

上海超高压输变电公司 编



超高压输变电操作技能培训教材



电力通信

(第七册)

ianli tongxin



首套500kV超高压输变电
操作技能指定培训教材



依据规范编写、只讲操作
技能、突出岗位技能鉴定



全国500kV超高压输变电系统
安全操作和技能考核规范读本



全国各网省市超高压输变电企业
运行维护、检修试验等生产人员



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

超高压输变电操作技能培训教材

电 力 通 信 (第七册)

上海超高压输变电公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

随着电力系统输变电容量不断增大, 500kV 及以上超高压已成为输变电网络的主要电压等级。为了满足全国联网和西电东送的战略决策以及超高压交直流输变电建设和运行的需要, 根据国家标准、行业标准和《电力行业职业技能鉴定规范》以及有关输变电运行岗位规范等的要求, 并结合 500kV 超高压输变电运行的实际情况, 上海超高压输变电公司在总结多年来超高压输变电运行经验和教育培训的基础上组织编写了《超高压输变电操作技能培训教材》(一套 7 册), 以满足全国超高压输变电企业为适应超高压输变电电网发展所需的队伍建设、岗位培训和技能鉴定的培训需要。

《电力通信》是本套教材的第七册, 共六章, 主要内容是: 第一章数字微波通信, 介绍了数字微波通信结构特点与主要技术、天馈线系统与要求、监控系统传输与形式、数字信号调制与解调、数字微波收发信设备、微波传播与 SDH 同步数字系列以及运行维护; 第二章光纤通信, 介绍了光纤通信特点与组成、光纤与光缆的结构种类和传输特性、无源光器件、光源与光发射机、数字光接收机、数字光纤通信系统、光纤通信运行与维护; 第三章程控交换, 介绍了程控交换基本概念与性能优点、程控交换机基本组成与原理以及 HARRIS20—20 LH 程控交换机系统; 第四章数字通信技术, 介绍了数字通信基础、分组交换网、数字数据网 (DDN 网)、异步转移模式网 (ATM 网) 和因特网 (Internet 网) 等网络技术、互联协议、交换控制以及网络连接方式; 第五章电力载波通信系统, 介绍了电力线载波基本概念、西门子 ESB2000i 电力载波机、电力线以太网和电力载波系统运行维护; 第六章配线系统, 介绍了音频综合配线系统、过电压源形成和防范措施、数字配线架、光配线架以及配线系统运行维护。另外为了方便培训学习在全书各章后配有复习题。

本书既可作为全国超高压输变电企业电力通信生产人员、技术人员和管理干部等新岗、上岗、转岗、再岗的岗位技能培训和职业技能鉴定的培训教材, 也可作为电力职业专科学院和电力大本专院校的专业课程教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

超高压输变电操作技能培训教材. 第七册, 电力通信/上海超高压输变电公司编. - 北京: 中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-2930-9

I. 超… II. 上… III. 电力系统 - 通信 - 技术培训 - 教材 IV. TM73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 005005 号

中国电力出版社出版、发行

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

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 15 印张 398 千字

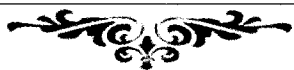
印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

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)

《超高压输变电操作技能培训教材》

编 审 委 员 会



主任委员： 沈兆新
副主任委员： 林 锋
编委人员： 陈海波 邹 俭 乔卫东 吴 钧 刘新平
徐伯成 周 红 戴春怡 金红核
主 编： 陈海波
主 审： 邹 俭
统 筹： 陶象雯
策划编辑： 杨元峰

● 第七册 电力通信 ●

编 审 人 员

分册主编： 徐伯成
编 写： 徐伯成 朱克敏
审 核： 乔卫东
责任编辑： 杨元峰

序



当前, 由于全国联网和西电东送的国家战略决策以及超高压交直流输变电的迅速发展, 电力系统输变电容量不断增大, 电压等级逐步升高, 500kV 及以上超高压已成为输变电网络的主要电压等级。因此, 在 500kV 超高压输变电生产人员、技术人员和管理干部等的培训领域迫切需要一套完整而又贴近生产实际情况的超高压输变电操作技能培训教材, 以加快 500kV 超高压输变电各专业岗位技能和职业技能人才的培养步伐。

为此, 根据原国家电力公司、中国电力企业联合会、国家电网公司、中国南方电网有限责任公司等对超高压输变电岗位技能、职业技能等提出的培训要求, 从 2001 年开始, 在上海市电力公司的领导下, 上海超高压输变电公司组织了 500kV 超高压输变电各专业领域、多年运行经验的 30 多位技术人员和专家, 根据国家标准、行业标准和《电力行业职业技能鉴定规范》以及有关输变电运行岗位规范等的要求, 并紧密结合 500kV 超高压输变电运行维护的实际情况, 精心编写了这套由七个专业组成的《超高压输变电操作技能培训教材》(一套 7 册), 以充分反映我国当前 500kV 超高压输变电实际运行技术水平和最新发展状况, 并以满足全国超高压输变电企业为适应超高压输电网发展所需的队伍建设、岗位培训和技能鉴定的需要。

《超高压输变电操作技能培训教材》分册是: 第一册 变电运行; 第二册 变电设备检修; 第三册 变电所自动化与监控; 第四册 输电线路; 第五册 交直流电源与计量; 第六册 继电保护; 第七册 电力通信。

