

高炉自动化会议 论文集

冶金工业部科学技术司
中国金属学会冶金自动化学会



1990.6.19 - 22 于重庆



1F53-53 ① 高4.4米 ② 6.1米 7.4米

冶金工业部自动化研究院简介

一、全院概况

我院是冶金工业部直属的、唯一的从事自动化应用研究的科研机构，主要任务是：根据冶金工业生产工艺流程和企业管理的需要，提供有关自动化系统的科研成果、工程设计、成套先进技术装备和产品；承包新建和改造工程项目；开展经营服务；兼为其它行业提供技术服务；并与国内外进行广泛的技术交流与合作。

现拥有自动控制、计算机应用、仪器仪表、电气传动、机械液压和冶金计量等专业技术人员800多人，其中高级专业技术人员130多人。院内设有：传动研究设计所、计量仪表研究设计所，交流伺服系统研究设计所和冶金设计所；仪表研究设计部；冶炼、轧钢、连铸、炉窑、设备开发、管理计算机、机械等研究室；计算机系统开发实验室；情报资料室。还有15个相应的试验室及电控装置、仪器仪表、晶闸管、热工元件等产品的生产车间。

建院以来，我院的科研水平不断提高。把微电子技术和计算机技术广泛地应用于生产过程控制、企业管理、检测仪表、计算机辅助设计和仿真技术等方面。生产过程控制已由单机、局部自动控制装置发展成为多机、综合自动控制系统；研制的多种精度很高的检测仪表广泛地采用了微电子和微处理器的技术，并朝着数字化回路、集散控制系统发展；在电气传动方面，正由各种直流调速传动技术的开发研究，发展到各种形式的交流电动机变频调速的开发研究；液压传动、自动机械和机械仪表方面的开发研究工作也得到很大发展。

十七年来我院取得比较重大的科研成果170多项，广泛地应用于冶金系统炼铁、炼钢、连续浇铸、电冶金、工业炉窑、冷热连轧等工艺流程。在实际生产中发挥了显著经济效益，其功能及主要技术指标，多数达到了国内外先进水平。突出的成果有：双机驱动调速系统、长距离水下顶管工程分布式网络控制系统、双流水平连铸微机控制系统、国内最大功率（4600千瓦）晶闸管可逆交流供电传动装置等，分别荣获国家发明奖和科技进步奖。机器人和数控机床的关键装置——高新技术交流永磁无刷伺服电机及其控制系统，已开发出科研成果，并已批量转产，荣获1989年国家火炬杯优秀产品的奖状和奖章。ICS—03型铝电解微机控制系统，在全国工业控制机优选机型评比中，列为专用机类第一名。

十七年来，我院承包了冶金企业改造和新建工程100多项。承包工程的综合能力有了很大发展；承包工程的自动控制水平已由单机、局部自动控制装置发展为“三电”（电子计算机、电气传动、检测仪表）综合自动控制系统；承包工程的领域包括：炼铁、炼钢、电冶金、连续浇铸、工业炉窑、冷热连轧等生产工艺流程；承包工程的业务范围，也扩大到开发设计、设备制造和安装测试等。1989年我院高质量、高水平、高速度地完成了四项独立承包、具有八十年代国际先进水平的综合自动化大型工程，它们是：

定价：40元

重钢1200M³大型高炉综合自动控制系统, 唐钢高速线材轧机自动控制系统, 宝钢2号高炉自动控制系统软件及辅助机组、成套硬件软件分交任务, 鞍钢四机架冷连轧晶闸管电气传动系统。这标志着我院完成了由单机自动化向系统自动化的过渡, 跨进了独立承包现代化大型工程“三电”系统的新阶段。

我院还建立了自己的“三电”自动化硬件生产基地, 具有较强的产品生产能力, 采用先进技术和装置, 生产有关自动控制产品, 每年生产产值达2000多万元。我院为冶金企业提供了有关自动化产品近1万台, 用800A/4000V晶闸管制造的供电装置, 达到八十年代国际同类产品的先进水平, 目前已有500多套、25万多千瓦可逆和不可逆晶闸管传动装置在冶金企业生产中投入了可靠运行。我院生产的炉窑用重油流量计、煤气热值仪、冷轧带钢接触式测厚仪、卡门流量计、真空高温金属内耗仪等产品, 也以其质优价廉取得市场竞争的绝对优势。我院已成为生产这些产品的独家企业。还同国外建立了合资企业, 共同开发生产可编程序控制器。

我院开发和推广的科研成果, 承包的工程项目, 销售的各种产品, 开展的技术服务, 不仅遍及全国28个省、自治区和直辖市, 而且推广到国外, 甚至越过重洋到达遥远的非洲, 所做出的贡献, 已使全国120多个城市的几百家冶金企业和其他行业, 每年获得总计一亿多元的经济效益。

