

# 输电线路

## 基础施工新技术

毕雪昱 主编

SHUDIAN XIANLU  
JICHU SHIGONG XINJISHU



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

上本  
第四九集  
基础工  
程

## 要 容 内

上本

# 输电线路 基础施工新技术

毕雪昱 主编

目次见内页

主 编 毕 雪 昱  
副主编 刘 勇  
责任编辑 张 岩  
出版单位 中国电力出版社  
地 址 北京市西城区车公庄大街 2 号  
邮 政 编 码 100031  
电 话 (010) 63523350  
传 真 (010) 63523353  
网 址 <http://www.cpcp.com.cn>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

印 制 华夏印刷有限公司  
印 数 10000 册  
开 本 787×1092mm<sup>2</sup>

中国电力出版社

cn

100088

北京

010-63523350

010-63523353

010-63523354

010-63523355

010-63523356

010-63523357

010-63523358

010-63523359

010-63523360

010-63523361

010-63523362

010-63523363

010-63523364

010-63523365

010-63523366

010-63523367

010-63523368

010-63523369

010-63523370

010-63523371

010-63523372

010-63523373

010-63523374

010-63523375

010-63523376

010-63523377

010-63523378

010-63523379

010-63523380

010-63523381

010-63523382

010-63523383

010-63523384

010-63523385

010-63523386

010-63523387

010-63523388

010-63523389

010-63523390

010-63523391

010-63523392

010-63523393

010-63523394

010-63523395

010-63523396

010-63523397

010-63523398

010-63523399

010-63523300

010-63523301

010-63523302

010-63523303

010-63523304

010-63523305

010-63523306

010-63523307

010-63523308

010-63523309

010-63523310

010-63523311

010-63523312

010-63523313

010-63523314

010-63523315

010-63523316

010-63523317

010-63523318

010-63523319

010-63523320

010-63523321

010-63523322

010-63523323

010-63523324

010-63523325

010-63523326

010-63523327

010-63523328

010-63523329

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523340

010-63523341

010-63523342

010-63523343

010-63523344

010-63523345

010-63523346

010-63523347

010-63523348

010-63523349

010-63523350

010-63523351

010-63523352

010-63523353

010-63523354

010-63523355

010-63523356

010-63523357

010-63523358

010-63523359

010-63523360

010-63523361

010-63523362

010-63523363

010-63523364

010-63523365

010-63523366

010-63523367

010-63523368

010-63523369

010-63523370

010-63523371

010-63523372

010-63523373

010-63523374

010-63523375

010-63523376

010-63523377

010-63523378

010-63523379

010-63523380

010-63523381

010-63523382

010-63523383

010-63523384

010-63523385

010-63523386

010-63523387

010-63523388

010-63523389

010-63523390

010-63523391

010-63523392

010-63523393

010-63523394

010-63523395

010-63523396

010-63523397

010-63523398

010-63523399

010-63523300

010-63523301

010-63523302

010-63523303

010-63523304

010-63523305

010-63523306

010-63523307

010-63523308

010-63523309

010-63523310

010-63523311

010-63523312

010-63523313

010-63523314

010-63523315

010-63523316

010-63523317

010-63523318

010-63523319

010-63523320

010-63523321

010-63523322

010-63523323

010-63523324

010-63523325

010-63523326

010-63523327

010-63523328

010-63523329

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

010-63523336

010-63523337

010-63523338

010-63523339

010-63523330

010-63523331

010-63523332

010-63523333

010-63523334

010-63523335

01

## 内 容 提 要

本书为输电线路基础施工技术的专著，主要是在总结近年来全国各地输电线路基础施工经验的基础上编写而成的。本书共分十四章，主要内容包括：输电线路基础施工概述、输电线路基础施工机具、输电线路基础典型施工方法、高海拔多年冻土地区输电线路基础施工、输电线路螺旋锚基础施工、沙漠地区输电线路装配式基础施工、输电线路岩石锚杆基础施工、输电线路岩石嵌固式基础施工、输电线路混凝土沉箱基础施工、输电线路 L.V 铁塔基础施工、输电线路掏挖基础施工、输电线路钻孔灌注桩基础施工、输电线路地脚螺栓式现浇基础施工、输电线路基础工程施工质量检验及评定等。

本书可供输电线路基础施工单位的技术人员及管理人员使用，也可供输电线路设计、监理人员以及大专院校有关专业师生参考。

### 图书在版编目 (C I P) 数据

输电线路基础施工新技术 / 毕雪昱主编. -- 北京 :  
中国水利水电出版社, 2014.1  
ISBN 978-7-5170-1682-3

I. ①输… II. ①毕… III. ①输电线路—基础施工—  
技术培训 IV. ①TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第013779号

书 名	输电线路基础施工新技术
作 者	毕雪昱 主编
出 版 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 (发行部) 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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 24.25 印张 575 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价	<b>89.00 元</b>

