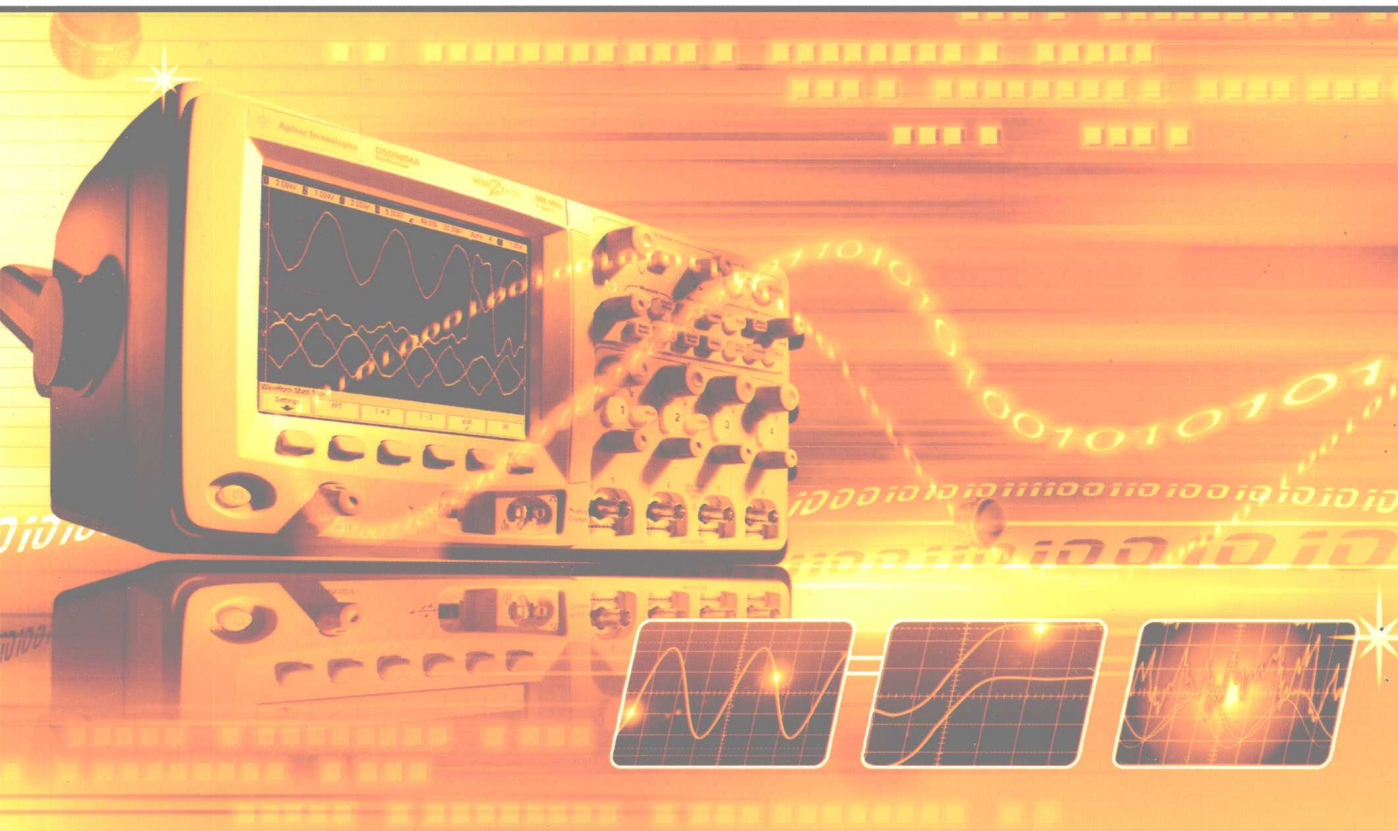


电气测量仪表使用实训



蔡清水 杨承毅 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材（电工电子类专业）

电气测量仪表使用实训

蔡清水 杨承毅 主编

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

电气测量仪表使用实训 / 蔡清水, 杨承毅主编. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 1

(世纪英才模块式技能实训中职系列教材. 电工电子类
专业)

