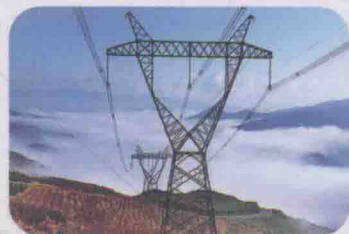


电力通信光缆工程

国网浙江省电力公司 组编

DIANLI TONGXIN
GUANGLAN GONGCHENG



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力通信光缆工程

国网浙江省电力公司 组编

DIANLI TONGXIN
GUANGLAN GONGCHENG



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分9章,主要介绍了输电线路和光纤基础知识、电力特种通信光缆结构和性能、电力通信光缆金具和接续盒、电力通信光缆工程设计、电力通信光缆架(敷)设工艺、电力通信光缆工程监理与验收、电力通信光缆运行、典型案例分析、光缆线路常用仪器仪表。

本书可供电力通信技术与专业管理、电力通信光缆建设与运维的专业人员,以及施工企业的工程技术人员阅读参考,还可作为在职培训和岗前培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力通信光缆工程/国网浙江省电力公司组编. —北京:中国电力出版社,2016.9

ISBN 978-7-5123-9440-7

I. ①电… II. ①国… III. ①电力通信系统-光纤通信-通信线路-工程施工 IV. ①TN915.853

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第130503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>)

三河市航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年9月第一版 2016年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.5印张 437千字

印数 0001—1000册 定价 75.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

编委会

主 编 朱发强

副 主 编 熊佩华 邵炜平

编 委 王 崧 韩伟东 马卫坚 王光大 王成波

叶君华 刘黎军 陈跃国 梁 华 黄更佳

叶张权 张利军 倪旭明 马 平 汤亿则

杨鸿珍 厉立峰 郑爱华 杜 欣 王志强

审稿人员 徐志强

前言

电力通信光缆是电网的重要基础设施，是电力系统安全稳定运行以及电力系统生产活动中不可缺少的一个重要组成部分。但随着电网和电力通信的快速发展，电力光缆网在安全生产水平和保障能力迅速提升的同时，电网之间通信多形态的深度交叉与耦合，电力通信光缆规划、建设、运维面临诸多挑战。国网浙江省电力公司研究及梳理了现行相关的国家、行业、企业标准及文件，总结提炼了电力行业近 30 年电力光缆建设和运行维护工作经验，编写了本书。

本书共分 9 章。第 1~3 章通过对电网光缆建设资源优势的分析，介绍了电力光缆基础知识、电力特种通信光缆的结构与性能、电力通信光缆金具和接续盒，包括输电线路、电力光缆基础知识，重点给出了电力骨干通信网中特有的 OPGW、ADSS、OPPC、MASS，以及光纤复合海底电缆等电力特种光缆的结构、材料特性与性能；同时，对电力通信光缆配套接续盒、常用金具及附件分类、结构、试验方法、影响性能的因素和采用标准进行系统阐述；第 4~6 章介绍了电力通信光缆工程设计、电力通信光缆的架（敷）设工艺、电力光缆工程监理与验收等，对电力光缆线路工程设计、工程实施与验收、工程监理工作具有指导作用。书中提出了依托电网的网架与电力光缆网异构规划思路，以此推动防止电力生产事故措施的贯彻和落实；给出了电力通信光缆工程的光缆选择及设计要点，光缆工程设计规范和工程设计内容应达到的深度，以及电力通信光缆工程设计的流程和特点、电力线路的力学计算、光中继段预算和色散预算与项目概预算编制；给出了电力通信光缆架（敷）设工艺、工程监理与验收的特殊性要求，内容涵盖了光缆架（敷）设总体要求，施工器具，OPGW、ADSS 的架设，电力管道、架空光缆的敷设，光缆的接续、成端与检测等重点。第 7~9 章介绍了电力通信光缆线路的运行管理及监测、典型案例分析、光缆线路常用仪表的使用，提出了电力光缆运行管理的重要措施与运行维护的基本原则，给出了电力光缆维护的组织和光缆巡视、检修管理内容，光缆障碍点的定位与处理，以及科学化、实时状态评估技术手段与方法；书中搜集了部分不同时期、不同地点的施工和运行维护中一些典型事故案例，通过对其进行分析研究，提出了一些反事故重点措施；书

