

DIANGONG RUMEN QIBUZOU

电工入门七步走

电工检测入门

孙克军 主 编
孙丽君 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANGONG RUMEN QIBUZOU

电工入门七步走

电工检测入门

孙克军 主 编
孙丽君 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电工入门七步走丛书》，是为了帮助广大电工能快速掌握电工基本知识和技能而编写的，本丛书把学习电工知识分为七个步骤，每个步骤为一分册，学习步骤明确，学习内容一目了然。内容密切结合生产实际，突出实用、图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，具有实用性，易于迅速掌握和运用的特点。

本书是《电工入门七步走丛书》之一，全书共八章，内容包括电工检测基础知识、电流表与电流互感器的使用、电压表与电压互感器的使用、万用表的使用、钳形电流表的使用、绝缘电阻表的使用、功率表的使用、电能表的使用等。书中以简明扼要的形式介绍了各种常用电工仪表的基本结构、工作原理。详细介绍了各种常用电工仪表的使用方法与注意事项。而且还介绍了各种常用电工仪表在电工测量中的应用实例。

本书可作为电工上岗培训教材，供维修电工、安装电工和电气管理人员学习，也可作为高等职业院校及中等职业学校电类专业学生的课余阅读教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工检测入门/孙克军主编. —北京：中国电力出版社，2015.8
(电工入门七步走)

ISBN 978-7-5123-7221-4

I. ①电… II. ①孙… III. ①电工-检测 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 028963 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 8 月第一版 2015 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.625 印张 223 千字

印数 0001—3000 册 定价 22.00 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



丛书前言

物质、能量和信息是人类赖以生存的三大基本要素。电能作为一种能量形式，由于其易于生产、传输、变换、分配和控制，已成为使用最为广泛的现代能源，也是人们生产和生活中主要的动力来源。随着我国电力事业的飞速发展，电能在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。因此，各行各业急需大批基础理论知识扎实，实际操作技能熟练的维修电工。为了满足大量农民工、在职转岗职工和城镇待业人员等有志从事电气技术工作的读者的需求，由中国电力出版社策划并组织有关具有实践经验的专家、教师和工程技术人员编写了《电工入门七步走丛书》。

电工技术是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术。为此本丛书在编写过程中，充分考虑到了许多电工初学者的具体情况，面向生产实际，搜集、查阅了大量与电动机、低压电器、电工仪表使用维修以及电工操作技能等有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点，将维修电工的必备知识和技能进行了归类、整理和提炼。

本丛书包括《电工基本知识入门》、《电工识图入门》、《电工计算入门》、《电工检测入门》、《电工操作入门》、《电动机使用入门》和《电气控制入门》等。本丛书的特点是密切结合生产实际，图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，实用性强，易于迅速掌握和运用。

本丛书着重于基本原理、基本方法、基本概念的分析 and 应用，重点阐述物理概念，尽量联系电动机、低压电器、电工仪表等使用与维修的生产实践，力求做到重点突出，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上尽量采用了图表形式，尽量回避一些实用性不强的理论阐述，以便读者理解和掌握。因

此，本丛书具有简洁明了、适合自学的优点。另外，本丛书中的各册图书之间既有一些联系，又相对独立成册，更便于读者根据各自的需要选用。

本丛书可供初级电工及有关技术人员使用，可作为高等职业院校及专科学校有关专业师生的教学参考书，也可作为职工培训用参考书。

编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错漏，敬请各位读者提出意见和建议。



前 言

随着我国电力事业的飞速发展,电动机、变压器、低压电器等在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。由于电工仪表与电工测量是从事电工专业必备的基本操作技能,所以为了满足广大电工的需要,我们组织编写了这本《电工检测入门》。

本书内容包括电工检测基础知识、电流表与电流互感器的使用、电压表与电压互感器的使用、万用表的使用、钳形电流表的使用、绝缘电阻表的使用、功率表的使用、电能表的使用等。

本书在编写过程中,根据从事电工检测技术人员实际情况,进行了调研并查阅了大量有关的技术资料,以简明扼要的形式介绍了各种常用电工仪表的基本结构、工作原理。详细介绍了各种常用电工仪表的使用方法与注意事项。而且还介绍了各种常用电工仪表在电工测量中的应用实例。

本书的主要特点是突出实用,简要地介绍常用电工仪表的基本结构、基本工作原理及基本特点。以操作技能为主,重点讲述各种电工仪表的使用方法和使用注意事项,力求帮助读者掌握各种常用电工仪表的使用方法与操作步骤。而且本书在编写体例上尽量采用了图表形式,具有简洁明了、便于查找,适合自学的优点。书中列举了大量电工仪表在电子元件、电动机、变压器、低压电器、家用电器、常用电工电路与电子电路中的应用实例,实用性强,易于迅速掌握和运用。

