

架空送电线路 岗位技能培训教材

(施工、运行和检修)

广东省电力工业局 编

中国电力出版社

199122

TM726.3
G621

架空送电线路岗位技能培训教材

(施工、运行和检修)

广东省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是根据部颁《电力工人技术等级标准》和有关送电线路岗位规范的要求,结合架空送电线路施工、运行和检修的实际情况而编写的。主要内容有:架空送电线路基本知识、测量基础知识、基础施工、杆塔组立、架线施工、接地工程、施工质量管理、特殊施工方法及新工艺、送电线路运行管理、送电线路检修与抢修、送电线路带电作业,各章中均附有实例分析。

本书可作为从事架空送电线路施工、运行和检修的工人(高级工、技师)和技术人员的岗位培训和技能考核教材,也可作为电力管理人员和有关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

架空送电线路岗位技能培训教材:施工、运行和检修/
广东省电力工业局编. -北京:中国电力出版社,1998
ISBN 7-80125-890-8

I. 架… II. 广… III. 架空线路:输电线路-技术培训-教材 IV. TM726.3

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第35009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>)

北京市地矿印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999年3月第一版 1999年3月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 32.5印张 796千字
印数 0001—6000册 定价 40.00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)

前 言

电力系统的不断发展和安全稳定运行,给国民经济和社会发展带来巨大的动力和效益;送电线路电压等级和发电装机容量的不断提高,给工农业用电和人民群众物质文化生活日益增长的需求带来了有力的保证。因此,提高送电线路施工、运行、检修和管理水平,提高从事送电线路工作人员的素质,是电力生产企业的重要工作。

由此,广东省电力工业局教育处组织了广东省输变电工程公司、广州电力工业局、佛山电力工业局、湛江电力工业局、江门电力工业局等单位约30位专家和技术人员,根据电力工业部关于开展电业人员岗位培训的布署、部颁《电力工人技术等级标准》和有关送电线路岗位规范的要求,结合电力生产实际情况,编写了《架空送电线路岗位技能培训教材》一书。它突出了电力行业和岗位培训特点,针对性、适用性、操作性强,是送电线路安装、施工、运行、检修和维护管理的理想教材和参考书。

本书第一章由曹传保、林寿生、曾令峰、黄日华同志编写,陈煜培、黄英球、袁佑良、倪季晖同志审稿;第二章由杨胜福同志编写,王修利同志审稿;第三章由杨胜福同志编写,陈煜培同志审稿;第四、五章由丘开明同志编写,杨胜福同志审稿;第六、八章由王修利同志编写,丘开明同志审稿;第七章由陈煜培同志编写,王修利同志审稿;第九章由李金法、梁育豪、严志明、梁东明同志编写,倪季晖同志审稿;第十章由陈伟仪同志编写,吕瑞荣、黄柏健同志审稿;第十一章由余松立同志编写,陈来峰、肖定辉、袁佑良、刘顺森同志审稿,最后由杨胜福、袁佑良、丘开明、王修利、陈煜培、倪季晖同志审定。全书在编写过程中,得到广东省电力工业局、广东省输变电工程公司、广州电力工业局、佛山电力工业局、湛江电力工业局、江门电力工业局等单位领导和同志们支持及帮助,在此表示衷心地谢意。

由于本书编写时间仓促,写作水平有限,难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

《架空送电线路岗位技能培训教材》编纂委员会

1998年9月

编 纂 委 员 会

主任委员：陈祖文

副主任委员：李 棠

总 策 划：张本仁

编 委：（以姓氏笔画为序）

王修利	丘开明	刘顺森	李金法	吕瑞荣
肖定辉	余松立	严志明	陈伟仪	陈来峰
陈煜培	林寿生	杨胜福	袁佑良	曹传保
倪季晖	曾令峰	黄日华	黄柏健	黄英球
梁东明	梁育豪			

第一章 架空送电线路基本知识 1

第一节 概述 1

一、架设高压架空送电线路必要性(1) 二、送电线路是电力工业的重要组成(1)

第二节 送电线路分类 1

一、送电线路类型(2) 二、送电线路各种档距(2) 三、架空送电线路的弧垂(弛度)及限距(安全距离)(4)

第三节 送电线路主要组成部分 6

一、基础(6) 二、杆塔(9) 三、导线(16) 四、架空避雷线(24) 五、线路金具(25) 六、绝缘子(40)

