

过程控制软件概论

〔英〕 R·爱伦·查德 著

谭克艰 邓亦仁 译

童 频 校

WHILE X <
IF Y ==
1. Q ==

科学技术文献出版社重庆分社

过程控制软件概论

(英) R. 爱伦·查德 著

谭克艰 邓亦仁 译

童 颖 校

科学技术文献出版社重庆分社

过程控制软件概论

译者：谭克艰 邓亦仁

校者：童 頔

责任编辑：林云梯

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店重庆发行所 发行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本：787×1092毫米1/32

印张：6.75 字数：15万

1987年5月第一版

1987年5月第一次印刷

科技新书目，146—232

印数：3200

统一书号：15176·733

定价：1.45元

译者序

本书是英国国家计算中心编写的信息处理丛书之一，它从计算机参与过程控制的角度出发，系统而全面地介绍了过程控制中的软件概念。作者R. Alan Chard是英国国家计算中心的高级顾问，多年从事信息处理、过程控制方面的工作。本书是汇集了其研究成果，并参考了许多系统制造公司的内部文件写成的。

本书属导论性质，对过程控制的基本技术、设备和概念都作了精辟的论述，其论述深入浅出，概念清楚，内容丰富。对于学习和掌握过程控制软件以及有关设计、运行和维护方面的知识，无疑是一本较好的读物。

自微型计算机问世以来，过程控制的发展极为迅速，应用日趋广泛。新技术、新概念、新方法不断涌现，而过程控制软件在较长时期内却是一个被忽视了的领域，因此，即使是对于多年从事微型计算机过程控制的人来说，本书也有参考价值。

由于水平所限，译文中会有不妥之处，敬请读者指正。

译者

目 录

第一章 导论	(1)
概述.....	(1)
为什么要用计算机.....	(2)
过程控制的主要功能.....	(3)
硬件综述.....	(8)
工程项目的寿命周期.....	(10)
第二章 输入和输出	(11)
基础知识.....	(11)
数字输入.....	(12)
数字输出.....	(17)
模拟输入.....	(19)
模拟输出.....	(23)
特殊输入和输出.....	(25)
第三章 输入处理	(31)
引言.....	(31)
数字变化.....	(33)
模拟量变化和输入处理.....	(44)
处理例行程序.....	(44)
报警信号检测.....	(52)
由模拟输入得到报警消息.....	(56)
数据的记录和重现.....	(58)

第四章 连续控制	(64)
引言	(64)
开环和闭环控制	(68)
历史背景	(71)
连续控制——一般方法	(73)
采样数据系统	(82)
控制回路的计算机实现	(84)
比例控制	(89)
级联控制回路	(90)
数据初始化	(92)
连续控制程序的执行	(93)
控制回路的状态	(96)
第五章 顺序控制	(98)
引言	(98)
顺序控制的实现	(99)
可编程逻辑控制器	(102)
顺序控制实现的细节	(105)
控制序列的建立	(110)
控制序列的编辑	(112)
控制序列的操作步	(171)
子程序	(125)
程序状态	(129)
第六章 操作员接口	(130)
引言	(130)
操作员输入	(130)
系统输出	(134)
软键标志	(139)

主显示区.....	(139)
操作员对系统数据的存取.....	(141)
第七章 故障和容错硬件.....	(155)
引言.....	(155)
故障类型.....	(155)
总体容错.....	(160)
可靠性和可用性.....	(160)
前/后台系统.....	(166)
第八章 分布控制系统.....	(169)
引言.....	(169)
数据通道操作协议.....	(174)
第九章 设计的寿命周期.....	(176)
引言.....	(176)
标准系统的寿命期.....	(180)
非标准系统的寿命期.....	(181)
第十章 软件环境.....	(186)
引言.....	(186)
程序设计语言.....	(186)
用于过程控制和其它实时应用的操作系统.....	(189)
虚拟寻址.....	(197)
软件工具或实用程序.....	(198)
重写与“打补丁”技术.....	(198)
系统生成.....	(202)
附录 制造厂家报价须知.....	(204)

第一章 导 论

概 述

过程控制系统用于监视设备的状态，给设备操作员提供信息，以及按照预定计划控制过程。过程控制计算机与其它计算机的主要区别在于：操作数据既不是由人工输入系统，也不是由辅助存贮器的文件提供，而是由计算机直接从外界读入的。这和数据处理的情况恰恰相反。在数据处理场合，信息可能由键盘输入系统，并存放在临时存贮器的文件里，也许要过一段时间才对它们进行处理，也可能当信息积累到一定程度，值得程序运行时才进行处理。

