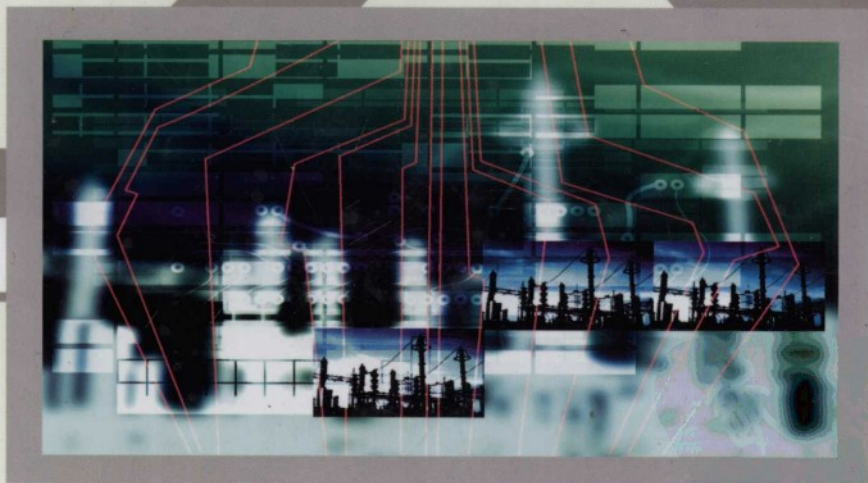


最新电力系统系列丛书

# 最新供配电工程

## 设计施工技术与质量验收标准

### 实用手册



◎ 主 编：王文清

安徽文化音像出版社

封面设计: 北京形动设计工作室

ISBN 7-88413-254-0



9 787884 132546 >



ISRC CN-E27-04-519-02/V·T7

定价: 798.00 元 (1CD+ 配套手册三卷)

# 最新供配电工程设计施工技术与 质量验收标准实用手册

主 编：王文清

中 卷

12



# 第一章 架空线路的施工技术

## 第一节 架空线路的构成

### 一、概 述

架空电力线路根据输送电能的多少和输送距离的远近,采用不同的电压等级,因此,可分为送电线路和配电线路。目前,我们国家新的规定 35 ~ 110kV 线路为高压配电线路;3 ~ 10kV 为中压配电线路;220V/380V 为低压配电线路。但考虑到多年来国内多数地区把 35 ~ 110kV 线路称为送电线路;3 ~ 10kV 称为高压配电线路;而 220V/380V 称为低压配电线路(部颁规程也如此称谓)已经习惯了。特别是对于广大城镇(农村)工矿企业供电电压的实际情况来说这种称谓更为方便,便于学习和运用。所以本书仍然沿用旧规定,即:35 ~ 110kV 为送电线路;3 ~ 10kV 为高压配电线路;220V/380V 为低压配电线路。

对于从事线路工作的城镇(农村)工矿企业的初级电工,首先应熟悉和掌握架空电力线路的结构知识,对其主要元件的名称、作用、规范、性能等有关知识有所了解是学好本教材的基础,是做好线路工作的必备知识。本章将简要地介绍架空电力线路的构成情况。

架空线路的构成元件主要有导线、避雷线、绝缘子、杆塔、基础、拉线、横担、金具和接地装置等。它们的作用是:

- (1)导线用来传输电流、输送电能。
- (2)避雷线是把雷电流引入大地,以保护线路免遭大气过电压的破坏。
- (3)杆塔用来支持导线、避雷线,并使导线和导线间、导线与避雷线间、导线和杆塔间以及导线和大地、公路、铁路、通信线等被跨越物之间,保持一定的安全距离。
- (4)绝缘子是用来使导线和杆塔之间保持绝缘状态的元件。
- (5)金具是用来连接导线、避雷线,将导线固定在绝缘子上,以及将绝缘子固定在杆塔上等的金属元件。

### 二、架空线路的主要结构

#### (一)杆塔及横担

架空电力线路的杆塔是支承导线(包括避雷线)并使它们之间以及与大地之间保持一定距离的构件,是架空电力线路最主要的设备之一。杆塔的材料结构有钢筋混凝土结构、钢结构、还有木结构的,目前大量应用的是钢筋混凝土结构和钢结构的。木结构杆塔除少数地区采用

外已很少用了。通常,称钢筋混凝土结构和木结构的杆塔为杆,而钢结构的称为塔。不带拉线的杆塔称为自立式杆塔,带拉线的称为拉线杆塔。杆塔种类繁多,本小节对杆塔的分类、型号及横担种类等内容向读者作简要的介绍。

