

冶金过程自动化技术丛书

冶金原燃料生产 自动化技术

马竹梧 编著

刘玠 主编

冶金工业出版社

冶金过程自动化技术丛书

冶金原燃料生产自动化技术

刘 玠 主编

马竹梧 编著

北 京

冶金工业出版社

2005

内 容 提 要

本书为《冶金过程自动化技术丛书》之一,内容包括:原料场生产自动化技术,焦化生产自动化技术,烧结生产自动化技术,球团生产自动化技术和石灰生产自动化技术。

本书可供从事冶金自动化和冶金工程技术的科研、设计、生产维护人员使用,也可供大专院校自动化专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金原燃料生产自动化技术/刘玠主编. —北京:
冶金工业出版社,2005.7

(冶金过程自动化技术丛书)

ISBN 7-5024-3640-5

I. 冶… II. 刘… III. 冶炼—原料—生产工艺—
自动化技术 IV. TF04-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 107539 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 戈 兰 美术编辑 王耀忠

责任校对 符燕蓉 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

2005 年 7 月第 1 版,2005 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.5 印张;495 千字;314 页;1—3500 册

58.00 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)

《冶金过程自动化技术丛书》

编 委 会

主 编 刘 玠

副主编 孙一康 马竹梧 蒋慎言 漆永新

编 委 (以姓氏笔画为序)

马竹梧 王 京 刘 玠 刘文仲

孙一康 杨 荃 杨卫东 杨传福

陈大刚 蒋慎言 童朝南 漆永新

序

建国以来,冶金工业在我国国民经济的发展中一直占据很重要的位置,1949年我国粗钢产量占世界第26位,到1996年粗钢产量为一亿零一百万吨,上升到世界第1位。预计今年钢产量能达到二亿六千万吨左右,稳居世界第1位。根据国家统计局数据,2003年我国冶金工业总产值为4501.74亿元,占整个国内生产总值的4.8%。

统计表明,国民经济增长和钢材需求之间有着非常紧密的关系。2000年我国生产总值增长率为8.0%,钢材需求增长率为8.0%。2002年我国生产总值增长率为7.5%,钢材需求增长率为21.3%。预计今年我国生产总值增长率为7.5%,而钢材需求增长率为13%。据美国《世界钢动态》杂志社的研究,钢材需求受经济增长的影响是:如果经济年增长率为2%,钢材需求通常没有变化,但是如果经济增长为7%,钢材需求可能会上涨10%。这也就是20世纪90年代初期远东地区和中国钢材需求量迅猛上涨的原因。

从以上的数据中我们可以清楚地看出冶金工业在国民经济中的地位和作用。在中国共产党的正确领导下,经过半个世纪,尤其是改革开放的20多年来的努力奋斗,我国已经成为世界的钢铁大国,但还不是钢铁强国,有许多技术经济指标还落后于技术发达的国家。如我国平均吨钢综合能耗,在1995年为1516kg/t,2003年降低为778kg/t,而日本在2003年为658kg/t。很显然还是有差距

的,要缩小这些差距,除了进行产品结构的调整,新工艺流程的研究与开发,建立现代企业管理制度以外,很重要的一条,就是要遵循党的十六大所提出的“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走新型工业化道路”的伟大战略。

众所周知,自从电子计算机诞生半个世纪以来,尤其是近几年来信息技术和自动化技术的迅猛发展,为提高冶金企业的市场竞争力,缩短技术更新周期与提高企业科学管理水平提供了强有力的手段,也使得冶金企业得以从产业革命的高度来认识信息技术和自动化技术所带来的影响。各冶金企业,谁对信息技术、自动化技术应用得好,谁的产品质量就稳定,谁的竞争优势就增强,谁的市场信誉就提高,谁就能在激烈的市场竞争中生存、发展。因此这种“应用”就成了一种不可阻挡的趋势。

2003年,中国钢铁工业协会信息与自动化推进中心及信息统计部就全国65家主要冶金企业的信息与自动化现状进行了调查,调查的结果表明:

第一,我国整个冶金企业在主要的工序流程上,基本普及了自动化级(L1),今后仍将坚持和普及;

第二,过程控制级(L2)近年也有了一定的发展,但由于受到数学模型的开发及引进数学模型的消化、吸收较为缓慢的制约,过程控制级仍有较大的发展空间,今后应关注控制模型的引进、消化和开发,它是提高产品质量重要的不可替代的环节;

