

全国电力高等职业教育规划教材

QUANGUO DIANJI GAOBENSHIYEJIAOYU GUIHUAJIAOCAI

用电检查

YONGDIAN JIANCHA

吴新辉 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

全国电力高等职业教育规划教材

YONGDIAN JIANCHA

用电检查

主 编 吴新辉

编 写 吴新辉 汪祥兵 李海滨 朱卫萍

主 审 李珞新



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书根据1996年电力工业部颁发的《用电检查管理办法》，结合电力企业电力营销管理对用电检查人员专业知识和业务水平的要求编写。本书通过近八章的内容，系统介绍了用电检查的内容、范围和意义，用电检查人员的职责、要求及现行的用电检查的标准和法律法规，用电检查人员必须具备的专业知识和技能，各类用电设备的检查标准和规范，安全运行与管理，用电管理、违约用电、电能计量及窃电查处等方面的内容。

本书可作为中、高等职业技术学校电力营销、用电管理及相关专业教材及供用电企业用电管理、用电检查人员的培训教材，也可供一级、二级、三级用电检查人员及相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

用电检查/吴新辉主编. —北京: 中国电力出版社, 2004
全国电力高等职业教育规划教材
ISBN 7-5083-1998-2

I. 用... II. 吴... III. 用电管理—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 004712 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年4月第一版 2004年4月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 15.5印张 356千字
印数 0001—3000册 定价 24.80元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



序

高职高专教材建设是高职高专教育的重要组成部分，是一项极具重要意义的基础性工作，对高职高专教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。

根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》（国发〔2002〕16号），要充分发挥行业、企业、社会中介组织和人民团体在发展职业教育中的作用；行业主管部门要对行业职业教育进行协调和业务指导，制定行业职业教育和培训规划，参与相关专业的课程教材建设；积极推进课程和教材改革，开发和编写反映新知识、新技术、新工艺和新方法，具有职业教育特色的课程和教材。

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神，进一步推动高等职业教育的发展，加强高职高专教材建设，根据教育部关于通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神，中国电力教育协会组织制订了反映电力行业特点、体现高等职业教育特色的全国电力高等职业教育教材规划。同时，为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要，中国电力教育协会还组建了全国电力高等职业教育教材建设指导委员会，以便更好地推动全国电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专教材建设应紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展工作。基础课程教材要体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为教学重点；专业课程教材要加强针对性和实用性。同时，高职高专教材建设不仅要注重内容和体系的改革，还要注重方法和手段的改革，以满足科技发展和生产实际的需求。此外，高职高专教材建设还要推动高职高专教育人才培养模式改革，促进高职高专教育协调发展。希望通过我们的共同努力，陆续推出一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材，力争尽快形成一纲多本、优化配套，适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在全国电力高等职业教育教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、劳动保障部、国家电网公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、有关院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

全国电力高等职业教育教材规划工作是一项长期性任务，今后将根据相关专业课程体系改革和教学需要不断补充完善。在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见

和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761北京市宣武区白广路二条1号综合楼
9层中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇三年十月



前言

电能以其使用方便、清洁、容易控制和转换等优点，已成为国民经济和人民生活必不可少的二次能源。由于电能的生产、输送和使用是在同一时间完成的，这就决定了供电企业和用户是相互依存、相互影响的密切关系。随着电力体制改革的不断深入，按相关法律和规定对电力用户的受（送）电装置和用电行为进行有效的检查、监督，保证正常的供电秩序和公共安全，是供电企业电力营销管理的主要环节。对电力用户检查、监督、指导，帮助用户进行安全、经济、合理用电也是用电检查人员责无旁贷的责任。

用电检查工作政策性强，专业知识涉及面广，提高用电检查人员的业务素质是做好这项工作的基本前提。本教材根据1996年电力工业部颁发的《用电检查管理办法》，针对当前电力营销工作对用电检查人员专业知识、业务水平的要求而编写。

本教材分为八章，第一、二、三、五、八章由吴新辉同志编写，第四章由汪祥兵同志编写，第六章由李滨波同志编写，第七章由朱卫萍同志编写。统稿工作由吴新辉同志完成，李璐新同志主审。

