

城镇(农村) 工矿企业电工培训教材

(初级工)

电气仪表

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

城镇（农村）工矿企业电工培训教材

电 气 仪 表

（初级工）

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是原电力工业部颁《电力工人技术等级标准》城镇（农村）工矿企业部分的配套教材《电气仪表》（初级工）。

全书共分十三章，主要讲述了电测仪表基本知识，磁电系、电磁系、电功系、感应系电测仪表以及万用表的基本结构、测量原理、正确使用方法和简单故障处理，并介绍了安装式仪表的现场校验以及二次回路仪表的配置与安装。为了便于培训和考核，每章之后均附有复习题。

本书适用于城镇（农村）工矿企业从事电气仪表工作的电力工人阅读。

图书在版编目（CIP）数据

电气仪表：初、中、高级工/山西省电力局编．—北京：中国电力出版社，2000

城镇（农村）工矿企业电工培训教材

ISBN 7-5083-0242-7

I. 电… II. 山… III. 电工仪表-技术培训-教材
N. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 02480 号

电 气 仪 表（初级工）

中国电力出版社出版、发行

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

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000 年 7 月第一版 2000 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 6 印张 126 千字

印数 0001—3000 册 全三册定价 41.00 元（本册 10.00 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）

城镇(农村)工矿企业电工培训教材

编 审 委 员 会

名 誉 主 任: 卞学海 李振生
主 任: 刘润来
常 务 副 主 任: 郭连邦
副 主 任: 程忠智 宗 健 徐 奇 贺至刚
张克让 王靖中 杨定鑫 程纪奎
顾希衍 王文杰 郑承平 刘玉柱
委 员: 周 新 郭林虎 李 禄 阎刘生
乔文普 李 波 吴秀初 杨 忠
卫克俭 苑连池 杨德水
办 公 室 主 任: 杨定鑫 (兼)
办 公 室 副 主 任: 乔文普 陈 涛 姜丽敏
郭林虎
办 公 室 工 作 人 员: 曹 璘 王荣辉 罗 琳

《电气仪表》初级工编写人员

主 编: 韩俊萍
副 主 编: 杨守辰
参 编: 苏婉珠 何科泰 李大生

前 言

根据原电力部教育工作会议的精神和中电联教培部《关于电力工业培训教材建设工作的意见》，在部领导的关怀下，山西省电力工业局和中国电力出版社经协商研究后，决定编写出版这套《城镇（农村）工矿企业电工培训教材》。

我国工矿企业和农村，目前约有 300 万电工在从事电力设施的安装、检修、运行维护和试验工作，他们是建设和发展供用电事业，维护供用电设施安全的一支重要生力军。随着我国电力事业的不断发展和电力科学技术的进步，对这支生力军的整体素质也相应地提出了更高的要求。为此，编写一套适用于城镇（农村）工矿企业电工培训学习的教材，是当务之急，也是我们电力管理和电力出版部门义不容辞的责任。

本套丛书的内容覆盖了变配电设备运行、检修、安装，供电线路施工、运行、检修，电机检修，电气试验，电气仪表及内线工程施工和检修等 8 个工种对初、中、高级工的技术要求，每个工种分初、中、高级工 3 个分册出版，共 24 个分册。

在编写本套丛书的过程中，着重根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半

年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的培训教材，深信是紧扣工人技术等级标准的实用性教材。

城镇（农村）工矿企业电工培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法，其内容涉及电压等级从高压 110kV 到 3kV，低压 500V 及以下电工所需的技术基础知识和技能知识。与每一工种对应的初、中、高级工 3 个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。

本书是《电气仪表》初级工培训教材，全书共分十三章。第一章、第二章介绍了测量与计量的概念及电测量指示仪表的概述；第三章至第五章讲述了磁电系、电磁系、电动系仪表的基本结构；第六章介绍了万用表与钳形表的使用方法及简单故障处理；第七章讲述了安装式电流表电压表的现场校验；第八章至第十一章阐述了感应式电能表的结构原理、正确使用及一般维修；第十二章至第十三章讲述了二次回路仪表的配置与安装。

