

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Louyu  
Zhinenghua  
Gongcheng Jishu  
ZhuanYe Shiyong

# 建筑供配电与照明技术

(楼宇智能化工程技术专业适用)

主 编 刘昌明  
主 审 谢社初



中国建筑工业出版社

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

# 建筑供配电与照明技术

(楼宇智能化工程技术专业适用)

主 编 刘昌明  
主 审 谢社初

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑供配电与照明技术/刘昌明主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 5

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材 (楼宇智能化工程技术专业适用)

ISBN 978-7-112-15473-9

I. ①建… II. ①刘… III. ①房屋建筑设备-供电系统-高等职业教育-教材②房屋建筑设备-配电系统-高等职业教育-教材③房屋建筑设备-电气照明-高等职业教育-教材 IV. ①TU852②TU113. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 111135 号

本书以国家标准、规范为指导, 并结合新技术、新材料、新工艺和新设备的应用, 系统地介绍了建筑供电系统和电气照明系统。从系统理论的讲解, 到实际工程图例的介绍, 理论与实践相结合, 使读者方便、快捷、直观地了解和掌握建筑供配电与照明技术。

本书共分 11 章, 主要内容包括: 电力系统及其电压等级, 电力负荷的分级, 中性点运行方式及低压配电系统接地的型式, 电能的质量及其标准, 负荷计算与无功功率补偿, 短路电流的计算, 建筑供配电系统设备及线缆的选择, 建筑供配电系统的组成, 建筑物防雷、接地与安全用电, 电气照明基础知识, 照明器及布置, 照明的方式、种类及照明的质量、照度标准, 照明计算, 应急照明及建筑电气工程施工图实例等。

本书不仅可作为楼宇智能化、建筑电气、建筑设备、工程造价、房地产、物业管理、建筑工程等专业的教材, 也可作为以上相关专业人员的参考书。

课件网络下载地址: <http://www.cabp.com.cn/td/cabp24083.rar>

责任编辑: 张健 朱首明 齐庆梅  
责任设计: 张虹  
责任校对: 张颖 陈晶晶

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

### 建筑供配电与照明技术

(楼宇智能化工程技术专业适用)

主 编 刘昌明

主 审 谢社初

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13½ 字数: 335 千字

2013 年 11 月第一版 2013 年 11 月第一次印刷

定价: 26.00 元 (附网络下载)

ISBN 978-7-112-15473-9

(24083)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

## 教材编审委员会名单

主任：刘春泽

副主任：高文安 谢社初

委员：（按姓氏笔画排序）

刘志坚 刘昌明 孙景芝 孙毅

沈瑞珠 张小明 张彦礼 林梦圆

袁建新 黄河 韩永学 温雯

裴涛 颜凌云

## 序 言

高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类分指导委员会，在住房城乡建设部、教育部和土建类专业教学指导委员会的领导下，围绕建筑设备类专业教学文件的制定、专业教材的编审、实践教学的指导、校企合作等方面，做了大量的研究工作，并取得了多项成果，对全国各高职院校建筑设备类专业的建设，起到了很好的推动作用。

“楼宇智能化工程技术”专业在教育部普通高职高专专业目录中，分属土建大类下建筑设备类的二级目录。随着我国改革开放步伐的加快，国民经济迅猛发展，工业化水平快速提高，信息化技术及产业规模接近发达国家水平，建筑规模及智能化需求与日俱增。在这样的背景之下，各高职院校开设的“楼宇智能化工程技术”专业，成为近些年发展速度最快的专业之一。截止到2012年底，开设该专业的院校已达202所。

建筑设备类分指导委员会共负责专业目录内7个专业的教学研究和专业建设工作，在新一轮的教学改革中，“楼宇智能化工程技术”专业是我们首批启动重点研究的两个专业之一。按照教育部的要求，我们用两年多的时间，在充分调研的基础上，经过多次的研讨、论证、修改，《楼宇智能化工程技术专业教学基本要求》的教学文件，已于2012年12月由中国建筑工业出版社正式出版发行。这份教学文件，在教育部统一要求的专业教学基本要求内容之外，增加了“校内实训及校内实训基地建设导则”，这对规范专业建设，保证教学质量，将起到很好的推动作用。

“楼宇智能化工程技术”专业发展速度快，专业布点广，教材建设也出现多样性。有的教材在编写过程中，由于没有以教学文件为依据，教学内容、教学时数、实践教学等都与教学基本要求相差较大，教材之间也出现内容重复或相互不衔接的现象。为解决这一问题，我们在研究专业教学基本要求的同时，就启动了本轮专业教材的编写工作。按照《楼宇智能化工程技术专业教学基本要求》，组织本专业富有教学和实践经验的教师，共编写了8本专业教材，近期将由中国建筑工业出版社陆续出版发行。本次出版发行的8本教材，基本覆盖本专业所有的专业课程，以教学基本要求为主线，与“校内实训及校内实训基地建设导则”相衔接，突出了“工程技术”的特点，强调本专业教材的系统性和整体性。本套教材除了可以保证开设本专业学校的教学用书，也可以作为从事现场工程技术人员的参考资料和自学者的参考书。