本教材在编写过程中收集和参阅了各方面的资料，有关现场工作人员给予了大力的帮助，并提出了宝贵的意见和建议。在此一并致以衷心的感谢。

由于水平有限，疏误之处在所难免，肯请读者批评指正。

编 者

2003年12月



目 录

序	
前言	
第一章 概述	1
第一节 用电检查的内容与范围	1
第二节 用电检查人员的职责和资格	2
第三节 对用电检查人员的要求	3
复习思考题	6
第二章 防雷设备及防雷保护	7
第一节 雷电的基本知识	7
第二节 避雷针、避雷线	13
第三节 避雷器	18
第四节 变电所防雷保护	23
第五节 配电设备防雷保护	28
第六节 小电机的防雷保护	31
第七节 架空电力线路的保护	32
复习思考题	34
第三章 电气设备绝缘预防性试验	35
第一节 绝缘电阻、吸收比的测量	35
第二节 泄漏电流试验	37
第三节 介质损失角正切值试验	39
第四节 绝缘油的电气性能试验	41
第五节 交流耐压试验	43
第六节 直流耐压试验	45
复习思考题	47
第四章 电气设备检查	48
第一节 客户电气工程的设计审查及竣工检查	48
第二节 变压器检查	52

第三节	配电装置检查	68
第四节	电力电容器检查	74
第五节	电力电缆检查	84
第六节	SF ₆ 全封闭组合电器检查	88
	复习思考题	93
第五章	电能计量	94
第一节	电能表	94
第二节	互感器	96
第三节	计量接线方式	101
第四节	违约用电与反窃电	108
第五节	查电程序及注意事项	111
第六节	窃电证据的收集	114
第七节	电能计量装置的分类与计量器具的配置	116
	复习思考题	118
第六章	安全运行与管理	119
第一节	运行维护	119
第二节	安全组织措施与技术措施	122
第三节	电气安全用具	125
第四节	保护接地与保护接零	134
第五节	双电源与自发电客户安全措施	136
第六节	进网作业电工管理	137
	复习思考题	138
第七章	继电保护与自动装置	139
第一节	二次回路的基本概念	139
第二节	控制和信号回路	144
第三节	继电保护的一般问题	149
第四节	过电流保护	155
第五节	变压器继电保护	162
第六节	高压熔断器	172
第七节	小型发电机保护	176
第八节	自动装置	182
	复习思考题	188
第八章	电能质量	190
第一节	电能质量的标准	190
第二节	电能质量下降对电力系统的危害和影响	192
第三节	提高电能质量的主要措施	194

复习思考题	194
附录一 相关法律法规	195
附录二 ____供电（电力）公司继电保护工作单	230
附录三 ____供电（电力）公司高压（高供高计）客户用电检查工作单	231
附录四 ____供电（电力）公司____千瓦（千伏安）及以上客户用电检查工作单 （不含高供高计）	232
附录五 ____千瓦（千伏安）以下客户用电检查工作单	233
附录六 用电检查结果通知书	234
附录七 ____供电（电力）公司违章用电、窃电处理工作单	235
附录八 违章用电、窃电通知书	236
参考文献	237



第一章

概 述

随着现代社会的发展,人们对电的依赖程度越来越高,不管是工农业生产,交通运输,商业和服务业,还是日常生活,都离不开电,用电检查就是电力企业为了保障正常的供用电秩序和公共安全而从事的检查、监督、指导以帮助客户进行安全、经济、合理用电的行为。

第一节 用电检查的内容与范围

供电企业应按照规定对本供电营业区内的客户进行用电检查,客户应当接受检查,并为供电企业的用电检查提供方便。

一、用电检查的内容

- (1) 客户执行国家有关电力供应与使用的法规、方针、政策、标准、规章制度情况;
- (2) 客户受(送)电装置工程施工质量检验;
- (3) 客户受(送)电装置中电气设备运行安全状况;
- (4) 客户保安电源和非电性质的保安措施;
- (5) 客户反事故措施;
- (6) 客户进网作业电工的资格、进网作业安全状况及作业安全保障措施;
- (7) 客户执行计划用电、节约用电情况;
- (8) 电能计量装置、电力负荷控制装置、继电保护和自动装置、调度通信设备等安全运行状况;
- (9) 供用电合同及有关协议履行的情况;
- (10) 受电端电能质量状况;
- (11) 违章用电和窃电行为;
- (12) 并网电源、自备电源并网安全状况。

