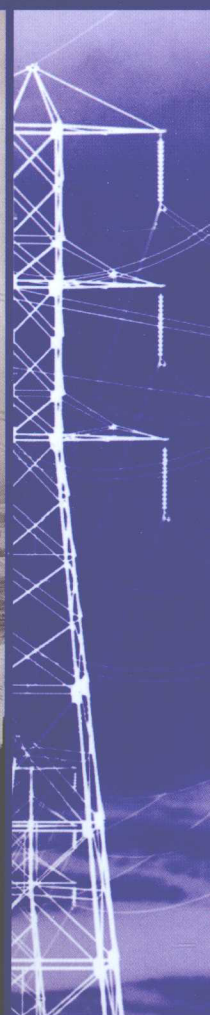
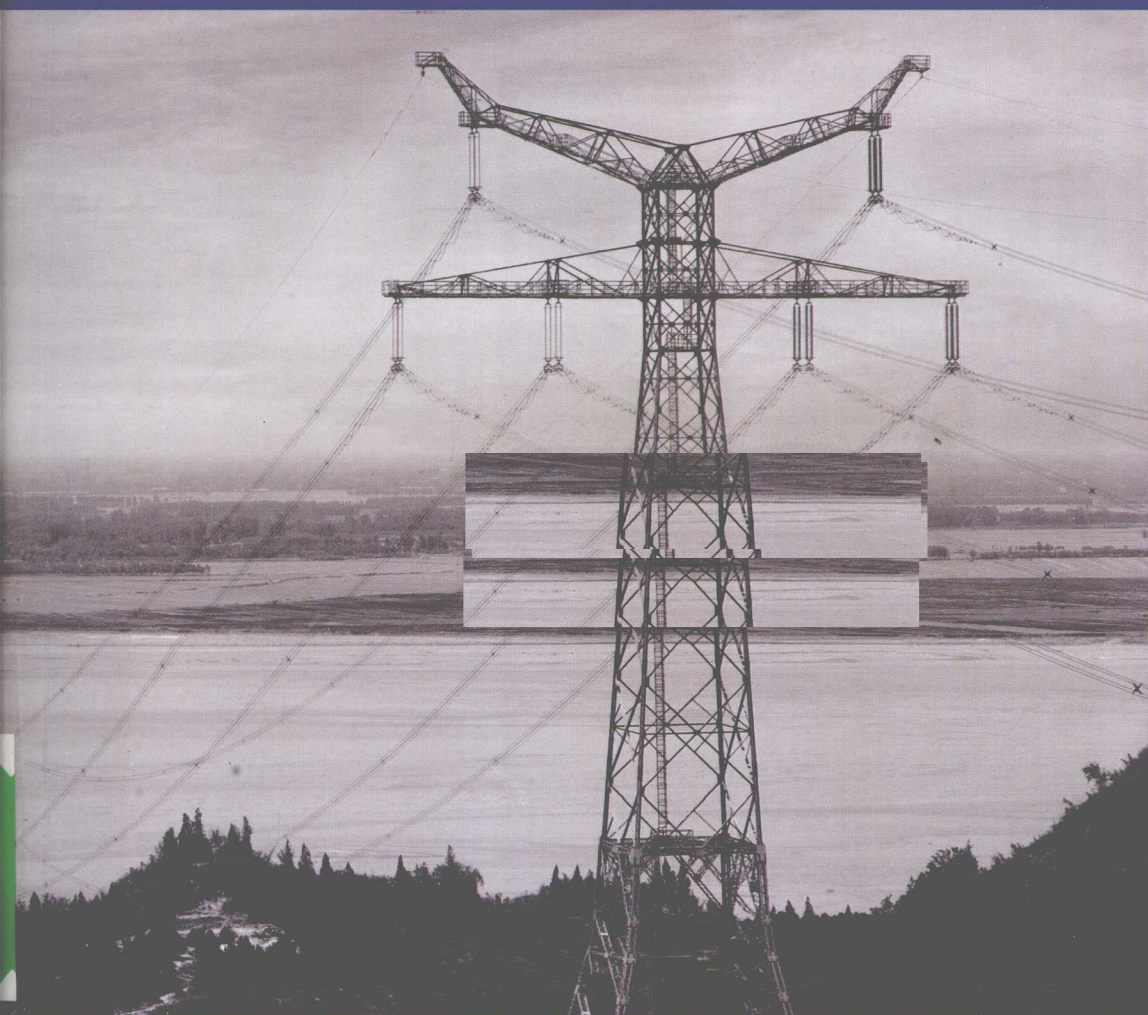


架空送电线路 设计基础

JIAKONG SONGDIAN XIANLU SHEJI JICHU

郭思顺 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

架空送电线路 设计基础

JIAKONG SONGDIAN XIANLU SHEJI JICHU

郭思顺 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是综合性的架空电力线路设计基础书,全书分上、下两篇,共十四章。本书尝试将有关与电力线路相关的专业,如电力系统及高电压技术等课程内容融入书中,方便于学习和直接在线路设计工作中运用。

上篇为架空电力线路机械计算部分,以导线力学计算原理为基础,分别介绍均匀荷载孤立档、连续档和非均匀荷载孤立档导线力学计算,导线振动原理与防振措施,以及导线弧垂的观测与调整等。下篇为架空电力线路设计程序与电气计算部分,包括线路选线及杆塔定位原理、杆塔荷载及内力计算、电力线路的绝缘配合与防雷保护、电力线路杆塔基础设计与校验、横担的计算等。最后第十四章电力网络的规划设计,是为初步掌握电网结构设计打基础,以利于将架空电力线路与电网结构有机地联系起来学习。

附录中提供了设计中常用的导(地)线主要技术参数,瓷绝缘子、金具规格型号,比载表,以及结构计算中常用的型钢机械性能等,可供初学线路设计或相关的工程技术人员直接选用。

本书内容翔实,讲解理论联系实际,并附有大量例题演算可供借鉴,是从事电力线路设计、施工与运行人员的必备用书,也可供大专院校、高职高专相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

