

电工常用仪器 仪表使用修理

陈家斌 编著



DIANGONG
CHANGYONG
YIQI YIBIAO
SHI YONG
XIOULI

河南科学技术出版社

电工常用仪器仪表使用修理

陈家斌 编著

河南科学技术出版社

豫新登字 02 号

内 容 提 要

本书从电工实际需要出发,选择了十几种常用仪器仪表,介绍其结构原理,使用维护及修理等方面的内容。全书包括:测量仪表的基础知识,电工常用仪表及选择,仪表的修理,万用表,兆欧表,接地电阻测试仪,钳型表,直流电桥,交流电桥等。本书在编写中力求通俗易懂,深入浅出,理论联系实际,内容实用,方便读者查阅。可供从事电气工作人员参考使用。

电工常用仪器仪表使用与修理

陈家斌 编著

责任编辑 吴润燕

河南科学技术出版社出版发行

(郑州市农业路73号)

河南省郑州市胜岗印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 14印张351,000字

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

印数:1—5,000册

ISBN7—5349—1339—X/T·281

定 价:9.80元

前 言

随着电力事业的迅速发展,要确保电气设备安全、经济、可靠地运行,广大的电力职工必须不断地提高运行、维护、修理、试验等方面的业务素质。而维护、修理、试验须借助一些测量仪器仪表来完成。为此电气工作人员必须首先熟练掌握各种仪器仪表的结构原理、使用方法以及维护修理等方面的知识。在工作中,许多电气工作人员希望自己对一些常用仪器仪表的常见故障能够维护修理,一来减轻修理部门的负担,二来免去送修带来的费工费钱的麻烦。为了方便广大电气人员的工作,我们组织编写了这本《电工常用仪器仪表使用修理》一书。

电气测量仪器仪表近年来随着电力工业和电子技术的发展也得到飞快的发展,仪表从模拟式表发展到数字式表,并出现了智能式仪表。由于电气仪表种类、型号繁多,本书不能一一收编,为了突出重点,仅收编了电工常用的万用表、兆欧表、交直流电桥等十几种仪器仪表,以此来满足电气工作人员的正常工作需要。

本书在编写过程中,电力系统的一些工程技术人员和第一线工人师傅提供了许多宝贵意见,一些厂家也提供了大量资料。在此对那些在编写及出版过程中曾给予热情帮助、支持和关心的同志和厂家表示衷心感谢!

由于编者水平有限,经验不足,书中定有不妥之处,恳请读者批评指正。

本书编著人员有: 陈家斌 高振声 齐立新
李守仁 李国生 任义全
吴金现 周振山 胡清水
栗重新

编 者

1992年10月

目 录

第一章 电气测量仪表基础知识	(1)
第一节 法定计量单位简介.....	(1)
第二节 电测量的分类.....	(6)
一、测量的概念.....	(6)
二、测量的分类.....	(6)
第三节 仪表的符号和型号.....	(7)
一、仪表的符号.....	(7)
二、仪表的型号.....	(8)
第四节 误差及基本误差的表示方法.....	(8)
一、测量误差的分类.....	(8)
二、误差的表示方法.....	(12)
三、基本误差及其表示方法.....	(12)
第二章 常用电工测量仪表原理及选择	(15)
第一节 电工仪表的分类及构成.....	(15)
一、分类.....	(15)
二、构成.....	(16)
第二节 电工指示仪表的主要技术性能.....	(19)
一、准确度.....	(19)
二、稳定性.....	(20)
三、灵敏度和分辨力.....	(20)
四、可靠性.....	(20)
五、使用性能.....	(20)
六、仪表阻尼时间.....	(21)
七、仪表消耗功率.....	(21)
八、仪表的绝缘强度.....	(21)
九、仪表的过载能力.....	(21)
十、良好的读数装置.....	(21)
第三节 磁电系仪表.....	(21)

