



国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

输电线路全过程机械化施工技术
(2017年版)

国家电网公司输变电工程

通用设计

输电线路掏挖基础分册

国家电网公司 颁布



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

输电线路全过程机械化施工技术
(2017年版)

国家电网公司输变电工程 通用设计

输电线路掏挖基础分册

藏书章

国家电网公司 颁布



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



输变电工程通用设计是国家电网公司加快科学发展、建设资源节约型、环境友好型社会，大力提高集成创新能力的重要体现；是实施标准化管理、统一工程建设标准、规范建设管理、合理控制造价的重要手段。

本书为《国家电网公司输变电工程通用设计 输电线路掏挖基础分册（2017年版）》，共有两篇，分别为总论和掏挖基础通用设计，包括6个模块、28个子模块、179张图纸、1436个基础，适用于平地、丘陵地区的110（66）～750kV输电线路工程。

本书可供电力系统各设计单位以及从事电力建设工程规划、管理、施工、设备制造、安装、生产运行等专业人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

国家电网公司输变电工程通用设计. 输电线路掏挖基础分册：2017年版 / 国家电网公司颁布. —北京：中国电力出版社，2018.3

ISBN 978-7-5198-1296-6

I. ①国… II. ①国… III. ①输电-电力工程-工程设计-中国②输电线路-线路杆塔-工程设计-中国
IV. ①TM7②TM757

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 257424 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：罗 艳（yan-luo@sgcc.com.cn，010-63412315） 高 芬

责任校对：王开云

装帧设计：张俊霞

责任印制：邹树群

印 刷：三河市百盛印装有限公司

版 次：2018 年 3 月第一版

印 次：2018 年 3 月北京第一次印刷

开 本：880 毫米×1230 毫米 横 16 开本

印 张：14.75

字 数：538 千字

印 数：0001-3000 册

定 价：220.00 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

《国家电网公司输变电工程通用设计
输电线路掏挖基础分册 (2017 年版) 》工作组

牵头单位 国家电网公司基建部

成员单位 中国电力科学研究院有限公司

国网经济技术研究院有限公司

国网河北省电力有限公司

国网甘肃省电力公司

国网四川省电力公司

国网福建省电力有限公司

国网安徽省电力有限公司

国网冀北电力有限公司

《国家电网公司输变电工程通用设计
输电线路掏挖基础分册 (2017 年版) 》编制人员

第一篇 总论

编写人员 葛兆军 白林杰 李锡成 丁燕生 张 强 程永锋 丁士君 赵庆斌 李占岭 王虎长
秦庆芝 刘学军 鲁先龙 郑卫锋 张 楷 毛 矛

第二篇 掏挖基础通用设计

1ZTW1、1ZTW2、1ZTW3、1JTW1、1JTW2、1JTW3、2ZTW1、2ZTW2、2ZTW3、2JTW1、2JTW2、2JTW3、5ZTW1、5ZTW2、5ZTW3、5JTW1、5JTW2、5JTW3 子模块

编 制 单 位 国网河北省电力公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司

审 核 人 员 魏东亮 李占岭

设计总工程师 赵贞欣 吴晓锋

校 核 人 员 吴春生 李 旭 邱成明 底尚尚

编 写 人 员 张 楷 刘 哲 武 坤 王 峥 虞凤歧 闫 生

1ZTW4、1ZTW5、1JTW4、1JTW5、2ZTW4、2ZTW5、2JTW4、2JTW5、5ZTW5、5JTW5 子模块

编 制 单 位 国网甘肃省电力公司、中国能源建设集团甘肃省电力设计院有限公司

审 核 人 员 杨 光 苏少刚

设计总工程师 段辉顺 范雪峰

校 核 人 员 刘生奎 宋轶充 冯杨州 户世伟

编 写 人 员 毛 矛 魏晋龙 王公阳 安 宁 陈佐霞 高涵鹏

序

电网是关系国计民生的重要基础设施。从党的十九大到二十大是“两个一百年”奋斗目标的历史交汇期，电力需求将保持持续增长。国家电网公司认真贯彻党中央、国务院决策部署，加快建设坚强智能电网，推动能源资源在更大范围实现优化配置，为经济社会发展提供安全、高效、清洁、可持续的电力供应。

为进一步提高坚强智能电网建设能力，提升施工技术水平、保障施工安全、质量，减少现场人员投入，减轻劳动强度，推进绿色发展，以人为本，促进线路工程建设方式变革，实现由劳动密集型向装备密集型、技术密集型转变，国家电网公司组织开展了输电线路机械化施工研究与应用。为促进输电线路基础标准化建设，实现杆塔基础设计标准化、施工机械化，国家电网公司组织有关研究机构、设计单位，在充分调研、科学比选、反复论证的基础上，历时 18 个月，研究编写完成《国家电网公司输变电工程通用设计 输电线路掏挖基础分册（2017 年版）》。

该书凝聚了我国电力系统广大专家学者和工程技术人员的心血和智慧，是国家电网公司推行标准化建设的又一重要成果。希望本书的出版和应用，能够提高我国输变电工程建设水平，提高施工机械化程度，促进电网又好又快发展，为建设坚强智能电网、服务经济社会发展作出积极贡献。

