨机筒体下部进浆口均匀连续地进入研磨机内，主电机通过减速机、联轴器拖动主轴和研磨盘对机内的研磨介质和生浆进行充分的混合、研磨、冲击、剪切，使粉体颗粒不断磨细，同时浆流由下往上运动，磨细的浆料从筒体上部的出浆口溢出，过振动筛筛分后进入成品储罐。工艺流程见图 22。

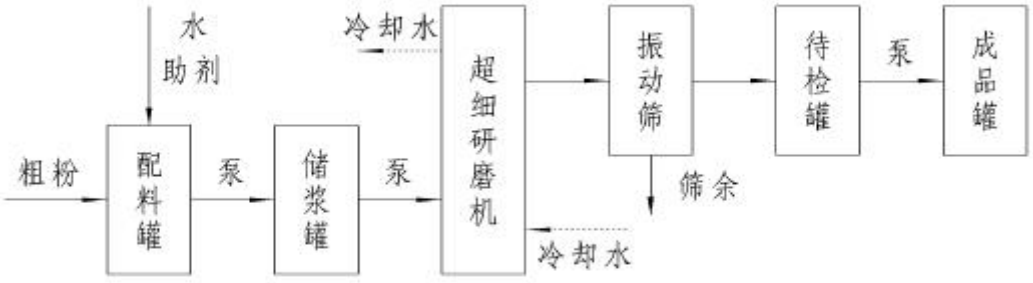


图 22　CYM型粉体湿法超细研磨机工作流程

四、技术特点

1. 磨机研磨效率高，单位产品的加工能耗较传统磨机节能 40%以上。

2. 磨机适应性强，高固含浆料，325 目进料，可一次研磨成-2μm 细度 90%～95%的产品。

3. 磨机单机生产能力大，研磨-2μm 细度达到 80%的产品，单台设备能力年产量万吨以上。

4. 磨机研磨介质的消耗少，运行成本低。

5. 磨机运行可靠性高，内筒壁不磨损，维护费用低。

五、适用条件

所有非金属矿、金属矿和能源矿粉体的超细深加工基本都适用。

六、应用情况和前景

按单位产能进行计算，CYM 型超细研磨机的投资成本要低于传统多台剥片机串联使用的投资成本，而运行成本和单位产品能耗则更低，经济效益和社会效益十分明显。研磨碳酸钙 CYM5000 超细研磨机与 BP 剥片机相比较，单位电耗由 187kW ħ/t 降低到 130kW ħ/t，节能 30.5%。研磨煤系高岭土 CYM5000 超细研磨机与 BP 剥片机相比较，单位电耗由 178kW ħ/t 降低到 75kW ħ/t，节能 57.9%。

目前国内重质碳酸钙、高岭土、水煤浆等行业在用的 CYM 型研磨机已达 60 多台。

66．磁性衬板的应用技术

一、技术名称

磁性衬板的应用技术。

二、技术概况

与金属型、非金属型衬板相比，金属磁性衬板具有使用寿命长、质量轻、厚度薄、磨矿粒度细、噪音小、介球、节点、作业率高、无故障、无螺栓固定、安装轻便快捷、不漏矿浆、减轻工人劳动强度、工作环境好等特点，投资回收期小于 1 年、经济效益和社会效益显著。

三、基本原理和工艺

磨机衬板的主要功能之一是防护磨机筒体不被磨损，故衬板的材料应耐磨和耐化学腐蚀。磁性衬板是一种节能、耐磨损和寿命长的新型衬板，其特点是将包有锶铁氧体永磁块橡胶或金属衬板安装在磨机筒体的内壁上，吸引中弱磁性物质、球介质、杂铁等，在永磁体衬板上面形成能自动再生的防止磨损的保护层，并作为经久耐用的工作面。

四、技术特点

将包有锶铁氧体永磁块橡胶或金属衬板安装在磨机筒体的内壁上，从而形成保护层，达到耐磨的目的，以提高衬板的寿命。

五、适用条件

适用于不同规格的磁性和非磁性矿石磨矿机衬板。

六、应用情况和前景

金属磁性衬板已经在辽宁歪头山、齐大山、水厂等得到成功的应用。实践证明：不论磁铁矿还是红矿，不论是黄金、有色金属还是非金属矿山，采用金属磁性衬板都会获得良好的经济效益和社会效益，推广前景广阔。

67．新型高效分级技术与设备

一、技术名称

新型高效分级技术与设备。

二、技术概况

新型水力旋流器等高效分级设备的利用对提高分选效果、减少过磨具有重要的作用。近年来一些高效分选设备被逐渐采用，取得了较好的实践应用效果，可鼓励相关企业采用。

三、基本原理和工艺

水力旋流器目前发展迅速，出现了克雷布斯水力旋流器、涡流旋流器、涡轮旋流器、G-MAX 型水力旋流器、聚氨酯水力旋流器、双金属复合水力旋流器等，均在一些铁矿企业得到应用，表现出较好的分级效果。

四、技术特点

新型分级设备采用新型的结构型式，大大提高了分级效率。斜窄流分级机具有分级单元化、可单元集成、分级单元断面窄小、溢流排出路径短、灵活性强、分级效率高等优点；复式流化分级机具有分级效率高、分级粒度细、分级精度高、处理能力大等优点。

五、适用条件

适用于磨矿分级回路中作为分级设备。

六、应用情况和前景

在铁矿企业，水力旋流器已经替代了传统的螺旋分级机。斜窄流分级机在承德黑山铁矿应用后，分级效率达到了 64.46%，＋30∝m 粒级回收率达到 97.36%。本钢歪头山铁矿选矿厂应用 AFX－100 复式流化分级机，发现该设备的分级效率是螺旋分级机的 2.2 倍，是水力旋流器的 1.8 倍，是振动细筛的 1.3 倍，各粒级之间的分级界线准确，且耗水量较小。

以上新型分级设备分级效率高，可在铁矿选矿厂推广应用。

68．100m³以上机械搅拌式充气浮选机

一、技术名称

100m³ 以上机械搅拌式充气浮选机。

二、技术概况

矿物加工领域约 90%的有色金属矿石、50%的黑色金属矿石需采用浮选法处理，浮选机是选别矿物原料最重要的设备。采用大型浮选设备可减少选厂需要的空间，简化浮选段的设计布置，简化控制装置的复杂性，改善浮选作业的操作灵活性，降低维修费用，减少吨矿石生产成本。

三、技术参数

100m³ 以上机械搅拌式充气浮选机充气量为 0.1～2.0m³/m²·min，固体重量浓度小于 46%，处理量为 5～150m³/min，进口风压大于 42kPa，与常规浮选机相比，金属回收率可提高 1%～5%，能耗大大降低，可降低 5%～40%，易损件寿命可延长 1～3 倍。

四、技术特点

采用了高比转速后倾叶片叶轮、低阻尼直悬式定子，确定了叶轮定子系统与槽体的最优化匹配参数，减少了浮选机内的死区。对空气分配器结构参数、配置方式及与叶轮的匹配参数进行了优化，确保了空气在浮选机截面内弥散均匀，气泡直径分布满足浮选工艺要求，增加了矿粒与气泡碰撞、接触和粘附的机会。

研制了适用于给矿量大、矿浆波动量大且频繁条件下的超大型浮选机矿浆液面自动控制系统，确保了矿浆液面和泡沫层厚度可满足不同浮选工艺的要求，液位自动控制系统首次采用自整定模糊控制策略。

五、适用条件

可广泛用于选别有色、黑色和非金属矿物。用于选厂的粗扫选作业。

六、应用情况和前景

根据目前我国国民经济及资源加工行业的现状及发展趋势，预计未来 3 年内，我国大型浮选设备的总装机数量将达到 2750 台套。以大型浮选设备平均容积为 100m³ 计算，大型浮选设备的安装总容积为 27.5 万 m³，与目前采用的 8m³ 浮选机相比，总安装功率可降低 15.3 万 kW，节能显著，推广应用前景广阔。

69．旋流-静态微泡柱分离方法及应用技术

一、技术名称

旋流-静态微泡柱分离方法及应用技术。

二、技术概况

旋流-静态微泡柱分离方法以强化微粒物料的分离为宗旨，实现了柱体内的表面分离、旋流力场分离和管段内的紊流混合作用 3 种分离手段之间的有机结合；并实现了结合的有序化。静态化的柱体分离环境有利于提高分离精度，多种分离手段的组合，包括多重循环机制的引入，既充分利用了微粒物料各方面的分离特性，又把分离效率提高到一个较高的水平上。此外，在射流成泡方式、柱体内混合充填、双旋流分离方式和放大方法上形成了特色技术，内置双面泡沫溢出方法加快了机械分离速度，双平衡液位控制装置提高了设备运行的稳定性。

三、基本原理和工艺

微泡浮选柱包括柱浮选、旋流分选和管流矿化 3 部分，整个设备为柱式构造。柱浮选位于柱体上部，用于原料预选，并借助其选择性优势得到高质量的精矿；旋流分选位于柱浮选下部，用于柱浮选的进一步分选，并通过高回收能力得到合格的尾矿；管流矿化是在引入气体并形成微泡的基础上，用于旋流中矿的进一步分选，并沿切向与旋流分选相连形成循环。煤炭分选工艺流程见图 23。

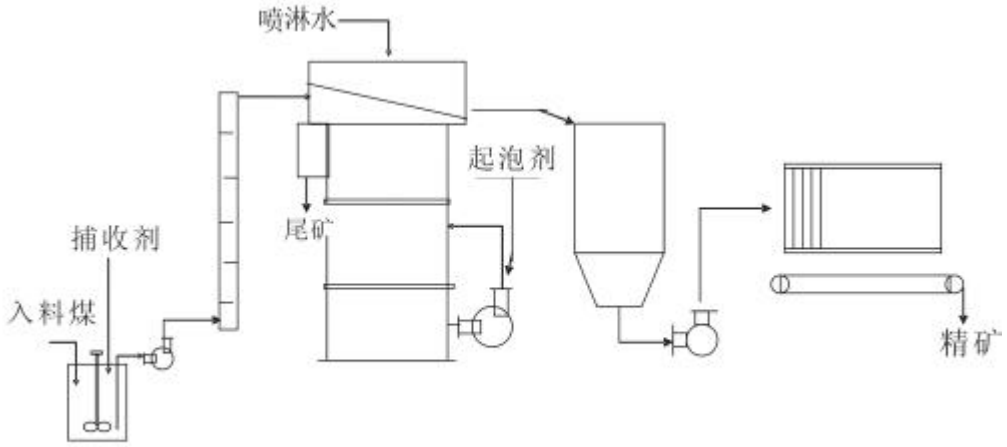


图 23　柱式高效煤泥分选工艺流程

四、技术特点

1. 过饱和溶解气体析出和采用射流方式形成微泡。

2. 利用煤炭的密度与可浮性的联系，将浮选与重选方法结合，形成多重矿化为核心的强化分选回收。

3. 构建柱体内的“静态”分离环境，实现微细物料的高效分离。

五、适用条件

可广泛用于煤泥浮选脱硫降灰（包括超低灰煤制备），金属矿和非金属矿物的粗选、精选、扫选作业，油水分离，污水处理等。适合于附近有充足的水源、电源和较丰富的矿产资源的地区，同时可平地建厂，也可利用自然高差实现自流节能在山坡上建厂等。

六、应用情况和前景

该项技术同现有的常规浮选设备相比，具有能耗低、分选精度高、回收率高、精矿品位高等特点。

山西晋城凤凰山由于煤泥灰分高而一直废弃，通过国家技术创新工程项目实施煤泥分选系统后，从灰分为 35%～40%的高灰细泥中分选出了灰分为 11%～13%的精煤，既节约了宝贵的资源、减少了环境污染，又创造了良好的经济效益。

弓长岭建成的 65t/h 的磁铁矿提铁降硅工业生产线，采用浮选柱（φ3.6m、φ3.0m、φ2.6m 各一台）一粗二扫阳离子反浮选流程，在给矿处理量 70.61t/h、粒度（-200 目）89.30%、品位 63.59%时，获得精矿品位 69.15%，一级品率 82.88%，合格率 90.54%，铁金属回收率 95.81%，尾矿品位 22.37%的较好指标。与浮选机生产一粗一精浮选机和中矿再磨磁选、尾矿回收工艺流程相比，大大缩短了工艺，简化了流程，实现了阳离子对磁铁精矿高效提纯和对浮选泡沫中矿的扫选；采用泡沫输送技术彻底解决了阳离子反浮选泡沫粘、顺行难的问题；浮选柱分选系统实现浮选给矿浓度、给矿量、药剂量的自动化控制和浮选柱液位自动控制，大大提高了浮选柱工艺技术指标水平。

旋流-静态微泡浮选柱还适用于柿竹园白钨矿粗选和萤石回收。

70．露天铁矿废石永磁干选回收技术与设备

一、技术名称

露天铁矿废石永磁干选回收技术与设备。

二、技术概况

我国露天铁矿剥离的废石基本上排到排土场堆存，既造成了资源浪费，又占用了大量的土地，而且成为重要的污染源。采用永磁干式大块矿石磁选机在线回收或对老排土场废石进行再选回收磁性铁，合理利用露天矿的废石资源，是解决露天矿开采的经济性、减少露天矿的占地和解决环境、生态问题的重要途径。

三、基本原理和工艺

露天矿排弃的废石多数可以加工利用成为有用的原料资源。我国铁矿山露天开采剥离的废石中混矿率约为 8%～10%，采用永磁干式大块矿石磁选机在线回收铁矿山剥离的废石，或对老排土场的废石进行再选，回收丢弃的磁性铁，进而采用破碎、磨矿、磁选工艺进行选别，获得高品位的磁铁精矿，同时生产用于铺路和建筑的产品。露天铁矿山废石回收工艺流程见图 24。

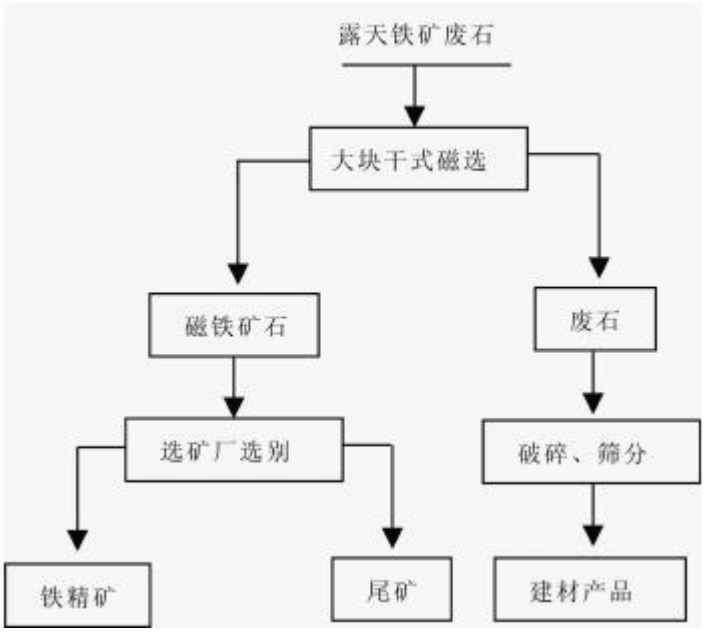


图 24露天铁矿废石回收工艺流程

铁矿山剥离废石回收磁铁矿石的关键设备为 CDTG-系列永磁干式大块磁选机，该设备磁场强度高、结构先进、重量轻、运行稳定，还可根据用户的需要研

制不同的磁感应强度并适用各种皮带规格的磁选机（磁滑轮）。其产品型号有CDTG1515N、CDTG1214N、CDTG1210N、CDTG1010N、CDTG0812N 等多种规格，分选区筒表磁感应强度在 250～300mT 之间，处理粒度上限在 200～350mm 之间，处理能力为 300～800 吨/（台 时）。

四、技术特点

CDTG-系列永磁干式大块磁选机用于磁选厂预选作业，抛除混入矿石中的废石，恢复地质品位，可节省能源，提高选矿厂的处理能力，延长尾矿库的使用年限；用于采场，回收铁矿石，提高矿石资源的利用率；还可用于钢铁厂，处理废钢渣，回收金属铁。

五、适用条件

本技术使用范围较广，适合于各类露天磁铁矿山废石的回收利用。既可以在排岩过程中回收铁矿石，即在排岩系统中设计、制作、安装矿石干选回收设施，也可以从排土场回收矿石，即对老排土场堆存的混矿废石进行再选。

六、应用情况和前景

先后在大石河铁矿、水厂铁矿建起 10 条粗选、2 条精选系统，从废石中干选回收矿石资源，年干选回收矿石规模可达 300 万 t 以上。

歪头山铁矿除采场正常剥离岩石外，选矿工序大块干选工艺也抛弃了一部分废石，岩石混矿率高达 8%～10%，品位在 17%～20%之间。为了充分回收利用这部分矿产资源，采用磁滑轮从排土场废石中回收铁矿石，进行选矿流程试验研究，并择地新建一座年产品位 65%、产量 10 万 t 的中型选矿厂，不仅提高了铁矿石资源的利用率，也为低品位矿石的回收再利用开辟了新途径。

71．大块矿石永磁干选机

一、技术名称

大块矿石永磁干选机。

二、技术概况

采用大块矿石预选作业可有效地提前抛离围岩和废石，降低破碎和磨矿阶段的能耗，提高选厂的有效生产能力。大块干式预选设备可以分选的最大粒度为450mm，处理能力达到 2000t/h，处理粒度可达到 400mm 左右。

三、基本原理和工艺参数

干选机头轮为永磁磁滚筒，矿石均匀地给在皮带上，当矿石经过磁力滚筒时，非磁性或磁性很弱的矿粒在离心力和重力的作用下脱离皮带面，而磁性较强的矿粒受磁力作用被吸在皮带上，并由皮带带到磁力滚筒的下部，当皮带离开磁力滚筒伸直时，由于磁场强度减弱而落于磁性产品槽中。

四、技术特点

表面磁通密度高达 0.5T，磁场深度大，磁稳定性好；机械结构合理，强度计算准确，承受载荷大，磁偏角调整灵活、可靠，维修量小，操作简便，便于工艺调节；适宜处理矿石粒度为-450mm。

五、适用条件

适合于大型选厂的预选作业，其处理粒度较大，因此适合于粗碎作业阶段，可有效地降低功耗。该设备也可用于废石再选作业，回收有用的磁铁矿石，实现资源最大限度的综合利用。

六、应用情况和前景

永磁干选机成功地应用于辽宁大孤山、张家洼等。目前大孤山铁矿日产铁矿石量 17700t，日产采剥总量为 65000t，大孤山铁矿皮带系统排岩量约 1100 万 t/a，作业率 60%，实际排岩量约为 2000t/h。该干选机对所处理的矿石适应性强，处理量大，分选粒度范围大，对磁铁矿和混合矿的选别效果好，是一种高效的干式预选设备，应用前景广阔。

72．磁铁矿中磁场预选抛尾技术及设备

一、技术名称

磁铁矿中磁场预选抛尾技术及设备。

二、技术概况

据初步统计，我国的磁铁矿，在矿物被细碎到 -12 mm 左右时，其中已有10%～30%（甚至更多）的脉石矿物已解离，可作为合格的尾矿抛除。细碎后入磨前矿石的二次预选技术和设备可安装在细碎或粗磨后，通过预选可抛除大部分低品位的围岩、泥土和夹层脉石。

三、基本原理和工艺参数

细碎矿物进入分选前在特殊的给矿斗中润湿后，在高矿液面中斜向近距离给入分选区。得到充分分散的细碎矿物在特殊的给矿斗中首先实现分层分离。之后整个矿浆被较高速地直接给到具有高磁力作用的分选筒表面。其中的磁性矿物被分选筒强磁场提供的较大分选磁力直接吸附于分选筒表面，而非磁性矿物则不受磁力作用，在较大矿浆冲击力的作用下离开分选筒表面，随矿浆一起流入尾矿道，从而使磁性矿物和非磁性矿物得到高效分离。

四、技术特点

具有高矿浆液面、大磁系包角、多尾矿排放通道（分别适于粗、细尾矿排出）、特殊给矿装置（使给矿均匀并有助于粗颗粒矿物的回收）等。

五、适用条件

适用于铁矿选厂的细碎或粗磨后的预选作业，而且其处理粒度较大，可有效地提高二段球磨的入磨品位，有效地降低功耗，实现资源最大限度的综合利用。

六、应用情况和前景

已在山东顺达、山西程兴等 10 余个铁矿推广应用，生产运转正常，完全满足现场使用的要求。在采用细碎工艺并实施入磨前的预选抛尾后，在抛除产率为15%～20%的尾矿、抛除的粗粒尾矿品位与磨矿选别的尾矿品位相近的情况下，磨机的台时产量增加 15%～20%，最终精矿的品位与以前相当，总回收率与以前相当，增加精矿产量 15%～20%。

该磁铁矿中磁场预选抛尾技术及设备是新型的湿式预选技术。工业实践结果表明，现场分选指标很好，预选尾矿的品位低于综合尾矿的品位，经济效益和社会效益显著，应用前景广阔。

73．XCTG 系列新型高效干选机

一、技术名称

XCTG 系列新型高效干选机。

二、技术概况

我国铁矿资源的基本特点是矿石含铁量低，绝大部分的铁矿均需要进行选矿处理以提高其品位。在矿石进入磨机之前，都需要进行破碎和磁选抛尾作业以提高磨机效率和有效处理能力。目前磨前磁选抛尾设备一般为磁滚筒。磁滚筒对于大块的围岩（粒度可达 350mm）而言分选效果明显，而对于细碎后含有部分粉矿的矿石，不能将其中夹杂的脉石充分抛除，同时抛出的尾矿中也含有部分本应回收的铁矿物，分选效果不明显。国内针对细碎后的粉矿预选抛尾作业，自主研发了 XCTG 系列新型高效干选机，利用筒体与磁选之间不同的转速实现细粒分选。

