



高等学校“十一五”精品规划教材

架空电力线路 外线操作指导书

窦书星 主编
刘江伟 主审

JIAKONG DIANLI XIANLU WAIXIAN
CAOZUO ZHIDAO SHU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 李 莉

E-mail: ll@waterpub.com.cn

ISBN 978-7-5084-5845-8



9 787508 458458 >

定价: 19.00 元

销售分类: 电工技术/培训教材

高等学校“十一五”精品规划教材

架空电力线路 外线操作指导书

窦书星 主编

刘江伟 主审



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

数字图书馆
PDG

内 容 提 要

本书共三章：第一章介绍了架空电力线路的基本知识，包括电力线路的结构，常用杆塔种类和基础类型，涉及金具绝缘子种类以及架设时常用导地线型号。对杆塔的横担、导地线的连接方式、导地线施工过程以及弧垂观测和接地装置的安装都做了仔细的阐述。第二章从施工角度讲述了电力线路的施工工艺，包括线路施工前的运输、基础挖坑、杆塔组立方式，混凝土杆的立杆方法，起吊施工工具的常用绳扣和扣接方法，导地线的绑扎方法以及各种附件的安装过程，拉线制作和安装过程。第三章集中介绍了施工中常用工器具的应用方法以及在特殊情况下进行紧急救护的方法。

全书深入浅出，涉及架空电力线路外线施工中的各个环节，具有很强的现场操作性，对线路施工中的重点、难点进行了较为细致的阐述。

本书既可用于输电线路专业方面的教材，也可用作电力设计、施工部门的培训教材，同时也可作为输电线路外线施工爱好者的自学教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

架空电力线路外线操作指导书/ 窦书星主编. —北京:

中国水利水电出版社, 2008

高等学校“十一五”精品规划教材

ISBN 978-7-5084-5845-8

I. 架… II. 窦… III. 架空线路: 输电线路—高等学校—
教材 IV. TM726.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 123801 号

书 名	高等学校“十一五”精品规划教材 架空电力线路外线操作指导书
作 者	窦书星 主编 刘江伟 主审
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 6.5 印张 154 千字
版 次	2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	19.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

《架空电力线路外线操作指导书》一书为高等学校“十一五”精品规划教材。全书深入浅出，涉及架空电力线路外线施工中的各个环节，具有很强的现场操作性，对线路施工中的重点、难点进行了较为细致的阐述。本书既可作为输电线路专业方面的教材，也可用作电力设计、施工部门的培训教材，也可作为输电线路外线施工爱好者的自学教材。

本书结合教学研究和实践编制而成，以作者多年的教学讲义为基础，突出了在输电线路设计施工和运行维护中的应用方法和步骤。本书共分为三章：第一章介绍了架空电力线路的基本知识，包括电力线路的结构，常用杆塔种类和基础类型，涉及金具绝缘子种类以及架设时常用导地线型号。对杆塔的横担、导地线的连接方式、导地线施工过程以及弧垂观测和接地装置的安装都做了仔细的阐述。第二章从施工角度讲述了架空电力线路外线各施工技能，包括线路施工前的运输、基础挖坑、杆塔组立方式，混凝土杆的蹬杆方法，起吊施工工具的常用绳扣和扣接方法，导地线的绑扎方法以及各种附件的安装过程，拉线制作和安装过程。第三章集中介绍了施工中常用工器具的应用方法以及在特殊情况下的紧急救护方法。

由于作者水平所限，书中难免有谬误和不当之处，欢迎广大读者批评指正，不胜感激。e-mail: doushuxing@sina.com.cn

编 者

2008年7月

目 录

前言

第一章 架空电力线路基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 架空电力线路结构	3
第三节 架空电力线路的杆塔种类	5
第四节 架空电力线路杆塔基础	14
第五节 架空电力线路金具种类	16
第六节 架空线路的导线和避雷线种类	22
第七节 架空电力线路的横担和绝缘子的种类	23
第八节 导地线的连接方法	27
第九节 导地线的架设	32
第十节 架空线弧垂观测	40
第十一节 接地装置的安装	46
第二章 架空电力线路外线施工技能	51
第一节 施工运输	51
第二节 基础挖坑	52
第三节 杆塔组立	56
第四节 立杆方法	63
第五节 施工常用绳结及扣结方法	65
第六节 横担与绝缘子的安装	67
第七节 测定弧垂	67
第八节 导地线的连接操作	70
第九节 架空导线的固定方法	77
第十节 附件安装	81
第十一节 拉线制作和安装方法	84
第十二节 接地装置的施工	87
第三章 常用工器具及紧急救护法	91
第一节 施工中常用工器具	91
第二节 紧急救护法	94
参考文献	97

第一章 架空电力线路基本知识

第一节 概 述

架空电力线路是用混凝土杆将导线悬空架设，直接向用户传送电能的电力线路。架电力线路由混凝土杆、导线、横担、金具、绝缘子和拉线等组成。从发电厂发出的电要送到用户才能使用。而现代大型电厂受其自身燃料、供水、污染、安全等因素制约，往往建在远离用电集中城市、地区。因此，就要将发电厂发出的电力经过升压变电所把电压升高，再通过长距离、高电压、送电能力很大的线路送到城市、工矿区以及农村的用电负荷中心，称为输电线路。我国输电线路电压等级有 35kV、110kV、220kV、500kV 以及 500kV 直流输电等。这些高电压的电力不能直接使用，也不适合送到一般的用电地点，还要经过降压变电所将电压降低后经过 10kV 或 35kV 的高压配电线路才能送到一般的用电地点。各用电点再装设配电变压器把电压降到 400V/230V，由低压配电线路把电力送到居民区、一般商电、农村、小型工厂使用，如图 1-1 所示。