刘泽洪

2018 年 1 月，北京

前 言

为进一步提高坚强智能电网建设能力、提升施工技术水平、保障施工安全、保证施工质量,有效解决施工现场人力紧缺、人工成本上涨等问题,促进线路工程建设方式变革,实现由劳动密集型向装备密集型、技术密集型转变,国家电网公司组织开展了输电线路机械化施工研究与应用,从“技术标准、工程设计、工程管理、装备体系、考核评价”五个维度开展专项研究和试点建设,形成系列化技术成果。通过全面总结提炼,编制完成了《国家电网公司输变电工程通用设计 输电线路掏挖基础分册(2017年版)》(简称《输电线路掏挖基础通用设计》)。

《输电线路掏挖基础通用设计》总结了输电线路机械化施工中有关掏挖基础的研究与应用成果,共6个模块、28个子模块、179张图纸、1436个基础,适用于平地、丘陵地区的110(66)~750kV输电线路工程。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编写组

2017年12月

目 录

序
前言

第一篇 总 论

第 1 章 概述	1	5.2 基础编号	8
1.1 目的与意义	1	5.3 模块划分	8
1.2 总体原则	1	第 6 章 设计方法与技术原则	9
第 2 章 编制过程	2	6.1 设计方法	9
2.1 工作组织方式	2	6.2 主要技术原则	12
2.2 工作过程	2	6.3 材料	12
第 3 章 设计依据	2	第 7 章 施工要求	12
3.1 主要规程规范	2	7.1 施工工艺及质量控制	12
3.2 其他有关规定	3	7.2 安全	12
第 4 章 调研及专题研究	3	7.3 环境保护	12
4.1 基础型式	3	7.4 施工注意事项	13
4.2 荷载划分	3	第 8 章 总体使用说明	13
4.3 地质条件划分	6	8.1 基础编号说明	13
4.4 专题研究	7	8.2 基础选用方法	13
第 5 章 设计条件及模块划分	7	8.3 应用注意事项	13
5.1 设计条件	7		

第二篇 掏挖基础通用设计

第9章 1ZTW 模块.....	14	11.5 2ZTW5 子模块	135
9.1 1ZTW1 子模块	15	第12章 2JTW 模块	140
9.2 1ZTW2 子模块	27	12.1 2JTW1 子模块	140
9.3 1ZTW3 子模块	39	12.2 2JTW2 子模块	145
9.4 1ZTW4 子模块	51	12.3 2JTW3 子模块	150
9.5 1ZTW5 子模块	63	12.4 2JTW4 子模块	155
第10章 1JTW 模块	75	12.5 2JTW5 子模块	160
10.1 1JTW1 子模块	75	第13章 5ZTW 模块	165
10.2 1JTW2 子模块	83	13.1 5ZTW1 子模块	166
10.3 1JTW3 子模块	91	13.2 5ZTW2 子模块	172
10.4 1JTW4 子模块	99	13.3 5ZTW3 子模块	178
10.5 1JTW5 子模块	107	13.4 5ZTW5 子模块	184
第11章 2ZTW 模块	115	第14章 5JTW 模块	195
11.1 2ZTW1 子模块	115	14.1 5JTW1 子模块	196
11.2 2ZTW2 子模块	120	14.2 5JTW2 子模块	202
11.3 2ZTW3 子模块	125	14.3 5JTW3 子模块	208
11.4 2ZTW4 子模块	130	14.4 5JTW5 子模块	214



第一篇

总 论

2013年以来,国家电网公司(简称公司)大力推进输电线路机械化施工创新与实践,为降低施工现场人力投入、提升安全质量与效益效率,实现工程建设由劳动密集型向装备密集型、技术密集型转变,进一步加强输电线路机械化施工标准化体系建设,实现杆塔基础设计标准化、施工机械化,国

家电网公司组织开展了机械化施工技术研究与应用,取得了系列化技术成果。公司编制了适用于输电线路机械化施工的掏挖基础、挖孔桩基础、岩石锚杆基础通用设计,形成了110(66)~750kV电压等级的输电线路基础通用设计成果。

第1章 概 述

1.1 目的与意义

为进一步提升以特高压为骨干网架、各级电网协调发展的坚强智能电网工程建设能力,提高电网整体效能,遵循“先进性、安全性、专业化、标准化、系列化”的要求,深入推广“标准化设计、机械化施工、流水式作业”的建设模式,推进输电线路建设方式转变,加强输电线路设计、施工、装备体系创新,实现由劳动密集型向装备密集型、技术密集型转变,公司组织开展了输电线路机械化施工技术体系研究。

输电线路机械化施工技术的开展是一项系统创新工程,需要创新设计方法、创新施工技术、创新装备研发,要求工程设计、施工装备、施工工艺、建设管理等各个环节协同配合,形成系列化技术成果,以显著提高输电线路建设效益和效率、提升安全质量水平,满足公司电网大规模建设需求,确保安全优质高效完成电网建设任务。

