

宝钢环保技术

(续篇)

第五分册

炼钢环保技术



《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)

第五分册

炼钢环保技术

《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)的第五分册“炼钢环保技术”，由北京钢铁设计研究总院、重庆钢铁设计研究院、上海冶金设计研究院等单位共同编写。

本分册的内容包括：250t 氧气顶底复合吹转炉炼钢工程(第一章)、1450mm 板坯连铸及厚板坯连铸工程(第二章)、150t 双炉座直流电炉炼钢工程(第三章)和圆(方)坯连铸工程(第四章)。各章编写的重点是清洁生产技术、废气、废水、废渣及噪声治理技术，并对环保投资、技术特点以及最终环保效果等进行了比较分析。

本分册可供从事环境保护工作的设计、施工、科研及管理人员参考。

参与各章、节编写的单位及人员如下：

第一章由北京钢铁设计研究总院承担。参加编写的有陈梦林(第一、二节)，金奎序、吴正宽(第三节)，魏安仁(第四节)，郭文成(第五节)，吴治成(第六、七节)，同时负责该章主编。

第二章由重庆钢铁设计研究院承担。龙涛同志负责全章的编写任务。

第三章由上海冶金设计研究院承担。赵文秀主编，参加编写的有黄黔熊(第一、五节)，梁伯远、张挺峰(第三节)，杨德妹(第四节)，章重慈(第二、六、七、八节)。

第四章由北京钢铁设计研究总院承担。参加编写的有俞晏(第一、二节)，王苑根(第四节)，吴治成(第三、五、六、七节)，同时负责该章主编。

主编单位：北京钢铁设计研究总院

主 编：吴治成

责任编辑：杨丽芬、武秀菊

印 刷：北京百善印刷厂

第五分册目录

第一章 转炉炼钢工程	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 清洁生产技术	(5)
第三节 废气的治理与综合利用	(6)
第四节 浊循环水处理技术	(25)
第五节 钢渣处理和综合利用	(42)
第六节 噪声控制技术	(46)
第七节 环保技术评述	(47)
第二章 1450mm 板坯连铸及厚板坯连铸工程	(50)
第一节 概述	(50)
第二节 清洁生产技术	(55)
第三节 烟尘治理技术	(57)
第四节 废水处理技术	(60)
第五节 固体废物的处理和利用	(67)
第六节 噪声控制技术	(67)
第七节 环保技术(设施)特点及其评述	(68)
第三章 电炉炼钢工程	(71)
第一节 概述	(71)
第二节 清洁生产技术	(73)
第三节 废气治理与综合利用	(76)
第四节 VD 装置浊循环水处理技术	(87)
第五节 废渣治理及综合利用	(89)
第六节 噪声控制	(90)
第七节 环保技术评述	(91)
第四章 圆(方)坯连铸工程	(93)
第一节 概述	(93)
第二节 清洁生产技术	(95)
第三节 烟气控制技术	(96)
第四节 水处理设施	(97)
第五节 固体废物处理和利用	(111)
第六节 噪声控制技术	(112)
第七节 环保技术评述	(112)

第一章 转炉炼钢工程

第一节 概 述

一、炼钢工程概况

1、一、二期工程概况

宝钢一、二期工程建设的第一炼钢厂是由新日铁承担总体设计，并提供成套技术设备。厂内设有3座300t氧气顶吹转炉，转炉三吹二操作，设计年产钢水在二期结束时为670万t，二期时建设2台二机二流板坯连铸机，生产厚210mm、230mm、250mm，宽900~1930mm，长5800、8000~12000mm的板坯，设计年产400万t板坯，其它钢水浇注成钢锭。钢种大多为钢管、型钢及板用钢。设计最终阶段镇静钢比65.3%；连铸比47%；优质钢比约为61%；低合金钢比约22%。该车间一期于1985年投产，二期于1989年投产后到目前年产量已超过800万t，其它指标也已全面超过设计值。

宝钢第一炼钢厂由完成冶炼、钢水处理及连铸作业的主厂房、各种辅助作业的跨间和系统、铁水预处理间、排渣间、脱整模间、炉渣处理间、落锤间、粒铁回收场、炼钢场前分析室及公用设施、生活设施、仓库设施及办公室等组成。

2、三期工程概况

宝钢三期炼钢工程包括新建第二转炉炼钢厂，第二炼钢厂是由北京钢铁设计研究总院承担总体设计，采用“点菜引进”方式引进适合我们的新技术，其铁水预处理、RH-KTB设备、转炉设备是和川崎制铁合作设计，国内第一重型机械厂和西安重型机械厂制造；LT干式电除尘、煤气回收等技术是和奥钢联合作设计，宣化冶金除尘设备厂、杭州锅炉厂制作；仅仅引进了电控和我国尚不能制造的一些部件，使设备的国产化比例达到94%以上。

