

铁路职业教育铁道部规划教材

铁路信号实训教学指导

TIELUXINHAOSHIXUNJIAOXUEZHIDAO

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAONU GUIHUA JIAOCAI

翟红兵 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

铁路信号实训教学指导

瞿红兵 主 编
钱 艺 主 审

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第002969号

书名: 铁路信号实训教学指导

作者: 瞿红兵 主编

电子邮箱: wang1961@163.com

电话: 010-61873132

责任编辑: 瞿红兵

封面设计: 林琳

插图设计: 薛京山

责任校对: 裴玉华

责任印制: 金兴

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街8号 100054)

印: 北京中印书局有限公司

版: 2008年1月第1版

开: 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.5 字数: 269千字

书: 号: ISBN 958-1-113-08288-0/TP·3635

价: 30.50元

中国铁道出版社

2008·北京

北京市崇文门东大街1号 邮编: 100001 电话: (010) 61873132 电邮: wang1961@163.com

内 容 简 介

本书分专业基础实训指导和专业技能实训指导两篇。专业基础实训指导篇包括：电工综合练习、模拟电子电路综合练习、数字电子电路综合练习、计算机应用基础综合练习、计算机原理综合练习、AutoCAD 综合练习、金工实习。专业技能实训指导篇包括：专业认识实习、铁路信号基础综合练习、车站信号综合练习、区间信号综合练习、信号测量综合练习、信号施工综合练习、毕业实习、毕业设计。

本书主要作为高等职业技术学院和中专学校铁路信号专业基础课和专业课各门课程的实训通用指导书。(带*号的内容为中专学生的选学内容,在书中用楷体编排)。

图书在版编目(CIP)数据

铁路信号实训教学指导/翟红兵主编. —北京:中国铁道出版社, 2008. 1

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-08588-9

I. 铁… II. 翟 III. 铁路信号—职业教育—教学参考资料 IV. U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 005969 号

书 名: 铁路信号实训教学指导
作 者: 翟红兵 主编

责任编辑: 武亚雯 刘红梅 电话: 010-51873132 电子邮箱: wyw716@163.com

特邀编辑: 林瑜筠

封面设计: 陈东山

责任校对: 张玉华

责任印制: 金洪泽

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 100054)

印 刷: 北京华正印刷有限公司

版 次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 10.5 字数: 256 千

书 号: ISBN 978-7-113-08588-9/TP · 2695

定 价: 20.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电 (010) 51873170 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504 路电 (021) 73187

前 言

本书为铁路职业教育铁道部规划教材,是根据铁路职业教育铁道信号专业教学计划“铁路信号实训教学指导”课程教学大纲编写的。

职业院校以培养学生的技能为本位,无论是中专还是高职,实训教学都是非常重要的教学环节,学生掌握了必要的基础知识后,必须通过各项实践教学活动,把知识变为技能,才能适应未来生产实际工作的需要。搞好实践教学不仅需要先进的实验设备、场地等硬件设施,更需要有配套的实训指导教材。

铁路信号专业不仅理论知识涉及范围广,逻辑性强,而且实践技能要求标准高,训练复杂。而多年来,一直没有一套合适的实训指导教材,这无疑对教师指导实践教学,学生掌握实际技能造成了很大的困难。这本实训指导教材,对各项实训项目的目的、实训设备、实训要求及实训方法和步骤进行了较详细的介绍,相信会对学生学习掌握各项实训技能,巩固所学的专业知识有一定的启发和帮助。

本书由专业基础实训指导、专业技能实训指导两篇组成。实训一由锦州铁路运输学校刘建军编写,实训二、三由锦州铁路运输学校陆中石编写,实训四、五由锦州铁路运输学校苏丽丽编写,实训六、七由锦州铁路运输学校陈友伟编写,实训九由锦州铁路运输学校吴广荣编写,实训十二由锦州铁路运输学校张胜平编写,实训八、十、十一、十三、十四、十五由锦州铁路运输学校翟红兵编写,锦州铁路运输学校徐纯山、华东交通大学职业技术学院涂序跃、南京铁道职业技术学院陈红霞、西安铁路职业技术学院房瑛等同志参加了编写工作,第二篇的插图均由吴广荣绘制。

本书由锦州铁路运输学校翟红兵主编,南京铁道职业技术学院钱艺主审。

在教材编写的过程中,吕云芝、陈晓阳、周文江、刘希贤等同志为教材编写提供了大量的资料。参加审稿会的有:内江铁路机械学校姚晓钟,武汉铁路职业技术学院张仕雄,南京铁道职业技术学院林瑜筠、钱艺,西安铁路职业技术学院李玉冰,华东交通大学职业技术学院涂序跃,洛阳铁路信息工程学校郭宏涛,重庆铁路运输高级技工学校王宏,西南交通大学魏艳、邬芝权。在此表示感谢。

