

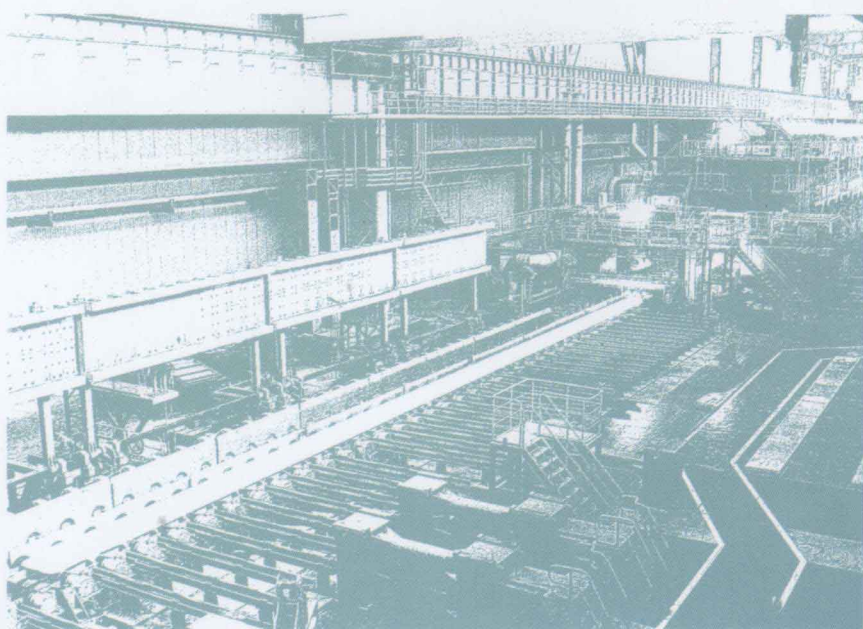


普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12.5" GUIHUA JIAOCAI

冶金设备及自动化

王立萍 胡素影 编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规

冶金设备及自动化

王立萍 胡素影 编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 提 要

冶金过程的自动化涉及冶金工艺、冶金设备、冶金生产技术和自动控制等多学科知识。本书涵盖了钢铁生产中炼铁、炼钢、连铸、炉外精炼、热轧和冷轧等主体生产工艺的基础自动化与过程自动化两方面内容,介绍了当前国内外钢铁行业采用的典型冶金自动化设备与装置、冶金自动化技术和过程控制系统,并扼要介绍了常用的数学模型,对国际冶金自动化领域正在研究开发的方法、设备和数学模型及其研究进程状况也做了简要介绍。

本书可作为高等院校机械、材料、冶金、自动化等相关专业的教学用书,也可供从事冶金自动化和冶金工程技术的科研、设计、生产维护人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

冶金设备及自动化/王立萍,胡素影编. —北京:冶金工业出版社,2011.6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5564-4

I. ①冶… II. ①王… ②胡… III. ①冶金设备—自动化—高等学校—教材 IV. ①TF3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 102117 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 王 优 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5564-4

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 6 月第 1 版,2011 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;14.75 印张;350 千字;224 页

29.00 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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

冶金工业在我国国民经济的发展中占据很重要的地位,国民经济增长和钢材需求之间有着非常紧密的关系。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发达国家。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和建立现代化企业管理制度以外,还要努力发展工业信息化,走新型工业化道路。

为了适应冶金行业对专业人才的需求,培养立足冶金、注重实践、踏实肯干、适应发展的应用型高级专门人才,普及冶金生产过程自动化的基本知识,编写了本书。

冶金过程的自动化涉及冶金工艺、冶金设备、冶金生产技术和自动控制等多学科知识,本书涵盖了钢铁生产中炼铁、炼钢、连铸、炉外精炼、热轧和冷轧等主体生产工艺的基础自动化与过程自动化两方面内容,介绍了当前国内外钢铁行业采用的典型冶金自动化设备与装置、冶金自动化技术和过程控制系统,并扼要介绍了常用的数学模型,对国际冶金自动化领域正在研究开发的方法、设备和数学模型及其研究进程状况也做了简要介绍。

本书由辽宁科技大学王立萍、胡素影编写,其中第1、4、5章由王立萍编写,第2、3章由胡素影编写。本书编写过程中参考了国内外有关书籍和资料,特别是较多地借鉴了管克智主编的《冶金机械自动化》和刘玠主编的《冶金过程自动化技术丛书》相关内容,谨向作者和出版社致以深深的谢意!对参与本书文字整理工作的辽宁科技大学机械专业的本科生朱长启、魏文杰、汪福强、王刚、聂慧雷和孙虎,也表示衷心的感谢!

本书有幸得到鞍钢集团自动化公司教授级高工王叙的审阅,他提出的许多宝贵意见和建议使书中内容更加准确完善,他渊博的知识和审慎的态度令人深深敬佩,在此表示诚挚的感谢!

