

工 程

遥控遥测技术

王仲文 主编

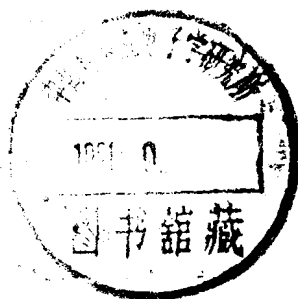


机械工业出版社

72-20
05

工程遥控遥测技术

王仲文 主编



机械工业出版社

9110226

本书讲述遥控遥测系统基本原理、体制的构成和方案的实施。重点讲述了微型计算机构成遥控遥测系统的所有技术问题。信息传输是遥控遥测系统的重要环节，本书本着够用讲透原则也对其做了简洁介绍。最后详细地介绍了若干种已被实际应用的微机遥控遥测系统，给出方案构成、硬件电路和软件清单，特别是对最近出现的分包遥测也做了介绍。本书可以为大专院校有关专业教材，也很适合从事遥控遥测的技术人员参考。

DL13/1-2

工 程 遥 控 遥 测 技 术

王仲文 主编

*

责任编辑：贡克勤 李卫东

封面设计：李兴民

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京昌平县长城印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $21^{1/2}$ ·字数517.9千字

1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷

印数 00, 001—5000·定价：9.00元

*

ISBN 7-111-02577-6/TN·47 (X)

前 言

本教材是根据1978年4月在天津召开的高等学校原第一机械工业部对口专业座谈会商定的《工程遥控遥测系统》教材编写大纲编写的,该书自82年第一版以来,已被许多单位做为教材使用,曾被评为兵工系统优秀教材三等奖。此次分两部分出版,第一部分为《工程遥控遥测技术》,这版对原书内容做了大量更新,重新做了编写,第二部分为《ARQ编码通信》,本书为第一部分。

遥控遥测做为—门独立的技术,近年来有了飞速的发展,以前遥控遥测技术主要为国防军事服务,近些年国民经济的各工程部门,特别是那些工作在特殊环境下和特殊状态下的目标,都广泛地采用遥控遥测技术进行远距离的监视控制。

遥控遥测系统涉及到数据变换和采集技术、信源编码技术、信息的多路分割技术、数据的传输和处理技术、可靠性编码和差错控制等诸多技术。本教材把上述有关内容经过精心的取舍,根据遥控遥测系统的需要将它们有机地溶为一体,将必要的理论和工程实际需要紧密结合在一起,做到需要的讲够,重点的讲透。这种做法在多年数学实践中,证明效果是好的。

本书第一章至第七章讲述遥控遥测基本原理及遥控遥测系统体制的构成,并讲述遥控遥测系统方案的实施。较之初版,删除大量陈旧内容,增写了计算机在遥控遥测系统中的应用;第八章至第十章讲述遥控遥测系统的信号传输。因为一个遥控遥测系统能高效可靠地工作必须有一个优良的传输系统,所以这一部分重点讲述基带传输和数字信号的调制与解调;第十二章以应用Z80系统的微处理器构成的遥控遥测系统为例,详细讲述微型计算机做为遥控遥测部件的硬件设计和软件编写的基本问题,这是一个投入使用的实际系统;第十三章介绍几种最近研制成功的并在实际投入使用的微型计算机遥控遥测系统。

本书为无线电技术专业教材,也可供从事遥控遥测的技术人员参考。在编写过程中考虑到广大从事遥控遥测系统的研制和维护的科技人员的需要,适当增加了有关基本部件及基本电路的内容。这些基本内容,如果在无线电技术专业的前序课程中已学过,各校在教学过程中可根据学时多少进行适当的取舍。

本书由北京电子专科学校王仲文同志主编并编写第一章至第六章及第十二章。东北重型机械学院殷际杰同志编写第七章至第十一章。北京航空航天大学范仁周同志编写第十三章。

本书由北京理工大学俞宝传教授主审并提出许多宝贵的修改意见。在修订过程中,得到北京测试技术研究所刘瑞复高级工程师、北京航空航天大学张其善教授、哈尔滨工业大学贾世楼教授、北京理工大学刘天宁副教授、东北重型机械学院郑绳植副教授的支持和帮助,在此一并表示感谢。

目 录

第一章 绪 论

- § 1-1 工程遥控遥测系统概述 1
- § 1-2 遥控遥测发展历史和应用前景 8
 - 一、遥控遥测技术的发展历史..... 9
 - 二、遥控遥测技术在工程上的应用..... 10
 - 三、遥控遥测系统投入的效益..... 10

第二章 传感器

- § 2-1 传感器综述 11
 - 一、传感器的模型和分类..... 11
 - 二、衡量传感器的性能指标..... 12
- § 2-2 典型传感器的工作原理 13
 - 一、电阻应变片——力学传感器..... 13
 - 二、变电感 L 和变电容 C 型传感器..... 14
 - 三、电位器式传感器..... 15
 - 四、电容式传感器..... 15
- § 2-3 几种特殊传感器 17
 - 一、热敏电阻测温计..... 17
 - 二、固体传感器..... 18
- § 2-4 传感器在遥控遥测中的作用 18

第三章 遥测系统特征及其基本原理

- § 3-1 遥测系统的组成和技术要求 19
 - 一、遥测系统的组成..... 19
 - 二、遥测系统的技术要求..... 20
- § 3-2 遥测的分类和特征 21
 - 一、根据信号变换方式分类..... 22
 - 二、根据传输方式分类..... 22
 - 三、根据传输线路分类..... 22
 - 四、根据系统结构分类..... 23
- § 3-3 遥测信息多路传输的频划分原理..... 23
- § 3-4 遥测信息多路传输的时划分原理..... 30
 - 一、抽样定理..... 30
 - 二、时划分原理..... 35
 - 三、时划分和频划分系统的比较..... 36
- § 3-5 频划分信道标准和时划分的帧结构..... 37