本套教材在编写的过程中，除了建筑设备类分指导委员会和编审人员的努力之外，还得到各相关学校、合作企业和中国建筑工业出版社的大力支持，在此我们一并表示感谢！

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会  
建筑设备类分指导委员会

## 前 言

本书是全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建设设备类专业分委员会组织编写的楼宇智能化工程技术专业系列用书。“建筑供配电与照明技术”不仅是建筑电气、楼宇智能化、建筑设备专业的专业核心课程，也是工程造价、房地产、物业管理、建筑工程等专业学生需要了解和掌握的专业知识。本书以国家标准、规范为指导，并结合新技术、新材料、新工艺和新设备的应用，系统地介绍了建筑供配电系统和电气照明系统。

本书从系统理论的讲解，到实际工程图例的介绍，理论与实践相结合，使读者方便、快捷、直观地了解 and 掌握建筑供配电与照明技术。

本书的主要特点是系统地介绍了应急照明的分类，应急照明的光源、供电电源及其特点和选用原则，应急照明的照度要求、持续工作时间、转换时间和转换方式，应急照明的装设场所与要求，应急照明的控制方式等，以及附录给出了一套完整的建筑电气施工图。

本书共分 11 章，主要内容包括：电力系统及其电压等级，电力负荷的分级，中性点运行方式及低压配电系统接地的型式，电能的质量及其标准，负荷计算与无功功率补偿，短路电流的计算，建筑供配电系统设备及线缆的选择，建筑供配电系统的组成，建筑物防雷、接地与安全用电，电气照明基础知识，照明器及布置，照明的方式、种类及照明的质量、照度标准，照明计算，应急照明及建筑电气工程施工图实例等。

本书由四川建筑职业技术学院的刘昌明任主编，负责全书的构思、编写组织和统稿工作。具体分工如下：第 1 章、第 2 章由河南建筑职业技术学院的王艳丽编写，第 3 章、第 4 章由河南建筑职业技术学院的任伟编写，第 5 章、第 6 章由湖北城市建设职业技术学院的徐群丽编写，第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章及附录由四川建筑职业技术学院的刘昌明编写。本书由湖南城建职业技术学院谢社初主审。

由于编者水平有限，书中的不妥与错误之处，恳请本书的读者和同行批评指正。

# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....              | 1  |
| 1.1 电力系统及其电压等级 .....               | 1  |
| 1.2 电力负荷的分级 .....                  | 5  |
| 1.3 中性点运行方式及低压配电系统接地的型式 .....      | 5  |
| 1.4 电能的质量及其标准.....                 | 10 |
| 本章小结 .....                         | 12 |
| 习题与思考题 .....                       | 12 |
| <b>第 2 章 负荷计算与无功功率补偿</b> .....     | 13 |
| 2.1 负荷计算的目 的及相关物理量.....            | 13 |
| 2.2 三相用电设备的负荷计算.....               | 16 |
| 2.3 单相用电设备的负荷计算.....               | 20 |
| 2.4 无功功率补偿.....                    | 21 |
| 本章小结 .....                         | 23 |
| 习题与思考题 .....                       | 24 |
| <b>第 3 章 短路电流的计算</b> .....         | 25 |
| 3.1 短路的基本概念.....                   | 25 |
| 3.2 无限大容量电力系统的三相短路计算.....          | 27 |
| 3.3 单相接地短路电流计算.....                | 32 |
| 3.4 两相短路电流计算.....                  | 33 |
| 3.5 短路电流的力效应和热效应.....              | 34 |
| 本章小结 .....                         | 36 |
| 习题与思考题 .....                       | 37 |
| <b>第 4 章 建筑供配电系统设备及线缆的选择</b> ..... | 38 |
| 4.1 供配电系统设备概述.....                 | 38 |
| 4.2 开关电器及其选择.....                  | 40 |
| 4.3 熔断器及其选择.....                   | 51 |
| 4.4 互感器及其选择.....                   | 54 |
| 4.5 电力线缆及其选择.....                  | 61 |
| 4.6 电力变压器和柴油发电机的选择.....            | 67 |
| 本章小结 .....                         | 72 |
| 习题与思考题 .....                       | 73 |
| <b>第 5 章 建筑供配电系统的组成</b> .....      | 74 |
| 5.1 供配电网 络结构.....                  | 74 |
| 5.2 低压配电系统接线.....                  | 80 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 5.3 建筑供配电系统实例                  | 84         |
| 本章小结                           | 89         |
| 习题与思考题                         | 89         |
| <b>第6章 建筑物防雷、接地与安全用电</b>       | <b>90</b>  |
| 6.1 建筑物防雷                      | 90         |
| 6.2 接地                         | 97         |
| 6.3 等电位联结                      | 99         |
| 6.4 安全用电                       | 100        |
| 本章小结                           | 104        |
| 习题与思考题                         | 104        |
| <b>第7章 电气照明基础知识</b>            | <b>105</b> |
| 7.1 光的电磁理论及度量                  | 105        |
| 7.2 材料的光学性质                    | 107        |
| 7.3 常用电光源及其选用                  | 109        |
| 本章小结                           | 125        |
| 习题与思考题                         | 126        |
| <b>第8章 照明器及布置</b>              | <b>127</b> |
| 8.1 照明器的组成及特性                  | 127        |
| 8.2 照明器的分类及选择                  | 131        |
| 8.3 照明器的布置方式与要求                | 134        |
| 8.4 照明器布置与建筑结构、装饰的配合           | 136        |
| 本章小结                           | 136        |
| 习题与思考题                         | 137        |
| <b>第9章 照明的方式、种类及照明的质量、照度标准</b> | <b>138</b> |
| 9.1 照明方式和照明种类                  | 138        |
| 9.2 照明质量                       | 139        |
| 9.3 照度标准                       | 142        |
| 本章小结                           | 146        |
| 习题与思考题                         | 146        |
| <b>第10章 照明计算</b>               | <b>147</b> |
| 10.1 反射比的计算                    | 147        |
| 10.2 应用利用系数法计算平均照度             | 149        |
| 10.3 应用灯数概算曲线计算平均照度            | 152        |
| 10.4 应用单位容量法计算平均照度             | 154        |
| 本章小结                           | 156        |
| 习题与思考题                         | 156        |
| <b>第11章 应急照明</b>               | <b>158</b> |
| 11.1 应急照明基础知识                  | 158        |
| 11.2 应急照明的设置与安装                | 161        |
| 11.3 应急照明的控制方式                 | 165        |



