

普通高等教育智能建筑规划教材

供配电系统

雍 静 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育智能建筑规划教材

供 配 电 系 统

主 编 雍 静
参 编 何人望
杨 岳
十 中 唐国成

机械工业出版社

本书主要介绍中、低压供配电系统的基本知识、基础理论、系统的计算及构成方法、电气设备的选择及运行管理等。

本书在编排上由整体到局部,首先对供配电系统作总体介绍,再逐步深入到各个局部进行分析和讲解,使读者接受更为容易。本书强调理论与工程实际的结合,突出新技术、新产品的应用,书中实例和习题大都来自于实际工程中。本书中图形符号和文字符号采用最新国家标准,专业术语以国家标准和 IEC 标准为准,表述严谨,数据翔实。本书侧重民用中、低压供配电系统的介绍,通过对问题深入浅出、简明、易懂的分析,使读者对中、低压供配电系统有较全面的认识。

本书内容紧密结合工程实际、实用性强。不仅可作为电气类专业本科生(尤其是建筑电气专业方向)的教学用书,也可作为相关工程技术人员的培训用书和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

供配电系统/雍静主编. —北京:机械工业出版社, 2003. 6

普通高等教育智能建筑规划教材

ISBN 7-111-12107-4

I. 供... II. 雍... III. ①供电—电力系统—高等学校—教材②配电系统—高等学校—教材 N. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 034746 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:周娟 贡克勤

责任编辑:王保家 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·20 印张·490 千字

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

智能建筑规划教材编委员

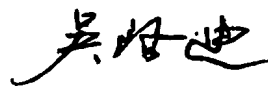
主 任	吴启迪		
副主任	徐德淦	温伯银	陈瑞藻
委 员	程大章	张公忠	王元凯
	龙惟定	王 忱	张振昭

序

20世纪，电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术获得了空前的高速发展，并渗透到各个领域，深刻地影响着人类的生产方式和生活方式，给人类带来了前所未有的方便和利益。建筑领域也未能例外，智能化建筑便是在这一背景下走进人们的生活。智能化建筑充分应用各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术，并加以研发和整合成智能装备，为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境，并日益成为主导现代建筑的主流。近年来，人们不难发现，凡是按现代化、信息化运作的机构与行业，如政府、金融、商业、医疗、文教、体育、交通枢纽、法院、工厂等，他们所建造的新建筑物，都已具有不同程度的智能化。

智能化建筑市场的拓展为建筑电气工程的发展提供了宽广的天地。特别是建筑电气工程中的弱电系统，更是借助电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术在智能建筑中的综合利用，使其获得了日新月异的发展。智能化建筑也为其设备制造、工程设计、工程施工、物业管理等行业创造了巨大的市场，促进了社会对智能建筑技术专业人才需求的急速增加。令人高兴的是众多院校顺应时代发展的要求，调整教学计划、更新课程内容，致力于培养建筑电气与智能建筑应用方向的人才，以适应国民经济高速发展需要。这正是这套建筑电气与智能建筑系列教材的出版背景。

我欣喜地发现，参加这套建筑电气与智能建筑系列教材编撰工作的有近20个姐妹学校，不论是主编者或是主审者，均是这个领域有突出成就的专家。因此，我深信这套系列教材将会反映各姐妹学校在为国民经济服务方面的最新研究成果。系列教材的出版还说明一个问题，时代需要协作精神，时代需要集体智慧。我借此机会感谢所有作者，是你们的辛劳为读者提供了一套好的教材。



写于同济园

2002年9月28日

前 言

本书是高等院校智能建筑规划教材之一，由智能建筑系列教材编审委员会组织编写。本书既可作为电气专业本科教材，也可作为相关专业工程技术人员的培训用书和参考用书。

本书共分九章。首先讲述了供配电系统的定义和特点，本课程的任务、目的和要求，以及一些学习本课程的预备知识。紧接着介绍供配电系统的结构——主结线及供配电网，以便读者能尽快建立起总体概念。然后分别介绍负荷计算、短路电流计算的基本方法，电气设备、线缆的选择方法，中、低压系统的保护方法，二次回路与配电自动化的基本工作原理，过电压的防护等。最后介绍电能质量的评价方法和改善措施。为了便于学生理解所学内容，一些关键章节都配有作了详细分析解答的例题，同时每章都配有习题，书末附有必要的技术参数和设备参数。

