

冶金过程自动化技术丛书

热轧生产 自动化技术

刘 玠 杨卫东 刘文仲 编著

刘 玠 主编

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书为《冶金过程自动化技术丛书》之一,内容包括:热轧生产工艺及设备;热连轧计算机系统与检测仪表;热轧工艺理论基础;基础自动化级功能;过程控制级功能;热连轧数学模型;生产控制管理级功能等。

本书可供从事冶金自动化技术的科研、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

热轧生产自动化技术/刘玠等编著. —北京:

冶金工业出版社,2006.11

(冶金过程自动化技术丛书/刘玠主编)

ISBN 7-5024-4149-2

I. 热… II. 刘… III. 热轧—自动化技术

IV. TG335.11—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131541 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 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

2006 年 11 月第 1 版,2006 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;18.25 印张;438 千字;275 页;1—3000 册

52.00 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

陈大纲 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1516 kg/t,2003年降低为778 kg/t,而日本在2003年为658 kg/t。很显然是有差距的,

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

在冶金工业生产过程中,轧钢生产过程是各种高新技术应用较为广泛的一个领域,而带钢热连轧生产过程自动化系统又是发展得最迅速、最成熟,并且取得经济效益最明显的自动化系统。

本书是作者根据多年从事设计、集成、开发和调试带钢热连轧自动化系统的经验并且收集了国内外有关文献、报告等资料编写而成的,可供从事冶金自动化工作的工程技术人员使用,也可供大专院校自动化、计算机和工艺专业的师生参考。

本书共分7章。

第1章热轧生产工艺及设备,介绍了传统带钢热连轧、薄板坯连铸连轧、新型炉卷轧机的生产工艺和设备的发展状况。

第2章热连轧计算机系统与检测仪表,介绍了热轧计算机系统和热轧检测仪表的概况。

第3章热轧工艺理论基础,介绍了与热轧生产过程有关的理论公式和实用方程。

第4章基础自动化级功能,介绍了基础自动化级的主要控制功能。

第5章过程控制级功能,介绍了过程控制级的主要控制功能。

第6章热连轧数学模型,介绍了热轧生产过程有关的数学模型。

第7章生产控制管理级功能,介绍了生产管理级的主要功能。

全书由刘玠、杨卫东、刘文仲编著。参加本书编著的还有:北京科技大学孙一康(第3章)、杨荃(2.4.2,2.4.4,2.4.5,4.6,6.5.2.1节);鞍山钢铁公司热轧厂郑雷(第7章)、武汉钢铁公司热轧厂王越平(6.7节)。北京科技大

学研究生傅剑、陈连贵、王培元做了很多文字录入工作。

本书的编写参考并引用了许多国内公开出版物的内容(如参考文献部分所示),也采纳了一些没有列入参考文献的内部资料的内容,限于本书的编写体例,在文中没有一一列出,谨此向上述文献资料的作者和提供单位表示真诚的感谢。

由于水平所限和时间紧迫,书中难免有不妥之处,恳请专家、学者和广大读者指正。

编 者
2006年9月

目 录

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 绪论 | 1 |
| 第 1 章 热轧生产工艺及设备 | 5 |
| 1.1 带钢热连轧生产工艺的发展 | 5 |
| 1.1.1 传统带钢热连轧 | 5 |
| 1.1.2 薄板坯连铸连轧 | 8 |
| 1.1.3 新型炉卷轧机 | 10 |
| 1.1.4 热轧无头轧制技术与超薄带的生产 | 10 |
| 1.2 机械设备 | 12 |
| 1.2.1 粗轧机组 | 12 |
| 1.2.2 精轧机组 | 18 |
| 1.2.3 带钢冷却装置 | 22 |
| 1.2.4 卷取机 | 23 |
| 1.2.5 辊道 | 25 |
| 1.3 电气设备 | 27 |
| 1.3.1 概述 | 27 |
| 1.3.2 供电系统 | 28 |
| 1.3.3 电气传动系统 | 29 |
| 第 2 章 热连轧计算机系统与检测仪表 | 33 |
| 2.1 带钢热连轧计算机控制流程概述 | 33 |
| 2.1.1 加热炉区 | 33 |
| 2.1.2 粗轧区 | 35 |
| 2.1.3 中间辊道 | 36 |
| 2.1.4 精轧区 | 37 |
| 2.1.5 热输出辊道 | 39 |
| 2.1.6 卷取运输链区 | 40 |
| 2.1.7 其他 | 41 |
| 2.2 带钢热连轧计算机系统的分级与功能划分 | 42 |
| 2.2.1 生产管理计算机系统功能 | 42 |
| 2.2.2 生产控制计算机系统功能 | 44 |

