



全国电力职业教育规划教材  
职业教育电力技术类专业培训用书

# 输电线路施工

## (第二版)

王清葵 编著



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>



中国石化出版社  
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

# 输电线路施工

(第二版)

王明 主编

中国石化出版社  
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



全国电力职业教育规划教材  
职业教育电力技术类专业培训用书

# 输电线路施工

## (第二版)

编 著 王清葵  
主 审 赵全林



中国电力出版社  
<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书是全国电力职业教育规划教材,共分三篇十三章。第一篇输电线路,主要阐述测量、基础、架线、接地装置、500kV线路、大跨越等施工全过程和施工质量的检查与验收。第二篇配电线路,主要阐述架空、电缆配电线路和配电变压器台、开关台的施工技术。第三篇室内线路和施工现场临时用电,主要阐述室内低压线路和施工现场临时用电选择、安装要点。

全书采用现行的设计规程、验收规范、工艺标准和新图例,可操作性强。本书既有培训教材全面、系统、侧重实际的特点,又反映了我国近期500kV以上线路和大跨越施工中的新材料、新工艺、新技术。

本书对第一版全书进行了修订、校核,去除冗杂,并按新颁发的国电电源[2002]786号《电力建设工程施工技术管理导则》和GB46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》重写了“施工质量的检查与验收”、“施工现场临时用电”一部分的内容,以适应现行的施工管理的要求。

本书可作电力学校、培训中心输电线路运行和检修专业、输配电线路施工专业教材,也可作线路工人自学和培训教材,另外还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

输电线路施工/王清葵编著.—2版.—北京:中国电力出版社,2007

全国电力职业教育规划教材  
ISBN 978-7-5083-4852-0

I. 输... II. 王... III. 输电线路—工程施工—专业学校—教材 IV. TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第120262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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2007年1月第二版 2007年1月北京第十次印刷  
787毫米×1092毫米 16开本 27印张 659千字  
印数31071—34070册 定价39.80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

本书为全国电力职业教育规划教材，可作为输电线路专业的专业教材，也可作为在职输电线路工人的培训教材。

本书的第一版是全国电力技校统一教材，1997年出版后几乎年年重印，现今又在中国电力出版社的关心下，由作者修订后作第二版出版。

输电线路施工共分三篇十三章，主要阐述输电线路、配电线路和室内线路的施工技术。全书采用现行的设计规程、验收规范、工艺标准和新图例，可操作性强。本书既有技工教材全面、系统、实用的特点，又反映了我国在特高压、超高压输电线路和大跨越施工中采用的新材料、新工艺、新技术。

本书已在1989年立项，原拟和录像教材同时出版，所以调查研究较为深入。编者和拍摄人员二次深入天广线500kV多个施工段工地，拍摄现场施工情况。还较长时间在安徽繁昌到无锡斗山的500kV繁斗线施工工地调研拍摄；另外，也曾实地考察了长江、珠江、西江、黄浦江上许多大跨越工程，±500kV葛上线直流输电工程，上海人民广场两个地下变电所，全部电缆线路供电的苏州工业园区、佛山工业开发区；走访请教了超高压公司，北京、江苏、华东、广西、福建、陕西等送变电公司及电力建设研究所的许多总工、副总、工地技术负责人、技术人员、工人，交换对施工中关键工艺的看法；翻阅了“电力技术”、“电力建设”、“超高压送变电动态报道”从创刊以来全部有关线路施工经验文章。本书从完稿到出版前，又经历了验收规范更新、混凝土配置实行新标准，故经长期酝酿、反复修改、几易其稿，才编写成本书。

本书修订后的第二版作为“全国电力职业教育规划教材”出版。在出版社的指导和鼓励下，对全书进行修订、校核，缩减表格、附录。考虑到送变电工地“施工现场临时用电”日益要求规范，仍保留并精简了室内线路安装部分内容，并增加了第十三章“施工现场临时用电”，使之适应GB 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》的要求；第八章“施工质量检查和验收”也重写成符合现行的国电电源[2002]786号《建设工程监理制》和《电力建设工程施工技术管理导则》的要求。

输电线路施工（第二版）全书由王清葵编著，主审是苏州供电公司赵全林。遗憾的是，特高压输电线路还刚刚开始施工，施工经验正在积累，本版吸收不多，有待今后补充。

在这本教材出版之际，特别怀念、感激原中电联职教处处长杨富生、原全国电力中等职业教学研究会会长罗慰擎、原江苏省电力局教育处长冯文秀等同志。在我从事输配电教育40多年中，当遇到困难、不被人理解时，他们总是给予我肯定、鼓励和支持，并给我创造条件，因此我才能将多年的心得编写成书出版。同时，也感谢许多送变电公司、供电局的总工、技术人员的支持帮助。在此再一次一并表示谢意。

本书尚有许多不妥和错误之处，恳请读者指正。

王清葵

2006.6.12

# 目 录

前言

## 第一篇 输电线路

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 电力建设发展概述 .....	1
第二节 输电线路的分类、组成 .....	4
第三节 架空输电线路施工的工艺流程 .....	16
<b>第二章 测量</b> .....	19
第一节 测量仪器及工具 .....	19
第二节 基本测量方法 .....	30
第三节 施工测量 .....	41
<b>第三章 杆塔基础施工</b> .....	53
第一节 基坑开挖 .....	53
第二节 混凝土及其配制 .....	58
第三节 现浇混凝土施工 .....	65
第四节 装配式基础施工 .....	73
第五节 桩式基础施工 .....	77
第六节 岩石基础施工 .....	82
第七节 石坑开挖和爆破的一般知识 .....	85
第八节 基础操平找正 .....	89
<b>第四章 杆塔组立</b> .....	97
第一节 常用起重工器具及选择 .....	97
第二节 钢筋混凝土电杆起立前各项工作 .....	118
第三节 铁塔的结构、识图、对料及地面组装 .....	130
第四节 输电线路杆塔整体起立 .....	141
第五节 整体起立各部受力计算和分析 .....	154
第六节 杆塔分解组立 .....	168
<b>第五章 架线施工</b> .....	187
第一节 导线和避雷线的展放 .....	187
第二节 紧线施工 .....	194
第三节 附件安装 .....	201
第四节 导线和避雷线的连接方法 .....	204
第五节 弧垂观测 .....	216

