

输电线路施工 高处作业防坠技术

主 编 潘巍巍

副主编 吴 将 李 靖 汤春俊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

输电线路施工 高处作业防坠技术

主 编 潘巍巍
副主编 吴 将 李 靖 汤春俊

常州大学图书馆
藏书章



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是由金华送变电工程有限公司根据多年输电线路施工现场经验,结合现行相关标准规范,从实际施工需要和具体操作应用出发编写的。本书共分8章,主要介绍输电线路建设施工的高处作业防护技术,内容包括:输电线路及其施工,高处作业基础知识,防坠装置现状及介绍,基础施工防坠,杆塔组立防坠,架线施工防坠,附件安装防坠,电缆施工高处防坠。

本书可供从事输电线路工程施工的工人、技术人员和管理人员参考使用,希望能对广大从事输电线路工作的人员有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

输电线路施工高处作业防坠技术 / 潘巍巍主编. --
北京:中国水利水电出版社, 2018.2
ISBN 978-7-5170-6339-1

I. ①输… II. ①潘… III. ①输电线路—高空作业—
安全技术 IV. ①TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第040010号

书 名	输电线路施工高处作业防坠技术 SHUDIAN XIANLU SHIGONG GAOCHU ZUOYE FANGZHUI JISHU
作 者	主编 潘巍巍 副主编 吴将 李靖 汤春俊
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.25印张—219千字
版 次	2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	38.00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

本书编委会

主 编 潘巍巍

副主编 吴 将 李 靖 汤春俊

参编人员 (按姓氏笔画排序)

方玉群	叶聪杰	吕子成	许 剑	刘田野
刘 畅	刘建生	严明安	李策策	李一鸣
邵 辉	何旭岩	何德华	张宇岚	张 良
张 政	陈崇敬	陈 东	金德军	赵胜红
郝维瀚	洪行军	施首健	柳建超	徐志勇
袁建国	钱佳琦	黄旭骏	葛健玮	蒋洪青
程拥军	虞 驰	缪寿成	蔡成立	

前 言

输电线路施工高处作业量大,作业环境复杂,多种交叉作业频繁,潜在的坠落危险因素诸多且时刻变化。目前输电线路施工防坠技术理论还不成熟,作者会同现场技术人员总结现场实际经验,编写了本书,以期指导提升输电线路施工人员安全理论知识水平和安全操作技能水平。

目前输电线路施工分为架空线路和电力电缆施工两种。架空线路和电力电缆线路施工流程各异,本文根据两种不同施工方法处于不同施工阶段存在的高处作业坠落风险进行分析阐述,并对当前采取的防坠技术措施进行归纳总结。

全书共分8章,由潘巍巍主编,其中第1章和第2章由吴将负责编写,第1章主要叙述输电线路组成、施工步骤等基础知识。第2章主要介绍高处作业基础知识,包含高处作业定义、分级分类、现场安全风险、规程要求以及坠落事故预防和营救措施。第3章由叶聪杰编写,介绍防坠落装置,主要包含装置技术规范及选型要求,防坠落装置使用等。第4章和第5章由钱佳琦编写,第6章和第7章由柳建超编写,第4章~第7章内容按照架空线路施工流程分类分别介绍基础施工防坠、杆塔组立防坠、架线施工防坠、附件安装防坠技术措施,并列举类似案例,以学习借鉴。第8章由葛健玮编写,主要介绍电缆施工高处防坠技术措施,同时列举实地案例两起,以警示效应。

本丛书编写人员均为一线生产技术人员,教材内容贴近现场实际,具有实用性、针对性强等特点,可作为登高培训教材。

本书由李靖、汤春俊审阅,并提出许多宝贵意见,在此表示感谢。在本丛书编写过程中得到了许多领导和同事的支持与帮助,使内容有了较大的改进,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2017年8月

