

# 《国家工业节能降碳技术应用指南与案例（2024年版）》之四：建材行业节能降碳技术

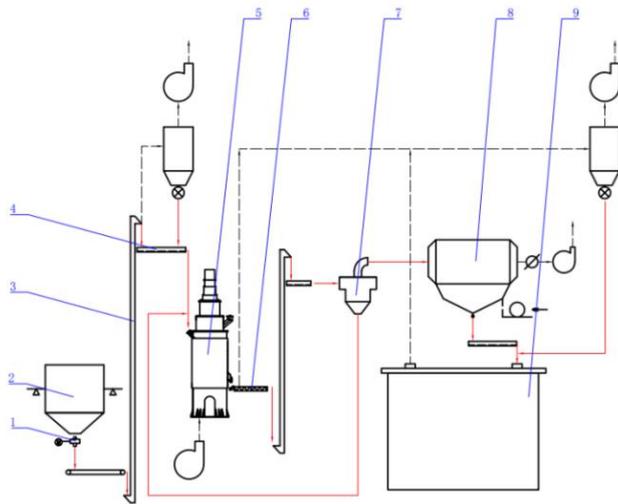
## （一）粉煤灰节能降碳利用关键技术与装备

### 1. 技术适用范围

适用于建材行业。

### 2. 技术原理及工艺

研发新型干法节能型立式研磨装备，物料通过上部喂料装置进入磨机，研磨介质和物料作整体多维循环运动和自转运动，精准匹配研磨整形所需能量，成品由下部卸料口排出。利用研磨介质之间的摩擦力、挤压力、剪切力和冲击力研磨物料，研磨整形后的粉煤灰可替代部分水泥熟料。闭路工艺装备布置如图1所示。



1-转子秤；2-配料仓；3-提升机；4-空气斜槽；5-立式研磨机；  
6-螺旋铰刀称；7-O-Sepa 选粉机；8-收尘器；9-成品库。

图1 闭路工艺装备布置图

### 3. 技术功能特性及指标

利用粉煤灰玻璃微珠分离整形工艺，研磨整形后粉煤灰玻璃微珠完好率 $\geq 80\%$ ，颗粒形貌改善，替代水泥熟料量 $\geq 10\%$ 。

#### 4.应用案例

##### （1）项目基本情况：

技术提供单位为厦门艾思欧标准砂有限公司，应用单位为福能环保新材（泉州）有限责任公司。改造前使用传统的球磨机加工处理粉煤灰，主要耗能种类为电力，年加工粉煤灰约 30 万吨左右，单位产品能耗 8 千克标准煤/吨。

##### （2）主要技术改造内容：

安装新型干法立式研磨机，配套粉煤灰无损剥离关键工艺技术和激光粒度检测在线分析系统，增设刚玉材质衬板和研磨介质。2020 年 1 月实施节能改造，实施周期 2 年。

##### （3）节能降碳效果及投资回收期：

改造完成后，单位产品能耗降低至 4.96 千克标准煤/吨，实现节能量 912 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 2426 吨/年。投资额为 1196 万元，投资回收期为 2 年。

## (二) 外循环水泥立磨终粉磨装备与系统

### 1.技术适用范围

适用于水泥行业。

### 2.技术原理及工艺

采用外循环式水泥终粉磨立磨作为唯一研磨装备并配套“外循环立磨+粗选选粉机+精选选粉机”工艺系统。所有物料从外循环立磨粉磨后经粗磨提升机全部通过外置式粗选选粉机进行初级分选。分选后粗料再次进入外循环立磨粉磨，细料进入二级精选选粉机再次进行分选，分选后细料中的粗粉返回外循环立磨继续粉磨，细料中的细粉作为成品经大布袋收集入库。工艺流程如图2所示。

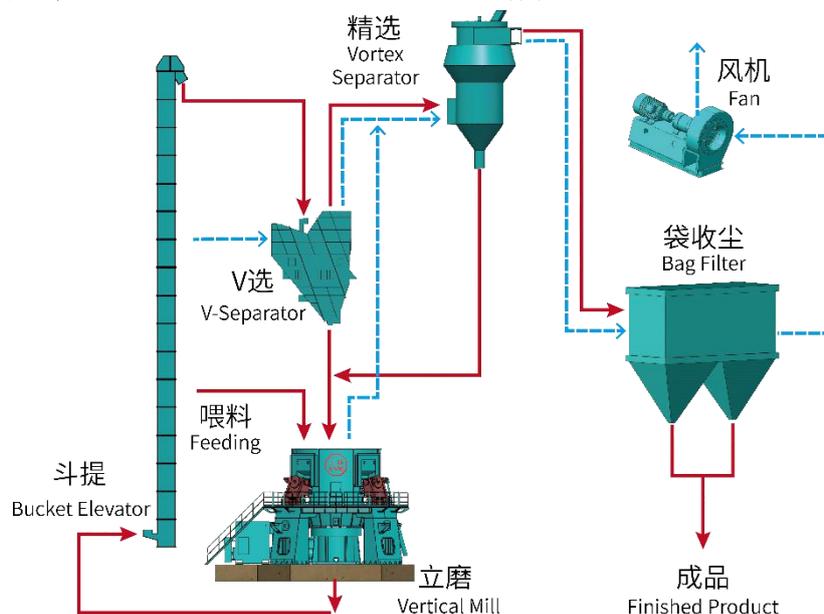


图2 工艺流程图

### 3.技术功能特性及指标

(1) 水泥立磨终粉磨工艺系统全外循环，系统风机能耗降低 3~4 千瓦时/吨；

(2) 采用外置式动静耦合选粉系统，选粉效率  $\geq 70\%$ 。

#### 4.应用案例

(1) 项目基本情况:

