

附件

《国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备
目录（2021年版）》供需对接指南之八：
尾矿综合利用技术装备

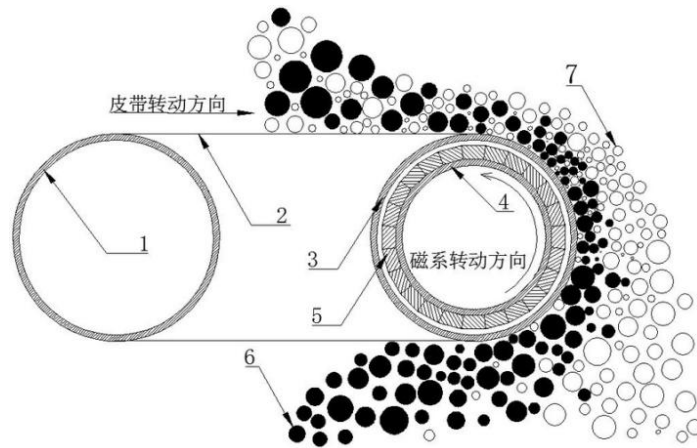
（一）CTX 快速磁翻转高场强磁滚筒

1.适用范围

低品位和超低品位磁铁矿、钢渣、含铁尾矿等综合利用。

2.技术原理及工艺

CTX 型快速磁翻转高场强磁滚筒采用特殊的磁系设计，磁力线发生强烈排斥、挤压和聚集，使不同区域磁场强度不同。当外筒体和内筒体转动时，磁性物料短时间内快速多次交替通过高场强区域和低场强区域，发生快速磁翻转和磁搅动，夹杂在磁性物料之间的非（弱）磁性物料受到磁搅动，在离心力和重力作用下会向外层移动，而夹杂在非（弱）磁性物料之间的磁性物料由于受到较强磁场力作用，会向内层移动，从而在磁场力、重力和离心力共同作用下实现磁性物料与非（弱）磁性物料的高效分选。



CTX 磁滚筒分选原理示意图

3.技术指标

(1) 抛废率较传统工艺设备(如 CT 型传统磁选机)提高 50~500%;

(2) 磁性铁回收率较传统工艺设备(如 CT 型传统磁选机)提高约 1%;

(3) 精矿(精渣)品位较传统工艺设备(如 CT 型传统磁选机)提高 1~5 个百分点。

4.技术功能特性

(1) CTX 磁滚筒磁系和外筒体相对转速高, 在分选区内, 矿石颗粒得到快速磁翻转和磁搅动, 使吸附在外筒体上的磁团、磁链遭到破坏, 大大降低了磁性颗粒的磁性夹杂物。

(2) CTX 磁滚筒分选皮带速度快, 是传统磁选机的 1.3~2.5 倍。由于物料在分选过程中获得的离心力较大, 在磁场力、重力、离心力和强烈的磁搅动共同作用下, 实现含泥、含水、细颗粒矿石的高效分选。

