

北京图书馆藏

34018

中文资料

# 钢铁生产自动化

解迎光 译

孔金满 校

鞍钢钢铁情报研究所

一九七九·五

TF 31  
2

## 内 容 提 要

本书全面论述了钢铁工业生产自动化现状。第一章论述了电子数据处理设备的发展概况；第二——六章分别论述了钢铁生产的原料处理、炼铁、炼钢、热轧、冷轧设备自动化的现状，列出了到目前为止的自动化技术发展概况。

本书可供钢铁厂工程技术人员、工人、干部参考，也可作为有关大专院校教学参考书。

## 钢铁生产自动化

解迎光译 孔金满校

---

鞍钢钢铁情报研究所出版

印刷：鞍山日报社

(鞍山东风街一〇九号)

本所发行

定价1.50元

---



A840425

## 出版说明

近年来，钢铁生产自动化技术有了飞速的发展。过程控制计算机在钢铁生产中获得了普遍的应用。为了全面评述这种发展和应用，西德鲁尔大学的沃·魏伯教授等人合著了《钢铁工业设备自动化》一书。尽管该书未能完全反映钢铁工业自动化的全部最新技术，却仍然是一本很有参考价值的书。

本书以魏伯教授的书为蓝本编译出版的。编译中增写了一些反映自动化技术最新成就的段落。但限于我们的业务水平，看到资料也很少，因此仍不可能反映出全部自动化的最新成就。而且，技术是在不断发展的，新工艺、新技术是层出不穷的。

尽管如此，本书还是能包括自动化发展的基本情况，提供了一些基本资料。

由于我们技术业务水平很低，书中难免存在不少错误，恳请读者批评指正。

编译者

1979年4月6日

# 目 录

第一章 钢铁工业自动化引论	(1)
1.1 自动化技术的现状	(1)
1.1.1 过程计算机的发展	(2)
1.1.2 程序系统和工艺的发展	(3)
1.2 工艺类型及其控制方法	(3)
1.3 过程计算机应用的概况	(5)
1.3.1 数据处理系统	(6)
1.3.2 质量保证系统	(8)
1.3.3 生产流程自动化系统	(9)
1.3.4 过程计算机的使用重点和经济技术问题	(11)
1.4 过程计算机作为整套设备的有机组成部分	(12)
1.5 制定计划和使用方法	(14)
1.6 过程计算机系统的发展趋势	(15)
1.6.1 硬件的工艺进展	(15)
1.6.2 软件的发展方向	(15)
1.6.3 人员需要	(16)
第二章 原料和动力供应	(17)
2.1 炼焦生产	(17)
2.1.1 高炉焦炭的质量标准和选择	(17)
2.2.2 炼焦技术及其自动化的可能性	(17)
2.2 烧结	(19)
2.2.1 原理和控制参数	(19)
2.2.2 烧结技术及其设备自动化的可能性	(19)
2.3 动力系统	(24)
2.3.1 能源	(24)
2.3.2 联结系统	(25)
2.3.3 最佳化和模拟	(26)
2.3.4 自动化的可能性和模拟模型	(26)
2.4 混合煤气热值的调节	(28)
2.4.1 装置的描述	(28)
2.4.2 调节线路的结构	(29)
2.4.3 计算过程和结果的讨论	(32)
2.5 低压煤气管网的模拟	(35)
2.5.1 引言	(35)

2.5.2	物理基础	(36)
2.5.3	管段的模型	(40)
2.5.4	阀门的模型	(46)
2.5.5	数字计算机程序	(46)
第三章	炼铁	(51)
3.1	炼铁生产概述	(51)
3.1.1	矿石准备	(51)
3.1.2	高炉炼铁	(51)
3.1.3	电炉直接还原	(53)
3.2	高炉炼铁自动化	(53)
3.2.1	计算机在自动化中的作用	(53)
3.2.2	高炉上料	(56)
3.2.3	高炉冶炼的检测与控制	(65)
3.2.4	热风炉	(70)
3.2.5	自动化技术的发展方向	(73)
3.2.6	结束语	(76)
第四章	炼钢	(77)
4.1	炼钢生产概述	(77)
4.2	氧气顶吹法(LD法)	(77)
4.2.1	设备的结构	(77)
4.2.2	工艺流程	(77)
4.2.3	自动化	(78)
4.3	平炉炼钢	(85)
4.3.1	设备结构和工艺流程	(85)
4.3.2	自动化	(85)
4.4	电炉炼钢	(88)
4.4.1	设备结构和工艺流程	(88)
4.4.2	自动化	(88)
4.5	连续铸钢设备	(90)
4.5.1	设备结构和工艺流程	(90)
4.5.2	自动化	(91)
4.5.3	铸坯的进一步处理	(98)
4.6	炼钢厂中一般的数据积累	(98)
第五章	热轧设备	(100)
5.1	轧钢厂概述	(100)
5.2	加热炉	(101)
5.2.1	加热炉的自动化技术	(101)
5.2.2	用煤气加热的均热炉的调节	(101)