从计算机运算结果的角度也可以作类似比较。过程控制系统直接与外部设备连接，该设备以某种方式影响过程。所以计算机能从过程中获得信息，然后影响过程以校正干扰。

数据处理计算机大多以打印形式输出，也许要采用邮寄的方式送交收件人。譬如用计算机开发票就是个很好的例子，发票从开出到送达目的地需要好几天。企图以与处理煤气或电费帐单类似的方法来操纵一个化工生产过程，那是不堪设想的。过程控制系统的特点是它直接与外部传感器打交道，并具有某种手段去影响过程中所发生的事件。若系统没有直接输出设备，最好不把它看作控制系统，而看作监视系统。

采用计算机的过程控制系统的内部组织与数据处理环境

的内部组织大不相同。数据处理系统常常是通用型的，为用户多种功能。与之相反，常常把过程控制计算机专用于一种功能，即用于控制某一过程。它也可能具备另一些功能，但那是次要的。

另一个主要区别在于从数据输入计算机到获得结果所经历的时间。过程控制系统必须立即对外部激励作出响应，马上运行一段适当的程序。有些商用计算机系统能做到这一点，但大多数计算机系统设计上就不具备迅速响应的能力。在控制情况，每当进行一次运算或一宗事务处理，或者确定是否有工作要做都要运行程序。一些过程控制程序要比另一些运行频繁。在一些特殊领域，控制程序每秒要运行 100 次。

还有一个区别在于所采用的计算机的规模。数据处理传统上是在大型计算机上进行的，而过程控制则由采用小型计算机发展到采用“超小型”计算机和微处理机。微处理机用于组装以处理机为基础的单回路控制器。但为了有能力完成更多的工作，也有采用较大的和速度较高的计算机的趋势。将来的发展方向是系统的输入/输出和其它例行程序部分脱离主处理机，转移到以微处理机为基础模块上。这使主处理机能腾出大量时间来执行控制任务。

表1.1归纳了过程控制与数据处理(DP)系统的区别。

为什么要用计算机

对过程控制而言，优先采用计算机而不采用常规系统，并没有一个压倒一切的理由。在过程控制中采用计算机的优

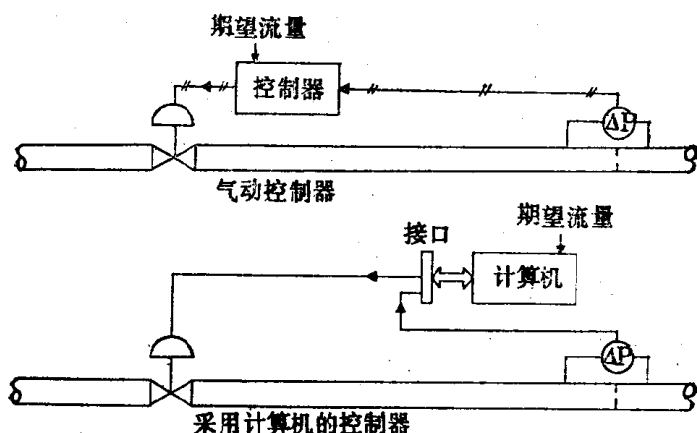
表 1.1 过程控制系统和数据处理系统的区别

数据处理	过程控制
程序根据数据处理的要求运行	主控制程序连续运行
程序执行时间长	程序执行时间短
程序执行的时间性不严格且时间可延迟	迅速地执行程序以响应外部事件是主要的；程序也以一定的频率定时运行
打印输出量大	打印输出量小
在分析以往的数据的基础上报告发生了什么情况	在分析现行数据的基础上对过程进行控制
运用大型计算机（尽管这点现在在变化）	运用小型计算机，但现在也采用较大的计算机
不直接与生产设备相连	直接与生产设备相连
数据积累在事务处理文件中，直到值得程序运行时才进行处理，譬如可以隔夜处理	尽快地处理所有的数据变化
通常运用一台计算机	常常运用双机或分布式系统

点可列举如下：

- 可在一个中心点和/或在各工段的分散点利用所有设备的数据；
- 迅速地作出错误或报警检测和报告；
- 生产设备按规程运行（在有多个操作人员交互作用的常规控制系统中，并非总是如此）；
- 便于显示和打印输出操作信息；
- 可采用精确可靠且可重复的方式来改变生产流程和操作条件，使浪费最少；

- 把所有的报警信号和操作动作都记录下来，以便管理部门分析故障的原因；
- 减小控制板的尺寸和成本；
- 减小控制室的面积；
- 以完全相同的方式处理每一批原料；
- 批处理记录表是自动记录的；
- 复杂过程能自动起动和停止；
- 可实现完全联锁。



注：在采用计算机的系统中，由于传感器、控制器和被控元件间的功能连接是在计算机内实现的，故控制回路的更改比较容易。

图1.1 采用计算机的控制器和常规的控制

计算机系统的灵活性是一个优点。在常规控制系统中，控制器、传感器和阀门之间的连接是固定的，它们不是用气动管道就是用电线连接。由于作任何改动都要拆卸管线，然后再改接，所以改动困难。

