

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之三： 建材行业节能提效技术

一、水泥行业节能提效技术

(一) 混烧石灰竖窑及配套超低温烟气处理技术

1. 技术适用范围

适用于非金属、矿采选及制品制造行业工业窑炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用智能清渣系统、炉窑智能运行系统等技术，窑体保温采用耐火及隔热等多种复合材料，使窑体表面温度保持在 30℃ 左右，防止窑体热量散失，产生节能效果；产品对于石灰石原料适应性强，可煅烧各种粒径石料，且可连续煅烧，充分利用石灰石资源。同时该窑型配套超低温烟气脱硝处理装置，能够实现烟气在 130℃ 催化剂起活，解决窑炉行业烟气脱硝二次加热能源浪费问题。混烧石灰竖窑超低温烟气处理工艺流程如图 1 所示。

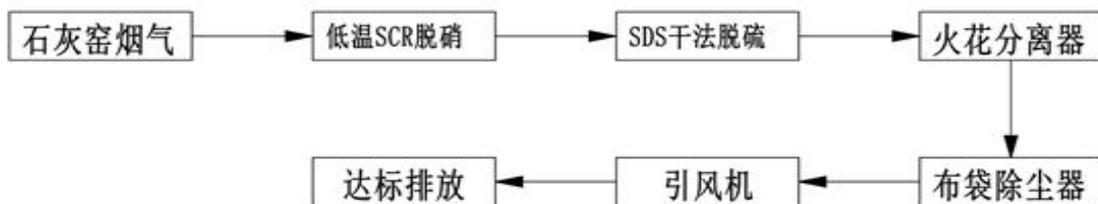


图 1 混烧石灰竖窑超低温烟气处理工艺流程图

3.技术指标

- (1) 吨电耗: <10 千瓦时;
- (2) 吨煤耗: <120 千克;
- (3) 产量: >500 吨/天。

4.技术功能特性

- (1) 采用数字化控制系统, 参数预设值, 自动化程度高;
- (2) 设备成品率高;
- (3) 设备运行稳定性高。

5.应用案例

临朐共享铝业科技有限公司熔铝炉烟气处理改造项目, 技术提供单位为山东万达环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况: 临朐共享铝业科技有限公司年生产能力 30 万吨, 用传统的中高温二次加热方式进行脱硝处理。

(2) 实施内容及周期: 安装整套熔铝炉烟气处理设备、窑炉除尘设备、窑炉脱硫设备、窑炉超低温脱硝设备, 配套全自动中控系统。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 窑炉烟气处理采用低温选择性催化还原脱硝模式, 不需要二次加热, 节约标准煤 1.3 万吨/年, 减排 CO₂ 3.6 万吨/年。投资回收期 7 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 50

万吨/年，减排 CO₂ 138.7 万吨/年。

(二) 水泥生料助磨剂技术

1.技术适用范围

适用于建材行业新型干法水泥窑生料粉磨、分解和烧成工序节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将助磨剂按掺量 0.12~0.15 比例添加在水泥生料中，改善生料易磨性和易烧性，在水泥生料的粉磨、分解和烧成中可以实现助磨节电、提高磨窑产量、降低煤耗、降低排放、改善熟料品质等作用。

3.技术指标

(1) 综合电耗降低：1.5 千瓦时/吨熟料；标准煤耗降低：3 千克以上；

(2) 提高磨窑产量，生料磨机台时平均提高 5%以上，熟料产量增加 2%以上；

(3) 熟料 28 天抗压强度平均提高约 1 兆帕。

4.技术功能特性

(1) 改善磨况，降低研磨压力、减少振动；

(2) 按一定比例添加在水泥生料中，可改善生料易磨性和易烧性，提高磨窑产量、降低碳硫排放、改善熟料品质。

5.应用案例

广西都安西江鱼峰水泥有限公司水泥生料助磨剂应用项目，

技术提供单位为湖南昌迪环境科技有限公司。

(1) 用户用能情况：广西都安西江鱼峰水泥有限公司生产线设计产能 6000 吨/天，实际生产产能已达到 6900 吨/天，消耗生料量超过 10000 吨/天，生料磨机主电流为 114 安，标准煤耗为 102.5 千克/吨熟料。