架空送电线路设计基础/郭思顺编著. —北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-9386-5

I. 架… II. 郭… III. 架空线路:输电线路—设计
IV. TM726.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 156572 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.875 印张 612 千字

印数 0001—2000 册 定价 50.00 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

改革开放 30 年来,我国电力事业得到了蓬勃发展,电力线路的勘测设计工作更是繁花似锦,许多设计、施工和运行部门(企业)大量需求专业知识人才。本书是专门为满足有这方面渴求的人员而编撰的综合性科技读物。本书着力于介绍线路设计工作的基本理论和设计要领,书中附有部分例题演算可供借鉴,对于施工与运行人员也有帮助。全书分两篇,上篇为架空电力线路机械计算部分,下篇为架空电力线路设计程序与电气计算部分。

编者生活在一个特定的工作环境,作为一名军垦人,曾组织并参与兵团架空电力线路设计、施工与运行工作,40 多年来,对边疆电力事业有着深厚的感情,并且积累了一定理论与实践经验。尤其是 20 世纪 90 年代以后,有幸受聘于大学及职业技术学院等大专院校,兼授过几年不同电力专业的课程,在教学与带领学生作课题或毕业设计期间,常听同事和学生议论,能否将电力线路设计所需的专业基础知识融为一本书,便于在实践中学习和查询,故此,萌生编撰本书的构思。

本书在讲授架空送电线路设计原理的基础上,结合多年的生产实践经验和教学体会,根据设计工作中的需求,插入了部分电力系统、高电压技术以及电力网络规划设计等课程内容编撰而成,书中附有一些实例,可供设计工程技术人员和读者参考。

本书在编写过程中,参考了相关电力专业书籍、资料的内容,借此,向本书所参考书籍的各位作者表示诚挚的感谢。

由于编者经验和水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 12 月于石河子

目 录

前言

上篇 架空电力线路机械计算部分

■ 第一章 架空电力线路的结构及运行环境	1
第一节 架空电力线路的结构	1
第二节 架空电力线路的运行环境及气象条件	15
第三节 导、地线的比载	16
■ 第二章 均匀荷载孤立档导线力学计算	20
第一节 导线悬垂曲线的方程式	20
第二节 悬挂点等高时均匀荷载孤立档导线力学及几何关系	22
第三节 悬挂点不等高时导线的应力与弧垂	26
第四节 考虑风偏时均匀荷载孤立档导线力学及几何关系	31
第五节 均匀荷载孤立档导线的状态方程式	33
第六节 控制气象条件的判断及临界档距	36
第七节 导线的应力弧垂计算	42
第八节 最大弧垂的判断及计算	47
■ 第三章 均匀荷载连续档导线力学计算	50
第一节 概述	50
第二节 均匀荷载连续档采用固定线夹时的导线力学基本关系	51
第三节 均匀荷载连续档导线应力近似算法（代表档距法）	54
第四节 断线张力计算	55
第五节 断导线后避雷线支持力计算	63
■ 第四章 非均布荷载孤立档导线力学计算	69
第一节 绝缘子串的机械荷载及比载	69
第二节 非均布荷载孤立档导线的悬链线方程、应力与弧垂基本关系	70
第三节 非均布荷载孤立档导线弧垂简化计算	74
■ 第五章 架空线弧垂的观测及调整	78
第一节 弧垂的观测与观测档	78
第二节 弧垂观测的方法	81
第三节 弧垂的调整	88

第四节	多档距连续紧线施工弧垂的调整	89
第五节	导线对被跨越物垂直距离的测量	90
第六章	导线的振动与防振	96
第一节	导线振动的产生与影响因素	96
第二节	导线的防振	98

下篇 架空电力线路设计程序与电气计算部分

第七章	初步设计程序和内容	107
第一节	初步设计内容	107
第二节	设备材料清册	112
第三节	施工组织设计	112
第四节	概算书	113
第五节	设计程序	114
第八章	施工图设计	116
第一节	施工图总说明书及附图	116
第二节	线路平断面图及杆塔明细表	117
第三节	机电施工图及说明书	118
第四节	杆塔施工图及说明书	120
第五节	基础施工图及说明书	121
第六节	大跨越设计施工图及其说明书	122
第七节	通信保护施工图及说明	123
第八节	预算书	124
第九章	架空电力线路选线及杆塔定位原理	125
第一节	架空电力线路的路径选择	125
第二节	杆塔高度	127
第三节	架空电力线路模板定位方法	132
第四节	杆塔中心的位移	136
第五节	施工基准面的确定	140
第十章	杆塔荷载及内力计算	142
第一节	杆塔的设计条件	142
第二节	杆塔荷载计算	147
第三节	杆塔选择及施工应注意的问题	153
第四节	环形截面钢筋混凝土电杆的强度计算	156
第五节	钢筋混凝土单杆内力计算	177
第六节	门型双杆的受力分析	190

■ 第十一章	横担的计算	212
第一节	35kV 及以上架空电力线路横担的计算	212
第二节	35kV 以下架空线路横担的计算	229
第三节	电杆上的抱箍及紧固件	236
■ 第十二章	电力线路的绝缘配合与防雷保护	242
第一节	架空电力线路绝缘子选择	242
第二节	杆塔头部的空气间隙距离	245
第三节	导线的线间距离	248
第四节	避雷线与导线线间距离校验	251
第五节	跳线安装长度的设计	256
第六节	防雷保护	259
第七节	接地装置设计	271
■ 第十三章	电力线路杆塔基础设计与校验	294
第一节	概述	294
第二节	基础上拔稳定计算	300
第三节	基础下压稳定计算	308
第四节	基础倾覆稳定计算	313
第五节	基础强度计算和构造要求	318
■ 第十四章	电力网络的规划设计	328
第一节	规划设计的基本原则	328
第二节	电力网潮流分布的计算	330
第三节	电力网电压等级的选择	336
第四节	电力网络结构设计的一般方法	339
第五节	受端电力网络与联络线设计	341
第六节	电力网络导线截面的选择	343
第七节	电力网中性点的接地方式	348
附录		351
附录 A	导(地)线主要技术参数	351
附录 B	导线和避雷线的机械物理特性	352
附录 C	常用线路绝缘子型号及性能	353
附录 D	常用线路金具规格型号	355
附录 E	全国典型气象区气象条件	369
附录 F	导(地)线比载表	370
附录 G	型钢机械性能	382
附录 H	许用应力表	387
附录 I	导线容许电流及安全负荷	389
参考文献		391