本书是在查阅了大量的相关书刊和资料，并结合本编写组人员多年的教学经验和工程实践经验的基础上编写而成。在此向所有参考文献的作者致以衷心的感谢。

本书的出版得到机械工业出版社教材编辑室的关心和重视，得到中国电工技术学会电气工程教育委员会的具体指导。本书由重庆大学雍静任主编，负责全书的构思、编写组织和统稿工作。本书第四章由重庆大学杨岳编写，第八章由重庆大学杨岳和雍静合作编写，第六、七、九章由华东交通大学何人望和重庆大学雍静合作编写，其余部分由雍静编写。本书由东南大学唐国庆任主审，唐国庆教授对本书提出了宝贵的意见。

本书在编写过程中得到重庆大学电气工程学院领导和同志们的关心和大力支持。参加审稿会的谢永茂、邓申军、陈家国、周齐国、龙莉莉、赵宏伟、魏明、冯黄碧、杨琳等专家教授对教材进行了详细的审阅，并提出了宝贵的意见和建议。在此向他们表示真诚的感谢！

由于作者水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请使用和阅读本书的读者和同行不吝赐教。

编 者

目 录

序

前言

第一章 绪论 1

- 第一节 电力系统 1
- 第二节 供配电系统 6
- 第三节 本课程的主要内容 8
- 习题 9

第二章 供配电系统的构成 10

- 第一节 供电可靠性与负荷等级 10
- 第二节 变、配电站主结线 12
- 第三节 变、配电站结构与布置 24
- 第四节 供配电网络结构 37
- 第五节 供配电线路的结构与安装 41
- 习题 51

第三章 负荷计算 53

- 第一节 概述 53
- 第二节 负荷计算的方法 58
- 第三节 单相用电设备的负荷计算 66
- 第四节 供配电系统的功率损耗和电能损耗 68
- 第五节 功率因数计算与无功功率补偿 70
- 第六节 供配电系统负荷计算举例 75
- 第七节 城市用电负荷的预测 79
- 习题 82

第四章 短路电流计算 85

- 第一节 中性点运行方式与低压系统型式 85
- 第二节 短路发生的原因、种类、危害 89
- 第三节 无限大容量电源供电系统三相短路暂态过程分析 90
- 第四节 短路回路中各元件阻抗计算 96

- 第五节 无限大容量电源供电系统三相短路电流计算 100

- 第六节 异步电动机对短路冲击电流的影响及计算 110

- 第七节 不对称短路的短路电流计算 111

- 第八节 柴油发电机供电系统短路电流的计算 119

- 习题 126

第五章 供配电系统设备及线缆的选择 128

- 第一节 短路电流的力效应和热效应 128

- 第二节 开关电器的灭弧原理 134

- 第三节 开关电器及其选择 138

- 第四节 熔断器及其选择 149

- 第五节 互感器及其选择 152

- 第六节 电力线缆的选择 158

- 第七节 电力变压器和柴油发电机的选择 166

- 习题 170

第六章 中、低压供配电系统保护 172

- 第一节 保护的作用、基本原理及要求 172

- 第二节 中压系统常用保护元件及接线 174

- 第三节 中压单端供电网络线路保护 180

- 第四节 中压系统电力变压器的保护 192

- 第五节 中压电动机的保护 199

- 第六节 低压配电系统保护要求及保护元件 200

- 第七节 低压配电线路保护 205

- 第八节 保护电器的级间配合 212

- 第九节 微机保护 213

- 习题 218

第七章 二次回路与配电自动化	220	第九章 供配电系统电能质量	272
第一节 站用电源及操作电源	220	第一节 概述	272
第二节 断路器控制与信号回路	222	第二节 电压偏差及改善措施	273
第三节 自动装置	225	第三节 电压波动和闪变及改善措 施	277
第四节 配电网自动化	233	第四节 三相电压不对称及改善措 施	282
习题	240	第五节 谐波及改善措施	283
第八章 接地与过电压防护	242	习题	288
第一节 概述	242	附录	289
第二节 直击雷的防护	248	参考文献	309
第三节 雷电过电压的防护	254		
第四节 雷击电磁脉冲的防护	261		
习题	270		

第一章 绪 论

供配电系统是电力系统的一个重要组成部分。本章主要讲授电力系统的基本概念、运行特点；电力系统额定电压的规定及适用范围；电力系统与供配电系统的关系；供配电系统的分类及发展趋势等学习《供配电系统》课程的预备知识。并对本课程各章主要内容及其之间的关系进行介绍。

