

LIANTIE SHEBEI

炼铁设备

王 平 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

炼 铁 设 备

王 平 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2006

内 容 简 介

全书共分 10 章,内容包括高炉炼铁生产与设计概述、高炉本体、高炉冷却、高炉车间原料系统、炉顶装料设备、送风系统、煤气处理系统、喷吹系统、渣铁处理系统、能源回收利用与环境保护等,系统介绍了主要工艺流程,设备基本结构、工作原理与设计原则,设备工艺参数的计算与选择等,较全面地反映了目前国内外高炉炼铁的发展动向、新设备、新技术与新工艺。

本书可作为钢铁冶金企业培训技师、高级技师的教材,也可作为高校冶金工程专业本科和专科教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

炼铁设备/王平主编. —北京:冶金工业出版社,2006.2

ISBN 7-5024-3923-4

I. 炼… II. 王… III. 高炉炼铁—炼铁设备—技术培训—教材 IV. TF57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009756 号

出版人 曹胜利(北京沙滩高祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 张 卫(联系电话:010-64027930;电子信箱:bull2820@sina.com)

李培禄(联系电话:010-64027930)

美术编辑 李 心 责任校对 侯 璐 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 2 月第 1 版,2006 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 12.75 印张; 306 千字; 191 页; 1-3000 册

33.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是根据冶金行业高等职业技术教育的需要编写的,可作为钢铁企业培训技师、高级技师教学用书。

本书共分 10 章,内容包括高炉炼铁生产与设计概述、高炉本体、高炉冷却、高炉车间原料系统、炉顶装料设备、送风系统、煤气处理系统、喷吹系统、渣铁处理系统、能源回收利用与环境保护等,系统介绍了主要工艺流程,设备基本结构、工作原理与设计原则,设备工艺参数的计算与选择等。编写时着重从工艺角度论述设备的基本结构与工作原理,从技术发展的历史回顾去认识理论和实践的关系,阐明今日技术的过去、现在和将来。与掌握的知识量相比,本书更重视创造能力的开发。本书亦可供钢铁企业有关专业技术人员参考,或作为高校冶金工程专业本科和专科的教学参考书。

本书由安徽工业大学王平主编;其中第 1~6 章、第 9 章由王平编著,第 7~8 章由王平和安徽马钢高级技工学校谢文编著,第 10 章由安徽工业大学周莉英编著。

由于时间紧,加之编著水平所限,书中存在的不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2005 年 12 月

目 录

1 高炉炼铁生产与设计概述	1
1.1 高炉生产工艺过程及产品.....	1
1.2 高炉生产主要技术经济指标.....	2
1.3 高炉座数及容积的确定.....	3
1.3.1 生铁产量的确定.....	3
1.3.2 高炉炼铁车间总容积的确定.....	3
1.3.3 高炉座数的确定.....	4
1.4 高炉炼铁车间平面布置.....	4
1.4.1 高炉炼铁车间平面布置应遵循的原则.....	4
1.4.2 高炉炼铁车间平面布置形式.....	4
1.5 高炉生产对机械设备的要求.....	7
1.6 炼铁厂设计步骤和内容.....	8
1.6.1 可行性研究.....	8
1.6.2 初步设计.....	8
1.6.3 施工图设计.....	9
复习思考题	9
2 高炉本体	10
2.1 高炉炉型.....	10
2.1.1 对内型设计的要求.....	11
2.1.2 高炉各部分尺寸的确定.....	11
2.1.3 炉型设计与计算.....	16
2.2 高炉炉衬.....	20
2.2.1 炉衬破损机理与抗破损对策.....	20
2.2.2 高炉用耐火材料.....	26
2.2.3 高炉炉衬的设计与砌筑.....	30
2.2.4 炉体维护.....	34
2.3 高炉钢结构.....	36
2.3.1 高炉本体钢结构.....	36
2.3.2 炉壳.....	37
2.3.3 炉体框架.....	38
2.3.4 炉缸炉身支柱、炉腰支圈和支柱座圈	39
2.4 高炉基础.....	39

