

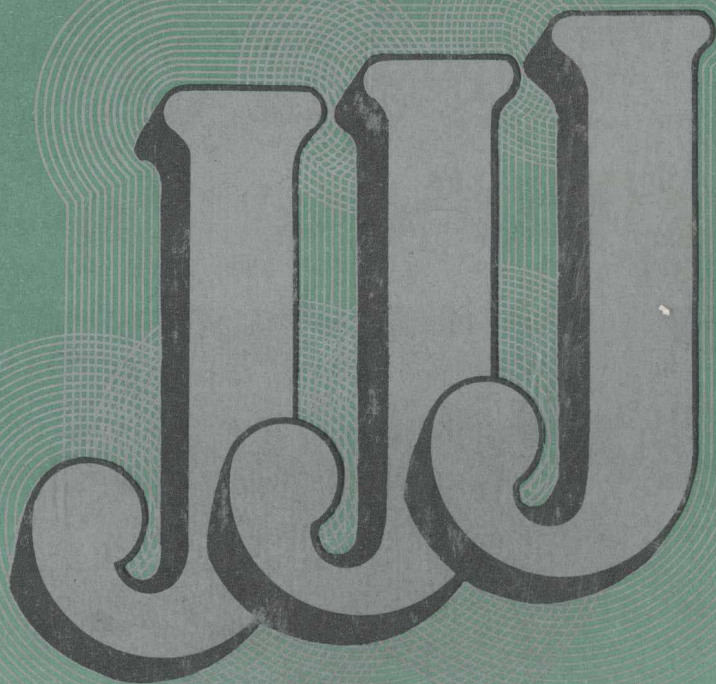
国家机械工业委员会统编

# 电工仪表修理工工艺学

(初级工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术等级培训教材

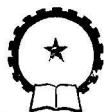
# 电工仪表修理工艺学

江苏工业学院图书馆

(初级工适用)

藏书章

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

本书内容共分七章，绪论和第七章主要介绍电工仪器仪表在现代工业生产中的重要性，学习本课程的目的意义和电工仪表修理过程中安全、文明生产的要求。第一章至第六章主要介绍电工仪表的基础知识，仪表修理中常用的工具、夹具、量具，专用工具，常用材料及校验设备，各系列仪表的结构、原理和常用电工仪表零部件修理和配制的基本方法，误差调整方法及熟悉一般电工仪表的检定规程和校验方法。

本书由上海电机厂郭素珍、黄让福编写，毕萍菁和上海汽轮机厂朱镜芳审稿。

## 电工仪表修理工工艺学

(初级工适用)

国家机械工业委员会统编

•

责任编辑：卢若薇

责任校对：贾立萍

封面设计：林胜利 方芬

版式设计：胡金瑛

责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京·百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

•

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张8<sup>3</sup>/<sub>4</sub> · 字数183千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 00,001-25,000 · 定价:3.80元

•

ISBN 7-111-01196-1/TM·154

## 前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲（试行）》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准（通用部分）》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划，培训大纲》（初、中、高级），于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材149种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和分解解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会  
技工培训教材编审组

1987年11月

# 目 录

## 前 言

|                        |    |
|------------------------|----|
| 绪 论                    | 1  |
| 第一章 电气测量和测量仪表的基础知识     | 3  |
| 第一节 测量的概念和测量的分类        | 3  |
| 第二节 电工仪表设备图形符号、盘面标记和型号 | 5  |
| 第三节 误差及基本误差的表示方法       | 10 |
| 第四节 电工指示仪表的主要技术特性      | 16 |
| 复习题                    | 20 |
| 第二章 计量基础知识             | 21 |
| 第一节 法定计量单位             | 21 |
| 第二节 计量标准的建立和量值传递       | 27 |
| 第三节 工矿企业计量机构的职能        | 29 |
| 复习题                    | 31 |
| 第三章 常用电工仪表及其应用         | 32 |
| 第一节 电工指示仪表概况           | 32 |
| 第二节 磁电系仪表              | 35 |
| 第三节 电磁系仪表              | 47 |
| 第四节 电动系仪表              | 53 |
| 第五节 铁磁电动系仪表            | 67 |
| 第六节 用电流表、电压表测量电阻的方法    | 71 |
| 复习题                    | 73 |
| 第四章 一般仪器仪表的检定方法        | 74 |
| 第一节 指示仪表的检定概述          | 74 |