三、基本原理和工艺参数

通过采用筒体和磁系不同步双旋转的新思路，高速旋转的磁系在筒体分选空间中形成强度和方向交替变化的动态磁场，产生强烈的磁搅拌作用。当磁性颗粒进入该分选空间时，受到强烈的磁搅拌作用，磁性颗粒在团聚-打散-团聚的过程中将夹杂的脉石充分抛除，从而达到细粒级铁矿充分抛尾的目的。

XCTG 系列新型高效干选机设备技术参数如下表所示。

XCTG 系列新型高效干选机设备技术参数

设备规格	筒径/mm	磁场强度/mT	处理能力/t.h^{-1}	分选粒度/mm
XCTG08 系列	800	≥160	50～100	-30
XCTG10 系列	1000	≥160	60～130	-30

四、技术特点

采用筒体和磁系均旋转但不同步旋转的结构设计思想，磁系的高速旋转使筒体表面产生以较高频率变化的旋转磁场，磁性铁矿颗粒在较高频率的磁团聚－打散磁团聚－再次磁团聚的过程中将夹杂的脉石抛出。

五、适用条件

目前铁矿石经过细碎后，粒度一般为-12mm，已经满足新型高效干选机的入选要求。本干选机的给料粒度最大可以达到 20mm，同时，矿物本身含水量要求

小于 5%，满足此条件即可采用本新型高效干选机进行分选作业。

六、应用情况和前景

山东某磁铁矿采用新型高效干选机的抛废效果明显，废石抛出率可达 15%以上，入磨品位提高 5%左右，年减少入磨废石近 8 万 t，仅节省材料和电耗一项就可以达 100 万元以上，经济效益十分明显。

新型高效细碎干选机对细碎后的磁铁矿分选效果良好，推广前景广阔。

74．永磁中磁场磁选机

一、技术名称

永磁中磁场磁选机。

二、技术概况

在非金属提纯领域，由于提纯设备落后，我国高端非金属材料一直达不到国际质量要求，只能以半成品出售。分选磁场强度较高的系列永磁中磁场磁选机可有效地应用于高纯石英砂的除铁提纯，分选粗粒磁铁矿、假象半假象赤铁矿等多种弱磁性矿物，非金属提纯等。

三、基本原理和工艺

物料通过振动给料器均匀地给到分选筒的上部磁场区，磁性颗粒与非磁性颗粒受到的磁力不同，在分选筒的转动下产生不同的运动轨迹，当作用于颗粒上的磁力大于机械力时，磁性颗粒被吸到圆筒表面，并随圆筒旋转至非磁场区排到磁性产品收集箱内，而非磁性颗粒在离心力、重力等作用下被抛到非磁性产品收集箱内，从而完成物料的分选过程。

四、技术特点

传动功率较小；采用永磁磁体产生较高的磁场，节约大量的能耗；磁性材料全部采用高性能钕铁硼材料，磁极采用对极的方式组装在一起，形成挤压磁系，磁场极性沿轴向交替变化，周向均匀一致，磁场强度峰值可达 1.0T 左右，磁场梯度可达 0.5T/mm 以上。

五、适用条件

除在高纯石英砂的除铁提纯方面已获得广泛的应用。还可用来分选粗粒磁铁矿、假象半假象赤铁矿，分选粒度可在 25～0mm 之间；从有色金属矿石、非磁性合金材料等物料中除铁；从各种非金属中除铁提纯，如钾长石、金红石、锆英砂等提纯；从海滨砂中回收 TiO_2；锰铁矿的富集、工业原料的二次回收等。

六、应用情况和前景

在高纯石英砂的除铁提纯过程中，采用永磁中磁场磁选机，经过 1～2 次的分选，可以使石英砂中 Fe_2O_3 的含量由 200×10^{-6}降至 $20\sim50\times10^{-6}$，在使用该类型的磁选机对钛合金材料的除铁提纯过程中，可将分布在合金中的 1～10mm 之间的铁屑去除率达到百分之百。该技术具有结构简单、节能环保、成本低廉、磁场强度高且稳定等优点，市场应用前景广阔。

75．大型永磁筒式磁选机

一、技术名称

大型永磁筒式磁选机。

二、技术概况

大型永磁筒式磁选机干矿处理能力可达到 150～180t/h，矿浆处理能力 500～650m3/h，主要技术性能已达到国际先进水平。

三、基本原理和工艺参数

矿浆经给矿箱进入槽体后，磁性矿粒在磁系所产生的磁场力的作用下，克服作用在颗粒上的阻力（与磁力相对抗或竞争的力），被吸附在圆筒的表面上，随着圆筒一起向上移动，由于磁系的极性沿径向交替变化，夹在磁性矿粒中的一部分脉石被清洗出来。磁性矿粒随着圆筒转动，在冲洗水的作用下进入精矿槽中，非磁性矿粒和磁性较弱的矿粒在槽体内矿浆流的作用下，从底板的尾矿口流进尾矿管中，形成一个连续的分选过程。

四、技术特点

磁系磁路优化设计；大直径、薄壁、长轴分选筒的设计及制造工艺；给矿装置、精矿冲洗装置、槽体结构进行了创新性设计。

五、适用条件

由于该机结构可靠，磁性能优越，运转平稳，无需过多的人工维护，因此可广泛适用于大中型铁矿选矿厂。

六、应用情况和前景

该设备在四川凉山进行了工业应用，连续运转超过 10000 小时，取得了较好的分选指标，矿浆处理能力大于 550m3/h·台，与原设备相比，作业精矿品位提高 3.493%，回收率提高 7.43%。每年多生产铁精粉 3.5 万 t，每年新增经济效益 1500 万元。未来推广应用前景广阔。

76．磁铁矿磁重分选技术与高效精选设备

一、技术名称

磁铁矿磁重分选技术与高效精选设备。

二、技术概况

利用磁力和重力相结合的设计理念，加强磁场的脉动和水流的反向冲击作用，减轻或消除强磁性矿物的磁性夹杂，就可以提高铁精矿的品位。采用磁重分选技术，一般可提高铁精矿品位 2~5 个百分点，SiO_2 含量降低 1.5 个百分点以上。包括磁选柱、磁场筛选机、磁团聚重力选矿机等。

三、基本原理和工艺

磁团聚重力选矿机。采用永磁磁系，磁系呈圆筒状，有 3~4 层，分为内磁系、中磁系、外磁系，每层磁块间断配置，在内磁系与中磁系、中磁系与外磁系之间的两个分选区形成 0~15mT 的低弱不均匀不连续的恒定磁场，分选水流以一定压力从给水环给入分选区，开始选别过程。磁铁矿颗粒在变化的磁场力、上升水流动力和自身有效重力的联合作用下，在进入分选区时形成轻度的磁团聚；磁团聚在进入无磁场区时由于上升水流对矿浆施加剪切冲洗作用被分散向下进入磁场区，由于磁场力的作用又形成轻度的磁团聚。这样磁团聚在沉降过程中处于反复分散－团聚－分散的状态，在分选水流的冲刷淘洗作用下不断得到净化，磁团聚中夹杂的单体脉石和连生体被上升水流带走，成为尾矿；纯化后的磁团聚继续向下运动成为精矿。磁聚机的更新换代产品是变径型磁团聚重力选矿机，该机通过将不同的选别区筒体的直径改变，增大了精选的流速，减小了扫选区的流速，以此达到充分选别的目的，又保证充分回收磁性颗粒的效果，从而提高精矿的品位和回收率。另一种新型的磁聚机为复合闪烁磁场精选机，该设备克服了磁聚机有效选别粒级窄的缺点，能有效地解决磁聚机不能将粗粒连生体、脉石脱掉及易跑黑等难题，选别指标好，且结构尺寸小，耗水量小，便于安装和维护。

磁选柱。该机是将磁力和重力相结合的电磁式脉动低磁场的磁重选矿机，主要用于弱磁选铁精矿的再精选，把在磁选过程中夹带在磁选精矿中的石英与磁铁矿的连生体选择性地分离出去，提高精矿的品位。该种类型的设备既能充分地分散磁团聚，从而高效分选单体脉石、矿泥和连生体，特别是贫连生体，又能充分

利用磁团聚作用捕捉细粒和微细粒单体磁铁矿，防止细粒、微细粒单体磁铁矿逃逸，从而实现提高磁铁矿精矿的品位，达到提质、降杂、增产、增效的目的。

磁场筛选机。磁场筛选机与传统磁选机的最大不同是，颗粒不靠磁场直接吸引，而是在低于普通磁选机数十倍的弱的相对均匀的磁场中，利用单体铁矿物与连生体矿物的磁性差异，使磁铁矿单体矿物实现有效团聚后，增大了与连生体的尺寸差，再经过安装在磁场中的专用筛子（筛孔比最大给矿颗粒尺寸大数倍），单体解离度好的较纯的磁铁矿在筛网上形成大粒磁链状磁聚体，沿筛面滚下进入精矿箱，而脉石与连生体矿粒由于磁性弱呈分散状态，通过筛下排出，使精矿品位进一步提高。该机分选效果好，精矿再磨矿量少，并可放粗磨矿细度，节能效果好。

四、技术特点

采用磁选与重选相结合的设计理念，实现提高铁精矿品位的目的。

五、适用条件

适用于弱磁性磁铁矿石的分选，提高最终的铁精矿品位。

六、应用情况和前景

目前裕丰磁选柱已在南芬铁矿、歪头山铁矿和板石、桦甸、尖山铁矿等得到普遍的应用；复合磁场精选机已经在凤城市海旺铁矿、山西金山、朝阳金河、忻州金山、岚县金福等应用；另外与磁选柱相类似的机型还有磁选环柱、无级变频淘洗精选机、电磁螺旋柱、全自动淘洗磁选机等；磁场筛选机已在唐钢庙沟、山西兴旺、河南栾川、湖北大冶等得到应用；变径型磁团聚重力选矿机已在唐山、宽城、涉县、山西、内蒙古等应用；复合闪烁磁场精选机已在首钢、滦平等应用，均取得了较好的分选指标。这些技术与设备推广应用前景广阔。

77．煤泥干扰床分选技术与设备

一、技术名称

煤泥干扰床分选技术与设备。

二、技术概况

该项技术利用干扰沉降条件下入选颗粒粒度、密度的不同实现了全粒级粗煤泥的有效分选，使重介质、浮选选煤工艺系统得到改善，可使重介旋流器分选中细煤泥量减少，降低了精煤中高灰细颗粒的含量，提高精煤产率；使浮选入料量减少，药剂消耗明显降低，浮选跑粗现象完全杜绝。

三、基本原理与工艺

煤泥干扰床分选设备由筒体、入料井、排料装置、执行器、探测器和控制系统 6 部分组成。干扰床筒体内由于煤泥入料颗粒的密度、粒度不同，颗粒的沉降速度产生了差别，上升水流的作用为不同大小煤泥颗粒的分选提供了条件。设备的工作原理如图 25 所示。

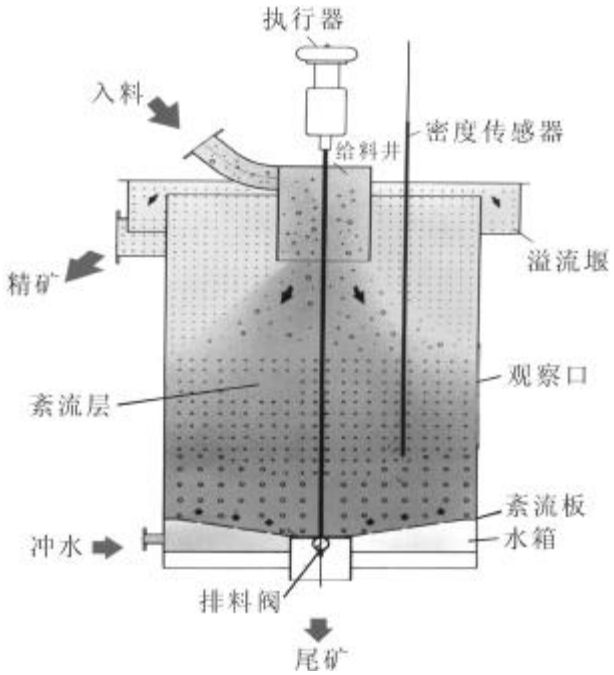


图 25干扰床分选机工作原理示意图

在入料颗粒的下降速度等于上升水流速度的情况下，颗粒在分选设备中呈悬浮状态形成分选床层。当入料颗粒速度小于上升水流速度时，颗粒在上升水流的作用下被携带至溢流，成为精矿。当入料颗粒速度大于上升水流速度时，颗粒

向下运动，穿过分选床层，成为尾矿，从底流口排出。主要技术参数：入料粒度3～0.15mm，最佳分选粒度 1～0.25mm；分选密度范围 1.35～1.9 g/cm3；设计处理能力 60～150t/h；入料浓度 45%～50%。

四、技术特点

1. 分选粒度范围宽，分选效率高，分选精度高，处理能力大，耗电量低。

2. 分选密度可调，自生介质，无需添加化学药剂和加重剂。

3. 结构独特，可采用微处理器控制工艺参数，实现电、液智能化控制。

五、适用条件

与重介旋流器和浮选工艺配合使用，提高选煤厂粗煤泥分选的效果和效率，提高选煤厂的分选能力，降低能源消耗。

六、应用情况和前景

该项技术和系列化设备已经在大屯、徐州三河、山西潞安、沈阳红阳等 20多家企业应用。与煤泥重介旋流器、螺旋分选机等分选粗煤泥综合比较，分选效果好、工艺成本低，不仅可以分选粗煤泥，同时还可以分选除煤以外的其他矿物。推广应用前景广阔。

78．高效重介质选煤脱水、脱介成套装备

一、技术名称

高效重介质选煤脱水、脱介成套装备。

二、技术概况

重介质选煤技术是煤炭洗选加工技术的发展方向，选煤过程中的水和介质需要循环使用，脱水、脱介是重介质选煤技术的重要组成部分，主要包括大型高效煤泥离心机、新型高效磁选机、大型高效振动筛。

三、基本原理与技术参数

采用离心脱水方法脱除煤泥水，采用磁选方法分离煤泥水中的铁磁性介质，采用振动筛进行精煤脱水分级。主要设备技术参数如下。

1. 大型高效煤泥离心机：入料粒级 0～3 mm；入料浓度大于等于 35%；处理能力 30～80 t/h。

2. 新型高效磁选机：入料粒度小于 0.6 mm；入料浓度小于 25%；处理能力（按入料计）270～330m³/h；磁性介质回收率大于等于 99.9%。

3. 大型高效振动筛：入料粒级小于等于 300 mm；处理能力 150～800 t/h。

四、技术特点

1. 大型煤泥离心机具有处理量大、产品水分低、传动系统可靠性高、易损件使用寿命长、对入料的适应性强等特点。

2. 新型高效磁选机是首次应用基于计算电磁学的数值计算技术和磁系设计理论设计的 TD 型整体充磁机，脱介效果具国内领先水平。

3. 大型振动筛采用了国内外最为先进的等厚筛分技术，选择性高，处理能力大，对煤质适应性强。采用新型的筛机结构，提高了筛机的可靠性。利用先进科学的模态分析技术对大型振动筛的振动系统仿真设计，保证筛机具备良好的动态性能。

五、适用条件

适用炼焦煤、动力煤重介质选煤厂精煤脱水分级、煤泥水脱介、煤泥脱水等工艺。

六、应用情况和前景

高效重介质选煤脱水、脱介设备在河北、安徽、山西、内蒙古、黑龙江等省区几十家选煤厂成功应用，具有处理量大、工艺性能指标好、性能稳定、可靠性高、维护量小等特点，在处理能力、工艺性能指标等方面达到国外同类产品的先进技术水平。该套设备脱水、脱介效果好，能耗低，可以简化工艺，减少洗煤厂设备的使用数量，成本低于国外同类设备，在选煤行业有广阔的应用前景。

79．重介质浅槽分选技术与设备

一、技术名称

重介质浅槽分选技术与设备。

二、技术概况

重介质浅槽分选技术主要利用煤与矸石的密度差进行较大粒度的块煤分选，具有易操作、易维护、低投资、高效率等优点。

三、基本原理与工艺

重介质浅槽分选机是借助重要悬浮液在重力场中按密度分选物料的设备，可根据不同要求的煤质进行调整，适用于不同粒度和多种牌号煤的分选。原煤进入重介分选槽内，低于介质密度的精煤上浮随介质溢流排出，高于介质密度的矸石下沉并由横向运动的刮板排出，使煤和矸石分离。重介质浅槽分选机主要技术参数：入料粒度:精选 13～150 mm，选矸 50～300mm；处理能力 200～825t/h。

重介质浅槽分选技术分为排矸和精选工艺。①排矸：原煤物料经筛孔直径 13～ 50mm 的筛子预筛分后，大于筛孔尺寸的筛上物进入重介质浅槽分选机，分选出重产物（矸石）和轻产物（精煤）。轻产物经破碎机破碎后与预先筛分的筛下物共同给入重介旋流器。②精选：原煤物料经筛孔直径 6～13mm 的筛子筛分后，大于筛孔尺寸的筛上物进入重介质浅槽分选机，分选出矸石和精煤，小于筛孔尺寸的筛下物给入重介旋流器或跳汰机。工艺流程见图 26。

四、技术特点

1. 分选粒度范围宽，重介质浅槽分选机适用于 350～13mm（下限可到 6mm）的颗粒煤炭洗选，也适于 50～400mm 的颗粒原煤排矸处理。

2. 可根据洗选煤的质量要求，主选工艺和再选工艺皆可选用，0～13mm 的物料分选可配重介质旋流器或跳汰机。

3. 洗选效率高，可达 99%以上，Ep 值可达 0.03～0.04，回收率高，处理量大，根据要求适当调整分选密度可获得理想的高质量低灰分的煤炭产品。分选密度一般为 1.3～2.2g/cm^3，生产过程中易于实现自动化。

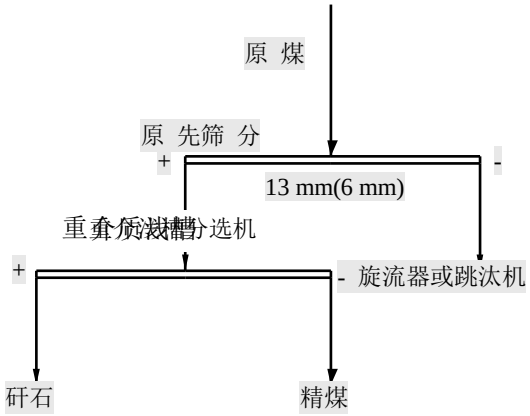


图 26　重介质浅槽分选机分选工艺流程

五、适用条件

适用于 150～13mm（6mm）颗粒的精煤洗选，也适于 50～300mm 颗粒的原煤排矸处理。根据洗煤的质量要求，选煤厂主选工艺和再选工艺均可使用。

六、应用情况和前景

重介质浅槽分选系列设备已经在阜新八道壕矿、五龙煤矿、黑龙江鸡西荣华立井、山西国阳泉一矿、陕西神木县等推广应用。其中，阜新阜淋矿新建 300 万吨/年的选煤厂采用重介质浅槽分选机分选大于 13mm 的块煤，节省建设投资 80 万元，年减少能耗 11000kW ｈ。

重介质浅槽分选设备是我国最新研制的块煤分选设备，单机处理能力最大，分选效率较高，设备运行平稳，能耗小，维护维修量少，易于操作，是目前国际国内分选效率高、分选效果好的排矸设备。重介质浅槽分选技术与设备推广应用前景广阔。

80．双供介无压给料三产品重介质分级选煤工艺及装备

一、技术名称

双供介无压给料三产品重介质分级选煤工艺及装备。

二、技术概况

煤炭洗选加工能有效地脱除煤中的灰分和硫分，入选 1 亿吨煤可减排 SO_2 100～150 万吨，排除矸石 1600～2000 万吨，有效减少和控制煤炭消费对环境的污染。煤与矸石密度差分选的重介质选煤是目前所有选煤方法中分选效率最高、适应煤种最广的高效选煤技术，可用于高硫、难选和极难选煤的降灰脱硫。

三、基本原理与工艺

双供介重介质旋流器分选是通过由切线方向给入旋流器的悬浮液形成离心力场，使煤炭按密度进行分选，密度低的精煤随着在旋流器中央部分形成的内旋流由溢流管排出，密度高的中煤或矸石则随着在旋流器壁形成的外旋流排出。双供介无压给料三产品重介质分级选煤工艺采用一套重介质选别系统实现原煤的分级分选，原煤分级粒度可按块末煤不同的分选密度确定，实现按“等基元灰分”分选，使精煤回收率达到最大化，提高了小粒度煤炭分选的效果，降低了分选粒度的下限，减少了后续浮选作业的处理量。双供介无压给料三产品重介质旋流器原煤的分级分选工艺包括：原煤分级脱泥、重介质旋流器分选、脱水脱介、极细煤泥浮选、煤泥水处理等。工艺流程见图 27。

四、技术特点

1. 利用大直径旋流器分选粗粒煤、小直径旋流器分选细粒煤，实现了原煤分级分选，各自保持最佳的工况条件，简化了工艺，提高了分选效率。

2. 原煤分级粒度根据分选密度的特点确定，按“等基元灰分”分选，实现精煤产率的最大化，分级分选减少了原煤分级脱泥、脱介和磁选设备的数量，节约了投资和运行费用，提高了工效。

