

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材

配电线路设计、 施工和维护

李燕 主编

PEIDIAN XIANLU SHEJI
SHIGONG HE WEIHU

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com
赠电子课件、习题解答及模拟试卷

中国电力出版社 中国电力出版社北京出版集团

配电线路设计、 施工和维护

第2版 16开

PLANNING, CONSTRUCTION AND
MAINTENANCE OF DISTRIBUTION
LINES

中国电力出版社



高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材

配电线路设计、施工和维护

主 编 李 燕
副主编 林世治 李军
参 编 李文才 李中海 高书芹
主 审 王艳君



机械工业出版社

本书为高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材。

全书共分五章，主要内容包括电力线路的基本知识、架空线路的设计基础、架空配电线路施工、架空线路的运行与维护、电力电缆线路及附录。

本书可作为高职高专院校电力技术类专业的教学用书，也可作为电力行业的培训教材，还可供从事相关工作的工程技术人员参考。

为方便教学，本书配有免费电子课件、模拟试卷及解答等，凡选用本书作为授课教材的学校，均可来电索取。咨询电话：010-88379375；电子邮件：wangzongf@163.com。

图书在版编目（CIP）数据

配电线路设计、施工和维护/李燕主编. —北京：机械工业出版社，2012.7

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材
ISBN 978-7-111-38481-6

I. ①配… II. ①李… III. ①配电线路—高等职业教育—教材
IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 106472 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：于宇 王宗锋 责任编辑：王宗锋 苑文环

版式设计：刘怡丹 责任校对：刘秀芝

封面设计：路恩中 责任印制：乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 315 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-38481-6

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

通过多年来对电力类专业毕业生的职业回访,清楚了目前就业市场对输配电线路专业技术型人才的岗位需求,配合当前高等职业教育“大力推行工学结合,突出实践能力培养,改革人才培养模式”的教学改革需要,编写了本书。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岗位资格及技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学的适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色。

本书融合了作者长期从事工程实践及教学经验的积累,按照深入浅出的原则对配电线路技术作了全面介绍,包括电力线路的基本知识、架空线路的设计基础、架空配电线路施工、架空线路的运行与维护、电力电缆线路及附录。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,充实了实际应用知识的内容。

本书由河北工程技术高等专科学校李燕任主编。全书共分5章,其中,福建水利电力职业技术学院林世治编写第1章,中国石化沧州分公司李军、沧州建筑设计院高书芹各编写第5章部分章节,河北工程技术高等专科学校李文才、沧州供电公司李中海各编写第3章部分章节,其余各章由李燕编写。全书由李燕修改并统稿。

河北农业大学的王艳君教授对书稿进行了审核,提出了许多宝贵建议,在此表示感谢!编写过程中还得到了同事们的许多帮助,一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在问题和错误,诚请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 电力线路的基本知识..... 1

