



**首钢京唐公司**  
SHOUGANG JINGTANG COMPANY

产品一流 管理一流 环境一流 效益一流

# 首钢京唐炼铁设备技术应用研究

杜建华

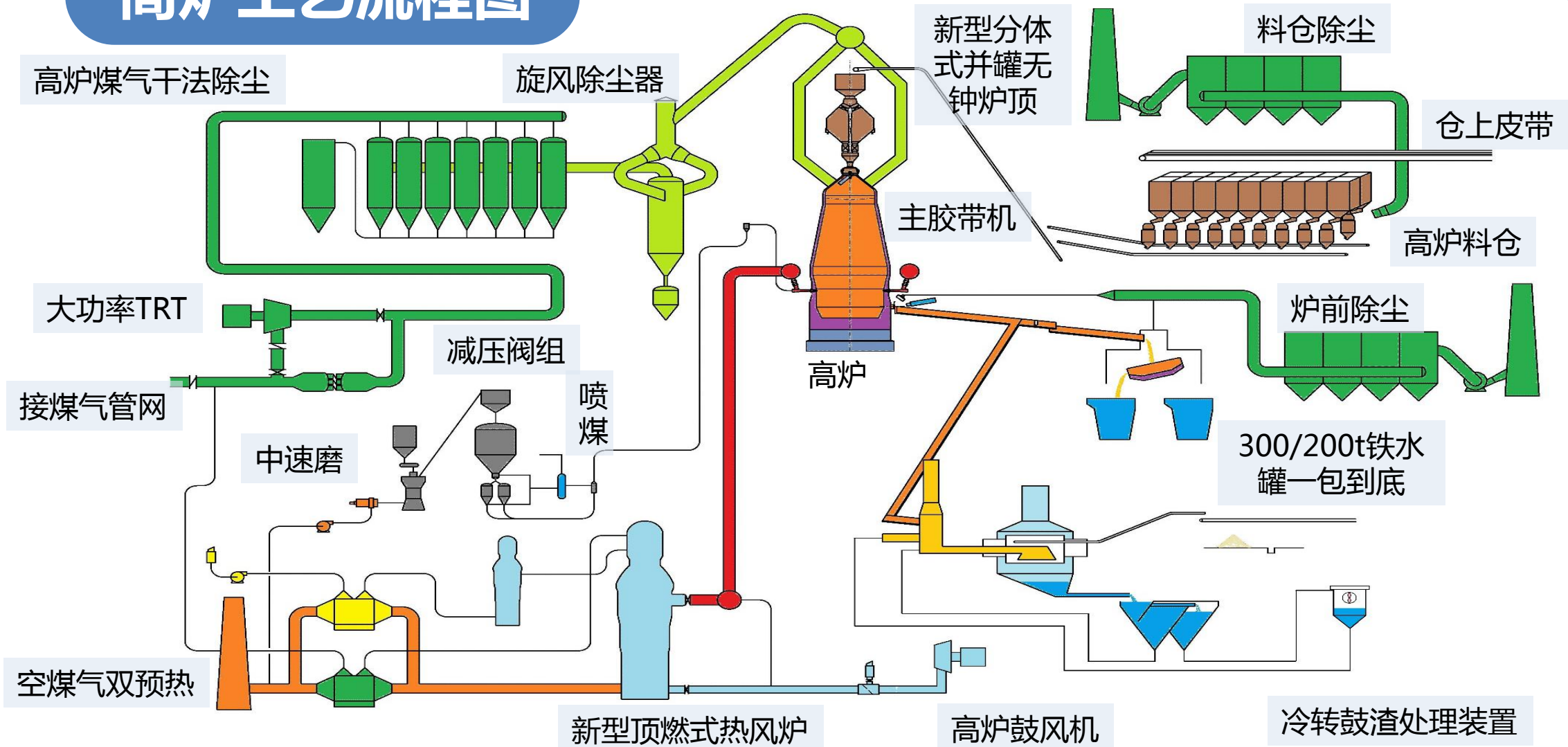
首钢京唐钢铁联合有限责任公司

2021年07月





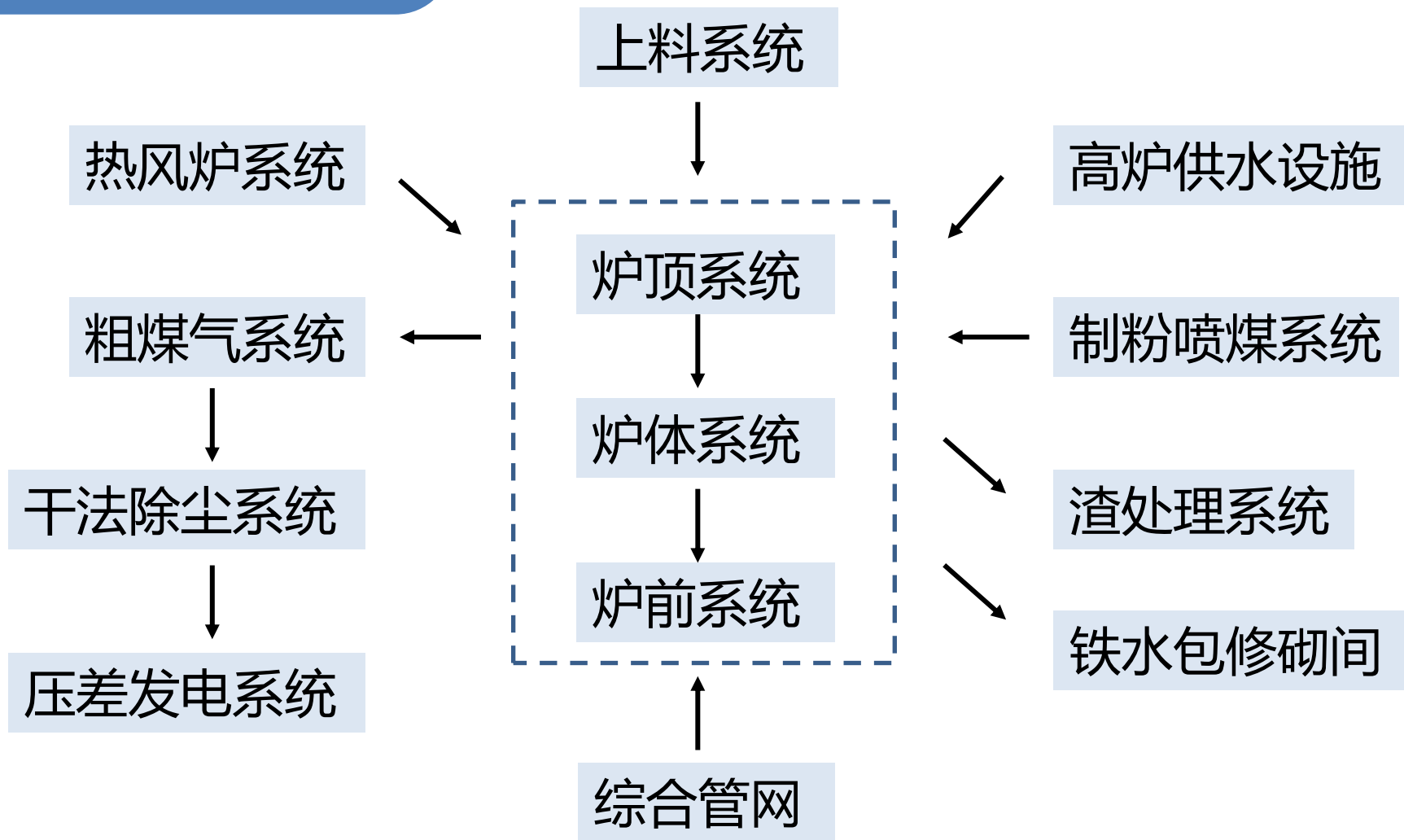
## 高炉工艺流程图



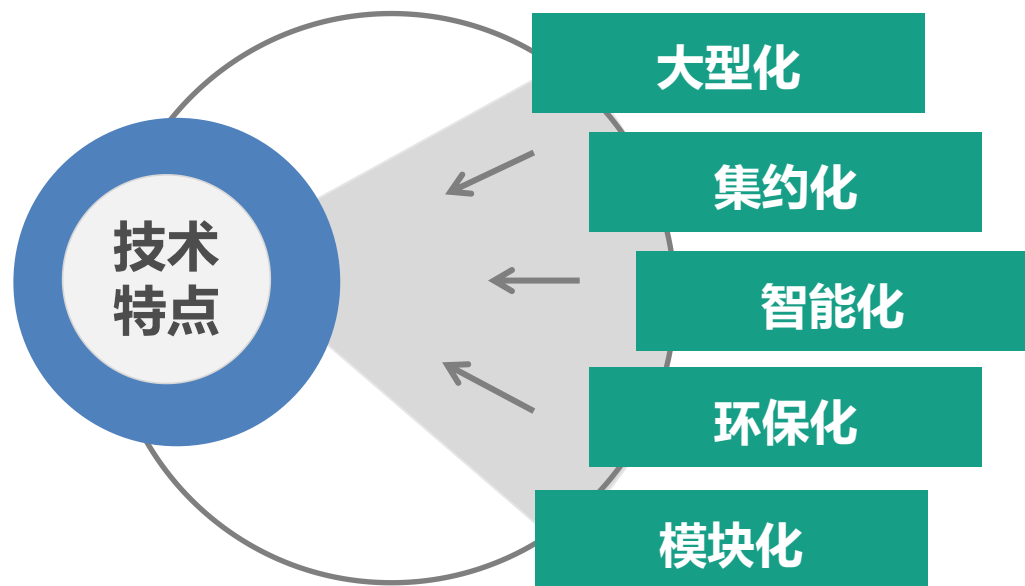




## 高炉主要工艺系统



## 高炉装备技术特点



京唐3号高炉主要技术经济指标

名称	单位	指标	备注
高炉有效容积	m <sup>3</sup>	5500	
年均利用系数	t/(m <sup>3</sup> .d)	2.3	最大2.6
年平均工作日	d	360	
日产铁量	t	12650	最大14700
焦比	kg/t	290	
煤比	kg/t	180	设备能力250
焦丁	kg/t	20	实际39
燃料比	kg/t	490	实际476
炉顶压力	MPa	0.28	设备能力0.3
高炉风温	℃	1250	
富氧率	%	5~10	设备能力15

首钢京唐通过实施循环经济、低碳冶金和绿色发展，3#高炉在吸取一期两座高炉经验的基础上创新应用精料、长寿、高风温、富氧喷煤、节能减排、低碳冶炼、环境保护等综合技术，进一步降低资源和能源消耗，坚持高效、低成本、低排放和绿色发展理念，促进高炉炼铁的可持续发展。

## 京唐炼铁简介

2007年3月12日，首钢京唐公司开始动工建设第一座高炉。

1号高炉于2007年3月12日动工，2009年5月21日投产，建设期26个月；  
2号高炉于2008年3月12日动工，2010年6月26日投产，建设期27个月；  
3号高炉于2016年8月18日动工，2019年4月26日投产，建设期 33个月。



## 京唐炼铁简介

目前，首钢京唐炼铁共有3座5500m<sup>3</sup>高炉，铁水设计总产能为1335万吨/年。配套建设有2台500m<sup>2</sup>烧结机，年产烧结矿1093.4万吨；3台504m<sup>2</sup>带式焙烧机，年产球团矿1200万吨。也配套建设了脱硫脱硝线、消化线、锌资源线、磨矿线等，逐渐成为国内一流、绿色低碳、优质高效的炼铁工厂。



### ■ 冶炼特点：

- 炉料结构：55%以上**高球比**；
- 送风风温：1300℃**高风温**；
- 富氧鼓风：7%以上**高富氧**；
- 矿批水平：180t以上**大矿批**；
- 燃料消耗：490kg/t以下**低燃料比**；
- .....