### 1. 杆塔分类

按在线路中的用途和功能可分为直线、耐张、转角、终端、换位和跨越六种。各种杆塔的作用见表 3-1-1。

表 3-1-1 杆塔按用途和功能分类

分类名称	用途和功能
直线杆塔	支承导线(包括避雷线)的重力及作用于它们上面的风力。导线在直线杆塔处不开断,杆塔中心处在在线路呈直线的线段中。直线杆塔的作用仅是悬挂并支承导线(包括避雷线)
耐张杆塔	除支承导线和避雷线的重力和风力外,还承受导线、避雷线的张力。导线在这种杆塔处一般开断(也有不开断的),杆塔中心处在呈直线的线段中。当耐张杆塔前后有倒杆断线时耐张杆应能耐住断线张力而不倒杆塔。而相邻耐张杆塔之间的线路距离叫一个耐张段
转角杆塔	支承导线(包括避雷线)张力,使线路改变走向形成转角的杆塔。该转角如为耐张型(一般转角在 5°以上)则称为转角耐张杆塔
终端杆塔	线路起始或终止的杆塔,一般设在发电厂或变电站的进出线架构前,一侧是线路导线,另一侧则与进出线架构相连
换位杆塔	用来改变线路中三相导线相互位置的。此种杆塔可为直线亦可为转角或耐张杆塔
跨越杆塔	跨越江河、湖泊的杆塔。一般杆塔都较高。此种杆塔可为直线亦可为转角或耐张杆塔

还有一种叫分支杆塔。是线路有分支线时采用,此种杆在高低压配电线路常有。主干线杆可为直线杆,也可为耐张杆。

### 2. 杆塔型式

按不同的结构型式,铁塔可分为酒杯型、猫头型、干字型、克里米亚型等。钢筋混凝土杆可分为上字型、单柱型、门型等 3 种主要型式。按回路又可分为单回路杆塔、双回路杆塔、多回路杆塔等。各种常用杆塔型式及杆顶组装图见图 3-1-1~图 3-1-4。

### 3. 杆塔表示符号 Z

一般由杆塔类别、型式等代表字母组成,如:

Z—直线杆塔;J—转角杆塔;K—跨越杆塔;H—换位杆塔;N—耐张杆塔;D—终端杆塔;

F—分支杆塔。

表示杆塔型状的字母代号有:

S—上字型;G—鼓型;A—A 型;M—门型。

符号表示举例:ZM4—直线门型杆,4 为设计序号;JM21—转角门型杆,21 为设计序号。

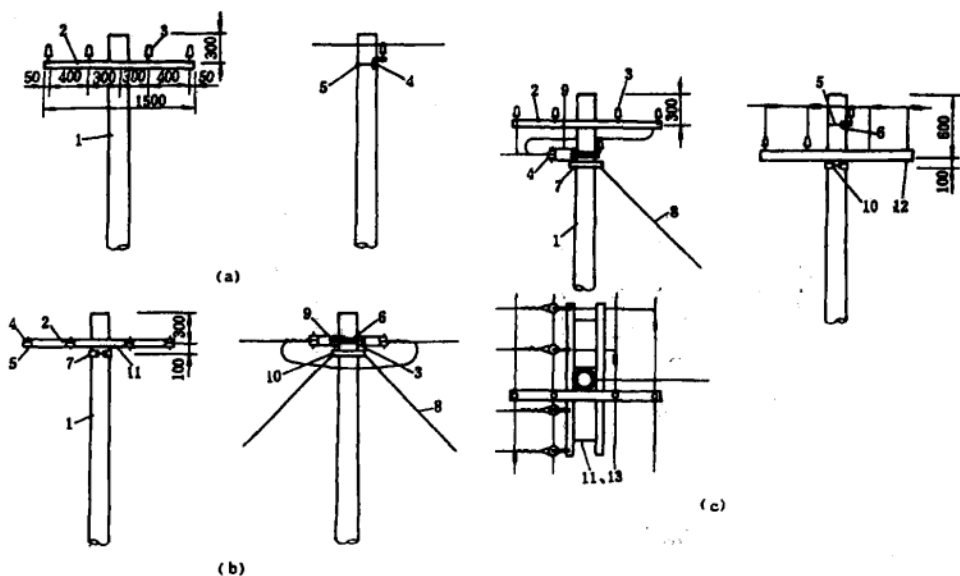


图 3-1-1 低压线路杆塔型式及杆顶组装图(一)

