

远程控制系统

原理·技术·应用

刘晓娟 董 昱 编



西南交通大学出版社

远 程 控 制 系 统

原理 • 技术 • 应用

刘晓娟 董 昱 编

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了远程控制系统的基本原理、方法及远动技术在铁路信号远程控制系统中的具体应用。主要内容有远程控制系统的概念、技术基础、调度集中、调度监督和微机监测、行车调度自动化、铁路运输调度管理信息系统等。为配合教学,在每章结尾附有小结及思考题。

本书可作为高等院校交通信息工程及控制、工业自动化等专业本科生的远程控制教材和教学参考书,也可供从事铁路信号工作的科技人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

远程控制系统:原理·技术·应用/刘晓娟,董昱编.
成都:西南交通大学出版社,2001.6
ISBN 7-81057-548-1

I. 远… II. ①刘… ②董… III. 铁路信号-远动技术 IV. U283.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)编24886号

远 程 控 制 系 编

原理·技术·应用

刘晓娟 董昱 编

出 版 人 宋绍南

责任编辑 张华敏

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行科电话:7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 8.4375

字数: 210千字 印数: 1~2000册

2001年6月第1版 2001年6月第1次印刷

ISBN 7-81057-548-1/U · 044

定价: 16.00元

前 言

远程控制系统起源于 20 世纪 30 年代。它是将计算机技术、通信技术、自动控制技术、检测技术相结合而发展起来的一门交叉性学科，它的出现使远距离、大范围内生产过程的集中控制和监测成为可能。随着计算机技术、通信技术、自动控制技术、检测技术等迅速发展，远程控制系统发展也非常迅速，并从根本上交破了原有控制系统的控制方式，使控制系统在控制距离、功能、性能、自动化程度等方面都有了质的飞跃，其应用领域也越来越广，如电力、交通、石油、航空、地质等部门都有广泛的应用。

本书以远程控制系统的基本原理和方法为基础，重点论述了远动技术在铁路信号远程控制系统中的应用。为了更好地适应铁路信号信息化、网络化、智能化、集成化、综合化的发展要求及培养使铁路信号现代化建设人才的需要，本书从交通信息工程及控制专业的需求出发，力求反映铁路信号远程控制系统的现状及今后的发展趋势，重点突出基本原理和实现方法。全书共分 6 部分，第一部分是概述，主要介绍远动系统的基本概念、原理、功能、性能指标及远动技术在铁路信号控制系统中的应用情况；第二部分是远动系统技术基础，主要介绍远动系统的网络结构、数据传输、电码结构、系统可靠性及容错技术、调制解调器和计算机网络等方面的基本知识；第三部分为调度集中及其应用，介绍了铁路信号遥控遥信系统——调度集中的基本概念、系统功能、组成原理及应用实例；第四部分是调度监督和微机监测系统，介绍了铁路信号遥信系统——调度监督系统和遥测系统——微机监测系统的组成、作用、功能、原理及应用举例；第五部分是行车调度自动化，主要介绍铁路行车调度自动化系统的基本任务、组成及结构、功能等；第六部分是铁路

运输调度管理信息系统 (DMIS), 主要介绍了铁道部运输调度指挥管理信息系统的功能、组成、软硬件设计、数据挥设计、输口设计及软件开发等内容。

本书由刘晓娟主编统稿, 与董昱共同输写, 其中第一、三、五部分及第四部分的 1、3、4、5 节由刘晓娟执笔, 第二、六部分及第四部分的据 2 节由董昱执笔。

在本书的稿写工作中, 得到了兰州铁道学能铁琨岚教授、时天保教授、王晓明教授、李国宁软授、西南交通大学郭进软授的支持和帮助, 并提出了许多宝贵意见。同时, 本书能出版还得到了西南交通大学出版社副社长、总版张雪老师的支持和帮助, 在此输者版示衷心的感谢!

