

带钢热连轧机 计算机控制论文集



机械工业出版社

译者的话

本书选译自国际自动控制联合会 (IFAC) 下属的应用技术委员会, 于1977年在南斯拉夫首次召开的带钢热连轧机计算机控制技术讨论会所出版的《HOT STRIP MILL COMPUTER CONTROL》一书的部分论文, 共20篇。这些论文, 主要讨论近年来, 国外在带钢热连轧机控制系统中的各方面问题: 如控制系统构成、数学模型、现代控制理论的应用、检测仪表、系统模拟等。其中有单独工艺过程的控制问题, 如精轧机厚度控制、粗轧机张力控制、卷取温度控制、输出辊道控制、加热炉控制等。也有关系到全轧制线整体控制系统的问题, 如最佳计算机系统的选择、多级计算机控制等。另外, 还介绍新型的钢板速度、长度和平直度的在线检测仪表, 以及借此发展起来的新型控制系统等专题文章。这些文章可供轧钢专业有关科研、生产、教学人员及电子计算机与自动化专业有关人员参考。

本书由天津电气传动设计研究所张如璧、叶王、陈国慎、牟懋云、鲁开平、杨世宗、周德泽、许宏侨、薛敏华、李长升、吴铨英、陈子平、陈镇华、王迪秋、张洪源、黄刚、贾景钧、邹志公, 上海工业自动化仪表研究所罗绍基、柯毓麟、顾元成, 重庆工业自动化研究所张汉权等同志翻译与校对, 并由武汉钢铁设计院严子平、田美中、朱大福、焦荣久、何菊平及重庆钢铁设计院徐海洪同志进行审校。

原书系论文集, 各篇论文的格式、层次都不统一。在翻译过程中, 我们尽可能进行了统一, 同时对原文中某些明显错误之处加以改正, 并用译者注的方式加以说明。

由于我们专业知识与外文水平有限, 译错之处望读者予以指正。

1978年10月

目 录

- 一、带钢热连轧机自动化——选择最佳的计算机配置
〔英国〕A. F. Mac Alister 1
- 二、带钢热连轧机多级计算机控制系统
〔南斯拉夫〕M. Čarapić, B. Furht, D. Radovanović, M. Rakić,
S. Stanković 18
- 三、轧钢厂过程控制计算机用的通讯子系统
〔奥地利〕R. Oberparleiter, H. Atzlinger 32
- 四、3.5米四辊厚板轧机控制系统
〔捷克〕J. Počta 41
- 五、具有自适应自学习的精轧机计算机控制
〔美国〕A. W. Smith 51
- 六、带钢热连轧机的自动预设定
〔法国〕G. Dolle, B. Fazan, Ph. Millamon, P. Ratte 60
- 七、带钢热连轧机精轧机组的轧制规程
〔英国〕P. D. Spooner 76
- 八、带钢热连轧机采用计算机自动厚度控制及其模拟
〔日本〕Y. Anbe, H. Ezure, T. Funahashi, T. Sadamasu 90
- 九、带钢热连轧机连续粗轧机组机架间张力控制
〔法国〕Ph. Millamon, P. Petit, H. P. Lajoix 104
- 十、带钢热连轧机精轧机组的稳定性分析和新型计算机控制系统
〔日本〕S. Tanifuji, Y. Morooka, S. Matsuka 115
- 十一、西德马工厂带钢热连轧机使用计算机控制和 Σ - ρ 方法运行
两年的经验
〔比利时〕P. Verspeelt, D. Adriaensen, M. Goossens 129
- 十二、 Σ - ρ 方法：带钢热连轧机计算机控制的一种新手段
〔比利时〕S. Wilmotte, R. Colin, M. Economopoulos 136