由于这套教材是针对岗位技能和职业技能培训而编写的, 因此在内容安排上突出了操作技能的特点, 除了专业原理和结构的讲解外, 更加侧重实际运用和运行操作的介绍, 在培训功能上具有较强的针对性和实用性, 既可作为超高压输变电岗位技能培训和职业技能鉴定的培训教材, 也可作为电力专业大专院校学生的课程教材, 尤其能为新进输变电企业的大中专毕业生尽快适应本职岗位工作提供了帮助和学习教材。本书的编写出版得到了同行业技术专家和中国电力出版社的热情支持, 在此, 我谨代表编委会向他们表示衷心感谢。

上海超高压输变电公司总经理

沈尧新

2004 年 11 月

前言



电力通信是电力系统安全生产的三大支柱产业之一，负担着电力系统的信息、远动、保护等信号的传输任务，随着电力行业的快速发展，电力通信已在电力系统中发挥着越来越重要的作用。这就需要培养一大批具有较高水平的电力通信的专门人才。本书结合电力系统常用的通信设备，从基本理论到运行维护，由浅入深进行介绍，以满足广大通信专业人员的需求。

为了适应我国电力系统输变电容量不断发展的需要，更好地提高超高压输变电一线运行员工的业务技术、岗位技能、职业技能和管理水平，根据国家标准、行业标准和《电力行业职业技能鉴定规范》以及电力通信规范等要求，并结合 500kV 及以上电力通信运行维护的实际情况，组织编写了《超高压输变电操作技能培训教材》（第七册 电力通信），以突出学以致用和提高岗位技能、职业技能的实际应用水平为重点的指导思想。

本书共六章，第一章数字微波通信，重点是对 SDH 设备进行了介绍；第二章光纤通信，对电力系统使用的特殊光缆（OPGW）进行了介绍；第三章程控交换，结合华东地区使用较多的 HARRIS20-20 交换机进行了介绍；第四章数字通信技术，介绍了 DDN 网、ATM 网和因特网等网络技术以及网络的连接方式；第五章电力载波通信系统，结合电力系统应用较为广泛的西门子 2000i 型载波机，对其功能及结构进行了介绍。第六章配线系统，介绍了音频、数字及光配线架。全书各章节均对通信设备的运行维护都作了详细介绍，以使广大电力通信运行维护人员对通信设备有一个全面的了解。

本书第一、二、三、四章以及第六章由徐伯成编写，第五章由朱克敏编写。全书由徐伯成统稿，乔卫东审核。在本书的编写过程中，作者参考了有关资料和文献，详见参考文献，在此对资料和文献的作者表示谢意。

由于通信技术的日新月异，加之编者的水平有限，书中给出的意见和结论往往只有相对的意义，书中难免会出现一些不当和谬误之处，敬请读者批评指正。

编者

2004 年 11 月

目 录

序
前言

第一章 数字微波通信

1

第一节 数字微波中继通信概念	1
一、数字微波通信结构 (1) 二、数字微波通信特点 (2) 三、数字微波主要技术 (3) 四、微波站分类及站上设备连接特点 (4)	
第二节 天馈线系统	7
一、天馈线系统型式 (7) 二、天线要求 (7)	
第三节 数字微波通信监控系统	8
一、监控概念 (8) 二、公务电话和监控信息传输信道 (8) 三、监控设备原理方框图 (9) 四、监控信号形式 (10)	
第四节 数字信号调制与解调	11
一、接口电路及接口码形变换 (11) 二、数字微波传输的 PCM 系列 (11) 三、微波信道设备接口码型的变换 (13) 四、二进制数字信号调制与解调 (14)	
第五节 数字微波收发信设备	18
一、发信设备组成 (18) 二、发信设备主要技术性能指标 (19) 三、收信设备组成 (20) 四、收信设备主要性能指标 (20)	
第六节 微波传播	21
一、对电波传播影响的有关因素 (22) 二、抗衰落技术 (23) 三、自适应均衡技术 (24)	
第七节 SDH 同步数字系列	26
一、SDH 定义及特点 (26) 二、SDH 系统帧结构与复接 (27) 三、SDH 设备一般特性 (32) 四、SDH 设备一般性能要求 (36) 五、SDH 微波通信网络管理 (38)	
第八节 数字微波通信运行维护	44
一、葛沪微波 (44) 二、告警指示 (45) 三、自环检测方法 (46)	
复习题	47

第二章 光纤通信

48

第一节 光纤通信概念	48
一、光纤通信特点 (48) 二、光纤通信基本组成 (49)	
第二节 光纤与光缆	49
一、光纤结构和种类 (49) 二、光波在光纤中传输 (51) 三、单模光纤 (55) 四、光纤损耗特性及色散特性 (58) 五、光缆结构与种类 (58)	
第三节 无源光器件	60