由于水平所限,不足之处难免,敬请读者批评指正。

编 者
2010年12月

目 录

1 冶金生产自动化基础	1
1.1 冶金生产工艺流程概述	1
1.2 冶金生产自动化系统的分级	2
1.2.1 生产控制级	5
1.2.2 过程控制级	9
1.2.3 基础自动化级	10
1.3 冶金生产计算机控制的分类和基本特点	17
1.3.1 冶金生产计算机控制的分类	17
1.3.2 冶金生产计算机控制的基本特点	17
复习思考题	18
2 炼铁生产自动化	20
2.1 高炉炼铁生产工艺简述	21
2.2 高炉炼铁生产过程自动化	21
2.2.1 高炉数学模型	23
2.2.2 人工智能在高炉中的应用	29
2.3 高炉炼铁生产基础自动化	31
2.3.1 高炉炼铁专用检测仪表	31
2.3.2 高炉炼铁仪表控制系统	35
2.3.3 高炉炼铁电气传动控制	53
2.3.4 监控画面	72
2.4 非高炉炼铁生产自动化	74
2.4.1 直接还原自动化	75
2.4.2 熔融还原自动化	81
复习思考题	84
3 炼钢生产自动化	87
3.1 转炉炼钢生产自动化	87
3.1.1 转炉炼钢生产工艺过程	87
3.1.2 转炉炼钢生产过程自动化	87
3.1.3 转炉炼钢生产基础自动化	102
3.2 电炉炼钢生产自动化	119

3.2.1 电炉炼钢生产工艺过程	121
3.2.2 电炉炼钢生产自动控制	123
3.3 炉外精炼生产自动化	129
3.3.1 炉外精炼工艺过程	129
3.3.2 炉外精炼过程自动化	130
3.3.3 炉外精炼基础自动化	134
3.4 连铸生产自动化	144
3.4.1 连铸工艺过程	146
3.4.2 连铸过程自动化	147
3.4.3 连铸基础自动化	152
复习思考题	158
4 带钢热连轧生产自动化	161
4.1 带钢热连轧生产工艺概述	161
4.2 带钢热连轧生产过程自动化	163
4.2.1 设定计算	163
4.2.2 生产计划和初始数据的处理	165
4.2.3 轧件跟踪功能	166
4.2.4 数据通信	166
4.2.5 数据记录和报表	166
4.2.6 人机界面	167
4.2.7 事件监视	167
4.2.8 数学模型	168
4.3 带钢热连轧生产基础自动化	171
4.3.1 基础自动化级功能	171
4.3.2 轧线检测仪表	178
复习思考题	182
5 带钢冷轧生产自动化	184
5.1 带钢冷轧生产工艺概述	184
5.1.1 带钢可逆式冷轧	184
5.1.2 带钢冷连轧	185
5.2 带钢冷轧生产过程自动化	186
5.2.1 模型设定	186
5.2.2 跟踪功能	189
5.2.3 数学模型	191
5.3 带钢冷轧生产基础自动化	193
5.3.1 主传动速度控制和张力控制	193
5.3.2 自动厚度控制	195

5.3.3 自动板形控制	199
5.3.4 动态变规格控制	206
5.3.5 冷轧检测仪表	209
5.4 带钢冷轧处理线自动化	210
5.4.1 酸洗机组自动化控制系统	210
5.4.2 连续退火线自动化控制系统	215
5.4.3 平整机自动化控制系统	218
复习思考题.....	220
参考文献.....	222

1 冶金生产自动化基础

1.1 冶金生产工艺流程概述

冶金是指从矿石或其他原料中提取金属或金属化合物,并用各种加工方法制成具有一定性能的金属材料的过程。冶金可分为黑色冶金和有色冶金两大类。冶金工业上习惯把铁、铬、锰以及它们的合金(主要指合金钢)称为黑色金属。

现代钢铁联合企业是最庞大的工业部门之一,它包括采矿、选矿、烧结、焦化、耐火材料、炼铁、炼钢、轧钢等一系列生产部门和运输、机修、动力等辅助部门。生产流程从矿石原料采集开始,对于低品位的矿石,必须在冶炼前经选矿工序先选出铁精矿,然后进一步制成烧结矿或球团矿。

现代炼铁方法分为高炉炼铁法和非高炉炼铁法,高炉炼铁法是目前炼铁的主要方法。高炉冶炼是一个连续的、大规模的高温生产过程。铁矿石、熔剂和焦炭等按照确定的比例由上料设备运至炉顶,再由炉顶装料设备分批装入炉内,由风口向高炉吹入 $1000 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ 的热风,使炉内发生一系列物理化学变化,最后生成液态铁水。非高炉炼铁指高炉以外的炼铁方法,包括直接还原炼铁、熔融还原炼铁、粒铁法、生铁水泥法和电炉炼铁等方法。非高炉炼铁在技术成熟程度、可靠性和生产能力等方面目前还不能与高炉炼铁相比,更谈不上取代,短期内只能作为高炉炼铁的补充。

所谓炼钢,就是通过冶炼降低生铁中的碳含量和去除有害杂质,再根据对钢性能的要求加入适量的合金元素,使其成为具有较高强度、韧性或其他特殊性能的钢。炼钢一般可分为转炉炼钢、平炉炼钢和电炉炼钢三种方法。氧气转炉炼钢法是当今国内外最主要的炼钢方法。电弧炉炼钢是利用电极与炉料间放电产生的电弧,使电能弧光中转变为热能,借助辐射和电弧的直接作用加热并熔化金属炉料和炉渣,冶炼各种成分钢和合金的一种炼钢方法。为提高转炉钢的质量和扩大转炉冶炼的品种,转炉顶底复合吹炼炼钢加炉外精炼已成为氧气转炉炼钢生产的主要发展方向。平炉炼钢法因冶炼时间长、燃料耗损大、基建投资和生产费用高,已经被氧气转炉和电炉所代替。