---

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 本章小结·····                            | 168        |
| 习题与思考题·····                          | 168        |
| <b>附录</b> ·····                      | <b>170</b> |
| 附录 1 平圆吸顶灯的配光特性、利用系数及概算曲线·····       | 170        |
| 附录 2 嵌入式格栅荧光灯的配光特性、利用系数及概算曲线·····    | 172        |
| 附录 3 筒式荧光灯（无反射罩）的配光特性、利用系数及概算曲线····· | 174        |
| 附录 4 筒式荧光灯（带反射罩）的配光特性、利用系数及概算曲线····· | 176        |
| 附录 5 关于等效地面反射比不等于 20%时对利用系数的修正表····· | 178        |
| 附录 6 民用建筑中各类建筑物的主要用电负荷分级·····        | 180        |
| 附录 7 建筑电气工程施工图实例·····                | 183        |
| <b>参考文献</b> ·····                    | <b>206</b> |

# 第 1 章 绪 论

**【本章重点】** 了解电力系统的构成、运行特点及发展趋势；熟悉电力系统的标称电压和中性点接地方式、低压配电系统接地型式；理解电力系统中发电机和变压器额定电压的有关规定、电力系统各种中性点接地方式的运行特点。

## 1.1 电力系统及其电压等级

### 1.1.1 电能的特点

电能是国民经济和人民生活的重要能源之一，进入 21 世纪以后随着社会现代文明程度，特别是计算机和楼宇自动化系统应用程度的不断提高，对电能的需求量和依赖程度也就越来越大。电能是一种使用方便、清洁、易于与其他形式的能源相互转化，又易于转换为其他形式的能量以供使用；输配简单经济；可以精确控制、调节和测量。因此，电能已广泛应用到社会生产的各个领域和社会生活的各个方面。

### 1.1.2 电力系统的基本概念及组成

电力系统是由发电厂、电力网及电力用户组成的统一整体。典型电力系统示意图如图 1-1 所示。

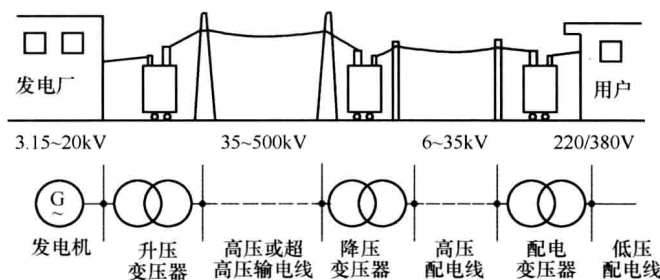


图 1-1 电力系统示意图

### 1. 发电厂

发电厂是由建筑物、能量转换设备和全部必要的辅助设备组成的生产电能的场所。发电就是将一次能源（如水力、火力、风力、原子能、太阳能等）转换成二次能源（电能）的过程。根据发电厂所取用一次能源的不同，主要有火力发电、水力发电、核能发电等发电形式，此外还有潮汐发电、地热发电、太阳能发电、风力发电等。