<b>第六章 接地装置施工</b> .....	226
第一节 线路防雷与接地电阻 .....	226
第二节 接地装置及施工 .....	228
第三节 接地电阻测量 .....	232
<b>第七章 500kV 以上线路施工</b> .....	235
第一节 500kV 以上线路的杆塔施工 .....	235
第二节 张力架线技术——张力放线 .....	247
第三节 张力架线技术——紧线、平衡挂线和附件安装 .....	261
第四节 大跨越施工 .....	272
<b>第八章 施工质量检查和验收</b> .....	285
第一节 输电线路安装工程施工技术管理 .....	285
第二节 输电线路安装工程施工质量验收 .....	301
第三节 安装工程质量问题和质量事故的处理 .....	305
第四节 质量管理体系标准 .....	311

## 第二篇 配电线路

<b>第九章 架空、电缆配电线路施工</b> .....	318
第一节 配电线路的组成和要求 .....	318
第二节 架空配电线路施工的特点 .....	332
第三节 电缆配电线路施工的特点 .....	346
<b>第十章 配电变压器台、开关台的施工</b> .....	353
第一节 配电变压器台的组成和要求 .....	353
第二节 配电变压器台的安装 .....	357
第三节 开关台的组成、要求和安装 .....	359

## 第三篇 室内低压配电线路和施工现场临时用电

<b>第十一章 室内低压配电线路概述</b> .....	363
第一节 室内低压配电线路的组成和要求 .....	363
第二节 室内线路的导线和熔断器的型号及选择 .....	372
第三节 绝缘导线的连接方法 .....	378
<b>第十二章 配电线路的安装</b> .....	382
第一节 照明设备的安装 .....	382
第二节 室内线路的安装 .....	391
第三节 动力配线及安装 .....	409
<b>第十三章 施工现场临时用电</b> .....	416
第一节 施工现场临时用电的基本方式 .....	416
第二节 施工现场临时用电对配电系统的要求 .....	419
第三节 施工现场临时用电对配电（开关）箱和手持式电动工具的要求 .....	421
<b>参考文献</b> .....	424

# 第一篇 输 电 线 路

## 第一章 绪 论

### 第一节 电力建设发展概述

#### 一、输电线路在电力系统中的地位和作用

电力系统包括发电厂、电力网和用电设备。电力网（或称电网）包括变电所和各种不同电压等级的输电线路。

水力发电厂和抽水蓄能电站都建在沿江河的高山峡谷地带；火力发电厂则尽量建立在蕴煤区，以就地消化劣质煤，也可建在沿江、沿海的港湾等煤炭运输方便的地方；而核电站不能建在人口稠密地区。现代化大型电厂距负荷中心很远，这就需要高压、超高压输电线路和特高压输电线路把电厂（站）和负荷中心连接起来。

多个孤立地区电力网用高压输电线连接成区域电力网；多个区域电力网还要连成跨省的大电网，全国各个大电网之间还应尽可能连接起来，这样可使供电更加经济、安全、可靠。

随着工业的发展，国民经济实力的增强，大容量机组大量投产，西南、西北、中南地区水电资源的大量开发，输电线路越来越长；输送容量越来越大，所以输电电压越来越高。我国各大电网一般采用 330kV 或 500kV 超高压输电线路为主干线路电压等级，甚至还选用没有电抗、电容，只有电阻的直流输电方式，葛洲坝到上海的  $\pm 500\text{kV}$  直流输电线路已实现了华中电网和华东电网的非周期并列运行。

工业的发展、开发区的建设、高压输电线路引入城市中心给环保带来的影响等，都提出了城市电力网中较多采用电缆线路的要求，现在已开始采用 220kV 及以上电缆线路直接进入城区无人值班变电所或地下变电所，把高压电直接引入城市中心。电缆线路组成的配电线路网将 110kV 直接降压为 10kV（也有采用 20kV 等级的）配电线路用 10kV 电缆环网供电到各配电变压器，各配电变压器出线用低压电缆送到各负荷中心。

总之，特高压和超高压交直流输电线路、高压输电线路、低压输电线路和各电压等级的电缆线路，就像人体中血管输送血液一样将电能输送到用户。

#### 二、腾飞的新中国电力建设

我国电力建设已有 113 年历史，早在 1882 年英商在上海创办了一个容量为 12kW 的电灯厂，这是中国的第一座发电厂，也是中国电力建设史的开始。但在旧中国的近 70 年中，电力发展极其缓慢，我国自己不能制造发电设备，依靠进口，加上连年战乱，民不聊生，电力建设可谓历尽沧桑、几度消亡。到 1949 年全国解放时，我国发电设备装机总容量只有 184.86 万 kW，不及现在一个电厂的容量，当年发电量仅有 43.1 亿 kWh，装机容量和发电量分别列世界第 21 位和 25 位。

