

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例（2020）》

之一：建材行业节能改造技术

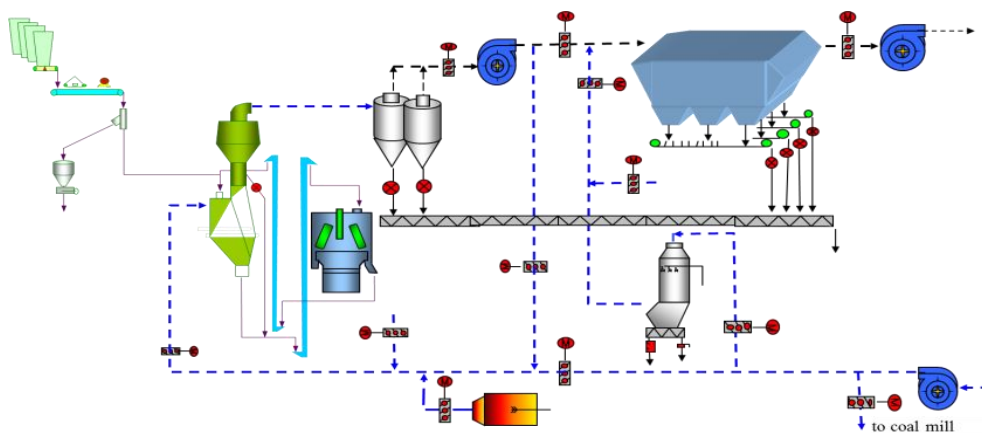
（一）外循环生料立磨技术

1. 技术适用范围

适用于水泥等行业的原料立磨节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用外循环立磨系统工艺，将立磨的研磨和分选功能分开，物料在外循环立磨中经过研磨后全部排到磨机外，经过提升机使研磨后的物料进入组合式选粉机进行分选，分选后的成品进入旋风收尘器收集，粗颗粒物料回到立磨进行再次研磨，能源利用效率大幅提升，系统气体阻力降低 5000Pa，降低了通风能耗和电耗。工艺原理图如下：



3. 技术指标

- (1) 系统阻力降低 5000Pa。
- (2) 粉磨系统电耗降低 3~4kW·h/t。
- (3) 产量提升 10%。
- (4) 投资额为新建辊压机系统的 50%~60%。

4.技术功能特性

(1)外循环生料立磨技术用于水泥行业等原料粉磨系统中，可实现降低系统阻力。

(2)采用机械提升物料代替气力提升物料，可降低粉磨系统电耗，电耗降低幅度与原料易磨性、系统工艺设计有关，通常为 3~4kW·h/t。

5.应用案例

湖北京兰（永兴）水泥有限公司改造项目，技术提供单位为中材（天津）粉体技术装备有限公司。

(1)用户用能情况简单说明：湖北京兰（永兴）水泥有限公司原料粉磨系统，根据测试，实际产量 280t/h，系统电耗 16.8kW·h/t，系统电耗较高，造成较大的能源浪费。

(2)实施内容及周期：将原有的立磨选粉机去掉，新增组合式选粉机，增大立磨物料提升机能力，新增组合式选粉机回料提升机，增加入磨物料稳料仓，更换循环风机。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，系统产量提升约 10%，系统电耗降低 4.47kW·h/t，年节约电量约 756 万 kW·h，折合年节约标煤 2457t，减排 CO₂ 6812t/a。该项目综合年效益合计为 953.6 万元，总投入为 1800 万元，投资回

收期约 23 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 9.65 万 tce/a，减排 CO₂ 26.8 万 t/a。