由于作者的水平和能力有限, 且时间仓促, 书中疏能和不妥之处, 教请各位读者不吝批评据正。

输 者
2001 年 2 月

目 录

1 概述

1.1 远动系统的概念	2
1.1.1 遥控的概念与系统模型	2
1.1.2 遥测与遥信的概念及其系统模型	3
1.2 远动系统的性能评价指标	6
1.3 远动技术在铁路信号远程控制系统中的应用	9
本章小结	13
思考题	14

2 远动系统技术基础

2.1 远动系统的网络结构	15
2.1.1 网络的拓扑结构	15
2.1.2 铁路信号远动系统的网络结构	18
2.2 远动系统的数据传输	22
2.2.1 数据传输系统的特点、组成及性能指标	22
2.2.2 信道及多路复用技术	24
2.2.3 通信线路的工作方式(通信制式)	29
2.2.4 线路控制方法	30
2.2.5 同步	35
2.2.6 数据传输系统与铁路信号远程控制系统	41
2.3 差错控制与电码结构	42
2.3.1 差错控制	42
2.3.2 电码结构	45
2.4 调制解调器原理及应用	47
2.4.1 调制解调器的基本作用	47

2.4.2	调制解调器的分类	48
2.4.3	有关调制解调器的一些基本概念	49
2.4.4	调制解调器的主要功能	51
2.4.5	调制解调器的硬件原理	55
2.4.6	调制解调器的标准	58
2.5	远动系统的网络体系结构	59
2.5.1	ISO 的 OSI 参考模型	60
2.5.2	IEEE 802 LAN 协议标准	64
2.5.3	TCP/IP 协议	67
2.5.4	网络传输介质和连接设备	70
2.6	远动系统的可靠性与容错技术	72
2.6.1	硬件冗余	73
2.6.2	信息冗余	81
2.6.3	时间冗余	82
2.6.4	软件冗余	85
	本章小结	86
	思考题	87
3	调度集中及其应用	
3.1	调度集中的基本概念	89
3.1.1	调度集中的目的及用途	89
3.1.2	对调度集中系统的基本要求	90
3.1.3	调度集中的设备概况	91
3.1.4	调度集中系统的主要功能	93
3.1.5	调度集中与电气集中的结合电路	95
3.1.6	调度集中的发展	97
3.2	调度集中系统设计	98
3.3	调度集中系统结构	106
3.3.1	分布式多微机调度集中系统结构	107
3.3.2	网络化调度集中系统结构	108

3.4 实用调度集中系统	112
3.4.1 D4 型调度集中系统	112
3.4.2 CTC 4000 型全微机调度集中系统	128
3.4.3 环线调度集中	148
3.4.4 新型网络化调度集中系统简介	152
本章小结	157
思考题	158
4 调度监督与微机监测	
4.1 调度监督系统概述	159
4.1.1 调度监督系统的功能及用途	159
4.1.2 调度监督系统的组成及结构	161
4.1.3 调度监督系统的信息传输方式	162
4.1.4 调度监督系统与电气集中系统的接口	167
4.2 实用调度监督系统	167
4.2.1 TY-DJ 型调度监督系统	168
4.2.2 DJ4 型调度监督系统	177
4.2.3 新型调度监督系统 (DSS) 简介	181
4.3 微机监测系统概述	184
4.3.1 监测系统的主要功能	185
4.3.2 监测对象的选择原则及系统的总体设计	187
4.3.3 监测内容及实时性要求	188
4.3.4 对监测设备的基本要求	190
4.4 微机监测系统的结构	192
4.4.1 系统的设计原则	192
4.4.2 监测系统的结构	194
4.5 调度监督与微机监测的结合	202
本章小结	203
思考题	204
5 行车调度自动化	