- 一、频划分的遥测信道标准..... 37
- 二、时划分遥测系统的帧结构..... 41
- § 3-6 空间分隔复用 44
- § 3-7 模拟信号的量化 46
 - 一、信号分层的概念..... 46
 - 二、量化误差的分析..... 48
- § 3-8 分层调制信号的产生 50
 - 一、分层脉冲个数调制信号的产生..... 51
 - 二、分层脉冲调幅信号的产生..... 53

第四章 模拟式遥测系统

- § 4-1 FM-FM 遥测系统 55
 - 一、副载波震荡器..... 56
 - 二、相加器..... 62
 - 三、FM-FM 系统的分路解调器..... 63
- § 4-2 PDM-PPM 制中的时间调制器和解调器 67
 - 一、脉冲时间调制器..... 68
 - 二、脉冲时间解调器..... 69
- § 4-3 用游标法提高遥测精度 72

第五章 数字式遥测系统

- § 5-1 数字式遥测系统的构成 75
- § 5-2 电子采样开关 78
 - 一、二极管桥式模拟开关..... 78
 - 二、晶体三极管模拟开关..... 80
 - 三、结型场效应晶体管模拟开关..... 83
 - 四、集成芯片多路采样开关..... 86
- § 5-3 采样保持电路及集成芯片 88
 - 一、采样保持电路..... 88
 - 二、采样保持集成芯片..... 91
- § 5-4 PCM(脉冲编码)调制器 93
 - 一、对 PCM 调制器的要求..... 93
 - 二、时间编码调制器..... 93
 - 三、逐次反馈比较型模拟—数字编码调制器..... 95
- § 5-5 增量调制 99
- § 5-6 A/D 集成芯片及与微处理机接口 102

一、集成 A/D 转换电路有关参数及术语	103	二、消除码间串扰的理想形成网络	169
二、几种常用 A/D 集成芯片	103	三、形式网络的幅频特性滚降	171
三、常用 A/D 转换芯片特性	107	四、在波形过渡点上抽样判决	174
四、A/D 转换芯片与 CPU 的接口及程序设计	112	五、形成网络的设计	176
第六章 遥控系统简介及遥控遥测系统的同步		§ 8-2 频带传输	178
§ 6-1 遥控指令及系统的组成	119	一、带通信号及其性质	179
§ 6-2 遥控遥测同步定时的概述	124	二、频带传输系统对带通信号的响应	180
§ 6-3 位同步定时信号的提取和传输	125	第九章 数字调幅	
一、直接从数字序列中提取位定时信号	125	§ 8-1 数字调制与解调的一般概念	183
二、同时传送位同步定时信号	127	一、关于数字调制的基本概念	183
三、内同步方法——数字锁相环提取位定时信号	128	二、相干解调和非相干解调	184
§ 6-4 插入群同步法	133	§ 9-2 数字调幅信号的产生及各种传输方式	184
§ 6-5 连贯插入式帧同步电路实例	138	一、抑制载波的调幅(DSB-SC)	185
一、过渡过程	139	二、具有大载波分量的调幅(DSB)	186
二、捕捉过程	139	三、单边带传输(SSB)	188
三、同步监督过程	140	四、残留边带传输(VSB)	191
第七章 数字信号、信道及噪声		五、正交双边带传输和独立边带传输	194
§ 7-1 信息表示为数字信号	142	§ 9-3 数字调幅信号的解调	195
一、数字信号及其信息量	143	一、包络检波(非相干解调)	195
二、信息传输速率和差错率	144	二、同步检测(相干解调)	195
§ 7-2 信号的谱分析	145	§ 9-4 二进制数字调幅系统的抗干扰性能	196
一、关于傅里叶变换的主要结论	145	一、包络检波法解调时的抗干扰性能	197
二、卷积	149	二、同步检波法解调时的抗干扰性能	199
三、帕塞瓦尔定理	152	第十章 数字调频	
四、能量谱密度与功率谱密度	153	§ 10-1 数字调频信号的频谱	201
§ 7-3 信道及其数字模型	159	一、相位离散的 FSK 信号的频谱分析	201
一、信道传输无失真条件	159	二、相位连续的 FSK 信号的频谱分析	202
二、恒参信道及其对信号传输的影响	160	§ 10-2 数字调频信号的产生	204
三、随参信道及其对信号传输的影响	162	一、频率转换法	204
§ 7-4 噪声干扰	164	二、直接调频法	205
一、白噪声	164	§ 10-3 数字调频信号的解调	207
二、高斯噪声	165	一、零交点鉴频法	207
第八章 数字信号传输		二、差分检波法	209
§ 8-1 基带传输	167	三、动态滤波法	210
一、基带传输系统模型及码间串扰问题	167		

§ 10-4 二进制数字调频系统的抗干扰性能.....	214	五、遥测遥信采样.....	250
一、相干解调时的差错概率.....	214	§ 12-4 数据传送.....	251
二、最佳非相干解调时的差错概率.....	216	一、芯片介绍.....	251
第十一章 数字调相		二、收发电路工作原理.....	253
§ 11-1 数字调相的一般概念.....	217	三、信息的异步传送.....	253
一、绝对移相键控与相对移相键控.....	218	四、收发同步.....	258
二、数字调相信号的频谱.....	218	五、信息收发工作流程.....	259
三、多相制数字调相的概念.....	219	§ 12-5 显示.....	261
§ 11-2 绝对移相键控方式.....	220	一、显示接口电路工作原理.....	261
一、2PSK 信号及其产生.....	220	二、字库.....	263
二、2PSK 信号的载波提取与相干解调.....	220	三、显示缓冲区与屏幕的对应关系.....	264
§ 11-3 相对移相键控方式.....	221	四、换屏显示.....	265
一、2dPSK 信号及其产生.....	221	五、数据刷新.....	266
二、2dPSK 信号的解调.....	223	§ 12-6 键盘中断.....	268
§ 11-4 二进制数字调相系统的抗干扰性能.....	226	一、主控端键盘中断.....	269
一、相干解调时的差错概率.....	226	二、受控端键盘中断.....	274
二、差分相干解调时的差错概率.....	227	第十三章 计算机遥控遥测系统的几个实例	
三、数字调制系统抗干扰性能比较.....	228	§ 13-1 舞台灯光计算机控制系统.....	278
第十二章 微机三遥系统实例		一、舞台灯光控制的原理和发展.....	278
§ 12-1 概述.....	231	二、北极星-I 型舞台灯光控制系统.....	278
一、系统简介.....	231	三、北极星-II 型微机控制调光系统.....	294
二、系统工作原理.....	231	四、北极星-III 型特技调光控制器.....	303
三、系统工作流程.....	232	§ 13-2 计算机控制广告牌系统.....	307
四、差错控制.....	234	一、概述.....	307
§ 12-2 遥控.....	235	二、系统结构和部件设计.....	307
一、控制过程.....	235	三、设计实例.....	317
二、硬件工作原理.....	239	§ 13-3 空间分包遥测.....	322
三、遥控执行.....	241	一、概述.....	322
§ 12-3 遥测与遥信.....	243	二、分包遥测的基本概念.....	323
一、遥测遥信发送.....	243	三、源包.....	324
二、遥测遥信接收.....	245	四、段包.....	325
三、遥测工作原理.....	245	五、传递帧格式.....	327
四、遥信工作原理.....	249	六、分包遥测的设计及其仿真系统.....	329
		参考文献.....	331

