

110(66)kV JI YISHANG JIAKONG SHUDIANXIANLU
YUNXING HE JIANXIU

110(66)kV及以上 架空输电线路

运行和检修

王清葵 马黎仁 高天岭 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

110(66)kV JI YISHANG JIAKONG SHUDIANXIANLU
YUNXING HE JIANXIU

110(66)kV及以上 架空输电线路

运行和检修

王清葵 马黎仁 高天岭 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据现行的设计、运行和验收规程、规范和电力行业有关规定及国家电网公司编制的线路管理规范、输电线路评价标准和架空输电线路技术改造指导意见编写。

本书分六章，主要内容包括架空输电线路及其安全管理、架空输电线路运行、110(66)~500kV 架空输电线路检修、架空输电线路状态评价及状态检修、110(66)~500kV 架空输电线路技术监督、预防 110(66) kV 以上架空输电线路事故处理。

本书可作为电力学校、培训中心输电线路运行检修专业的专业教材，也可供从事输电线路工作的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

110(66) kV 及以上架空输电线路运行和检修/王清葵, 马黎仁, 高天岭编著. —北京: 中国电力出版社, 2012.3
ISBN 978-7-5123-2845-7

I. ①1… II. ①王… ②马… ③高… III. ①架空线路: 输电线路—运行②架空线路: 输电线路—检修 IV. ①TM726.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 052287 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 6 月第一版 2012 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 296 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 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

前 言



送电线路运行和检修一般是依据电力行业标准 DL/T 741—2010《架空输电线路运行规程》编写的，而输电线路的运行单位是国家电网公司。为了进一步规范和完善国家电网公司架空输电线路管理制度体系，提高架空输电线路安全运行水平，适应电网生产技术和当前管理工作的要求，2003年以来国家电网公司组织逐步编制了《110（66）kV～500kV 架空输电线路管理规范》、《110（66）kV～500kV 架空输电线路评价标准》和《架空输电线路技术改造指导意见》等一系列规章制度，本书就是为适应教学、培训的需要，把行业标准和国家电网公司规章制度有机结合而编写的。

线路评价标准是对架空输电线路全过程的各阶段状况和管理工作进行评价的工作标准，是加强设备运行监督、检修和实施技术改造的重要依据。通过对架空输电线路综合评价，按照输变电设备技术改造指导意见的有关内容，开展架空输电线路技术改造工作。

本书编写中除了按运行规程要求规范线路运行工作外，还按照线路管理规范要求全面落实输变电设备全过程、闭环管理的理念，包括技术标准、运行规范、检修规范、技术监督规定以及预防事故措施等内容。线路管理规范同时也是线路评价标准和线路技术改造指导意见的依据。

本书分六章，第一、二章由王清葵编写，第三、四章由高天岭编写，第五章由马黎仁编写，第六章由肖水友编写，全书由王清葵统稿，在此一并表示感谢。

由于水平有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

目 录



前言

第一章 架空输电线路及其安全管理	1
第一节 线路主要特征及设备分类.....	1
第二节 导、地线的技术参数和要求.....	13
第三节 杆塔的技术参数和要求.....	20
第四节 绝缘配合.....	25
第五节 绝缘子的技术参数和要求.....	28
第六节 金具的技术参数和要求.....	33
第七节 接地装置的技术参数和要求.....	39
第八节 杆塔接地电阻的测量.....	41
第九节 输电线路安全管理.....	49
第二章 架空输电线路运行	53
第一节 岗位职责、安全管理、设计验收管理.....	53
第二节 线路运行工作的要求和标准.....	66
第三节 输电线路巡视、检测、维修.....	69
第四节 输电线路特殊区段和电力设施保护区管理.....	79
第五节 输电线路运行维护的专项工作.....	82
第六节 输电线路事故事前预防.....	93
第七节 输电线路技术管理.....	98
第八节 架空输电线路评级管理办法.....	106
第九节 带电作业管理.....	109
第十节 运行人员培训.....	111
第三章 110（66）~500kV 架空输电线路检修	114
第一节 架空输电线路检修基本要求.....	114
第二节 现场标准化作业.....	116
第三节 导、地线检修.....	118
第四节 架空输电线路杆塔与基础检修.....	126
第五节 架空输电线路绝缘子、金具检修.....	132
第六节 架空输电线路接地装置和附属设施检修.....	139
第七节 大型检修和事故抢修.....	141

第八节	检修常用起重工具的选用	141
第四章	架空输电线路状态评价及状态检修	149
第一节	状态检修及状态评价概述	149
第二节	架空输电线路状态评价	156
第三节	架空输电线路状态检修	166
第四节	输变电设备状态检修辅助决策系统	169
第五章	110（66）～500kV 架空输电线路技术监督	172
第一节	架空输电线路设备监督	172
第二节	架空输电线路主要专项技术监督	181
第三节	架空输电线路异常预警和技术资料档案	189
第六章	预防 110（66）kV 以上架空输电线路事故处理	194
第一节	预防倒杆塔事故	194
第二节	预防架空输电线路断线和掉线事故	198
第三节	预防架空输电线路污闪事故	201
第四节	预防架空输电线路雷害、外力、火灾及覆冰事故	205