(2) 实施内容及周期：在不改变现有工艺和设备的情况下，增加水泥生料助磨剂加料系统一套。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，磨机主电流为 104 安，对应电耗约 1.5 千瓦时/吨熟料，标煤耗为 99.4 千克/吨熟料，节约标准煤 6355 吨/年，减排 CO₂ 1.8 万吨/年。投资回收期 15 天。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到2025年行业普及率可达到25%。可实现节约标准煤43万吨/年，减排CO₂ 119.2万吨/年。

(三) 节能型低氮燃烧器

1. 技术适用范围

适用于建材行业水泥熟料烧成工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用非金属材质扰焰罩结构，在直流外净风通道外设有“非金属材质扰焰罩”。四个风通道截面积均可进行无级调节，实现各通道风速和风量之间匹配，解决燃烧器控制窑内工况弱的问题，提高煤粉燃尽率，提供喷煤管节能低氮效果，实现窑内过剩空气系数低工况下稳定燃烧。低氮燃烧器结构如图 2 所示。

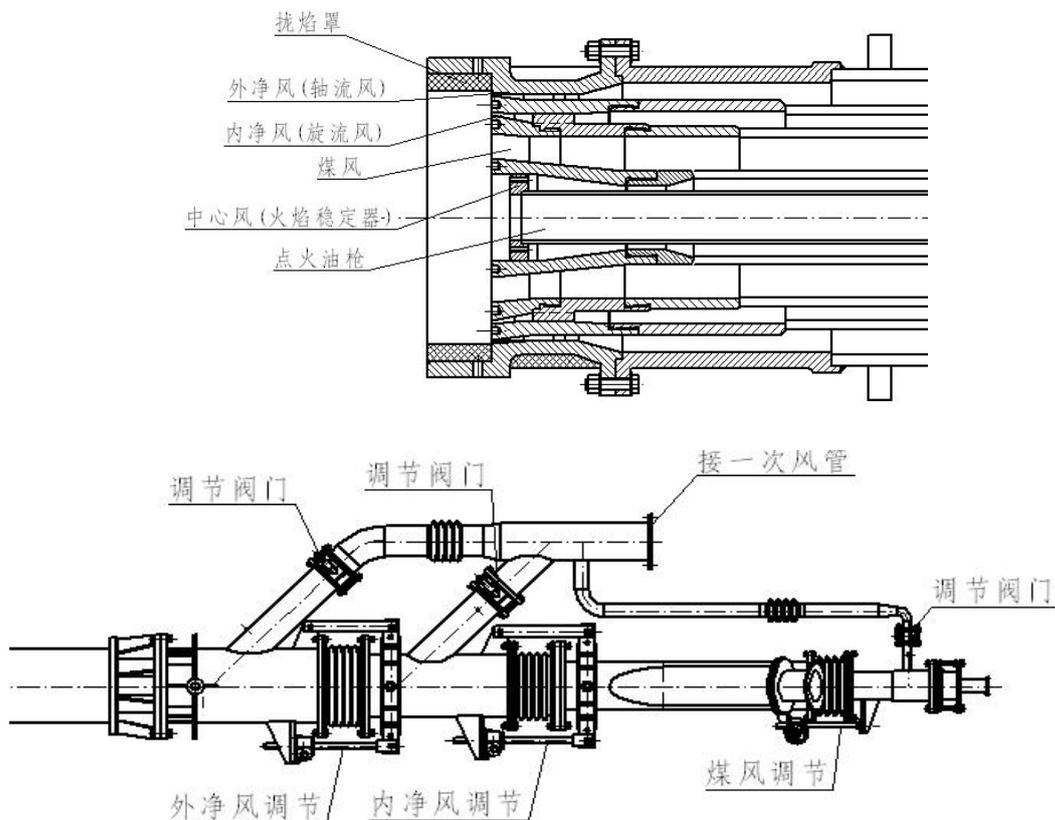


图 2 低氮燃烧器结构图

3.技术指标

- (1) 能耗降低：5.5 千克标准煤/吨熟料；
- (2) 窑尾烟室氮氧化物浓度： $\leq 0.06\%$ ；
- (3) 净风工作压力：32~34 千帕。

4.技术功能特性

- (1) 采用非金属材质拢焰罩，可降低熟料热耗；
- (2) 可以延长窑皮长度，延长熟料煅烧时间，提高熟料质量。

5.应用案例

天瑞集团南召水泥有限公司窑头燃烧器改造项目，技术提供单位为淄博科邦热工科技有限公司。

(1) 用户用能情况：天瑞集团南召水泥有限公司 5000 吨/天熟料生产线正常情况下三次风阀门全开，热耗为 99.7 千克标准煤/吨熟料。

(2) 实施内容及周期：将原有燃烧器更换为节能型低氮燃烧器，并对配套的一次风机加大电机功率。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，能耗降低 5.5 千克标准煤/吨熟料，按照年产熟料 122.7 万吨计算，折合节约标准煤 6749 吨/年，减排 CO₂ 1.9 万吨/年。投资回收期 4 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 48 万吨/年，减排 CO₂ 133.1 万吨/年。