第三,生产管理级(L3)、生产制造执行系统(MES)尚处于研究阶段,还不足以引起企业领导的足够重视,这一级在冶金企业信息化体系结构中的位置和作用是十分重要的,它是实现控制系统和管理信息系统完美集成的关键。

由此可见,普及、提高基础自动化,大力发展生产过程自动化,重视制造执行系统(MES)建设,加快企业信息化、自动化的建设进程,早日实现我国冶金企业信息化、自动化及管、控一体化,是“十五”期间乃至今后若干年内提升冶金工业这一传统产业,走新型工业化道路的重要目标和艰巨任务。

为了加速这一重要目标的实现和艰巨任务的完成,我们组织编写了这套《冶金过程自动化技术丛书》。根据冶金工业工艺流程长,

而每一个工序独立性、特殊性又很强,要求掌握的技术很广、很深的
特点,为了让读者能各取所需,本套丛书按《冶金过程自动化基础》、
《冶金原燃料生产自动化技术》、《炼铁生产自动化技术》、《炼钢生产
自动化技术》、《连铸及炉外精炼自动化技术》、《热轧生产自动化技术
》、《冷轧生产自动化技术》、《冶金企业管理信息化技术》等8个分
册出版,其中《冶金过程自动化基础》是论述研究一些在冶金生产自
动化方面共性的问题,具有打好基础的作用,其他各册是根据冶金工
序的不同特点编写的。

这套丛书的编著者都是在生产、科研、设计、领导一线长期从事
冶金工业信息化及自动化工作的专家,无论是在技术研究的高度上,
还是在解决复杂的实际问题方面都具有很丰富的经验,而且掌握的
实际案例也很多,因此书中所介绍的内容也是读者感兴趣的,在实际
工作中需要的,同时书中所讨论的问题也是当前冶金企业进行大规模
技术改造迫切需要解决的问题。

时代的重任,国家的需要,要求我们每一个长期从事冶金企业信
息化自动化的工程技术人员,以精湛的技术、刻苦求实的精神,搞好
冶金企业的信息化及自动化,无愧于我们这一伟大的时代。相信,这
套丛书的出版,会对大家有所帮助。

中国工程院院士 刘阶

2004年仲夏

前言

在过去的若干年里,我国发展钢铁工业都是采用传统的方法,但这种方式难以达到高效、节能降耗的效果;而采用信息化和自动化技术使生产获得高效、高产、优质以及很低的消耗,是国内外已经证明行之有效的方法。故采用自动化技术不仅是钢铁工业现代化的标志和必不可少的环节,而且能获得极大的经济效益。

目前国内外有关钢铁工业自动化的书籍大都是局部的,即自动化仪表、计算机控制、电力传动等某一方面的,而本书的特点是从系统工程出发,使读者对钢铁工业自动化有完整的概念,从而全面了解钢铁工业自动化技术的内容,其中不仅包括仪表、电气传动以及计算机控制技术、基础自动化、过程自动化以及管理自动化等概念,而且包括工艺简述、数学模型、人工智能和先进控制的应用、管理-控制一体化等。此外,本书还列出近年来国内外建设的各工序、各机组的典型三电自动化系统结构与配置,并叙述了各工序、各机组的检测、自动化特别是数学模型、人工智能和先进控制的内容,这些对管理决策、设计、生产、教学甚至对工程引进都会有所帮助。

本书介绍了原料场、焦化、烧结、球团和石灰生产的自动化技术,是作者根据多年从事设计、科研开发和调试的经验并考察和收集了国内外资料,特别是宝钢及国内外大、中型钢铁企业的情况和有关报告等资料编写而成的,可供从事钢铁工业自动化研究、设计、生产维护等工作人员使用,也可供各级领导干部以及大专院校自动化、计算机和工艺专业的师生参考。