新中国建立后，大力发展电力工业，特别是改革开放以来，电力建设迅猛发展，取得了举世瞩目的巨大成就。到 2005 年，全国发电装机容量已达到 5.08 亿 kW，220kV 及以上输电线路总长度达到 25.19 万 km，其中 330kV 线路 11061km、500kV 线路 50705km。国家电网公司已建成并运行的大容量、超高压直流输电线路长度达到 3826.6km、输送容量达到 656 万 kW， $\pm 500\text{kV}$  直流输电线路 5 条、长度达 5000km，线路总长度和输送容量均居世界



第二位。

2006年,预计投产220kV及以上线路2万km左右、变电容量1亿kVA左右。而到2010年,国家电网公司交流特高压输电线路建设规模将达到4200km,跨区输送能力达到7000万kW。

### 三、电网建设任重道远

#### 1. 电网建设现状

虽经多年突飞猛进的发展,但目前我国供电网架仍相对薄弱。特别是农网线路陈旧、供电设施严重老化,遇上刮风下雨就会发生停电事故,虽然每年都想设法筹措少量资金,但只是杯水车薪,无法解决电网建设滞后的问题。

我国电力体制在发电、输电、配电一体化经营体制下,长期存在着“重发轻供不管用”的倾向,造成我国电网比较薄弱。电网方面欠账较多,特别是城市电网改造,取消贴费后实际上无资金来源;另外,电网设备折旧年限一刀切,难以适应各地电网建设的需要。随着电源建设的突飞猛进,如不尽快弥补电网建设欠账,今后不堪重负的电网将成为我国电力供应的最大瓶颈。因此,加大力度进行电网建设和改造优化,势在必行。

#### 2. 电网改造优化并举

在电网改造中,既要重视电网改造,也要注意优化,把电网建设成布局结构合理、供电能力强、调度灵活,运行安全可靠、电能质量好、自动化水平高、网损低的优化电网。

加快跨省输电,完善电网管理,提高跨区电网运行的可靠性。发挥区域调度中心在跨省电网错峰、水火互剂、跨流域补偿、优化备用和事故应急预案等方面的组织协调作用。以三峡电能消纳为契机,建立跨区、跨省电力交易新机制。

#### 3. 适度超前建设电网

国家电网“十一五”规划要进一步加大电网投入,基本消除电网瓶颈,提升技术装备水平,提高资源配置能力,强化市场载体功能。到2010年,基本形成结构合理、安全可靠、灵活高效的坚强国家电网,从根本上扭转电网发展滞后的局面。到2020年前后,国家电网公司将建成以华北、华中、华东为核心覆盖各大电源基地和主要负荷中心的特高压骨干网架,有效引导大煤电、大水电和大核电的集约化开发,充分利用全国范围内的资源优化配置。同时,推动各电压等级电网协调发展,提高电网运行的安全性、可靠性和经济性,各项技术经济指标和装备质量达到国际先进水平。

国家电网公司“十一五”电网发展重点是:一要加快建设1000kV交流试验示范工程,不失时机地开工建设 $\pm 800$ kV直流输电工程;二要加快跨区电网建设,进一步强化全国联网结构;三要继续区域电网、省级电网500kV(330kV)主网架建设,加快形成西北750kV网架;四要加强重点城市电网建设,抓好其他地、市和县城电网建设改造,完善农村电网,提高农村电气化水平;五要大力推进先进适用的输配电技术应用。

可见电网建设工作确实任重道远。

### 四、我国输电线路施工技术发展概况

建国以来,我国在输电线路施工技术方面、在完成生产建设任务的同时,创造和积累了一套适合我国国情的施工工艺,培养造就了一支具有专业施工能力的技术队伍。

20世纪80年代以来,线路基础、组塔、架线施工技术进展显著,大幅度地变革了施工面貌。较重要的技术进展表现在原状土基础施工工艺、液压提升装置在高塔吊装中的应用、张力架线工艺深入发展和直升飞机应用于施工四个方面。

### (一) 基础施工

长期以来我国输电线路铁塔都采用大开挖、回填土的大块混凝土基础,混凝土杆都用预制的底盘、卡盘基础。挖填大量土方,耗费很多劳力,破坏了原状土强度。我国在500kV平武线上开始采用人工按基础外形掏挖成土胎,然后在土胎内置钢筋骨架浇灌混凝土的掏挖式基础。1985年,甘肃送变电公司研制了适用于黄土高原的人推钻扩机,东北电管局研制的YZK-100型液压钻扩机开创了我国钻扩机研究的先河。

岩石基础也是原状土基础的特殊形式。对风化岩石采用逐层松动爆破或延期雷管控制时差的多孔控制爆破技术都是成功的,轻型组合式凿岩机的试制成功为风化岩石锚杆基础的应用创造了很好的条件,这些都标志着我国对风化岩石嵌固基础施工有了突破性的发展。

大直径灌注桩施工质量的无损探伤检测已取得成功,由广东电力设计院应用水电效应法取得清晰的数据;超声检测法和超声脉冲检测法对桩基探测亦均取得成功。

螺旋桩施工,可利用原状土压力;并且不会破坏地面环境,在城区电网改造中有很大使用潜力,正在推广使用之中。

### (二) 杆塔施工

建国以来杆塔吊装工艺不断革新,20世纪的50年代创始了倒落式抱杆整体组立法和外拉线抱杆分解组塔法,60年代推广了悬浮抱杆(内拉线抱杆)分解组塔法,70年代又提出了倒装组高塔法,到80年代又诞生了液压提升装置,使杆塔吊装工艺推进到一个新水平。