第一章 绪 论

§ 1-1 工程遥控遥测系统概述

遥控遥测技术最早在火箭和导弹的控制和跟踪上得到应用。随着科学技术的发展，特别是电子技术、自动化技术、空间技术、计算机技术、通信技术的发展和互相渗透，使得遥控遥测技术在卫星和宇宙飞行体的飞行和控制以及国民经济的其它部门都得到了广泛的应用。遥控遥测技术应用到国民经济的各个工程部门还是近几十年的事。首先，对工农业生产和交通运输的集中监视和统一调度管理，以及危及人身安全和恶劣环境工作场所的无人作业，还有医疗卫生、体育和生物遥测跟踪等方面都离不开遥控遥测技术。本书讨论国防军事之外的国民经济各工程部门应用的遥控遥测技术问题，这里统称为工程遥控遥测系统。

遥控遥测系统由于在应用场合和完成特定任务方面有着繁多的种类，有的可能是很简单的单一的系統，有的可能是一个复杂的庞大系统。不管怎样，遥控遥测系统都是由基本遥测系统和基本遥控遥测系统组成的，这里先给出遥测系统和遥控系统的基本概念。

遥测 所谓遥测就是对被测对象的参数进行远距离的间接测量。先通过一个遥测系统的例子说明。体育训练和医学科学研究需要将运动员的心电图在运动状态下传给中心 监 控 室（即在运动状态下对运动员的心电进行遥测），这是一个活动目标的单一参数的遥测系统，所以只能用无线电传输手段。人体心电信号是生理信号，首先需要把这个生理信号变成电信号，送给无线电发射机传送出去。把生理信号变换成电信号的装置叫做传感器。通常传感器送出去的信号是很微弱的，要由放大器放大到合适的电平才能送给发射机。放大的信号经调制器送给发射机，经无线传给接收天线。接收机收到高频信号，经过解调器解调之后，送给显示器显示和记录仪记录。系统框图如图 1-1 所示。

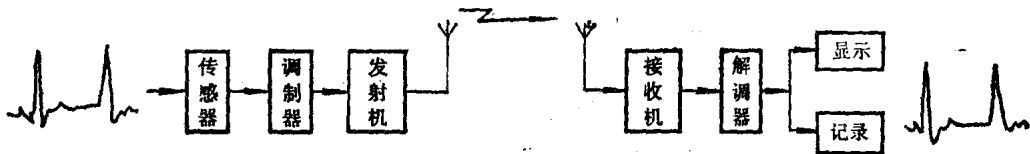


图1-1 遥测系统例子——心电遥测系统

当然，在这五光十色、千变万化的信息社会里需要探测的对象是十分广泛的，人类社会就是在不断探测未来中前进，而遥测技术也就逐步完善起来。

为了正确地远距离地进行测量，需要有感知被测参数的装置（传感器），以便将被测参数正确地取出来；为了使信号在信道上正确地传输，需要对信号进行放大、压缩、编码、调制、解调等各种加工处理；对模拟传输系统来说需要高保真地传输这些信号；对数字传输系统要求信息的保护和差错控制；在收端还要对信号进行分类、处理和存贮等等。总之，遥测系统包括信息的感受（传感）、变换、传输、处理、显示记录等多种过程。在这个意义上说，遥测系统是一个特殊的单向通信系统，其信息流是从被测量端流向测量端的。

遥控 所谓遥控，就是对远方的研究对象和目标进行控制。控制方式分为断续的和连续的（又叫做遥调）两种。被控制的对象可以是活动的，如导弹、火箭、卫星、飞船和无人机等；也可以是不动的，如集中目标的工厂设备、电站、大型变电所等，或者处于分散状态的输油管道、油田油井设备等等。让我们还是看一看遥控飞机模型的例子，如图 1-2 所示。运动员在地面用遥控发射装置，对空中的飞机模型进行操纵，来控制发动机的起停、飞行姿态的方向舵和升降舵。