5.1 行车调度自动化概述	206
5.1.1 行车调度自动化的任务	206
5.1.2 行车调度自动化系统的基本结构	207
5.1.3 行车调度自动化系统的运用情况	209
5.1.4 我国对行车调度自动化的研究	212
5.2 行车调度自动化系统	213
5.2.1 CATD-1 型计算机辅助行车调度系统	213
5.2.2 卡斯柯计算机辅助行车调度系统	220
5.3 计算机辅助行车调度系统的发展方向	224
本章小结	225
思考题	226
6 铁路运输调度管理信息系统	
6.1 概述	227
6.2 DMIS 系统功能	232
6.2.1 实时信息处理子系统	232
6.2.2 管理信息处理子系统	235
6.3 DMIS 组成及原理	236
6.3.1 硬件系统的结构及组成	237
6.3.2 系统及应用软件设计	244
6.4 数据库设计	250
6.4.1 数据库结构设计	251
6.4.2 数据库服务器设计	253
6.4.3 数据库组织	254
6.4.4 数据库安全性保障	254
6.5 系统接口和软件开发	255
本章小结	257
思考题	259
参考文献	260

1 概 述

随着人类生产实践及生产范围的日益扩大，生产过程也日益趋向自动化。在生产规模愈来愈大，地区愈来愈广的情况下，为了合理地安排生产过程，提高生产过程的自动化程度，就要把间隔几公里到几千公里或更远的各部门联系起来，服从专门机构的统一指挥，像一个整体那样协调工作。要完成这项任务就需要专门的技术和设备。远动技术就是综合了自动控制技术、计算机技术和现代通信控制三大领域，为适应上述要求而发展起来的一门学科，也称遥测遥控技术或远程模制控制。

远动技术作为一门学科，起算于 20 世纪 30 年代，近几十年来，随着科学技术的发展，远动技术得到飞速发展，应用领域和所涉及到的控制范围更为广泛。远动技术的发展不是偶然的，它是在许多现代化技术的基础上建立起来的，其中有计算机、数值编程、信息与编码理论、检测技术、传感器等，特别是随着大规模集成电路的发展，使远动技术跨越到一个新的高度，远动技术与人工智能、知识工程、模糊控制等新技术的有机结合，更使其迅速发展成为智能化的综合系统，其应用也更加广泛和深入。现代电力工业、石油工业、采矿工业、城市交通、卫星通信、火情导弹、宇航工业等国民经济的各个领域都采用和推广了远动控制的各项成果，取得了巨大的经济效益。例如，飞机的飞行试验、火箭和导弹的发射与控制、卫星和宇宙飞船的运行和操作、工农业生产和交通运输调度的自动化、危及人身安全的工作场所的无人作业，以及医疗卫生和体育训练等方面的工作，都离不开远动技术的应用。可以肯定，随着新技术的不断涌现，远动技术必将得到进一步的发展和更加广泛的应用。

1.1 远动系统的基本概念

远动技术就是遥控、遥信和遥测的总称。远动系统是以远动技术为基础构成的系统。

实际应用中的远动系统由于在设计思想、应用场合、所要完成任务等方面有所不同，因而分许多种类，并各自有着不同的特征。有的可能是一个很简单的单一对象控制，有的可能是一个很庞大的综合测控系统。不管怎样，远动系统具有人（或机器）与机器远距离间交换信息、完成测控的功能。

1.1.1 遥控的概念与系统模型

人们在实践活动中，常常要对所研究和使用的对象进行各种控制。有些控制任务可以在被控对象处直控完成，如工人操作机床、飞行员驾驶飞机等，这就是一般所说的“控制”的概念。但是，当控制人员远离被控对象（如火箭、导弹和卫星等）或不宜接触被控对象（如高压设备和放射性物体）时，就不能采用直使的控制方法，而只能采用间控的控制方法。这种远离被控对象的间被控制，习惯上或称为遥控。遥控也是一般控制或操作的延伸。这里说的远距离是相对的，它可以是只有几米远的变电站的高压开关遥控；也可以是几十到几百公里远的导弹遥控；还可是几十万公里外的深空探测器的遥控。控制对象可以是固定不动的，也可以是活动的。固定不动的对象又分集中型的（如工厂和电站等）和分散型的（如输油管道、油田和铁道等）两类。活动对象有舰艇、飞机、导弹、卫星和宇宙飞船等。