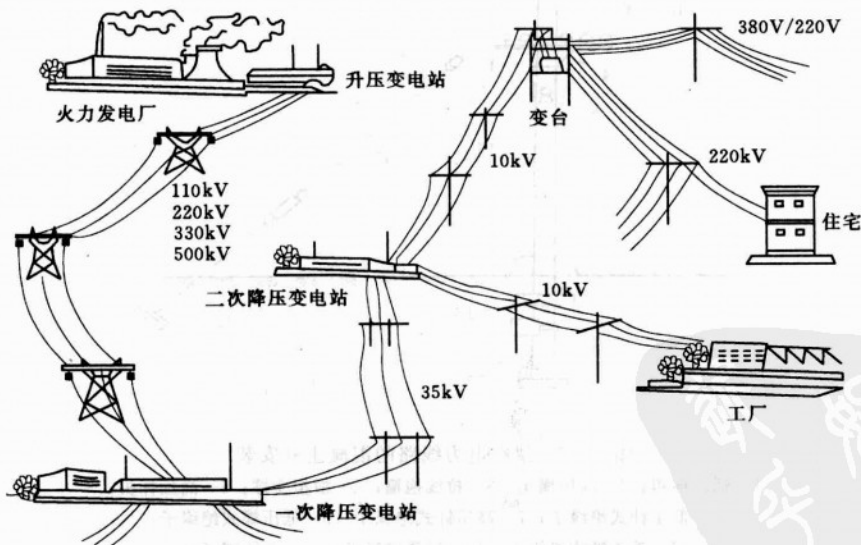


图 1-1 电力系统示意

输电线路和配电线路统称电力线路。电力线路有架空线路和电缆线路两种。架空电力线路和电缆线路相比，具有成本低、投资少、安装容易、维护、检修方便、易于发现和排

表 1-1 各级电压输、配电线路
的送电能力和距离

线路电压 (kV)	送电能力 (MW)	送电距离 (km)
0.4	0.1 以下	0.6 以下
6	0.1~1.2	4~15
10	0.2~2.0	6~20
35	2.0~10	20~50
60	10~40	50~100
110	10~80	50~150
220	100~500	100~300
330	200~700	200~500
500	300~1200	200~800

注 1MW=1000kW。

点等的低压输配电线路大都采用架空电力线路。如图 1-2 所示。

除故障等优点。由于架空电力线路具有明显的优越性，所以国内外广泛地采用架空输电线路送电，而很少采用电力电缆送电。但是，由于架空电力线路直接暴露在大自然环境中，长期要承受雷电、风、雪、雨、大气污染等侵袭以及外力的破坏，发生事故的几率较电力电缆线路高。因此，线路的设计、施工、安装必须符合有关标准的要求，并在运行过程中加强维护巡视，提高电力线路的安全可靠程度，充分发挥架空电力线路的优越性。各电压等级输、配电线路的送电能力和距离大致如表 1-1 所示。

架空电力线路的造价低、架设简便、取材方便、便于检修，所以得到了广泛采用。目前，工厂、学校、建筑工地、机关单位以至由公用变压器供电的城市小区、乡镇居民

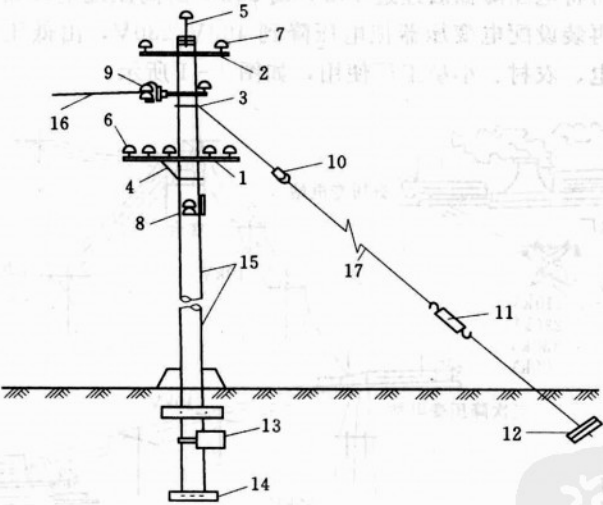


图 1-2 架空电力线路的混凝土杆安装

- 1—低压横担；2—高压横担；3—拉线抱箍；4—横担支撑；5—高压杆头；
- 6—低压针式绝缘子；7—高压针式绝缘子；8—低压蝶式绝缘子；
- 9—悬式蝶式绝缘子；10—拉紧绝缘子；11—花篮螺丝；
- 12—地锚（拉线盘）；13—卡盘；14—底盘；
- 15—混凝土杆；16—导线；17—拉线

第二节 架空电力线路结构

架空线路主要是由混凝土杆、导线、横担、拉线、绝缘子和金具等所组成。

一、导线的种类及选用

1. 导线的种类

常用的架空导线有钢芯铝绞线、铝绞线、铜绞线和钢绞线等，有时也采用绝缘导线。

(1) 钢芯铝绞线 (LGJ)。钢芯铝绞线是用钢线和铝线绞合而成，其内部几股是钢线，外部几股是铝线。导线上所受的力主要由钢线承担，而导线中的电流绝大部分是从铝线中通过。

