

# 特高压输电线路 施工与运维检修

毕雪昱 主编



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



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

内 容 提 要

本书是为适应我国即将出现的特高压联合电网而精心编写的包括特高压输电线路施工、运行维护和检修的新型工具书。全书共分绪论和三大篇。第一篇为特高压输电线路施工，分为十章，内容包括：特高压输电线路工程施工组织设计，特高压输电线路工程监理规划，特高压输电线路工程施工，±800kV 直流架空输电线路施工示例，1000kV 交流架空输电线路施工示例，特高压输电线路大跨越工程施工，±800kV 及以下直流输电工程启动及竣工验收，±800kV 直流架空输电线路工程施工质量检验及评定，1000kV 交流架空输电线路工频参数测量，送电工程达标投产考评项目及评分标准。第二篇为特高压输电线路运行与维护，分为八章，内容包括：为确保新 1000kV 交流输变电工程系统具备投运的调试，特高压输电线路电磁环境，1000kV 交流架空输电线路运行，1000kV 交流架空输电线路巡视，1000kV 交流架空输电线路故障处理，1000kV 交流架空输电线路状态检测，1000kV 交流架空输电线路在线监测，1000kV 交流电气系统预防性试验。第三篇为特高压输电线路检修，分为八章，内容包括：±800kV 直流架空输电线路检修，1000kV 交流架空输电线路检修，±800kV 直流输电线路带电作业，1000kV 架空交流输电线路带电作业，1000kV 交流系统用静电防护服，1000kV 交流系统用非接触式验电器，1000kV 交流电力系统带电作业工具、装置和设备预防性试验，带电作业安全工作规定。

本书适合特高压输电线路施工单位、特高压输电线路运行单位、特高压输电线路检修单位的技术人员和管理人员使用，特别适合于特高压输电线路施工和运行维护管理合一单位的技术人员和管理人员使用。

图书在版编目（C I P）数据

特高压输电线路施工与运维检修 / 毕雪昱主编. --  
北京：中国水利水电出版社，2015.6  
ISBN 978-7-5170-3288-5

I. ①特… II. ①毕… III. ①特高压输电—输电线路—工程施工②特高压输电—输电线路—检修 IV.  
①TM726.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第132479号

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 特高压输电线路施工与运维检修                                                                                                                |
| 作 者  | 毕雪昱 主编                                                                                                                        |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>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  | 北京纪元彩艺印刷有限公司                                                                                                                  |
| 规 格  | 210mm×297mm 16 开本 58.25 印张 2568 千字                                                                                            |
| 版 次  | 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷                                                                                             |
| 印 数  | 0001—3000 册                                                                                                                   |
| 定 价  | 198.00 元                                                                                                                      |

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

# 《特高压输电线路施工与运维检修》

## 编委会名单

主 任：乔西庆

副 主 任：张 键

委 员：马力克·麦合苏提 毕雪昱 王宇辉 唐文新

张惠玲 李吉文 米和勇 王修江 刘建彬

李 亚

主 编：毕雪昱

主 审：乔西庆 王修江

编写人员：姚 晖 宋焕东 周希怀 于 勇 盛建新

周健敏 李照新 张 宁 张继升 张起福

谭小刚 朱红军 丁赞成 张辉疆 苗松虎

曹光辉 董景峰 吴 舜 宋春雷



# 前言

自 2004 年国家电网公司提出建设以特高压为骨干网架、各级电网协调发展的坚强国家电网的战略目标以来，到今年已 10 年多了。国家电网公司按照“科学论证、示范先行、自主创新、扎实推进”的方针，全面开展了特高压输电前期的研究论证和工程建设实施工作，已取得了显而易见的成功和发挥着无可比拟的效益。特高压交直流电网建设是一项重大的创新工程，体现了党中央、国务院的坚强领导，得益于社会各界的认知和大力支持，凝聚着广大电力科技工作者和电网一线员工的心血和汗水。

为适应我国即将出现的特高压联合电网，我们在总结近十年来交直流架空输电线路工程施工经验和近几年对投产交直流输电线路运行维护检修试验的经验的基础上，参考大量特高压文献资料，精心编写了包括特高压输电线路施工、运行维护和检修的新型实用工具书。全书共分绪论和三大篇。第一篇为特高压输电线路施工，分为十章，内容包括：特高压输电线路工程施工组织设计，特高压输电线路工程监理规划，特高压输电线路工程施工， $\pm 800\text{kV}$  直流架空输电线路施工示例， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路施工示例，特高压输电线路大跨越工程施工， $\pm 800\text{kV}$  架空输电线路工程启动及竣工验收  $\pm 800\text{kV}$  架空输电线路施工质量检验及评定， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路工频参数测量，送电工程达标投产考评项目及评分标准。第二篇为特高压输电线路运行维护，分为八章，内容包括：为确保新  $1000\text{kV}$  交流输变电工程系统具备投运的调试，特高压输电线路电磁环境， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路运行， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路巡视， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路故障处理， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路状态检测， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路在线监测， $1000\text{kV}$  交流电气系统预防性试验。第三篇为特高压输电线路检修，分为八章，内容包括： $\pm 800\text{kV}$  直流架空输电线路检修， $1000\text{kV}$  交流架空输电线路检修， $\pm 800\text{kV}$  直流输电线路带电作业， $1000\text{kV}$  架空交流输电线路带电作业， $1000\text{kV}$  交流系统用静电防护服装， $1000\text{kV}$  交流系统用非接触式验电器， $1000\text{kV}$  交流电力系统带电作业工具、装置和设备预防性试验，带电作业安全工作规定。

本书编写人员还有王晋生、王政、兰成杰、王雪、李军华、许杰、胡中流、吴会宝、张骏、尚志刚、李佳良、李禹莹、吕一斌、曾水根、张建明等。

提供资料并参与部分编写工作和图表绘制工作的有：叶常容、李建基、张强、张方、高水、石峰、王卫东、石威杰、丁毓山、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、冯娇、徐文华、陈东、毛玲、李键、孙运生、尚丽、王敏州、杨国伟、李红、刘红军、白春东、林博、魏健良、周凤春、黄杰、董小玫、郭贞、吕会勤、王爱枝、孙金力、孙建华、孙志红、孙东生、王彬、王惊、李丽丽、吴孟月、闫冬梅、孙金梅、张丹丹、李东利、王忠民、赵建周、李勇军、陈笑宁、谢峰、魏杰、赵军宪、王奎洵、张继涛、杨景艳、史长行、田杰、史乃明、吉金东、马计敏、李立国、郝宗强、吕万辉、王桂荣、刁发良、秦喜辰、徐信阳、乔可辰、姜东升、温宁、郭春生、李耀照、朱英杰、刘立强、王力杰、胡士锋、牛志刚、张志秋、宋旭之、乔自谦、高庆东、吕学彬、焦现锋、李炜、闫国文、苗存园、权威、蒋松涛、张平、黄锦、田宇鲲、曹宝来、王烈、刘福盈、崔殿启、白侠、陈治玮、李志刚、张柏刚、王志强、史春山、代晓光、刘德文、隋秋娜、林自成、何建新、王佩其、骆耀辉、石鸿侠、皮爱珍、何利红、徐军、邓花菜、吴皓明、曹明、金明、周武、田细和、林露、邹爱华、罗金华、宋子云、谢丽华、刘文娟、李菊英、肖月娥、李翠英、于利、傅美英、石章超、刘雅莹、甘来华、喻秀群、唐秀英、廖小云、杨月娥、周彩云、金绵曾、唐冬秀、刘菊梅、焦斌英、曾芳桃、谢翠兰、王学英、王玉莲、刘碧辉、宋菊华、李淑华、路素英、许玉辉、余建辉、黄伟玲、冠湘梅、周勇、秦立生、曹辉、周月均、张金秀、程淑云、李福容、卿菊英、许建纯、陈越英、周玉辉、周玉兰、黄大顺、曹冻平、蒋兴、彭罗、胡三姣、邓青莲、谢荣柏、何淑媛、高爱华、曹伍满、程淑莲、刘招良、黄振山、周松江、王灿、叶军、李仑兵、金续曾、彭友珍、周小云、陈化钢、石威杰、崔元春、崔连秀、张宏彦等。