火力发电厂是以煤、石油、天然气为燃料获得热能的热力发电厂。其发电过程为：燃料充分燃烧后，使锅炉内的水变成高温高压的蒸汽，推动汽轮机转动，带动与之联轴的发电机旋转发电。一般火力发电厂的热效率不高，只有 30%~40%。火力发电至今仍然是世界上最主要的电能生产方式，当今我国火力发电设备的装机容量在电能生产中占总装机

容量的70%以上。

水电站是将水流能量转变为电能的电站。其发电过程：有落差的水流推动水轮机旋转，带动与水轮机同轴的发电机运转发出电能。水力发电的生产效率高，一般大、中型水电站的发电效率可达80%~90%，小型水电站的发电效率也可达60%~70%。水力发电利用的是可再生能源，发电成本较低，而且水力发电不产生污染。据统计，目前我国的水力资源开发量还不足10%，在电力供应日趋紧张的今天，大力开发水力资源十分必要。

核电站是由核反应获得热能的热力发电站。核能发电的生产过程与火力发电基本相同，只是其热能不是由燃料的化学能产生的，而是由反应堆（又称原子锅炉）中的核燃料发生核裂变时释放出的能量而获得的。核能发电可以节省大量的煤、石油、天然气等自然资源，1kg铀裂变所产生的热量相当于 $2.7 \times 10^6$ kg标准煤所产生的热量。

除上述三种主要的电能生产方式外，还有以地热、风力、潮汐、太阳能等为一次能源生产电能的方式，正得到不断地研究、开发和应用，具有广阔的应用前景，其中太阳能电站和风力电站在我国已初具规模。

## 2. 电力网

电力网是电力系统的一部分，由输电、配电的各种装置和设备、变电站、电力线路组成，简称电网。

电力线路是电力系统两点间用于输配电的导线、绝缘材料和附件组成的设施。电力线路可为架空线路、地下线路等。

变电站是接收电能、变换电压和分配电能的场所，由输电或配电线路开关设备的终端和建筑物，也包括变压器，通常还包括电力系统安全和控制所需的设施（如保护设施）等组成。按变压的性质和作用又可分为升压变电站和降压变电站。对仅装有受电、配电设备而没有变压器的称为配电所。根据其在电力系统中的地位和作用，变电站可以分为枢纽变电站、区域变电站、用户变电站。

输电网是进行电能输送的通道，它分为输电线路和配电线路两种。输电线路是将发电厂发出的电能经升压后送到邻近负荷中心的枢纽变电站，或连接相邻的枢纽变电站，由枢纽变电站将电能送到地区变电站，其电压等级一般在220kV以上；配电线路则是将电能从地区变电站经降压后输送到电能用户的线路，其电压等级一般为110kV及以下。

## 3. 电力用户

电力用户也称电力负荷。在电力系统中，一切消费电能的用电设备均称为电力用户。电力用户按其性质不同可分为工业用户、商业用户、农业用户、城镇居民用户等。电力用户按其用途可分为动力用电设备、工艺用电设备、电热用电设备、照明用电设备等，它们分别将电能转换为机械能、热能和光能等不同形式，适应生产和生活的需要。

### 1.1.3 电力系统运行的特点与要求

#### 1. 电力系统运行的特点

(1) 电力系统发电与用电之间的动态平衡。由于电能不能被大容量存储，导致电能的生产和使用是同步进行的。因此，为避免造成系统运行的不稳定，电力系统必须保持电能的生产、输送、分配和使用处于一种动态平衡的状态。

(2) 电力系统的暂态过程十分迅速。由于电能的传输具有极高的速度，电力系统中发电机、变压器、电力线路、电动机等元件的投入和退出，电网的短路等暂态过渡过程的持

续时间十分短暂。因此，在设计电力系统的自动化控制、测量和保护装置时，应充分考虑其灵敏性。

(3) 电力系统的影响重大。随着社会的进步和电气化程度的提高，电能对国民经济和人民生活具有重要影响，任何原因引起的供电中断或供电不足都有可能给国民经济和人民生活造成重大损失。

## 2. 电力系统运行的要求

(1) 安全。在电能的生产、输送、分配和使用中，应确保人身和设备安全。供配电的安全是对系统的最基本要求。供配电系统如果发生故障或遇到异常情况，将影响整个电力系统的正常运行，造成对用户供电的中断，甚至造成重大或无法挽回的损失。

(2) 可靠。可靠性指标一般以全部平均供电时间占全年时间的百分比来表示。从某种意义上讲，绝对可靠的电力供配电系统是不存在的。电力系统应具备在规定的条件下和规定的时间内完成其供电功能的能力，避免发生不必要的供电中断，满足用户对供电可靠性的要求。

