

袖珍电工知识丛书

电工常用仪表及应用

程逢科 李公静 韩 娱 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

袖珍电工知识丛书

电工常用仪表及应用

程逢科 李公静 韩 娱 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内容提要

本书为《袖珍电工知识丛书》之一，主要内容有：电气测量和电工仪表的基础知识、各类仪表的原理结构、电路参数的测量以及常用仪表的选用等。它可作为从事电气专业的技术人员、技术工人以及社会电工的常备工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工常用仪表及应用/程逢科, 李公静, 韩娱编.
北京: 中国电力出版社, 2005
(袖珍电工知识丛书)
ISBN 7-5083-3424-8

I. 电... II. ①程... ②李... ③韩... III. 电
工仪表 - 基本知识 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 064301 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

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

787 毫米 × 1092 毫米 64 开本 5.75 印张 173 千字

印数 0001—5000 册 定价 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)

前 言

为了方便广大电气工作者查找、学习和使用电工常用仪表，以便提高工效和保证质量。我们编写了这本《电工常用仪表及应用》一书。

本书主要介绍了电工常用仪表的计量单位、计量方式、仪表的种类、各类仪表的原理和结构、电路参数的测量技术以及各类仪表的使用和选用等有关知识。本书内容丰富、数据准确、通俗易懂，适于广大电工在工作中的使用。

本书由国电集团太原第一热电厂李公静和山西电力公司太原供电分公司韩娱编写。其中第一、二、三、七章由李公静编写，第四、五、六章由韩娱编写。全书由全国电力职业教育研究所程逢科策划并统稿。

由于编者水平有限，以及编写时间紧张，不妥之处敬请广大读者批评指正。

编者

2005 年 4 月

目 录

前言

第一章 电工测量	1
第一节 电工的测量工作	1
第二节 计量单位	5
第三节 电工测量的方式与方法	15
第四节 测量误差与误差的消除	17
第二章 电工仪表	21
第一节 仪表的种类和型号	21
第二节 主要技术指标	40
第三节 电工仪表的标识	48
第四节 仪表的误差	53
第五节 电工仪表的选用	57
第三章 各类仪表的原理结构	65
第一节 指示式仪表	65
第二节 比较式仪表	103
第三节 数字式仪表	112
第四节 智能式仪表	120

	第五节 测量器具	123
第四章	电路参数的测量与表计	139
	第一节 电流表与电流的测量	139
	第二节 电压表与电压的测量	161
	第三节 功率表与电功率的测量	171
	第四节 电能表与电能的测量	190
	第五节 相位表、频率表、相序表、相位 伏安表、同步表及应用	210
第五章	电阻电容电感的测量与表计	230
	第一节 电阻的测量与表计	230
	第二节 电容的测量与表计	251
	第三节 电感的测量与表计	256
	第四节 绝缘电阻表与绝缘电 阻的测量	261
	第五节 接地电阻表与接地电 阻的测量	270
第六章	电子仪器与万用表	278
	第一节 信号发生器	278
	第二节 示波器	281
	第三节 电缆故障测试仪	298

第四节	直流系统接地故障测试仪	306
第五节	万用表及应用	310
第七章	非电量仪表	334
第一节	采用电测技术的非电量仪表 ...	334
第二节	非电量仪表的应用	338
附 录		349
附录 I	安装式仪表的形状与分类	349
附录 II	安装式仪表的尺寸系列和安装 (开孔) 尺寸	353

电 工 测 量

第一节 电工的测量工作

一、电工测量的内容

在电气工程中，使用仪表仪器测量各种参数，用于对电路和相关部位进行监视和调整，是一项重要的专业工作。电工经常进行的测量工作主要包括以下四方面的内容：

1. 电路参数的测量

电路参数的测量是对运行中的电路的各种参数进行测量。例如测量电气回路的电流、电压、功率、电能、频率、相位、相序、时间特性等。

2. 电器元件和电气设备电气性能的测量

为了维护电路的正常运行，必要时需对电气回路中使用的各种电器元件、电气设备、电气材料的有关电气性能进行测量。例如对元件或回路的电阻值、电感值、电容值的测量，以及元件的电气特性

的测量（如电流互感器的伏安特性），也包括测量线路和电气设备的绝缘电阻等。

3. 非电量参数的测量

电工工作也要测量一些非电量参数。例如维修电工测量电动机的转速、振动、运行温度；测量电气设备的发热及周围环境温度；测量电气元件的动作次数；测量电气设备（例如高压断路器）的油压、气压（如六氟化硫气体）等。这些非电气量的测量过去一般使用非电测原理（例如机械式振动表、转速表，热工原理的温度表）构成的测量表计，后来随着电子技术的发展，许多非电量的测量采用了电测技术。

4. 磁参数的测量

磁参数测量一般进行的不多，但有时也要测量磁场强度、磁通量、磁材料的性能等。磁参数测量也属于电工测量的范围。

二、电工测量的状态

按测量时设备和电路的状态不同，电工测量工作可分为两种测量状态。

1. 设备运行中测量

只有电路和设备工作时才能进行测量。即对电路和设备的运行参数进行测量。测量的电气参数主

要有电流、电压、功率、电能、频率等。测量的非电气量主要有转速、温度、压力等。

2. 设备退出运行后测量

是在电路不工作状态下和设备退出运行后才能进行的测量。主要是对设备和元件有关参数的测量。例如，用专用表计测量设备的电阻、电感、电容；测量元件和设备的绝缘电阻；测量系统的接地电阻；用交流电桥测量设备的介质损耗等。

