

上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文 87



烧透点递阶智能控制系统 的研究与实现

- 作者：程武山
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐



上海大学出版社

2006年上海大学博士学位



烧透点递阶智能控制 系统的研究与实现

- 作者：程武山
- 专业：控制理论与控制工程
- 导师：费敏锐



图书在版编目(CIP)数据

2006 年上海大学博士学位论文. 第 2 辑/博士学位论文编辑部编. —上海:上海大学出版社,2010.6

ISBN 978 - 7 - 81118 - 513 - 3

I. 2... II. 博... III. 博士—学位论文—汇编—上海市—2006 IV. G643.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162510 号

2006 年上海大学博士学位论文

——第 2 辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 66135110)

出版人: 姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 890 × 1240 1/32 印张 278 字数 7 760 千

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—400

ISBN 978 - 7 - 81118 - 513 - 3/G · 514 定价: 880.00 元(44 册)

Shanghai University Doctoral Dissertation (2006)

Research & Realization of Hierarchical Intelligent Control System for Sinter Through Point

Candidate: Cheng Wushan

Major: Control Theory and Control Engineering

Supervisor: Fei Minrui

Shanghai University Press

• Shanghai •

上海大学

本论文经答辩委员会全体委员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求。

答辩委员会名单:

主任: 庄松林	教授,上海理工大学	200030
委员: 顾幸生	教授,华东理工大学	200030
董德存	教授,同济大学	200072
程维明	教授,上海工程技术大学	200072
丁永生	教授,东华大学	200072
李少远	教授,上海交通大学	200072
付敬奇	教授,上海大学	200031
导师: 费敏锐	教授,上海大学	200072

评阅人名单:

顾幸生	教授,华东理工大学	200030
程维明	教授,上海工程技术大学	200072
董德存	教授,同济大学	200062

评议人名单:

郑建国	教授,东华大学	610054
苍大强	教授,北京科技大学	200072
丁毅	教授,马鞍山钢铁公司	200030
王先运	教授,上海应用技术学院	200080

答辩委员会对论文的评语

程武山同学的博士学位论文“烧透点递阶智能控制系统的研究和实现”以上海市科委自然科学基金项目和安徽省技术攻关项目“烧结复杂生产过程的成分预测与建模”的合作项目为背景;针对烧透点复杂生产过程存在着大滞后性、时变性和耦合性等问题,进行了深入的理论分析和应用研究,论文选题具有重要的理论意义和应用价值。

论文对国内外烧透点复杂生产过程的研究现状及智能控制技术的发展作了较为详细的综述。针对烧透点过程信息、工艺流程和调度信息的层次性,提出和建立烧透点递阶智能控制系统;针对烧透点存在大滞后性的特点,从理论上和方法上提出了自适应模式聚类的预测系统,并用该预测值去动态调节模糊控制器的隶属函数,有效地解决了烧透点大滞后性的难题;针对烧透点预测和控制的多变量耦合性特点,提出用主成分制原理对多变量多样本集进行正交化处理,使主成分在系统的预测和控制中发挥主导作用,建立烧结机速度调节的主模糊控制器,实现有效、快速地调节烧透点位置;针对烧透点预测和控制中状态参量时变性和多模态性等特点,建立烧透点过程参量的辅助推理机制。这些方法和控制功能可以增强人们修正和控制烧透点位置的能力,以及限制人为因素的影响和提高整个烧结控制水平。用 VC++ 作为系统程序,以 SQL server2000 作为数据库,系统采用多线程工作模式,开发了烧透点递阶智能控制系统,

并应用到马钢 300 m²大型烧结机过程控制中,提高了作业率和一级品率,取得了较好的经济效益和社会效益。

论文条理清晰、层次分明、分析严谨、论点明确,尤其在智能控制的方法上取得了创新性的研究成果,表明作者具有坚实的理论基础和丰富的系统开发经验,具备很强的独立科研能力。

在答辩过程中,程武山同学叙述清楚,回答问题正确。

答辩委员会表决结果

经答辩委员会表决,全票同意通过程武山同学的博士学位论文答辩,建议授予工学博士学位。

答辩委员会主任: **庄松林**

2006 年 9 月 19 日

摘 要

进入 21 世纪后,我国钢铁产量由 1.2 亿吨上升到 3 亿多吨,其在国民经济中的地位尤为凸显,集约化经营思想和社会环保意识迫使我国钢铁企业必须提高劳动生产率、降低能耗和延长设备生命周期。由此可见,提高烧结工业自动化水平,研发具有自主知识产权的烧结递阶智能控制系统具有十分重要的意义。

烧结过程是一个工艺流程长、影响因数多、激励复杂的动态系统,采用传统的控制理论和方法难以解决全局控制问题。近年来,以专家系统、模糊控制、人工神经网络为代表的人工智能技术被引入烧结领域,为烧结计算机控制提供了一条有效的途径。

