

东北大学
硕士学位论文
炼钢生产计算机辅助调度系统的研究与开发
姓名：赵晓波
申请学位级别：硕士
专业：机械工程
指导教师：柳洪义
20020601

炼钢生产计算机辅助调度系统的研究与开发

中 文 摘 要

钢铁企业物流管制工作是企业进行全面生产管理的一个重要组成部分，只有在对物流进行科学的计算机管理基础上，才能实现整个钢铁企业的生产自动化、企业管理智能化、信息集成化。进而为今后在钢铁企业建立起现代化的计算机集成制造系统奠定坚实的基础。

本文是根据钢铁生产流程多维物流管制系统理论和冶金学理论，经首钢第三炼钢厂生产现场实测数据为基础，应用统计学理论对数据加以处理，结合生产设备、环境对物流运行情况加以分析，提炼出该厂在实现高效连铸后物流的运行规律，找出影响物流顺行的因素；同时，在对时间、温度等参数进行分析的基础上，提出各工序生产参数的优化值和合理的生产模式；最后借助计算机，编制出辅助生产调度系统以指导生产，真正实现高速、高效、高生产率。

关键词：物流管制， 高效连铸， 生产模式， 计算机辅助调度系统

Study and Development of The Computer-aided Scheme System of Steel Production

ABSTRACT

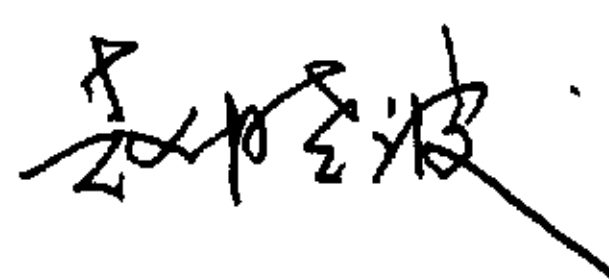
Multi-dimensional mass flow control of steel corporation is an important part of manufacture manage. On the basis of the scientific manage used a computer, it realizes the steel production automatization, intelligentize and information integration . It establishes a firm base for the modernization computer integration system of a steel corporation.

According to the theory of multi-dimensional mass flow control in steel-making process and the theory of metallurgy, parameters of mass flow like time and temperature have been analyzed on the basis of production data received from No.3 Steel plant of Shougang steel groups. There are three main aspects in the research. The first is analysis of time factor involved in the process from steelmaking to casting. The second is calculation of temperature reduction of liquid steel during cycling process. The third is the summarization of running rule of mass flow. Optimum data and production pattern are given in this paper after analyzing the present situation. The computer-aided scheme system is established to help schemers to make plans during the production.

KEY WORDS multi-dimensional mass flow control, high efficiency continuous casting, production pattern, computer-aided scheme system

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谢意。

本人签名： 

日 期：

第一章 绪 言

1.1 课题背景及研究内容

1.1.1 课题背景

随着钢铁工业技术的不断发展,冶金过程单体技术的日趋成熟,进一步提高生产水平,降低成本,增强竞争力应从整体上研究钢铁制造流程的结构化技术着手。尤其是实现高效连铸、热装热送及薄板坯连铸连轧后,钢铁制造流程的连续性更高,对钢铁企业的物流调控必然提出新的要求。近年来全连铸生产调度系统的开发研究工作有了很大的进展。从炼钢—连铸时间调控出发,进行了炼钢厂物流核算和生产调度方案的研究,提出了各种炼钢—连铸过程调度方案,并在实验室建立了计算机辅助调度模拟系统,为这个领域的研究打下了坚实的基础。