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| 2.2.3 | 过程控制计算机系统功能 | 46 |
| 2.2.4 | 基础自动化系统功能 | 49 |
| 2.3 | 带钢热连轧计算机系统结构 | 53 |
| 2.3.1 | 带钢热连轧计算机控制系统结构的演变 | 53 |
| 2.3.2 | 基础自动化系统组成及其特点 | 54 |
| 2.3.3 | 计算机控制系统的结构 | 55 |
| 2.4 | 轧线检测仪表 | 62 |
| 2.4.1 | 轧制力测量仪 | 62 |
| 2.4.2 | 宽度测量仪 | 63 |
| 2.4.3 | 厚度测量仪 | 65 |
| 2.4.4 | 凸度测量仪 | 67 |
| 2.4.5 | 平坦度测量仪 | 68 |
| 2.4.6 | 温度测量仪 | 76 |
| 第3章 | 热轧工艺理论基础 | 78 |
| 3.1 | 变形区基本工艺参数 | 78 |
| 3.2 | 体积不变定律 | 78 |
| 3.3 | 流量恒定定律 | 79 |
| 3.3.1 | 变形区入口出口流量方程 | 79 |
| 3.3.2 | 连轧机多个机架的流量方程 | 81 |
| 3.4 | 热轧塑性变形方程 | 81 |
| 3.5 | 轧制力模型的理论基础 | 83 |
| 3.5.1 | 接触弧水平投影长度 | 83 |
| 3.5.2 | 外摩擦应力状态系数 Q_P | 84 |
| 3.5.3 | 热轧金属塑性变形阻力 | 86 |
| 3.6 | 弹跳方程 | 87 |
| 3.7 | 凸度方程和板形方程 | 92 |
| 3.8 | 传热基本方程 | 94 |
| 3.8.1 | 概述 | 94 |
| 3.8.2 | 传热学基础 | 95 |
| 3.8.3 | 传热学基本公式 | 96 |
| 第4章 | 基础自动化级功能 | 102 |
| 4.1 | 轧件运送控制 | 102 |
| 4.1.1 | 概述 | 102 |
| 4.1.2 | 中间辊道控制 | 103 |
| 4.1.3 | 热输出辊道控制 | 105 |
| 4.2 | 自动位置控制(APC) | 106 |
| 4.2.1 | 自动位置控制基本原理 | 106 |

