



华夏英才基金学术文库

刘祥官 刘芳 著

高炉炼铁过程优化 与智能控制系统



冶金工业出版社
www.cnmp.com



华夏英才基金学术文库

高炉炼铁过程优化 与智能控制系统

刘祥官 刘 芳 著

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 简 介

全书分为上下两篇。上篇为开发篇,论述了建立“炼铁优化专家系统”的工艺原理,数学模型的复杂性与多目标优化及其在济钢、莱钢、新临钢和杭钢高炉上应用的效果;下篇为应用篇,详细介绍了“炼铁优化专家系统”主要软件功能模块及其在线操作使用,实现优化、智能化操作的途径。

本书适用于计算机、自动化与数学模型专业人员以及高炉炼铁生产、科研与管理人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

高炉炼铁过程优化与智能控制系统/刘祥官等著.

—北京:冶金工业出版社,2003.4

ISBN 7-5024-3222-1

I. 高… II. 刘… III. ①高炉炼铁—过程—最佳
化②高炉炼铁—智能控制—控制系统 IV. TF53-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010409 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 赵培德 美术编辑 黄华斌 立 仍 责任校对 符燕蓉 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 4 月第 1 版,2003 年 4 月第 1 次印刷

720mm×1000mm 1/32; 18.25 印张; 354 千字; 270 页; 1-2500 册

28.00 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)

序 言 一

党的十六大决定我国要走新型工业化道路,我理解这需要加快应用信息技术改造传统产业的信息化进程。最近几年,全国各工业企业广泛而深刻的试验工作证明,各类生产与管理过程的广义“专家系统”(ES)的开发与应用,驾驭着计算机局域网,可以大大提升企业生产与管理过程的信息化、自动化与系统最优化的水平。这给企业带来了显著的经济效益。

本书所阐述的高炉过程优化与智能控制系统,正是这样一类具有显著新型工业化特征的“高炉专家系统”。作者和他的开发团队通过与杭钢、济钢、新临钢、莱钢等钢铁企业合作试验,在企业有远见的领导者的支持帮助下,走产、学、研结合之路,经过多年努力,终于开发应用成功“高炉炼铁优化专家系统”。该项目被纳入国家科技部“国家级科技成果重点推广计划”项目,并且在推广应用中又多次更新换代软件版本,进一步完善提高为“智能控制专家系统”。他们在多家钢铁公司炼铁厂的多座不同容积高炉上的应用均取得了改善技术经济指标的显著成效。特别是在济钢 350m³ 高炉与莱钢 750m³ 高炉这两座有代表性的高炉中,应用“专家系统”不仅实现了“优质、低耗、高产、长寿”的多目标优化,显著改善了指标,而且与本企业其他同类高炉相比,指标更先进,显示出更优的实力。

我和徐炬良、刘云彩、奚兆元曾在新中国建国初期的旧高炉上工作过,以后又经历了炼铁工业的机械化、自动化改造历程,现在欣喜地看到计算机与信息化给高炉操作带来的先进生产力。我们也曾经在 1999 年的《中国冶金报》和《炼铁》杂志上撰文郑重予以推荐,称本系统为“高炉操作的第三代技术”。在本书出版的时候,我们向更多的炼铁工作者推荐本书及其“智能控制专家系统”技术。

在 20 世纪八九十年代,从改革开放之初,我就一直主张中国工业技术应走引进、消化、国产化、创新之路,并且相信以中国人的聪明才智,将来会走在世界的前列,并曾经十几次撰文阐述这个观点。经过 20 多年

