



全国供用电工人技能培训教材

电力通信线路

中国电力企业家协会供电分会 编

中级工

中国电力出版社

全国供用电工人技能培训教材

电力通信线路

中级工

主编：陈达民

主审：冯新发

中国电力出版社

内 容 提 要

本书讲述了通信线路的基本原理和应用,重点放在实际应用方面,全书共分四章。主要内容包括:通信架空明线线路串音影响和交叉配置,通信电缆线路配线、割接和成端,电缆充气、电缆防腐、通信线路交流特性测试,通信光缆主要参数和主要参数测试。本书系统性、实用性强,能使通信线路中级工掌握各项基本技能。通信高级工及专业技术人员通过本书的学习,也能了解通信线路各项技术规范、运行方面的有关要求和知识。

本书作为通信线路专业中级工培训教材,亦可供从事通信线路工作的高级工和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力通信线路/全国电力企业家协会供电分会编.-北京:中国电力出版社,1998.8

全国供用电工人技能培训教材

ISBN 7-80125-779-0

I. 电… II. 全… III. 电力系统-通信线路-技术培训-教材 IV. TM73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 16184 号

电力通信线路 (中级工)

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>)

梨园印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 5.5 印张 118 千字

印数 0001—6000 册 全三册定价 32.00 元 (本册 10.00 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)

审 定 委 员 会

主 任 王宏超

副主任 李宝祺 王文喜 郝邦振 刘治国

张一士 丁 雁

成 员 线路组：刘天明 成仲良 杨书全 许精潜

变电组：何雨宸 王典伟 万 达 沈镜明

调度组：冯新发 张 庆 朱佩萍 葛剑飞

用电组：刘云龙 蒋貽吉 宋永伦 曾乃鸿

审定委员会办公室秘书 龙镇和 张兰慧

关于《全国供用电工人 技能培训教材》的审定意见

经中电联核准，由中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心共同组成的审定委员会于1998年9月下旬，对中国电力企业家协会供电分会组织编写的《全国供用电工人技能培训教材》进行了审定。其审定意见如下。

第一、本技能培训教材的指导思想正确、编写依据充实。这套教材以提高供用电工人职业技能为重点，以加强职业知识培训为指导思想，以原电力工业部、原劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·供用电部分》和原电力工业部颁布的运行、检修、安全规程、四项监督、五项制度为依据，在大纲的拟定、内容取舍和深度控制等方面，均符合中电联教培部《关于电力生产人员职业资格培训教材编审工作原则的意见》的原则和规定。

第二、编写形式符合工人技能培训特点。这套教材的结构设置借鉴了国际上电力行业编辑职业技能培训教材的先进做法，其结构框架、内容描述等，均力求与国际同行业惯例接轨。即以职业技能为中心，以岗位设篇，知识以够用为度，并将必备的知识融入技能描述之中。每一工种教材又分为初、中、高三个分册，内容上依次递进，互不重复或不简单重复，更适合工人技能培训之用。

第三、本教材的先进性、实用性结合得当。这套教材注重实用性和先进性的有机结合，在编写过程中，编者做了大量的调研工作，认真了解供用电工人的实际需求和整体素质状况，使编写内容符合供电企业培训、考核、技能鉴定的需要，有较强的实用性。同时，注重吸收电力生产的新工艺、新方法、新技术，使教材内容具有先进性，符合电力工业科技发展方向。书中的名词术语、计量单位等，均符合国家标准和行业标准，能适应电力工业培养跨世纪劳动者的要求。

第四、编写、出版阵容较强。这套教材是由中国电力企业家协会供电分会与中国电力出版社共同推出的。通过联手合作方式，使本套教材既具有显著的供电行业的特色，又具有较强的权威性。本套教材主要是为供电企业工人职业技能培训服务，而中国电力企业家协会供电分会的成员遍布全国，作者既具有深厚的理论基础，又直接从事生产实际工作，较好地体现出实践经验的总结和概括。中国电力出版社是中宣部和新闻出版署在全国首批认定的 15 家优秀出版单位之一，是我国唯一专门为电力行业服务的大型专业出版社，其出书质量是一流的。因此，供电企业与出版社两者的合作可谓珠联璧和，是值得提倡的。这套丛书的成功面世也为今后电力图书的出版提供了一个可借鉴的模式。

