

配电网防雷技术

李景禄 著



科学出版社

配电网防雷技术

李景禄 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了配电网结构特点、中性点接地方式,讨论了影响配电网的雷电过电压及其危害,讨论了配电网防雷存在的主要问题,深入系统地探讨了配电网防雷技术与方法;此外,还介绍了作者及其科研团队 30 年来在配电网防雷方面取得的一系列研究成果和工程经验,以及开发研制的防雷产品和防雷技术;最后,讨论了配电网防雷的计算与试验技术。

本书在保持学术价值的同时强调通俗性、易读性、实用性和为现场服务的特点。全书结合大量的配电网雷害事故案例和防雷工程案例进行理论分析、理论探讨,并联系实际给出配电网防雷技术方案,深入浅出地分析了配电网防雷的理论问题。

本书可供配电网防雷专业的科研人员、工程技术人员和生产管理人员阅读,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

配电网防雷技术/李景儒著. —北京:科学出版社, 2014

ISBN 978-7-03-031749-1

I. ①配… II. ①李… III. ①配电系统—防雷—技术 IV. ①TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 198921 号

责任编辑:裴 育 / 责任校对:钟 洋 朱光兰

责任印制:肖 兴 / 封面设计:蓝正设计

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 9 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 9 月第一次印刷 印张:27 3/4

字数:542 000

定价:95.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



李景禄，男，1955年4月生，河南省确山县人。1982年毕业于华中工学院高电压技术及设备专业。现为长沙理工大学教授、教授级高级工程师、硕士生导师，高电压技术研究所所长，高电压与绝缘专业硕士点学术带头人；湖南省电机工程学会高压专委会委员，湖南省安全生产专家委员会专家。有20多年的电力系统工作经验；在电力系统中从事过多年现场生产管理、技术管理、安全管理、科研开发和公司经营管理。对高电压技术、现场试验检修、配电网技术、电力系统防雷接地技术进行了30多年的系统研究。开发了ZX B系列自动跟踪消弧装置、JKSC配电网无功补偿装置、GPF-94高效膨润土降阻防腐剂、PKJ-10/35型配电网镀铜球型可调过电压保护装置、FLJ-110/220输电线路过电压保护器、FRC-1型输电线路侧向避雷针、JZ-1型智能绝缘子快速检测仪、SZ-10/35型特种防雷变压器、YPJ系列无人值班变电站音频监控装置、智能配电网电容电流测试仪、多功能接地参数测试仪、TFL-2011型天线系统直击雷防护装置等系列防雷产品和监控装置。对防雷接地工程、配电网工程及高压电气设备试验与状态诊断进行了深入的研究。与全国40多家防雷接地公司和科研单位有过合作，完成了多项防雷接地项目。从1985年起在全国范围完成了多项科研项目 and 工程项目，取得多项科研成果。著有《实用电力接地技术》、《实用配电网技术》、《电力系统防污闪技术》等10余部技术专著。在国内外发表科技论文200余篇，其中核心期刊论文100余篇。2003年以来陆续获得国家专利30余项。

邮箱: lijinglucslx@163.com; lijinglucslx@126.com

电话: 0731-82618128; 13787104968

地址: 湖南省长沙市赤岭路45号长沙理工大学电气与信息工程学院

邮编: 410076

前 言

雷电是一种自然放电现象。由于雷电放电是在极短的时间内释放出巨大的能量，形成的大电流和高电压具有极强的破坏力，给人类的日常活动带来了极大的影响和安全威胁。随着全球气候变暖，各种异常天气和自然灾害频繁，雷电对人类的影响日益增大，特别是对电网的影响更为严重。雷电对电网的影响主要是使绝缘击穿、线路跳闸、设备被雷电打坏等。据统计，配电网中有 60% 以上的事故是由雷电引起的，雷害事故给我国配电网造成的损失每年高达数百亿元。配电网是直接向广大用户分配电能的网络，因而配电网雷害直接影响广大电力用户。配电网雷害对用户的影响主要表现在以下两个方面：一是配电网雷害造成的跳闸，影响用户的供电可靠性；二是由配电线路侵入的雷电过电压，打坏用户电气设备，特别是当前雷达站、微波站、移动通信站、智能大楼和发电厂、变电所等重要场所大量使用了微型计算机技术、自动控制技术和通信技术，这些电子设备的微电子元件，对雷电干扰极为敏感，极容易受到雷电磁脉冲和浪涌电压的干扰而被破坏，导致这些重要场所雷害事故频发。雷电对人类的影响无处不在，从生活起居，到电信、交通等多个领域都受到雷电的影响，雷害已给国民经济和人类的生命安全带来极大的威胁。