输电线路基础通用设计也是公司基建标准化建设的重要组成部分,是对标准化建设的深化,将进一步促进输变电工程“三通一标”工程建设。有利于

提升工程建设标准化水平,提高施工机械化程度;有利于环保型基础的推广应用,对电网标准化建设、降低全寿命周期成本具有重要意义。

1.2 总体原则

输电线路基础通用设计根据输电线路机械化施工技术体系的指导原则,着重处理和解决好通用设计方案的统一性、适应性、先进性、可靠性和经济性及其相互之间的辩证统一关系。

统一性:建设标准统一,基建和生产的标准统一,体现公司的企业文化特征。

适应性:综合考虑各地区的实际情况,结合输电线路机械化施工的要求,使得通用设计在公司系统中具备广泛的适用性,在一定的时间内,对不同外部条件的工程均能基本适用。

先进性:通用设计方案紧密结合输电线路机械化施工,在技术上具有先进性,注重环保,经济合理。

可靠性:规范设计准则,保证输电线路生产的安全可靠。

经济性：按照企业利益最大化原则，综合考虑初期投资和长期费用，追求

全寿命周期内企业的最优经济效益。

第2章 编制过程

2.1 工作组织方式

在公司基建部的统一组织和领导下，成立输电线路基础通用设计技术研究工作组，工作组由中国电力科学研究院（简称中国电科院）技术牵头，国网北京经济技术研究院（简称国网经研院）、河北省电力勘测设计研究院（简称河北院）、中国能源建设集团甘肃省电力设计院有限公司（简称甘肃院）、福建省电力勘测设计院（简称福建院）、四川电力设计咨询有限责任公司（简称四川咨询公司）、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司（简称华北院）、安徽华电工程咨询设计有限公司（简称安徽华电公司）参加。

（1）统一组织。公司基建部是输电线路基础通用设计的总负责单位，负责制订工作大纲，协调工作进度，解决工作中出现的问题。

（2）统一标准。在总体策划的基础上，统一设计原则、统一内容深度、统一表示方法、统一出版格式等。

（3）明确分工。按照确定的工作内容，明确各单位的工作内容和要求。

（4）综合协调、有序推进。统筹安排，定期组织和召开研究、协调、评审会议，有序推进。

2.2 工作过程

（1）2016年3月4日，根据基建技术〔2016〕24号《国网基建部关于印

发2016年推进输电线路机械化施工工作要点的通知》，启动输电线路基础通用设计研究工作。

（2）2016年3月10日，根据基建技术〔2016〕31号《国网基建部关于下达2016年公司依托工程基建新技术研究应用项目的通知》，依托工程开展输电线路掏挖基础、挖孔桩基础、岩石锚杆基础的通用设计工作。

（3）2016年4月，公司基建部组织召开输电线路基础通用设计技术要求及模块规划方案审定会，成立工作组，确定了模块命名原则与荷载划分条件。

（4）2016年5~11月，工作组按照分工进行了输电线路基础通用设计的地质参数选取、模块命名等工作。公司基建部先后组织召开4次专题会议，确定掏挖基础、挖孔桩基础、岩石锚杆基础的设计条件、模块数量、图纸绘制格式等。

（5）2016年12月，公司基建部组织召开2次评审会议，开展掏挖基础、挖孔桩基础、岩石锚杆基础的通用设计方案及典型施工图审查、修改等。

（6）2017年1月，中国电科院会同有关省公司、设计单位及特邀专家组成检查组赴各设计单位进行集中、统一、全面校核审查通用设计成果。

（7）2017年4~12月，公司基建部组织召开4次评审会议，开展基础通用设计方案及典型施工图的完善、统稿等，形成最终成果。

第3章 设计依据

3.1 主要规程规范

GB 50007 《建筑地基基础设计规范》

GB 50009 《建筑结构荷载规范》

GB 50010 《混凝土结构设计规范》

GB 50025 《湿陷性黄土地区建筑规范》

GB 50046 《工业建筑防腐蚀设计规范》

GB 50119 《混凝土外加剂应用技术规范》

GB 50204 《混凝土结构工程施工质量验收规范》

GB 50233 《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》

GB 50545 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》
JGJ 18 《钢筋焊接及验收规程》
JGJ 94 《建筑桩基技术规范》
JGJ 106 《建筑基桩检测技术规范》
DL/T 1236 《输电杆塔用地脚螺栓与螺母》
DL/T 5219 《架空输电线路基础设计技术规程》
DL/T 5442 《输电线路铁塔制图和构造规定》
DL/T 5708 《架空输电线路戈壁碎石土地基掏挖基础设计与施工技术导则》
Q/GDW 1841 《架空输电线路杆塔基础设计规范》
Q/GDW 11330 《架空输电线路掏挖基础技术规定》
Q/GDW 11331 《输电线路岩石基础施工工艺导则》

Q/GDW 11332 《输电线路掏挖基础机械化施工工艺导则》
Q/GDW 11333 《架空输电线路岩石基础技术规定》
Q/GDW 11335 《输电线路灌注桩基础机械化施工工艺导则》
Q/GDW 11392 《架空输电线路灌注桩基础技术规定》
Q/GDW 11598 《架空输电线路机械化施工技术导则》

3.2 其他有关规定

《输电线路全过程机械化施工技术 设计分册》
《输电线路全过程机械化施工技术 装备分册》
《国网基建部关于进一步规范输电线路杆塔设计地脚螺栓选用要求的通知》（基建技术〔2017〕92号）

第4章 调研及专题研究

4.1 基础型式

掏挖基础是一种将钢筋骨架置入机械或人工掏挖成型的土胎内，并将混凝土一次浇筑成型的原状土基础，其上拔稳定设计采用剪切法，适用于平地及丘陵地区，应用于黏性土、粉土、碎石土、黄土及戈壁碎石土等地质条件。

