

宝钢环保技术

(续篇)

第四分册

炼铁环保技术



《宝钢环保技术(续篇)》编委会

二〇〇〇年三月

宝钢环保技术

(续篇)

第四分册

炼铁环保技术

《宝钢环保技术(续篇)》编委会

二〇〇〇年三月

《宝钢环保技术(续篇)》编委会

主 任 李海平

副 主 任 杨铁生 沈晓林

编 委 (共12人,按姓氏笔划为序)

王绍文 李友琥 李成江 杨丽芬 武秀菊 郑文华

胡成丰 胡国良 赵克斌 唐昭武 顾德章 焦凤山

技术审查 李友琥 沈晓林

《宝钢环保技术(续篇)》各分册主编

- | | | |
|------|--------------|------------|
| 第一分册 | 宝钢环保综合防治技术 | 主编 严 科 |
| 第二分册 | 焦化环保技术 | 主编 潘洪文、郭 伟 |
| 第三分册 | 烧结环保技术 | 主编 王学群 |
| 第四分册 | 炼铁环保技术 | 主编 郝润平 |
| 第五分册 | 炼钢环保技术 | 主编 吴治成 |
| 第六分册 | 轧钢环保技术 | 主编 陈永和、赵金标 |
| 第七分册 | 电厂环保技术 | 主编 姚 洁 |
| 第八分册 | 公用及辅助设施环保技术 | 主编 严 科 |
| 第九分册 | 宝钢单项技改工程环保技术 | 主编 胡成丰、朱锡恩 |
| 第十分册 | 宝钢环境工程图册 | 主编 杨丽芬 |

出版前言

宝钢是我国改革开放以来兴建的大型钢铁企业。一、二期工程相继于 1985 年和 1991 年建成投产。三期工程从 1997 年起陆续建成投产(2000 年上半年最后一个项目 1550 投产),形成了年生产能力 1100 万吨钢的规模。

宝钢三期工程共有 12 个生产单元,26 个建设项目,投资 623.4 亿元,其中环保设施 88 项,投资额 33 亿元,占总投资的 5.3%。三期工程的建设者们从一开始就遵循国家为其提出的“三期工程要立足于国内设计制造”的要求,实行了以我为主的“点菜式”引进,单机或小成套引进,国产化率达到 80%,其中已投产的 3 号高炉国产化率提高到 95%。宝钢三期工程在设计上以清洁生产为指导思想,采用了国际上先进的冶金技术和装备,三废治理设施在一、二期的基础上又有新的发展,引用了一些当今最新技术,其主要环保指标在国内遥遥领先,基本上达到或超过世界同类企业的先进水平。

及时认真地总结宝钢工程中体现出的新思想、新概念、新技术,这无论是对宝钢自身的发展,还是对我国冶金环保领域的科技进步,都起着不可估量的作用。

早在 1987 年,冶金部环境保护综合利用信息网配合原冶金部安环司组织承担宝钢工程设计单位的有关同志编辑出版了《宝钢环保技术》汇编。汇编按工艺分八个分册和一个图册,较全面系统地总结了宝钢一、二期工程采用的环保技术,对宣传宝钢、促进全国冶金环保工作的发展起到了很好的推动作用。

在这世纪之交值此宝钢三期工程即将全部完工之际,宝钢为更好地消化、掌握和推广三期环保新技术,首先提出编制宝钢环保新技术,并与冶金部环境保护综合利用信息网合作,组织承担宝钢三期工程设计的主要单位的有关专家和科技工作者,在认真总结宝钢三期工程环保技术、项目的基础上,系统编写并出版《宝钢环保技术》(续篇)。

《宝钢环保技术》(续篇)的内容与设计内容基本一致,以三期工程为主,同时包括一、二期的改造工程和已立项的三期后工程中所上的全部环保项目,并在各册中都增加了清洁生产章节。

该“续篇”与1987年编写的《宝钢环保技术》一起,形成一套完整的、涵盖宝钢一、二、三期以及三期后工程的、全面反映当今宝钢环保技术与装备水平的技术资料。希望能为我国冶金战线上的广大环保工作者了解宝钢、学习宝钢、提高冶金环保总体水平有所帮助。

《宝钢环保技术》(续篇)共分十个分册,各分册自成体系。除仍按工艺分为八个分册和一个图册外,增加了单项技改工程分册。重庆钢铁设计研究院负责主编第一分册、第四分册、第七分册和第八分册;鞍山焦化耐火材料设计研究院负责主编第二分册;长沙冶金设计研究院负责主编第三分册;北京钢铁设计研究总院负责主编第五分册;武汉钢铁设计研究院负责主编第六分册;宝钢(集团)公司设计院负责主编第九分册;冶金部建筑研究总院负责主编第十分册。上海冶金设计研究院、华东电力设计院也参加了部分章节的编写工作。

国家冶金局环保办公室的李友琥同志、宝钢安环处的沈晓林同志以及各主编单位的负责同志和参编人员都对本书的出版做了大量细致的工作,冶金部环境保护综合利用信息网在《宝钢环保技术》(续篇)的编写、审稿、编辑和出版过程中,做了大量的组织协调工作。

