

首钢国际工程公司始创于 1973 年，是由原北京首钢设计院改制成立、首钢集团相对控股的国际型工程公司，拥有工程设计综合甲级资质，是国家重点高新技术企业和北京市设计创新中心。在全国勘察设计企业中，综合实力名列前茅。

首钢国际工程公司作为全国知名的钢铁全流程工程技术服务商，为钢铁企业工程建设、环保搬迁、升级改造、挖潜增效、节能减排提供专业技术服务，具有从百万吨级到千万吨级钢铁联合企业及其配套项目的服务能力。工程业绩覆盖武钢、太钢、包钢、济钢、唐钢、重钢、酒钢、新钢、涟钢、邯钢、宣钢、承钢、湘钢等 100 余家钢铁企业。海外工程业绩遍布巴西、印度、伊朗、韩国等 20 多个国家。

首钢国际工程公司拥有 500 余项专利和大批具有竞争优势的专有技术，获得国家科学技术奖和全国优秀设计奖近 100 项、冶金行业和北京市优秀设计及科技进步奖近 400 项，数十个项目创造中国企业新纪录。



# 高炉高效长寿综合技术



源自百年首钢 服务世界钢铁  
Expertise from hundred-year Shougang

地址：北京市石景山路 60 号  
邮政编码：100043  
网址：www.bsiet.com  
邮箱：sggilt@bsiet.com

电话：010-88298503  
010-88298533  
010-88299644  
传真：010-88298507

2016©



北京首钢国际工程技术有限公司  
BEIJING SHOUGANG INTERNATIONAL ENGINEERING TECHNOLOGY CO.,LTD.

## ► 发展历程

延长高炉寿命是现代高炉技术进步的主要标志，是高炉实现稳定顺行和高效低耗的重要保障。首钢国际工程公司致力于高炉综合长寿技术，在高炉高效长寿方面具备完整、系统、精准的设计体系和技术储备，拥有从小型高炉到 5500m<sup>3</sup> 特大型高炉的丰富设计及建设业绩，形成了独特的技术优势。



首钢国际工程公司主编的国家“十一五”重点图书《现代高炉长寿技术》

炉号	高炉容 (m <sup>3</sup> )	开炉~停炉日期	炉龄 (年)	一代炉役单位炉容产量 t/m <sup>3</sup>	备注
首钢1号	2536	1994.8~2010.12	16年5个月	13328	因北京市环保搬迁停炉
首钢3号	2536	1993.6~2010.12	17年7个月	13991	因北京市环保搬迁停炉
首钢4号	2100	1992.5~2007.12	15年7个月	12560	因奥运会停炉

上世纪 50 年代，首钢 1 号高炉进行大修，首钢国际炼铁工作者结合炉料与煤气运动力学，综合分析炉内传质传热因素的影响，提出“矮胖炉型”理念，投产后产量提高，各项经济指标居同行业前列。

上世纪 90 年代初，首钢北京厂区高炉群相继大修或新建投产，并创下高效长寿生产业绩。其中 1993 年 6 月移地新建的首钢 3 号高炉，炉容由原来 1036m<sup>3</sup> 扩大到 2536m<sup>3</sup>。后来，按北京市城市规划要求于 2010 年 12 月停产，一代炉役寿命达 17 年 7 个月，是当时中国最长寿的高炉，也是一代炉役单位炉容产铁最多的高炉，达到 13991t/m<sup>3</sup>。

1999 年 12 月，首钢 2 号高炉检修时，在高炉炉腰（第 7 段）研制安装了一块铜冷却壁进行工业性试验；2002 年 3 月高炉检修时，发现铜冷却壁完好如初，没有任何侵蚀，迅速推动了铜冷却壁技术的发展。

2009 年 5 月~2010 年 6 月，由首钢国际工程公司负责工程设计的首钢京唐钢铁公司两座 5500m<sup>3</sup> 特大型高炉相继投产，炉体系统集成应用各项高效长寿技术及国内外先进工艺装备，确保高炉生产实现稳定顺行、高效低耗，达到一代炉役寿命 25 年目标。