## 京唐炼铁简介



截止2021年6月，全球5000立级特大型高炉总计35座，其中：  
**中国9座，日本14座，韩国8座，俄罗斯1座，德国1座，乌克兰1座，巴西1座。**

韩国光阳1#高炉炉容6000m<sup>3</sup>，世界排名第一；

中国沙钢5860 m<sup>3</sup>高炉，世界排名第二；

首钢京唐5500 m<sup>3</sup>高炉，世界排名第八。

京唐高炉采用了当今国际炼铁技术领域的十大类68项先进技术，包括：

大型高炉精料技术、先进上料和布料技术、高炉综合长寿技术、炉前出铁技术、热风炉高温工艺、环保型渣处理工艺、高富氧大喷煤技术、全干法煤气除尘技术、高炉余压发电技术、自动化监控系统和高炉智能专家系统等。

# 目录

## Contents



01 采用高比例球团矿精料技术和炉料分布控制技术

02 首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

03 高炉综合长寿技术

04 热风炉高风温、长寿技术

05 富氧大喷煤及氧煤混喷技术

06 水渣综合利用及余热利用

07 炉前出铁场环保化

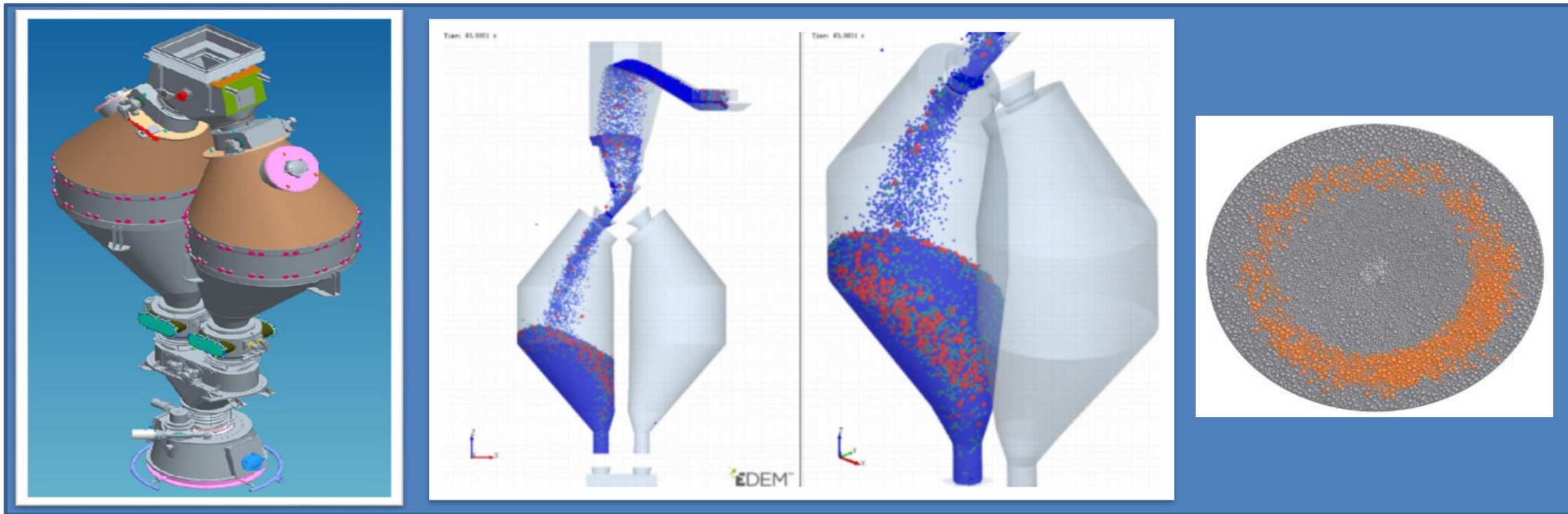
08 高效环保除尘技术





## 一、采用高比例球团矿精料技术和炉料分布控制技术

创新应用无中继站上料工艺和新型分体式并罐无料钟炉顶装料设备实现特大型高炉高比例球团矿装料，减少物料偏析。自主设计研制的首钢第VI代新型分体式并罐无料钟炉顶设备，料罐研发了上下斜锥夹中间直段形式，引导料罐下料时的料流走向，使其更靠近高炉中心线。将左右两罐的下料差异降到最小，最大程度的缓解了传统并罐无料钟炉顶技术的布料偏析问题，可实现中心加焦、多环布料、定点布料操作。



## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术



首钢VI型并罐无料钟炉顶设备（见图1）主要由换向溜槽、上密封阀、料罐、料流调节阀、下密阀箱、中间漏斗、短节、布料装置等组成。该结构采用“抽屉”式设计理念，各单体设备均设置行走车轮，可单独在轨道上进行移出，便于在线检修更换。

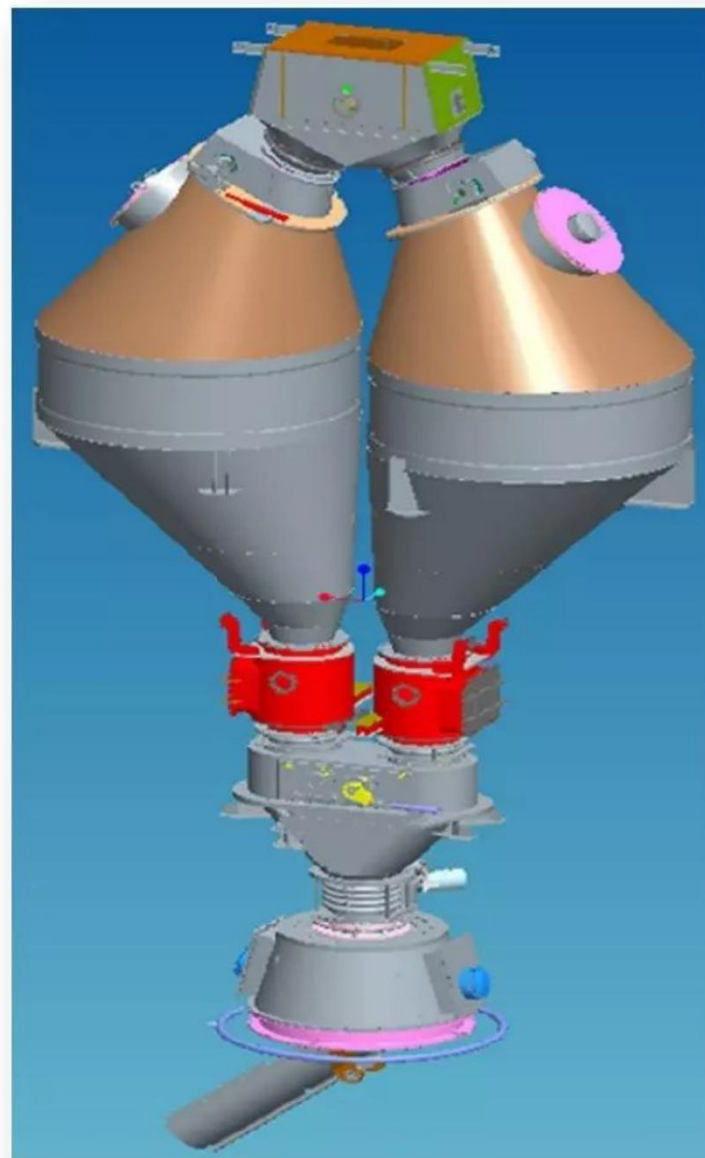
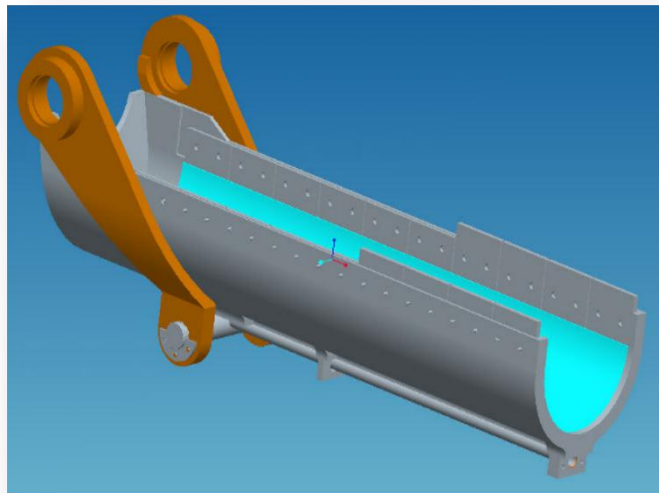
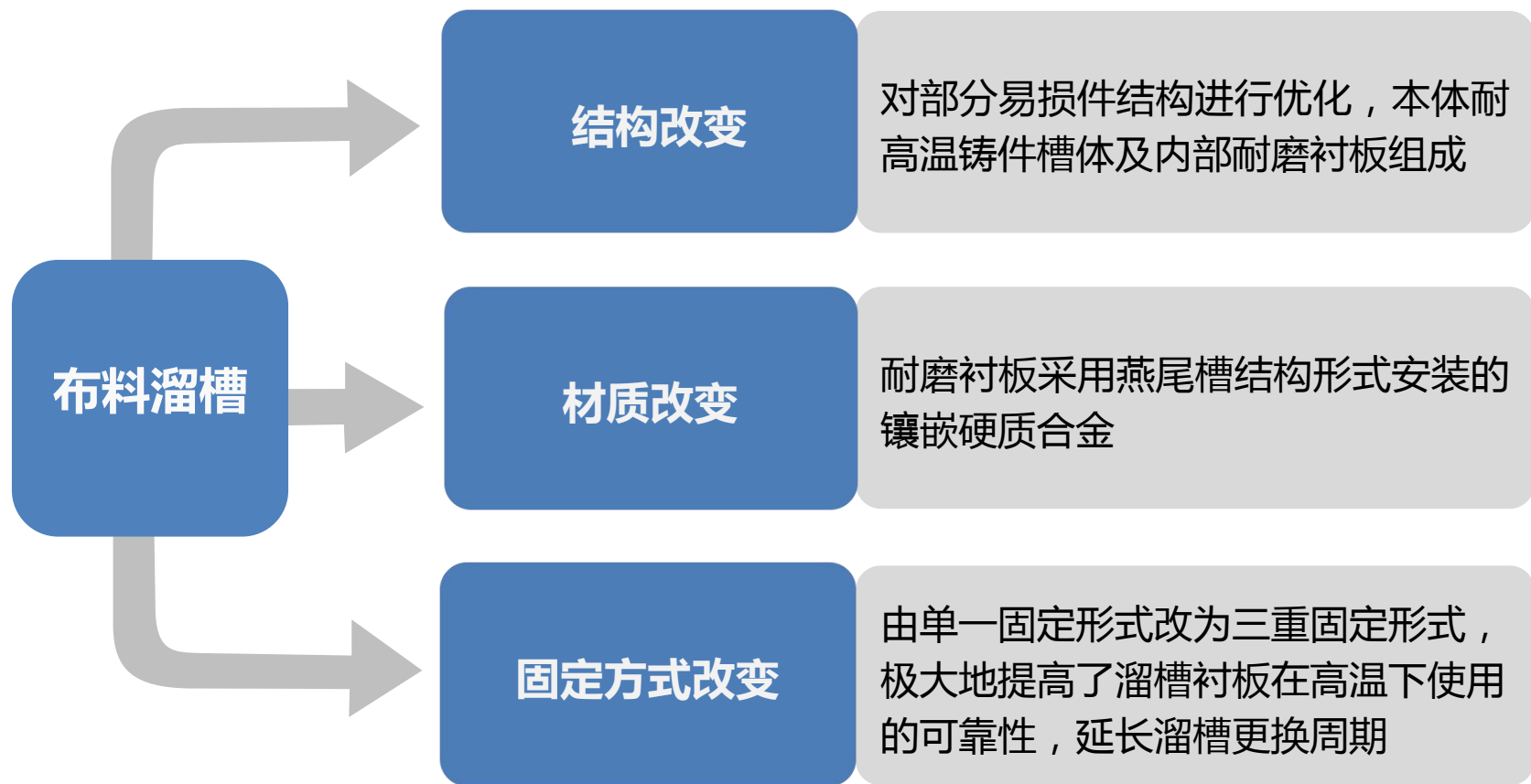