上篇

架空电力线路机械计算部分

第一章 架空电力线路的结构及运行环境

第一节 架空电力线路的结构

本节主要介绍架空电力线路的基本组成部分（结构），即导线、绝缘子（瓷瓶）、金具和电杆的基本概念。

架空电力线路的功能是传输电能，它由导线、地线、绝缘子串（或绝缘子）、线路金具、杆塔和拉线、基础以及接地装置等组成如图 1-1-1 所示。为了使绝缘子与导线和电杆的连接、支持固定，需要用各种规格型号不同的金属零部件构成“绝缘子串”，这些金属零部件，在电力工程中，单独划分为“电力金具”。除了导线、绝缘子串、金具、电杆以外，在电压较高的架空电力线路（例如 35kV 及以上者），还沿全线或在发电厂、变电所的进出线段部分，敷设有架空地线（俗称为避雷线）。

下面首先介绍在整个架空电力线路设计以及导线力学计算原理分析时，经常用到的与架空电力线路结构有关的几个基本术语。

（1）档距。这是一个统称，这里指的是：相邻两杆塔上导线悬挂点之间的水平距离，叫做档距，通常用字母 l 表示，如图 1-1-2 所示。在工程设计中，针对不同的要求，在档距具体的分析中有着不同的含义。例如有：设计档距、水平档距、垂直档距、代表档距，以及临界档距，还有允许档距、极限档距等。

（2）弧垂。俗称弛度（ f ），是指导线上任一

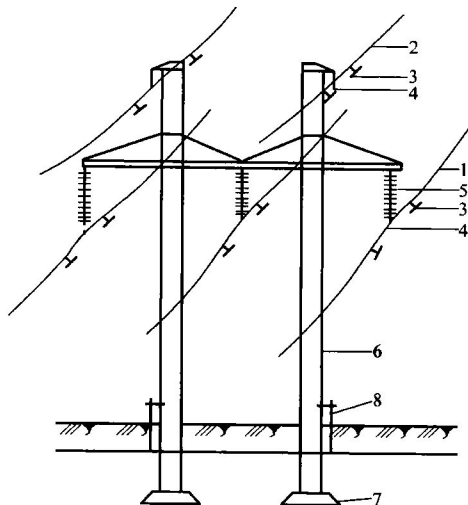


图 1-1-1 架空输电线路的组成

1—导线；2—地线；3—防振锤；4—线夹；5—绝缘子；6—杆塔；7—基础；8—接地装置

点到悬挂点连线在垂直方向上的距离，如图 1-1-2 所示，一般情况下指最大弛度。对于等高悬挂点的 $f_{\max}$ ，是指档距中央处。当悬挂点高差比较大时，可能出现“最大弧垂”不在中央的情况。

(3) 限距。俗称安全距离 (h)，它是指导线到地面的最小允许距离，简称为限距。对于特殊跨越的地点（如跨越公路、铁路等），其交叉跨越的限距有不同的要求，如图 1-1-3 所示为跨越铁路的弧垂 f_x 与限距 h_x 。

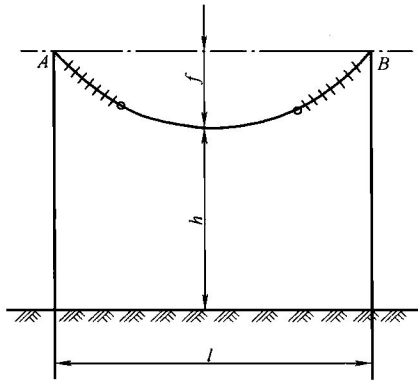


图 1-1-2 弧垂 f 、限距 h 与档距 l

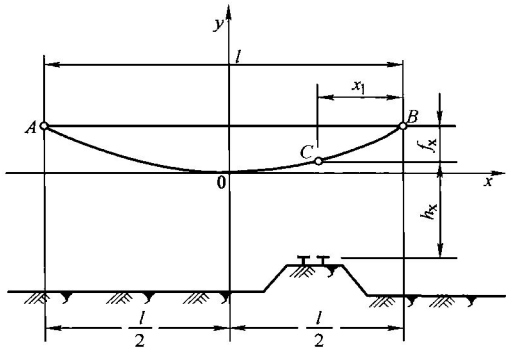


图 1-1-3 特殊跨越的弧垂与限距

一、导线及避雷线

(一) 导线及避雷线的基本要求

- (1) 应具有良好的导电性能。
- (2) 有较高的机械强度。
- (3) 具有一定的抗腐蚀能力。
- (4) 质量要轻一点，价格便宜一点。

(二) 导线材料、结构及型号标志方法

1. 导线材料

架空线路导线的材料，大多采用铝、铝合金、钢和铜等。

2. 架空线路导线的结构及型号标志

导线从构件上可分为单股线与多股绞线，如图 1-1-4 所示。由于高压架空线路规定不允许采用单股导线，因此，实际使用的导线均采用多股绞线。多股导线的优点为：它比同样截面单股线的机械强度高得多，而且柔韧性好、可靠性高；同时，它的集肤效应较弱，导线截面的金属利用率高。