作者在电力系统从事了 20 多年的高电压专业技术工作，其中防雷接地是主要工作内容，从发电厂、变电所的防雷接地，到输电线路的防雷接地；从配电设备的防雷接地，到微波通信系统的防雷接地；从防雷接地工程设计、防雷改造及防雷装置的运行管理，到雷害事故分析、防雷技术的监督和管理，都进行了大量、系统的工作。其间对配电网防雷技术进行了系统的理论研究和应用研究，积累了丰富的实践经验和系统的理论知识，取得了防雷接地方面丰硕的科技成果和工程经验。

作者于 2001 年由电力部门调到长沙理工大学从事教学和科研工作，其中防雷接地是主要研究方向。由作者牵头组成的高电压科研团队自 2002 年以来分别与河南、湖南、湖北、浙江、江西、江苏、福建、安徽、广东、重庆、广西、贵州、山西等地电力部门及企业进行了长期的科研合作，对配电网防雷进行了多层次、全方位的研究。其中包括与国家电网福建省电力有限公司合作的福建电网防雷接地项目；与国家电网河南省电力公司漯河供电公司、濮阳供电公司、信阳供电公司合作的电网防雷和接地项目；与国家电网安徽省电力公司池州供电公司合作的池州电网防雷项目；与国家电网湖南省电力公司合作的配电网防雷和接地项

目；与国家电网浙江省电力公司丽水电业局合作的丽水电网防雷接地项目；与中国南方电网广东电网公司韶关供电局合作的山区电网防雷和接地项目；与中国南方电网广西电网公司钦州郊区供电公司合作的配电网防雷项目；与山西阳煤集团、山西焦煤集团合作的煤矿电网防雷项目；与中国铁建第四勘察设计院合作的电气化铁路防雷项目。这些项目从配电网雷击闪络概率、雷击建弧率、雷击跳闸率的机理分析到配电网现有防雷措施进行了系统的理论研究、现场试验和实验室试验。经研究得出了降低雷击闪络率，降低雷击建弧率，对配电线路设置特殊进线段保护以防止线路来波对变电所主设备的影响，对配电变压器进行精细防雷保护等多项配电网防雷技术措施。经研究提出了配电网差异性防雷和配电设备精细保护的方法。经研究开发研制了配电网故障智能诊断控制装置（智能重合闸）；DTJ 系列配电网中性点动态智能接地方法与成套装置；智能型配电型线路绝缘检测仪；配电网可调过电压保护间隙；“双曲折、高耐雷、低传递”防雷变压器；多功能接地参数测试仪；TFL 系列天线直击雷保护装置；多功能组合式二次电缆防雷与等电位保护装置等多项防雷专利产品。在对配电网防雷进行的 30 多年的持续研究中作者和科研团队发表了 200 多篇科技论文，取得了多项科研成果，攻克了一系列的防雷技术难题，申报了数十项国家专利，开发研制了一系列的配电网防雷接地产品和技术。这些配电网防雷接地技术和产品的推广应用有效降低了配电网的雷害事故，较大地提高了配电网的防雷水平，促进了配电网防雷技术的进步。本书内容主要来源于这些项目的研究报告和研究成果。

