

第一章 钢铁行业

案例I.

1#机组烟气脱硫及脱硝系统改造技术

1#机组烟气脱硫及脱硝系统改造技术

——钢铁行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源：中钢集团天澄环保科技股份有限公司

技术示范承担单位：武汉钢电股份有限公司

项目背景



由于近年来电煤供应日趋紧张，原煤品质不断恶化，目前原煤的含硫率已无法控制在设计值 $\leq 0.76\%$ 以内，实际原煤的最高硫份已突破 1.24% ，由于原煤硫份的增加，原烟气中的 SO_2 浓度也随之升高，原有“两炉一塔”式脱硫设施处理能力无法满足同时处理两台锅炉烟气的要求，脱硫设施的脱硫效率和出口 SO_2 排放浓度将无法达标。

同时，随着《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）的颁布实施，火电厂烟气 NO_x 排放浓度限值由 $1100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 降至 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以内（特别地区排放标准 $< 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），公司原有尾气处理系统将不能实现 NO_x 的达标排放。

燃料和热能转化设施类型	污染物项目	适用条件	限值
燃煤锅炉	烟尘	全部	30
	二氧化硫	新建锅炉	100 200 ⁽¹⁾
		现有锅炉	200 400 ⁽¹⁾
	氮氧化物 (以 NO_2 计)	全部	100 200 ⁽²⁾
	汞及其化合物	全部	0.03

火力发电

烟气脱硫技术

- 湿法烟气脱硫
- 半干法烟气脱硫
- 干法烟气脱硫

脱硝控制技术

- 低氮燃烧技术
- 选择性催化还原脱硝法
- 选择性非催化还原脱硝法

2012年9月至2012年11月，武汉钢电股份有限公司1#发电机组停机大修，期间同时完成烟气脱硫系统“一炉一塔”改造工程、锅炉低氮燃烧器改造工程、脱硝工程系统工程。

项目背景



脱硫机组

90%

脱硝机组

28%

截至2012年底，全国发电装机容量达到11.45亿千瓦，同比增长7.8%，其中，火电8.19亿千瓦(含煤电7.58亿千瓦、气电0.38亿千瓦)，占全部装机容量的71.5%。

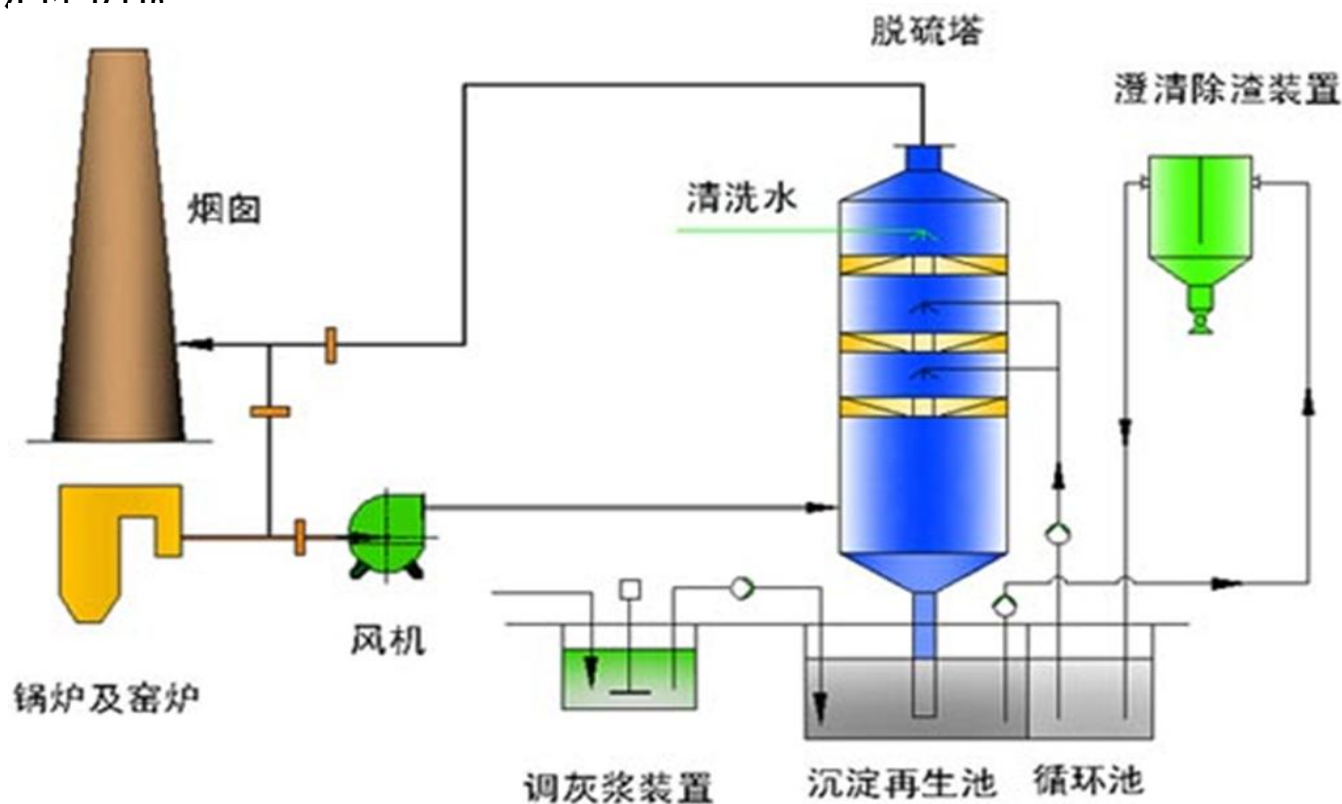
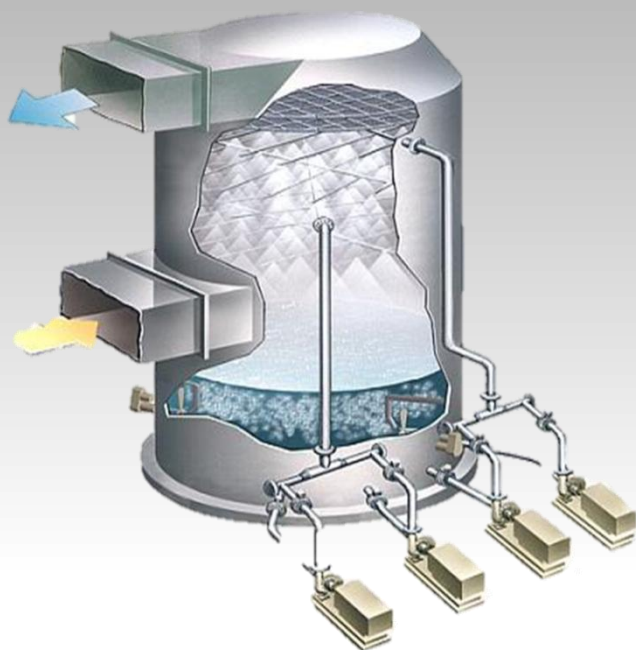
2012年新投运火电厂烟气脱硫机组总容量有所下降，约4500万千瓦。截至2012年底，累计已投运火电厂烟气脱硫机组总容量约6.8亿千瓦，占全国现役燃煤机组容量的**90%**。脱硫工艺主要采用石灰石-石膏法，此外，电石渣-石膏法、烟气循环流化床法也占有少量份额。

2012年新投运火电厂烟气脱硝机组容量约9000万千瓦，其中，采用选择性催化还原技术(SCR工艺)的脱硝机组容量占当年投运脱硝机组总容量的98%。截至2012年底，已投运火电厂烟气脱硝机组总容量超过2.3亿千瓦，占全国现役火电机组容量的**28%**。

石灰石-石膏湿法脱硫技术



石灰石-石膏湿法脱硫工艺采用价廉易得的石灰石粉作脱硫吸收剂。在吸收塔内，吸收浆液与烟气接触混合，烟气中的 SO_2 与浆液中的 CaCO_3 以及鼓入的氧化空气进行反应被脱除，最终反应物为石膏。脱硫后的烟气经除雾器除去携带的细小液滴后排入烟囱。脱硫石膏浆液离开吸收塔，经脱水制成脱硫石膏后利用。



石灰石-石膏湿法脱硫技术 技术特点



塔内烟气高流速

大多数的FGD装置吸收塔的烟气设计流速选取为 3m/s ，本项目塔内流速采用 4m/s ，塔内烟气的高流速能引起液滴表面的剧烈振动，改善气-液相之间的传质效果，促进吸收反应。采用高流速吸收塔技术用于降低液气比，缩小塔径，可以降低运行费用、占地面积和造价。

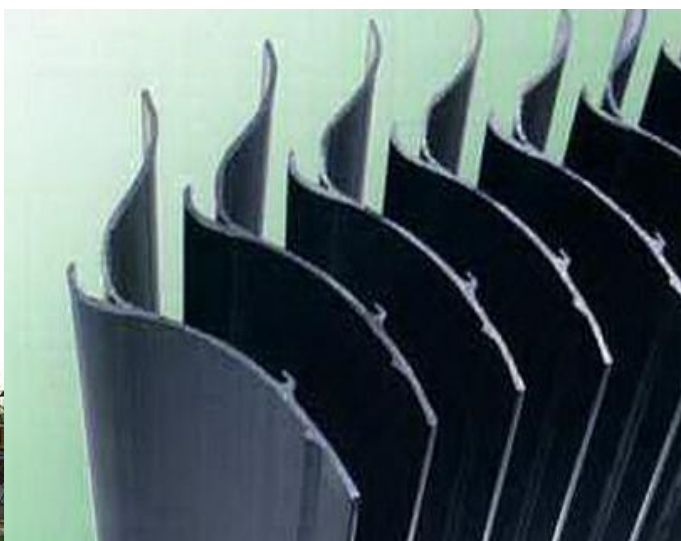
另外，本项目使用特有的高速除雾器。解决了净烟气的除雾脱水带来难题，塔内速度高于 4m/s 时，仅能测到少量的穿透液滴。

吸收塔关键尺寸的优化

吸收塔是FGD系统中的核心设备，吸收塔关键尺寸的优化是降低工程投资与运行费用的技术措施，在本项目充分利用MET专业设计软件进行吸收塔的优化设计，对脱硫率与吸收塔压降进行综合考虑，达到了投资与运行成本最优。



本项目吸收塔



塔内高速除雾器

石灰石-石膏湿法脱硫技术



吸收塔内喷淋浆液再分布装置（ALRD）

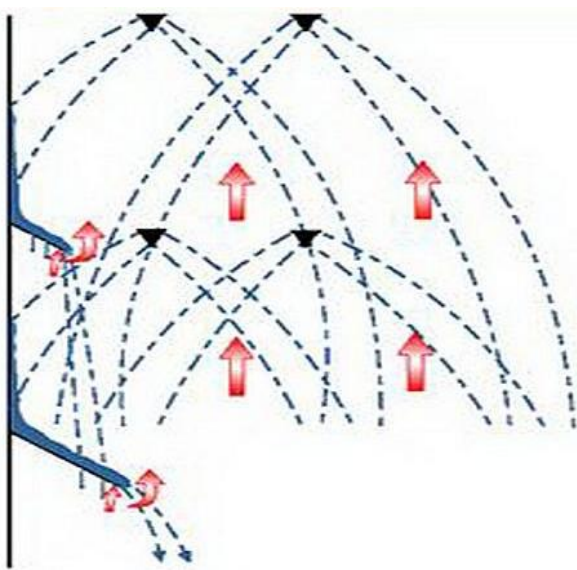
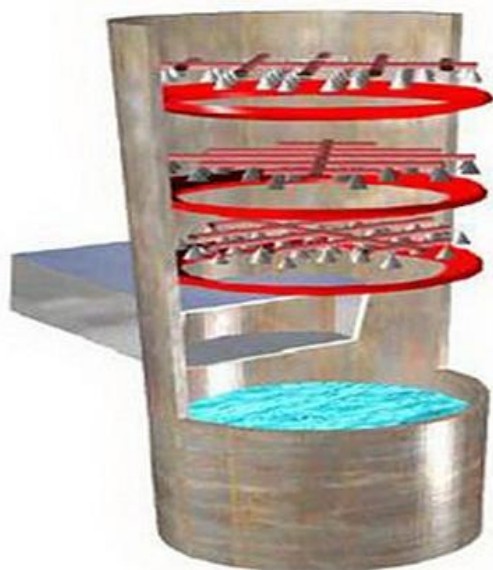
采用专利技术，在塔内设置ALRD装置用于消除边壁滑落现象。通过ALRD的使用，可以在初始吸收率基础上，SO₂吸收效率提高2~5%。

吸收塔内喷淋浆液再分布装置（ALRD）的技术优势有如下几点：

- 1) 结构简单、运行经济可靠、维护成本低；
- 2) 在不增加吸收塔压降的情况下，解决了烟气“逃逸”问题；
- 3) 该装置可以节省喷淋层的数量，节省投资和运行成本；
- 4) 提高了塔内传热传质效率，即提高烟气与浆液的接触与混合
- 5) 在满足同样脱硫效率的情况下可以有效降低液气比和脱硫系统电耗。

采用防腐材料

在系统中不同的部位，采用不同的防腐措施，特别在关键部位（如吸收塔入口烟道）采用C276合金，使设备的可靠性更高。



液体再分配器（ALRD）的设置

低氮燃烧技术（LNB）



普通低氮燃烧技术

三梯度低氮燃烧技术

目前国内低氮燃烧器普遍采用低氮分级燃烧技术，该技术存在：

- 1、炉膛出口烟温偏高，尤其在燃用低灰熔点烟煤时过热器超温导致喷水量过大；
- 2、飞灰含碳量增加导致机械不完全燃烧损失增大；
- 3、排烟温度升高导致尾部辅助设备受损和排烟损失增大的问题。

本项目采用拥有自主知识产权的新型低氮燃烧器，“三梯度低氮燃烧技术”，很好的解决了目前分级燃烧技术存在的问题。

低氮燃烧技术（LNB）



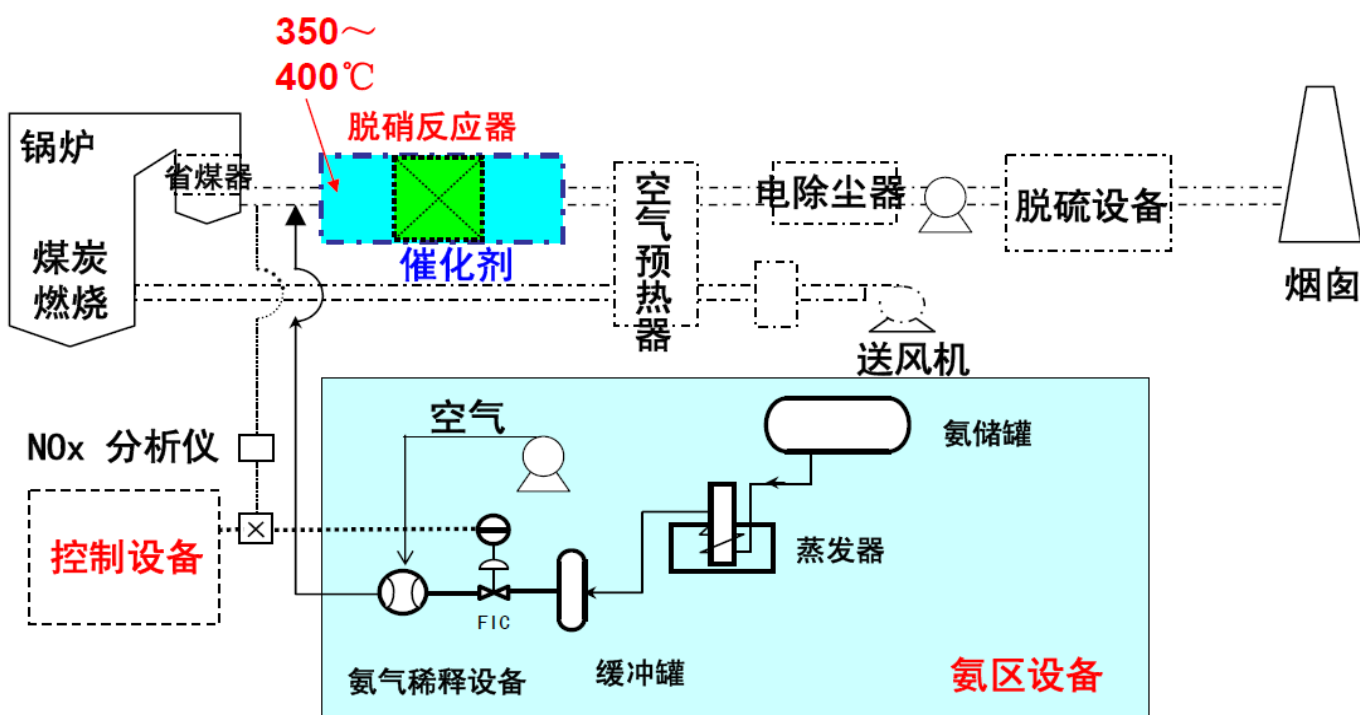
“三梯度低氮燃烧技术”的原理为：

通过合理配置燃料供给方式及供风方式，在炉膛内部沿垂直方向形成两个独立的燃烧区域，使炉内燃烧气氛经过还原-氧化-还原-氧化四个阶段，燃料与空气当量浓度比在四个不同阶段之间形成三级梯度过程变化，同时燃烧温度在三级梯度变化中发生转变，炉内整个燃烧过程均在偏离常规理论燃烧当量比下进行，从而实现深度分级，而且上部燃烧区的再燃燃料兼具有还原作用，再结合动态监测控制系统实时进行监测和控制，从而使锅炉长期稳定运行，同时实现更低的经济 NO_x 排放量。

“三梯度低氮燃烧技术”相比普通低氮燃烧技术有如下优势：

- 1) 低氧量燃烧，炉膛出口过氧量低至3%以下；
- 2) 多煤种适应性，可燃基挥发份大于10%的煤种均可以稳定良好燃烧；
- 3) 更低负荷稳燃，根据不同煤种实现30~50%低负荷稳燃；
- 4) 更低锅炉机械不完全燃烧损失，飞灰含碳量一般可以维持在3%以下；
- 5) 更低氮氧化物排放，根据不同煤种实现氮氧化物排放放在200~300 mg/Nm^3 。
- 6) 炉膛出口烟温不出现升高的问题。

选择性催化还原脱硝法 (SCR)

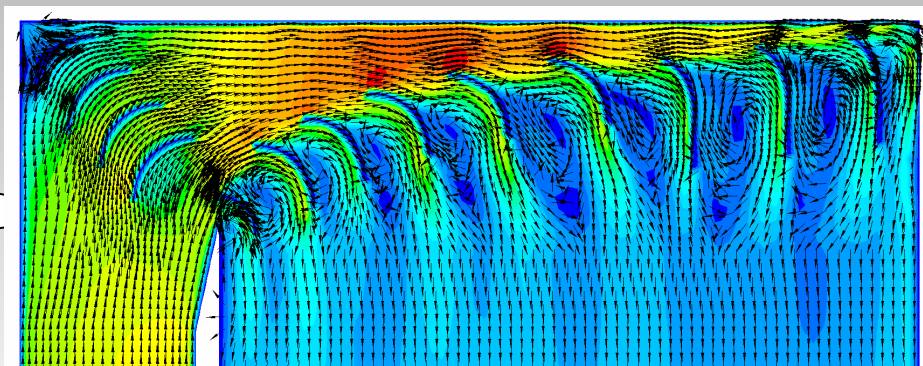


- 脱硝系统采用“高含尘布置方式”的选择性催化还原法 (SCR) 脱硝装置，在设计煤种、锅炉最大工况、处理100%烟气量条件下脱硝效率不小于80%，催化剂层数按2层运行1层备用设计。
- SCR反应器布置于锅炉尾端，反应器烟气入口接自省煤器出口，反应器出口接至空气预热器热烟气接口。反应器支撑结构与锅炉钢架共用，并对原有锅炉钢架进行加固改造。
- 脱硝剂选用液氨。
- 采用国际先进的计算流体动力学软件FLUENT对SCR连接烟道及反应器进行数值模拟，确保流场分布的均匀性；采用有限元软件ANSYS对反应器在各种载荷作用下的响应进行预测，优化反应器设计；采用流场适应型设计方法和独特的防磨喷氨格栅设计，确保 NH_3 和 NO_x 的精确匹配。
- 采用特殊的防止大颗粒灰分堵塞催化剂的装置，使得催化剂无堵塞之忧；
- 项目选用的催化剂采用经技术引进、消化吸收后的国产催化剂，并采用催化剂性能在线监测系统，能有效监测和控制氨的逃逸、防止空预器堵塞

