



普通高等学校电力工程类专业教学指导委员会推荐使用教材

高等学校教材

电力系统远程监控原理

(第二版)

西安交通大学 盛寿麟 主编



中国电力出版社

普通高等学校电力工程类专业教学指导委员会推荐使用教材

高等学校教材

ND39/29
电力系统远程监控原理

(第二版)

西安交通大学 盛寿麟 主编



399684

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为普通高等学校电力工程类专业教学指导委员会推荐使用教材。

本书主要阐述电力系统远程监控的基本工作原理和方法。全书共分八章, 主要内容包括: 电力系统远程监控的概况, 远动信息传输的基本原理, 差错控制, 远动装置的基本组成及功能模块, 电量变送器, 循环式远动, 问答式远动以及数据通信网。

本书可作为高等学校继电保护与自动远动技术专业和电力系统及其自动化专业的教材, 也可作为有关专业工程技术人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统远程监控原理/盛寿麟主编. -北京: 中国电力出版社, 1998

高等学校教材

ISBN 7-80125-526-7

I. 电… II. 盛… III. 电力系统-遥控-高等学校-教材 IV. TM764.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 03881 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

三河市实验小学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1993 年 10 月第一版

1998 年 11 月第二版 1998 年 11 月北京第二次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 393 千字

印数 8351—12150 册 定价 17.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

第 二 版 前 言

本书系《电力系统远动原理》一书的修订版。根据高等学校电力工程类专业教学指导委员会 1994 年制订的《电力系统远程监控原理》课程教学基本要求，并征求了各方面的意见后进行了修订。修订大纲经上述教学指导委员会自动远动教学组审定。遵照自动远动教学组的决定，书名改为《电力系统远程监控原理》。

本书主要阐述电力系统远程监控的基本工作原理和方法。在第一版的基础上，除增加了电量变送器一章外，为了尽量反映当前电力系统远程监控的基本情况，并适当拓宽学科的知识领域，对有关章节的内容亦作了相应的调整。

全书承上海交通大学杨冠城教授主审，他对本书的修订工作提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

在编写本书的过程中，参考和使用了不少文献和技术资料，谨向有关的作者以及关心，支持和帮助本书修订工作的同志们深表感谢。

限于编者的学识和经验，对于书中的缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 12 月

第 一 版 前 言

《电力系统远动原理》是根据能源部高等学校电力工程类专业教学委员会 1988 年制订的教学大纲而编写的，其编写大纲经上述教学委员会自动远动教学组审定。

全书内容的参考教学时数为 60 学时，共分七章。第一章介绍电力系统远动的基本功能、远动系统的基本结构、远动信息传输的基本工作模式以及数字通信系统的模型。第二章主要介绍信号的频谱、信道多路复用、数字调制和解调以及同步等。第三章介绍差错控制，主要阐述远动系统中的信道编码及检错原理，着重于循环码的编译码方法。第四章介绍远动装置的功能模块，包括数据采集和处理、人机联系以及远动装置的故障检测等，还介绍了多微机远动装置。第五章介绍循环式远动的发送和接收以及随机同步和任务调度等。第六章介绍问答式远动，主要论述通信规约。第七章介绍数据通信网。由于远动和数据通信的关系极为密切，电力系统的数据通信网发展亦十分迅速，故在这一章中简要介绍了数据通信网的基本知识，包括数据交换、路由选择、流量控制、通信网络体系结构以及局域网等基本概念。

本书除由华北电力学院刘贯宇同志编写第二、三章外，其余部分内容由西安交通大学盛寿麟同志编写，并任主编。全书由上海交通大学杨冠城教授担任主审。在审稿中，他对本书的内容提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

本书可作为高等学校继电保护与自动远动技术专业和电力系统及其自动化专业的教材，也可作为有关工程技术人员参考书。

由于编者水平有限，对于书中的缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

1992 年 7 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 绪论	1
第一节 电力系统远程监控的基本功能	1
第二节 通信系统模型	5
第三节 远动系统的基本结构	9
第四节 远动网络配置的基本类型与分层	11
第五节 远动信息传输的基本工作模式	12
第六节 电力系统远动的主要性能指标	13
第七节 我国电力系统远程监控系统发展概况	16
第二章 远动信息传输的基本原理	18
第一节 信号波形及频谱	18
第二节 信道与干扰	24
第三节 多路复用	31
第四节 脉冲编码调制传输	34
第五节 基带传输	36
第六节 数字调制与解调	40
第七节 同步	56
第三章 差错控制	62
第一节 概述	62
第二节 差错控制方式	63
第三节 常用检错码	65
第四节 线性分组码	66
第五节 循环码	72
第六节 BCH 码	86
第七节 循环码的抗干扰能力	91
第八节 陪集码	94
第四章 远动装置的基本组成和功能模块	98
第一节 厂站端远动装置的基本组成	98
第二节 监控系统调度端装置的基本组成	100
第三节 多微机远动装置中的通信	103
第四节 遥信量的采集	106