炉外精炼是把经转炉初炼过的钢液移到另一容器中(主要是钢包)进行精炼的炼钢过程,即在真空、惰性气氛或可控气氛的条件下脱氧、脱气、脱硫、脱磷、去除夹杂和夹杂变性、调整成分(微合金化和进行成分微调)及控制钢水温度等。钢水经过浇注(连续铸锭或模铸)成为钢坯或钢锭。近年来连续铸钢得到广泛应用,连续铸钢的具体流程为:钢水不断地通过水冷结晶器,凝成硬壳后从结晶器下方出口连续拉出,经喷水冷却全部凝固后切成坯料。

在钢的生产总量中,除了很少一部分钢材是用铸造或锻造等方法生产之外,90%以上的钢材是用轧制方法成材的。轧制产品的种类很多,一般按产品断面形状分为型钢和板带钢。

型钢包括圆钢、方钢、扁钢、螺纹钢、角钢、工字钢、槽钢、H 型钢、钢轨等,圆钢可以进一步加工成无缝钢管、线材等。板带钢按厚度,分为特厚板、厚板、中板、薄板和极薄带五大类;按轧制方法,分为热轧和冷轧板带钢。热轧就是在再结晶温度以上进行的轧制,而冷轧是在再结晶温度以下进行的轧制。冷轧产品退火后可加工成普通冷轧板带,还可以加工成镀锌板、镀铝锌板、电镀锡板、彩涂板和电工钢板。

冶金生产主要环节的工艺流程如图 1-1 所示。本书主要讲述冶金生产中炼铁、炼钢、炉外精炼、连铸、热轧和冷轧生产过程的自动化技术。

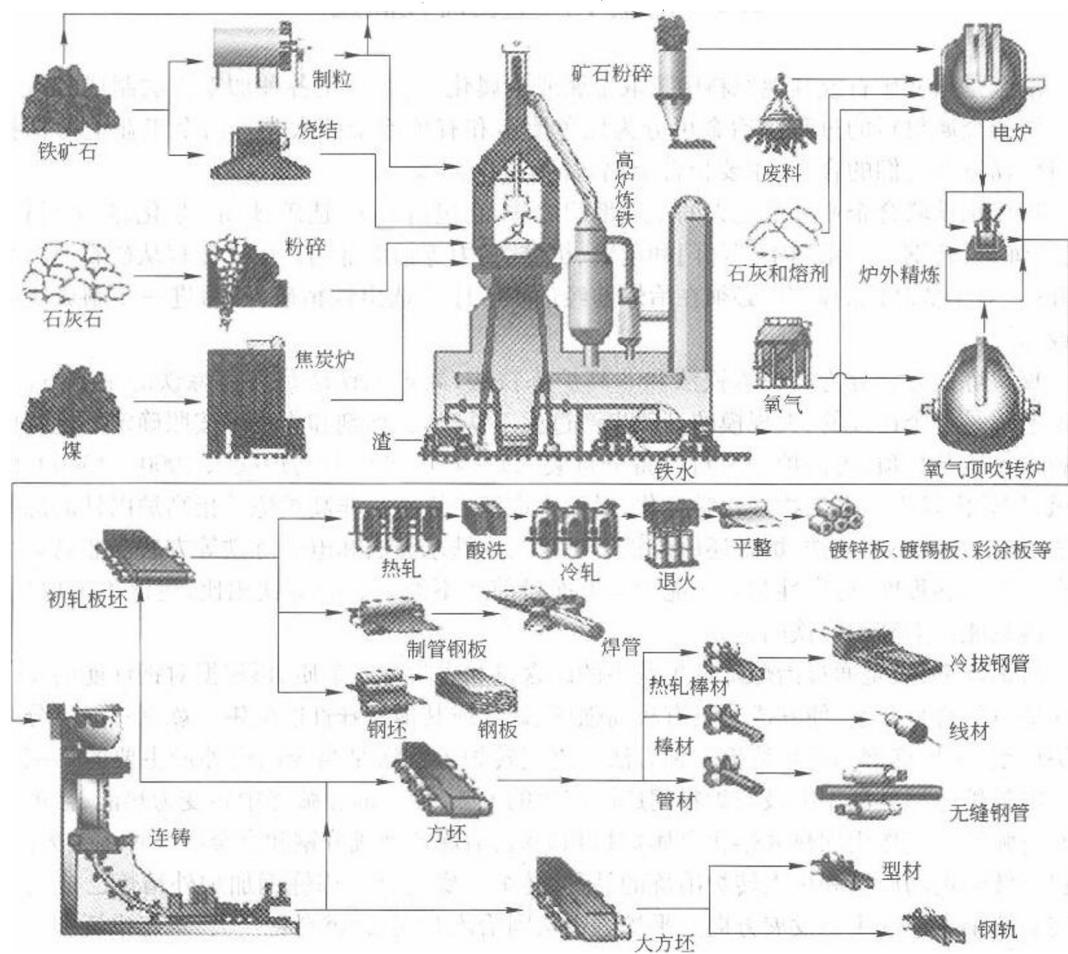


图 1-1 冶金生产主要环节的工艺流程

1.2 冶金生产自动化系统的分级

冶金企业在国民经济中占有重要的地位,在产业经济时代,一个国家的冶金行业水平直接反映了该国的生产力水平。要使冶金企业能够高水平地持续生产,必须实现整体生产自动化,而自动化技术总是紧随着计算机技术的进步而发展的。