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 《输电线路基础施工新技术》

## 编委会名单

主任：王修江

副主任：刘 杆

委员：毕雪昱 马力克·麦合苏提 张 健 王宇辉

主编：毕雪昱

主审：刘建彬 李 亚

编写人员：唐宏根 丁贊成 宋焕东 姚 晖 金晓兵

张 鑫 米和勇 于舒涵 盛建新 张继升

马小云 文 波 张宏海 李大伟 曹 军

焦 傲 常 成 王晓波 倪兆瑞

# 序

随着我国国民经济的飞速发展，国家每年用于电力基础设施，特别是用于高压输电线路的投资日益增加。杆塔基础作为输电线路结构的重要组成部分，它的造价、工期和劳动消耗量在整个输电线路工程中占很大比重，基础选型、设计及施工的优劣对输电线路工程的建设产生重要影响，因此，有必要加强对输电线路基础的研究，从而降低基础造价，节约资源，同时也减少对植被的破坏，加强环境保护，创造较好的经济效益和社会效益，实现可持续发展。

我国幅员辽阔，各个地区的地质条件相差很大，采用的输电线路基础形式也多种多样。《输电线路基础施工新技术》一书针对不同地区的地质条件提出差异性的基础形式和处理方法，针对输电线路杆塔基础的共性、前沿和关键问题，探索输电线路杆塔基础的机理和规律，形成系统完整的输电线路基础设计和计算的理论体系，并瞄准国家急需解决的“西电东送”工程中出现的一系列地基基础工程关键科学技术问题进行探索与创新，研究开发出安全、可靠、经济、实用的科技成果为工程建设服务，为各种基础形式的实验研究提供依据，对提高输电线路的可靠性、推动行业技术进步有着重要意义，书写了我国输电线路基础工程技术先进与设计安全合理的新篇章。

此书是奋战在输电线路一线的专业技术人员基于多年对杆塔基础的切身实践，附以翔实的图解和理论计算依据，对不同特性地基、不同形式基础开展的系统性的试验、测试和分析研究，有效地解决了地基处理及其基础形式选择与设计优化这一当前输电线路工程中迫切需要解决的重大课题，必将在我国电网建设中发挥更大的作用！

王立生

2014年1月5日

## 前言

输电网络是由输电线路组成的，其主要功能是远距离输送大量的电能。输电线路及相关设备将电力系统连接成为一个庞大的利益共同体，将系统中偏远处的丰富能源转换成电能向缺少能源的任何电力负荷中心输送。如果电能输送不需要了，电力系统也就不再有存在的必要了。20世纪60年代，美国联邦动力委员会曾对输电的重要意义作了一个简明的总结：输电的战略重要性比它在电力系统建设的全部费用的10%还要大得多。输电的具体体现是在特定地区范围内将发电、输电和用电设备等电力设备互相连接构成一个完整的系统。

从技术经济的角度，很容易证明在某一地区进行适当的系统互联的优越性。

(1) 更经济合理地开发一次能源，优化电能资源配置，实现水、火电资源的优势互补。联网后形成较大的、稳定的负荷需求，由此可以采用大容量发电机组来提供电能，从而降低系统运行成本，增加经济效益。可以在煤炭丰富的矿区建设超临界、超超临界汽轮发电机组，利用高效率、低成本的大型特大容量坑口电厂向能源缺乏的区域送电；可以建设具有调节能力的大型水电厂，充分发挥水电和火电在电力系统中的互补作用。大容量、远距离的输电线路的存在，让远离负荷中心的电厂的电能能够传输到负荷中心，有利于水能、火电（坑口电厂）、风能、地热资源等通常地理位置较偏远能源资源的充分开发和利用。

(2) 利用负荷的不同特性，可提高发电机组的利用率，减少总的装机容量。负荷的不同特性主要是指：不同种类的负荷不同时用电；同种类负荷的不同用电；不同经度地区因日照时间不同而不同时用电。由于各区域电网的用电构成、负荷特性、电力消费习惯存在一定的差异，各电网的年负荷曲线、周负荷曲线和日负荷曲线不相同，使得各电网高峰用电负荷可能不出现在同一时间而相互错开。

输电线路施工最重要的工序是基础施工。输电线路杆塔的地下部分的总体统称为基础。它承受输电线路杆塔的各种荷重，将杆塔的各种荷重传递给周围的地基，以达到稳固输电线路的杆塔的目的。目前，输电线路中常见的基础形式有：阶梯基础、板式基础、斜插基础、掏挖基础、岩石基础及桩基

础，其中阶梯基础、板式基础、斜插基础三类基础因其基坑成型特点习惯地称为“大开挖”基础。在施工过程中，不同的基础形式具有不同的特点及技术要求，为了有效地控制基础施工的质量，需要制定相应的施工技术措施。

在输电线路进行基础施工前必须做好复测和分坑工作。输电线路复测施工是指线路施工前，施工单位核对设计单位提供的杆塔明细表、平面图和断面图与现场是否相符，设计桩是否丢失或移动，复核杆塔位中心桩及转角塔位桩位置、挡距和断面高程是否符合设计及规范要求而进行的测量施工。复测时若发现偏差超过规范允许范围时，必须查明原因并予以纠正。路径复测确认无误后，根据基础及杆塔型式、基础根开（正面、侧面）、基础对角线（包括基坑远点、近点、中心点）及坑口尺寸等项目进行坑口放样，称此为分坑测量。通常把这两步工作统称为复测分坑。

