

邮电中等专业学校试用教材

通信线路防护

长春邮电学校 编

3.3

人民邮电出版社



内 容 提 要

本书主要讲述通信线路防护的基础理论和方法。内容共六章，包括强电线对通信线的影响及防护，雷电对通信线路的影响及防护，通信电缆的腐蚀及其防护，接地装置，昆虫、鼠类对通信电缆的危害及防护等。

通 信 线 路 防 护

长春邮电学校 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1980年7月第一版

印张：6 24/32 页数：108 1980年7月天津第一次印刷

字数：153千字 印数：1-4,500册

统一书号：15045·总2387-有5164

定 价：0.54元

前 言

本书是邮电中等专业学校教学用书。为适应新形势下邮电教育事业发展的需要，1978年，我们组织部分邮电学校分工编写微波、载波、市内电话、线路、电报、电源、综合电信和邮政机械等八个专业所用的基础课和专业课的教学用书，并将陆续出版，以应各邮电中等专业学校教学急需。

编好教材，是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。由于编写、审定的时间仓促，又没有经过教学实践的检验，书中会有不少缺点和错误。希望有关教师和同学在使用过程中，把发现的问题提供给我们以便修改提高。

邮电部人事教育局
一九七八年十二月

编 者 的 话

本书根据邮电部1978年6月审定的邮电中等专业学校三年制通信线路专业适用的“通信线路防护”教学大纲，在我校线路教研组赵树荣同志1976年所编讲义基础上，由我校郭岳同志编写，并经安徽省邮电学校匡自昆同志、湖南省衡阳地区长途电信线务站李汝欣同志审阅和山西省邮电学校关烜同志编审而成。

在编写过程中，北京邮电学院高攸纲同志，邮电部第五研究所李伯寅同志提供了许多宝贵的资料和意见，在此表示感谢。

由于编写水平有限，缺乏实践经验，书中难免存在许多缺点和错误，诚恳希望读者提出批评和指正，以便今后修订提高。

长春邮电学校

一九七九年八月

目 录

第一章 序言	1
第二章 强电线对通信线的影响及防护	3
第一节 强电线路	3
一、对称式强电线路	3
二、不对称强电线路	6
第二节 强电线对通信线产生影响的基本理论	8
一、基本概念	8
二、电影响	10
三、磁影响	15
四、强电线的地电流影响	25
第三节 强电线路对通信线路影响的计算	29
一、电危险影响的计算	29
二、磁危险影响的计算	37
三、干扰影响的计算	46
第四节 通信线受强电线影响的允许标准及防护措施	58
一、允许标准	58
二、一般规定	59
三、防止强电线对通信线干扰和危险影响的措施	62
第三章 雷电对通信线路的影响及防护	79
第一节 雷电的一般知识	79
一、雷电种类	81
二、闪电种类	84
三、雷电闪电的放电过程及主要参数	87
四、雷击大地的一般规律	89

五、我国雷电活动概况	90
第二节 雷电对架空明线的危害及防护	91
一、雷电对架空明线的危害	91
二、架空明线对雷电的防护	94
第三节 雷电对地下通信电缆的危害及防护	101
一、雷电流进入地下通信电缆的途径	101
二、雷击地下通信电缆的一般规律	103
三、地下通信电缆遭受雷击故障的现象及原因	104
四、地下通信电缆路由的选择及防雷要求	105
五、地下通信电缆的防雷措施	108
第四章 通信电缆的腐蚀及其防护	119
第一节 通信电缆的腐蚀理论	119
一、电缆金属外皮腐蚀的种类	120
二、电缆腐蚀的基本原理	121
第二节 电缆腐蚀性指标的测试	130
一、电缆外皮对地电位的测试	130
二、电缆外皮上电流方向的测试	134
三、电缆外皮上漏泄电流值的测试	134
四、从电缆外皮流入大地的电流密度测试	135
五、土壤电阻系数的测试	137
第三节 电缆的防蚀措施	138
一、直接排流器	139
二、极性排流器	140
三、阴极保护	142
四、恒电位仪	143
五、阳电极	144
六、防蚀土	146
七、绝缘套管	146
八、附加防蚀外护层	148