综上所述，我们认为：本套教材在编写结构、体例格式、内容描述的先进性、实用性方面适当；在字数控制、知识的渐进性和启发性，以及复习题的安排方面较好；语言文字的运用得当，所述内容基本正确，同时还具有图文并茂，通俗易懂，循序渐进的特点。因此，它不仅适用于培训、考核技术工人的需要，而且对现场的工程技术人员，也有参考价值。

建议可将这套丛书作为全国供用电工人的技能培训教材。

中 国 电 力 企 业 家 协 会
中 电 联 教 培 部
电力行业职业技能鉴定指导中心

一九九八年九月二十八日

教材编辑委员会

名誉主编	陆廷昌	张绍贤	刘宏	王宏超
主编	赵双驹			
常务副主编	钱家越	陆孟君	张克让	
副主编	宗健	朱良镭	丁德政	周英树
委员	韩英男			
	张一士	赵双驹	周永兴	李承的
	吴周春	刘美观	郭志贵	杨新培
	张昌润	钱家越	陆孟君	徐健
	韩英男	周英树	陈祥斌	王春波
	孙少平	骆应龙	史传卿	朱德林
	白巨耀	蔡百川	李祥宪	严尔衡
	赵广祥	杨光慈	何童芳	杨忠
	张文奎	郭宏山	钱忠伟	顾志鹏
	周道和	刘绍钧	娄殿强	朱永芹
	王之珮	万善良	刘云龙	何宗义
	赵彩明	何雨宸	阙炳良	

教材编辑办公室

主	任	陆孟君 (兼)			
副	主	任	丁德政	任军良	张 涛
工	作	人	陈祥斌	胡维保	吕忠福
			朱 品	谢 红	胡莉莉

前 言

为贯彻党的“十五大”精神，落实“科教兴国”战略，全国提高劳动者素质，中国电力企业家协会供电分会组织编写了《全国供用电工人技能培训教材》。本教材以电力工业发展的客观规律为依据，是服务于电力生产现代化，培养供电生产应用型人才的一部工种齐全配套、覆盖面广、实用性强、编写水平较高的系列通用技能培训教材。在中国电力企协、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心的重视和关心下，由中国电力企业家协会供电分会精心组织全国 49 个单位 146 名工程技术人员、专家和教授参加了编撰工作，并在中国电力出版社对编撰原则、框架结构、体例格式全过程的培训下，调查研究供电工人的技能需求和整体素质现状，撰写技能培训大纲，自 1995 年 11 月至 1998 年 4 月底，经历两年半时间，完成了书稿的写作、修改及初审工作。

这套丛书是遵照“电力工人技术等级标准”关于知识和技能的要求，结合供电生产发展情况进行编写的，全书分线路、变电、用电、调度通信四门专业，27 个工种，每个工种又分为初级、中级、高级工三个分册，共计 77 分册，1000 余万字。本教材以“做什么，怎样做，在什么条件下做，达到什么标准”为中心内容，详实得当，图文并茂，文字简练，由浅入深，便于对知识和操作工艺的掌握，收到以“知”为“做”服务的效果。这套教材的编写还力求把概念、原理、公式与技能有机地结合起来，避免重理论、轻技能的弊端。

本教材坚持先进性和实用性结合，突出技能，符合电力

工业科技发展方向,体现电力生产的新技术、新方法、新工艺,并力求向模块式教材靠拢,以适应技能考核鉴定和培养跨世纪供电用工人的需要,以电力生产目前实行的两个技术措施计划、三种规程、四项监督、五项制度的具体要求为依托,使教材达到规程、规范、制度的规定,能充分体现出电力生产工艺特性。

按供电工人培训目标要求,结合技能培训特点,以“干什么”、“学什么”、“考核什么”为原则,每章后均附有选择、是非、计算、画图、问答等复习思考题,便于巩固所学的理论知识和操作技能。

本套丛书属于供电生产专业性技能培训教材,为达到机构设置合理化,重在提高技能应用水平,避免基础理论知识的重复,凡属已出版的公用基础理论教材的内容,如职业道德、电力生产知识、绘图、电工、电子、热工、水工、机械、力学、钳工、计算机等基础理论均未重复编入本教材。

这套丛书业经中国电力企协、中国电力企业家协会、中电联教培部、电力行业职业技能鉴定指导中心组织专家审定,并建议作为全国供电工人技能培训教材。在编写过程中,得到很多单位的领导、专家和教育培训工作者的大力支持与热心帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者经验所限,在编写中难免有疏漏之处,诚恳地希望广大读者和教育培训部门的专家、教师提出修改意见,并在教学实践中进行调整和补充,使其更加完善,为提高供用电工人的素质和技能发挥积极作用。