采用计算机的系统不存在这种固定连接。这类连接是用软件实现的，故可以迅速而方便地进行改动。由于计算机系统的改动极为容易，所以大多数系统配备有一些安全措施，以防无关人员乱动。（计算机控制系统和常规控制系统的差别如图1.1所示。）

采用计算机的系统的另一主要优点是它提供了信息处理能力。设备中所发生事件的信息可迅速地记录下来，并且可以在事后任何时候很方便地以不同的格式显示。在过程控制环境，计算机可为各级管理部门提供便于理解的信息。

过程控制的主要功能

过程控制系统所具备的主要功能如下（虽然对每个系统来说，并非全都具备）：

- 有报警检测和显示的生产设备数据输入/输出；
- 数据表示；
- 连续控制（即控制回路）；
- 顺序控制（即批量控制）；
- 记录历史数据；
- 记录趋势；
- 过程模拟；
- 操作员与过程的相互作用。

生产设备数据的输入/输出是由专门的电子硬件实现的，这些硬件把外部传感器和执行机构与计算机连接起来。计算机具有检查输入的程序，读入输入状态或数值。当生产设备或计算机系统内部发生故障时，将进行报警校验，以提醒操作员注意。系统将计算输出量并隔一定时间把它们送到受控

对象。

由受控对象输入的或经过运算得到的数据几乎能以任何方式提供给操作员。实际工作中，可运用显示设备。例如，可用单色显示器以列表形式显示文本内容。现在多数过程控制系统配有由半图解象素组成的彩色显示器。每个象素本身又由许多小点构成，能显示较大和较复杂的图形。高分辨率的图示技术已用得很普遍，它可提供高清晰度的高质量图象。

控制某个工业过程的方法主要取决于过程本身。连续控制和顺序控制是化工生产采用的两种主要方法。在连续控制中，原材料不间断地投入过程，通过调节投入原料的流量及过程中的温度（或其它变量）来实现控制。当原料的流量发生变化时，加热器、冷却器等都必须以适当的变化作出响应。整个过程连续地对运行参数的微小变化作出响应，力图始终保持最佳状态。

批量处理指的是一批原材料以一个整体的形式经受一系列物理的或化学的变化（即一个过程）。批量过程控制要求对同一批原料一个接一个地进行一系列小操作，直到这个过程完成。在批量处理中，原材料常常以整体的方式，从工厂的一个地方移动到另一个地方，制造过程的不同组成部分是在不同的容器内进行的。在理想情况下，对每批材料都以相同的方式进行处理。

过程控制系统用不同的方式处理连续控制和批量顺序控制。连续控制从生产设备读入输入值，把这些值与要求值相比较，产生输出，并把输出立即送回设备。经过一个短一段时间后（一般为1秒），再重复这种运算，以便发现微小的变化，并迅速地采取校正动作。

顺序控制通常更为困难。它要求详尽地描述用一系列微小动作表示的制造过程。不仅必须熟悉这些过程，而且还要尽可能多地提供发生意外情况时应采取的对策。

在大多数的应用中，书写时序是相当费力的。要精确地确定如何控制一个过程，相应地就要写出时序，然后检验时序，这都要花相当多的时间。所以书写时序所花的时间往往比预计的要长得多。另外，由十分熟悉生产过程的人来帮助确定生产设备的操作方法，这点也很重要。但这样的人往往很难离开生产岗位，从而造成更多的困难和延误。

在进行过程控制的时候，计算机系统内有大量可资利用的信息。信息是以数字形式表示的，可迅速而方便地进行运算和存贮。为了进行检索，许多过程控制系统具有能够有选择地短期记录（最长到24小时）或者长期记录部份数据这一特点。长期记录和短期记录的用途是完全不同的。短期保存数据的目的是供操作员观察设备的工况，而长期保存数据的目的是为了分析历史工况。除了这些趋势和历史数据记录功能外，还可能作出成批运行记录。这意味着能对投入过程的一批材料的进展情况就其所需的详细程度进行追踪。

若一个受控过程可以用数学模型来描述，就能增强控制系统的总能力。只有知道设备对于激励的响应，并可以通过适当的运算预测响应，才能考虑这种方案。若这些条件都符合，则可以按照总目标（例如维持流进若干个化学反应器中的最佳流量或者调度生产以节约原材料或能量）来调整各台生产设备的参数。然而，若不知道生产设备的响应，即使计算机的功能再强，也无法用于仿真。