由于本书的编写、编辑及出版工作的时间较为仓促,如有不妥之处,请批评指正。

《宝钢环保技术》(续篇)编委会

一九九九年十二月

本册编辑说明

本册为《宝钢环保技术》(续篇)的第四分册“炼铁环保技术”。由重庆钢铁设计研究院和北京钢铁设计研究院共同编写。

本分册介绍了宝钢三期三号高炉和一期一号高炉大修改造工程的环保技术。主要包括:工程概况、生产工艺及技术、装备特点、工程污染及排放状况、清洁生产技术、环保技术措施及其评述等,编写的重点是清洁生产技术和环保技术措施及其评述。针对这些环保技术,对其投资情况,技术特点以及最终的环保效果等进行了比较全面的评述。

本分册可供从事环境保护工作的设计、施工、科研、管理等人员参考。

参加各章节编写的单位和人员如下:

重庆钢铁设计研究院编写“三号高炉工程和一号高炉新增喷煤工程”,编写人:郝润平;

北京钢铁设计研究院编写“一号高炉大修改造工程和三号高炉喷煤工程”,参加编写的人员有:张振雄 吴治成 董连举 朱志文 贾 京。

主编单位: 重庆钢铁设计研究院

主 编: 郝润平

责任编辑: 杨丽芬

印 刷: 北京百善印刷厂

第四分册目录

第一章 宝钢三号高炉工程.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 清洁生产技术.....	(6)
第三节 煤气回收与余压发电、炉顶均排压及均压煤气回收及热风炉烟气余热回收和 热风炉余压回收.....	(10)
第四节 废气治理技术.....	(15)
第五节 废水治理技术.....	(25)
第六节 固体废物的处理和利用.....	(31)
第七节 噪声控制技术.....	(33)
第八节 环境监测.....	(34)
第九节 环保技术评述.....	(34)
第二章 宝钢一号高炉大修改造工程.....	(39)
第一节 概述.....	(39)
第二节 清洁生产技术.....	(43)
第三节 烟尘污染及对策.....	(46)
第四节 循环水技术改进.....	(54)
第五节 环保技术评述.....	(56)

第一章 宝钢三号高炉工程

第一节 概述

一、主要工程概况

1、一、二期工程概况

一、二期工程由两座 4063 m^3 大型高炉组成,其为一次规划,分期建设。总平面布置为半岛式布置,一、二号高炉中心距为 370 m 。占地面积约 36 ha 。

一期工程,包括一号高炉本体(有矿槽、焦槽、上料系统、炉体、风口平台及出铁场、热风炉系统、煤气清洗系统)、动力鼓风机站、重油喷吹装置、余压发电装置、冲水渣设施、干渣处理设施、循环水系统、脱锌设施、供电系统、两台铸铁机、碾泥机室第一碾泥机系统。一期工程于 1985 年 9 月投产,年产生铁 325 万 t 。

二期工程,除不建铸铁机、增建碾泥机室第二碾泥机系统和一号高炉变重油喷吹装置为喷吹煤粉设施、二号高炉建喷吹煤粉设施外,其余内容均于一期工程相同。二期工程于 1991 年 6 月投产,年产生铁 325 万 t 。

2、三号高炉工程概况

三号高炉容积为 4350 m^3 ,位于二号高炉西北侧,距二号高炉 377 m ,总平面布置与一、二号高炉一样为半岛式布置,占地面积约为 21 ha 。

三号高炉工程,包括原燃料贮运设施、上料系统、高炉本体、煤粉喷吹设施、风口平台及出铁场、热风炉系统、炉渣处理设施、煤气清洗系统、余压发电装置、给排水设施、供配电系统。三号高炉工程于 1994 年 9 月投产,年产生铁 325 万 t 。

二、生产工艺及技术装备特点

1、生产工艺

三号高炉生产工艺见图 1-1-1。

三号高炉技术经济指标见表 1-1-1 和表 1-1-2。

其中,三号高炉喷煤设施工艺与一号高炉新增喷煤设施工艺(详见本册第二章)基本相同。其制粉系统采用中速磨煤机,一级布袋收粉工艺,喷吹系统采用双系列串联总管加分配器直接喷吹的方式。喷吹量 200 kg/t-p 。不同点在于一号高炉制粉系统采用的是旋风分离器加袋式收粉器二级收粉工艺,而三号高炉为一级布袋收粉工艺;喷吹系统一号高炉喷吹罐下部设置的是用 N_2 气流化的流化板,被流化的煤粉通过导出管排出,而三号高炉采用的是可调给料器工艺。

表 1-1-1

三号高炉指标

序号	项 目	指 标	序号	项 目	指 标
1	最大日产量/ $\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$	10 000	5	鼓风机最高出口压力/ kPa	500
2	最大富氧率/%	4	6	炉顶最高压力/ kPa	245
3	最高送风温度/ $^{\circ}\text{C}$	1310	7	最大煤气清洗量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	700 000
4	最大送风量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	800(含充风量 850)			