(3) 优质。电压和频率是衡量供电质量的重要指标，电压和频率的过高或过低都会影响电力系统的稳定性，对用电设备造成危害。因此，电力系统的供电技术参数不应低于国家规定指标，以满足用户对供电质量的要求。

(4) 经济。在保证安全可靠和优质的前提下，应加强电力系统预测管理，实现电网在供电成本率低或发电能源消耗率及网损率最小的条件下运行。

### 1.1.4 电力系统的电压

#### 1. 电力系统的标称电压

电力系统的标称电压是用以标志或识别系统电压的给定值，由国家统一制定和颁布。根据《标准电压》GB 156—2007，我国电力系统的标称电压见表 1-1。

我国电力系统的标称电压

表 1-1

| 分 类                            | 系统标称电压                            | 设备最高电压                         | 备 注  |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| 标称电压在 220~1000V 的交流三相四线或三相三线系统 | 220/380<br>380/660<br>1000 (1140) |                                | 1. 表中数值为相电压/线电压，单位为 V<br>2. 1140V 仅用于某些行业内部系统使用                  |
| 标称电压在 1~35kV 的交流三相系统           | 3 (3.3)<br>6<br>10<br>20<br>35    | 3.6<br>7.2<br>12<br>24<br>40.5 | 1. 表中数值为线电压，单位为 kV<br>2. 括号中的数值为用户有要求时使用<br>3. 表中前两组数值不得用于公共配电系统 |
| 标称电压在 35~220kV 的交流三相系统         | 66<br>110<br>220                  | 72.5<br>126 (123)<br>252 (245) | 1. 表中数值为线电压，单位为 kV<br>2. 括号中的数值为用户有要求时使用                         |
| 标称电压在 220~1000kV 的交流三相系统       | 330<br>500<br>750<br>1000         | 363<br>550<br>800<br>1100      | 表中数值为线电压，单位为 kV  |
| 高压直流输电系统                       | ±500<br>±800                      |                                | 单位为 kV   |

## 2. 电气设备的额定电压

电气设备的额定电压通常由制造厂家确定，用以规定元件、器件或设备的额定工作条件的电压。其电压等级应与电力系统的标称电压等级相对应。根据电气设备在系统中的作用和位置，电气设备的额定电压分为以下几种。

### (1) 用电设备的额定电压

用电设备的额定电压与所连接系统的标准电压一致。用电设备运行时，电力线路上有负荷电流通过，因而在电力线路上引起电压损耗，造成电力线路上各点电压略有不同。为了保证用电设备的良好运行，国家对各级电力系统标准电压的偏差有严格的规定。所以用电设备的额定电压与同级电力线路的额定电压相等。

### (2) 发电机的额定电压

用电设备的电压一般允许在额定电压的 $\pm 5\%$ 以内变化，而电网的电压损失一般控制在 $10\%$ 以内。因此，为保证用电设备在电网上各处都能正常运行，应使电网首端电压比电力系统的标准电压 $U_n$ 高 $5\%$ ，而末端电压则允许比 $U_n$ 低 $5\%$ 。由于发电机处于电网的首端，所以发电机的额定电压 $U_{r.G}$ 规定为比所连电网的系统标准电压 $U_n$ 高 $5\%$ 。

### (3) 电力变压器的额定电压

1) 电力变压器连接于线路上时，其一次绕组的额定电压应与配电网的额定电压相同，高于供电电网额定电压 $5\%$ ；

2) 电力变压器的二次绕组额定电压是指变压器的一次绕组加额定电压，二次绕组开路时的空载电压。考虑到变压器在满载运行时，二次绕组内约有 $5\%$ 的电压降，另外二次侧供电线路较长等原因，变压器的二次绕组端电压应高于供电电网电压 $10\%$ ，其中 $5\%$ 用来补偿变压器负载时内部的电压损失，另外的 $5\%$ 用来补偿变压器二次绕组连接的配电线路的电压损耗。

## 3. 电力系统中各级标准电压的使用范围

供配电电压的高低，对电能质量及降低电能损耗均有重大的影响。在输送功率一定的情况下，若提高电力线路的输电电压，则通过输电线路的电流会减小，进而线路有功损耗和电压损失降低，线路导体截面积可以减少，能有效地节省有色金属消耗量和线路本身的投资。因此，线路传输功率越大，传输距离越远，则所选择的电压等级也越高。

在我国目前的电路系统中， $330\sim 1000\text{kV}$ 电压等级主要用于长距离输电网， $110\sim 220\text{kV}$ 电压等级主要用于区域配电网， $10\sim 110\text{kV}$ 电压等级为一般电力用户的高压供电电压。具体电压等级要根据用户用电容量、用电设备特性、供电距离、供电线路的回路数、当地公共电网现状及其发展规划等因素，经过技术经济比较来确定。