目 录

前言

第1章 输电线路及其施工	1
1.1 输电线路基础知识	1
1.1.1 输电线路分类	1
1.1.2 输电线路电压等级	2
1.1.3 输电线路的组成	3
1.2 输电线路施工步骤	9
1.2.1 架空线路施工步骤	9
1.2.2 电力电缆施工步骤	10
第2章 高处作业基础知识	11
2.1 高处作业的定义和分级	11
2.2 高处作业分类	12
2.2.1 广义的高处作业分类	12
2.2.2 输电线路施工高处作业分类	12
2.3 高处作业的主要风险因素	13
2.3.1 施工人员	13
2.3.2 机具	13
2.3.3 材料	13
2.3.4 规定	13
2.3.5 环境	14
2.4 高处作业的安全规程要求	14
2.4.1 安全施工保障措施	14
2.4.2 施工作业前的安全要求	14
2.4.3 施工作业时的安全要求	14
2.5 高处作业事故预防和营救	15
2.5.1 事故预防	15
2.5.2 高空营救	16
2.5.3 事故急救	18
第3章 防坠装置现状及介绍	20
3.1 国内现行技术规范及选型要求	20
3.1.1 输电线路杆塔作业防坠的技术指标	20
3.1.2 新建输电线路杆塔作业防坠装置的选型要求	20

3.2 防坠装置介绍	21
3.2.1 防坠工器具	21
3.2.2 高处作业辅助机具	22
3.2.3 高处作业个人防护用具	25
3.3 防坠装置的使用	26
3.3.1 防坠工器具的使用	26
3.3.2 高处作业辅助机具的使用	27
3.3.3 高处作业个人防护用具的使用	29
第4章 基础施工防坠	31
4.1 基础类型及其特点	31
4.2 基础施工流程及坠落因素	35
4.2.1 基础开挖坠落因素	36
4.2.2 钢筋绑扎坠落因素	37
4.2.3 基础立模坠落因素	38
4.2.4 基础浇筑坠落因素	39
4.2.5 保养拆模坠落因素	40
4.3 基础施工防坠措施	41
4.3.1 基础开挖防坠措施	41
4.3.2 钢筋绑扎防坠措施	45
4.3.3 基础立模防坠措施	46
4.3.4 基础浇筑防坠措施	47
4.3.5 养护拆模防坠措施	47
4.4 案例分析	48
4.4.1 案例一	48
4.4.2 案例二	49
4.4.3 案例三	49
第5章 杆塔组立防坠	50
5.1 杆塔组立类型及一般规定	50
5.1.1 杆塔组立类型	50
5.1.2 杆塔组立一般规定	54
5.2 杆塔组立坠落因素	56
5.3 杆塔组立防坠措施	56
5.3.1 角钢塔防坠措施	56
5.3.2 钢管杆防坠措施	57
5.3.3 钢管塔防坠措施	59
5.3.4 特种塔防坠措施	59
5.4 案例分析	60
5.4.1 案例一	60

5.4.2 案例二	61
第6章 架线施工防坠	63
6.1 架线施工与分类	63
6.1.1 非张力架线施工	63
6.1.2 张力架线施工	63
6.2 架线坠落因素	69
6.3 架线施工防坠措施	69
6.3.1 放线滑车挂设防坠措施	69
6.3.2 设置临时拉线防坠措施	69
6.3.3 放线防坠措施	70
6.3.4 紧线及挂线防坠措施	70
6.4 案例分析	72
6.4.1 案例一	72
6.4.2 案例二	72
第7章 附件安装防坠	74
7.1 附件安装一般要求	74
7.2 附件安装防坠因素	74
7.3 附件安装防坠措施	74
7.3.1 直线塔附件安装防坠措施	74
7.3.2 跳线安装防坠措施	75
7.3.3 防震锤安装防坠措施	75
7.3.4 间隔棒安装防坠措施	76
7.4 案例分析	77
7.4.1 案例一	77
7.4.2 案例二	78
7.4.3 案例三	78
第8章 电缆施工高处防坠	80
8.1 电缆施工及其特点	80
8.1.1 电缆基础施工	80
8.1.2 电缆敷设	81
8.1.3 中间接头制作	83
8.1.4 电缆上塔	84
8.1.5 高空电缆头制作	84
8.2 电缆施工坠落因素	85
8.3 电缆施工防坠措施	86
8.3.1 电缆基础施工的防坠措施	86
8.3.2 电缆敷设防坠措施	87
8.3.3 中间接头制作防坠措施	88

8.3.4 电缆上塔防坠措施	89
8.3.5 高空电缆头制作防坠措施	89
8.4 案例分析	90
8.4.1 案例一	90
8.4.2 案例二	91
附录 A 钢丝绳参数	92
附录 B 实验项目、周期和要求	93
附录 C 风险控制专项措施	95
参考文献	140

