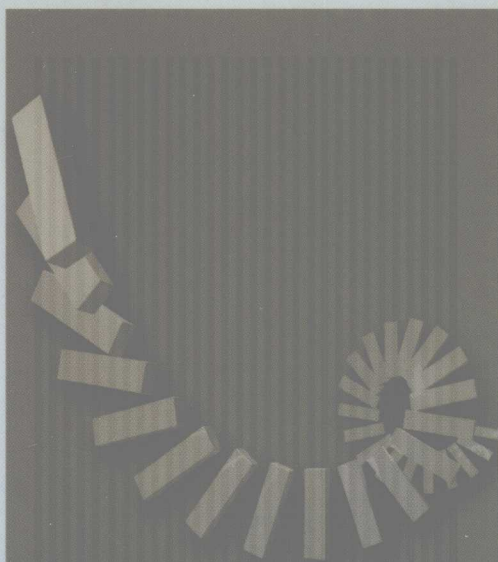


供用电工人职业技能培训教材

电测仪表

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
主编 黄奇峰 副主编 范巧成 范 洁



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

供用电工人职业技能培训教材

电 测 仪 表

中国电机工程学会城市供电专业委员会管理体制和技能培训专家工作组 组编

黄奇峰 主编 范巧成 范 洁 副主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据最新的国家计量技术规范和现行有效的检定规程编写而成的,它不仅展现了计量科研的最新成果,而且突出了电力行业电测仪表计量工作的特色,系统地介绍了电测仪表专业人员所应掌握的基础知识,全书共分九章,主要内容包括:计量法规概述、量和法定计量单位、测量及测量误差、测量不确定度、电测量指示仪表、直流仪器、数字仪表、电测量变送器、交流采样等。

本书除可作为电测仪表专业计量人员的职业技能鉴定考试培训教材或自学教材,也可供大专院校电磁学专业学生和工程技术人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

电测仪表/黄奇峰主编,范巧成,范洁副主编;中国电机工程学会城市供电专业委员会组编. —北京:中国电力出版社, 2005

供用电工人职业技能培训教材

ISBN 7-5083-3172-9

I. 电... II. ①黄... ②范... ③范... ④中... III. ①电工仪表-技术培训-教材 ②电气测量-技术培训-教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 017362 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 17.125 印张 454 千字

印数 0001—3000 册 定价 32.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《供用电工人职业技能培训教材》

编 委 会

主任委员：宗 健 曾德君 廖泽龙

副主任委员：朱良镭 秦继承 陈金玉 孙秉正

肖 兰

委 员：(按姓氏笔画排序)

王 炜 付迎拴 刘忠蒲 李天友

李兆华 李海星 徐景国 曹文华

黄奇峰 鲁 鹏

前 言

为配合供用电工人职业技能鉴定培训的需要,中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组和中国电力出版社组织编写了《供用电工人职业技能培训教材》。本套培训教材共14本,包括线路运行与检修专业5个工种,变电运行与检修专业10个工种,营业用电专业5个工种。《带电检修》一书包括“变电路带电检修”。电能表修理工和电能表校验工合为《电能表修校》。总体涵盖了供用电职业的主要知识内容。

1. 本套教材的编写指导思想。1999年,劳动和社会保障部正式颁发施行电力行业《国家职业技能鉴定规范》(以下简称《规范》)。《规范》对职业培训从内容和要求上都有较大的改革。本套教材的编写指导思想就是按照《规范》和配套复习题与题解(14本)中对供用电职业技能鉴定培训的要求,以《规范》体现出的新的培训内容和新的模式体系为指导,以实际生产中成熟的规程、制度为依据,按《职业技能鉴定指导书》(以下简称《指导书》)中“职业技能培训”的要求编写。

2. 本套教材的编写要求。教材紧扣《指导书》中“职业技能培训大纲”来编写。体现模块技能培训法(MES)的基本模式,采用职业功能分析和职业工作分析相结合的理论方法,密切结合生产实际,突出实际操作技能,以本职业技能为主线,以实际操作步骤为序,理论知识为提高技能服务,确定模块—学习单元的教学文件体系。教材力求体现实用性、先进性,吸收新知识,介绍新技术、新工艺、新设备,符合现代电力工业的生产要求。