随着高效连铸技术的发展,国内不少厂家实现了高拉速。首钢三炼钢厂的

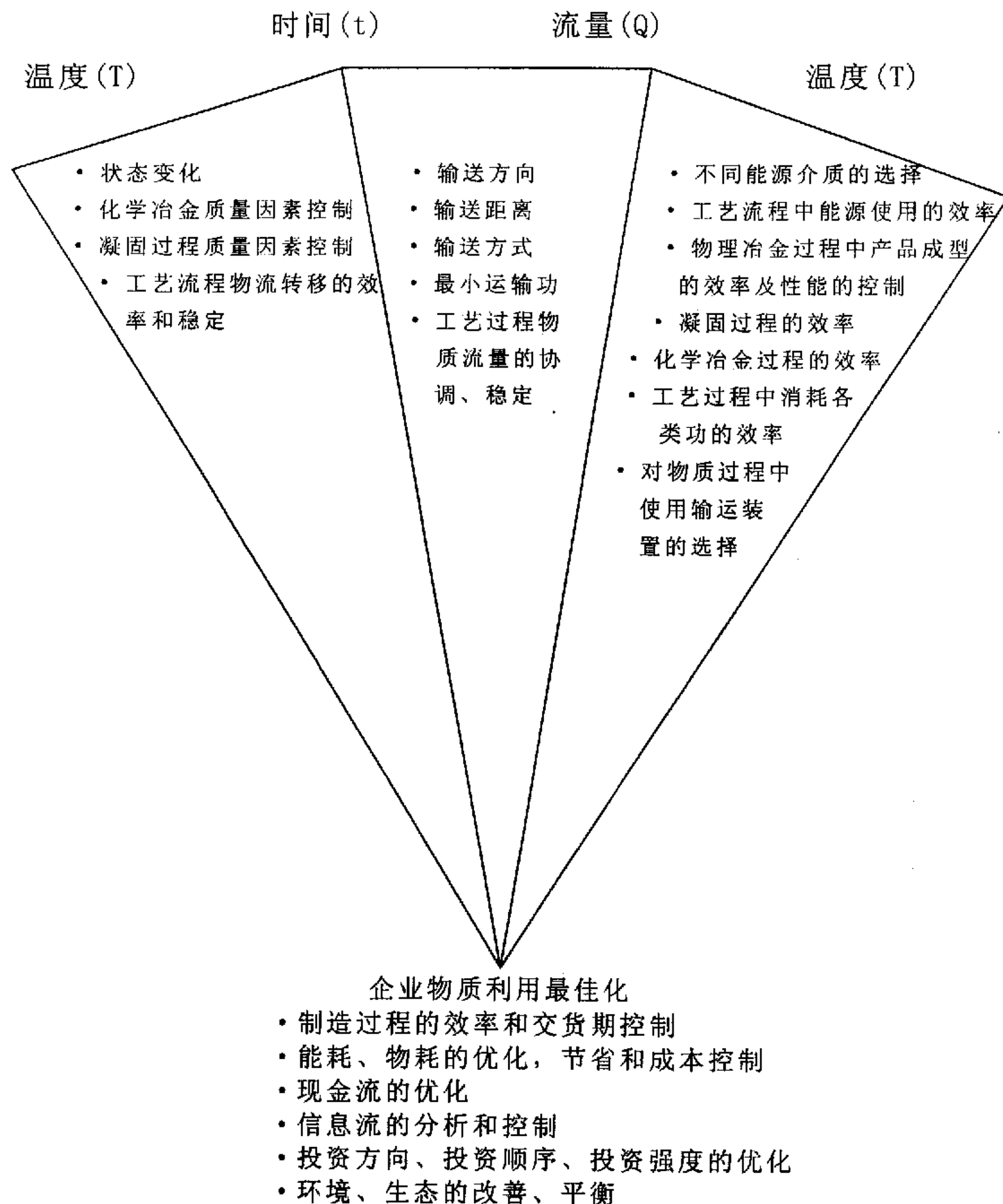
1.2 物流学在钢铁企业中的应用

1.2.1 钢铁制造流程物流管制的内容及意义

在日益激烈的国际竞争中，钢铁工业面临严峻的挑战，迫在眉睫的任务是利用有限的资金投入企业乃至全行业结构优化的调整中来，将钢铁工业的发展推向全新领域。为此需对钢铁工业全流程进行诸多类型边界状态和约束条件下的优化选择求解，然后将其应用到实际生产中对企业结构的优化、生产力结构的调整以及全行业结构的布局和调整决策提出可行的、有效的指导性意见。

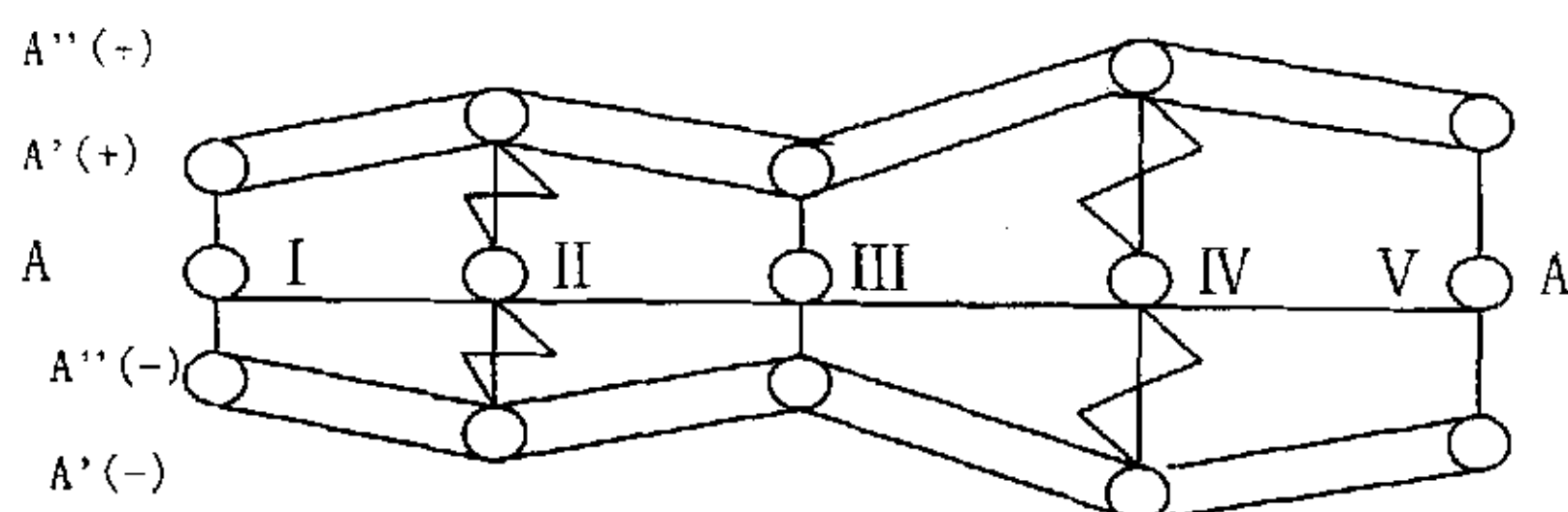
在我国殷瑞钰教授最早提出了冶金工序功能演进和钢铁厂结构优化的思想，认为钢铁冶金生产各工序的功能是多元化的，对不同工序或功能的多种组合进行优化，使各工序之间的衔接匹配最优，结果是使能耗、成本最低、产品结构

构成物流系统的基本参数为：物质量（流量）、温度和时间。这三个参数在钢铁冶金生产过程中是相对独立的、连续可微的。它们在物流系统中的作用是十分重要的（图 1.2）。



- 状态变化。包括氧化—还原、固—液—固相变化等；
- 物质传输。包括输送方式、方向、距离最小传输功等。

对钢铁生产工艺流程进行抽象描述，此多维过程物流管制系统表面出由“刚性单元”——“柔性单元”的组元组合。系统的运行方式是带有“准连续/间歇”性质的“弹性链/半弹性链”谐振（图 1.3）。而对钢铁企业物流系统各参数之间的联系、相互作用、匹配、传递等规律进行研究，掌握诸参数的调控并对其优化，使系统始终处在这种稳定谐振范围内，从而实现钢铁企业物流管制的是终目标。