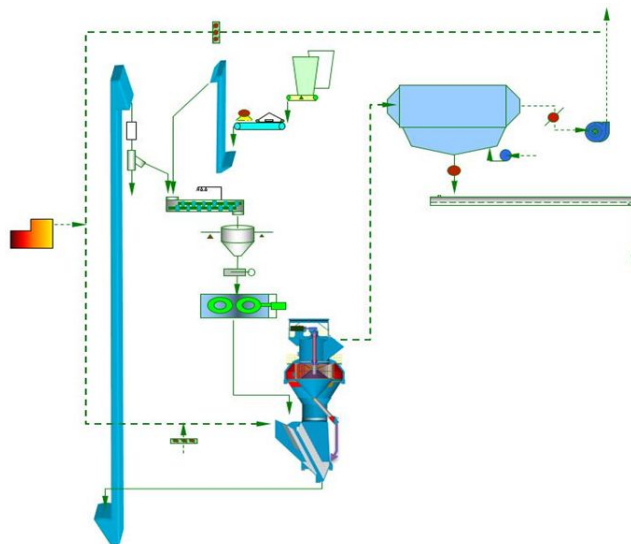
(二) 钢渣/矿渣辊压机终粉磨系统

1.技术适用范围

适用于建材等行业的微粉制备工艺节能改造。

2.技术原理及工艺

以辊压机和动静组合式选粉机为核心设备，全部物料为外循环，除铁方便，避免块状金属富集，辊面寿命可达立磨的 2 倍，具有广泛的物料适应性，可以单独粉磨矿渣、钢渣，也可用于成品比表面积 <700m²/kg 的类似物料的粉磨，系统阻力低，节电效果明显，生产矿渣微粉时，系统电耗 <35kW·h/t。工艺流程图如下：



3.技术指标

生产矿渣微粉时系统电耗小于 35kW·h/t。

4.技术功能特性

- (1) 实现了辊压机终粉磨系统生产钢渣/矿渣微粉。
- (2) 实现了高磨蚀性超细粉物料的分选功能。
- (3) 在物料入辊压机缓冲仓前增设预处理设备，解决了入仓内物料的均匀性问题。

5.应用案例

邯郸市邦信建材有限公司矿渣粉磨及储存工程(30 万 t/a)项目，技术提供单位为天津水泥工业设计研究院有限公司。

- (1) 用户用能情况说明：该项目为新建项目。
- (2) 实施内容及周期：新建原料输送车间、粉磨车间和成品储存及散装车间，确定以辊压机和组合式选粉机为主机设备的终粉磨系统。实施周期 8 个月。
- (3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，系统年平均电耗仅为 35kW·h/t，年节约电量约 120 万 kW·h，折合年节约标煤 390t，减排 CO₂ 1081t/a。该项目综合年效益合计为 1000 万元，总投入为 2600 万元，投资回收期为 2.6 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 8.72 万 tce/a，减排 CO₂ 24.2 万 t/a。

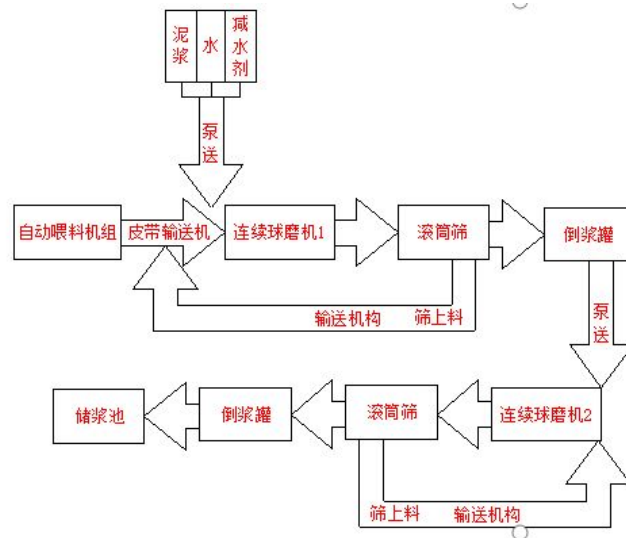
(三) 陶瓷原料连续制浆系统

1.技术适用范围

适用于建筑及卫生陶瓷原料生产工艺节能改造。

2.技术原理及工艺

采用自动精确连续配料、原料预处理系统、泥料/黏土连续化浆系统、连续式球磨方法等关键技术，自动精确连续配料系统能够按设定比例精准控制每种原料的进料比例，实现对每种配比原料连续计重、间歇纠错、自动补偿的功能；原料预处理系统做到以破代磨，提高球磨速度；泥料/黏土连续化浆系统将黏土在研磨介质的作用下进行连续化浆，化浆后的泥浆通过分选机构将各部分分别利用。整个系统可实现自动配料和自动出浆的功能，节能效果显著。工艺流程图如下：