架空输电线路及其安全管理

第一节 线路主要特征及设备分类

一、线路主要特征

1. 线路电压等级

输电系统的电压等级一般分为高压、超高压和特高压。国际上,对于交流输电系统,通常把 35~220kV 的输电电压等级称为高压(HV),把 330~750(765)kV 的输电电压等级称为超高压(EHV),而把 1000kV 及以上的输电电压等级通称为特高压(UHV)。对于直流输电系统,通常把 ± 500 kV 电压等级的直流输电系统称为高压直流输电系统(HVDC)、 ± 800 kV 电压等级的直流输电系统称为特高压直流输电系统(UHVDC)。

在同一个电网中采用了不同的电压等级,这些电压等级组成该电网的电压序列。目前,我国除了西北电网外,大部分电网的电压序列是 1000/500/220/110/35/10/0.38kV,西北电网的电压序列分别为 750/330/110/35/10/0.38kV 和 220/110/35/10/0.38kV。

目前我国交流输电线路的额定电压等级为 220/380V(0.4kV)、3kV、6kV、10kV、(20kV)、35kV、(60kV)、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV、1000kV 等。

我国地域广阔,水电的资源大都在西南地区,送电到华东、华南地区距离很长,采用苏联、美国等发展的 500、1000kV 电压等级是很有必要的。

直流输电线路的额定电压等级为 ± 500 、 ± 800 kV 等。

2. 线路输送容量

线路输送容量就是电力线路在正常情况下允许输送的最大功率。由于电力线路输送的功率与电能质量、电能损耗、导线的允许温升以及电力系统的稳定性等因素有关,所以线路输送容量是根据技术、经济等多方面因素综合判断而确定的,并且因线路的长度不同、线路在系统中的地位不同而考虑的着重点也不同。不同电压等级交流输电线路的输送容量与输送距离的关系见表 1-1。

表 1-1 不同电压等级交流输电线路的输送容量与输送距离的关系

电压等级 (kV)	35	110	220	500		750~1150
输送容量 (MW)	10~20	30~60	200~250	800	1200	2000~2500
输送距离 (km)	≤ 50	≤ 100	200~300	1000	600	

3. 线路路径

线路路径的选择在线路设计中占有举足轻重的地位。选择送电线路的路径，应综合考虑施工、运行、交通条件与线路长度等因素，进行方案比较，做到安全可靠、经济合理。选择路径需考虑的因素有气候、地形、邻近设施、出线拥挤情况和大跨越的影响等。

4. 线路回路数

同塔多回路在国外应用比较普遍，尤其是在经济发达且人口密集的日本和欧洲部分国家应用较多。这些国家由于土地资源紧缺、线路走廊的投资占工程总投资的比重较大，同塔多回路的应用已非常广泛。目前，日本同塔架设最多回路数为 8 回，110kV 以上线路多数为 4 回，500kV 以上线路除早期 2 条为单回路外其余均为双回共塔架设，目前尚未有同塔 4 回 500kV 线路。

5. 线路所处区域气象条件

(1) 最高气温 ($^{\circ}\text{C}$)。最高气温是一定时间或一定空间内空气温度的最高值。例如，日最高气温和年最高气温等。日最高气温一般出现在午后两点钟左右；年最高气温在中、高纬度内陆以 7 月为最高，海洋上以 8 月为最高。最高气温在线路设计中一般用于计算导线发热及最大弧垂。

(2) 最低气温 ($^{\circ}\text{C}$)。最低气温是一定时间或一定空间内空气温度的最低值。例如，日最低气温和年最低气温等。日最低气温一般出现在清晨日出前后；年最低气温在中、高纬度内陆以 1 月为最低，海洋上以 2 月为最低。最低气温在线路设计中一般用于计算最大应力及杆塔上拔校核。

(3) 覆冰气温 ($^{\circ}\text{C}$)。一般来说，气温在 $-5\sim-1^{\circ}\text{C}$ 之间，降水、降雪丰富，相对湿度在 90% 以上，风速一般在 $5\sim 10\text{m/s}$ 之间是覆冰形成的最佳气象条件。

(4) 最大风速气温 ($^{\circ}\text{C}$)。最大风速气温是指最大风速时的气温。

(5) 安装气象。安装气象：风速 10m/s ，无冰，最低气温月的平均气温。这一气象组合基本上概括了全年安装、检修时的气象情况。

(6) 雷电过电压气温 ($^{\circ}\text{C}$)。雷电过电压工况的气温宜采用 15°C 。

(7) 操作过电压气温 ($^{\circ}\text{C}$)。操作过电压工况的气温可采用年平均气温。

(8) 年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)。平均气温是指某一段时间内，各次观测的气温值的算术平均值。根据计算时间不同，可有某日平均气温、某月平均气温和某年平均气温等。年平均气温是将今年的多日平均气温（或多月平均气温）的平均值。年平均气温在线路设计中一般用于控制年平均运行应力。

(9) 最大风速 (m/s)。最大风速在线路设计中用于计算导线、杆塔机械强度以及塔头电气绝缘间隙。对不同电压等级线路，最大风速取值也有所不同。如架空绝缘配电线路的最大设计风速值，应采用离地面 10m 高处、10 年一遇 10min 平均最大值。如无可靠资料，在空旷平坦地区不应小于 25m/s 。在山区宜采用附近平坦地区风速的 1.1 倍，且不应小于 25m/s 。

(10) 覆冰风速 (m/s)。严冬或初春季节，当气温下降至 $-5\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、风速为 $3\sim 15\text{m/s}$ 时，如遇大雾或毛毛雨，首先将在导线上形成雨淞，这时如果气温再升高，雨淞则开始