第一节 电力系统

电能是一种清洁的二次能源。它是由自然界一次能源中储存的能量（如燃料中的化学能、水的势能、核能、风能、太阳能等）转换而来的；同时，电能又能很方便地转换为人们所需要的其他形式的能量（如用电炉将电能转换为热能，用电动机将电能转换为机械能，用电灯将电能转换为光能，用蓄电池将电能转换为化学能等等）。

由于能产生电能的一次能源非常丰富，电能又有一次能源所不具备的便于大规模生产、传输、分配、转换、控制以及廉价等优势，因此，电能的生产量和使用量已成为衡量一个国家或地区经济发展水平的重要标志之一。在我国，随着经济建设速度的加快，电能的生产量和使用量也在迅猛发展。

据国家电力信息网的统计数据：我国 1990 年发电机总装机容量为 13 789 万 kW，总发电量为 6 213 亿 kW·h，人均发电量 543.3kW·h，人均用电量为 458.9kW·h；1995 年发电机总装机容量为 21 722 万 kW，总发电量为 9 942 亿 kW·h，人均发电量为 831.4kW·h，人均用电量为 694.4kW·h；2000 年发电机总装机容量为 31 932 万 kW，总发电量为 13 510 亿 kW·h，人均发电量为 1 081.1kW·h，人均用电量为 999.6kW·h。

世界经济发达国家和地区的发、用电量更高，如 1996 年人均消费电量：加拿大为 17 455kW·h/人；美国为 12 980kW·h/人；日本为 8 097kW·h/人；德国为 6 582kW·h/人；韩国为 5 022kW·h/人。