1962 年,英国 RTB 钢铁公司将生产管理和过程控制相结合,形成了一个分级(L, level)

的计算机控制系统,该系统从下到上依次为生产过程级、生产控制级、生产管理级、全厂生产调度级。随着计算机技术的进步和冶金企业信息化的建设,冶金企业在生产、经营、战略各个范围内广泛采用集成(一体化)技术,使企业效益不断提高,冶金企业自动化分级控制系统的各级含义也逐渐明确。

1989年,美国普渡(Purdue)大学 Williams 教授提出 Purdue 模型,将流程工业自动化系统自下而上分为过程控制、过程优化、生产调度、企业管理和经营决策五个层次;国际标准化组织 ISO 在其技术报告中将传统冶金企业自动化系统分为 L0 ~ L5 的递级结构,如图 1-2 所示,其中,L1 ~ L5 为冶金企业信息化建设的主要内容。

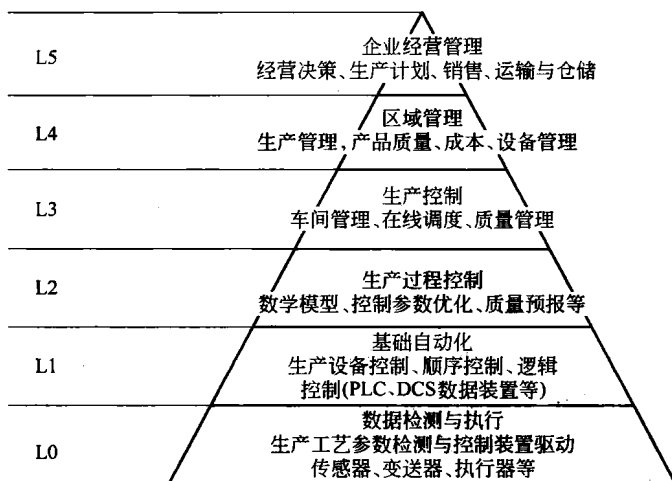


图 1-2 传统冶金自动化系统的构成和分级

在图 1-2 所示的递级结构中,L1 ~ L3 面向生产过程控制,强调的是信息的时效性和准确性;L4、L5 面向业务管理,强调的是信息的关联性和可管理性。

(1) 企业经营管理级(L5),主要完成销售、研究和开发管理等,负责制定企业的长远发展规划、技术改造规划和年度综合计划等。

(2) 区域管理级(L4),负责实施企业的职能、计划和调度生产,主要功能有生产管理、物料管理、设备管理、质量管理、成本消耗和维修管理等。其主要任务是按部门落实综合计划的内容,并负责日常的管理业务。

(3) 生产控制级(L3),负责协调工序或车间的生产,合理分配资源,执行并负责完成企业管理级下达的生产任务,针对实际生产中出现的问题进行生产计划调度,并进行产品质量管理和控制。

(4) 生产过程控制级(L2),主要负责控制和协调生产设备能力,实现对生产的直接控制,针对生产控制级下达的生产目标,通过数据模型优化生产过程控制参数。

(5) 基础自动化级(L1),主要实现对设备的顺序控制、逻辑控制及进行简单的数学模型计算,并按照生产过程控制级的控制命令对设备进行相关参数的闭环控制。

(6) 数据检测与执行级(L0),主要负责检测设备运行过程中的工艺参数,并根据基础自动化级指令对设备进行操作。执行级根据执行器工作能源的不同,可分为电动执行机构、液压执行机构和气动执行机构,如交直流电动机、液压缸、气缸等。

随着计算机技术的发展,冶金企业自动化分级控制结构也在发生着变化,目前,多数冶金企业信息化建设已不再采用6级结构,而将L4、L5整合为企业资源计划(ERP, enterprise resource planning)层,将L3称为制造执行系统(MES, manufacturing execution system)层,将L0~L2统称为生产过程控制系统(PCS, process control system)层,采用如图1-3所示的分层管控结合的自动化系统。

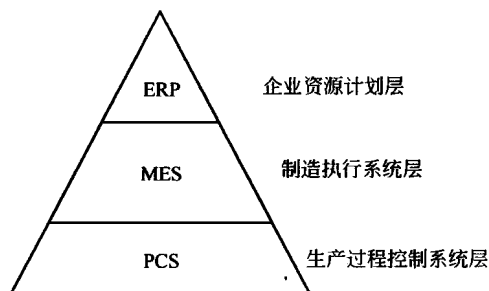


图 1-3 现代冶金企业自动化系统分级

(1) 企业资源计划(ERP),就是将企业内部各个部门通过信息技术连接在一起,让企业的所有信息在网上共享。不同管理人员在一定的权限范围内,可以从网上获得与自身管理职责相关的其他部门的数据,如企业订单和出库的情况、生产计划的执行情况、库存的状况等。企业管理人员通过 ERP 可以避免资源和人事上的不必要浪费,高层管理者也可以根据这些及时准确的信息做出最好的决策。ERP 是对企业中所有资源,包括物流、资金流和信息流进行全面集成管理的管理信息系统。ERP 是建立在信息技术基础上,利用现代企业的先进管理思想,全面地集成了企业所有资源信息,并为企业提供决策、计划、控制与经营业绩评估的全方位和系统化的管理平台。ERP 系统不仅仅是信息系统,更是一种管理理论和管理思想。