五、适用条件

用于各类焦煤、动力煤洗选加工，对高硫、难选和极难选煤的降灰、脱硫效果较其他洗选技术有很大的提高。新建选煤厂和老厂技术改造都可以选用此项技术。

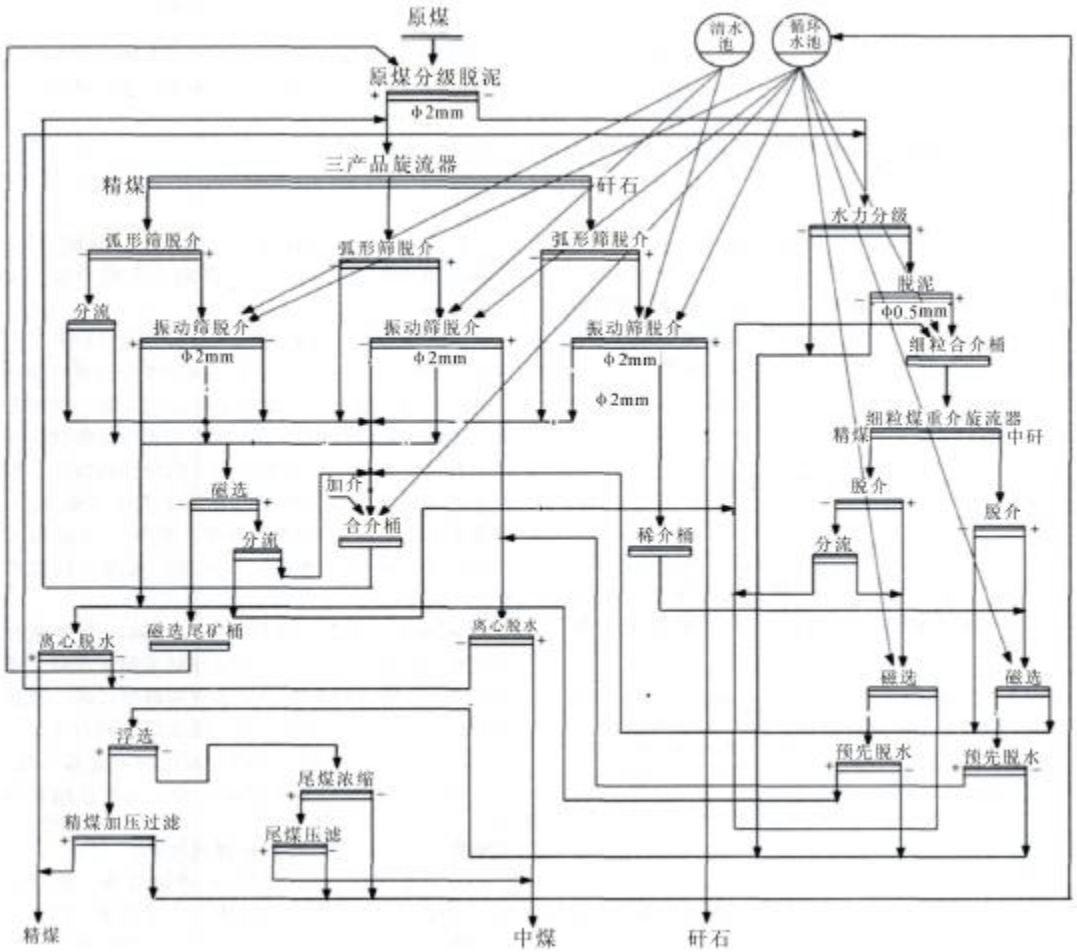


图 27　原煤重介质分级分选工艺流程

六、应用情况和效果

双供介无压给料三产品重介质旋流器用一套重介质系统实现原煤分级分选工艺，解决了既保持重介质选煤高效率，又节省了基建投资和运行费用的技术难题，已在山西晋阳、介休，重庆干坝子，山东翟镇等大型选煤厂推广应用。与传统重介工艺和装备比较，基建投资由 6000 万元降低为 5000 万元，厂房体积减少 30%以上，节电 1kW·h/吨原煤，精煤产率提高 2.6 个百分点，中煤产率提高 2 个百分点，净增经济效益 1800 万元/年。由于我国高灰、高硫、难选煤种较多，应用该项技术和装备的选煤厂日益增多，应用前景广阔。

81．NDY 型内热式煅烧回转窑

一、技术名称

NDY 型内热式煅烧回转窑。

二、技术概况

内热式回转窑利用燃料与空气混合后喷入燃烧室燃烧产生的高温气体进行煅烧，工艺成熟。这种煅烧技术能耗低、产量高，产品性能稳定。

三、基本原理和工艺

原料经料仓下部的卸料阀卸入进料装置的料斗，再由进料螺输机给入回转窑筒体进料端，随即被筒体内的导料螺旋向前输走。物料在回转窑内运动的过程中被高温热气逐渐加热到工艺煅烧温度，完成煅烧后的物料从窑头（出料端）卸料装置卸出。

回转窑窑头罩前端设置一热风炉，热风炉由燃烧器、燃烧室等组成。燃料进入燃烧器，与助燃风机输入的空气混合后喷入燃烧室燃烧，产生的高温气体经二次风机掺风后降至工艺煅烧温度，然后直接进入回转窑内对物料进行煅烧。工艺流程见图 28。

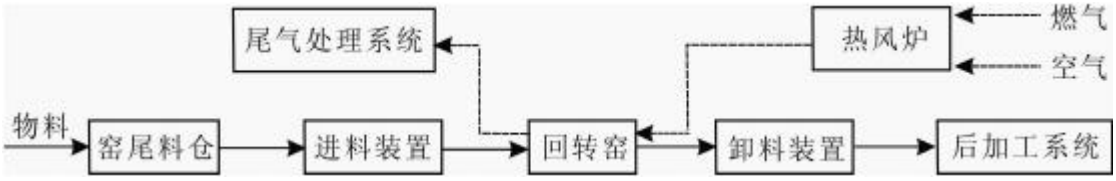


图 28　NDY型内热式煅烧回转窑工艺流程

四、技术特点

1. 回转窑采用内热式，热利用率高。高温热气直接与物料接触，换热面积大，物料反应速度快，因此生产能力大，单位能耗低。

2. 回转窑筒体内衬采用复合型窑内衬，其耐温层能耐高温、抗腐蚀、强度高，对物料无污染；保温层导热系数小，保温效果好，筒壁温度低，热损失小。

3. 窑炉保温材料的蓄热作用，消除煅烧温度波动对产品质量的影响，保障产品质量的稳定。

4. 热风炉置于窑外，一是燃烧充分，热效率高；二是操作简便，能精确地控制煅烧温度。

5. 热风炉自动控温，能根据进窑热烟气体温度的变化自动地按比例调节燃气和助燃空气量。且燃烧稳定，安全可靠。

6. 进料装置采用螺旋进料，进料量连续、均匀、稳定。进料电机采用变频器控制，并与热尾气温度联控，能自动调节进料量的大小。

7. 采用微机监控装置，能实时地远程监视整个生产过程，实时采集各工艺参数并自动记录，永久保存。对现场部分设备设有远程/就地切换功能。

五、适用条件

适用于非金属矿行业、冶金行业和化工行业的煅烧深加工。

六、应用情况和前景

按单位产能进行计算，NDY 型内热式煅烧回转窑的投资成本要低于各式外热式回转窑的投资成本，而运行成本和单位产品能耗则更低，经济效益和社会效益十分明显。

目前国内高岭土、氧化镁行业在用的 NDY 型内热式煅烧回转窑已有 10 多台。多个行业的生产实践证明，NDY 型内热式煅烧回转窑是当前国内应用非常成功的煅烧设备。

82．伟晶岩型钽铌矿伴生非金属矿的回收技术

一、技术名称

伟晶岩型钽铌矿伴生非金属矿的回收技术。

二、技术概况

在伟晶岩型钽铌矿中，主要伴生的非金属矿矿物为云母、长石、石英等可利用程度较高的矿物。但当采用阳离子浮选云母工艺时，长石产品中的云母含量可降低到使用要求，由于将其中的绢云母也一起上浮，长石产品中的 K_2O 含量偏低而无法使用，同时云母精矿中绢云母、白云母也无法分离，还增加了选矿成本，从而造成了尾矿中的非金属矿物无法利用。采用 GL 螺旋选矿机和高频细筛可预先分离大片白云母。

三、基本原理和工艺

根据云母矿物呈片状晶形，长石、石英以粒状为主的特征，采用 GL 螺旋选矿机和高频细筛预先分离白云母的工艺，工艺流程和分选设备简单易行，分选效果明显。使用后预先回收的大片白云母，经提纯后可用于生产高档优质白云母粉，而长石产品也满足了陶瓷原料的使用要求。通过磨矿重选车间预先分离白云母的工艺流程（图 29），按粒度分别选别得到两种白云母产品。

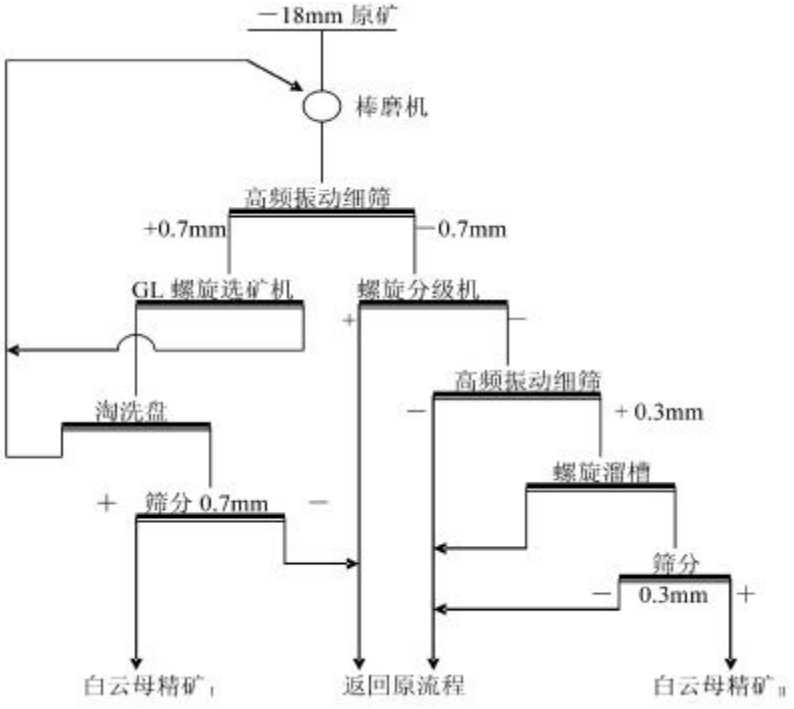


图 29　在磨矿-重选车间预先回收白云母的综合工艺流程

四、技术特点

1. 充分利用白云母耐磨、难磨细、片状解理发育的特性，利用磨剥后白云母片状特性与粒状矿物的分选性能的差异，在矿重选车间实现白云母早收多收。

2. 在不影响钽铌主产品回收工艺流程的同时，充分考虑并结合选厂原生产流程、设备及布局。

3. 为确保长石产品中白云母含量的要求，在重选阶段尽可能多地分离回收或抛除白云母，以满足长石产品对降低白云母含量的要求。

五、适用条件

对矿石组成相同或相似的同类尾矿中的云母、长石和石英矿物回收、分离、提纯或深加工的技术有着广泛的适用性，可为国内外同类矿山提供可借鉴的技术和示范工程。

六、应用情况和前景

该项技术在福建南平钽铌矿得以成功地应用。生产应用后取得了较好的指标：原矿白云母含量为 1.54%，白云母粗精矿的回收率为 56.33%，精选后的碎白云母产品纯度大于 99%，可用于生产高档优质白云母粉，并且白云母的分选没有影响主流程和钽铌的分选指标，长石产品中的白云母含量低于 0.5%，满足了陶瓷原料的使用要求。该项技术在南平钽铌尾矿实施后，年生产优质碎白云母 1500t，长石 10 万 t，资源综合利用率达 70%，年直接经济效益 420 万元；同时每年可消化 10 万 t 尾矿，每年节省尾矿排放费用 100 万元，并减少了土地占用，有效地防止了环境污染，保护了生态环境。生产的长石产品实现了批量稳定供给陶瓷厂，促进了陶瓷产品质量的全面提升。

花岗伟晶岩型尾矿中主要含云母、长石和石英，都是具有较好市场的非金属矿种。伟晶岩型白云母是优质云母资源，经提纯后的碎云母，可作为生产高档湿磨云母粉的原料，只要搞好云母产品的提纯深加工，长石产品能够就地就近消化，是相对市场风险较小、增加该类型矿山综合经济效益的环保型项目，具有很好的推广前景。

83．铁矿尾矿再选技术

一、技术名称

铁矿尾矿再选技术。

二、技术概况

铁矿尾矿再选是提高资源利用率、减少尾矿排放的重要措施。

铁矿尾矿中的铁矿物，一部分已单体解离，一部分为贫连生体，可以通过再磨、磁选、重选或磁选—重选、磁选—浮选联合选矿工艺进行回收。

三、基本原理和工艺

磁铁矿尾矿再选工艺：采用立盘永磁磁选机或永磁筒式磁选机对磁铁矿尾矿进行再选，再选粗精矿经磨矿、分级、磁选作业处理，获得高品位的磁铁精矿。

赤铁矿尾矿再选工艺：根据赤铁矿尾矿的性质，一般采用联合选矿工艺，如强磁抛尾一强磁精矿再磨一弱磁反浮选，弱磁粗选一弱磁精选一强磁扫选，粗选、精选用Φ1050 系列湿式筒式弱磁选机，扫选用 SLon 立环脉动高梯度磁选机。

四、技术特点

整个尾矿再选系统能耗少、设备少、投资小，处理能力大，见效快。

五、适用条件

适合于磁铁矿尾矿、赤铁矿尾矿的再选，对脉石矿物为石英的磁铁矿尾矿、赤铁矿尾矿的回收尤为适用。

六、应用情况和前景

20 世纪 90 年代以来，此项技术得到了应用。如辽宁南芬的再选品位高达66%；歪头山铁矿采用 HS-1600×8 磁力回收机处理选矿厂尾矿，获得精矿产率2.46% 、铁品位 65.76%的优质铁精矿。均取得了良好的经济和社会效益。目前，全国 50%以上的大、中型铁矿选厂皆有尾矿再选回收系统。

84．石棉尾矿高效综合利用技术

一、技术名称

石棉尾矿高效综合利用技术。

二、技术概况

利用石棉尾矿或蛇纹石中的主要成分氧化镁和二氧化硅生产高附加值的超细高纯度氢氧化镁和超细高比表面白炭黑或多孔二氧化硅，同时综合回收其中的氧化铁和金属镍。

三、基本原理和工艺流程

采用酸碱等化学处理方式，去除铁和镍，在分离铁镍后的滤液中加碱生成氢氧化镁沉淀；将其过滤、洗涤、干燥解聚后即得到超细氢氧化镁。

酸浸悬浮液固液分离后的固体残渣，在加热条件下与烧碱进行水热反应可生成含有硅酸钠的浆液；将硅酸钠的浆液过滤、分离固体残渣后加酸反应可以得到水合二氧化硅沉淀，调节反应条件和加入表面调整剂可以调节产物的粒径、比表面积、孔体积、吸油值等技术指标；将反应产物陈化、过滤、洗涤、干燥解聚后可得白炭黑或超细二氧化硅。工艺流程见图30。

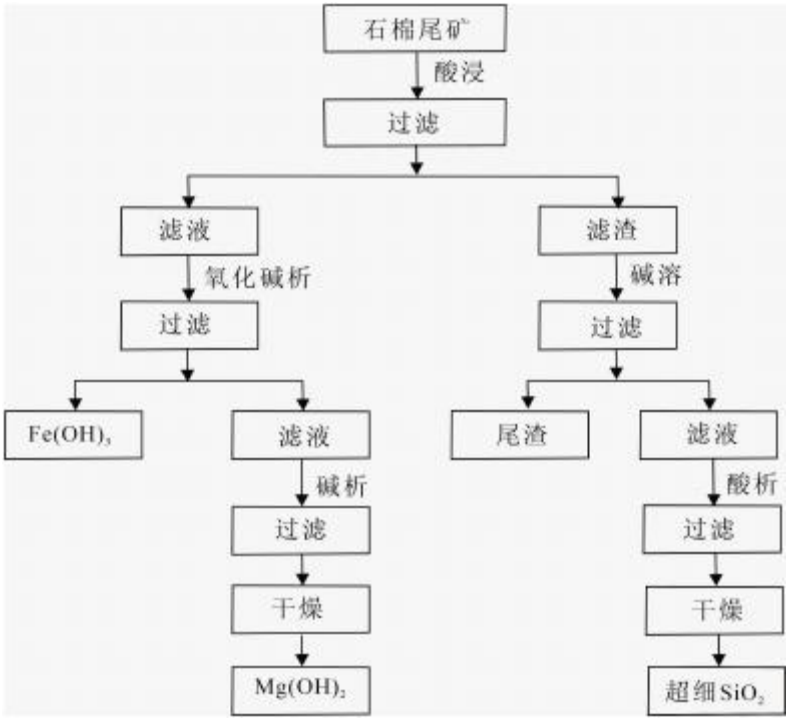


图30　石棉尾矿高效综合利用技术工艺流程

四、技术特点

使石棉尾矿完全资源化、无害化和高值利用；可回收蛇纹石中的金属镍；减少氢氧化镁在氢氧化铁中的挟带率；产品粒度细、没有硬团聚体；生产过程中产生的含盐废水进行蒸发，回收其中的盐，并将水冷凝回用，无废水排放。

五、适用条件

具有石棉尾矿或蛇纹石资源并具备供水、供电条件。

六、应用效果和前景

如甘肃省阿克塞采用该技术，年综合利用2万吨石棉尾矿，经济效益显著。

85．磷矿尾矿再选技术

一、技术名称

磷矿尾矿再选技术。

二、技术概况

国内选矿利用沉积胶磷矿，入选品位通常为 20%～29%；选矿利用沉积变质型和内生型磷灰石，入选品位为 9%～18%。由于沉积胶磷矿难选，多数磷矿生产企业开采的都是中、高品位的磷矿，选别后的尾矿品位在 8%以上。已经磨细的尾矿进行再磨再选，可大幅度地提高已采出磷矿的利用效率，实现尾矿废渣资源化利用。

三、基本原理和工艺

对磷矿选别后的粗选尾矿进行再磨，使尾矿中磷矿石与废石矿物未单体解离的进一步单体解离，使矿物表面出现新鲜表面，与分级溢流合并，通过采用添加选矿药剂和配合使用反浮选工艺脱除废石矿物，从而得到磷矿尾矿再选精矿，实现提高磷矿总体回收率的目的。工艺流程见图 31。

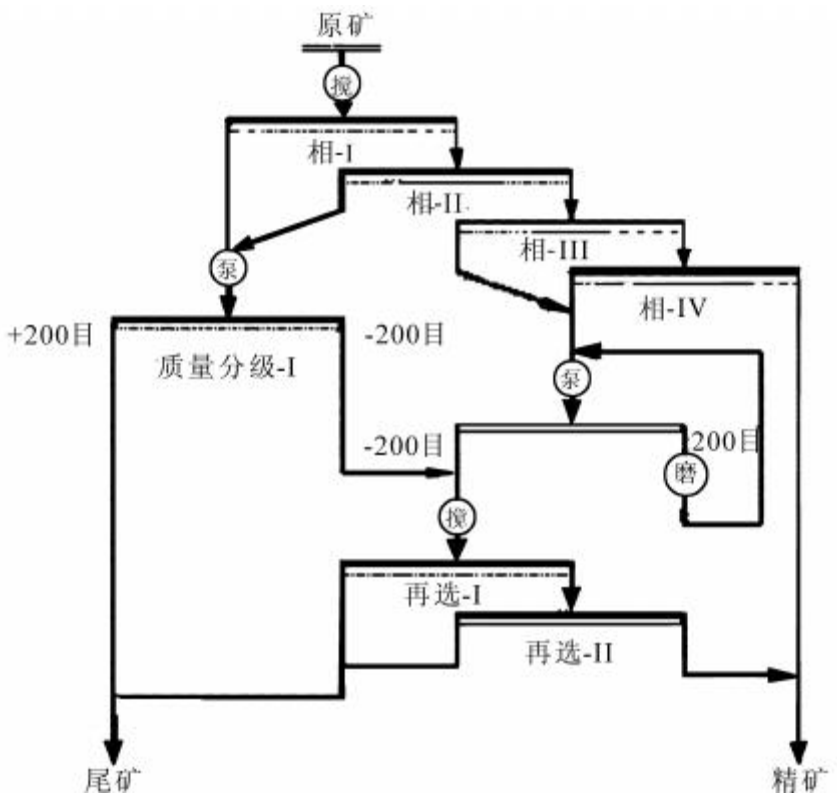


图 31　磷矿尾矿再选技术工艺流程

四、技术特点

在对尾矿磷矿物解离度考察的基础上进行再磨再选，兼顾经济效益的同时使尾矿资源化利用，减轻了工业废弃物的环境危害程度;配合利用尾矿中残留的高效浮选药剂，实现尾矿中磷资源的回收；探索低品位磷矿石的综合回收利用途径，增加资源的可利用量，提高磷的综合利用率。

五、适用条件

选别原矿为沉积胶磷矿（碳酸盐型磷块岩）；选矿工艺为单一反浮选；浮选药剂为 WF-01 和 WFS。

六、应用情况和前景

尾矿再选精矿不影响后续生产，磷综合回收率在原来的基础上提高了 3%，生产一年可全部收回全部投资。

86．磷石膏综合利用生产硫酸铵技术

一、技术名称

磷石膏综合利用生产硫酸铵技术。

二、技术概况

磷石膏是磷矿（或磷精矿）生产磷肥过程中湿法磷酸的副产物，主要成分为二水硫酸钙，通常每生产 1t P_2O_5 副产 4.5～5t 磷石膏。采用碳酸铵与磷石膏反应生产硫酸铵并副产碳酸钙，实现磷石膏“资源化、减量化、无害化”。

三、基本原理和工艺

以碳酸铵为原料与石膏的反应是一复分解反应，反应方程式为：

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O + (NH_4)_2CO_3 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

或者$CaSO_4 \cdot 2H_2O + NH_4HCO_3 + NH_3 + H_2O = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3\downarrow + 3H_2O$

此反应的化学平衡是由硫酸钙和碳酸钙在硫酸铵溶液中的溶解度决定的。由于$CaCO_3$的溶度积常数为2.8×10^{-9}，$CaSO_4$的溶度积常数为9.1×10^{-6}，二者相差3250倍，碳酸铵与磷石膏反应能够顺利进行，并且石膏转化得很完全。副产碳酸钙可用作水泥生产原料，生产轻质碳酸钙和石灰。工艺流程如图32所示。