我院有工业自动化专业工学硕士学位授予权。1978年恢复研究生制度以来, 共招收培养了100多名研究生, 并和外单位合作培养博士学位研究生。我院还派出一些科技人员出国进修和培训。

我院主持编辑出版了国内外公开发行的部级刊物《冶金自动化》期刊, 同时编辑出版了《冶金计量》刊物。

我院还与美国、日本、联邦德国、荷兰、英国、法国、意大利等20多个国家和地区的企业、科研单位、高等学校、学术团体进行广泛的学术交流和业务合作, 并派出70余人次的科技人员出国考察、学习、参加学术交流和进行技术合作。

我院还挂靠了两个专业学术团体, 即: 中国金属学会冶金自动学会和中国自动化学会应用专业委员会。

我院现在已经发展成为一个学科专业比较齐全, 仪器设备比较先进, 科研水平比较高的冶金工业自动化的科学研究基地, 成为冶金工业自动化技术的行业中心。

我院与国内外更加密切地合作, 积极承接冶金系统和国民经济各部门、各行业(如造纸、玻璃、轻工、食品、城市建设及建筑材料等)委托的有关自动化和计量方面的科研开发、工程承包、技术改造、产品制造、技术咨询和技术服务等任务, 以便更好地推动科技进步, 提高经济效益, 为冶金自动化技术的提高和为我国经济建设的发展做出更大的贡献。

二、冶炼自动化研究室概况

冶金部自动化研究院冶炼自动化研究室是我院专门从事高炉、转炉自动化的研究室, 可以对高炉自动化系统进行系统设计, 设备成套、软件设计编程、现场硬软件调试等工作。有一支经过实际工程项目锻炼、专业素质很好的技术队伍。干过许多重大工程, 如

宝钢2号高炉，与国外合作的开发软件达70%；重钢5号高炉，全部国内设计供货，依靠自己的力量完成的。所搞过的项目详细见附表1和2。另外还开发了在高炉上应用的特殊检测仪表，如高炉专家系统、透气性指数仪、风口支管流量计、煤粉喷吹支管流量计、智能探尺、无料钟炉顶布料溜槽倾斜角和回转角专用检测仪表等等。

本院地址：北京丰台路84号

科研处电话：371558或372931—218

邮政信箱：北京919信箱

电报挂号：4283

邮政编码：100071

电 传：22225 ARSC CN

(科研处供稿)

表1 我院承担的高炉“三电”系统工程

序号	项目名称	炉容 (M³)	建设时间	系统装备情况	我院承担工作	备注
1	重庆钢铁公司5号高炉	1200	1986年 ~ 1989年 已投产	(1)设备级PLC (2)常规及特殊仪表 (3)集散系统T—M	“三电”总承包： (1) 系统设计、硬件设计、计算机软件设计 (2) 部分硬件供货 (3) 微机的PLC全部软件编制调试，数字仪表的集散系统的全部软件设计编程调试。	(1) 部分引进，其它国内设计供货 (2) 建设周期最短 (3) 投资费用最低
2	宝山钢铁总厂2号高炉	4063	1987年 ~ 1991年	(1)过程计算机，数学模型 (2)数字仪表、常规及特殊仪表 (3)设备级PLC	“三电”小承包： (1) 同外商合作开发软件，承担计算机和数字仪表等70%软件 (2) 水循环、水渣、干渣、喷煤粉系统电控和仪表盘箱的设计、制造、供货和操作、连锁、信号系统PLC控制全部软件编制。	(1) 学会全部系统设计和软件编制。 (2) “三电”部分节外汇200万美元 (3) 盘箱制造水平达国外先进水平 (4) PLC代替了1#高炉继电器系统
3	马鞍山钢铁公司高炉	2500	1988年 ~ 1991年	(1) 分布式系统WDPF (2) 过程计算机	参与“三电”系统合作设计和现场指导工作	

