

东北大学

硕士学位论文

烧结专家系统的研究与实现

姓名：刘志国

申请学位级别：硕士

专业：控制工程

指导教师：王建辉;辛鹏飞

20060701

烧结专家系统的研究与实现

摘 要

烧结生产在炼铁原料的生产中占有十分重要的地位。烧结专家系统在原有控制系统的基础上,根据烧结过程控制的特点,基于数学模型与知识模型制定控制策略,可为烧结生产判断及操作指导提供依据,从而稳定烧结生产过程,提高产品产量与合格率,降低能耗,稳定烧结矿的化学成分。烧结专家系统设有过程自动化级而使监控功能更强,不仅自动化程度较高,而且能装载数学模型、编制计划、执行各种优化和先进控制,通过收集和处理操作信息,作为操作指导,使操作管理迅速化、自动化并提高管理精度,优化生产过程。

论文以首钢秦皇岛金属原料公司烧结厂1#2#烧结机为背景,介绍了国内外专家系统研究及应用的现状。通过专家系统的技术描述,以及控制模型分析和对过程模型的研究,对专家系统在烧结生产中的应用进行了分析探讨,并介绍说明了该系统所需的特殊过程仪表。文中不仅深入分析介绍了原料处理模型,混合布料计划模型,定量给料模型,燃烧穿透偏差控制等专家系统模型,还对烧结专家系统的系统结构、网络构成、通讯以及用户接口的人机界面进行了全面的介绍。

通过对烧结专家系统的硬软件配置、数据采集和预处理的描述,重点研究了烧结专家系统的专家知识模型,以及过程模型和用户接口软件的建立与应用。结合专家系统在首秦烧结生产过程中的应用,分析了专家系统的数学模型,提出了建立专家系统的一般步骤和方法,讨论了专家系统在实际应用中的一些经验,进行了专家系统的效益分析。文中还深入分析了专家系统信息网的结构,对所采集的信息进行了数据处理和科学计算,从而可为生产判断及操作指导提供依据。

关键词: 烧结专家系统; 数据采集; 专家知识模型

Research and Realize on Sintering Plant Expert System

Abstract

The sintering production is very important in the process of material production of ironmaking. On the base of the basic control system, base on the characteristic of sintering process control, mathematics models and knowledge models for making control decisions, sintering plant expert system give the judging of sintering production and basis for operating supervision to stabilize the process of sintering production, raise the outputs and quality of production, decrease the consumption of energy to level off the components of sintering. The sintering expert system make strong of the supervisal and control function for the control automation level, with the higher automation system and make of mathematics models, planning and optimize control. It provides the operating supervision by collecting and manage information to speed of operation, improve management and optimize the process of production.

The task of research project is the sintering process supervision expert system for sintering plant machines No.1 and No.2 in Qinhuangdao Shouqin Metal Materials Co., Ltd., the paper presents the actuality of research and application on the expert system domestic and overseas. Through the technology description of expert system, it analyze and research on the control models and process models, discuss the application of expert system in sintering process, and introduce the special instruments for the system. The paper discuss raw material handling model, bedding mix planning model, dosing determination model and burn-through deviation control model, also show the system structure, network, communication and HMI of expert system.

By the description of the hardware and software configuration of sintering process expert system, the paper research the expert knowledge models of sintering process expert system mainly, and the set up and applications of the process models and user interface software. Combine with the application of expert system in the sintering process of shouqin, it analyzes the mathematics models of expert system, put forward the common process and methods of expert system and talks about some actual experience applied in expert system, the benefit of the expert system is analyzed. In this thesis, the structure of the information network of the expert system is analyzed deeply. It can deal with the information that has been collected by scientific calculation, so as to provide the proof for condition judging of the production and the operation.

Key words: Sintering expert system, data collecting, expert knowledge model

独创声明

本人声明所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示诚挚的谢意。

学位论文作者签名：刘立国

签字日期：2006.8.26

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

（如作者和导师同意网上交流，请在下方签名：否则视为不同意）

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期：

签字日期：

第一章 引言

现代高炉生产中技术经济指标之所以先进,最重要的一条就是使用精料。烧结厂就是向高炉提供精料的“厨房”。现代烧结生产已成为钢铁联合企业重要的一环。经烧结厂处理加工后,细磨的选矿产品变成具有一定粒度、强度、化学成分稳定的均匀的高炉炉料。烧结矿的每项技术指标都影响高炉冶炼的效果、生产成本和产品质量。

所谓烧结就是在粉状铁物料中配入适当数量的熔剂和燃料,在烧结机上点火燃烧,借助燃料燃烧的高温作用产生一定数量的液相,把其他未熔化的烧结料颗粒粘结起来,冷却后将铁矿粉烧结成多孔质块矿,作为炼铁原料^[1]。烧结厂是炼铁原料准备的中间工厂。烧结过程根据炼铁的要求,将细粒的含铁原料、熔剂、燃料进行配料、混合造球、铺底点火、抽风烧结。而后,再降温固结,经破碎、筛分、冷却、整粒后把成品运往高炉。返矿重新参加配料、铺底、烧结。专家系统在原有控制系统的基础上,根据烧结过程控制的特点,基于数学模型与知识模型制定控制策略,可为烧结生产判断及操作指导提供依据,从而稳定烧结生产过程,提高产品产量与合格率,降低能耗,稳定烧结矿的化学成分。

1.1 课题背景

冶金工业在我国国民经济的发展中占有十分重要的位置,1996年我国的粗钢产量就以一亿零一百万吨上升到世界第一位,2004年则达到二亿六千万吨。国民经济的增长和钢材需求之间有着非常紧密的联系。我国已成为世界的钢铁大国,但还不是一个钢铁强国,有许多技术经济指标还落后于技术发达的国家。在能量消耗、产品质量、劳动生产率等方面,我们和世界先进水平还有很大的差距。2003年我国平均吨钢综合能耗为778kg/t,而日本则是658kg/t。要缩小这些差距,除了进行产品结构的调整,新工艺流程、新技术的研究开发是很重要的。研究和在实际生产中应用人工智能和专家系统技术,是缩小及消除这些差距的重要手段之一。

高炉炼铁需要大量的铁矿石,由于长时间的开采,天然富矿越来越少,高炉就要使用大量的贫矿,但直接使用贫矿入炉,无论在经济上还是操作上都是不合适的,必须经过选矿才能使用。即使贫矿富选后的精矿粉以及富矿加工产生的富矿粉也都不能直接进入高炉冶炼,必须进行从新造块,而烧结就是最重要的造块方法。烧结工艺起源于英国和瑞典,当时主要用烧结锅生产烧结矿,其后又发明了很多造块方法,其中

A. S. Dwight, R. L. Lboyd 工作组的带式抽风烧结机（即 DL 烧结机）最为成功，目前世界各国 90% 以上的烧结矿都是由这种烧结机生产的。基于配料、混合料加水 and 烧结料层厚等单元的自动控制系统，烧结过程引入了过程级监控计算机。建立数学模型，奥钢联开发有烧结机机速过程控制模型，日本川崎钢铁公司开发了横向烧结均匀烧成系统，烧结终点模糊控制系统以及点火器燃烧模糊控制等模型^[2]。烧结作业管理专家系统就是日本川崎钢铁公司开发，目的在于提高烧结作业管理自动化系统的水平。此外，芬兰罗德罗基公司也开发有烧结生产质量监督和操作指导专家系统^[3]。1986 年日本 NKK 公司最先尝试将专家系统技术应用到高炉炼铁领域上来。自此以后，各国钢铁企业开始了开发和应用专家系统的热潮^[4]。芬兰罗德罗基公司认为，应用专家系统可以使燃料比从当时已经很低的 445 kg/t 的水平再降低 4kg/t。德国蒂森公司证明，专家系统可以使燃料比下降，利用系数提高。根据武钢的保守估计，专家系统可以使燃料比降低 2% 左右，产量提高 3% 左右。

我国整个冶金企业在主要的工序流程上，基本普及了自动化级（L1）。作为提高产品质量重要的不可替代的环节，过程控制级（L2）近年来有了一定的发展，由于受到数学模型的开发及引进数学模型的消化、吸收较为缓慢的制约，过程控制级仍有很大的发展空间，所以对控制模型的引进、消化和开发应加以关注^[6]。保持生产的稳定，这就需要根据检测数据对生产进行正确的判断，从可能的方案中选出最佳的控制方案。然而，即使是经验丰富的操作工，也可能忽略掉检测数据的微小变化。此外，由于一些时间常数很大，一些控制变量的作用要在很长时间以后才能够在检测数据中反映出来。甚至，不同的操作工对于同样的检测数据往往会作出全然不同的判断。而专家系统正是帮助生产提高判断的可靠性，避免操作失误，统一三班操作的有效工具。即使设备先进、自动化程度比较高的企业，也增加过程控制级计算机系统，开发和应用更多的性能优良的传统数学模型，同时注意总结操作经验，使专家系统更加完善。对于条件成熟的企业，则应该利用现有的或力所能及地增加一些计算机控制设备，选用比较简单但见效快的数学模型及专家系统，并在使用过程中不断地完善。在国内有宝钢、武钢等使用了不同版本的专家系统，分别应用于高炉系统、烧结系统以及炼钢 LF 炉系统等。首钢在 2002 年和芬兰罗德罗基公司合作开发而成二高炉专家系统。

具有基础自动化和过程自动化并上连制造执行级（MES）的三级自动化系统，大多应用于大型现代化的烧结厂。1991 年宝钢二烧结 450m²DL 烧结机自动化系统就采用了这种类型，是目前国内最大的烧结机系统，其自动化系统采用日本三菱的 IE 一体化 DCS

系统。2002 年投产的武钢一烧结 ($4 \times 75\text{m}^2$ 烧结机) 改造的自动化工程在基础自动化级采用了 Modicon TSX Quantum 系列 PLC 控制器, 引进了奥钢联烧结厂自动化软件包 (二级自动化和过程优化)。具有全套现代化的数学模型, 包括过程信息系统和数学模型等功能。其中, 过程信息系统有代表原料和产品分析的实验室浏览器、参数显示、信息显示和工厂观测, 数学模型可以进行咨询性操作指导或闭环控制, 模型包括生产率控制模型、原料配比模型、返矿控制模型、焦炭返矿控制模型和碱度控制模型。2003 年 10 月鞍钢炼铁总厂二烧车间投入使用的烧结生产质量监督和操作指导专家系统, 从使用效果上看, 系统对化学成分预测的准确率达 85% 以上, 对终点判断的准确率达 96% 以上。10 月的一级品率达到 71.3%, 合格品率达到 82.4%, 较 9 月的 69.7%、79.9% 均提高了近 2 个百分点。按目前烧结矿的加工费 50 元/吨计算, 系统全年将为二烧车间产生近 400 万元的效益。

1.2 研究内容及意义

本文以首钢秦皇岛金属原料公司烧结厂 1#2# 烧结机烧结专家系统为对象开展研究工作。通过专家系统的技术描述, 以及控制模型分析和对过程模型的研究, 对专家系统在烧结生产中的应用进行了分析探讨, 并介绍说明了该系统所需的特殊过程仪表。不仅深入分析介绍了原料处理模型, 混合布料计划模型, 定量給料模型, 燃烧穿透偏差控制等专家系统模型, 还对烧结专家系统的系统结构、网络构成、通讯以及用户接口的人机界面进行了全面的介绍。

通过对烧结专家系统模型的研究分析, 对基础自动化和过程控制专家系统的结合有了更加深入的理解。控制系统和专家系统的运行, 烧结专家系统的建立可同时对大量的烧结过程信息进行快速分析和综合判断, 应用烧结专家在长期生产过程中所积累的水平最高的操作经验, 对工况及其走向的判断更正确、更客观, 可避免三班作业的不一致, 实现标准化操作。将人类专家的经验与“传统数学模型”及其他人工智能技术综合应用, 从而使对烧结生产的判断及调剂动作的决策建立在更为科学的基础上^[7]。

烧结专家系统设有过程自动化级而使监控功能更强, 不仅自动化程度较高, 而且能装载数学模型、编制计划、执行各种优化和先进控制, 收集和处理操作信息, 作为操作指导, 使操作管理迅速化、自动化并提高管理精度, 优化生产过程。达到更为节能、高效和节省岗位人员的目的。

1.3 小结

本章描述了烧结生产的起源、发展过程和当前应用水平,分析了烧结生产在冶金工业生产中的重要性。介绍了烧结专家系统建立的课题背景,以及国内外专家系统研究应用的现状。针对目前国内烧结生产的特点,论述了建立烧结专家系统的必要性。确定了以首秦烧结厂 1#2#烧结机为研究对象开展工作。同时,阐述了在目前控制系统的基础上建立研究烧结专家系统的意义。

第二章 烧结专家系统概述

2.1 烧结过程的控制和专家系统

2.1.1 烧结控制系统

烧结生产工艺流程分为原料准备及运输系统、配料系统、烧结机系统和成品贮运系统。控制系统的主要功能是连锁控制烧结生产各系统的工艺设备，管理控制配料槽、返矿槽、混合料槽、铺底料槽及环冷机矿槽料位。自动配料控制，在原料准备及运输系统中对各种含铁料在精矿库通过圆盘给料机做一次配料，混合后由配料系统控制混匀铁料、白云石、石灰石、生石灰、焦粉、煤粉、冷返矿、热返矿和灰尘等物料的下料量。控制对混合料的自动加水，通过在恒定负压下测定通过料层的空气流量来监测料层的透气性。点火炉燃烧自动控制，并根据沿台车横向设置的超声波料位计测定的料位平均值，对料层厚度的横向和纵向进行自动控制。按最后 5 个风箱废气温度来计算终点，调整台车速度使终点控制在倒数第二个风箱上，控制烧结过程的终点。以及控制烧结机、圆辊给料机和环冷机的速度，主抽风机及主电除尘系统。电气传动及其自动控制的内容大致是各电气装备的启动、停止、顺序控制及连锁。

其工艺流程示意图为：

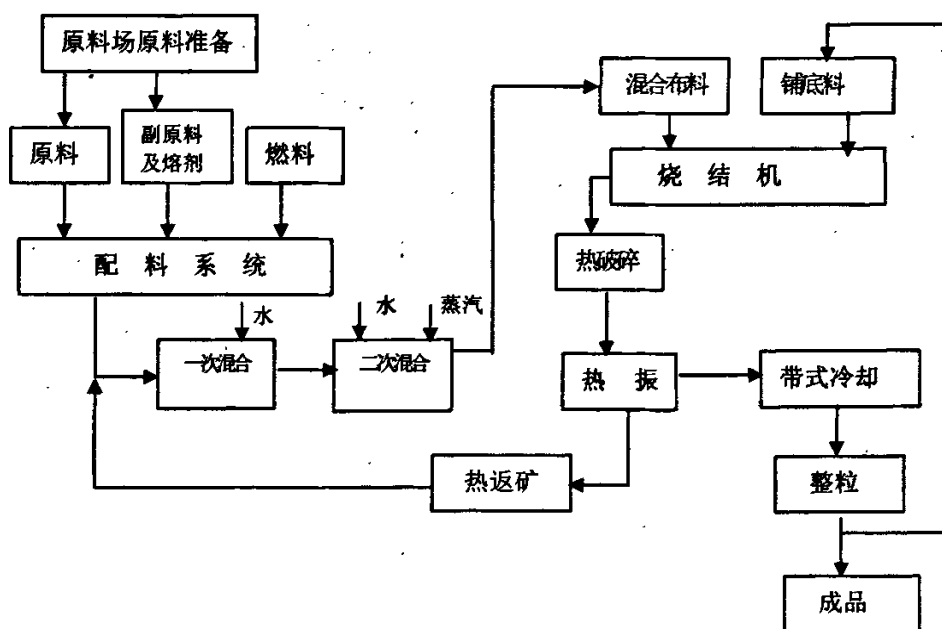


图 2.1 烧结生产工艺流程图

Fig. 2.1 Main flow sheet for produce process of Sintering Plant

2.1.2 烧结专家系统

计算机控制的实现离不开各种各样的数学模型。烧结计算机控制的功能强弱和在生产中所能产生的作用 and 经济效益,基本上取决于所采用的数学模型的性能。从 70 年代开始,各国的专家坚持不懈地努力,通过大量的实验和理论研究,开发并在实际生产中应用了许多烧结数学模型,包括最初的数理统计模型、机理及半机理模型、从现代控制理论中引进的时间序列模型等等。这些模型称为“传统数学模型”,它们在烧结的中长期控制方面取得了很大成功,对于帮助操作员和工厂技术管理人员认识复杂的烧结现象、制订生产计划、优化作业参数、规范和强化生产管理,已经并正在发挥着十分重要的作用。但是,在烧结工长最关注的短期控制方面,“传统数学模型”无论是从计算精度还是从计算结果可靠性角度来看,还不能完全适应烧结复杂而难以把握的动态变化,所取得的成功十分有限^[7]。长期以来,在引进专家系统和其他人工智能技术以前,烧结的短期控制问题一直没有取得根本性的进展。

人工智能系统是与人类专家行为类似,具有获取知识、运用知识并解决各种实际问题的能力计算机系统。而专家系统、人工神经网络、模式分解、智能机器人等则是人工智能技术的重要分支^[6]。专家系统是应用于某一特定领域的复杂计算机软件,它能够利用人类专家的经验 and 知识,模拟人类的思维和推理方式,对问题进行求解和决策。最适合应用专家系统的领域是复杂而且主要依赖人的经验进行控制的各种过程,例如医疗诊断、航天飞机发射、地质勘探等。专家系统(Expert System)是人工智能领域中的一个重要分支。所谓专家系统,实际上是以知识库为核心进行问题求解的计算机程序,即基于知识的智能系统。人们把它看成是一个基于逻辑心理模型的物理符号系统,用来模拟人的逻辑思维行为,是在某一特定领域具有人类专家水平的解题能力^[12]。世界各国在开发专家系统的实践中发现,知识库是决定专家系统成败与否和性能高低的关键。

烧结过程控制专家系统,根据烧结过程控制的特点,采用数学模型和知识模型相结合的控制方法,以知识模型为主的控制策略^[14]。烧结过程控制知识采用混合知识表示模式、多库结构与多层次结构相结合的知识库,数据库又分为静态数据库和动态数据库,还有模型库、规则库,以便充分表达知识并提高系统的求解效率。推理机采用多级目标推理机模型和混合推理策略,以便加快搜索速度。系统可分为生产数据采集、专家知识库学习、专家指导意见表述等几个部分。数据采集包括基础自动化数据的采集和人工数据的录入。专家知识库的学习部分是将采集来的实时生产数据按既定的规则处理,转化为专家知识^[20]。专家指导意见的表述是通过人机交互界面来实现的,运用专家知识对实

时生产数据进行推理以显示专家指导意见。各部分数据流关系如图 2.2 所示。

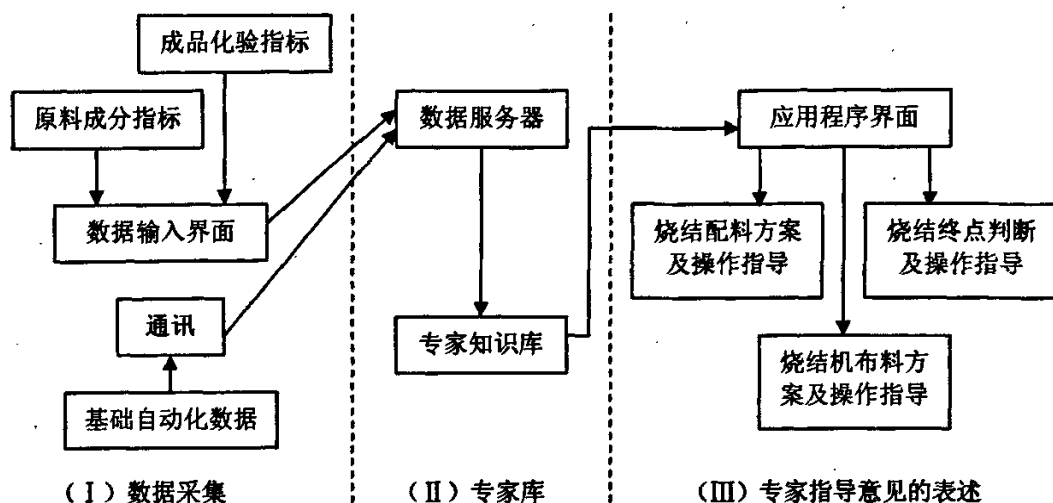


图 2.2 各组成部分数据流关系
Fig. 2.2 Main data flows of Component Parts

系统专家知识库是由计算机按照一定规则分析现场生产数据自动生成，并不断积累，使得系统随着生产状况的改变而及时调整相关知识。系统将采集到的基础自动化数据和人工输入数据，分别绑定相应的日期时间，记录到数据库中。这些记录反映了生产实际情况，构成基本知识库。由于烧结生产的大滞后性，基本知识库不能精确反映烧结生产的输入参数、状态参数和输出参数的一一对应关系，系统还要对数据进行时序分析，以形成专家知识^[22]。主要从配料开始，将原料矿划分为独立的料流，跟踪料流，将其经过烧结各工艺过程所对应的参数依次记录到数据库的同一条纪录中。烧结生产专家指导系统的控制规则是根据现场操作人员和工程技术人员的经验加以分析、归纳和总结得到的，描述在系统输入变量的各种条件下应采取的控制动作。每条专家知识记录同一料流所对应的输入参数、操作参数、状态参数和输出参数。利用专家知识的因果关系，推论出烧结成品的各种质量指标生产指标，利用推论值和推理方法给出专家意见，稳定生产。

2.2 专家系统的组成与构建步骤

2.2.1 专家系统的组成

一个专家系统的最基本组成部分是知识库(Knowledge Base)和推理机(Inference Engine)。烧结专家系统通常和前期一级开发的烧结监控系统共同构成烧结二级控制系统，即过程控制级系统。烧结专家系统安装在专家系统专用计算机上，而监控系统安装在过程控制计算机上。专家系统从过程计算机读取所需要的、通常是已经过处理的烧结

生产操作数据。根据经过再次处理的这些数据 and 从人机界面输入的信息, 专家系统调用知识库中的知识, 运用推理机的推理逻辑进行推理判断, 确定当前工况或求解待解决的问题, 最后再运用知识库中的知识对生产操作种类、动作量和时机作出决策^[25]。相对于基础自动化系统, 专家系统对现场检测仪表的要求更高。而且需要专用的数据库服务器存储大量的生产数据, 建立操作员站通过人机交互向专家系统录入人工数据以及显示专家指导意见。

2.2.2 专家系统的构建步骤

一个专家系统的开发, 通常需要经过以下几个步骤:

(1) 确定系统的目标。根据生产中亟待解决的问题、有无解决问题所需要的专家经验、烧结的装备水平、检测仪表的配置等基本条件, 确定待开发专家系统将要具备的功能, 并界定系统的工作范围^[26]。目标一定要符合实际情况, 可以先解决那些最需要解决的问题, 待开发出可以成功运行的系统以及获得开发经验之后, 再不断增加新的功能。

(2) 获取知识。知识的获取十分重要, 但又十分困难。知识获取有三方面的途径, 即研究烧结操作规程、分析操作数据和采访烧结专家。一般需要选定 2-3 名烧结专家和几名知识工程师参加这项工作。通过采访生产专家, 可以直接得到需要的知识、规则, 但更大量的是各种不确定性知识和丰富的工程案例。知识和规则通常必须用实际操作数据调试和验证, 以确定规则中的有关参数; 而不确定知识则需要经过模糊数学的方法进行处理^[27]。对大量工程案例的分析, 可以借助于数理统计方法, 或寄希望于神经元网络方法等。

(3) 建立知识库。规划需要存储数据信息的类型、长度及结构等。

(4) 构建系统原型, 包括建立“黑板模型”、实时和测试系统等^[28]。

(5) 离线调试和检验, 利用测试数据检验系统的稳定性和调试确定性因子等。

(6) 在线调试和完善, 通过在生产操作中的实际运行, 确认系统所使用的规则, 增添新的规则。

2.3 小结

本章对烧结专家系统进行了技术描述。首先分析研究了烧结生产工艺流程、烧结过程的控制和专家系统, 在此基础上建立了烧结专家系统。论述了专家的理论依据、烧结专家系统的控制策略和内部组成及数据流关系, 对专家系统的知识库进行了描述。同时, 进一步讨论了烧结专家系统的基本组成以及专家系统的构建步骤。

第三章 首秦烧结专家系统结构

本论文重点研究首钢秦皇岛金属原料公司烧结厂 1#2#烧结机烧结专家系统。在烧结过程控制中,其主要的任务就是保持烧结过程在干扰中稳定、灵活,同时生产出高品质的烧结矿,以满足高炉生产的要求。这项先进的研究就是要完成,尤其致力于以最小的能量消耗和环境污染,确保生产的增长和改进生产能力。最后就是降低维护成本。要想完成这些不同的目标,只有应用持续、有效的烧结过程控制。因此,为使烧结过程控制最优化,便利操作工的工作,开发烧结厂专家系统是非常必要且具有实用价值的。

3.1 系统概况

基于定量给料过程、烧结过程和过程模型计算出的实时检测信息,专家系统有助于用户生产稳定、高效的运行。过程计算机用于数据采集、存储到历史数据库,以便有目的的监控过程模型、技术计算的执行,以及反馈和过程监视^[29]。通过专家系统的实时功能以此方式提供了过程状态高速、实时的信息,操作者对过程控制做出长期、短期的决定。当然,基于这些实时信息考虑了实际过程的情况,烧结厂的决策者就能够做出正确的决定(2级过程模型)。此外,部分过程模型就可以在基础自动化系统(1级过程模型)中在线运行。烧结专家系统的主要功能结构:

