



JIAKONG SHUDIAN XIANLU GANTA
PUTONG JICHU SHEJI

架空输电线路杆塔 普通基础设计

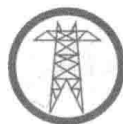
赵光泰 编著



社外借



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



JIAKONG SHUDIAN XIANLU GANTA
PUTONG JICHU SHEJI

架空输电线路杆塔 普通基础设计

赵光泰 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》为主线，参考相关规程规范及手册，详细、系统地介绍了输电杆塔基础设计知识。

本书分上下两篇，共计十章，上篇介绍输电线路杆塔基础的设计原则和基础设计理论公式的推导，以分析介绍开挖回填类和原状土类基础型式为主。根据最新国家规程规范，更新了输电线路杆塔基础设计中的一些内容，探讨了DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》中的一些不足，补充了杆塔基础设计中的一些理论公式。下篇介绍了目前国内输电线路工程中常规采用的几种杆塔基础型式，以例题分析的方式翔实地介绍了基础的受力原理及计算步骤，思路清晰、分析透彻、计算过程严谨。

本书可作为现行输电杆塔基础设计规程的释义读本，也可作为杆塔基础设计、施工建设人员和输电线路专业高等院校师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

架空输电线路杆塔普通基础设计/赵光泰编著. —北京: 中国电力出版社, 2017.5

ISBN 978 - 7 - 5123 - 9245 - 8

I. ①架… II. ①赵… III. ①架空线路-输电线路-线路杆塔-设计 IV. ①TM753

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 085109 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 陈雷 (33836782@qq.com)

责任校对: 闫秀英

装帧设计: 张俊霞 左铭

责任印制: 邹树群

印 刷: 航远印刷有限公司印刷

版 次: 2017 年 5 月第一版

印 次: 2017 年 5 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 15

字 数: 186 千字

印 数: 0001—1000 册

定 价: 70.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《架空输电线路杆塔普通基础设计》

审稿委员会

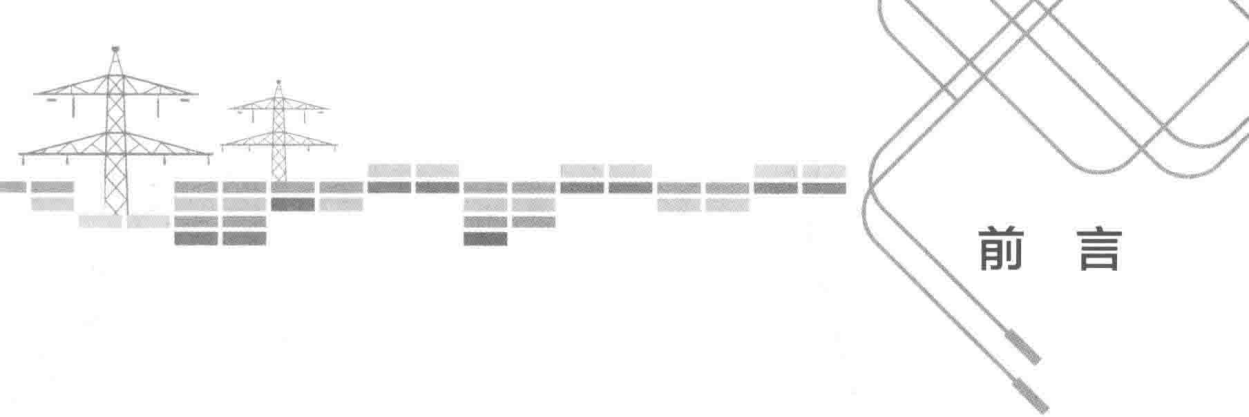
主 审 杨玉祥

副主审 李如振 林清海 邹振宇 黄 萍

郎需军 韩文庆

审 核 曹丹京 金 树 孙宗德 徐 震

张丽娟 徐再根



前言

自新中国成立以来，我国输电杆塔基础的发展经历了 SDGJ 62—84《送电线路基础设计技术规定（试行）》、DL/T 5219—2005《架空送电线路基础设计技术规定》、DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》等三代设计标准。三代设计标准的演变，三十多年的光辉历程，见证了我国塔基的发展创新之路，无不凝聚着我国线路科技工作者们的心血与汗水。本书从第一代输电塔基础设计标准入手，与第二代、第三代设计标准相贯通，阐述了三代输电塔基础设计标准间的联系和演化过程，以及在当前新技术条件下与其他国家标准间的差异化发展。

