



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

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

Jianzhu  
Gongdian Yu  
Zhaoming

# 建筑供电与照明

(第三版)

(建筑电气工程技术专业适用)

刘复欣 主编

中国建筑工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

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

# 建筑供电与照明

(第三版)

(建筑电气工程技术专业适用)

刘复欣 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑供电与照明/刘复欣主编. —3 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 12

“十二五”职业教育国家规划教材经全国职业教育教材审定委员会审定, 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 (建筑电气工程技术专业适用)

ISBN 978-7-112-17539-0

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建筑照明-高等职业教育-教材 IV. ①TU852②TU113.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 274989 号

\* \* \*

责任编辑: 齐庆梅 田启铭

责任校对: 姜小莲 刘梦然

“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定  
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  
**建筑供电与照明**  
(第三版)  
(建筑电气工程技术专业适用)  
刘复欣 主编

\*

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

北京密云红光制版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27 $\frac{1}{2}$  字数: 682 千字

2015 年 12 月第三版 2015 年 12 月第十二次印刷

定价: 52.00 元

ISBN 978-7-112-17539-0

(25708)

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)

## 第三版前言

本教材是以现代独立的一般建筑、高层建筑和建筑群为例，针对建筑行业高等职业教育的特点和特殊要求，以学生学习后就能在实际工作中得到应用为目的，全面系统的讲述建筑供电及照明专业的基本理论、基础知识。内容设计针对性强，力求达到：基本理论性问题的讲解内容作到具有一般性、广泛性、浅显易懂。实用技术性问题的讲解内容结合建筑电气工程的示例作到详细、侧重应用性和对实际工作的指导性并注意和理论知识相结合。所涉及的计算性问题是以前理论计算和工程计算两种方法同时讲述计算过程和要点，并且理论计算方法的讲述是考虑到为了使用计算机软件进行计算来奠定基础。为了更好地将理论和实际相结合，本教材中采用的供电及照明工程的图纸及计算示例均来源于实际工程并按课堂教学的特点加以适当修改而编写而成。有的放矢对实际工程有着一定的指导意义。

本书的宗旨是通过对本书的学习使之从事建筑供电及照明工程工作的人员能够成为一名“懂设计”“会施工”“精管理”的技术应用型人才。

本教材所涉及的内容均符合现行的中华人民共和国国家标准和建筑行业的行业标准。同时针对建筑行业的特点对新技术应用问题进行了详细的论述例如：节能照明技术、现场临时供电和用电安全的要求、等电位的具体做法、利用建筑物基础做接地装置的方法、室内的装饰照明、室外的照明包括建筑物立面照明、街景照明、建筑小品照明、标志性建筑物的照明等目前应用较多的照明方法。本教材所涉及的技术、设备都是在工程中常用的成熟的并具有普遍性，对于有些特殊问题本书尚未涉及请参照其他书籍。另外书中出现的各种图形符号及标注方法和文字符号是和国际、国家标准统一。

由于参加编写的人员能力和水平有限，在本书中定有错、漏、病、缺和不足之处敬请各位读者批评指正。

本教材原本是根据高等职业教育委员会教材编写组讨论的大纲而编写，并作为建筑类高等职业教育建筑电气工程技术专业教材之一。新疆建设职业技术学院李芳同志、广东建设职业技术学院郑发泰同志、徐州建筑职业技术学院李录峰同志、沈阳建工学院职业技术学院张之光同志参与了编写。教材中的工程图纸、计算实例和计算过程由黑龙江建筑职业技术学院王宏玉提供。根据该书在使用过程中出现的问题和现代建筑电气工程技术的发展水平，黑龙江建筑职业技术学院刘复欣同志对该书进行了重新编写。并请高级电气工程师王钢对该书进行了审阅。