ISBN 978-7-115-18916-5

I. 电… II. ①蔡…②杨… III. 电气测量—测量仪表—
专业学校—教材 IV. TM933

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第155120号

内 容 提 要

本书是一本介绍电气测量仪表使用的实训教材, 书中以大量的实物图片和图表, 简介了电气产品制造和维修行业中常用测量仪表的工作原理和使用方法; 重点讲述了电流表、电压表、仪用互感器、钳形电流表、指针式和数字式万用表、数字电容表、兆欧表、晶体管毫伏表、电能表、信号发生器 (含低频、高频和彩色电视信号)、模拟和数字示波器、直流稳压电源等仪表, 并结合实例对各仪表的使用技术要点进行了说明。

本书可作为中等职业学校、技工学校电工电子类专业的教材, 也可供各级职业培训机构培训、考工认证选用, 对于从事电气工作的技术人员也有一定的参考价值。

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材 (电工电子类专业)

电气测量仪表使用实训

◆ 主 编 蔡清水 杨承毅

责任编辑 刘 朋

执行编辑 穆丽丽

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 10.5

彩插: 1

字数: 258 千字

2009 年 1 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2009 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18916-5/TN

定价: 21.00 元

读者服务热线: (010)67120142 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

世纪英才模块式技能实训·中职系列教材（电工电子类专业）

编 委 会

主 任：王国玉 杨承毅

编 委：江华圣 程立群 李世英 柳其春
王奎英 易法刚 李中显 陈子聪
张自蕴 王诗平 钟建华 刘起义
余铁梅 付克达

策 划：丁金炎

丛书前言

《国务院关于大力发展职业教育的决定》指出“职业院校要根据市场和社会需要，不断更新教学内容，合理调整专业结构，大力发展新兴产业和现代服务业的专业，大力推进精品专业、精品课程和教材建设”，这不仅给职业院校的办学，同时也为我们开发职业教育教材指明了前进的方向。

我们以为，从知识本位到能力本位是中职教育发展的趋势，“以能力为本位”的教学目标必然促使传统教材改革与其不相适应的部分。本系列教材是我们立足国内实际，借鉴国外“以能力为本位”、“基于工作过程”等开发教材的先进理念的一次实践。

新编教材忠实贯彻了“以就业为导向”的指导思想，克服了“过多强调学科性”及“盲目攀高升格”的倾向，重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果，改变了中职教材在原学科体系基础上加加减减的编写方法。

与当今市面上的同类教材相比，本系列教材的主要特点如下。

- (1) 教材结构“模块化”。一个模块一个知识点，重点突出，主题鲜明。
- (2) 教材内容“弹性化”。适应“生源”水平的差异和订单式职业教育的不同需求。
- (3) 教学内容“本体化”。教材内容不刻意向其他学科扩展，追求系列教材的组合效应。
- (4) 合理控制教学成本。针对中职教育投资不足的现状，本系列教材要求作者对每一个技能实训的成本做出估算，以控制教学成本。
- (5) 针对目前中职学生的认知特点，本系列教材强调图文并茂、直观明了、便于自学，充分体现“以学生为本”的教学思想。

总之，本系列教材的出版价值不仅在于它贯彻了国家教育部对于中等职业教育的改革思想，而且与当前就业单位“招聘的人能立即上岗”的要求合拍，并为学生毕业后在电工电子类专业间转岗奠定了最基本的知识和技能基础。同时其新（新思想、新技术、新面貌）、实（贴近实际、体现应用）、简（文字简洁、风格明快）的编写风格令人耳目一新。

如果您对这个系列的教材有什么意见和建议，或者您也愿意参与到这个系列教材中其他专业课教材的编写，可以发邮件至 wuhan@ptpress.com.cn 与我们联系，也可以进入本系列教材的服务网站 www.ycbook.com.cn 留言。

编委会

前 言

随着科学技术的发展，特别是电工、电子技术的发展，电气工程技术从业人员的数量在迅速增加。同时，为了提高生产效率，在生产岗位上要大量使用电气测量仪表。另外，国家职业标准中已对许多工种有关电类仪表的使用提出了要求。因此，学习仪表的使用技能十分必要。