第五节 遥测量的采集	110
第六节 遥信量变位及遥测量越阈值的检测	122
第七节 人机联系	128
第八节 遥控与遥调	132
第九节 操作系统与数据库	135
第十节 可靠性与避错容错	140
第十一节 故障检测及诊断	152
第五章 电量变送器	155
第一节 模拟量输出的电量变送器	155
第二节 数字量输出的电量变送器	170
第三节 脉冲量输出的电能变送器	187
第六章 循环式远动	192
第一节 遥测遥信的发送和接收	192
第二节 遥信变位插入传送	199
第三节 远动装置的工作模式	203
第四节 任务调度管理	205
第五节 我国循环式远动规约简介	207
第六节 循环式远动的传输性能	212
第七章 问答式远动	216
第一节 数据传输控制规程	216
第二节 远动中的帧格式及问答过程	225
第三节 我国问答式远动规约(试行)简介	229
第四节 问答式远动的传输性能	234
第八章 数据通信网	238
第一节 数据网络的形成	238
第二节 数据网络的结构及分类	240
第三节 数据交换原理	241
第四节 路由选择与流量控制	244
第五节 通信控制装置	249
第六节 网络体系结构及协议	251
第七节 局域网	255
第八节 网络互连	264
第九节 我国电力系统中的数据通信网	265
附录 词汇	267
参考文献	270

第一章 绪 论

第一节 电力系统远程监控的基本功能

一、电力系统远程监控

对于任何生产活动都应给以科学的管理，为此，首先必须及时掌握生产过程的实际情况，然后才能作出正确的判断，进行必要的干预，使生产过程尽可能地维持在最佳状态。所以采集生产过程的实时数据进行监视和控制是科学管理生产的基础。

对生产过程的监视和控制，在初级阶段由人工进行。工作人员凭自身的感官或借助于表计等来监视生产过程，用头脑作出判断决策，并视情况进行必要的控制。在高级阶段，这种监视、判断决策和控制由机器承担，按照人们的意志自动地完成，这就是闭环自动控制。

如果生产过程分布的范围不大，相距不远，通常可采用就近监视和就近控制的办法实现近距离监控。但有的生产过程分布的地域极广，相距遥远，可达几十、几百甚至上千公里，如电力、铁路、采矿和石油等。这些部门要对相距遥远的生产过程进行远程监视和控制，如仍沿用就近监控的办法，则在技术上和经济上都是不足取的，必须采用专门的措施来克服主要由相距遥远所造成的困难。为了适应这种客观需要，逐步发展了远动技术。所谓远动，就是应用通信技术对远方的运行设备进行监视和控制，以实现远程测量、远程信号、远程控制和远程调节等各项功能。

电力系统是由发电厂、变电所、输电网、配电网和用户的用电设备等组成，并由调度控制中心对全系统的运行进行统一的管理。对电力系统生产过程的监控，如按地域的远近，可分为近程监控和远程监控两大类。发电厂内部锅炉、汽机、发电机等所配备的自动装置、监控盘等都属于近程监控范畴，而调度控制中心要对电力系统中分布地域辽阔的发电厂、变电所等进行的监控就属于远程监控。

现代的电力系统，调度控制中心需要采集和处理的数据数量多，实时性要求高，早期的靠电话采集数据、下达命令的调度手段显然速度慢，实时性差，已无法满足要求。特别是在事故情况下，丧失时机可能就会造成极大的危害。科学技术的发展为调度自动化提供了有力的支持，目前已使用电子计算机对电力系统进行监视和控制。采用计算机进行监控的电网调度自动化系统也就称为电网监控系统。

实现电网调度自动化首先要采集实时数据，对电网的运行进行监视和控制。远动系统可为调度控制中心采集实时数据，实现对远方设备的监视和控制，因此它是电力系统调度自动化的基础，无异于耳目和手足，远动系统已成为电网调度自动化系统的重要组成部分。电力系统远动的主要任务是：将表征电力系统运行状态和各发电厂和变电所的有关实时信息采集到调度控制中心；把调度控制中心的命令发往发电厂和变电所，对设备进行控

制和调节。

从发电厂和变电所发往调度控制中心的信息有测量量和状态量等，测量量有有功功率、无功功率、电压、电流、频率、水库的水位等。状态量有断路器、隔离开关的位置状态，自动装置、继电保护的動作状态，发电机组、远动设备的运行状态等。应用通信技术传送被测变量的测量值，称为远程测量，简称遥测。应用通信技术完成对设备状态信息的监视，称为远程信号，简称遥信。

调度控制中心送给发电厂或变电所的远程命令有控制命令和调节命令等。应用通信技术，完成改变运行设备状态的命令称为远程命令，又称遥控。当调度控制中心需要直接控制发电厂、变电所中的某些设备，如断路器的合闸、分闸，发电机的开机、停机等，就发出相应的控制命令。这种应用通信技术，完成对有两个确定状态的运行设备的控制称为远程切换。在我国，通常把远程切换也称为遥控。当调度控制中心需要对发电厂、变电所中的某些设备的运行状态进行调节，例如改变发电机组的有功出力，就发出相应的调节命令，用以改变机组有功调节器的整定值。这种对于具有两个以上状态的运行设备发出的远程命令，称为远程调节，简称遥调。