图 32　磷石膏制取硫酸铵生产工艺流程

四、技术特点

在复分解转化后，采用先进成熟的三效蒸发浓缩技术,降低蒸汽消耗，与单效蒸发浓缩技术相比，吨产品可节约蒸汽 0.5t，节能效果显著；蒸汽冷凝水和工艺冷凝液收集后循环使用，减少了采用直流水加热消耗能源；借鉴和采用国外石膏制硫酸铵的成熟生产工艺和设备，增加了装置的可靠性；通过优化改进，减少了操作的铵损失，使尾气排放中的 NH_3 含量低于国家标准。

五、适用条件

本工艺技术主要用于磷矿湿法加工过程中产生的磷石膏的资源化过程。

六、应用情况和前景

硫酸铵是最早的氮肥品种，随着硝酸铵、尿素生产的发展和副产硫酸铵数量的增加，中和法、石膏法硫酸铵生产逐渐减少。20 世纪 90 年代初，印度有两家工厂、印度尼西亚有一家工厂仍在用磷石膏生产硫酸铵，硫酸铵的价格比同等氮素的尿素价格高 10%～50%，使石膏法硫酸铵生产得以维持。

87．有色金属冶炼废渣中铟等稀有金属综合利用技术

一、技术名称

有色金属冶炼废渣中铟等稀有金属综合利用技术。

二、技术概况

目前生产的大多数铟是从铅、锌、铜、锡等矿石冶炼过程中回收的副产品。在从较难挥发的锡和铜内分离铟的过程中，铟多数富集在烟道灰和浮渣内，在从挥发性的锌和镉中分离铟时，铟则富集于炉渣及滤渣内，从铅、锌等有色金属冶炼炉渣及滤渣内中回收铟，可以大幅度地降低生产成本，提高经济效益。

三、基本原理和工艺

在与铅、锌、铜、锡、锑等金属有关的冶炼渣、烟尘和冶化废水中，含有不同程度的稀有金属铟等元素。通过湿法冶金等工艺技术可从中回收提取金属铟等有用元素，并对废料进行综合治理，达到既对资源综合利用又治理废料污染的目的，产生非常好的经济、环保和社会效益。

根据含铟物料性质的不同，采用不同的工艺流程。其原则工艺流程为：利用铟等稀有金属的特殊物理化学性质，采用火法与湿法相结合的冶金技术，将废料中的铟等可利用元素富集，再经浸取、过滤、沉淀、萃取、反萃取、置换、熔铸等工艺，将有用元素从废料中转入溶液，再经分离、提纯和铸造，获得金属铟等产品。

四、技术特点

该技术的特点是浸出率高，产品纯度高，生产工艺先进、实用，无需高温高压等大型设备；投资少，经济社会效益好，且易于实现环保生产，既解决稀有资源的综合利用问题，又可产生非常好的效益，同时也可减少废料对环境的影响。

铟等金属的综合回收率大于 80%（萃取与反萃取均大于 99%），产品粗铟 In 大于 98%（精铟 In 大于 99.99%）。

五、适用条件

适用于从冶炼化工厂（特别是铅、锌、铜、锡、锑和铁帽型原料的钢铁厂）产出的各种含铟物料（包括冶炼渣、烟尘、废水、半成品）和电子工业的边角料、

废料中回收铟。

六、应用情况和前景

该技术已成功地应用于国内多家企业，不仅具有较好的经济效益，而且具有显著地社会效益、环境效益，降低了冶炼废料对环境的影响。在对烟尘、废渣、废水处理的同时进行“三废”综合治理，减少了三废对环境的污染。

88．冶炼厂含铁尘泥循环利用技术

一、技术名称

冶炼厂含铁尘泥循环利用技术。

二、技术概况

高炉瓦斯泥是高炉炼铁过程中随高炉煤气排出的炉料粉尘，主要含细粒铁粉、碳粉和熔剂粉尘，经一段文氏二段文氏湿式除尘洗涤沉淀浓缩后，呈灰黑色的泥浆状。由于含铁低，含有害杂质锌、硅、铝等较高，不宜直接利用。若勉强返回烧结入高炉，不但增加高炉焦比（增加能耗），降低高炉利用系数（减少产量），还会因锌的循环富集，导致锌在高炉壁和煤气排出管道结瘤结圈，影响炼铁生产的顺利进行和降低高炉的寿命。故必须对其进行提质降杂分离处理才能实现有效利用。

三、基本原理和工艺

分选方法和工艺流程选择，主要决定于所处理物料的性质和对所得产品的质量要求。由于高炉瓦斯泥系高温产物，其成分和性质因入炉料来源、性质、冶炼工艺、装备水平及技术操作、管理方式而异。因此，选择的分选工艺要有较强的适用性，要比较简单灵活易操作，运行成本较低为宜。

通过对不同工艺流程结构和一些条件的试验，确定最佳的工艺流程如图 33 所示。

四、技术特点

工艺流程比较简单、适用性强，采用重选分离设备维修量很小、节能、运行成本低；可处理含铁很低（TFe 含量为 25%~30%）、含有害杂质锌高达 5%的质差高炉瓦斯泥，不但可以高效地富集回收其中的碳和铁，还能将 65%以上的锌排入尾泥，从而实现锌在炼铁前的开路排放，减轻锌和其他杂质直接回用的负面影响；尾泥产品经回收脱水处理后，仍是良好的建材原料，可用于替代煤矸石烧制内燃砖；从而实现瓦斯泥的整体利用，无废排放，也可视为发展循环经济的小典型。

图 33　马钢一铁厂高炉瓦斯泥综合回收炭、铁和尾泥工艺流程图

五、适用条件

该技术适用性强，几乎可用于处理所有炼铁企业的高炉瓦斯泥。至于流程结构（如是否需增加浮炭扫选，增加炭精选次数、重选增加扫选或精选作业等），要根据瓦斯泥原料的性质和对所得产品的质量要求，通过实际的试验研究加以确定。

六、应用情况和前景

该技术有效地解决了含铁低、有害杂质锌大大超标的高炉瓦斯泥合理循环利用的问题，经济效益、环境效益、社会效益显著。如瓦斯泥原料经过分选处理后，可获得含铁 52%~55%的铁精矿和含碳高于 72%的碳精矿，铁和碳在其精矿中的回收率分别达 65%和 80%以上。有害杂质锌通过尾泥排出率达 65%~70%。既回收利用了高质量的铁和碳，又排除了大部分的有害杂质锌；既有利于节能降耗，又有助于生产顺利进行和维持高炉的使用寿命。

本技术适用性强，在业内极具推广前景。

89．硫酸渣高效选铁技术

一、技术名称

硫酸渣高效选铁技术。

二、技术概况

高铁硫酸渣最有效的利用是作为炼铁原料，硫酸渣中铁品位较低，一般在35%～55%之间。通过机械选矿方法提高铁品位，然后进行炼铁，尾矿可制水泥或制砖，以实现无尾排放。

三、基本原理和工艺

从硫酸渣中回收铁的方法主要有磁选、重选、浮选及联合工艺。由于硫酸渣具有渣中部分铁矿物已解离、中间粒级铁品位较高、部分铁矿物工艺粒度较细且与脉石紧密互嵌的性质特点，依据重选需要相对较粗、较窄的有效分选粒级的原理，同时考虑浮选对细粒级分选效果较好，故先采用分级、重选工艺选出一部分合格的铁精矿，然后对重选未回收的有用铁矿物进行磨矿再选，统称粗细分选、部分磨矿、重选—浮选联合工艺。重选选矿成本较低，因此也立足于解离的铁矿物尽可能采用重选工艺回收，磨矿后的重选尾矿及早再通过重选工艺获得部分合格的精矿。这既适应原料的工艺嵌布粒度特征，又能通过成本较低的选别方法获得合格的铁精矿。细粒级铁矿物浮选回收的关键是浮选工艺及其药剂。

硫酸渣选铁工艺流程为：硫酸渣原料配浆—隔渣处理—一段粗细分级—重选选铁—重选尾矿磨矿—二段粗细分级—返回重选选铁—细级别反浮选。

四、技术特点

该技术采用分级—重选—磨矿循环工艺，既适合硫酸渣的工艺嵌布粒度粗细不均匀的特点，又能降低磨矿量和入浮矿量。采用反浮选可加强对细粒级铁的回收；该工艺技术既控制了重选有效分选粒级的下限，同时又考虑了浮选对细粒级的分选效果，对硫酸渣的性质变化具有极强的适应性。

五、适用条件

主要针对硫酸渣选铁，各地的硫酸渣因原料性质和焙烧工艺不同，性质差异很大，因此各地硫酸渣选铁需做具体研究。

六、应用情况和前景

我国生产硫酸用的硫铁矿资源储量达数十亿吨，每年硫酸产量占世界生产总量的 12%，是生产硫酸的大国。按年产硫铁精矿 1700 万吨计，焙烧硫铁矿制酸后产生的硫酸渣达到了 1000 多万吨。这些硫酸渣多数铁品位较低、二氧化硅含量较高，除少量用作水泥添加剂和冶炼生铁的配料外，大部分还是堆积存放。如能采用本工艺技术将其加工成冶炼原料，使其资源化，不仅可以节省堆放场地，而且可以减少环境污染。

90．利用高炉水渣生产硅肥技术

一、技术名称

利用高炉水渣生产硅肥技术。

二、技术概况

制造硅肥的原料多为炉渣，如炼铁炉渣、黄磷炉渣、燃煤炉渣、粉煤灰、赤泥等，其次为钾长石、海泡石等矿物原料。很多冶金渣中都含有 P、Ca、Si 等农作物生长所需的元素,经过适当处理可以用作农业肥料或添加剂。就钢铁行业来说，通常炼 1t 铁约产炉渣 0.3t。利用钢铁冶炼废渣生产农业急用的硅肥，可充分合理地利用企业大宗的废物，延伸产业链，大力发展循环经济。

三、基本原理和工艺

先对高炉水渣样品的物理、化学性能进行检测，包括水分、松散密度、粒度组成；然后对高炉水渣进行破碎、筛分，使其粒度达到 250μm 以下，并检测其化学成分和有效硅的含量，用不同的硅肥激发剂和粘结剂对其进行有效的硅调配和产品造粒。工艺流程见图 34。

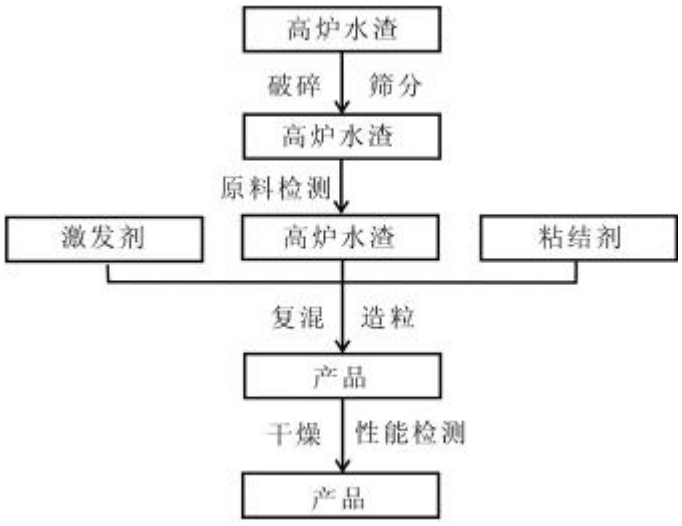


图 34　利用高炉水渣生产硅肥技术工艺流程

四、技术特点

采用高效、节能、环保的硅肥激发剂，可提高产品中有效硅的含量；采用新型硅肥造粒粘结剂，在尽量减少粘结剂用量并保证颗粒一定强度的前提下，土壤施用后易碎并进而释放有效硅。

五、适用条件

高炉水渣生产出的硅肥需满足农业部颁布的《硅肥》标准（NYT 797-2004）和国标《肥料中砷、镉、铅、铬、汞限量》。

六、应用情况和前景

推广应用硅肥，产生的社会和经济效益十分明显。以水稻为例，我国常年种植水稻的缺硅土壤面积占 50%，如果全部施用硅肥，按增产 10%计，仅此一项每年就可增产 100 万吨稻谷。硅肥的生产原料是高炉水渣，生产成本低，成本只有 180~200 元 / 吨。若按硅肥销售价 300 元 / 吨计，建设 1 万吨 / 年的装置，当年就可收回成本。

91．硼泥综合利用技术

一、技术名称

硼泥综合利用技术。

二、技术概况

硼镁矿碳碱法生产硼砂，每生产 1t 就要产出 2.5～4.5t 的废渣硼泥。硼泥的组成成分与硼矿的产地有关，但都含有大量的 MgO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_20_3、CaO 等成分。通过加石灰使 $MgCO_3$ 转化成 $Mg(OH)_2$，经碳化反应、热解得轻质碳酸镁，再煅烧即可得到氧化镁产品。

三、基本原理和工艺

先将硼泥与水搅拌成浆料后泵入转化罐内，加入石灰乳和催化剂于 85℃下反应 1.5h，硼泥、石灰和水的质量配比为 l∶0.2∶2，将硼泥中的 $MgCO_3$ 转化成 $Mg(OH)_2$。$Mg(OH)_2$ 在碳化塔中与 CO_2 发生碳化反应。先加水至硼泥与水的配比为 l∶10，碳化温度低于 30℃，反应时间为 30min，此时生成了可溶性碳酸氢镁。碳酸氢镁过滤后，滤液于 90℃下热分解，即得到了轻质碳酸镁（滤饼），轻质碳酸镁经闪蒸干燥，再经过粉碎、分级、包装即得到产品轻质碳酸镁。干燥后的轻质碳酸镁经 900℃煅烧，即可得到氧化镁产品。

四、技术特点

以硼泥为原料，利用石灰与硼泥生产轻质碳酸镁和轻质氧化镁。生产工艺技术简单，成本低，产品质量符合（HG/T2959—2000）标准。

五、适用条件

以硼镁矿生产硼砂厂的硼泥为原料，要保持较稳定的成分和来源。

六、应用情况和前景

每生产 10 万吨硼砂就要产出 25～45 万吨的废渣硼泥，以 30 万吨/年计，经处理后，按一般工业轻质碳酸镁计算，可生产约 2.1 万吨产品。生产后的硼泥，又增加了钙含量，与铁尾矿混合，添加助剂后可制成砖瓦、保温材料等新型建筑材料，应用前景广阔。

92．氰化尾渣综合回收低含量有价金属技术

一、技术名称

氰化尾渣综合回收低含量有价金属技术。

二、技术概况

我国采用金精矿氰化提金工艺直接生产黄金的方法，占黄金工业生产的半壁江山。然而，该工艺不可能将精矿中所有的金属回收干净，很多氰化尾渣中尚有可回收利用的多种元素，包括金、银、铜、铅、锌、硫等。在目前的技术条件下，采取浮选、酸浸等技术回收，不但有经济价值，而且可提高资源的利用率，减少重金属排放，减轻对环境的污染。

三、基本原理和工艺

针对氰化尾渣的矿物组成，采用优先混合浮选铅锌、脱氰活化、铜硫分离流程；混合浮选铅锌之后，采用硫酸活化黄铜矿的方法，既提高了铜的回收率，又综合回收了氰化物；实现对氰渣中多种有价元素铜、铅、锌、硫、金、银及氰化物的回收。工艺流程如下。

氰化尾渣调浆：洗涤干净的氰化尾渣进入浓缩机进行浓缩，再过滤，把滤饼加入回水将浓度调整到车间要求的浓度。

混合浮选：根据氰化钠对铅锌铜等金属在不同条件下的抑制作用不同，加入硫酸调整矿浆的酸碱度，使氰化钠抑制铜而不抑制铅锌，利用浮选法进行处理，浮选精矿为铅锌精矿，尾矿进入下道工序。

酸浸：铅锌混合浮选尾矿进入酸浸槽，加入硫酸进行酸浸，调整 pH 值为 7 左右，矿浆中的氰化钠以 HCN 气体的形式释出，进入吸收塔。

铜浮选：经过酸浸后的矿浆进入铜浮选，由于矿浆中基本没有氰化钠，对铜失去了抑制作用，因此利用浮选法可使铜浮出成为铜精矿。

氢氰酸回收：多元素回收工艺在回收铜铅锌时需加硫酸破坏氰化钠，以活化被氰化物抑制的含铜锌矿物，在长达 10 个多小时的酸化过程中，97%以上的氰化物被破坏，并产生大量的 HCN 气体。为防止对环境污染，采用了真空抽气氰化贫液吸收的方法回收 HCN 气体，有效地保护了环境。

浮尾脱水：铜浮选尾矿经过浓缩过滤，滤饼作为硫精矿外售，水返回多金

属流程循环使用。

五、技术特点

氰化尾渣采用优先浮选工艺流程先选铅，再选铜，实现了低品位、细粒度铅矿物、铜矿物的有效回收，工艺简单、实用，铅铜回收率均比较理想； 整个生产过程无有毒有害废水、废渣、废气等污染物排放，采用真空抽气氰化碱液吸收的方法回收 HCN 气体，有效地保护了环境，真正实现了清洁生产。

六、应用情况和前景

氰化尾渣综合回收技术，适应性强，操作简单，易于掌握，生产技术指标稳定，技术效果明显，经济效益显著，可在黄金行业内广泛应用。生产实践表明，对于含铅 0.5%、锌 0.5%、铜 0.45%、硫 30.00%、金 0.7~0.8g/t、银 15.00g/t 的氰化尾渣的处理，铅锌精矿中含铅 25%、含锌 27%、含金 1.64g/t、银 342.98g/t，铅回收率 65.6%、锌回收率 70.94%，铜精矿中含铜 15.25%、含金 1.29g/t、银 138.04g/t，铜回收率 75.48%。项目经济效益、社会效益和环境效益显著。

经过多年的探索，随着氰化处理规模的不断扩大，以硫化矿物为主的氰化尾渣产量不断增加，该技术具有良好的应用和推广价值，市场潜力较大。

93．矿井回风源热泵系统及配套技术

一、技术名称

矿井回风源热泵系统及配套技术。

二、技术概况

通过热泵技术回收矿井总回风中的低温热能，满足工业广场地面建筑采暖、井筒防冻及加热职工浴室洗澡热水的需求，实现煤矿区不燃煤，减少大气污染。矿井回风热交换器除了换热外，还能降低主扇噪音，并使排入大气的矿井总回风得到净化，实现了煤矿不燃煤，取消矿区燃煤锅炉，减少大气污染，是一种节能环保、先进适用的新型空调技术。

三、基本原理与工艺

矿井回风热源泵技术采用卡诺原理、佛利昂压缩机从矿井低温回风中提取热能。热泵在高位能的拖动下，将热量从矿井低温回风热源提取后流向高位热源，把不能直接利用的低品位热能转化为可利用的高位能，达到节约部分高位能（煤、石油、天然气、电能等）的目的，可以节约燃料、合理利用能源、减轻环境污染。热源泵系统的效率与建筑物室内、室外环境的温差有关，温差越小，热泵的效率越高。热源泵技术回收的矿井总回风中蕴藏的低温热能用于井筒防冻，工业广场建筑冬季供暖、夏季制冷，全年提供卫生热水。

工艺流程如图 35 所示。

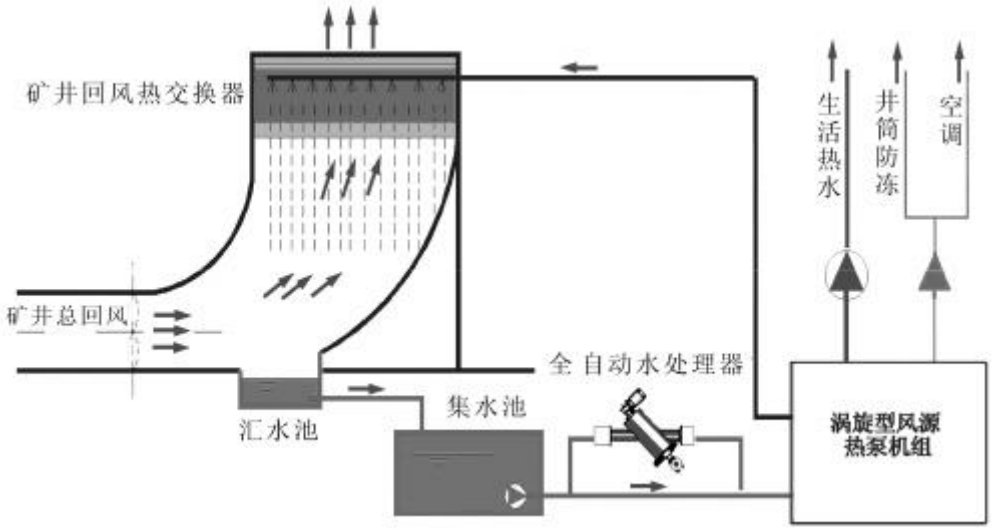


图 35　矿井回风源热泵系统原理图

四、技术特点

通过热泵技术回收煤矿总回风中的低温热能，为工业场地内建筑供暖（空调）、进风井井筒防冻和加热职工浴室热水提供热源，替代燃煤锅炉，减少大气污染。是一种充分利用可再生能源的新型环保技术，电力消费与提取热量比为 1：5，运行成本低，设备维护容易，操作简单。

五、适用条件

主要用于采用源热泵技术从低温矿井回风中提取热量进行工业设施和办公生活取暖。

六、应用情况和前景

2007 全国矿井总回风量可利用热量 1043 万 kW·h，约折合 2485 万吨标准煤/年。以采用矿井回风热源泵技术从这些热量中回收 50%算，相当于约减少燃烧煤炭 1242 万吨/年，减少 CO_2 排放 3230 万吨/年。该项技术有很好的经济与社会效益，有广泛的推广前景。

94．铁尾矿生产建筑用砂技术

一、技术名称

铁尾矿生产建筑用砂技术。

二、技术概况

我国铁矿尾矿主要成分是二氧化硅、三氧化二铁、三氧化二铝，与传统的建材、陶瓷原料性质非常接近。用尾砂配制的砂浆，其抗折、抗压强度均高于普通黄砂，易和性、保水性和普通黄砂接近。可替代河沙用作建筑用沙。