本书通过大量的实物图片和图表，来介绍常用的测量仪表的工作原理和使用方法，并结合实例对使用技术要点进行了比较详细的说明，所叙述的内容是在实际条件下的真实显现，回答的是“干什么？怎么干？”，读者只要“按图索骥”就可以学会书中各类仪表的操作技能。

本书遵循“基于工作过程”的编写思想，理论原理从简、强调具体操作，以适应生产一线技术的需求。书中图形和文字符号均采用现行国家标准，且每个技能训练的编写都遵循同一体例：导读，言简意赅地直入主题；教学组织，详细阐明实施过程；教学内容，图（表）文相济地讲授知识；边学边练，理论联系实际地巩固所学；阅读材料，扩展视野提升能力。本书利于教学，便于自学。

本书由武汉市石牌岭职业高级中学蔡清水和武汉铁路职业技术学院杨承毅担任主编，参编的还有武汉铁路技师学院李忠国、武汉大学蔡博、武汉铁路职业技术学院刘军、武汉市第二职业教育中心刘起义。在本书编写过程中，参阅了国内外相关的文献资料，在此特致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

另附教学建议学时表，如下所示。在实施中任课教师可根据具体的情况进行适当调整。

序 号	内 容	课时	序 号	内 容	课时
技能训练一	初步了解电气测量仪表	4	技能训练八	兆欧表的使用	2
技能训练二	电流表、电压表的使用	3	技能训练九	晶体管毫伏表的使用	2
技能训练三	仪用互感器的使用	3	技能训练十	电能表的使用	5
技能训练四	钳形电流表的使用	2	技能训练十一	信号发生器的使用	10
技能训练五	指针式万用表的使用	6	技能训练十二	模拟示波器的使用	12
技能训练六	数字式万用表的使用	3	※技能训练十三	数字示波器的使用	3
技能训练七	数字电容表的使用	2	技能训练十四	直流稳压电源的使用	3
总计			60		

注：※表示为选学内容。

编 者
2008 年 8 月

目 录

技能训练一	初步了解电气测量仪表	1
技能训练二	电流表、电压表的使用	11
技能训练三	仪用互感器的使用	17
技能训练四	钳形电流表的使用	24
技能训练五	指针式万用表的使用	32
技能训练六	数字式万用表的使用	45
技能训练七	数字电容表的使用	60
技能训练八	兆欧表的使用	67
技能训练九	晶体管毫伏表的使用	75
技能训练十	电能表的使用	83
技能训练十一	信号发生器的使用	93
技能训练十二	模拟示波器的使用	112
※技能训练十三	数字示波器的使用	135
技能训练十四	直流稳压电源的使用	144
参考答案		155
参考文献		160

技能训练——初步了解电气测量仪表

仪器仪表已有悠久的历史。据《韩非子·有度》记载，中国在战国时期已有了利用天然磁铁制成的指南仪，称为司南。古代的仪器在很长的历史时期中多属用于定向、计时或供度量衡用的简单仪器。公元 17~18 世纪，欧洲的一些物理学家开始利用电流与磁场作用力的原理制成简单的检流计，奠定了电学仪器的基础，其他一些用于测量的仪器也逐渐发展起来。公元 19~20 世纪，工业革命和现代化大规模生产促进了新学科和新技术的发展，后来又出现了计算机和空间技术等，仪器仪表因而也得到迅速的发展。现代仪器仪表已成为现代科学研究试验、精密测试系统、生产过程自动检测控制系统，以及各种管理自动化系统中必不可少的技术工具。它的测量对象主要是电学量（电量和电参量）与磁学量，电量有电流、电压、功率、电能、频率等；电参量有电阻、电容、电感等；磁学量有磁感应强度、磁导率等。通过转换，还可以间接测量许多非电磁量，如温度、应力、振动等。本技能训练的主要内容是常用的电气测量仪表的简介。

