

高等教育冶金工程专业规划教材

JISUANJI

ZAI YEJIN ZHONG
DE YINGYONG

计算机

◎ 赵文广 杨吉春 等编
◎ 安胜利 审

在冶金中的应用



化学工业出版社

计算机在冶金中的应用

赵文广 杨吉春 等编

安胜利 审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材是在“厚基础、宽专业面”的人才培养原则下编写而成的,以适应于冶金工程专业的教学要求,力求在内容上做到“全、精、深、新”,既参考了本领域一些国内外相关文献的有关内容,又吸收了近几年来计算机在冶金中应用的最新研究成果。全书共 11 章,主要包括概论、人工神经网络、原料流程的计算机应用、烧结过程的计算机应用、高炉冶炼过程模型与计算机应用、铁水预处理过程的计算机应用、转炉炼钢控制模型与计算机应用、计算机在电弧炉炼钢中的应用、炉外精炼控制模型与计算机应用、连铸过程控制模型与计算机控制系统、铁合金冶炼过程的计算机应用等内容。本书可作为本科及高职院校相关专业本科生及高职生的教学用书,也可供有关专业师生、工程技术人员及技术工人等参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

计算机在冶金中的应用/赵文广,杨吉春等编. —北京:
化学工业出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-122-03806-7

I. 计… II. ①赵…②杨… III. 冶金-计算机应用
IV. TF-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 151625 号

责任编辑:陶艳玲

文字编辑:颜克俭

责任校对:陈 静

装帧设计:周 遥

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 317 千字 2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来,计算机技术的发展和在冶金过程中的广泛应用使冶金学理论和工艺的研究方法、冶金生产及其控制技术发生了重大变革。由传统冶金学和传统冶金工艺学所构成的知识体系和结构,已不能完全满足现代冶金工艺发展和理论研究的需要。因此,诸如对微观过程或宏观过程的认识、单元过程或现象的定量解析、反应过程的数学物理模拟、反应和生产速率的预测、反应器的仿真研究和设计、人工智能技术的应用以及反应器运行和整体生产过程的控制等,计算机的应用起着推动冶金工业生产技术不断进步的重要作用。本书在编写过程中,注重吸收该领域这些新的技术和知识,尽量使本书能反映计算机在冶金过程中应用的全貌,以使初学者能够在较短的时间内了解更多本领域的知识和信息。

本书是在“厚基础、宽专业面”的人才培养原则下编写而成的,以适应于冶金工程专业的教学要求,力求在内容上做到“全、精、深、新”,既参考了本领域一些国内外相关文献的有关内容,又吸收了近几年来计算机在冶金中应用的最新研究成果。全书共11章,主要包括绪论、人工神经网络、原料流程的计算机应用、烧结过程的计算机应用、高炉冶炼过程模型与计算机应用、铁水预处理过程的计算机应用、转炉炼钢控制模型与计算机应用、计算机在电弧炉炼钢中的应用、炉外精炼控制模型与计算机应用、连铸过程控制模型与计算机控制系统、铁合金冶炼过程的计算机应用等内容。本书可作为普通高校本科学生及高职院校相关专业本科生及高职生的教学用书,也可供有关专业师生、工程技术人员及技术工人等参考阅读。

全书由内蒙古科技大学赵文广教授、杨吉春教授统稿,安胜利教授审读。参加各章节编写的人员分别是:第1、2、3、4、5、6、8、11章,赵文广教授和杨吉春教授;第7、9、10章,张芳讲师。

本书在编写过程中由于时间比较紧迫,加之作者水平所限,书中难免存在不当之处,恳请专家和读者给予批评指正!

编者

2008年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 冶金过程计算机系统的发展趋势	1
1.1.1 冶金过程计算机控制的必要性	1
1.1.2 冶金过程计算机的主要任务	2
1.2 计算机在冶金过程中的应用概况	3
1.2.1 冶金过程的人工智能优化	3
1.2.2 人工智能优化的特点	4
1.2.3 人工神经网络	4
1.3 计算机数据采集与数据处理	4
1.3.1 数据采集的基本结构	4
1.3.2 数据采集目标	5
1.3.3 采样数据的预处理	7
1.3.4 数据处理	10
第 2 章 人工神经网络	12
2.1 人工神经网络基础	12
2.1.1 人工神经网络处理单元	12
2.1.2 人工神经网络结构及工作过程	14
2.1.3 人工神经网络的性质	15
2.1.4 人工神经网络的学习方法	15
2.1.5 人工神经网络学习技巧	16
2.2 反传人工神经网络算法	17
2.2.1 反传人工神经网络结构	17
2.2.2 误差逆传播学习算法原理	17
2.2.3 广义 Delta 规则算法	20
2.3 自组织特征神经网络	22
2.3.1 自组织特征神经网络特点	22
2.3.2 自组织特征神经网络结构	22
2.3.3 自组织特征神经网络算法原理	23
2.3.4 自组织特征神经网络的计算步骤	24
2.4 遗传算法	25
2.4.1 遗传算法的编码、再生、交叉与变异	26
2.4.2 遗传算法的计算步骤	29
2.4.3 用遗传算法训练神经网络的计算步骤	32

