

普通高等教育“十一五”规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



PEIDIAN XIANLU JICHU

# 配电线路基础

吴志宏 邹全平 孟垂懿 编



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



PEIDIAN XIANLU JICHU

# 配电线路基础

吴志宏 邹全平 孟垂懿 编  
甘凤林 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

全书共分九章，主要内容包括架空线路的基础知识、导线的机械计算、输电线路路径和杆位、架空线路的施工、架空线路运行和维护、架空线路的检修、架空绝缘线路、电力电缆线路及其施工。本书按照深入浅出的原则对配电线路技术作了全面的介绍，对于所涉及的相关基础知识也给予了介绍，有利于读者全面了解配电线路基础技术的概念及其涵盖的内容，有利于读者自学。

本书可作为高职高专电力技术类专业的教学用书，也可作为现场供电人员继续教育的参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路基础/吴志宏, 邹全平, 孟垂懿编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”规划教材·高职高专教育

ISBN 978-7-5083-7379-9

I. 配… II. ①吴…②邹…③孟… III. 配电线路—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 106940 号

中国电力出版社出版、发行

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

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2008 年 7 月第一版 2008 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 232 千字

定价 16.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书是为了适应配电网的发展，使发电、供用、输电、继电等专业在校学生全面了解和掌握配电线路技术，配合现场供电技术等相关人员的继续教育而编写的。本书按照深入浅出的原则对配电线路技术做了全面的介绍，对于所涉及的相关基础知识也在本书中给予了介绍，有利于读者全面了解配电线路基础技术的概念及其涵盖的内容，有利于读者自学。

本书共分九章。第一章介绍了架空配电线路的基础知识和基本结构，并着重介绍了构成架空输电线路的元件装置。第二章介绍了架空线路机械计算的基本知识。第三章介绍了输电线路路径选择和杆塔定位的常用方法和平断面图的相关内容。第四章介绍了架空线路的施工，主要有施工前的测量、基础施工、电杆组立、拉线安装、导线架设和接地装置等内容。第五、六章介绍了架空线路运行、维护和检修的基本知识。第七章介绍了架空绝缘线路的基本知识，重点介绍 10kV 架空绝缘线路和低压架空绝缘线路的相关内容。第八章介绍了电力电缆的种类、结构及型号；电缆截面的选择原则；电缆的运行与维护 and 电缆的相关试验等内容。第九章介绍了电力电缆线路施工敷设方式和要求，以及电缆终端头和中间接头制作的一些电气要求。

本书第四、五章由沈阳工程学院孟垂懿编写，第六、八、九章由沈阳工程学院邹全平编写，其余各章由沈阳工程学院吴志宏编写，并由吴志宏进行全书的修改及定稿。在该书编写过程当中，得到沈阳工程学院刘宝贵副教授的大力帮助，在此表示衷心感谢。

本书由东北电力大学甘凤林主审。

由于新技术总在不断地发展，加之作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月

## 目 录

## 前言

<b>第一章 架空线路的基本结构</b> .....	1
第一节 配电线路基础知识 .....	1
第二节 架空配电线路的基本结构 .....	1
第三节 杆塔 .....	2
第四节 架空导线和避雷线 .....	4
第五节 绝缘子 .....	10
第六节 金具 .....	13
本章小结 .....	16
习题 .....	17
<b>第二章 导线的机械计算</b> .....	18
第一节 导线计算的气象条件 .....	18
第二节 导线的机械物理特性 .....	18
第三节 导线的比载 .....	20
第四节 导线的档距 .....	22
第五节 导线弧垂和应力计算 .....	23
本章小结 .....	27
习题 .....	27
<b>第三章 输电线路路径和杆位</b> .....	28
第一节 输电线路路径选择 .....	28
第二节 输电线路的平衡面图 .....	32
第三节 输电线路杆塔定位 .....	35
本章小结 .....	39
习题 .....	39
<b>第四章 架空线路的施工</b> .....	40
第一节 施工测量 .....	40
第二节 基础施工 .....	41
第三节 电杆组立 .....	49
第四节 拉线安装 .....	52
第五节 导线架设 .....	55
第六节 接地装置 .....	70
本章小结 .....	72
习题 .....	72
<b>第五章 架空线路运行和维护</b> .....	73
第一节 架空线路的运行标准 .....	73
第二节 线路巡视 .....	77
第三节 线路维护及缺陷管理 .....	81

本章小结 .....	84
习题 .....	84
<b>第六章 架空线路的检修 .....</b>	<b>85</b>
第一节 检修计划和检修措施 .....	85
第二节 杆塔的检修 .....	89
第三节 导线的检修 .....	92
第四节 更换绝缘子和金具 .....	94
第五节 其他部件检修 .....	95
第六节 带电作业 .....	98
本章小结 .....	100
习题 .....	100
<b>第七章 架空绝缘线路 .....</b>	<b>101</b>
第一节 概述 .....	101
第二节 10kV 架空绝缘线路 .....	104
第三节 低压架空绝缘线路 .....	107
本章小结 .....	108
习题 .....	109
<b>第八章 电力电缆线路 .....</b>	<b>110</b>
第一节 电力电缆的概述 .....	110
第二节 电力电缆截面积选择 .....	114
第三节 电力电缆的运行与维护 .....	116
第四节 电力电缆试验 .....	118
本章小结 .....	127
习题 .....	127
<b>第九章 电力电缆线路施工 .....</b>	<b>128</b>
第一节 敷设方式和要求 .....	128
第二节 制作电缆终端头和中间接头的一般制作方法 .....	132
第三节 35kV 油浸纸绝缘终端头和中间接头的一般制作方法 .....	140
第四节 35kV 交联聚乙烯绝缘电缆终端头与中间接头的制作 .....	143
第五节 6~10kV 塑料电缆终端头和中间接头的一般制作方法 .....	145
本章小结 .....	147
习题 .....	147
<b>参考文献 .....</b>	<b>148</b>