1.2.2 钢铁企业物流管制的现状

钢铁生产过程是个庞大、复杂的系统工程，其物流管制工作的开展应该有一个侧重点。从物流基本参数的调控出发并简化复杂的派生多因素影响，找出实现最符合实际过程的整体调控的关键所在，这是当今开展物流管理工作的必由之路。

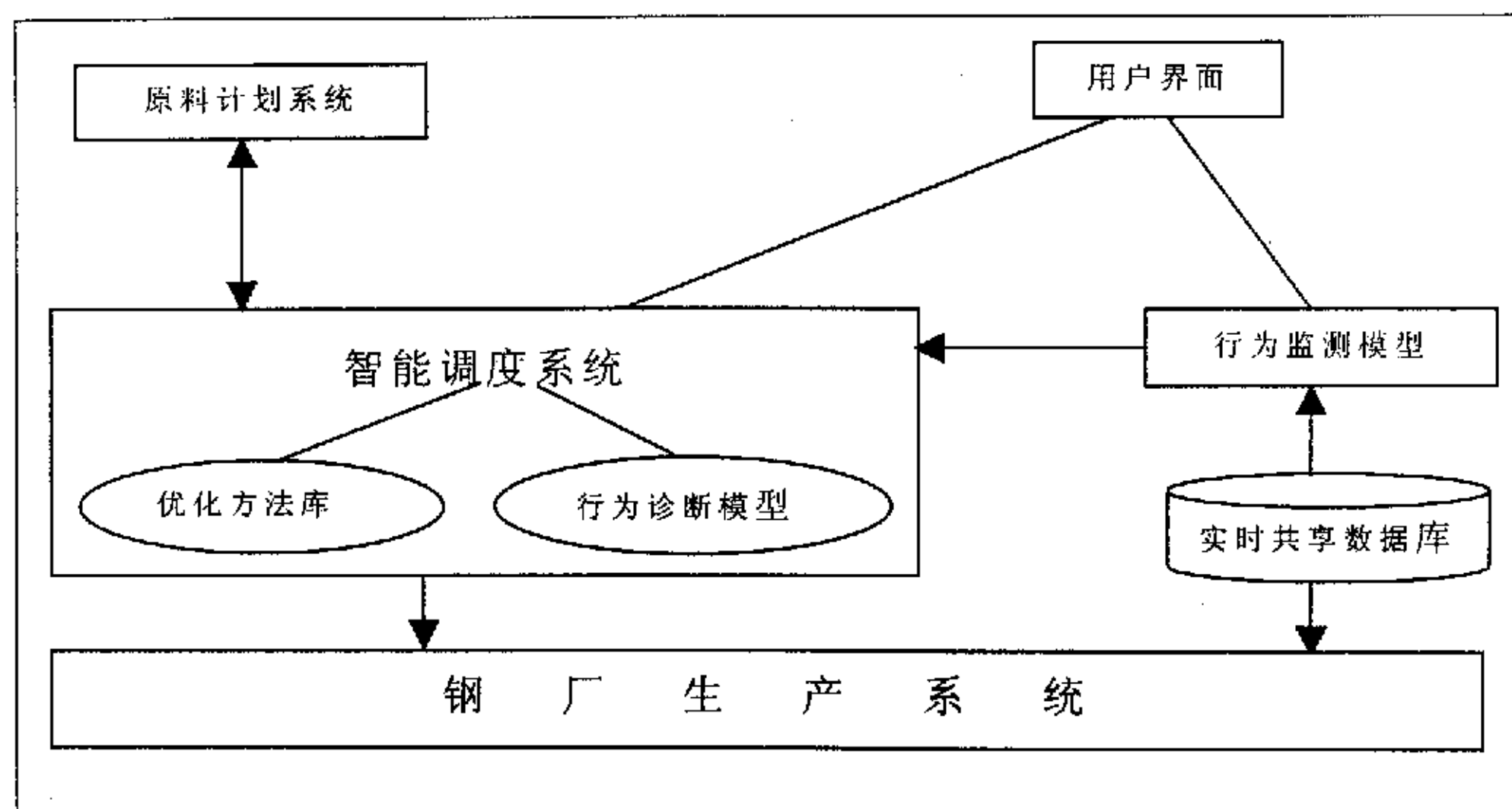
物流的基本参数为流量、温度、时间。一般情况下，钢铁厂的物质流量是基本稳定并自始至终匹配协调的，当流量基本稳定时物流调控中最重要的就是温度和时间节奏了。比较两因素对钢铁生产的影响，可以认为时间节奏的调控是其关键所在。原因在于：

- 1) 时间节奏的合理调控是在生产过程中合理安排作用时间、保证均衡、充分利用工时和设备、缩短生产周期、取得最佳经济效益；
- 2) 时间节奏上的紊乱会导致企业运转的异常；
- 3) 物质流和能量流是并行的，物质传递的同时，要与周围环境进行能量交换。冶金生产是高温生产过程

时间最短、确保产量和合理的生产路径四个方面的约束条件以及设备制约因素，每天制定出大约 50 炉的生产计划。它的应用使计划编制时间由原来的 3 小时减少为 30 分钟，生产中钢水等待时间由原来的 15 分钟减少为 8 分钟。神户钢铁厂通过长达 8 年的探索，也应用了计算机生产调度系统，同样取得了缩短冶炼时间，提高生产水平，降低能源、原材料消耗的良好效果，并且节省人力 16%。专家系统模型较好地适应了多生产路径的生产调度任务，由于知识的收集和处理在不同冶金企业间存在很大差距，使其应用有了局限，尚不能推广。