的历练,我们欣喜地看到我国电业实现了创新目标,成为全球最大的出口国。

钢铁工业技术是党和国家历来重视的重点,几十年来成就了诸多技术专家,高炉冶炼指标走在世界的前列。在进入信息时代时,我们晚走了一步,不得已才从日本、芬兰引进了“专家系统”。从此,各方面大力参与创新工作,现也开花结果,本书阐述的“炼铁优化专家系统”就是拥有我国自主知识产权的技术。它是根据我国钢铁企业高炉生产实际开发应用成功的“专家系统”,是在我国炼铁专家的工艺理论与实践指导下开发成功的“专家系统”。贴近我国实际是有别于引进技术的特点。这是按照我国科学家钱学森、华罗庚等阐述的系统工程与优选统筹理论,在炼铁工艺-计算机-自动化-信息技术-数学模型多学科交叉基础上开发成功的“专家系统”。这一点更是同引进技术不同的先进之点。2002年6月,包括炼铁专家、自动化、计算机和数学模型领域的院士、教授对“莱钢750m³高炉智能控制系统”进行了技术鉴定。鉴定意见认为:所建立的智能控制模型具有创新性,实现了在信息化与工艺参数系统优化基础上的炉温控制智能化。对于实现炼铁过程的多目标优化具有重要的实用价值,并且拥有我国自主的知识产权。”“经过莱钢750m³高炉生产实践应用,在同等条件下,提高了利用系数,降低了焦比,取得了显著的技术经济效益。”“项目整体水平即‘高炉智能控制专家系统’达到国际先进水平,其中按照控制论寻求最佳状态下智能控制模型的研究达到国际领先水平。”“项目设计的指导思想是立足于国内高炉的现有条件,它的成功为我国中型以上高炉的信息化技术改造,实现低成本高效益提供了示范。可在大中型高炉上推广,较之引进技术更适用于中国高炉。”当时,我们曾到莱钢高炉进行考察分析,完全同意这些鉴定意见。现在细读本书,认为“开发篇”与“应用篇”中的理论创新与应用创新,对炼铁工作者和计算机、自动化专业人员以及数学模型研究开发人员具有十分重要的研究参考价值和使用价值。

我国已经是世界第一钢铁大国,2002年钢铁产量达到1亿7千多万吨。但是,我们还不是钢铁强国。许多高、精的钢铁产品和技术还需要引进,“高炉专家系统”、ERP等软件还在引进。钢铁大国与强国的差距实质上是知识产权的差距。知识的差距引发技术与产品的差距。我们应当鼓励科技人员在先进理论与实践基础上、在多学科交叉中大力创

新,与时俱进地开发国产的“专家系统”软件。本书第一作者是浙江大学数学系教授,是华罗庚先生的学生,专攻运筹学与控制论。他拜炼铁专家为师,多年坚持不懈深入地研究炼铁工艺,终于创新地开发、应用成功“高炉智能控制专家系统”。这种锲而不舍的科学研究精神应当大力提倡,国产的“高炉专家系统”应当更好地推广应用。

原冶金工业部副部长兼总工程师
中国钢铁工业协会信息与自动化推进中心顾问

周传典

2003年元月

序 言 二

浙江大学数学系运筹学与控制论博士生导师刘祥官教授和他的研究团队以数学为桥梁,链接了炼铁工艺技术与计算机技术、自动化技术、信息技术,长期对高炉炼铁工艺进行了过程优化与智能控制的研究,成功开发了“高炉炼铁优化专家系统”,为我们提供了一个多学科交叉应用于工程实践的成功范例,取得了拥有自主知识产权的研究成果,并且转化为生产力。其成功不仅仅在于过程的系统优化给生产工艺带来巨大的经济效益,而且使十分复杂的生产工艺在高技术层次上重新构造了智能化的工作流程,显著减轻了操作者的劳动强度,有效提高了生产效率。这部著作是他们长期研究的成果。特别令人注目的是:本书阐述的炼铁工艺参数的系统优化技术是国外引进的“高炉专家系统”中所没有的技术。