| | | |
|--------------|-----------------------|------------|
| 4.2.2 | 压下控制系统概述 | 109 |
| 4.2.3 | 电动压下自动位置控制 | 113 |
| 4.2.4 | 液压压下自动位置控制 | 115 |
| 4.2.5 | 辊缝零调与轧辊水平调整 | 118 |
| 4.3 | 活套控制 | 120 |
| 4.3.1 | 基本概念 | 120 |
| 4.3.2 | 活套高度控制 | 120 |
| 4.3.3 | 活套张力控制 | 122 |
| 4.4 | 自动厚度控制(AGC) | 124 |
| 4.4.1 | 厚度误差产生的原因 | 124 |
| 4.4.2 | 厚度控制的基本分析方法 | 126 |
| 4.4.3 | 反馈 AGC(GM-AGC) | 131 |
| 4.4.4 | X-监控 AGC | 136 |
| 4.4.5 | 硬度前馈(KFF)AGC | 137 |
| 4.4.6 | AGC 系统的补偿功能 | 139 |
| 4.5 | 自动宽度控制(AWC) | 140 |
| 4.5.1 | 宽度误差产生的原因 | 140 |
| 4.5.2 | 自动宽度控制系统的结构与组成 | 142 |
| 4.5.3 | 自动宽度控制功能 | 143 |
| 4.6 | 板形控制(ASC) | 145 |
| 4.6.1 | 板形控制策略 | 145 |
| 4.6.2 | 前馈板形控制 | 149 |
| 4.6.3 | 反馈板形控制 | 149 |
| 4.6.4 | 板形板厚解耦 | 150 |
| 4.7 | 终轧温度控制(FTC) | 150 |
| 4.7.1 | 终轧温度控制原理 | 150 |
| 4.7.2 | 带钢头部终轧温度控制 | 152 |
| 4.7.3 | 带钢全长终轧温度控制 | 153 |
| 4.8 | 卷取温度控制(CTC) | 156 |
| 4.8.1 | 卷取温度控制原理 | 156 |
| 4.8.2 | 卷取温度控制的理论模型 | 158 |
| 4.8.3 | 基于理论模型的卷取温度控制方法 | 160 |
| 4.8.4 | 基于统计模型的卷取温度控制方法 | 161 |
| 4.8.5 | 带钢冷却方式 | 163 |
| 第 5 章 | 过程控制级功能 | 166 |
| 5.1 | 设定计算和设定 | 166 |
| 5.1.1 | 加热炉设定计算 | 166 |
| 5.1.2 | 粗轧机设定计算(RSU) | 167 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 5.1.3 精轧机设定计算(FSU) | 167 |
| 5.1.4 卷取机设定计算(CSU) | 167 |
| 5.2 生产计划和初始数据的处理 | 168 |
| 5.3 轧件跟踪功能 | 168 |
| 5.3.1 跟踪区的划分 | 168 |
| 5.3.2 跟踪指示器 | 170 |
| 5.3.3 跟踪功能的实现 | 171 |
| 5.3.4 跟踪修正 | 172 |
| 5.3.5 半无头轧制工艺下的跟踪 | 173 |
| 5.4 数据通讯 | 177 |
| 5.4.1 接收信息功能(Level 1 → Level 2) | 177 |
| 5.4.2 发送信息功能(Level 2 → Level 1) | 178 |
| 5.5 数据记录和报表 | 181 |
| 5.6 人机界面(HMI) | 182 |
| 5.7 事件监视 | 182 |
| 5.8 历史数据处理 | 184 |
| 5.9 应用系统起动 | 184 |
| 5.10 模拟轧钢 | 184 |
| 第 6 章 热连轧数学模型 | 185 |
| 6.1 热连轧数学模型的概况 | 185 |
| 6.1.1 热连轧数学模型的发展特点 | 185 |
| 6.1.2 热连轧数学模型的发展趋势 | 186 |
| 6.1.3 热连轧数学模型的功能 | 187 |
| 6.1.4 国内热连轧数学模型的应用状况 | 187 |
| 6.1.5 国外三大公司的热轧数学模型及其比较 | 188 |
| 6.2 精轧设定模型和模型的自学习 | 190 |
| 6.2.1 概述 | 190 |
| 6.2.2 辊缝设定和速度设定的过程及其数学模型 | 191 |
| 6.2.3 数学模型的自学习 | 210 |
| 6.2.4 动态设定(穿带自适应)模型 | 215 |
| 6.2.5 神经网络和热轧数学模型 | 215 |
| 6.2.6 轧制压力数学模型的建立方法 | 216 |
| 6.3 卷取设定模型 | 220 |
| 6.3.1 概述 | 220 |
| 6.3.2 卷取设定的计算流程 | 221 |
| 6.4 卷取温度控制模型 | 224 |
| 6.4.1 概述 | 224 |
| 6.4.2 初始阀门喷水模式设定 | 226 |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| 6.4.3 卷取温度控制模型 | 227 |
| 6.4.4 卷取温度控制模型的自学习 | 232 |
| 6.5 板形设定和控制模型 | 235 |
| 6.5.1 概述 | 235 |
| 6.5.2 板形设定模型 | 235 |
| 6.6 自动宽度控制模型 | 239 |
| 6.6.1 概述 | 239 |
| 6.6.2 AWC 功能的构成 | 240 |
| 6.6.3 动态设定(DSU)模型 | 241 |
| 6.6.4 短行程控制(SSC)模型 | 241 |
| 6.6.5 AWC 的自学习(短行程控制模式的自学习) | 242 |
| 6.7 加热炉自动燃烧控制模型 | 243 |
| 6.7.1 板坯温度的计算 | 244 |
| 6.7.2 燃烧控制设定计算 | 245 |
| 6.7.3 延迟控制策略和模型的自适应修正 | 248 |
| 6.8 半无头轧制和 FGC 设定 | 249 |
| 6.8.1 板坯的各部分的区分 | 249 |
| 6.8.2 FGC 的判断条件 | 250 |
| 6.8.3 设定 FGC 控制的有关参数 | 250 |
| 第 7 章 生产控制管理级功能 | 253 |
| 7.1 合同管理 | 253 |
| 7.1.1 合同数据编辑 | 253 |
| 7.1.2 合同数据查询 | 253 |
| 7.1.3 合同进程跟踪 | 254 |
| 7.1.4 合同归并 | 254 |
| 7.1.5 合同拆分 | 254 |
| 7.1.6 串合同与合同封锁 | 254 |
| 7.1.7 合同终结 | 254 |
| 7.1.8 合同变更 | 254 |
| 7.2 轧制计划编排(生产计划管理系统) | 255 |
| 7.2.1 板坯设计及余材分配系统 | 255 |
| 7.2.2 月计划管理子系统 | 255 |
| 7.2.3 周计划管理子系统 | 255 |
| 7.2.4 日计划管理子系统 | 256 |
| 7.2.5 连铸浇次计划管理子系统 | 256 |
| 7.2.6 炼钢生产计划管理子系统 | 256 |
| 7.2.7 列车时刻表 | 257 |
| 7.2.8 轧制计划管理子系统 | 257 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 7.3 产品质量管理系统(产品质量分析) | 257 |
| 7.3.1 产品质量设计子系统 | 257 |
| 7.3.2 产品质量控制子系统 | 261 |
| 7.3.3 产品质量分析子系统 | 262 |
| 7.3.4 产品质量证明书管理子系统 | 263 |
| 7.4 作业记录 | 264 |
| 7.4.1 统计报表 | 264 |
| 7.4.2 报警记录 | 265 |
| 7.5 轧制数据存储及管理 | 265 |
| 7.6 板坯及钢卷库管理 | 266 |
| 7.6.1 板坯库管理 | 266 |
| 7.6.2 钢卷库管理 | 269 |
| 7.7 产品发货管理 | 271 |
| 7.7.1 成品板坯发货管理 | 271 |
| 7.7.2 成品钢卷发货管理 | 272 |
| 参考文献 | 275 |