作者与 40 多家防雷公司进行过合作，为这些公司提供技术支持和防雷产品的推广应用，进行防雷设计、试验、技术咨询和技术服务。在全国范围内进行了大量的防雷接地工程设计和防雷接地改造工作，主要包括：葛洲坝水电站接地改造；民丰 500kV 变电站接地改造；天荒坪抽水储能水电站接地改造；湖南空管云朝山雷达站电源防雷改造；新安江白沙微波站防雷接地改造；临颖 35kV 线路防雷改造；五峰县广播电视塔转台防雷改造；重庆市配电网防雷改造；山西阳煤电网防雷改造；山西焦煤汾西电网防雷改造等大量的防雷接地工程。这些工程通过改造取得了较好的防雷效果。在工程实践中积累了大量的工程实践经验，这些工程经验同时也为一些理论的验证提供了实践依据，对防雷理论的更新和完善起到了促进作用。本书内容也来源于这些工程积累和工程实践。

作者在长期从事的防雷工作中，参与了大量的雷害事故分析，特别是一些典型的雷害事故分析，如 2005 年上海宝钢化工公司雷害事故、2006 年国电公司牛毛大山风电厂雷害事故、2012 年山西汾西矿业的柳林 110kV 变电站雷害事故、2013 年山西西山矿业 110kV 屯兰变雷害事故的调研与分析。此外，还有广西、浙江、福建、河南、安徽等地的一些输配电系统和用户的雷害事故的分析。这为研究雷害事故的机理、防雷措施存在的问题，以及目前在防雷方法和技术上存在

的问题提供了现场依据,也为开展防雷研究提供了丰富的现场资料。这些雷害事故的分析资料也为本书的写作提供了支持。

作者多次应邀到电力企业和工矿企业举办防雷讲座和防雷技术专题研讨会。通过这些防雷讲座和防雷专题研讨会,对配电网防雷的理论和研究成果进行了宣传和推广,为企业培养了大量的防雷专业技术骨干,促进了人才培养,降低了配电网雷害事故,促进了配电网防雷领域的科技进步。通过这些防雷讲座和防雷专题研讨会,促进了作者防雷知识的系统化和理论化,使作者了解和收集了大量的配电网防雷方面的信息,发现了配电网防雷中存在的问题和急需解决的问题。这些为作者和科研团队对配电网的研究提供了依据,同时也为本书的写作提供了丰富的现场资料。

全书共八章,第一章介绍配电网的电压等级和配电设备;第二章讨论配电网的中性点接地方式;第三章分析影响配电网的雷电过电压,着重讨论感应雷过电压对配电网的影响;第四章着重探讨配电网在防雷方面存在的问题,讨论典型的雷害事故,重点研究配电线路、配电设备和配电所在防雷上存在的问题及雷害事故分析;第五、六章详细介绍作者近30年在配电网防雷上的研究成果,主要有配电网防雷的系列措施、防雷技术和防雷产品及其应用;第七章主要介绍GKJ系列轨道交通架空接触网用可调式过电压保护装置;第八章主要讨论配电网关于防雷方面的计算和试验。

本书是作者30年来从事防雷工作的经验总结,也是作者30年来在配电网防雷方面科研成果的总结。本书书稿从2008年开始动笔历时六年多,倾注了作者大量的心血,无论在繁忙的教学与科研的间隙,还是在节假日期间,作者都在进行写作。为了能够全面反映配电网防雷方面的技术,在写作过程中参考了国内外近年来在防雷领域的大量书籍、资料、研究成果和相关的国家标准和行业规程、标准,经过反复修改,力求最大限度地、全面地反映配电网防雷方面的研究成果和技术进步。本书在保持学术价值的同时强调通俗、易懂、实用的特点。全书结合大量的配电网防雷工程案例进行理论分析、理论探讨,并联系实际给出配电网防雷解决方案,深入浅出地分析了配电网防雷的理论问题。本书的写作目的是:为科研服务、为现场服务、为生产服务,尽可能地反映现场实际,以期对培养防雷工程专业的技术人才和从事防雷工作的工程技术人员有所帮助,为促进配电网防雷技术进步,保证配电网防雷安全起到一定的推动作用。