我国香港特区 1996 年人均消费电量为 5 764kW·h/人。

由上述可见，电能是推动国民经济进步中起到了不可或缺的作用，随着经济的发展，其地位将越来越重要。

一、电力系统的基本概念

电力系统是由发电厂、变电站、电力线路和用电设备联系在一起组成的统一整体。上述各组成部分分别起到生产、转换、分配、输送和使用电能的作用。

图 1-1 所示为电力系统的示意图。

1. 发电厂 是将自然界蕴藏的各种一次能源转化成二次能源（电能）的场所。按一次能源的性质可分成火力发电厂、水力发电厂、核电厂、风力发电厂等等。

2. 变电站 是进行电压变换以及电能接受和分配的场所。

根据变电站的性质可分为升压和降压变电站。

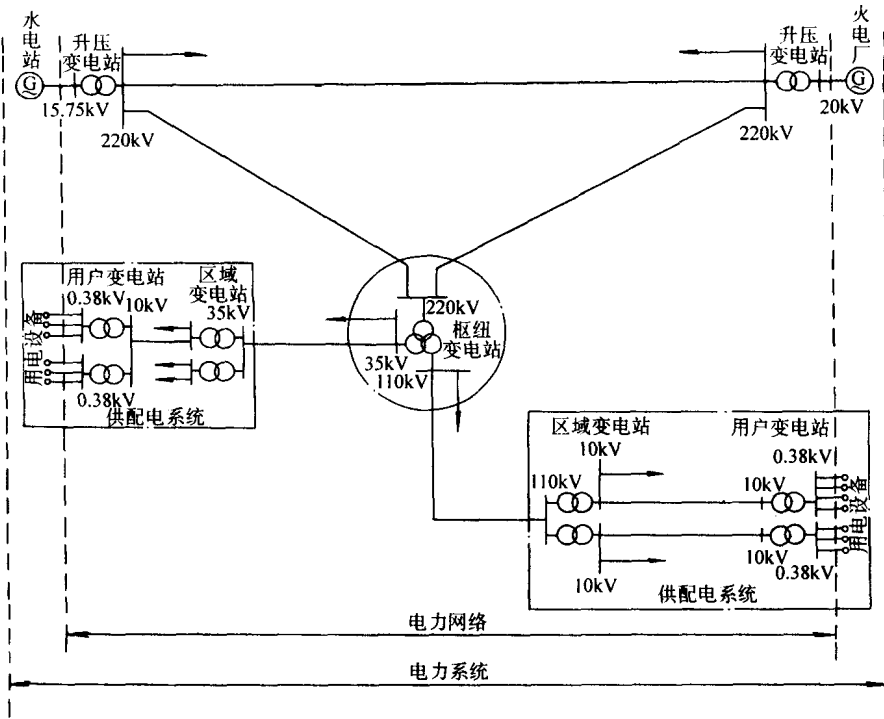


图 1-1 电力系统示意图

(1) 升压变电站是将发电厂发出的电能进行升压处理，便于大功率和远距离传输。

(2) 降压变电站是对电力系统的高电压进行降压处理，以便电气设备的使用。在降压变电站中，根据变电站的用途可分为枢纽变电站、区域变电站和用户变电站。

1) 枢纽变电站起到对整个电力系统各部分的纽带联结作用，负责对整个系统中电能进行传输和分配。

2) 区域变电站是将枢纽变电站送来的电能做一次降压后分配给电能用户。

3) 用户变电站接受区域变电站的电能，将其降压为满足用电设备电压要求的电能且合理地分配给各用电设备。

只进行电能接受和分配，没有电压变换功能的场所称为配电所。

3. 电力线路 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经升压后的电能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，或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。

4. 用电设备 是从电力系统中汲取电能，并将电能转化为机械能、热能、光能等。如电动机、电炉、照明器等设备。

在电力系统中除去发电厂和用电设备以外的部分称为电力网络，简称电网，如图 1-1 所示。一个电网由很多发电厂、变电站和电力线路组成。在我国主要的大型电网有华北电网、东北电网、华东电网、华中电网、南方电网、西北电网等。

二、电力系统组网运行的原因

用电设备使用的电能最终来自发电厂，那么，为什么要构成一个电力网络，而不是由发

电厂直接向电能用户提供电能呢？其原因如下：

1. 降低成本、提高一次能源使用效率 主要表现在：

1) 由于大容量机组的效率高于小容量机组，所以系统组网运行后，因不受区域负荷的限制，可以用增大发电机组容量的方式来提高效率。

2) 由于一次能源运输困难，甚至不能运输（如水力资源，其发电成本最低），就地设发电厂，通过电网组网运行的方式，向需用电能的地方输送，可有效利用一次能源，降低发电成本。

3) 充分利用发电厂的季节优势（如利用水电厂丰水季节多发廉价电力），合理调度发电厂的发电量，达到系统经济运行的目的。

2. 保证电力供应的可靠性 组网运行后，整个系统崩溃的可能性很小，可使对可靠性要求高的重要设备的供电连续性得到保证。

3. 增强系统的稳定性 电力系统稳定性是指系统受到一定的干扰后继续运行的能力。包括同步运行稳定性、频率稳定性和电压稳定性。

(1) 同步运行稳定性。电力系统在运行过程中不断受到各种干扰（如负荷的波动、各种形式的故障等），使同步发电机机械输入转矩与电输出转矩失去平衡，出现各发电机之间的相对加速和减速，各发电机转子相对角发生不断的变化。如果这个过程不能得到抑制，则发电机将失步，从而导致系统由于同步运行稳定性的破坏而崩溃。

(2) 频率稳定性。电力系统在正常运行时，电源和负荷的有功功率是平衡的，频率也正常。但当系统中有大量有功功率缺额时，频率会大幅下降，影响发电机组出力，甚至跳闸，进一步造成频率下降，使系统中有功出力再减少。如此恶性循环，最终导致系统大面积停电，这种情况叫频率稳定性被破坏。

(3) 电压稳定性。正常运行情况下，由于负荷的电压效应以及无功补偿的作用，当负荷变动时，系统电压就会随之变动并稳定于某一定值。但当系统电压低到某一数值后，由于静电电容器的无功功率与电压平方成正比，将导致输入系统的无功功率减少。当输入系统的无功功率小于负荷需吸收的无功功率时，系统电压将不断下降，以致输电线路、变压器、发电机等因为过负荷或失步而跳闸，造成大面积停电，这种情况叫电压稳定性被破坏。

电力系统组网运行可有效减少上述情况的发生。

4. 保证电能质量 电能质量主要反映在电压质量、频率质量和电压波形的好坏上。组网运行后，系统的容量大，用电设备的负荷波动对系统中电气参数的影响减小，因而，系统向用电设备提供的电能质量也相对较好。

三、电力系统运行的特点

1. 电能生产的重要性 电能与其他能量之间转换方便，易于大量生产、集中管理、远距离输送、自动控制，因此电能是国民经济各部门使用的主要能源，电能供应的中断或不足将直接影响国民经济各部门的正常运转。这就要求系统运行的可靠和电能供应的充足。