5.2.3	多段式连续加热炉的温度调节	(102)
5.2.4	三段式加热炉的调节	(104)
5.2.5	调节加热炉的数学模型	(106)
5.3	方坯和板坯初轧机	(107)
5.3.1	方坯初轧机的控制技术	(109)
5.3.2	万能板坯初轧机的过程计算机	(110)
5.3.3	方坯初轧机上辊压下率的最佳化	(110)
5.4	中厚板轧机	(111)
5.4.1	中厚板轧机的自动化和计算机装置	(112)
5.4.2	中厚板轧机剪切线的调节	(114)
5.5	宽带钢轧机	(115)
5.5.1	宽带钢轧机的自动化	(116)
5.5.2	主电机和活套挑的调节	(119)
5.5.3	厚度调节	(121)
第六章	冷轧机	(124)
6.1	冷轧机概述	(124)
6.2	热轧带钢的除鳞(酸洗线)	(125)
6.2.1	对带钢酸洗设备电机的要求	(125)
6.2.2	带钢处理设备中的调节装置	(125)
6.2.3	电导变送器	(127)
6.2.4	两台电机的同步调节	(127)
6.3	冷轧机	(127)
6.3.1	冷轧机的种类	(128)
6.3.2	轧钢机	(128)
6.3.3	精整轧机	(135)
6.3.4	卷取机的传动	(136)
6.3.5	钢板厚度调节系统的研究	(137)
6.3.6	平整度的研究	(139)
6.3.7	冷轧机自动化	(140)
6.4	热处理设备	(141)
6.4.1	间断式炉子	(141)
6.4.2	连续式炉子	(142)
6.5	剪切线	(142)
6.5.1	引言和问题的提出	(142)
6.5.2	最佳转速的控制	(143)
6.5.3	连续式边界值调节器	(143)
6.6	带钢镀锌线	(144)
6.7	全连续冷轧机	(146)

# 第一章 钢铁工业自动化引论

## 1.1 自动化技术的现状

在钢铁工业中，电子数据处理设备（DV）并不是同时和全面地进入生产过程和管理的所有领域的。前几年，数据处理系统已经进入了管理领域，而近年来，用于控制生产设备的过程计算机的需要量有了突飞猛进的增长。近几年中，数据处理设备的制造量以每年20%以上的速度增长着。

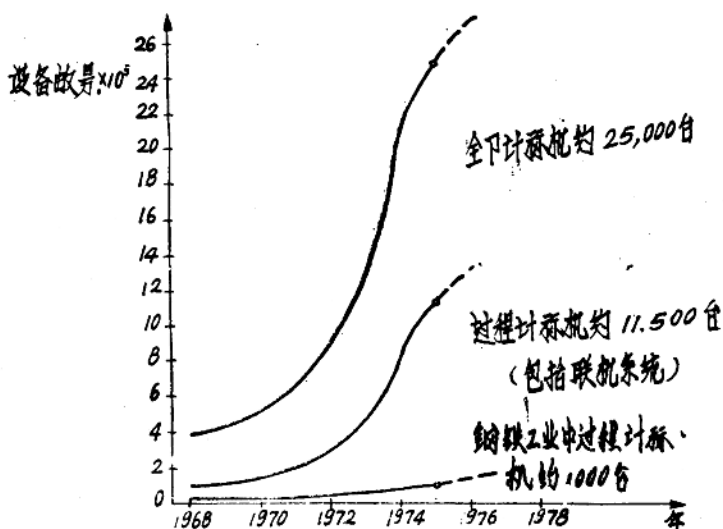


图1.1 在西德安装的计算机数量

在西德，到1975年已安装了约25000台计算机。其中，过程计算机为11500台（包括联机计算机），而用于钢铁工业的约1000台（图1.1）。单台计算机的区分是非常困难的，因为执行混合任务的混合系统越来越多。在今后一些年内，预计在所有的数据处理设备中，过程计算机的增长速度将是最快的。据估计，钢铁工业在数据处理方面的投资为2.5马克/吨生铁。