第3章 原料流程的计算机应用	34
3.1 概述	34
3.1.1 原料场使用计算机的意义	34
3.1.2 原料场使用过程计算机的目的	35
3.1.3 原料场过程计算机系统结构	35
3.2 原料场过程的计算机功能	36
3.2.1 原料作业计划输入	36
3.2.2 原料运输计划编制	36
3.2.3 料仓库存管理	37
3.2.4 胶带运输机运转控制	38
3.2.5 移动机械运转控制	38
3.2.6 作业实况收集	39
3.2.7 料场库存管理	39
3.2.8 编制报表	39
3.2.9 数据显示	39
3.2.10 技术计算	39
3.2.11 数据通信	40
3.3 原料场计算机应用新技术	40
3.3.1 整粒车间使用模糊控制理论的远程计算机控制	40
3.3.2 矿槽内原料堆积的计算机控制	40
3.3.3 矿层混矿均匀的计算机控制	41
3.3.4 专家系统的应用	42
第4章 烧结过程的计算机应用	44
4.1 烧结过程主要设备及工艺流程概述	44
4.2 引入过程计算机的目的	45
4.3 烧结过程的计算机功能	45
4.3.1 掌握配料槽料位	46
4.3.2 混合料槽料位控制	46
4.3.3 配料混合控制及返矿槽料位控制	46
4.3.4 混合料水分控制	46
4.3.5 烧结台车料层厚度控制	46
4.3.6 铺底料槽料位控制	47
4.3.7 点火炉、保温炉燃烧控制	47
4.3.8 成品取样数据处理	47
4.3.9 数据打印	48
4.3.10 数据显示	48
4.3.11 数据通信	49
4.4 烧结配料的控制模型及人工智能的应用	49
4.4.1 配料模型和质量预测	49
4.4.2 烧结 OGS 操作指导系统	50

4.4.3 模糊控制在烧结终点控制中的应用	51
第5章 高炉冶炼过程模型与计算机应用	53
5.1 概述	53
5.1.1 高炉冶炼过程主要设备及工艺	53
5.1.2 高炉冶炼过程计算机控制的基本思路	54
5.2 高炉冶炼过程的计算机功能	54
5.2.1 原料、燃料作业数据处理	54
5.2.2 原料、燃料装入数据处理	55
5.2.3 高炉炉体和热风炉炉壳温度监视	55
5.2.4 渣、铁数据处理	56
5.2.5 炉内数据处理	56
5.2.6 热风炉燃烧控制	57
5.2.7 技术计算	57
5.2.8 数据处理功能	57
5.2.9 数据显示功能	57
5.2.10 高炉计算机通信	58
5.3 高炉过程数学模型与计算机控制	58
5.3.1 热风炉数学模型	59
5.3.2 配料计算与优化数学模型	61
5.3.3 高炉反应动力学模型	62
5.3.4 高炉热状态模型	64
5.3.5 无料钟高炉布料模型	68
5.3.6 高炉操作预测模型	72
5.4 高炉冶炼过程的人工智能控制	72
5.4.1 概述	72
5.4.2 专家系统结构	73
5.4.3 GO-STOP 高炉炉况监控与预报系统	75
5.4.4 炉热监测和控制专家系统	78
5.4.5 炉料下降异常预报和控制	80
第6章 铁水预处理过程的计算机应用	82
6.1 工艺概述	82
6.2 铁水预处理基础自动化	85
6.3 铁水预处理过程的计算机功能	86
6.4 铁水预处理过程的计算机应用实例	88
6.4.1 宝钢铁水预处理系统	88
6.4.2 利用神经网络预报铁水预处理终点硫含量模型	90
第7章 转炉炼钢控制模型与计算机应用	92
7.1 转炉炼钢的主要设备及工艺概述	92
7.1.1 转炉炼钢的主要设备	92
7.1.2 转炉炼钢过程简述	93