第1章 输电线路及其施工

1.1 输电线路基础知识

1.1.1 输电线路分类

电力系统包括发电厂、电力网和用电设备。电力网包括变电所和各种不同电压等级的输电线路。输电线路是连接发电厂和用电设备的枢纽。

输电线路按架设方法可分为架空线路和电力电缆。

架空线路将输电导线用绝缘子和金具架设在杆塔上，使导线对地面和建筑物保持一定的安全距离。架空输电具有投资少、维护检修方便等优点，因而得到广泛应用；其缺点是易遭受风雪、雷击等自然灾害影响，发生事故的概率较高。

电缆线路利用埋设在地下或敷设在电缆沟中的电力电缆来输送电力。电缆输电的优点是占地少，不受外界干扰，运行比较安全，不影响地表绿化和整洁；缺点是过程造价高，运行维护和检修比较困难。

输电线路按输送电流的种类，可分为交流输电线路和直流输电线路两种。

交流输电的过程为：发电厂发出的交流电升压后，经过各级输电线路和无数次降压后送给用电设备使用。

直流输电发电厂发出的交流电整流为直流电后输送到受电地区，再将直流电逆变为交流电，提供给用电设备使用。

电力系统构成如图 1-1 所示。

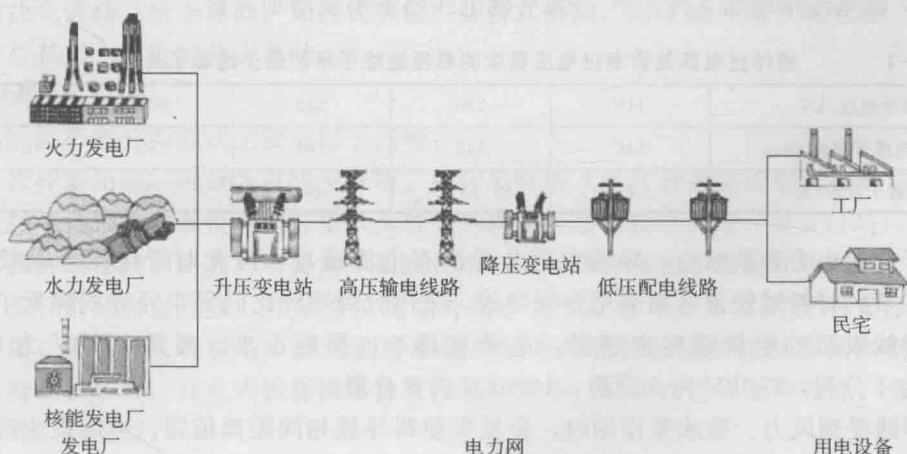


图 1-1 电力系统构成示意图

1.1.2 输电线路电压等级

以大地电位作为参考点（零电位），线路导线均需处于由电源所施加的高电压下，此电压称为输电电压。通常将 35kV 及以下电压等级的输电线路称为配电线路，110~220kV 电压等级的输电线路称为高压线路（HV），330~750kV 电压等级的输电线路称为超高压线路（EHV），750kV 以上电压等级的输电线路称为特高压线路（UHV）。我国现在交流输电线路主要采用的电压等级包括 35kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV、1000kV，直流输电线路主要采用的电压等级包括±500kV、±660kV、±800kV。

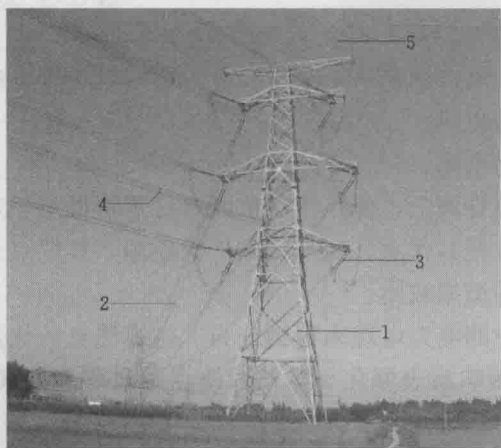


图 1-2 杆塔结构示意图

1—铁塔；2—导线；3—绝缘子；4—间隔棒；5—地线

输电线路中，杆塔高度、绝缘子片数、导线分裂数以及各相导线之间的间距等指标对应着不同的电压等级，辨别不同电压等级最简单直观的方法就是观察标识牌，每一个杆塔都挂有电压等级的标识牌。杆塔结构如图 1-2 所示。在乡镇较为常见的水泥杆的电压等级一般都是 220V 或 380V，较高一点的水泥杆的电压等级为 10kV 左右；在城市中常见的水泥杆的电压等级一般都在 10kV 左右。35kV 混凝土杆塔高度在 12m 左右；35kV 以上输电线路电压铁塔因地形、交跨等因素的影响，杆塔高度不统一，一般来说，输送电能容量越大，线路采用的电压等级就越高。