一、光纤活动连接器 (60) 二、光衰减器 (61) 三、光方向耦合器 (61) 四、光隔离器 (61)	
第四节 光源与光发射机	62
一、与激光器有关的几个概念 (62) 二、激光器一般工作原理 (64) 三、半导体激光器 (65) 四、半导体发光二极管 (66) 五、光源调制 (67) 六、常用调制器 (68) 七、光发射机 (68)	
第五节 数字光接收机	71
一、光检测器 (71) 二、光纤数字接收机 (75)	
第六节 数字光纤通信系统	85
一、数字光纤通信设备结构 (86) 二、光纤通信中的码型 (91) 三、监控及告警 (94)	
第七节 光纤通信运行与维护	96
一、告警与指示 (96) 二、故障处理 (100)	
复习题	102

第三章 程控交换

103

第一节 程控交换基本概念	103
一、程控时分数字交换机概念 (103) 二、程控数字交换机优点 (105) 三、程控交换机新服务性能 (106)	
第二节 数字程控交换机基本组成	108
一、数字交换机基本结构 (108) 二、软件组成 (117)	
第三节 程序控制基本原理	119
一、呼叫处理基本原理 (119) 二、程序执行管理 (130) 三、多重处理和实时处理 (136)	
第四节 HARRIS20—20 LH 程控交换机系统	141
一、概述 (141) 二、管理软件 (142)	
复习题	144

第四章 数字通信技术

145

第一节 数字通信基础	145
一、基本原理及其概念 (145) 二、信号传输模式 (147)	
第二节 分组交换网	149
一、分组交换原理 (149) 二、数据报与虚电路 (150) 三、三种交换方式比较 (152) 四、统计时分复用技术 (153) 五、物理层协议 (153) 六、数据通信网通信协议 (155) 七、X. 25 建议 (156) 八、流量控制与拥塞控制 (159)	
第三节 数字数据网与帧中继网	161
一、数字数据网概述 (161) 二、数字交叉连接 (163) 三、DDN 用户入网方式 (165) 四、帧中继概述 (166) 五、帧中继交换与控制 (169) 六、帧中继与其他网互连 (171)	
第四节 ATM 通信网	173
一、ATM 网络基本概念 (173) 二、ATM 参考模型与协议 (176) 三、ATM 业务流量管理 (183)	
第五节 因特网	186
一、因特网基本结构 (186) 二、TCP/IP 协议简介 (188)	
复习题	193

第一节 电力线载波基本概念	195
一、复用载波机 (195)、二、电力线载波通道上的杂音 (196)、三、远方保护通道 (197)	
第二节 西门子 ESB2000i 电力载波机	197
一、用途 (197) 二、设计及使用方法 (204)	
第三节 电力线以太网	216
一、电源网络起步 (216) 二、四网合一实施方案 (217)	
第四节 电力载波系统运行维护	218
一、日常运行维护 (218) 二、系统测试 (219)	
复习题	220

第六章 配线系统

221

第一节 音频综合配线系统	221
一、音频综合配线架结构 (221) 二、机房内电缆及设备接地要求 (222)	
第二节 过电压源的形成和防范措施	222
一、过电压源 (222) 二、传递途径 (222) 三、预防措施 (223)	
第三节 数字配线架	224
一、数字配线架结构及功能 (224) 二、数字配线架排列和布线 (224)	
第四节 光配线架	225
一、光配线架结构与功能 (225) 二、光配线架布线与排列 (226)	
第五节 配线系统运行维护	226
一、音频架维护 (226) 二、数字及光配架维护 (227)	
复习题	228
参考文献	229

第一章

数字微波通信

数字微波技术的应用已有几十年历史,从过去的 PDH(准同步)方式到目前的 SDH(同步数字系列),其技术在不断更新。随着技术的更新,容量也在不断提高。早年使用的 34Mbit 的 PDH 设备已逐步被大容量的 SDH 设备所代替。本章结合电力系统的有关设备,对数字微波通信的有关概念、特点以及对设备的连接、收发信设备、天馈线系统、监控系统等进行适当的论述。

第一节 数字微波中继通信概念

微波是指频率在 300MHz 至 300GHz 范围内的电磁波,数字微波通信是指利用微波作为载体携带数字信息通过空间传播进行交换,并进行再生中继的通信方式。

一、数字微波通信结构

1. 系统模型

数字通信系统的设备组成及其各部分功能,因其用途的不同而异,综合各种数字通信系统,画出了图 1-1 所示的数字微波通信系统模型。

发端的信源是提供原始信号的装置,其输出可以是模拟信号,也可以是数字信号。例如,常用的电话机或运动设备送出的模拟信号的信源;电子计算机、数字交换机等数字设备终端送出的数字信号的信源。

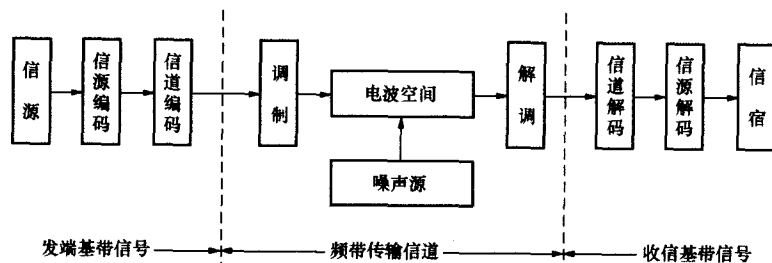


图 1-1 数字微波通信系统模型

信源编码是指将模拟信号变换成数字信号,完成模/数转换的任务。如果信源送出的已经是数字信号,则可以省去信源编码装置。

信道编码是为了提高数字信号传输的可靠性。因信道中不可避免地存在着噪声和干扰,可能使传输的数字信号产生误码。为了在接收端能自动地检查和纠正错误码元,使用信道编码器可在输入的数字序列中,按照一定的规律加入了一些附加的码元(称为多余码元),其作用是一种监督码,并形成了新的数字序列。在接收端,根据新的数字码元序列的规律性来检查接收信号有无误码。