电力系统和企业的许多同仁和朋友参与了作者及其科研团队进行的一系列配电网防雷的科研工作。其中,长沙信长电力科技有限公司张春辉高工;中原工学院姜宏伟副教授;国家电网福建省电力有限公司电科院林冶书记、运检部于建龙副主任;国家电网河南省电力公司郑瑞臣主任;国家电网河南省电力公司漯河供电公司李青山总经理、程凤鸣总工程师、张辉主任、陶凤源副主任;国家电网河

南省电力公司濮阳供电公司赵庆喜主任；国家电网江西省电力公司运检部余仁山副主任；国家电网浙江省电力公司丽水电业局杨成钢总工程师；中国南方电网有限责任公司谭琼副主任、李志强处长、刘洋海高工；中国南方电网广州电力设计院刘志勇副院长；中国南方电网广东电网公司陈小练工程师；中国铁建第四勘察设计院电气化处周求定高工；山西阳煤集团机电处李燕处长；山西焦煤集团西山矿业王建亮副总工程师；广州中光电子科技有限公司邱续东经理；山西省气象局雷电防护监测中心郝孝智主任；湖南省防雷中心王智刚主任；中国石油吉林油田公司生产运行处张俊波高工；重庆市联为电力技术开发有限公司陆长青经理、唐红经理；海南捷能特防雷工程有限公司张春荣总经理；哈尔滨君秀科技有限公司张维超经理等参与了部分配电网防雷项目研究，并参与了部分书稿的资料收集、写作和校对工作。哈尔滨理工大学电气与电子工程学院李政洋同学；长沙理工大学邓杰文、郑晖、满超楠、李既明、周易龙、周利兵、童年、陈锦麟、杨匀阳、张雨、周达、夏斌等研究生参与了本书部分章节的资料收集、整理和校对工作。长沙理工大学电气与信息工程学院、长沙信长电力科技有限公司、长沙景洋电力科技有限公司、广州中光电子科技有限公司等为本书提供了研究资料，并对本书的写作、出版给予了资助。在此，一并表示感谢！

由于作者水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，并诚挚希望与有意向的读者朋友进行防雷科研或防雷工程项目的交流与合作。

作 者

2014年3月于长沙

目 录

前言

第一章 配电网电压等级与网络结构	1
第一节 配电网电压等级及结构特点	1
第二节 配电线路	6
第三节 配电设备	14
第二章 配电网中性点接地方式	38
第一节 中性点接地方式的分类及特点	38
第二节 中性点不接地系统	42
第三节 中性点经电阻接地	55
第四节 中性点经消弧线圈接地	67
第五节 中性点接地方式的选择	77
第三章 配电网雷电过电压	83
第一节 雷电放电的基本形式与特点	83
第二节 雷电的危害及配电网雷电过电压	86
第三节 配电线路雷电活动分析	95
第四章 配电网防雷存在问题及雷害事故分析	99
第一节 配电线路存在问题及雷害事故分析	99
第二节 配电设备防雷存在问题及雷害事故分析	108
第三节 变、配电所存在问题及雷害事故分析	113
第四节 重合闸存在问题	127
第五节 典型的配电网雷害事故分析	133
第六节 弱电系统及微电子元件的雷害事故分析	166
第五章 配电网防雷技术与措施	176
第一节 适当提高配电线路绝缘水平、降低雷击闪络率	176