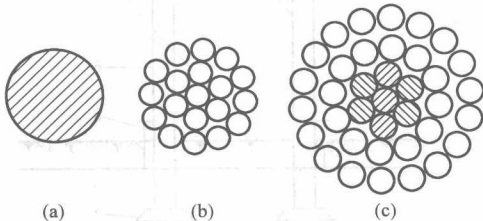


图 1-1-4 单股与多股线

- (a) 单股线；(b) 单一金属绞合多股绞线；
(c) 钢芯铝绞线

面单股线的机械强度高得多，而且柔韧性好、可靠性高；同时，它的集肤效应较弱，导线截面的金属利用率高。

(1) 单一金属多股绞合导线。对于用单一金属绞合的多股绞线，其断面结构如图 1-1-4 (b) 所示，有铝绞线 (LJ)、铜绞线 (TJ) 及钢绞线 (GJ) 等多种型号。导线产品用型号及规格来表示：前面字母表示导线的型号；横线后面数字表示导线的标称截面积，单位为 mm^2 ；斜杠 (/)

后面的数字表示为钢芯的截面积。

(2) 复合金属多股绞线。选用复合金属多股绞线，一般利用导电好的金属股线和机械强度高的股线绞制而成，二者取长补短，构成性能较好的导线，如钢芯铝绞线 (LGL)、铝包钢绞线、铜包钢绞线以及加强型 (LGJJ) 或减轻型 (LGJQ) 钢芯铝绞线。钢芯铝绞线中部为多股或单股的钢芯，外部再绞合上铝线，其截面如图 1-1-4 (c) 所示。对于防腐型的钢芯铝绞线 (如 LGJF 型)，如图 1-1-5 (a) 所示，可用于沿海及有腐蚀性气体的地方。

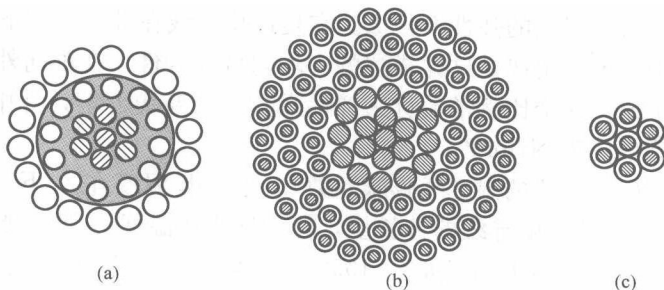


图 1-1-5 防腐与复合型导线

(a) 防腐；(b) 钢包铝；(c) 铝包钢

(3) 其他复合型的导线。如钢包铝或铝包钢，如图 1-1-5 (b) 及图 1-1-5 (c) 所示。铝包钢的每一股都以钢导线做芯线，外面再包一层铝，再把铝包钢股线绞合成多股线；而钢包铝绞线的内部为钢芯，外面再用铝包钢股线绞合。

3. 扩径、空芯及相分裂导线

1) 对于 220kV 及以上架空线路，为了削弱电晕，减少电晕损耗，降低线路电抗，提高线路传输能力，需要增大导线的外径，故而常采用扩径钢芯铝绞线、空芯导线，如图 1-1-6 所示。

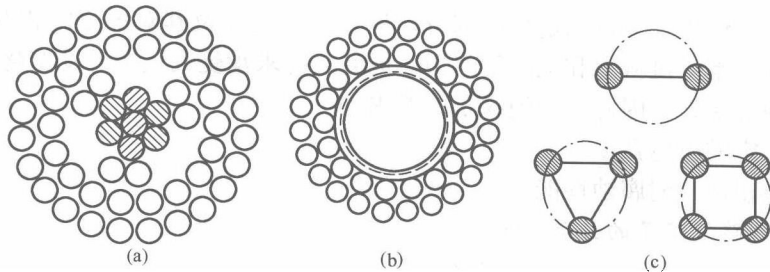


图 1-1-6 空芯与钢包导线

(a) 扩径；(b) 空芯；(c) 分裂导线

2) 相分裂导线是导线的一种布置方式，起扩大导线半径的作用，每相导线由 2~4 根或更多根导线以一定的几何形状并联排成，如图 1-1-6 所示。

常用导 (地) 线主要技术参数，见附录 A。

(三) 导 (地) 线的机械物理特性

1. 综合瞬时破坏应力 (σ_p)

综合瞬时破坏应力是指单位截面所受的力，用数学表达式表示为

$$\sigma_p = T_p / S$$

式中 T_p ——导线破断拉力；

S ——导线截面积。

这里要注意一个问题是：全国统一实行法定计量单位后，但是仍然存在一个新旧单位的换算，即 (千克力与牛顿的换算)

$$1\text{kgf}=9.806\ 65\text{N}$$

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2=0.098\ 66\ (\text{MPa})$$

$$1\text{N}=0.101\ 971\ 62\text{kgf}$$

$$1\text{MPa}=10.197\ 162\text{kgf}/\text{cm}^2$$

2. 导、地线力学计算中常用的物理量 E 、 α

(1) 导线的弹性系数 E 。它是计算导线在外力作用下，导线长度变化的物理量。材料力学中，虎克定律是这样描述的：均匀截面构件，在轴向外力作用下，轴向相对变形和正应力成正比，这个比例常数称为弹性系数。在导线力学计算中，主要在导线状态方程中用到 E ，计算单位为 N/mm^2 。

(2) 导线的温度线膨胀系数 α 。它是指温度在 t_0 下（指某种起始状态下），温度每升高 1°C ，单位长度导线的伸长量，称为导线在温度 t_0 下的线膨胀系数，计算单位为 1°C ；

E 、 α 在 DL/T 5092—1999《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》中有相应规定，也可直接查附录 B 导线和避雷线的机械物理特性。

二、绝缘子

架空线路绝缘子由绝缘部件（材料）与金属部件胶装在一起构成。绝缘子用来支持导线，并使之与杆塔起绝缘的作用。对于 35kV 及以上的架空电力线路，还大量选用悬式绝缘子组成串，以满足各种电压等级对绝缘子的要求。

（一）绝缘子部件使用的材料

绝缘子部件使用的材料有电瓷、钢化玻璃、塑料、环氧树脂以及合成材料。目前应用最广泛的是合成绝缘子与电瓷。

（二）对绝缘子的要求

由于绝缘子的作用是支持固定带电部分，使带电体之间及其对地之间相互绝缘，所以，对绝缘子不仅要求承受机械力和电压的作用，同时还要求承受大气中温度变化的影响，以及有害气体的侵蚀等要素。因此，对绝缘子的要求如下：