(a)低压直线杆杆顶组装图;(b)低压耐张杆杆顶组装图;(c)低压丁字分支杆杆顶组装图

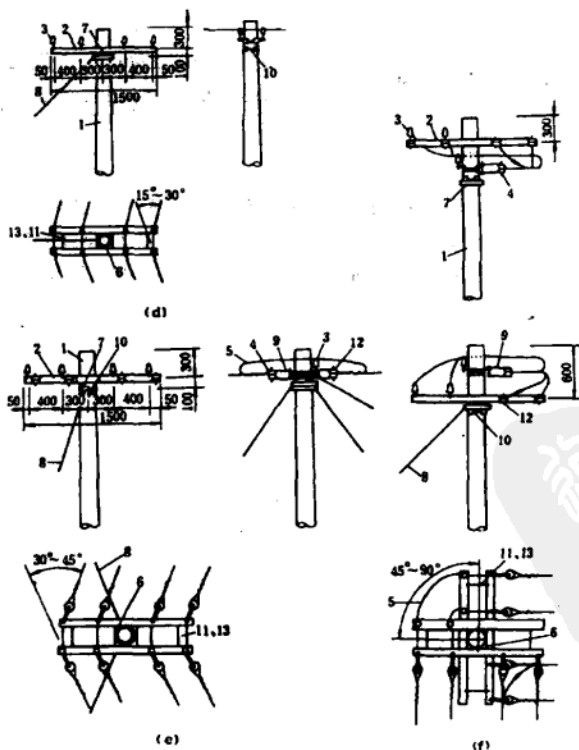


图 3-1-1 低压线路杆塔型式及杆顶组装图(二)

(d)低压转角杆(15°~30°)杆顶组装图;(e)低压转角杆(30°~45°)杆顶组装图;(f)低压转角杆杆顶(45°~90°)杆顶组装图

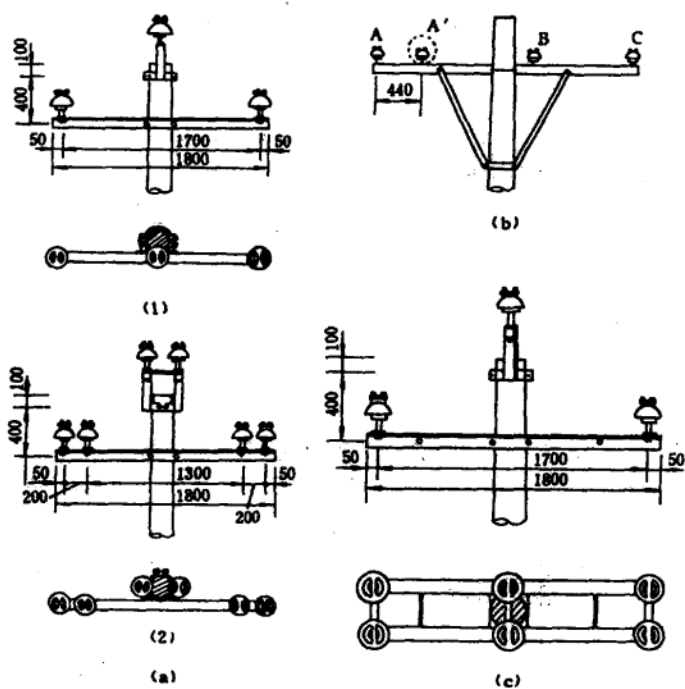


图 3-1-2 6-10kV 常用杆塔型式及杆顶组装图(一)

(a)(1)10(6)kV 直线杆杆顶三角排列组装图,(2)10(6)kV 轻承力

杆杆顶三角排列组装图;(b)10(6)kV 杆顶水平排列组装图;

(c)10(6)kV 转角杆(30°以下)杆顶组装图



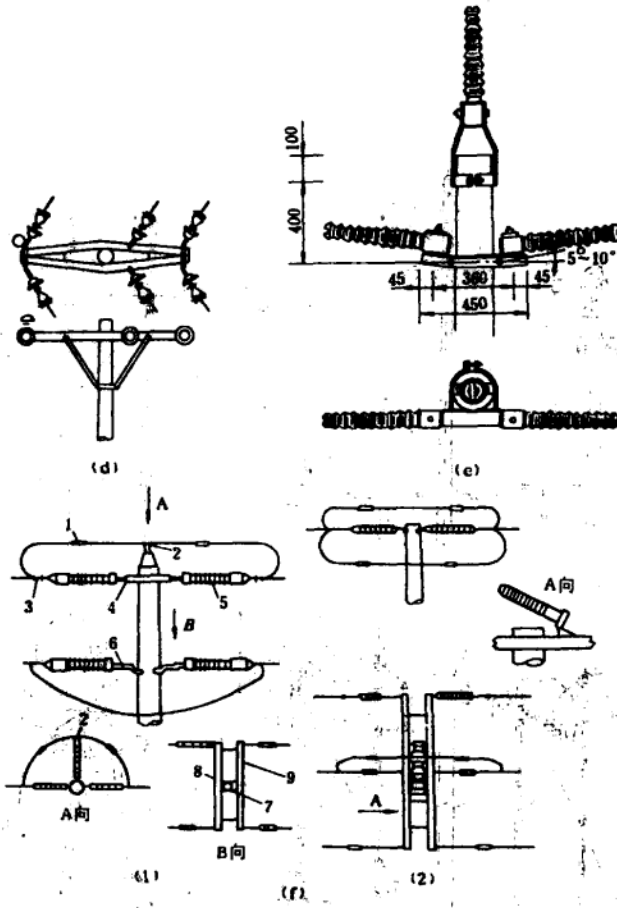


图 3-1-2 6~10kV 常用杆塔型式及杆顶组装图(二)

