



高等学校教材

电力系统远动原理

西安交通大学 盛寿麟 主编



高等学校教材

电力系统远动原理

西安交通大学 盛寿麟 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书阐述电力系统运动的基本工作原理和方法。全书共分七章, 主要包括: 电力系统运动的概况, 运动信息传输的基本原理, 差错控制, 运动装置的功能模块及多微机运动装置, 循环式运动, 问答式运动以及数据通信网等。

本书为高等学校“继电保护与自动运动技术”专业和“电力系统及其自动化”专业的教材, 也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统运动原理/盛寿麟主编.-北京: 中国电力出版社, 1993.10 (1998重印)

高等学校教材

ISBN 7-80125 409-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第05592号

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

冶林印刷厂印刷

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3月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16印张 358千字

印数 4821—8350册 定价 14.80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)

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的基本概念。

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，也可供有关工程技术人员参考。

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

前 言

第一章 绪论	1
第一节 电力系统远动的基本功能	1
第二节 通信系统模型	2
第三节 远动系统的基本结构	6
第四节 远动网络配置的基本类型与分层	7
第五节 远动信息传输的基本工作模式	9
第六节 电力系统远动的主要性能指标	11
第二章 远动信息传输的基本原理	15
第一节 信号波形及频谱	15
第二节 信道与干扰	22
第三节 多路复用	26
第四节 脉冲编码调制传输	29
第五节 基带传输	31
第六节 数字调制与解调	36
第七节 同步	52
第三章 差错控制	58
第一节 概述	58
第二节 差错控制方式	59
第三节 线性分组码	61
第四节 循环码	67
第五节 BCH码	81
第六节 循环码的抗干扰能力	86
第七节 卷积码的基本概念	89
第八节 陪集码	92
第四章 远动装置的功能模块及多微机远动装置	96
第一节 概述	96
第二节 遥信量的采集	98
第三节 遥测量的采集和处理	102
第四节 遥信量变位及遥测量越阈值的检测	118
第五节 人机联系	126
第六节 遥控与遥调	130
第七节 与后台主计算机通信	132
第八节 多微机处理机远动装置	133

第九节 运动装置的故障检测及诊断	138
第五章 循环式远动	141
第一节 遥测遥信的发送和接收	141
第二节 遥信变位插入传送	148
第三节 随机同步	153
第四节 厂站端远动装置的工作模式	154
第五节 任务调度管理	157
第六节 我国微机远动(循环式)规约简介	160
第七节 循环式远动的传输性能	164
第六章 问答式远动	167
第一节 数据传输控制规程	167
第二节 远动中的帧格式及问答过程	176
第三节 我国问答式远动规约(试行)简介	180
第四节 问答式远动的传输性能	187
第七章 数据通信网	190
第一节 数据网络的发展	190
第二节 数据网络的结构及分类	192
第三节 数据交换原理	193
第四节 路由选择	196
第五节 流量控制	199
第六节 网络拓扑可靠性与链路容量分配	201
第七节 通信控制装置	207
第八节 网络体系结构及协议	209
第九节 局域网	213
第十节 网络互连	223
附录 I 排队论简介	226
附录 II 8279 可编程键盘/显示器接口简介	230
附录 III 串行通信接口	238
附录 IV 词汇	244
参考文献	246

第一章 绪 论

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

如果生产过程分布的范围不广，相距不远，通常可采用就近监视和就近控制的办法。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监视和控制，如仍然沿用就近监控的办法，在技术上和经济上是不现实的，必须采用专门的措施来克服主要是相距遥远所带来的困难。为了适应这种客观需要，逐步发展了远动技术。所谓远动，就是应用远程通信技术，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。