(1) 满足一定的机电强度。

(2) 具有热稳定和耐腐蚀性能。

（三）架空线路绝缘子的分类与型号

1. 绝缘子的分类

绝缘子可分为针式绝缘子、悬式绝缘子（球头型与槽型）、合成绝缘子、棒型绝缘子，陶瓷横担以及蝶型绝缘子等。

2. 绝缘子的型号与基本表示方法

(1) 图 1-1-7 所示为蝶型绝缘子，它与 1 片绝缘子组成绝缘子串，可以作为 6~10kV 线路耐张型电杆的绝缘子串。通常，蝶型绝缘子很少单独使用，其主要型号有 E-10 和 E-6 两种，其中数字表示电压等级。

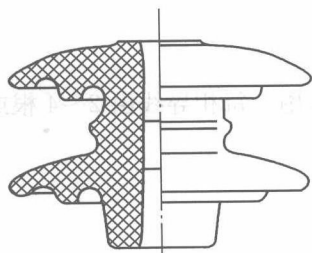


图 1-1-7 蝶型绝缘子

(2) 针式绝缘子如图 1-1-8 所示，多用于电压较低和导线张力较小的配电网低压线路中，导线则用金属线绑扎在绝缘子顶部的槽中使之固定。

目前，在 35kV 线路上已较少采用针式绝缘子，取而代之的大多选用陶瓷横担或悬式绝缘子。针式绝缘子型号主要有 P—6（10，15，35）、PM（木横担）、PMC（加长木横担直脚型）、PT（铁横担）、PW（弯脚）。

(3) 图 1-1-9 所示为陶瓷横担，它适用于 6~35kV 线路上，通常有纯瓷式、胶装式和单

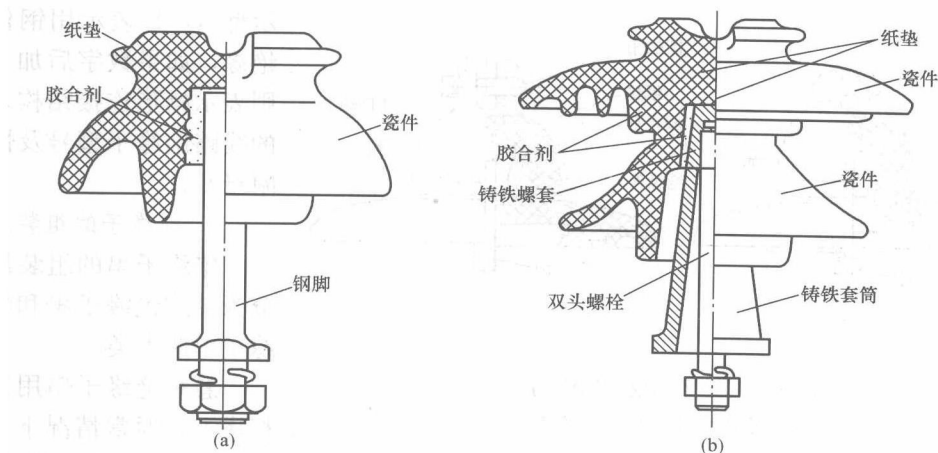


图 1-1-8 针式绝缘子

(a) 6~15kV; (b) 35kV

臂式之区别。图 1-1-9 中所示的陶瓷横担通常使用在 35kV 以下线路，其型号为 SC-185、285 等，其中 SC 表示全瓷式、S 表示胶装实芯式、Z 表示直立式（水平式不用字母表示），数字代表 50% 雷电冲击闪络电压。

(4) 图 1-1-10 所示为棒型悬式合成绝缘子，特别适用于污秽地区，能有效地防止污闪事故，是目前广泛用于瓷绝缘子的换代产品。

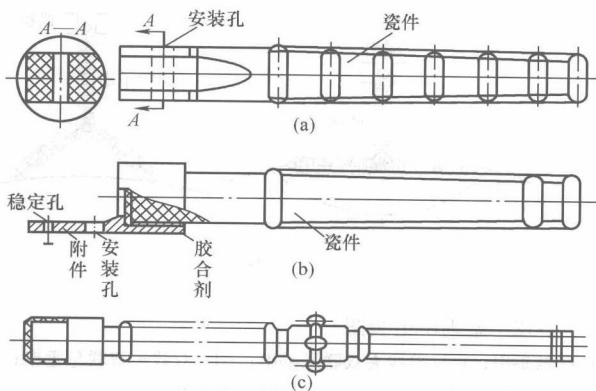


图 1-1-9 陶瓷横担

(a) 纯瓷式; (b) 胶装式; (c) 单臂式

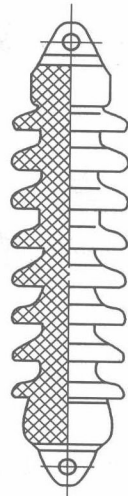


图 1-1-10 棒型悬式绝缘子

(5) 图 1-1-11 所示为盘型悬式绝缘子。图中绝缘子件头部为圆锥形，它的连接方式有两种：①球窝连接结构，用球头挂环金具连接；②槽型连接结构，用单联碗头挂板连接。

悬式绝缘子的特性除了一般要求电气特性之外，通常使用机电破坏荷重或 1h 机电（拉伸）负荷来表示。例如：X-4.5、XW1-4.5 表示悬式绝缘子其 1h 机电负荷为 4.5tf (44.1kN)；LXP-6 型表示其机电破坏负荷为 6.0tf (58.8kN)，P 表明按机电破坏负荷值表