本书作为高职和中专的学校铁路信号专业各门课程的实训指导书的通用教材,高职和中专课程内容的主要区别为:带*号的内容为中专学生选学的内容,在书中用楷体编排。

由于编者的知识和水平有限,加之缺少必要的参考资料,这本教材许多内容还很粗浅,有些错误也在所难免,希望读者能提出改进的意见,以便修改。

编 者

2008年1月

目 录

第一篇 专业基础实训指导

实训一 电工综合练习	1
课题一 组装简易万用表	1
课题二 日光灯安装及功率因数提高	8
实训二 模拟电子电路综合练习	11
实训三 数字电子电路综合练习	17
实训四 计算机应用基础综合练习	22
课题一 计算机基础理论及基本操作	22
课题二 Windows 2000 操作系统使用	23
课题三 Word 2000 文字处理软件使用	26
课题四 Excel 2000 电子表格软件使用	31
课题五 计算机网络基本操作	34
实训五 计算机原理综合练习	37
课题一 单片机操作	37
课题二 汇编语言程序设计	39
课题三 中断和定时器及简单 I/O 接口	42
课题四 局域网组网及互联	43
课题五 计算机的组装与维护	45
实训六 金工实习	52
实训七 AutoCAD 综合练习	63

第二篇 专业技能实训指导

实训八 专业认识实习	70
课题一 参观铁路运营车站	70
课题二 参观铁路机务段	72
课题三 参观铁路工务段	73
课题四 参观铁路电务段	75
课题五 参观铁路车辆段	76
课题六 参观铁路供电段	77

实训九 铁路信号基础综合练习	80
课题一 信号继电器	80
课题二 轨道电路	85
课题三 色灯信号机	88
课题四 转辙机	91
实训十 车站信号综合练习	94
课题一 6502 电气集中控制台操作	94
课题二 道岔控制电路	95
课题三 信号点灯电路	101
课题四 6502 电气集中电路常见故障的分析与处理	104
实训十一 区间信号综合练习	110
课题一 64D 型继电半自动闭塞	110
课题二 ZPW-2000A 型自动闭塞	121
课题三 改变运行方向电路	124
实训十二 信号测量综合练习	127
课题一 绝缘电阻测量	127
课题二 接地电阻测量	128
课题三 信号继电器特性测试	129
课题四 轨道电路测试及故障分析	132
课题五 色灯信号机测试	133
课题六 电动转辙机测量	134
课题七 信号电缆测试	136
实训十三 信号施工综合练习	139
课题一 色灯信号机施工	139
课题二 电动转辙机施工	141
课题三 轨道电路施工	142
课题四 信号电缆施工	143
实训十四 毕业实习	147
课题一 电气集中联锁设备	147
课题二 区间信号设备	150
课题三 驼峰信号设备	150
* 实训十五 毕业设计	152
课题一 初步设计	152
课题二 6502 电气集中电路设计	155
课题三 配线表设计	156
课题四 计算机联锁系统设计	156
课题五 自动闭塞设计	157
参考文献	160

第一篇 专业基础实训指导

实训一

电工综合练习

课题一 组装简易万用表

一、实训目的

学生通过万用表的组装，能够进一步熟悉万用表的结构、工作原理和使用方法，了解电路理论的实际应用，掌握万用表的装配、焊接、调试、校验等工艺，以提高学生的实际操作技能，培养学生解决和分析实际问题的能力。

二、实训任务

将 $100\ \mu\text{A}$ 或 $250\ \mu\text{A}$ 的直流电流表表头改装成具有三个直流电流挡 ($50\ \text{mA}$ 、 $1\ \text{mA}$ 、 $300\ \mu\text{A}$)、三个直流电压挡 ($1\ \text{V}$ 、 $10\ \text{V}$ 、 $20\ \text{V}$) 和三个交流电压挡 ($10\ \text{V}$ 、 $50\ \text{V}$ 、 $250\ \text{V}$) 的万用表。

三、实训设备

- | | |
|--|----|
| 1. 表头 ($100\ \mu\text{A}$ 或 $250\ \mu\text{A}$) | 一块 |
| 2. 电烙铁 ($220\ \text{V}$ 、 $100\ \text{W}$) | 一把 |
| 3. 焊接用具用品 (镊子、尖嘴钳子、剪刀、焊锡等) | 一套 |
| 4. 直流稳压电源 | 一台 |
| 5. 自耦调压器 ($0.5\ \text{kV}\cdot\text{A}$ ， $0\sim 250\ \text{V}$) | 一台 |
| 6. 标准表 (1.0 级万用表) | 一块 |
| 7. 电阻箱 ($0\sim 999\ \Omega$) | 一块 |
| 8. 滑线变阻器 ($0\sim 100\ \Omega$) | 一只 |