二、用电检查的范围

用电检查的主要范围是客户受电装置,但被检查的客户有下列情况之一者,检查的范围可延伸到相应目标所在处:

- (1) 有多类电价的;
- (2) 有自备电源设备(包括自备发电厂)的;
- (3) 有二次变压配电的;

- (4) 有违章现象需延伸检查的；
- (5) 有影响电能质量的用电设备的；
- (6) 发生影响电力系统事故需作调查的；
- (7) 客户要求帮助检查的；
- (8) 法律规定的其他用电检查。

客户对其设备的安全负责。用电检查人员不承担因被检查设备不安全引起的任何直接损坏或损害的赔偿责任。

第二节 用电检查人员的职责和资格

一、电网经营企业用电检查人员的职责

各跨省电网、省级电网和独立电网的电网经营企业，在其用电管理部门应配备专职人员、负责网内用电检查工作。其职责是：

- (1) 负责受理网内供电企业用电检查人员的资格申请、业务培训、资格考核和发证工作；
- (2) 依据国家有关规定，制订并颁发网内用电检查管理的规章制度；
- (3) 督促检查供电企业依法开展用电检查工作；
- (4) 负责网内用电检查的日常管理和协调工作。

二、供电企业用电检查人员的职责

(1) 宣传贯彻国家有关电力供应与使用的法律、法规、方针、政策以及国家和电力行业标准、管理制度。

(2) 负责并组织实施下列工作：

- 1) 负责客户受（送）电装置工程电气图纸和有关资料的审查；
- 2) 负责客户进网作业电工培训、考核并统一报送电力管理部门审核、发证等事宜；
- 3) 负责对承接、承修、承试电力工程单位的资质考核，并统一报送电力管理部门审核、发证；
- 4) 负责节约用电措施的推广应用；
- 5) 负责安全用电知识宣传和普及教育工作；
- 6) 参与对客户重大电气事故的调查；
- 7) 组织并网电源的并网安全检查和并网许可工作。

(3) 根据实际需要，定期或不定期地对客户的安全用电、节约用电、计划用电状况进行监督检查。

三、申请用电检查人员必备的条件

申请一级用电检查资格者，应已取得电气专业高级工程师或工程师、高级技师资格；或者具有电气专业大专以上学历，并在用电岗位上连续工作5年以上；或者取得二级用电检查资格后，在用电检查岗位工作5年以上。

申请二级用电检查资格者，应已取得电气专业工程师、助理工程师、技师资格；或者具

有电气专业中专以上文化程度，并在用电岗位连续工作3年以上；或者取得三级用电检查资格后，在用电检查岗位工作3年以上。

申请三级用电检查资格者，应已取得电气专业助理工程师、技术员资格；或者具有电气专业中专以上文化程度，并在用电岗位工作1年以上；或者已在用电检查岗位连续工作5年以上。

四、各级用电检查人员的工作范围

三级用电检查员仅能担任0.4kV及以下电压受电客户的用电检查工作。

二级用电检查员能担任10kV及以下电压供电客户的用电检查工作。

一级用电检查员能担任220kV及以下电压供电客户的用电检查工作。

五、聘任的用电检查人员应具备的条件

(1) 作风正派，办事公道，廉洁奉公。

(2) 已取得相应的用电检查资格。聘为一级用电检查员者，应具有一级用电检查资格；聘为二级用电检查员者，应具有二级及以上用电检查资格；聘为三级用电检查员者，应具有三级以上用电检查资格。

(3) 经过法律知识培训，熟悉与供用电业务有关的法律、法规、方针、政策、技术标准以及供用电管理规章制度。

第三节 对用电检查人员的要求

用电检查工作的涉及面广、工作内容多、政策性强，技术业务复杂，工作重要，责任十分重大。因此，对用电检查人员自身素质的要求也很高，除了要具备丰富的专业知识外，还应具备良好的思想道德品质，并且熟悉国家有关用电工作的法规、政策、方针，具备良好的政策理解水平。