二、玻璃行业节能提效技术

（一）玻璃熔窑用红外高辐射节能涂料

1.技术适用范围

适用于建材、石化化工等行业玻璃熔窑节能技术改造。

2.技术原理及工艺

开发适用于玻璃熔窑硅质高辐射基料及红外高辐射节能涂料，在熔窑内部硅质内壁喷涂红外高辐射节能涂料后，硅质内壁在高温下辐射率提高。窑内通过热损失和反射传热被烟气带走的热量降低；由硅质内壁以辐射传热方式再传回窑内热量，并被配合料及玻璃液吸收，使得熔窑内热量利用率增大。红外高辐射节能涂料工艺流程如图 3 所示。

3.技术指标

- （1）节能效率： $>4\%$ ；
- （2）涂层承受 2 千克/平方厘米冲击无裂纹、无剥落；
- （3）温度从 1200°C 降至室温，涂层表面无粉化、无鼓泡、无裂纹、无剥落。

4.技术功能特性

- （1）在玻璃熔窑内部的硅质内壁喷涂红外高辐射节能涂料

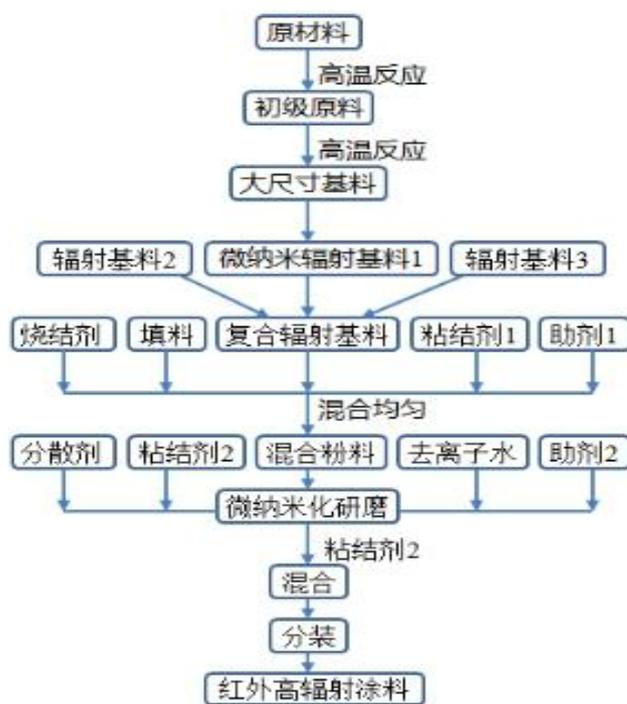


图 3 红外高辐射节能涂料工艺流程图

后，硅质耐材在 1600℃ 左右辐射率由 0.4 提高至 0.9；

(2) 微纳米级涂料颗粒能牢固黏附在硅砖表面并向里渗透，在硅砖表面形成致密层，有效阻止重金属元素、易挥发元素等对硅砖侵蚀。

5.应用案例

唐山蓝欣 450 吨/天浮法玻璃熔窑红外高辐射节能涂料项目，技术提供单位为中建材玻璃新材料研究院集团有限公司。

(1) 用户用能情况：唐山蓝欣 450 吨/天浮法玻璃熔窑生产能耗为 2050 千卡/千克玻璃液。

(2) 实施内容及周期：在浮法二线喷涂使用玻璃熔窑用红外高辐射节能涂料，浮法一线作为空白对比。实施周期 10 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，根据热工测试及生产统计，节能率为 7.8%，该玻璃窑炉可节约煤炭 4588 吨/年，折合节约标准煤 3732 吨/年，减排 CO₂ 10347 吨/年。投资回收期 2 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 36%。可实现节约标准煤 65 万吨/年，减排 CO₂ 180.2 万吨/年。