2012 年 9 月，首钢国际工程公司主编的国家“十一五”重点图书《现代高炉长寿技术》出版发行。

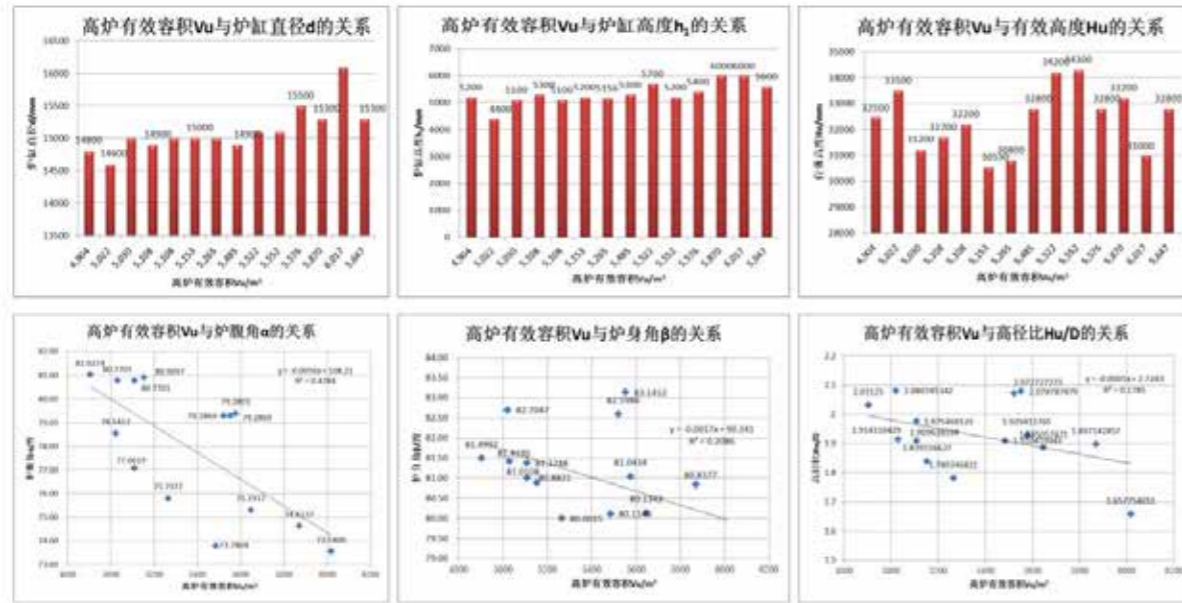


首钢北京厂区 1~4 号高炉群全景

## ▶ 技术优势

### 先进成熟的高炉内型设计

高炉内型尺寸相互关联，对冶炼过程具有重要影响。通过对国内外众多高炉炉型进行数理统计和分析，结合高炉冶炼传输理论和现代高炉生产运行实际情况，形成适用于现代高炉生产的优化炉型参数方法，确保高炉冶炼稳定运行、高效低耗。