(d)单回水平排列 35°转角杆的杆头布置;(e)10(6)kV三角排列单回瓷横担直线杆杆顶组装图;(f)(1)边相瓷拉棒固定,(2)水平排列时瓷拉棒固定

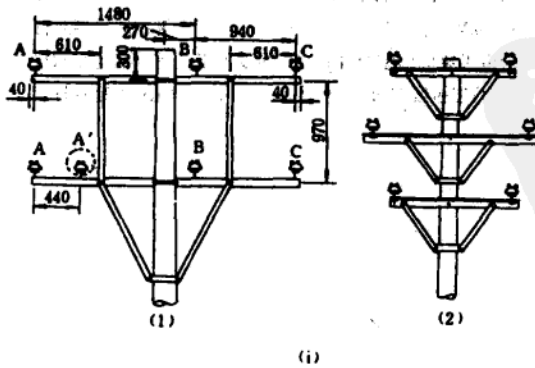


图 3-1-2 6~10kV 常用杆塔型式及杆顶组装图(三)

(i)(1)双回水平排列,(2)双回垂直排列



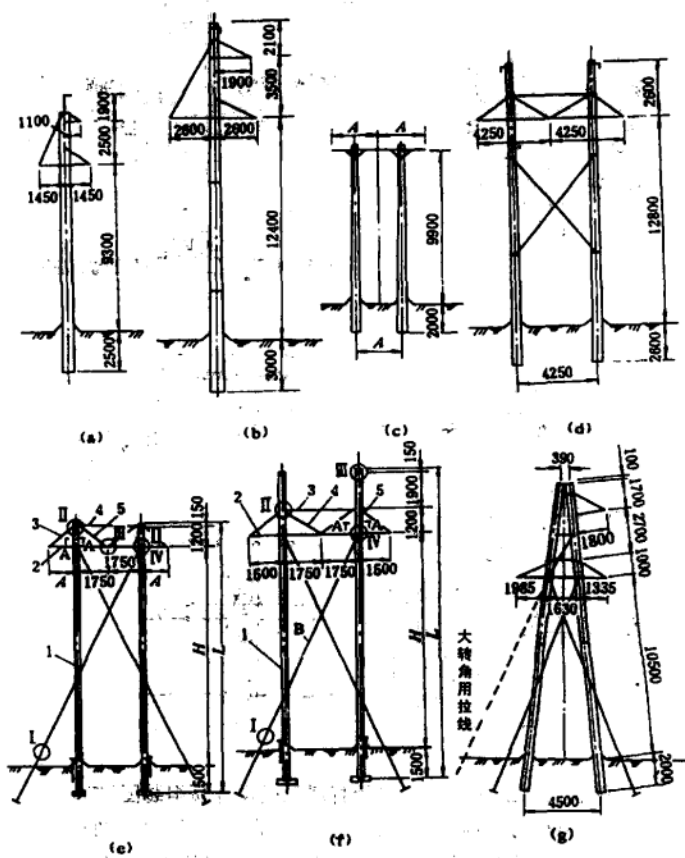


图 3-1-3 常用 35~110kV 钢筋混凝土杆塔型式图

(a)35kV 单杆;(b)110kV 单杆;(c)不带避雷线的门型双杆;  
 (d)带叉梁的门型双杆;(e)带拉线不带避雷线的门型双杆;  
 (f)带拉线有避雷线的门型双杆;(g)110kV A 型双杆



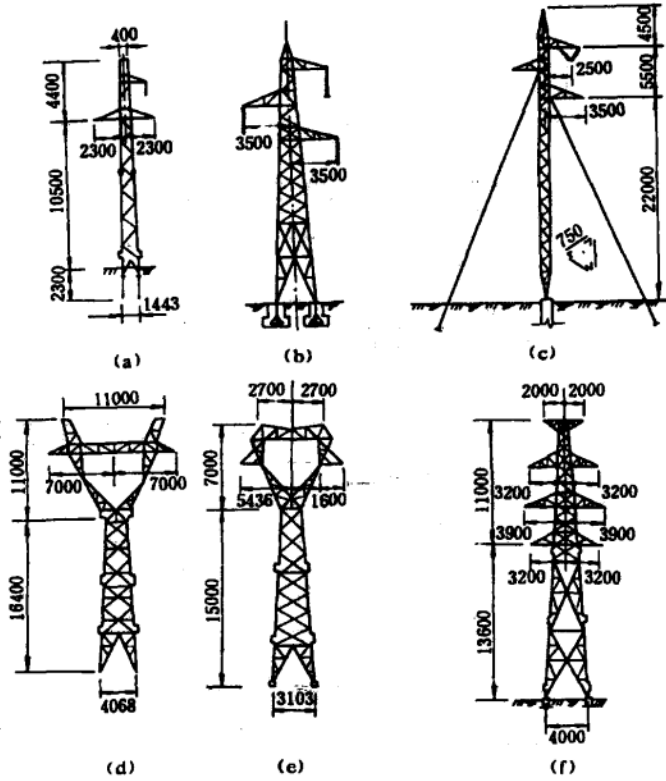


图 3-1-4 常用 35~110kV 铁塔塔型

(a)上字型;(b)三角型;(c)三角型带拉线;  
(d)酒杯型;(e)猫头型;(f)鼓型(双回路)