由于参加编写的人员能力和水平有限，在本书中定有错、漏、病、缺和不足之处敬请各位读者批评指正。

# 目 录

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第一章 建筑供电系统概论.....                      | 1   |
| 第一节 电力系统简介.....                        | 1   |
| 第二节 建筑供电系统.....                        | 2   |
| 本章小结 .....                             | 10  |
| 复习思考题 .....                            | 11  |
| 第二章 建筑供电系统负荷计算 .....                   | 12  |
| 第一节 负荷计算的方法及其比较 .....                  | 12  |
| 第二节 采用需要系数法进行负荷计算 .....                | 17  |
| 第三节 单相用电设备组确定计算负荷的方法 .....             | 25  |
| 第四节 尖峰电流及其计算 .....                     | 30  |
| 第五节 城市供电规划中的电力负荷计算 .....               | 34  |
| 本章小结 .....                             | 36  |
| 复习思考题 .....                            | 37  |
| 第三章 建筑供电系统的节能 .....                    | 38  |
| 第一节 提高功率因数的意义和方法 .....                 | 38  |
| 第二节 电力电容器的设置 .....                     | 39  |
| 第三节 无功补偿容量的计算 .....                    | 40  |
| 第四节 电力电容器的选择及无功自动补偿装置 .....            | 43  |
| 本章小结 .....                             | 45  |
| 复习思考题 .....                            | 46  |
| 第四章 短路电流及其计算 .....                     | 47  |
| 第一节 概述 .....                           | 47  |
| 第二节 短路电流对供电系统的影响 .....                 | 47  |
| 第三节 无限大容量电力系统三相短路电流的计算方法和使用时注意事项 ..... | 52  |
| 第四节 采用欧姆法进行短路电流计算 .....                | 53  |
| 第五节 采用标么制法进行短路电流计算 .....               | 68  |
| 第六节 短路电流的工程估算法 .....                   | 71  |
| 本章小结 .....                             | 74  |
| 复习思考题 .....                            | 74  |
| 第五章 高、低压电气设备 .....                     | 75  |
| 第一节 高压电气设备 .....                       | 75  |
| 第二节 低压电气设备 .....                       | 91  |
| 第三节 电力变压器与互感器.....                     | 104 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 第四节 成套箱式变电站·····                 | 117 |
| 本章小结·····                        | 120 |
| 复习思考题·····                       | 122 |
| 第六章 变、配电所以及变、配电所的运行和维护·····      | 124 |
| 第一节 变、配电所的结构和设备布置图·····          | 124 |
| 第二节 变电所的高压配电系统和低压配电系统·····       | 129 |
| 第三节 变电所的继电保护·····                | 134 |
| 第四节 变电所的信号系统和断路器的控制回路·····       | 151 |
| 第五节 变电所二次系统·····                 | 167 |
| 第六节 变电所一、二次系统的运行管理和维护·····       | 176 |
| 本章小结·····                        | 196 |
| 复习思考题·····                       | 198 |
| 第七章 低压配电系统·····                  | 200 |
| 第一节 低压配电系统的组成形式和特点·····          | 200 |
| 第二节 各类典型建筑低压配电系统的构成·····         | 204 |
| 第三节 低压配电系统中电缆和导线型号及截面的选择计算·····  | 210 |
| 第四节 低压配电系统及电气开关设备、保护装置的选择计算····· | 222 |
| 第五节 低压配电系统、配线工程的设计·····          | 228 |
| 本章小结·····                        | 237 |
| 复习思考题·····                       | 237 |
| 第八章 建筑物的防雷·····                  | 238 |
| 第一节 过电压与防雷设备·····                | 238 |
| 第二节 建筑物防雷的分级及保护措施·····           | 245 |
| 第三节 接地电阻·····                    | 251 |
| 本章小结·····                        | 260 |
| 复习思考题·····                       | 260 |
| 第九章 施工现场临时供电工程及用电安全·····         | 262 |
| 第一节 施工现场临时用电的申请·····             | 262 |
| 第二节 施工现场供、配电工程设计·····            | 264 |
| 第三节 施工现场临时用电工程设计案例·····          | 278 |
| 第四节 安全用电的常识及防护措施·····            | 292 |
| 第五节 防止触电的措施·····                 | 296 |
| 第六节 住宅建筑的漏电保护·····               | 303 |
| 本章小结·····                        | 306 |
| 复习思考题·····                       | 307 |
| 第十章 电气照明工程·····                  | 308 |
| 第一节 光学与视觉的基础知识·····              | 308 |
| 第二节 材料的光学性质·····                 | 314 |
| 第三节 常用电光源的种类和技术指标·····           | 316 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第四节    常用照明器（灯罩）光学性能指标·····         | 327 |
| 复习思考题·····                          | 332 |
| <b>第十一章    照明设计（光照设计）</b> ·····     | 334 |
| 第一节    评价照明质量的指标·····               | 334 |
| 第二节    电光源和照明器的选择·····              | 337 |
| 第三节    照明器的布置和平均照度的计算·····          | 340 |
| 第四节    室内装饰照明装置和照度计算·····           | 353 |
| 第五节    光照设计方法和步骤·····               | 359 |
| 第六节    某学院教学楼 D 座五层照明设计（光照部分）·····  | 366 |
| 复习思考题·····                          | 375 |
| <b>第十二章    照明设计（电气设计）</b> ·····     | 376 |
| 第一节    照明供电系统的构成和负荷计算方法·····        | 376 |
| 第二节    导线、保护设备和开关设备的选择·····         | 381 |
| 第三节    照明配线和供电系统设计·····             | 383 |
| 第四节    某学院教学楼 D 座五层照明设计（电气部分）·····  | 387 |
| 复习思考题·····                          | 393 |
| <b>第十三章    建筑物立面照明和剧场照明设计</b> ····· | 394 |
| 第一节    建筑物立面照明的设计理念和设计方法·····       | 394 |
| 第二节    泛光照明设计·····                  | 396 |
| 第三节    内透光照明设计·····                 | 401 |
| 第四节    舞台灯光设计介绍·····                | 402 |
| 复习思考题·····                          | 414 |
| 第十章至第十三章（电气照明部分）的小结·····            | 415 |
| <b>附录</b> ·····                     | 416 |
| <b>参考文献</b> ·····                   | 432 |

# 第一章 建筑供电系统概论

建筑供电系统是完成向电力网取得电源、分配电源、变换电压、为建筑物输送电源和分配电源，完成电源和负载的连接，同时实现对上述部分的控制、保护等功能所组成的系统。

在建筑行业中通常将建筑供电系统称为：建筑供、配电系统。供电是从电源的角度出发，如何来实现对建筑物电源的供应。配电是指从用户的角度出发，如何实现用电负载和电源的连接。供电系统是指电压等级为 10kV 所组成的系统，配电系统是指电压等级为 10kV 以下所组成的系统。有时也将对整栋建筑物或建筑群的电力供应称为供电，如某写字楼的供电系统、某住宅小区的供电系统等。将对具体设备的电力供应称为配电，如办公室照明配电系统、给水泵房动力配电系统等。