21世纪以来，我国西电东送、南北互联工程相继启动，国家对电力建设的投资力度进一步加大，开发大西北的号角已经吹响，大西北的输电线路建设进入一个大发展时期。由于地处高海拔地区、多年冻土地区、沙漠戈壁地区，因此在输电线路基础设计和施工上有许多创新，本书就是在总结全国各地（特别是新疆、青海、西藏、陕西等地）输电线路基础施工经验基础上编写而成的。本书共分十四章，主要内容包括：输电线路基础施工概述、输电线路基础施工机具、输电线路基础典型施工方法、高海拔多年冻土地区输电线路基础施工、输电线路螺旋锚基础施工、沙漠地区输电线路装配式基础施工、输电线路岩石锚杆基础施工、输电线路岩石嵌固式基础施工、输电线路混凝土沉箱基础施工、输电线路LV铁塔基础施工、输电线路掏挖基础施工、输电线路钻孔灌注桩基础施工、输电线路地脚螺栓式现浇基础施工、输电线路基础工程质量检验及评定等。

本书编写人员还有许建、马小云、贾喜远、兰成杰、王政、胡中流、郑雅琴、李军华、王晋生、许杰、周小云、王京伟、古丽华等。

本书可供输电线路基础施工单位的技术人员和管理人员使用，也可供输电线路设计、监理人员以及大专院校有关专业师生参考。

在本书编写过程中，作者参考了近年来全国各地输电线路基础施工中涌现的新材料、新技术、新工艺，收集、整理并引用了近年来全国各地输电线路基础施工的丰富经验和研究成果，特别是新疆送变电工程公司、黑龙江省送变电工程公司、华东送变电工程公司、宁夏送变电工程公司、重庆电网建设有限公司、西藏电力有限公司电网建设管理分公司、呼伦贝尔电业局基建部、甘肃省送变电工程公司、安徽送变电工程公司、北京送变电公司、河南

送变电建设公司、湖北省送变电工程公司、陕西送变电工程公司、青海送变电工程公司等单位创造的典型施工方法，在此一并表示诚挚的感谢。

为本书提供资料并参与图表制作的还有：张强、张方、高水、石峰、王卫东、石威杰、贺和平、任旭印、潘利杰、程宾、张倩、张娜、李俊华、石宝香、成冲、张明星、郭荣立、王峰、李新歌、尹建华、苏跃华、刘海龙、李小方、李爱丽、胡兰、王志玲、李自雄、陈海龙、李亮、韩国民、刘力侨、任翠兰、张洋、吕洋、任华、李翱翔、孙雅欣、李红、王岩、李景、赵振国、任芳、魏红、薛军、吴爽、李勇高、王慧、杜涛涛、李启明、郭会霞、霍胜木、邢烟、李青丽、谢成康、杨虎、马荣花、张贺丽、薛金梅、李荣芳、马良、孙洋洋、胡毫、余小冬、丁爱荣、王文举等。

由于编者的经验和水平有限，本书在内容取材和章节布局上可能有不妥和错误之处，恳请各位同行和广大读者批评指正。

## 作者

2014年1月

VII	工 艰 难 基 础 大 建	第廿零章
VII	工 艰 难 基 础 大 建	第廿八章
erI	工 艰 难 基 础 大 建	第廿九章
erI	工 艰 难 基 础 大 建	第三十章
erI	工 艰 难 基 础 大 建	第十一章
erI	工 艰 难 基 础 大 建	第二十章
序	工 艰 难 基 础 大 建	第二十一章
前言	工 艰 难 基 础 大 建	第二十四章

## 目 录

<b>第一章</b>	<b>输电线路基础施工概述</b>	1
第一节	输电线路基础工程分类	1
第二节	输电线路基础荷载	5
第三节	输电线路基础工程施工工艺规定	8
第四节	输电线路基础工程施工安全规定	14
第五节	输电线路基础工程文明施工和环境保护规定	16
<b>第二章</b>	<b>输电线路基础施工机具</b>	22
第一节	输电线路工程测量的基本要求	22
第二节	经纬仪	27
第三节	经纬仪的测量项目	31
第四节	定位测量	35
第五节	全站仪和全球定位系统	44
第六节	施工测量中值得注意的几个问题	46
第七节	打桩施工机械	48
第八节	混凝土搅拌机	51
第九节	混凝土搅拌运输车	54
第十节	混凝土振捣器	57
第十一节	凿岩机	59
第十二节	旋锚机	64
第十三节	钻孔机械和灌浆机械	65
第十四节	液压反铲挖掘机	67
<b>第三章</b>	<b>输电线路基础典型施工方法</b>	69
第一节	土石方开挖和爆破作业	69
第二节	混凝土及其施工步骤和要求	94
第三节	铁塔基础施工	107
第四节	岩石基础施工	110
第五节	金属基础施工	112
第六节	联合基础施工和大板基础施工	114

