



架空输电线路 施工 实用手册

JIAKONG SHUDIAN
XIANLU SHIGONG
SHIYONG SHOUCHE

韩崇 吴安官 韩志军 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

架空输电线路 施工 实用手册

韩崇 吴安官 韩志军 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

电厂接入系统、地区电力系统发展及跨区域高压输电网的形成,都与输电线路建设的发展息息相关。由于架空输电线路施工具有线长、点多、面广的特点,一些关键性难点更是因工程而异。为使现场施工人员在掌握基础知识的同时,充分了解输电线路施工的新工艺、新方法,并迅速掌握其要领,本书作者在总结几十年来架空输电线路施工、运行检修经验的基础上编写了这本适用于现场的输电线路施工参考工具书。

本书内容丰富,具有送电施工行业技术先进性、工艺完整性、通用性、实用性、可操作性、可引用参考等特点。除了对输电线路施工中遇到较多的力学基础知识、直接影响施工安全和工程质量的工器具、设备、线路材料的相关知识进行详细介绍外,还对杆塔基础、杆塔以及架线的各种施工方法进行了较为全面的阐述,以供现场择用。

本书分3篇,共15章。第1篇为基础知识与线路材料,包括基础知识、线路材料;第2篇为输电线路施工机具,包括施工机具概述、检测仪器与量具、基础施工机具、杆塔施工机具;第3篇为架空输电线路分部工程施工,包括架空输电线路施工综述、基础与接地施工、混凝土电杆组立施工、铁塔组立施工、导线和地线架线施工、导引线(牵引绳)特殊展放施工、安全职责与安全施工技术措施及质量标准检查、评级与施工验收等内容。书后附有专业名词索引,便于读者检索。

本书可供从事架空输电线路勘测设计、施工检修和运行维护的广大技术人员以及管理人员学习、查阅,也可供相关专业的大中专院校师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

架空输电线路施工实用手册/韩崇,吴安官,韩志军编. —北京:中国电力出版社,2008

ISBN 978-7-5083-6487-2

I. 架… II. ①韩…②吴…③韩… III. 输电线路:架空线路-工程施工-技术手册 IV. TM726.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第196003号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

2008年11月第一版 2008年11月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 65.75印张 1832千字
印数0001—3000册 定价138.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

序 一

山西是煤炭资源大省，山西境内第一条 110kV 线路就是第一个五年计划期间新建的太原第一热电厂至阳泉的线路，全长 112km，于 1955 年正式投产。长期以来，山西一直向省外大量输出煤炭，支援全国的工农业发展；到改革开放后的 1981 年，山西第一条向河北送电的 220kV 娘子关线（娘子关电厂—河北许营变电站）投产送电，作为资源大省的山西由此迈入了输煤与输电并举的新阶段。1984 年 7 月，山西第一条 500kV 线路大房线（大同二电厂—北京房山变电站）投产，1985 年 9 月 500kV 神大线（神头电厂—大同二电厂）投产，这两条 500kV 线路的投运，使山西向京津唐电网送电的能力达到了一个较高的水平。

为了满足国民经济发展的需要，山西能源基地得到迅速发展，从 20 世纪 90 年代起，山西境内输电线路建设进入了快速发展时期，截至 2006 年底，山西全省 220kV 和 500kV 线路总长度达到 9146km，其中 500kV 线路有 25 条共 2032km。除了在本省建设输电线路，山西送变电工程公司和山西供电承装公司作为山西的两支送变电建设主力军，还参与了全国各地的电力网建设；其中比较有影响的是在 1987 年提前 30 天完成了广东沙江 500kV 超高压输电线路珠江大跨越工程，该工程大跨越档距为 1550m，两基跨越塔单基高度为 235.75m，塔重 1100t，是当时超高压输电线路世界第一高塔。这条线路的建成是山西输电线路施工技术与工程管理的里程碑，对山西输电线路建设技术水平提高和管理进步起了很好的推动作用。从第一条 110kV 输电线路建成到现在，已经过了半个世纪，山西的送变电建设者们为山西经济发展、国内电网建设做出了可贵的贡献，也积累了一定的经验。

山西送变电工程公司原第一副经理韩崇同志，从线路工人、测工技术员做起，参加、指挥了荣获国家质量银质奖的山西第一条 500kV 线路的建设，直接指挥了珠江大跨越工程的全部施工，至 2004 年退休，在送电线路建设岗位上奋斗了近四十年，积累了丰富的经验。第二作者吴安官同志曾长期从事输变电工程建设技术管

理工作，因而与韩崇同志相交相知，才有合作编书之举；另一作者韩志军同志在超高压公司担任技术工作，为本书的编写作出了自己的贡献。

在山西省电力公司电网建设指挥部的组织下，在山西送变电工程公司的大力支持下，韩崇等同志从2004年起，开始编写“输电线路施工实用手册”，经过两年多的辛勤努力，他们所编写的《架空输电线路施工实用手册》终于脱稿即将问世。我赞赏韩崇同志一贯的敬业精神，更钦佩他老而弥坚的奋斗精神。希望本手册的出版不仅能对我省输电线路建设者提高技术能力和管理水平有所帮助，而且能对国内从事输电线路建设的技术人员和一线的作业人员都有所裨益。