融化，如天气继续转晴，则覆冰过程就停止；这时如果天气骤然变冷，出现雨雪天气，冻雨和雪则在黏结强度较高的雨淞面上迅速增长，形成较厚的冰层；如温度继续下降至 $-15\sim-8^{\circ}\text{C}$ ，原有冰层外则积覆雾凇。在这样一个过程中，出现多次晴—冷变化的天气，短暂的融化加强了冰的密度，如此往复发展将形成雾凇和雨淞交替重叠的混合冻结物，即混合淞。

(11) 安装风速 (m/s)。安装风速一般按 10m/s 选取。

(12) 雷电过电压风速 (m/s)。当基本风速折算到导线平均高度处其值大于等于 35m/s 时，雷电过电压工况的风速取 15m/s，否则取 10m/s；校验导线与地线之间的距离时，风速应采用无风，且无冰。

(13) 操作过电压风速 (m/s)。操作过电压工况的风速取基本风速折算到导线平均高度处值的 50%，但不宜低于 15m/s，且无冰。

(14) 覆冰厚度 (mm)。覆冰厚度在线路设计中一般用于用于计算最大应力机械强度及电气间隙。

对于覆冰厚度，国外一般以多年的气象观测资料为基础，并进行适当修正。我国的输电线路设计中，考虑了不同电压等级和不同地区的差别设计，如 330kV 及以下线路重现期按照 15 年一遇标准设计，500kV 线路重现期按照 30 年一遇标准设计，750kV 线路重现期按 50 年一遇设计，目前正在建设的特高压交、直流输电线路重现期均按百年一遇设计。可见，电压等级越高、越重要的线路，可靠性标准要求越高，在同样严酷环境中发生事故的概率越低。

考虑到不同地区气象条件不尽相同，我国将覆冰厚度在 20mm 以下地区称为一般冰区，20mm 及以上称为重冰区，针对一般冰区和重冰区分别制定了设计规程。目前，我国华中地区多采用 10mm 覆冰设计，局部地区采用 15mm。华东地区覆冰厚度采用 10mm，沿海地区采用 5mm 或无覆冰，个别山区设计覆冰厚度 15mm。

(15) 冰的密度 (g/mm^3)。水在 4°C 时密度最大，冰的密度比水小。冰的密度约是纯水的 90%。

(16) 雷暴日 (或小时)。一天中可听到一次以上的雷声，称为一个雷暴日；一小时内可听到一次以上的雷声，称为一个雷暴小时。根据年平均雷暴日的多少，雷电活动区分为少雷区、中雷区、多雷区和强雷区。一年平均雷暴日不超过 25 天的地区为少雷区，26~40 天的地区为中雷区，41~90 天的地区为多雷区，超过 90 天的地区称为强雷区。

6. 土壤冻结深度 (m)

土壤在冬季出现冻土层，土壤冻结深度与地形有关。高地比洼地冻结深，如以平地冻结深为 100%，高地则冻结为 131%，而洼地仅为 53%。冻结系数在不同地形和坡向表现各异，高地和北坡为 1.2~1.5，西坡为 1~1.35，南坡为 0.7~0.9，洼地则为 0.5~0.7。冻结系数越小，则冻结深度越浅。

二、线路设备分类

1. 杆塔

杆塔用于支承架空线路导线和架空地线，并使导线与导线之间、导线和架空地线之

间、导线与杆塔之间以及导线对大地和交叉跨越物之间有足够的距离。

(1) 杆塔分类。

1) 自立式铁塔(角钢塔、钢管塔、大跨越塔)。自立式铁塔一般塔基比较宽大,不需要拉线铁塔就能保持侧向稳定。一般铁塔的主材使用角钢,所以称为自立式角钢塔,如图 1-1(a)~图 1-1(e)和图 1-1(h)所示。大跨越塔也是自立式铁塔,但十分高大,可以跨越河流、铁路、公路等障碍物。铁塔的主材如果使用钢管则就是钢管塔。

2) 拉线铁塔。铁塔稳定依靠拉线,这样的铁塔就是拉线铁塔,如图 1-1(i)、图 1-1(j)所示。拉线铁塔可以节省钢材,但是带来运行麻烦,现在已经较少使用。

3) 钢管电杆。钢管电杆一般用拔梢的钢管,配用钢筋混凝土基础,现在在城市中使用比较普遍。

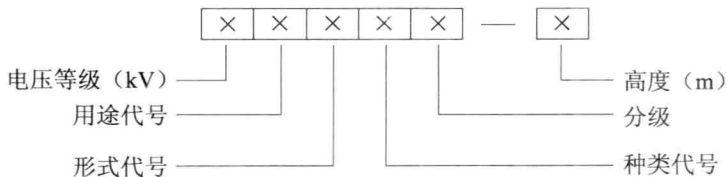
4) 混凝土电杆(见图 1-2 所示的门形直线杆)。混凝土电杆有普通钢筋混凝土电杆、预应力混凝土电杆和薄壁钢管混凝土电杆三种。电杆的截面有方形、八角形、工字形、环形或其他一些异形截面,最常采用的是环形截面和方形截面。电杆长度一般为 4.5~18m。环形电杆有拔梢杆和等径杆两种,拔梢杆的梢径一般为 100~230mm、锥度为 1:75,等径杆的直径为 300~550mm,两者壁厚均为 30~60mm,钢筋主要承受拉力,混凝土主要承受压力,并且保护钢筋不被锈蚀。