第二炼钢厂设250t氧气顶底复吹转炉两座，设计为二吹一操作，另有RH-KTB及1R-UT精炼设备，全部钢水都经过精炼后送往连铸。设计年产钢水300万t，主要有五个品种，包括：镀锡板、冷轧板、热轧卷、取向硅钢和无取向硅钢，其中绝大部分为低碳和超低碳钢。

炼钢厂由加料跨、炉子跨、精炼跨、钢水接受跨及相连的连铸跨等组成的主厂房、各种辅助作业的跨间和系统、炉渣处理间、铁水预处理中心、前扒渣间、后扒渣间、排渣清罐口中心、炼钢炉前分析室及公用设施、生活设施、仓库设施及办公室等组成。炼钢厂的车间组成见表1-1-1。

二、生产工艺及技术特点

1、生产工艺流程简介

主要由3[#]高炉生产的、经过炉前脱硅的铁水用320t混铁车运送到第二炼钢厂，首先进入前扒渣间扒掉混铁车中的脱硅高炉渣，然后送到铁水预处理中心按要求进行脱硫、脱磷，其中经过脱磷的混铁车要送到后扒渣间扒除脱磷脱硫渣，然后送往受铁站，而只脱硫的混铁车一般直送受铁站。在受铁站将铁水倒入铁水罐内，经加料跨430/80t吊车兑入转炉。混铁

表 1-1-1

二炼钢厂车间组成

序号	车间(跨间)名称	主要生产工艺污染源排放物
1	主厂房加料跨	兑铁水、加废钢生产的二次烟尘。
2	主厂房炉子跨	转炉吹炼及修炉产生烟尘。RH-KTB、IR-VT 精炼设备废气。
3	主厂房精炼跨	RH-KTB 冶炼、冷修包产生的废气、烟尘。
4	主厂房钢水接受跨	冷、热修包、拆包产生的废气、烟尘。
5	铁水倒罐站	铁水从混铁车倒入铁水罐产生的烟尘。
6	铁水预处理前扒渣间	混铁车扒渣时产生的烟尘、石墨片。
7	铁水预处理中心	铁水预处理喷粉、吹氧产生的烟尘、飞溅。
8	铁水预处理后扒渣间	混铁车扒渣时产生的烟尘、石墨片。
9	铁水预处理后排渣间	倒出混铁车内残铁、倒渣时产生烟尘。
10	废钢配料间	倾倒废钢及配料、装料时产生烟尘、噪声。
11	辅原料输送系统	输送辅原料时产生粉尘。
12	铁合金输送系统	输送铁合金时产生粉尘。
13	除尘灰压块间	压块及放灰时产生粉尘。
14	LT 除尘系统	事故放散及泄漏烟尘。
15	炉渣处理间	炉渣浅盘处理。
16	氮气氮气加压间	噪声、泄漏污染。
17	炉前分析及公用设施	

车内的残铁残渣，在返回高炉的路上去排渣清罐口中心倒掉，并清理混铁车口上的粘渣。废钢用自卸卡车，从废钢场运到二炼钢废钢配料间，用电磁盘吊车按要求装入废钢料槽，由料槽运输车送到加料跨，用 110/110t 废钢加料吊车加入转炉。辅原料石灰、轻烧白云石等直接由石灰车间经皮带机送到二炼钢地下料仓。其它辅原料用自卸卡车卸入地下料仓，经皮带机输送至炉顶料仓。冶炼时经加料系统加入转炉。

铁合金均由自卸卡车卸入地下料仓，经皮带机送至炉上中位料仓，再经称量斗，溜槽等加料系统，加入钢水罐内。

转炉采用顶底复合吹炼工艺，钢水出转炉后，全部要经过 RH-KTB 或 IR-UT 精炼处理后送往连铸机浇注成板坯。

转炉渣经 ISC(浅盘热泼法)处理后回收利用。在炉渣间还装有正在做实验的滚筒渣处理设备。转炉烟气采用 LT 干式电除尘工艺，烟气经余热锅炉后进入蒸发冷却器，将温度降低后进入四电场的电除尘器，然后根据情况回收至煤气贮罐中或经放散烟囱点火燃烧后放散。

详见生产总流程图 1-1-1。

2、技术装备特点:

二炼钢的技术特点主要表现在以下几个方面:

(1) 采用大量有效的新技术

包括完整、灵活、处理能力大、飞溅小的铁水预处理系统;高压底吹装置,供气范围变化大,适应钢种广、喷嘴寿命长、装置简单;可靠、高效的气动挡渣塞,能做到全自动操作;能多回收蒸气、设备简单的余热锅炉系统;没有水污染的 LT 干式电除尘、煤气回收系统;回收转炉烟尘再利用的压块装置。作业率高、效率高的新式 RH-KTB 装置;寿命长、消耗少的整体筑包技术。

