



面向

21世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材

电工技能实训指导丛书

电工技能实训基础

张仁醒 编 著 张迎辉 主 审

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列规划教材

电工技能实训指导丛书

电工技能实训基础

Training of Electrician Basic Skills

张仁醒 编著

张迎辉 主审

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是一本电工基本技能实训教材,着力于帮助读者在掌握电工安全常识和必备基本知识的基础上,强化基本技能训练,使之掌握处理紧急事故的技能,并能运用所学知识完成简单电工操作,为在今后生活、工作中正确运用电工知识,完成电工基本操作打下基础。

全书分为六章。第一章为供配电系统,介绍电力系统组成和供电质量。第二章为安全用电常识,介绍一般电气事故的起因、预防、紧急处理和火灾逃生。第三章为电工工具和材料,介绍常用电工工具、电工材料的选择和使用。第四章为电工常用仪表,介绍万用表、摇表、钳形表的使用方法。第五章为照明电路,主要介绍照明器具的选用、电路的安装和检修。第六章为电力拖动,详细介绍和分析了电力拖动系统的原理、安装方法和常见故障的排除。其中每章都配有实训项目和一定数量的思考题。

本书可供高职高专院校非机电类学生必修的电工技能实训课使用,也可作为“一专多能”的实训教材,还可供各类职业院校的实践指导教师和从事电气工作的工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能实训基础/张仁醒编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2006.2

(电工技能实训指导丛书)

高职高专系列规划教材

ISBN 7-5606-1650-X

I. 电… II. 张… III. 电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005405 号

策 划 马乐惠

责任编辑 李惠萍 张友

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 11.5

字 数 260千字

印 数 1~4 000册

定 价 14.00元

ISBN 7-5606-1650-X/TM·0027

XDUP 1942001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

总 序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李家亮

序 言

随着科学技术的迅猛发展,要求各行各业的从业人员应不同程度地掌握电工的基本知识和技能,同时对机电类工程技术人员必须掌握的电工技术和技能提出了更新、更高的要求。为此,国家制定了不同等级的职业技能鉴定标准。为帮助大中专院校、技校学生以及相关从业或待业人员更好更快地掌握电工技术和技能,顺利通过电工各等级的职业技能鉴定的考核,根据中华人民共和国职业技能鉴定规范,参考深圳市电工技能职业标准,我们编写了这套《电工技能实训指导丛书》。

本套丛书的编写指导思想是:力求所有实训项目能满足企业生产的实际需要;能体现相应等级电工的实际工作经验和技能水平;能反映本工种新技术的应用;具有很强的操作性,能在实训(或实验)室里完成,便于培训与考核。本书也可供电工技能培训、考证训练和高校学生提高各等级电工技能水平时使用。

本书作者中,有长期从事实践教学的教学教师、高级工程师和高级技师,他们在电工技能实训教学方面积累了丰富的实践经验和独到的见解,经过精心筹划完成了本套丛书的编写。

本套丛书共四册,分为《电工技能实训基础》、《电工初级技能实训》、《电工中级技能实训》和《电工高级技能实训》;在内容编排、取材等方面具有以下特点:

(1) 始终贯彻以学生为主体、以能力培养为中心的教育原则。从符合技能等级考核要求的角度来确定教材的内容,对理论阐述与实训操作两部分内容进行了合理安排,较好地 将科学性、实用性、易学性结合起来。在教材的组织上,注意规范化、标准化、实用化。

(2) 遵循由浅入深、由易到难、循序渐进的教学规律,将全部教学内容分为四个分册。其中《电工技能实训基础》分册适用于非机电类学生。其余三册组成三个不同层次的教学平台,学员每学完一个分册,即在原有的基础上提高一个技能等级,形成进阶式教学。

(3) 每一分册都由若干个不同的实训大类组成,如供配电类、民居用电类、电机控制类、电子技术类和新技术应用类等,涵盖了从电工基础实训到高级电工专业技能实训的不同技术类型和层次的要求。每一实训大类又由若干个实训模块组成,使学生既能全面掌握不同实训类型的要求,又能在同一类型的实训中反复训练,迅速提高,体现了组合型、模块化的实训教学思路。

