

10~110千伏线路施工

阮 通

水利电力出版社

内 容 提 要

本书较全面系统地介绍了10~110千伏电力线路施工的步骤、工艺、技术要求和安全措施，并且结合施工技术要求介绍了必要的理论计算方法。书中的图表资料可供10千伏以下配电线路和110千伏以上输电线路施工时参考使用。

本书适合电力线路施工人员培训之用。也可供从事电力线路施工的工程技术人员参考。

10~110千伏线路施工

阮 通

★

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

★

850×1168毫米 32开本 10.75印张 283千字

1983年12月第一版 1983年12月北京第一次印刷

印数00001—20140册 定价1.35元

书号 15143·5268

目 录

前 言

第一章 架空线路基本知识	1
第一节 送配电线路概念	1
第二节 架空线路的主要构成部分	3
第三节 杆型的选择	9
第四节 施工工艺过程	13
第二章 线路测量	17
第一节 路径的选择	17
第二节 定线测量	18
第三节 平、断面的测量	28
第四节 平、断面图的制作及作用	35
第五节 施工测量与分坑	39
第三章 线路器材运输	58
第一节 运输概述	58
第二节 水泥杆运输	61
第三节 线材运输	68
第四章 基础施工	70
第一节 基础概述	70
第二节 基础的计算	71
第三节 拉线坑及拉线的计算	78
第四节 基础施工的技术措施	85
第五节 混凝土施工	93
第六节 爆破基础施工	97
第五章 排杆焊接	104
第一节 排杆要求	104
第二节 焊接施工要求	107

第六章 起重工具	111
第一节 绳索的应用计算	111
第二节 滑轮的应用计算	121
第三节 桩锚的应用计算	129
第四节 卸扣及双钩紧线器的计算	137
第五节 抱杆及绞磨的计算	139
第七章 杆塔的组立	149
第一节 杆塔的组装	149
第二节 杆塔的整体起立	152
第三节 杆塔的分解组立	163
第四节 整体起立各部的受力计算	174
第五节 分解组立的受力计算	184
第六节 整体起立各部受力图解法	193
第七节 杆身强度的校验	201
第八节 组立杆塔的安全措施	203
第八章 导、地线的架设	207
第一节 导、地线的选择	207
第二节 放线工艺	213
第三节 导、地线的连接处理	219
第四节 弛度的计算与观测	241
第五节 紧线工艺	254
第六节 附件的安装	261
第七节 交叉跨越的检查与计算	268
第八节 架线的安全措施	273
第九章 接地装置	276
第一节 施工方法与要求	276
第二节 接地电阻的测量	278
第十章 其它零星工作	283
第一节 拦河线施工	283
第二节 杆塔编号	284
第三节 清除障碍	286
第四节 设置警告标志	288

第十一章	竣工验收	289
第一节	竣工前的准备工作	289
第二节	验收检查	289
第三节	竣工试验	292
第四节	竣工资料	292
第十二章	检修作业	294
第一节	换直线杆塔	294
第二节	换耐张杆塔	295
第三节	换导、地线	298
第四节	调整弛度	299
第五节	检修的安全措施	300
第十三章	带电作业	304
第一节	带电作业原理	304
第二节	带电作业的工具	305
第三节	带电作业的操作	308
第四节	带电作业的安全措施	311
第十四章	触电急救	315
第一节	触电和生理关系	315
第二节	触电的紧急救护	319
附表I	电线的规格	326
附表II	绝缘子的规格	332
附表III	各种钢材用于起重结构时的容许应力	334
参考书目		335

第一章 架空线路基本知识

第一节 送配电线路概念

1. 电力网与送配电线路

电力系统通常由发电厂、电力网和用电设备三部分组成。发电厂是把不同的化学能、位能、原子能转变为电能，如火力发电厂，水力发电厂，以及原子能发电厂等。电能发出以后，则通过各种电压等级的变电站和线路组成的电力网，将电能分配给各用户。用户利用各种电动机械、照明、电炉、电解槽等的用电设备，将电能转换为需要的机械能、光能、热能、化学能等，直接为生产服务。