IV

十三、带钢热连轧机卷取温度控制用的前馈-反馈相结合的 计算机控制系统

〔比利时〕G. Thomas, M. poppe, D. Vercruyssen, J. Mulder149

十四、精轧机热带钢平直度的在线测量

〔比利时〕R. Pirlet, H. Boniver, J. Boelens, J. Mulder161

十五、输出辊道的控制设计

〔英国〕M. A. Fuller172

十六、速度与长度测量在带钢热连轧机上的应用

〔法国〕M. Hezarifend189

十七、硅钢厂煤气分配控制系统

〔南斯拉夫〕L. Lenart, F. Rus, J. Tasič, T. Čižman200

十八、计算机在冶金工业中的应用:加热炉的设计、自动化及操作

〔法国〕J. F. Lemaitre, D. Volpert, G. Gel, R. Kissel210

十九、具有识别器的自适应控制

〔苏联〕N. S. Rajbman221

二十、带钢热连轧机的生产过程自动化

〔西德〕H. Seyfried235

一、带钢热连轧机自动化 ——选择最佳的计算机配置

〔英国〕 A. F. Mac Alister

摘 要

现代的电子设备，可以通过多种配置，完成带钢热连轧机自动化的要求。本文提出了设计所必须依据的标准。假设要求的是常规的自动化功能，并按小型功能计算机进行设计，提出了一个基本的分级系统。考虑到备用和实时响应的要求，选择了一个计算机环形系统，这种系统并不严格地反映计算机在分级系统中的地位。讨论了在执行最下一级控制中微处理机的任务。叙述了一种方法，在这个方法中，要求的控制方式及信息范围，构成几种模式（计算机控制/人工控制/应急控制），这些模式应用于所选择的配置。

（一）引 言

在任何生产过程中，现代宽带钢热连轧机是提出各种各样的自动化要求最多的一个。最近，由于工业电子学领域惊人的发展，通过任何一种多计算机配置，都能满足上述要求。本文目的是，论述对一个特定的工厂如何选择其计算机系统最佳配置。自动化功能可以通过各种能独立地完成与/或逻辑运算、算术运算的电子部件来完成。即：

- 数字计算机；
- 微处理机；
- 可编程序逻辑控制器；
- 常规电路。

在设计自动化系统时，对任何一种所选择方案的费用应和下列九个互相关连的方面综合考虑。

1. 可靠性

作为轧机生产所必须的主要功能，应该有 100% 的实际利用率，这一点是极其重要的。相反，若在其他次要功能方面，也要达到同样的利用率，那将常常造成人力和物力的浪费。像 AGC（主要功能）和轧制节奏最佳化（次要功能）就是相应的例子。因此，不论是在特殊故障下保护系统，或按容许这些故障来设计系统，都要求我们作很多判断。全部数据作为与/或控制的整体必须考虑可靠性。

2. 降低职能使用的可能性

每台计算机通常是受另外一台计算机的监控。当监控计算机发生故障时，常常希望而且可能降低下级计算机的作用。同样，没有备件的传感器故障，也可以通过允许其免职的办法而得以控制。

3. 维护性能

应当很好地规定出计划与非计划的维修规程，并为全体有关人员所掌握。系统应能在线自检，并且当控制系统仍处于在线状态时，有能力执行专门的测试程序。备有小型功能计算机，便于故障诊断。

4. 信息的利用率

当系统正在接受任务和调整时，对数据的要求很可能变成随机的方式。例如，生产管理需要一个新的记录，或者 AGC 功能要求一个新的系数。在这种情况下，重要的是计算机配置能做到：在准确的时间，从正确的地方取得所要的信息。

5. 人工管理的要求

如果为了维持系统运行，需要一批轮流值班的工作人员，那么，一个完善的控制方案，在经济上的利润就要受到损失。指望计算机工作来赢得高利用率，通常都是以超人工管理来实现的。一个现代化的控制方案，能迅速排除大多数故障，而在几个班内

的产品质量和产量不致受到明显的影响。

6. 人的因素

虽然近年来已经提出了全自动化轧机的问题,然而,在可预见的将来,大概还会需要操作人员的。人与自动化系统的通信,既可直接利用显示器和键盘,也可间接地通过设备进行通信。显然,希望操作台的布置,将不会由于需要偶然的人工控制而受到损害。理想的情况是,人工控制应当用自动化系统那种控制盘来实现。这也意味着几台计算机可以有共用的控制盘。

7. 便于调试投产

一个新系统的调试和投产,是分成几个互相紧密配合的小系统进行的(这又是要求采用小功能计算机的一种情况)。为了适应设备利用率,应能分别单独地、分阶段地进行调试和投产。数据传输装置的快速发展,要求有一个监视部件,在传输线上进行阻断和报告。

8. 便于扩展

设备的扩展(例如额外增加加热炉,卷取机等)是容易设计的。但扩大控制范围,则要求在在线配置内,有多用途的、适应性很大的离线计算能力并能从设备取得测量值。

9. 最少出错

这个指标很好,但目标不明确。尽管如此,系统设计者应当对每一种可行的配置,估计其可能的故障率(按系统性能短期或长期恶化来定义)。在系统设计、实现、调整、工作或维修时都可能出错。