(2) 铝绞线 (LJ)。铝绞线的机械强度比钢芯铝绞线小，一般用于 35kV 以下的架空线路上，混凝土杆间距不超过 100~150m。

(3) 铜绞线 (TJ)。铜绞线的机械强度高，导电性能好，抗腐蚀性能强，但因铜较贵重，应节约使用。

(4) 钢绞线 (GJ)。钢绞线的机械强度大，导电性能次于铜和铝，易氧化生锈，仅用于小于小功率架空线路中，常用作接地装置的地线。

2. 导线的选用

在选用架空线路的导线时，首先必须进行外观检查，检查导线是否有无松股、交叉、折叠、硬弯、断裂及破损等，然后再检查有无严重腐蚀现象。对钢绞线还要检查其表面镀锌是否完好，是否有断股现象。

二、混凝土杆的种类及选用

混凝土杆是架空线路重要组成部分，是架空导线的支柱。混凝土杆应具有足够的机械强度，造价要低、使用寿命要长。

1. 混凝土杆的种类

混凝土杆按其材质可分为木杆、金属杆和混凝土杆。

(1) 木杆。木杆的重量轻，施工方便、成本低；但易腐朽，使用年限短（约 5~15 年），而且木材又是重要的建筑材料，一般不宜采用。

(2) 金属杆（铁杆、铁塔）。金属杆较坚固，使用年限长；但消耗钢材多，易生锈腐蚀，造价和维护费用大。金属杆多用于 35kV 及以上的架空线路。

(3) 钢筋混凝土杆（混凝土杆）。混凝土杆经久耐用（约 40~500 年），造价较低；但因笨重，施工费用较高。为节约木材和钢材，混凝土杆是目前使用最广泛的一种。常用的杆型有方型和环型两种，一般架空线路采用环型杆。环型杆又分为锥型杆和等径杆两种。混凝土杆长度一般为 8m、10m、12m 和 15m 等数种。

2. 混凝土杆的结构型式

混凝土杆按其在线路中的作用和地位，可分为六种结构型式。

(1) 直线杆 (又称中间杆)。位于线路的直线段上, 只承受导线的垂直荷重和侧向风力, 不承受沿线方向的导线拉力。

(2) 耐张杆 (又称承力杆)。位于线路直线段上的数根直线杆之间, 或位于有特殊要求的地方 (如架空导线需要分段架设等处)。这种混凝土杆在断线事故和架线中紧线时, 能承受一侧导线的拉力, 所以耐张杆的强度比直线杆要大得多。

(3) 转角杆。用于线路改变方向的地方, 它的结构应根据转角的大小而定。转角杆可以是直线杆型的, 也可以是耐张型的。例如, 直线杆型, 要在拉线不平衡的反方向一面装设拉线。

(4) 终端杆。位于线路的始端与终端。在正常情况下, 除受导线自重和风力外, 还要承受单方向的不平衡拉力。

(5) 跨越杆。用于铁道、河流、道路和电力线路等交叉跨越处的两侧。由于它比普通混凝土杆高、承受力较大, 所以一般要增加人字拉线或十字拉线。

(6) 分支杆。位于干线与分支线相连接处, 在主干线路方向上有直线杆型和耐张杆型两种; 在分支方向侧为耐张杆型, 其能承受分支线路导线的全部拉力。

三、绝缘子的选用

绝缘子用来固定导线, 并使导线对地绝缘。此外, 绝缘子还要承受导线的垂直荷重和水平拉力, 所以它应有良好的电气绝缘性能和足够的机械强度。低压架空线路常用的绝缘子有针式绝缘子、蝶式绝缘子和拉紧绝缘子。

(1) 针式绝缘子分为高压和低压两种。高压针式绝缘子用于 3kV、6kV、10kV、35kV 上; 低压针式绝缘子用于 1kV 以下的线路上。针式绝缘子按针脚的长短分为长脚和短脚两种; 长脚的用在木横担上; 短脚的用在铁横担上。

(2) 蝶式绝缘子分为高压和低压两种。高压蝶式绝缘子用于 3kV、6kV、10kV 线路上; 低压蝶式绝缘子用于 1kV 以下线路中, 一般组装在耐张杆上。

(3) 拉紧绝缘子用于架空线路混凝土杆的拉线中。

四、线路金具

在敷设架空线路中, 横担的组装、绝缘子的安装、导线的架设以及混凝土杆拉线的制作等都需要一些金属附件, 这些金属附件统称线路金具。

1. 常用线路金具

线路金具主要用于架空电力线路可将绝缘子和导线悬挂或拉紧在杆塔上, 或用于导线、地线的连接、防振及拉线的紧固于调整等。线路常用的金具大概有以下几种:

(1) 针式绝缘子的直脚和弯脚。

(2) 蝶式绝缘子的穿心螺钉。

(3) 悬式绝缘子的挂环、挂板、线夹。

(4) 横担固定在混凝土杆上用的 U 型抱箍。

(5) 调节拉线松紧的花篮螺栓、拉线心形环。

(6) 线路用的螺栓、垫铁、支撑、线夹、夹板、钳接管等。

2. 线路金具的选用

线路金具要和其他部件配套使用。线路金具在使用前均应进行外观检查，其内容和要求如下：

(1) 表面应光洁，不应有裂缝、毛刺、飞边、沙眼、气泡等缺陷。

(2) 线夹船底压板与导线接触面应光滑、平整。

(3) 悬垂线夹以回转轴为中心，能自由转动 45° 以上。

(4) 镀锌层应完整无缺，遇有镀层剥落时，应先除锈，然后补刷防锈漆及油漆。

五、拉线的种类及选用

架空线路的混凝土杆在架线以后，会发生受力不平衡的现象，因此必须用拉线稳固混凝土杆。此外，当线路的埋设基础不牢固时，也常使用拉线来补强；当负荷超过混凝土杆的安全强度时，也常用拉线来减少其弯曲力矩。拉线按用途和结构可分为以下几种：

(1) 普通拉线（又称尽头拉线）用于线路的耐张终端杆、转角杆和分支杆，主要的作用为拉力平衡。

(2) 转角拉线用于转角杆，主要的作用为拉力平衡。

(3) 人字拉线（又称两侧拉线）用于基础不牢固和交叉跨越加高杆或较长的耐张段（两根耐张杆之间）中间的直线杆上，主要作用是在狂风暴雨时保持混凝土杆平衡，以免倒杆、断杆。

(4) 高桩拉线（又称水平拉线）用于跨越道路、渠道和交通要道处，高桩拉线应保持一定的高度，以免妨碍交通。

(5) 自身拉线（又称弓形拉线）用于防止混凝土杆受力不平衡或防止混凝土杆弯曲，因地形限制不能安装普通拉线时，可采用自身拉线。

第三节 架空电力线路的杆塔种类

杆塔是导线的支持物，对杆塔的要求主要是要有足够的机械强度、经久耐用、造价低，便于运输和架设。现在使用的大多为混凝土杆、铁塔。

1. 混凝土杆（水泥杆）

水泥杆有结构简单、可用机械化大量生产、耗钢材少、耐腐蚀等优点，是目前应用最广泛的一种混凝土杆。从制造方式上可分为预应力混凝土杆和非预应力混凝土杆。从形状上可分为环形截面等径混凝土杆和环形锥形混凝土杆（俗称拔梢杆）。配电线路上通常都采用拔梢杆，杆长有 7m、8m、9m、10m、11m、12m、13m、15m 等。输电线路路上常采用的拔梢杆有 18m、21m、24m 等，常用的等径混凝土杆，有不同的长度，可根据需要的高度在施工现场组装成整根混凝土杆。

2. 铁塔

铁塔是由角钢用螺栓连接或焊接、铆接而成，形状和种类很多。铁塔的缺点是结构比较复杂、建铁塔钢材耗用量大，而且还需要基础进行安装，建造价格高，施工安装难度大；优点是坚固耐用，使用期限长。通常用在大档距的输电线路路上。

架空电力线路选择杆型，首先应满足电气条件的要求（如电压等级、单回线、双回线等），同时应使结构安全可靠、经济合理、制作和施工简便。

架空电力线路上的杆塔按其在线路中的作用和所处的位置不同分为直线杆、耐张杆（或称承力杆）、转角杆、分支杆、终端杆和特种杆等。

（1）直线杆。直线杆又称中间杆，用于线路的直线段，分布在两个耐张杆之间，是线路上数量最多的一种杆型，约占 80%。直线杆只承受垂直荷重（导线、绝缘子、金具和覆冰重量）和水平（侧向）风压，不能承受线路方向的拉力。配电线路直线塔一般选用单柱式，如图 1-3 所示。输电线路直线杆有单柱式、门型杆、A 字型双杆、铁塔，如图 1-4~图 1-12 所示。

