



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

输电线路基础

赵先德 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

输电线路基础

主 编 赵先德
编 写 戴仁发
主 审 吴海燕



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

全书共分为七章，主要内容包括输电线路基本知识、导线力学分析方法和安装计算、杆塔的受力分析方法和强度校核、基础的稳定计算及输电线路的路径选择和杆塔位的确定等方面的内容，较全面地介绍了输配电线路设计的基本知识。

本书主要作为职业技术学校电力技术专业教材，也可作为电力行业的培训教材，还可供从事输配电工程设计、运行、管理等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

输电线路基础/赵先德主编. —北京：中国电力出版社，2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7 - 5083 - 4208 - 9

I. 输... II. 赵... III. 输电线路—高等学校：技术学校—教材 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 027414 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>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 354 千字
印数 0000—3000 册 定价 21.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，又列为全国电力职业教育规划教材，作为职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

随着我国电力事业的蓬勃发展，各级电压等级的送电线路不断兴建与竣工。目前，正在运行使用的送电线路电压等级有10、35、66、110、220、330、500kV和750kV等8个级别，在我国经济建设中发挥着重要的作用。

送电线路工程，尤其是超高压和特高压送电线路工程，是国家经济建设的生命线工程，学习并掌握架空送电线路知识是极其重要的。

本书着重介绍了输电线路导线、杆塔和基础的受力分析方法及基本计算，输电线路路径和杆塔位选定的技术要求，并对导线安装的主要设计图纸、杆塔的典型设计和基础的常用规格作了简单介绍。编写时主要依据现行的DL/T 5154—2002《110kV~500kV架空送电线路设计技术规程》、DL/T 5219—2005《架空送电线路基础设计技术规定》、DL/T 5122—2000《500kV架空送电线路勘测技术规程》和DL/T 5154—2002《架空送电线路杆塔结构设计技术规定》，参考了业内专家编撰的部分专业书籍，并融合作者长期从事工程实践及教学经验的积累。

本课程实践性很强，涉及公式较多、计算量较大。因此，教材在编写过程中，坚持“针对性、实用性、适用性”的原则，在理论知识够用的前提下，充实实际应用知识的内容。在注重讲清基本概念、基本原理、基本方法的同时，尽可能避免繁琐的数学公式推导和大篇幅的理论分析。

全书共分七章，江西电力高级技工学校赵先德编写第一、二、三、四、五章，江西电力高级技工学校戴仁发编写第六、七章。全书由赵先德主编，由吴海燕主审。

本书在编写过程中，还得到了江西九江供电公司朱新高高级工程师的帮助，在此表示诚挚的谢意。由于编者水平有限，书中内容难免有疏漏或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 输电线路的基本知识	1
第一节 输电线路的概述	1
第二节 架空输电线路的运行环境及要求	18
第三节 输电线路施工图	24
复习思考题	26
第二章 导线应力弧垂分析	28
第一节 导线的比载	28
第二节 导线应力的概念	31
第三节 悬点等高时导线弧垂、线长和应力的关系	32
第四节 小高差档距中导线弧垂、线长和应力的关系	38
第五节 水平档距和垂直档距	47
第六节 导线的状态方程式	53
第七节 临界档距	57
第八节 最大垂直弧垂气象条件的判定	62
第九节 导线机械特性曲线	64
第十节 避雷线最大使用应力的确定	67
复习思考题	73
第三章 导线安装计算	75
第一节 导线的安装曲线	75
第二节 特殊耐张段的安装计算	77
第三节 邻档断线时交叉跨越限距的校验	86
第四节 导线的振动和舞动	91
第五节 特殊情况导线弧垂应力的分析	101
第六节 架空输电线路改建的分析	103
复习思考题	106
第四章 杆塔受力分析	108
第一节 杆塔的分类与结构型式及用途	108
第二节 杆塔外形尺寸确定	116
第三节 杆塔荷载	125
第四节 杆塔内力计算	134
复习思考题	147

第五章 杆塔强度校核	148
第一节 影响电杆强度的因素	148
第二节 环截面普通钢筋混凝土构件允许荷载的确定	152
第三节 典型设计简介	159
第四节 铁塔	163
复习思考题	171
第六章 杆塔基础	173
第一节 概述	173
第二节 电杆倾覆基础的受力分析	179
第三节 下压基础的受力分析	183
第四节 上拔基础的受力分析	186
复习思考题	189
第七章 输电线路的路径和杆位	191
第一节 输电线路的路径选择	191
第二节 输电线路的平断面图	198
第三节 输电线路杆塔的定位	203
复习思考题	208
附录 I 常用导线的规格和机构物理特性	209
附录 II 常用导线的比载	212
附录 III 导线力学计算公式	224
参考文献	226

输电线路的基本知识

第一节 输电线路的概述

电能是能量的一种表现形式。电能现代社会里已成为国民经济发展和人民生活水平提高必不可少的二次能源。

电能有许多优点：首先，它可简便地转换为另一种形式的能量。如电动机将电能转换成机械能；电灯将电能转换成光能；空调、冰箱将电能转换成热能等。其次，电能经过高压输电线路，还可输送很长的距离，供给远方用电。如电厂大部分建在动力资源所在地即水力发电厂建在水力资源点，集中在江河流域水位落差大的地方；火力发电厂大都集中在煤炭、石油和其他热源的产地。而大电力负荷中心则多集中在工业区和城市，因此发电厂和负荷中心往往相距很远，从而发生了电能输送的问题，产生了承担这一输送任务的输电线路。