复习思考题	40
3 高炉冷却设备	41
3.1 冷却设备的作用	41
3.2 冷却介质	41
3.3 高炉冷却设备结构	42
3.3.1 外部喷水冷却	42
3.3.2 冷却壁	43
3.3.3 插入式冷却器	45
3.3.4 板壁结合冷却结构	47
3.3.5 铜冷却壁	48
3.3.6 炉身冷却模块技术	49
3.3.7 水冷炉底结构	50
3.4 冷却设备工作制度	51
3.4.1 水的消耗量	51
3.4.2 水压和流速	52
3.4.3 水温差的规定	53
3.4.4 水垢与冷却设备的清洗	54
3.5 高炉给排水系统	54
3.6 高炉冷却系统	55
3.6.1 高炉汽化冷却	55
3.6.2 开式工业水循环系统	56
3.6.3 软水密闭循环系统	56
3.7 高炉送风管路	57
3.7.1 热风围管	57
3.7.2 送风支管	57
3.7.3 直吹管	59
3.7.4 风口装置	60
复习思考题	62
4 高炉车间原料系统	64
4.1 车间的运输	64
4.2 贮矿槽及槽下运输筛分称量	64
4.2.1 贮矿槽	64
4.2.2 槽下运输称量	65
4.2.3 料车坑	66
4.2.4 给料机	67
4.2.5 振动筛	68
4.2.6 称量漏斗	70
4.3 上料设备	70
4.3.1 斜桥料车式上料机	70

4.3.2 皮带机上料系统	73
复习思考题	76
5 炉顶装料设备	77
5.1 钟式炉顶	77
5.1.1 大钟、大料斗及煤气封罩	77
5.1.2 布料器	79
5.2 钟阀式炉顶	81
5.2.1 双钟四阀式炉顶	81
5.2.2 变径炉喉	82
5.3 无料钟炉顶	82
5.3.1 并罐式无料钟炉顶	83
5.3.2 串罐式无料钟炉顶	86
5.3.3 无料钟炉顶的布料方式	86
5.4 均压控制装置	88
5.5 探料装置	89
5.5.1 探料尺	89
5.5.2 微波式料面计	90
5.5.3 激光料面计	90
复习思考题	91
6 送风系统	92
6.1 高炉用鼓风机	92
6.1.1 高炉冶炼对鼓风机的要求	92
6.1.2 高炉鼓风机的工作原理及特性	93
6.1.3 高炉鼓风机的选择	96
6.1.4 提高鼓风机出力的途径	98
6.1.5 脱湿鼓风与富氧鼓风装置	98
6.2 热风炉	99
6.2.1 传统型内燃式热风炉	100
6.2.2 改进型内燃式热风炉	106
6.2.3 外燃式热风炉	107
6.2.4 顶燃式热风炉	108
6.2.5 球式热风炉	109
6.3 燃烧器	110
6.3.1 套筒式金属燃烧器	110
6.3.2 陶瓷燃烧器	110
6.4 炉壳及基础	111
6.5 热风炉管道与阀门	113
6.5.1 热风炉管道	113
6.5.2 热风炉阀门	114

6.6 热风炉用耐火材料及特性	119
6.6.1 热风炉砌体破损机理	119
6.6.2 热风炉用耐火材料的主要特性与选用原则	119
6.6.3 热风炉用耐火材料	121
6.7 蓄热式热风炉的热交换公式	124
6.7.1 热效率	124
6.7.2 拱顶温度	124
6.7.3 实际燃烧温度与热风温度间的关系	124
6.7.4 热交换公式	124
6.8 提高风温的途径	125
6.8.1 增加蓄热面积	125
6.8.2 采用高效率格子砖	125
6.8.3 提高煤气热值	125
6.8.4 预热助燃空气和煤气	125
6.8.5 控制空气过剩系数	125
6.8.6 热风炉工作	125
6.8.7 热风炉自动控制	128
复习思考题	129
7 煤气处理系统	130
7.1 概述	130
7.1.1 煤气处理的主要任务和要求	130
7.1.2 除尘原理与设备的分类	130
7.1.3 评价煤气除尘设备的主要指标	131
7.1.4 高炉煤气除尘工艺流程	131
7.2 除尘设备	132
7.2.1 粗除尘	132
7.2.2 半精细除尘	134
7.2.3 精细除尘	135
7.3 煤气系统附属设备	140
7.3.1 煤气输送管道	140
7.3.2 脱水器	141
7.3.3 煤气系统的阀门	142
复习思考题	145
8 喷吹系统	146
8.1 概述	146
8.1.1 高炉冶炼对喷吹燃料的要求	146
8.1.2 喷煤系统的组成	147
8.2 原煤及气体的供应系统	147
8.2.1 原煤贮运系统	147