7.2 转炉炼钢计算机控制系统	93
7.2.1 系统的构成	93
7.2.2 系统的功能	95
7.3 转炉静态控制模型	99
7.3.1 静态模型分类	99
7.3.2 终点控制模型	100
7.3.3 机理模型	102
7.3.4 经验模型	106
7.3.5 统计模型	109
7.3.6 静态模型的比较	110
7.4 转炉动态控制模型	110
7.4.1 动态控制的必要性	110
7.4.2 动态控制模型原理	111
7.5 神经网络在转炉炼钢中的应用	112
7.5.1 吹炼过程熔池温度和碳含量连续显示的神经元网络系统	112
7.5.2 基于“神经元网络+知识库”的转炉动态模型	113
7.6 转炉炼钢过程控制的新进展	116
7.6.1 利用废气信息进行吹炼控制	116
7.6.2 利用炉渣信息进行吹炼控制	118
7.6.3 转炉合金优化模型	119
第8章 计算机在电弧炉炼钢中的应用	122
8.1 电弧炉构造与电弧炉炼钢工艺概述	122
8.2 电弧炉炼钢中的自动化控制系统	123
8.2.1 主要功能	123
8.2.2 电弧炉炼钢原料的称量与控制	124
8.2.3 电弧炉冷却系统控制	125
8.2.4 电弧炉电极升降自动控制	126
8.3 电弧炉炼钢数学模型	130
8.3.1 电能分配模型	130
8.3.2 冶金模型	131
8.3.3 热平衡模型	135
8.4 电弧炉炼钢过程中的计算机功能	138
8.4.1 电弧炉炼钢过程引入计算机的目的	138
8.4.2 人机对话功能	138
8.4.3 数据库管理系统	143
8.4.4 数据通讯系统	144
8.4.5 物料跟踪	144
8.5 神经网络在电弧炉电极调节中应用	144
第9章 炉外精炼控制模型与计算机应用	148
9.1 工艺概述	148

9.1.1	炉外精炼的主要目的和任务	148
9.1.2	炉外精炼的手段	148
9.1.3	炉外精炼的技术特点	149
9.2	炉外精炼过程计算机的功能	150
9.3	计算机在 RH 真空循环脱气精炼过程中的应用	150
9.3.1	RH 真空循环脱气精炼设备	150
9.3.2	RH 真空精炼控制模型	151
9.3.3	RH 过程控制模型计算所需信息	156
9.3.4	RH 过程中的控制模型运行与功能	157
9.3.5	RH 真空精炼过程计算机应用实例	157
9.4	计算机在 LF 炉钢包精炼过程中的应用	160
9.4.1	LF 炉钢包精炼设备	160
9.4.2	LF 炉外精炼数学模型	161
9.4.3	LF 炉精炼数学模型的功能	164
9.4.4	LF 炉能量输入设定点的人工智能优化系统	164
9.5	计算机在 CAS/CAS-OB 钢包精炼过程中应用	167
9.5.1	CAS/CAS-OB 钢包精炼设备	167
9.5.2	CAS-OB 精炼数学模型	168
9.5.3	计算机控制系统在 CAS-OB 钢包精炼过程中的功能	172
第 10 章	连铸过程控制模型与计算机控制系统	174
10.1	连续铸钢工艺设备概述	174
10.2	过程检测及仪表	175
10.3	连铸过程计算机控制系统	176
10.3.1	计算机控制目的	176
10.3.2	计算机系统结构	176
10.3.3	计算机控制系统的功能	177
10.4	连铸过程控制模型及人工智能的应用	179
10.4.1	质量控制系统模型	179
10.4.2	拉坯速度优化模型	179
10.4.3	切割优化模型	180
10.4.4	二冷水控制模型	181
10.4.5	连铸坯热送热装在线控制数学模型	181
10.5	连铸过程计算机控制应用实例	185
10.6	新型结晶器钢水液位控制系统	189
第 11 章	铁合金冶炼过程的计算机应用	191
11.1	工艺流程概述	191
11.2	铁合金冶炼过程的计算机控制系统	192
11.2.1	原料配料工序控制	192
11.2.2	原料磨细过滤工序控制	193
11.2.3	造球工序控制	193

11.2.4	烧结工序控制	193
11.2.5	冶炼料仓、配料及输送的计算机控制系统	193
11.2.6	预热工序控制	194
11.2.7	铁合金电炉 PLC 控制	194
11.2.8	电极压放自动控制	195
11.2.9	电极深度计算	196
11.3	过程计算机的功能	197
参考文献		198