有时对某些参数的测量是采用综合测量的方法进行的，例如利用测量回路的电流和电压的方法测量电阻值。但这类测量的基本做法仍然是分别按上述第一类或第二类测量方法进行的。

表 1-1 是电工日常工作可能进行的主要测量内容。

表 1-1 电工工作的主要测量内容

序号	测量类型	被测量参数的名称	测量状态
1	电路参数的测量	交流电流、直流电流	在电路工作时测量
		交流电压、直流电压	
		三相有功功率、三相无功功率、单相电功率	

续表

序号	测量类型	被测量参数的名称	测量状态
1	电路参数的测量	三相有功电能（用电量）、三相无功电能、单相电能	在电路工作时测量
		交流电的频率、相位、相序	
		电路的时间特性	
2	元件和设备的电气性能的测量	电阻值、电感值、电容值	一般在电路不工作时测量
		绝缘电阻、接地电阻	
		交流阻抗、介质损耗	
		空载特性、负载特性、伏安特性	
3	非电气量的测量	发电机电动机转速	在设备工作时测量
		发电机电动机振动	
		发电机电动机运行温度	
		电气设备运行温度	
		设备环境温度	
		压力（油压、气压）	
4	磁参数测量	磁通量	
		磁场强度	
		磁材料特性	

4 电工常用仪表及应用

第二节 计 量 单 位

一、法定计量单位

与所有测量工作一样，电气测量必须采用符合国家规定的相关计量单位，绝不能采用已淘汰的或不规范的计量单位。法定计量单位就是国家以法令的形式颁布的全国统一必须采用的计量单位。电气测量工作使用较多的法定计量单位有以下部分。

1. 国际单位制的基本单位和辅助单位

国际单位制是国际通用的单位制，简称为 SI。国际单位制有 7 个基本单位和 2 个辅助单位，国际单位制的基本单位的名称和符号见表 1-2，国际单位制的辅助单位的名称与符号见表 1-3。国际单位制的每一个基本单位和辅助单位所表示的意义在相关规定中都有明确的定义，使用国际单位制必须符合其定义。

表 1-2 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s

续表

量的名称	单位名称	单位符号
电流	安 [培]	A
热力学温度	开 [尔文]	K
物质的量	摩 [尔]	mol
发光强度	坎 [德拉]	cd

表 1-3 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

2. 国际单位制中具有专门名称的导出单位

除上述基本单位和辅助单位外，国际单位制中还使用具有专门名称的国际单位制导出单位，表 1-4 列出了其中与电工测量有关的部分。

**表 1-4 国际单位制中具有专门名称的导出单位
(与电工测量相关部分)**

量的名称	国际单位制 (SI) 导出单位		
	名称	符号	用 SI 单位表示式
频率	赫 [兹]	Hz	—
力, 重力	牛 [顿]	N	—

续表

量的名称	国际单位制 (SI) 导出单位		
	名称	符号	用 SI 单位表示式
压力, 压强, 应力	帕 [斯卡]	Pa	N/m^2
能 [量], 功, 热量	焦 [耳]	J	$\text{N}\cdot\text{m}$
功率, 辐 [射能] 通量	瓦 [特]	W	J/s
电荷 [量]	库 [仑]	C	—
电压, 电动势, 电位, (电势)	伏 [特]	V	W/A
电容	法 [拉]	F	C/V
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A
电导	西 [门子]	S	A/V
磁通 [量]	韦 [伯]	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$
磁通 [量] 密度, 磁感 应强度	特 [斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨 [利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	—
光通量	流 [明]	lm	—
[光] 照度	勒 [克斯]	lx	lm/m^2

3. 国家选定的非国际单位制单位

在法定计量单位中除国际单位制单位外，还选用了一部分非国际单位制的单位。国家选定的非国际单位制单位见表 1-5。

表 1-5 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号
时间	分	min
	[小] 时	h
	天 (日)	d
平面角	[角] 秒	($''$)
	[角] 分	($'$)
	度	($^{\circ}$)
旋转速度	转每分	r/min
长度	海里	nmile
速度	节	kn
质量	吨	t
	原子质量单位	u
体积, 容积	升	L, (l)
能	电子伏	eV
级差	分贝	dB
线密度	特 [克斯]	tex

4. 由以上单位构成的组合形式的单位

5. 由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位

用于构成十进倍数和分数单位的词头名称和符号及表示的因数见表 1-6。

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

二、电工测量常用的计量单位

由于测量参数的大小不同，测量工作中不同的计量单位使用的频率也不同，有的计量单位使用频率很高，有的计量单位则很少使用。表 1-7 列出了电工测量工作中使用较多的计量单位。

表 1-7 电工测量中使用较多的计量单位

被测量名称	计量单位名称	单位符号
电流	千安	kA
	安	A
	毫安	mA
	微安	μA
电压	千伏	kV
	伏	V
	毫伏	mV
有功功率	兆瓦	MW
	千瓦	kW
	瓦	W
无功功率	兆乏	Mvar
	千乏	kvar
	乏	var