本书以电力行业标准 DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》为主线，依据 GB 50545—2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》、Q/GDW 1841—2012《架空输电线路杆塔基础设计规范》、DL/T 5154—2012《架空输电线路杆塔结构设计技术规定》、GB 50007—2011《建筑地基基础设计规范》、Q/GDW 584—2011《架空输电线路螺旋锚基础设计技术规范》、Q/GDW 585—2011《架空输电线路螺旋锚基础施工及质量验收规范》、GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》、GB 50021—2001《岩土工程勘测规范》（2009年版）、GB 50017—2003《钢结构设计规范》并参考行业标准 DL/T 5219—2005《架空送电线路基础设计技术规定》、SDGJ 62—84《送电线路基础设计技术规定（试行）》、GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》、《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）及美国土木工程师协会（ASCE）《输电铁塔设计导则》等规程规范及手册编写而成。它是国内详细、系统地介绍输电杆塔基础设计的图书之一。

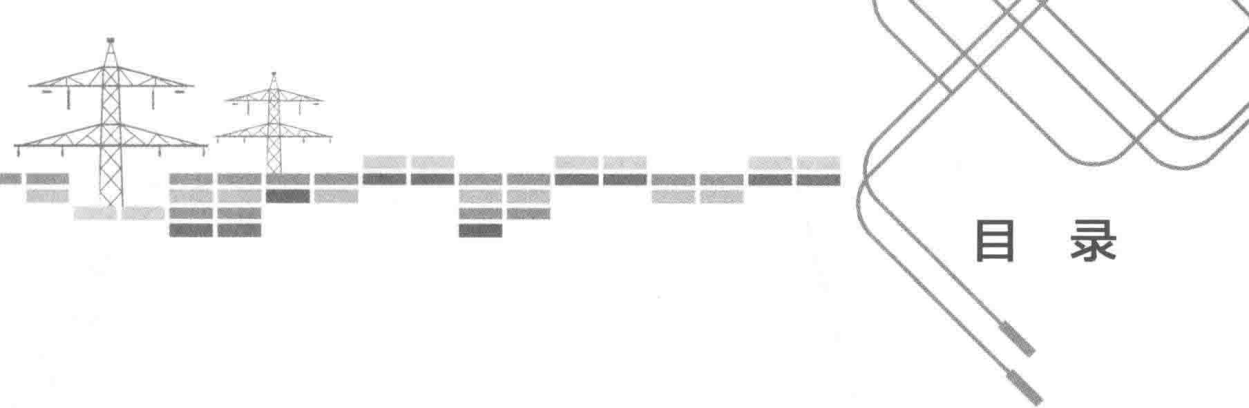
本书分上下两篇，共计十章，上篇介绍输电线路杆塔基础的设计原则和基础设计理论公式的推导，以分析介绍开挖回填类和原状土类基础型式为主。根据最新国家规程、规范的理论研究成果，更新了输电线路杆塔基础设计规程中的一些内容，探讨了杆塔基础设计标准 DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》中的一些不足，补充了杆塔基础设计所需要的四十多个理论公式。下篇介绍了目前国内输电线路工程中常规采用的几种杆塔基础型式，以例题分析的方式翔实地介绍了基础的受力原理及计算步骤，思路清晰、分析透彻、计算过程严谨。

