

供电企业生产技能人员实训教材

电能计量

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

电 能 计 量

国网河北省电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《电能计量》,主要包括电能计量知识、电能计量试验设备、电能表检定及检验、互感器检定及二次回路测试、检定装置的检定以及电能计量装置的竣工验收及接线检查等。

本书可供供电企业电能计量专业技能、管理人员使用,也可作为提高电能计量岗位人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电能计量 / 国网河北省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-4914-8

I. ①电… II. ①国… III. ①电能计量-技术培训-教材 IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 219843 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 15.5印张 293千字

定价 41.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

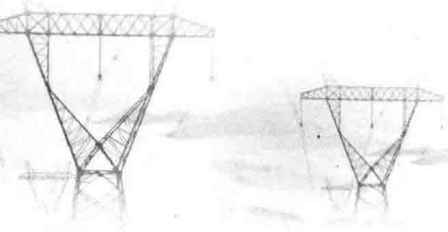
版 权 专 有 翻 印 必 究

供电企业生产技能人员实训教材 电能计量

编 委 会

主 任 刘克俭
副 主 任 董双武 苑立国
成 员 赵 宁 侯书其 齐向党 王向东
张继刚

编审组组长 赵 宁 齐向党
副 组 长 侯书其 王向东 张继刚
主 编 申洪涛
主 审 张颖琦
成 员 王印章 高 舒 彭彦柳 赵喜云
岳国义 王 民 王 宁 陈铁雷
吕云飞 杜晓霞 赵金亭 石玉荣
张保瑞



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位和作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、产业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

岗位能力不断提高的要求。

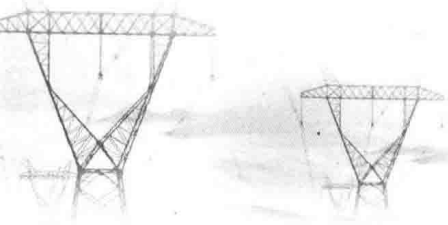
本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业职种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各职种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国

2015 年 2 月



前言

为满足供电企业一线员工现场培训需求,加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设,推动生产作业标准化,国网河北省电力公司选择 18 个专业(工种),编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(简称《实训教材》)。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写,省公司组织专业审核把关,并由经验丰富的技术专家担任主审,经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求,以技能训练为核心,以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据,突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上,以专业技能为重点,突出标准化作业,规范作业行为。在编写模式上,各专业(工种)实训指导教材不分层级,要求参训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目,以操作流程为主线,相关知识和技能有限度展开,由浅入深。在使用功能上,直接用于实训室操作训练指导,并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

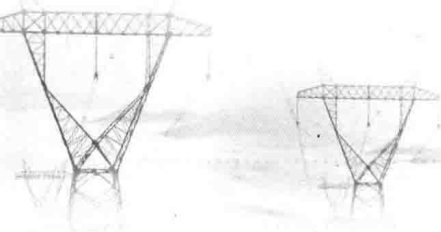
本书为《电能计量》,重点介绍电能计量相关的基础理论、电能计量设备基本结构与原理、检定及试验的基本操作技能及要点。同时本书对当前应用的新技术予以介绍,引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题,针对实训给出项目评分细则,便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合,理论与实际操作并重。

本书由申洪涛任主编,由张颖琦主审。由赵喜云编写第一、二章,由王印章、岳国义、申洪涛编写第三章、第五章,由彭彦柳编写第四章,由高舒编写第六章。

本书对供电企业电能计量人员岗位技能培训有较强的指导作用,也可给现场技术人员流程研究和优化提供参考,由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2015 年 2 月



目 录

序 前言

第一篇 电能计量实训概要

第一章 电能计量知识	3
第一节 电能计量基础知识	3
第二节 电能计量装置概述	10
第三节 电能计量装置的检定和检验	35
第四节 电能计量装置的安装及运行维护	44
第二章 电能计量试验设备	54
第一节 电能计量试验室	54
第二节 电能表试验设备	55
第三节 互感器试验设备	70
第四节 电能计量故障接线仿真系统及常用仪表	82

第二篇 实 训 项 目

第三章 电能表检定及检验	95
项目一 机电式电能表的检定与调整	95
项目二 电子式交流电能表的检定	110
项目三 智能电能表的检定	123
项目四 电能表现场检验	137

第四章 互感器检定及二次回路测试 149

- 项目一 电流互感器试验室检定 149
- 项目二 电压互感器试验室检定 157
- 项目三 电流互感器现场检定 165
- 项目四 电压互感器现场检定 175
- 项目五 电压互感器二次压降及二次回路负荷测试 183