输电线路是电力系统中实现电能远距离传输的一个重要环节，包括架空线路和电缆线路。其任务是输送电能，是电力系统的动脉，其架设、运行状态直接决定电力系统的安全和效益。

一、电力系统的组成和输电线路的分类

(一) 电力系统的组成

如图 1-1 所示，电力系统主要由五部分组成，即发电厂的发电机与升压变电所、输电线路、降压变电所、配电系统和用户。

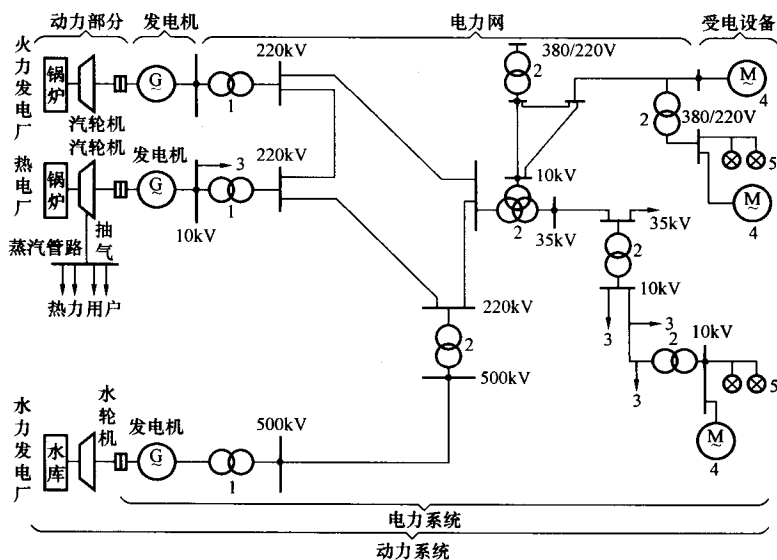


图 1-1 电力系统和电力网示意图

1—升压变压器；2—降压变压器；3—负荷；4—电动机；5—电灯

发电厂的发电机所发出的电能，经过升压变压器、输电线路送到变电所降压后，送到配电系统，再由配电线路把电能分配到各用户，这样一个整体称为电力系统。电力系统中除发

电机和用电设备外的部分，即输变电设备及各种不同电压等级的电力线路所组成的部分，称之为电力网。电力系统加上发电厂的动力部分所组成的整体，称之为动力系统。

1. 发电厂

发电厂的基本任务是把他形式的能量转变为电能，发电厂按所用能量，可分为水力发电、火力发电和原子能发电，另外还有太阳能、风力、地热、潮汐和沼气等发电。目前，我国已形成的大型电力系统中，主要以火力发电为主。发电厂的主要设备有发电机、汽轮机、水轮机和锅炉等。

2. 变电所

变电所（站）是转换和分配电能的场所，发电厂发出的电能通过升压变电所升压后由输电线路输出，降压变电所（站）则将线路输送来的电能降压后分配至配电系统。变电所（站）主要由升（降）压变压器、断路器、互感器及二次设备构成。

3. 输电线路

输电线路是电力网的重要组成部分，线路三相导线分别与两端变压器的三个绕组连接。因此，输电线是以三相交流输电，每相导线分别用字母 U、V、W 表示（或以黄、绿、红三种颜色表示）。线路每三相称为一回路或单回路，由电源向电力负荷中心输送电能的线路称为输电线路。为减少电能在输送过程中的损耗，根据输送距离和输送容量的大小，输电线路采用各种不同的电压等级。目前我国输电线路采用的电压等级有 35、60、110、220、330、500、750kV。在我国，通常称 35~220kV 的线路为高压输电线路，330~750kV 的线路为超高压输电线路，1000kV 及以上电压等级的线路为特高压输电线路。此外，担负分配电能任务的线路，称为配电线路。我国配电线路的电压等级有：380/220V、6kV 和 10kV，其中把 1kV 以下的线路称为低压配电线路，1~10kV 线路称为高压配电线路。

4. 配电系统

配电系统一般分为高压配电网和低压配电网两级，高压配电网的电压一般为 6~35kV，有些大城市已发展到 110kV 或 220kV，低压配电网的电压为 380V 和 220V 的三相四线制。

5. 用户

用户是指在供电部门管辖范围内的工业企业，它包括属用户所有的变电所、线路和各种用电设备。

（二）输电线路的分类

1. 输电线路按结构分类

输电线路可分为电缆线路和架空线路。架空输电线路和电缆线路相比，具有投资省、易于发现故障、便于维修等特点，故远距离输电线路多采用架空输电线路。本书只介绍高压架空输电线路的基础知识。

一般来说，线路输送容量越大，输送距离越远，要求输电电压就越高。输电线路的输送容量和线路电压的平方成正比。表 1-1 列出了输电线路的电压、输送容量和输送距离的关系。

表 1-1 输电线路的电压、输送容量和输送距离

线路电压 (kV)	输送容量 (MVA)	输送距离 (km)	线路电压 (kV)	输送容量 (MVA)	输送距离 (km)
35	2~10	20~50	330	200~800	200~600