安装计算机的明确目标是取得经济效益，因此，数据处理系统的主要任务如下：

- 1、处理管理业务以减轻日常管理工作的负担；
- 2、建立信息系统，以便快速全面地掌握企业的定货、生产和财政情况，搞好企业管理。
- 3、使生产流程合理化，以降低成本，保证产品质量。

第一、二项任务用一般的数据处理系统即可完成，而过程计算机主要用于生产。过程计算机在整个数据处理网络中的位置如图1.2所示。在中心调度和管理级以及在计划和运筹级，几乎不用过程计算机。

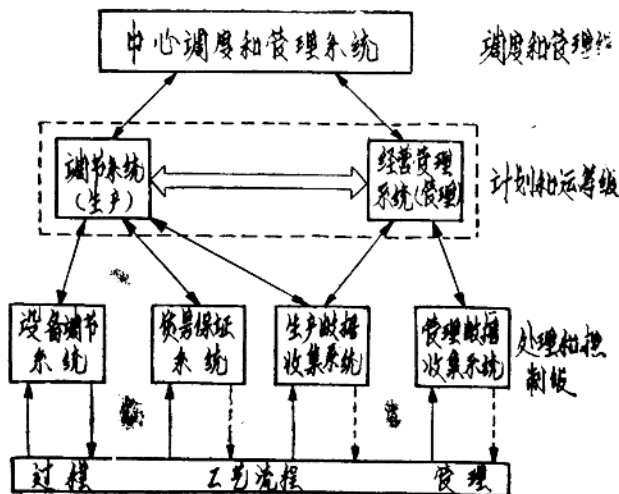


图1.2 信息系统的联络

这个系统将生产和管理中必要的信息提供给联机计算机。

管理机和过程控制机的差别不大。过程控制机有一个中断控制机构，可以同时处理有固定优先性的多个生产工序而保持过程的同步。

过程计算机主要完成3项任务：

- 联机数据收集，作为生产管理和分析经济情况的辅助手段；
- 联机数据收集，作为保证质量的辅助手段；
- 直接与工艺过程连接的联机数据收集，作为控制工艺流程的手段，以达到保证质量和降低成本的目的。

就这些任务而言，过程计算机只有20%是直接用于控制工艺流程的。

### 1·1·1 过程计算机的发展

近年来，计算机的中心部件不断发展，由于半导体技术的进展，使得有可能提高运算速度和降低存贮器的成本。图1.3示出了这方面的进展情况。在五年的时间里，计算机存贮器的成本和运算时间降低了一半。其原因是发展了体积很小、功率消耗很低、运算速度更快的集成电路元件。除了工艺上的进步之外，计算机内部结构也进一步发展了。过程计算机的语言结构没有变化，但各类计算机采用了不同的字长，例如24位、16位和8位。

目前，16位字长的使用较广泛，这是一些大型半导体制造厂在使用大规模集成电路技术所乐于采用的。由模块件（例如运算部分、控制部分和存贮部分）以固定形式组成的最初的集成电路计算机是按母线原理装配起来的。这种现代的计算机允许所有的功能块以异步方式运行。



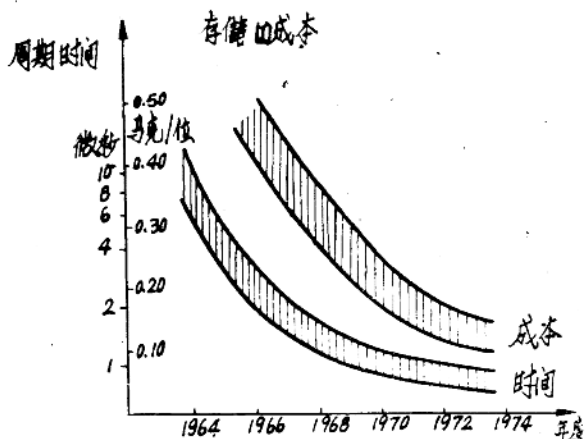


图1.3 过程计算机运算时间和存储器成本的变迁

把过程计算机与工艺过程连接起来的过程通道元件和设备的改进不大。因此，在复杂的过程计算机系统中，仍要在这些外围通道上花费很大的投资。

### 1.1.2 程序系统和工艺的发展

直到1970年，过程计算机及其外围设备的投资还占主要地位，而软件只占总投资额的一小部分。目前，硬件与软件的比例已达到50:50。随着计算机技术的不断发展，几年之后这一比例将变成30:70。此外，制定过程计算机应用计划也很繁杂。目前，过程计算机的程序绝大部分还是用机器语言。由于要解决的问题越来越复杂，从而对计算机系统适应性的要求也越来越高，因此就必须使用更高级的程序语言。

