

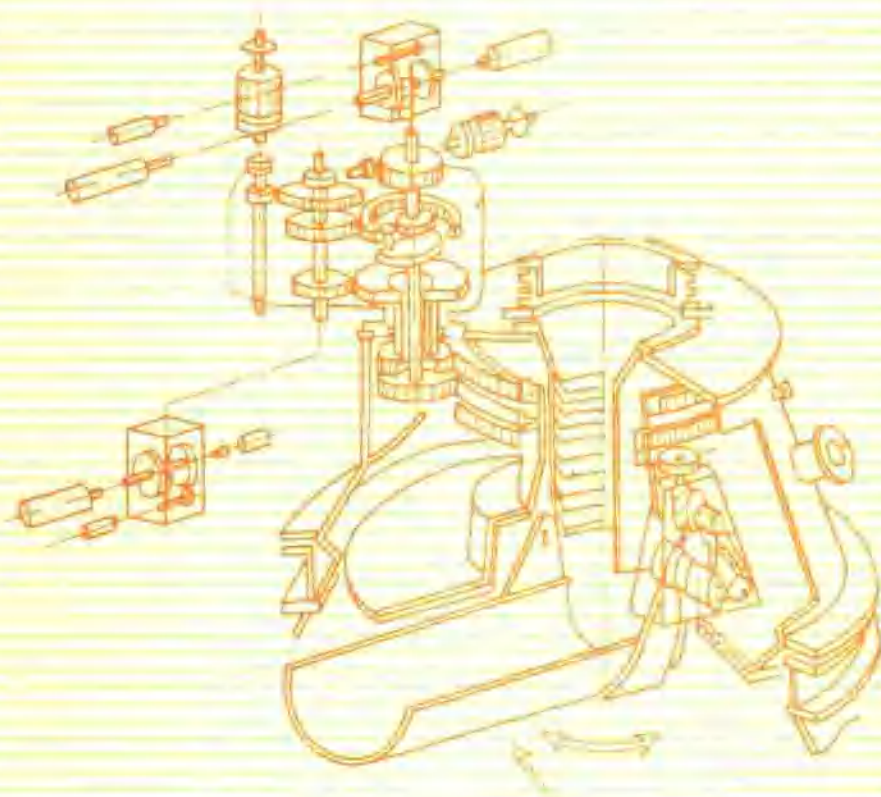
**21世纪高职高专
机械类专业规划教材**



冶炼机械设备

◎ 时彦林 主编

◎ 李宪奎 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专机械类专业规划教材

冶炼机械设备

时彦林 主编

李宪奎 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

冶炼机械设备 / 时彦林主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10

21 世纪高职高专机械类专业规划教材

ISBN 7-115-15025-7

I. 冶... II. 时... III. 熔炼设备—高等学校: 技术学校—教材 IV. TF3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 079497 号

内 容 提 要

本书主要介绍高炉炼铁机械设备、炼钢机械设备和连续铸钢机械设备的工作原理、结构特点、维修维护要点、常见故障判断和处理方法。

本书结构严谨、条理清晰、内容丰富、重点突出、文字简练、图文并茂。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校冶金机械、钢铁冶金和金属材料工程专业的教学用书, 也可供职业技术培训及有关工程技术人员参考。

21 世纪高职高专机械类专业规划教材

冶炼机械设备

-
- ◆ 主 编 时彦林
 - 主 审 李宪奎
 - 责任编辑 赵桂珍
 - 执行编辑 须春美
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
 - 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 河北三河市海波印务有限公司印刷
 - 新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 19.25
 - 字数: 459 千字
 - 印数: 1—3 000 册
 - 2006 年 10 月第 1 版
 - 2006 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-15025-7/TN · 2811

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

编者的话

职业教育要办出特色,教材建设十分关键。本书在编写过程中注意了职业教育和职业培训的特点,教材内容侧重于理论知识的应用,强调理论联系实际,贯彻以应用为目的思想。主要问题以讲清楚为主,不作过多的理论推导,理论以“必须、够用”为原则,力求做到重点突出、少而精。在思考题的编选上,考虑了职业教育的特点,在加深对理论理解的同时,提高对知识运用的灵活性。目的是克服重理论轻实践、重知识轻技能的倾向,体现“能力本位”的指导思想。

