



普通高等教育“十二五”规划教材

电工与电气 测量实训教程

主 编 徐晓莹
副主编 应文博 张 琳
主 审 张艳凤



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

电工与电气 测量实训教程

主 编 徐晓莹
副主编 应文博 张 琳
主 审 张艳凤

内 容 提 要

本书包括五个学习项目：认知变配电装置电测仪表、常用电工仪表使用及常用元器件识别、直流电路分析测试、交流电路分析测试及触电急救训练，并附有检测练习题和电工与电气测量课程标准。书中内容本着“项目引领、任务驱动、教学做评一体化”的原则组织编写，内容的实施采用作业指导书的方式进行，将理论知识贯穿于各个任务实践的环节中，使学习体系课程内容与行动体系课程内容在结构上实现相互衔接、互补和交融，从中培养学生的职业能力和职业素养，具有极强的针对性、实用性和可操作性。

本书可以作为高职院校机、电大类专业电路基础及电气测量课内实训教材，也可作为学生的技能训练教材或职工培训教材，也可以作为中级维修电工技能鉴定参考用书。同时也可供应用型本科相关专业使用。

本书配有电子课件，读者可以从中国水利水电出版社网站免费下载，网址为 <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目（CIP）数据

电工与电气测量实训教程 / 徐晓莹主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2015.7
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-3478-0

I. ①电… II. ①徐… III. ①电工技术—高等学校—
教材 ②电气测量—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第185870号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 电工与电气测量实训教程
作 者	主编 徐晓莹 副主编 应文博 张琳 主审 张艳凤
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11印张 261千字
版 次	2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	26.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

本书根据国家职业教育改革的精神，加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力，积极推进“双证书”制度，以实际岗位的工作任务与过程构建课程内容和课程标准，以职业资格证书的考核标准实施课程的考核，结合辽宁省教育科学“十二五”规划立项课题——“高职技能实训与职业技能鉴定深度融合的研究”组织教材内容，展现了课题研究的成果。

本书编写特色如下：

第一，教材内容的选取本着以职业岗位能力为重点，知识、技能并重，以能力和技能为主线的原则，尝试打破传统学科体系课程内容结构，解构原设的电路基础、电气测量课程内容，重新进行优化整合，避免了内容上的交叉和重复，实现知识体系的有序衔接；将理论知识贯穿于各个任务实践的环节中，实现理论和实践的有机融合，既满足理论知识的必需够用，又强化了职业技能的培养，达到为专业应用创造必要条件的目的。

第二，在教材内容的组织上，设计了一体化学习任务书，每项任务实训包含任务分析、任务实施、学习评价及知识认知。教师和学生之间形成沟通配合的有机整体，通过构建具体的工作任务作为切入点，在课堂上直接对具体的作业任务进行教、对作业任务的实施与消化进行学、对作业任务的完成进行做、对作业标准的执行情况进行评，真正实现教学做评一体化教学。因为学生在上课前就明白学什么、怎么学、在哪学，学生们能有计划、有目的、有评价过程的学与习、练与做，充分挖掘出学生理解和掌握知识技能方面的潜能，极大地增强了学习的积极性和主动性。

第三，对每项任务实践内容，结合电工岗位工作特点，采用作业指导书的方式实施，具体包括电工作业工作票、电工作业申请票和电工作业操作票。其中电工作业操作票中融合职业标准制定了清晰、明确、精细化的作业步骤、作业内容及作业标准，将技能操作的应会知识和实际操作技能进行融合，具有极强的针对性、实用性和可操作性，从中可以让学生有章可循、有法可依、一步一个脚印，有条不紊地完成训练任务，并在解决任务的过程中训练学生

的职业技能和职业素养，培养学生从事电工岗位工作的工程意识。因为引入实训操作与岗位实际工作流程接轨，有利于“工学结合”的培养模式的实施，体现校内学习与工作的一致性，同时也培养了学生考核岗位证书的能力。