第七节 重力式基础施工 .....	117
第八节 装配式钢筋混凝土基础施工 .....	117
第九节 跨河铁塔灌注高桩基础施工 .....	119
第十节 等径式灌注桩基础施工 .....	120
第十一节 扩底短灌注桩基础施工 .....	121
第十二节 钻孔灌注桩基础与挖孔灌注桩基础施工 .....	123
第十三节 一般地质现浇基础施工 .....	124
第十四节 泥水坑和流沙坑现浇基础施工 .....	127
第十五节 插入式角钢基础施工 .....	135
第十六节 复合式沉井基础施工 .....	137
第十七节 掘挖式基础和大开挖基础施工 .....	140
第十八节 地基处理技术 .....	141
<b>第四章 高海拔多年冻土地区输电线路基础施工.....</b>	<b>147</b>
第一节 高海拔多年冻土地区 .....	147
第二节 高海拔多年冻土地区杆塔基础开挖 .....	148
第三节 高海拔多年冻土地区杆塔基础负温混凝土施工 .....	149
第四节 高海拔多年冻土地区输电线路基础工程中的热棒安装施工 .....	152
第五节 高海拔多年冻土地区输电线路环境保护和水土保持 .....	154
第六节 高海拔多年冻土地区杆塔基础工程验收 .....	154
第七节 高海拔多年冻土地区输电线路施工实例（一） .....	154
第八节 高海拔多年冻土地区输电线路施工实例（二） .....	160
<b>第五章 输电线路螺旋锚基础施工.....</b>	<b>172</b>
第一节 原材料及器材检验 .....	172
第二节 螺旋锚加工与制造 .....	173
第三节 螺旋锚施工钻进和螺旋锚基础浇制 .....	174
第四节 螺旋锚防腐施工及要求 .....	176
第五节 螺旋锚基础的质量验收与资料移交 .....	176
第六节 螺旋锚基础施工实例 .....	177
<b>第六章 沙漠地区输电线路装配式基础施工.....</b>	<b>186</b>
第一节 概述 .....	186
第二节 板条式装配基础的组成和施工方法 .....	186
第三节 沙漠地区输电线路装配式基础应用实例 .....	190
第四节 沙漠地区输电线路施工器材运输方法 .....	200
<b>第七章 输电线路岩石锚杆基础施工.....</b>	<b>204</b>
第一节 概述 .....	204
第二节 施工作业流程 .....	208

第三节 施工步骤及方法 .....	208
第四节 质量控制、安全文明施工及环境保护控制措施 .....	218
<b>第八章 输电线路岩石嵌固式基础施工 .....</b>	<b>222</b>
第一节 概述 .....	222
第二节 岩石嵌固式基础施工操作要点 .....	223
第三节 人员组织和材料设备供应 .....	227
第四节 岩石嵌固式基础施工质量控制 .....	228
第五节 安全措施和环保措施 .....	230
第六节 岩石嵌固式基础应用实例 .....	230
<b>第九章 输电线路混凝土沉箱基础施工 .....</b>	<b>232</b>
第一节 概述 .....	232
第二节 混凝土沉箱基础施工操作要点 .....	233
第三节 人员组织和材料供应 .....	234
第四节 混凝土沉箱基础施工关键质量控制 .....	235
第五节 安全措施和环保措施 .....	235
第六节 混凝土沉箱基础应用实例 .....	236
<b>第十章 输电线路 LV 铁塔基础施工 .....</b>	<b>237</b>
第一节 LV 铁塔基础施工方案和计算 .....	237
第二节 LV 铁塔预制基础的焊接 .....	238
第三节 LV 铁塔组立方式 .....	239
第四节 LV 铁塔基础应用实例 .....	240
<b>第十一章 输电线路掏挖基础施工 .....</b>	<b>241</b>
第一节 概述 .....	241
第二节 掏挖基础的机械化施工方法 .....	243
第三节 半掏挖式基础施工方法 .....	251
第四节 掏挖加锚杆复合环保型基础施工方法 .....	263
<b>第十二章 输电线路钻孔灌注桩基础施工 .....</b>	<b>272</b>
第一节 概述 .....	272
第二节 大直径钻孔灌注桩基础施工方法 .....	274
第三节 小直径钻孔灌注桩基础施工方法 .....	286
<b>第十三章 输电线路地脚螺栓式现浇基础施工 .....</b>	<b>298</b>
第一节 概述 .....	298
第二节 地脚螺栓式斜柱现浇基础施工方法 .....	300
第三节 地脚螺栓式棱台现浇基础施工方法 .....	316