另外,为实现保密通信,还可在信道编码器的输入端或输出端对所传输的信号加上密码,接

收时再在相应的位置解除密码。加密和解密装置合称为保密机。为了实现数字微波通信, 需要把数字信号调制到频率较高的“载频”上去以便适合无线信道传输。未经调制的数字信号称为基带信号, 将基带信号直接送到信道上进行传输的方式称为基带传输。明线、电缆等有线信道均可供基带传输。将基带信号经过调制后送到信道上进行传输的方式称为频带传输, 数字微波中继通信的无线传输信道(包括空间传输)就是频带传输信道, 如图 1-1 中两条虚线之间所示的部分。

收端的解调、信道解码、信源解码等几个方框的功能与发端几个方框的功能是一一对应的变换。收端的收信者称为信宿, 可以是人, 也可以是终端设备。

图 1-1 中的噪声源是系统内部和系统外部干扰噪声一起折合到信道中的结果, 合成一个总的等效噪声源, 这种表示方法给研究问题带来方便。

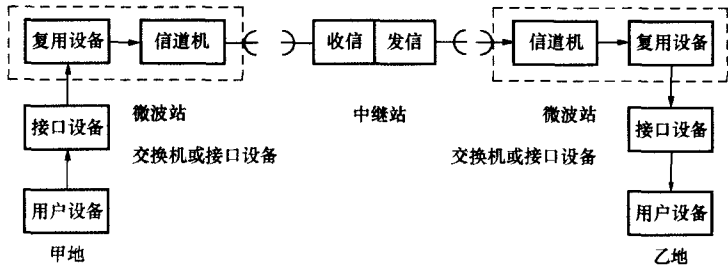


图 1-2 实际的系统设备组成方框图

2. 实际的系统设备组成方框图

实际的系统设备组成方框图, 见图 1-2。

下面以微波通信用于电力系统信号传输时系统的简单工作原理为例加以说明。

当甲地的电话信号或其他音频信号(即信源)经过处理后变成电信号, 并经过

接口设备或交换机送到甲地的微波端站, 经时分复用设备完成信源编码和信道编码, 并在微波信道机(包括调制机和微波发信机)上完成调制、变频和放大作用。已调制的微波信号通过微波天线定向发射, 送到另一个微波端站或中继站, 中继站对信号进行转发, 而端站则将信号还原, 其功能正好与甲地相反。

二、数字微波通信特点

由于数字微波通信是通过数字信道进行的通信方式, 因此这种通信就兼有数字通信和微波通信的特点。与模拟微波通信相比, 具有如下特点。

1. 抗干扰性强、线路噪声不累积

经数字微波信道传输的数字信号要经过微波中继站的多次转发, 各站上有对数字信号进行处理的再生中继器, 而再生中继器是采用抽样判决的方法来接收每一个码元。经过一个中继段传输后, 只要干扰噪声还没有大到影响对信码判决的程度, 就可以把干扰噪声清除掉, 再生出与发端一样的“干净”波形而继续传输。这种再生作用使数字微波通信的线路噪声不逐站累积。也就是说, 提高了抗干扰性。而模拟微波通信的线路噪声随线路的长度增长而增加, 并逐站累积。

必须说明的是, 一旦噪声干扰对数字信号造成了误码, 在继续传输过程中被纠正过来的可能性是很小的, 所以误码被认为是逐站累积的。

2. 保密性强

数字信号本身就具有一定的保密性, 又因为各种信号数字化后形成的信码, 可采用不同的规律或方式, 方便灵活地加进密码, 在线路中传输, 收端再按相同的规律解除密码。所以说, 这种通信方式的保密性强。

3. 便于组成数字通信网

目前, 随着信息技术的发展, 信息交换的速度要求越来越快, 信息量也越来越大, 综合业务

数字网 (ISDN)、异步交换模式 (ATM) 等已在电力系统广泛应用。这些数字网传输的当然是各种数字信息, 并可以用计算机控制 (包括处理、存储、交换) 各种信息的交换, 数字微波通信是实现这种交换的一种手段, 而模拟微波是无法实现的。

4. 设备特点

由于传输数字信号, 所以设备可以大量采用集成电路, 而数字集成电路功耗低, 耗电少。所以, 设备便于集成化、固态化、体积小、经济、可靠。

5. 系统噪声方面特点

模拟微波通信的调制方式多数采用调频制。由于调制解调器的非线性, 使多路音频信号各分量之间产生互调, 这种失真产物经收端解调后, 其电压成分就是多路音频信号的窜噪声。窜噪声使多路音频信号之间产生了不可懂的窜音现象。模拟微波的信道噪声分为热噪声、窜噪声、干扰噪声, 对这三种噪声都要进行噪声指标分配, 并进行有效控制。否则, 将影响传输质量。

