

(初、中、高级工适用)

林虔 主编

电力工人技术等级培训教材



铁晓华 孙立华
编

电 测 仪 表 工

中国水利水电出版社

11177
8562

134593

电力工人技术等级培训教材

主 编 林 虔

副主编 丁毓山 孙成宝 金 哲

(初、中、高级工适用)

电 测 仪 表 工

铁晓华、孙立华 编

中国水利水电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电测仪表工/铁晓华, 孙立华编. —北京: 中国水利水电出版社, 1997

电力工人技术等级培训教材

ISBN 7-80124-447-8

I. 电… II. ①铁… ②孙… III. ①电气测量-技术培训-教材②电工仪表-技术培训-教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06199 号

书 名	电力工人技术等级培训教材 初、中、高级工适用 电测仪表工
作 者	铁晓华 孙立华 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 32 开本 12.875 印张 281 千字
版 次	1997 年 8 月第一版 1997 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—7100 册
定 价	25.00 元

面向二十一世紀

為電力工業

培育優秀職工

張鳳祥

一九九六年

六月

ABE36/07

加强职工培训
提高人员素质
为电力工业服
务

赵启夫

序

中华人民共和国第八届全国人民代表大会第四次会议批准了《中华人民共和国国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标纲要》，《纲要》是国民经济和社会发展的指导方针和奋斗目标，对深化改革，推进两个转变，加强和改善宏观调控，保证国民经济持续、快速、健康地发展，实行科教兴国，促进两个文明建设，有巨大的推动作用。

科教兴国的伟大战略，是党中央的高瞻远瞩。国运兴衰，系于教育，我们正处在新旧世纪的交接时代，面对21世纪科学和技术的挑战，要在激烈的国际竞争中占居主动地位，关键问题在于人才，要实现社会主义现代化的宏伟目标，关键问题还是人才。

电力部门的岗位培训和职工教育是科教兴国宏伟战略中的重要组成部分。当前，电力工业正处在向大电网、大机组、大电厂、超高压、现代化方向发展的时期，新技术不断引进，设备正在更新换代，管理体制和管理方式正在不断地改革和完善，技术和电网运行水平的要求正在不断地提高。面对这种新的发展形势，我们深深感到：电力部门广大工人的技术素质还不适应现代化要求的水平。为此，各电力部门的领导同志，应该充分认识和全面落实“科学技术是第一生产力”的战略思想，要大力加强科教意识和科教投入，大力加强人才培养的力度，把电力的岗位培训和职工教育摆在电力工业发展的重要位置。我们应确信，只有提高电力工业部门广大技

术工人的技术素质,才能从根本上增强电力工业的科技实力,才能增强向现实生产力的转化能力,才能提高电网的管理和运行水平,才能从根本上发展电力工业,才能担负起振兴电力工业的伟大历史任务。

为了做好岗位培训工作,提高广大电力工人的技术素质,我们责成中国水利水电出版社,组织有关专家和富有实践经验的工程技术人员,遵照《电力工人技术等级标准》的要求,编写了这套“电力工人技术等级培训教材”,借以促进和配合电力工人岗位培训工作的开展。

本教材的编写提纲是由中国水利水电出版社组织有关省市电力部门的领导,有关院校的教授,富有实践经验的专家,经几次会议研究确定的。其编写的基本宗旨是:严格遵照《电力工人技术等级标准》,密切联系生产实际,既注意基本技术和技能的训练,又注意有关电力规程和规范的贯彻,使其有助于广大技术工人的技术水平和水平的提高。

要把经济建设转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来,岗位培训是一项不容忽视的工作,切不可重物轻投入,轻人才资源开发。应该在科教兴国的热潮中,满怀信心地把这项工作抓实、抓好,为培养跨世纪的人才,为振兴电力工业,进行不懈的努力!

张统罗

前 言

为帮助电测仪表工人达到《电力工人技术等级标准》的要求，编写了这本《电测仪表工》。本书为《电力工人技术等级培训教材》之一。

本书从电测仪表工的工作实际和工作中常遇到的问题出发，较全面系统地介绍了电工测量仪表的结构、原理、基本知识，阐述了电工测量仪器、仪表的使用、检定与调修的具体实践技术知识。内容包括电工测量的基本知识、磁电系仪表、万用表、电磁系仪表、电动系仪表、静电系仪表、整步表、测量用互感器、直流电位差计、电阻箱、电桥、接地电阻测量仪、电量变送器、示波器、数字仪表、磁测量仪表等十章。

