

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例（2020）》

之二：冶金行业节能改造技术

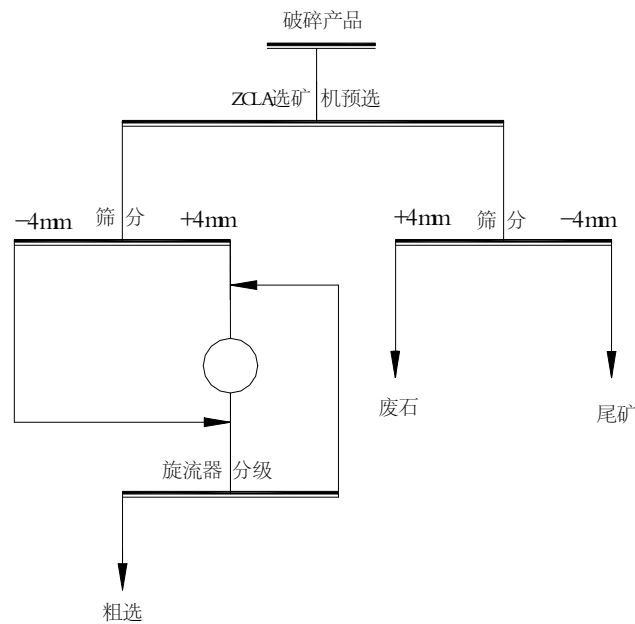
（一）宽粒级磁铁矿湿式弱磁预选分级磨矿技术

1. 技术适用范围

适用于冶金行业的磁铁矿磨矿工艺节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用宽粒级磁铁矿湿式弱磁预选、分级磨矿新工艺，解决了磁铁矿石粒级范围较宽不能直接湿式预选的问题，通过选矿机预选抛出磁铁矿中的尾矿，减少入磨尾矿量，再利用绞笼式双层脱水分级筛对精矿和尾矿进行筛分，粗粒精矿进入球磨机，细粒精矿进入旋流器分级，粗粒尾矿作为建材综合利用，细粒尾矿改善总尾矿粒级分布，从源头上提高了充填强度和尾矿库安全性，节能效果明显。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 磨矿电量降低: 217.35 万 kW·h/a。
- (2) 尾矿 TFe 品位: 10.05%。
- (3) 入磨 TFe 品位提高: 7.17%。
- (4) 一段磨矿产品粒度: 63.51%。
- (5) 总尾矿平均粒径: 0.1066mm。
- (6) 建材产品增加: 13.29 万 t/a。

4.技术功能特性

- (1) 解决了宽粒级入磨 (0~30 mm) 磁铁矿无法直接湿式抛尾的难题, 实现了磨前宽粒级抛尾。
- (2) 较宽粒级干式抛尾产率提高 15%。

5.应用案例

马钢(集团)控股有限公司姑山矿业公司和睦山铁矿 110 万 t/a 选矿厂项目, 技术提供单位为安徽马钢矿业资源集团有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：马钢姑山矿业公司和睦山铁矿是宁芜系铁矿床的细粒嵌布磁铁矿代表之一。现使用工艺存在磨前产品因为粒级范围宽且矿石潮湿含泥等问题无法进行预选抛尾，导致大量尾矿进入磨矿系统，造成磨矿能耗大，能源浪费。

(2) 实施内容及周期：对和睦山宽粒级磁铁矿 ZCLA 湿式弱磁预选一分级磨矿新工艺改造。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，3 号机组折合单位发电量煤耗下降 5.3g，燃煤电站煤耗量下降 1.70%，折合年节约标煤 705t，减排 CO₂ 1955t/a。该项目综合年效益合计为 165 万元，总投入为 106.7 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 15%，可形成节能 18 万 tce/a，减排 CO₂ 49.9 万 t/a。