绝缘子片数能较好地反映电压等级。《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）规定在海拔 1000m 以下地区，操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子最少的绝缘子片数不应小于表 1-1 的数值，耐张绝缘子串的绝缘子片数在表 1-1 的基础上增加，对 110~330kV 输电线路增加 1 片，对 500kV 输电线路增加 2 片，对 750kV 输电线路不需要增加片数。

表 1-1 操作过电压及雷电过电压要求的悬垂绝缘子串的最少绝缘子片数

标准电压/kV	110	220	330	500	750
单片绝缘子高度/mm	146	146	146	155	170
绝缘子片数/片	7	13	17	25	32

由于交流电有趋肤效应，导线中间几乎没有电流通过，因此对于电压等级较高的线路，为了节约材料减轻重量而采用分裂导线。采用分裂导线比同等半径导线降低了导线的电抗，导线表面的电场强度也越低，电晕就越小，损耗也小。通常 220kV 为 2 分裂，500kV 为 4 分裂，750kV 为 6 分裂，1000kV 为 8 分裂。

当导线受到风力、覆冰等作用时，会发生使得导线相间距离缩短，可能发生闪络等问题，因此，在不同电压等级下，各相导线之间的间距也有所不同，一般电压等级越高，间距越大。根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）规定，对于 1000m 以

下档距，对应不同电压等级和档距，水平、垂直线间距离不得小于表 1-2 和表 1-3 的数值。

表 1-2 水平间距离和档距、电压之间的关系表

标称电压/kV	水平线间距离、档距/m			
110	3.5、300	4、375	4.5、450	
220	5.5、440	6、525	6.5、615	7、700
330	7.5、525	8、600	8.5、700	
500	10、525	11、650		
750	13.5、500	14、600	14.5、700	15、800

表 1-3 垂直间距离和电压之间的关系表

标称电压/kV	110	220	330	500	750
垂直线间距离/m	3.5	5.5	7.5	10.0	12.5

1.1.3 输电线路的组成

架空输电线路由线路杆塔基础、杆塔、导线、绝缘子、线路金具、接地装置等构成，架设在地面之上。

1. 杆塔基础

输电线路杆塔基础分类方式主要有以下三种：

- (1) 按杆塔型式，可分为直线杆塔基础、耐张杆塔基础、转角杆塔基础、特种杆塔基础。
- (2) 按基础受力方式，可分为下压基础、上拔基础、倾覆基础。
- (3) 按基础结构型式，可分为多种，包括板式基础、台阶式基础、掏挖式基础、斜插式基础、灌注桩基础、岩石锚杆基础、岩石嵌固基础、复合沉井式基础、联合基础等，如图 1-3 所示。

基础型式的选择应根据杆塔型式，结合沿线地质、所受载荷、施工条件等特点综合考虑。一般优先选择原状土基础，如板式基础、台阶式基础，对于流沙或软弱地层，则一般采用灌注桩基础、复合沉井式基础。

2. 杆塔

输电线路杆塔分类方式主要有以下三种：

- (1) 按杆塔用途，可分为直线型杆塔、耐张型杆塔（又可分为直线耐张型杆塔、转角型杆塔、终端型杆塔）和特殊型杆塔（又可分为跨越杆塔、换位杆塔、分支杆塔）。
- (2) 按杆塔导线回路数，可分为单回路杆塔、双回路杆塔和多回路杆塔。
- (3) 按杆塔结构型式分，可分为拉线型杆塔、自立式杆塔。自立式杆塔又分为角钢塔、钢管塔、钢管杆及特种塔。拉线型杆塔能充分利用材料的强度特性而减少钢材耗用量，但占地面积较大。自立式钢管铁塔具有占地面积小、结构性能稳定等特点，是近年来应用较多的一种塔型。
- (4) 按塔型分，可分为：上字型塔、酒杯型塔、猫头型塔、干字型塔、羊角型塔、双回路塔、V 字型塔、门型塔、钢管杆，如图 1-4 所示。