液压提升装置代替了由大量钢丝绳和滑轮组成的提升系统、平衡系统和牵引系统,使倒装组高塔工艺更趋完善。液压提升装置还能应用在高塔上吊装整个塔头,一次就位成功。

20世纪80年代初,甘肃送变电公司发明的内摇臂抱杆组塔法,四付摇臂,一侧摇臂起吊,另三侧摇臂平衡起外拉线作用,随塔身组装高度增高,倒提接长抱杆。这种吊装方法对塔型、地形的适应性好,在加装落地拉线后,吊装150m以下自立式高塔是极为适宜的。

江苏送变电公司施工、2004年11月19日送电的500kV江阴大跨越,跨江部分2303m、跨越塔高346.5m,单个塔基质量近4000t,是世界上最高的输电铁塔,跨越宽度为世界第三。说明我国在特高、特重塔的施工技术上已经成熟。

### (三) 架线施工

张力架线施工技术已接近国外水平,并已形成一套具有我国特点的张力架线工艺,河南送变电公司在耐张塔平衡挂线方面开创挂铝合金工作台、高空临锚、高空挂线新工艺,使工效和质量大为提高。在220kV线路上开始使用张力架线技术,相应建立了完整工艺和相适应的轻型牵张设备。

在不停电、不停航架线方面也取得了很大进展。电力建设研究所研制的带电跨越架,可在不停电条件下搭设并实行张力放线,有巨大的经济效益和社会效益。北京送变电公司应用 $\phi 6\text{m}$ 氢气球升力,在江中锚船上系留氢气球作为空中三个支点,使导引绳通过滑车悬挂于空中,以牵引船牵引过江,实现不停航放导引绳的任务。它简单易行、经济实用、安全可靠,符合国情。

### (四) 应用直升飞机、热气飞艇施工

1985~1987年3年中,在葛(洲坝)上(海)线吉阳大跨越段、宜昌长江大跨越段、

葛(洲坝)常(德)株(洲)线大山区段、宜昌换流站接地极引出段和沙江线河网段5个施工现场应用直升飞机直接放牵引绳、放导引绳、整体吊运、分段吊装、拉线杆吊装、吊运塔材和混凝土均得到成功。蜜蜂六号是装有30.87kW推进发动机的热气飞艇,它质量轻用一辆卡车可装完,采用尼龙线轴放在热气飞艇上展放 $\phi 6$ 尼龙绳,在山区深谷最困难地段展放尼龙绳近6km也得到成功。

2004年5月14日,500kV江阴大跨越采用直升飞机进行了过江牵引绳索的架设,电缆的敷设工作随后开展。过江电缆共有24根,导线截面为 $726\text{mm}^2$ ,是国内最粗的导线。

## 第二节 输电线路的分类、组成

### 一、输电线路的分类

输电线路按输电电压分类,可分为低压配电线路、高压配电线路、高压输电线路、超高压输电线路和特高压输电线路。

低压配电线路是指线对地电压在1kV以下的线路;1~10kV输电线路称高压配电线路;35kV线路以前归属高压输电线路,但随着我国电力工业发展,35kV线路工程一般都在城市与农村,或在本城市内的联络工程,已不再是电网之间的联络线路,在很多城市中已经成为城市配电网的一部分(有较大城市甚至110kV线路也成为城市供配电工程),所以在GBJ233—90《架空线路施工验收规范》中已不再将它列入;110(包括66)~220kV线路称为高压架空线路;一般将330kV和500kV线路称为超高压输电线路;而将750kV以上线路称为特高压输电线路。

输电线路的输电电压决定于输电容量和输电距离。电压越高,在一定输送容量下,输电距离可越远;在一定的输电距离下,可输送的容量就越大。但输电电压越高,线路及两端电气设备绝缘强度要求越高,从而使线路和设备的投资增大。因此应通过技术经济比较,确定输电电压与输电容量、距离的合理关系。各级输电电压的合理输电容量和距离如表1-1所列。

表 1-1 各级输电电压的合理输电容量和距离

输电电压 (kV)	输电容量 (万 kW)	输电距离 (km)	输电电压 (kV)	输电容量 (万 kW)	输电距离 (km)
10	0.02~0.2	20~6	220	12~25	300~200
35	0.2~1	50~20	330	30~60	500~250
110	3~7	150~100	500	80~120	1000~600
			750 以上	500	2500 以上

按线路架设方法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,使导线对地面和建筑物保持一定距离。架空输电线路具有投资少、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,因而发生事故的机会多。

电缆输电线路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护层的导线。这种输电线路优点是占地少、不受外界干扰,因而比较安全可靠,不影响地面绿化和整洁;缺点是工程造价高,而且事故检查和处理比较困难。电缆输电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。

按输送电流的种类分,可分为交流输电和直流输电两种。

发电厂发出的交流电电压不可能很高,必须升压后再输送,而用户用电设备一般都是低压的,所以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,输送到受电地区后再将直流电逆变为交流电的一种输电方式。直流输电只需要两根导线,且其中一根可利用大地,所以金属和绝缘材料消耗、功率损失均相应减少,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、造价高,同时目前尚无适用的直流高压断路器,在直流输电线路无法引出分支线,因此使用范围受到限制。目前,直流输电主要运用于远距离、大功率的输电,海底电缆输电,以及不同频率电力系统之间的联络,我国1987年已建成的从葛洲坝到上海的 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电线路,全长1080km,输送功率120万kW。云南至广东的 $\pm 800\text{kV}$ 直流输电线路将于2006年开工,2009年单极投产。