1.1 电力线路概述..... 1

1.1.1 电力线路在电力系统中的地位和作用..... 1

1.1.2 电力线路的分类..... 2

1.1.3 架空线路的组成..... 4

1.2 架空导线和避雷线..... 4

1.2.1 导线..... 4

1.2.2 避雷线..... 9

1.2.3 电力架空光缆..... 10

1.3 杆塔..... 11

1.3.1 杆塔分类..... 11

1.3.2 杆塔基础..... 14

1.3.3 防雷接地装置..... 14

1.4 绝缘子..... 14

1.4.1 绝缘子的类型及参数..... 14

1.4.2 绝缘子的选用..... 17

1.5 金具..... 17

1.5.1 金具分类..... 17

1.5.2 金具的选用与安全系数..... 28

本章小结..... 28

习题与思考题..... 29

第2章 架空线路的设计基础..... 30

2.1 线路设计用气象条件..... 30

2.1.1 气象资料..... 30

2.1.2 组合气象条件和典型气象区..... 31

2.2 导线的机械物理特性和比载..... 32

2.2.1 导线的机械物理特性..... 32

2.2.2 导线的比载计算..... 33

2.3 导线和避雷线的截面积选择..... 35

2.3.1 导线截面积的选择..... 35

2.3.2 避雷线的敷设及截面积选择..... 37

2.4 导线的弧垂和应力..... 38

2.4.1 概述..... 38

2.4.2 导线的解析方程式..... 40

2.4.3 导线弧垂应力及线长的计算..... 41

2.4.4 导线的状态方程式..... 47

2.4.5 临界档距..... 48

2.4.6 避雷线最大使用应力..... 52

2.4.7 导线应力弧垂特性曲线..... 53

2.4.8 导线安装曲线..... 54

2.5 导线的振动和防振..... 56

2.5.1 导线振动的类型和特点..... 56

2.5.2 导线微风振动的基本理论..... 56

2.5.3 导线的防振措施..... 60

2.6 杆塔形式的选择..... 64

2.6.1 杆塔的结构形式..... 64

2.6.2 架空配电线路杆塔的结构..... 64

2.6.3 架空配电线路常用杆型..... 67

2.6.4 杆塔的荷载及选用注意事项..... 68

2.7 杆塔外形尺寸设计..... 71

2.7.1 确定杆塔外形尺寸的基本要求..... 71

2.7.2 杆塔呼称高的确定..... 71

2.7.3 杆塔头部尺寸的确定..... 72

2.8 导线路径选择及杆塔定位..... 77

2.8.1 导线路径选择..... 77

2.8.2 杆塔定位..... 80

2.8.3 有关选线和定位的规定..... 85

本章小结..... 87

习题与思考题..... 88

第3章 架空配电线路施工..... 90

3.1 架空线路施工的工艺流程..... 90

3.1.1 准备工作..... 90

3.1.2 施工安装..... 91

3.1.3 启动验收..... 91

3.2 复测分坑..... 91

3.2.1 复测..... 91

3.2.2 分坑..... 92

3.3 施工安装..... 92

3.3.1 杆塔基础施工..... 92

3.3.2 杆塔组立..... 95

3.3.3 拉线施工	100	5.1.3 电力电缆的种类和结构	145
3.3.4 导线的架设	106	5.1.4 电力电缆的型号	148
3.3.5 接地装置的安装	116	5.1.5 电力电缆的载流能力	149
3.3.6 10kV 架空绝缘线路及施工	118	5.2 电力电缆的选择	150
本章小结	120	5.2.1 电缆导体材质的选择	150
习题与思考题	121	5.2.2 电缆外护层类型的选择	151
第4章 架空线路的运行与维护	122	5.2.3 电力电缆导体截面积的选择	151
4.1 架空线路的运行	122	5.3 电力电缆的敷设	155
4.1.1 架空线路的运行标准	122	5.3.1 电力电缆的敷设方式	155
4.1.2 架空线路的巡视检查	123	5.3.2 电力电缆敷设方式的选择	156
4.1.3 架空线路的运行管理	125	5.3.3 电力电缆的敷设施工	158
4.1.4 架空线路故障及其发生机理	127	5.4 电力电缆的运行与维护	163
4.1.5 架空线路运行分析	129	5.4.1 电力电缆的运行	164
4.1.6 架空线路的防护	130	5.4.2 电力电缆线路的巡视与维护	164
4.2 架空电力线路的检修与维护	134	本章小结	166
4.2.1 架空线路检修的分类	134	习题与思考题	167
4.2.2 架空线路检修计划的编制和 组织	134	附录	168
4.2.3 架空线路检修的内容和方法	135	附录 A 常用架空导线和地线的规格和 性能	168
4.2.4 架空线路的状态检修	138	附录 B 常用导线的比载	180
4.2.5 架空线路的维护	141	附录 C 1~35KV 电力电缆的允许持续载 流量	191
本章小结	142	附录 D 敷设条件不同时电缆允许持续载 流量的校正系数	197
习题与思考题	142	附录 E 公路等级	198
第5章 电力电缆线路	143	参考文献	199
5.1 电力电缆的基本知识	143		
5.1.1 电力电缆的发展	143		
5.1.2 电力电缆的使用	143		

第 1 章 电力线路的基本知识

【本章学习目标】

- 1) 掌握电力线路的分类, 架空线路、电缆线路的结构特点; 架空线路的组成, 架空配线路中导线、避雷线、杆塔、绝缘子及金具等的作用。
- 2) 熟悉架空线路各组成部件的分类、标识及选择。
- 3) 了解电力线路在电力系统中的地位和作用; 了解各种架空地线的特点和使用。

1.1 电力线路概述

1.1.1 电力线路在电力系统中的地位和作用

电力是现代最重要的基础能源之一, 它既为现代工业、现代农业、现代科学技术和现代国防提供必不可少的动力, 又与广大人民群众的生活密切相关, 在国民经济中占有十分重要的地位。

电能有许多优点。首先, 它可以简便地转换为另一种形式的能量。例如, 工厂里的电动机, 就是将电能转换成机械能, 驱动各种机械设备运行; 人们日常的电灯, 是将电能转换成光能; 空调、冰箱是将电能转换成冷、热能等, 满足了人们的各种需求。其次, 电能通过高压输电线路, 可以输送很长的距离, 供给远方用电。

现代大型发电厂大部分建在动力资源所在地, 如水力发电厂建在水力资源点, 即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大城市, 因而发电厂和负荷中心往往相距很远, 这就出现了电能输送的问题, 需要用输电线路进行电能的输送。另一方面, 为了保证安全可靠、经济合理地供电, 需将孤立运行的发电厂用输电线路连接起来, 组成统一的电力系统, 如图 1-1 所示。通常由发电厂中的发电机、升压变电所、输电线路、降压变电所、配电线路和用户连接成的整体, 称为电力系统。电网是由各种电压等级的变压器和输、配电线路所构成的用于变换和输送、分配电能的部分。发电厂中的主要电气设备为发电机组和主变压器。发电机组将其他形式的能量转变为电能, 电能经变压器升高电压后, 由输电线路送到区域变电所, 区域变电所又将电能降低电压, 输往各个地区变电所, 再经电压较低的供配电线路供给用户并分配到用电设备。各发电厂用输电线连接, 通过变电所和配电网向电能用户供电, 以提高供电的可靠性和经济性。各发电厂经输电线连接成电力系统后具有很多优点: 提高了供电的可靠性; 提高了电能质量; 可以合理地利用各种动力资源, 提高了运行的经济性; 可以减少总装机容量; 可以安装效率高的大型机组。