5.应用案例

攀钢集团矿业公司选矿厂使用了北京君致清科技有限

公司自主研发的 CTX 磁滚筒进行干选，较采用传统磁选机多抛除废石 14.4 万吨/年，每年减少尾矿库库容约 40 万 m³。

6.未来推广前景

通过 CTX 磁滚筒对超低品位铁矿石进行干选，可有效降低尾矿产生量，提高铁精矿产量，节能减排效果好，应用前景广阔。

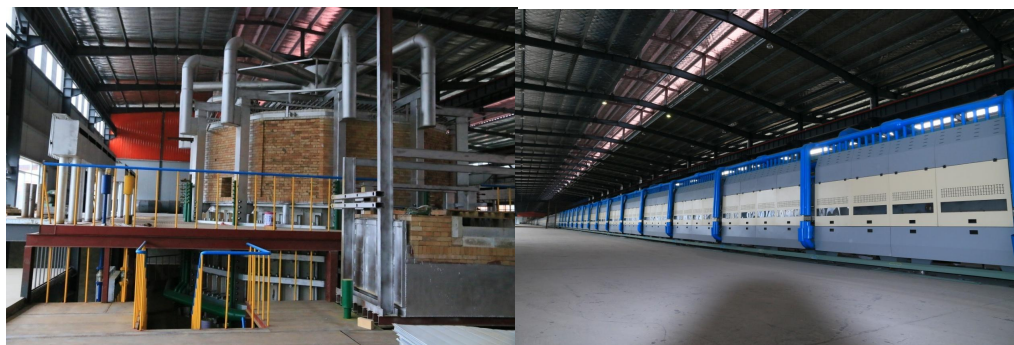
(二) 尾矿协同其他工业固废制备微晶玻璃成套装备

1.适用范围

尾矿等工业固废综合利用生产微晶玻璃。

2.技术原理及工艺

根据尾矿化学成分，分析确定其适宜制备微晶玻璃的基础配方体系和主晶相类型。通过加料系统将配好的原料加入全电熔窑炉内，经全电熔窑炉熔制、压延成形、晶化退火处理等工序，生产出微晶玻璃基材，最后经横切、抛磨加工、产品检验后包装成产品。



100t/d 全电熔窑炉和 100t/d 全电熔窑炉的退火晶化装备

3.技术指标

- (1) 自动化率达到 95%以上；
- (2) 尾矿或工业固废掺量达 75%以上。

4.技术功能特性

(1) 采用顶插电极方式布置电极，熔窑表层形成“料毯”覆盖，可降低挥发性物料挥发，玻璃液回得率高；同时，电极深埋于玻璃液，热量散失少，能耗低。

(2) 熔制过程中无 SO_x、NO_x 等有害气体的排放，产生的边角余料及抛磨废渣可全部回收再利用，抛磨废水经三级沉淀后回收使用，无外排。

(3) 沿熔池深度温差变化小，挥发少，玻璃成分稳定，玻璃液的均匀性和稳定性好。

5.应用案例

四川一名微晶科技股份有限公司采用该技术装备建成 45t/d 全电熔尾矿及固废资源化利用微晶玻璃产线 4 条，100t/d 生产线 1 条，产能达到 400 万 m²/a，年均利用花岗岩尾矿、冶金废渣、煤矸石等工业固废总量约 8 万吨。

6.未来推广前景

该工艺技术装备能够实现以花岗岩尾矿、赤泥、煤矸石、钢铁高炉渣、稀土钢铁废渣、钒钛钢铁废渣、铜矿尾矿、铝灰、粉煤灰、原状灰、锰铁合金废渣、镍铁合金废渣、铬铁合金废渣等 30 余种工业固生产微晶玻璃，产品质量稳定，使用范围广，技术装备推广应用前景广阔。