本书主要讲述高炉炼铁机械设备、炼钢机械设备和连续铸钢机械设备的工作原理、结构特点、维修维护要点、常见故障判断和处理。

本书由时彦林主编,李宪奎主审,叶文亮、陈涛任副主编,参加编写工作的还有李森林、闫林洲、王丽珍、刘杰、王连杰、贾艳、李鹏飞。

本书可作为高职高专冶金机械、钢铁冶金等专业教材,也可作为冶金企业的培训用书。

由于编者水平有限,经验不足,再加上时间仓促,资料少,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者
2006年6月

目录

第1篇 炼铁机械设备

第1章 高炉生产车间概况	1
1.1 高炉生产的主要工艺过程及车间主要设备	1
1.1.1 高炉生产的主要工艺过程	1
1.1.2 高炉车间主要设备	2
1.1.3 对机械设备的要求	3
1.2 高炉生产技术经济指标	4
1.2.1 高炉生产的主要经济技术指标	4
1.2.2 提高高炉生产经济技术指标的途径	5
思考题	6
第2章 高炉炉体设备	7
2.1 炉体结构	7
2.1.1 炉缸	7
2.1.2 炉腹	7
2.1.3 炉腰	7
2.1.4 炉身	8
2.1.5 炉喉	8
2.2 炉体金属结构	9
2.2.1 炉壳	9
2.2.2 上升管和下降管	10
2.2.3 风口装置	10
2.3 炉体冷却	12
2.3.1 炉底冷却	12
2.3.2 炉墙冷却	13
2.3.3 风口冷却	15
思考题	15
第3章 供料设备	16
3.1 供料系统基本概念	16
3.1.1 对供料系统的要求	16
3.1.2 供料系统的形式	16

3.2 称量漏斗和给料机	18
3.2.1 称量漏斗	18
3.2.2 给料机	21
3.3 振动筛	23
3.3.1 振动筛分类	23
3.3.2 双轴箱型强迫同步惯性振动筛	24
3.3.3 双电动机自同步惯性振动筛	25
思考题	26
第4章 上料设备	28
4.1 料车上料机	28
4.1.1 斜桥和绳轮	28
4.1.2 料车	31
4.1.3 料车卷扬机	34
4.1.4 料车在轨道上的运动	37
4.2 带式上料机	38
4.2.1 带式上料机的组成	39
4.2.2 带式上料机的维修	42
4.2.3 液力联轴器	42
思考题	45
第5章 炉顶设备	47
5.1 双钟炉顶设备	47
5.1.1 炉顶设备组成及装料过程	47
5.1.2 固定受料漏斗	50
5.1.3 马基式旋转布料器	50
5.1.4 其他型式的布料器	55
5.1.5 装料器	57
5.1.6 料钟操纵设备	60
5.1.7 探料设备	69
5.1.8 炉顶机械设备的检查和检修	72
5.2 无钟炉顶设备	73
5.2.1 概述	73
5.2.2 受料漏斗	75
5.2.3 料罐	76
5.2.4 密封阀	77
5.2.5 料流调节阀	79
5.2.6 中心喉管	80
5.2.7 眼镜阀	80
5.2.8 布料器	82

5.2.9 无料钟炉顶设备的维护和检修	87
5.2.10 无钟炉顶液压系统	88
思考题	92
第6章 炉前设备	93
6.1 开铁口机	93
6.1.1 钻孔式开铁口机	94
6.1.2 冲钻式开铁口机	95
6.2 堵铁口机	97
6.2.1 设备传动简介	98
6.2.2 液压传动系统说明	99
6.2.3 液压泥炮维护	100
6.2.4 液压泥炮常见故障及处理方法	101
6.3 堵渣口机	101
6.3.1 连杆式	102
6.3.2 折叠式	103
思考题	105
第7章 热风炉设备和除尘设备	106
7.1 热风炉设备	106
7.1.1 热风炉的工作原理	106
7.1.2 热风炉的型式	107
7.1.3 热风炉本体检修和维护	108
7.1.4 煤气调节阀	110
7.1.5 热风炉阀门的液压传动	113
7.2 除尘设备	115
7.2.1 煤气除尘设备分类	115
7.2.2 常见煤气除尘系统	115
7.2.3 重力除尘器	117
7.2.4 文氏管	120
7.2.5 布袋除尘器	122
7.2.6 电除尘器	125
思考题	127