电力线路是电力系统的重要组成部分, 它担负着输送和分配电能的任务, 是电力系统的动脉, 其运行状态直接决定电力系统的安全和效益。

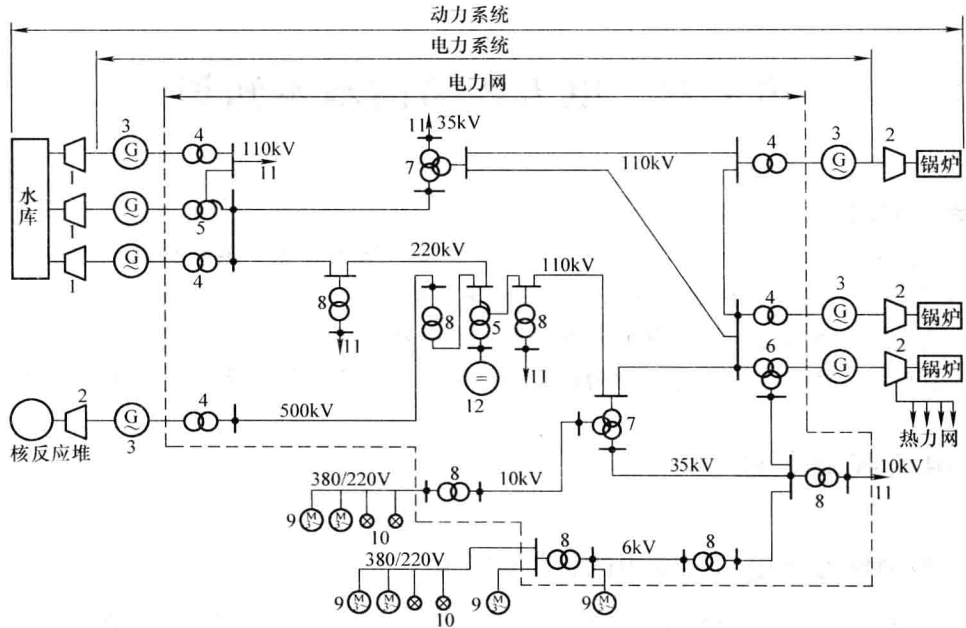


图 1-1 电力系统示意图

- 1—水轮机 2—汽轮机 3—发电机 4—升压双绕组变压器 5—升压自耦变压器
6—升压三绕组变压器 7—降压三绕组变压器 8—降压双绕组变压器
9—电动机 10—照明设备 11—负荷（泛指） 12—调相机

1.1.2 电力线路的分类

1. 按线路在电网中的作用分类

按线路在电网中的作用，电力线路分为输电线路和配电线路。

(1) 输电线路 架设在发电厂升压变电所与地区变电所之间的线路以及地区变电所之间的线路，是用于输送电能的，称为输电线路。输电网是指将众多电源点与供电点连接起来的主干网及不同电网之间互送电力的联网网架。输电网是电力的主要传输工具和电力的主要交换工具，凡大型电源节点和负荷点都直接与输电网连接。因而输电网是电力系统安全、经济及优质运行的基础。

(2) 配电线路 从地区变电所到用户变电所或城乡电力变压器之间的线路，是用于分配电能的，称为配电线路。配电网由配电变电所、高中压配电线路（1kV 及以上）、配电变压器、低压配电线路（1kV 以下电压）以及相应的控制保护设备组成。

2. 按电压等级分类

目前，我国采用各种不同电压等级线路，交流有 3kV、6kV、10kV、35kV、66kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV、1000kV；直流有 ± 500 kV、 ± 800 kV。在我国，通常将 1kV 以下的线路称为低压配电线路，1~10kV 的线路称为中压配电线路，35kV 线路称为高压配电线路，110~220kV 的线路称为高压输电线路，330~750kV 的线路称为超高压输电线路，交流 1000kV、直流 ± 800 kV 及以上电压等级的线路称为特高压输电线路，有时 110kV 线路也被称为高压配电线路，这要看它在电网中起的作用。

采用高压输电,可有效减少线损,降低线路单位造价,少占耕地,使线路走廊得到充分利用。在我国特高压电网建设中,将以1000kV交流特高压输电为主形成国家特高压骨干网架,以实现各大区域电网的同步强联网; $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电主要用于远距离大容量输电。我国1000kV交流特高压试验示范工程——晋东南—南阳—荆门1000kV输电工程,于2006年8月19日开工建设,历时两年多的建设,于2009年1月16日正式投运,线路全长约650.677km。我国的直流输电技术发展也很迅速,目前已有7个超高压直流输电工程建成并正式投入运行,超高压直流输电线路总长度达7085km,输送容量达1856万kW,线路总长度和输送容量均居世界第一。2010年6月云南至广州 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程正式竣工投产,该工程西起云南省楚雄州,途经广西壮族自治区,东至广东省广州市,输电距离达1373km,额定电压为 $\pm 800\text{kV}$,额定容量达500万kW,由楚雄换流站、穗东换流站、直流线路、两侧接地极和接地极线路五大部分组成,是世界上首个商业运营的 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程。2011年1月26日,国家电网公司宣布,要全力推进 $\pm 1100\text{kV}$ 特高压直流研究,5年内建成示范工程。

3. 按电网接线方式与特点分类

按电网接线方式与特点,电力系统的接线方式大致分为无备用接线和有备用接线两大类。其中无备用接线包括单回放射式、树干式、链式网络,如图1-2所示,有备用接线包括双回放射式、树干式、链式、环式和两端供电网络,如图1-3所示。