本书在编写过程中参考了上百种文献、图书、标准、规范、规程，在此谨向本书末所列参考文献的作者和单位，表示诚挚的感谢。

在本书编写过程中，作者参考了近年来全国各地输电线路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施工的丰富经验和研究成果，特别是河南送变电建设公司、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、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。

本书适合特高压输电线路施工单位、特高压输电线路运行单位、特高压输电线路检修单位的技术人员和管理人员使用，特别适合于特高压输电线路施工和运行维护管理合一单位的技术人员和管理人员使用。

由于作者的经验和水平有限，书中可能还有错漏和不足之处，请广大读者批评指正。

作者

2015年5月



# 目 录

## 前言

|                   |   |
|-------------------|---|
| 绪论                | 1 |
| 一、特高压电网概述         | 1 |
| 二、我国特高压建设         | 1 |
| 三、特高压输电技术难点       | 1 |
| 四、特高压输电的经济效益      | 2 |
| 五、国外已投运特高压输电线路简介  | 2 |
| 六、中国已投运特高压输电线路简介  | 5 |
| 七、我国特高压交直流示范工程的意义 | 7 |

## 第一篇 特高压输电线路施工

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 特高压输电线路工程施工组织设计         | 14 |
| 第一节 输电线路工程施工组织设计概述          | 14 |
| 一、输电线路工程施工组织设计的任务、编制依据和编制原则 | 14 |
| 二、输电线路工程施工组织设计分类和主要内容       | 14 |
| 三、输电线路工程施工组织设计的编审、交底和检查     | 15 |
| 第二节 输电线路工程施工组织设计具体要求        | 16 |
| 一、前言                        | 16 |
| 二、编制依据                      | 16 |
| 三、工程概况及工程设计特点               | 16 |
| 四、施工现场管理机构设置及其职能            | 18 |
| 五、施工总平面布置                   | 20 |
| 六、工程施工进度计划和施工工序             | 21 |
| 七、施工资源配置                    | 22 |
| 八、工程质量保证要点                  | 23 |
| 九、施工安全保证要点                  | 28 |
| 十、文明施工                      | 33 |
| 十一、环境保护                     | 35 |
| 十二、计划、统计报表和信息资料、记录管理        | 35 |
| 十三、工程分包管理                   | 37 |
| 十四、主要工序和特殊工序的施工方法           | 37 |
| 十五、交叉跨越的施工方法及安全技术措施         | 37 |
| 第三节 1000kV 交流输电线路工程施工组织设计   |    |
| 示例                          | 42 |
| 一、前言                        | 42 |
| 二、工程概况与工程实施条件分析             | 44 |
| 三、项目施工管理组织结构                | 48 |
| 四、质量管理体系                    | 53 |
| 五、工期目标和施工进度计划               | 60 |
| 六、安全管理体系                    | 63 |
| 七、工地管理和施工平面布置               | 71 |
| 八、施工方法和资源需求计划               | 74 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 九、施工准备与协调                 | 80  |
| 十、线路通道清理                  | 83  |
| 十一、主要技术经济指标               | 85  |
| 十二、附录                     | 86  |
| 第四节 ±800kV 直流输电线路工程施工组织设计 |     |
| 实例                        | 94  |
| 一、编制依据                    | 94  |
| 二、工程概况与工程实施条件分析           | 94  |
| 三、项目施工管理组织结构              | 97  |
| 四、质量管理体系                  | 99  |
| 五、工期目标和施工进度计划             | 108 |
| 六、安全管理体系                  | 111 |
| 七、工地管理和施工平面布置             | 119 |
| 八、施工方法和资源需求计划             | 120 |
| 九、施工准备与协调                 | 126 |
| 十、计划统计和信息管理               | 129 |
| 十一、分包计划和分包管理              | 129 |
| 十二、线路通道清理                 | 130 |
| 十三、降低成本计划与措施              | 131 |

## 第二章 特高压输电线路工程监理规划

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第一节 制订监理规划的目的和监理规划使用范围          | 132 |
| 一、制订输电线路工程监理规划的目的               | 132 |
| 二、输电线路工程监理规划的使用范围               | 132 |
| 第二节 监理工作依据                      | 132 |
| 第三节 监理工程概况和监理工作范围及内容            | 132 |
| 一、监理工程概况                        | 132 |
| 二、监理工作范围                        | 133 |
| 三、监理工作内容                        | 133 |
| 第四节 工程建设目标和实现工程建设目标的主要控制措施与管理措施 | 134 |
| 一、工程建设目标                        | 134 |
| 二、实现工程建设目标的主要控制措施               | 135 |
| 三、工程投资控制                        | 143 |
| 四、安全控制                          | 143 |
| 五、实现工程建设目标的主要管理措施               | 148 |
| 六、实现工程建设目标的组织协调工作               | 153 |
| 第五节 文明施工和环境保护监理                 | 153 |
| 一、文明施工监理                        | 153 |
| 二、环境保护监理                        | 154 |
| 第六节 监理服务规划                      | 154 |
| 一、监理工作制度                        | 154 |
| 二、监理服务程序                        | 154 |
| 第七节 监理服务机构及监理资源配备               | 158 |
| 一、监理服务组织机构                      | 158 |

|                         |     |                            |     |
|-------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 二、监理人员岗位职责              | 158 | 九、复合光缆架设施工作业指导书            | 346 |
| 三、监理资源配备                | 160 | 第六节 导地线液压压接和 OPGW、ADSS 复合  |     |
| 第八节 工程验收程序与验收规划         | 160 | 光缆熔接工艺                     | 353 |
| 一、工程验收程序                | 160 | 一、1000kV 输变电工程导地线液压施工应遵守规程 |     |
| 二、工程验收规划                | 160 | 规范                         | 353 |
| 第三章 特高压输电线路工程施工         | 162 | 二、导地线液压压接施工工艺示例            | 361 |
| 第一节 特高压输电线路工程施工准备       | 162 | 三、OPGW、ADSS 复合光缆熔接施工工艺     | 368 |
| 一、签订施工发承包合同             | 162 | 第七节 接地装置施工                 | 378 |
| 二、施工现场组织机构设置及人员配置       | 165 | 一、概述                       | 378 |
| 三、材料的购置、加工和检验           | 165 | 二、放射接地装置的施工                | 378 |
| 四、施工管理的四个阶段             | 169 | 三、垂直接地装置的施工                | 379 |
| 五、施工管理的主要内容             | 170 | 四、降阻剂的使用                   | 379 |
| 六、施工现场调查                | 170 | 五、接地电阻测量                   | 381 |
| 七、工程材料站的选择及平均运输半径的计算    | 171 | 六、接地装置测量仪器                 | 383 |
| 八、技术资料准备                | 171 | 七、换流站的接地极施工                | 384 |
| 九、施工协调准备                | 172 | 第八节 特高压输电线路防护工程及其他工程施工     |     |
| 十、编制工程施工组织设计            | 173 | 工艺                         | 389 |
| 第二节 工地运输                | 173 | 一、挡土墙、护坡、排水沟施工工艺           | 389 |
| 一、机动车辆运输                | 173 | 二、基础边坡锚杆挂网喷射混凝土护坡加固施工      |     |
| 二、船舶运输                  | 173 | 工艺                         | 390 |
| 三、人力运输                  | 174 | 三、浮筒搭设施工平台工艺               | 394 |
| 四、架空索道运输                | 174 | 四、积极采用新工艺、新技术、新设备          | 396 |
| 五、大吨位导线线盘的装卸与运输         | 183 | 五、利用飞行器不落地展放引绳工艺           | 397 |
| 六、特长合成绝缘子装卸与运输          | 184 | 六、不停电线路承力索跨越护网的搭设施工        | 404 |
| 第三节 铁塔基础施工              | 185 | 第九节 特高压输电线路施工中安全防护设施       | 408 |
| 一、铁塔基础分类和基础施工流程         | 185 | 一、安全帽/安全带                  | 408 |
| 二、线路复测及分坑测量             | 186 | 二、安全自锁器                    | 408 |
| 三、一般地质现浇混凝土基础施工         | 193 | 三、速差自控器                    | 409 |
| 四、泥水坑现浇铁塔基础施工           | 202 | 四、水平安全绳                    | 409 |
| 五、流砂坑现浇铁塔基础施工           | 205 | 五、电子测风仪                    | 409 |
| 六、岩石铁塔基础施工              | 207 | 六、电子无线测力仪                  | 409 |
| 七、插入式角钢铁塔基础施工           | 211 | 七、铁塔组立监控器                  | 409 |
| 八、钻孔灌注桩铁塔基础施工           | 214 | 八、安全围栏                     | 410 |
| 九、挖孔灌注桩铁塔基础施工           | 217 | 九、消防器材                     | 410 |
| 十、复合沉井铁塔基础施工            | 219 | 十、保安接地线                    | 411 |
| 十一、掏挖式铁塔基础施工            | 220 | 十一、下线爬梯                    | 411 |
| 十二、大体积混凝土施工             | 221 | 十二、施工电源开关箱                 | 411 |
| 第四节 铁塔组立施工              | 223 | 十三、便携式卷线电源盘                | 411 |
| 一、基本规定和施工准备             | 223 | 第十节 特高压交流输变电工程施工中常见不安全     |     |
| 二、±800kV 架空输电线路铁塔组立工艺   | 225 | 行为、隐患和纠正治理措施               | 412 |
| 三、1000kV 架空输电线路铁塔组立施工工艺 | 235 | 一、输电线路工程常见不安全行为、隐患和纠正、     |     |
| 四、内悬浮外拉线抱杆组塔施工技术方案（Ⅰ）   | 248 | 治理措施                       | 412 |
| 五、内悬浮外拉线抱杆组塔施工技术方案（Ⅱ）   | 252 | 二、变电工程常见不安全行为、隐患和纠正、       |     |
| 第五节 架线工程施工              | 261 | 治理措施                       | 417 |
| 一、张力架线施工基本规定            | 261 | 第四章 ±800kV 直流架空输电线路施工示例    | 423 |
| 二、张力架线施工准备              | 263 | 第一节 内悬浮双摇臂内拉线抱杆铁塔组立施工      |     |
| 三、张力放线                  | 268 | 工艺                         | 423 |
| 四、紧线                    | 279 | 一、工艺特点和适用范围                | 423 |
| 五、附件安装                  | 282 | 二、工艺原理和工艺流程                | 423 |
| 六、施工质量保证措施和安全保障措施       | 285 | 三、施工准备                     | 424 |
| 七、张力架线施工作业指导书           | 288 | 四、抱杆组装                     | 424 |
| 八、跨越架搭设施工作业指导书          | 330 | 五、抱杆站立                     | 424 |