数字微波通信的调制方式多数采用相移键控方式, 其设备的非线性将使信号幅度和相位产生畸变, 其噪声影响归为“固定恶化成分”, 数字微波的通道噪声基本表现形式是热噪声和干扰噪声。这两种噪声直接参与噪声指标分配。

6. 主要缺点

数字微波通信与模拟微波通信系统相比, 可归纳为如下两条缺点。

(1) 在对模拟信号数字化的过程中, 不可避免地要产生量化噪声并产生于 PCM 端机中, 为了不使量化噪声影响到音频质量, 要求量化级数不能太少。

(2) 数字通信比模拟通信占用的信道频带宽。一路模拟电话信号通常占用 4kHz 带宽, 而一路 PCM 的数字电话却要占用 64kHz 的带宽。显而易见, 在通道带宽给定的情况下, 数字微波传输的话路容量少, 即频谱利用不经济。当采用能提供较宽信道的通信方式, 如微波、卫星及光纤通信方式后, 再考虑到使用新的调制技术和频带压缩技术, 这一点就不突出了。

三、数字微波主要技术

数字微波通信起步于 20 世纪 50 年代, 经过几十年的发展, 从起初的小容量、低频段到现在大容量、高可靠性数字微波系统, 为了提高数字微波信道的传输质量和提高频谱利用率, 对下列新技术进行了研究。

1. 多载频多电频调制技术

目前数字微波通信系统的 4PSK、8PSK、16QAM 及 64QAM 调制方式设备中, 一个波道的发信机 (或接受机) 只使用一个载频 (即射频), 为了减小数字微波的多径衰落, 把传输频谱变窄是一种有效方法。因此, 提出了在 256QAM 系统中采用多载频的传输方式。例如, 采用 4 个载频, 使每个载频都用 256QAM 调制方式去传输 100Mb/s 的信息, 这样一个波道的 4 个载频同时传送, 就可以传输 400Mb/s 的信息了。而占用的频谱却与只用一个载频传输 100Mb/s 占用的频谱相当。同样, 对于 1024QAM 系统, 一个波道可使用更多载频, 使数字微波朝着既扩大容量, 又不占用较大的信道带宽方向发展。

2. 干扰抵消技术

20 世纪 80 年代中期, 国外在数字微波通信系统中使用了干扰抵消技术。因干扰噪声是数字微波通信系统中一种主要噪声, 所以当信道中存在干扰信号时, 可设法把干扰信号提取出来, 或用另外的方法由其他地方获得干扰信号, 然后加到原信道去抵消存在的干扰。只要使提取的干扰信号与存在的干扰电平相等、相位相反, 就可使原信道中的干扰成分大大减小, 提高了信道的传输质量。

3. 微波射频频率再用技术

长期以来,微波通信系统用于多波道工作时,在两个微波站之间,往同一方向的多个发信频率(对应多个波道)间要有一定的频率间隔。为了提高数字微波通信系统的频谱利用率,提出了微波射频频率再用方案,如图 1-3 所示。

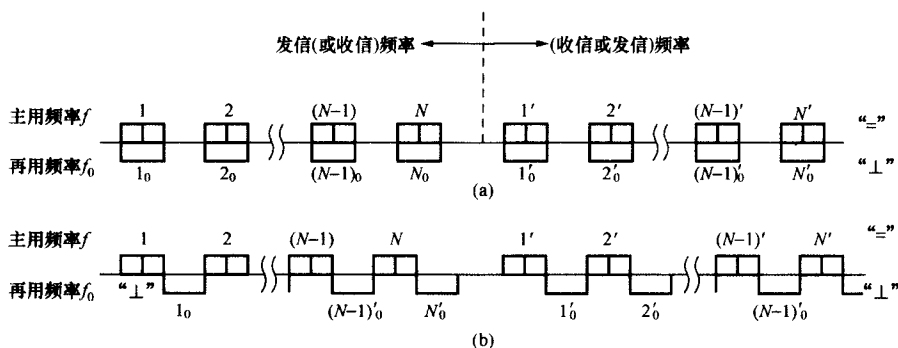


图 1-3 微波射频频率再用方案

(a) 同波道型频率再用; (b) 插入波道型频率再用

图 1-3 (a) 为同波道型频率再用,在这个方案中,同一微波频率可水平极化(图 1-3 中用“=”表示)用作射频,同时也可垂直极化(图 1-3 中用“⊥”表示)用来作另一个射频,在图 1-3 (a) 中分别用 f 和 f_0 表示,这样一来系统的频谱利用率就提高了一倍。这样使用之所以可行,是因为数字微波的抗干扰性强,更由于可以在收信端采用上面提到的抗干扰抵消技术,将有效地压低同一微波频率经不同极化造成的同频干扰。

图 1-3 (b) 为插入波道型频率再用,在这种方案中,再用波道插入在两个主用波道之间,与原来的频率配置方案相比,系统的频谱利用率也提高了一倍,这种方案两个不同极化波的干扰程度比图 1-3 (a) 方案低。

