

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材

电工EDA

DIANGONG EDA

郭瑞红 吕书勇 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材

电 工 EDA

郭瑞红 吕书勇 主编



机械工业出版社

本书根据中等职业学校电气控制与维修专业理论实践一体化课程教学大纲, 参照国家职业标准编写。主要包括: 电气制图与识图基础、电气图的画法及识读、初识 Protel DXP 2004、电路原理图的设计、印制电路板的设计、PCB 设计的布局与布线操作、Multisim 绘图与仿真等。每一章后面都配有相应的技能训练和复习思考题供教学使用, 充分体现理论与实践有机结合的教学模式; 通过联系生产实际, 突出操作技能, 重视学生动手能力的培养。

另外, 本书配有教学电子课件, 包括教案、复习思考题答案、期中与期末模拟试题等, 读者可以从机械工业出版社网站下载 (网址为: <http://www.cmpbook.com>)。

本书既可作为中等职业学校电气控制与维修专业教材, 也可作为成人高校或职业技术学院相关专业的教材, 还可供有关专业技术人员参考和使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工 EDA/郭瑞红, 吕书勇主编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 6

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化教材
ISBN 978-7-111-21641-4

I. 电… II. ①郭…②吕… III. 电子电路-电路设计:
计算机辅助设计-专业学校-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 086019 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 华、王振国

责任编辑: 王振国 版式设计: 冉晓华 责任校对: 程俊巧

封面设计: 马精明 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 7 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 12.75 印张 · 302 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-21641-4

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379083

封面防伪标均为盗版

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化 教材编审委员会

主任委员：王 建

副主任委员：赵承荻 李 伟

委 员：(排名不分先后)

陈慧群 施利春 郭瑞红 郭 贇 陈秀梅

吕书勇 陈应华 邵小英 荆宏智 朱 华

张 凯 刘 勇 王春晖 杜萌萌 李宏民

本书主编：郭瑞红 吕书勇

参编人员：任觉民 陈永利 孙 凯

本书主审：张传君 秦国防

序

进入 21 世纪,我国逐渐成为“世界制造中心”,制造业赖以生存与发展的主力军是技能型人才队伍。而制造业向消费市场提供的机床、机械装备、电气设备及各种含有电力拖动与电气控制的产品中,电气系统都占有很大的分量并起着关键作用。要想完成装备中电气系统的研发、试制、安装、维修、操作及使用,就必须有大量的电工类专业技能人才参与。鉴于我国制造业及其他工业企业的人才结构状况,维修电工、机电一体化以及电子技术专业技能人才严重缺乏,尤其是经过培训并获得职业技能资格证书的高技能人才更为奇缺,这种格局已成为制约我国工业经济快速发展的瓶颈。因此,国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国加快培养高技能人才座谈会”,明确提出在“十一五”期间培养技师和高级技师 190 万人,培养高级工 800 万人,使我国高技能人才总量达到 2800 万人的宏伟目标。

众所周知,高职院校、技师学院、中职学校是培养和造就中高级技能人才的主要阵地,而教材则是这些学校向学生传授知识与技能的主要工具之一,也是人们接受终身教育和职场发展的学习工具,编写一套既能适应时代要求,又能有效地提高人才培养效果的好教材,就等于为推进技能人才培养提供了成才就业的金钥匙。

随着现代科学技术的不断发展,在电气技术方面电子元器件及变换技术的产生,电动机由直流发电机—电动机调速向各类交流调速方向快速发展;电气控制方面由接触器控制系统向可程序控制器(PLC)系统发展;机床电气控制也由接触器控制系统向数控机床系统、计算机数控(CNC)机床快速转化。各类职业技术学院针对现代工业企业对技能人才具有极大需求的特点,大胆提出了“知识宽广够用,重在应用技能为本”的人才培养理念;又根据电气技术不断发展,人才培训理念创新和企业人才需求“特点”的时代要求,将原来的专业理论课与技能训练课分别开设的教学内容及教学模式,逐步调整为专业理论与技能训练一体化的教学内容和教学模式。因此,我们组织了长期工作在教学第一线的专家和有丰富教学经验的教师编写了这套适合中、高级技能人才培养的电气安装与维修专业的理论与实践一体化教材。

