

冶金自动化研究设计院 建院 30 周年论文集

(1973~2003)

冶金自动化研究设计院

冶金工业出版社

冶金自动化研究设计院 建院 30 周年论文集

冶金自动化研究设计院

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 提 要

为全面反映冶金自动化研究设计院建院 30 周年,尤其是 1993 年以来在科学技术和新产品方面所取得的成就,带动行业的技术创新,促进国民经济的发展,我们编辑出版了《冶金自动化研究设计院建院 30 周年论文集》,内容涵盖了冶金等行业电力传动控制、过程计算机、数学模型、人工智能、计算机信息管理、仪器仪表及企业管理等方面的内容。

本书可供从事工业自动化科研、设计、生产、建设的广大科技工作者使用,也可供大专院校相关专业师生及技术工人和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金自动化研究设计院建院 30 周年论文集/冶金自动化研究设计院编. —北京:冶金工业出版社, 2003. 10
ISBN 7-5024-3365-1

I. 冶... II. 冶... III. 冶金一文集 IV. TF-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 088349 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

北京冶金大业印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 10 月第 1 版,2003 年 10 月第 1 次印刷

210mm×285mm 27 印张; 880 千字; 422 页; 1-550 册

68.00 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

为了集中展示冶金自动化研究设计院建院 30 周年以来在自动化领域的最新科研成果和实践经验,院庆 30 周年筹备组在今年 3 月专门发布了征集论文的通知,得到了院内广大职工的积极响应和热情支持。

《冶金自动化研究设计院建院 30 周年论文集》是在征集到的众多论文中,经认真筛选,汇集 121 篇论文而成。其中信息与自动化专业 69 篇,电力电子专业 20 篇,仪表专业 9 篇,管理专业 20 篇,其他专业 3 篇,包括生物 1 篇,液压 2 篇。本论文集总的特点是量大,覆盖面广,其收录内容包括自动化领域的相关论文,如自动控制发展史、国内外自动化控制理论及应用、过程控制与自动化仪器仪表、烧结自动化控制系统、直流调速装置和系统、楼宇自动化和小区智能化的新型系统、交流伺服系统、电气自动化、模式识别与智能控制、综合办公自动化、系统仿真、系统工程建模、系统工程优化、控制与决策、生物控制理论与技术、串行通信、国内外信息化、计算机与管理信息系统、人工智能与专家系统等,还有企业战略、企业管理、知识产权管理和保护、财务控制和管理、人力资源、社会保障等方面的相关论文。这些论文不仅集中反映了我院近十几年来所完成的科研开发工程技术成果(包括已经在国内外科技刊物上公开发表的一部分),而且反映了近年来我院管理水平的大步提高。希望通过本论文集的征集和编辑出版工作,能够进一步促进院内各部门、各专业之间的沟通,营造更为浓厚的学术氛围,掀起全院技术人员争当科技创新先锋的新高潮。

在此次论文集的征集工作中,各方面均表现出巨大的热情并给予极大的支持。感谢论文作者们尤其是那些常年出差在外的工程技术人员的认真撰写和及时投稿;感谢专家组对论文进行的认真审查及从技术方面的严格把关;感谢编辑们为此次论文集的编辑出版所做的辛勤工作;感谢筹备组所有相关人员为此而付出的辛劳。

冶金自动化研究设计院建院 30 周年论文集编委会

2003 年 10 月

目次

信息与自动化

信息化、自动化的进展与钢铁工业自动化	马竹梧	1
21 世纪初叶冶金自动化装备技术发展和对策	薛兴昌, 张剑武, 兰晓健, 等	12
冶金自动化工程开发设计规范概述——促进冶金自动化工程技术发展的指导性文件	薛兴昌	17
专家系统构筑方法及其应用实践	马竹梧	21
国家 CIMS 实验工程的软件配置管理系统	黄维纲	25
制造业信息化的标准化和发展趋势	肖正宇	30
自动控制发展史	吴熊飞	34
炼钢自动化的新课题	邹立功	37
智能技术在钢包精炼炉中的应用	孙彦广, 陶白生, 王代先	41
烧结自动化控制系统	姚 旺	45
转炉炼钢车间自动化系统集成	李大达, 蒋慎言	48
人工智能技术在埋弧炉上的应用	李大达, 孙彦广, 史 扬	53
本钢炼钢厂炼钢三电系统	吴京兵, 杨溪林, 李 江, 等	56
副原料投入工艺的定量化研究与应用	吴京兵, 金樟贤, 李成林, 等	60
电弧炉废钢、合金料优化计算	张 强	64
棒材轧机的 PLC 控制系统	葛 钢, 杨艳秋, 范湘钧, 等	67
宽带钢冷连轧机自动控制系统	张剑武	70
宝钢初轧厂小方坯精整线控制系统	张洪军, 杜志强, 周小龙, 等	74
华西线材轧线 3 号飞剪自动控制	纪有礼, 赵恒远, 董 遼	77
华西线材轧线集卷站自动控制	纪有礼, 赵恒远, 董 遼	80
棒线材轧线飞剪的控制	王冰贺	83
攀钢 1450mm 热连轧机活套张力控制系统	吴亚鹏, 陈日斌	86
攀钢热轧厂三期改造层流冷却的温度控制	王全生	90
攀钢热轧厂三期改造精轧液压 AGC 控制	龚 文, 李 敏, 罗诗岳, 等	95
攀钢 1450mm 热连轧机电动压下控制系统	吴亚鹏, 李国涛, 韩 露	100
棒线材轧机的自动化检测元件概述	王冰贺, 王全生, 宋 敏	104
攀钢热轧厂三期改造卷取液压侧导板工艺与控制	李 敏	107
ORACLE 数据库及其开发工具在攀钢冷轧厂酸轧联机过程控制计算机系统中的应用	刘雅超, 张 宇	110
直流电机故障诊断专家系统的开发研究	马竹梧, 沈标正	114
江阴兴澄钢铁公司轧钢生产制造执行系统	毛汉平, 龚文荣, 廖春香, 等	118
轧机扭振控制策略与实施	沈标正, 师淑珍, 陈 践, 等	123

