

建筑施工现场人员便携读本

# 现场电工必读

杨其富 主编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

建筑施工现场人员便携读本

# 现场电工必读

---

---

杨其富 主编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 简 介

本书是《建筑施工现场人员便携读本》丛书之一，主要介绍工程建设施工电工应掌握的基本技术和操作技能。内容主要包括工程建设现场电工基本技能、电力变压器、异步电动机、直流电动机、高低压电气设备、电力拖动控制线路、施工现场电力供应、建筑电气照明、建筑防雷与安全用电和施工现场电工应用电子技术等。

本书可供工程建设现场管理人员、施工技术人员、电气设备安装、施工人员参考，也可供工程技术人员、各类职业技能培训学校师生学习使用，还可作为上岗前的培训教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

现场电工必读/杨其富主编. —北京: 中国电力出版社, 2005

(建筑施工现场人员便携读本)

ISBN 7-5083-2407-2

I 现      II 杨      III 建筑工程—电工技术  
IV .TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 105692 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)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

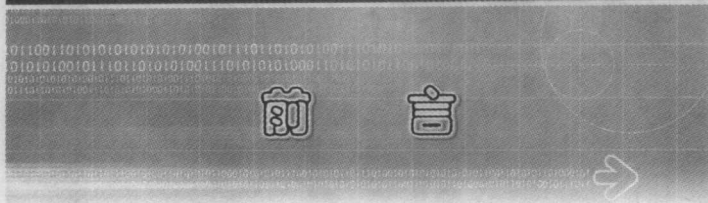
2005 年 1 月第一版      2005 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米    32 开本    13 印张    289 千字

印数 0001—4000 册      定价 21.00 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)



本书是《建筑施工现场人员便携读本》之一，是为在工程施工现场从事电气施工的工程技术、管理、维修、操作人员编写的建筑电气专业技能操作型工具书。

在编写过程中，既注重了专业知识的升华，又强化了基本技能的实用，全书以工程施工现场岗位工作实际需要为出发点，最大化地突出操作的实用性，内容选择的先进性，尽可能反映施工现场供、配、用电技术业务中的新技术、新方法、新设备和新材料。