<b>第十四章</b>	<b>输电线路基础工程施工质量检验及评定</b>	331
815	第一节 概述	331
822	第二节 交流输电线路基础工程施工质量检验及评定	338
829	第三节 直流输电线路基础工程施工质量检验及评定	357
836	第四节 输电线路工程竣工资料移交清册	370
843	<b>参考文献</b>	374
850		
857		
864		
871		
878		
885		
892		
899		
906		
913		
920		
927		
934		
941		
948		
955		
962		
969		
976		
983		
990		
997		
1004		
1011		
1018		
1025		
1032		
1039		
1046		
1053		
1060		
1067		
1074		
1081		
1088		
1095		
1102		
1109		
1116		
1123		
1130		
1137		
1144		
1151		
1158		
1165		
1172		
1179		
1186		
1193		
1200		
1207		
1214		
1221		
1228		
1235		
1242		
1249		
1256		
1263		
1270		
1277		
1284		
1291		
1298		
1305		
1312		
1319		
1326		
1333		
1340		
1347		
1354		
1361		
1368		
1375		
1382		
1389		
1396		
1403		
1410		
1417		
1424		
1431		
1438		
1445		
1452		
1459		
1466		
1473		
1480		
1487		
1494		
1501		
1508		
1515		
1522		
1529		
1536		
1543		
1550		
1557		
1564		
1571		
1578		
1585		
1592		
1599		
1606		
1613		
1620		
1627		
1634		
1641		
1648		
1655		
1662		
1669		
1676		
1683		
1690		
1697		
1704		
1711		
1718		
1725		
1732		
1739		
1746		
1753		
1760		
1767		
1774		
1781		
1788		
1795		
1802		
1809		
1816		
1823		
1830		
1837		
1844		
1851		
1858		
1865		
1872		
1879		
1886		
1893		
1900		
1907		
1914		
1921		
1928		
1935		
1942		
1949		
1956		
1963		
1970		
1977		
1984		
1991		
1998		
2005		
2012		
2019		
2026		
2033		
2040		
2047		
2054		
2061		
2068		
2075		
2082		
2089		
2096		
2103		
2110		
2117		
2124		
2131		
2138		
2145		
2152		
2159		
2166		
2173		
2180		
2187		
2194		
2201		
2208		
2215		
2222		
2229		
2236		
2243		
2250		
2257		
2264		
2271		
2278		
2285		
2292		
2299		
2306		
2313		
2320		
2327		
2334		
2341		
2348		
2355		
2362		
2369		
2376		
2383		
2390		
2397		
2404		
2411		
2418		
2425		
2432		
2439		
2446		
2453		
2460		
2467		
2474		
2481		
2488		
2495		
2502		
2509		
2516		
2523		
2530		
2537		
2544		
2551		
2558		
2565		
2572		
2579		
2586		
2593		
2600		
2607		
2614		
2621		
2628		
2635		
2642		
2649		
2656		
2663		
2670		
2677		
2684		
2691		
2698		
2705		
2712		
2719		
2726		
2733		
2740		
2747		
2754		
2761		
2768		
2775		
2782		
2789		
2796		
2803		
2810		
2817		
2824		
2831		
2838		
2845		
2852		
2859		
2866		
2873		
2880		
2887		
2894		
2901		
2908		
2915		
2922		
2929		
2936		
2943		
2950		
2957		
2964		
2971		
2978		
2985		
2992		
3000		
3007		
3014		
3021		
3028		
3035		
3042		
3049		
3056		
3063		
3070		
3077		
3084		
3091		
3098		
3105		
3112		
3119		
3126		
3133		
3140		
3147		
3154		
3161		
3168		
3175		
3182		
3189		
3196		
3203		
3210		
3217		
3224		
3231		
3238		
3245		
3252		
3259		
3266		
3273		
3280		
3287		
3294		
3301		
3308		
3315		
3322		
3329		
3336		
3343		
3350		
3357		
3364		
3371		
3378		
3385		
3392		
3399		
3406		
3413		
3420		
3427		
3434		
3441		
3448		
3455		
3462		
3469		
3476		
3483		
3490		
3497		
3504		
3511		
3518		
3525		
3532		
3539		
3546		
3553		
3560		
3567		
3574		
3581		
3588		
3595		
3602		
3609		
3616		
3623		
3630		
3637		
3644		
3651		
3658		
3665		
3672		
3679		
3686		
3693		
3700		
3707		
3714		
3721		
3728		
3735		
3742		
3749		
3756		
3763		
3770		
3777		
3784		
3791		
3798		
3805		
3812		
3819		
3826		
3833		
3840		
3847		
3854		
3861		
3868		
3875		
3882		
3889		
3896		
3903		
3910		
3917		
3924		
3931		
3938		
3945		
3952		
3959		
3966		
3973		
3980		
3987		
3994		
4001		
4008		
4015		
4022		
4029		
4036		
4043		
4050		
4057		
4064		
4071		
4078		
4085		
4092		
4100		
4107		
4114		
4121		
4128		
4135		
4142		
4149		
4156		
4163		
4170		
4177		
4184		
4191		
4198		
4205		
4212		
4219		
4226		
4233		
4240		
4247		
4254		
4261		
4268		
4275		
4282		
4289		
4296		
4303		
4310		
4317		
4324		
4331		
4338		
4345		
4352		
4359		
4366		
4373		
4380		
4387		
4394		
4401		
4408		
4415		
4422		
4429		
4436		
4443		
4450		
4457		
4464		
4471		
4478		
4485		
4492		
4500		
4507		
4514		
4521		
4528		
4535		
4542		
4549		
4556		
4563		
4570		
4577		
4584		
4591		
4598		
4605		
4612		
4619		
4626		
4633		
4640		
4647		
4654		
4661		
4668		
4675		
4682		
4689		
4696		
4703		
4710		
4717	</	