(2) 适合生产要求高、质量好的高附加值产品

二炼钢具有完整的铁水预处理系统能保证供应含硫 0.005% 以下,含磷 0.01% 以下的优

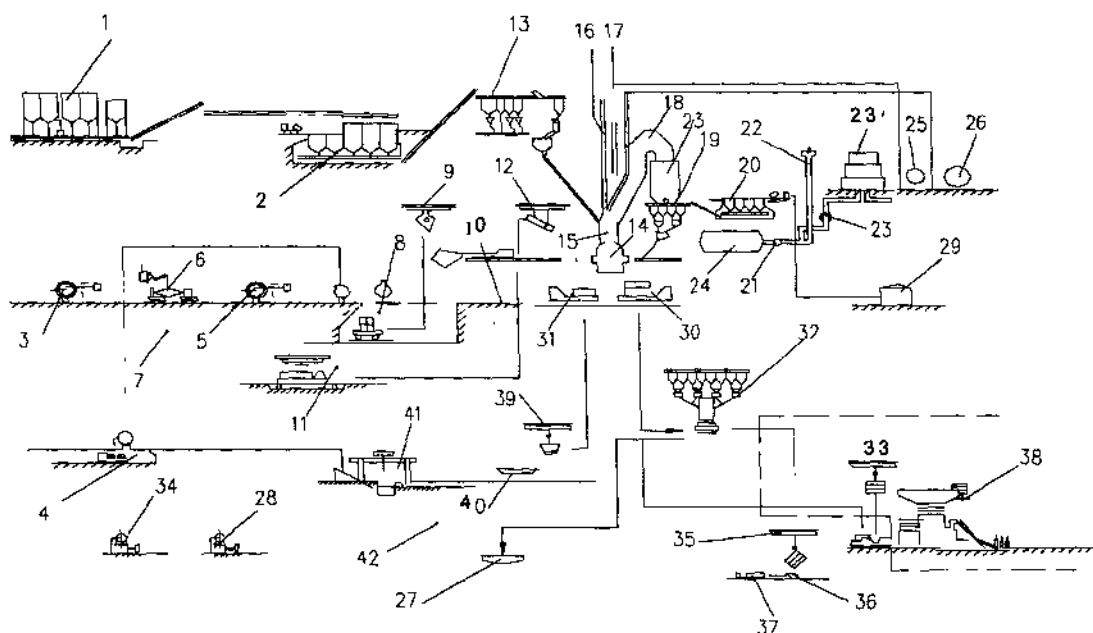


图 1-1-1 生产总流程图

1-石灰车; 2-副原料地下料仓; 3-前扒渣间; 4-混铁车倒渣间; 5-后扒渣间; 6-混铁车; 7-铁水预处理中心;
8-铁水倒罐站; 9-铁水吊车; 10-铁水扒渣机; 11-废钢装料间; 12-加废钢吊车; 13-副原料炉顶料仓; 14-250 吨
转炉; 15-活动、固定烟罩; 16-副枪; 17-氧枪; 18-全热锅炉; 19-铁合金料仓; 20-铁合金地下料仓; 21-引风机;
22-放散烟罩; 23-蒸发冷却器; 23'-煤气柜; 24-电除尘器; 25-氧气罐; 27-水处理装置; 28-压氧机; 29-铁合
金仓库; 30-钢水罐车; 31-转炉渣罐车; 32-钢水脱气设备; 33-铸机起重机; 34-压氧机; 35-起重机; 36-铸余
渣罐; 37-渣罐自装卸汽车; 38-1450 板坯连续铸造设备; 39-起重机; 40-浅盘; 41-抓斗吊车; 42-转炉渣处理场

质铁水，转炉高压复吹搅拌强度能达到 $0.15\text{Nm}^3/\text{min} \cdot \text{t}$ ，后部精炼 RH-KTB，IR-UT 能真空喷粉脱硫，这套工艺流程适合生产高纯净度的洁净钢水。像超深冲 DI 罐钢、镀锡板、高级取向、无取向硅钢等国家急需目前仍要大量进口的钢种。

(3) 机械化、自动化水平高

二炼钢公称 250 t 转炉采用 450/80t 起重机，实际上仍属最大级别的转炉。其吹炼过程采用电子计算机加副枪的动态控制。氧枪、副枪控制及辅原料、铁合金输送、加入系统均采用程序逻辑控制 (PLC) 系统；各种重要作业区均设置有监视工业电视及普遍的通讯设施；操作环境较差的起重机采用无线电遥控。铁水扒渣作业有落地式扒渣机；转炉拆炉采用万能铲式拆炉机；修炉用机械化的修炉塔；取消高温环境作业的工人取样作业，采用各种铁水测温取样装置；用机械手更换滑动水口，用整体浇注装置快速浇筑钢包耐火衬。这些设备使炼钢车间劳动条件大大改善，生产工人数量减少。