绪 论

就工业生产过程而言,热轧生产过程属于各种高新技术应用广泛的一类生产过程。在冶金工业中,带钢热连轧计算机控制系统是发展得最为迅速、最为成熟的计算机系统,不仅提高了生产效率,并且大大改进了产品尺寸精度和性能,带来了巨大的经济效益。在某种意义上说,带钢热连轧计算机控制系统的发展水平也代表了工业自动化的发展水平。

按照国际上的通用分类方法,工业控制过程自动化系统的分级如下:

0级 传动级(Drive) 简称 Level 0;

1级 基础自动化级(Basic Automation)简称 Level 1;

2级 过程控制级(Process Control) 简称 Level 2;

3级 生产控制级(Production Control) 简称 Level 3。

更上一级的系统还有 MES 系统、ERP 系统、生产管理系统、产销一体化系统等,系统的名称和功能就不那么统一了。

按照上述分级方法,对带钢热轧生产线来说,第 1、第 2、第 3 级统称为带钢热连轧计算机控制系统。现在也有在 Level 3 中增加了生产管理功能,称为生产管理计算机。

起源于 20 世纪 60 年代初的带钢热连轧计算机控制系统,经历了几十年的发展历程,到了 20 世纪 80 年代,已经发展得日臻成熟。它的发展特点主要集中在以下五个方面:

(1) 计算机系统的结构逐步分散化。系统的结构从最初的单机集中控制,发展到后来的多级分区的集中控制,再发展到分散控制,这种变化过程是为了更好地满足生产技术发展的需要,也是随着计算机和电气传动技术的发展不断变化的。

(2) 控制功能不断完善。控制功能从最初的代替人工操作的设定控制,发展到生产全线的自动控制、产品质量控制、节能控制,再发展到设备故障诊断,以及近年来的产品的微结构性能预报、性能控制。控制功能不断完善,从简单到复杂,从低级到高级,这些也是来自于提高产品质量、降低生产成本、减少环境污染等方面的需求。