《全国供用电工人技能培训教材》编辑委员会

一九九八年九月

编 者 的 话

通信专业在电力系统是特种专业。通信工作过去在各地发展很不平衡。随着电力负荷的大幅度增加,电力网的扩大,通信工作也有了很大的发展。电网调度自动化、无人值班变电所和集控站的建立、电网科学管理等都要求通信专业工作人员来进行各项基础工作帮助完成。微波通信、光纤通信、程控交换、数据传输、综合业务信息传输等都要求通信工作人员具备较高的理论水平和实际技能。但过去长期以来电力系统通信方面没有正规培训教材,只能采用邮电、铁路部门相关教材。因而编写电力系统通信专业的有针对性教材是很受广大电力通信工作人员欢迎的。

《全国供用电工人技能培训教材·电力通信线路》是在全国供电企业家协会领导和组织下,中国电力出版社帮助和指导下完成的。全书共分初级工、中级工、高级工三册。

《全国供用电工人技能培训教材·电力通信线路·中级工》是在初级工的基础上深入介绍明线线路防止串杂音原理、电缆线路充气、防腐等主要运行维护工作,对光缆的主要参数测量,也作了具体阐述。通过本书和初级工的学习,通信线路工可以较全面地掌握通信线路方面的技能,指导生产和运行维护工作的开展。

本书一、二、三章由陈达民编写,第四章由孙德馨编写。

本书由冯新发审稿,在此表示衷心的感谢。

编 者

1998年4月

目 录

关于《全国供用电工人技能培训教材》的审定意见

前言

编者的话

第一章	通信架空明线线路	1
第一节	通信架空明线线路串音	1
第二节	减少串音影响的措施	5
复习题		24
第二章	通信电缆线路	25
第一节	通信电缆配线、割接和成端	25
第二节	电缆充气维护	52
第三节	通信电缆防蚀	86
复习题		117
第三章	通信线路测试	119
第一节	线路交流特性测试	119
第二节	通信线路故障测量	131
复习题		146
第四章	光纤通信	148
第一节	光纤的主要参数	148
第二节	光纤主要参数测量	152
复习题		160
参考文献		161

第一章 通信架空明线线路

第一节 通信架空明线线路串音

《全国供用电工人技能培训教材·电力通信线路·初级工》中，对通信架空明线线路的施工、线路测试、线路故障处理等作了介绍。本章从通信架空明线线路电气特性、提高线路信号传输质量方面进行分析，并介绍有关技术规范，使之对通信架空明线线路有一个全面了解。

一、产生串音原因

在有线通信传输原理中阐明了一对通信架空明线回路不是孤立的电气回路，它要受到同杆架设的邻近回路和外界电磁场影响。当一个通信回路进行通话时，在邻近回路上听到该通话声音，叫作串音。串音有可懂串音和不可懂串音之分，不可懂串音也叫串杂音。通信回路中产生相互串音，干扰了正常通话，降低了通信质量，我们必须采用各种措施努力把它降低到最小程度。

（一）电容耦合和互感耦合

通信架空明线线路各导线间都是平行架设的，导线间有分布电容和互感存在，回路间必然产生电磁耦合，这种电磁耦合就是产生串音的主要原因。

1. 电容耦合

设有两个通话回路Ⅰ和Ⅱ，如图1-1所示。两个回路间有分布电容(C_{12})存在，便形成了回路间的电容耦合。主串回

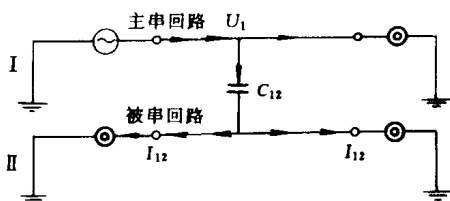


图 1-1 线间电容耦合

I — 主串回路；II — 被串回路

路话音电压 U_1 ，通过耦合电容 C_{12} 将在回路 II 中产生串音电流 I_c ($I_c = j\omega C_{12} U_1$)。这个串音电流 I_c 将流向回路的近端和远端，被串回路 II 两端都将听到串音。同样回路的话音也将通过 C_{12} 串到回路 I 中，造成对回路 I 的串音干扰。这种相互间的电场串音干扰，是必然存在的，我们应力求克服。