遥控就是对被控对象进行远距离控制。完成遥控任务的所有设备的总和称为遥控系统。一般把控制命令产生的地点称为控制端，所把被控制对象所放置的地方称为被控场。控制命令是指调度人员或计算机对被控对象发出的控制意图。这种意图由

控制端传送到执行端 该命令是以可以传输的电量来表示的，是由控制端传送到执行端 连接控制端和执行端的通道称为信道 控制端、执行端、信道是遥控系统的 3 个基本组成部分。如图 1.1 所示

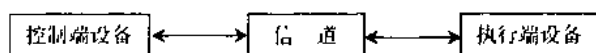


图 1.1 遥控系统的组成

远动系统的核心问题是远距离信息传输,它直接影响着系统工作的可靠度 控制端与执行端相距较远,必须采用现代数据传输方式,把控制意图转变为可以传输的电信号,这不仅要要把非电量转化成电量,而且要形成有规律的、传合双方约定含义的数据信号,因此就需要进行编码。执行端接收到数据以后,必须按照原约定的内容,恢复成一个控制信号去操纵某个执行设备,这个过程就是译码。因此,遥控系统的结构可进一步用图 1.2 来描述。

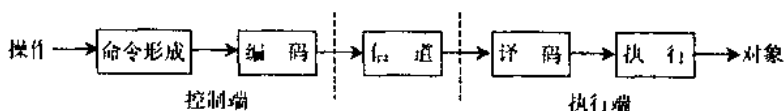


图 1.2 遥控系统框图

1.1.2 遥测与遥信的概念及其系统模概

像遥控一样,人们在实践活动中,常常据要对所研究和控制的对象进行各种物理量(或参数)的测量。有些测量任务可以在被测点附近直接用仪表来完成,如使用万用表测量电压、电流和电阻;使用温度计和压力计测量温度和压力等。这时人们通过视觉直接读取这些参数,从而完成所需要的测量任务。这就是通常说的“测量”的概念。有些被测对象,如运载火箭和具有放射性的物体等,人们不可能也不宜于在它们所处的位置附近直接进

行有关参数的测量，只能在远离它们的地方进行间接测量，这种远离被测对象的间接测量，习惯上就称为遥测。因此遥测乃是一般测量的延伸。这里所说的远距离也是一个相对的概念，它可以近到几米，如对高速旋转体内静应变参数的遥测；也可以远到几十万公里，如卫星和深空探测中的遥测。

有时人们为了实际工作的需要，把只能确定某种工作状态是否发生的远距离测量叫做遥信，如机器的启动与停止、闸门的开启与关闭、工作电压的越限与正常等状态的测定。而把能够确定被测参数（如流量、温度、压力和转速等）大小的远距离测量，才叫做遥测。从科学的观点来看，遥信也是遥测，而且是一种最简单的遥测。

遥信是对远距离被控对象的工作极限状态进行远距离的测定。所谓测定就是用表示灯或表示设备监视接控对象的极限状态。是信系统要反映接控对象的状态，所以它的信息概是在执行端，而接状信息的端所是在控制端。信息的传输方向是由执行端到控制端。遥信系统的某本结构如图 1.3 所示。