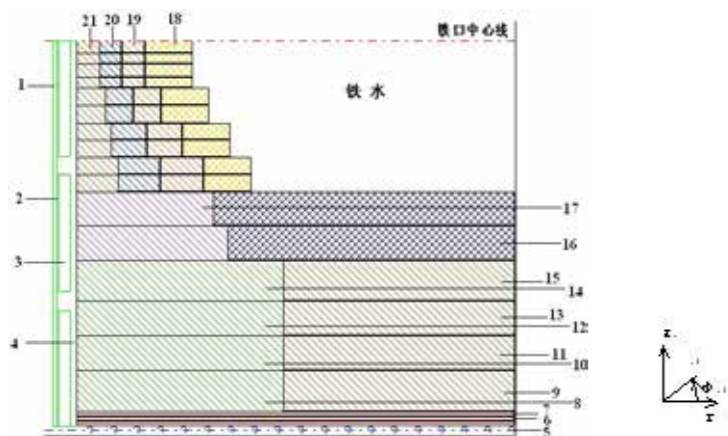


高炉炉型数理统计

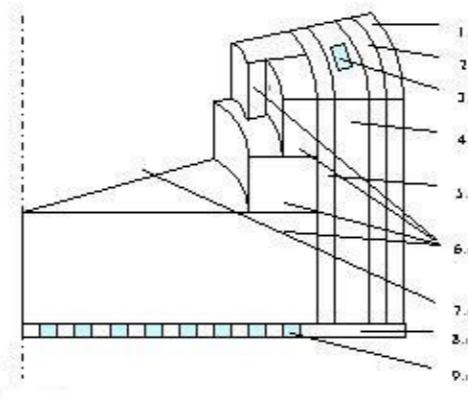
### 高炉炉缸、炉底结构长寿技术

#### ▶ 炉缸炉底模型建立及传热学研究

根据炉缸炉底实际形状，建立立方体或扇形壳体物理模型，选择有限差分法或有限元法数学模型进行分析。

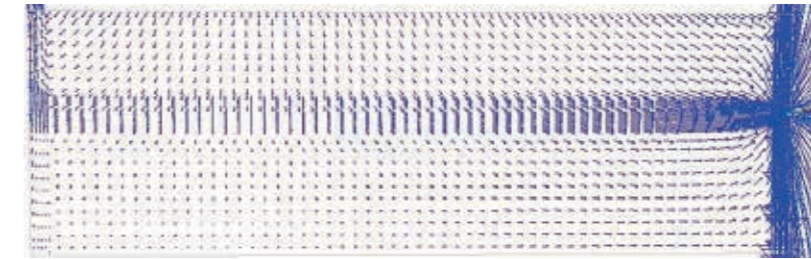


正方体传热学模型

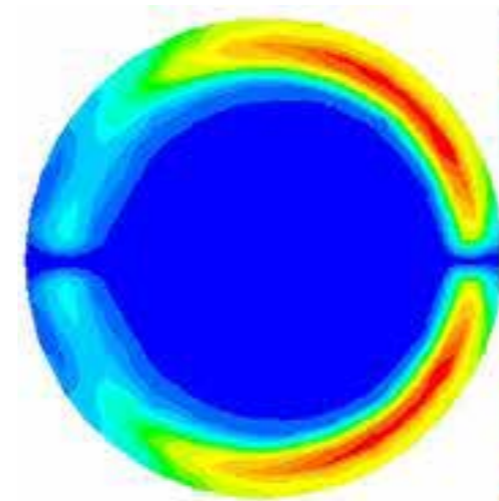


扇形壳体传热学模型

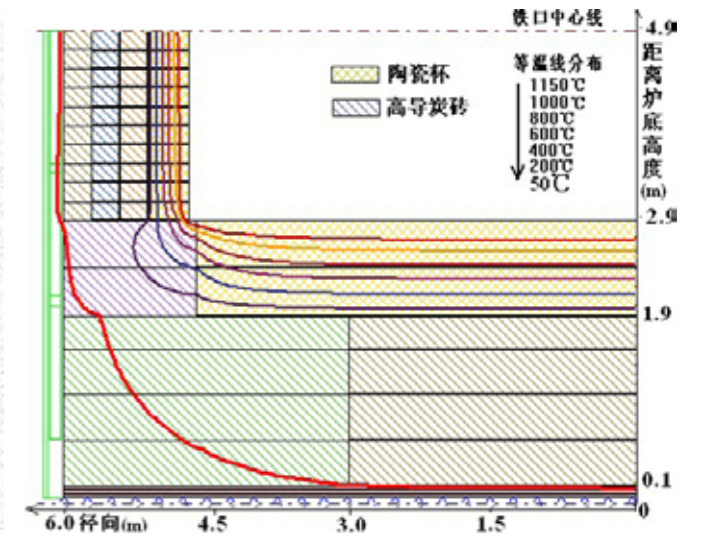
#### ▶ 炉缸炉底内衬结构的温度场及应力场分析研究



铁水环流变化模拟



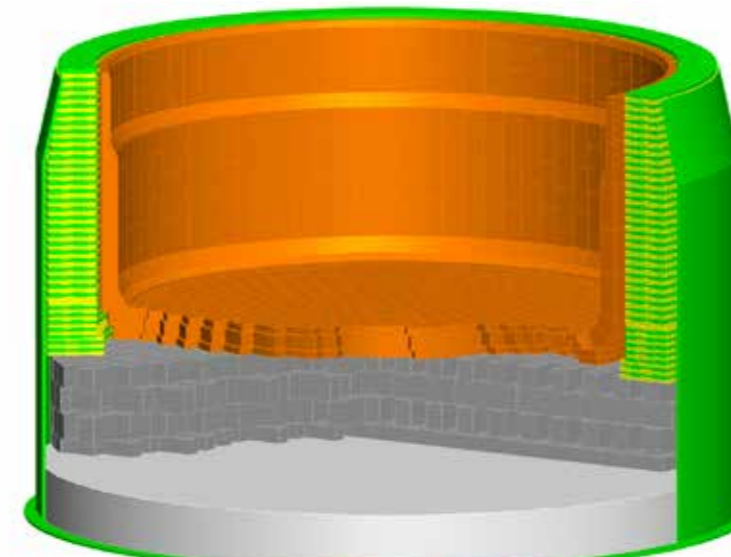
炉缸炉底温度场分析



隔热法结构等温线分布

#### ▶ 成熟完善的炉缸炉底结构设计体系

对“传热法”和“隔热法”等主流炉缸炉底结构拥有成熟可靠的设计方法和设计经验，尽可能使 1150°C 等温线向炉缸中心推移，使其远离碳质材料内衬，减少铁水环流的机械冲刷、高温热应力破坏和化学侵蚀。