本书由辽宁水利职业学院徐晓莹担任主编，由辽宁水利职业学院应文博和辽宁交通高等专科学校张琳担任副主编，由辽宁水利职业学院张艳凤担任主审。具体分工如下：徐晓莹编写电工与电气测量课程标准及项目2、项目3、项目4，张琳编写项目1，应文博编写项目5及附录。全书由徐晓莹负责统稿。本书还借鉴了其他院校的教学经验及优秀教材的部分内容，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏与不妥之处恳请读者给予批评指正。

编 者

2015年5月

前言

“电工与电气测量”课程标准	1
项目 1 认知变配电装置电测仪表	5
任务 1.1 认知变配电所	5
任务 1.2 认知变配电装置电测仪表配置	11
项目 2 常用电工仪表使用及常用元器件识别	16
任务 2.1 认知电工仪表的技术特性	16
任务 2.2 直流电流表、直流电压表的使用	23
任务 2.3 交流电流表、交流电压表的使用	29
任务 2.4 测量用互感器的使用	35
任务 2.5 钳型电流表的使用	40
任务 2.6 功率表的使用	44
任务 2.7 电能表的使用	52
任务 2.8 万用表的使用	64
任务 2.9 电桥的使用	73
任务 2.10 绝缘电阻表的使用	78
任务 2.11 电路元件识别与检测	85
项目 3 直流电路分析与测试	98
任务 3.1 电阻元件伏安特性测试	98
任务 3.2 电路中电位、电压的测定	101
任务 3.3 电阻串并联电路测试	104
任务 3.4 基尔霍夫定律测试	108
任务 3.5 叠加定理测试	111
任务 3.6 戴维南定理测试	114
项目 4 交流电路分析与测试	119
任务 4.1 R 、 L 、 C 元件伏安特性测试	119
任务 4.2 交流电路元件参数测试	123
任务 4.3 交流串联电路电压电流关系测试	126

任务 4.4 感性负载提高功率因数测试	130
任务 4.5 三相负载星形连接电路测试	134
任务 4.6 三相负载三角形连接电路测试	138
任务 4.7 三相电路功率测试	141
任务 4.8 同名端及互感系数测试	145
项目 5 触电急救训练	150
任务 5.1 认知人体触电及其影响因素	150
任务 5.2 认知心肺复苏术	154
附录 检测练习题	160
参考文献	167

“电工与电气测量” 课程标准

1. 课程性质与作用

“电工与电气测量”是电力技术类、机电设备类或电气自动化类专业必修的专业基础课程。通过课程的学习能使学生获得从事电气工程技术工作必须具有的电气测量与电工仪表的基本知识、电工操作基本技能以及从事电工工作的安全规范操作意识，培养学生科学思维能力、严肃认真的科学作风和理论联系实际工程观点。为学习后续课程及使其成为具有创新应用精神和实践能力的高素质工程技术人才奠定坚实的基础。

完成“电工与电气测量”课程的学习后，可以满足学生毕业后从事供配电系统、用电系统电气设计、运行、维护、管理及变配电站电气设备安装、调试、检修等工作岗位所必须具备的电气测量和仪表使用的基本知识和能力。

2. 课程设计思路

“电工与电气测量”课程是依据供用电技术、机电设备维修与管理及电气自动化专业毕业生面向的各职业岗位共同的和基本的知识、能力、素质的需求而设置的，并以此确立课程培养目标，选取课程内容，设计学习性工作任务。

“电工与电气测量”课程内容的组织立足于培养学生的实际工作能力，打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式，转变为以工作任务为中心组织课程内容，使学习体系课程内容与行动体系课程内容在结构上实现相互衔接、互补和交融，强调为了行动而学习，通过行动来学习。具体实施课程任务时采用作业指导书的方式，教师和学生之间形成沟通配合的有机整体，在课堂上直接对具体的作业任务进行教、对作业任务的实施与消化进行学、对作业任务的完成进行做、对作业标准的执行情况进行评，真正实现教学做评一体化教学。

采用作业指导书的训练方式，让学生一步一个脚印，有条不紊的完成训练任务，并在解决任务的过程中训练了学生的职业技能和职业素养，培养了学生的工程意识。

3. 课程目标

(1) 能力目标：

1) 专业能力。具备基本电路装接、检查及运用能力；具备常用电工工具、电工仪器仪表的使用能力；具备安全用电和触电急救能力。

2) 方法能力。具有较强的信息采集与处理的能力；具有自主学习、自我提高的能力；具有分析和决策能力。具有独立分析和解决实际问题的能力；能制定工作计划并进行实施的能力。