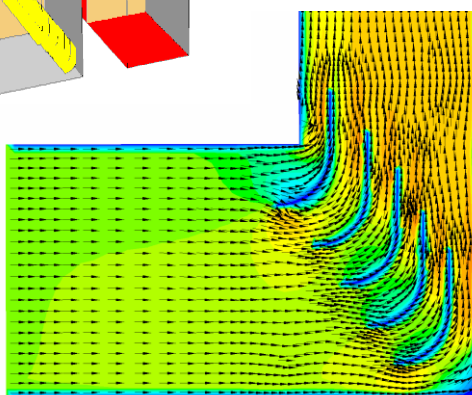
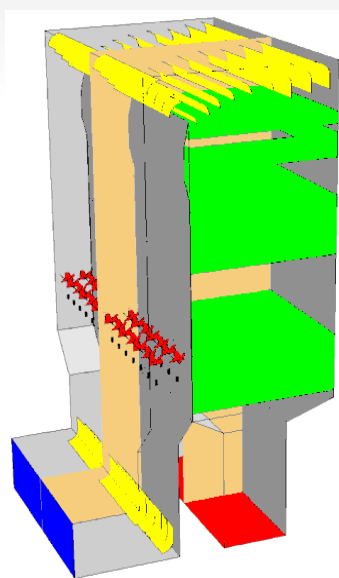
选择性催化还原脱硝法 (SCR)



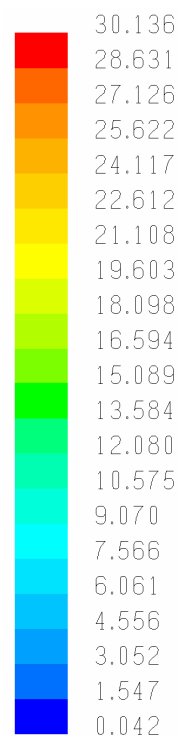
SCR反应器顶部
仿真效果图



烟道进口仿
真效果图



v [m/s]



脱硫技术应用实景



脱硫剂制备系统—石灰石粉仓



吸收系统—浆液循环泵



石膏脱水系统—真空皮带机



烟气系统—增压风机及烟道

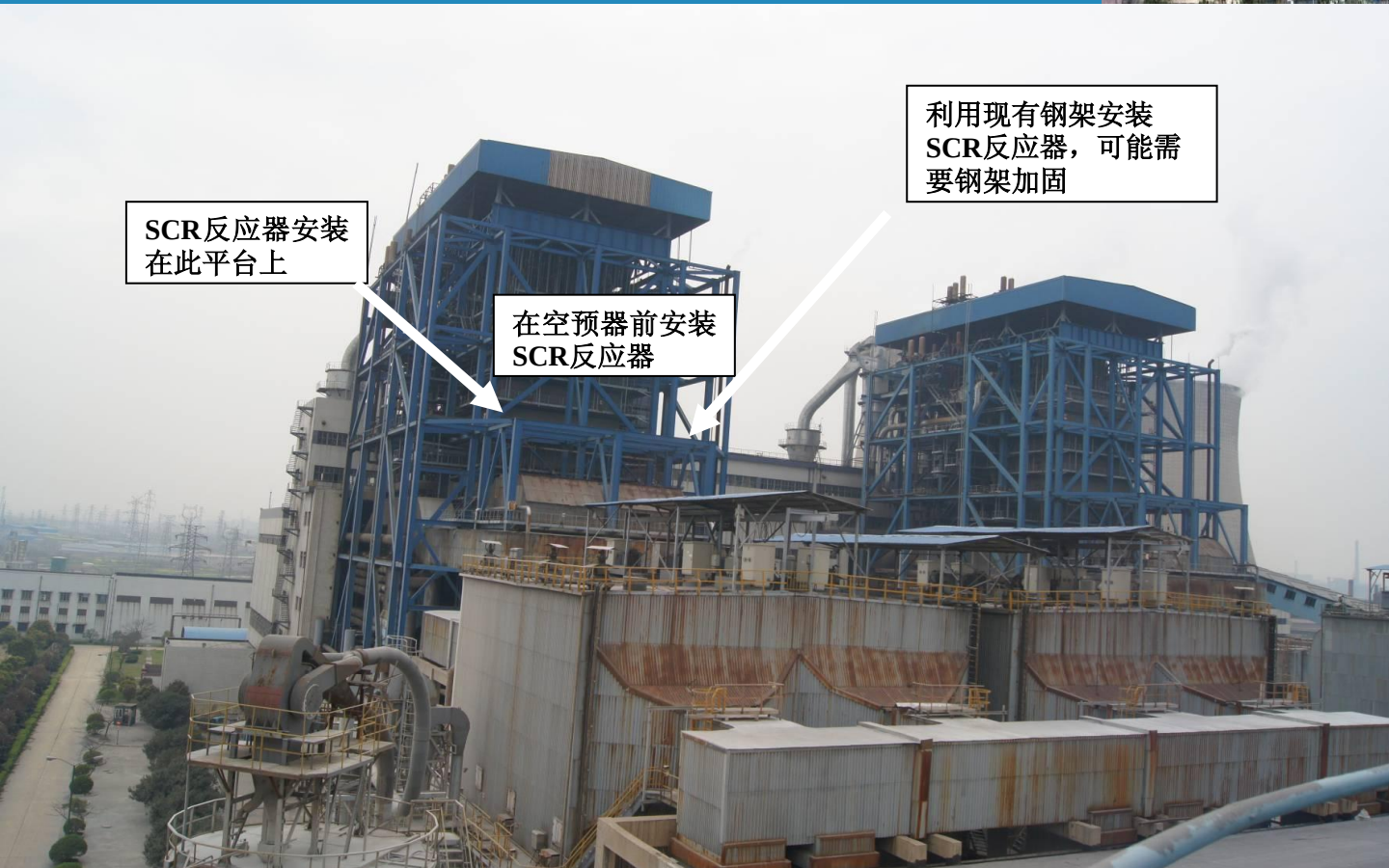
脱硝技术应用实景



SCR反应器安装
在此平台上

在空预器前安装
SCR反应器

利用现有钢架安装
SCR反应器，可能需
要钢架加固



脱硝技术应用实景



氨站



经济技术指标



烟气脱硫改造工程实施后， SO_2 的排放将大大减少，可大大改善武汉钢电股份有限公司及周边地区的大气环境质量；脱硝采用LNB+SCR的工艺流程，是从生产的源头至排放全过程进行 NO_x 控制，是充分贯彻“清洁生产”的理念，为企业实行节能减排，也必将为企业带来巨大的经济和社会效益。

项目实施后，钢电公司尾气排放浓度能实现：

1、 $\text{SO}_2 < 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{NO}_x < 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；

2、脱硫、脱硝效率分别大于95%、80%；

完全满足《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）的要求。项目实施后，每年大约可减少 NO_x 排放3503t/a、 SO_2 排放1925t/a，减排效果明显。

本项目的成功应用与示范将为本市、本省乃至全国同类机组的环保改造提供一种适宜的大气污染物减排示范工程，对加快我国脱硫脱硝技术应用步伐、控制大气污染物 SO_2 及 NO_x 排放、发展适合我国国情的烟气净化产业、提升火电行业清洁生产水平都将起到积极的推进作用。

经济技术指标



脱硫系统改造工程主要技术经济指标

序号	项目	指标
1	脱硫改造工程静态总投资, 万元	5923
2	脱硫装置规模	2×200MW机组燃煤锅炉（一炉一塔）
3	处理烟气量, Nm ³ /h	2×1000000
4	烟气SO ₂ 浓度, mg/Nm ³ （干基, 6%O ₂ ）	3000
5	脱硫出口烟气含硫量mg/Nm ³	≤100
6	脱硫塔年运行时间, h/a	5000
7	脱硫装置排烟温度, °C	>80
8	工艺用水量, t/h	106.8（两炉）
9	增加用电量, kW h	1420
10	CaCO ₃ 用量, t/h	9.274（两炉）
11	废水排放量, t/h	6.8（两炉）
12	石膏产量, t/h	16.768（两炉）

脱硝系统改造工程主要技术经济指标

序号	项目	指标
1	脱硝工程静态总投资, 万元	4975
2	单位千瓦投资, 元/千瓦	249
3	年利用小时数, h	5000
4	处理烟气量(湿烟气), Nm ³ /h	1×1000000
5	脱硝效率, %	≥80
6	脱除公斤NOX还原剂液氨用量, kg	0.454
7	年脱除NOX量, t/a	3500
8	脱硝厂用电率（液氨）, %	0.016
9	氨区占地面积, m ²	~500
10	脱硝成本, 元/kg（NOX）	20.968

行业推广分析



本项目作为现役火电机组进行脱硝系统的改造，将对我国现役机组增加低氮燃烧、烟气脱硝处理装置起到良好的带头、示范作用；本项目在脱硫方面，采用的石灰石-石膏湿法脱硫技术是目前世界上最为成熟、应用最多的脱硫技术，也是环保部推荐的首选脱硫工艺。本项目脱硫系统的改造必将进一步提高钢电公司脱硫效率、保证脱硫装置的稳定性，提升企业SO₂排放和控制水平，进而扩大企业清洁生产示范效应。

脱硝项目	指标
2012年底火电装机容量	8.19亿千瓦
2012年底已投脱硝机组容量	2.3亿千瓦
假设2014年7月1日火电厂脱硝普及率	80%
2014年7月1日火电厂脱硝机组容量	4.25亿千瓦
烟气脱硝工程价格	150元/千瓦
2014年7月1日前火电厂脱硝投资需求	637.5亿元

在政策到位的前提下，脱硝市场短期内将有望呈现出类似“十一五”期间脱硫市场的热潮。火电脱硝全面启动的同时，包括钢铁、有色金属、建材等行业的污染物排放控制也将提上日程。以钢铁行业为例，2012年行业综合脱硫率仅为47.3%，据预测，其未来脱硫改造市场规模将达到130亿到180亿元。

第一章 钢铁行业

案例2.

烧结机烟气氨法脱硫清洁工艺技术

烧结机烟气氨法脱硫清洁工艺技术

—钢铁行业清洁生产关键共性技术案例

技术来源：

武汉都市环保工程技术股份有限公司

技术示范承担单位：

安阳钢铁股份有限公司

一、背景情况

- “十一五”以来，继火力发电行业之后，钢铁工业二氧化硫已成为国家高度关注的减排重点，而在联合钢铁企业中，烧结工序二氧化硫排放量占到企业排放总量**70%**以上，是钢铁工业二氧化硫的减排重点。目前烧结烟气脱硫法是治理烧结烟气二氧化硫污染的最有效方法之一。为达到标准排放要求，环保部门提出要求，在“十二五”期间烧结机全部完成烟气脱硫。
- 目前，配套烟气脱硫系统烧结机**600**余台，仍有约**40%**未配套建设烟气脱硫设施，烟气经电除尘器净化处理后直接排入大气，对区域环境造成一定影响。
- 由于脱硫设施投资大，运行成本高严重限制烟气脱硫工作的进展。其次，烧结烟气脱硫副产物安全处置和综合利用是一个普遍存在的问题，同时烧结烟气中的硝化物和二恶英等多种污染物的治理也应适当协同治理，都需要慎重对待。

针对上述问题，**2011**年我公司开始着手烧结机烟气脱硫的总体研究，在大量调查、对比、分析研究基础上，确定采用氨法工艺，并联合武汉都市环保工程技术股份有限公司结合安钢实际，吸取该项技术以前的应用效果，开发了一批新的关键技术，在河南省冶金行业率先应用，推动烧结烟气脱硫技术进步，实现二氧化硫总量削减。

二、清洁生产生产工艺

1、基本原理

(1) 技术原理：采用无水液氨加水稀释至18%稀氨水作为吸收剂与烟气中SO₂进行酸碱中和反应，脱除SO₂。

(2) 化学反应机理：

脱硫： $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_3$

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{HSO}_3$

$\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$

氧化：

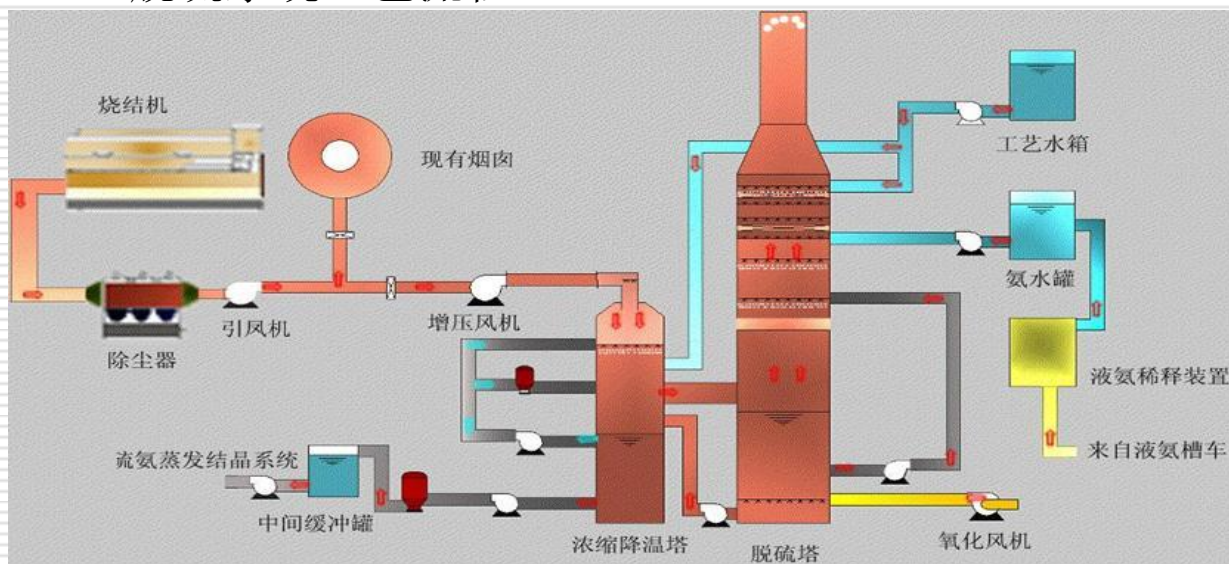
$2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

2、技术工艺

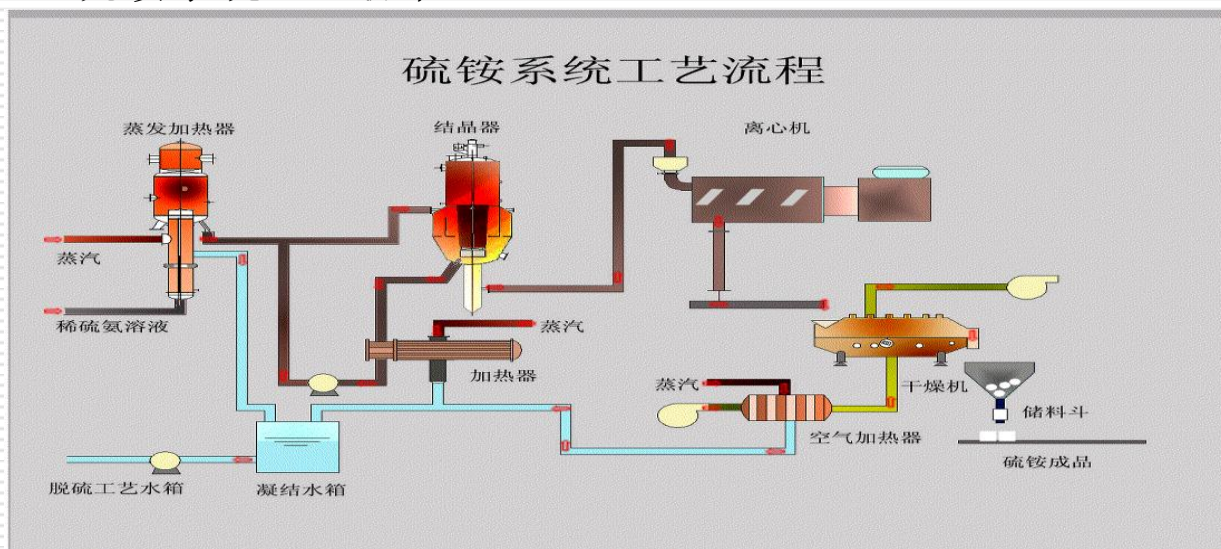
主风机后经过增压风机取出烟气，先经过降温塔利用脱硫塔内母液使烟气降温至60℃左右，进入吸收塔，以氨水为脱硫剂与二氧化硫反应，经过脱水除雾后烟气由塔顶玻璃钢烟囱排放；反应后母液鼓入空气使亚硫酸铵氧化成硫酸铵，进入硫铵结晶系统，结晶出硫酸铵。

二、清洁生产生产工艺

3、脱硫系统工艺流程



4、硫铵系统工艺流程

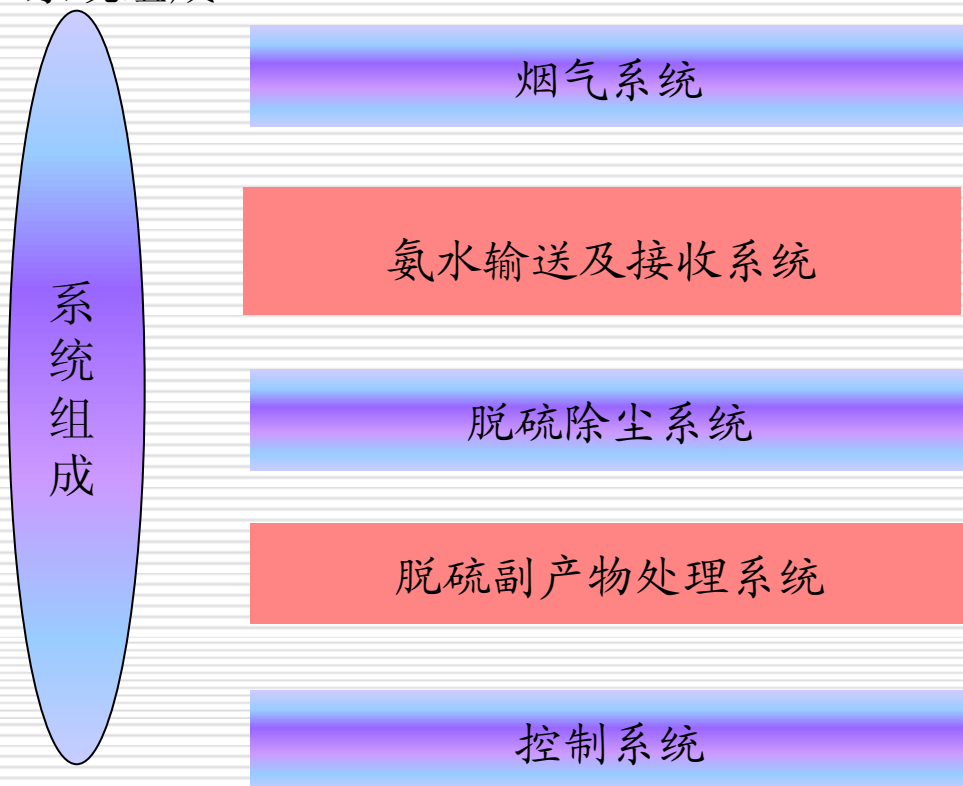


三、示范工程项目介绍

1、工程概况

- 项目2011年11月份开工建设，2013年5月建成投产，工期18个月。
- 项目建设内容：烧结烟气脱硫塔、浓缩塔、硫铵制备系统、烟气系统、电气控制系统、液氨稀释装置、仪表及过程自动化设施、供配电设施、火灾自动报警及通讯系统、采暖通风系统、消防设施、管道建设等。
- 项目实施后，烧结机外排烟气中 SO_2 浓度从原来平均 $750\text{mg}/\text{m}^3$ 降到 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，预计可脱除 SO_2 约7500吨/年，副产硫铵产量1.47万吨/年，大幅度削减二氧化硫排放总量，极大的改善周边环境质量，缓解区域环境压力。

2、系统组成



三、示范工程项目介绍

3、技术特点

- 1) 利用高效脱硫剂大幅提高烟气脱硫效率
- 2) 集脱硫、脱硝、除尘于一体
- 3) 氨法脱硫工艺不影响主体工艺运行
- 4) 脱硫副产物可高效利用

4、关键技术装备

(1) 三段双循环双塔脱硫工艺；

本工程采用三段双循环双塔脱硫工艺，解决了常规单塔和多塔组合设计的不足，利用高温烟气对副产物硫酸铵进行浓缩，同时使原烟气温度降低到有利于吸收的温度，在避免吸收液与高温烟气直接接触提高脱硫效率的同时，起到了很好的节能减排效果。

三、示范工程项目介绍

- ❑ 双塔：本脱硫工艺脱硫塔分为浓缩降温塔和二氧化硫吸收塔；
 - ❑ 三段：脱硫塔主塔体分为三段，塔体下段为吸收循环液池、塔体中段为吸收段、塔体上段为除雾段；
 - ❑ 双循环：脱硫塔的双循环指的是主塔循环吸收液系统和浓缩塔循环液降温浓缩系统，双循环设计使循环吸收液不直接与高温烟气接触，可以将吸收循环液控制在相对较低的浓度，有利于脱硫净烟气避免形成气溶胶的条件，且使送入氧化槽的溶液接近最佳氧化浓度，同时利用入口烟气的热量对硫酸铵稀溶液进行循环浓缩，降低烟气脱硫综合成本。
- (2) 高效的硫酸铵结晶制备装备；

本工艺结晶技术根据流体力学原理进行设计的分级腿，实现了对结晶颗粒的选择性出料，确保排出的结晶均为合格的大颗粒结晶（1-2mm），替代了依靠复杂挤压造粒的技术，解决了老工艺出料不均、结晶颗粒过小的问题。