四、实训内容

1. 万用表及相关知识简介

(1) 仪表常识

① 常见符号及含义

仪表常见符号包括系列符号和标识符号，表 1-1 列出了仪表的系列符号，主要有四个系

列，表 1-2 列出了仪表的常见标识符号。

表 1-1 仪表系列符号

系列符号			
含 义	磁电系仪表	电磁系仪表	电动系仪表
举 例	直流电流电压表	交流电流电压表	功率表

表 1-2 仪表常见标识符号

标识符号								
含 义	直 流	交 流	直流和交流	标尺垂直放置	标尺水平放置	接地端钮	调零器	电源端钮
标识符号	1.5							
含 义	以标尺量限百分数表示准确度等级		以标尺长度百分数表示的准确度等级		以指示值百分数表示的准确度系数		不进行绝缘测试	绝缘强度试验电压自 100~650 V

②仪表等级与误差

仪表误差一般都采用引用误差表示，其表示式为：

$$\text{引用误差} = \frac{\text{最大绝对误差}}{\text{仪表量限}} \times 100\%$$

用公式表示为：

$$\gamma = \frac{\Delta M}{A_M} \times 100\%$$

仪表准确度系数与代表符号及其与引用误差的关系如表 1-3 所示。

表 1-3 仪表准确度系数、代表符号及其与引用误差的关系

仪表准确度系数	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
代表符号							
与引用误差的关系	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

(2) 万用表的组成与结构

一块万用表主要由三个部分组成，如下面的括号所示。其中表头的结构如图 1-1 所示。

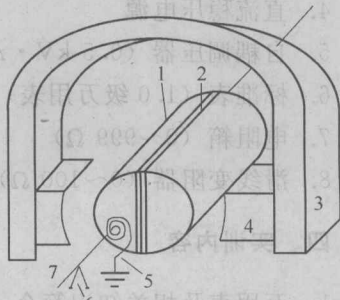
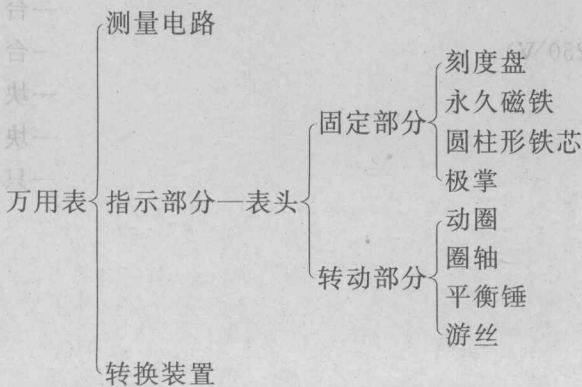


图 1-1 表头的结构

1—圆柱形铁芯；2—动圈；3—永久磁铁；

游丝是表头的一个关键部件，它主要起到三点作用：4—极掌；5—游丝；6—平衡锤；7—动圈轴

- ①产生反作用力矩，以平衡转动力矩。
- ②可以调零，与调零旋钮相连。
- ③游丝与外电路相连，可以引导线圈电流。

(3) 磁电系仪表(万用表)的工作原理

如图 1-2 所示，设空气隙中磁感应强度为 B ，动圈每边受力为 F ，则动圈产生的转动力矩为：

$$M = 2F \times b/2 = F \times b = NILB \times b = NIBS$$

式中， $S = L \times b$ ，为线圈的面积。

若动圈偏转角为 α ，则动圈的转矩 M_a 与游丝的反作用力矩平衡；有

$$M_a = D\alpha \quad (D \text{ 为游丝的弹性系数})$$

$$NBSI = D\alpha$$

$$\alpha = \frac{NBS}{D} \times I = S_1 \times I$$

$$\text{即} \quad \alpha \propto I$$

式中， $S_1 = \frac{NBS}{D}$ ，称为仪表的灵敏度。

可见，仪表指针的偏角 α 正比于表头电流，通过表头的电流变化时，指针偏转角也相应地变化。

2. 万用表电路的分析计算及改装

(1) 直流电流挡、直流电压挡及交流电压挡的原理与计算

① 直流电流挡

一个表头，本身就是一块电流表，可以直接用来测电流，但由于量限 I_g 很小，一般为 μA 级，所以只能测量 I_g 以下的小电流，因此实际用处不大，必须经过扩程改装才能用作实际的电流表，要把量程从 I_g 扩大到 I ，则需接入分流电阻 R_s ，如图 1-3 所示。若要扩为多量程的电流表，则需接入多个分流电阻，图 1-4 所示的闭路式分流电路，就把表头扩为三量程的电流表。