九、其它防腐蚀措施	148
第五章 接地装置	149
第一节 地线电阻	149
一、地线	149
二、地线电阻	149
三、大地电阻系数	150
第二节 减小接地电阻的方法	151
一、改良土壤法	151
二、增加接地体的数量	152
第三节 接地装置的接地电阻计算法	154
第四节 大地电阻系数和接地电阻的测试	156
一、大地电阻系数的测试	156
二、接地电阻的测试	156
第六章 虫鼠类对通信电缆的危害及防护	158
第一节 白蚁对电缆的危害及防护	158
一、白蚁对电缆的危害	158
二、白蚁及其生活习性	158
三、防白蚁电缆	159
四、电缆防白蚁的方法	160
第二节 木蜂对通信电缆的危害及防护	162
一、木蜂的种类及分布情况	162
二、对电缆的蛀咬规律	163
三、木蜂危害电缆的防护措施	164
第三节 鼠类对电缆的危害及防护	165
一、鼠类对电缆的危害	165
二、鼠类危害电缆的防护措施	166
附录：化学的基本知识	169
第一节 溶质的分子结构和溶液的导电性	169

第二节	电解质的电离·····	171
第三节	离子与原子的性质·····	173
第四节	碱类、酸类和盐类的电离·····	174
第五节	强、弱电解质·····	176
第六节	溶液里离子的反应·····	179
第七节	电解·····	182
实验的参考资料·····		186
实验一	“电离学说”的实验·····	186
实验二	土壤pH值的测试·····	188
实验三	土壤酸、碱度分析实验·····	190
实验四	接地电阻和大地导电率的测试·····	192
实验五	电缆外皮对地电位的测试·····	196
实验六	电缆外皮上漏泄电流的测试·····	197
实验七	通信线路磁敏感系数的测试·····	200
实验八	电缆屏蔽系数测试·····	202
实验九	强电线对通信线影响的模拟实验·····	205

第一章 序 言

强电设备在一定范围内所形成的电磁场，对附近的通信设备将产生一定的影响。例如：高压输电线路及交流电气铁道的触线网会在通信线路中感应形成电压及电流，较轻的会引起通信的杂音干扰，严重的则危及通信设备和人身的安全。又如自然界的雷电也会击毁机线设备和危害人身。同时，由于地中各种直流场的作用，会使埋设在地下的电缆金属外皮受到严重的腐蚀。除此之外，有些昆虫鼠类对通信电缆也会造成危害。所有这些是外界对通信的正常工作和线路设备的安全发生影响的来源。

目前的通信线路可分为架空明线和电缆线路两大类。由于架空明线和电缆的建筑结构不同，则外来的干扰所形成的影响也有所区别。因此，本书分别就架空明线和电缆线路受外界的影响进行讨论，并根据具体情况提出合适的防护措施，使通信线路设备经常处于完好状态。

现在我国正加速社会主义现代化建设，电力、电信及交通运输事业都在飞速发展。高压输电线路、交流电气铁道等干线，正在有计划的建设，通信部门除了架空明线及对称电缆干线外，近年来又在加速建设中、小型同轴电缆线路。由于各类线路网遍布全国各地，强电设备对通信线路的影响便日趋严重，矛盾愈显突出，防护问题就更加重要了。

通信线路属于弱电流设备，特别是架空明线线路的导线裸露在外，最容易受到强电线路的影响。因此，各部门在建设工作中，应执行《四部关于防止和解决电力线路对通信、信号线

路危险和干扰影响的原则协议》，全面地加以考虑，以避免可以避免的危险和干扰影响。作为从事通信工作的人员，更应在通信线路建设中正确考虑和处理各种外界关系；在线路维护中并应重视雷击、腐蚀、虫鼠伤害以及强电干扰的防护工作，使通信设备运行完好，确保通信畅通无阻。