第五章 检定装置的检定 191

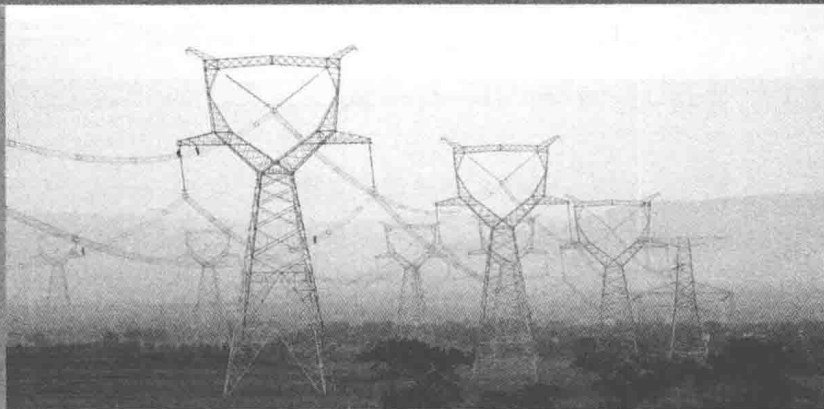
- 项目一 交流电能表检定装置的检定 191
- 项目二 互感器检验装置的试验 205

第六章 电能计量装置的竣工验收及接线检查 213

- 项目一 电能计量装置竣工验收 213
- 项目二 经电流互感器接入式低压三相四线电能计量装置接线
检查及电量追退 218
- 项目三 高压三相三线电能计量装置接线检查及电量追退 226

供电企业生产技能人员实训教材

电能计量



第一篇

电能计量实训概要

本篇是本书的基础部分，主要介绍与电能计量技能培训相关的知识，包括电能计量的基础知识、电能计量装置概述、电能计量装置的检定和检验、电能计量装置的安装及运行维护、电能计量试验设备等知识。

第一章

电能计量知识

第一节 电能计量基础知识

一、电能计量相关法规与技术规程

为了保证电能计量法制管理的严肃性和电能量值的准确、可靠和统一,电力企业必须高度重视电能计量管理工作,认真贯彻执行国家计量法规和电能计量的技术标准和规程。

(一) 计量法律和法规

1986年7月1日起实施的《中华人民共和国计量法》,把计量管理工作纳入了法制轨道,以法律的形式确定了计量管理的模式、基本准则以及监督管理的依据。随后又陆续颁布实行了《中华人民共和国计量法实施细则》、《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》、《强制检定工作计量器具检定管理办法》等计量法规,使我国境内所有的计量活动或行为都能在法律的规范下有序进行。

1. 法定计量单位

国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位,为国家法定计量单位。我国法定计量单位由六部分组成:

- (1) 国际单位制的基本单位;
- (2) 国际单位制的辅助单位;
- (3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位;
- (4) 国家选定的非国际单位制单位;
- (5) 由以上单位构成的组合形式的单位;
- (6) 由词头和以上单位构成的十进制倍数和分数单位。

有功电能单位:中文名称应为千瓦特小时,中文符号为千瓦·时,国际符号为 $\text{kW} \cdot \text{h}$,是由专门名称的导出单位“瓦(W)”与国家选定的非国际单位制时间单位“小时(h)”和词头“千(k)”构成的组合单位,不应再使用度或千瓦时、 kWh 、 KWh 、 KWH 等错误名称和符号。

2. 计量标准器具

(1) 使用计量标准器具必须具备的条件:

- 1) 经法定的计量检定机构检定合格,在其允许的检定量值及时间范围内使用;
- 2) 具有检定规程所要求的环境条件;
- 3) 检定人员具有从业资格证书;
- 4) 检定机构具有完善的管理制度。

(2) 计量标准的考核。企业、事业单位建立本单位各项最高计量标准,须向与其主管部门同级的人民政府计量行政部门申请考核,并取得考核合格证的企业、事业单位方可使用,并向其主管部门备案。

3. 计量监督与强制检定

(1) 计量监督。计量工作领域中的执法监督工作,是按计量法律、法规的要求所进行的计量管理。

国务院计量行政部门(国家质量监督检验检疫总局)对全国计量工作实施统一监督管理。县级以上地方人民政府计量行政部门(各级质量技术监督局)对本行政区域内的计量工作实施监督管理。

(2) 强制检定。强制检定是指由县级以上人民政府计量行政部门指定的法定计量检定机构或授权的计量检定机构,对强制检定的计量器具实行的定点定期检定。

(3) 强制检定的范围。县级以上人民政府计量行政部门对社会公用计量标准器具,部门和企业、事业单位使用的最高计量标准器具,以及用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面的列入强制检定目录的工作计量器具,实行强制检定。未按照规定申请检定或者检定不合格的,不得使用。