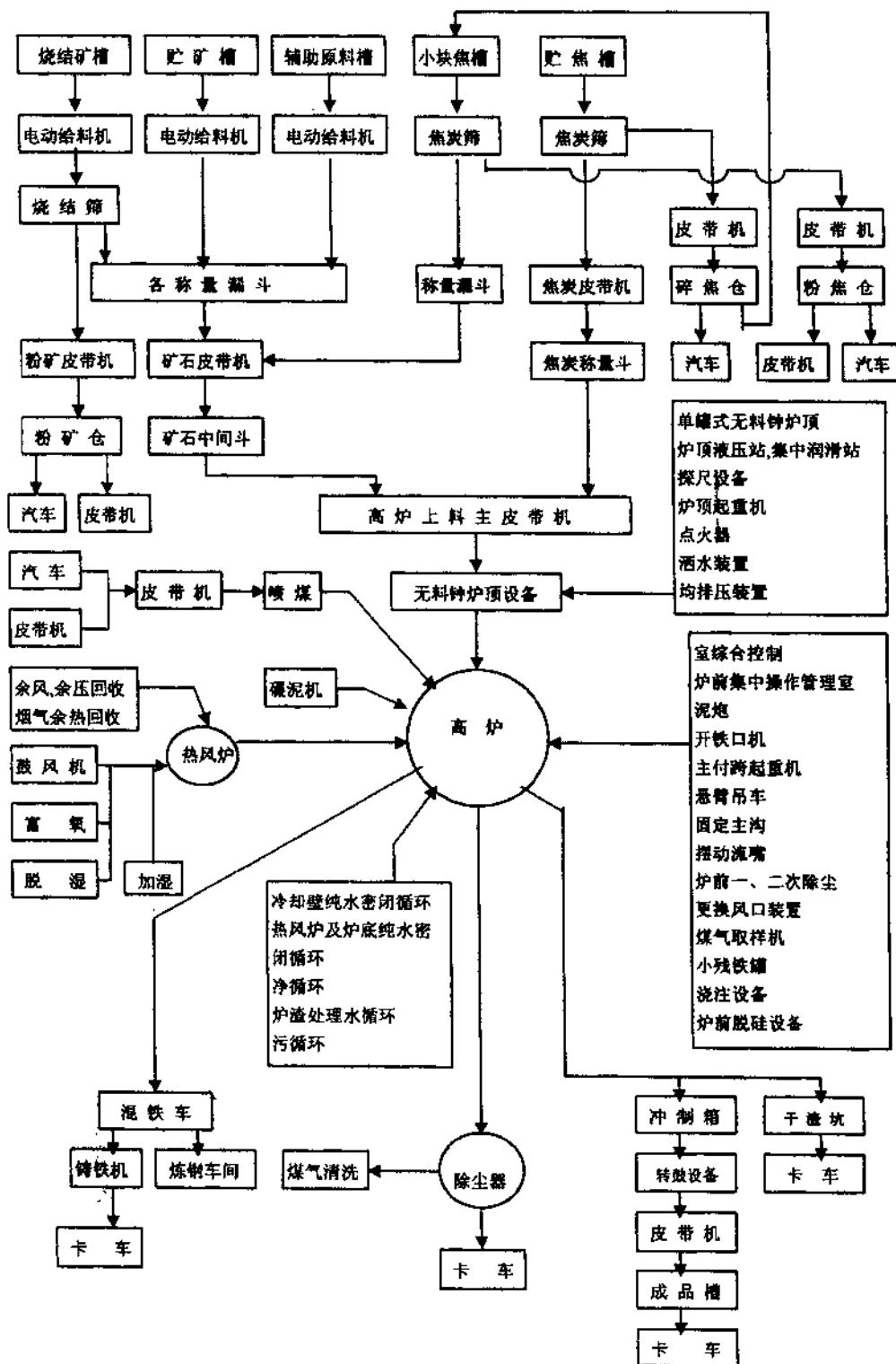


图 1-1-1 三号高炉工艺流程图

表 1-1-2

三号高炉原燃料、动力消耗和主要技术经济指标

项 目	指 标	项 目	指 标
1 原燃料消耗		3 主要技术经济指标	
烧结矿消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	4 320 000	高炉年产生铁量/ $t \cdot a^{-1}$	3 250 000
块矿消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	536 000	作业率/%	93
球团矿消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	500 000	综合燃料比/ $kg \cdot (t-p)^{-1}$	500
石灰石消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	-33 000	焦比/ $kg \cdot (t-p)^{-1}$	430
锰矿消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	-20 000	煤比/ $kg \cdot (t-p)^{-1}$	88
焦炭消耗量/ $t \cdot a^{-1}$	1 400 000	渣量/ $kg \cdot (t-p)^{-1}$	≤ 345
2 动力消耗		风温/ $^{\circ}C$	1250
氧气消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	146 250 000	鼓风平均湿度/ $g \cdot m^{-3}$	15
氮气消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	186 891 380	煤气发生量/ $m^3 \cdot h^{-1}$	642 000
蒸汽消耗量/ $GJ \cdot a^{-1}$	231 333	4 环保指标	
高炉煤气消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	1 539 781 600	绿化面积/ m^2	37 100
焦炉煤气消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	19 552 800	绿化系数%	17.8
转炉煤气消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	148 275 400	环保投资/万元	8740
电消耗量/ $kWh \cdot a^{-1}$	134 315 000	环保投资占项目总投资的比例 %	8.7
纯水补充量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	105 100		
工业新水消耗量/ $m^3 \cdot a^{-1}$	4 978 400		