制造厂了解这一趋势，并为实际应用提供越来越多的专用语言和标准解。此外，过程计算机的使用者还要自编专用程序。

## 1.2 工艺类型及其控制方法

钢铁工业有着多种多样的工艺和设备，其中只有一部分适合搞自动化。这通常是由于只能不完全地满足最重要的自动化前提条件：准确、及时地掌握所有的测量值，即使满足了这一要求，仍不能保证在所有情况下都能通过适当的控制策略对工艺过程进行控制。钢铁冶炼中的大多数生产工艺是不连续的和非线性的，而且，反应时间很短。初始条件的变化和容量负载的波动也带来了相当大的困难，只有经过反复的装料计算才能达到理想的目标值。

与此相反，在轧制和成型生产中，存在着一系列已知近乎线性转换关系的快速工艺过程，因此已经达到较高的自动化程度。在现有的设备中，各种设备之间自动化程度相差很大。有可能用仪表直接测量目标值的系统特别适合于全自动化。而那些需要由人来进行观察和估计的工艺过程，不可避免地要受到主观因素的影响，因此，就不存在自动化的基础。但复杂的工艺过程在装备自动化系统时，要进行下列诸方面的系统分析处理：

1、工艺流程类型：装料过程、连续过程、单件加工过程；

- 2、目标值：直接和间接测量，静态行为，动态行为，准确度，测量滞后时间；
- 3、工艺流程关系：时间关系（变量和非变量），集中和分散的参数，连接方式，过程的线性和非线性关系；
- 4、可改变性、可控制性：工艺过程的输入参量，调节量；
- 5、控制策略：控制，调节；
- 6、控制策略的辅助手段：模型，自适应。