本书由孙克军主编,孙丽君为副主编。第1、6章由孙克军编写,第2、3章由马超编写,第4、5章由孙丽君编写,第7章由李宜林编写,第8章由贾红编写。编者对关心本书出版、

热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

丛书前言 前言

第1章 | 电工检测基础知识



1.1 电工测量和测量误差	1
1.1.1 电工测量	1
1.1.2 误差的来源	2
1.1.3 测量误差的分类	4
1.1.4 测量结果的数据处理	5
1.1.5 精度、精密度、正确度、准确度	6
1.1.6 误差的表示方法	8
1.1.7 数字式仪表的灵敏度及准确度	10
1.2 电工仪表	10
1.2.1 电工仪表的种类及特点	10
1.2.2 电工仪表的型号	11
1.2.3 电工仪表的标志符号	19

第2章 | 电流表与电流互感器的使用



2.1 电流表的种类	24
2.2 磁电系测量机构与磁电系电流表	25
2.2.1 磁电系仪表的测量机构	25
2.2.2 单量程磁电系电流表	26
2.2.3 多量程磁电系电流表	27
2.2.4 分流器	28

2.3	电磁系测量机构与电磁系电流表	29
2.3.1	电磁系仪表的测量机构	29
2.3.2	电磁系电流表	31
2.4	电动系测量机构与电动系电流表	33
2.4.1	电动系仪表的测量机构	33
2.4.2	电动系电流表	34
2.5	数字式电流表	35
2.6	电流表的选择与使用注意事项	36
2.7	电流表的应用	38
2.7.1	直流电流的测量	38
2.7.2	交流电流的测量	39
2.8	电流互感器	40
2.8.1	电流互感器的用途及特点	40
2.8.2	电流互感器的分类	42
2.8.3	电流互感器的结构与工作原理	43
2.8.4	电流互感器的主要技术参数	44
2.8.5	电流互感器的选择	46
2.8.6	电流互感器的使用	48

第3章 | 电压表与电压互感器的使用



3.1	电压表的种类	52
3.2	磁电系电压表	54
3.2.1	单量程磁电系电压表	54
3.2.2	多量程磁电系电压表	55
3.3	电磁系电压表	56
3.4	电动系电压表	57
3.5	数字式电压表	58
3.5.1	数字式电压表的组成与特点	58
3.5.2	数字式电压表的工作过程	58
3.6	电压表的选择与使用注意事项	59

3.7 电压表的应用	60
3.7.1 直流电压的测量	60
3.7.2 交流电压的测量	60
3.7.3 测量高电压的方法	61
3.8 电压互感器	63
3.8.1 电流互感器的用途及特点	63
3.8.2 电压互感器的分类	64
3.8.3 电压互感器的结构与工作原理	64
3.8.4 电压互感器的主要技术参数	66
3.8.5 电压互感器的选择	68
3.8.6 电压互感器的使用	70

第4章 | 万用表的使用



4.1 万用表概述	73
4.1.1 万用表的用途	73
4.1.2 万用表的分类	73
4.2 指针式万用表	74
4.2.1 指针式万用表的组成	74
4.2.2 指针式万用表的工作原理	76
4.2.3 指针式万用表的表盘刻度与符号的含义	77
4.2.4 指针式万用表的选择	80
4.2.5 指针式万用表的使用	82
4.3 数字式万用表	85
4.3.1 数字式万用表的组成	85
4.3.2 数字式万用表的工作原理	87
4.3.3 数字式万用表显示的字符与符号的含义	88
4.3.4 数字式万用表的特点	89
4.3.5 数字式万用表的选择	90
4.3.6 数字式万用表的使用	91
4.3.7 数字式万用表使用注意事项	94

4.4	万用表的常见故障及其排除方法	97
4.4.1	指针式万用表常见故障及其排除方法	97
4.4.2	数字万用表常见故障及其排除方法	99
4.4.3	数字万用表显示器常见故障及其排除方法	101
4.5	万用表的应用	102
4.5.1	用万用表测量直流电压	102
4.5.2	用万用表测量交流电压	103
4.5.3	用万用表测量直流电流	105
4.5.4	用万用表测量交流电流	106
4.5.5	用万用表测量电阻	107
4.5.6	用万用表检测电位器	108
4.5.7	用万用表检测光敏电阻器	110
4.5.8	用万用表检测热敏电阻	111
4.5.9	用万用表检测电容器	113
4.5.10	用万用表检测电解电容器	114
4.5.11	用万用表检测可变电容器	116
4.5.12	用万用表判断二极管的极性及管型	116
4.5.13	用万用表检测稳压二极管	118
4.5.14	用万用表检测光敏二极管	119
4.5.15	用万用表检测发光二极管	121
4.5.16	用万用表检测整流桥	122
4.5.17	用万用表判断晶体管的极性及管型	124
4.5.18	用万用表判断晶体管的集电极和发射极	126
4.5.19	用万用表判断晶体管的穿透电流 I_{CEO}	127
4.5.20	用万用表判断晶体管的电流放大倍数	128
4.5.21	用万用表检测场效应管	130
4.5.22	用万用表检测晶闸管	132
4.5.23	用万用表检测扬声器	134
4.5.24	用万用表检测话筒	136
4.5.25	用万用表判别电源变压器的一、二次侧绕组	136
4.5.26	用万用表判断电源变压器的同名端	137

