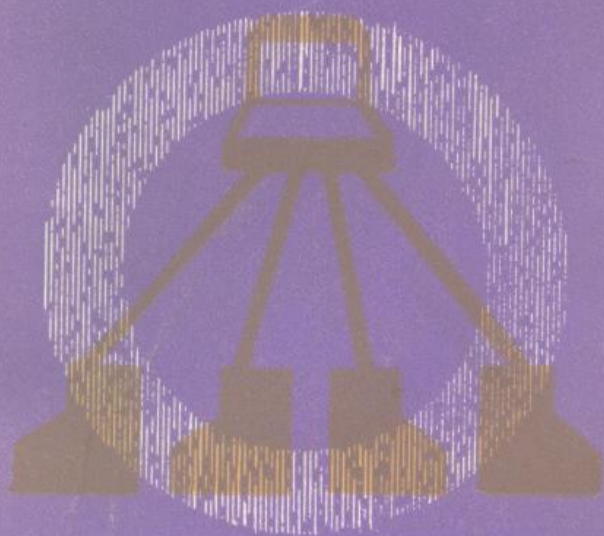


高等学校教学参考书

计算机遥控系统 分析与设计

北方交通大学 王菊贞 编著



中国铁道出版社

高等学校教学参考书

计算机遥控系统分析与设计

北方交通大学 王菊贞 编著

中国铁道出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了计算机遥控系统的分析与设计，重点在于中心控制机。本书共分五个部分：第一、二章主要内容是系统构成与其在设计中主要考虑的问题；第三、四章重点介绍了中心控制机的软、硬件设计；第五章介绍了铁路信号遥控系统的可靠性；第六章对C语言做了简要介绍；第七章介绍了国外有代表性的计算机遥控系统及新的进展。

本书不仅可作为硕士研究生教材、有关专业大学高年级学生的参考书，也可供从事计算机遥控系统的科研及设计人员参考。

高等学校教学参考书

计算机遥控系统分析与设计

王菊贞 编著

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 魏京燕 封面设计 刘景山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10.5 字数：220千

1990年2月 第1版 第1次印刷

印数：1—42000册 定价：2.10元

ISBN7-113-00680-9/TP·73

前 言

随着计算机科学的发展,国内外对计算机遥控系统的研究与应用日益广泛。例如交通运输控制系统、通信指挥与控制系统、电力系统、卫星控制系统等。因而当前迫切需要一本系统地讲述计算机遥控系统的书籍。计算机遥控系统可分为中心控制机、通道、区域机三大部分。其中通道部分在有关计算机通信的论文、书籍中已有很多阐述,而区域机的功能较简单,主要是信息的采集与执行,当读者掌握了中心控制机的分析和设计方法时,区域机问题可以迎刃而解。因而计算机遥控系统的核心是中心控制机,故本书重点阐述了中心控制机的功能要求、评价标准以及软、硬件设计等内容,并通过铁路信号遥控系统的实例说明具体的设计与应用。读者在已具有计算机基本原理及软、硬件基础知识的前提下,通过对本书的阅读,可学会分析、设计计算机遥控系统的方法。在硬件电路设计和软件编制中,不同的读者可能采用不同的方式和程序语言,同时为了节省篇幅,所以本书不给出具体的硬件电路、源程序。

作者从1984年开始,为交通运输自动化与控制专业硕士研究生用英语讲授了本课程。所用的教材是根据作者1981~1983年在美国访问过程中的实践,以及回国后的科研工作,并参考了大量国内外资料的基础上撰写的。在五次讲课过程中,不断对教材进行了补充。本书是考虑到更广泛读者的需要,在1987年教材的基础上增删修改后定稿的。本书不仅可以作为硕士研究生的教材、有关专业大学高年级的参考书,

同时可供从事计算机遥控系统的科研及设计人员参考。

全书共七章，可分成五个部分：

第一部分是全书的基础，包括第一、二章。主要从系统方面进行阐述。其中包括计算机遥控系统的基本概念、典型计算机遥控系统的组成，计算机在遥控系统中的位置及对计算机的选择。同时阐述了遥控系统分析和设计内容，其中包括系统分析与综合的设计方法及数据传输、线路控制方法等有关问题。使读者在具有整体系统知识的基础上进入软、硬件设计。

