



学电工就这么简单

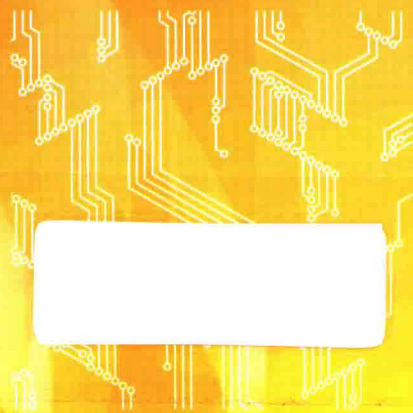
Technology
实用技术

学电工仪表

| 就这么简单 |

IT'S AS SIMPLE AS THAT

杨清德 冉洪俊◎主编



科学出版社

学电工就这么简单

学电工仪表就这么简单

杨清德 冉洪俊 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书对电气设备及电子产品在安装、调试、维修过程中所应用的仪器仪表的基础知识进行了系统归纳,重点介绍了万用表、绝缘电阻表、钳形电流表、示波器、万能电桥、毫伏表等常用仪表的操作规范、使用方法及维护保养常识,同时对高压绝缘电阻测试仪、回路电阻测试仪、双钳口接地电阻测试仪、氧化锌避雷器测试仪、电缆故障测试仪、红外测温仪等新型电工仪表的实际应用进行了详细介绍。

本书针对电工入门人员,起点低,注重实用,便于自学。可作为职业院校电类专业学生实训教学的辅导用书,也可作为在职电工的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

学电工仪表就这么简单 / 杨清德, 冉洪俊 主编. —北京: 科学出版社, 2015.4

(学电工就这么简单)

ISBN 978-7-03-043426-5

I. 学… II. ①杨… ②冉… III. 电工仪表—基本知识 IV. TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第034364号

责任编辑: 孙力维 杨 凯 / 责任制作: 魏 谨

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 杨安安

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

天津新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年4月第 一 版 开本: A5 (890×1240)

2015年4月第一次印刷 印张: 7 1/2

印数: 1—4 000 字数: 228 000

定 价: 34.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

电工是指从事电气设备安装、保养、操作或修理的工人，他们分布在社会生活和工业生产的许多领域及部门，从业人员众多，近年来电工的经济待遇及社会地位有了较大提升。电工是一个传统行业，既是通用工种，同时又属于特殊工种，应该掌握的知识和技能有很多，初学者必须从基础知识学起，零起点并不可怕，只要扎实学习，多做实践，就能成为合格的电工技术人员。实践证明，基础知识必须从书本中学习，打好基础，在师傅的指引下才能更快更好地掌握电工操作技术。

“学电工就这么简单”丛书共6本，编写宗旨在于帮助初学者掌握电工实用技能，内容涵盖电工从业技能需求的重点方面。

《学电工仪表就这么简单》——详细介绍了电工仪表的基础知识，重点介绍万用表、绝缘电阻表、钳形电流表、示波器、万能电桥、毫伏表等常用仪表的使用方法以及维护保养等知识，同时还介绍了高压绝缘电阻测试仪、回路电阻测试仪、双钳口接地电阻测试仪、氧化锌避雷器测试仪、电缆故障测试仪、红外测温仪等新型电工仪表的使用方法及技巧。

本套丛书具有以下特点：

① 以实际操作方法和技能培养为重点，注重知识性、系统性、操作性和实用性相结合，满足电气行业从业人员及求职人员的需求。

② 内容新颖，详细介绍了近年来的新知识、新技术、新工艺和新材料，非常贴近目前该领域的实际应用情况。

③ 语言精练，深入浅出，易学易懂。口诀归纳，便于记忆。要点提示，便于掌握。



④ 图、表、文，紧密结合，可读性强。

本书是“学电工就这么简单”丛书之一，由特级教师杨清德、高级技师冉洪俊主编，参加本书编写工作的还有康娅、丁汝玲、杨松、柯世民、赵顺洪、谭定轩、张齐、杨鸽、陈东、魏清发等同志，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。主编的电子邮箱：yqd611@163.com，来信必复。