工矿企业用户的供配电电压有高压和低压两种，高压供电通常指 $6\sim 10\text{kV}$ 及以上的电压等级。中、小型企业通常采用 $6\sim 10\text{kV}$ 的电压等级，当 $6\text{kV}$ 用电设备的总容量较大，选用 $6\text{kV}$ 就比较经济合理。大型工厂宜采用 $35\sim 110\text{kV}$ 电压等级，以节约电能和投资。低压供配电是指采用 $1\text{kV}$ 及以下的电压等级。大多数低压用户采用 $380/220\text{V}$ 的电压等级，在某些特殊场合，例如矿井下，因用电负荷往往离变配电所较远，为保证远端负荷的电压水平，要采用 $660\text{V}$ 电压等级。

## 1.2 电力负荷的分级

电力负荷根据供电可靠性及中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度，分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。

### 1. 一级负荷

指中断供电将造成人身伤亡，造成重大政治影响和经济损失，或造成公共场所秩序严重混乱的电力负荷，属于一级负荷。如国家级的大会堂、国际候机厅、医院手术室、省级以上体育场（馆）等建筑的电力负荷。对于某些特殊、重要建筑，如重要的交通枢纽、重要的通信枢纽、国宾馆、国家级及承担重大国事活动的会堂、国家级大型体育中心，以及经常用于重要国际活动的大量人员集中的公共场所等的一级负荷，为特别重要负荷。一级负荷应由两个电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源应不致同时受到损坏。一级负荷中的特别重要负荷，除上述两个电源外，还必须增设应急电源。为保证对特别重要负荷的供电，禁止将其他负荷接入应急供电系统。

常用的应急电源可有以下几种：独立于正常电源的发电机组、供电网络中有效地独立于正常电源的专门馈电线路、蓄电池。

### 2. 二级负荷

当中断供电将造成较大政治影响、较大经济损失或将造成公共场所秩序混乱的电力负荷，属于二级负荷。如省部级的办公楼、甲等电影院、市级体育场馆、高层普通住宅、高层宿舍等建筑的照明负荷。对于二级负荷，宜由两回线路供电。在负荷较小或地区供电条件困难时，二级负荷可由一路 6kV 及以上的专用架空线供电。当采用架空线时，可为一回路架空线供电；当采用电缆线路时，应采用两根电缆组成的线路供电，其每根电缆应承受 100% 的二级负荷。

### 3. 三级负荷

不属于一级和二级负荷的一般电力负荷，均属于三级负荷。三级负荷对供电电源无特殊要求，一般为一路电源供电即可，但在可能的情况下，也应提高其供电的可靠性。

## 1.3 中性点运行方式及低压配电系统接地的型式

在电力系统中，作为供电电源的三相发电机或变压器的绕组为星形连接时的中性点称为电力系统的中性点。电力系统的中性点与地的连接方式称为中性点接地方式。电力系统的中性点接地方式是一个综合的技术问题，它与系统的供电可靠性、人身安全、设备安全、过电压保护、继电保护、通信干扰及接地装置等问题有密切的关系。

电力系统中性点工作方式有中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点直接接地 3 种。

### 1.3.1 中性点不接地系统

#### 1. 中性点不接地系统的正常运行

中性点不接地系统如图 1-2 所示，三相导线之间及各相导体对地都有电容分布，这些电容在电压作用下将有附加的电容电流通过。为了便于分析，可认为三相系统是对称的，

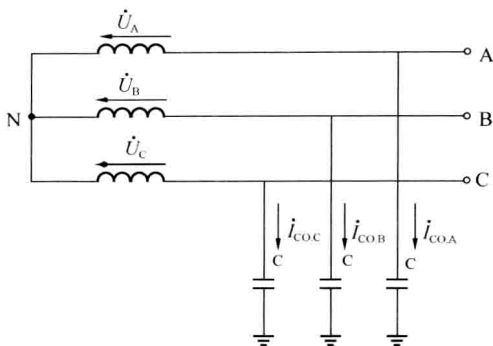


图 1-2 中性点不接地系统

对地电容电流可集中于线路中间的电容来替代，相间电容可忽略不计。

系统正常运行时，各相电源电压  $\dot{U}_A$ 、 $\dot{U}_B$ 、 $\dot{U}_C$  以及对地电容都是对称的，各相对地电压即为相电压。各相对地电容电流  $\dot{I}_{CO,A}$ 、 $\dot{I}_{CO,B}$ 、 $\dot{I}_{CO,C}$  也是三相对称的，即地中没有电容电流通过，此时电源中性点与地等电位。