被列入强制检定目录的工作电能计量器具包括贸易结算用电能表和互感器。1986年,经国务院批准,国家计量局、水利电力部颁发了《水利电力部门电测、热工计量仪表和装置检定、管理的规定》,授权对业务属水利电力部门的电测、热工计量仪表和装置进行强制检定和其他检定、测试任务,它是电力部门强制检定的法律依据。

4. 计量检定

计量检定必须按照国家计量检定系统表进行,计量检定必须执行计量检定规程。计量检定规程分为国家计量检定规程、部门计量检定规程和地方计量检定规程。

电能计量方面的国家计量检定规程主要有:

JJG 169—2010《互感器校验仪检定规程》

JJG 307—2006《机电式交流电能表检定规程》

JJG 313—2010《测量用电流互感器》

JJG 314—2010《测量用电压互感器》

JJG 569—1988《最大需量电能表（电度表）试行检定规程》

JJG 596—2012《电子式交流电能表检定规程》

JJG 597—2005《交流电能表检定装置检定规程》

JJG 691—1990《分时记度（多费率）电能表检定规程》

JJG 1021—2007《电力互感器检定规程》

（二）电力法律和法规

1996年4月1日起实施的《中华人民共和国电力法》，是保证和促进电力事业发展、调节我国电力建设、生产和供应和使用活动行为规范的基本法律。随后国家又陆续颁布实行了《电力供应与使用条例》、《用电检查管理办法》、《供电营业规则》等法规，相关内容如下：

1. 中华人民共和国电力法

用户应当安装用电计量装置，使用的电力电量，以计量检定机构依法认可的用电计量装置记录的电量为准。

2. 电力供应与使用条例

用户应当安装用电计量装置。用电计量装置，应当安装在供电设施与受电设施的产权分界处。安装在用户处的用电计量装置，由用户负责保护。

3. 供电营业规则

供电营业规则对电能计量装置的装配、安装位置、维护管理权限、周期检验及轮换、差错电量的计算等都有具体规定。

（三）电力部门相关技术规定

电力部门制定了《电能计量技术管理规程》、《电能计量装置安装接线规则》、《电力用电流互感器订货技术条件》等技术法规，为保证电能计量法制管理的严肃性和电能量值的准确、可靠和统一，建立适应社会发展需要的、科学的电能计量装置技术管理体系提供了技术支撑和管理手段。

主要技术法规如下：

DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》

DL/T 460—2005《交流电能表检验装置检定规程》

DL/T 566—1995《电压失压计时器技术条件》

DL/T 585—1995《电子式标准电能表技术条件》

DL/T 614—2007《多功能电能表》

DL/T 645—2007《多功能电能表通信协议》

DL/T 668—1999《测量用互感器检验装置》

DL/T 725—2000《电力用电流互感器订货技术条件》

DL/T 726—2000《电力用电压互感器订货技术条件》

DL/T 825—2002《电能计量装置安装接线规则》

二、误差与数据处理

(一) 测量方法

按获得测量数据的方式测量分为直接测量、间接测量和组合测量。

1. 直接测量

将被测量与作为标准的量直接比较,或用事先刻度好的测量仪表进行测量,从而直接获得被测量的数值,这种测量方式称为直接测量,例如用电能表测电能。

2. 间接测量

测量中,通过对与被测量有一定函数关系的几个量进行直接测量,然后再计算出被测量的数值,这种方式称为间接测量,例如伏安法测电阻。

3. 组合测量

被测量有多个,并且能以某些可测量的不同组合形式表示时,可先通过直接或间接地测量这些组合的数值,再通过解方程组求得未知的被测量数值,这种测量方式称为组合测量。

(二) 测量误差的表达方式

1. 绝对误差与修正值

(1) 绝对误差。测量值与真值之差,称为绝对误差,用 ΔX 表示

$$\Delta X = X - X_0$$

式中 X_0 ——被测量的真值;

X ——测量值,对于测量仪器, X 为仪器示值。

例 1-1: 用户实际电量为 $100\text{kW} \cdot \text{h}$, 电能表计量电能为 $98\text{kW} \cdot \text{h}$, 问绝对误差为多少?