## 第一章 架空线路的基本结构

### 第一节 配电线路基础知识

#### 一、配电线路的概念

在电力系统中担负着分配电能任务的电力网称为配电网。配电网可分为额定电压为35~11kV的高压配电线路,额定电压为3~10kV的中压配电线路和额定电压为380/220V的低压配电线路。

#### 二、配电线路的基本要求

电能生产的特点是生产、输送、分配和使用同时进行,而配电是电能生产的最后环节,配电系统的结构和运行状态直接影响电能的质量,因此对配电线路提出如下基本要求:

(1) 供电可靠。要保证对用户进行可靠的、不间断的供电,就要保证线路架设的质量,并加强运行维修工作,防止发生事故。

(2) 电压质量。电压质量的好坏,直接影响着用电设备的安全和经济运行。电压过低不仅使电动机的出力和效率降低、照明灯光暗淡,而且常常造成电动机过热甚至烧毁。《供用电规则》规定:供电电压10kV及以下高压供电和低压电力用户的电压变动范围为 $\pm 7\%$ ;低压照明用户为 $+5\%$ 、 $-10\%$ ,仅就电力线路本身的电压损耗来讲,高压配电线路为 $+5\%$ ,低压配电线路为 $+4\%$ 。

(3) 经济供电。在送电过程中,要求最大限度地减少线路损耗,提高输电效率、降低送电成本,节省维修费用。

#### 三、配电线路的分类

配电线路按结构可分为架空线路和电缆线路。架空线路与电缆线路相比有许多显著的优点,如结构简单、建设费用低、技术要求低、检修方便、输送容量大等。

架空线路的优点:在发生断线故障时对外界的危害程度小,对减少由树枝与导线及建筑物与导线相碰而发生的瞬时短路故障也十分有效。架空绝缘线路可缩小线间距离,节省空间,降低线路电感从而降低线路电压损失,因此在城市配电网中得到广泛应用。

电缆线路的技术要求和施工费用远高于架空线路,所以除地面狭窄而线路拥挤或特殊情况(如发电厂厂用系统、市区繁华地段等)外,一般不宜采用。

### 第二节 架空配电线路的基本结构

构成架空配电线路的元件主要有导线、绝缘子、避雷线、杆塔(电杆)、基础、拉线、横担、金具和接地装置,如图1-1所示。

架空配电线路的结构具有如下显著特点:

(1) 线路结构简单,施工周期短,建设费用低,输送容量大,维护检修方便。

(2) 设备长期露置在大自然环境中,遭受各种气象条件(如大风、覆冰雪、气温变

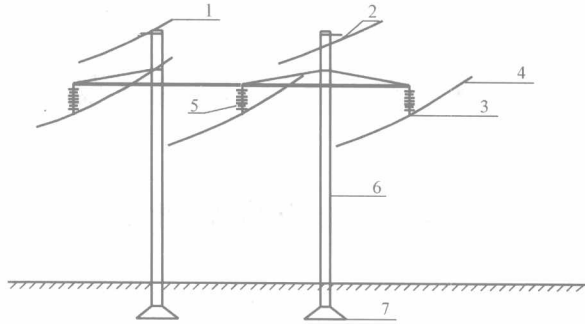


图 1-1 架空配电线路的构成

1—避雷线；2—防振锤；3—线夹；4—导线；5—绝缘子；6—杆塔；7—基础

化、雷击等)的侵袭、化学气体的腐蚀及外力的破坏,出现故障的几率较高。有关统计数据显示高压电网的短路故障中,线路故障占 90%,因此线路的设计、施工必须符合有关国家标准的要求,并在运行过程中加强线路的巡视和维护,以保证连续安全供电。

### 第三节 杆 塔

杆塔是用来支持导线和避雷线,并使导线和导线间,导线和避雷线间,导线和杆塔间以及导线和大地、公路、铁轨、水面、通信线等被跨越物之间,保持一定的安全距离。杆塔和电杆在架空线路中非常重要。根据用途和使用材料,杆塔可以分成不同的类型。

#### 一、杆塔在用途上的分类

杆塔按其在线路上的用途可分为直线杆塔、耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、跨越杆塔和换位杆塔等。

(1) 直线杆塔。用于线路的直线段上,用悬垂绝缘子或 V 形绝缘子支持导线。图 1-2 (a) 所示为直线单杆,图 1-2 (b) 所示为直线双杆。直线杆塔在架空线路中的数量最多,约占杆塔总数的 80% 左右。在线路正常运行的情况下,直线杆塔不承受顺线路方向的张力,而仅承受导线、避雷线的垂直荷载(包括导线和避雷线的自重、覆冰重和绝缘子重量)和垂直于线路方向的水平风力,所以,其绝缘子串是垂直悬挂的。只有在杆塔两侧档距相差悬殊或一侧发生断线时,直线杆塔才承受相邻两档导线的不平衡张力。直线杆塔一般不承受角度力,因此它对机械强度的要求较低,造价也较低廉。