第四节 危害架空送电线路安全运行的因素及保护措施 48

一、导线的换位(48) 二、分裂导线(49) 三、导线、避雷线的振动及防振措施(50) 四、送电线路的防雷保护及绝缘配合(53) 五、架空送电线路的覆冰及防冰冻措施(53) 六、送电线路的污秽及防止污闪事故的措施(60) 七、送电线路的锈蚀及防锈蚀措施(63)

第五节 送电线路的施工工艺流程及施工组织设计 64

一、送电线路施工工艺流程(64) 二、送电线路施工的现场调查(64) 三、审查施工设计图(72) 四、编制施工组织设计及施工说明(72) 五、施工前准备工作(76)

第六节 常用起重工器具知识 77

一、综合计算负荷(77) 二、国产白棕绳(78) 三、国产钢丝绳(81) 四、卸扣(卡环)(87) 五、滑车(88) 六、地锚(96) 七、机动绞磨(101) 八、起重抱杆(107)

第二章 测量基础知识 120

第一节 绪论 120

一、测量及其在工程中的作用(120) 二、名词、概念和定义(120) 三、地形图知识(123)

第二节 水准仪使用与测量 126

一、水准仪的使用及水准测量(126) 二、复合水准测量(127) 三、路线水准测量(128) 四、水准仪的误差(130)

第三节 光学经纬仪及其使用 132

一、经纬仪的主要结构(132) 二、仪器的对中、整平及使用注意事项(133)

第四节 基本的测量方法 137

一、水平角观测(137) 二、竖直角观测(138) 三、角度测量产生误差的原因(140) 四、视距和高差测量(140) 五、红外线光电测距仪(147)

第五节 送电线路设计测量 148

一、线路路径方案测量(148) 二、选定线测量(149) 三、三角分析法测距(151) 四、横基线法测距(152) 五、交叉跨越测量(152) 六、视距平面测量(153)

第六节 送电线路施工复测和分坑 157

一、名词解释(157) 二、线路复测方法与要求(158) 三、基础防护及位于上下坡的拉

第三章 基础施工	166
第一节 开挖型基础工程施工	166
一、基础材料(166) 二、复测分坑(169) 三、基坑开挖(171) 四、钢筋混凝土基础施工(172) 五、预制基础安装(182)	
第二节 灌注桩基础施工	184
一、一般规定(184) 二、桩基础施工准备(184) 三、桩基础施工(187) 四、桩基础施工质量及检测(192) 五、施工记录及移交资料(194)	
第三节 掏挖型基础施工	196
一、一般规定(196) 二、施工基面的平整与降低(197) 三、全掏挖型基础的开挖(197) 四、半掏挖型基础的开挖(198) 五、基坑施工的安全措施(198) 六、混凝土的浇筑与振捣(198)	
第四节 岩石基础施工	199
一、一般规定(199) 二、岩石基础的强度和构造要求(202) 三、施工基面清理和分坑定位(203) 四、岩石坑孔的开凿(204) 五、砂浆和混凝土的浇注与养护(205)	
第五节 岩石基础强度试验方法	206
一、岩石基础强度试验一般方法(206) 二、岩石基础加荷试验(206) 三、岩石基础破坏型式(207)	
第六节 岩石爆破法	207
一、普通爆破法(207) 二、微差爆破法(208) 三、静态破碎法(210)	
第七节 基础施工标准数据	211
一、普通混凝土用砂质量标准及检验方法(211) 二、普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法(213) 三、硅酸盐水泥,普通硅酸盐水泥(215) 四、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥(216) 五、混凝土外加剂(217) 六、钢筋混凝土用热轧光圆钢筋(218) 七、钢筋混凝土用余热处理钢筋(219) 八、钢筋混凝土用热轧带肋钢筋(220) 九、低碳钢热轧圆盘条(222)	
第四章 杆塔组立	224
第一节 概述	224
一、钢筋混凝土杆组立方法(224) 二、铁塔组立方法(224)	
第二节 钢筋混凝土杆整体组立	228
一、工艺设计(229) 二、受力计算(231) 三、现场布置及杆起立(239) 四、组立杆(塔)安全措施(242)	
第三节 铁塔组立	242
一、外拉线抱杆分解组塔(242) 二、内拉线抱杆单吊分解组塔(260) 三、座地摇臂抱杆分解组塔(269) 四、铁塔整体组立(276) 五、杆塔的检测调修及保护帽制作(280)	
第五章 架线施工	282
第一节 架线施工前准备工作	282
一、技术准备(282) 二、施工机具的准备(291) 三、施工现场的准备(308)	
第二节 放线	315
一、人力放线(315) 二、张力及机械牵引放线(315)	
第三节 导、地线连接	321
一、做好器材检验(321) 二、压接前准备工作(322) 三、液压法连接(324) 四、外爆压法连接(324)	