3) 社会能力。具有吃苦耐劳、爱岗敬业、诚实守信等职业道德；具有良好的心理素质和身体素质；具有语言表达、人际沟通能力；具有团队协作、组织协调能力。



(2) 知识目标。掌握电路基础、电气测量和电工仪表的基础知识，掌握常用电气测量仪表的选择、使用与维护的基本知识。

(3) 职业素质目标。热爱电工技术工作，具备良好的职业纪律素质；树立从事电工工作的安全、规范、严格、有序的操作意识；树立实事求是、求真存疑的科学态度和严肃认真、一丝不苟的工作作风。

4. 课程总体设计

课程总体设计

序号	学习项目	学习目标		学习型工作任务	参考学时
		知识目标	专业能力目标		
1	认知变配电装置电测仪表	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解供配电系统的基本概念、组成和作用 2. 了解供配电线路特点及电力负荷的分类 3. 了解供电质量的基本要求 4. 了解供配电装置对电气测量仪表的一般要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能够知道电能如何产生、传输和分配 2. 能知道变、配电所的作用 3. 能知道电力负荷的分类及对供电的要求 4. 能知道变配电装置中电气测量仪表的配置要求 	任务 1.1 认知变配电所 任务 1.2 认知变配电装置电测仪表配置	4
2	常用电工仪表使用及常用元器件识别	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握电工指示仪表的技术特性 2. 了解电工仪表的基本结构和工作原理 3. 了解电工仪表误差的表示方式及准确度等级 4. 了解常用电工仪表的种类、功能、使用方法、技术数据 5. 掌握电阻、电感、电容元件主要技术参数的意义 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能根据测量任务的需要正确选用电工仪表 2. 能熟练、规范的使用电工仪表测量相关物理量 3. 能正确识别各种型号的电感、电感、电容 4. 能选用适当的方法对电阻、电感、电容进行检测 	任务 2.1 认知电工仪表的技术特性 任务 2.2 直流电流表、直流电压表的使用 任务 2.3 交流电流表、交流电压表的使用 任务 2.4 测量用互感器的使用 任务 2.5 钳型电流表的使用 任务 2.6 功率表的使用 任务 2.7 电能表的使用 任务 2.8 万用表的使用 任务 2.9 电桥的使用 任务 2.10 绝缘电阻表的使用 任务 2.11 电路元件识别与检测	24



续表

序号	学习项目	学习目标		学习型工作任务	参考学时
		知识目标	专业能力目标		
3	直流电路分析与测试	1. 掌握电路的基本物理量及其测试方法 2. 掌握电路工作情况的基本分析方法 3. 掌握电路图的基本识读方法 4. 掌握电工测量方法的分类及其正确选用	1. 具备从事电工工作安全、规范、严格、有序的操作意识 2. 具备按图接线和装接工艺的基本技能 3. 具备调试简单电路实验或简单电路故障排除的能力 4. 具备正确观察、读取实验数据及实验现象以及分析和判断实验结果合理性的能力	任务 3.1 电阻元件伏安特性测试	14
				任务 3.2 电路中电位、电压的测定	
				任务 3.3 电阻串并联电路测试	
				任务 3.4 基尔霍夫定律测试	
				任务 3.5 叠加定理测试	
				任务 3.6 戴维南定理测试	
4	交流电路分析测试	1. 掌握交流电路基本元件的伏安特性 2. 掌握交流电路基本物理量：电流、电压、功率、功率因数及电能的物理意义 3. 掌握 RLC 串联及并联电路中电压、电流关系 4. 掌握三相负载星形及三角形连接电路中，线电压和相电压、线电流和相电流的关系 5. 掌握互感电路的同名端、互感系数的概念	1. 具备从事电工工作安全、规范、严格、有序的操作意识 2. 能根据测试要求正确选择负载的连接方式并能够正确连接 3. 能正确使用交流仪表测试交流电路基本物理量 4. 能选用合适的电工仪表和电工测量方法测试交流电路参数 5. 能正确读取、分析和处理数据，观察实验现象，撰写实验报告	任务 4.1 R、L、C 元件伏安特性测试	18
				任务 4.2 交流电路元件参数测试	
				任务 4.3 交流串联电路电压电流关系测试	
				任务 4.4 感性负载提高功率因数测试	
				任务 4.5 三相负载星形连接电路测试	
				任务 4.6 三相负载三角形连接电路测试	
				任务 4.7 三相电路功率测试	
				任务 4.8 同名端及互感系数测试	
5	触电急救训练	1. 了解人体触电形式及其影响因素 2. 掌握触电急救措施	1. 能在用电过程中采取正确的触电防护措施 2. 能根据触电者的具体情况实施有效的触电急救措施	任务 5.1 认知人体触电及其影响因素	4
				任务 5.2 认知心肺复苏术	

