

现代钢铁 工业技术

炼 · 铁

章天华 鲁世英 主编

冶金工业出版社

风口以上

N52以上

HRD以上

包
部
用
便

67

现 代 钢 铁 工 业 技 术

炼 铁

章天华 鲁世英 主编

冶 金 工 业 出 版 社

· 220000

内 容 简 介

本书共分十九章，系统介绍了宝山钢铁公司1号高炉的原燃料运输系统，炉顶、炉体设备，出铁场，热风炉，煤气净化，渣铁处理，鼓风机站，炉顶煤气余压发电，炼铁厂环境保护及治理，计算机和自动控制等方面的主要技术内容，以及有关的辅助工艺和设备。其中包括工艺参数的计算与选择，设备结构的特点等。此外，还结合炼铁厂技术改造方面的问题介绍了目前国内外炼铁技术的发展和动向。

本书按工艺环节分章编写，着重于实用技术方面的介绍，主要供从事炼铁工作的科研、设计、生产和冶金建筑、设备制造等方面的工程技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

现代钢铁工业技术

炼 铁

章天华 鲁世英 主编

(内部发行)

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街海润院北巷39号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 36 插页 1 字数864千字

1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷

印数00.001~2,000册

统一书号: 15062·439 定价8.10元

前 言

为了适应我国钢铁工业发展的需要，便于我国炼铁工作者全面了解并掌握宝钢1号高炉的主要技术和国内外炼铁技术发展情况，加速钢铁工业的技术改造，我们编写了《现代钢铁工业技术——炼铁》一书。

本书比较系统地介绍了宝钢1号高炉的生产工艺、设备结构的特点及其主要技术参数，力求把工艺设计和设备结构、炼铁厂的技术改造结合起来，以便于使用。此外，还介绍了一些目前国内外正在发展的有关的新技术。

本书由重庆钢铁设计研究院组织编写。参加编写的人员有：章天华，巩伍权，刘素卿，黄富中，项钟庸，邓红，鲁世英，龙春深，王凤威，张新嘉，余惠清，陈本梁，林善礼，张宜万，张先檀，李晏普，马宏远，郭丰年，陆启林，钱南兮，林国伟，朱耀华等。全书最后由章天华、鲁世英、巩伍权修改定稿。

全书编写工作由姚桐林、董振铎同志具体组织，并得到了院内外有关单位和同志们的大力支持和帮助，在此一并致以谢意。

编 者

1985年6月

目 录

概述	1
第一章 车间平面布置	11
第一节 车间平面布置的原则	11
第二节 车间物料运输	18
第二章 高炉原料贮存和运输	20
第一节 高炉原燃料贮存和运输系统	20
第二节 料批重量、装料批数的计算及矿槽容积的确定	22
第三节 装料周期时间顺序	26
第四节 贮焦槽设备能力选择及其主要设备	29
第五节 贮矿槽设备能力的选择及其主要设备	33
第六节 称量装置、去除废铁装置和取样装置	46
第七节 上料胶带运输机能力	51
第三章 炉顶装料设备及高压操作	63
第一节 双钟四阀炉顶设备的主要结构和特点	63
第二节 炉顶液压系统	84
第三节 无料钟炉顶装料设备	96
第四节 高压操作	103
第五节 炉顶设备的检修和更换	115
第六节 炉顶自动集中润滑	121
第四章 高炉炉体	123
第一节 高炉内型	123
第二节 炉体钢结构	128
第三节 炉体冷却	132
第四节 高炉耐火材料	147
第五节 炉体附属设备	156
第六节 喷吹技术	161
第五章 出铁场	171
第一节 出铁场布置	171
第二节 出铁场设备	183
第三节 混铁车及铁水脱硫	223
第四节 主沟、摆动流嘴及残铁罐修理场	236
第六章 炉渣处理	239
第一节 水渣	239
第二节 干渣	254
第三节 炉渣处理水循环系统	259

第七章 热风炉	261
第一节 热风炉型式.....	261
第二节 新日铁式外燃热风炉的特点及结构.....	265
第三节 热风炉耐火材料及砌体结构.....	270
第四节 热风炉设备.....	279
第五节 热风炉操作.....	300
第六节 热风炉的节能和余热回收.....	302
第八章 高炉煤气净化	306
第一节 概述.....	306
第二节 宝钢1号高炉煤气净化装置.....	308
第三节 高炉煤气干法除尘.....	326
第九章 高炉炉顶余压发电	329
第一节 概述.....	329
第二节 宝钢1号高炉炉顶余压发电设备的型式与特点.....	330
第三节 宝钢1号高炉炉顶余压发电设施与平面布置.....	332
第四节 高炉炉顶余压发电设施的节能与经济效益.....	340
第五节 高炉炉顶余压发电设施的技术评价与推广.....	341
第十章 铸铁机	345
第一节 平面布置及生产能力.....	345
第二节 主要设备.....	347
第三节 辅助设施.....	351
第四节 操作.....	356
第十一章 碾泥机室	359
第一节 炮泥的质量和检验.....	359
第二节 原料品种及质量要求.....	360
第三节 工艺流程及主要设备.....	363
第十二章 高炉鼓风站	374
第一节 概述.....	374
第二节 炉腹煤气量与透气阻力系数.....	375
第三节 风机与炉容的配合.....	381
第四节 宝钢高炉鼓风机的主要特点.....	385
第五节 富氧鼓风.....	388
第六节 鼓风脱湿装置.....	389
第十三章 高炉自动化仪表及电讯	394
第一节 仪表选型.....	394
第二节 设备的配置及仪表的供电、供气 and 供油.....	394
第三节 微处理机系统.....	397
第四节 高炉装料的称量控制.....	406
第五节 高炉炉体及出铁场检测控制.....	407