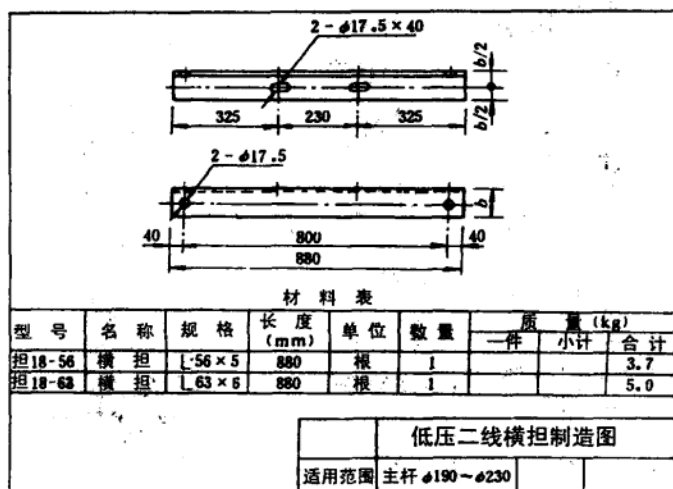
#### 4. 横担

横担是用以安装绝缘子从而支承和悬挂导线的,并使导线间保持一定的距离。因此要求横担除了满足机械强度的要求外,还要有一定的长度和各种尺寸。横担制作的材料有角钢、瓷、木等。目前,钢筋混凝土电杆大多数用角钢横担。部分高压配电线用瓷横担,本横担已很少用。而铁塔、横担属塔的一部分,制造铁塔时已同时制成。图 3-1-5 图 3-1-6 为各类横担外形图。

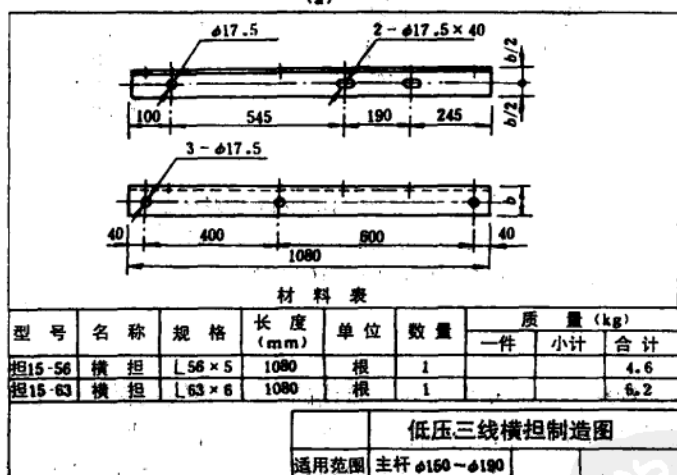
#### (二)基础

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叫基础。杆塔基础起着支承杆塔全部荷载的作用,并保证杆塔在运行中不发生下沉或在受外力作用时不发生倾倒或变形。

杆塔基础多种多样。混凝土杆基础一般由底盘、卡盘和拉线盘组成统称为三盘基础,都是事先预制好的钢筋混凝土构件,使用时运到现场装配。铁塔基础一般有现浇钢筋混凝土基础、预制钢筋混凝土基础、桩式基础、岩石基础、装配式基础等。



(a)



(b)

图 3-1-5 低压横担制造图及尺寸表(一)