(2) 耐张杆塔。耐张杆塔又叫承力杆塔,用于线路的分段承力处。在耐张杆塔上是用耐张绝缘子串和耐张线夹来固定导线的。正常情况下,除承受与直线杆塔相同的荷载外,它还承受导线、避雷线的不平衡张力。在断线故障情况下,它承受断线张力,防止整个线路杆塔顺线路方向倾倒,将线路故障(如倒杆、断线)限制在一个耐张段(两耐张杆塔之间的距离)内。线路的一个耐张段如图 1-3 所示。10kV 线路的耐张长度一般为 1~2km。35~110kV 线路的耐张长度一般为 3~5km。根据具体情况,也可适当地增加或缩短耐张段的长度。

(3) 转角杆塔。转角杆塔用于线路转角处,图 1-2 (c) 所示为转角杆塔。转角杆塔两



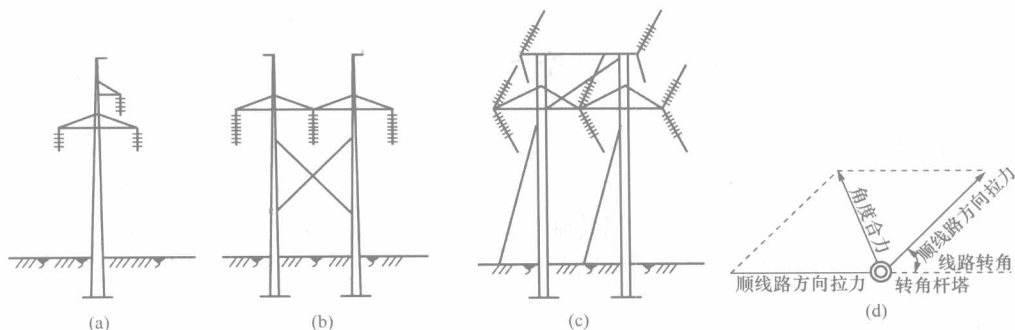


图 1-2 钢筋混凝土杆塔杆型及转角杆塔的受力图

(a) 直线单杆; (b) 直线双杆; (c) 转角杆; (d) 转角杆塔受力图

侧导线的张力不在一条直线上, 因而须承受角度力, 如图 1-2 (d) 所示。转角杆的角度是指转角前原有线路方向的延长线与转角后线路方向之间的夹角。

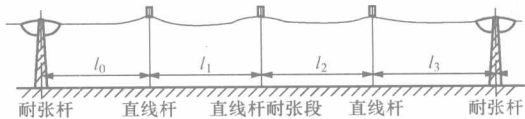


图 1-3 线路的一个耐张段

转角杆分为直线型和耐张型两种。6~10kV 线路, 30°以下的转角杆用直线型; 30°以上用耐张型。35kV 及以上线路, 转角为 5°以下时用直线型; 5°以上时用耐张型。转角杆塔除应承受垂直重量和风荷载外, 还应承受较大的角度力。角度力决定于转角的大小和导线的水平张力。

(4) 终端杆塔。终端杆塔位于线路的首、末端, 即发电厂或变电所进线、出线的第一基杆塔。终端杆塔是一种承受单侧张力的耐张杆塔。

(5) 跨越杆塔。跨越杆塔位于线路与河流、山谷、铁路等交叉跨越的地方。跨越杆塔也分为直线型和耐张型两种。当跨越档距很大时, 就得采用特殊设计的耐张跨越杆塔, 其高度也较一般杆塔高得多。

(6) 换位杆塔。换位杆塔是用来进行导线换位的。高压输电线路的换位杆塔分滚式换位的直线型换位杆塔和耐张型换位杆塔两种。

## 二、杆塔在使用材料上的分类

杆塔在使用材料上可分为木杆、钢筋混凝土杆和铁塔三种。

(1) 木杆。其优点是质轻, 便于运输和施工, 投资少, 防雷水平高; 缺点是强度低、易腐蚀、寿命短。同时由于木材在国民经济建设中需用量大, 所以木杆已被钢筋混凝土杆所代替。

(2) 钢筋混凝土杆。其优点是使用年限长, 一般寿命不少于 30 年, 维护工作量小, 节约钢材, 投资少; 缺点是比较重, 施工和运输不方便。因此对较高的水泥杆, 均采用分段制造, 现场进行组装。由于钢筋混凝土杆有比较突出的优点, 因此在我国获得普遍使用。

(3) 铁塔。它是用角钢焊接或螺栓连接的钢架。其优点是机械强度大, 使用年限长, 运输和施工方便; 缺点是钢材消耗量大, 造价高, 施工工艺较复杂, 维护工作量大。因此, 铁塔多用于交通不便和地形复杂的山区, 或一般地区的特大荷载的终端、耐张、大转角、大跨越等情况。