一、用电检查人员应该具备的专业知识

1. 必备知识

- (1) 电工基础理论及知识；
- (2) 电机、变压器、高低压开关、操动机构、电力电容器、避雷器的原理、结构、性能；
- (3) 高压电气设备的交接与预防性试验；
- (4) 电能表、互感器的原理、结构、接线及倍率计算；
- (5) 一般通用的电气设备，如电焊机、电弧炉、机床等的用电特性；
- (6) 主要用电行业的生产过程和用电特点；
- (7) 继电保护与自动装置的基本原理；
- (8) 安全用电的基本知识；
- (9) 合理与节约用电的一般途径、改善功率因数的方法、单位产品电耗的计算；
- (10) 所辖区域的电气系统结构图和接线图。

2. 技能要求

- (1) 能讲解一般的电气理论知识；

- (2) 能检查发现高、低压电气设备缺陷及不安全因素；
- (3) 能现场处理电气事故，并能分析判断电气事故的原因和指出防止事故的对策；
- (4) 能看懂客户电气设计图纸，包括原理图、展开图、安装图等；
- (5) 能看懂电气设备的交接与预防性试验报告；
- (6) 能绘制客户的一次系统接线图；
- (7) 能正确配备客户的电能计量装置，并能发现错误接线和倍率计算的差错；
- (8) 会使用万用表、兆欧表、电流表、电桥、功率因数表等常用电工仪表，会使用秒表测算负荷；
- (9) 能指导客户开展安全、合理与节约用电及提高功率因素的工作；
- (10) 能发现客户的违章用电和窃电；
- (11) 能依照有关规定签订供用电合同；
- (12) 能根据现场检查情况撰写用电检查报告。

二、用电检查人员应熟悉的法律法规

1. 电力法律法规

- (1) 《中华人民共和国电力法》；
- (2) 《电力供应与使用条例》；
- (3) 《用电检查管理办法》；
- (4) 《居民用户家用电器损坏处理办法》；
- (5) 《供电营业规则》；
- (6) 《电网调度管理条例》；
- (7) 《电力设施保护条例》；
- (8) 《供用电监督管理条例》。

2. 相关法律法规

- (1) 《中华人民共和国合同法》；
- (2) 《中华人民共和国涉外经济合同法》第一条至第六条、第十二条、第十四条、第二十六条至第二十七条、第二十九条、第三十二条至第三十三条、第三十七条至第三十八条；
- (3) 《中华人民共和国节约能源法》第二条、第四条、第十二条至第十三条、第十七条、第十九条、第二十一条至第三十一条、第三十七条、第三十九条；
- (4) 《中华人民共和国计量法》第四条、第七条、第九条至第十条、第十二条、第二十条；
- (5) 《中华人民共和国民事诉讼法》第二十四条至第二十五条、第二百一十七条；
- (6) 《中华人民共和国刑法》第三十条至第三十一条、第一百一十八条至第一百一十九条、第一百三十四条至第一百三十五条、第一百三十七条、第一百四十六条、第二百六十四条；
- (7) 《中华人民共和国仲裁法》第一条至第九条、第十六条至第二十九条、第三十九条至第五十七条、第六十二条至第六十四条、第七十四条；
- (8) 《中华人民共和国民法通则》第九条至第十五条、第四十一条至四十九条、第一百一十一条至第一百一十六条、第一百三十四条、第一百五十三条；

(9) 《中华人民共和国治安管理处罚条例》第一条至第四条、第十五条。

三、用电检查人员应熟悉的电力技术国家标准和行业标准

1. 设计技术

- (1) DL/T 621—1997 《交流电气装置的接地》;
- (2) GB 50052—1995 《供电系统设计规范》;
- (3) GB 50053—1994 《10kV 及以下变电所设计规范》;
- (4) GB 50054—1995 《低压配电设计规范》;
- (5) GB 50059—1992 《35 ~ 110kV 变电所设计规范》;
- (6) GB 50060—1992 《3 ~ 110kV 高压配电装置设计规范》;
- (7) GB 50062—1992 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》;
- (8) GB 50227—1995 《并联电容器装置设计规范》;
- (9) SDJ 7—1979 《电力设备过电压保护设计技术规程》;
- (10) SDJ 9—1987 《电测量仪表装置设计技术规程》。