中给出了光缆线路工程和维护中所使用光时域反射仪（OTDR）、光纤应变测试仪（BOTDR）、光纤熔接机、光源与光功率计的基本工作原理、性能和使用方法，使其在光缆线路施工、维护中发挥更大的效能。

本书可供电力通信技术与专业管理、电力通信光缆建设与运维的专业人员，以及电力通信施工企业的工程技术人员阅读参考，还可作为相关人员在职培训和岗前培训教材使用。

编 者

2016年5月3日

目 录

前言

绪论 1

第 1 章 输电线路和光纤基础知识 4

- 1.1 输电线路基础知识 4
- 1.2 光纤基本知识 12
- 思考题 22

第 2 章 电力特种通信光缆结构和性能 23

- 2.1 光缆结构设计要点 23
- 2.2 OPGW 结构和性能 26
- 2.3 ADSS 结构和性能 32
- 2.4 OPPC 结构和性能 37
- 2.5 光纤复合海底电缆结构和性能 39
- 2.6 MASS 结构和性能 40
- 2.7 电力管/沟道光缆结构和性能 41
- 2.8 电力特种光缆的主要材料及性能 41
- 2.9 光缆的检验和试验 58
- 思考题 68

第 3 章 电力通信光缆金具和接续盒 69

- 3.1 电力特种光缆金具 69
- 3.2 普通光缆常用金具 79
- 3.3 光缆接续盒 84
- 思考题 91

第 4 章 电力通信光缆工程设计 93

- 4.1 概述 93

4.2 电力通信光缆选择	95
4.3 架空线路的力学计算方法	101
4.4 OPGW 的线路设计	105
4.5 ADSS 线路设计	121
4.6 管道光缆的线路设计	129
4.7 普通架空光缆的线路设计	130
4.8 光纤复合海底电缆工程设计	131
4.9 光中继段系统预算	138
4.10 电力通信工程造价	143
思考题	153

第5章 电力通信光缆架（敷）设工艺 155

5.1 光缆架（敷）设总的要求	155
5.2 光缆架设的施工器具	155
5.3 OPGW 架设	159
5.4 ADSS 架设	174
5.5 电力通信管道及管道光缆敷设	177
5.6 普通架空光缆敷设	190
5.7 海底光缆敷设	200
5.8 光缆的接续与检测	207
5.9 光缆成端	216
5.10 光纤的活动连接	217
思考题	219

第6章 电力通信光缆工程监督与验收 221

6.1 电力通信光缆工程监督	221
6.2 电力通信光缆工程验收	226
6.3 ADSS 工程验收	229
6.4 管道光缆工程验收	231
6.5 普通架空光缆工程验收	231
6.6 海底光缆工程验收	233
思考题	234

第7章 电力通信光缆运行 236

7.1 基本要求	236
7.2 巡视工作	237
7.3 光缆维修	239
7.4 光缆与光纤分布式实时状态评估系统探讨	245
思考题	251

第 8 章 典型案例分析	252
8.1 施工质量问题案例分析	252
8.2 运行中问题案例分析	255
思考题	264
第 9 章 光缆线路常用仪器仪表	265
9.1 光时域反射仪 (OTDR)	265
9.2 布里渊散射光时域反射测量计 BOTDR	272
9.3 光纤熔接机	276
9.4 光源	279
9.5 光功率计	280
思考题	283
参考文献	285

绪 论

光纤通信是现代通信技术的发展方向。它与电缆通信、高压电力线载波通信、微波中继通信相比,具有传输容量大、传输速度快、衰耗小、抗电磁干扰、保密性好等特点,因而在电力系统通信中得到了广泛的应用,并逐步实现电网全覆盖。光纤通信为电力调度、继电保护、电网自动化及行政管理等提供了可靠的信息传输通道。电力系统除采用普通光缆、短途和长途管道光缆之外,海岛采用专用的海底光缆和海底复合光缆。为提高容灾性能,采用专为电力系统设计制造的特殊光缆,如沿高压输电线路同杆架设的光纤复合架空地线、全介质自承式光缆等。这些架设在输电线路杆塔上的光缆承挂在现有线路杆塔上,利用高压线路走廊,充分利用了电力系统线路资源,从而降低了通信线路的成本,并具有较高的可靠性。