4. 收、发微波射频单频制技术

在收、发共用同一天线、馈线的系统中,收、发微波射频频率是不同的。在已建成的微波线路中,要求收、发之间的去耦度不小于 30dB。

若采用收、发频率分开的两个天线,上述收、发之间的去耦度可达到 70~80dB,这就使从两频制发展到单频制成为可能,当然要求收发频率要采用不同的极化方式。

采用单频制后,重点要解决的问题是站内本系统收、发之间的同频干扰和来自其他站的越站干扰问题。它包括使用高性能的两个天线、馈线系统,对收、发信设备加强屏蔽和去耦,采用干扰信号抵消技术等措施。收、发微波射频单频制技术也使系统的频谱利用率提高一倍。

5. 多径分集技术

由于电波的多径传输现象,造成了微波通信中的频率选择性衰落。这是因为多径传输的反射波、折射波和直射波各以不同的方向和时延到达收信点而进行矢量相加的结果。而多径传输的电波却载有相同有用信息。所以人们想用数字分析的方法和信号处理技术,把有用的信号分离出来并加以利用,这就是多径分集技术的设想。由于实现的难度较大,所以进展不快。

四、微波站分类及站上设备连接特点

1. 微波站分类

一条数字微波中继通道由终端站、中间站和再生中继站及电波空间构成,站距与模拟微波相

似，一般为 50km 左右，当射频工作频段较高时，站距应该适当缩短，其信道构成如图 1-4 所示。

2. 数字微波通信信道的保护特点

(1) 数字微波通信容量的划分。目前对数字微波通信容量的划分是：10Mb/s 以下为小容量系统；10~100Mb/s 为中容量系统；100Mb/s 以上为大容量系统。

对于中小容量的数字微波通信系统，当用于单波道工作或用于重要的线路时，常采用一备一的信道保护方式（1:1）。大容量的微波系统当由多波道并行工作时，常采用 $n:1$ 的方式，即 n 个主用波道，一个备用波道。

目前电力系统数字微波系统基本采用 1:1 的备用方式，这主要考虑电力系统信息传输的安全、可靠和不间断的需要。

信道切换可以在射频上进行，也可以在中频和基带上进行。在中频和基带上进行切换，具有切换设备体积小以及高速、可靠、稳定、经济等优点。从目前设备的使用情况看，数字微波多数是在基带上进行切换的。

(2) 1+1 无损伤切换的概念。1:1 的信道保护方式，就是人们称为 1+1 无损伤切换。

当一个波道发生故障，需要切换到另外一个波道工作时，其切换情况是这样的：由于两个微波信道传输条件有差别（因为两个微波射频不同），以及馈线长度、中频电缆长度及工作环境等方面的差异，就使解调出的两路 PCM 数据流之间存在着时延差。尤其，当电波空间的气象条件发生变化时，这种时延差将随时间而发生变化。如果在有时延的情况下进行切换，就会给切换后的数据流造成多码（重码）或少码（漏码）。图 1-5 示出了切换时输出码流示意图。

