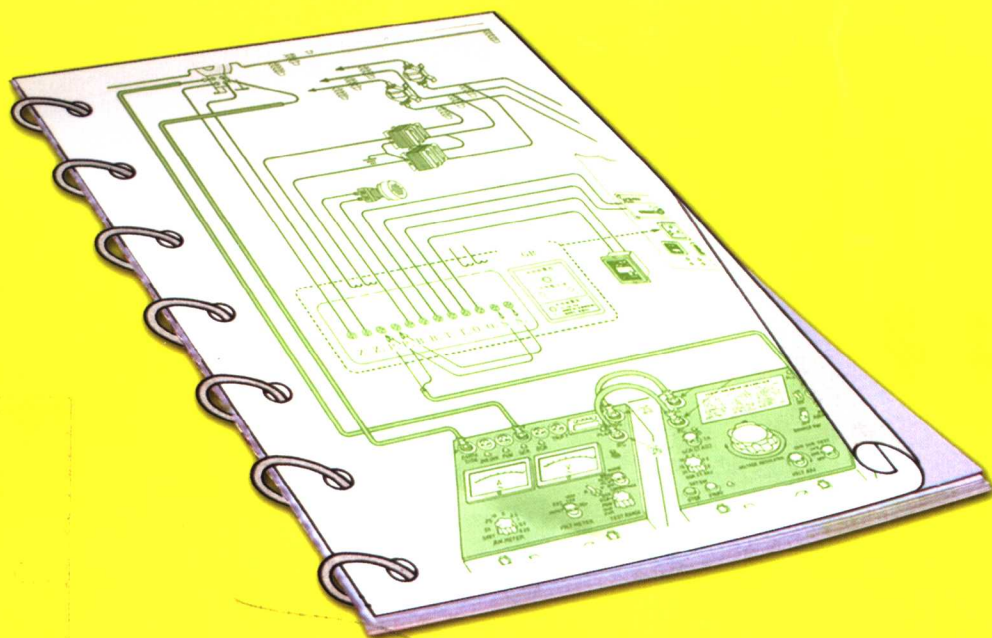


Technology  
实用技术

# 电气设备现场 试验及检测技术

(日) 竹内则春 著  
马 杰 译



 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

TM64/6

2008

# 电 气 设 备 现场试验及检测技术

〔日〕竹内则春 著  
马 杰 译

科 学 出 版 社

北 京

图字: 01-2007-4558 号

## 内 容 简 介

本书共分为4章,从电气设备测试的基本技术到现场操作方法,全面系统地介绍了电气设备的现场试验及检测技术,内容包括实际测试的基本技术、电气设备的测量及试验技术、造就人机和谐环境的测试技术及电气设备的测试技术。书中配有大量符合现场实际情况的插图和照片,生动详细地讲解了电气设备的测试原理与具体操作方法,并附有实际数据供读者参考。

本书内容丰富、条理清晰、配图翔实、实用性强,既可作为相关院校工程现场测试及试验领域教师和学生的参考书,也可作为电工操作人员的技术手册。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气设备现场试验及检测技术/(日)竹内则春著;马杰译. —北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-021016-6

I. 电… II. ①竹…②马… III. ①电气设备-试验②电气设备-检测  
IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 014396 号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:北京捷捷

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>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年2月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008年2月第一次印刷 印张: 12 插页: 1

印数: 1—5 000 字数: 210 000

定 价: 27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈长虹〉)

# 前 言

目前,电气设备的发展潮流是测量仪器小型化、轻量化、数字化,测量系统多功能化、自动化。测量仪器本身就能完成运算处理或自校正,测量结果可及时显示或打印,以曲线、图形、表格等形式表现出来。

我们在工厂、企业、建筑施工现场等地方,会面临各种电气工程及电气设备的运行、维护等问题。为了准确地进行各种电工计量、试验、合理用电、节能分析以及处理和防止发生电气事故等,我们必须做到快速、高精度的测量。不仅是电气技术人员要掌握这些测量技术,工程技术人员、管理层、领导层,也都应该充分认识到这些技术的重要性。

电工测量技术并不仅仅是认识现象的手段,也是管理和维护配电设备、生产设备、建筑电气设备以及人们生活环境的重要方法,甚至起到了相当于人的五官和大脑的作用。

“法定自主检查”构成了新颁布的电气保安体制的骨架,其核心仍然是测量与试验。设备的检查和诊断技术对设备的管理、维护是必要的,有了法规之后,就更能保证设备的质量。如今已经进入确认法定自主检查的组织、步骤、过程等是否已经完备的安全管理审查时代。