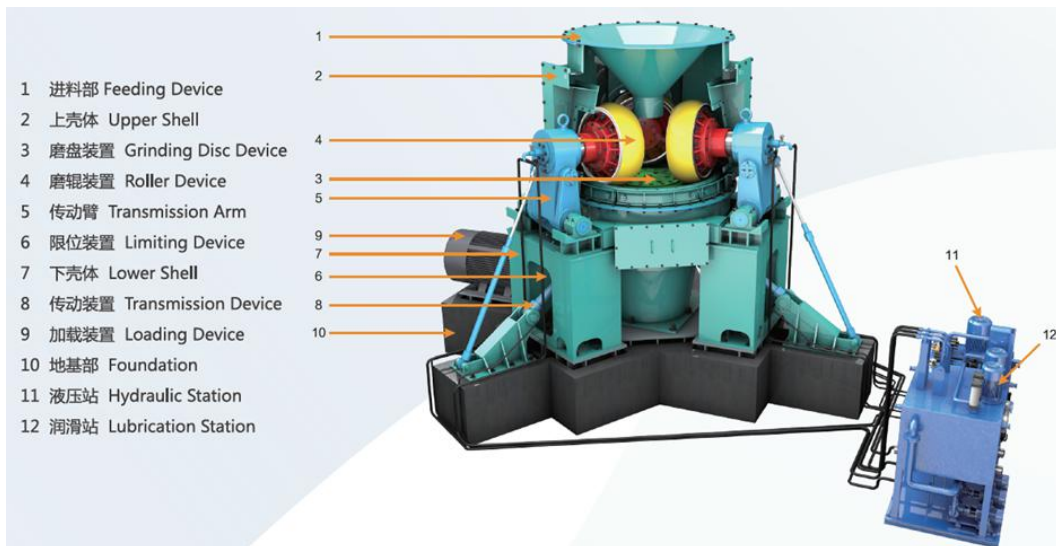
（三）新型立式辊压制砂工艺设备

1.适用范围

岩石、铁尾矿、建筑垃圾制砂前破碎机铁矿石选矿破碎。

2.技术原理及工艺

该设备按照磨辊层压制粉原理进行优化改造。需破碎的石料由入料口送入旋转的压盘中心，在离心力作用下，物料向压盘周边移动，进入压盘辊道。在压辊压力作用下，物料受到挤压、研磨和剪切作用被破碎。破碎后的物料在离心力作用下向压盘边缘运动并落入下壳体腔室内，由连接在压盘下部的刮料装置，将成品刮到出料口排出，经筛分后，不合格的颗粒经输送设备输送返回入料口，与新喂入的物料一起重新碾压破碎，如此循环，完成碾压制砂作业全过程。



设备实物图

3.技术指标

(1) 产品细度 $<5\text{mm}$ ，无需整形；

(2) 单位产能能耗降低 40%。

4.技术功能特性

(1) 主电机采用变频器调速来调节不同强度物料的成品砂细度模数。

(2) 通过改变磨辊倾角，使粗破区和细破区界限分明，有利于提高设备的破碎能力。

(3) 单机产能大，制砂机小时产能达 500 吨以上。

(4) 刮料装置采用多齿耙形设计，减少排料功耗，延长刮料装置使用寿命。

(5) 具备物联网控制和智能化管理系统。

5.应用实例

柞水晶智新型建材有限公司采用上海云统创申智能科技有限公司的 CLGY—2200 立式辊压制砂机，以尾矿为原料，年生产精品砂 380~400 吨，利润达 8000 万元。

6.未来推广前景

CLGY 系列智能立式辊压制砂机生产效率高、产能大、单位能耗低、产品粒形好、微负压运行，扬尘少，具备物联网控制和智能化管理系统，尤其是适用于高硬度的矿石，为固废综合利用发挥重要的作用，未来推广前景广阔。

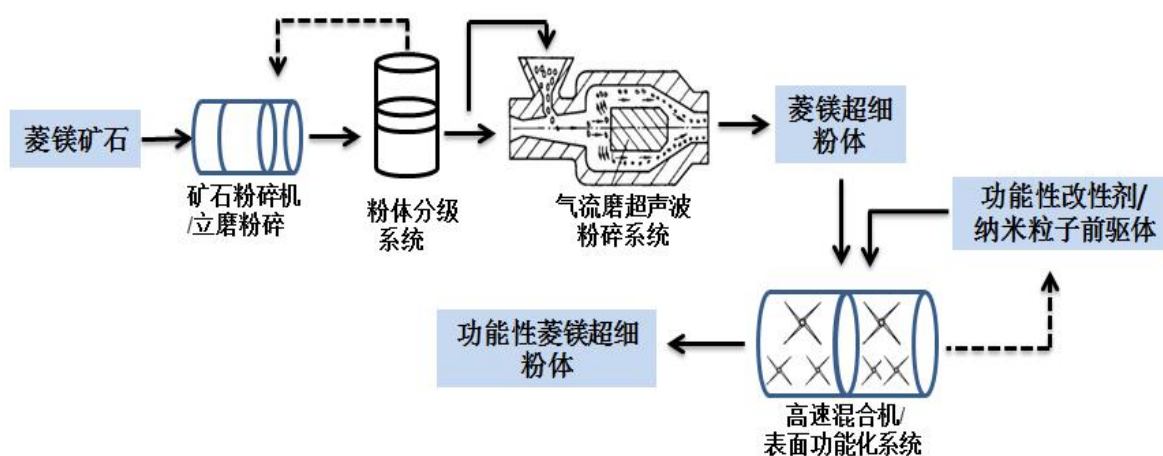
(四) 菱镁尾矿制备高性能绿色微/纳米阻燃剂工艺及设备

1. 适用范围

菱镁尾矿综合利用。

2. 技术原理及工艺

低品位天然菱镁矿及滑石资源经破碎粉磨分级后进入气流磨进行超声粉碎，形成超细粉体，添加功能性改性剂/纳米粒子前驱体进行表面功能优化，产出高性能绿色微/纳米阻燃剂产品。该技术涉及的关键核心技术有粉体表面分子优化结构设计技术、粉体表面纳米工程化技术、阻燃性能及力学性能的应用技术等。工艺流程如下图所示。