技术提供单位为中材国际智能科技有限公司，应用单位为鲁南中联水泥有限公司。改造前水泥粉磨车间采用 4 台套  $\phi 3.8 \times 12 \text{ m}$  单圈流水泥球磨生产设备，主要耗能种类为电力，年生产水泥 180 万吨，单位产品电耗为 36.9 千瓦时/吨。

(2) 主要技术改造内容:

采用外循环水泥立磨及外置式动静选粉系统及成品收尘系统组成的水泥粉磨系统，替换该厂原球磨设备。2013 年 8 月实施节能改造，实施周期 10 个月。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品工序电耗降低至 21.92 千瓦时/吨，实现节能量 2399.4 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 6382.4 吨/年。投资额为 5000 万元，投资回收期为 2.4 年。

### (三) 水泥低碳制造智能化关键技术

#### 1.技术适用范围

适用于水泥行业。

#### 2.技术原理及工艺

构建水泥低碳制造的智能化运营体系，该体系涵盖先进过程控制系统、智能联合储库物料处理系统、在线质量控制和智能设备监测优化系统等。在生产操作、原燃料处理与搭配、质量控制、设备运维等方面解决大规模使用复杂替代燃料所带来的热工、质量波动以及设备劣化加速问题，实现大比例复杂替代原燃料使用条件下的全流程智能化高效生产运行。智能化运营体系如图3所示。

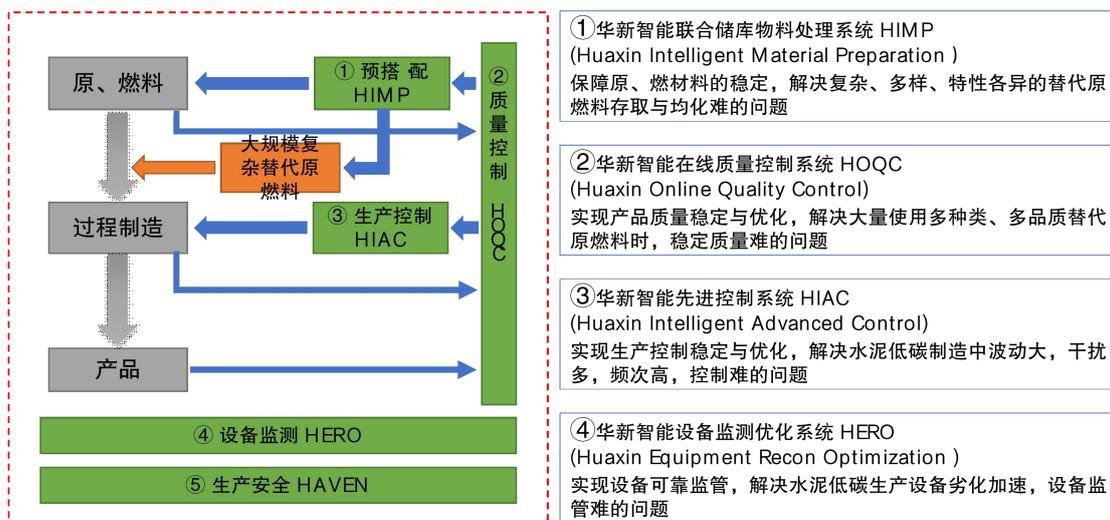


图3 智能化运营体系图

#### 3.技术功能特性及指标

(1) 大比例使用替代燃料工况下窑炉可长期高效、稳定燃烧，温度波动性降低 $\geq 40\%$ ，化石燃料替代率提升 $\geq 5\%$ ；

(2) 质量在线检测及模型预测可使熟料产品质量稳定性提升 $\geq 10\%$ ，水泥产品熟料消耗系数降低 $\geq 2\%$ 。

#### 4.应用案例

##### (1) 项目基本情况:

技术提供单位为华新水泥股份有限公司，应用单位为华新水泥（黄石）有限公司。改造前依靠人工操作，主要耗能种类为煤炭、电力、生活垃圾衍生燃料、工业废料及生物质燃料，年生产熟料 285 万吨，熟料单位产品综合能耗为 82.9 千克标准煤/吨。