在此，特向对《手册》进行审阅的诸位专家学者表示感谢，对“手册”的作者表示祝贺，既表谢意又致贺意，且当为序。

山西省电力公司总工程师

王福田

2008年6月

序 二

我国自改革开放以来，国民经济的持续快速发展对电力的需求日益增长，在发电装机容量迅速扩大的同时，电网建设规模也越来越大，整个电力系统发展已进入“大机组、超高压、高度自动化与信息化”的新阶段。在这种形势下，要为社会提供质量优良的输电工程产品，不仅要有优秀的工程设计，更需要广大输变电建设人员能随着科学技术的发展，提高自己的知识技术水平和专业能力。由于架空输电线路施工的特点是线长、点多、面广，施工环境条件复杂，流动性大，施工现场各自为战，关键性难点因工程而异。要在合理工期内提交优质工程产品，必须提高施工管理团队的群体素质和每个施工操作人员的个体工艺技术水平，而这两者都迫切需要适合现场方便使用的专业参考书籍和培训材料。令人欣喜的是，韩崇等同志编写的《架空输电线路施工实用手册》顺应这种学习的需要并与读者见面了。

本书第一作者长期从事架空输电线路施工组织指挥，转战祖国各地，曾亲历20世纪80年代世界第一高塔珠江500kV大跨越线路工程的建设，在长期的实践与学习结合过程中多有思索，本书正是作者长期工作经验的总结，其中也不乏革新成果。

作为长期共事的同事，有幸先读了这本书，我认为作者在诸多方面付出了努力，使其具有一定特色。其一，按基础知识—工器具—施工过程与方案选择分三篇编排，既有内在联系又互为基础，符合思维特点；同时，也便于对现场方案进行讨论、计算比较选用工器具，体现了现场实用的编写意图。其二，以输电线路施工技术发展为主线，兼顾线路检修技术的应用，适应了施工向运行检修自然延伸的客观需要。其三，注重国家与行业标准内容的介绍与理解，有利于施工技术人员将各类标准作为技术质量要求认真贯彻。其四，对诸如复合绝缘子、架空地线复合光缆、钳型接地电阻测试仪等新材料、新技术的应用和施工中需注意的问题都有相当篇幅的介绍，便于现场人员学习并迅速掌握其要领。本书是一本颇具匠心的力作，希望它的出版能对广大输电线路施工人员和运行维护检修人员有所裨益。

在此书即将出版之际，谨对本书出版表示祝贺并欣然为序。

二 序

山西省送变电工程公司
山西省超高压输变电分公司

总经理

2008年6月于太原

本书是山西送变电工程公司超高压输变电分公司全体员工的集体智慧结晶，也是山西送变电工程公司超高压输变电分公司全体员工的辛勤劳动成果。本书的出版，对于提高超高压输变电工程的设计、施工、运行、检修水平，具有重要的意义。本书共分四章，第一章为绪论，第二章为超高压输变电工程的特点，第三章为超高压输变电工程的设计，第四章为超高压输变电工程的施工。本书在编写过程中，参考了大量的文献资料，并得到了有关领导和专家的指导。由于时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

前 言

随着国内经济的迅速发展，建设大型电厂同时，电厂接入系统、地区电力系统的完善、跨区域超高压输电线路的产生，都使输电线路建设呈高速发展的形势。此时为从事输电线路施工的广大技术工人和技术管理人员提供一本内容丰富、使用方便的施工实用手册，是一件很有意义的事情。

笔者从事输电线路施工有较长时间，深知现场遇到的种种问题要及时正确地解决，而一本内容充实的技术参考书则是启发思路的良师、是帮助工作的益友。本着这样的信念，在编选手册内容时，我们有以下几方面的考虑：第一，基础资料覆盖面要宽，深度要适宜，篇幅不要过大。本书对线路施工中经常用到的力学知识作了介绍，除了力学基本原理以外，还介绍了材料力学和机械零件的知识；但相近、相关公式列在一个表内对照选用，尽量减少篇幅。第二，手册内容符合相关标准、规范的要求。本书在介绍专业术语、导线型号参数、工器具质量要求、施工质量评定程序时，均以最新国家标准或行业标准为准，体现施工过程贯彻标准化、规范化的要求。第三，本着“工欲善其事，必先利其器”的古训，本书专列一篇介绍各种工器具；专列一章介绍工器具的设计与质量检验的内容，为工器具正确采购、现场试验、确保使用安全提供了较详细的资料。第四，手册内容编选以施工建设为主，适当向运行检修延伸。因新建工程本身有防护的需要，而且常会遇到线路改造工程，介绍一些与运行检修有关的内容是很必要的。第五，从各种规模的施工企业实际需要考虑本书选材。本手册比较详细介绍了架空输电线路基础、杆塔组立、架线的各种施工方法，以便施工组织者在各种场合选择使用。以可能的需要考虑为主，而不过分计较方法本身是否常用。第六，为便于使用，手册在书后设有专业名词索引。除篇、章、节、目四个层次外，建立了以首字声母排序的专用名词索引，方便读者学习中检索、查阅。

本手册共三篇，分为15章；1~4章由吴安官编写，5~7章由韩崇和吴安官编写，8~15章由韩崇和韩志军编写，全书由韩崇统稿。书后的参考文献既能方便读者进一步学习，也为我们在本书编写过程中提供了参考，特向各位原书作者表示真

诚的感谢!

在本书编写过程中,始终得到山西送变电工程公司李庆华、张安志等领导和杨安泽、胡彦军、翟依学、陈存旺等同志的大力支持与帮助,特向他们表示衷心的感谢!

