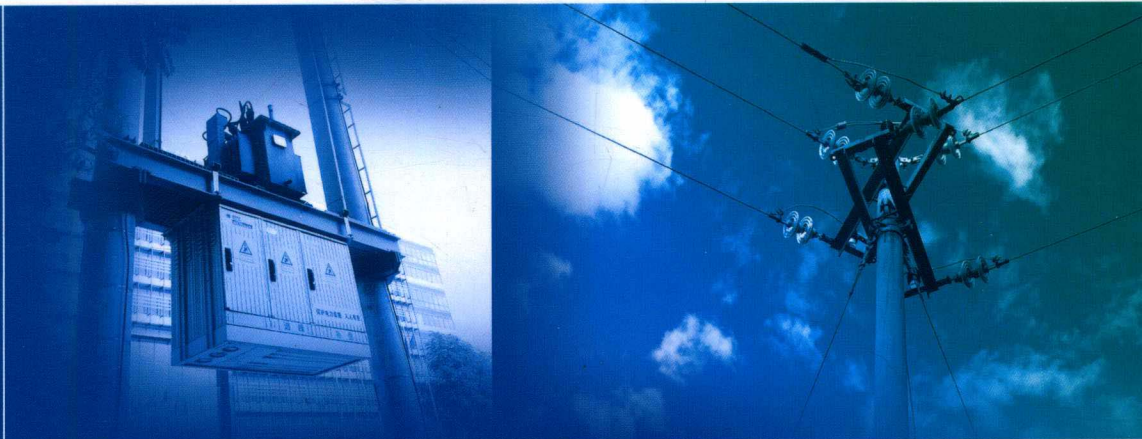




中国电力教育协会审定
《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材



配电网设备状态检修 试验方法及诊断技术

国网湖南省电力有限公司电力科学研究院 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力教育协会审定
《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材

配电网设备状态检修 试验方法及诊断技术

国网湖南省电力有限公司电力科学研究院 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为进一步开展好电力设备状态检修工作,推动带电检测、电气试验在生产班组普及应用,以提高巡检效率、加强状态监测、完善诊断技术为主旨,国网湖南省电力有限公司电力科学研究院特组织编写了本书。

本书共包括 13 章,包括架空线路、柱上真空开关、柱上 SF₆ 断路器、柱上隔离开关、跌落式熔断器、金属氧化物避雷器、并联电容器、高压计量箱、配电变压器、开关柜、电缆线路、电缆分支箱、构筑物及外壳。全书突出岗位能力为核心,突出技术实用性和操作指导性,由浅入深,涵盖了电气试验新标准、新规程和新技术,对实际工作具有较强的指导意义。

本书可供从事配电网设备运行维护人员阅读,也可供中高职院校电力系统及供用电技术等专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

配电网设备状态检修试验方法及诊断技术/周卫华主编;国网湖南省电力有限公司电力科学研究院组编。—北京:中国电力出版社,2019.3

ISBN 978-7-5198-2442-6

I. ①配… II. ①周… III. ①配电系统-电力设备-检修-试验方法 ②配电系统-电力设备-检修-诊断技术 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 218259 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)

责任校对:黄 蓓 郝军燕

装帧设计:张俊霞 赵丽媛

责任印制:石 雷

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2019 年 3 月第一版

印 次:2019 年 3 月北京第一次印刷

开 本:710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张:27.5

字 数:415 千字

印 数:0001—1500 册

定 价:118.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换

《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会

主任 王志轩

副主任 赵一农 张志锋 张成松 吴国青

委员 (按姓氏笔画排序)

王成山 王立新 白凤英 吕益华 刘永东

刘广峰 李有铖 李庚银 吴志力 黄成刚

盛万兴 董旭柱

《配电网建设改造行动计划》教材编审委员会

(按姓氏笔画排序)