三、工程污染及排放状况

1、主要污染源及污染物

炼钢车间主要污染物有：含有 CO 等有毒气体和尘埃的烟气；含有悬浮物并带有一定腐蚀性的污水；各种噪声；废渣。

(1) 废气污染物

烟气的污染源有数十处，主要有转炉冶炼时的一次烟气和溢出的二次烟气；RH-KTB 和 IR-UT 冶炼时的烟气；铁水预处理喷粉和吹氧时产生的烟气和扒渣时的烟气；受铁站倒铁水时生产的烟气；辅原料、铁合金运输、转运过程产生的烟尘；拆炉、拆包、修炉、修包切砖、磨砖、倒渣、清渣及废钢装运等作业产生的粉尘。

(2) 水污染物

炼钢厂水污染源主要为两处：一是 RH-KTB 冷却烟气的水，在吹氧时会有蒸发的铁等金属及非金属尘埃进入真空泵的冷却水中；另一污染源是转炉渣浅盘水淬使用的冷却水会有许多碱性物质等进入水中。

(3) 噪声

炼钢厂的主要噪声来源有：人的冷风机、引风机、水泵；氮气、氩气压缩机、空压机；皮带机转运站、装卸机械；减压阀、安全阀、放散阀以及气封、气动挡渣塞等处。

(4) 废渣

二炼钢年产废渣约 26 万 t。其主要有来自铁水带来的高炉渣，铁水预处理产生的脱硫、脱磷、脱硅渣，转炉冶炼渣，钢包精炼渣和铸余渣等等。各种渣都有自己的不同的成份和特性。

2、污染排放状况

(1) 烟尘污染排放状况

三期公称 250t 转炉车间的一次烟尘也是按 $210000\text{m}^3/\text{h}$ 设计的，采用 LT 干式静电除尘工艺设计排放烟气的含尘浓度小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，实际上都小于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。LT 锅炉的裙罩、烟罩、活动烟道、氧、副枪孔等采用除氧器系统的水循环冷却，省去了空气冷却设备且使回收蒸气较一炼钢多出 $\sim 50\%$ 。LT 系统回收的含铁 70% 以上的铁尘封闭加热后，压块，直接返回转炉使用。转炉煤气则回收利用。

三期铁水预处理由于使用部份 Na_2CO_3 粉做脱磷、脱硫剂，为避免污染设置了专门的回收喷吹粉尘并再次利用的系统，以求 Na_2CO_3 粉剂闭路循环无外泄。

三期炼钢的其它扬尘点和一期一样：大多数集中收集到三个大的布袋除尘系统中。设计的排放浓度也是 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。少量分散的扬尘点采用独立的布袋除尘器。

(2) 污水排放状况

三期炼钢总循环水量为 $4200\text{m}^3/\text{h}$ ，大大低于一期用水量，其循环用水率达 95~98%。各循环水系统的排污水进行合理串接使用。最后的污水都归到炉渣处理间做为水淬渣的冷却水使用。而炉渣冷却水采用密闭循环，所以炼钢厂实现了污水不外排。

(3) 炉渣的处理情况

三期炼钢厂生产过程中产生钢渣约 26 万 t/a，铁渣约 10 万 t/a。经过处理能回收块状渣钢约 5.2 万 t/a，它们将返回炼钢使用。同时能回收 0~8mm 的散状渣钢约 3.7 万 t/a，它们将送宝钢烧结厂回收利用。其它固体废渣将供给有关部门作为道路或建材等原料使用。

第二节 清洁生产技术

一、采用清洁生产的新工艺、新技术

(1) 采用铁水预处理技术, 实现少渣吹炼新工艺(SMP、ORP)。

(2) 采用溅渣护炉等新技术、新材料使转炉从 1~2000 炉提高到 5000~10000 炉, 大大降低了炼钢的耐火材料消耗。

(3) 采用寿命长、消耗少的整体筑包技术。解决了炼钢车间全部钢水采用精炼和连铸后钢水罐寿命急剧降低到 50 炉以下的问题, 寿命提高到 150~200 炉以上, 且拆除旧衬时可保留部份耐材继续使用, 使耐火材料消耗和垃圾的产生量大幅下降。