本书动笔至今历时两年多,由于业务水平有限,疏漏、错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年6月于太原

目 录

序一
序二
前言

第 1 篇 基础知识与线路材料

第 1 章 基础知识	3	承(39), 1.5.10 机械零件——摩擦离合器和制动器(40)	
1.1 常用计量单位	3	1.6 岩土力学与爆破力学	41
1.1.1 法定计量单位(3), 1.1.2 数理常数(5)		1.6.1 岩土分类(41), 1.6.2 灾害地质与岩土工程(47), 1.6.3 爆破用炸药(50), 1.6.4 爆破材料(54)	
1.2 图形计算	5	1.7 气象条件与环境	56
1.2.1 平面图形计算(6), 1.2.2 立体图形计算(8)		1.7.1 气象区分类与气象资料用途(56), 1.7.2 最高气温与平均气温(57), 1.7.3 风速与风力(59), 1.7.4 覆冰厚度与冻土深度(60), 1.7.5 环境限距(60)	
1.3 平面三角与测量	11	1.8 电工学基础	63
1.3.1 平面三角基础知识(11), 1.3.2 测量基础知识(13)		1.8.1 直流电路计算公式(63), 1.8.2 交流电路计算公式(65), 1.8.3 电磁吸引力计算公式(68), 1.8.4 变压器计算公式(68)	
1.4 静力学和动力学	14	第 2 章 线路材料	69
1.4.1 静力学和动力学常用术语(14), 1.4.2 力的合成与分解(15), 1.4.3 力的平衡(18), 1.4.4 支承与支座反力(18), 1.4.5 桁架(20), 1.4.6 重心(21), 1.4.7 摩擦(23), 1.4.8 动力学基础知识(28)		2.1 导线	69
1.5 材料力学与机械零件	31	2.1.1 铝绞线的规格与性能参数(69), 2.1.2 钢芯铝绞线(70), 2.1.3 新型导线(74), 2.1.4 国外的钢芯铝绞线规格与参数(77)	
1.5.1 材料力学基本概念(31), 1.5.2 拉伸与压缩(32), 1.5.3 剪切与挤压(33), 1.5.4 轴的扭转(34), 1.5.5 直梁的弯曲(35), 1.5.6 组合变形(37), 1.5.7 压杆稳定(纵弯曲)(38), 1.5.8 机械零件——螺钉和螺栓(39), 1.5.9 机械零件——轴		2.2 架空地线	83
		2.2.1 镀锌钢绞线(83), 2.2.2 铝包钢芯	

铝绞线与铝包钢芯铝合金绞线(86),	
2.2.3 架空地线复合光缆(OPGW)(89),	
2.2.4 全介质自承式光缆(ADSS)(90)	
2.3 绝缘子.....	91
2.3.1 绝缘子型号的意义(92), 2.3.2 绝缘子的技术参数(93), 2.3.3 主要类型绝缘子的比较(100), 2.3.4 绝缘子的机械强度要求(101), 2.3.5 输电线路绝缘配置要求(101), 2.3.6 绝缘子的检查与试验(103)	
2.4 金具.....	104
2.4.1 金具的作用与分类(104), 2.4.2 各类金具的功能与选用(105), 2.4.3 金具产品型号的意义(110), 2.4.4 金具的技术性能及规定(112), 2.4.5 绝缘子和金具的组装(114)	
2.5 混凝土原料与预拌混凝土.....	116
2.5.1 水泥(116), 2.5.2 砂、石、水的质量要求(119), 2.5.3 混凝土外加剂的性能与质量要求(123), 2.5.4 预拌混凝土的质	
量要求与使用(125)	
2.6 钢材.....	129
2.6.1 钢产品的标准常用术语和钢产品牌号(129), 2.6.2 钢材的机械性能(132), 2.6.3 常用型钢规格与参数(133)	
2.7 塔材.....	138
2.7.1 塔材加工的技术要求(138), 2.7.2 塔材的焊接质量要求(139), 2.7.3 塔材的镀锌质量要求(140), 2.7.4 质量证明、标志、包装与运输(141)	
2.8 紧固件.....	141
2.8.1 螺栓与螺母的性能等级(141), 2.8.2 螺栓、螺母的材料与热处理(144), 2.8.3 螺栓和螺母的载荷(144), 2.8.4 高强度大六角头螺栓连接副的应用(146), 2.8.5 铁塔螺栓的防卸与防松(148), 2.8.6 螺栓、螺母的标志与质量(149)	
2.9 其他材料.....	150

第2篇 输电线路施工机具

第3章 施工机具概述	155	4.2 光学仪器.....	163
3.1 输电线路施工机具分类.....	155	4.2.1 水准仪(163), 4.2.2 经纬仪(164),	
3.2 施工机具常用术语.....	155	4.2.3 电子全站仪(166)	
3.3 施工机具设计基本要求.....	155	4.3 接地电阻测试仪表.....	167
3.3.1 设计所采用的系数(155), 3.3.2 设计文件的内容与要求(156), 3.3.3 设计计算的依据(156), 3.3.4 机具设计的技术要求(157), 3.3.5 机具操作力的一般要求(158)		4.3.1 ZC—08型接地电阻表(167), 4.3.2 钳型接地电阻测试仪(169), 4.3.3 铁塔接地电阻测试与分析(171)	
3.4 施工机具的试验、保养和检修.....	159	4.4 称重衡器.....	171
3.4.1 试验类型和内容(159), 3.4.2 试验应达到的要求(160), 3.4.3 保养和检修(160)		4.4.1 台秤(171), 4.4.2 案秤(172)	
3.5 施工机具产品型号.....	160	4.5 检验混凝土基础的工器具.....	172
3.5.1 有关施工机具产品型号的规定(160), 3.5.2 实际施工机具产品的型号(162)		4.5.1 坍落度筒(172), 4.5.2 回弹仪(172), 4.5.3 桩基动测分析仪(173)	
第4章 检测仪器与量具	163	第5章 基础施工机具	174
4.1 测量长度的工具.....	163	5.1 土方施工工具.....	174
4.1.1 钢尺(163), 4.1.2 游标卡尺(163)		5.1.1 手工操作工具(174), 5.1.2 挖扩机械(174)	
		5.2 岩石钻孔机具.....	175
		5.2.1 凿岩机(175), 5.2.2 岩石基础钻机(176)	
		5.3 搅拌机和振捣器.....	176