LonWorks 系统工程优化	张云贵	131
基于 GPRS 的无线数据采集系统的应用	叶本凤, 张云贵	136
SIMATIC CP1613 网卡及 OPC 技术在 VC 下的应用——包钢无缝厂网关通信程序解决方案	王铭华, 李 响	140
在 ORACLE-FORMS 中实现日期控件	余四清	143
以 ADAMS 为平台的三自由度机器人控制方法研究及软件开发	沈艳丽, 董剑飞	147
用 C 语言在 COMPAG-ALPHA 机上编写通用的全局段映射函数	余四清	149
线性规划单纯形法的改进	余四清	153
将西门子 PLC 与 PC 机通信的 SR 程序改为 MFC 形式	余四清, 李 彦	155
基于 CORBA 和 COM+ 的消息中间件设计	肖 涛, 刘晓强	160
Linux 内核实时性的研究与改进	姚永捷, 刘晓强	163
自适应滤波器与 AR 模型的定阶问题研究	吴熊飞, 顾佳晨, 罗 昶	166
自组织映射神经网络及其实现	宋 辉	171
AriCon 系统中 DeviceNet 网络的实现	孙 伟	175
现场总线在联动线系统中的应用	董剑飞, 赵 亮	178
从功能块应用体系看基金会现场总线的特点	斯可克, 曲 阳, 王尊华	180
FF 现场总线实现锅炉控制的策略	斯可克, 王尊华	185
用 Lotus Domino 编写办公自动化应用程序实例	李 彦, 李 强	189
利用 OA 实现知识管理	李 彦, 李 强	192
国际化软件的开发方法	李文兵	196
一种不确定性的软件自动测试方法及其在工业现场中的应用	纪 扬, 李文兵	199
软件系统的本地化开发	李文兵, 纪 扬	203
工业以太网发展现状与分析	刘晓强, 姚永捷	206
MES 在流程制造业的应用	孙彦广, 李 彦	210
ERP 在钢铁行业的应用	王纪韶, 李 彦, 梁思蒙	215
ERP 的发展趋势	王纪韶, 李 彦, 梁思蒙	219
基于 Web Service 组件技术的 ERP 管理系统	梁彦华	223
关于统一访问异构数据源的问题	席 政	227
串行通信的通信方式比较和编程方法	张玲玲	230
基于 J2EE 的 MES	李 胜	232
ArimNet 结构化综合布线工程实践	高 达, 孙晓斌, 郑京香	236
虚拟局域网技术在 ArimNet 中的应用	郑京香, 肖正宇, 高 达	241
智能控制在铝电解工业生产过程中的应用	马少仿, 边 岩, 宋向东	245
可编程控制器和现场总线在铝电解生产过程控制中的应用	马少仿	249
地理信息系统(GIS)技术及其在矿业中的应用	孙要夺	253
MRP II 实施中帕雷托法则分析	彭 鹏	257
应用基金会现场总线(FF)实现对循环流化床锅炉控制	黎正平, 党红文	259
利用防火墙保护信息系统的安全	夏 宁	263
钢铁企业网络建设的几点考虑	夏 宁	266

电力电子技术

功率半导体器件综述	李永建	269
低功耗 CMOS IC 设计	李永建	272
低功耗测试方法研究	李永建	276

目 次

一种适合复杂门极图形晶闸管触发电流的计算方法	黎明, 郭成扬, 苑 莉	279
闭管镓-铝扩散的应用研究	龙桂珍, 彭 鲁, 李永建	282
大功率晶闸管设计探讨	龙桂珍	285
同步化运行的工频调速电机	丁蕴石, 李晨辉	288
基于 DSP 的直流调速装置通信接口的开发	孙 伟, 赵晓坦, 段 巍	291
LCD 及键盘在 DSP 直流调速装置中的实现	王建伟, 段 巍, 孙 伟	293
直流电机调速装置中的电源设计	穆雪松, 段 巍, 赵 雨	296
DSP 在直流调速系统应用中的软件设计	刘秋社, 张胜民, 段 巍	299
FPGA 在直流调速装置中的应用	金传付, 孙 伟, 赵 雨	303
高电压大功率三电平 IGCT 变流器的研究	王成胜, 朱春毅, 张胜民, 等	306
采用新励磁技术实现 1150 轧机同步电动机的经济运行	陈雪松, 刘曰鹏	310
交流伺服系统在火炮中的应用	陈雪松	312
交流伺服电机在高炉料流阀及溜槽倾动中的应用	刘云辉, 陈雪松, 董剑飞	315
自动化骄子——交流伺服驱动单元	高育杰	319
火炮伺服系统直流侧谐波电流分析	刘云辉	322
2×30MW 10kV 同步机中压变频软起动控制系统	路尚书, 朱春毅, 许海涛, 等	325
IGCT 三电平变频器在热连轧板材轧机上的应用	张胜民, 刘国君, 路俏俏	328

仪 器 仪 表

冶金传感器的研究与开发	万雅竞, 张玉庆	331
现代钢水定碳技术	郭占江, 万雅竞	335
一种先进的混铁车车号读取装置	彭宪建, 邱忠义, 刘光勳, 等	338
热轧带钢的浪形滑动现象及其对平直度测量的影响	杨溪林, 邱忠义, 李 鑫, 等	340
激光热轧带钢平直度测量方法研究	杨溪林, 邱忠义	342
燃气计量仪表及其应用	党红文	344
首钢纯高炉煤气热值测量系统	党红文, 毕晓海, 侯 雁, 等	348
热轧带钢光电检测仪表的研究	邱忠义, 杨溪林, 钱建强	351
DTC-01 快速数字定碳测温仪及其在冶金工业中的应用	党红文, 丁利民	357

生 物

一种高新技术——磁酶免激素测定技术在计生行业的应用	张玉庆, 丁武成	361
---------------------------	----------	-----

液 压

液压 AGC 伺服缸的偏摆计算	王泽民	364
液压缸的导向元件	王泽民	367

企 业 管 理

建立现代企业制度——国有企业改革的必由之路	赵恩光	371
科研院所转制过程中一些财务会计问题	王社教	375
企业集团内部的财权分配与财务控制	王社教	378
明晰国有产权, 强化财务控制能力	陈 斌	382

加强财务管理适应科技体制转变·····	赵尚亭	386
浅论推行责任成本制度·····	赵尚亭	388
谈谈内部审计在企业管理中的作用·····	刘雪莲	391
与时俱进话统计·····	姜积岳	394
建立健全社会保障制度,为自动化院腾飞保驾护航 ·····	吕桂芬	396
浅谈知识产权管理和保护 ·····	顾云燕,朱金录	398
浅谈“人世”后做好企业知识产权保护工作的重要性·····	彭宪建	400
高新技术企业知识产权的保护与管理·····	王艳阳	402
加强选题与组稿,提高科技期刊质量 ·····	初秀兰,沈黎颖,魏 方	407
责任编辑要把好最后一关·····	初秀兰,沈黎颖,魏 方	409
Photoshop 软件在论文插图处理中的应用 ·····	杜 硕,谷京华	411
用 Word 的图形编辑功能处理期刊插图 ·····	杜 硕	413
科技期刊核心竞争力的新起点·····	朱 虹	415
试论国有企业档案资产的保护 ·····	王艳芬,孙毅平	417
关于当前企业战略“热”的冷思考·····	谢新光	419
合理配置资源,有效利用信息——浅谈院图书馆自动化管理在网络时代中的应用 ·····	郭 郁,孙晓斌,谢新光	421

信息化、自动化的进展与钢铁工业自动化

马竹梧

0 引言

江泽民主席曾经在《加快我国信息化建设》一书的序言中深刻指出：“信息化是一场带有深刻变革意义的科技创新”，“用信息技术武装工业和我国经济，以提高国际竞争力，实现跨越式发展”。

中国钢铁工业协会钢铁工业信息及自动化推进中心 2002 年年会指出，要研究如何按照党的十六大精神，加快推进钢铁企业信息化建设，开创新局面，就必须：“坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子”。要认真学习、全面贯彻党的十六大精神，落实全国经贸工作会议提出的 2003 年把冶金和化工行业作为全国工业企业信息化建设重点的要求，在钢铁行业走新型工业化路子的探索中争取新突破、开创新局面。因此，研究国内外信息及自动化的进展并结合我国实际情况，发展钢铁工业自动化是刻不容缓的重要任务。