三、基本原理和工艺

铁矿尾矿再选、生产建筑用砂工艺流程如下。

1. 将含 SiO_2≥40%的铁矿尾矿采用分级工艺分离出粗粒尾矿，粗粒尾矿中-0.16mm 粒级的含量小于等于 10%。分级工艺采用的设备可以是螺旋分级机、水力旋流器、细筛，最佳的为水力旋流器和细筛的顺序组合。

2. 将分级工艺分离出的细粒尾矿采用磁选方法回收铁矿物得到粗精矿、细粒新尾矿。如果分离出粗粒尾矿后的细粒尾矿中铁含量低、回收价值不大，或者选矿难度大，也可以直接进行下一步工艺。

3. 对细粒尾矿或细粒新尾矿采用浓缩机、过滤机进行脱水处理，得细粒干尾矿，细粒干尾矿中水分含量小于等于 20%。

4. 细粒干尾矿排向干尾矿堆场或作为工业原料使用。如果细粒干尾矿中 TFe 含量大于等于 15%，还可以作为水泥厂的原料使用，TFe 含量小于 15%的可以作为砖厂的配料使用，也可作为其他非金属材料使用。

四、技术特点

可以获得占尾矿总产率 30%～50%的粗粒尾矿，既减少了后续尾矿处理工艺的尾矿量和处理费用，又实现了尾矿资源的综合利用，减排效果显著；充分考虑了粗粒尾矿中铁含量低的因素，既经济、又合理；先分离出粗粒尾矿，有利于后续的过滤作业；所得细粒干尾矿可以作为水泥厂的原料或砖厂的配料，也可以直接排向干尾矿堆场，减少了建尾矿库征地、运行管理的费用，又消除了尾矿库的安全隐患。

五、适用条件

铁尾矿中的主要成分是二氧化硅、三氧化二铁、三氧化二铝，尾砂质均、洁净，不含云母、硫酸盐、硫化物、有机物、粘土淤泥等有害杂质。分级后的粗粒尾矿-0.16mm 粒级的含量小于等于 10%。

六、应用情况和前景

本技术已在安徽姑山应用，年生产建筑用砂 20～30 万吨。生产出的粗粒尾砂质均、洁净，不含云母、硫酸盐、硫化物、有机物、粘土淤泥等有害杂质。实验检测表明，用尾砂配制的砂浆，其抗折、抗压强度均高于普通黄砂，易和性、保水性和普通黄砂接近，完全可以代替建筑用黄砂出售。

95．尾矿生产加气混凝土

一、技术名称

尾矿生产加气混凝土。

二、技术概况

加气混凝土是一种内部均匀分布着大量微小气泡的轻质混凝土，目前广泛应用于建筑行业，主要原材料是各种富硅材料，石灰、石膏、水泥等碱性激发剂和铝粉等发气剂。其力学性能和耐久性主要取决于反应生成物的种类、数量及其比例，而生成物的种类和数量又受尾矿的成分、粒度、物料配比、成型条件、养护制度等工艺条件的影响。

采用铁尾矿代替砂子，并以铝粉为发气剂，按一定的配合比和工艺条件，经高压养护后制成的轻质多孔混凝土，称为铁尾矿加气混凝土。

三、基本原理和工艺

尾矿加气混凝土的最佳配比：尾矿 63%、石灰 25%、水泥 10%、石膏 2%，外加剂最佳掺量为 40g／m^3，最佳水料比为 0．58；尾矿最佳细度为 200 目筛余 l．75%。

其他材料：发气剂 GLS-70 水剂型铝粉膏，加气混凝土专用外加剂，石膏作调节剂。

最佳蒸压制度：升温时间 3h，恒温时间 8h，最高蒸压温度 205℃，降温时间 2.5h。

所制备出的尾矿加气混凝土平均密度为 697.8kg／m^3，平均出釜抗压强度为 6.32MPa，符合 A5.0、B07 级加气混凝土合格品的要求。

四、技术特点

产品属低能耗、环保型新型墙材，具有节能、节土的优点；原料来源广，生产成本低；化害为利，变废为宝，为铁尾矿综合利用开辟了新途径。

五、适用条件

适用范围较广，只要含有较高的二氧化硅，铁矿尾矿、金矿尾矿、有色金属尾矿都可以用来生产尾矿加气混凝土。

六、应用情况和前景

以铁矿的低硅尾矿为原料进行低硅尾矿加气混凝土的研制。原料成本低于一般加气混凝土制品厂的原料成本。以 3 万 m^3 规模建厂，产品售价 135 元/m^3 计，则年销售收入为 405 万元，年利润达 139.656 万元；按上述规模，年消耗尾矿 1 万 t 以上，可有效地减轻尾矿库的压力或延长其使用寿命。

除了铁尾矿以外，其他有色金属和非金属选矿厂排出的尾矿，只要含有较高的二氧化硅，而且其他成分不具有回收价值，都可用来生产加气混凝土。

加气混凝土制品是当前建筑业重要的结构材料，市场前景广阔。

96．尾矿免烧砖、尾矿多孔砖制备技术

一、技术名称

尾矿免烧砖、尾矿多孔砖制备技术。

二、技术概况

淘汰粘土砖，发展新型墙体材料，充分利用尾矿等工业固体废物可以有效地优化建筑材料产业。尾矿作为选矿的副产品，数量庞大但利用率极低，已成为当今社会沉重的负担。目前尾矿应用于墙体材料，生产尾砂免烧砖等墙体材料。

其中核心技术是根据尾矿的性质选择简单的化学物理方法激发其活性，参与水化反应。使墙体材料中尾砂矿作为骨料的掺量得到大幅提高，并使水泥胶凝材料的用量有所减少。

三、基本原理和工艺

我国大部分矿山尾矿的主要成分为石英、铝硅酸盐矿物，少量角闪石、绿泥石、黑云母、方解石、白云石等，无毒、无害、无辐射，加入骨料（河砂等）、少量水泥和其他添加剂后，搅拌和匀，压砸成型，可生产出免烧砖、多孔砖。工艺流程如图 36 所示。

原料：水泥 6%～12%，改性尾矿 10%～15%，原尾矿 30%～75%，其余为粗骨料（砂石），还可以加入钢渣粉。

产品性能：免烧砖强度均达到 14.2MPa，多孔砖强度均达到 5.7～13MPa，其他指标均符合标准。

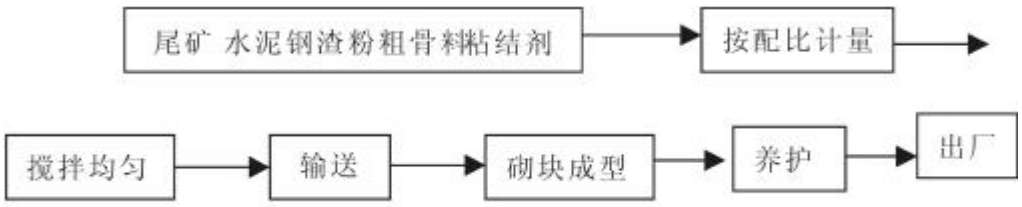


图 36　尾矿制备免烧砖工艺流程

四、技术特点

多孔砖中尾矿比例高达 50%～80%，可以大量消耗尾矿；制备工艺简单，投资少、产能大，成本较低；产品性能符合国家强制标准。

五、适用条件

适用范围较广，只要尾矿无毒、无害、无辐射，杂质硫等含量不超标，即可作为原料使用。

六、应用情况和前景

该技术可解决铁矿选矿后的废弃尾矿占用排放场地的问题，同时达到合理利用尾矿资源、三废治理的目的。生产出的免烧砖不仅隔热、隔音，光泽好，外型美观，而且硬度和强度比普通红砖还要强。经国家建筑材料工业墙体屋面材料质量监督检验测试中心检验，完全符合国家标准。

免烧砖、多孔砖**是**当前建筑业重要的墙体材料，可替代粘土砖等传统建筑材料，具有广阔的市场前景。

97．二水石膏直接生产磷石膏砖技术

一、技术名称

二水石膏直接生产磷石膏砖技术。

二、技术概况

目前世界上磷矿制取磷酸产生的磷石膏的利用方式，均采用先将二水石膏炒制成半水石膏，再进行成型加工的生产工艺技术，主要产品有石膏砌块、石膏大板、纸面石膏板等。以二水磷石膏为原料，通过“一步法”工艺生产磷石膏砖的专有技术，可替代烧结粘土砖作为承重墙体建材，是新型建材产业的一次技术革命。

三、基本原理和工艺

直接利用二水磷石膏和黄磷渣为主要原料，经过“原料制备—计量—搅拌—成型—养护”5 道主要工序生产磷石膏砖，磷石膏标砖平均密度为 1300～1500kg／m_3，平均抗压强度为 10MPa 以上。

四、技术特点

具有高强度和耐水性；生产线采用柔性设计，可调整生产线，生产不同规格的多种类型的石膏制品。

五、适用条件

适用于直接利用二水磷石膏和黄磷渣生产磷石膏砖。

六、应用情况和前景

我国磷石膏年排放量已近 5000 万吨，而且随着高浓度磷复肥工业的发展，磷石膏排放量将急剧增加。通常磷石膏采用设置堆场堆放，占地多、投资大、堆渣费用高，其中含有的 P_2O_5、F^-、游离酸等有害物质，长期堆积时会引起地表水和地下水的污染。此项技术可大量利用磷石膏。

98．矿山酸性废水综合处理及应用技术

一、技术名称

矿山酸性废水综合处理及应用技术。

二、技术概况

常规的石灰法（LDS）是国内外矿山酸性废水处理应用最为广泛的一种方法，工艺简单，成本低，但存在结垢严重、石灰消耗量大、易堵塞管道、污泥密度低、操作环境恶劣等一系列问题。高浓度泥浆法（HDS）是一项自动控制石灰中和处理酸性废水的技术。该技术具有简单实用、管理方便、基建和运行费用低等优点，可有效地克服和解决石灰法的结垢严重、污泥密度低、操作环境恶劣等缺点，是 LDS 技术最佳的先进实用替代技术。

三、基本原理和工艺

高浓度泥浆工艺（HDS）采用先进的自动化控制的石灰中和处理酸性废水技术。石灰中和获得的稀疏底泥（通常为 1%～4%的固料含率）通过底泥循环出现比较显著的晶体化现象，即沉淀污泥的粗颗粒化、晶体化来改进沉淀物的形态和沉淀的污泥量。这样往复多次循环使浆料里所有残留的中和潜力（碱残留量）都能得到充分的使用，产生含固率高于 20%的沉降污泥，有效地减小了碱和沉淀物对设备管道的附着力，从而减缓了对设备的腐蚀。工艺流程见图 37。

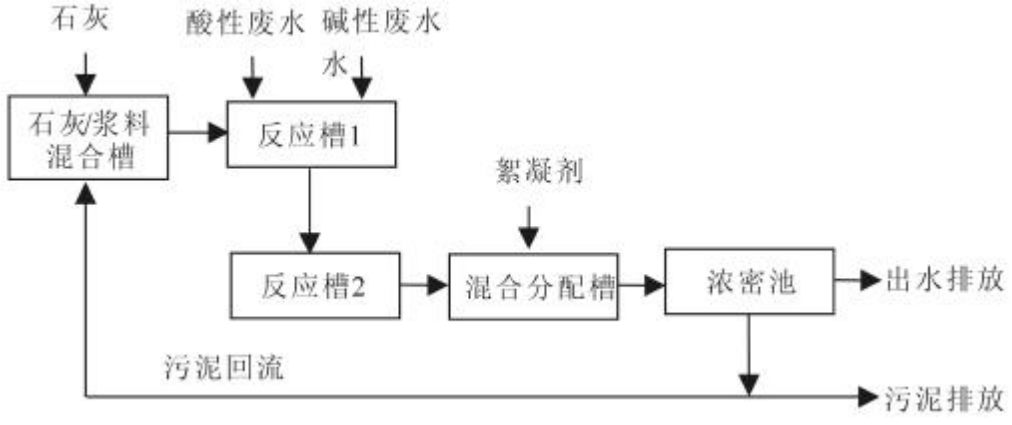


图 37　HDS 工艺流程

四、技术特点

与 LDS 工艺相比较，HDS 工艺处理同体积酸性废水可减少石灰消耗 5%～10%，

产生的污泥含固率高，可达 20%～30%，污泥的体积是 LDS 工艺的 1/20～1/30，可有效地延缓设备、管道的结垢，停产清垢时间由 LDS 工艺的 1 个月延长至 1 年。

五、适用条件

该技术既适于现有 LDS 废水处理站的改造，可有效地提高水处理能力 1～2 倍，也适于新建 HDS 工艺废水处理站。HDS 法对原水的适应性很强，针对日处理量几千立方米至几万立方米、pH 为 1～5 的废水，均可以有效处理，达标排放或回用的标准。

六、应用情况和前景

德兴铜矿采用 HDS 工艺改造现有的 LDS 废水处理站，废水酸性废水处理能力由 0.86 万 t/d 提高 1.5 万 t/d，同时处理碱性废水 2.5 万 t/d，实现废水处理能力 4 万 t/d。安徽新桥 HDS 技术改造工程废水处理能力达到为 4.5 万 t/d，是原有常规废水处理站的 4.5 倍，年增加酸性废水处理量约 990 万 t。辽宁葫芦岛锌厂污酸废水 HDS 新建工程。污酸处理量为 2000t/d。该污酸废水含硫酸达到 20g/L（2%），同时含有多种重金属离子。工程已稳定运行近 2 年，污酸废水处理后可以满足生产回用。

HDS 技术在国外有较多的应用，均使用了 HDS 工艺处理金属废水，技术成熟，废水处理效果好，推广前景广阔。

99．矿山含硫矿物、As、Pb、Cd 废水的处理工艺

一、技术名称

矿山含硫矿物、As、Pb、Cd 废水的处理工艺。

二、技术概况

铜、铅、锌等金属硫化矿物在空气、水和微生物的作用下，发生溶浸、氧化、水解等一系列物理化学反应，极易形成酸性废水。这些酸性废水pH低、酸度大，含有大量有毒、有害的重金属，是污染水环境的含重金属离子废水的主要来源，对矿区周边的环境和人体健康造成严重的危害。

矿山酸性废水的处理方法主要分为两种：中和法和微生物法。中和法是最常用的一种方法，即向酸性废水中投加碱性中和剂，一方面使废水的 pH 值提高，另一方面废水中的重金属离子与中和剂发生化学反应形成氢氧化物沉淀，去除水体中的重金属离子。微生物法是利用自然界中硫循环的原理，利用硫酸盐还原菌通过异化硫酸盐的生物还原反应，将硫酸盐还原成 H_2S，并利用某些微生物将 H_2S 氧化为单质硫，同时重金属离子在微生物体内“积累”起来。

对于含硫酸根的酸性废水，国内多采用以石灰乳为中和剂的一段中和法，但是如果酸性废水的 pH 值较低，采用该方法，一方面治理每吨废水需要的石灰量较大、处理成本较高，另一方面将产生大量的废渣，给环境带来潜在的污染风险。先进行曝气氧化处理可以解决厌氧导致的异味问题，还硫避免了后期处理产生硫化金属物沉淀；砷、铅、镉都可投加石灰乳进行去除。

三、基本原理和工艺

有些矿山废水经过石灰乳中和处理后，pH 值介于 6～7 之间，并未呈现酸性，但水质中硫化矿物和 As、Pb、Cd 等重金属元素的含量仍然严重超标，达不到《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）的排放要求。

因此，若想将水中的重金属元素沉淀，最大限度地降低其水解现象，必须先除去溢流水中的硫化物，再投加石灰使其产生极难溶于水的氢氧化物和难溶的络合物。工艺流程见图 38。

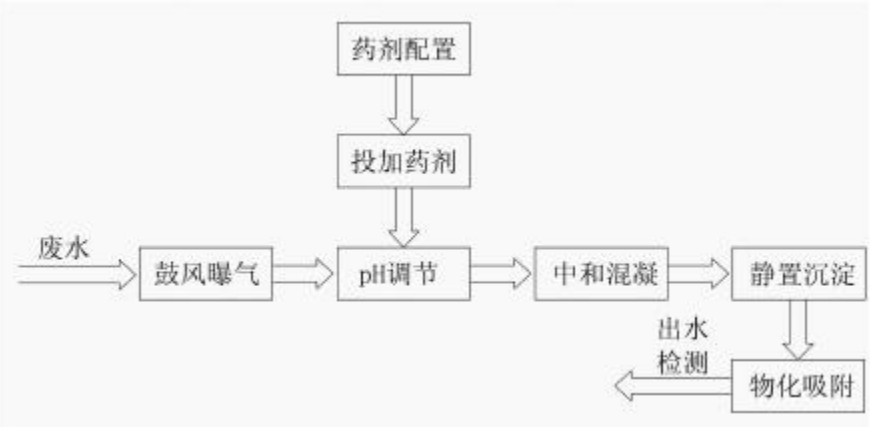


图 38　矿山含硫矿物、As、Pb、Cd废水的处理工艺流程

四、技术特点

对矿山含硫矿物、As、Pb、Cd 的废水首先进行曝气氧化处理，一方面解决了厌氧导致的异味问题，另一方面氧化去除了硫，避免了后期处理产生硫化金属物沉淀，为去除金属离子提供了有利条件；超标的砷、铅、镉 3 种金属污染因子都可以通过化学法投加碱性药剂石灰乳进行去除；通过实验室条件试验研究，针对不同的 3 种超标污染因子投加碱性药剂后控制 pH 在 9 左右都可以使其达标；增加了活性炭物化吸附装置，进一步确保外排溢流水的水质。

五、适用条件

可在有色、化工、冶金等矿山选厂排水、尾矿库溢流水和采矿矿坑涌水的综合治理中广泛应用。

六、应用情况和前景

该技术已经在冬瓜山铜矿老鸦岭尾矿库溢流水综合治理中成功应用。该铜矿尾矿库溢流水水量为 100m³/h，pH 值在 5.6～6.9 之间，呈弱酸性，Pb 浓度最高达 1.144mg/L，As 浓度最高达 0.561mg/L，Cd 浓度最高达 0.067mg/L。采用该技术处理后，不仅能够消除矿山废水中的异味，使废水的颜色变正常，而且能够达到《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）对矿山排水含硫矿物、As、Pb、Cd 的水质要求。

100．煤矿矿井水资源化综合处理技术与工艺

一、技术名称

煤矿矿井水资源化综合处理技术与工艺。

二、技术概况

煤矿矿井水资源化综合处理技术与工艺针对含悬浮物矿井水、高矿化度矿井水、酸性矿井水和含特殊有害成分的矿井水，分别采用电渗析法和反渗透滤除或化学中和法、吸附法、氧化法去除，将矿井水处理后用于煤矿生产、生活。

三、矿井水净化原理和工艺

矿井水按其污染情况和污染物物理化学性质分为不同的类型，分别选择不同的处理工艺。煤矿矿井水依据其中有害物质的种类，通常可分为 4 种水质类型，分别是：含悬浮物矿井水、高矿化度矿井水、酸性矿井水和含特殊有害成分的矿井水。矿井水资源化处理技术可分为物理处理和化学处理两大类。物理处理方法主要有固体悬浮物、溶解性盐类离子电渗析法和反渗透滤除。化学方法主要是对酸性矿井水进行中和处理。我国有极少数矿区矿井水含有过量的微量元素、放射性等特殊的有害物质，需要采用特殊的处理方法。资源化处理的矿井水可用于以下几个方面：井下工业用水；煤炭洗选加工用水；矿区生活用水；其他用途用水。矿井水利用的原则应为先用于井下后用于井上，先用于工业后用于生活，最后是农业。矿井水资源化处理方法和工艺如下。

1. 矿井水中悬浮物去除工艺：与自来水厂的给水处理基本相同，但处理强度较大。

2. 矿井水（苦咸水）中溶解性盐类的去除工艺：采用电渗析法和反渗透技术。净化处理的工艺流程见图 39。

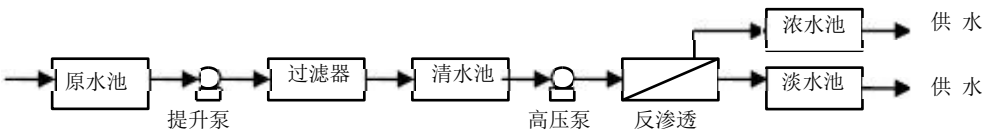


图 39反渗透淡化工艺流程

3. 酸性矿井水处理方法：多采用中和法，中和剂多采用石灰石或石灰，以

石灰石作中和剂的主要有中和滚筒过滤法、升流膨胀过滤中和法。

4. 特殊有害成分的去除方法：矿井水中微量放射性物质去除一般采用专用吸附剂吸附去除方法，矿井水中的氟离子采用活性氧氧化去除方法。

四、技术特点

针对矿井水不同的污染类型和净化处理用途，综合采用物理净化和化学净化方法，使轻度污染的矿井水达到生活用水的质量标准，中度和重度污染的矿井水达到工业用水的标准。

五、适用条件

适用于煤矿井下排出的各类矿井水洁净化、资源化处理。

六、应用情况和前景

本项技术已在安徽、山东、河南、河北等煤矿区推广使用。其中，淮南矿区已经将矿井水经净化处理、深度处理后作为生活饮用水、锅炉用水、洗浴用水、选煤用水、井下防尘用水、风机和采掘设备的冷却用水和喷雾用水、电厂循环用水等，矿井水资源化利用的原则为先生产用水后生活用水。经济效益、环境效益和社会效益十分显著。

该技术可以解决矿区用水量日益增加和水资源越来越短缺的矛盾，减少地下深井水的开采量，保护矿区地下水和地表水的自然平衡。推广应用前景十分广阔。

101．煤矿高浊、高铁锰、高矿化度矿井水处理技术

一、技术名称

煤矿高浊、高铁锰、高矿化度矿井水处理技术。

二、技术概况

高矿化度矿井水在我国主要产煤省区广泛分布，具有高浊、高含铁锰元素、高硬度等特点，属于难或极难净化处理的水，采用一般净化工艺很难达到资源化利用的目的。该技术采用混凝沉淀工艺、过滤工艺和反渗透工艺联合处理工艺，实现了对高矿化度矿井水的净化处理。

