

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



PEIDIAN XIANLU

SHEJI SHIGONG YUNXING YU WEIHU

配电线路 设计施工、运行与维护

李光辉 黄俊杰 编

M726
5



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

PEIDIAN XIANLU SHEJI SHIGONG
YUNXING YU WEIHU

配电线路设计施工、 运行与维护

李光辉 黄俊杰 编
赵书强 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。

全书共分十章，主要内容包括配电网络及配电线路构成、配电网络设计、配电网络计算、配电线路设备、配电线路设计、配电线路（含电缆线路和地理）施工、配电线路运行与维护、配电线路及配电所保护、防雷与接地和配电线路管理。

本书可作为高等院校输电线路工程及相关专业的本科教材，也可作为高职高专和函授教材，还可供从事输配电线路设计、施工、运行、检修维护的工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路设计施工、运行与维护/李光辉，黄俊杰编.
北京：中国电力出版社，2007

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-5949-6

I. 配… II. ①李…②黄… III. 配电线路-高等学校-教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 112395 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 358 千字

印数 0001—3000 册 定价 23.60 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。

本书依据配电线路设计相关规程和标准的规定，结合配电线路教学大纲的要求而编写，以满足相关专业学习配电线路设计、施工、运行、维护和管理的教学需要。

本书共分为十章。第一章为配电网及配电线路构成，第二章为配电网设计，第三章为配电网电气计算，第四章为配电线路设备，第五章为配电变压器，第六章为配电线路设计，第七章为配电线路施工，第八章为配电线路运行与维护，第九章为配电线路保护，第十章为配电线路管理。

本书由李光辉、黄俊杰等编写，其中李光辉编写第一、六、七、八章；黄俊杰编写第二、三、四、五、九章；黄力编写第十章。全书由李光辉统稿。本书由华北电力大学赵书强教授主审，东北电力大学甘凤林教授审阅大纲，均提出了许多宝贵意见，在此深表感谢！

最后希望广大读者通过阅读本书，能对配电线路设计、施工、运行、维护、管理有一个较详细的了解，对所从事的工作有所帮助。

由于时间仓促及编者的水平所限，加之我国尚有一些专业技术标准和规程规范还在修订和完善之中，书中纰漏在所难免，诚恳希望各位同行专家和读者批评指正。

编者

2007年6月

目 录

前言	
第一章 配电网及配电线路构成	1
第一节 配电网含义与分类	1
第二节 配电线路的构成	4
第二章 配电网规划设计	22
第一节 配电网规划设计概述	22
第二节 电力负荷预测	24
第三节 配电网的接线方式	26
第四节 导线截面和供电半径的确定	29
第三章 配电网电气计算	33
第一节 配电网潮流计算	33
第二节 配电网短路电流计算	36
第三节 配电网无功最优补偿计算	37
第四节 配电网的电能损耗计算	39
第四章 配电线路设备	42
第一节 高压断路器	42
第二节 高压熔断器	46
第三节 隔离开关	49
第四节 互感器	52
第五节 避雷器	57
第六节 无功补偿装置	59
第五章 配电变压器	63
第一节 变压器的分类及工作原理	63
第二节 配电变压器的技术数据	65
第三节 配电变压器的构造	67
第四节 配电变压器选型	70
第六章 配电线路设计	73
第一节 现场勘察	73
第二节 设计图绘制	74
第三节 导线选择	78
第四节 电杆选型与杆顶组装图设计	96
第五节 电杆受力计算	104
第七章 配电线路施工	118

第一节	概述	118
第二节	分桩定位与基础施工	120
第三节	杆塔运输和组立	126
第四节	金具与绝缘子组装	137
第五节	架线施工	141
第六节	电缆线路施工	153
第七节	地理电力线路施工	164
第八章	配电线路运行与维护	168
第一节	配电线路巡视	168
第二节	配电线路检修与维护	172
第三节	配电线路检测与试验	184
第九章	配电线路保护	192
第一节	继电保护的基本知识	192
第二节	配电线路保护装置	193
第三节	配电变压器的保护	207
第四节	低压配电系统的保护	211
第五节	配电线路防雷保护与接地	213
第十章	配电线路管理	221
第一节	配电线路运行的技术管理	221
第二节	配电自动化管理系统	225
第三节	配电网生产管理 GIS 系统	227
	参考文献	229

第一章 配电网及配电线路构成

第一节 配电网含义与分类

在电力系统中，由变电站和各种电压等级的送（输）、配电线路组成的网络称为电力网。电力网是发电厂和客户之间必不可少的中间环节，也是电力系统的一个重要组成部分。

电力网按输变电层次可分为输电网和配电网。

一、配电网含义

配电网是指从电力系统中送电网内的降压变压器二次侧（包括第三绕组）接受电能处起，中间经过配电、变压、控制及接户等环节，将电能送至用电负荷点所形成的电力网，统称为配电网，它是电力系统的重要组成部分。将电力系统中的电能通过配电网分配送至用电负荷点称为配电。配电网在电力系统中的位置如图 1-1 所示。