第六节	煤气清洗的检测控制.....	423
第七节	热风炉的检测控制.....	425
第八节	炉顶料面红外测温热图象仪.....	433
第九节	通讯设施.....	438
第十节	TRT的检测控制.....	447
第十四章	高炉计算机	449
第一节	高炉计算机系统.....	449
第二节	高炉炉况控制及其数学模型.....	454
第三节	高炉软熔带的测量和推算.....	466
第四节	高炉操作管理系统.....	470
第五节	热风炉燃烧控制及其数学模型.....	474
第十五章	通风除尘	488
第一节	炉前原料系统除尘.....	488
第二节	出铁场除尘.....	491
第三节	铸铁机室除尘.....	500
第四节	碱泥机室除尘.....	501
第五节	通风空调设施.....	502
第六节	反吹风布袋除尘器.....	502
第十六章	供排水	506
第一节	高炉车间供排水概况.....	506
第二节	净循环水系统.....	507
第三节	污循环水系统.....	517
第四节	煤气清洗循环水系统.....	518
第五节	污泥脱锌系统.....	519
第六节	安全供水.....	522
第十七章	电气设施	526
第一节	车间供电系统.....	526
第二节	炉顶余压发电.....	529
第三节	变压变频(VVVF)装置.....	531
第四节	车间电控系统.....	535
第十八章	环境保护	551
第一节	污染发生源及其性质.....	551
第二节	高炉车间环境保护措施.....	551
第三节	高炉车间环保的治理措施.....	552
第十九章	宝钢1号高炉设计指标	554
第一节	对原燃料的质量要求.....	554
第二节	动力消耗.....	555
第三节	设计的生产技术指标和工程量.....	556
附录		558

概 述

六十年代初至七十年代中期的十几年中，世界钢铁工业发达国家的高炉生产发展很快，大型高炉相继建成投产，高炉能耗大幅度下降，自动化、计算机控制和环境保护水平不断提高，已完全改变了过去高炉生产的面貌。其中发展最快的是日本，它的钢产量已从1960年的二千二百一十四万吨提高到1977年的一亿零二百万吨，翻了两番多。

表1是世界主要产钢国自七十年代以来的生铁产量。表2示出了世界主要产钢国历年来的高炉焦比变化。从表1可以看出，世界主要产钢国1973年生铁产量最高，1975年以后，除苏联的产量略有上升外，其他国家的生铁产量，由于受到经济萧条的影响，均有不同程度的下降，1975年以后，基本保持稳定状态。从表2可以看出，世界主要产钢国的高炉焦比，从1960~1963年，下降幅度接近20%，以后逐年均有所下降。表3是1973年和1982年日本五个钢铁公司的燃料比变化情况，自七十年代中期以后，由于石油价格上涨，高炉喷吹重油量下降，直至全部停止喷吹重油，所以各公司的焦比均上升，而总燃料比基本稳定，即在全焦冶炼条件下，也能维持较低的燃料比，这表明高炉操作技术有了新的进展。

世界主要产钢国七十年代以来的生铁产量 (单位: 万吨)

表 1

国 别 \ 年 度	1971	1973	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
苏 联	8925	9593	10297	10530	10740	11070	10900	10728	10900		
日 本	7275	9001	8688	8658	8589	7859	8383	8704	8005	7765.8	7293.6
美 国	7411	9182	7251	7881	7378	7954	7893	6234	6674	3912.4	4410.3
西 德	2999	3683	3007	3185	2897	3015	3517	3387	3188	2740.1	2644.5
英 国	1563	1737	1214	1410	1240	1160	1303	641	946	834.6	947.7
法 国	1832	2030	1792	1902	1826	1850	1942	1916	1727	1471.9	1343.4
合 计	30605	35196	32249	33566	32670	32908	33938	31610	31400		

世界主要产钢国历年来的高炉炼铁焦比 (单位: 公斤/吨铁)