|                          |     |                           |     |
|--------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 六、塔片（材）组装                | 425 | 十八、材料与设备                  | 444 |
| 七、塔片（材）吊装                | 425 | 十九、质量控制                   | 446 |
| 八、抱杆提升                   | 426 | 二十、安全措施和环保措施              | 446 |
| 九、抱杆拆除                   | 426 | 二十一、效益分析                  | 446 |
| 十、现场清理                   | 426 | 第五节 采用轮式动力伞展放导引绳施工工艺      | 447 |
| 十一、人员组织和材料设备             | 426 | 一、工艺特点和适用范围               | 447 |
| 十二、质量控制                  | 428 | 二、工艺原理和工艺流程               | 447 |
| 十三、安全措施和环保措施             | 428 | 三、前期准备工作                  | 448 |
| 第二节 士800kV 直流架空输电线路轻型落地式 |     | 四、初导绳上盘安装                 | 451 |
| 双平臂抱杆分解组塔施工工艺            | 429 | 五、动力伞起飞                   | 451 |
| 一、轻型落地式双平臂抱杆分解组塔施工工艺     |     | 六、沙袋抛扔                    | 452 |
| 适用范围                     | 429 | 七、塔上抓绳                    | 452 |
| 二、施工准备                   | 430 | 八、动力伞返航                   | 452 |
| 三、资源配置                   | 430 | 九、绳头连接、固定及余绳收回            | 452 |
| 四、施工工艺流程                 | 431 | 十、各级引绳过渡                  | 453 |
| 五、操作步骤                   | 431 | 十一、施工人员组织和材料设备            | 454 |
| 六、安全环保措施                 | 433 | 十二、质量控制                   | 455 |
| 七、质量控制要点                 | 433 | 十三、安全措施                   | 455 |
| 第三节 采用直升机牵引初导绳施工工艺       | 433 | 十四、环保措施                   | 456 |
| 一、工艺特点和适用范围              | 433 | 十五、效益分析                   | 456 |
| 二、工艺原理和工艺流程              | 434 | 第六节 采用飞艇牵引初导绳施工工艺         | 457 |
| 三、施工准备                   | 434 | 一、工艺特点和适用范围               | 457 |
| 四、直升机挂载初导绳挂架             | 436 | 二、工艺原理和工艺流程               | 457 |
| 五、初导绳端头设置                | 436 | 三、施工准备                    | 458 |
| 六、直升机起飞及首基铁塔作业           | 436 | 四、飞艇组装和调试                 | 459 |
| 七、初导绳导入朝天滑车              | 436 | 五、初导绳展放                   | 460 |
| 八、初导绳弧垂调整及塔上临锚           | 437 | 六、飞艇回收及保养                 | 460 |
| 九、直升机继续前飞展放初导绳           | 437 | 七、各级引绳过渡                  | 460 |
| 十、直升机返场                  | 437 | 八、人员组织                    | 461 |
| 十一、跨越施工注意事项              | 437 | 九、材料和设备                   | 462 |
| 十二、通信联系                  | 437 | 十、质量控制                    | 462 |
| 十三、张力展放导引绳               | 437 | 十一、安全措施                   | 463 |
| 十四、质量控制                  | 438 | 十二、环保措施                   | 464 |
| 十五、安全措施和环保措施             | 438 | 十三、效益分析                   | 464 |
| 十六、效益分析                  | 440 | 十四、工程实例                   | 464 |
| 第四节 采用无人直升机牵引初导绳施工工艺     | 440 | 第七节 士800kV 直流架空输电线路刚性鼠笼跳线 |     |
| 一、工艺特点和适用范围              | 440 | 安装工艺                      | 464 |
| 二、工艺原理和工艺流程              | 440 | 一、适用范围和工艺流程               | 464 |
| 三、前期准备工作                 | 440 | 二、资源配置和施工准备               | 464 |
| 四、制定方案                   | 441 | 三、操作步骤                    | 465 |
| 五、专用张力机设置                | 442 | 四、安全控制要点                  | 465 |
| 六、铁塔朝天滑车的安装              | 443 | 五、质量控制要点                  | 466 |
| 七、无人机系留试验                | 443 |                           |     |
| 八、起飞场地布置                 | 443 | 第五章 1000kV 交流架空输电线路施工示例   | 467 |
| 九、飞行程序设定                 | 443 | 第一节 单臂式塔式起重机分解组塔施工工艺      | 467 |
| 十、初导绳与无人机的连接             | 443 | 一、工艺特点和适用范围               | 467 |
| 十一、无人机起飞                 | 443 | 二、工艺原理和工艺流程               | 467 |
| 十二、张力机施加张力和张力调整          | 444 | 三、施工准备                    | 467 |
| 十三、姿态调整                  | 444 | 四、塔式起重机安装、调试及检测           | 467 |
| 十四、塔上抓绳操作                | 444 | 五、吊装铁塔塔腿                  | 468 |
| 十五、无人机切绳                 | 444 | 六、塔式起重机提升及附着              | 468 |
| 十六、初导绳临锚                 | 444 | 七、铁塔塔身、横担及地线支架吊装          | 469 |
| 十七、无人机返回并降落              | 444 | 八、拆除塔式起重机                 | 469 |