由于铁矿石、萤石、白云石、铁矿粉、原煤、铁合金等生产一般不在钢铁厂内,分别属于采矿、选矿、采煤和铁合金等厂矿生产,故其自动化将在另文叙述。

在本书编写和评审过程中承蒙各方面专家、学者提供帮助、咨询和指导,编者特此致谢。

本书编写过程中,尽管编者付出了较大努力,但限于水平和时间紧迫,书中难免有不妥之处,恳请专家、学者、老师和广大读者指正。

马竹梧

2004年9月

目 录

第 1 章 概述	1
第 2 章 原料场生产自动化技术	4
2.1 概论	4
2.1.1 原料场工艺简述	4
2.1.2 原料场设备及其特点	5
2.1.3 原料场信息化自动化系统的构成及特点	5
2.1.4 原料场信息化自动化系统的功能	8
2.1.5 原料场信息化自动化系统的运转概念	9
2.2 原料场的基础自动化	10
2.2.1 原料场的基础自动化的内容	10
2.2.2 原料场的检测仪表及其控制系统	11
2.2.3 电气传动及其控制	19
2.3 原料场的过程自动化	27
2.3.1 原料场使用过程计算机的目的	27
2.3.2 原料场过程计算机功能简述	28
2.3.3 原料场过程计算机系统软件简述	31
2.3.4 数学模型及人工智能的应用	33
2.4 原料场的管理自动化	39
2.4.1 原料场管理自动化的必要性和类型	39
2.4.2 宝钢原料场智能管理系统简介	41
2.4.3 管理自动化数学模型及人工智能应用	44
第 3 章 焦化生产自动化技术	51
3.1 概论	51
3.1.1 焦化生产工艺流程	51
3.1.2 炼焦生产工艺及设备简述	52
3.1.3 焦炉煤气回收和精制工艺及设备简述	54
3.1.4 焦化生产信息化自动化系统的特点	55
3.1.5 焦化生产信息化自动化系统结构	56
3.1.6 焦化生产自动化系统的主要功能	57

3.1.7 焦化生产信息化自动化系统举例	57
3.2 焦化生产基础自动化	62
3.2.1 焦化生产专用检测仪表	62
3.2.2 焦化生产检测及自动控制系统	75
3.2.3 焦化生产电气传动控制系统	108
3.3 焦化生产过程自动化	118
3.3.1 过程自动化的作用和目的	118
3.3.2 炼焦过程计算机的功能	119
3.3.3 数学模型及人工智能的应用	123
3.4 焦化生产的管理自动化	148
3.4.1 焦化生产管理自动化的必要性和类型	148
3.4.2 焦化厂计算机管理信息系统	148
3.4.3 焦化厂制造执行系统	149
第4章 烧结生产自动化技术	153
4.1 概论	153
4.1.1 烧结生产工艺简述	153
4.1.2 烧结生产信息化自动化系统的构成	154
4.1.3 烧结生产信息化自动化系统的主要功能	158
4.2 烧结生产的基础自动化	159
4.2.1 烧结生产基础自动化的主要内容	159
4.2.2 烧结生产专用检测仪表	163
4.2.3 主要工序的检测和自动控制系统	174
4.2.4 单元控制系统简述	179
4.2.5 电气传动及其控制系统	193
4.3 烧结生产的过程自动化	213
4.3.1 过程计算机的目的和作用	213
4.3.2 过程计算机的主要功能	214
4.3.3 数学模型及人工智能的应用	217
4.3.4 烧结厂无人化	239
4.4 烧结生产的管理自动化	242
4.4.1 烧结生产管理自动化的必要性和类型	242
4.4.2 烧结厂设备信息管理系统	242
4.4.3 烧结生产管理系统	244
4.4.4 烧结厂制造执行系统(MES)	246
第5章 球团生产自动化技术	252
5.1 概述	252
5.1.1 球团生产工艺概述	252

5.1.2 球团生产自动化的必要性和作用	255
5.1.3 球团生产自动化系统结构	255
5.2 球团生产的基础自动化	258
5.2.1 检测仪表及其自动控制	258
5.2.2 电气传动及其控制	273
5.2.3 监控系统与人机界面	275
5.3 球团生产的过程自动化	276
5.3.1 过程计算机的目的和作用	276
5.3.2 过程计算机的主要功能	276
5.3.3 数学模型及人工智能的应用	279
5.4 球团生产的管理自动化	284
第 6 章 石灰生产自动化技术	287
6.1 概述	287
6.1.1 石灰生产工艺简述	287
6.1.2 石灰生产自动化系统的构成	295
6.1.3 石灰生产自动化的经济效益	297
6.2 石灰竖窑自动化	297
6.3 石灰回转窑自动化	301
6.3.1 石灰回转窑自动化主要功能	301
6.3.2 石灰回转窑自动化主要控制系统简介	303
参考文献	305