3.技术指标

(1) 原料预处理系统：综合能耗 $\leq 4\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 。

(2) 连续球磨系统：

250目筛余 0.7%~0.9%，料浆产能 85~100t/h，综合能耗

≤30kW·h/t。

250目筛余 0.8%~1.2%，料浆产能 95~110t/h，综合能耗 ≤28kW·h/t。

250目筛余 1.2%~2.5%，料浆产能 130~150t/h，综合能耗 ≤18kW·h/t。

(3) 泥料化浆系统：综合能耗 ≤1.2kW·h/t。

4.技术功能特性

(1) 原料预处理系统主设备防堵筛分机解决了含水量高的原料无法筛分的难题，使入磨原料更细，缩短球磨时间。

(2) 整套系统全自动化控制，配料误差 <5%，自动采集生产数据。

5.应用案例

山东名宇陶瓷科技有限公司陶瓷原料节能连续制浆系统工程项目，技术提供单位为广东一鼎科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：山东名宇陶瓷科技有限公司生产瓷砖，日产量 3000m³，每小时原料泥浆需求 270t。

(2) 实施内容及周期：硬质料采用预处理系统进行破碎筛分处理，连续球磨系统采用 2 台 TCM42150 连续球磨机。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：据统计，该生产线年节约总电量约 309.54 万 kW·h，折合年节约标煤 1006t，减排 CO₂ 2789t/a。该项目综合年效益合计为 710 万元，总投入为 1686 万元，投资回收期约 2.3 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 92.1 万 tce/a，减排 CO₂ 255.3 万 t/a。

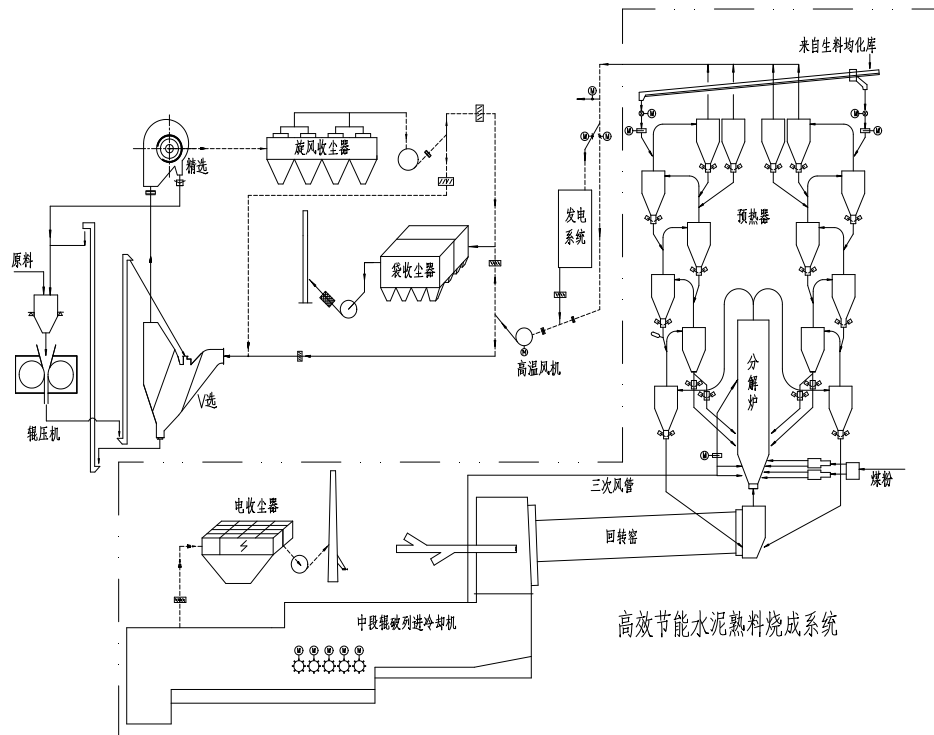
（四）带中段辊破的列进式冷却机

1. 技术适用范围

适用于水泥生产线节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用区域供风急冷技术并在冷却机中段设置了高温辊式破碎机，经过辊式破碎机，大块红料得到充分破碎，落入到第二段篦床的大部分熟料颗粒的尺寸已经基本控制在 25mm 以内，经过第二段篦床的再次冷却后，以较低的温度排出，热回收效率高，可降低烧成系统热耗，平均每吨熟料节约标煤 2kg。结构原理图如下：



3.技术指标

- (1) 处理能力 $>5500\text{t/d}$ 。
- (2) 单位冷却风量 $<1.8\text{Nm}^3/\text{kgcl}$ 。
- (3) 入冷却机熟料温度 $<1400^\circ\text{C}$ ，出冷却机熟料温度比环境温度高 65°C 。
- (4) 冷却机热效率 $>75\%$ 。
- (5) 出冷却机熟料粒度 $<25\text{mm}$ (90%)。