一、结构	(21)
二、工作原理	(22)
三、磁电系仪表的主要技术性能	(23)
第四节 电磁系仪表	(24)
一、吸引型测量机构	(24)
二、排斥型测量机构	(24)
三、排斥—吸引型电磁系仪表	(25)
四、电磁系仪表防御外磁场影响的措施	(25)
五、电磁系仪表的主要性能特点	(26)
第五节 电动系仪表	(27)
一、结构	(27)
二、工作原理	(27)
三、电动系仪表的技术性能	(29)
第六节 整流系仪表	(29)
一、整流系仪表的结构和工作原理	(29)
二、整流系仪表的主要技术性能	(30)
第七节 电子仪表	(30)
一、电子仪表概述	(30)
二、电子仪器仪表的分类	(31)
三、电子仪器仪表的性能	(32)
第八节 数字仪表	(33)
一、结构原理	(33)
二、数字仪表的特点	(34)
三、数字仪表的分类及技术指标	(34)
第九节 仪表的选择	(35)
一、仪表类型的选择	(36)
二、准确度的选择	(36)
三、仪表量程的选择	(37)
四、仪表内阻的选择	(37)
五、仪表工作条件的选择	(38)
第十节 仪表的保管	(38)
一、仪表仪器库存条件	(39)
二、仪表仪器的保管	(39)

第三章 仪表仪器的修理	(10)
第一节 检修仪表的工具设备及常用材料	(10)
一、检修场所的一般要求	(10)
二、常用的检修工具和设备	(10)
三、常用电工材料和金属材料	(13)
四、电工仪表零部件的材料	(14)
第二节 电工仪表的修理	(17)
一、修理前的故障检查	(17)
二、仪表的小修	(18)
三、测量机构的修理	(19)
四、简单零部件的修理	(51)
五、检修注意事项	(52)
第三节 轴尖、轴承的修理	(53)
一、轴尖的结构与质量要求	(53)
二、轴尖的修磨	(54)
三、轴尖的质量检查	(56)
四、特殊尺寸轴尖的配制	(56)
五、轴承及轴承组件的修理	(56)
第四节 游丝、张丝的应用	(59)
一、锡锌青铜游丝的主要技术数据	(59)
二、游丝失效与配换	(62)
三、张丝的性能和技术数据	(63)
四、张丝的配换方法	(70)
第五节 线圈绕制	(72)
一、磁电系仪表有框架动圈的绕制	(72)
二、磁电系仪表无框架动圈的绕制	(72)
三、硅橡胶模的制法和动圈环氧树脂固化	(73)
四、电磁系仪表线圈的加工绕制	(74)
五、电动系仪表线圈的绕制	(74)
第六节 标度尺的修理	(75)
一、铝表面喷漆	(75)
二、文字及符号的晒印	(76)
三、标尺分度线的刻制	(76)

四、玻璃指针尖的配制	(77)
第七节 充磁装置与充磁	(78)
一、充磁机的结构	(78)
二、充磁	(78)
第八节 测量仪表的改装	(80)
一、电流表的改装	(80)
二、电压表的改装	(81)
第九节 电工仪表故障修理	(84)
一、磁电系仪表的常见故障及修理	(84)
二、电磁系仪表的常见故障及修理	(85)
三、电动系仪表的常见故障及修理	(86)
四、铁磁电动系仪表的常见故障及修理	(86)
第十节 检修电子仪器的步骤及方法	(88)
一、检修的一般步骤	(88)
二、检修电子仪器的一般方法	(90)
第十一节 电子仪器的故障检修	(92)
一、电子管的检查	(92)
二、晶体管及集成电路的检查	(93)
三、变压器、扼流圈的检查	(93)
四、电阻的检查	(94)
五、电容器的检查	(95)
六、振荡回路的检查	(95)
七、装配质量的检查	(96)
八、电子仪器的一般故障	(96)
第四章 万用表	(99)
第一节 万用表的结构	(99)
一、表头	(99)
二、测量线路	(99)
三、转换开关	(99)
第二节 500型万用表	(101)
一、直流电流测量电路	(101)
二、直流电压测量电路	(103)
三、交流电压测量电路	(103)