遥测、遥信、遥控和遥调是远动系统的四项基本功能，在我国称之为四遥。远动是应用通信技术完成遥测、遥信、遥控和遥调等功能的总称。随着科学技术的进步，远动系统的功能根据电力系统调度自动化的实际需要还在不断地扩展，例如为了有助于分析电力系统的事故，远动装置可以按顺序记录断路器事故跳闸的时间，这称为事件顺序记录；也可以记录事故发生前后一段时间的遥测值，这称为事故追忆。此外，为了保证远动装置的正常运行和便于维护，还具有自检查、自诊断功能等等。

二、电力系统的分层管理

电力系统不断发展，规模越来越大，地域越来越广，运行也日益复杂，要将全系统的信息全部集中到一个中央调度控制中心进行完全集中式的监视和控制，从信息工程的角度而言，这需要庞大的信息采集与监控系统，这将耗费巨额投资，而大量信息涌向调度控制中心也加重了主计算机的负担。这种全系统集中的监控方式对主要设备的可靠性要求也高，一旦设备发生故障，将会影响到全系统的正常工作，因而现代电力系统都采用分层控制方式。分层控制的实质是将一个大的控制系统按功能或结构将全系统的监视和控制功能分属于不同的级别（或层次）去完成，各级完成分配给它的功能，并将有关信息报送上一级，接受上一级的管理。综合控制功能由最高一级决策执行，各级的工作相互协调，力求整个控制系统达到最佳效果。

我国电力系统的运行调度组织在结构上已形成各个层次，即有大区的电网调度（简称网调）、省电网调度（简称省调）、地区电网调度（简称地调）以及县电网调度（简称县调），再加上国家调度一级就成为五级调度体制如图 1-1 所示。

电力系统调度控制的基本任务在于保证系统的安全运行，以质量合格的电能满足用户用电的需要，并使发电成本为最低，其主要作用如下：

- (1) 采集表征电力系统运行状态的各种实时信息，进行安全监视。
- (2) 制定、执行运行计划。根据负荷预测以及资源、机组、网络结构、系统间交换功

率等情况，在保证系统安全及供电质量的前提下，使发电成本最低。实现发电控制和电压调整，保持系统的频率和电压水平，保证供电质量。

(3) 进行电力系统安全水平的分析与校正控制或预防控制。在紧急状态下进行安全控制以防事故扩大。在恢复状态下执行恢复控制，使系统回到正常状态运行。

各级调度管辖的范围不同，调度控制的目标也有所分工并相互协调。国家级调度主要是采集大区电网和有关省网的重要信息，监视、分析和统计全国电网运行情况，协调大区间的功率传输，进行全国电网中长期的安全经济分析。大区网调和省调分别负责所辖电网的安全运行，提高电

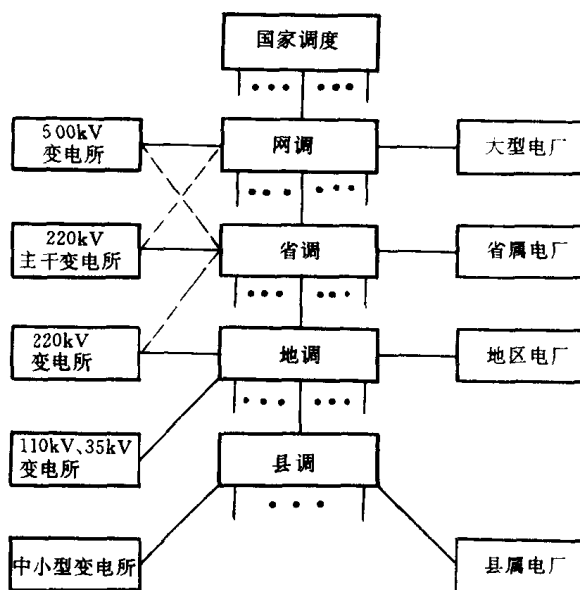


图 1-1 电力系统分层管理示意

能质量和经济运行水平，主要是实现电网的数据采集和监控，实施经济调度、自动发电控制和电压调整，保证电能质量，进行安全分析和安全控制，保证系统运行的稳定和安全。地调主要实现对所辖地区电网的数据采集和监控，进行电压和无功调整，实现负荷管理。县调则主要是实现对所辖范围电网的数据采集和监控，进行负荷分配和负荷控制。

各级调度控制的功能有所差别，但都需要数据采集和监控。系统安全监控的功能由各级调度共同承担，而自动发电控制与经济调度则由大区网调或省调负责。网调、省调还应具有安全分析和校正控制等功能。根据各级调度对监控的不同要求，通常把监控系统按功能分成若干档次。

最基本的是数据采集和监控 SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 系统，主要实现数据采集、信息显示、监视控制、告警处理、事件顺序记录、数据计算及事故追忆等功能。

在 SCADA 系统的基础上可再增加自动发电控制 AGC (Automatic Generation Control) 和经济调度控制 EDC (Economic Disptch Control)。AGC 的主要功能是维持电力系统的频率水平，使发电出力跟踪系统负荷，分配发电出力并维持联络线交换功率为规定值。EDC 的主要功能是分配发电出力，使本区的发电成本为最小。有时将 EDC 功能包括在 AGC 之中。