2、技术装备特点

三号高炉总体工艺技术和装备水平与二号高炉相当,仍具先进的大型化、连续化、自动化、高速化的技术装备特点,以保持集约型增长方式。另外,充分发挥一、二号高炉已建设施,尤其是公用、辅助设施的潜力。

进一步改善炉料质量,发展炉料分布技术,喷吹燃料,改进高炉冷却系统,提高自动化控制水平,以获得高产、质优、长寿、节能、省力、低耗和低成本的高炉综合技术指标。

与一、二号高炉相比,三号高炉进一步发展提高的方面主要有:

- ① 采用小块焦炭回收利用、烧结矿分级入炉技术,扩大焦炭称量漏斗和矿石中间漏斗容积;
- ② 为适应均匀放散煤气半回收或烧结矿分级入炉,加大供料系统上料胶带宽度;
- ③ 高炉采用中心卸料串罐式无料钟炉顶设备,配备无料钟设备的检修吊具;
- ④ 高炉本体采用全炉身冷却的混合式冷却壁,全闭路纯水密闭循环冷却;
- ⑤ 热风炉余热余压回收;

⑥ 为使铁口夹角扩大、渣铁沟短和作业区死角减小,并考虑对角搭接出铁和出铁场同侧的两个铁口搭接出铁,出铁场采用双平面型出铁场;

⑦ 炉前设一、二次除尘,铁口采用铁口封闭强力抽风小房除尘方式;

⑧ 炉渣处理采用“INBA”法处理工艺,用四台转鼓 100% 冲水渣、渣水分离及水循环系统,干渣只作为处理事故的手段,炉前配置脱硅装置。

三号高炉喷煤设施除工艺上有前述不同点外,主要技术特点也基本与一号高炉新增的喷煤设施相同。

三、工程主要污染源、污染物及污染排放状况

1、高炉工程

(1) 一、二号高炉主要污染源、污染物及污染排放状况

一、二号高炉主要污染源、污染物及污染排放状况,详见表 1-1-3 至表 1-1-6。

表 1-1-3

主要废气污染源、污染物及污染排放状况

工程	序号	污 染 源	污 染 物	原始浓度 /mg·m ⁻³	处理设施	处理能力 /mg·m ⁻¹	出口浓度 /mg·m ⁻³
一 高 炉	1	矿槽、焦槽供料系统	粉尘	6000	布袋除尘器	66 000	50
	2	出铁场一次烟气	烟尘	2000	布袋除尘器	1 020 000	50
	3	出铁场二次烟气	烟尘	1000	布袋除尘器	102 000	50
	4	铸铁机	烟尘	3000	布袋除尘器	186 000	50
	5	碾泥机室	粉尘	10 000	布袋除尘器	12 000	50
二 高 炉	1	矿槽、焦槽供料系统	粉尘	6000	布袋除尘器	66 000	50
	2	出铁场(一、二次烟气)	烟尘	2000	布袋除尘器	3 × 510 000	50
	3	炉顶	烟尘	10 000	布袋除尘器	22 200	50
	4	上煤 1 号转运站	粉尘	12 000	布袋除尘器	5400	50
	5	上煤 2 号转运站	粉尘	12 000	布袋除尘器	10 200	50
	6	上煤地下受料槽	粉尘	15 000	布袋除尘器	43 800	50
	7	煤粉收集	粉尘	18 000	布袋除尘器	175 200	50

表 1-1-4

主要废水污染源、污染物及污染排放状况

工程	序号	污 染 源	污 染 物	原始浓度 /mg·L ⁻¹	处理设施	处理量 /m ³ ·h ⁻¹	排放去向
一 高 炉	1	高炉煤气清洗 (含污泥脱锌)	SS 酚 氰化物	400~4000 0.05~2.4 0.03~0.09	水处理循环设施	1080	循环、少量冲渣补充水
	2	高炉水冲渣	硫化物	~5	水处理循环设施	3600	循环使用
	3	炉缸洒水	SS	100	水处理循环设施	26	排污作煤气清洗补充水
	4	铸铁机洒水	SS		水处理循环设施	30	循环使用
二 高 炉	1	高炉煤气清洗	SS 酚 氰	400~4000 0.05~2.4 0.03~0.09	水处理循环设施		循环、少量冲渣补充水
	2	高炉水冲渣	硫化物	~5	水处理循环设施		循环使用
	3	炉缸洒水等	SS	100	水处理循环设施		污作煤气清洗补充水

表 1-1-5

主要固体废物污染源、污染物及污染排放状况

序号	污 染 源	污 染 物	发生量 /t·a ⁻¹	处理设施	利用量 /t·a ⁻¹	外排量 /t·a ⁻¹	排放去向
1	一 高 炉	水 渣	1 080 000	"拉萨"法冲水渣设施	1 080 000	—	外售作水泥原料
		干 渣	500 000	事故干渣坑、喷水装置	500 000	—	干渣处理场处理后利用
		泥 饼	25 000	—	25 000	8000	含铁泥利用、含锌泥弃渣场
		除尘灰	34 000	真空罐车收集	34 000	—	送烧结作原料
2	二 高 炉	水 渣	1 054 000	"INBA"法冲水渣设施	1 054 000	—	外售作水泥原料
		干 渣	224 000	事故干渣坑、喷水装置	224 000	—	干渣处理场处理后利用
		泥 饼	29 000	—	20 000	9000	含铁泥利用、含锌泥弃渣场
		除尘灰	40 000	真空罐车收集	40 000	—	送烧结作原料