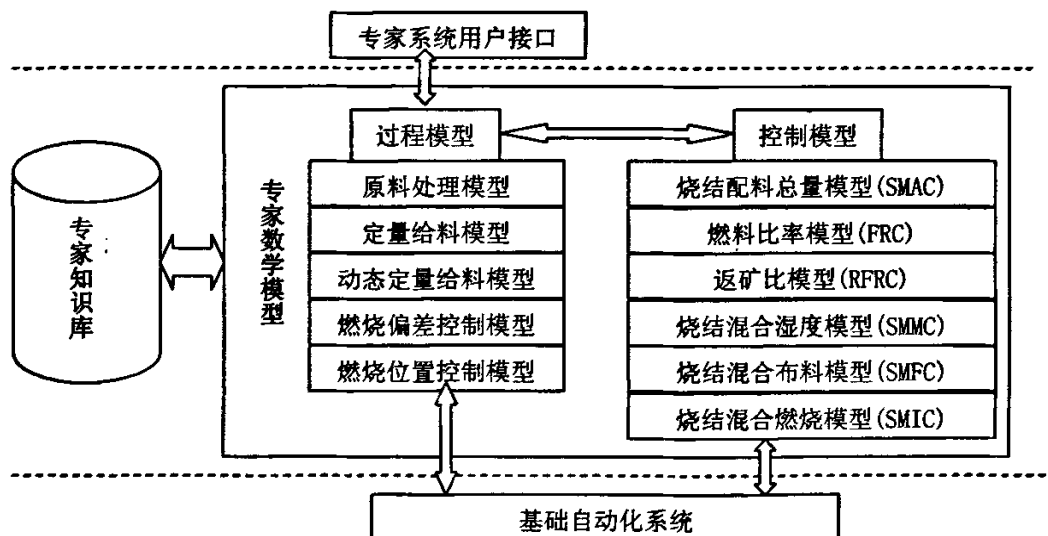


图 3.1 烧结专家系统功能结构

Fig. 3.1 The Function and Structure of SPES

烧结厂的操作控制是基于来自生产过程的信息。因此,仪表必须可靠、准确。通过基础自动化系统(Level 1),仪表数据采集到一台安装了专家系统的过程/服务器计算机

中。以下是典型烧结专家系统所需仪表/测量的最低标准:

- 定量给料设备: 原料仓标准测量, 称重, 燃料湿度
- 混合鼓: 水量测量, 控制阀, 烧结料混合湿度
- 烧结混合配料: 原料仓标准测量, 布料, 喂料鼓速度, 给料门位置控制
- 返矿: 称重, 原料仓标准测量
- 点火炉: 煤气温度、压力、流量, 空气温度、压力、流量, 点火煤气热值, 点火器温度
- 烧结机速度
- 抽风机箱: 温度, 压力检测
- 其它传送检测: 称重皮带

此外, 原料化验分析数据, 如同烧结矿, 铁矿石(混合布料)和添加剂也是需要的。生产现场建议对烧结矿的测试分析有 2 小时的取样周期。这些分析数据通过人工输入或自动采集到烧结专家系统系统中。报告和过程监视本身就使得过程控制更加容易。合乎环境要求的工艺, 稳定的运行就意味着减少污染。

3.2 系统结构

系统结构分为以下几个主要部分:

1. 数据服务器和外围的工作站, 系统硬件和软件(操作系统, 客户机, 打印机, 局域网(LAN))。
2. 通讯, 数据服务器与基础自动化系统及其它系统(Level 1)之间的数据请求。
3. 用于数据处理, 过程模型计算, 反馈, 过程监视的应用软件(数据库, 用户接口)。
4. 系统和以下区域的现场仪表:
 - 定量给料设备
 - 烧结机

图 3.2 给出的是烧结专家系统的逻辑结构, 多数重要的部分如图 3.2 所示。

3.2.1 内部结构

烧结专家系统的主要组成包括, 数据库管理系统(RDBMS)和模型计算程序, 模型计算程序用于生成过程状态的信息和控制过程的设定点。所有数据存储于数据库中, 逻辑上按照一定数量的数据表。所有基于事件和连续检测的数据都保存到数据库不同的表中。一般在单独事件中产生的数据被保存到一张表中, 所有连续检测的数据按照时间字

段的顺序保存到一个单独表中。

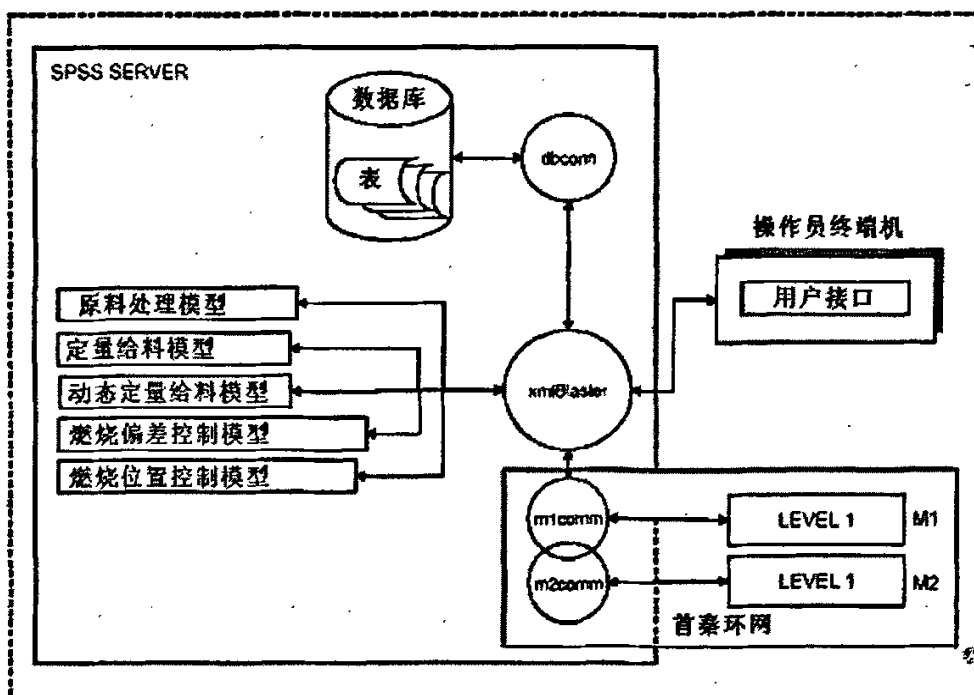


图 3.2 逻辑结构和主要数据流向
Fig. 3.2 Logical structure and main data flows

一级自动化系统通过串口 1 (m1comm) 或串口 2 (m2comm) 将数据传送到烧结专家系统。XmlBlaster 是发布点对点的 MOM 服务器(message-oriented middleware 消息导向中间设备)。一些数据, 如分析数据、值班数据、干扰等, 由烧结厂控制室的操作人员通过烧结专家系统的用户接口人工输入。

所有的数据都保存到专家系统数据库中。计算、模型和用户接口从数据库中读取数据, 并将计算数据存入到数据库中。所有的动作都基于消息。程序传送消息给 xmlBlaster, 并接收 xmlBlaster 的消息。模型计算接收到的目标值, 并以消息的形式传回结果。专家系统程序 dbconn 服从数据库的动作, 存储、接收基于消息的数据。

3.2.2 消息处理

图 3.3 展示了基本定量给料模型中使用的所有消息方块图的一个实例。模型同时对 1#和 2#烧结机的数据进行处理。以 XmlBlaster 数据交换为中心, 1#烧结机 M1 定量给料显示将定量给料目标、给料需求、保存定量给料、基本配方、配方变化和动态定量给料传送给 XmlBlaster, 其中 XmlBlaster 将给料需求、保存定量给料传送给程序 dbconn, 并将返回的定量给料计算结果反馈给 M1 定量给料显示; XmlBlaster 将基本配方传送给一

级系统；将动态定量給料传送给动态定量給料 M1&M2 显示；结合数据库的原料参数、历史分析将定量給料目标传送给基本定量給料模型，基本定量給料模型根据综合设定，基于工具包给出设定结果，XmlBlaster 再将基本定量給料模型输出的定量給料计算结果反馈给 M1 定量給料显示。2#烧碱同理。

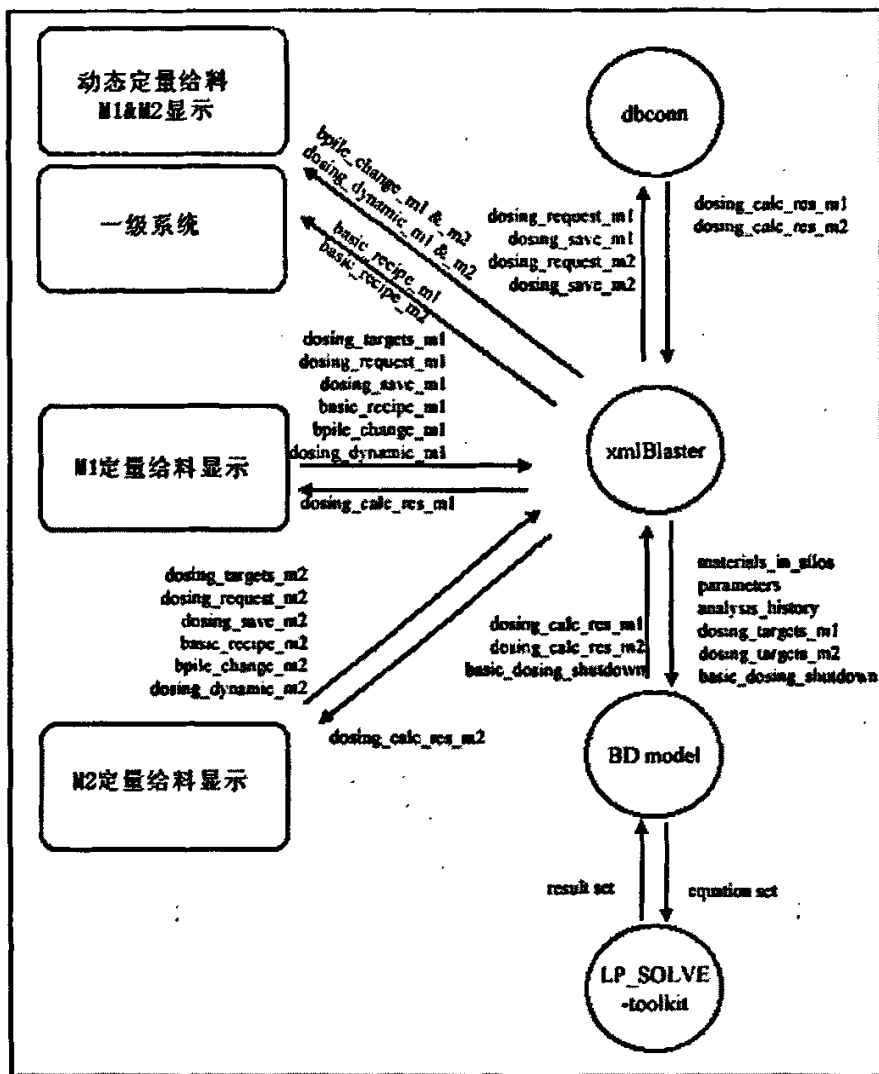


图 3.3 基本定量给料模型消息结构图

Fig. 3.3 Block diagram of Basic Dosing Determination model messages

3.3 系统硬件和软件配置

3.3.1 数据库服务器

3.3.1.1 硬件配置

双 CPU Intel Pentium 4, 1.8GHz, 2G 内存, e.g. HP ProLiant ML350, 配置如下:

- PCI bus 网络接口卡, 1 级系统工作站
- PCI 双通道, 64-bit/66 MHz 带宽, Ultra3 SCSI adapter, 最大数据传输率 160 MB/s
- 4 块硬盘配置为 1 个系统盘 (包含操作系统和用户接口文件), 其余 3 块用于数据存储。系统盘大小 18 GB, 数据盘最小 36 GB。
- 显卡, 19 inch 或更大显示器, 65536 色或更大, 分辨率 1280x1024, 刷新频率 85 Hz 或更高, 用于数据库服务器的开发和用户接口应用更好的维护。
- 键盘和鼠标
- 1.44MB 软驱
- 备份用 AIT 或 DLT 磁带机
- CD-ROM 光驱, 用于安装系统软件和工具软件
- UPS 电源, 用于保证数据库服务器的不间断自由供电

建议首选的硬件配置, CD-ROM 和磁带机在同一个 SCSI 通道, 硬盘驱动器在另外的 SCSI 通道。

3.3.1.2 软件配置

- 英文版 Microsoft Windows 2000 server 操作系统
- Oracle 9i Release 2 企业版(= Oracle server v9.0.2), 如果 Oracle 推荐发布了更新的版本, 有可能会改变。
- Oracle 9 Programmer (Oracle 9i server 企业版已包含, 但必须单独购买标准版)
- Oracle Forms Developer 6i
- Microsoft Visual C++ v6.0 Professional
- 模糊逻辑的软件工具

3.3.2 用户接口工作站

3.3.2.1 硬件配置

Intel Pentium 4 CPU, 2GHz, 512M 内存, 配置如下:

- 显卡, 32M 显存, 16 色, 分辨率 1280x1024, 刷新频率 75Hz 或更高
- 21 inch 显示器
- 硬盘
- 1.44MB 软驱
- 光驱
- 网卡

- 鼠标, 键盘

3.3.2.2 软件需求

- Windows 2000 中文版
- Oracle Forms Developer 6i 运行版

3.3.3 网络

需要网络将终端机器连接在一起, 并将数据服务器连接到一级自动化系统中。该网络可以拓展加入基于 TCP/IP 协议工作的 Windows 2000 或 NT 操作系统, 并提供至少 1M 的带宽。

3.3.4 打印机

彩色打印机(e.g. HP DeskJet series from Hewlett-Packard)用于硬件拷贝, 黑白打印机(e.g. HP LaserJet series)用于打印工程文档。这些打印机可以通过打印服务器连接到计算机的并口或网络, e.g. HP JetDirect 300X.

3.3.5 系统配置图

图 3.4 为烧结专家系统的软件和硬件配置图。

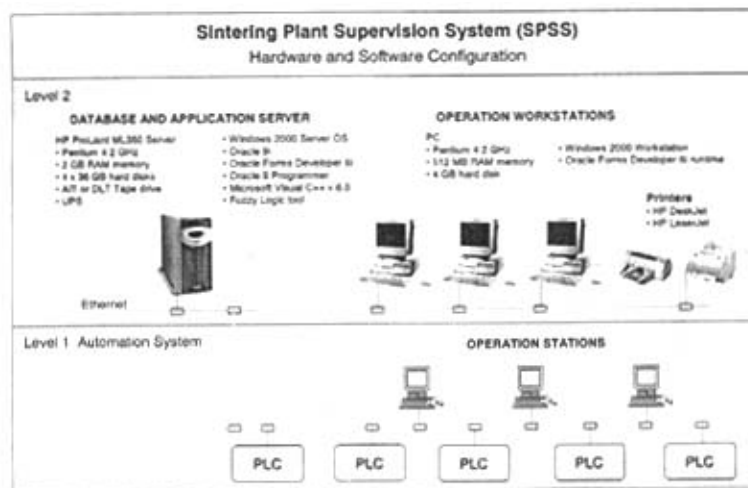


图 3.4 烧结专家系统配置

Fig. 3.4 Configuration of Sintering Plant Supervision System

3.4 烧结专家系统通讯

为了得到有关烧结过程的信息，烧结专家系统必须连接到烧结厂一级自动化系统。为了能够给定设定值并给过程控制处理器传送方案，连接必须以全双工方式工作。通讯应用程序 (m1comm, m2comm) 需要允许专家系统对一级系统进行访问。

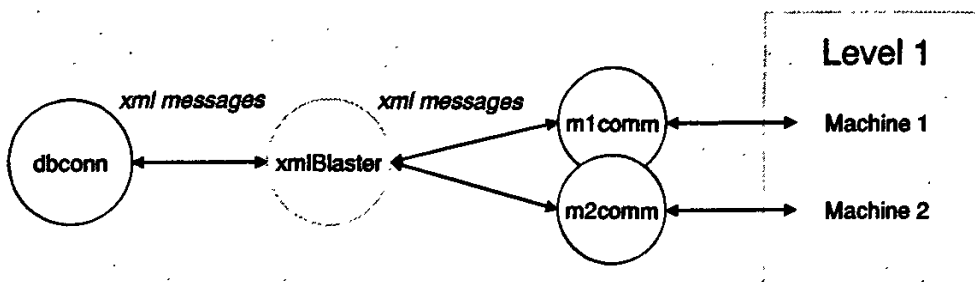


图 3.5 SPES 与一级系统的通讯
Fig. 3.5 Communication between SPES and Level 1

通讯应用程序(m1comm, m2comm)。通讯应用程序(m1comm, m2comm)和专家系统之间的数据传送是通过使用 xml 消息。XmlBlaster 是发布点对点的 MOM 服务器(message-oriented middleware 消息导向中间设备)。专家系统和通讯程序 (m1comm, m2comm)作为 xmlBlaster 的客户端应用工作。

3.4.1 一级系统到专家系统通讯

一级系统的检测将被保存到烧结专家系统数据库中。每分钟都有来自一级系统的信息 'm1_measured' 和 'm2_measured'，并插入到数据库的表 M1_MEASURED 和 M2_MEASURED 中。表中包含了连续信号的值。如果一级系统的通讯程序能够计算每分钟检测值的平均值，这将从整体上提高烧结专家系统的精确度，则当每分钟结束时，用计算平均值来代表测量值。为了完成这项任务，必须编写以下程序：以循环方式从一级系统的处理器中读取测量值。如果读取的速度快于一分钟，比如每分钟进行 10 次的读取，应该计算这 10 次的平均值，使用其作为测量值。每分钟在数据库的表中创建新的一行，并包含了所有检测的数据。

从一级系统传送到二级系统数据的描述信息包括了 1#烧结机连续测量值数据。所有检测数据以测量时间为关键字，还有基于秒的测量时间。对于原料量都以 t/h 为单位，实时检测 1#-15#筒仓原料量和 Oresilo1-7 原料量，给定总的筒仓烧结混合料设定值以及 6 个筒仓总的铺层混合料设定值。对 1#-15#筒仓原料流量和 oresilo1#-7#精矿料仓原料流量进行设定的同时给出基本返矿比和动态返矿比的设定值。对于 15 个筒仓和 7 个精矿

料仓还需要进行模式选择。检测的原料筒仓料位也需要传送到二级系统。

在一级混合湿度控制中，专家系统需要混合湿度、水量以及二混计算蒸汽水量和一混前烧结混合料量。同时检测点火器温度 1-3、点火煤气的温度、压力、流量和热值，以及空气流量，计算点火能量设定值。对于烧结机需要检测烧结混合料密度、混合料仓湿度和烧结机速度及其设定值。检测烧结机布料的混合料仓料位，烧结混合布料 1-6# 测量值。对于烧结机系统，需要检测 1#-19#抽风箱负压和 1#-14#抽风箱温度，以及 15#-19#每个抽风箱的 8 点温度。烟气回收部分测量收集管道负压、除尘后负压和收集管道废气温度以及废气抽风机定子电流。

3.4.2 专家系统到一级系统通讯

烧结专家系统传送设定值信息给控制生产的一级系统。

- 从定量给料模型 M1、M2 显示界面传送的方案信息，通过点击‘Send to L1’按钮，‘basic_recipe_m1’ 和‘basic_recipe_m2’；
- 从动态定量给料模型 M1、M2 显示界面传送的方案信息，通过点击‘Send to L1’按钮，‘dynamic_recipe_accept_m1’ 和‘dynamic_recipe_accept_m2’；
- BTDC 和 BTPC 模型每分钟传送的方案信息，‘packing_degree_m1’，‘packing_degree_m2’，‘machine_speed_m1’和‘machine_speed_m2’

basic_recipe_m1 信息为基本定量给料模型方案的输出设定，给定一级控制系统铺层堆数来决定定量混合料总量。对应 1#-8#原料代码给出相应的原料百分比。

dynamic_recipe_accept_m1 信息为动态定量给料模型方案的输出设定，在给出所有 15 个筒仓铺层混合料设定值的基础上，给定 1#-15#筒仓给料量设定值，同时给出对应 1#-15#筒仓的原料代码。packing_degree_m1 信息为 1#烧结机布料控制设定值，分别给定 6 个布料料门的开度设定值。machine_speed_m1 为 1#烧结机机速设定值，单位为 m/min。

3.5 小结

本章讨论了首秦烧结专家系统结构，分析研究了烧结专家系统的功能、逻辑结构和主要数据流向，以及专家系统的内部结构和消息处理方式。在此基础上，根据专家系统的结构提出了专家系统的硬件和软件配置，介绍了烧结专家系统的用户接口工作站。同时，讨论了专家系统与基础自动化系统的通讯实现。通过分析专家系统内部数据的传送，介绍了专家系统与一级控制系统间的通讯过程。

第四章 基于专家知识库的烧结模型分析

烧结过程控制专家系统通过自动采集和人工输入完成数据的采集和预处理工作。数据的存储由数据库来完成,通过技术计算处理推理数据,设计实现知识表达与推理机,形成专家知识。专家推理规则的制定采用骨架系统,应用神经元数据有限公司(Neuron Data,Inc)的 Elements Environment 2.1.4 and Expert4.1.4 推理软件。专家知识库规则分为正常规则库和非正常规则库,分别存储在 SP1_Normal.tkb 和 SP1_Unstate.tkb 中。烧结专家系统针对烧结过程控制的特点,采用数学模型和知识模型相结合的方法,以知识模型为主的控制策略。因此,本章将重点分析基于专家知识库的烧结模型。

首秦烧结专家模型采用以知识模型为主的控制策略,结合数学模型的方法实现控制策略的制定。首秦烧结过程控制的知识采用混合知识表示模式、多库结构与多层次结构相结合的知识库,充分表达知识和规则,提高系统的求解效率。首秦烧结专家模型将采集来的实时生产数据按规则进行处理,结合知识规则和数学运算对实时生产数据进行推理,给出专家指导意见和在系统输入变量的各种条件下应采取的控制动作。首秦烧结专家系统的专家知识库中,通过专家模型的规则制定控制策略。通过烧结配料总量模型、燃烧比率模型、返矿比模型、烧结混合湿度模型、烧结混合布料模型和混合燃烧模型,为完成烧结原料混合配料,混合配料中燃料的添加,控制烧结返矿量,调整混合原料的水分和湿度,控制烧结混合料仓的料位,以及设定点火器煤气与空气流量的调节制定控制策略。

4.1 数学模型公共部分描述

4.1.1 模型中使用的缩写词

表 4.1 模型中使用的缩写词
Table 4.1 Abbreviations used in models

名称	描述
[..]	= 向量 (表)
<i>F</i>	= 流量
<i>Fuel_{effective}</i>	= 燃料 (湿度和 C 含量已被修正)
<i>FuelRF</i>	= <i>Fuel</i> 占总返矿百分比 (冷返矿+高炉返矿)
<i>FuelCarbon_{Basic}</i>	= 燃料 C 含量, 基本定量给料模型使用的
<i>FuelCarbon_{Meas}</i>	= 燃料 C 含量, 在定量给料中检测的
<i>FuelMoist_{Basic}</i>	= 燃料湿度, 基本定量给料模型使用的

<i>FuelMoist_{Meas}</i>	= 燃料湿度, 在定量给料中检测的
<i>Gassp</i>	= 煤气设定值
<i>GasspIE</i>	= 煤气设定值, 点火器能量控制中的
<i>GasspTIC</i>	= 煤气设定值, 温度控制中的
<i>GFlot</i>	= 煤气流量
<i>IESP</i>	= 点火器能量设定值
<i>IFTMes</i>	= 点火器炉温度
<i>L</i>	= 料位
<i>L_{maxmax}</i>	= 料位高高限
<i>L_{minmin}</i>	= 料位低低限
<i>L_{maxBM}</i>	= 料位高限, 铺层混合控制
<i>L_{maxFuel}</i>	= 料位高限, 燃料控制
<i>L_{minBM}</i>	= 料位低限, 铺层混合控制
<i>L_{minFuel}</i>	= 料位低限, 燃料控制
<i>M</i>	= 湿度
<i>MIE</i>	= 点火器测量能量
<i>MImes</i>	= 测量湿度
<i>PID</i>	= PID 控制器
<i>PV</i>	= 过程值 (测量)
<i>RFR</i>	= 返矿比
<i>RFR_{maxBM}</i>	= RFR 高限, 铺层混合控制
<i>RFR_{maxFuel}</i>	= RFR 高限, 燃料控制
<i>RFR_{minBM}</i>	= RFR 低限, 铺层混合控制
<i>RFR_{minFuel}</i>	= RFR 低限, 燃料控制
<i>RFR_{aBM}</i>	= 当前返矿比, 用于铺层混合料设定值计算
<i>RFR_{aFuel}</i>	= 当前返矿比, 用于燃料设定值计算
<i>RFR_{Base}</i>	= 基本返矿比 %
<i>Sah</i>	= 烧结面积/小时
<i>SMBL</i>	= 烧结混合料仓料位
<i>SMBLMes</i>	= 烧结混合料仓料位测量
<i>SMBLMesD</i>	= 烧结混合料仓料位变化速度
<i>SMBLSP</i>	= 烧结混合料仓料位设定值
<i>W_{tot}</i>	= 总量 (流量检测)

4.1.2 仪表符号 (ISA 标准)

$\textcircled{FD}$ = 流量/计算	$\textcircled{PIC}$ = 压力/显示/控制
$\textcircled{FIC}$ = 流量/显示/控制	$\textcircled{PIS}$ = 流量/显示/联锁
$\textcircled{FFIC}$ = 比率流量/显示/控制	$\textcircled{QI}$ = 热值/显示
$\textcircled{GIC}$ = 位置/显示/控制	$\textcircled{SI}$ = 速度/显示
$\textcircled{II}$ = 电流/显示	$\textcircled{SKC}$ = 速度/显示/控制
$\textcircled{LI}$ = 料位/显示	$\textcircled{TIA}$ = 温度/显示/报警
$\textcircled{LIA}$ = 料位/显示/报警	$\textcircled{TI}$ = 温度/显示
$\textcircled{LIC}$ = 料位/显示/控制	$\textcircled{TIC}$ = 温度/显示/控制
$\textcircled{MI}$ = 湿度/显示	$\textcircled{WI}$ = 重量/显示
$\textcircled{MIC}$ = 湿度/显示/控制	$\textcircled{WIC}$ = 重量/显示/控制
$\textcircled{PI}$ = 压力/显示	$\textcircled{DI}$ = 密度/显示

图 4.1 仪表符号 (ISA 标准)
Fig. 4.1 Instrumentation symbols (ISA Standard)