(3) 控制精度不断提高。随着设备制造技术、检测仪表技术、数学模型技术的发展,对产品的控制精度也在不断提高。

(4) 控制范围不断扩大。20 世纪 60 年代初期,以控制精轧机为主。主要是进行压下位置和轧机速度的预设。20 世纪 60 年代中后期,控制范围扩大到加热炉、粗轧机、精轧机、卷取机。到了 20 世纪 80 年代,控制范围又扩大到板坯库、钢卷库、成品库和热平整线、热剪切线,从而覆盖了整个热轧厂。从产品的厚度控制、宽度控制、温度控制到凸度控制、平直度控制、楔形控制,从带钢表面质量检测与控制,到带钢内部金属组织性能预测与控制,控制范围不断扩大。

(5) 硬件标准化,应用软件产品化。硬件产品标准化,应用软件产品化,包括数学模型软件也实现了产品化,可以适应于各种类型的热轧生产线,大大减少了编程和调试的工作量。

基础自动化级使用高性能控制器(HPC)和 PLC。较为著名的 HPC 有美国 GE 公司的 INNOVATION 系统、VMIC 控制器;德国西门子公司的 SIMATIC TDC 系统、SIMADYN-D 系统;日本三菱电机公司的 MELPLAC 系统;日本三菱公司的 V 系列;法国 ALSTOM 公司的 ALSPA 系统等。由鞍山钢铁(集团)公司和北京科技大学自主设计、集成的高性能控制器也成功、稳定地运行在国内多条热轧生产线。

我国引进、建设的第一套带钢热连轧计算机控制系统是 1978 年 12 月投入运行的武汉钢铁公司的 1700 mm 热连轧机控制系统。这个系统由日本东芝公司按照新日铁大分厂 2235 mm 热轧计算机控制系统的模式设计的。宝钢 2050 mm 热连轧机控制系统是我国引进的第二套带钢热连轧计算机控制系统,采用了德国西门子的系统和技术,于 1984 年投入运行。

1993 年 11 月,在武汉钢铁(集团)公司、重庆钢铁设计研究院、北京科技大学的共同合作下,完成了武汉钢铁公司 1700 mm 热连轧机计算机系统的更新改造工程。即将我国引进的第一套带钢热连轧计算机控制系统的全部硬件和软件淘汰掉,在国内热轧领域中,首次采用“硬件引进,软件立足国内”的方针,新系统在不停产的情况下顺利投入使用,并获得了比原有系统更好的控制效果,产品的控制精度得到提高。该系统一直正常运行至今。该项目获得了冶金部科技进步特等奖,获得了国家科技进步一等奖。

随后,在 1995 年 5 月,武汉钢铁(集团)公司、北京科技大学、冶金自动化研究院、北京钢铁设计研究院等单位又共同完成了太原钢铁公司 1549 mm 热连轧机控制系统的建立和开发。

这两个项目的实施,标志着我国已经有能力依靠自己的力量设计和开发像热连轧这样过程控制极为复杂、要求快速响应的计算机控制系统的软件(包括数学模型的软件)。

20 世纪末和 21 世纪初,我国捆绑式引进的三条 CSP 热轧生产线(即珠江 CSP、邯鄹 CSP、包头 CSP)相继投产,这三个热轧计算机控制系统都采用了德国西门子公司的系统和技术。当时捆绑式引进的初衷是想“用市场换技术”。

到目前为止,我国国内带钢热连轧计算机控制系统已经囊括了世界上所有先进电气公司的硬件设备和软件技术(包括控制软件和数学模型)。其中,有美国 GE、东芝 GE、德国西门子、日本三菱电机、日本(东)芝(三)菱、奥地利 VAI 等公司。这在世界上是仅有的现象。

从我国带钢热连轧计算机控制系统的发展历史出发,我们总结、归纳出我国轧钢过程自动化进程曾经经历过的五种工作模式。按照这些工作模式的产生时间顺序排列如下:

(1) 全面引进、学习掌握。以武钢 1700 mm 热连轧生产线和宝钢 2050 mm 热连轧生产线的计算机控制系统为代表。采取的模式为:外方总包、技术总负责;中方技术人员学习掌握。