第 1 章 绪 论

1.1 冶金过程计算机系统的发展趋势

1.1.1 冶金过程计算机控制的必要性

(1) 计算机控制的必要性 为什么钢铁生产过程要实行计算机控制,或者说计算机控制的效果表现在哪里?为了说明这个问题,下面介绍钢铁生产过程的性质和特点。

钢铁生产的性质可概括为以下三点:是大型装置工业;需要复杂的生产过程;是订货生产方式。

这些性质具体表现为如下特点。

① 设备方面的特点是:单机设备大;多半不是连续过程,而是间歇过程;人工操作仍相当多。

② 生产过程中物流的特点是:原料使用量大;要使用大量的能量和水;物流相当复杂;原料和成品的运输量大。

③ 生产过程状况的特点是:生产过程中物流多种多样;高温下作业。

④ 按订货进行生产的特点是:生产管理需要大量的信息;信息流和生产管理都很复杂。

⑤ 从劳动条件方面看的特点是:要求熟练工的作业多;多为高温、重体力劳动。

另外,从现实看还没有考虑到价格的升高。这些特点,无论拿哪一项作为企业条件都是不容易的。以这种过程进行生产,从企业来讲要降低产品成本是相当困难的。然而正相反,对钢铁产品的质量和价格的要求却越来越苛刻了,这更加重了困难程度。也就是说,钢铁企业在原料、能量、设备偿还和劳动力费用方面都受到很大压力,而对如此严酷要求,必须找出有效的对策解决。计算机控制就是措施之一,鉴于钢铁生产过程的复杂性,只凭在其他工业的连续性生产发展起来的闭环反馈控制为基础的一系列控制技术是很难解决问题的。而且今后钢铁工业的趋势将是更困难、更复杂。钢铁工业的现代化正在经历着种种变革。这些变革必须实行自动化,或实现至少以自动化为前提的计算机控制系统。

(2) 自动化的动向和计算机控制 钢铁工业自动化的目的在于提高大型设备的生产效率,加强质量管理,实现生产管理合理化以及省力化、无人化。下面就这些方面叙述自动化的动向和计算机控制的必要性。

① 提高大型设备的生产效率 对于像钢铁工业这种具有大型设备的工业,为了提高投资效率,必须提高设备运行率。而且要求始终在稳定状态下运行。近代设备的理想条件,是要求设备本身具有自控能力,变化部分可以通过自动化来补偿。可是实际情况离这种理想条件很远,设备的运行条件在大幅度地、频繁地变动着,原因如下所述。

a. 原料变动、成分变动、到货拖迟、价格变动等。

b. 市场情况变动,带来操作条件的变动。

c. 成品品种尺寸的变化,钢铁生产过程必须用同一设备,一批接着一批地生产不同规格的成品。用巨型设备进行多品种小批量生产的要求越来越强烈。

d. 工序的延迟。

e. 设备平衡的变动，由于事故等原因引起短时间内的平衡变动，或设备更新期间生产平衡的变动，都会使设备及设备之间的调整复杂化，例如停电事故和高炉检修等。

f. 工序中出现薄弱环节，设备能力的平衡因条件而受破坏时，某一设备就会变成薄弱环节。必须采取适应上述诸条件变动的相应措施。可是无论对于什么变动要判断采取什么措施，光靠人工计算的办法是来不及的，必须要靠计算机的辅助。如果要不断地、及时地进行这类计算和判断，非依靠计算机控制不可。

② 加强质量管理 质量成为企业竞争的重要要素。迄今，为提高质量和谋求稳定化，人们已引入各种控制装置，例如炼钢过程中的温度控制、轧钢过程中轧辊转数的控制等。但是这些自动控制都是环境控制，只是使过程中的某个参数固定不变。在炼钢过程应能控制所炼钢种本身才理想，在轧钢过程应使轧制成品的材质和尺寸达到规定的要求才是真正的目的。要做到这一点，就必须根据某种算法（数学模型）计算许多输入-输出参数来进行控制。作为过程控制的手段，计算机控制是重要的。但它的前提——过程分析和建立过程的算法（数学模型）却是非常难的。

③ 生产管理的合理化 用于质量管理的计算机控制，目的是使生产设备的运行控制达到最佳化。而生产管理的对象是处理生产所必需的信息，并根据它作出判断加以执行。这些信息量非常大，而且在工序管理中还必须与物流相伴随，它们的处理是十分复杂的。迄今离线使用计算机的例子也很多，但数据输入-输出几乎都是手动操作，不仅需要很多人，而且不可能实现合理的工序管理。在线生产管理系统正是为了解决这个问题，目前达到实用化。