## 二、架空输电线路的组成

架空输电线路主要由基础、杆塔、导线、避雷线、绝缘子、金具及接地装置等部件组成,如图1-1所示。

导线的作用是传导电能。为保持导线对地面或其他建筑物的安全距离,必须将导线架设在支撑的杆塔上。杆塔和导线之间用绝缘子串连接,使导线与杆塔绝缘。杆塔要稳定耸立于地面之上,必须借助基础。为了避免直接雷击导线,在杆塔顶部设有避雷线(架空地线)以作保护,同时在杆塔处之地下设有接地装置,用接地引下线或杆塔本身将雷电流导入大地。

下面仅将架空输电线路主要部件作一般介绍,其他架空线结构特点,将在各章中介绍。

### (一) 杆塔

2005年11月底国家电网公司110~500kV各电压等级设计模块共计36个,新设计各类杆塔486种通过了输电线路典型设计评审,是今后设计工作的主要依据。

杆塔是钢筋混凝土电杆(或木杆)与铁塔的总称。木杆在输电线路中已不采用。

#### 1. 杆塔的分类

杆塔按其作用及受力分为承力杆塔和直线杆塔两种。

承力杆塔又可分为耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、分歧杆塔及耐张换位杆塔5种。它们在正常情况下均承受具有各自特点的力的作用,在断线时都能承受断线拉力。

直线杆塔也有普通直线杆塔、换位直线杆塔和跨越直线杆塔等,它们都用于线路直线段上,支持导线垂直和水平荷载,有的直线杆塔也能兼小转角。

杆塔又可分为有拉线与无拉线两种类型。拉线可以承受较大风载荷及断线载荷,这样可以减轻杆塔的结构,节省原材料。

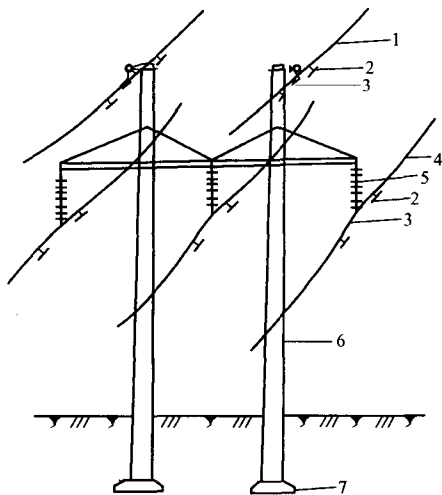


图1-1 输电线路的主要部件示意图  
1—避雷线; 2—防振锤; 3—线夹; 4—导线;  
5—绝缘子; 6—杆塔; 7—基础

## 2. 钢筋混凝土电杆

钢筋混凝土电杆是 220kV 以下输配电线路最广泛使用的杆塔。它坚实耐久、维护工作量少、结构简单、分段组装, 可满足各种跨越高度要求。其缺点是易产生裂纹、笨重, 给运输、施工带来不便。防止裂缝的最好办法就是在电杆浇注时将钢筋预拉, 使混凝土在承载前就受到一个预压应力。当电杆承载时, 受拉区混凝土所受拉应力与预压应力部分抵消不致产生裂纹, 这种电杆叫预应力钢筋混凝土电杆。使用预应力钢筋混凝土电杆, 可以节省大量钢材, 壁厚也相应减少, 故杆重减轻、价格下降是今后的发展方向。

单柱钢筋混凝土电杆广泛使用在 110kV 以下的输电线路, 可分为拔梢杆、等径杆两类。拔梢杆一般不带拉线, 其主杆梢径为  $\phi 190 \sim \phi 270 \text{mm}$ , 圆锥度为 1/75。等径带拉线的单杆可用于 220kV 电压等级以下线路, 拉线一般对称布置, 为了减少断导线时杆柱所受的扭矩作用, 一般采用转动横担或压屈横担。钢筋混凝土电杆杆型如图 1-2 和图 1-3 所示。

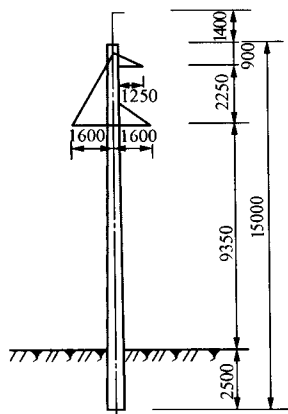


图 1-2 35kV  $\phi 190 \text{mm}$  拔梢单杆

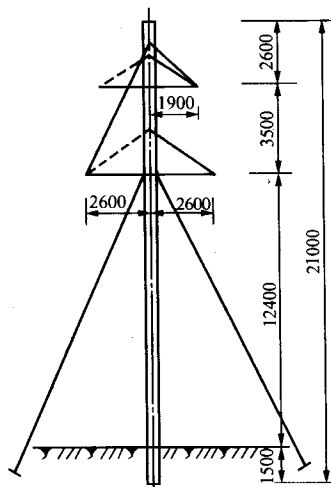


图 1-3 110kV  $\phi 300 \text{mm}$  等径拉线单杆

门形钢筋混凝土电杆不但是 330kV 以下线路直线杆的主要杆型, 也是 35~220kV 线路耐张、转角杆的主要杆型, 后者拉线类型和数量比前者复杂, 其直线杆型如图 1-4 所示。

## 3. 铁塔

铁塔是用角钢焊接或螺栓连接的钢架。它坚固、可靠, 使用年限长, 但钢材消耗大、造价高、施工工艺复杂、维护工作量大。故 220kV 以下线路中, 铁塔多用于交通不便和地形复杂的山区, 或一般地区的大荷载的终端、耐张、大转角、大跨越等处。拉线铁塔可节省大量钢材, 较多用作直线铁塔。常用铁塔塔型图如图 1-5 所示。