三、基本原理与工艺

在采用现代研究分析方法解释矿井水中悬浮物难于沉降的原因的基础上，确定高效稳定的矿井水高浓度铁锰过滤处理工艺参数，解决好渗透膜使用寿命短的关键技术难题，将混凝沉淀工艺、过滤工艺和反渗透工艺合理结合，建立高效、稳定、经济的高浊度、高铁锰、高矿化度矿井水集成处理技术体系。混凝沉淀后的详细工艺流程如图 40 所示。

图 40 高浊度、高铁锰、高矿化度矿井水处理工艺流程

四、技术特点

有效地解决了矿井水处理中混凝效果差、难沉降的问题；增加了锰砂滤料的比表面积，减小了表面静电排斥作用，提高了铁、锰和悬浮物的去除率；改进了膜清洗工艺，延长了膜的使用寿命，提高了连续处理的时间，保证了处理能力，降低了成本。

五、适用条件

适用于各种高浊度、高铁锰、高矿化度矿井水处理工程，既可达到国家工业用水的标准，也可达到饮用水的标准。

六、应用情况和前景

本项技术已经应用于新疆罗布泊、山西双柳、河南鹤源的矿井水综合利用工程。工程运行稳定，比传统净化技术，可节省占地面积 1/5～1/4，吨水运行费用节约 0.134 元，铁的去除率提高 10%～15%，锰的去除率提高 15%～25%，锰砂

滤料的启动周期从 1～3 个月降低到 1～2 天，可延长膜的使用寿命 1～2 年。

102．冶炼烟气制酸技术

一、技术名称

冶炼烟气制酸技术。

二、技术概况

目前国内用于制酸的冶炼烟气主要来自铜、镍、铅、锌等有色金属的冶炼过程。我国有色金属矿中硫化矿较多，故以这些矿物进行冶炼（焙烧、熔炼和吹炼），特别是有色金属冶炼富氧熔炼过程产生的含 $SO_2$3.5%以上的高浓度二氧化硫烟气，可直接采用两转两吸接触法制酸工艺。

三、基本原理和工艺

采用以动力波洗涤器为主要设备的两转两吸净化工艺，或采用动力波洗涤器对原有净化工艺流程进行局部改造。动力波洗涤净化、两转两吸接触法制酸工艺流程包括烟气的净化、烟气的干燥、二氧化硫的转化和三氧化硫的吸收。即含 SO_2的冶炼烟气经净化、电收尘和干燥后，其中 SO_2 被转化为 SO_3，再用工业水吸收而制成 98%的 H_2SO_4，最后排出的尾气含 SO_2 大大减小，达标排空。

四、技术特点

动力波洗涤系统的净化效率较高，电除尘器具有压损小、能耗低、无污水排放、除尘效率高、运行费用低等优点。制酸系统对烟气量和 SO_2浓度的波动具有较强的适应能力，烟气中的硫利用率较高，能很好地解决尾气中二氧化硫浓度超标的问题，制酸尾气 SO_2 排放浓度可降至 850mg/Nm_3 以下。整个制酸过程采用先进的 DCS 控制系统，使整个转化和吸收过程高度自动化，避免了操作过程中人为因素的影响，排出的尾气再经纤维过滤器过滤后排入大气，减小环境污染。

五、适用条件

本技术适用于国内大中型铜、镍、铅、锌等有色金属生产企业熔炼过程产生的含 SO_2 在 3.5%以上的高浓度二氧化硫烟气。

六、应用情况和前景

两转两吸接触法制酸工艺已在国内多家冶金生产企业投入运行。生产工艺稳定可靠，硫的吸收和转化效率高，应用前景广阔。

103．可资源化活性焦烟气中硫的回收技术

一、技术名称

可资源化活性焦烟气中硫的回收技术。

二、技术概况

活性焦烟气回收硫技术，解决了活性焦吸附脱除烟气中 SO_2 和解吸回收 SO_2 的问题，并将脱硫后的产物——高浓度 SO_2 成功地用于生产 98%的商品硫酸、硫磺等产品，实现了对脱硫副产物完全的资源回收利用，在脱硫过程中几乎不消耗水，无二次污染产生。

三、基本原理和工艺

烟气中的 SO_2 在活性焦表面发生吸附和催化氧化反应生产硫酸而被脱除，在高温加热的状态下，活性焦微孔中的硫酸被分解，生成高浓度的二氧化硫气体，同时再生后的活性焦可循环利用。活性焦烟气脱硫技术采用移动床工艺流程，该工艺包括吸附系统、再生系统、物料输送系统、副产品生产系统等（图 41）。

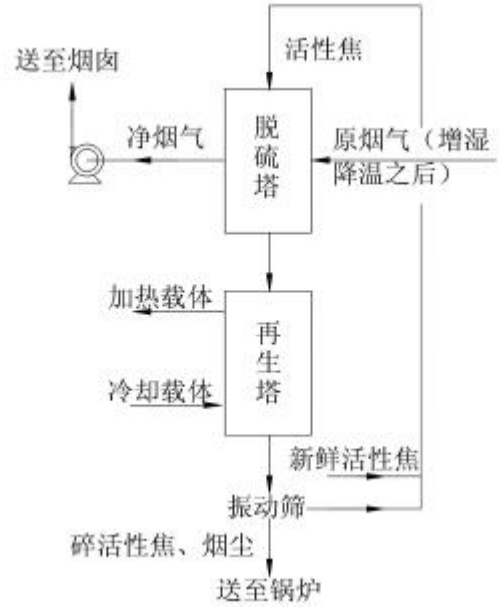


图 41活性焦烟气中硫的回收技术工艺流程

四、技术特点

可同时高效地进行脱硫、脱氮、除尘和脱除微量的重金属、有机化合物； 脱硫过程基本不消耗工艺水，不产生固、液、气废弃物，无二次污染；工艺流程简单，运行操作容易，脱硫剂来源广泛，价格低廉，脱硫副产品转化途径广，硫资源得到有效的回收和充分利用。

五、适用条件

适用于我国环保要求高、煤炭资源丰富、缺少硫资源和水资源的地区。

六、应用情况和前景

国外该技术已完全进入商业化应用，最大应用达到 600MW 机组（Isogo #1，2001 年）。国内建立工业示范化装置后，该技术产业化也得到了积极的推广，其副产物全部用于生产 98%的工业硫酸。活性焦烟气脱硫工艺适应性强，低、中、高硫煤种的燃煤锅炉、工业炉窑和化工、冶金等行业产生的各种废气均可处理，脱硫效率可达 95%以上；副产品利用方便，采用现有的成熟化工工艺，可生产各种含硫产品。

104．煤矿塌陷地充填复垦土壤重构技术

一、技术名称

煤矿塌陷地充填复垦土壤重构技术。

二、技术概况

煤矿地下开采导致沉陷土地的复垦，可分为充填复垦与非充填复垦两大类。充填复垦主要是矸石回填、粉煤灰回填和其他固体废弃物或客土回填。采用复垦土壤重构技术，不仅可以对采煤塌陷地进行复垦大量废弃地为可供利用的农业用地、建设用地，而且还可以减少固体废弃物（煤矸石、粉煤灰等）的排放。复垦土壤重构技术成为煤矿区进行地质环境综合治理的有效途径。

三、基本原理和工艺

分层剥离、分层回填技术：可以实现土层顺序的基本不变。这种重构土壤技术通常用于煤矸石垫底—机械推土复垦的情况下，比较容易操作。分层剥离和分层回填的目的是尽量保持或恢复自然土层的原始结构和状态。

一次回填、多次改良技术：在充填一定厚度的煤矸石或粉煤灰后采用一次性回填土壤至设计标高。回填的土壤可以是预先剥离的土壤，也可以是客土。回填时不考虑土层序列，只需达到设计标高。该方法构建土壤，方便简单，易操作。但土壤上下层质地均一，土壤熟化程度差。复垦土壤改良，主要任务是改善土壤结构，营造具有良好物理性质的耕层土壤。一般情况下，施用草炭、厩肥或其他腐熟有机肥料，能有效地改善土壤的三相比，改善通气性和持水性。种植绿肥两到三季，也能很好地改善土壤结构。

充填层和覆土层孔隙搭配技术：虽然覆土层的含水量受充填层的影响不大，但一般情况下，覆土层含水量并不足以满足作物的蓄水要求，需要灌溉。而煤矸石充填的情况下，初期的渗漏时间长，覆土层配合粘土相对较好；粉煤灰持水能力强，在上层土壤较干的情况下会向上输送水分，所以配合沙壤土比较好些。

充填式复垦包括粉煤灰充填、煤矸石充填、生活（或工业）垃圾及其他固体废弃物充填、水工余土回填等多种形式。非充填式复垦不需从复垦区外运进回填物料，主要形式有土地平整、梯田式、疏排法、挖深垫浅等方法。充填式复垦通

常与非充填式复垦配合使用。

四、技术特点

为避免充填物中的有害元素在作物中积累，需要构建足够厚度的覆土层保证作物的有效根系全部生长；覆土层的质地尽量与充填层相配合；充填物需要必要的压实度，矸石充填时要考虑大约 1.6 倍的压实度才能保证充填沉陷后的标高达到设计标准。

五、适用条件

本技术适用范围较广，适合在各类煤矿塌陷地的充填复垦。

六、应用情况和前景

铜山县柳新采用粉煤灰充填塌陷区、矸石回填压实种植水稻、回形分割回填场地防止污染扩散等技术，总复垦面积为 703 hm^2，其中新增耕地 277 hm^2，种植经济林 123 hm^2，修建精养鱼塘 170 hm^2，其他 133 hm^2。

徐州灰渣充填塌陷区造地工程、平顶山矿区采煤塌陷地复垦与综合治理技术应用、山东翟镇煤矿地质环境综合治理工程等，均取得了良好的社会、经济与生态环境效益，复垦后主要用于种植粮、菜等经济作物，改善了矿区居民的生产和生活环境。

105．塌陷区尾砂干式排放工艺技术

一、技术名称

塌陷区尾砂干式排放工艺技术。

二、技术概况

实现尾矿干式排放的关键在于尾矿经过脱水后达到相当高的浓度，在堆积过程中不发生偏析、渗析水少，具有一定的支撑强度，能够自然堆积成有一定高度的山脊形。采用“高压深锥浓缩、远程一段输送、陶瓷过滤脱水、干式排放治患”技术集成，形成了具有鲜明技术特色的成套尾矿处理与塌陷区治理新技术，从根本上改变了尾矿库地表排放尾矿存在的环境、安全、占用土地等问题。

三、基本原理与工艺

选厂生产的尾砂首先经过高压深锥浓缩池浓缩成高浓度砂浆，然后经过水隔离泵站扬送至塌陷区附近的尾砂脱水车间，经过陶瓷过滤机脱水后生产出水分15%的尾砂干饼，用皮带运输机输送至塌陷区；脱水尾砂进入塌陷区后，会在平硐下方形成一个半圆锥形的尾砂堆，在塌陷区选择电耙耙运尾砂，使之形成台阶坡面形状，形成的尾砂台阶坡面工作面往外推进。工艺流程如图 42 所示。

图 **42** 塌陷区尾砂干式排放工艺流程示意图

四、技术特点

1. 形成了“高压深锥浓缩、远程一段输送、陶瓷过滤脱水、干式排放治患”鲜明技术特色的成套尾矿处理和塌陷区治理新技术，为我国矿山推广应用塌陷区尾砂干式排放奠定了基础。对塌陷区尾砂干式排放进行这样全面系统的研究并建成了示范工程在我国尚属首次。

2. 采用低能耗高压深锥浓缩池，快速处理细颗粒尾砂的尾砂浓缩工艺技术。

3. 用水隔离泵成功地解决了变浓度高扬程管输送的难题，实现了 240m 高扬程一段输送，其中垂直管道有 145m。

五、适用条件

可广泛应用于存在塌陷区或露天转地下开采的金属矿山的尾矿排放和塌陷

区治理。

六、应用情况和前景

塌陷区尾砂干式排放工艺技术解决了新建尾矿库和塌陷区影响环境的难题，环境效益显著。

106．矿山尾矿库无土植被生态恢复技术

一、技术名称

矿山尾矿库无土植被生态恢复技术。

二、技术概况

通过对尾矿物化性质的研究，调整改善种植基质，经栽培试验进而实现无土复垦恢复生态，是解决矿山生产中遇到的实际问题的可行途径。

三、基本原理和工艺

根据尾矿库的特点和尾矿的性质，通过物理、生物、工程力学与环境工程学多学科的研究，改善尾矿种植基质，在尾矿库边坡和库面不用覆盖土壤即恢复植被，实现了从源头治理尾砂污染和生态恢复的目标，控制了水土流失，保证了尾矿库的安全。工艺流程如图 43 所示。

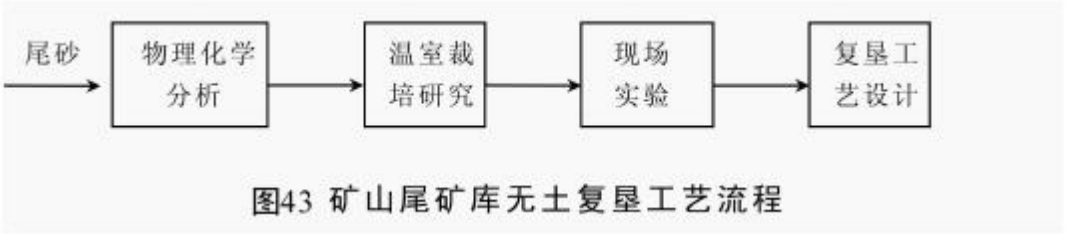


图43 矿山尾矿库无土复垦工艺流程

四、技术特点

该技术突破单一覆土工程和恢复植被的传统复垦模式，以安全、稳定、可持续利用和生态恢复为目标，形成了解决矿山环境影响问题的无土复垦模式。主要技术包括场地稳定技术、污染防治技术、重金属固化技术、尾砂改良技术、生物多样性技术等。

五、适用条件

适用于矿山尾矿库中尾砂属于中性、弱酸或弱碱性质，库区周边土源缺乏，以尾矿砂作为主要生长基质的植被生态恢复。

六、应用情况和前景

中条山胡家峪铜矿、铜陵铜官山铜矿、狮子山铜矿、江西德兴铜矿等进行应用。表层尾砂性状发生了变化，有机质的含量得到了改善，各种作物籽粒中的重金属浓度远远低于尾砂中的浓度，符合食用卫生标准。无土植被取得了显著的生态效益和环境效益。

107．金属矿山排土场复垦土壤改良和植被快速恢复技术

一、技术名称

金属矿山排土场复垦土壤改良和植被快速恢复技术。

二、技术概况

影响金属矿山排土场复垦的主要限制因素为岩土多、土壤较少、占排土场较大部分面积的平台被严重压实、部分金属矿山排土场存在较严重的重金属及酸碱度超标问题、不适宜直接种植，采用客土覆盖、隔离有害成分，选择草、灌木、乔木等适当种植模式，可快速改良土壤，恢复植被。

三、基本原理和工艺

在客土材料来源丰富的矿区排土场采用直接覆盖客土的方法进行土壤改良。土壤改良的步骤为：复垦设计—土地平整—覆土并适当压实—增施化学或有机肥料、种植绿肥植物—交付使用。在金属矿山排土场进行农业复垦，在覆土前应利用粘土等无害材料设置隔离层，设置灌排水设施，满足复垦植物生长的需要，并保障排土场安全运行。

排土场植被恢复的配置模式有灌—草，乔木—灌木等模式。乔灌木的栽植步骤为：挖穴—施底肥—回填约 10cm 客土—栽植苗木—回填客土至穴深 1/3 处，将苗木轻轻提起，踩实—回填客土—浇水。同时在树穴周围撒播草籽。

排土场草种的选择应兼顾冷暖季交替、耐旱、耐贫瘠、抗逆性好等原则，选择多草种混播。草种按照一定的比例混合后播种，草种播种采用人工撒播和播种机播种，播种前对地表进行整理，破除坚硬压实层，草种播种之后覆盖薄层客土材料并进行镇压。

四、技术特点

1. 建有隔离层可以防止重金属等有害成分的影响。

2. 有限合理的客土覆盖或穴状整地，优选草、灌木、乔木可实现当年恢复植被。

五、适用条件

本技术既适用于位于山地丘陵地带、含表土较少、难以采集到大量覆盖客土

材料的金属矿山排土场，也适用于客土材料来源广泛的金属矿山排土场。对排土场环境无特殊要求。

六、应用情况和前景

各省区市工矿业发达地区现存众多的金属矿山排土场需要复垦，本技术应用前景广阔。

限制类技术

1．水力采煤技术

技术介绍：该项技术适应倾斜、急倾斜中厚和厚煤层的开采，采用巷采式开采工艺，采掘合一，采用高压水力落煤、水力冲运的采运方式。矿井水采水运，原煤管路提升，地面沉淀分离，选运结合，矿井水可循环使用，适宜在地质条件复杂、煤层不稳定、难以进行长壁开采的矿区使用。对低瓦斯、松软、不稳定倾斜煤层有较好的应用效果，通常单面单枪可年产 30～60 万吨，且生产成本低廉。我国吉林、辽宁、山东等矿区均有应用。

限制原因：该项技术适应范围较狭窄，虽然解决了复杂地质条件煤层的开采问题，但动力和水资源消耗大，工作面无支护，生产环境安全状况较差，容易造成地面水环境污染。建议仅允许在煤炭资源紧缺、地质条件复杂，且开采条件适宜的矿区应用，其他地区列为限制使用的技术。

推荐替代技术：倾斜煤层综合机械化采煤技术。

2．厚和特厚煤层普通机械化放顶煤开采技术

技术介绍：放顶煤开采技术是指厚和特厚煤层长壁工作面在煤壁被机械破采或爆破开采后，再依靠矿山压力对顶部煤层进行冒落开采的采煤方法。通常两种开采工序以支护设备为分界，支护设备煤壁侧采用机械破采或爆破开采，煤壁采空区侧采用放顶煤开采，有采用液压支架的综合机械化放顶煤开采和采用单体支柱、悬移组合支架的普通机械化放顶煤开采两种工艺。我国综合机械化放顶煤开采技术已广泛应用，并达到国际领先水平。放顶煤工作面支护设备具备支护顶板和放落顶煤两种功能，单体支柱和悬移支架支护顶板、放落顶煤均采用人工作业，劳动强度大、作业环境恶劣、安全难以保障、顶煤不易回收。

限制原因：目前，我国部分小型矿井因井型较小，巷道狭窄，难以运输和安装液压支架或急倾斜特厚煤层水平分段开采工作面长度短难以布置液压支架，仍采用普通机械化放顶煤开采技术。

推荐替代技术：综合机械化放顶煤开采技术。

3．厚煤层房柱式开采技术

技术介绍：房柱式开采方法是一种采掘合一的采煤方法。其工艺为：先在煤层中同时开掘数条（多为 3 条）平行巷道，掘进一段距离（一般为 20～50m）后

将其相互贯通，形成循环通风和交通运输通道，再继续向前掘进，循环往复，直至掘进到采区边界。然后采用后退式方法进行平行巷道间的煤柱回收。巷道采用锚杆支护或临时支护，巷道间留有方形煤柱，回采后顶板一般不跨落或仅局部跨落。主要生产设备为连续采煤机、运煤梭车、锚杆钻车、通风设施等，开采高度小于 4m。在煤层厚度小于 4m 的情况下，回收率可达 70%左右。

限制原因：我国厚煤层厚度为 3.5～6m，高于 4m 的煤层房柱式开采技术目前难以开采回收，形成资源的浪费。如果回采后密闭不严，漏风量大，还容易造成煤层自燃，引发矿井火灾。仅可应用于矿井边角、断层区、残采区和综采工作面间煤柱回收。

推荐替代技术：厚煤层长壁式综合机械化采煤技术。

4．厚煤层留顶煤、留底煤开采方法

技术介绍：我国厚煤层资源丰富，是各大矿区的主采煤层。部分矿区由于采煤设备开采高度的限制、煤层顶板破碎或底板松软等原因，采用留顶煤、留底煤的开采方法，浪费了大量资源。这部分厚煤层开采普遍采用一次采全高综合机械化开采工艺，开采煤层厚度为 4.5～7.0m，而目前国内采煤设备的最大开采高度为 6m 左右，在煤层厚度 7.0m 的情况下约有 13%的资源无法开采回收。

限制原因：煤层顶板破碎或底板松软采用留顶煤、留底煤的方法，虽然解决了回采工作面顶板破碎难以管理、底板松软设备容易沉陷难以移设的问题，但顶煤和底煤留设厚度难以掌握，多数回采工作面采用偏于保守的多留顶煤、底煤的方法，造成资源的损失。以 4.5m 厚煤层开采留设 0.2～0.3m 顶煤或底煤计算，资源损失率约为 5%。

推荐替代技术：厚煤层综合机械化分层开采技术或放顶煤开采技术。

5．坚硬煤层综采放顶煤开采方法

技术介绍：我国中西部地区部分矿区分布着硬度较高的厚煤层，其普氏硬度系数 f≥2，山西大同矿区和神华集团神东矿区煤层普氏硬度系数高达 f3～ f4，难以截割和破碎。综采放顶煤开采依靠采煤机械设备开采煤层下部，依靠顶板压力使工作面支护设备上部顶煤得到破碎。综采放顶煤开采具有巷道掘进率低、开采强度大，生产效率高、成本低等优点，中西部地区部分矿区硬度较高的厚煤层部分采煤工作面采用顶巷超前松动爆破的方法进行综采放顶煤开采。虽然部分地