四、直流电阻测量电路.....	(105)
第三节 万用表的正确使用.....	(105)
一、插孔(或接线柱)选择.....	(105)
二、位置选择.....	(105)
三、量限选择.....	(114)
四、正确读数.....	(114)
五、欧姆档的正确使用.....	(114)
六、注意操作安全.....	(115)
第四节 测量电路的修理与调试.....	(115)
一、修理前的鉴定和技术准备.....	(115)
二、电路故障的排除.....	(116)
三、测量电路的调整.....	(121)
第五节 数字式万用表.....	(126)
一、PF-32型数字万用表的主要技术指标.....	(126)
二、PF-32型数字万用表的结构原理.....	(126)
三、使用注意事项.....	(129)
四、常见故障修理.....	(129)
第五章 兆欧表.....	(130)
第一节 兆欧表的分类及主要技术特性.....	(130)
一、分类.....	(130)
二、主要技术特性.....	(130)
第二节 兆欧表的结构原理.....	(132)
一、磁电系流比计式测量机构.....	(132)
二、磁电系仪表测量绝缘电阻存在的问题.....	(134)
三、“非线性”磁电系测量机构.....	(134)
第三节 兆欧表的正确使用.....	(136)
一、兆欧表的选择.....	(136)
二、测量前的准备.....	(136)
三、兆欧表在测试前的准备.....	(137)
四、接线.....	(137)
五、测量.....	(138)
六、拆线.....	(138)
第四节 兆欧表测量机构的修理.....	(138)

一、常见故障·····	(138)
二、检查与修理·····	(138)
三、平衡调整·····	(141)
第五节 兆欧表的电源及其修理·····	(141)
一、手摇直流发电机的工作原理和结构·····	(141)
二、转子线圈式发电机工作原理和结构·····	(142)
三、转子磁铁式发电机工作原理·····	(143)
四、发电机的修理·····	(143)
五、直流电压变换器·····	(146)
第六节 测量线路的误差调整·····	(149)
一、回路电阻的检查·····	(149)
二、回路误差调整·····	(151)
第七节 兆欧表的校验·····	(151)
一、兆欧表的一般技术要求·····	(151)
二、兆欧表的校验·····	(152)
第六章 接地电阻测试仪·····	(155)
第一节 接地电阻的测量方法·····	(155)
一、对接地电阻的要求·····	(155)
二、测量接地电阻的原理·····	(156)
三、接地电阻的测量·····	(157)
第二节 接地电阻测量仪的结构及工作原理·····	(158)
一、接地电阻测量仪的主要技术数据·····	(158)
二、电位计式接地电阻测量仪·····	(158)
三、流比计式接地电阻测量仪·····	(159)
第三节 接地电阻测量仪的使用和维护·····	(161)
一、ZC-8型接地电阻测量仪的使用维护·····	(161)
二、MC-8型接地电阻测量仪的使用维护·····	(162)
三、ZC-8型接地电阻测量仪的故障维修·····	(163)
四、ZC-8型接地电阻测量仪的技术参数·····	(164)
第四节 接地电阻测量仪的检验·····	(161)
第七章 钳形电表·····	(165)
第一节 钳形电流表的结构与工作原理·····	(165)
一、穿心式电流互感器·····	(165)

二、钳形电流表的工作原理·····	(165)
第二节 钳形表的使用与维修·····	(167)
一、主要技术数据·····	(167)
二、MG ₁₁ -V.A.W型钳形表的使用·····	(168)
三、钳形表使用注意事项·····	(169)
四、钳形表的故障修理·····	(169)
五、钳形表的检验·····	(170)
第八章 直流电桥 ·····	(171)
第一节 直流电桥的分类及主要技术要求·····	(171)
一、分类·····	(171)
二、直流电桥的主要技术要求·····	(172)
三、直流电桥的技术性能·····	(173)
第二节 直流单臂电桥·····	(174)
一、基本原理·····	(174)
二、QJ23型直流单电桥·····	(176)
三、单臂电桥的正确使用·····	(176)
四、单臂电桥常见故障及修理·····	(177)
五、直流电桥的维护·····	(177)
第三节 直流双臂电桥·····	(180)
一、工作原理·····	(180)
二、QJ103型双臂电桥·····	(181)
三、QJ44型双臂电桥·····	(182)
四、使用双臂电桥注意事项·····	(182)
五、双电桥常见故障及修理·····	(183)
第四节 单、双臂电桥·····	(185)
一、结构·····	(185)
二、使用方法·····	(185)
三、调整修理·····	(185)
第五节 便携式单双臂电桥的检定·····	(187)
一、直流电桥检定内容·····	(187)
二、直流电桥误差检定方法·····	(189)
三、直流电桥检定要求·····	(190)
四、便携式电桥整体检定的程序·····	(191)

