

电工应该这样学

电工应用

君兰工作室 编
黄海平 审校

• 畅销书作者最新作品 •



科学出版社

www.sciencep.com

电工应该这样学

电 工 应 用

君兰工作室 编

黄海平 审校

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是“电工应该这样学”丛书之一,本书共分8章,内容包括:电工测试的基本技术,电气设备的测试技术,电气设备的测量技术,有关环境的测试技术,电动机的使用及检修技术,变频器的使用及检修技术,变电、配电设备的检测技术,配电、受电设备的检修技术等。

本书内容丰富,形式新颖,配有大量的插图帮助讲解,实用性强,易学易用,具有较高的参考阅读价值。

本书适合广大初级、中级电工人员,电气设备测试人员,电气设备维修人员,电气设备安装人员,电气工程技术人员,电工爱好者,电子爱好者阅读,也可供工科院校相关专业师生阅读,还可供岗前培训人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电工应用/君兰工作室编;黄海平审校. —北京:科学出版社,2010.6
(电工应该这样学/王兰君主编)

ISBN 978-7-03-027717-6

I. 电… II. ①君…②黄… III. 电工-基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 094966 号

责任编辑:孙力维 杨 凯/责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:郝恩誉

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>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年6月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2010年6月第一次印刷 印张:13 1/4

印数:1—5 000 字数:410 000

定 价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

为了帮助广大电工人员较快、较好地掌握电气设备的测量、测试、检修、维护等实际应用技能,我们编写了这本《电工应用》。希望读者通过阅读本书能活学活用其中的知识,增强自己的实际工作技能。

本书重点编写与电气设备有关的测试、试验、检修、维护技能,以及电气故障的应急处理等经验技巧,包括电工测试的基本技术,电气设备的测试技术,电气设备的测量技术,有关环境的测试技术,电动机的使用及检修技术,变频器的使用及检修技术,变电、配电设备的检测技术,配电、受电设备的检修等。

书中在许多章节还配有大量现场实景照片,实现手把手教学电工技术的效果,让读者理论联系实际,学到更多可以快速实际应用的技术与技能。

本书高度图解,数量极为丰富的插图,使得本书图文并茂,直观易懂,有较强的实用性和可操作性。

本书适合广大初级、中级电工人员,电气设备测试人员,电气设备维修人员,电气设备安装人员,电气工程技术人員,电工爱好者,电子爱好者阅读,也可供工科院校相关专业师生阅读,还可供岗前培训人员参考阅读。

参加本书编写的人员还有张玉娟、张钧皓、鲁娜、张景皓、张学洞、刘东菊、张永其、王文婷、凌玉泉、刘守真、高惠瑾、朱雷雷、凌珍泉、谭亚林、刘彦爱、贾贵超等,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章

电工测试的基本技术

1.1	用惠斯登电桥测量电阻	1
1.2	静电电位的测量	5
1.3	高压电路中电压及电流的测量	8
1.4	线路中交流电流的测量	12
1.5	功率因数的测量	14
1.6	功率的测量	18
1.7	相位的测量	22
1.8	三相电路的相序测量	26
1.9	电气设备的温度测量	30
1.10	电动机的转速测量	34
1.11	配电设备及机器试验时间的测量	38
1.12	用示波器测量	41
1.13	记录电压、电流波形及诸元的测量方法	46
1.14	光缆布线施工的测量	50

第2章

电气设备的测试技术

2.1	蓄电池电解液的比重测定	63
2.2	电容性能的判断	67

2.3	真空断路器的真空度测定	70
2.4	变压器层间短路的检测	72
2.5	电气绝缘油的绝缘破坏电压测定	75
2.6	电气绝缘油的酸价测定	77

第3章

电气设备的测量技术

3.1	接地电阻的测量	83
3.2	大地电阻率的测量	88
3.3	绝缘电阻的测量	92
3.4	过电流继电器的动作试验	97
3.5	电压继电器的动作试验	101
3.6	静止型保护继电器的动作试验	106
3.7	缺相及逆相保护继电器的动作试验	110
3.8	比例差动继电器的动作试验	113
3.9	漏电火灾报警器的动作试验	116
3.10	电气设备的绝缘耐力试验	119