第 1 章 概述

工业化及生产自动化的水平是衡量国家是否发达的主要标志,即工业生产在国民经济中所占的比重以及工业的机械化、自动化程度。而劳动生产率是衡量工业化水平极为重要的标志之一。为达到较高的劳动生产率需要大量的机械设备。钢铁具有良好的物理和化学性能,生铁坚硬、耐磨、铸造性能好,但生铁脆,不能锻压。钢有较高的机械强度和韧性,耐热、耐腐蚀、耐磨,电磁性能好,容易焊接加工,可满足多方面需要和特殊性能要求。此外,钢铁价格便宜,储量丰富(铁元素的地壳丰度为 5.6%),加之冶炼和加工方法简便,效率高,规模大,产量高而成本低,虽然面临其他材料激烈竞争,但由于钢铁工业不断技术进步,而保持多年价格不变,故钢铁是现代工业中应用最广,发展最快的金属材料,也是为制造各种机械设备提供的最基本的材料。钢铁还可以直接为人民的日常生活服务,如为运输业、建筑业及民用品提供基本材料。故在一定意义上说,一个国家钢铁工业的发展状况也反映其国民经济发达的程度。

现代钢铁工业是如图 1-1 所示的庞大而复杂的生产过程。从图中可以看出,由矿石到钢材的生产可分为两个流程:高炉—转炉—轧机流程(通常称为长流程)和直接还原或熔融还原—电炉—轧机流程(即短流程)。此外,还有一些其他的组合,例如短流程的电炉改为转炉等流程,但主要是长流程和短流程。目前长流程是主要流程,但因它必须使用块状原料,需要配用质量好的炼焦煤在焦炉内炼成性能好的冶金焦,粉矿和精矿粉要制成烧结矿或球团矿。这两道生产工序不但能耗高,而且生产中产生粉尘、污水和废气等对环境造成污染。直接还原和熔融还原炼铁工艺的特点是,用块煤或气体还原剂代替高炉炼铁工艺所必需的焦炭来还原天然块矿、粉矿、烧结矿或球团矿,具有相当大的适应性,但其生产规模较高炉小,而且很多技术问题还有待解决或完善。故在现阶段高炉炼铁仍占优势。

钢铁生产需要大量原材料,如高炉炼铁需要大量的铁矿石(或铁合金矿等人造富矿)、熔剂(主要是石灰石、白云石,这是由于造渣的需要)、锰矿、燃料(焦炭、煤粉等),而烧结矿生产又需铁矿粉、熔剂、燃料(焦粉)等,焦炭生产需要炼焦原煤等。又例如转炉炼钢需要铁水、废钢和铁合金等金属料以及石灰、萤石和生白云石等造渣材料,此外还需氧气、铁矿石和氧化铁皮等氧化剂以及富铁矿、烧结矿等冷却剂。由于铁矿石、萤石、白云石、铁矿粉、原煤、铁合金等生产一般不在钢铁厂内,分别属于采矿、选矿、采煤和铁合金等厂矿生产,故其自动化将在另文叙述,本书只叙述原料场、烧结、球团、石灰生产的自动化技术。

根据国内外经验,应用自动化有下列作用:(1)提高产品质量,能使过去难以生产的高质高难度产品有了生产可能;(2)节能降耗;(3)提高劳动生产率;(4)提高收得率;(5)安全运行和提高设备使用寿命;(6)改善劳动条件和省力;(7)为改善操作创造条件;(8)推进科学管理和提高功效;(9)促进科学研究发展;(10)与技术科学结合促进炼铁技术经济优化发展。因此世界各国在冶金原料生产中都是大力采用自动化技术,因为它不仅是衡量国家是否发