在测试现场,电气技术人员一定要尽全力保证作业环境的安全及电气安全,防止发生人身事故及设备故障。在多人同时进行测试的场合,应该由具备指挥能力的专人负责。此外,运用精度管理系统也很重要。

本书从电流表、电压表到智能仪器,列举出多种多样的测量仪器和测试设备,精选了一些使用前例行的自主检查、高次谐波测定、逆电力继电器试验等强化自主保安体制的内容。对于光缆的测量也选用了许多符合现场实际情况的插图和照片,详细地叙述了测量原理与具体操作方法,并附有实际数据供读者参考。

本书可作为工程现场测试及试验领域教师和学生的参考书,也可作为电工操作人员的技术手册,谨向读者推荐。

竹内则春

# 目 录



## 第 1 章 实际测试的基本技术

|      |                   |    |
|------|-------------------|----|
| 1.1  | 实际测试的基础知识         | 2  |
| 1.2  | 配电设备的各种测量及试验      | 5  |
| 1.3  | 用万用表测试            | 8  |
| 1.4  | 用惠斯登电桥测量电阻        | 11 |
| 1.5  | 静电电位的测量           | 14 |
| 1.6  | 高压电路中电压及电流的测量     | 17 |
| 1.7  | 线路中交流电流的测量        | 20 |
| 1.8  | 功率因数的测量           | 23 |
| 1.9  | 功率的测量             | 26 |
| 1.10 | 相位的测量             | 30 |
| 1.11 | 三相电路的相序测量         | 33 |
| 1.12 | 电气设备的温度测量         | 36 |
| 1.13 | 电动机的转速测量          | 39 |
| 1.14 | 配电设备及机器试验时间的测量    | 42 |
| 1.15 | 用示波器测量            | 45 |
| 1.16 | 记录电压、电流波形及诸元的测量方法 | 49 |
| 1.17 | 光缆布线施工的测量         | 53 |



## 第 2 章 电气设备的测量及试验技术

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 2.1 | 接地电阻的测量         | 64 |
| 2.2 | 大地电阻率的测量        | 68 |
| 2.3 | 绝缘电阻的测量         | 71 |
| 2.4 | 过电流继电器的动作试验     | 75 |
| 2.5 | 电压继电器的动作试验      | 79 |
| 2.6 | 静止型保护继电器的动作试验   | 83 |
| 2.7 | 对地短路方向继电装置的动作试验 | 86 |

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| 2.8  | 高压对地短路继电装置的动作试验 .....   | 89  |
| 2.9  | 配线保护用接地方向继电器的动作试验 ..... | 93  |
| 2.10 | 缺相及逆相保护继电器的动作试验 .....   | 96  |
| 2.11 | 比例差动继电器的动作试验 .....      | 99  |
| 2.12 | 漏电火灾报警器的动作试验 .....      | 102 |
| 2.13 | 电气设备的绝缘耐力试验 .....       | 105 |
| 2.14 | 顺序控制电路的检查方法 .....       | 109 |
| 2.15 | 高次谐波的测量 .....           | 112 |
| 2.16 | 逆功率继电器的试验 .....         | 117 |

### 第 3 章 造就人机和谐环境的测试技术



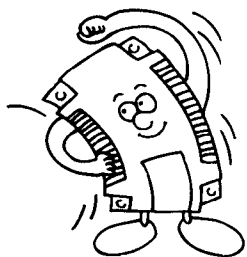
|     |                  |     |
|-----|------------------|-----|
| 3.1 | 平均照度的测量 .....    | 124 |
| 3.2 | 噪声的测量 .....      | 127 |
| 3.3 | 氧浓度的测量 .....     | 131 |
| 3.4 | 异常振动的诊断与测量 ..... | 135 |
| 3.5 | 水电导率的测量 .....    | 138 |
| 3.6 | 排烟设备的性能测试 .....  | 141 |
| 3.7 | 雷电云电位的测量 .....   | 144 |

### 第 4 章 电气设备的测试技术



|      |                        |     |
|------|------------------------|-----|
| 4.1  | 直流电动机的测试 .....         | 148 |
| 4.2  | 波阻抗的测定 .....           | 151 |
| 4.3  | 蓄电池电解液的比重测定 .....      | 154 |
| 4.4  | 电容性能的判断 .....          | 158 |
| 4.5  | 真空断路器的真空度测定 .....      | 162 |
| 4.6  | 变压器层间短路的检测 .....       | 165 |
| 4.7  | 电气绝缘油的绝缘破坏电压测定 .....   | 168 |
| 4.8  | 电气绝缘油的酸价测定 .....       | 171 |
| 4.9  | 利用不良绝缘子发出的超声波来检测 ..... | 174 |
| 4.10 | 电气绝缘油中的电晕测定 .....      | 177 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 电气设备的文字符号与参考资料 ..... | 181 |
|----------------------|-----|