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 第二节 | 比较法检定电流表 .....             | 84  |
| 第三节 | 比较法检定电压表 .....             | 86  |
| 第四节 | 比较法检定单相功率表 .....           | 88  |
| 第五节 | 整体法检定便携式单臂电桥 .....         | 91  |
| 复习题 | .....                      | 94  |
| 第五章 | 电工仪表修理基础知识 .....           | 95  |
| 第一节 | 仪表修理的钳工知识、焊接技术 .....       | 95  |
| 第二节 | 仪表修理中常用工具、特殊工具 .....       | 122 |
| 第三节 | 仪表修理中常用电工材料和金属材料 .....     | 137 |
| 第四节 | 仪表修理中常用的仪器仪表及校验设备的选用 ..... | 145 |
| 复习题 | .....                      | 163 |
| 第六章 | 电工仪表的修理及调整 .....           | 165 |
| 第一节 | 电工仪表的修理 .....              | 165 |
| 第二节 | 电工仪表通用零件的修理 .....          | 174 |
| 第三节 | 各类电工仪表的调修 .....            | 215 |
| 第四节 | 测量仪表的改装(改制电磁系仪表) .....     | 245 |
| 复习题 | .....                      | 252 |
| 第七章 | 安全技术规程 .....               | 254 |
| 复习题 | .....                      | 259 |

## 绪 论

在现代工业生产中，应用着数量众多的仪器仪表，这些仪器仪表，在工业生产中起着巨大的作用。有人把仪器仪表誉为整个科学技术领域包括工业生产的“耳朵”和“眼睛”，这一点也过份。它们不愧是工业生产中的“耳”与“目”，真实地反映了生产的整个过程。如果少了这些仪器仪表，就会“听不到”工业生产中的噪声警报等；“看不见”工业生产中的故障好坏等，使整个生产过程不能有条不紊地协调进行。如果没有它们真实地记录下生产过程中的各种参数，要制订最佳的工艺规程也就成为不可能的事。

尽管仪器仪表已发展了三代，即模拟式仪表、数字式仪表和智能仪表，而且后两代仪表在各方面都有一定的优越性，但毕竟还是不能完全替代第一代电工仪表。电工仪表以其结构简单、使用及维修方便等优点，拥有极大的市场。仍具有强大的生命力，是工业生产的得力助手。

目前随着家用电器产品的发展，电器用具的普及，仪器仪表也跟着进入了千家万户，直接与人们的日常生活联系在一起，这些仪器仪表大都归属于第一代。

总之，电工仪表不论在工业生产或是在国民经济的各个部门都获得了广泛的应用，对各项事业的发展起着积极的推动作用。

只有用好仪器仪表，才能使仪器仪表发挥更大的作用；只有对仪器仪表做好维护保养工作，才能使仪器仪表使用的

寿命更长。为此，我们必须了解各种电工仪表的结构，懂得它们的工作原理，从而掌握各种常用电工仪表的正常使用方法和一般维修的知识。

本书对常用的电工仪表，在结构、原理、使用和维修诸方面都作了较为全面的阐述，相信它能为从事这方面工作的人员在使用和维修电工仪表时提供方便。

# 第一章 电气测量和测量仪表 的基础知识

## 第一节 测量的概念和测量的分类

### 一、测量的概念

所谓测量就是通过物理实验的方法，把被测的量与单位的量进行比较的过程，即用实验的方法确定各种量的数值。比较的结果一般用两部分来表示，即一部分是单位的名称，另一部分是数字值。

为了对同一个量，在不同的时间和地点进行测量时，能够得到相同的测量结果，必须采用公认的而且是固定不变的单位。只有这样的测量才有实际意义。一个物理量的测量可以用不同的方法来实现。在每一指定的情况下，这些方法的选择与被测量的特性测量条件以及对准确度的要求有关。测量方法可以根据不同的特征来分类。

### 二、测量的分类

1. 按测量方法分 可分为：

(1) 直接测量：在直接测量时，其测量结果是从一次测量的实验数据中获得。例如：用电流表测量电流，用电压表测量电压，用欧姆表测量电阻，用温度表测量温度等。

(2) 间接测量：这种测量是在直接测出与被测量具有一定函数关系的几个量以后，通过解函数关系式来确定被测量的大小。例如：欲求导体的电阻系数 $\rho$ 时，由于已知导体

的电阻  $R$  和它的长度  $L$  及截面积  $S$  之间有以下函数关系:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

因此, 可以通过直接测量其电阻  $R$ 、长度  $L$  及截面积  $S$  以后, 即可按下面函数式算出电阻系数:

$$\rho = R \frac{S}{L}$$

当被测量不能直接测量或测量很复杂, 或者用间接测量比用直接测量能获得更精确的结果时, 可采用间接测量。

(3) 组合测量: 这种测量是在直接测量与被测量具有一定函数关系的某些量的基础上, 通过联立求解各函数关系式来确定被测量的大小。

2. 按获得测量值的不同方式分 可分为:

(1) 直读法测量: 在这种测量中, 可以用按相应测量单位预先刻好分度的直读仪表, 直接读取被测量数值的测量方法。也就是根据测量仪表的读数来决定被测量的大小。

(2) 比较法测量: 凡是在测量过程中需要度量器直接参与, 并通过比较仪器来确定被测量数值的方法, 称为比较法测量。

根据被测量与标准量(度量器之值)比较方式的不同, 比较法测量又可分为以下三种:

1) 差值法: 是从测量仪表中直接读取被测量与已知标准量的差值, 从而确定被测量数值的方法, 称为差值法。

例如, 已测得差值  $a$  或正比于  $a$  的量, 即

$$a = x - A; \quad x = A + a$$

式中  $x$  ——被测量;

$A$  ——已知的标准量, 即度量器所给出的值。

因此，当测出  $a$  值之后，即可算出  $x$  值。

差值法测量的优点是提高了测量准确度。例如：两个量之差为1%，而这个差值是用准确度为0.1%的仪表测量的，那么，被测量的测量准确度便提高了0.001%。

2) 零值法：这种方法是将被测量与标准量进行比较，使其差值为零。为此，已知的标准量  $A$  必须是一个可变量，其量值必须在整个测量范围内都能平稳地改变，以便能准确地将  $a$  值导向于零。

零值法的测量精度较高，但它决定于  $A$  值的准确度和指零仪的灵敏度。例如：用电位差计测量电势，用电桥测量电阻等都属于这一种方法。

3) 替代法：在测量过程中，用已知的标准量  $A$  去替代被测量  $x$ ，同时通过  $A$  的改变而使仪表的指示值恢复到原来的状态，在这种情况下， $x = a$ 。

例如，用替代法测量电阻，这是一种极其准确的测量方法。因为，在将已知的标准量去代替被测量时，对于测量装置的作用及其工作状态均不会引起任何变化。因此，装置内的仪器仪表，无论其内部特性或外界因素所引起的指示误差，对测量结果都不会产生影响。

## 第二节 电工仪表设备图形符号、

### 盘面标记和型号

#### 一、电工仪表盘面标记

不同类型的电工仪表，具有不同的技术特性。为了便于选择和使用仪表，通常对这些不同的技术特性采用不同的符号标志，标明在仪表的标度盘或面板上。根据国家标准的规定，每只仪表应有测量对象单位、准确度等级、工作原理系

别、使用条件组别、工作位置、绝缘强度试验电压和各种仪表的标志。

现将国家标准规定的各种符号标志列于表1-1中。各类电源、端钮、元器件等电工仪表设备附件的符号列于表1-2中。

表1-1 电工仪表各类符号

| 名 称      | 符 号 | 名 称                      | 符 号 |
|----------|-----|--------------------------|-----|
| 磁电系仪表    |     | 静电系仪表                    |     |
| 磁电系比率表   |     | 整流系仪表                    |     |
| 电磁系仪表    |     | 热电系仪表                    |     |
| 电磁系比率表   |     | 以标度尺量限百分数表示的准确度等级,例如1.5级 | 1.5 |
| 电动系仪表    |     | 以标度尺长度百分数表示的准确度等级,例如1.5级 | 1.5 |
| 电动系比率表   |     | 以指示值百分数表示的准确度等级,例如1.5级   | 1.5 |
| 铁磁电动系仪表  |     | 标度尺位置为垂直的                |     |
| 铁磁电动系比率表 |     | 标度尺位置为水平的                |     |
| 感应系仪表    |     | 标度尺位置与水平面倾斜成一角度,例如60°    | 60° |

(续)

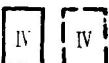
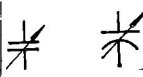
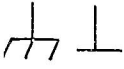
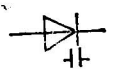
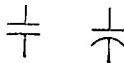
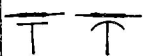
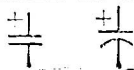
| 名 称            | 符 号                                                                               | 名 称       | 符 号                                                                               |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 不进行绝缘强度试验      |  | Ⅲ级防外磁场及电场 |  |
| 绝缘强度试验电压为 2 kV |  | Ⅳ级防外磁场及电场 |  |
| Ⅰ级防外磁场 (例如磁电系) |  | A组仪表      |  |
| Ⅰ级防外电场 (例如静电系) |  | B组仪表      |  |
| Ⅱ级防外磁场及电场      |  | C组仪表      |  |