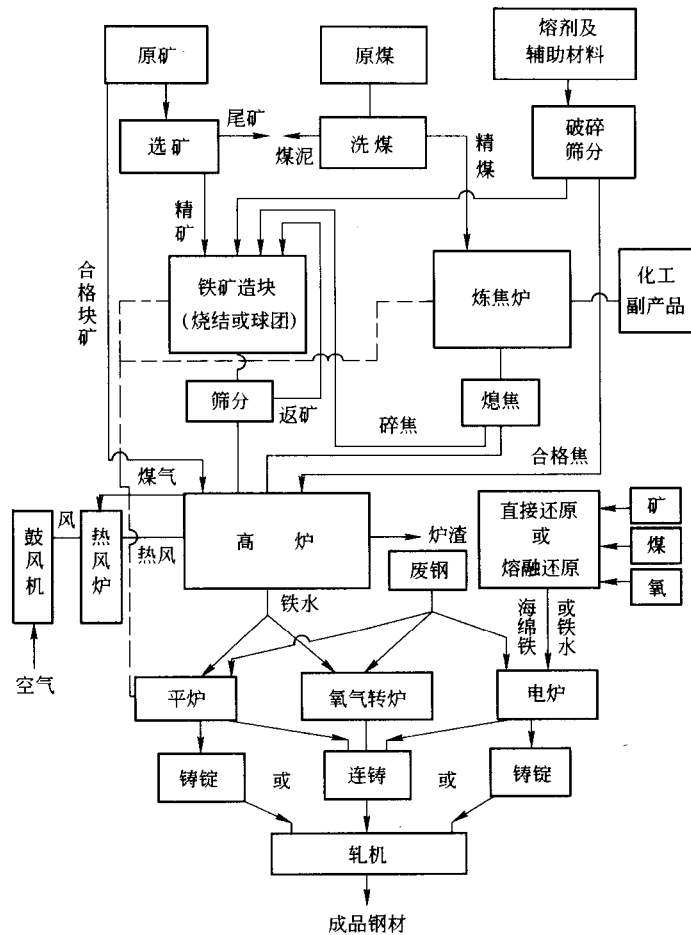


图 1-1 钢铁生产流程框图(未包括风、水、气、电)

达的主要标志,而且可获得高质量、高效率、高收得率,同时可节能降耗,从而获得重大的经济效益,特别是冶金原燃料生产,除了本身效益以外,还为后续工序如高炉、转炉带来附加的影响与效益。根据奥钢联的报道,烧结生产采用自动化技术(基础自动化及包括烧结矿成分、焦粉返回料控制、碱度控制、生产率控制等数学模型和专家系统的过程自动化)后可获得下列效益:(1)提高烧结厂生产率5%;(2)烧结工艺稳定,重现性好;(3)大大降低烧结厂和高炉的能耗;(4)优质烧结矿可提高高炉生产率;(5)诊断系统可提高设备作业率;(6)改善劳动条件和省力并减少岗位人员;(7)详细记录使整个工艺透明化;(8)投资回收期短(约1.5~2年)。

现代钢铁工业自动化包括:基础自动化、过程自动化、管理自动化,即众所周知的三级结构的 CIMS 系统(计算机集成制造系统,流程工业称 CIPS,国内在钢铁工业有学者称为综合管理控制系统),三级结构就是把 CIMS 分为 BPS/MES/PCS 三级,其中 BPS(Business Planning System)级是单纯考虑企业经营管理问题的企业资源规划(ERP),主要是利用以财务分析决策为核心的整体资源优化技术,MES(Manufacturing Execution System,即制造执行系统)级是考虑生产与管理结合问题的中间层制造执行系统,主要利用以产品质量和工

艺要求为指标的先进控制技术和以生产综合指标为目标的生产过程优化运行、优化控制与优化管理技术, PCS(Process Control System)级是单纯考虑生产过程问题的过程控制系统,即过程自动化和基础自动化系统。近年来由于要适应激烈的市场竞争需要,互联网和信息技术的发展,全球化的趋势,钢铁公司的信息化和自动化已从钢铁公司内部到顾客和社会。实行生产-物流-销售一体化,不仅生产部门与公司销售部门联网,且与外界贸易公司,最终用户(汽车、家电、机电制造等工厂)以至税务部门 and 海关联网甚至和国外的有关部门通信,使信息更广域化和高效化,甚至通过卫星监视船舶到达地点,以向用户报告使之作接受准备。这就要求信息化、自动化系统能适应这些进展。为此,出现如图 1-2 所示的 WIM(网络集成制造系统)。WIM 的功能已远远超出 CIMS(计算机集成制造系统)的功能,它是 Web 和智能技术为基础,能充分利用互联网的资源,能实现全球化供销链、远程技术支持和远程诊断等, M2-N2 是常规控制和智能控制等, M3-N3 可进行监控、复杂的优化数学模型和人工智能模型等运算, M4-N4 以上是智能信息处理系统, M4-N5 服务器将运行生产经营管理软件如 ERP、MES 等, M5-N5 是电子商务,运行其软件的服务器与互联网相连。