第一部分 教学组织

一、目的要求

- ① 认识常用的电气测量仪表。
- ② 认识常用电气测量仪表表面的标志符号并理解它们的含义。

二、工具器材

工具、器材	规 格	数量（每组）	备 注
常用仪表	多种类型	1 台/每种类型	实验室准备

三、教学节奏与方式

项 目	时 间 安 排	教学方式（参考）
1 课前准备	课余	阅读教材
2 教师讲授	3 课时	重点介绍常用电气测量仪表的分类方法、标志符号及含义
3 边学边练	1 课时	学生观察、认识、练习，教师指导

四、成绩评定

评 定 人 员	评 定 意 见	成 绩	签 名

注：成绩按“优秀、良好、及格、不及格”划分，后同。

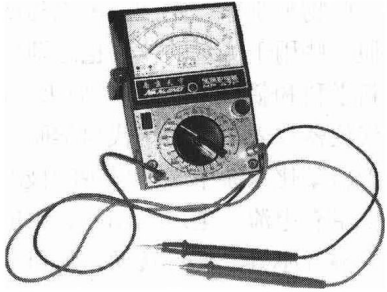
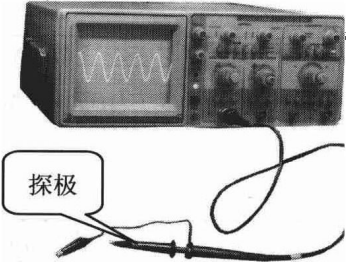
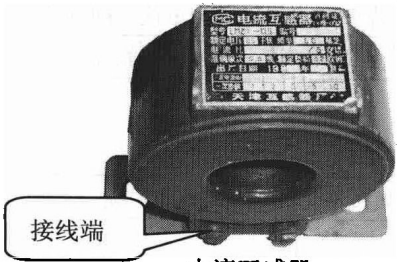
第二部分 教 学 内 容

一、常用电气测量仪表的分类

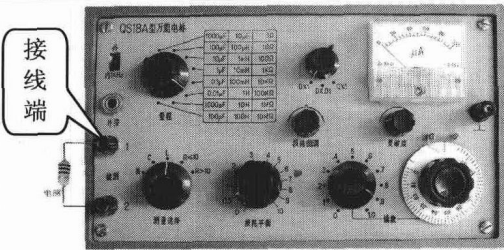
1. 按测量信号的输入方式分类

按测量信号的输入方式分类见表 1-1。

表 1-1 按测量信号的输入方式分类

输入方式	举例图形	简介
表笔输入式	 指针式万用表	使用表笔接触被测量对象，将被测信号输入表内
钳形式	 钳形地线电阻测量仪	用钳口夹住被测导线进行测量
探极式	 示波器	探极输入类似表笔输入，但探极是一种 RC 衰减器。一般衰减比有 1:1 (即对输入信号不衰减)、10:1 (输入信号被衰减为 1/10) 两种基本形式
固定接线	 电流互感器	电流互感器根据变压器原理制成，是固定接线的电工测量仪表之一。采用固定式接法的仪表很多，例如，配电柜的电流表、电压表、电能表等

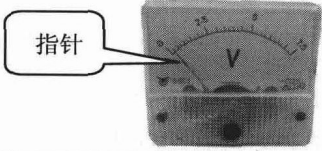
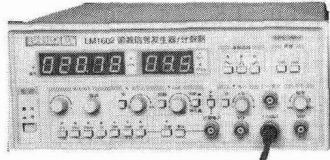
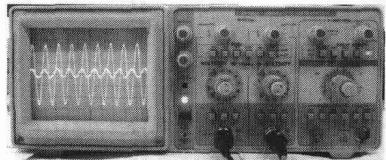
续表

输入方式	举例图形	简介
端接式	 交流电桥	测量时，将被测元件端接后，再进行测量

2. 按仪表测量结果的表达形式分类

按仪表测量结果的表达形式分类见表 1-2。

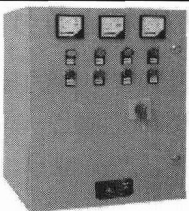
表 1-2 按测量结果的表达形式分类

名称	举例	简介
模拟式仪表 (指针式仪表)	 指针	根据指针在刻度盘上的偏转位置来表示被测量值的大小
数字式仪表	 信号发生器	以数字形式将测量结果显示出来
图示仪表		在荧光屏上显示被测量信号的波形