(4) 炼钢产生的一次烟气采用了 LT 干式静电除尘。烟气在通过余热锅炉后由蒸发冷却器把废气温度由 1000℃降到 180℃, 并除去粗颗粒灰尘, 然后经过四电场的电除尘器, 烟气内的含尘量可保证达到 10mg/m³ 以下, 煤气即可直接进柜使用。不够回收煤气标准的通过烟囱点火放散。由于它没有废水, 所以免除了对水体的污染。LT 系统除下的含铁烟尘直接密闭进入加热压块系统, 压块后直接给转炉做为冷却、化渣剂使用避免了产生二次污染。

二、采用清洁原、燃料

(1) 宝钢二炼钢铁水实行 100%脱硫、50%脱磷和脱硅的“三脱”预处理工艺。可满足各类钢材的原料需求。经处理的铁水, 在转炉内冶炼和二次精炼, 可以冶炼出炭、硫、磷含量极低的高清洁度钢种。同时也使渣料、耐火材料等原料消耗和产生渣量大大减少, 造成的污染也会减少。

(2) 炼钢使用的辅料如活性石灰、铁矿石、铁合金等均是经过精选后投入, 无其它有害杂质, 为造渣加入的萤石用量只有 3kg/t 钢, 为国内最低。

(3) 使用的燃料为经过精制的焦炉煤气, H₂S 和焦油含量均小于 0.05g/Nm³, 苯的含量小于 0.1 g/Nm³。均属清洁燃料。

三、节约能源、资源、减少污染

三期二炼钢厂设计中充分考虑了节约能源、资源, 减少污染的原则, 采用了一些有效的新工艺、新措施、新技术设备。如:

(1) 二炼钢采用了全连铸, 直接热送工艺和车间布置。使车间内各冶炼工序之间, 尽量减少环节, 减少衔接时间和冶炼操作时间, 以减少能源损失, 减少多次加热操作。

(2) 炼钢采用 SPM、ORP 工艺能大大减少造渣原材料的消耗, 见图 1-2-1。

(3) LT 干式电除尘不止是避免了水体污染, 也减少了对空气的污染, 同时回收了能源和资源。它的余热锅炉包括裙罩、固定烟罩、活动烟道、氧、副枪口、下料口等部份, 使每吨钢产生的 4.0MPa 蒸汽达 80kg, 它能同时回收~90m³/t 钢的转炉煤气, 使宝钢二炼钢达到了负能炼钢的水平。

LT 干式电除尘, 不仅省去了大量的循环水用电。同时因为除尘不用产生很大阻力的文氏管而用阻力很小的电除尘器, 使引风机的电动机从一炼钢的 3100kW 降低到 1650kW, 大大减少了电能消耗。

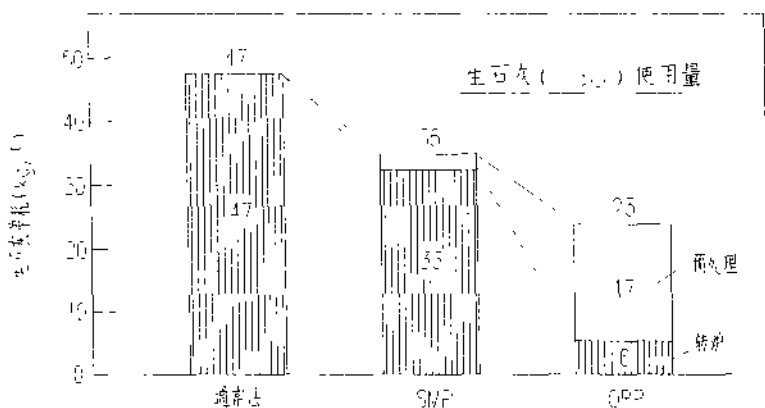


图 2-1 生石灰用量变化情况

第三节 废气的治理与综合利用

宝钢三期二炼钢工程的废气治理与综合利用主要包括：LT 转炉煤气净化与回收技术；LT 法粉尘热压块技术；除尘技术，其中有铁水预处理除尘技术，受铁站除尘技术，转炉二次除尘技术和 IR-UT 与 RH-KTB 精炼除尘技术。

一、LT 转炉煤气净化与回收技术

1、LT 法工艺流程

LD 转炉是借助于氧枪把氧气吹入熔池中，降低铁水中的炭含量，氧气与炭之间的反应产生了含有高浓度 CO 转炉煤气，从转炉出来，当在烟罩内燃烧系数为 0.1 时，产生的最大烟气量 175,000Nm³/h。经废气冷却系统冷却，其出口的烟气温度 800℃~1000℃，进入蒸发冷却器。经喷淋冷却至 150℃~200℃后，进入干式电除尘器。净化后的净煤气含尘量为 10mg/Nm³，由 ID 风机抽吸，经切换站分别经 80m 高的放散烟囱点火放散；或经煤气冷却器将 150℃~180℃的煤气喷水降温至~73℃，通过管网送往煤气柜。最后经煤气加压机送往用户。LT 法的工艺流程见图 1-3-1。