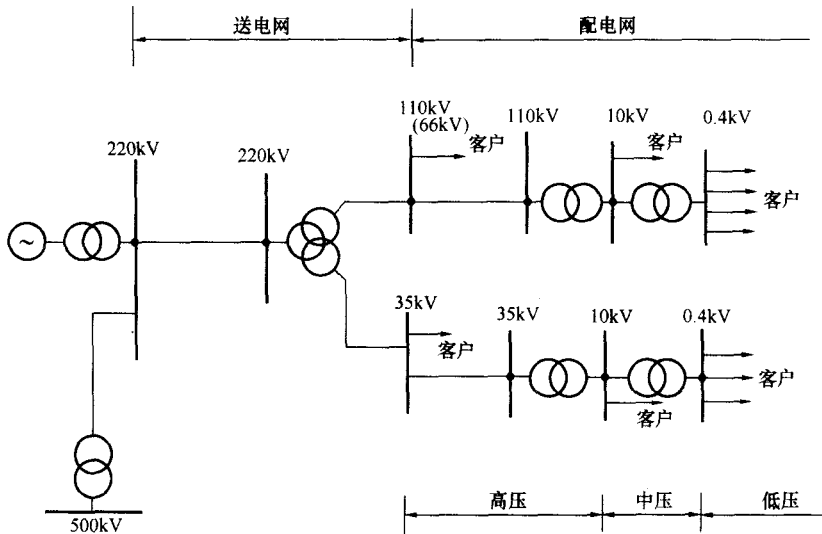


图 1-1 电力系统中配电网示意图

配电网的特征是它遍布城乡各个角落，直接联系着千家万户。供电质量的好坏、供电安全可靠的程度以及供电能力的大小均将通过配电网集中体现。配电网的管理工作水平，不仅关系着供电、销售、利润等经济指标能否按计划完成，而且还是直接反映服务质量水平的一个重要窗口，所以配电网在规划、设计、施工和运行管理等方面都有其特殊要求。

二、配电网分类

根据供电特点的不同，配电网可分为城市配电网、农村配电网和工厂配电网等。城镇道路照明是城镇市政建设的重要设施，它是由城市配电网供电的，所以城镇道路照明供电系统也是配电网的组成部分。

《城市电力网规划设计导则》规定：送（输）电电压为 500、330、220 kV；配电网的电压等级分为三类：高压配电网（35、63、110kV）、中压配电网（10kV）、低压配电网（220、380V）。

运行电压在 35kV 及以上，供给负荷的变电所及为其供电的高压线路称为高压配电网。国外城市高压配电网的电压还有 275（230）、138（132）、60kV 等几种。

运行电压为 10（20、6）kV 的配电网称为中压配电网。随着城市建设的发展及用电负荷密度的增加，中压配电网有发展为 20kV 的趋势。20kV 中压配电网可以提高供电能力，降低损耗。国外 20（22）kV 电压的城市中压配电网已运行多年。

运行电压在 1kV 及以下的配电网称为低压配电网。我国通用的低压配电电压和制式为单相 220V 和三相 380V。特殊客户根据其设备条件，也有采用 600V 作为配电电压的。国外有些城市也有采用 110V 作为低压配电电压的。

三、配电网的基本结构和接线方式

配电网由架空线路、电缆线路、开关站和配电站或杆架式变压器、各种开关设备、保护装置及自动控制设备等构成。

配电网的网络接线方式，根据配电的不同构成方式，分为架空线路配电的接线方式、电缆线路配电的接线方式，以及架空线路与电缆线路混合配电网接线方式。

1. 架空线路配电网的接线方式

从结构上看，架空线路配电网的结构形式（或电网接线）基本上分为三大类。

（1）干线式结构。干线式结构又称树枝式，电力网接线如图 1-2 所示。线路由主干线、次干线及分支线组成。一个地区多个客户共用一条线路，干线式线路节约路径，需要设备少，线路投资少。但由于线路分布广，故障概率高，一旦发生故障或停电检修时，整条线路的客户都将停电，供电可靠性较差。因此，这种接线方式如没有备用电源，不适合为 I 类负荷占很大比重的客户供电，可为 II 类和 III 类客户供电。

（2）辐射式结构。辐射式结构又称专用线式（图 1-3），适用于负荷性质特殊、对供电质量要求较高的客户。这种供电方式已受到严格控制，一般不宜发展。

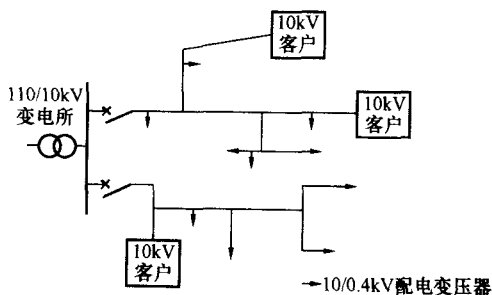


图 1-2 干线式架空配电网接线方式

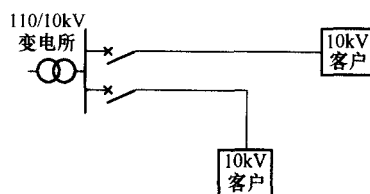


图 1-3 辐射式架空配电网接线方式

若自电源点至客户为一条独立的线路，与其他线路互不相连，运行中互不影响，尤其线路发生故障或需要停电检修时，所带负荷都将中断供电。因此，为获得更高的供电可靠性，干线式结构和辐射式结构均需设置第二电源（又称备用电源）。