解: 绝对误差 $\Delta X = X - X_0 = 98\text{kW} \cdot \text{h} - 100\text{kW} \cdot \text{h} = -2\text{kW} \cdot \text{h}$

(2) 修正值。与绝对误差大小相等,符号相反的量值称为修正值,用 C 表示。

仪器仪表检定时,常由上一级标准给出受检仪器的修正值,即

$$C = A - X = -\Delta X$$

式中 A ——高一级标准仪器测得的实际值。

例 1-2: 用 0.2 级电流互感器检定 0.5 级电流互感器,标准器比被检电流互感器高一个级别时,测量值需按下式进行修正

$$f_x = f_P + f_N$$

$$\delta_x = \delta_P + \delta_N$$

式中 f_x 、 δ_x ——被检电流互感器的比值差和相位差;

f_P 、 δ_P ——被检电流互感器电流上升时测得的比值差和相位差;

f_N 、 δ_N ——修正值,标准电流互感器检定证书中给出的比值差和相位差。

2. 相对误差

相对误差的概念：测量的绝对误差与被测量的真值之比称为相对误差，即

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} \times 100\%$$

式中 ΔX ——绝对误差；

X_0 ——真值。对于测量仪器， X_0 为仪器示值。

电能表的基本误差是以相对误差表示的。电能表的等级为2级，表示电能表基本误差不能超过2%。

3. 引用误差

设 X 为仪表示值， X_0 为实际值， X_m 为仪表测量上限，则引用误差为

$$\gamma_y = \frac{X - X_0}{X_m} \times 100\% = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\%$$

指示仪表的基本误差用引用误差表示。因为仪表的可测范围不是一个点而是一个量程，在此量程内，相对误差不是一个常数，而且变化很大，用相对误差表示仪表准确度是不合适的。

当标注仪表的准确度时，仪表的绝对误差是取整个量程的最大值，这样的误差称为最大引用误差，即

$$\gamma_{\max y} = \frac{\Delta X_m}{X_m} \times 100\%$$

电工仪表的等级为 K ，表示最大引用误差不能超过 $K\%$ 。电工仪表准确度等级是以引用相对误差定义的，而仪表各刻度点的相对误差是不同的，刻度点越偏离测量上限，则相对误差越大，若测量时用在仪表测量上限的 $2/3$ 以下，则相对误差较大，电工仪表准确度不能得到充分利用。

（三）测量误差的性质和产生的原因

测量误差可按不同的方法进行分类。按测试条件可分为基本误差和附加误差。基本误差是在规定的条件下进行测量时所产生的误差。仪表检定就是在规定的条件下进行的测量。附加误差是偏离了规定条件产生的误差，如温度附加误差、频率附加误差等。

按误差的来源、性质和特点又可分为系统误差、随机误差和粗大误差。

1. 系统误差

系统误差就是在多次测量时，测量结果具有恒定偏向（如测得值总偏大或偏小）或按一定规律变化的误差。

（1）系统误差主要来源于：

1) 方法误差。测量时所依据的理论不严格或测量方法不当，使用了某些近似

公式。如伏安法测电阻时没有考虑电表内阻的影响。

2) 工具误差。测量仪器安装、放置和使用不当,例如电表没调零点。

3) 环境误差。测量时受温度、湿度、电源波动、电磁场干扰等影响。

4) 人为误差。操作人员偏视、有不正确的测量习惯,测时间按秒表时总是超前或滞后。

(2) 消除或减小系统误差,可采取下面方法:

1) 选择准确度等级和量限合适的计量器具减小系统误差。

2) 通过改进测量方法来消除或减小系统误差,如替代法、差值法等。

3) 通过引入修正值减小系统误差。对固定的或变化很小的系统误差,可以引入修正值对系统误差进行修正,从而减小系统误差。

2. 随机误差

随机误差就是在实际测量条件下,多次测量同一量时,误差的绝对值和符号以不可预定的方式变化。

(1) 随机误差的来源。周围环境对测量结果的影响,如温度的变化、空气扰动、大地微震等都会引起随机误差。

(2) 随机误差的特点。对个体而言,随机误差是没有规律的、随机的、不可预测的,但对大量偶然误差数据组成的整体而言,随机误差是服从统计规律的(正态分布),并具有以下特点:

1) 绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的次数多;

2) 绝对值相等的正误差与负误差出现的次数相同;

3) 在一定测量条件下,测量次数一定时,偶然误差的绝对值不会超过一定的限度;

4) 同一量的等精密度测量,其偶然误差的算术平均值随着测量次数的增加而无限地趋向于零。

在等精密度的多次测量中,如果有足够的测定值,根据随机误差的正态分布理论,用算术平均值代表最佳值,用样本的标准差(均方根误差)代替总体样本的标准差(测定次数无限多时的标准差称为总体样本的标准差)。

测量数据的算术平均值为 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$

样本的标准差(均方根误差)为 $\hat{\sigma} = \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1) \right]^{1/2}$

总体样本的标准差为 $\sigma = \left[\sum_{i=1}^n (X_i - A_0)^2 / n \right]^{1/2}$

极限误差:在规定条件下使用时示值误差的最大值。