表 2

年 度 \ 国 别	美 国	日 本	苏 联	西 德	英 国	法 国	意 大 利
1960	749	619	723	826	825	971	751
1963	669	523	644	719	719	848	657
1965	656	507	587	668	680	784	646
1968	623	504	588	577	656	691	514
1970	630	478	575	559	625	626	525
1971	627	451	566	520	610	595	527
1972	608	442	564	486	580	563	514
1973	597	438	558	494	577	559	522
1974	609	442	549	517	606	551	507
1975	611	443	545	497	608	533	480
1976	590	432	—	482	576	521	475

1973年和1982年日本五个钢铁公司的燃料比

表 3

公司名称	年 别	燃料比 公斤/吨铁	燃料比中, 公斤/吨铁			
			焦 比	喷吹焦油	喷吹重油	喷吹其他燃料 ^①
新 日 铁	1982	489	480	4	—	5
	1981	484	479	2	1	2
	1973	488	422	4	62	—
日本钢管	1982	497	481	16	—	—
	1981	491	474	17	—	—
	1973	498	443	17	78	—
川 崎	1982	489	489	—	—	—
	1981	480	480	—	—	—
	1973	491	421	—	70	—
住 友	1982	478	464	13	—	1
	1981	468	453	14	1	1
	1973	492	436	18	38	—
神 户	1982	491	491	—	—	—
	1981	497	497	—	—	—
	1973	514	476	—	38	—
平 均	1982	489	480	7	—	2
	1981	484	476	6	1	1
	1973	493	433	6	54	—

① 喷吹其他燃料中, 新日铁为煤粉, 住友1982年为焦油煤粉糊和煤粉, 1981年为煤油糊。

一、高炉大型化

自五十年代末以来, 世界各国高炉容积不断扩大, 产量不断增加, 据不完全统计, 目前世界上大于2000米³高炉已超过一百座, 4000米³级高炉已有22座, 其中日本拥有14座, 占63.5%。日本高炉平均容积由1960年的947米³增大至1979年的2295米³。高炉大型化是建立在精料、高风温、超高压炉顶等现代技术上的, 故大型高炉生产效率高。根据日本的生产经验, 1972年至1981年, 4000米³级高炉平均利用系数为1.983吨/米³·日, 焦比为428.1公斤/吨铁, 燃料比为471.4公斤/吨铁; 与小于2000米³高炉相比, 利用系数高0.233吨/米³·日, 焦比低23.9公斤/吨铁, 燃料比低17公斤/吨铁。日本、苏联、西德新建3000~5000米³高炉的单位炉容基建投资比1000米³级高炉低13~23%。大型高炉炉龄在不进行中修的条件下已达十年, 个别的已超过了十年。当然4000米³级以上大型高炉的建设, 只适宜建在年产钢1000万吨级的大型钢铁企业中。

表4列出了世界上4000米³以上高炉的一些特征数据。

二、精 料

精料是现代高炉生产的物质基础, 近年来世界各国在精料上都做了大量工作, 取得了显著成效。

1. 提高入炉铁矿原料品位

4000米³以上高炉的一些特征数据

表 4

炉 别	点火日期 年·月	有效容积 米 ³	炉缸直径 米	铁口数目
日本福山4号高炉	1971.4	4197	13.8	3
日本福山5号高炉	1973.11	4617	14.4	3
日本水岛4号高炉	1973.4	4323	14.4	4
日本千叶6号高炉	1977.6	4540	14.0	4
日本君津3号高炉	1971.9	4063	13.4	4
日本君津4号高炉	1975.10	4930	14.0	4
日本大分1号高炉 ①	1979.9	4158	14.0	4
日本大分2号高炉	1976.10	5070	14.8	5
日本户畑1号高炉	1975.3	4140	13.4	4
日本鹿岛2号高炉	1973.3	4126	13.8	4
日本鹿岛3号高炉	1976.9	5050	15.0	4
日本扇岛1号高炉	1976.11	4052	13.5	4
日本加古川1号高炉	1976.3	4550	~14.0	4
日本加古川3号高炉	1978.2	4500	~14.0	4
苏联克里沃罗格9号高炉	1974.12	5026	14.7	4
苏联切列波维茨1号高炉	—	5546	15.1	4
美国雀点L高炉	1978.10	—	14.2	
西德施魏尔根1号高炉	1973.2	4870	14.0	
法国敦刻尔克4号高炉	1973.4	4617	14.0	4
意大利塔兰托5号高炉	1974.11	4128	14.0	
英国雷德卡1号高炉	1978.	4573	14.0	4
荷兰艾莫伊登7号高炉	1972.11	4177	13.0	

①第二代。

提高入炉铁矿石品位，对提高产量，降低能耗有显著作用。表5是日、美、苏、西德入炉铁矿石品位的变化情况。

从表中可以看出，入炉铁矿原料品位，西德的提高幅度较大。西德在六十年代前主要是使用本国贫矿炼铁，以后大量进口富矿，所以入炉铁矿石品位提高很多，其取得的经济效益从表2中可以看出，西德高炉1976年的焦比比1960年下降了41.6%。宝钢烧结矿的入炉品位为56.5%，块矿品位为65%。