2、LT 系统主要设备及技术参数

LT 系统主要包括：废气冷却系统，蒸发冷却器，干式电除尘器，ID 风机，切换站，煤气冷却器。还有煤气柜，煤气加压机，管网与用户等是利用已有设备，不再赘述。

(1) 废气冷却系统

废气冷却系统采用的是全汽化冷却，在最小的空气过剩系数下，使转炉煤气尽可能少地在烟罩入口处燃烧。尽可能多地以蒸汽形式回收煤气的物理热。

废气冷却系统包括两种循环系统。低压强制循环系统由裙罩、溜槽、氧枪孔、副枪孔、储水箱、除氧器、给水箱、低压冷却水泵、给水泵等部分组成；高压循环系统包括固定烟罩、活动烟罩、斜烟道、转角烟道、检查人孔盖、高压汽包、高压冷却水泵、汽包给水泵等部分组成；辅助设备包括裙罩液压装置、加药站、试样冷却器、膨胀水箱；还有蓄热站，设有两台蓄热器。废气冷却系统技术参数见表 1-3-1。

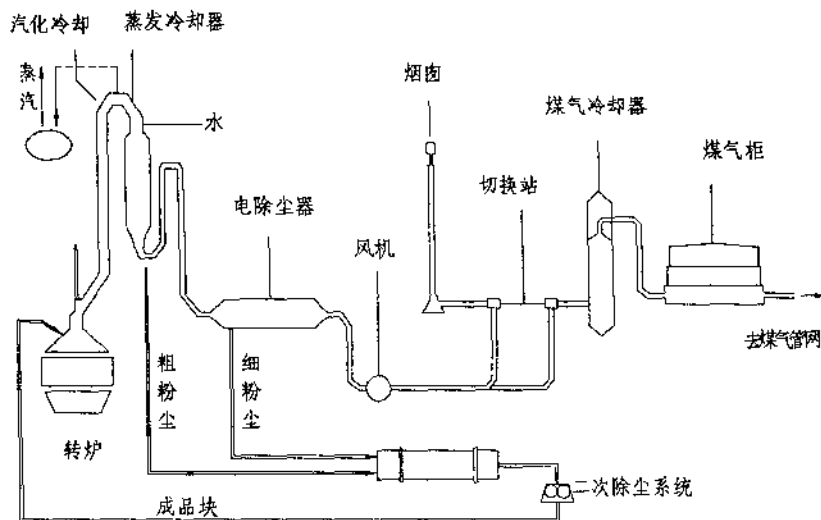


图 1-3-1 LT 法的工艺流程图

表 1-3-1

废气冷却系统技术参数

项 目	参 数	项 目	参 数
燃烧空气系数	0.1	产生蒸汽量/ $t \cdot \text{heat}^{-1}$	17~27
产生废气量/ $\text{Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	175,000	汽包压力/MPa	2~4
冷却烟道出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	800~1000		

(2) 蒸发冷却器

① 蒸发冷却器功能:高温烟气在蒸发冷却器中被冷却是靠正确地喷入水量,完全蒸发来实现的。因此要求蒸发冷却器必须有足够大的容积和良好的水滴的雾化程度才能满足足够的热交换时间。与此同时烟气在蒸发冷却器内得到加湿,一方面由于气速降低,使粉尘沉降,可收集灰尘总量的 40%;另一方面它改善了灰尘比电阻。提高电除尘器的净化效率。此外它还具有熄火功能。

② 蒸发冷却器构造:蒸发冷却器是由壳体、香蕉形灰斗、支撑圈、限位装置及进气口处耐 1000°C 烟气温度的特殊伸缩节组成。

③ 蒸发冷却器的喷淋装置:设计采用的是双相喷嘴,共 24 个,耗水量 $\sim 100\text{t/h}$,蒸汽 $\sim 10\text{t/h}$ 。

温度控制采用串级控制方式,保证烟气出口温度控制在 $150^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ 。由于烟气在蒸发冷却器内正确控制喷水与降速原因,收集粉尘为干式,称作干式工艺。收集的粉尘经链式输送机、中间灰斗、链式输送机、破碎机 etc 粉尘装入喷吹罐内,采用飞灰方式将粉尘送往压块车间,作为压块的原料。

(3) 圆形电除尘器

LT 法使用的电除尘器是鲁奇公司专门为净化含有 CO 烟气而开发研制的。

① 圆形电除尘器的结构特点:

- 外壳为圆筒形,其承载是由电除尘器进、出口及电场间的环梁托座来支持的。

- 烟气进出口采用变径管结构(进出口喇叭管,其出口喇叭管为一组文丘里流量计)。其阻力值很小。

- 壳体耐压为 0.3MPa。
- 进出口喇叭管端部分别各设四个选择性启闭的安全防爆阀,以疏导产生的压力冲击波。
- 电除尘器为将收集的粉尘清出,专门研制了扇形刮灰装置。
- 电除尘器顶部设保温。

② 采用微机控制电源供电: Coromatic 的主要功能,可使电压/时间区域达到最佳化状态。从而使电除尘器效率达到最佳化程度,降低 30% 的电能消耗; 确保电除尘器净化命中率达到 100% (设计出电除尘器净煤气含尘量 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$, 实际运行值为 $9.3\text{mg}/\text{Nm}^3$)。

③ 电除尘器收集粉尘的输送: 电除尘器收集的粉尘约占总灰尘量的 60%, 收集粉尘经链式输送机、中间灰斗、链式输送机、破碎机和喷吹罐, 以飞灰形式将粉尘输送至压块车间供作为压块原料。

(4) ID 风机

由于 LT 系统压力损失小, 所以要求风机电机的功率相当小, 因此可以采用轴流风机。风机是采用变频调速, 通过改变风机转速, 来适应转炉冶炼中产生的烟气量变化要求。并能使风机始终处于最佳工作点, 获取最高效率。

① ID 风机的主要技术参数见表 1-3-2。

表 1-3-2		ID 风机的主要技术参数	
项 目	参 数	项 目	参 数
风机流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	136.3	风机转速/rpm	1600
煤气温度/ $^{\circ}\text{C}$	200	调速范围/rpm	400~1600
煤气最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	250	装机容量/kW	1650
压力升/Pa	8524		

② ID 风机转速控制: 风机转速控制共分作 8 种速度。分别由流量控制和流量+压力(炉口微差压及吹氧强度来控制的)。轴流风机较离心风机具有良好泄爆能力。

(5) 切换站

切换站是由两个钟型阀及眼镜阀共同组成的。其驱动由液压来控制, 正常启闭时间 8 秒, 事故状态实现快速启闭, 时间为 3 秒。

① 钟型阀特点

- 具有良好密封性能, 设计压力为 0.05MPa。
- 放散钟型阀可以在 0~100% 范围内调整, 以保证回收与放散的压差控制在允许范围。
- 当发生事故, 如突然停电, 放散钟型阀靠自重开启, 实现煤气放散; 与此同时回收钟型阀靠自重关闭, 切断与煤气回收系统的连系, 确保安全隔断。

- 钟型阀上的波形结构是根据压力计算的, 波形呈抛物线型, 防止在切换过程中造成的压力突变。阀杆有梁支撑定位, 防止了阀杆摆动。还有一个活动的球轴承结构, 确保阀体和密封面良好的结合。

(6) 放散烟囱

放散烟囱具有许多连锁控制。它与 OG 装置的放散烟囱的最大区别, 在放散烟囱的放散

一

管顶部设有文丘里的喉部带有一个喷咀结构。在 ID 风机事故停电或其它原因发生故障，例如此时转炉正处于吹炼状态，ID 风机停机，则具一定压力的氮气由喷嘴喷出，将系统中残存煤气诱导出来，确保 LT 系统的安全。

(7) 煤气冷却器

在切换站和煤气柜之间，安装了煤气冷却器。以喷淋冷却方式将 150℃~180℃ 煤气冷却到 73℃，由 ID 风机压入煤气柜内。煤气冷却器主要技术参数见表 1-3-3。

表 1-3-3 煤气冷却器的主要技术参数

项 目	参 数	项 目	参 数
处理煤气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	175,000	煤气冷却器直径/mm	~6800
煤气进入冷却器温度/℃	150~180	煤气冷却器高度/mm	24000
煤气出冷却器的温度/℃	70~73	喷水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	300