图1 首钢VI型无料钟炉顶三维仿真

## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

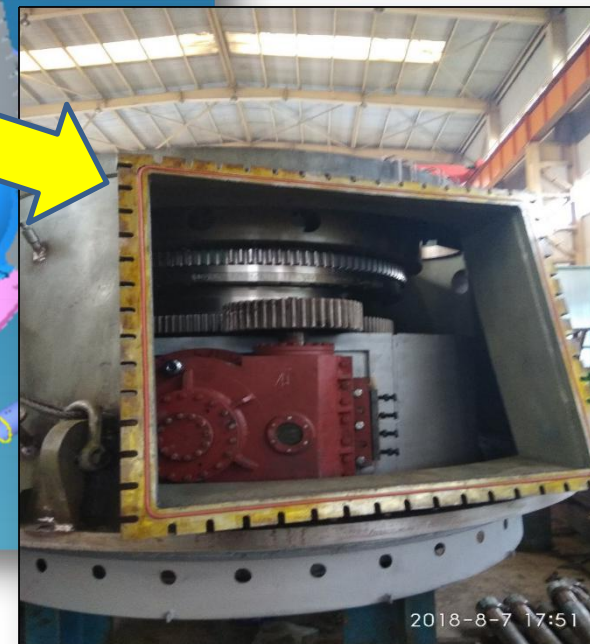
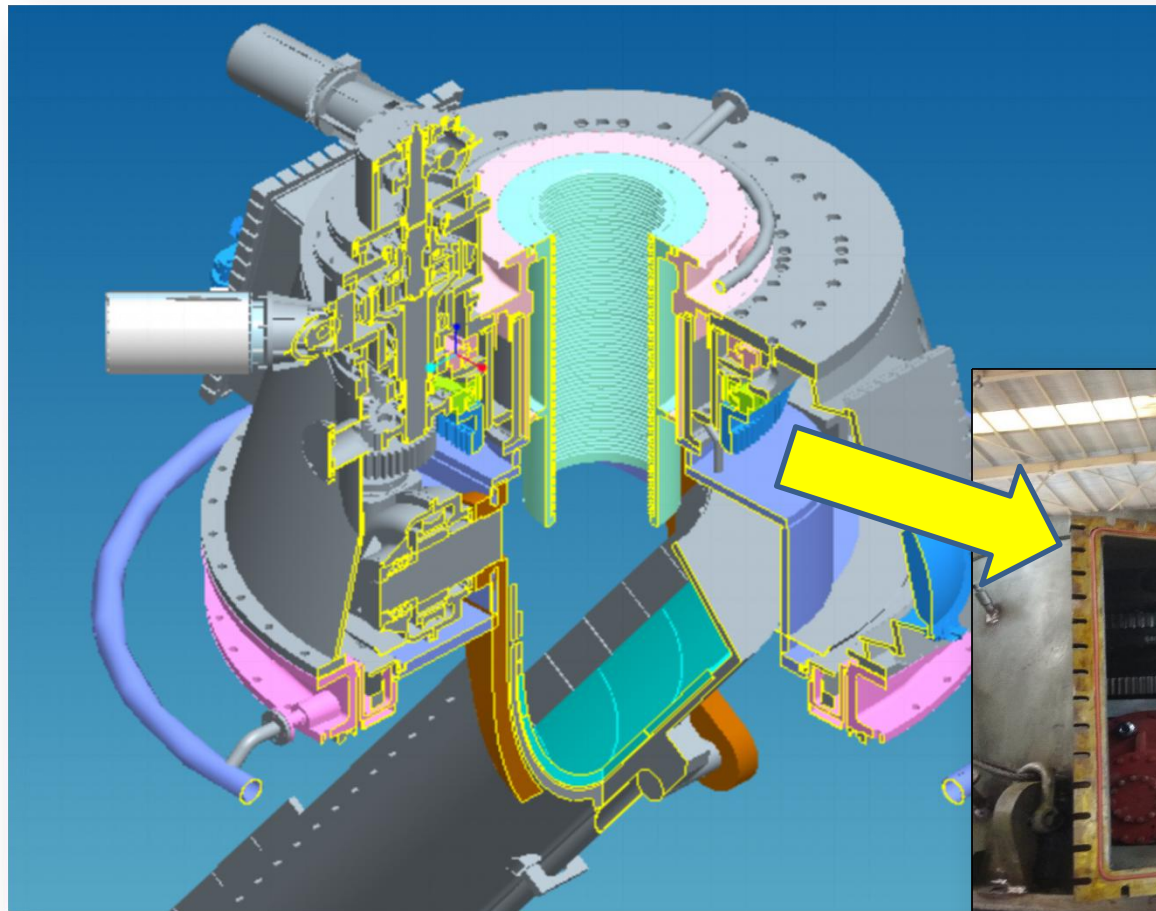




## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

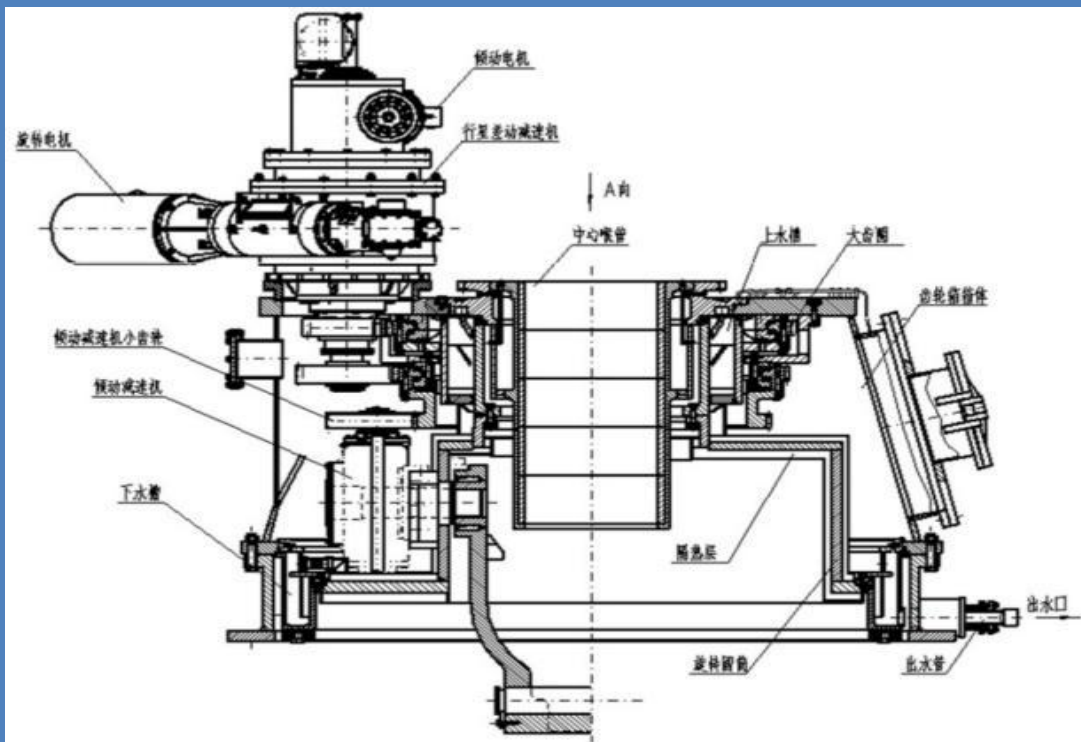
布料装置：

主要由行星差动减速机、  
水冷氣密箱、  
倾动减速机（左）、  
倾动减速机（右）、  
转动电机、  
倾动电机、  
转角指示器、  
倾角指示器、  
布料溜槽等组成。



## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

京唐公司三座5500m<sup>3</sup>高炉炉顶采用并罐无料钟布料技术，气密箱安装在炉顶钢圈上，位于炉顶装料设备的最下部，其内部悬挂布料溜槽完成高炉布料动作。气密箱结构原理及技术参数如下所示：



项目	技术参数
旋转电机功率	22kw 交流变频
倾动电机功率	15kw 交流变频
旋转电机速度	980rpm
倾动电机速度	1465rpm
溜槽旋转速度	~8rpm
溜槽倾动速度	~0.27rpm
溜槽工作角度	0~45°
溜槽更换角度	约 50°
中心喉管内径	730mm
布料溜槽长度	4500mm
水冷氣密箱使用温度	正常≤250℃ 短时高温中心十字测温 600℃不超过 30 分钟，每年不超过 20 次
冷却水用量	8~20m <sup>3</sup> /h
密封用氮气压差值	>0.5KPa
密封用氮气流	正常 800~3000Nm <sup>3</sup> /h 最大>3000Nm <sup>3</sup> /h

气密箱内部结构及参数

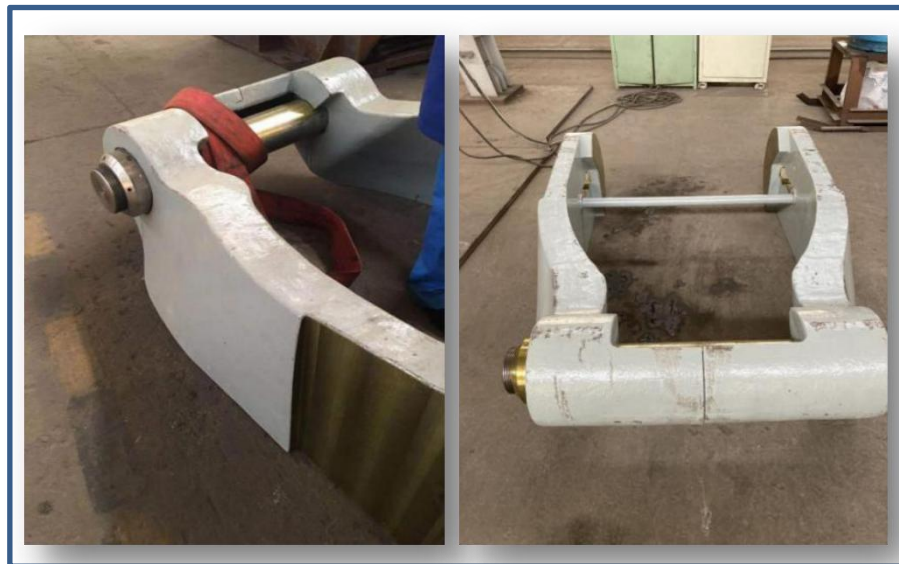
## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

**气密箱优化与改进：**炉内高温与气密箱材质耐温性能存在突出矛盾，多次引发气密箱故障，经过不断的总结和探索，对气密箱进行了完善改造，主要进行了以下几个方面的工作：

1.动臂材质改进：从铸造性、加工性、耐高温等方面进行综合评估，外购**特殊稀土耐热合金钢**材质动臂，实现动臂在800℃温度以上的许用应力 $> 200\text{MPa}$ ，具有抗变形和蠕变开裂能力，改善气密箱的耐高温性能，该材质动臂已在1#高炉气密箱投入试用。

2.动臂及支撑轴结构形式优化：

- ①新型动臂支撑轴固定方式改进为销轴螺母固定，取消两侧卡板、螺栓；
- ②新型支撑轴一端直接卡在动臂耳轴处，另一端用螺母锁紧，消除动臂局部应力集中；
- ③动臂保护套改为搭接形式，并由紧贴合改为留间隙、填充隔热材料，动臂工作区加厚，提高动臂整体强度。

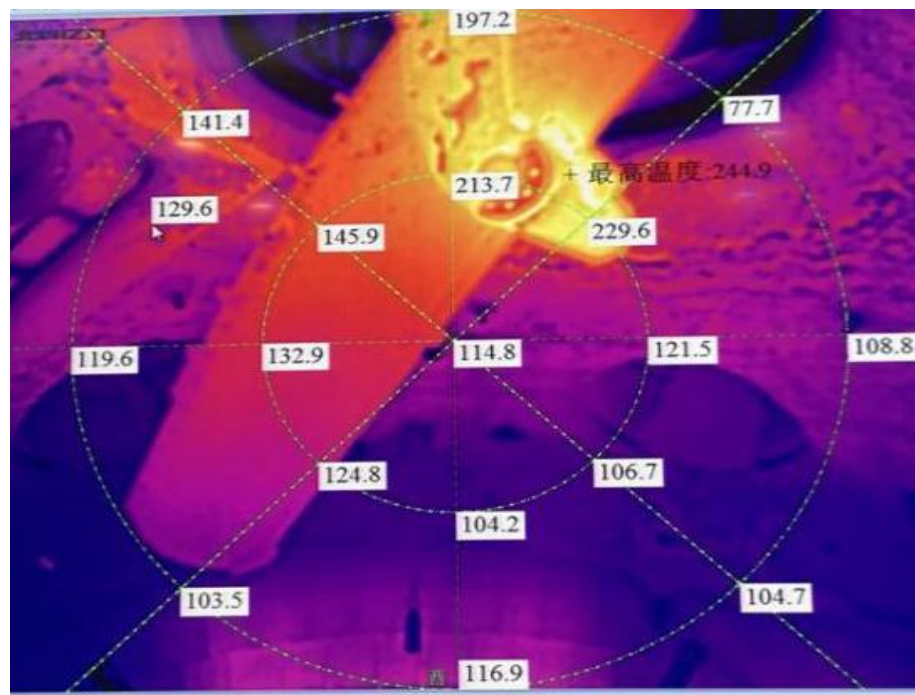


新型结构动臂



## 二、首钢VI型并罐无料钟炉顶装备技术

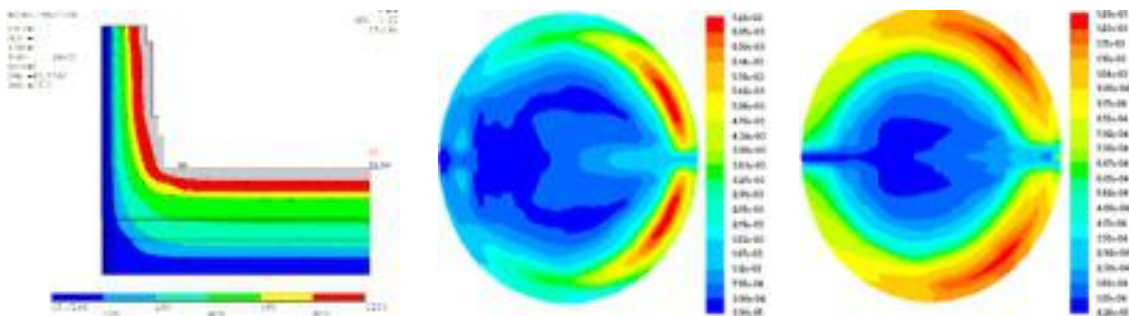
3.增加了隔热和温度监控：为了增强气密箱耐高温性能，进行了气密箱旋转圆筒底部隔热改进，采用耐高温浇筑料进行隔热装置结构优化，隔热层厚度增加至100mm，提升设备隔热性能。同时，增加炉顶红外热成像系统，对设备运行部位工况温度进行实时监控。