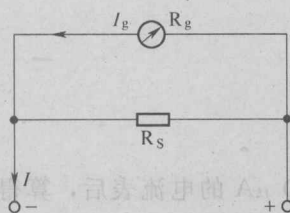


图 1-3 电流表量程的扩大

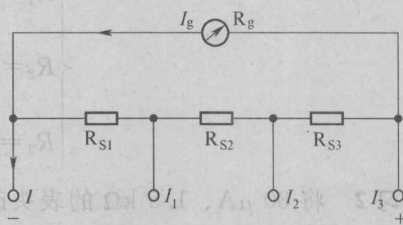


图 1-4 三量程电流表

极限灵敏度时的分流电阻总值为：

$$R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

由并联关系有：

$$\begin{cases} (I_1 - I_g) R_{S1} = I_g (R_g + R_s - R_{S1}) \\ (I_2 - I_g) (R_{S1} + R_{S2}) = I_g [R_g + R_s - (R_{S2} + R_{S3})] \end{cases}$$

即：

$$\begin{cases} I_1 R_{S1} = I_g (R_g + R_S) \\ I_2 (R_{S1} + R_{S2}) = I_g (R_g + R_S) \end{cases}$$

解得：

$$\begin{cases} R_{S1} = \frac{I_g (R_g + R_S)}{I_1} \\ R_{S2} = \frac{I_g (R_g + R_S)}{I_2} - R_{S1} \\ R_{S3} = R_S - R_{S1} - R_{S2} \end{cases}$$

练习 1 有一个 $100 \mu\text{A}$ 、 500Ω 的表头，改装成 1 mA 、 50 mA 、 250 mA 三挡的电流表，试计算电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 。

② 直流电压挡

直流电压挡是在直流电流表的基础上改装成的，如图 1-5 所示，此时

表头内阻为：

$$R'_g = \frac{R_g R_S}{R_g + R_S} \text{ —— 接入点电阻；}$$

表头电流为：

$$I'_g = I_g + I_S \text{ —— 接入点电流。}$$

各电阻计算式如下：

$$\begin{cases} R_1 = \frac{U_1}{I'_g} - R'_g \\ R_2 = \frac{U_2}{I'_g} - R'_g - R_1 \\ R_3 = \frac{U_3}{I'_g} - R'_g - R_1 - R_2 \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} R_1 = \frac{U_1}{I'_g} - R'_g \\ R_2 = \frac{U_2 - U_1}{I'_g} \\ R_3 = \frac{U_3 - U_2}{I'_g} \end{cases}$$

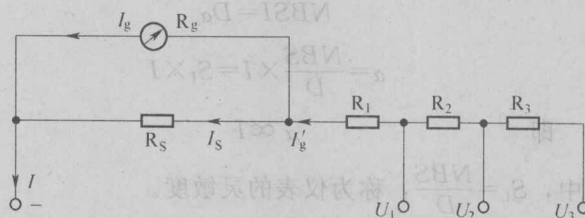


图 1-5 直流电压挡

练习 2 将 $80 \mu\text{A}$ 、 $1.5 \text{ k}\Omega$ 的表头改装成最小量限为 $100 \mu\text{A}$ 的电流表后，算得 $R_S = 6.0 \text{ k}\Omega$ ，若再改装成 10 V 、 50 V 、 250 V 的电压表，求： R_1 、 R_2 、 R_3 。

练习 3 有一只 $40 \mu\text{A}$ 、 $2.6 \text{ k}\Omega$ 的表头，试设计一个电流量限为 500 mA 、 100 mA 、 5 mA 、 0.5 mA 的电流表和电压量限为 2 V 、 100 V 、 200 V 的电压表，求：需要并联和串联的各电阻值。

③ 交流电压挡

磁电系表头只能测直流电量，不能测交流电压，要测交流电压需进行整流，使正弦交流电变成单向脉动直流电，磁电系表头测得的是半波直流电流的平均值 $I_{\text{平均}}$ 。 $I_{\text{平均}}$ 与交流电流有效值 $I_{\text{有效}}$ 的关系式如下：

$$I_{\text{平均}} = I_{\text{有效}} \times 0.637 / 0.707 \times 0.5 \times 0.98 = 0.44 I_{\text{有效}}$$

其中 0.98 为整流系数。交流电压表仍然是在电流表的基础上改装的, 其等效内阻和电流仍是接入点的电阻和电流, 交流电压挡电路如图 1-6 所示。

表头等效内阻:

$$R_g'' = R_b + R_g' = R_b + \frac{R_g R_s}{R_g + R_s}$$

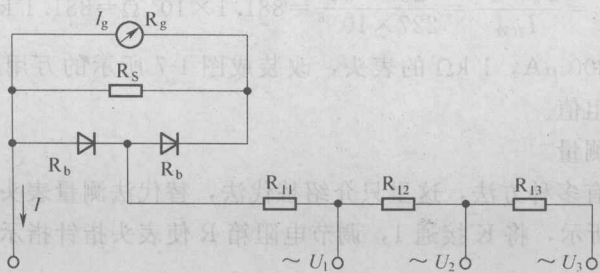


图 1-6 交流电压挡

R_b 为二极管的电阻, 由管子导通压降和通过的电流所决定, 且随电流的变化而变化。如二极管的导通电压为 0.7 V, 通过的电流为 I , 则二极管的电阻可由下式计算:

$$R_b = \frac{0.7}{I}$$

各挡电阻计算如下:

$$R_{11} = \frac{U_1}{I_{\text{有效}}} - R_g''$$

$$R_{12} = \frac{U_2 - U_1}{I_{\text{有效}}}$$

$$R_{13} = \frac{U_3 - U_2}{I_{\text{有效}}}$$

式中, $I_{\text{有效}} = \frac{I_{\text{平均}}}{0.44} = 2.27 I_{\text{平均}}$; $I_{\text{平均}}$ 为表头接入点的电流。

例题 1 将 $80 \mu\text{A}$ 、 $1.5 \text{ k}\Omega$ 的表头改装成 $100 \mu\text{A}$ 、 1 mA 、 100 mA 、 500 mA 的直流电流表后 ($R_s = 6 \text{ k}\Omega$) 再改装成 10 V 、 50 V 、 250 V 的交流电压表, 试求各挡位电阻值 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{13} 。

解: 改装后的表头的极限灵敏度电流为 $100 \mu\text{A}$, 即交流电压挡的接入点电流为 $100 \mu\text{A}$, 则:

$$I_{\text{平均}} = 100 \mu\text{A},$$

$$I_{\text{有效}} = 2.27 I_{\text{平均}} = 227 \mu\text{A}$$

此时二极管的电阻值为:

$$R_b = \frac{0.7}{I_{\text{平均}}} = \frac{0.7}{100 \times 10^{-6}} = 7 \times 10^3 \Omega = 7 \text{ k}\Omega$$

表头的等效电阻为:

$$R_g'' = R_b + R_g' = R_b + \frac{R_g R_s}{R_g + R_s} = 7 + \frac{1.5 \times 6}{1.5 + 6} = 8.2 \text{ k}\Omega$$

各挡位的电阻为:

$$R_{11} = \frac{U_1}{I_{\text{有效}}} - R_g'' = \frac{10}{227 \times 10^{-6}} - 8.2 \times 10^3$$

$$= 35.9 \times 10^3 \Omega = 35.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_{12} = \frac{U_2 - U_1}{I_{\text{有效}}} = \frac{50 - 10}{227 \times 10^{-6}} = 176.2 \times 10^3 \Omega = 176.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_{13} = \frac{U_3 - U_2}{I_{\text{有效}}} = \frac{250 - 50}{227 \times 10^{-6}} = 881.1 \times 10^3 \Omega = 881.1 \text{ k}\Omega$$

练习 4 将一块 $200 \mu\text{A}$ 、 $1 \text{ k}\Omega$ 的表头，改装成图 1-7 所示的万用表电路，试计算各电流、电压挡的所有电阻值。