工艺技术流程图

3. 技术指标

产品 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 含量 $\geq 80\%$ 、白度 ≥ 96 、粒径 $D_{50} \leq 12\mu\text{m}$ ，符合《阻燃化学品 水镁石》(GB/T 33385—2016) 要求。

4. 技术功能特性

采用该技术装备生产的产品可用于生产木塑复合地板、装配式建筑构建及复合墙体材料等，具备无污染可回收再利用的特点。

5.应用案例

辽宁精华新材料股份有限公司应用自主研发的菱镁尾矿制备高性能绿色微/纳米阻燃剂工艺技术设备已建成低品位天然菱镁矿石一步法制备高性能微纳米级年产 500 吨氢氧化镁复合阻燃剂示范线生产线。

6.未来推广前景

该工艺技术设备实现了低品位菱镁矿粉（尾矿）的高性能、高附加值化利用，减少“采富弃贫”对环境破坏，实现变废为宝，促进行业绿色发展。

（五）微细粒尾矿高压浓缩+高压隔膜压榨压滤资源化利用 工艺技术

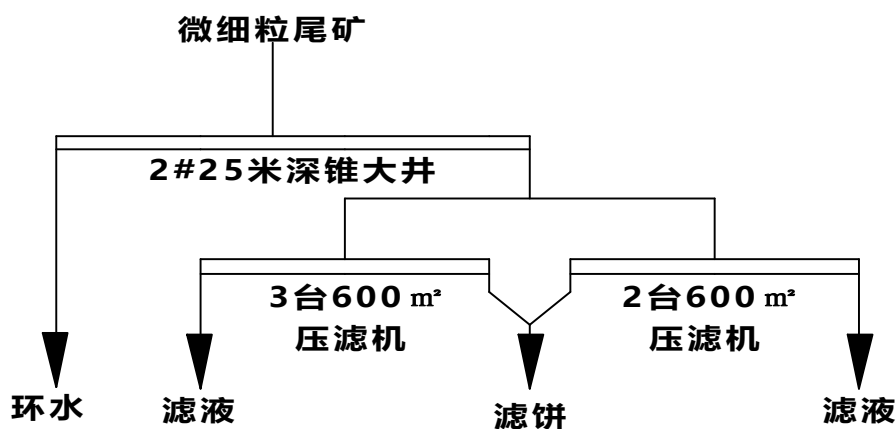
1.适用范围

尾矿高效脱水。

2.技术原理及工艺

该技术根据微细粒尾矿表面带负电荷和高价阳离子发生电荷中和以及压缩双电层作用的规律，开发以炼铁炉窑灰中 Ca^{2+} 压缩尾矿微细粒表面双电层和掺入少量“加重剂”颗粒助沉的低成本膏体浓缩制备技术。微细粒尾矿在 HRC—25

浓密机中获得浓度 50%以上膏体，解决了微细粒尾矿在非膏体浓密机中浓缩脱水成本高、膏体制备难等问题。



工艺流程图

3.技术指标

微细粒尾矿底流浓度 51.5%；压滤滤饼水份平均 15%；压滤机效率 28.47kg/(m²·h)。

4.技术功能特性

膏体浓缩制备技术成本低，解决了微细粒在非膏体浓密机中浓缩脱水成本高、膏体制备困难等问题。

5.应用案例

南京宝地梅山产城发展有限公司矿业分公司应用自主研发的微细粒尾矿高压浓缩+高压隔膜压榨压滤资源化利用工艺技术建成年处理微细粒尾矿 100 万吨的生产线。2020 年宝钢资源梅山矿业公司采用该工艺技术生产压滤饼约 80 万吨，产品用作水泥铁质校正剂。

6.未来推广前景

该工艺设施设备适用于矿山行业微细粒尾矿浓缩脱水资源化综合利用、河道清淤污泥脱水、市政工程 TBM 隧道盾构泥浆处理、自来水厂污泥处理等技术领域，不仅能够减少湿尾矿排放量及堆存，还可缓解水泥、建材行业的原料不足，为矿山企业可持续发展提供有效支撑。