第九章 交流电桥	(192)
第一节 交流电桥结构原理	(192)
一、概述.....	(129)
二、交流电桥的基本原理.....	(192)
第二节 QS18A 型万能电桥	(193)
一、结构及主要技术性能.....	(193)
二、电容测量.....	(196)
三、电感测量.....	(197)
四、电阻测量.....	(198)
五、万用阻抗电桥的使用.....	(199)
六、万用阻抗电桥的检修.....	(200)
第三节 变压比电桥	(202)
一、变压器电桥的基本原理.....	(202)
二、变比电桥的工作原理.....	(203)
三、QJ35 型变压比电桥	(204)
四、QJ35 型变压比电桥的使用方法	(204)
五、使用 QJ35 型变压比电桥注意事项	(207)
第四节 介质损耗测定仪	(208)
一、西林电桥工作原理.....	(208)
二、QS3 型高压电桥结构原理	(209)
三、QS3 型高压电桥的使用方法	(211)
四、QS3 型高压电桥使用注意事项	(212)

第一章 电气测量仪表基础知识

第一节 法定计量单位简介

法定计量单位就是政府以法令的形式明确规定要在全中国采用的计量单位。1984年2月27日国务院发布了《关于我国统一实行法定计量单位的命令》，确定了以国际单位制单位(简称SI)为基础的我国法定计量单位。电工测量与计量单位有极为密切的关系，以下对法定计量单位的内容和换算作一介绍。

我国的法定计量单位(以下简称法定单位)，包括以下几方面的内容：

- (1)国际单位制的基本单位，见表1-1；
- (2)国际单位制的辅助单位，见表1-2；
- (3)国际单位制中具有专门名称的导出单位，见表1-3；
- (4)国家选定的非国际单位制单位，见表1-4；
- (5)由以上单位构成的组合形式的单位；
- (6)由词头和以上单位所构成的十进倍数和分数单位的词头，见表1-5。

表1-1 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(公斤)	kg
时间	秒	s
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1-2 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

表 1-3 具有专门名称的国际单位制导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
频率	赫〔兹〕	Hz	S^{-1}
力、重力	牛〔顿〕	N	$kg \cdot m/s^2$
压力、压强、应力	帕〔斯卡〕	Pa	N/m^2
能量、功、热	焦〔耳〕	J	$N \cdot m$
功率、辐射通量	瓦〔特〕	W	J/S
电荷量	库〔仑〕	C	$A \cdot S$
电位、电压、电动势	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	$V \cdot S$
磁通量密度	特〔斯拉〕	T	wb/m^2
磁感应强度			
电 感	亨〔利〕	H	wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流〔明〕	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒〔克斯〕	lx	lm/m^2
〔放射性〕活度	贝可〔勒尔〕	Bq	S^{-1}
吸收剂量	戈〔瑞〕	Gy	J/kg
剂量当量	希〔沃特〕	Sv	J/kg

表 1-4 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	换算关系和说明
时间	分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	〔小〕时	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
	天〔日〕	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$
〔平面〕角	〔角〕秒	($''$)	$1'' = (\pi/648000) \text{ rad}$
	〔角〕分	($'$)	(n 为圆周率) $1' = 60'' = (\pi/10800) \text{ rad}$
	度	($^{\circ}$)	$1^{\circ} = 60' = (\pi/180) \text{ rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1 \text{ r/min} = (1/60) \text{ s}^{-1}$
长度	海里	nmile	$1 \text{ nmile} = 1852 \text{ m}$ (只用于航行)
速度	节	kn	$1 \text{ kn} = 1 \text{ nmile/h}$ $= (1852/3600) \text{ m/s}$ (只用于航行)

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
质量	吨	t	$1t = 10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1u = 1.6605655 \times 10^{-27}\text{kg}$
体积、容积	升	L, (l)	$1L = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特(克斯)	tex	$1\text{tex} = 1\text{g/km}$