本书由杨其富、杨天水主编，参加编写的人员有：王美蓉、杨杰、谢爱萍、郭爱霞。

本书在编写过程中，得到有关部门的同行专家、学者的大力支持，还有，对提供复用资料（含引用资料）的著作

者，在此谨一并表示衷心地感谢。

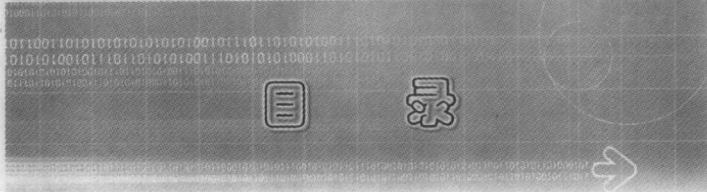
书中不足之处甚至错误在所难免，恳请读者及同行不吝

批评指正。

编者

杨其富 杨天水 主编

王美蓉 杨杰 谢爱萍 郭爱霞 编写



## 前言

### 第一章 工程建设现场电工基本技能 ..... 1

#### 第一节 常用电工仪表的使用 ..... 1

#### 第二节 导线的连接与线路敷设 ..... 40

### 第二章 电力变压器 ..... 55

#### 第一节 电力变压器的结构与工作原理 ..... 55

#### 第二节 变压器的接线方式 ..... 66

#### 第三节 变压器的空载和短路试验 ..... 71

#### 第四节 变压器的铭牌和容量选择 ..... 73

#### 第五节 变压器的维护及故障处理 ..... 78

#### 第六节 几种特殊变压器 ..... 81

### 第三章 异步电动机 ..... 89

#### 第一节 三相异步电动机的构造与工作原理 ..... 89

#### 第二节 三相异步电动机的使用 ..... 99

#### 第三节 三相异步电动机的技术参数与选用 ..... 107

#### 第四节 电动机使用中的检查与维护 ..... 113

### 第四章 直流电动机 ..... 119

#### 第一节 直流电动机的结构和工作原理 ..... 119

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 第二节        | 直流电动机的机械特性 .....        | 123        |
| 第三节        | 并励直流电动机的起动和调速 .....     | 126        |
| 第四节        | 并励电动机的反转与制动 .....       | 130        |
| 第五节        | 直流电动机的使用与维护 .....       | 132        |
| <b>第五章</b> | <b>常用高、低压电器 .....</b>   | <b>137</b> |
| 第一节        | 常用高压电器 .....            | 137        |
| 第二节        | 常用低压电器 .....            | 144        |
| 第三节        | 继电器 .....               | 172        |
| <b>第六章</b> | <b>电力拖动控制线路 .....</b>   | <b>192</b> |
| 第一节        | 三相异步电动机的基本控制线路 .....    | 192        |
| 第二节        | 并励直流电动机的控制线路 .....      | 217        |
| 第三节        | 施工现场常用机械设备的电气控制线路 ..... | 222        |
| <b>第七章</b> | <b>施工现场供电 .....</b>     | <b>256</b> |
| 第一节        | 供电概述 .....              | 256        |
| 第二节        | 电力负荷计算 .....            | 264        |
| 第三节        | 低压配电线路 .....            | 278        |
| 第四节        | 配电导线与保护装置的选择 .....      | 291        |
| <b>第八章</b> | <b>建筑电气照明 .....</b>     | <b>305</b> |
| 第一节        | 建筑电气照明的基本知识 .....       | 305        |
| 第二节        | 电光源与灯具 .....            | 312        |
| 第三节        | 照明设备安装 .....            | 319        |
| 第四节        | 照度计算 .....              | 329        |
| 第五节        | 电气照明施工图 .....           | 336        |
| <b>第九章</b> | <b>建筑防雷与安全用电 .....</b>  | <b>352</b> |
| 第一节        | 建筑防雷 .....              | 352        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第二节 安全用电 .....          | 361 |
| 第十章 现场电工应用电子技术 .....    | 372 |
| 第一节 半导体二极管与整流电路 .....   | 372 |
| 第二节 硅稳压管稳压电路 .....      | 388 |
| 第三节 晶闸管可控整流电路 .....     | 391 |
| 第四节 半导体三极管与基本放大电路 ..... | 396 |
| 参考文献 .....              | 410 |

## 第一章

工程建设现场电工  
基本技能

## 第一节 常用电工仪表的使用

用来测量各种电量和磁量的仪器仪表，统称为电工仪表。根据测量方法的不同，电工仪表可分为两大类，即指示仪表和比较式仪表。能随时从表盘上指示出被测量数值的仪表，称为指示仪表，如电流表、电压表等。这类仪表的构造简单、使用方便、价格低，因此，在电工测量中得到广泛应用。比较式仪表是一种把被测量和相应的标准量进行比较的测量装置，如直流电桥等。这类仪表的灵敏度和准确度都很高，但价格贵、操作复杂，只在精密测量时才使用。因此，仅对指示仪表进行介绍。

## 一、指示仪表的分类、误差与准确度

## (一) 指示仪表的分类

指示仪表又叫直读式仪表，其规格品种繁多，可按不同的方法进行分类。

(1) 按仪表的工作原理分为磁电式、电磁式、电动式、感应式等。

(2) 按被测量的种类分为电流表、电压表、功率表及电能表等。

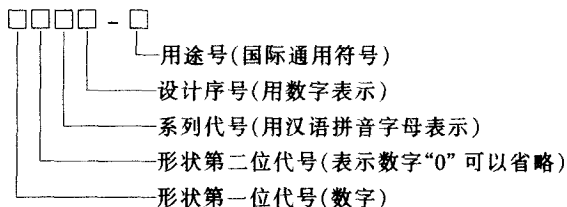
(3) 按工作电流分为直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。