4.2 荷载划分

参考《国家电网公司输变电工程通用设计 110（66）kV 输电线路分册（2011年版）》《国家电网公司输变电工程通用设计 220kV 输电线路分册（2011年版）》《国家电网公司输变电工程通用设计 500（330）kV 输电线路分册（2011年版）》《国家电网公司输变电工程通用设计 750kV 输电线路分册（2010年版）》等公司颁布的输电线路杆塔通用设计，统计分析其中有关基础作用力大小的分布规律。

4.2.1 直线塔荷载划分

对110（66）~750kV电压等级输电线路杆塔通用设计中各子模块直线型杆塔基础的上拔力、下压力和相应水平力进行统计分析，得到了110（66）~750kV直线塔基础的作用力取值见表4.2-1。

表 4.2-1 输电线路杆塔通用设计中直线塔基础作用力统计结果

电压等级（kV）	塔型数量	上拔力范围（kN）	水平力与上拔力比值	下压力与上拔力比值
66	32	123~474	0.09	1.17
110	222	98~1141	0.10	1.29
220	466	152~1900	0.12	1.33
330	136	220~1228	0.13	1.35
500	238	408~5485	0.14	1.26
750	88	577~3541	0.15	1.29

110（66）~750kV各电压等级直线塔基础上拔力在给定步长范围内出现的频次直方图以及上拔力累积分布曲线分别如图4.2-1~图4.2-6所示。其中，66、110kV按照50kN步长进行统计，220、330kV按照100kN步长进行统计，500、750kV按照200kN步长进行统计。