## 第四节 架空导线和避雷线

### 一、架空导线作用及常用材料

#### 1. 架空导线的作用

导线是线路的主要组成部分，用以传输电流、输送电能。架空线路的导线不仅要有良好的导电性能，还应具有机械强度高、耐磨耐折、抗腐蚀性强及质轻价廉等特点。

#### 2. 架空导线的材料

常用的导线材料有铜、铝、钢、铝合金等。各种导线材料的物理性能见表 1-1。由表 1-1 可见，铜具有良好的导电性能，电阻率小，机械强度高，抗氧化、抗腐蚀的能力强，是性能较好的导线材料。但铜的价格高，储量相对于其他金属比较少，在架空线路上很少采用。

表 1-1 导线材料的物理性能

材料	20℃时的电阻率 ( $10^{-6}\Omega\cdot\text{m}$ )	比重 ( $\text{N}/\text{cm}^3$ )	抗拉强度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	抗化学腐蚀能力及其他
铜	0.0182	0.089	390	表面易形成氧化膜，抗腐蚀能力强
铝	0.027	0.027	160	表面氧化膜可防继续氧化，但易受酸碱盐的腐蚀
钢	0.103	0.0785	1200	在空气中易锈蚀，须镀锌
铝合金	0.0339	0.027	300	抗化学腐蚀性能好，受振动时易损坏

铝的导电性能也相当好，电阻率虽然大于铜，但比重小（不到铜的 1/3），所以在同样长度、同样质量的条件下，铝导线的电阻比铜导线小得多。铝导线也有一定抗氧化和抗腐蚀的能力，更重要的是铝导线价格低廉，所以广泛用于架空线路上。但是铝导线的机械强度较低，有时要采用补强措施。铝导线耐酸、碱和盐腐蚀的能力差，在盐湖、沿海附近铝导线的寿命普遍较低，必要时可采取防腐措施。

钢导线的电阻率高，抗氧化、抗腐蚀能力低，但机械强度高，价格低廉，在一些特殊地段（如大跨越档距）可以采用，主要应用于避雷线的架设。

### 二、架空导线的分类、型号、规格

#### 1. 导线的分类

导线在结构上可分为单股导线、多股绞线、复合材料多股导线及绝缘线四大类。

(1) 单股导线。单股导线直径最大不超过 6mm，截面一般在  $10\text{mm}^2$  以下。

(2) 多股绞线。多股绞线由多股细导线绞合而成。多层多股绞线中相邻两层间的绞向相反，防止放线时导线扭花打卷。多股绞线的优点是机械强度比较高，柔韧易弯曲；同时由于多股线表面电阻率增加，使电流沿股线流动，集肤效应比较小，电阻比同样截面单股线略有降低。

(3) 复合材料多股导线。它是指两种材料的多股绞线。钢芯铝绞线以钢绞线为线芯，外面再绞上多股铝线。其中，钢芯主要作用是提高导线的机械强度，而铝线具有良好的导电性能，因此它能达到良好的电气性能和力学性能，是目前在架空线路中应用最广泛、综合性能

最好的一种。

(4) 绝缘导线。10kV 绝缘导线主要有铜芯交联聚乙烯绝缘导线和铝芯交联聚乙烯绝缘导线；低压主要有铜芯聚乙烯绝缘导线 (JV) 和铝芯聚乙烯绝缘导线 (JLV)。架空配电线路干线、支线一般采用裸导线。但在人口密集的居民区街道、厂区内部的线路，为了安全采用硬绝缘导线。

## 2. 架空导线的规格与型号

架空导线的型号表示法：导线型号由汉语拼音字母和数字两部分组成，字母在前，数字在后。用汉字拼音的第一个字母表示导线的材料和结构，如 L——铝导线，T——铜导线，G——钢导线，J——多股绞线，LGJ——钢芯铝绞线；字母后面的数字表示导线的标称截面积，单位是  $\text{mm}^2$ 。钢芯铝绞线字母后面有两个数字，斜线上面的数字为铝线部分的标称截面，斜线下面为钢的标称截面。例如：LGJ-35/6，钢芯铝绞线，铝线部分标称截面为  $35\text{mm}^2$ ，钢线部分标称截面为  $6\text{mm}^2$ ；TJ-50 表示标称截面为  $50\text{mm}^2$  的多股铜绞线。

常用铝绞线的规格见表 1-2，钢芯铝绞线 (LGJ) 的规格见表 1-3。

表 1-2 常用铝绞线的规格

标称截面 ( $\text{mm}^2$ )	计算截面 ( $\text{mm}^2$ )	结构尺寸股数/直径 (股/mm)	计算直径 (mm)	直流电阻 (20℃) ( $\Omega/\text{km}$ )	拉断力 (N)	计算质量 ( $\text{kg}/\text{km}$ )	制造长度不小于 (m)
16	15.89	7/1.70	5.10	1.802	2840	43.5	4000
25	25.41	7/2.15	6.45	1.127	4355	69.6	9000
35	34.36	7/8.50	7.50	0.8332	5760	94.1	2000
50	49.48	7/3.00	9.00	0.5789	7930	135.5	1900
70	71.25	7/1.60	10.00	0.4018	10950	195.1	1250
95	95.14	7/4.16	12.48	0.3009	14450	260.5	1000
120	121.21	19/2.85	14.25	0.2373	19420	333.5	1500
150	148.07	19/3.15	15.75	0.1943	23310	407.4	1250
185	182.80	19/3.50	17.50	0.1574	28440	503	1000