本书可作为现行输电杆塔基础规程、规范的释义，也可作为杆塔基础设计、施工建设和各大高等院校输电线路专业师生的参考书。

本书由山东电力工程咨询院有限公司杨玉祥主审，李如振、林清海、黄萍、邹振宇、郎需军等任副主审，曹丹京、金树、孙宗德、徐震等人对全书进行了认真审核。本书在编写过程中得到了山东电力工程咨询院有限公司电网设计研究院和科研部等部门领导的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的理论水平及实践经验有限，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者和同行专家们批评指正，以便修正。

赵光泰
山东电力工程咨询院有限公司
2017年3月 于济南



目 录

前言

上 篇

输电线路杆塔基础设计原理

第 1 章 概论	3
1.1 我国架空输电线路杆塔基础设计标准发展简介	3
1.2 输电杆塔基础的特点	5
1.3 杆塔基础设计所用术语及计量单位	6
第 2 章 杆塔基础设计原理	10
2.1 杆塔基础设计基本规定	10
2.2 杆塔基础设计项目规定	13
2.3 开挖回填类基础上拔稳定计算	14
2.4 原状土掏挖类基础上拔稳定计算	23
2.5 基础下压及地基承载力计算	35
2.6 开挖回填类基础倾覆稳定计算	45
2.7 开挖回填类基础地基变形计算	52
第 3 章 基础承载力计算	56
3.1 基础主柱配筋计算	56
3.2 基础底板配筋计算	72
3.3 基础主柱斜截面承载力计算	75

3.4	基础主柱正截面承载力计算	78
3.5	基础底板正截面承载力计算	84
3.6	基础底板抗冲切承载力计算	91
3.7	基础底板上拔抗剪承载力计算	96
3.8	基础底板上拔抗剪承载力计算公式换算	99
3.9	基础底板的两种破坏模型	105
3.10	混凝土基础底板在下压荷载作用下地基反力的计算	106
3.11	钢筋的锚固	107
3.12	输电塔基础的构造要求	110
第4章	基础附件计算	114
4.1	钢筋混凝土拉线盘承载力计算	114
4.2	地脚螺栓承载力计算与分析	118
4.3	拉线部件承载力计算	122
4.4	插入角钢承载力计算	122
4.5	石材底盘、拉盘、卡盘承载力计算	129
第5章	斜柱式基础力系转换	131
5.1	斜柱式基础稳定计算时的水平力计算	131
5.2	斜柱式基础主柱承载力计算	133
5.3	斜柱式基础的坡度	137
第6章	岩石类基础	141
6.1	岩石类基础的特点及常用基础型式	141
6.2	岩石类基础承载力计算	145
6.3	岩石类基础的构造要求	152
6.4	岩石抗剪承载力计算公式推导	153
6.5	岩石基础不配置纵向受力钢筋的分析	154

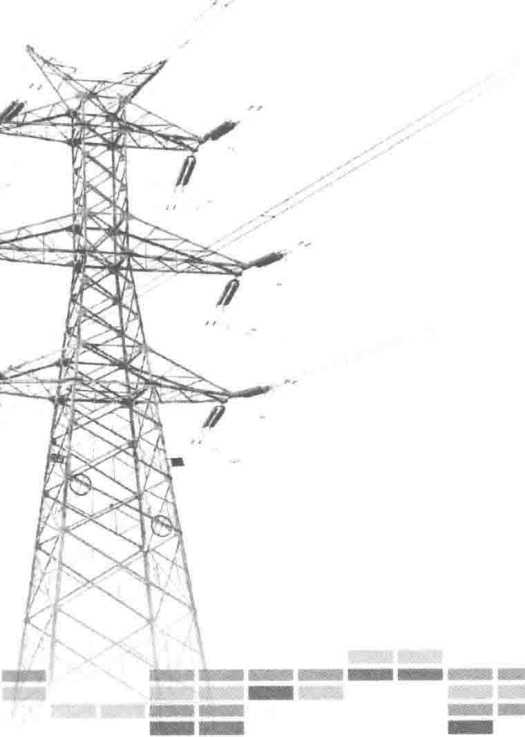
第 7 章	螺旋锚基础	156
7.1	螺旋锚基础概况及基本规定	156
7.2	螺旋锚基础上拔稳定计算	157
7.3	螺旋锚基础下压和地基计算	160
7.4	螺旋锚构件强度计算	161
7.5	材料和构造要求	162