本书第一章至第六章由苏婉珠同志编写，第七章由韩俊萍同志编写，第八章至第十一章由何科泰同志编写，第十二章至第十三章由李大生同志编写。全书由韩俊萍同志任主编，杨守辰同志任副主编。

在编写这套丛书的过程中，得到了原电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也

取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或有需要修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1998年4月

目 录

前言

第一章 电学计量基础	1
第一节 测量与测量方法	1
第二节 国际单位制与我国的法定计量单位	4
复习题	8
第二章 电测量指示仪表概述	10
第一节 电测量指示仪表的分类	10
第二节 电测量指示仪表的组成	12
第三节 电测量指示仪表的误差	15
第四节 电测量指示仪表的技术要求	18
第五节 电测量指示仪表的标志及型号	20
第六节 电测量指示仪表的选择与使用	24
复习题	27
第三章 磁电系仪表	30
第一节 磁电系仪表的测量机构与工作原理	30
第二节 磁电系电流表	34
第三节 磁电系电压表	38
复习题	40
第四章 电磁系仪表	43
第一节 电磁系仪表的测量机构与工作原理	43
第二节 电磁系电流表与电压表	48
复习题	55

第五章 电动系仪表	57
第一节 电动系仪表的测量机构及工作原理	57
第二节 电动系电流表与电压表	60
第三节 电动系功率表	63
第四节 铁磁电动系仪表	71
第五节 三相电路功率的测量	73
复习题	81
第六章 万用表与钳形表	84
第一节 万用表的组成	84
第二节 万用表的测量电路	85
第三节 万用表的正确使用	94
第四节 万用表常见故障及处理	98
第五节 钳形电流表	100
复习题	104
第七章 安装式仪表的现场校验	108
复习题	117
第八章 电能计量仪表概述	119
第一节 电能表的用途及分类	119
第二节 国产电能表的型号及铭牌标志	120
复习题	124
第九章 感应式电能表	127
第一节 感应式电能表的结构	127
第二节 感应式电能表的工作原理	134
复习题	145
第十章 电能表的选择和安装使用	148
第一节 电能表的选择	148

第二节 电能表的安装	149
复习题	154
第十一章 电能表的检修	156
第一节 概述	156
第二节 一般性检修的项目和工艺要求	157
复习题	160
第十二章 二次回路概述	161
第一节 电气设备和电气回路	161
第二节 二次回路接线图	163
复习题	167
第十三章 二次回路仪表的配置与安装	169
第一节 二次回路仪表的配置	169
第二节 二次回路仪表的安装	172
复习题	175

电学计量基础

第一节 测量与测量方法

一、测量的概念

测量，一般是指通过试验的方法，去确定某个未知量的大小。这个未知量就称作被测量。

为了确定被测量的数值，必须将他去和作为测量单位的同种类标准量进行比较，以确定被测量是这个同种类标准量的多少倍，从而得出被测量的大小。换句话说，测量就是为了确定被测对象的量值，而进行比较的过程。这个量值，包含被测量的数值大小、正负符号以及相应的单位名称。

对各种电量或磁量的测量，称为电测量。也就是将被测电量或磁量，与作为测量单位的同类标准电量或磁量进行比较后，所确定的被测量大小。如用一块电压表去测量某一回路负载两端的电压、用一只电桥去测量某一电阻的阻值等，统称为电测量。

在测量工作中所使用的反映标准量的器具，称为计量器具。计量器具应有足够的稳定性和精度，以保证测量的准确性。计量器具按用途和精度的不同，分为基准计量器具与标准计量器具。基准计量器具是作为统一全国量值的最高依据，