第二节	降低配电线路雷击建弧率·····	179
第三节	防止线路雷电侵入波危害的措施·····	183
第四节	配电网差异性防雷保护措施·····	185
第五节	配电设备精细防雷保护·····	188
第六节	低压电气设备的防雷保护措施·····	193
第七节	变电所和配电设备的接地·····	196
第八节	正确应用重合闸提高供电可靠性·····	205
第九节	重要用户的防雷保护·····	207
第十节	监控系统和信号系统的防雷保护·····	226
第十一节	弱电系统与微电子设备的防雷保护·····	230
第六章	新型配电网防雷保护设备及技术 ·····	237
第一节	输、配电型可调过电压保护装置·····	237
第二节	双曲折特种防雷变压器·····	251
第三节	输配电线路防绕击侧向避雷针·····	261
第四节	GPF-94 高效膨润土降阻防腐剂·····	265
第五节	配电线路故障智能诊断控制装置·····	272
第六节	利用杆塔基础降阻技术·····	281
第七节	DTJ 系列配电网中性点动态智能接地方法与成套装置·····	291
第八节	智能型多功能绝缘参数测试仪·····	306
第九节	TFL-2011 型天线系统直击雷防护装置·····	312
第十节	JD5-A 多功能接地参数测试仪·····	318
第十一节	JZ-2500 型智能绝缘子检测仪·····	324
第十二节	多功能组合式二次电缆防雷与等电位保护装置·····	345
第十三节	ZXC 系列配电网接地故障智能分析处理装置·····	354
第七章	GKJ 系列轨道交通架空接触网用可调式过电压保护装置 ·····	373
第一节	项目背景及意义·····	373
第二节	城市轨道交通接触网防雷试验及分析·····	374
第三节	接触网安装保护间隙前、后耐雷水平及雷击跳闸率分析·····	381
第四节	DC 750V 接触网架设架空地线及其接地方式讨论分析·····	385
第五节	雷电流下引对附近电缆影响机理及其危害·····	387

第六节 接触网用保护间隙与绝缘子绝缘配合及运行分析·····	393
第七节 结论与创新·····	395
第八章 配电网防雷计算与试验 ·····	397
第一节 配电网电容电流计算与试验·····	397
第二节 配电避雷器试验·····	406
第三节 配电线路绝缘试验·····	409
第四节 配电所接地装置试验·····	411
第五节 输、配电线路杆塔接地阻抗和回路电阻试验·····	423
参考文献 ·····	426

第一章 配电网电压等级与网络结构

第一节 配电网电压等级及结构特点

配电网是从输电网接受电能，再分配给备用用户的电力网。以输配电设施的网络特点而言，我国习惯将配电系统统称为配电网。配电网与输电网，原则上是按照其发展阶段的功能来划分的，而具体到电力系统中，则是按照其电压等级来确定的。我国的《城市电力网规划设计导则》规定：送（输）电电压为 220kV；配电网的电压等级分为三类，即高压配电电压（110kV、66kV、35kV）、中压配电电压（10kV）、低压配电电压（380V/220V）。世界上许多国家仍按传统习惯将 10kV 及其相邻电压称为一次配电电压，将 380V/220V 及其相邻电压称为二次配电电压。而将 110kV、66kV、35kV 等在发展历史中曾经起过输电作用的电压等级称为次输电电压，但在性质上仍列入配电电压之类。也有些国家主张将电压等级明确划分为三类：输电电压、次输电电压与配电电压。我国规定将次输电电压称为高压配电电压，以突出其配电性质。

一、配电网的功能及特点

配电网的主要功能是从输电网接受电能，并逐级分配或就地消费。即将高压电能降低至方便运行又适合用户需要的各种电压，组成多层次的配电网，向各种用户供电。此多层次的配电网包括降压至 35kV 或 110kV 的变电所和 35～110kV 的高压配电网络；降压至 10kV 的变电所和 10kV 的中压配电网络；降压至 380V/220V 的配电变电所和配电变压器及低压配电网络。为了便于多层次配电网的运行和调度，还需配有必要的保护和控制设备。

据电压等级的高低，一般可将电力网分为低压、高压、超高压和特高压几种。电压在 1kV 以下的电力网称低压电网；电压在 3～66kV 范围的电力网称中压电网。我国的配电网主要为 10kV、20kV、35kV，东北地区有 66kV 电压等级。

输电线路的输电电压取决于输电容量和输电距离。电压越高，在一定输送容量下，输送距离可越长；在一定的输送距离下，可输送的容量就越大。但输电电压越高，线路及两端电气设备绝缘强度要求越高，从而使线路和设备的投资增大。因此，应通过技术经济比较，确定输电电压与输电容量、距离的合理关系。

各级输电电压的合理输电容量和距离如表 1-1 所示。

表 1-1 电力线路的电压与输送容量、距离的关系

线路电压/kV	输送容量/(MV·A)	输送距离/km
10	0.2~2	6~20
35	2~10	20~50
66	3.5~30	30~100
110	10~50	50~150
220	100~300	100~300