第二部分是本书的核心，包括第三、四章。在这部分，重点阐述了软、硬件问题，包括中心控制机的评价标准及软、硬件的设计方法。结合中心控制机硬件结构，介绍了调度程序及多微处理器间的通讯联系，并以铁路信号遥控系统为例，阐述了静态和动态数据结构的建立方法，较详尽地说明了控制信息与表示信息的形成以及逻辑处理等程序的模块设计。

遥控系统的正常运行是十分重要的问题，在第五章中着重讨论了计算机遥控系统中的可靠性、冗余技术和故障诊断中的基本问题。并通过举例说明系统采用主-备冗余方案时，设计中应当考虑的问题与方法。这是本书的第三部分。

由于C语言结构方面的特点，特别适用于实时控制系统的软件设计。故在第六章用少量篇幅介绍C语言的基础知识。使读者具有阅读与分析计算机遥控系统软件的能力。这是本书的第四部分。

作为本书结束的最后一部分，为了使读者了解计算机遥控系统的实用化与发展前景，在第七章中针对近年来国外铁路信号计算机遥控系统的应用与发展，介绍了有代表性的计算机遥控系统。对广为研究与开发的计算机辅助调度系统与

新型的列车控制系统进行了介绍。

北方交通大学通信与控制工程系赵志熙教授审阅了全书，并提出了极为宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

作 者

于北方交通大学

1989年3月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 遥控系统的概述	1
第二节 计算机遥控系统的典型——C ³ 系统的描述	8
第三节 遥控系统中的计算机	12
第二章 计算机遥控系统的设计及需要考虑的问题	27
第一节 计算机遥控系统设计	27
第二节 计算机遥控系统设计时需特殊考虑的问题	34
第三章 中心控制机的总体设计	83
第一节 中心控制机的设计基础	83
第二节 单机结构中心控制机的调度程序	96
第三节 多微处理器结构的中心控制机	121
第四章 中心控制机的应用软件设计	132
第一节 系统的一般信息结构	134
第二节 铁路信号遥控系统的信息结构	139
第三节 操作输入模块设计	152
第四节 控制逻辑检查模块设计	154
第五节 信息重编模块设计	171
第五章 铁路信号遥控系统的可靠性	190
第一节 冗余技术与故障诊断	190
第二节 主、备机转换系统举例	203
第六章 计算机遥控系统程序设计语言——C语言	212

第一节	C语言基础知识简介	212
第二节	表达式和运算符	222
第三节	数据类型	235
第四节	C语言的基本语句	251
第五节	函数与变量说明	266
第七章	计算机遥控系统的应用与发展	278
第一节	计算机遥控系统举例之一	278
第二节	中心控制机采用局部地区网系统—— 计算机遥控系统举例之二	294
第三节	计算机辅助调度系统	306
第四节	新型的列车控制系统(ATCS)	316

第一章 概 论

第一节 遥控系统的概述

遥控系统的主要作用是在特定的地点设置固定的控制与监测设备,借助这种设备可以人工地或自动地对远距离处多个地点固定设备的工作进行指挥与控制。正确的控制不仅依赖于预定的计划,还取决于对被控对象状态的了解以及对控制结果的确认。因此遥控系统实际隐含了远程控制、远程监视甚至于远程测量的内容。任何一个遥控系统对被控对象发布的指挥与控制命令以及被控对象状态的反馈均需要以有意义和有用的信息形式出现。从整体讲,作为遥控系统需要有集中的控制与监测设备、被控点的执行与采集设备以及控制点与被控点之间的通讯联系设备。后面的章节中将陆续予以阐述。本章重点阐述遥控系统中的几个基本概念。

一、系统和信息

(一) 系统的定义

广义地讲,一个系统是使任何一些互相关联、互相作用的部分或元件作用在一起,以形成一个整体,从而可完成专门的功能。形成系统的这些部分和单元之间有着密切的联系。任何的环境条件和操作,只要影响其中之一,则也将对系统中所有其它的部分和单元产生影响。一个系统应当是协同的,这就是说,一旦这个系统发挥了它应有的功能,它所产生的功能的价值将比各部分互相关联时产生的功能的总价值要大。作为一个系统,能够由和向它的环境传感信息,也