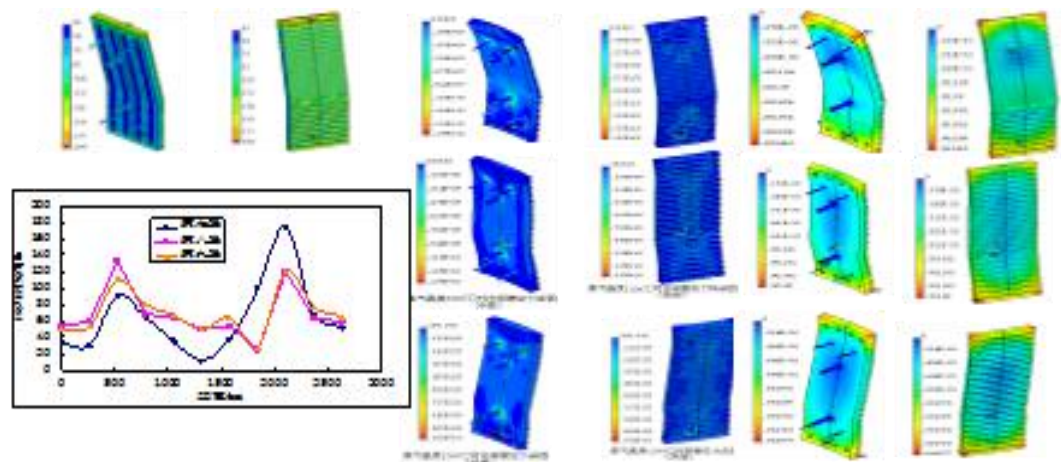
新型结构动臂

### 三、高炉综合长寿技术

高炉长寿的实质是“在高炉一代炉役期间，保持合理的高炉操作内型”。为实现一代炉役寿命25年，优化配置优质耐火材料（特别是炉底、炉缸）；炉缸炉底“象脚状”侵蚀区域、铁口区域、炉腹、炉腰、炉身下部配置铜冷却壁，优化炉体结构设计；合理炉型设计适应高比例球团矿冶炼；炉体优化全冷却结构和纯水密闭循环冷却系统。采用无水冷钢砖及长寿风口等先进设备以及固定测温、炉顶高温摄像、炉身静压测量等测温监控检测技术。采用先进的炉体自动化检测与控制技术，如炉缸炉底内衬侵蚀在线监测、炉墙传热数学模型、高炉集成专家系统等，为高炉操作者提供更广泛、更准确的信息数据，能够更精准的对高炉进行控制和操作。



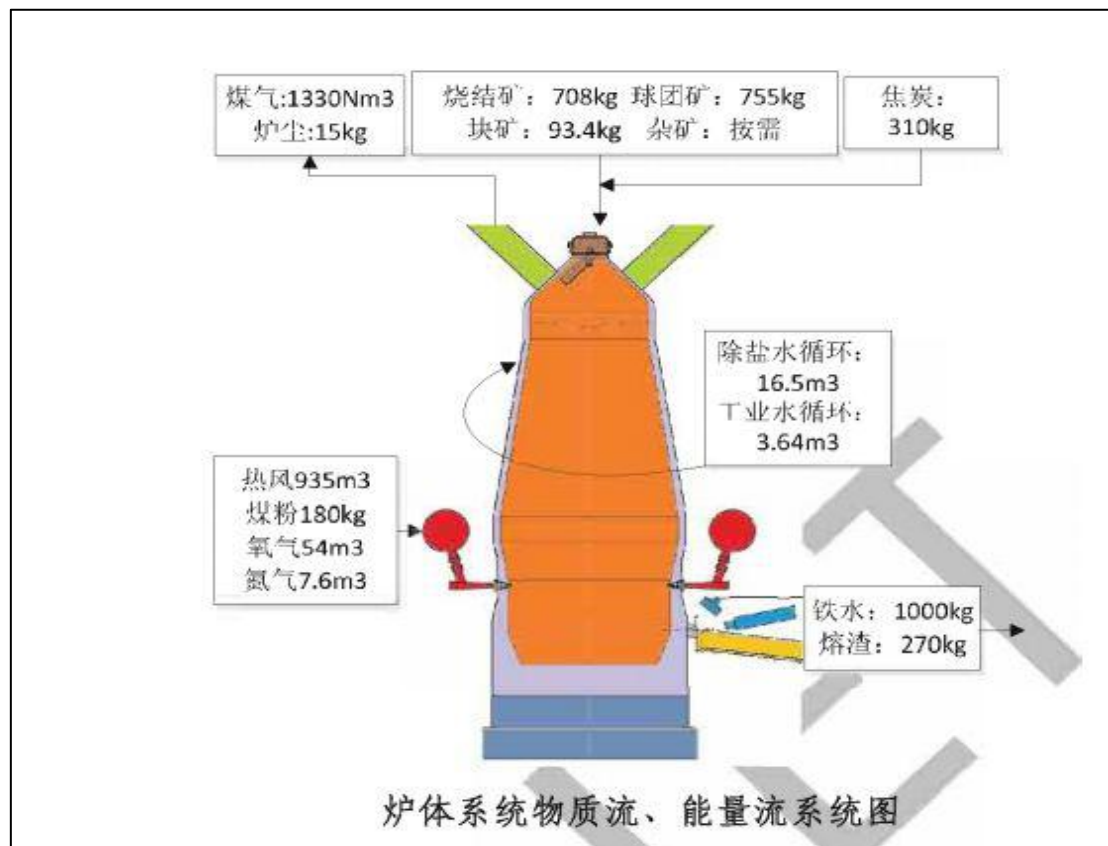
炉缸温度及炉底粘性剪切力有限元分析



冷却壁的温度场、应力场数值模拟分析

### 三、高炉综合长寿技术

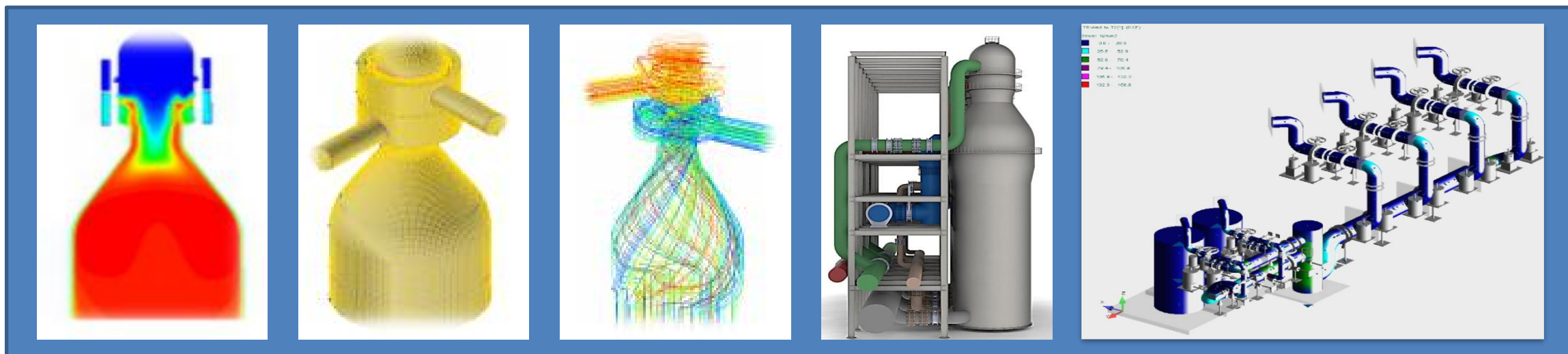
采用无水冷钢砖及长寿风口等先进设备以及固定测温、炉顶高温摄像、炉身静压测量等测温监控检测技术。采用先进的炉体自动化检测与控制技术，如炉缸炉底内衬侵蚀在线监测、炉墙传热数学模型、高炉集成专家系统、雷达测料面系统等，为高炉操作人员提供更广泛、更准确的信息数据，能够更精准的对高炉进行控制和操作。





## 四、热风炉高温、长寿技术

为长期、稳定的实现高温，系统创新应用了长寿新型顶燃式热风炉、板式换热器、交错并联技术、自动燃烧和自动换炉控制技术等。配置4座高温、长寿新型顶燃式热风炉，热风炉炉壳采用复合钢板（Q345R+904L），采用热丝TIG焊接工艺。有效提高抵抗NO<sub>x</sub>腐蚀能力；设计风温1300℃，通过研发应用热交错并联技术，降低NO<sub>x</sub>的生成量；换热器采用新型不锈钢板式换热器，提高换热效率和使用寿命；研发应用热风炉自动燃烧和自动换炉控制技术，热风炉实现全自动控制；热风管道带合理补偿的设计实现管道低应力，气体盲板力由大拉杆承受，降低管道钢壳应力水平。对热风炉重要管道进行了详细分析，对管道的受力情况、管道支撑设计、热膨胀以及补偿等因素进行了详尽的分析，大幅提高了热风管道的安全，对管道优化设计提供了技术支撑。