8.2.2 热烟气系统	147
8.2.3 供气系统	148
8.3 煤粉的制备系统	148
8.3.1 制粉工艺流程	148
8.3.2 主要设备	149
8.4 煤粉喷吹系统	153
8.4.1 喷吹工艺	153
8.4.2 主要设备	155
8.5 计量控制与安全	159
8.5.1 计量与控制	159
8.5.2 安全措施	160
8.6 喷煤技术的发展	161
8.6.1 多品种喷吹	161
8.6.2 工艺和设备的改进	161
8.6.3 控制系统自动化	161
8.7 其他燃料的喷吹	162
8.7.1 喷吹重油	162
8.7.2 喷吹焦油	162
8.7.3 喷吹天然气	162
8.7.4 喷吹焦炉煤气	162
复习思考题	162
9 渣铁处理系统	164
9.1 风口平台及出铁场设计	164
9.1.1 风口平台及出铁场	164
9.1.2 主铁沟和撇渣器	165
9.1.3 摆动流嘴	168
9.1.4 铁沟材质及浇注工艺	168
9.2 炉前主要设备	169
9.2.1 开铁口机	169
9.2.2 堵铁口泥炮	171
9.2.3 堵渣口机	173
9.2.4 炉前吊车	174
9.3 铁水处理设备	175
9.3.1 铁水罐车	175
9.3.2 铸铁机	175
9.4 炉渣处理设备	177
9.4.1 水淬渣生产	177
9.4.2 干渣生产	180
9.4.3 渣棉生产	180

9.4.4 膨渣生产	180
复习思考题	181
10 能源回收利用与环境保护	182
10.1 高炉炉顶余压发电	182
10.2 热风炉烟道废气余热回收	184
10.2.1 热管式换热器	184
10.2.2 热媒式换热器	186
10.3 粉尘污染的控制	187
10.3.1 炼铁厂的粉尘来源及特性	187
10.3.2 粉尘污染的控制方法	187
10.4 煤气洗涤污水处理	188
10.4.1 悬浮物的处理	188
10.4.2 水的软化处理	189
10.4.3 氰化物的处理	189
10.5 噪声的消除	189
复习思考题	190
参考文献	191

1 高炉炼铁生产与设计概述

1.1 高炉生产工艺过程及产品

高炉炼铁工艺过程就是在高温下用还原剂(焦炭、煤等)将铁矿石或含铁原料还原成液态生铁的过程。高炉生产工艺过程是由一个高炉本体和六个附属系统来完成的,其生产工艺流程如图 1-1 所示。

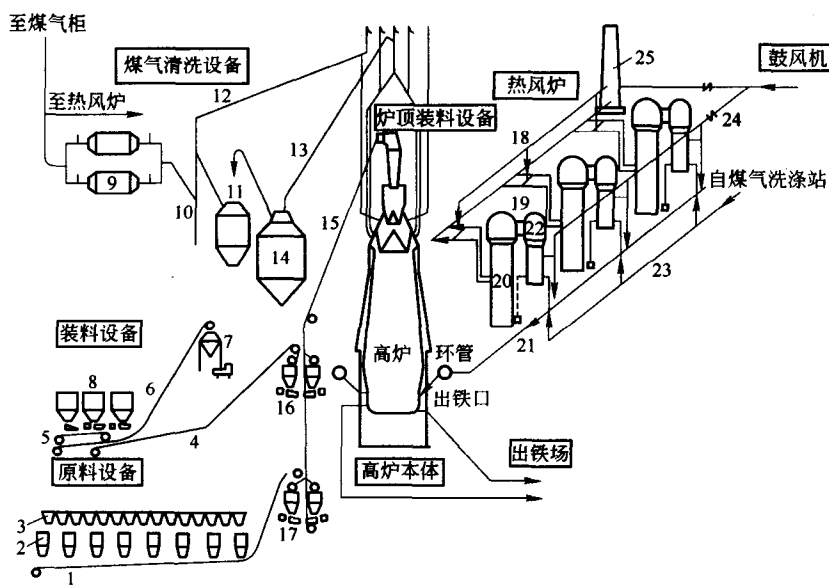


图 1-1 高炉炼铁生产工艺流程

- 1—矿石输送皮带机;2—称量漏斗;3—贮矿槽;4—焦炭输送皮带机;5—给料机;6—粉焦输送皮带机;
7—粉焦仓;8—贮焦槽;9—电除尘器;10—顶压调节阀;11—文氏管除尘器;12—净煤气放散管;
13—下降管;14—重力除尘器;15—上料皮带机;16—焦炭称量漏斗;17—矿石称量漏斗;
18—冷风管;19—烟道;20—蓄热室;21—热风主管;22—燃烧室;
23—煤气主管;24—混风管;25—烟窗