2. 提高熟料率

提高入炉含铁原料的熟料率，对高炉生产能起到增产节焦的效果。根据高炉生产经验，熟料率每提高1%，可增产0.3%，降低焦比1.2公斤/吨铁左右。目前熟料率最高的是苏联，达到93%（1960年只有74%）；日本的熟料率由1960年的46.5%提高到现在的82.9%；西

德的熟料率由1960年的47.4%提高到现在的79%。宝钢的熟料率为90%。

一些国家的入炉铁矿原料品位的变化情况, %

表 5

年 度 \ 国 别	日 本	美 国	苏 联	西 德
1954年	56	51.5		42.6
60年代中期	62	61.0		59.0
1970年 ^①	59.2	57.8	58.2	55.8

① 由于烧结矿使用比例提高, 故入炉品位有所下降。

3. 稳定入炉原料成分

稳定入炉原料成分, 是保证高炉稳定生产的重要条件之一。根据高炉生产经验, 入炉烧结矿碱度的波动范围由 ± 0.1 下降为 ± 0.075 时, 高炉可增产1.5%, 焦比可下降0.8%。日本烧结矿碱度波动范围为 ± 0.03 左右。宝钢烧结矿碱度波动范围预计为 ± 0.05 左右。入炉烧结矿含铁量波动由 $\pm 1.0\%$ 降为 $\pm 0.5\%$ 时, 高炉可增产2%, 焦比可下降1%。宝钢烧结矿含铁量波动范围预计在 $\pm 0.5 \sim 0.7\%$ 之间。为达到入炉铁矿石成分稳定, 目前采取的措施是在原料场上对矿石进行混匀, 矿石混匀后达到的最好指标是: SiO_2 波动为 $\pm 0.059\%$, Fe波动为 $\pm 0.168\%$ 。宝钢矿石混匀后, 其指标预计可达: SiO_2 波动为 $\pm 0.1 \sim 0.15\%$, Fe波动为 $\pm 0.2 \sim 0.5\%$ 。苏联对烧结矿的含铁量波动规定为 $\pm 1\%$, 但实际超过规定达到 $\pm 1.5\%$, 苏联预定九十年代初达到 $\pm 0.5\%$ 。

4. 整粒

为保持高炉炉内有较好的透气性和炉况顺行, 为高炉高产低耗提供有利条件, 近年来都在缩小原料粒度的上限, 并实施槽下过筛, 筛除原料中的粉末, 显著的改善了高炉生产指标。日本对入炉块矿上限尺寸从50毫米(1955年)缩小到25毫米(七十年代), 下限尺寸提高到8~10毫米, 使矿石粒度更均匀。日本烧结矿的粒度规定为5~50毫米, 烧结矿在槽下过筛后, 粉末含量只有3~5%。根据日本生产经验, 入炉烧结矿含粉(指 <5 毫米)率由10~12%降低至3~5%, 高炉可增产10~15%, 焦比可降低28~49公斤/吨铁。日本对入炉焦炭粒度规定为25~75毫米。目前日本有些高炉正在实施烧结矿分级入炉技术, 以控制边缘气流, 改善料柱中心煤气利用, 已取得成效。

三、采用新技术

为提高高炉产量, 降低能耗, 改善环境, 近年来世界各国在高炉生产中相继采用了很多新技术, 取得了成效。大型高炉的利用系数超过了2.0吨/米³·日, 燃料比在500公斤/吨铁以下, 有的高炉达到450公斤/吨铁的好成绩。表6是日本一些高炉的操作指标。

1. 高风温

提高热风温度, 是强化高炉冶炼, 获取先进指标的主要措施之一。近年来世界各国针对内燃式热风炉存在的缺陷, 设计了多种型式的外燃式热风炉, 并在热风炉高温区采用了热工性能好的硅质耐火材料, 使热风温度从1200℃以下提高到1250~1350℃。为提高高

炉喷吹燃料量提供了条件。1979年日本新日铁大分钢铁厂2号高炉在该厂1号高炉停炉大修期间,为缓和全厂生产的不平衡,2号高炉进行了强化冶炼操作,热风温度月平均达到1327℃,炉顶压力2.73公斤/厘米²,燃料比451公斤/吨铁(其中喷吹重油量32公斤/吨铁),利用系数2.4吨/米³·日,取得了十分理想的效益。根据高炉生产经验,热风温度每提高100℃,可降低焦比20公斤/吨铁左右,增产5%(当风温超过1200℃以后,每增高100℃风温其效益将有所降低),所以提高风温的效果是很高的。日本全国平均热风温度由1965年的900℃,经过十年的努力,就提高到1107℃,其中有20%高炉的热风温度超过1200℃。