续表

线路电压 (kV)	输送容量 (MVA)	输送距离 (km)	线路电压 (kV)	输送容量 (MVA)	输送距离 (km)
110	10~50	50~150	500	1000~1500	150~850
220	110~500	100~300	750	2000~2500	500~1000

2. 输电线路按电流性质分类

架空输电线路又可分为交流和直流输电。目前,电力系统绝大多数采用三相交流输电,随着交流输电容量的增大、线路距离的增长以及电网的复杂化,系统稳定性问题日益突出。另一方面,高电压远距离输电线路感抗、容抗所引起的电压变化,需要装设大量的补偿设备,以解决无功补偿、稳定性、操作过电压等一系列问题。这就使得操作运行复杂化,投资增大。高压远距离直流输电与之相比有着显著的优点,现在世界上已有许多条高压直流输电线路在运行。我国已有 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路在运行。

(1) 直流输电的基本原理。如图 1-2 所示,是一个最简单的直流输电系统,包括直流线路和两个换流站。两个换流站的直流端,分别接在直流线路的两端,交流端分别连接两个交流系统。换流站装有换流器,它的功用是实现交流电和直流电之间的变换。

从交流系统 I 向交流系统 II 输电时,换流站 I 把交流系统 I (送电端) 的三相交流电流转换成直流电流,通过直流线路送到换流站 II,换流站 II 再把直流电流转换成三相交流电流送入交流系统 II。



图 1-2 直流输电系统原理图

由交流电转换成直流电和由直流电转换成交流电的过程分别称为整流和逆变。

(2) 直流输电的优点。一般认为直流输电与交流输电相比的优点是:架空线路或电缆线路的建设费用较低,没有稳定性问题,对长距离输电有利,可将非同期或异周波的电网联系起来,不增大电力系统的短路容量。输送功率相同时,线路造价低,线损较小,运行费用较低。两端交流电力系统不需要同步运行,输电距离不受电力系统同步稳定性的限制。线路的电流、功率易于调节、控制。

(3) 高压直流输电的主要用途:适用于远距离大功率输电;适用于海底电缆输电;可进行不同额定频率或相同额定频率非同步运行的交流系统之间的联络;用地下电缆向用电密度高的城市供电。

直流输电的经济长度与两端换流设备的造价有关。随着晶闸管换流技术的发展,使直流终端设备与线路造价之比不断降低。美国西屋公司最近声称,直流输电的经济距离是 500~600km 以上。

我国水利资源主要在西南部,但用电负荷较多的是东南沿海地区,输电距离都在 1000km 以上,特别是三峡的开发建设,更体现了远距离高压直流输电的明显优越性。我国目前建设的第一条葛洲坝—上海超高压直流输电线路的情况是:电压等级为 $\pm 500\text{kV}$,导线为 $4 \times \text{LGJQ}-300$ 型,输送容量为 $120 \times 10^4 \text{kW}$,线路长度为 1080km。

二、架空输电线路的结构及各元件的作用和类型

(一) 架空输电线路的结构

为保证输电线路带电导线与地面之间保持一定距离,必须用杆塔来支撑导线,如图 1-3

所示。相邻两基杆塔中心线之间的水平距离 l 称为档距。相邻两基承力杆塔之间的几个档距组成一个耐张段，如图中 5 号~9 号杆塔为一个耐张段，该耐张段由 4 个档距组成。如果耐张段中只有一个档距则称为孤立档，如图中 9 号和 10 号杆塔之间。一条输电线路总是由多个耐张段组成的，其中包括孤立档。

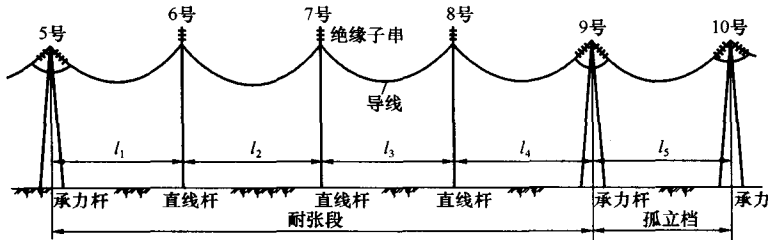


图 1-3 输电线路的组成

(二) 架空输电线路各元件的作用和类型

架空输电线路的组成元件主要有导线、避雷线、金具、绝缘子、杆塔、拉线和基础，如图 1-4 所示。

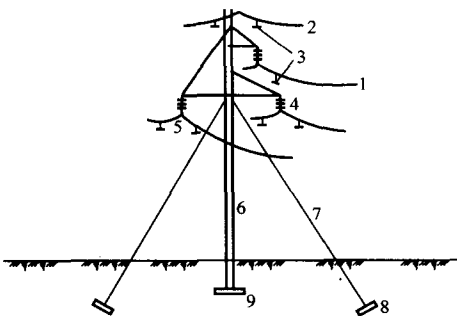


图 1-4 输电线路的组成元件

- 1—导线；2—避雷线；3—防振锤；4—绝缘子；
5—线夹；6—杆塔；7—拉线；
8—拉线盘；9—底盘

它们的作用和类型分述如下。

1. 导线

导线用来传输电流、输送电能。一般输电线路每相采用单根导线，对于超高压大容量输电线路，为了减小电晕以降低电能损耗，并减小对无线电、电视等讯号的干扰，多采用相分裂导线，即每相采用两根、三根、四根或更多根导线。我国第一条 330kV 刘家峡水电站——天水—关中超高压输电线路采用了双分裂导线，而目前我国在 500kV 输电线路中推荐采用四分裂导线，亦有六分裂导线。我国第一条 750kV 青海官亭—甘肃兰州东的超高压输电线路采用的是六分裂导线。