(a)低压二线横担制造图;(b)低压三线横担制造图

# 第一章 架空线路的施工技术

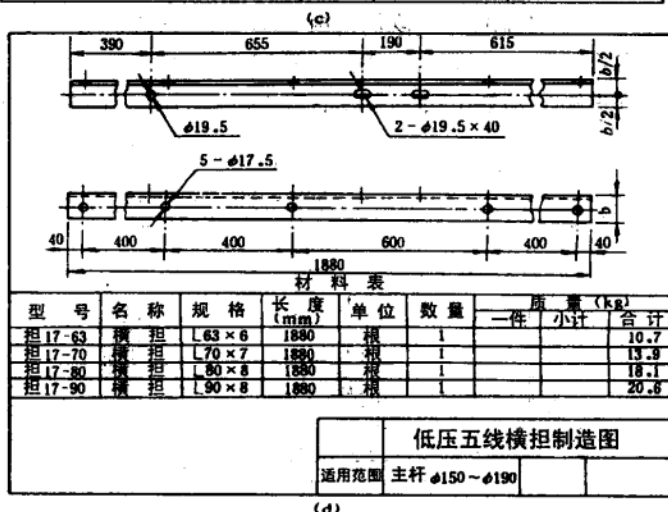
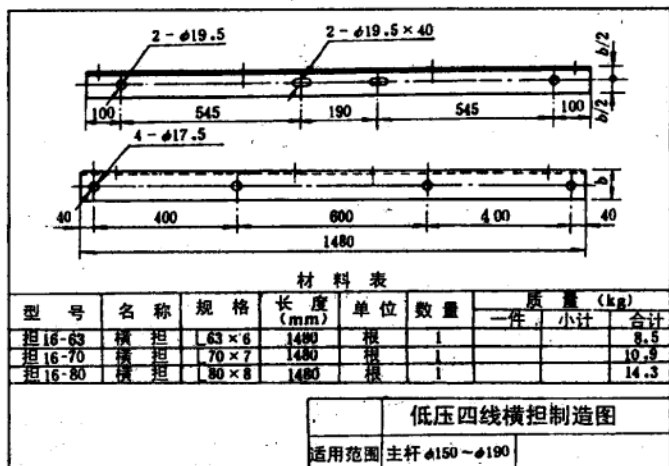


图 3-1-5 低压横担制造图及尺寸表(二)

(c)低压四线横担制造图;(d)低压五线横担制造图

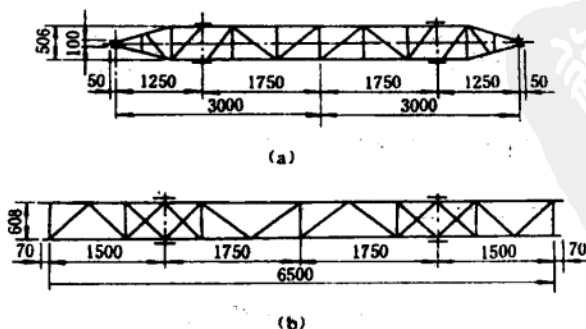


图 3-1-6 35kV 桁架式角钢横担(单线图)

(a)直线式;(b)耐张式

现将常用基础介绍如下。

(1)底盘。底盘的作用是承受混凝土电杆的垂直下压荷载防止电杆下沉。它是由钢筋及混凝土预制而成的。

(2)卡盘。不带拉线的电杆,当电杆倾覆力(使电杆倾倒的力量)较大时,用卡盘增加抵抗的力量。

(3)拉线盘。带拉线的电杆,拉线的下端与埋在土壤中一定深度的拉线盘相连接。以拉线盘的自重及它的兜土量的总合力来承受拉线的上拔力以保持杆塔的平衡。

以上三盘一般在水泥制品厂预制,混凝土标号为 C20(旧号为 200<sup>#</sup>)。

在实际线路工作中,如杆塔基础部分恰好有平整的大块坚石,可做为底盘。对配电线的拉线,较大块的石头也可做拉线盘用,但要保证与拉线下把连接牢固。

(4)现场浇注基础。这种基础是在现场浇注的混凝土和钢筋混凝土基础。这种基础构造简单,能加工成各种尺寸和形状,适用于各种铁塔和各类地质情况。现浇基础的混凝土消耗量大、耗费人工多,还需经养护才能使用。现浇混凝土基础的种类很多,一般有以下几种型式:①地角螺栓式基础;②主角钢插入式基础;③掏挖式基础;④联合基础。

铁塔基础除以上几种外,还有装配式、桩式及岩石基础等。图 3-1-7 为各种基础形状图。

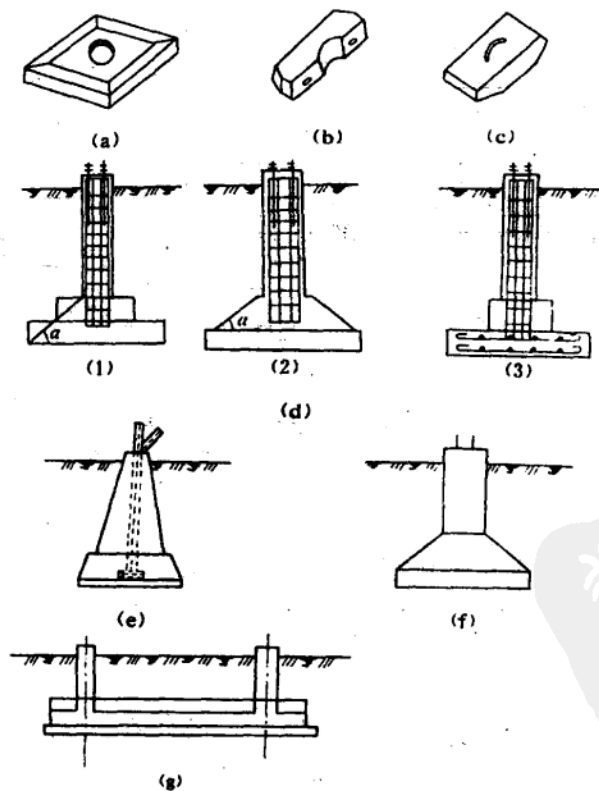


图 3-1-7 常用杆塔基础

(a)底盘;(b)卡盘;(c)拉线盘;(d)地脚螺栓式基础:(1)阶梯式,  
(2)斜坡式,(3)底盘配筋;(e)主角钢插入式基础;(f)掏挖式基础;(g)联合式基础