20 世纪 80 年代,中国发展离心法环形预应力混凝土电杆。其制造工艺主要是将钢丝骨架在钢模内纵向张拉,使混凝土在离心力作用下将多余水分挤出,从而大大提高了混凝土的密实性和强度。为了使混凝土能较快地达到设计强度的 70%以上,可进行蒸汽养护,以缩短脱模周期。使用预应力混凝土电杆比用普通钢筋混凝土电杆节约钢材,而且还能提高抗裂性和延长使用寿命。

薄壁离心钢管混凝土电杆属于复合型结构杆塔,是介于钢管杆和离心混凝土杆之间的一种新型钢—混凝土复合结构。其外观与钢管杆相同,其结构是在加工好的薄壁钢管内浇灌高速离心环形混凝土内衬,充分发挥了钢材的受拉特性好、混凝土的受压特性高的物理优点,又避免了各自单独使用条件下的弱点,具有良好的工作性能。这种电杆特别适合作承力杆使用。因为薄壁离心钢管混凝土电杆无预埋钢筋和配筋,所以,可根据工程需要加工成任意规格和长度的电杆。其根部为法兰盘与地脚螺栓连接,基础为现浇混凝土梯形基础。其横担是钢板焊接的弧形横担,用螺栓与杆体连接。

(2) 杆塔型号及含义。

1) 杆塔型号表示方法。杆塔型号由字母及数字共六个部分组成如下所示:



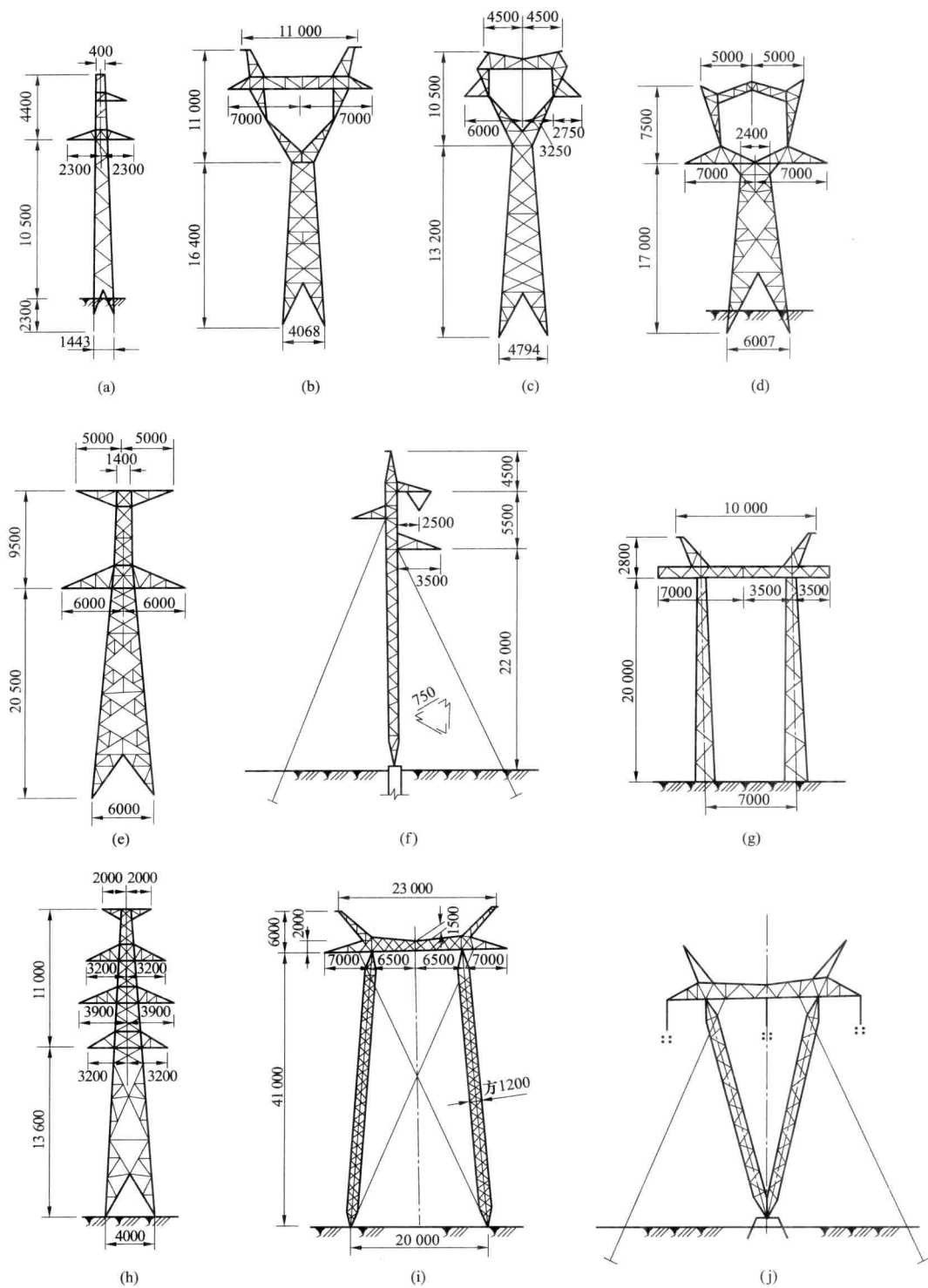


图 1-1 常用铁塔

(a) 上字形塔; (b) 酒杯形塔; (c) 中国猫头形塔; (d) 桥形耐张型塔; (e) 干字形耐张塔; (f) 拉线三角形排列跨越塔;
 (g) 门形塔; (h) 六角形双回路塔; (i) 500kV 交叉拉线门形塔; (j) 500kV 拉线 V 形塔