烧透点控制是烧结冶铁过程中非常重要的环节,它完成从固态、熔融态和气态的传质和控制水碳及成分的主要过程,但由于其存在着大滞后性、时变性和耦合性,一直需要看火工去人工观察和控制,严重制约了整个烧结过程的自动化水平。本人在经过 16 年研究烧结机理和烧结机、泥辊、带冷机、抽风机和鼓风机等大型设备联调的基础上,综合运用烧结理论、计算机技术、控制技术、系统工程和人工智能技术等多学科知识,在此提出和建立了烧透点递阶智能控制系统及其相关的方法和技术。

1. 针对烧透点过程信息、工艺流程和操作调度的层次性,

提出烧透点递阶智能控制系统的系统结构,分全局优化级、局部优化级和现场控制级。

2. 针对多传感器获取的不确定、非平稳和低噪比的信号,如温度、压力、流量、电量、位移和速度等,采用数据融合的方法进行数据加工处理和集成,使之有机地综合起来,取长补短,共同构划出被控对象的本质特征。

3. 针对模糊控制与神经网络融合的特点,从理论上和方法上分析和比较了正向和逆向网络、反馈和复合控制、分析预测和在线控制的集成技术。对烧透点大滞后的工艺过程,采用自适应模式聚类神经网络,通过烧结机机头参数实现对机尾烧透点位置的预测,并将该预测值动态修正模糊控制器隶属函数的 λ 值,以改变模糊控制器的输出,实现对烧结机速度的调节,稳定烧透点位置,从而有效地解决了烧透点大滞后性的难题。

4. 针对烧透点预测和控制的多变量耦合性特点,提出用主成分制原理对多变量多样本的样本集进行正交化处理的思想,使主成分在系统的预测和控制中发挥主导作用。选择烧结机速度为主控量,层厚及风箱温度压力为辅控量,建立烧结机速度调节的主模糊控制器,实现烧透点位置的有效、快速调节。

5. 针对烧透点预测和控制中状态参量时变性和多模态性等特点,建立烧透点过程参量的辅助推理机制。该推理机制是用模糊诊断和反向推理方法去实现整体目标,用前向推理方法预测异常情况和给出控制决策。这些方法和控制功能可以增强人们修正和控制烧透点位置的能力,以及限制人为因素的影响和提高整个烧结控制水平。对一些有因果关系但很难定量表述的过程参量去定性描述或转化为相应的模糊推理系统,尤

其在系统出现堆切换等原料波动较大或外部干扰较大的环境下,能快速地诊断并给出调整措施,保证烧透点主回路的有效调节。

6. 用 VC++ 作为系统程序,以 SQL server2000 作为数据库,系统采用多线程工作模式,即神经网络训练为一个线程,数据库及相应调用为一个线程,系统运算和界面各为一个线程。由此开发了烧透点递阶智能控制系统,并应用到马钢 300 m² 大型烧结机过程控制中,提高了作业率和一级品率,取得了明显的经济效益和社会效益。

关键词 烧结过程,烧透点,专家系统,神经网络,模糊逻辑,递阶智能,控制系统

Abstract

Entering 21 Centuries, Our iron and steel Production has risen from 120 million tons to 300 million tons, it plays a important role in Gross Domestic Product, intensives management and social environment protection compelled steel enterprise to rise labor productivity, reduce energy consumption and lengthen the service period of equipment. As shows, it possesses very suggestive meaning to heighten automatic level, research and development of the sinter hierarchical intelligent control system (SHCS) of self-determination knowledge property right.

Sintering process is a dynamic system with long production line, multivariable and complex mechanism, it is hard to resolve globe problem with using classical control theory and methods. In recent years, artificial intelligence technology such as expert system, fuzzy control and artificial neural network has been induced to sintering process control, which provides an efficient approach to implement the computer control in sintering process.

Burning through point (BTP) control is very important chain in sinter smelting process, it utilizes the propagation between solid, melting state and gas state and the process of regulating water carbon and composition. Due to large delay time, time-

varying and strong coupling, it need still man-inspecting and regulating, and restraining heavily the automatic level of whole sintering process. Based on 16 year's researching sinter mechanism and unite-adjusting way of among strand, roll, belt machine, absorbing wind and blower, BTP hierarchical intelligent control system and correlative method & technology is presented and built by comprehensive utilization of sinter theory, computer technology, control technology, system engineering and artificial intelligent technology.

1. According to the layer of a acquiring message, dispatching instruction, flowing operator signal and process variable, the structure of SHICS (Sinter hierararchical intelligent control system) is analysed and compared, it's system structure is divided into universal decision, local select and field control.

2. According to the characters of the undetermined, uneven and lower signal/noise ratio of multi-sensors, such as temperature, pressure, flowing, electric value, material level, speed and so on, these signals must be acquired, processed and made fusion, and made a synthesis, made up absorbing advantage and abandoning disadvantage, and constructed whole essence property of the plant.