不同电压等级的配电网之间通过变压器连接成一个整体配电系统。当系统中任何一个元件因检修或故障停运时，其所供负荷既可由同级电网中的其他元件供电，又可由上一级或下一级电网供电。

二、配电网的基本要求

对配电网的基本要求是供电的连续可靠性、合格的电能质量和运行的经济性：

- (1) 供电的连续可靠性，要求停电的次数最少，而且每次停电所影响的用户尽可能减至最低。
- (2) 合格的电能质量，主要是要求配电网的电压保持在规定的电压变动范围内。考核电压质量的指标包括供电电压允许偏差、电压允许波动值、三相电压允许不平衡度，还要求负荷的瞬时突变不致引起灯光闪烁、谐波含有量不超过当地电力管理部门的规定。
- (3) 运行的经济性。配电网的各个电气元件在运行中要消耗电能，但须采用科学的管理方法和合理的运行方式，使电能损耗降至最低。

三、配电网电压等级

配电网按电压等级分，有高压配电网、中压配电网、低压配电网。

(一) 高压配电网

高压配电网是指由高压配电线路和配电变电所组成的向用户提供电能的配电网。高压配电网的功能是从上一级电源接受电能后，可以直接向高压用户供电，也可以通过变压为下一级中压配电网提供电源。高压配电网容量大、负荷重、负荷节点少、重要性较高。高压配电网的电压等级分为 110kV、66kV、35kV 三个标准，一般城市配电网采用 110kV 作为高压配电电压，在东北地区采用 66kV 作为高压配电电压，少数地区却以 110kV 和 35kV 两种电压等级

并存。

由于高压配电网要求有高供电可靠性，高压配电变电所的进线通常至少有两回，每回线来自不同电源点或同一电源点的不同母线段，也可以采用将几个配电变电所电源进线串接成环形的接线方式。高压配电变电所一般配置两台或两台以上同容量的主变压器，其容量与电源进线容量相配合。主变压器正常运行的利用率是以在一台主变压器停运后，其余主变压器的短期过负荷能力和变压器二次侧母线上备用联络线所能提供的容量来决定的。配电变电所增加进线回路、相应的变压器台数以及备用联络线容量，均可以提高主变压器利用率。只有一台主变压器的配电变电所，必须设法提高其二次侧母线上的联络容量。

（二）中压配电网

由中压配电线路和配电变电所组成的向用户提供电能的配电网。中压配电网的功能是从输电网或高压配电网接受电能，向中压用户供电，或向备用电小区负荷中心的配电变电所供电，再经过变压后向下一级低压配电网提供电源。中压配电网具有供电面广、容量大、配电点多等特点。

我国中压配电网采用 10kV 为额定电压，但还有 6kV 等级的电压存在，在城市配电网的改造中将逐步取消。现在随着城网的发展又加入了 20kV 电压等级这一新的电压配电网，最开始应用在苏州工业园，后逐渐成为经济发达地区城市配电网的一个配电网络，因其比 10kV 电网输送能力强、传输距离远、损耗小，有逐步替代 10kV 配电网的趋势。中压配电网负荷点多而分散，网络接线较为复杂。在网络接线方面，各国均采用停电损失最少、对社会影响最小的综合考虑方法，对中压配电网的可靠性规定了不同的要求。我国的《城市电力网规划设计导则》规定：向市区供电的中压配电网应能保证当任何一条 10kV 线路的出口断路器计划检修停运时，保持向用户继续供电；事故停运时，通过操作能保持向用户继续供电，不过负荷、不限电。

（三）低压配电网

由低压配电线路及其附属电气设备组成的向用户提供电能的配电网。低压配电网的功能是以中压配电变压器为电源，将电能通过低压配电线路直接送给用户。低压配电网的配电线路供电距离较近，低压电源点较多，一台中压配电变压器就可作为一个低压配电网的电源，两个电源点之间的距离通常不超过数百米。低压配电线路供电容量不大，但分布面广，除少量集中用电的用户外，大量是供给城乡居民生活用电及分散的街道照明用电等。