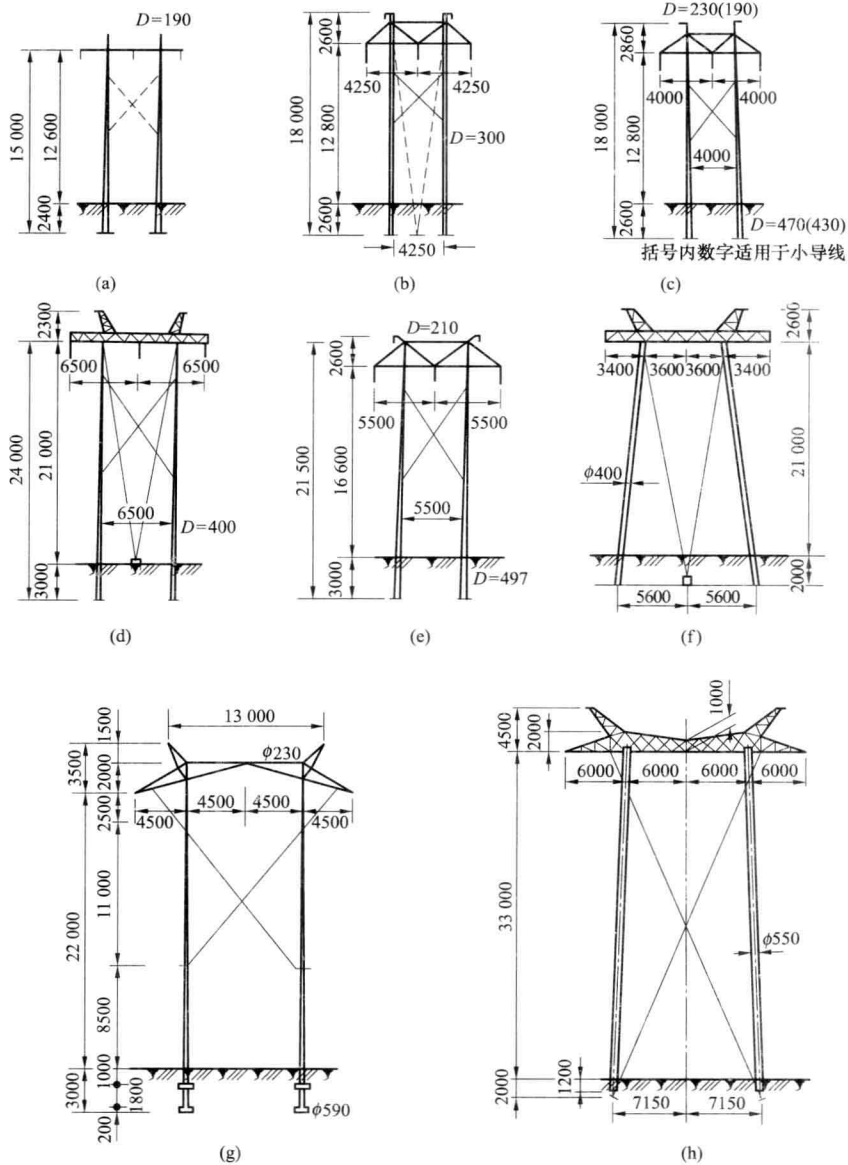


图 1-2 门形直线杆常用杆型

- (a) 35kV 直线杆 (拔梢杆柱, 有时带叉梁、地线); (b) 110kV 直线杆 (等径杆柱, 带叉梁, 有时兼带 V 形拉线);
 (c) 110kV 直线杆 (拔梢杆柱, 带叉梁); (d) 220kV 直线杆 (等径杆柱, 带叉梁和 V 形拉线, 立体桁架式横担);
 (e) 220kV 直线杆 (拔梢杆柱, 带叉梁, 平面桁架式横担); (f) 220kV 撇腿门形直线杆 (带 V 形拉线和立体桁架式横担);
 (g) 330kV 直线杆 (拔梢杆柱, 带叉梁); (h) 500kV 直线杆 (等径杆柱, 有撇腿带 X 形拉线)

2) 杆塔用途分类代号及含义见表 1-2。

表 1-2 杆塔用途分类代号及含义

代 号	含 义	代 号	含 义
Z	直线杆塔	D	终端杆塔

续表

代 号	含 义	代 号	含 义
ZJ	直线转角杆塔	F	分支杆塔
N	耐张杆塔	K	跨越杆塔
J	转角杆塔	H	换位杆塔

3) 杆塔外形或导线布置形式代号及含义见表 1-3。

表 1-3 杆塔外形或导线布置形式代号及含义

代 号	含 义	代 号	含 义
S	上字形	SZ	正伞形
C	叉骨形 (鸟骨形)	SD	倒伞形
M	猫头形	T	田字形
V	V 字形	W	王字形
J	三角形	A	A 字形
G	干字形	Me	门形
Y	羊角形	Gu	鼓形
B	酒杯形		

4) 杆塔材料和结构代号含义: G—钢筋混凝土电杆, T—自立式铁塔, X—拉线式铁塔。

5) 分级代号。同一种杆塔形式按荷重不同进行分级, 其分级代号用角注 1、2、3、…表示。

6) 高度代号含义, 用数字表示高度, 单位为 m。

例如 220ZBT1-33, 该杆塔为 220kV 直线酒杯形自立铁塔, 第一级呼称高 33m。

7) 钢筋混凝土杆型号表示方法。钢筋混凝土电杆型号与铁塔型号的表示方法基本相同, 通常不写出线路电压等级的代号。例如, NMeG2-21, 表示无拉线耐张门形钢筋混凝土电杆, 第二级呼称高为 21m。