编者

目 录

第1章 电工仪表基础知识	1
1.1 电工仪表的分类	1
1.1.1 电工仪表的分类方法	1
1.1.2 电工仪表根据结构和用途分类	2
1.2 电工仪表的常用标志	5
1.2.1 表示测量单位的符号	6
1.2.2 仪表盘上的常用符号	7
1.3 电工仪表的误差与精确度	10
1.3.1 电工仪表误差的类型	10
1.3.2 误差产生原因及消除办法	10
1.3.3 电工仪表的精确度	11
1.4 测量数据的处理	12
1.4.1 有效数字的判定	12
1.4.2 数据舍入规则	13
1.5 电工仪表选用常识	14
1.5.1 选用电工仪表的基本要求	14
1.5.2 合理选择电工仪表	15
1.5.3 电工仪表的一般使用常识	15
1.5.4 电工仪表保养常识	16
1.6 常用电工测量方法	17
1.6.1 直接测量法	17
1.6.2 间接测量法	17



1.6.3 比较测量法	18
第2章 万用表	21
2.1 指针式万用表	21
2.1.1 指针式万用表简介	21
2.1.2 指针式万用表的基本操作方法	29
2.2 数字万用表	39
2.2.1 数字万用表简介	39
2.2.2 数字万用表的基本操作方法	47
2.3 万用表检测常用元器件	57
2.3.1 万用表检测电容器	57
2.3.2 万用表检测二极管	65
2.3.3 万用表检测晶体三极管	75
第3章 绝缘电阻表和钳形电流表	85
3.1 绝缘电阻表	85
3.1.1 绝缘电阻表简介	85
3.1.2 手摇发电式绝缘电阻表	87
3.1.3 数字式绝缘电阻表	92
3.1.4 手摇发电式绝缘电阻表的使用	95
3.1.5 电池供电的模拟式绝缘电阻表	102
3.2 钳形电流表	103
3.2.1 钳形电流表简介	103
3.2.2 钳形电流表的使用	105
第4章 示波器	113
4.1 示波器简介	113



4.1.1 示波器的功能及结构	113
4.1.2 探 头	114
4.2 模拟示波器	115
4.2.1 模拟示波器简介	115
4.2.2 扫描基线的获得	121
4.2.3 校 准	124
4.2.4 测量电信号	126
4.3 数字示波器	130
4.3.1 数字示波器简介	130
4.3.2 数字示波器测量低压工频交流电的波形	145
第 5 章 万能电桥和毫伏表	149
5.1 万能电桥	149
5.1.1 万能电桥简介	149
5.1.2 ZJ2811C 型数字万能电桥	150
5.1.3 万能电桥测量常用元器件的参数	153
5.2 毫伏表	162
5.2.1 毫伏表简介	162
5.2.2 模拟式毫伏表	169
5.2.3 数字式毫伏表	172
第 6 章 新型电工仪表	175
6.1 高压绝缘电阻测试仪	175
6.1.1 高压绝缘电阻测试仪简介	175
6.1.2 高压绝缘电阻测试仪的常规操作法	177
6.2 回路电阻测试仪	180
6.2.1 回路电阻测试仪简介	180
6.2.2 回路电阻测试仪的常规操作法	182



6.3 双钳口接地电阻测试仪	188
6.3.1 双钳口接地电阻测试仪简介	188
6.3.2 双钳口接地电阻测试仪的常规操作法	192
6.4 氧化锌避雷器测试仪	196
6.4.1 氧化锌避雷器测试仪简介	196
6.4.2 氧化锌避雷器测试仪的常规操作法	198
6.5 电缆故障测试仪	202
6.5.1 电缆故障测试仪简介	202
6.5.2 电缆故障测试仪的常规操作法	209
6.6 红外测温仪	223
6.6.1 红外测温仪简介	223
6.6.2 红外测温仪的常规操作法	224

第 1 章

电工仪表基础知识

电工在进行电气线路调试和用电设备的安装、使用及维修过程中,常需要借助电工仪表对电气设备及元器件进行一些必要的检测。电工仪表在对整个电气系统的检测、监视和控制等方面都起着十分重要的作用,本章主要介绍电工仪表的一些基础知识。