第4章

有关环境的测试技术

4.1	平均照度的测量	123
4.2	噪声的测量	125
4.3	氧浓度的测量	129
4.4	异常振动的诊断与测量	133
4.5	水电导率的测量	135
4.6	排烟设备的性能测试	137

第5章

电动机的使用及检修技术

5.1	三相感应电动机的选择	141
5.2	三相感应电动机的安装	143
5.3	三相电动机常见故障的检查	150
5.4	电动机绝缘破坏后的应急处理	160
5.5	电动机轴承从发热到烧损	170
5.6	电动机的引出线冒烟与绝缘破坏	174
5.7	根据启动电抗器的异常臭味发现故障	179
5.8	高压电动机轴电压的产生及其对策	190
5.9	电动机启动补偿器烧毁原因及其对策	196
5.10	频繁发生的感应电动机轴承故障	204
5.11	根据电动机漏电流值预测绝缘破坏程度	215
5.12	电动机反复堵转运行的损伤	221
5.13	电动机正常运行的最小绝缘电阻	227
5.14	浸水后电动机的处置与使用判断	232

第6章

变频器的使用及检修技术

6.1	变频器的安装和使用	241
6.2	变频器的电气控制线路	244
6.3	变频器的实际应用线路	248
6.4	电动机的绝缘破坏与热继电器动作	250
6.5	变频器电路的电流表和电流互感器烧毁	261
6.6	变频器的过电压保护经常动作	266
6.7	漏电断路器跳闸	271
6.8	变频器的输出功率降低	283

第7章

变电、配电设备的检测技术

7.1	高压变电、配电设备的形态分类	291
7.2	高压变电、配电设备使用的器件及功能	296
7.3	高压变电、配电设备的构成及测试	306
7.4	高压电缆的测试	319
7.5	断路器的测试	342
7.6	变压器的测试	353
7.7	电容的测试	370

第8章

配电、受电设备的检修技术

8.1	密封配电盘式高压受电设备的主构造	379
8.2	受变电设备主回路的主要功能	384
8.3	隔离开关、断路器的维护检修	393
8.4	避雷器与高压交流负荷开关的维护检修	400
8.5	变压器与仪用互感器的维护检修	407

参考文献	416
------------	-----

第1章

电工测试的基本技术

1.1

用惠斯登电桥测量电阻

所谓中阻值电阻一般是指阻值为 $0.1 \sim 10^5 \Omega$ 的电阻。电机的绕组电阻或一般电路的电阻都属于此范围。精密测量中阻值电阻的方法是惠斯登电桥法,简易测量方法有电压降法和滑线电桥法等。

惠斯登电桥内部有十进式电阻、检流计、电池等,是工程现场重要的电阻测量仪表。图 1.1 是惠斯登电桥的示例图。惠斯登电桥法在测量电阻时与电源电压的变动无关,可以测得很准确。