表2 我院承担的高炉设备级自动化工程项目

序号	项目名称	炉容 (M ³)	项 目 内 容					系统装备	完成 时间	说 明
			上料 控制	沟下 水量 水份 补正	称碳 及	数据 采集	热风 炉自 动制 检测			
1	新余钢铁厂 3号高炉	330	✓					一位微机, 我院 开发	1984	已鉴定
2	临汾钢铁公司高炉	300	✓	✓				一位微机, 我院 开发	1986	已鉴定
3	水城钢铁公司 2号高炉	1200	✓	✓				PLC S5-115U	1985	已鉴定
4	湘潭锰矿高炉	300	✓	✓				PLC S5-115U	1988	
5	邯鄲钢铁总厂 9号高炉	620	✓	✓			✓	微机	1986	
6	莱芜钢铁公司 1号高炉	100	✓	✓				PLC S5-115U	1987	
7	四川达县青花铁厂 高炉	100	✓	✓	✓	✓	✓	微机	1987	已鉴定
8	成都钢铁厂高炉	100	✓	✓				PLC 及微机	1987	
9	湖南涟源钢铁厂 高炉	300	✓	✓				PLC S5-115U	1988	已鉴定
10	福建三明钢铁厂 2号高炉	300	✓	✓			✓	PLC S5-115U	1988	
11	河南安阳钢铁公司 2号高炉	320	✓	✓				PLC S5-115U	1988	已鉴定
12	昆明钢铁公司 2号高炉	300	✓	✓				PLC S5-115U	1988	已鉴定
13	水城钢铁公司 1号高炉	620	✓	✓				PLC S5-115U	1989	
14	包头钢铁公司 3号高炉	1800	✓	✓				PLC S5-115U	1989	
15	昆明钢铁公司 5号高炉	500	✓	✓				PLC S5-115U	1988	
16	邢台钢铁厂 2号高炉	300	✓	✓				PLC S5-115U	1987	
17	攀枝花钢铁公司 1号高炉	1200				✓	✓			
18	武汉钢铁公司 4号高炉	2500				✓	✓		1985	炉热指数 已鉴定

501/03L24
19

041583

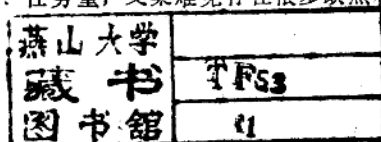
前 言

在第七个五年计期间,我国钢铁企业新建和改造了多座高炉,都不同程度地采用了自动化手段,为了推动我国高炉自动化水平的提高,总结“七、五”期间完成的1000立方米以上高炉自动化设计和实施的经验,研讨高炉自动化系统立足于国内进行技术配套的能力,经冶金部科技司和中国金属学会冶金自动化学会一年的筹备,于6月26日~29日联合召开这次“高炉自动化会议”。希望能通过这次会议,对我国高炉自动化技术的发展起到积极作用。同时也希望在高炉自动化仪表及设备国产化配套问题上,引起科技界、自动化仪表和设备生产厂的重视,使自动化仪表和设备更多地实现国产化,更好地为高炉炼铁生产服务。

为配合这次会议,我们编辑出版了这本文集,供会议和对高炉自动化有兴趣的读者使用。

文集在编印过程中得到了冶金部自动化研究院院长于常友同志(冶金自动化学会理事长)、马竹梧总工程师、陈振宇副总工程师(冶金自动化学会副理事长兼秘书长)、冶金部科技司周方处长(冶金自动化学会副理事长)、北京钢铁设计研究总院陆大雄副总工程师等及全体论文作者的极大支持,在此向各位表示感谢。

由于时间紧、任务重,文集难免存在很多缺点和不足,敬请读者提出批评指正。



冶金部科技司

1990.6.25于重庆



0157031

目 录

1 高炉自动化进展及今后策略.....	马竹梧 (1)
2 重钢5号高炉自动化系统.....	马竹梧等 (14)
3 自动化系统在重钢1200M ³ 高炉上的应用.....	重钢自动化所 (22)
4 重钢1200M ³ 高炉三电自动化系统设计.....	刘道华等 (35)
5 重钢5号高炉无料钟炉顶布料自控制系统.....	王文敬 (41)
6 控制现代化高炉生产过程的分散型控制系统.....	兰晓健 (47)
7 PLC在1200M ³ 高炉供料、水渣运输系统的应用.....	重庆钢铁公司 (53)
8 高炉槽下称量漏斗的称量补正及焦炭水份补正计算和控制.....	刘道华 (56)
9 PLC在综合原料场的应用.....	重庆钢铁公司 (60)
10 高炉炉衬烧损监测系统.....	刘 彤等 (64)
12 高炉炉顶压力控制系统.....	易梧村等 (69)
11 热风炉燃烧控制系统.....	易梧村等 (72)
13 包钢高炉装料系统计算机控制与实线.....	彭国盛 (74)
14 包钢三号高炉上料计算机控制系统.....	高小雅 (80)
15 包钢高炉大修仪表改造总结.....	刘振富 (85)
16 鞍钢11号高炉热风炉自动燃烧微机控制运行报告.....	游开铸 (88)
17 鞍钢高炉自动化改造概述.....	鞍钢炼铁厂 (93)
18 自适应和专家系统相结合的高炉铁水含硅量预报计算机系统.....	韩曾晋等 (97)
19 宣钢1260M ³ 高炉自动控制系统设计.....	杜懋坦等 (107)
20 宝钢2号高炉过程计算机软件设计方法.....	邹立功 (111)
21 一台现代化大型高炉的仪表控制系统.....	马树和 (118)
22 宝钢二号高炉煤粉喷吹仪表控制系统.....	张扬林 (123)
23 宝钢二号高炉热风炉自动控制系统.....	赵国新 (131)
24 宝钢2号高炉主工艺线电控PLC系统.....	韩伯瑛 (136)