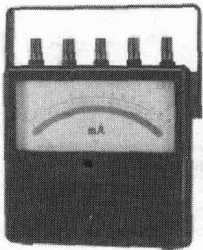
3. 按固定安装式或便携式仪表分类

按固定安装式或便携式仪表分类见表 1-3。

表 1-3 按固定安装式或便携式仪表分类

名称	举例	简介
固定式仪表 (开关板式、台式、安装式)	 配电柜	通常固定在开关板或某一装置上

续表

名 称	举 例	简 介
便携式仪表		能移动使用, 适用于实验室或野外工作测量

4. 按仪表的其他特性分类

按仪表其他特性分类的简介见表 1-4。

表 1-4 按其他特性分类的简介

特 性	分 类
工作原理	磁电式、电磁式、电动式、感应式、整流式、静电式、热电式、电子式等
被测量的名称(单位)	电流表(安培表、毫安表和微安表)、电压表(伏特表、毫伏表)、电能表(电度表、千瓦时表)、功率表、频率表、相位表、欧姆表、兆欧表、万用表、电桥等
电流的种类	直流电表、交流电表、交直流两用电表、单相交流电表、三相交流电表等
精度等级	0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级
对电磁场的防御能力	分为 I、II、III、IV 四个等级
使用环境条件	分为 A、B、C 三组类型
外壳防护性能	分为普通式、防尘式、防水式、水密式、气密式、隔爆式等 7 种类型

二、常用电气测量仪表的工作原理

1. 电工仪表的测量原理

电工仪表的种类很多, 测量原理也不尽相同。例如, 常用的指针式电工仪表的基本原理大都是将被测电量或非电量转换成测量机构能直接测量的电量, 被测电量驱动指针, 通过指示器在标尺上示出被测量的大小。

其他几种常用的电工仪表的工作原理, 见本技能训练“阅读材料一”。

2. 电子仪表的测量原理

具体见本书后章节中各电子仪表介绍的具体内容。

三、常用电气测量仪表表面上的标志符号和意义

电测仪表的种类繁多, 不同的仪表具有不同的技术特性, 适用于不同的场合。要做到正确地选用电工电子仪表, 首先要了解仪表表面上一些常用的标志符号。根据国家标准, 每块电工仪表标度盘上应标明: 仪表的品牌、产品型号、被测量的单位、工作原理系列、精度等级、正常工作位置、绝缘强度、使用条件、防御外磁场的等级、制造标准、制造许可证号码以及各种额定值(量限)等, 以下选择性地简介电气测量仪表的标志符号。

1. 表示仪表工作原理的符号

表示仪表工作原理的符号及含义见表 1-5。

表 1-5 表示仪表工作原理的符号及含义

符 号	含 义	符 号	含 义
	磁电式仪表		整流式仪表
	电磁式仪表		电动式比率仪表
	电动式仪表		感应式仪表

2. 表示仪表工作位置的符号

表示仪表工作位置的符号及含义见表 1-6。

表 1-6 表示仪表工作位置的符号及含义

符 号	含 义	符 号	含 义
	标度尺位置应为垂直		标度尺位置应与水平面倾斜成一角度，例如 60°
	标度尺位置应为水平		

3. 表示仪表绝缘强度的符号

表示仪表绝缘强度的符号及含义见表 1-7。

表 1-7 表示仪表绝缘强度的符号及含义

符 号	含 义	符 号	含 义
	不进行绝缘强度试验		绝缘强度试验电压为 2kV
	绝缘强度试验电压为 500V		

4. 表示仪表等级的符号

根据国家标准规定,电工仪表的精度等级分为 7 个等级,它们与引用误差的关系见表 1-8。

表 1-8 表示仪表等级的符号与引用误差的关系

精度等级符号	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
引用误差	±0.1%	±0.2%	±0.5%	±1.0%	±1.5%	±2.5%	±5.0%

由表 1-8 可知,精度等级的数值越小,允许的引用误差越小,仪表的精度就越高。通常将 0.1 级、0.2 级仪表作为标准仪表进行精密测量;1.5 级及以上仪表作为一般工程的测量或作为固定式仪表使用;学生实验一般用 2.5 级或 5.0 级仪表。