虽然我们不应在形式上按照上述九个方面去评价每一种方案,但它们的一般优点是明显的,然而费用也较大。

(二) 自动化的主要区域和功能

1. 板坯库/板坯精整区

功能: 跟踪;

板坯仓库图;

吊车移动监控;
计划变更和分配。

2. 加热炉区

功能: 起动监视;
板坯温度预测;
设定点计算;
跟踪;
延迟加热控制。

3. 轧机区

功能: 跟踪;
时序;
设定/自适应;
AGC (自动厚度控制);
传动控制;
速度/温度控制;
轧制节奏。

4. 输出辊道

功能: 喷嘴控制。

5. 卷取机

功能: 设定;
时序。

6. 钢卷库

功能: 跟踪;
钢卷库图;
钢卷发运控制。

7. 一般自动化内容

包括: 记录纸更换;
生产管理报告;
报警;
工程记录;

扩展计算能力。

(三) 自动化功能分配到几个控制级

作为自动化程度最高的系统（见参考文献〔1〕和〔2〕），自动化功能很自然地分成几个控制级：

第1级：工厂生产计划。

第2级：局部生产协调。

第3级：过程控制。

第3A级——设定。

第3B级——闭环动态控制。

第4级：直接的设备控制和监控。

在此分级中，逐次往下较低的控制级具有如下特征：
较快的实时响应要求；

自动化功能较易按设备区域划分；

有这样的趋势，即对有关控制方面的处理，多于信息方面的处理。

在决定如何给计算机分配功能时，我们必须首先考虑关于处理机大小的问题。从便于制造、施工、测试、投产、维修和扩展等方面来看，采用功能较小的计算机，比大的集总系统的优点较多。对于一个小系统，人们能直观地理解其全部过程。它的实时动作，沿着界限分明和便于监控的控制衔接点，与邻近系统的实时动作相互作用。另外，当发生故障时，其影响较小。通常一台处理机的故障，只影响工厂的一部分，并且只需要一个操作人员来操作。

但是，小型系统有两个主要缺点：第一，网路复杂；第二，备用设备复杂（这两个问题将在下面叙述）。

(四) 计算机之间的通信链

对于需要相互通信的几台计算机，有五种构成网络的方法：

1. 不固定连接方式

在需要相互通信的两台计算机之间，提供一个点和点之间的

通信链。

2. 分级方式

每台计算机只和它的控制计算机，以及一个或更多的下一级计算机进行通信。

3. 信息转换方式

每台计算机对一个中央信息转换单元，呈辐射状连接。

4. 环接方式

多台计算机连接成一个环，它可能是一个共用母线，或者是一个点和点之间的通信链的集合。

5. 多接口方式

数据顺着一条通道传送，任何一台计算机都可使用此通道。

目前已经清楚地知道，对所有这些技术的同意和反对的意见。带钢热连轧机系统的自动化功能，自然是分级执行的。它构成一个相应的计算机网络。计算机配置的第一个方案如图 1-1 所示。