为了保证电网的安全运行，需要进行安全分析，按照当前的运行状态和预想的事故分析安全水平，提出对策，使调度人员能预先采取措施并提高处理事故的应变能力。具有 SCADA、AGC/EDC 和安全分析等功能的电网调度自动化系统，称为能量管理系统 EMS (Energy Management System)。随着科学技术的进步，EMS 的内容还在不断完善和扩大。

各级电网调度控制中心可按照实际需要配置不同档次的监控系统。我国已有不少地调和县调实现了不同程度的 SCADA 功能。有的省调、网调实现了 SCADA + AGC/EDC 功

能，并逐步完善为 EMS 功能。

三、监控系统的基本结构

与电力系统的统一调度分级管理的体制相适应，就整体而言，电力系统的监控系统也是一个分层系统。各级调度对监控的要求不同，但所配备的监控系统（它是整个电网监控系统的一个组成部分）都具有图 1-2 所示的基本结构框图。图中调度端和各厂站端由通信线路连接起来。图 1-2 所示的结构可按功能划分为如下四个子系统。

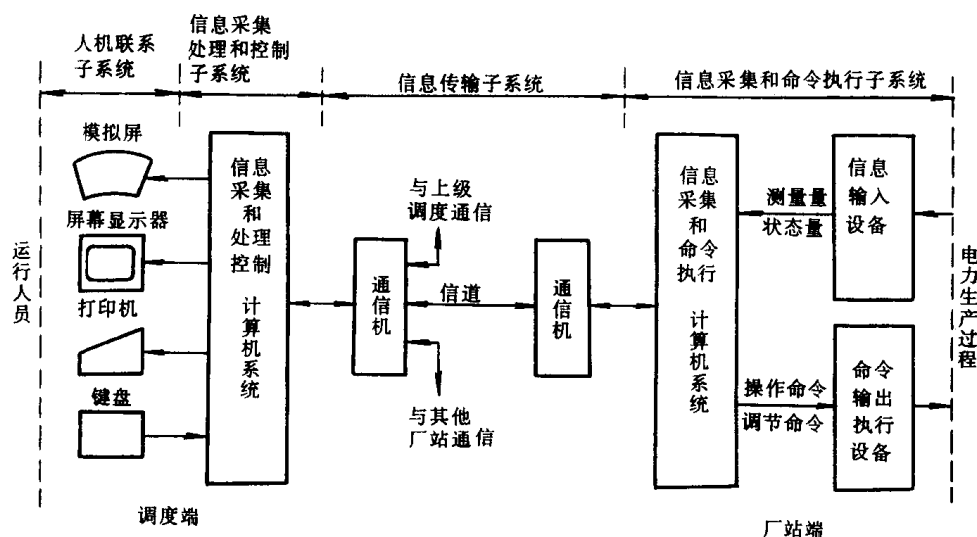


图 1-2 监控系统的基本结构框图

1. 信息采集和命令执行子系统

监控系统厂站端通过信息输入设备将测量量、状态量等采集处理后经信息传输子系统发往调度端，并接受调度端发来的命令，作出响应，通过命令输出执行设备，执行遥控、遥调等命令。

2. 信息传输子系统

调度端与厂站端通常相距较远，采用通信技术，由通信机和信道组成的信息传输子系统实现两端的信息交换。

3. 信息采集处理和控制子系统

调度端采集各厂站送来的信息，经处理加工后通过人机联系子系统告知工作人员，并接受工作人员的命令。也可与上级调度交换信息，或给厂站下达命令，进行调节、控制。

4. 人机联系子系统

监控系统通过人机联系子系统为运行人员提供完整的电力系统实时运行状态信息。人机联系的手段有调度模拟屏、屏幕显示器、打印机等。运行人员通过操作键盘可以对整个系统的运行进行管理，向厂站下达遥控、遥调等命令。

按照我国的习惯，有人值班的发电厂、变电所配备的远动装置〔远动终端 RTU (Remote Terminal Unit)〕，通常都带有当地的人机联系功能，如显示、打印等，以利于工作人员对运行状态进行监视。

上述四个子系统中调度端的信息采集处理和控制子系统是核心，配置的规模应与所要求的调度功能相适应。对于县调和地调，通常只要求实现 SCADA 功能，调度端监控装置需要处理和运算的任务通常并不太多，采用由微处理器构成的调度端远动装置〔主站 MS (Master Station)〕一般就可承担此任务。厂站端远动装置，通信系统和调度端远动装置（包括信息采集处理和控制子系统、人机联系子系统）一起组成为远动系统。对于省调和网调，除 SCADA 功能外如还要实现 AGC/EDC 以及安全分析等功能，需要处理运算的数据量大，实时性要求高，一般的调度端远动装置限于存储容量和工作速度等条件，通常难以胜任，因而就需要配置档次较高，与工作任务相适应的计算机系统作为主机，主要负责数据处理事宜，而调度端远动装置则分工负责与所属厂站交换数据，成为主机的前置机，也可称为通信控制器。远动系统就融合于监控系统之中，成为其有机组成部分。

电力系统调度自动化，亦称电力系统监控，是属于远程监控范畴。广义的电力系统远程监控内容可包括 SCADA、AGC/EDC 以及安全分析等 EMS 功能。狭义的电力系统远程监控就相当于 SCADA 或电力系统远动，并不包括 AGC/EDC、安全分析等 EMS 内容。