(二) 高效长寿化双膛立式石灰窑装备及控制技术

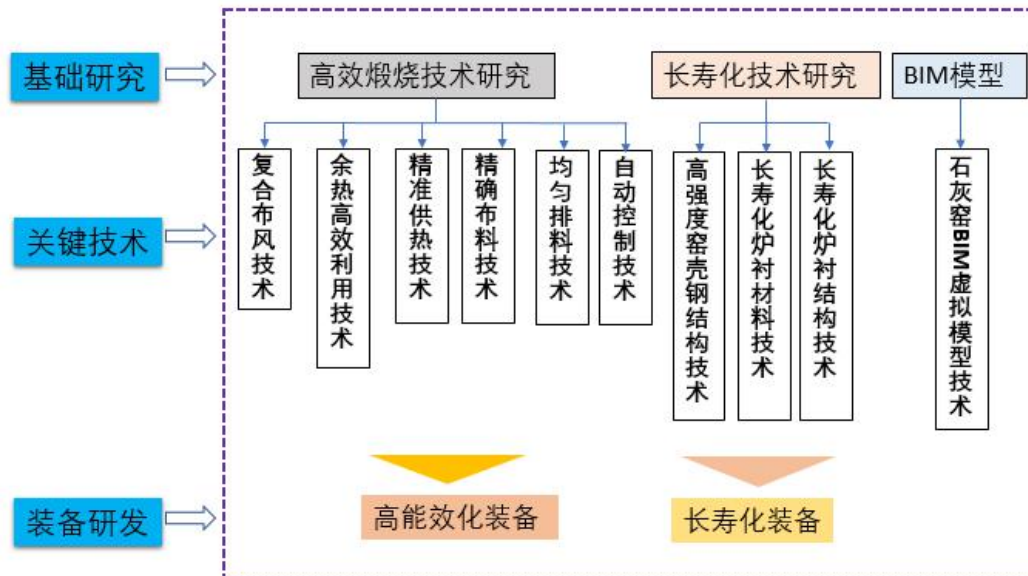
1.技术适用范围

适用于冶金行业节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用石灰石双膛换向蓄热煅烧工艺，通过采取风料逆流和并流复合接触，窑内 V 形料面精准调节，周向各级燃料精准供给，基于物燃料煅烧特性的最优换向控制，柔性拼装与

强固砌筑衬体等关键技术，可实现石灰窑的节能化长寿化多重效益，能耗低至 96.07kgce/t。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 产量：600 t/d。
- (2) MgO 含量：1.38%。
- (3) SiO₂ 含量：0.78%。
- (4) CaO 含量：91.31%。
- (5) 活性度：392mL/4mol/L-HCL。
- (6) 吨矿热耗：96.07kgce。

4.技术功能特性

(1) 采取复合布风技术，根据不同工艺段灵活使用风料逆、并流接触模式，可在保证产品质量前提下，提高风料传热效率 15%。

(2) 采取精准布料与对中排料技术，使窑内料层可稳定均匀下行，且窑内料面满足石灰石安息特性的 V 形料面，可

降低窑内无效风量 30%。

(3) 采取矩阵式筋板装置、环向柔性连接装置、拱顶式牛腿装置、摩擦自锁砖装置等一系列柔性强固式装备，形成了柔性拼装式窑体与强固砌筑式衬体，可使部件寿命延长 40%。

5.应用案例

扬州恒润海洋重工有限公司 2 × 600t/d 石灰窑改造项目，技术提供单位为中冶长天国际工程有限责任公司。

(1) 用户用能情况简单说明：扬州恒润海洋重工有限公司炼铁厂改造前烧结和炼钢等工序用石灰均来自对外采购，外购石灰大部分采用回转窑工艺生产，回转窑生产过程中，排烟温度高，尾气带走的热量过大，导致单位石灰生产能耗过高。

(2) 实施内容及周期：新建两座燃煤 600t/d 石灰双膛竖窑，可满足 25 万 t/a 烧结用石灰粉和 12 万 t/a 炼钢用石灰的需求。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，较原窑每吨成品石灰节约电耗 3kW·h，两台窑每年成品石灰产量 39.6 万 t，年节约总电量约 118.8 万 kW·h，折合年节约标煤 386.1t，减排 CO₂ 1070t/a。该项目综合年效益合计为 3579.84 万元，总投入为 9000 万元，投资回收期约 30 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 35%，可形成节能 178 万 tce/a，减排 CO₂ 493.5 万 t/a。