4.技术功能特性

- (1) 厚料层运行，热回收效率高，二次、三次风温高。
- (2) 熟料破碎机设置在冷却机中段，提高了中温段换热废气温度，有利于余热发电和余热利用等。
- (3) 熟料破碎机破碎后的熟料再进行二段篦床冷却，提高了冷却效率，降低了出冷却机熟料温度。
- (4) 设备自动化程度高，采用无人值守、自动控制的技

术。

5.应用案例

泰安中联水泥有限公司 5000t/d 新型干法水泥工程，技术提供单位为南京凯盛国际工程有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：该项目为新建项目。之前国内 5000t/d 生产线平均标煤在 110kg/tcl 左右，窑头多采用第三代推动篦式冷却机，冷却机余热吨熟料发电量约在 32kW·h，窑头二次风温 1000℃，出冷却机熟料温度平均在 150℃左右。

(2) 实施内容及周期：项目为新建项目，烧成系统采用“带中段辊破第四代列进式冷却机”技术。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：年产熟料按照 155 万 t 计，平均生产每吨熟料可节约标煤 2kg，折合节约标煤 3100t；吨熟料发电量增加 2kW·h，则每年可节能 1008tce。共计年节约标煤 4108t，减排 CO₂ 1.14 万 t/a。该项目综合年效益合计为 731 万元，总投入为 1950 万元，投资回收期约 2.6 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 26.6 万 tce/a，减排 CO₂73.7 万 t/a。

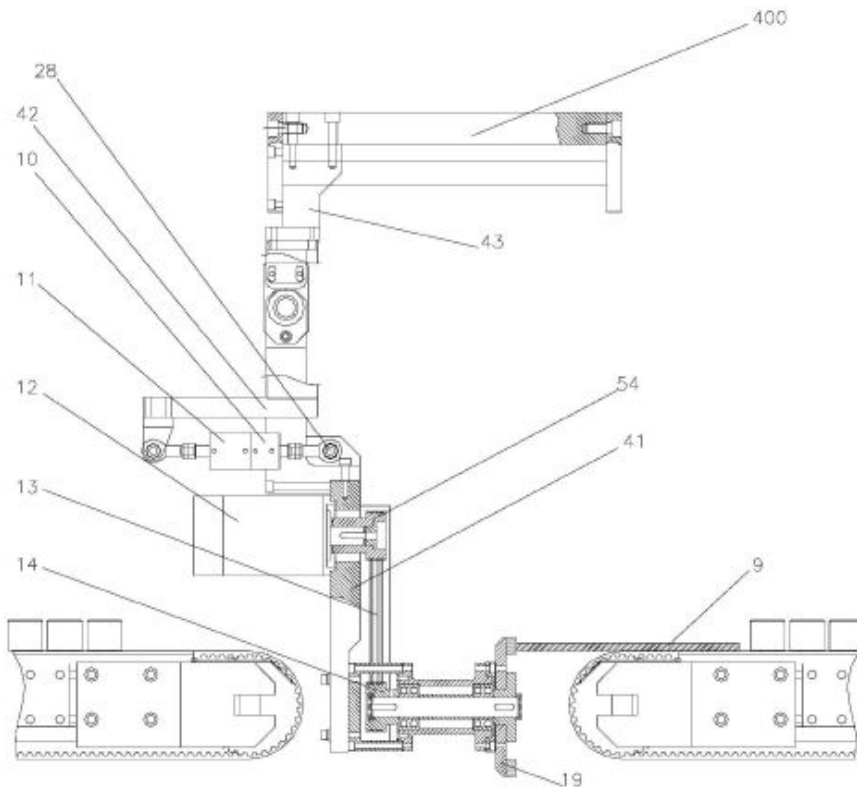
(五) 卧式玻璃直线四边砂轮式磨边技术

1.技术适用范围

适用于玻璃深加工领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用多轴伺服电机联动技术，精确控制各移动部件定位以及磨轮相对于玻璃的移动速度，准确检测玻璃的移动位置以及尺寸，能够同步打磨玻璃每一条边的上下棱边及端面，夹持机构的设置，能有效地减少玻璃自身的震动，可同时完成玻璃的四条边打磨，提升了玻璃棱边加工的效率。端面磨削组件主视图如下：