低压配电网逐渐采用比较经济的三相四线制、单相和三相混合系统。我国规定采用单相 220V、三相 380V 的低压额定电压。低压配电网负荷多而分散，一

般情况下,用电量较小,负荷重要性较低,停电后影响相对较小,不一定配置备用电源。

四、配电网网络结构

配电网网络结构形式基本上分为放射式和网式两大类型。在放射式结构中,电能只能通过单一路径从电源点送至用电点;在网式结构中,电能可以通过两个及以上的路径从电源点送至用电点。网式结构又可分为多回线式、环式和网络式三种。

(一) 放射式配电网

一路配电线路自配电变电所引出,按负荷的分布情况,呈放射状延伸出去。散布于整个供电区域,所有用电点的电能只能通过单一的路径供给。放射式配电网的优点是设施简单运行维护方便、设备费用低,适用于低负荷密度地区和一般的照明、动力负荷供电。只要不超过线路的额定容量并满足电压质量要求,放射式的配电线路就可以逐步延伸,以适应新增加的用电负荷的需要。放射式配电网的缺点是供电可靠性低,一旦配电设施有故障就会造成大量用户停电。为了弥补这一缺点,部分用户可以视其对供电可靠性要求的不同,从邻近配电网取得适当容量的备用电源。在中压和低压的放射式配电网中,通常还装设分段断路器将线路分成适当的区段。而且在适当的分段处与相邻线路之间装设联络断路器,使得放射式配电线路发生故障时的停电区段缩小,或将部分非故障区段切换到相邻线路,以保证继续供电。这种形式连接的放射式结构在城市的中、低压配电网中使用较多。

(二) 网式配电网

1. 多回线式配电网

多回配电线路(一般是平行敷设的)自配电所引出接到受电端,正常时各条配电线路并列运行,平均分担全部负荷,当一条配电线路有故障时,可自动将其切断隔离,其余的配电线路有足够容量承担全部负荷。多回线式配电网至少有两回配电线路,但一般为3~4路或更多回路。多回线式配电网比放射式配电网可靠性高,一回配电线路故障时,不会造成用户停电,有需要时还可达到在第二回配电线路故障时不使用户停电的要求。电缆配电网故障测寻和故障修复时间较长,故常采用这种多回线的结构。多回线式配电网的主要缺点是继电保护配置比放射式配电网的要复杂。

2. 环式配电网

配电变电所引出的配电线路连接成环形，每个用电点自环上不同部位接出。简单的环式配电网是两回配电线路自同一（或不同）配电变电所的母线引出。利用联络断路器（或分段断路器）连接成环，每个用电点自环上 T 形或 II 形支接。当环路上某区段发生故障时，利用分段断路器切换隔离后，其他区段上的负荷可继续供电，这是环式配电网的特点。将联络断路器经常断开，只有当某区段发生故障或停电作业时才倒换为闭合的运行方式，称为常开环路方式；而将联络断路器经常闭合的运行方式称为常闭环路方式。闭环运行增加装置的复杂性，但可改善配电网内电流分布，减少电压降和功率损耗。环式配电网的主要缺点是若不配置自动化装置，当线路某一区段发生故障时，此线路将全部停电，要先逐段查出故障点，经隔离后才能恢复供电。

3. 网络式配电网

网络式配电网自配电变电所的同一母线引出多回中压配电线路（一般至少三路），配电线路上的各配电变压器的低压侧均连接在一起，形成网络布置，用电点都自网上接出，任何一回配电线路或变压器停电时，用电负荷不会停电。网络式配电网又可分为格网式配电网和点网式配电网两种。

1) 格网式配电网

格网式配电网供电可靠性高、线损小、电压质量好，但保护复杂、建设费用高。格网式配电网常用于大城市的低压电缆配电网，由来自同一电源但不同配电线路的多台变压器的低压电网实联或通过熔断器并联组成。低压电缆故障时，除瞬时电压下降外，不影响供电；中压电缆故障时，电源侧断路器跳闸。配电变压器的低压侧断路器由反馈的励磁电流使逆功率保护动作跳闸，实现从高、低压两侧隔离故障，格网仍维持供电。