5. 考核方案

本课程采用过程性评价和结果性评价相结合的考核评价模式。课程考核内容与成绩组



成见下表，其中过程性考评成绩占课程总成绩的 70%，期末集中考评成绩占课程总成绩的 30%。

课程成绩考评表

考评方式 及考核内 容	达标考核 (70分)					期末考核 (30分)
	学习纪律考评	学习态度考评	理论成绩考评	基本技能考评	基本能力考评	综合考评
权重/%	10	15	15	20	10	30
考评 实施	主要考查学生按时上课情况，迟到、早退及旷课次数；课堂遵守纪律情况等	主要考查学生认真操作、认真完成作业；积极主动参与任务策划与完成等情况	根据学生平时测验、阶段测验的成绩，考查学生对知识的理解与掌握情况	仪器仪表使用；电路连接；数据测试、记录与处理；安全、规范、文明操作；实验报告规范书写	独立操作、分析问题和解决问题；认真负责；沟通协作	主要考查学生对知识的综合运用情况

项目 1 认知变配电装置电测仪表

知识目标：

1. 了解供配电系统的基本概念、组成和作用。
2. 了解供配电线路特点及电力负荷的分类。
3. 了解供电质量的基本要求。
4. 了解供配电装置对电气测量仪表的一般要求。

能力目标：

1. 能够知道电能如何产生、传输和分配。
2. 能知道变、配电所的作用。
3. 能知道电力负荷的分类及对供电的要求。
4. 能知道变配电装置中电气测量仪表的配置要求。
5. 能通过各种媒体资源查找、整理、提炼所需信息。

任务 1.1 认知变配电所

【一体化学习任务书】

工作负责人：_____

工作班组：_____ 班 _____ 级 _____ 组

1. 任务分析

变配电所是供电系统的枢纽，担负着接收电能、变换电压和分配电能的作用。学校变电所的电压等级为 10kV，它担负着将从 10kV 电网引入的电压降为 220/380V，然后直接提供给学校各个用户使用的任务，是对学校内部输送电能的中心枢纽。

本任务通过参观学校或工厂变配电所，初步认知供配电系统，为学习供用电知识奠定基础。本任务要求完成如表 1.1.1 所示内容。

2. 任务实施

本任务的实施见表 1.1.2~表 1.1.4。

3. 学习评价

对以上任务完成的过程进行评价见表 1.1.5。



表 1.1.1

供配电系统知识学习

1. 电力系统是指_____， 其由_____环节组成。
2. 衡量电能质量的基本参数是_____。
3. 对于额定电压是220V单相供电线路，我国国家标准规定的电压偏差允许值是_____；对于10kV及以下三相供电电压允许偏差为_____。
4. 电力网是指_____； 电网的任务是_____。
5. 为什么要高压输电，低压用电_____。
6. 变电所的作用是_____； 配电所的作用是_____。
7. 变配电所的结构型式主要有_____。
8. 变配电所的电气设备主要包括有_____。
9. 我国电力系统额定电压等级有_____。
10. 我国国家标准规定的电力系统标准频率是_____；举例说明哪些国家的频率是60Hz_____。
11. 发电厂发出的交流电的波形是_____。
12. 根据用户的重要程度和对供电可靠性的要求不同，用电负荷可以分为_____。