## 四、热风炉高温、长寿技术

### 新工艺技术应用：

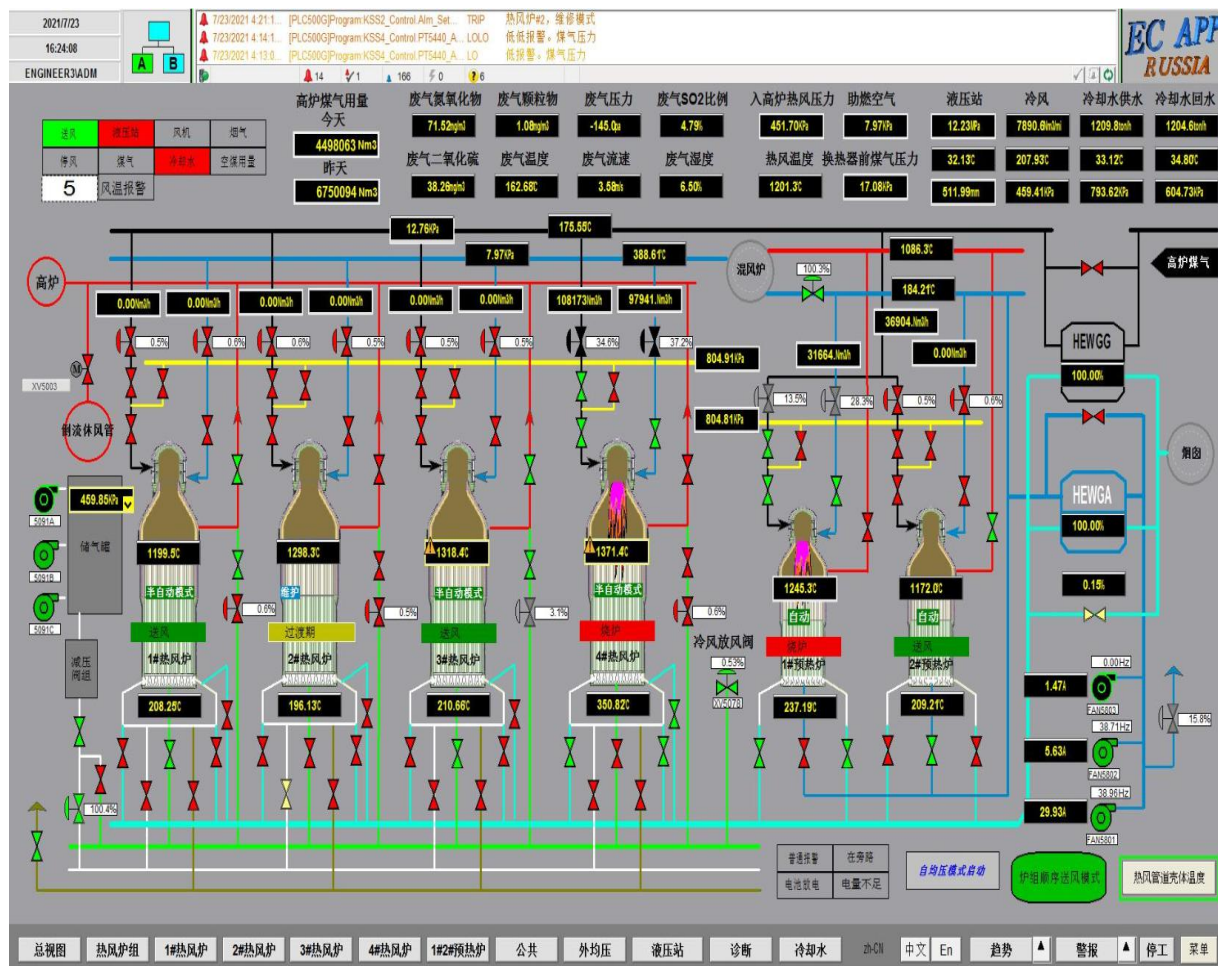
1) **热风炉高温段炉壳采用 ( Q345R+904L ) 复合板。**904L 不锈钢做覆层，可以大大提高炉壳的耐热性、稳定性和耐腐蚀性。

2) **独立混风技术。**采用独立混风技术，在热风阀前进行混风调节，混风后热风风温稳定在1300℃，提高热风管道的稳定性和使用寿命。

3) **外均压技术。**①彻底消除热风炉换炉可能对高炉鼓风带来的风压、风量波动，有利于高炉顺产；②释放现有鼓风机为热风炉充压储备的风量，有利于高炉提产；③缩短热风炉充压时间，增加烧炉时间，有利于提升风温。

4) **全自动化操作程度系统。**自动燃烧、自动换炉、安全监控等全自动化操作程序，实现了一键操作，在降低了煤气消耗量和成本的同时，也提高了热风炉操作的安全性和稳定性。

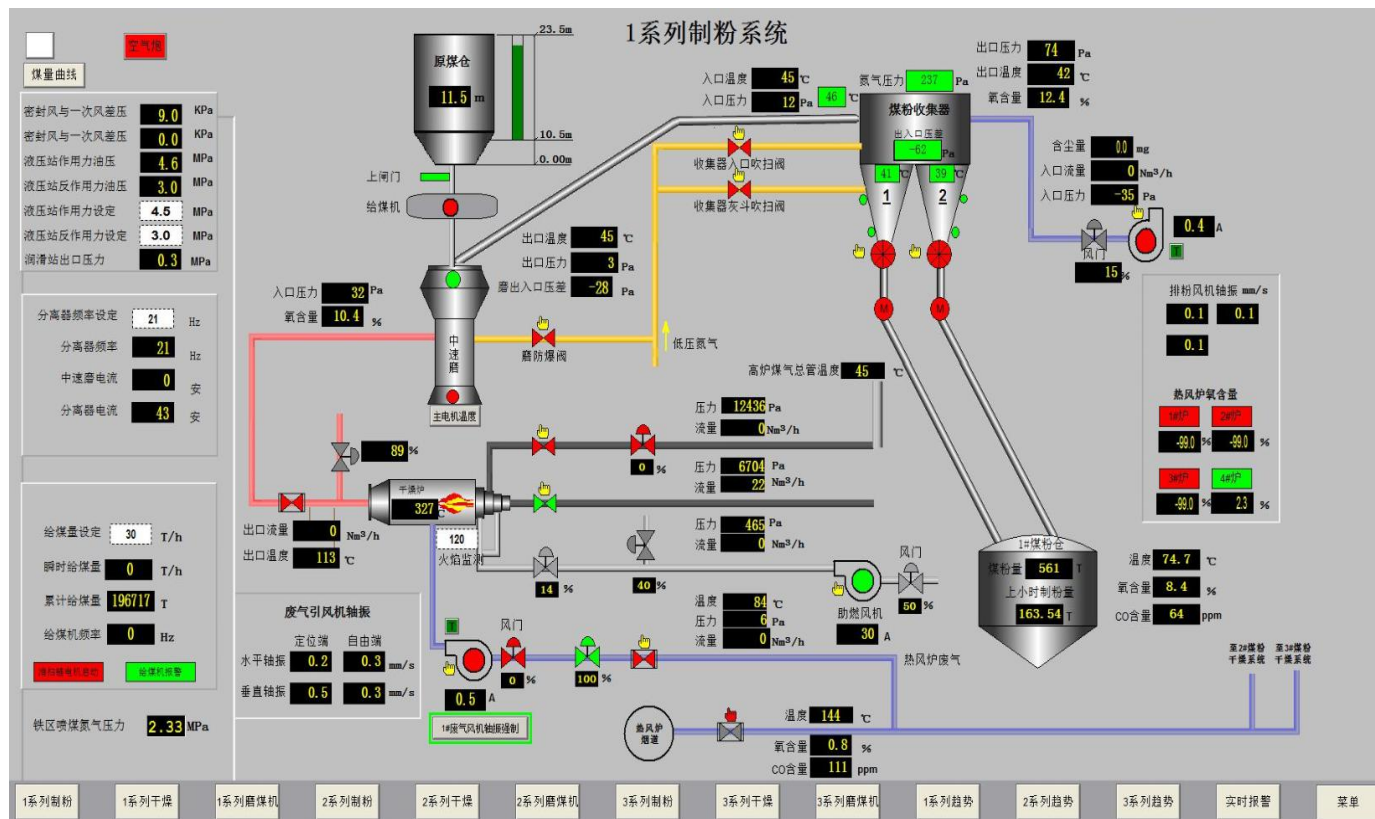
5) **引流技术。**通过单独风机实现从热风炉底部进行废风引流，防止换阀时热风外溢，提高更换热风阀门时的安全性。



## 五、富氧大喷煤及氧煤混喷技术

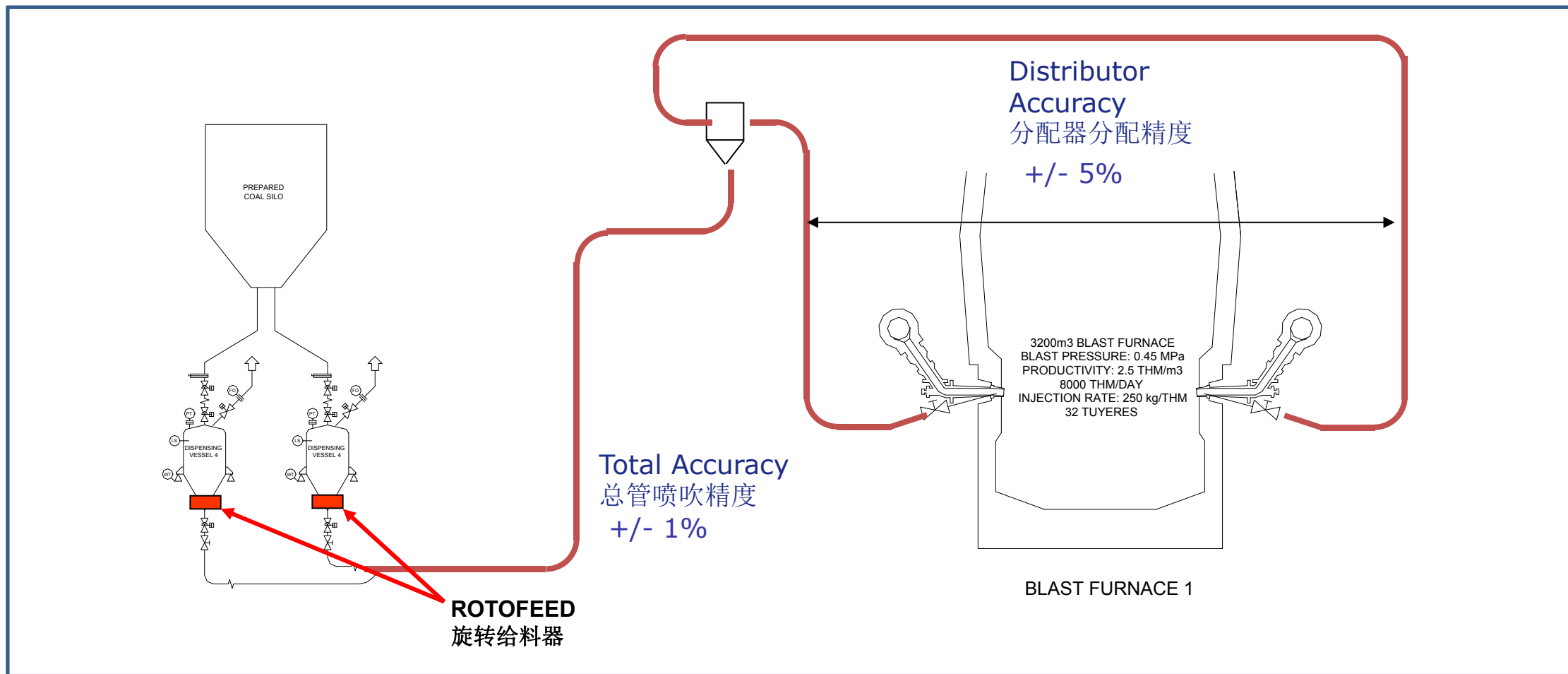
高炉煤粉喷吹系统设一台煤粉仓，采用“双罐并列+双总管+双分配器”的浓相煤粉喷吹工艺。共设5个喷吹罐，其中4罐正常运行时使用，另1罐作为备用。正常运行时，两罐并列交替运行，一根总管，对应一台“一分二十”的分配器接至奇数喷枪；另外两罐并列交替运行，一根总管，对应一台“一分二十”的分配器接至偶数喷枪。

喷吹设备能够精确控制瞬时喷吹量，并保证整个连续喷吹过程的稳定性。系统喷吹能力有足够的出力和余量，同时可根据高炉工艺的要求，随时调节喷吹量。煤粉喷枪采用氧煤同轴喷枪。