(4) 在实训类型和模块的安排上,注意前后有序、深入浅出;每个实训项目都配有实训目的、控制原理、电气线路、设备与元件、接线技巧、线路检查、故障分析、注意事项、分析思考和应用场合等具体内容。将“理论与实践相结合、教学练相结合、传统技术与新技术相结合”的教育理念落实在具体的实训项目中。

通过本教材的指导,可达到举一反三、融会贯通的目的,能有效地提高学生的实训效率,使学生在理解基本原理、熟悉工艺要求、掌握实践技能、学会故障检查、提高文字表达能力等方面有长足进步。我们期待这套丛书在提高各类人员电工技能培训质量方面发挥积极的作用。

《电工技能实训指导丛书》编委会

2005年12月15日

电工技能实训指导丛书编委会

主 任： 刘守义

副主任： 张永枫 张迎辉 陈素芳

委 员： 颜全生 李益民 韩秀清 张仁醒

阮友德 杜 江 林 丹

前 言

本书针对高职高专非机电类专业学生的特点,以培养学生电工实际操作能力为目的,使学生在了解电工基本知识的基础上,学会电气事故应急处理和逃生技能,掌握电工器件的识别与测试方法,熟悉电工工具和仪器设备的使用,完成简单电气线路的安装与检修。通过本教材的学习和训练,能有效地提高非机电类专业学生的实践能力,使学生能运用这些知识分析和解决在后续专业课及生活、生产中出现的电气方面的问题。

本书在编写过程中,总结了几年来不同院校、不同专业电工技能实训课程的教学经验,以职业能力培养为主线,对内容的编排由易到难,循序渐进,注重教材内容的连贯性、衔接性;力求在实训方法、实训步骤等方面深入浅出,讲解清楚明白。本教材具有基础宽、针对性强、适应面广的特点,为学生的后续发展奠定扎实的基础。

书中较全面地介绍了电工基础知识及基本技能要求,将实训内容分成 11 个项目,把电工技术的主要知识点和技能训练内容都融合在各个实训项目中。实训项目具有实践性、应用性、兴趣性和可操作性,充分体现了高职高专实训教材的特色。

本书的参考学时数为 30 学时(含实训),具体安排为:第一章 2 学时;第二章 3 学时;第三章 3 学时;第四章 3 学时;第五章 8 学时;第六章 11 学时。老师可根据实训设备情况、专业方向和教学时数的不同,对教材的项目内容和进度作适当灵活的调整。

本书由张仁醒老师负责全书的总体策划,并编写了书稿的绝大部分内容,最后对全书进行了统稿;林丹老师参编了第一章和第二章的部分内容;张迎辉老师审阅了全书。深圳职业技术学院电工技术实训室的老师们为本书的编写提出了很好的建议,在此表示诚挚的感谢。

由于时间紧张以及编者水平有限,书中的错误和不足在所难免,欢迎读者提出批评和建议。

编 者

2006 年 1 月

目 录

第一章 供配电知识	1
1.1 电力系统概述	1
1.2 对供电系统的基本要求和电能质量	6
1.3 工业与民用供电系统	10
1.4 实训——电力系统及变配电所	17
第二章 安全用电知识	18
2.1 安全作业常识	18
2.2 电流对人体的作用	21
2.3 触电事故产生的原因	25
2.4 触电方式	25
2.5 预防触电事故的措施	27
2.6 触电急救	32
2.7 实训——触电急救	37
2.8 电气火灾知识	37
2.9 实训——常用灭火器的使用	49
第三章 电工工具与电工材料	51
3.1 电工常用工具	51
3.2 常用电工材料	55
3.3 实训——导线连接	73
第四章 电工常用仪表	76
4.1 万用表	76
4.2 摇表	82
4.3 钳表	84
4.4 电工实训台介绍	89
4.5 实训——常用电工仪表的使用	89
第五章 生活用电知识	92
5.1 常用生活用电器件	92
5.2 照明设备的安装	116
5.3 实训——照明电路 1 装接	120
5.4 实训——照明电路 2 装接	122
第六章 电力拖动知识	126
6.1 低压电器概述	126

6.2 常用低压电器	128
6.3 电气控制图的识读	152
6.4 电气控制线路的安装方法	154
6.5 电气控制线路故障检修	157
6.6 实训——电动机单向运转控制电路装接	159
6.7 实训——电动机点动与连续运行控制电路装接	163
6.8 实训——电动机顺序控制电路装接	165
6.9 实训——电动机正、反转接触器联锁控制电路装接	168