第一节 电力系统远动的基本功能

电力系统是由发电厂、变电所及输电线路等组成，并由调度控制中心对全系统的运行进行统一的管理。电力系统的地域分布辽阔，随着系统容量的不断增加，运行管理更趋复杂。为了保证供电的质量和电力系统运行的可靠性和经济性，系统的调度控制中心必须及时而准确地掌握全面的运行情况，随时进行分析，作出正确的判断和决策，必要时采取相应的措施，及时处理事故和异常情况，以保证电力系统安全、经济、可靠地运行。调度控制中心需要采集和处理的实时运行参数和状态信号数量多，实时性要求高，如仍沿用早期的调度方式，以电话通信采集数据，传达命令，显然速度慢，实时性差，对于数量众多的信息已无法胜任，特别是在事故情况下，更是难以满足要求。科学技术的发展为调度自动化提供了物质基础，目前已使用计算机对电力系统进行监视和控制，以逐步实现电网调度自动化。

实现电网调度自动化，首先要采集实时数据，进行监视和控制。所以电网调度自动化的基本组成部分是数据采集和监控系统，即SCADA系统（Supervisory Control And Data Acquisition System）。在此基础上配以自动发电控制、经济调度控制以及其它如安全监视、安全分析等功能构成能量管理系统（Energy Management System）。由于远动系统是为调度控制中心提供实时数据，实现对远方运行设备的监视和控制，因此它是电力系统调度自动化的基础，无异于耳目和手足。远动系统已成为调度自动化系统的一个重要组成部分。

电力系统远动的主要任务是：①将表征电力系统运行状态的各发电厂和变电所的有关实时信息采集到调度控制中心；②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，例如有功功率、无功功率、电压、电流、频率、水库的水位等是测量量，断路器或隔离开关的位置是闭合还是断开状态，继电保护的继电器是否处于动作状态，自动装置是处于投入还是退出工作状态等是状态量。用远程通信技术传送被测参量的测量值称为远程测量，简称遥测，汉语拼音简写成YC。对状态量进行远程监视称为远程信号，简称遥信，汉语拼音简写成YX。

调度控制中心给发电厂或变电所发的远程命令有控制命令和调节命令等等。当调度控制中心需要直接控制厂、所中的某些设备，如断路器的合、分闸，发电机组的开、停等，就应发出相应的控制命令。这种对于具有两个确定状态的运行设备进行操作的远程命令称为远程控制，简称遥控，汉语拼音简写成YK。当调度控制中心需要对厂、所中的某些设备进行调节，例如改变机组的有功出力，就可发出相应的调节命令，用于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，汉语拼音简写成YT。

遥测、遥信、遥控和遥调是远动系统的四项基本功能，在我国常称之为四遥。作为具体的远动装置，并非都具有四遥功能，有的只有遥测和遥信，有的则兼有遥控和遥调，应视需要而定。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。例如为了便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。在调度控制中心配有专用的调度监控计算机时，远动系统可具有与计算机接口的功能。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。

第二节 通信系统模型

一、模拟通信与数字通信

在电力系统远动中，发电厂和变电所要把遥测、遥信等信息送往调度控制中心，调度控制中心的遥控、遥调等命令也要发往发电厂和变电所，双方需要交换信息，互相通信。通信系统的基本模型见图 1-1。图1-1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。信道是指传输信号的通道。图1-1中噪声源是信道中的噪声以及通信系统中其它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' 。

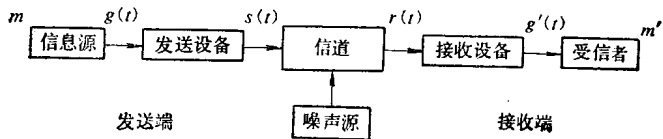


图 1-1 通信系统的基本模型

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。连续消息是指连续变化的消息状态，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，需要把各种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，而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为数字信号，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，数字通信主要有下列一些优点：

(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，如尚未恶化到造成差错，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、体积小、重量轻、可靠性高等优点。