表 1.1.2

电工作业工作票

工作任务：认知变配电所		
工作时间：		工作地点：
任务目标	1. 了解变配电所的作用 2. 认识变配电所的结构形式 3. 了解电力系统基本知识	
任务设备	仪器、仪表、工具	准备情况
	1. 变电所或配电所 2. 低压配电装置	
预备知识和技能	相关知识技能	相关资源
	1. 电力系统基本知识 2. 变配电所的作用 3. 电力负荷分类	1. 教材：电工与电气测量实训教程 2. 作业票：工作票、申请票、操作票 3. 其他媒体资源
工作票签发人签名：		



表 1.1.3 电工作业申请票

工作人员要求		作业前准备工作	
身体健康、精神饱满	爱护设备,保持环境清洁	掌握预备知识和技能	提前填写作业票相关内容
认真负责,团结协作	持作业票作业	清楚作业程序	做好安全保护措施
严格执行工作程序、规范及安全操作规程		准备好后提出作业申请	
作业执行人签名:			作业许可人签名:

表 1.1.4 电工作业操作票

学习领域: 电工与电气测量		项目 1: 认知变配电装置电测仪表	
任务 1.1: 认知变配电所			学时: 2 学时
作业步骤		作业内容及标准	作业标准执行情况
开工准备	1. 进行“安全、规范、严格、有序”的实践纪律教育	明确实践纪律和要求	
	2. 布置实践任务及场所	明确实践任务及场所	
	3. 学习有关变配电所知识	自己查找资料或请教专业人员、老师学习变电所的基本知识,完成任务习题	
	4. 作业危险点	(1) 严格执行工作程序,听从现场工作人员指挥,不得随意走动; (2) 严禁触及带电设备; (3) 未经专业工作人员允许,不得接近设备,保持安全距离; (4) 禁止移动或越过遮栏	
参观变配电所	5. 接受现场安全教育	明确进入现场安全注意事项	
	6. 观察变电所的建筑结构	认识户外型、户内型变电所	
	7. 观察高压进户线	认识进户线位置	
	8. 观察变压器	了解变压器型号、功能	
	9. 观察配电装置	认识配电装置形式、组成	
完工	10. 整理实践记录,撰写实践总结	完成学习总结	
工作执行人签名:			工作监护人签名:

表 1.1.5 学习评价表

自我评价	以上 10 个作业步骤,每完成一个步骤加 1 分,共计 10 分			得分:	
小组评价	课前准备	安全文明操作	工作认真、专心、负责	团队沟通协作,共同完成工作任务	实训报告书写
	每项 2 分,共计 10 分				得分:
教师评价					

【知识认知】

1. 电力系统的概念

电力系统是通过电力网将分散在各地区的不同类型的发电厂、变电所和电力用户联系起



来的一个统一整体，它由发电、输电、变电、配电和用电几个环节组成，如图 1.1.1 所示。

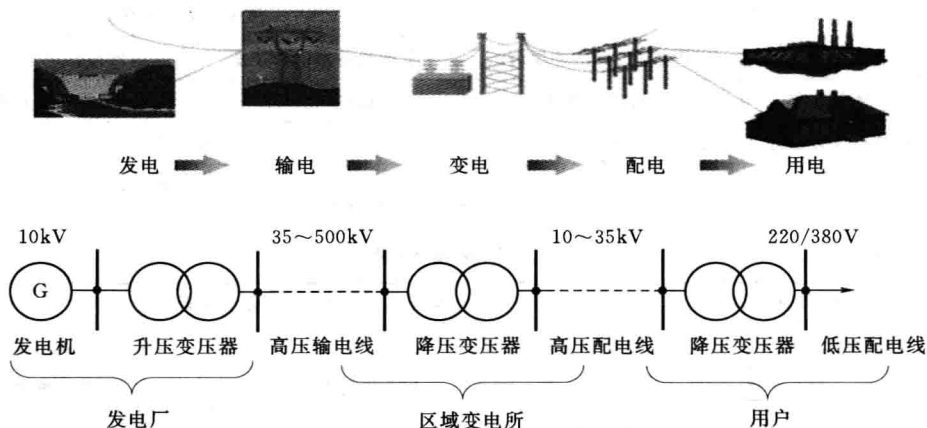


图 1.1.1 电能的传输与分配过程示意图

电力系统是一个可以实现对电能进行集中管理、统一调度和分配的有机整体，其优越性有以下几个方面：

(1) 提高供电的可靠性。由于大型电力系统的构成，使得电力系统的稳定性大大提高，对用户供电的可靠性也相应地提高。当电力网构成环网时，对重要用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，从而减少了由于停电所造成的损失，使电力系统的运行更具灵活性。