第四节 紧线	329
一、直线塔紧线(329) 二、耐张塔紧线(330) 三、直线塔粗紧、耐张塔微调紧线(331) 四、弧垂观测的要求和方法(331) 五、弧垂调整和划印(337) 六、耐张塔平衡挂线(337) 七、张牵场导线对接升空(340)	
第五节 附件安装	341
一、直线塔附件安装(341) 二、间隔棒安装(342) 三、阻尼线安装(344) 四、跳线安装(344)	
第六节 保证架线质量及安全措施	345
一、加强教育培训(345) 二、加强规范、规程和架线施工技术措施的学习和考试(345) 三、加强专职质量安全检查和监督(345) 四、搞好施工机具的管理和维修(345) 五、做好其它工作(346)	
第七节 光纤电缆的架设	346
一、GWWOP 缠绕光纤电缆(346) 二、OPGW 复合光缆架空地线(350)	
第六章 接地工程	359
第一节 接地体埋置	359
第二节 降阻剂应用	360
第三节 接地装置施工	361
第四节 接地电阻测量	362
第五节 土壤电阻率测量	364
第七章 施工质量管理	365
第一节 提高工程质量意义和要求	365
第二节 建立严格质量责任制	365
一、上层质量管理责任制(366) 二、中层质量管理责任制(365) 三、基层质量管理责任制(366)	
第三节 质量检查工作及检查方法	366
一、质量检查工作(366) 二、检查方法(367) 三、验收项目(371) 四、验收检查必须具备的条件(371) 五、验收评级标准(371)	
第四节 健全施工原始记录管理	379
一、设立一基一个原始记录本(380) 二、检查评级记录表的运作程序及制度(380)	
第五节 竣工图及资料移交	382
第八章 特殊施工方法及新工艺	383
第一节 倒装组塔工艺	383
一、施工设计(383) 二、施工工艺(391) 三、半倒装与全倒装组塔施工的主要区别(398) 四、用液压提升装置全倒装跨越塔实例(398)	
第二节 大跨越导、地线架设	405
一、概述(405) 二、放线前的施工准备(406) 三、大跨越放线(408) 四、紧线施工(416) 五、附件安装(418)	
第三节 直升机在架空送电线路施工中的应用	422
一、有关技术问题(422) 二、施工方法(426)	
第九章 送电线路运行管理	430

第一节 送电线路运行管理任务和意义	430
第二节 继电保护及安全自动装置	430
一、继电保护的作用(430) 二、继电保护的基本要求(431) 三、继电保护的构成与种类(431) 四、自动重合闸(435) 五、故障录波器与测距(435)	
第三节 架空送电线路的巡视及缺陷分析	438
一、定期巡视(438) 二、特殊性巡视(442) 三、缺陷的产生和分析(443)	
第四节 送电线路故障及预防	443
一、故障分类及预防(443) 二、典型故障分析(450)	
第五节 送电线路运行技术管理	452
一、计划管理(452) 二、缺陷管理(453) 三、运行分析(454) 四、技术资料管理(455) 五、技术培训(457)	
第六节 计算机在送电线路运行管理中的应用	457
一、在送电线路运行管理中应用计算机的可能性(457) 二、在送电线路运行管理中计算机所做工作(457) 三、在运行管理中应用计算机的局限与代价(458)	
第七节 送电线路常用测量仪器仪表的使用	458
一、兆欧表(458) 二、接地电阻表(459) 三、场强仪(460) 四、测高仪(461) 五、火花间隙测试仪(461)	
第十章 送电线路检修及抢修	462
第一节 送电线路检修分类	462
第二节 送电线路检修周期	462
第三节 导线与避雷线检修	463
一、一般要求(463) 二、导线、避雷线检修(464) 三、导线的补修和局部换线(472)	
第四节 杆塔检修和加高	475
一、倾斜杆塔的扶正和移杆(475) 二、杆塔加高(476)	
第五节 拉线、叉梁和横担更换	478
一、拉线常见缺陷(478) 二、拉线更换(478) 三、叉梁更换(478) 四、横担更换(478)	
第六节 绝缘子、金具更换	479
一、绝缘子更换(479) 二、金具更换(480)	
第七节 接地装置检修	481
一、接地装置常见缺陷(481) 二、接地装置检修工艺(481)	
第八节 基础维护	482
一、杆塔基础的种类(482) 二、影响基础原标高的情况(483) 三、杆塔基础的维护(483)	
第九节 抢修组织措施	484
一、准备工作(484) 二、组织施工(485)	
第十一章 送电线路带电作业	486
第一节 带电作业方式	486
第二节 带电作业基本原理	486
一、地电位作业的定义及其原理(486) 二、等电位作业的定义及其原理(487) 三、等电位作业人员沿耐	