④ 省力化、无人化 过程控制和在线工序管理对于减轻体力劳动已显示出相当大的效果。一方面，巨型设备和在其中通过大量的原料、能量、信息以及它们的优化管理和省力化，这些既是近代钢铁生产过程优化的目标，也是提高产量与质量的重要环节；另一方面，计算机控制及其他自动化在促成达到各项目标时，变得越来越重要，适用范围也越来越广。目前，计算机应用对于合理生产作用很大，可以说缺少了将一事无成。它在生产方式、设备、管理、劳务安排等各方面都取得了很大的进展。

1.1.2 冶金过程计算机的主要任务

按照 ISO 国际标准化组织建议的结构，企业自动化系统可分为检测驱动级（L0）、基础自动化级（L1）、过程控制级（L2）、生产管理级（L3）、经营管理级（L4）、决策管理级（L5）共 6 级。过程自动化级（L2）主要是对被控制的工艺过程执行监控，对生产过程数据进行采集、分析，运行工艺优化数学模型和人工智能模型，进行各种技术计算，提供处理过程中的各种预报和设定以及实绩并显示在相应操作画面上，给出操作指导或直接对基础自动化级（SPC 设定控制）控制、统计和制作各类生产报表，与 L3、L4、L5 等各级进行数据通讯。

图 1-1 示出过程计算机在整个数据处理网络中的配置。中心调度和管理级以及计划和执行级，几乎不用过程计算机。

不同的工厂和企业，虽然计算机的配备各不相同，但是对任务的分级情况却是一样的。在这种情况下，企业的调度任务是集中解决的，而控制生产则是由分散的系统完成的。在这些控制生产的分散系统的下面又有收集操作数据和保证质量的较小系统。只有达到了下述目的，采用计算机才是经济的：提高收得率；增加产量；改善产品质量；生产过程的最佳控制；保证设备完好。

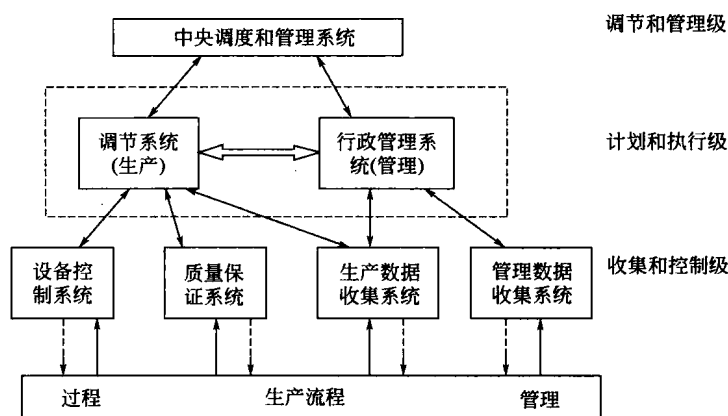


图 1-1 计算机系统的联络

1.2 计算机在冶金过程中的应用概况

现代冶金工业中，计算机技术的应用不仅能改进产品质量、提高劳动生产率，还能促进科学研究的发展，推动工艺技术的变革。计算机在冶金过程中的应用如图 1-2 所示。

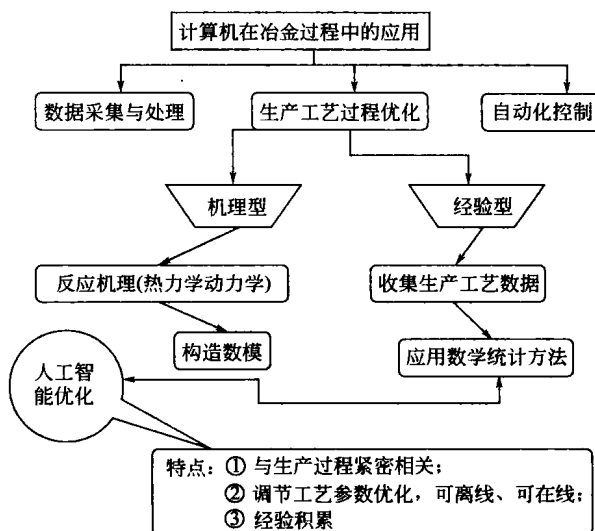


图 1-2 计算机在冶金中应用概略

1.2.1 冶金过程的人工智能优化

与人类认识事物可分为从本质分析推理和综合表现现象总结判断两种方式一样，优化方法也可分为机理型和经验型两类。前者从物理化学知识出发研究反应机理，推导过程的热力学和动力学方程，借助经验参数求解这些方程，从而达到指导生产的优化目的。后者则通过收集生产数据，将工艺参数作为输入、生产效果作为输出，应用数学方法研究输入与输出信息的关系，借以调整输入而达到最佳输出的效果。相对而言，机理型优化的生产过程透明清澈，可使操作者对生产过程了如指掌；经验型优化却视生产过程如一个黑盒子，只求获得预