(二) 新型梯度复合保温技术

1. 技术适用范围

适用于建材、石化化工等行业玻璃熔窑节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

针对玻璃窑炉不同部位，通过热工模拟计算及工况试验，根据热量从窑内向窑外梯度散失特点，将各部位保温层划分为不同温度段。对各温度段开发耐温性能好、保温性能强、材料耐久性强、高温线收缩低的保温新材料；再开发利用纤维喷涂，确保保温层不开裂、不收缩；形成保温性能优异、密封性好、耐久性强的新型保温技术，将玻璃熔窑向外界散失热量控制在窑内，降低热量损耗，节约燃料使用量。新型梯度复合保温技术原理如图 4 所示。

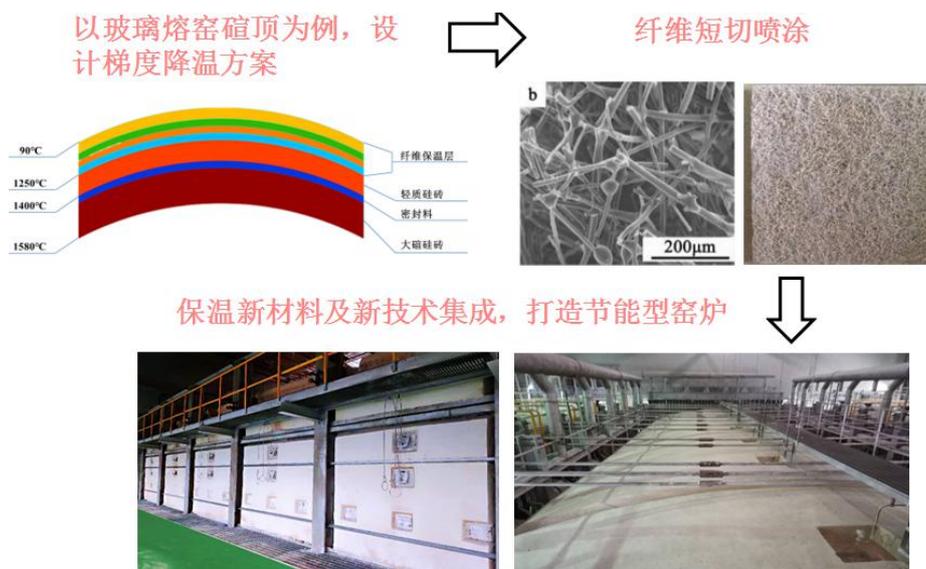


图 4 新型梯度复合保温技术原理图

3.技术指标

- (1) 节能率： $\geq 6\%$;
- (2) 与传统保温技术相比，窑炉表面温度降低 20°C ;
- (3) 年衰减率： $\leq 3\%$ 。

4.技术功能特性

- (1) 对玻璃窑炉进行梯度复合保温，梯次削弱窑内热量散失;
- (2) 采用梯度复合保温技术，窑体表面散热量大幅降低，车间工作环境显著改善。

5.应用案例

安徽盛世新能源有限公司 650 吨/天压延玻璃窑炉保温改造项目，技术提供单位为中建材玻璃新材料研究院集团有限公司。

(1) 用户用能情况：安徽盛世新能源有限公司 650 吨/天压延玻璃窑炉，外保温为传统硅酸盐保温涂料。使用一年后，窑体表面温度高，车间环境温度高，能耗为 1677 千卡/千克玻璃液。

(2) 实施内容及周期：使用新型梯度复合保温技术对熔窑大碓顶、澄清部胸墙及后山墙，蓄热室碓顶及侧墙，横通路碓顶及胸墙，小炉碓及室内烟道碓进行改造。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，根据热工测试及生产统计，节能率为 6.9%，节约天然气 339 万立方米/年，折合节约标准煤 4508.7 吨/年，减排 CO_2 1.3 万吨/年。投资回收

期 3 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 33%。可实现节约标准煤 50 万吨/年，减排 CO₂ 138.6 万吨/年。

三、陶瓷行业节能提效技术

(一) 陶瓷集成制粉新工艺技术

1. 技术适用范围

适用于陶瓷行业高档干压陶瓷砖粉料生产工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

将含水 40%~42% 泥浆压滤脱水成含水 19%~20% 泥饼，破碎成小泥块，低温干燥为含水 8.5%~9.5% 小泥块，破碎/造粒/优化/分选后得到含水 7%~8%、粒径合适的粉料。利用窑炉各类低温余热蒸发泥块水分；用机械脱水方式去除超过 50% 水分，耗能降低；分料/高含水率泥浆球磨时间缩短 15% 以上，降低球磨能耗。陶瓷集成制粉工艺流程如图 5 所示。