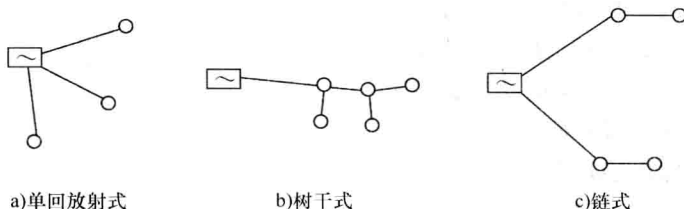


图 1-2 无备用接线

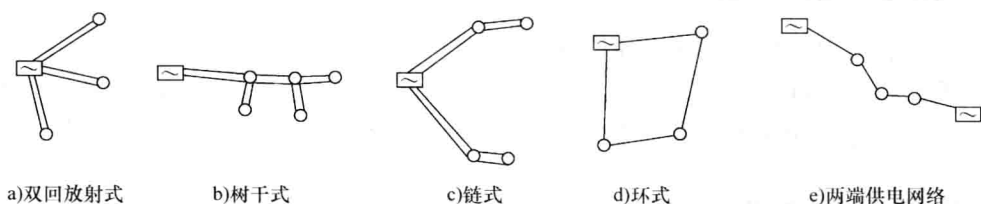


图 1-3 有备用接线

有备用接线的双回放射式、树干式和链式网络用于一、二级负荷。环式接线,供电经济、可靠,但运行调度复杂,线路发生故障切除后,由于功率重新分配,可能导致线路过载或电压质量降低。两端供电接线方式必须有两个独立的电源。

4. 按结构分类

电力线路按结构可分为架空线路和电缆线路两类。

架空线路是利用杆塔架空,敷设裸导线的户外线路。其特点是投资少、易于架设,维护检修方便,易于发现和排除故障;但它要占用地面位置,有碍交通和观瞻,且易受环境影响,安全可靠较差。

电缆线路是利用电力电缆敷设的线路。电缆线路与架空线路相比,虽然具有成本高、不便维修、不易发现和排除故障等缺点,但具有运行可靠、不易受外界影响、不需架设杆塔、不占地面、不妨碍交通和景观等优点,特别是在有腐蚀性气体和易燃易爆场所,以及需要防止雷电波沿线路侵入不宜采用架空线路时,只能敷设电缆线路。因此,电缆线路得到越来越广泛的应用。

5. 按电能种类分类

电力线路按电能种类可分为交流线路和直流线路两种。目前输送电能主要是采用三相交流架空的方式,但随着换流技术的进步,加上直流线路造价低,损耗小,能满足大容量输电,也有采用直流输电的方式。与交流输电相比较,直流输电有下列优点:

- 1) 在输送相同功率和距离的条件下,线路造价较低,电能损耗小。
- 2) 直流线路与所联系的交流系统不需要同步运行,无系统的稳定性问题。

缺点如下:

- 1) 整流站与逆变站的换流器价格较贵。
- 2) 直流高压断路器在断开故障电流时灭弧困难。

特高压直流输电中间不落点,可将大量电力直接送往大负荷中心,输电容量大,输电距离长,节省架线走廊,有功功率损耗与输送功率的比值较大。特高压交流输电中间可落点,输电容量大,覆盖范围广,节省架线走廊,有功功率损耗与输送功率的比值小;输电能力取决于各线路两端的短路容量和输电线路距离,输电稳定性取决于运行点的功角大小。

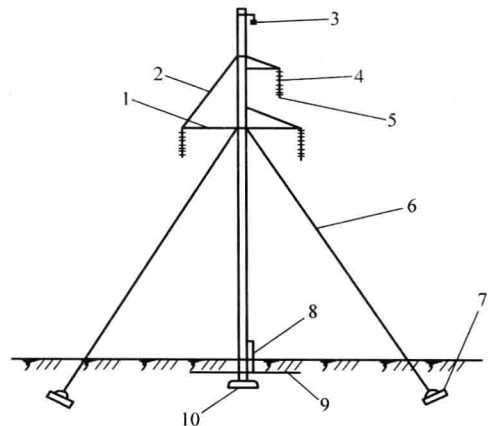


图 1-4 架空线路的结构

1.1.3 架空线路的组成

架空线路的结构如图 1-4 所示。它主要包括杆塔及其基础、导线、绝缘子、拉线、横担、金具、防雷设施及接地装置等。

1—横担 2—吊杆 3—避雷线 4—绝缘子 5—导线
6—拉线 7—拉线盘 8—引下线 9—接地装置 10—底盘

1.2 架空导线和避雷线

1.2.1 导线

导线功能主要是输送电能。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。为了提高线路的电能输送能力,减少电晕、降低对无线电通信的干扰,常采用分裂导线。