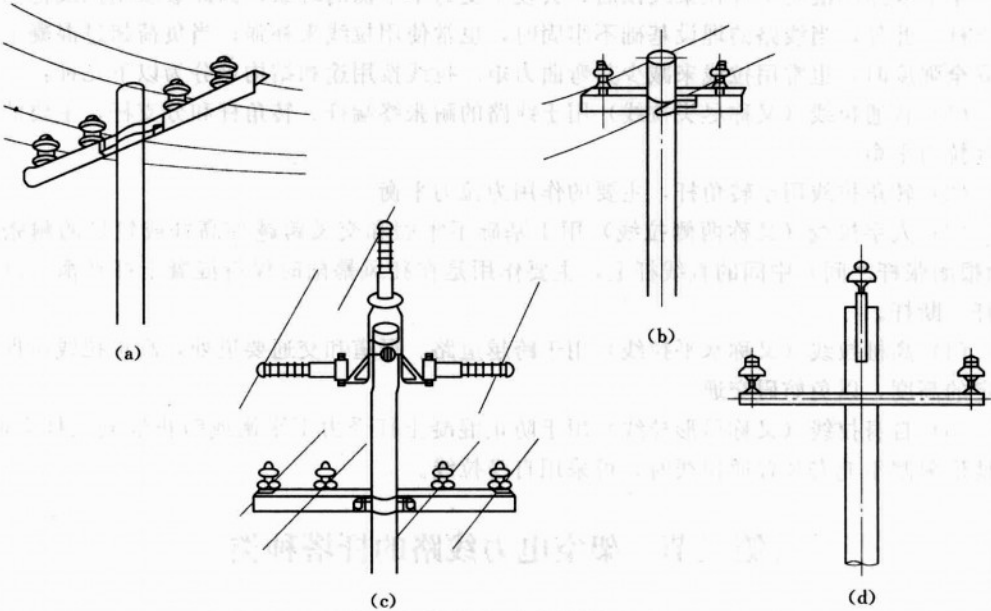


图 1-3 配电线路直线杆

(a) 三相四线线路；(b) 单相两线线路；(c) 高低压同杆架设线路；(d) 高压线路

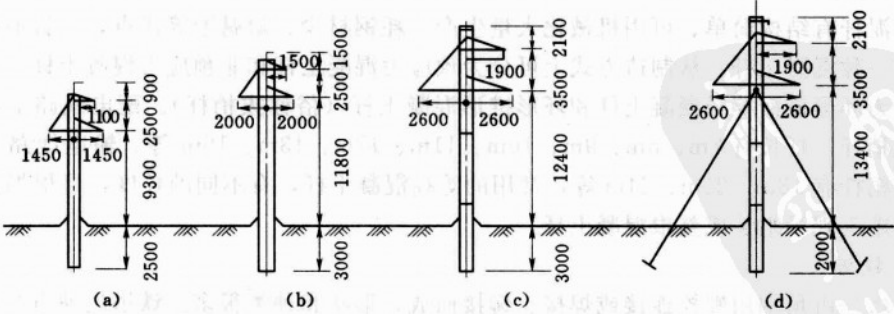


图 1-4 35~110kV 钢筋混凝土直线单杆（单位：mm）

(a) 35kV 单杆；(b) 66kV 单杆；(c) 110kV 单杆；(d) 带拉线单杆

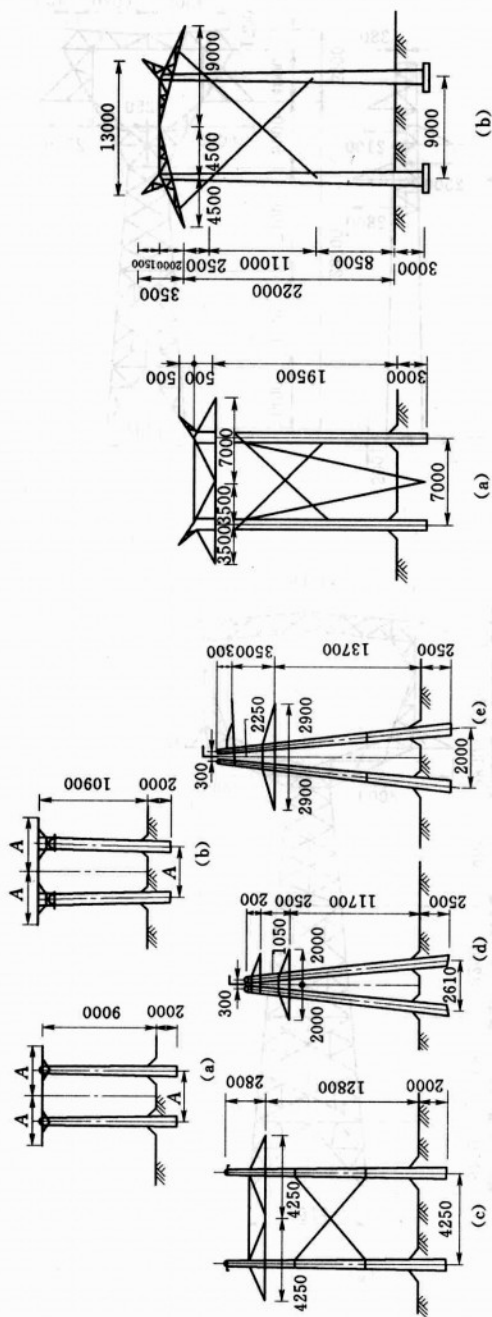


图 1-5 35 ~ 110kV 钢筋混凝土直线双杆

(a)、(b) 不带避雷线的 35 ~ 66kV 门型双杆；(c) 带门梁的门型双杆；