(2) 减少系统的总装机容量。各地区可以通过电力网互相支援，互为备用，为保证电力系统所必需的备用机组数量可大大地减少。

(3) 提高运行的经济性。可以根据季节的不同充分发挥不同电厂的作用，实现大范围联合经济调度；可以合理地分配负荷，降低系统的高峰负荷，调整峰谷曲线，降低发电成本，从而提高整个电网运行的经济性。

2. 发电厂

发电厂是生产电能的工厂，它把其他形式的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、原子核能、风能、太阳能、地热、潮汐能等，通过发电设备转换为电能。根据所利用能源的不同，发电厂分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。我国以火力发电为主，其次是水力发电和原子能发电。

一般发电厂的发电机发出的是对称的三相正弦交流电。在我国区域性和地方性发电厂发出的电压主要有 6.3kV 和 10.5kV，一般自备发电机发出的电压有 230V、400V，频率则均为 50Hz，此频率通常称为“工频”。电压、频率和波形的质量是衡量电能质量的三个基本参数。

电压质量是对电力系统的运行电压和供电电压值的规范要求，它是电能质量的一项重要的重要的技术经济指标。当供电系统向用户供电时，首先应保持在额定电压下运行，因为电气设备是按在额定电压条件下运行设计制造的，因此额定电压是电力系统及电力设备规定的正常电压，即与电力系统及电力设备某些运行特性有关的标称电压。但是系统在实际运行



中, 存在很多不确定的因素如负荷的投切、线路损耗等, 所以电压不能时刻与额定值完全相等。电力系统各点的实际运行电压允许在一定程度上偏离其额定电压, 在这一允许偏离范围内, 各种电力设备及电力系统本身仍然能正常运行。我国国家标准规定的交流 50Hz 电力系统在正常运行条件下供电电压对额定电压偏差允许值见表 1.1.6。

表 1.1.6 供电电压的运行偏移

线路的额定电压	允许电压偏移值	线路的额定电压	允许电压偏移值
35kV 及以上	±10%	220V	+7%、-10%
10kV 及以下	±7%		

电压偏差计算公式如下

$$\text{电压偏差}(\%) = \frac{\text{电压实际测量值} - \text{系统标称电压}}{\text{系统标称电压}} \times 100\%$$

额定频率是指电力系统中的电气设备能保证长期正常运行的工作频率。当前世界上的通用频率有 50Hz 和 60Hz 两种。如果电力系统频率偏离额定值, 不仅将会给电力用户造成损害, 而且对发电厂和电力系统本身造成严重不良后果。我国国家标准规定的电力系统标准频率及其允许偏差值见表 1.1.7。

表 1.1.7 电力系统频率的允许偏差

电网容量	允许频率偏差/Hz
3×10 ⁶ kW 及以上的电网	50±0.2
3×10 ⁶ kW 以下的电网	50±0.5

衡量电能质量的另一个指标是交流电的波形, 标准的交流电波形应为正弦波。但由于电力系统存在大量的非线性负荷, 使电压的波形发生畸变, 除基波外, 还有各次谐波分量, 这些谐波分量不仅使系统的效率下降, 也会对电气设备产生较大的干扰。因此, 抑制谐波分量在允许的范围之内是保证电能质量的一项重要任务。

3. 电力网

电力网是将各电压等级的输配电线路和各种类型的变电所连接而成的网络, 即电力系统中的送电、变电和配电三个部分称为电力网。电力网是连接发电厂和电能用户的中间环节, 电网的任务是输送和分配电能, 即把发电厂发出的电能经过输配电线路传送并分配给用户。