以技能培训大纲中的“职业技能模块”(MU)设章及章序。也可根据生产实际及培训的可操作性的需要,对模块进行调整设章并调整章序。要将相关专业理论知识和工作标准融入技能要求

的模块中。以培训大纲中的“学习单元”(LE)设节及节序。每节前要讲清本节的“学习目标”，应包括操作步骤、注意事项(含工作态度、安全环境等)、工作实例、相关知识等。

以培训大纲的“学习内容”分列的点作为培训的重点内容叙述，完整系统地涵盖了《指导书》中对各等级工的培训相应要求不再明确分割各等级的培训内容。各章后对本章的重点内容适应等级予以提示。

3. 各本教材的编写人员。为了保证本套教材的编写质量，根据中国电机工程学会城市供电专委会管理体制和技能培训专家组的推荐，由各编写单位挑选了有丰富实践经验的一线生活人员直接参加编写，编写单位给予了大力度的支持，编写提纲和初稿均由编写单位组织审定，又经全国性的专家审稿会审议，最后每本书均配合有丰富实践经验的专家作为主审，并组成了每本书的编写人员，从而保证了本书稿的技术质量和本套教材的权威性。

4. 本教材是《电测仪表》分册。主要内容包括计量法规概述、量和法定计量单位、测量及测量误差、测量不确定度、电测量指示仪表、直流仪器、数字仪表、电测量变送器、交流采样等。

5. 本套教材的读者对象。除作为供用电专业有关工种的培训使用外，还可供其他相关人员学习参考。

本书在编写过程中得到中国电机工程学会城市供电专委会与各级组织的领导、各编者所在单位、各主审所在单位的大力支持 and 热诚帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误或不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005年1月

编者的话

为了提高电力生产运行、检修人员和技术管理人员的技术素质和管理水平,适应工人岗位培训的需要,编写了这套《供用电工人职业技能培训教材》。

本书是丛书中《电测仪表》分册,是根据最新的国家计量技术规范 and 现行有效的检定规程编写而成的,它不仅展现了计量科研的最新成果,而且突出了电力行业电测仪表计量工作的特色,系统地介绍了电测仪表专业人员所应掌握的基础知识,全书共分九章,主要内容包括:计量法规概述、量和法定计量单位、测量及测量误差、测量不确定度、电测量指示仪表、直流仪器、数字仪表、电量变送器、交流采样等。其中,第一章至第四章讲述的是计量基础知识,计量基础知识的内容近几年发生了较大的变化,特别是由 JJF1001—1998《通用计量术语及定义》代替了 JJF1001—1991《通用计量名词及定义》,由 JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》和 JJF1094—2002《测量仪器特性评定》代替了 JJF1027—1991《测量误差及数据处理》。这些内容是计量基础知识的基础,以前的一些教材中的相关内容已与当前不符,为适应这种变化,满足计量人员培训的需要,我们在总结多年从事计量人员培训考核经验的基础上,更新补充了相关内容。第五章至第九章讲述的是专业理论知识,基本上包括了方法原理、测量装置、测量步骤、数据处理等方面内容,注重更新技术内容和采用新的国家计量检定规程和国家标准,收录最新计量科研成果和测试方法。这体现在最传统的直流仪器如何用数表快速准确测量,还有交流采样等新项目,其相关内容参考了最新权威学术期刊杂志。通过此培训教材的学习,可以使电测仪表技术人员具备开展业务所必备的专业基础知识和基本操作技能。

由于时间仓促，加之学识有限，书中可能存在疏漏和不妥之处，敬请批评指正。

编者

2005年8月

目 录

前言

编者的话

第一章 计量法规概述

1

第一节	计量法律制度概述	1
第二节	计量检定	6
第三节	计量监督	14
第四节	计量法律责任	23
第五节	计量法及其有关法规	27

第二章 量和法定计量单位

31

第一节	国际单位制	31
第二节	法定计量单位	37
第三节	法定计量单位的定义	41
第四节	中华人民共和国法定计量单位使用方法	44
第五节	数和量的表示方法	53
第六节	法定计量单位使用中常见的问题	59

第三章 测量及测量误差

61

第一节	测量的基本概念	61
第二节	测量误差的基本概念	63
第三节	随机误差	69
第四节	系统误差	71
第五节	测量结果中的异常值	79
第六节	测量误差的合成及微小误差取舍准则	82