三、示范工程项目介绍

（3）钢支架吊挂湿烟囱技术

使用钢支架吊挂湿烟囱技术，脱硫烟囱依靠钢支架支撑，烟囱底部插在脱硫塔锥形体上部的水封中不与脱硫塔紧固，这种新型的钢支架吊挂湿烟囱技术可以在满足脱硫后的烟气功能的同时，减少烟气排放阻力（相对于塔旁建设地面上烟囱）、节约烟囱建造成本、节省烟囱布置占地等效果。

图1
双循环双塔脱硫及钢支架吊挂湿烟囱技术装备



图2
硫铵结晶制备系统



四、实施效果

1、经济效益

360m²烧结烟气量为2400000 m³/h，进口SO₂含量平均750mg/Nm³，95%的脱硫效率，净烟气SO₂排放浓度小于100mg/Nm³，每年可脱除烧结烟气中SO₂ 约7500吨/年，副产硫铵产品1.47万吨/年。目前市场硫酸铵单价约为600元/t，按照市场价格，每年烧结机硫铵制备系统销售硫酸铵可创效约880万元。

2、环境效益

安钢脱硫设施建成稳定运行后，烧结机外排烟气中SO₂浓度从目前的平均750mg/m³降到100mg/m³以下，NO_x浓度从目前的600mg/m³降到400mg/m³以下，烟粉尘浓度从目前的50mg/m³降到30mg/m³以下，大幅度削减了各类污染物排放总量，极大的改善了周边环境质量，缓解了区域环境压力，实现了省、市政府污染减排目标。

四、实施效果

3、社会效益

该脱硫项目建成后，第一，可减少由于二氧化硫而导致的酸雨对人类健康、自然生态、工农业生产、建筑物材料等多方面造成的危害和破坏；第二，可维护土壤质量，促进农作物的生长和增产；第三，脱硫设施因为自身运行以及原材料的消耗（氨水），都将增加本地就业人口，增加国家及地方的税收。

五、行业推广分析

安钢烧结烟气氨法脱硫是河南省第一套烧结烟气脱硫，填补了烧结烟气脱硫在河南省的空白，其成功的应用，具有技术示范带动和推广意义。表明氨法脱硫工艺适用于冶金、电力等行业烟气脱硫，在烟气SO₂出口浓度为500-3000mg/Nm³范围内普遍适用，具有脱硫效率高、稳定性好、副产物可有效利用、运行成本较低、占地面积小等优点，应用前景良好，对冶金行业烟气脱硫技术的发展与应用和河南省脱硫减排的推行具有推动和示范作用。

1、环境效益

本技术工艺可大幅度削减各类污染物排放总量，极大改善周边环境质量，工艺过程不产生其他废液和废渣，可实现脱硫副产物的综合利用和零排放；

五、行业推广分析

2、经济效益

副产品硫酸铵利用价值相对较高，按照市场价格，每年烧结机硫铵制备系统销售硫酸铵可创效约880万元，经济效益明显。

目前影响中国烧结烟气脱硫技术应用的主要障碍之一就是脱硫成本问题。全部引进国外先进的脱硫技术以及国外先进的脱硫设备，投资大，运行成本高，给企业带来较重的经济负担。氨法也可以用焦化氨源以废治废，降低运行成本，适合于配备焦化厂的大型钢铁联合企业建设。可以看出氨法烧结烟气脱硫是一种兼顾经济效益及环境效益并且值得应用示范的清洁生产项目。预计在“十二五”期间氨法脱硫行业在未来三年迎来爆发式增长，氨法脱硫的整体市场份额将提升一倍以上。氨法脱硫将成为国内脱硫市场的黑马，快速蚕食钙法脱硫的部分份额。

第一章 钢铁行业

案例3.

烧结烟气循环工艺与成套设备技术

烧结烟气循环工艺与成套设备技术

——钢铁行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源：上海宝钢集团有限公司中央研究院

技术示范承担单位：宝山钢铁股份有限公司

宁波钢铁有限公司

宝钢工程技术集团有限公司

中冶北方工程技术有限公司

一、技术背景

1、烧结工序是钢铁行业的能耗及污染排放大户

- 炼铁工序能耗约占钢铁生产总能耗的70%以上，其中**烧结工序能耗约占总能耗的10~12%**。
- 烧结废气排放量约占钢铁生产总废气量的**40%**，其中**CO_x、SO₂、NO_x**排放量约占总排放量的**10%、70%、48%**，烟尘排放约占钢铁工业的**20%**。
- 烧结废气成分复杂，包括烟粉尘、SO₂、NO_x、CO₂、CO、重金属、HCl、HF、VOC、PAHs、POPs等。
- 烧结废气温度偏低、废气量大、污染物含量高，是钢铁行业废气治理和低温余热利用的难点。（烧结输入热量的60%以上被废气带走。）
- 2012年10月1日实施的**系列钢铁工业污染物排放新标准**，对烧结工序污染防治提出了更严格、更具针对性的要求。

2、烧结节能环保相关政策

2012年6月27日，国家环境保护部和国家质量监督检验检疫总局联合发布了以下8个有关钢铁工业污染物排放新标准，要求在2012年10月1日开始执行：

- | | |
|------------------------|----------------|
| ● 《铁矿采选工业污染物排放标准》 | GB 28661 -2012 |
| ● 《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 | GB 28662 -2012 |
| ● 《炼铁工业大气污染物排放标准》 | GB 28663 -2012 |
| ● 《炼钢工业大气污染物排放标准》 | GB 28664 -2012 |
| ● 《轧钢工业大气污染物排放标准》 | GB 28665 -2012 |
| ● 《铁合金工业污染物排放标准》 | GB 28666 -2012 |
| ● 《钢铁工业水污染物排放标准》 | GB 13456 -2012 |
| ● 《炼焦化学工业污染物排放标准》 | GB 16171 -2012 |

这些更加严格的新污染物排放标准实施后，将使很多钢铁企业现有的节能、污染物处理措施难以满足新的能耗、排放标准要求，部分钢铁企业将面临如何进一步实现节能、达标排放的问题。

《清洁生产标准 钢铁行业（烧结）》 **HJ / T426-2008**

一、技术背景

《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》 GB 28662-2012

表1 现有企业大气污染物排放浓度限值

单位: mg/m^3 (二噁英类除外)

生产工序或设施	污染物项目	限值	污染物排放监控位置
烧结机 球团焙烧设备	颗粒物	80	车间或生产设施排气筒
	二氧化硫	600	
	氮氧化物 (以 NO_2 计)	500	
	氟化物 (以 F 计)	6.0	
	二噁英类 ($\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$)	1.0	
烧结机机尾 带式焙烧机机尾 其他生产设备	颗粒物	50	

表2 新建企业大气污染物排放浓度限值

单位: mg/m^3 (二噁英类除外)

生产工序或设施	污染物项目	限值	污染物排放监控位置
烧结机 球团焙烧设备	颗粒物	50	车间或生产设施排气筒
	二氧化硫	200	
	氮氧化物 (以 NO_2 计)	300	
	氟化物 (以 F 计)	4.0	
	二噁英类 ($\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$)	0.5	
烧结机机尾 带式焙烧机机尾 其他生产设备	颗粒物	30	

一、技术内容

3、烧结工序综合治理的思考

- 烧结工序是钢铁业节能减排的重点对象;
- 烧结区域面临的最大问题是: 粉尘+废气;
- 综合治理目标:
 - 1、烧结工序能耗目标: $55 \rightarrow 51 \rightarrow 47 \text{ kgce/t-s}$
 - 2、环保目标: 岗位无组织排放颗粒物 $< 5 \text{ mg/m}^3$
 $\text{PM}_{2.5}$ 下降20%
有组织排放颗粒物 $< 40 \text{ mg/m}^3$
 $\text{NO}_x < 300 \text{ mg/m}^3$
 $\text{SO}_2 < 180 \text{ mg/m}^3$
 $\text{PCDD/F} < 0.5 \text{ ng TEQ/m}^3$
以最低的成本解决烧结污染问题。

一、技术内容



4、宝钢烧结烟气循环科研攻关

➤ 前期研究基础:

- 《宝钢二恶英污染现状及防治技术的基础研究》
- 《烧结二恶英、氮氧化物减排技术开发与工程示范》
- 《烧结废气余热循环利用的技术研究及工程应用》

➤ 2011. 05, 《烧结废气余热循环利用低碳排放工艺技术创新及产业化示范工程》成为国家发改委首批低碳技术创新项目, 获得国家资金资助。

➤ 2011. 07, 宝钢股份科研大项目《烧结废气循环及深度净化低碳排放工艺技术创新及工程化》启动。

➤ 2013. 07, 宝钢集团重点科研项目《大型烧结机废气循环及综合治理技术工业化应用研究》。

宝钢集团有限公司文件

宝钢字〔2010〕310号

签发人: 何文波

关于报送低碳技术创新及
产业化示范工程项目的请示

国家发展和改革委员会:

根据国家发展改革委办公厅《关于组织实施低碳技术创新及产业化示范工程的通知》(发改办高技〔2010〕2578号)要求, 宝钢集团有限公司申请承担《钢铁行业低碳技术创新及产业化示

项》之“烧结废气余热循环利用低碳排放工艺技术创新及产业化示范工程”项目, 宝钢集团有限公司组织编写了资金申请报告等材料, 经研究论证, 现将烧结废气余热循环利用低碳排放工艺技术创新及产业化示范工程项目资金申请报告上报贵委, 恳请大力支持。

特此请示

附件: 1. 烧结废气余热循环利用低碳排放工艺技术创新及产业化示范工程资金申请报告
2. 项目简介和基本情况表



国家发展和改革委员会办公厅文件

发改办高技〔2011〕1046号

国家发展改革委办公厅关于
钢铁、有色、石化行业低碳技术创新及
产业化示范工程项目的复函

有关省、市发展改革委, 钢铁、有色、石化工业协会(联合会), 有关中央管理企业:

你们报送的低碳技术创新及产业化示范工程项目资金申请报告均悉。经研究, 现答复如下:

一、原则同意将该项目列入国家高技术产业发展项目计划及投资计划(具体项目和国家投资资金见附件)。投资计划将由我委另行下达。

二、根据《中央预算内投资补助和贴息项目管理暂行办法》和《政府核准的投资项目目录(2004年本)》, 该项目属于企业自主决策、报地方政府投资主管部门备案的项目。国家补助资金主要

用于项目产业化过程中的研究和所需软件设备的购置。

三、项目主管部门要严格执行《国家高技术产业发展项目管理暂行办法》, 认真做好项目的组织协调工作, 加强项目管理和检查, 保障项目顺利实施, 并按要求将项目实施情况及时报送我委。

四、有关行业协会要协调项目实施和项目目标实现, 发挥项目在行业内的示范、推广作用。请各项目主管部门给予积极配合。

五、项目单位要切实加强项目相关建设条件, 与技术合作单位按照分工做好协作, 加强研究与设计工程的衔接和协调, 确保示范工程项目建设进度、质量和水平。

附件: 一、钢铁、有色、石化行业低碳技术创新及产业化示范工程

项目汇总表(总表, 不交项目主管部门)

二、钢铁、有色、石化行业低碳技术创新及产业化示范工程

项目表(按项目主管部门印发)



主题词: 技术 产业化 项目 函

抄送: 有关省、市发展改革委

- 2 -

附件二:

钢铁、有色、石化行业低碳技术创新及产业化示范工程项目表

						单位: 万元	
序号	项目名称	主管部门	主要建设内容	项目目标	总投资	国家资金	上级资金
1	宝钢集团有限公司烧结废气余热循环利用低碳排放工艺技术创新及产业化示范工程	宝钢集团有限公司	通过对宝钢三炼钢转炉烟气余热循环利用技术的研究, 形成烟气余热循环利用技术和工艺, 将余热利用与烟气循环系统有机结合, 实现三炼钢转炉及环冷机废气余热回收利用, 达到低温余热循环利用与污染物减排双重目的。二、高炉煤气净化系统, 使转炉煤气净化系统, 建成一套循环烟气净化系统, 使转炉煤气净化系统, 建成一套循环烟气净化系统, 使转炉煤气净化系统, 建成一套循环烟气净化系统。	实现三炼钢转炉及环冷机废气余热回收利用, 达到低温余热循环利用与污染物减排双重目的。二、高炉煤气净化系统, 使转炉煤气净化系统, 建成一套循环烟气净化系统, 使转炉煤气净化系统, 建成一套循环烟气净化系统。	12716	2000	宝钢字〔2010〕310号

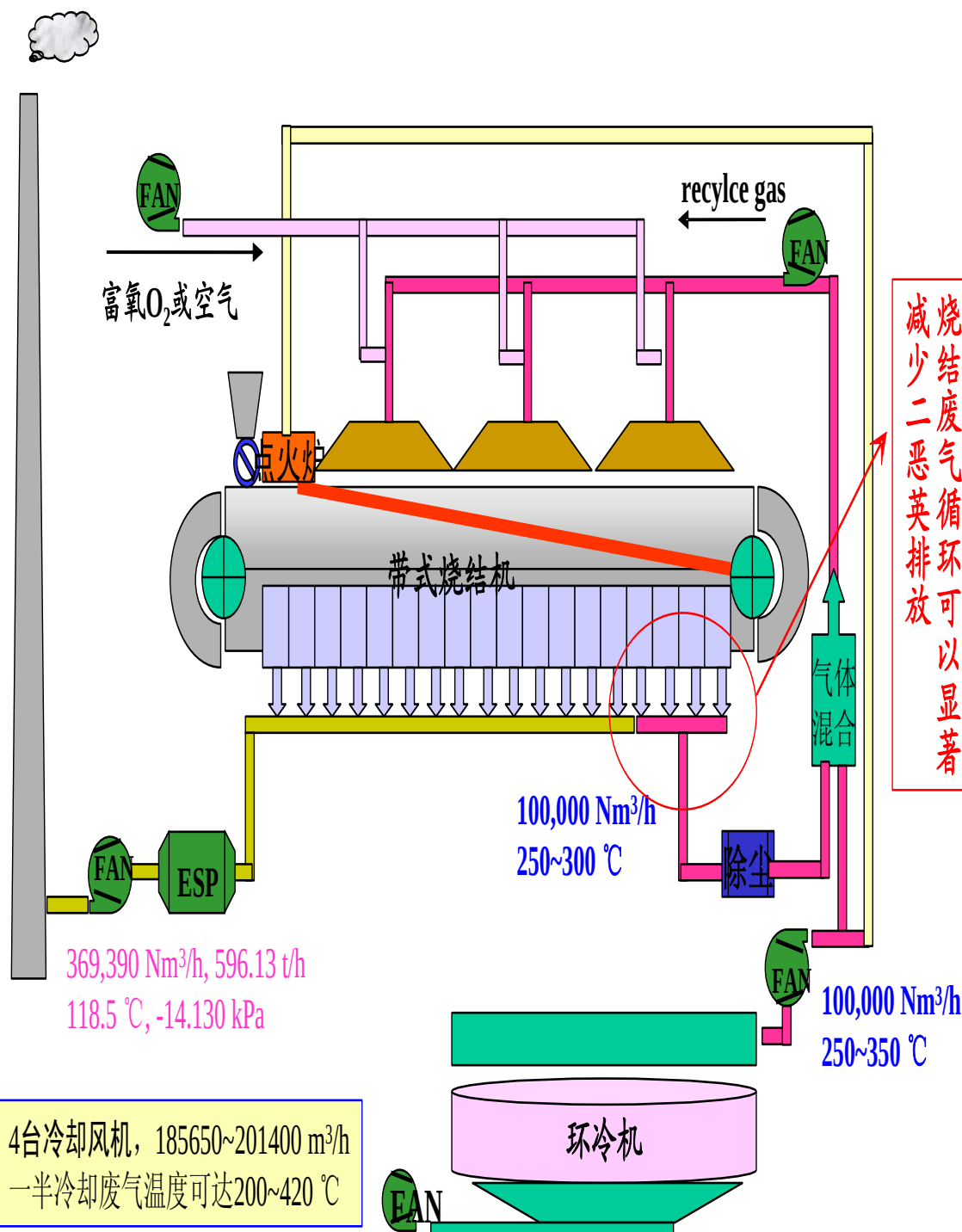
二、清洁生产技术工艺——宝钢烧结烟气循环工艺(BSFGR) 与成套设备技术的开发

1. 基本原理

部分烧结烟气被再次引至烧结料层表面，进行循环烧结的过程中，废气中CO及其它可燃有机物在通过烧结燃烧带重新燃烧，二恶英、PAHs、VOC等有机污染物及HCl、HF、颗粒物等被激烈分解，NOx部分高温破坏，SO₂得以富集，由此带来以下积极后果：

- 烟气（100~300℃）余热通过料层被吸收，可以降低烧结固体能耗；
- 烧结料床上部热量增加及保温效应，表层烧结矿质量得以提高；
- 废气总量排放减少20%~40%，可显著降低后续除尘、脱硫脱硝装置投资和运行费用；
- 废气中污染物被有效富集、转化，可以降低烧结烟气处理成本。

2. 工艺流程



三、示范工程项目介绍

1. 宝钢烧结烟气循环工艺技术（BSFGR）中试与示范工程

不锈钢废气循环烧结中试工程

- 烧结机面积：**132m²**
- 循环烟气体积及温度：
烧结废气 **18万m³/h**、**~200℃**
环冷废气 **20万m³/h**、**~235℃**
- 年运行时间：**7008 h**
- 年消耗电量：**806万 kWh/a**
- 循环冷却水量：**10 t/h**



不锈钢132m²烧结机废气循环中试装置（2012.10投运）

宁钢废气循环烧结示范工程

- 烧结机面积：**486m²**
- 循环烟气体积：**90 × 10⁴ m³/h**
- 循环烟气温度：**~200℃**
- 年运行时间：**7920 h**
- 年消耗电量：**5372 × 10⁴ kWh/a**
- 循环冷却水量：**10 t/h**



宁钢486m²烧结机废气循环示范工程（2013.05投运）

目标：

◆ 技术突破点：

- 循环烧结工艺及系统设备集成技术
- 废气循环与烧结主工艺耦合联动技术

烧结废气循环工艺技术：

- 烧结工序节能5%以上；
- 烧结矿表层质量改善；
- 可减少外排废气总量20%~40%。

2. 技术创新点及特色

● 技术难点

- 1、烧结废气循环工艺国内首创，无任何经验可供借鉴。
- 2、烧结烟气工况恶劣，循环再利用工艺对装备耐磨、防腐提出苛刻要求。
- 3、常规除尘器占地大、投资高，不利于本工艺的推广。
- 4、烧结废气循环系统的运行，可能对现有烧结主工艺和烧结矿质量构成负面影响。
- 5、烧结废气循环耦合后续脱硫装置的新型工艺为国内首创，工程的集成设计和耦合运行具有挑战性。

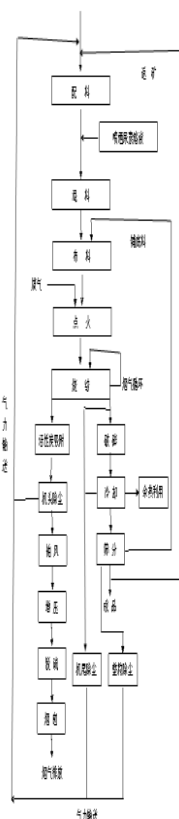
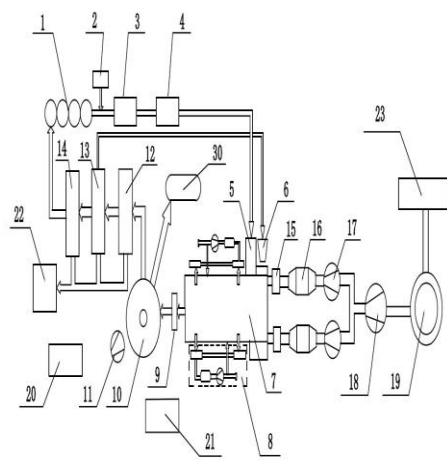
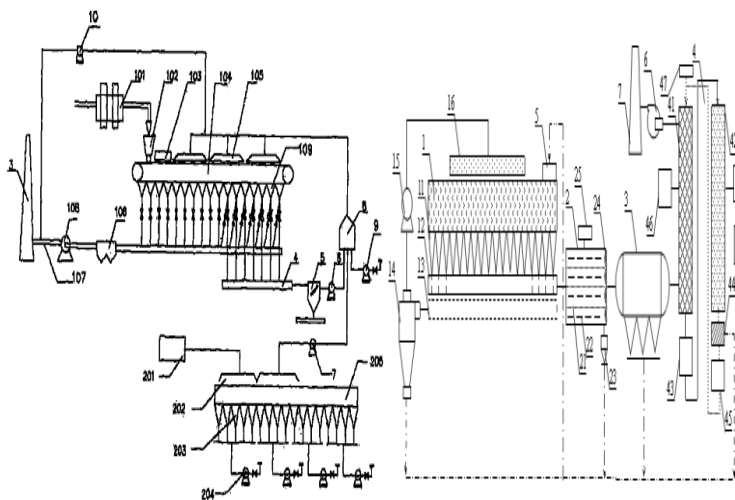