（3）多分段联络结构。该接线方式是在干线式架空配电网中将一条线路分为几个区段，

每个区段分别与相邻的线路相连，在连接点装设开关设备。连在一起的线路可能来自同一座变电站，也可能来自不同的变电站，线路组成环网。在正常情况下，各条线路与相邻线路的联络点的断路器断开，网络开式运行。当线路发生故障或线路需要检修停电时，通过网络联络点和分段的断路器，调整各条线路的供电范围，使停电范围缩小，提高供电可靠性。

2. 电缆线路配电网的接线形式

电缆线路配电网的接线形式主要采用环网式和辐射式。环网式电缆线路设备利用率高，供电可靠性高，总体经济效果好，是值得提倡的一种较好的接线方式。

环网式是在电缆线路配电网中，通过各负荷节点将电缆线路连成环网。它的基本接线特点是每一线段来自两个方向的电源。若整个环网连接在变电站同一母线上，称为单电源环网；连接在不同变电站或同一变电站不同母线上的称为双电源环网。图 1-4 所示为环网式接线方式之一。

为提高供电可靠性，便于在电缆线路发生故障或检修电缆时，通过倒闸操作切断故障线段或检修线段，恢复供电，其接线形式可采用图 1-5 所示双环网供电接线方式。

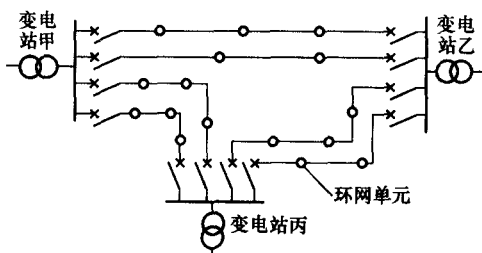


图 1-4 电缆线路双电源环网示意图

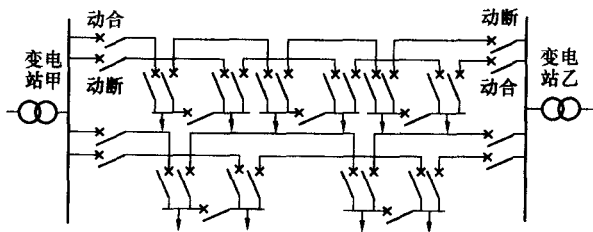


图 1-5 电缆线路双环网示意图

辐射式与架空线路辐射式相似。一条电缆只给一个客户供电，即所谓的专用线式。它的特点是占用设备多，投资大，经济效果差，一旦发生故障，处理时间长。因而除现有的辐射式电缆线路继续运行和特殊供电的客户要求外，一般不宜采用辐射式。

3. 电缆线路与架空线路混合配电网接线方式

当地区内架空线路和电缆线路同时存在时，两者之间可以设联络点。在正常情况下，联络点断路器断开；当发生事故时，两者可互作备用电源，如图 1-6 所示。

4. 配电网的供电制式

在电力系统中定义的配电线路是指电压在 10kV 及以下的电力线路，目前高压配电线路额定电压以 10kV 为标准。

配电线路因电压等级不同，分为高压配电线路、中压配电线路和低压配电线路，接线制式基本相同。

高压配电线路采用三相三线制，低压配电线路采用三相四线制、三相

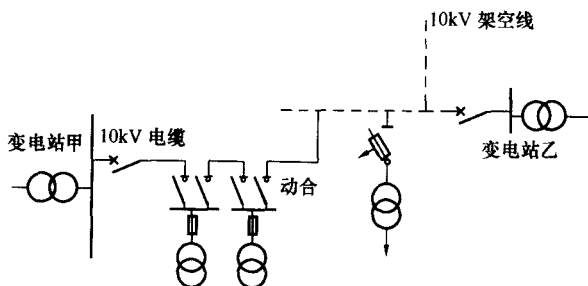


图 1-6 架空线路与电缆线路混合配电网接线方式

三线制和单相两线制。高压架空配电线路和低压架空配电线路的架设单独架设的，也有共杆架设的。

低压电网的供电制式有三相四线 Y 制和三相四线 D 制，后者具有显著的节能和经济效益。

居民用电大都是单相负荷，而单相负荷供电有 4 种供电制式：单相二线、单相三线、三相三线和三相四线制（YN、DN）。我国是以单相二线（负荷线）和三相四线（低压干线）向居民供电的。这两种供电方式不如单相三线制合理。低压电网一般采用三相四线式供电，用三根相线，可供 380V 动力用电，用其中一根相线和中性线（零线），可供 220V 电灯及单相家用电器用电。380V 这个电压等级几乎世界各国通用，个别国家还有 415V 及 220V 的电压等级。

第二节 配电线路的构成

架空配电线路由基础、电杆及横担、导线、绝缘子、拉线、接地装置、线路金具等元件，以及柱上断路器、隔离开关、配电变压器、跌落式熔断器等电气设备组成。

一、基础

杆塔基础即将杆塔固定在土壤中的地下装置和杆塔自身埋入土壤中起固定作用部分的统称。输电线路的杆塔基础起着支承杆塔全部荷载的作用，并保证其杆塔在运行中不发生下沉或在受外力作用时不发生倾覆或变形。