1. 测量的准备及注意事项

1) 零位调整

检流计指针不指零位时,旋转零位调整旋钮使指针指 0Ω 。

2) 外部检流计端子短接

确认外部检流计端子已用短接片连接。

3) 按电键要有顺序

先按下电池的电键,然后再按检流计的电键。测量告一段落时,松开电池电键(再度按下电键),短接 INT. GA 端子。

2. 电阻的测量

1) 求电阻的大约值

① 将比例臂旋扭转到刻度 1,平衡臂转到 100Ω 。

② 按下电键时可以看到检流计指针摆动到“+”还是“-”。

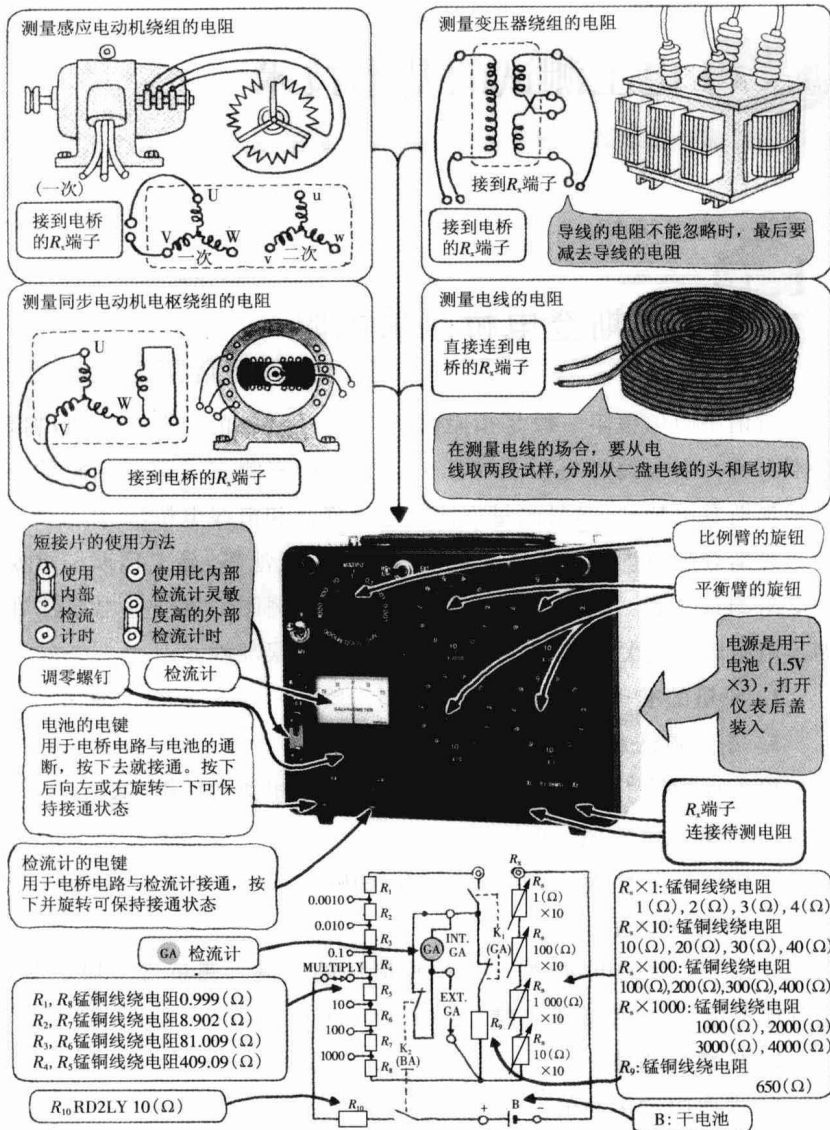


图 1.1 惠斯登电桥示例

③ 指针摆到“+”时表明待测电阻比 100Ω 大, 松开检流计电键, 将比例臂旋钮转到刻度 10 处。

④ 重复步骤②, 指针摆到“+”时用步骤③的做法把比例臂转到刻度 100 处。

⑤ 在步骤④的情况下, 指针如果偏转到一侧, 可知 R_x 是在 $1\,000\Omega$ ($=100\times 10$) 与 $10\,000\Omega$ 之间。待测电阻 $R_x(\Omega)$ 与旋钮值的关系示于表 1.1。

表 1.1 旋钮值与测定电阻的关系

R_x 的大约值	比例臂旋钮的指示	R_x 的大约值	比例臂旋钮的指示
$10(\Omega)$	0.001	$10\sim 100(\text{k}\Omega)$	10
$10\sim 10(\Omega)$	0.01	$100(\text{k}\Omega)\sim 1(\text{M}\Omega)$	100
$100\sim 1\,000(\Omega)$	0.1	$1\sim 10(\text{M}\Omega)$	1\,000
$1\sim 10(\text{k}\Omega)$	1		