● 技术特色与创新

- 1) 烟气循环烧结工艺操作技术
- 2) 烟气循环烧结提高烧结矿产能及质量的工艺技术
- 3) 多种污染物同步脱除的烧结废气节能减排技术
- 4) 循环烧结新增关键设备及装备集成技术
- 5) 大型烧结机节能模型技术
- 6) 烧结废气循环系统与除尘、脱硫系统耦合技术
- 7) 循环烧结二恶英强化脱除技术
- 8) 循环烧结条件下配矿结构优化技术
- 9) 循环烧结系统的在线控制和优化设计
- 10) 大型烧结机循环烧结工艺操作控制成套技术
- 11) 循环烧结烟气减量后“两机一塔”脱硫技术

3. 宝钢循环烧结工艺核心技术

核心技术:

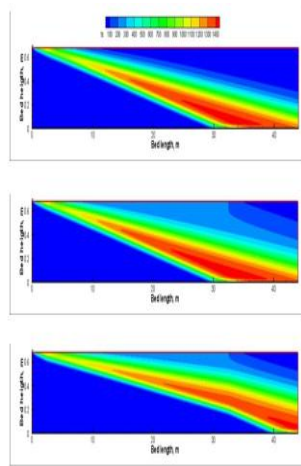
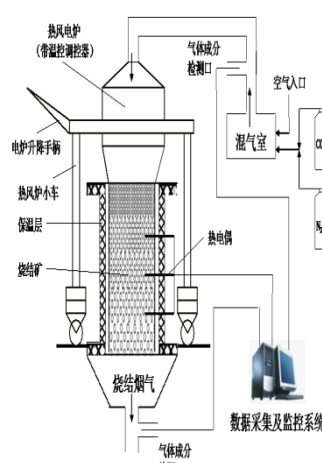
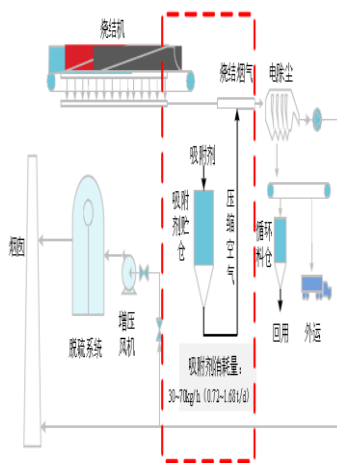
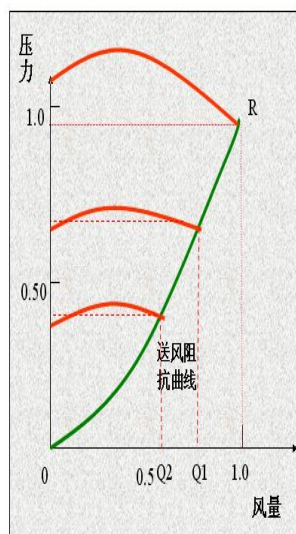


烧结废气循环及减量工艺

深度净化工艺

节能减排新型烧结系统

循环工艺方案



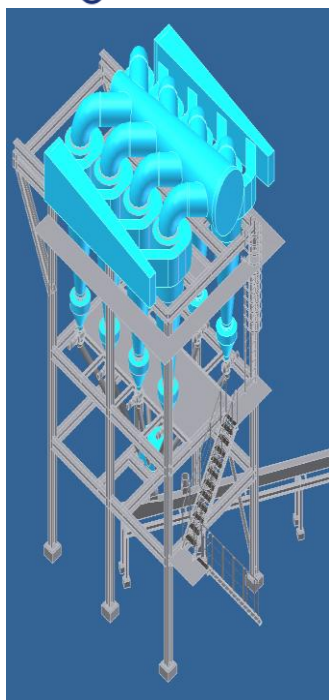
循环量与减排量耦合控制

二恶英脱除技术

烧结试验平台

数值模拟

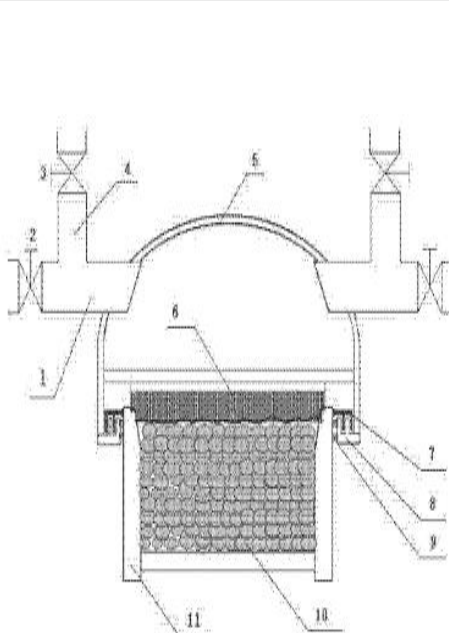
4. 宝钢循环烧结工艺核心技术



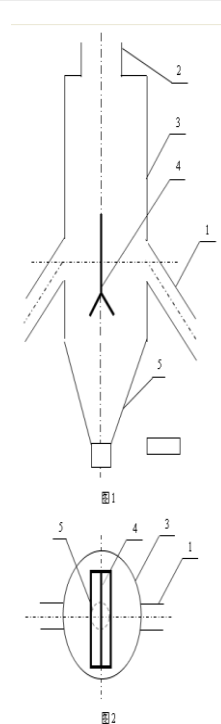
高效旋风除尘器



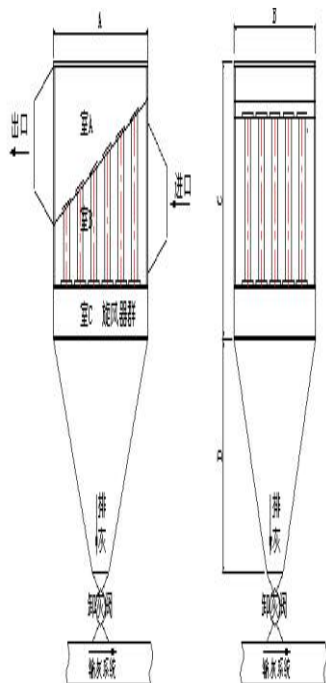
耐磨叶轮



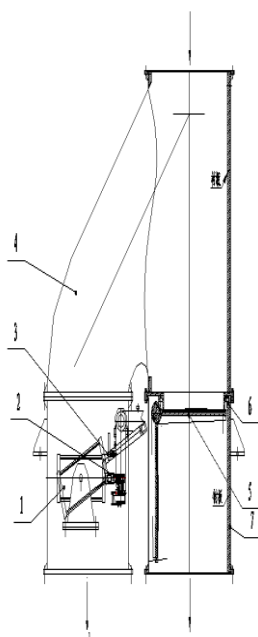
循环密封烟气罩



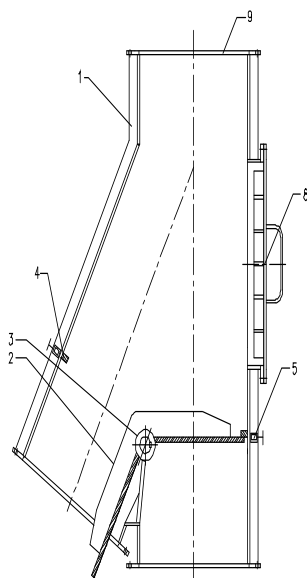
烟气混合器



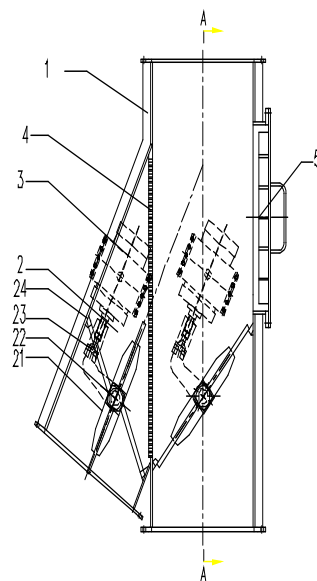
两级一体除尘器



烟气切换阀



烟气切换阀



烟气切换阀

四、技术的效益

1. 环境效益（以宁钢循环烧结示范工程为例）

- 与传统烧结工艺（无废气循环工艺）对比，实施本工艺后，具有如下效果：
 - 1) 烧结产量可提高15%~20%;
 - 2) 烧结工序能耗降低3%~4%;
 - 3) CO₂减排3%~4%;
 - 4) 二恶英减排35%;
 - 5) 烧结外排废气总量减少20%~40%。

2. 经济效益

- 示范工程投运后，至少取得如下收益：
 - 1) 按外排烟气量减少30%，选用主排风机及机头电除尘器可减小规模，节省投资约1500~2000万元。
 - 2) 采用烧结烟气循环工艺后，因烟气量减少，宁钢烧结脱硫装置实现了“双机一塔”（两台烧结机共用一套吸收塔及附属系统），仅脱硫装置一次性投资，宁钢每台烧结机可减少3500万元。
 - 3) 从节省燃料角度来看，每生产1吨烧结矿可节省固体燃料约2.0kg，每年可节省固体燃料约9000吨，按照平均每吨1000元（焦粉约1200元/吨，煤粉约800~900元/吨）估算，每年可节省约900万元。

1. 技术适用范围

- **1、旧烧结机提产改造**，可提高烧结产能15%~20%，并使外排废气量不变或减小，可维持原有老系统的机头除尘及后续脱硫设施的处理能力不变；
- **2、新建烧结机**，可降低烧结机的烟气排放总量20%~40%，相应减小后续烧结烟气脱硫脱硝脱二恶英除尘设备规模20%~40%，显著降低烟气净化固定资产投资和运行费用（预计采用BSFGR技术的新建烧结机的总投资低于常规烧结机的总投资）；
- **3、特殊烧结原料（如红土矿、铬矿等）的烧结提效**，可显著改善表层烧结矿质量，消除烧结自动蓄热的负面影响；
- **4、采用BSFGR技术**，可为烧结烟气综合治理创造更有利的废气参数条件；耦合活性炭脱硫脱硝脱二恶英一体化烧结烟气净化技术，为烧结工序的绿色发展提供良好的路径。

2. 技术投资分析

- 总投资：一台430m²烧结机，烟气循环系统总投资约4500万元。
- 烟气循环系统包括循环管道、热风罩、多管除尘器、循环风机、切换阀、补偿器、变频设备等。
- 若按外排烟气量减少30%，则选用主排风机及机头电除尘设备规模及容量可降低30%，节省投资约1500万元。
- 还有烧结工序能耗节省、后续除尘脱硫设施固定资产投资和运行成本节省等收益4000~6000万元。
- 投资回收期约1年。

3. 技术行业推广情况分析

- 宝钢烧结烟气循环工艺技术（BSFGR）与成套设备在行业内已引起广泛关注，多家企业已有技术改造意向，推广前景广阔。
- 宝钢集团内：宝钢不锈132m²、宁波钢铁430m²
- 宝钢集团外：沙钢360m²烧结机
- 有意向企业：韶钢、山钢集团、日照钢铁、永钢、中钢俄罗斯项目等。

目前，我国大中型烧结机平均工序能耗为54.9kgce/t。假定本技术在全国50%的大中型烧结机上实施，按照烧结工序能耗节省3%计算，即可降低能耗折合标煤96.2万吨/年，产生直接经济效益约12.1亿元/年，同时减少CO₂排放767万吨/年。

第一章 钢铁行业

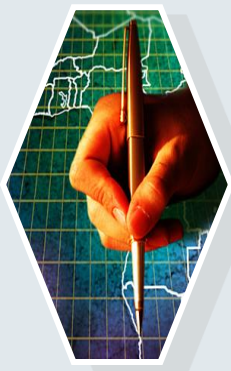
案例4.

贫赤铁矿 提铁降硅选矿新工艺

贫赤铁矿

提铁降硅选矿新工艺

——铁矿行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源: 鞍钢集团矿业公司矿山设计研究院

技术示范承担单位: 鞍钢集团矿业公司齐大山铁矿





行业整体情况



国内：到“十一五”末期，全国铁精矿平均品位为64.49%，其中赤铁矿铁精矿平均品位为61.81%，二氧化硅含量在8%~11%，烧结矿铁品位仅有53%~56%，高炉利用系数仅1.6~2.0。