## 五、富氧大喷煤及氧煤混喷技术



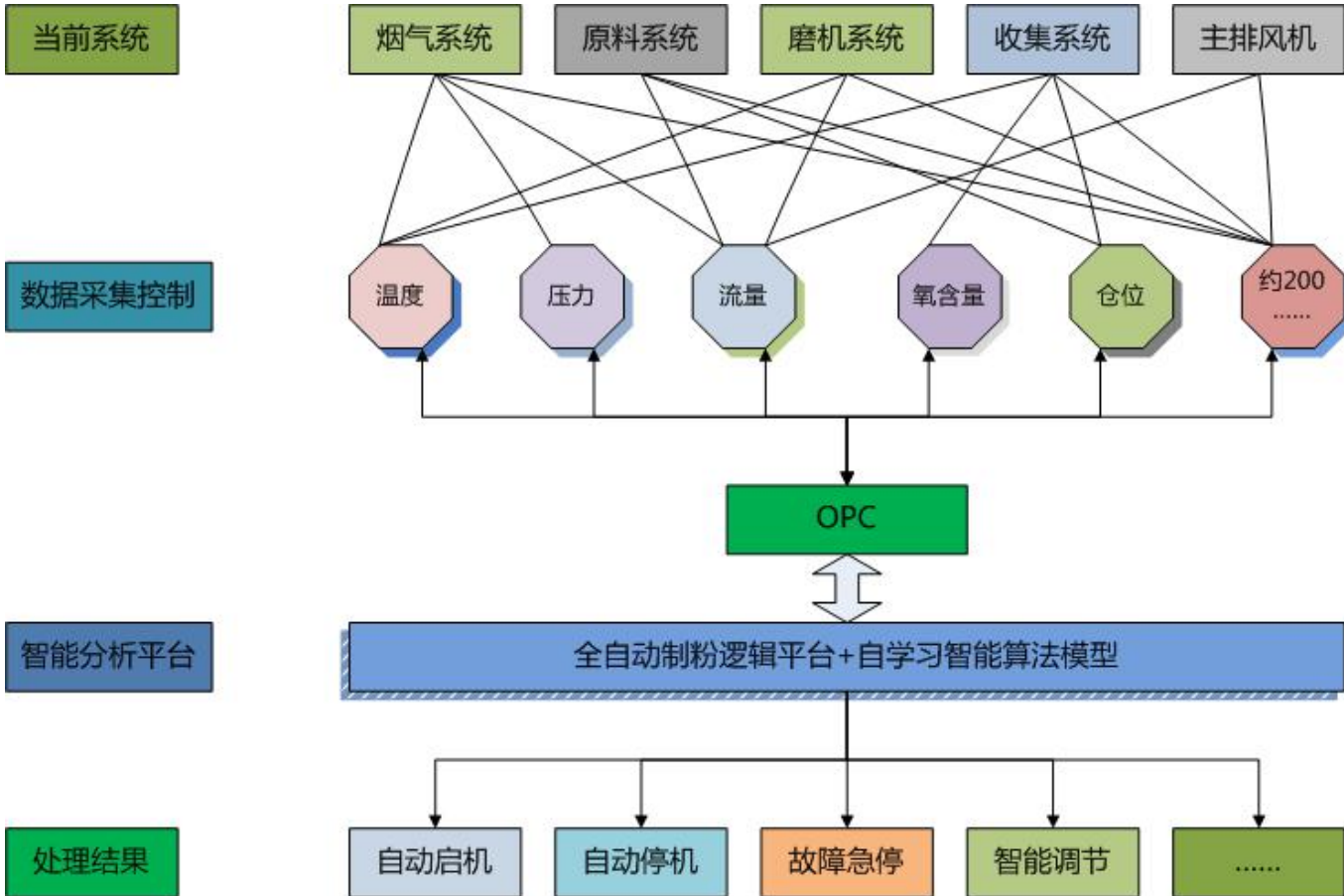
高炉喷煤系统通过变频器调节旋转给料电机转速控制喷煤量

## 五、富氧大喷煤及氧煤混喷技术

### 一键制粉

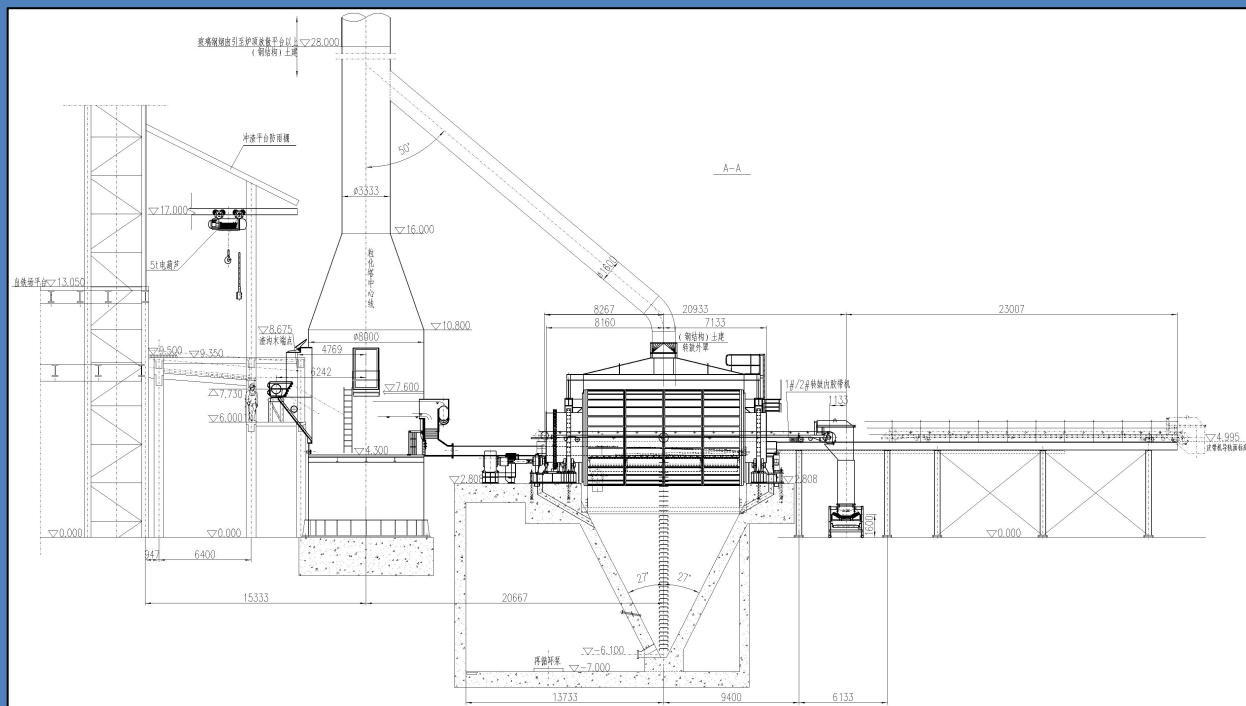
结合智能算法和自动控制系统，实现了全自动制粉智能控制：

- 以标准的逻辑顺序精确控制和调节各开关、阀门
- 实时监测温度、压力、流量等参数
- 以智能算法匹配各参数，进行安全联锁，达到实时监测、实时调节
- 发现异常参数时可自动向安全方向运行和报警，确保系统安全
- 实现节能、高效、安全的一键制粉



## 六、水渣综合利用及余热利用

转鼓法设计熔渣峰值10t/min,  $\varnothing 5 \times 8.34$  m的转鼓处理能力14 t/min, 可以满足同场2个铁口同时出铁的要求。  
双驱动（一用一备）热备，消除转鼓驱动故障造成的冲渣事故，提高转鼓设备作业率。



$\varnothing 5 \times 8.34$  m

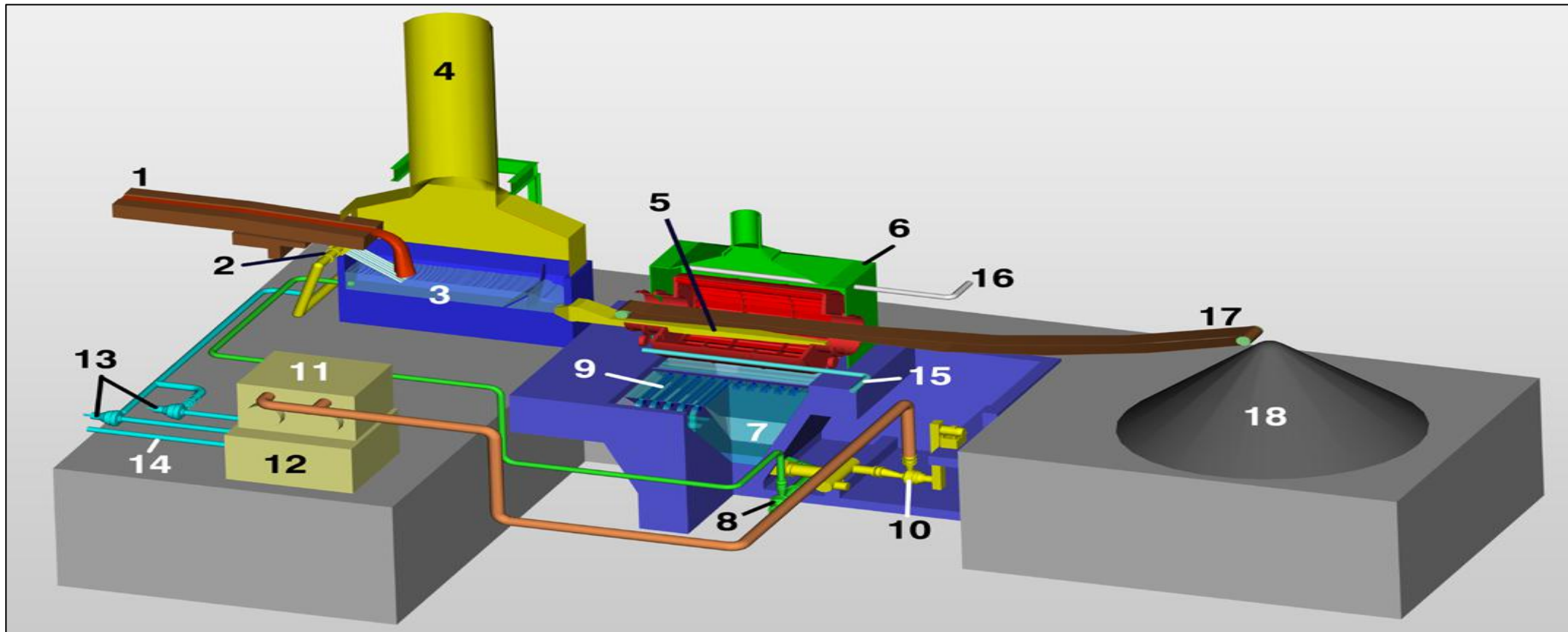
14t/min

3800m<sup>3</sup>/h

2X45kW



## 六、水渣综合利用及余热利用

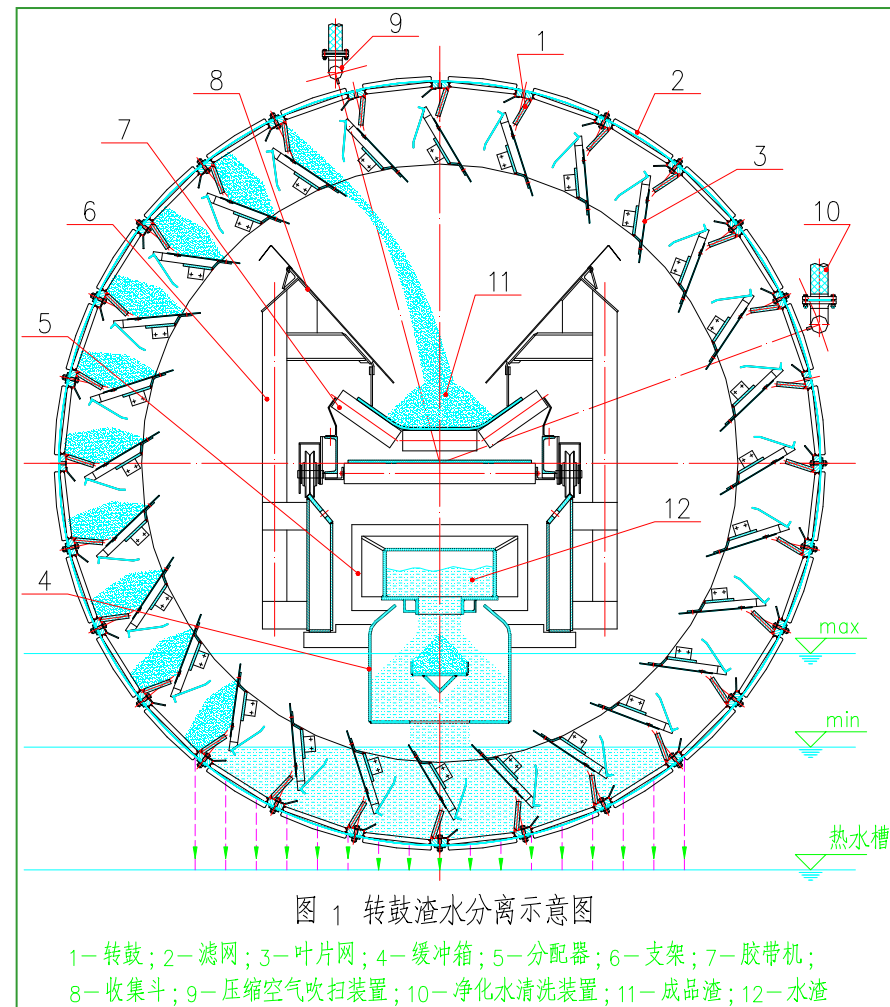


1熔渣沟 2粒化头 3粒化塔 4烟囱 5分配器和缓冲箱 6脱水转鼓 7热水池 8再循环泵 9溢流部分  
10冷却泵 11冷却塔 12冷水池 13粒化泵 14补充水 15转鼓清洗水 16转鼓清洗空气 17胶带机 18渣堆