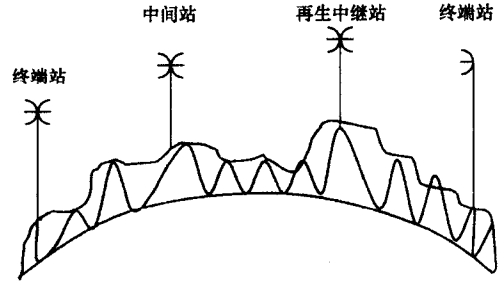


图 1-4 数字微波中继信道构成

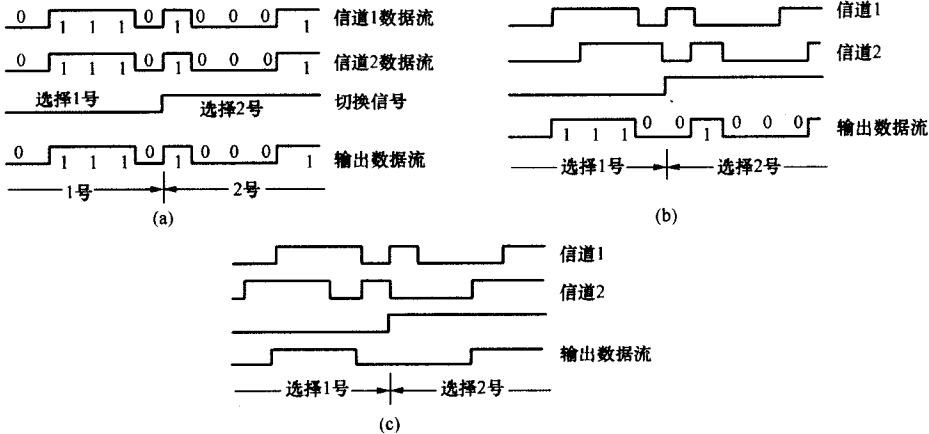


图 1-5 切换时输出码流示意图

(a) 切换时无误码；(b) 切换时 0 码被重读；(c) 切换时 1 码被漏读

图 1-5 (b) 中，信道 1 的数据流超前信道 2 数据流 1bit，切换的结果使输出的 PCM 数据流发生误码（“0”码被重读）。

图 1-5 (c) 中，信道 1 的数据流滞后信道 2 数据流 1bit，切换的结果使输出的 PCM 数据流发生少码（“1”码被漏读）。

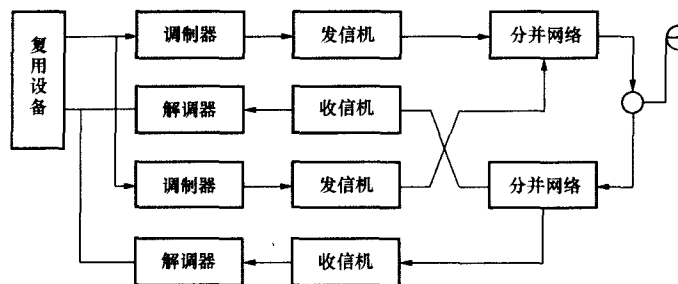


图 1-6 终端站信道设备方框图

(3) 站上的设备连接。

1) 终端站信道设备方框图。

终端站是指一条微波电路的首、尾两站，其信道设备方框图见图 1-6。终端站只对一个方向收信和发信，并共用一副天线，信道设备为一主一备方式，收信系统在解调之后采用无损伤切换。分并网络一般由分波道滤波器和环形器组成。复用设备即 PCM 端机。

2) 中频转接中间站方框图。

中频转接中间站方框图见图 1-7。因为在中频上进行转接，所以这种站没有复用设备。又因为中间站要对两个方向都要收发信号，所以站上有两套主、备用信道设备，两个方向都要有天馈线系统。

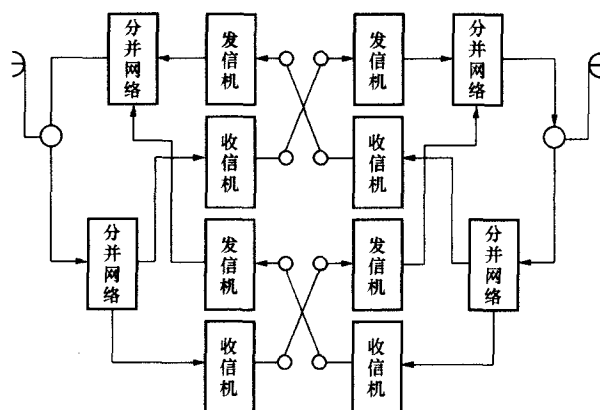


图 1-7 中频转接中间站方框图

3) 基群转接再生中继站方框图。

基群转接再生中继站方框图见图 1-8。再生中继站除了具有转接中间站功能，还有使信码流再生的功能。所以站上有复用设备，可以上下话路以及对基带信号进行分路和合路。

4) 空间分集微波站方框图。

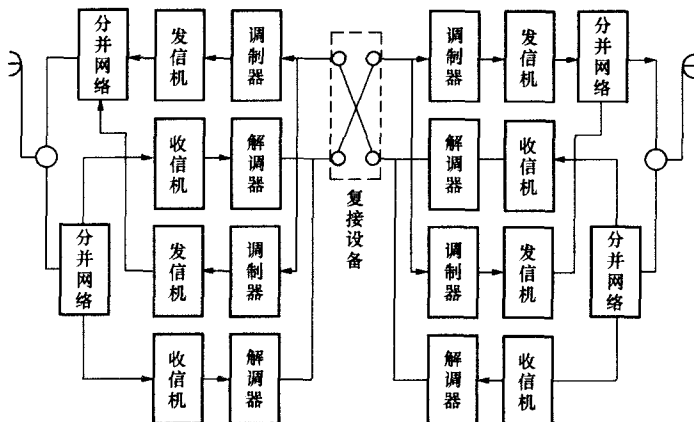


图 1-8 基群转接再生中继站方框图

为了在切换时不产生误码，就要求两路 PCM 数据流无时延差（或相位一致）再进行切换。这个功能是由解调器中的时延调整盘和比特组合盘完成的。

在图 1-5 (a) 中，因解调后输出的两路数据流无时延差，故在切换时输出的 PCM 数据流无误码。这种不发生误码（多码或少码）的切换就叫无损伤切换。

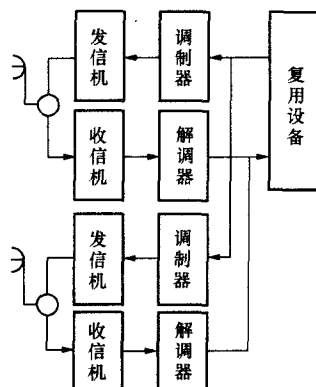


图 1-9 终端空间分集方框图

为了对抗数字微波通信中的频率选择性衰落,除采用备用波道(属于频率分集技术)外,有些地段还要采用空间分集技术,图 1-9 是终端站空间分集方框图。由图 1-9 可见,朝一个通信方向有两个及以上天线,而且悬挂高度也不同形成一个空间分集(图 1-9 中只画出两副天线,作为多重空间分集)。

第二节 天 馈 线 系 统

在微波通信系统中,对天馈线系统最基本的要求有足够的天线增益、良好的方向性、低损耗的馈线系统、极小的电压驻波比、较高的极化去耦度和足够的机械强度。

一、天馈线系统型式

微波通信系统中的馈线有同轴电缆和波导两种型式。一般在分米波波段(2GHz)采用同轴电缆馈线;在厘米波波段(4GHz)以上波段因同轴电缆损耗较大,故采用波导馈线,波导馈线系统又分为圆波导馈线系统和方波导馈线系统。因为圆波导馈线系统可以传输相互正交的两种极化波,所以与极化天线连接时,只要一根圆波道馈线即可。