2. 导、地线 (见图 1-3)

导线的主要功能是输送电能。线路导线应具有良好的导电性能、足够的机械强度、耐振动疲劳和抵抗空气中化学杂质腐蚀的能力。线路导线目前常采用钢芯铝绞线或钢芯铝合金绞线。为了提高线路的输送能力, 减少电晕, 降低对无线电通信的干扰, 常采用每相 2 根或 4 根导线组成的分裂导线形式。

架空地线的主要作用是防雷。由于架空地线对导线的屏蔽, 及导线、架空地线间的耦合作用, 可以减少雷电直接击于导线的机会。当雷击杆塔时, 雷电流可以通过架空地线分流一部分, 从而降低塔顶电位, 提高耐雷水平。目前架空地线常采用钢芯铝绞线、铝包钢绞线等良导体, 可以降低不对称短路时的工频过电压, 减少潜供电流。兼有通信

功能的采用光缆复合架空地线。

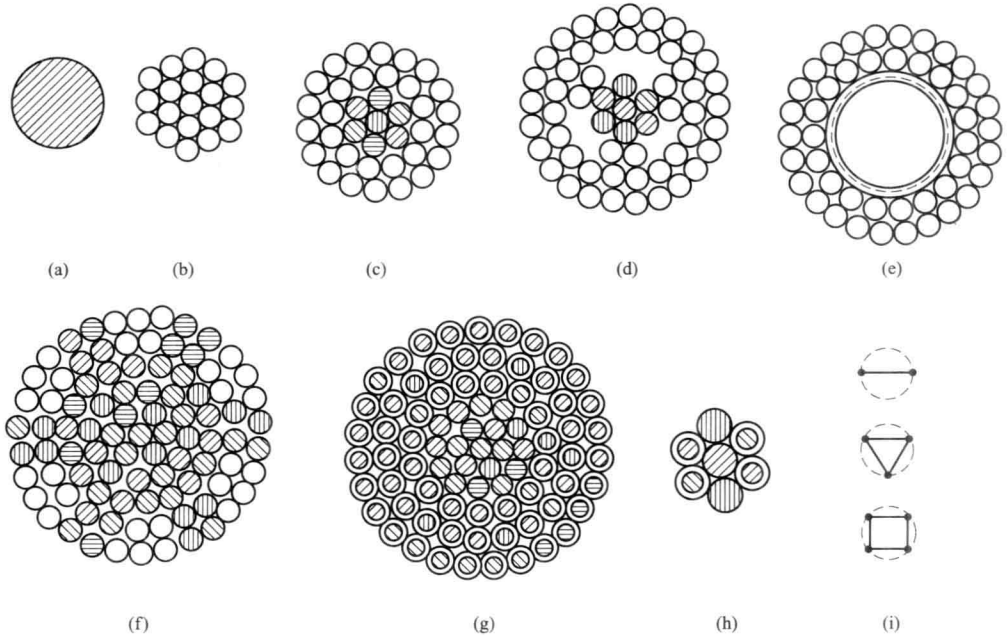


图 1-3 导、地线断面图

(a) 单股导线；(b) 单金属多股绞线；(c) 钢芯铝绞线；(d) 扩径钢芯铝绞线；(e) 空心导线（腔中为蛇形管）；
(f) 钢铝混绞线；(g) 钢芯铝包钢绞线；(h) 铝包钢绞线避雷线；(i) 分裂导线

(1) 钢芯铝绞线。铝的密度小，相等体积情况下铝的质量比铁、铜小，导电性比铁好。而电流在传输时具有趋肤效应，即电流沿着导线表面流动。用钢芯的原因是，铝的强度不好、质软、较容易断，而钢芯既能增加导线的强度，又不影响导电性。所以，高压输电采用钢芯铝绞线。

(2) 合金类绞线。随着输变电技术的提高和输变电线路的发展，铝-镁-硅系高强度铝合金系列绞线越来越显示出其优越性。合金类绞线强度大、质量轻、弧垂小，可以增大铁塔的档距或降低铁塔的高度，减少土地占用面积和线路的建设费用。铝合金表面硬，抗挤压，导线连接方便，施工效率高，架设时不易磨损刮伤，可减少电晕损耗，降低了输电线路对无线电波的干扰。合金类绞线还有抗蠕变性能好、耐腐蚀、使用寿命长等优点。

(3) 铝包钢类绞线。铝包钢芯铝绞线具有耐腐蚀、质量轻、破断力大、电导率高的特点，铝包钢芯铝绞线有取代钢芯铝绞线的趋势，而广泛应用于高压架空线路上。

(4) 镀锌钢绞线。镀锌钢绞线是由多根镀锌钢丝绞合而成的，钢丝一般采用高碳钢制成，一般分为 7 股镀锌钢绞线和 19 股镀锌钢绞线。

(5) 光纤复合架空地线 (OPGW)。光纤复合架空地线光缆作为输电线路的屏蔽线和防雷线，对电力导线抗雷闪放电提供保护，在输电线路发生短路时起屏蔽作用，并可减小短路电流对电网和通信网间的相互干扰。同时，通过复合在地线中的光纤，可传送音