高炉本体及六个附属系统设备的主要结构和作用是:

(1) 高炉本体是冶炼生铁的主体设备,它是由耐火材料砌筑的竖立式圆筒形炉体,最外层是由钢板制成的炉壳,在炉壳和耐火材料之间有冷却设备。

(2) 供料系统:包括贮矿槽、贮焦槽、筛分、称量与运输等一系列设备,主要任务是及时、准确、稳定地将合格原料送入高炉炉顶装料系统。

(3) 炉顶装料系统:钟式炉顶包括受料漏斗、旋转布料器、大小料钟和大小料斗等一系

列设备,无料钟炉顶有料罐、密封阀与旋转溜槽等一系列设备,主要任务是将炉料装入高炉并使之合理分布,同时防止炉顶煤气外逸。

(4) 送风系统:包括鼓风机、热风炉及一系列管道和阀门等,主要任务是连续可靠地供给高炉冶炼所需热风。

(5) 煤气除尘系统:包括煤气管道、重力除尘器、洗涤塔、文氏管、脱水器等,主要任务是回收高炉煤气,使其含尘量降至 10 mg/m^3 以下,以满足用户对煤气质量的要求。

(6) 渣铁处理系统:包括出铁场、开铁口机、泥炮、堵渣口机、炉前吊车、铁水罐车及水冲渣设备等,主要任务是及时处理高炉排放出的渣、铁,保证高炉生产正常进行。

(7) 喷吹系统:包括原煤的储存、运输、煤粉的制备、收集及煤粉喷吹等系统,主要任务是均匀稳定地向高炉喷吹大量煤粉,以煤代焦,降低焦炭消耗。

1.2 高炉生产主要技术经济指标

衡量高炉炼铁生产技术水平和经济效果的技术经济指标,主要有:

(1) 高炉有效容积利用系数(η_v)。高炉有效容积利用系数是指每昼夜、每立方米高炉有效容积的生铁产量,即高炉每昼夜的生铁产量 P 与高炉有效容积 V_u 之比:

$$\eta_v = \frac{P}{V_u} \quad (1-1)$$

η_v 是高炉冶炼的一个重要指标, η_v 愈大,高炉生产率愈高。

(2) 焦比(K)。焦比是指冶炼每吨生铁消耗的干焦量,即每昼夜焦炭消耗量 Q_k 与每昼夜生铁产量 P 之比:

$$K = \frac{Q_k}{P} \quad (1-2)$$

焦比既是消耗指标又是重要的技术经济指标。

(3) 冶炼强度(I)。冶炼强度是每昼夜、每立方米高炉有效容积燃烧的焦炭量,即高炉一昼夜焦炭消耗量 Q_k 与有效容积 V_u 的比值:

$$I = \frac{Q_k}{V_u} \quad (1-3)$$

冶炼强度表示高炉的作业强度,它与鼓入高炉的风量成正比,在焦比不变的情况下,冶炼强度越高,高炉产量越大。

(4) 煤比(Y)。煤比是冶炼每吨生铁消耗的煤粉量,即每昼夜煤粉的消耗量 Q_y 与每昼夜生铁产量 P 之比:

$$Y = \frac{Q_y}{P} \quad (1-4)$$

喷吹其他辅助燃料时的计算方法类同,但气体燃料应以体积(m^3)计量。

单位质量的煤粉所替代的焦炭的质量称为煤焦置换比,它表示煤粉利用率的高低,一般煤粉的置换比为 $0.7 \sim 0.9$ 。

(5) 生铁合格率。生铁化学成分符合国家标准的总量占生铁总产量的百分数。它是衡量产品质量的指标。

(6) 休风率。休风率是指高炉休风时间(不包括计划中的大、中修)占高炉规定作业时

间的百分数。休风率反映高炉设备维护及高炉操作水平,先进高炉休风率小于1%。实践证明,休风率降低1%,产量可提高2%。

(7) 生铁成本。生产1t合格生铁所消耗的所有原料、燃料、材料、水电、人工等一切费用的总和,单位为元/吨。

(8) 高炉一代寿命。高炉一代寿命是从点火开炉到停炉大修之间的冶炼时间,衡量炉龄及一代炉龄中高炉工作效率的另一指标为单位容积的产铁量。大型高炉一代寿命为10~15年。