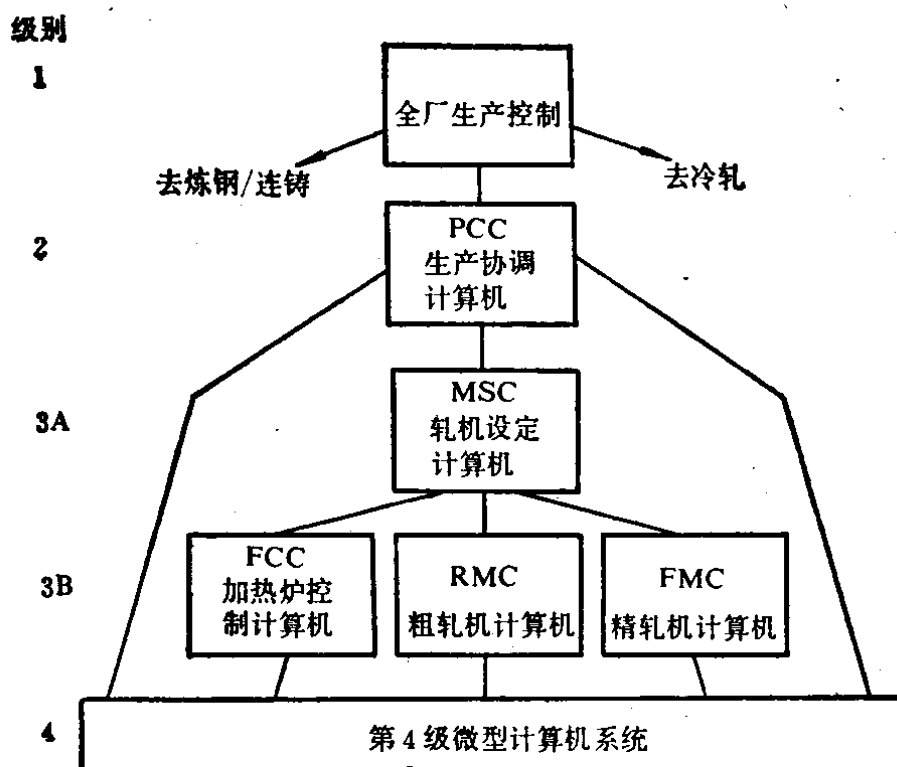


图 1-1

(五) 各级数字计算机说明如下

1. 全厂生产控制

全厂生产控制是一台大型商用主机（采用卫星通信处理机），它执行订货合同和材料控制功能，以及为工厂的各部门制订生产计划。实际上非生产控制功能，如工资计算和办公服务也包括在内。

2. PCC（生产协调计算机）

它是保存板坯库和钢卷库的数据栈，也执行第3级计算机的轧件跟踪功能。此功能包括在此的原因是：第一，它对响应要求比较慢；第二，它与轧件数据栈有紧密的联系。

3. MSC（轧机设定计算机）

MSC对整个带钢热连轧机的过程控制负责，包括从加热炉入口到钢卷称量。它给出节奏控制和温度控制，并传递到加热炉控制计算机的终端和轧机计算机的设定点。通常第3A级称作设定级。

4. FCC、RMC、FMC（加热炉控制计算机、粗轧机计算机、精轧机计算机）

这些计算机负责它们自己区域内的详细过程控制，其中包括高识别控制，用轧件所在区域的计算机对每根轧件进行跟踪，以及为所有设备的控制输出时序。

因为AGC要求紧密协调发挥作用，精轧机压下螺丝数字位置控制环集中在FMC，而粗轧机的控制环保留在单独的第4级微处理机中。这样，RMC采用一台数字计算机功能太少，去掉RMC是正确的，所以，作为第一步改进，这些功能可集总在FMC内，这时FMC成为一台通用轧机控制计算机MCC。

第4级微型计算机系统将在后面说明。

整个网络的传输密度，允许通讯链用串行方式执行。

(六) 备用考虑

精轧机控制区是关键区。如果当一个钢卷正在通过期间MCC

产生故障将会如何处理呢？可采取两种措施：第一种是提供MCC全套备用机，它总是在线跟踪，并且当MCC发生故障时，它就自动转入控制状态。第二种是使第4级系统有这样的时序能力，使钢卷的剩余部分能继续安全通过轧机。在此情况下，操作人员将在轧下一个钢卷时，把一台离线备用计算机手动切换进来。采用第二种方法较合适，因为这样对MSC的影响较少，并且可以将备用计算机用来做些扩展的工作。

实践证明，按照以下四种可能的用途，从成本来考虑，仍然采用在线备用计算机：

由于是通电备用，所以缩短故障时间，并节省了人工管理，作为功能的备用装置；

作为系统和程序扩展的手段；

作为发展仿真的手段（凭借在仿真和目标计算机之间交叉耦合输入/输出，在实时状态下，可以检验目标计算机的性能）。

综合考虑这些可能性，以及工厂各部分自动化有效性的要求，建议网络的最佳备用计算机采用两台：一台专作MCC的备用，一台为PCC，MSC和FCC公共备用，它能执行这三台计算机中任何一台的功能。

这些措施引起我们讨论对基本系统的一个重要改进。

图1-2为修改网络。这里不太关键的过程控制计算机，和它们的公共备用机一起连接成一个环。

这种排列不采用原系统中严格的分级方式。人们认为这是可行的。因为对FCC和PCC的响应要求较低，而且在分级中，它的等级比通常的较严格。环形链接本身就有一种安全设施，当链接中有一个链发生故障时，用一小部分在备用计算机中经常工作着的有效软件，数据可以旁路故障链，向相反方向传送。