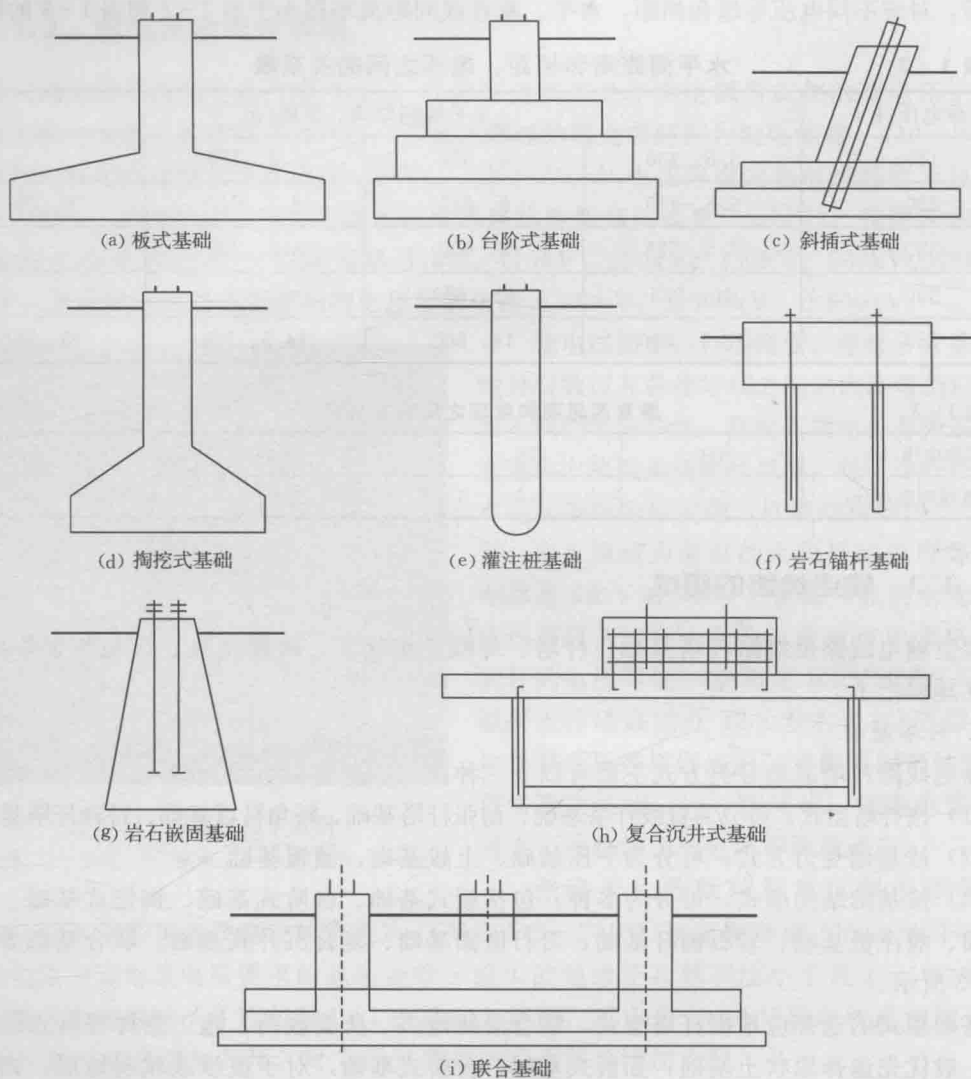


图 1-3 常见基础类型图

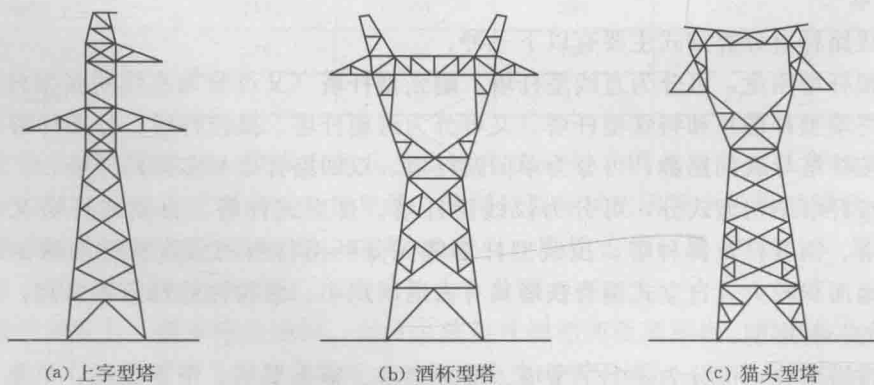


图 1-4 (一) 输电线路常用杆塔分类

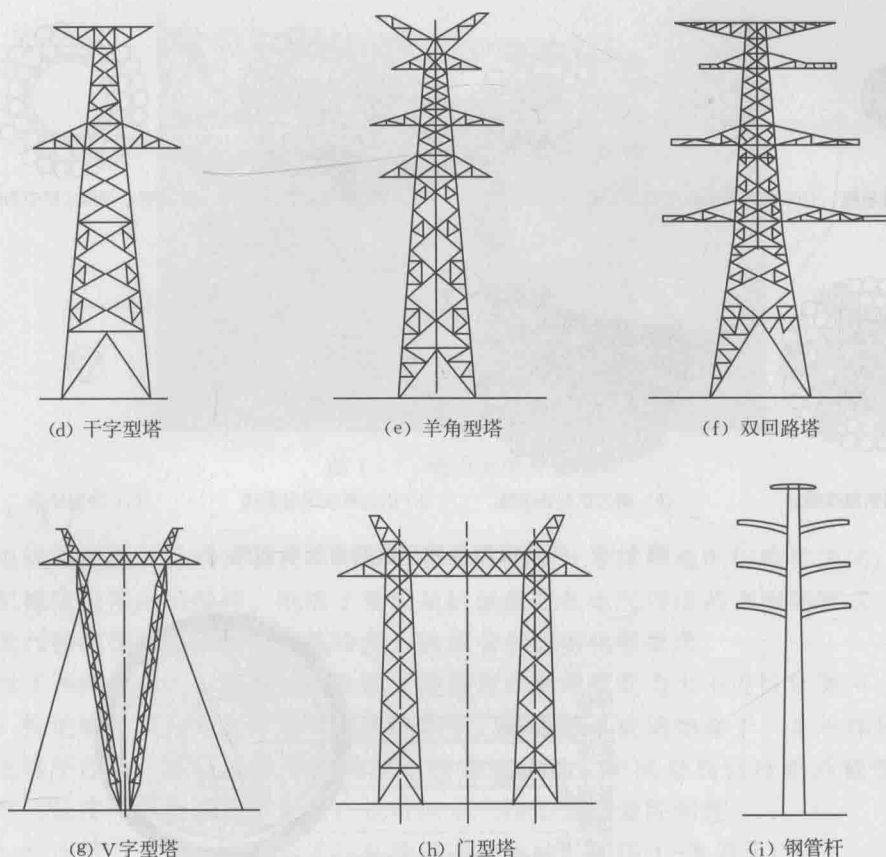


图 1-4 (二) 输电线路常用杆塔分类

3. 导线

(1) 架空线路的分类方式主要有以下三种：

- 1) 按架空线用途，可分为导线、避雷线、耦合地线、屏蔽地线、复合光缆。
- 2) 按架空线材料，可分为钢绞线、铝绞线、铝合金绞线、钢芯铝绞线、防腐型钢芯铝绞线、复合光缆、铜绞线。
- 3) 按架空线结构，可分为单股导线、单金属多股绞线、钢芯铝绞线、扩径钢芯铝绞线、空心导线、钢铝混绞线、钢芯铝包钢绞线、铝包钢绞线、避雷线、分裂导线。

架空线导地线截面图如图 1-5 所示。

(2) 电力电缆结构及分类。

1) 按电力电缆结构，可分为油浸纸绝缘铅包电力电缆、油浸纸绝缘铝包电力电缆、交联聚乙烯绝缘氯乙烯护套电力电缆、聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆、橡皮绝缘聚氯乙烯护套电力电缆。电缆结构图如图 1-6 所示。

2) 按电力电缆敷设形式，可以分为直埋式、排管、电缆沟、电缆隧道等四种。前两种多作为供电环网用电缆，根数少，长度长；后两种适用电缆长度短而根数较多的厂区内。电缆排管图如图 1-7 所示。