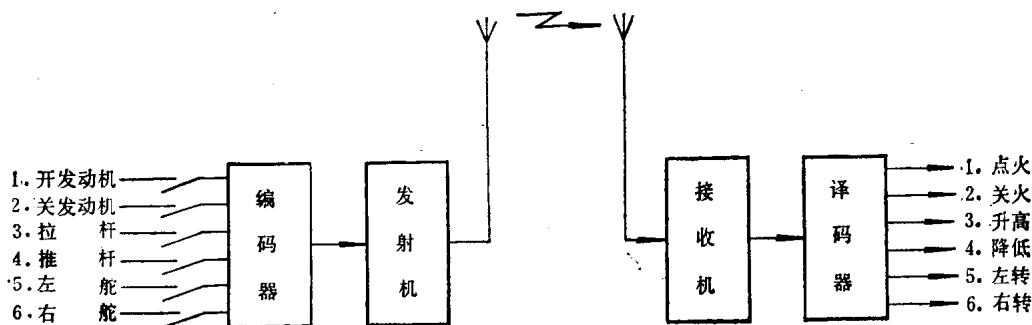


图1-2 遥控例——航空模型的遥控

通过这个例子可以看出，遥控系统是由指令的产生、变换、传输、执行等过程组成的。其信息流是由控制端流向被控端的。

遥调 远距离地对被控对象施行连续控制就是遥调。遥调也就是闭环遥控系统。一个典型遥调系统方框图如图 1-3 所示。

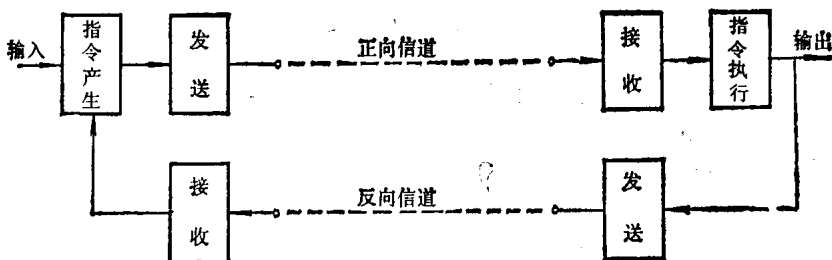


图1-3 遥调系统

这种对被控对象的工作状态可以定量地进行改变的远距离遥控（遥调），可以用于对某些连续量的控制，例如导弹飞行轨迹的控制，输油管道中的流量控制等等。遥调和遥控的主要区别是遥调需要双向信道（正向信道和反向信道），而遥控系统通常是不需反向信道的。

遥信 在遥控系统中，当一个遥控指令发送完时，对遥控指令是否被正确执行的问题，是远方遥控操纵人员十分关心的。为了监视遥控系统的遥控指令的执行情况，有时需要把执行的结果通过反向信道送回来，这种把被控对象的动作结果送回控制端，通常称为遥信。被控对象各个参数的状态实时显示在控制端，以便实时掌握其状态，继续发出指令按预定目的对被控对象施加控制。一般地说，遥控系统离不开遥信，有些情况下也可以不用遥信监视其被控对象的工作状态，例如上述的飞机模型的遥控系统就没有遥信系统，但是其工作状态的监视是由肉眼观察或其它方式完成的。事实上遥信就是遥测的特殊形式，它传送的是极限状态，而遥测传送的则是连续信号值。

遥控遥测系统 遥控系统和遥测系统可以单独使用，也可以结合在一起构成多功能的通用性的综合遥控遥测系统，如图 1-4 所示。它由遥控和遥测（遥信）两部分组成，遥控系统是在控制端产生遥控指令，这个遥控指令经过加工成适合信道传输的波形，在遥控信息信道上传给被控制端，被控制端经过相反的转变还原出遥控指令，再送给执行机构去执行，从而达到按预定意图改变被控对象的状态或参数的目的。控制端的变换器和被控端的反变换器是相对应的，它们的具体内容取决于遥控遥测系统的方式和通信体制，各式各样的遥控遥测系统所采用的方式不同，主要区别在于变换器和反变换器的组成方式不同。

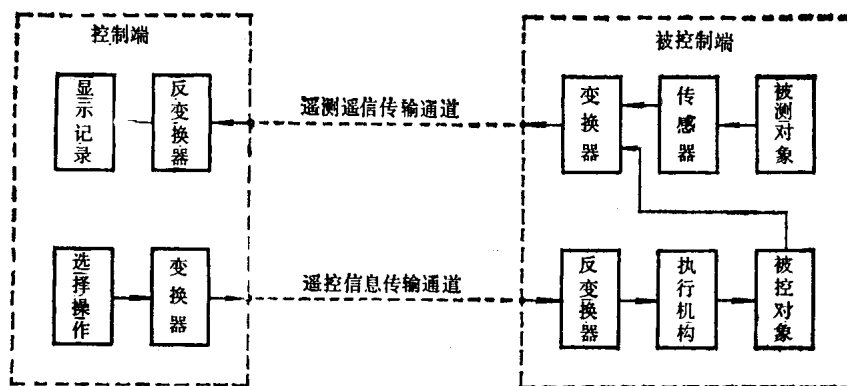


图1-4 遥测遥控系统框图

被控端的被测对象的物理量由传感器转换成电量，经变换器变换为适合遥测遥信信道传输的信息序列，送给控制端，经过反变换设备进行记录、显示、处理。各种不同的遥测方案也是由变换器和反变换器来加以区别的。

对于被控对象的动作状态（如开和关的状态），通过遥测遥信信道，和遥测信息一起送给控制端，用作对其被控结果的实时显示。

由于工作需要，这个系统也很容易设计成遥调系统。这里的遥调系统也是一个闭环的自动调节（控制）系统，通过遥测感知其工作状态，这个状态和给定状态进行比较产生误差信号，在调节过程中这个误差信号不断减小直至消失，使被控对象的实际状态与预先给定的实际状态相一致时才结束。在这个意义上，遥调和自动控制系统没有什么不同，但遥调是远距离进行的，有其特殊的地方，然而它追求的动作的准确性和对精度要求通常是不高的。

遥控遥测网络系统 遥控遥测系统根据其工作方式不同，可以分为两大类：一是集中目标（1:1工作方式）遥控遥测系统，这是最基本的工作方式。它只需一个控制端和一个被控端，它适合高空气球遥控遥测系统，飞行器的遥控遥测系统，集中目标的高山站等等。二是分散目标的遥控遥测系统（1:N工作方式）。这种方式适合分散目标（例如油田、气田、输油输气管道等等）的集中调度管理。这种分散型遥控遥测系统，特别是由于电子计算机的采用，使它们可以联成网络系统，如图 1-5 所示。

根据被控端的地理分布、信息流程以及系统规模，遥控遥测网络系统可以为直线式、混合式、网状式和分级控制式。当被监视控制的目标太多，分布又过于分散时引以采用分级控制方式。例如一个中心控制站可以控制监视 1~4 个中间控制站，每个中间控制站监视控制 1~6 个终端控制站，每个终端控制站又可以监视控制 N 个被控端。这样，每个终端控制站除独立完成监控任务以外，还受中间控制站和中心控制站的监控。