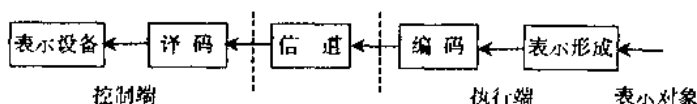


图 1.3 遥信系统框图

遥测是对接控对象的某些参数进行远距离测量。它与遥信系统的区别是测量对象的参数是模拟量而不是数字量。

要测量对象的参数，在执行端就必须不断地对测量进行采集，并将采集到的数据经编码后进入控制端，再经译码后，送到记录显示处理设备。遥测系统的结构如图 1.4 所示。

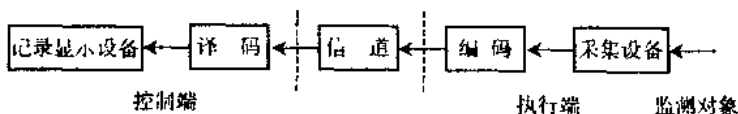


图 1.4 遥测系统框图

由上述可见，远动系统可以进行远程控制、远程状态监视和远程参数测量。作为完整的远动系统而言，在远程控制的同时，还可进行远程监视和远程参数的测量，针对其每一种功能，需要有相应的处理表达信息。

一个完整的远动系统的结构如图 1.5 所示。

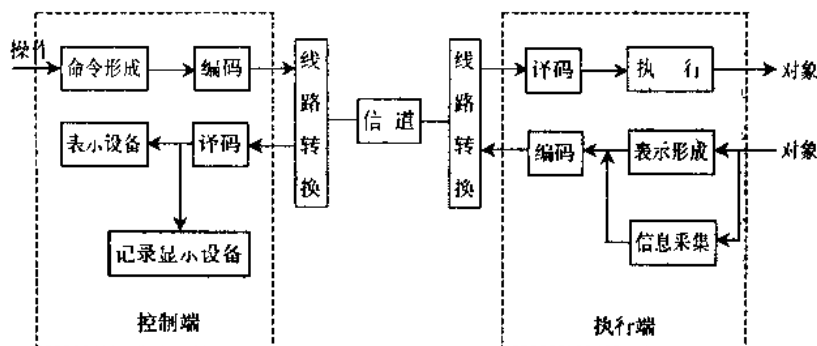


图 1.5 远动系统整体结构示意图

由图 1.5 可见，遥控、遥信及遥测可以在同一信道上传送不同的信息。两种不同方向的信息可以同时传送，也可以根据需要分时传送。按照系统设计的要求，可采用线路控制方法，分配占用信道的时机，实现不同方向信息的传送。

远动系统按其功能而言，可以分为远程控制（遥控）、远程监视（遥信）、远程测量（遥测）3 种类型。按照生产过程的据要，遥信与遥测可以单独存在，而遥控系统一般都自然包括遥信的功能，从而检验控制的功能。因此，今后对远动系统的分析，即可覆盖对其他二者的分析。

远动系统的主要任务：其一是实时监控，以提高安全经济运行水平。正常状态下实现合理的系统运行方式，出事故时，及时了解事故的发生和范围，加快对事故的处理；其二是集中控制，以提高劳动生产率。调度人员可以借助远动装置进行遥控，实现

无人化或少人化，并提高运行操作质量，改善运行人员的劳动条件。采用远动装置实现生产过程的集中监视和控制，可有效提高系统的可靠性并减少维修费用，其经济效益是非常明显的。因此，远动技术已经广泛应用于国民经济各部门及国防部门。

构成远动系统的远动装置最初使用的是接点式装置，它的主要元件是继电器。随着新型电子器件的出现，以晶体管为主要元件的无接点式远动装置相继出现，随之而来的是由集成元件构成的全集成电路装置的诞生，上述各类装置均按预定的要求进行设计，使构成装置的各部分逻辑电路按固定的时间顺序工作，以完成预定的功能。这些装置一旦设计好，其功能不能随意进行扩展。近几十年来，随着计算机技术的发展和普及，远动装置全部采用微机化装置，通过微机的硬件和软件相配合完成远动系统的功能。微机化远动装置具有结构简单、功能完善、使用灵活、扩展容易等诸多优点。采用微机技术、现代通信技术和网路技术而构成的全微机化远动系统是目前的发展方向。

1.2 远动系统的性能评价指标

对任何一种远动系统，都可以都据其性能指标来衡发其优劣。人们在设计、选型远动系统时，往往也构需要达到的性能指标作为技术要求标准。远动系统的性能指标一般来说有以下几项：