各污染物排放浓度低于规定排放标准值,排放标准见《宝钢环保技术》(续篇)第一分册(下同)。

(2) 三号高炉主要污染源、污染物及污染排放状况

三号高炉工程主要污染源、污染物及污染排放状况,详见表 1-1-7 至表 1-1-10。

表 1-1-6

主要噪声源及噪声排放状况

序号	噪 声 源	治理前的噪声级/dBA	控制措施	治理后的噪声级 dBA
1	高炉煤气减压阀	115	消声器	90
2	高炉炉顶排气管	120	消声器	95
3	高炉均压放散管	110	消声器	85
4	余压发电机组	105	隔声罩	90
5	高炉鼓风机组	110	隔声罩	95
6	各除尘风机	~ 100	消声器	85

表 1-1-7

主要废气污染源、污染物及污染排放状况

序号	污 染 源	污 染 物	原始浓度 /mg · m ⁻³	处理设施	处理能力 /mg · m ⁻¹	出口浓度 /mg · m ⁻³	
1	供料系统	矿槽、烧结矿槽、原料槽和焦槽在給料、筛分、称量和转运时	粉尘	6000	负压反吹风、大布袋除尘器	660 000	50
2	炉顶均压放散煤气	炉顶装料设备均压装置在均压操作时	粉尘 一氧化碳	10 000 287 500	旋风除尘器、降压塔	27m ³ 次 ⁻¹	
3	出铁场	出铁口、撇渣器、残铁罐、铁沟生产时	烟尘	5000	负压反吹大布袋除尘器	1 164 000	<50
	炉顶上料	在受漏斗、皮带机头运行时	粉尘	6000	其与出铁场合为一个除尘系统	66 000	
4	脱硅除尘	出铁场摆动流嘴(“撇入法”脱硅)生产时	烟尘	~1500	负压反吹大布袋除尘器	600 000	<50
5	炉前冲渣水蒸汽		H ₂ S	1kg · h ⁻¹	70 m 高烟囱		
6	炉前脱硅	脱硅剂输送罐	粉尘		座仓式布袋除尘器	3500 ~ 6500	50
7	热风炉		少量 SO ₂		80 m 高烟囱		

表 1-1-8

主要废水污染源、污染物及污染排放状况

序号	污 染 源	污 染 物	原始浓度 /mg·L ⁻¹	处理设施	处理量 /m ³ ·m ⁻¹	排放去向
1	高炉煤气清洗	SS 酚 氰化物	3000 2~3 <2	水处理循环设施	1890	循环、少量冲渣补充水
2	高炉水冲渣	硫化物	~5	水处理循环设施	2500	循环使用
3	高炉干渣冷却	硫化物	~5	水处理循环设施	300	循环使用

表 1-1-9

主要固体废物污染源、污染物及污染排放状况

序号	污 染 源	污 染 物	发生量 /t·a ⁻¹	处理设施	利用量 /t·a ⁻¹	外排量 /t·a ⁻¹	排放去向
1	高炉	水渣	1 031 600	“INBA”法冲水渣设施	1 031 600	—	外售作水泥原料
		干渣	224 200	事故干渣坑、喷水装置等	224 200	—	干渣处理场处理后利用
2	粗煤气系统重力除尘器	煤灰	29 000	螺旋输送机、加水润湿	29 000	—	送烧结作原料
3	煤气清洗水处理系统	泥饼	25 000	—	25 000	—	送烧结作原料
4	除尘系统除尘器	除尘灰	21 000	真空罐车收集	21 000	—	送烧结作原料
5	其它	工业垃圾	6500	翻斗车	—	6500	送渣场弃置

表 1-1-10

主要噪声源及噪声排放状况

序号	噪声源	治理前的噪声级 dBA	控制措施	治理后的噪声级 dBA
1	炉放风阀	115~120	消声器	<95
2	炉顶均压煤气放散管	105~110	消声器	<85
3	余压发电机组	105~110	隔声罩	~85
	调压阀	100~110	隔声小房,后面加卧式消声器	~85
	旁通阀	100~105	隔声小房	85
4	文氏管(二文)	100~105	包扎隔声材料	90
5	除尘风机出口	95~100	消声器	90
6	热风炉助燃风机	95~100	消声器	90
7	脱硅空压机	95~100	隔声罩、消声器	85
8	动力空压站空压机	95~100	隔声罩、消声器	85
9	水泵	90~95	水泵房	80~85

2、喷煤工程

(1) 一、二号高炉

一号高炉大修后,高炉喷吹的燃料由重油改为煤粉,详见本册第二章。

二号高炉原煤卸料房、各转运站胶带输送机 and 受料胶带机、原煤仓上的卸料胶带机和胶带机头部卸料时均产生含尘废气,均由设置的除尘系统净化处理,外排废气含尘浓度约为 50 mg/m^3 ,低于规定的排放标准值。

(2) 三号高炉

地下受煤斗接受卸煤时产生扬(煤)尘,采用封闭房间抽风除尘。储煤仓上采用煤仓抽风除尘。带式输送机产生扬(煤)尘,设物料加湿装置,抑制了扬尘。

制粉系统,分离煤粉后的气体,由收粉装置(进口风量为 $60\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的袋式收粉器)收粉后,外排废气含尘浓度 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$,低于规定的排放标准值。