电力网内的线路，大体可分为送电线路（又称输电线路）和配电线路。架设在升压变电站与降压变电站之间的线路，以及一次降压站与二次降压站之间的线路，称为送电线路，是专用于输送电能的。从降压变电站至各用户之间的10千伏及以下线路，称为配电线路，是用于分配电能的。图1-1为电力系统示意图。

为了更加经济、合理、可靠地保证供电，应尽可能使各个孤立的地区电力网互相连接起来，这样可以更好地选择经济运行方式，减少备用发电机组，保障电网的稳定性。

由于电力工业在整个国民经济中的地位日益重要，因此，即使一次小范围的供电中断，也会给国民经济造成很大损失。如果送电线路发生中断，可能会引起整个系统瓦解，造成大片地区停电，甚至使大城市瘫痪。所以确保安全供电，是每个电业工作者的最重要职责。

2. 送配电线路的分类

（1）为了便于调度管理，供电线路可根据电压及用途，分为两级，如表1-1所示。

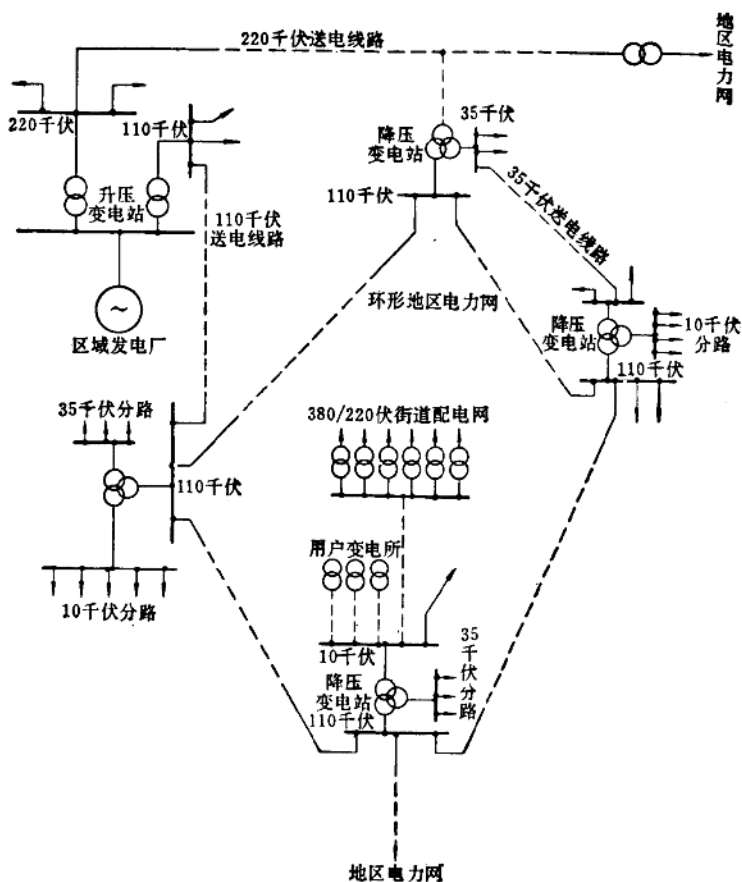


图 1-1 电力系统示意图

根据用户的用电设备对供电可靠性的要求，电力用户划分为三级^①：

一级用户：停止供电时，能造成下列严重后果：危及生命，给国民经济带来重大损失，损坏设备，使大量产品报废，打乱复

① 近年来，因为各行各业对供电可靠性的要求有所提高，原属第二、三级用户逐渐有级别上升的趋势，1976年6月部颁《架空送电线路设计技术规程》已不列入分级办法。

表 1-1

高压架空电力线路的等级

电 力 线 路 级 别	电 力 线 路 规 格	
	额 定 电 压	电力用户的级别
一 级	超过110千伏	所有等级
	35~110千伏	一级和二级
二 级	35~110千伏	二 级
	1~20千伏	所有等级