所有的信息和自动化系统的基础是一个能作数据处理的快速可靠的数据处理系统。按此，有两种不同操作方式的数据处理系统：

1、积分数据处理系统，与设备运转异步，收集运转数据的总和，主要用于运转数据的收集和处理；

2、微分数据处理系统，与设备运转同步，收集并处理即时的数量、质量数据，主要用于质量保证和过程控制。

除了数据收集和处理的任務之外，还有一个按照适当的策略进行过程控制的问题。图1.4概括出各种可能的控制策略。

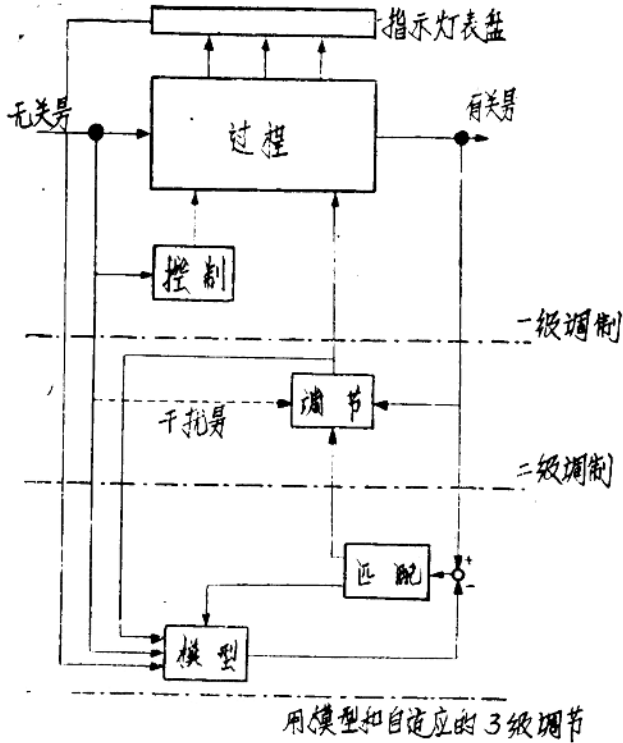


图1.4 各种过程控制策略

利用表示工艺流程的数学模型来调节工艺过程的情形越来越多。为建立复杂工艺过程用的分析模型，需要对工艺系统有详细的了解，而利用统计方法得出的描述系统的经验模

型，在实际中可以保证较快地取得部分自动化的成果。

这种模型对于设备的自适应，产生了自适应调节方法。近年来，自适应方法已广泛地应用于不能测量目标值的工艺过程。

### 1.3 过程计算机应用的概况

对于不同的企业和设备范围，已经生产出不同形式的具有分层结构的计算机。在这里，企业调度任务由中心计算机完成，而生产控制则由分散的系统完成。这些分散的控制系统是从属于运转数据处理系统和质量保证系统的分系统。只有达到了如下的目的，使用计算机才是经济的：

- 提高生产率；
- 增加产量；
- 改善质量；
- 生产过程最佳化；
- 保证设备安全运行。

从这一点出发，在作出投资决定之前，要详细考察所有系统的经济性。通过简单的图解分析法，就可以分析出经济性的边界值，其简单形式见图1.5。

根据操作要求，进行数据收集，处理和直接数据输出的过程计算机可用于三个方面：

- 1、用于生产调度，
- 2、用于质量保证；
- 3、用于过程自动化。

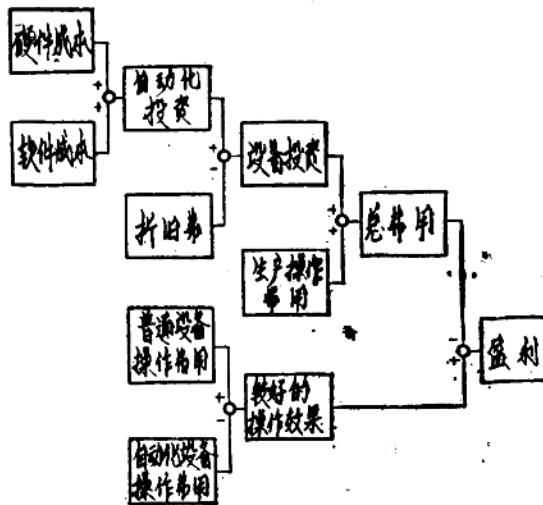


图 1.5 简单的图表分析法

### 1.3.1 数据处理系统

用于操作数据处理的过程计算机的重要性在不断提高。目前已安装的计算机中，数据处理机占总数的70%以上。外围数据处理设备的应用范围显著扩大了。它在整个数据处理系统所占的份额，在1970年约为15%，1975年为35%，到1980年将超过50%。这种数据处理设备目前是用核算和计划的计算机系统中的一个固定的组成部分。在生产过程中，从进料到发货，几乎所有部门都通过此计算机系统进行联络（图1.6）。