架空导线分架空裸导线和绝缘导线。

1. 架空裸导线

(1) 裸导线的材料 常用导线材料有铝线、铝合金线、铜线及钢线等。作为导线应具备的主要条件有：①导电性能好；②机械强度高；③制造价格低；④耐腐蚀。

(2) 常用架空裸导线的结构及型号规格 输电线路所用架空线基本都由多股圆线同心绞合而成，各种架空线的断面结构如图 1-5 所示。

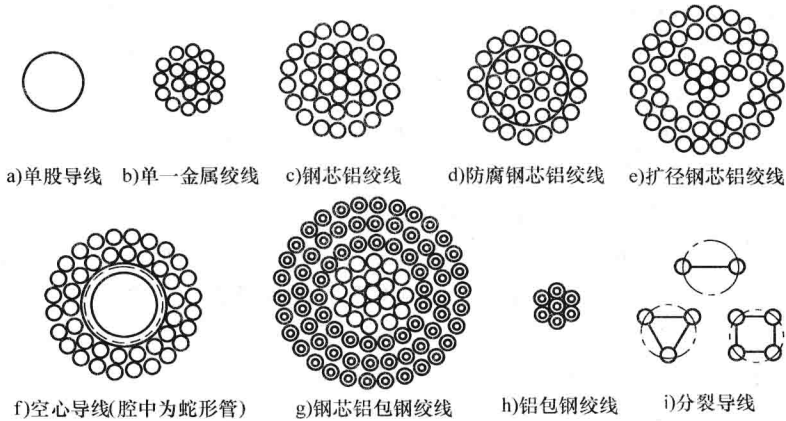


图 1-5 各种架空线的断面结构

导线从结构上可以分为单股线和多股线，多股线又可分为多股实心绞线、扩径绞线、自阻尼绞线、光滑导线及分裂导线等，下面介绍其特点。

1) 多股实心绞线：广泛应用于架空线路上，如铝（或铝合金）绞线、钢绞线和钢芯铝绞线等。多股线与相同截面积的单股线比，柔性好、易弯曲，从而可减轻因曲折或振动所产生的弯曲应力，各股线强度上的缺陷点不会集中于同一断面，使整体强度保持均匀。

2) 扩径绞线：就是在相同的导线截面积下所构成的绞线外径比实心绞线的外径大。这种绞线又分空心型、支撑芯型、填充型和层间支撑型等多种。其用途主要为增大导线外径以减少高压线路和变电所母线的电晕和无线电干扰。在美国 20 世纪初、中期的高压线路上常采用扩径绞线，我国在高海拔地区 330kV 线路上和变电所母线上也采用过扩径绞线。

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，使用它可以提高运行应力而不必加防振措施，现已引起各国的重视。

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、美国及日本都已得到应用。

5) 分裂导线：一般每相两根为水平排列，3 根为两上一下一倒三角形排列，4 根为正方形排列，如图 1-5i 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：单位电抗小，其电气效果与缩短线路长度相同；单位导纳大，等于增加了无功补偿；用普通型号导线组成，制造较方便；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%，减少振动次数 20%，四分分裂减少更大。

钢芯铝绞线的内芯为单股或多股镀锌钢绞线，外层为单层或多层的铝绞线。由于交流电

的趋肤效应，四周电阻率较小的铝部截面主要起载流作用，机械荷载则主要由芯部的钢线承受。因此，钢芯铝绞线既有较高的电导率，又有较好的机械强度，是目前最常用的导线品种之一。

根据国家标准 GB/T 1179—2008《圆线同心绞架空导线》，导线用型号、标称截面、绞合结构及本标准编号表示。型号用汉语拼音符号表示，第一个字母均用 J，表示同心绞合；单一导线在 J 后面为组成导线的单线代号，组合导线在 J 后面为外层线（或外包线）和内层线（或线芯）的代号，二者用“/”分开；在代号后可用字母 F 表示采用涂防腐油结构。标称截面表示导线截面积，单位为 mm^2 。绞合结构用构成导线的单线根数表示，单一导线直接用单线根数，组合导线采用前面为外层线根数，后面为内层线根数，中间用“/”分开。绞线常用的单线有硬铝线（JL）、高强度铝合金（JLHA1、JLHA2，其中 A 表示高强度，1、2 表示性能）、镀锌钢线（JG1A、JG1B、JG2A、JG2B、JG3A，其中 1、2、3 分别表示普通强度、高强度及特高强度镀锌钢线，A、B 表示镀层厚度普通、加厚）、铝包钢线（JLB1A、JLB1B、JLB2，其中 1、2 表示导电能力，A、B 表示机械性能）。常用的组合导线有钢芯铝绞线（JL/G1A、JL/G1B、JL/G2A、JL/G2B、JL/G3A），钢芯铝合金绞线（JLHA1/G1A、JLHA1/G1B、JLHA1/G3A、JLHA2/G1A、JLHA2/G1B、JLHA2/G3A），铝包钢芯铝绞线（JL/LB1A）等。例如，JL/G1B—500/35—45/7 表示由 45 根硬铝线和 7 根 B 级镀层为普通强度镀锌钢线绞制成的钢芯铝绞线，硬铝线的标称截面积为 500mm^2 ，钢的标称截面积为 35mm^2 ，钢芯铝绞线的面积为 535mm^2 。又如，JG1A—250—19 表示由 19 根 A 级镀层普通强度镀锌钢线绞制成的镀锌钢绞线，钢绞线的标称截面积为 250mm^2 。JLHA1—500—37 表示由 37 根 1 型高强度铝合金线绞制而成的铝合金绞线，其标称截面积为 500mm^2 。上述示例中，为简化均在后面省略了本标准编号。

在 YB/T 5004—2001《镀锌钢绞线》中，钢绞线按断面结构分为 1×3 、 1×7 、 1×19 、 1×37 四种，按公称抗拉强度分为 1270MPa、1370MPa、1470MPa 和 1570MPa 四级，按钢丝锌层级别分为特 A、A、B 三级。结构为 1×7 、直径为 6.0mm、抗拉强度为 1370MPa、A 级锌层的钢绞线标记为 $1 \times 7-6.0-1370-A-YB/T 5004-2001$ 。