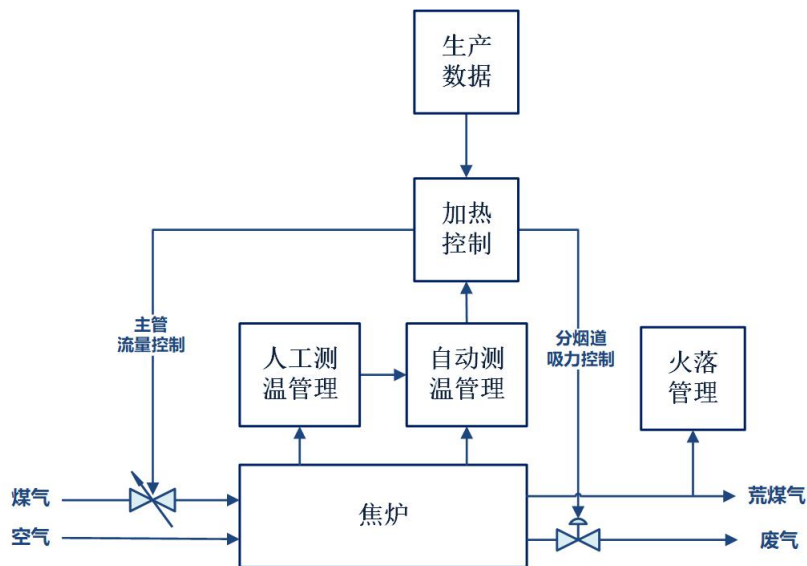
(三) 焦炉加热优化控制及管理技术

1. 技术适用范围

适用于冶金行业焦炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用炉顶立火道自动测温技术，对焦炉温度进行精细检测，采用自主研发的控制算法，对焦炉加热煤气流量及分烟道吸力进行精确调节，每两个交换周期调节1次，调节周期短，有助于减少炉温波动，改善了焦炉温度的稳定性，可节省焦炉加热煤气量2%以上。工艺流程图如下：



3. 技术指标

- (1) 自动测量直行温度。
- (2) 节约煤气2%以上。

4. 技术功能特性

- (1) 自动测量火道温度，减少人工测温误差，还可以连

续监视焦炉温度波动状态。

(2) 全自动控制焦炉加热主管煤气流量和分烟道吸力，每两个交换周期调节 1 次，调节周期短，有助于减少炉温波动。

5.应用案例

唐山中润煤化工有限公司焦炉烟气脱硫脱硝工程 EPC 改造项目，技术提供单位为中冶焦耐（大连）工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：唐山中润煤化工有限公司炼焦分厂建有 4 座 JN60 型焦炉，规格为 4×55 孔，其中每两座焦炉为 1 个炉组，采用焦炉煤气加热方式。

(2) 实施内容及周期：配套建设 2 套焦炉加热控制及管理系统，系统包括立火道自动测温设备、控制系统设备和系统应用软件。实施周期 14 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：按 1 个炉组节省 2% 焦炉煤气计算，全年大约节省焦炉煤气量 336 万 m^3 ，焦炉煤气热值按 $4280\text{kcal}/\text{m}^3$ 计算，标准煤热值按 $7000\text{kcal}/\text{kg}$ 计算，则 1 个炉组每年可节约标煤 2054 t，减排 CO_2 5695t/a。该项目综合年效益合计为 672 万元，总投入为 806 万元，投资回收期约 1.2 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 20%，可形成节能 21 万 tce/a，减排 CO_2 58.2 万 t/a。

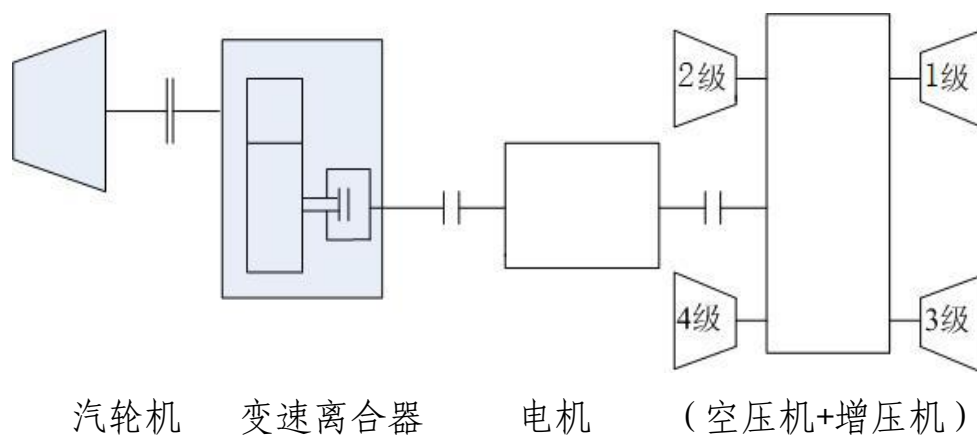
(四) 铜冶炼领域汽电双驱同轴压缩机组(MCRT)技术

1.技术适用范围

适用于铜冶炼领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将两个压缩机（空压机、增压机）集成在一个多轴齿轮箱上，采用三个入口导叶调节压缩机各段负荷，形成一个全新的空、增压一体式压缩机。将汽轮机通过变速离合器，与空增压一体机及电机串联在一根轴系上，机组启动前，离合器处于断开状态；主电机驱动压缩机旋转，产生的压缩空气送往空分装置进行空气分离，分离后的氧气送往冶炼装置，待反应炉产生高温尾气后，通过余热锅炉回收尾气中的热量，产生副产蒸汽，蒸汽带动汽轮机旋转，汽轮机转速达到啮合转速时变速离合器啮合，取消了汽轮发电环节，减少能量转换过程的损失，压缩机多变效率最高可达 88%，提高能量回收效率，提升了运行经济性。机组结构示意图如下：