### 2. 中性点不接地系统的单相接地

中性点不接地系统由于绝缘损坏而导致接地短路时，该相的对地电容被短接，如图

1-3 所示，此时 C 相对地电压为零。

中性点 N 对地电压为： $\dot{U}_N = -\dot{U}_C$

B 相对地电压为： $\dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_C$

A 相对地电压为： $\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_C$

显然，中性点不接地系统发生单相接地故障时，线电压不变而非故障相对地电压升高到原来相电压的  $\sqrt{3}$  倍，即上升为线电压数值。因此，非故障相对地电压的升高，又造成对地电容电流相应增大，各相对地电容电流分别上升为  $\dot{I}'_{CO,A}$ 、 $\dot{I}'_{CO,B}$ 、 $\dot{I}'_{CO,C}$ ，C 相在 K 点的对地短路电流为  $\dot{I}_K$ ，而  $\dot{I}'_{CO,C} = 0$ ，则

$$\dot{I}_K = -(\dot{I}'_{CO,A} + \dot{I}'_{CO,B})$$

$$\dot{I}'_{CO,A} = \frac{U'_A}{X_C} = \frac{\sqrt{3}U_A}{X_C} = \sqrt{3} \dot{I}_{CO,A}$$

$$\dot{I}_K = \sqrt{3}\dot{I}'_{CO,A} = 3 \dot{I}_{CO,A}$$

以上分析表明，单相接地时接地点的短路电流是正常运行的单相对地电容电流的 3 倍。

### 3. 中性点不接地系统的使用范围

中性点不接地系统发生单相接地故障时，由于系统线电压未发生变化，所有三相负载仍能正常工作，因而该接地型式在我国被广泛应用于 3~10kV 的系统中。中性点不接地系统由于故障时接地电流很小，瞬时故障一般可自动熄弧，非故障相电压升高不大，不会破坏系统的对称性，故可带故障连续供电 2h，为排除故障赢得了时间，相对提高了供电的可靠性。另外，中性点不接地系统不需要任何附加设备，投资小，只要装绝缘监视装置，以便发现单相接地故障后能迅速处理，避免单相故障长期存在，以致发展为相间短路或多点接地事故。

目前，我国中性点不接地系统的适用范围如下：

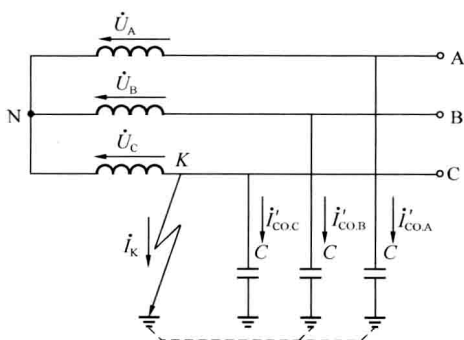


图 1-3 中性点不接地系统单相接地

- (1) 电压等级在 500V 以下的三相三线制系统。
- (2) 3kV~10kV 系统接地电流小于或等于 30A 时。
- (3) 20kV~35kV 系统接地电流小于或等于 10A 时。

### 1.3.2 中性点经消弧线圈接地方式

在中性点不接地三相系统中，为了防止单相接地时产生间歇电弧，应采用减小接地电流的措施。为此通常在中性点与地之间接入消弧线圈，如图 1-4 所示。

当系统发生单相接地（设 C 相）短路故障时，C 相对地的短路电流为  $\dot{I}_K$ ，流过消弧线圈的电流为  $\dot{I}_L$ ，且

$$\dot{I}_K + \dot{I}'_{CO,A} + \dot{I}'_{CO,B} - \dot{I}_L = 0$$

因此， $\dot{I}_K = \dot{I}_L - (\dot{I}'_{CO,A} + \dot{I}'_{CO,B})$ 。由此可知，单相接地短路电流为电感电流与其他两相对地电容电流之差，选择适当大小消弧线圈电感  $L$ ，可使  $\dot{I}_K$  值减小。

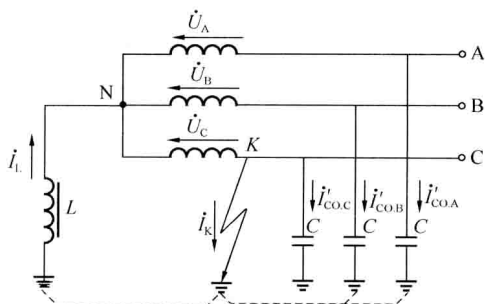


图 1-4 中性点经消弧线圈接地系统单相接地

中性点采用经消弧线圈接地方式，就是在系统发生单相接地故障时，消弧线圈产生的电感电流补偿单相接地电容电流，以使通过接地点电流减少，能自动灭弧。消弧线圈接地方式在技术上不仅拥有了中性点不接地系统的所有优点，而且还避免了单相故障可能发展为两相或多相故障、产生过电压损坏电气设备绝缘和烧毁电压互感器等危险。