目前在架空输电线路中大量使用着按旧标准制造的架空线。在 GB 1179—1983《铝绞线及钢芯铝绞线》中，架空线的型号规格由材料、结构和标称载流面积三部分组成。材料和结构以汉语拼音的第一个字母大写表示，载流面积以 mm^2 为单位表示。如标称截面积为 120mm^2 的铝绞线表示为 LJ—120，标称截面积为铝 300mm^2 、钢 50mm^2 的钢芯铝绞线表示为 LGJ—300/50，标称截面积为铝 150mm^2 、钢 25mm^2 的防腐型钢芯铝绞线则表示为 LGJF—150/25。根据 GB 9329—1988《铝合金绞线及钢芯铝合金绞线》， $\text{LH}_A\text{J}-400$ 表示标称截面积为 400mm^2 的热处理铝镁硅合金绞线； $\text{LH}_B\text{GJ}-400/50$ 表示标称截面积为铝合金 400mm^2 、钢 50mm^2 的钢芯热处理铝镁硅稀土合金绞线。

在 GB 1179—1974 中，按铝钢截面积比的不同，将钢芯铝绞线分为正常型（LGJ）、加强型（LGJJ）和轻型（LGJQ）三种。

常用架空线的有关数据见表 A-1。

（3）常用架空裸导线的种类及特性

1) 铝绞线。型号为 JL，优点是导电性能好、质量轻、储量高及价格低。缺点是机械强度小、耐腐蚀性差。铝绞线一般用于档距比较小的架空配电线路中，不宜用于大档距、沿

海、腐蚀性强的地方。

2) 铝合金线和稀土铝导线。型号为 JLHA、JLHB, JLHA 表示热处理铝镁合金绞线, JLHB 表示热处理铝镁硅合金绞线。铝合金含有 98% 的铝和少量的镁、硅、铁、锌等元素, 它的密度与铝基本相同, 电导率与铝接近, 机械强度与铜接近, 在价格和电气、机械性能方面兼有铝和铜的特点。但铝合金线的耐振性能比较差, 不宜在大档距、风口等易振动的架空线路上使用。

3) 铜绞线。型号为 JT, 优点是导电性能好、机械强度高及耐腐蚀性强。缺点是价格高。铜绞线一般用于电流密度大或化学腐蚀较为严重地区的配电线路。

4) 钢芯铝绞线。型号为 JL/G1A、JL/G1B、JL/G2A、JL/G2B 等, 钢芯铝绞线充分利用了钢的机械强度高、铝的导电性能好的特点, 其内部线芯几股线是钢线, 而外部几股线是铝线。导线上所受的力主要由钢部分来承受, 利用交流电流的趋肤效应可以使导线中的电流基本上由铝线部分来承受。优点是导电性能好、机械强度高。钢芯铝绞线广泛地应用在高压输电线路或大跨越配电线路中。

5) 镀锌钢绞线。型号为 JG1A、JG2A、JG3A、JG1B、JG2B 等。镀锌钢绞线机械强度高, 但是导电性能差, 不宜作为电力线路导线, 主要作为架空线路的避雷线、拉线及接地引下线, 以及用作绝缘集束导线、通信线的承力索。

2. 架空绝缘导线

随着城市建筑、人口密度的增加和城市绿化的发展, 导线对建筑物的安全距离很难保证, 线树矛盾日渐突出。架空配电线路采用绝缘导线代替裸导线已成为城市配网和农网建设的必然趋势, 架空绝缘配电线路适用于城市人口密集地区, 线路走廊狭窄, 架设于裸导线与建筑物的间距不能满足安全要求的地区, 以及风景绿化区、林带区和污秽严重的地区等, 提高了供电可靠性和供电安全。

(1) 绝缘导线的分类 架空配电线路绝缘导线按电压等级可分为中压绝缘导线和低压绝缘导线; 按架设方式可分为分相架设和集束架设。绝缘导线的类型有中低压单芯绝缘导线、低压集束型绝缘导线、中压集束型半导体屏蔽绝缘导线及中压集束型金属屏蔽绝缘导线。

(2) 绝缘材料 目前户外绝缘导线的绝缘材料一般为黑色耐气候型的交联聚乙烯、高密度聚乙烯、聚乙烯及聚氯乙烯等。这些绝缘材料一般具有较好的电气性能、抗老化及耐磨性能等, 暴露在户外的材料中添加炭黑, 以防日晒老化。

交联聚乙烯 (XLPE) 是采用交联的方法将聚乙烯的线性分子结构转化为网状结构而形成的, 较大幅度提高了绝缘材料的耐温、耐老化等性能, 可避免环境应力开裂等, 机械物理性能好, 但不阻燃, 应避免将该材料用于室内或靠近建筑材料。

高密度聚乙烯 (HDPE) 是一种由乙烯共聚生成的热塑性聚烯烃。高密度聚乙烯通常使用 Ziegler - Natta 聚合法制造, 其特点是分子链上没有支链, 因此分子链排布规整, 具有较高的密度。HDPE 具有很好的电性能, 特别是绝缘介电强度高; 具有良好的耐热性和耐寒性, 化学稳定性好, 熔点高; 还具有较高的刚性和韧性, 机械强度高, 耐环境应力开裂性也较好。

聚乙烯 (PE) 是乙烯经聚合制得的一种热塑性树脂, 具有优良的耐低温性能 (最低使用温度可达 $-70 \sim -100^{\circ}\text{C}$), 化学稳定性好, 能耐大多数酸碱的侵蚀 (不耐具有氧化性质