4.1.3 原料流向和检测点

以下流程图为首秦金属原料公司烧结厂烧结生产过程的原料添加点。这将有助于在控制模型中统计延迟时间。

MATERIAL FLOWS AND CHECK POINTS OF SINTERING PROCESS

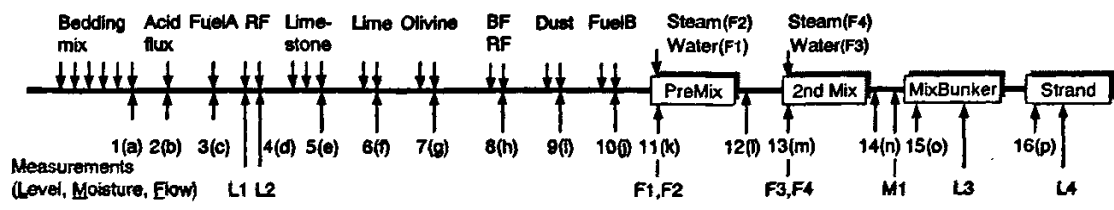


图 4.2 原料流向和检测点
Fig. 4.2 Material flows and check points

4.1.4 烧结厂专家系统控制模型主流程图

以下为专家系统输入、输出控制模型的主流程图。图中使用的模型符号采用了表 4.1 中的缩写词。

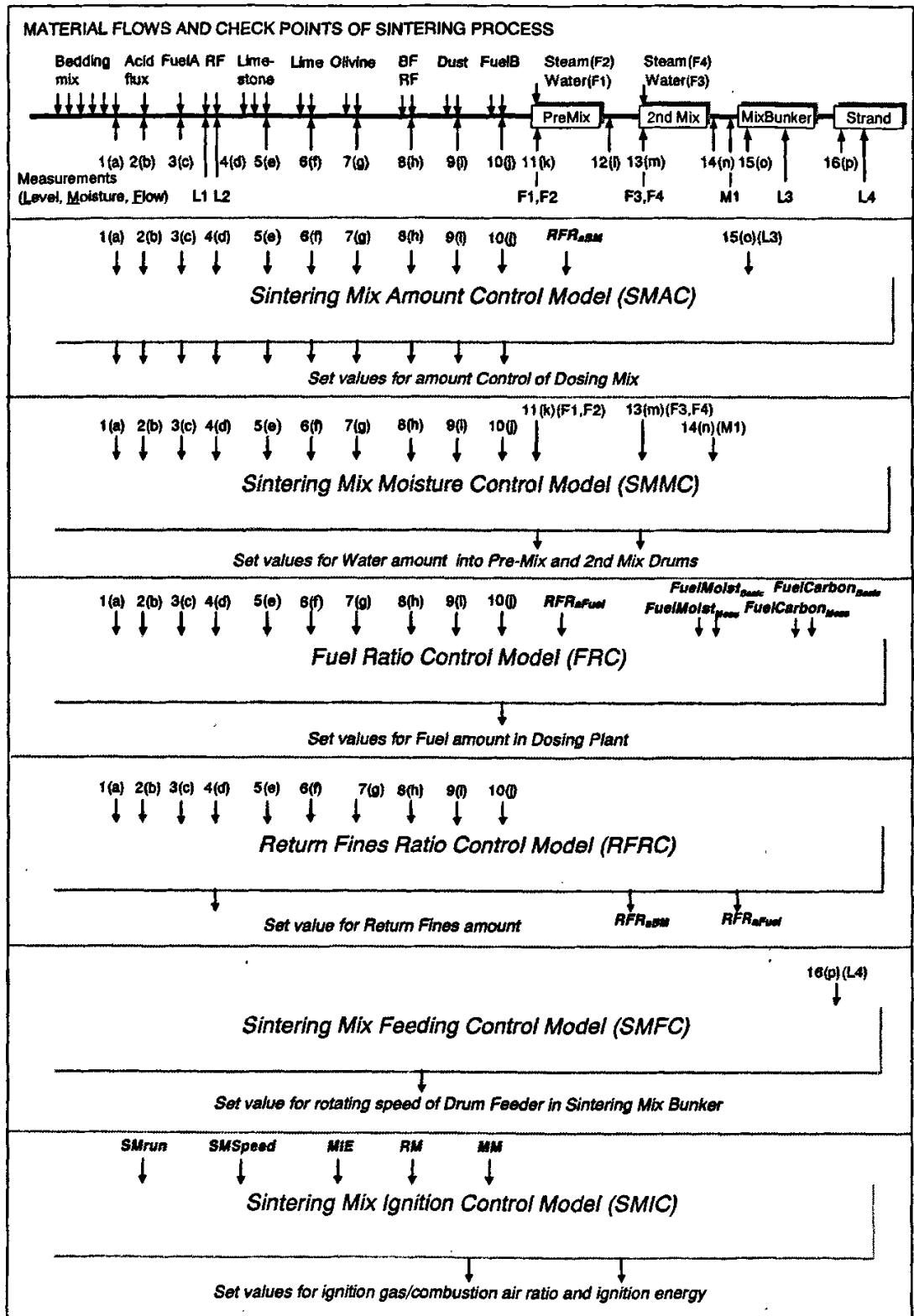


图 4.3 烧结厂一级系统控制模型主流程图

Fig. 4.3 Main flow sheet for Level 1 Control Models of Sintering Plant

在烧结过程的原料流向和检测点的分布上,从左到右为各种原料的添加顺序。首先是铺层混合 BeddingMix,之后依次为酸度 AcidFlux、燃料 AfuelA、返矿 ReturnFines、石灰石 Limestone、生石灰 Lime、白云石 Olivine、高炉返矿 BFReturnFines、灰尘 Dust、燃料 BfuelB,其中返矿有料位 L1、L2 检测。在一混、一混后和二混、二混后都有对蒸汽和水的流量进行检测 F1-F4,混合料仓有湿度 M1 检测,以及混合料仓和台车的料位 L3、L4 检测。对于各控制模型,上方箭头为模型的输入,下方箭头为模型的输出。

4.1.5 原料流程图

在数学模型中原料流程被分成若干元素。例如 1 秒钟(= 程序运行周期)原料块。根据这些元素形成一个向量(表),其长度依赖于生产过程。向量是一级系统程序中的变量。在定量给料过程中,合适的向量长度与一个定量给料系统的延迟时间是一样的,如:5 个元素(5 * 1s)。

在本文中用于原料计算、求和使用的向量元素数量(如:c-6,c-4,d-4,等。)仅仅是参考值。在延时过程中,选择出用于计算和控制连接的实际值,还有传送带速度,向量长度和运行周期。根据若干向量元素的选择,程序中的原料流根据实际过程做出调整。

现给出原料流程中不同的向量及其向量元素数量的计算公式。

- 铺层混合流程向量中元素数量的计算:

$$\text{BeddingMixNumber} = \frac{\text{Delay}(\text{CheckPoint 1 to 10})(s)}{T(s)} \quad (4.1)$$

其中, T: 向量运行周期(s);

Delay(CheckPoint1 to10): 从检测点 1 到 10 的延迟时间

则,铺层混合流程向量:

Bedding Mix flow vector (BEDDING MIX) =BeddingMix [BeddingMixNumber]

- 烧结混合流程向量中元素数量的计算:

$$\text{SinteringMixNumber} = \frac{\text{Delay}(\text{CheckPoint 1 to 16})(s)}{T(s)} \quad (4.2)$$

Delay(CheckPoint1to16)=Delay(CheckPoint1to11)+Delay(PreMix)+Delay(CheckPoint12to13)+Delay(2ndMix)+Delay(CheckPoint14to15)+Delay(MixBunker)

其中, Delay(CheckPoint1 to11): 从检测点 1 到 11 的延迟时间;

Delay(PreMix): 一混的延迟时间;

Delay(CheckPoint12to13): 从检测点 12 到 13 的延迟时间;

Delay(2ndMix) : 二混的延迟时间;

Delay(CheckPoint14to15): 从检测点 14 到 15 的延迟时间;

Delay(MixBunker): 混合料仓的延迟时间;

则, 烧结混合流程向量:

SinteringMixflowVector(SINTERINGMIX)=SinteringMix[SinteringMixNumber]

- 生石灰流程向量中元素数量的计算:

$$\text{Lime Number} = \frac{\text{Delay}(\text{CheckPoint 6 to 11})(s)}{T(s)} \quad (4.3)$$

Lime flow vector (LIME) = Lime[Lime Number]

- 返矿流程向量中元素数量的计算:

$$\text{ReturnFinesNumber} = \frac{\text{Delay}(\text{CheckPoint 4 to 11})(s)}{T(s)} \quad (4.4)$$

ReturnFinesflow vector (RETURN FINES) =ReturnFines [ReturnFinesNumber]

其他向量元素数量的计算可参照相同方式。

4.2 烧结配料总量模型

4.2.1 概述

烧结配料总量模型(SMAC)是使烧结原料混合料仓料位稳定, 是在线控制原料的专家数学模型。

模型说明了烧结机的运行状态, 以及烧结混合料仓的填充程度。考虑到料量的控制, 混合料仓要有足够的原料, 并且烧结机的设定值要在限定范围之内。也要注意过程延迟时间和原料流的变化。

模型输入:

- 铺层混合料实际量,
- 烧结混合料仓料位检测,
- 烧结混合料量,
- 过程延迟时间。

模型输出 (至一级控制系统):

- 铺层混合料量设定值。

模型输出 (至其他模型):

- 返矿比控制模型输入,
- 燃料比控制模型输入,
- 烧结混合湿度控制模型输入。

一级系统控制变量：烧结混合料量，原料仓料位。

4.2.2 烧结混合料仓料位控制

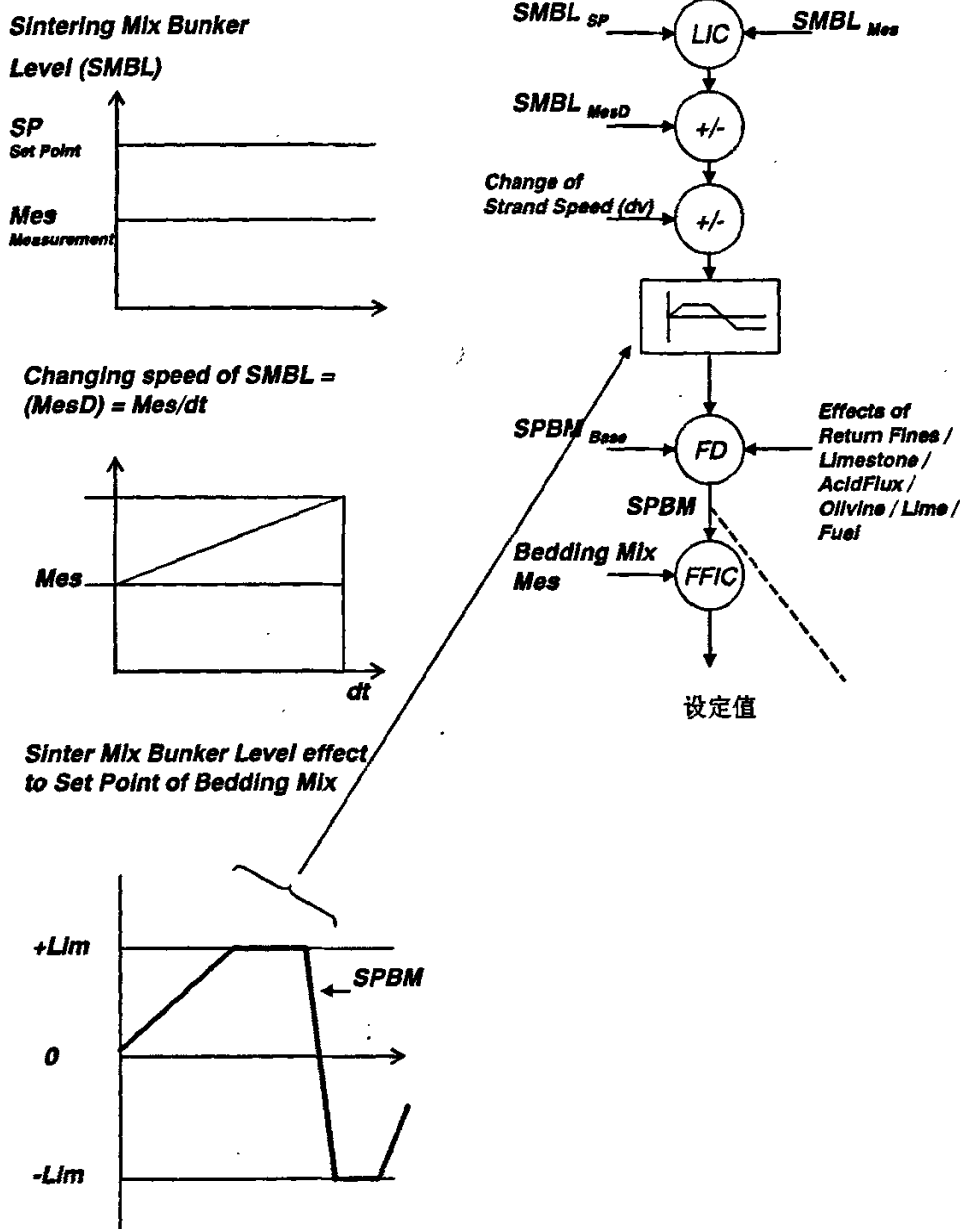


图 4.4 烧结混合料仓料位控制
Fig. 4.4 Level control of Sintering Mix Bunker

烧结混合料仓料位根据设定值进行调节，使料仓料位保持恒定。当料仓料位发生变化时，调整混合配料量的设定值。根据料位变化速度，混合配料量的基本设定值和返矿等原料的影响，通过流量计算，得出混合配料量设定值。结合实际配料量的检测，通过流量比例控制，调整给料机的设定值。

4.2.3 铺层混合料控制 (检测点 1)

SinteringMix = 基本值(定量混合+返矿+灰度) +/- 烧结混合料仓料位控制影响

AcidFlux%, Limestone%, Olivine%, Fuel%, Lime%, 为方案值^[30]

RFRaBM = 返矿比控制模型当前返矿比

FuelRF% = 来自燃料比控制模型

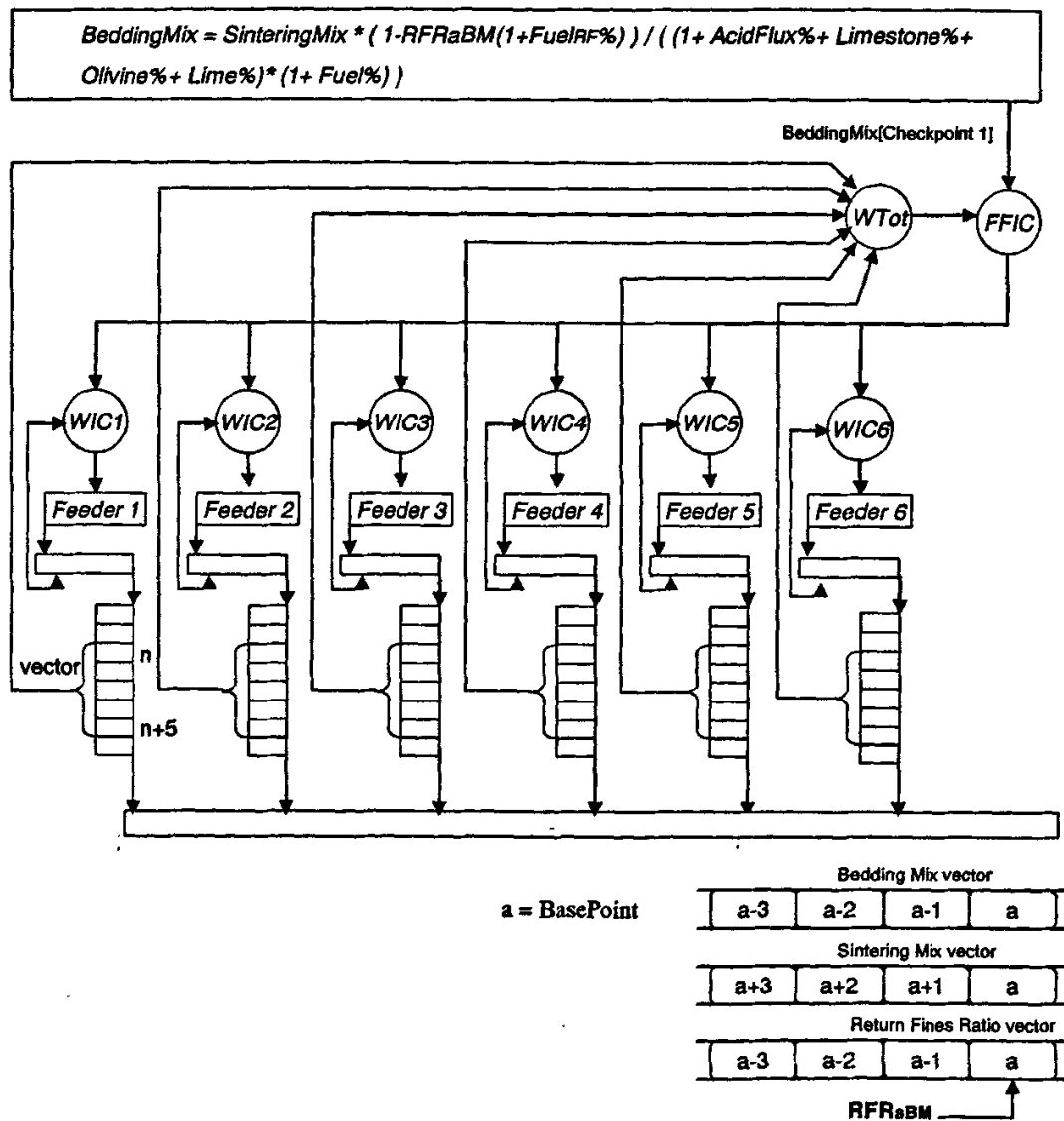


图 4.5 铺层混合料控制
Fig. 4.5 Bedding Mix Control

根据烧结混合料总量，以及配料当前返矿比和燃料比控制模型的返矿比，结合石灰石、生石灰等原料百分比含量的影响，可以计算出铺层混合料量，作为流量比例调节

FFIC 的输入设定值，过程值为 6 条皮带秤反馈重量 n 到 $(n+5)$ 的总和 W_{tot} 。流量比例调节 FFIC 的输出作为重量调节控制 WIC1—WIC6 的设定值，每个皮带秤反馈的秤值作为重量调节控制 WIC 的过程值，重量调节控制的输出控制每个圆盘给料机的转速。

4.2.4 烧结混合料量控制

Base Element

$$\bullet \text{ BeddingMix} = \text{SinteringMix} * (1 - \text{RFRaBM}(1 + \text{FuelRF}\%)) / ((1 + \text{AcidFlux}\% + \text{Limestone}\% + \text{Olivine}\% + \text{Lime}\%) * (1 + \text{Fuel}\%)) \text{ (t/h)}$$

石灰石/白云石/石灰/燃料的影响：

$$\bullet \text{ BeddingMix} = \dots / ((1 + \text{AcidFlux}\% + \text{Limestone}\% + \text{Olivine}\% + \text{Lime}\%) * (1 + \text{Fuel}\%))$$

返矿仓料位的影响：

$$\bullet \text{ BeddingMix} = \text{SinteringMix} * (1 - \text{RFRaBM}(\dots$$

烧结混合方案值

烧结机机速的影响

烧结混和料仓料位的影响 (SMBL)

- 料位控制
- 料位变化速度 (McsD)

料位控制器对应的控制

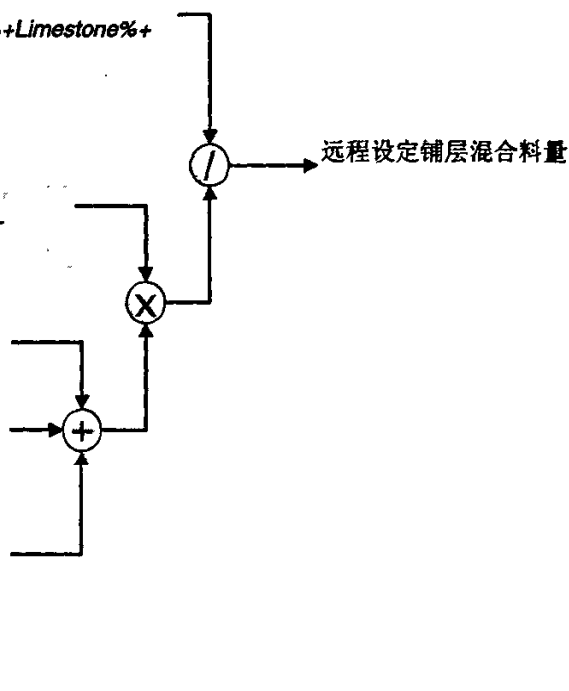


图 4.6 烧结混合量控制结构图

Fig. 4.6 Block Diagram of Sintering Mix Amount Control

对应的混合料仓料位控制器的料位控制和料位变化值，以及烧结机速度和配方中的混合配料量相加得到烧结混合料量，扣除当前返矿比（用于铺层混合料设定值计算）的含量，根据铺层混合料在包含生石灰、石灰石等原料，以及燃料量在内的百分比含量，对铺层混合料给出远程设定值。

烧结混合料仓的料位设定值根据操作员设定值、检测料位值、变化速度以及前一次设定值计算得出,作为料位调节控制 LIC 的设定值,根据实际检测料位控制烧结混合料仓料位。料仓料位要求有高低限控制。对于料位设定值与过程值之间的偏差,料位调节控制 LIC 根据偏差进行比例积分调节。基于料位设定值与过程值之间的偏差,线性转换并作高低限控制,与初始点 50%的料位相加。再与同样进行了线性转换并作高低限控制的烧结机速度偏差相加后,线性转换输出 0—35 吨/小时的流量。根据模式选择,结合配方中的烧结混合料量、返矿料仓料位,以及石灰石、生石灰等原料的影响因素,综合计算得出铺层混合料控制的远程设定值。

4.3 燃料比率模型

4.3.1 概述

燃料比率模型(FRC)是为了在线控制烧结混合中燃料比率的专家数学模型。

结合燃料碳含量和湿度,模型保持烧结混合料的碳(C)含量的恒定。另外,返矿量也由燃料量控制。因此由于返矿,模型的燃料百分比是不同的。

模型考虑过程延迟时间和原料流的改变。

模型输入:

- 烧结混合料量,
- 原料车间实际 A、B 燃料量,
- 燃料 A 和燃料 B 湿度检测,
- 燃料 A 和燃料 B 含碳量(C)分析,
- 返矿总量,
- 过程延迟时间。

模型输出(至一级系统):

- 原料车间 A、B 燃料量设定值。

一级系统控制变量:

- 烧结混合碳(C)含量
- 返矿量

对于燃料料门开度的设定值,根据反馈燃料总流量 W_{tot} 的检测和模型设定值进行流量比例控制 FFIC,输出百分比控制,线性转换为吨/小时流量,流量比例控制 FFIC 的设定值也可以人工现场设定。根据该输出的吨/小时的流量设定值或现场人工设定值,以

及皮带秤的反馈流量值，WIC 调节圆盘给料机的转速^[32]。皮带秤最后将燃料通过自重下落到混合配料大皮带。

4.3.2 燃料 A (检测点 3)

$FuelA\%$ = 燃料 A 在基本铺层混合方案的百分比 (无返矿)。

$FuelAMoist_{Meas}\%$ = 原料车间燃料 A 的检测湿度。

$FuelAMoist_{Basic}\%$ = 在基本定量模型中燃料 A 的湿度。

$FuelACarbon_{Meas}\%$ = 原料车间燃料 A 的 C 检测含量。

$FuelACarbon_{Basic}\%$ = 在基本定量模型中燃料 A 的 C 含量。

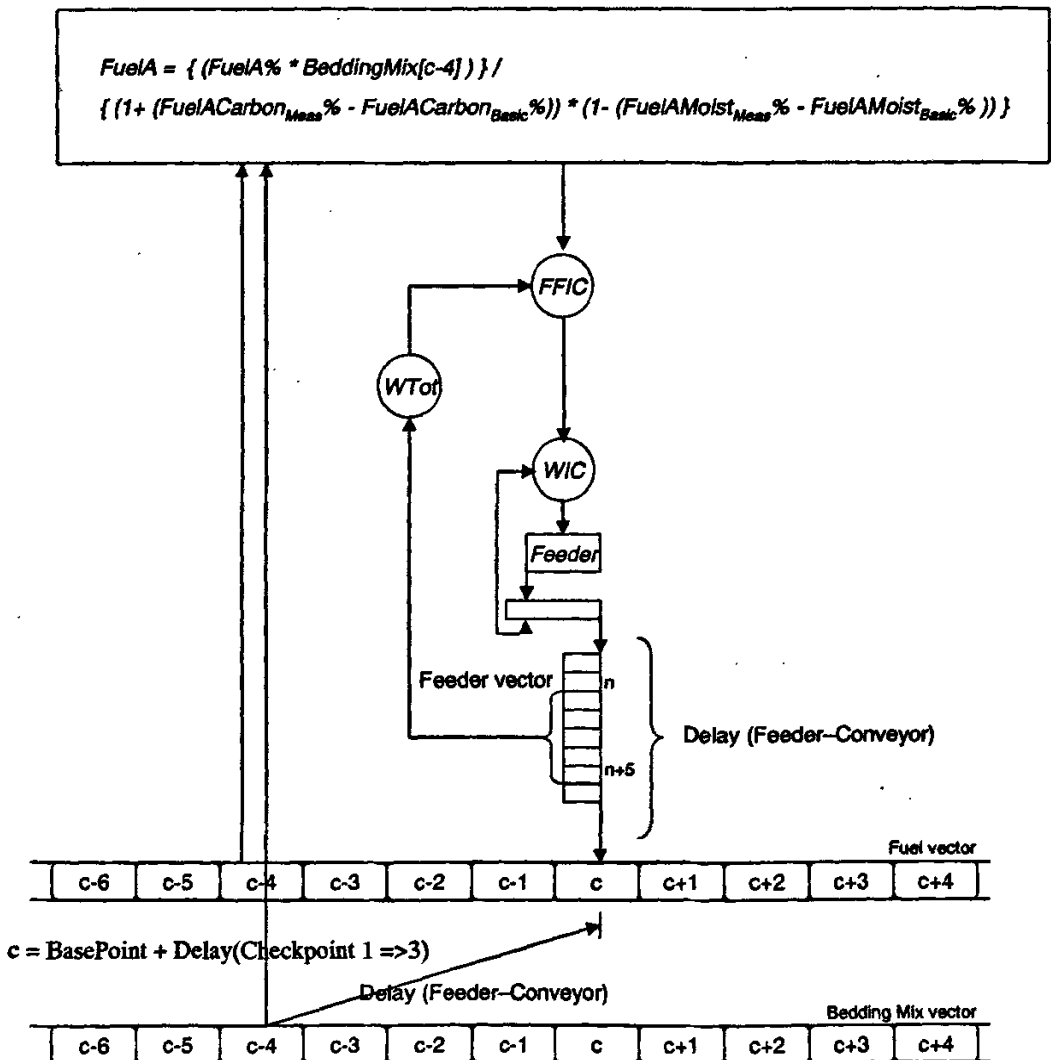


图 4.7 燃料 A 控制
Fig. 4.7 FuelA Control (Check point 3)