## 六、水渣综合利用及余热利用

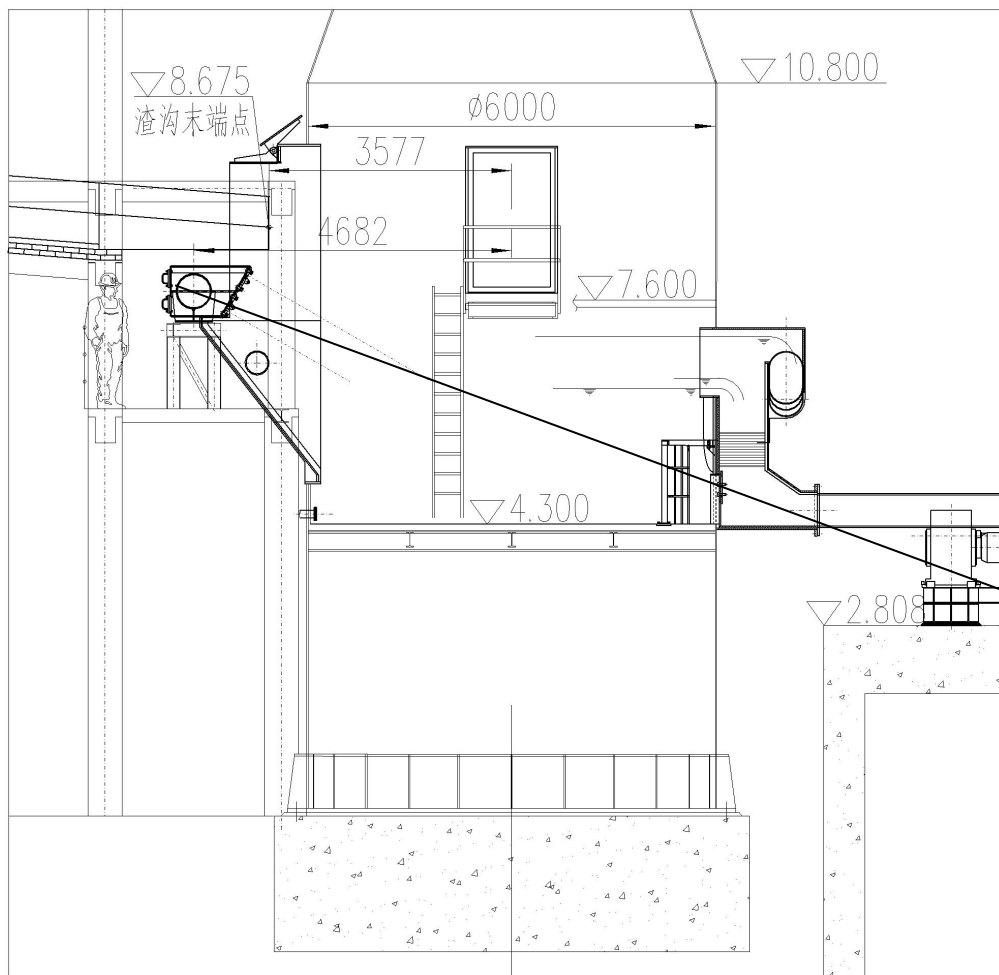
### ➤ 国内最大的 $\Phi 5\text{m} \times 8.34\text{m}$ 转鼓

- ✓ 最大处理渣量 $14\text{t/min}$ ,水量 $3800\text{t/h}$
- ✓ 可通过转鼓驱动转矩得出瞬时渣流量并依此自动调节转鼓转速 ( $0.2 \sim 1.2$ ) ;
- ✓ 转鼓本体耐磨损, 寿命可达一代炉龄;
- ✓ 循环水体细渣含量少, 冲渣水颗粒物浓度:  
 $\leq 0.8\text{g/L}$  ;
- ✓ 大部分渣棉或泡沫渣由胶带机运走;



## 六、水渣综合利用及余热利用

### ➤ 取消水渣沟，实现深水粒化



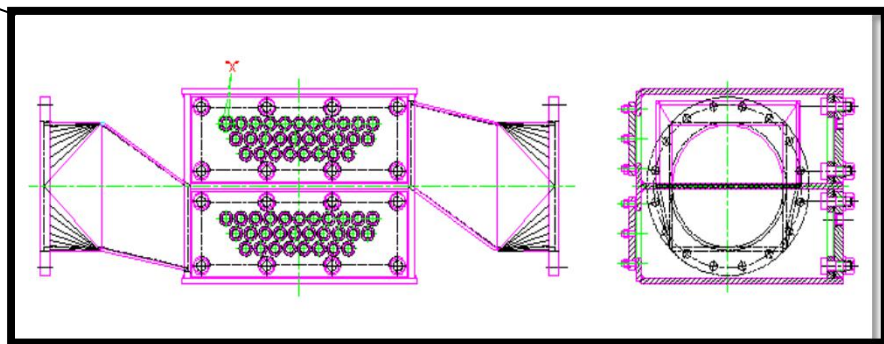
✓因粒化塔内有约2m的水位，水-渣比小了，但冲制更安全；

✓传热好，渣可快速冷却，渣含水量减小，密度增大；

✓与水渣沟相比，粒化塔的磨损减轻了；

✓利于蒸汽的收集排放；

✓冲制箱为双腔体结构，开1台或2台泵不影响冲制压力。

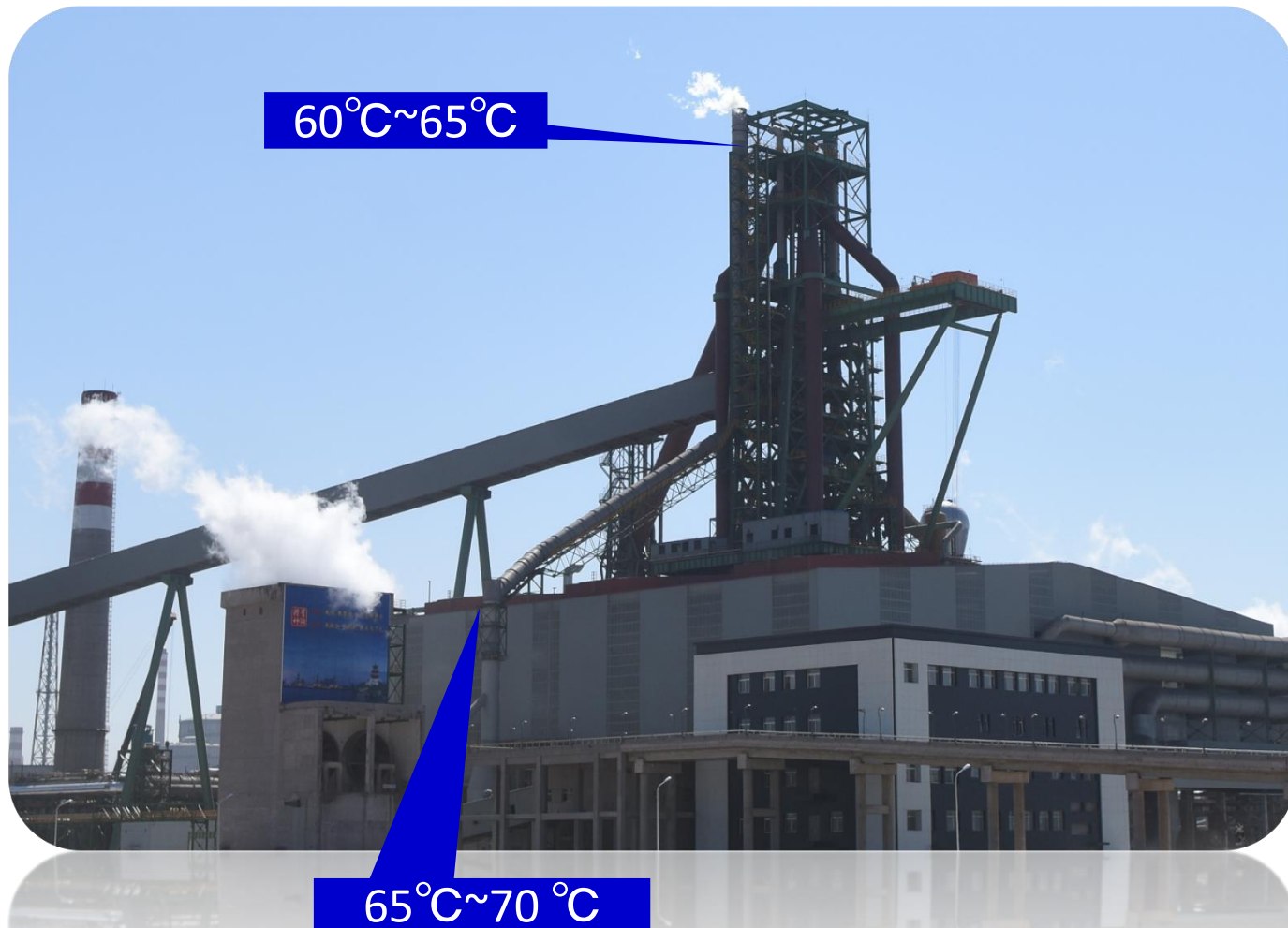




## 六、水渣综合利用及余热利用

### ➤ 环保玻璃钢烟囱

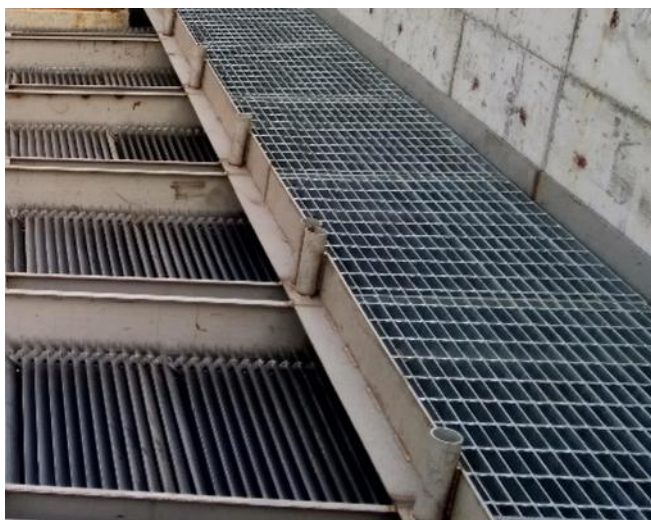
- ✓ 冲渣蒸汽集中排放；
- ✓ 部分蒸汽冷凝，起到水渣蒸汽消白的作用；
- ✓ 烟囱高于炉顶放散平台，避免腐蚀高炉其它设施；



## 六、水渣综合利用及余热利用

### ➤ 侧吹式槽式配水冷却塔

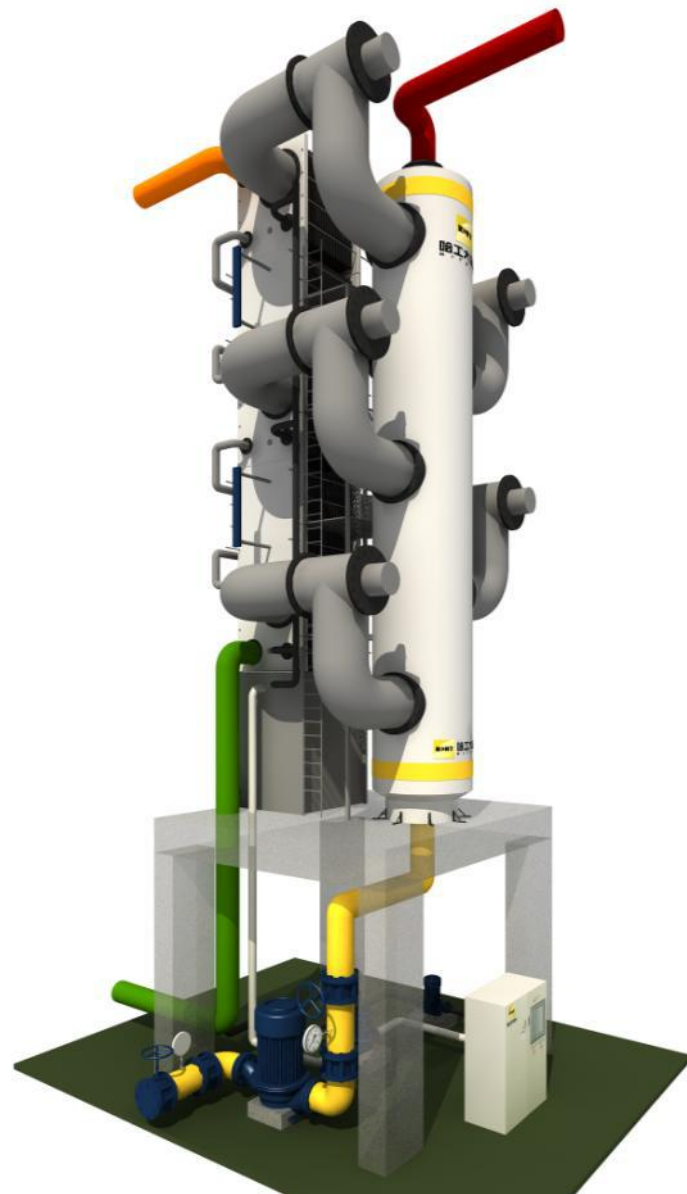
- ✓冷却效果出色；
- ✓无填料式设计，不容易发生堵塞；
- ✓槽式配水设计，无细砂沉积；
- ✓设有除雾器，减少小水滴外溢；
- ✓风机侧面布置无需维护；
- ✓底部锥形设计，不容易积渣；