下 篇

输电线路杆塔基础设计算例

第 8 章	直柱式基础	167
8.1	直柱台阶式基础	167
8.2	直柱重力式基础	180
第 9 章	斜柱式基础	183
9.1	斜柱式基础特点及计算项目	183
9.2	斜柱板式基础算例	185
第 10 章	岩石类基础	188
10.1	岩石锚桩基础算例	188
10.2	岩石嵌固基础算例	191
附录 A	基础型式图	197
附录 B	地基承载力特征值及土的分类	199
附录 C	土与混凝土基础接触面间的摩阻系数 μ	206
附录 D	基础上拔及倾覆、下压稳定和地基承载力计算用表	207
附录 E	钢筋的公称截面直径、计算截面面积及理论质量	219

附录 F	英制计量单位与国际单位制计量单位的换算	220
附录 G	混凝土结构的环境类别、裂缝控制等级和最大裂缝宽度限值	221
附录 H	钢筋混凝土受弯构件配筋计算参数用表	223
参考文献	226
后记	227



上篇

输电线路杆塔基础设计原理

第 1 章 概 论

输电线路杆塔基础包括普通基础和桩基础两大部分，本书重点介绍普通基础的设计原理及计算方法，并对普通基础的发展理论进行剖析。

1.1 我国架空输电线路杆塔基础设计标准发展简介

架空输电线路设计技术规程、规范是我国输电线路设计领域长期工程实践和科研成果的总结，它代表了一段时期该领域的最高理论水平，是指导工程设计的原则和方法。

自 1949 年新中国成立以来，我国架空输电线路设计领域主要规程、规范的演化过程如图 1-1 所示。

随着我国电力建设事业的蓬勃发展，先进的科研设备和不断完善的理论体系使人们对输电杆塔基础的认识不断深化。但现行杆塔基础设计规程、规范只能是输电杆塔基础设计的成熟做法、一般原则和基本要求，并不能解决杆塔基础设计中的所有问题，更不能代替设计者的创造性思维，这也就是杆塔基础设计规范经过一定时期要修订的原因。

我国最早于 1984 年颁布第一部杆塔基础设计标准——SDGJ 62—84《送电线路基础设计技术规定（试行）》，它的实施使杆塔基础设计作为单独的一门重要学科从输电线路设计中独立出来，它规定了杆塔基础设计的基本原则和设计方法，使杆塔基础设计更标准化、统一化、规范化。SDGJ 62—84 主要是以原水利电力部 1979 年 1 月颁发的 SDJ 3—79《架空送电线路设计技术规程（试行）》为依据，参照 TJ 10—74《钢筋混凝土结构设计技术规范（试行）》以及苏联电力线路规程规范在工程实践的基础上完成的。