本书适合于初、中、高级电测仪表工自学，在编写中力求深入浅出，通俗易懂，每章都附有一定量练习题，以培养学员分析问题和解决问题的能力。通过本书的学习，读者能够掌握初、中、高级电测仪表工的基本理论知识和实际操作技能，达到技术考核标准。

本书一至十章由铁晓华同志编写，十一至十四章由孙立华同志编写。栾永林高级工程师（教授级）审阅了全稿，并提出了许多宝贵意见，在此谨致谢意。

特别感谢：中国电力企业联合会理事长张绍贤为本书作序；全国政协常委、原水利电力部副部长赵庆夫，全国人大代表、原水利电力部副部长、中国电力企业联合会原理事长张凤祥为本书题词。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中错误和不足在

所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

1996年9月

内 容 提 要

本书是为使电测仪表工达到《电力工人技术等级标准》的要求，进行自学、培训而编写的，是《电力工人技术等级培训教材》之一。

全书共分14章：电工测量的基本知识，磁电系仪表，万用表，电磁系仪表，电动系仪表，静电系仪表，整步表，测量用互感器，直流电位差计，电阻箱、电桥、接地电阻测量仪，电量变送器，示波器，数字仪表，磁测量仪表。

本书可作为上岗、转岗、晋级的技术考核培训教材，也适用于初中以上文化程度的电测仪表工自学。

目 录

序

前 言

第一章 电工测量的基本知识	1
第一节 电工测量的意义及测量方法	1
第二节 测量机构的共同组成部分	4
第三节 作用在测量机构可动部分上的力矩	6
第四节 测量误差及其消除方法	8
第五节 电工测量指示仪表的准确度和灵敏度	13
第六节 电工仪表的分类及标记	18
习题	24
第二章 磁电系仪表	26
第一节 磁电系测量机构	26
第二节 磁电系电流表	30
第三节 磁电系电压表	33
第四节 磁电系检流计	34
第五节 磁电系电阻表	41
第六节 绝缘电阻表	44
第七节 磁电系仪表的检定	51
第八节 磁电系仪表的误差调整	56
第九节 磁电系仪表的简单调修	59
习题	62
第三章 万用表	63

第一节	万用表的结构	63
第二节	MF9 型万用表的线路介绍	66
第三节	万用表的正确使用	73
第四节	万用表的故障分析和调修	75
	习题	79
第四章	电磁系仪表	80
第一节	电磁系测量机构	80
第二节	电磁系电流表、电压表	86
第三节	电磁系仪表的误差	90
第四节	电磁系电流表、电压表的检定	93
第五节	电磁系仪表的调修	98
第六节	电磁系仪表的改装	103
	习题	111
第五章	电动系仪表	112
第一节	电动系测量机构	112
第二节	电动系电流表、电压表	115
第三节	功率表	118
第四节	铁磁电动系测量机构	128
第五节	三相功率表	130
第六节	电动系功率表的检定	137
第七节	功率因数表和频率表	140
第八节	电动系仪表的误差调整	163
第九节	电动系仪表的常见故障及修理	165
	习题	169
第六章	静电系仪表	170
第一节	静电系测量机构与动作原理	170
第二节	静电系电压表及其技术特性	171

第三节	静电系电压表的调修	173
习题		178
第七章	整步表	179
第一节	电磁系整步表	179
第二节	组合式整步表	188
习题		191
第八章	测量用互感器	192
第一节	概述	192
第二节	互感器的结构及基本参数	194
第三节	测量用互感器的正确使用方法及注意事项	199
第四节	测量用互感器的检定方法	201
习题		205
第九章	直流电位差计	207
第一节	直流电位差计的基本原理及其构成	207
第二节	直流电位差计的分类和主要技术特性	220
第三节	直流电位差计的应用	223
第四节	电位差计常见故障的分析和调修	225
第五节	携带式直流电位差计的检定	231
习题		238
第十章	电阻箱、电桥、接地电阻测量仪	240
第一节	电阻箱	240
第二节	直流单臂电桥	243
第三节	直流双臂电桥	247
第四节	直流电桥常见的故障及调修	252
第五节	携带式单、双臂电桥的检定	257
第六节	交流电桥	270
第七节	接地电阻测量仪	273

习题	279
第十一章 电量变送器	280
第一节 电量变送器	280
第二节 变换器式仪表	292
习题	312
第十二章 示波器	313
第一节 电子示波器	313
第二节 光线示波器	324
习题	330
第十三章 数字仪表	331
第一节 概述	331
第二节 模/数转换器	333
第三节 数字电压表的主要技术指标	347
第四节 PZ-15 型数字电压表	350
第五节 数字电压表的使用	356
第六节 数字万用表的测量原理	366
习题	373
第十四章 磁测量仪表	375
第一节 磁现象和磁性材料的基本特征量	375
第二节 磁通的测量	378
第三节 其他磁场测量仪器及测量方法	388
第四节 磁学量值检定系统	396
习题	399