数字通信较突出的缺点是和模拟通信相比，它占用的信道频带通常要宽得多。以电话为例，一路模拟电话通常占4千赫带宽，但一路数字电话就要占几十千赫的带宽。随着微波信道及光纤信道等的日益发展，信道能提供的频带宽度可达几十兆赫芝、几百兆赫芝，甚至更多，因而数字通信占用频带较宽的矛盾也可逐步得到缓解。

数字通信系统模型见图1-2，它包括信息源、编码器、调制器、信道、解调器、译码器，受信者以及同步系统等。

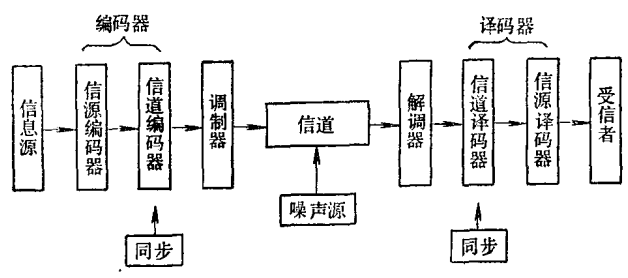


图 1-2 数字通信系统模型

(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合乎要求的数码序列；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，用于提高传送的可靠性，这称为差错控制技术。

术。

(4) 调制器是将信道编码器输出的数码变换为适合于在信道上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变换为数字序列。解调是调制的逆变换。

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

(6) 译码器包括信道译码器及信源译码器。信道译码器对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) 同步系统用于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。

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1-3(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, 只能交替进行。图1-3(b)为半双工交替切换通信方向的示意图。

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

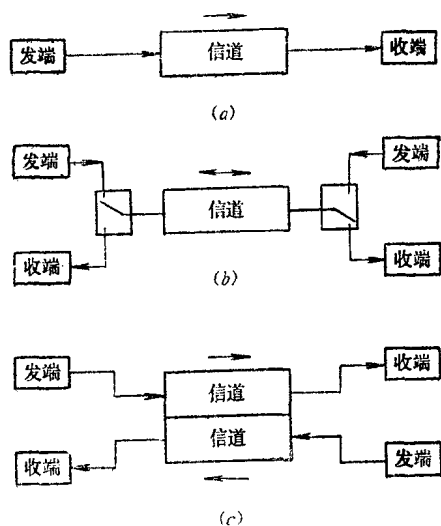


图 1-3 通信工作方式
(a) 单工; (b) 半双工; (c) 全双工

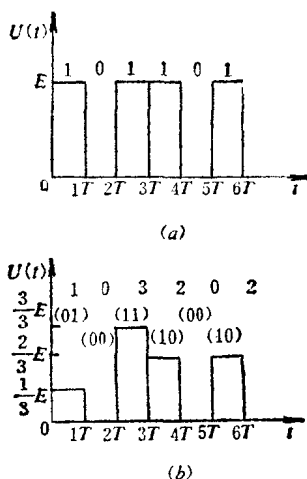


图 1-4 电脉冲信号
(a) 二元制; (b) 四元制

三、波特率和比特速率

现代的运动装置一般都采用数字式。在数字式运动系统中, 消息是以数字方式传送。开关位置状态、测量值或运动命令等都编成数字代码, 转换成相应的物理信号, 如电脉冲等, 再经适当变换后由信道传送给对方。常用的是二元制代码“0”和“1”。图1-4(a)示出二元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元来表示，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元的组合来表示。

除二进制码以外，也可以用多元制码来表示和传送消息。图1-4(b)示出四元制电脉冲信号的一种形式。图1-4(b)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。如果用二元钱来表示4种状态，至少要2位，例如分别以二元钱11、10、01和00来表示。一般而言，一位 N 元码用二元钱来表示时要 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(Baud，简称Bd)，例如每秒传送600个码元，其码元速率就是600Bd。码元速率也称波特率，它仅表征每秒传送的码元数，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。如消息所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，则消息所包含的信息量就越大。如果收到的消息是由若干个独立事件构成，那末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。