杂的生产过程，以及使市政生活中要害部门发生混乱。

二级用户：停止供电时，将造成大量减产，工人及机械设备停止工作，工业企业内部运输停顿，以及城市中大量居民的正常活动受到影响。

三级用户：凡不属于一级用户和二级用户的所有其他用电设备（如非系列生产车间及辅助车间、小城镇等）。

（2）按杆塔上的三相回路数目分类，则有单回路、双回路、多回路三种。双回路在节约杆塔方面，有很大的经济价值，但从运行维护及安全角度考虑，存在一定问题。故除特殊情况外，一般只在路径狭窄地区或困难地区，才考虑采用双回路或多回路。

（3）按杆塔材料分类，则有木杆线路，铁塔线路，钢筋混凝土杆线路（通称水泥杆线路）。目前，大量推广采用水泥杆线路。

（4）通常习惯于按照电压等级来分类，有380/220伏（通称低压线路）、10千伏、35千伏、110千伏、220千伏、330千伏、500千伏等线路。前两种为配电线路，其余为送电线路。

第二节 架空线路的主要构成部分

架空线路的构成部分主要有：杆塔、导线、绝缘子、金具、基础、接地装置等。导线的作用是传导电能。在35千伏及以上的

线路，还要另外用避雷线（又称架空地线，简称地线）来保护导线免受雷击。杆塔是导、地线的支持物。绝缘子用以使导线对杆塔本体绝缘。金具是导线与绝缘子之间及绝缘子与杆塔横担之间的连接物。杆塔在土壤中的固定，依赖基础的稳定。接地装置的作用是将避雷线上的雷电流通过引下线，导入大地。

配电线路的主要构成部分比送电线路较为简单。一般仅为杆塔（包括横担、铁附件）、导线、绝缘子三大元件。送、配电线路的一般直线杆杆型见图1-2。

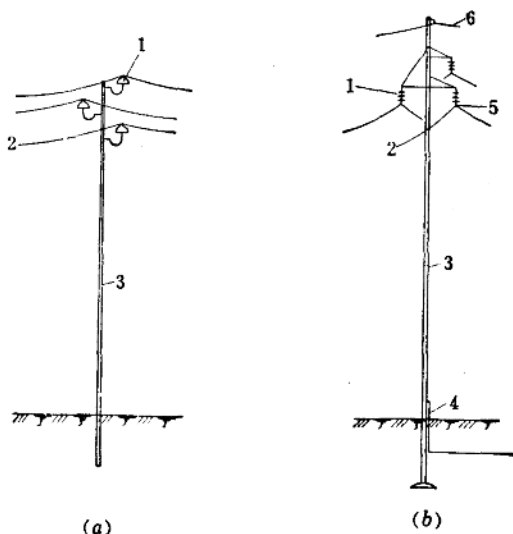


图 1-2 送、配电线路杆型图

(a) 配电线路；(b) 送电线路

1—绝缘子；2—导线；3—杆塔；4—接地装置；5—金具；6—架空地线

1. 杆塔

杆塔为线路本体的主要部分，一般杆塔所用材料有以下三种：

(1) 木杆。木杆的主要优点是重量轻，施工简便，绝缘性能好，价格较低。其缺点是容易腐烂，运行维护工作量大，一般使用期限仅十年左右，而且易受雷击烧毁，木材的供应也较为紧