# 第一章 输电线路基础施工概述

## 第一节 输电线路基础工程分类

### 一、杆塔基础

基础工程分为电杆基础和铁塔基础，电杆基础包括底盘、拉盘和卡盘。铁塔基础包括混凝土和钢筋混凝土基础，预制钢筋混凝土基础、金属基础、灌注桩基础和岩石基础六种类型。

杆子埋入地下，一般应坐落在基础中，基础能承受杆子的垂直荷重、水平荷重和事故荷重等，可以防止杆子发生上拔、下陷和倾倒现象。铁塔一般是在预先浇筑好的混凝土基础上组立起来的，铁塔一般由四只脚分别或整体现浇而成，它承受着铁塔上承受的一切荷载，尤其是耐张塔或转角塔（如不是拉线塔），基础上承受着上拔力、下压力和倾覆力等。垂直荷重包括杆塔本身重量杆塔上导线、绝缘子、金具及覆冰等重量；水平荷重包括风产生的横向压力，导线张力等；事故荷重是指导、地线断线时的拉力、扭力和弯矩等。

杆塔一般是竖立在大地表面，而大地表面多数是土壤，只有部分山丘才是岩石。因此杆塔竖立得是否牢固，土壤的性质也是一个关键问题。基础的大小、好坏除了看导线的荷重、风压、覆冰外，就要看土壤的性质了。

杆塔基础设计要点如下：

- (1) 杆塔基础承受上拔、下压和倾覆荷载时，若地质条件合适，施工工艺能保证时，应尽量采用原状土类型的基础，以提高承载力，减小变形。

- (2) 基础设计必须保证地基的稳定性和结构的强度，对大跨越塔和处于弱地基的终端塔的基础应进行地基变形验算，并使地基变形控制在允许范围内。

- (3) 开挖式基础的回填土按已夯实土考虑，即基坑回填土夯实程度已达到现行施工规范中要求的夯实标准。

- (4) 对计算基础上拔、下压和倾覆稳定时，地的物理力学指标的选取，要考虑杆塔基础地质条件的分散性和季节性的影响。

- (5) 基础设计如遇地下水，应考虑地下水位季节性的变化，位于地下水位以下、混凝土和土壤的容重，应按浮容重考虑。

- (6) 如果周围地下水、环境水和土壤对基础材料有腐蚀影响，应根据腐蚀强弱程度，采用相应的防护措施。

- (7) 对湿陷性黄土、高压季节性冻土和膨胀土的杆塔基础，要参照有关规程要求进行处理。

- (8) 对饱和沙土和饱和轻亚黏土地基的重要跨河高塔，当地震烈度在 8 度及以上时，



应验算地基地震液化的可能性，并采取相应的抗震设防措施。

## 二、开挖式现浇混凝土和钢筋混凝土基础

在砂石、水源和现场劳动力条件较好的情况下，一般常采用这种类型。常用的混凝土和钢筋混凝土基础，如图 1-1-1 所示。

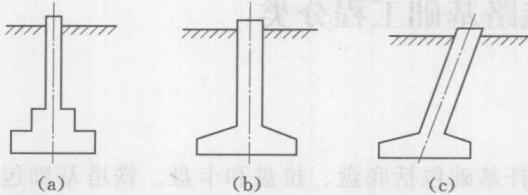


图 1-1-1 混凝土和钢筋混凝土基础

(a) 刚性基础；(b) 柔性基础；(c) 斜柱基础

钢筋混凝土基础的立柱有直立式和斜柱式，底板有刚性和柔性，刚性底板不配钢筋，做成台阶式，柔性底板需配筋做成板式。

直柱基础塔脚传递横向及纵向水平力较大，相应混凝土体积及配筋量较多。计算时不考虑立柱侧向土抗力，立柱配筋按悬臂柱计算。

而斜柱基础的特点是立柱倾斜，塔腿轴向拉力或压力由斜柱承受，塔脚传给基础的横向及纵向水平力大为减小，立柱受弯矩小，因而斜柱基础钢筋及混凝土量较直柱基础的小，是铁塔基础比较经济的一种形式。但斜柱施工工艺较复杂，需设置定向模板。

斜柱与塔脚的联结固定有两种方式：主材直插式和地脚螺栓埋入式。直插式可以省去较重的塔脚板，减轻基础的用钢量，但安装精度要求高；地脚螺栓埋入式，塔底部有塔脚板，由于立柱是倾斜的，地脚螺栓埋放时，一端要弯曲。

## 三、预制钢筋混凝土装配式基础

在缺少砂石、水源的地方采用，预制钢筋混凝土的单件重量要适应于杆塔位的运输条件，因此预制基础的部件的大小和组合方式也有所不同，常用的钢筋混凝土基础有预制底盘、拉盘、卡盘、铁塔基础，如图 1-1-2 所示。