1.1 电工仪表的分类

1.1.1 电工仪表的分类方法

在电工测量过程中,用于测量各种电量、磁量及电路参数的仪器仪表统称为电工仪表。我们常见的电工仪表有绝缘电阻表、万用表、电流表、示波器、互感器、万能电桥、毫伏表等。

电工仪表的种类很多,其分类方法见表1.1。

表1.1 电工仪表的分类

分类方法	种 类	说 明
根据工作原理分类	电磁式、磁电式、电动式、感应式、整流式、热电式、静电式、电子式等	—
根据被测量物理量性质分类	电流表、电压表、功率表、欧姆表、电能表、功率因数表、频率表、万用表等	—
根据使用方式分类	开关板式、可携式	开关板式仪表通常固定在开关板或配电盘上,误差较大;可携式仪表一般误差较小,准确度高
根据工作电流分类	直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表	—



续表1.1

分类方法	种 类	说 明
根据结构和用途分类	指示仪表、比较仪表、数字仪表、智能仪表	—
根据误差等级分类	0.1级、0.2级、0.5级、1.0级、1.5级、2.5级、5.0级	—
根据使用环境分类	A、B、C三组	A、B两组用于室内；C组用于室外或船舶、飞机、车辆上
根据防御能力分类	I、II、III、IV四级	I级的防御能力最好；IV级的防御能力最差

1.1.2 电工仪表根据结构和用途分类

1. 指示仪表

指示仪表是直读式仪表，测量时通过指针偏转，可将被测量的物理量直接读出，如指针式电压表、电流表、功率表、万用表等。

(1) 指示仪表的特点。

能将被测物理量转换为仪表可动部分的机械偏转角，并通过指示器直接指示出被测物理量的大小，故又称为直读式仪表。

(2) 典型的指示仪表。

典型的指示仪表有安装式仪表和便携式仪表，如图1.1所示。

(3) 常用指示仪表的应用范围。

常用指示仪表的应用范围见表1.2。

2. 比较仪表

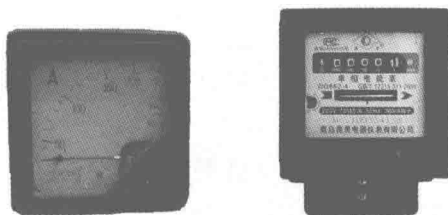
比较仪表本身带有标准量，将其与同类被测量物理量进行比较。

(1) 比较仪表的特点。

在测量过程中，通过被测量物理量与同类标准量进行比较，然后根据比较结果确定被测量物理量的大小。

(2) 比较仪表的分类。

比较仪表分为直流比较仪表和交流比较仪表。直流电桥和电位差计属于直流比较仪表，交流电桥属于交流比较仪表。



(a) 安装式仪表



(b) 便携式仪表

图1.1 安装式仪表和便携式仪表

表1.2 常用指示仪表的应用范围

名 称	最高 准备度 等级	测量范围		消耗 功率	过载 能力	制成仪表 类型	应用范围
		电流/A	电压/V				
磁电系	0.1	$10^{-11} \sim 10^{-2}$	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$<100\text{mW}$	小	A、V、 n、Mn检流 计钳形表	直流电表, 可与 多种变换器配合扩 大使用范围, 可用 作比率表
电磁系	0.1	$10^{-3} \sim 10^2$	$1 \sim 10^3$	较磁电 系大, 略小 于电动系	大	A、V、Hz、 $\cos \phi$ 同步 表, 钳形表	用于50Hz~5kHz 安装式电表及一般 实验室用交(直)流表
电动系	0.1	$10^{-3} \sim 10^2$	$1 \sim 10^3$	较大	小	A、V、W、 Hz、 $\cos \phi$ 同 步表	用于50Hz~ 10kHz, 作交 (直)流标准表及 一般实验室用表
铁磁 电动系	0.2	$10^{-3} \sim 10^2$	$10^{-1} \sim 10^3$	较小	小	A、V、W、 Hz、 $\cos \phi$	用于工频, 主要 用作安装式电表
感应系	0.5	$10^{-1} \sim 10^2$	$10^{-3} \sim 10^3$	较小	大	A、V、 W、lh、主要 用于电能表	用于工频, 测量 交流电路中电能
整流系	1.0	$10^{-5} \sim 10^1$	$5 \times 10^{-3} \sim$ 5×10^2	小	小	A、V、 n、 $\cos \phi$ 、 lh、万用表	用作万用表, 频 率为50Hz~5kHz