简化了开采系统和工艺，但超前松动爆破效果难以控制，顶煤破碎程度难以掌握，导致放煤工艺中部分顶煤难以回收。

限制原因：坚硬煤层综采放顶煤开采方法的关键技术难题——顶煤破碎问题尚无法解决，工作面回采率不易得到保证。

推荐替代技术：综合机械化分层采煤方法。

6．近距离煤层群矿井逆顺序开采工艺

技术介绍：我国多数矿区煤系地层中从上而下分布着多个可采煤层，称为“煤层群”。矿井建设根据煤层间距、地层倾斜程度、地质构造等空间位置关系合理安排开采顺序和生产工艺，最大限度地保证煤炭资源的回收。

限制原因：当煤层间距较小时（一般仅有几米），下部煤层的开采会造成上部煤层底板和煤层垮落，破坏了上部的煤炭资源。在中厚和厚煤层、薄煤层共存的矿井中，中厚和厚煤层工作面单产高、工效高、成本低，是矿井的主采煤层。当薄煤层位于中厚和厚煤层上部时，在近距离煤层群中下部中厚和厚煤层的开采必定会造成上部煤炭资源的破坏，难以进行开采利用。据有关资料统计，原国有重点煤矿薄煤层储量约占 19%，且大多处于煤层群上部，但产量仅占 9%。在资源条件较好的晋陕内蒙古地区，“采厚丢薄”浪费资源的现象在一些矿井中普遍存在。

推荐替代技术：近距离煤层群按煤层上下分布同一采区内顺序开采工艺。

7．巨厚煤层一次采全高放顶煤采煤方法

技术介绍：巨厚煤层是指厚度 15m 以上的煤层，我国中西部矿区均有巨厚煤层存在，在各类煤层中是开采价值最高的煤炭资源之一。目前，这类煤层的开采方法仍在探索之中，可以采用长壁分层开采、放顶煤开采等方式。

限制原因：长壁分层开采需要开采多个分层，生产系统复杂，巷道掘进率较高，若能采用沿空留巷、掘巷技术能够保障采区有较高的回收率。采用综采放顶煤采煤方法因顶煤破碎、下落轨迹难以控制，则采区回收率不易保证，且原煤含矸率较高，影响洗选效果。从安全生产角度考虑，国家煤矿安全监察局规定：综采放顶煤采煤方法采－放比不得超过 1:3。我国综采放顶煤工作面采煤设备采高一般控制在 3.5m 以下（多数为 2.5～3.0m），对应采煤工作面的实际最大采高为 14m。

推荐替代技术：厚煤层综合机械化分层开采方法。

8．露天煤矿间断式开采工艺

技术介绍：煤矿露天开采是指将煤层上部覆盖岩土剥离，在露天状况下进行矿床开采的工艺，适用于埋藏深度浅、煤层总厚度大、地表地形简单的煤矿，包括间断式开采、半连续式开采、连续式开采等几种生产工艺。间断式开采工艺是指在露天矿坑的生产作业点依次轮回地进行凿岩爆破、岩土剥离、煤炭采装等工艺。

限制原因：间断式开采工艺应用时间最为久远，技术水平相对落后。主要采用单斗挖掘机、铁道运输等机械设备，开采工序繁杂，有效利用时间短，矿坑坡度小，资源利用率相对较低。

推荐替代技术：露天煤矿连续式或半连续式开采工艺。

9．矿井提升直流电机

技术介绍：矿井提升电机原使用直流电机较多。

限制原因：直流调速系统结构复杂，维修费用高，电机结构较交流电机复杂，能耗高。

推荐替代技术：用交流变频电机替代直流电机。直流调速是把电压往下调，降压的同时产生损耗，交流变频电机变频时电压不变，没有压降损耗，更省电，驱动效果更好。

10．矿井提升串电阻调速

技术介绍：电机串电阻启动，是降压启动的一种方法。在启动过程中，定子绕组电路中的串联电阻，当启动电流通过时，就在电阻上产生电压降，减少了加在定子绕组上面的电压，减小启动电流。

限制原因：启动阶段电能损耗大，多水平提升时，更加不经济，加减速过程平滑性差，不利于安全提升。

推荐替代技术：采用变频调速替代串电阻调速。变频调速作为一种无级性、平滑而又经济的调速方式，是异步电动机调速的发展方向之一。尤其是对矿井提升机变频，有着低频转矩补偿，能满足斜井或竖井矿石提升的高转矩、低转速的要求。相对于绕线式电机的串电阻启动方式，能实现提升机的低速起钩和低速运行，对安全提升有着非常重要的意义。

11．地下矿山通风用离心风机与低效率轴流风机等高能耗通风设备

技术介绍：我国过去井下通风采用主扇通风时，主扇常采用离心风机或纺织轴流风机作为主扇。离心风机作为主扇，需设立反风道以满足安全要求，风机漏风大，有效风量率低；不适合矿井通风的低效率轴流风机能耗高，作为通风设备在矿山中过去曾获得较多的应用。

限制原因：离心机与低效率轴流风机能耗高。

推荐替代技术：采用高效率矿用轴流风机作为主扇，同时采用多级机站和自动监控通风技术，提高有效风量率，同时可以根据作业点需要减少或增加风机工作数，降低通风能耗。

12．单一压入或抽出式通风系统

技术介绍：地表或井下设立单一扇风机站，将地表新鲜风流经由进风井巷送到井下作业点，污风经由回风巷道排出地表。

限制原因：内部外部漏风量大，风流难以控制，能耗高；井下很难实现按需供风，通风效果不佳；通风系统可靠性差。

推荐替代技术：多机并联空气幕通风技术。

13．高能耗矿井固定设备

技术介绍：矿井高耗能提升、风机、水泵、空压等设备。

限制原因：单位能耗高、作业效率低。

推荐替代技术：低能耗高效矿井固定设备。

14．高能耗矿岩提升、运输工艺技术

技术介绍：主要是单位能耗高的提升与运输系统。

限制原因：单位能耗高，生产效率低。

推荐替代技术：低能耗矿岩提升、运输设备合理匹配工艺技术。

15．普通电耙采矿

技术介绍：用普通电耙出矿的采矿方法。

限制原因：普通电耙能耗高，效率低；电耙道容易损坏，维修难。

推荐替代技术：铲运机出矿。

16．磷、硫矿山空场采矿法中的浅孔房柱法

技术介绍：该采矿方法主要适用于：①矿石和围岩稳固和较稳固的矿体；②矿体倾角 30°以下；③矿体厚度小于 8～10m；④价值不高或品位较低的矿石。采矿方法的特点是：根据矿体产状和设备的要求，一般沿走向划分采区或矿块，矿块又分为矿房和矿柱。为支撑回采空间的顶板，空场内留有规则的矿柱，以使人员在空场下完成作业。出矿设备采用电耙，设备效率 80～120t/d。

限制原因：随着行业准入提高，化工矿产价值提升（特别是磷矿），采掘设备改进，这种采矿方法已显得生产能力低，工人劳动生产率低，矿石回收率偏低，生产安全性较差。

推荐替代技术：根据不同的矿体产状，推荐全面采用高效率的凿岩台车凿岩，铲运机出矿，顶板锚固技术和高效率中深孔房柱法的生产工艺，由单一采矿方法向组合式房柱法发展。

17．传统的高耗能颚式破碎机

技术介绍：颚式破碎机分简摆式和复摆式两种类型，具有结构简单、工作可靠等优点，一般作为一段粗碎作业设备。如规格较小的 PJ 型简摆式颚式破碎机、上动型复摆式颚式破碎机等。

限制原因：结构不合理，耗能高，破碎比小，耐磨性差，破碎产品粒度不均匀，过粉碎现象严重，排矿易堵塞等。限制于小型矿山使用并逐步淘汰。

推荐替代技术：GXPE 型高效颚式破碎机、PEW 型外动颚式破碎机等新型颚式破碎机。这些新型颚式破碎机具有处理能力大、能耗低、破碎比大、运行性能稳定、磨耗小、噪音小、维护费用低等优点。

18．小规格弹簧圆锥破碎机

技术介绍：采用偏心套驱动动锥体，大偏心距，低摆频，小驱动功率，排矿口采用大型螺旋套，过载保护采用弹簧组。用于对矿石进行中碎和细碎。如西蒙斯（Symons）型标准、中型和短头型圆锥破碎机。

限制原因：产品粒度相对较粗，破碎比小，破碎产品粒度不均匀，排料口调节十分困难，衬板磨损不均匀，过载保护性能差等。限制于小型矿山使用并逐步淘汰。

推荐替代技术：液压圆锥破碎机，如美卓矿机公司生产的诺德伯格（Nordbreg） HP 型、MP 型圆锥破碎机，瑞典 Sandvik 生产的 H 型单缸圆锥破碎

机，德国 KHD Calibrator 生产的圆锥破碎机，美国 Cedarapids 公司生产的 MVP 型全滚动轴承式液压圆锥破碎机和我国生产的 PGYB 系列液压圆锥破碎机、GYP 系列惯性圆锥破碎机。特点是采用层压破碎原理合液压调节排料口，使排料口调节容易和实现液压过载保护，高摆频，适当偏心，大包角，高能量输入。具有节能、破碎比大、破碎效率高、产品粒度均匀等优点。

19．锤式破碎机

技术介绍：锤式破碎机是利用高速旋转的破碎体对物料施以打击作用使物料破碎，主要用于对物料进行中、细碎。设备结构简单、处理能力大、破碎比大。

限制原因：物料含水分过高时易堵塞箅条缝，因铁矿石坚硬且磨蚀性强，锤头磨损较快，破碎机检修频率高且检修时间长，作业率较低，工人劳动强度大等。不适于中硬以上金属、非金属矿石。

推荐替代技术：液压圆锥破碎机、高压辊磨机

20．复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大铁矿石的一段磨选技术

技术介绍：一段磨选技术采用一段湿式球磨机进行磨矿分级后就直接进行分选，一般磨矿细度-200 目者达 40％～60％。

限制原因：由于复杂、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大的矿石采用一段磨矿分级后，只有一部分有用矿物达到单体解离，而大部分有用矿物没有达到单体解离，因此无法达到有效分离的目的，最终造成资源、能源的浪费。

推荐替代技术：多碎少磨和阶段磨矿阶段选别技术。在粗磨后采用适当的选别方法，抛出部分尾矿和选出部分合格的粗精矿，粗精矿再磨再选，即称为阶段磨矿阶段选别技术。在粗磨后进行选别可以使一部分已经达到单体解离的有用矿物及时分离，没有单体解离的有用矿物通过再磨解离后，再进行分选回收，达到粗细粒有用矿物均得到回收的目的。

21．极低品位“软铁矿”选矿技术

技术介绍：在辽宁朝阳、内蒙古赤峰、山西大同等地区分布有大量的含铁砂岩，铁的含量仅 3%～5%，磁性铁含量 1%～3%。由于该类砂岩的埋藏深度浅、开采容易，近年来建设了许多“软铁矿”选矿厂，形成了所谓的“软铁矿”选矿技术。利用该技术，首先采用干湿磁选机预选，得到含铁品位 15%以上的粗精矿，然后采用湿式球磨机磨矿-磁选，最终获得合格的铁精矿。

限制原因：破坏植被，“软铁矿”所在地区生态环境均十分脆弱，开采“软铁矿”，对当地生态环境的破坏相当严重。虽然，许多项目是以平整土地、河道治理的名义获得施工资格的，但最终对环境的破坏是有目共睹的。同时由于选矿比高达 50，生产过程的能耗很高。

22．有色金属破磨系统传统除铁技术

技术介绍：在有色金属矿山中，目前多采用半自磨机与圆锥破碎机组成高效破磨系统。由于加入自磨机中的钢球在磨矿过程中被磨蚀或碎裂，经常会有碎球产生，碎球致使后续圆锥破碎机常因“过铁”而不能正常运行，破磨系统的高效特性因此受到制约。另一方面，块度较小的磨机碎球通过顽石筛进入分级磨矿回路，对矿浆池、砂泵、旋流器和连接管路造成严重磨损，大大缩短了它们的使用寿命，降低了磨机的工作效率，还增加了能量消耗。为了解决上述问题，传统的方法是在皮带输送机上安装永磁或电磁滚筒和悬挂式除铁器或电磁吸盘进行除铁。该技术虽然能取到一些效果，但由于料层较厚，碎球难以除尽，圆锥破碎机“过铁”依然时有发生，分级磨矿回路中矿浆池、砂泵、旋流器和连接管路等仍然磨损严重。

限制原因： 除铁效果差，碎球难以除尽；设备台数多，故障点多，可靠性差；能耗大，特别是电磁滚筒和电磁吸盘，运转中除了要消耗驱动功率外，还要消耗很大的激磁功率。

推荐替代技术：推荐采用磁力弧除铁技术。磁力弧是一种新型除铁设备，安装于半自磨机或球磨机出矿端，可在第一时间去除半自磨机或球磨机排出的碎球。实践证明，磁力弧不仅能有效地防止圆锥破碎机过铁，保证破磨系统高效运转，还能使砂泵和旋流器的使用寿命提高约 250%，破磨系统生产能力提高 5%，能耗降低 8%。

23．采用大量石灰抑制黄铁矿的多金属矿浮选分离技术

技术介绍：在有色多金属选矿分离过程中，几乎均涉及到与黄铁矿的分离问题。为了有效地抑制黄铁矿的上浮，目前主要采用的方法是在分离过程中加入大量石灰抑制硫（黄铁矿），在碱性介质中实现目的矿物与黄铁矿的分离。

限制原因：有色金属多金属矿的选矿分离过程中加入大量石灰，具有如下危害：①浮选分离效率低；②生产成本高，运输、管理问题多；③环境污染严重，治理成本增加。因此，在有色金属选矿浮选分离过程中应该限制大量使用石灰的分离技术。

推荐替代技术：与矿物的可选性相协调的和谐选矿技术。技术特征：通过采用新型的有价元素选择性捕收剂和黄铁矿高效抑制剂，配合有针对性的流程结构，实现有色金属矿的浮选分离，提高分离效率，降低生产成本和污染治理成本。

24．采用大量硫化钠抑铜浮钼的铜钼分离技术

技术介绍：在硫化钼矿的选矿富集过程中，常常遇到钼与黄铜矿、黄铁矿的浮选分离问题。由于硫化钠用量大时对黄铜矿和黄铁矿具有强烈的抑制作用，而对辉钼矿不产生抑制作用，所以在铜钼分离过程中往往使用硫化钠抑铜浮钼。目前在一些钼选厂还有大量应用硫化钠抑制黄铁矿、黄铜矿而浮选辉钼矿的生产工艺。

限制原因：虽然在铜钼分离过程中使用硫化钠可以达到抑铜浮钼、提高钼精矿质量的目的，但是大量硫化钠的使用也存在着诸多隐患。例如造成矿浆粘性增大，分离效率降低；产生环境污染，增加处理成本。因此，建议限制使用甚至淘汰大量使用硫化钠的铜钼分离技术。

推荐替代技术：铜钼分离的绿色高效综合回收技术。该技术的特点：配合先进选矿工艺，使用含铜、含铁矿物绿色抑制剂为主要特征。同时使用环保药剂，用量少，不对环境产生新的污染；提高分选效率，提高企业经济效益。

25．手工拣选非金属矿选矿提纯工艺

技术介绍：手工拣选是根据矿石和废石之间的外观特性（颜色、光泽、形状等）采用人工方法拣选出矿石和废石。手工拣选是拣选中最为古老、简易的一种方法。

限制原因：过去手选应用范围较广，尤其是用于一些机械方法不好拣选或保证不了质量的矿石，如拣选长纤维的石棉、片状云母等。该方法无需设备，仅靠人力劳动。虽然至今手工拣选仍在一些矿山应用，但是手工拣选的局限性较大，如人为判断差异导致的分选效果不佳、生产效率差、劳动强度大。随着社会的进

步，人工成本不断增加，手工拣选的生产成本也在增加，因此这种手工拣选正在逐步被机械自动拣选所代替。

推荐替代技术：机械拣选法借助仪器，不仅可以拣选外观有差异的矿块，还可以利用矿石受可见光、X 射线、γ射线等照射后反应的差别，或利用矿块天然辐射能力的差别来进行选矿。近年来随着拣选工艺研究的深入、设备的改进和电子计算机、自动化技术的高速发展，机械拣选日臻完善。目前这种拣选设备在国外已经发展成熟，且其产品的拣选领域在不断扩大，使用成本也不断地降低。可拣选的矿石范围也大大扩展，应用领域包括有色、黑色、稀有、贵金属矿石，非金属矿石，二次资源的利用等。机械拣选法符合选矿工艺的发展趋势，并且必将直接带来选矿工艺的变革，提高产品的质量，获得最佳的综合经济效益。

26．辉钼矿和镍钼矿回转窑焙烧工艺

技术介绍：采用煤、重油或煤气加热，辉钼精矿或镍钼矿在一个钢制圆筒回转窑内经过 250～650℃温度的氧化焙烧脱硫，物料在有一定倾斜度的回转窑内不停地翻动，经过 5～8h 的反应生成焙砂。该工艺主要的特点是投资小，设备和工艺简单，易于操作。

限制原因：回转窑焙烧工艺的主要问题是，生产能力小，炉体寿命短，生产率低，排出的烟气二氧化硫浓度只有 2%，不能制酸，造成二氧化硫污染排放。

推荐替代技术：全湿法钼精矿加压浸出技术，即采用湿法冶金技术，经钼精矿与溶剂等混合一起送高温高压加压反应釜，钼精矿氧化分解，得到氧化钼和钼酸溶液，然后再进一步回收钼和资源综合回收。该技术实现了真正意义上的全湿法钼冶金，从根本上消除了二氧化硫烟气污染，同时钼冶炼回收率高，可实现规模化、自动化生产。

27．小筒径永磁磁选机

技术介绍：20 世纪 60-70 年代，随着永磁材料的发展，以永磁代替电磁成为可能，小筒径永磁磁选机规格如Φ600、Φ750 等磁选机被研制成功并广泛应用于市场。在当时的历史条件下，小筒径永磁磁选机在铁矿选矿领域促进了技术进步和节约能耗，在发展生产力方面起到了巨大的作用。

限制原因：小筒径永磁磁选机存在的比较突出的问题是：分选效率不高，生产能力不够。由于设备筒径较小，其分选带长度远低于大筒径磁选机，导致其对

铁矿物的分选效果不够理想，产品回收率较低，资源浪费现象严重；小筒径磁选机由于单位处理能力较小，其处理单位矿石的能耗较高，不利于节能。该产品导致的间接问题是，由于规格较小，初始投资低，适应微小型选厂的应用，因而助长了资源乱采选的现象蔓延。为了提高资源利用率，促进节能减排的实施，因此有必要对这一产品进行限制淘汰。

推荐替代技术：在该领域应采用大筒径磁选机。大筒径磁选机是近年来铁矿选矿领域突出的成就。其代表性主要体现在Φ1200 筒径磁选机大规模的应用。无论在使用效率上还是资源回收率上都体现出了该产品的巨大优势。该产品由于处理能力大、分选效率高，因此比较有效地降低了单位选矿成本，节约了能耗，提高了资源利用率。该产品已广泛地应用于国内外特大和大中型选厂，获得了较成功的应用。以该产品替代小筒径磁选机，是当前需重点推进的工作。

28．永磁盘式回收机

技术介绍：永磁盘式回收机是一种铁矿尾矿中磁性铁矿物回收设备。主轴支撑在装有滚动轴承的轴承座上，主轴上穿有一个或多个磁盘。磁盘通常由永磁铁氧体磁源组成的磁系，其表面磁感应强度最高可达 200mT。当矿浆流过盘形磁系时，磁性矿物便被吸附在磁盘上。随着磁盘的旋转，磁性矿物便被带到卸矿区，通过倾斜安装的刮板将其刮落并流入精矿斗。

限制原因：磁性矿物回收不充分，处理量相对较小、效率低，分选效果差。

推荐替代技术：根据尾矿及其中磁性矿物的特点，北京矿冶研究总院研制了专用于尾矿中磁性矿物回收的 BKW 型尾矿再选磁选机。BKW 型尾矿再选磁选机结构形式上与传统永磁筒式机相同，但同传统筒式磁选机相比，具有分选区场强高、高矿液面、大磁包角等特点。槽体型式也不同于常规筒式磁选机，具有大分选室和多尾流通道，适合尾矿低浓度、大体积量的特点。该磁选机是专门针对尾矿回收开发的专用磁选机并具有上述特点，能够适应尾矿的特点并保证尾矿中磁性矿物的充分回收。

29．真空筒式内滤外滤机、带式过滤机

技术介绍：真空筒式过滤机属于一种连续式真空过滤机。依滤布铺设在转鼓的内侧还是外侧分为内滤式与外滤式 。这类过滤机是借在过滤介质一侧造成一定程度的负压（真空）而使滤液排出实现固液分离的，其过滤推动力较小，一般

为 0.04～0.06MPa,由于滤饼两侧的压差较低，因此过滤速度较慢，微细物料滤饼的含水量较高。带式真空过滤机（水平带式）通过将滤布铺设在带有网眼的胶带上，矿浆给到水平的滤布上，滤液借助于重力和真空压差经滤布和网眼进入真空室，再排入滤液罐。脱水后的滤饼经卸料轮卸下。其优点是洗涤效果好，滤饼厚度大，无需搅动装置；缺点是占地面积大、有效过滤面积小、投资高。

限制原因：这三类过滤机都属真空过滤机，都需借助于真空泵提供过滤压差，由于受真空度的影响，提供的过滤推动力小，适应不了细粒矿物的过滤，且存在能耗大、难以大型化的缺点。随着矿物资源的贫化，细而粘的难过滤矿物越来越多，且选矿规模越来越大，所以此类高耗低效的过滤设备已不能适应现代生产的要求，应逐渐淘汰。

推荐替代技术：陶瓷圆盘真空过滤机，由于采用陶瓷作为过滤介质，借助于毛细现象避免了真空在过滤介质中的短路现象，所以大大降低了过滤的能耗，且容易实现大型化。所以，处理易过滤矿物，推荐采用陶瓷圆盘真空过滤机进行脱水过滤。高效自动压滤机，由于采用了压滤、压榨、风干三合一的脱水工艺，且可提供 10 倍于真空过滤的过滤推动力，所以无论是过滤效率还是滤饼水分都明显高于真空过滤，且不受大气压的限制。所以，处理细而粘的难过滤的矿物、高原高寒地区的易过滤矿物和滤饼水分要求比较严格的场合，推荐采用高效自动压滤机进行脱水过滤。