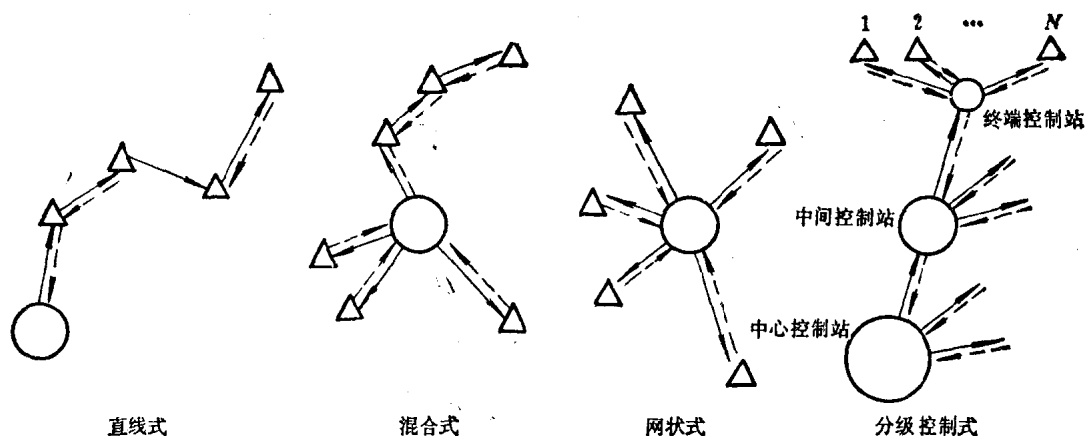


图1-5 几种典型遥测遥控网络系统结构图

对遥控遥测系统的技术要求

1. 准确度、精确度和可靠性高

对于遥控遥测系统而言,准确度、精确度、可靠性都有着非常重要的意义。系统一定要准确无误地执行遥控命令,否则会造成不可挽回的损失。同样,系统测量的参数要有一定的精度。通常遥控遥测的精确度是通过其误差来表现的,误差越小则精确度越高。为了提高系统的准确度、精确度,在设计遥控遥测系统时要采取一系列措施,例如差错校验手段、纠错编码技术、可靠性技术以及各种防干扰措施。一般要求误差率只能百分之几到万分之几之间。

2. 动作速度快

系统动作速度的快慢决定于信息传输速度和系统的结构。对飞行体的控制要求动作速度特别快,而工业目标的控制,对动作速度的要求则不尽相同,有的要求严格,有的则不那么严格,这要视具体情况而定,况且动作速度还与其它指标相互制约。

3. 设备的可靠性高

遥控遥测设备大都应用在重要生产部门和军事目标的监视控制,有些数据是一次性出现的,且系统无人操作,所以对设备的可靠性的要求很高。通常要求误动作率在 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 之间。

4. 抗干扰性强

遥控遥测系统是在有干扰的情况下工作的,所以要求它在任何情况下都能保证系统的准确性和可靠性。通常要求遥控遥测系统有较强的抗干扰性,这就要求在设计一个遥控遥测系统时要采取许多抗干扰措施。

遥控遥测信息传输的多路复用 前面图 1-1 给出的简单遥测系统,是单一参数的遥测系统,其信息传输方向是固定地由被测量端传向测量端的。这种由一端固定向另一端传输的方式叫做**单工通信**。通常被测量的参数不只是一个,而是这些多个参数由一个信道来传输,在通信系统中又称**多路通信**。为了实现由一个信道传输多个参数的多路通信,通常将遥控遥测信息分配给一个固定频域,使其在各自的频率域中保持其各自的特征,这被称为**多路传输的频划分原理**。也可以将遥控遥测信息限制在一定的时域里,使其各自的时间域里保持其各自的特征,这被称为**多路传输的时分原理**。也可以采用编码方法来区分多路遥控遥测信息,每路信息的特征由编码特征来区别,这被称为**码分多路传输原理**。

图1—4给出的遥控遥测系统需要双向信道（遥测信道和遥控信道），遥测信息由被控端流向控制端，而遥控信息则相反，由控制端流向被控制端，这种信息传输方式从通信的观点看，被称为**全双工通信**。由上面讨论看出：全双工遥控遥测系统需要两个信道，有些情况下用一个信道也能完成图1-4的遥控遥测信息传输任务，那就是用一个信道，收发两端配有同步动作的定时开关，轮流地为两个方向的遥测信息和遥控信息提供传输手段，如图1-6d所示，这种遥控遥测信息传输方式从通信观点看，被称为**半双工通信**。信息传输方式如图1-6所示。

调制和解调 调制就是把原始信号变换成适合信道传输的另一种信号的过程。解调是其相反的过程。在遥控遥测系统中采用不同的调制、解调方式，便构成不同的遥控遥测系统。对于正弦波载波来说，有幅度调制（AM）、频率调制（FM）和相位调制（PM）。上述三种调制方式通常用来做信道调制。载波有时也可以采用脉冲波，这时调制方式有脉冲幅度调制（PAM）、脉冲宽度调制（PWM）、脉冲持续时间调制（PDM）、脉冲位置调制（PPM）、脉冲编码调制（PCM）和增量调制（DM），如图1-7所示。这几种调制方式常用在**信源编码调制**中，输出信号的频率不高，通常称为基本频带，简称为**基带**。为了使遥控遥测系统的性能更高，有时对这些基带信号进行第二次调制，这就是所谓的双重调制。如PDM-AM，PPM-FM等等。

脉冲幅度调制（PAM） 脉冲幅度调制是一种基本的调制技术。以一定的时间间隔对传感器的输出进行扫描，即可得到脉冲幅度调制波形。这种波形是按一定的时间间隔出现的一系列瞬时脉冲电平，它