本书主要讨论电力系统调度自动化中 SCADA 或远动的基本工作原理。AGC/EDC 和安全分析等内容不属于本书范围。本书中在名词上对远程监控、SCADA 和远动一般不作严格区分，除非专门说明。

第二节 通信系统模型

一、模拟通信和数字通信

电力系统中的调度控制中心与发电厂、变电所之间需要交换信息，互相通信，其通信系统的基本模型见图 1-3。图中发送端的信息源把消息 m 转换成信号 $g(t)$ 。为了使信号适合于在信道中传送，由发送设备将它变换为 $s(t)$ 后再送入信道。信道是传输信号的通道。图 1-3 中噪声源是信道中的噪声以及通信系统中其他各处噪声的集中表示。由于噪声的干扰，接收端收到的信号 $r(t)$ 可能不同于 $s(t)$ 。接收设备把 $r(t)$ 转换为输出信号 $g'(t)$ ，它是 $g(t)$ 的近似或估计值，最后受信者将 $g'(t)$ 转换成对应的消息 m' 。

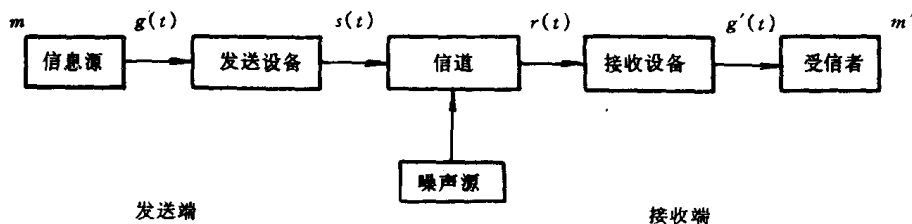


图 1-3 通信系统基本模型

通信中要传送的消息有各种各样，可分为连续消息和离散消息两大类。连续消息是指状态连续变化的消息，如强弱连续变化的语音等，连续消息也称模拟消息。离散消息是指消息状态是离散型的，如符号、文字等。离散消息也称数字消息。

为了传递消息，需要把消息转换成一定的信号。消息与信号之间应建立单一的对应关系，以便在接收端把信号恢复成原来的消息。通常用信号的某一参量来载荷消息。如果信号的参量对应于模拟消息而取连续值，这样的信号就称为模拟信号或连续信号，如普通电话机输出的信号就是模拟信号。如果信号的参量携带离散消息，则该参量必然是离散取值，这样的信号称为数字信号，如电报机发出的信号就是数字信号。通常把传输模拟信号的通信系统称为模拟通信系统；把传输数字信号的通信系统称为数字通信系统。

应当指出，并非模拟信号一定要在模拟通信系统中传输，也可以把模拟信号经模/数转换成数字信号，以数字通信方式传至对方。在接收端再进行数/模变换，还原为模拟信号。

和模拟通信相比，数字通信有如下优点：

(1) 抗干扰能力强。由于信号以数码形式传送，信号被噪声干扰后如未恶化到造成差错，就可用再生的方法来整形。在远距离传送信号时，各中继站就可通过再生来消除噪声的积累。即使由于噪声的干扰使数码出现差错，也可采用差错控制技术来发现甚至加以纠正。

(2) 便于使用现代计算机技术对数字信号进行处理。

(3) 数字通信可以传递各种消息，使通信系统变得通用、灵活。

此外，数字信息便于保密处理，易于实现保密通信。数字通信系统还有易于集成化，具有体积小、重量轻、可靠性高等优点。

和模拟通信相比数字通信较突出的缺点是它占用的信道频带通常要宽得多。以电话为例，一路模拟电话一般占 4kHz 带宽，但一路数字电话就要占几十千赫的带宽。随着微波通信及光纤通信等的日益发展，已能提供相当宽阔的频带宽度，例如光纤通信频带宽度可达几十吉赫·千米以上，因而数字通信占用频带较宽的矛盾可逐步得到缓解。

数字通信系统模型见图 1-4，它包括信息源、编码器、调制器、信道、解调器、译码器、受信者以及同步等。

(1) 信息源是产生和发出消息的人或机器，发出的消息可以是连续的或离散的。

(2) 受信者是接受消息的人或机器。

(3) 编码器包括信源编码器和信道编码器两部分。信源编码器是将信息源送出的模拟信号或数字信号转换为符合要求的数码序列；信道编码器是给数码序列按一定规则加入监督码元，使接收端能发现或纠正错误码元，用以提高传送的可靠性，这称为差错控制技术。

(4) 调制器是将信道编码器输出的数码转换为适合于在信道上传送的调制信号后再送往信道，而解调器则将收到的调制信号转换为数字序列。解调是调制的逆变换。

(5) 信道是传送信号的媒体。有时把调制器与解调器也包括在信道中，称为广义信道，而把传送信号的媒体称为狭义信道。

按照传输的信号是已调制的模拟信号或是已编码的数字信号，可将信道分为调制信道和编码信道。传输已调制模拟信号的信道称为调制信道，它包括图 1-4 中从发送端调制器的输出，到接收端解调器的输入之间的所有部件。传输已编码数字信号的信道称为编码信