日本一些高炉的操作指标

表 6

厂 别	年 · 月	利用系数 吨/米 ³ ·日	燃料比 公斤/吨铁	焦 比 公斤/吨铁	油 比 公斤/吨铁	熟料比 %	风 温 ℃	富氧率 %	炉顶压力 公斤/厘米 ²
福山5号高炉 4617米 ³	1976.1~6 平均	2.035	460.7	405.7	55.0	84.1	1274	0.58	2.2
	1976.1~6 最好	2.09	457.0	405.0	52.0	86.3	1279	0.71	2.38
水岛4号高炉 4323米 ³	1976.1~6 平均	2.07	483.3	421.5	61.8	81.0	1235	2.2	2.24
	1976.1~6 最好	2.14	480.4	414.9	65.5	82.9	1250	2.9	2.34
鹿岛2号高炉 4126米 ³	1975.6~12 平均	2.11	470.0	415.0	55.0	79.8	1209	2.8	1.59
	1975.6~12 最好	2.24	460.0	402.0	58.0	80.6	1239	3.1	1.75
君津3号高炉 4063米 ³	1974.4~12 平均	2.4	463.0	389.0	74.0	100.0	1272	—	2.2
	1974.4~12 最好	2.48	454.0	382.0	72.0	100.0	1279	—	2.27
大分1号高炉 4158米 ³	1973.3、6、9、12平均	2.27	476.0	404.0	72.0	84.15	1241	3.02	2.1
	1973.3、6、9、12最好	2.3	472.0	403.0	69.0	86.9	1248	3.72	2.12
	1974.3、6、9平均	2.2	486.0	413.0	73.0	83.2	1248	2.98	2.04
	1974.3、6、9最好	2.34	474.0	410.0	64.0	86.2	1250	3.54	2.16

2. 高压炉顶

采用高压炉顶后,可使炉内煤气流速降低,煤气流的压头损失减小,在维持一定的压差条件下,可加大风量,强化冶炼,达到增产的目的。

高压炉顶技术于四十年代始创于美国,到五十年代以后其他国家才开始采用,当时的炉顶压力,只有0.7公斤/厘米²,但在生产上却取得了较好的成绩(高炉利用系数提高了13%,焦比降低了13%)。我国亦于1956年在鞍山钢铁公司9号高炉上首次使用,取得了与国外相似的效果。高压炉顶的压力,较长一段时间均在较低的水平上徘徊,这主要是受到设备的限制。在六十年代以前,有的高炉炉顶压力最高达到过1.5公斤/厘米²,但均不能长期坚持使用;直至七十年代初,世界各国兴建了一批大型高炉,机械制造厂商提供了高压、大风量的鼓风机和密封性好、长寿的炉顶装料设备,才使炉顶压力上升到2.5公斤/厘米²以上。根据高炉生产经验,炉顶压力每提高0.1公斤/厘米²,可增产1.2~2.0%,降低焦比1~1.5%。目前世界上1000米³以上高炉,大都采用了高压炉顶技术。

3. 喷吹燃料

六十年代以来,世界各国都在发展向炉内喷吹燃料技术,其作用是可以取代部分焦炭,节约宝贵的焦煤;还给高炉提供了调节手段,改善操作条件。

向炉内喷吹哪一种燃料有利,主要取决于本国资源条件和燃料价格对生铁成本的影响。

响。在石油危机以前，国外高炉主要喷吹重油（苏联主要喷吹天然气）。

向炉内喷吹燃料，每冶炼一吨生铁可以取代几十公斤到上百公斤焦炭。据统计，世界上有85%的生铁是采用喷吹燃料的高炉生产的。在石油危机以后，国外高炉逐渐减少喷油量直至停止喷油。八十年代初，开始发展向炉内喷吹烟煤粉的技术，取得了较好效果。如日本新日铁大分钢铁厂1号高炉和名古屋新1号高炉，引进了美国阿姆科喷煤技术，分别于1981年6月和1984年5月开始向炉内喷吹烟煤粉，喷吹量已达到60公斤/吨铁，置换比达到1.0以上，个别月份达到1.21，热风温度达到1290℃，燃料比为470公斤/吨铁左右，取得较为理想的效果。我国高炉六十年代中期就开始喷吹煤粉，二十年来在国内普遍推广，不论在喷煤量还是在喷吹时间上，都居世界前列，但对烟煤喷吹和计量控制方面，尚处于试验研究阶段。

4. 富氧鼓风

富氧鼓风，是近些年发展起来的技术之一，由于它的效益较好，已成为高炉生产的一种主要技术措施。

富氧鼓风后，由于鼓风中含氮量减少，因而每吨生铁的风量减少，相应地减少炉腹煤气量，有利于高炉顺行，与喷吹燃料相配合，能加大喷吹量，取代更多的焦炭，获得较理想的经济效益。根据高炉生产经验，在喷吹燃料量固定的条件下，每增加氧量1%，可增产5%。