从电力系统的角度来看，建筑供电系统是电力系统中的一个用户；从建筑物内用电设备的角度来看，建筑供电系统是它们的电源。在建筑电气设计中，供电系统设计是一个重要的环节，必须同时满足安全、经济、优质和可靠这四个方面的要求。

## 第一节 电力系统简介

所谓电力系统，是指由发电厂、电力网以及用户所组成的统一整体。它们之间的关系如图 1-1 所示。

**一、发电厂**

发电厂是把自然界中的各种能量转变为电能的工厂。按照取用能源方式的不同，发电厂可分为：火力发电厂、水力发电厂、核电站、蓄能电厂等几类。一般情况下，各类发电厂是并网同时发电的，以保证电力网稳定可靠地向用户供电，同时也便于调节电能的供求关系。

**二、送变电装置**

送变电装置包括变电站和送电线路。变电站是变换电压和分配电能的场所，由变压器、配电装置及保护装置组成。按变压作用不同，变电站可分为升压变电站和降压变电站。规模较小、容量较小的则称为变电所，变电所是变换电压、分配电能的场所，是各类建筑的电能供应中心。如果不变换电压，只把引入的高压电源分配给其他地方的变电所，这种场所叫做配电所。送电线路是指在城市外架设的电力线路，按照送电线路的电压等级可以分为高压和超高压线路。

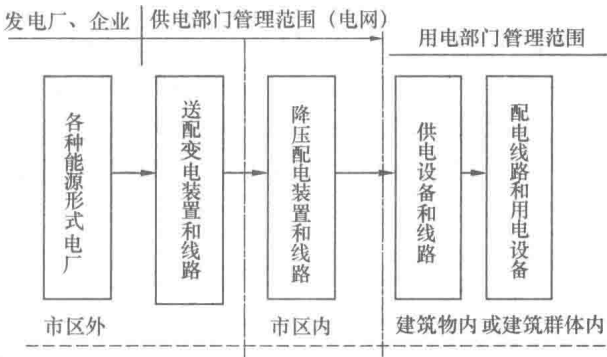


图 1-1 电力系统组成示意图

三、电力网

连接发电厂和用户的中间环节，包含变电站和高压输电线路，叫做电力网。电力网是电力系统的重要组成部分，它的任务是将发电厂生产的电能输送给用户。电力网常分为输电网和配电网两大部分，由 35kV 及以上的输电线路及其变电站组成的网络称为输电网，其作用是把电力输送到各个地区或直接送给大型用户。配电网是由 10kV 及以下配电线路及配电变压器所组成的，它的作用是把电力分配给各类用户。

电力网的电压等级很多，不同的电压等级所起的作用不同。我国电力网的额定电压等级主要有：220V、380V、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV 等几种。其中 220V、380V 用于低压配电线路，6kV、10kV 用于高压配电线路，而 35kV 以上的电压则用于输电网，电压越高则输送的距离越远，输送的容量越大，线路的电能损耗越小，但相应的绝缘水平要求及造价也越高。

表 1-1 列出了各种电压等级线路的输送功率和输送距离的合理数值的对应表，供参考。

各种电压等级线路的输送功率和输送距离 表 1-1

| 线路电压等级<br>(kV) | 输送功率<br>(kW) | 输送距离<br>(km) | 线路电压等级<br>(kV) | 输送功率<br>(kW)  | 输送距离<br>(km) |
|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
| 0.22           | 50 以下        | 1 以下         | 35             | 2000~10000    | 20~50        |
| 0.38           | 100 以下       | 1 以下         | 110            | 10000~50000   | 50~150       |
| 6              | 100~1200     | 4~15         | 220            | 100000~500000 | 100~300      |
| 10             | 200~2000     | 6~20         |                |               |              |

四、用户

所有的用电部门，都被电业管理称为用户。如果引入用电单位的电源为 1kV 及以下的低压电源并且采用低压电能计量方式，这类用户叫做低压用户；如果引入用电单位的电源为 1kV 以上的高压电源并且采用高压电能计量方式，这类用户叫做高压用户。

在管理范围上低压用户的管理范围是在低压计量装置以后的部分，高压用户的管理范围是在高压计量装置以后的部分，而其他的部分由电业管理部分进行管理。

第二节 建筑供电系统

建筑供电系统的构成形式，应该从引入电源的电压等级，用电容量、用电设备特性、供电距离、供电线路的回路数、用电单位的远景规划、当地公共电网的现状和它的发展规划以及经济合理等因素综合考虑。

一、建筑供电系统的构成形式

一般来说，用电量较小的建筑，可直接从市电低压电网或从临近建筑的变电所引入 220/380V 的三相四线制低压电源。用电量较大的建筑和建筑群需从电力网引入三相三线制的高压电源（一般为 10kV），经变电所（10kV 变电所）变换为 220/380V 的三相四线制低压电源，再用导线分配至各建筑或各用电设备使用。对于高层建筑或大型建筑需要不止一个变电所，通常把从电力网引入的 10kV 高压电源通过配电所分配至不同地方的变电