在各级电压网络中，当单相接地故障时，通过故障点的总的电容电流超过下列数值时，必须安装消弧线圈：

- (1) 对 3kV~6kV 电网，故障点总电容电流超过 30A；
- (2) 对 10kV 电网，故障点总电容电流超过 20A；
- (3) 对 22kV~66kV 电网，故障点总电容电流超过 10A。

变压器中性点经消弧线圈接地的电网发生单相接地故障时，故障电流也很小，所以它也属于小接地电流系统。在这种系统中，消弧线圈的作用就是用电感电流来补偿流经接地点的电容电流。

### 1.3.3 中性点直接接地

中性点直接接地方式是指把电源中性点直接与“地”相接。在正常工作条件下，中性点直接接地系统三相电源和各相线路对地电容电流均为对称，因而流经中性点接地线的电流为零。

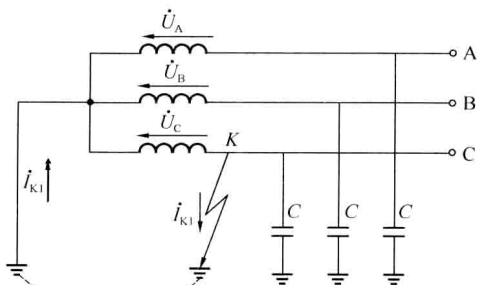


图 1-5 中性点直接接地系统单相接地

中性点直接接地系统发生单相接地故障后，故障相电源经大地、接地中性线形成短路回路，其电路原理图如图 1-5 所示。单相短路电流  $\dot{I}_{K1}$  的值很大（故中性点直接接地系统又称为大接地电流系统），将使线路上的断路器、熔断器或继电器保护装置动作，从而切除短路



故障。

中性点直接接地系统由于发生单相接地故障时，非故障相的对地电压保持不变，仍为相电压，因而系统中各线路和电气设备的绝缘等级只需按相电压设计。绝缘等级的降低，可以降低电网和电气设备的造价。在我国，110kV 及以上的高压系统采用电源中性点直接接地的运行方式。1kV 以下的低压配电系统一般也采用电源中性点直接接地的运行方式，是为了满足低压电网中额定电压为相电压的单相设备的正常工作要求，便于低压电气设备的保护接地。

### 1.3.4 低压配电系统接地的型式

低压配电系统是电力系统的末端，分布广泛，几乎遍及建筑的每一个角落，平常使用最多的是 380/220V 的低压配电系统。从安全用电等方面考虑，低压配电系统有三种接地型式：IT 系统、TT 系统、TN 系统。

#### 1. TN 系统

TN 系统即电源中性点直接接地，设备外壳等可导电部分与电源中性点有直接电气连接的系统。它有三种型式：

##### (1) TN—S 系统

TN—S 系统如图 1-6 所示，电源中性点接地，而用电设备外壳等可导电部分通过专门设置的保护线 PE 连接到电源中性点上。在这种系统中，中性线 N 和保护线 PE 是分开的，N 相断线不会影响 PE 线的保护作用，常用于安全可靠要求较高的场所。TN—S 系统是我国现在应用最为广泛的一种系统（又称三相五线制）。

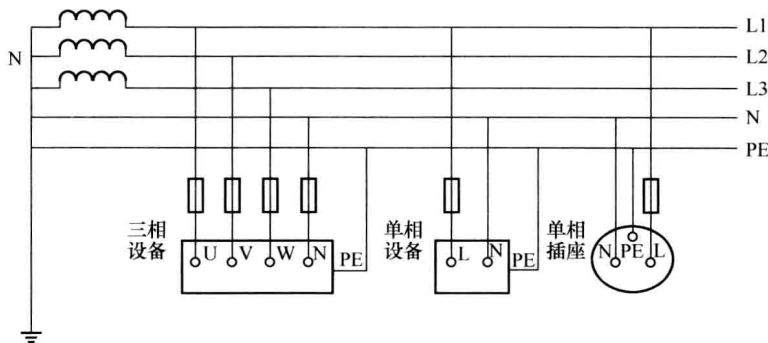


图 1-6 TN—S 系统

##### (2) TN—C 系统

TN—C 系统如图 1-7 所示，它由一根保护中性线 PEN 将 PE 线和 N 线的功能综合起来，同时承担保护和中性线两者的功能。在用电设备处，PEN 线既连接到负荷中性点上，又连接到设备外壳等可导电部分。此时注意相线 (L) 与中性线 (N) 要接正确，否则外壳要带电。

TN—C 现在已很少采用，尤其是在民用配电中不允许采用 TN—C 系统。

##### (3) TN—C—S 系统

TN—C—S 系统是 TN—C 系统和 TN—S 系统的结合型式，如图 1-8 所示。TN—C—S 系统中，从电源出来的那一段采用 TN—C 系统，只起电能的传输作用，在靠近用电负荷附近某一点处，将 PEN 线分开成单独的 N 线和 PE 线，从这一点开始，系统相当于