|                           |     |                              |     |
|---------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 九、施工人员组织和施工材料、设备          | 470 | 十二、质量控制                      | 502 |
| 十、施工质量控制                  | 472 | 十三、安全和环保措施                   | 502 |
| 十一、施工安全措施                 | 472 | 十四、效益分析                      | 503 |
| 十二、环保措施                   | 472 | 十五、应用实例                      | 503 |
| 十三、效益分析                   | 472 | 第五节 1000kV 交流架空输电线路 2×（一牵 4） |     |
| 十四、成功应用实例                 | 473 | 同步展放同相 8 根子导线施工工艺            | 504 |
| 第二节 1000kV 交流架空输电线路铰接组合抱杆 |     | 一、工艺特点和适用范围                  | 504 |
| 分解组塔施工工艺                  | 475 | 二、工艺原理和工艺流程                  | 504 |
| 一、工艺特点和适用范围               | 475 | 三、施工准备                       | 504 |
| 二、工艺原理和工艺流程               | 475 | 四、跨越物处理                      | 505 |
| 三、施工准备                    | 475 | 五、跨越电力线路施工的跨越方式              | 505 |
| 四、竖立上抱杆                   | 477 | 六、放线滑车悬挂                     | 505 |
| 五、塔腿组立                    | 477 | 七、牵张场布置                      | 506 |
| 六、提升上抱杆和倒装下抱杆             | 477 | 八、各级导引绳及牵引绳的展放               | 507 |
| 七、塔身吊装                    | 478 | 九、同步展放导线                     | 508 |
| 八、提升铰接组合抱杆                | 478 | 十、紧线及弧垂观测                    | 508 |
| 九、塔头吊装                    | 478 | 十一、附件安装                      | 509 |
| 十、拆除抱杆                    | 481 | 十二、质量控制                      | 510 |
| 十一、补装塔材、铁塔检修              | 481 | 十三、安全措施和环保措施                 | 510 |
| 十二、场地清理、撤场                | 481 | 十四、实例                        | 510 |
| 十三、质量控制                   | 481 | 第六章 特高压输电线路大跨越工程施工           | 512 |
| 十四、安全文明施工和环保措施            | 482 | 第一节 大跨越工程设计要点                | 512 |
| 十五、效益分析                   | 482 | 一、大跨越工程的重要性和特殊性              | 512 |
| 第三节 无跨越架不停电跨越架线施工工艺       | 483 | 二、输电线路大跨越工程的前期准备阶段           | 512 |
| 一、工艺特点和适用范围               | 483 | 三、输电线路大跨越工程的初步设计             | 515 |
| 二、工艺原理和工艺流程               | 484 | 四、输电线路大跨越工程的施工图设计            | 517 |
| 三、施工准备                    | 484 | 第二节 输电线路大跨越工程的施工组织设计         | 517 |
| 四、安装临时横梁                  | 486 | 一、施工组织设计大纲与施工设计措施            | 517 |
| 五、展放循环绳                   | 486 | 二、大跨越基础施工组织措施                | 517 |
| 六、张力展放承载索及牵网绳             | 486 | 三、大跨越立塔施工组织措施                | 519 |
| 七、安装封网装置                  | 486 | 四、大跨越架线施工组织措施                | 520 |
| 八、张力展放导引绳、牵引绳及导地线         | 486 | 五、大跨越工程施工组织设计大纲              | 521 |
| 九、挂线、紧线及附件安装              | 487 | 第三节 输电线路大跨越工程施工技术            | 521 |
| 十、撤除跨越系统                  | 487 | 一、大跨越基础施工技术                  | 521 |
| 十一、人员组织和材料设备              | 487 | 二、高塔吊装技术                     | 523 |
| 十二、质量控制                   | 488 | 三、大跨越架线施工技术                  | 529 |
| 十三、安全措施                   | 489 | 第四节 国内外典型大跨越工程介绍             | 534 |
| 十四、环保措施                   | 490 | 一、国外典型大跨越工程                  | 534 |
| 十五、效益分析                   | 490 | 二、国内典型大跨越工程                  | 535 |
| 十六、应用实例                   | 490 | 第五节 ±800kV 直流输电线路长江大跨越工程     |     |
| 第四节 内悬浮外拉线双摇臂抱杆分解组塔       |     | 施工组织设计                       | 537 |
| 施工工艺                      | 492 | 一、工程概况与工程实施条件分析              | 537 |
| 一、工艺特点和适用范围               | 492 | 二、项目施工管理组织结构                 | 543 |
| 二、工艺原理和工艺流程               | 492 | 三、质量管理体系                     | 547 |
| 三、施工准备                    | 493 | 四、工期目标和施工进度计划                | 554 |
| 四、抱杆竖立                    | 494 | 五、安全管理体系                     | 558 |
| 五、塔腿组立                    | 495 | 六、工地管理和施工平面布置                | 566 |
| 六、抱杆提升                    | 495 | 七、施工方法与资源需求计划                | 570 |
| 七、塔身吊装                    | 495 | 八、施工科技创新                     | 573 |
| 八、塔头吊装                    | 497 | 九、施工准备和协调                    | 574 |
| 九、抱杆拆除                    | 500 | 十、工程现场协调经验和能力                | 578 |
| 十、铁塔整理和场地清理               | 500 | 十一、主要技术经济指标                  | 580 |
| 十一、人员组织和材料设备              | 500 |                              |     |