表1-2 电源、端钮、元器件等设备符号

| 名 称            | 符 号                                                                                 | 名 称       | 符 号                                                                                 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 直流             |    | 公共端钮      |    |
| 交流(单相)         |   | 与屏蔽相连接的端钮 |   |
| 直流和交流          |  | 调零器       |  |
| 具有单元件三相平衡负载的交流 |  | 一般接地      |  |
| 正端钮            |  | 抗干扰接地     |  |

(续)

| 名 称     | 符 号                                                                                | 名 称         | 符 号                                                                                 |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 保护接地    |   | 可变电容器       |    |
| 接机壳或接底板 |   | 半导体二极管      |    |
| 电阻器     |   | 变容二极管       |    |
| 可变电阻器   |   | 电流互感器、脉冲变压器 |    |
| 熔断电阻器   |   | 电压互感器       |    |
| 滑线式变阻器  |   | 电感器         |    |
| 电容器     |   | 自耦变压器       |    |
| 穿心电容器   |   | 熔断器         |    |
| 极性电容器   |  | 电源          |  |

## 二、电工仪表型号

在电工仪表型号编制中，对常用安装式和便携式指示仪表的型号，规定的编号规则如下：

1. 安装式电工仪表（板式表）的型号图1-1所示的安装式电工仪表型号的组成。

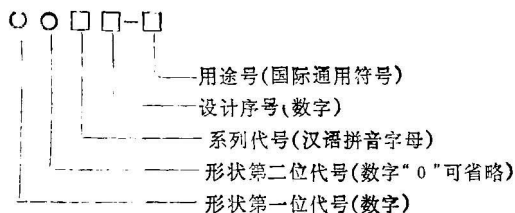


图1-1 安装式仪表型号的编制规则

图中所示形状第一位代号是按仪表面板形状最大尺寸编制；形状第二位代号是按仪表外壳尺寸编制；系列代号按仪表工作原理系列编制，如磁电系为“C”、电磁系为“T”、电动系为“D”、感应系为“G”、整流系为“L”、静电系为“Q”以及电子系为“Z”等。例如，44C2-A型电流表，其中“44”为形状代号，“C”表示磁电系仪表，“2”为设计序号，“A”表示用于电流测量。

2. 便携式电工仪表的型号 对于便携式电工仪表除不用形状代号外，其它则与安装式仪表的完全相同。例如，Q5-V型电压表，其中“Q”表示是静电系仪表，“5”为设计代号，“V”则表示用于电压测量。

3. 电度表的型号 电度表的型号编制规则，基本上与便携式电工仪表相同，只是在系列号前再加上一个“D”字表示电度表。如“DD”表示单相电度表、“DS”表示三相四线电度表、“DX”表示无功电度表以及“DZ”表示最大需量电度表等。例如，DD28型电度表，其中“DD”表示单相，“28”则表示设计序号。

其它类型仪表型号的编制规则，在电工仪表型号编制办法中也都有具体的规定。

### 第三节 误差及基本误差的表示方法

任何测量都应力求准确，但是，在实际测量中，总会受到一些主客观因素的影响（如由测量方法引起的误差或仪表产生的各种误差），而使测量结果不可能是被测量的真值，只能是近似值。由于被测量的真值通常是难以获得的，所以在测量技术中，常常把标准表的读数作为真值，称为实际值，而把测得的近似值称为测量值。通常把被测量的测量值与实际值之间的差值，叫做误差。

#### 一、测量误差的分类

根据产生误差的主要原因和性质不同，测量误差一般分为系统误差、偶然误差和粗差等三种。

1. 系统误差 这是一种在测量过程中，保持不变或遵循一定规律而变的误差。造成这种误差的主要原因有以下几方面。

（1）由于标准度量器具、仪器仪表本身有误差，以及安装或配线不当所引起的误差。例如，仪表刻度不准，指针不直，机械平衡不好，专用导线阻值配制不准等。

（2）由于测量方法不完善而引起的误差。例如，用近似公式，以及没能足够估计漏电、热电势、接触电阻、仪表内阻等影响，都会造成系统误差。

（3）由于周围环境变化以及测量人员的视差等因素而引起误差。例如，温度、湿度、电压、外磁场、频率等发生变化；操作者对最小分辨力、感觉器官的生理变化、反应速度和固有习惯等因素，均会造成误差。

2. 偶然误差 这是一种大小和方向都不固定的误差，也称随机误差。在实际测量中，如处于完全相同的测试条件下，