(d)、(e) 66 ~ 110kV A 字型双杆

图 1-6 带叉梁的 220 ~ 330kV 钢筋混凝土直线杆

(a) 220kV 直线杆；(b) 330kV 直线杆

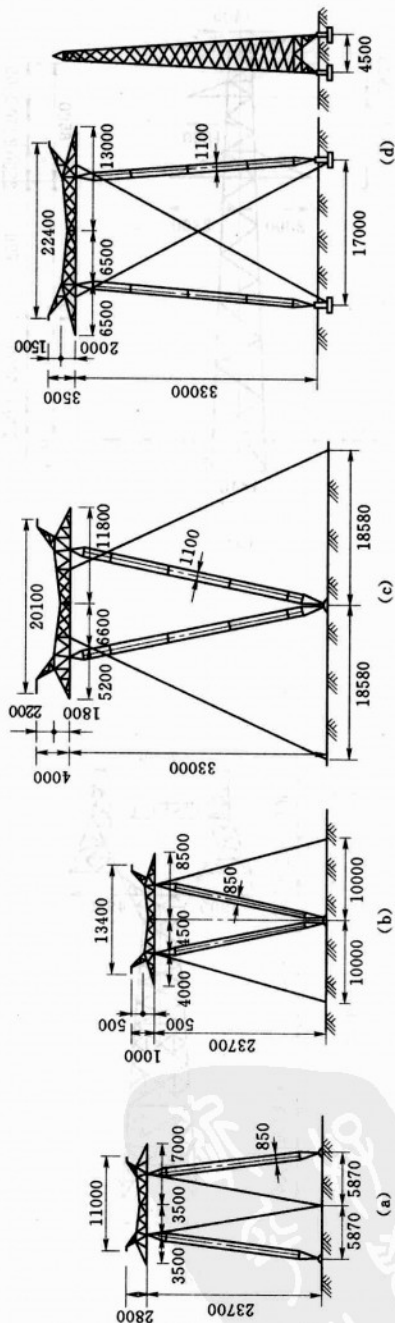


图 1-7 导线呈水平排列的拉线铁塔

(a) 220kV 门型拉线塔；(b) 220kV U 型拉线塔；(c) 500kV 拉线塔；(d) 500kV 内拉线门型塔

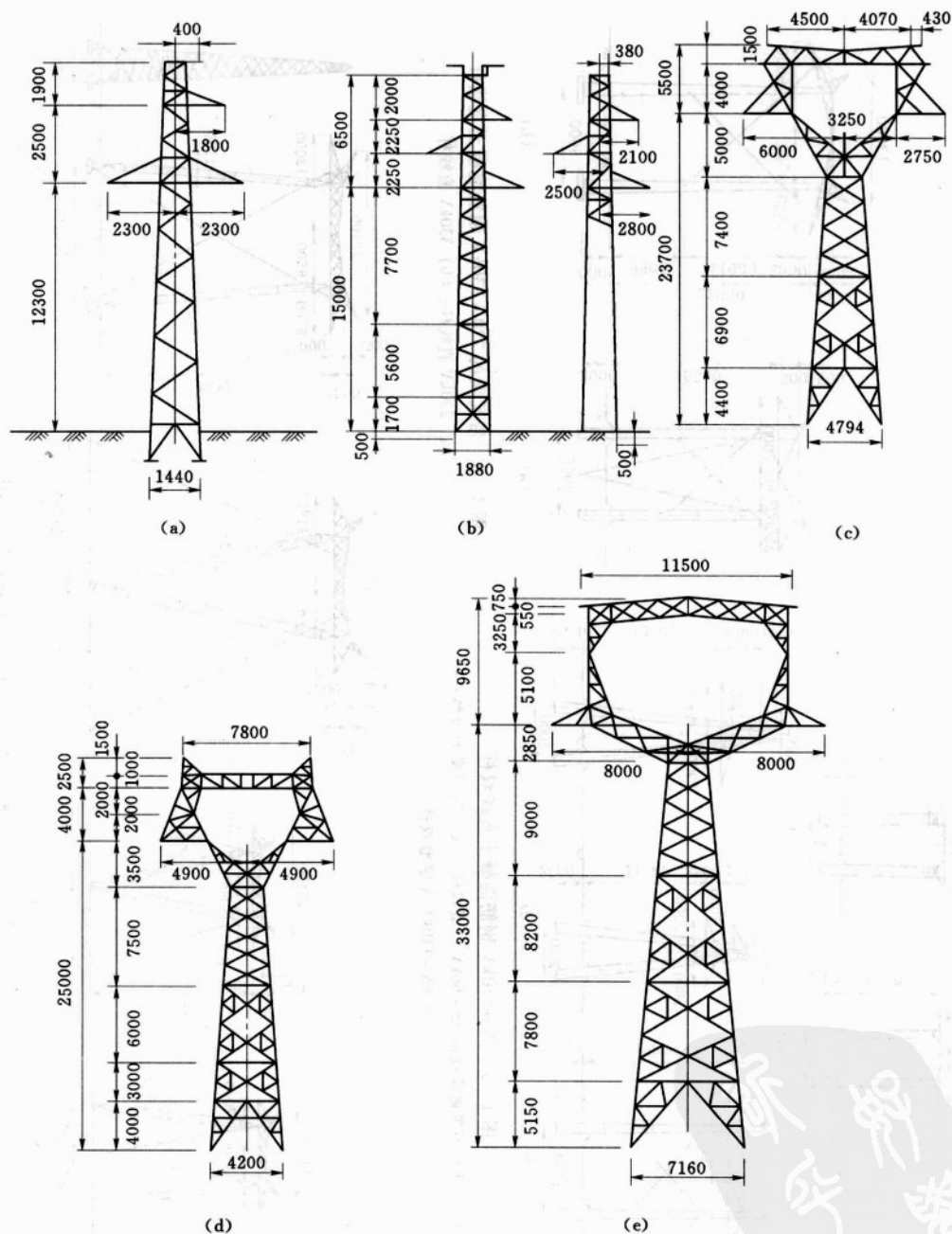


图 1-8 导线呈三角形排列的自立式铁塔 (单位: mm)