张，因此除部分地区低压线路仍使用以外，新建线路均不采用。旧有的木杆正在逐步改为钢筋混凝土杆。

(2) 钢筋混凝土杆(通称水泥杆)。水泥杆是我国近来最广泛使用的杆塔材料。它具有坚实耐久(一般可使用50年以上)，运行维护工作量少等优点；采用分段带拉线水泥杆以后，基本上可以满足各种跨越杆高度的要求。其缺点是易产生裂纹，也比较笨重，给运输、施工均带来不便，山区尤为显著。现推广使用的预应力钢筋混凝土杆，与普通水泥杆比较，可以节约大量钢材，如等径杆可节约钢材40%以上，拔梢杆(锥形杆)可节约钢材20%左右；同时，因预应力杆使用了小截面钢筋，杆身壁厚可以减小，故杆身重量也相应减轻，抗裂性能则比普通水泥杆好，造价也较廉。目前也有试验采用“部分预应力”钢筋混凝土杆，可以在节约钢材的基础上，同时可提高水泥杆的强度。

(3) 铁塔。铁塔的优点是牢固可靠，运输方便，任何地形均可安装施工。宽基础的耐张塔或跨越塔不需要带拉线，占地较少。铁塔的缺点是耗钢量大，基础工作量也较大，造价高，钢材易受腐蚀。虽经热镀锌处理，但一般在投产五年后，即需定期油漆维护。因此，只在运输困难，走廊狭窄及施工作业面受限制的地区，或采用铁塔具有显著优越性时，才采用铁塔。

2. 导线

导线的作用是传导电能，因此首先要求导线具有良好的导电性能，同时还要有一定的机械强度和较好的抗腐蚀性。铜是理想的导线材料，但由于铜的资源少，价格也高，故已很少使用。常用的导线为铝线和钢芯铝绞线。架空地线均采用机械强度高的镀锌钢绞线。

常用的导、地线的型号含义如下：

TJ——铜绞线

GJ——钢绞线

LJ——铝绞线

LGJ——钢芯铝绞线

LGJQ——轻型钢芯铝绞线(钢芯占整个导线截面比例低于正常型)

LGJJ——加强型钢芯铝绞线(钢芯占整个导线截面比例高于正常型)

例如: LGJ-150 表示标称截面为150平方毫米的钢芯铝绞线;

LGJQ-400 表示标称截面为400平方毫米的轻型钢芯铝绞线。

常用导线的规格见附表I。

3. 绝缘子

绝缘子(又称瓷瓶)的作用,在悬挂导线时,使导线与杆塔绝缘,还承受主要由导线传来的各种荷重。因此它必须具有良好的绝缘性能和机械强度。

绝缘子的形式有针式、悬式和瓷横担等数种。

针式绝缘子有低压和高压的区分。高压针式绝缘子按额定工作电压分为6、10、15、20、35千伏五级。针式绝缘子均用于线路中间直线杆塔上。悬式绝缘子使用于10千伏线路的耐张杆塔和35千伏及以上的线路。

瓷横担为近年来广泛使用于10千伏及35千伏的新型绝缘子。110千伏线路也有采用的。瓷横担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。其缺点是机械强度低,使整个瓷横担长度有限制,从而影响了它的使用范围。

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,有较好的防污秽性能,容易清扫。另外,还有钢化玻璃悬式绝缘子和棒式绝缘子,尚在研究试用中。

常用的绝缘子的型号代号如下:

P——针式 ED——低压蝴蝶型(又称茶台型)

X——悬式 XW——防污悬式

CD——瓷横担 S——瓷横担(新产品)

例如: X-4.5C表示槽型悬式绝缘子(无C字表示悬式球形),一小时机电负荷4.5吨。

S-300/500为适用于35千伏瓷横担,300为50%全波冲击闪

络电压（千伏），500为抗弯破坏负荷（公斤）。

常用的X-4.5型绝缘子使用个数，见表1-2。

表 1-2 X-4.5型绝缘子每相使用个数表

线路电压(千伏)	35	60	110	154	220
绝缘子个数	3	5	7	10	13

注 用于耐张绝缘子串时，应比同型悬垂绝缘子串多一个。

各种常用绝缘子的外形，如图1-3所示，其外形尺寸，见附表II。

4. 金具

金具品种较多，大致有以下几类：

（1）连接金具。用于连接导线与绝缘子或绝缘子与杆塔横担的金具。要求是连接可靠，转动灵活，施工维护方便，机械强度和抗腐蚀性均较好。这类金具有悬垂线夹、释放线夹、耐张线夹、碗头挂板（分 W_1 及 W_2 型，又称单联碗头及双联碗头）、球头挂环、直角挂板、U型挂环、二联板等。