上式中如以 $a=2$ 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 $P = \frac{1}{N}$ ，则每一消息所包含的信息量 I 为

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

最基本的是二进制， $N=2$ 。若“0”和“1”出现的概率相等，则每个二进制码元所含的信息量为

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

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_b 应为

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

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1比特, 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与发电厂、变电所联系了起来。按我国的习惯, 一侧称为调度端, 另一侧称为厂站端。从监控的角度来看, 一侧是监控端, 而另一侧是被监控端。广义而言, 对其它站实现远程监控的站称为控制站或主站, 而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(remote terminal unit, 即RTU)。习惯上还把由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, 所用的信道称为上行信道。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, 所用的信道称为下行信道。

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1-5。为了便于理解, 把遥测遥信和遥控遥调分两部分画出。

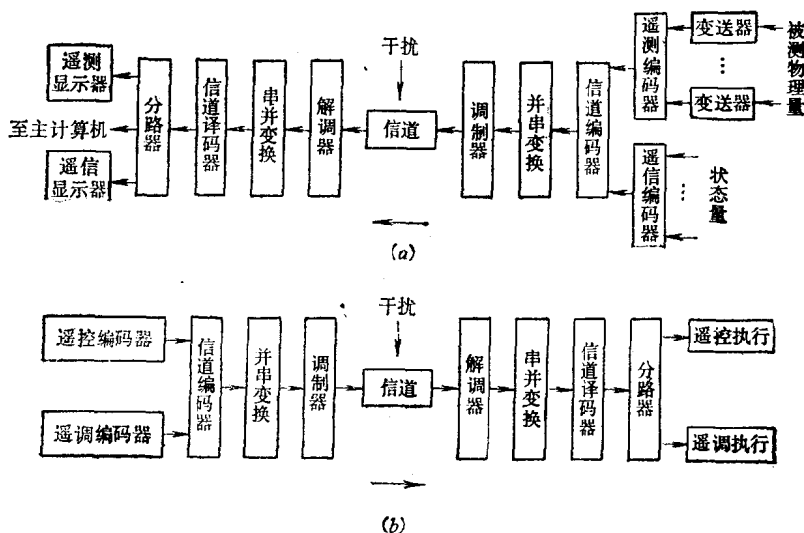


图 1-5 数字式远动系统基本结构
(a)遥测遥信; (b)遥控遥调

在数字式远动系统中，传送的遥测量和遥信量都以数字方式表示。图 1-5 (a) 是遥测遥信部分。有功功率、无功功率、电压、电流等被测量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，由遥测编码器将模拟量转换为数字量，按一定的格式进行编码。为了提高传输的可靠性，由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，经调制器把要传送的数字序列调制成交流电的频率或相位等。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，可以表示若干个开关位置状态。遥信编码器负责将状态量采集编码，其余环节则与遥测相同。

在接收端，把收到的已调制的信号解调，变换回数字序列。经串并变换成为并行数据，再由信道译码器译码，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 1-5 (b) 是遥控遥调部分。当控制站需要遥控时，就发出遥控命令，指定被控对象的代号（如某号断路器）及操作的性质（合闸或分闸）。遥控命令由遥控编码器编码后，经信道编码器编码、并串变换和调制再送往信道。被控站将收到的信号解调，经串并变换后由信道译码器译码检验。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，由遥调编码器编码。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的代号以及整定值的数据。在被控站，如整定值需以模拟量形式送给调节器，则对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不如遥控高。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行。

在数字式远动系统中，若干个码元组成一个远动字。若干个远动字组成一个远动帧。发送端是按规定的节拍一个码元一个码元，一个远动字一个远动字，一个远动帧一个远动帧地逐一发送。因此接收端也必须以相同的节拍逐个接收，亦即收发两端的码位、字和帧应该保持同步，否则将会造成混乱甚至无法工作。同步是数字通信系统的重要组成部分，在图 1-5 中未予以单独表示。