所，再变换为低压，分配给建筑内的各用电设备使用。对于超高层建筑则需从电力网引入 35kV 的高压电源，通过变电站降为 10kV，再分配至不同地方的变电所降为低压后给用电设备供电。现行的建筑电气设计规范规定，当用电设备容量在 250kW 或需用变压器容量在 160kVA 以上时，应以高压方式供电；当用电设备容量在 250kW 或需用变压器容量在 160kVA 以下时，应以低压方式供电，特殊情况也可以高压方式供电。在上述的诸多供电系统构成方式中最有代表性的供电系统有两种形式，即采用电源电压等级为 10kV 和 220/380V 两种供电系统。

### （一）采用高压 10kV 的供电系统

图 1-2 中按照使用功能将供电系统分为五部分，A 是由电业部门管理的电力网和区域配电所，它将上一级提供的同等电压等级的电源进行分配，通过电力线路为众多用户提供 10kV 的供电电源，它是城市区内主要的供电电源。由于只进行电源的分配而不进行电压的转换，因此称之为配电所。B 是用户的 10kV 开闭所，电业管理部门提供的供电回路数量是有限的，为了保证一个建筑群体内多个 10kV 电压等级电源的需求，有时用户要设置 10kV 开闭所。它承担着高压电源电能的计量作用和分配作用，它的管理是由用户自行安排。在满足电业管理部门的要求外，可以按照自己的管理方法自行调整电源和供电回路的划分。C 是变电所将 10kV 电源电压改变为用户使用的我国标准电压 220/380V，在变电所内同时也承担着按照建筑物使用要求的电能重新分配、线路和设备的保护任务。这些任务是由配电装置来完成的。对于一个建筑群或一个大型的独立建筑物变电所不只是一个，设置数量和用电容量、负荷等级、供电距离等多种因素有关。有时为了少占用建筑面积可

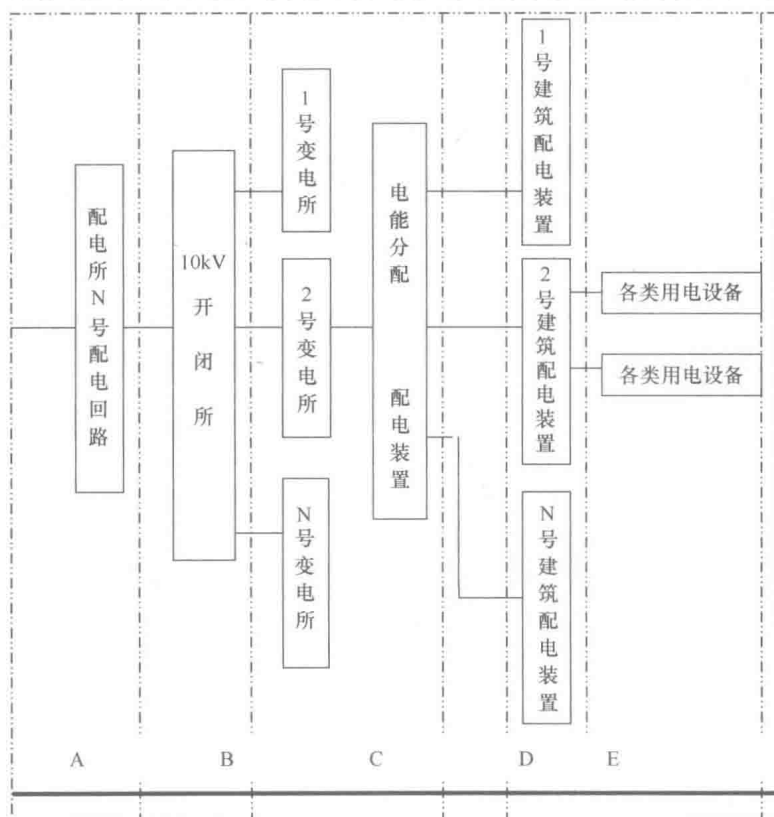


图 1-2 采用 10kV 高压供电系统框图

以把 10kV 的开闭所和变电所同时设置在一个建筑物的多个房间内, 这时称它们为变、配电所。D 是低压 220/380V 配电线路, 这个部分归用户管理, 也是建筑供电系统的一个部分。E 是建筑物内部的供电系统, 这个部分多数属于室内供电系统部分, 它所供应的是具体的用电设备。

本图只是从使用功能的角度进行了划分, 并不是说明完成每一项功能必须是在一个建筑物内。如图中 B 和 C 部分可以作为一个独立的建筑设施, 也可以附属于某个建筑物内的某个房间。例如: 某小区住宅有 32 栋独立住宅的建筑物和若干个商业服务建筑, 它的供电工程系统构成形式如图 1-3 所示。