信息及自动化的进展大致可以分为如表 1 所示的 5 个阶段。

表 1 信息及自动化的 5 个阶段

内 容	第 1 阶段 (70 年代以前)	第 2 阶段 (70~80 年代)	第 3 阶段 (80~90 年代)	第 4 阶段 (90 年代以后)	第 5 阶段 (2000 年以后)
控制要求	简单,单回路控制	多回路控制与先进控制	过程优化与先进控制	过程优化与信息化	全厂信息化
控制理论	经典控制理论	现代控制理论	智能控制等先进控制	多学科交叉	多学科交叉
控制装备	常规仪表	PLC、DCS、过程计算机	计算机网络	PLC、DCS、FCS、IPC	更新型装备
控制系统	多为单回路控制	EIC 系统	多级自动化系统	CIPS 与综合自动化	BPS/MES/PCS
控制水平	简单	多为增强型基础自动化	优化与管理自动化	准无人化	无人化或准无人化

信息及自动化的进展是多方面的,其中主要的有:(1) 全球化、信息化与电子商务;(2) 检测技术与仪表的进步;(3) 自动化装备的进步;(4) 控制策略与先进控制的进步;(5) 数学模型的进展;(6) 设备诊断技术的进步与人工免疫系统;(7) 机器人的应用;(8) 综合管理控制系统的发展与 MES 的广泛化;(9) 可视化技术的出现和监控系统的革新;(10) 优化、无人化与准无人化工厂的进展。

1 全球化、信息化与电子商务

经济全球化和计算机网络化已成为当今世界的潮流。国际互联网的迅猛发展成为全球信息化革命的重要内容。由于信息化可极大地提高工矿企业的核心竞争力,因此得到了各方面关注和很大的进展。信息化的发展主要有:(1) 企业内部信息化;(2) 企业与外部有关部门信息化;(3) 全球化的电子商务。

企业信息化是借助于计算机、互联网等先进技术的信息手段,将企业的经营及管理流程在线实现,并使管理层真正可以在线获得完整而清晰的“信息”,从而在激烈的市场竞争中立于不败之地,并取得重大的经济效益。企业内部信息系统包括企业内部的计划、生产、采购、库存、运输、销售、供应、人力资源、财务、质量、设备运行和维修、工程等涵盖整个企业或企业集团的管理信息系统。目前国际大企业主要实行企业资源计划(Enterprise Resource Planning,简称 ERP),该系统是在企业已有的供销管理、制造管理、质量管理等基础上发展起来的,由计算机网络把相互独立的各个管理系统连接起来,在共同的信息平台上,对内实行企业设计、制造、销售、服务等方面所涉及的人力、资金、物料、信息资源的统一规划、管理、配置和协调,通过对管理业务流程的整合,提高了企业管理效率。对外实行公开的原材料、零配件的网上招标采购,利用互联网进行产品

交易,大大降低了采购成本和销售成本,提高了企业的市场竞争能力。

企业信息化的关键是数据源及其集成、管理和应用。近年来发展的重要技术是数据挖掘系统,其功能包括数据收集、数据采样、数据预处理、可视化探索、聚类分析、模型建立、数据预报、优化设计、趋势分析以及规范管理等。企业信息化各个系统在开发中,为了提高效率、便于维护等大都使用各类平台和开发工具,如数据挖掘系统的工具软件有 IBM 公司的 Intelligent Miner, SAS 公司的 Enterprise Miner 等。

在钢铁工业,除了使用大型计算机组成企业信息系统外,近年来由于廉价的个人计算机(PC)、工作站(WS)和局域网(LAN)的出现以及互联网(Internet)规模的不断壮大,使控制、信息处理、思考支持等都可通过这些较廉价的系统实现内外界联系,故也有使用以 PC、WS、LAN 为核心组成开放的企业信息系统,以高度利用各方面的信息。其特点为:(1)从单个车间到多个车间。(2)从个人到班组、集团。为了使信息能共享和利用,在个人处理时就自动分析并转化为有用的信息,直接上传而大大提高效率。(3)从钢铁厂到国内外流通范围。这是为了提高服务质量、降低成本,以适应市场竞争需要,如日本川崎钢铁公司的内航物流一体化系统 ZENUS,它把钢铁厂内的生产管理系统、出货系统和流通基地连接起来,以实现仓库-船舶-卸货场的一体化管理,在计算机屏幕监视钢铁厂生产、船舶状态、仓库作业、交货和卸货作业等,并用人工智能技术进行调整以适应各种变化。(4)从钢铁公司到顾客和社会。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,并与外界贸易公司,最终用户(汽车、家电、机电制造等工厂)以至税务部门和海关联网,且通过卫星监视船舶到达地点,以向用户报告使之做好接受准备。

电子商务是指在互联网上进行的商务活动。其主要功能包括网上的广告、订货、付款、客户服务和货物递交等销售、售前和售后服务,以及市场调查分析、财务核算及生产安排等多项利用互联网开展的商业活动。电子商务作为 21 世纪信息领域的主要发展方向之一,不仅改变了人类的交易方式,还将带来一场新的社会变革。越来越多的行业和企业都将建立电子商务作为自身发展和提高市场竞争力的关键技术手段。国际大企业开展电子商务的主要经验有:(1)利用网络进行产品直销,最大限度地满足用户需要;(2)构建 Intranet,构筑企业管理“数字神经”;(3)利用网络为客户提供优质服务,降低服务成本;(4)利用电子商务实现虚拟运作;(5)利用电子商务整合企业各种资源。采用电子商务取得了重大的经济效益。据报道,1998 年,美国电子商务交易额达到 170 亿美元,超过全球电子商务交易额的 1/3,2002 年,美国的电子商务交易额约为 3270 亿美元。4 年内,电子商务为美国国民收入净增 100~200 亿美元,节约 5%~15% 成本。电子商务在钢铁企业发挥的重要作用,主要是提高钢铁产品竞争力,钢铁产品方面电子商务的内容有:(1)利用网络进行产品直销,最大限度地满足用户需要;(2)收集并分析顾客需求信息;(3)自动完成采购预测;(4)零售商与供应商间的实时信息交流;(5)在产品开发和生产上,实现供需结合;(6)物流跟踪与库存控制;(7)自动补货监测;(8)售后服务。据美国安德尔森咨询公司预测,到 2005 年,全球钢铁产品的 40%~60% 都将在网上交易,因而国内外的一些钢铁厂商都大力进行电子商务(最初是美国的钢铁公司,其后日本新日铁、德国蒂森-克鲁伯钢公司在 1999 年也宣称开通网上贸易)及其建设,美国 E-STEEL 公司率先建立 E-steel 电子商务交易平台;美国 LTV 等钢铁公司投资的 MetalSite 公司也建立电子商务交易平台;中国宝钢也在建立 Bsteel 电子商务交易平台,2000 年 5 月筹建网络公司,2000 年末推出东方钢铁网。

2 检测技术与仪表的进步

检测技术与仪表的进步主要表现在:虚拟化、网络化、智能化、鲁棒化、高精度化与机电一体化。使用了更多的测量新技术和新理论解决过去无法测量或不能准确测量的参数,其中引人注目的是采用军工技术,例如用全球卫星定位方法来准确测量移动物体的位置。检测新技术趋向于多学科的交叉。

2.1 虚拟化

在自动化领域中,用硬件与软件组成的虚拟仪器仪表,因便宜、高效、灵活使得应用日益广泛。它与传统的仪表相比有下列优点:(1)系统功能可通过修改软件而增减,且易于技术更新;(2)由于使用计算机,因此易于通过网络与其他设备相连;(3)采用通用设备和支持软件使价格低廉,且可重复使用,甚至可以做成软件包嵌入工业控制系统的监视器中而无需另设硬件;(4)可利用软件集成技术,使复杂的算法易于解决而大大节省开发时间;(5)由于是软件结构,因此方便维护。