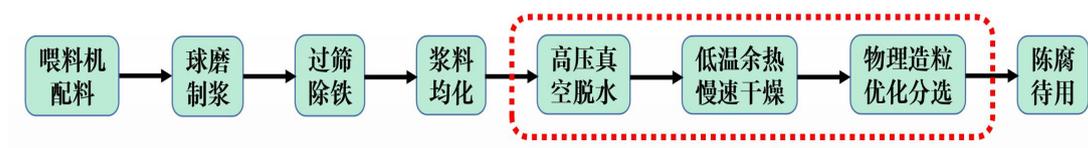


图 5 陶瓷集成制粉工艺流程图

3. 技术指标

- (1) 节能率：80%~90%；
- (2) 减少 CO₂、SO₂ 和 NO_x 排放：80%~90%；
- (3) 节水：50%~70%。

4. 技术功能特性

(1) 通过真空脱水设备，将泥料含水从 40%以上降为 20%，减少了 65%~70%的蒸发水量；

(2) 采用原料新研磨工艺提高除铁效果，缩短球磨时间，降低能耗；

(3) 充分利用窑炉余热，降低能耗；

(4) 具备实时监视、远程智能控制、趋势分析与预警、统计报表、预报警等功能。

5.应用案例

广东中宏创展陶瓷有限公司日产 800 吨粉料改造项目，技术提供单位为佛山市蓝之鲸科技有限公司。

(1) 用户用能情况：原用的喷雾干燥工艺，每生产 1 吨粉料耗能 57.5 千克标准煤。

(2) 实施内容及周期：采用全自动送浆系统、高效脱水系统、余热利用设备（热交换与管道保温）、新型低温干燥系统、高效破碎造粒优化分选系统、中央控制系统等进行改造。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，节约标准煤 46.3 千克/吨粉料，折合节约标准煤 1.1 万吨/年，减排 CO₂ 3 万吨/年。投资回收期 1.6 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 19

万吨/年，减排 CO₂ 52.7 万吨/年。

(二) 抛釉砖用陶瓷干法制粉生产工艺及装备

1. 技术适用范围

适用于建材行业建筑陶瓷制粉工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用适合于抛釉砖生产系统工艺和适合陶瓷原料特点的专用装备，包括立式辊磨机、交叉流强化悬浮态造粒机、干粉除杂筛等，解决干法制粉生产低吸水性地砖用粉料时存在的坯体表面平整度差和面层缺陷等问题，满足瓷砖生产要求。与湿法制粉技术相比，干法制粉技术降低制粒环节所需蒸发水量，并采用干法料床粉磨设备，实现热耗和电耗降低，建筑陶瓷制粉工序综合能耗降低。陶瓷干法制粉生产工艺流程如图 6 所示。