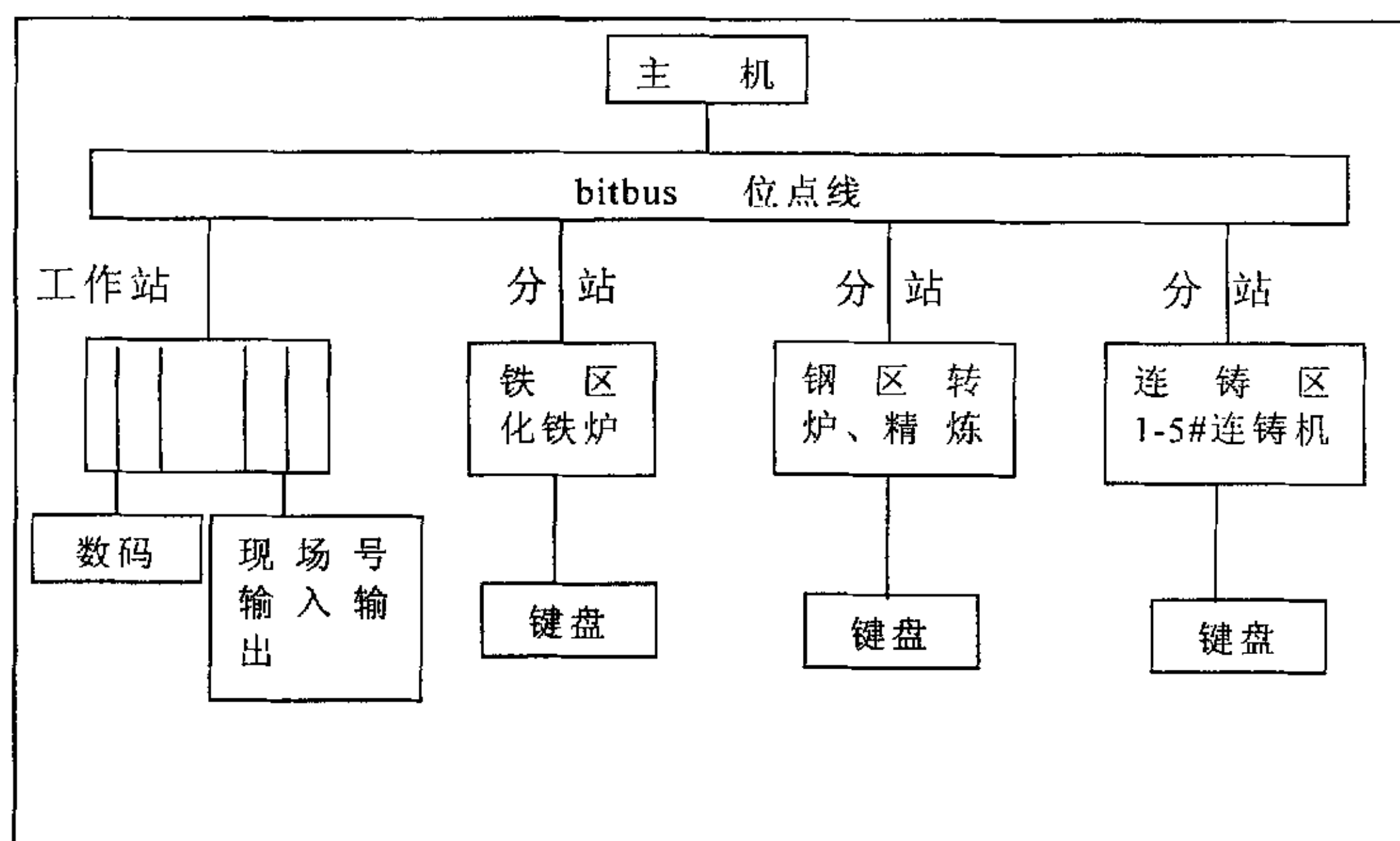
奥地利 VAI(奥钢联)公司经过多年的探索与实践，已形成了钢铁制造流程生产与控制系统技术，VAI 的生产计划与控制 PPC(Production Planning & Control)技术覆盖了从原料到高炉、转炉/电炉到冷轧及薄带轧制等全部冶金工业流程。