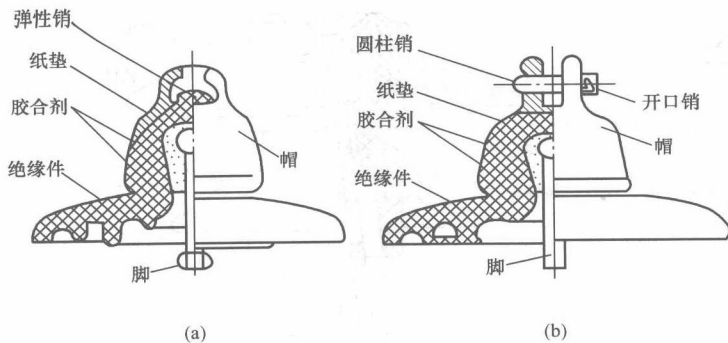


图 1-1-11 盘型悬式绝缘子

(a) 球窝连接结构；(b) 槽型连接结构

示型号，L 表示用钢化玻璃绝缘，如果数字后加字母 C 则表示槽形连接结构。常用的线路绝缘子型号及性能见附录 C。

3. 绝缘子的组装形式

绝缘子串的组装形式可分为悬式绝缘子串和耐张绝缘子串两大类。

悬垂绝缘子串用于直线杆塔上，通常情况下，采用

单串悬垂绝缘子串即可满足设计要求。正常运行状态下，悬垂绝缘子串仅支承导线的自重、冰重和风力；在断线时，还同时要承受一定的断线张力。

当线路跨越山谷、河流或重冰区等线路综合荷载较大的场合，由于超过了单串绝缘子所能承受的荷载允许范围，在这种情况下往往采用双串、V 型等绝缘子串的形式。悬垂串组装如图 1-1-12 所示。

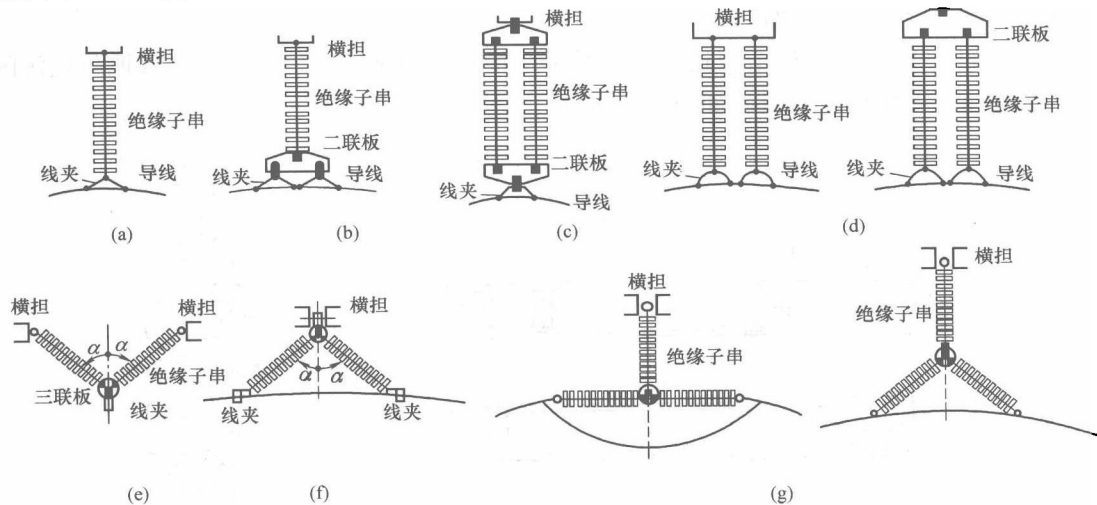


图 1-1-12 悬垂串组装图

(a) 单线夹单联悬垂串；(b) 双线夹单联悬垂串；(c) 单线夹双联悬垂串；(d) 双线夹双联悬垂串；
(e) V 型双联悬垂串；(f) 人字型悬垂串；(g) 人字型组合悬垂串

双联或多联悬垂串的串数，应根据最大垂直荷载和断线张力来选择，即

$$n \geq \frac{K \Sigma G}{P} \quad (1-1-1)$$

$$n \geq \frac{K' T_D}{P} \quad (1-1-2)$$

式中 n ——悬垂绝缘子串的串数；

ΣG ——悬垂串所承受的最大垂直荷载 (N)；

K, K' ——正常运行情况、断线情况时的绝缘子的安全系数，见表 1-1-1；

T_D ——断线张力 (N)；

P ——悬式绝缘子 1h 机电试验负荷，或瓷横担绝缘子抗弯破坏负荷 (N)。

悬式绝缘子的 P 值可查绝缘子产品型号，例如 X-4.5 型的绝缘子， $P=44.13\text{kN}$ 。

表 1-1-1 绝缘子和金具机械强度的最低安全系数

情 况	针式绝缘子	盘型绝缘子	瓷横担	复合绝缘子	金 具
最大使用荷载	2.5	2.7	3	3	2.5
断 线	—	1.8	2	1.8	1.5
断 线	—	1.5	—	1.5	1.5

耐张绝缘子串用于耐张、转角和终端杆塔，它承受导线的全部张力。当导线截面较小时，一般采用单联耐张串，如图 1-1-13 (a) 所示；当导线截面较大或遇到特大档距时，导线张力很大，则可选用双联耐张串或三联耐张串的连接形式，如图 1-1-14 (b) ~ 图 1-1-14 (d) 所示。转角、耐张和终端杆塔两侧的导线通过跳线（也称为引流线）连接，如图 1-1-14 所示。