表 1-3 钢芯铝绞线 (LGJ) 的规格

标称截面 铝/钢 ( $\text{mm}^2$ )	结构根数/直径 (mm)		计算截面 ( $\text{mm}^2$ )			外径 (mm)	直流电阻 不大于 ( $\Omega/\text{km}$ )	计算 质量 ( $\text{kg}/\text{km}$ )	计算 拉断力 (N)	制造长度 不小于 (m)
	铝	钢	铝	钢	总计					
10/2	6/1.50	1/1.50	10.60	1.77	12.37	4.50	2.706	42.9	4120	3000
16/3	6/1.85	1/1.85	16.13	2.69	18.82	5.55	1.779	65.2	6130	3000
25/4	6/2.32	1/2.32	25.36	4.23	29.59	6.96	1.131	102.6	9290	3000
35/6	6/2.72	1/2.72	34.86	5.81	40.67	8.16	0.8230	141.0	12630	3000
50/8	6/3.20	1/3.20	48.25	8.04	56.29	9.60	0.5946	195.1	16870	2000
50/30	12/2.32	7/2.32	50.73	29.59	80.32	11.60	0.5692	372.0	42620	3000
70/10	6/3.80	1/3.80	68.05	11.34	79.39	11.40	0.4217	275.2	23390	2000
70/40	12/2.72	7/2.72	69.73	40.67	110.40	13.60	0.4141	500.3	58300	2000

续表

标称截面 铝/钢 (mm <sup>2</sup> )	结构根数/直径 (mm)		计算截面 (mm <sup>2</sup> )			外径 (mm)	直流电阻 不大于 (Ω/km)	计算 质量 (kg/km)	计算 拉断力 (N)	制造长度 不小于 (m)
	铝	钢	铝	钢	总计					
95/15	26/2.15	7/1.67	94.39	15.33	109.72	13.61	0.3058	380.8	35000	2000
95/20	7/4.16	7/1.85	95.14	18.82	113.96	13.87	0.3019	408.9	37200	2000
95/55	12/3.20	7/3.20	96.51	56.30	152.81	16.00	0.2992	707.7	78110	2000
120/7	18/2.90	1/2.90	118.89	6.61	125.50	14.50	0.2422	379.0	27570	2000
120/20	26/2.38	7/1.85	115.67	18.82	134.49	15.07	0.2496	466.8	41000	2000
120/25	7/4.72	7/2.10	122.48	24.25	146.73	15.74	0.2345	526.6	47880	2000
120/70	12/3.60	7/3.60	122.15	71.25	193.40	18.00	0.2364	895.6	98370	2000
150/8	18/3.20	1/3.20	144.76	8.04	152.80	16.00	0.1989	461.4	32860	2000
150/20	24/2.78	7/1.85	145.68	18.82	164.50	16.67	0.1980	549.4	49930	2000
150/25	26/2.70	7/2.10	148.86	24.25	173.11	17.10	0.1939	601.0	54110	2000
150/35	30/2.50	7/2.50	147.26	34.36	181.62	17.50	0.1962	676.2	65020	2000
185/10	18/3.60	1/3.60	183.22	10.18	193.40	18.00	0.1572	584.0	40880	2000
185/25	24/3.15	7/2.10	187.04	24.25	211.29	18.90	0.1542	706.1	59420	2000
185/30	26/2.98	7/2.32	181.34	29.59	210.93	18.88	0.1592	732.6	64320	2000
185/45	30/2.80	7/2.80	184.73	43.10	227.83	19.60	0.1564	848.2	80190	2000

### 三、架空导线的选择

#### 1. 架空线路适用的导线种类

从 10kV 线路到配电变压器高压侧套管的高压引下线应用绝缘导线，不能用裸导线。

由配电变压器低压配电箱（盘）引到低压架空线路上的低压引上线采用硬绝缘导线。低压进户、接户线也必须采用硬绝缘导线。

#### 2. 架空线路最小允许截面

架空导线在运行中除了受自身重量的荷载以外，还承受温度变化及冰、风等外荷载。这些荷载可能使导线承受的拉力大大增加，甚至造成断线事故。导线截面愈小，承受外荷载的能力愈低。为了保证安全，使导线有一定的抗拉强度，在大风、覆冰或低温等不利气象条件下，不致发生断线事故，因而需要规定各种情况下架空导线的最小允许截面。

我国有关规程和国家标准规定了架空导线的最小允许截面，在实际工作中，所选择的导线截面不得小于表 1-4 所规定的值。

表 1-4 导线的最小截面 (mm<sup>2</sup>)

导线种类	3~10kV 线路		0.4kV 线路	接户线
	居民区	非居民区		
铝绞线及铝合金线	35	25	16	绝缘线 4.0 绝缘铜线 2.5
钢芯铝绞线	25	16	16	
铜 线	16	16	直径 3.2m	

#### 3. 导线截面选择的条件

为了保证电力用户正常工作，选择导线截面必须满足以下条件：

(1) 发热条件, 在最高环境温度和最大负荷的情况下, 保证导线不被烧坏, 即导线中通过的持续电流始终在允许电流以下。

(2) 满足电压损失条件, 以保证线路的电压损失不超过允许值  $\Delta U$ 。

(3) 满足机械强度条件, 在任何恶劣的环境条件下, 应保证线路在电气安装和正常运行过程中不被拉断。

(4) 满足保护条件, 以保证自动开关或熔断器能对导线起到保护作用。

根据以上四点所选择出的截面能同时满足四个方面的要求, 即为最合适的导线截面。除此之外, 也可根据初投资和运行费用综合经济性最好的条件选择导线截面, 此即称为按经济电流密度选择导线截面。