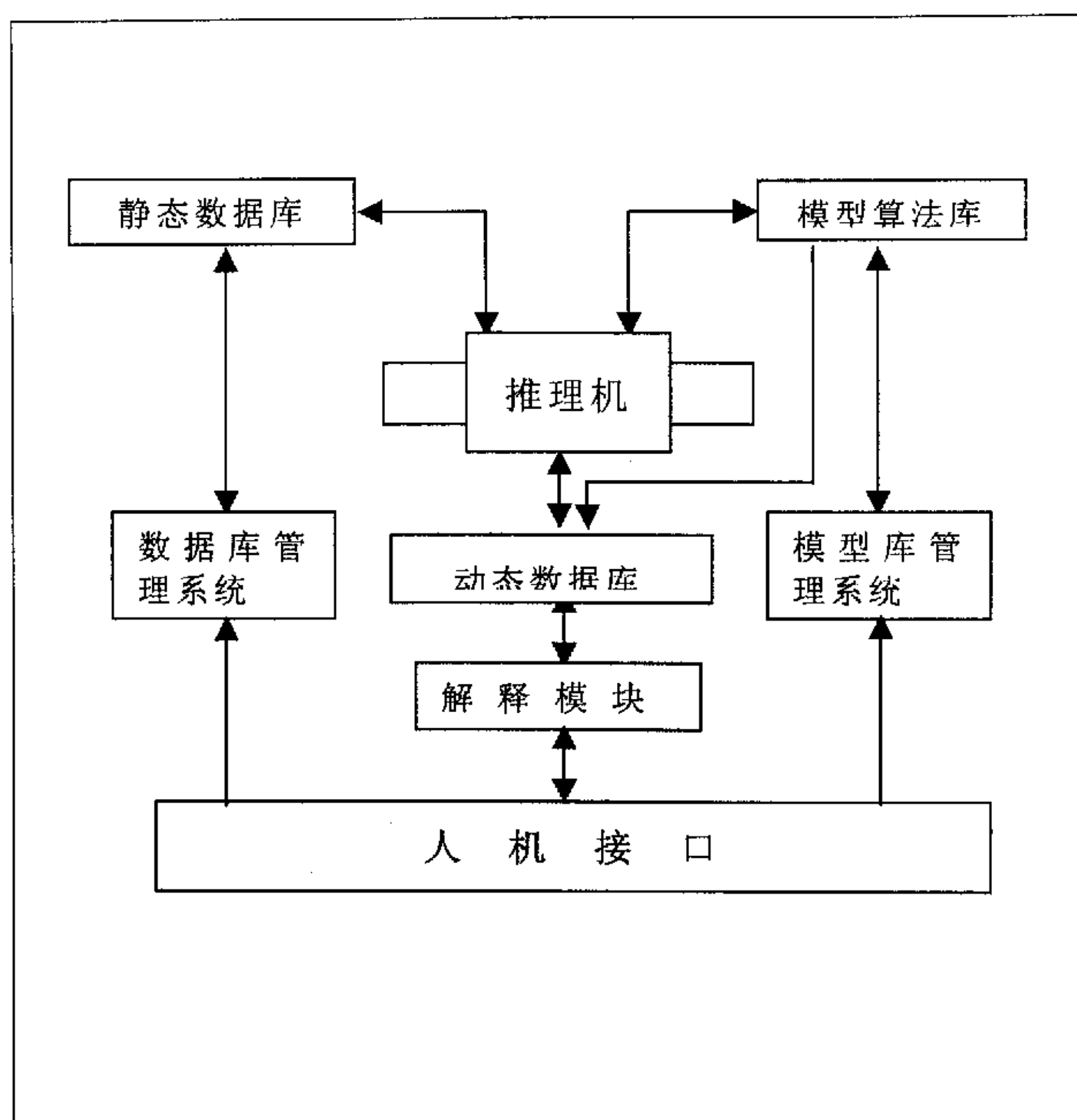
美国、韩国、澳大利亚、加拿大等国也进行了大量研究，最具

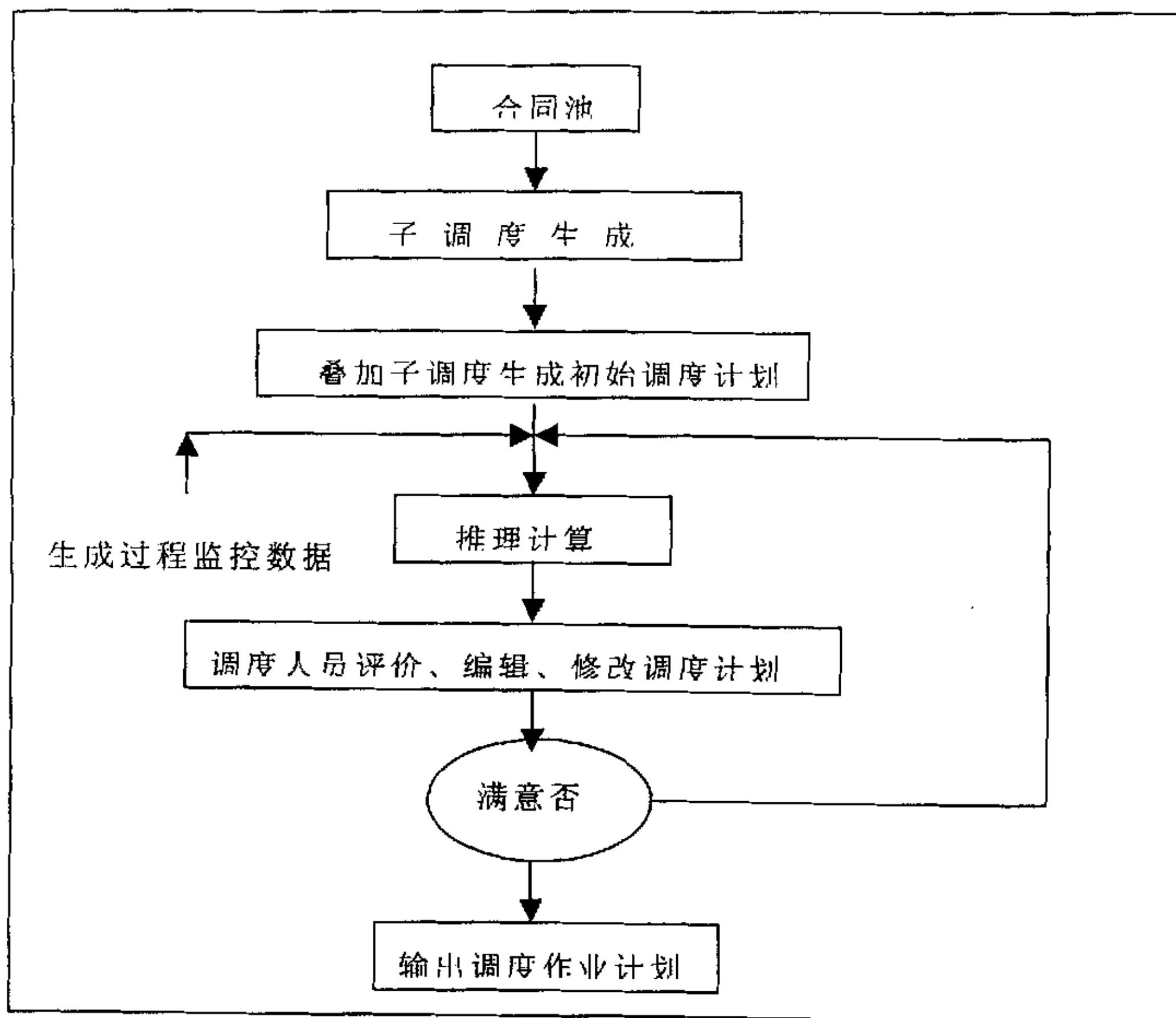


数，以二者均达到最小为判定标准。显然，上述前提条件是十分苛刻的，并且模型本身与实际调度情况尚有一定的差距，这使此模型的应用受到限制。

另外，北京科技大学还以此为基础，针对目前国内大多数转炉炼钢厂现状（中小型转炉、精炼方式单一、多台连铸机的运转模式），建立了全连铸生产调度通用模型，并编制出相应软件，这使该系统有了较大的适应性和推广价值，能面向全国中小型转炉炼钢厂全连铸车间，为普及这项科研成果作出了准备。







1.3 钢铁制造过程物流管制研究工作的相关理论

在任一工业企业中，生产过程均可以简单概括为物质的输入（原料）和物质的输出（产品），这一过程就称为物流。具体到炼钢厂而言，可视其为一个多级输入（铁水、废钢、辅料、合金等）、多级输出（铸坯、渣、废气等）的多维物流过程。现代化的钢铁企业，要求生产过程中不同工艺阶段间、不同工序间在空间分布上和时间衔接上相互协调一致，配合紧密，保证生产中物流的连续性、比例性和均衡节奏性。为此应对贯穿生产过程的物流进行调控，使企业生产物流过程的空间组织和时间序列的配合相互协调。企业物流中的一个基本特征是向准确的地点、适时地供应准确的物流量，包含了空间位置、期量标准、物流强度三个基本元素。