第2篇 炼钢机械设备

第8章 氧气转炉炼钢车间概况	128
8.1 氧气转炉车间布置	128
8.1.1 氧气转炉车间的组成	128
8.1.2 主厂房备跨间的布置	128



8.2 氧气转炉炼钢车间主要设备	130
8.2.1 转炉主体设备	130
8.2.2 供氧设备	130
8.2.3 原料供应设备	130
8.2.4 出渣、出钢和浇铸系统设备	132
8.2.5 烟气净化和回收设备	132
8.2.6 修炉设备	132
8.2.7 其他辅助设备	134
思考题	134
第9章 转炉炉体和支撑装置	135
9.1 转炉炉体	135
9.1.1 炉体结构	135
9.1.2 炉壳的负荷特点	137
9.1.3 炉壳维护和检修	137
9.2 炉体支撑装置	139
9.2.1 托圈与耳轴	139
9.2.2 炉体与托圈连接装置	140
9.2.3 耳轴轴承装置	142
思考题	143
第10章 转炉倾动机械	145
10.1 倾动机械的要求和类型	145
10.1.1 对倾动机构的要求	145
10.1.2 倾动机构的类型	145
10.2 倾动机械的维护	147
10.2.1 维护和检查	147
10.2.2 倾动机械常见故障及处理方法	148
思考题	148
第11章 吹氧系统设备	149
11.1 吹氧系统设备结构	149
11.1.1 供氧系统	149
11.1.2 氧枪结构	150
11.1.3 氧枪升降机构	152
11.1.4 换枪机构	154
11.2 吹氧系统设备维修	155
11.2.1 设备维护和检查	155
11.2.2 供氧系统设备常见故障及处理方法	158
思考题	159

第 12 章 供料设备	160
12.1 铁水供应设备	160
12.1.1 混铁炉供应铁水	160
12.1.2 混铁车供应铁水	161
12.1.3 铁水罐车供应铁水	161
12.1.4 化铁炉供应铁水	162
12.2 废钢供应设备	162
12.3 散状材料供应设备	162
12.3.1 散状材料供应系统组成	162
12.3.2 加料设备检查	165
12.3.3 加料装置常见的故障	165
12.4 铁合金供应设备	166
12.4.1 铁合金称量车维护检查	166
12.4.2 铁合金称量车常见故障及处理方法	166
思考题	167
第 13 章 烟气净化和回收设备	168
13.1 转炉烟气的特点和处理方法	168
13.1.1 转炉烟气的特点	168
13.1.2 转炉烟气的处理方法	168
13.2 烟气净化系统	169
13.2.1 净化系统的类型	169
13.2.2 烟气净化装置检查	172
13.2.3 烟气净化系统装置检修	172
13.2.4 烟气净化系统常见故障和处理方法	172
13.3 烟气净化和回收设备	173
13.3.1 烟罩	173
13.3.2 烟道	175
13.3.3 文氏管	177
13.3.4 脱水器	179
13.3.5 风机	182
13.3.6 水封逆止阀	185
思考题	186
第 14 章 电弧炉设备	187
14.1 电弧炉炼钢发展概况	187
14.2 炉体结构	188
14.2.1 炉壳结构	190
14.2.2 炉门及启闭机构	191
14.2.3 出钢槽	191



14.2.4 炉盖圈	191
14.2.5 电极密封圈	191
14.3 炉体倾动机构	193
14.3.1 工作特点及要求	193
14.3.2 倾动机构	193
14.4 电极装置	194
14.4.1 电极夹持器	194
14.4.2 电极升降机构	197
14.5 炉顶装料系统	198
14.5.1 基础分开式	198
14.5.2 整体基础式(共平台式)	200
14.5.3 炉壳连接式	201
思考题	202