对比分析直线塔上拔力分布直方图与累积分布曲线，不同电压等级直线塔涵盖90%基础上拔力范围见表4.2-2，得出不同电压等级直线塔基础上拔力范围见表4.2-3。

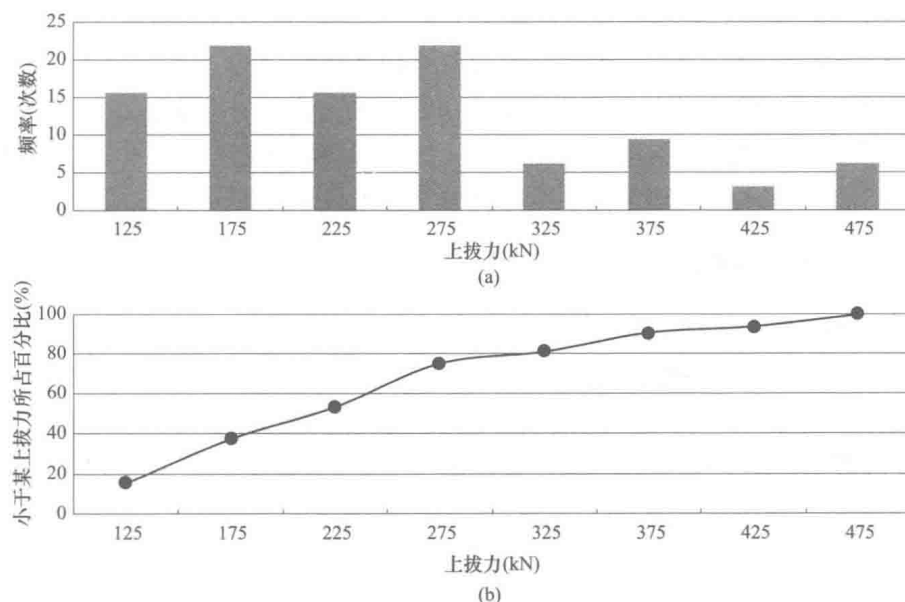


图 4.2-1 66kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线

(a) 基础上拔力分布直方图; (b) 基础上拔力累积分布曲线

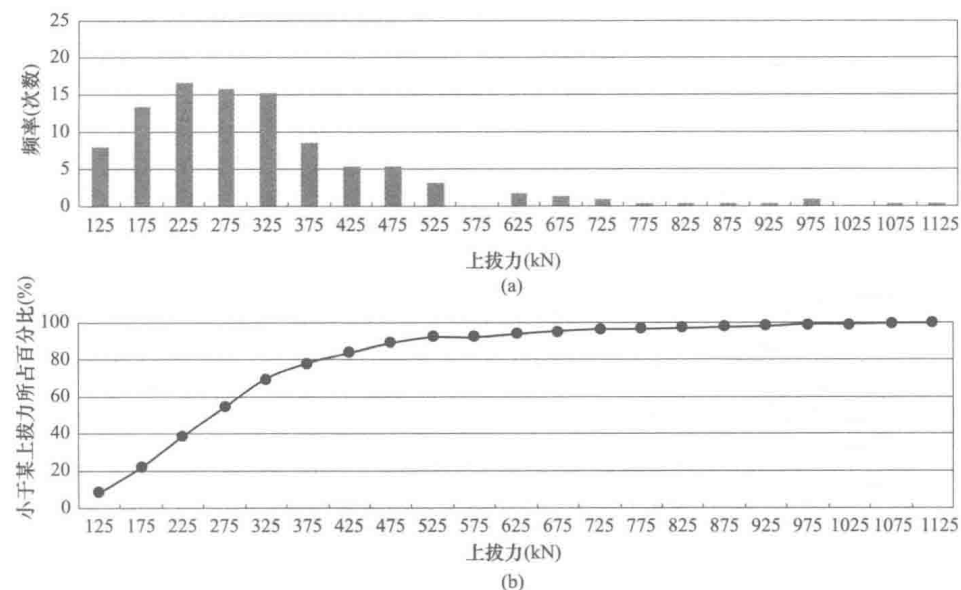


图 4.2-2 110kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线

(a) 基础上拔力分布直方图; (b) 基础上拔力累积分布曲线

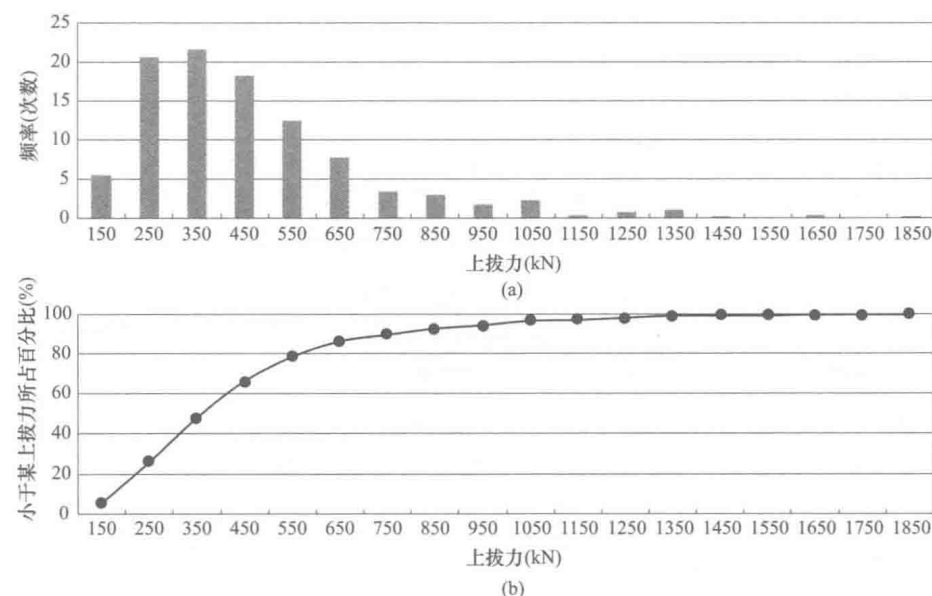


图 4.2-3 220kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线

(a) 基础上拔力分布直方图; (b) 基础上拔力累积分布曲线

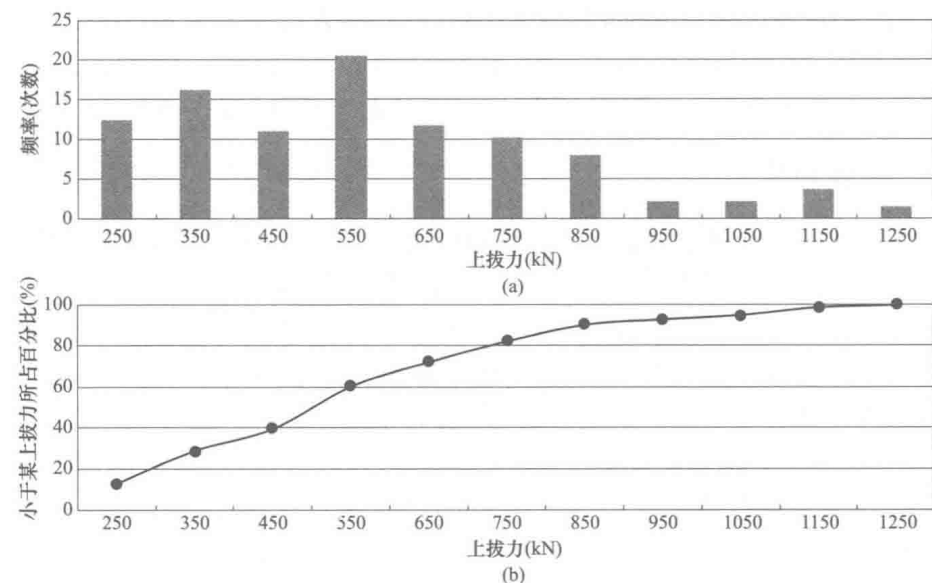


图 4.2-4 330kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线

(a) 基础上拔力分布直方图; (b) 基础上拔力累积分布曲线

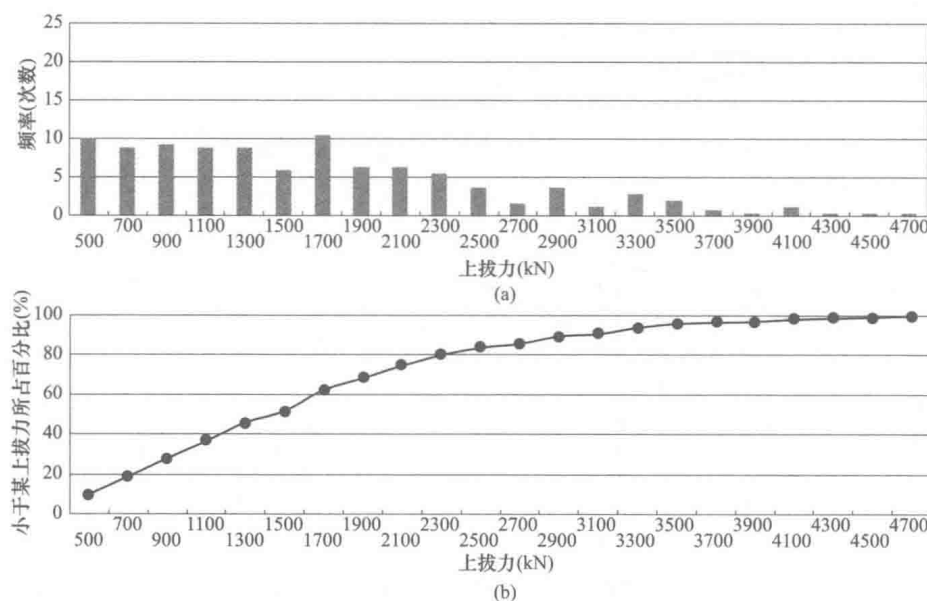


图 4.2-5 500kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线
(a) 基础上拔力分布直方图；(b) 基础上拔力累积分布曲线