#### 4. 导线截面的选择计算

(1) 根据允许电流选择导线截面。导线中通过电流时, 导线的电阻消耗能量并使导线发热, 电流越大, 温度越高。当导线温度升高时, 导线接头处、导线与电器连接处, 由于接触电阻大, 发热多, 温度更高。接头处温度升高, 可能使表面氧化严重, 接触电阻增大, 形成恶性循环, 降低导线强度甚至把导线烧红、烧断, 造成事故或灾害。对于绝缘导线, 温度过高可能使绝缘损坏。所以, 导线的温度不能过高, 裸导线的最高允许温度为  $+70^{\circ}\text{C}$ 。绝缘导线的允许温度与绝缘材料、结构等因素有关。为了使导线的温度不超过允许温度, 必须限制通过导线的电流。导线中所能通过的最大电流叫作允许电流, 用  $I_y$  表示, 有的地方也叫安全电流。

根据允许电流的含义可知, 裸导线的允许电流与导线材料、结构及截面大小有关, 同时还与周围环境的气温有关。周围温度愈高, 导线允许电流愈小。

一般只给出标准空气温度为  $25^{\circ}\text{C}$  时导线的允许电流。求其他温度下的允许电流时, 应再乘一个校正系数。

(2) 选择导线截面时电压损失计算公式。当根据允许电压损失选择导线截面时, 必须掌握电压损失的计算方法。设低压线路中有电流通过时, 电流在线路的电阻、电抗中产生电压降, 使末端电压低于首端电压, 两者之差叫作电压损失, 以  $\Delta U$  表示。

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

式中  $U_1$ ——线路首端的线电压;

$U_2$ ——线路末端的线电压。

设三相线路每公里的电阻为  $R_0$  ( $\Omega/\text{km}$ ), 则全线路每相的电阻为  $R = R_0 L$ ,  $L$  为线路长度 ( $\text{km}$ )。三相线路每公里的电抗为  $X_0$  ( $\Omega/\text{km}$ ), 则全线路每相的电抗为  $X = X_0 L$ 。

设负荷在三相中均匀分配, 三相负荷总功率为  $P$  (有功,  $\text{kW}$ ) 和  $Q$  (无功,  $\text{kvar}$ ), 线路额定电压为  $U_N$  ( $\text{kV}$ ), 则电压损失的计算公式为

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N} = \frac{PR + PX \tan \varphi}{U_N} = PL \frac{R_0 + X_0 \tan \varphi}{U_N} = PL \Delta U_0 \text{ (V)}$$

式中  $\varphi$ ——功率因数角;

$PL$ ——负荷距;

$\Delta U_0$ ——单位电压损失。

在实际应用中, 用电压损失百分数更容易判断电压损失的大小。电压损失百分数的计算公式为

$$\Delta U_0 \% = (\Delta U / 1000U) \times 100 \% = PL(R_0 + X_0 \tan \varphi) / 10U^2 = P_L \Delta U_0 \%$$

$$\Delta U_0 \% = \frac{R_0 + X_0 \tan \varphi}{10U^2}$$

表 1-5 给出了低压架空线路单位电压损失百分数  $\Delta U_0 \%$ 。表中数据是根据对称的三相三线制线路求出的, 当架空线路不是三相三线制而是其他配电方式(如两相三线、单相两线)时, 单位电压损失百分数要乘以校正系数  $K_d$ ,  $K_d$  的数值列于表 1-6 中。这样, 根据公式, 再引入电压损失修正系数  $K_d$ , 便得到三相、两相及单相低压线路都适用的电压损失计算公式

$$\Delta U \% = K_d PL \Delta U_0 \%$$

表 1-5 低压架空线路单位电压损失百分数  $\Delta U_0 \%$

导线型号	每公里阻抗 ( $\Omega/\text{km}$ )		在下列 $\cos \varphi$ 值时, 线路单位电压损失百分数 $\Delta U_0 \%$ [1/(kW·km)]							
	电阻 $R_0$	电抗 $X_0$	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0
LJ-16	1.98	0.358	1.70	1.62	1.59	1.56	1.52	1.49	1.45	1.37
LJ-25	1.28	0.345	1.20	1.13	1.10	1.07	1.03	1.0	0.96	0.86
LJ-35	0.92	0.336	0.95	0.88	0.84	0.81	0.78	0.75	0.71	0.64
LJ-50	0.64	0.325	0.74	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55	0.52	0.44
LJ-70	0.46	0.315	0.61	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.32
LJ-95	0.34	0.303	0.52	0.45	0.42	0.39	0.37	0.34	0.30	0.24
LJ-120	0.27	0.297	0.46	0.40	0.37	0.34	0.31	0.29	0.25	0.19

表 1-6 电压损失校正系数  $K_d$

线路接线方式	三相三线制	三相四线制	两相三线制	单相二线制
额定电压 (V)	380/220	380/220	380/220	220
校正系数 $K_d$	1.0	1.0	2.25	6.0