4.4 返矿比率模型

4.4.1 概述

返矿比模型(RFRC)是烧结混合中在线控制总返矿比(RFR)的专家数学模型。

模型使烧结混合中的返矿尽可能保持均衡。冷返矿量控制返矿比^[33]。燃料量控制总的返矿量。冷返矿料仓的料位在一定范围内变化。

模型输入:

- 烧结混合量,
- 实际总返矿量,
- 冷返矿料仓料位检测。

模型输出 (一级控制系统):

- 冷返矿量设定值

一级系统控制变量:

- 总返矿比

4.4.2 返矿比

$$\text{返矿比(RFR)} = \frac{\text{返矿}[\text{Checkpoint4}] + \text{BF 返矿}[\text{Checkpoint8}]}{W} \quad (4.5)$$

其中, $W = \text{返矿}[\text{Checkpoint4}] + \text{BF 返矿}[\text{Checkpoint8}] + \text{BeddingMix}[\text{Checkpoint4}] * (1 + \text{AcidFlux}\% + \text{Limestone}\% + \text{Olivine}\% + \text{Lime}\%) * (1 + \text{Fuel}\%) + (\text{返矿}[\text{Checkpoint4}] + \text{BF 返矿}[\text{Checkpoint8}]) * \text{FuelRF}\%$

返矿[Checkpoint4]: 检测点 4 的返矿量

BF 返矿[Checkpoint8]: 检测点 8 的高炉返矿量

BeddingMix[Checkpoint4]: 检测点 4 的铺层混合料量

4.4.3 冷返矿料仓料位检测 RFR 和燃料设定值的影响

RFRBase : 返矿比% (操作员给定返矿百分比)

RFRaBM : 当前返矿比 (计算铺层混合料设定值)

RFRaBM : $f(\text{RFRBase}, \text{RFRmaxBM}, \text{RFRminBM}, \text{返矿料仓料位})$

RFRaFuel : 当前返矿比 (计算燃料设定值)

RFRaFuel : $f(\text{RFRBase}, \text{RFRmaxFuel}, \text{RFRminFuel}, \text{返矿料仓料位})$

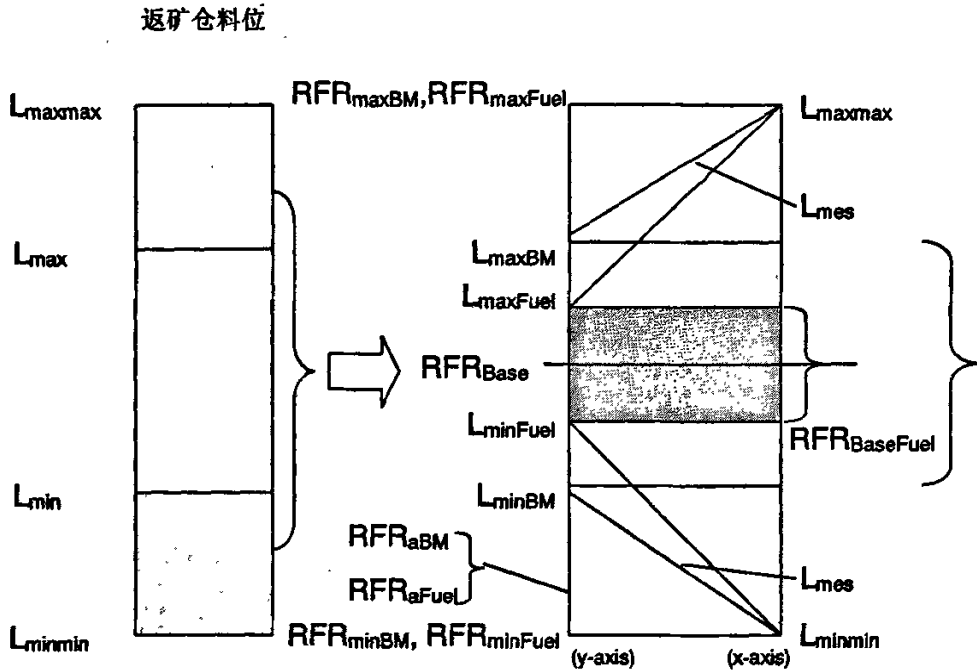


图 4.8 冷返矿料仓料位检测
Fig. 4.8 Cold return fines bunker level measurement

4.4.4 当前 active 返矿比计算(RFRaBM)

在烧结混合控制模型中, RFRaBM 对铺层混合料设定值计算的影响:

If (料仓料位 > $L_{\min BM}$ & 料仓料位 < $L_{\max BM}$), $RFRaBM = RFRBase$

If (料仓料位 > $L_{\max BM}$),

$$RFR_{aBM} = RFR_{Base} + \frac{RFR_{\max BM} - RFR_{Base}}{(L_{\max \max} - L_{\max BM}) * (L_{mes} - L_{\max BM})} \quad (4.6)$$

If (料仓料位 < $L_{\min BM}$)

$$RFR_{aBM} = RFR_{Base} + \frac{RFR_{Base} - RFR_{\min BM}}{(L_{\min BM} - L_{\min \min}) * (L_{mes} - L_{\min BM})} \quad (4.7)$$

4.4.5 当前 active 返矿比计算(RFRaFuel)

在燃料比控制模型中, RFRaFuel 对燃料设定值计算的影响:

If (料仓料位 > $L_{\min Fuel}$ & 料仓料位 < $L_{\max Fuel}$), $RFRaFuel = RFRBase$

If (料仓料位 > $L_{\max Fuel}$),

$$RFR_{aFuel} = RFR_{Base} + \frac{RFR_{\max Fuel} - RFR_{Base}}{(L_{\max \max} - L_{\max Fuel}) * (L_{mes} - L_{\max Fuel})} \quad (4.8)$$

If (料仓料位 < LminFuel),

$$RFRaFuel = RFRBase + \frac{RFRBase - RFRminFuel}{(LminFuel - Lminmin) * (Lmes - LminFuel)}$$

(4.9)

4.4.6 返矿(检测点 4)

返矿比(RFRaBM)% = 在返矿比控制模型中计算

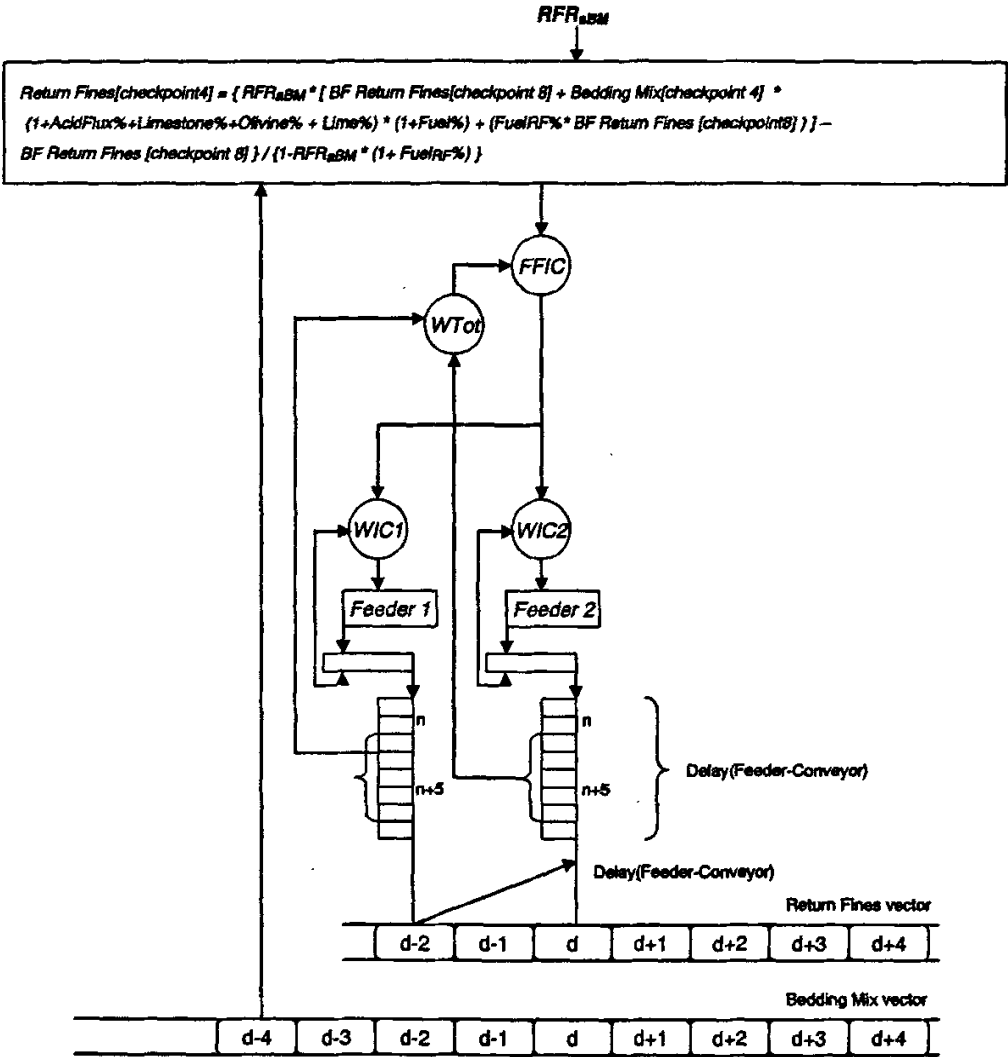


图 4.9 返矿控制
Fig. 4.9 Return Fines Control (Check point 4)

流量比例控制 FFIC 根据返矿比设定值和实际检测总的流量 Wtot，给定重量调节 WIC1 和 WIC2 的设定值。重量调节根据给定值和皮带秤的实际反馈，对给料器的料门开度进行调节。对于重量调节 WIC1 和 WIC2，设定值可以选择根据总返矿量的不同百分比设定，或选择流量比例控制的输出，或是人工设定。

4.5 烧结混合湿度模型

4.5.1 概述

烧结混合湿度模型(SMMC)是专家数学模型，在线控制烧结混合湿度含量在一恒定水平。基本烧结混合湿度控制是基于原料的原料平衡计算。模型使用原料湿重来计算干重和不同过程阶段的水流量。

实际湿度控制是在一混、二混中实现的。烧结混合湿度的检测在二混后进行。基于这些，根据原料平衡调节混合湿度含量。湿度控制用于调节烧结线上烧结混合的透气性。

模型输入：

- 计算烧结混合湿度(人工录入湿度：铺层混合，酸度 acid flux^[34]，石灰石，白云石，生石灰及燃料)，
- 基本和最终烧结混合湿度的目标值，
- 烧结混合矿量，
- 二混烧结混合湿度检测，
- 一混、二混实际水量检测，
- 一混、二混实际蒸汽量检测。

给一级控制系统的模型输出：一混、二混水流量设定值。

一级控制系统的变量：最终烧结混合湿度。

4.5.2 一混前湿度(检测点 11)

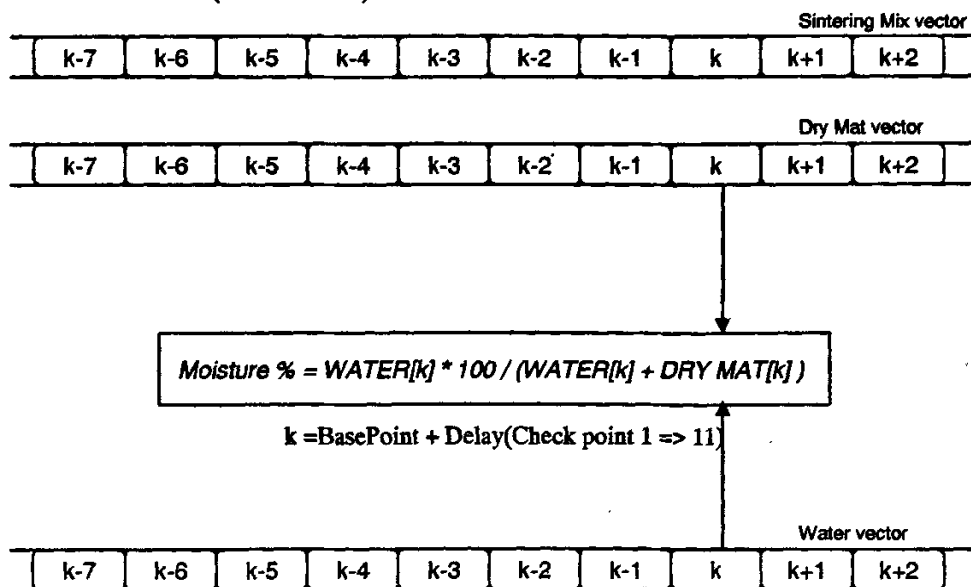


图 4.10 一混前湿度

Fig. 4.10 Moisture before Pre-Mixing drum (Check point 11)

一混前根据原料含水量 k 和干原料量 k 计算出原料湿度。目标湿度 M_{SP} , M_{SPF} 为百分比含量。计算水量 $CalWsp^{[35]}$ 根据百分比湿度 M_{SPF} , 原料含水量和干原料量计算得出。在经过 $k-1$ 到 $k+2$ 个向量后, 还需要对计算湿度校正, 由总水量和总干原料量计算得出校正计算湿度 $CalMspCor$ 。一混湿度调节 MIC 根据目标湿度 M_{SP} 和校正计算湿度 $CalMspCor$ 进行调节。

根据一混湿度调节 MIC 的输出, 计算水量 $CalWsp$ 以及计算检测系数 cc , 计算得到 FIC 流量调节设定值。一混流量调节 FIC 根据其设定值和检测反馈值, 调节阀门控制加水量。其中, 一混 FIC 检测反馈值包括水量和蒸汽流量, 蒸汽流量由于与温度、压力有关, 所以需要对蒸汽流量进行温度压力补正。

4.5.3 一混后湿度(检测点 12)

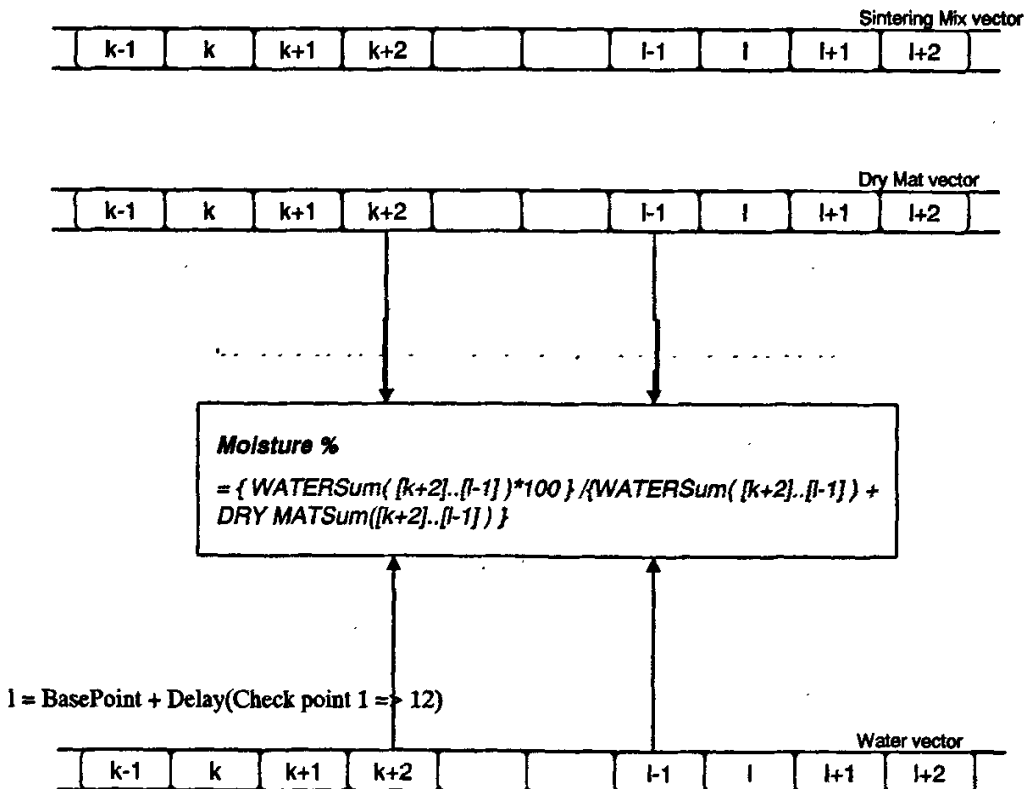


图 4.11 一混后湿度
Fig. 4.11 Moisture after Pre-Mixing drum

一混后根据原料含水量 (k+2) 至 (l-1) 和干原料量 (k+2) 至 (l-1) 计算出原料湿度。二混目标湿度 M_{SP} , M_{SPF} 为百分比含量。二混计算水量 $CalWsp$ 根据百分比湿度 M_{SPF} , 原料含水量 (n-1) 和干原料量 (n-1) 计算得出。在经过 m-1 到 m+2 个向量后, 还需要对计算湿度校正, 由总水量 (m+2) 至 (n-1) 和总干原料量 (m+2) 至 (n-1) 计算得出二混校正计算湿度 $CalMspCor$ 。二混湿度调节 MIC 根据目标湿度 M_{SP} 和检测后的计算 Mes 值进行调节。其中, 检测后的计算值是根据二混校正计算湿度 $CalMspCor$, 以及计算后的二混检测系数 ccm 计算得出。

根据二混湿度调节 MIC 的输出, 计算水量 $CalWsp$ 以及计算检测系数 cc , 计算得到二混 $FIC^{[36]}$ 流量调节设定值。二混流量调节 FIC 根据其设定值和检测反馈值, 调节阀门控制加水量。其中, 二混 FIC 检测反馈值包括水量和蒸汽流量, 蒸汽流量由于与温度、压力有关, 所以需要蒸汽流量进行温度压力补正。

4.5.4 烧结混合料斗计算湿度 (检测点 15...16)

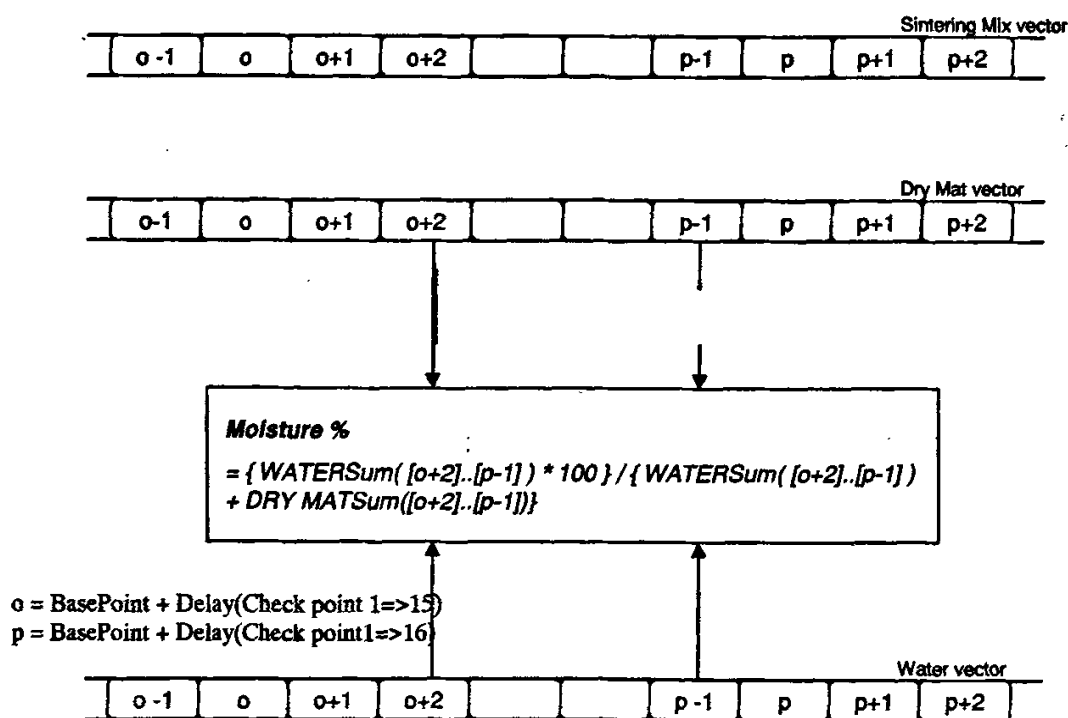


图 4.12 烧结混合料斗计算湿度
 Fig. 4.12 Calculated Moisture in Sintering Mix bunker

4.6 烧结混合布料模型

4.6.1 概述

烧结混合布料模型(SMFC)是专家数学模型, 在线控制混合料仓烧结混合料流, 使圆辊给料机的输出保持稳定。

模型用于控制圆辊给料机转速, 为了保证在旋转盘之前的混合量的水平, 使烧结机的布料稳定。布料监控采用超声波检测。

模型输入:

- 圆辊给料机实际转速,
- 烧结布料线速度,

给一级系统的模型输出:

- 混合仓烧结混合给料设定值 (如, 圆辊给料机转速)。

一级系统的控制变量:

- 烧结布料线速度,
- 圆辊给料机转速。

本节也介绍了一级系统偏差控制模型 BRP 的结构图。

模型输入:

- 布料检测(1...6)
- 布料料门变化(1...6) 来自二级系统

模型输出:

- 给料门设定值(1...6) 位置控制

一级系统的控制变量:

- 布料值 1...6

4.6.2 布料控制

4.6.2.1 烧结混合给料门控制

烧结混合给料门控制共有 6 个控制给料门。检测布料料位, 通过计算料位控制器的设定值, 检测值、设定值一并送给料位调节控制器, 调节器输出 0—100%, 料门控制调节器可以选择模式, 增加了手动模式, 可以手动设定给料门的开度, 料门的实际开度反馈给料门控制调节器, 控制给料门开度。两个调节器协调控制平衡料位, 当料门控制调节器的料位控制模式发生改变, 料位调节控制器也会相应变化。

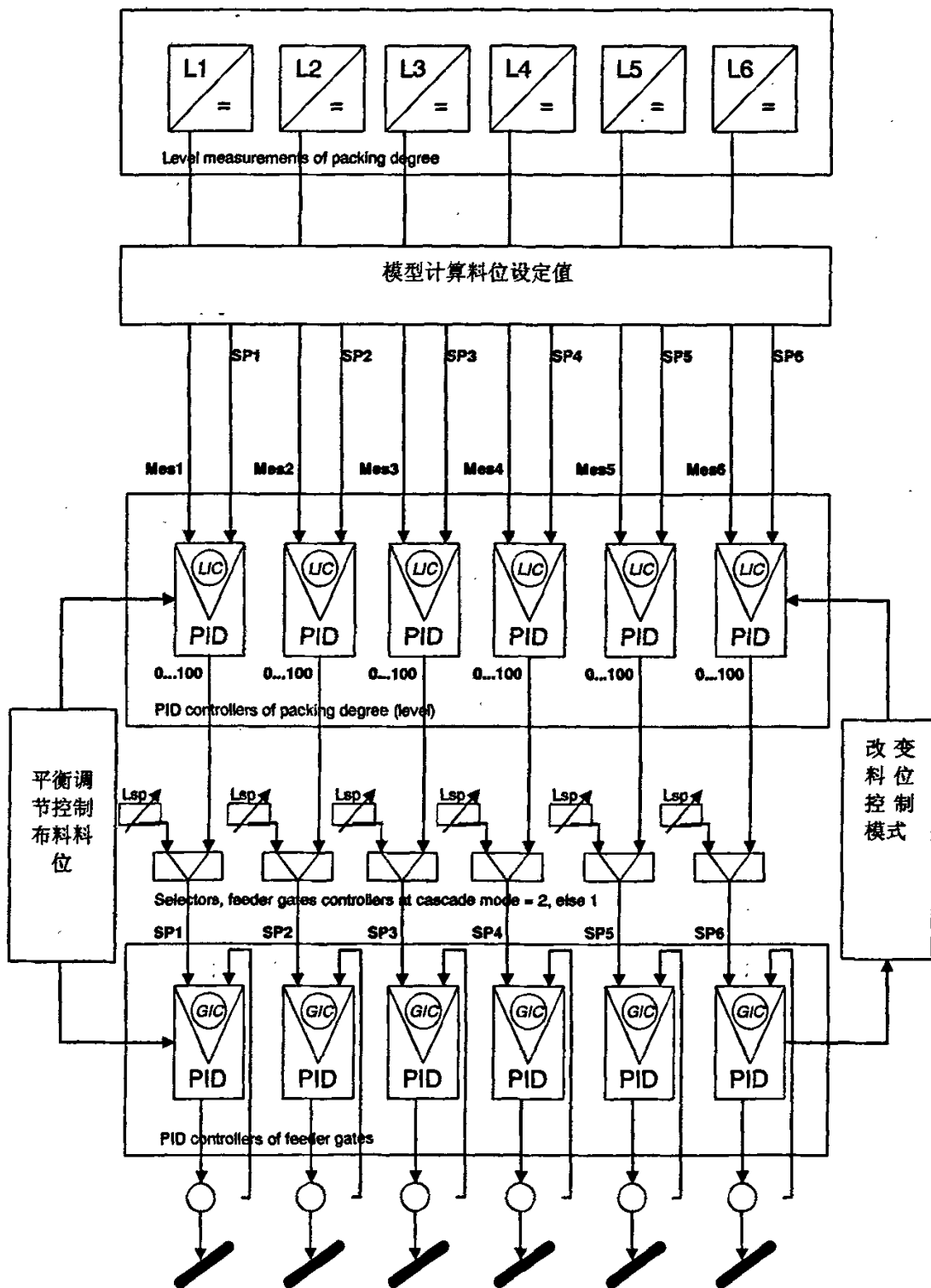


图 4.13 烧结混合给料门控制

Fig. 4.13 Sintering Mix Packing Degree Control with feeder gates

4.6.2.2 通过圆辊给料机布料控制

计算 2, 3, 4, 5#布料器料位检测平均值, 和料位基本设定值送给料位调节控制器, 经过比例缩放后, 作为圆辊给料机基本设定值, 圆辊给料机基本设定值也可以选择手动模式。圆辊给料机速度调节器的输出 0—100% 经过比例缩放后, 通过电压/频率变换控制圆辊给料机电机。圆辊给料机的实际检测速度反馈给速度调节器, 同时经过比例变换后反馈给料位调节控制器。