3.技术指标

- (1) 磨削速度：0~30m/min。
- (2) 磨削厚度：4~12mm。
- (3) 气源压力：0.6~0.8MPa。

(4) 工作高度: 900 (± 25) mm。

4.技术功能特性

(1) 自动检测玻璃大小, 磨边时无需调整。

(2) 主机输送系统采用胶辊和压轮设计, 可加工各种 LOW-E 玻璃, 不划伤膜面。

(3) 通过多达七轴伺服控制系统确保了磨边的精度和准确性。

(4) 磨边速度 15~30m/min, 玻璃所需磨边时间平均 20s/m²。

(5) 上下片输送系统采用精制铝辊配聚氨酯圈传动, 减小对玻璃的划伤。

(6) 控制系统具有自我诊断功能, 可掌握各种作业信息。

(7) GLASTON 专供磨轮, 磨削效果好, 寿命长。

5.应用案例

广宇洛玻(北京)工业玻璃有限公司改造项目, 技术提供单位为利江特能(北京)设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明: 广宇洛玻(北京)工业玻璃有限公司自成立以来始终采用相对传统的双边磨磨边玻璃加工方式, 产量 600m²/d, 功率 45kW, 平均每天耗电 720kW·h。

(2) 实施内容及周期: 在冷加工车间采购并安装卧式玻璃直线四边砂轮式磨边机 5 台, 并采购各目数磨轮 20 个。实施周期 3 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造后月节能量可达 2400kW·h, 折合年节约标煤 46.8t, 减排 CO₂ 1170t/a。该项

目综合年效益合计为 24 万元，总投入为 50 万元，投资回收期约 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 3.5 万 tce/a，减排 CO₂9.7 万 t/a。

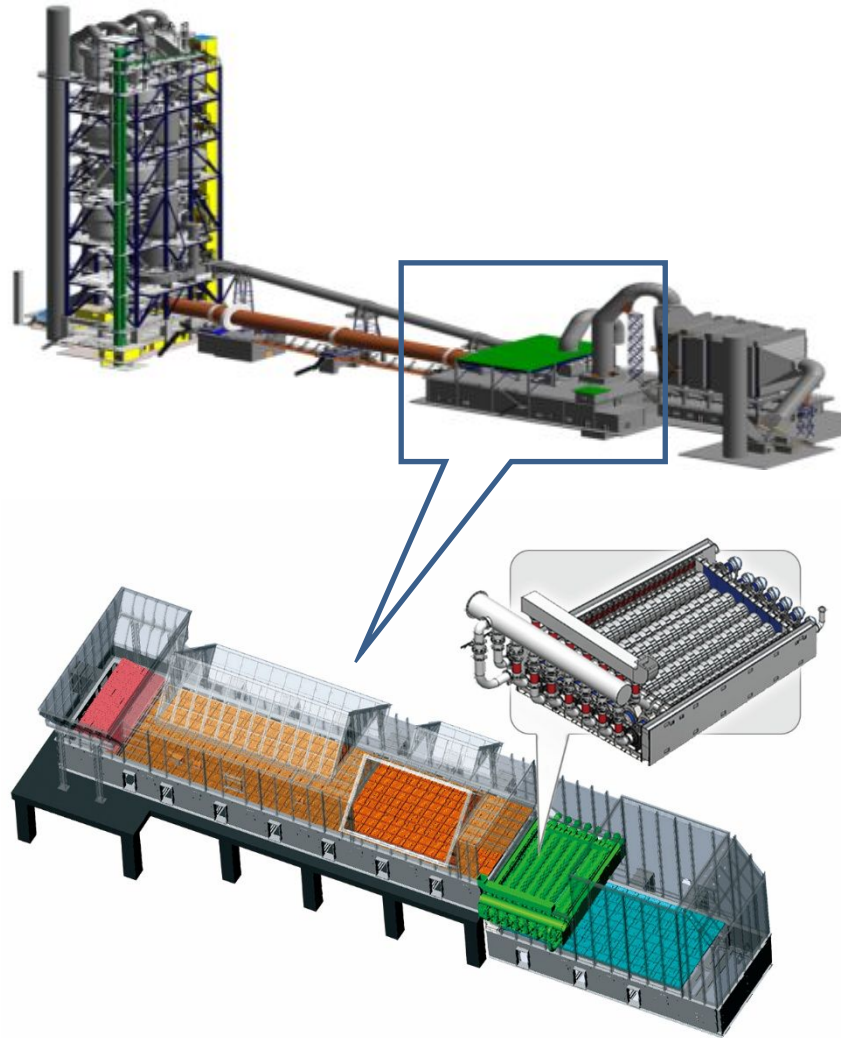
（六）新型水泥熟料冷却技术及装备

1.技术适用范围

适用于水泥行业节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用新型前吹高效篦板、高效急冷斜坡、高温区细分供风、新型高温耐磨材料、智能化“自动驾驶”、新型流量调节阀等技术，高温熟料通过风冷可实现对熟料的冷却并完成热量的交换和回收，中置辊式破碎机将熟料破碎至<25mm 粒度，同时步进式结构的篦床将熟料输送至下一道工序，热回收效率高、输送运转率高、磨损低，可降低电耗。结构示意图如下：