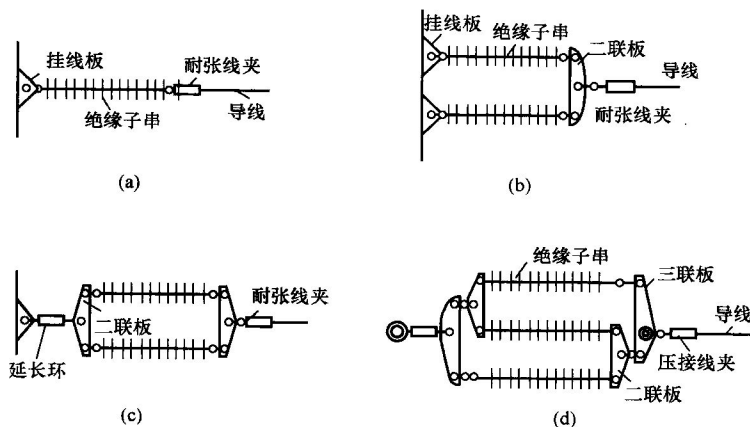


图 1-1-13 耐张串

(a) 单联耐张串；(b)、(c) 双联耐张串；(d) 三联耐张串

三、线路金具

1. 概述

线路金具是整个电力工程中统称为“电力金具”的一个组成部分。所谓金具，是指用于将杆塔、导线、绝缘子以及发电厂、变电所的母线、开关、变压器等相互连接或接续，所需要的金属零部件或器材，还包括导线为防止因受风振动可能折断，所必需的防振设施，统称为电力金具。

电力金具按目前国家生产制造和使用，可概括为三大部分、九大类，八十一个系列、四百六十三品种。

(1) 三大部分即线路金具、变电金具和电站金具。

(2) 九大类别即“四夹五具”：

1) 四夹：耐张线夹、悬垂线夹、设备线夹、T型线夹。

2) 五具：连接金具、接续金具、拉线金具、保护金具和电站金具。

2. 分类

按金具的性能和用途，线路金具大致可分为六大类。

(1) 悬垂线夹，如图 1-1-15 所示。

(2) 耐张线夹，如图 1-1-16 所示。

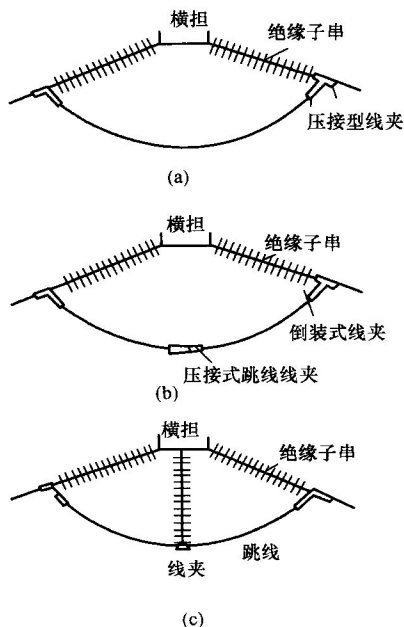


图 1-1-14 跳线与耐张串的连接
(a) 压接型线夹与耐张串连接；(b) 倒装式线夹与耐张串连接；(c) 跳线中央用悬垂串限制摇摆

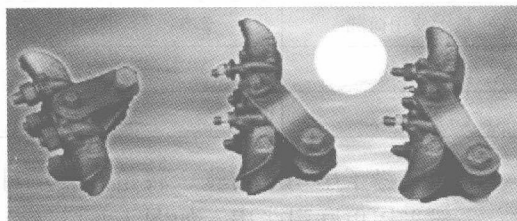


图 1-1-15 悬垂线夹

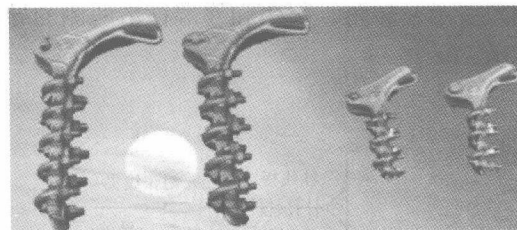


图 1-1-16 耐张线夹

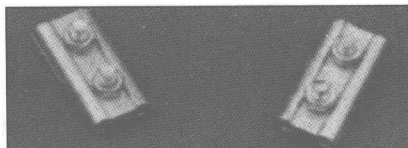


图 1-1-17 接续金具——并沟线夹

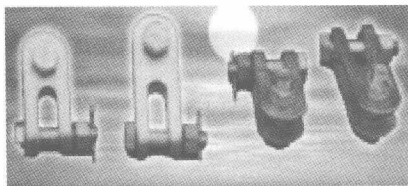


图 1-1-18 直角挂板

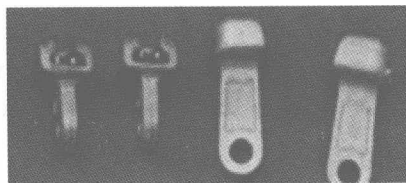


图 1-1-19 单联碗头 (碗头挂板)