2. 系统暂态过程的快速性 发电机、变压器、电力线路、电动机等元件的投入和退出，电力系统的短路等故障都在一瞬间完成，并伴随暂态过程的出现，该过程非常短促。这就要求系统有一套非常迅速和灵敏的监视、测量、控制和保护装置。

3. 电能发、输、配、用的同时性 电能的生产、分配、输送和使用几乎是同时进行，即发电厂任何时刻生产的电能必须等于该时刻用电设备使用的电能与分配、输送过程中损耗的

电能之和。这就要求系统结构合理，便于运行调度。

四、电力系统的额定电压

额定电压是指能使电气设备长期运行的最经济的电压。

(一) 电力系统额定电压的规定

在图 1-1 所示系统中，各部分电压等级是不同的。

众所周知，三相交流系统中，三相视在功率 S 和线电压 U 、线电流 I 之间的关系为：

$$S = \sqrt{3}UI$$

当输送功率一定时，电压越高，电流越小，线路、电气设备等的载流部分所需的截面积就越小，有色金属投资也就越小；同时，由于电流小，传输线路上的功率损耗和电压损失也较小。另一方面，电压越高，对绝缘的要求则越高，变压器、开关等设备以及线路的绝缘投资也就越大。综合考虑这些因素，对应一定的输送功率和输送距离都有一个最为经济、合理的输电电压。但从设备制造角度考虑，为保证产品生产的标准化和系列化，又不应当任意确定线路电压，甚至规定的标准电压等级过多也不利于电力设备制造和运行行业的发展。

国际电工委员会 (IEC) 提供了可选择采用的电压系列的推荐值，并提出任一国家和地区内，相邻两级电压之比，不应小于二倍的原则。

国际大电网会议 (CIGRE) 和国际供电会议 (CIGED) 的联合工作组则建议：220~500kV 以下的电压，其相邻两级电压之比应大于三倍；50~150kV 以下电压，其相邻两级电压之比应大于五倍。

我国国家标准《标准电压》(GB156—1993) 规定的部分额定电压如表 1-1 所示。

表 1-1 我国规定的电力系统额定电压及平均额定电压 (交流)

用电设备额定电压 (系统标称电压) /kV		0.38/ 0.22	0.66/ 0.38	3	6	10		20	35	66	110	220	330	500
交流发电机额定电压/kV		0.40	0.69	3.15	6.3	10.5	13.8 15.75 18	20						
变压器额定电压 /kV	一次绕组	0.38/ 0.22	0.66/ 0.38	3 3.15	6 6.3	10 10.5	13.8 15.75 18	20 21	35	66	110	220	330	500
	二次绕组	0.40/ 0.23	0.69/ 0.40	3.15 3.3	6.3 6.6	10.5 11		21 22	38.5	69	121	242	363	550
系统平均额定电压/kV		0.40/ 0.23	0.69/ 0.40	3.15	6.3	10.5		21	37	69	115	231	347	525

在我国，不同地区电网的额定电压系列不同，主要有：330kV/110kV/35kV/10kV；500kV/220kV/110kV/35kV/10kV；500kV/220kV/66kV/10kV。由于各电网电压标准的不同，给全国联网造成一定的难度。

由表 1-1 可知，用电设备（系统）、发电机、变压器的额定（标称）电压是不一致的。下面分别予以分析。

1. 用电设备额定电压 U_r （系统标称电压 U_N ） 经线路向用电设备输送电能时，由于用电设备大都为感性负荷，沿线路的电压分布往往是首端高于末端。沿线电压分布如图 1-2 所示，系统标称电压 U_N 与用电设备的额定电压取值一致，使线路沿线的实际电压与用电设备要求的额定电压之间的偏差不致太大。

2. 发电机额定电压 U_{rG} 考虑发电机出口到受电设备沿线 5% 的线路损耗，因此，发电机的额定电压为系统标称电压的 1.05 倍。

3. 变压器额定电压 U_{rT} 变压器一次侧接电源，相当于用电设备，二次侧向负荷供电，又相当于电源。因此变压器一次侧额定电压 U_{rT1} 应等于用电设备额定电压 U_r （直接和发电机相联的变压器一次侧额定电压应等于发电机额定电压 U_{rG} ）。由于变压器二次侧额定电压 U_{rT2} 规定为空载时的电压，额定负载下变压器内部的电压降落约为 5%，当供电线路较长时，为使正常运行时变压器二次侧电压较系统标称电压高 5%，以便补偿线路电压损失，变压器二次侧额定电压应较用电设备额定电压高 10%；只有当变压器二次侧与用电设备间电气距离很近时，其二次侧额定电压才取为用电设备额定电压的 1.05 倍。