2. 施工验收技术

- (1) GB 50150—1991 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》;
- (2) GB 50169—1992 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》;
- (3) GB 50168—1992 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》;
- (4) GB 50171—1992 《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》;
- (5) GB 50172—1992 《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》;
- (6) GB 50173—1992 《电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》;
- (7) GBJ 147—1990 《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》;
- (8) GBJ 148—1990 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》;
- (9) GBJ 149—1990 《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》。

3. 电业安全工作

- (1) DL 408—1991 《电业安全工作规程 (发电厂和变电所电气部分)》;
- (2) DL 409—1991 《电业安全工作规程 (电力线路部分)》;
- (3) DL 558—1994 《电业生产事故调查规程》;
- (4) DL 447—2001 《农村低压电气安全工作规程》;
- (5) DL 493—2001 《农村安全用电规程》。

4. 运行技术

- (1) DL/T 572—1995 《电力变压器运行规程》;
- (2) SD 292—1988 《架空配电线路及设备运行规程 (试行)》;
- (3) DL/T 596—1996 《电力设备预防性试验规程》;
- (4) 《架空送电线路运行规程》;
- (5) 《电力电缆运行规程》;
- (6) 《继电保护及安全自动装置运行管理规程》;

(7) DL/T 499—2001《农村低压电力技术规程》。

5. 电能质量

(1) GB/T 15945—1995《电能质量 电力系统频率允许偏差》；

(2) GB 12325—1990《电能质量 供电电压允许偏差》；

(3) GB 12326—1990《电能质量 电压允许波动和闪变》；

(4) GB/T 15543—1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》；

(5) GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》。

6. 合理用电技术

(1) GB 8222—1987《企业设备电能平衡通则》；

(2) GB 5623—1985《产品电耗定额制定和管理导则》。

四、用电检查人员应掌握电网的结构和保护方式

(1) 组成电网的各种电压等级及容量的变电所和各种不同电压等级及长度的电力线路的情况；

(2) 电力系统接线；

(3) 电网与客户的设备分界点；

(4) 电网采用的主要保护方式及所辖用户继电保护、自动装置的配置方案和整定值等；

(5) 常用电网参数和定值。

五、用电检查人员应了解主要用电行业的生产过程和用电特点

1. 生产过程

(1) 生产工艺流程；

(2) 主要物理、化学反应过程；

(3) 原材料及其用途；

(4) 主要设备的规格和容量等。

2. 用电特点

(1) 各生产工序用电比例；

(2) 用电规律；

(3) 主要设备的用电情况、单位产品电耗；

(4) 主要节电技术措施等。

复习思考题

1. 用电检查的内容有哪些？

2. 用电检查人员的职责有哪些？

3. 各级用电检查人员的工作范围如何区别？

4. 聘任为用电检查职务的人员应具备什么条件？



第二章

防雷设备及防雷保护

电力系统一些电气设备的绝缘能承受正常工作电压，但是由于各种各样的原因，电网中的某些部分可能会产生高于正常运行时的电压。这种对电气设备的绝缘有破坏性的电压升高，称为过电压。在电力系统各种事故中，很大一部分是由于设备绝缘损坏所造成的，而绝缘损坏，有许多是由过电压引起的。所以过电压及其防护问题的研究，对保证电力系统的安全运行具有重要的意义。

第一节 雷电的基本知识

一、雷云的形成

当地面的温度较高时，地面的水分化为水蒸汽，并随受热上升的空气升到高空。每上升1km，空气温度约下降10℃。由于温度下降便凝结成为小水滴。这一过程连续下去，最后形成浓黑的乌云。

一般来说，乌云形成中，主要由于以下三种原因使乌云中带有大量的电荷，从而形成雷云。

第一种带电的原因是水滴破裂效应。当空中的水滴在气流的作用下被吹散，较大的残滴带有正电，而细微的水沫带有负电，这是因为在水滴表面有很多电子的缘故。

第二种带电的原因是吸收电荷效应。在大气中有宇宙线穿过并存在方向向下的电场。由于宇宙线的作用，空气游离产生正、负离子。中性水滴在电场的作用下受到极化，使其上端出现负电荷，下端出现正电荷。受极化的大水滴在重力作用下，向下坠落，其下端将吸收空气中的负离子，排斥正离子，其上端由于下降速度大，而来不及吸收正离子，这样使整个大水滴带负电。受极化的小水滴被气流带着向上走，其上端的极化负电荷吸收正离子，所以小水滴带正电荷。