数学的灵活应用和融会研究是本书重要的创新特点。关于数学与高新技术的深刻关系,曾任美国总统尼克松的科学顾问,后来担任了EED公司总裁的 Edward E. David Jr. 在 20 世纪 80 年代曾撰文指出:“‘高技术’的出现把我们的社会推进到数学工程技术的时代。在这个时代里,数学与工程技术以新的方式相互作用着。50 年前,数学虽然也直接为工程技术提供一些工具,但基本方式是间接的:先促进其他科学的发展,再由这些科学提供工程原理和设计的基础。现在不一样了,数学与工程技术之间在更广阔的范围内和更深刻的程度上,直接地相互作用着,极大地推动着数学和工程科学的发展,也极大地推动着工程技术的发展。”^①

我国著名科学家钱学森在 1989 年也曾指出:“数学的发展关系到整个科学技术的发展,而科学技术是第一生产力,所以数学的发展是一件国家大事。”“……这是数学技术,即怎样给出一个方法,能使科学的理论

① 见:David E. Toward renewing a threatened resource: findings and recommendations of the Ad Hoc Committee on Resources for the Mathematical Sciences. Notices of the AMS, 1984;31(2):141~145

通过电子计算机解答具体的科学技术问题。”^①

这些名家的论断可以帮助我们理解和重视本书的特点。本书根据“炼铁工艺目标”与“操作方针”创新建立的多目标优化变分模型及其变频统计算法,所建立的炉温智能控制偏微分方程及其神经网络算法都显示了应用数学的精深及其发展的无限空间。

本书所阐述的计算机应用技术的特点在于使计算机软件的层次与网状结构巧妙对应于炼铁工艺过程的多工序合成控制。数据库层、程序层与界面层的 DNA (Distribute Network Application) 三重结构对“专家系统”软件在不同高炉上的应用赋予了灵活性与适应性。

高炉炼铁过程的高度复杂性使得高炉炼铁自动化成为一个跨世纪的技术难题。本书将高炉过程自动化的探讨,引入智能控制自动化的范畴,并从经典控制论、现代控制论和智能控制论三个层次来研究解决高炉过程自动化难题。高炉过程的基础自动化-高炉工艺的信息网络化-高炉信息的处理智能化构成了高炉过程控制自动化智能化的一个完整系统。

我们的国家正在经历着应用信息技术改造传统产业,实现跨越式发展的新型工业化进程。本书阐述的“高炉炼铁优化专家系统”正是这一进程中的一项高技术成果。可以预见,在新型工业化进程中各类复杂工艺流程的智能化系统将会更多地开发出来,并应用到生产中取得更好的经济效益。从数学技术角度看,本书对其他工艺“专家系统”的开发与过程的系统优化都有一定的参考价值。同时也为数学工作者参与新型工业化的进程提供了有益的借鉴。

中国工程院院士
浙江大学校长

潘云鹤

2003年2月22日

^① 见:钱学森. 发展我国的数学科学——在中国数学会召开的数学教育与科研座谈会上的讲话. 数学进展, 1990; 19(2): 129~135

注:潘云鹤是中国工程院院士,浙江大学校长,计算机系教授。

前言

《高炉炼铁过程优化与智能控制系统》一书在华夏英才基金会的资助下,经过作者和出版者的共同努力,终于和读者见面了。在对华夏英才基金会和冶金工业出版社表示衷心感谢的同时,作者借此机会向读者倾吐作为探索者的心声。

本书是一本探讨利用计算机技术提高传统工艺过程控制水平的难题——高炉炼铁自动化的专著,本书当然应该献给 21 世纪的炼铁工作者。本书也是一部从多学科角度探索高炉炼铁过程自动化的控制理论与实践的著作,因此,同时将它也献给从事计算机、自动化技术与应用和研究数学模型的工作者。没有这些学科与炼铁工艺技术的有机结合,炼铁过程自动化就无法取得突破性进展。在当前我国大规模进行的利用“信息技术改造传统产业,实现跨越式发展”的科技进步大潮中,计算机技术、自动化技术和信息技术、数学模型技术更加深入地应用于炼铁生产工艺,形成信息网络化的炼铁工艺流程,以求进一步改善高炉的技术经济指标。高炉炼铁工艺应用“专家系统”已经成为技术进步的趋势。