喷吹系统,喷吹罐、中间罐间断排向煤粉仓的气体,由煤粉仓缓冲、仓顶袋式收尘器净化处理,处理后外排废气含尘浓度 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$,低于规定的排放标准值。

第二节 清洁生产技术

一、采用清洁生产的新工艺新技术

三号高炉工程除在一、二号高炉工程中已采用的先进技术如高炉高压操作,余压发电,外燃式热风炉(三号高炉送风温度达 1310°C),转鼓脱水法炉渣处理技术等外,总结一、二号高炉设计和生产经验教训,结合宝钢的具体情况,又有新的发展:

1、小块焦回收与矿石混装入炉新工艺

采用小块焦回收与矿石混装入炉新工艺,小块焦返回利用采用将筛下的碎焦经胶带机运至小块焦槽,并在槽下筛分回收 $10\sim 25 \text{ mm}$ 小块焦的新工艺,回收量达 27 kg/t-p 。显示出良好的冶炼效果,从而提高经济效益和环境效益。

2、烧结矿分级入炉技术

采用烧结矿分级入炉技术,烧结矿分 $3\sim 12 \text{ mm}$ 和 $12\sim 50 \text{ mm}$ 两种粒级,经胶带机运往高炉矿槽。其中小粒级占 $25\sim 33\%$ 、大粒级占 $87\sim 75\%$,两种粒级比例约为 $1:3$ 。这两种粒级的烧结矿分别贮存于相应的矿槽内,并可组成单独的小批装入炉内。该技术使中心卸料串罐式无料钟炉顶设备作业率进一步提高,并充分利用小粒级烧结矿来控制高炉内的煤气流分布,即利用小粒矿气

流阻力大的特点,使小粒级矿布到高炉边缘区域,以实现控制边缘煤气流、调节炉况、充分利用煤气化学能和保护炉体冷却设备不过早地损坏。

3、胶带运输机上料

采用4台电动机传动的高强度胶带运输机上料,其胶带机长度347.423 m,宽度2200 mm,带速2 m/s,胶带倾角为 $11^{\circ}31'35''$,矿石运输能力5500 t/h。可将原燃料系统布置在距高炉较远的位置,使高炉车间平面布置更合理。此外,采用胶带运输机上料可简化炉顶布置,使炉料在装料设备中分布均匀。

4、中心卸料串罐式无料钟炉顶装料设备和布料

采用中心卸料串罐式无料钟炉顶装料设备和相应的布料模型,料罐通过支撑环梁经6根支柱由炉顶煤气封罩支撑,传动齿轮箱受热面采用水冷却。布料基本方式为多环布料,具有单环、扇形和定点布料操作手段。该炉顶主要设备中心及料流中心与高炉中心线重合,使得炉料在炉喉圆周上分布均匀。上部受料罐以一定的速度旋转,且上下罐均设有导料装置,物料装入过程中粒度偏析小。以充分提高设备作业率。

5、炉体系统

(1) 高炉内型

高炉内型适当矮胖,高炉容积比一、二号高炉大287 m³。其它尺寸见表1-2-1。

表1-2-1

高炉内型尺寸

高炉	炉缸直径 /mm	炉腰直径 /mm	炉喉直径 /mm	有效高度 /mm	风口高度 /mm	炉缸高度 /mm	炉腹高度 /mm	炉腰高度 /mm	炉身高度 /mm	炉喉高度 /mm
1、2高炉	13 400	14 600	9500	32 100	4270	4900	4000	3100	18100	2000
3高炉	14 000	15 200	10 100	31 500	4770	5400	4000	2600	17500	2000

(2) 增加死铁层厚度

死铁层厚度,由一、二号高炉的1.8 m增加至2.985 m,防止炉缸出现蘑菇型侵蚀。

(3) 新型冷却壁和纯水密闭冷却技术

采用新型冷却壁和纯水密闭冷却技术,冷却设备。炉底底部采用与一、二号高炉相同的水冷管式。炉底、炉缸下部为4段横式光面冷却壁,上部为2段光面冷却壁,冷却壁本体材质为低铬铸铁;炉腹为2段新日铁第三代强化型镶砖冷却壁,本体材质为铁素体球墨铸铁;炉腰至炉身中部为7段T字头镶砖冷却壁;炉腰至炉身下部4段为新日铁第三代强化型,炉身中部为新日铁第二代半冷却壁,本体材质均为铁素体球墨铸铁;炉身上部为高韧性铁素体球墨铸铁水冷壁。

高炉风口为贯流式,中套为二室螺旋式,铜纯度>99.5%。大套和法兰为铸钢件,不冷却。

(4) 炉内耐火材料和结构

高炉炉底、炉缸采用美国UCAR小块炭砖,风口区为组合砖,铁口区为陶瓷碳化硅质小块砖;炉腹至炉身下部为氮化硅结合的碳化硅砖;炉身中部靠冷却壁侧为氮化硅结合的碳化硅砖,其外用高铝砖,相互错砌;炉身上部不砌砖;炉顶外封罩焊接柱形和6边形组合式锚固件,喷涂100 mm厚度的不定形耐火材料。