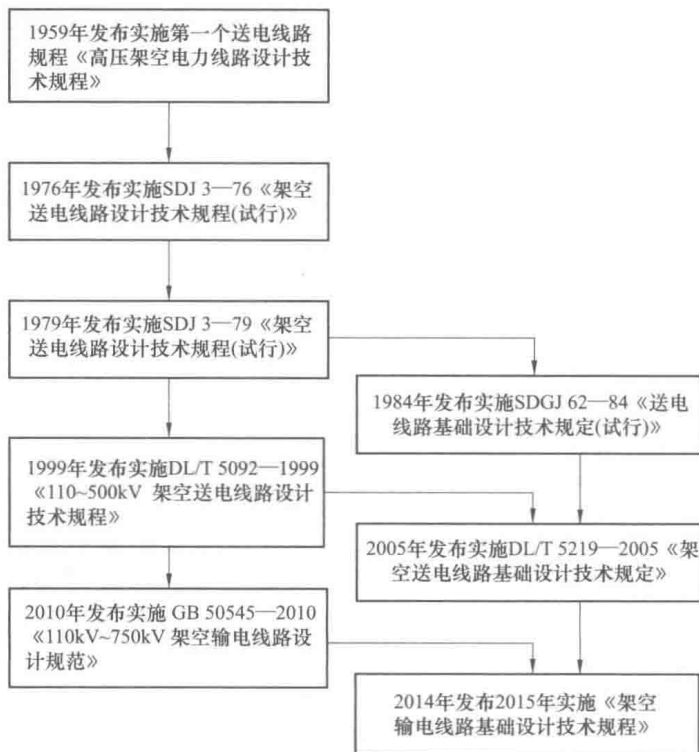


图 1-1 架空输电线路设计领域主要设计标准演变

2005 年发布实施的行业标准 DL/T 5219—2005《架空送电线路基础设计技术规定》是根据原国家经贸委《关于下达 2001 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（国经贸电力〔2001〕44 号）的安排组织制定的。此标准是根据我国电力行业标准 DL/T 5092—1999《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》对 SDGJ 62—84 的修订。修订中纳入了以往工程已获验证的成功经验和试验研究成果，采用了以概率论为基础的极限状态设计方法。在与 SDGJ 62—84 基本衔接的条件下，与国内其他有关土建标准相协调，并对 SDGJ 62—84 部分章节条文进行了删改，基础稳定、基础承载力计算荷载由标准值改为设计值，增加了斜柱式基础的设计内容。

2014 年 10 月发布的 DL/T 5219—2014《架空输电线路基础设计技术规程》是总结近年来我国输电线路杆塔基础的设计、施工和运行经验，收集、整理和分析国内外杆塔设计技术研究与应用成果，并在广泛征求有关单位意

见的基础上制定的。它是根据 GB 50545—2010《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》和 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》及大量试验研究成果对 DL/T 5219—2005《架空送电线路基础设计技术规定》的修订，适用范围包括架空输电线路杆塔基础及电力系统微波塔基础的设计。

1.2 输电杆塔基础的特点

输电杆塔基础在我国经过半个多世纪的发展，已经形成了自己独特的一套理论体系和研究框架，与民用建筑基础相比，有它自己的特点，主要表现在以下几方面。

1.2.1 作用外荷载不同

民用建筑基础一般采用条形基础、筏板基础、箱形基础、独立基础和桩基础，主要承受上部结构传至基础的轴向力和水平力。输电杆塔基础主要采用独立基础、联合式基础和桩基础，由于自立式输电塔与地面独特的接触形式，使作用于塔身上的风荷载和导地线的线条荷载在基础上转化为上拔力、下压力及相应的水平力，杆塔基础就其受力而言属双向偏心受力结构。输电杆塔基础的稳定及承载力计算，有着自己特有的分析和设计方法。尤其是在上拔稳定的研究上与民用建筑相比，有着很大的差别，这是它不同于民用建筑基础的一大特点。输电杆塔基础多以独立基础为主，杆塔荷载较大时可采用联合式基础或桩基础。

1.2.2 适用范围不同

输电线路工程与民用建筑相比，在基础设计、施工与检测等方面有着明显的不同。首先，最大的特点是线路距离长，沿途地形地貌和地质条件差异大，勘测点多且分散，沿线地基土或岩体的力学性质变化多样。其次，采用的杆塔型式和基础型式较多，单个工程中的地质条件基塔位存在很大差异，杆塔基础设计时考虑项目较多，需满足线路工程上各种不同地形及地质条件的要求，如山地、丘陵、梯田、河流、湖泊、采空区等地形的影响，软土地基、黄土地基、冻土地基、风积砂地基和盐渍土地基等多样化地质条件的处