(2) 制造执行系统(MES),形成于20世纪80年代末,进入20世纪90年代后逐步成型并获得迅速发展。根据国际制造执行系统协会(MESA)的定义,MES是企业面向车间的生产管理技术,用以提供生产活动中从下载订单到生产成品间的最优化信息。它利用实时准确的数据指导、响应和报告车间发生的各项活动,并对现场变化条件做出快速反应,努力减少非增值活动,以最终达到高效的车间生产。美国先进制造研究机构(AMR, advanced manufacturing research)将MES定义为“位于上层的计划管理系统与底层的工业控制之间的面向车间层的管理信息系统”。MES在计划管理层与底层控制之间架起了一座桥梁,填补了两者之间的空隙。其作为车间层的管理信息系统,同时又能够实时检测、监控设备层的运行状况。一方面,MES可以对来自ERP系统的生产管理信息细化分解,将操作指令传递给底层控制;另一方面,MES可以实时监控底层设备的运行状态,采集并分析处理状态数据,将控制系统与信息系统联系起来。

(3) 生产过程控制系统(PCS),包含与生产设备自动控制有关的所有内容。如果把ERP层和MES层划到传统的管理信息系统中,那么PCS层则属于典型的工厂自动化系统。生产过程自动化的发展过程,大致经历了以基地式控制器为主的模拟调节仪表、以单元组合模拟仪表构成的控制系统、计算机控制系统三个阶段。

目前,我国冶金生产过程计算机控制系统一般分为三级,即生产控制级(L3)、过程控制级(L2)和基础自动化级(L1)。

(1) 生产控制级(L3)的基本任务是编制本厂生产计划,也包括协调上游及下游厂间的生产以及进行原料库管理及成品库管理。

(2) 过程控制级(L2)的基本任务是面对整个生产线,并通过数学模型进行各个设备的设定计算,也包括为设定计算服务的跟踪、数据采集、模型自学习以及打印报表、人机界面、历史数据存储、报警等。

(3) 基础自动化级(L1)的基本任务是顺序控制、设备控制和质量控制。

1.2.1 生产控制级

1.2.1.1 生产控制级系统的发展

20世纪70年代前,钢铁企业生产管理系统的建设目标主要是进行工序管理优化,即建设生产级控制系统。

20世纪80年代以来,围绕着节能而出现的连铸坯的热送、热装和直接轧制三种工艺,将炼钢、连铸到轧钢的各工序在高温下直接连接,集成一体,进行同期化生产。这一阶段建设的生产管理系统主要是进行工序间衔接集成,生产控制级系统开始支持热送、热装生产组织。

20世纪90年代,通过对炼钢→连铸→热轧的集成生产管理方法进行研究和开发,实现了炼钢→连铸→热轧的一体化生产管理。尤其是连铸连轧生产线的生产控制级系统,实现了炼钢、连铸、热轧工序的同步管理与实时调度,充分发挥了生产线的效益。

1.2.1.2 生产控制级系统的特点

生产控制级系统有如下特点:

(1) 生产控制级系统是冶金自动化系统的重要组成部分,它是衔接企业管理级系统(L4)和过程控制级系统(L2)的桥梁,实现了过程控制信息的时效性与生产管理信息关联性的匹配。生产控制级系统将上级系统下达的生产管理计划转换为可由现场执行的生产控制指令,并实时采集现场生产实绩信息,将之整合为上级管理系统所需的面向业务管理的生产实绩。

(2) 实现工序管理优化。生产控制级系统对所管理的车间或工序的资源进行优化和调度,根据上级管理系统下达的生产计划并结合本车间或工序的实时情况,合理分配资源并优化作业顺序,以降低生产成本;或者按生产计划要求进行资源的使用优化,以保证计划的执行和生产过程物流的顺畅。

(3) 对生产现场进行实时动态调度。生产级控制系统对工序或车间进行实时物流跟踪,监控设备的运行情况和计划执行情况。当生产过程中发生任何影响正常生产的情况,生产控制级系统将根据现场实际情况,由计算机自动或人机交互方式对生产过程进行实时调度,以使生产过程物流顺畅,并保证产品的交货周期,优化生产资源的利用。

(4) 作为现场生产作业指挥中心。生产控制级系统一般是企业中各工序的生产作业指挥中心,生产现场作业调度人员和操作人员将通过生产控制级系统将生产指令下达给相应的各岗位或执行机构,同时实时采集生产过程中各相关信息,并将信息传递给生产现场的信息需求者,以利于他们根据生产实际情况进行操作。

1.2.1.3 生产控制的方法及其原理

生产控制的方法主要有最优化生产技术(OPT, optimized production technology)、准时生产(JIT, just in time, 又称看板系统或精益生产)和一体化生产控制策略。

A 最优化生产技术

最优化生产技术(OPT)是20世纪70年代末由以色列的学者 E. Goldratt 创立的。OPT的基本原理是:对于要生产的产品,找出影响生产进度的最薄弱环节,集中主要精力保证最薄弱环节满负荷工作,不至于影响生产进度,以缩短生产周期、降低在制品库存。OPT就是适应上述情形的一种生产计划与控制技术,已被许多西方企业采用,取得了明显的经济效益。