所谓虚拟仪器仪表一般是在 PC 机(或单片机)上,进行数据采集,执行检测所需的算法,以数字和图像

形式输出显示并可打印输出。虚拟仪器仪表最重要的应用是软测量领域。

软测量的基本概念是采用数学模型、状态估计等通过运算对无法在线测量的参数进行在线估计。其基本方法是根据生产过程工艺理论,选择某些与待测参数有密切联系而又能测量的变量(即所谓辅助变量),通过数学模型由计算机计算出来。

在钢铁工业如炼铁过程中高炉的软熔带形状与位置(用数学模型)、高炉炉缸渣铁液位(用数学模型),炼钢过程转炉熔池钢水含碳量和温度的连续测量(用数学模型及神经元网络),连续铸钢过程的结晶器钢坯拉漏预报(用数学模型及神经元网络)等都采用软测量方法解决并获得完全或部分成功。

2.2 网络化

由于下列原因:(1)仪器仪表特别是大型、复杂仪表,与工业控制计算机连网,可以使各自的潜力和资源得以充分发挥,可灵活调用和合理配置;(2)由于数据网络化,可以使有关部门数据共享从而方便、省力,例如可在某地采集数据,送到某一需要的地方或送远方数据库保存,供需要时调用,某些需要部门也可下载;(3)能使远方部门进行监控;(4)为远距离诊断和远距离调整(甚至洲际)创造条件,可节省大量人力和降低成本。因此许多仪器仪表特别是大型和复杂的仪表都数字化并设有通信接口,以便网络化。

通过 Ethernet(以太网)可把各种不同类型的网络化仪器仪表与计算机连接在同一网络上,甚至连到因特网上,通过 RS232、RS485、IEEE1394 等可连入串行网络,可用 LAN(局域网)连接各个自动系统,也可用 GPIB-LAN 控制器实现 GPIB 控制功能和 TCP/IP 协议。现场总线产品就是典型的网络化仪器仪表。

在钢铁工业如原料场的原料成分分析,烧结厂的成品烧结矿、高炉铁水、铁水预处理、转炉废钢以及钢水成分分析等仪器仪表都是网络化的,可把数据送到相应分厂的计算机系统供监控或数学模型使用。生产科和技术科也通过网络直接下载这些数据或表格。

2.3 智能化

除了传统的采用电脑进行各种运算(如作为提高精度、自动校零、线性化、补偿环境影响、量程切换、自诊断、自测试、模型运算等)被称为智能化这一概念外,主要是人工智能的利用(例如利用人工神经网络的自适应、自学习、联想记忆、反馈求精、黑箱映射、权值平衡、动态逼近和全息容错防失等技术以及除神经网络以外的模糊逻辑、专家系统、遗传算法、仿生智能、模式识别、混沌理论、物元可拓法、小波分析、分形系统等)使仪器仪表智能水平大大提高,从而提高了精度,解决了过去难以解决的问题。

钢铁工业的例子有:利用逻辑树或统计式模式识别、BP 神经网络以及自学习功能好、调整时间短的概率法神经网络来识别冷轧板表面缺陷,基于 Beckman 理论的在线钢板表面粗度测量仪,利用图像处理技术显示并定量测量烧结焦粒粒度及分布的仪表,为解决高合金钢的板管探伤问题采用 SSP 法,即把频谱分离并分别滤波,放大后再合成以提高信噪比,并利用超声波传播频率特性与结晶晶粒有关的特点等,采用最优频率方法以提高探伤精度等等。

2.4 鲁棒化

航天工业要求检测仪表高度可靠和具有良好的鲁棒性,除了在结构上要求采用加强型以外,还需注意严酷的环境,特别是动态和暂态过程的影响。利用其它行业的经验和技能,使得在钢铁工业环境下使用的测量仪表保持鲁棒性并获得良好的精度,这在早期解决了动态下(摆动情况)吊车秤无法准确测量的问题,常见的有吊车秤全厂房或异厂房(跨车间的无线传输中央数据采集技术)不受干扰地准确测量问题(用一种叫 Radiax 的同轴电缆在车间全长铺设作为车间网络天线,以接收在全厂房移动的吊车上的吊车秤所发射的测重信号,然后由计算机处理来显示测量结果。Radiax 的同轴电缆是一种被称为 slotted coaxial cable,即屏蔽层开槽以利于无线电波进入的特殊同轴电缆),以及行走钢板钢带的表面粗糙度和板形测量问题等等。

2.5 高精度化

在工业过程的测量和控制中,许多场合传感器的精度和测量误差至关重要,例如钢铁生产中,一台 150 t 转炉装入铁水称量误差为 1%时,出钢温度将差 5℃,石灰称量误差 5%时,出钢温度将差 7℃;1 t 铁水约耗氧 60 m³,氧量过多或不足都将影响吹炼时间和钢水质量;高炉炼铁时,如要将铁水温度控制在±10℃以内,就要求高炉煤气中 N₂ 的分析精度高于 0.1%,因而要求检测和控制的精度要高。

在通用仪表方面,传感器和变送器已经趋向于开发和生产精度越来越高、响应越来越快的仪表,日本横

河公司的 EJA 智能变送器就是一例,它是按谐振梁原理构成的,精度一般为 $\pm 0.075\%$ 。

众所周知,测量精度除了传感器和变送器本身精度外,还决定于安装方法和环境条件,特别是周围温度超过允许范围时会带来误差,严重时还会损坏传感器和仪表。因而发展先进的冷却设备是很重要的一环。两类冷却装置值得注意。其一是按流体力学和热传导理论制成的热管(我国上海工业自动化仪表研究所生产),用这种热管技术制成的热管比最良好的导热物质——铜所制成的同样尺寸的管子,其导热要快几倍,把成组的热管装在大型仪表箱子或晶闸管箱子外壁将大大提高其散热性,它特别适用于要求密封防尘的场合。另一种冷却设备是致冷旋涡管(Cool Sure Vortex Tube),国外如美国的 Transonix、EXAIR 等公司均生产,是一种小型致冷器。它是根据 Ranque-Hisch 管原理制作的,把一般压缩空气引进一个小型旋涡管中,气体在旋涡管中转动前进并分离成两股不同温度的旋涡气流分别输出,一股比气源温度高 $11\sim 38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,另一股则远比气源温度低,甚至达 $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如果入口气流温度为 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、压力为 $0.9\times 10^5\text{ Pa}$ 时,冷端能连续地输出一股 $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的气流。这种小型致冷器只需压缩空气即可,无需通常的致冷压缩机,亦即无可动部分,结构简单、运行可靠,不受射频干扰,而能输出 $0.056\sim 0.7\text{ m}^3/\text{min}$ 流量的一 $22\sim 111\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的气流(由不同出口引出),冷却能力可达 1.58 MJ/h 。因此,这种小型致冷器已广泛用于变送器、传感器、印刷电路板冷却,低温试验以及磨床、钻床、锯床等机械加工设备的刀具和工件等冷却中。这种致冷旋涡管在国外钢铁工业已广泛应用,国内的引进工程和设备(如宝钢,成都无缝钢管厂的连铸机)也在使用。它特别适合于难以引进冷却水的场合和使用水会引起安全问题的场合,前者如行走吊车的连续测量铁水或钢水重量的电子吊钩秤(虽用挡板来隔热,但仍不够,最好有冷却),后者如监视高炉铁水沟出铁状态的工业电视(采用水冷,不仅水套笨大,且会结垢和漏水,如水漏到铁水中甚至会出现危险的爆炸事故,用风冷效果不佳,特别是在南方室温过高的情况下,甚至不起作用)等冷却问题。其他如测量连续铸钢的中间包液位所用的压头,测量连铸坯表面温度,测量热轧钢板带温度等所用的传感器,跟踪热物料的热金属探测器等等都已使用这种致冷旋涡管。