国外：铁精矿平均品位66%以上、二氧化硅含量4%以下、高炉利用系数2.4~3.4。

存在问题



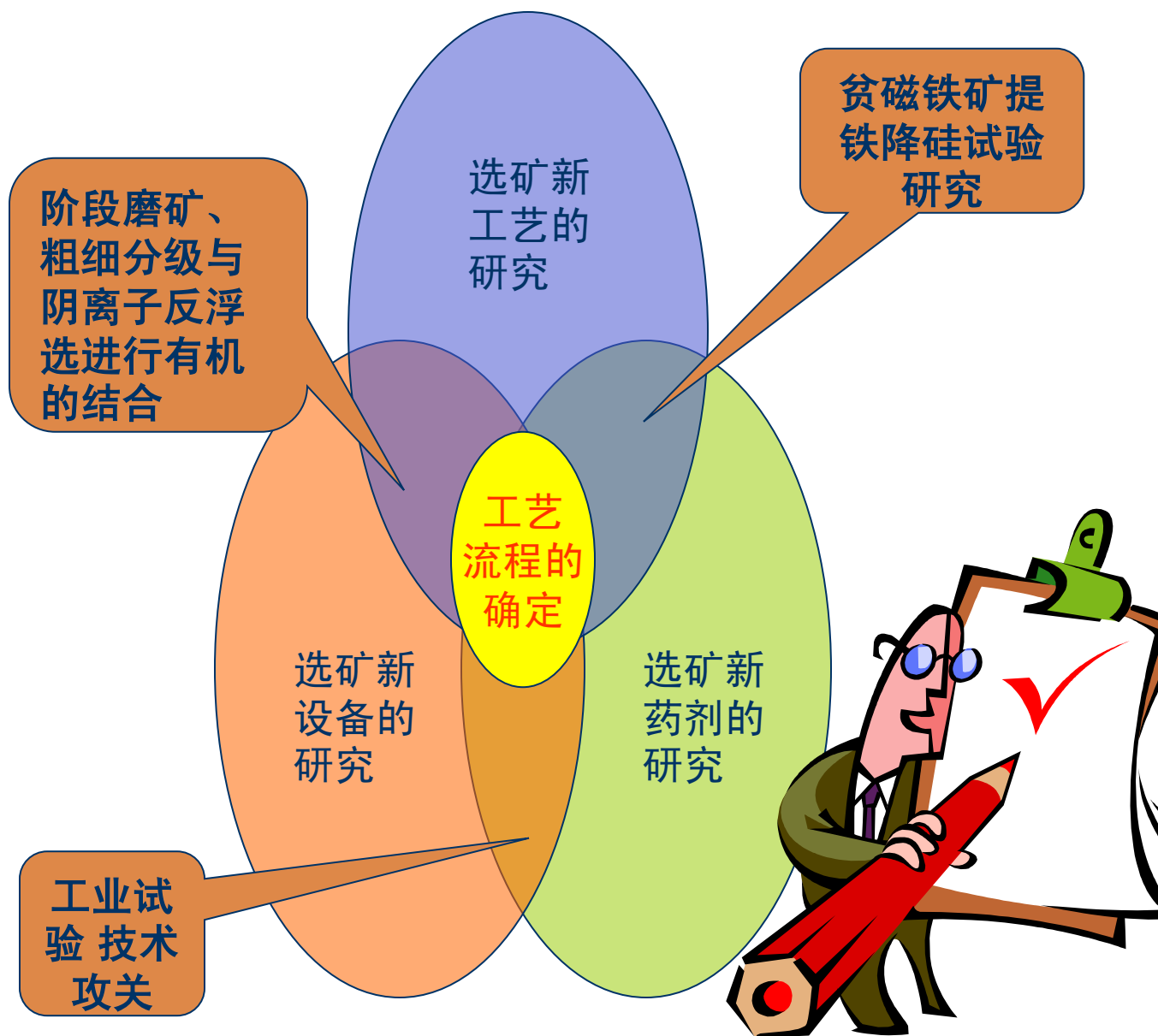
• 国产铁精矿的质量低劣严重影响钢铁企业的经济效益

鞍山式尤其是鞍山地区铁矿石具有贫、细、杂的特点，
• 常规的重选—磁选矿工艺造成铁精矿品位低、成本高、导致企业经营亏损

低品位铁精矿长期制约着鞍山式铁矿地区钢铁厂的炼铁
• 入炉品位的提高和技术经济指标的改善。

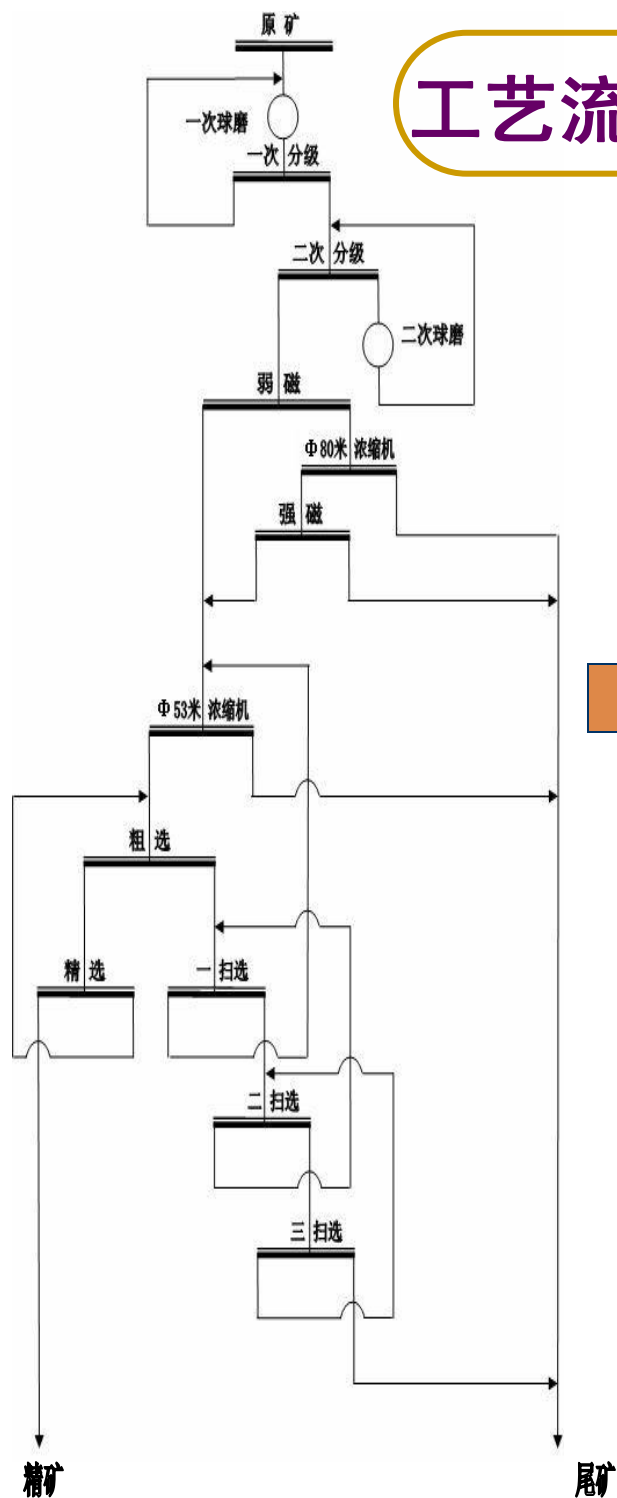


解决问题的技术方向

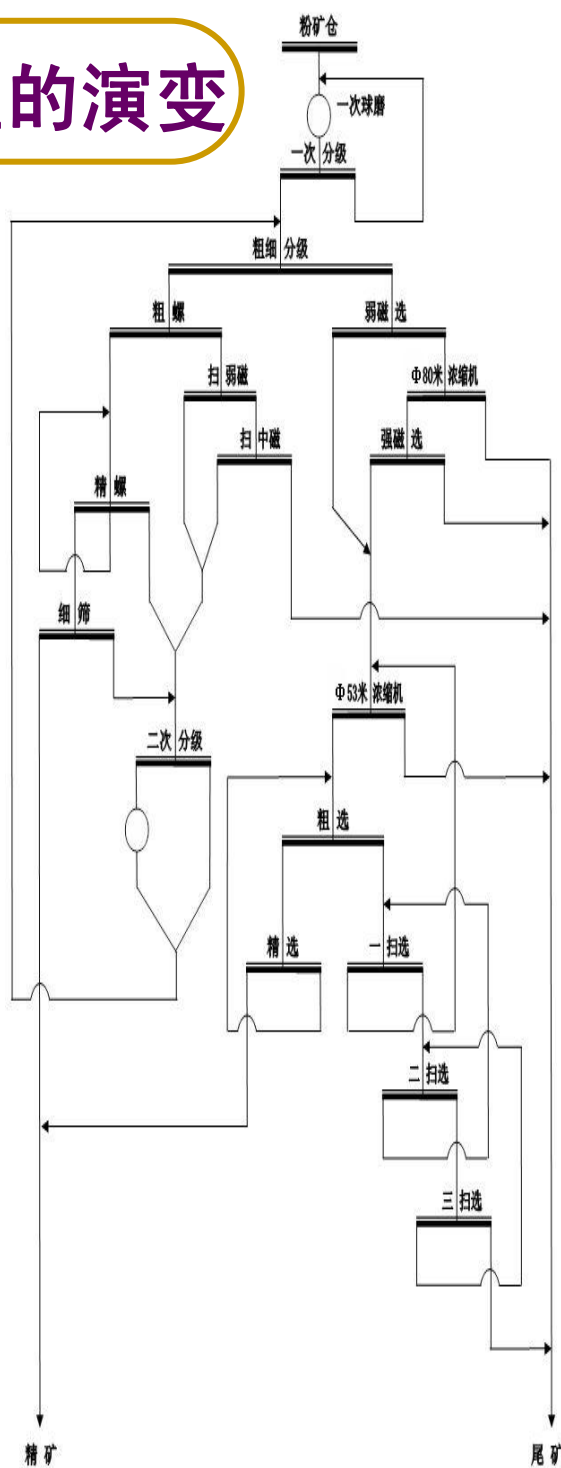




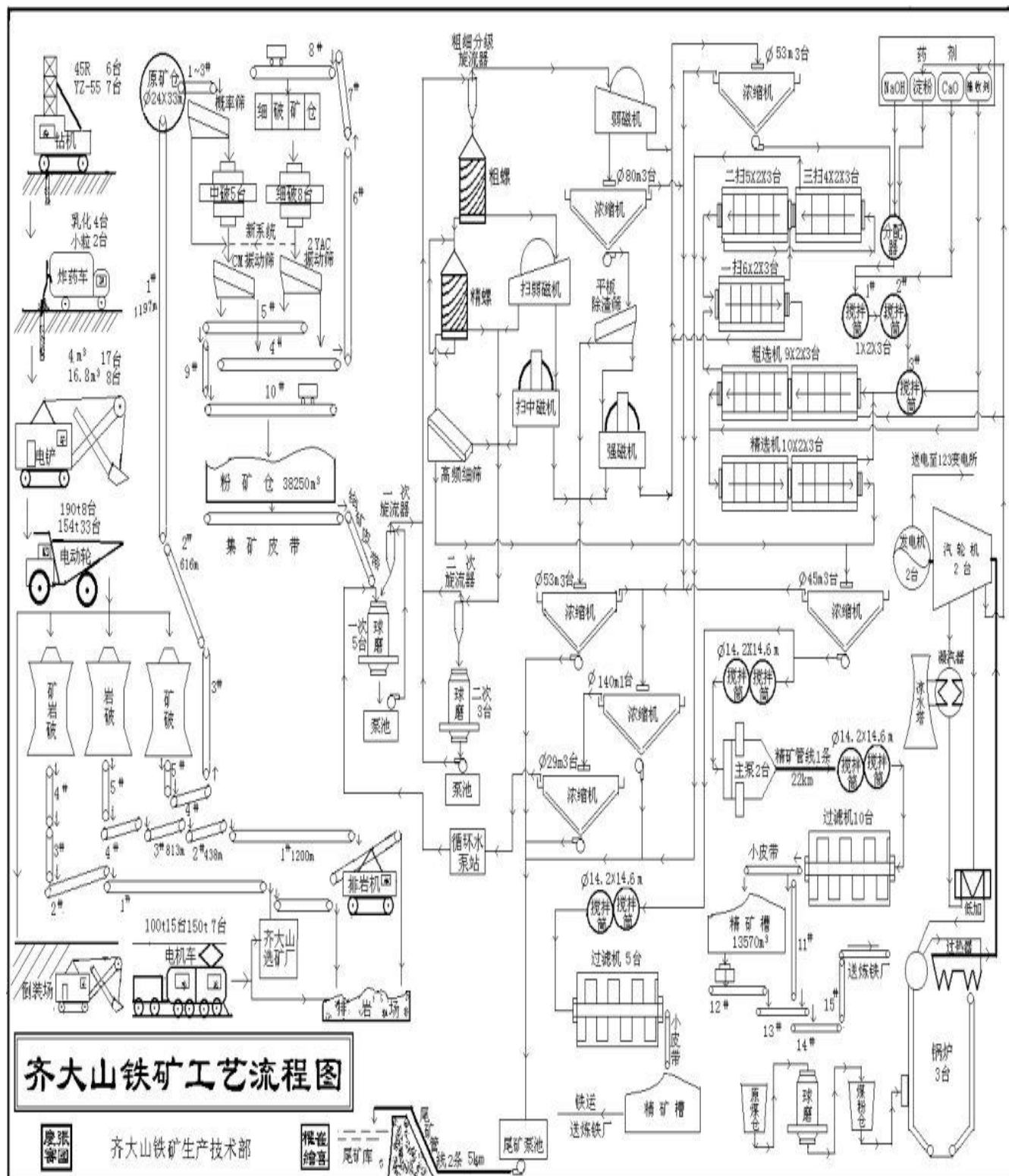
工艺流程的演变



“连续磨矿、弱磁-强磁-阴离子反浮选”工艺流程



“阶段磨矿、粗细分级、重选-磁选-阴离子反浮选”工艺流程





基本原理

利用齐大山铁矿物嵌布粒度粗细不均的特点，将“连续磨矿”改为“阶段磨矿”流程。

阶段磨矿工艺实现在粗磨条件下得精抛尾，减少由于过磨造成的金属流失，提高铁金属回收率。粗细分级工艺实现物料窄级别入选，充分满足选别设备适宜入选粒度范围的要求，有利于提高其分选效果。粗粒选别采用重选—扫中磁—细筛工艺对已单体解离的矿物提前分选出来，细粒选别采用弱磁—强磁—阴离子反浮选工艺，确保获得高品位精矿，更加适应原矿FeO波动。

创新点及特色

在国内外首次成功地将自主研发的阴离子反浮选技术和配套开发的新型高效阴离子捕收剂和相应的药剂制度工业应用于赤铁矿选矿；该技术浮选选择性好，分选效率高，既能确保铁精矿的产品质量，又能获得高的回收率指标；

创造性地将阴离子反浮选与阶段磨矿、粗细分级有机地结合起来，形成独特的重选—磁选—阴离子反浮选工艺流程，彻底淘汰了沿用半个多世纪的焙烧—磁选工艺工艺。



选矿关键设备



单缸液压圆锥破碎机H8800-EFX

台时处理量：750t/h
最大给矿粒度：300mm
排矿粒度：0-12mm



HP800标准型圆锥破碎机

台时处理量：900t/h
最大给矿粒度：300mm
排矿粒度：0-80mm



FX660×5-GT—HW渐开线旋流器组

工作压力：0.11~0.15 MPa
溢流管直径：300 mm
沉砂口直径：127mm
溢流管深度：420mm



Φ5.49×8.83m溢流型球磨机

台时能力：363t/h
有效容积：206m³
磨机转数：13.72r/min
主电机功率：4410 kw



选矿关键设备



MVS2420高频振动细筛
筛孔尺寸: $015 \times 0.3\text{mm}$
安装倾角: $25 \pm 2^\circ$
振动频率: 50Hz



重选螺旋溜槽
处理能力: 16t/h
给矿粒度: 0.03~0.2mm
给矿浓度: 40-45%



JJF-20浮选机
生产能力: $20\text{m}^3/\text{min}$
叶轮直径: 700mm
叶轮转速: 180r/min
给矿浓度: 40~50%



Slon-2000立环脉动高梯度强磁机
处理量: 50~80t/h
激磁电流: 0~1400A
给矿粒度上限: 1.3mm
给矿浓度: 10~40%



选矿关键设备



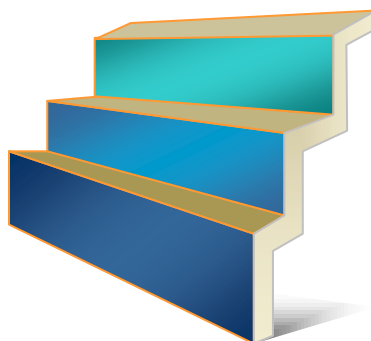
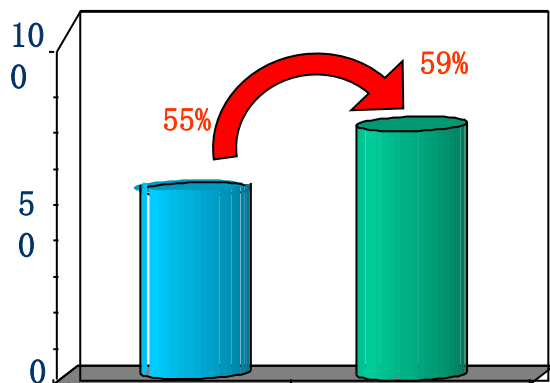
Φ140米中心传动浓缩机
沉降面积: 15394m²
耙架转速: 47.62min/r
最大深度: 3m



ZPG—72盘式真空过滤机
过滤面积: 72m²
真空度: -0.04~-0.09 MPa
卸矿风压: 0.03~0.04 MPa
底流浓度: 66~69 %

关键指标对比

选矿工艺实施技术改造后，铁精矿质量有明显提高，鞍山地区高炉生产入炉品位大幅度提高。从高炉生产统计结果看，高炉入炉品位从55%提高到59%后，高炉除尘灰产量减少了10.34%。选矿厂改造前后技术指标对比见表1。





选矿厂攻关改造前后技术指标对比表 表1

		原矿品位（%）	精矿品位（%）	尾矿品位（%）	金属回收率（%）
齐大山 选厂	改造前	28.74	63.51	10.66	75.65
	改造后	29.68	67.42	10.83	75.67
齐大山 铁矿	攻关前	30.07	65.39	11.23	75.64
	攻关后	29.86	67.53	11.78	73.37
弓长岭 选厂	改造前	32.50	65.55	9.95	81.80
	改造后	32.50	68.89	10.15	80.65

关键指标对比

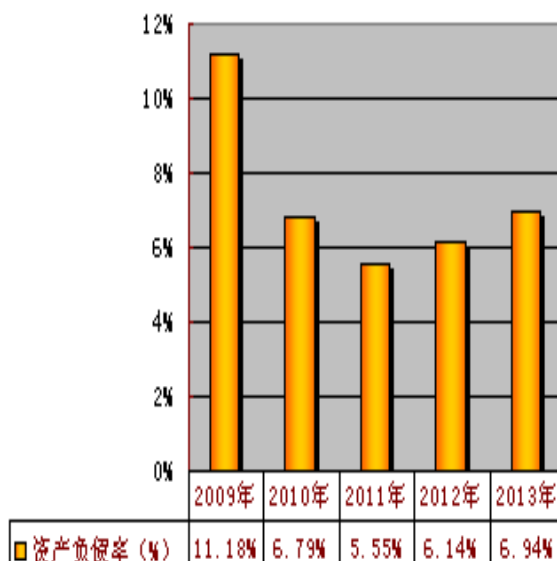
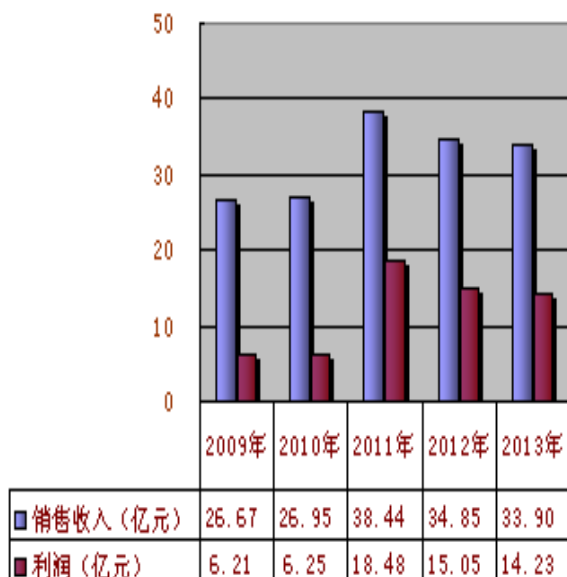
选矿工艺改造后，铁精矿含铁率提高，硅含量下降。鞍钢对此选矿工艺改造命名铁精矿“提铁降硅”技术改造。铁精矿经过人造富矿进入高炉后，高炉主要经济技术指标发生变化。铁精矿品位提高3个百分点， SiO_2 下降3.21个百分点。高炉入炉品位提高4.45个百分点，矿耗下降184kg/t，渣铁比下降160kg/t。变化指标汇总见表2。



提铁降硅选矿工艺前后鞍钢高炉主要技术指标对比 表2

项 目		选矿工艺改造前	选矿工艺改造后	对比
自产精矿 (%)	TFe	64.65	67.65	+3.00
	SiO ₂	7.63	4.42	-3.21
高炉入炉品位 (%)		54.79	59.24	+4.45
高炉利用系数 (t/m ³ .d)		1.89	1.95	+0.06
矿耗 (kg/t)		1830	1646	-184
渣铁比 (kg/t)		470	310	-160
入炉焦比 (kg/t)		432	386	-46
燃料比 (kg/t)		577	540	-37
除尘灰 (万吨/年)		5.32	4.77	-10.34

2013年齐大山铁矿在原矿品位27.31%下，实现精矿品位67.65%，尾矿品位10.66%，金属回收率78.26%，SiO₂含量4.01%。销售收入33.90亿元，利润14.23亿元，资产负债率6.94%。





《铁矿石阴离子反浮选药剂的组合使用方法》获得国家优秀发明专利奖，年创效益2000万元以上。2010年此发明专利在德国纽伦堡荣获金奖



URKUNDE/CERTIFICATE



Internationale Fachmesse

»Ideen - Erfindungen - Neuheiten« Nürnberg

International Trade Fair

»Ideas-Inventions-New Products« Nuremberg

Guiyun Liu
China Association of Inventions

CHINA

wurde für hervorragende Leistungen eine /
was awarded with

Goldmedaille

verliehen. /
for outstanding performances.

Erfindung / Neuheit – invention / new product
Flotationsmittel-Kombinationsverfahren zur umgekehrten Anion-Flotation von
Eisenerz
Flotation agent-combination procedure for the anionic reverse flotation of iron
ore

International Jury of iENA 2010

Kom. Rat Volkwin Hoffmeier
Vorsitzender der Jury/Chairman of the jury

30. Oktober 2010



技术投资分析

鞍钢集团矿业公司应用该项技术投资9967万元对齐大山铁矿选矿“连续磨矿、弱磁—强磁—阴离子反浮选”工艺流程进行改造，生产能力1440万吨原矿/年，铁精矿产量480万吨/年，利润1.25亿元/年；

应用该项技术投资6285万元对齐大山选矿厂进行了工艺技术总体改造和扩大生产能力的改造，生产能力达到1000万吨原矿/年，铁精矿产量300万吨/年，利润0.80亿元/年；

应用该项技术投资9800万元对辽阳地区弓长岭选矿厂选矿工艺进行改造，生产能力1545万吨原矿/年，铁精矿产量510万吨/年，利润1.09亿元/年。

技术适用范围

我国的铁矿产资源多数处于含铁品位30%以下的贫矿资源。鞍钢研发的贫赤铁矿提铁降硅选矿新工艺针对低品位矿产出高品位铁精矿的技术研发。

研究的技术对鞍山式铁矿石和脉石以含 SiO_2 为主的铁矿石具有普遍意义，为国产铁精矿的“提铁降硅”提供了技术支撑与成功范例。

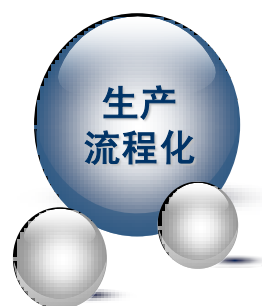
该项技术在鞍钢所属选矿厂得到快速推广。目前该项目成果正在全国推广，如：太钢的尖山铁矿、山东鲁中冶金矿山公司、武钢矿业公司、本钢矿业公司等。



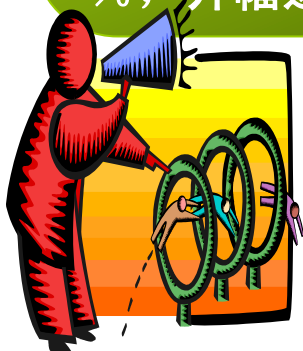
技术行业推广情况分析

本研究成果应用前，国内贫赤铁矿采用正浮选工艺，精矿品位仅达到63.5%。国外，美国蒂尔登选矿厂采用絮凝阳离子反浮选，精矿品位是65.0%。美国的共和选矿厂采用热浮选工艺，精矿品位也仅达到66.0%。

该研究成果应用后，铁精矿品位67.65%，达到国际领先水平，2003年获得中国钢铁工业协会唯一特等奖，2004年获得国家科技进步二等奖。



通过采用新工艺、新药剂、新设备对齐大山选矿厂、齐大山铁矿、弓长岭选矿厂三个选矿厂进行技术攻关改造，使鞍钢集团公司的自产铁精矿质量有了显著提高，综合铁精矿品位由改造前的64.65%提高到67.65%，升幅达3个百分点； SiO_2 含量由改造前的7.63%降低到4.42%，降幅达3.21个百分点；高炉入炉品位由改造前的54.79%提高到59.24%，升幅达4.45个百分点。





技术行业推广情况分析

应用该项技术，2002年对东鞍山烧结厂一选车间进行了投资改造，使其铁精矿品位由改造前的不到60%跃升到64.8%以上，极大的改善了东鞍山烧结厂烧结原料结构，直接促进了烧结矿质量的提高。

应用该项技术，集团公司投资建设了生产能力分别为1000万吨和300万吨的鞍千矿业有限公司、弓长岭三选厂，精矿品位分别达到67.54%和67.66%，满足了集团公司炼铁生产需要。

应用该项技术，国内太钢尖山铁矿进行了磁选选矿工艺技术改造，精矿品位由65.30%提高到68.5%以上，河钢矿业司家营选厂采用该项技术进行了选矿厂建设精矿品位由64.89%提高到66.50%。

第一章 钢铁行业

案例5.

钢渣辊压破碎-余热有压热闷技术与装备

钢渣辊压破碎-余热有压热闷技术与装备

——冶金行业清洁生产关键共性技术案例



技术来源： 中冶建筑研究总院有限公司
中冶节能环保有限责任公司

技术示范承担单位： 河南济源钢铁(集团)有限公司

国内外钢渣处理方法:



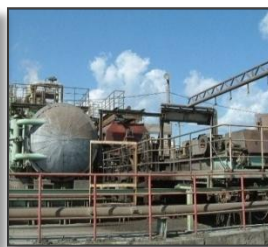
热泼法



滚筒法



风淬法



蒸汽陈化法
(日本)



热闷法

国内外钢渣处理方法主要技术参数比较

工艺技术	热闷法	日本住友蒸汽陈化法	滚筒法	风淬法
适应性	液态、半固态和固态	冷渣	液态	液态
f-CaO质量分数(%)	<2	——	3~5	5~6
浸水膨胀率(%)	<1.5	<1.5	2.93	1.42
主机能耗(kg标煤/吨渣)	0.4	12.03	1.616	4.44
尾渣利用率(%)	100	100	途径少	途径少

现状及利用率低的原因:



转炉炼钢

- ◆ 每炼1吨钢产生0.12-0.14吨钢渣。
- ◆ 2013年中国粗钢产量为**7.7904**亿吨，钢渣产生量约**1.0127**亿吨。
- ◆ **2013年钢渣利用率仅为30%。**
- ◆ 与国家“十二五”资源综合利用规划要求“到**2015年**冶炼渣综合利用率达到**70%**的目标”相差甚远。

钢渣中含有硅酸二钙(C_2S)、硅酸三钙(C_3S)及游离氧化钙($f-CaO$)。由于 $f-CaO$ 遇水反应生成 $Ca(OH)_2$ ，体积膨胀98%，因此未经热闷处理的钢渣稳定性不良。