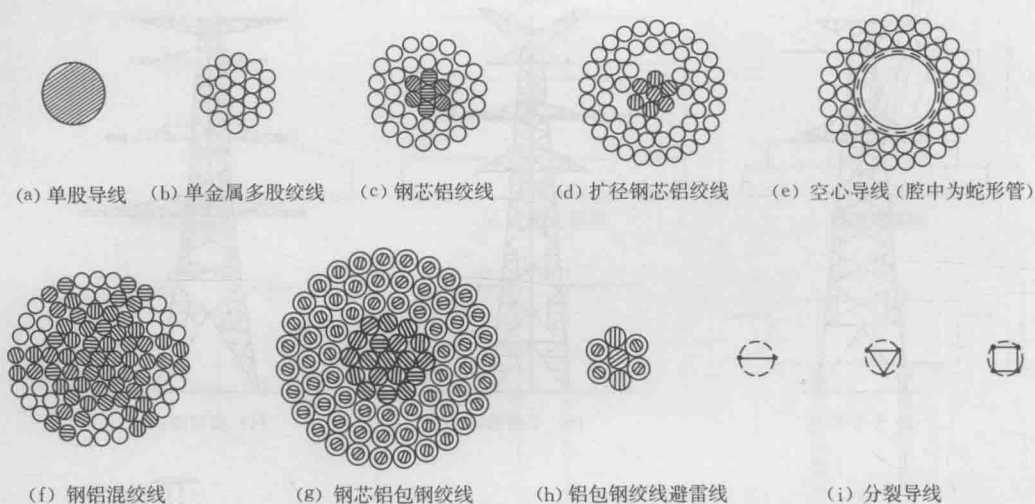


图 1-5 架空线路各种导线避雷线断面图

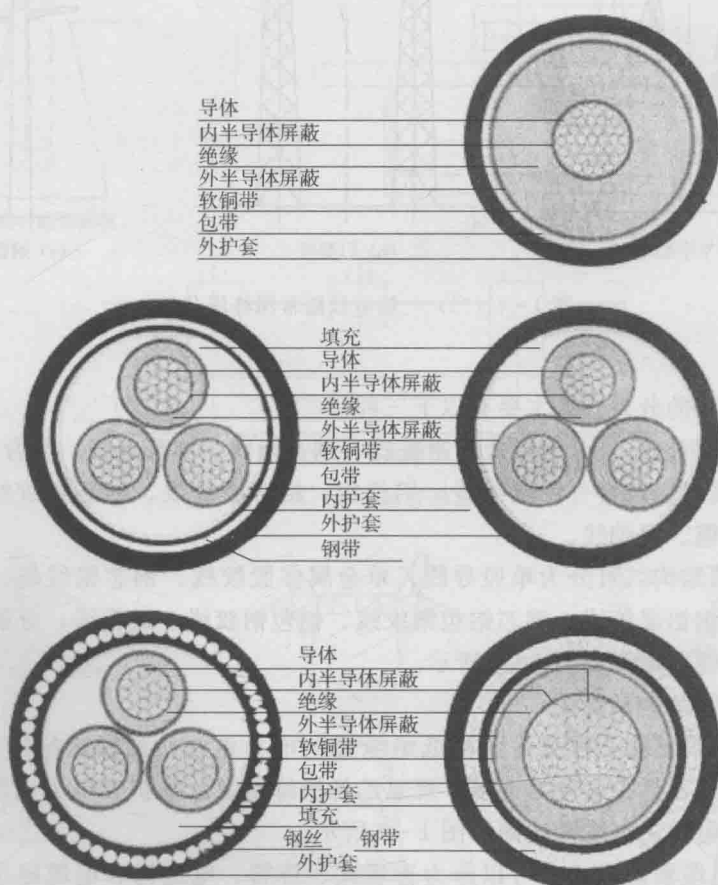


图 1-6 电力电缆结构



图 1-7 电力电缆排管图

4. 绝缘子

输电线路绝缘子是指安装在不同电位的导体之间或导体与地电位构件之间，能够耐受电压和机械应力作用的器件。绝缘子要满足机械强度和电气强度两方面的要求，同时要满足大气及污秽物作用下抗腐蚀、抗冷热、抗疲劳和抗劣化等要求。

绝缘子种类很多，可以按绝缘介质、连接方式和承载能力大小进行分类。

(1) 按绝缘介质分为盘形悬式瓷质绝缘子、盘形悬式玻璃绝缘子、半导体釉和棒形悬式复合绝缘子四种。棒型绝缘子两端是金属连接构件，中间是高强度铝质瓷制成的绝缘体，瓷件的长度可以根据要求定做，也可以多个棒形悬式瓷件相连。