第一章 供 配 电 知 识

今天我们已步入一个电气化时代，电如同我们每天呼吸的空气一般，与我们形影不离，无时无刻不在影响和支配着我们的工作和生活。现在，电的使用已渗透到社会生产的各个领域和人类生活的各个方面，离开了电，人类的一切活动都将难于顺利进行。电是促进社会发展的重要动力之一，它推动生产、方便大众。一个企业若没有充足电力作为后盾，其生产必将受阻，甚至停顿，所创造的物质财富必将大为减少。一个现代办公场所，若时常受断电的困扰，它与外界的通信联系势必会中断，从而影响其正常工作。而一个家庭若供电不足，家庭的乐趣将逊色许多。如果没有电，我们怎能听到工厂隆隆的“生产交响乐”，我们怎能享受万家灯火的温馨，怎能拥有霓虹交映的浪漫。总之，没有了电，我们只能在黑暗与沉寂中艰难摸索着度过。

1.1 电力系统概述

1.1.1 电力系统

1. 电力系统的概念

由于电能不能大量储存，电能的生产、传输、分配和使用就必须在同一时间内完成。“由各种电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来”的一个发电、变电、输电、配电和用电的整体，称为电力系统。

电力系统加上发电厂的动力部分及其热能系统和热能用户，就是动力系统。

在整个动力系统中，除发电厂的锅炉、汽轮机等动力设备外的所有电气设备都属于电力系统的范畴，主要包括发电机、变压器、架空线路、电缆线路、配电装置、各类用电设备。图 1-1 所示是电力整体结构示意图，图 1-2 所示是从发电厂到电力用户的输、配电过程示意图。

2. 电力系统的优点

现在各国建立的电力系统越来越大，甚至出现了跨国电力系统。建立大型的电力系统可以更经济合理地利用动力资源，减少电能损耗，降低发电成本，保证供电质量，并大大提高供电可靠性，有利于整个国民经济的发展。为了充分利用动力资源，减少燃料运输，降低发电成本，可以在有水力资源的地方建造水电站，在有燃料资源的地方建造火电厂。但是，这些有动力资源的地方，往往离用电中心地区较远，必须用高压输电线路进行远距离输电。这就需要各种升压、降压变电所和输配电线路。特别是在构成环网后，对重要用