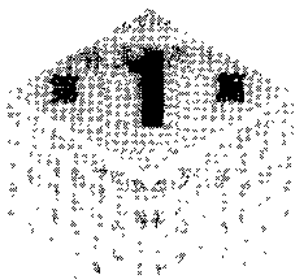
第3篇 连续铸钢机械设备

第15章 连续铸钢概况及主要参数的确定	203
15.1 连续铸钢工艺过程及设备组成	203
15.1.1 连续铸钢的生产工艺流程	203
15.1.2 连铸机的设备	204
15.2 连铸机的分类及连铸优越性	205
15.2.1 连铸机分类	205
15.2.2 连续铸钢的优越性	206
15.3 连铸技术的发展概况	207
15.3.1 国外连铸技术的发展概况	207
15.3.2 我国连铸发展概况	209
15.4 连铸机主要参数的计算与确定	209
15.4.1 铸坯断面	209
15.4.2 拉坯速度	210
15.4.3 冶金长度	211
15.4.4 弧形半径	211
15.4.5 连铸机流数和生产能力	216
思考题	217
第16章 浇铸设备	218
16.1 钢包回转台	218
16.1.1 回转台的转臂	219
16.1.2 回转台的推力轴承	219
16.1.3 回转台的塔座	219
16.1.4 回转装置	219

16.1.5 钢包升降和称量装置	220
16.1.6 钢包回转台工作特点和主要参数	221
16.1.7 回转台常见故障及处理方法	222
16.2 中间包	223
16.2.1 包壳、包盖	224
16.2.2 内衬	224
16.2.3 挡渣墙	225
16.2.4 滑动水口	225
16.3 中间包车	228
16.3.1 中间包车的类型	228
16.3.2 中间包车的结构	229
16.3.3 中间包车常见故障及处理方法	230
思考题	231
第 17 章 结晶器和结晶器振动装置	232
17.1 结晶器	232
17.1.1 结晶器的主要参数	232
17.1.2 结晶器的结构	234
17.1.3 结晶器宽度及锥度的调整、锁定	237
17.1.4 结晶器集中润滑装置维护	239
17.1.5 结晶器的维护	241
17.2 结晶器振动装置	242
17.2.1 振动规律	242
17.2.2 振动参数	243
17.2.3 结晶器振动机构	244
17.2.4 结晶器振动装置在线振动状况的检测	247
17.2.5 结晶器振动装置常见故障及处理方法	248
思考题	248
第 18 章 铸坯导向、冷却及拉矫装置	250
18.1 小方坯连铸机铸坯导向及拉矫装置	250
18.1.1 铸坯导向装置	250
18.1.2 拉坯矫直设备	250
18.1.3 拉坯矫直设备维护	252
18.2 大方坯连铸机铸坯导向及拉矫装置	255
18.2.1 铸坯导向装置	255
18.2.2 拉坯矫直装置	257
18.3 板坯连铸机铸坯导向及拉矫装置	258
18.3.1 铸坯导向装置	258
18.3.2 有牌坊机架的拉矫机	261



18.3.3 拉矫机维护和检修	262
18.4 二冷区冷却装置	264
18.4.1 喷嘴类型	264
18.4.2 喷嘴的布置	265
18.4.3 二冷喷嘴状态的维护和检查	266
思考题	267
第 19 章 铸坯切割装置	268
19.1 火焰切割机	268
19.1.1 火焰切割机的结构	268
19.1.2 火焰切割机的维修	273
19.2 机械剪切机	274
19.2.1 电动摆动式剪切机	274
19.2.2 液压剪	276
思考题	278
第 20 章 引锭装置	279
20.1 引锭杆	279
20.1.1 大节距引锭杆	279
20.1.2 小节距引锭杆	279
20.1.3 刚性引锭杆	280
20.1.4 引锭头	282
20.2 引锭杆存放装置	283
20.2.1 下装式存放装置	283
20.2.2 上装式存放装置	285
思考题	286
第 21 章 铸坯输出装置	287
21.1 输送辊道	287
21.1.1 输送辊道结构	287
21.1.2 输送辊道维护	288
21.2 横移装置	289
21.2.1 推钢机	289
21.2.2 拉钢机	290
21.3 冷床	291
21.3.1 滑轨冷床	291
21.3.2 翻转冷床	291
思考题	293
参考文献	294