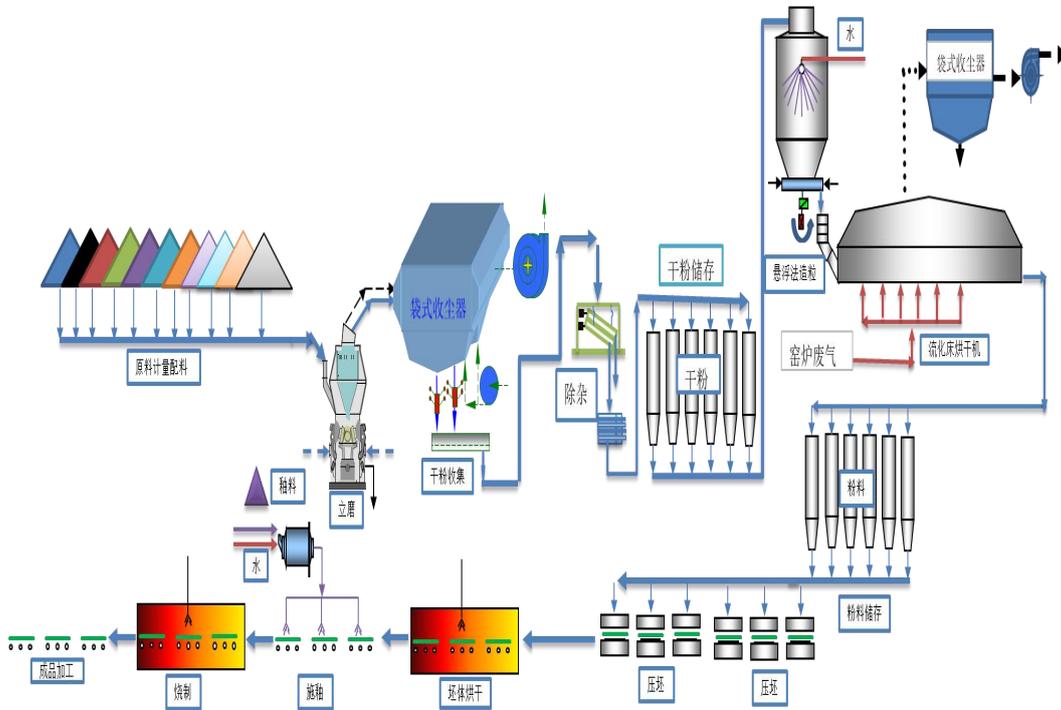


图 6 陶瓷干法制粉生产工艺流程图

3.技术指标

- (1) 电耗: 46.3 千瓦时/吨粉料(干基);
- (2) 水耗: 105.3 千克水/吨粉料(干基);
- (3) 原料粉磨后干粉水分: 2%~3%;
- (4) 粉料容重: 796~830 千克/立方米。

4.技术功能特性

- (1) 扩大了干法制粉技术的适用范围;
- (2) 扩大了建筑陶瓷原料的选择范围;
- (3) 降低了建筑陶瓷原料工序的能耗;
- (4) 降低总占地面积30%以上。

5.应用案例

河北金汇陶瓷日产 3.1 万平方米 800×800 毫米抛釉砖项目，技术提供单位为河北金汇陶瓷有限公司。

(1) 用户用能情况: 河北金汇陶瓷老厂制粉车间采用湿法制粉工艺，其造粒采用喷雾干燥塔，原料粉磨采用间歇式湿法球磨机，制粉车间综合能耗为 56.7 千克标准煤/吨粉。

(2) 实施内容及周期: 运用干法制粉工艺进行改造，其造粒采用悬浮套过湿造粒，原料粉磨采用立式辊磨机。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后，其制粉车间综合能耗为冬季 6.7 千克标准煤/吨粉，非冬季 5.7 千克标准煤/

吨粉。综合节约标准煤 1.1 万吨/年，减排 CO₂ 3 万吨/年。投资回收期 9 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 3%。可实现节约标准煤 98 万吨/年，减排 CO₂ 271.7 万吨/年。

四、其他建材行业节能提效技术

(一) 一种隧道漫反射光学节能材料

1. 技术适用范围

适用于建材、轻工等行业隧道内照明节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

隧道漫反射光学节能材料是应用光学棱镜和反光材料技术，通过产品表面多棱角立体纹理，对光源实现逆向漫反射；应用于隧道侧墙，通过照明灯光提升反射效率，利用光源辐射能量，减少能耗浪费，以此提高隧道空间环境亮度、路面亮度和墙面亮度，改善和优化路面光照均匀度、墙面光照均匀度。隧道漫反射光学材料技术原理如图 7 所示。