架空配电线路的基础分电杆（混凝土电杆及钢杆）基础和铁塔基础两种。架空配电线路常用三盘基础，如图 1-7 所示。

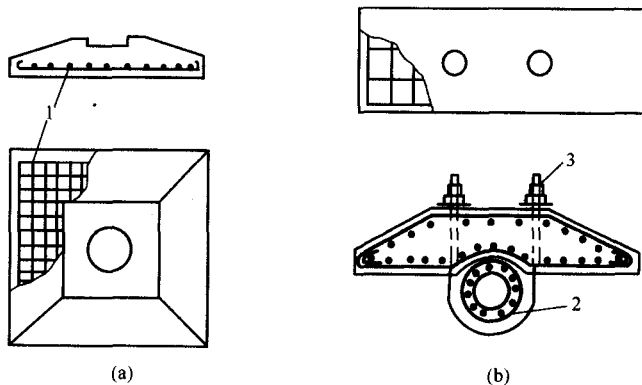


图 1-7 底盘和卡盘

(a) 底盘示意图；(b) 卡盘示意图

1—钢筋网；2—混凝土电杆根部；3—卡盘螺栓

二、杆塔

杆塔主要用来支持导线、避雷线、绝缘子及横担。它除了使导线保持对地以及其他设施（如建筑物、公路、铁路、船桅、管道、电力线、通信线等）应有的安全距离外，还承受导线、避雷线、其他部件本身的重力及冰雪、侧面风的压力等。对于转角、终端杆塔还要承受

导线张力、避雷角度张力和不平衡张力，因此对于杆塔的要求是必须有足够的机械强度。

在架空线路中，根据电杆的作用和安装方式可分为如下几种类型的杆塔。

1. 直线杆

直线杆 (Z) 又称中间电杆。它是两耐张杆之间的电杆，安装在配电线路的直线段上，一般都用于线路直线中间部分。在平坦地区，直线杆使用率占线路电杆总数的 80% 左右。直线杆的导线是用悬垂线夹和悬垂绝缘子串挂在横担下或用针式绝缘子固定在横担上，它主要承受垂直荷载及线路侧面的风荷重。

高压配电线路直线杆的导线若为三角排列，则可采用图 1-8 (a) 所示的方式或桥顶形横担。这样，对边相和中相导线之间的距离有一定的调节空间，有利于减小横担的尺寸。

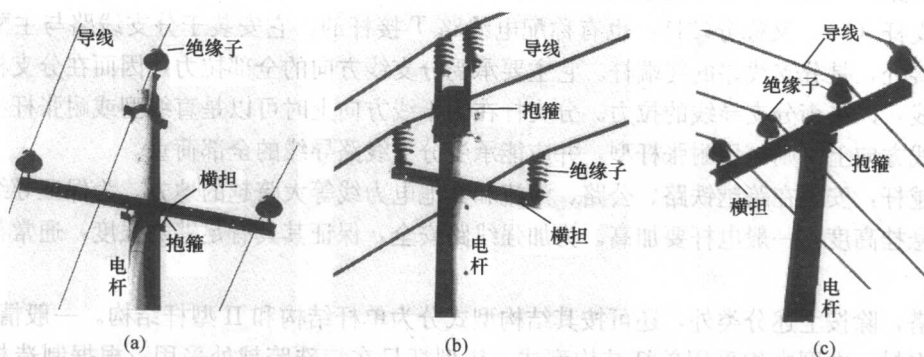


图 1-8 配电线路混凝土电杆结构

(a)、(b) 直线杆 (三相三线制); (c) 直线转角杆 (三相四线制)

2. 耐张杆

为限制倒杆或断线等事故波及较大范围，需要把线路的直线部分划分成若干个耐张段，在耐张段的两端安装耐张杆。耐张杆 (N) 又称承力杆，如图 1-9 所示。安装在其上的导线用耐张线夹和耐张绝缘子串或蝶形绝缘子固定在电杆上。耐张绝缘子的位置几乎是平行于地

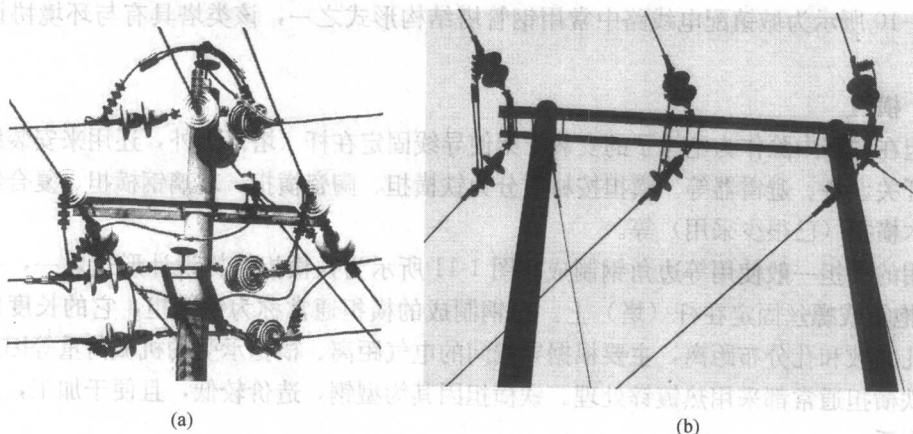


图 1-9 混凝土转角杆工程安装图例

(a) 转角杆; (b) 门型转角杆

面的，电杆两边的导线用弓子（又称引流线或跳线）连接起来。它在正常工作条件下承受线路侧面的风荷重和导、地线的拉力，在事故情况下承受线路方面的导线荷重。

相邻耐张杆之间的线路称耐张段。耐张杆将一条线路分解为若干个线段，这种分解是根据线路走向及地形情况而定的，如在转角、跨越江河、公路、山坡等处常要设耐张杆。在线路为直线且经过的地势比较平坦的情况下，为紧线方便，配电线路耐张段的长度一般为1.5~2.0km。