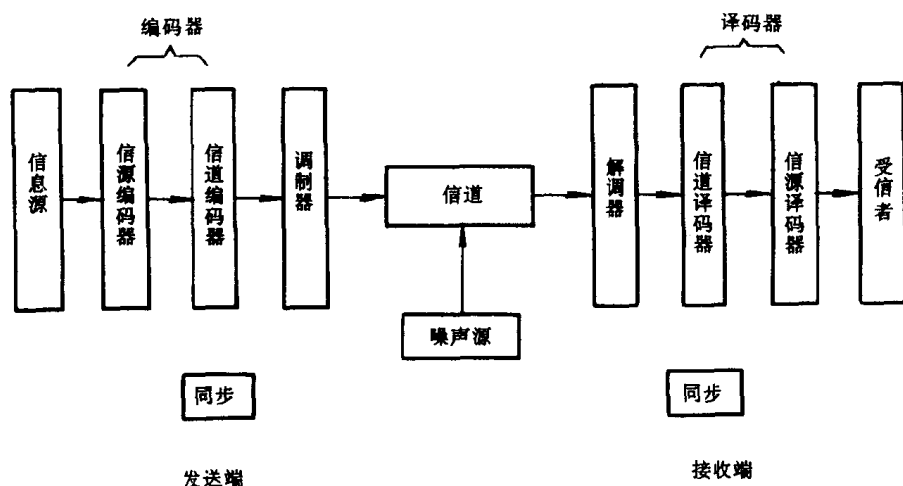


图 1-4 数字通信系统模型

道，它包括图 1-4 中从发送端编码器的输出，到接收端译码器的输入之间的所有部件。

(6) 译码器包括信道译码器及信源译码器。信道译码器将收到的数码序列进行检错或纠错译码，而信源译码器则把经信道译码器处理后的数字序列变换为相应的信号后送给受信者。

(7) 同步用以保证收发两端步调一致，协同工作。它是数字通信系统中不可缺少的组成部分。如收发两端失去同步，数字通信系统会出现大量错码，无法正常工作。

并非所有的数字通信系统都必须具备图 1-4 中所示的全部环节，例如当通信的距离不太远，通信的容量不太大时可直接用线路传送数字信号，而不用调制解调器。

二、通信工作方式

数字通信系统的工作方式按照消息传送的方向和时间，可分为单工通信，半双工通信和全双工通信等三种方式。

(1) 单工通信是指消息只能按一个方向传送的工作方式，见图 1-5 (a)。

(2) 半双工通信是指消息可以双方向传输，但两个方向的传输不能同时进行，只能交替传送，见图 1-5 (b)。

(3) 全双工通信是指通信双方可以同时进行双方向传送消息的工作方式，见图 1-5 (c)。

三、波特率和比特速率

现代的远动系统一般都是数字式，消息以数字方式传送。开关位置状态、测量值或远动命令等都编成数字代码，转换成

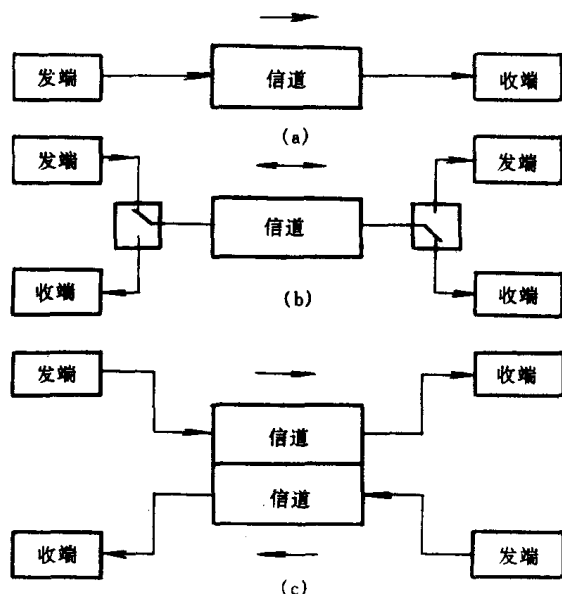


图 1-5 通信工作方式
(a) 单工；(b) 半双工；(c) 全双工

相应的物理信号,如电脉冲等,再经适当变换后由信道传送给对方。常用的是二进制代码“0”和“1”。图 1-6 (a) 示出二进制电信号传送的一种形式,以幅值为 E 的脉冲代表“1”,幅值为 0 的脉冲代表“0”。代码的每一基本单元称为码元。通常码元的宽度相同,等于 T 。若某事物具有两种可能的状态,例如某开关是闭合或断开状态,就可以用一位二进制码来表示,例如约定以“1”表示开关为闭合状态,以“0”表示开关为断开状态。若事物可能出现的状态数大于 2,则可用几位二进制码的组合来表示。