#### 四、架空导线的排列

3~10kV 架空配电线路的导线一般采用三角或水平排列; 多回线路的导线宜采用三角、水平混合排列或垂直排列。低压配电线路架空导线一般采用水平排列。

##### 1. 相序排列

高、低压架空配电线路应尽量采用同杆架设。高压架空配电线路导线的排列顺序。

城镇: 从靠建筑物侧向马路侧依次为 A、(A')、B、C 相。

野外: 一般面向负荷侧从左向右依次排列为 A、B、C 相。

低压架空配电线路导线的排列顺序: 若采用二线供电方式时, 应把中性线安装在靠建筑物一侧, 若采用三相四线供电方式时, 则从靠近建筑物一侧向马路侧依次排列为 A、O、B、C 相。

野外: 面向负荷侧从左向右依次排列为 A、O、B、C 相。中性线不应高于相线, 同一地区中性线的位置应统一。

##### 2. 档距

10kV 及以下的架空配电线路的档距, 应根据运行经验确定, 如无可靠运行资料时, 一般采用表 1-7 中所列数值。10kV 及以下架空线路耐张段的长度不宜大于 2km。

表 1-7 10kV 及以下架空配电线路的档距 (m)

地 区	线路电压 (kV)	3~10	3 以下
	城区		40~50
郊区		50~100	40~60

## 3. 线间距离

架空配电线路线间的最小距离,应根据运行经验确定。如无可靠运行资料时,不应小于表 1-8 中所列数值。同杆架设 10kV 及以下双回线路或多回线路的横担间最小垂直距离,不应小于表 1-9 中所列数值。

表 1-8 架空配电线路线间的最小距离 (m)

导线排列方式	档距 (m)								
	40 及以下	50	60	70	80	90	100	110	120
采用针式绝缘子或瓷横担的 3~10kV 线路,不论导线排列形式	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.05	1.15
采用针式绝缘子的 3kV 以下线路,不论导线排列形式	0.3	0.4	0.45	0.5					

注 3kV 以下线路,靠近电杆两侧导线间的水平距离不应小于 0.5m。

表 1-9 同杆架设 10kV 及以下线路的横担间最小垂直距离 (m)

横担间导线排列方式	直线杆	分支或转角杆
3~10kV 与 3~10kV	0.80	0.45/0.60
3~10kV 与 3~10kV 以下	1.20	1.0
3kV 以下与 3kV 以下	0.60	0.30

3~10kV 架空配电线路的过引线、引下线与邻相导线间的净空距离,不应小于 0.3m; 1kV 以下时,不应小于 0.15m。3~10kV 架空配电线路的导线与拉线、导线与电杆、导线与架构间的净空距离,不应小于 0.2m; 3kV 以下时,不应小于 0.05m。3~10kV 架空配电线路的引下线与低压线路间的距离,不宜小于 0.2m。

## 五、避雷线

避雷线装设在导线上方,且直接接地,作为防雷保护之用,以减少雷击导线的机会,提高线路的耐雷水平,降低雷击跳闸率,保证线路安全送电。根据运行经验,110kV 及以上的输电线路,应沿全线架设避雷线; 60kV 线路,当负荷重要、且经过地区雷电活动频繁、年均雷电日在 30 日以上时,宜沿全线装设避雷线; 35、10kV 线路一般不沿全线架设避雷线,仅在变电所 1~2km 的进出线上架设避雷线,以防护导线及变电站设备免遭直接雷击。

避雷线一般采用有较高强度的镀锌钢绞线。个别线路或线段由于特殊需要,有时采用铝包钢绞线、钢芯铝绞线或铝镁合金绞线等良导体。但采用良导体做避雷线时,线路投

资较高,故一般很少采用。镀锌钢绞线容易加工,便于供应,价格便宜,所以得到广泛采用。

## 第五节 绝 缘 子

绝缘子用来使导线和杆塔之间保持绝缘状态,同时还承受导线和各种附件的机械载荷。因此它必须有良好的电气性能和机械强度。近年来出现了合成绝缘子。合成绝缘子采用绝缘性能优良的硅橡胶材料,与传统的瓷、玻璃绝缘子相比,具有耐污闪、阻燃、耐老化、耐低温、质量轻、体积小、机械强度高的特点,无需清扫,维护工作量小,特别适用于城市电网改造中架设架空输电线路紧凑型布置和中等及以上污秽地区,以防止绝缘子发生污秽闪络问题;此外,还可以用作事故抢修必需品。