判断高炉一代寿命结束的准则主要是高炉生产的经济性和安全性。如果高炉的破损程度已使生产陷入效率低、质量差、成本高、故障多、安全差的境地,就应考虑停炉大修或改建。

1.3 高炉座数及容积的确定

建设高炉炼铁车间中高炉的座数,既要考虑尽量增大高炉容积,又要考虑企业的煤气平衡和生铁量的均衡,所以一般应根据车间规模,建设两座或三座高炉为宜。

1.3.1 生铁产量的确定

设计任务书中规定的生铁年产量是确定高炉车间年产量的依据。

如果任务书给出多种品种生铁的年产量如制钢铁与铸造铁,则应换算成同一品种的生铁。一般是将铸造铁乘以折算系数,换算为同一品种的制钢铁,求出总产量。折算系数与铸造铁的硅含量有关,详见表1-1。

表 1-1 折算系数与铸造铁含硅量的关系

铸铁代号	Z15	Z20	Z25	Z30	Z35
硅含量/%	1.25~1.75	1.75~2.25	2.25~2.75	2.75~3.25	3.25~3.75
折算系数	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25

如果任务书给出钢锭产量,则需要做出金属平衡,确定生铁年产量。首先算出钢液消耗量,这时要考虑浇注方法、喷溅损失和短锭损失等,一般单位钢锭的钢液消耗系数为1.010~1.020,再由钢液消耗量确定生铁年产量。吨钢的铁水消耗取决于炼钢方法、炼钢炉容积大小、废钢消耗等因素,一般为1.050~1.100t,技术水平较高,炉容较大的选低值;反之,取高值。

1.3.2 高炉炼铁车间总容积的确定

计算得到的高炉炼铁车间生铁年产量除以年工作日,即得出高炉炼铁车间日产量(t),即

$$\text{高炉炼铁车间日产量} = \frac{\text{年产量}}{\text{年工作日}}$$

高炉年工作日一般取日历时间的95%。

根据高炉炼铁车间日产量和高炉有效容积利用系数可以计算出高炉炼铁车间总容

积(m^3):

$$\text{高炉炼铁车间总容积} = \frac{\text{日产量}}{\text{高炉有效容积利用系数}}$$

高炉有效容积利用系数一般直接选定。大高炉选低值,小高炉选高值。利用系数的选择应该既先进又留有余地,保证投产后短时间内达到设计产量。如果选择过高则达不到预定的生产量,选择过低则使生产能力得不到发挥。

1.3.3 高炉座数的确定

高炉炼铁车间的总容积确定之后就可以确定高炉座数和一座高炉的容积。设计时,一个车间的高炉容积最好相同。这样有利于生产管理和设备管理。

高炉座数要从两方面考虑,一方面从投资、生产效率、管理等方面考虑,数目越少越好;另一方面从铁水供应、高炉煤气供应的角度考虑,则希望数目多些。确定高炉座数的原则应保证在1座高炉停产时,铁水和煤气的供应不致间断。过去钢铁联合企业中高炉数目较多,如鞍钢10座以上。近年来随着管理水平的提高、新建企业一般只有2~4座高炉,如宝钢现有4座高炉。

1.4 高炉炼铁车间平面布置

高炉炼铁车间平面布置的合理性,关系到相邻车间和公用设施是否合理,也关系到原料和产品的运输能否正常连续进行,设施的共用性及运输线、管网线的长短,对产品成本及单位产品投资有一定影响。因此规划车间平面布置时一定要考虑周到。

1.4.1 高炉炼铁车间平面布置应遵循的原则

合理的平面布置应符合下列原则:

- (1) 在工艺合理、操作安全、满足生产的条件下,应尽量紧凑,并合理地共用一些设备与建筑物,以求少占土地和缩短运输线、管网线的距离。
- (2) 有足够的运输能力,保证原料及时入厂和产品(副产品)及时运出。
- (3) 车间内部铁路、道路布置要畅通。
- (4) 要考虑扩建的可能性,在可能条件下留一座高炉的位置。在高炉大修、扩建时施工安装作业及材料设备堆放等不得影响其他高炉正常生产。