主任 张志锋

副主任 王成山 王立新 曹爱民 盛万兴

委员 于辉 支叶青 王承玉 王焕金 宁昕

刘永东 刘润生 刘广峰 刘长林 孙竹森

杜红卫 杨大为 杨卫红 李有铖 李海

李宏伟 林涛 赵海翔 赵江河 胡滨

侯义明 徐纯毅 郭力 彭江 董旭柱

童瑞明 樊全胜 冀明

本书编委会

主任 周卫华

副主任 齐飞 叶会生

委员 周恒逸 赵邈 万代 毛柳明 刘赞
陈超强 刘定国 江岳 黄耀旗 由凯

本书编写人员名单

主编 万代

副主编 周恒逸 赵邈

编写人员 段绪金 彭涛 彭思敏 邹一梅 邓庭
方向 黄超文 孙飞 许武 罗晶

总前言

为贯彻落实中央“稳增长、调结构、促改革、惠民生”有关部署，加快配电网建设改造，推进转型升级，服务经济社会发展，国家发展改革委、国家能源局于2015年先后印发了《关于加快配电网建设改造的指导意见》（发改能源〔2015〕1899号）和《配电网建设改造行动计划（2015—2020年）》（国能电力〔2015〕290号），动员和部署实施配电网建设改造行动，进一步加大建设改造力度，建设一个城乡统筹、安全可靠、经济高效、技术先进、环境友好的配电网设施和服务体系。

为配合《配电网建设改造行动计划（2015—2020年）》的实施，保证相关政策和要求落实到位，进一步提升电网技术人员的素质与水平，建设一支坚强的技术人才队伍，中国电力教育协会自2016年开始，组织修编和审定一批反映配电网技术升级、符合职业教育和培训实际需要的高质量的培训教材，即《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材。

中国电力教育协会专门成立了《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会、教材编审委员会，并根据配电网特点与培训实际在教材编审委员会下设规划设计、配电网建设、运行与维护、配电自动化、分布式电源与微网、新技术与新装备、标准应用和专项技能8个专业技术工作组，主要职责为审定教材规划、目录、教材编审委员会名单、教材评估标准，推进教材专家库的建设，促进培训教材推广应用。委员主要由国家能源局、中国电力企业联合会、国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司等相关电力企业（集团）人力资源、生产、培训等管理部门、科研机构、高等院校以及部分大型装备制造企业推荐组成。常设服务机构为教材建设委员会办公室，由中国电力教育协会联合国网技术学院、中国南方电网有限责任公司教育培训评价中心和中国电力

出版社相关工作人员组成，负责日常工作的组织实施。

为规范《配电网建设改造行动计划》教材编审工作，中国电力教育协会组织审议并发布了《中国电力教育协会〈配电网建设改造行动计划〉教材管理办法》和《中国电力教育协会〈配电网建设改造行动计划〉教材编写细则》，指导和监督教材规划、开发、编写、审定、推荐工作。申报教材类型分为精品教材、修订教材、新编教材和数字化教材。于2016~2020年每年组织一次教材申报、评审及教材目录发布。中国电力教育协会定期组织教材编审委员会对已立项选题教材进行出版前审核，并报教材建设委员会批准，满足教材审查条件并通过审核的教材作为“《配电网建设改造行动计划》技术培训系列教材”发布。在线申报/推荐评审系统为中国电力出版社网站<http://www.cepp.sgcc.com.cn>，邮件申报方式为 pdwjc@sgcc.com.cn，通知及相关表格也可在中国电力企业联合会网站技能鉴定与教育培训专栏下载。每批通过的项目会在该专栏以及中国电力出版社网站上公布。

本系列教材是在国家能源局的技术指导下，中国电力企业联合会的大力支持和国家电网有限公司、南方电网公司等以及相关电力企业集团的积极响应下组织实施的，凝聚了全行业专家的经验 and 智慧，汇集和固化了全国范围内配电网建设改造的典型成果，实用性强、针对性强、操作性强。教材具有新形势下培训教材的系统性、创新性和可读性的特点，力求满足电力教育培训的实际需求，旨在开启配电网建设改造系列培训教材的新篇章，实现全行业教育培训资源的共享，可供广大配电网技术工作者借鉴参考。