第四节 远动网络配置的基本类型与分层

一、远动网络配置的基本类型

远动系统中主站与子站之间通过信道传输远动信息。若干远动站和连接各远动站的链

路的组合体称为远动配置。远动配置有如下几种基本类型。

1. 点对点配置

一站与另一站通过专用的传输链路相连。这是一种最基本的一对一方式，如图1-6(a)所示。

2. 多路点对点配置

控制中心或主站与若干被控站通过各自的链路相连，如图1-6(b)所示。在这种配置中，主站能同时与各个子站交换数据。

3. 多点星形配置

控制中心或主站与若干被控站相连，如图1-6(c)所示。在这种配置中，任何时刻只允许一个被控站向主站传送数据。主站可选择一个或若干个被控站传送数据，也可向所有被控站同时传送全局性的报文。

4. 多点共线配置

控制中心或主站通过共用线路与若干被控站相连，见图1-6(d)。在这种配置中，同一时刻只允许一个被控站向主站传送数据。主站可选择一个或若干个被控站传送数据，也可向所有被控站同时传送全局性的报文。

5. 多点环形配置

所有站之间的通信链路形成一个环形，如图1-6(e)所示。在这种配置中，控制中心或主站可用两个不同的路由与各个被控站通信，因此当信道在某处发生故障时，主站与被控站之间的通信仍可正常进行，通信的可靠性得到了提高。

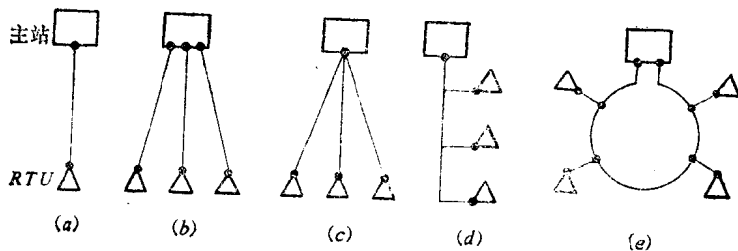


图 1-6 远动系统的配置

(a)点对点；(b)多路点对点；(c)多点星形；(d)多点共线；(e)多点环形

将以上几种基本配置组合起来，可以构成各种混合的配置。

二、远动系统分层

在远动配置中讨论了远动系统中站与站之间的连接方式以及相互进行通信时的一些特点。远动站的设置应适应电力系统调度控制的实际需要。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，就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，亦加重了主计算机的负担。由于系统庞大，传输的信息量多，相应地亦会增大信息的总传输时延。此外，全系统集中的监控方式对主要设备的

可靠性要求亦高，一旦主设备发生故障将会影响全系统的正常工作，因而现代电力系统都采用分层控制方式。所谓分层控制，实质上是将一个大的控制系统按功能或结构等，分成若干个子系统。各子系统完成自身的功能并相互协调，使整个控制系统达到最佳效果。

电力系统可以按不同方式分层。我国电力系统的运行调度组织在结构上已形成各个层次，有电网调度（简称网调）、省电网调度（简称省调）和地区电网调度（简称地调）三级调度。其分工大致为网调管辖若干个省调以及大型电厂和500kV变电所；省调管辖若干个地调以及中小型电厂和220kV变电所；地调则管辖若干配电控制中心和110kV及以下的变电所。在三级调度的基础上，再加上国家调度级，就成为四级调度体制，见图1-7。

电力系统分层管理后，全系统的监视控制功能分别由各个层次来完成。下一级完成规定的功能，并将必要的信息送往上一级，接受上一级的管理。各层之间互相协调，有关全局性的信息则由上一级进行集中和处理。