1.4.2 高炉炼铁车间平面布置形式

高炉炼铁车间平面布置形式根据铁路线的布置可分为以下4种:

(1) 一列式布置。一列式高炉平面布置如图1-2所示,其主要特点是:高炉与热风炉在同一列线,出铁场也布置在高炉同一列线上成为一列,并且与车间铁路线平行。这种布置可以共用出铁场和炉前起重机,共用热风炉值班室和烟囱,节省投资;热风炉距高炉近,热损失少。但是运输能力低,在高炉数目多,产量高时,运输不方便,特别是在一座高炉检修时车间调度复杂。

(2) 并列式布置。并列式高炉平面布置如图1-3所示,其主要特点是:高炉与热风炉分设于两列线上,出铁场布置在高炉同一列线上,车间铁路线和高炉列线平行。这种布置可以

前水冲渣设施,水渣外运用皮带机。苏联新里别斯克的 3200 m³ 高炉和我国武钢 4 号高炉的布置均与此相似。

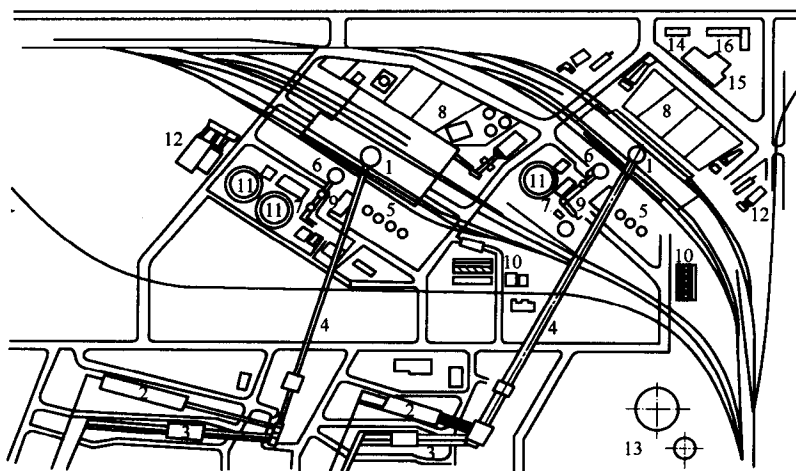


图 1-4 岛式高炉平面布置图

- 1—高炉及出铁场;2—贮焦槽;3—贮矿槽;4—上料皮带机;5—热风炉;6—重力除尘器;
7—文氏管;8—干渣坑;9—计器室;10—循环水设施;11—浓缩池;12—出铁场除尘设施;
13—煤气罐;14—修理中心;15—修理场;16—总值班室

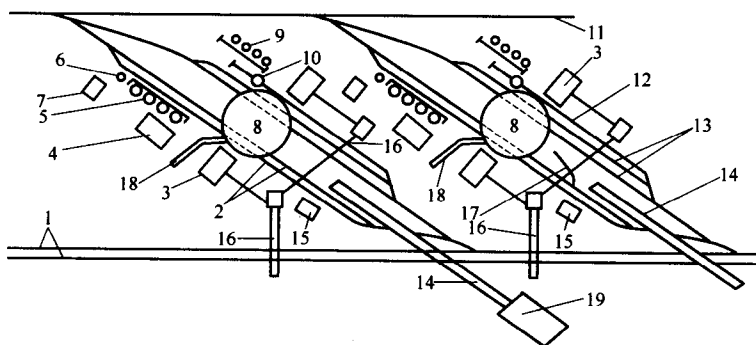


图 1-5 圆形出铁场的高炉平面布置图

- 1、11—铁水罐车走行线;2、13—铁水罐车停放线;3—炉前水冲渣设施;4—高炉计器室;
5—热风炉;6—烟囱;7—热风炉风机站;8—圆形出铁场;9—煤气除尘设备;10—干式
除尘设备;12—清灰铁路线;14—上料皮带机;15—炉渣粒化用压缩空气站;16—运出
水渣皮带机;17—辅助材料运输线;18—上炉台的公路;19—矿槽栈桥