张绝缘子串进入电场作业的规定(488)

第三节 带电作业安全技术	490
一、过电压概念(490) 二、空气绝缘强度(491) 三、带电作业最小距离的确定(492) 四、绝缘工具最小有效绝缘长度的确定(493) 五、静电感应问题(494) 六、泄漏电流问题(495) 七、带电作业工具的试验(495) 八、带电作业工具的保管(496) 九、气象条件与安全的关系(496)	
第四节 带电作业安全注意事项	497
第五节 带电作业常用绝缘材料	498
一、对带电作业绝缘材料的要求(498) 二、绝缘材料分类(499)	
第六节 带电作业常用工具	499
一、屏蔽服(499) 二、静电防护服(巡视服)(500) 三、绝缘梯架(500) 四、操作杆及其工作部件(501) 五、卡具(501) 六、承力工具(502) 七、绝缘遮盖工具(502) 八、断接引工具(503) 九、清扫工具(503) 十、其它(503)	
第七节 带电作业实例	503
一、35kV 线路更换耐张绝缘子(503) 二、35kV 线路更换直线悬垂绝缘子串(503) 三、110kV 线路更换耐张整串(或单片)绝缘子(504) 四、110kV 直线杆更换绝缘子(504) 五、220kV 更换耐张双串单片绝缘子(504) 六、220kV 线路更换耐张单串绝缘子(505) 七、220kV 线路更换直线单片绝缘子(506) 八、500kV ZB5 塔更换 1 串单片绝缘子(506) 九、500kV 更换耐张双联绝缘子串、单片绝缘子(508)	

架空送电线路基本知识

第一节 概 述

一、架设高压架空送电线路必要性

一个国家工业区的布局往往与动力资源（能源）区域的分布是相互矛盾的。例如水力资源都集中在江河流域、水位落差很大的地方，热力则集中在蕴藏着煤、泥炭、石油、天然气等矿区，发电厂往往多设在这些地区。而大的电力用户则常常是在富有工业原料（如铁、铜、铅等）矿区，工业城市用电及广大农村用电更是这样。因此输电线路便担负起这项重要的电能传输任务。由于有了送电线路，便可以把电力从能源蕴藏丰富的地区，特别是水力资源丰富的地区，如新安江、枫树坝、天生桥水电站，经过长距离输送到需要电力的地区去。使没有动力资源的地区也可以建设成工业中心，能有计划有步骤地合理（布局工业区）安排国家、省、地区的工业布局。

把电厂建在用电区不成吗？有人作过比较，如把电厂建在用电区，而把煤等通过铁路运输，并且还要处理煤灰、煤碴等，其造价较用送电线路输电能要高很多。如果铁路运输不运这部分煤，煤灰、煤碴又用来作其它物资用，这对国家有莫大的好处。

再者，送电线路还可以起到把几个孤立的地区电力网连接起来，成为庞大的区域电力网络，使供电更为安全、经济可靠。更便于调节水电、火电的运行条件，便于调动负荷等。

二、送电线路是电力工业的重要组成部分

（1）现代的电力工业由三个基本环节组成，即发电厂、电力网（变电所、送电线路）和用电设备是现代电力工业的三个基本环节，它们统称为电力系统。

（2）电力网包括各种不同电压等级的升压和降压变电所和送、配电电力线路。它的作用是把电能从发电厂输送出去，并分配到需要用电的地方去。在电力网中，只变换电能的规格，例如变换电压等级、频率、交直流等，但不能把电能变换为其它种类的能源。