25	宝钢二号高炉热风炉自动控制系统	赵恩光	(147)
26	宝钢二号高炉炉体操作信息处理	徐丽华	(164)
27	高炉自动化计算机二重化控制系统	金樟贤等	(173)
28	唐山钢铁公司高炉三电自动化系统设计实践	竺联祥	(180)
29	唐钢原料中心计算机自动化系统	陆大雄	(189)
30	唐钢1号高炉过程计算机系统	周一平等	(196)
31	1260M ³ 高炉过程检测和控制系统	于保光	(203)
32	唐钢水冲渣控制系统	肖胜明	(212)
33	唐钢扩建炼铁工程原料车间过程计算机控制系统	胡秀兰等	(214)
34	唐钢原料车间自动控制系统	吴俊	(231)
35	PW式高炉PLC控制中几个关键问题的解决方法	吴平	(241)
36	攀钢4号高炉分布式计算机系统	马宏远等	(251)
37	攀钢4号高炉三电系统设计	马宏远等	(259)
38	高炉自动控制中人—机系统的设计	游红	(267)
39	热风炉综合燃烧控制系统	曾祥宁	(272)
40	酒钢750M ³ 高炉自动化系统设计与应用简述	毛铁栋	(279)
41	酒钢TRT装置自动化系统设计和工程实践	武汉钢铁设计院	(282)
42	武钢3200M ³ 高炉三电的系统设计	马振骧等	(291)
43	继电器技术与可编程控制器技术在高炉控制系统中的应用	赵琪琳	(315)
44	日本大型高炉工艺设备及“三电”发展概况	赵恩光等	(328)

高炉自动化进展及今后策略

马竹梧

冶金工业部自动化研究院

引言

在钢铁联合企业中,首先要求为炼钢持续地提供稳定的,高质的铁水而使高炉处于咽喉位置,此外,高炉消耗能源占整个钢铁企业的65%^[1],故其有效的操作是必不可少的。

高炉是密闭机组,只有靠自动检测仪表才能掌握炉况,高炉要及时地、正确地按规定的顺序和一定配比装入大量原料,高炉要求炉料均匀下降和使之与煤气流良好接触以及保持一定的炉缸热状态,这些都很大程度由自动化来实现,故近代高炉都把自动化作为关键环节重点发展。

根据国内外经验,自动化对高炉带来重大效益(见表1~表3),装备成套自动化高炉经济效益至少可为其生产值的1~1.5%。

一、近年来我国高炉自动化进展

我国高炉自动化始于五十年代初^{[2][3][4]},但现代化的检测和控制系统的则是八十年代初才相继使用和研制成功的。

近年来我国高炉自动化的进展,大致沿着下列5种方法进行:

(1)引进成套的先进的高炉自动化技术和装备,使我国高炉自动化有了跨进世界水平的典型,并作为开发、消化移植的基础和榜样(宝钢No1、2高炉)。

(2)以世界发展和宝钢引进高炉为榜样,进行单项或多项开发,消化移植与创新,并在高炉局部改造中投入运行(见表1、2、3)。

(3)以高技术为核心,开发新的系统以求迎头赶上国际水平^{[7][8]}。

当前高炉自动化的高技术,主要是人工智能的应用,世界各国刚在起步,比较成功且初步用于工业的有日本,我国近年来在高等院校和研究院所也在开发这类系统,其中在研究中较有进展且在试验室取得一定成功甚至工业应用的有天津工业自动化仪表研究所的在线自学习模糊测辨铁水含硅量预报系统^[9],部自动化研究院(简称ARIM)的“高炉异常炉况专家系统”,“高炉炉热预测专家系统”^[9],“软融带推断智能系统”,“余压发电操作支援专家系统”,北京科技大学的“高炉顺行诊断系统”,“高炉软融带控制专家系统”,“人工智能高炉多目标管理系统”,重庆大学的“高炉炉况专家系统”^[10],清华大学的“异常炉况下高炉铁水含硅量预测专家系统”^[11]。