(2) 表头内阻的测量

表头内阻的测量有多种方法，这里只介绍替代法，替代法测量表头内阻步骤如下：

① 电路如图 1-8 所示，将 K 接通 1，调节电阻箱 R 使表头指针指示较大的某个位置，此时记下电压表的读数。

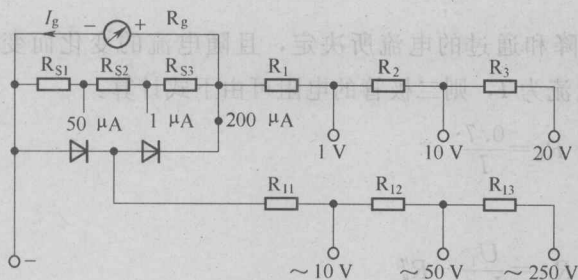


图 1-7 万用表电路

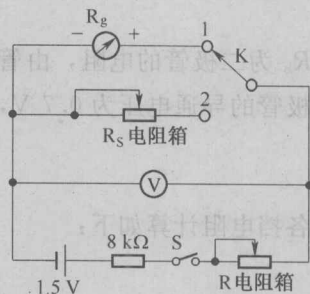


图 1-8 表头内阻测量电路

② 切断电源，将 K 接通 2，再接通电源，调整 R_s 使电压表仍然指示原来的位置，此时 R_s 读数即为表头内阻 R_g 。

③ 计算万用表各挡位所需电阻值

将 $100 \mu\text{A}$ 或 $250 \mu\text{A}$ 表头根据给定数据计算出所需电阻值记入表 1-4。

表 1-4 $100 \mu\text{A}$ ($250 \mu\text{A}$) $R_g =$ Ω

表头各挡电阻	R_{S1}	R_{S2}	R_{S3}	R_1	R_2	R_3	R_{11}	R_{12}	R_{13}
计算阻值									

(3) 发放元件，做焊前准备工作

按计算所得的电阻值，发放电阻元件和二极管，由学生鉴别元件质量，确认电阻阻值，做好焊前准备工作。

3. 焊接组装

(1) 焊接常识

① 被焊元件及导体表面先进行清洁处理，表面有氧化膜的用焊剂处理。

② 使用有腐蚀性焊剂时，焊完后将残余物擦净。

③ 选择 40 W 或 25 W 的电烙铁，烙铁头要上锡。

④ 注意烙铁温度，防止“烧死”。

⑤ 焊接工作停止或结束时，应将烙铁擦干净并上锡，然后断开电源，待烙铁余热散尽后

再收起来。

(2) 焊接要求

- ①保持焊接处清洁。
- ②要适当控制焊接温度和焊接时间。
- ③焊点大小要适中。

④刚焊好的焊点不会立即凝固，在焊点均匀凝固之前，不要触碰被焊元件以免造成虚焊或假焊。

⑤元件布置要合理、均匀、美观。

4. 万用表的校验

(1) 直流电流挡校验

按图 1-9 接线，被校表分别放置在直流电流 $200\ \mu\text{A}$ 、 $1\ \mu\text{A}$ 、 $50\ \mu\text{A}$ 挡上，标准表相应放置在直流电流相应各量限上，调 R_p ，使标准表电流读数分别为 $160\ \mu\text{A}$ 、 $0.8\ \text{mA}$ 、 $40\ \text{mA}$ ，再从被校表读取相应测量数据，记入表 1-5，并计算相应误差。

表 1-5 万用表校验记录

数据项目	标准表读数	被校验表读数	绝对误差 $\Delta = A_x - A_0$	引用误差 $K_m = \Delta A / A_m \times 100\%$	准确度等级
直流电流挡	$160\ \mu\text{A}$				
	$0.8\ \text{mA}$				
	$40\ \text{mA}$				
直流电压挡	$0.8\ \text{V}$				
	$8\ \text{V}$				
	$16\ \text{V}$				
交流电压挡	$8\ \text{V}$				
	$40\ \text{V}$				
	$200\ \text{V}$				

(2) 直流电压挡校验

按图 1-10 接线，被校表分别放置在 $1\ \text{V}$ 、 $10\ \text{V}$ 、 $20\ \text{V}$ 挡，调解电源电压，使标准表读数分别为 $0.8\ \text{V}$ 、 $8\ \text{V}$ 、 $16\ \text{V}$ ，再从被校表读取相应的测量数据记入表 1-5，并计算相应误差。

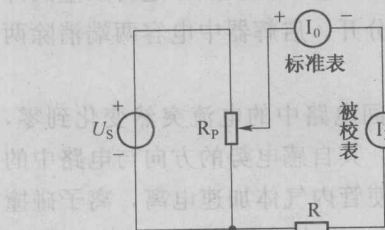


图 1-9 直流电流挡校验电路

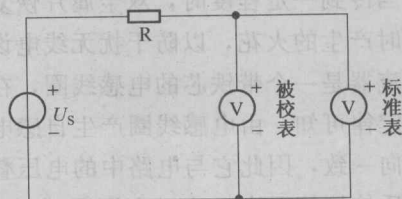


图 1-10 直流电压挡校验电路

(3) 交流电压挡校验

按图 1-11 接线，被校表分别放在交流电压 $10\ \text{V}$ 、 $50\ \text{V}$ 、 $250\ \text{V}$ 挡位上，标准表也放置在相应的量限上，调节自耦调压器输出电压使标准表指示为 $8\ \text{V}$ 、 $40\ \text{V}$ 、 $200\ \text{V}$ ，从被校表

上读取测量数据填入表 1-5，并计算误差。

经过以上校验，计算各挡位误差，若准确度符合技术指标要求，则组装后的万用表合格可用，否则重新调试校正，直至合格为止。

五、实训报告

1. 画出所组装万用表的完整电路原理图。
2. 电流挡的电路原理图及其计算过程。
3. 直流电压挡的电路原理图及其计算过程。
4. 交流电压挡的电路原理图及其计算过程。
5. 确定所组装万用表的准确度等级，对相应挡位的误差进行适当分析和说明。
6. 结合自身情况写出实习收获和个人体会。