转角杆（J），用于线路走向改变的转弯处，分直线型和转角型两种。直线型在线路转角角度小于 15° 时才能采用，当线路转角大于 15° 时应按耐张杆型安装。

终端杆（D），用于配电线路的首端及末端。它是耐张杆的一种，在正常工作条件下能够承受线路方向全部导线的荷重及线路侧面的风荷重。

分支杆（F），又称分歧杆，也有称配电线路T接杆的。它安装于分支线路与主配电线路的连接处，是分支线路的终端杆。它主要承受分支线方向的全部拉力，因而在分支杆上还装有拉线，以平衡分支导线的拉力。分支杆在主干线方向上时可以是直线型或耐张杆型，而在分支线方向上时则需用耐张杆型，并应能承受分支线路导线的全部荷重。

跨越杆，安装在跨越铁路、公路、河流和其他电力线等大跨越的地方。为保证导线具有必要的悬挂高度，一般电杆要加高。为加强线路安全，保证其具有足够的强度，通常都加装有拉线。

杆塔，除按上述分类外，还可按其结构型式分为单杆结构和II型杆结构。一般情况下，配电（农村）电网中均采用单杆结构型式，II型杆只在特殊跨越处采用。根据制造材料分类，常用的有混凝土水泥电杆、金属杆塔（如角钢结构铁塔、钢管塔、钢管格构式塔）。

配电网中广泛使用混凝土水泥电杆（简称水泥杆）及金属杆塔。混凝土水泥电杆分为等径杆和锥型杆（又称拔梢杆）。前者主要用于架设35kV及以上电压等级的大截面导线线路，它的直径通常以300mm为主，也有直径为400mm的，考虑到运输和制造方便的问题，生产时一般每根以9、6、4.5m为标准，使用时在施工现场通过焊接（或法兰盘）等连接方法组合成实际要求的高度。锥型可分8~15m多种规格，其锥度为1:75。单杆允许弯矩为3476Nm。锥型杆多用于10kV及以下线路中。

图1-10所示为城镇配电线路中常用钢管塔结构形式之一，该类塔具有与环境协调的设计理念。

三、横担

横担在线路中除作为绝缘子的安装支架使导线固定在杆（塔）上外，还用来安装线路设备，如开关设备、避雷器等。横担按材质分为铁横担、陶瓷横担、玻璃钢横担、复合绝缘横担以及木横担（已很少采用）等。

常用的横担一般使用等边角钢制成。图1-11所示为铁横担结构设计形式之一，一般通过U型抱箍或螺丝固定在杆（塔）上。角钢制成的横担通常称为铁横担，它的长度及安装绝缘子孔的数和孔分布距离，主要根据导线间的电气距离、横担承受的机械荷重等因素自行决定。铁横担通常都采用热镀锌处理。铁横担因其为型钢，造价较低，且便于加工，所以使用最为广泛。