第四章 测量不确定度

87

第一节	测量不确定度的评定与表达的由来	87
第二节	基本术语及其概念	91
第三节	产生测量不确定度的原因和测量模型化	102
第四节	标准不确定度的 A 类评定	109
第五节	标准不确定度的 B 类评定	113
第六节	合成标准不确定度的评定	119
第七节	扩展不确定度的评定	127
第八节	测量不确定度的报告与表示	128
第九节	测量误差与测量不确定度的区别	133
第十节	不确定度在数据判别中的应用	136

第五章 电测量指示仪表

139

第一节	电测量指示仪表的基本知识	139
第二节	电流表、电压表	147
第三节	功率表、功率因数表、相位表	182
第四节	安装式频率表、整步表	213
第五节	万用表、钳形表	236
第六节	绝缘电阻表、接地电阻表	255
第七节	实验用频率表	274
第八节	稳定电源与标准电源	282

第六章 直流仪器

299

第一节	标准电池	299
第二节	标准电阻	306
第三节	直流电阻箱	311
第四节	直流电桥	320
第五节	直流电位差计	331
第六节	直流分压箱	332

第七章 数字仪表

335

第一节	直流数字仪表	336
第二节	交流数字仪表	392
第三节	数字多功能表	409
第八章	电测量变送器	454
第一节	电测量变送器的工作原理	456
第二节	电测量变送器的检验	475
第三节	电测量变送器的误差调整	496
第九章	交流采样	500
第一节	微机交流采样算法原理和误差分析	501
第二节	交流采样装置检验	514
第三节	对检验装置的基本要求	533
第四节	现场检验	536

第一章

计量法规概述

第一节 计量法律制度概述

统一性和准确性是计量工作的基本特征。要想在全国范围内实现计量单位制的统一和量值的准确可靠,必须建立相应的法律制度,使之具有权威性和强制力。此外,计量事业的不断发展及计量科技水平的日益提高,也必然要求计量法律制度的更加完善和计量法制管理的进一步加强,使计量工作能够沿着法制管理的轨道有秩序、高效率地运行,以适应社会主义现代化建设的需要。

一、计量与计量立法

计量是指为保证单位统一、量值准确可靠的测量,或者说是以实现单位统一、量值准确可靠为目的的测量。它涉及整个测量领域,并在法律的规定下,对测量起着指导、监督、保证和仲裁的作用。

计量的概念是随着社会生产的发展逐步形成的。当生产和商品交换变成社会性活动时,客观上就需要测量的统一,即要求在一定准确度内对同一物体在不同地点,用不同的测量手段,达到其测量结果的一致。为此,就要求以法定的形式建立统一的单位制。建立计量基准、标准,并以这种计量基准、标准检定其他计量器具,保证量值的准确可靠。从而形成区别于测量的新概念——计量。

计量的本质特征是测量,但它又不同于普通的测量,而是在特定的条件下,具有特定含义、特定目的和特殊形式的测量。从狭义上讲,计量属于测量的范畴。它是一种为使被测量的单位量值在允许范围内溯源到基本单位的测量。从广义上讲,计量是指

为实现单位统一、量值准确可靠的全部活动，如确定计量单位制，研究建立计量基准、标准，进行计量监督管理等，这又超越了测量的概念，而且在技术和法制管理的要求上，计量要高于一般的测量，以实现对全国测量业务的国家监督。

计量涉及到工农业生产、国防建设、科学试验、国内外贸易以及人民的生活、健康、安全等各个方面，是国民经济的一项重要技术基础。随着社会经济的迅速发展，计量在以往度量衡的基础上逐步发展为长度、温度、力学、电磁学、光学、声学、化学、无线电、时间频率、电离辐射等各种专业，形成了一门独立的学科——计量学。可以说凡是为实现单位制统一、保障量值准确可靠的一切活动均属于计量的范围，主要包括：①贯彻执行国家计量法律、法规、规章和方针政策；②推行法定计量单位；③规划、协调和指导全国计量事业的发展；④研究建立计量基准、标准；⑤组织开展量值传递；⑥对制造、修理、进口、销售、使用计量器具实施管理；⑦对违法行为追究法律责任；⑧研究计量理论和计量测试技术；⑨开展国际间的计量技术合作与交流等。