建材制品开裂

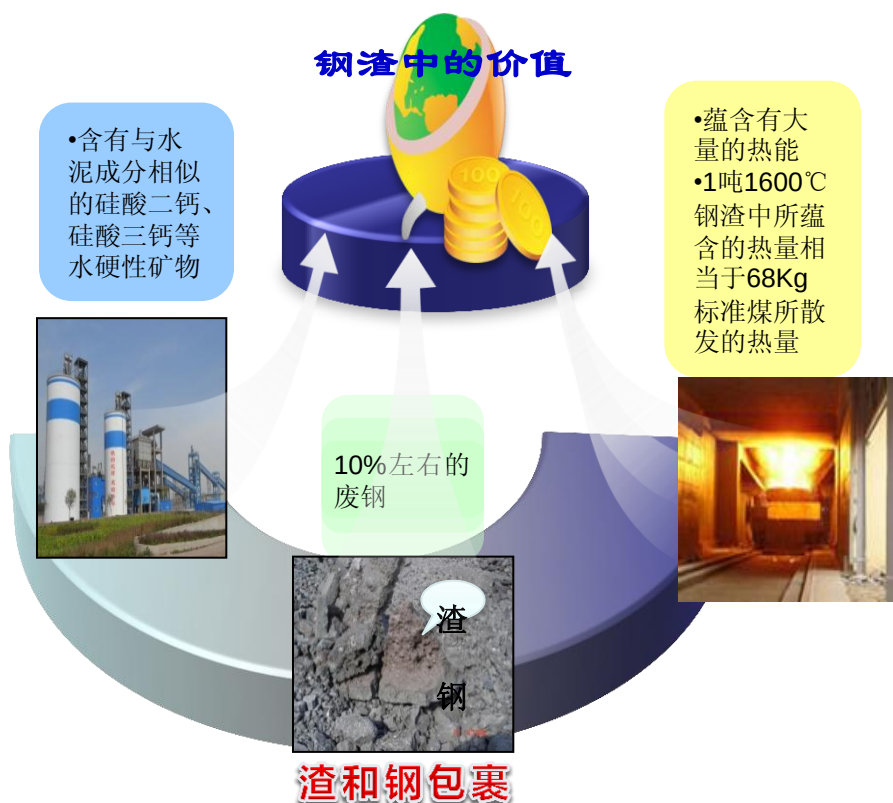


建筑物地面开裂

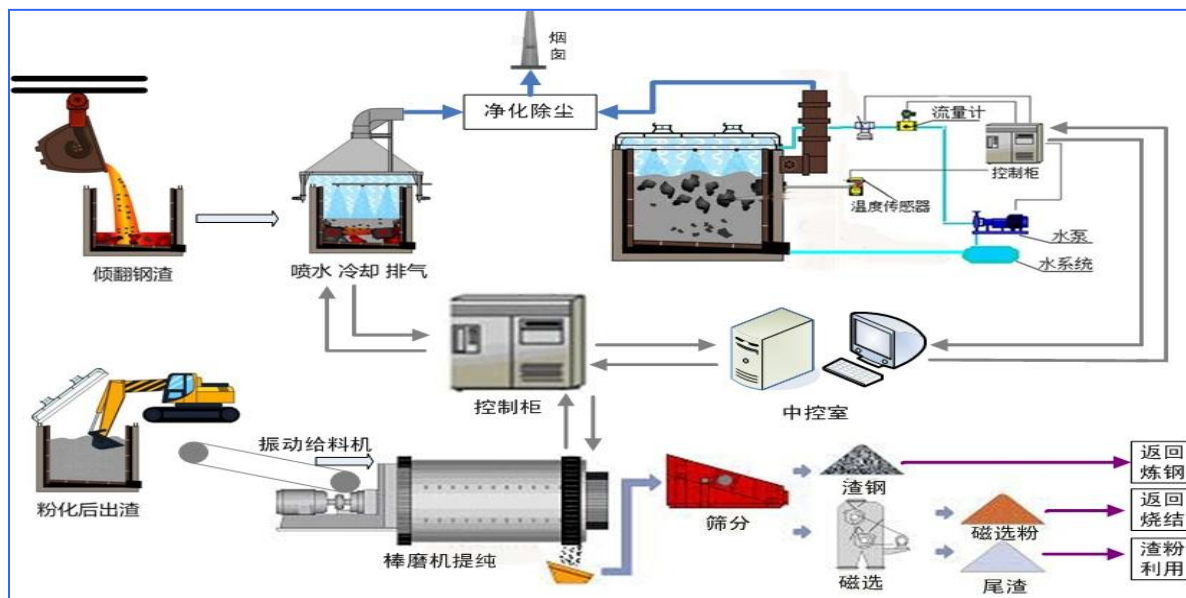


道路开裂

从“**资源化**”的角度，将钢渣中所有资源与能源全方位回收和利用，创造增值效益。

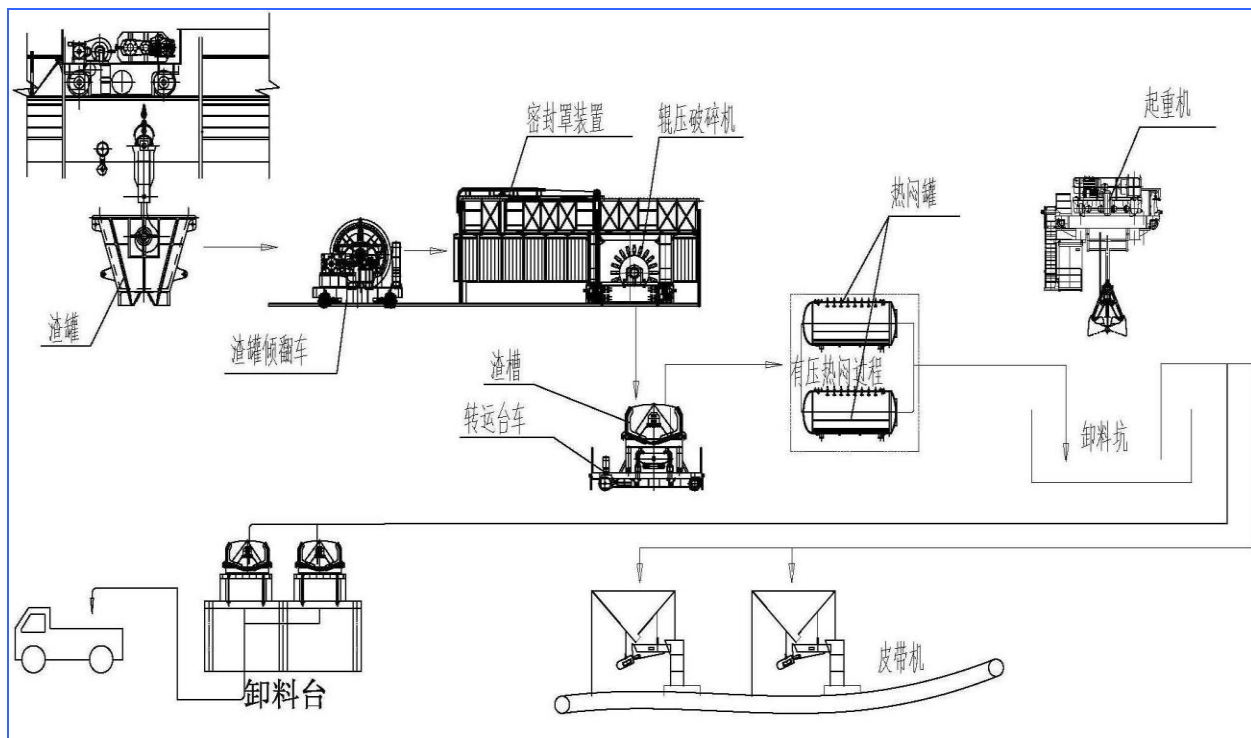


➤中冶建筑研究总院有限公司在已有专利技术常压池式热闷技术基础上，研发出有压热闷工艺及成套专用装备，实现钢渣处理过程的**装备化、高效化、自动化和洁净化**，且热闷蒸汽以一定压力稳定输出，**钢渣显热得以回收利用**。



目前国内市场占有率最高的池式热闷工艺流程图

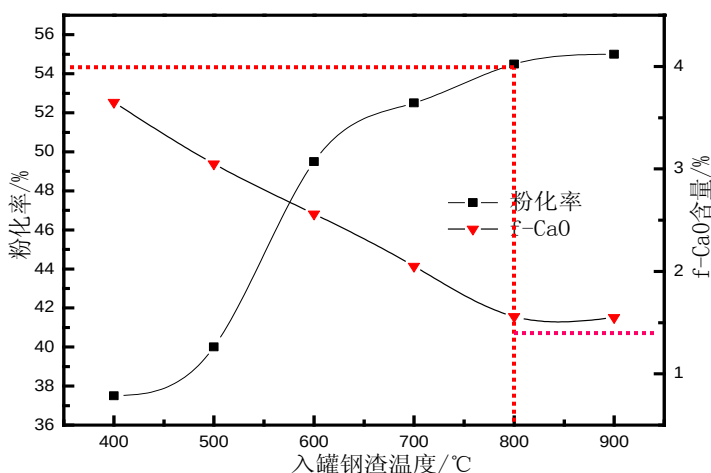
与池式热闷法比，钢渣辊压破碎-余热有压热闷技术在钢渣处理工序、钢渣稳定化处理方式方面有新的突破和创新。



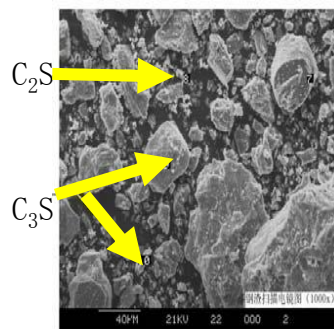
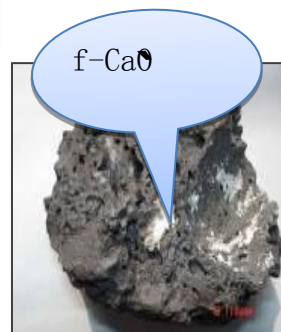
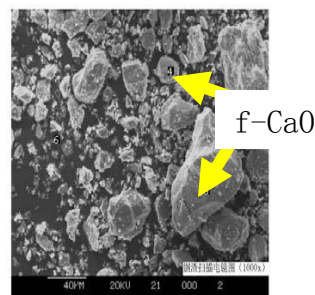
钢渣辊压破碎-余热有压热闷技术工艺流程图

本技术基本原理

- 钢渣中有5.80%-11.64%的f-CaO，1650℃形成的f-CaO为死烧石灰，结晶致密，常温下f-CaO水化缓慢，数年才能消解。
- 10%-35%硅酸三钙（ C_3S ）、20%-40%硅酸二钙（ C_2S ）。
- 硅酸二钙在675℃会发生晶型转变，体积膨胀10%。



入罐钢渣温度与粉化率、f-CaO关系图



- f-CaO消解速度取决于水蒸汽浓度。
- 密闭容器内蒸汽浓度为100%，是自然条件下的25-33倍。
- 钢渣辊压破碎-余热有压热闷技术通过提高热闷工作压力，促进f-CaO、f-MgO消解反应的进行，提高水蒸气在钢渣体系中的渗透速率，加快水蒸气与钢渣的充分接触。实现钢渣稳定化处理。

技术创新：发明了钢渣辊压破碎-余热有压热闷工艺方法，实现了钢渣处理过程的高效化

基于钢渣热闷基本工艺原理，提高热闷工作压力，促进游离氧化钙消解反应的进行，有利于提高水蒸气在钢渣体系中的渗透速率，加快水蒸气与钢渣充分接触，从热力学和动力学两方面为钢渣有压热闷工艺提供了理论依据。工作压力为0.2~0.4MPa，热闷时间由常压热闷工艺的8~12小时缩短至1.5小时。

装备创新：自主开发了国内外首创的“钢渣辊压破碎-余热有压热闷”成套装备及工艺包

钢渣余热有压热闷装置（快开门式结构，最高工作压力0.7MPa；隔热、水冷设计结构）；钢渣辊压破碎装置（“V”辊齿布置；可实现**多相态钢渣快速固化**和推渣卸料）；渣罐倾翻车（由倾翻和行走机构构成；密闭体系下进行倒渣，实现洁净化生产）。热闷压力非线性微差压控制系统（通过模糊-PID串级控制方式，实现了恒压热闷，获得了0.2~0.4MPa稳定输出的蒸汽，为**钢渣余热的回收利用创造了条件**。）钢渣辊压破碎-有压热闷全流程工艺包（形成了工艺设计规程规范、工艺自控系统、工艺说明及操作规程、设备功能说明及使用维护手册和安全操作规范。）

经济指标：吨渣用电量约7.25度，吨渣新水用量约0.35t，与同类技术相比，节能约40%。

成套装备创新突破1 渣罐倾翻车

- 功能：主要用来将熔融钢渣运至密闭体系下进行定点倾倒。
- 目标：实现装置行走和倾翻倒渣。
- **避免了采用行车、抱罐车等设备进行敞开式倒渣造成的扬尘，为实现钢渣洁净化生产创造了条件。**



渣罐倾翻装置

成套装备创新突破2 辊压破碎机

- 功能：主要用于熔融钢渣的快速冷却固化、推渣卸料。
- 目标：装置破碎辊、行走台车。
- 特点：破碎辊为圆柱状筒体，可正反旋转，表面带有辊齿，辊齿成“V”布置。
- 通过该装置破碎辊回转运动和行走机构直线运动的合理匹配，可实现多相态并存钢渣的快速固化和推渣落料两种功能，为后续进行钢渣有压热闷创造了条件。



钢渣辊压破碎装置

成套装备创新突破3 钢渣热闷罐

- 功能：在一密闭的高温高压饱和水蒸气体系下，快速完成钢渣中游离氧化钙的消解，实现钢渣的稳定化处理；
- 目标：实现装置上述功能。
- 特点：为一端带快开门式的压力容器，内部采用了隔热水冷设计结构，顶部设有多组雾化喷头，同时在顶部还设有排气阀、放散阀和防爆阀等。
- 钢渣有压热闷装置设计压力为0.7MPa。
- 该装置不仅可实现钢渣的快速稳定化处理，同时通过采用非线性微差压控制系统，可稳定输出一定压力（0.2~0.4MPa）的低温蒸汽；
- 为钢渣余热回收利用奠定了基础。



有压热闷装置外形图

成套装备创新突破4 转运台车及渣槽

转运台车:

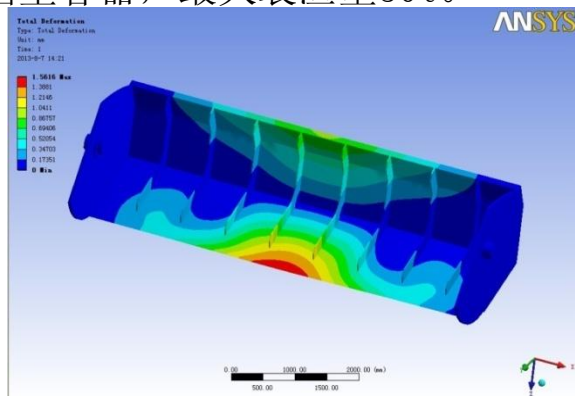
- 功能: 完成钢渣在不同作业位置的转运。
- 特点: 该设备主要由横、纵两个台车组成(类似铸造桥式起重机的大、小车结构)，可沿轨道在横向和纵向方向上运动。

渣槽:

- 功能: 盛放固态钢渣;
- 特点: 渣槽为一顶部可开启的蛤状槽型容器, 最大装渣量50t。



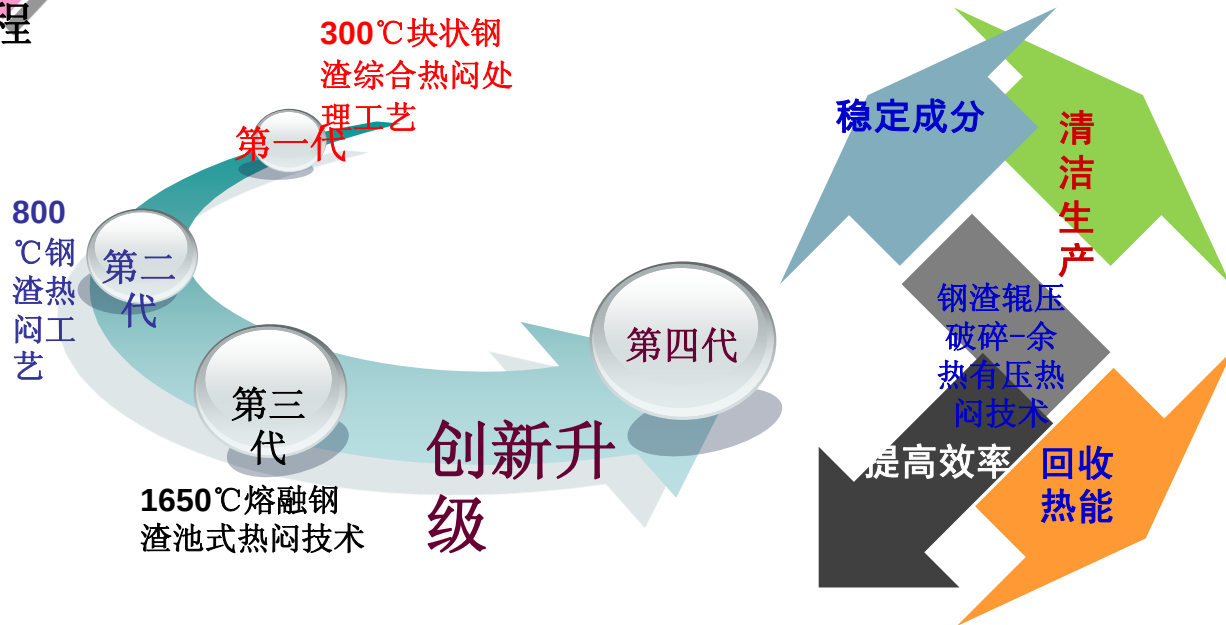
转运台车及渣槽



渣槽荷载变形图

发展历程

固废处理及资源化利用支撑技术——钢渣热闷技术



2011-2012年，在河南济源钢铁（集团）有限公司、珠海粤裕丰钢厂建设技术示范应用工程

➤ 首台套应用工程

工程名称：河南济源钢铁项目炼钢工程60万吨/年钢渣处理生产线；

设计规模：60万吨钢渣/年；

投产时间：2012年08月

生产数据：

稳定性情况：原渣的 $f\text{-CaO}$ 含量6.48%，浸水膨胀率平均为4.00%；热闷后钢渣 $f\text{-CaO}$ 含量2.12%，浸水膨胀率平均为1.00%；

粉化率：小于20mm的粒级达到72.5%；

能耗：吨渣电耗约 $7.25\text{kW}\cdot\text{h}$ ，吨渣新水用量约0.35t，与同类技术相比，节能约40%。



济源工程一效果图

应用工程二

工程名称：珠海中冶环保50万吨/年钢渣处理生产线；

设计规模：50万吨钢渣/年；

投产时间：2012年011月

生产数据：

原渣：游离氧化钙含量5.26%，浸水膨胀4.12%；

热闷钢渣：游离氧化钙2.45%，浸水膨胀1.15%；

粉化率：小于20mm粒级达到76.5%。



济源工程一生产现场



珠海工程-辊压破碎区

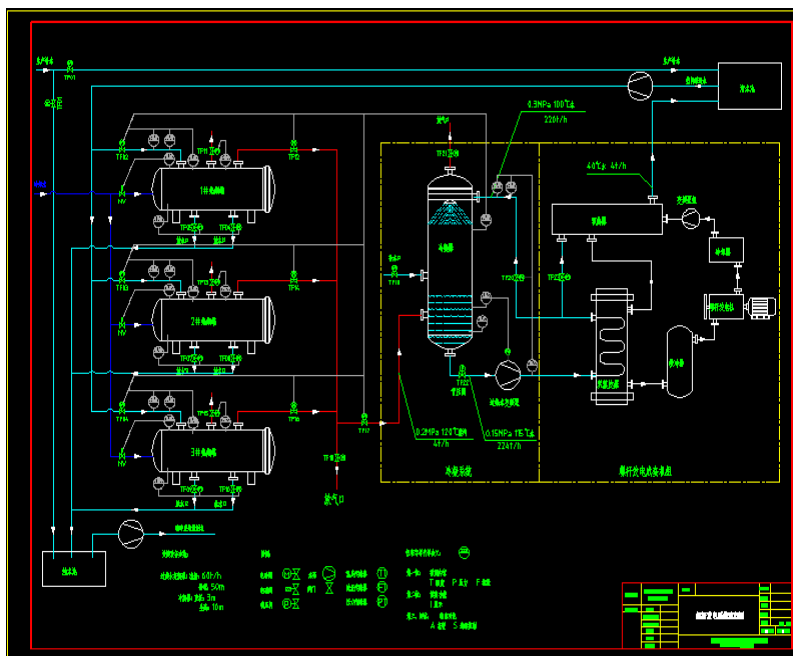


珠海工程-热闷卸料区

钢渣处理及余热回收利用项目

►应用工程三(筹划中)

- 工程名称：天津天丰钢铁有限公司50万吨/年钢渣处理及余热回收利用生产线；
- 设计规模：50万吨钢渣/年；
- 年发电量：约1000万度。
- 钢渣余热发电技术方案：利用钢渣有压热闷处理过程中稳定输出的恒压低温蒸汽，通过一冷凝装置将其转化为过热水，再通过间接换热加热螺杆发电机的工质氟利昂产生高压氟利昂气体，驱动螺杆发电机发电。



天津天丰项目-螺杆发电系统图

增量效益分析

2800万元（100万吨钢渣/年）

钢渣处理成本降低

- 本工艺单位运营成本为24元/吨渣，现有的常压池式热闷工艺运营成本为40元/吨渣，运营成本同比降低40%；
- 以年处理100万吨钢渣计，年可节约运营成本为1600万元。

钢渣余热得以回收利用

- 依据现有低温低压蒸汽螺杆发电效率测算，该工艺1吨熔融钢渣产生0.2t压力为0.2MPa的蒸汽，净发电量约20度；
- 以年处理100万吨钢渣计，年发电量为2000万度；
- 按每度电0.60元，其总值达1200万元。

本技术为具有完全自主知识产权的重大原创技术，
申请相关专利16件，其中发明专利5件。



技术投资分析

以河南济源钢铁项目炼钢工程60万吨/年钢渣处理生产线为例

应用实例表

技术名称 钢渣机压破碎-余热有压热闷技术与装备

应用单位 河南济源钢铁(集团)有限公司

工程名称 60万吨钢渣余热有压热闷综合清洁生产示范项目

申报单位 中冶建研工程技术有限公司

填报日期 2014年2月11日

中国环境保

技术名称	钢渣机压破碎-余热有压热闷技术与装备		
应用单位工程名称	60万吨钢渣余热有压热闷综合清洁生产示范项目		
应用单位地址	河南省济源市天坛区		
应用单位联系人	杨军平	电话	0391-6391111
设计单位	中冶建研工程技术有限公司		
主体设备制造单位	中冶建研工程技术有限公司		
施工单位	河南济源钢铁(集团)有限公司		
设计处理能力	60万吨/年		
实际处理能力	60万吨/年		
占地面积(m ²)	15140		
投入运行时间	2012年8月 正常生产		
污染物名称	粉尘		
单位	万吨		
应用前含量	60		
应用后含量	0		
去除率(%)	100%		
年平均达标率	100%		
处理能力	60万吨/年		
一次性投资(万元)	5000.00	其中设备投资	4079.55
运行成本(万元/年)	2001.60	综合经济效益	14599.5万元/年
直接经济效益(万元/年)	2584.30	投资回收年限	约1.92年
年平均运行天数	330	维修工作量(工作日/年)	15-20
其它经济效益			
是否达到环境保护要求	√1. 是 2. 否		