|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 十二、附录                                     | 581 |
| <b>第七章  ±800kV 及以下直流输电工程启动及竣工验收</b>       | 617 |
| <b>第一节  总体要求</b>                          | 617 |
| 一、特高压直流输电工程启动及竣工验收的意义                     | 617 |
| 二、特高压直流输电工程启动及竣工验收应执行的规程和依据               | 617 |
| 三、启动及竣工验收合格后应进行的工作                        | 617 |
| <b>第二节  启动及竣工验收工作的组织机构</b>                | 617 |
| 一、启动及竣工验收委员会                              | 617 |
| 二、启动试运组                                   | 617 |
| 三、工程验收组                                   | 618 |
| 四、工程协调组                                   | 618 |
| 五、参加竣工验收及启动试运行有关单位的主要职责                   | 618 |
| <b>第三节  启动及竣工验收程序、步骤和主要内容</b>             | 619 |
| 一、启动及竣工验收程序                               | 619 |
| 二、工程竣工验收的步骤                               | 619 |
| 三、工程竣工验收的主要内容                             | 620 |
| <b>第四节  站系统调试应具备的条件和主要调试项目</b>            | 620 |
| 一、换流站应具备的条件                               | 620 |
| 二、输电线路应具备的条件                              | 620 |
| 三、接地极已具备调试条件                              | 620 |
| 四、站系统调试主要试验项目                             | 620 |
| 五、遗留问题                                    | 620 |
| <b>第五节  系统调试应具备的条件和主要调试项目</b>             | 620 |
| 一、换流站应具备的条件                               | 620 |
| 二、输电线路应具备的条件                              | 621 |
| 三、接地极已具备调试条件（不适用于背靠背工程）                   | 621 |
| 四、系统调试的主要调试内容                             | 621 |
| 五、端对端系统试验                                 | 621 |
| 六、有关问题的处理                                 | 621 |
| <b>第六节  试运行应具备的条件和主要工作内容</b>              | 621 |
| 一、试运行应具备的条件                               | 621 |
| 二、试运行的实施                                  | 621 |
| 三、试运行重启                                   | 621 |
| 四、试运行计划安排的原则                              | 621 |
| 五、试运行的其他规定                                | 621 |
| 六、工程代管                                    | 622 |
| <b>第七节  工程移交程序及应履行的手续</b>                 | 622 |
| 一、工程移交程序                                  | 622 |
| 二、工程移交时应签署的文件                             | 626 |
| 三、工程资料的移交                                 | 626 |
| <b>第八节  工程移交后遗留问题的处理原则</b>                | 626 |
| <b>第八章  ±800kV 直流架空输电线路工程施工质量检验及评定</b>    | 627 |
| <b>第一节  架空输电线路施工质量验评项目划分</b>              | 627 |
| 一、单位工程、分部工程、分项工程、单元工程和项目的定义以及检查（检验）项目分类原则 | 627 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 二、架空输电线路施工质量等级划分与规定                | 627 |
| 三、不合格项目处理及处理合格后的质量评定               | 627 |
| 四、工程优良率及一次验收合格率计算方法                | 628 |
| <b>第二节  架空输电线路施工质量检验评定范围和评级统计</b>  | 628 |
| 一、参加验评人员                           | 628 |
| 二、材料及器材质量检验环节的划分                   | 628 |
| 三、施工质量检验评定方式和范围                    | 628 |
| 四、线路工程施工质量评级统计                     | 628 |
| <b>第三节  土石方工程质量验评标准及检查方法</b>       | 631 |
| 一、基本规定                             | 631 |
| 二、质量要求和检查方法                        | 631 |
| <b>第四节  铁塔基础工程质量验评标准及检查方法</b>      | 634 |
| 一、现浇铁塔基础（含插入式基础）                   | 634 |
| 二、岩石基础和掏挖基础                        | 634 |
| 三、灌注桩基础                            | 638 |
| <b>第五节  自立式铁塔工程组立质量等级评定标准及检查方法</b> | 640 |
| 一、记录表                              | 640 |
| 二、质量检查评定                           | 640 |
| <b>第六节  架线工程质量等级评定标准及检查方法</b>      | 642 |
| 一、导线、地线及 OPGW 展放                   | 642 |
| 二、导线、地线连接                          | 642 |
| 三、导线、地线及 OPGW 紧线                   | 645 |
| 四、导线、地线及 OPGW 附件安装                 | 646 |
| 五、OPGW 测试                          | 648 |
| 六、线路交叉跨越检查及评级记录                    | 648 |
| <b>第七节  接地装置施工质量等级评定标准及检查方法</b>    | 652 |
| 一、记录表                              | 652 |
| 二、质量检查评定                           | 652 |
| <b>第八节  线路防护设施质量等级评定标准及检查方法</b>    | 654 |
| 一、记录表                              | 654 |
| 二、质量检查评定                           | 654 |
| <b>第九节  原材料及器材检验标准与检查方法</b>        | 655 |
| 一、钢材                               | 655 |
| 二、水泥                               | 655 |
| 三、砂、石、水                            | 655 |
| 四、塔材及其他镀锌铁件                        | 656 |
| 五、导线、地线及 OPGW                      | 656 |
| 六、金具                               | 656 |
| 七、绝缘子                              | 656 |
| 八、其他                               | 657 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>第九章  1000kV 交流架空输电线路工频参数测量</b>     | 658 |
| <b>第一节  1000kV 交流架空输电线路工频参数测量基本要求</b> | 658 |
| 一、测量内容                                | 658 |
| 二、安全措施                                | 658 |
| 三、并行线路的影响                             | 658 |
| 四、现场测量时的抗干扰措施                         | 658 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第二节 工频参数测量前试验项目                        | 659 |
| 一、感应电压测量                               | 659 |
| 二、接地电流测量                               | 659 |
| 三、核对相别                                 | 659 |
| 四、绝缘电阻测量                               | 659 |
| 五、直流电阻测量                               | 660 |
| 第三节 1000kV 交流架空输电线路正序参数测量              | 660 |
| 一、正序阻抗测量                               | 660 |
| 二、正序导纳测量                               | 661 |
| 三、测量数据处理                               | 661 |
| 四、正序电容                                 | 662 |
| 第四节 1000kV 交流架空输电线路零序参数测量              | 663 |
| 一、零序阻抗测量                               | 663 |
| 二、零序导纳测量                               | 663 |
| 三、测量数据处理                               | 663 |
| 四、零序电容                                 | 664 |
| 第五节 并行线路零序互阻抗和零序耦合电容测量                 | 664 |
| 一、零序互阻抗测量                              | 664 |
| 二、零序耦合电容测量                             | 665 |
| 第六节 线路单位长度工频参数计算方法                     | 666 |
| 一、一般规定                                 | 666 |
| 二、单位长度正序参数                             | 666 |
| 三、单位长度零序参数                             | 666 |
| 第七节 试验设备与测量仪器                          | 666 |
| 一、试验设备的选择原则                            | 666 |
| 二、同步测量信号                               | 666 |
| 三、录波仪                                  | 666 |
| 四、电压互感器                                | 667 |
| 五、电流互感器                                | 667 |
| 第八节 交流架空输电线路工频参数理论值                    | 667 |
| 第十章 送电工程达标投产考评项目及评分标准                  | 672 |
| 第一节 国家电网公司输变电工程达标投产考核办法 (2011 年版)      | 672 |
| 第二节 《国家电网公司输变电工程达标投产考核办法 (2011 版)》实施细则 | 672 |
| 一、目标                                   | 672 |
| 二、组织机构                                 | 672 |
| 三、实施方法                                 | 672 |
| 第三节 送电工程达标投产考评项目及评分标准表                 | 673 |
| 第四节 考核单位向批复单位提出达标投产申请                  | 679 |
| 一、输电线路工程达标投产考核批复申请表                    | 679 |
| 二、输变电工程达标投产考核情况汇总表                     | 680 |
| 三、输电线路工程达标投产考核表                        | 680 |

## 第二篇 特高压输电线路运行与维护

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第一章 为确保新 1000kV 交流输变电工程系统具备投运的调试 | 688 |
| 第一节 系统调试前的准备工作                   | 688 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 一、系统调试                        | 688 |
| 二、调试系统的仿真研究                   | 688 |
| 三、编制系统调试方案                    | 689 |
| 四、系统调试应具备的基本条件                | 689 |
| 五、1000kV 输电线路应具备的条件           | 689 |
| 六、1000kV 变电站 (开关站) 应具备的条件     | 689 |
| 七、测试设备应具备的条件                  | 690 |
| 第二节 系统调试项目和系统调试测试项目           | 690 |
| 一、系统调试项目                      | 690 |
| 二、系统调试测试项目                    | 690 |
| 第三节 系统调试项目试验目的和试验要求           | 690 |
| 一、1000kV 变压器零起升流试验            | 690 |
| 二、1000kV 线路零起升流试验             | 690 |
| 三、1000kV 变压器零起升压试验            | 691 |
| 四、1000kV 线路零起升压试验             | 691 |
| 五、投、切 1000kV 空载变压器试验          | 691 |
| 六、投、切 1000kV 空载线路试验           | 691 |
| 七、1000kV 系统合环 (并列)、解环 (解列) 试验 | 692 |
| 八、1000kV 同塔双/多回线路的感应电压、感应电流试验 | 692 |
| 九、投、切低压电抗器试验                  | 692 |
| 十、投、切低压电容器试验                  | 693 |
| 十一、人工单相短路接地试验                 | 693 |
| 十二、系统动态扰动试验                   | 693 |
| 十三、大负荷试验                      | 693 |
| 第四节 系统调试测试项目及要                | 693 |
| 一、变电站和 1000kV 线路工频电场和工频磁场测试   | 693 |
| 二、变电站和 1000kV 线路可听噪声测试        | 694 |
| 三、变电站和 1000kV 线路无线电干扰测试       | 694 |
| 四、交流电气量测试                     | 694 |
| 五、谐波测试                        | 694 |
| 六、暂态电压和暂态电流测试                 | 694 |
| 七、变压器和电抗器声级及振动测试              | 695 |
| 八、1000kV 架空地线感应电压测试           | 695 |
| 九、油样测试                        | 695 |
| 十、紫外和红外测试                     | 695 |
| 十一、继电保护校验                     | 695 |
| 十二、1000kV 变压器空载特性测试           | 696 |
| 十三、1000kV 并联电抗器伏安特性测试         | 696 |
| 十四、1000kV 空载变压器励磁涌流测试         | 696 |
| 十五、1000kV 线路短路电流测试            | 696 |
| 十六、潜供电流测试                     | 696 |
| 十七、1000kV 电容式电压互感器暂态响应特性测试    | 696 |