（六）超重力/柱机浮选联合全组分利用技术

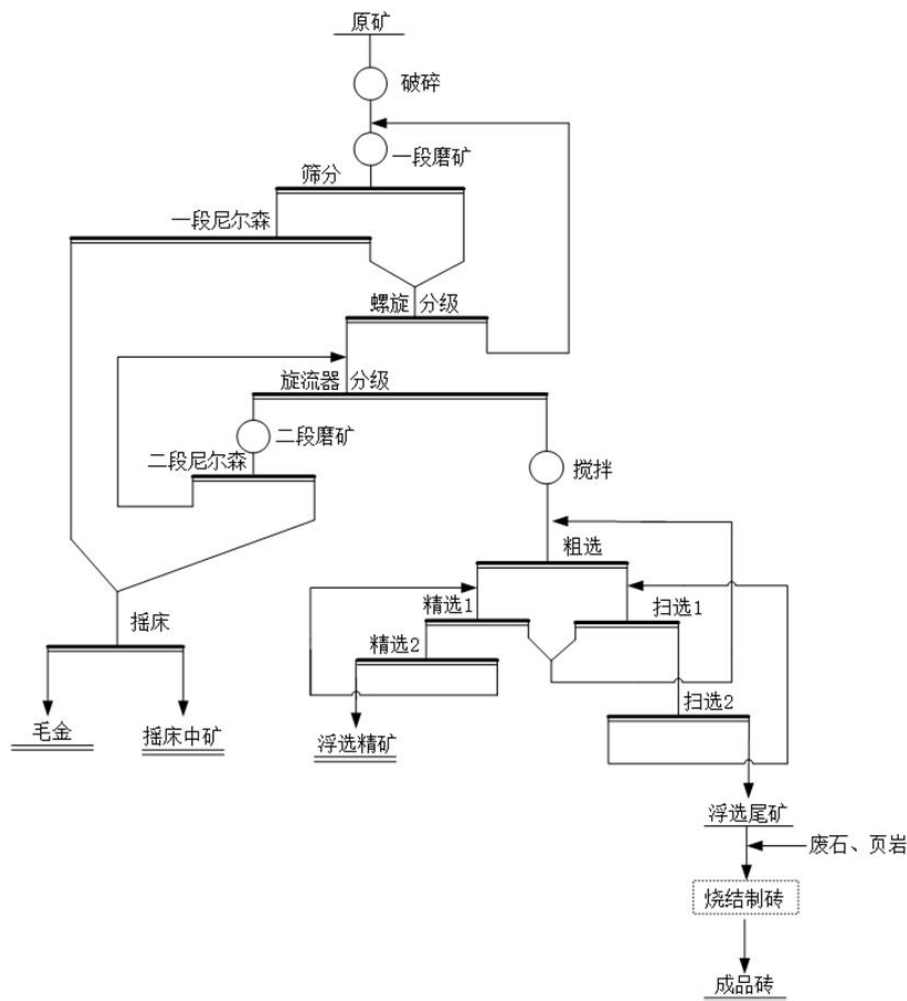
1.适用范围

尾矿及冶炼渣选矿提取有价金属。

2.技术原理及工艺

该工艺设施设备主要包括两段磨矿两段超重力离心机重选新技术、超重力离心机重选尾矿浮选柱浮选机联合浮选新技术和高配浮选尾矿制备墙体环保红砖新技术。

根据矿石特点，本着“早收快收”和“减少药剂”的原则，经两段磨矿、两段超重力重选、一次浮选柱粗选、两次精选和浮选机三次扫选，回收金等有价元素。全流程金属回收率高，浮选尾矿用于制砖。



工艺技术流程图

3.技术指标

(1) 贫硫难浮金矿原矿金品位 6.1g/t 条件下，两段超重力离心重选获得精矿平均品位 1540.7g/t, 金回收率达 63.4%；

(2) 重选尾矿经过一次浮选柱粗选、两次浮选柱精选和两次浮选机扫选的柱机联合工艺可获得金品位 81.6g/t 的精矿，金回收率 30.2%；

(3) 全流程金总回收率 93.5%。

4.技术功能特性

该技术装备可有效取代氰化提金工艺，充分回收粗、中、

细粒金矿物，整体工艺技术先进，创新性强。

5.应用案例

东北大学自主研发的超重力/柱机浮选联合全组分利用技术已在海南山金矿业公司和海南金惠环保节能有限公司得到产业化应用，全流程金回收率达 93%，高配比尾矿制砖生产线日制砖可达 60 万块，尾矿月均利用量 22500 吨，废石月均利用量 13500 吨。