工程一次性投资：5000万元
工程自2012年8月投产至2014年2月，
运行成本：2001.60万元/年，**综合经济效益：14599.5万元/年，直接经济效益：2584.3万元/年，投资回收年限：1.92年。**

中冶建研工程技术有限公司自主研发的钢渣余热有压热闷技术，本技术由中冶建研工程技术有限公司自主研发，具有自主知识产权，经国家知识产权局授予发明专利，该技术具有投资少、运行成本低、处理量大、环保效果好等优点，为钢铁企业节能减排、清洁生产提供了有力保障。该技术已在河南济源钢铁(集团)有限公司60万吨钢渣余热有压热闷综合清洁生产示范项目中成功应用，取得了显著的经济效益和社会效益。该技术具有自主知识产权，符合国家产业政策，属于节能环保型技术，具有广阔的市场前景。该技术已在河南济源钢铁(集团)有限公司60万吨钢渣余热有压热闷综合清洁生产示范项目中成功应用，取得了显著的经济效益和社会效益。该技术具有自主知识产权，符合国家产业政策，属于节能环保型技术，具有广阔的市场前景。

推广前景分析——国家政策

国家发展和改革委员会文件

京政环发〔2011〕2919号

国家发展改革委关于印发“十二五”资源综合利用指导意见和大宗固体废物综合利用实施方案的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市、副省级省会城市、新疆生产建设兵团发展改革委、资源综合利用管理部门；

为贯彻落实《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》，落实节约资源和保护环境基本国策，深入推进“十二五”时期的资源综合利用工作，促进循环经济发展，我委组织编制了《“十二五”资源综合利用指导意见》和《大宗固体废物综合利用实施方案》，研究提出了“十二五”资源综合利用工作的指导思想、基本原则、主要目标、重点领域以及政策措施，同时提出了在工业、建筑业和农业等重点领域产生量大面广、资源化利用难度大、环境影响面广的固体废物综合利用方案。现将该文件公开发布，请认真贯彻执行。

10

代。

二、《大宗固体废物综合利用实施方案》



主 題 詞：綜合利用 方案 通知

- 2 -

◆ 国家发改委《“十二五”大宗固体废物综合利用实施方案》提出，大力发展钢渣余热自解稳定化处理，建设10个钢铁渣粉重点工程示范项目。

工业和信息化部文件

工管部规〔2011〕440号

关于印发《大宗工业固体废物综合利用
“十二五”规划》的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门，有关行业协会，驻外经贸机构。

为贯彻落实《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《工业转型升级规划(2011—2015年)》的总体部署,落实国务院发展节能环保战略性新兴产业的总体要求,全面推进我国大宗工业固体废物综合利用工作,提高综合利用水平,我部制定了《大宗工业固体废物综合利用“十二五”

二五

到3. 親自來他們，讀給他們聽，認真做筆記。



100

◆ 国家工信部《大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划》提出在“十二五”期间，重点推广钢渣余热自解热闷技术及装备，将投入120亿元建设钢渣处理、钢渣粉、钢铁渣粉等大宗固体废物重点工程项目，年消纳钢渣5475万吨。

推广前景分析——行业环境

中冶建研院钢渣热闷处理工艺完成约33%(3341万吨)

2013年钢渣产生量约1.0127亿吨。

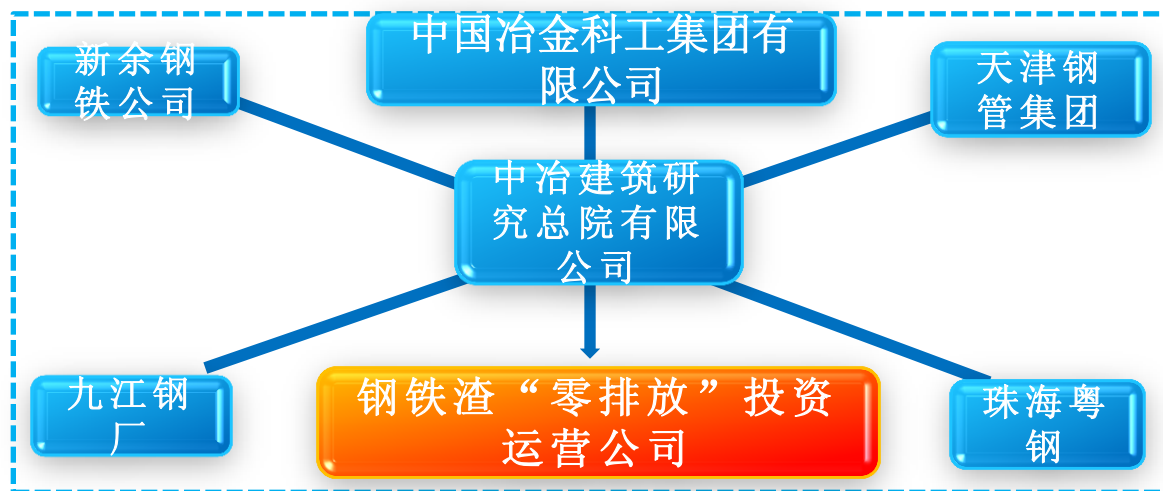
滚筒法等工艺 处理700万吨

简单、粗放式的工
艺方式约6000万吨

若尚待处理的钢渣，50%采用该项技术装备，按单条生产线25~30万吨/年的规模计，则需约**100台套**，工程总投资将达到**50亿元**左右，其市场推广应用前景广阔。

推广前景分析——专业运营团队

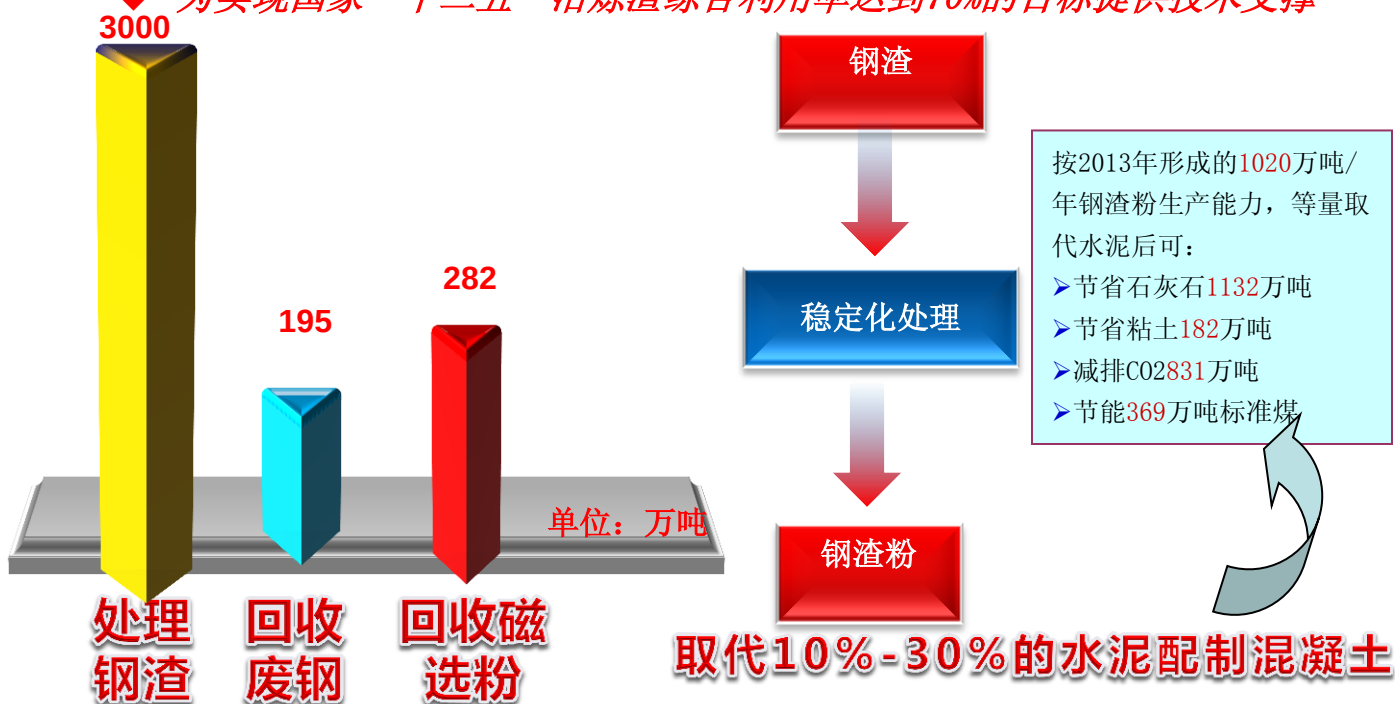
冶金渣处理及资源化综合利用整体解决专家+专业化的环保设施运营团队



技术行业推广分析

- ◆ 改善钢渣处理区域环境状况，实现快速排渣，清洁生产。
- ◆ 钢渣资源化利用，节能减排。
- ◆ 按未来市场累计处理钢渣约3000万吨，回收废钢195万吨，磁选粉282万吨。

◆ 为实现国家“十二五”冶炼渣综合利用率达到70%的目标提供技术支撑



第一章 钢铁行业

案例6.

黑体强化辐射传热技术

技术来源：浙江西华节能技术有限公司
技术示范承担单位：莱芜钢铁股份有限公司棒材厂



黑体强化辐射传热技术

钢铁行业共性关键技术案例

技术来源：浙江西华节能技术有限公司
技术示范承担单位：莱芜钢铁股份有限公司棒材厂

■ 工业能耗现状

- 2010年工业能源消耗24亿吨标准煤
- 工业能源消耗占社会总能耗的比例由2005年的70.9%上升到了2010年的73%
- 高能耗行业进行了能耗限额措施

■ 节能规划与行动

- 到2015年，单位GDP能耗比2010年降低16%
- 到2015年，单位工业增加值（规模以上）能耗比2010年下降21%
- “十二五” 万家企业节能低碳行动，实现节能2.5亿吨标准煤。

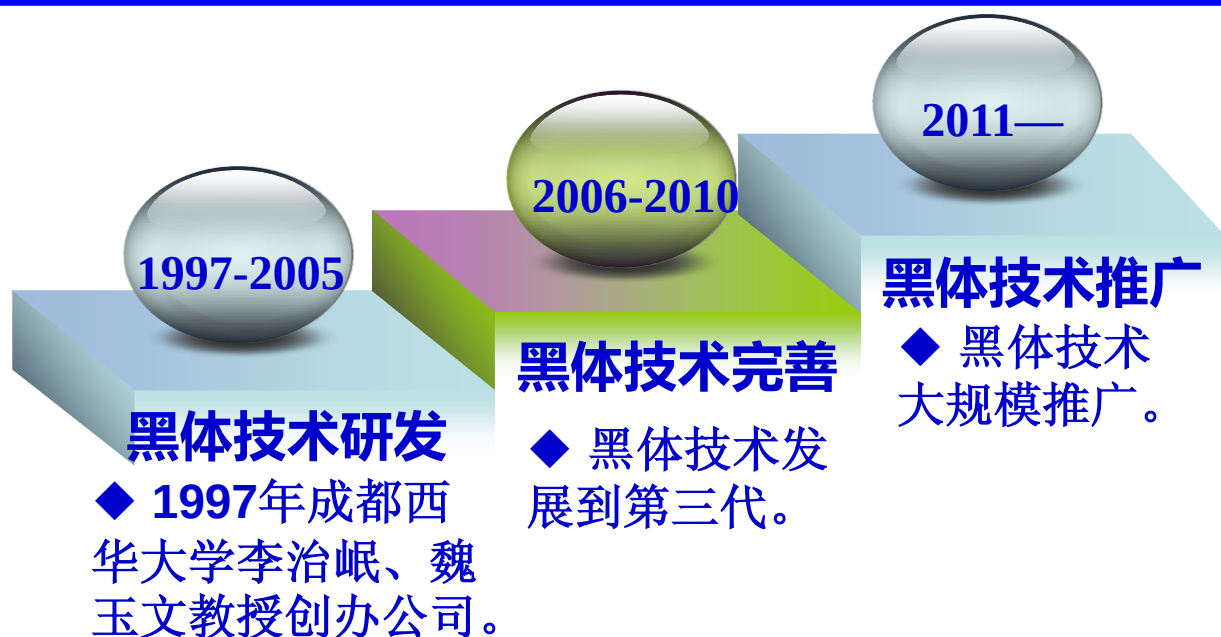
工业窑炉节能

- “十二五” 节能减排综合性工作方案的通知中（国发（2011）26号）规定工业窑炉平均运行效率比2010年提高2%。
- “十二五” 工业节能规划重点节能工程之首——工业锅炉窑炉节能改造工程。
- 目前国内的加热炉的热效率平均在30%~40%，与国际先进加热炉的热效率45%~60%相比，相差了15%~20%，具有很大的节能空间。



西华大学
炉窑节能专家

西华节能发展历程



愿 景：以黑体节能技术为核心的炉窑节能解决方案供应商，使客户炉窑能效达国际领先水平

使 命：炉窑节能新技术的开拓者和领先者

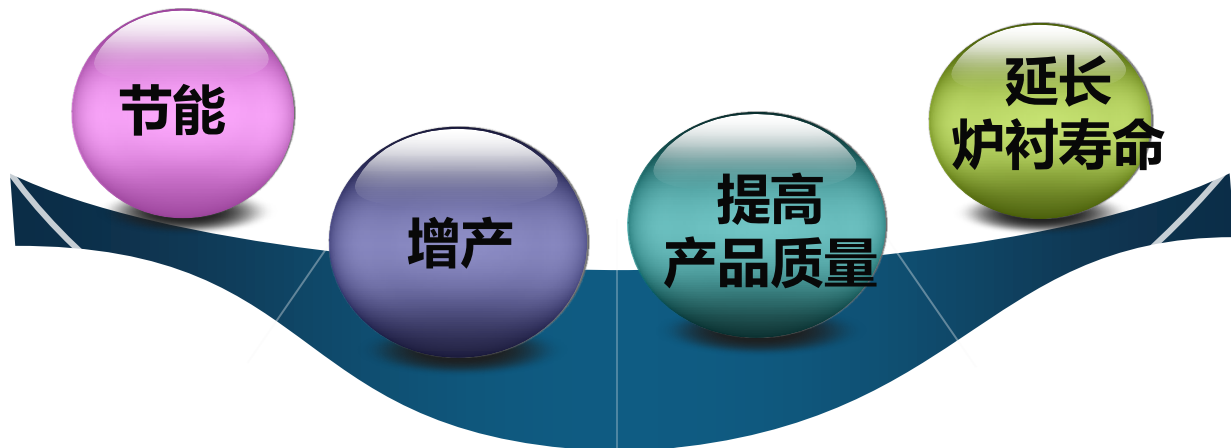
价值观：专注、尽责、协作、卓越

- 授权专利
- 国家技术创新技术推广项目
- 中国资源综合利用科技成果鉴定
- 中国测试技术研究院产品鉴定
- 四川省高新技术企业
- 国家级科技成果重点推广计划
- 中国化工节能技术协会《优秀节能技术》
- 第四批《国家重点节能技术推广目录》
- 中国节能服务产业委员会常务委员单位



当炉温大于
700℃时，热
量传递以**辐射**
为主，辐射传
热是对流的15
倍，占总热量的
80%以上。

加热炉黑体强化辐射传热节能技术，简称“**黑体技术**”



加热炉黑体强化辐
射传热节能技术

应用效果

• 轧钢加热炉
节能率
10~20%

• 提高生产率
5~15%
• 降低氧化烧损
0.1~0.2%

• 改善炉温均匀性
• 提高产品质量

• 延长炉衬寿命
2~3年
• 减少维护费用

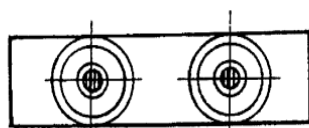
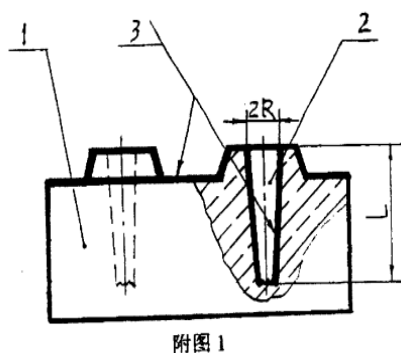


应用效果

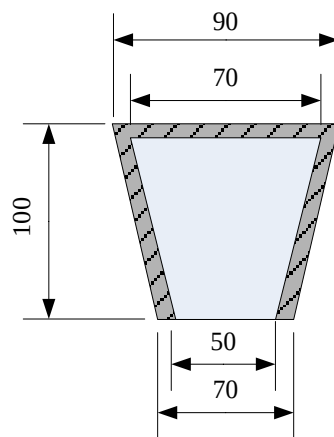
1-黑体元件实物图



2-黑体元件结构示意图



3-黑体元件规格尺寸



◆ 图中

● 1--耐火砖

2--黑体

3--高发射率层

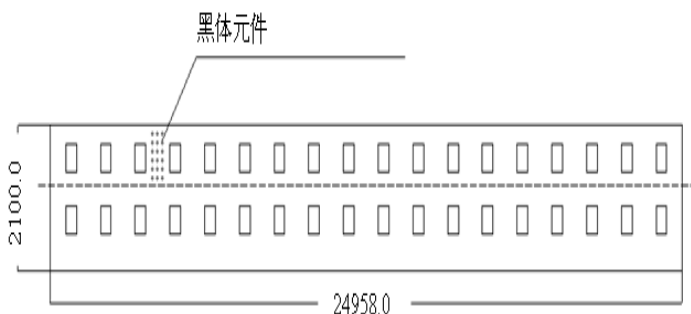


图1 炉墙黑体元件布置图

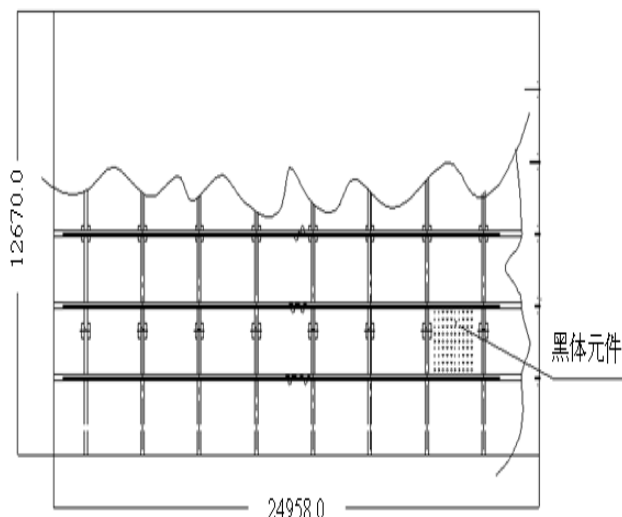


图2 炉顶黑体元件布置图

- ◆ 以每4个锚固砖构成的区域面积为一个单元进行元件布置
- ◆ 炉顶一般按1平方米面积布置40个左右黑体元件
- ◆ 炉墙根据实际情况作适当调整
- ◆ 清除黑体元件安装处的原纤维块
- ◆ 黑体元件重量，不超过400g/个，即每平方米安装16公斤的黑体元件
- ◆ 黑体元件固定方式：
 - 开（安装）工艺小孔 $\Phi 5 \times 30\text{mm}$ ，冷态时以耐热钉机械辅助固定。
 - 用高温粘结剂粘结，最终与炉衬（炉顶、炉墙）母体烧结成一体。

电阻炉传热的数学模型

$$Q = \alpha_m(t_w - t_M)F_M = \alpha_{om} \frac{(t_w - t_M)F_M}{\frac{1}{\varepsilon_M} + \frac{F_M}{F_w} \left(\frac{1}{\varepsilon_w} - 1 \right)} \quad (W) \quad (1)$$

式中：Q 为工件获得的热量

ε_M 、 ε_w 分别为金属、炉墙的黑度

F_M 、 F_w 分别为金属、炉墙的面积

α_{om} 是 $\varepsilon_M = \varepsilon_w = 1$ 时的辐射换热系数

燃料炉传热的数学模型

$$Q = \frac{5.675}{\frac{1}{\varepsilon_G} + \frac{1}{\varepsilon_w} - 1} \left[\left(\frac{T_G}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] F_w \quad (W)$$

式中： T_G 、 T_w 分别为炉气和炉衬内表面温度

ε_G 、 ε_w 分别为炉气在 T_G 和 T_w 时的黑度

ε_w 为炉衬内表面的黑度

F_w 为炉衬内表面的面积。

当 T_G 与 T_w 相差不大时，可近似认为： $\varepsilon_G = \varepsilon_w$ ，这时上式可简化为：

$$Q = \frac{5.675}{\frac{1}{\varepsilon_G} + \frac{1}{\varepsilon_w} - 1} \left[\left(\frac{T_G}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] F_w \quad (W) \quad (2)$$