OPT计划编制方法分两个层次,首先编制生产单元中关键件的生产计划;在确定关键件生产进度的前提下,再编制生产单元中非关键件的生产计划。OPT计划编制流程参见图1-4。

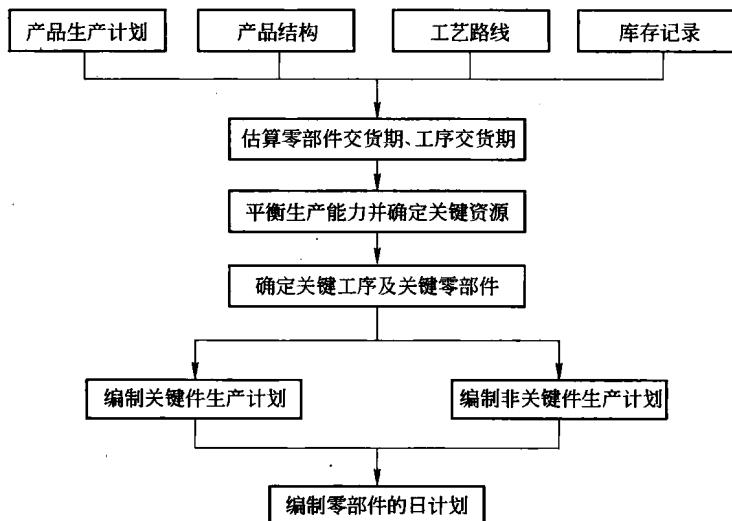


图 1-4 OPT 计划编制流程

OPT系统的指导思想及其运行机理如下:

(1) 追求物流平衡而不是能力平衡。因为物流平衡的目的是使企业的生产能力得到充分利用,并使生产过程各环节的生产能力实现平衡,实现物流的同步化,以求生产周期最短、在制品最少。

(2) 在非瓶颈资源上节省时间是没有意义的。瓶颈资源是指限制整个生产系统生产率的薄弱环节。瓶颈资源工作的每一分钟都直接贡献于企业的产出量,所以在瓶颈资源上损失1h,就使整个系统损失1h。由于非瓶颈工序的负荷取决于通过瓶颈工序的物流量,非瓶颈资源的利用程度不由其本身决定,而由瓶颈资源的能力决定。因此,在非瓶颈资源上节省时间是没有意义的,而且为此还要付出诸如增加在制品库存量等不必要的代价。

(3) 生产系统应合理设置缓冲环节。为了提高整个生产系统的产出量,保证瓶颈资源满负荷工作,系统中应设置缓冲环节。

(4) 生产计划因势利导。为了使工件不在瓶颈工序之前过多地积压和在瓶颈工序之后

能迅速成套,对瓶颈工序之前的工序按推动(Push)方式(以物料来推动生产运行)编制计划,而对瓶颈工序之后的工序则按拉动(Pull)方式(以最终产品的取出来拉动生产运行)编制计划。

(5) 产品批量设计要量力而行。应根据不同目的分别确定合理的运输量和加工批量。批量的大小不是固定的,而是根据实际情况动态地变化的。

B 准时生产

准时生产(JIT)是由日本丰田公司于20世纪70年代推出的一种生产管理方法,它的基本思想可用一句话概括,即“只在需要的时候,生产所需的产品”。它的含义是不投入多余的生产要素,只是在适当的时间生产必要数量的市场急需的产品(或者下道工序急需的物料),并且所有的经营活动都要有益有效,具有经济性。它的基本原理是:杜绝在生产等工、多余劳动、不必要搬运、加工不合理、库存及不良品返修等方面的浪费,以降低生产成本,达到零故障、零缺陷、零库存。JIT的实现要求有相当可靠的材料供应、生产、修理设备。

JIT生产方式的最终目标,即企业的经营目的是获取最大利润。为了实现这个最终目的,“降低成本”就成为基本目标。为了降低成本,就相应地产生了适量生产、弹性配置作业人数以及保证质量三个子目标。

为了达到降低成本这一基本目标,对应于上述基本目标的三个子目标,JIT生产方式的基本手段也可以概括为下面三个方面:

(1) 适时适量生产。对于企业来说,各种产品的产量必须能够灵活地适应市场需求量的变化。否则由于生产过剩,会引起人员、设备、库存费用等一系列的浪费。而避免这些浪费的手段就是实施适时适量的生产,只在市场需要的时候生产市场需要的产品。

(2) 弹性配置作业人数。在劳动费用越来越高的今天,降低劳动费用是降低成本的一个重要方面,达到这一目的的方法是“少人化”。所谓少人化,就是指根据生产量的变动弹性地增减各生产线的作业人数,以及尽量用较少的人力完成较多的生产。

(3) 质量保证。历来认为,质量与成本之间是一种负相关关系,即要提高质量就得花人力、物力来加以保证。但是在JIT生产方式中却一反这一常规,其通过将质量管理贯穿于每一工序之中来实现提高质量与降低成本的一致性。

在实现适时适量生产中,具有极为重要意义的是作为其管理工具的看板。看板管理也可以说是JIT生产方式中最独特的部分,看板的主要机能是传递生产和运送的指令。在JIT生产方式中,生产的月度计划是集中制定的,同时传达到各个工厂以及协作企业;而与此相应的日生产指令只下达到最后一道工序或总装配线,对其他工序的生产指令则通过看板来实现。