表1 国内开发的高炉特殊检测仪表

序号	名 称	效 果	应 用 情 况
1	炉身静压力及透气性检测仪	已用于620m ³ 高炉、经济效益为30万元/年,即0.75元/吨生铁	已用于重钢、唐钢、攀钢等高炉
2	各风口支管热风流量检测仪(耐火材料锥形或喷嘴形文氏管)	有利于调节各风口区风量均匀	至少三个高炉已使用
3	炉身砌体烧损状态检测仪 (内含5个长度不同热电偶传递器型式)	有利于延长炉衬寿命,用于2000m ³ 高炉,经济效益为1元/吨生铁	至少四个高炉已使用
4	风口前端温度测量仪	用于620m ³ 高炉,经济效益为60万元/年	至少在二个高炉上使用
5	氯化锂湿度计	在620m ³ 高炉使用时经济效益为30万元/年,即0.75元/年吨生铁	各个高炉使用
6	炉顶煤气成分分析	有利于掌握炉况和风口漏水检知	在多个高炉使用
7	电脑料线下料速度测量仪 (S/D型式)	可预设定料线高度,变速点和零速点等	在多个高炉使用
8	炉喉十字测温探测器(固定式)	有利于掌握煤气流分布	在多个高炉使用
9	炉喉探测器(固定式,6点取样,测温)	有利于掌握煤气流分布	用于本钢2000m ³ 高炉
10	炉壁探测器(测量料层厚度,电磁式)	有利于掌握料层厚度及其熔化情况	在1350m ³ 高炉试验中
11	炉身水平探测器	有利于了解煤气流,温度及成份分布	在试验,试用中
12	风口漏水检测仪(卡尔曼式或双管或单管电磁流量计式)	风口检漏,以便人们及时采取措施	已试验成功,但用否仍有争论
13	热值检测仪(包括Wobble指数,电脑式)	用于高炉热风炉燃烧,节约煤气3~7%	已在高炉使用,有待推广
14	微波料面形状检测仪	显示料面形状,以便控制炉料分布	计划在重钢620m ³ 高炉,不日投入
15	风口煤料支管检测仪	有利于调节风口区反应均	已试验成功,待推广
16	炉喉料面温度热成像仪	能显示料面温度及异常炉况	试验室已成功,待工业试验

表1—(续)

序号	名 称	效 果	应 用 情 况
17	铁水检测仪(压头方式)	有利于掌握铁水量	唐钢高炉中应用
18	平面式焦炭水份检测仪	焦炭水份补正, 起增产、节焦作用	已在多个高炉中使用
19	料头料尾信号检测仪	上料控制配套仪表	已在重钢等高炉中使用, 尚有些问题
20	胶带运输机炉料跟踪检测仪	上料控制配套仪表	已在重钢高炉中使用
21	多功能电子称	上料控制配套仪表	在昆钢等高炉中使用
22	炉前快速定温检测仪	及时了解炉缸热状态	在太钢高炉中试用
23	激光料面形状测量仪	显示料面形状, 以便控制炉料分布	计划在鞍钢等高炉应用
24	声音放空装置	显示无料钟炉顶料击放空	计划在梅山高炉应用

表2 国内开发的高炉自动控制系统

序号	名 称	效 果	应 用 情 况
1	无料钟炉顶等自动控制(使用PLC)	由于自控设备故障减少而多装料, 经济效益为1~2元/吨铁	重、攀、唐、宣、包、首钢等使用
2	上料控制(使用PLC)		已在多个高炉上使用
3	称量控制及水份批重补正	经济效益 $\approx 1 \sim 2$ 元/吨铁	同上
4	热风炉自动换炉	经济效益 $\approx 1 \sim 2$ 元/吨铁	重、攀、唐钢等高炉使用
5	热工参数(风温、风湿、顶压等)控制	经济效益 $\approx 1 \sim 2$ 元/吨铁	重、攀、唐钢等高炉使用
6	热风炉燃烧控制	降低焦化3公斤/吨铁, 节约煤气 $1000\text{m}^3/\text{小时}$	用于鞍钢11高炉
7	水渣、水处理、喷粉等自动控制		宝钢、重钢等高炉使用

表 3 国内开发的高炉过程计算机及数学模型

序号	名 称	效 果	应 用 情 况
1	炉况控制 喷煤粉炉热指数模型* 风口水箱前端温度并予测铁水含硅量模型 统计法预测铁水含硅量模型	节约焦炭2940吨/年,增产生铁6125吨/年,年经济效益5.5百万元 在620m ³ 高炉上使用,年经济效益67万元	武钢2516m ³ 高炉使用 在重钢二个高炉上使用 部自动化院(ARIM) 在试验室成功,待应用
2	热风炉燃料空气量设定模型	同上	同上
3	软融推断模型	同上	同上
4	无料钟炉顶布料模型	同上	同上