架空导线和避雷线通常用铝、铝合金、铜和钢材料做成，它们具有导电率高，耐热性能好，机械强度高，耐振、耐腐蚀性能强，质量轻等特点，常见的导线种类、用途及选用原则见表 1-2。

表 1-2 导线的种类、用途及选用原则

导线类型	品种	型号	用途及选用原则
硬铝线	铝绞线	LJ	对 35kV 架空线路铝绞线截面不得小于 35mm^2 ，对 35kV 以下线路不小于 25mm^2
钢芯铝绞线	钢芯铝绞线	LGJ	$Al/Ag > 4.5$ 钢芯铝绞线用于一般地区， $Al/Ag \leq 4.5$ 钢芯铝绞线用于重冰区或大跨越地段
铝合金绞线	铝合金单线 铝合金绞线	LH LHAJ LHBJ	抗拉强度高，可减少弧垂，降低线路造价，单股线在线路上不许使用

续表

导线类型	品种	型号	用途及选用原则
钢芯铝合金绞线	钢芯铝合金绞线	LHAGJ LHBGJ	抗拉强度高, 用于超高压线路及大跨越地段
防腐型钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线	轻防腐 中防腐	LGJF LHAGJF1 LHBGJF1 LHAGJF2 LHBGJF2	用于沿海及有腐蚀性气体的地区
铝包钢绞线	铝包钢绞线	GLJ	线路的大跨越及地线通信使用
压缩型(光体)钢芯铝绞线	压缩型	LGJY	$Al/Ag > 4.5$ 适用于农村、山区小档距及具有一定拉力强度的线路, $Al/Ag \leq 4.5$ 适用于农村、山区大档距拉力强度较大的线路 与普通钢芯铝绞线比较, 同截面时强度高, 同强度时外径小, 空气动力系数低, 故承受风压荷载、冰雪荷载较小
硬铜线	硬圆铜单线 硬铜绞线	TY TJ	铜导线在一般情况下不推荐使用。必须使用铜线时, 导线最小截面规定如下: 35kV 以上线路不许使用单股线; 绞线截面不小于 25mm^2 ; 10kV 及以下线路单股线截面不小于 16mm^2 , 绞线截面不小于 16mm^2
镀锌钢线	镀锌铁单线	GY	一般均作架空避雷线使用。用作导线时, 35kV 以上架空线路不许使用单股线, 绞线截面不小于 16mm^2 10kV 以下线路单线直径不小于 3.5mm, 绞线截面不小于 10mm^2 , 大跨越段可采用高强度镀锌钢绞线做芯线或导线, 但做导线时应具有较高的导电率
	镀锌钢绞线	GJ	

架空输电线用的电线, 一般采用以单根金属线为中心, 将数根乃至数十根导线绕制而成的绞线。目前采用的电线多为两种以上不同金属材料制成的绞线。

现在的输电线路多采用中心为机械强度高的钢线, 周围是电导率较高的硬铝绞线的钢芯铝绞线, 如图 1-5 所示。钢芯铝绞线比铜线电导率略小, 但具有机械强度高、质量轻、价格便宜等特点, 特别适用于高压输电线。钢芯铝绞线由于其抗拉强度大、弧垂小, 所以可以使档距放大。

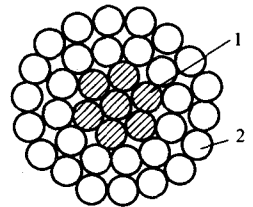


图 1-5 钢芯铝绞线截面示意图
1—钢芯; 2—铝线

钢芯铝绞线按其铝、钢截面比的不同, 分为正常型、加强型和轻型三种。在高压输电线路中, 采用正常型较多。在超高压线路中采用轻型较多。在机械强度高的地区, 如大跨越、重冰区等, 采用加强型的较多。至于采用哪种类型导线, 应通过技术经济论证后确定。国标中, 钢芯铝绞线的标号是由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。例如: LGJ 型, 表示正常型钢芯铝绞线; LGJJ 型, 表示加强型钢芯铝绞线; LGJQ 型, 表示轻型钢芯铝绞线。欧美国家是用 ACSR 表示钢芯铝绞线。

铝合金线比纯铝线有更高的机械强度, 大致与钢芯铝绞线强度相当, 但重量比钢芯铝绞线轻, 因而弧垂减小, 档距可放大, 可使杆塔基数减少或降低高度, 但导电性能比铝线稍差。因此, 铝合金线有一定的优越性, 但目前在生产上尚有一定困难, 故我国只在个别线路

上使用。

国外生产的铝合金线，机电性能良好。如日本生产的 1 号铝合金线抗拉强度为 308.7MPa (N/mm^2)；美国生产的 6201 铝合金线抗拉强度为 313.6~333.2MPa，均大于我国生产的钢芯铝绞线的抗拉强度。