5.3.1 搅拌机(176), 5.3.2 振捣器(177)	
5.4 钢模板及抬架..... 177	
5.4.1 组合钢模板及附件(177), 5.4.2 抬木及抬架(179)	
第6章 杆塔工程施工机具 182	
6.1 电杆焊接工具..... 182	
6.1.1 焊矩及割矩的型号及性能(182), 6.1.2 气瓶的容积与尺寸(182)	
6.2 抱杆..... 183	
6.2.1 抱杆的分类(183), 6.2.2 等截面抱杆轴心受压承载力计算(185), 6.2.3 等截面抱杆偏心受压承载力计算(187), 6.2.4 变截面抱杆轴心受压计算(187), 6.2.5 国内常用抱杆的容许轴心压力(187), 6.2.6 使用抱杆应注意的事项(190)	
6.3 地锚和桩锚..... 190	
6.3.1 地锚和桩锚的区别与分类(190), 6.3.2 地锚和桩锚地质条件的分类与判定(191), 6.3.3 地锚强度及抗拔力的计算(191), 6.3.4 桩锚强度及抗拔力计算(196), 6.3.5 地锚和桩锚的设置要求(197)	
6.4 钢丝绳..... 198	
6.4.1 钢丝绳的构造和种类(199), 6.4.2 钢丝绳的抗拉强度和常用规格(200), 6.4.3 钢丝绳的选用(201), 6.4.4 钢丝绳的连接(202), 6.4.5 钢丝绳的插接(203), 6.4.6 钢丝绳的维护及使用注意事项(207), 6.4.7 旧钢丝绳的使用标准(207)	
6.5 麻绳..... 208	
6.5.1 麻绳的品种(208), 6.5.2 麻绳的技术规格和品种(208), 6.5.3 麻绳允许起吊力的计算(210), 6.5.4 使用麻绳的注意事项(210), 6.5.5 绳结及绳扣(210)	
6.6 滑轮与滑轮组..... 213	
6.6.1 滑轮的分类(213), 6.6.2 HQ 系列滑轮(213), 6.6.3 滑轮尺寸(213), 6.6.4 国产起重滑轮的型号及技术参数(214), 6.6.5 滑轮组的效率及拉力(216), 6.6.6 使用滑轮应注意的事项(218)	
6.7 卸扣..... 218	
6.7.1 直形卸扣(218), 6.7.2 高强合金钢卸扣(219), 6.7.3 使用卸扣应注意的事项(219)	
6.8 卷扬机..... 220	
6.8.1 绞车(220), 6.8.2 绞磨(220), 6.8.3 电动卷扬机(223)	
6.9 双钩紧线器与螺旋扣..... 223	
6.9.1 双钩与螺旋扣的工作原理(223), 6.9.2 双钩和螺旋扣的结构和性能参数(224), 6.9.3 使用双钩应注意的事项(226)	
6.10 链式起重机与手扳葫芦..... 226	
6.10.1 链式起重机的构造与种类(226)	
6.10.2 常用倒链的性能参数与使用要求(227), 6.10.3 手扳葫芦(229)	
第7章 架线施工机具 232	
7.1 牵引机与张力机..... 232	
7.1.1 牵引机的类别与选择(232), 7.1.2 张力机的类别与选择(232), 7.1.3 牵引机的型号与技术参数(233), 7.1.4 张力机的型号与技术参数(236), 7.1.5 牵张设备的运输和使用应注意的事项(239)	
7.2 放线滑轮与特种滑轮..... 239	
7.2.1 放线滑轮的基本要求与类型(239), 7.2.2 导线、地线滑轮的型号及技术参数(240), 7.2.3 放线滑轮选用原则与使用注意事项(241), 7.2.4 特种滑轮(242)	
7.3 防捻钢丝绳..... 243	
7.3.1 钢丝绳的选择计算(243), 7.3.2 钢丝绳的规格及破断力(244), 7.3.3 防捻钢丝绳绳端连接环的插接要求(245), 7.3.4 使用防捻钢丝绳应注意的事项(245)	
7.4 钢丝绳及导线的连接器..... 245	
7.4.1 抗弯连接器(245), 7.4.2 旋转连接器(247), 7.4.3 网套式连接器(248), 7.4.4 牵引板防捻器(248)	
7.5 导线、地线及钢丝绳的夹线工具..... 252	
7.5.1 卡线器的技术要求(252), 7.5.2 导线卡线器(252), 7.5.3 导线卡线器的型号及性能(252), 7.5.4 地线卡线器的型号及性能(253), 7.5.5 防捻钢丝绳卡线器(254), 7.5.6 使用卡线器应注意的事项(254)	
7.6 导线、地线的压接机具..... 255	