计量是一项非常复杂的社会活动，是技术与管理的结合体。计量的技术行为通过准确的测量来体现；计量的监督行为通过实施法制管理来体现。其基本特征是：

(1) 统一性。这是计量最本质的特征。计量失去了统一性，也就失去了存在的意义。现在计量的统一性，不仅限于一国，而且遍及国际。国际米制公约组织和国际法制计量组织的使命，就是使计量工作在更广的范围内实现统一。

(2) 准确性。“准”是计量的核心，也是计量权威性的象征。一切科学技术研究的目的，最终是要达到预期的准确度。而一切数据只有建立在准确测量的基础上才具有使用的价值，计量保证的作用就体现于此。

(3) 社会性。计量涉及到社会经济生活的各个方面、国民经济的各个部门、社会生活的各个领域，国际交往直至千家万户的衣食住行等，无不与计量有着密切的关系。

(4) 法制性。对一个确定的计量范围实行法制管理,是计量的另一特征,计量的社会性也决定计量的法制性。计量如失去法制性,不通过立法来予以保障,计量的统一性和准确性就成了一句空话。

二、《计量法》及其基本特征

《计量法》是调整计量法律关系的法律规范的总称。它以法定的形式统一国家计量单位制,利用现代科学技术所能达到的最高准确度建立计量基准、标准,保证全国量值的统一和准确可靠,实现对测量业务的国家监督。

《计量法》作为国家管理计量工作的根本法,是实施计量法制监督的最高准则。其基本内容是:计量立法宗旨、调整范围、计量单位制、计量器具管理、计量监督、计量授权、计量认证、计量纠纷的处理和计量法律责任等。

当今国际上多数国家,计量立法的原则差异较大。我国《计量法》遵循的是“统一立法,区别管理”的原则,这是根据我国的国情提出来的。所谓“统一立法”,就是指无论是经济建设、国防建设的计量工作,还是与人民生活、健康、安全等有关的计量工作,都要受法律的约束,由政府计量部门实施统一的监督。所谓“区别管理”,就是在管理方法上要区别不同情况,有的由政府计量部门(包括授权单位)实施强制管理,有的则主要由企事业单位及其主管部门依法进行管理,政府计量部门侧重于监督检查。

经国务院批准确定的“统一立法,区别管理”的计量立法原则,是经过长期调查研究和充分论证之后确定下来的。它总结了我国计量工作的实践经验,又吸取了国际上一些成功的作法,完全符合我国当前的实际情况和经济体制改革的方向。在《计量法》的整个制定过程中,这一原则起了重要的指导作用。

计量立法的宗旨,首先考虑的是加强计量监督管理,健全国家计量法制。而加强计量监督管理最核心的内容是保障计量单位制的统一和全国量值的准确可靠,这是计量立法的基本点。由于

单位制统一和量值的准确可靠是经济发展和生产、科研、生活能够正常进行的必要条件,《计量法》中的各项规定都是紧紧地围绕着这两个基本点进行的。但加强计量监督管理,保障计量单位制的统一和量值的准确可靠,还不是计量立法的最终目的。最终目的应该说是要达到应有的社会经济效果,即为了促进科学技术和国民经济的发展,为社会主义现代化建设提供计量保证;为了取信于民,保护广大消费者免受不准确或不诚实测量所造成的危害;为了保护人民群众的健康和生命、财产的安全,保护国家的权益不受侵犯。

《计量法》调整范围包括适用地域和调整对象,即中华人民共和国境内所有国家机关、社会团体、中国人民解放军、企事业单位和个人,凡是建立计量基准、计量标准,进行计量检定,制造、修理、销售、进口、使用计量器具,以及《计量法》规定的使用计量单位,开展计量认证,实施仲裁检定和调解计量纠纷,进行计量监督管理,都必须按照《计量法》的规定执行,不允许随意变通,各行其是。

根据我国的实际情况,《计量法》侧重调整的是单位量值的统一以及影响社会经济秩序,危害国家和人民利益的计量问题。不是计量工作都要立法,也就是说,主要应限定在对社会可能产生影响的范围内,其他的,如教学示范中使用的计量器具或家庭自用的计量器具,就不必立法调整。如果不适当地将调整范围规定得过宽,一是没有必要,二是难以实施,结果由于条件不成熟而执行不了,反而失去了法律的严肃性。