## 六、水渣综合利用及余热利用

### ➤ 冲渣水余热回收利用

在高炉渣处理系统设计之初就已经预留了冲渣水余热回收利用接口，目前水渣余热回收利用项目已经投产（采用真空相变技术）。水渣余热回收利用项目的投入使用产生了非常好的环保价值并创造很好的经济效益。





## 七、炉前出铁场环保化

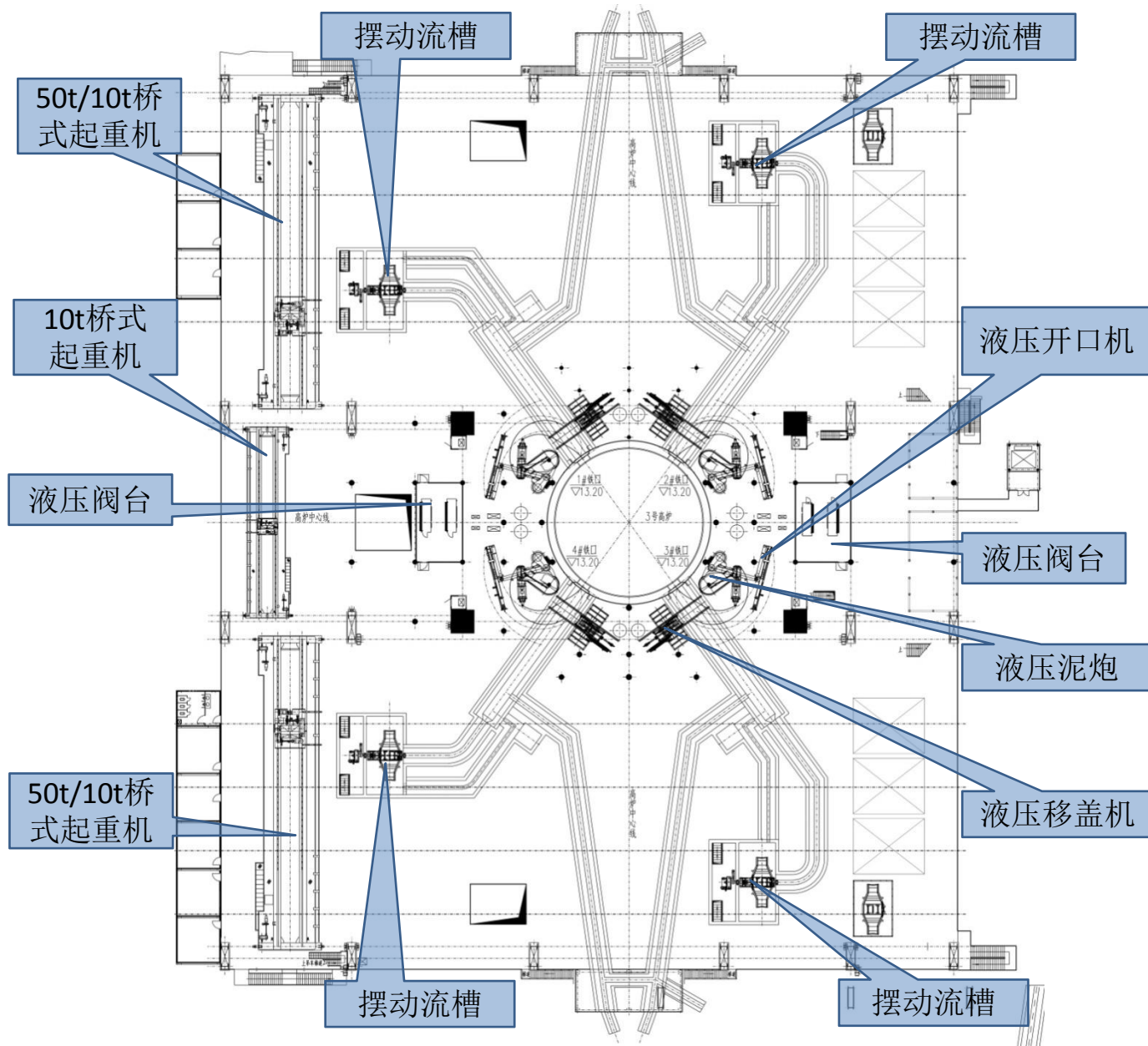
1、炉前出铁场采用双矩形、平坦化设计，双侧出铁出渣，混凝土平台结构。

2、采用“一罐制”铁水运输工艺，同时满足200t和300t铁水包的使用。每个出铁场设置2个出铁口，每个出铁口下方设置2条铁水包运输线，合计8条铁水包运输线。

3、采用绝热型贮铁式主沟，设置完善的主沟温度监测系统，提高主沟安全性。

4、环保型出铁场设计，铁口设有顶吸罩和侧吸罩，全密闭式渣铁沟。

5、集成应用主沟移盖机、铁水摆动流槽等设备，以最大限度地实现炉前操作机械化、自动化，实现泥炮与开口机和天车远程遥控控制。



## 七、炉前出铁场环保化



洁净的出铁平台



## 八、高效环保除尘技术

### 1. 旋风除尘

- 1) 采用旋风除尘器的工艺，除尘效率高，可达85%；
- 2) 粉尘定期放入下部2个中间罐，再从中间罐输送到密闭罐车运出；干灰的放和运输工艺采用密闭罐车运输工艺直接运送烧结厂配料仓或含铁固废中心排进行深加工，减少二次粉尘污染；
- 3) 煤气导出管、上升管、五通球、下降管喷涂不定形耐火材料；
- 4) 旋风除尘器内镶嵌耐磨陶瓷衬板，提高使用寿命。

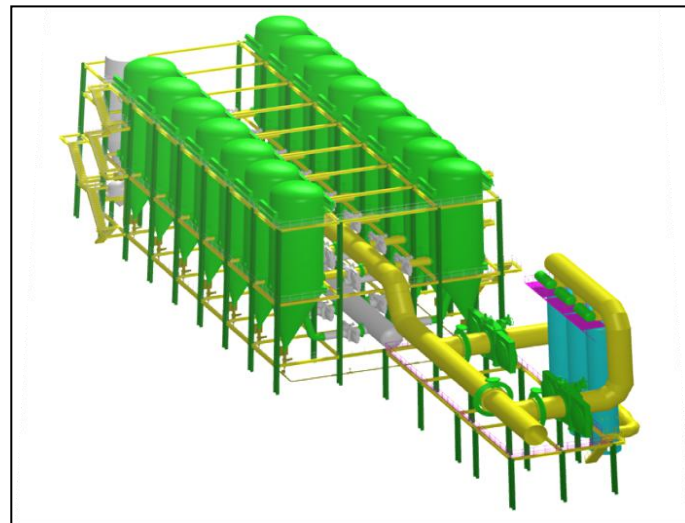




## 八、高效环保除尘技术

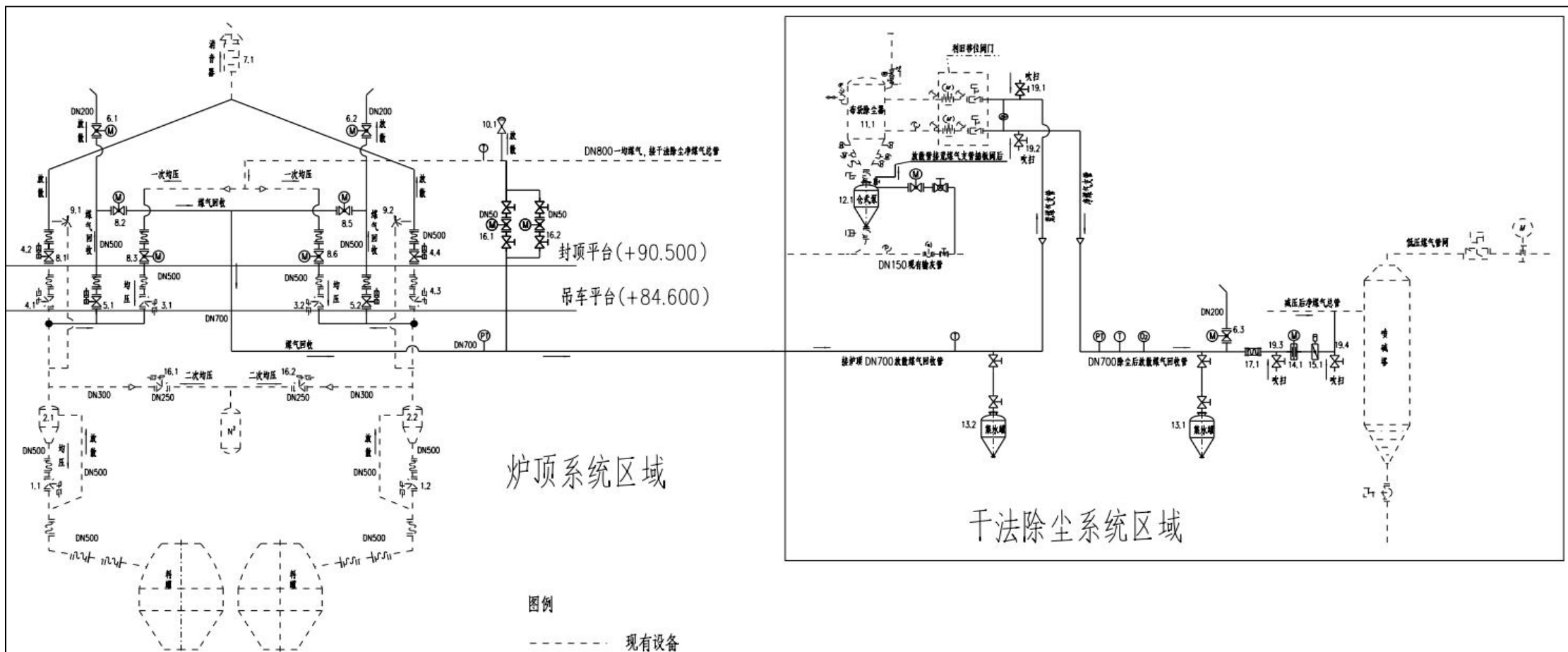
### 2.干法除尘

- 1) 采用紧凑化工艺布置技术，实现装备单元大型化、集约化、高效化；
- 2) 降温装置运行效果良好，确保煤气高温时滤袋正常运行；
- 3) 过滤负荷小，滤袋寿命长，除尘效果好；
- 4) 采用全密闭气力耐磨输灰技术，解决除尘灰二次污染，大幅提高输灰管寿命；
- 5) 全系统智能检测及过程自动化，降低人力运维成本。



## 八、高效环保除尘技术

### 3.煤气回收：高炉炉顶均压煤气强制回收工艺，实现料罐均压煤气零排放技术。



## 总结

京唐高炉通过采用以高比例球团矿为代表的系列化配套先进技术，取得良好效果。自主设计研制的第VI代无料钟炉顶设备偏析问题小、布料精准；优化设计的高炉炉型和炉体结构，充分满足了高比例球团矿冶炼的要求；新型顶燃式热风炉清洁燃烧、余热回收和复合钢板等综合技术稳定运行；特大型高炉平坦化出铁场及配套除尘技术实现了岗位清洁生产并降低了粉尘排放；密闭软水、干法除尘、TRT等一系列环保、节能、减排的技术也取得了良好效果。高炉燃料比长期稳定在极低水平，产生了较好的经济效益。







首钢京唐公司  
SHOUGANG JINGTANG COMPANY

产品一流 管理一流 环境一流 效益一流

汇报完毕

谢谢观看！