7.6.1 导线、地线压接机具的种类(255),	(260), 7.7.3 机械性能(261), 7.7.4 绝
7.6.2 手动式钳压器(255), 7.6.3 导线、	缘绳的工艺要求(262), 7.7.5 绝缘绳保管
地线压接机(255), 7.6.4 压接钢模(257),	及使用注意事项(262)
7.6.5 压接管保护套(258), 7.6.6 导线、	7.8 飞车及其他架线施工机具…………… 262
地线压接机具的使用和维护(258)	7.8.1 飞车(262), 7.8.2 提线器(264),
7.7 绝缘绳…………… 260	7.8.3 架空地线复合光缆(OPGW)施工机
7.7.1 分类(260), 7.7.2 电气性能要求	具(265)

第3篇 架空输电线路分部工程施工

第8章 架空输电线路施工综述 …………… 271	9.6.1 土壤的分类(310), 9.6.2 土壤的物
8.1 架空输电线路施工程序…………… 271	理特性(311), 9.6.3 土壤现场鉴别(311),
8.2 开工前的准备工作…………… 274	9.6.4 土石方开挖的一般规定(311),
8.2.1 现场调查(274), 8.2.2 施工组织设	9.6.5 普通土坑开挖的一般规定(312),
计的编制(275), 8.2.3 施工图审查(277)	9.6.6 泥水坑开挖的一般规定(313),
第9章 基础与接地施工 …………… 281	9.6.7 流砂坑开挖的一般规定(313),
9.1 杆塔基础的分类与选择…………… 281	9.6.8 岩石基坑开挖的一般规定(315),
9.1.1 基础的分类(281), 9.1.2 杆塔基础	9.6.9 回填土的一般规定(318), 9.6.10
的选择(281)	土石方量的计算(319), 9.6.11 土石方施
9.2 基础施工前的准备工作…………… 283	工主要器具配置(320)
9.2.1 概述(283), 9.2.2 技术准备(284),	9.7 混凝土电杆三盘的安装…………… 321
9.2.3 人员准备(285), 9.2.4 材料准备	9.7.1 混凝土电杆基坑操平(321), 9.7.2
(285), 9.2.5 机具准备(288), 9.2.6 混	凝土三盘安装与找正(322), 9.7.3 三盘
凝土配合比的设计与选择(288)	安装找正常用器具配置(324)
9.3 线路复测与施工基面测量…………… 292	9.8 现场浇制钢筋混凝土基础施工…………… 324
9.3.1 线路复测的工作内容(292), 9.3.2	9.8.1 现场准备(324), 9.8.2 现浇钢筋混
线路复测的允许偏差(292), 9.3.3 线路施	凝土基础施工工艺流程(325), 9.8.3 现场
工复测分坑有关名词解释(293), 9.3.4 线	支模(325), 9.8.4 基础钢筋加工与安装
路复测方法与要求(293), 9.3.5 施工基面	(332), 9.8.5 地脚螺栓加工规格与安装
测量(296)	(336), 9.8.6 混凝土的浇制与振捣(337),
9.4 现场分坑放样…………… 297	9.8.7 混凝土养护(339), 9.8.8 拆模
9.4.1 分坑放样作业内容(297), 9.4.2 分	(341), 9.8.9 浇制保护帽(342), 9.8.10
坑放样作业基本要求(297), 9.4.3 分坑方	支模与浇制混凝土工器具配置(342)
法与要求(297), 9.4.4 线路复测、分坑主	9.9 主角钢插入式基础施工…………… 344
要工器具配置(307)	9.9.1 概述(344), 9.9.2 单角钢插入式铁
9.5 杆塔中心桩位移值计算…………… 308	塔基础技术参数计算(344), 9.9.3 单角钢
9.5.1 小转角直线杆塔位移值计算(308),	插入式基础的主角钢安装(345), 9.9.4 双
9.5.2 中相导线位于两边线中点时, 转角	角钢插入式基础的主角钢安装(350)
杆塔位移值计算(309), 9.5.3 中相导线偏	9.10 掏挖型基础施工…………… 353
离两边线中点位置时, 转角杆塔位移值计	9.10.1 掏挖型基础的特征与分类(353),
算(309), 9.5.4 直线换位杆塔位移值计算	9.10.2 全掏挖型基础的基坑开挖(355),
(309)	9.10.3 半掏挖型基础的基坑开挖(356),
9.6 土石方施工…………… 310	9.10.4 混凝土施工(356)