电力通信光缆形式较多,本书着重介绍电力主干通信网光缆,主要有以下 7 类:光纤复合架空地线(OPGW)、光纤复合架空相线(OPPC)、全介质自承式光缆(ADSS)、金属铠装自承式光缆(MASS)、吊线式普通架空光缆、地下管道/沟道光缆、海底光纤复合电缆,其中前 5 类均为利用输电线路杆塔架设的架空光缆(图 0-1)。光缆在杆塔上有①~④个挂点,可架设不同类型的光缆,挂点①可架设 OPGW,挂点②可架设 ADSS、MASS 和吊线式普通架空光缆,挂点③可架设 ADSS,挂点④可架设 OPCC。

(1) 光纤复合架空地线(optical fibre composite overhead ground wires, OPGW)它具有传统地线防雷的功能,对输电导线抗雷电提供屏蔽保护的作用,同时通过复合在地线中的光纤来传输信息,设计使用寿命可达 35 年以上。OPGW 一般与新建输电线路同步架设,检修和改造工程必须停电作业。由于 OPGW 架设在输电线路相线上方,当覆冰情况严重时,与相线的接近距离可能超限,会影响线路运行。要防止雷击和电力系统故障电流导致 OPGW 的损伤。

(2) 光纤复合架空相线(optical fiber composition phase conductor, OPCC),是将光纤单元复合在相线中,具有相线和通信的双重功能。最适用于 10~35kV 没有地线

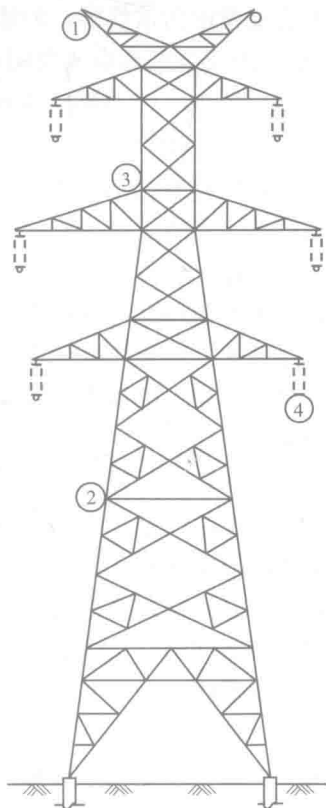


图 0-1 电力架空光缆挂点

的架空输电线路,在很多场合不像 ADSS 有较多的架设条件限制,只要结构与材料选择合理,使用寿命可以达到 30 年。但对光纤长期运行和短期故障电流引起的温度特性要求比 OPGW 高,还要考虑 OPPC 的机械性能和电气性能应与相邻导线一致,其安装的金具和附件(如耐张线夹、悬垂线夹和接续盒)需绝缘。

(3) 全介质自承式光缆(all dielectric self-supporting optical fiber cable, ADSS),是一种利用现有的高压输电杆塔,与电力线同杆架设的特种光缆,设计使用寿命可达 25 年以上。其张力承载元件主要是涤纶纤维,具有工程造价低、施工方便、安全性高和易维护等优点,施工及运行维护与电力系统的运行相关性很小,可在输电线路带电条件下进行施工作业。由于高压电力线周围存在着一定的高压电场环境,容易腐蚀损害 ADSS,因此 ADSS 在敷设时不仅要选择适宜的悬挂点,同时外护套也需具有一定的耐电腐蚀能力。由于 ADSS 是附加于电力线路原杆塔上的,因此要进行力学校验,进行必要的加固后才能加挂。当 ADSS 挂设在导线的下方时,要同时满足与导线的安全距离和与地面/水面的安全距离成为问题。

(4) 金属自承式光缆(metal aerial self-supporting optical fiber cable, MASS),其结构类似于 OPGW,架设在输电线路导线的下方类似 ADSS,适用于 35kV 及以下的输电线路,设计使用寿命可达 35 年以上。在做好安全措施的情况下可以进行带电作业,因此通信光缆与电力线路的相关性相对较小。在一些鼠害猖狂的地区,它还可以作为有效的防鼠光缆架空应用。为减少对杆塔的额外负载,要求 MASS 光缆结构小、重量轻。MASS 尽管不需要考虑防雷性能,但需要分担故障电流。MASS 同时满足与导线的安全距离和与地面/水面的安全距离也成为问题。

(5) 吊线式普通架空光缆。利用电力杆塔(0.4~20kV)和自立杆先架设一根钢绞线,然后用挂钩以 33~45cm 的间隔将普通光缆挂上。该光缆设计简单、架设速度快,容易运维,但容易受到外力破坏,路由迁改较频繁,安全距离成为主要问题,电力系统早期应用较多,现在呈减少趋势。