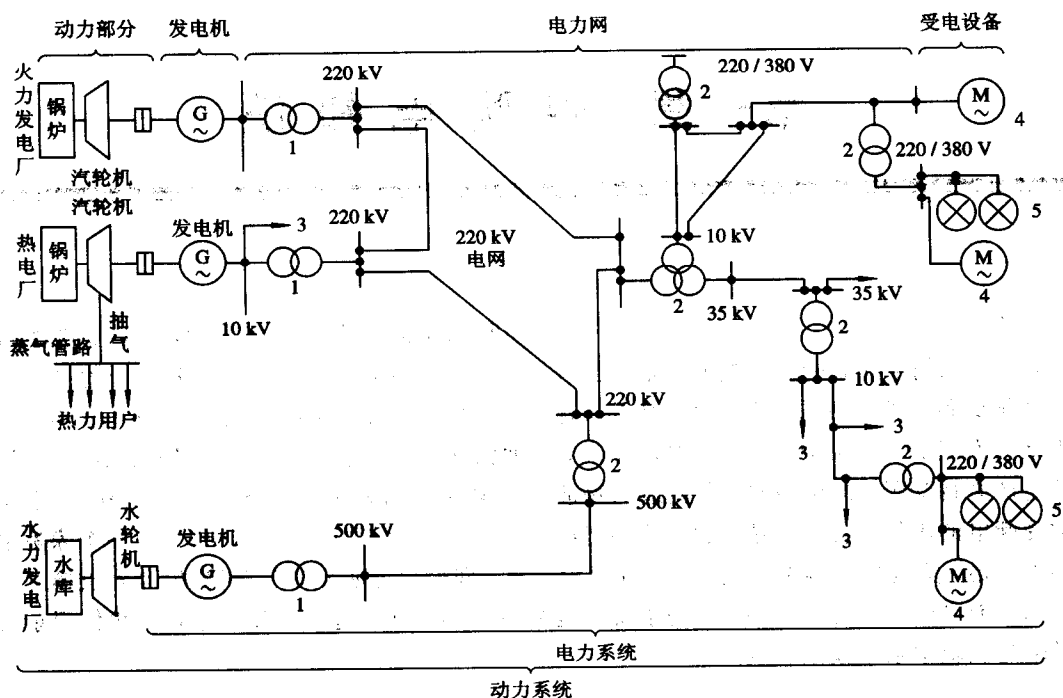


图 1-1 电力结构示意图

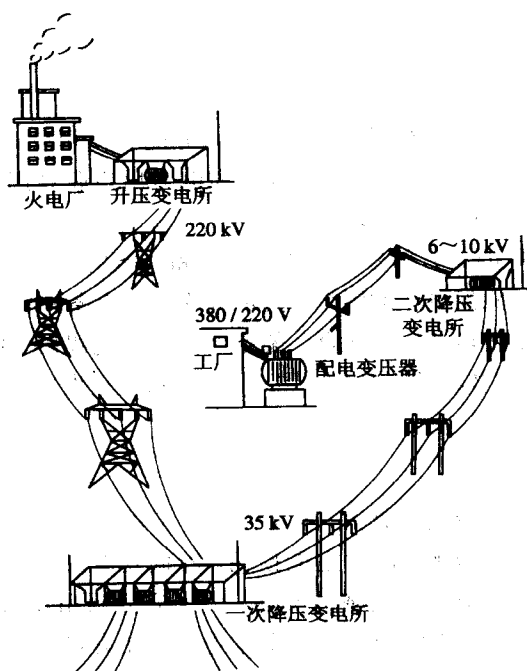


图 1-2 从发电厂到电力用户的输、配电过程示意图

户的供电就有了保证,当系统中某局部设备故障或某部分线路检修时,可以通过变更电力网的运行方式,对用户连续供电,这就减少了由于停电所造成的损失,减少了系统的备用容量,使电力系统的运行更具有灵活性。另外,各地区也可以通过电力网互相支援,电网所必需的备用机组数量可大大地减少。

1.1.2 发电厂

1. 发电厂类型

自然界中存在的电能只有雷电。人类使用的所有电能都不能从一次能源中直接获得,而必须由其他形式的能源(如水能、热能、风能、光能等)转化而来。发电厂是实现这种能源转化的场所。它是电力系统的中心环节。发电厂按照所利用的能源种类可分为水力、火力、风力、核能、太阳能发电厂等。现阶段我国的发电厂主要是火力发电厂和水利发电厂,同时核电厂也在大力发展中。近年来,国家也开始建立起一批利用绿色能源和再生能源进行发电的发电厂,如风力发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂和垃圾发电厂等,以逐步缓解未来能源短缺和绿色环保问题并做到因地制宜,合理利用。

根据电厂容量大小及其供电范围,发电厂可分为区域性发电厂、地方性发电厂和自备电厂等。区域性发电厂大多建在水力或煤矿资源丰富的地区附近,其容量大,距离用电中心远,往往是几百公里以至一千公里以上,需要超高压输电线路进行远距离输电。地方性发电厂一般为中小型电厂,建在用户附近。自备电厂建在大型厂矿企业,作为自备电源,对重要的大型厂矿企业和电力系统起到后备作用。

2. 发电厂的电压、频率

一般发电厂的发电机发出的电是对称的三相正弦交流电(有效值相等,相位差分别相差 120° ,三相电压为 e_u 、 e_v 、 e_w ,如图 1-3 所示)。在我国,发电厂发出的电压等级主要有 10.5 kV、13.8 kV、15.75 kV、18 kV 等,频率则为 50 Hz,此频率通称为“工频”。工频的频率偏差一般不得超过 ± 0.5 Hz。频率的调整主要是依靠发电厂调节发电机的转速来实现的。电力系统中的所有电气设备,都是在一定的电压和频率下工作的。能够使电气设备正常工作的电压就是它的额定电压。各种电气设备在额定电压下运行时,其技术性能和经济性最佳。频率和电压是衡量电能质量的两个基本参数。由于发电厂发出的电压不能满足各种用户的需要,同时电能输送过程中会产生不同的损失,所以需要在发电厂和用户之间建立电力网,将电能安全、可靠、经济地输送、分配给用户。