需要指出的是,理论和实践都已证明,测量结果的精度并不完全和仪表的精度划等号,为了提高被测量的精度,在选用仪表的量程时,要尽量使所测量值在仪表满刻度的 2/3 以上。

5. 表示仪表电压和电流种类的符号

表示仪表电压和电流种类的符号及含义见表 1-9。

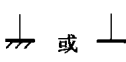
表 1-9 表示仪表电压和电流种类的符号及含义

符 号	含 义
— 或 — —	直流。为避免与其他符号混淆时可用右边的符号
~	交流
≈	直流和交流

6. 表示仪表端钮和调零器的符号

表示仪表端钮和调零器的符号及含义见表 1-10。

表 1-10 表示仪表端钮和调零器的符号及含义

符 号	含 义	符 号	含 义
-	负端钮		与外壳或底板相连接的端钮
+	正端钮		
	公共端钮		可屏蔽相连接的端钮
	接地用的端钮		调零器

7. 表示仪表工作环境的符号

表示仪表工作环境的符号及含义见表 1-11。

表 1-11 表示仪表工作环境的符号及含义

符 号	含 义
 或 A	适用于环境温度为 0~40℃、相对湿度条件为 85%范围内（即室内）
 或 B	适用于环境温度为 20~50℃、相对湿度条件为 85%范围内（即室内）
 或 C	适用于环境温度为 40~60℃、相对湿度条件为 85%范围内（即舰船上、飞机上、车辆里或室外）

8. 表示防御外磁场能力的符号

防御外磁场能力是表示在相同外磁场（电场）的环境下仪表所表现出来的精度等级。表示仪表防御外磁场能力的符号及含义见表 1-12。

表 1-12 表示防御外磁场能力的符号及含义

符 号	含 义
	I 级防外磁场（如磁电式），允许产生误差 0.5%
	I 级防外电场（如静电式），允许产生误差 0.5%
 或 	II 级防外磁场及电场，允许产生误差 1.0%
 或 	III 级防外磁场及电场，允许产生误差 2.5%

续表

符 号	含 义
IV 或 IV	IV级防外磁场及电场，允许产生误差 5.0%

9. 表示仪表测量类型的符号
表示仪表测量类型的符号及含义见表 1-13。

表 1-13 表示测量类型的符号及含义

符 号	含 义	符 号	含 义
A mA μA	安培表、毫安表、微安表	kW·h	千瓦时表（电能表）
V kV	伏特表、千伏表	φ	相位表
W kW	瓦特表、千瓦表	f	频率表

10. 表示仪表测量单位的符号及名称
表示仪表测量单位的符号及名称见表 1-14。

表 1-14 表示测量单位的符号及名称

量	符 号	名 称	量	符 号	名 称	量	符 号	名 称
电 流	A	安[培]	频 率	Hz	赫[兹]	电 量	C	库[仑]
	kA	千安		kHz	千赫	磁通[量]	Wb	韦[伯]
	mA	毫安		MHz	兆赫	磁感应强度	T	特[斯拉]
	μA	微安						
电 压	V	伏[特]	电 阻	Ω	欧[姆]	力	N	牛[顿]
	mV	毫伏		kΩ	千欧	应力（压力）	Pa	帕[斯卡]
	μV	微伏		MΩ	兆欧	力矩	N·m	牛[顿]米
功 率	W	瓦[特]	电 感	H	亨[利]	磁导率	H/m	亨[利]每米
	kW	千瓦		mH	毫亨	相位角	$\angle \varphi$	
	MW	兆瓦		μH	微亨	功率因数	$\cos \varphi$	
无 功 功 率	var	乏[尔]	电 容	F	法[拉]	无功功率 因数	$\sin \varphi$	
	kvar	千乏		pF	皮法	表观功率 （视在功率）	VA	伏安
	Mvar	兆乏		μF	微法		kVA	千伏安