6.未来推广前景

该工艺技术设备可有效取代氰化工艺，浮选尾矿可用于制砖，具有显著的经济、环境和社会效益，推广前景广阔。

（七）钒渣提钒工艺中采用立窑氧化焙烧技术设备 及卸料送料设备

1.适用范围

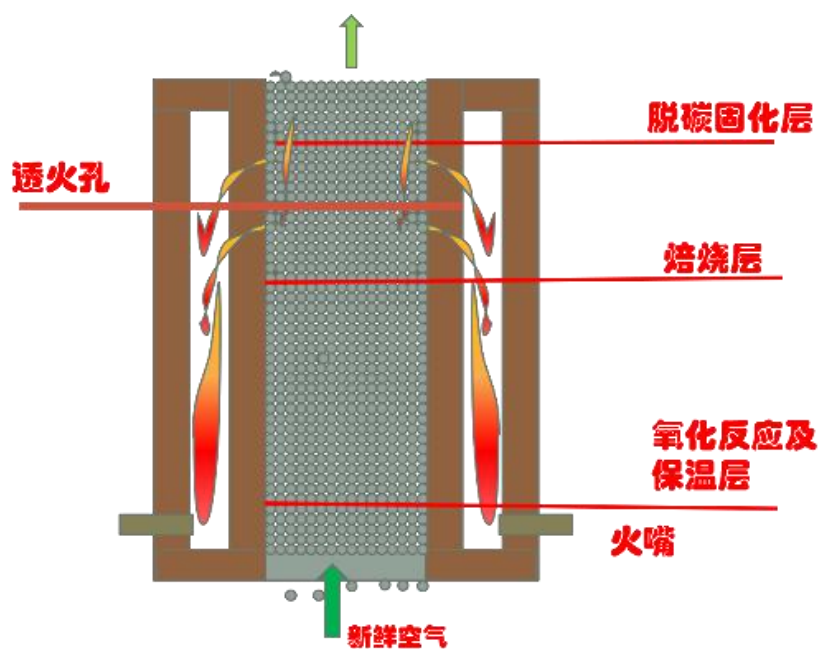
含钒废渣综合利用及有色冶金、矿业氧化焙烧。

2.技术原理及工艺

立窑焙烧炉由 3 部分腔体结构组成：两边为火仓，采用天然气或水煤气作为热源；中间为料仓，料仓下方有固定炉桥和落料炉桥。料仓与火仓间的上方有透火孔相通，在负压作用下，经透火孔对物料加热。透火孔下方利用火仓热辐射保持温度。

将石煤钒矿及含钒废渣组成的物粉磨后，加入水分或粘结剂混合均匀，压制成球团，经自动翻板卸料机送入焙烧炉上方的料仓，待高温固化后落料，物料通过固化层、焙烧层、氧化保温及反应层后落入出料器。

物料中的钒大部分以三价态存于铝硅酸盐矿中，提钒过程需经高温焙烧破坏矿石晶格释放出钒离子并进一步氧化为五价钒（ V^{5+} ），再和钙等其它元素反应生成可溶性钒化合物，通过酸浸溶解、富集后沉淀为钒的铵盐，经进一步加工成工业用五氧化二钒。