3.技术指标

- (1) 单位篦床面积产量：42~46t/（m²·d）。
- (2) 单位冷却风量：1.8~2.0Nm³/kgcl。
- (3) 热回收效率：>74%。
- (4) 运转率：98%。
- (5) 篦冷机系统电耗：5.0~5.2 kW/tcl。

4.技术功能特性

- (1) 水平行进式篦床分为数列，列与列之间相互独立运行。

(2) 流量自动控制调节装置，可以根据篦床上料层的阻力变化自动调节阀门的开度，进而达到自动调节供风量的作用，提高单位风量冷却效率，降低了不必要的损耗。

(3) 高温熟料辊式破碎机，与中置辊破上方的余热发电系统相配合，可有效提升热回收率。

5.应用案例

涑水冀东水泥有限公司篦冷机改造项目，技术提供单位为天津水泥工业设计研究院有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：涑水冀东水泥有限公司烧成系统原使用推料棒式第四代篦冷机，热回收效率低、故障率高、熟料冷却电耗高、备品备件更换频繁。

(2) 实施内容及周期：原篦冷机篦床、尾置锤式破碎机及两台冷却风机拆除，安装新型步进式第四代冷却机和尾置辊式破碎机，重新布置冷却风机及配套的工艺非标管道，安装液压传动系统。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：据电表统计，吨熟料工序电耗下降 2.57kW·h，每年可节电 370 万 kW·h，折合标煤 1202.5t；工序标煤耗下降 2.81kg/tcl，每年可节约 5100tce；余热发电年增加发电量 570 万 kW·h，折合标煤 1852.5t。综合年节约标煤 8155t，减排 CO₂ 2.26 万 t/a。该项目综合年效益合计为 571 万元，总投入为 1140 万元，投资回收期约 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 120 万 tce/a，减排 CO₂ 332.7 万 t/a。

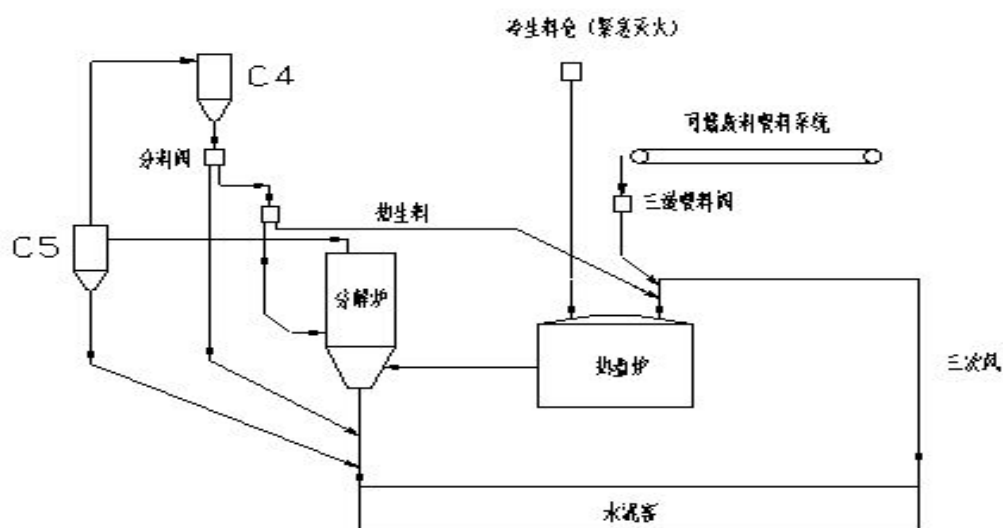
(七) 利用高热值危险废弃物替代水泥窑燃料综合技术

1. 技术适用范围

适用于利用水泥窑协同处置废弃物等领域节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

针对形态不同的危物形成两种不同处置方案：液态高热值危废通过调配、过滤等手段预处理，打入防静电、泄压储罐再次过滤后，喷入水泥窑内焚烧；固态高热值废弃物通过增设的回转式固废焚烧炉燃烧，产生的热气、残渣进入分解炉，热量 100% 用于熟料煅烧，残渣中的无机物作为熟料替代，重金属固化于熟料晶格，可实现废弃物替代部分燃料，替代率达 23%~25%，节能效果好。系统原理图如下：