其中天津工业自动化仪表研究所的“在线自学习模糊测辨铁水含硅量预报系统”曾在太原钢铁公司的高炉使用,硅含量预报命中率约为70%,若以此预报值为基础使之在低硅下操作,则硅水平可减少近0.1%,年经济效益为23.5万元^[6],这个系统的原理是使用模糊条件语句以描述难以准确用数式描述的对象,其基本公式为:如果 $\tilde{A}$ 则 $\tilde{B}$, $\tilde{A}$ 和 $\tilde{B}$ 分别是每个模糊条件语句中的定义的各语言取值的模糊子集。它分别对应于每个系统的变量,而变量(非模糊值)为各语言取值的模糊子集的论域,如果以模糊条件语句为基础按时序来解析模糊系统,并作出系统参数的预测,则可导出模糊辨识的公式,在硅(Si)预测系统中为:如果 $A_{i-1,m}$ 和 $(Si)_{i-1,m}$ 则 $(Si)_i$ ($m=1,2,\dots,j$) 在本系统中 $j=6$,即判断炉温的6个参数,它是:炉料下降速率,理论燃烧温度,炉顶煤气温度,渣温度,负荷,以及上一炉硅含量。如果使用上式来预测各变量并按一定比例关系综合,即得出:

$$(Si)_i = \left(\sum_{m=1}^j \alpha_m \times (Si)_{i-1,m} \right) / \sum_{m=1}^j \alpha_m$$

“异常炉况下高炉铁水含硅量预测专家系统”,已在鞍钢No.9高炉中应用,命中率约为82.30%,年经济效益为69万元^[11]。

(4) 制定政策,以便促进使用已证明行之有效的自动化系统。

属于这方面的有部科技司制定的高炉工序自动化分档晋等标准^[12],它把自动化的应用与高炉进等的考核指标联系起来而有利于促进高炉自动化的发展,它的进等考核有两种方法,即如表4所示的考核法和计分法,后者把每项自动化定一个分数,总计达若干分为各种不同等级。

表4 高炉自动化进等的标准

炉内等级	容 积 <800m ³	8 00~1500m ³	大于1500m ³
特等炉	全套基础自动化 + 数据收集的监控级	全套基础自动化 + 数据收集的监控级和部份数学模型	全套基础自动化 + 数据收集监控级全套数据模型
一等炉	全套基础自动化	全套自动化 + 数据收集的监控级	全套基础自动化 + 数据收集监控级和和部份数学模型
二等炉	部份基础自动化	全套基础自动化	全套基础自动化 + 数据收集监控级
三等炉	全套检测仪表和某些项目使用微型计算机	部份基础自动化	全套基础自动化

(5) 结合高炉改建, 中修或新建而引进国外成套硬件, 自行设计系统、自行在国内编制软件, 自行调式和投产。例如首钢高炉, 重钢5号高炉等都属这类例子。其水平已和八十年代初国际上的高炉基础自动化水平大致相等。

二、近年来国外高炉自动化进展

1、开展更多的专用检测仪表, 特别是监视炉内状况的仪表

表5列出了日本对高炉检测仪表的现状, 问题和打算^[20], 它代表了当代高炉检测发展的趋势。

2、数学模型的深化和人工智能的应用

70年代成功的数模主要是热风炉的设定和高炉炉热的判断, 后者由单个模型转为多个模型综合判断而提高了精度, 例如新日铁的炉况模型用硅含量统计法、风口前端温度法, 炉热指数法来联合判断炉缸热状态, 亦即取各个模型的适应性和长处来综合判断以适应各种情况而提高命中率; 70年代末和80年代初高炉炉况判断已转为多参数综合判断整个炉况好坏的方式, 如川崎的Go—Stop模型用8个参数, 新日铁的AGOS以5个

• 基础自动化包括: (1) 全套热工参数检测和自控; (2) 表1的特殊仪表(可选择若干项, 但最后6项对大于2000m³高炉应采用; (3) PLC或微机控制配料和补正以及上料; (4) PLC自动换炉