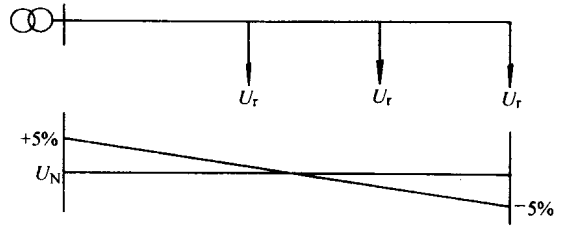


图 1-2 线路电压分布示意图

图 1-3 所示为用电设备、发电机、变压器的额定电压取值示例。

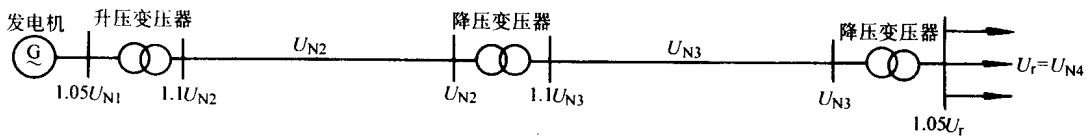


图 1-3 用电设备、发电机、变压器的额定电压取值

4. 系统平均额定电压 U_{av} 由于整个系统电压等级有多个，在进行某些系统运行参数计算的时候，涉及到电压等级归算的问题。而一条线路上的首末端电压是不相同的，这就导致归算时的计算麻烦。为简化计算，对每一个电压等级的系统标称电压都规定一个平均额定电压，并认为线路上任何一点的电压都是系统平均额定电压，这样造成的误差是可以接受的。对于一段电力线路，线路末端的电压与用电设备的额定电压相同；考虑变压器和线路损耗，线路首端供电设备的额定电压应为 $1.1U_N$ ，因此，线路的平均额定电压 U_{av} 规定为线路首末端供、用电设备的额定电压平均值，即：

$$U_{av} = 1.05U_N$$

(二) 各种电压等级的适用范围

1. 输送功率和输送距离 前已述及，对应一定的输送功率和输送距离有一相对合理的

线路电压。表 1-2 中列出了根据运行数据和经验确定的、与各额定电压等级相适应的输送功率和输送距离。

表 1-2 与各额定电压等级相适应的输送功率和输送距离

额定电压/kV	输送功率/kW	输送距离/km
0.22	≤50 (≤100)	0.15 (0.2)
0.38	100 (175)	0.25 (0.35)
3	100~1000	1~3
6	100~1200 (3000)	4~15 (<3)
10	200~2000 (4000)	6~20 (<6)
35	2000~15000	20~50
110	10000~30000	50~150
220	100000~500000	200~300
330	200000~800000	200~600
500	1000000~1500000	150~850

2. 输电电压 220~750kV 电压一般为输电电压，完成电能的远距离传输功能。该电网称为高压输电网。

3. 配电电压 110kV 及以下电压一般为配电电压，完成对电能进行降压处理并按一定方式分配至电能用户的功能。其中 35~110kV 配电网为高压配电网，10~35kV 配电网为中压配电网，1kV 以下配电网称为低压配电网。

3kV、6kV 是工业企业中压电气设备的供电电压。

20kV 电压等级目前还不常用，一般要经论证结果证明用户确实需要时才采用。

第二节 供配电系统

一、供配电系统的分类

供配电系统是电力系统的一个重要组成部分，包括电力系统中区域变电站和用户变电站，涉及电力系统电能发、输、配、用的后两个环节，其运行特点、要求和电力系统基本相同。只是由于供配电系统直接面向用电设备及其使用者，因此供、用电的安全性尤显重要。供配电系统示意图见图 1-1 中点划线框部分。

在供配电系统中，功率流动方向通常是单向的，即从电源端流向用户端。其主要目的是将电力系统中的电能通过降压和一定的分配方式，转换成各电能用户的用电设备所能使用的电能。目前，供配电系统的电压通常在 110kV 及以下，即前述的配电电压，其电力网即为高、中、低压配电网。