想结果而不求弄清反应细节。显然，机理型优化令人神往。然而生产过程往往如此复杂，影响因素如此之多，以至于人们不可能仅凭其反应机理来达到优化生产过程的目的。在这种情况下，经验型优化就大有作为。

人工智能技术即属于这类经验型优化。从理论上讲，人工智能技术可把所优化对象视为黑盒子，但并不意味着对于生产过程的了解可有可无。在进行智能优化时，如输入信息遗漏了重要的工艺参数，结果必将一事无成；对工艺知识如一知半解，则作为计算输出的具体优化目标也必然无从确定；由于智能水平不同，有时可能给出若干优化方案，确定优化实施何种方案时，工艺知识了解的多寡也至关重要。因此，那种认为有了优化软件就万事大吉的想法，是不切实际的。

那么什么是人工智能优化？人工智能优化是指将模式识别、人工神经网络和专业系统技术以及其他可以模拟人类思维的算法发展成优化策略，从而改进生产过程，达到人们预期的目的。

1.2.2 人工智能优化的特点

人工智能优化本质上是一种信号处理方法。因此，它具有如下特点。

① 与生产过程紧密相关，在掌握了计算机软件后，优化的唯一条件仅仅是需要大量生产数据，同时，所建立的优化方案可直接由生产过程检验，因而上马容易，见效迅速。

② 主要通过工艺参数调节达到优化目的，而不是依赖于设备改造，实施优化措施，可离线，可在线，投资可大可小，选择离线优化，可做到小投资、大收益。

③ 随着生产发展，在积累新的数据之后，可进行新一轮优化，如此循环，反复优化，不断提高生产效果。

1.2.3 人工神经网络

神经网络系统理论是近年来人工智能的一个前沿研究领域。自 1943 年第一个神经网络模型——MP 模型被提出至今，神经网络的发展十分迅速，特别是 1982 年提出的霍普菲尔德（Hopfield）神经网络模型和鲁美尔哈特（Rumelhart）1985 年提出的反向传播算法（BP），使 Hopfield 模型和多层前馈型神经网络成为用途广泛的神经网络模型。与以往的基于符号机制的计算机的理论不同，神经网络基于连接机制的大规模并行处理的分布式的信息存储，它是依靠大量神经元广泛互连所引起的不同的兴奋状态和系统所表现出的总体行为进行工作。目前，人工神经网络技术在钢铁冶金终点预报方面得到了很好的应用，但该技术的进一步发展和应用还存在着较大的空间。除了在对冶金过程的机理方面还需要进一步深入研究，进而将其与神经网络结合起来实现网络对冶金知识的精确获取外，还要进一步拓展和开发新的网络结构和方式，并探索与其他方法相结合的新途径，用以满足冶金过程的多变性和复杂性要求。另外，在冶金过程的在线预报和控制技术开发应用方面，人工神经网络技术也具有广阔的开发和应用前景。