•• 数据收集监控级包括各类炉数据收集、整理、显示及打印, 以及各种技术计算。

••• 高炉数模包括: (1) 布料; (2) 异常炉况及炉热预测; (3) 软融带推断; (4) 砌体侵蚀推断; (5) 热风炉流量设定等等。

表 5 日本高炉正在应用和将要开发的传感器一览表

序号	检测对象 (内容)	检测 参数	检测精度 (要求精度)	检测目的	阶段		现状的检测方法	要开发的场合, 现存问题和期待的 传感器	需要 优先 度
					实用 中	开发 中			
1	炉内煤气 流动状况	方向流 速	范围: 60~3000°C 0~10m/s, 精度: $\pm 20^\circ\text{C}$	控制煤气 流分布和 热流比		○		·现状: 仅可连续测量炉顶处 ·要开发能连续测炉内状况的传感器	A
2	炉内固体 流动状况	方向 流速	范围: 0~2000°C 精度: 20°C	控制热流 比		○		·要开发能连续测量炉内状况的传感器	A
3	炉内液体 流动状况	方向 流速	范围 1500~1600°C 精度: $\pm 20^\circ\text{C}$	掌握滴下 状况及渣 铁流		○		·能连续测量炉况的传感器	B
4	炉内煤气 固体液体 温度	温度	0~3000°C ($\pm 20^\circ\text{C}$)	立体地, 灵活的监 视炉内	△	○	通过垂直和水平 探测器的热电偶 来测量	·要开发能连续测量的传感器	B
5	炉内煤气、 固体、液 体还原状 况	成分, 强度, 粒度	CO: 20~40% CO ₂ : 0~25% H ₂ : 0~20%	同上	△	○	通过垂直和水平 探测器取样装置 来进行各定点测 量	·要开发能连续 取样及测量的传 感器	B
6	软融带位 置及形状	高度	从料线开始10~ 30m ($\pm 20\text{cm}$)	高炉生成 过程解析	△	○	送入式垂直探尺 (热电偶)TDR 法	·要开发可连续 测量的传感器	A
7	炉内铁水 液位及分 布	高度	精度: $\pm 20\text{cm}$	提高出铁 量预测精 度		○		·现状: 完全不 可能 ·要开发能够用 于定点的测量的 传感器	A
8	熔渣流量	流量	0~1.0t/h ($\pm 10\%$)	节能、提高 熔渣品位	△	○	光学方式	·能连续测量的 传感器	B
9	出铁中铁 水含硅量	分析值	0~10% ($\pm 0.02\%$)	减少脱硅 剂消耗		○	热 电 式	·开发能迅速, 连续分析, 价廉 的传感器	B

表 5 (续—1)

序号	检测对象 (内容)	检测 参数	检测精度 (要求精度)	检 测 目 的	阶 段		现状的检测方法	要开发的场合, 现存问题和期待 的传感器	需要 优先 度
					实用 中	开发 中			
10	连续测量 铁水温度	温度	1400~1600°C (±10°C)	作业管理	△	○	辐射高温计	能连续测量且 价廉的传感器	A
11	高炉炉壁 厚度	厚度	0~2.0m (± 2cm)	延长炉令		○	由铁皮或炉壁温 度来判断, 推测 值, 精度不好	要开发能直接 测量的传感器 (即使定点测量 也好)	B
12	原料粒度 分布(炉 外)	粒度	0~100mm (±3mm)	控制装入 物料分布		○	取样方式, 分批 测量, 信息滞后	要开发能连续 测量的传感器	B
13	同上(炉 顶、炉身)	粒度	1~100mm (±3mm)	检测装入 物料状态		○	取样方式, 分批 测量, 信息滞后	要开发能连续测 量的传感器	B
14	原料水份	分析值	0~10% (±0.1%)	补正称量 值水分	△	○	焦炭: 中子式; 矿石: 取样方式	要开发能连续测 量的传感器	B
15	原料(焦 矿层厚) 层厚	层厚	0~2m(±100m m)	控制装入 物料分布	△	○	料面形状计, 现 可测装入物料的 表面	要开发能测量混 合层形式, 流入 状况的传感器	A
16	滴下区软 融物形状	形状	精度: ±10cm	过程分析	△	○	风口探测器, 仅 能在休风时测量	要有作业时仍能 测量的传感器	B
17	炉中心焦 炭的温度 粒度	温度 粒度	1000~3000°C (±20°C)	掌握透气 性		○		要有作业时仍能 测量的传感器	B
18	炉顶料面 形状	形状	精度: ±5cm	控制炉料 分布	△	○	探尺式, 微波 式, 激光式	要有能同时测量 全部装入物料的 表面形状	B
19	出铁口探 度	厚度	2~4m(±100m m)	出渣出铁 作业高效化		○		要求高精度的传 感器	C
20	炉中心形 状	形状	1000~3000°C	透气性及 炉底温度 管理	△	○	风口探测器, 仅 在能休风时测量	要有作业时仍能 测量的传感器	B

表5 (续-2)

序号	检测对象 (内容)	检测 参数	检测精度 (要求精度)	检测 目的	阶段		现状的检测方法	要开发的场合, 现存问题和期待的 传感器	需要 优先 度
					实用 中	开发 中			
21	滴下区的 液流分布	流速	0~700mm/h (± 20 mm/h)	铁水、渣 的微量分 布控制		○		要求能连续检测 的传感器	
22	炉顶煤气 分析计	分析值	0~500°C下分 析CO、CO ₂ 、H ₂ O ₂ 、CH ₄ 、N ₂	作业监视	○		色谱及红外线分 析计		
23	炉身静压 力计	压力	0~5kg/cm ²	作业监视	○				
24	炉顶温度 计, 炉喉 温度计, 炉底温度	温度	0~1200°C	作业监视	○				
25	风口支管 流量计	流量	温度条件 800~1300°C	作业监视	○				
26	风口前端 温度计	温度	0~500°C	作业监视	○				