2) 点网式配电网

点网式配电网各配电变压器低压侧相连，平均分担负荷。电压变动小，一台变压器回路故障时，不会造成停电，供电可靠性高。但其保护配置比较复杂，低压侧要装设较灵敏的网络保护器。而且低压侧的短路容量较大，因此点网式配电网的容量不能建得太大，点网式配电网适用于大城市较大的集中负荷（如大楼、工厂等），由来自同一电源的多回配电线路（一般是三回）供电。用电点的每台配电变压器分别接到一回配电线路上，各变压器的低压侧连接到共同的母线上，用电负荷自此低压母线上接出。通常每回配电线路上还支接有本地区的其他点网式供电用户。

第二节 配电线路

一、配电线路分类

配电线路可分为架空配电线路、电缆线路和架空、电缆混合线路。

架空配电线路是将输电导线用绝缘子和金具架设在杆塔上，使导线对地面和建筑物保持一定距离。架空输电具有投资少、维护检修方便等优点，因而得到广泛应用；其缺点是易遭受风雪、雷击等自然灾害影响，因而发生事故的机会多。

电缆输电就是利用埋在地下或敷设在电缆沟中的电力电缆来输送电力。电缆是包有绝缘层和内外护层的导线。这种输电线路优点是占地少，不受外界干扰，因而比较安全可靠，不影响地面绿化和整洁；缺点是工程造价高，而且事故检查和处理比较困难。电缆线路主要用于一些城市配电线路，以及跨江过海的输电线路。

配电网架空线路是在配电网中用电杆和绝缘子等材料把导线架在空中来输送电力的线路。配电网架空线路按其电压等级的不同可分为三种类型：

(1) 高压架空配电线路，电压等级为 20kV 以上，是具有较高电压等级的架空配电线路，常作为地区枢纽变电所向某一地区的一个或者几个变电所或大用户的变电所供电的重要配电线路。我国高压架空配电线路现行的标准额定电压为 35kV、66kV 和 110kV 三种。

(2) 中压架空配电线路，电压等级为 1~20kV，也称一次配电线路，是配电网内电源与用户之间的电能再分配的重要环节。10kV 架空线路如图 1-1 所示。

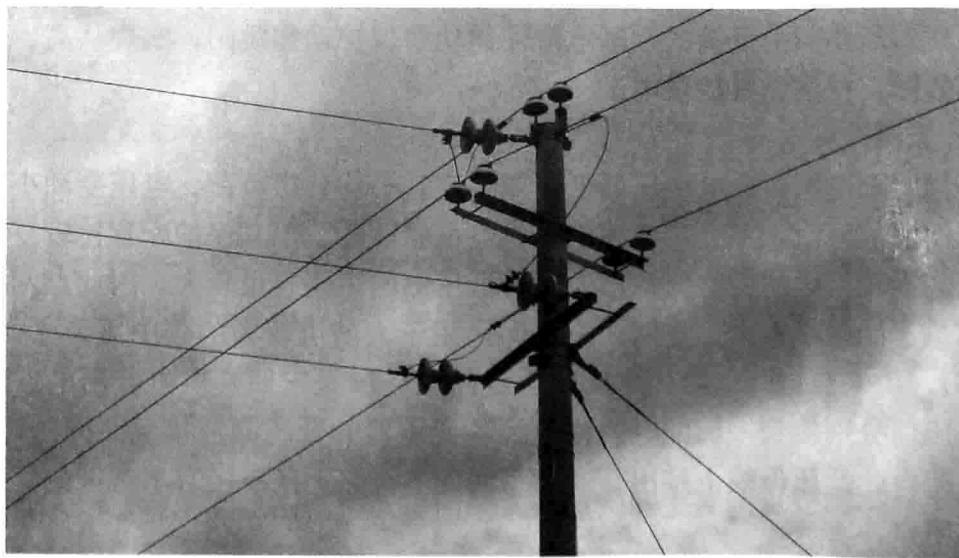


图 1-1 运行中的 10kV 架空线路