采用分层控制后，局部性的监控功能在较低层完成，可以减轻上一层次信息采集和处理的负担。局部性的故障也不至于严重影响全系统的正常工作，分层控制系统的扩展也较方便。

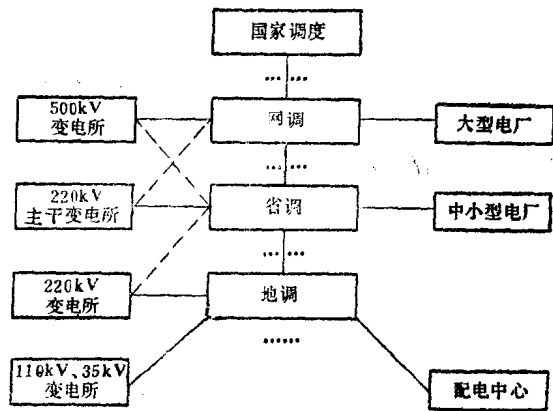


图 1-7 电力系统分层

为了与调度的分层管理方式相适应，远动系统亦按分层方式配置。各层根据所分配的职责采集所需的信息，并将必要的信息转送给上一层。网调和省调对一些重要厂站的远动信息，为了满足可靠性和实时性的要求可直接进行监控。有的厂站分属两级调度控制中心管理，则应和两处进行远动通信。站与站之间的连接应根据具体情况，选用前面介绍的各种配置方式。

远动信息分层采集，逐级传送，构成一个与调度分层相适应的远动网络，它同样是分层结构，具有经济、可靠以及扩展方便等特点。

第五节 远动信息传输的基本工作模式

在数字式远动系统中，远动信息都以数字形式传送。一组数据表示一定的远动信息，称为一个远动字。遥测或遥信字一般的结构见图1-8(a)，其中用户数据是遥测量数据或状态量数据。标志用于表明该远动字的特征。为了使各远动字能相互区别，给远动字设置了序号，也称地址码。监督码元用来提高抗干扰能力。

若干远动字可组成一帧，图1-8(b)是帧结构示例。帧的开头有帧分界符，作为一帧开始的标志。接着就是远动字。这种帧结构只适用于信道为一对远动站专用的情况，发送站与

接收站都已确定，不必标明。如果信道上连接的远动站较多，则在传送的数据中应标上源发站与目的站的地址。在图1-8(c)的帧结构中设置有控制字，可用于标明这一帧信息的源发站与目的站的地址。此外，控制字还可用来标明这一帧信息的特征，如帧的类型是遥测类，还是遥信类，这一帧的长度是多少字节等。

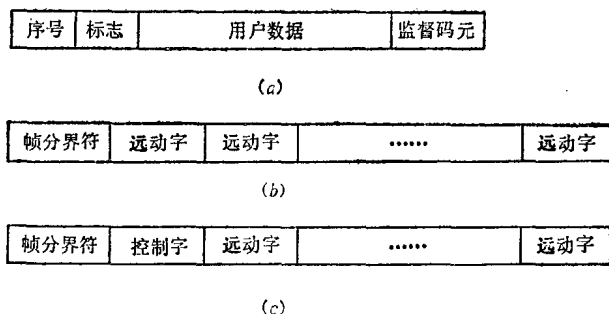


图 1-8 远动字结构和帧结构
(a)字结构；(b)帧结构之一；(c)帧结构之二

远动系统中的控制站与被控站之间通常采取以帧为单位的方式进行通信。通信双方有一方是主叫方即发动通信的一方，而另一方则是被叫方。在远动系统中，按发动通信传输的模式来划分，可以有以下几种基本类型。

一、循环传输模式

发送站按规定的顺序，周期性地主动将远动信息送给主站，如按图1-8(b)所示的帧结构，一帧一帧周而复始地不断传送。

这种循环传输模式不需主站干预。传输信息时只需使用单向信道。当传输过程中某些数据出现差错时，由于是循环传送，因而可以用下一个循环中的数据来补救。

循环传输模式的传送时延与一个循环中传送的远动信息的数量有关。传送的数量越多，传送的时延就越长。此外，这种传输模式不论情况如何，即使用户数据毫无变化，也照样循环不停地向主站发送数据，因此在正常情况下，信道的有效利用率不高。