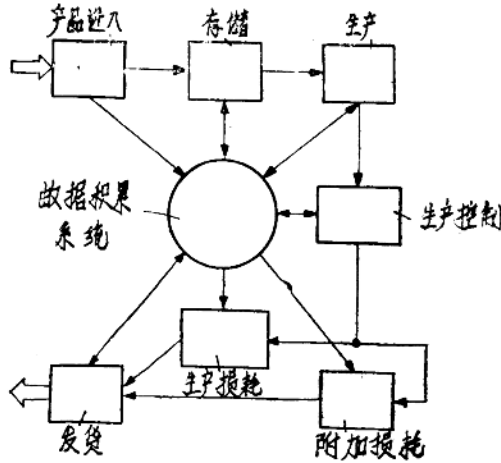


图 1.6 用一台数据处理进行联络的部门。

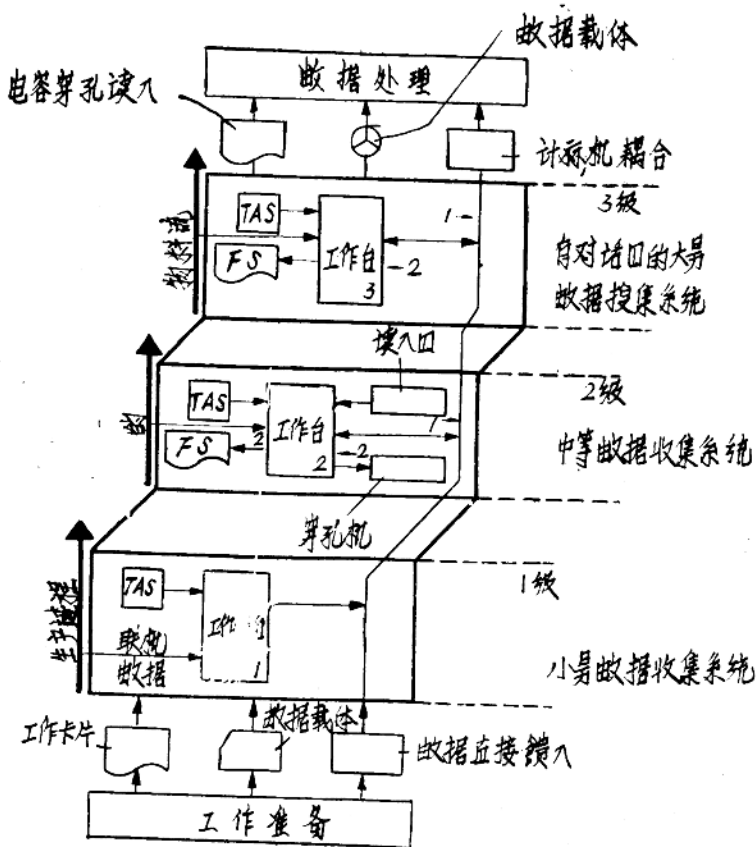
这里收集了所有关于产品质量标准的重要数据。有三个重要的操作特点：

- 通过测量仪表取得原始数据；
- 联机数据收集；
- 数据直接处理和进一步处理。

从生产设备的结构及职能部分与工作岗位对信息的需要来看，对数据处理系统的要求是大不相同的。图1.7表示出生产过程与数据处理系统之间联系的示意图。操作准备装置作为控制中心而起着决定性的作用。这种系统的引用和发展经历了三个阶段：

- 1、数据输入系统；
- 2、通过数据传送器进行数据输入和数据给定系统；
- 3、对话系统。

决定仪表技术设备能否采用的基础是该系统的结构，这里还必须考虑到生产设备的结构和各道工序所要收集的数据量及由此而带来的数据通讯系统的容量。



- TAS——电键输入；FS——电传打字机；  
 3级：有对话系统的大量数据积累系统；  
 2级：中等数量数据积累系统；  
 1级：少量数据积累系统  
 1、数据反馈；2、数据输入；

图1.7 数据处理系统的结构

为了确定通讯系统的容量，应该准确地分析各道工序与计算中心的数据流量。

随着需要量的提高，发展了一种由通用的模块组成的系统。现代化的控制系统是按照母线原理组装起来的（图1.8）。

这些母线分接在地址、数据和中断通道中，这就为以后扩装数据收集分系统提供了极大的灵活性。在这样的系统中，有三个互相分离而又互相协调任务范围的单独功能块。

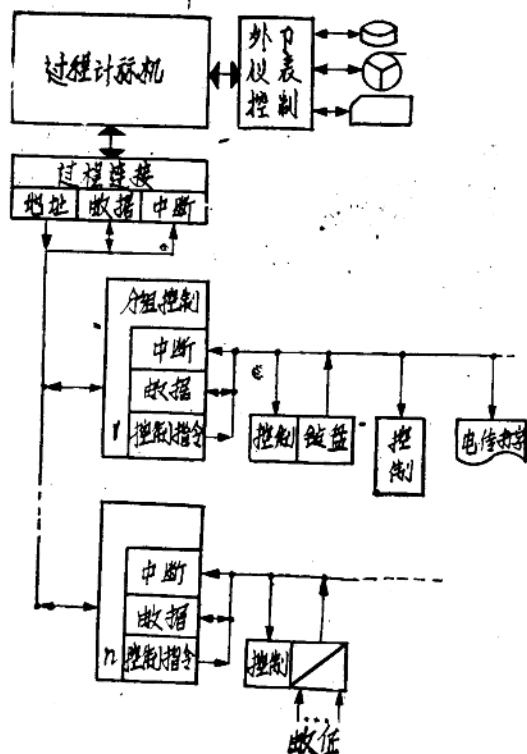


图1.8 数据处理系统的结构

这三个功能块是：

- 1、具有标准输入和输出外围设备的过程计算机，作为数据处理的有效控制中心；
- 2、连接在母线上的分系统，用于控制数据输入和输出单元；
- 3、用于信息输出和输入单元。