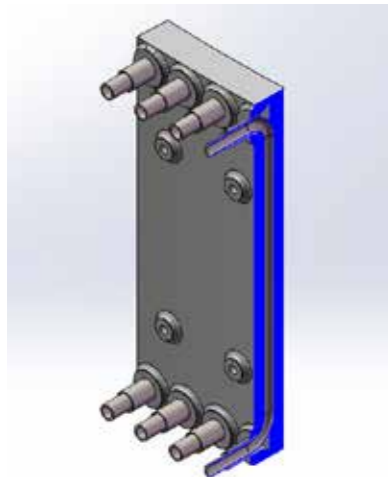
炉缸炉底三维设计



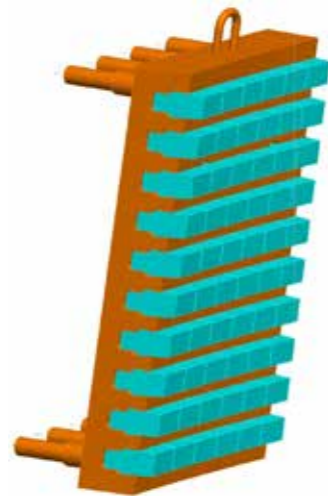
炉底大块碳砖砌筑

## 冷却设备长寿技术

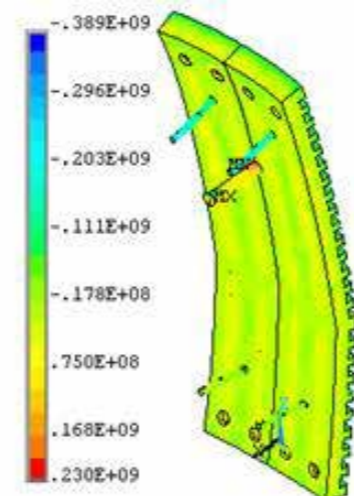
- 自主研发的高热负荷区域铜冷却壁结构技术
- 自主研发的冷却壁分段过渡技术
- 全冷却壁的砖壁一体化薄壁炉衬结构
- 冷却壁热铸、热镶复合技术
- 冷却壁或冷却板等温度场及应力分析计算
- 具有自主知识产权的铸入砖加镶砖复合结构



冷却壁三维设计



具有自主知识产权的铸入砖加镶砖复合结构



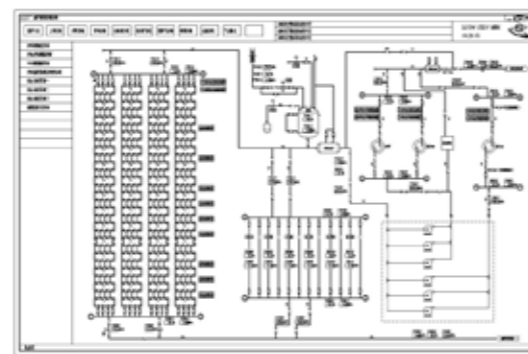
冷却壁温度场及应力分析计算

## 高炉冷却系统的优化配置

- 自主研发的新型软水密闭循环冷却系统，运行安全可靠，动力消耗低，补水量小，维护简便。
- 在对冷却设备、耐材内衬与冷却系统的合理优化配置方面拥有技术诀窍，为高炉的长寿打下了良好的基础。



首钢迁钢3号4000m<sup>3</sup>高炉软水密闭循环冷却系统



串级软水密闭循环冷却系统PID图



软水密闭循环冷却系统管系三维设计

## 炉壳预开孔技术

- 对炉壳开孔实现工厂平板预开孔，有效减少现场开孔的工期占用，使冷却壁安装工作效率提高一倍。
- 精准定位并实现定位偏差 $\pm 2.0\text{mm}$ ，严格控制开孔尺寸。