概括的讲，就是企业生产物流过程中的空间组织和时间组织，即企业的生产调度计划。通过物流管制研究制定出科学合理的生产调度计划，指导生产，最大限度地提高生产率、降低成本、从而增加整体经济效益，是开展本课题研究的目的。图 1.10 示出了炼钢厂

1.3.1 数理统计理论

钢铁企业生产规模庞大、流程长且复杂，生产中的各个工序操作时间往往不可能固定不变，而是各物流参数在一定范围内波动变化甚至是随机分布的。要实现对过程的控制，这些近于随机的参量变化的规律性是必须弄清楚的，对此，概率论和数理统计起到了十分重要的作用。在一定的生产条件下，生产过程中的某一个操作必然有一对应的数字时间序列，通过过去一段时间内的数据分析可以得出将来对该过程进行控制的数理模型。生产者可以利用大量的生产经验数据来组织生产，它们在一定条件下是可靠的，随着时间的推移也许就不适用了，对需用的实际数据统计分析、对经验值进行修改，均需使用数据处理和统计知识。

统计学的最基本工作是收集数据及整理和分析这些数据的特性和变化规律。统计的目的是要使人们能对观测数据的性质得到一个直观的认识。特征

排队系统的组成^[36]:

①到达过程: 或称为输入过程, 是指顾客到达的规律, 可以用顾客到达间隔时间的分布来描述, 也可以用一定时间的顾客到达个数概率来描述。其分布可以是均匀分布、泊松分布等。

②服务机构: 指同一时刻有多少个服务台接纳顾客, 以及顾客所要求的服务时间的分布。服务台可以是单服务台, 也可以是多服务台。服务时间分布可以是定长分布, 负指数分布等。