另一个需要研究的问题是：计算机的外围设备需要备用的程度、在那一点备用以及怎样切换信号的有关问题。

基本上，计算机的外围设备分成七组：

1. 设备输入部件（模拟扫描器等）

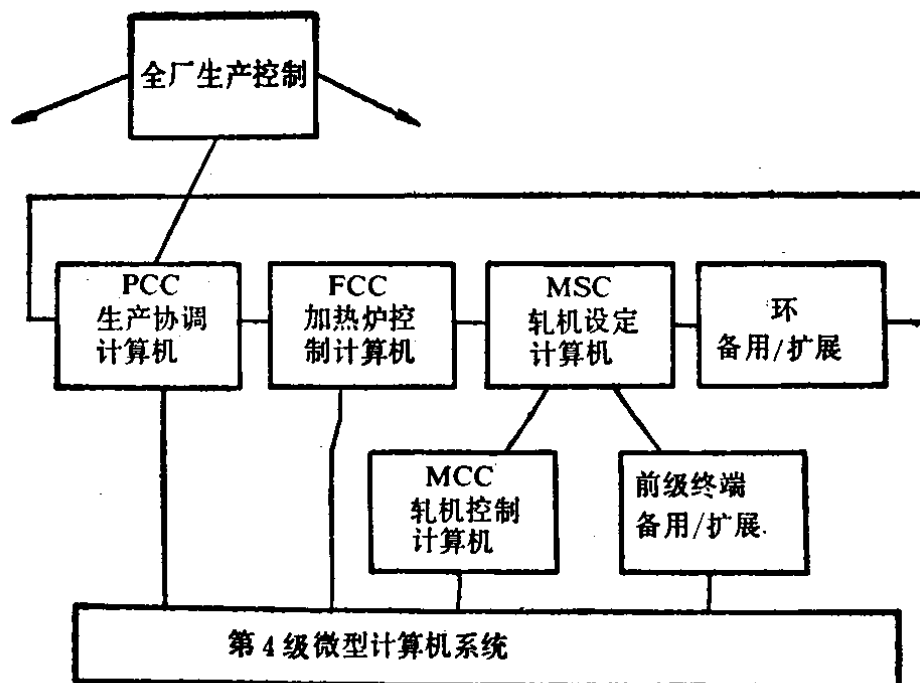


图 1-2

这些部件都有两套，所以备用/扩展计算机能取得工作设备的测量值而不影响控制。

2. 设备输出部件

关键的部件（在 MCC 上的）都有两套。不太关键的部件（在环上的）则在计算机总线级切换。

3. 远程设备输入/输出

在计算机总线级切换处理，或者包含两个独立的输入/输出通道。因此输入有两套，而输出则用切换处理。

4. 操作人员通信（电视显示部件 VDU/键盘）

对环来说，这些仍在计算机总线切换。对前级终端来说，它们是在串联的链级切换。两种情况都包括作为备用的专用设备（见后）。

5. 记录打印机

通常这些是在串联级远距离切换。

6. 备用存贮器（磁盘/磁鼓）

环内公共备用计算机如同 MCC 一样，只有磁芯系统（讲究一些也许提供备用存贮器，但系统将不用它来工作）。环里的每台计算机，有其自己的备用存贮器。此外，重要的工作数据（板坯