## 第二章 特高压输电线路电磁环境

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一节 1000kV 输变电工程电磁环境影响评价 | 697 |
| 一、评价因子及范围                | 697 |
| 二、评价电磁环境影响应执行的标准、规范规程    | 697 |
| 三、电磁环境影响现状调查和预测          | 697 |
| 四、类比测量                   | 697 |



|                              |     |                                   |     |
|------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 五、理论计算                       | 697 | 二、巡线工作个人必备工具包                     | 713 |
| 六、电磁环境影响评价报告书的编制             | 698 | 三、巡线工作应备其他物品                      | 713 |
| 第二节 1000kV 架空输电线路电磁环境控制值     | 698 | 四、巡视分类目的区段和周期                     | 714 |
| 一、术语和定义                      | 698 | 第二节 1000kV 交流架空输电线路实用巡视方法         | 714 |
| 二、电磁环境控制值                    | 698 | 一、巡视出发前的准备工作                      | 714 |
| 三、电磁环境测量应执行的标准, 规程规范         | 698 | 二、在铁塔下方采取“之”字形路径仔细观察检查            | 714 |
| 第三节 1000kV 直流架空输电线路电磁环境控制值   | 698 | 三、在沿线保护区内巡视方法                     | 714 |
| 一、术语和定义                      | 698 | 四、特殊巡视                            | 715 |
| 二、电磁环境控制值(限值)                | 699 | 五、夜间巡视                            | 715 |
| 三、电磁环境参数测量应执行的标准规定           | 699 | 六、1000kV 交流架空输电线路常规巡视重点缺陷和问题      | 715 |
| 四、电磁环境控制值计算                  | 699 | 第三节 巡视检测中危险因素辨识及预防控制措施            | 715 |
| 第三章 1000kV 交流架空输电线路运行        | 701 | 一、巡视危险因素辨识及预控措施                   | 715 |
| 第一节 对 1000kV 交流架空输电线路运行单位要求  | 701 | 二、检测危险因素辨识及预控措施                   | 716 |
| 一、工程前期要求                     | 701 | 第四节 1000kV 交流架空输电线路巡视项目、检查项目及处理标准 | 717 |
| 二、工程投产运行后的基本要求               | 701 | 第五节 1000kV 交流架空输电线路无人机巡检          | 719 |
| 三、特殊区段的运行要求                  | 701 | 一、无人机巡检概述                         | 719 |
| 四、线路走廊保护区维护要求                | 702 | 二、国内无人直升机及无人直升机巡检技术发展现状           | 719 |
| 第二节 1000kV 交流架空输电线路巡视        | 702 | 三、无人机巡线的关键技术                      | 720 |
| 一、巡视种类                       | 702 | 四、无人机巡检的实现功能                      | 720 |
| 二、巡视要求                       | 702 | 五、无人直升机的选型                        | 720 |
| 三、地面巡视的主要内容                  | 703 | 第六节 1000kV 交流架空输电线路机器人巡检          | 721 |
| 第三节 1000kV 交流架空输电线路运行检测和监测   | 703 | 一、国内外机器人巡检技术的发展现状                 | 721 |
| 一、检测                         | 703 | 二、特高压机器人巡检线路的关键技术                 | 721 |
| 二、在线监测                       | 703 | 三、机器人巡检技术的实现                      | 721 |
| 第四节 1000kV 交流架空输电线路运行异常情况    | 705 | 第七节 直升机巡航作业方法                     | 721 |
| 一、基础                         | 705 | 一、概述                              | 721 |
| 二、铁塔                         | 705 | 二、机载巡检监测设备选型                      | 722 |
| 三、导、地线及光缆                    | 705 | 三、直升机航巡标示牌                        | 722 |
| 四、绝缘子                        | 705 | 四、直升机航巡作业检查项目及内容                  | 722 |
| 五、金具和附件                      | 707 | 五、直升机航巡操作方法                       | 723 |
| 六、接地装置                       | 707 | 六、航巡作业布置及巡视内容                     | 723 |
| 七、导、地线弧垂                     | 707 | 七、航巡飞行作业                          | 724 |
| 八、线路防护设施                     | 709 | 第八节 1000kV 交流架空输电线路智能巡检系统         | 725 |
| 第五节 缺陷管理和检修管理                | 709 | 一、概述                              | 725 |
| 一、缺陷管理                       | 709 | 二、智能巡检系统的硬件架构                     | 726 |
| 二、检修管理                       | 710 | 三、智能巡检系统功能                        | 726 |
| 第六节 技术管理                     | 710 | 四、系统使用效果                          | 727 |
| 一、运行单位技术管理基本要求               | 710 | 第九节 1000kV 交流架空输电线路通道保护           | 728 |
| 二、运行单位应具有的生产技术资料             | 711 | 一、概述                              | 728 |
| 第七节 1000kV 交流架空输电线路评级管理办法    | 711 | 二、1000kV 交流线路通道的巡视重点              | 728 |
| 一、线路评级的原则                    | 711 | 三、线路保护工作存在问题、原因分析及解决方案            | 729 |
| 二、线路评级的分类和单元划分               | 711 | 四、完善线路通道巡视及保护措施                   | 730 |
| 三、线路评级标准                     | 711 | 第五章 1000kV 交流架空输电线路故障处理           | 731 |
| 四、线路等级评级                     | 712 | 第一节 故障原因和故障巡视                     | 731 |
| 第四章 1000kV 交流架空输电线路巡视        | 713 | 一、故障信息来源和故障原因分析                   | 731 |
| 第一节 1000kV 交流架空输电线路巡视装备配置和作用 | 713 |                                   |     |
| 一、巡视装备的分类与保管                 | 713 |                                   |     |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 二、故障巡视                  | 731 |
| 第二节 风偏引发线路故障            | 732 |
| 一、飏线风的形成和主要特征           | 732 |
| 二、风偏故障巡视及判定             | 732 |
| 三、风偏故障的处理               | 732 |
| 四、风偏故障的防治               | 733 |
| 第三节 雷害引发线路故障            | 733 |
| 一、雷害故障原因及表象             | 733 |
| 二、雷害故障巡视及判定             | 734 |
| 三、雷害故障的处理               | 734 |
| 四、雷害故障的防治               | 735 |
| 第四节 冰雪灾害引发线路故障          | 735 |
| 一、冰雪灾害故障的三种形式           | 735 |
| 二、冰害故障巡视及判定             | 736 |
| 三、冰害故障的处理               | 737 |
| 四、冰害故障的防治               | 737 |
| 第五节 外力破坏引发线路故障          | 738 |
| 一、外力破坏的各种形式             | 738 |
| 二、外力破坏故障巡视及判定           | 738 |
| 三、外力破坏故障的处理             | 738 |
| 四、外力破坏故障的防治             | 739 |
| 五、鸟害的防治                 | 739 |
| 第六节 污闪故障                | 739 |
| 一、污闪原因                  | 739 |
| 二、污闪故障巡视及判定             | 740 |
| 三、污闪故障的处理               | 740 |
| 四、污闪故障的防治               | 740 |
| 第七节 线路应急抢修              | 740 |
| 一、建立线路应急抢修机制            | 740 |
| 二、应急抢修技术                | 741 |
| 第八节 线路故障处理的安全工作保障       | 743 |
| 一、故障巡视的安全措施             | 743 |
| 二、故障抢修的安全保障             | 743 |
| 第六章 1000kV 交流架空输电线路状态检测 | 745 |
| 第一节 铁塔基础检测              | 745 |
| 一、基础沉降测量                | 745 |
| 二、基础混凝土强度测量             | 745 |
| 第二节 输电线路接地装置的检查和检测      | 745 |
| 一、接地连接及外观检查             | 745 |
| 二、接地网锈蚀分析               | 746 |
| 三、接地电阻测量                | 746 |
| 四、其他测量方法介绍              | 746 |
| 五、测量方法比较                | 747 |
| 第三节 铁塔倾斜测量              | 748 |
| 一、铁塔倾斜度规定               | 748 |
| 二、测量方法                  | 748 |
| 第四节 导、地线和光缆测量           | 749 |
| 一、测量的内容与原因              | 749 |
| 二、挡端法测弧垂                | 749 |
| 三、挡外法测弧垂                | 749 |
| 四、交叉跨越及对地距离测量           | 750 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 五、刚性跳线测量                      | 751 |
| 第五节 绝缘子检测                     | 751 |
| 一、绝缘子检测的必要性                   | 751 |
| 二、绝缘子检测装置                     | 751 |
| 三、瓷绝缘子及玻璃绝缘子的检测               | 752 |
| 四、复合绝缘子的检测                    | 752 |
| 五、绝缘子盐密、灰密测量方法                | 753 |
| 六、绝缘子串倾斜值的测量                  | 754 |
| 七、1000kV 交流输电线路用悬式绝缘子劣化检测     | 755 |
| 第六节 红外测温及紫外检测技术               | 759 |
| 一、红外测温技术                      | 759 |
| 二、紫外检测技术                      | 761 |
| 第七节 检测设备及仪器仪表                 | 762 |
| 一、经纬仪                         | 762 |
| 二、全站仪                         | 762 |
| 三、绝缘电阻表                       | 763 |
| 四、接地电阻测量仪                     | 763 |
| 五、红外测温仪                       | 763 |
| 六、紫外成像仪                       | 763 |
| 七、绝缘子局部放电检测仪                  | 763 |
| 八、测高仪                         | 764 |
| 九、绝缘子盐密测试仪                    | 764 |
| 十、接地分布探测仪                     | 764 |
| 第七章 1000kV 交流架空输电线路在线监测       | 765 |
| 第一节 1000kV 交流架空输电线路在线监测管理平台系统 | 765 |
| 一、开发在线监测管理平台的重要意义             | 765 |
| 二、在线监测管理平台的技术优势               | 765 |
| 第二节 在线监测管理平台的功能模块和系统功能        | 766 |
| 一、功能模块                        | 766 |
| 二、系统功能描述                      | 766 |
| 三、前置数据接收管理                    | 773 |
| 第三节 特高压输电线路在线监测系统种类和要求        | 773 |
| 一、在线监测系统种类                    | 773 |
| 二、基本要求                        | 773 |
| 三、应用范围                        | 774 |
| 四、在线监测系统结构及功能                 | 774 |
| 第四节 导地线微风振动疲劳损伤分析             | 775 |
| 一、导地线振动的类型                    | 775 |
| 二、微风振动基本理论                    | 775 |
| 三、需要解决的技术层面                   | 776 |
| 四、现场参数                        | 776 |
| 五、监测参数及量测范围                   | 776 |
| 六、工作参数及量测范围                   | 776 |
| 七、仪器设备                        | 776 |
| 八、微风振动评价标准                    | 777 |
| 九、气象环境报警判定标准                  | 778 |
| 十、数据分析报告                      | 778 |
| 第五节 导地线舞动监测数据分析               | 780 |