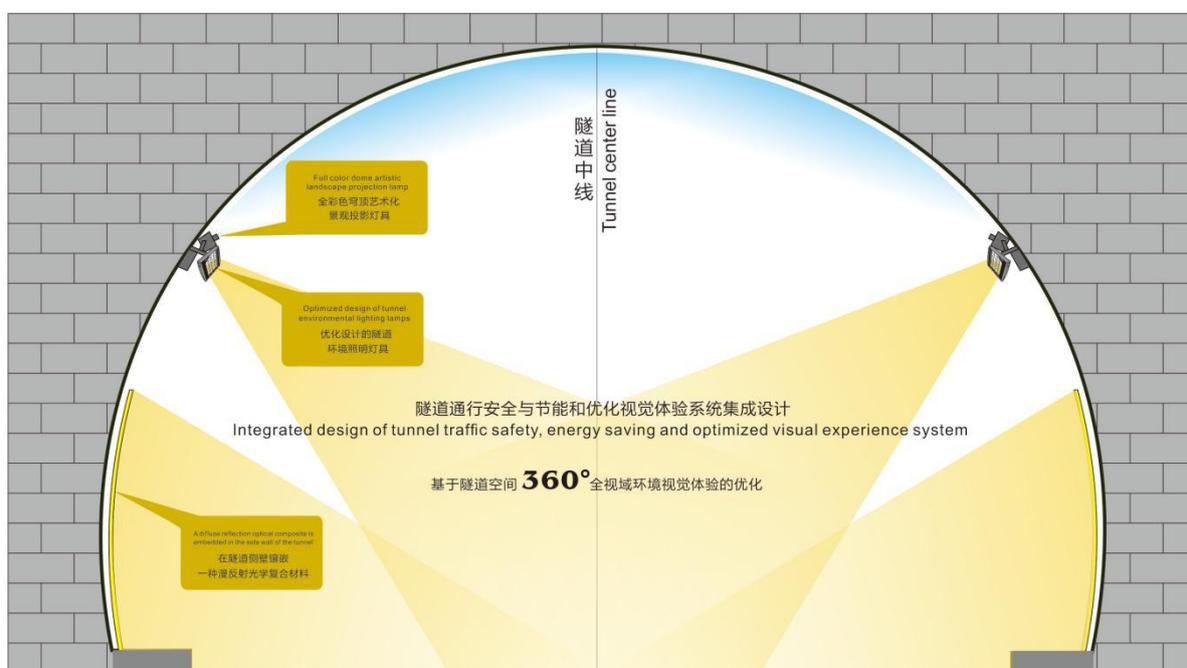


图 7 隧道漫反射光学材料技术原理图

3.技术指标

- (1) 节能率: >10%;
- (2) 耐污染性: 3 级;
- (3) 外照射指数: 0.6;
- (4) 内照射指数: 0.3;
- (5) 反射率: 71.5%。

4.技术功能特性

- (1) 在灯光照射下实现逆向漫反射, 不产生炫光、不刺激人眼;
- (2) 增强灯光与漫反射光学复合材料的交互作用;
- (3) 提升隧道空间环境亮度。

5.应用案例

绵阳市一环路南段尖山子隧道项目, 技术提供单位为四川杰邦科技有限公司。

(1) 用户用能情况: 尖山子隧道为单向三车道, 左右线双向共 974 米, 采用 LED 照明灯具, 平均电费 25 万元/年。

(2) 实施内容及周期: 在隧道侧墙 3 米高范围内铺设漫反射光学复合(瓷砖)材料。实施周期 25 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 据统计, 可降低电能消耗 12.2 万千瓦时/年, 折合节约标准煤 37.8 吨/年, 减排 CO₂ 104.8 吨/年。投资回收期 4 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 3%。可实现节约标准煤 9 万吨/年，减排 CO₂ 24.9 万吨/年。

（二）瀑落式回转窑制备陶粒轻骨料技术

1.技术适用范围

适用于建材行业粉煤灰、煤矸石、尾矿、污泥、淤泥、赤泥等固体废弃物处理节能技术改造。

2.技术原理及工艺

使废弃物在 1200℃ 左右高温中达到熔融状态，经冷却后形成具有高附加值、高匀质性、材料功能可设计的高性能轻骨料。烘干焙烧分离，且设备内部异型结构可以增强热交换，提高换热效率，生产线余热回用设施完备，焙烧余热用于料球或原料烘干、冷却余热分段后用于助燃或原料及料球烘干。瀑落式回转窑制备陶粒轻骨料技术原理如图 8 所示。