2.6 机电一体化与在线化

生产过程检测无论是进行过程参数监督还是进行热管理,大都是在测量地点装设传感器,这种方法有时对尚未解决而又是生产必需的参数难以成功测量。许多参数如产品的化学、物理成分与性质,大都需要取样、制样、传送,然后再进行测量和数据处理,过去都是采用离线或半在线形式,由于工业控制要求越来越高,要求在线化、高效化甚至无人化,因此发展机电一体化测量往往是解决问题的方法。机电一体化测量不仅是机械和电气问题,而且还是包括非电量电测技术、工艺理论、工艺设备、计算技术、图像处理、人工智能技术等等多学科交叉。它解决许多过去未能测量的问题,成为检测及其仪表的一门新兴产业。

在钢铁工业中典型的机电一体化、多功能化检测仪表有:高炉软融带形状探测器,高炉水平探测器,高炉垂直探测器,高炉微波料面形状测量仪,炉外精炼 H_2 含量在线分析仪(把一个专用的吹入氩气的探头插入钢水中,使钢水中的 H_2 扩散在氩气泡中并被氩气带出,由气相色谱仪测量氩气中的 H_2 分压而得出),铁水含硅量在线分析仪(采用上述类似探头,吹入 25 L/min 的氩气,使钢水生成微粒并导入等离子激励发光的分析仪以得出含硅量),转炉测温定碳副枪,连铸多功能辊缝测量仪、结晶器锥度测量仪,钢板形状测量仪,冷轧钢板带板形测量仪,钢管质量多功能检测仪,线材直径及椭圆度测量仪等等。

2.7 全球卫星定位技术在工业测量中的应用

为了适应激烈的市场竞争,钢铁工业很早就在生产管理系统和电子商务中采用了全球卫星定位技术,监视运送给用户的钢材等货运船只的位置(我国台湾中钢公司有此系统),以便随时通知用户有关信息及到达的日期,从而做好准备,近年来则用于测量移动物体的位置,其典型的例子是在铁水调度过程中测量铁水车的位置。宝钢铁水运输动态监测系统,由中心站(内设接收装置即 DGPS 基准接收机、无线通信机、计算机以及 16.5 m^2 大屏幕显示装置)、车载设备(包括 DGPS 接收机、无线通信机、导航工控机、工位车号发送装置等)和工位车号接收机组成。中心站设有高精度 DGPS 基准接收机,其天线设置在预先已准确测量的位置,接收天空中可见的 DGPS 卫星信号,一般多于 3 颗卫星便可实现定位(宝钢铁水监控地区经实测可见 5 颗卫星),车辆定位是将卫星在基准点实测位置值与预先精确测量的位置值进行比较,得出偏差并成为差分量,将这个量通过数据传送发送到各个车载的 DGPS 接收机,车载设备上的工控机利用中心站 DGPS 基准接收机传送来的差分量对实测位置进行修正以提高车辆定位精度,中心站的计算机将车辆定位信号经过处理(包括

坐标变换)显示在大屏幕上,这种测量定位是随车辆不断移动而进行动态定位的,从而实现车辆动态监测。当车辆进入厂房内,由于建筑物遮挡无法直接用 DGPS 定位时,通过车载复合导航系统完成定位。当车辆进入炼钢倒罐站时,由于卷帘门阻挡,无法正常通信时,采用中转转发方式进行通信。

3 自动化装备的进步

现代工业控制装备的进展主要是 PLC、DCS 的进一步发展,FCS 的出现与 IPC 应用的扩展,现场总线的出现与以太网应用的扩展。

PLC、DCS 和 FCS 被称为 3 大控制系统,各有特点,PLC 是从开关量控制发展到顺序控制、运送处理以及连续 PID 控制等多功能,特点是较为便宜和可靠,适宜于开关量和顺序控制以及不是特大规模的回路控制与数据采集。分散控制系统 DCS 是集通信、计算、控制与显示(CRT)4C 技术于一体的控制装置,从上到下的树状拓扑大系统,使用方便,缺点是成本高,各厂产品难以互换和相互操作,适宜于大规模的回路控制、数据采集以及量不大的开关量和顺序控制。FCS(现场控制系统)是由 PLC 和 DCS 发展而来的,但与 PLC 和 DCS 既有千丝万缕的关系,又有本质上的差异,它是全数字化、智能化和多功能的取代模拟式单功能仪表和控制器的装置,是用两根线联接分散的现场仪表、控制装置取代每台仪表的两根线,它本质上是信息处理现场化的装置与系统。其特点是比较便宜,特别是对 DCS 而言,FCS 更适宜于中规模的回路控制、数据采集以及量不大的开关量和顺序控制。

目前新型的 PLC 和 DCS 都有向对方靠拢的趋势,即 PLC 加强了回路控制的功能,DCS 也有很强的顺序控制功能。自然 FCS 也能适宜于回路控制与顺序控制,至于选哪一种系统还需看具体情况而定,但由于方便连网、设备统一、减少备件,EIC 系统已由过去的回路控制采用 DCS、顺序控制采用 PLC,而变为 IE 一体化系统,例如高炉有用全 DCS(如攀钢 1 360 m³ 高炉、上钢一厂 2 500 m³ 高炉、宝钢 4 360 m³ 高炉都采用 WDPF 系统),也有用全 PLC 系统(如上海宝钢集团梅山冶金公司高炉、本钢一铁厂高炉等)的。由于 FCS 最初的基本任务为满足本质安全、危险场合、严酷环境和易变过程而设计的,故多用于石化企业,但近年来钢铁工业如加热炉控制等也已采用。

随着 PC 机的进展,主频已超过 1 GB,硬盘已超过 20 GB,内存也可达 256 MB,且可以使用更通用的、价格较低廉的系统软件,如 Windows-NT、更新型的 Windows-CE 以及各种开发工具等等,已在工业控制中越来越多地采用。工业控制计算机(IPC)就是加固的个人计算机(即 PC 机)硬件与控制软件的组合,是一种能抗恶劣环境的、适合于工业控制的微型计算机,它能实施通常由 PLC 或 DCS 执行的控制功能,或者说,将 PLC 或 DCS 的控制功能“封装”在软件内,运行于 PC 环境中。这样,工业控制计算机将提供与 PLC 或 DCS 相同的功能,但却具备 PC 机的优点。从根本上说,PC 机控制是把控制器、通信、人机界面以及其它特定应用全都合为一体,运行于同一硬件平台上,从而大大简化了工厂自动化体系结构。由于 PC 机的开放性和价格低廉(世界上最大的机床制造厂之一采用了 PC 机控制,每台机床控制装置要加装一台接触式测厚仪及其控制所需的成本比采用 PLC 控制便宜 3/4,700 台机床就可节省 200 万美元),以及更灵活和功能更强(例如,有一条高速包装线采用 PC 机控制,I/O 达 4 000 点,扫描时间为 2.5 ms,不但可进行逻辑控制,还可执行由用户自定义的功能块工艺,实现了应用的可视化和自适应控制)的特点,因此得到广泛应用。目前 IPC 主要有 3 个趋势:

(1)IPC 采用通用的 I/O 装置(如采用西门子公司 S7 系列 PLC 的 S7-200、S7-300、ET200 等 I/O 装置)及监视器,嵌入通用的、商品化的支持软件(如控制和数据处理软件以及双机热备和冗余配置软件、监视软件等)组成自动化系统,而且可连网组成大规模分布式系统、多级计算机系统等。有许多公司生产这种软件,如美国的 Entivity、Think & Do、Steeplechase 等公司。PC-based 的基础自动化系统已在矿业、冶金、石油、机械、化工、水处理、医药、电子、食品、纺织、半导体等许多领域中应用。

重庆钢铁公司这样的大企业,几乎全部大型加热炉都拆除了原来的 DCS 或单回路数字式调节器,而改用 PC-based 工控机来组成控制系统并采用模糊控制算法,获得了良好效果,节约了大量投资,方便了维护,并取得了显著经济效益。

(2)在增加可靠性方面,IPC 机也可借助于软件(如美国的 Entivity 公司的软件)而做到 CPU 冗余配置,过去冗余配置只是 CPU、网络及其通信器,但很少有冗余配置 I/O,事实上 CPU 更可靠些,而 I/O 却经常出

毛病。目前不仅 I/O 可冗余,而且可使 I/O 部分即只是重要的某些点冗余,这就大大节省了投资。

(3)IPC 机也可作为过程计算机代替传统的 VAX 型过程计算机或 Alpha 系列的小型机,甚至 MES 级的计算机。这在水泥工业已大量采用(我国多个水泥厂引进的整套水泥生产设备,由丹麦 F L Smith 设计并供货,其基础自动化都是使用 PLC 和 DCS,过程自动化使用 4 台 IPC,分别用于在线水泥成分控制、回转窑烧成模糊或专家系统控制以及其它监控功能)。近年来也已在钢铁工业采用,如宝钢集团公司上海第一钢铁厂的 2 500 m³ 高炉(基础自动化采用西屋公司的 WDPF 型 DCS,过程自动化级采用 IPC 为核心的工作站)、上海宝钢集团梅山冶金公司的 1 250 m³ 高炉(基础自动化使用西门子 S5-155H 型 PLC,过程自动化级采用两台工控机)、宝钢集团公司上海第一钢铁厂新建不锈钢生产线(德国 SMS-DEMAG 推荐系统包括超高功率电弧炉、AOD 炉和 VOD 炉各一座,后配连铸机。自动化由西门子承包的其过程自动化级包括 4 台 PC 机,每台设奔腾处理器,10 GB 硬盘,256 MB 内存,系统总线接口板,软件为 Windows-NT,分别作为中央数据库系统、EAF(电弧炉)/AOD 炉/VOD 炉的过程计算机、开发试验计算机和供技术专家使用的开发计算机。其功能相当复杂,包括电弧炉、AOD 炉和 VOD 炉的复杂数学模型及在线控制。该系统的特点还有无论是操作员终端还是过程计算机或 OS 服务器全部采用 PC 机,系统软件也是通用的,因而造价低廉,但功能强大)、我国承包的南联盟 1 500 mm 热镀锌板生产线(采用引进多国竞标方法,报价中所有 ABB、ANSALDO、SIEMENS 和 AB 的自动化系统,过程级一律采用 IPC)。

4 控制策略与先进控制的进步

随着工艺优化,用户要求高质量、多品种、小批量且价格合理的产品,要求开发更多高精度、适应性更强的系统和数学模型,而经典自控理论难以适应多参数、非线性和高度不确定的对象。过去由于快速计算机、CAD 环境、数值计算法等不具备,使现代控制理论构成的系统应用不多,80 年代后,上述问题相继得到解决,使现代控制理论得以实用化。

(1)复合或改进 PID 算法的应用。PID 算法因其简单、容易整定(目前大多数 DCS 都有自整定 PID 参数的功能)而得到广泛应用,并且虽然大多数情况下,PID 算法在一般工艺过程及设备良好、维护得当的情况下,都可得到较好的效果(这点在国外尤为明显),但采用改进的 PID 算法或与其他算法结合可以进一步提高控制质量。

(2) H^∞ 控制理论以及构成鲁棒控制方法的应用。它是将频域设计法和状态空间理论相结合,采用反馈和状态参数变换的空间线性化的非线性控制和多重周期取样控制等,为钢铁工业提供了高品质的实用化控制方法。按此理论构成比较成功的有:连铸结晶器钢水液面控制、板带热连轧厚度自动控制(AGC)和轧机传动系统轴承振动控制等系统。

(3)预测控制。预测控制是一种结合生产过程实况的基于模型的新型控制算法,其基本原理是利用一个过程动态模型和可测量信息,来预测将来的过程行为,并使预测的过程响应与设计的过程响应之间差别最小。这样,预测控制质量较高,其结构包括预测模型、滚动优化和反馈校正,预测控制有多种形式,如:模型预测控制、综合预测控制、receding horizon 预测控制、模型预测启发控制、广义预测控制、多参量预测控制等。

(4)自适应控制。在钢铁工业生产工程中,不少过程是时变的,若采用的结构与参数是固定的,则在过程参数改变时,调节品质将恶化,甚至失控,这就需要采用自适应控制。目前应用较多的有:

1) 自整定控制器及其他简单的自适应控制器。最常见的是自整定 PID 参数控制器,目前大多数 DCS 都有这种功能;

2) 带有参考模型的自适应控制系统。由于建模困难,目前出现“无模型控制算法(NMACA)”,这种方法其实也是有模型的,不过不需要用户自己建立而是由自适应算法来建立,这种无模型控制算法已形成商品化软件,该算法的形式如下:

$$u(k) = u(k-1) + [\lambda_k / |\hat{\psi}(k)|^2] \hat{\psi}(k) [y_0(k) - y(k)]$$

式中, $u(k)$ 是控制器输出; $y(k)$ 是过程测量值(控制器输入); $y_0(k)$ 是过程希望值(设定值); $\psi(k)$ 是系统的动态特征参量; $\hat{\psi}(k)$ 是 $\psi(k)$ 的估计值; $|\hat{\psi}(k)|^2 = a + |\hat{\psi}(k)|^2$, a 是适当的常数; λ_k 是系数。

NMACA 算法与 PID 算法相比控制结果精度高得多,波动减小到一半以上。

3) 自校正控制。它在理论上是很完善的,但在钢铁工业实践中,如在退火炉群控制和高炉热风炉控制

中效果不理想,且没有商品化的软件。

(5)协调控制。它的基本概念是整个生产管理综合协调,包括人机协调、人与人协调、机与机协调、现场与办公室的协调以及管理与控制的协调,全盘考虑以获得最大的经济效益,协调控制已在日本的连铸生产中使用。