③排队规则: 也称服务规则, 指已到达顾客按什么规则来接受服务, 如先到先服务或按优先权服务以及随机服务等。

在排队系统中还要考虑一个容量问题, 如无限或有限

第二章

炼钢—连铸生产流程的物流参数分析

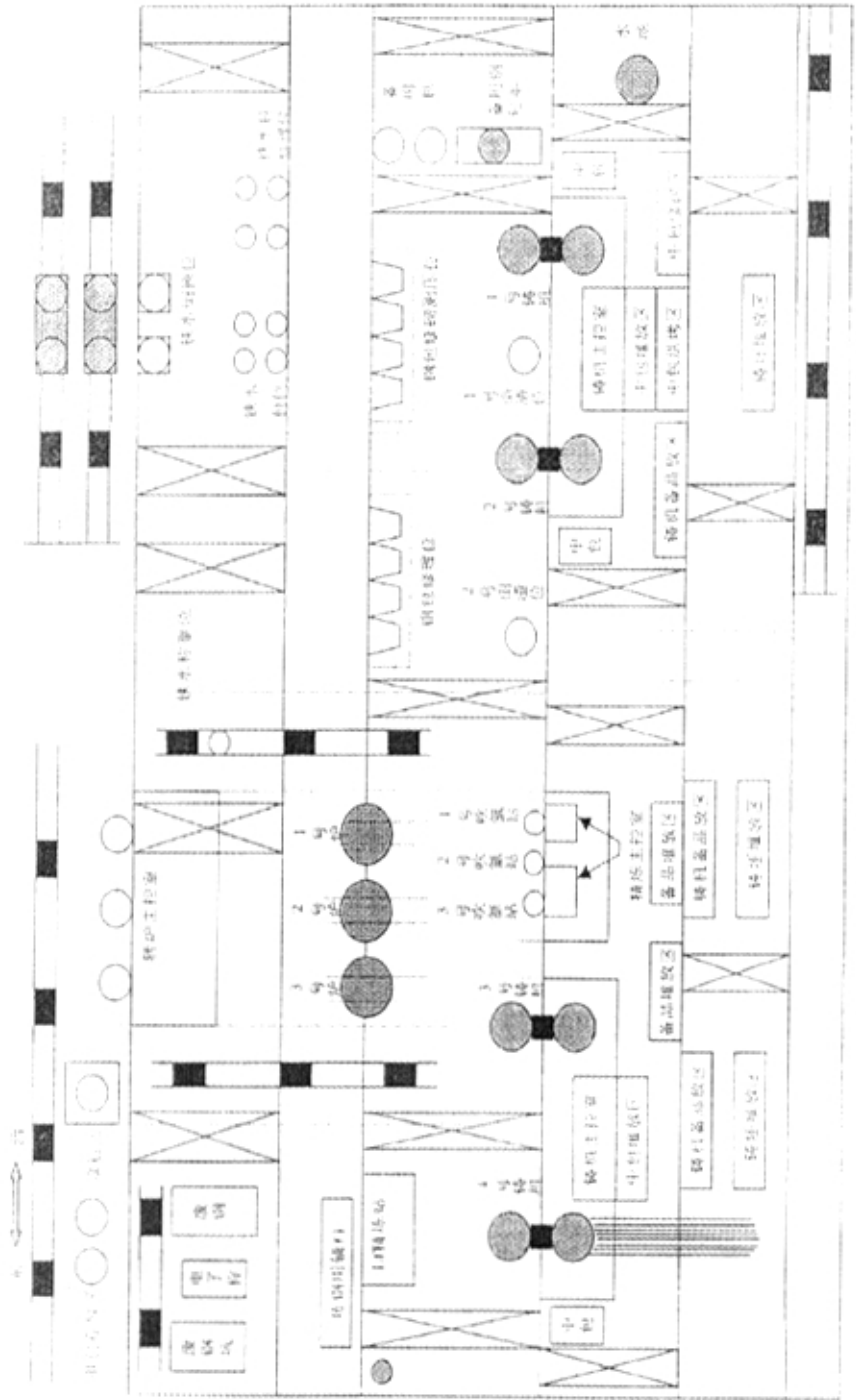
2.1 综述

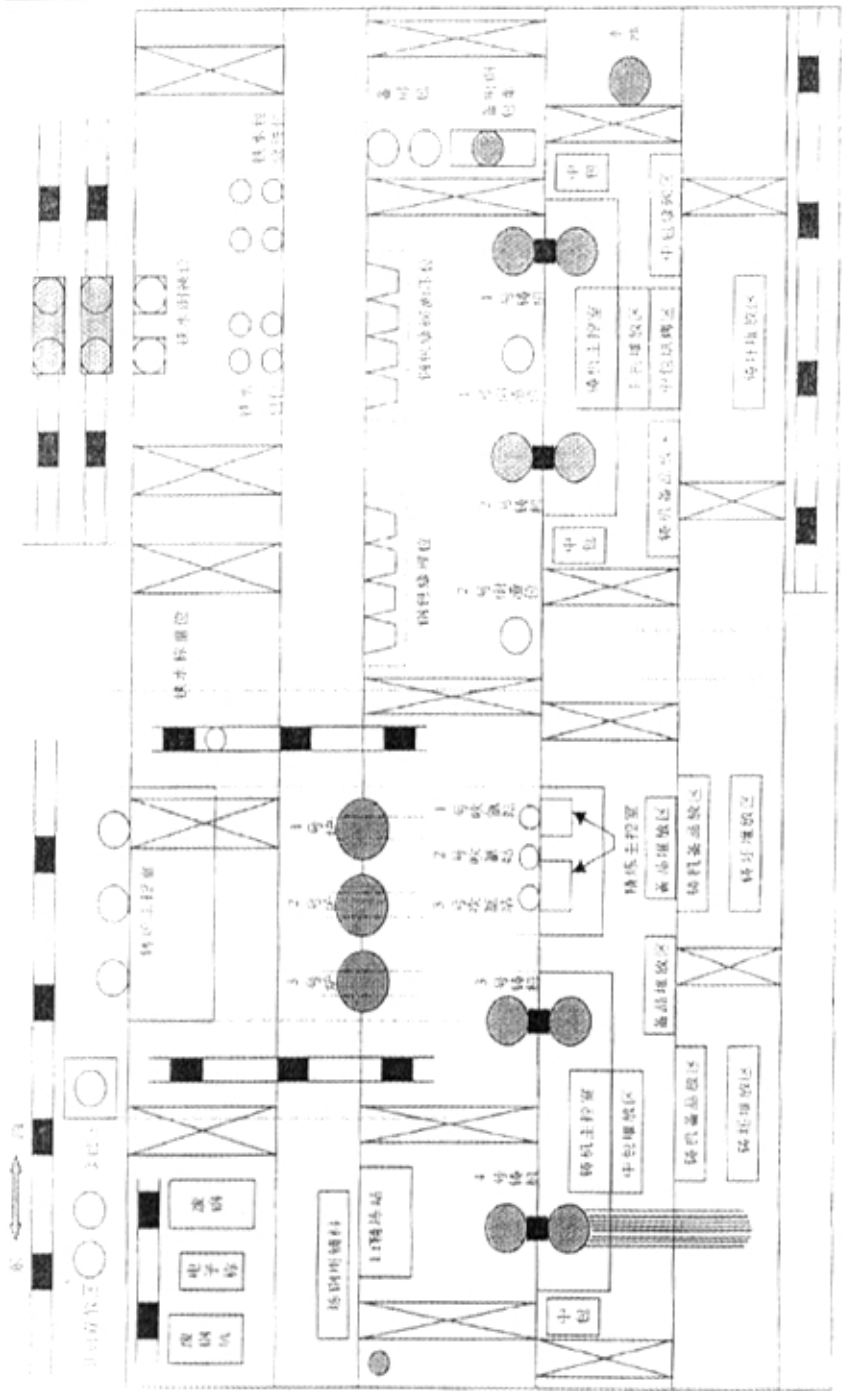
2.1.1 三炼钢生产物流概况

三炼钢生产车间平面布置及物流向见图 2.1-2.2。其生产设备主要有：三座转炉；离线吹氩站三座，LF、VD 处理站各一座；4 台八机八流小方坯连铸机。生产普碳钢、中、高碳钢等钢种，具体情况为：