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 一、导地线舞动需要解决的技术层面           | 780 |
| 二、现场参数                     | 780 |
| 三、监测参数及量测范围                | 780 |
| 四、工作参数及量测范围                | 780 |
| 五、仪器设备                     | 780 |
| 六、舞动强度判断标准                 | 780 |
| 七、数据分析报告                   | 780 |
| 第六节 覆冰与不平衡张力差监测数据分析 (含气象)  | 780 |
| 一、覆冰基本理论                   | 780 |
| 二、需要解决的技术层面                | 781 |
| 三、现场参数                     | 781 |
| 四、监测参数及量测范围                | 781 |
| 五、工作参数及量测范围                | 781 |
| 六、仪器设备                     | 781 |
| 七、风偏/覆冰厚度判断标准              | 781 |
| 八、数据分析报告                   | 781 |
| 第七节 铁塔倾斜监测数据分析             | 786 |
| 一、需解决的技术层面                 | 786 |
| 二、现场参数                     | 786 |
| 三、监测参数及量测范围                | 786 |
| 四、工作参数及量测范围                | 787 |
| 五、仪器设备                     | 787 |
| 六、铁塔倾斜判断标准                 | 787 |
| 七、数据分析报告                   | 787 |
| 八、分析结论                     | 787 |
| 第八节 图像/视频监测分析              | 788 |
| 一、需解决技术层面                  | 788 |
| 二、现场参数                     | 788 |
| 三、监测参数及量测范围                | 788 |
| 四、工作参数及量测范围                | 788 |
| 五、仪器设备                     | 788 |
| 六、数据分析报告                   | 788 |
| 第八章 1000kV 交流电气系统预防性试验     | 792 |
| 第一节 1000kV 交流电气系统预防性试验基本要求 | 792 |
| 一、预防性试验的重要意义               | 792 |
| 二、带电测试和在线监测                | 792 |
| 三、试验内容和要求                  | 792 |
| 四、试验结果分析判断                 | 792 |
| 五、其他要求                     | 793 |
| 六、进行预防性试验还应执行的标准           | 793 |
| 第二节 1000kV 交流架空输电线路        | 794 |
| 第三节 接地装置                   | 794 |
| 第四节 套管和绝缘子                 | 795 |
| 一、套管                       | 795 |
| 二、绝缘子                      | 795 |
| 三、RTV 涂料                   | 796 |
| 四、现场污秽度等级划分                | 796 |
| 第五节 电力变压器和电抗器              | 797 |
| 一、主体变压器                    | 797 |
| 二、调压补偿变压器                  | 797 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 三、变压器整体试验              | 802 |
| 四、1000kV 电抗器 (含中性点小电抗) | 802 |
| 第六节 电流互感器和电压互感器        | 804 |
| 一、GIS 用电流互感器和套管式电流互感器  | 804 |
| 二、电容式电压互感器             | 804 |
| 第七节 开关设备               | 806 |
| 一、GIS (HGIS)           | 806 |
| 二、隔离开关                 | 806 |
| 三、气体绝缘金属封闭开关设备老练试验方法   | 808 |
| 第八节 绝缘油和六氟化硫气体         | 808 |
| 一、绝缘油                  | 808 |
| 二、SF <sub>6</sub> 气体   | 809 |
| 第九节 金属氧化物避雷器           | 810 |

### 第三篇 特高压输电线路检修

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一章 士800kV 直流架空输电线路检修     | 812 |
| 第一节 士800kV 直流架空输电线路检修基本要求 | 812 |
| 一、检修管理要求                  | 812 |
| 二、计划检修                    | 812 |
| 三、检修作业要求                  | 812 |
| 四、抢修与备品备件                 | 812 |
| 五、开展带电作业和状态检修             | 812 |
| 六、检修周期                    | 812 |
| 第二节 铁塔基础与塔身检修             | 813 |
| 一、基础                      | 813 |
| 二、铁塔                      | 813 |
| 第三节 绝缘子和金具                | 813 |
| 一、绝缘子                     | 813 |
| 二、金具                      | 814 |
| 第四节 导地线及 OPGW             | 814 |
| 一、一般要求                    | 814 |
| 二、导地线 (含 OPGW) 检修项目       | 814 |
| 第五节 接地装置和附属设施             | 815 |
| 一、接地装置                    | 815 |
| 二、附属设施                    | 815 |
| 第六节 接地极及接地极线路             | 816 |
| 一、一般要求                    | 816 |
| 二、接地极及线路检修项目              | 816 |
| 第七节 大型检修和事故抢修             | 816 |
| 一、大型检修                    | 816 |
| 二、事故抢修                    | 816 |
| 第二章 1000kV 交流架空输电线路检修     | 817 |
| 第一节 1000kV 交流架空输电线路检修基本要求 | 817 |
| 一、特高压交流输电线路检修的方针和原则       | 817 |
| 二、特高压交流输电线路检修组织机构和职责      | 817 |
| 三、特高压交流输电线路检修分类           | 818 |
| 第二节 特高压交流输电线路检修前期准备       | 818 |
| 一、编写检修策划书                 | 818 |
| 二、进行技术交底和人员培训             | 818 |
| 三、检修工器具准备                 | 818 |