此外，还有以下几种特殊用途的导线：

(1) 大档距导线。国外大跨越中，要求导线具有特高抗拉强度，采用硅铜线、镀锌钢线、铝包钢线等。

(2) 防腐蚀导线。线路经过海边及污秽地区，为提高导线的抗腐蚀能力，延长使用寿命，制造了各种防腐蚀导线，如镀铝钢线、钢芯涂防腐油等。北欧一些国家生产钢芯铝绞线时，钢芯就涂以凡士林进行防腐蚀保护。意大利跨越麦西拿海峡的导线涂有防腐剂。美国用镀铝钢线作钢芯。

(3) 自阻尼导线。这种导线又称防振导线，加拿大、挪威等国已使用，认为使用它可以提高运行应力而不必加防振措施，已引起各国的重视。

(4) 光滑导线。光滑导线由于外径较普通导线略小，可减少导线承受的风和冰荷载，由于表面光滑可减少导线舞动现象。在欧洲、美国、日本都已得到应用。

(5) 分裂导线。一般每相 2 根为水平排列，3 根为正三角形或两上一下倒三角形排列，4 根为正方形排列，六根为鼓形排列，如图 1-6 所示。分裂导线在超高压线路得到广泛使用。它除具有表面电位梯度小、临界电晕电压高的特性外，还有以下优点：①单位电抗小，其电气效果与缩短线路长度相同；②单位导纳大，等于增加了无功补偿；③用普通标号导线组成，制造较方便；④分裂导线装间隔棒可减少导线振动，实测表明双分裂导线比单根导线减小振幅 50%，减少震动次数 20%，四、六分裂减少更大。

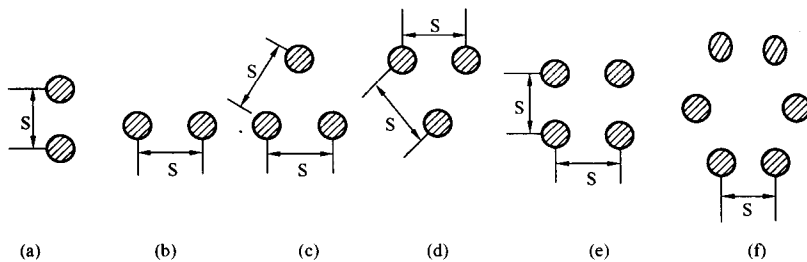


图 1-6 分裂导线示意图

(a) 双分裂垂直排列；(b) 双分裂水平排列；(c) 三分裂正三角形排列；(d) 三分裂倒三角形排列；(e) 四分裂正方形排列；(f) 六分裂鼓形排列

S—分裂导线间距

(6) 扩径导线。为了减少电晕损耗，可增大导线直径，330kV 线路曾采用过 K—272—2 型钢芯铝绞线扩径导线，铝截面为 300.8mm^2 ，作用相当于 LGJ—300 型导线，但直径扩大了 2.2mm。

2. 避雷线（架空地线）和接地体

输电线路中，除了输送电能的导线之外，还有防止雷击导线而在杆塔最高处架设的架空地线，当雷击杆塔时，避雷线对导线起分流耦合和屏蔽作用，降低导线绝缘子上的感应过电压。

最近在架空地线中通以通信用的光纤，这种架空地线称为光纤复合架空地线。

避雷线悬挂于杆塔顶部，并在每基杆塔上均通过接地线与接地体相连接，当雷云放电雷

击线路时，因避雷线位于导线的上方，雷首先击中避雷线，并借以将雷电流通过接地体泄入大地，从而减少雷击导线的几率，保护线路绝缘免遭雷电过电压的破坏，起到防雷保护作用。避雷线大致总结有以下几种作用：

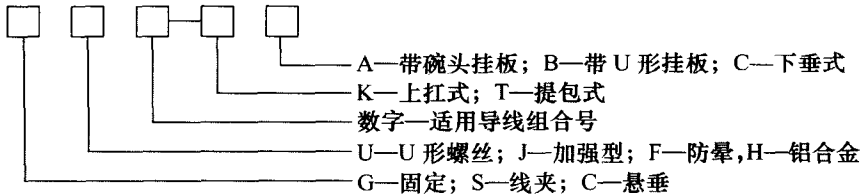
- (1) 防止雷直击导线。
- (2) 雷击塔顶时对雷电流有分流作用，减少流入杆塔的雷电流，使塔顶电位降低。
- (3) 对导线有耦合作用，降低雷击塔顶时导线绝缘上的电压。
- (4) 对导线有屏蔽作用，降低导线上的感应过电压。

3. 线路金具

通常把输电线路使用的金属部件总称为金具。金具在架空线路中主要用于支持、固定、连接导线及绝缘子连接成串，也用于保护导线和绝缘体。它可以把导线连接在绝缘子串上，也可以把绝缘子串固定在杆塔横担上，还可以防止导线的振动。

(1) 金具的分类和用途。金具的类型繁多，按照金具的性能和用途可分为线夹、连接金具、接续金具、保护金具和拉线金具五大类。

(2) 线夹。线夹有悬垂线夹和耐张线夹两类，悬垂线夹型号标记的组成如下：



例如：CGU—固定型悬垂式线夹；CGF—防晕型悬垂线夹；CGH—铝合金悬垂线夹；CSH—加强型悬垂线夹。

1) 悬垂线夹。悬垂线夹如图 1-7 所示，用于将导线固定在直线杆塔的悬垂绝缘子串上，或将避雷线悬挂在直线杆塔上，也可用于换位杆塔上支持换位导线以及非直线杆塔上跳线的固定。悬垂线夹承受导线（或避雷线）垂直方向和顺线方向的荷载。要求悬垂线夹对导线（或避雷线）应有一定的握力。