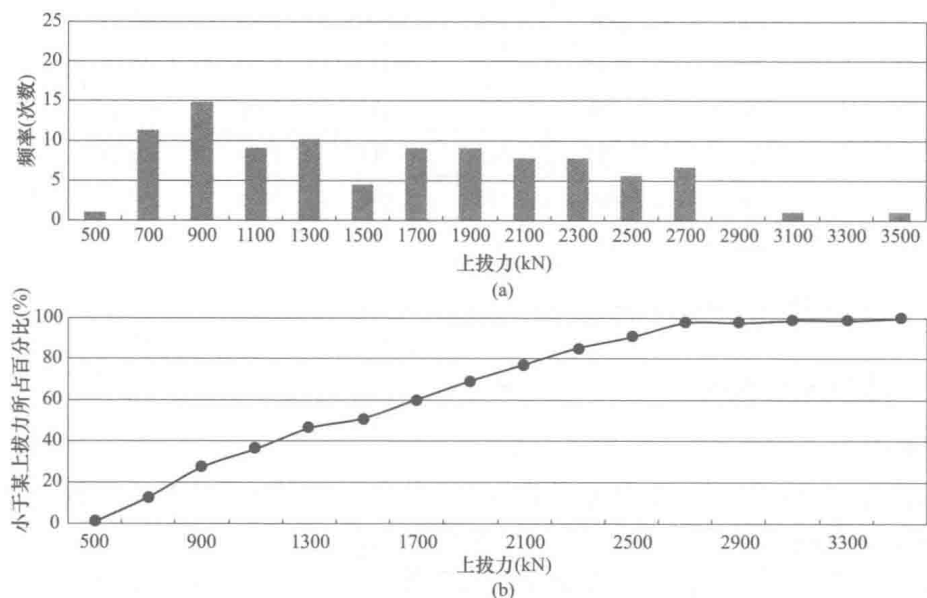


图 4.2-6 750kV 电压等级直线塔基础上拔力分布直方图及累积分布曲线
(a) 基础上拔力分布直方图；(b) 基础上拔力累积分布曲线

表 4.2-2 不同电压等级直线塔涵盖 90%基础上拔力

电压等级 (kV)	最小值 (kN)	最大值 (kN)
66	125	375
110	125	475
220	150	750
330	250	850
500	500	2900
750	500	2500

表 4.2-3 不同电压等级直线塔基础上拔力

电压等级 (kV)	上拔力 (kN)
110 (66)	100~600
220 (330)	600~1000
500 (750)	1000~3000

- 注 1. 本表涵盖 90% 的输电线路杆塔通用设计基础上拔力。
2. 为避免设计模块存在重复，基础上拔力已进行归并，参照 8.3 节第 (3) 条。

针对 110 (66)、220、330、500、750kV 电压等级的输电线路直线塔基础上拔力采用不同的分级步长：小荷载 (100~600kN) 为 50kN、中等荷载 (600~1000kN) 为 100kN、大荷载 (1000~3000kN) 为 200kN。

直线塔基础上拔力分级共划分为 25 种，其中，110 (66) kV 直线塔基础上拔力划分为 11 种，220 (330) kV 直线塔基础上拔力划分为 4 种，500 (750) kV 直线塔基础上拔力划分为 10 种，下压力取上拔力的 130%，水平力取相应上拔力或下压力的 14%，详细见表 4.2-4。

4.2.2 I 型转角塔荷载划分

对输电线路杆塔通用设计中的各子模块中转角塔塔型的基础作用力进行统计分析，得出不同电压等级转角塔基础上拔力范围见表 4.2-5。I 型转角塔 (简称转角塔) 基础上拔力共划分为 20 种，其中，110 (66) kV 转角塔基础上拔力划分为 7 种，220 (330) kV 转角塔基础上拔力划分为 4 种，500 (750) kV 转角塔基础上拔力划分为 9 种，下压力取上拔力的 130%，水平力取相应上拔力或下压力的 19%，详细见表 4.2-6。

表 4.2-4 不同电压等级直线塔基础作用力 (kN)