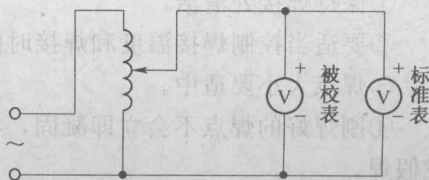


图 1-11 交流电压挡校验电路

课题二 日光灯安装及功率因数提高

一、实训目的

1. 了解日光灯的工作原理；
2. 验证正弦电路中的基尔霍夫定律；
3. 验证提高功率因数的方法和效果；
4. 熟练掌握日光灯的安装方法。

二、实训原理

1. 日光灯的组成

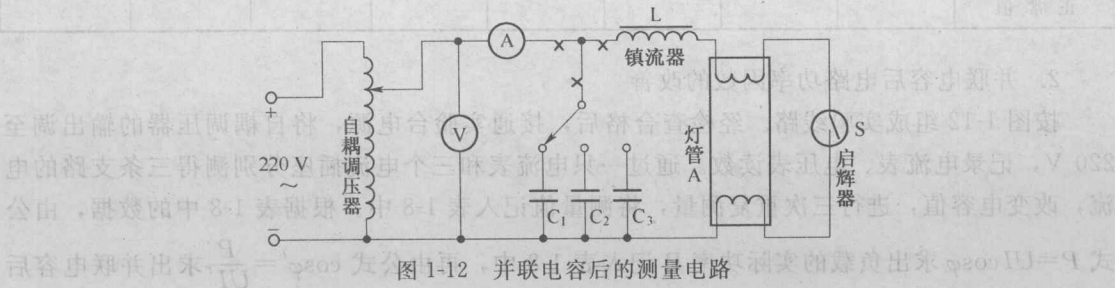
一个简单的日光灯电路由灯管、启辉器和镇流器组成。日光灯的内壁涂有一层荧光物质，管的两端各有一个电极，管内抽成真空后，充以氩气和少量的汞。它的启辉电压是 400~500 V。起辉后管压降只有 80 V 左右，因此日光灯不能直接接在 220 V 电源上使用。启辉器相当于一个自动开关。它是由一个充气二极管和一个电容组成的，二极管中的一个电极是双金属片，另一个电极是固定片，两个电极离得很近，当有电压加在二极管两端时，双金属片两极之间的气体导电，双金属片受热膨胀，发生弯曲，使两极接通，灯管中的灯丝通电加热，二极管两端接通后，由于接触电阻很小，热损耗为零，故不再发热，这时双金属片变冷，当冷到一定程度时，双金属片恢复原来状态，使两极分开。启辉器中电容两端消除两极断开时产生的火花，以防干扰无线电设备。

镇流器是一个带铁芯的电感线圈，在二极管电极断开瞬间电路中的电流突然变化到零，由楞次定律可知，由电感线圈产生自感电势阻碍电流的变化，其自感电势的方向与电路中的电流方向一致，因此它与电路中的电压叠加产生一个高压，使管内气体加速电离，离子碰撞荧光物质使灯管发光。这时电源通过镇流器和灯管构成回路，进入工作状态。日光灯启辉后，镇流器在电路中起到降压和限流作用。

2. 日光灯的电路原理

单相正弦交流电路中，用交流电流表测得各支路的电流值，用交流电压表测得回路各元件两端的电压值，它们之间的关系满足相量形式的基尔霍夫定律，即 $\sum I = 0$ 和 $\sum U = 0$ 。日

光灯线路如图 1-12 所示，图中 A 是日光灯管，L 是镇流器，S 是启辉器，C 是补偿电容器，用以改善电路的功率因数 ($\cos\varphi$) 值。一般的日光灯电路可以看成是一个 RL 串联电路，其功率因数由 R 和 L 的值决定，当并联补偿电容后，电路的功率因数可以得到提高，且负载的工作状态不受影响。



三、实训设备

实训设备如表 1-6 所列。

表 1-6 日光灯安装及功率因数提高实训设备

序号	名 称	型号与规格	数量	序号	名 称	型号与规格	数量
1	交流电压表	0~450 V	1	5	镇流器	与 40 W 灯管配用	1
2	交流电流表	0~5 V	1	6	启辉器		1
3	功率表		1	7	日光灯灯管	40 W	1
4	自耦调压器		1	8	电容器	1 μF 、2.2 μF 、4.7 μF /500 V	各 1

四、实训内容

1. 日光灯线路接线与测量

按图 1-13 连接线路，经检查合格后接通实验台电源，调节自耦调压器的输出，使其输出电压缓慢增大，直到日光灯刚启辉点亮为止，记下电表的指示值。然后将电压调至 220 V，测量电流 I ，电压 U 、 U_L 、 U_A 和功率 P 等值，画出如图 1-14 所示的相量图，根据余弦定理公式，由相量图可得 $\cos\varphi = \frac{U^2 + U_A^2 - U_L^2}{2UU_A}$ ，求出功率因数 $\cos\varphi$ 及功率 P 。将测量数据和计算值记入表 1-7 中。

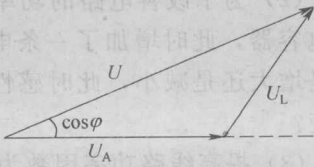
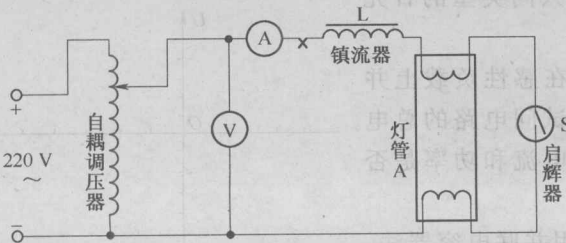