（2）接续金具。用于接续断头的导、地线，需能承受一定的工作拉力，并能保持良好的接触面。如接续导线的各种铝钳接管，接续钢绞线的钢压接管，以及耐张杆上用于连通导、地线的并沟线夹等。

（3）保护金具。用于减轻导、地线的振动或减轻振动的损伤。如防振锤、护线条、预绞式护线条、铝端夹等。铝补修管和预绞式补修条为用于导线损伤在允许范围内补修加强。均压环用于保护绝缘子，减轻因放电而受损伤，仅在220千伏及以上的线路上使用。

（4）拉线金具。基本上使用于拉线上的连接和承受拉力。如楔形线夹、UT线夹、钢线卡子（俗称蚂蝗线夹）、拉线U型环、双拉线联板等。

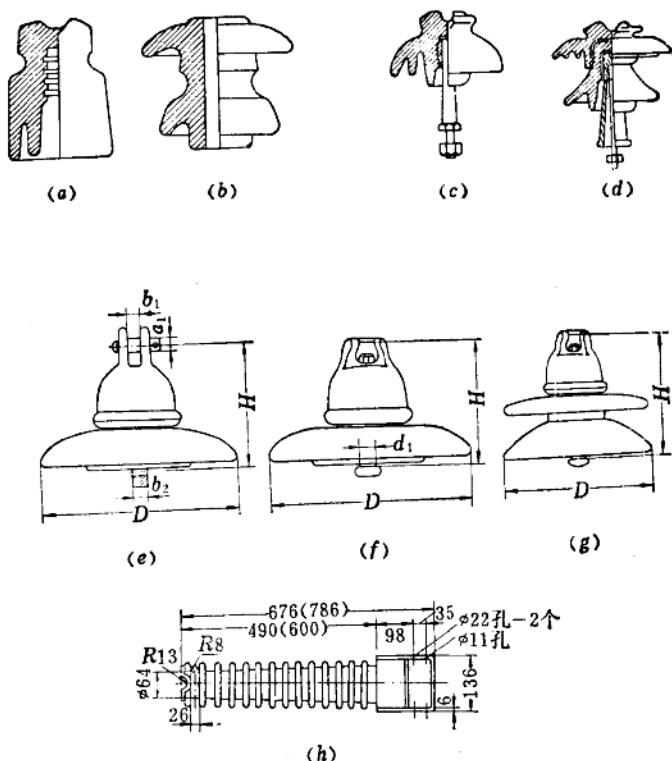


图 1-3 瓷绝缘子外形图

(a) 低压针式; (b) 低压蝴蝶式; (c) 高压针式(1); (d) 高压针式(2);
(e) 槽型悬式; (f) 球型基式; (g) 防尘型; (h) 35千伏瓷横担

5. 基础

杆塔的地下装置属于基础部分。如木杆的地下横木，混凝土制造的底盘、卡盘、拉盘等。某些地区也有用当地石块加工制造的底盘和拉盘。铁塔的基础一般均用混凝土现场浇制。另外，还有预制基础、砌块式基础、爆扩桩基础及钻孔灌注桩基础等。

6. 接地装置

35千伏及以上的线路，当架空地线遭受雷击时，必须用金属导体迅速将雷电流导入大地。一般利用水泥杆内钢筋或金属杆塔

本身，将雷电流引到埋在地下的接地装置扩散。不能利用钢筋时，应另用钢绞线从避雷线上引下接地。

地下部分的接地装置分放射式和封闭式两种。放射式又称开放式，为使用钢带在地下延伸。在居民区或不便延伸处，则使用封闭式或用钢管、角钢、圆钢，垂直打入地中作接地极。

第三节 杆 型 的 选 择

架空线路上的杆塔，按其在线路上的用途不同，分为直线杆塔、耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、跨越杆塔、换位杆塔等数种。