(4) 半岛式布置。半岛式布置是岛式布置与并列式布置的过渡,高炉和热风炉列线与车间调度线间的交角增大到 45°,因此高炉距离近,并且在高炉两侧各有三条独立的有尽头的铁水罐车停放线和一条辅助材料运输线,如图 1-6 所示。出铁场和铁水罐车停放线垂直,缩短了出铁场长度,设有摆动流嘴,出一次铁可放置多个铁水罐车,近年来新建的大型高炉多采用这种布置形式。

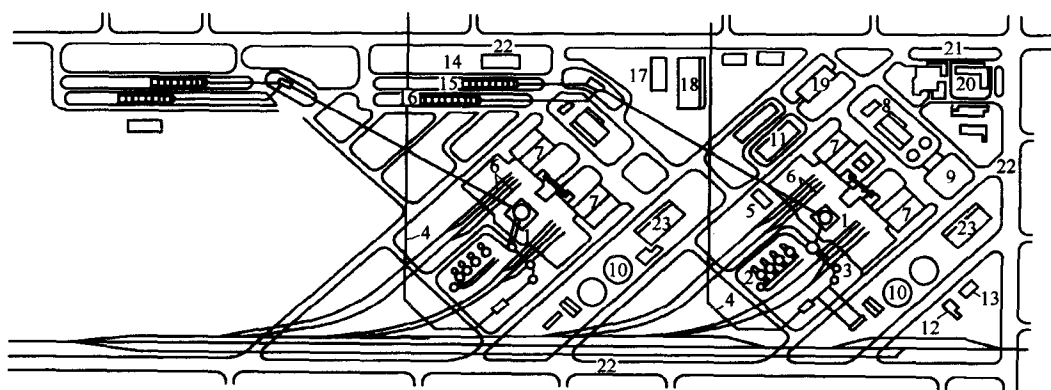


图 1-6 半岛式高炉平面布置示意图

- 1—高炉;2—热风炉;3—除尘器;4—净煤气管道;5—高炉计器室;6—铁水罐车停放线;
7—干渣坑;8—水渣电器室;9—水渣设备;10—沉淀室;11—炉前除尘器;12—脱水机室;
13—炉底循环水槽;14—原料除尘器;15—贮焦槽;16—贮矿槽;17—备品库;
18—机修间;19—碾泥机室;20—厂部;21—生活区;22—公路;23—水站

1.5 高炉生产对机械设备的要求

高炉生产是一个相当庞大而复杂的系统。它所使用的机械设备种类繁多,五花八门,并且在繁重的条件下工作,不仅要承受巨大的载荷,往往还伴随着高温、高压和多灰尘等不利因素,设备零件容易磨损和侵蚀。为了确保高炉生产的顺利进行,它对机械设备提出了越来越高的要求。

(1) 满足生产工艺要求。工艺上的革新都是和设备的改进分不开的。例如炉顶装料设备不仅要把大量的原料燃料装入高炉,还要符合高炉布料和炉顶密封等工艺要求。当高炉采用高压操作以后,对炉壳和管道以及炉顶设备提出了新的要求。又如现代高炉都要喷吹燃料,必须有相应的新设备需要研制。

(2) 要有高度的可靠性。高炉生产线上的机器一般是有固定的、单一的用途的。如果一台机器(不论是上料皮带机或炉顶装料设备或堵铁口的泥炮)发生事故,就会引起整个高炉的休风甚至停炉。因此要求各种机械设备必须安全可靠,动作灵活准确,有足够的强度、刚度和稳定性等。

(3) 要提高寿命并易于维修。冶金设备的许多零件往往不是因为强度不够,而是由于磨损而报废。特别是高炉生产,各种原燃料对金属的磨损作用很大,加上高温高压煤气的冲刷作用,零件的磨损和寿命问题更加突出。机械设备不仅要耐磨,并且损坏后要容易修理,在平时要易于检查和维护。

(4) 要易于实现自动化。所设计的机器都要考虑到易于自动化操作。例如整个上料系统,各种原料按照不同配比从料仓出来,进行筛分和称量,组成料批,经上料皮带机运到炉顶,再由炉顶装料设备进行布料入炉,全部都自动操作,别的系统也是如此。

(5) 设备的定型化和标准化。设备的定型化和标准化对于设计、制造和维修管理有很大的好处。对于已经试验成功的设备,都应该搞标准设计。标准化并不妨碍对设备进行改