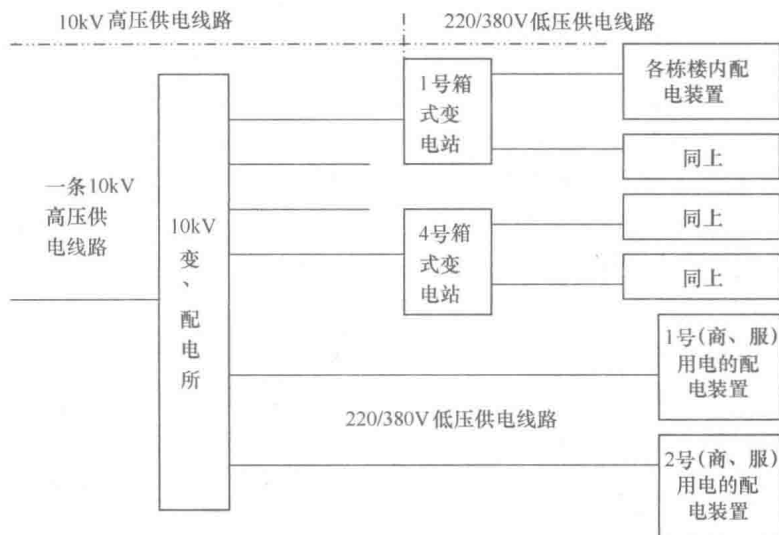


图 1-3 某住宅小区供电系统

小区采用一条 10kV 高压电源引入, 设置一个独立的变、配电所和四个独立的箱式变电站。变配电所为四个箱式变电站提供四条 10kV 高压电源, 变电站将其变换成 220/380V 电源并且输送到每栋建筑物楼内的配电装置上, 为本栋楼提供电源。变配电所内还设有变压器和低压配电装置进行电压的变换、配电, 为两栋商业服务建筑提供 220/380V 的电源。

又如某大面积的高层建筑, 为了减少占地面积将图 1-2 中五个部分均设置在建筑物内部, 这种供电系统的构成方式在现代的建筑中已有广泛的应用。

## (二) 采用 220/380V 低压供电系统

220/380V 低压供电系统可以分为两个部分, 一个是电业部门管理的室外 220/380V 供电线路。另一部分是由用户管理的配电装置和室内的配电线路。如图 1-4 所示。

## 二、用电负荷等级划分

用电负荷的等级不同决定了供电系统的构成形式不同, 要根据建筑物的类别和用电负荷的性质来进行。按照我国现行的《民用建筑电气设计规范》JGJ 16—2008 规定, 将用电负荷分为如下三个等级:

### (一) 一级负荷

中断供电将造成人身伤亡、重大政治影响、重大经济损失或将造成公共场所次序严重

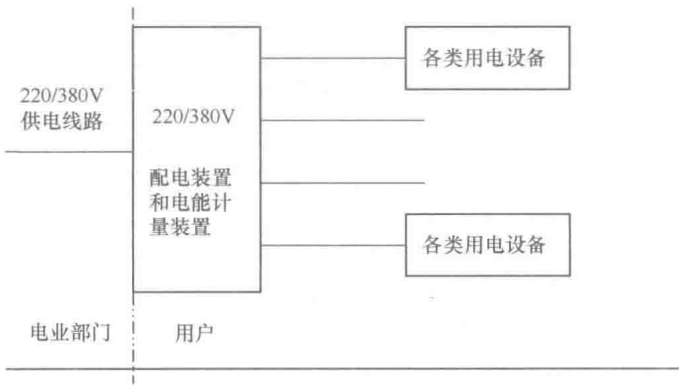


图 1-4 220/380V 低压供电系统框图

混乱的负荷属于一级负荷。

对于某些特等建筑，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。

中断供电将影响实时处理计算机及计算机网络正常工作或中断供电后将发生爆炸、火灾以及严重中毒的一级负荷亦为特别重要负荷。

(二) 二级负荷

中断供电将造成较大政治影响、较大经济损失或 will 造成公共场所秩序混乱的用电负荷属于二级负荷。

(三) 三级负荷

凡不属于一级和二级的般负荷均为三级负荷。

常用重要电力负荷级别见表 1-2。

常用重要电力负荷级别 表 1-2

| 建筑物名称     | 用电负荷名称                                                                    | 负荷级别 | 备 注 |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| 高层普通住宅    | 客梯、生活水泵电力、楼梯照明                                                            | 二级   |     |
| 高层宿舍      | 客梯、生活水泵电力、主要通道照明                                                          | 二级   |     |
| 重要办公建筑    | 客梯电力、主要办公室、会议室、总值班室、档案室及主要通道照明                                            | 一级   |     |
| 部、省级办公建筑  | 客梯电力、主要办公室、会议室、总值班室、档案室及主要通道照明                                            | 二级   |     |
| 高等学校高层教学楼 | 客梯电力、主要通道照明                                                               | 二级   |     |
| 一、二级旅馆    | 经营管理用及设备管理用的计算机系统电源                                                       | 一级   | 1   |
|           | 宴会厅电声、新闻摄影、录像电源；宴会厅、餐厅、娱乐厅、高级客房、康乐设施、厨房及主要通道照明；地下室污水泵、雨水泵电力；厨房部分电力；部分客梯电力 | 一级   |     |
|           | 其余客梯电力、一般客房照明                                                             | 二级   |     |