（3）电力网分为地方电力网和区域电力网，它是依照不同电压等级来划分的。

1) 地方电力网是电压不超过 110kV，供电半径一般不超过 15~30km 的城市、厂矿及农村电力网络等。

2) 区域电力网包括孤立的输电系统和具有多个发电厂的电力系统中的电力网，其电压主要是 220kV 及以上的。

第二节 送 电 线 路 分 类

送电线路是联系发电厂、变电所与用电设备的一种传送电能的装置，它分架空线路和电缆线路两种。与电缆线路相比，架空线路造价较低，并且易于发现事故及进行检修，所以长

距离送电都采用架空线路，只有在城市市区内、飞机场或电台等附近架设架空线路有困难时，才敷设电缆。本书仅论述架空线路内容。

一、送电线路类型

架空送电线路的分类有下列几种。

(一) 按线路的电压分类

架空送电线路按电压等级可分为 110kV、220kV、500kV 三种线路。35kV 线路目前已逐步淘汰，另外，东北、西北等地区还有 60kV、154kV、330kV 三种电压等级的线路。

(二) 按杆塔上的回路数目分类

1. 单回路线路

杆塔上只有三相导线及架空地线的送电线路，称为单回路线路。

2. 双回路线路

杆塔上有两回三相导线及架空地线的送电线路，称为双回路线路。另外，亦有双回路分杆（塔）并行的送电线路。

3. 多回路线路

杆塔上有三回及以上的三相导线和架空地线的送电线路，称为多回路线路。

(三) 按杆塔材料分类

1. 铁塔线路

整条送电线路是以角钢或钢管组合的铁塔作支持物。这类线路耗用的钢材比较多，使用地面积少，整齐美观，使用年限较长。

2. 混凝土杆线路

整条送电线路是以钢筋混凝土电杆作支持物，一般有分段焊接式和分段焊接与整根拔梢式的钢筋混凝土电杆两种。自 1952 年以后，混凝土电杆已被广泛地使用，它可以节约大量木材和钢材，但拉线杆占地多，且施工运输不便。

3. 木杆送电线路

整条送电线路是以木杆作为支持物。但由于木材需量大，使用年限短，维护工作量大，所以新建送电线路均不采用。

4. 轻型钢杆送电线路

轻型钢杆是指采用较小的型钢分段组合成的带拉线的轻型钢结构架作支持物。由于其质量较混凝土杆小，便于运输，故多用于高山大岭和运输困难的地方。但随着电力线路输送容量大、导线截面大或采用分裂导线等，轻型钢杆也很少使用。

5. 锥形钢管单杆送电线路

锥形钢管单杆是指送电线路以分段连接的锥形钢管单杆作支持物。它占地少，美观，便于在市区内架设。

6. 混合式杆塔送电线路

混合式杆塔送电线路是指电力线路的支持物包括有铁塔、混凝土杆或轻型钢结构杆等组成的线路。

综上所述 6 种送电线路，目前普遍使用的是铁塔线路和铁塔、混凝土杆混合式线路。

二、送电线路各种档距

(一) 档距

两座相邻杆塔导线悬点间（或杆塔轴线间）的水平距离，称为这两座杆塔的档距，用符号 l 表示，单位是 m，如图 1-1 所示。

（二）水平档距

两相邻档距的平均值，称为水平档距。在计算杆塔水平荷重时，需用水平档距进行计算。如图 1-2 所示，杆塔 A 的水平档距为

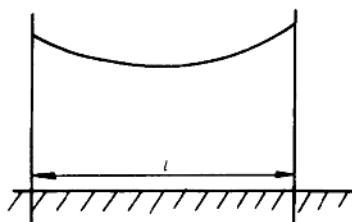


图 1-1 档距

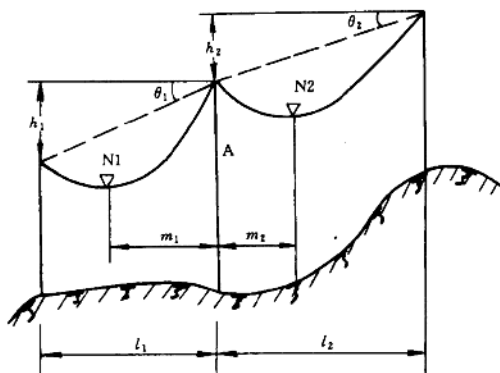


图 1-2 杆塔 A 的水平档距

$$l_p = \frac{1}{2}(l_1 + l_2) \quad (\text{m}) \quad (1-1)$$

（三）垂直档距

两相邻档距中导线弛度最低点间的水平距离，称为垂直档距。在计算杆塔垂直荷重时，需用垂直档距进行计算。如图 1-2 所示，杆塔 A 的垂直档距为

$$l_v = m_1 + m_2 \quad (\text{m}) \quad (1-2)$$

（四）耐张段距（长度）

线路正常运行时承受水平拉力的两相邻承力杆塔中心间的水平距离，称为耐张段距。一个耐张段距可能由一个档距或多个档距组成。用于累计线路长度和计算代表档距，如图 1-3 所示，杆塔 A 至 B 间的耐张段距 Σl 为