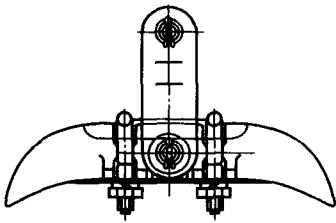


图 1-7 悬垂线夹

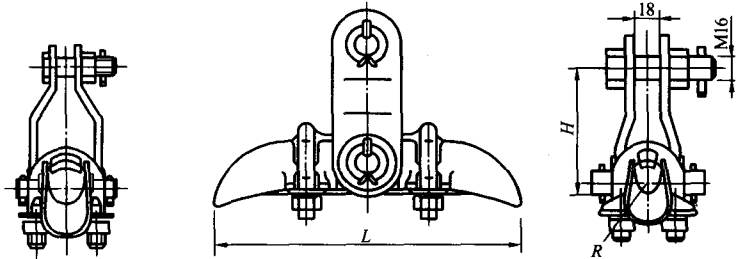


图 1-8 悬垂线夹型式示意图

悬垂线夹结构型式和尺寸见表 1-3。

表 1-3 CGU 固定型悬垂线夹尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)			标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		H	L	R		
CGU-1	5.0~7.0	82.5	180	4.0	40	1.4

续表

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)			标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		H	L	R		
CGU—2	7.1~13.0	82	200	7.0	40	1.8
CGU—3	13.1~21.0	101	220	11.0	40	2.0
CGU—4	21.1~26.0	109	250	13.5	40	3.0

(a) CGU 固定悬垂线夹型式和尺寸见图 1-8 及表 1-3。

(b) CGU 悬垂线夹 (带碗头挂板) 型式及尺寸见图 1-9 及表 1-4。

表 1-4 CGU 固定型悬垂线夹 (带碗头挂板) 尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)			标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		H	L	R		
CGU—5A	23.0~33.0	157	300	17	70	5.7
CGU—6A	34.0~45.0	163	300	23	70	6.1

(c) CGU 悬垂线夹 (U 形挂板) 型式及尺寸见图 1-10 及表 1-5。

表 1-5 CGU 固定型悬垂线夹 (带 U 形挂板) 尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)			标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		H	L	R		
CGU—5B	23.0~33.0	137	300	17	70	5.4
CGU—6B	34.0~45.0	130	300	23	70	5.8

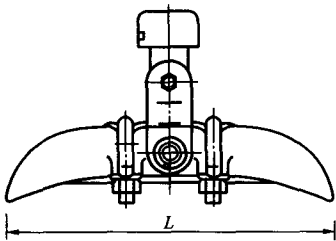


图 1-9 悬垂线夹 (带碗头挂板) 型式示意图

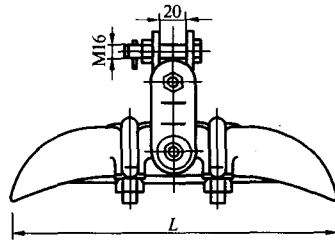
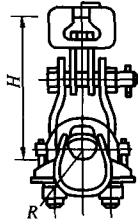
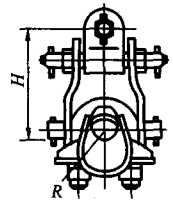


图 1-10 悬垂线夹 (带 U 形挂板) 型式示意图



(d) CGF 防晕型下垂式悬垂线夹型式及尺寸见图 1-11 及表 1-6。

表 1-6 CGU 防晕型下垂式悬垂线夹尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)				标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		C	H	L	R		
CGU—5C	24.2~33.0	18	147	300	17	70	3.55
CGU—6C	34.0~45.0	20	140	300	23	90	4.00

(e) CGF 防晕型上拉式悬垂线夹型式及尺寸见图 1-12 及表 1-7。

表 1-7 CGU 防晕型上拉式悬垂线夹尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)				标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		C	H	L	R		
CGU-5K	24.2~33.0	24	50	300	17	70	2.38