### (三) 导线与避雷线

导线、避雷线是架空电力线路构成的主要元件。导线的作用是传输电能,因为是载流导体,所以要求导线应具有良好的导电性能、电阻率要小、抗氧化、抗腐蚀的能力要强。导线是架空悬挂在杆塔上的,所以要有足够的机械强度。本节就导线、避雷线的材料、种类、型号、选用条件方面做简要介绍。

#### 1. 导线的材料

导线的制造材料有铝、铝合金、铜、钢等。这些材料中铜具有导电性能好、电阻率低、机械强度高等优点。

但我国铜的储量、产量都比较少,工业用途广泛,因而价格昂贵,目前在架空线路上已很少采用。

铝的导电性能也很好。铝的电阻率虽然大于铜,但由于铝的比重小(不到铜的 1/3)所以在同样长度,同样重量的导线上铝导线的电阻却比铜导线小。铝导线也有较强的抗氧化的能力,更重要的是铝的资源丰富、价格低廉,所以广泛用于架空线路上。但是铝线的机械强度低,耐酸、碱和盐的能力差,是其缺点。

铝合金导线是在铝中加入少量的镁、硅、铁等成分制成的合金导线。铝合金导线的机械强度比铝线高,但导电率稍低,抗氧化、抗腐蚀能力和铝线差不多。由于其价格较高,目前使用较少。

以钢绞线作为导线的是在一些特殊地段如大跨越档距时使用,因其具有很高的机械强度。但其电阻率高、抗腐蚀能力差,一般不作导线用。

#### 2. 导线的种类

架空线路导线从结构上说可分三大类:单股导线、多股绞线和复合材料多股绞线。

单股导线直径最大不超过 6mm,截面积一般在  $10\text{mm}^2$  及以下。架空线路上不允许采用单股铝导线。

多股导线由多股细导线绞合而成。多层多股绞线相邻两层间的绞向相反。多股导线的优点是机械强度高、柔韧易弯曲,制造、运输、施工、安装、运行维护都方便。

复合材料多股绞线是指两种材料的多股绞线。其中钢芯铝绞线是目前应用最广泛、综合性能最好的一种。它是以钢绞线为线芯,外面再绞上多股铝线。它既利用了铝线的良好导电性能,又利用了钢绞线的高机械强度,使其达到了良好的电气性能和机械性能。

另一种复合材料多股绞线是在每一股钢芯外面包上铝(钢包铝)再把钢包铝股线绞制而成,也是利用了两种材料的优点,但制造工艺较复杂,目前很少应用。

#### 3. 导线的规格型号

架空导线的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。

用汉语拼音的第一个字母代表导线的材料和结构:

L—铝导线;T—铜导线;G—钢导线;LGJ—钢芯铝绞线;后面加字母 J—多股绞线,不加字母 J 表示单股导线,字母后面的数字表示导线的标称截面,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,斜线下面为钢芯的标称截面(旧资料只标铝线截面)。

导线型号表示法举例见表 3-1-2。

### 第三篇 供配电工程施工技术

表 3-1-2 导线型号表示方法举例

导线种类	代表符号	导线型号举例及型号含义
单股铝线	L	L-10 标称截面 $10\text{mm}^2$ 的单股铝线
多股铝绞线	LJ	LJ-16 标称截面 $16\text{mm}^2$ 的多股铝绞线
钢芯铝绞线	LGJ	LGJ-35/6, 铝线部分标称截面为 $35\text{mm}^2$ 、钢芯标称截面为 $6\text{mm}^2$ 的钢芯铝绞线
单股铜线	T	T-6 标称截面 $6\text{mm}^2$ 的单股铜线
多股铜绞线	TJ	TJ-50 标称截面 $50\text{mm}^2$ 的多股铜绞线
钢绞线	GJ	GJ-25 标称截面 $25\text{mm}^2$ 的钢绞线

常用铝绞线、钢芯铝绞线规格见表 3-1-3、表 3-1-4。

表 3-1-3 铝绞线(LJ)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 (mm)	计算直径 (mm)	直流电阻 ( $20^\circ\text{C}$ ) ( $\Omega/\text{km}$ )	拉断力 (N)	计算重量 ( $\text{kg}/\text{km}$ )	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	3000
35	34.36	7/2.50	7.50	0.8332	5760	94.1	2000
50	49.48	7/3.00	9.00	0.5786	7930	135.5	1500
70	71.25	7/3.60	10.80	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	12500
185	182.80	19/3.50	17.50	0.1574	28440	503	1000