首钢京唐公司5500m<sup>3</sup>高炉炉壳开孔成品板带



首钢迁钢3号高炉炉壳平板开孔

## 高炉炉体整体推移技术

- 采用整体步进式推移技术，推移后炉体中心定位偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 采用先进的设计体系，分析计算炉体框架相关结构稳定性及变形量。
- 精准控制停炉时间，减少停炉带来的经济损失，可节省工期20~30天。
- 有效节省工程投资，平衡企业内部生产，实现异地新建与在线生产相结合。



宣钢3号高炉(2000m<sup>3</sup>)整体推移前，推移重量4900t，推移距离37.78m



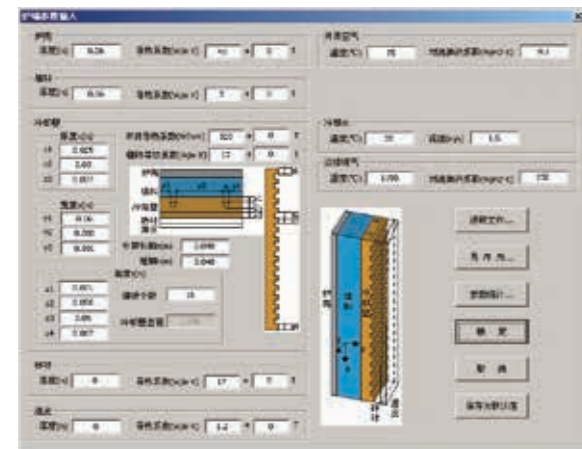
整体推移首钢4号高炉，节省近一个月的大修期

## 炉体自动化监控与控制技术

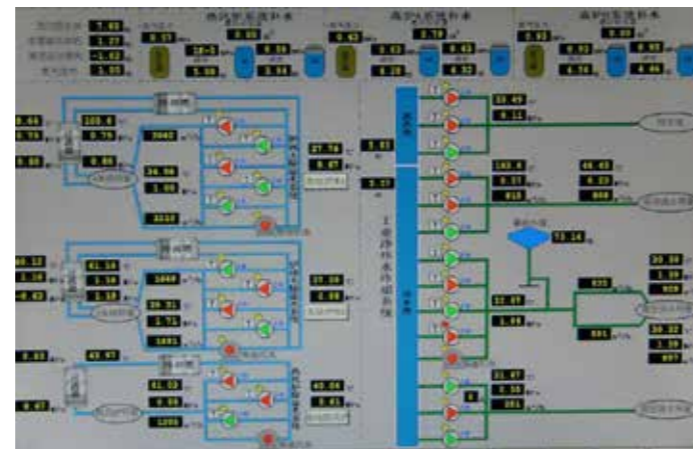
- ▶ 炉缸炉底内型侵蚀及炉缸活跃性在线监测预警系统
- ▶ 炉体热负荷在线监测系统
- ▶ 炉墙传热数学模型
- ▶ 冷却系统在线监测系统
- ▶ 风口工作状态在线监测系统
- ▶ 水温差精准监测与预警系统
- ▶ 炉壳温度精准无线监测预警系统