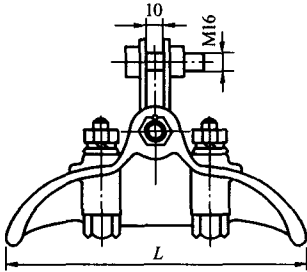


图 1-11 防晕型下垂式悬垂线夹型式示意图

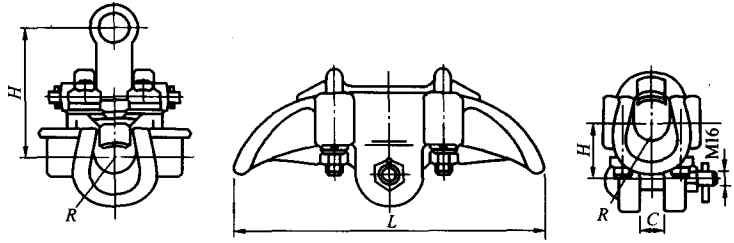


图 1-12 CGF 型式示意图

(f) CGJ 加强型悬垂线夹型式及尺寸见图 1-13 及表 1-8。

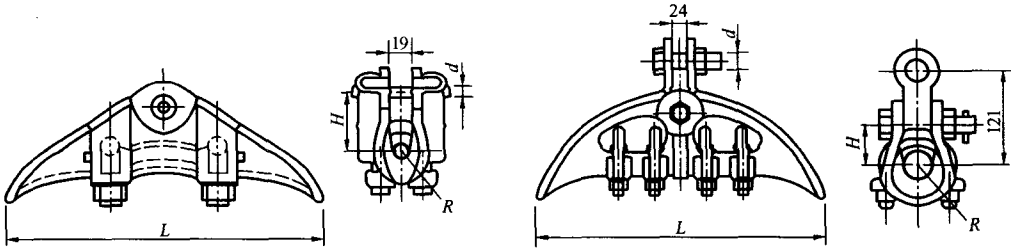


图 1-13 加强型悬垂线夹型式示意图

表 1-8 CGJ 加强型悬垂线夹尺寸

型 号	适用绞线直径范围 (包括加包缠物, mm)	主要尺寸 (mm)				标称破坏载荷 (kN)	参考质量 (kg)
		d	H	L	R		
CGJ-2	11.0~13.0	18	52	300	8	100	3.8
CGJ-5	23.0~43.0	22	56	390	22	120	9

导线固定方式：导线（或避雷线）放在线夹本体槽内，用压板和 U 形螺丝固定并压紧导线。

2) 耐张线夹。耐张线夹用于将导线固定在承力杆塔的耐张绝缘子串上，以及将避雷线固定在承力杆塔上。耐张线夹根据使用和安装条件的不同，分为螺栓型和压缩型两大类：
①螺栓型耐张线夹，用于导线截面小于或等于 240mm^2 的情况，其破坏荷载为 $20\sim 80\text{kN}$ ，如图 1-14 (a) 所示；
②压缩型耐张线夹，用于导线截面大于或等于 300mm^2 的情况，如图 1-14 (b) 所示。

避雷线耐张线夹一般采用楔型线夹。当钢绞线作为避雷线其截面超过 70mm^2 时，则采用压缩型耐张线夹。线夹必须有足够的机械强度。各类耐张线夹的破坏荷载应不小于安装导线或避雷线的计算拉断力。压缩型耐张线夹的握力应不小于导线或避雷线计算拉断力的 95%。螺栓型耐张线夹的握力应不小于导线计算拉断力的 90%。

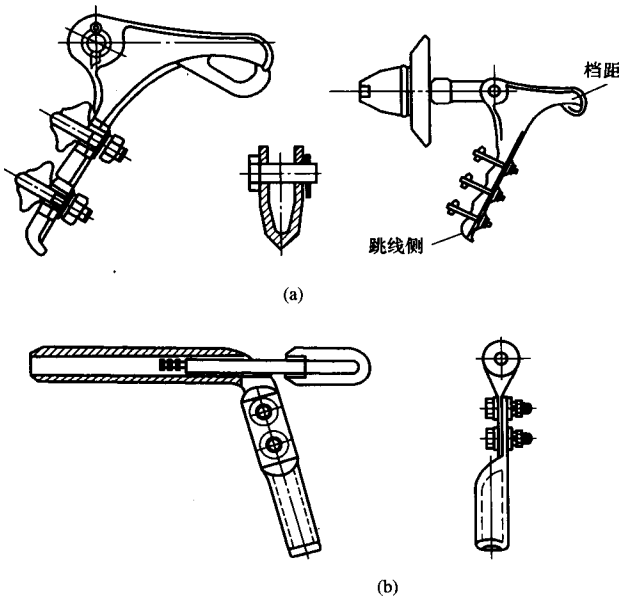


图 1-14 耐张线夹

(a) 螺栓型耐张线夹及安装形式；(b) 压缩型耐张线夹

(3) 连接金具。连接金具主要用于绝缘子串与杆塔和导线线夹的连接，可将悬式绝缘子连接成串，并将一串或数串绝缘子串连接或悬挂在杆塔横担上。悬垂线夹、耐张线夹与绝缘子串的连接，拉线金具与杆塔的连接，均要使用连接金具。根据使用条件，分为专用连接金具和通用连接金具两大类。

专用连接金具用于绝缘子串，其连接部位的结构和尺寸必须与绝缘子相同。线路上常用的专用连接金具有球头挂环和碗头挂板，球头挂环如图 1-15 (a) 所示，碗头挂板如图 1-15 (b) 所示，分别用于连接悬式绝缘子上端钢帽及下端钢脚。

通用连接金具适用于各种情况下的连接，以荷重大小划分等级，荷重相同的金具有互换性。线路上常用的通用连接金具有直角挂板、U形挂环、二联板等，分别如图 1-15 (c) ~ (e) 所示。