2. 互感耦合

在通信线路上导线之间，当电流不平衡时便产生互感 M_{12} ，如图 1-2 所示。图 1-2 中通话回路 I 中话音电流 I_1 ，一方面流向对方用户，被接收，另一方面将通过互感 M_{12} 在回路 II 中产生的感应电动势 $j\omega M_{12} I_1$ 。感应电动势产生的感应电流 I_{12} 将在回路 II 中产生可懂串音干扰和不可懂串音干扰。串音电流方向如图 1-2 所示。

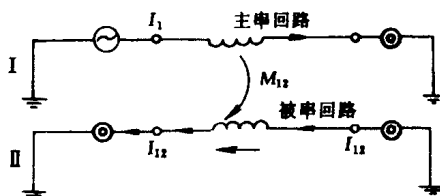


图 1-2 互感耦合

I — 主串回路；II — 被串回路

以上电容耦合和互感耦合产生的串音干扰，统称为电磁耦合。两个回路间的距离越近，平行长度越长，电磁耦合就越强，串音干扰就越严重。

在通信架空明线回路中电容耦合和电感耦合并存。在低频电缆线路中电容耦合占主要成分，电感耦合很小。在高频电缆线路中两种耦合都存在，且绝缘介质不平衡程度不同，造成的串音影响也不同。

(二) 近端串音和远端串音

1. 近端串音

发生在被串回路中，与主串回路发送端同一端的串音，叫“近端串音”，可用 I_i 表示。从图 1-1 和图 1-2 中可以看出，近端串音电流 $I_i = I_c + I_m$ 。

2. 远端串音

发生在被串回路中，与主串回路发送端对方一端的串音，叫“远端串音”，可用 I_y 表示。从图 1-1 和图 1-2 中看出，远端串音电流 $I_y = I_c - I_m$ 。

通常是 $I_i > I_y$ ，如图 1-3 所示。

3. 影响串音电流的因素

(1) 信号发送电流越大，串音电流就越大，所以在电路中发送电平是受到一定限制的，尤其同杆架设的明线载波回路，就规定发送电平不大于 17.4dB (+2Np)，电平差

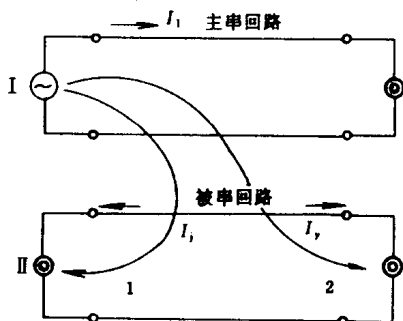


图 1-3 近端串音与远端串音

I — 主串回路；II — 被串回路；

1 — 近端串音；2 — 远端串音

不大于 2.6dB。

(2) 信号传输频率越高, 串音就越大。因为频率越高耦合导纳 $j\omega C_{12}$ 和耦合阻抗 $j\omega M_{12}$ 越大, 产生的耦合电流就越大, 串音影响越严重。

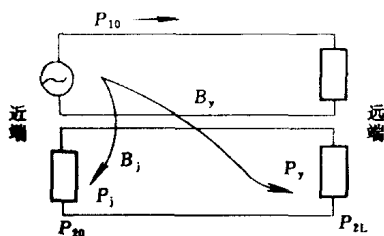


图 1-4 回路间近端及远端串音示意图

P_{10} —主串回路信号发送电平; P_{20} —被串回路信号发送电平; P_n —被串回路近端接收到的串音电平; P_{2L} —被串回路的信号接收电平; P_f —被串回路远端接收到的串音电平; B_n —近端串音衰耗; B_f —远端串音衰耗

(3) 天气影响也不可忽略。潮湿天气使线路绝缘下降, 电导增加, 将使串音加大。

二、串音衰耗和串音防卫度

串音衰耗, 是指主串回路信号电平与被串回路参考点(测试点)收到的串音电平之差。

串音防卫度, 是指被串回路上参考点(测试点)的信号电平与接收到的串音电平之差, 如图 1-4 所示。

$$\text{近端串音衰耗值: } B_n = P_{10} - P_n \quad (1-1)$$

$$\text{远端串音防卫度值: } B_f = P_{2L} - P_f \quad (1-2)$$

$$\text{式中 } P_{2L} = (P_{20} - \alpha_2 L_2);$$

$$P_f = (P_{10} - B_f)。$$

其中 B_f ——远端防卫度;

$\alpha_2 L_2$ ——被串回路上的信号传输衰耗。

$$\text{设 } P_{10} = P_{20}$$

代入式 (1-2)