二、自发（事件发动）传输模式

自发传输模式只有在发送端发生事件时（例如开关位置状态发生变化，测量值的变动超过预定范围等）才向主站发送信息。

采用自发传输模式时，只要发送站有事件发生，就立即向主站传送，因而它最适合实时性的要求。

自发传输模式所传送的信息，如果由于干扰等原因主站未能正确收到，该信息将被丢失。为了进行补救可采取辅助措施，例如主站正确收到信息后回送一个“肯定确认”信息。发送站如收不到这一信息，就重复发送原来的信息。当然这时需要双向信道。

自发传输模式减轻了正常运行情况下信道的负担，但在异常或事故情况下传送的工作量将大量增加。为了避免信道拥挤，可采用按优先级分批传送等办法来缓解。

自发传输模式通常和其它传输模式组合使用。

三、按请求（问答或轮询）传输模式

循环传输模式和自发传输模式都是以被控站作为发动通信的一方来传送信息。与此相反，按请求传输模式是以主站作为发动通信的一方，由它向被控站发出命令。被控站则按主站的请求发送有关信息。这种传输模式通常以问答方式进行通信，故也称问答式。

在问答传输模式中，主站可以要求被控站发送某一远动信息，也可以要求发送某些类型的信息等等，工作方式灵活。问答传输模式要双工通信，因此需要双工信道。

问答传输模式不仅适用于图1-6中点对点配置方式，也适用于图1-6中的其它配置方式，例如多点共线配置方式。此时主站可轮流与各个子站进行问答通信。主站所发的命令中带有目的站的地址，即被叫站的代号，因此只有被叫站能作出应答，其它站不会受理。

问答式远动通常由主站逐一轮询各个子站，如此循环不息。循环一周需要一定时间。如果被控站有事件发生，但由于传送信息的主动权在主站，因而被控站一时难以将信息立即发给主站。为了使主站及时掌握各子站是否有事件发生，应采取辅助措施，例如在子站给主站回答的信息中附加标志，表明是否有紧急情况请求发送，或者在主站查询完一个子站后询问各子站是否有紧急情况要发送等等。

循环传输、自发传输以及按请求传输是三种基本传输模式，实际使用的传输模式可以是它们的组合。例如将循环传输模式与自发传输模式组合，在正常情况下以循环传输模式工作，当发生紧急情况时，例如断路器事故跳闸，就插入事件发动传输，即优先插入遥信变位信息传输。待紧急信息传送完毕后，再恢复正常的循环传输模式。在各种模式组合时，事件发动传输模式的优先级通常是最高，循环传输模式的优先级最低。

第六节 电力系统远动的主要性能指标

电力调度控制中心依靠远动系统采集数据进行监视和控制，如远动提供的遥测遥信有差错或不及时，就有可能导致调度控制中心判断或决策的失误。如遥控遥调有差错，将直接影响到系统的运行，甚至带来严重后果。对电力系统远动的基本要求是可靠、准确和及时。

一、可靠性

远动系统的可靠性，包括系统设备运行的可靠性和数据传输的可靠性两方面。

（一）系统设备运行的可靠性

远动系统或装置的可靠性是指它在规定的时间内和使用条件下完成所要求功能的能力。可靠性一般可用“平均故障间隔时间”和“可用率”来衡量。

平均故障间隔时间 $MTBF$ 是功能部件、设备或系统在规定寿命期限内相邻两次故障间隔时间的统计平均值。

可用率 A 是设备或系统处于良好状态的可使用时间所占的百分数，其表达式为

$$A = \frac{\text{可用的运行时间}}{\text{可用的运行时间} + \text{故障及维修的停运时间}} \times 100\%$$

作为硬件设计分析，可用率的预计值 A_p 可以用下式进行计算