根据受力情况横担可分为直线型、耐张型和终端型等。直线型横担只承受导线的垂直荷载；耐张型横担主要承受两侧导线的拉力差；终端型横担主要承受导线的最大允许拉力。当

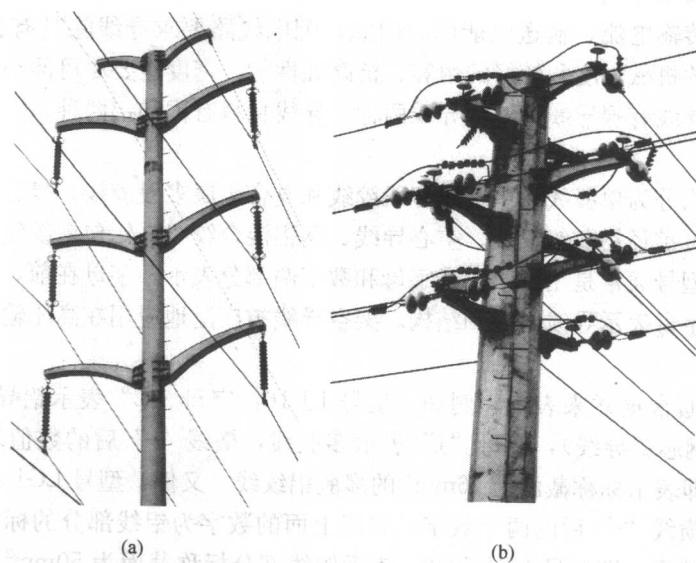


图 1-10 城镇配电网中常用钢管塔工程图例

(a) 直线杆; (b) 耐张杆

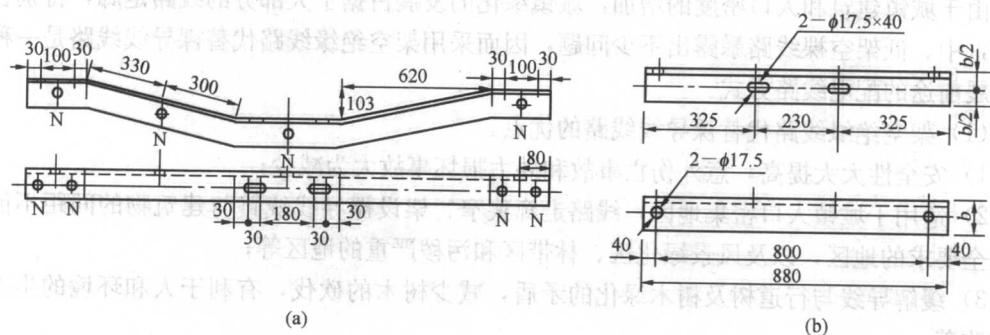


图 1-11 铁横担图

(a) 120 角铁横担图 (L63²×6×2174); (b) 低压二线横担

架设大截面导线或大跨越导线时，双担平面间应加斜撑板或采用梭形双横担。当横担向一侧偏支架设导线时、或架设开关等设备时、或架设的导线有角度时，应加支撑斜铁担（角铁）。

瓷横担绝缘子一端外浇装实芯瓷件，它与瓷拉棒式绝缘子一样被广泛应用于 10kV 及 35kV 的导线线号不太大的线路上。其优点是实心棒形结构，不击穿、老化，泄漏距离长，自洁性能好，抗污闪能力强；不足之处是机械强度较弱，更换大截面导线时，受到一定的限制。它的选用场合应结合电网规划进行。

玻璃钢横担具有轻质高强度、容易清扫等优点，同时还具有便于施工、检修和带电作业的功能，主要用于替代金属横担和木质横担。

四、配电线路用导线

导线是用来传输电流、输送电能的。因此，配电线路要求导线除具有良好的导电性能外，还应有足够的机械强度和较好的耐震、抗腐蚀性能，密度也要尽可能小。

架空线路用导线有裸导线和绝缘导线两种。导线材料有铜和铝两种。

1. 裸导线

裸导线按结构分为单股线、单金属多股绞线和复合金属多股绞线。复合金属多股绞线包括钢芯铝绞线、可扩径钢芯铝绞线、空心导线、钢铝混合绞线、铝包钢绞线。

架空导线的型号通常是用汉语拼音字母和数字两部分表示，字母在前，数字在后。用汉语拼音的第一个字母表示导线材料和结构。架空导线被广泛地应用在高压输电线路或大跨越配电线路中。

裸导线型号通常这样来表示，例如，型号 LJ-16，字母“L”表示铝导线（T-铜导线，G-钢导线，LG-钢芯铝导线），字母“J”表示多股线，横线“-”后的数值表示标称截面面积，型号 LJ-16 即表示标称截面为 16mm^2 的多股铝绞线。又例，型号 LGJ-50/8，“LGJ”表示钢芯铝绞线，横线“-”后的两个数字，斜线上面的数字为铝线部分的标称截面，斜线下面为钢芯的标称截面，即型号 LGJ-50/8，表示铝线部分标称截面为 50mm^2 、钢芯部分标称截面为 8mm^2 的钢芯铝绞线。型号 T-6 表示标称截面为 6mm^2 的单股铜线。型号 TJ-70 表示标称截面为 70mm^2 的多股铜绞线。型号 GJ-25 表示标称截面为 25mm^2 的钢绞线。

2. 绝缘导线

由于城镇建筑和人口密度的增加，城镇绿化的发展占据了大部分的线路走廊，特别在大城市，中、低架空裸线路暴露出不少问题，因而采用架空绝缘线路代替裸导线线路是一种很有发展前途的配电线路方式。

(1) 架空绝缘线路代替裸导线线路的优点。

- 1) 安全性大大提高，意外伤亡事故和外力损坏事故大为减少；
- 2) 适用于城镇人口密集地区，线路走廊狭窄、架设裸导线线路与建筑物的间距不能满足安全要求的地区，以及风景绿化区、林带区和污秽严重的地区等；
- 3) 缓解导线与行道树及树木绿化的矛盾，减少树木的砍伐，有利于人和环境的生态调整和改善；
- 4) 有利于土地和空间资源的合理利用；
- 5) 可基本上解决新型城镇现行的低压配电网存在的所谓“线损高、压降大、故障多”的三大难题；
- 6) 安装距离尺寸比裸导线可缩小 $1/3\sim 1/2$ 。随着城市的发展，大量新建的建筑物距离裸导线有可能过近，对线路的安全运行构成了威胁，而且架空配电线路导线相间、导线对地空间距离较小，与人群距离较近，因而都采用架空绝缘导线架设。

(2) 设计架空绝缘配电线路应执行的技术标准。架空绝缘线路的技术标准应符合 DL/T 601—1996《架空绝缘配电线路设计技术规程》的规定。如：绝缘导线最小截面应符合表 1-1 的要求；采用三相四线制的低压配电绝缘线路的零线最小截面面积应按表 1-2 考虑，单相制的零线截面与相线截面应相同。

(3) 常用绝缘导线。架空绝缘导线一般用于 35kV 及以下线路。而常用的绝缘导线按其结构可分高低压分相式绝缘导线、低压集束型绝缘导线、高压集束型半导体屏蔽绝缘导线、

高压集束型金属屏蔽绝缘导线。

表 1-1 绝缘导线最小截面

导线种类	中压配电线路		低压配电线路	
	主干线	分支线	主干线	分支线
铝或铝合金线 (mm ²)	150	50	95	35
铜芯绝缘线 (mm ²)	120	25	70	16