3. 技术指标

(1) 年处置液体高热值废弃物约 20000t。

(2) 配套原有处置线新建一套固废焚烧炉系统，每年可

综合处置固态高热值废弃物约 10000t。

4.技术功能特性

对固废的性状适应性强，即使是对含水率较高的固废也能实现预燃烧处理，整个系统没有冷空气注入，不需要热砂或热油循环，没有废气和残渣外排，热损失小，不会造成二次污染。

5.应用案例

北京金隅北水环保科技有限公司机油综合利用替代燃煤项目，技术提供单位为北京金隅北水环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：将液态高热值危废打入废油储罐中，经滤网过滤后通过螺杆泵输送到喷枪，喷枪打散后喷入至水泥窑内进行焚烧处置，储罐加装防静电设施和泄压装置，降低存储过程中的安全风险。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：固态高热值废弃物热值约 9000kcal/t，实际处置量为 2000t/a，热量折标煤系数为 1kg/7000kcal，折合年节约标准煤 2560t，减排 CO₂ 7098t/a。该项目综合年效益合计为 153.6 万元，总投入为 70 万元，投资回收期约 8 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 15 万 tce/a，减排 CO₂ 41.6 万 t/a。

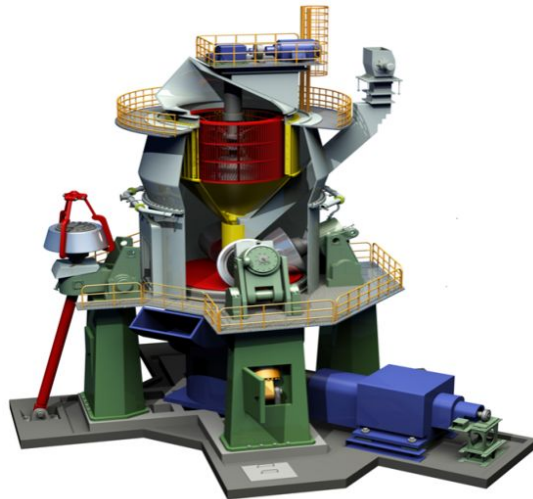
(八) 钢渣立磨终粉磨技术

1.技术适用范围

适用于钢铁、建材等行业的钢渣微粉制备工艺节能改造。

2.技术原理及工艺

采用料层粉磨、高效选粉技术，集破碎、粉磨、烘干、选粉为一体，集成了粉磨单元与选粉单元；通过磨内除铁排铁、外循环除铁、高压力少磨辊研磨等技术，使得钢渣中的金属铁有效去除，钢渣立磨粉磨系统能耗降低至 $40\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 以下。钢渣立磨粉磨系统结构图如下：



3.技术指标

- (1) 成品比表面积： $>450\text{ m}^2/\text{kg}$ 。
- (2) 成品水分： $<0.5\%$ 。
- (3) 主机电耗： $27\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 。
- (4) 系统能耗： $\leq 40\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 。

4.技术功能特性

- (1) 为了克服磨机运行稳定性问题，在钢渣原料入原料

仓、钢渣原料入磨前布置 2 道筛分装置，除去物料中大颗粒，并增加优化粉磨单元结构，增加研磨面积，保证磨机运行稳定性。

(2) 开发了磨内除铁排铁、外循环除铁、高压力少磨辊研磨等技术，使得钢渣中的金属铁有效去除。

(3) 磨机磨耗低、电耗低。

5.应用案例

南通融达新材料有限公司钢渣微粉生产线项目，技术提供单位为中材（天津）粉体技术装备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：新建钢渣微粉生产线。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：相对于辊压机联合粉磨系统，钢渣微粉系统可节电 $15\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ ，每年该条生产线可节电 370 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，折合年节约标煤 1202.5t，减排 CO_2 3334t/a。该项目综合年效益合计为 280 万元，总投入为 500 万元，投资回收期约 1.8 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 8.9 万 tce/a，减排 CO_2 24.7 万 t/a。