立窑氧化焙烧工艺流程简图

3.技术指标

- (1) 烧腔输出的温度维持在 $900\pm 5^{\circ}\text{C}$;
- (2) 钒转化率达到 89%以上。

4.技术功能特性

(1) 通过精准控制立窑温度，使钒渣充分氧化，实现氧化型焙烧矿物的低能耗、高效、高浸出率，减少污染物排放，降低立窑占地面积。

(2) 对送料设备进行改进，减少炉底检修安全风险。

5.应用案例

陕西福盛钒业科技有限公司在陕西省商洛市商南县建成了采用该技术装备的钒精矿生产线，年处理钒渣 15 万吨，生产五氧化二钒约 2500 吨。

6.未来推广前景

与国内同类设备相比，该技术设备具有成本低、占地少、生产效率高优势，推广前景广阔。

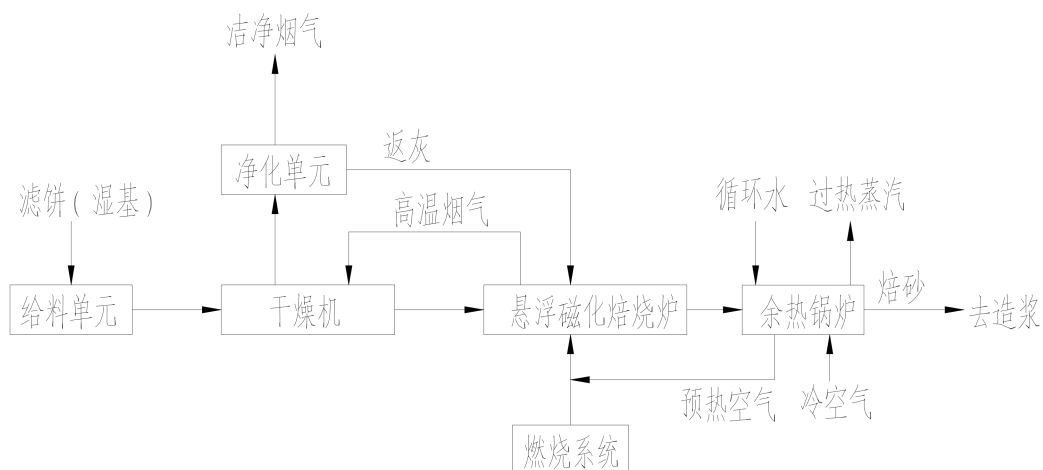
(八) 铁矿尾矿悬浮磁化焙烧炉

1.适用范围

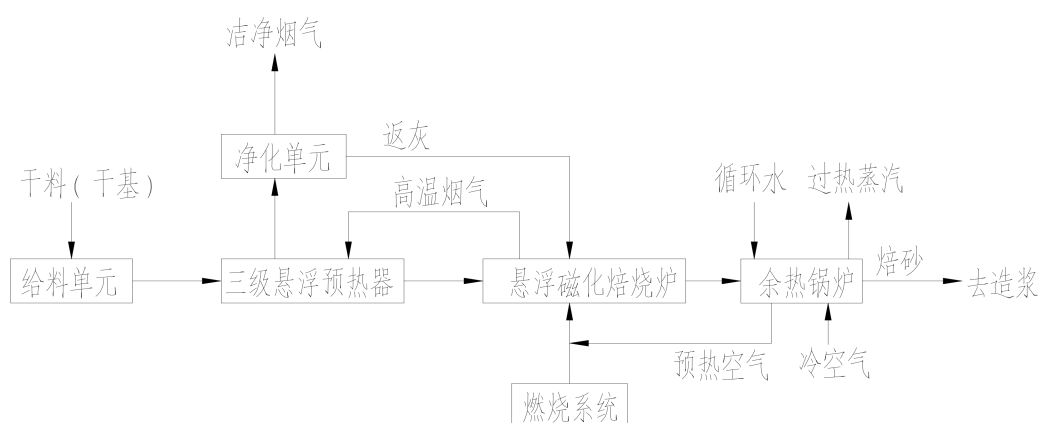
高含铁工业固废提铁。

2.技术原理及工艺

将铁矿物加热到适宜温度后，送入悬浮磁化焙烧炉继续加热，使其中的褐铁矿和菱铁矿转变为三氧化二铁，然后接触还原剂使弱磁性的三氧化二铁转化为强磁性的四氧化三铁，再利用常规的弱磁选技术将脉石分离。



工艺流程示意图-1



工艺流程示意图-2

3.技术指标

- (1) 金属回收率 88%以上，精矿品位 55%以上；
- (2) 热耗 1.2GJ/t，粉尘排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、硫化物 $\leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、氮氧化物 $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

4.技术功能特性

该技术装备可以避免单独设置干燥工序，降低土地、资金、人力等成本，缩短技术研发和产业化周期，达到年处理干基铁矿石 165 万吨的规模，在大规模集约化生产、节能环保

保等方面具有优势。

5.应用案例

酒钢粉矿采用了沈阳鑫博工业技术股份有限公司自主开发设计的铁矿尾矿悬浮磁化焙烧炉,年处理原矿 165 万吨,与酒钢原强磁选工艺相比,精矿铁品位提高 12 个百分点,金属回收率提高 26 个百分点,与酒钢块矿竖炉焙烧相比,台时产能提高 8 倍多。

6.未来推广前景

随着技术装备水平的提高,我国难选铁矿选矿和尾矿选矿将成为补充铁资源供给的重要途径,据企业预测,未来采用悬浮磁化焙烧选矿的难选铁矿和尾矿的产量预计将达到 2 亿吨以上,市场需求量大,推广前景广阔。