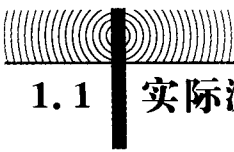
# 第1章

## 实际测试的基本技术

本章介绍实际测试的基础知识。首先是测量及试验的安全以及对测量数据的处理方法；然后介绍法律规定在从事电气工程施工过程中所必备的万用表；最后具体讲解电阻、电压、电流、相位差、功率因数、功率、相序等与电有关的物理量的测量方法。

此外，本章还介绍如何监视温度，这是对电气设备及机器的运行进行管理的重要事项，其中包括示波器及波形记录仪的使用。

测试工作的基本内容是保证测量仪器的精度，因此对测量仪器定期进行校准是非常重要的，以此来保证测量值的可靠性。



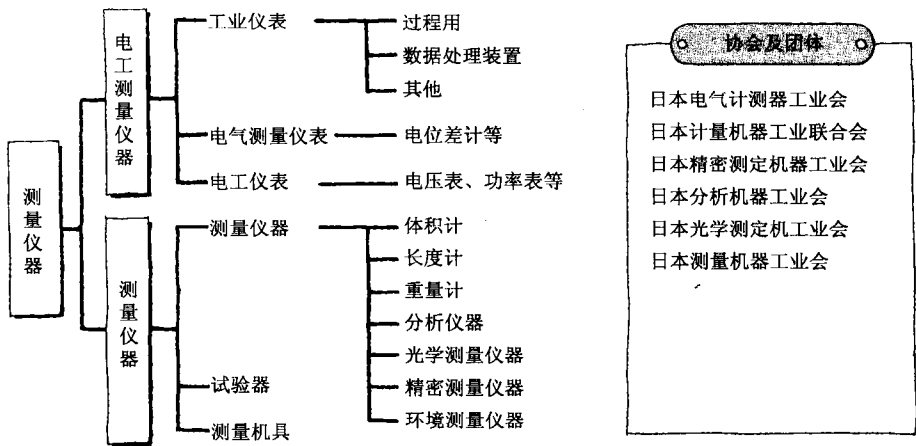
# 1.1 实际测试的基础知识

## 1. 测量仪器的分类及相关协会和团体

测量本身并不是目的,而是为达到某种目的所采用的一种手段。测量技术与传感器技术相结合,是支持科学技术及产业发展的重要力量。

表 1.1 列出测量仪器的分类及相关协会和团体的名称。

表 1.1 测量仪器的分类(惯例)



## 2. 误差、修正、容许偏差

### (1) 误差

测量的关键是能够迅速而且安全地得到正确的测量值。假设测量值为  $M$ , 实际值为  $T$ , 误差为  $E$ , 则

$$E = M - T$$

相对误差为  $\epsilon$ :

$$\epsilon = [(M - T) / T] \times 100(\%)$$

误差小当然好,但超过实际需要时往往失去意义,重要的是如何评价误差,不应只关注误差的大小,用相对误差表示则更容易了解测量对象的实际状态。

人们有时把测量的准确度(实际值与测量值的平均值之差叫做偏差,偏差小表示准确度好)与精密度(多次测量值的分散程度小,表示精密度好)区别使用,但很多场合并不分开,混合使用时都叫做精度。仪表本身的误差叫做仪表误差。