(a) 上字型; (b) 鸟骨型; (c)、(d) 猫头型; (e) 500kV 猫头型

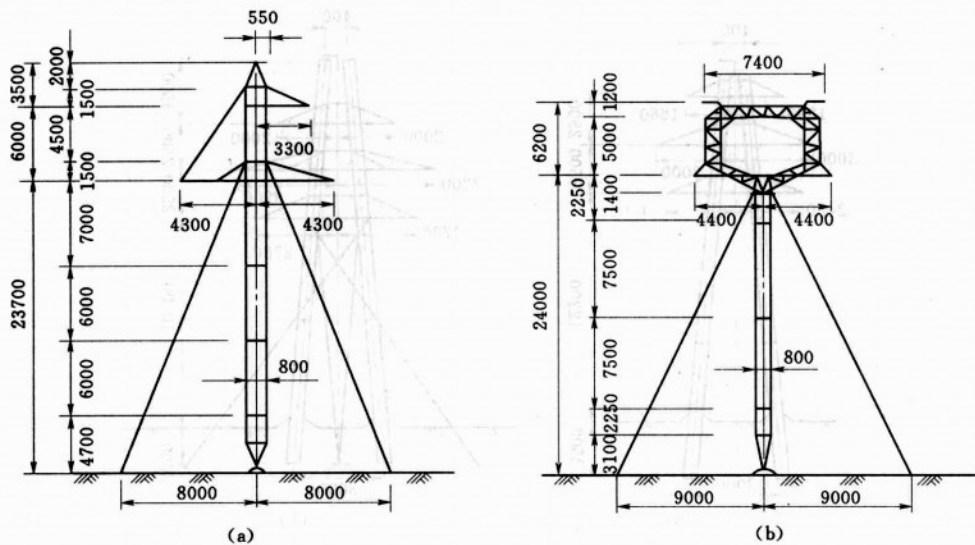


图 1-9 导线呈三角排列的拉线铁塔 (单位: mm)
(a) 220kV 上字型拉线塔; (b) 220kV 猫头型拉线塔

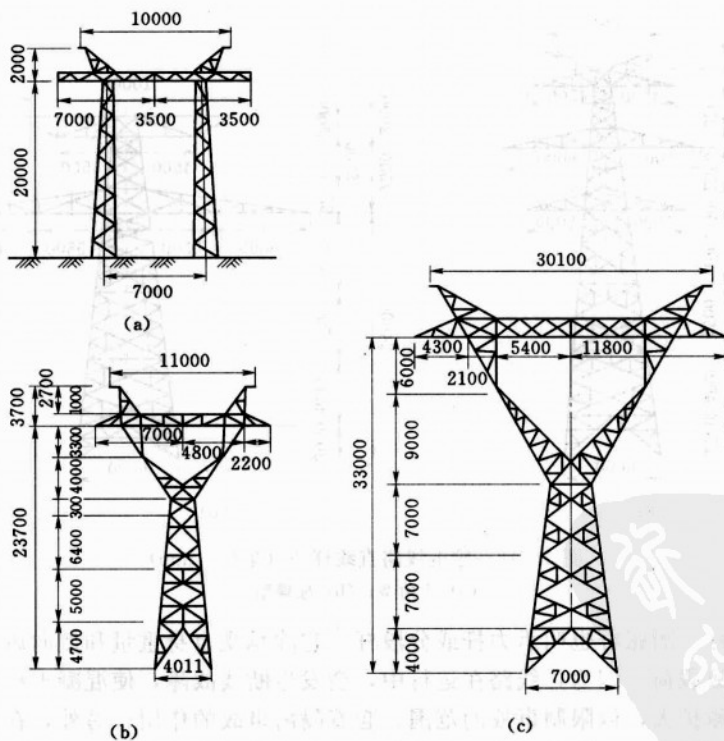


图 1-10 导线呈水平排列的自立式铁塔 (单位: mm)
(a) 门型; (b) 220kV 酒杯型; (c) 500kV 酒杯型

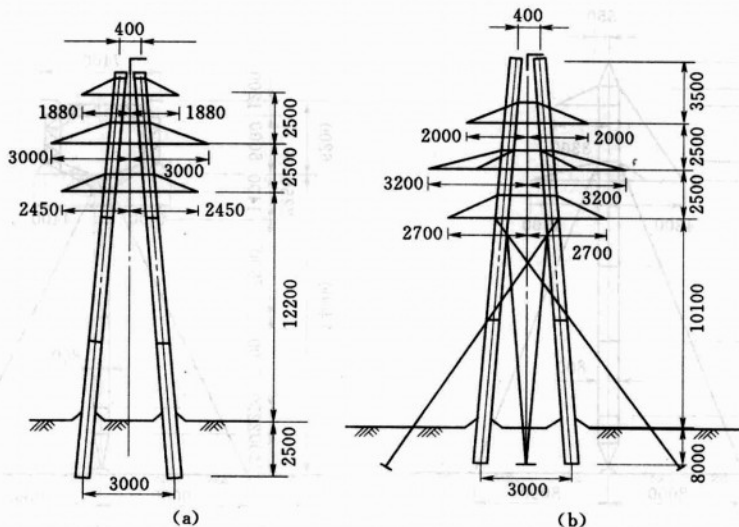


图 1-11 35~110kV 双回线路直线杆 (单位: mm)