(1) 变配电所。变电所起着接受电能、变换电能电压与分配电能的作用。进行接电、变电和配电的场所称为变电所; 如果只用来接受电能和分配电能, 则称配电所。

1) 变电所的类型。根据变电所在电力系统中的位置、性质、作用及控制方式可分为: 升压变电所、降压变电所, 有人值班变电所和无人值班变电所。根据主变压器和电气设备的安装位置, 变电所的结构型式主要有: 户内型、户外型、半户内型和箱式变电所。其中, 升压变电所通常与大型发电厂结合在一起, 将发电厂发出的电压升高, 经由高压输电线路将电能送向远方。降压变电所设在用电中心, 将高压电能降低后再向地区用户供电。根据供电范围不同, 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 110kV 以上的输电网受电, 将电压降到 35~110kV 后, 供给一个大的区域。二次变电



所多数从 35~110kV 输电网受电，将电压降到 6~10kV 后向较小范围供电。

2) 变电所的电气设备。变电所的电气设备包括：主变压器，开关电器（断路器、隔离开关、负荷开关），保护电器（熔断器、继电器及避雷器等），测量电器（电流互感器、电压互感器、电流表、电压表等）以及无功补偿装置、母线和载流导体等。

(2) 输配电线路。输配电线路的作用是输送和分配电能。由于各种类型的发电厂多建于自然资源丰富的地方，一般距电能用户较远，所以需要各种不同电压等级的电力线路，把发电厂、变配电所和电能用户连接起来，将发电厂生产的电能输送和分配到各电能用户。

输电线路是电力系统中实施远距离传输电能的环节。为了提高输电效率，减少输电线路上的损失，通常采用高压输电。目前我国电网的输电系统的电压等级一般分为高压（110kV、220kV）、超高压（330kV、500kV、750kV、 $\pm 500\text{kV}-\text{DC}$ ）和特高压（1000kV、 $\pm 800\text{kV}-\text{DC}$ ）三种。输电电压的高低，要视输电容量和输电距离而定，容量越大，距离越远，输电电压等级就越高，同时对输变电设备的绝缘水平和线路走廊的要求也越高。输电线路一般采用三相三线方式输电，通过架空线路将电能输送到远方的变电所。但在跨越江河、通过闹市区或不允许采用架空线路的区域，则采用电缆线路。

配电线路的作用是将来自高压电网的电能以不同的供电电压分配给各个电力用户。目前我国电网配电系统的电压等级一般以 0.38kV、10kV 和 35kV 为主。其中用于配电的交流电力系统中 1000V 以下的电压等级称为低压，1000V 及以上的电压等级称为高压。

4. 电力负荷

电力负荷是指用电设备或用电单位所消耗的功率（kW）、容量（kVA）或电流（A）。

(1) 电力负荷按负荷发生的不同部位可以分为以下几类：

1) 用电负荷。用电负荷是用户在某一时刻对电力系统所需求的功率。

2) 线路损失负荷。线损负荷是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。

3) 供电负荷。用电负荷加上同一时刻的线路损失负荷，是发电厂对外供电时所承担的全部负荷，称为供电负荷。

(2) 电力负荷按负荷发生时间的不同可分为以下几类：

1) 高峰负荷。高峰负荷是指电网或用户在单位时间内所发生的最大负荷值。通常选择一天 24h 中用电量最高的 1 个小时的平均负荷作为高峰负荷。

2) 低谷负荷。低谷负荷是指电网中或某用户在一天 24h 内，发生的用电量最少时的 1 个小时的平均电量。为了合理使用电能应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，用电越趋近于合理。

3) 平均负荷。平均负荷是指电网中或某用户在某一段确定的时间阶段内平均小时用电量。

(3) 按用电性质及重要性分类。根据用户的重要程度和对供电可靠性的要求的不同，用电负荷可以分为三个级别，且各级别的负荷应分别采用不同的方式供电。

1) 一级负荷。在供电突然中断时将造成人身伤亡的危险，或会引起周围环境严重污染，或给国民经济带来极大损失，或将会造成社会秩序严重混乱，或产生政治上的严重影响等的用电负荷。一级负荷应要求有两个或两个以上的独立电源供电，当一个电源发生故