库图，模型自适应等)，保存在接于可切换母线的备用存贮器中。用在两个独立的机构里汇存的办法，来保持数据的完整性。

7. 在计算机之间串联的链

这里，环具有它自己的备用（见前）。环与控制级之间的链有两套。

除上述七组外围设备以外，每台计算机有它自己专用的控制设备：控制台，纸带处理机，工业电视显示部件和键盘。

备用装置用记号表示在图1-3中。

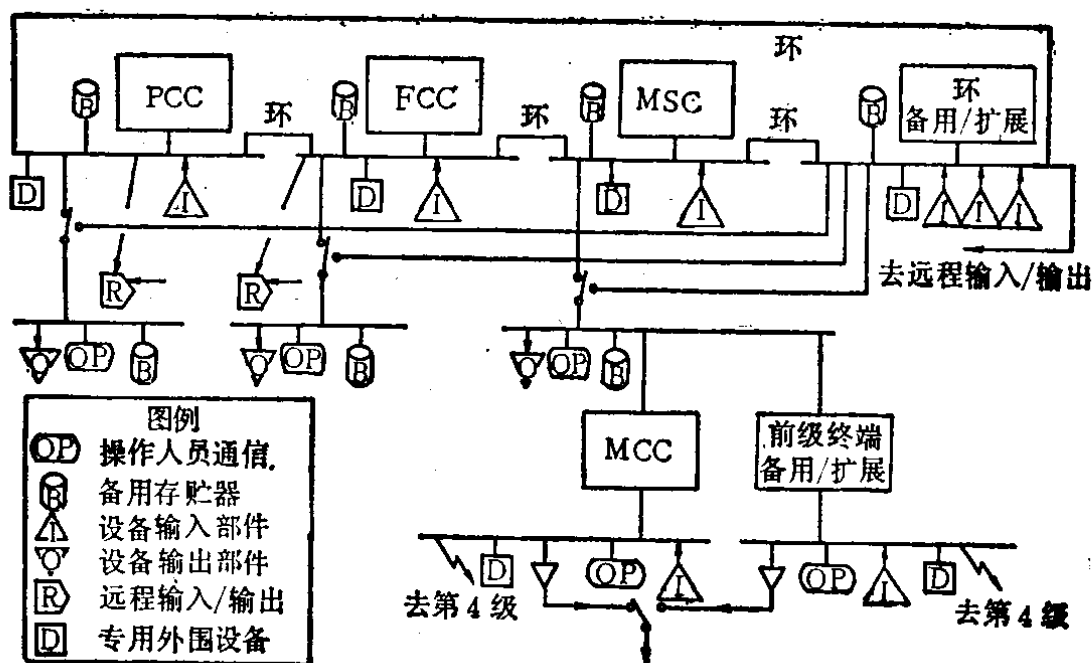


图 1-3

（七）设备接口级（第4级）

这一级的功能主要由微处理机完成，而从这点去评论微处理机系统的原则是适宜的。我们认为，把微处理机简单地看作缩小的数字计算机的观点是错误的。每台微处理机专用于特殊的设备功能。其主要优点是：使人可以全貌了解微处理机系统、硬件和程序。因此，消除了为实现数字计算机系统中，由于许多分时子系统配合的复杂性而引起出错的主要原因。从调试投产和维修的观点出发，每台微处理机与设备的特定部分发生联系，这样，可以正确预计故障对设备运行的影响。从微处理机处理故障（注意：微