电压等级 (kV)	基础作用力 代号	T	T_x	T_y	N	N_x	N_y
110 (66)	100	100	14	14	130	18	18
	150	150	21	21	195	27	27
	200	200	28	28	260	36	36
	250	250	35	35	325	46	46
	300	300	42	42	390	55	55
	350	350	49	49	455	64	64
	400	400	56	56	520	73	73
	450	450	63	63	585	82	82
	500	500	70	70	650	91	91
	550	550	77	77	715	100	100
220 (330)	600	600	84	84	780	109	109
	700	700	98	98	910	127	127
	800	800	112	112	1040	146	146
	900	900	126	126	1170	164	164
500 (750)	1000	1000	140	140	1300	182	182
	1200	1200	168	168	1560	218	218
	1400	1400	196	196	1820	255	255
	1600	1600	224	224	2080	291	291
	1800	1800	252	252	2340	328	328
	2000	2000	280	280	2600	364	364
	2200	2200	308	308	2860	400	400
	2400	2400	336	336	3120	437	437
	2600	2600	364	364	3380	473	473
	2800	2800	392	392	3640	510	510
	3000	3000	420	420	3900	546	546

表 4.2-5 不同电压等级转角塔基础上拔力

电压等级 (kV)	上拔力 (kN)
110 (66)	300~600
220 (330)	600~1000
500 (750)	1000~2800

注 1. 本表涵盖 90% 的输电线路杆塔通用设计基础上拔力。
2. 为避免设计模块存在重复, 基础上拔力已进行归并, 参照 8.3 节第 (3) 条。

表 4.2-6 不同电压等级转角塔基础作用力 (kN)

电压等级 (kV)	基础作用力 代号	T	T_x	T_y	N	N_x	N_y
110 (66)	300	300	57	57	390	74	74
	350	350	67	67	455	86	86
	400	400	76	76	520	99	99
	450	450	86	86	585	111	111
	500	500	95	95	650	124	124
	550	550	105	105	715	136	136
	600	600	114	114	780	148	148
	700	700	133	133	910	173	173
220 (330)	800	800	152	152	1040	198	198
	900	900	171	171	1170	222	222
	1000	1000	190	190	1300	247	247
500 (750)	1200	1200	228	228	1560	296	296
	1400	1400	266	266	1820	346	346
	1600	1600	304	304	2080	395	395
	1800	1800	342	342	2340	445	445
	2000	2000	380	380	2600	494	494
	2200	2200	418	418	2860	543	543
	2400	2400	456	456	3120	593	593
	2600	2600	494	494	3380	642	642
	2800	2800	532	532	3640	692	692

4.3 地质条件划分

掏挖基础主要适用于不受地下水影响的平地、丘陵地区, 主要地质参数包括黏聚力 c 、内摩擦角 φ 、地基承载力特征值 f_{ak} 、地基土水平抗力系数的比例系数 m 和重度 γ_s 。通过对位于河北、河南、山东、山西、湖南、甘肃、宁夏、西藏、新疆、广西等地区的 20 余条线路工程中各塔位地质参数进行统计分析, 得出黏性土、粉土、碎石土、黄土和戈壁碎石土 5 种岩土类别和以此为基础的 10 种地质参数。

掏挖基础岩土类别及设计参数见表 4.3-1。

表 4.3-1 掏挖基础岩土类别及设计参数

序号	代号	岩土类别	c (kPa)	φ (°)	f_{ak} (kPa)	m (kN/m ⁴)	γ_s (kN/m ³)	土的状态
1	1a	黏性土	20	10	120	20000	16	可塑
2	1b		25	15	140	20000	16	
3	1c		30	20	180	20000	16	
4	2a	粉土	15	20	140	20000	16	中密
5	2b		20	25	150	20000	16	
6	2c		5	20	160	20000	16	
7	3a	碎石土	15	20	140	50000	18	中密
8	3b		5	30	220	50000	18	
9	4a	黄土	8	18	120	14000	13	可塑
10	5a	戈壁碎石土	11	40	180	100000	18	中密

4.4 专题研究

4.4.1 掏挖基础深径比及扩底尺寸影响研究

掏挖基础因其可充分利用原状土体承载性能，有效避免施工过程的大开挖，已经成为我国架空输电线路工程中广泛应用的环保型基础型式之一。根据扩底掏挖基础结构特点，深径比、基底扩展角和主柱直径是影响掏挖基础抗拔性能的3个主要参数，中国电力科学研究院先后在甘肃的戈壁和黄土共4个原状土地基试验场地完成了36个扩底掏挖基础的现场真型抗拔试验，对深径比、扩展角和主柱直径3个因素的原状土地基扩底掏挖基础抗拔承载性能影响规律及其敏感性排序。

戈壁地基扩底掏挖影响因素的顺序为深径比、主柱直径和基底扩展角，而黄土地基扩底掏挖影响因素的顺序为基底扩展角、主柱直径和深径比。因此，可针对不同的地质条件，根据基础深径比、基底扩展角和主柱直径对扩底掏挖

基础抗拔承载性能影响敏感性排序，开展扩底掏挖基础的优化设计工作。

4.4.2 掏挖基础上拔力范围研究

各类型地基土掏挖基础上拔力取值范围见表4.4-1。

表 4.4-1 各类型地基土掏挖基础上拔力取值范围

岩土类别	黏性土、粉土、碎石土	黄土	戈壁碎石土
上拔力取值范围 (kN)	100~2000	100~1000	100~3000

(1) 黏性土、粉土、碎石土。选取地质参数分类中的1b、2b、3b三种地质参数代表黏性土、粉土和碎石土三种岩土类别进行掏挖基础和挖孔桩基础（不扩底）按照混凝土量小为优的原则进行比较，由结果可知上拔力约为1000kN时两种基础型式出现分界点，即在分界点以下时掏挖基础为优，而在较大基础作用力条件下挖孔桩基础为优。鉴于掏挖基础埋深浅在某些特殊地区更易实现，将黏性土、粉土、碎石土三种岩土类别下的上拔力上限值定为2000kN，即上拔力在2000kN以下时可对掏挖基础和挖孔桩基础进行技术经济比较后选用，上拔力在2000kN以上时选用挖孔桩基础。