通用连接金具适用于各种情况下的

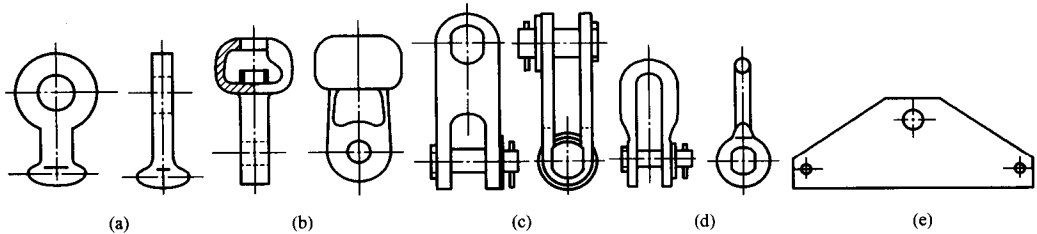


图 1-15 连接金具

(a) 球形挂环；(b) 碗头挂板；(c) 直角挂板；(d) U形挂环；(e) 二联板

连接金具的机械强度一般不是按导线的荷载选择，而是按绝缘子的机械强度确定，每一种型式的绝缘子配备一套与其机械强度相同的金具。考虑金具的互换性，定型金具按破坏荷载分为 4、7、10、12、16、20、25、30、50、60 等 10 个等级。例如 XP-60 型绝缘子所配金具的破坏荷载不小于 60kN，即应选等级标记为“7”的金具，其破坏荷载为 69kN，相应的金具如 U-7、QP-7、W-7A 型等。

连接金具所用的螺栓、销钉直径及螺孔和销钉孔等，也力求统一，相互配合。连接金具的破坏荷载和与相应的连接螺栓直径如表 1-9 所示。

表 1-9 连接金具的破坏荷载及与相应的螺栓直径

标 记	4	7	10	12	16	20	25	30	50	60
破坏荷载 (kN)	39	69	98	118	157	196	245	294	490	585
螺栓公称直径 (mm)	M16	M16	M18	M22	M24	M27	M30	M36	M42	M48

(4) 接续金具。接续金具用于连接导线及避雷线终端接续，接续非直线杆塔的跳线及补修损伤断股的导线或避雷线。架空线路常用的接续金具有钳接管、压板管、补修管、并沟线夹及跳线夹等。

导线本身连接时，当其截面为 240mm^2 可采用钳接管连接，如图 1-16 (a) 所示。若导线截面为 300mm^2 及以上时，因其导线张力较大，如仍采用钳接管连接，其连接强度不能满足要求，故应采用压接管连接，如图 1-19 (b) 所示。用压接管连接导线时，先用钢管将导线的钢芯压接连接，然后将导线外部套入铝管压接。避雷线采用钢绞线，无论截面大小均采用钢压接管用压接方法连接，如图 1-16 (c) 所示。

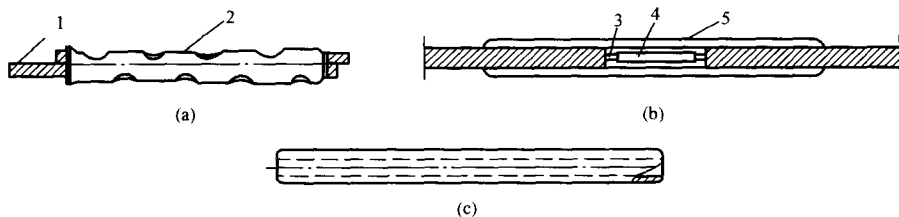


图 1-16 接续金具

(a) 导线用钳接管连接；(b) 导线用压接管连接；(c) 连接钢绞线用钢压接管
1—导线；2—钳接管；3—导线钢芯；4—钢管；5—铝管

(5) 保护金具。保护金具分为机械和电气两大类。机械类保护金具是为了防止导线、避雷线因受振而造成断股。电气类保护金具是为防止绝缘子因电压分布不均匀而过早损坏。

线路上常用的保护金具有防振锤、护线条、间隔棒、均压环、屏蔽环等，分别见图 1-17~图 1-19。

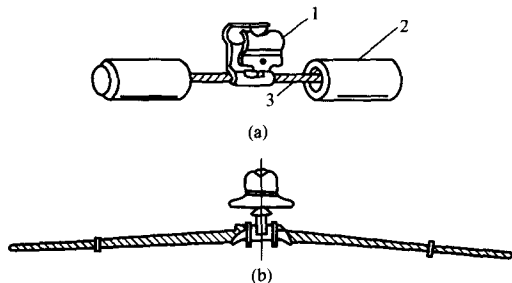


图 1-17 防振锤和护线条

(a) 防震锤；(b) 护线条
1—夹板；2—铸铁锤头；3—钢绞线

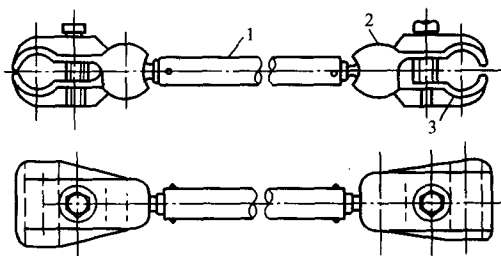


图 1-18 间隔棒

1—无缝钢管；2—间隔棒线夹；
3—压舌

(6) 拉线金具。拉线金具主要用于拉线杆塔拉线的紧固、调整和连接，包括从杆塔顶端引至地面拉线之间的所有零件。根据使用条件，拉线金具可分为紧线、调节及连接三类。紧线零件用于紧固拉线端部，与拉线直接接触，必须有足够的握着力。调节零件用于调节拉线的松紧。连接零件用于拉线组装。

线路上常用的拉线金具有楔形线夹、UT 型线夹、拉线用 U 形环、钢线卡子等。拉线的连接方法如图 1-20 所示。