当前社会，科学技术飞速发展，本系列教材虽然经过认真的编写、校订和审核，仍然难免有疏漏和不足之处，需要不断地补充、修订和完善。欢迎使用本系列教材的读者提出宝贵意见和建议，使之更臻成熟。

中国电力教育协会

《配电网建设改造行动计划》教材建设委员会

2017年12月

前 言

为进一步开展好电力设备状态检修工作，推动带电检测、电气试验在生产班组普及应用，以提高巡检效率、加强状态监测、完善诊断技术为主旨，国网湖南省电力有限公司电力科学研究院特组织编写了《配电网设备状态检修试验方法及诊断技术》。

本书以 Q/GDW 1643—2015《配网设备状态检修试验规程》、Q/GDW 745—2012《配电网设备缺陷分类标准》、DL/T 664—2016《带电设备红外诊断应用规范》等规程、标准为依据，编制目的是既为供电企业所属一线员工在巡检、例行试验、诊断性试验中提供直观的参考与指南，也为推进培训工作由理论灌输向能力培养转型、提高培训的针对性和有效性、全面提升员工队伍素质提供可靠理论支撑。

本书编者均为常年奋战在一线的技术骨干，熟悉设备情况、熟知带电检测及常规电气试验方法。全书章节内容围绕试验目的、试验原理、试验方法、规程要求、注意事项、试验异常数据分析等方面对相关试验项目进行描述，重点突出试验中的注意事项和试验异常数据分析。书中所编写的各类配电网设备状态检修试验方法与诊断案例分析都是编者从自身工作经验中总结提炼出来的，在原有试验方法基础上具有创新突破性，图文并茂，是适合一线工作人员阅读及培训的最佳专业书籍。

本书共包括 13 章，涵盖 13 类配电网主设备状态检修试验与诊断技术，万代主要编写第 1 章、第 2 章和第 9 章，周恒逸主要编写第 3 章，赵逸主要编写第 4 章，段绪金、许武主要编写第 5 章，彭涛、彭思敏主要编写第 6 章，邹一梅主要编写第 7 章，黄超文主要编写第 8 章，孙飞主要编写第 10 章，方向主

要编写第 11 章，邓庭主要编写第 12 章，罗晶主要编写第 13 章，全书由万代负责组织编著，齐飞总体审核把关，周恒逸、赵邈协助文稿修改。

本书具有通俗易懂，紧贴实战等特点。在编写原则上，全书突出岗位能力为核心，突出技术实用性和操作指导性，由浅入深，涵盖了电气试验新标准、新规程和新技术，对实际工作有很强的指导意义。本书可供从事配电网设备运行维护人员阅读，也可作为中高职院校电力系统及供用电技术等专业人员的参考资料。

由于编者自身认识水平和编写时间的局限性，书中难免存在疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

2018 年 10 月

目 录

总前言

前言

第 1 章 架空线路	1
1.1 巡检试验.....	2
1.2 诊断案例分析.....	30
复习题.....	44
参考文献.....	44
第 2 章 柱上真空开关	45
2.1 巡检试验.....	46
2.2 绝缘电阻测试.....	56
2.3 检查与维护.....	63
2.4 交流耐压试验.....	65
2.5 主回路电阻值测试.....	71
2.6 诊断案例分析.....	75
复习题.....	84
参考文献.....	84
第 3 章 柱上 SF₆ 断路器	85
3.1 巡检试验.....	86