参数,住友金属鹿岛模型以10个参数来综合判断炉子状态;80年代初和中期由于高炉反映复杂,空气动力学问题也较复杂,闭环控制没有成功,故转为多目标管理,亦即除炉热判断以外,如软融带推断,耐火砌体烧损推断,煤气流分布等等的诊断和管理,高炉、热风炉操作的综合分析等等,这个时期各个公司开发了各种模型,就是同一公司的各个工厂的模型也不尽相同,如新日铁公司的君津厂,大分厂,名古屋厂,广田厂也有各自的模型,80年代初,世界各国企图跳出传统的使用工艺理论建模的方法,探索使用现代控制理论把高炉作为黑箱和使用多输入多输出的方法进行建模^{[13][14]},但一直没有多大效果,虽然也发表了一些文章,但没有实用化,与此同时,人工智能得到实用化,特别是专家系统的出现,且由于高炉目前的操作,炉长除了依靠仪表和数学模型作为操作指导以外,还有赖于他自己的经验,这种作法、表明最有利于使用专家系统,因为它能使没有经验的炉长也能达到熟练的炉长的水平、因而,首先是日本各大公司竞相发展高炉专家系统,并取得较好的效果^[5],首先是日本钢管福山制铁所的5号高炉“Flag”炉况异常预报系统命中率已达90%，“Baisys”炉热预报系统命中率已达94%，接着新日铁的君津制铁所的“ALIS”系统,命中率达94%，并计划在最近5~6年推广到所有高炉,此外神户制钢开发了“炉况诊断系统,川崎制铁也把“Go-Stop”系统叫上人工智能,目前专家系统已由高炉主工艺线发展到辅助机组,例如已经出现高炉顶

压发电设备支援专家系统^[10]。看来八十年代末,九十年代,人工智能将成为高炉自动化的热点。

应当指出人工智能绝不是排斥现在的高炉数学模型或者另起炉灶,而是目前数学模型的补充,使之命中率更高。

3、多级控制系统的应用

由于CIMS(计算机综合制造系统)在世界上的成功,钢铁工业的CIMS根据日本、苏联的经验,其经济效益至少为生产总值的1~2%,特别是炼铁处于咽喉位置,高炉、焦碳、烧结,原料场有密切的关系,且与下工序炼钢的通信也是很重要的,故世界上的炼铁厂更多使用管理机,并组成如图1所示的系统,并作为全公司的CIMS的一部分。

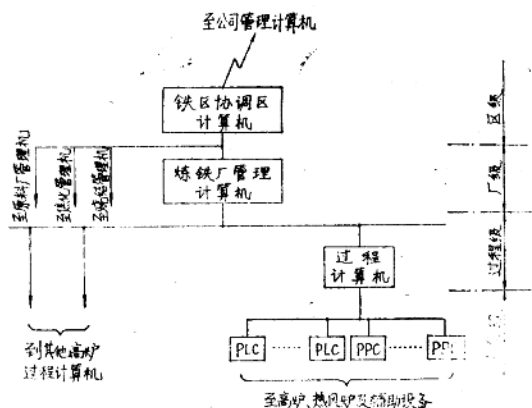


图1 炼铁厂多级计算机系统

由于专家系统的开发,往往一个工厂各个工序,或一个工序不同目的,而有几个专家系统,故专家系统的知识库也有共享问题,也有分布式知识库问题,多工作终端问题,此外对有和现在已有的OA系统,FA系统通讯问题^[10],现代高炉专家系统的发展趋势和上述类似,因而上述问题也会在高炉自动化发展中首先遇到。

4、设备诊断系统的发展

为使高炉获得高产优质低耗,其各个设备正常运转是必不可少的,高炉有许多附属机组和设备,光阀门就几千个,有液压系统、气动系统,冷却系统,电气系统等等,如何保证设备正常运行,及时诊断故障的征兆或发生的地点是减少停歇的关键,故设备诊断系统是目前正在开发的项目,监视关键点的振动、温度、压力、差压、流量等目前是很需要的,已经出现余压发电故障监视系统,液压系统故障监视系统,而且还引入高技术,人工智能和专家系统已经成为诊断系统的基础。

5、机电一体化设备及机器人的开发和应用

早在许多年前就已出现各类炉身水平,垂直探测器,包括液压电气推进机构的微波炉顶料面形状测量仪等大型机电一体化设备,包括卷扬机,电控设备的软融带形状测试仪,包括行走,下降,回转,使用机械手自动更换探头的炉前铁水含硅快速分析装置也是此类设备。

由于机器人有很多优点,故近年来已把机器人用于工业的艰苦条件中。日本于1984年拥有机器人64000台,其中钢铁工业占0.5%,神钢制钢有机器人21台,用于高炉有3台,占1.4%,住友金属公司已经在高炉堵铁口的泥泡中使用机器人来投入泥浆。在苏