1.3 计算机数据采集与数据处理

1.3.1 数据采集的基本结构

计算机数据采集是用传感器对物理量（如温度、压力、流量或位移）进行采集、转换为

模拟信号，然后把模拟信号由 A/D 转换为数字信号，再由计算机进行处理、显示、存储或打印的过程。数据采集结构如图 1-3 所示。

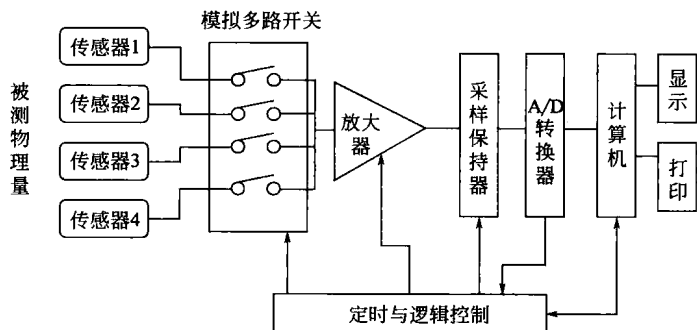


图 1-3 计算机数据采集结构示意图

(1) 传感器 把各种物理量转换成电信号的器件称为传感器。如温度传感器、位移传感器、流量传感器、压力传感器等。

(2) 模拟多路开关 用来轮流切换各路模拟量与 A/D 转换器间的通道，使得在一个特定时间内，只允许一路模拟信号输入到 A/D 转换器，从而实现分时转换的目的。

(3) 程控放大器 将微弱的输入信号进行放大，以便充分利用 A/D 转换器的量程分辨率。

(4) 采样/保持器 A/D 转换器完成一次转换所需要一定时间，在这段时间内希望 A/D 转换器输入端的模拟信号电压保持不变，以保证有较高的转换精度。

(5) A/D 转换器 实现将模拟信号转换为数字信号的功能。

(6) 微机及外部设备 负责对数据采集系统的工作进行管理和控制，并对采集到的数据作必要的处理，然后根据需要来显示和打印。

(7) 定时与逻辑控制电路 定时电路是按照各个器件的工序次序产生各种时序信号，而逻辑电路是依据时序信号产生各种逻辑控制信号。

1.3.2 数据采集目标

工业数据采集就是收集满足一定要求的生产数据。在收集生产数据前，首先确定所要优化的目标以及初步估计影响该目标的工艺参数。

1.3.2.1 优化目标的确定

(1) 优化目标的两种表示形式 根据目标值的表示形式，优化目标可分为连续量目标，例如提高产量，降低单位产品能耗等；类型目标，例如为了提高产品合格率，将产品分成合格和不合格的两类，优化目标是增加合格类型的产品；又如将优质品和非优质品分为两类，也以优化类型作为目标。连续量目标和类型目标可以相互转换。对于连续量目标，可按照某个数值为界，大于该界线的目标值为一类，否则为另一类，使连续量目标转化为类型目标。对于按类型表示的目标，可按照某些标准，如产品的各种指标，对样本逐个打分，这批样本的分数就成了连续量目标。在许多情况下，两种目标形式同时存在，先优化类型目标，再优化连续量目标。

(2) 多目标问题 生产上常需要优化多个目标，而且达到某些目标的措施往往相互制约。例如既要质量好、产量高，又要原料投入少。多目标优化有如下多种处理方法。

① 将多目标转化为单目标。按照某些标准,对每个训练样本综合打分,再依据某个分数界线把样本归类。或者综合考虑多个目标,给样本分类,按类优化。

② 用多输出的人工神经网络结合遗传算法寻优。如钢板质量,直接用以多个力学性能为网络的多个输出信号,以化学成分、轧制温度等工艺参数为输入信号,通过迭代、训练网络、建立输入和输出的隐函数关系,将多个优化目标值构成一个网络型函数,作为遗传算法计算目标适合度的依据,进行迭代寻优。

(3) 常见难题 在大多数情况下,优化目标可以直接确定,难度不大,但也常出现下列难题。

① 同一个记录的参数相互不匹配。工厂通常在一个规定时间同时记录运行中的各种工艺参数,实际上,对于长流程连续生产来说,同一时刻记录的工艺参数和该时刻产品质量或产量记录不相对应,后者要滞后一段时间。因此,不能简单地将这一时刻产量或产品质量归结于这些工艺参数。而且工艺参数之间也有类似问题,不能笼统地将这一时刻的生产记录作为一个样本处理。为解决这个问题,可根据生产知识推测产品记录滞后的时差。

② 两类样本数目悬殊。例如,如以排除事故提高正常运转时间为优化目标。由于事故毕竟很少出现,有事故的样本很少,而正常生产的样本很多,在统计上,这类样本极难达到人工神经网络训练的目的。解决该问题的办法,可另找一个和出现事故有关的而且较频繁出现的工艺参数作为具体目标。

③ 优化结果得到毫无价值的平庸结论。这种情况大多由于优化条件没限制所造成。例如,以高炉炼铁降低吨铁焦比作为目标,如无附加条件,得到优化的措施往往是提高矿石品位和提高风温。这种结论看起来固然不错,其实空空如也,因为这两条措施乃是炼铁常识,结论平庸。

④ 优化目标隐藏在变量中。有些目标和某个变量强相关,而后者仍属于待优化的对象。例如,某特殊钢薄板冲压易裂,以它为优化目标时,发现氮含量偏高是决定性因素。这样的优化结论乃是专业常识,实际困难是如何控制氮含量。在此情况下,如将减少氮含量作为优化目标,寻找对应的工艺条件,可能会得到对提高耐冲压性能有用的信息。