3.2	绝缘电阻测试	92
3.3	检查与维护	92
3.4	交流耐压试验	93
3.5	气体密封测试	93
3.6	主回路电阻值测试	96
3.7	诊断案例分析	96
	复习题	98
	参考文献	98
第 4 章	柱上隔离开关	99
4.1	巡检试验	100
4.2	绝缘电阻测试	106
4.3	检查与维护	109
4.4	回路电阻测试	111
4.5	诊断案例分析	114
	复习题	120
	参考文献	121
第 5 章	跌落式熔断器	122
5.1	巡检试验	123
5.2	绝缘电阻测试	128
5.3	诊断案例分析	129
	复习题	135
	参考文献	135
第 6 章	金属氧化物避雷器	137
6.1	巡检试验	138
6.2	绝缘电阻测量	146
6.3	直流 1mA 参考电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流	149

6.4 诊断案例分析	153
复习题	163
参考文献	163
第7章 并联电容器	164
7.1 巡检试验	165
7.2 绝缘电阻测量	172
7.3 电容量测量	175
7.4 诊断案例分析	181
复习题	182
参考文献	182
第8章 高压计量箱	183
8.1 巡检试验	184
8.2 本体及二次回路绝缘电阻测试	193
8.3 耐压试验	198
8.4 诊断案例分析	204
复习题	214
参考文献	214
第9章 配电变压器	215
9.1 巡检试验	216
9.2 绝缘电阻测试	226
9.3 绕组直流电阻测试	231
9.4 绝缘油耐压测试	238
9.5 绕组各分接位置电压比测试	241
9.6 空载电流和空载损耗测试	247
9.7 交流耐压测试	258
9.8 诊断案例分析	265

复习题	279
参考文献	279
第 10 章 开关柜	281
10.1 巡检试验	283
10.2 绝缘电阻测试	296
10.3 主回路电阻测试	298
10.4 交流耐压试验	299
10.5 动作特性及操动机构检查和测试	302
10.6 连跳、“五防”检查	307
10.7 二次回路检查	308
10.8 诊断案例分析	310
复习题	319
参考文献	320
第 11 章 电缆线路	321
11.1 巡检试验	323
11.2 绝缘电阻测试	337
11.3 交流耐压测试	343
11.4 相位检查	355
11.5 铜屏蔽层电阻和导体电阻比 (R_p/R_x)	358
11.6 局部放电测试	362
11.7 诊断案例分析	369
复习题	397
参考文献	398
第 12 章 电缆分支箱	399
12.1 巡检试验	400
12.2 绝缘电阻测试	408

12.3 交流耐压试验	409
12.4 诊断案例分析	410
复习题	415
第 13 章 构筑物及外壳	416
13.1 巡检试验	417
13.2 诊断案例分析	421
复习题	422
参考文献	423

▶▶ 第 1 章

架空线路

架空线路目前是我国配电网中一种非常主要的传输结构，能够有效地将电能供应到各个地区。架空线路包括通道、杆塔（基础）、导线、铁件、金具、绝缘子、拉线、接地装置及附件等部件，见图 1-1。