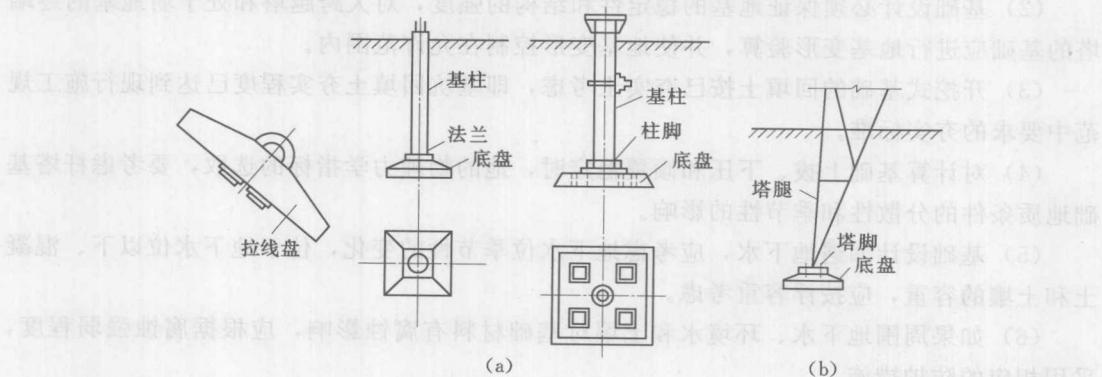


图 1-1-2 预制钢筋混凝土装配式基础

(a) 直柱单盘型（底盘、拉线盘）；(b) 金属塔腿埋入型



#### 四、灌注桩基础

灌注桩基础属于桩式基础的一种。桩式基础可分为浅桩基础和深桩基础。

浅桩基础的柱长应为4~10m，用于地质条件较差的流沙、沼泽、泥水地带的塔位。浅桩基础有灌注桩基础、打桩基础、扩桩基础和岩石锚桩基础，其中扩桩基础又分为爆扩桩基础和机扩桩基础。

深桩基础用于跨越河流，建立在河滩或河床内，基础顶面应高出最高洪水位，有一定的抗冲刷能力，桩柱的嵌固深度应大于15m。深桩基础分为灌注桩基础和打桩基础（应用困难）。

灌注桩基础又可分为等径灌注桩和扩底短桩基础。它需要事先钻孔，钻孔采用专门机具或人力推钻法；扩底多数为爆破成型，然后插入编扎好的钢筋骨架，并注入拌好的混凝土。

扩底短桩基础适用于黏土或其他坚硬的土壤。由于它被埋置在近原状土壤中，基础变形小和土壤结合力好，因而抗拔能力强。

灌注桩还能节约土石方，改善放工作业条件，尤其在河滩处，考虑河床的冲洗作用，用灌注桩更为恰当，如图1-1-3所示。

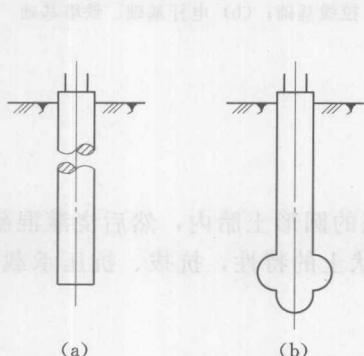


图1-1-3 灌注桩基础

(a) 灌注桩；(b) 扩底灌注桩

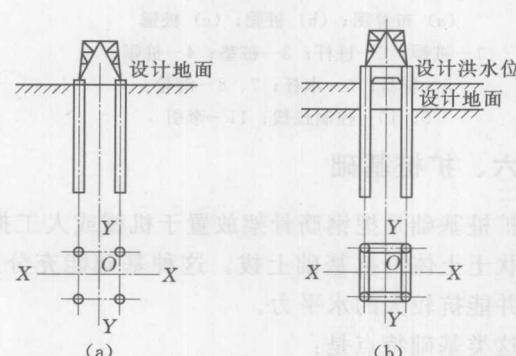


图1-1-4 灌注桩基础

(a) 低单桩；(b) 高桩带连梁框架

灌注桩基础用专门的机具钻（或冲）成较深的圆孔，以水头压力和泥浆护壁，成孔后放入钢筋笼，在水下浇筑混凝土深桩基础，适用于跨河流地下水位较高的塔位，如淤泥、饱和沙土、流沙、有洪水冲刷等软弱地基，以及施工难以开挖成型的地基，如图1-1-4所示。

#### 五、打桩基础

打桩基础是把一定数量的桩打入地基，桩的入土深度一般在4~10m，一般用桩锤打入地基，以增强基础的承载能力，解决流沙坑等不好施工的问题。打桩的方法有自由落锤打桩法及机械法。自由落锤打桩法如图1-1-5所示。

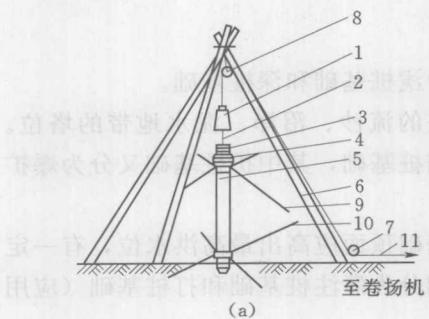


图 1-1-5 自由落锤打桩法

(a) 布置图; (b) 桩帽; (c) 桩锤  
1—桩锤; 2—桩杆; 3—桩垫; 4—桩帽;  
5—桩身; 6—木杆; 7、8—滑轮;  
9、10—控制拉线; 11—牵引