读者从本书的两篇序言中可以体会到:本书的诞生凝聚着两代人的心血,离不开多学科专家的热心指导和作者多年锲而不舍的努力。周传典教授从炼铁专家角度评述本书,潘云鹤院士从计算机专家角度评述本书。作者对两位专家的推荐深表感谢,他们是以创新的理念推荐具有我国自主知识产权的“高炉炼铁优化专家系统”。本书的创新研究思路来源于我国老一辈炼铁专家的理论,来源于我国老一辈数学家的理论,并且经过了我国钢铁企业的实践检验。没有根据生产实践需求的不断修改和提高,本书就不能够做到今天这样理论与实践的密切结合。本书所阐述的理论、研究开发的技术以及实践应用的总结,包含了浙江省科技进步一等奖、二等奖、冶金科学技术奖二等奖、山东省科技进步三等奖等多项奖励成果,相关成果已经纳入国家科技部“国家级科技成果重点推广计划”。在老一辈炼铁专家和有远见的企业领导人辛勤指导和大力支持下,这些成果在为企业结下经济效益硕果的同时,也将在实践中不断地吸纳其他学科的先进技术而不断完善提高。只要高炉炼铁过程智能控制闭环自动化尚未真正实现,本书阐述的理论实践中的研究与创新就

仍然需要继续深入。

本书凝聚着作者和他们团队的研究成果。这个团队的后面是我国炼铁界一批老一辈专家的支持,在此特别要感谢周传典、杜鹤桂、徐矩良、刘云彩、奚兆元等炼铁专家的指导帮助。同时,还要感谢一批企业曾经为本书的理论与实践探索,直至建成国产的“高炉专家系统”所提供的支持和帮助,尤其是杭钢、济钢、莱钢、新临钢以及攀钢、南钢、韶钢、新疆八钢等企业有关领导的支持。在“高炉炼铁优化专家系统”的开发与形成过程中,许多第一线的炼铁工作者和自动化工作者为本书中典型案例的诞生倾注了自己的心血,这里要特别感谢蔡漳平、刘元和、高贤成、林宪、孙红军、李孔安、沈永耀、任浩、罗登武、王子金、吴晓峰、卜敏、郝子峰、戚大波、法泉营、张国营、舒捷才、王淑珍、宁玉廷、吕宝栓、周生琦、孔祥胜、王红章、袁万能等人在国产“高炉专家系统”的应用与完善进程中提供的合作和帮助。

本书上篇为开发篇,6章内容包括对炼铁过程优化的工艺原理与数学原理的探讨;下篇为应用篇,8章内容既有炼铁工艺原理与模型算法,也有“专家系统”软件的在线操作与应用步骤。作者分工为:上篇全部和下篇中包含炼铁工艺内容的4章由刘祥官教授完成;下篇中有关计算机操作与使用步骤的第1、2、5、7章以及全书的150多幅计算机界面图制作由刘芳工程师完成。在本书的写作过程中以及相关的“专家系统”软件开发、使用说明书与技术说明书的编写过程中,蒋美华工程师以及李满喜、陆剑锋、黄东庆、叶红彬、俞晓伟、王义康等硕士和郜传厚、李启会等博士也都做了很好的工作,充分发挥了团队的聪明才智。