理。而民用建筑基础地域性集中，地质条件相对单一，涉及范围相对狭窄。

1.3 杆塔基础设计所用术语及计量单位

1.3.1 杆塔基础设计所用术语

杆塔基础设计所采用的术语是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》《建筑结构设计术语和符号标准》《建筑结构可靠度设计统一标准》等结合我国电力行业规程、规范的具体情况给出的。杆塔基础设计主要术语及解释如下。

(1) 开挖回填类基础。开挖回填类基础是将基础埋设于预先开挖好的基坑内，然后用土体进行回填并将土体进行夯实的基础。它是以扰动的回填土构成抗拔土体保持基础的上拔稳定。常用的基础型式有混凝土台阶式基础、钢筋混凝土板式基础和装配式基础等。

(2) 原状土类基础。原状土类基础是利用机械（或人工）在天然土（岩）中直接钻（挖）成所需要的基坑，将钢筋骨架和混凝土直接浇注于基坑内而形成的基础。常用的基础型式有岩石基础、掏挖（半掏挖）基础、钻（挖）孔（灌注）桩基础、微型桩基础、螺旋锚基础。

(3) 混凝土台阶式基础。混凝土台阶式基础是指基础底板的台阶高宽比不小于 1.0，基础底板内不配置受力钢筋的混凝土基础（简称台阶式基础）。

(4) 钢筋混凝土板式基础。钢筋混凝土板式基础是指基础主柱和底板内均配置受力钢筋，其底板台阶宽高比不小于 1.0 且不宜大于 2.5 的钢筋混凝土基础（简称板式基础）。

(5) 岩石类基础。岩石类基础是指通过水泥砂浆或细石混凝土在岩孔内胶结，使锚筋与岩体结成整体的岩石锚桩基础或利用机械（或人工）在岩石地基中直接钻（挖）成所需要的基坑，将钢筋骨架和混凝土直接浇注于岩石基坑内而成的岩石嵌固基础。

(6) 斜柱式基础。基础主柱与输电塔塔腿在 X 轴和 Y 轴坡度均一致的台

阶式或板式基础，简称斜柱式基础。

(7) 联合式基础。联合式基础是指铁塔四个基础立柱用一个底板连成整体的基础。

(8) 重力式基础。重力式基础是指基础抗拔稳定主要靠基础自身的重力，且其重力大于上拔力的基础。

(9) 原状抗拔土体。原状抗拔土体是指处于天然结构状态的黏性土和经夯实后达到天然密实状态的砂类回填土。

(10) 预制基础。预制基础是指采用工厂化一次性预制而成的基础，如电杆的底盘、拉盘、卡盘等。

(11) 半掏挖基础。半掏挖基础是基础底板在原状土内掏挖，掏挖部分以上按普通基础开挖回填而成的基础。

(12) 不等高基础。在一基塔的基础中某一个腿的基础，其立柱露出设计基面线的高度与其他腿基础不同时，称该基础为不等高基础。

(13) 桩基础。桩基础是由基桩或连接于桩顶承台共同组成的基础，桩基础分为单桩基础和群桩基础。

承台底面位于设计地面以下与土体接触，则称为低承台桩基；承台底面位于设计地面以上则称为高承台桩基。

(14) 螺旋锚基础。螺旋锚基础是由钢筋混凝土承台或钢结构连接装置与螺旋锚组成的输电线路杆塔基础。

(15) 混凝土结构。混凝土结构是以混凝土为主要材料制成的结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

(16) 素混凝土结构。素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。

(17) 普通钢筋。普通钢筋是指用于混凝土结构构件中的各种非预应力钢筋的总称。

(18) 钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构是指配置受力普通钢筋的混凝土结构。

(19) 现浇混凝土结构。现浇混凝土结构是指在现场原位支模并整体浇筑而成的混凝土结构。