(2) 校 准

假定校准量为  $C$ , 则

$$C = T - M$$

设相对校准率为  $\alpha$ , 则

$$T = M [1 + (\alpha/100)]$$

式中,  $\alpha = [(T - M) / M] \times 100$ 。要用此式求实际值时, 应将测量值修正  $\alpha(\%)$  再使用。

(3) 允许误差

允许误差也称为仪表的精度, 即允许误差的限度, 用百分数表示。例如 0.2 级的仪表的允许误差是  $\pm 0.2\%$ 。

3. 选用仪表的依据

一般测量时使用 1.5 级或 2.5 级的仪表, 精密测量且用携带式仪表测量时则用 0.2 级或 1.0 级。现场测量仪表的选用参看表 1.2。

表 1.2 选用测量仪表的依据

|          |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 直流<br>测量 | 电 流 表               | <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>3\mu\text{A} \sim 10\,000\text{A}</math> (全量程, 下同) 10A 或 30A 以上外加分流器</li><li>• 端电压降 50mV 30mV <math>\sim 3\,000\text{V}</math> (数千伏以下)</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|          | 电 压 表               | <ul style="list-style-type: none"><li>• 300V 或 1 000V 以上外加倍率器 电流灵敏度为 1mA</li><li>• 需要低功耗时选用电子电压表 数千伏以上用静电电压表或电子电压表</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 交流<br>测量 | 电 流 表<br>及<br>电 压 表 | <ul style="list-style-type: none"><li>• 工频大电流, 不计仪表本身功耗 (<math>\text{V} \cdot \text{A}</math>) 时<br/>电磁式可用于 400Hz 左右<br/>超过量程需加用电压互感器、电流互感器<br/>电压互感器消耗 <math>3 \sim 4\text{V} \cdot \text{A}</math>, 电流互感器消耗 <math>0.2 \sim 2\text{V} \cdot \text{A}</math>, 需校准</li><li>• 测量高频选用热电式<br/>指示有效值, 要注意过电流</li><li>• 音频小电流及一般电压测量选用整流式<br/><math>0.5 \sim 250\text{mA}</math>, <math>3 \sim 300\text{V} \sim 1\,000\text{V}</math><br/>电压表内阻 <math>1\Omega/\text{V}</math></li><li>• 测量低电压或要求高输入阻抗时选用电子电压表</li><li>• 测量不允许断路的电流使用钳形电流表, 架空线用装入式电流表</li></ul> |
|          | 功率表                 | 测量工频选用电动式, 或变频器与磁电式组合 测量高频时用电子功率表                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|          | 电度表                 | 测量工频选用感应式                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          | 频率表                 | 高频用振动片型, 最近用变频器与磁电式组合 电子计数式                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          | 功率因数表               | 变频器与磁电式组合                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

4. 测量目的及注意事项

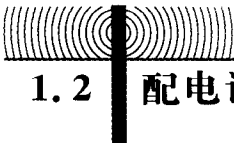
要明确测量的目的, 例如看是否符合有关法规; 是否满足商业交易条件; 是否满足规格及标准要求; 是否掌握折旧或老化情况; 是否只考虑了某一标准等。

有关测量的注意事项见图 1.1。使用测量仪器应注意：

- ① 选用种类、等级、额定值都适合测量目的的仪表。
- ② 确认仪表调整好零点及指针摆动无阻碍。
- ③ 仪表的连线要经过多个人的多次确认。
- ④ 确认仪表的保护装置(熔断器等)。
- ⑤ 在测量中如要变更配线,需切断电源后进行。
- ⑥ 眼睛对准指针的正面,防止发生视差。
- ⑦ 注意波形的误差。
- ⑧ 要考虑测量与记录的自动化。



图 1.1 测量注意事项示例



## 1.2 配电设备的各种测量及试验

测量及试验就像在竣工后进行检查或在电气事故后恢复运行那样,是在检查是否可以通电、在定期检查或在希望定量掌握用电状况时进行。

### 1. 试验及测量的准备

#### (1) 设施内容

① 设施及设备的规格。了解用电设备的额定容量、工作电流、运行时的机械及电气状态、工作原理、形状尺寸、负荷的用途、负荷容许的停电时间以及停电在业务上的影响范围。

② 理解电气布线图,机器的动作与控制关系图。

③ 了解保护装置的种类、功能、动作值、动作时间、动作顺序、动作的原动力等。

④ 准备好现有设备以前的测试成绩及结果。

⑤ 确认判断测定值优劣的基准。例如不知道某种接地电阻的基准时要咨询电力公司。

⑥ 调查应接地的机器,接地线的粗细,接地极的埋设地点与施工方法。

#### (2) 试验装置及试验用的机器

要确认试验装置的额定数据是否能适应试验时产生的电压或电流以及容量(kVA)和额定时间等。还要知道仪表的精度等级和误差,确定能得到所期待精度的测定值。

#### (3) 试验装置的性能和构造

了解试验装置的性能有以下好处:

① 防止接错线路。

② 进行试验时一旦试验装置发生故障,应急处理后试验可以继续进行。

③ 应用范围广。

此外,机器有损伤或端子有损坏时能立刻修理好。

### 2. 实施试验的注意事项

实施试验或测量时,应以人身安全为第一要素。实施试验时应注意以下几点:

① 明确责任者。确定实施试验的责任者,让所有人员知道某一人是作业指挥者。按照协商好的顺序进行试验,每一个动作确认后再进入下一步作业。要让现场所有人员都看得见指挥者。

② 试验区域建立危险标志,禁止进入。对参试人员与无关人员要分别通知,严格遵守。

③ 严格遵守防护用具、保护用具的使用手则。要确认安全用具无异常,所有参试人员都能熟练使用。

④ 绝缘耐力试验时禁止吸烟。注意带电的机器有无发烟、异臭、异常声音等现象,并注意仪表指示的变动等。

⑤ 测量值的检查,包括试验基准值的确定、多量程刻度的观察、有无波形误差等。

⑥ 试验开始前的注意事项示于图 1.2。图 1.3 是高压配电设备的试验及测量示例。

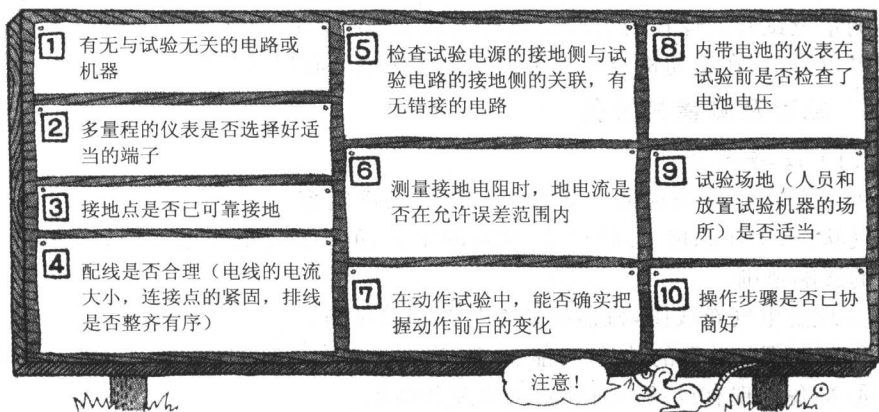


图 1.2 现场试验前的注意事项

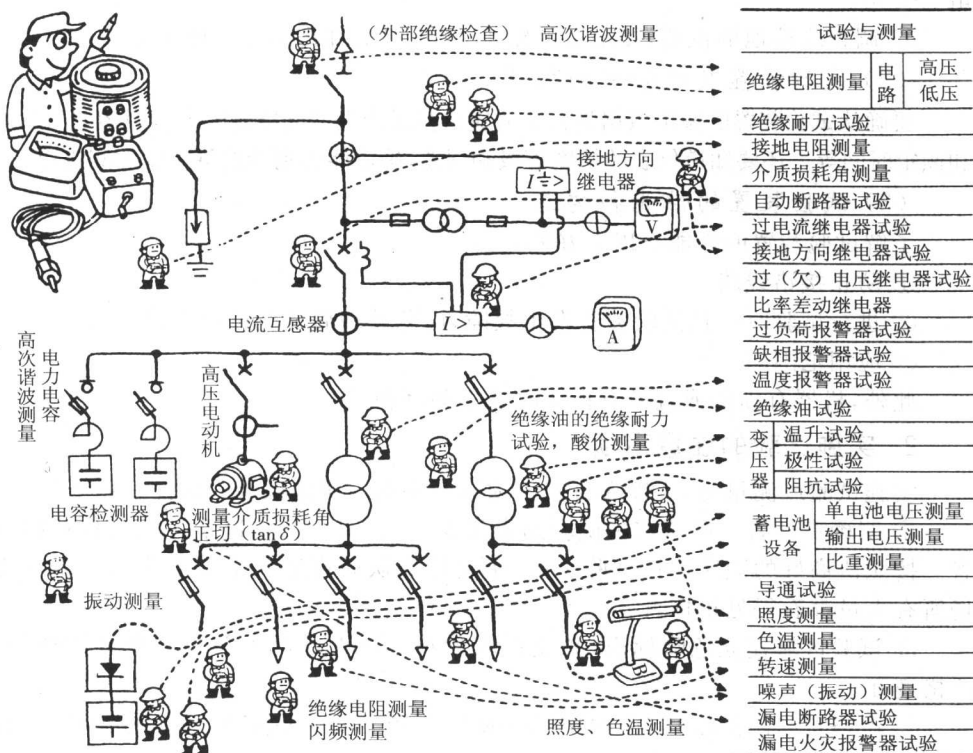


图 1.3 高压配电设备与试验场地

### 3. 试验结果的记录及分析

#### (1) 测量值的倾向管理

整理记录测量值,多年之后可据此查明出现异常值的原因。

#### (2) 记录事项

使用前自主检查结果的记录事项(电气事业法施行规则第 73 条之 5)。包括:检查年月日;检查对象;检查方法;检查结果;检查者姓名;根据检查结果提出补充措施的内容;实施检查的组织;实施检查的工程管理;有协助检查单位时,与该单位管理有关的事项;与检查记录管理有关的事项;与检查教育有关的事项。