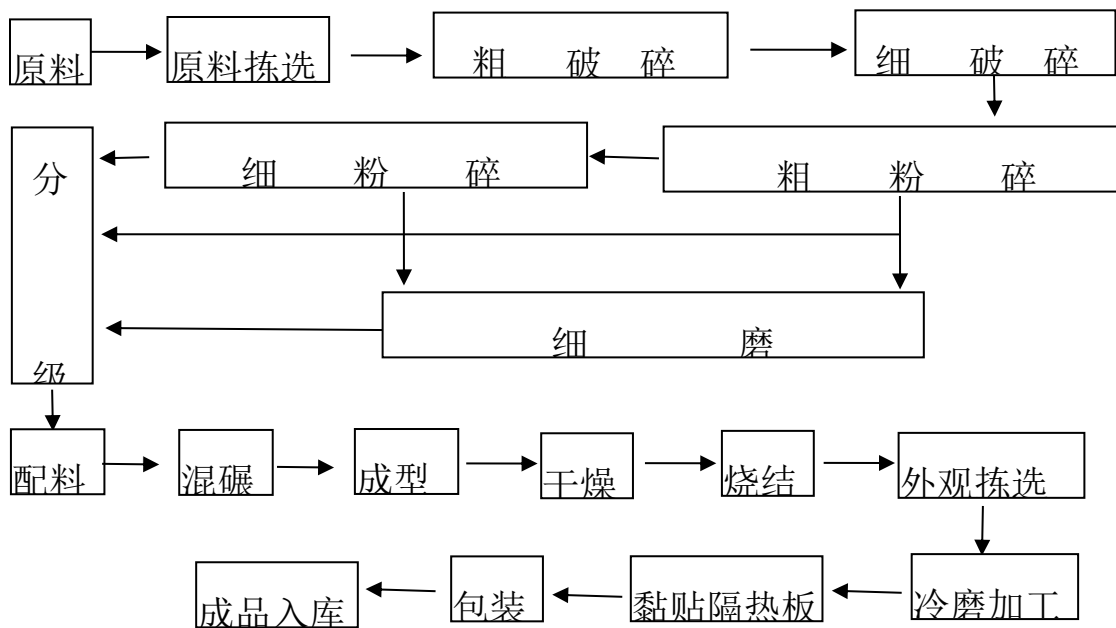
(九) 低导热多层复合莫来石砖

1.技术适用范围

适用于水泥行业的回转窑过渡带节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用多层复合技术，产品由工作层、保温层、隔热层复合而成。技术通过对各层的化学组分、结构和产品的制作工艺进行优化，使产品使用性能优于传统制品，导热系数明显降低；产品应用于大型水泥窑过渡带，不仅能够满足水泥窑的使用要求，且保温隔热效果远优于硅莫砖、硅莫红砖以及镁铝尖晶石砖，筒体外表温度明显降低，节能效果显著。工艺路线图如下：



3.技术指标

- (1) 常温耐压强度： $\geq 90\text{MPa}$ 。
- (2) 热震稳定性： ≥ 15 次（ 1100°C 水冷）。
- (3) 荷重软化温度： $\geq 1620^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 1000°C 导热系数： $< 1.65\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

4.技术功能特性

(1) 对工作层及保温层组成的优化设计, 解决了工作层及保温层导热系数大, 热震稳定性差等难题。

(2) 通过对结合处结合强度的研究, 实现同步成型、同步烧成, 解决了由于结合面膨胀系数不同而导致的结合强度低、膨胀收缩不一致造成开裂、变形的问题。

5.应用案例

南阳中联水泥有限公司改造项目, 技术提供单位为郑州瑞泰耐火科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明: 南阳中联水泥有限公司拥有 6000t/d 和 3000t/d 两条新型干法水泥生产线, 两条生产线的回转窑系统均使用普通常规耐火材料制品。

(2) 实施内容及周期: 自 2017 年开始, 两条水泥窑生产线的过渡带使用低导热多层复合莫来石砖, 砌筑长度 40m。实施周期 15 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造后, 比原使用的常规耐火材料重量减轻约 42t, 主电机和 5 台 6kW 的风机年节电 41.56 万 kW·h, 折合 135tce; 水泥窑筒体温度下降 78℃, 吨熟料能耗下降 1.13kg, 年节约 2373tce。累计年节约标煤 2508t, 减排 CO₂ 6953t/a。该项目综合年效益合计为 145.5 万元, 总投入为 383 万元, 投资回收期约 2.6 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年, 推广应用比例可达到 40%, 可形成节能 68.3 万 tce/a, 减排 CO₂ 189.4 万 t/a。