第一章 电工测量的基本知识

第一节 电工测量的意义及测量方法

一、电工测量的意义

在日益发展的电力系统中，电能的生产、传输、分配和使用都离不开电工测量，电气仪表随时都在准确无误地反映或累计电气量的各种变化值。例如，为了保证电能质量，在发电机并入系统时，要用各种电工仪表来测量和监视它的频率和电压等；为了保证电力系统安全经济运行，必须对电厂出力及用户负荷进行功率测量，以便对系统功率平衡做出调整；对发电机、变压器等各种电气设备的安装、检修也需要进行各种电工测量。总之，电力系统的正常运行和电工测量是密切相关的。

电工测量是以电磁规律为基础的测量技术，它不仅具有准确、灵敏、操作简便、反映迅速及容易进行遥测等优点，而且利用它还可以进行非电量（如温度、机械量等）的测量，因此，在工农业生产、国防建设和科学研究等各部门，电工测量得到了广泛的应用，同时它对现代科学技术各个领域产生了巨大的影响，并起到了推动作用。

二、测量方法

1. 按获得被测量结果的过程划分

(1) 直接测量。直接测量是从一次测量的实验数据中得到测量结果的测量。在这种测量中，可以使用标准量具，通过电桥、电位差计等仪器，直接与被测量进行比较而取得被测量的数值；也可以从直读式仪表（数字仪表或指示仪表）上

直接读出被测量的数值。

(2) 间接测量。如果被测量和几个中间量存在一定的关系,通过几个中间量的直接测量,再按函数关系计算出被测量,这种方式称为间接测量。例如,电阻元件的电阻和其端电压及电流的关系为 $R=U/I$,通过对 U 和 I 的测量,按此式算出电阻,就是间接测量。

当被测量不便于直接测量、或当时缺少直接测量的设备而对测量结果的准确度要求较低时,多采用间接测量。

(3) 组合测量。先直接测量与被测量有一定函数关系的某些量,在一系列直接测量的基础上,通过求解方程组而获得测量结果的方法称为组合测量。组合测量多用于精密测量及科学实验中。

2. 按仪表产生被测量数值的方法划分

(1) 直读测量法。直读测量法是根据仪表显示的数值直接读取被测量数值的。测量单位的复制实物——标准量具并不直接参与测量。为了读取被测量,直读式仪表已预先按被测量的单位进行分度。也就是说,直读测量法实际上是用标准量具与被测量进行间接比较。使用模拟指示仪表或数字仪表测量电阻、电压等读数都属于直读测量;使用记录仪表记录被测量的大小也可以归入直读测量法。

(2) 比较测量法。比较测量法是指测量过程中需要标准量具直接参与,并通过比较仪器来确定被测量数值的方法。根据被测量与标准量比较方式的不同,比较测量法可分为以下几种:

1) 零值法。在这种测量方法中,用可调的已知标准量 A 与被测量 X 进行比较。通过调节 A ,使监视标准量与被测量是否平衡的指零仪指零,以此求得被测量,即

$$X = A \quad (1-1)$$

这种测量方法的准确度主要取决于标准量 A 的准确度和指零仪的灵敏度。只要 A 足够准确，指零仪的灵敏度足够高，那么，测量结果中的误差就可减到很小。使用电位差计测量电势、使用电桥测量电阻等都属于这种方法。

2) 差值法。在这种测量方法中，测量仪器直接读取被测量 X 与某一已知的标准量 A 的差值 a ，然后通过简单计算求得被测量，即

$$X = A + a \quad (1-2)$$

运用差值法测量能够提高测量的准确度。假设 A 的误差小到可以忽略不计， A 与 X 之差为 1%，而这个差值用准确度为 0.2% 的仪表测量，于是，被测量的测量准确度便提高到了 0.002%。

3) 替代法。在这种测量方法中，用已知的标准量 A 代替被测量 X ，且通过改变 A 使仪器的指示值恢复到原来状态，因此，被测量

$$X = A \quad (1-3)$$

这是一种极其准确的测量方法，仪器内部特性或外界因素都对测量结果没有影响。测量准确度取决于已知标准量的准确度。运用替代法的例子有：用标准电阻箱和比较仪器测量电阻等。

使用比较法测量时，由于标准量具直接参与，所以比直读法有更高的准确度。但是，比较法对测量仪器和测量条件的要求都比较高，操作也比较麻烦，故通常在测量准确度要求较高时采用。