就是说，必须有输入和输出。系统的示意如图 1—1 所示。其中输入 $1 \sim n$ 是环境对系统的输入，输出 $1 \sim m$ 是系统对环境的输出。

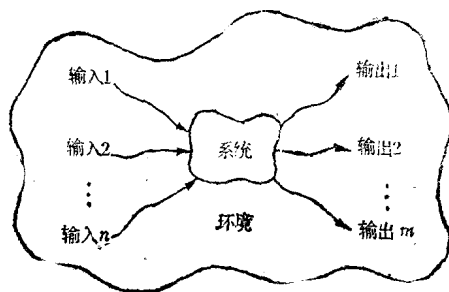


图 1—1 系统示意图

实际生活中，可以提供给我们一些自然和人工制造的系统例子。自然发生的系统的一例即社会环境中的人类，这个系统通过它的一种或多种传感得到输入，如看、听、感觉、闻、尝，然后通过人的说、写和手势以及身体的某些部分的动作提供输出。当然人类可利用其思维在很广的范围内发挥其功能。

作为人工制造的系统，如工厂里的一个车床，它的功能是将输入的原材料经过加工使其成为产品。输入是通过人们的操作进行的，而后，人们按照自己的意图对车床进行控制，使其输出一个期望得到的新的形状、尺寸或功能的零件。

人工制造的系统，从简到繁，取决于系统的功能也取决于系统的组件和其相互作用的逻辑。随着电子技术的发展，近年来结合生产需要，许多类型的电子系统涌现出来。系统中用导线把标准化电子器件联结成硬件结构。元件的特性选择，元件联结的结构是形成不同系统功能的基础。由于计算

技术的广泛应用，目前在电子系统中也以微机元件作为组件。包括微机元件在内的电子组件均称为硬件，这是因为它们是相对固定不变的，一旦它们被选定，并且建立起系统之后，要更换硬件或改变结构则比较麻烦。值得注意的是，微机组件有它的特点，即它的特性有可能在系统的建成中或结构形成后，通过编制程序予以变换。这种在系统设计中开发的程序即被称作软件，这名字的来源是因为它们的改变是相对方便和容易。

（二）子系统的定义

系统的复杂程度随着生产的需要而增加，因此我们可以使得较大的系统包含若干个较小的具有一定功能的系统，每个较小的系统即是系统的子系统。每个子系统有其单独的组件与结构，并有特定的要实现的功能和处理结果。每个子系统的结果将对大系统整体的总目标、最后的产品或功能作出部分贡献，因此总系统与子系统之间存在着主从的激励、调用与任务分配等关系。

（三）信息的定义

无论在系统内部，还是系统与外部环境之间，总是有某种意图，变化情况互相传递着。一般称这些传递的内容为信息。信息本身不能传递，它必须借助某种载体来传输。这些载体可能是物理的几何形状、位置和颜色，也可能是物理的某些属性如声、光、电、磁等等。传递信息的载体称作信号，在不致引起混淆的情况下，信息和信号两个术语，可以交互使用。日常生活中，用户利用电话进行呼叫时，可能出现三种信息的反映：即叫通、忙线、错号未通，这就需要三种不同的信号，即不同的回铃声予以代表。随着科学的进步，特别是计算技术在系统中的应用，信息可以借助被加工了的数据单元或数据组予以表达，这样，不但可以满足较多

信息的传递需要，而且适合计算机进行数据处理的特点。

（四）信息系统的提出与组成

任何复杂的系统如控制系统、遥控系统都是由许多互相关联的部分或子系统组成。需要指出的是系统各部分或子系统之间的互相关联是依赖于资源的共享，其资源之一就是信息。对于任何一个功能化系统来讲，信息都是一个基本资源，利用这项资源可以传递计划的处理与交替的结果，所以，以任何形式构成的功能化系统均应当包括开发、处理和传递信息的方法与过程，从而形成一个信息系统。信息系统需要由人、设备、过程、数据以及其它资源一起协调工作，才能提供统一的、可靠的、准确的信息。我们也可以说，信息系统隐含在各个系统及子系统之中，对信息的开发、处理与传递的研究，应当作为任何系统中分析与研究的重点。