它由各国的最高计量部门建立并保管。如我国的伏特基准组，欧姆基准组都是由中国计量研究院保管。为保证测量仪表仪器的准确一致，还必须建立不同等级的标准计量器具，以传递检定低一级的测量仪器仪表。把量值准确地一级一级传递到生产一线。电测量常用的标准计量器具有：标准电池、标准电阻、标准电容、标准电感等。它们有不同的级别、使用的范围也不同。

二、测量方式及方法

1. 测量方式

对某个未知物理量的测量，可用不同的测量方法来实现，测量的方式通常根据获得测量结果的不同分为三类。

(1) 直接测量。被测量的数值由所用仪器、仪表可以在一次测量中得到，称为直接测量。如用电压表测量电压，用直流电桥测量电阻，用电流表测量电流等，都属于直接测量。

(2) 间接测量。间接测量就是先测量出与被测量有关的几个中间量，再通过计算求出被测量数值的方式。也就是被测量的大小不能直接得出，而是根据中间量的数据，通过计算得到的。例如图 1-1 用伏安法测量电阻，就是间接测量方式。在电路中用电流表测量被测电阻所通过的电流，电压表测量电阻两端的电压，根据电流、电压的数值，计算出电阻的数值，即 $R = \frac{U}{I}$ 。

(3) 组合测量。将直接测量与间接测量组合起来，用被测量与相关的其它几个量组成联立方程，通过解方程得到被测量的数值。

2. 测量方法

测量方法可分为比较测量法、替代测量法、零位测量法

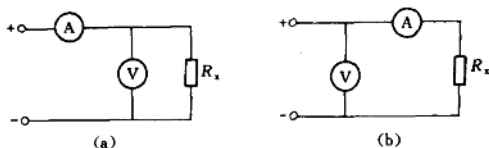


图 1-1 用间接法测量电阻

(a) 电压表后接；(b) 电压表前接

和微差测量法等。

(1) 比较测量法。将被测量直接与同类的已知量（或量具）相比较的测量方法称为比较测量法。例如用电压表测量电压等。

(2) 替代测量法。它是用与被测量相同的值替代被测量时，在测量装置上有相同的效应，便可确定被测量的大小。例如用直流电桥测量电阻，可采用标准电阻做量具，这就是替代法来确定被测电阻的实际值。

(3) 零位测量法。它是将被测量与已知量相比较，调整固定的一个已知量，使被测量与已知量之间的差值为零，而零位指示器直接参与测量。例如用直流电桥测量电阻值。

(4) 微差测量法。它是测量被测量与已知量之间的差值的方法。例如用低电动势电位计检定标准电池等。

三、计量的概念

计量是利用科学技术和监督管理手段实现测量统一和准确的一项事业，是保证测量实现统一和准确的一门科学，是利用技术和法制手段，实现单位统一、量值准确一致的测量。目前，在全世界每个国家都有法规机关来监督管理这项工作。在我国是由国家技术监督局负责此项工作。

为了加强计量监督管理，我国已制定了中华人民共和国

计量法,并于1985年9月6日第六届全国人民代表大会第十二次会议通过。自1986年7月1日起施实。我国计量立法的最终目的就是保障国家计量单位制的统一和量值的准确可靠。

计量工作的首要任务是保证计量器具的准确可靠和正确使用。各级计量部门要定期检查与监督计量器具的使用单位和个人。有检查、抽查、封存计量器具的权利。传递、使用计量器具的单位与个人,应按照国家计量法的规定与国家计量局颁布的各种检定规程中的要求,定期做好各种计量器具的检定工作,以保证计量器具的准确。

第二节 国际单位制与我国的法定 计 量 单 位

一、国际单位制单位

为了使全世界的计量单位制统一,取消多种单位制并用的现象,早在1960年国际计量大会上建立并通过了一种单位制,称为国际单位制,简称SI。

国际单位制是在米制的普遍应用基础上进一步发展起来的,它是从米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔及坎德拉作为基本单位构成的单位制。