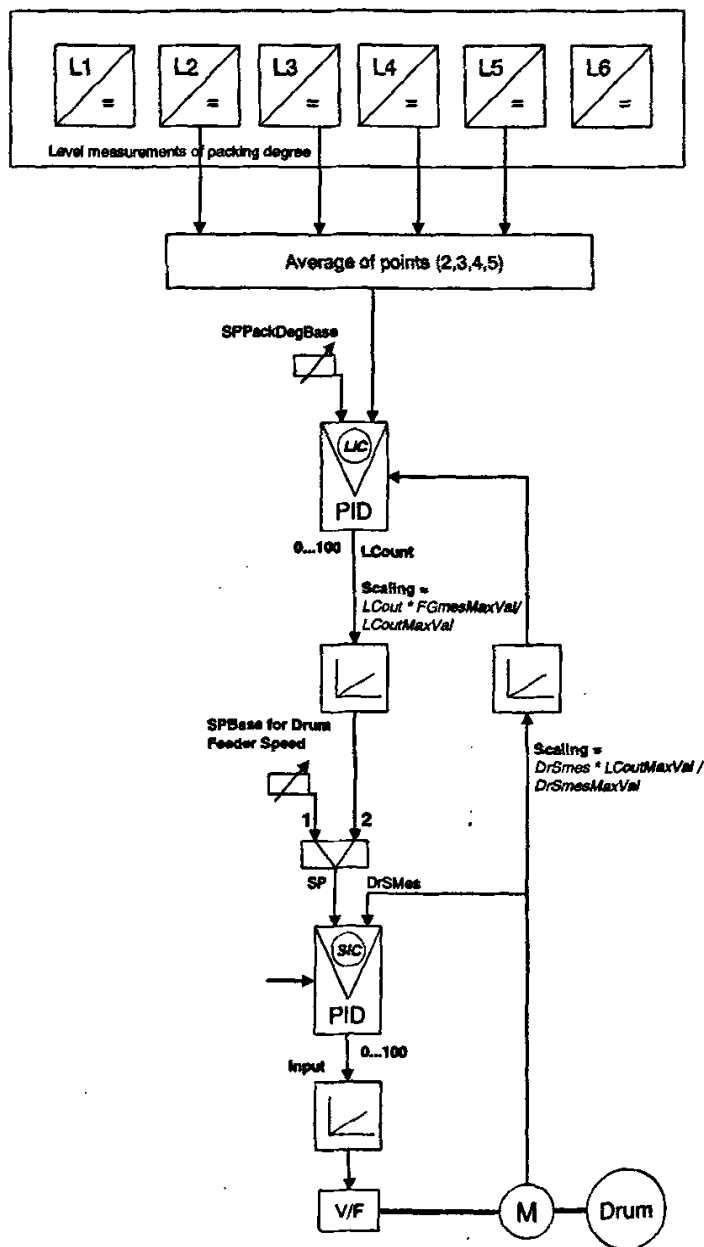


图 4.14 圆辊给料机布料控制
Fig. 4.14 Packing Degree Control with drum feeder

4.6.2.3 烧结机线速度控制

燃烧偏差控制模型 BRP 通过通讯给定烧结机线速度改变值，结合线速度基本设定值作为烧结机速度调节控制器的给定值，调节器的输出经过比例缩放后，通过电压/频率变换控制烧结机电机，烧结机实际速度反馈给调节器和燃烧偏差控制模型 BRP，同时最后 5 个废气风箱的温度也经过通讯反馈给燃烧偏差控制模型 BRP。

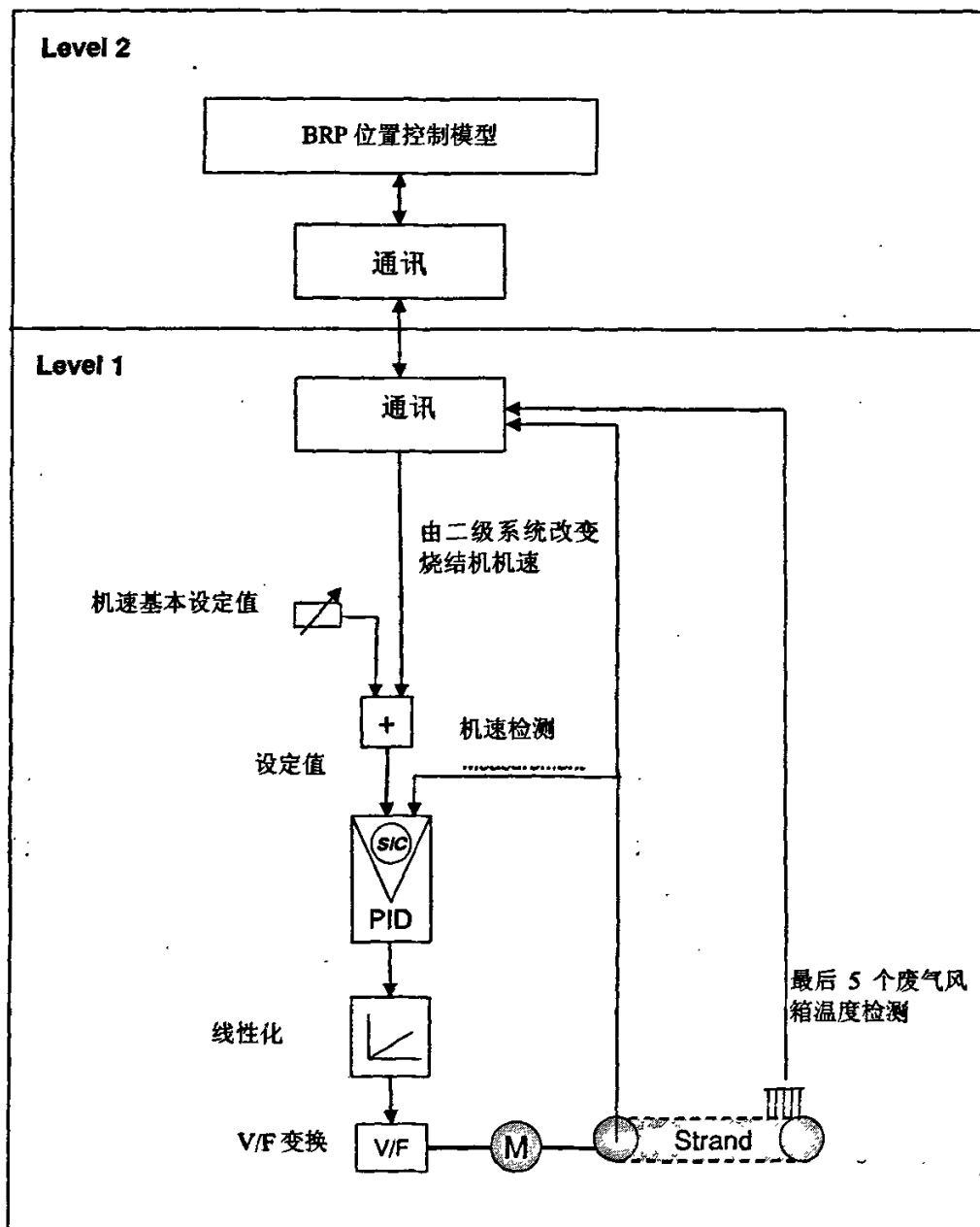


图 4.15 烧结机线速度控制
Fig. 4.15 Speed Control of Machine Strand

4.7 混合燃烧模型

4.7.1 概述

烧结混合燃烧控制模型(SMIC)是专家系统数学模型,计算并在线控制燃烧能量、煤气的消耗和烧结原料混合燃烧的空燃比。

模型会考虑煤气燃烧热值的变化(如:混合煤气 COG 和 BFG 的成分)。模型结合烧结机的速度、点火器温度和机器运行状态,控制每平方米的燃烧能量。当然也会考虑烧结混合原料的湿度。

模型输入:

- 实际燃烧煤气量,
- 实际燃烧空气量,
- 煤气热值,
- 点火器温度(最少 3 点),
- 烧结机速度,
- 烧结混合原料湿度,
- 烧结机运行状态(计划停机,启动,停止)。

给一级系统的模型输出:

- 燃烧煤气、空燃比和燃烧能量的设定值。

一级系统的控制变量:

- 燃烧煤气量,
- 燃烧空气量。

对于空气流量和煤气流量的调节,主要是根据煤气流量来调节空气流量。煤气流量的设定值基于烧结机每平方米的热量。由烧结机的宽度和速度计算得到每小时烧结机的过火面积 SAh ,再由燃烧热值设定值 $IESP$ 和测量热值 MIE ,计算出煤气设定值 $GassSP$ 。结合参考湿度 RM 和检测湿度 MM ,最后得出根据湿度校正后的煤气设定值 $GassSPIE$ 。只有当加热炉检测温度 $IFTMes$ 大于 900 并且在烧结机运行时,将根据湿度校正后的煤气设定值 $GassSPIE$ 作为煤气流量调节的设定值;此外,直接将加热炉温度设定值作为煤气流量调节的设定值。煤气流量调节根据其设定值 SP 和过程值 PV 调节煤气流量。煤气流量过程值 PV 作为空气流量调节的设定值 SP 给定空气流量调节,而定空气流量调节的过程值 PV 需要将空气流量检测值根据空燃比 $ECAR$ 做出计算。对于煤气、空气

流量的过程值，由于受温度、压力影响需要进行温度压力补正。对于加热炉温度调节，其输入的过程值为 3 个温度点的平均值，根据其温度设定值 $GasspTIC^{[37]}$ 进行调节，输出作为煤气流量设定的参考值。

4.7.2 烧结混合燃烧模型结构

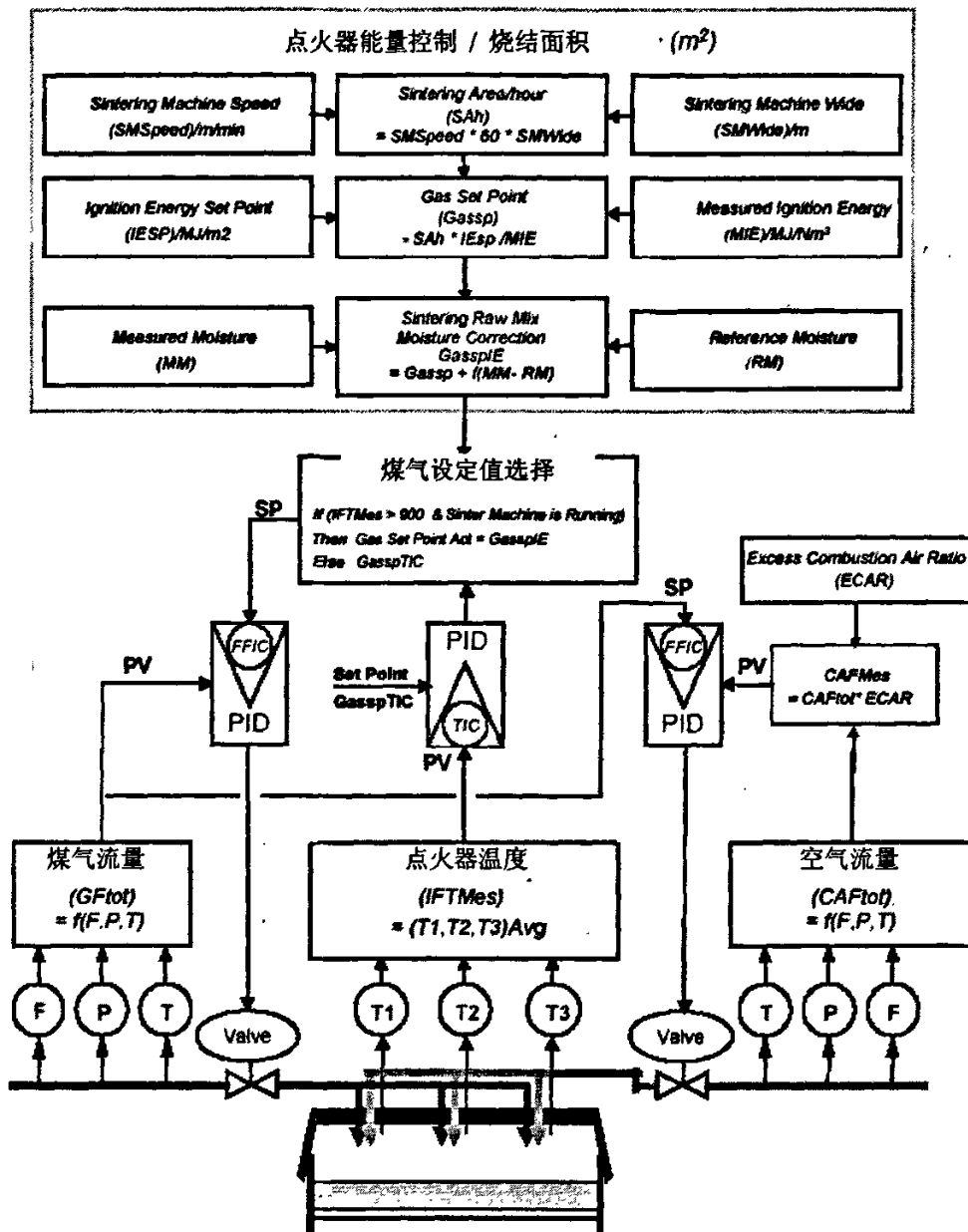


图 4.16 烧结混合燃烧控制模型结构图

Fig. 4.16 Block diagram for Sintering Mix Ignition Control Model

4.8 小结

本章重点给出了烧结专家系统过程的控制模型。根据首秦烧结生产的原料流向和检测点，提出了烧结专家系统的控制模型流程。在原料流程的基础上，确定了烧结配料总量控制模型、燃料比控制模型、返矿比控制模型、混合湿度控制模型、混合布料控制和混合燃烧控制模型。通过对模型的技术描述以及模型的输入输出关系分析阐述了模型内部控制机理和模型间的数据交换，将模型输出值作为一级控制系统的给定值。

第五章 应用软件开发

烧结专家系统设计用于过程数据的实时处理，通过过程模型计算优化过程功能，报告和过程监视。应用软件（Level2）的主要组成包括：过程模型和支持过程工具。

在应用软件中实现了以下基本过程模型：

1. 原料处理模型
2. 定量给料模型
3. 动态定量给料模型
4. 燃烧偏差控制模型
5. 燃烧位置控制模型

以上模型由下面的显示，报告和功能工具支持：

1. 数据输入显示（原料分析，数据转换等）
2. 报告
3. 趋势显示
4. 维护显示

5.1 过程模型

下图 5.1 显示了原料处理模型，定量给料模型和动态定量给料模型之间的关联关系。

5.1.1 原料处理模型

5.1.1.1 概要

原料处理模型是用于计算烧结厂混合布料量的工具。原料量将根据烧结化验分析的数据进行计算。

这里的定量给料装置是指烧结厂的定量给料，在本文中用于构建混合铺料的定量给料的机械装置一般称为“前置定量给料设备”。

原料处理模型由运行在专家系统服务器上的计算程序和一些用户接口界面组成。所有这些使用数据库来存储用户输入和可能的中间计算结果。

原料处理模型的用户接口如下：

- 原料分析数据录入工具
- 混合布料计划显示

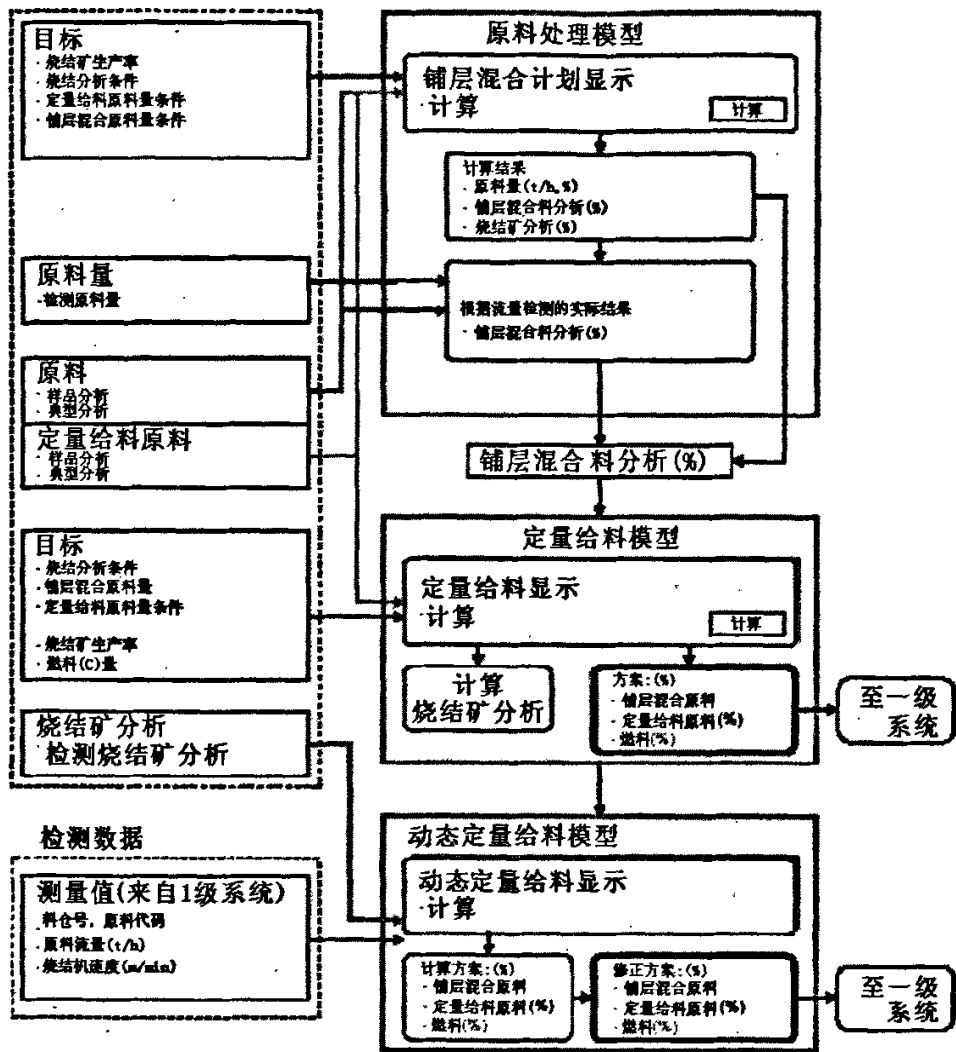


图 5.1 烧结模型结构图
Fig. 5.1 Block diagram of Sintering Models

5.1.1.2 原料处理模型输入

烧结厂生产的目的就是制造烧结矿，混合布料被认为是生产烧结矿的中间产品。这就是原料处理模型所确立目标的原因，其目标就是用烧结化学合成物来代替混合布料的化学合成物。部分输入的数据是可选择的，部分是必须的。必须输入的数据如下：

- 用于混合布料原料的明细表
- 定量给料设备的原料明细表
- 采用混合布料时的计划生产速度
- 所有原料的化学分析，包括在定量给料设备使用的原料

可选的数据输入为以下一项或多项（不能没有）：

- 用于生产布料混合的原料量, 当没有给出原料量, 计算程序将不做任何计算。
- 采用布料混合时, 用在定量给料设备的部分或所有的计划原料量
- 烧结矿碱度
- 烧结矿 MgO 含量
- 烧结矿 Mn 含量
- 烧结矿 Fe 含量

任何给出的目标量或容量之前可以用符号 "=", ">", "<" 标明, 这就是说数值可以分别是精确给出, 大于或小于给定值。

5.1.1.3 原料处理模型输出

布料混合计划模型的计算结果由以下几项组成:

- 每次选择的布料混合原料的计划流量
- 混合布料的化学成分
- 烧结矿的化学成分
- 由混合布料预计生产出的烧结矿量

如果操作员没有给出定量给料设备使用的原料总量, 则定量给料的原料总量也是输出数据的一部分。

5.1.1.4 原料处理模型计算方法

用户接口有设定目标值的功能, 如果目标值为空, 模型将忽略目标值。操作员应当输入目标值, 以传送给实际计算程序。混合布料计划的计算程序构造有一套线性功能代表用户的目标值, 通过线性功能来解决找出合适的混合布料成分。解决方案有可能不能返回令操作员目标满意的结果, 则输入信息同输出信息一样。

5.1.2 定量给料模型

5.1.2.1 概要

基本定量给料模型用于计划定量给料设备的给料量, 以满足烧结化学分析的需要。定量给料模型的工作方式同混合布料计划模型相同, 代替生产混合布料原料而是生产定量给料原料, 并将混合布料作为原料之一来处理。

定量给料模型被定量给料场每个筒仓的最大最小给料速度限制。这些速度必须作为参数给出, 并可以通过用户接口的单独参数进行修改。

5.1.2.2 定量给料模型输入

定量给料模型需要分析所有使用原料的数据, 包括铺层混合料的分析。可以使用根

据计划的铺层混合料的分析,但测量分析会更好。操作员需要给出以下输入项目:

- 定量给料场使用的原料名称表
- 预计定量给料混合的 C 含量
- 预定烧结矿产量

操作员至少给出以下项目中的一项:

- 烧结矿碱度
- 烧结矿 MgO 含量
- 烧结矿 Mn 含量
- 烧结矿 Fe 含量
- 烧结矿 CaO 含量

给定的输入会有显示,完成计算后的结果也会做出显示。输入分析数据通过为原料处理模型输入分析数据的同一个显示器完成。

5.1.2.3 定量给料模型输出

定量给料模型的输出为每种定量给料的原料量。给料量以“吨/小时”(湿重)给出,并由铺层混合料计算出控制原料的百分比。此外,模型还将计算出在使用所选计算给定量的铺层混合料后,生产出来的烧结矿的化学成分分析。

根据定量给料模型计算出的烧结混合燃料量来设定一级模型。百分比是根据铺层混合料和控制原料的总量来计算。如果碳的含量和燃料的湿度在原料分析数据中给出,则也会考虑在内。

5.1.2.4 定量给料模型计算方法

定量给料模型的计算方法是设置代表操作员需求的线性功能和分析数据的集合体。这些功能设置通过使用线性方案来解决。实际计算程序是不同于用户接口的单独程序,并且使用信息传送方法将操作员的目标值传送到计算程序,从计算程序到用户接口返回结果。计算程序返回定量给料量,或根据所选的原料不能实现目标的提示信息。

5.1.2.5 给料场给料量设定

定量给料模型的用户接口界面设有按钮用于给一级系统设定定量给料方案。设定要求以下条件:

- 选择的定量给料原料必须是相同的原料,并且当前在定量给料场筒仓内的原料也是做同样用途的。
- 在计算中使用的铺层混合料必须是已经使用的。

- 计算必须成功完成, 即必须计算出目标值。

以下定量给料方案的原料的设定值传送到一级系统:

1. 定量给料混合量(吨/小时), 烧结混合料量通过一级系统反馈的总粉尘量来计算。
2. 燃料量根据铺层混合料和控制原料总量以%形式给出。
3. 石灰量(可能是其他溶剂)根据铺层混合料以%形式给出。
4. 石灰石量(可能是其他溶剂)根据铺层混合料以%形式给出。

如果满足这些条件, 定量给料方案的内容消息会提交给操作员, 当操作员认可这些数据, 方案就会传送给一级系统。在方案对定量给料设备实际给出设定值之前, 建议对一级系统仔细检查经过二次确认。该定量给料解决方案是动态定量给料模型的起始点。

5.1.3 动态定量给料模型

5.1.3.1 概要

动态定量给料模型是基于检测烧结矿化学分析来调整定量给料设备的给料方案的模型。启动动态定量给料模型计算的事件如下:

- 定量给料模型的目标值发生改变
- 烧结矿的分析成分发生改变

为了得到尽可能接近在基本定量给料模型中给出的烧结矿化学成分的目标, 动态定量给料模型为定量给料设备制定新的方案。

5.1.3.2 动态定量给料模型输入

动态定量给料模型的输入总是一样的, 并不依赖于启动计算的事件。如同定量给料模型, 动态定量给料模型也有目标值。当定量给料模型中烧结矿分析的结果由操作员传送到一级系统时, 在该分析计算后, 动态定量给料模型得到数量相同的目标值。使用的大多是最新的目标值。考虑的目标是:

- 烧结矿碱度
- 烧结矿 MgO 含量
- 烧结矿 CaO 含量
- 可用定量给料原料的名称

可用定量给料原料的名称列表中需要包括实际在定量给料筒仓内的原料。因此每个筒仓内的原料代码要由一级系统传送给二级系统。由于不同的目标值可能是矛盾的, 碱度总是首选的。

模型包括的其他输入是:

- 烧结矿化学分析
- 已给的烧结混合料量, 定量给料的原料量, 反馈的粉尘量
- 选择的烧结矿生产速度
- 哪些筒仓可用, 哪些筒仓不可用
- 每种使用原料的化学分析
- 烧结矿的目标成分
- 每个使用筒仓的最大最小给料速度

当完成新的烧结混合方案的准备, 并且传送到一级系统, 或新的烧结成分分析输入到专家系统系统中, 动态给料模型的触发事件进行计算。

为了计算以下项目必须完成:

- 绞和速度必须大于 0.5 米/分
- 对每种原料的有效化学分析 (至少 CaO , SiO_2 , MgO)
- 使用的烧结矿分析结果是最近 180 分钟以内的
- 烧结矿成分分析和目标值分析为当前使用的铺层混合料

如果达到以上所有项目要求, 动态定量给料模型为定量给料设备计算出新的方案, 以实现尽可能接近在定量给料模型中给定的烧结矿化学成分目标。

5.1.3.3 动态定量给料模型输出

新的建议方案包括以下每台机器的信息:

- 根据铺层混合料量为每种定量给料控制的原料计算出定量给料料流的百分比

5.1.3.4 调整方法

动态定量给料模型的核心部分是原料平衡计算。方案简单的合计每种进入烧结机成分的总量和各种输出量 (烧结矿, 粉尘, 返矿, 废气)。原料平衡的输入部分会加以调整, 通过弥补烧结矿化学成分的目标值和检测值之间的差距。修改定量给料设备的定量给料量对原料平衡进行调整。

动态定量给料模型存储的计算结果不仅是针对于定量给料模型专用, 而且用于一级系统通讯程序的中间过程, 以使计算结果在得到操作员的认可后传送到一级系统。

如果动态定量给料模型计算的原料平衡总是显示输入于输出之间有很大差距, 需要检查以下项目的准确度:

- 原料称重系统

- 生产的烧结矿的称重系统
- 烧结矿和原料的分析数据

在模型中首要的调整因素是石灰与火石的比率(CaO/SiO_2)。模型也对 MgO 的含量进行调整。首先,模型对比烧结矿中的 CaO/SiO_2 与目标值的差别。在此基础上模型计算配料 MgO 和 CaO 量的多少。在筒仓内完成调整,筒仓内装有最适合的原料(筒仓内装有 MgO ($>20\%$) 和 CaO)。如果定量给料通过调整 2 个筒仓都不可能实现,模型会检查是否其他筒仓有相同的原料,在不超出筒仓最大最小给料速度下,通过调整所有这些合适的筒仓,模型会尽量做出新的给料方案。之后,计算模型建议仅增加或减少一半的定量给料量,这是因为少量的步骤就会达到目标要求。

显示界面的上部分是最新的烧结矿成分分析。据此模型计算出新的配料方案。每个原料仓都有计算方案,如果在几个原料仓有相同的原料,方案对一级系统计算总量%。总的烧结混合料,铺层混合料和燃料量的显示是根据测量进行计算。显示界面上有批准的方案列表,便于操作员可能会做出修改。

5.1.4 燃烧偏差控制模型

5.1.4.1 概要

燃烧穿透偏差控制模型(BTDC)是二级过程模型,用于计算烧结机在横断方向上的燃烧上升点(BRP)的分布。对于不同面积的烧结机的生产能力,模型给出设定点的改变。不同面积的烧结机的生产能力是使用自动给料门来控制的。

该模型的目的在于,尽可能精确地保持前部横向燃烧的过程和烧结生产的进行。这就是说要保证烧结机横向燃烧的稳定性。这样,烧结矿的质量才会稳定。此外,由于炉体边缘温度的下降,加热炉的损耗也会下降。

5.1.4.2 计算

燃烧上升点(BRP)的定义是废气温度超过 180°C 的位置。之所以在 BTDC 模型中采用燃烧上升点(BRP)代替燃烧穿透点(BTP),原因在于燃烧上升点(BRP)在实际生产中通过很少的检测点更容易定义。即使出现在测量区域的外面,也可以做大概的近似。

通过使用安装在最后 5 个风箱内的温度探测器(5 个探测器 $\times$ 8 支热电偶=40 个检测点),基于台车下面的废气温度检测,模型计算出燃烧上升点(BRP)的分布。

烧结机在横向上分为 8 个区域。每块区域都计算得到燃烧上升点(BRP),通过使用最小二乘法使这 5 个纵向温度检测适合二次多项式函数。燃烧上升点(BRP)从曲线

中挑选，并且根据不同区域的 BRP 值计算出平均值。计算出误差值，将其过滤后用于生成快和慢的偏差值，派生值。

共有 6 个给料门和不同布料值的区域。根据 8 个快和慢的偏差值通过加权计算得到 6 个最后的误差值。

这些最后的偏差值和派生值被送到六个不同包装程度区域的模糊控制器。模糊控制器给出基于基本包装程度设定值的包装程度的改变。偏差控制保持中部区域的包装程度设定的平均值在操作员给定的基本设定点的周围。

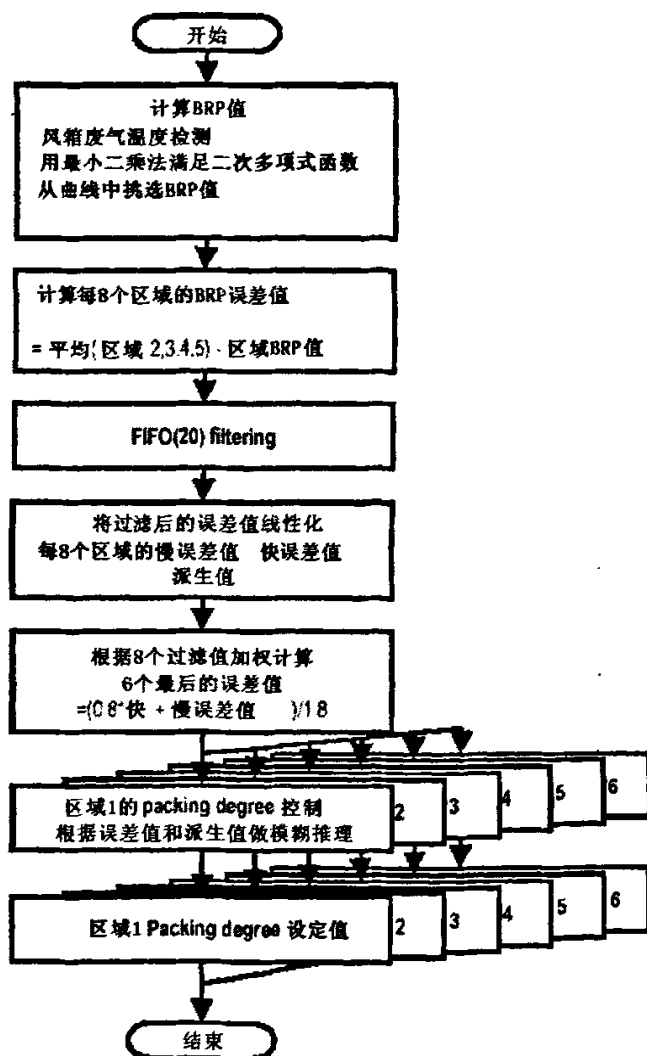


图 5.2 燃烧穿透偏差控制模型流程图

Fig. 5.2 Flow diagram of Burn-Through Deviation Control Model

偏差控制的基本原理图如下：

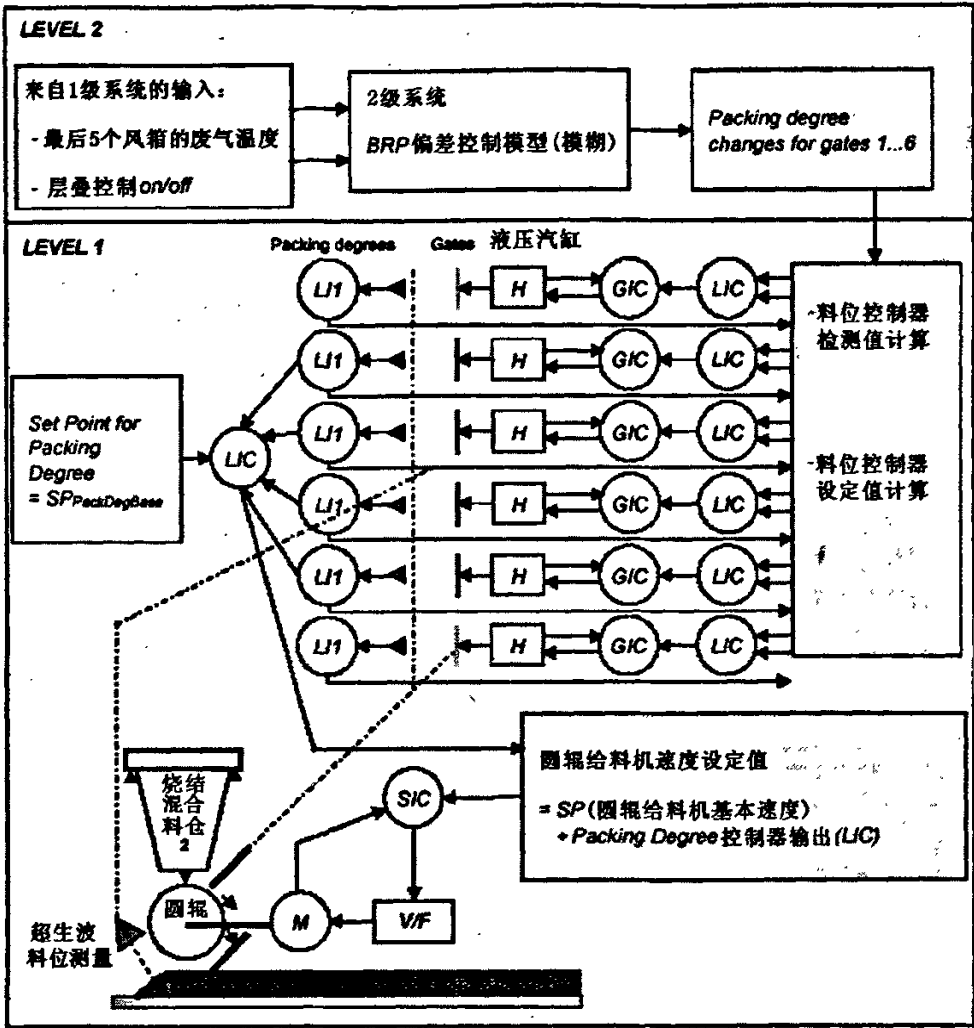


图 5.3 燃烧穿透偏差控制模型结构图
 Fig. 5.3 Block diagram of Burn-Through Deviation Control Model

5.1.4.3 输入值

表 5.1 从一级系统到二级系统的通讯信息
 Table 5.1 Messages of the Communication from Level 1 into Level 2

Message: m1_measured		
描述: 1#烧结机连续测量值		
15#抽风箱温度 1	SB_TEMP15A	℃
15#抽风箱温度 2	SB_TEMP15B	℃
15#抽风箱温度 3	SB_TEMP15C	℃
15#抽风箱温度 4	SB_TEMP15D	℃
15#抽风箱温度 5	SB_TEMP15E	℃
15#抽风箱温度 6	SB_TEMP15F	℃
15#抽风箱温度 7	SB_TEMP15G	℃
15#抽风箱温度 8	SB_TEMP15H	℃

16#抽风箱温度 1	SB_TEMP16A	℃
16#抽风箱温度 2	SB_TEMP16B	℃
16#抽风箱温度 3	SB_TEMP16C	℃
16#抽风箱温度 4	SB_TEMP16D	℃
16#抽风箱温度 5	SB_TEMP16E	℃
16#抽风箱温度 6	SB_TEMP16F	℃
16#抽风箱温度 7	SB_TEMP16G	℃
16#抽风箱温度 8	SB_TEMP16H	℃
17#抽风箱温度 1	SB_TEMP17A	℃
17#抽风箱温度 2	SB_TEMP17B	℃
17#抽风箱温度 3	SB_TEMP17C	℃
17#抽风箱温度 4	SB_TEMP17D	℃
17#抽风箱温度 5	SB_TEMP17E	℃
17#抽风箱温度 6	SB_TEMP17F	℃
17#抽风箱温度 7	SB_TEMP17G	℃
17#抽风箱温度 8	SB_TEMP17H	℃
18#抽风箱温度 1	SB_TEMP18A	℃
18#抽风箱温度 2	SB_TEMP18B	℃
18#抽风箱温度 3	SB_TEMP18C	℃
18#抽风箱温度 4	SB_TEMP18D	℃
18#抽风箱温度 5	SB_TEMP18E	℃
18#抽风箱温度 6	SB_TEMP18F	℃
18#抽风箱温度 7	SB_TEMP18G	℃
18#抽风箱温度 8	SB_TEMP18H	℃
19#抽风箱温度 1	SB_TEMP19A	℃
19#抽风箱温度 2	SB_TEMP19B	℃
19#抽风箱温度 3	SB_TEMP19C	℃
19#抽风箱温度 4	SB_TEMP19D	℃
19#抽风箱温度 5	SB_TEMP19E	℃
19#抽风箱温度 6	SB_TEMP19F	℃
19#抽风箱温度 7	SB_TEMP19G	℃
19#抽风箱温度 8	SB_TEMP19H	℃
烧结机速度模式开关控制	(0=off,1=on)	on/off
	STRAND_SPE_CASC_IND	
BRP 偏差模式开关控制	(0=off,1=on) BRP_DEV_CASC_IND	on/off
烧结机速度	set point STRAND_SPEED_SP	m/min

5.1.4.4 BRP 偏差控制输出值

表 5.2 从二级系统到一级系统的通讯信息

Table 5.2 Messages of the Communication from Level 2 into Level 1

Message: packing_degree_m1
描述: 布料控制变化值, Machine No. 1

1#给料门布料设定值	pdegree_1_sp_d	%
2#给料门布料设定值	pdegree_2_sp_d	%
3#给料门布料设定值	pdegree_3_sp_d	%
4#给料门布料设定值	pdegree_4_sp_d	%
5#给料门布料设定值	pdegree_5_sp_d	%
6#给料门布料设定值	pdegree_6_sp_d	%
Message: packing_degree_m2		
描述: 布料控制变化值, Machine No. 2		
1#给料门布料设定值	pdegree_1_sp_d	%
2#给料门布料设定值	pdegree_2_sp_d	%
3#给料门布料设定值	pdegree_3_sp_d	%
4#给料门布料设定值	pdegree_4_sp_d	%
5#给料门布料设定值	pdegree_5_sp_d	%
6#给料门布料设定值	pdegree_6_sp_d	%

5.1.5 燃烧位置控制模型

5.1.5.1 概要

段速度控制模型 (SSC) 是该模型的另一名称, 但燃烧穿透位置控制模型 (BTPC) 则从名称上能提供更多的信息。该模糊逻辑模型是二级过程模型, 用于计算烧结机在纵向上燃烧上升点 (BRP) 的位置, 并基于 BRP 的位置控制烧结机的速度。

燃烧穿透位置控制发展用于管理烧结机上的烧结台车的燃烧穿透。控制器测量沿烧结机的 BRP 的位置, 并通过速度来控制这些位置。实际生产中 BRP 位置的确定是根据最后五个风箱的废气温度的测量 ($5 \times 8 = 40$ 个检测点)。模型包括快速模糊逻辑控制器和低速模糊逻辑控制器。模型的目的在于保持烧结机温度的稳定, 也就是烧结机的最高生产效率。

5.1.5.2 计算

燃烧上升点 (BRP) 的定义是废气温度超过 180°C 的位置。之所以在 BTDC 模型中采用燃烧上升点 (BRP) 代替燃烧穿透点 (BTP), 原因在于燃烧上升点 (BRP) 在实际生产中通过很少的检测点更容易定义。即使出现在测量区域的外面, 也可以做大概的近似。

通过使用安装在最后 5 个风箱内的温度探测器 (5 个探测器 $\times$ 8 支热电偶 = 40 个检测点), 基于台车下面的废气温度检测, 模型计算出燃烧上升点 (BRP) 的分布。

燃烧上升点 (BRP) 的位置, 是通过计算每个探测器检测的平均值, 并使用最小二乘法使这 5 个纵向温度检测满足二次多项式函数。燃烧上升点 (BRP) 从曲线中挑选。

计算出快速偏差值和快速偏差变化值。

两个控制器分别是快速控制器和慢速控制器。如果燃烧上升点（BRP）发生大的变化或非常快的改变，并从上上次控制动作经过了足够的时间，快速模糊燃烧上升点（BRP）控制计算新的段速度设定值。如果没有快速控制的需要，慢速模糊燃烧上升点（BRP）控制器会基于长时间的数据调整段速度。低速控制器的时间间隔基于控制动作的大小。如图 5.4。

5.1.5.3 输入值

从一级系统到二级系统的通讯信息同附表。

5.1.5.4 输出值

表 5.3 从二级系统到一级系统的通讯信息
Table 5.3 Messages of the Communication from Level 2 into Level 1

Message: machine_speed_m1		
描述: 烧结机线速度 Machine No. 1		
1#烧结机线速度设定值	speed_sp_d	m/min
Message: machine_speed_m2		
描述: 烧结机线速度 Machine No. 2		
2#烧结机线速度设定值	speed_sp_d	m/min

5.2 用户接口

5.2.1 概要

烧结厂的后台信息以几种不同的显示提供给操作员，可以通过菜单选择。人机界面（如用户接口）可以通过键盘、鼠标或轨迹球操作。

系统管理员可以通过图形用户接口（GUI）调整系统。在应用程序启动前需要用户名和密码，禁止没有授权的运行程序访问。这就是说通过菜单系统可以实现用户有不同的操作环境，仅仅包括与特定用户相关的功能。

用户接口是全图形化的窗口显示。过程模型通过显示用来输入数据、监视过程控制 and 操作。特殊的显示界面会包括几个子界面。

报告用于生成操作数据报告，为了生产管理和做出决策。报告也有助于归纳总结焦炭的生产，将当前生产水平和计划做出对比。

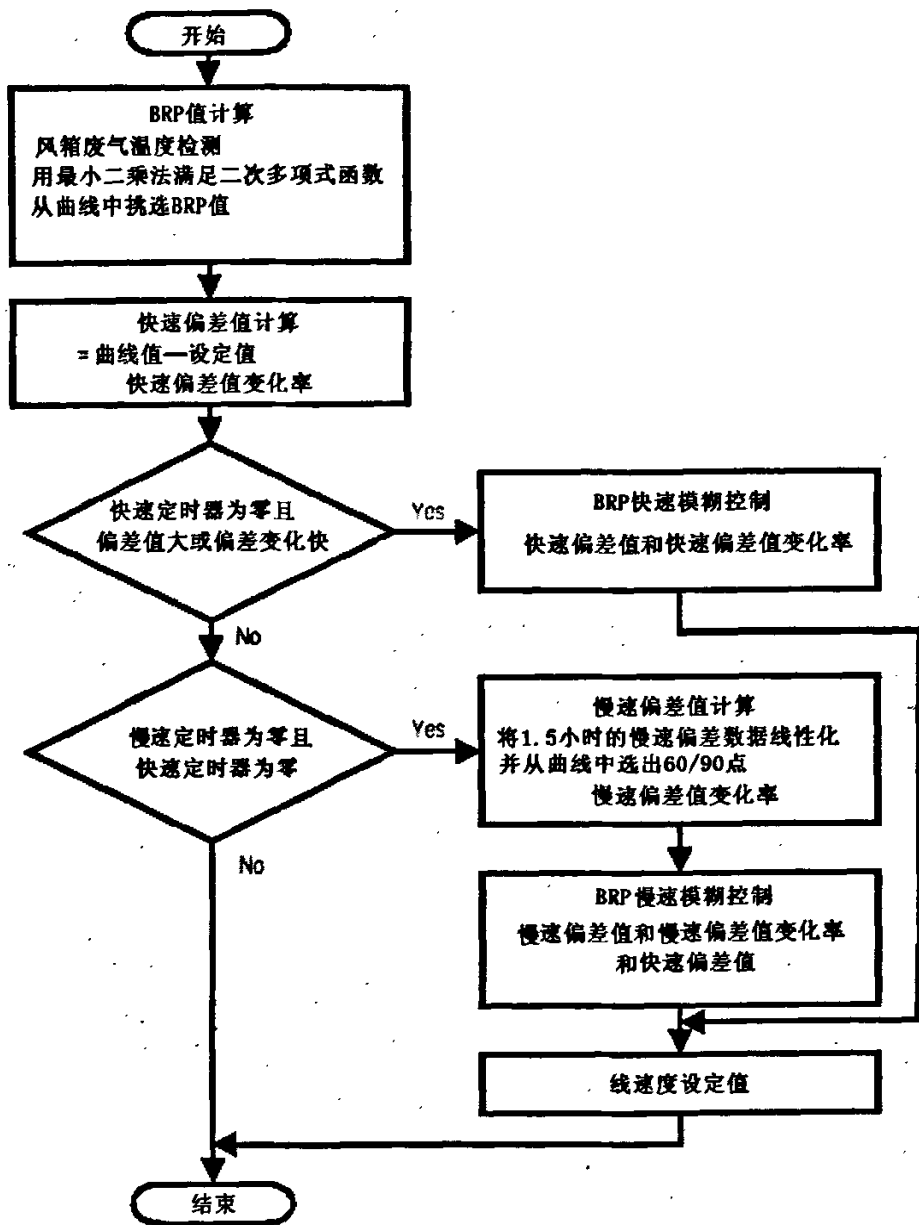


图 5.4 燃烧穿透位置控制模型流程图

Fig. 5.4 Flow diagram of Burn-Through Position Control Model

5.2.2 专家系统主界面

烧结厂的状态信息以几个不同的显示画面提供给操作员，画面可以从烧结专家系统的菜单来选择。用户接口应用程序启动后，先是打开“烧结专家系统主界面”。界面的下部分包括重要检测值、计算变量和控制变量，上部显示烧结料仓的状态和料流。在默认状态下，当数据库有新的数据时该界面会自动更新。界面的上部分显示在定量给料场料仓的原料。用户可以从一级系统更改原料代码。

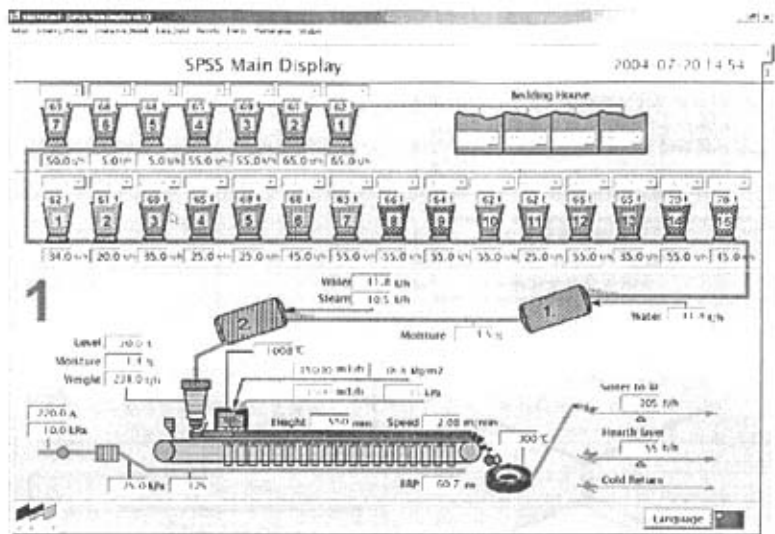


图 5.5 系统主界面
Fig. 5.5 System Main display

烧结专家系统的用户接口由几个显示界面组成，分为烧结过程，烧结模型，数据输入界面，报告，趋势界面和系统维护界面。

5.2.2.1 按钮

- 烧结专家系统的主界面提供“语言”按钮选择全中文或全英文显示。

5.2.2.2 功能分析

用户可以通过点击按钮改变用户接口界面显示的语言（英文/中文）。

5.2.3 原料处理模型

原料处理模型（铺层混计划）用来计算烧结场为铺层混合用的原料量和烧结矿分析。使用“原料分析”界面（该界面会在后面介绍）将分析数据输入到系统。在维护中也需要“原料列表”界面，用于输入新的原料的部分。

输入的分析值（不同于湿度）必须以原料的干燥重量计算。

混合布料计划模型的显示界面如下：

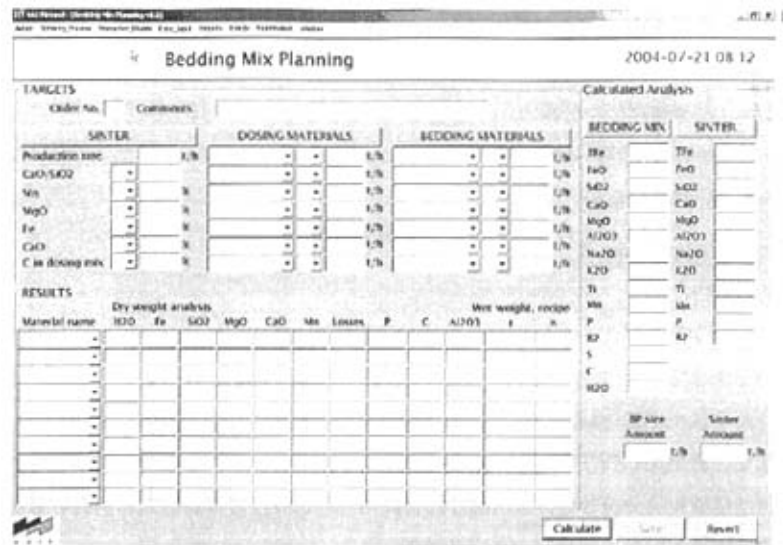


图 5.6 铺层混合计划界面
Fig. 5.6 Bedding Mix Planning display

5.2.3.1 按钮

在铺层混合计划界面有以下几个按钮：

- **Calculate:** 计算，根据输入到 Targets（目标）部分的值计算结果；
- **Save:**保存，将输入值保存到数据库；
- **Undo:**取消，取消改变。

5.2.3.2 功能分析

在烧结矿分析部分可以给出目标值，有定量给定混合料的碱度，MgO，Mn，Fe，CaO 和 C 的含量。为了在计算中使用这些值，就必须输入这些化学成分。

选择原料用作定量给料和铺层混合原料，在下拉列表中选择第一种原料类型，输入每种使用的铺层和定量给料的原料量，并选择符号 ‘>’，‘<’ 或 ‘=’ 给出计算条件。

计算铺层混合原料流量需要一些必需的数据，如生产速度，当然还有使用的铺层原料和定量给料原料。原料量需要带符号给出，否则计算条件是无效的。当然也需要选择原料的有效分析，包括在定量给料设备内的原料。