需要特别说明的是,书中介绍的研究成果涉及作者2002年申报的两项国家发明专利,如有引用,需要授权。

在本书编辑、出版过程中,冶金工业出版社杨传福总编和赵培德编辑投入了许多精力,给予细致的指导和帮助,保证了本书的出版质量,作者在此深表谢意。

最后,作者再次感谢周传典教授、潘云鹤院士和陈希孺院士等多年来所给予的支持、指导和帮助。没有他们的长期支持和鼓励,这样的一部著作是难以完成的。

作 者

2003年3月

上篇 开发篇

1 高炉过程自动化概论	3
1.1 跨世纪的技术难题——高炉炼铁过程自动化	3
1.1.1 冶金科技发展的前沿课题	3
1.1.2 自动化科学与技术的学科难题	3
1.1.3 从基础自动化发展到信息网络化	5
1.1.4 从“专家系统”迈向“智能控制自动化”	5
1.1.5 从中国高炉炼铁实际出发,实现高炉炼铁过程智能自动化	6
1.2 国内外高炉自动化进展的简要回顾	7
1.2.1 高炉炼铁的基础自动化	7
1.2.2 国外高炉自动化数学模型的研究进展	8
1.2.3 国内高炉自动化研究中的计算机应用进展	10
1.2.4 国内外高炉“专家系统”的简明对比	13
1.3 高炉过程的系统优化与智能控制自动化	14
1.3.1 应用“专家系统”是炼铁技术发展大趋势	14
1.3.2 基础自动化与信息网络化是实现炼铁过程智能自动化的 硬件基础	15
1.3.3 智能控制自动化的两项重要模型基础	16
2 高炉过程的工艺控制复杂性	17
2.1 高炉冶炼进程中工长作业的复杂性与运筹控制	17
2.1.1 炼铁工艺流程的主要组成工序	17
2.1.2 值班工长的炉内作业、炉前作业与作业管理	18
2.1.3 值班工长作业中的智力劳动	19
2.1.4 值班工长对高炉进程的运筹控制	19
2.2 高炉冶炼过程炉况故障状态的复杂性	21
2.2.1 炉况的顺行状态	21
2.2.2 异常炉况的主要种类	22
2.2.3 异常炉况征兆与故障识别的数理逻辑诊断模型	25
2.3 高炉过程控制的基础自动化与信息网络化	27

2.3.1 槽下配料称量子系统的基础自动化	28
2.3.2 卷扬上料布料子系统的基础自动化	28
2.3.3 热风炉燃烧过程与富氧鼓风的基础自动化	29
2.3.4 喷煤子系统的基础自动化	29
2.3.5 炉前出铁出渣的机械化与信息采集	30
2.3.6 化验室、过磅站终端计算机的联网与信息网络化	30
2.4 高炉冶炼过程的控制复杂性	31
2.4.1 控制复杂性的概念	31
2.4.2 炉温控制与温度控制的本质区别	31
2.4.3 炉温控制与炉况控制的交叉与运筹	31
2.4.4 实时控制与预测控制组成的二步目标运筹控制	32
2.4.5 调控优先级与调控 3 要素	32
2.4.6 高炉冶炼过程复杂性的非线性机理探索	33
3 高炉过程自动化的控制理论基础	35
3.1 从传统控制理论到智能控制理论	35
3.1.1 经典控制论的基本问题及其实现的控制	35
3.1.2 现代控制论的基本问题和成就	36
3.1.3 非线性控制系统的“能观性”与“能控性”	39
3.2 智能控制理论的发展与应用	39
3.2.1 智能控制论的由来	39
3.2.2 智能控制论的“三元交集”	40
3.2.3 智能控制论面临的复杂性	40
3.2.4 高炉“专家系统”面对智能控制论	41
3.3 从自动控制理论基础思考高炉炼铁自动化难题	41
4 高炉过程数学模型的复杂性	43
4.1 高炉冶炼过程的多目标系统优化模型	43
4.1.1 高炉过程的物质流与信息流分析	43
4.1.2 高炉过程参数的层次结构分析	43
4.1.3 高炉过程信息流的数据融合	44
4.1.4 高炉过程参数的滤波分析	46
4.1.5 高炉冶炼过程多目标系统优化模型的建立	47
4.2 高炉过程数学模型的复杂结构	48
4.2.1 关于数学模型技术	48