(6) 地下管道/沟道光缆。电力通信采用的地下光缆主要有管道和沟道两种形式。管道光缆主要使用在与城市电网一起敷设的独立管孔全介质光缆,以及为提高光传输网容灾能力随高速公路隔离带建设单独子管光缆和穿越公路、铁路、航道时采用的光缆;沟道光缆主要使用在变电站内的电缆沟道中,采用全介质光缆,将变电站外通信光缆引入到通信机房。

(7) 海底光纤复合电缆。将光纤单元复合在输电线路海底电缆中,具备输电和通信双重功能,它能简单、方便地解决海岛电力通信通道问题。不同的结构形式,具有不同的技术要求、技术性能、制造工艺、安装工艺、运行质量等。最大的问题是施工过程中弯曲与拉伸和海底洋流运动对光纤及光单元的损伤,运行中温度对光纤的使用寿命的影响也成为必须解决的问题。正由于这些原因,目前工程中还不能采用 220kV 及以上单相光纤复合海底电缆形式。

(8) 其他光缆。电力通信光缆在发展过程中,根据架设条件、运行环境等研究开发与应用了一些特种光缆。例如:①利用专用器械,将质轻灵活的全介质缠绕光缆螺旋状地缠绕在地线或相线上;②沿地线径线将捆绑式光缆安装在专用金属吊线上,用缠绕线、绳子或粘胶带固定;③将光纤复合在低压电缆中,作为配网和用户的通信光缆;④为解决

OPGW 在变电站引入的安全问题,采用介质光缆复合架空地线;⑤为实时分布式监测线路运行状态,采用类似 OPGW 的同时具有常规通信光纤和监测光纤的状态监测光缆;⑥为解决输电线路监测系统远端野外设备供电问题,采用类似耦合地线的远供及通信混合光缆;⑦电力通信还采用了专用海底光缆以及租用光通道形式。

电力通信光缆是电网的重要基础设施,是保障电网安全生产的重要手段,是电网信息化的重要组成部分。但随着电网和电力通信的快速发展,电力光缆网在安全生产水平和保障能力迅速提升的同时,电网与电网通信之间的深度交叉耦合与关联,使电力通信光缆规划、建设、运维面临诸多挑战,促使电力行业进一步探索电网得天独厚光纤建设资源优势的合理配置和利用,更加关注电力光缆网的拓扑结构、防灾与抗灾的能力、材料与构造研究、建设质量的控制、电网与光缆运维检修的安全生产协调,形成未来电力光缆网的发展方向。

第 1 章

输电线路和光纤基础知识

由于电力特种通信光缆主要是复合在电力线路（地线、导线）中和加挂在电力杆塔上的，因此这些光缆已成为输电线路的组成部分，有关人员必须熟悉相关基础知识才能更好地从事工作。本章第一节主要介绍输电线路的分类、输电线路的组成、绝缘与接地、线路金具及有关术语等，在后续章节中还将介绍专业知识。作为传输介质的光纤选择，必须满足电力特种光缆跨距较大、运行环境恶劣两大特点。本章第二节在介绍光纤基本知识的基础上，以光纤机械性能为主介绍了光纤的性能。

1.1 输电线路基础知识

输电线路是联系发电厂、变电站与用电设备的一种传送电能的装置，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。

1.1.1 输电线路的分类

（1）按线路电压分类，可分为输电线路和配电线路。电压等级为 110kV 及以下称为配电线路，电压等级有 110kV、35kV、10kV、380V、220V；电压等级在 220kV 及以上统称为输电线路，其中 220kV 为高压输电线路，330、500、750kV 为超高压输电线路，800、1000、1100kV 及以上为特高压输电线路。一般线路输电电压越高，其输送容量就越大，输送距离也就越远，1000kV 特高压交流输电线路如图 1-1 所示。