表 1-2 三相四线制低压绝缘配电线路的最小零线截面面积

导线种类	相线截面面积 (mm ²)	最小零线截面面积 (mm ²)
铝或铝合金线	50 及以下	与相线截面面积相同
	70	50
	95 及以上	不小于相线截面面积 50%
铜芯绝缘线	35 及以下	与相线截面面积相同
	50	35
	70 及以上	不小于相线截面面积 50%

分相式绝缘导线的线芯一般用经紧压的圆形硬铜、硬铝和铝合金绞制而成。对不承力的绝缘导线，如柱上变压器引线等，可用软铜线制作线芯。采用单芯绝缘导线和分相架设于架空线路时其架设方法与裸导线基本相同。

低压集束型绝缘导线又称低压互绞线 (LV-ABC)，分为承力索载荷、中性线载荷和整体载荷三种。对中性线则又可分为绝缘和非绝缘两种。

集束型半导体屏蔽绝缘导线又称非金属屏蔽绝缘互绞线 (HV-ABC)。分为承力索载荷和自承力索载荷两种，主要用于 10、35kV 架空线路。

集束型金属屏蔽绝缘导线又称金属屏蔽绝缘导线 (HV-ABC)，一般带承力索，主要用于 10、35kV 架空线路。

(4) 架空绝缘导线系列表示。架空绝缘导线系列是用 JK 表示的，其材料和结构特征代号为：软铜导体—TR，铝导体—L，铝合金导体—LH，聚氯乙烯绝缘—V，聚乙烯绝缘—Y，高密聚氯乙烯绝缘—YG，交联聚氯乙烯绝缘—JY，本色绝缘—/B，轻型薄绝缘结构—/O。如 JKLJY/B-10 3×240+95 (A)，表示铝芯、交联聚氯乙烯绝缘 (本色)、额定电压 10kV、4 芯 [其中导线 3 芯，标称截面为 240mm²，承力线为钢绞线 (用 A 表示)，截面为 95mm²] 架空绝缘导线。

五、拉线及其结构

拉线是配电线路的重要组成部分。其主要作用是平衡导 (地) 线的不平衡张力和稳定杆塔、减少杆塔的受力强度以及减小杆 (塔) 材料消耗、降低造价。在整立施工中，尽量利用拉线杆塔的永久拉线代替整立施工中的临时拉线 (常采用麻绳或钢绳)。

1. 普通拉线

普通拉线的结构如图 1-12 (b) 所示。它分上下两部分，上部为包括固定在电杆上部的部分 (称上把) 及与上把连接的部分 (称中把或腰把)；下部包括地锚把或拉环、拉线棒及埋在地下部分 (包括拉线盘及地横木)，称底把。

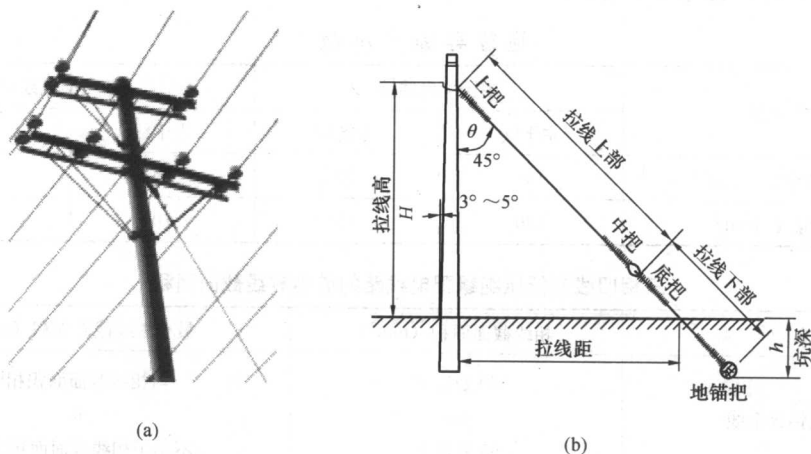


图 1-12 普通拉线在线路中的应用图例及拉线结构示意图

(a) 普通拉线在工程中的应用图例；(b) 安装要求

普通拉线也称落地拉线。应用在终端杆、角度杆、分支（歧）杆及耐张杆等处。它通过连接金具承受电杆的各种应力，下端用拉盘（又称地锚）直接埋于地下，拉线中间装有调整松紧的金具，10kV 及以下的拉线中间还加装防触电的绝缘子（图 1-16）。10kV 及以下电压等级的电力线路的普通拉线与电杆成 45° 的夹角。

2. 高桩拉线

高桩拉线又称过路拉线，也称水平拉线。如图 1-13 所示，高桩拉线用于因道路或其他设施无法装设普通拉线的电杆。如因受地形或周围环境限制的地方，可装设弓型拉线、自身拉线；另外，在地形条件受到限制的地方而无法装设拉线时，可用撑杆（钹杆）代替拉线以平衡张力，从而起到稳定电杆的作用。撑杆在实际工程的应用图例及安装要求，如图 1-14 所示。图中字母： h_1 表示水平拉线对地面垂直距离； h_2 表示拉线柱抱箍对地垂直距离； h_3 表示高桩埋设深度。