5. 脱湿鼓风

脱湿鼓风也是新技术之一，它的作用主要是能提高入炉干风温度，并可避免由于大气湿度的变化而影响高炉稳定操作，可增加产量，降低焦比，目前国外不少高炉已采用了这项技术。根据高炉生产实践，鼓风含湿量每减少1克/标米³，相当于提高入炉干风温度6℃，可降低焦比0.6~0.8公斤/吨铁。

6. 炉渣处理

炉渣处理有两种方法，一种是传统的渣罐出渣，热熔渣由渣罐车运往炉渣处理场冲制水渣或制成干渣块；另一种是在炉前设置水渣和干渣坑两套设施，也可只单设水渣或干渣坑，在炉前就地处理。当前新建或改建高炉，多采用就地处理的办法。

水渣 炉前冲制水渣的方法很多，但从保证生产和环境保护及布置上的灵活性来看，以“拉萨”法较为理想。但该法电耗高（处理一吨熔渣耗电约13千瓦·小时），渣泵和输送渣浆管道易磨损。为克服这些不足之处，又出现了炉前转鼓脱水和胶带输送系统，但该系统尚未在大型高炉上使用。

干渣坑 炉前设置干渣坑处理全部炉渣，在国外已是成功的经验。热熔渣流入干渣坑后，经自然和喷水冷却后，即可挖掘外运。经破碎分级后可作建筑材料使用。根据经验，日处理一吨熔渣，约需干渣坑面积2.5米²。

设有水渣系统的高炉，一般还要设立备用干渣坑或备用渣罐，作为处理不适宜冲制水渣的炉渣。

7. 能源回收

高炉车间在钢铁工厂中是耗能最大的用户。过去，对高炉的余热余压均未利用，不仅造成浪费，还污染了环境。近年来随着能源价格的提高和对环境保护的要求，对高炉的余热余压已逐渐回收利用，取得了较好的效益。

炉顶余压回收 自高压炉顶问世以来,炉顶煤气压力消减在减压阀组中,未予以回收。近年来国外回收这部分能量用余压透平发电,当炉顶压力在2.0公斤/厘米²以上时,可回收相当于高炉鼓风机所耗能量的四分之一。炉顶余压回收将在第九章介绍。

炉顶均压煤气回收 高压炉顶操作时,为调节料斗中的压力,需用半净高炉煤气充压。过去,这部分充压煤气,当均压完了时(即要求料斗压力与大气压力相等时),就被排入大气,这样既污染了空气又产生噪音。近年国外采取了回收这部分煤气的措施。根据生产实践,采取回收措施后,每生产一吨生铁,可回收高炉煤气10~20标米³,以年产300万吨生铁高炉为例,每年可回收高炉煤气30~60×10⁶标米³。

炉渣余热利用 炉渣热含量很大,如能利用,其经济效益是很大的,目前国外正处于试验研究阶段,尚未见到在工业生产中使用的报道。

热风炉废气余热回收 热风炉废气余热回收设施,是回收低温废气的热能,用以预热热风炉燃烧用煤气和助燃空气,以减少用于燃烧的高热值焦炉煤气,缓和全厂高热值燃料短缺状况。据初步计算,宝钢1号或2号高炉如加设热风炉废气余热回收装置,每年省下来的焦炉煤气,可使全厂少用重油一万吨左右。

近年来世界各国已在工业生产中应用的热风炉废气余热回收装置,其型式有以下几种:

- 1) 回转式换热器;
- 2) 板式换热器;
- 3) 热管式换热器;
- 4) 热媒式换热器。

目前在高炉上热媒式换热器采用较多,它具有以下特点:

- 1) 可以同时预热煤气和助燃空气;
- 2) 设备重量轻;
- 3) 吸热和放热可在两个热交换器中进行,布置灵活;
- 4) 密封性好,不会发生两种气体串气现象。

其不足之处,是要求有较高性能的热媒体,在运转过程中热媒体循环泵要耗费电力。

8. 环境保护

高炉车间是钢铁工厂中烟尘、粉尘、污水和噪音发生较多的区域之一。尤其是高炉大型化后,高炉出铁制度由间断出铁改为连续出铁,出铁时发生的大量烟尘,对环境污染很严重,所以近年来国外对高炉车间公害,都实行了治理,其治理办法有:

- 1) 对烟尘和粉尘的治理,主要是采用大型布袋除尘器,个别也有采用电除尘器的,除尘后的排放标准,一般<50毫克/标米³。
- 2) 为减少污水对环境的污染,有的高炉冷却水系统采用了软水或纯水密闭循环。如采用开式循环,则尽量提高水的循环率,并定时加药改善水质,同时还采取串级排污的办法,做到基本无污水外排。
- 3) 对所有噪音源均加设消音措施,使机旁(距噪音源机旁1.5米处)噪音小于90分贝。