3. 数字仪表

把被测量物理量转化为数字量并以数字形式显示出来的仪表称为数字仪表。

数字仪表以数字的形式显示被测量物理量，由于读数直观、方便、没有视觉误差等优点，因而发展很快。数字仪表一般包括用标度盘和指针指示电量，以电磁力为基础的包括测量线路，模数转换和数字显示三部分。

(1) 数字仪表的特点。

采用数字测量技术，并以数字的形式直接显示出被测量物理量的大小。

(2) 数字仪表的分类。

常用的数字仪表有数字电压表、数字万用表、数字频率表等。

4. 智能仪表

智能仪表以微型计算机（单片机）为主体，将计算机技术和检测技术有机结合，不仅能解决传统仪表不易或不能解决的问题，还能简化仪表电路，提高仪表的可靠性，更容易实现高精度、高性能、多功能的目的。

智能仪表和智能传感器一般用在现场总线系统中，仪表和传感器内部嵌入通信模块和控制模块，可以完成数据采集，数据处理和数据通信等功能。

(1) 智能仪表的特点。

利用微处理器的控制和计算功能，智能仪器可实现近程控制、记忆、自动校正、自诊断故障、数据处理和分析运算等功能。

(2) 智能仪表的分类。

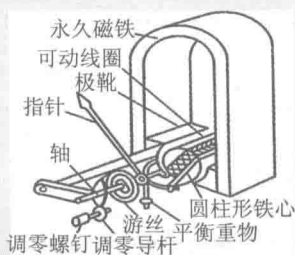
智能仪表一般分为两大类：一类是带微处理器的智能仪器；另一类是自动测试系统。



提示

常用电工仪表主要由面板、测量机构和测量电路（简单仪表无）等组成。

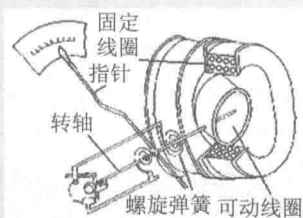
常用的磁电式、电磁式、电动式三种模拟式指示仪表，这些仪表的结构虽然不同，如图1.2所示，但它们的基本原理是相同的，都是利用电磁现象使仪表的可动部分受到电磁转矩的作用而转动，并带动指针偏转来指示被测量物理量的大小。



(a) 磁电式仪表测量机构



(b) 电磁式仪表测量机构



(c) 电动式仪表测量机构

图1.2 指针式电工仪表的测量机构

1.2 电工仪表的常用标志

不同的电工仪表具有不同的技术特性，为了方便选择和使用仪表，规定用不同的符号来表示这些技术特性，并标注在仪表的面板上，这些图形符号就是电工仪表的标志。



1.2.1 表示测量单位的符号

1. 常用物理量单位的符号 (见表1.3)

表1.3 常用物理量单位的符号

物理量	名称	符号	物理量	名称	符号
电流	千安	kA	频率	兆赫	MHz
	安培	A		千赫	kHz
	毫安	mA		赫兹	Hz
	微安	μA	电阻	兆欧	$\text{M}\Omega$
电压	千伏	kV	电阻	千欧	$\text{k}\Omega$
	伏	V		欧姆	Ω
	毫伏	mV		毫欧	$\text{m}\Omega$
	微伏	μV	功率因数	(无单位)	—
功率	兆瓦	MW	无功功率因数	(无单位)	—
	千瓦	kW	电容	法拉	F
	瓦特	W		微法	μF
无功功率	兆乏	Mvar		皮法	pF
	千乏	kvar	电感	亨	H
	乏	var		毫亨	mH
相位	度	°			

2. 常用电工仪表的单位及仪表符号 (见表1.4)