注：[]内的字是在不致混淆的情况下，可以省略的字；（ ）内的字为前者同义语。

11. 举例
例：85L1-A 型交流安培表面板如图 1-1 所示，与之对应的符号说明见表 1-15。

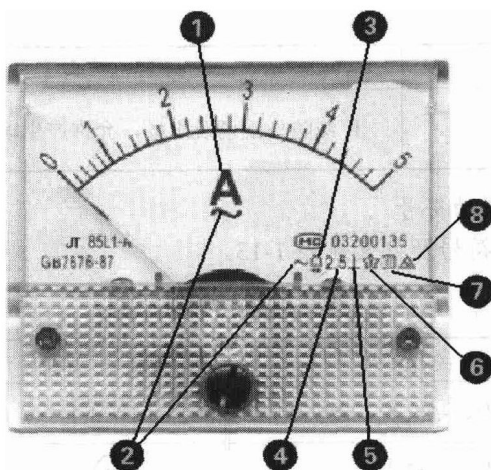


图 1-1 85L1-A 型交流安培表面板图

表 1-15

85L1-A 型交流安培表的名称、符号（代码）及含义

图 中 标 号	名 称	符号（代码）	含 义
①	电表类型	A	表示该表为安培表
②	被测量对象性质	~	表示该表适用于交流电的测量
③	工作原理类型		表示该表属整流式仪表
④	精度等级	2.5	表示该表的精度为 2.5 级
⑤	仪表工作位置		表示该表要垂直安装才能正常使用
⑥	绝缘强度		表示该表的绝缘层经过了 2kV 耐压的试验，在 220V 电压环境下能安全工作
⑦	防御外磁场的等级		表示该表具有 II 级防外磁场及电场的能力，其允许产生误差在 1.0% 以内
⑧	使用条件		表示该表能在 20~50℃，湿度在 85% 以下的环境下正常工作

第三部分 边 学 边 练

一、填空题

1. 电气测量仪表按测量信号的输入方式，常用的有表笔输入式、_____、探极式、固定接线和_____等几种方式。
2. 电气测量仪表按测量结果的表达形式，有_____仪表、_____和_____仪表。如示波器属于_____仪表，万用表属于_____仪表。
3. 按工作原理的不同，常用的电工仪表有磁电式、电磁式、电动式、_____式和整流式等主要类型。
4. 按仪表工作电流的种类，电工仪表有_____电表、交流电表和交直流电表 3 种基本形式。

5. 按仪表的精度等级不同, 电工仪表有 0.1、____、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级。

6. 电工仪表有固定式和____式两种基本型式。

7. 按使用的环境条件划分, 电工仪表可分为 A、B、C 三类, 其中____类可应用在最恶劣的环境中。

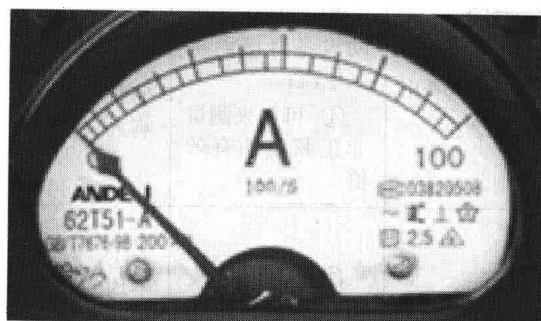
8. 按仪表抵抗外磁场或电场的能力, 电工仪表可分成 I、II、III、IV 四个等级。其中____级仪表抵抗力最强。

9. 按照仪表外壳的防护性能, 电工仪表可分为普通式、防尘式、防水式、水密式、气密式和____式等多种类型。

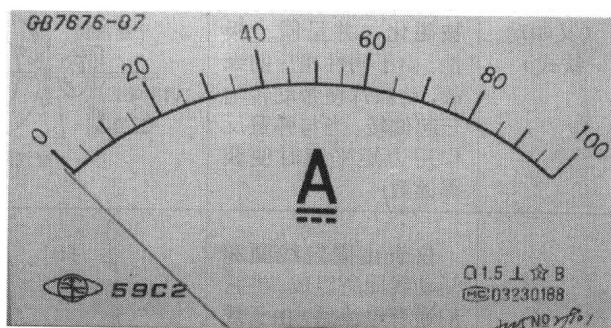
10. 指针式仪表为了得到较高的测量精度, 应当适当选择仪表的量程, 使测量时指针位于满刻度的____处附近。