为了从数据库得到最近保存的铺层混合料计算及其数据，在铺层混合序号区域输入 0，并按回车键。通过在铺层混合料的序号区域输入选择铺层混合料的标识符和回车键，

也可以查询到其他铺层混合料计算。

有些情形，计算模式只返回目标值而没有计算值。会显示出以下警告：

- 没有铺层原料分析
- 没有定量给料原料分析
- 计算不能执行

5.2.4 定量给料模型

5.2.4.1 概要

定量给料模型为了完成烧结化学成分分析的要求，用于计划在定量给料场的定量给料量。定量给料模型与铺层混合计划模型的工作方式是一样的，但不是生产出铺层混合原料，而是生产定量给料混合料，并将铺层混合料作为一种原料来处理。

输入的分析值（不同于湿度）必须以原料的干燥重量计算。定量给料模型需要分析所有要使用原料的分析数据，包括铺层混合料的分析。分析数据的输入与原料处理模型分析数据的输入，使用的是同一个显示界面。

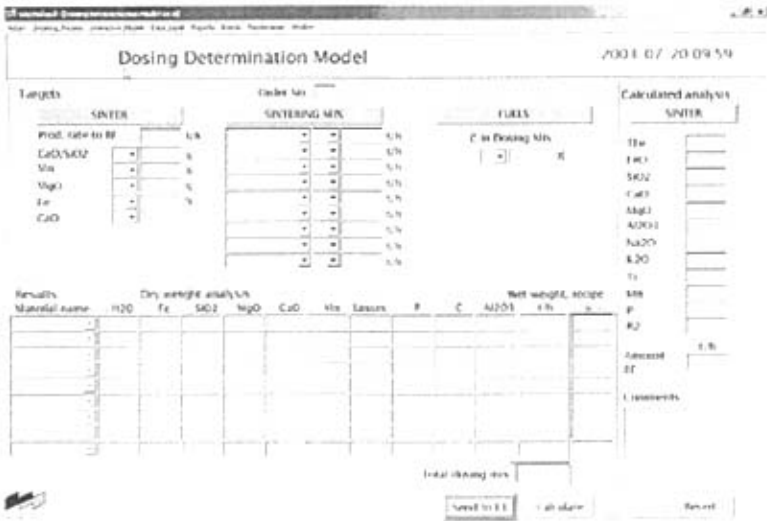


图 5.7 定量给料模型
Fig. 5.7 Dosing Determination model

5.2.4.2 按钮

在定量给料模型界面有以下几个按钮：

- Send to L1: 传送到一级系统, 将基本方案传送到一级系统, 定量混合料量, 同时计算得到的烧结矿分析作为目标传送给定量给料模型;
- Calculate、Save、Undo: 同前。

5.2.4.3 功能分析

以下项目需要操作员给出:

- 定量给料场提供的原料列表, 铺层混合料也作为一种原料
- 计划定量混合料的 C 含量
- 计划烧结矿的生产速度

操作员至少给出以下项目中的一项:

- 烧结矿碱度
- 烧结矿 MgO 含量
- 烧结矿 Mn 含量
- 烧结矿 Fe 含量
- 烧结矿 CaO 含量

选择定量给料的原料, 在下拉列表中选择第一种原料类型, 输入定量给料的原料量, 并选择符号 '>', '<' 或 '=' 给出计算条件。

为了计算定量给料混合原料量还需要一些值, 如高炉生产速度, 当然还有定量给料原料。原料量需要带符号给出, 否则计算条件是无效的。当然也需要选择原料的有效分析, 包括铺层混合料在内的原料分析。定量混合原料不包括返矿。返矿量由一级系统控制。为了得到下一次铺层混合计算的序号及其数据, 在序号区域输入 0, 并按回车键。通过在序号区域输入选择铺层混合料的标识符和回车键, 也可以查询到其他铺层混合料计算。有些情形, 计算模式只返回目标值而没有计算值。会显示出以下警告:

- 没有定量给料原料分析
- 计算不能执行

5.2.5 动态定量给料模型

动态定量给料模型是基于检测的烧结矿化学成分分析, 用于调整定量给料设备的给料方案的模型。启动定量给料模型计算的事件:

- 定量给料模型目标值发生改变
- 烧结矿成分分析发生改变

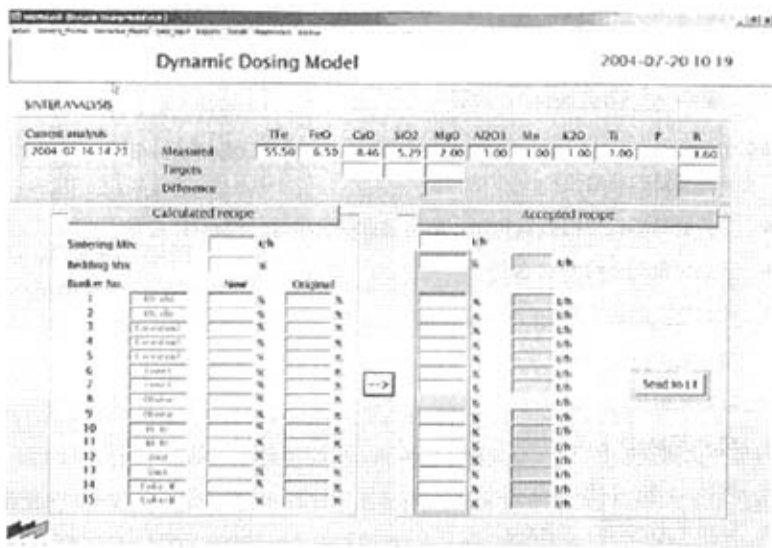


图 5.8 动态定量给料模型
Fig. 5.8 Dynamic Dosing model

为了使实际的烧结矿化学成分尽可能接近在基本定量给料模型中给出的目标，动态定量给料模型为定量给料设备制定新的方案。

5.2.5.1 按钮

在动态定量给料模型界面有以下几个按钮：

- **Send to L1**：传送到一级系统，将定量给料方案（%）传送到一级系统，根据定量给料控制简仓和在“接受认可”栏的定量给料原料；
- **——>**：传送计算方案的数据到接受方案。

5.2.5.2 功能分析

显示界面的左侧是最新的烧结矿成分分析。每个原料仓都有计算方案，如果在几个原料仓有相同的原料，方案对一级系统计算总量%。显示的烧结混合料总量是根据测量进行计算的。

显示界面上有批准的方案列表，便于操作员可能会做出修改。点击“Send to L1”按钮后将该列表中的方案送给一级系统。

5.2.6 燃烧偏差控制模型

燃烧上升点（BRP）的定义是废气温度超过 180℃的位置。之所以在 BTDC 模型中采

用燃烧上升点 (BRP) 代替燃烧穿透点 (BTP), 原因在于燃烧上升点 (BRP) 在实际生产中通过很少的检测点更容易定义。即使出现在测量区域的外面, 也可以做大概的近似。

5.2.6.1 燃烧偏差控制模型

燃烧穿透偏差控制模型 (BTDC) 是二级过程模型, 用于计算烧结机在横断方向上的燃烧上升点 (BRP) 的分布。对于不同面积的烧结机的生产能力, 模型给出设定点的改变。不同面积的烧结机的生产能力是使用自动给料门来控制的。

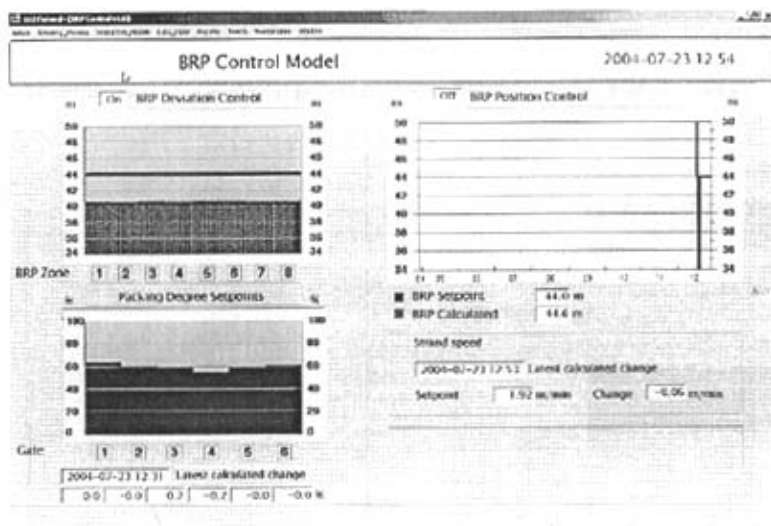


图 5.9 燃烧上升点 (BRP) 控制模型界面

Fig. 5.9 BRP Control model display

5.2.6.2 燃烧位置控制模型

带有模糊逻辑的燃烧穿透位置控制模型 BTPC 是二级过程模型, 用于计算烧结机在纵向上燃烧上升点 (BRP) 的位置, 并基于 BRP 的位置控制烧结机的速度。

5.2.6.3 功能分析

在燃烧上升点 (BRP) 控制显示界面的数据每隔一分钟更新一次。在烧结机停止时和启动后的某段时间内, BRP 值不计算。在显示界面中显示的是等待时间。正常操作期间 BRP 值是一段时间的平均值, 而不是瞬时值。

操作员可以从显示界面给出 BRP 位置设定点。BRP 位置和 BRP 偏差控制在一级系统被激活, 并可以在显示界面上看到模型状态的指示。

从 BRP 位置图表可以看到 BRP 位置的设定值, BRP 计算值和八个计算的 BRP 的偏差值。布料设定值图表是显示六个给料门的布料值。BRP 计算曲线图显示 8 小时的 BRP 历史平均值。BRP 位置和 BRP 偏差控制模型计算出设定值最近的变化, 并在显示界面显示, 同时显示新值是何时计算出来。

5.2.7 原料分析界面

原料分析输入界面是烧结专家系统功能性的核心部分。除了烧结矿成分分析, 每种原料的化学成分分析都需要存入烧结专家系统的数据库。烧结矿成份分析可以直接输入, 而烧结分析数据输入的时间必须是分析样品被取走时的时间, 并不能是在实验室分析数据时的时间。不能仅仅充分强调烧结分析的及时性, 还要强调烧结专家系统计算的精确性。原料分析界面的版面如图 5.10 所示。

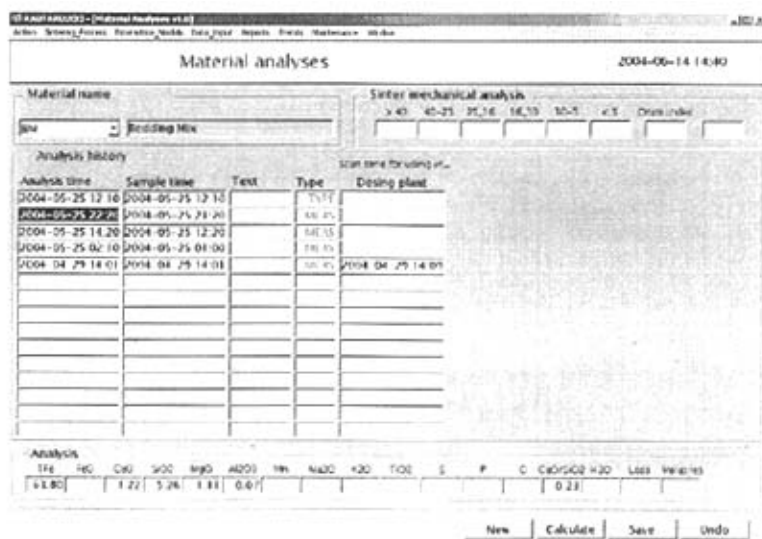


图 5.10 原料分析界面
Fig. 5.10 Material Analysis display

5.2.7.1 按钮

在原料分析界面有以下几个新增按钮:

- **New:** 添加, 增加新的原料分析记录;
- **Calculate:** 计算, 根据计算新分析的显示界面计算分析结果的加权平均值;

5.2.7.2 功能分析

按下“New”按钮可以添加新的原料分析数据。在需要的区域输入，也包括铺层混合料的数量。在‘原料分析’窗口，所有的化学成分都可以进行修改和保存，除了铺层混合料的数量。

相同的原料可以用于烧结设备不同部分的不同分析，这就是为什么在每条分析纪录都有相关的日期和时间，以标识出该分析的第一时间，这将对给料场的以下对象十分有效：原料场，定量给料设备 1，定量给料设备 2。

这里对于原料场样品的分析效果，意味着在原料场的分析效果已经通过之后，例如铺层混料计划程序，计算程序会在计划时为了选择原料，开始使用以上提到的分析。

如果在后来同样的原料有了第二个分析结果，并且这个分析结果像前一个结果一样都是关于同一批次的原料，该结果将会给出用作铺层混合的有效日期。这些日期被标识为“计算分析”，这意味着一个或多个样品分析用来计算加权平均值。原因在于必须尽可能选取几种原料样品来代表每种批次的原料，这样每批次“真正”的原料化学成分分析就能尽量简单地用分析平均值表示。这个平均值也可以仅根据一个分析结果来计算，通过在百分比%的地方输入 100，这时分析的数据就会被简单拷贝到“计算结果”栏。

为了计算平均值，用于选择样品分析结果的用户接口如下图所示：

每种原料还有“典型分析”项，如果没有可用的原料样品分析，可以用这个选项来代替。如图 5.11，图 5.12 所示。

5.2.8 报告

为了工厂管理和做出决策，报告是用于生成运行数据报告。报告也有助于总结烧结生产和烧结矿质量，并将当前的水平和计划做出对比。

报告的标准是每天一份。每天的日报数据包括所选择日期的数据和月平均值/总和。

报告中的数据被分为以下主要的几组：

- 生产：烧结矿生产，消耗等；
- 烧结矿质量：化学成分分析，物理检测等；
- 干扰
- 能耗：用电，煤气，焦炭，原料等；

5.2.9 趋势

可以配置的曲线图界面，显示出在图形趋势曲线表格中期望值的历史过程。图形详

细地显示出控制过程是如何达到当前状态。也被用于分析过程中的干扰。

图 5.11 新分析结果输入窗口
Fig. 5.11 Enter New Analysis -window

Material name	Sinter	Produced sinter
S	0	0
Analysis date	2003-04-02	2003-04-02
Analysis time	10:21	15:48
Analysis test	15:49	15:17
TFe	60.00	60.00
FeO	9.00	9.00
CaO	4.00	4.00
SiO2	8.26	8.26
MgO	1.20	1.20
Al2O3	1.00	1.00
Mn	1.00	1.00
Na2O	0.00	0.00
K2O	0.02	0.02
TiO2	0.00	0.00
S	0.018	0.017
P	0.000	0.000
C	0.00	0.00
Basicity	1.21	1.21
Moisture	0.00	0.00
Volatiles	0.00	0.00

图 5.12 新分析结果计算窗口
Fig. 5.12 Calculate New Analysis -window

典型的曲线图显示由 2 个图表窗口组成。在每个图表窗口可以显示一到四条趋势曲线。图表可以向前、向后滑动，并且当数据库中有新数据后会自动更新。

曲线图界面显示出在图形趋势曲线表格中期望值的历史过程。用户可以在趋势定义界面来维护趋势曲线的定义。趋势图界面如图 5.13 所示：

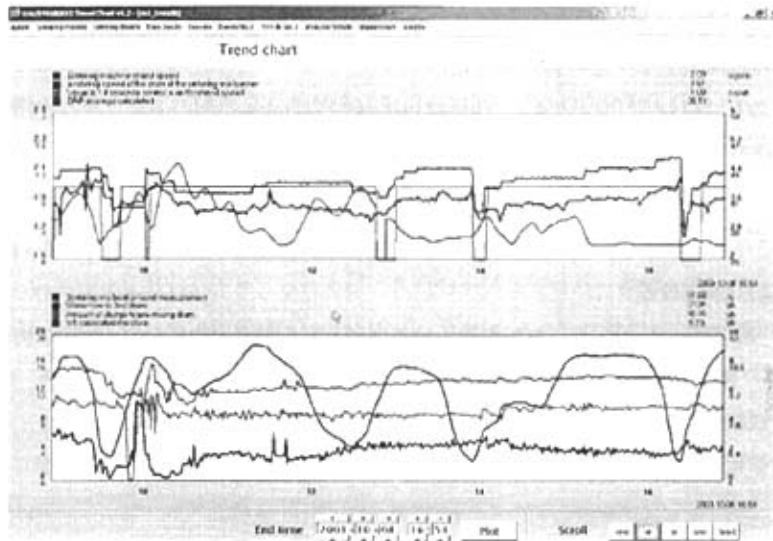


图 5.13 趋势图界面
Fig. 5.13 Trend Chart display

5.2.9.1 按钮

在每个趋势图中有以下按钮：

- +: 增加年，月，日，小时，分钟，每次一个单位；
- -: 减少年，月，日，小时，分钟，每次一个单位；
- Plot: 绘图，当在图表中输入新的结束时间，按下“绘图”按钮，图表会从数据库里重新刷新数据；
- <<: 将图表向后滚动一个长度单位，如 8 小时，假设图表的持续时间是 8 小时；
- <: 将图表向后滚动半个长度单位，如 4 小时，假设图表的持续时间是 8 小时；
- >: 将图表向前滚动半个长度单位，如 4 小时，假设图表的持续时间是 8 小时；
- >>: 将图表向前滚动一个长度单位，如 8 小时，假设图表的持续时间是 8 小时；
- >>|: 返回到当前时间，如：在图表中显示最新的数据。

5.2.9.2 功能分析

移动鼠标指针到曲线图上，并点击左键，可以显示在曲线图中某一点的数值。同时在指针点的位置，图表上会显示出一条竖线。曲线的数值会显示在曲线图的上部。如果数值来自数据库，它就不带星号(*)。如果数值是填写进去的，例如是根据两个相邻值计算出来的，它就会带星号。点击下降箭头就会将指针线左移(时间向后)，点击上升箭头就会将指针线右移(时间向前)。

为了让趋势区域自动更新，可以将期望结束时间设置为当前时间并点击“绘图”，或只点击“>>|”按钮。趋势曲线的更新周期是1分钟。

为了在图表中浏览数据，可以设置结束时间并按“绘图”键，或使用滑动按钮‘<<’, ‘<’, ‘>’, ‘>>’, ‘>>|’来前后移动时间。

5.2.10 参数显示

参数显示的目的在于，系统维护人员可以修改计算程序使用的数值。显示界面被打开后，数据库中的参数就会显示出来。

表格提供了以下功能：数值修改和浏览。

参数显示界面如下图所示：

Variable	Value	Description
silos1_min_feed	36	Min material flow speed from silo 1, 1 hour
silos1_max_feed	108	Max material flow speed from silo 1, 1 hour
silos2_min_feed	36	Min material flow speed from silo 2, 1 hour
silos2_max_feed	108	Max material flow speed from silo 2, 1 hour
silos3_min_feed	36	Min material flow speed from silo 3, 1 hour
silos3_max_feed	108	Max material flow speed from silo 3, 1 hour
silos4_min_feed	36	Min material flow speed from silo 4, 1 hour
silos4_max_feed	108	Max material flow speed from silo 4, 1 hour
silos5_min_feed	36	Min material flow speed from silo 5, 1 hour
silos5_max_feed	108	Max material flow speed from silo 5, 1 hour
silos6_min_feed	36	Min material flow speed from silo 6, 1 hour
silos6_max_feed	108	Max material flow speed from silo 6, 1 hour
silos7_min_feed	36	Min material flow speed from silo 7, 1 hour
silos7_max_feed	108	Max material flow speed from silo 7, 1 hour
silos8_min_feed	36	Min material flow speed from silo 8, 1 hour
silos8_max_feed	108	Max material flow speed from silo 8, 1 hour
silos9_min_feed	36	Min material flow speed from silo 9, 1 hour
silos9_max_feed	108	Max material flow speed from silo 9, 1 hour
Number material code	200	Number material code
Initial zone	255	Initial zone of screening strand
Sifted size	1	1 time size is 1, 1 hour, 1 hour, 1 hour, 1 hour
Sifted time	0.25	1 time size is 1, 1 hour, 1 hour, 1 hour, 1 hour
Sifted size	5.1	1 time size is 5.1, 1 hour, 1 hour, 1 hour, 1 hour

图 5.14 参数显示界面
Fig. 5.14 Parameters display

5.2.10.1 按钮

在参数显示界面有以下几个按钮：

- **Save:** 保存，将输入值保存到数据库；
- **Undo:** 取消，取消改变。

5.2.10.2 功能分析

要修改当前值，使用滑动条或“Tab”键找到目标值并输入新值，然后点击“保存”将修改后的数值保存到数据库中。

点击“保存”按钮后，显示对话框“你确认保存修改的数据吗？”。同意修改或取消。或者会显示错误信息“用户无权保存”。

5.2.11 原料列表显示

原料列表显示的目的在于，系统操作人员可以为新的原料创建新的系统代码。界面被打开后，数据库里第一条原料的代码被调入并在表格内显示。表格提供以下主要功能：

- 输入新的原料
- 浏览、修改旧的原料

原料列表显示界面如下图所示：



图 5.15 原料列表显示界面
Fig. 5.15 Material List display

5.2.11.1 按钮

在原料列表显示界面有以下几个按钮：

- Add New: 添加, 添加新的原料数据;
- Save: 保存, 将输入值保存到数据库;
- Undo: 取消, 取消改变。

5.2.11.2 功能分析

创建新的原料, 按下“Add New”按钮。选择原料代码, 类型, 并输入密度, 新的名字和不同语言的描述(英文或中文)。

如果所需的数据字段: 原料代码, 类型, 名称, 密度没有输入, 就会显示对话框“缺少所需字段, 不能保存!”。输入缺少的字段, 再按“Save”按钮。

保存修改的数据, 显示对话框“你确认保存修改的数据吗? ”。同意修改或取消。

5.2.12 趋势定义显示

通过趋势定义界面, 系统维护人员可以修改或创建烧结专家系统新的趋势图表。

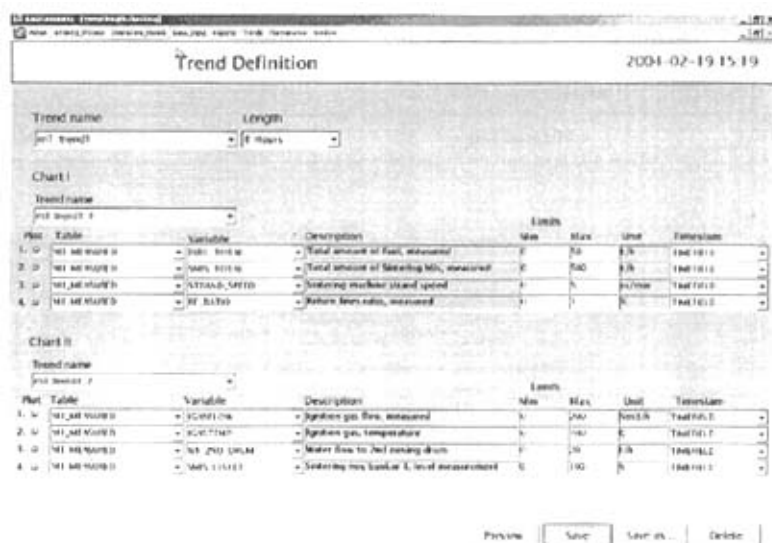


图 5.16 趋势定义界面
Fig. 5.16 Trend Definition display

修改现有的趋势可以输入新值或从下拉列表选择。保存之前要预览定义, 按下“预览”并检查在多趋势图界面的定义数据。

按下“定义”按钮返回到定义界面。如果需要可以修改定义。预览后，点击“保存”按钮保存数据到数据库。然后显示窗口“保存定义”。

5.2.13 应用软件错误日志

应用软件错误日志界面用于显示程序运行时,没有用户互相作用下可能产生的错误,例如技术计算或显示。当该界面打开时,最近 30 天的错误数据被调入。

应用软件错误日志界面如下图所示:

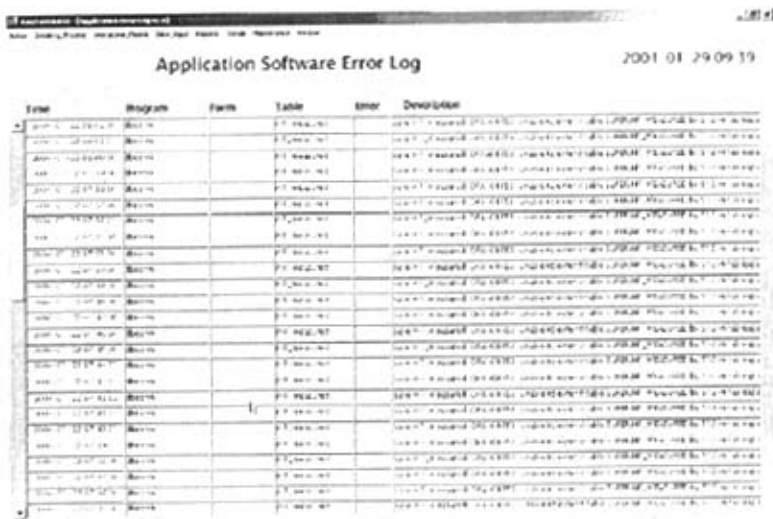


图 5.17 应用软件错误日志界面
Fig. 5.17 Application Software Error Log display

5.3 小结

本章对烧结专家系统的应用软件实现进行了分析讨论。在分析烧结专家系统生产过程模型的基础上,建立了模型的显示、报告和各種功能支持工具。在控制模型的基础上,烧结过程模型实现了烧结生产在原料处理、定量給料、动态定量給料和燃烧偏差以及燃烧位置控制的优化。同时,在用户接口部分分析了烧结专家系统的功能界面,建立了专家过程模型与人机界面对应的模型输入输出关系。最后,分析讨论了专家系统的原料分析、参数显示以及报告和趋势功能。