炼铁机械设备

第 1 章 高炉生产车间概况

1.1 高炉生产的主要工艺过程及车间主要设备

在钢铁联合企业中，炼铁生产处于先行环节。高炉生产是目前获得大量生铁的主要手段（约占生铁总产量的 99%）。高炉生产时，铁矿石、燃料（焦炭）、熔剂（石灰石等）由炉顶装入，热风从高炉下部的风口鼓入炉内。高炉生产的主要产品是炼钢生铁和合金生铁，同时还提供铸造生铁。高炉生产的副产品有煤气和炉渣，高炉煤气可以作为燃料，也可用来发电或取暖；高炉渣可以用来制造水泥、建筑材料和肥料。高炉生产的顺利进行是保证整个钢铁联合企业有节奏地生产的先决条件之一。

1.1.1 高炉生产的主要工艺过程

1. 供料

高炉冶炼用的主要原料有 3 种，其中天然富矿和熔剂通过铁路或船只运来，经卸料机和皮带运输机系统把原料堆放在原料场上，在那里进行混匀和分级作业并合理堆放，然后由取料机和皮带输送机把原料运来装入贮矿槽。熟料（烧结矿、球团矿），则直接从生产厂通过铁路或皮带运输机运到炼铁厂装入矿槽。对于焦炭，也是直接从焦化厂运来装入焦炭仓。

2. 上料

由料仓输出的原料、燃料和熔剂，经筛分、称量后用料车或皮带按一定比例一批一批地有程序地送到高炉炉顶，并卸入炉顶装料设备。

3. 装料

炉顶装料设备的任务就是把提升到炉顶的炉料，按一定的工作制度装入高炉炉喉。

4. 冶炼

高炉冶炼主要是还原过程，把氧化铁还原成含有碳、硅、锰、硫、磷等杂质的生铁。由鼓风机连续不断地把冷风送到热风炉加热到 $1200^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ ，再通过炉缸周围的风口进入高



炉。同时在风口区加入各种喷吹燃料和富氧。由炉顶加入的焦炭和风口鼓入的热空气等燃烧后产生大量的煤气和热量，使矿石源源不断地熔化、还原。产生的铁水和熔渣贮存在高炉炉缸内，定期地由铁口和渣口排出。

5. 产品处理

在渣铁处理中，出铁前先从渣口放出熔渣，流入渣罐车的炉渣运至渣水池进行粒化处理，或就在炉前冲成水渣。有的高炉设有干渣坑，将熔渣浇注成一块块干渣。出铁时，用开口机打开铁口，使铁水流入铁水罐车后运到炼钢车间炼钢或铸铁车间用铸铁机浇注成铁块。出完铁，用泥炮把出铁口堵上。