4.5.27	用万用表判别三相异步电动机绕组的首尾端	138
4.5.28	用万用表判断三相异步电动机的极数和转速	139
4.5.29	用万用表检修吊扇	140
4.5.30	用万用表检修自动电热开水器	141
4.5.31	用万用表检修电饭锅	143
4.5.32	用万用表检修电熨斗	145



第5章 | 钳形电流表的使用

5.1	钳形电表的用途与分类	147
5.2	指针式钳形电流表	149
5.2.1	整流系钳形电流表的结构与工作原理	149
5.2.2	电磁系钳形电流表的结构与工作原理	151
5.2.3	常用钳形表的技术数据	151
5.2.4	钳形电流表的选用	152
5.2.5	钳形电流表使用注意事项	154
5.3	数字式钳形电流表	154
5.3.1	数字式钳形电流表的结构	154
5.3.2	数字式钳形电流表的特点	154
5.3.3	常用数字式钳形电流表的技术数据	156
5.3.4	数字式钳形电流表的选用	156
5.3.5	数字式钳形电流表使用注意事项	157
5.4	钳形电流互感器	158
5.5	钳形电流表的应用	160
5.5.1	用钳形电流表检测三相异步电动机	160
5.5.2	用钳形电流表现场检测电能表及电流互感器	163
5.5.3	用钳形电流表检查晶闸管整流装置	164
5.5.4	用钳形电流表判断三相电阻炉的断相故障	165
5.5.5	用钳形漏电流表检测电路中的泄漏电流	165

第 6 章 | 绝缘电阻表的使用



6.1	绝缘电阻表的用途与分类	167
6.2	绝缘电阻表的基本结构与工作原理	169
6.2.1	手摇发电机供电的绝缘电阻表的结构与原理 ...	169
6.2.2	数字式绝缘电阻表的结构与原理	171
6.3	绝缘电阻表的选择	172
6.4	绝缘电阻表的使用方法与注意事项	174
6.4.1	绝缘电阻表使用前的准备与接线方法	174
6.4.2	手摇发电机供电的绝缘电阻表的使用方法	176
6.4.3	数字式绝缘电阻表的使用方法	177
6.5	绝缘电阻表的应用	181
6.5.1	绝缘电阻表的应用范围	181
6.5.2	用绝缘电阻表测量电动机的绝缘电阻	181
6.5.3	用绝缘电阻表测量变压器的绝缘电阻和吸 收比	183
6.5.4	用绝缘电阻表测量输电线路和电缆的绝缘 电阻	187
6.5.5	用绝缘电阻表测量补偿电容器的绝缘电阻	191
6.5.6	用绝缘电阻表测量绝缘子的绝缘电阻	192

第 7 章 | 功率表的使用



7.1	功率表概述	194
7.1.1	功率表的用途与分类	194
7.1.2	电动系功率表的基本结构与工作原理	194
7.1.3	多量程功率表	198
7.1.4	低功率因数功率表	198
7.1.5	数字式功率表	200
7.2	功率表的选择与使用	201
7.2.1	功率表的选择	201

7.2.2	功率表的接线方式	203
7.2.3	功率表的读数	205
7.2.4	低功率因数功率表的使用	206
7.2.5	功率表使用注意事项	207
7.3	功率表的应用	209
7.3.1	直流电路功率的测量	209
7.3.2	一表法测量三相对称负载的有功功率	210
7.3.3	两表法测量三相三线制不对称负载电路的有功 功率	212
7.3.4	三表法测量三相四线制不对称负载电路的有功 功率	213
7.3.5	低压大电流线路上单相有功功率的测量	214
7.3.6	高压大电流线路上单相有功功率的测量	214
7.3.7	三相功率表直接接法测量三相有功功率	215
7.3.8	三相功率表经互感器测量三相有功功率	216
7.4	三相无功功率的测量	217
7.4.1	用单相功率表测量三相无功功率	217
7.4.2	用三相无功功率表测量三相无功功率	222