图 1-13 并联电容前的测量电路

图 1-14 电压相量图

表 1-7 并联电容前的测量值与计算值

电路状态	测 量 数 值					计 算 值		
	I (A)	U (V)	U_A (V)	U_L (V)	P (W)	r (Ω)	$\cos\varphi$	P (W)
启 辉 值								
正 常 值								

2. 并联电容后电路功率因数的改善

按图 1-12 组成实验线路。经检查合格后，接通实验台电源，将自耦调压器的输出调至 220 V，记录电流表、电压表读数。通过一只电流表和三个电流插座分别测得三条支路的电流，改变电容值，进行三次重复测量，将测量值记入表 1-8 中。根据表 1-8 中的数据，由公式 $P=UI\cos\varphi$ 求出负载的实际功率 P 记入表 1-8 中，再由公式 $\cos\varphi'=\frac{P}{UI'}$ 求出并联电容后的功率因数 $\cos\varphi'$ ，将计算数据记入表 1-8 中。

表 1-8 并联电容后的测量值与计算值

电容值 (μF)	测 量 数 值					计 算 值		
	U (V)	I' (A)	I_L (A)	I_C (A)	P (W)	P (W)	UI'	$\cos\varphi'$
1								
2.2								
4.7								

五、注意事项

1. 本实验用交流市电 220 V，务必注意用电和人身安全。
2. 线路连接要正确，日光灯不能启辉时，应检查启辉器及其接触是否良好。

六、实训报告

1. 完成数据表格中的计算，进行必要的误差分析。
2. 根据实验数据，分别绘出并联电容后电压、电流的相量图，填入图 1-15 中，并验证相量形式的基尔霍夫定律。
3. 讨论改善电路功率因数的意义和方法。
4. 回答下列问题。

(1) 在日常生活中，当日光灯上缺少了启辉器时，人们常用一根导线将启辉器的两端短接一下，然后迅速断开，使日光灯点亮（DG09 实验挂箱上有短接按钮，可用它代替启辉器做下一试验）或用一只启辉器去点亮多只同类型的日光灯，这是为什么？

(2) 为了改善电路的功率因数，常在感性负载上并联电容器，此时增加了一条电流支路，试问电路的总电流是增大还是减小，此时感性元件上的电流和功率是否改变？

(3) 提高线路功率因数为什么只采用并联电容器法，而不用串联法？所并的电容器是否越大越好？

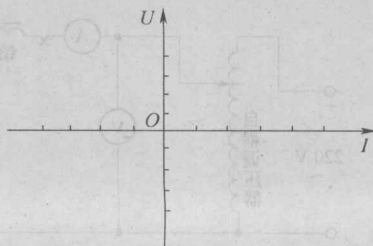


图 1-15 电压、电流相量图

实训二

模拟电子电路综合练习

一、实训目的

模拟电子技术综合练习是学生学习“模拟电子技术”课程过程中,运用本课程所学的模拟电子技术的基本理论和模拟电子实验的基本技能,独立完成实用电子电路的组装、调试、测量工作的一项综合练习,通过综合练习培养学生掌握本专业在模拟电子技术方面应具备的分析问题和解决问题的基本技能。

二、实训内容和要求

1. 实训内容

根据“模拟电子电路综合练习指导书”、电路原理图、印制电路板装配图和所用电子元、器件,独立完成电子电路的组装、调试、测量等环节的工作,组装成技术指标合格的七管超外差式调幅收音机,并完成实训报告。

2. 基本要求

在完成实训内容的过程中,要达到以下各项基本能力的训练:

- (1) 模拟电子电路分析能力(整机方框图及频率分析;元、器件作用;整机交、直流通路分析)。
- (2) 电路元、器件的识别、选择、质量指标的测试、评价;能准确识别元器件直标法、文字符号法、色环法所表示的数值。
- (3) 正确使用电子仪表、设备电工工具;完成印制电路板的组装、焊接、下料,并达到工艺要求。
- (4) 单元电子电路的静态、动态测试和整机统调的能力。
- (5) 综合运用理论知识和实践技能,对电子电路进行故障分析、检测和处理能力。
- (6) 按照指导书独立完成各项内容的实作能力。
- (7) 总结实训收获,撰写实训报告的能力。

三、实训仪表和器材

1. 个人使用工具、元件、资料

万用表一块;偏口钳、螺丝刀、电烙铁各一把;收音机套件一套;导线、焊锡等材料若干。

2. 共用设备

设置两套测试工作台,每个工作台包括:信号发生器一台;毫伏表一台;双踪示波器一台;直流稳压电源一台。