图 1-1 施工中的 1000kV 特高压交流双回八分裂输电线路

（2）按输送电流的种类分类，可分为交流输电和直流输电。发电厂发出的交流电电压必须升压后再输送，而用户用电设备一般都是低压的，输电线路必须经过数次降压才能使

用,因此目前国内外广泛采用交流输电。直流输电是将交流电整流为直流电,输送到用电地区后再将直流电逆变为交流电的一种输电方式。双极直流输电只需两根导线,所以金属和绝缘材料消耗少,功率损失也相应减少。它具有线路造价低、运行费用少,以及运行稳定性好等优点,但是直流输电线路两端的换流设备比较复杂,使用范围受到限制,目前主要用于远距离、大功率输电,海底电缆输电,以及不同频率的电力系统之间的联络。800kV 特高压直流输电线路如图 1-2 所示。

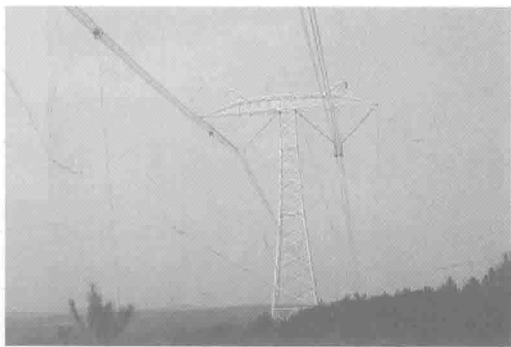


图 1-2 800kV 特高压直流输电线路

(3) 按线路架设方法分类,可分为架空输电线路和电缆线路。架空输电线路是将输电导线用绝缘子和金具架设在杆塔上,使导线与地面和建筑物保持一定的距离。架空输电线路具有投资少、维修方便等特点,因而得到了广泛应用。电缆输电就是利用埋在地下或敷设在电缆沟中的电力电缆来输送电力。电缆是包有绝缘层和内外保护层的导线,这种输电线路占地少,不受外界干扰,但造价较高,事故检查和处理较为困难。电缆线路主要用于一些城市配电线路以及跨江过海的输电线路。

(4) 按杆塔上的回路数目分类,可分为单回线路、双回线路和多回线路。杆塔上只有三相导线的输电线路称为单回线路。杆塔上有两回三相导线的输电线路称为同杆并架双回线路。杆塔上有三回线路及以上的三相导线称为同杆并架多回线路。综合考虑资源的利用,目前多采用双回输电线路。为节约线路走廊资源,500kV 超高压交流输电线路多采用双回、三回,如图 1-3、图 1-4 所示。



图 1-3 500kV 双回四分分裂输电线路

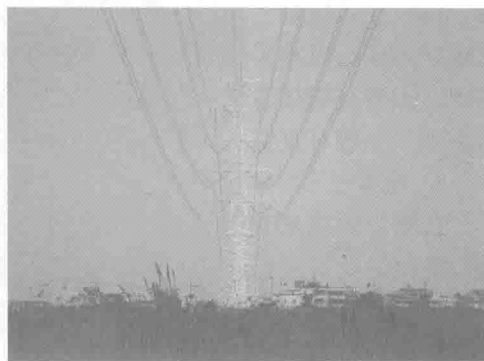


图 1-4 500kV 三回四分分裂输电线路

(5) 按杆塔材料分类,主要可分为铁塔线路与拔梢钢管杆线路。铁塔线路的整条输电线路以角钢或钢管组合的铁塔作为支持物,这类线路耗用的钢材比较多,使用土地面积少,整齐美观,使用年限长。拔梢钢管杆线路是指以分段连接的拔梢钢管单杆作为支持物,占地少,美观,便于在市区内架设。其他类型如混凝土杆目前已很少使用,220kV 四回输电线路和 110kV 单回钢管杆输电线路分别如图 1-5、图 1-6 所示。



图 1-5 220kV 四回输电线路



图 1-6 110kV 单回钢管杆输电线路

1.1.2 输电线路的组成

架空输电线路主要由基础、杆塔、导线、避雷线、绝缘子、金具及接地装置等组成。

1. 基础

(1) 基础的作用。杆塔的地下部分用于稳定杆塔设施叫基础。基础的作用是将杆塔、导(地)线荷载传到土壤,并承受导(地)线、断线张力等所产生的上拔、下压或倾覆力。

(2) 基础的分类。根据铁塔类型、地形地质、承受的荷载及施工条件的不同,常用基础有以下几种:①现浇混凝土铁塔基础。现浇混凝土基础又可分为插入式基础和地脚螺栓基础。插入式基础的特点是铁塔主材直接斜插入基础,与混凝土浇成一体;地脚螺栓基础是在现浇混凝土基础时,埋设地脚螺栓,通过地脚螺栓与塔腿相连,塔腿与基础是分开的。②掏挖式基础。掏挖式基础是指用人工或机械挖成扩底土模后,把钢筋骨架放入土模内,然后注入混凝土浇制而成的基础。③钻孔灌注桩基础。它是指用专门的机具钻(冲)成较深的孔,以水头压力或水头压力泥浆护壁,放入钢筋骨架,在水下浇筑混凝土的一种基础。④岩石锚桩基础。它是指在山区岩石地带,利用岩石的整体性和坚固性代替混凝土的基础,一般有直锚式、承台式、嵌固式等。