(2) 黄土。选取地质参数分类中的4a地质参数代表黄土类别进行掏挖基础和挖孔桩基础（不扩底）按照混凝土量小为优的原则进行比较，由结果可知在上拔力约为1000kN左右时两种基础型式出现分界点，即在分界点以下时掏挖基础为优，而在较大基础作用力条件下挖孔桩基础为优。基础上拔力大于1000kN时，基础扩大头尺寸过大，存在垮塌风险，且不能满足机械化施工要求 [D 不大于 $2d$ (D 为圆形底板直径， d 为主柱直径)]，因此，黄土地基掏挖基础通用设计的基础上拔力上限定为1000kN，即上拔力在1000kN以下时可对掏挖基础和挖孔桩基础进行技术经济比较后选用，上拔力在1000kN以上时选用挖孔桩基础。

(3) 戈壁碎石土。戈壁碎石土地基承载性能较好，掏挖基础设计时基础作用力可取值到本通用设计规划的作用力上限值，上拔力取值可达到3000kN。

第 5 章 设计条件及模块划分

5.1 设计条件

设计条件包含电压等级、地形地质条件及基础作用力等，电压等级及地

形条件见表5.1-1，岩土类别及设计参数见表4.3-1，基础作用力分级详见表4.2-4和表4.2-6。

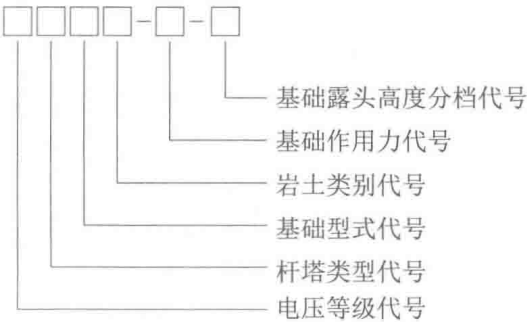
表 5.1-1

电压等级及地形条件

电压等级 (kV)	110 (66)	220 (330)	500 (750)
地形条件	不受地下水影响的平地、丘陵地区		

5.2 基础编号

基础编号采用“□□□□-□-□”形式。



第 1 个“□”表示电压等级，标识符号为 1、2、5，分别代表 110（66）、220（330）、500（750）kV 三个电压等级。

第 2 个“□”表示杆塔类型，标识符号为 Z、J，分别代表直线塔和 I 型转角塔。

第 3 个“□”表示基础型式，标识符号为 TW，代表掏挖基础。

第 4 个“□”表示岩土类别，标识符号为 1、2、3、4、5，分别代表黏性土、粉土、碎石土、黄土、戈壁碎石土。岩土类别后依次增加 a、b、c 等不同岩土参数组合，共 10 组。第二篇基础模块编号中的“*”代表某一类岩土参数组合，详见各模块。

第 5 个“□”表示基础作用力代号，数值代表基础上拔力，单位为 kN。

第 6 个“□”表示基础露头高度分档代号，标识符号为 02、07、12、17，单位为 dm。

以 1ZTW1a-550-12 为例，表示该基础为 110（66）kV、直线塔、掏挖基础、1a 类型岩土类别（黏性土， $c = 20\text{kPa}$ 、 $\psi = 10^\circ$ ）、基础上拔力为 550kN、基础露头高度 1.2m。

5.3 模块划分

掏挖基础通用设计包括 6 个模块，模块划分见表 5.3-1。

表 5.3-1

掏挖基础通用设计模块划分

序号	模块名	子模块名	电压等级 (kV)	岩土类别	适用地形	适用上拔力 (kN)	适用塔型
1	1ZTW	1ZTW1	110 (66)	黏性土	平地、丘陵地区	100~600	直线塔
2		1ZTW2		粉土			
3		1ZTW3		碎石土			
4		1ZTW4		黄土			
5		1ZTW5		戈壁碎石土			
6	1JTW	1JTW1		黏性土		300~600	转角塔
7		1JTW2		粉土			
8		1JTW3		碎石土			
9		1JTW4		黄土			
10		1JTW5		戈壁碎石土			
11	2ZTW	2ZTW1	220 (330)	黏性土	平地、丘陵地区	700~1000	直线塔
12		2ZTW2		粉土			
13		2ZTW3		碎石土			
14		2ZTW4		黄土			
15		2ZTW5		戈壁碎石土			
16	2JTW	2JTW1		黏性土		700~1000	转角塔
17		2JTW2		粉土			
18		2JTW3		碎石土			
19		2JTW4		黄土			
20		2JTW5		戈壁碎石土			
21	5ZTW	5ZTW1	500 (750)	黏性土	平地、丘陵地区	1200~2000	直线塔
22		5ZTW2		粉土		—	
23		5ZTW3		碎石土		1200~3000	
24		5ZTW4		黄土		—	
25		5ZTW5		戈壁碎石土		1200~2000	转角塔
26	5JTW	5JTW1		黏性土		—	
27		5JTW2		粉土		1200~2800	
28		5JTW3		碎石土		—	
29		5JTW4		黄土		—	
30		5JTW5		戈壁碎石土		—	