(1) 炼钢工序：

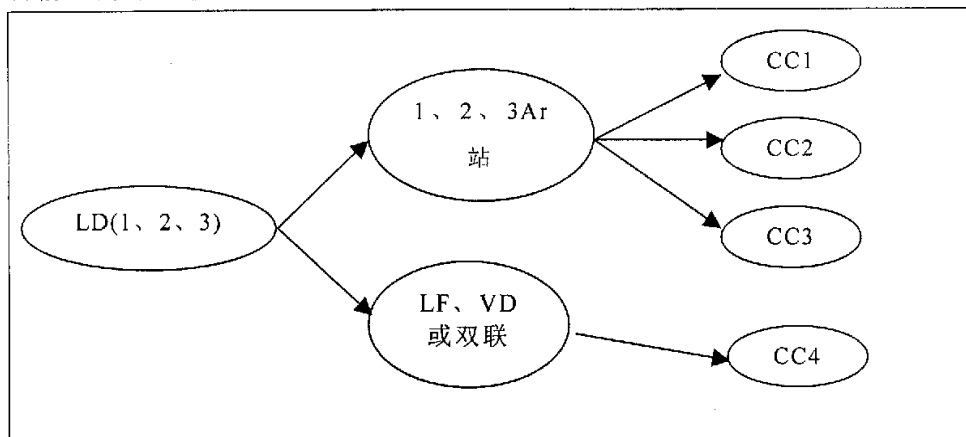
<





2.1.2 生产模式

目前三炼钢可供选择的生路路线如下图 2.3 所示：



分析：各工序之间钢包的运输是依靠天车来完成，虽然各运输距离不远，但都集中在一个跨内，繁忙时单靠调度员来指挥，很容易造成混乱，出现悬吊钢包等待现象较多。钢包等待时间过长会导致钢水温度等发生变化，影响后续工序的正常运行。对天车调度人员提出了更高的要求，可借助计算机来协助解决这一难题。

2.2.3 温度因素解析

温度是钢铁制造流程多维物管制的另一重要工艺参数，对温度因素进行分析是为建立合理的温度制度，确保高效连铸下物流的顺行。本文根据实测数据，对炼钢工序、精炼工序、连铸工序的温度因素分别进行了解析（铁水温度暂定为 1335℃—三炼钢统计值）。

2.2.3

表 2.9 精炼工序温度数据统计表

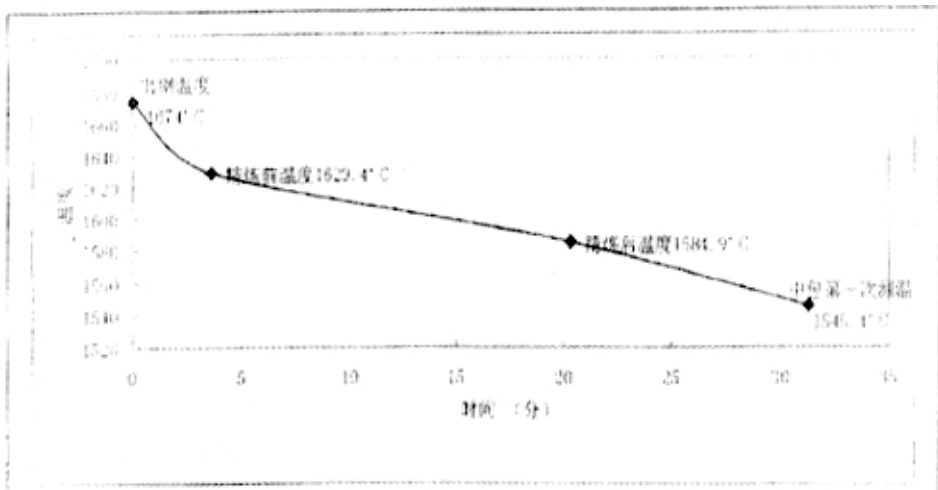
Table 2.9 Temperature date statistics of purity process

精 炼 处 理 前							
钢种	精炼站号	样本数 (℃)	最大值 (℃)	最小值 (℃)	平均值 (℃)	标准差	波动系数 (%)
Q235	1	201	1687	1562	1626.8	19	

表 2.11 中间包三次测温温度的数据统计表

Table 2.11 Temperature date statistics of middle fold thrice measure

铸机号	测温位置	样本数	最大值 (℃)	最小值 (℃)	平均值 (℃)	标准差	波动系数 (%)
1	1-4 流	180	1561	1532	1546. 9	5. 1	0. 30
		180	1568				



无效等待时间较长、波动大；钢包温降不稳定，以至生产流程中钢水温度变化的规律性不强。应采取措施，使各工序实现标准化操作，特别是要加强各工序操作人员与天车调度员之间的配合，使钢包稳定、合理、快速周转，保证各工序之间物流的衔接紧凑。建议在现有生产条件下，改进生产模式，简化生产调度，进而实现整个流程的高效化生产，促进生产水平和生产效率全面提高；

（4）需对各类可能出现的生产故障预先提出方案，一旦问题发生，能及时解决，不致影响生产流程中物流的顺行，为此应合理安排检修、维护时间，做到既能及时修复设备，又不影响后续工序。