$$\Sigma l = l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n \quad (1-3)$$

（五）代表档距

代表档距又称规律档距，在一个具有若干悬挂悬垂绝缘子串的直线杆塔的连接档的耐张段中，各档导线水平应力 σ_0 是按同一值架设的，但当气象条件变化时，由于各档的档距线长及高差不一定相同，各档的应力变化就不完全相同，从而使直线杆塔上出现不平衡张力差，使悬垂绝缘子串产生偏斜，偏斜结果则又使各档应力趋于基本相同的某一数值上。人们将这个

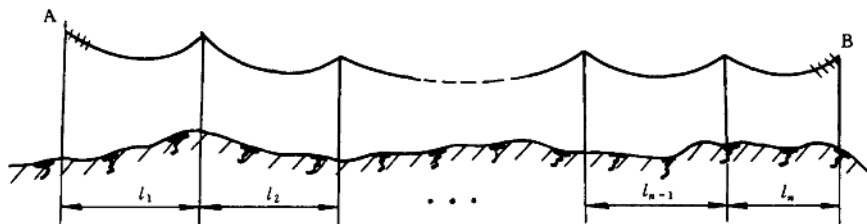


图 1-3 耐张段长度示意图

应力称为耐张段内的代表应力，其值是用耐张段内的所谓“代表档距”代入导线状态方程式中求出的。能够代表这种水平应力变化的一种悬挂点等高的孤立档的档距，称为该耐张段的代表档距 l_{db} 。一个耐张段中各直线档高差比较大时，其计算公式为

$$l_{db} = \sqrt{\frac{\sum l^3 \cos \varphi}{\sum \frac{l}{\cos \varphi}}} \quad (1-4)$$

其中 $\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{h}{l}$

式中 l_{db} ——耐张段架空线路的代表档距，m；

l ——耐张段内各档的档距，m；

φ ——耐张段各档架空线悬挂点高差角，°；

h ——两相邻杆塔悬挂之高差，m。

如在平原小丘陵地，若连续档各档的悬挂点高差角 φ 都很小时，可不考虑高差影响，这时的代表档距为

$$l_{db} = \sqrt{\frac{\sum l^3}{\sum l}} \quad (1-5)$$

(六) 临界档距

导线的最大应力可能产生在最大荷重处，也可能产生在最低温度时。当档距很小时，则温度的影响很大，其最大应力将出现在最低温度时。如档距很大，则荷重的影响很大，其最大应力将出现在最大荷重处。若档距等于某一适当值时，则最大荷重的应力与最低温度时的应力恰好相等，这个档距就称为临界档距。

(七) 标准档距

经过技术经济比较后，得出的最经济的档距，称为标准档距。在设计中均以标准档距来考虑排定杆位。

(八) 最大允许档距

最大档距的极限值，不仅取决于杆塔的设计条件，同时还受线间距离的控制，即在一定的线间距离条件下，档距达到某一数值，在导线摆动时，导线的最低点可能会发生闪络，故由线间距离控制的最大档距称为最大允许档距。

三、架空送电线路的弧垂（弛度）及限距（安全距离）

(一) 架空送电线路的弧垂（弛度）

导线的悬挂点等高（见图 1-4，a）时，连接两个悬挂点的水平线与导线最低点的垂直距离，称为架空送电线路的弧垂 f 。

导线的悬挂点不等高（见图 1-4，b）时，其弧垂可以分为两个，即导线的两个不同高度的悬挂点至导线最低点的两个垂直距离 f_1 、 f_2 。图 1-4（b）中 f_0 为架空线两悬挂点连线（档距）中点的垂度（平行四边形 ABCD 切点的垂度），即施工时的观测弧垂值。