2) 求精确值

参考表 1.1, 转动比例臂的刻度后, 把平衡臂的旋钮按照从大到小的顺序调节, 最后使指针指向刻度 0, 此时的值为

$$R_x = (\text{平衡臂旋钮示值之和}) \times (\text{比例臂旋钮的示值}) (\Omega)$$

3. 内插法

如果平衡臂调整到最小挡也不能使检流计指示 0, 可用以下方法计算。如图 1.2 所示, 假设指针的刻度为 d_1 时的电阻是 $R_1(\Omega)$, 增加平衡臂的电阻后, 指针的刻度为 d_2 时的电阻是 $R_2(\Omega)$, 因为 $(R_2 - R_1)(\Omega)$ 的变化使得指针摆动变化了 $(d_1 + d_2)$, 所以指针摆动 1 刻度时电阻的大小为

$$[(R_2 - R_1)/(d_1 + d_2)] (\Omega)$$

当指针指示为 d_1 时, 要让指针指 0, 使指针向右摆动 d_1 即可。所以此时电阻 $R_x(\Omega)$ 为

$$R_x = R_1 + d_1 [(R_2 - R_1)/(d_1 + d_2)] (\Omega)$$

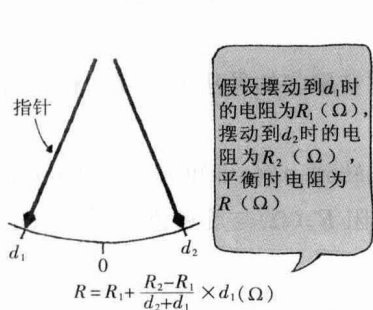


图 1.2 内插法

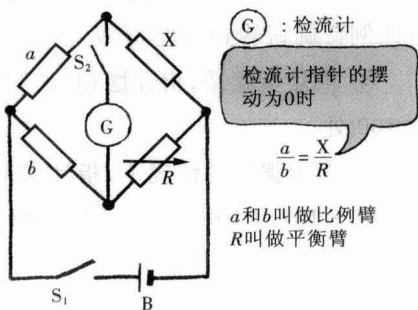


图 1.3 惠斯登电桥

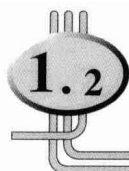
4. 惠斯登电桥

在图 1.3 中使 (a/b) 为一定值,调节电阻 R 。当检流计里没有电流时, $(a/b) = (X/R)$,由此可以求出 X 。

使 R 发生微细变化的方法有邮筒式电阻箱和十进制电桥; R 为一一定值时,使 a 与 b 之比连续变化的方法中有滑线电桥和滑臂电桥法。表 1.2 示出测量电阻的各种方法。

表 1.2 各种电阻的测量方法

电阻的大小		测量方法	电阻的大小		测量方法
$10^6 \Omega$ $10^5 \Omega$	测量高阻值电阻	电压表法 直接偏转法 漏电法	0.1Ω	测量中阻值电阻	滑线电桥法 电压降法 直读式电阻表法
		惠斯登电桥法 邮筒式电阻箱 十进制电桥 滑线电桥			电位差计法 电压降法 惠斯登电桥法 凯尔文电桥法



静电电位的测量

静电虽然广泛应用在摄影、复印领域,但是在印刷、造纸、纤维、胶片、合成树脂、化学工业产品以及电子工业、工程、作业等方面,有很多故障或灾害也是因为静电引起的。

为了防止灾害发生,提高产品质量和生产率,人们做了许多努力,包括对静电发生的状态进行观测和调查,测试各种防静电方法的效果。与静电有关的各种测量仪器示于表 1.3。

表 1.3 与静电有关的测量仪器

种 类	名 称	规 格	种 类	名 称	规 格
静电电位计	静电电压计 振动容量型 电位计	2/3/5(kV) $\pm 1(\text{mV}) \sim 3(\text{V})$ $\pm 1 \times 10^{-15} \sim 3 \times 10^{-8}(\text{A})$	电荷测定器	静电电荷 测量计	$4 \times 10^{-9} \sim 20 \times 10^{-9}(\text{C})$ 300(V)
测量静电场	静电场测试器 ELECTRO STATIC LOCATOR	$\pm 50/500/5\ 000$ (V/cm) $\pm 20 \sim 120(\text{kV})$	微电流计	电子皮(毫 微)安表	$\pm 1 \times 10^{-12} \sim 1 \times 10^{-2}(\text{A})$
测量表面带电的分布情况	高分辨率微小面积表面 电位计	$\pm 300/1\ 000(\text{V})$	超高绝缘电阻计	超高 绝缘计	$5 \times 10^6 \sim 5 \times 10^{17}(\Omega)$
测量人体带的静电	人体静电测试器	$\pm 1/10(\text{kV})$	法拉第笼	法拉第笼	$\pm 1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-7}(\text{C})$ 笼的容积 125(cc)