(4) 按使用方式分为开关板式和便携式两种。开关板式仪表通常安装在开关板或配电盘上，一般误差较大。便携式仪表一般误差较小，准确度高。

(5) 按准确度等级分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共七个等级。

## (二) 指示仪表的型号

电工仪表的产品型号可以反映出仪表的用途、作用及原理。电工仪表的型号是按有关标准规定编制的。如果安装式指示仪表的型号表示为



例如仪表的型号为 44C<sub>2</sub>-A，其含义是：44 为形状代号，C 为电磁式仪表，2 为设计序号，A 表示用于电流测量。

对于可携带式指示仪表，其型号中不用形状代号，其他部分与安装式指示仪表完全相同。例如，T62-V 型电工仪表，其含义是：T 为电磁式仪表，62 为设计序号，V 表示用于电压测量。

电能表的型号编制规则基本上与可携带式指示仪表相同，只是在系列代号前均加一个 D 字表示电能表。如 DD 表示单相电能表、DS 表示三相三线有功电能表、DT 表示三相四线制电能表、DX 表示无功电能表等。

## (三) 仪表的标志



在电工仪表的刻度盘或面板上，通常用各种不同的符号来表示仪表的技术特性，如仪表的用途、构造、准确度等级、正常工作状态和对使用环境的要求等。常用仪表符号的含义见表 1-1。

表 1-1 常用电工仪表的标记符号

| 分 类  | 图 形 符 号                                                                             | 符号名称  |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 电流种类 | —                                                                                   | 直流    |
|      | ~                                                                                   | 交流    |
|      |    | 交直流   |
| 测量对象 |    | 电流表   |
|      |    | 电压表   |
|      |    | 功率表   |
|      |   | 电能表   |
| 工作原理 |  | 磁电系仪表 |
|      |  | 整流系仪表 |

续表

| 分 类    | 图 形 符 号                                                                             | 符号名称              |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 工作原理   |    | 电磁系仪表             |
|        |    | 电动系仪表             |
|        |    | 感应系仪表             |
|        |    | 静电系仪表             |
| 准确度等级  | 1.5                                                                                 | 以标度尺量限百分数表示的准确度等级 |
|        |    | 以指示值百分数表示的准确度等级   |
| 绝缘强度试验 |    | 不进行绝缘强度试验         |
|        |  | 绝缘强度试验电压为 2kV     |
| 工作位置   |  | 标度尺位置为水平的         |
|        |  | 标度尺位置为垂直的         |

续表

| 分 类 | 图 形 符 号                                                                           | 符号名称  |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 端 钮 |  | 正端钮   |
|     |  | 负端钮   |
|     |  | 接地用端钮 |
|     |  | 公共端钮  |
| 调零器 |  | 调零器   |

#### (四) 指示仪表的误差与准确度

任何仪表都有误差，而误差的存在直接影响到仪表的准确度。仪表的误差是指示仪表的指示值与被测量实际值之间的差异，而准确度是指仪表的指示值与实际值的接近程度。

##### 1. 基本误差与附加误差

(1) 基本误差。仪表在正常工作条件下（规定的温度、规定的放置方式等条件），由于仪表制造工艺的限制，仪表本身所固有的误差，称为基本误差，如摩擦误差、刻度不准确造成的误差，都属于基本误差的范围。

##### (2) 附加误差

仪表离开规定的工作条件时，仪表反映的误差比基本误差大，这种因工作条件改变而产生的误差，称为附加误差。

仪表的总误差是由基本误差和附加误差两部分组成的。

##### 2. 误差的表示方法与仪表准确度

电工仪表的测量误差有三种表现形式：

(1) 绝对误差。仪表的指示值  $A_x$  与被测量实际值  $A_0$  之

间的差值，称为绝对误差，用  $\Delta$  表示，即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

绝对误差的单位与被测量的单位相同。绝对误差的符号有正、负之分。它反映了仪表的基本误差。基本误差的最大值称为最大基本误差，用  $\Delta_m$  表示。它表示仪表在正常工作条件下，在所选量程的测量范围内可能出现的最大基本误差。