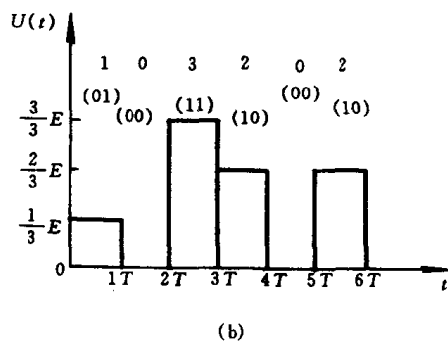
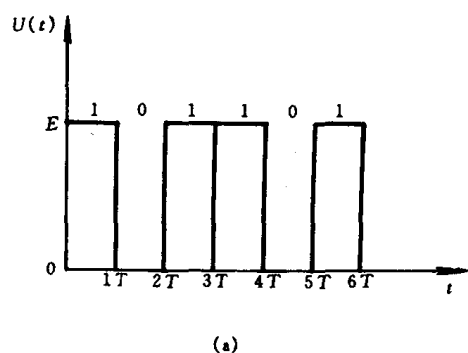


图 1-6 电脉冲信号
(a) 二进制; (b) 四元制

除二进制码以外也可以用多元制码,图 1-6 (b) 示出四元制电脉冲信号的一种形式。图中以幅值为 $\frac{3}{3}E$ 、 $\frac{2}{3}E$ 、 $\frac{1}{3}E$ 和 0 的脉冲分别代表四元制中的“3”、“2”、“1”和“0”。若某事物具有四种可能的状态,用一位四元码就能表示该事物的状态。如果用二进制码来表示 4 种状态,至少要 2 位,例如分别以二进制 11、10、01 和 00 来表示。一般而言,一位 N 元码用二进制码来表示时要 n 位, n 与 N 的关系应满足 $2^n \geq N$, 即 $n \geq \log_2 N$ 。

消息传送的速度可以用每秒传送的码元数来衡量,称为码元速率,单位为波特 (Bd, Baud),例如每秒传送 600 个码元时码元速率就是 600Bd。码元速率也称波特率,它表征每秒传送的码元数,但并未表明该码元是二元制的,还是哪一种多元制的。

数字通信中的传输速率也可以用信息传输速率来表征。信息传输速率又称信息速率或比特速率,定义为每秒传送的信息量,单位是 bit/s(比特/秒)。比特(bit)在信息论中是衡量信息量的单位。

信息和消息有所差别,信息可理解为消息中所包含的有意义的内容。消息中所含信息的多少,可用“信息量”来衡量。如果一个消息所表示的是必然事件,即该事件发生的概率为 1,则对收信者来说毫无意义,得不到什么信息,其信息量为零。如果消息表示的是很少发生的事件,则收信者感到意义很大,得到了不少信息,这消息就具有较大的信息量。消息中所含的信息量与消息所表示的事件发生的概率紧密相关。事件出现的概率越小,消息所含的信息量就越大。如果收到的消息是由若干个独立事件构成,那么得到的总信息量就是这些独立事件的信息量的总和。

在信息论中,将消息所含的信息量 I 定义为

$$I = \log_a \frac{1}{P}$$

式中 P ——消息所表示的事件出现的概率。

上式中若对数以 $a=2$ 为底,则信息量的单位是 bit。

若一个消息所表示的事件有 N 种不同的可能状态，为了传送这种消息，用 N 元制时只需一个码元。若这 N 个可能状态出现的概率相同，即 $P = \frac{1}{N}$ ，则每一消息所含的信息量 I 为

$$I = \log_2 N \quad (\text{bit})$$

最基本的是二元制， $N = 2$ 。若“0”和“1”出现的概率相等，则每个二元制码元所含的信息量为

$$I = \log_2 2 = 1 \quad (\text{bit})$$

因而在二元制中，如“0”和“1”出现的概率相等，则信息速率与码元速率在数值上相同，但单位不同。例如每秒传送 600 个二元制码元，其信息速率为 600bit/s，而码元速率为 600Bd。

对于 N 元制码，在等概率情况下，由于它的每一码元所含的信息量为

$$I = \log_2 N \quad (\text{bit})$$

因此，如果 N 元制的码元速率为 R_{BN} (Bd)，则其信息速率 R_{bn} 应为

$$R_{\text{bn}} = R_{\text{BN}} \log_2 N \quad (\text{bit/s})$$

比特 (bit) 这个术语除作为信息量的单位外，在数字通信和计算机技术中，常把二元制的一个码元称为 1bit，比特一词一般只作为一位二元制数的简称。

第三节 远动系统的基本结构

远动系统把调度控制中心和发电厂、变电所联系了起来，一侧是调度端，另一侧是厂站端。从监控的角度来看，一侧是监控端，另一侧是被监控端。广义而言，对其他站实现远程监控的站，称为监控站或主站 MS，受主站监控的站称为被控站或分站、子站。在被控站内按规约完成远动数据采集、处理、发送、接收以及输出执行等功能的设备，称为远动终端 RTU。习惯上把被控站发往控制站的信息，如遥测信息、遥信信息等，称为上行信息，所用信道称为上行信道。把控制站发往被控站的信息，如遥控信息、遥调信息等，称为下行信息，所用信道称为下行信道。