1. 使用静电场测量仪器测量静电场

静电场测量仪的外形如图 1.4 所示。如果长时间连续使用它,应使用专用的交流适配器。

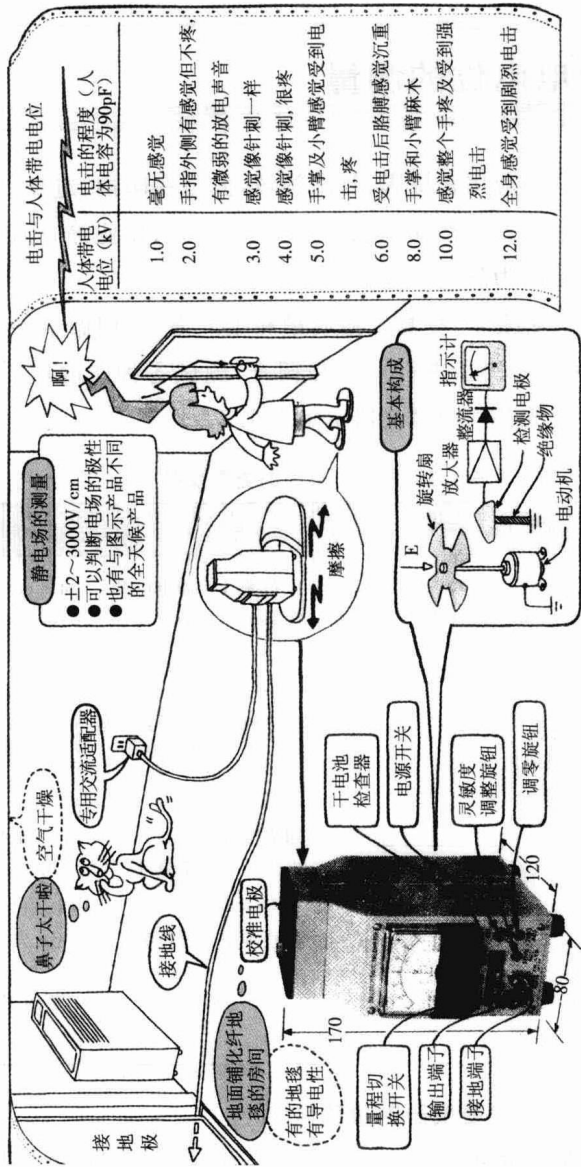


图 1.4 静电场测量仪

1) 测量准备

交流适配器的一端插入交流 220V 插座,另一端的插塞插入静电场测量仪。插塞的外皮是负极,内芯是正极。与一般录音机适配器的极性不同,不可代替使用。静电场测量仪使用 4 节 2 号干电池,打开后盖装入电池即可在任意地方测量。

① 接地。图 1.4 中的接地线连接到静电场测量仪的 GND 端子,另一端要可靠地连到接地极。利用自来水管的水嘴作接地极时先要确定配管中没有塑料管等绝缘物后再连接。

② 校准。关闭测量仪的上盖,接通电源开关。零点调整是将刻度的倍率置于 $\times 1$ 挡,旋转零点调整旋钮使指针与 0 刻度重合。

③ 灵敏度调节。将刻度的倍率切换开关置于“CAL”,再旋转灵敏度调整旋钮使指针与“10V”刻度重合。

2) 测 量

打开测量仪的上盖,露出旋转扇后读取仪器的指示数,此测量值是测量电极部分的电位。由于电场受到测量仪周围环境的影响,所以测量者要注意其他机器的位置。如果有可移动的机器,应该使其复原,要在原来实际使用状态下进行测量。