(2) 相对误差。仪表的绝对误差  $\Delta$  与被测量实际值  $A_0$  之比的百分数，称为相对误差，用  $r$  表示，即

$$r = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

在实际测量过程中因指示值  $A_x$  与实际值  $A_0$  相差不大，通常用  $A_x$  代替  $A_0$  来进行相对误差的计算，即

$$r = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1-3)$$

(3) 引用误差。规定的工作条件下，仪表的绝对误差  $\Delta$  与仪表上限值  $A_m$  之比的百分数，称为引用误差，用  $r_m$  表示，即

$$r_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

在电工测量中，通常用仪表的引用误差来表示仪表的准确度等级。如一只量程为 100V 的电压表，在测量时可能产生的最大绝对误差是 1V，由此计算出的引用误差是

$$r_m = \frac{1}{100} \times 100\% = 1\%$$

那么这只表的准确度为 1.0 级，我国生产的电工仪表的准确度分为七级。各级引用误差与准确度的关系见表 1-2。





表 1-2 仪表的准确度等级与引用误差

|       |                 |                 |                 |                 |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 准确度等级 | 0.1             | 0.2             | 0.5             | 1.0             |
| 引用误差  | 不超过 $\pm 0.1\%$ | 不超过 $\pm 0.2\%$ | 不超过 $\pm 0.5\%$ | 不超过 $\pm 1.0\%$ |
| 准确度等级 | 1.5             | 2.5             | 5.0             |                 |
| 引用误差  | 不超过 $\pm 1.5\%$ | 不超过 $\pm 2.5\%$ | 不超过 $\pm 5.0\%$ |                 |

## 二、电流与电压的测量

### (一) 电磁式仪表的结构和工作原理

电磁式仪表是测量交流电流与交流电压最常用的一种仪表。图 1-1 所示为常用推斥型电磁式仪表的结构示意图。它由固定部分和可动部分组成。固定部分包括产生磁场的线圈 1 和固定在线圈 1 上的铁片 2；可动部分包括固定在转轴上的游丝、指针和可动铁片子。

电磁式仪表的工作原理是：当线圈 1 有电流通过时，电流产生的磁场使两块铁片同时磁化。由于两块铁片同一端的磁化极性相同，因此产生了电磁排斥力，排斥力矩使可动铁片带动转轴偏转，从而使指针发生偏转。当排斥力矩与游丝产生的反作用力矩相平衡时，指针便稳定在某一位置上，指示出被测电量的大小。

如果线圈 1 中的电流方向改变，它所产生的磁场方向将会随之改变，被磁化的二铁片的极性也随着改变，使两铁片仍然相互排斥，转动力矩的方向不变。

由此可见，仪表的可动部分的偏转方向不随电流方向的改变而改变，因此，它既可用于测量直流电，也可用于测量交流电。

由于电磁式仪表的可动部分的偏转角与线圈中通过的电流的平方成正比，因此，磁电式仪表的标度尺上的刻度是不

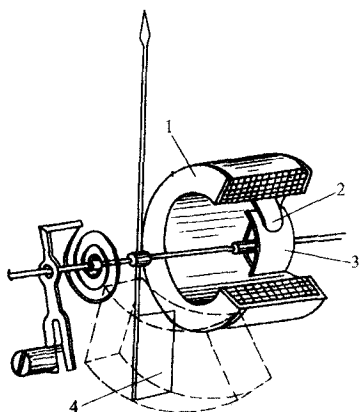


图 1-1 排斥型电磁式仪表的结构

1—线圈；2—铁片；3—可动铁片；

4—阻尼器

均匀的。

图 1-1 中固定在指针尾部的空气阻尼片 4，其作用是当指针在平衡位置因惯性摆动时，阻尼片也随着在阻尼箱（图中虚线所示）内摆动，由于箱内空气对阻尼片的摆动起阻碍作用，就能使仪表指针尽快停止下来，以便于读数。