1.3.2.2 变量的确定

通常,设计生产工艺时已经知道影响目标变量的主要工艺参数、日常生产管理参数,也大致知道应注意控制的重要工艺参数,所以能够很方便地将这些工艺参数定为变量。然而,还应注意以下几点。

① 连续量的合理离散化。长流程的一些连续物理量,要根据专业知识将它们合理地化成离散量。以硅钢片的退火过程为例,随时间变化的温度是个连续量,长达 60 多个小时,绘成一条退火炉温曲线。究竟应分几段取数据合适则大有讲究。考虑到硅钢退火的第一阶段是缺陷、位错的回复运动,第二阶段是生成晶粒,第三阶段是晶粒生长,离散的温度数据至少要反映这三个阶段的物理内容。

② 排除已知的起决定作用的工艺参数。例如上述炼铁降焦比的优化,必须令矿石品位和风温为常数,不能将它们作为变量。否则,其他因素的作用将被掩盖,可能得出错误的结论。为此,被选取的样本必须有极为相近的矿石品位和风温,才能在不同的矿石品位(或风温)层次上优化。

③ 排除不可操作的工艺参数。生产记录包括可直接操作因素、间接操作因素和不可操作因素,或者说,包括直接可控参数、间接可控参数和不可控参数。它们之间常有相关,应

将影响属于可控（最好直接可控）的工艺参数确定为变量，与它们强相关的记录项目不必列入变量，以免后者干扰可控工艺参数对目标的贡献，也避免计算结果难于实施。

④ 变量的组合或变换。有时，若干工艺参数之间经某种形式组合，比它们各自作为变量更能反映优化目标的变化。有些变量需经函数变换，如取变量的指数、倒数、平方等。变量的组合和变换方式主要凭借专业知识进行设计。

⑤ 切忌遗漏主要因素。原始生产记录表的项目很多，管理上常从中浓缩部分记录项目作为主要因素记入档案。万一这种浓缩不全面，仅凭后者可能遗漏主要因素。例如，退火工艺优化时，装炉量容易被忽视，没有这个参数，当温度场不均匀时，所取的样本集不能识别模式类型，无法进行下一步优化。当经过优化仍找不到优化措施时，应该再检查一下，是否遗漏了主要因素。

1.3.3 采样数据的预处理

数据采集系统在采集数据时，由于各种干扰的存在，使得系统采集到的数据偏离其真实数值。去掉采样数据中干扰成分的措施，用软件对采样数据做预处理，使采样数据尽可能接近其真实值，以便使数据的二次处理结果更加精确。

由于冶金工业生产和科学实验现场的环境比较恶劣，干扰源较多，为了减少对采样数据的干扰，提高系统的性能，一般在进行数据处理之前，先要对采样数据进行数字滤波。

所谓“数字滤波”，就是通过特定的计算程序处理，减少干扰信号在有用信号中所占的比例，故实质上是一种程序滤波。数字滤波克服了模拟滤波器的不足，它与模拟滤波器相比具有以下几个优点。

① 由于数字滤波是用程序实现的，因而不需要增加硬件设备，可以多个输入通道“共用”一个滤波程序。

② 由于数字滤波不需要硬件设备，因而可靠性高、稳定性好，各回路之间不存在阻抗匹配等问题。

③ 数字滤波可以对频率很低，如 0.01Hz 的信号实现滤波，克服了模拟滤波器的缺陷，而且通过改写数字滤波程序，可以实现不同的滤波方法或改变滤波参数，这比改变模拟滤波器的硬件要灵活方便。

综上所述，数字滤波受到相当的重视，得到广泛的应用。

数字滤波的方法有各种各样，读者可以根据不同类型的数据处理进行选择，下面介绍几种常用的数字滤波方法。

1.3.3.1 中值滤波法

所谓“中值滤波法”，就是对某一个被测量连续 n 次（一般 n 取奇数），然后把 n 个采样值从小到大（或从大到小）排队，再取其中值作为本次采样值。

入口条件： n 次采样值存在一维数组 $S(n)$ 中。

出口条件：滤波后的采样值存于 DA 变量。

中值滤波过程程序（Quick BASIC）清单如下：

```
SUB ZHOZI (N,S(),DA)
  FOR I=1 TO N-1
    FOR J=I+1 TO N
      IF S(I) <= S(J) THEN 20
```