6、煤粉喷吹

煤粉制备采用中速磨,一次布袋收粉全密闭负压工艺,避免粉尘外泄。

7、风口平台及出铁场

(1) 风口平台

风口平台为一个独立的钢结构平台。风口平台面相对一、二号高炉抬高 500 mm。各铁沟主沟上方揭盖机走行轨道外侧的风口平台为旋转式活动平台。在泥炮、揭盖机上方的风口平台,局部为活动式。以方便操作、维护和检修。

(2) 出铁场

设南北对称布置的双出铁场,出铁场总面积 11000 m²,出铁场东侧与公路栈桥相接,汽车可直接上出铁场。每个出铁场设两个铁口,不设渣口。出铁场设备配置有长臂液压泥炮、开铁口机、残铁开口机、摆动流嘴、320 t 鱼雷式混铁车等。

针对一、二号高炉出铁场布置存在的主要问题,对三号高炉出铁场作了较大改进:将渣处理设施分别置于南北出铁场两侧,缩短渣铁沟长度,减少炉前清沟、修沟工作量,降低耐火材料消耗;两出铁口间的夹角由一、二号高炉的 40°扩大到 75.80°;出铁场平台化,改善炉前操作条件。

8、改进、完善环保设施

为改善出铁场操作环境及减轻对周围环境空气的污染,出铁场渣铁沟设有沟盖,并在铁口、渣铁沟沟盖上、摆动流嘴等处设置了吸尘点。同时,为解决开、堵铁口时产生的大量烟尘外逸,在铁口区设置密闭小房。对铁口区进行强力抽风除尘,以有效消除开堵铁口时产生的二次烟尘。

原燃料槽上卸料口设置胶带机全密封除尘。

9、余压发电装置

采用具有世界先进水平的干、湿两用余压透平发电装置,为将来高炉改湿式煤气清洗为干式煤气除尘创造有利条件。

10、自动控制

高炉自动控制,采用三电一体化硬件设备和应用软件。其中,自动控制系统硬件设备、系统软件和计算机通讯软件由国外引进。以强化炉况监控,开发一代炉龄数据库应用系统和摆动流嘴工业电视监视装置。

二、采用清洁的原、燃料,从源头控制污染

三号高炉入炉原、燃料采用精料:高品位块矿、球团矿、烧结矿和固定碳含量高的焦炭,质量要求见表 1-2-2 和表 1-2-3。

表 1-2-2

原料质量指标

原料种类	指 标	单 位	质量要求	原料种类	指 标	单 位	质量要求
块矿(赤铁矿)	全 铁	%	~ 65	烧结矿	全 铁	%	56 ~ 57.5
	粒度范围	mm	8 ~ 25		CaO / SiO ₂		1.55 ~ 17.5
	其中: 8 ~ 25mm	%	≥ 85		Al ₂ O ₃	%	≤ 2.1
	< 5mm	%	≤ 4		SiO ₂	%	5.5 ~ 6.3
球团矿	全 铁	%	≥ 62	大粒级矿粒度范围	FeO	%	6 ~ 8
	粒度范围	mm	9 ~ 16		其中: < 12mm	%	12 ~ 50
	其中: 9 ~ 16mm	%	≥ 85		> 50mm	%	≤ 5
	< 5mm	%	≤ 4		小粒级矿粒度范围	mm	3 ~ 12
				其中: < 3mm		%	≤ 5
					> 12mm	%	≤ 5

表 1-2-3 燃料质量指标

指 标	单 位	质量要求
灰 分	%	≤13
硫 分	%	0.6
粒度范围	mm	25~75
其中: <25mm	%	≤10
> 75mm	%	≤10
平均粒度	mm	45~55

石灰石成分: CaO 52.53~53.5%, SiO₂ 0.8~1.1%, 粒度 10~30 mm; 锰矿含锰: 15~25%, 粒度 10~25mm; 入炉总硫量控制在 7.3~3.8 kg/t-p。由于采用精料, 可使焦比大幅降低, 三号高炉焦比为 430 kg/t-p。另外, 采用的原燃料机械强度高、熟料率高、化学成分稳定、入炉粒度均匀、含粉量少。

热风炉燃烧用燃料: 混合煤气(高炉煤气+转炉煤气)+焦炉煤气。其中, 用高炉煤气 182 000 m³/h, 含尘量 <10 mg/m³; 用转炉煤气 20 000 m³/h, 含尘量为 10 mg/m³; 用焦炉煤气 3400 m³/h, H₂S 含量 0.2 g/m³。

三号高炉喷煤煤种为各种无烟煤、烟煤。干燥气发生炉所用高炉煤气 7000 m³/h, 含尘量 <10 mg/m³; 用焦炉煤气 150 m³/h, H₂S 含量 0.2 g/m³。

三、节约能源、资源, 减少污染

三号高炉能源消耗 2 014 794 t 标煤, 扣除回收利用的 612 301 t 标煤后, 实际消耗 1 402 493 t 标煤, 工序能耗为吨铁耗标煤 424.7 kg/t-p, 比一号高炉 426.4 kg/t-p、二号高炉 427.7 kg/t-p 及国内其它钢铁联合企业高炉工序能耗指标低。