第 8 章 | 电能表的使用

8.1	电能表概述	224
8.1.1	电能表的用途与分类	224
8.1.2	电能表的铭牌标志及其含义	229
8.2	常用电能表的结构与原理	230
8.2.1	感应式电能表	230
8.2.2	电子式电能表	233
8.2.3	预付费电能表	234
8.2.4	复费率分时电能表	236
8.2.5	电子式多功能电能表	238
8.3	电能表的选择与使用	240

8.3.1	电能表的选择	240
8.3.2	常用交流电能表容量的选配	242
8.3.3	电能表安装与使用注意事项	247
8.3.4	电能表的读取与电能的计算	249
8.4	电能表的应用	250
8.4.1	电能表的接线方法与注意事项	250
8.4.2	单相有功电能表直接接入式接线	254
8.4.3	单相有功电能表经电流互感器接线	255
8.4.4	用一只单相电能表测量三相平衡负载的有功 电能	255
8.4.5	用三只单相电能表测量三相有功电能	256
8.4.6	用两只单相电能表测量三相平衡负载的有功 电能	257
8.4.7	三相三线有功电能表的应用范围和接线	258
8.4.8	三相四线有功电能表的应用范围和接线	259
8.4.9	单相电能表测量三相异步电动机的有功电能 ...	259
8.4.10	电能表经互感器接入被测电路时的注意 事项	260

参考文献



1.1 电工测量和测量误差

1.1.1 电工测量

电工测量是借助于测量设备,将被测量的电量或磁量,与作为测量电位的同类标准量进行比较,从而确定被测电量或磁量的过程。比较的结果一般包括两部分,一是单位名称,二是数值。

测量单位的确定和统一是非常重要的。为了对同一量在不同时间和地点进行测量时都能得到相同的结果,必须采用一种公认而又固定不变的单位。只有这样测量才有实际意义。

电工测量的数据主要是反映电和磁特征的物理量,如电流、电压、电功率、电能等;反映电路特征的物理量,如电阻、电容、电感等;反映电和磁变化规律的物理量,如频率、相位、功率因数等。进行电量或磁量测量的各种仪器、仪表,统称为电工测量仪表。进行电工测量时,还应根据被测量的性质和测量的目的,选择不同的测量仪表和不同的测量方法。

常用电工测量方法有三种。

(1) 直接测量法。直接测量指测量结果可从一次测量的数据中得到。如用电流表测量电流,用电压表测量电压,用欧姆表测量电阻等都属于直接测量法,如图 1-1 (a) 所示。此方法测量简便、读数迅速、但准确度较低。

(2) 间接测量法。间接测量只能测出与被测量有关的电量,然后经过计算求得被测量。如用伏安法测量电阻时,先用电压表和电流表分别测量出电阻两端的电压和流过该电阻的电流,最后

再根据欧姆定律计算出被测的电阻的大小，如图 1-1（b）所示。间接测量法的误差比直接测量法大。

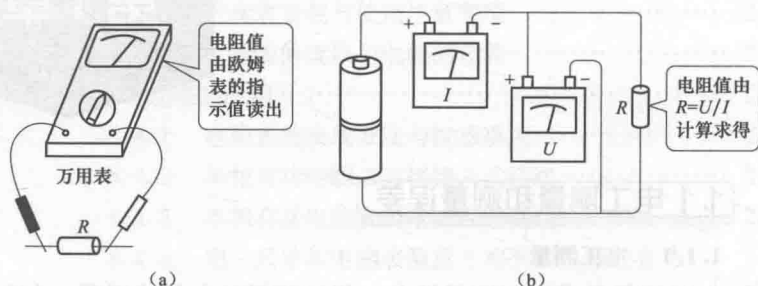


图 1-1 电阻的直接测量与间接测量

(a) 直接测量；(b) 间接测量

(3) 比较测量法。比较测量是将被测的量与度量器在比较仪器中进行比较后，而得到被测量数值的一种方法。比较法的优点是准确度和灵敏度都较高，其准确度最小时可达 $\pm 0.001\%$ 。缺点是操作麻烦，设备复杂，此方法常用于精密测量。

1.1.2 误差的来源

按误差产生的原因可以将误差的来源分为以下几类。

一、装置误差

计量装置是指为确定被测量值所必须的计量器具和辅助设备的总和。在电工试验和测量中，装置误差有如下几种：

(1) 标准器误差。标准器是提供标准量值的器具，如标准电阻、标准电感、标准电池等。它们的标称值与其自身在一定条件下体现出来的客观量值之间有某些差异，在测量中所用的是标准值，故使测量结果产生误差。

(2) 仪器误差。这是由于所使用的测量仪器（包括测量工具、电工仪表、电桥、温度计、秒表等）因为设计、制造工艺、结构、材料等方面的某些缺点所引起的误差。如指针式电表因表盘分度不准确所产生的误差。

(3) 装备及附件误差。测量中除仪器及标准器以外的其他辅