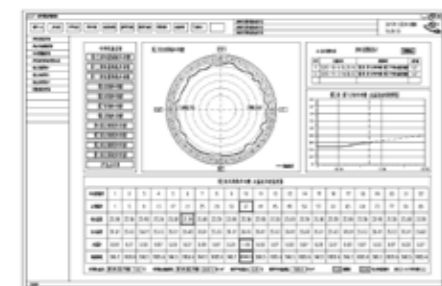
首钢京唐公司5500m<sup>3</sup>高炉软水小支管在线监测



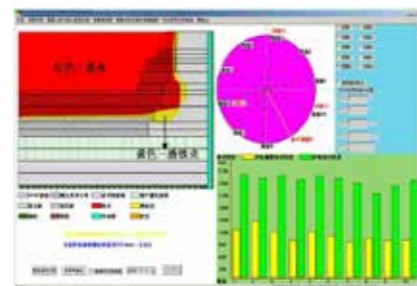
炉墙传热数学模型



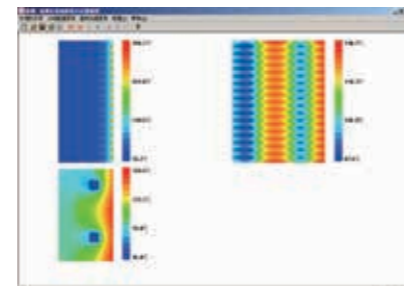
首钢京唐公司5500m<sup>3</sup>高炉软水系统控制画面



水温差精准监测与预警系统



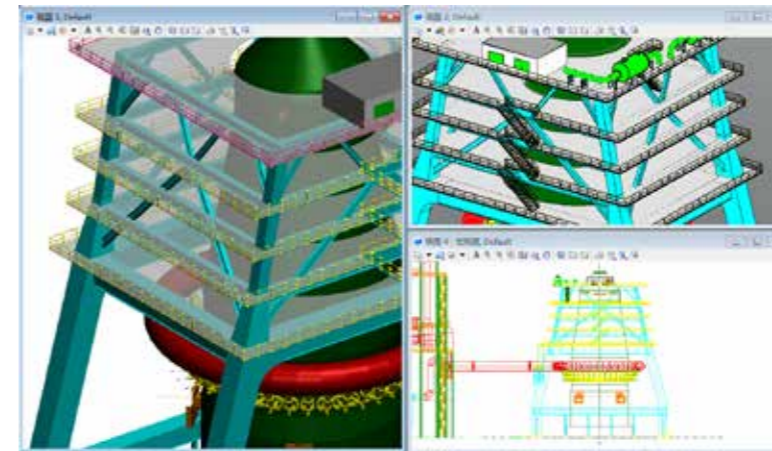
炉缸炉底侵蚀模型



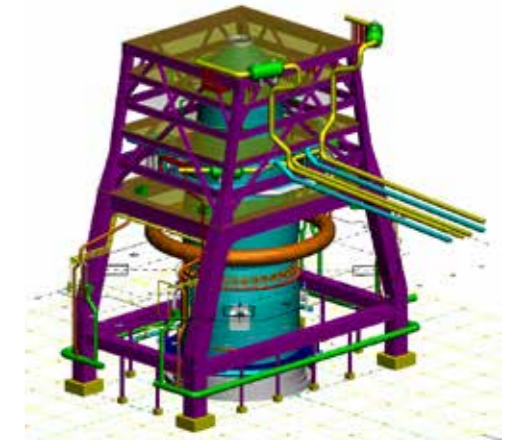
炉墙热负荷计算

## 设计手段多样化与现代化

综合运用 AutoPipe、Microstation V8i、SolidWorks、CAESAR II、Midas Gen 等多种设计软件，实现高效精准的设计体系，具备流场仿真、有限元分析、管系分析、全三维动态协同设计能力，保证设计建造精准高效，实现对建设全过程动态、精准管理。



炉体系统全三维协同设计



炉体系统全三维模型

### 软水密闭循环冷却系统阻损计算书

工程名称 首钢京唐1号高炉

#### 一、 工艺参数

名称	值	单位	备注
水系统流量	5900	m <sup>3</sup> /h	
进水温度	45	℃	
接点压力	1.2	MPa	±0.000

选用公式 hf 威斯巴赫-达西公式  
λ 柯列勃洛克公式  
布拉修斯公式

名称	值	单位	备注
软水密度	992.2	kg/m <sup>3</sup>	
动力粘度	65.6	10 <sup>-5</sup> Pa·s	

沿程阻损

局部阻损

#### 二、 单位阻损

序号 No.	名称	D mm	t mm	Q t/h	d mm	l m	Δ mm	T ℃	v m/s	Re (*10 <sup>6</sup> )	λ	hf Pa
1	D900管道	920	14	2645	892	1	0.046	45	1.18	1.59	0.0121	9.37
2	D600管道	630	10	2645	610	1	0.046	45	2.51	2.32	0.0122	63.39
3	D400管道	426	10	593	406	1	0.046	45	1.27	0.78	0.0139	27.76
4	D300管道	325	8	296	309	1	0.046	45	1.10	0.51	0.0149	29.00
5	D65 管道	76	12	19	52	1	0.046	45	2.49	0.20	0.0206	1223.61
6	D65 管道	73	9	19	55	1	0.046	45	2.22	0.18	0.0205	919.00
7	D65 管道	73	8	19	57	1	0.046	45	2.07	0.18	0.0204	766.12

自主开发的软水密闭循环系统阻力损失计算程序

## ► 专利技术

- ▶ 高效低耗的矮胖高炉
- ▶ 整体式铸钢冷却壁
- ▶ 高炉炉缸炉底内衬结构
- ▶ 高效长寿钢冷却壁
- ▶ 高炉冷却壁固定支撑装置
- ▶ 高效铜冷却壁
- ▶ 高炉拨风保护装置
- ▶ 高炉分段控制冷却装置
- ▶ 一种冷却壁铸入砖加镶砖复合结构
- ▶ 一种炼铁高炉风口防灌渣装置
- ▶ 一种高炉软水密闭循环冷却系统
- ▶ 高炉炉体分段式软水密闭循环冷却系统等相关专利技术