C 一体化生产控制策略

一体化生产控制要求将炼钢→连铸→热轧三道工序视为一个整体,实现一体化管理;做到前后工序计划同步,物流运行准时化,充分利用高温的潜热,取消或减少再加热过程,降低能耗,减少烧损,缩短生产周期,减少在制品库存,增加企业效益和市场竞争力。

一体化管理是指炼钢→连铸→热轧生产的一体化管理,统一计划,统一调度,统一制定“列车时刻表”,以此指导炼钢→连铸→热轧生产,使物流连续高效运作。一体化管理是钢铁企业近期生产组织追求的目标。但一体化管理的实现并不只是管理和信息化问题,它与企业的生产工艺、设备条件、信息条件、管理条件等密切相关。

钢铁企业实现一体化有赖于以下条件:

(1) 工艺条件。炼钢→连铸→热轧实现一体化生产,需要从工艺条件上进行研究与开发。炼钢要提高冶金钢种的命中率,能够按计划要求进行炼钢生产;同时,连铸工序能够按要求进行无缺陷板坯生产,并确保铸坯的内在质量与表面质量,以保证送到热轧工序的板坯是高温无缺陷板坯。

(2) 设备条件。一体化生产还需要良好的设备条件进行保证,炼钢→连铸→热轧三大工序之间的设备需要进行良好地匹配,才能保证物流在三大工序之间高效流动,工序之间实现良好衔接。

(3) 信息条件。一体化生产过程中,物流在炼钢→连铸→热轧三大工序之间高效流动,信息流与控制流应与物流同步才能保证物流的高效流动,生产过程信息及控制信息需要通过计算机网络在各工序之间进行高速、可靠、准确地传递,以便各工序根据得到的信息进行本工序的生产控制;同时,系统还应对生产过程进行必要的监控,监控生产过程中出现的各种问题,并根据具体情况对生产过程进行干预,以满足一体化生产过程中物流、信息流、能流之间的平衡。

(4) 管理条件。一体化生产不同于传统的生产组织方式,需要设置专门的生产管理机构,站在企业整体的高度对三大工序之间的生产进行平衡,只有这样才能保证一体化生产过程的物流顺畅,该管理机构对一体化生产过程具有较强的生产控制能力。

1.2.1.4 生产控制级系统软硬件平台选择

生产控制级系统参与生产过程的控制,对系统的实时性、响应性、可靠性要求较高,同时对网络的传输速度要求也较高,因此,在系统规划与设计时应选用可靠性高、速度快的系统。目前,生产控制级系统多选用小型机作为主机,因为微机服务器稳定性较差,存在“莫名”原因宕机的危险。操作系统多采用稳定性、安全性好的 Unix 平台或类 Unix 平台;但也有少数系统从投资及使用方便性角度考虑选用基于 Intel 架构的服务器,操作系统使用 MS Windows 平台。常用数据库有 DB2 和 Oracle 等。

软件按规模来分,源代码行数为 5~10 万行的程序属于大型软件,达 100 万行左右的程序属于超大型软件。冶金企业生产控制级系统一般都属于大型软件,其各功能之间逻辑严密、相互配合,共同完成企业内某工序的生产管理。应用软件的开发工作量大,产品的质量将直接影响生产级控制系统运行的稳定性与可靠性,因此,生产级控制系统的开发必须利用软件工程的方法与技术,以保证最终软件产品的质量。目前国际上著名的钢铁工业 MES 产品有美国的 i2、英国的 Broner PPS 和德国的 PSI Metals。但是 MES 套装软件的应用效果往往受生产工艺装备(设备)运行以及企业管理水平的影响较大,所以相当多的企业采用定制开发 MES 的方法,建设自己的生产控制级信息系统。

软件工程是开发、运行、维护、修复软件的系统方法,具体的做法是用适当的工具表达用户的需求模型,由逻辑概念得到物理模型,再进行分析、编码及测试,并对全过程采用科学的项目管理方法进行控制。

在软件的开发过程中常使用的技术有:

- (1) 分析和设计的自顶向下的方法;
- (2) 软件的模块化开发;
- (3) 程序模板或程序库的广泛套用;

(4) 支持和实施结构程序开发的协议和工具。

使用这些技术将帮助确保分析、设计、编码、测试都从软件系统的最高层做起,然后自然地一级级向下进行。

自然界中任何事物都存在生存期,软件同样也存在一个产生、成长、成熟与衰亡的过程。针对软件的生存期,可采用不同的项目系统管理方法。

1.2.2 过程控制级

1.2.2.1 过程控制级系统的硬件组成

过程控制级系统的硬件由服务器、外部设备、网络通信设备、人机界面(HMI, human machine interface, 也称人机接口)设备等构成。

服务器是过程控制级计算机系统的核心硬件。冶金自动化的工程一般具有周期长、投资大的特点。因此,应该选择水平先进、生产周期长的计算机硬件,以延长系统的运转时间,减少更新升级的次数;在能够满足生产过程和工艺发展需要的前提下,追求较高的性价比;要考虑到系统的可扩展性,为增加新的硬件提供便利的条件,为开发新的应用软件留有余地;要考虑到软件开发和维护手段方面,因为计算机硬件一旦发生故障就会造成停产,带来较大的经济损失。所以在进行系统配置时,除了对各种系统技术功能和使用性能指标合理评价外,要把系统的可靠性放在首位。