3.技术指标

(1) 压缩机/增压机流量：193000/103000 Nm³/h。

(2) 汽轮机蒸汽压力：4.1~4.25MPa (G)。

(3) 汽轮机流量：76t/h。

4.技术功能特性

(1) 压缩机多变效率最高可达 88%。

(2) 在一个齿轮箱上同时集成了空压机、增压机的两种功能，减小了压缩机的占地面积，提高了运行经济性。

(3) 独特的应用离合器在线啮合与脱开功能，增强了机组的安全裕度。

5.应用案例

广西南国铜业有限责任公司 15 万 t 铜冶炼 4.2 万空分装置项目，技术提供单位为西安陕鼓动力股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：广西南国铜业有限责任公司改造前的配置为传统机组：电驱空压机组、电驱增压机组、汽轮发电机组，单轴压缩机效率低，套机组及其辅助设备占地面积大。

(2) 实施内容及周期：采用独特的三机、串联、同轴技术，将原 3 套独立的电驱空压机、电驱增压机、余热蒸汽发电机组合并为 1 套双驱动同轴机组。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：副产蒸汽用于汽轮发电机组，发电机效率 97%；电机用于驱动，满载效率 97%，总能量转化损失 6%，本项目减少了能量转化环节，每年可节约电量 800 万 kW·h，折合年节约标煤 2600t，减排 CO₂ 7209t/a。该项目综合年效益合计为 3000 万元，总投入为 3400

万元，投资回收期约 1.1 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 10 万 tce/a，减排 CO₂ 27.7 万 t/a。

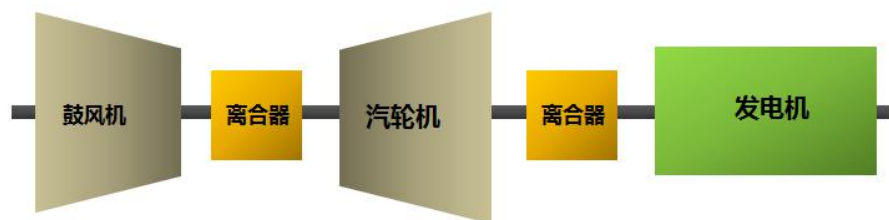
（五）汽轮驱动高炉鼓风机与电动/发电机同轴机组技术

1.技术适用范围

适用于冶金领域高炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用高炉鼓风与发电同轴技术，设计汽轮机和电机同轴驱动高炉鼓风机组（BCSM），实现了汽电双驱提高能源转换效率 8% 的功能，缩短汽拖机组 80% 启动时间，保证复杂机组的轴系稳定性。设计高炉鼓风机与汽轮发电机同轴机组（BCSG），既实现了高炉备用鼓风机功能，又在备用鼓风机闲置期用于汽轮发电机组，同时解决了汽轮机驱动鼓风机启动时间长的问题，提高了高炉系统的能源利用效率。BCSG 机组示意图如下：



3.技术指标

(1) 将回收能源直接用于驱动，简化能量转换环节，提高能量利用效率。

(2) 一台汽轮机实现两种不同的驱动模式。

(3) 提高能源转换效率 8%左右。

4.技术功能特性

(1) BCSG机组可实现高炉鼓风机运行和发电运行两种功能，用户可以根据需要任意切换。

(2) BCSM机组三种运行模式，用户可以根据需要选择，保证机组运行效益最高。

5.应用案例

山西襄汾星源钢铁集团有限公司 AV40 BCSM 机组改造项目，技术提供单位为西安陕鼓动力股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：山西襄汾星源钢铁集团有限公司 AV40 BCSM 机组项目上用电拖鼓风机组，效率低。

(2) 实施内容及周期：450m³ 高炉鼓风机组 AV40 电拖鼓风机组增加汽轮机拖动改造，采用同步离合器连接，增加润滑调节油系统及控制系统。实施周期 17 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，蒸汽条件满足设计工况时，最大发电功率可达 3500kW，按一年运行 8000h 计算，合计节约用电 2800 万 kW·h，折合年节约标煤 9100t，减排 CO₂ 2.5 万 t/a。：该项目综合年效益合计为 3000 万元，总投入为 4000 万元，投资回收期约 16 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 60%，可形成节能 40 万 tce/a，减排 CO₂ 110.9 万 t/a。