(二) 架空送电线路的限距（安全距离）

导线各点对地及其它设施（包括地面、最高水面、建筑物、电力线、通信线、树木等）之安全垂直距离、水平距离及导线对杆塔本体的最小距离，称为限距，其规定值应不小于表 1-

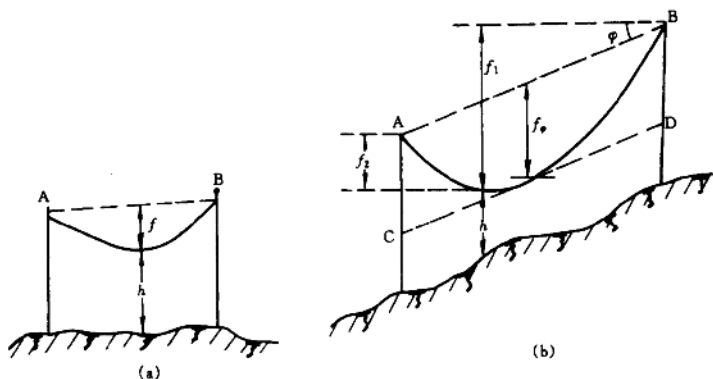


图 1-4 弧垂示意图

1~表 1-3 所列数值。

表 1-1 带电体与杆塔构件的最小间隙 (m)

线路电压 (kV)	35	60	110	154	220	330	500
外过电压	0.45	0.65	1.00	1.40	1.90	2.60	3.3 (3.7)
内过电压	0.25	0.50	0.70	1.10	1.45	2.20	2.5 (3.1)
运行电压	0.10	0.20	0.25	0.55	0.55	1.00	1.15 (1.3)
带电作业电压	0.60	0.70	1.00	1.40	1.80	2.40	3.80

注 1. 杆塔构件包括拉线、脚钉等部分。

2. 外过电压即大气过电压；内过电压即操作过电压。表中括号内数字为 V 型绝缘子串数值。

3. 110kV 小接地电流电力网，内过电压的间隙不应小于 0.8m，运行电压的间隙不应小于 0.4m。

表 1-2 导线对地最小允许距离

线路电压 (kV)		最小距离 (m)						
线路经过地区		35	60	110	154	220	330	500
居民区		7.0	7.0	7.0	7.5	7.5	8.5	14
非居民区、一般农业区		6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	7.5	11
交通困难或仅步行可到达的地区		5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	6.5	9
步行不能到达的山坡、岩石、峭壁		3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.5
对建筑物	垂直距离	4.0	5.0	5.0	6.0	6.0	7.0	8.5
	水平或净空距离	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	7.5
对树木	垂直距离	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.5	7
	净空距离 (绿化区)	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	5.0	6.5
对果树、经济作物、城市路树垂直距离		3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.5	6

注 1. 居民区——工业企业地区、港口、码头、火车站、城镇、区乡等人口密集地区。

2. 非居民区——上述居民区以外的地区，均属非居民区。虽然经常有人、有车辆或农业机械到达，但未建房屋或房屋稀少的地区，亦属非居民区。

3. 交通困难地区——车辆、农业机械不能到达的地区。

4. 上列的距离是指导线已完成初伸长的数值。

表 1-3

导线对各种被跨越物的最小垂直距离

交叉跨越物		线路电压 (kV)						
		最小垂直距离 (m)						
		35	60	110	154	220	330	500
公路	等级公路路面	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0	14
	非等级公路路面	7.0	7.0	7.0	7.5	7.5	9.0	12
铁路	公用铁路轨顶	7.5	7.5	7.5	8.5	8.5	9.5	14
	非公用铁路轨顶	7.5	7.5	7.5	8.0	8.0	8.5	13
	承力索或接触线	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.5
通航河流	五年一遇洪水位	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	8.0	10
	船桅杆顶	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	6
不通航河流	百年一遇洪水位	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	7
电力线	至导、地线	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6
	至杆塔顶							8.5
I~II级通信线		3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	8.5
特殊管道		4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	7.5
索道		3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	6.5

第三节 送电线路主要组成部分

架空送电线路的主要组成部分有基础、杆塔、导线、绝缘子、金具、防雷保护设备（包括架空避雷线、避雷器等）及接地装置。

一、基础

基础（地基）是指所有建筑物，如住宅、桥梁、水坝、架空送电线路的杆塔等的地下部分，它承受着所有上部结构的荷重，如下压力、上拔力、倾覆力、水平推力等，并随同其本身自重传给基土，起到安全可靠地支承上部结构物的作用。