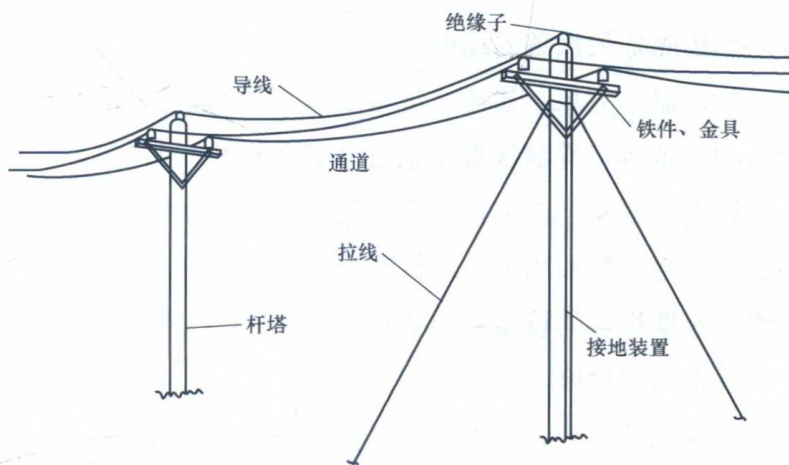


图 1-1 架空线路

依据 Q/GDW 1643—2015《配网设备状态检修试验规程》，架空线路巡检试验项目主要有：

- (1) 通道巡检。
- (2) 杆塔巡检。
- (3) 导线巡检。

- (4) 铁件、金具巡检。
- (5) 绝缘子巡检。
- (6) 拉线巡检。
- (7) 附件巡检。
- (8) 接地装置巡检。
- (9) 导线接续管、导线连接线夹等红外测温。
- (10) 拉线棒检查。
- (11) 接地装置试验及检查。
- (12) 导线检查。

1.1 巡 检 试 验

巡检是为获取设备状态量而定期进行的巡视、检查和带电检测。巡检人员在设备运行期间按照各类设备的巡检标准、运行参数以及巡检周期进行巡检，对特殊天气（如高温、大风、雷雨、冰雪等）、保电运行、满负荷运行、大修之后重新投运的设备等特殊情况下要酌情加强设备巡检（特巡），针对设备的巡检要点必须进行重点巡检。在巡检中要求巡检人员能熟练操作各类巡检设备，熟悉设备的正常运行参数和相关技术标准要求，并详细记录设备巡检情况。设备管理者可通过长期积累的设备巡检数据综合分析、诊断和判定设备的健康水平，有效开展设备状态检修。

架空线路巡检包括巡视、红外测温、接地装置试验等。

1.1.1 架空线路巡视项目

巡视项目包括通道巡视，杆塔和基础巡视，导线巡视，铁件、金具、绝缘子、附件巡视，拉线巡视等内容。

1. 巡视的主要内容

(1) 通道巡视的主要内容。

1) 线路保护区内有无易燃、易爆物品和腐蚀性液（气）体。

2) 导线对地, 对道路、公路、铁路、索道、河流、建(构)筑物等的距离是否符合 Q/GDW 1519—2014《配电网运维规程》附录 C 的相关规定, 有无可能触及导线的铁烟囱、天线、路灯等。

3) 有无可能被风刮起危及线路安全的物体(如金属薄膜、广告牌、风箏等)。

4) 线路附近的爆破工程有无爆破手续, 其安全措施是否妥当。

5) 防护区内栽植的树(竹)情况及导线与树(竹)的距离是否符合规定, 有无蔓藤类植物附生威胁安全。

6) 是否存在对线路安全构成威胁的工程设施(施工机械、脚手架、拉线、开挖、地下采掘、打桩等)。

7) 是否存在电力设施被擅自移作它用的现象。

8) 线路附近是否出现高大机械、揽风索及可移动设施等。

9) 线路附近有无污染源。

10) 线路附近河道、冲沟、山坡有无变化, 巡视、检修时使用的道路、桥梁是否损坏, 是否存在江河泛滥及山洪、泥石流对线路的影响。

11) 线路附近有无修建的道路、码头、货物等。

12) 线路附近有无射击、放风筝、抛扔杂物、飘洒金属和在杆塔、拉线上拴牲畜等。

13) 有无在建、已建违反《电力设施保护条例》及《电力设施保护条例实施细则》的建(构)筑物。

14) 通道内有无未经批准擅自搭挂的弱电线路。

15) 有无其他可能影响线路安全的情况。

(2) 杆塔和基础巡视的主要内容。

1) 杆塔是否倾斜、位移, 是否符合 SD 292—1988《架空配电线路及设备运行规程》相关规定, 杆塔偏离线路中心不应大于 0.1m, 混凝土杆倾斜不应大于 15/1000, 杆塔倾斜度不应大于 0.5% (适用于 50m 及以上高度铁塔) 或 1.0% (适用于 50m 以下高度杆塔), 转角杆不应向内角倾斜, 终端杆不应向导线侧倾斜, 向拉线侧倾斜应小于 0.2m。