本课程主要介绍中压配电网和低压配电网。

（一）按用户用电性质分类

电力系统的电能是通过供配电系统向用户供应，电能的使用主要集中在工业、商业和居民用电三部分。经济发达国家这三部分的比例平均约为 38%、27% 和 30%。

通常将向工业企业供电的供配电系统称为工业企业供配电系统，将向商业和居民供电的供配电系统称为民用供配电系统，可见民用供电量所占比例是相当高的。

（二）按用户的用电规模分类

对于不同规模的电能用户，由于其所需功率和供电范围的不同，应建立不同电压等级的配电网。

1. 二级降压的供配电系统 对于某些大型、特大型民用建筑群或工业企业一般采用两级降压的供配电系统，由总降压变电站将 110kV 或 35kV 电压降为 10kV 电压送至分变电站，在分变电站再降至 0.38kV/0.22kV 向用电设备供电，若有中压用电设备，则第一级降压至 3(6) kV 向中压用电设备供电，再将 3(6) kV 降至 0.38kV/0.22kV 向低压配电设备供电。此时总降压变电站相当于区域变电站的作用，分变电站相当于用户变电站。

2. 一级降压的供配电系统 对于中型建筑或工业企业一般采用一级降压的供配电系统，由用户变电站将 10kV 电压降至 0.38kV/0.22kV 向用电设备供电。

3. 直接供电的供配电系统 对于小型建筑或工业企业根据其电能需求量的大小以及周边供配电设施的情况，可采用一级降压的供配电系统，也可直接由附近变电站的 0.38/0.22kV 电源向用户供电。

二、供配电系统的组成

供配电系统由一次部分和二次部分组成。

系统中用于变换和传输电能的部分叫一次部分，其设备叫一次设备（如变压器、发电机、电力线路、互感器、避雷器、无功补偿装置等），由这些设备组合起来的电路叫一次回路。只具有一次部分的系统可以进行电能的接受、变换和分配，但不能进行监测以了解运行情况，更不能对系统进行保护（即自动发现并排除故障）和控制。

系统中用于监测运行参数（电流、电压、功率等）、保护一次设备、自动进行开关投切操作的部分叫二次部分，其设备叫二次设备（如测量仪表、保护装置、自动装置、开关控制装置、操作电源、控制电源等），由这些设备组合起来的电路叫二次回路。二次回路配合一次回路工作，构成一个完整的系统。

三、供配电系统的发展趋势

随着国民经济的发展，电能需求量越来越大，其中城市用电量更是急剧增加。目前，我国一般大、中型城市的市中心地区每平方公里的负荷密度平均已达 5000kW 左右，有些城市市中心局部地区的负荷密度甚至高达上万千瓦，乃至几万千瓦，且有继续增长的势头。因此供配电系统的发展趋势是：

1. 提高供电电压 如以 220kV 进城，用 20kV 配电。以解决大城市配电距离长，配电功率大的问题，这在我国城市已经有先例。

2. 简化配电的层次 如按 220/63/20kV 的电压等级供电。

3. 逐步淘汰 6kV 等级 因为过细的电压分级不利于电气设备制造和运行业的发展。

4. 提高设备配套能力 对工业企业和一些大型用电设备，将现行的 380V 电压升压为 660V 电压，可增加输电距离，提高输电能力；减少变压器数量，简化配电系统，提高供电可

靠性；缩小电缆截面，节省有色金属；降低功率损耗；扩大异步电动机的制造容量。只是由于我国在设备上还不能全面配套而尚未推广。

5. 广泛使用配电自动化系统 借助计算机技术和网络通信技术，对配电网进行离线和在线的智能化监控管理。做到保护、运行、管理的自动化，提高运行人员工作效率，增强配电系统可靠性。

第三节 本课程的主要内容

《供配电系统》是建筑电气、智能建筑及相关专业方向的一门重要的专业课。本书主要介绍供配电系统的基本知识、基础理论、计算方法及运行管理方法。

一、课程的教学目的

要求学生通过本课程的学习，对供配电的基本知识有较全面和深入的理解；基本掌握工业与民用供配电工程中安全、可靠、经济地进行电能接受、分配和使用的方法；初步具备对工业与民用供配电工程的设计、施工、监理及运行能力。

本课程教学应在学生完成《电路原理》、《电机与拖动基础》、《电气控制技术》、《电子技术》学习后进行。

二、本课程的主要内容及其相互间的关系

本课程的核心是构建合理的供配电系统，而供配电系统的构建涉及到的主要内容有：

1. 主结线和供配电网络 系统主结线形式和供配电网络形式的确定，为供配电系统提供电能接受、分配和传输的系统框架，以便在此基础上进一步对其各个局部进行分析和研究，因此，这部分内容将在教学中率先涉及。