9.11 不等高斜柱基础施工	356	的测量(403)	
9.11.1 不等高斜柱基础的分类与特性	(356)	第10章 混凝土电杆组立施工	404
9.11.2 斜柱基础的基坑开挖	(358)	10.1 混凝土电杆的分类	404
9.11.3 斜柱基础的异形模板制作	(358)	10.1.1 按作用分(404)	
9.11.4 斜柱基础模板的安装	(359)	10.1.2 按构造特点分(404)	
9.11.5 钢筋与地脚螺栓的安装	(360)	10.1.3 按钢筋张拉状态分(404)	
9.11.6 混凝土的施工	(362)	10.1.4 按电压等级分(404)	
9.12 偏心基础施工	362	10.1.5 按回路数量分(404)	
9.12.1 偏心基础的特征	(362)	10.2 混凝土电杆的制造技术要求	404
9.12.2 地脚螺栓的安装	(363)	10.2.1 环形钢筋混凝土电杆的技术要求	(404)
9.12.3 模板的制作与安装	(364)	10.2.2 环形预应力混凝土电杆技术要求	(405)
9.13 岩石基础施工	366	10.2.3 混凝土电杆外观、尺寸检查	(405)
9.13.1 岩石基础的特征与分类	(366)	10.2.4 混凝土电杆杆型	(406)
9.13.2 岩石基础的成孔	(367)	10.3 混凝土电杆组立方法综述	410
9.13.3 砂浆或混凝土的浇灌与养护	(369)	10.3.1 混凝土电杆组立方法分类	(410)
9.13.4 岩石基础的构造要求	(370)	10.3.2 整体组立混凝土电杆的方法	(410)
9.13.5 岩石锚筋基础的强度计算	(371)	10.3.3 分解组立混凝土电杆的方法	(410)
9.13.6 岩石基础需用工器具配置	(372)	10.3.4 选择立杆方法的基本原则	(411)
9.13.7 岩石基础的试验	(372)	10.4 混凝土电杆组立的准备工作	411
9.14 桩基础施工	373	10.4.1 概述	(411)
9.14.1 桩基础的特性与分类	(373)	10.4.2 技术准备	(411)
9.14.2 桩基础的施工工艺流程	(374)	10.4.3 人员准备	(412)
9.14.3 施工现场准备	(374)	10.4.4 机具准备	(413)
9.14.4 混凝土预制桩施工	(377)	10.4.5 材料准备	(413)
9.14.5 灌注桩基础施工	(378)	10.4.6 立杆布置前的准备	(414)
9.14.6 灌注桩的施工计算	(382)	10.5 电杆运输、排杆与焊接、	
9.14.7 灌注桩施工异常现象及预防措施	(382)	组立工作	416
9.14.8 人工挖孔桩施工	(385)	10.5.1 混凝土电杆运输	(416)
9.14.9 桩基础施工主要工器具配置	(386)	10.5.2 排杆与焊接	(424)
9.15 基础保护设施的施工及		10.5.3 地面组装	(429)
环保要求	387	10.5.4 永久拉线的制作与安装	(431)
9.15.1 基础保护设施的种类及施工基本要求	(387)	10.6 活动千斤绳倒落式抱杆整体	
9.15.2 基础护坡施工	(387)	起立混凝土电杆	438
9.15.3 基础排水沟施工	(388)	10.6.1 概述	(438)
9.15.4 基础挡土墙施工	(388)	10.6.2 整立电杆施工工艺流程	(440)
9.15.5 基础施工的环保措施	(390)	10.6.3 整立电杆的现场布置	(440)
9.16 接地施工	391	10.6.4 整体起立人字抱杆	(446)
9.16.1 接地装置的型式	(391)	10.6.5 整立电杆过程中的操作要求	(447)
9.16.2 接地装置的技术要求	(392)	10.6.6 35kV 混凝土电杆的整立	(450)
9.16.3 工频接地电阻和电阻率	(393)	10.6.7 110kV 混凝土电杆的整立	(454)
9.16.4 接地装置施工	(398)	10.6.8 220kV 混凝土电杆的整立	(459)
9.16.5 接地线的连接	(400)	10.6.9 330kV II型直线电杆的整立	(467)
9.16.6 接地体的防腐	(400)	10.6.10 500kV II型直线电杆的整立	(470)
9.16.7 降低接地电阻的措施	(401)	10.7 定长千斤绳倒落式人字抱杆整体	
9.16.8 接地电阻		起立混凝土电杆	476
		10.7.1 定长千斤绳法特点与适用范围	