续表

| 建筑物名称          | 用电负荷名称                                                                                                                            | 负荷级别 | 备 注 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| 科研院所及高等学校重要实验室 |                                                                                                                                   | 一级   | 2   |
| 重要图书馆          | 检索用计算机系统的电源                                                                                                                       | 一级   | 1   |
|                | 其他用电                                                                                                                              | 二级   |     |
| 县（区）级及以上医院     | 急诊部用房、监护病房、手术部、分娩室、婴儿室、血液病房的净化室、血液透析室、病理切片分析、CT 扫描室、区域用中心血库、高压氧舱、加速器机房和治疗室及配血室的电力和照明，培养箱、冰箱、恒温箱的电源                                | 一级   |     |
|                | 电子显微镜电源、客梯电力                                                                                                                      | 二级   |     |
| 银行             | 主要业务用计算机系统电源、防盗信号电源                                                                                                               | 一级   | 1   |
|                | 客梯电力、营业厅、门厅照明                                                                                                                     | 二级   | 3   |
| 大型百货商店         | 经营管理用计算机系统电源                                                                                                                      | 一级   | 1   |
|                | 营业厅、门厅照明                                                                                                                          | 一级   |     |
|                | 自动扶梯、客梯电力                                                                                                                         | 二级   |     |
| 中型百货商店         | 营业厅、门厅照明、客梯电力                                                                                                                     | 二级   |     |
| 广播电台           | 电子计算机系统电源                                                                                                                         | 一级   | 1   |
|                | 直播室、控制室、微波设备及发射机房的电力和照明                                                                                                           | 一级   |     |
|                | 主要客梯电力、楼梯照明                                                                                                                       | 二级   |     |
| 电视台            | 电子计算机系统电源                                                                                                                         | 一级   | 1   |
|                | 直播室、中心机房、录像室、微波设备及发射机房的电力和照明                                                                                                      | 一级   |     |
|                | 洗印室、电视电影室、主要客梯电力、楼梯照明                                                                                                             | 二级   |     |
| 市话局、电信枢纽、卫星地面站 | 载波机、微波机、长途电话交换机、市内电话交换机、文件传真机、会议电话、移动通信及卫星通信等通信设备的电源；载波机室、微波机室、交换机室、测量室、转接台室、传输室、电力室、电池室、文件传真机室、会议电话室、移动通信室、调度机室及卫星地面站的应急照明、营业厅照明 | 一级   | 4   |
|                | 主要客梯电力、楼梯照明                                                                                                                       | 二级   |     |

注：1. 指该一级负荷为特别重要负荷；  
2. 指一旦中断供电将造成人身伤亡或重大政治影响、经济损失的实验室，如生物制品实验室等；  
3. 指在面积较大的银行营业厅中，供暂时工作用的应急照明为一级负荷；  
4. 重要通信枢纽的一级负荷为特别重要负荷。

根据供配电系统的运行统计资料表明，供电系统中各个环节以电源对供电可靠性的影响最大，其次是供配电线路等其他因素。因此，为保证供电的可靠性，不同等级的负荷对电源有不同的要求。

一级负荷需采用两个以上的独立电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源应不致同时受到损坏。所谓独立电源是指两个电源之间无联系，或两个电源间虽有联系但在任何一个电源发生故障时，另外一个电源不致同时损坏。如一路市电和自备发电机；一路市

电和自备蓄电池逆变器组；两路市电，源端是来自两个发电厂或是来自城市高压网络的枢纽变电站的不同母线。事故照明及消防设备用电需将两个电源送至末端。

二级负荷应采用两回路电源供电。对两个电源的要求条件可比一级负荷放宽。如两路市电，源端是来自变电站或低压变电所的不同母线段即可。

三级负荷对供电无特殊要求。

三、对电源质量的要求

国家规定的电压等级如 220V、380V、10kV 等叫做额定电压等级，而电气设备铭牌上标出的电压为额定工作电压。供电线路输送给电气设备的实际电压应与电气设备的额定电压一致，但是由于线路本身有一定的阻抗，流过电流时会产生电压降，使供电线路上不同地方的实际电压不同，这种实际电压与额定电压的差异叫做电压偏移。

以低压供配电线路为例，如图 1-5 所示，为了保证低压供配电线路（AB）的平均线电压为额定的 380V，规定配电变压器的输出额定电压（A 点）应高于额定电压 380V 的 5%，即应为 400V，而线路末端（B 点）允许最低低于额定电压 380V 的 5%，即为 360V（近似），所以，当用电负荷接在 AB 之间的不同地方时，其两端的实际电压在 400~360V 的范围内，即  $380V \pm 5\%$ ， $\pm 5\%$  叫做负载的电压偏移。

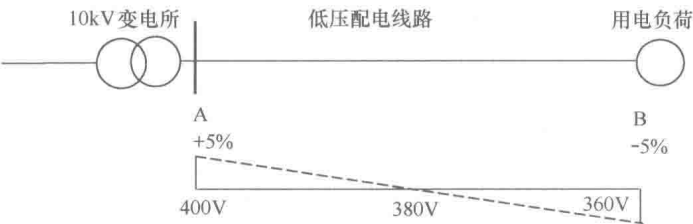


图 1-5 电压偏移示意图

不同的用电负荷，所允许的电压偏移不同，如表 1-3 所示。在建筑供电系统设计中，要保证用电设备接线端子处的实际电压偏移在规定的范围之内。

常用电气设备允许的电压偏移 表 1-3

| 设 备 种 类      |                 | 允许电压偏移<br>(%) |
|--------------|-----------------|---------------|
| 照明装置         | 对视角要求较高的室内      | +5，-2.5       |
|              | 一般工作场所          | +5，-5         |
|              | 远离变压器的一般小面积工作场所 | +5，-10        |
|              | 应急照明、道路照明、警卫照明  | +5，-10        |
| 一般电动机        |                 | +5，-5         |
| 电梯的电动机       |                 | +7，-7         |
| 医用 x 线诊断机    |                 | +10，-10       |
| 电子计算机电源      | A 级             | +5，-5         |
|              | B 级             | +7，-10        |
|              | C 级             | +10，-10       |
| 其他无特殊规定的用电设备 |                 | +5，-5         |