## ► 荣誉奖项

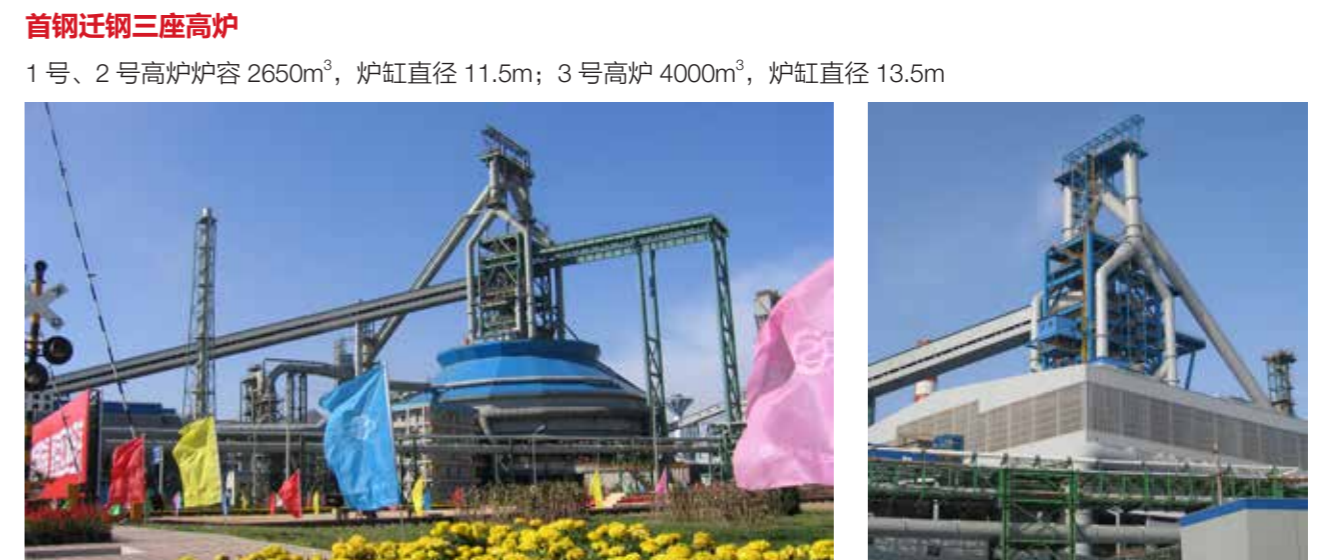
- ▶ “首钢京唐5500m<sup>3</sup>高炉国内设计及投产最大高炉炉容”荣获“第十四批中国企业新纪录”
- ▶ “首钢京唐1号5500m<sup>3</sup>高炉工程设计”荣获“全国优秀设计金质奖”、“全国冶金行业工程设计一等奖”
- ▶ “超大型高炉高效低耗技术集成”荣获“冶金科技进步一等奖”
- ▶ “铜冷却壁制造与应用”荣获“国家科技进步二等奖”、“冶金科技进步一等奖”、“北京科技进步一等奖”
- ▶ “迁钢3号4000m<sup>3</sup>高炉工程设计”荣获“全国冶金行业工程设计一等奖”