表1.4 常用电工仪表的单位及仪表符号

被测物理量	仪表名称	单位名称	仪表符号
电流	电流表 (安培表/毫安表/微安表)	安培、毫安、微安	A mA μA
电压	电压表 (伏特表/千伏表/毫伏表)	伏特、千伏、毫伏	V kV mV
电功率	功率表 (瓦特表/千瓦表)	瓦特、千瓦	W kW
电能	电能表 (电度表)	千瓦小时	$\text{kW} \cdot \text{h}$
电阻	欧姆表 (欧姆表/兆欧表)	欧姆、千欧、兆欧	Ω $\text{M}\Omega$



1.2.2 仪表盘上的常用符号

图1.3所示为1T1-A型交流电流表的仪表盘，表盘左下角符号：1为电流种类符号，~为交流；2是仪表工作原理符号，图示符号为电磁式；3为防外磁场等级符号，图示为Ⅲ级；4是绝缘强度等级符号，图示为Ⅲ级；5表示B组仪表，用于室内；6为工作位置符号，“⊥”表示盘面应位于与地面垂直方向；7是仪表精确度等级，图示为1.5。

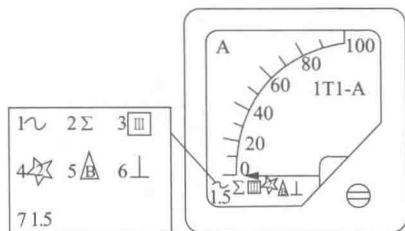


图1.3 1T1-A型交流电流表

2kV；5表示B组仪表，用于室内；6为工作位置符号，“⊥”表示盘面应位于与地面垂直方向；7是仪表精确度等级，图示为1.5。

图1.4所示为59C2-V直流电压表仪表盘，在直流电压表的右下角，从左向右看，“—”表示直流；“□”为仪表工作原理符号，表示该表为磁电式仪表；“1.5”表示该仪表精确度等级为1.5级；“⊥”表示使用时盘面垂直向上放置；“☆”为绝缘强度等级，表示该仪表绝缘强度试验电压为2kV；“Ⅱ”为防外磁场符号，表示该表防Ⅱ级外磁场；“△”表示B级仪表，用于室内。

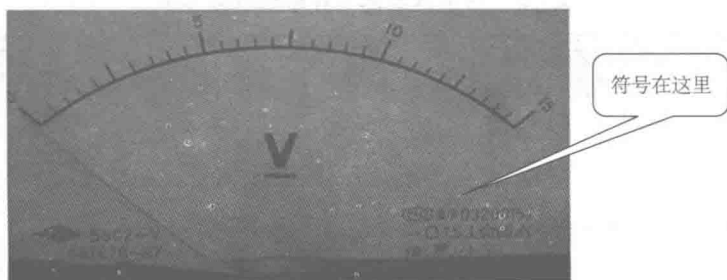


图1.4 59C2-V直流电压表

1. 表示工作原理的符号

常用电工指针式仪表中表示工作原理的符号见表1.5。



表1.5 常用电工指针式仪表表示工作原理的符号

仪表类型	符 号	字母代号	可测物理量
磁电式		C	直流电压、电流、电阻
电磁式		T	直流或交流电压、电流
电动式		D	直流或交流电压、电流、电功率、电能
感应式		G	交流电量
整流式		L	交流电流、电压
外附定值 附加电阻器		—	附加电阻器7.5mA
外附定值 分流器		—	定值分流器45mV

2. 仪表盘上的其他符号

仪表盘面板上其他符号的含义见表1.6。

表1.6 仪表盘面板上其他符号的含义

符 号	含 义	测量 种类	符号 类型	符 号	含 义	符号 类型	
A	安培	电 流	测量 单位 符号	—	直流	电 流 种 类 及 不 同 额 定 值 标 准 符 号	
mA	毫安				交流		
μA	微安				交直流		
kV	千伏	电压		3N 	三相交流		
V	伏			$U_{\max}=1.5U_{\text{H}}$	最大容许电压为额定值的1.5倍		
kW	千瓦	有功 功率		$I_{\max}=2I_{\text{H}}$	最大容许电流为额定值的2倍		
W	瓦			R_4	定值导线		