在建筑供电系统中,电源的质量直接影响着用电设备的正常工作。在设计建筑供电系统时,应从如下几方面改善供电电源的质量。

### (一) 电压偏移

用电设备端子处的电压偏移应在规定的允许范围内,为达到此要求,设计供电系统时应注意:

(1) 正确选择变压器的变压比和电压分接头。变压器在工作时,其二次侧额定电压除了要补偿绕组内部的阻抗电压降外,还要补偿线路上的电压降,因此需根据实际情况选择变压器的变压比和电压分接头。

(2) 合理选择导线截面减小线路阻抗,从而减小线路上的电压损失。

(3) 通过合理补偿无功功率,减小线路中的总电流,从而减小线路上的电压损失。

(4) 尽量使三相负荷平衡,以减小中线电流,从而减小中线上的电压损失。

### (二) 频率变化

电力系统的交流电源频率为工频(50Hz),但如果电网超负荷运行会引起发电机转速变化而使电源频率发生波动,一般要求频率变化在 $\pm 1\text{Hz}$ 以内。

### (三) 波形畸变

电网的电压波形应为正弦波形,由于各种非线性用电设备所产生的谐波引起电压波形产生畸变,波形畸变用波形失真率表示,一般不超过10%。为控制各类非线性用电设备引起电压波形产生畸变,设计供电系统时宜采取下列措施:

(1) 各类大功率非线性设备变压器的受电电压若有多种可供选择时,尽量选用较高电压。

(2) 对大功率静止整流器应采用:提高整流变压器二次侧的相数和增加整流器的整流脉冲数;多台相数相同的整流装置,应使整流变压器的二次侧有适当的相角差;按谐波次数装设分流滤波器等措施。

### (四) 三相不平衡

三相不平衡会使中线电流增大,增加功率损耗和电压损失。为降低三相低压配电系统的不平衡度,设计低压配电系统时应遵守下列规定:

(1) 单相用电设备应尽可能均匀地分布在三相电源中,使三相负荷平衡。

(2) 由地区公共低压电网供电的220V照明负荷,当线路电流不超过30A时,可用单相220V供电,否则应用220/380V的三相四线制供电。

## 四、建筑供电系统的中性点接地方式

所谓中性点接地方式,是指供电系统中变压器的中性点与大地连接的方式。中性点采用何种接地方式,是一个涉及面很广的问题,它对供电系统的供电可靠性、电气设备的运行安全、操作人员的安全等方面都会产生不同程度的影响。

### (一) 10kV配电网中性点接地方式

10kV配电网给建筑内的变电所提供10kV高压电源,一般由三条导线组成三相三线制线路。其中性点接地方式主要有:

(1) 不接地。当接地故障电容电流小于10A时,采用中性点不接地方式,如用架空线路时可用这种方式。

(2) 经消弧线圈接地。

### (3) 直接接地。

当接地故障电容电流大于 10A 时,应采用中性点经消弧线圈接地或直接接地方式。在城市建筑供电中,越来越广泛地使用电缆代替架空线,由于电缆的线间电容电流远大于架空线,采用直接接地方式可迅速切断单相接地故障,有利于防止电缆故障的扩大。

### (二) 220/380V 低压供电系统中性点接地方式

低压供电系统直接关系到用电设备及用电人员的安全,在建筑供电系统中都采用 TN 系统,即变压器的中性点直接接地,而用电设备的金属外壳与零线或专用保护线 (PE 线) 连接。在 TN 系统中有三种具体接线方式。

#### 1. TN-C 系统

变压器的中性点直接接地,由变压器的三个相线端子处引出三根线 (称为:相线;三根线分别记为:  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ),由变压器中性点的接线处引出一根线 (称为:中性线;记为: N)。由于引出的线路是四条,又是三相,所以称该供电线路为三相四线供电系统。TN-C 系统的接线方式如图 1-6 (a) 所示。

#### 2. TN-S 系统

变压器的中性点直接接地,由变压器的三个相线端子处引出三根线 ( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ),由变压器中性点的接线处引出两根线,其中一根为中性线,记为: N;另一根为保护线,记为: PE。由于引出的线路是五条,又是三相,所以称该供电线路为三相五线供电系统。TN-S 系统的接线方式如图 1-6 (b) 所示。

在上述的系统中,相线的主要作用是传输电能;中性线的作用是传输三相系统中的不平衡电流,以减少中性点的偏移使系统正常工作,同时也用来连接单相用电设备;保护线的作用是防止人使用用电设备时发生触电事故,保护线是专用的。

#### 3. TN-C-S 系统

它是 TN-C 系统和 TN-S 系统的混合形式,在供电线路的前端是 TN-C 形式,而后一部分是 TN-S 形式。TN-C-S 系统的接线方式以及用电设备与该系统的接线方式如图 1-6 (c) 所示。