表 1-5 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

注:1. 周、月、年(年的符号为 a),为一般常用时间单位。

2. □内的字是在不致混淆的情况下,可以省略的字。

3. ()内的字为前者的同义语。

4. 角度单位度、分、秒的符号不处于数字后面时,用括弧。

5. 升的符号用小写字母, l 为备用符号。

6. r 为“转”的符号。

7. 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。

8. 公里是千米的俗称,符号为 km。

9. 10^4 称为万, 10^8 称为亿, 10^{12} 称为万亿,这类数词的使用不受词头名称的影响,但不应与词头混淆。

采用了法定计量单位后,废除了很多旧的单位。现将法定计量单位中与本书有关的常用单位换算列于表 1-6 中。

表 1—6 常用法定计量单位及其换算

量的名称	法定单位		废除单位		与SI单位的 换算或说明
	名称	符号	名称	符号	
电流	安〔培〕	A	吉伯	Gb	SI基本单位 $1Gb=0.795775A$
电容	法〔拉〕	F			SI导出单位, C/V
	微法〔拉〕	μF		mf, mF, μ	$1\mu F=10^{-6}F$
	皮〔可〕法	PF		$\mu\mu F$	$1\mu\mu F=10^{-12}F=1PF$
电阻	欧〔姆〕	Ω			SI导出单位, V/A
	千欧〔姆〕	k Ω		k, k	$1k\Omega=1000\Omega=10^3\Omega$
频率	赫〔兹〕	Hz	周	C, kC, MC	SI导出单位, S^{-1}
磁通量	韦〔伯〕	Wb			SI导出单位, V·S
			麦克斯韦	Mx	$1Mx\approx 10^{-8}Wb$
磁通量密度 磁感应强度	特〔斯拉〕	T			SI导出单位, Wb/m ²
			高斯	G, GS	$1GS=10^{-4}T$
磁场强度	安〔培〕每米	A/m			SI导出单位
			奥斯特	Oe	$1Oe\approx (1000/4\pi)A/m$
温度	开〔尔文〕	K			SI导出单位
	摄氏温度	$^{\circ}C$			SI导出单位。当表示温度间隔或 温差时: $1^{\circ}C=1K$ $1^{\circ}F=0.555556K$
			华氏度	$^{\circ}F$	
质量	千克〔公斤〕	kg		kg, kG, kGS	SI基本单位
	吨	t	公吨	T	非SI的法定单位 $1t=1000kg$
	克	g		G, gr, gm, gs	g=SI导出单位 $1/1000kg$
力、重力	牛〔顿〕	N	千克力	kgf	SI导出单位 $1kgf=9.80665N$
			吨力	kgf tf	$1tf=9806.65N$ $=9.80665kN$
压力、压强、应力	帕〔斯卡〕	Pa	千克力 每平方米	kgf/cm ²	SI导出单位, N/m ² $1kgf/cm^2$ $=9.80665\times 10^4$ $Pa=0.0980665MPa$
			千克力 每平方毫米	kgf/mm ²	$1kgf/mm^2$ $=9.80665\times 10^6Pa$ $=9.80665MPa$

量的名称	法定单位		废除单位		与SI单位的 换算或说明
	名称	符号	名称	符号	
			毫米汞柱 毫米水柱 标准大气压 工程大气压	mmHg mmH ₂ O atn at	1mmHg=133.322Pa 1mmH ₂ O=9.80665Pa 1atn=101325Pa 1at=98066.5Pa
能、功、热	焦〔耳〕 千瓦小时	J kw·h	千克力米 升工程大气压 升标准大气压	Jab kgf·m L·at L·atm	SI导出单位。N·m 1kw·h=3.6×10 ⁶ J 1kgf·m=9.80665J 1L·at=98.0665J 1L·atm=101.325J
功率	瓦〔特〕 千瓦	W kW	千瓦 千克力米每秒 米制马力 电工马力	kW kgf·m/s 马力、PS	SI导出单位。J/s 1千瓦=1kW=1000W 1kgf·m/s=9.80665W 1米制马力=75kg·m/s=735.499W 1电工马力=746W
级差	分贝	dB		db	非SI的法定单位 无量纲量
热导率 (导热系数)	瓦〔特〕每 米开〔尔文〕	W/(m·K)	卡每厘米秒开 〔尔文〕	cal/(cm·s·K)	SI导出单位 1cal/(cm·s·K)=4.1868×10W/(m·K)
长度	米 分米 厘米 毫米 微米 纳米 千米、公里	m dm cm mm μm nm km	公尺 公寸 公分米厘 公厘 公微 毫微米	M MM、M/M、m/m μ、μM、mμ mμm kM、kMS	SI基本单位 1dm=1/10m 1cm=1/100m 1mm=1/1000m 1μm=1/1000mm 1nm=10 ⁻⁶ mm 公里为我国习用法定单位 1公里=1000m
体积	立方米 升 毫升	m ³ L、(l) mL	公升、立升	CC、C·C	SI导出单位 非SI的法定单位 1L=1dm ³ =10 ⁻³ m ³ SI导出单位 1cc=1cm ³ =10 ⁻³ L