二、识图题

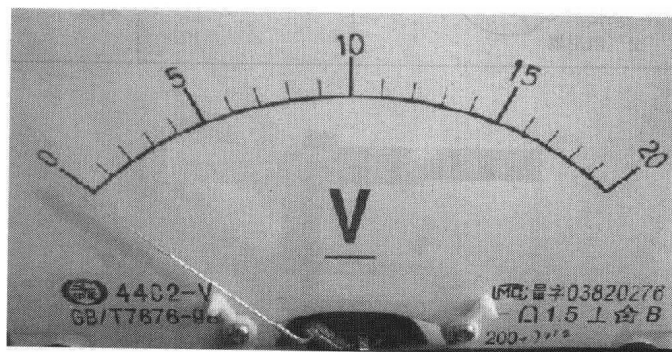
找出图 1-2 中 (a)、(b)、(c)、(d) 所示仪表的标志符号并说明其含义。



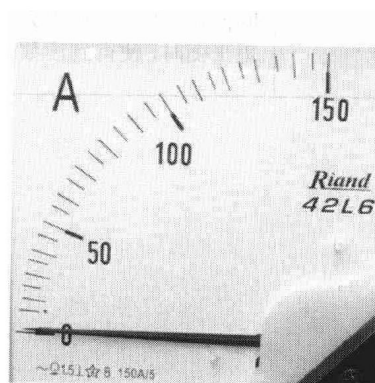
(a)



(b)



(c)

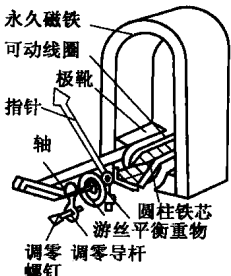
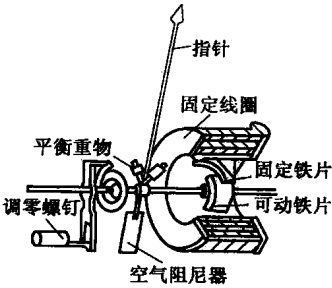
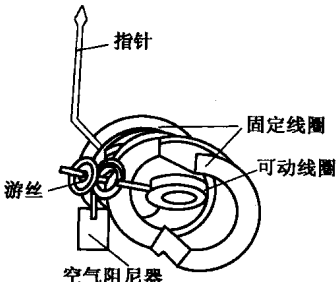


(d)

图 1-2 几种仪表的表面图

阅读材料一 常用电工仪表的作用原理及特点

常用电工仪表的作用原理及特点

结构形式	作用原理	原理结构图	优点	缺点
磁电式 (又叫动圈式)	线圈处于永久磁铁的气隙磁场中,当线圈中有被测电流流过时,通有电流的线圈在磁场中受力并带动指针偏转,当与弹簧反作用力矩平衡时,便获得读数		① 标度均匀; ② 灵敏度和精度较高; ③ 读数受外界磁场的影响小	① 表头本身只能用来测量直流(当采用整流装置后也可用来测量交流); ② 过载能力差
电磁式 (又叫动铁式)	在线圈内有一块固定铁片和一块装在转轴上的动铁片。当线圈中有被测电流通过时,定铁片和动铁片同时被磁化,并呈同一极性。由于同性相斥的缘故,动铁片便带动转轴一起偏转。当与弹簧反作用力矩平衡时便获得读数		① 适用于交、直流测量; ② 过载能力强; ③ 可无需辅助设备直接测量大电流; ④ 可用来测量非正弦量的有效值	① 标度不均匀; ② 精度不高; ③ 读数受外磁场影响大
电动式	仪表由固定线圈和活动线圈所组成。当它们通有电流后,由于载流导体磁场间的相互作用(或载流导体间的相互作用)而使活动线圈偏转,当与反作用力矩平衡时,便得到读数		① 适用于交流、直流测量; ② 灵敏度和精度比用于交流的其他类型仪表要高	① 标度不均匀; ② 过载能力差; ③ 读数受外磁场影响大