有了这些系统就可以在仪表和计算中心之间进行数据通讯了。由于该系统的地址通道数据通道和控制通道的整个结构是统一的，所以给运转系统的调机工作带来很大方便。

这种类型的直接收集设备运转数据的系统可以做到：汇集各道工序的信息，检验所有的数据，并且能把必要的预定数据提供给下一道工序。这样就可以向数据处理系统提供最佳的数据。

### 1.3.2 质量保证系统

由于对产品质量的要求不断提高，就要有质量保证系统。此系统必须能够收集关于产品质量的信息并且加以处理，然后向偏差修正系统发出指令。因此，通过相应的检测系统来测出产品的缺陷就是先决条件。

检测产品质量时，检测仪表应与生产流程同步运行，并为数据处理系统提供信息。

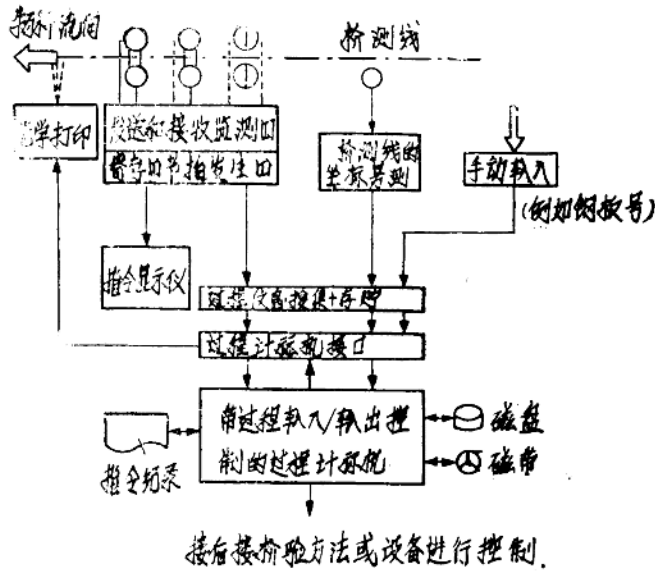


图1.9 使用过程计算机的超声波检测系统方框图

这里自动化的目的是：

- 1、直接掌握偏差，向偏差修正系统发出指令；
- 2、减轻繁杂的检验工作；
- 3、建立一个可供验收用的检验纪录。

常用的连续检验产品质量（例如板和管）的一种方法是超声波探伤法。新型的超声仪对于缺陷及其延伸部分能明显地区别开来。图1.9表示出一个包括计算机在内的超声波检测系统的典型设备示意图。由探头、信息处理及信号显示仪表组成的超声波系统，在检测过程中从试件上得到的信息是如此之多，以至必须用计算机才能掌握各种信息以及这些信息之间的联系。超声仪得到的座标信号和待测件的识别号是由过程计算机的通道输入到计算机并进行运算，然后打印在可供验收的缺陷纪录上。此外，还有可能根据检验结果直接控制后续处理过程。

这种类型的质量保证系统的特点是技术要求高：

- 缺陷的快速、准确定位；
- 单个信号处理，给出缺陷集合体；
- 能按缺陷的类型和大小进行分类；
- 能给出检验纪录或直接控制设备。

对于这种数据处理过程计算机系统的可靠性要求特别高。中断系统时间为100 毫秒，每个待检件的数据量为千个字符。处理存贮数据时，应尽量压缩数据量，由操作人员选出有意义的数（约占原始数据量的1%），以便进行分析。