2. 杆塔

杆塔主要用来支持导线、避雷线以及其他附件,使导线、避雷线保持一定的安全距离,并使导线对地面、交叉跨越物或其他建筑物保持允许的安全距离。

杆塔的类型很多,按照其在线路中的位置和作用不同可以分为直线杆塔、耐张杆塔、跨越杆塔、终端杆塔、换位杆塔等。

(1) 直线杆塔。它是指线路直线段中间部位上的杆塔,是线路中用得最多的一种杆塔。在正常运行情况下,仅承载导线、避雷线、绝缘子串、金具的重量及作用在它们之上的风、冰荷载。只有在杆塔两侧档距相差悬殊、高差很大或一侧发生断线时,直线杆塔才承受相邻两档导线的不平衡张力。一般情况下,它不承受角度力。

(2) 耐张杆塔。耐张杆塔位于线路耐张段的两端,可限制故障范围,承受较大荷载。除承受导线自重、风荷载、冰荷载外,在线路正常运行和断线事故情况下,均承受线路方向的拉力。在耐张杆塔上使用耐张绝缘子串时,用耐张线夹固定导线。这种塔一般兼作转

角使用。

(3) 跨越杆塔。跨越杆塔位于线路与河流、山谷、铁路等交叉跨越的地方。跨越杆塔又分为直线型和耐张型两种。当跨越档距很大时,需要采用特殊设计的耐张型跨越杆塔,其高度比一般杆塔高很多,直线跨越塔如图 1-7 所示。

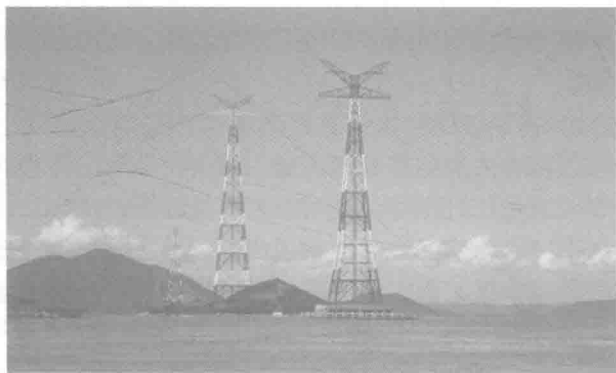


图 1-7 直线跨越杆塔

(4) 终端杆塔。终端杆塔位于线路首末端,即变电站进线、出线的第一基杆塔,是一种承受单侧拉力的耐张杆塔,在外形上类似耐张杆塔。

(5) 换位杆塔。换位杆塔位于线路换位处,是为平衡三相导线的阻抗而隔一定距离设置的杆塔,如图 1-8 所示。

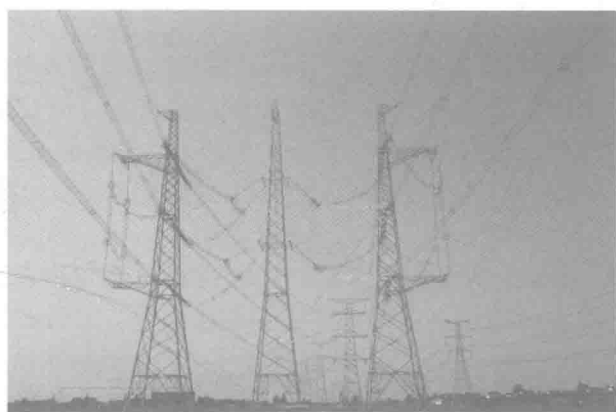


图 1-8 1000kV 换位杆塔

3. 导线

导线是悬挂在杆塔上用来输送电能的金属线。要求它具有良好的导电性能和足够的机械强度,同时也应有耐磨、耐折、防腐、质轻价廉的特点。常用的导线材料是铜、铝、铝合金等。如图 1-9 所示,一般每相有单分裂、双分裂、四分裂、六分裂、八分裂等分裂导线形式。