##### (2) 主要技术改造内容:

搭建智能联合储库物料处理系统、生产工艺控制系统、设备监测优化系统，安装物联网传感器。2020 年 6 月实施节能改造，实施周期 6 个月。

##### (3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，熟料单位产品综合能耗降低至 73.03 千克标准煤/吨，实现节能量 2.8 万吨标准煤/年，二氧化碳减排量 7.4 万吨/年。投资额为 660 万元，投资回收期为 6 个月。

## （四）建材行业工厂余热电站微网系统

### 1.技术适用范围

适用于建材行业电能质量优化。

### 2.技术原理及工艺

将工厂窑炉系统产生的余热转换为电能，供给窑炉系统的用电设备使用， 富余发电量用作工厂其他设备的用电负荷，形成发电用电自循环。智能检测判断外部电源状态，通过投切自动装置实现在外网失电、电能质量不佳时余热发电系统进入微网模式。采用快速调节系统、电平衡装置等实现微网模式下电能参数的快速调节，保证极端工况下余热发电系统在微网模式下稳定运行。系统功能配置如图 4 所示。

微网系统的功能配置图



图 4 系统功能配置图

### 3.技术功能特性及指标

（1）解决大负荷启动干扰，确保电动机启动成功率 100%；

（2）保障生产线不受电网故障的影响，运转率 100%；

(3) 优化系统配置，余热电站自耗电率 $\leq 5\%$ 。

#### 4.应用案例

(1) 项目基本情况:

技术提供单位为上海凯盛节能工程技术有限公司，应用单位为华新水泥坦桑尼亚马文尼石灰石有限公司。改造前，拥有一条干法水泥熟料生产线，主要耗能种类为煤炭和电，日产 4000 吨水泥熟料，单位熟料能耗为 120 克标准煤/千克。

(2) 主要技术改造内容:

余热电站安装锅炉快速排汽装置，配置主蒸汽旁路、汽轮机调速等控制系统；在电气系统采用全冗余双通道的发电机励磁系统，安装智能化微网切换装置等。2021 年 9 月实施节能改造，实施周期 1 年。

(3) 节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位熟料能耗降至 100 克标准煤/千克，年发电量达到 4840.56 万千瓦时，实现节能量 1.41 万吨标准煤/年，二氧化碳减排量 3.75 万吨/年。投资额为 300 万元，投资回收期为 1 年。

## （五）建筑光伏产品光伏低压发电及逆变储能系统

### 1.技术适用范围

适用于建筑行业新能源利用。

### 2.技术原理及工艺

采用晶硅电池片网状电路结构实现消减热斑效应。通过特种胶膜及耐腐蚀高强度金属背板封装技术增强组件强度和建筑功能，同时使光伏组件与建筑材料融合成为建筑光伏产品。采用 A2 级防火复合材料构建光伏组件，满足防火安全、电气规范以及建筑功能要求。通过隔离型组件级逆变及智能储能技术实现安全低压、主动关断、高转化效率及智能互补控制。工业厂房屋顶光伏瓦结构如图 5 所示。

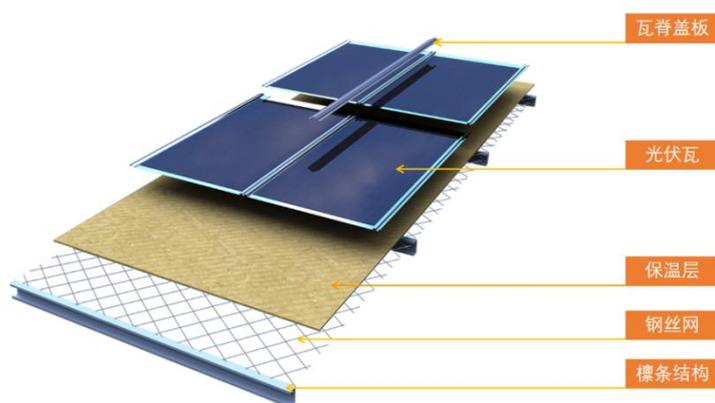


图 5 工业厂房屋顶光伏瓦结构图

### 3.技术功能特性及指标

(1) 充分利用工业厂房建筑屋顶及外墙进行发电，有效发电面积最高达 90%，装机容量增加 30%；

(2) 采用微组串逆变技术，光伏系统最大直流电压<120 伏，逆变效率>98%；

(3) 金属一体背板材料，A2 防火等级，允许人行动载>140 千克/平方米。

#### **4.应用案例**

(1) 项目基本情况：

技术提供单位为赫里欧新能源有限公司，应用单位为肥城市城市资产经营集团。改造前屋顶面和墙面铺覆聚苯保温夹心彩钢瓦，只有保温和隔离雨水功能。

(2) 主要技术改造内容：

拆除旧有聚苯夹心彩钢板屋面和墙面，在屋顶和南墙面安装建材化光伏低压发电及逆变储能系统，装机容量 6.4 兆瓦。2023 年 4 月实施节能改造，实施周期 6 个月。

(3) 节能降碳效果及投资回收期：

改造完成后，保温隔雨效果更好，每年累计发电 756 万千瓦时，实现节能量 2343 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 6234 吨/年。投资额为 3000 万元，投资回收期为 4.5 年。