频、视频、数据和各种控制信号，进行多路宽带通信。为了实现上述功能，各生产厂家采用了不同的光缆结构设计，使光缆和地线有机地结合在一起，充分发挥各自的作用。OPGW 以其高可靠性、优越的机械和电气性能及良好的经济性和实用性在全球得到了广泛的运用。

3. 绝缘子 (见图 1-4)

绝缘子是用于支持带电导体并使其绝缘的电器元件。绝缘子一般由绝缘件(如瓷件、玻璃、玻璃钢、硅橡胶等)和金属附件(如钢脚、铁帽、法兰等)用胶合剂胶合或机械卡装而成。绝缘子在电力系统中应用很广，一般属于外绝缘，在大气条件下工作。架空输电线路、发电厂和变电站的母线和各种电气设备的外部带电导体均须用绝缘子支持，并使之与大地(或接地物)或其他有电位差的导体绝缘。

送电线路常用绝缘子有盘形瓷质绝缘子、盘形玻璃绝缘子、棒形悬式复合绝缘子。

(1) 盘形瓷质绝缘子。国产瓷质绝缘子，劣化率很高，需检测零值，维护工作量大，遇到雷击及污闪容易发生掉串事故，目前已逐步被淘汰。

(2) 盘形玻璃绝缘子。具有零值自爆功能，但自爆率很低(一般为万分之几)；维护不需检测，钢化玻璃件一旦发生自爆后其残留机械强度仍达破坏拉力的 80%以上，仍能确保线路的安全运行；遇到雷击及污闪不会发生掉串事故。在 I、II 级污区已普遍使用。

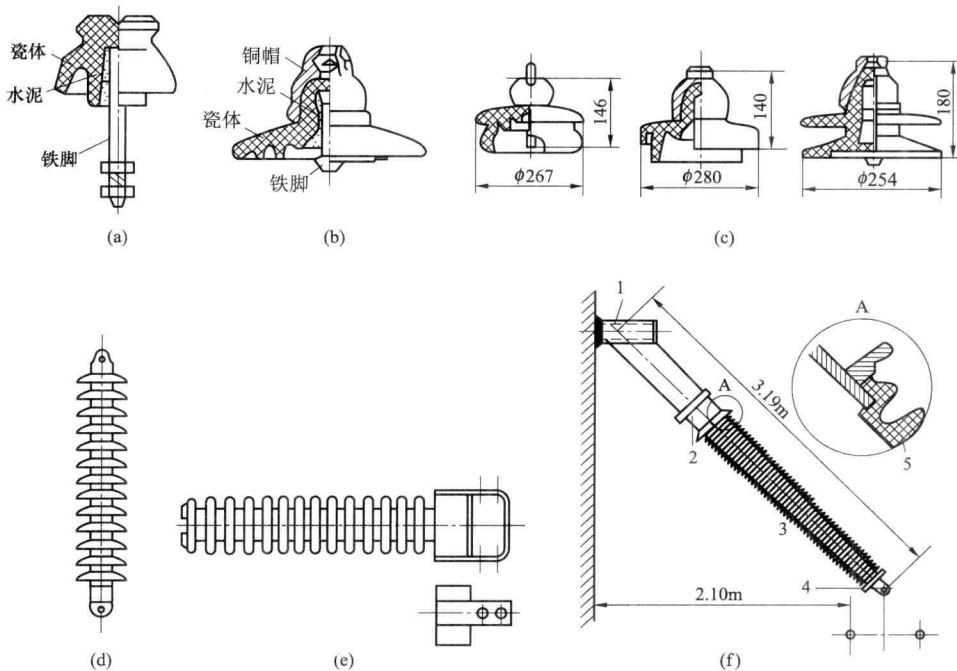


图 1-4 绝缘子

(a) 针式绝缘子；(b) 悬式绝缘子；(c) 防污型悬式绝缘子；(d) 瓷质棒式绝缘子；

(e) 瓷横担；(f) 玻璃钢摆动式绝缘横担

1—轴；2—金属套节；3—环氧树脂；复合式绝缘子；4—金属帽；5—外壁

(3) 棒形悬式复合绝缘子。具有防污闪性能好、质量轻、机械强度高、少维护等优点，在Ⅲ级及以上污区已普遍使用。

4. 金具

送电线路广泛使用的铁制或铝制金属附件，统称为金具。金具种类繁多，用途各异，例如安装导线用的各种线夹，组成绝缘子串的各种挂环，连接导线的各种压接管、补修管，分裂导线上的各种类型间隔棒等，此外还有杆塔用的各类拉线金具。

大部分金具在运行中需要承受较大的拉力，有的还要同时保证电气方面接触良好，它关系着导线或杆塔的安全，即使一只损坏，也可能造成线路故障。因此，金具的质量、正确使用和安装，对线路的安全送电有一定影响。

送电线路金具，按其主要性能和用途可分为线夹金具、连接金具、接续金具、防护金具、拉线金具。

(1) 线夹金具。

1) 悬式线夹。用于将导线固定在直线杆塔的悬垂绝缘子串上，或将架空地线悬挂在直线杆塔的架空地线支架上。

2) 耐张线夹(见图 1-5)。耐张线夹是将导线或架空地线固定在耐张绝缘子串上，起锚固作用。耐张线夹有螺栓式耐张线夹、压缩型耐张线夹和楔形线夹三大类。螺栓式耐张线夹是借 U 形螺栓的垂直压力与线夹的波浪形线槽所产生的摩擦效应来固定导线。压缩型耐张线夹是由铝管与钢锚组成，钢锚用来接续和锚固钢芯铝绞线的钢芯，然后套上铝管本体，以压力使金属产生塑性变形，从而使线夹与导线结合为一整体。采用液压方式时，应用相应规格的钢模以液压机进行压缩；采用爆压方式时，可采用一次爆压或二次爆压的方式，将线夹和导线(架空地线)压成一个整体。楔形线夹用来安装钢绞线，紧固架空地线及拉线杆塔的拉线，是利用楔的劈力作用，使钢绞线锁紧在线夹内。