(1) 导线结构形式。导线从结构形式上可分为简单绞线、组合绞线和特种绞线。简单绞线是由材质相同、线径相等的线材绞制而成的,如铝绞线、钢绞线等。组合绞线是由导

电部分的线材和增加强度的芯线以组合方式绞制而成的，如钢芯铝绞线等。特种导线是由不同材质或不同形状的线材用特种组合方式绞制而成的，如扩径导线、自阻尼导线、分裂导线等。

(2) 常用导线种类。

1) 钢芯铝绞线 (LGJ 型)。钢芯铝绞线内层 (或叫芯线) 为单股或多股镀锌钢绞线，主要用来承受张力；外层导线为单层或多层硬铝绞线，为导电部分。这是目前架空输电线路普遍选用的一种导线。

2) 钢芯铝合金绞线 (HLAGJ 型)。钢芯铝合金绞线先以铝、镁、硅合金拉制成圆单线，再将这种多股的单线绕着内层钢芯绞制而成。其抗拉强度比普通钢芯铝绞线高 40% 左右，其铝合金的电导率及质量接近铝线，适用于大跨越地区的线路。

3) 铝包钢绞线 (GLJ 型)。它是以单股钢线为芯，外面包以铝层做成的单股或多股绞线。铝层厚度及钢芯直径可根据工程实际需要与厂家协商制定。这种导线价格较高，电导率较差，适合于大跨越的线路及架空地线高频通信使用。

4) 镀锌钢绞线 (GJ 型)。镀锌钢绞线机械强度高，一般只用作架空避雷线及杆塔拉线。

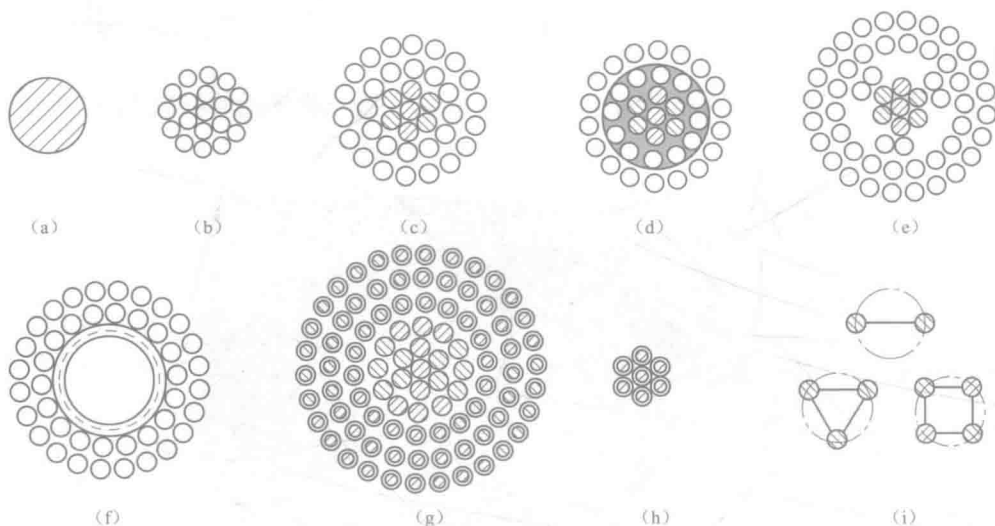


图 1-9 各种导线和底线的断面结构图

(a) 单股导线；(b) 单一金属绞线；(c) 钢芯铝绞线；(d) 防腐钢芯铝线；
(e) 扩径钢芯铝线；(f) 空心导线；(g) 钢芯铝包钢绞线；(h) 铝包钢绞线；(i) 分裂导线

近年来，陆续研制出的新型导线正在逐步推广应用，主要有全铝合金导线、耐热铝合金导线、倍容量导线、碳纤维复合芯导线。

4. 避雷线

避雷线又称架空地线，是悬挂在导线上方的一根或两根金属线。其作用是防止雷击架空导线，并在架空导线受到雷击时起分流、耦合和屏蔽作用，使线路绝缘子所受的过电压降低。一般情形下，35kV 线路只在进出发电厂、变电站的线路两端架设一段避雷线，110kV 以上线路要全线架设避雷线。