国际上对通信线路防护工作很重视，国际电报电话谘询委员会设有专门的研究组，从事研究通信线路的防护问题。在降低导线对地电压的措施方面，有些国家已广泛采用了中和变压器。这种变压器除了能降低遭受电力线电磁影响在通信线对上的纵向感应电压外，还能用来降低电站用的通信线对由于大地局部的地电位升或磁感应引起的过电压。另外，国际上对通信电缆的综合保护也引起了重视，综合保护方法之一是将普通的塑料外护层改为导电塑料护层（即在塑料中加入一定比例的导电碳黑），使它既导电又防蚀。如有的国家的导电塑料护层由50%的聚氯乙烯、26%的增塑剂、填充剂、稳定剂和24%的导电碳黑组成；也有的国家还研制了导电聚乙烯护层等。另一种保护方法是提高塑料层的密闭性，并将金属护套每隔一定距离集中接地，此法也收到了较好的效果。

通信线路的防护工作较为复杂。本教材除从原理上作阐述之外，还结合原理介绍了一些目前常用的防护方法和措施，使学生在学本课程和经过相关的实习后，能进行一般的通信线路的防护工作。

习 题

- 一、通信线路受到外界影响的来源有哪些？程度如何？
- 二、为什么要对通信线路进行防护？其意义为何？
- 三、目前国内、外在防护方面有哪些新理论、新技术值得我们学习采用？

第二章 强电线对通信线的影响及防护

强电线对通信线的影响，实质上就是强电线路中所通过的交变电流所产生交变电磁场，作用到其附近的通信线路上，而产生的影响。不论是架空明线，还是地下电缆，只要在强电线路交变电磁场作用的范围内，就要受到影响。

通信线路因受强电线影响而产生很高的感应电压（或很大的感应电流），严重的能破坏机线设备，危及工作人员的生命安全，这种影响称为危险影响；轻则在通信回路中干扰通话，引起电报失真等，这种影响称为干扰影响。

第一节 强 电 线 路

强电线路包括高压输电线路及电气铁道等。一般可分为对称式强电线路和不对称式强电线路两种。

一、对称式强电线路

在对称式强电线路中，各相供电系统中的相电压和相电流的振幅相等、频率相同，而相位则各不相同（如在对称三相输电系统中，各线的电压或电流相位彼此相差 120° ，而在单相对称回路中相位则相差 180° ）。严格说，如果各相的负载不同，则其各相的电压、电流的大小也是有某些差别的。因此，完全对称的三相高压输电线是不存在的。

在对称三相输电系统中又有中性点绝缘输电线路和中性点

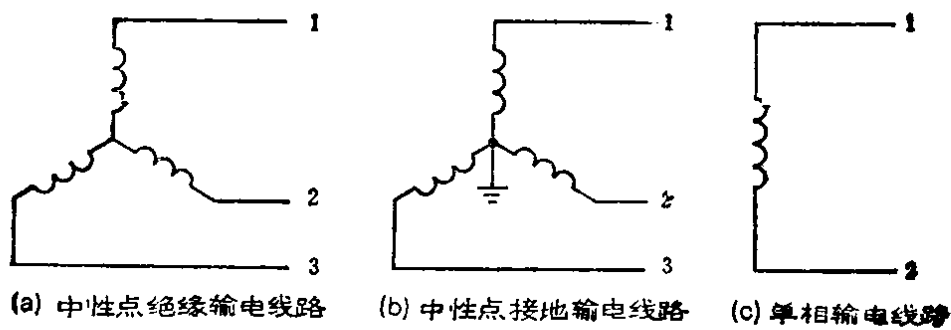


图 2-1 对称式输电线路

接地输电线路，如图2-1(a)、(b)所示。

中性点绝缘输电线路，常用于35千伏以下的输电线路。这种输电线路当一相故障接地时仍能继续供电，这时对通信线路产生很大的电影响，其干扰电压也相当大。

变压器的中性点通过低阻抗接地的输电线路称为中性点接地输电线路，在35千伏以上的输电线路，如110、154、220及330千伏等都采用中性点接地的方式。这种输电线路、当一相故障接地时，将产生很大的短路电流，延续时间一般在0.15~1.2秒左右，对通信线路产生很大的磁影响。