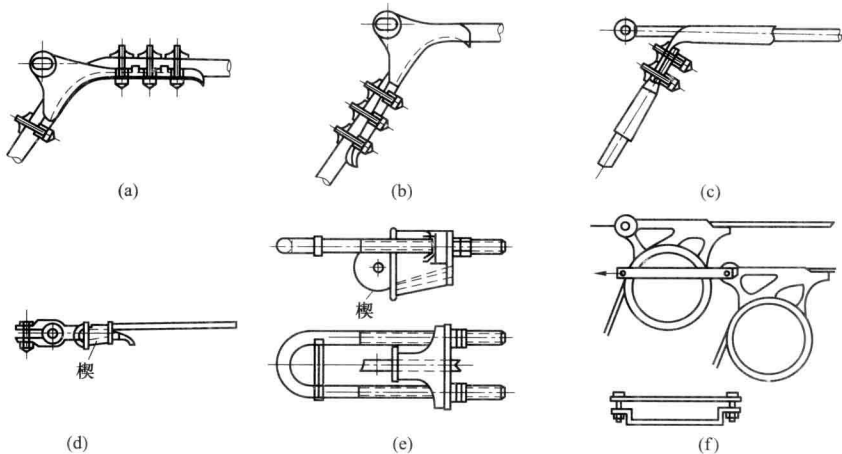


图 1-5 耐张线夹

(a) 正装螺栓型；(b) 倒装螺栓型；(c) 压缩型；(d) 楔形(地线用)；(e) 楔形(拉线用)；(f) 螺旋型

(2) 连接金具(见图 1-6)。连接金具是用来将绝缘子串与杆塔之间、线夹与绝缘子串之间、架空地线线夹与杆塔之间进行连接的金具。常用的连接金具有球头挂环、碗头

挂板、U形挂环、直角挂板等。

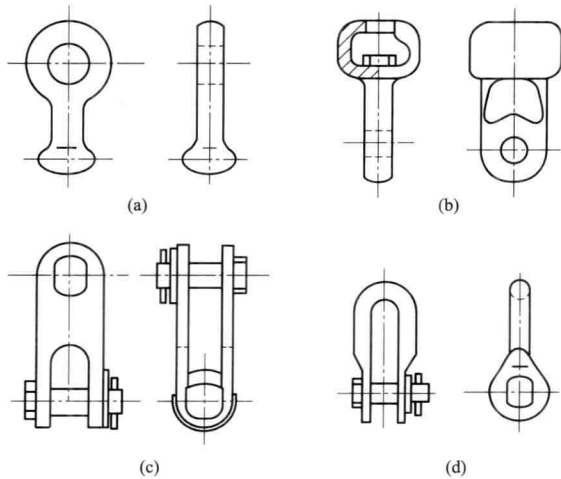


图 1-6 连接金具

(a) 球头挂环；(b) 碗头挂板；(c) 挂板；(d) U形挂环

(3) 接续金具。接续金具用于导线的接续及架空地线的接续、耐张杆塔跳线的接续。定型的接续金具有钳压接续金具、液压接续金具、螺栓接续金具、爆压接续金具。

(4) 防护金具。防护金具用于防护导线，如架空地线振动的防振锤、护线条、阻尼线；用于抑制次档距振动的间隔棒；用于防护绝缘子串产生电晕的屏蔽环及均压环等。

(5) 拉线金具。拉线金具用于调整和稳固杆塔拉线，主要有可调式 UT 形线夹、钢线卡子及双拉线联板等。

5. 杆塔基础

基础的作用是稳定杆塔，能承受杆塔、导线、架空地线的各种荷载所产生的上拔力、下压力和倾覆力矩。

电杆及拉线宜采用混凝土预制装配式基础（见图 1-7）。铁塔宜采用现浇钢筋混凝土基础或混凝土基础。有条件时，应优先采用原状基础，包括岩石基础、机扩桩基础、掏挖（半掏挖）式基础、爆扩桩基础和钻孔桩基础等，如图 1-8 所示。

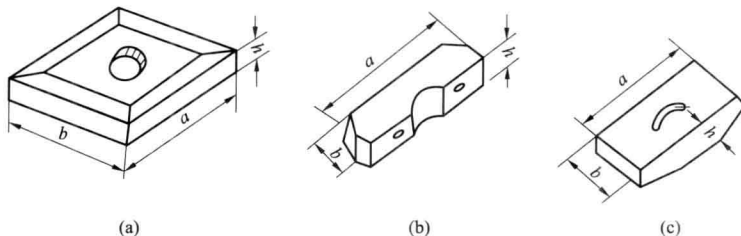


图 1-7 混凝土预制装配式基础外形

(a) 底盘；(b) 卡盘；(c) 拉线盘

6. 接地装置

输电线路杆塔接地装置是输电线路的重要组成部分，是接地体和接地引下线的总称。