上述记录事项的保存期限规定是:前 6 项为 5 年,后 4 项是收到安全管理审查通知为止(电气事业法施行规则第 73 条之 5)。

#### (3) 处 理

将测量值与基准、标准等做比较,明确测量结果是否合格,不合格时根据情况及时修正。

### 4. 检查项目与安全管理申请书

试验和测量的项目因目的而不同,表 1.3 是试验所需设备使用前的自主检查项目。检查完后,立即向经济产业局(国)提交图 1.4 所示的申请书,这是为了确认法定自主检查的连续质量系统的完备情况(表 1.3 的注)。

表 1.3 所需设备 样式第 52 之 2(有关电气事业法施行规则第 73 条之 7)

#### 的检查项目

##### 使用前自主检查项目

外观检查  
接地电阻测量  
绝缘电阻测量  
绝缘耐力试验  
保护装置试验  
断路器试验  
负荷试验(输出试验)  
噪声测量  
振动测量

适用于使用前自主检查方法(根据电气事业法施行规则第 73 条之 4 的解释)

注:质量系统包括检查必需的组织、步骤、过程、经营资源

#### 使用前安全管理审查申请书

收入印花  
(勿盖邮戳)

殿

住址

年 月 日

姓名

印

根据电气事业法第 52 条之 2 第 3 项的规定,愿接受以下审查,特提出申请。

| 拟接受审查的组织名称及使用前自主检查的场所                  | 名称<br>所在地                                                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 最近一次使用前安全管理审查完成日之后,进行过使用前自主检查的电气工作物的概况 | 需要新增的设备<br>最大功率 kW<br>设备容量 kV · A<br>使用电压 V<br>备用应急发电装置 输出 kW<br>电压 V<br>提交年月日 公元 年 月 日 |
| 拟申请审查的工程                               |                                                                                         |
| 审查希望年月日                                | 公元 年 月 日                                                                                |
| 使用开始(预定)年月日                            | 公元 年 月 日                                                                                |