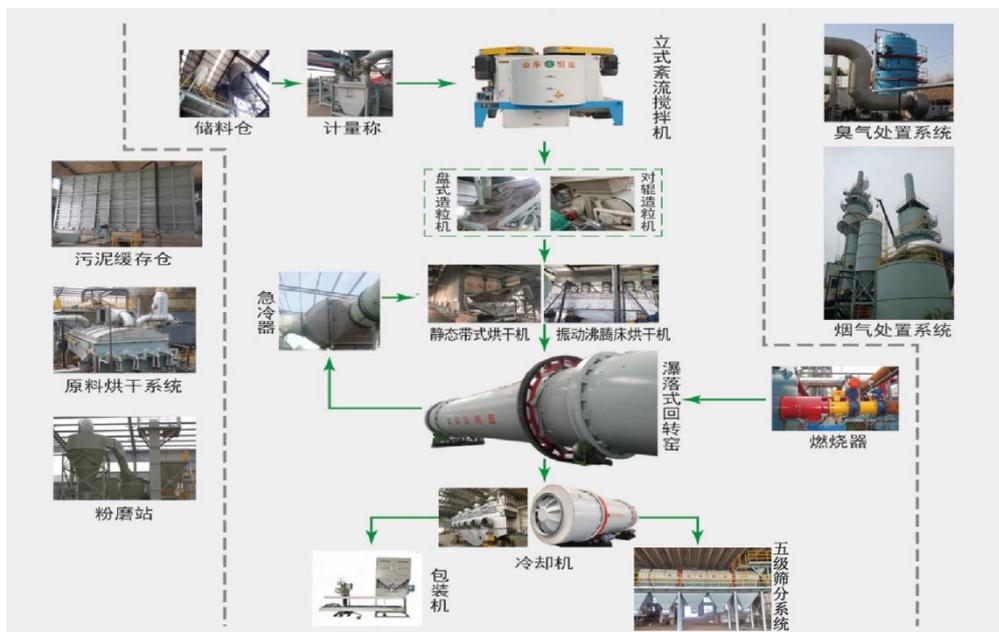


图 8 瀑落式回转窑制备陶粒轻骨料技术原理图

3.技术指标

- (1) 处理能力：≥330 立方米/天；
- (2) 烧结温度：1170~1250℃；
- (3) 轻骨料填充率：≥12%；
- (4) 筒压强度：8.0~20.0 兆帕；
- (5) 堆积密度：500~1200 千克/立方米；
- (6) 吸水率：≤10%。

4.技术功能特性

- (1) 可以实现固废无害化、资源化、规模化处置；
- (2) 原材料取材范围广泛，产品强度以及均质化程度高；
- (3) 自动化程度高，系统高效稳定；
- (4) 设备布局灵活，节省占地。

5.应用案例

山东科立德环保科技有限公司年产 10 万立方米劣质粉煤灰污泥制备高性能轻骨料改造项目，技术提供单位为山东恒远利废技术股份有限公司。

(1) 用户用能情况：山东科立德环保科技有限公司每年存有大量劣质粉煤灰不能资源化处置，对环境造成危害。

(2) 实施内容及周期：建设瀑落式回转窑、紊流式搅拌机和高含水率混合物料成型造球设备，配套自动控制系统，实现在线远程监控。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，按照该项目 10 万立方米/年陶粒轻骨料计算，可节约标准煤 7265 吨/年，减排 CO₂ 2 万吨/年。投资回收期 22 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤 12 万吨/年，减排 CO₂ 33.3 万吨/年。

(三) 高强度低密度页岩气用压裂陶粒支撑剂及制备节能技术

1. 技术适用范围

适用于建材行业石油、页岩气压裂用陶粒砂生产制造工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

基于含铝固废矿渣复合矿化剂多组分设计，实现含铝固废矿渣循环再利用；使用多组分复合矿化剂低温烧成石油压裂支撑剂陶粒技术，同时利用原位自生莫来石晶须增韧技术，实现低密度石油压裂支撑剂陶粒硬度提高，以固废为原材料制备陶粒支撑剂，同时具有较低烧成温度，生产全过程低碳节能。页岩气用压裂陶粒支撑剂制备工艺流程如图 9 所示。



图 9 页岩气用压裂陶粒支撑剂制备工艺流程图

3. 技术指标

- (1) 单位产品综合能耗降低：10%；
- (2) 视密度：2.9 克/立方米；体积密度：1.6 克/立方米；
- (3) 酸溶解度：6.5%；

(4) 圆度：达到 0.9，球度：达到 0.9；

(5) 粒径分布在 425~212 微米的颗粒占比：98.9%。

4.技术功能特性

(1) 采用基于含铝固废矿渣的复合矿化剂多组分设计，实现含铝固废矿渣循环再利用；

(2) 采用多组分复合矿化剂低温烧成技术，降低烧成温度；

(3) 采用回转烧结窑设备优化技术，加长回转窑，确保足够长的研磨和加热保温时间，充分烧制，有效控制陶粒表面光洁度、致密性。

5.应用案例

董家河循环经济工业园基于泥饼等含铝固废循环利用压裂支撑剂节能技术改造项目，技术提供单位为铜川秦瀚陶粒有限责任公司。

(1) 用户用能情况：改造前综合能耗为 2903.7 吨标准煤。

(2) 实施内容及周期：对原有成球车间进行改扩建，新建标准化厂房、原料库，新增制粒设备及相关辅助设备 16（台/套），半成品转筛 4（台/套），新增缓冲仓 4 个及螺旋输送、斗式提升机等辅助设备，制粒车间收尘系统改造。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单位产品综合能耗降低 19.5%，节约标准煤 644.3 吨/年，减排 CO₂ 1786.3 吨/年。投资回收期 5 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 50%。可实现节约标准煤 17 万吨/年，减排 CO₂ 47.1 万吨/年。