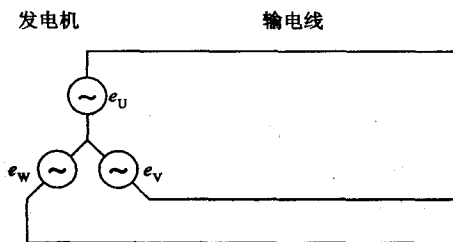


图 1-3 对称的三相电源

1.1.3 电力网

1. 电力网的概念

在电力系统中,在各个发电厂、变电所和电力用户之间,用不同电压的电力线路将它们连接起来,这些不同电压的电力线路和变电所的组合,称为电力网。电力网的任务是输送和分配电能,即把由各发电厂发出的电能经过输电线路传送并分配给用户。

2. 电力网的分类

电力网按其电压、用途和特征可分为:直流电力网和交流电力网,低压电力网和高压电力网,城市电力网、工矿电力网和农村电力网,户外电力网和户内电力网等。

通常为了便于分析研究,把电力网分成区域电力网和地方电力网。电压在 35 kV 以上,供电区域较大的电力网叫区域电力网。电压在 35 kV 以下,供电范围不大的电力网叫地方电力网。至于 35 kV 的电力网,可属于区域电力网,也可属于地方电力网。

电力网按其在电力系统中的作用不同,又可分为供电网和配电网。如果电能是先从电源输送到供、配电中心,然后从供、配电中心再引出配电网,则这种电力网叫供电网,它是电力系统中的主网,又称网架,电压通常在 35 kV 以上。

如果电能是由电源侧直接引向用户变电所,它的作用是把电能分配给配电所和用户,则这种电力网叫配电网,电压通常在 10 kV 以下。

电力网往往按电压等级来区分,如 10 kV 电力网、220/380 V 电力网等,这里的电力网实际指的是电力线路。

3. 输电线路

采用高压、超高压远距离输电是各国普遍采用的途径。在传输容量相同的条件下,高电压输电能减少输电电流,从而减少电能消耗。送电距离愈远,要求输电线的电压愈高。目前我国国家标准中规定的输电电压等级有 35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 等多种。输送电能通常采用三相三线制交流输电方式。随着电能输送的距离愈来愈长,输送的电压也愈来愈高,有些国家已经开始使用直流高压输电方式,把交流电转化成直流电后再进行输送。

电力输电线路一般都采用钢芯铝绞线,通过高架线路把电能送到远方的变电所。但在跨越江河和通过闹市区以及不允许采用架空线路的区域,则需采用电缆线路。电缆线路投资较大且维护困难。

4. 变电所

变电所有升压与降压之分。升压变电所通常与大型发电厂结合在一起,在发电厂电气部分中装有升压变压器,把发电厂发出的电压升高,通过高压输电网络将电能送向远方。降压变电所设在用电中心,将高压的电能适当降压后,向该地区用户供电。根据供电的范围不同,降压变电所可分为一次(枢纽)变电所和二次变电所。一次变电所是从 110 kV 以上的输电网受电,将电压降到 35~110 kV,供给一个大的区域用电。二次变电所大多数从 35~110 kV 输电网络受电,将电压降到 6~10 kV,向较小范围供电。

5. 配电线路

“配电”就是电力的分配，从配电变电站到用户终端的线路称为配电线路。配电线路上的电压，简称配电电压。电力系统电压高低的划分有不同的方法，但通常以 1 kV 为界限来划分。额定电压在 1 kV 及以下的系统为低压系统；额定电压在 1 kV 以上的系统为高压系统。常用的高压配电线的额定电压有 3 kV、6 kV 和 10 kV 三种，常用的低压配电线的额定电压有 380 V/220 V。

1.1.4 电力负荷

1. 电力负荷的概念

电力负荷是指电路中的电功率。在交流电路中，电功率包含有功功率和无功功率。有功功率又称为有功负荷，单位为千瓦；无功功率称为无功负荷，单位为千乏。视在功率包含着有功、无功两部分，往往以负荷电流取而代之。由于系统电压比较稳定，电压乘电流就是视在功率。因此，系统中的电力负荷，也可以通过负荷电流反映出来。