### (二) 基础

杆塔的地下部分的总体统称基础, 它是输电线路的重要组成部分, 一般基础投资占本体投资的 15%~30%, 工期占施工总工期的 30%~50%。

钢筋混凝土杆基础通常由地下部分电杆和三盘(底盘、卡盘和拉线盘)组成。三盘一般由钢筋混凝土预制而成, 也有的用天然石材做成, 如图 1-6 所示。

铁塔基础根据铁塔类型、地形地质及施工条件的不同, 采用不同类型。图 1-7 是常用的铁塔基础类型图。

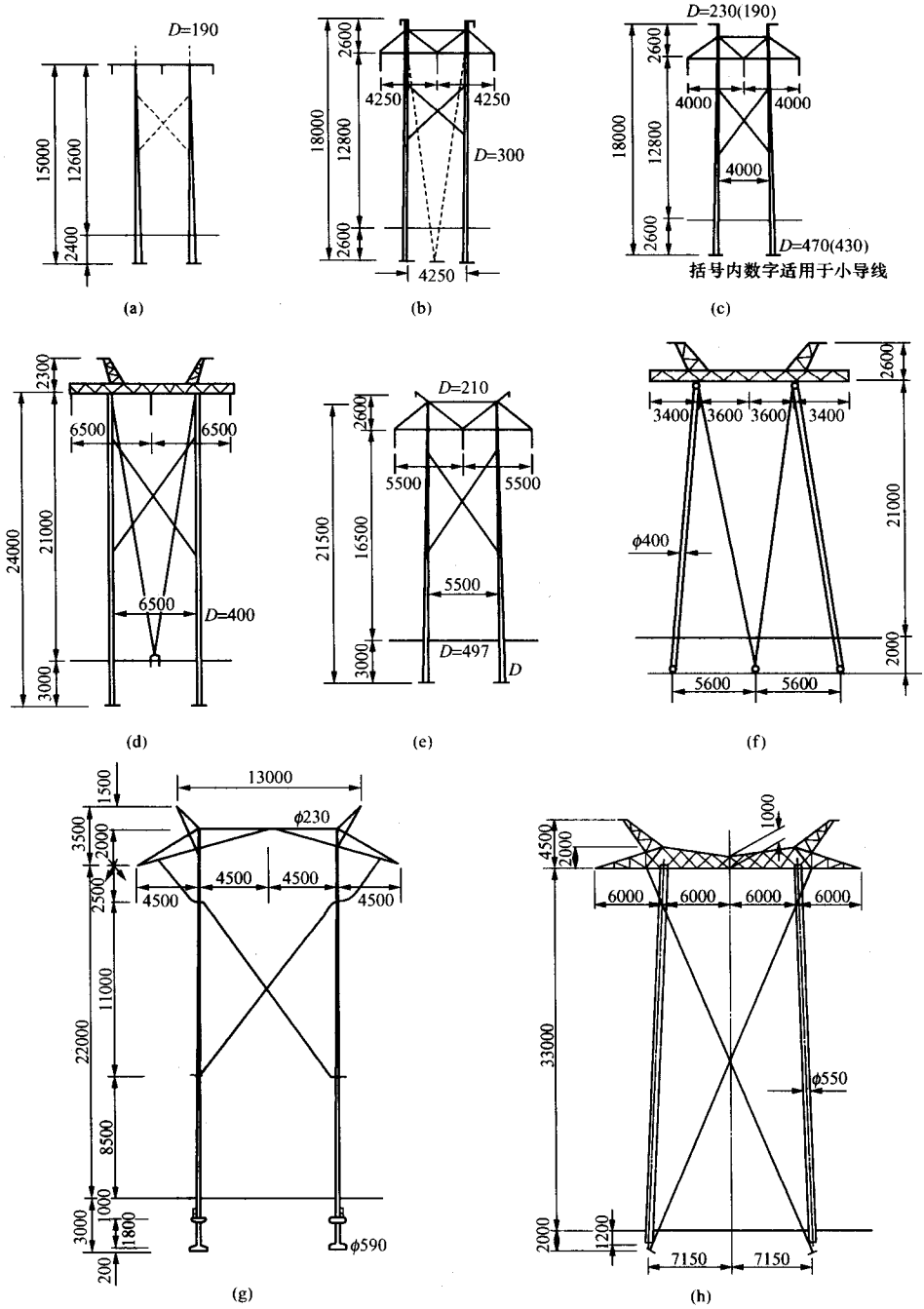


图 1-4 门形直线杆常用杆型

(a) 35kV 直线杆型 (拔梢杆柱, 有时带叉梁、地线); (b) 110kV 直线型杆型之一 (等径杆柱, 带叉梁, 有时兼带 V 形拉线); (c) 110kV 直线杆型之一 (拔梢杆柱, 带叉梁); (d) 220kV 直线杆型之一 (等径杆柱, 带叉梁和 V 形拉线, 立体桁架方横担); (e) 220kV 直线杆型之一 (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 直线杆型 (等径杆柱, 有撇腿带 X 形拉线)