由高炉顶部导出的煤气经过逐级除尘清洗后，再通过煤气管道输往各用户使用。从除尘器排出的炉尘，经处理回收后运往烧结厂作为烧结原料。

图 1-1 所示为高炉生产流程简图。

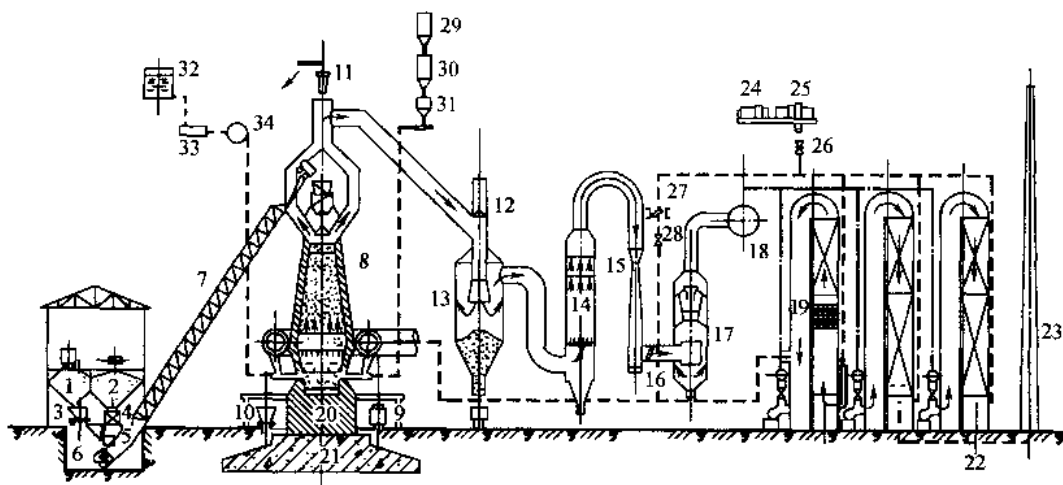


图 1-1 高炉生产流程简图

- 1—贮矿槽；2—焦仓；3—称量车；4—焦炭筛；5—焦炭称量漏斗；6—料车；7—斜桥；8—高炉；
9—铁水罐；10—渣罐；11—放散阀；12—切断阀；13—除尘器；14—洗涤塔；15—文氏管；
16—高压调节阀组；17—灰泥捕集器（脱水器）；18—净煤气总管；19—热风炉；20—基墩；
21—基座；22—热风炉烟道；23—烟囱；24—蒸汽进平；25—鼓风机；26—放风阀；
27—混风调节阀；28—混风大同；29—收集罐；30—贮煤罐；31—喷吹罐；
32—贮油罐；33—过滤器；34—油加压机

1.1.2 高炉车间主要设备

供料设备：包括贮矿槽、焦仓、称量车或称量漏斗、振动筛、给料机等。

上料设备：主要包括料车、斜桥和卷扬机（或皮带上料机）。

装料设备：主要包括受料漏斗、旋转布料器、大小钟料斗、大小钟平衡杆和卷扬机（或大小钟液压驱动装置）、探尺及其卷扬机。高炉高压操作还有均压阀及均压放散阀和传动系统。无料钟炉顶有受料闸门、密封阀、料流调节阀、眼镜阀、溜槽及驱动装置等。