3) 连接到记录装置

测量值可作为录音机或记录仪的输入,测量仪的输出阻抗约为 $2\text{k}\Omega$ 。

4) 维 护

如果检测电极上有污渍,可用浸有清水或汽油的棉纱擦拭。

2. 静电可能引起的灾害和故障

1) 与力学现象有关的生产故障

由于静电的吸引力、排斥力,造成出现印刷品的花斑、产品的污秽、纺织纤维的缠绕、筛孔堵塞、胶片吸引尘土等故障。

2) 与放电现象有关的生产故障

由静电放电时产生的放电电流、电磁波、发光引起。

① 发光。使胶片感光(特别是未感光胶片在卷片和倒片时)。

② 放电电流。破坏半导体等电子元件,使电子装置误动作。例如,使用 CMOS 半导体制品时,人体和工作台都要接地,保存和搬运时多使用有导电性的垫板,并且用铝箔包裹。因为精细的电子电路会因静电放电而损坏,有些制品内部就带有保护电路。

3. 消除静电

静电出现在机器、装置、设备、工具、材料中,甚至人体都能发生静电。表 1.4 中列举了对付静电的例子,一般对策是将几种方法综合使用,并记录实施内容。

表 1.4 各种消除静电的方法

示 例	说 明	示 例	说 明
接 地	设备、装置、机器、运油船,如果为防止带电,电阻应在 $1\text{k}\Omega$ 以下	增加湿度	相对湿度在 65% 以上,使带电急剧减少
		使用除静电器	加电式、自放电式、放射线式
使用防静电靴、防静电工作服	鞋底的电阻为 $10^8 \sim 10^5 \Omega$ 工作服的 material 要用导电纤维混纺	屏 蔽	用接地金属网覆盖带电物的表面
使用防静电剂	防止非导体 [1×10^{-10} (S/m) 以下] 带电	限制管内流体的流速及保证静置时间	例如,电导率为 $10^{-12} \sim 10^{-8}$ (S/m), 体积 $10 \sim 50\text{m}^3$ 的流体,静置 3min

1.3

高压电路中电压及电流的测量

高压电路的电压和电流都是先变成低电压或低电压的小电流之后,再用电压表、电流表测量。变换后的低电压、小电流送到功率因数表、功率表,或作为电力保护继电器的输入电压和输入电流。

变换高压用电压互感器(VT),变换高压大电流则用电流互感器(CT)。也有将二者做在一起的仪表,叫做变压变流器(VCT)。

1. 电压互感器及电流互感器的特点

图 1.5 所示为高压配电设备上的电压互感器和电流互感器,互感器的特点如下:

① 与高压绝缘。可以使仪表或保护继电器与高压电路绝缘,并且在低压电路中操作,增加了操作的安全性。

② 便于安排测量电路。由于是把高压大电流变成低压小电流,使配线工程简便,很容易实现遥测。仪表的测量范围也可以扩大。

③ 可以使用标准规格的产品。适当选择互感器的变压比或变流比,即可使用现有标准型仪表或保护继电器。

2. 电压互感器

普通电压互感器是采用绕组形式,但在 100kV 以上的电路中采用电容型,二次额定电压是 110V。仪表用电压互感器的使用方法如下:

① 一次侧熔断器要选择合适的容量以防止短路电流。

② 二次侧用插入式,并将二次侧的一个端子接地使用。

③ 为防止使用中间抽头时触电,不使用的端子要加绝缘帽。

④ 高压配电设备一般像图 1.5 那样把一次侧接到 V,图 1.6 是错误的接法。电压互感器组合使用时要仔细检查极性和一次二次电压。接线错误会引起电压异常或相位变化,使接在二次电路的仪表、保护继电器等损坏,出现误指示、误动作等。

3. 电流互感器

1) 额定电流

额定二次电流标准为 5A,如果二次电路很长也可用 1A 的互感器。

2) 二次负荷

二次负荷为额定负荷的一半左右为好,注意不可过负荷。

3) 接 地

二次端子的一端要接地。