第三种带电的原因是水滴结冰效应。实验发现，水在结冰时会带正电荷，而没有结冰的水带负电荷。所以当云中冰晶区中的上升气流将冰粒上面的水带走以后，就会导致电荷的分离，因而使不同云区带电了。

二、雷云对地放电的过程

雷云对地放电的发展过程，如图2-1所示。

当雷云与大地之间的电场强度达到25~30kV/cm时，空气产生强烈游离，形成指向大地

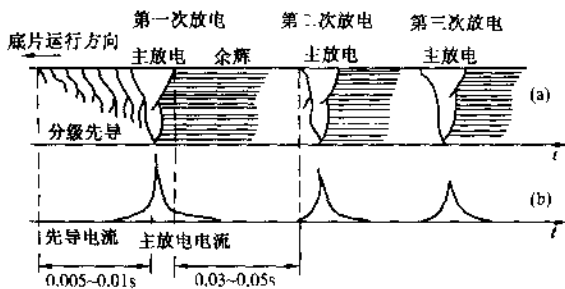


图 2-1 雷云放电的发展过程
(a) 展开的放电照片; (b) 雷电流曲线

的一段导电通道, 此通道称为先导放电通道。当先导通道的头部与地球上感应电荷集中点的距离很小时, 先导通道头部与大地之间空气间隙中的电场强度达到了极高的数值, 使空气急剧地游离。游离后产生的正、负电荷分别上、下运动去中和先导通道及被击点的电荷。这就是主放电阶段。雷云放电的大部分是云间或云内进行的。主放电时电流可达数百千安, 电压可达千万伏至上亿伏。

由于主放电过程中, 高速运动时的强烈摩擦以及复合等原因, 使通道发出耀眼的强光, 这就是通常所见到的“雷闪”。又由于通道突然受热和冷却而形成的猛烈膨胀和压缩, 以及在高压放电火花作用下, 使水和空气分解, 产生瓦斯爆炸。于是就发出强烈的“雷鸣”。当主放电完成以后, 雷云中的剩余电荷沿着导电的通道流向大地, 形成余辉放电, 其电流约为 $10^3 \sim 10A$ 。

三、直击雷和感应雷

1. 直击雷

当雷云通过线路或电气设备放电时称为直击雷。主放电瞬间线路或电气设备将流过数百千安的巨大雷电流, 并以光速向线路两端涌去。这时若没有适当设备将雷电流迅速引入大地, 则大量电荷将使线路发生很高的过电压, 势必将绝缘薄弱处击穿而导入大地。这种过电压称为直击雷过电压, 它的大小取决于雷电流的幅值与雷电流波头的陡度 (即雷电流变化的速度)。

如果直击雷落在铁塔上, 即雷云通过铁塔放电, 一旦铁塔底脚接地电阻过大, 则雷电流泄入大地时势必在铁塔上产生很高的压降。例如雷电流幅值为 $30kA$, 铁塔接地电阻为 40Ω , 则雷电流所产生的对地电压为 $30 \times 40 = 1200kV$, 这样高的电压有可能击穿设备或线路的绝缘, 这种现象通常称为“反击”。

2. 感应雷

当雷落在输电线附近时, 会在输电线上感应出过电压, 此过电压沿着输电线向两端传出, 落雷点离导线越近, 则感应过电压越高。

供电线路上, 雷电感应过电压是怎样形成的呢? 在雷云放电的起始阶段, 雷电先导通道中充满与雷云同号的电荷逐渐向地面发展。如果地面附近有供电线路通过, 由于线路导线对大地有对地电容 C , 因而雷云对导线发生静电感应, 相当于在导线上充以大量与雷云异号的电荷 Q , 如图 2-2 (a) 所示。此时在导线上随着雷电感应的充电过程, 逐渐建立一个雷电感应电压 U_g , 计算式如下

$$U_g = Q/C \quad (2-1)$$

由于雷电先导通道发展较慢, 所以导线上电荷聚集的过程较慢, 感应过电压是逐渐建立面增高的。此时由于电荷受雷云的束缚, 所以导线上雷电流很小。当雷云对附近地面放电