30.干法选煤技术

技术介绍：近年此技术在我国推广应用很快，全国已有数百台此类设备。主要适应于分选 6mm 以上的粒煤和块煤。原煤水分控制在一定范围内，用于排矸，投资少。

限制原因：噪音和煤尘较大。

淘汰类技术

1．残柱式、巷柱式、高落式采煤法

技术介绍：残柱式、巷柱式、高落式采煤法是一种原始落后、无安全保障的采煤方法。其原理是：从地面挖掘一立井井筒进入煤层，再分头向各个方向挖掘巷道，随挖随采，留设煤柱作为顶板支撑，称为“残柱式”、“巷柱式”采煤法。煤层厚度较大时，采用人工凿落或炸药崩落的方法开采上部煤炭，故得名“高落式”采煤法。解放后，国有煤矿早已淘汰了这种开采危险性大，资源破坏严重的采煤方法。但在我国部分乡镇煤矿仍有应用，只是采用沿底板掘进巷道，利用煤柱、木柱、木垛等暂时支撑顶板，形成一定工作空间后，由人工进行放顶煤操作，工人劳动条件得到局部改进，但工作环境仍十分危险恶劣。

淘汰原因：这种开采方法资源回收率极低，在厚煤层条件下仅为 15%，且容易形成空洞和积水，破坏上部和下部煤层的开采。

推荐替代技术：长壁式综合机械化采煤方法或短壁机械化开采方法。

2．刀柱式采煤法

技术介绍：先在煤层中开掘两条相隔一定距离的平行巷道，直至采场末端。然后掘进垂直于平行巷道的开切眼，将平行巷道贯通，形成循环通风、运输和人行通道，以开切眼为工作面向两侧煤帮劈帮采煤，并对新暴露的顶板进行局部临时支护。当工作面开采宽度较大，顶板压力难以控制，可能发生大面积顶板垮落时，将人员和设备撤入预先开掘的新开切眼继续开采。两个开切眼相距一定距离，工作面留设煤柱隔断顶板的垮落，保障工作面的安全。这种采煤方法对于残柱式、巷柱式、高落式采煤法是一个技术进步。我国 20 世纪 50～60 年代曾广泛使用，目前部分小型煤矿仍在继续使用。

淘汰原因：刀柱式采煤法适用于中厚和厚煤层开采，要求顶板稳定、整体性好，采区内地质构造简单，不适应破碎顶板和不稳定煤层的开采。在开采过程中，为防止顶板冒落，采区内留有多处永久性煤柱，造成了资源的损失和浪费，且工作面需要不断搬迁，生产过程不连续，劳动强度大，生产效率低。因顶板不采取垮落法管理，刀柱式开采后废弃的采区内留有大量崆峒，容易积水，形成矿井水害隐患。

推荐替代技术：长壁式综合机械化采煤方法。

3．扩壶爆破

技术介绍：采用凿岩机凿岩，炮空直径一般 38～42mm，孔深 5～6m，分一次或多次在孔内放置小药量爆破，使孔内形成一个扩大的壶囊空腔，再在空腔内放置炸药爆破。

淘汰原因：扩壶过程安全性差，浅孔容易产生飞石。

推荐替代技术：采用中深孔爆破替代扩壶爆破。中深孔爆破，通常把开挖区按深度分成若干高为 8～15m 的阶段，用潜孔钻或多臂钻车等沿开挖自由面布钻一排或数排垂直、倾斜或水平的中深孔，前后排孔位可对应布置或相错成梅花形，用毫秒雷管控制进行爆破。为了克服炮孔底部所受的夹制作用，大部分炸药应集中装在底部，孔口的堵塞长度一般不小于最小抵抗线，所以在确定梯段高度和抵抗线大小时，要与炮孔直径的选择相适应。中深孔爆破具有单位钻孔量小、炸药单位耗量低、生产效率高和便于采用综合机械化施工进行爆破、 挖装、 运输作业等优点。

4．地下矿山自然通风

技术介绍：由于地热的作用，在矿井中不同井筒的风流温度不同，井筒底部的空气压力不相等，产生自然分压，在自然风流的作用下风流不断流过矿井形成自然通风过程，实现矿井通风。

淘汰原因：完全依靠自然通风，不能满足安全生产的要求。自然通风依靠不同井筒的温差实现通风，矿井内的温度在自然条件下相对稳定，而外界温度在冬季和夏季差别很大，当外界温度变化后，矿井可能出现风流停滞和风向相反、风流不可控制，会使地下风流不可控制、污风不能排出，容易发生安全事故，不能满足安全生产的要求。

推荐替代技术：采用机械通风系统替代自然通风。机械通风可实现地下风流的稳定，避免安全事故的发生。

5．地下矿山干式混凝土喷射技术

技术介绍：主要用于地下矿山井下巷道、硐室的支护。其工作原理为：由气力输送干拌合料，在喷嘴处与压力水混合后喷出。

淘汰原因：机旁和喷嘴外的粉尘浓度高，对工人健康的危害大；生产率、回弹度高；水灰比难于控制，混凝土不化程度低。

推荐替代技术：地下矿山湿式混凝土喷射技术。

6．人工装运

技术介绍：矿石装运作业由人力完成。

淘汰原因：劳动强度大，安全性差。

推荐替代技术：机械化装运。

7．手工开采技术

技术介绍：手工装运矿石作业。

淘汰原因：矿山开采规模小，工艺技术落后，资源浪费大；劳动强度大，作业环境安全性差。

推荐替代技术：机械化开采技术。

8．贴炮崩矿采矿工艺

技术介绍：属于裸露爆破，将药包放在需爆破岩体的凹槽处、裂隙发育部位、孤石或块石的中部，并用粘土覆盖后引爆。

淘汰原因：此法耗药量大，爆破效果不易控制，且岩石易飞散较远造成事故。资源利用率低。

推荐替代技术：穿孔爆破崩矿采矿工艺。

9．电磁磁力脱水槽、电磁筒式磁选机和电磁带式磁选机

技术介绍：采用电磁技术进行弱磁性铁矿石的分选。

淘汰原因：耗能大，分选效率低。

推荐替代技术：永磁磁力脱水槽，永磁筒式磁选机。随着永磁材料性能的提高，具有优异性能的永磁磁力脱水槽和筒式磁选机可以显著地提高磁选抛尾产率，使阶段磨矿阶段选别工艺得以广泛应用。

10．固定尼龙细筛

技术介绍：在采用阶段磨矿、阶段磁选、细筛自循环工艺流程时，采用固定尼龙细筛将筛上产品给到二段磨矿再磨，尼龙细筛具有分选和分级的作用。

淘汰原因：开孔率低，不足 10%，而且筛面固定不动，仅靠料流切割筛缝透筛，因而筛分效率很低，不足 30%。导致再磨循环量大，再磨产品过磨现象严重，限制了细筛再磨工艺系统处理能力的提高。

推荐替代技术：高频振动细筛，如美国德瑞克高频振动细筛、MVS 高频振网筛、GPS 系列高频振动细筛、GYX31－1007 型高频振动细筛等。上述细筛的共同特点是开孔率高、筛分效率高，故降低了再磨循环量，保证了细粒级含量和给矿浓度，提高了球磨机的磨矿效率。

11．A型浮选机、XZF型浮选机、SF型浮选机、SKF型浮选机

技术介绍：A 型浮选机是前苏联米哈诺布尔选矿技术研究院于 19 世纪中叶研制成功的机械搅拌式浮选机。该机结构较为简单，可自吸矿浆、自吸空气。与充气式浮选机相比，该机可使不同作业的浮选机配置在同一个水平面上，可省去鼓风机，在很大程度上方便了复杂选矿工艺流程的设备及管路配置，并可有效降低厂房的高度。在解放后较长的一段时期内，该设备在我国矿山得到了大量的应用。XZF 型浮选机、SF 型浮选机、SKF 型浮选机是 20 世纪 70～80 年代国内相关研究机构在 A 型浮选机的基础上进行改进的浮选设备，没有完全解决 A 型浮选机存在的技术问题。

淘汰原因：设备能耗高，易造成沉砂。易损件寿命短，设备的连续运转率低。控制水平低下，劳动强度大，无控制精度。选别指标差，回收率低，不利于矿产资源的综合回收利用。

推荐替代技术：BGRIMM 系列浮选设备。

12．折带式真空过滤机

技术介绍：借助于过滤介质（滤布）和压强差的作用，对浆体进行固液分离。滤液通过多孔滤布滤出，还含有一定水分的固体物料留在滤布上，形成一层滤饼。折带式真空过滤机包括真空过滤机、气水分离器、真空泵、鼓风机、离心式泵、自动排液装置、管路等工作系统。

淘汰原因：辅助系统复杂，过滤后滤饼水分较高，过滤系数低，单位能耗高，占地面积大，造价高，工人劳动强度大。

推荐替代技术：陶瓷过滤机、盘式真空过滤机。

陶瓷过滤机将毛细效应原理用于脱水过滤，采用亲水性材料，烧结氧化铝制成陶瓷过滤板。该设备的主要优点是滤饼含水量低，作业率高，生产成本低，结构较为简单，操作维护方便，适于处理黏性和细粒物料。

盘式真空过滤机与传统筒式转鼓内滤式真空过滤机相比，可使铁精矿水分降低 1～4 个百分点，精矿的松散度得到显著的改善，黏性降低，大大改善了铁精矿的储运难度和物料混配的均匀性，设备处理能力显著提高，过滤系统比筒式真空过滤机提高 30%～50%，单位能耗降低 30％左右，减少占地面积 50%，节省投资 30%，同时还降低了工人的劳动强度。

13．仿琼斯强磁选机

技术介绍：该设备是国内仿照德国洪堡公司琼斯型湿式强磁选机而研制的一种磁选设备，属于平环式强磁选机，用于对弱磁性铁矿石进行分选。如 shp 平环强磁选机、DP 型琼斯强磁选机等。

淘汰原因：该设备的给矿与排矿方向一致，粗粒和木渣草屑都必须穿过磁介质堆才能排走，故磁介质较易堵塞，脉石的机械夹杂较严重，磁性精矿品位不高，对给矿粒度的要求苛刻。

推荐替代技术：立环脉动高梯度磁选机。这种类型的设备是一种利用磁力、脉动流体力、重力等的综合力场选矿的新型高效磁选设备。设备的最大特点是分选环为立式，下部给矿，上部反向冲洗精矿，并配有脉动机构，磁介质不易堵塞，具有富集比大、回收率高、分选粒度范围较宽等特点，特别对微细粒级矿物具有很好的回收效果，对各种弱磁性矿物的适应性强，操作、维护也比较简单，可靠性高，设备作业率高。如 Slon 立环脉动高梯度磁选机、DMG 型立环脉动高梯度磁选机、SSS 系列湿式双频脉冲双立环高梯度磁选机等。

14．铜铅分离过程中使用重铬酸盐或氰化物等剧毒药剂的分离技术

技术介绍：在有色金属选矿过程中，对于硫化铜、铅矿物的浮选分离包括复杂多金属矿石中铜、铅矿物的优先浮选分离和铜、铅混合精矿的浮选分离。重铬酸盐是方铅矿的最重要的抑制剂，它们对铜矿物的浮选基本没有影响，因此常用作方铅矿的抑制剂进行抑铅浮铜分选铜、铅混合精矿。氰化物对含铜矿物具有良好的抑制性，常用作黄铜矿的抑制剂实现抑铜浮铅。

淘汰原因：由于重铬酸盐和氰化物本身均具有较强的毒性，在使用过程中会对环境产生不良的影响，增加环境治理成本，并影响生态平衡。因此，建议限制或淘汰铜铅分离过程中对重铬酸盐和氰化物的使用。

推荐替代技术：含铜铅多金属矿石短流程高效分离技术。该技术的特征为：根据复杂的含铜、含铅矿物的工艺矿物学特性，通过使用具有良好抑制特性的黄铜矿或方铅矿的绿色抑制剂（组合）和方铅矿或黄铜矿的选择性捕收剂，结合适宜的流程结构实现黄铜矿和方铅矿的高效浮选分离。

15．复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大矿石的一段磨选技术

技术介绍：在复杂多金属矿的分选过程中，矿石所含有的有价元素多，需要进行选矿分离；有用矿物分离的前提是需要单体解离；如果有用矿物的嵌布粒度细、彼此间嵌布关系复杂，往往需要细磨才能达到单体解离的目的，才能实现有用矿物的有效选矿回收。对于复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大的矿产资源采用一段直接磨细，进行一段选别的技术称为一段磨选技术。这种技术在规模较小的矿山经常采用。

淘汰原因：实际生产时，有用矿物一般的嵌布粒度为粗细不均匀嵌布，采用一段细磨工艺，将会产生非常不利的影响：①能耗高；②有用矿物过粉碎，降低分选效率；③磨矿介质单耗高，生产成本高。因此，对于复杂难选、有用矿物嵌布粒度粗细差别较大的矿产资源的选矿回收，应该淘汰或限制使用高能耗的一段磨选技术。

推荐替代技术：阶段磨矿阶段选别技术。技术特点：利用有用矿物嵌布粒度粗细不均匀的特性，通过粗磨使有用矿物的粗颗粒尽快得到回收，对于细粒连生体进行再磨再选，得到较好的技术指标，并降低能耗和生产成本。

16．氢氟酸提纯石墨土法生产技术

技术介绍：使用氢氟酸（HF）与碳含量 96～97%的鳞片石墨混合反应，去除石墨中的碱性氧化物、二氧化硅等杂质，以达到提纯石墨的目的。工艺过程：石墨+氢氟酸→反应→洗涤→脱水→产品。

淘汰原因：氢氟酸是最强的酸，对环境的危害大。土法生产技术，对设备的密闭、车间的通风换气、废酸的循环利用、废水的处理等设施都不配套或不具备，因此容易对操作者的身体造成伤害。未经处理达标排放的废水会对环境土壤带来严重的氟污染。此外，氢氟酸对石墨的晶体结构也有影响，此法生产的高碳石墨加工成的石墨纸韧性差，发脆。

推荐替代技术：酸碱提纯法。

17．钾盐热溶法技术

技术介绍：利用钾石盐和石盐在不同温度下的水溶液中具有不同的溶解度而进行分离。将钾石盐与其他盐类矿物的共饱和溶液加热到某一温度，钾石盐全部进入溶液，而石盐的溶解度基本不变，以固相残渣而分离，然后将溶液冷却析出氯化钾。

淘汰原因：工艺流程复杂，需耗用大量燃料，设备腐蚀严重，材质要求高。

推荐替代技术：反浮选—冷结晶工艺技术。

18．混汞法提金工艺

淘汰原因：严重危害人体健康、浪费资源、污染环境等。

推荐替代技术：尼尔森选矿机重选技术。

19．氰化池浸工艺

淘汰原因：严重危害人体健康、浪费资源、污染环境等。

推荐替代技术：连续规模化氰化工艺。

20．辉钼矿和镍钼矿反射炉焙烧工艺

技术介绍：采用煤、重油或煤气加热，辉钼精矿或镍钼矿平铺炉底，料层厚度 50～60mm，炉内温度 450～710℃，从炉头燃烧室到炉尾尾气温度依次降低，加料、焙烧过程中物料的翻动和焙烧放出等过程都是人工操作。反射炉焙烧工艺钼回收率 94%～97%，煤耗 2.2～2.5t/t（焙砂），产品含硫小于 0.1%。

淘汰原因：辉钼矿和镍钼矿反射炉焙烧工艺具有能耗高、尾气含二氧化硫低、烟气不能处理、钼损失大和大气污染、矿物中的铼无法回收、劳动强度大、生产率低等不足。

推荐替代技术：全湿法钼精矿加压浸出技术。采用湿法冶金技术，钼精矿或镍钼矿与溶剂等混合一起送高温高压加压反应釜，钼精矿氧化分解，得到氧化钼和钼酸溶液，然后再进一步回收钼和资源综合回收。该技术实现了真正意义上的全湿法钼冶金，从根本上消除了二氧化硫烟气污染，同时钼冶炼回收率高，可实现规模化、自动化生产。

21．烧结-鼓风炉熔炼炼铅技术

技术介绍：烧结－鼓风炉熔炼技术是传统的炼铅技术,由铅精矿烧结和烧结块鼓风炉熔炼两部分组成。铅精矿首先进行烧结脱硫，采用的设备一般为烧结机、烧结锅、烧结盘等，脱硫后的烧结块在鼓风炉中进行还原熔炼，得到粗铅。

多年来传统的烧结－鼓风炉熔炼法一直是铅的主要生产方法，即使到目前，其产量依旧占世界铅产量的 60%以上。

淘汰原因：烧结－鼓风炉熔炼炼铅技术存在难以接受的缺点：①烧结烟气SO_2浓度偏低，难以达到常规制酸工艺的要求；②烧结块含有 2%～3%的残硫，鼓风炉烟气的 SO_2 浓度通常高达 4000mg/m$_3$，难以经济治理；③烧结返料量大，随烟气逸散的粉尘量大；④烧结过程中大量氧化反应热不能利用，而烧结块冷却后在鼓风炉熔炼又要消耗大量的冶金焦，能耗高。

推荐替代技术：铅富氧闪速熔炼技术。该技术成功地把氧气闪速熔炼和过程还原相结合，实现了氧化、还原过程的有机结合和平衡，达到了清洁生产、节约能源和直接产出粗铅的综合效果。

该技术主要由原料混配、干燥加工、闪速熔炼、电炉贫化等主体工序组成，配备有相应的制氧和制酸系统，生产流程简短连续。充分利用物料在熔炼过程中自身产出的能量，使生产过程能耗降至最低水平，实现了全系统金属和能源的综合回收与利用。

该技术的优点：①对原料适用范围广，可以很好地处理低品位的含铅杂料。②主要有价金属回收率高，铅大于 97%、金银大于 99.5%、铜锌大于 80%；粗铅直收率达到 85%以上，粗铅品位达到 98.5%。③能耗低，按处理含铅 50%的铅精矿计算，粗铅综合能耗小于 300kg 标煤/吨。④烟气量小，烟尘率低，烟气 SO_2 浓度高，对环境友好，总硫利用率大于 98%。⑤排铅温度约 630℃，避免了铅蒸气的产出。⑥流程简短，弃渣无需再经烟化炉处理回收锌、铅。

22．有效容积小于等于 18m$_3$的轻烧镁反射窑

技术简介：粒度 50～200mm 的菱镁矿送入反射窑中，在 750～1100℃温度下煅烧两小时，煅烧后的矿石即为轻烧镁，经粉磨后为轻烧镁粉。

淘汰原因：有效容积小于等于 18m$_3$ 的反射窑，热效率低，能耗高，已不适应当前节能的生产要求。

推荐替代技术：菱镁矿轻烧用节能型悬浮炉、沸腾炉、多层炉等新型窑炉。

23.有效容积小于等于30m³的重烧镁砂竖窑

技术简介：轻烧镁粉经制砖、干燥在竖窑中 1800℃高温下煅烧 30 小时，煅烧后的物料破碎到适当的粒度即为重烧镁砂。

淘汰原因：有效容积小于等于 30 m³重烧镁砂竖窑热效率低，生产能力小，能耗大。

推荐替代技术：高效、节能的镁质原料高温煅烧技术。

24．活塞跳汰选煤技术

是重力选煤。其采用活塞运动使跳汰机内的水流产生脉动。效率低、调整跳汰频率困难，能耗大、机械磨损大，处理量小。比一般跳汰洗选效率低 10%以上，比重介选煤洗煤效率低 20%左右。

25．溜槽选煤技术

也是重力选煤的一种。在木溜槽或铁溜槽内利用水力冲洗煤炭，使煤和矸石分离。这种选煤技术效率低，矸石中含煤量大（达 10%～30%），资源浪费大，用水量大，操作困难。

26．选煤工艺中不设浮选的炼焦煤选煤技术

炼焦煤主要是焦煤和肥煤，也有很多瘦煤，都是我国的稀缺煤种。没有浮选，煤泥中的精煤不能回收，占精煤总量的 10%～15%。浪费了宝贵的稀缺煤种，此种工艺应淘汰。

27．自生介质螺旋选煤技术

重力选煤的一种，该技术效率低，适应性差、用水量大、资源浪费大。

28．洗水不闭路选煤技术

选煤厂煤泥水不闭路，洗水外排，污染环境，浪费资源。

29．淘汰的主要选煤设备

①ϕM2.5 和 MA-3、PA-3 型浮选机；②振动筛 YTS 型等；③PG-27 真空过滤机。目前在贵州、山西还有许多小煤矿的选煤厂仍采用淘汰的选煤技术工艺和设备。

30．尾矿烧结实心墙体砖

技术介绍：以尾矿为主要原料，采用高温烧结方法生产尾矿实心墙体砖。

淘汰原因：能源消耗高、生产成本高，且尾矿实心墙体砖产品的容重大，运输、使用不便。

推荐替代技术：利用尾矿加工成建筑用骨料，以尾矿为主要原料制备加气混凝土、混凝土空心砌块，以尾矿为主要原料制造加气砖、蒸压砖等，多种用途综合利用尾矿资源。

31．小型采砂船回采、重选回收尾矿库中的铁

技术介绍：采用回采能力小于 500t/d 的小型采砂船回采尾矿库中铁矿的尾矿，用砂泵输送，螺旋溜槽选铁。

淘汰原因：处理能力小、效率低、选矿成本高，回采率低、铁精矿回收率低、品位低。

推荐替代技术：高压水切和砂砾泵抽吸结合开采，水力旋流器和细筛分级，永磁大筒径磁选机高效分选。对于大型的尾矿库，也可采取疏干水后，分层、分台阶开采，皮带运输、水力旋流器和细筛分级，永磁大筒径磁选机高效分选，新产生的二次尾矿排向闭坑采场。