二、天线要求

对微波天线总的要求是:天线增益高,与馈线匹配良好,波道间寄生耦合小,由于微波天线都采用面式天线,所以还应使天线具有一定的抗风强度和防冰雪的措施。微波天线的主要电气指标有如下几方面。

1. 天线增益

微波天线的增益主要取决于天线的面积、使用的波长和口面利用系数。一般在站距为 50km 的范围内常采用 3.2~4m 天线,其增益在 40dB 左右;对于站距较长时,天线面积应适当加大,以提高增益。

2. 对主瓣宽度的要求

在视距微波通信线路中,天线增益过高将使主瓣张角过小,当气象条件变化时,传播方向就要改变,大风又能引起天线摆动,这都会降低天线在通信方向的实际增益。因此,不能认为主瓣张角越小越好,一般应要求 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 左右。

3. 天线与馈线应匹配良好

在整个工作频段内,要求天线与馈线应匹配连接,否则将造成线路噪声。一般要求其驻波比小于 1。

4. 交叉极化去耦

在采用双极化的微波天线中,由于天线的不对称性,不同极化波(即水平极化和垂直极化波)可在天线中相互耦合,相互干扰,分别成为与之正交的主极化波的寄生波,天线的交叉极化去耦度与两个极化波的功率有关。通常要求微波天线在主瓣内的交叉极化去耦度值不小于 30dB。

5. 天线防卫度

所谓天线防卫度是指天线在最大辐射方向上对其他方向来的干扰电波的衰耗能力。其中,包括反向防卫度、边对边去耦、背对背去耦等,根据不同的情况都要求有一定的衰耗值。反向防卫度是指天线的主瓣功率与从天线反面偶合来的其他信号功率之比;边对边去耦是指主天线对与之平行的天线泄漏的能量的去耦能力;背对背去耦是指主天线与之背对背天线所泄漏能量的去耦能力。

适合上述要求的一种较好的天线是卡塞格林天线，它是具有双反射器的抛物面天线，可以降低向后方辐射的功率（降低后瓣），又因为它可以减小初级辐射器（激励器）的直接辐射，所以对减弱旁瓣也有好处。

卡塞格林天线是由初级喇叭辐射器、双曲面副反射器和抛物面主反射面三部分组成的。初级辐射器置于双曲面的实焦点处，并使主抛物面的焦点与双曲面的另一个焦点重合，由喇叭辐射器发出的射线经双曲面反射，就相当于由抛物面的焦点发出的电波射线一样，这些电波射线再经抛物面主反射面聚焦作用，就成为平面波而发射出去。

第三节 数字微波通信监控系统

一、监控概念

对一条微波通信传输的信道（主用和备用）及设备运行情况的监视和控制就简称为“监控”。按照 CCIR.557 的建议，对无线电电力系统规定了 2500km 的假象参考电路在测量时间至少为一年的周期内，有效利用率应不小于 99.7%。也就是说，不可用时间（既线路中断时间）不应超过一年的 0.3%。一般认为设备故障、电源故障、电波传播条件恶化造成的中断时间各占 0.1%，即各占千分之一以内的时间。

为了达到上述指标，一条微波电路除了主用波道外，还设有备用波道，一旦主用波道出现设备故障或电波空间衰落过大，就应立即倒换备用波道工作，达到不中断通信的目的。这种对通道的切换是由良好的监测与控制系统来完成的。

国内外的现代微波中继通信系统中，除了有人值守的微波站，还有无人值守的微波站。为了及时了解无人值守微波站的工作情况，就需要有集中监控系统。把具有集中监控功能的有人值守微波站称为主控站，无人值守微波站称为被控站。主控站可借助于监控系统的遥测、遥信和遥控功能对无人值守的微波站进行集中监控。

遥测是指主控站向被控站发出询问指令的过程。遥控是指被控站执行控制指令而产生响应的开关机（或电路）的动作过程。遥信是各无人值守站向主控站发送表示站上设备工作状态“正常”或“不正常”的二元信息（1、0）的过程。集中监控方式往往把整个通信系统分为若干个监控区域，通常每个监控区域的首尾设立主控站，在该监控区间内包括一个主控站和若干个被控站。

二、公务电话和监控信息传输信道

在中小容量的数字微波通信系统中，常把监控信息和联络电话信号放在一起，称为公务信号，用专门的公务信道传输。例如，公务信号的频带为 0.3 ~ 12kHz，其中 0.3 ~ 3.4kHz 为公务联络电话占用，4 ~ 12kHz 为监控信息占用，如图 1-10 所示。

1. 用主信道传输公务信号

在大容量的数字微波通信系统中，常常在主信道的信息码流中插入一定的公务时分脉码流，用以传递公务信号。公务信号可按传送的信息不同进行分组，如把信道监控、各无人值守站的监控、每条公务联络电话各编成一组。每一组都有一个编码器对组内的各种被监控的状态或语音信号（联络电话）进行编码。然后组成公务信号的时分脉码信息，在主信道中插入传输。

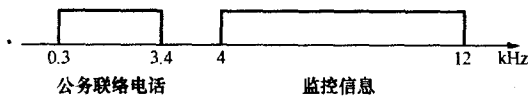


图 1-10 公务信号的频带分配