提高炉墙发射率

ε_w

增加炉墙传热面积
 F_w

工件获得的热量Q
增多

◆理想黑体辐射特性

$$\text{吸收率}_{\text{黑体}} = \text{发射率}_{\text{黑体}} = 1$$

◆我们采用的黑体 元件发射率 $\text{发射率}_{\text{黑体元件}} = 0.95$

(1002℃ , 中国测试技术研究院测试 , 2009年5月)

工业标准黑体元件为我们特有专利技术，
世界上唯一掌握该技术的公司。

NT 中国测试技术研究院
National Institute of Measurement and Testing Technology

测试报告

Test Report

报告编号: 测试字第 200905000285 号
Report No. 200905000285

样品名称: 黑体元件
Name Of Sample 黑体元件

型号 / 规格: 平 3 号
Type/Specification 平 3 号

出厂编号: A000119
Ex-Factory No. A000119

制造单位: 成都西华工业炉节能技术有限公司
Manufacturer 成都西华工业炉节能技术有限公司

批准人: 张亮亮
Approved by 张亮亮

检验员: 苏红雨
Checked by 苏红雨

测试员: 苏红雨
Tested by 苏红雨

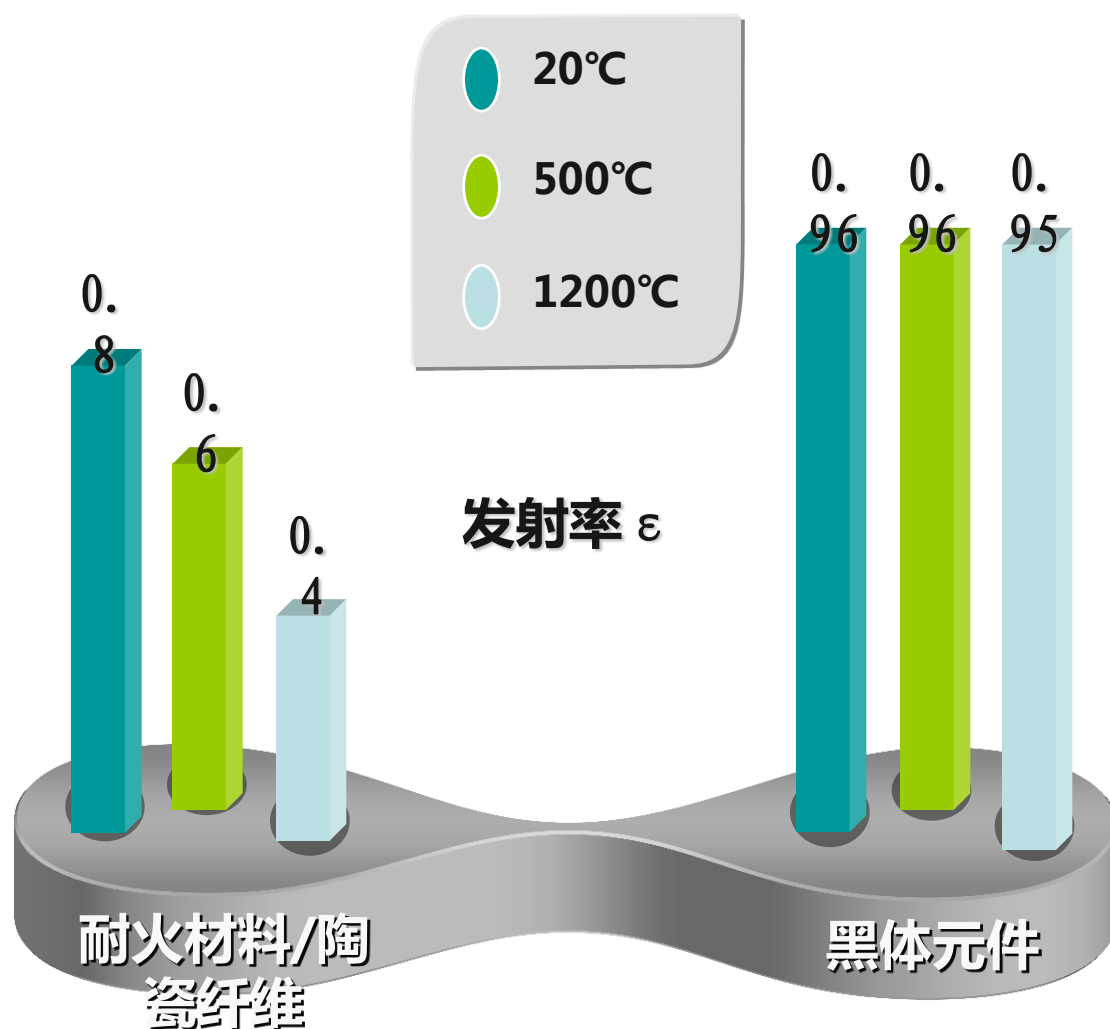
验证员: 苏红雨
Verified by 苏红雨

测试日期: 2009 年 05 月 22 日
Test Date Year Month Day

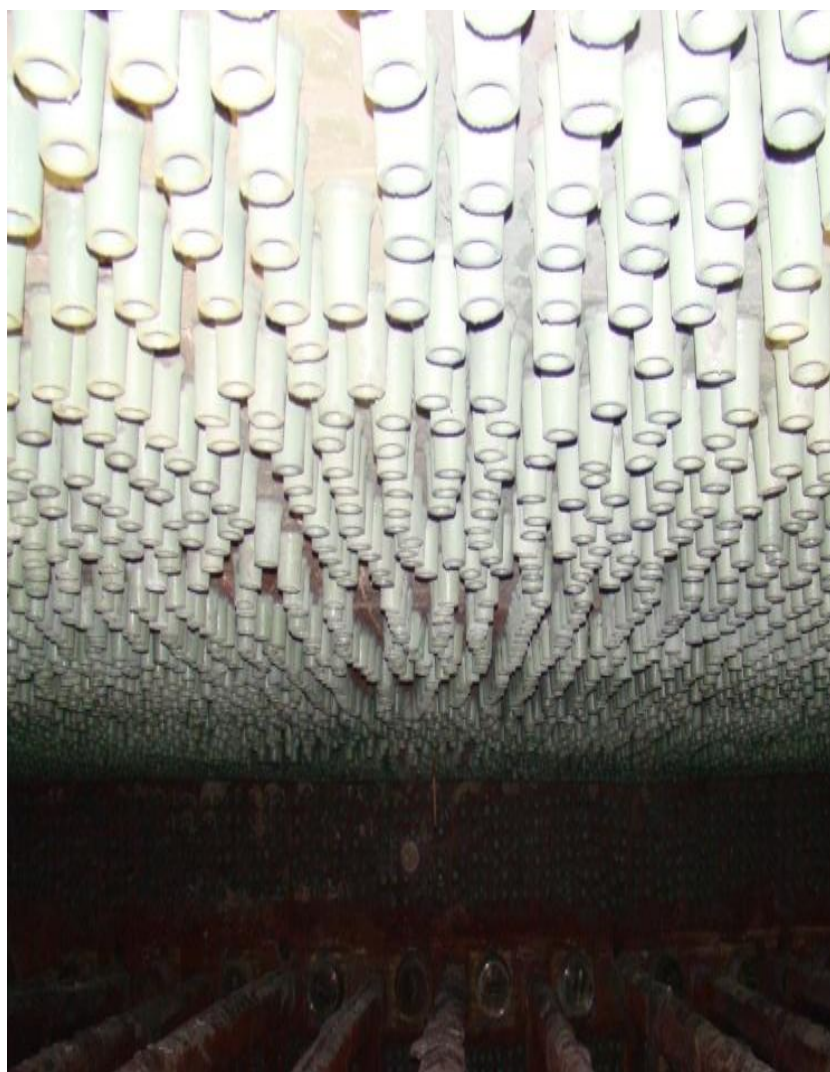
证书有效性声明:
1. 封面印刷红色专用章
2. 证书底端有一维代码
3. 证书内端为钢印行印

中国合格评定国家认可委员会 (CNAS) 认可证书号: No.L0893
China National Accreditation Service for Conformity Assessment
Accreditation Certificate No.L0893
地址: 中国四川·成都玉泉路 10 号

业务电话: 028-84404337 84404365
监督电话: 028-84404920
Telephone
邮编: 610021



常温下常用耐火材料/陶瓷纤维的发射率一般不超过**0.8**，随着炉温的升高，会大幅度下降。



在**炉顶**和**炉壁**上安装了众多的凸凹的空腔锥台黑体元件后，勿需变动原设计的任何参数，即可**增大**传热面积 F_w 一倍以上。

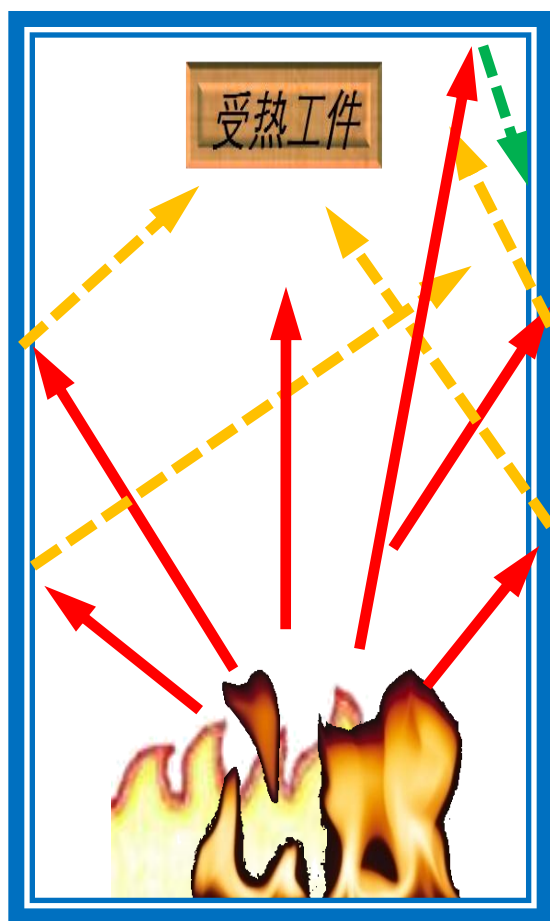


西华节能

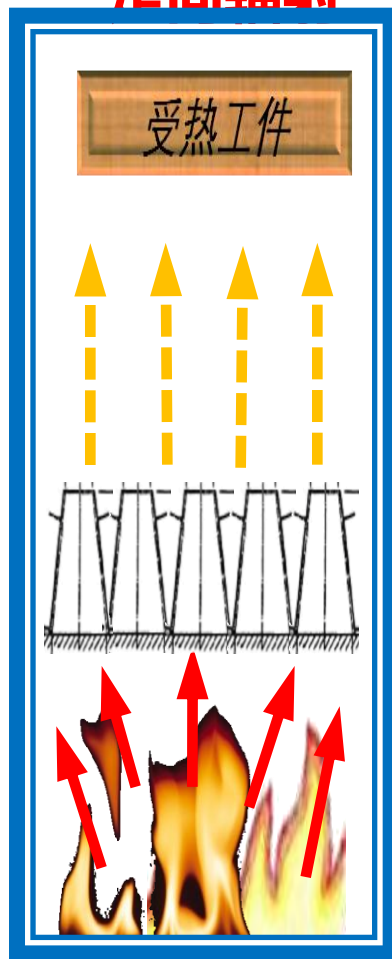
炉窑节能专家

节能实现：提高热射线到位率

传统加热炉的热传递：
漫辐射



强化辐射加热炉的热传递：
定向辐射



热效率低下原因：热射线不能直接、迅速到达工件上，热量不能得到有效利用。

定向辐射传热优势：热射线从无序到有序的调控

黑体元件发射率 VS 其他材料发射率

材料	温度/℃	发射率（黑度系数）
黑体元件	800~1700	0.95
氧化的钢	600~800	0.80
纤维炉衬	600~1000	0.40~0.60
常规炉衬	600~1000	0.50~0.70

黑体技术 VS 涂层（料）技术

项目	涂层（料）技术	黑体技术
辐射率	0.92	0.95
寿命	0.3~1年	3~5年
节能率	2%~5%	4%~30%
生产率	提高4%~6%	提高10%~20%
耐火强度	≤1500℃	≤1790℃
排烟温度	平均降低5~10℃	平均降低10~20℃
外壁温度	平均降低5~10℃	平均降低10~25℃

整体技术优势



技术比较



黑体技术特点	高发射率	高辐射到位率	增大传热面积	保温
--------	------	--------	--------	----

黑体技术节能指标

燃气炉 节气率	燃油炉 节油率	电阻炉 节电率	乙烯裂解炉 节能率	工业锅炉 节能率
8%~25%	8%~20%	15%~30%	4%~6%	6%~10%

钢铁行业

- ✓ 蓄热式加热炉
- ✓ 步进式加热炉
- ✓ 推钢式加热炉
- ✓ 环形加热炉
- ✓

石化行业

- ✓ 乙烯裂解炉
- ✓ 圆形管式炉
- ✓

陶瓷行业

- ✓ 隧道窑
- ✓ 辊道窑
- ✓ 车底式窑
- ✓

机械行业

- ✓ 箱式加热炉
- ✓ 台车式加热炉
- ✓ 锻造加热炉
- ✓ 铸件退火炉
- ✓

钢铁行业应用

加热炉类型

- 蓄热式加热炉
- 步进式加热炉
- 推钢式加热炉

加热炉燃料类型

- 高炉煤气
- 混合煤气
- 发生炉煤气
- 天然气



1. 炉衬清理

- 施工准备
- 炉衬清理及局部修补

2. 元件安装

- 黑体元件布图放线
- 炉衬工艺小孔加工
- 安装黑体元件：冷态固定+高温粘结

3. 形成红外加热系统

- 炉衬保护性处理
- 炉衬红外强化处理

4. 烘炉调试

- 现场清理
- 正常烘炉
- 调试

- ◆ **能耗基准测试**：在能耗对比测试保证条件基本相同的情况下（包括钢坯材质、产品品种、装炉量、加热炉热工条件等）进行改前、改后测试，确定其单耗指标为测试基准。

- ◆ **节能率计算**

式中：
$$P = \frac{b_1 - b_2}{b_1} \quad b_1 = \frac{Q_1}{G_1} \quad b_2 = \frac{Q_2}{G_2}$$

P — 节能率（%）

b₁ , b₂ — 分别是节能改造前、后，在测试时段内吨钢材能耗（GJ/t材）

Q₁ , Q₂ — 分别是节能改造前、后，在测试时段内的能耗（GJ）

G₁ , G₂ — 分别是节能改造前、后，在测试时段内生产的钢材重量（t材）

年节能量

$$\text{年节能量 (m}^3\text{/年)} = \text{改炉后实际年耗能量 (m}^3\text{/年)} \times \text{节能率} \div (1 - \text{节能率})$$

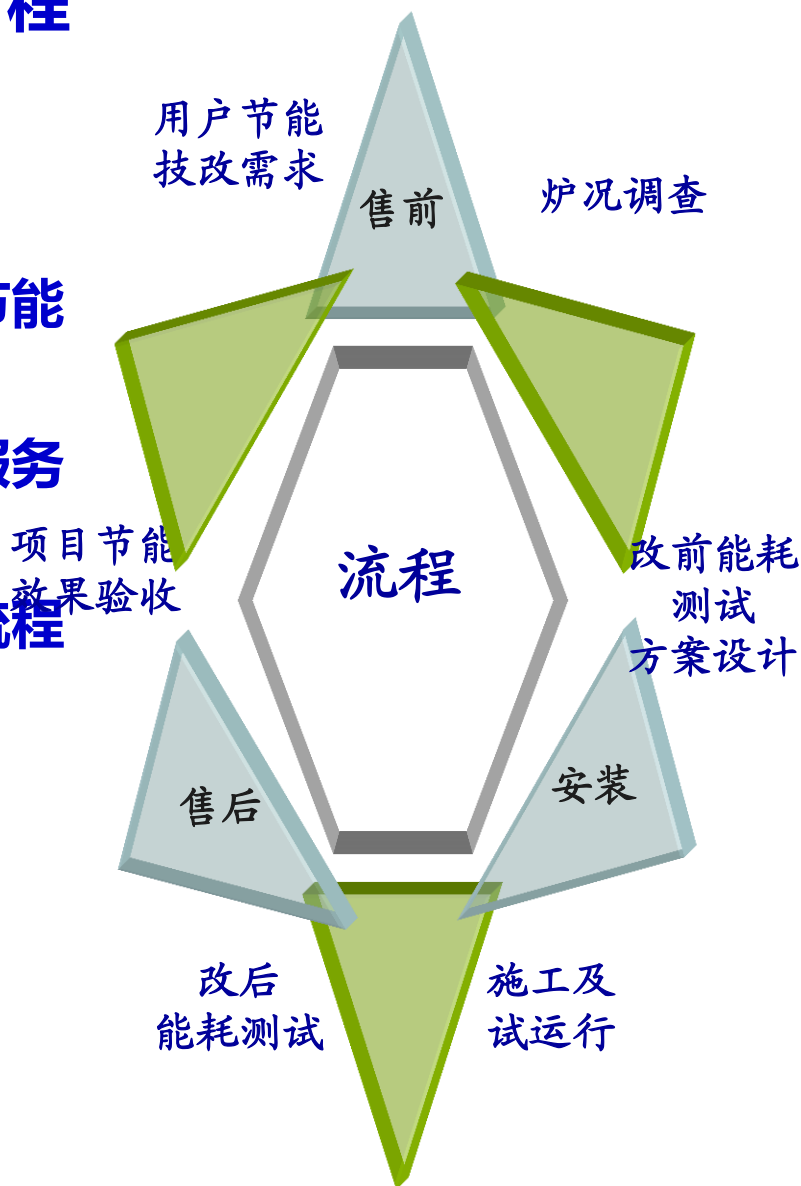
年节能效益

$$\text{年节能效益} = \text{年节能量 (m}^3\text{/年)} \times \text{燃料单价 (元/m}^3\text{)}$$

注：单价为燃料价格或折算到标煤价格

服务流程

- ◆ 专注于工业窑炉节能
- ◆ 提供全方位节能服务
- ◆ 拥有卓越的服务流程



应用领域	规格型号	加热方式	产品种类	使用单位
轧钢加热炉	100万吨步进式	混合煤气	型钢	山钢莱芜分公司型钢厂
	70万吨推钢式	发生炉煤气	角钢	唐山盛财钢铁
	60万吨推钢式	高焦混合煤气	棒材	云南德胜钢铁轧钢厂
	70万吨步进式	焦炉煤气+焦油	特钢棒材	沙钢集团淮钢特钢一轧
	100万吨蓄热式步进	高焦混合煤气	棒材	莱钢棒材厂二轧
	120万吨步进式	高焦转混合煤气	大型H型钢	莱钢大型型钢
	70万吨	高焦混合煤气	棒材	沙钢集团淮钢特钢二轧
	60万吨蓄热式	高炉煤气	高线	沙钢集团润忠高线厂
乙烯裂解炉	4万吨乙烯裂解炉	甲烷+氢	乙烯	天津石化烯烃部乙烯车间
陶瓷辊道窑	陶瓷加热炉	天然气	陶瓷	重庆陶瓷
电阻炉	镀锌车间5500kW	电热	彩板	山东淄博彩板厂
	1×75kW+1×45kW	电热	热处理	二重
	150kW台车式	电热	热处理	东方汽轮机厂
	75kW	电热	热处理	武钢公司大冶铁矿
	倾倒是180kW淬火炉	电热	热处理	淄博长城电缆
	105kW	电热	热处理	四川成都成工工程机械
	100kW箱式	电热	热处理	中外建发展股份

项目案例分析

序号	项目名称	投产时间	设计产能 (万t)	节能率 (%)	使用年限 (y-m)	年节能效益 (万元)	备注
1	首秦金属	20080127	150	16.55	6-8	800	宽厚板
2	沙钢润忠	20100723	60	25.00	4-1	500	高线
3	沙钢淮二轧	20110113	70	13.368	3-8	620	棒材
4	莱钢棒材	20110703	100	16.00	3-1	560	螺纹钢
5	沙钢淮一轧	20111018	70	11.3	2-11	580	棒材
6	云南德盛	20111126	70	14.0	2-10	480	高线
7	天津石化	20120925	4	6.0	2-0	420	乙烯裂解
8	唐山盛财	20121023	70	8	1-11	420	角钢
9	邯郸瑞祥	20130218	70	12	1-6	390	高线
10	临沂江泉	20131228	140	12	0-4	420	棒材
11	东北特钢	20140105	10	7.9	0-8	180	特钢板材
12	攀成钢	20140109	52	8	0-8	350	无缝管
13	福建亿鑫	20140210	80	12.36	0-2	350	棒材
14	首钢迁钢	20140411	150	10.55	0-5	547	热带
15	包钢无缝	20140422	50	8.3	0-5	380	无缝管
16	东北特钢	20140605	80	待测	0-2	320	棒材
17	福建三钢	20140828	50	待测	—	435	棒材
	合 计					7752	