1. 直线杆塔的选择

直线杆塔为线路上使用最多的杆塔，因此直线型杆塔的设计是否简单经济，和直线杆塔数在整条线路的杆塔总数中所占比例，是决定线路造价高低的重要因素之一。

直线杆塔在正常运行中仅承受导、地线自重和风压荷重（有时尚需考虑覆冰荷重），机械强度要求不高，组装结构简单，因此造价最低。

直线杆塔的高度与导线弧垂及对地距离的关系，如图1-4所示。

直线杆塔有单杆、双杆及铁塔等类型。单杆的导线排列有三角形排列和上字型排列；双杆多为水平排列。使用带拉线直线杆，可以节约钢材，其缺点是拉线占地面积较大。图1-5为常用的直线杆塔型式。

2. 耐张杆塔的选择

耐张杆塔（又称承力杆塔）一般指直线耐张杆塔，或小于 5° 的转角杆塔。耐张杆塔在正常运行中所承受的荷重，基本上与直线杆塔相同。导、地线张力两侧是相互抵消的。有时仅承受两侧导、地线的不平衡张力。只在事故时承受一侧断线张力。设置耐张杆塔是为了将线路分段，控制事故范围，并便于施工检修，或

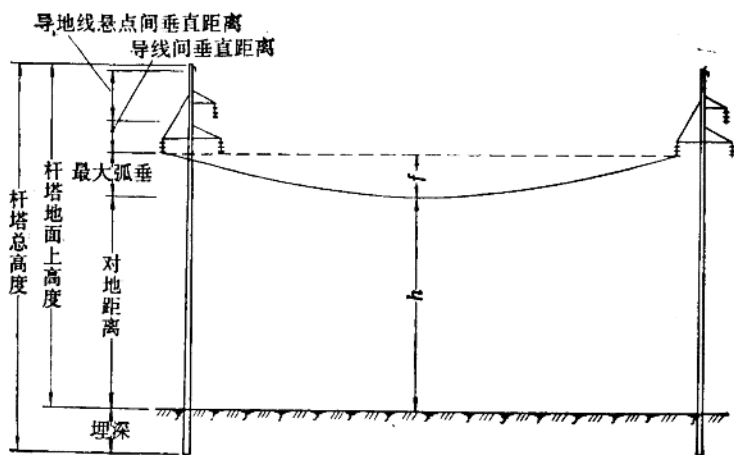


图 1-4 直线杆与弧垂

专为承受两侧耐张段不平衡张力而设置。图1-6为耐张杆塔型式。

3. 转角杆塔的选择

转角杆塔也属于耐张杆塔。正常运行时转角杆塔的两侧导、地线张力虽得以平衡抵消，但尚需承受由于转角而产生的内角侧合力的拉力，此拉力大小，视转角角度增大而递增。为了平衡此拉力，必须加强杆塔材料，或在转角反方向侧（通称上风侧）增加拉线。

有时对转角度数小于 5° 的转角杆塔，采用导、地线不开断的直线杆塔，即杆上装置基本与直线杆塔相同，此时必须验算杆塔强度能否承受导、地线张力内侧合力的拉力，如不够时，应增加反向拉线（通称上风拉线）。图1-7为带拉线的转角杆。