任何过程控制系统的最重要的功能部件可能是操作员接口。这是每个与系统接触的人观看和运用的部件。若显示器

乱摆（这是常见的故障）或显示时延太长，那么，即使系统对生产设备的控制是出色的，也会感到整个系统不可信赖。

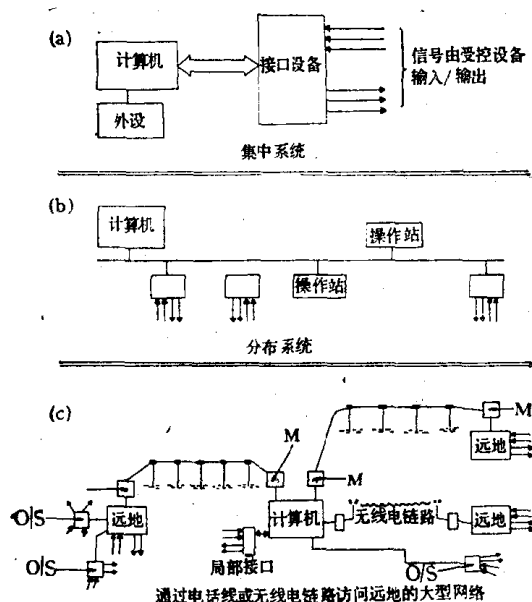
操作员接口为操作员提供了与控制系统相互作用的手段，使生产设备保持在最佳运行状态。操作员接口必须便于使用，不应使操作员觉得不知所措或迷惑不解。错误操作命令所产生的任何错误信息应当是有意义的。因为在人/机对话过程中的任一时刻，紧接的所允许的输入是已知的，故这一点并不难达到。一个系统只是拒绝错误的输入，或是产生使人不能理解的信息，将无助于操作员。在紧急情况下，无疑将是一种障碍。‘软键’（Soft Key）的引入将使这种情况有所改善。由于软键是系统根据已发生的击键状况予以动态标记的，因此它可以通过显示当前应该作出何种选择来提示操作员。

多数系统的内部组织是模块化的。每个程序执行一种特定的任务，例如，报警分析或者从生产设备接口读输入量。然后把这些模块与操作系统联系起来，形成一个完整的控制软件包。这种安排有很多优点，它使一个系统仅由必要的标准模块构成。各个模块都可由一个人或一个小组（两、三个人）来编写并进行维护。在第十章里将详细地讨论系统的内部组织。

硬件综述

实现过程控制所采用的计算机硬件范围很广，有装在单回路控制器里的微处理机，有小型计算机，有大型计算机，还包括32位超小型计算机。硬件是系统的一个关键部分，其

中的处理器仅仅是系统中的一个部件。其它的硬件的其它部分包括电源, 机柜, 与生产设备连接的接口设备, 打印机, 显示器等等。图 1.2 所示是三种不同类型的过程控制系统框图, 说明了‘过程控制系统’这个名称所包括的系统范围。



O/S = 远程操作站 M = 调制解调器

图1.2 过程控制系统的类型

分布在很广的地理范围内分布式系统的典型例子。

远地站与主控制站通过无线电、电话线或其它的远距离通信媒介 (例如对流层散射) 连接起来。各远地站本身就可以是一个计算机系统, 它与起控制系统作用的若干分站相联。这种系统可以用于如象电力、给水或供气之类的大型分布网络。

在着手设计工程项目时, 无论它是计算机控制的, 还是用其它方式控制的, 都要考虑可能会出现故障。大多设备制造厂家均可提供对不同类型故障作出响应的软件和硬件,

使生产设备能连续进行或者有步骤地停机。用户应首先审查它的生产过程，以确定是否有必要在各种条件下维持控制。并把这种必要性与额外的投资和系统复杂性相权衡。尽管故障不常出现，但故障总是会发生的，所以这个问题应当在设计寿命期的早期就予以考虑。通过深思熟虑和周密计划，可将投资风险降到最低程度。

工程项目的寿命期

一项工程项目的寿命期包括从讨论系统的最初设想到最终切断电源不再运行这段时间内所发生的每一件事情。

这段时间可划分为许多阶段，每一阶段都有它自己的明显特点。根据用户如何获得这个系统，阶段的划分可能有很大差异。可划分为两种显然不同类型的控制系统（即标准的和专门设计的），每个系统都具有各自的寿命期。购买标准系统如同购买另外某种高级控制设备一样，买方必须有充分的把握相信所拟购的设备适于完成所要做的工作，然后进行一系列安装和调试。专门设计的系统是针对买方的需求而建造的。因而在设计之前，需要更为详细的技术规范和协议。第九章阐述了这两类系统完全不同的寿命期特点。

计算机更广泛地用于控制的主要障碍在于传感器的可用性。传感器检测外界的变化，并把这种变化转换为电信号。同样，也需要新型的输出设备，使计算机的输出能影响有关装置。与计算机硬件或程序编制相比，今后的运用更取决于这类问题的解决。