外部设备简称为“外设”,是计算机系统中输入、输出设备(包括外存储器)的统称,对数据和信息起着传输、转送和存储的作用,是计算机系统中的重要组成部分。外设一般包括显示器、鼠标、键盘、调制解调器、打印机等。

HMI 设备是安装在各个操作室和计算机室的计算机。通过 HMI,操作人员可以了解过程控制级的有关信息以及输入必要的数据和命令。

过程控制级计算机系统的通信网络比较简单,一般采用以太网连接,光口通信速度为 1000 Mb/s,电口通信速度为 10 Mb/s、100 Mb/s、1000 Mb/s 自适应。

1.2.2.2 过程控制级系统的软件组成

过程控制级计算机的软件由系统软件、中间件(又称支持软件)、应用软件构成。

系统软件是面向计算机的软件,与应用对象无关。系统软件一般包括以下内容:操作系统、汇编语言、高级语言、数据库、通信网络软件、工具服务软件。系统软件中的主要部分是操作系统。操作系统是裸机之上的第一层软件,它是整个系统的控制管理中心,控制和管理计算机硬件和软件资源,合理地组织计算机工作流程,为其他软件提供运行环境。过程控制级系统常采用的操作系统有 OPEN VMS(针对 Alpha 计算机)、Windows NT/2000、Unix 等。

中间件是介于系统软件和应用软件之间的软件。支持软件是一种软件开发环境,是一组软件工具集合,它支持一定的软件开发方法或者按照一定的软件开发模型组织而成。

过程控制级计算机的应用软件是实时软件。实时软件是必须满足时间约束的软件,除了具有多道程序并发特性以外,还有以下特性:实时性,即如果没有其他进行竞争 CPU(central processing unit, 中央处理器),某个进程必须能在规定的响应时间内执行完;在线性,即计算机作为整个冶金生产过程的一部分,生产过程不停,计算机工作也不能停;高可靠性,即可避免因为软件故障引起的生产事故或者设备事故的发生。

1.2.2.3 生产过程数学模型

对于现实世界的一个特定对象,为了一个特定的目的,根据特有的内在规律做出一些必要的简化假设,运用适当的数学工具可得到一个数学结构。数学模型则是由数字、字母或其他数学符号组成的,描述现实对象数学规律的数学公式、图形或算法。

数学模型具有以下特点:

(1) 模型的逼真性和可行性。一般来说,总是希望模型尽可能地逼近研究对象。但是是一个非常逼真的模型在数学上常常是难以处理的;另外,越逼真的数学模型常常越复杂。所以,建模时往往需要在模型的逼真性与可行性之间做出折中和抉择。

(2) 模型的渐进性。稍微复杂一些的实际问题的建模通常不可能一次成功,要经过建模过程的反复迭代,包括由简到繁,也包括删繁就简,以获得越来越满意的模型。

(3) 模型的鲁棒性。模型的结构和参数常常是由模型假设及对象的信息(如观测数据)确定的,而假设不可能特别准确,观测数据也是允许有误差的。一个好的数学模型应该具有下述意义的鲁棒性:当模型假设改变时,可以导出模型结构的相应变化;当观测数据有微小改变时,模型参数也只有相应的微小变化。

(4) 模型的可转移性。模型是现实对象抽象化、理想化的产物,它不为对象的所属领域所独有,可以转移到其他领域,例如,在生态、经济、社会等领域内建模就常常借用物理领域中的模型。这种属性显示了模型应用的广泛性。

(5) 模型的非预知性。虽然已经发展了许多应用广泛的数学模型,但是实际问题是多种多样的,不可能要求把各种模型做成预制品以供人们在建模时使用。

(6) 模型的条理性。从建模的角度考虑问题可以促使人们对现实对象的分析更全面、更深入、更具条理性,这样,即使建立的模型由于种种原因尚未达到实用的程度,对问题的研究也是有利的。

(7) 模型的局限性。模型的局限性具有两方面的含义:

1) 由数学模型得到的结论虽然具有通用性和精确性,但是因为模型是将现实对象简化、理想化的产物,所以一旦将模型的结论应用于实际问题就回到了现实世界,那些被忽视、简化的因素必须考虑,于是结论的通用性和精确性只是相对的、近似的。

2) 由于受人们认识能力和科学技术发展水平的限制,还有不少实际问题很难得到具有实用价值的数学模型。一些内部机理复杂、影响因素众多、测量手段不够完善、技艺性较强的生产过程,如冶炼过程,常常需要开发专家系统与建立数学模型相结合,才能获得较满意的应用效果。

数学模型可以按照不同的方式分类,按照模型的表现特性,可分为确定性模型和随机性模型(取决于是否考虑随机因素的影响)、静态模型和动态模型(取决于是否考虑时间因素引起的变化)、线性模型和非线性模型(取决于模型酝酿关系)、离散模型和连续模型;按照建模的目的,可分为描述模型、预报模型、优化模型、决策模型、控制模型等。

1.2.3 基础自动化级

基础自动化级从过程控制级接收设定数据,经过相应的运算处理后再下达给传动系统和执行机构。相反,基础自动化级还要从仪器仪表采集实时数据并反馈给过程控制级,以便于过程控制级进行自学习和统计处理。