(476), 10.7.2 整立混凝土电杆现场布置及要求(476), 10.7.3 立杆操作的技术要求(477), 10.7.4 整立 40.5~50m 特高混凝土电杆主要工器具配置(478)	
10.8 分解组立混凝土电杆	479
10.8.1 概述(479), 10.8.2 倒落式抱杆单扳混凝土电杆(479), 10.8.3 单吊组立混凝土电杆(480), 10.8.4 横担与叉梁的吊装(482)	
10.9 混凝土电杆的搬迁与更换	484
10.9.1 概述(484), 10.9.2 混凝土电杆的“放倒重立”(485), 10.9.3 混凝土电杆的整基移动(487), 10.9.4 混凝土电杆杆段的更换(489)	
第 11 章 铁塔组立施工	493
11.1 铁塔的分类	493
11.1.1 按用途分(493), 11.1.2 按导线回路数分(493), 11.1.3 按结构型式分(493)	
11.2 铁塔型号及型式	494
11.2.1 表示铁塔用途分类的代号(494), 11.2.2 表示铁塔外形或导地线布置型式的代号(494), 11.2.3 拉线铁塔和自立式铁塔的外形(494)	
11.3 铁塔结构及设计基本要求	498
11.3.1 铁塔结构(498), 11.3.2 铁塔设计及制图基本要求(498)	
11.4 铁塔加工的技术要求	502
11.4.1 一般技术要求(502), 11.4.2 原材料的技术要求(502), 11.4.3 铁塔制造的技术要求(502), 11.4.4 铁塔的检验和包装(503)	
11.5 铁塔组立方法综述	503
11.5.1 整体组立(503), 11.5.2 分解组立(503), 11.5.3 选择立塔方法的基本原则(504)	
11.6 铁塔构件的运输	504
11.6.1 构件运输前的检查(504), 11.6.2 构件的运输(505)	
11.7 铁塔组立前的施工准备	506
11.7.1 技术准备(506), 11.7.2 人员准备(507), 11.7.3 机具准备(507), 11.7.4 材料准备(508), 11.7.5 现场布置准备(508)	
11.8 地面组装	510
11.8.1 准备工作(510), 11.8.2 整体立塔的地面组装(512), 11.8.3 分解组塔的地面组装(514)	
11.9 倒落式人字抱杆整立铁塔	515
11.9.1 概述(515), 11.9.2 施工工艺流程(516), 11.9.3 拉线制作与安装(516), 11.9.4 整立铁塔的现场布置(516), 11.9.5 立塔过程的操作要求(519), 11.9.6 整立铁塔的几项技术改进措施(521), 11.9.7 整体起立铁塔的施工计算(525), 11.9.8 110~500kV 线路整体起立铁塔现场布置(531)	
11.10 座腿式人字抱杆整体起立铁塔	549
11.10.1 概述(549), 11.10.2 塔腿补强及组立抱杆(549), 11.10.3 现场布置与工器具配置(552), 11.10.4 主要设备的受力计算(554)	
11.11 内拉线悬浮抱杆分解组塔	556
11.11.1 概述(556), 11.11.2 施工工艺流程(557), 11.11.3 现场布置(557), 11.11.4 塔腿组立(560), 11.11.5 竖立抱杆(561), 11.11.6 提升抱杆(563), 11.11.7 构件的绑扎(563), 11.11.8 构件的吊装(564), 11.11.9 拆除抱杆(569), 11.11.10 主要工器具配置(569), 11.11.11 主要设备受力计算(573), 11.11.12 外拉线悬浮抱杆分解组塔(583)	
11.12 外拉线抱杆分解组塔	598
11.12.1 概述(598), 11.12.2 施工工艺流程(598), 11.12.3 现场布置(598), 11.12.4 施工操作方法(600), 11.12.5 主要工器具配置(602), 11.12.6 主要设备受力计算(603)	
11.13 无拉线小抱杆分解组立铁塔	605
11.13.1 概述(605), 11.13.2 施工工艺流程(605), 11.13.3 小木抱杆分解组塔(605), 11.13.4 短钢抱杆分解组塔(608)	
11.14 落地式摇臂抱杆分解组塔	610
11.14.1 概述(610), 11.14.2 施工工艺流程(610), 11.14.3 现场布置(610), 11.14.4 操作方法(611), 11.14.5 主要工	

器具配置(613), 11.14.6 摇臂抱杆的受力计算(615)	12.1.1 按用途分类(692), 12.1.2 按材料分类(692), 12.1.3 按结构分类(692)
11.15 内悬浮内拉线旋转双摇臂抱杆分解组立铁塔..... 623	12.2 架线施工的基本知识 693
11.15.1 概述(623), 11.15.2 内悬浮内拉线旋转2×4t双摇臂抱杆分解组立1000kV铁塔(623), 11.15.3 内悬浮内拉线双摇臂抱杆组塔工器具配置(628), 11.15.4 内悬浮内拉线双摇臂抱杆组塔工器具选型计算(630)	12.2.1 送线路设计选用的气象条件(693), 12.2.2 比载(693), 12.2.3 档距及耐张段(694), 12.2.4 架空线的应力(695), 12.2.5 架空线的弧垂(696), 12.2.6 架空线的安装应力曲线(696), 12.2.7 初伸长(696)
11.16 倒装分解组塔..... 637	12.3 架线材料的质量检验 697
11.16.1 概述(637), 11.16.2 施工工艺流程(637), 11.16.3 半倒装分解组塔操作方法(638), 11.16.4 全倒装分解组塔操作方法(642), 11.16.5 钢索式液压提升倒装组塔(644), 11.16.6 倒装组塔的施工计算(646), 11.16.7 主要工器具配置(649)	12.3.1 架空线的线材(697), 12.3.2 绝缘子(697), 12.3.3 电力线路金具(699)
11.17 内附着塔吊吊装特高跨越铁塔..... 651	12.4 架线施工方法综述 700
11.17.1 施工现场简介(651), 11.17.2 内附着QT80A—250塔吊的安装(652), 11.17.3 铁塔吊装(656), 11.17.4 塔吊拆除(657), 11.17.5 内附着QT80A—250塔吊吊装特高跨越塔的优点(658), 11.17.6 内附着QT80A—250塔吊的稳定计算(658), 11.17.7 主要工器具配置(663)	12.4.1 放线施工的基本方法(701), 12.4.2 紧线施工的基本方法(701), 12.4.3 导地线连接与附件安装(701), 12.4.4 非张力放线架线施工工艺流程(701), 12.4.5 张力架线施工工艺流程(702)
11.18 钢管杆组立..... 665	12.5 架线工程施工的准备工作 704
11.18.1 概述(665), 11.18.2 钢管杆的组立方法(666), 11.18.3 双冲天抱杆分段吊装220STS—33D钢管杆施工(673), 11.18.4 主要工器具配置(679)	12.5.1 技术准备(704), 12.5.2 材料准备(705), 12.5.3 机具准备(705), 12.5.4 障碍物清除(706)
11.19 直升机吊装铁塔..... 680	12.6 跨越架搭设施工 707
11.19.1 直升机吊塔的飞行特点(680), 11.19.2 吊挂索具及连接方式(683), 11.19.3 吊装塔体的飞行技术要求(685), 11.19.4 施工现场布置(686), 11.19.5 塔(段)吊装与就位(686), 11.19.6 飞行吊装作业注意事项(690), 11.19.7 直升机吊装铁塔的优点(690), 11.19.8 直升机的技术性能(690)	12.6.1 跨越架的分类(707), 12.6.2 跨越架设计与施工的基本要求(708), 12.6.3 竹竿、木杆及小钢管跨越架搭设(711), 12.6.4 铝合金结构跨越架搭设(714), 12.6.5 CS型钢结构跨越架(721), 12.6.6 利用杆塔作跨越架(724), 12.6.7 跨越架的封顶网与封顶杆(725), 12.6.8 不停电搭设跨越架(727), 12.6.9 跨越架的安装计算(729), 12.6.10 索道跨越带电线路施工(730)
第12章 导、地线架线施工..... 692	12.7 非张力放线施工 732
12.1 架空线的分类 692	12.7.1 放线前的准备工作(732), 12.7.2 人力放线(735), 12.7.3 机动牵引放线(736), 12.7.4 汽车(拖拉机)牵引放线(737), 12.7.5 非张力放线的施工计算(737), 12.7.6 非张力放线工器具配置(738)
	12.8 非张力架线紧线施工 739
	12.8.1 紧线前的准备工作(739), 12.8.2