4. 终端杆塔的选择

位于线路进出线两端的第一基杆塔为终端杆塔，是一侧承受导、地线单侧张力的耐张杆塔。其另一侧为变电站进出线。一般进出线构架只能承受松弛拉力。

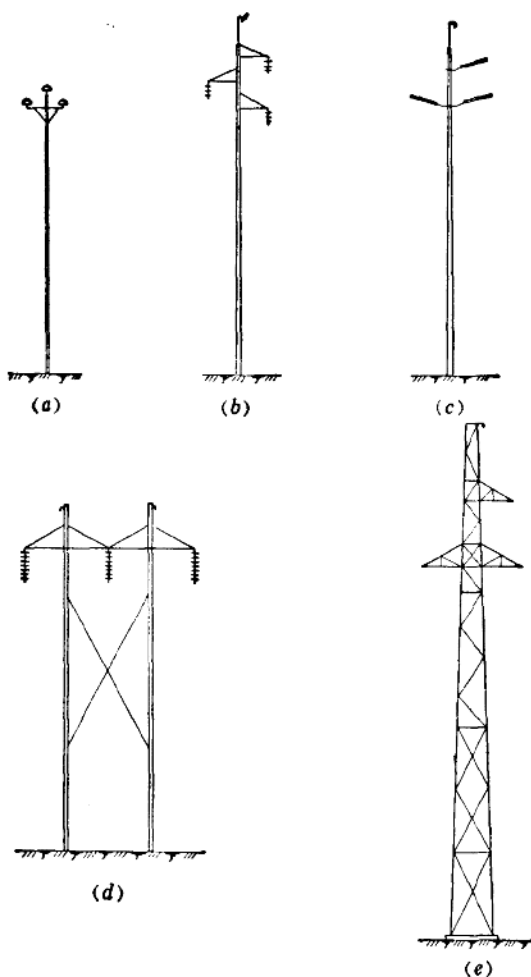


图 1-5 直线杆塔型式举例

(a) 10 千伏直线杆, (b) 35 千伏三角形排列直线杆, (c) 35 千伏上字形排列瓷横担直线杆, (d) 110 千伏水平排列直线杆, (e) 直线铁塔

5. 跨越杆塔的选择

架空线路经过地区遇有交叉通信线、电力线、公路、铁路、河流等时, 必须满足规程规定的跨越要求。一般直线杆塔的导线

悬挂点较低，大多不能满足，这就必须适当增加杆塔的高度，有时跨越杆塔为了不同跨越要求而有不同高度的跨越杆塔型。

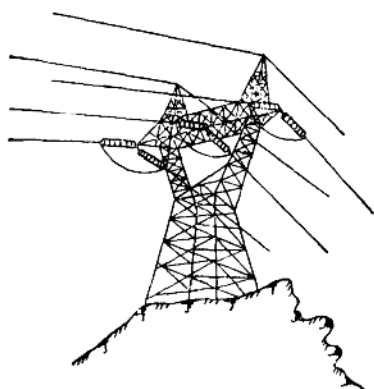


图 1-6 耐张杆塔示意图

6. 换位杆塔的选择

线路杆塔上的导线排列，除等边三角形外，其他的排列方式，导线之间的距离均不相等，因此，每相导线的感应阻抗也不相等，电压降也不相等。导线换相的目的，不仅要使每相导线的感应相等，而且要使每相导线的电容也相等。这样就可以减小

邻近的平行电力线路相互影响和对邻近的平行电讯线路的干扰影响。规程规定，在中性点直接接地的电力网中，长度超过 100 公里的线路，导线均应换位。

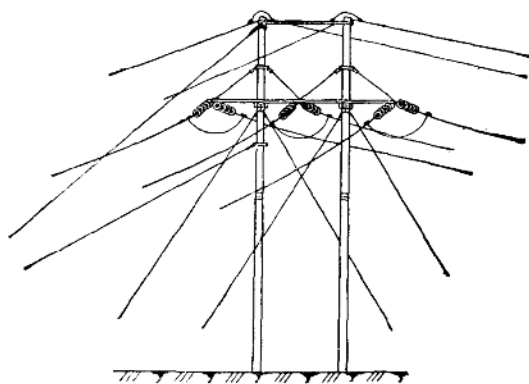


图 1-7 带拉线的转角杆

导线换位一般选择在直线杆塔上进行。全绝缘架空地线的换位，有时选择在耐张杆塔上换位。