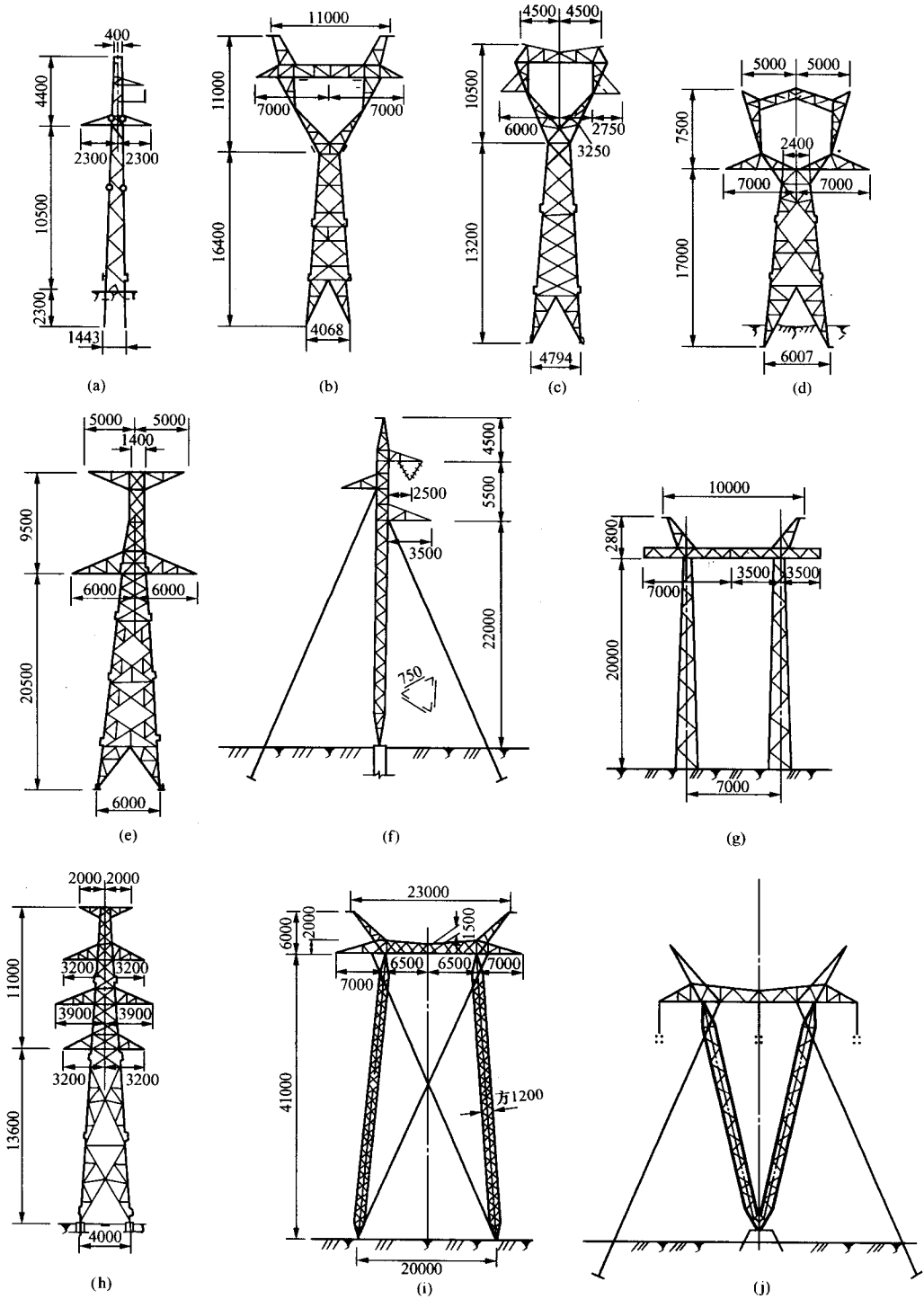


图 1-5 常用铁塔塔型图

(a) 上字形塔; (b) 酒杯形塔; (c) 中国猫头形塔; (d) 桥形耐张塔; (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