1、喷吹煤粉

高炉以精料和高风温为基础, 采用大量喷吹煤粉技术, 可大幅度降低焦比, 每喷 1 kg 煤粉, 可置换 1~1.2 kg 焦炭, 每吨铁降低能耗 14.7 kg/t 标煤。喷煤量增加 1 000 000 t, 煤焦置换比按 0.8 计(仅按化学计算), 每年降低成本 1.2 亿元。

发展大量喷煤技术是炼铁系统实现结构优化的关键, 也是节能降耗、降低生产成本、减少污染的主要措施。

2、脱湿富氧鼓风

三号高炉鼓风含湿 15 g/m³, 富氧率最大为 4% (过高则铁产量增幅降低), 一般在 3% 以下。脱湿鼓风以减少高炉内的水分分解而节省焦炭, 湿度每减少 1 g/m³, 降低焦比 0.6~0.8 kg/t-p。富氧鼓风, 含氧量每增加 1%, 可降低焦比 2~25 kg/t-p, 而生铁增产 4.5~5%。

3、提高风温

三号高炉采用新日铁外燃式热风炉, 其结构稳定、气流分布均匀。热风炉风温达 1310℃, 拱顶温度达 1450℃。风温每提高 100℃, 可降低焦比约 20 kg/t-p, 生铁增产 3~4%。

4、高压操作

三号高炉采用中心卸料串罐式无料钟炉顶装料设备, 这就决定了炉顶高压操作; 炉顶压力达 245 kPa。炉顶压力每提高 9.807 kPa, 可降低焦比 1.7 kg/t-p, 生铁增产约 2%。

5、炉顶装料

三号高炉采用中心卸料串罐式无料钟装料设备。既可减轻炉顶设备重量(较钟阀式炉顶轻 50% 以上, 比并罐无料钟炉顶轻 15~20%), 节省投资、使结构简单易于维修, 又可提高料罐称量准确性, 对炉料分布控制灵活。由二号高炉生产实践证明可降低焦比 15 kg/t-p。高炉延长寿命 2~3 年, 作业率提高 2%。

6、小块焦回收和烧结矿分级入炉

三号高炉基于中心卸料串罐式无料钟炉顶装料,采用的小块焦炭回收与矿石混装入炉工艺和烧结矿分级入炉技术。其回收利用 10~25 mm 小块焦的工艺,减少风口前焦粉的生成量,冶金焦置换率在 1.0~1.19 之间,烧结矿分级入炉可降低燃料比 4.3 kg/t-p。

7、煤气回收、余压和余热回收

三号高炉设置有高炉煤气柜、煤气净化设施、加压和混合装置等,安全、稳定、有效地进行回收,并向各用户供气。

利用三号高炉的剩余煤气,由引进的联合循环发电机组生产蒸汽和发电,供全厂使用。

三号高炉设置干、湿两用余压发电装置,回收的电能并入炼铁厂电网。具有世界先进水平(国内首创)的该余压发电装置,为今后改为干法净化煤气创造了条件,届时电量回收将提高 30% 以上。

增设高炉炉顶均排压放散煤气半回收系统、热风炉烟气余热回收和热风炉余压回收。日回收煤气量为 101400 m³,即节约能源 1.2 kg 标煤/t-p;热风炉烟气余热回收采用分离型热管换热器,可同时预热助燃空气(空气出口温度≥125℃)和混合煤气(煤气出口温度≥138℃)。设置热风炉余压回收设施,回收利用部分高压热风并减少冷风的充风量。节约能源 5.4 kg 标煤/t-p。

8、高炉冷却设备及冷却水系统

三号高炉通过改进炉型,采用全炉身冷却的混合式冷却壁(炉底底部采用与一号、二号高炉相同的水冷管式),取消炉缸洒水,采用全闭路纯水密闭循环冷却系统,使高炉寿命可达 12 年,争取 15 年。以有效地利用和节约宝贵的资源。

9、提高循环用水率

三号高炉工业废水以单元按质分流,实现循环利用与一水多用,合理串接“排污”,提高水的重复利用率。炉体净循环供水系统的排污水、皮带冲洗水和 TRT 排水作为煤气洗涤循环供水系统的补充水,煤气洗涤循环供水系统的排污水排入冲渣水供水系统用,最终实现不外排废水,使工程的新水耗量降到 500 m³/h,循环用水率达到 96%。充分、有效、合理地利用水资源,避免污染排放。

10、固体废物资源化

对各种固体废弃物尽可能地采取了资源化措施:高炉渣冲制成水渣,供水泥厂作原料,事故时产生少量热泼干渣送干渣处理场处理后作工程材料用;煤气灰、煤气灰泥、除尘灰等回收后作烧结原料用。以提高资源利用率,减少废物排放量。

第三节 煤气回收与余压发电、炉顶均排压及均压煤气回收 及热风炉烟气余热回收和热风炉余压回收

宝钢三号高炉工程除高炉煤气回收外,余压发电设置的是干、湿两用余压发电装置和增设了炉顶均排压及均压煤气回收系统及热风炉烟气余热回收和热风炉余压回收装置。这不仅涉及与一、二号高炉不同的新设备、新技术,又涉及到进一步提高能源回收率、经济效益和环境效益等方面。为此,单独成一节予以介绍。

一、煤气回收与余压发电

1、煤气回收

三号高炉煤气发生量为 642 000 m³/h,全部回收利用。