二、LT 法粉尘热压块技术

1、LT 法粉尘热压块工艺

宝钢二炼钢 250t 转炉采用了 LT 法及粉尘热压块工艺，获得高质量压块。其工艺流程见图 1-3-2。

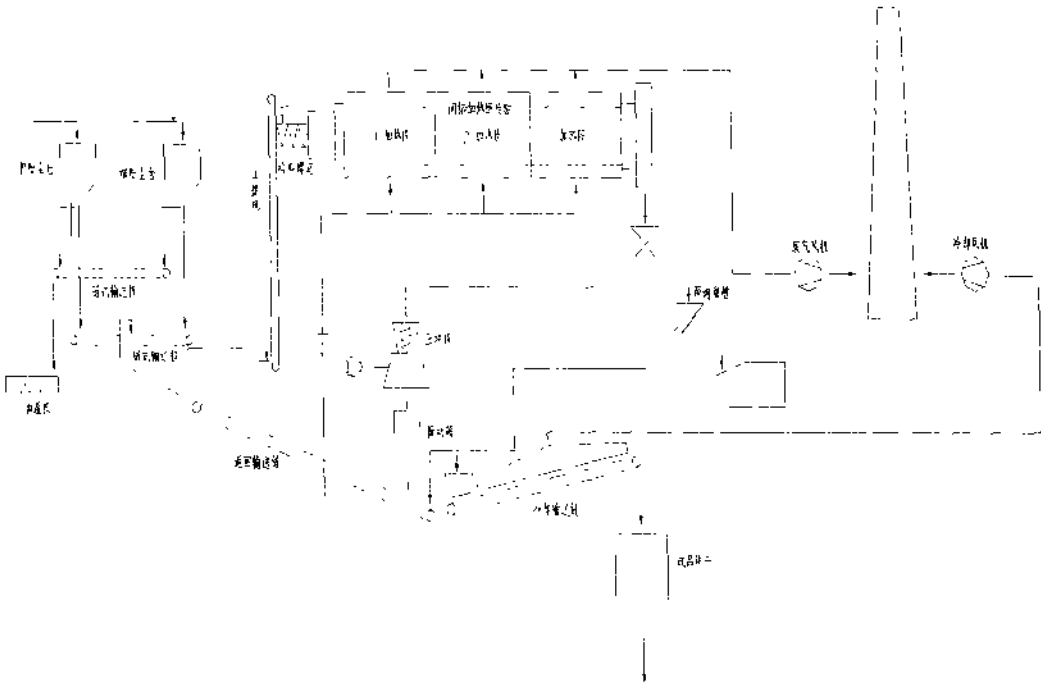


图 1-3-2 LT 法粉尘热压块流程图

经称量后的混合灰通过螺旋给料机送入回转窑加热到压块温度，再送入压块机挤压成 45×35×25mm 的块状，随着辊子旋转压力急剧下降形成块脱落进入振动筛进行筛分，小于 12mm 尺寸为筛下不合格产品，约占 10%左右。此部分作为压块的返回物料，成品块温度约 600℃

经冷却运输链冷却至 80℃左右装入成品仓中。成品块由带防雨棚汽车运往炼钢厂作为废钢或矿石再利用。

2、LT 法粉尘热压块主要设备与数据

压块系统的主要设备包括：粗颗粒、细颗粒粉尘储仓、成品块储仓；输送至回转窑的输灰设备；间接加热的回转窑；热压块机振动筛；成品块的冷却输送链。

(1) 粗细粉尘及成品块储仓

各储仓的数据见表 1—3—4。

表 1—3—4		各储仓数据	
项 目	粗 尘	细 尘	成 品 块
堆积密度/t·m ⁻¹	2.5~3	0.9~1.0	2.5
含水量/%	0	0	0
温度/℃	20~80	20~140	80
粒度/mm	<3	<1	45×35× 25
储仓设计容积/m ³	30	125	30
储仓使用容积/m ³	25	—	25
储仓外形尺寸	Φ2500×8200mm	Φ3400×13100mm	Φ3380×5200mm
灰斗处防堵喷嘴	√	√	—
灰仓外电伴热带	√	√	√
及保温			隔声作用 85dB(A)
全铁含量/%	90.10	69.6~71.4	~79
金属铁含量%	76.50	16.8~19.5	~42.30
金属锌含量/%	0.18	1. 24	0.816
比表面积/m ² ·kg ⁻¹	203~230	2607	
粉尘堆角	35°		

(2) 输送至回转窑的输灰设备

从灰仓卸灰是通过变速卸灰阀和相应的称量装置，控制粗粉尘与细粉尘以一定的比例相混合，其中包括部分压块机的返回料而构成的压块混合料。经链式输送机 and 斗式提升机和给料螺旋将混合料加入回转窑内。

给料量由压块机能力而定，该压块机的最大能力为 12t/h。以压块机整定的能力来设定给料量，主要依据：成品块的比重、混合物料配比的比重计算出给定的混合料量。

(3) 间接加热的回转窑

通过给料螺旋将一定混合比的物料加入充氮保护的回转窑内，物料在回转内被加热至压块要求的温度 $650 \pm 25^\circ\text{C}$ ，为改善窑墙对物料的热传递，沿窑体内侧焊有螺旋状的导流叶片。以保证物料均匀分布于整个窑鼓的长度上。

回转窑对物料的间接加热是通过三个区段布置的 10 个烧嘴加热窑壁(最高允许温度 800℃)主要以传导传热方式来加热物料。加热中，窑鼓以一定的旋转速度使物料均匀加热。物料在窑内所需的停留时间，取决于回转窑的转速，其速度由变速马达来控制的。回转窑的主