有些国家采用变压器中性点通过消弧线圈接地的输电线路，称为中性点补偿输电线路，一般仅用在220千伏以下的输电线路。我国部分地区也有采用。

根据导线的排列位置，三相输电线路的杆面型式一般分为垂直型、水平型和三角型三种，如图 2-2 (a)、(b)、(c) 所示。不同的杆面型式，对通信线路的影响也有所不同，这在以后将详细介绍。

三相输电线路架设时所需要的主要数据列于表2·1中，供参考使用。设计时允许按实际值计算。

三相对称交流输电线路长度，一般可达1000公里。当传送

距离超过1000公里时，可采用直流输电线路更为有利。这种输电线路的损耗小于三相交流输电线路。线间工作电压为400～800千伏（也有800千伏以上的）。

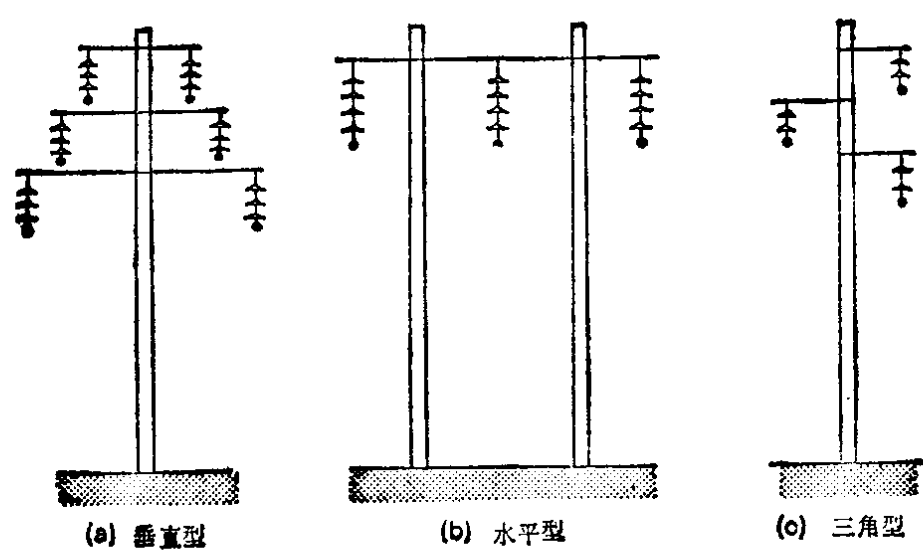


图 2-2 三相输电线路杆面型式

表2·1 三相输电线路架设时所需要的主要数据（供参考）

线电压 (千伏)	悬挂高度 (米)		相邻各相线 的平均距离 (米)	串联绝缘 子个数	一般的杆挡 长 度 (米)
	最 大	最 小			
3	—	6	1.0		50
6	—	7	1.2		70
10	—	7	1.5	1	100
35	—	7	3.0	3	150
110	—	7	4.0	7	250
154	—	7.5	5.5	10	300
220	22	8	7.5~8.5	14	350
500	22	8	12.5		500
750	22	9	17.5		

直流输电线路可分为“导线——导线”式和“导线——大地”式两种方式。

输电线的直流是由工频交流通过整流设备变换得来的，在接收端还要通过换流设备把直流变为交流，因此在这种输电线上包含了很多的谐波分量，这些谐波分量将在通信线路中产生很大的干扰影响。

“导线——大地”式直流输电线还能对其它单线回路产生很大的地电流的影响。

二、不对称强电线路

利用大地做一根导线的强电线路称为不对称强电线路。属于不对称的强电线路，有电气铁道接触网、利用大地作一根导线的单相输电线路和利用大地作一根导线的“双线——大地”三相输电线路三种，如图2-3(a)、(b)、(c)所示。