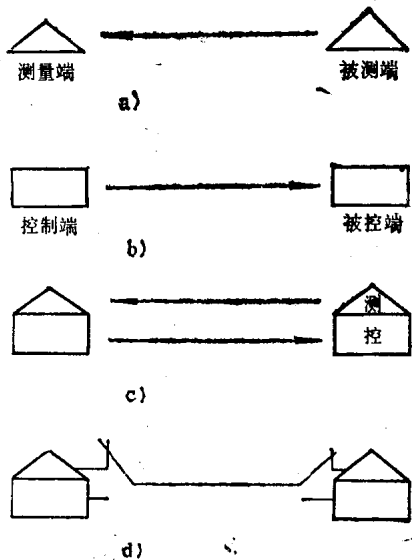


图1-6 信息传输方式

- a)遥测(单工) b)遥控(单工)
c)遥控遥测系统(双工) d)遥控遥测系统(半双工)

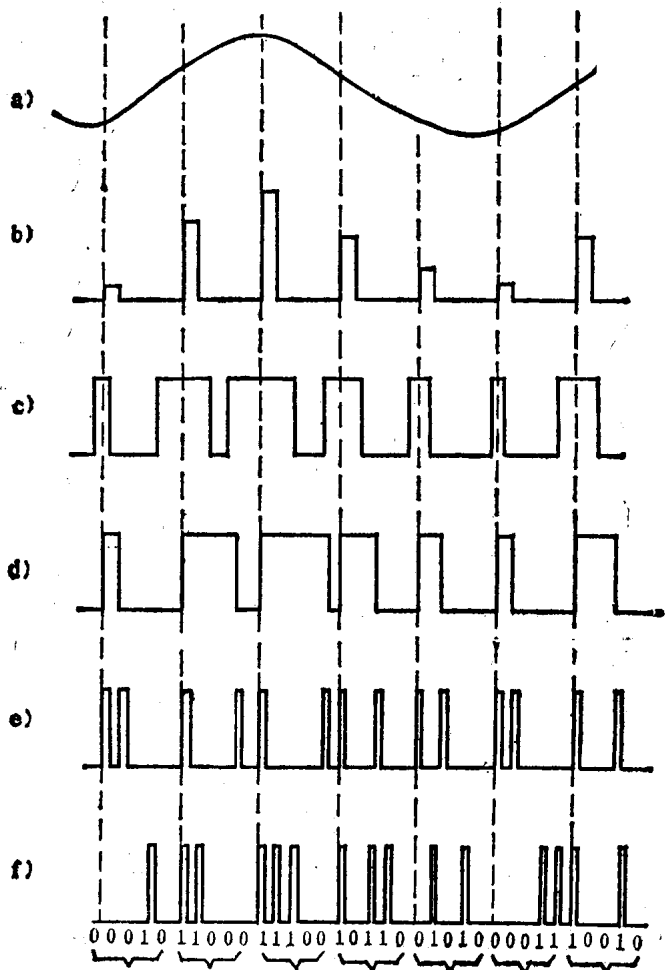


图1-7 脉冲调制

- a)测量波形 d)脉冲幅度调制 PAM c)脉冲宽度调制 PWM
d)脉冲持续时间调制 PDM e)脉冲位置调制 PPM f)脉冲编码调制PCM

代表原来波形的采样值。使这些脉冲通过一个低通滤波器,就很容易恢复原来的波形。最常用的方法,是利用具有电容反馈的运算放大器。

采样脉冲的间隔应足够短,这样在采样时才会造成信息损失。根据**香农定理**(Shannon's theorem),采样速率至少应该是原来波形所含最高频率的两倍(定理指出,如果某时间函数不包含于 f 的频率,则它可以由一系列间隔为 $(1/2f)$ 的点所完全确定)。实际上,在遥测系统中采用了更高的采样速率,以保留原来波形中的全部信息。当然这个速率比信道传输速率来还是要小得多。

脉冲幅度调制很容易用一个两输入端的与门来产生,其中一个输入端输入被测波形,另一个输入时钟脉冲序列。脉冲幅度调制是最简单的调制技术。

很容易看出,脉冲幅度调制对线路噪声的抗干扰性能差。噪声可能造成脉冲幅度电平畸变,从而使读数产生错误。

脉冲持续时间调制(PDM) 为了克服脉冲幅度调制的抗干扰性差的缺点,可把脉冲幅度的变化换成脉冲幅度一定但持续时间变化的脉冲序列。由于所有脉冲幅度都是均匀一致的,噪声干扰不会影响脉冲电平。因为这时被测信息包含在脉冲的持续时间内,而不包含在脉冲幅度内,因而这种调制方式的抗噪声性能较强。

这种调制方式实现起来较方便。在时钟脉冲控制下,所有脉冲都在同样的相对位置上出现,而信息则保留在脉冲的后沿位置中,与脉冲幅度调制一样,信息(被测量)保存在脉冲面积中。为了恢复信息,用这种脉冲持续时间可变的脉冲对电容器充电,很容易恢复原来的脉冲调幅波形。

脉冲持续时间调制远比脉冲幅度调制的抗干扰性能好,因为干扰只影响到脉冲幅度,很少影响脉冲的宽度。然而,由脉冲波的任何畸变,在恢复被测量读数时,都会产生错误。此外传输线路的附加不稳定因素也会引起读数误差。

这种脉冲持续时间调制能够存贮记录许多路的信息,因此它适合某些磁记录的信息。

脉冲宽度调制(PWM) 脉冲宽度调制与脉冲持续时间调制相似,只是它的脉冲前后沿都随信息的内容而变动,由于它的脉冲前后沿都相对对钟脉冲位置作同样的变动,因此可以看成是双重脉冲持续时间调制。理论上它较脉冲持续时间调制优越,但同样有易受脉冲波形畸变影响精度的缺点。

脉冲位置调制(PPM) 为了克服脉冲波形畸变造成的误差,最好是只传输脉冲的前后沿。这种调制技术就是通常所说的脉冲位置调制,它以脉冲持续时间调制为基础,但它每次采样不是传送宽度变化的脉冲,而是传送幅度和持续时间一定的脉冲。