备注:①在最近一次的使用前安全管理审查完成日之后,进行过使用前自主检查的电气工作物的概况一栏中,按照该法第 48 条第 1 项的规定要填写提交年月日。

②用 A4 大小的纸。

③填写姓名后,可以用签名代替印章。签名必须由本人完成。

注:部分项目填写示例。

图 1.4 使用前安全管理审查申请书

## 1.3 用万用表测试

万用表也叫万能表或多功能表,是小型、轻便的现场测量仪表,用于电机或电气装置的调整、试验、修理、维护以及电路的检查等。

日本法律规定在每个电气工程营业所,万用表是常备的测量仪表之一,图 1.5 所示为一种万用表。

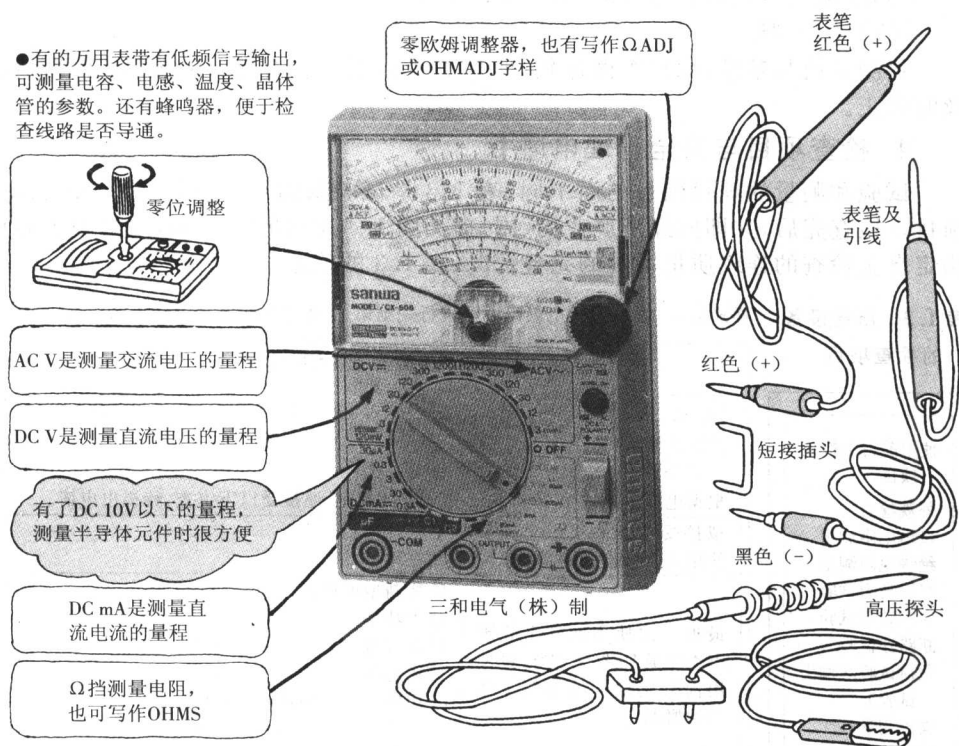


图 1.5 万用表的概貌

### 1. 使用万用表的注意事项

#### (1) 零位调整

测量前先确认指针指向刻度表的0处。偏离0位时可旋转0位调节螺钉使指针指0。零欧姆调整按照图 1.9(a)进行。

#### (2) 选择测量范围

不能预测测量值的大小时,从最大量程开始逐步切换到小量程。选择指针摆动在满刻度的1/3以上的量程使用。

### (3) 表笔的连接

红色表笔接在测量端子的(+),黑色表笔接在(-)。测量时手不要接触表笔的金属端,否则会触电或造成误差。

### (4) 读取指示值

将万用表平放,在指针的正上方读取数据。指针与刻度盘之间有 $1\sim 1.5\text{mm}$ 的间隙。有的万用表刻度盘带有镜子,读数时要使实际指针与镜子中看到的指针重合,以防止出现读数视差。

### (5) 量程的切换

表笔脱离电路后再切换量程,测量时切换量程可能损坏切换开关。此外,如果万用表与被测电路连接时就切断被测电路的电源,有时会因电感的作用使万用表损坏。

### (6) 测量高电压

使用高压探头可以测量 $10\text{kV}$ 或 $30\text{kV}$ 的电压,但这是弱电用万用表,不能用在强电路。如果错用会造成触电事故。

### (7) 防止振动与冲击

万用表使用后将切换开关置于OFF位置,没有OFF量程的可以转到电流挡,并且把测量端子短接,使表头线圈有制动作用。

### (8) 避免阳光直射、高温及潮湿

高温会使电阻或整流器老化,潮湿会使万用表漏电。

### (9) 防止强磁场

铁制外壳受磁场的影响小,如果树脂外壳的万用表放在铁制物品上或在万用表上放钳子等工具,有时会带来误差。

### (10) 其他

保管及维护万用表要用柔软的干布擦拭。有的万用表指针部分的外壳有防止带电处理,如果用湿布擦或溅上水就会降低测量效果。

表1.4 万用表的允许误差 (JIS C 1202)

| 测量类别 | 允许误差 (%)      | 备 注                                |
|------|---------------|------------------------------------|
| 直流电压 | 最大刻度值 $\pm 3$ |                                    |
| 直流电流 | 最大刻度值 $\pm 3$ |                                    |
| 电阻   | 刻度长度 $\pm 3$  |                                    |
| 交流电压 | 最大刻度值 $\pm 4$ | 最大刻度在 $3\text{V}$ 以下的量程为 $\pm 6\%$ |
| 低频输出 | 最大刻度值 $\pm 4$ | 在 $\text{dB}$ 刻度,将最大刻度值换算为电压值      |

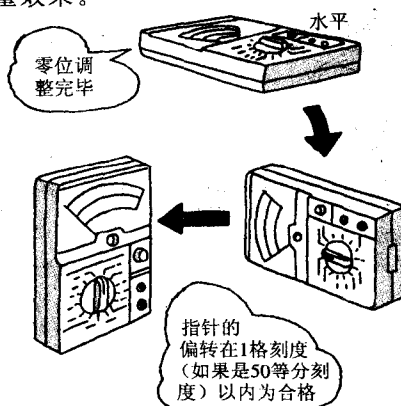


图 1.6 观察仪表的平衡情况

## 2. 万用表的允许误差与测量方法

万用表的允许误差示于表 1.4, 观察仪表指针的平衡情况可按图 1.6 所示改变表身方向即可, 图 1.7 说明测量电压的要领, 图 1.8 是测量直流电流的方法, 图 1.9 是测量电阻的方法。