### 一、绝缘子类型

绝缘子有针式、蝶式、悬式以及瓷横担式等数种。各种类型绝缘子的特点及用途如图 1-4 所示。

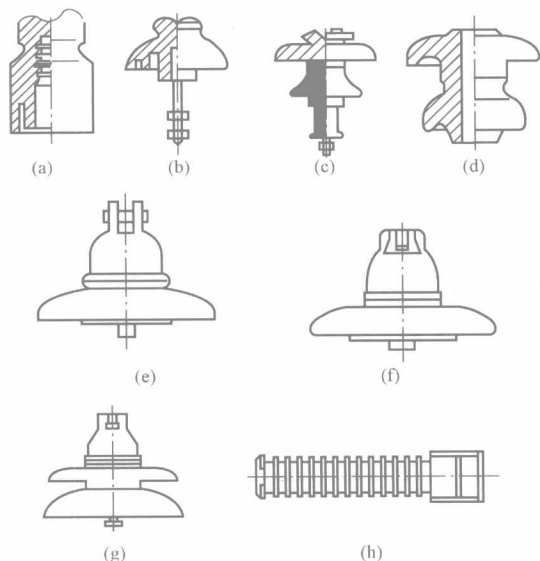


图 1-4 各类绝缘子

(a) 低压针式; (b)、(c) 高压针式; (d) 低压蝴蝶式;  
(e) 槽型悬式; (f) 球型悬式; (g) 防污型; (h) 瓷横担

#### 1. 低压绝缘子

低压绝缘子分针式和蝴蝶式两种,如图 1-4 (a)、(d) 所示。

由于大小不同,针式绝缘子分为 1、2 号两种,一般多采用尺寸较大的 1 号。又由于铁脚形式不同,分为短脚、长脚、弯脚三种。低压针式绝缘子常用于低压线路的直线杆;耐张、转角、分支、终端杆常用的绝缘子是低压蝶式绝缘子,也叫低压茶台,根据尺寸大小,分为 1、2、3、4 号四种,一般多采用 1 和 2 号。

#### 2. 高压针式绝缘子

高压针式绝缘子目前生产的有 6、10、15、20、35kV 五个额定电压等级。针式绝缘子均用于线路中间直线杆上。6~10V 的配电线路采用的针式绝缘子一般按表 1-10 选用。

表 1-10

直线杆针式绝缘子的型号选用

线路电压 (kV)	木 横 担	铁 横 担
10	P-10M	P-15
6	P-6M	P-10

#### 3. 高压悬式绝缘子和高压蝶式绝缘子

这两种绝缘子用于耐张、转角、分支和终端杆。对于 10kV 线路,多用一片悬式绝缘子加一个蝶式绝缘子或用两片悬式绝缘子,如图 1-5 所示。



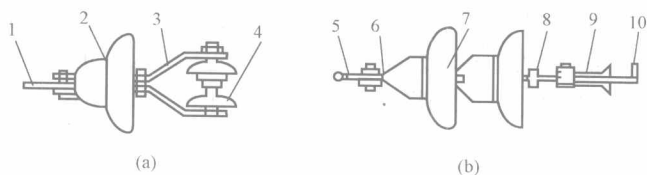


图 1-5 耐张杆用绝缘子

(a) 一个蝶式和一片悬式; (b) 两片悬式绝缘子串

1—平行挂板; 2—槽型高压悬式绝缘子 (XP-4C 或 X-3C); 3—大曲挂板;

4—高压蝶式绝缘子 (E-10 或 E-6); 5—直角挂板; 6—球头挂环;

7—球型连接高压悬式绝缘子 (两个 XP-4C);

8—碗头挂板; 9—耐张线夹; 10—导线

#### 4. 防污绝缘子

在空气特别污秽的地区, 可以使用防污型绝缘子, 它的特点是泄漏距离长, 有较好的防污性能。

#### 5. 瓷横担绝缘子

瓷横担绝缘子是能够同时起到横担和绝缘子作用的一种新型绝缘子结构, 近年来广泛用于 10kV 及 35kV 的新型绝缘子。它的优点是电气性能较好, 运行可靠, 结构简单, 安装维护均方便, 又可节约钢材, 降低线路造价。这种绝缘子能在断线时转动, 可避免因断线而扩大事故。其缺点是机械强度低, 使整个瓷横担长度受到限制, 从而影响了它的使用范围, 如图 1-6 所示。



图 1-6 瓷横担绝缘子

### 二、绝缘子的型号

常用的绝缘子有合成绝缘子、瓷绝缘子和玻璃绝缘子。

合成绝缘子主要有 XSH 系列、SGH 系列、HJX 系列。其中各符号的意义为: X—悬式; S—棒形; H—合成; SG—硅橡胶合成绝缘子; J—绝缘。

瓷绝缘子分为盘形悬式绝缘子、针式悬式绝缘子和瓷横担绝缘子。

蝶式绝缘子有 E-6、E-10、E-1、E-2、E-3 等几种。

悬式绝缘子分为普通型和耐污型两种。具体有 XP (盘形悬式绝缘子)、XWP (双层伞耐污盘形悬式绝缘子)、XHP (钟罩伞耐污盘形悬式绝缘子)、XAPX (大盘径伞耐污盘形悬式绝缘子)、新系列及老系列 X (悬式瓷绝缘子) 型等。

### 三、悬式绝缘子的片数确定

悬式绝缘子广泛应用于各电压等级线路上, 下面说明悬式绝缘子按不同标准的选择。

绝缘子在工作中要受到各种大气环境影响, 并可能受到工作电压、内部过电压和大气过电压的作用。因而要求在这三种电压作用以及相关的环境下能够正常工作或保持一定绝缘水平。

#### 1. 按正常工作电压决定每串绝缘子的片数

三种电压以工作电压数值为最低。但是, 工作电压一年四季长期作用于绝缘子, 当绝缘子表面被污染, 特别是积了导电污秽又受潮时, 在工作电压长时间作用下绝缘子可能因表面污秽不均匀发热、局部烘干后烘干带被击穿、泄漏电流加大导致热游离面发生污闪。污闪电压与污秽性质、程度和受潮状况等因素有关, 它具有统计规律。