每次对被测量采样都传送两个脉冲,第一个脉冲与持续时间调制脉冲的前沿重合,而第二个脉冲与持续期的后沿重合。由于脉冲持续时间调制中所有脉冲的起始时刻都与时钟相同,即脉冲的前沿与时钟脉冲同步,因此在实际遥测系统中,只传送脉冲的后沿。

为了恢复其被测信号,只要将脉冲位置调制序列顺序输入一个 T 触发器(反转触发器)即可。

由于脉冲位置调制不易受幅度和波形畸变的影响,因此它比上述三种调制技术优越。不过,线路的噪声尖峰可能被系统接收、放大和整形,可能被误认为是真的脉冲。

脉冲编码调制(PCM) 在数字化系统中,通常都需要将被测的模拟信号变换成数字信号,这就是脉冲编码调制。

被测信号不仅要进行垂直采样，而且还要进行量比，结果就转换成一串二进制脉冲，由时钟扫描进行垂直采样，由水平扫描进行水平量化。

遥控遥测信息传输的差错控制 在遥控遥测的信息传输过程中，并不能免于噪声干扰，因而所传输的信息也容易产生差错。为了控制这些差错，首先要检测在特定位置是否出现差错，然后寻找纠正的方法。为此目的，通常在传输的数据流中插入冗余比特，使附加的冗余比特与信息建立起相关性，进而确定错误的位置，并将其纠正过来。这种能在收端发现错误，并能将其纠正过来的技术就称为**纠错编码技术**。在发端对遥控遥测信息纠错编码，在收端进行纠错译码的技术又称为**前向纠错（FEC）**。当然，错误纠正的程度取决于纠错编码的性能。为了提高差错控制的性能，有时利用双工通信中的反向信道，来传送正向信道传输是否正确的应答信号，从而决定是否重传。这种收发双方通过编译码，并进行重发问答的技术称为**反馈问答式差错控制（ARQ）**。差错控制除纠错之外还能检错，这是大家所熟悉的。一个遥控遥测系统，纠错也许并非总是必不可少的，但检错却是非要不可的。

微处理机遥控遥测系统 目前的遥控遥测系统大都采用微处理机。微处理机引入遥控遥测系统，给遥控遥测系统带来革命性变化。这是由于过去许多只能由硬件完成的事，现在只要由写在ROM中的软件就可以完成了。软件越多，硬件就越小，体积就可以减小，而且工作可靠，具有智能化，信息存贮处理相当方便。图1-8给出一个微处理机遥控遥测系统的例子。这里远程信息经传感器变换成电信号，多路信号经多路复用器共享信道资源，经A/D变换以后，经远程传输信道送给计算机，计算机经过专用软件的控制，对数据进行处理、显示、存贮、打印等。通过键盘发出的遥控命令，经软件编码。经过远程信道，去对被控目标进行控制。

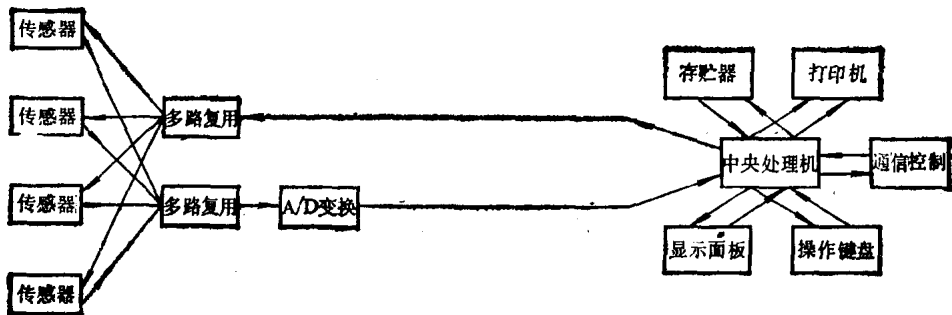


图1-8 远程微处理机遥控遥测系统

图1-9所示为一个能力分布式计算机遥控遥测系统。这是一个1:N系统，每个远程计算机能独立地收集数据、处理数据和对目标进行自行控制。而中央计算机根据各远程计算机送回的新数据或模糊情况的测量结果，去控制各远程目标，以达到区域性均衡控制的目的。这样的一个系统，不但计算机之间能够互相通信，而且各计算机又能做为一个完全独立的部件进行操作。有关这方面内容，后面有一章专门讨论。

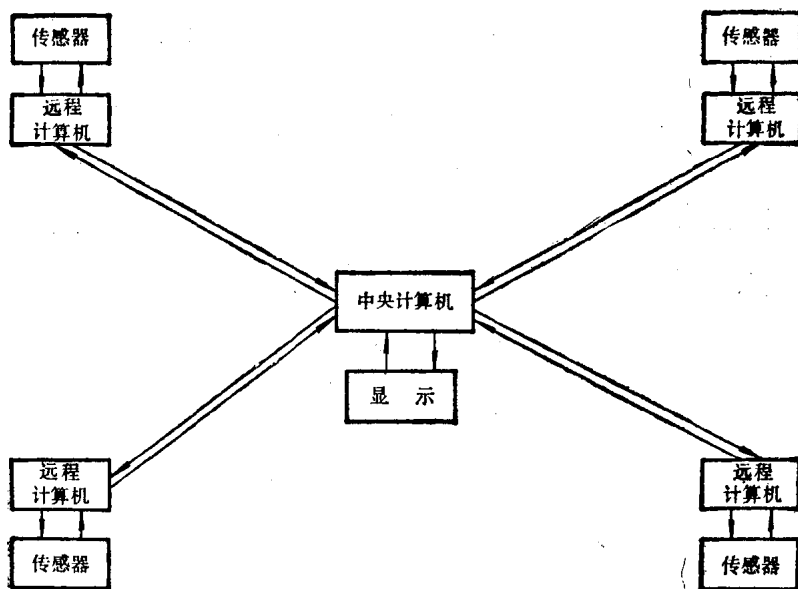


图1-9 能力分布式计算机遥控遥测系统

§ 1-2 遥控遥测系统的发展历史和应用前景

一、遥控遥测技术的发展历史

最早的遥控遥测技术的应用是在19世纪，用于远距离的引爆地雷，到了20世纪初，由于铁路事业的发展和飞机制造业的兴起，已通过遥测手段测量飞机的某些参数和通过遥控手段控制铁路信号灯。第二次世界大战期间，由于战争的需要，随着武器的发展，无线电遥测技术得到了很大的发展，当时对火箭的遥测就采用了无线电调频——调频的遥测体制，脉冲调幅和脉冲调宽遥测体制都得到了应用。当时的导弹控制已采取了无线电遥控技术。50年代，由于空间技术的发展，特别是火箭和导弹的发展和人造卫星的发射，都要依靠遥控遥测技术，使遥控遥测技术在无线电这门学科中占有重要位置，其技术越来越完善和独立。近几十年以来，通信技术和计算机技术的发展，使遥控遥测技术得到了突飞猛进的发展，使其进入了一个崭新阶段。