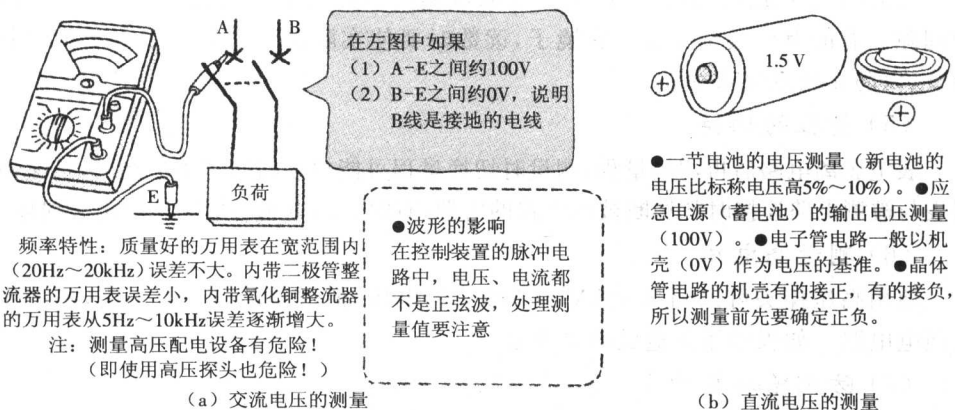


图 1.7 电压的测量

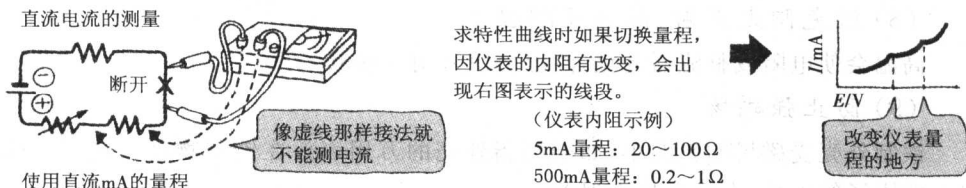


图 1.8 直流电流的测量

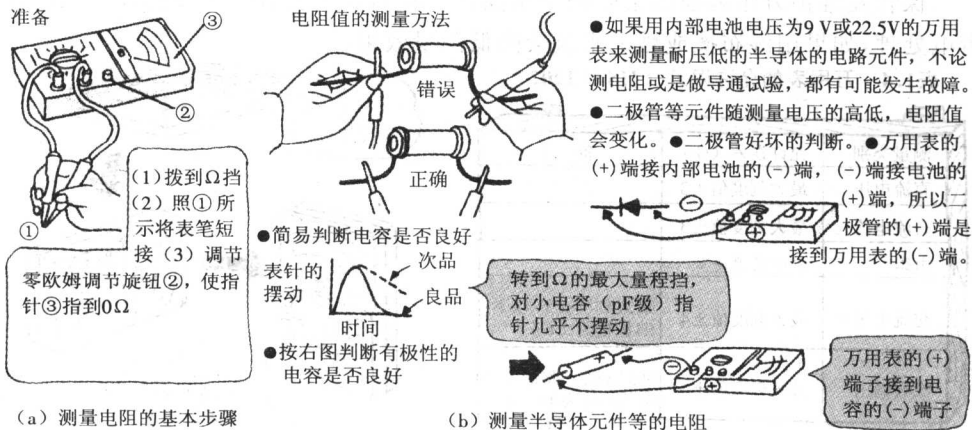


图 1.9 电阻的测量

## 1.4 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有惠斯登电桥法；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 1.10 是惠斯登电桥的示例图。

惠斯登电桥法在测量电阻中用得最多，这种方法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  $0\Omega$ 。

#### (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 将比例臂旋钮转到刻度 1，平衡臂转到  $100\Omega$ 。

② 按照前一节的第 3 步，按下电键时可以看到检流计指针摆动到“+”还是“-”。

③ 指针摆到“+”时表明待测电阻比  $100\Omega$  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 1.5。

表 1.5 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    | $10 \sim 100(k\Omega)$         | 10       |
| $10 \sim 10(\Omega)$      | 0.01     | $100(k\Omega) \sim 1(M\Omega)$ | 100      |
| $100 \sim 1\,000(\Omega)$ | 0.1      | $1 \sim 10(M\Omega)$           | 1\,000   |
| $1 \sim 10(k\Omega)$      | 1        |                                |          |