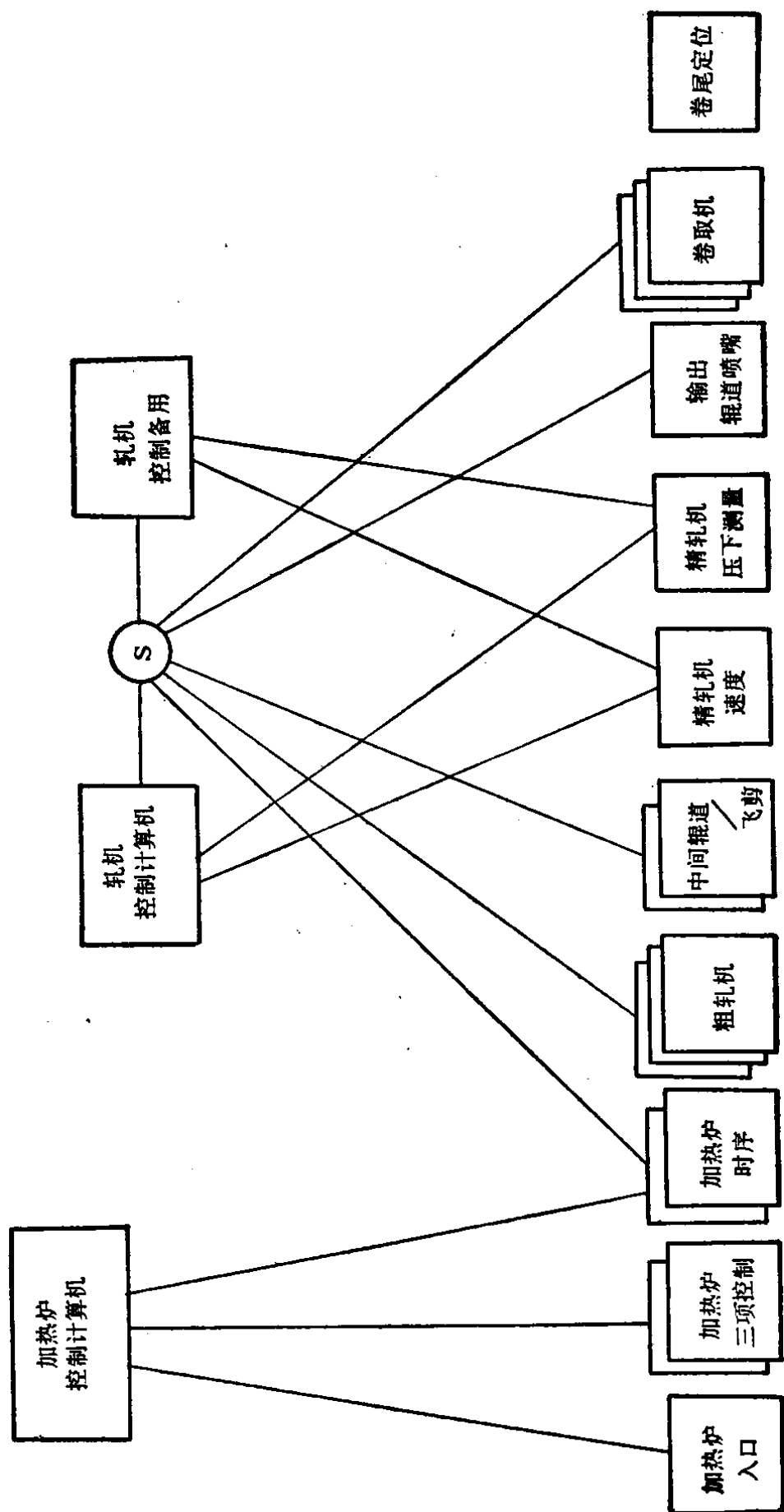


图 1-4

处理机是非常可靠的设备) 到在线恢复, 靠更换箱型装置能迅速地完成。

第4级系统示于图1-4。其职能如下:

1. 加热炉入口

控制入炉辊道, 将板坯从装料台运送到所选加热炉前面的对中位置上。

2. 加热炉三项控制器

对燃料和空气流量进行闭环控制, 以维持温度的设定点。

3. 加热炉时序

每座炉子(采用步进梁式炉子)用一台微处理机, 控制并跟踪板坯从入炉到出炉。

4. 粗轧机

每一对垂直/水平机架用一台微处理机。假如是半连轧机, 就要用三台微处理机——破鳞机用一台, 连续粗轧机用一台, 可逆粗轧机用一台。其功能是:

立辊和水平辊压下螺丝和侧导板的数字位置控制;

立辊速度同步系数和辊道速度的计算并输出。

5. 中间辊道

控制辊道速度, 当从粗轧机出来的, 正在运行的板坯头部将与前面一块板坯的尾部相撞时, 进行回送。这样, 在切头飞剪处将得到两块钢之间的最小距离。

6. 切头飞剪

控制切头和切尾时剪刀的位置和速度。

7. 精轧机速度

执行下列功能:

当计算机控制已断开时, 应急控制使带钢安全的穿过精轧机组;

各机架带钢线速度的显示;

通过速度调节控制活套位置。

8. 精轧机压下螺丝测量

它有下列功能：

调零(包括保持基准值)；

对操作人员显示压下螺丝的位置。

9. 输出辊道喷嘴

用作控制喷嘴组的一个前级终端输入/输出处理机

10. 卷取机

每台卷取机用一台微处理机，完成侧导板、夹送辊和助卷机的数字位置控制，以及输出卷取机的速度状态。

11. 卷尾定位

跟踪顺着输出辊道下行的钢卷尾端，并控制钢卷减速，使钢卷停止时尾端处于底部。

(八) 设备操作

我们只讨论轧机区。此处的控制原则有三个等级：

1. 计算机控制

设备的设定基准和动态控制增益由MSC计算，并传送到MCC，再由它输出给设备。

除精轧机速度外，动态状况由MCC的输入来完成。因为不管MCC存在不存在，第4级应急系统必须有对动态插入响应的能力。因此保留“应急”装置作为正常使用。

2. 人工控制

设备的设定基准由人工输入MCC，MCC的程序功能范围宽而精确(标准设定、风机控制等)。除了不用计算机计算增益而用人工设定外，动态控制都由计算机来实现。

3. 应急控制

在维修停工期间，首先采用这种方式。操作人员能将UP/down信号直接输给传动装置。当数字位置控制在微处理机内执行时，后者可以接受人工输入给传动装置的基准。