国际单位制(SI)包括SI基本单位和SI导出单位。

国际单位制的优越性是它不仅包括了长度、力学、时间、电磁学、化学、光学、声学、放射学等所有科学技术及贸易、生产、生活等各方面的计量单位。并可逐步实现计量制度在全世界范围内的统一与规范。

二、我国的法定计量单位

我国从1984年2月27日起,开始统一实行法定计量单

位。我国的法定计量单位包括以下几项内容。

1. 国际单位制的基本单位

国际单位制有 7 个基本单位，它的单位名称、表示符号、定义如下：

长度——米 (m)。米是光在真空中在 $1/299792458$ 秒的时间间隔内行程的长度。

质量——千克 (公斤) (kg)。千克是质量单位，等于国际千克原器的质量。

时间——秒 (s)。秒是与铯—133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 91 92 63 17 70 个周期的持续时间。

电流——安 [培]① (A)。安培是一恒定电流保持在真空中相距 1m 的两根无限长而圆截面可忽略的平行直导线内，则此两根导线之间产生的力在每米长度上等于 2×10^{-7} 牛顿 (N) 的电流值。

热力学温度——开 [尔文] (K)。热力学温度单位开尔文是水的三相总热力学温度的 $1/273.16$ 。

物质的量——摩 [尔] (mol)。摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 0.012kg 碳—12 的原子数目相等。

发光强度——坎 [德拉] (cd) 坎德拉是在 $10^{-13} \cdot 25$ Pa (帕斯卡) 压力下，处于铂凝固温度的 $1/600000 \text{ m}^2$ 表面垂直方向上的光强度。

2. 国际单位制的辅助单位

国际单位制有 2 个辅助单位，它们的单位名称、表示符

① [] 内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。下同。

号如下：

平面角——弧度 (rad)

立体角——球面度 (sr)

3. 国际单位制中具有专门名称的导出单位

国际单位制中具有专门名称的导出单位有 19 个，它们的单位名称、表示符号如下：

频率——赫 [兹] (Hz)

力、重力——牛 [顿] (N)

压力，压强、应力——帕 [斯卡] (Pa)

能量、功、热——焦 [耳] (J)

功率、辐射通量——瓦 [特] (W)

电荷量——库 [仑] (C)

电位、电压、电动势——伏 [特] (V)

电容——法 [拉] (F)

电阻——欧 [姆] (Ω)

电导——西 [门子] (S)

磁通量——韦 [伯] (Wb)

磁通量密度、磁感应强度——特 [斯拉] (T)

电感——亨 [利] (H)

摄氏温度——摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)

光通量——流 [明] (lm)

光照度——勒 [克斯] (lx)

放射性活动——贝可 [勒尔] (Bq)

吸收剂量——戈 [瑞] (Gy)

剂量当量——希 [沃特] (Sv)

4. 国家选定的非国际单位制单位

国家选定的非国际单位制单位有 10 个，它们的单位名

称、表示符号如下：

时间——分、[小]时、天(日)(min、h、d)

平面角——[角]秒、[角]分、度(″、′、°)

旋转速度——转每分(r/min)

长度——海里(n mile)

速度——节(kn)

质量——吨、原子质量单位(t、u)

体积——升(L, l)

能——电子伏(eV)

级差——分贝(dB)

线密度——特[克斯](tex)

5. 由以上单位构成的组合形式单位(略)

6. 由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位

词头见表1-1。(略)

表 1-1 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍[它]	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太[拉]	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉[咖]	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳[诺]	n
10^3	千	k	10^{-12}	皮[可]	p
10^2	百	h	10^{-15}	飞[母托]	f
10^1	十	da	10^{-18}	阿[托]	a

在国际单位制的基本单位中，电流单位安培是电学计量的基本单位。其他电磁学有关单位为国际单位制中具有专门名称的导出单位。电能的单位千瓦小时，不是国际制单位，而是与国际单位制并用的制外单位。是由标准功率和标准时间