四、备品备件准备..... 829

五、办理工作票..... 829

第三节 特高压交流输电线路铁塔基础与铁塔检修..... 830

一、铁塔基础检修..... 830

二、铁塔检修..... 830

第四节 绝缘部件和金具检修..... 831

一、绝缘部件检修..... 831

二、金具检修..... 833

第五节 刚性跳线检修..... 834

一、刚性跳线的分类和检修内容..... 834

二、刚性跳线检修工艺要求..... 834

三、刚性管母线更换工艺..... 834

四、软跳线更换工艺..... 834

第六节 提线..... 834

一、一般线路提线..... 834

二、大跨越提线..... 835

第七节 导、地线及光缆检修..... 835

一、导、地线及光缆检修基本要求..... 835

二、导地线/光缆弧垂调整..... 836

三、导地线/光缆补修..... 837

四、导地线覆冰除冰新技术..... 837

第八节 防护设施与附属设施检修..... 837

一、防护设施检修..... 837

二、附属设施检修..... 837

第九节 材料运输..... 838

一、长串复合绝缘子运输..... 838

二、金具运输..... 838

三、瓷质绝缘子运输..... 838

四、工器具运输..... 838

第十节 检修质量保证措施和检修质量管理..... 838

一、检修质量管理总体要求..... 838

二、常规检查项目统计..... 838

三、大修技改质量检验..... 839

第十一节 检修安全管理..... 841

一、一般要求..... 841

二、安全措施..... 842

三、安全文明生产..... 842

四、环境保护..... 842

第十二节 检修信息管理..... 842

第十三节 检修安全技术..... 843

一、概述..... 843

二、检修作业危险源辨识及控制应对措施..... 843

三、保证检修安全的技术措施..... 843

四、突发事件应急响应..... 846

五、1000kV 特高压交流静电防护服..... 847

六、导线保护绳..... 847

七、接地线装置..... 848

八、自锁器..... 848

九、1000kV 专用非接触式验电器..... 849

十、个人保安线..... 850

十一、个人安全装备..... 850

第三章 士800kV 直流输电线路带电作业..... 851

第一节 士800kV 直流输电线路带电作业一般要求..... 851

一、人员要求..... 851

二、制度要求..... 851

三、气象条件要求..... 851

四、其他要求..... 851

第二节 士800kV 架空直流输电线路带电作业技术要求..... 851

一、地电位作业..... 851

二、等电位作业..... 851

三、中间电位作业..... 852

四、进出等电位..... 852

五、电位转移..... 852

第三节 带电作业安全防护措施和作业中的注意事项..... 852

一、带电作业安全防护措施..... 852

二、作业中的注意事项..... 852

第四节 带电作业工具的使用、试验、运输和保管..... 853

一、带电作业工具的正确使用..... 853

二、带电作业工具的试验..... 853

三、带电作业工具的运输与保管..... 853

第四章 1000kV 架空交流输电线路带电作业..... 854

第一节 1000kV 交流架空输电线路带电作业的可行性和安全距离..... 854

一、国网电力科学研究院 1000kV 带电作业研究取得成果..... 854

二、带电作业时的过电压..... 854

三、安全距离和组合间隙..... 854

第二节 我国 1000kV 交流架空输电线路带电作业实践进程..... 859

一、2008 年..... 859

二、2009 年..... 859

三、2010 年..... 860

四、2011 年..... 860

第三节 1000kV 架空交流输电线路带电作业一般要求..... 861

一、人员要求..... 861

二、制度要求..... 861

三、气象条件要求..... 861

四、其他要求..... 861

五、1000kV 交流架空输电线路带电作业工器具要求..... 861

第四节 1000kV 架空交流输电线路带电作业技术要求..... 864

一、地电位作业..... 864

二、等电位作业..... 864

三、加装保护间隙的作业..... 864

四、电位转移..... 865

五、进出等电位..... 865

六、直升机带电水冲洗绝缘子..... 865



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第五节 带电作业安全防护措施和作业中的注意      |     |
| 事项                         | 865 |
| 一、带电作业中的安全防护措施             | 865 |
| 二、带电作业中的注意事项               | 866 |
| 第六节 带电作业工器具的试验、运输和保管       | 866 |
| 一、带电作业工器具的试验               | 866 |
| 二、带电作业工器具的运输与保管            | 867 |
| 第五章 1000kV 交流系统用静电防护服装     | 868 |
| 第一节 1000kV 交流系统用静电防护服装的用途和 |     |
| 选用                         | 868 |
| 一、用途                       | 868 |
| 二、选用                       | 868 |
| 三、标志                       | 868 |
| 四、包装                       | 868 |
| 第二节 对 1000kV 交流系统用静电防护服装衣料 |     |
| 和成衣的技术要求                   | 868 |
| 一、衣料                       | 868 |
| 二、成衣                       | 869 |
| 第三节 1000kV 交流系统用静电防护服装试验   | 869 |
| 一、外观检查                     | 869 |
| 二、衣料电阻试验                   | 869 |
| 三、衣料屏蔽效率试验                 | 870 |
| 四、断裂强度和断裂伸长率试验             | 870 |
| 五、透气性能试验                   | 871 |
| 六、耐磨试验                     | 871 |
| 七、耐洗涤试验                    | 871 |
| 八、防水试验                     | 872 |
| 九、成衣屏蔽效果试验                 | 872 |
| 十、导电鞋电阻试验                  | 873 |
| 第四节 1000kV 交流系统用静电防护服装检验   |     |
| 规则                         | 873 |
| 一、型式试验                     | 873 |
| 二、抽样试验                     | 873 |
| 三、出厂试验                     | 873 |
| 第六章 1000kV 交流系统用非接触式验      |     |
| 电器                         | 875 |
| 第一节 非接触式验电器用途和分类           | 875 |
| 一、用途                       | 875 |
| 二、分类                       | 875 |
| 三、验电器的标志符号和标志内容            | 875 |
| 四、储存                       | 875 |
| 第二节 1000kV 非接触式验电器技术要求     | 875 |
| 一、一般要求                     | 875 |
| 二、气象条件要求                   | 875 |
| 三、功能要求                     | 875 |
| 四、机械特性要求                   | 876 |
| 第三节 1000kV 非接触式验电器外观检查和功能  |     |
| 试验                         | 876 |
| 一、外观检查                     | 876 |
| 二、电磁兼容试验                   | 876 |
| 三、启动阈值试验                   | 876 |
| 四、抗干扰试验                    | 876 |
| 五、清晰可辨性试验                  | 877 |
| 六、响应时间试验                   | 878 |
| 七、电源检测及指示试验                | 878 |
| 八、自检功能试验                   | 878 |
| 九、额定工作时间试验                 | 878 |
| 十、抗冲击试验                    | 878 |
| 十一、抗振动试验                   | 878 |
| 第四节 1000kV 非接触式验电器检验规则     | 878 |
| 一、型式试验                     | 878 |
| 二、出厂试验                     | 878 |
| 三、包装和运输                    | 879 |
| 第七章 1000kV 交流电力系统带电作业工具、   |     |
| 装置和设备预防性试验                 | 880 |
| 第一节 带电作业工具、装置和设备预防性试验基本    |     |
| 要求                         | 880 |
| 一、预防性试验的作用                 | 880 |
| 二、预防性试验的一般程序               | 880 |
| 三、试验结果判断与合格标志              | 880 |
| 四、对制作 1000kV 带电作业工具、装置和设备的 |     |
| 材料规定                       | 880 |
| 第二节 1000kV 带电作业绝缘工具的预防性试验  | 880 |
| 一、绝缘支、拉（吊）杆                | 880 |
| 二、绝缘托瓶架                    | 881 |
| 三、绝缘操作杆                    | 882 |
| 四、绝缘软梯                     | 882 |
| 五、绝缘绳索类工具                  | 883 |
| 六、绝缘滑车                     | 883 |
| 第三节 1000kV 带电作业承力工具预防性试验   | 884 |
| 一、绝缘子卡具                    | 884 |
| 二、液压紧线器                    | 884 |
| 三、绝缘起重机具                   | 884 |
| 四、紧线卡线器                    | 885 |
| 第四节 1000kV 带电作业防护用具预防性试验   | 885 |
| 一、屏蔽服装                     | 885 |
| 二、静电防护服装                   | 886 |
| 第五节 1000kV 带电作业装置和设备预防性    |     |
| 试验                         | 886 |
| 一、接地及接地短路装置                | 886 |
| 二、验电器                      | 886 |
| 第八章 带电作业安全工作规定             | 887 |
| 第一节 一般要求                   | 887 |
| 一、带电作业适用范围                 | 887 |
| 二、带电作业应在良好天气下进行            | 887 |
| 三、谨慎使用带电作业新工具和实施带电作业       |     |
| 新项目                        | 887 |
| 四、带电作业中执行工作票制度             | 887 |
| 五、带电作业中特殊情况的应对             | 888 |
| 六、带电作业方式分类                 | 889 |
| 七、带电作业现场踏勘                 | 889 |
| 八、其他规定                     | 889 |