架空送电线路的基础主要分为电杆（混凝土电杆及钢杆等）基础、铁塔基础两种。

（一）电杆（混凝土电杆及钢杆）基础

电杆基础分为承受电杆本体下压的基础（底盘）和起着稳定电杆作用的拉线基础（拉盘或重力式拉线基础）及卡盘等。

1. 电杆本体基础

底盘如图 1-5 所示，一般 110~220kV 线路的底盘规格分为 0.8m×0.8m~2.2m×2.2m（每 0.2m 为一级）8 个规格，可以根据上部承载荷重和土质的地耐力选用，如遇土质较差还可选用 2.5m×2.5m 或 3.0m×3.0m 及以上的大底盘。它是以底层钢筋网用 C20 级混凝土浇注成的预制构件（大底盘则是在杆位旁浇注）。如遇杆位位于岩石地带，也

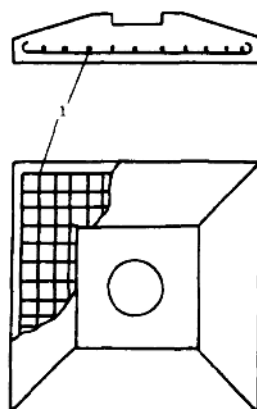


图 1-5 底盘示意图

1—钢筋网

可就在岩石上凿出基面，再凿一个圆洞而代替底盘（称岩石基础）。

2. 拉线基础

拉线基础起着稳定电杆和平衡导线张力的作用。它分为拉盘基础、重力式拉线基础和锚杆（岩石）拉线基础三种。

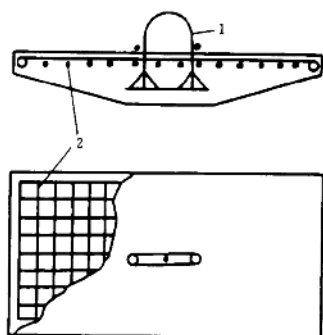


图 1-6 拉盘

1—拉环；2—钢筋网

(1) 拉盘如图 1-6 所示。一般 110~220kV 线路的拉盘规格分为 $1.0\text{m} \times 0.5\text{m} \sim 2.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ （每 0.2m 为一级）7 个规格。它是以上层钢筋网用 C20 级混凝土浇注成的预制构件。

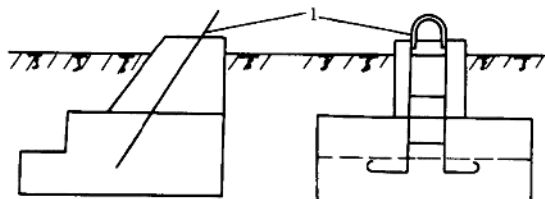


图 1-7 重力式拉线基础

1—拉环

(2) 重力式拉线基础。当遇较差的土质，而且最大一级的拉盘也满足不了所要求的抗上拔力时，就必须选用重力式拉线基础。如图 1-7 所示，它主要是一条 $\phi 30\text{mm}$ 拉环用 C15 级混凝土浇注而成的无筋基础。

(3) 锚杆（岩石）拉线基础。一般用于微风化或中风化的岩石处，如图 1-8 所示，它是将拉线棒用水泥砂浆或细石混凝土直接锚在拉线棒岩孔内而成。

3. 卡盘

卡盘起着稳定电杆的作用，一般用于 35~110kV 不带拉线的混凝土电杆基础上，如图 1-9 所示。

(二) 铁塔基础

铁塔基础根据铁塔类型、地形地质、承受的外负荷及施工条件的不同，一般采用的有以下几种类型。

1. 现浇混凝土铁塔基础

现浇混凝土基础又可分为钢筋混凝土基础和无

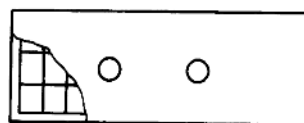


图 1-9 卡盘示意图

1—卡盘螺栓；2—混凝土电杆根部

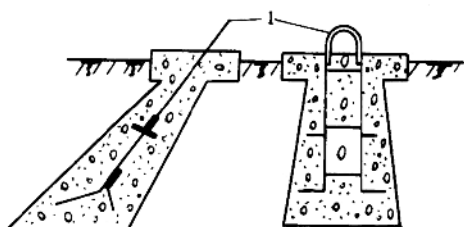


图 1-8 岩山拉线基础

1—拉环