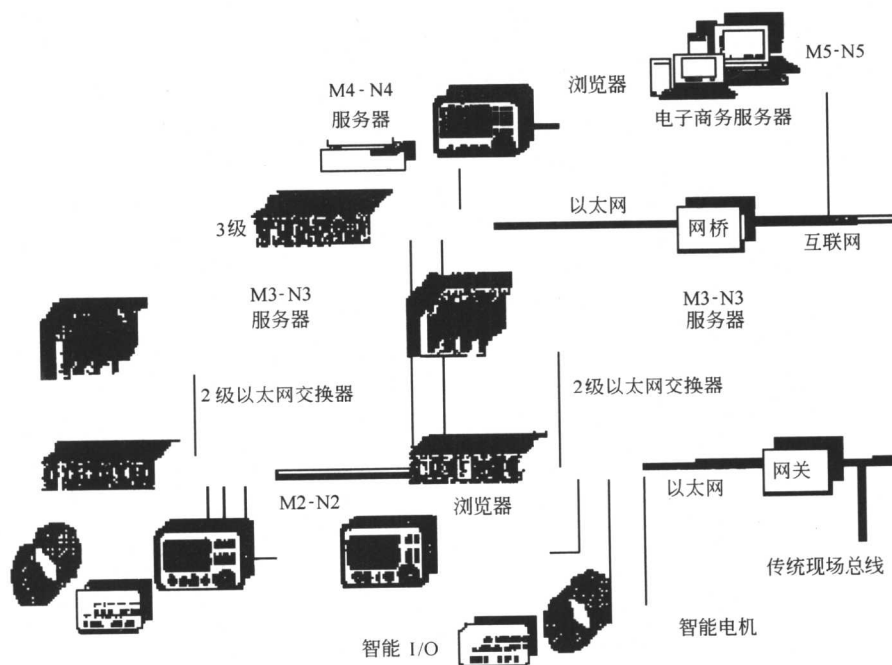


图 1-2 WIM 系统结构

冶金原燃料生产的信息化、自动化系统也如钢铁工业自动化系统同样包括:基础自动化、过程自动化、管理自动化,应该是钢铁工业 CIMS 的一部分,但管理自动化中的 BPS 级是全钢铁厂的范围,故本书的信息化、自动化系统只叙述到制造执行级为止。

第2章 原料场生产自动化技术

2.1 概论

2.1.1 原料场工艺简述

为了供给高炉、烧结(或球团)、焦炉和转炉等冶炼设备所需原料并有一定储备须设有原料场。原料场主要承担全厂铁矿石、焦煤、动力煤等主副原料的输入、储备、破碎、匀矿以及向各生产厂供料,是使炼铁等获得成分均匀的精料和高的技术经济指标必不可少的车间。此外,钢铁生产一般需要存贮二至三个月原料使用量,故现代钢铁工厂都设有范围广大的综合原料堆场,例如日本川崎钢铁公司水岛钢铁厂的原料场面积达 100 万 m^2 ,贮存能力约 230 万 t,我国宝钢仅一期工程,原料场面积就达 83 万 m^2 ,贮存能力约 258 万 t,中型钢铁厂的原料场面积也有 20~30 万 m^2 ,例如酒钢的原料场面积为 21.4 万 m^2 ,最大贮存能力为 65.5 万 t,重钢的原料场面积为 21 万 m^2 。

图 2-1 示出了现代化大型原料场的工艺及其流程。由卸料机把原料从船上卸到岸上,或陆运车辆卸在料槽中,再用堆料机(ST)把原料堆积到矿石场、辅助原料场和煤场(这些料场合称为一次料场)。大块矿石等原料由取料机(RC)送破碎、筛分,把筛选矿送到精矿场,筛下粉料送分层贮料场(二次料场),在那里把不同牌号的精矿粉等,用均匀矿堆料机(BST)