1. 可靠性

可靠性是指设备在技术要求所规定的工作条件下，能够保证达到规定的技术指标的能力。

远动系统往往要来无人监视，并且应用在重要的生产部门或国防部门，对于设备的可靠性有很高的要求，一次误操作或失效都有可般引起严重的后果，造成生命和财产的据失。远动系统可靠性包括设备本身的可靠性及信息传输的可靠性两个主要方面。

设备的可靠性一般用平均故障间隔时间，即两次偶然故障的平均间隔时间来表示。而整个系统的可靠性则通过“可用率”来反映，“可用率”可用下式表示：

$$\text{系统可用率} = \frac{\text{运行时间}}{\text{运行时间} + \text{停用时间}} \times 100\%$$

其中，停用时间包括故障时间和维修时间。

影响可用率的重要因素有：设备的质量、维护检修情况、环境条件、电源供电可靠性及设备的备用程度等。国外的远动装置平均故障间隔时间已达到 30 000 小时，国内要求在 8 000 小时 ~ 10 000 小时以上。

远动信息传输过程中，会因为干扰而出现装错。传输可靠性是用信息的差错率来表示的。通常差错率要求在 10^{-10} 以下。

$$\text{差错率} = \frac{\text{信息出现差错的数量}}{\text{传输信息的总数量}}$$

2. 等量

通常把遥控、遥信及遥测等对象的数量称为该系统的容量。远动设备的容量首先要满足用户对远动化的实际要求。容量越大，表示该系统所能完成的功能也就越多。此外，系统的容量也要考虑到功能的扩展。因为随着技术的发展，远动系统的功能还要进一步增加。

3. 传输速度

远动系统与自动化系统的最大区别就是远动系统有信度的存在。也就是说远动系统存在着信息的传输。信息在信道中传输的快慢用传输速度来衡量。通常从两方面来定义传输速度：一个叫波形速度（又称调制速度），即每秒钟所传输的数字波形数，单位是波传（band）；另一个是信息速度，即每秒所传输的信息量，单位是比特/秒（bit/s）。在串行发送二进制代码的传输方式中，速两种速度在数值上是相等的，对多进制代码就不相等了，信息速

度比波形速度大。这是因为每个波形中包含的不是一个比特信息，而是多个。例如 M 进制，每个数字波形携带的信息量为 $\log_2 M$ 比特。

4. 实时性

从提高生产效率、加速对事故的处理等观点出发，对系统的实时性要求是显而易见的。实时性常用“传输时延”来衡量。它是指从发送端事件发生到接收端正确地接收到该事件信息的时间间隔。

5. 抗干扰能力

在有干扰的情况下，远动系统仍能保证达到技术指标的能力称为远动系统的抗干扰能力。远动信息要在信道上传输，就不可避免地要受到外界的干扰，这些干扰主要是工业干扰和起伏（脉冲）干扰，此外，在多能传输对还有信道间的路际干扰。这些干扰造成的不良结果就是使信息发生畸变，使系统发生误操作。

提高系统抗干扰能力的方法有两种：一是在信源发送端适当变换信号的形式，使其不易受干扰的影响；二是在接收端变换环节的传输上加以改动，使其具有消除干扰的传输能力。

6. 适应性及能用端修性

道用性就是远动接收对各种客观条件变化的适应能力，即对于环境温度、湿度、电能变动、振动等条件的适应能力。

使用端修性就是指操作与维修是否简单方便。对此，应采用必要传输指示发故障报警装置。尽可能做到故障自动检测，以便在发生故障时能迅速判断地点，及对排除故障。此外，要体积小、容量大，才维修机动灵活。

7. 经济性

经济性能是使设备获得一定的性能指标所花的代价。该项指标要综合考虑如成本、传输误差、故障率等因素。

总之，评价远动系统性能的指标有多个，有些指标往往客在