2. 电气设备及线路的选择 系统主结线和供配电网络都是由具体的设备和电力线路组合而成，因而要求学生掌握设备和电力线路的工作特性并能恰当地选择、应用。

3. 负荷计算 电气设备及线路选择的依据是系统中设备或线路上流过的功率或电流（负荷），因此需要进行负荷计算，以使设备和线路在正常情况下能长期安全运行。

4. 系统保护的设置与整定 系统总存在着出现故障的可能，在供配电系统中最常见且危害最大的是短路和接地故障，因此要求系统针对这些故障设置保护并作整定，以便正确判定和及时消除故障。

5. 短路电流计算 保护整定的依据是短路电流或接地故障电流的大小，因此要进行短路电流的计算。

6. 短路电流的力效应和热效应 短路电流流过设备或线路时，会产生比正常负荷时大得多的力、热等效应，因此应该利用短路电流对设备和线路进行校验，以便短路发生时不致于损坏非故障点的设备和线路。

7. 自动装置 为了增加供配电系统运行的快速性、可靠性和灵活性，需要使用相应的自动装置。

8. 过电压防护 为了防止过电压对系统的威胁，还需采取防雷、防过电压的措施。

9. 用电安全 供配电系统是直接面向用户的系统，应当充分重视人身和设备的用电安全问题。

本课程的主要内容及其相互间的关系如图 1-4 所示。

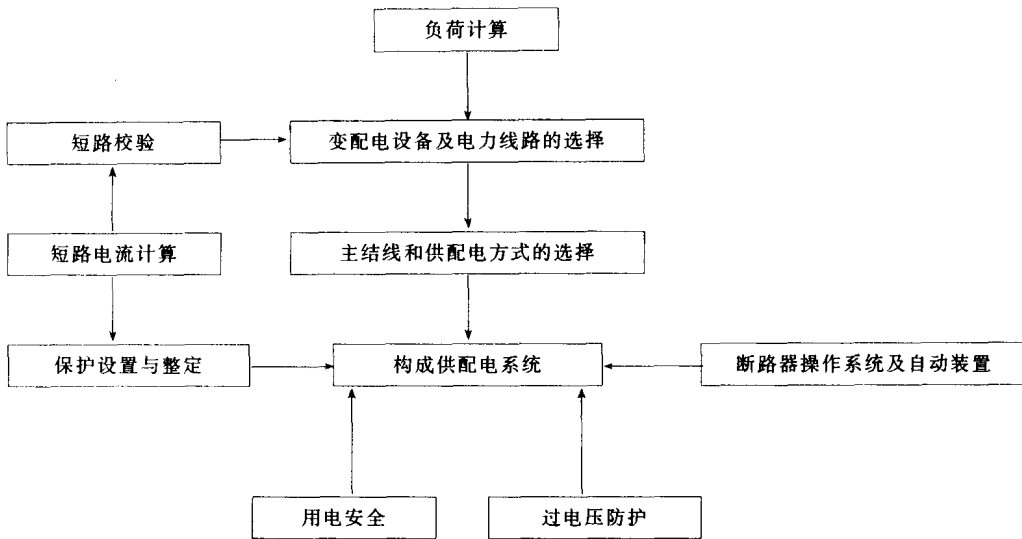


图 1-4 课程的主要内容及其相互间的关系

习 题

- 1-1 什么叫电力系统？什么叫供配电系统？二者的关系和区别是什么？
- 1-2 什么是额定电压？什么是平均额定电压？电力系统为什么要规定不同的电压等级？
- 1-3 同一电压等级的发电机、变压器、用电设备（系统）的额定电压为什么会不同？
- 1-4 试确定图 1-5 的供配电系统中发电机、变压器和用电设备的额定电压。

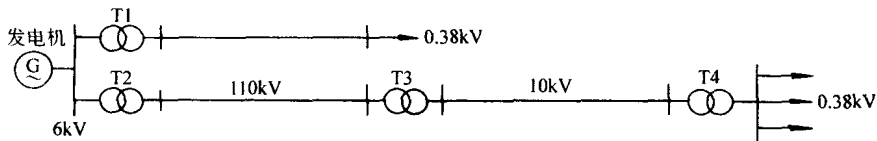


图 1-5 习题 1-4 图

- 1-5 供配电系统通常可以如何分类？
- 1-6 本课程的主要内容有哪些？
- 1-7 通过互联网了解世界各国电力系统的现状和发展趋势。