4.2.2	工艺计算的数量化模型	48
4.2.3	概率统计模型	49
4.2.4	模糊控制模型	49
4.2.5	数理逻辑推断模型	50
4.3	基于时间序列的变频统计与冶炼过程优化控制规律	50
4.3.1	描述复杂工艺系统过程状态的时间序列图	50
4.3.2	高炉冶炼过程的“混沌相似性”	51
4.3.3	变频统计方法的数学原理	52
4.3.4	基于四元时间序列图的样本空间模型	52
4.3.5	高炉冶炼过程的优化控制规律	52
4.4	基于平稳时间序列的炉温预测与控制	55
4.4.1	炉温[Si]控制对高炉过程控制的意义	55
4.4.2	考察炉温变动规律的软件仪表——炉温智能控制图	56
4.4.3	炉温预报“命中率”与“成功率”的灵活应用	57
4.5	炉温[Si]的智能控制偏微分方程	58
4.5.1	炉温控制偏微分方程	58
4.5.2	炉温控制方程的多元回归算法的局限性	58
4.5.3	正交试验设计证明工艺经验的正确性与差异性	59
4.5.4	Bellman 动态规划与神经网络算法	59
5	高炉过程的智能控制自动化	61
5.1	高炉过程运筹与控制的两种策略	61
5.1.1	第一类策略:以改善“硬条件”为基础的控制策略	61
5.1.2	第二类策略:基础自动化+信息网络化+系统优化的控制策略	62
5.2	高炉冶炼过程智能控制自动化系统的设计	63
5.2.1	高炉过程的最佳状态与随机最优控制	63
5.2.2	炉况等级判断的自动化	64
5.2.3	炉况故障诊断与报警的自动化	64
5.2.4	信息传送自动化与“专家系统”的三位一体应用	67
5.2.5	高炉冶炼过程的智能控制自动化主流程	67
5.3	智能控制自动化的计算机网络基础	69
5.3.1	“智能控制专家系统”的计算机网络概述	69
5.3.2	铁区的信息传送网络	70
5.3.3	炼铁厂管理决策与技术分析的办公自动化网络	71

5.4 智能控制自动化系统的软件设计	72
5.4.1 三层结构的软件设计	72
5.4.2 软件系统的主要功能模块	73
6 “高炉炼铁优化专家系统”的应用工程与效益	75
6.1 案例 1:“炼铁优化专家系统”在济钢 350m ³ 高炉上的应用	75
6.1.1 概述	75
6.1.2 “炼铁优化专家系统”的设计	76
6.1.3 “炼铁优化专家系统”的特色——软件仪表	77
6.1.4 “炼铁优化专家系统”的应用成效与效益	82
6.1.5 结语	82
6.2 案例 2:“新临钢 380m ³ 高炉优化专家系统”的应用实践	83
6.2.1 概述	83
6.2.2 “专家系统”的构成	83
6.2.3 对冶强的优化	85
6.2.4 炉温[Si]和渣碱度(R)的优化选择	86
6.2.5 对鼓风动能的优化	87
6.2.6 结语	88
6.3 案例 3:“莱钢 1 号 750m ³ 高炉智能控制专家系统”	89
6.3.1 概述	89
6.3.2 “智能控制专家系统”的信息网络化基础	89
6.3.3 “智能控制专家系统”的功能设计	91
6.3.4 “智能控制专家系统”的主要功能模块	92
6.3.5 网络版“智能控制专家系统”的应用效益	96
6.3.6 高炉冶炼过程智能控制自动化发展前景	97

下篇 应用篇

1 系统概述与数据录入	103
1.1 引言	103
1.2 系统概述	104
1.2.1 【系统】钮的功能子菜单	104
1.2.2 【管理】钮功能展开	105