(a) 不带拉线的 A 字型双杆; (b) 带交叉拉线的 A 字型双杆

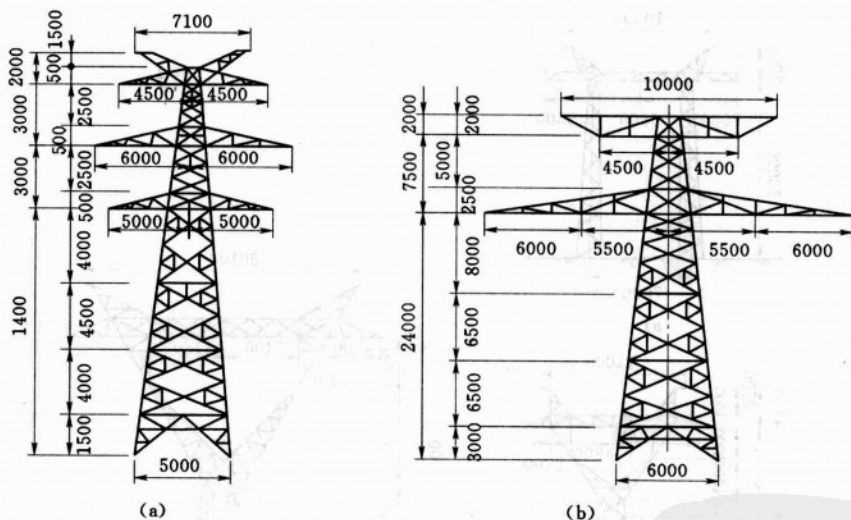


图 1-12 输电线路直线杆塔 (单位: mm)

(a) 六角型; (b) 蝴蝶型

(2) 耐张杆。耐张杆也叫承力杆或分段杆。它除承受自身重量和侧向风力之外, 还要承受较大的事故载荷。因为, 线路在运行中, 会发生断线故障, 使混凝土杆承受不平衡拉力。为防止故障扩大, 以限制事故的范围。起着隔离事故的作用; 另外, 在施工安装导线的过程中, 它要作为施工紧线的支柱, 承受较大的安装荷载, 两个耐张杆之间的距离, 称为耐张段或耐张档距。配电线路的耐张杆一般选用单柱拉线式, 在特殊情况下, 如城市配电网不便加装拉线, 可用铁塔, 如图 1-13~图 1-15 所示。配电线路有单杆拉线 (主要

用于 35kV 线路)、门型拉线杆、铁塔, 如图 1-16 所示。

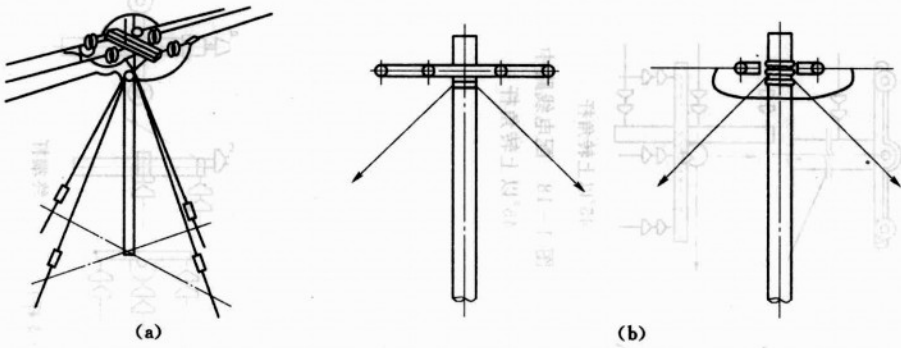


图 1-13 配电线路耐张杆
(a) 高压耐张杆; (b) 低压耐张杆

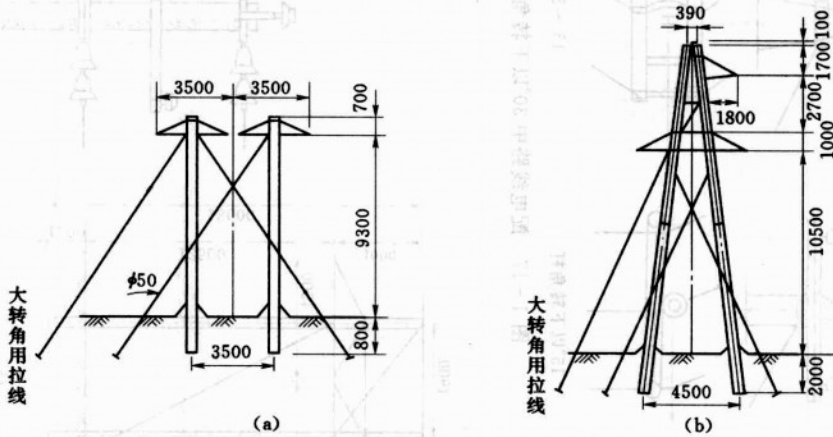


图 1-14 35~110kV 单回路承力杆 (单位: mm)
(a) 门型承力杆; (b) A 字型承力杆

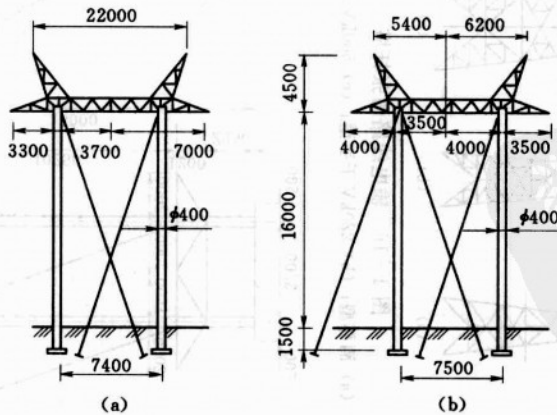


图 1-15 220kV 单回路承力杆 (单位: mm)
(a) 耐张杆; (b) 5°~30°转角杆