(2) 按连接方式分，有球形连接和槽型连接两种，如图 1-8 所示。

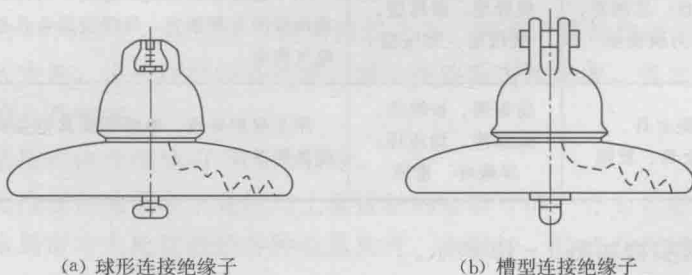


图 1-8 绝缘子连接方式

(3) 按承载能力分为 40kN、60kN、70kN、100kN、160kN、210kN、310kN 七种种类。

每种绝缘子又分为普通型、耐污型、空气动力型和球面型等多种类型。玻璃绝缘子和复合绝缘子实物图如图 1-9 所示。

5. 线路金具

输电线路金具是指将杆塔、导地线、绝缘子及其他电气设备按照设计要求，连接组装成完整的输电线路所使用的定型零件。输电线路金具按其性能和用途分为悬垂线夹、耐张线夹、连接金具、接续金具、防护金具等 5 类。具体分类见表 1-4。

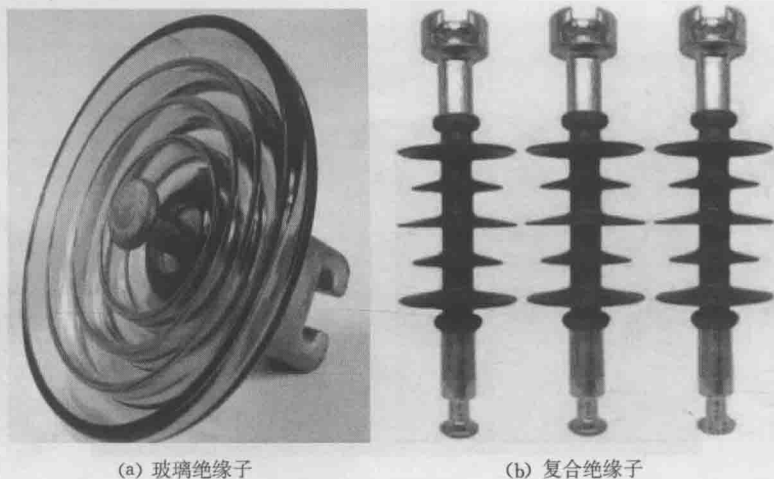


图 1-9 绝缘子实物图

表 1-4 输 电 线 路 金 具

金具分类	金具名称	型式	用途
悬垂线夹	悬垂线夹	固定型	用于悬挂导线（跳线）于绝缘子串上和挂地线于横担上
耐张线夹	耐张线夹	螺栓型、压接型、楔型、UT 型	用于紧固导线的终端，使其固定在耐张绝缘子串上，也用于地线终端的固定及拉线的锚固，紧固金具承担着导线、地线、拉线的全部张力
连接金具	又称挂线金具	挂环、挂板、联板等	用于绝缘子串与杆塔、绝缘子串与其他金具、绝缘子串之间的连接，承受机械荷载
接续金具	并沟夹板、压接管、全张力预绞丝	螺栓型、爆压型、液压型、钳压型	用于接续各种导线、地线，大部分接续金具承担导线或地线的全部张力，导线接续金具还承担与导线相同的电气负荷
防护金具	防振金具、防晕金具、重锤	防振锤、护线条、间隔棒、均压环、屏蔽环、重锤	用于保护导线、绝缘子及其他金具免受机械振动、电腐蚀等损害

输电线路金具实物如图 1-10 所示。

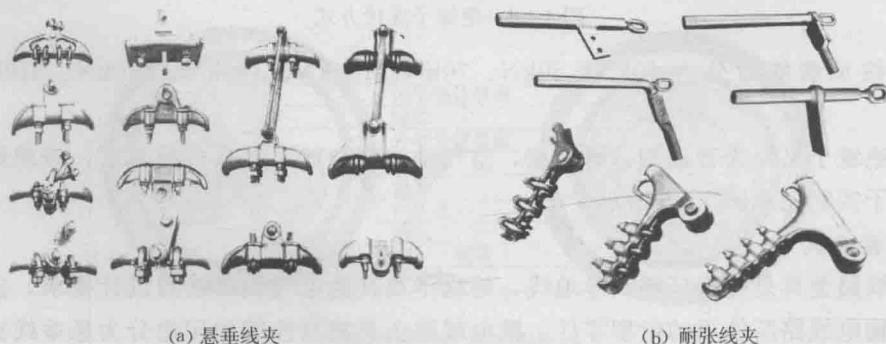


图 1-10 (一) 输电线路金具实物图