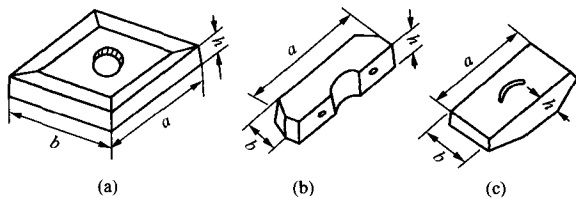


图 1-6 常用三盘外形图

(a) 底盘; (b) 卡盘; (c) 拉线盘

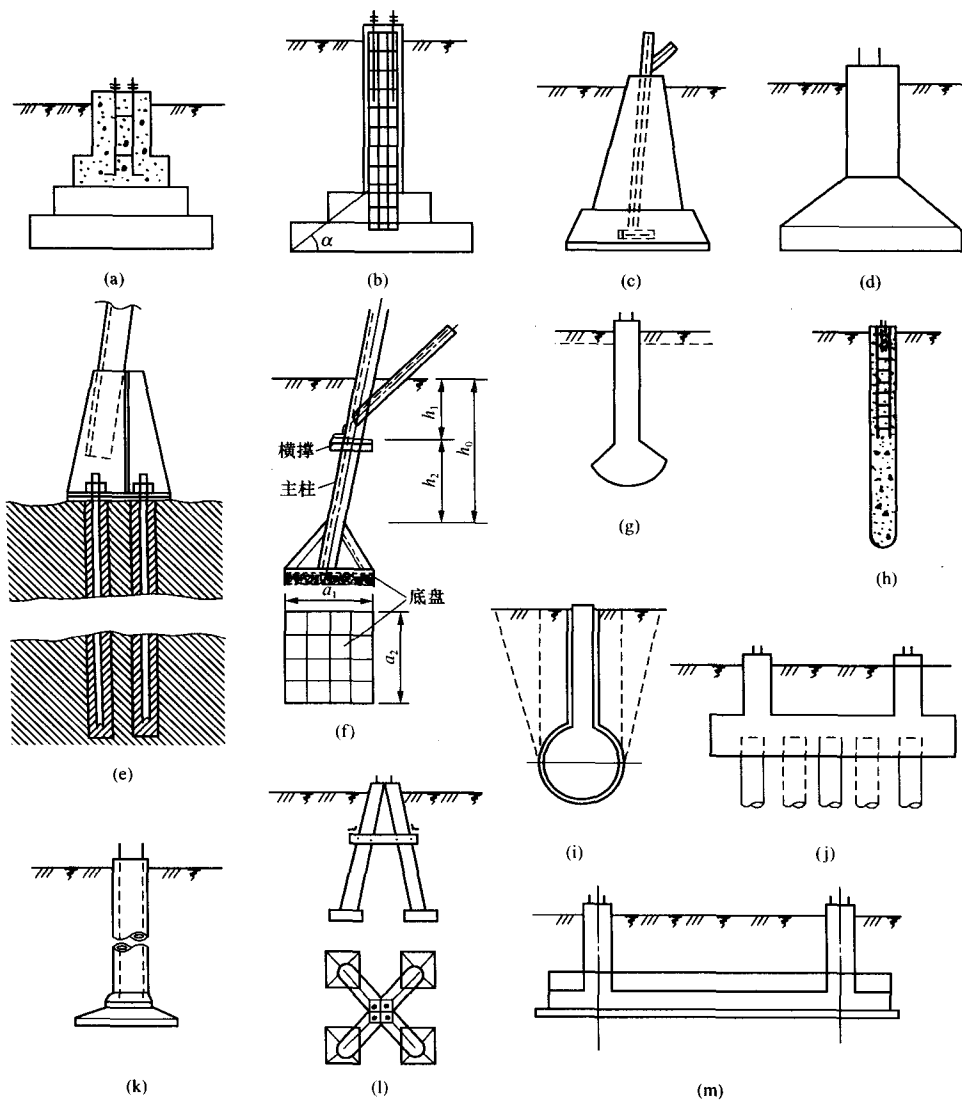


图 1-7 常用铁塔基础图

(a) 大块混凝土基础; (b) 钢筋混凝土基础; (c) 主角钢插入式基础; (d) 掏挖式基础; (e) 岩石基础;  
 (f) 金属基础; (g) 机扩基础; (h) 灌注桩基础; (i) 爆扩桩基础; (j) 联合桩基础;  
 (k) 圆柱固结式基础; (l) 人字形基础; (m) 联合基础



### (三) 导线

导线是架空输电线路主要组成部分，其作用是传导电能。导线的种类、性能和截面的大小，不仅对杆塔、避雷线、绝缘子、金具有影响，而且直接关系到线路的输电能力、运行的可靠性和建设费用的大小。

导线必须具有良好的导电性能。此外，由于架空输电线路导线架设在空中，要承受自重、风压、冰雪荷载等机械力的作用和空气中有害气体的侵蚀，故要求导线有较高的机械强度和较好的抗腐蚀性能。

导线由铝、钢、铜等材料制成，在特殊情况下也可使用铝合金。铜是理想的导线材料，但由于铜资源少、价格高，使用不多。为了提高导线机械强度，架空线路导线采用绞合的多股导线，常用的有铝绞线、钢芯铝绞线，少数情况下也采用铝合金线、铝包钢绞线及硬铜线。钢芯铝绞线中铝线部分和钢线部分截面积的比值不同，机械强度也不同，可分为普通钢芯铝绞线（铝钢截面积之比值为 5.2~6.1）、加强型钢芯铝绞线（比值为 4~4.5）和轻型钢芯铝绞线（比值为 7.6~8.3）。各种导线种类及用途可参见表 1-2。

表 1-2 各种导线的种类及用途

导线种类	品 种	型 号	导线结构概况	用途及选用原则
硬铝线	铝绞线	LJ	用圆铝线多股绞制的绞线	对 35kV 架空线路，铝绞线截面一般小于 35mm <sup>2</sup> ；对 35kV 以下线路不小于 25mm <sup>2</sup>
钢芯铝绞线	钢芯铝绞线 轻型钢芯铝绞线 加强型钢芯铝绞线	LGJ LGJQ LGJJ	内层（或芯线）为单股或多股镀锌钢绞线，主要承担张力；外层为单层或多层硬铝绞线，为导电部分	LGJ、LGJQ 型钢芯铝绞线用于一般地区，LGJJ 型钢芯铝绞线用于重冰区或大跨越地段
防腐型钢芯铝绞线	轻防腐 中防腐 重防腐	LGJF	结构型式及机械、电气性能与普通钢芯铝绞线相同。轻防腐仅在钢芯上涂防腐剂；中防腐仅在钢芯及内层铝线上涂防腐剂；重防腐在钢芯和内外层铝线均涂防腐剂	用于沿海及有腐蚀性气体的地区
铝合金线	铝合金单线 铝合金绞线 钢芯铝合金绞线	LH LHJ LHGJ	以铝、镁、硅合金拉制的圆单线或用多股作成的绞线，抗拉强度接近铜线，导电率及质量接近铝线	抗拉强度高，可减少弧垂，降低线路造价。单股线在线路上不允许使用
铝包钢绞线	铝包钢绞线	GLJ	以单股钢线为芯，外面包以铝层，作成单股及多股绞线	线路的大跨越及地线通信使用
硬铜线	硬圆铜单线 硬铜绞线	TY TJ	用硬铜拉制成的单股线或用多股制成的绞线	一般不使用。必须使用时导线最小截面规定为：35kV 以上线路不允许使用单股线，多股绞线导线截面不小于 25mm <sup>2</sup> ；10kV 及以下线路单股线不小于 16mm <sup>2</sup> ，绞线不小于 16mm <sup>2</sup>