3. According to the large delay characteristic of the burning through point (BTP), the fusion technology of forward and inverse network, feedback and compound control, analysis predict and control on line has been proposed in the theories and methods. That is, making the mass process message to be divided into subclasses with

different feature by using Adaptive Pattern Cluster Map (APCM), then building self-organized feature map (SOFM) to predict the BTP, and making the predicting value to adjust dynamically membership of fuzzy controller (the whole correlative and unique of adjusting technologist have been proved in theory), and those techniques can be used to solve the large-delay problem efficiently.

4. Facing to multi-variable coupling characteristic of the predicting and controlling of burning through point, the main composition system is used to orthogonal process for multi-variable, multi-sample sets, and enabled the main composition to exert the influence on predicting and controlling system. Selecting the speed of strand as main-adjusting value, material thick and windbox as assistance value, the main fuzzy controlling system of the strand speed is established, so that the position of burning through point will be realized with effectively and quickly.

5. According to the time-varying and multi-mode of state parameter of the predicting and controlling of burning through point, such as the pressure and temperature of 9 #, 12 #, 14 #, 16 # windbox, the flame status of the field expert observing, a assist inference mechanism of BTP are proposed in order to represent the fuzzy characteristic of knowledge in sintering field completely. The inference mechanism is to realize general goal by hybrid inference of fuzzy diagnosis and backward reasoning, and the factor that give rise to the abnormalities and control decision are inferred by forward reasoning. The BTP predicting and controlling

function are achieved, which can strengthen people energy to revise and control burning through point, and restrain man-made at will and heighten whole sinter control level. Especially, when an appealing raw material fluctuating and an exterior disturbing of material stack changing, the method for diagnosing the typical abnormalities of sinter process is investigated, the fuzzy diagnosis strategy of abnormality of sintering process is put forward, the sintering process would be new balance and stable. Based on sinter field expert operating and regulating experience on long production process, for having the causes and effects, but hard to describe those process parameter in allowance and no way to measure directly, comprehension inference method and non-accurate inference model can be put forward as quick as possible.

6. The hierarchical artificial intelligence control system for adjusting burning through point is developed based on multithreading working model with using VC++ as system program and SQL server as database, one thread is used to drill the parameter of neural network, two is used to build database and call program each other, three is used to run system, and four is used to display on screen. The system has been applied in operating and controlling BTP in 300 m² sinter plant of Magang Iron and Steel Company on-line for 6 months, the usage factor of sintering is raised 0.1%, and the working ratio is up 1%.

Key words Sinter process, Burning through point, Expert system, neural network, Fuzzy logic, Hierarchical intelligent Control system

目 录

第一章 绪论	1
1.1 烧结复杂工艺过程	1
1.2 烧透点复杂过程数学模型研究现状	5
1.3 烧透点人工智能技术的研究现状	8
1.4 烧透点控制中存在的问题	11
1.5 本文的选题和主要内容	13
第二章 递阶智能控制系统的数据处理和融合	17
2.1 递阶智能控制系统的信息的层次和特征	17
2.2 智能系统的信息处理	19
2.3 智能系统的数据处理	24
2.4 本章小结	31
第三章 递阶智能控制系统的基本模型和算法	32
3.1 神经网络的结构分析	32
3.2 神经网络的算法分析	41
3.3 遗传算法的优化策略	59
3.4 模糊系统的理论分析	70
3.5 智能推理机制的分析	76
3.6 系统的优化结构	85
3.7 本章小结	86
第四章 烧透点的自适应神经网络预测	87
4.1 遗传神经网络的原理	87
4.2 遗传神经网络的自适应性分析	89

4.3	混合型遗传神经网络	103
4.4	变结构神经网络	112
4.5	自适应聚类遗传神经网络	122
4.6	多种遗传神经网络的比较	131
4.7	本章小结	132
第五章	烧透点的模糊神经网络控制	134
5.1	烧透点工艺的复杂性	134
5.2	模糊神经网络	135
5.3	烧透点的模糊神经网络控制系统分析	146
5.4	本章小结	151
第六章	烧透点的智能辅助推理系统	152
6.1	烧透点的多变量耦合性	152
6.2	烧透点辅助推理系统的建立	157
6.3	烧透点辅助推理系统的自学习	161
6.4	本章小结	164
第七章	烧透点递阶智能控制系统的开发与实现	166
7.1	烧透点递阶智能控制系统的开发过程	166
7.2	系统的设计	169
7.3	系统的调试与运行	181
7.4	本章小结	188
第八章	结论与展望	189
8.1	主要结论	189
8.2	今后的展望	191
	参考文献	192
	攻读博士学位期间发表的学术论文及参加的科研项目	212
	致 谢	214