辅助设备：主要包括出铁口机、泥炮、渣铁处理设备、煤气除尘系统设备、送风系统设备等。

图 1-2 所示为高炉生产工艺流程和主要设备方框图。

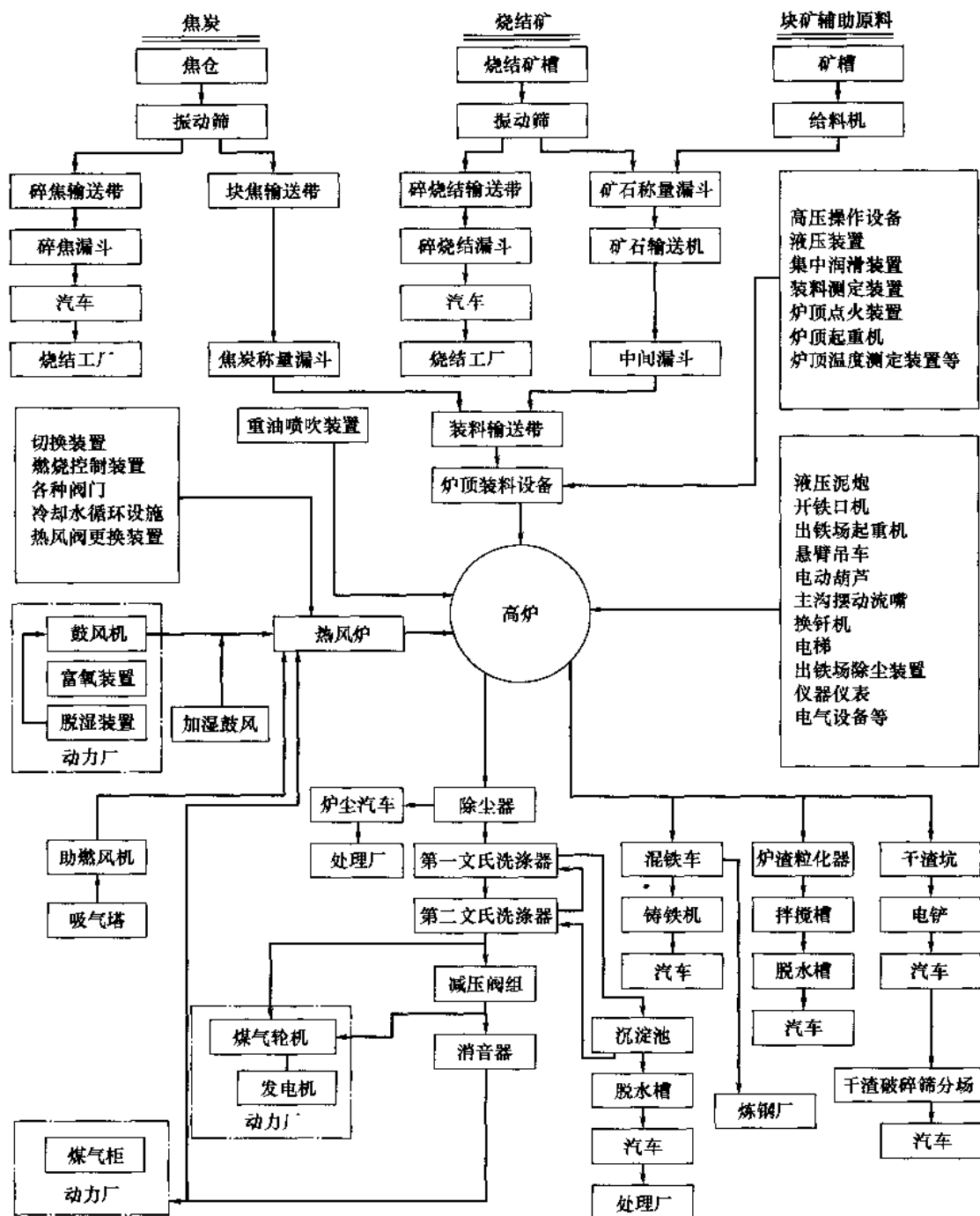


图 1-2 高炉生产工艺流程和主要设备方框图

1.1.3 对机械设备的要求

(1) 满足生产工艺的要求

衡量设备的好坏, 首先看是否能满足工艺要求。例如, 高炉装料机, 首先要看是否能均匀布料, 密封性能如何。而且当生产工艺革新之后, 机械设备也应随之革新和研制。

(2) 要有高度的可靠性

高炉生产线上各种机械设备必须安全可靠,而且动作灵活准确,有足够的强度、刚度和稳定性。因为一台机器发生故障,就可能使高炉休风甚至停炉。

(3) 长寿命并易于维修

由于高炉生产连续性很强,且一代寿命很长(从开炉到大修或两次大修之间的工作日,一般为7~8年,个别高炉达20年),机械设备又处于高温、高压、多尘的环境之中,加之煤气的吹刷作用,因此要保持良好的密封,具有抗磨、抗振、耐热能力。此外,高炉设备损坏后要易于修理,在平时要易于检查和维护。

(4) 结构简单,易于实现自动化

高炉生产十分繁忙且生产环境恶劣,劳动强度大。随着高炉的大型化,对高炉生产实现自动化控制提出了迫切的要求。这对提高产量和质量,改善劳动条件和安全生产都是必不可少的。因而高炉机器的设计都应考虑到易于自动化操作。

(5) 设备要定型化和标准化

1.2 高炉生产技术经济指标

高炉生产的技术水平和经济效果可用技术经济指标来衡量。这些指标不但在高炉生产操作中十分重要,而且对设备的设计、维护和管理工作也有密切的关系。

1.2.1 高炉生产的主要经济技术指标

(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 1m^3 高炉有效容积一昼夜生产生铁的吨数,即高炉每昼夜产铁量(P)与高炉有效容积(V_n)的比值。

$$\eta_v = \frac{P}{V_n} \quad \text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \quad (1-1)$$