2. 电力负荷的分类

1) 按负荷发生的不同部位分类

(1) 发电负荷：指电力系统中，发电厂的发电机向电网输出的电力。对电力系统来说，是发电厂向电网的总供电负荷。

(2) 供电负荷：指电力系统向电网输出的发电负荷扣除厂用电、发电厂变压器损耗以及线路损耗以后的负荷。

(3) 线损负荷：指电力网在输送和分配电能的过程中，线路和变压器功率损耗的总和。

(4) 用电负荷：指电力系统中，用户实际消耗的负荷。

2) 按负荷发生的不同时间分类

(1) 高峰负荷：又称最高负荷，是指电网或用户在一天时间内所发生的最高负荷值。为了分析的方便常以小时用电量作为负荷。高峰负荷又分为日高峰负荷和晚高峰负荷。在分析某单位的负荷率时，选择一天 24 小时中用电量最高的一个小时的平均负荷作为高峰负荷。

(2) 低谷负荷：又称最低负荷，是指电网中或某用户在 24 小时内发生的用电量最少的一个小时的平均电量。为了合理用电，尽量减少发生低谷负荷的时间，对于电力系统来说，峰、谷负荷差越小，用电则越趋近于合理。

(3) 平均负荷：指电网中或某用户在某一确定时间段的平均小时用电量。为了分析负荷率，常用日平均负荷，即一天的用电量被一天的用电小时来除。为了安排用电量，做好用电计划，往往也用月平均负荷和年平均负荷。

3) 按用电性质及重要性分类

电力系统中的所有用电部门均为电力系统的用户。根据用户的重要程度和对供电的可靠性来分级，用电负荷可为三个级别，且各级别的负荷分别采用相应的方式供电。

(1) I 类负荷。主要包括下列类型：

① 停电会造成人身伤亡、火灾、爆炸等恶性事故的用电设备的负荷。例如，炼钢厂、

医院手术室、煤矿等井下工作场所。

② 停电将造成巨大的甚至不可挽回的政治或经济损失的用电设备和用电单位的负荷。例如，电视台、电台、大使馆用电或重要的活动场所。

③ 重要交通枢纽、通信枢纽及国际、国内带有政治性的公共活动场所的用电。

对Ⅰ类负荷供电电源的要求如下：

① 应由两个或两个以上的电源供电，当一个电源发生故障时，其他电源仍可保证重要负荷的连续供电。

② 为保证重要负荷用电，严禁将其他非重要用电的负荷与重要用电负荷接入同一个供电系统。

(2) Ⅱ类负荷。主要包括下列类型：

① 停电将大量减产或破坏生产设备，在经济上造成较大损失的用电负荷。

② 停电会造成较大政治影响的重要用电单位的正常工作的用电负荷。

③ 大型影剧院、商店、体育馆及公共场所的用电负荷。

对于第Ⅱ类负荷，尽可能要有两个独立的电源供电。

(3) Ⅲ类负荷。这是指不属于Ⅰ、Ⅱ类的用电负荷。Ⅲ类负荷对供电没有什么特别要求，可以非连续性地供电，如市镇公共用电，以及生产单位一般的辅助车间、小型加工作坊和农村照明负荷等，通常用一个电源供电。

根据电气设计规程的有关规定，对于Ⅰ类负荷的供电，应有至少两个独立的电源供电，必要时，应安装柴油发电机组作为紧急备用电源。

1.2 对供电系统的基本要求和电能质量

1.2.1 基本要求

1. 供电可靠性

用户要求供电系统有足够的可靠性，特别是连续供电。要求供电系统能在任何时间内都能满足用户用电的需要，即使在供电系统局部出现故障的情况下，也不能对某些重要用户的供电有很大的影响。因此，为了满足供电系统的供电可靠性，要求电力系统至少具备10%~15%的备用容量。

2. 供电质量

供电质量的优、劣直接关系到用电设备的安全经济运行和生产的正常运行，对国民经济的发展有着重要的意义。无论是供电的电压还是频率，哪一方面达不到标准，都会对用户造成不良的后果。因此，要求供电系统应确保对用户供电的电能质量。