的酸)，常温下不溶于一般溶剂，吸水性小，电绝缘性能优良。但聚乙烯对于环境应力（化学与机械作用）是很敏感的，耐热耐老化性差。

聚氯乙烯绝缘材料由于耐温及耐老化性能较差，绝缘性能稍低于聚乙烯类材料，一般适用于集束型绝缘导线的外护套和低压绝缘导线，或有阻燃要求的场所。

(3) 绝缘导线的材料和结构特征代号 JK 表示架空系列；硬铜导体省略；TR 表示软铜导体；L 表示铝导体；HL 表示铝合金导体；V 表示聚氯乙烯绝缘；Y 表示聚乙烯；GY 表示高密度聚乙烯；YJ 表示交联聚乙烯；/Q 表示轻型薄绝缘结构（普通绝缘结构省略）；承力束为钢绞线时用 A 表示。

(4) 绝缘导线结构和技术性能

1) 单芯中、低压架空绝缘导线。中、低压架空绝缘线路一般采用单芯绝缘导线分相式架设方式，它的架设方式与裸导线的架设方式基本相同。中压受雷击的几率较高，所以中压绝缘导线还需考虑采取防止雷击断线的措施。

低压绝缘导线的结构为直接在线芯上挤包绝缘层，结构如图 1-6a 所示，中压绝缘导线的结构是在线芯上挤包一层半导体屏蔽层，在半导体屏蔽层外挤包绝缘层，结构如图 1-6b 所示。

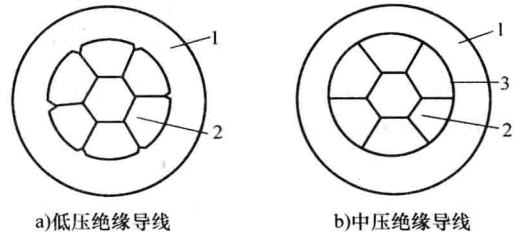


图 1-6 绝缘导线结构图
1—绝缘层 2—导体 3—屏蔽层

绝缘导线的线芯一般采用经紧压的圆形硬铝（LY8 或 LY9 型）、硬铜（TY 型）或铝合金导线（LHA 或 LHB 型）。线芯紧压的目的是为了降低绝缘导线制造过程中所产生的应力，防止水渗入绝缘导线内滞留，特别是对铜芯绝缘导线，易引起腐蚀应力断线。考虑夏日短时段暴晒的因素，推荐选用绝缘导线的截面积可视同裸导线或需增大一级。

10kV 绝缘导线的绝缘层分普通绝缘层（厚 3.4mm）和薄绝缘层（厚 2.4mm）两种。有关标准中规定薄绝缘层型结构不设导电屏蔽层，为了降低电场强度，防止过电压或外物碰触绝缘线时产生局部放电，即使采用薄绝缘层时，仍以增加内半导体屏蔽为宜。

对于非承力的绝缘导线，如柱上变压器引线、及利用承力索承力敷设的绝缘导线等，可以采用软铜线做线芯，这类导线的线芯可以不进行紧压。作为变台引线的中压绝缘导线，宜采用 2.5mm 厚的软性薄绝缘层，以便于折弯安装固定。

还有低压并行绝缘接户线，压板夹住导线后，挂钩勾在横担上，引接简便，适用于较小的用电负荷，可减少占用空间走廊，有利于布线整洁。

2) 低压集束型绝缘导线。低压集束型绝缘导线（LV—ABC 型）可分为承力束承载、中性线承载和整体自承载三种方式，如图 1-7 所示。整体自承载的低压集束型绝缘导线的线芯，应采用经紧压的硬铝、硬铜或铝合金导线做线芯。采用承力束或裸中性线承载的低压集束型绝缘导线，相线可以采用未经紧压的软铜芯作为线芯。

3) 中压集束型绝缘导线。中压集束型绝缘导线（MV—ABC 型），可分为集束型半导体屏蔽、金属屏蔽绝缘导线两种类型。中压集束型半导体屏蔽绝缘导线可分为承力束承载和自承载两种类型，如图 1-8 所示。中压集束型金属屏蔽绝缘导线一般带承力束。



图 1-7 低压集束型绝缘导线结构图

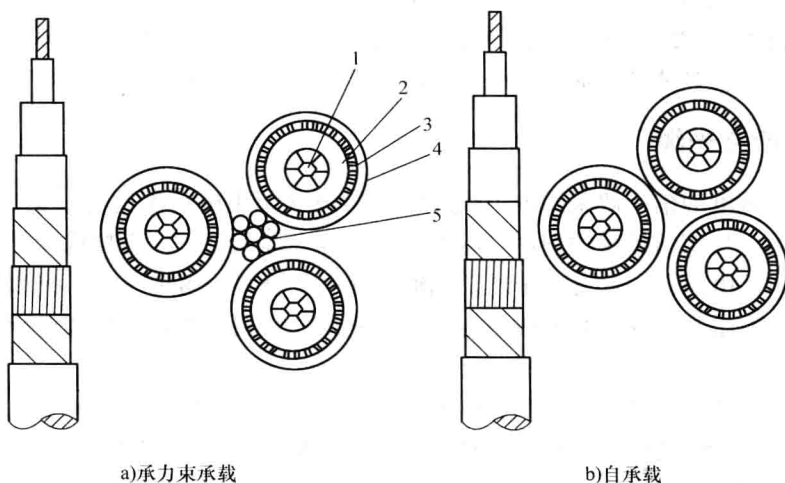


图 1-8 中压集束型半导体屏蔽绝缘导线结构图

1—导体 2—半导体绝缘内屏蔽 3—绝缘体 4—半导体绝缘外屏蔽 5—承力束

1.2.2 避雷线

避雷线的主要作用是防止雷直击导线，同时还具有以下作用：①分流作用，以减小流经杆塔的雷电流，从而降低塔顶电位；②通过对导线的耦合作用可以减小线路绝缘子的电压；③对导线的屏蔽作用还可以降低导线上的感应过电压。避雷线也叫架空地线，一般分为一般地线、绝缘地线、屏蔽地线和光纤复合地线四种。