(三) TN-C、TN-S、TN-C-S 系统的特点和应用

三种系统的使用应根据负荷的等级、负荷的性质、负荷的使用场合等几

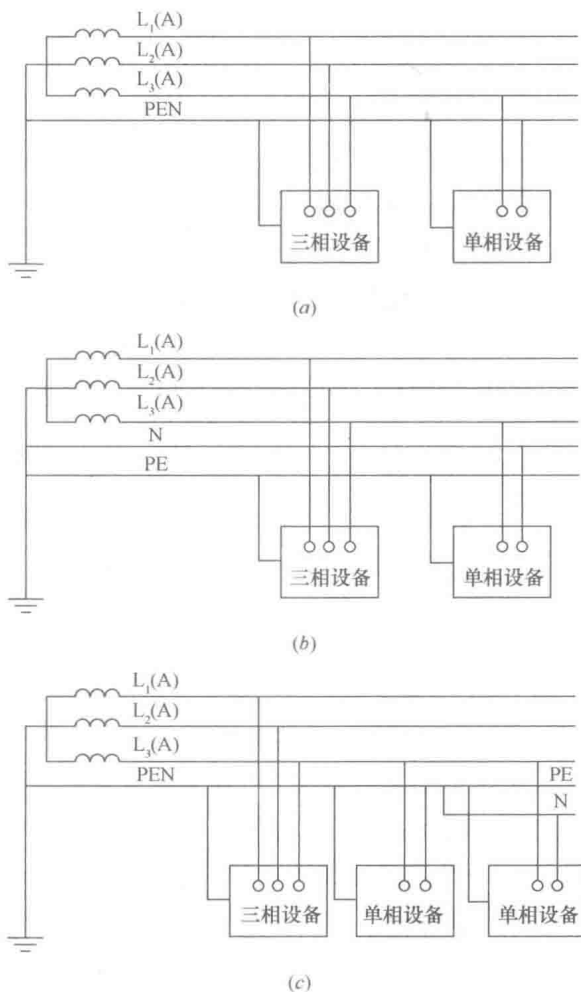


图 1-6 TN 系统的三种形式

(a) TN-C 系统; (b) TN-S 系统; (c) TN-C-S 系统

个方面的因素来确定。通常情况下供电系统的形式可以参照下列条件:

(1) 对于采用三相供电的三相对称负荷(动力负荷),如果这些设备在使用时操作人员与之接触的机会很少,可以采用 TN-C 系统。

(2) 对于采用三相供电的不对称负荷(照明负荷及其他单相用电负荷),而且这些用电设备对电源的要求较高,同时由于操作人员与这些用电设备接触的机会较多,为保证电源的可靠和用电人员的人身安全,应采用 TN-S 系统,该系统的保护线是专用的故安全性较高。

(3) 对于采用三相供电的不对称负荷(照明负荷及其他单相用电负荷),如果这些用电设备对电源的要求不是很高(例如:一般民用建筑中的住宅建筑),同时由于操作人员与这些用电设备接触的机会较多,为了减少投资和保证操作人员的人身安全,应采用 TN-C-S 系统。

但是必须注意,在同一建筑内并不一定只有一种系统的形式,有时几个系统同时存在。它们利用自身的优点互相弥补不足,使整个建筑的供电系统合理、经济,并满足了不同负荷的不同要求。

## 本章小结

1. 电力系统,是由发电厂、电力网以及用电单位(简称为用户)所组成的统一整体。我国电力网的额定电压等级主要有:220V、380V、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV 等几种。

2. 从电力系统的角度来看,建筑供电系统是电力系统中的一个用户;从建筑物内用电设备的角度来看,建筑供电系统是它们的电源。在建筑供电系统中,电源的质量可从电压偏移、频率变化、波形畸变、三相不平衡等方面来衡量。设计时这些指标要达到有关规范的要求。

3. 根据建筑物的类别和用电负荷的性质,用电负荷分为一级负荷、二级负荷、三级负荷。一级负荷需采用两个以上的独立电源供电,二级负荷应采用两回路电源供电,三级负荷对供电无特殊要求。

4. 从低压供电系统中性点接地方式来看,建筑供电系统中都采用 TN 系统,即变压器的中性点直接接地,而用电设备的金属外壳与零线或专用保护线(PE 线)连接。在 TN 系统中有三种具体接线方式:TN-C 系统、TN-S 系统、TN-C-S 系统。三种系统的使用应根据负荷的等级、负荷的性质、负荷的使用场合等几个方面因素来确定。

5. 从配电线路的分支方式来看,常用的配电方式有:放射式、树干式、混合式三种。放射式配电是指从前级配电箱分出若干条线路,每条线路连接一个后级配电箱(或一台电器设备)。树干式是指从前级配电箱引出一条主干线路,在主干线路的不同地方分出支路,连接到后级配电箱。放射式和树干式的综合应用,称之为混合式,又叫做分区树干式。一般情况下,动力负荷的配电线路采用放射式,而照明负荷的配电线路采用树干式或分区树干式。具体设计时,采用何种配电方式,应遵循供电可靠、用电安全、配电层次分明、线路简洁、便于维护、工程造价合理等原则。