1.2.3 【视图】	108
1.2.4 【登录】	109
1.2.5 【数据库】	109
1.2.6 【优化】	109
1.2.7 【炉况】	110
1.2.8 【报表】	110
1.2.9 【导航】钮	110
1.3 数据录入的规则与注意事项	110
1.3.1 确认录入数据的有效位置	110
1.3.2 清除旧数据或部分修改旧数据	111
1.3.3 用鼠标或键盘移动光标时的特点	111
1.3.4 用【Tab】键从一个栏目向另一栏目快速移动光标	111
1.3.5 使用快捷数字键,提高数据录入效率	112
1.3.6 输入汉字信息的操作	112
1.4 数据表的通用功能钮	112
1.4.1 【添加】钮	112
1.4.2 【修改】钮	113
1.4.3 【查询】钮	113
1.4.4 【删除】钮	113
1.4.5 【最前】钮	114
1.4.6 【最后】钮	114
1.4.7 【上一条】	114
1.4.8 【下一条】	114
1.5 录入数据的工艺顺序与注意事项	114
1.5.1 数据表输入数据的先后顺序	114
1.5.2 输入、修改数据的前提条件	115
1.5.3 关于录入数据【可能出错】的智能化判断	115
2 数据库与数据表	116
2.1 原燃料数据	116
2.1.1 原料表	116
2.1.2 焦炭表	118
2.1.3 煤粉表	118
2.1.4 炮泥数据表	118
2.1.5 单价表	118

2.2 常规作业数据	119
2.2.1 作业表	119
2.2.2 出铁表	121
2.2.3 炉渣分析表	122
2.2.4 出渣表	123
2.2.5 煤气表	124
2.3 作业变更数据	125
2.3.1 上料布料表(变料表)	125
2.3.2 调剂指令表	126
2.3.3 故障记录表	126
2.3.4 炉料采集计算表	126
2.4 专家知识库	128
2.4.1 专家知识规则表	128
2.4.2 调控系数表	129
2.4.3 输入检查提示	129
2.4.4 人工智能库	130
2.5 风口渣口数据	131
2.5.1 喷煤风口表	131
2.5.2 风口更换表	132
2.5.3 风口状态表	133
2.6 温度压力数据	134
2.6.1 本体温度数据	134
2.6.2 炉底温度数据	137
2.6.3 压力数据表	138
2.7 冷却系统数据	138
2.7.1 汽化冷却系统	138
2.7.2 风渣口冷却数据	138
2.8 事务记录	139
2.8.1 值班记录	139
2.8.2 高炉大事记	139
2.8.3 车间文件	140
2.8.4 气象数据	140
2.9 班组考核	140
2.9.1 日炉前指标考核	140
2.9.2 月炉前指标考核	141

2.9.3 班组统计	141
2.9.4 班组综合信息	141
2.10 成本核算	142
2.10.1 日成本	142
2.10.2 月成本	142
2.11 生产统计	143
2.11.1 日统计	143
2.11.2 月统计	144
2.11.3 年统计	144
2.12 基本参数	144
2.12.1 高炉设计参数	144
2.12.2 用户登记表	146
3 过程优化与智能控制	147
3.1 炉温预报	148
3.1.1 炉温发展趋势	148
3.1.2 $[\text{Si}]-[\text{S}]$ 数值预报检验	150
3.1.3 炉温的四元时间序列综合判断	152
3.1.4 炉温的预测控制	153
3.2 配料布料	155
3.2.1 简要原理说明	155
3.2.2 炉料校核单的计算	156
3.2.3 煤气曲线优化	159
3.3 图表监测	159
3.3.1 24小时喷煤速率与喷煤量监测图	160
3.3.2 炉体温度场轴向图	160
3.3.3 炉体温度场径向图	161
3.3.4 炉底侵蚀状态图	162
3.3.5 炉喉十字测温图	163
3.4 优化决策	166
3.4.1 优化决策模型原理	166
3.4.2 系统样本划分	167
3.4.3 系统优化分析表的调阅与打印	169
3.4.4 系统优化分析图总结生产优化规律	170
3.4.5 产量质量优化分析图	174