紧线施工(742), 12.8.3 划印(743),	熔接(845)
12.8.4 挂线(745), 12.8.5 弧垂检查与调整(748), 12.8.6 紧线的施工计算(749),	第13章 导引绳(牵引绳)特殊
12.8.7 紧线主要工器具配置(754)	展放施工 848
12.9 张力放线施工..... 755	13.1 火箭发射展放导引绳..... 848
12.9.1 张力放线前的准备工作(755),	13.1.1 火箭发射现场布置(848), 13.1.2
12.9.2 张力放线(761), 12.9.3 张力放线中故障的预防与处理(767), 12.9.4 特殊地形条件的张力放线(769), 12.9.5 张力放线的施工计算(770), 12.9.6 主要施工机械与工器具配置(777), 12.9.7 单轮串联式滑轮张力放线(779)	操作注意事项(849), 13.1.3 技术要点(849), 13.1.4 水一气增压式模型火箭展放导引绳(849)
12.10 张力放线的紧线、挂线施工..... 785	13.2 迫击炮展放导引绳..... 851
12.10.1 紧线施工特点与工艺流程(785),	13.2.1 常规装药炮弹展放导引绳(851),
12.10.2 紧线前的准备工作(785),	13.2.2 大装药量与炮弹“软着陆”(851)
12.10.3 过轮临锚和反向临锚(787),	13.3 航模飞机展放导引绳..... 852
12.10.4 松锚升空(788), 12.10.5 划印作业(789), 12.10.6 耐张塔平衡挂线(790), 12.10.7 紧线的施工计算(793), 12.10.8 紧线的工器具配置(795)	13.3.1 普通航模飞机(852), 13.3.2 遥控模型直升机(853)
12.11 弧垂的观测与调整..... 796	13.4 跨江(河)展放导引绳..... 854
12.11.1 弧垂值的计算(796), 12.11.2 等长法观测弧垂(799), 12.11.3 异长法观测弧垂(801), 12.11.4 角度法观测弧垂(802), 12.11.5 平视法观测弧垂(805), 12.11.6 弧垂的观测与调整(806), 12.11.7 弧垂观测主要工器具配置(807)	13.4.1 丙纶导引绳自浮展放(854),
12.12 架空线的连接..... 807	13.4.2 悬索跨河架展放导引绳(854),
12.12.1 架空线连接的一般要求(807),	13.4.3 带张力拖船牵引导引绳(854),
12.12.2 钳压连接(808), 12.12.3 液压连接(810), 12.12.4 爆压连接(816)	13.4.4 江面排列多个托绳船展放导引绳(855)
12.13 附件安装..... 827	13.5 附带展放导引绳..... 856
12.13.1 附件安装前的准备工作(827),	13.5.1 展放中线导引绳附带牵引地线等的施工方法(857), 13.5.2 放地线带边线导引绳的操作步骤(858), 13.5.3 展放上导线带下导线导引绳(干字形塔)操作步骤(859), 13.5.4 展放上导线带下导线牵引绳和地线(干字形塔)操作步骤(861), 13.5.5 非分裂导线的附带展放导线(862)
12.13.2 悬垂金具串的安装(827),	13.6 热气飞艇展放尼龙导引绳..... 863
12.13.3 防振金具的安装(831), 12.13.4 跳线的安装与计算(833), 12.13.5 间隔棒的安装(837), 12.13.6 铝包带长度的计算(839)	13.6.1 热气飞艇概况(863), 13.6.2 展放尼龙导引绳(863)
12.14 架空复合光缆 OPGW 的架设施工..... 840	13.7 氢气球展放导引绳..... 864
12.14.1 光缆的分类与特性(840),	13.7.1 氢气球概况(864), 13.7.2 跨果园展放导引绳(865), 13.7.3 跨珠江展放导引绳(866), 13.7.4 特制滑轮的氢气球展放导引绳(869), 13.7.5 逐个气球串接法跨江展放导引绳(869), 13.7.6 跨越高速公路利用广告氢气球展放导引绳(871)
12.14.2 架空复合光缆 OPGW 的放紧线施工(841), 12.14.3 复合光缆的附件安装与	13.8 无跨越架展放导引绳过高速公路、铁路..... 872
	13.8.1 摆动法展放导引绳(872), 13.8.2 绳索托架法展放导引绳(873)
	13.9 直升机展放导引绳..... 874