(1) 一般地线 常采用镀锌钢绞线 (GJ)。对于超高压线路，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。

(2) 绝缘地线 为了降低电能损耗，我国设计的超高压输电线路中有些将地线加以绝缘。绝缘地线利用一只带有放电间隙的绝缘子与杆塔隔离，雷击时利用放电间隙击穿接地，因此绝缘地线具有与一般地线同样的防雷效果。值得注意的是，绝缘地线上往往感应有较高的对地电压，对导线和地线都不换位时，330kV、500kV 线路绝缘地线的感应电压可分别达到 23kV 和 50kV 左右，因此，对它的任何操作都应按带电作业考虑。当绝缘地线仅用于防雷保护时，应采用分段绝缘中间接地。

(3) 屏蔽地线 与一般地线分段配合架设,以防止输电线路电磁感应对附近通信线路的影响。屏蔽地线需要使用良导电材料,目前多用 LGJ—95/55 型钢芯铝绞线。因需耗用有色金属,成本较高,所以只在重要通信线路的影响超过规定标准时才考虑架设屏蔽地线。

(4) 光纤复合地线 (Optical Ground Wire, OPGW) 地线目前多采用兼有通信功能的光纤复合地线 (OPGW)。OPGW 是电力架空光缆的一种,属于架空(避雷)地线,它满足传统地线的一切功能和性能。OPGW 是架空地线和光缆的复合体,但并不是它们之间的简单相加。

常见的 OPGW 结构主要有三大类,它们分别是铝管型、铝骨架型和不锈钢管型。在满足地线要求的前提下,OPGW 的结构应对相对脆弱的光纤提供有效保护,以期保证在长期运行中光纤的传输性能保持稳定,还希望与传统地线尽量相似(包括直径、重量、机械性能及电气性能等参数),以便在双地线系统中与对侧地线匹配。

OPGW 的技术关键之一是光纤必须有合适的余长,过大的光纤余长不但无必要甚至是有害的,应该根据工程具体情况而定,一般要求综合余长为 0.6% 左右。

1.2.3 电力架空光缆

早期的电力调度通信一般采用电力线载波、微波或租用电信部门的通信线等多重方式。光纤最初是沿用电信部门传统的埋地、管道、架空等光缆敷设方法来构成光纤通信系统。到了 20 世纪 80 年代中期,一些有别于传统光缆的光电复合式、附加于电力线和加挂于电力杆塔上的光缆被开发出来,这些光缆被统称为电力光缆。以架空形式安装和运行的光缆统称为电力架空光缆。

电力架空光缆泛指光纤复合地线 (OPGW)、光纤复合相线 (OPPC)、金属自承光缆 (MASS)、全介质自承光缆 (ADSS)、相/地捆绑光缆 (ADL) 和相/地线缠绕光缆 (GW-WOP) 等几种特种光缆。

1) 光纤复合地线。在架空地线中已有介绍。

2) 光纤复合相线 (Optical Phase Conductor, OPPC)。在电网中,有些线路可不架设架空地线,但相线是必不可少的。为了满足光纤联网的要求,与 OPGW 技术相类似,在传统的相线结构中以合适的方法加入光纤,就成为光纤复合相线 (OPPC)。虽然它们的结构雷同,但从设计到安装和运行,OPPC 与 OPGW 有原则性的区别。

3) 全介质自承光缆 (All Dielectric Self Supporting, ADSS)。常见的 ADSS 有两种类型:中心管式结构光缆易获得小直径,风荷和冰载的影响较小,但若光纤芯数多则光纤余长难保证;松套层绞式结构光缆易获得安全的光纤余长,虽然直径稍大,在中大跨距应用时较有优势。

ADSS 一般使用涤纶纱作为加强元件,外护套则应根据线路的电压等级和安装点场强选择合适的材料。ADSS 对杆塔是一种添加物,不合适的安装点场强会破坏光缆的外护套直至断裂。安装点还必须同时兼顾杆塔强度、弧垂、线间距离及对地距离等条件的限制。

4) 金属自承光缆 (Metal Aerial Self Supporting, MASS)。从结构上看,MASS 与中心管单层绞线的 OPGW 相一致,如没有特殊要求,金属绞线通常用镀锌钢线,因此,结构简单,价格低廉。MASS 是介于 OPGW 和 ADSS 之间的产品。例如,在合适的条件下,包括光纤余长、弧垂张力、跨距和短路电流等。MASS 作为自承光缆应用时,主要考虑强度、弧垂以及与相邻导地线和对地的安全间距。它不必像 OPGW 那样要考虑短路电流和热容量,也不需要像 OPPC 那样要考虑绝缘、载流量和阻抗,更不需要像 ADSS 那样要考虑安装点场强,其