四、宝钢一号高炉简介

上海宝山钢铁总厂高炉车间原设计由两座4000米³级高炉组成,并留有兴建第三座高

炉的场地。由于建设计划的改变，现分两期建设。一期先建一座4063米³高炉，全部设备由国外引进，计划1985年9月投产。二期工程将兴建另一座4063米³高炉，设计与设备供应立足于国内。两期工程建成后，年产生铁624万吨（最终规模可达650万吨/年）。

宝钢1号高炉由日本新日铁总承包，负责设计、设备供应和生产指导。1号高炉是以君津钢铁厂3号高炉为基础，并吸取了君津钢铁厂4号高炉，大分钢铁厂1、2号高炉，户畑钢铁厂4号高炉等的成功经验设计的，高炉装备和控制水平具有七十年代后期的世界先进水平。

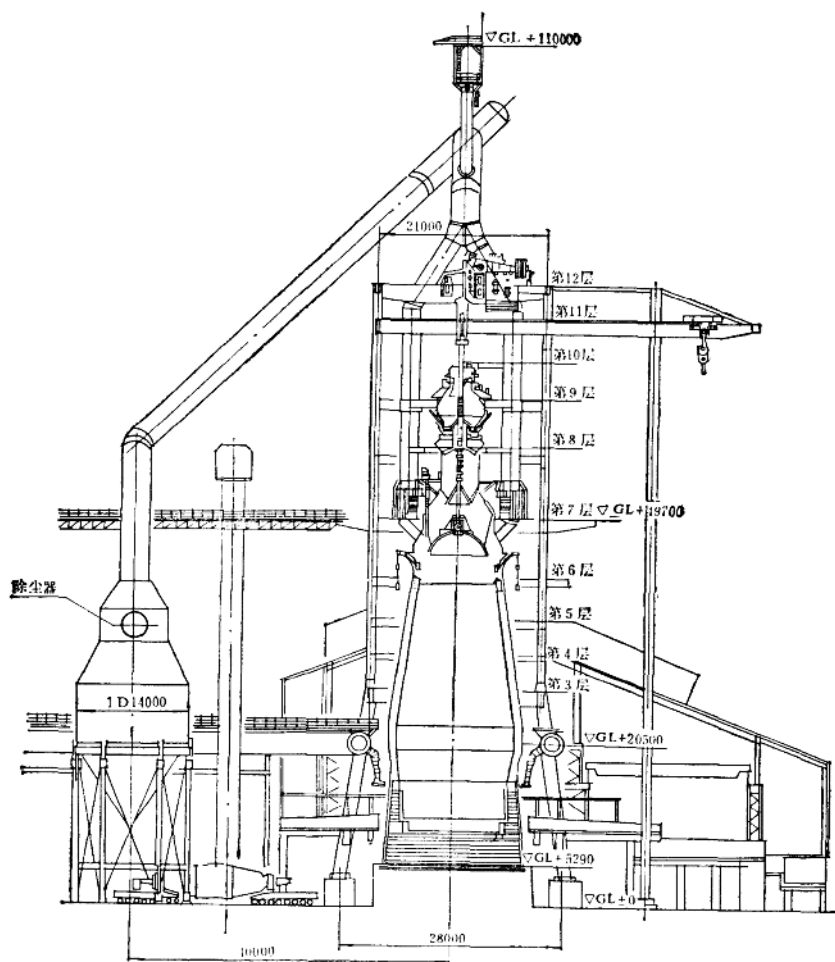


图1 宝钢1号高炉断面图

宝钢高炉车间东西长约1200米，南北宽440米，占地约57公顷。1、2号高炉中心距为370米。高炉为半岛式布置，除铁水采用铁路运输外，其余均为汽车运输。图1和图2分别示出了高炉断面和高炉工艺流程。