第六章 结束语

烧结专家系统的应用为烧结生产提供了比常规 PLC 控制更为可靠具体的参数,改善控制质量,为提高产量,获得高收益率和节能降耗创造条件。收集处理操作信息,作为操作指导,使操作管理迅速快捷,提高管理精度,优化生产过程。给一级控制系统设定给定值,向生产操作人员发出控制指导,同时为三级决策支持系统提供在线检测数据和生产技术指标,实现烧结过程的优化控制。但是首秦烧结专家系统不具备自学习功能。同时对外围检测仪器仪表提出了更高的要求,而且系统软件也不像传统的 PLC 控制系统,仅仅是上位、下位两大部份,而是以数据库为中心的模型软件、应用软件等更为复杂的软件系统。所以,无论是外围硬件系统,还是软件系统都对专家系统的维护提出了更高的要求。同时,为了使烧结专家系统更好的发挥作用,要求专家系统的使用者——生产操作人员,能对专家系统有更全面的了解。只有使用者烧结生产操作人员对系统功能全面的了解,才能使烧结专家系统真正发挥功效。对烧结专家系统还要有正确认识,专家系统毕竟是为烧结生产服务的,需要操作人员根据经验和理论知识做出综合判断,因为专家系统不可能掌握如外部原因等所有的生产信息。因此,在原有一级自动化系统的基础上,结合烧结专家系统的操作指导意见,需要我们的生产操作人员更加全面的综合考虑,才能使整个系统充分的发挥作用和功效。由于时间所限,和对烧结工艺了解水平的限制,论文没能对烧结专家模型的计算公式做深入的分析,以及结合专家系统对烧结工艺做进一步的讨论。

参考文献

1. 马竹梧. 冶金原燃料生产自动化技术[M], 北京: 冶金工业出版社, 2005, 153-232
2. 马竹梧. 日本川崎钢铁厂3烧结计算机控制系统[J], 冶金自动化资料, 1976, 3:44-49
3. 赵德宽. 基于专家系统的烧结生产质量监督和操作指导控制系统[J], 冶金自动化, 2004, 28(2):26-29
4. Michnori Hattori et al.. NNK TECHNICAL REPORT[J], 1993, (138):8-15
5. 蔡自兴, 陈海燕, 魏世勇. 智能控制工程研究的进展[J], 控制工程, 2003, 10(1): 19-25
6. 孙增圻. 智能控制理论与技术[M], 北京: 清华大学出版社, 南宁: 广西科学技术出版社, 1997, 279-290
7. 王万森. 人工智能原理及其应用[M], 电子工业出版社, 2000, 118-124
8. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering(Fourth Edition)[M], 北京: 清华大学出版社, 2006, 21-27
9. 钟秋海. 现代控制理论[M], 北京: 高等教育出版社, 2004, 13-17
10. 梁中渝. 优化烧结配料分析[J], 钢铁, 2001, 36(10):12-13, 29
11. 王忠民, 涂序彦. 烧结配料的专家协调系统, 钢铁工业自动化技术应用实践[M], 北京: 电子工业出版社, 1995, 1036-1039
12. 李少远, 王景成. 智能控制[M], 北京: 机械工业出版社, 2005, 37-40
13. 申燕. 模糊控制在烧结终点控制中的应用[J], 冶金自动化, 1998, 22(2):24-27
14. 敖志刚. 人工智能与专家系统导论[M], 中国科学技术大学出版社, 2002, 121-126
15. 邵军力, 张景, 魏长华. 人工智能基础[M], 电子工业出版社, 2000, 133-138
16. 马竹梧, 邱建平, 李江. 钢铁工业自动化(炼铁卷), 北京: 冶金工业出版社, 2000, 227-230
17. 李万新. 烧结混合料水分在线检测[J], 烧结球团, 2001, 26(3):37-39
18. 贾彦忠. 烧结矿优化配料技术及应用[J], 钢铁, 1995, 30(增刊):2-4
19. 徐丽娜. 神经网络控制[M], 北京: 电子工业出版社, 2003, 26-29
20. 蔡自兴. 智能控制[M], 北京: 电子工业出版社, 2004, 139-175
21. Dawson P.R., Recent Development in Iron Ore Sintering:Part4[J], Ironmaking and Steelmaking, 1993, 20(2):150-159

- 22.蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用[M], 北京:清华大学出版社, 2000, 119-124
- 23.J. Y. F. Yam, T. W. S. Chow. A Weight Initialization Method for ImProving Training Speed in Feedforward Neural Network[J], NeurocomPuting, 2000, 30:219-232
- 24.胡仁安. 钢铁工业自动化的新技术(下)[J], 冶金自动化, 2001(2):6-9
- 25.黄天正. 烧结生产控制专家系统[J], 烧结球团, 1997, 22(5):1-5
- 26.范晓慧. 烧结过程控制专家系统的设计与开发[J], 钢铁, 2001, 36(11):1-5
- 27.廉师友. 人工智能技术导论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2000, 123-134
- 28.印鉴, 刘星成. 专家系统原理与编程[M], 机械工业出版社, 2000, 223-227
- 29.姜宏洲. 烧结生产专家指导系统的研究[J], 烧结球团, 2000, 25(1):8-10
- 30.Robin Cowan. Expert system: aspect of limitations to the codifiability of knowledge[J], Research Policy. 2001, 30:1355-1360
- 31.QingfengZeng, JiakuiZu, et al. Designing Expert System with Artificial Neural Networks for insitu toughened Si₃N₄[J], Materials and Design, 2002, 23:287-289
- 32.M. E. Yahia, R. Mahmod, N. Sulaiman, F. Ahmad, Rough Neural Expert System. Expert Systems with Applications[M], 2000, 18:87-89
- 33.尹朝庆, 尹皓. 人工智能与专家系统[M], 中国水利水电出版社, 2002:21-29
- 34.Alfons Schuster, Mary Shapcott, et al. A Multiple Approach to Data Analysis in Knowledge-Based Systems and Uncertainty Management[J], Int. J. of Intelligent Systems, 2000, 15:93-116
- 35.A. P. Engelbrecht, R. Brits, Supervised Training Using an Unsupervised Approach to Active Learning[J], Neural Processing Letters, 2002, 15:246-260
- 36.Tsukimoto H. Extracting rules from trained neural networks[J], IEEE Trans Neural Networks, 2000, 11:377-389.
- 37.Meenakshi Vanmali, Mark Last, Abraham Kandel, Using a Neural Network in the Software Testing Process[J], INT. J. of Intelligent Systems, 2002, 17:45-62

致 谢

在论文完成之际，非常感谢悉心指导我完成论文的王建辉教授。王老师精益求精的工作作风，严谨求实的治学精神和学术态度，一丝不苟的工作精神，深深地感染和鼓舞着我。在王老师细致、认真的指导下，我的论文才得以顺利地完成。王老师在课题选题及研究过程中给予我悉心的指导，多次询问论文进程，不辞辛劳为我指点迷津，帮助我开拓研究思路，精心点拨、热忱鼓励。同时，在论文完成过程中还得到了徐林老师的大力帮助。在此，向各位老师表示崇高的敬意和衷心的感谢。

感谢辛鹏飞、左永红高工在繁忙的工作之余对我完成论文的热情帮助。还要感谢陈国洪工程师在专家系统上对我的指导，以及首钢马立友、李顺利工程师对我在烧结控制工艺方面的帮助。感谢在我编写论文期间给予我支持与帮助的同学和同事们。

附件 通讯数据表

1. 从一级系统传送到二级专家系统数据的描述信息

Message: mi_measured				
描述: 1#烧结机连续测量值数据				
名称	单位	类型	格式	描述
TIMEFIELD	-	D	-	测量时间
TIMEFIELD_S	-	I	(12)	以秒计的测量时间
SILO1_MEAS	t/h	F	(14,5)	1#筒仓原料剂量
SILO2_MEAS	t/h	F	(14,5)	2#筒仓原料剂量
SILO3_MEAS	t/h	F	(14,5)	3#筒仓原料剂量
SILO4_MEAS	t/h	F	(14,5)	4#筒仓原料剂量
SILO5_MEAS	t/h	F	(14,5)	5#筒仓原料剂量
SILO6_MEAS	t/h	F	(14,5)	6#筒仓原料剂量
SILO7_MEAS	t/h	F	(14,5)	7#筒仓原料剂量
SILO8_MEAS	t/h	F	(14,5)	8#筒仓原料剂量
SILO9_MEAS	t/h	F	(14,5)	9#筒仓原料剂量
SILO10_MEAS	t/h	F	(14,5)	10#筒仓原料剂量
SILO11_MEAS	t/h	F	(14,5)	11#筒仓原料剂量
SILO12_MEAS	t/h	F	(14,5)	12#筒仓原料剂量
SILO13_MEAS	t/h	F	(14,5)	13#筒仓原料剂量
SILO14_MEAS	t/h	F	(14,5)	14#筒仓原料剂量
SILO15_MEAS	t/h	F	(14,5)	15#筒仓原料剂量
ORESIL01_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo1 原料剂量
ORESIL02_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo2 原料剂量
ORESIL03_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo3 原料剂量
ORESIL04_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo4 原料剂量
ORESIL05_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo5 原料剂量
ORESIL06_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo6 原料剂量
ORESIL07_MEAS	t/h	F	(14,5)	Oresilo7 原料剂量
TOT_SMIX_SP	t/h	F	(14,5)	所有筒仓的烧结混合料设定值
TOT_BMIX_SP	t/h	F	(14,5)	6 筒仓的铺层混合料设定值
SILO1_SP	t/h	F	(14,5)	1#筒仓剂量设定值
SILO2_SP	t/h	F	(14,5)	2#筒仓剂量设定值
SILO3_SP	t/h	F	(14,5)	3#筒仓剂量设定值
SILO4_SP	t/h	F	(14,5)	4#筒仓剂量设定值
SILO5_SP	t/h	F	(14,5)	5#筒仓剂量设定值
SILO6_SP	t/h	F	(14,5)	6#筒仓剂量设定值
SILO7_SP	t/h	F	(14,5)	7#筒仓剂量设定值

SILO8_SP	t/h	F	(14,5)	8#筒仓剂量设定值
SILO9_SP	t/h	F	(14,5)	9#筒仓剂量设定值
SILO10_SP	t/h	F	(14,5)	10#筒仓剂量设定值
SILO11_SP	t/h	F	(14,5)	11#筒仓剂量设定值
SILO12_SP	t/h	F	(14,5)	12#筒仓剂量设定值
SILO13_SP	t/h	F	(14,5)	13#筒仓剂量设定值
SILO14_SP	t/h	F	(14,5)	14#筒仓剂量设定值
SILO15_SP	t/h	F	(14,5)	15#筒仓剂量设定值
ORESIL01_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿料仓 1 剂量设定值
ORESIL02_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿料仓 2 剂量设定值
ORESIL03_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿料仓 3 剂量设定值
ORESIL04_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿料仓 4 剂量设定值
ORESIL05_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿料仓 5 剂量设定值
ORESIL06_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿煤仓 6 剂量设定值
ORESIL07_SP	t/h	F	(14,5)	oresilo 精矿煤仓 7 剂量设定值
RFINE_BASE_SP	%	F	(14,5)	返矿比基本设定值
RFINE_ACT_SP	%	F	(14,5)	返矿比动态设定值
SILO1_IND	on/off	N	(1)	1#筒仓 On/off 指示
SILO2_IND	on/off	N	(1)	2#筒仓 On/off 指示
SILO3_IND	on/off	N	(1)	3#筒仓 On/off 指示
SILO4_IND	on/off	N	(1)	4#筒仓 On/off 指示
SILO5_IND	on/off	N	(1)	5#筒仓 On/off 指示
SILO6_IND	on/off	N	(1)	6#筒仓 On/off 指示
SILO7_IND	on/off	N	(1)	7#筒仓 On/off 指示
SILO8_IND	on/off	N	(1)	8#筒仓 On/off 指示
SILO9_IND	on/off	N	(1)	9#筒仓 On/off 指示
SILO10_IND	on/off	N	(1)	10#筒仓 On/off 指示
SILO11_IND	on/off	N	(1)	11#筒仓 On/off 指示
SILO12_IND	on/off	N	(1)	12#筒仓 On/off 指示
SILO13_IND	on/off	N	(1)	13#筒仓 On/off 指示
SILO14_IND	on/off	N	(1)	14#筒仓 On/off 指示
SILO15_IND	on/off	N	(1)	15#筒仓 On/off 指示
ORESIL01_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿料仓 1 On/off 指示
ORESIL02_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿料仓 2 On/off 指示
ORESIL03_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿料仓 3 On/off 指示
ORESIL04_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿料仓 4 On/off 指示
ORESIL05_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿料仓 5 On/off 指示
ORESIL06_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿煤仓 6 On/off 指示
ORESIL07_IND	on/off	N	(1)	oresilo 精矿煤仓 7 On/off 指示
SILO1_LEVEL	t	F	(14,5)	1#筒仓料位
SILO2_LEVEL	t	F	(14,5)	2#筒仓料位

SILO3_LEVEL	t	F	(14,5)	3#筒仓料位
SILO4_LEVEL	t	F	(14,5)	4#筒仓料位
SILO5_LEVEL	t	F	(14,5)	5#筒仓料位
SILO6_LEVEL	t	F	(14,5)	6#筒仓料位
SILO7_LEVEL	t	F	(14,5)	7#筒仓料位
SILO8_LEVEL	t	F	(14,5)	8#筒仓料位
SILO9_LEVEL	t	F	(14,5)	9#筒仓料位
SILO10_LEVEL	t	F	(14,5)	10#筒仓料位
SILO11_LEVEL	t	F	(14,5)	11#筒仓料位
SILO12_LEVEL	t	F	(14,5)	12#筒仓料位
SILO13_LEVEL	t	F	(14,5)	13#筒仓料位
SILO14_LEVEL	t	F	(14,5)	14#筒仓料位
SILO15_LEVEL	t	F	(14,5)	15#筒仓料位
ORESILO1_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 1 料位
ORESILO2_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 2 料位
ORESILO3_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 3 料位
ORESILO4_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 4 料位
ORESILO5_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 5 料位
ORESILO6_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 6 料位
ORESILO7_LEVEL	t	F	(14,5)	oresilo 7 料位
SMIX_MOI_PDRUM	%	F	(14,5)	一混湿度
WF_PDRUM	t/h	F	(14,5)	一混水量
WF_2ND_DRUM	t/h	F	(14,5)	二混水量
WF_FROM_STEAM	t/h	F	(14,5)	二混计算蒸汽水量
SMIX_BFORE_PDRUM	t/h	F	(14,5)	一混前烧结混合料量
HPLAYER_LEVEL	%	F	(14,5)	炉墙测厚 (weighing system)
IFTEMP1	℃	F	(14,5)	点火器温度 1
IFTEMP2	℃	F	(14,5)	点火器温度 2
IFTEMP3	℃	F	(14,5)	点火器温度 3
IGASTEMP	℃	F	(14,5)	点火煤气温度
IGASPRES	kPa	F	(14,5)	点火煤气压力
IAIRFLOW N	m ³ /h	F	(14,5)	点火空气流量
IENERGY_SP	MJ/m ²	F	(14,5)	1 级模型计算点火能量设定值
IGASFLOW	Nm ³ /h	F	(14,5)	点火煤气流量
IGASCALORIFIC	MJ/m ³	F	(14,5)	点火煤气热值
SMIXDENS_BUNK	t/m ³	F	(14,5)	烧结混合料密度
SMIXMOIS_BUNK	%	F	(14,5)	混合料仓湿度
COOLTEMP	℃	F	(14,5)	sinter cooler 带冷空气温度
STRAND_SPEED	m/min	F	(14,5)	烧结机速度
STRAND_SPEED_SP	m/min	F	(14,5)	烧结机速度设定值
SINTER_TO_BF	t/h	F	(14,5)	加热炉生产容量

SMIX_LEVEL1	%	F	(14,5)	1#混合料仓料位
SMIX_LEVEL2	%	F	(14,5)	2#混合料仓料位
PDEGREE1	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 1
PDEGREE2	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 2
PDEGREE3	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 3
PDEGREE4	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 4
PDEGREE5	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 5
PDEGREE6	%	F	(14,5)	烧结混合布料测量值 6
UPRES1	kPa	F	(14,5)	1#抽风箱负压
UPRES2	kPa	F	(14,5)	2#抽风箱负压
UPRES3	kPa	F	(14,5)	3#抽风箱负压
UPRES4	kPa	F	(14,5)	4#抽风箱负压
UPRES5	kPa	F	(14,5)	5#抽风箱负压
UPRES6	kPa	F	(14,5)	6#抽风箱负压
UPRES7	kPa	F	(14,5)	7#抽风箱负压
UPRES8	kPa	F	(14,5)	8#抽风箱负压
UPRES9	kPa	F	(14,5)	9#抽风箱负压
UPRES10	kPa	F	(14,5)	10#抽风箱负压
UPRES11	kPa	F	(14,5)	11#抽风箱负压
UPRES12	kPa	F	(14,5)	12#抽风箱负压
UPRES13	kPa	F	(14,5)	13#抽风箱负压
UPRES14	kPa	F	(14,5)	14#抽风箱负压
UPRES15	kPa	F	(14,5)	15#抽风箱负压
UPRES16	kPa	F	(14,5)	16#抽风箱负压
UPRES17	kPa	F	(14,5)	17#抽风箱负压
UPRES18	kPa	F	(14,5)	18#抽风箱负压
UPRES19	kPa	F	(14,5)	19#抽风箱负压
SB_TEMP1	℃	F	(14,5)	1#抽风箱温度
SB_TEMP2	℃	F	(14,5)	2#抽风箱温度
SB_TEMP3	℃	F	(14,5)	3#抽风箱温度
SB_TEMP4	℃	F	(14,5)	4#抽风箱温度
SB_TEMP5	℃	F	(14,5)	5#抽风箱温度
SB_TEMP6	℃	F	(14,5)	6#抽风箱温度
SB_TEMP7	℃	F	(14,5)	7#抽风箱温度
SB_TEMP8	℃	F	(14,5)	8#抽风箱温度
SB_TEMP9	℃	F	(14,5)	9#抽风箱温度
SB_TEMP10	℃	F	(14,5)	10#抽风箱温度
SB_TEMP11	℃	F	(14,5)	11#抽风箱温度
SB_TEMP12	℃	F	(14,5)	12#抽风箱温度
SB_TEMP13	℃	F	(14,5)	13#抽风箱温度
SB_TEMP14	℃	F	(14,5)	14#抽风箱温度

SB_TEMP15A	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 1
SB_TEMP15B	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 2
SB_TEMP15C	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 3
SB_TEMP15D	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 4
SB_TEMP15E	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 5
SB_TEMP15F	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 6
SB_TEMP15G	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 7
SB_TEMP15H	℃	F	(14,5)	15#抽风箱温度 8
SB_TEMP16A	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 1
SB_TEMP16B	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 2
SB_TEMP16C	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 3
SB_TEMP16D	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 4
SB_TEMP16E	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 5
SB_TEMP16F	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 6
SB_TEMP16G	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 7
SB_TEMP16H	℃	F	(14,5)	16#抽风箱温度 8
SB_TEMP17A	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 1
SB_TEMP17B	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 2
SB_TEMP17C	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 3
SB_TEMP17D	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 4
SB_TEMP17E	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 5
SB_TEMP17F	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 6
SB_TEMP17G	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 7
SB_TEMP17H	℃	F	(14,5)	17#抽风箱温度 8
SB_TEMP18A	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 1
SB_TEMP18B	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 2
SB_TEMP18C	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 3
SB_TEMP18D	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 4
SB_TEMP18E	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 5
SB_TEMP18F	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 6
SB_TEMP18G	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 7
SB_TEMP18H	℃	F	(14,5)	18#抽风箱温度 8
SB_TEMP19A	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 1
SB_TEMP19B	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 2
SB_TEMP19C	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 3
SB_TEMP19D	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 4
SB_TEMP19E	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 5
SB_TEMP19F	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 6
SB_TEMP19G	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 7
SB_TEMP19H	℃	F	(14,5)	19#抽风箱温度 8
CPIPE_UPRES	kPa	F	(14,5)	收集管道负压

UPRES_DEDUST	kPa	F	(14,5)	除尘后负压
CPIPE_TEMP	℃	F	(14,5)	收集管道废气温度
STATOR_CUR	A	F	(14,5)	废气抽风机定子电流
ELEC_CONS	kW	F	(14,5)	烧结厂耗电量
PDEGREE_BASE_SP	%	F	(14,5)	布料基本设定值
PDEGREE_1_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 1
PDEGREE_2_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 2
PDEGREE_3_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 3
PDEGREE_4_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 4
PDEGREE_5_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 5
PDEGREE_6_SP	%	F	(14,5)	布料器设定值 6
STRAND_SPE_CASC_IND	on/off	N	(1)	机速模式选择
BRP_DEV_CASC_IND	on/off	N	(1)	BRP 偏差控制模式选择
RF_RATIO	%	F	(14,5)	返矿检测比率
SMIX_TOTAL	t/h	F	(14,5)	烧结混合总量, 测量值
SMIX_AFTER_2DRUM	t/h	F	(14,5)	二混后烧结混合量
SPEED_BDRUM1	r/min	F	(14,5)	一混合转速
SPEED_BDRUM2	r/min	F	(14,5)	二混合转速
SLUDGE_FLOW	t/h	F	(14,5)	污泥流量
BMIX_TOTAL	t/h	F	(14,5)	铺层混合料总量, 测量值
FUEL_TOTAL	t/h	F	(14,5)	燃料总量, 测量值
COKE_TOTAL	t/h	F	(14,5)	焦炭总量, 测量值
COAL_TOTAL	t/h	F	(14,5)	煤总量, 测量值
LIMESTONE_TOTAL	t/h	F	(14,5)	石灰石总量, 测量值
LIME_TOTAL	t/h	F	(14,5)	石灰总量, 测量值
OLIVINE_TOTAL	t/h	F	(14,5)	白云石总量, 测量值
RF_TOTAL	t/h	F	(14,5)	返矿总量, 测量值
BFRF_TOTAL	t/h	F	(14,5)	BF 返矿总量, 测量值
DUST_TOTAL	t/h	F	(14,5)	灰尘总量, 测量值
SILO1_MAT	-	I	(4)	1#筒仓原料代码
SILO2_MAT	-	I	(4)	2#筒仓原料代码
SILO3_MAT	-	I	(4)	3#筒仓原料代码
SILO4_MAT	-	I	(4)	4#筒仓原料代码
SILO5_MAT	-	I	(4)	5#筒仓原料代码
SILO6_MAT	-	I	(4)	6#筒仓原料代码
SILO7_MAT	-	I	(4)	7#筒仓原料代码
SILO8_MAT	-	I	(4)	8#筒仓原料代码
SILO9_MAT	-	I	(4)	9#筒仓原料代码
SILO10_MAT	-	I	(4)	10#筒仓原料代码
SILO11_MAT	-	I	(4)	11#筒仓原料代码
SILO12_MAT	-	I	(4)	12#筒仓原料代码

SILO13_MAT	-	I	(4)	13#筒仓原料代码
SILO14_MAT	-	I	(4)	14#筒仓原料代码
SILO15_MAT	-	I	(4)	15#筒仓原料代码
ORESILO1_MAT				ORE1#筒仓原料代码
ORESILO2_MAT				ORE2#筒仓原料代码
ORESILO3_MAT				ORE3#筒仓原料代码
ORESILO4_MAT				ORE4#筒仓原料代码
ORESILO5_MAT				ORE5#筒仓原料代码
ORESILO6_MAT				ORE6#筒仓原料代码
ORESILO7_MAT				ORE7#筒仓原料代码

2. 从二级系统到一级系统的通讯信息

Message: basic_recipe_m1			
描述: 基本定量给料模型方案, 1#烧结机			
铺层堆数	bp_no		
定量混合料总量	dm_tot		t/h
1#原料代码	bmat1		code
2#原料代码	Bmat2		code
3#原料代码	Bmat3		code
4#原料代码	Bmat4		code
5#原料代码	Bmat5		code
6#原料代码	Bmat6		code
7#原料代码	Bmat7		code
8#原料代码	Bmat8		code
1#原料百分比	wpctmat1		%
2#原料百分比	Wpctmat2		%
3#原料百分比	Wpctmat3		%
4#原料百分比	Wpctmat4		%
5#原料百分比	Wpctmat5		%
6#原料百分比	Wpctmat6		%
7#原料百分比	Wpctmat7		%
8#原料百分比	Wpctmat8		%
Message: dynamic_recipe_accept_m1			
描述: 动态定量给料模型方案, 1#烧结机			
所有 15 个筒仓铺层混合料设定值	tot_bmix_sp		%
1#筒仓给料量设定值	silo1_sp		%
2#筒仓给料量设定值	Silo2_sp		%
3#筒仓给料量设定值	Silo3_sp		%
4#筒仓给料量设定值	Silo4_sp		%
5#筒仓给料量设定值	Silo5_sp		%
6#筒仓给料量设定值	Silo6_sp		%

7#筒仓给料量设定值	Silo7_sp	%
8#筒仓给料量设定值	Silo8_sp	%
9#筒仓给料量设定值	Silo9_sp	%
10#筒仓给料量设定值	silo10_sp	%
11#筒仓给料量设定值	silo11_sp	%
12#筒仓给料量设定值	silo12_sp	%
13#筒仓给料量设定值	silo13_sp	%
14#筒仓给料量设定值	silo14_sp	%
15#筒仓给料量设定值	silo15_sp	%
1#原料代码	dmat1	code
2#原料代码	Dmat2	code
3#原料代码	Dmat3	code
4#原料代码	Dmat4	code
5#原料代码	Dmat5	code
6#原料代码	Dmat6	code
7#原料代码	Dmat7	code
8#原料代码	Dmat8	code
9#原料代码	Dmat9	code
10#原料代码	dmat10	code
11#原料代码	dmat11	code
12#原料代码	dmat12	code
13#原料代码	dmat13	code
14#原料代码	dmat14	code
15#原料代码	dmat15	code
Message: packing_degree_m1		
描述: 布料控制变化值, 1#烧结机		
1#料门布料设定值	pdegree_1_sp_d	%
2#料门布料设定值	pdegree_2_sp_d	%
3#料门布料设定值	pdegree_3_sp_d	%
4#料门布料设定值	pdegree_4_sp_d	%
5#料门布料设定值	pdegree_5_sp_d	%
6#料门布料设定值	pdegree_6_sp_d	%
Message: machine_speed_m1		
描述: 线速度控制改变值, 1#烧结机		
1#烧结机线速度设定值变化	speed	m/min