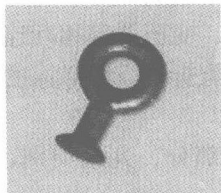


图 1-1-20 球头挂环

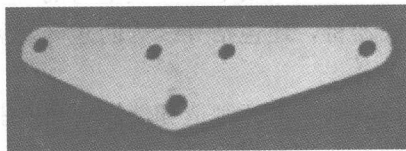


图 1-1-21 联板

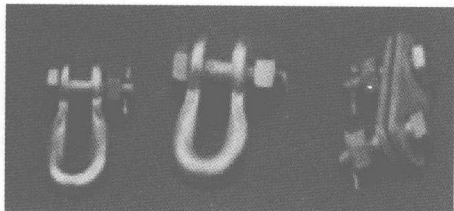


图 1-1-22 U 型环, 平行挂板

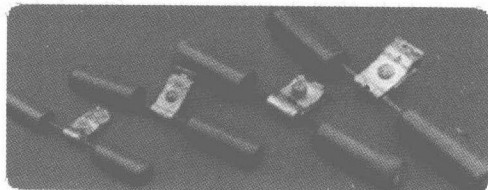


图 1-1-23 防振锤

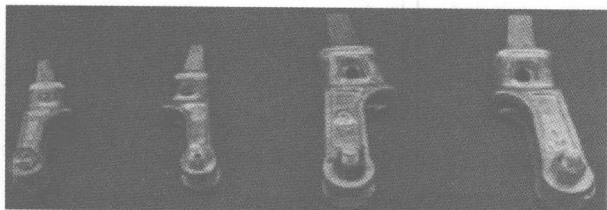


图 1-1-24 楔型线夹

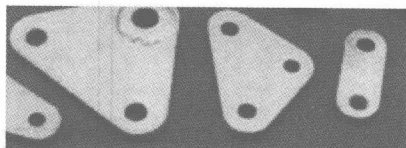
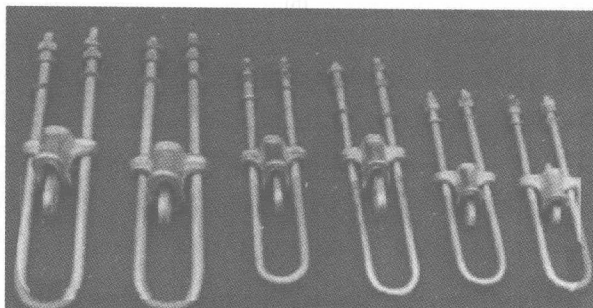
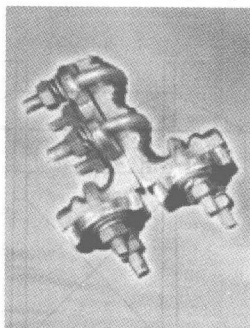


图 1-1-25 拉线二联板



(a)



(b)

图 1-1-26 UT 型线夹和 T 型设备线夹

(a) UT 型线夹; (b) T 型设备线夹

- (3) 接续金具, 如图 1-1-17 所示。
- (4) 连接金具, 如图 1-1-18~图 1-1-22 所示。
- (5) 保护金具, 如图 1-1-23 所示。
- (6) 拉线金具, 如图 1-1-24~图 1-1-26 所示。

根据金具的型式、结构和施工方法的不同, 金具大致可分为十几个系列, 具体型号参见附录 D 的表 D. 4。

四、杆塔

(一) 杆塔的种类

按杆塔在线路中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

直线杆塔是架空电力线路的主要杆(塔)型, 一般情况下, 它占全线路杆塔总数的 70%~80% 以上, 它主要用于线路的直线段, 承受线路的垂直和横向水平荷载。

直线杆塔的外形如图 1-1-27 和图 1-1-28 所示。

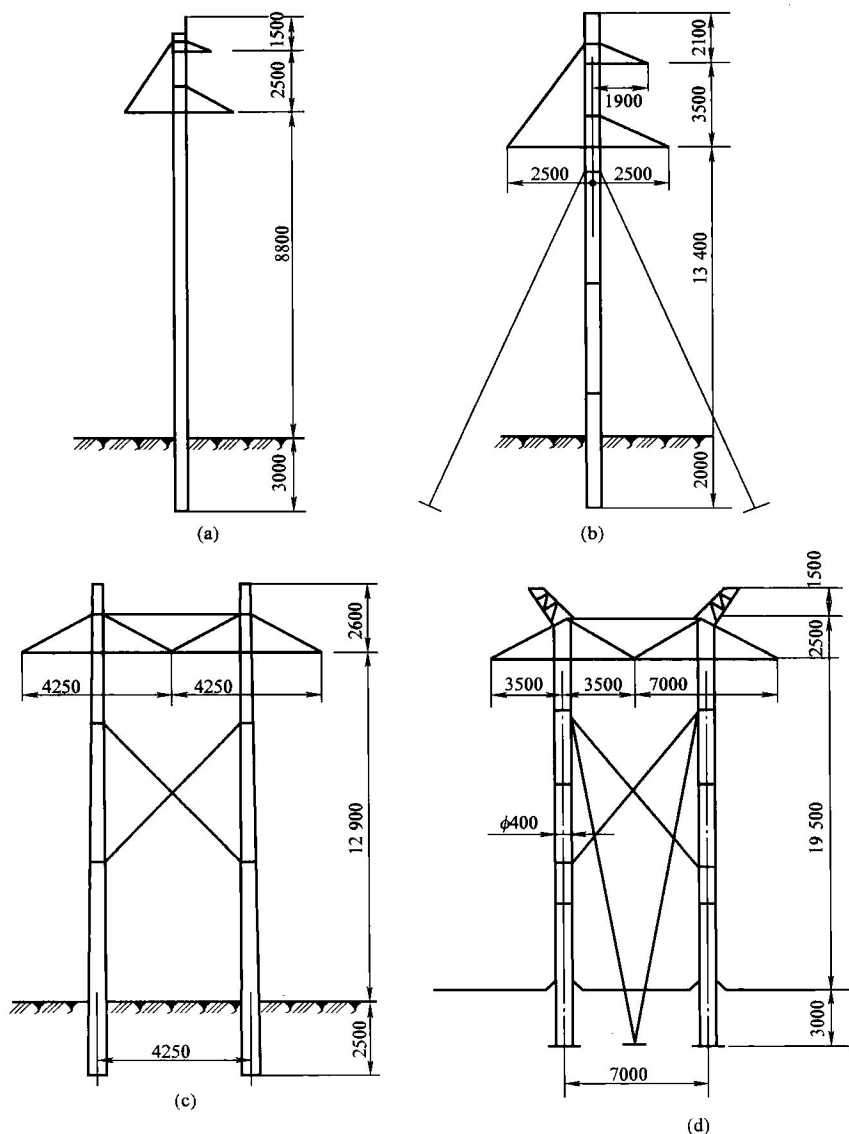


图 1-1-27 直线混凝土杆示意图

(a) 无拉线单杆；(b) 有拉线单杆；(c) 无拉线双杆；(d) 有拉线双杆

2. 耐张杆塔（承力杆塔）

设计这种杆塔型是从以下两方面考虑：

(1) 用以锚固导线和避雷线，把它们两侧的线路，从机械受力的结构上，分隔为两个区段（工程中称为“耐张段”），防止和限制线路发生事故的范围。

(2) 便于施工中的放、紧线和运行维护检修。对耐张段长度的要求是：送电线路一般采用 3~5km，若运行、施工条件许可，可适当延长；在高差或档距相差非常悬殊的山区和重冰区，