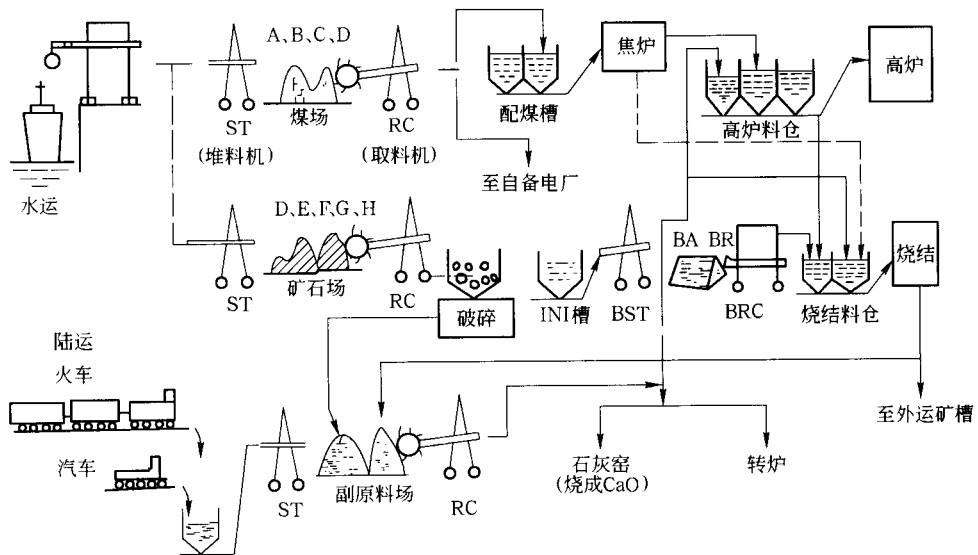


图 2-1 现代原料场生产流程举例

均匀,并分层堆放,取料时则由均匀矿取料机(BRC)从其侧面垂直截取以得到均匀的原料。最后,由料场取出的原料分别由胶带输送机送相应生产厂例如高炉、烧结等的矿槽。此外,料场还接受厂内产生的落地焦、落地烧结矿等返原料和外运料。

2.1.2 原料场设备及其特点

原料场一般由以下几部分组成:

(1) 受料部分。受料部分分水路受料系统、火车汽车受料系统和破碎筛分产品受料系统。

(2) 原料场本体。原料场本体包括煤场、矿石料场、副原料场和混匀矿料场以及落地焦、落地烧结矿等返原料和外运料场或料堆等。

(3) 混匀部分。混匀部分包括各种堆取料机等移动设备。

(4) 供料部分。供料部分包括往各车间供料和车间之间转运供料两部分及其运送和存储设备,如胶带运输机等。

(5) 破碎筛分部分。破碎筛分部分包括原矿、整粒矿破碎、精块矿粉碎、石灰石粉碎、煤一次粉碎和大块筛除、再筛分等设备。

(6) 取样部分。取样部分包括水路运入取样、焦煤供料取样、混合料输入和破碎筛分设施的取样等。

(7) 电气及自动化部分。电气及自动化部分包括各类电动机、各类开关、电机控制中心、传感器、一二次仪表、各类控制设备、计算机,各类控制台和电气室、控制室等。

(8) 辅助部分。辅助部分包括各种车辆、车库、油库等。

因而原料处理过程及其操作有以下6个特点:

(1) 原料场占地广,设备繁多且分散,例如日本川崎钢铁公司水岛钢铁厂的原料场有30台料场机械,460条胶带运输机群,3个整粒工场,150个中继槽,我国宝钢一二期原料场有堆取料机16台,矿石破碎机5台,粉碎机4台,各式振动筛15台,电动机1082台以及266条总长45.19km的胶带运输机。故其有效操作是很关键的。

(2) 装机容量大,耗电大且分散,例如我国宝钢一二期原料场装机容量43000kW,电动机1千多台,故其节能是必不可少的。

(3) 现代化的钢铁厂差不多全部采用皮带运输机运输原料,在以前各个设备的控制装置按运送物流的方向,采用联锁控制的方法。但是,现在为了提高设备的效率,把皮带机连成了复杂的网络,常使用同一个设备进行多目的地运输,因而优化组合就成为迫切的问题。

(4) 移动机械如堆取料机很多,操作条件恶劣,故如何有效指挥、通信、安全(防碰撞)问题,甚至无人化是很需要的。

(5) 原料场的原料种类繁多,量大,原料由厂外运入大多是随机的,故其有效堆放,便于存取是操作主要考虑的问题。

(6) 原料场要为高炉、烧结提供成分均匀的精料,故质量控制是其首要任务。

2.1.3 原料场信息化自动化系统的构成及特点

根据上述有关原料场的组成、设备的分散性、操作的要求和特点,现代原料场的自动化系统和控制方式都是集中控制和集中监视方式,即在中央操作室控制和监视,同时为适宜分