不对称强电线路中，因有很大的不平衡电压和不平衡电

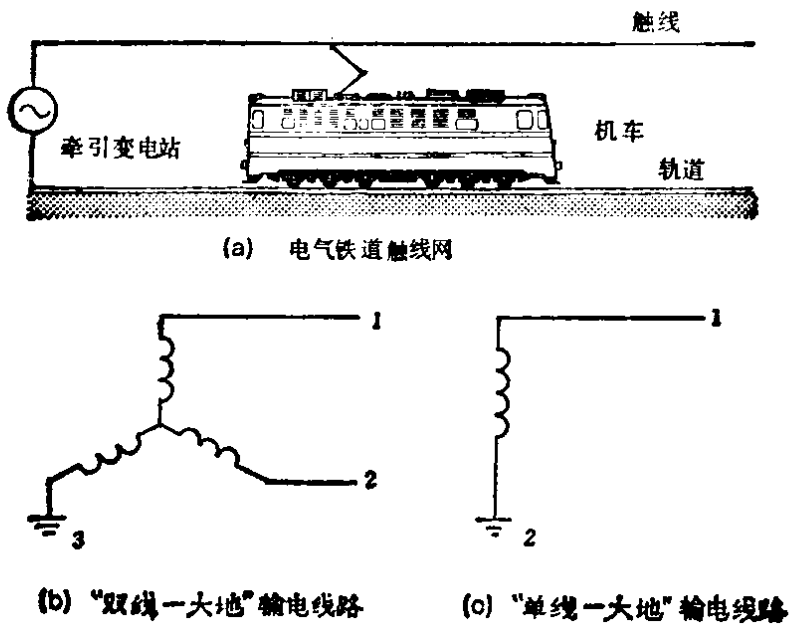


图 2-3 不对称强电线路

流，对通信线路将产生很大的电影响及磁影响。相当于对称输电线路一相故障接地的情况，既有干扰影响也存在着危险影响，对此必须引起足够的重视。“双线——大地”制输电方式是不对称输电线路的一种形式，采用以大地代替一根导线的方法，主要用在次要干线及农村电力网中。这种输电方式是不平衡运行状态，对人身极不安全，对通信线路的危害则远比三相三线制严重，因此，一般都禁止采用以大地代替一根导线的输电方式。对于已经建成的“双线——大地”制输电线路则要求在可能的情况下逐步改为对称式三相输电线路。

在电气运输方面，有交流电气铁道和直流电气铁道两种。我国一般都采用工频单相交流电气铁道，直流电气铁道多用于市区、郊区及地下铁道等。它们的一些数据汇列于表 2.2、表 2.3供参考使用。电气铁道的接触网，是不对称系统，接触网上有很高的电压及电流，能对通信线路产生很大的影响。

直流电气铁道、有轨电车、地下铁道及通信设备中“导线

表2.2 电气铁道接触网的主要数据

特 性	单 位	数 据		
		郊区直流电气铁道	干线直流电气铁道	交流电气铁道
工作电压	伏	1500~1650	3000~3300	25000~27000
供电变电站之间的区段长度	公里	15~20	25~30	50~80
电杆高度	米	9.50~20.00		
触线架设高度	米	5.75~6.80		
触线在架挂点到吊线距离	米	1.60~2.40		
触线在杆挡中点到吊线距离	米	0.60~1.00		

表2·3

有轨电车及地下铁道的数据

类 别	与触线相连的 电 极	工 作 电 压 (伏)	牵引时沿轨道流经的 电 流 计 算 值 (安)
有 轨 电 车	+	600	平均每变电站为3000
地 下 铁 道	+	825	平均每变电站为3000