3. 供电的安全性、经济性与合理性

供电系统要能够安全、经济、合理地供电，这也是供、用电双方要求达到的目标。为达到这一目标，就需要供、用电双方共同加强运行的管理，做好技术管理工作，同时还要求用户积极配合和密切协作，提供必要的方便条件。例如负荷、电量的管理，电压、无功功率

的管理工作等等。

4. 电力网运行调度的灵活性

对于一个庞大的电力系统和电力网,必须做到运行方式灵活,调度管理先进。只有这样,才能做到系统的安全可靠运行。只有灵活的调度,才能解决对系统局部出现故障时的及时检修,从而达到系统的安全、可靠、经济和合理地运行。

1.2.2 电能质量指标

供电电能的质量指标主要有以下几项:

1. 电压

供电系统向用户供电首先应保持额定电压运行,受电端电压变动的幅度不应超过以下数值:

- (1) 35 kV 及以上电压供电,电压正、负误差的绝对值之和不超过额定电压的 $\pm 10\%$ 。
- (2) 10 kV 及以下高压电力用户和低压电力用户供电电压误差为额定电压的 $\pm 7\%$ 。
- (3) 低压照明用户受电端电压变动幅度为额定电压的 $+7\% \sim -10\%$ 。

供电部门应定期对用户受电端的电压进行调查和测量,发现不符合质量标准时应及时采取措施,加以改善。

电压变动幅度可按下式计算:

$$\Delta U\% = [(U_L - U_n)/U_n] \times 100\%$$

式中:

U_L ——用户受电端实际电压;

U_n ——供电额定电压。

2. 额定电压

额定电压是指电气设备正常工作的电压,是在保证电气设备规定的使用年限内达到额定输出的长期安全、经济运行的工作电压。

变压器、发电机、电动机等电气设备均有规定的额定电压,并且在额定电压下运行其经济效果最佳。

实际上电力系统因其电气设备所处系统中的位置不同,其额定电压也有不同的规定。例如在系统中运行的电力变压器有升压变压器、降压变压器,有主变压器也有配电变压器。由于所处在系统中的位置和作用的不同,额定电压的规定也不同。

(1) 电力变压器一次侧的额定电压直接与发电机相连接时(即升压变压器),其额定电压与发电机额定电压相同,即高于同级线路额定电压的 5% 。如果变压器直接与线路连接,则一次侧额定电压与同级线路的额定电压相同。

(2) 变压器二次侧的额定电压是指二次侧开路时的电压,即空载电压。如果变压器二次侧供电线路较长(即主变压器),则变压器的二次侧额定电压比线路额定电压高 10% ;而若二次侧线路不长(配电变压器),则变压器额定电压只需高于同级线路额定电压的 5% 。

我国交流电力网电气设备的额定电压如表 1-1 所示。

表 1-1 我国电力网电气设备的额定电压

	电力网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
高压/kV	3	3.15	3, 3.15	3.15, 3.3
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
		13.8, 15.75, 18.20		
	35		35	38.5
	63		63	69
	110		110	121
	220		220	242
	330		330	363
	500		500	550
	750		750	
低压/V	220/127	230	220/127	230/133
	380/220	400	380/220	400/230
	660/380	690	660/380	690/400

我国对用户供电的额定电压, 低压供电的为 380 V, 照明用电为 220 V。高压供电的为 10 kV、35 kV、63 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV。除发电厂直配供电可采用 3 kV、6 kV 外, 其他等级电压应逐步过渡到上列额定电压。

用户的用电设备容量在 250 kW 或变压器容量在 160 kV·A 及以下者, 应以低压方式供电, 特殊情况也可以高压方式供电。

在电力网中, 额定电压的选定是一项很重要的技术管理工作, 对不同容量的用户及不同规模的变、配电所, 要求选择不同的额定电压供电, 额定电压的确定与供电方式、供电负荷、供电距离等因素有关, 额定电压的选择可参考表 1-2 中的数值。

表 1-2 供电电压与输送容量的关系

额定电压/kV	线路种类	极限容量/kW	输送距离/km
6	架空	2000	3~10
	电缆	2000	8
10	架空	3000	5~15
	电缆	5000	10
35	架空	2000~10000	20~50
110	架空	10000~50000	50~150
220	架空	50000~200000	150~300
500	架空	200000 以上	300 以上