远动系统是由控制站、被控站及信道等组成。数字式远动系统的基本结构见图 1-7。为了便于说明，把遥测、遥信和遥控、遥调分两部分画出。

数字式远动系统中，遥测量和遥信量都以数字方式表示。图 1-7 (a) 是遥测、遥信部分。有功功率、无功功率、电压、电流等被测量通常先由电量变送器变换为与之成正比的直流模拟电量，然后进入远动装置。遥测编码器将模拟量转换为数字量，编成一定格式的码。信道编码器为遥测数据添加监督码元，进行抗干扰编码。数字信号在信道中以串行方式传送，故需经并串变换。为了使数字信号适合于在信道上传送，调制器把要传送的数字序列调制成交流的频率或相位等。调制后的信号就沿着信道传送到对方。

遥信的情况与遥测类似，但遥信传送的是状态量。一位二元制数可表示一个开关位置状态。一组遥信数据有若干位，可表示若干个开关位置状态。遥信编码器将状态量采集后

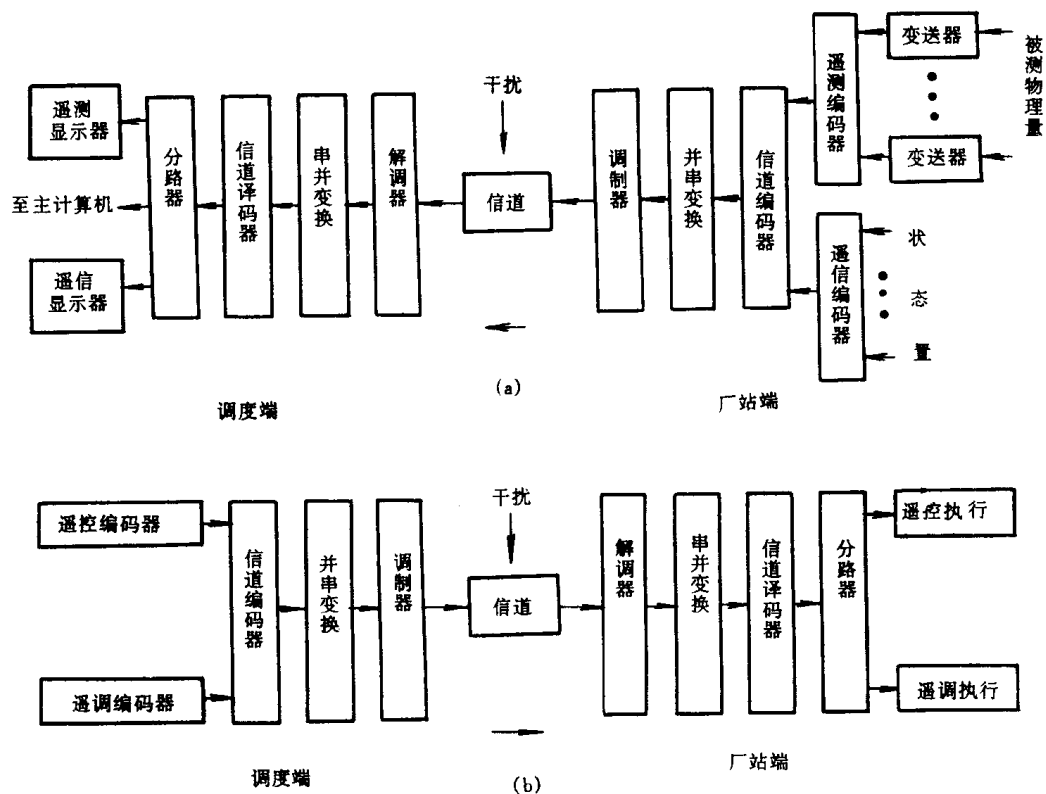


图 1-7 数字式远动系统基本结构

(a) 遥测、遥信；(b) 遥控、遥调

编成一定格式的代码。遥信的其余传送过程与遥测相同。

在接收端，解调器把收到的调制信号解调，变换回数字序列，再经串并变换成为并行数据。信道译码器按约定的抗干扰规则检验，如未发现差错，就将遥测、遥信数据分别输出给显示器或计算机等。

图 1-7 (b) 是遥控、遥调部分。当控制站需要遥控时就发出遥控命令，指定被控对象（如某号断路器）及操作的性质（合闸或分闸）。遥控编码后的遥控命令经信道编码器、并串变换和调制后再送往信道。被控站将收到的信号解调，经串并变换后由信道译码检验。由于遥控要操作断路器，关系重大，为了保证遥控的高度可靠性，通常都采用返送校核的两步操作法，即控制站将遥控选择命令发给被控站，被控站收到此命令经抗干扰检验无误后并不立即执行，而是将遥控命令暂存，同时将该命令返送给控制站。经控制站核对与原发送的遥控命令完全一致时再发遥控执行命令。被控站只有在收到遥控执行命令后，才将原收到的遥控命令付诸执行。

当控制站需要遥调时就发遥调命令，进行遥调编码。遥调通常是给被调节的对象设置整定值，再由被调节对象的调节器按整定值的要求进行调节。遥调命令中应指定被调节对象及整定值。在被控站，如整定值需以模拟量形式送给调节器，则将收到的数字式整定值进行数/模转换。

遥调命令的发送和接收过程与遥控相似，但一般认为遥调对可靠性的要求比遥控低，所以遥调大多不用返送校核，而是一步操作，即被控站收到遥调命令经检验无误后立即执