## （二）电流与电压的测量

### 1. 电流的测量

交流电流的测量是使用交流电流表。交流电流表所测量的是交流电的有效值的大小，单位是安培（A）。使用交流电流表测量电路中的电流时可采用直接法和经电流互感器测量法进行测量。

当被测电路的电流大小，并不超过电流表的量限时，可以将电流表直接串联在被测电路中，如图 1-2（a）所示。这时电流表的指示值就是该电路中的电流值。

当被测量的电路的电流很大时，应该采用经电流互感器将电流表接入电路的方法，如图 1-2（b）所示。这种接法不但扩大了电流表的量程，而且使仪表和测试工作人员与高压隔离，保证了仪表与人身安全。

电流互感器测量电路中的电流时、电流表的读数分两种情况：

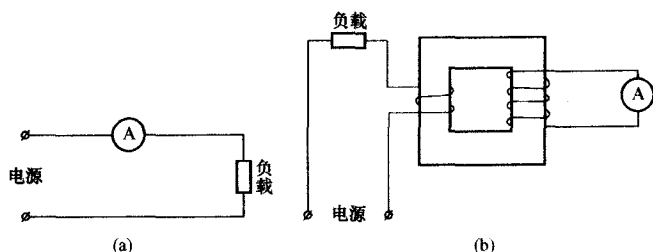


图 1-2 电流表的接线  
(a) 直接法；(b) 经电流互感器

(1) 当电流表与电流互感器配套使用时，电流表的表盘按一次侧（即与被测电路连接的一侧）电流标度，这种情况就可以从电流表上直接读出被测电流的数值。

(2) 对与电流互感器配合使用的电流表不按一次电流量进行标度时，不得从电流表上直接读数。被测电路中的实际电流值按下列公式求得，即

$$I = K_I I_0 \quad (1-5)$$

式中： $I$  为被测电路中的实际电流值，A； $I_0$  为电流表的指示值，A； $K_I$  是电流互感器的变流比。

如在图 1-2 (b) 所示的电路中，电流互感器的变比为 200/5，电流表上的指示值为 4A，则被测电路中的实际电流值为

$$I = K_I I_0 = \frac{200}{5} \times 4 = 160\text{A}$$

## 2. 电压的测量

交流电压的测量是使用交流电压表。交流电压表是测量的交流电压的有效值。使用交流电压表测量电路中的电压时，同样可以采用直接法和经电压互感器接入法进行测量。

测量低压电路的电压时，可以将电压表直接并联在被测电路的两端，如图 1-3 (a) 所示。这时电压表的指示数值就是被测电路的电压值。

测量高压电路时，电压表必须经电压互感器接入，其接法如图 1-3 (b) 所示，这种接法一方面可以扩大电压表的量程，还可使仪表和测试人员与高压隔离，保证了仪表与人身安全。

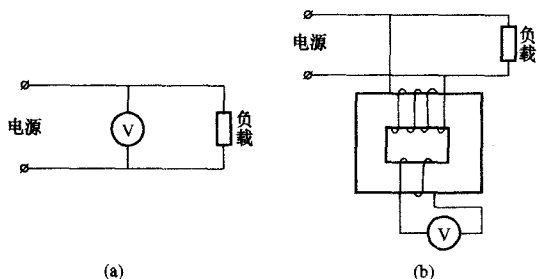


图 1-3 电压表的接线方式

(a) 直接法；(b) 经电压互感器

经电压互感器测量电路中的电压时，电压表的读数分两种情况：

(1) 当电压表与电压互感器配套使用时，电压表的盘面按一次测电压标度，被测电压可以直接从电压表上读出。

(2) 对与电压互感器配合使用的电压表不按一次电压进行标度时，不得从电压表上直接读数。被测电路中的实际电压值按下列公式求得，即

$$u = K_u u_0 \quad (1-6)$$

式中： $u$  为被测电路的实际电压值，V； $u_0$  为电压表的指示值，V； $K_u$  是电压互感器的变压比。