——大地”式远供回路的直流杂散电流，常常是通信电缆金属外皮产生腐蚀的原因，这一点也必须引起注意。

第二节 强电线对通信线产生影响的 基本理论

一、基本概念

当通信线与强电线的相对位置足以使通信线上产生危险及干扰影响时，这种相对位置称为接近，两线路接近的距离变化不超过其算术平均值的 5 % 时，称为平行接近。

接近距离是以垂直地面的两个相接近的强电、通信线路电杆中心线间的水平距离来计算的（见图2-4）。但在山地和丘陵地带，上述水平距离与两线路杆根连线可能形成很大的角度（见图2-5），如此角度超过30°时，则两线路间距离 a' 取其水平距离除以 $\cos \alpha$ ，即：

$$a' = \frac{a}{\cos \alpha}$$

接近段内，距离如有均匀的增加或减少时（此段内通信线与强电线均无转折点），这个线段称为斜接近线段。在斜接近段内，通信线在输电线上的投影，称为斜接近段的长度 l_p 。

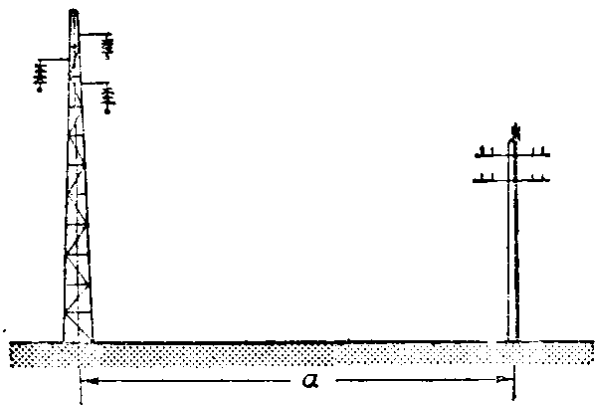


图 2-4 接近距离的计算

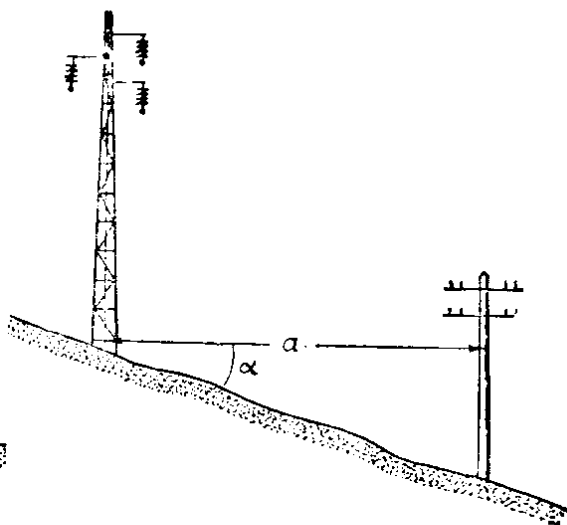


图 2-5 山地(丘陵)地带接近距离的计算

在斜接近线段首、末端线路间距离比值小于 3 时(图2-6),可取两端距离的几何平均值,作为斜接近段的等效平行接近距离 (a_{cp})。实际上,强电线与通信线的距离可作不规则的变化,此时可将接近长度分为许多接近段,使每一段两线路间的距离比值均小于 3。

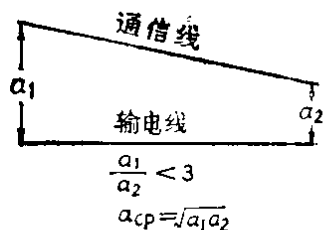


图 2-6 斜接近段的等效平行接近距离

强电线由通信线的一边跨越至另一边时,称为交叉跨越。

如计算交叉跨越地段的影响时,则以两侧距强电线各50米的两点为交叉跨越地段的界限(见图2-7)。如不计算交叉跨越地段的影响,则以两侧距离强电线各10米的两点为交叉跨越地段的界限(见图2-8)。如在上述交叉跨越地段内有一条线路急剧改变方向时,则以该点作为交叉跨越地段的界限,如图 2-9 (a)、(b) 所示