工程遥控遥测系统的发展和国防军事中使用遥控遥测系统是相辅相成的。就遥控遥测在工业上的应用而言，它的最初应用是由于条件不允许就近控制机器，这就提出需对被控对象的参数进行采集和监视，根据需要再对其进行控制。这就提出用较少的导线去传递更多的信息。因此，早期用在工业的遥控遥测都是有线的系统，用的控制信号也都是利用电的基本特征，如直流电的极性、中性点、幅度，交流电的频率、幅度、相位等。利用这些基本电参数构成的各种简单而又经济的系统，由于它们的容量太小，故它们的应用仅局限在一个局部范围内或某个环节上，适应不了多个目标物的监视和控制。

由于生产过程日趋复杂化，控制距离变远，又出现了同步式遥控遥测系统。这种方式的基本思想是控制端和被控端被同步器控制而同步工作。它的工作过程分为选择、监视、控制、复原四个步骤。

随着控制规模的不断扩大，以及由于集成电路的出现，可以用时钟做同步控制，又出现

了巡回检测系统。

由于数字信息传输的出现,可以把遥控指令和遥测数据编成码组,这就出现了脉冲编码式遥控遥测系统。将脉冲编码方式结合循环式遥控遥测体系便构成现代遥控遥测系统。它具有体积小、结构轻便、可靠性好、工作速度快等优点。

由于电子计算机在各个部门的普遍采用,超大规模集成电路的发展,给遥控遥测技术提供良好的条件,以至于不用花费精力去做硬件设计,只需做些硬件组合和软件编程就可方便地完成遥控遥测系统的设计。电子计算机式遥控遥测系统,具有智能化、小型化和可编程等显著优点。这种系统便于数据的处理、存贮和交换。

二、遥控遥测技术在工程上的应用

遥控遥测技术在国民经济的各个部门都有应用,特别是水力电力系统、输油输气系统、城市公用事业、医疗卫生、物资贮备和气象等方面都需要遥控遥测系统来实时提供状态信息以便做出决策,提高劳动生产率。

现代化的电力系统是一个巨大的生产企业,许多水电站、发电厂、变电站及输电线联合成为一个电力系统。为了合理分配电力,保证系统连续可靠运行,其繁重的调度任务完全可以由一个集中监控站来完成。这样,生产调度人员不经电话就能直接掌握各发电厂的电力系统各主要节点的电压、主要送电线路的输送功率、主要断路器的开合位置等,从而提高劳动生产率、缩短事故处理周期、减少值班运行人员、提高调度效率。

输油管线由首站、末站、油库和一些中间热泵站以及调度室组成。为高效输送原油,每站要给原油加热、加压,末站要计量原油的流量。这些过程由遥控遥测系统组成,便可实现输油自动化。

输油输气管线自动化的被控目标分散、距离较远,并且全线被控目标构成一个统一体,一处变动正常工艺流程,往往要牵动全局。根据这个特点,可以判定这是一个两级管理系统。平时各站就地集中管理,根据控制中心给定的参数,自行管理本站输油输气设备的运行;控制中心随时收集各输油输气站运行数据,随时对各站进行遥控,以便进行全系统的协调平衡。当系统某处发生故障或需改变输油输气计划时,控制中心就将遥控、遥调命令下达给就地集中管理系统,由就地集中管理系统命令执行机构完成动作。

城市公共事业的遥控遥测系统,包括自来水、煤气、供暖系统、排水系统等。例如,在中央控制室的自来水遥控站,可以集中监视水源泵群及各加压泵的运转、停止及调整加压泵的转速和阀门开闭程度等等。城市公用事业的遥控遥测系统中,一般被监视对象比较分散,信息量较大。目前,由于电子计算机的应用,系统能更及时、更经济、更有效地调度和使用动力设备,以适应城市公共事业随着季节、气象、昼夜、节假日等情况而对电、气、水供求量会有不同的要求。

在机器制造业和冶金企业中,都配有庞大的供电、供水、供气系统。这些系统必须保持正常的运行,任何事故的出现都将严重地影响生产。采用遥控遥测系统,对其进行监视、调度管理,不但可安全可靠运行,还可以提高效率。

在气候特别恶劣的地区,是无法建立人工值守的气象站和电视转播台的,采用遥控遥测技术可以实现无人值守的自动化气象站和电视转播台,设在远方的控制中心可以随心所欲地去控制各个参数,且对设备的各个参数了如指掌。

遥控遥测系统在广播、铁路调度、科学研究、医疗卫生事业中均有应用,为其服务的通

用或专用系统举不胜举。

三、遥控遥测系统投入的效益

每一遥控遥测系统都是针对某一特定的任务而设计的，它的投入取得的效益不尽相同，从实际使用效果看，至少可以在下列几项中取得效益：

- (1) 解决了用任何其它手段所不能解决的问题；
- (2) 使分散的信息集中起来，给决策者提供实时的态势全貌，从而优化了资源管理；
- (3) 使操作人员从繁重重复劳动中解脱出来，把精力转为对系统进行评定、检测和分
析决策，从而减少人为操作错误；
- (4) 优化资源管理，扩充其服务功能；
- (5) 准确和及时地报警，及时发现性能和服务质量的降低；
- (6) 自动检查系统事故，以提醒人们去排除。