η_v 愈高,说明高炉的生产率愈高。

(2) 焦比 K

焦比是每 1t 生铁所消耗的焦炭量。

$$K = \frac{Q_k}{P} \quad \text{kg/t} \quad (1-2)$$

式中 Q_k ——高炉一昼夜所消耗的干焦量, kg。

近代高炉炼铁技术的发展,除了提高产量以外,主要是围绕降低焦比和提高单位能耗的生铁产量而展开的。

(3) 冶炼强度 I

冶炼强度是指每昼夜每 1m^3 高炉有效容积消耗的焦炭量,即高炉一昼夜内装入的焦炭量 Q_k 与有效容积 V_n 的比值。

$$I = \frac{Q_k}{V_n} \quad \text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \quad (1-3)$$

冶炼强度表示高炉冶炼强化程度的高低,取决于高炉所能接受的风量。鼓风愈多,燃烧

的焦炭也愈多，在焦比不变或增加不多情况下，冶炼强度越高，高炉利用系数也就愈高。但过高的冶炼强度将使焦比增加和炉况不顺。

高炉利用系数、焦比和冶炼强度有如下关系：

$$\eta_v = \frac{I}{K} \quad t/(m^3 \cdot d) \quad (1-4)$$

(4) 焦炭负荷 H

焦炭负荷是每昼夜装入高炉的矿石量 P_0 和焦炭消耗量 Q_k 的比值。

$$H = \frac{P_0}{Q_k} \quad t/t \quad (1-5)$$

(5) 冶炼周期

冶炼周期是炉料在高炉内停留的时间，令 t 表示冶炼周期，则计算公式为

$$t = \frac{24V_n}{P_v(1-\varepsilon)} = \frac{24}{\eta_v v(1-\varepsilon)} \quad h \quad (1-6)$$

式中 V_n ——高炉有效容积， m^3 ；

P ——高炉日产铁量， t ；

v ——每吨生铁所需炉料体积， m^3 ；

ε ——炉料在高炉内的体积缩减系数。

由上式可知，冶炼周期与利用系数成反比。

(6) 休风率

休风时间占规定作业时间（即日历时间减去按计划进行大、中修时间）的百分数叫休风率。休风率反映了设备维护和高炉操作的水平。不仅在休风时高炉停止生产，而且在休风前后往往采用慢风操作，有时还不得不减轻焦炭负荷，以免休风后发生炉凉。通常 1% 的休风率至少要减产 2%。一般休风率应控制在 1% 以下。

高炉生产总的要求是高产、优质、低耗、长寿。先进的经济技术指标主要是指：合适冶炼强度，高焦炭负荷，高利用系数，低焦比，低冶炼周期，低休风率。这些指标除与冶炼操作有直接关系外，还和设备是否先进，设计、维修、管理是否合理有密切的关系。因此设备工作人员对上述各项经济技术指标，必须给予足够的重视。

1.2.2 提高高炉生产经济技术指标的途径

① 精料。精料是高炉优质、高产、低耗的基础。精料的基本内容包括提高矿石品位，稳定原料的化学成分，提高整粒度和熟料率等几个方面。稳定的化学成分对大型高炉的顺利操作有重要意义。而炉料的粒度不仅影响矿石的还原速度，而且影响料柱的透气性。具体措施是尽量采用烧结矿和入炉前最后过筛等。

② 综合鼓风。综合鼓风包括喷吹天然气、重油、煤粉等代替焦炭，它是降低焦比的重要措施。此外还有富氧鼓风、高风温 and 脱湿鼓风等内容。

③ 高压操作。高压操作是改善高炉冶炼过程的有效措施，采用高压操作可以延长煤气在炉内的停留时间，提高产量，降低焦比，同时可以减少炉尘吹出量。

④ 电子计算机的控制。高炉实现计算机控制后可以使原料条件稳定和计量准确，热风炉实现最佳加热，有利于提高风温和减少热耗，从而达到提高产量、降低焦比和成本的目的。因而近年来各国都在加强研究利用计算机控制高炉生产。