## ► 典型工程



**首钢京唐两座高炉**  
炉容 5500m<sup>3</sup>；炉缸直径 15.5m



**首钢迁钢三座高炉**  
1号、2号高炉炉容 2650m<sup>3</sup>，炉缸直径 11.5m；3号高炉 4000m<sup>3</sup>，炉缸直径 13.5m



**连钢8号高炉**  
炉容 3052m<sup>3</sup>，炉缸直径 12m



**首钢3号高炉**  
炉容 2536m<sup>3</sup>，炉缸直径 11.56m

### 太钢3号高炉

炉容 1800m<sup>3</sup>, 炉缸直径 9.75m



### 湘钢4号高炉

炉容 1800m<sup>3</sup>, 炉缸直径 9.75m



### 湘钢3号高炉

炉容 1800m<sup>3</sup>, 炉缸直径 9.85m



### 津巴布韦钢铁公司4号高炉

炉容 1500m<sup>3</sup>, 炉缸直径 8.7m



### 海威钢铁1号高炉

炉容 1380m<sup>3</sup>, 炉缸直径 8.9m



### 宣钢新3号高炉

炉容 2000m<sup>3</sup>, 炉缸直径 11.7m



### 首秦两座高炉

1号高炉炉容 1200m<sup>3</sup>, 炉缸直径 8.1m; 2号高炉炉容 1780m<sup>3</sup>, 炉缸直径 9.7m



### 重钢4号高炉

炉容 1350m<sup>3</sup>, 炉缸直径 8.9m



## ► 工程业绩

序号	用户名称	地点	产能 (MTPA)	高炉有效容积 (m <sup>3</sup> )	投产时间	工作范围
1	首钢京唐钢铁公司3号高炉	河北	4.5	5500	在施	设计
2	冀南钢铁有限公司	河北	2 × 1.325	2 × 1260	在施	设计
3	华菱涟源钢铁有限公司6号高炉	湖南	2	2200	在施	设计
4	华菱湘潭钢铁有限公司3号高炉	湖南	1.6	1800	2015.02	设计
5	青岛钢铁公司2号高炉	山东	1.61	1950	待投产	EPC
6	首钢贵阳特殊钢公司1号高炉	贵州	1.8	2280	延期执行	EPC
7	首钢通化钢铁公司6号高炉	吉林	1	1060	2013.06	设计
8	首钢水城钢铁公司2号高炉	贵州	1	1200	2013.04	设计
9	华菱涟源钢铁公司8号高炉	湖南	2.6	3052	2013.03	设计
10	海威钢铁公司1号高炉	山西	1.16	1380	2013.01	EPC
11	宣化钢铁公司3号高炉	河北	1.61	2000	2011.06	EPC
12	太原钢铁公司4号高炉	山西	1.4	1650	2010.11	设计
13	首钢京唐钢铁公司2号高炉	河北	4.5	5500	2010.06	设计
14	印度BIL公司1号高炉	印度	1.4	1780	延期执行	EP
15	首钢迁钢3号高炉	河北	3.4	4000	2010.01	设计
16	首钢京唐钢铁公司1号高炉	河北	4.5	5500	2009.05	设计
17	太原钢铁公司3号高炉	山西	1.45	1800	2007.07	设计
18	首钢迁钢公司2号高炉	河北	2.2	2650	2007.01	设计
19	首秦公司2号高炉	河北	1.5	1780	2006.05	设计
20	重庆钢铁公司4号高炉	重庆	1.1	1350	2006.03	EPC
21	首钢迁钢1号高炉	河北	2.2	2650	2004.01	设计

22	新余钢铁公司7号高炉	江西	1	1200	2004.08	EPC
23	首秦公司1号高炉	河北	1	1200	2004.06	设计
24	龙岩钢铁公司高炉	福建	2 × 0.5	2 × 450	2004.06	设计
25	淮钢集团公司高炉	江苏	2 × 0.5	2 × 450	2004.03	设计
26	华菱湘潭钢铁公司4号高炉	湖南	1.45	1800	2004.02	设计
27	石家庄钢铁公司4号高炉	河北	0.45	420	2003.06	设计
28	沙塔钢铁公司高炉	印度	0.3	350	2002.12	设计
29	荣程钢铁公司2号高炉	天津	0.6	550	2002.01	设计
30	首钢集团2号高炉 (扩容)	北京	1.45	1780	2002.05	设计
31	建龙钢铁公司	吉林	0.2	179	2001.12	设计
32	临汾钢铁公司6号高炉	山西	0.4	380	2000.01	设计
33	津巴布韦钢铁公司4号高炉	津巴布韦	0.8	1500	1999.07	EPC
34	巴塞尔钢铁公司1号高炉	印度	0.6	650	1998.06	设计
35	安溪钢铁公司高炉	福建	0.12	120	1998.06	设计
36	那柯钢铁公司1号高炉	印度	0.5	607	1996.11	设计
37	苏佳那钢铁公司1号高炉	印度	0.35	350	2005.01	设计
38	津巴布韦钢铁公司3号高炉	津巴布韦	0.5	750	1994.11	设计
39	首钢集团1号高炉	北京	2.2	2536	1994.08	设计
40	首钢集团3号高炉	北京	2.2	2536	1993.06	设计
41	首钢集团4号高炉 (扩容)	北京	1.8	2100	1992.05	设计
42	首钢集团2号高炉 (扩容)	北京	1.5	1726	1991.05	设计
43	武安钢铁公司高炉	河北	0.15	150	1990.06	设计