(2) 外方总包、中方分包。这种模式只有宝钢梅山 1422 mm 热连轧生产线的计算机控制系统(第一次改造)一例。采取的模式为:外方总包、技术总负责;中方(武汉钢铁公司、北京科技大学)又从外方手中分包了部分软件编程和现场调试工作。外方要付钱给中方。

(3) 硬件引进、软件国内自主设计和开发。以武钢 1700 mm 热连轧生产线计算机控制系统更新改造工程和太钢 1549 mm 热连轧生产线的计算机控制系统为代表。采取的模式为:中方总包,技术总负责;从国外仅仅引进计算机硬件系统,全部软件的设计和开发由国内自主完成。

(4) 软件关键部分引进、中外合作开发。以宝钢 1580 mm 热连轧生产线和鞍钢 1780 mm 热连轧生产线的计算机控制系统为代表。采取的模式为:软件系统由中、外双方联合设计、联合开发、联合调试。近年来也有一些项目,例如唐山钢铁公司 1700 mm 热轧计算机控制系统,也采用这种模式。

(5) 硬件系统自主集成、软件国内自主设计和开发。以鞍钢 1700 mm 中薄板坯连铸连轧生产线的计算机控制系统为开始,继而在鞍钢 2150 mm 热轧和济钢 1700 mm 热轧推广,采取的模式为:中方(鞍山钢铁公司)总包,技术总负责;不再引进整个计算机硬件系统,仅仅从国际市场上采购硬件部件,然后自己集成和设计整个硬件系统。全部软件由国内自主设计,开发完成。鞍钢营口 1580 mm 热轧计算机控制系统也将采用这种模式建立。

但是,从近年来的情况看,从主流方面,几乎又回到了第一种模式,即全面引进。引进,落后,再引进,再落后,似乎走进了一个怪圈。

如何避免简单重复引进,加速自主开发,自主创新,这是国内许多行业都需要思考和解决的问题。

从产、学、研三方面来说,国内并不缺乏从事冶金工业过程自动化的技术人员。一方面,国际上知名的电气公司和机械设备公司中都有中方雇员,许多人还担当了重要的领导职务或重要的技术职务。其中,许多人原来就是国内钢铁企业、科研机构、大学中的自动化或计算机技术人员;另一方面,外国公司承包的一些热轧计算机项目中,又由中方雇员进行软件设计和现场调试。这不是从侧面也充分说明了中国技术人员的水平也并不低吗?

通过对国外技术的引进、消化、吸收以及移植和改造,我国科技人员已经完全掌握了设计、开发带钢热连轧计算机控制系统的技术和方法。也正是因为有了上述第(3)、(4)、(5)种模式所列出的热轧计算机项目成功地实施,所以近年来,才使得外商在我国进行投标、报价时,不得不比过去大大地压低了价钱。

上述的第(2)种模式是一个特例,所以今后的选择主要集中在剩余的 4 种模式上。当前,我们追求的第一目标应该是“硬件引进、软件国内自主设计和开发”(即第(3)种模式);退一步的目标是“软件关键部分引进、中外合作开发”(即第(4)种模式);更进一步的目标是“硬件系统自主集成、软件国内自主设计和开发”(即第(5)种模式);今后,应该尽量避免“全面引进”(即第(1)种模式)。

目前情况下,硬件仍然需要从国际市场购买,采用什么样的硬件,需要根据最终用户的需求和资金状况决定。像鞍山钢铁(集团)公司和北京科技大学那样,从国际市场上采购硬件部件,然后自己集成和设计整个硬件系统,这是一个掌握主动权、掌握技术、节约资金的有效方法。不论采用哪种形式购买硬件以后,中间件、应用软件(包括数学模型的软件)都争取自主设计和开发,从技术能力和技术水平方面来说,是没有问题的。行业中各单位的团结协作、联合开发是重要的。

此外,国家在产业政策,考核和奖励标准等方面也应该对带钢热连轧计算机控制系统及其类似系统的自主开发方面给予支持。

近些年来,中国热轧技术取得了很大进步,特别是中薄板坯连铸连轧直接相接、紧凑式布置的短流程热轧带钢生产工艺,具有快速、高效、节能、规模化的热轧带钢生产特色,代表了当代热轧带钢轧制技术的发展方向。建设这样的热轧生产线实现了投资少、成本低、高效率、规模化热轧带钢生产。