我国《计量法》有自己鲜明的特点,可以说是一部具有中国特色的计量法。同国际上的一些国家的《计量法》相比较,其特点大体有以下三方面:

(1) 实行“统一立法,区别管理”的原则。即无论是经济建设、国防建设的计量工作,还是与人民生活、健康、安全有关的计量工作,都要纳入法制管理的轨道。但在管理方法上区别对待,有的由政府计量行政部门实行强制管理,有的则由企事业单位

位及其主管部门依法进行管理,政府计量行政部门侧重于监督检查。这一特点在《计量法》第9条中得到具体体现。

(2) 加强工业计量的法律调整。随着企业自主权的扩大和生产技术的日益先进,计量工作已越来越成为企业生产和发展的前提条件。计量立法对企业计量工作提出了更高更严的要求,具体有:①采用国际单位制,推行法定计量单位;②配备与生产、科研、经营管理相适应的计量检测设施;③制定具体的检定管理办法和规章制度;④对制造计量器具的企业要搞好新产品定型(包括定型鉴定和样机试验),并实行许可证制度;⑤对为社会提供公证数据的产品质量检验机构要进行计量认证。

(3) 适应改革需要的放权、授权。为了减少、避免、防止不必要的行政干预,在计量管理方面实行一些重要的改革:第一,下放建标审批权,即建立计量标准由行政审批制改为技术考核制。第二,下放计量器具出厂检定权,即由国家检定改为由制造计量器具的企业,进行出厂检定,保证产品质量。第三,县级人民政府计量行政部门根据需要,在统筹规划、经济合理、就地就近、利于管理、方便生产的前提下,可以授权其他单位的计量机构或技术机构,执行强制检定和其他检定、测试任务。

三、计量法规体系

自1985年9月6日全国人大常委会通过《计量法》以来,经过近二十年的努力,现在我国基本建成了计量法规体系,形成以《计量法》为根本法及与其配套的若干计量行政法规、规章(包括规范性文件)的计量法群。在整个计量领域实现了有法可依的愿望。计量法规体系可以分为以下层次:

(1) 计量法律,即1985年9月6日全国人大常委会审议通过的《中华人民共和国计量法》。

(2) 计量行政法规、法规性文件,包括:《中华人民共和国计量法实施细则》、《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》、《全面推行法定计量单位的意见》、《中华人民共和国强制检定的工作计量器具检定管理办法》、《中华人民共和国进口计量器具监

督管理办法》、《国防计量监督管理条例》、《水利电力部门电测、热工计量仪表和装置检定管理的规定》、《关于改革全国土地面积计量单位的通知》等。

(3) 计量规章、规范性文件, 包括:《中华人民共和国计量法条文解释》、《中华人民共和国强制检定的工作计量器具明细目录》、《中华人民共和国依法管理的计量器具目录》、《计量基准管理办法》、《计量标准考核办法》、《标准物质管理办法》、《计量检定人员管理办法》、《零售商品称重计量监督规定》、《社会公正计量行(站)监督管理办法》、《定量包装商品计量监督规定》、《关于在公众贸易中限制使用杆秤的通知》、《关于加强啤酒量杯监督管理的通知》等。

(4) 计量技术法规, 包括:《国家计量检定规程》、《国家计量检定系统表》、《计量技术规范》等。

(5) 计量地方法规也是计量法规体系的重要组成部分。

国家计量检定规程的代号为 JJG, 是检定计量器具时必须遵守的法定技术文件。计量技术规范的代号为 JJF, 是一种指导性、规范性文件, 例如校准规范、通用计量术语及定义、测量不确定度评定与表示等。

第二节 计 量 检 定

一、计量检定概述

(一) 计量检定的概念及分类

计量检定是查明和确认计量器具是否符合法定要求的程序, 包括检查、加标记和(或)出具检定证书。它是指计量人员利用计量标准、计量基准对新制造的、使用中的和修理后的计量器具进行一系列的实验技术操作, 以判断其准确度、稳定度、灵敏度是否符合规定, 是否可供使用。因此, 计量检定在计量工作中具有非常重要的作用。它是进行量值传递(或量值溯源)的重要形式, 是保证量值准确一致的重要措施。