信息系统要承担一定的任务，因此需要有步骤地安排其处理序列，就系统总体来讲，应由如下几个部分组成。其处理图解如图 1—2 所示。

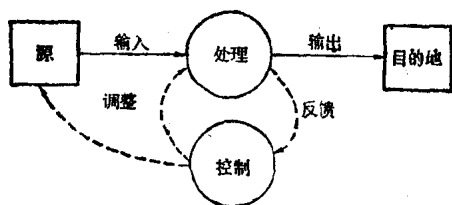


图 1—2 信息系统的处理图解

1. 系统输入。相当原始资料的数据，通过编码后，启动处理模块。
2. 处理过程。即把输入数据变为有用信息的活动。
3. 系统输出。这是处理过程的产品或成果。输出可以以一种信息传递给专门的人员，也可以将其编入文件，作为以

后的参考，或者重复使用。

4. 反馈。这是一种特殊设计措施，用于对系统处理进行证实、质量控制和对输出结果进行评价。

5. 控制。具有检验系统反馈的功能，以便确定是否执行环节达到了预期的效果。

6. 调整。它是控制环节的成果，可以根据需要使其变为输入和进行再处理，最后达到预期的效果。

作为基本信息系统中的以上各个元素，通过协调工作，使输入变换为输出，并且保证系统处理达到要求的水平。

二、遥控系统的提出

(一) 铁路信号遥控系统产生的背景

前已述及遥控系统的主要功能是采用运动技术对生产过程进行控制与监视。生产过程是相当广泛的，铁路运输则是多种类型生产过程之一。

作为一个综合系统，铁路运输系统与土木、机械、电气等以技术为中心的一般系统相比，其性质要复杂得多，它既要完成货物运输，又要完成旅客运输，它与生产发展及国计民生有着极为密切的联系。随着列车密度与速度的日益增加，如何保证列车高速、安全、按计划运行就是铁路运输控制的最基本的任务。基本任务的完成主要依靠行车调度员的指挥来达到。正确的指挥和决策来源于正确、及时地掌握分布于铁路现场各个角落的信息，而且指挥与决策意图的实现取决于指挥命令是否能迅速、正确地为沿铁路线路分布的各执行点设备所接受。具体地讲，即区段行车调度员需根据日班计划运行图指挥列车运行，同时及时收集实际列车运行信息，以便事先做好预测判断，一旦列车运行晚点和发生事故时，对被打乱的运行计划采取相应的调整措施，尽量缩小影

响的范围,及时恢复运行秩序。另外根据运行计划及实际列车运行情况,指挥区段内各车站的操作人员为列车的到达、出发、通过及会让准备适当的进路。显然,随着铁路运输事业的发展,仅采用传统的电话通讯来完成信息搜集与指挥命令的下达方式已远远不能满足要求,随即出现了遥控系统。实际上早在50年代,如区段遥控、枢纽遥控及大小站遥控已为铁路运输所应用。

铁路信号遥控系统的发展是与运输需求以及电子技术的发展相关联的。与电子技术发展相呼应,铁路信号遥控系统所采用的元件已由继电器、分立元件、集成电路发展为目的采用的计算机及微处理器,以至直接采用通用微机与计算机。计算机遥控系统的研制和采用是国内外对行车指挥系统的重大发展。为了合理地安排运行计划,指挥列车运行可通过比较先进的计算机信号遥控系统——通常习惯地称为计算机调度集中或者计算机监督系统,对区段或枢纽内的进路、地面信号设备进行控制与监视、以及监督列车在区段内的运行情况。实际上要圆满地达到调度员预期的指挥效果,还需对列车的运行采取相应的措施。目前该部分被划归列车控制系统进行研究。

由于国内外铁路运输系统中,对计算机应用的更加广泛,在行车调度与运行计划管理方面开始研究和采用计算机辅助调度系统(*Computer Aided Dispatching*简称CAD)。这个系统一方面可使指挥列车运行的功能直接与计算机挂钩,由计算机直接执行;另一方面,可以代替调度员完成日常的事务性记录与报告工作,以及协助调度员作出调整运输计划的决策。

80年代初期,由加拿大及美国铁路公司倡议,研制一种“先进的列车控制系统”(Advanced Train Control Sys-

tem简称ATCS)，并且开始建立了专门的工作委员会，通过对原有的列车控制系统的总况分析，认为原有系统设计中的因素占有过分重要的地位——如调度员、司机，而且他们决策与判断的基础信息是不充分的，尽管列车控制技术曾经在安全和效率方面发挥了并正在发挥着很大的作用，但对于将来日益发展的生产对运输的需求来讲，是不能满足的，对于计算机技术具有的信息处理能力的发挥是相当局限的。决心要以所设计的先进的列车控制系统使铁路工业步入新的一代。因此，目前所研制及采用的计算机遥控系统将期望着被纳入国际上最新倡议的“先进的列车控制系统”，并作为其功能化子系统之一。