表 3-1-4 钢芯铝绞线(LGJ)的规格

标称截面 (铝/钢) ( $\text{mm}^2$ )	结构尺寸 根数/直径(mm)		计算截面( $\text{mm}^2$ )			外径 (mm)	直流电阻 不大于 ( $\Omega/\text{km}$ )	计算重量 ( $\text{kg}/\text{km}$ )	计算拉 断力 (N)	交货长度 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	511.3	58300	2000
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

续表

标称截面 (铝/钢) (mm <sup>2</sup> )	结构尺寸 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)	计算重量 (kg/km)	计算拉 断力 (N)	交货长度 不小于 (m)
	铝	钢	铝	钢	总计					
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	46630	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

## 4. 避雷线

避雷线是架在导线上方,是为防止雷击过电压对线路的危害而设的。在我国目前的架空电力线路中,110kV及以上全线架设避雷线。35kV线路一般只在进出线1000~2000m段内架设避雷线。而10kV及以下不架设避雷线。避雷线使用钢绞线,有很高的机械强度。避雷线在设计、安装中所用的安全系数要大于导线的安全系数。表3-1-5为常用避雷线(镀锌钢绞线)的技术数据。

表3-1-5 常用避雷线(镀锌钢绞线)的技术数据

截面积(mm <sup>2</sup> )		直径(mm)		重量 (kg/100m)	破坏拉断力 (N)
标称截面	实际截面积	钢绞线	钢丝		
16	15.88	5.1	7×1.7	13.60	19404
25	26.60	6.6	7×2.2	22.77	32536
35	37.15	7.8	7×2.6	31.82	45472
50	49.46	9.0	7×3.0	42.37	60564
50	48.32	9.0	19×1.8	41.11	59192
70	67.31	10.5	7×3.6	57.65	82418
70	72.19	11.0	19×2.2	61.50	88396

## 5. 导线的选用

导线是架空线路的重要元件。导线种类、型号的正确选用关系着线路建设投资的大小,也关系投产后的安全经济、运行效果,所以是十分重要的工作,必须予以充分的重视。下面就导线选用的条件方法及注意事项做简单的介绍。

## (1) 选用的条件



①满足发热条件。即能保证导线及接头在长期工作电流下不超过允许温度。表3-1-6是导线允许温度为70℃(环境温度为25℃)时裸导线允许电流值(安全电流)。表3-1-7为允许温度为70℃时的裸导线允许电流校正系数。

表3-1-6 允许温度为70℃(环境温度为25℃)时

裸导线的允许电流(安全电流)值

(A)

导线型号	允许电流	导线型号	允许电流	导线型号	允许电流
LJ-10	75	LGJ-10/2	88	TJ-10	95
LJ-16	112	LGJ-16/3	115	TJ-16	130
LJ-25	151	LGJ-25/4	154	TJ-25	180
LJ-35	183	LGJ-35/6	189	TJ-35	220
LJ-50	231	LGJ-50/8	234	TJ-50	270
LJ-70	291	LGJ-50/30	250	TJ-70	340
LJ-95	351	LGJ-70/10	289	TJ-95	415
LJ-120	410	LGJ-70/40	307		
LJ-150	466	LGJ-95/15	357		
LJ-185	534	LGJ-95/20	361		
		LGJ-120/7	408		
		LGJ-120/20	407		
		LGJ-150/8	463		
		LGJ-150/20	469		
		LGJ-150/35	478		

表3-1-7 允许温度为70℃时的裸导线允许电流校正系数

环境温度(℃)	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
校正系数(K)	1.29	1.24	1.2	1.15	1.11	1.05	1.0	0.94	0.88	0.74

②满足电压损失条件。线路传送电能,由于电流与阻抗的作用会产生电压损失(也叫电压降),所以导线选择要满足线路末端电压损失不超过允许值,以保证电压质量。

③满足机械强度条件。保证在任何气象条件下能安全运行,导线不拉断。

根据设计规程规定,导线、避雷线的安全系数不低于2.5。

④满足经济运行条件。根据建设投资及维护运行电能损失最小等因素选择最佳导线截面,以达到最好的综合经济效益。这种方式是以经济电流密度来选择导线截面。这一条在较高电压等级输送负荷较大,输送距离较长的线路上要重点考虑和运用。

(2)导线选用条件的综合运用

导线型号的选用是个技术性和经济性很强的问题,必须根据各种因素,综合考虑前面提到的几项条件。在实际工作中,应根据工程的电压等级、输配容量、输送距离的不同,对选用条件的考虑侧重也不同。如35~110kV的送电线路,要侧重考虑经济电流密度条件,以这个条件选择的导线截面裕度较大,同时也能满足机械强度、电压损失条件,对于发热条件更不会有问题。对于10kV主干线或线路较长的线路首先要考虑电压损失条件,其次是发热条件。对于低压电