(6)多输入多输出控制。在钢铁工业应用也日益增多,如日本住友金属公司鹿岛钢铁厂3号高炉的热风炉优化模型。为了保证送风温度和控制硅砖接缝温度不低于耐火砖相变点温度,采用了热风炉动态模型,把热并联的热风炉动态特性格式化,用积分式最佳调节器多变量控制法来构成热并联送风和低温送风都适合的投入热量控制系统。

(7)智能控制。主要有3种方式(遗传算法由于实用性尚差,故未列入)。

1)模糊控制。按照人工操作、思维的程序工作,先把测量输出的精确量模糊化,按模糊控制规则进行模糊决策,再把它转变为精确量去控制被控过程,它适用于滞后大、干扰大、非线性、控制对象多变(如连铸钢包的塞棒或水口的尺寸因粘钢及侵蚀而变化很大等)以及常规PID控制难以奏效的场合,已成功用于高炉热风炉燃烧、加热炉燃烧、烧结配料、炉外精炼钢包炉加热和搅拌、连铸结晶器钢水液面、冷轧板形等控制,无论调节时间和波动幅度都比PID控制好得多。

2)神经网络控制。它是仿照人类脑神经活动的人工智能技术,采集样本后,经过学习就可掌握规律并建立模型,在输入新的数据时,就可进行自动控制。在钢铁工业已用于电弧炉炼钢和炉外精炼钢包炉的电极升降控制(优化设定、电参数预测和智能PID控制)和热轧板带连轧机的优化设定等。

3)专家系统控制。它是一种基于专家知识及推理方法对被控对象进行控制的技术,过去是单项(如高炉异常炉况诊断、炉热诊断等)或少数功能(高炉炉热预报、炉况预报,以及短、中、长期诊断,突发性异常预报,休风指导及设备故障指导等功能)仅作为操作指导的专家系统,近年来的进展是综合化(多目标或全面的专家系统)与闭环化。

多目标专家系统如芬兰罗德洛基-日本川崎专家系统,为确保高炉的稳定顺行,把高炉分成6个需要特别关注的部分,即:原料及其在炉内的分布、煤气流及其分布、炉料下降情况、高炉操作炉型、鼓风状况和高炉出渣、出铁状况。这6个方面是相互联系和相互影响的,专家系统就是从上述几个方面,对高炉进行整体管理。它是一种基于规则的系统,该系统的监控和管理共分4部分,即对炉温、炉型、顺行、炉缸中渣铁平衡的监控与管理。由于规则使用某些高炉冶炼的复合参数,这就要进行运算,甚至引用数学模型。这些计算如下。

- 炉温 包括炉热指数计算、铁水含硅量推算以及渣铁温度信息等;
- 炉型 包括计算炉墙热负荷等;
- 高炉顺行 包括计算List操作线等;
- 渣铁平衡 包括实时计算炉缸中渣铁量、计算出铁速度以及出渣速度等。

顺行控制与管理包括:1)高炉煤气利用情况;2)统计全天炉内煤气流的变化;3)滑料管理;4)滑料的生成及消失预报;5)管道预报;6)炉顶温度;7)List操作线;8)炉内煤气压力波动;9)漏水情况管理等。

炉型监控与管理包括:1)炉墙热负荷;2)高炉冷却壁温度状况;3)高炉耐火材料温度状况;4)分析炉墙热负荷变化原因;5)渣皮的脱落及形成;5)炉缸热负荷管理。

专家系统最终将推理结果及高炉监控信息提供给高炉操作人员,以便操作人员及时分析炉况并采取措施,使高炉长期处于稳定和顺行状态。这些信息的形式为曲线、画面及推理的文字信息。

闭环专家系统如奥钢联的高炉VAIRON自动化系统,其专家系统是闭环控制的,是世界上第1个实行闭环控制的高炉专家系统。它直接按炉子状况,闭环控制炉料的装入和分布、焦比、碱度、喷煤和喷蒸汽等。

(8)先进控制软件包。为适应工程应用,国外已生产这类控制的商品化支持软件。目前有两种这样形式的软件包,一为专业软件公司生产的软件包,如法国Adersa公司的AdvanTrol-Hiecon多变量预测软件包、AdvanTrol-PFC预测函数控制软件包等,美国AspenTech公司生产的IDCOM-M、CyboSoft公司的Cybo-Con软件(适用于无模型自适应控制的软件)、Honeywell Profimatics生产的RMPCT多变量预测控制软件包等。另一为著名的电气公司(如德国的西门子、美国的西屋、瑞典的ABB)生产的与该公司生产的硬件捆绑销售的软件包,如西屋公司的新一代WDPF系统——Ovation系统就提供先进控制算法,包括动态前馈PID、Smith预估器、神经网络、模糊控制和多变量控制等。还有专用的执行先进控制的控制器,如日本许

多电气公司的模糊控制器、山武霍尼威尔生产的协调控制器等。

5 数学模型的进展

钢铁工业数学模型建立的方法仍然是采用:(1)机理建模;(2)统计回归分析建模;(3)系统辨识建模;(4)人工智能方式建模;(5)多种方法混合建模,如使用机理模型与神经网络模型的混合方法。但在应用方面已由过去的主要是控制模型,转为多种性质的模型,现在在生产过程中应用的模型已包括一般模型、模拟模型以及控制模型。一般模型是指带有技术计算性质的模型如配料优化模型等,模拟模型是指模拟对象动态行为包括工艺过程和设备性能仿真等,控制模型主要供实时控制或操作指导之用,如高炉过程数学模型已由只以炉热推断和异常炉况预报等模型转为(1)一般模型:配料模型及质量预测、配料优化模型等。(2)模拟模型:热化学模型(操作线图、碳-直接还原图即 C-DRR 图等)、风口循环区模型(研究风口循环区性质与鼓风条件之间的关系)、炉底侵蚀推断模型(利用炉底侧壁埋设的温度计测得的温度及冷却条件,连续推定炉底侵蚀线及凝固线的位置)、软熔带位置推断模型(可利用炉身静压力数据,按炉墙温度或按物料平衡和热平衡计算炉内温度分布曲线来推断软熔带位置)、高炉操作预测模型(本模型是计算高炉上下部热平衡和物料平衡,可在改变各个操作因子时预测焦比、炉顶煤气温度和成分、评价操作经济性和稳妥性等)、热风炉操作预测模型(在高炉操作因子变化时,预测格子砖温度变化,计算出应投入的煤气量,评价现行热风炉操作如热效率等),其他模型还有研究高炉行为的一维、二维和三维模型等。(3)控制模型:热风炉燃烧模型(它根据为蓄藏下次送风所需的热量,计算燃烧过程所需要的燃料量和空气量,同时控制热风炉拱顶温度和炉篦温度)、无料钟布料控制模型(其思想为把溜槽倾角和旋转次数组成许多代码组以备选用,然后按各种探测器测得的信息并结合炉料装入现状,以保证合适的煤气分布为前提,在线指导装入调整的方向)、炉热判定模型(包括 6 个子模型:炉热指数模型、根据炉热指数的铁水温度和含硅量模型、根据过去操作而产生响应的铁水温度和含硅量预测模型、基准动作单位计算模型、基准动作单位修正模型以及实际动作量计算模型;类似的炉热判断模型还有 E_r 指数模型(计算高炉热收入 and 标准热需求之差)、 T_r 指数模型(使用一维模型计算第 5 区,即风口水平的炉料平均温度,研究反应速度对鼓风湿度、重油喷吹量、焦比、风温等操作参数变化的动态响应特性,以得出铁水温度)等),多目标综合控制模型(如日本川崎钢铁公司的 GO-STOP 高炉炉况管理模型,日本钢铁公司的 AGOS 高炉操作管理模型、日本钢管公司的 FLAG 炉况异常预报模型,都是以多个参数进行综合判断来管理高炉的,并以高炉工艺机理和操作经验结合的方法来建立模型,例如 GO-STOP 模型采用 8 类参数的水准值和 4 类参数的变动值进行综合判断炉况是“好”、“注意”或“坏”的结论)等等。