1号高炉的设计指标示于表7。

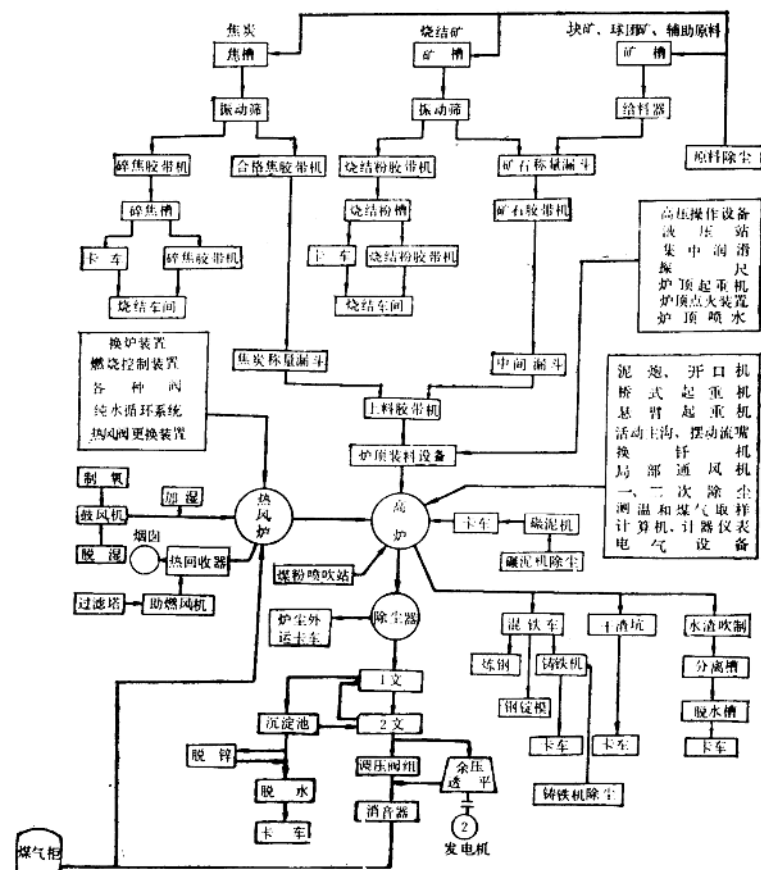


图2 宝钢1号高炉工艺流程图

1号高炉设计指标

表 7

项 目	单 位	设 计 值
最高产量	吨/日	10000
最大重油喷吹量	公斤/吨铁	100
最大风量	标米 ³ /分	8800
最高富氧率	%	4
最高风温	℃	1310
鼓风脱湿能力 ^①	克/标米 ³	平均6
最高炉顶压力	公斤/厘米 ²	2.5
最高风压 ^②	公斤/厘米 ²	5.1
最大煤气清洗量	标米 ³ /时	700000

① 夏季为9克/标米³;

② 指鼓风机出口压力。

供高炉冶炼的铁矿石大部将由国外输入，部分将由山东省张家洼铁矿和海南岛铁矿供应。炼焦煤和石灰石、蛇纹石、锰矿等由国内有关矿点定点供应。

高炉物料平衡情况示于图 3 和图 4。

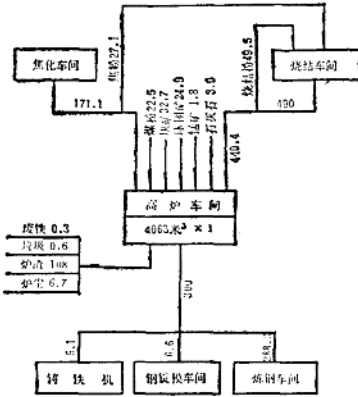


图 3 高炉物料平衡图 (I) (单位: 万吨)

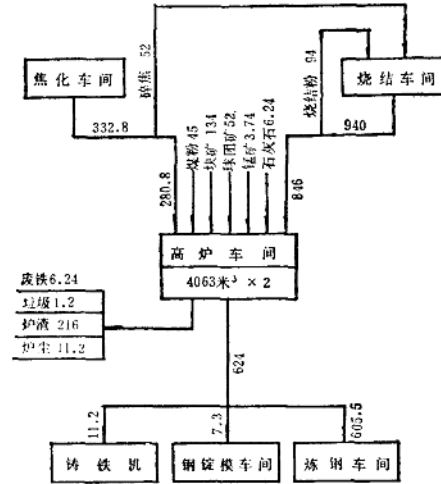


图 4 高炉物料平衡图 (II) (单位: 万吨)

宝钢 1 号高炉采用的新技术主要有:

1) 高炉入炉的原料、燃料均经过混匀处理, 成分稳定, 粒度均匀, 在入炉前均经过筛分, 入炉烧结矿 < 5 毫米粉末 $\leq 5\%$, 入炉焦炭 < 25 毫米碎焦 $\leq 10\%$ 。

2) 上料采用胶带输送机, 装料设备采用双钟四阀式, 可以保证炉顶压力在 2.5 公斤/厘米² 下长期工作。

3) 采用炉顶余压发电设施, 可以回收鼓风机能量的四分之一以上。

4) 炉前操作全部机械化, 引进了活动主沟, 混铁车液面计, 摆动流嘴, 换风口机, 遥控开铁口机和遥控液压大推力泥炮, 预捣主铁沟沟衬等新技术, 最大限度地减轻工人劳动强度。

5) 引进了新的水渣和干渣处理系统。

6) 采用了新日铁式外燃式热风炉, 热风温度可达 1310°C 。

7) 煤气清洗流程采用两级可调文氏洗涤器, 清洗质量好, 耗水量低。

8) 引进了鼓风脱湿和机前富氧技术。

9) 电子计算机处理、加工高炉操作数据, 提供炉况指导; 收集高炉操作数据编制各种报表并进行技术计算。

10) 为改善车间环境, 设立了矿槽、焦槽、出铁场、铸铁机和碾泥机除尘系统, 基本做到环境清净。对噪音源均设有降低噪音装置。