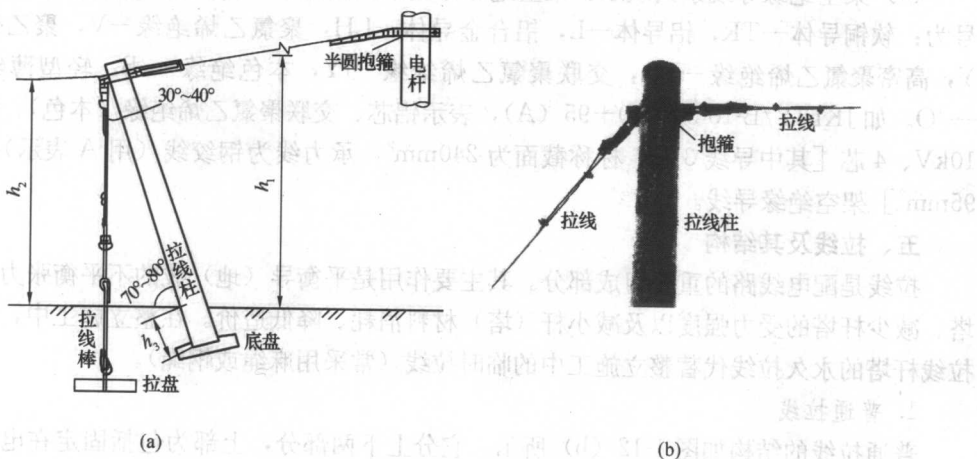


图 1-13 高桩拉线布置简图及高桩实际安装结构

(a) 拉线布置简图；(b) 实际安装结构

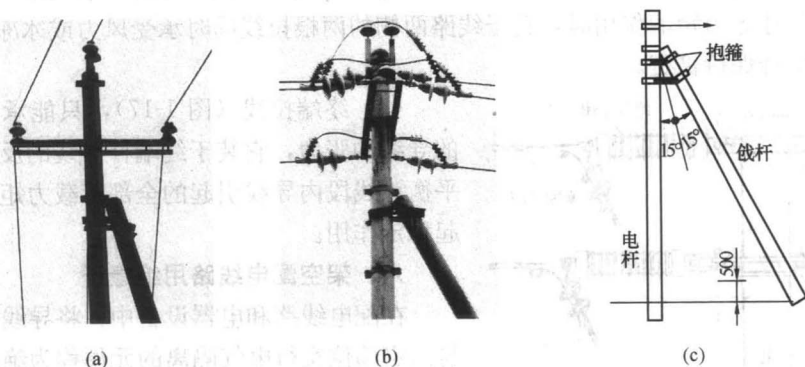


图 1-14 铁杆在实际工程的应用图例及安装要求

(a)、(b) 铁杆在工程中的应用图例；(c) 铁杆安装要求

3. 自身拉线

自身拉线又称弓型拉线，如图 1-15 所示。它是因街道狭窄或因电杆距房屋太近而无条件埋设普通拉线时而使用的一种拉线装置。安装时，先在电杆需装设拉线的一侧固定一定长度的支撑杆，拉线通过支撑杆后与拉线盘连接。由于拉线只能承受较小的拉力作用，故一般用于 0.4kV 低压配电线路中。

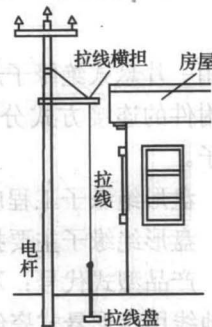


图 1-15 弓形拉线布置示意图

4. 转角拉线

转角拉线安装在转角杆上。其方向是线路转角外侧的角平分线上，用以承受转角杆上的不平衡力矩。对于线路转角较大 ($45^\circ \sim 90^\circ$) 时，为了平衡转角杆上的不平衡力矩，通常是在转角两侧同时装设两条转角拉线。两根转角拉线的方向分别为一根与原线路方向相同，另一根与转角后线路方向相反。当设计选用较大导线截面时，这时由于电杆承受荷载较重，还应在转角的内侧平分线上装置内角拉线。

5. Y 型拉线

Y 型拉线主要应用在电杆较高、横担层数较多、架设多条导线之处。可在张力合成点处装设 Y 型拉线，如跨越铁路、公路、河流等两侧档距较大的 II 型杆多安装 Y 型拉线。V 型拉线为 Y 型的特殊形式。

拉线除按实际用途和作用分类外，还可按照在电杆上线路所起的作用分为人字拉线、十字拉线、终端拉线等多种拉线。

(1) 人字拉线，由两把普通拉线组成（图 1-16），装在线路垂直方向电杆两侧，多用于中间直线杆，用来加强电杆防风抗倾斜能力，如海边及大风等环境。

(2) 十字拉线，主要安装于耐张杆上。拉线必须承受耐张线段内导线的全部张力。一般 10kV 及以下电压等级的耐张杆的拉线安装方向是两根安装于顺线路，另两根置于横线路的人字拉线，四根

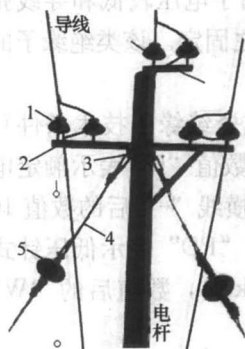


图 1-16 人字拉线

工程安装图例

1—绝缘子；2—横担；
3—拉线抱箍；4—拉线；
5—拉线绝缘子