（二）电力遥测、遥信系统产生的背景

电力系统是由发电厂、变电站、输电线所组成，虽然它不象铁路运输系统那样，在发电厂和变电站中设有主控制室集中控制和管理，但是它也有一个集中控制管理中心，就是电力系统调度所，在正常或事故情况下，电力系统的运行均由调度所统一管理、统一指挥。值得指出的是，电力系统对厂、站电力设备的控制不是直接的，而是需要实时地掌握发电厂及变电站中机组的输出功率、线路的电流、线电压等参数，以便作为决策的依据。决策是根据以上所说的动态资料作出运行计划、检修计划，它的执行是靠下达这些计划给厂、站值班人员，然后由他们来执行。所以对动态资料的搜集是正确决策的关键，遥测、遥信技术的采用对制订正确的运行计划以及提高调度效能具有重要的作用。

早在50年代，电力系统就开始采用遥测、遥信技术，主要通过运动通道将几百甚至几千公里以外的测量开关位置信号及时地传送到控制中心以完成对厂、站的监测。近年来，由于计算机及数据传输技术的发展，电力系统的遥测、遥信

设备在信息采集与处理以及表示与记录方面的手段更为先进、因此在实时性、可靠性及精度等方面均向更高质量发展。

第二节 计算机遥控系统的 典型——C³系统的描述

一、关于计算机遥控系统的工程手段、初始任务

前已述及，计算机遥控系统的主要标志，是其遥控系统中的主要元件为集成电路元件和微处理器以及微机或计算机，其信息的传输是以二进制数据码元作为信息进行远距离的数据传输。因此我们可以认为这种系统是以如下的四个工程手段的组成来突出其特性的：

1. 信息测定或收集；
2. 通信，即信息传输；
3. 显示；
4. 计算机。

这四个工程手段是互相联系的，又是互相加强的。很显然，系统本身有一个具有决策的权力机构——通常称为中心控制机，它把各种手段予以综合运用，从而成为一个有机联系的工作整体，使其达到对设备的控制与监视。

系统的初始任务，就是对具有决策权力的机关提供实时的情报状态，以便进行决策，当然这种决策可以是自动地，也可以是人工地进行。系统本身需要有软、硬件设备以便把搜集来的数据进行处理。即包含有以不同方式分布的进行数据搜集的设备，对现有数据与以前数据有关的问题的处理，修改文本，表示信息状态，发送和执行决定。系统的特点主要是以闭环形式进行指挥和控制的。这种系统中决策部分由高一级进行，而且为了向决策机构反映命令的执行情况，需

要对执行结果的状态数据进行反馈。所以，闭环形式的采用，保证了有效地执行整个控制。

如所周知，C³系统即通信、指挥和控制系统 (*Communication Command and Control*) 的简称。C³系统是典型的计算机遥控系统。一个通信指挥与控制系统使许多系统的特有技术结合起来，如遥测技术、遥控处理、远距离传输及分时系统等。在一个综合系统中可能只使用上述特有技术之一的一部分。实际上每一特有技术所具有的技术内容都是很多的。从根本上来讲，C³系统是利用所有需要的技术对距离控制中心较远的对象进行集中控制与监视和使其协调工作的系统。下面以C³系统的流程图为例，如图1—3所示，说明计算机遥控系统的一般功能，这主要包括数据搜集、处理、表示和决策几个部分。

二、C³系统应用的广泛性

C³最初应用为一个军事性的系统，但它的原则已经被广泛地采用，让我们仅仅举出在美国应用的几例：

1. 飞机票的预订；
2. 旅馆的预订；
3. 飞机运输控制；
4. 电力分布供应；
5. 银行帐目；
6. 股票市场；
7. 运输系统计划。

应当指出，应用场合虽然不同，而且又非常广泛，但关键因素是对在地理位置上分散的各个信号源进行集中的控制与指挥，使其协调地工作。实际上，C³系统是在较大的组织中进行指挥的，对它的要求是能够充分利用各个信号源，提