### 1.3.3 生产流程自动化系统

为了使具有近似线性关系快速调节对象的轧钢机自动化，使用过计算机就特别合适。这里可区分两种不同应用重点：

1、控制从原料库到成品库的整个轧钢厂的过程计算机。它要掌握加热炉、轧机、后续的处理工序和精整工段的情况；

2、用于控制设备某一部位的小型专用过程计算机系统，这种计算机通常是按照固定程序工作的，并与上一级计算机保持从属关系。

在许多轧钢厂中，中厚板轧机的主传动，上压下系统和一些辅助设备的自动化取得了很大成果。

一台5米中厚板轧机所轧的板坯重量可达45吨，所轧的板子宽度可达5米，厚 $8 \sim 30^0$ 毫米。使用过程计算机来实现生产自动化可以达到如下的目的：

- 提高质量（精确地保持中厚板尺寸）；
- 增加产量（减少精轧道次）；
- 避免轧机过负荷。

为达此目的，在曼内斯曼公司的中厚板轧机上，安装了一台内存为16K的，另有一个存贮量为256K的磁鼓和相应的操作和工艺外围设备的过程计算机。

经过一段时期的运转证明，计算机在缩小公差范围的同时防止了设备的过负荷。

用过程计算机进行最佳化控制的方法是，根据轧机的极限负荷，计算出每一轧制道长的最佳压下量。

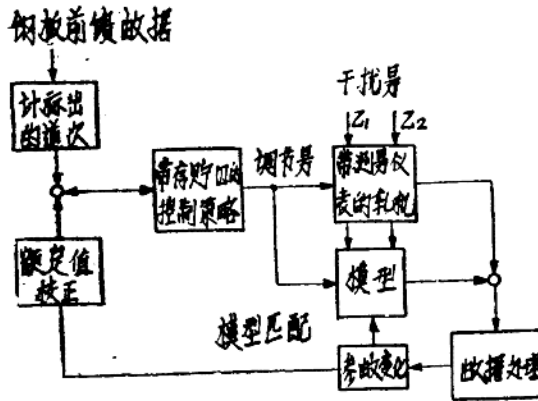


图 1.10 中厚板轧机的自适应控制

要想在给定的轧机参数（弹跳率、轧辊弯曲度）的基础上保持钢板严密的尺寸公差，只能采用自适应模型法，这个模型也反映了轧机的上述参数。图 1.10 表示该轧机自适应控制的方框图。这是涉及到一个带有存贮器的两点调节系统，它可以在一个轧制道次开始时预先给出轧机的额定值。到目前为止已安装的过程计算机都采用自适应的方法，它可以进行参数的识别和自适应调节。最近的研究工作表明，在这种系统中，仍有一些结构变化，这些变化仍不能通过参数自适应获得最佳补偿。

用这个系统所达到的板厚精度是手动控制所不能达到的；手动控制只能达到 $\pm 26 = \pm$



0.4毫米，而自动控制可达 $2\sigma = \pm 0.21$ 毫米。

这一比较表明了过程计算机在对工艺流程的仪表检测、公差设定和对变化的快速反映等方面的优点。

在冶炼操作中，虽然也引进了过程计算机，但还不是直接控制生产过程的形式。目前，妨碍其应用的主要障碍是对工艺过程目标值进行直接和准确测量的手段。

就高炉而言，至今还不能连续测定铁水成份。西德在试验一种方法，试图通过高炉煤气的分析来掌握冶炼过程中工艺关系的变化。在炼钢厂的冶炼过程中，还没有什么方法能直接连续测定钢水成分和终点温度。在顶吹氧气转炉炼钢中，只能通过炉气分析来对工艺过程的变化进行近似的连续观察。有两种用于顶吹转炉的，有局限性的模型系统在试验之中：

- 1、静态的装料计算，预先算出铁水、废钢和氧气的数量及吹炼时间；

- 2、动态过程控制，通过废气分析来控制脱碳速度和氧气分配。目前，通过付枪进行测温定碳的研究工作也取得显著成效。

用这些模型进行过程控制在冶炼速度和能量消耗方面都达不到最佳的效果，因为钢水的终点碳温值必须达到非常高的准确度。所以，到目前为止，需要后吹的炉次还占着很大的百分比。

#### 1.3.4 过程计算机的使用重点和经济技术问题

到目前为止所安装的过程计算机系统中，约有50%在轧钢厂，20%在顶吹氧气转炉钢厂，30%在其它设备中。

显然，在轧钢厂中使用过程计算机往往使操作获得最大的好处。通过一次调查获知，在欧州被调查的工厂中，自动化显示出巨大的优越性，它使46%的产品提高了均匀性、42%的产品改进了质量。

图1.11概述了在过程计算机应用领域中的经济和技术利益。由此可以看出，约有75%的计算机用于操作和质量数据的收集，而25%用于生产过程自动化。操作数据处理几乎对于所有的领域都有很大的利益，而质量数据处理则仅对那些有最终成品的部门是重要的。

总而言之，在钢铁工业中，用于企业管理的计算机，目前显然远比用于过程自动化的系统为多。只有建立起足够准确的静态和动态工艺模型，实现了自动化操作而达到更高的产品精度和更高的产量时，才能改变这种状况。