6 设备诊断技术的进步与人工免疫系统

(1)大力发展以状态为基础的预报维护(CBM)。20 世纪 50 年代以前发达国家的设备管理都是发生故障后停车检修,50 年代开始使用预防性维护(TBM),即安排定期检修,60 年代增加了生产维护,70 年代又引入全员生产维护(TPM),后三者均属于以时间为基准的维护,为了提高作业率,80 年代发展为预报维护(CBM),即除大修外不再安排定期检修时间而是监视设备状况,进行适时维护,它不仅提高作业率,而且减少备品消耗和维护费用。

(2)电脑化与大规模信息网络。设备诊断初期是采用简单工具(如用钎子听声音),70 年代使用记录设备和 FFT(傅立叶频谱分析),80 年代则已电脑化,不仅使用便携式电脑诊断仪,而且在线监测,近年来更有使用大规模全厂性设备诊断网络和计算机系统,如热轧厂的从加热炉至卷取设有设备诊断专用的多个工作站,进行全厂设备监测、评价、分析和预报。

(3)使用模型进行故障诊断与预报。最常用的是采用基于信号及其处理的方法来进行故障诊断,最简单的是状态监测和越限报警,亦有使用如频谱、相关函数、自动回归滑动平均值分析等分析测得的信号以提取如误差、幅值等特征值并与预定值比较进行故障诊断。为了更加有效地诊断与预报,近年来使用数学模型进行诊断,主要有两类模型:

1)基于解析方法的模型。如参数估计法、状态估计法、等价空间法等,由于大多数系统都是非线性的,故近年来更多研究基于非线性模型,如基于区间参数模型、基于有不确定环节模型等,但大都很复杂,采用多学科技术交叉,利用观测器、知识工程、自适应、鲁棒控制技术等甚至混合技术,故在钢铁工业成功应用并商品

化的并不多。

2) 基于知识方法的模型。如专家系统、模糊技术、神经网络、Petri 网、符号有向图、模式识别等。在钢铁工业主要是应用专家系统,它使没有经验的人员借此也可以达到专家水平而大受欢迎,它可以是单项的商品化的专家系统,例如旋转机械故障诊断专家系统、电机故障诊断专家系统等,也可以是实现在线计算机系统中的一个功能的专家系统,如冷轧计算机系统轧机液压压下设备故障诊断专家系统,还可以是更大的专门机组的 AI 系统,如高炉余压发电故障诊断专家系统等。模式识别也被广泛使用,因为某些记录曲线,专家一看就知道是会出现故障,例如连铸钢包回转台轴承故障诊断和预报是很关键的,特别是回转台转到中间但未到位时,如果轴承出现故障,停车更换则需要很长时间,这时钢水会凝结,损失就很大,而回转台旋转极慢(0.7 r/min),一般方法无法预报故障,因此可采用比较其振动时序曲线的方法解决,专家很容易识别正常曲线和即将出现故障时的曲线,故用模式识别的方法可预知回转台轴承的破损。

(4) 大力发展过程诊断技术。设备诊断与过程诊断密切相关,如造成轧钢产品尺寸不良可能有操作原因,也可能有设备劣化原因,冷轧机监视系统包括过程诊断与设备诊断,前者主要是监视钢带尺寸、质量数据以及轧制压力等操作数据,后者监视设备状态,并具有分析支持功能以便进行设备和过程的综合分析。

(5) 人工免疫系统。是基于研究生物免疫系统的信息处理机理发展起来的一门科学,包括免疫系统模型(如独特型免疫网络模型、多值网络免疫模型、免疫联想记忆模型等)、免疫学习算法(如反向选择算法、免疫遗传算法、克隆选择算法、基于疫苗的免疫算法、基于免疫网络的免疫算法等)等,已开始用于设备诊断。

7 机器人的应用

机器人早已进入钢铁工业,特别是在钢铁冶炼的高温、粉尘大等恶劣环境中,用于渣铁槽中取样、更换风口和打开出铁口、铁水罐车喷浆等。日本住友金属工业公司将其用于高炉泥泡投入泥浆、铁水沟取样等,但多为机械手或重演式机器人,采用顺序控制方式。近年来的主要发展是智能机器人,并与工厂控制网相连,甚至作为 CIMS 的一部分,如日本钢铁公司的连铸机器人,它使用专业机器人制造厂生产的 SCARA 型机器人进行应用开发,该机器人包括眼睛(两个 CCD 摄像机及一个图像处理机)、大脑(内含专家系统)、手(六轴负载传感器和执行器),它能辨别结晶器内钢水液位,保护渣是否不足并加入和分布保护渣,除去边渣和渣壳,防止反流卷渣等。除连铸机器人外,近年来还有砌炉拆炉的机器人,用于拆砌转炉和电炉的耐火砖,不仅省力而且可以使人免除在尘埃环境下工作。值得指出的是,在国外应用机器人的开发,其机器人都是由专门厂家生产的,可选用的,开发者主要是应用开发,即开发计算机应用软件、辨识软件及其他辅助装置,因而开发速度快并可靠。

8 综合管理控制系统的发展与 MES 的广泛化

CIMS(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)概念是 1974 年美国 Joseph Harrington 博士提出的,它在离散型的机械制造业取得了成功,钢铁工业早在 70 年代初(如日本)就已实现了基础自动化和过程自动化,并设有管理计算机的多级计算机系统,因而更便于实现 CIMS,国外如美钢联、德国的蒂森、英钢联、日本 5 大钢铁公司均已在 80 年代中、末期实现了 CIMS。按照 ISO 标准,CIMS 分成 6 级,并由丰富的系统软件、CAD、CAM、CAT 等技术以及多个数学模型组成。由于 6 级功能牵涉到全公司各分厂都要有较高的自动化水平以及管理水平,因而不易实现,故国外为实现 CIMS 而在新建或改造的厂均使用分厂式 CIMS,即 5 级系统,如国外为宝钢设计的热连轧厂、无缝钢管厂就是这样的系统。

6 级综合管理控制系统中,管理信息化也可占 3 级,生产过程自动化占 3 级(生产工艺流程的参数检测、计量考核检测和设备操作驱动为第 1 级,生产设备控制为第 2 级,生产过程控制为第 3 级)。由于生产过程控制级主要是单个工序或单个机组,为使各机组协调从而更省力和高效,须使用 L4 级(过去称生产控制级,近年来发展为 MES,即制造执行系统),通常 L4 级的主要功能为:对所加工的产品实物由本单元的上工序供料开始,到本单元生产直到出厂的全过程在线管理,包括全线物流跟踪、库管理、作业计划的编制和调整、在线质量管理及数据通信等。MES 是目前大力发展的系统。

上述的流程工业的 CIMS 体系结构是 6 级的,后来又有 5 级、3 级之分,虽然有不同的优点,但实质是把功能分配在不同级别。近年来主要是 3 级体系结构。