## 六、扩桩基础

扩桩基础是把钢筋骨架放置于机械或人工掏挖扩底的圆形土胎内，然后浇灌混凝土，以原状土土体抵抗基础上拔。这种基础能充分发挥原状土的特性，抗拔、抗压承载能力强，并能抗较大的水平力。

这类基础特点是：

- (1) 与同类型开挖式现浇基础相比，能节约钢筋混凝土材料，降低造价。
- (2) 能加快施工进度，提高工效，掏挖成型后不需支模板，并不用回填土。
- (3) 由于基坑不用大开挖，塔基周围土坡植皮不被破坏。掏挖扩底式基础适用于土质较好，能掏挖成型的可塑性黏土和亚黏土、黄土，如图 1-1-6 所示。

## 七、爆扩桩基础

爆扩桩基础是将钢筋骨架与搅拌好的混凝土放入由炸药爆扩成型的土胎内，由于桩底爆扩成大头，挤压坚实、基础抗拔性能好，同时扩头接触的持力层为一空间曲面，下压承载力大，这种基础爆扩成型的正确与否与土质、施工工艺有很大的关系，通常只能在有施工经验的情况下使用，如图 1-1-7 所示。

## 八、岩石锚桩基础

岩石锚桩基础是把锚筋直接锚固于岩石孔内，凭着岩石本身、岩石与砂浆间和砂浆与

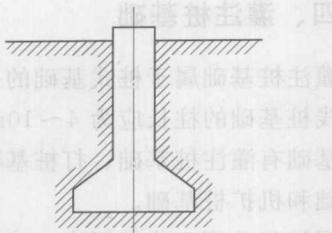


图 1-1-6 扩底桩基础

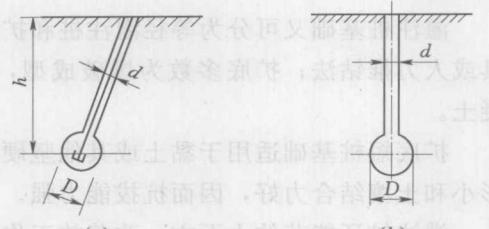


图 1-1-7 爆扩单桩基础形式

(a) 拉线基础; (b) 电杆基础、铁塔基础



锚筋间的接合力，抵抗上部结构传来的外力，以保证杆塔结构的稳定。它具有良好的抗拔性能，基础上拔与下压变形小，适用于覆盖土层较浅，或岩石露头的基岩。根据岩石风化程度的不同，分别选用不同的基础形式，如图 1-1-8 所示。

这种基础一般是在山区作为铁塔基础使用的，对于整体性较好的岩石，可以凿孔，浇入钢筋，作为塔基使用。

### 九、金属基础

金属基础属于装配式基础，适用于高山地区，交通运输条件极为困难的塔位，常用的形式，如图 1-1-9 所示。在我国东北地区应用较为广泛。

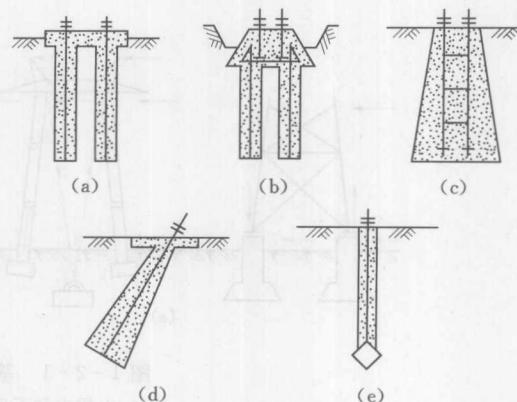


图 1-1-8 岩石锚桩基础

(a) 直锚式；(b) 承台式；(c) 岩固式；  
(d) 拉线式；(e) 自锚式

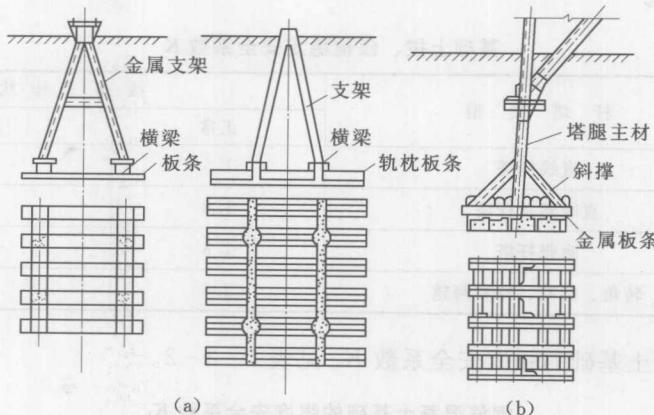


图 1-1-9 各类装配式基础形式

(a) 角锥支架型；(b) 金属基础

## 第二节 输电线路基础荷载

线路基础的荷载与杆塔荷载组合相同。

### 一、基础受力特点

无论杆塔基础属于何种类型，其受力的特点无非是上拔力、下压力或者倾覆力。宽基铁塔的基础，“U”杆塔的主杆和拉盘就承受着上拔力和下压力，如图 1-2-1 (a) 所示；不带拉线的电杆基础和窄基铁塔的基础就承受着倾覆力，如图 1-2-1 (b) 所示。