这套教材在编写原则上,着重强调了理论与实训一体化的知识内容同步、训练同步的模式。教材内容以文字、数据、图、表格相结合的方式展示给学生,以此提高学生的学习兴趣。而且,还参照相关国家职业标准规定的知识层次,但在内容上又不完全拘泥于标准,以此照顾到初级、中级技能人才接受知识和技能培训的需要,为各类技能人才培训搭建一个阶梯型架构。同时,也为满足培训、考工和读者自学的需要提供教材的配套。最后,在教材编写过程中尽可能多地充实新知识、新技术、新工艺、新内容,力求增强技术知识的领先性和实用性,重在教会接受培训的人员掌握一些新知识与新技能。本套教材主要作为中等职业学校的教材,也可作为技师学院、高职院校选用参考。

在本套教材的编写过程中,得到了许多学校领导、专家、老师的指导及帮助,在此谨向

他们表示衷心的感谢。

由于我们的水平和编写时间有限,教材中难免存在错误和不足之处,诚请从事职业教育的专家、老师和广大读者批评指正。

中等职业学校电气安装维修理论与实践一体化 教材编审委员会

1	基础理论及图例户少	第一章
1	表示示示示示示示示示示示	第一章
1	表示示示示示示示示示示示	第二章
0	表示示示示示示示示示示示	第三章
0	表示示示示示示示示示示示	第四章
51	表示示示示示示示示示示示	第五章
51	表示示示示示示示示示示示	第六章
41	表示示示示示示示示示示示	第七章
21	表示示示示示示示示示示示	第八章
21	表示示示示示示示示示示示	第九章
01	表示示示示示示示示示示示	第十章
51	表示示示示示示示示示示示	第十一章
18	表示示示示示示示示示示示	第十二章
18	表示示示示示示示示示示示	第十三章
01	表示示示示示示示示示示示	第十四章
01	表示示示示示示示示示示示	第十五章
01	表示示示示示示示示示示示	第十六章
15	表示示示示示示示示示示示	第十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第十八章
44	表示示示示示示示示示示示	第十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第二十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第三十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第四十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第五十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第六十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第七十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第八十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十一章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十二章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十三章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十四章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十五章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十六章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十七章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十八章
55	表示示示示示示示示示示示	第九十九章
55	表示示示示示示示示示示示	第一百章

目 录

序 会员委审编标准

第一章 电气制图与识图基础	1
第一节 电气图的制图规则和表示方法	1
一、电气制图的一般规则	1
二、电气图中连接线的表示方法	6
三、电气图的基本表示方法	9
第二节 图形符号	12
一、图形符号的概念及形式	12
二、图形符号的使用规则	14
三、图形符号的标注	15
四、图形符号的绘制要求	15
第三节 文字符号	16
一、基本文字符号	17
二、辅助文字符号	18
三、文字符号的使用	18
第四节 项目代号	19
一、项目与项目代号	19
二、项目代号的组成	19
三、项目代号的应用	21
技能训练 1 元器件的识别	22
技能训练 2 接线图的表示方法	24
本章小结	27
复习思考题	27
第二章 电气图的画法及识读	28
第一节 框图	28
一、框图的概念	28
二、框图的绘制原则和方法	28
三、图例	29
第二节 电路图	30
一、电路图的的概念	30
二、电路图的绘制原则和方法	30
三、电路图的简化画法	34
四、电路图的绘制步骤	35

五、电路图的识读与图例	35
技能训练3 电路图的绘制	38
技能训练4 C620 型车床控制线路的识读	39
第三节 印制板图	40
一、印制板图的概念	40
二、印制板零件图	40
三、印制板装配图	46
技能训练5 绘制印制板导电图形图和装配图	49
技能训练6 绘制印制板标记符号图	51
第四节 接线图和接线表	52
一、接线图和接线表的概念	52
二、绘制接线图和编制接线表的通用规则	53
三、单元接线图	55
四、互连接线图	56
五、端子接线图	57
技能训练7 绘制点动控制线路接线图	58
第五节 电气识图的基本方法和步骤	59
一、识图的基本方法	59
二、识图的基本步骤	61
本章小结	63
复习思考题	64
第三章 初识 ProtelDXP 2004	65
第一节 ProtelDXP 2004 简介	65
第二节 ProtelDXP 2004 的启动与中英文界面切换	65
第三节 ProtelDXP 2004 的主窗口	67
一、菜单栏	67
二、工具栏	69
三、工作窗口	69
第四节 ProtelDXP 2004 的文件管理系统	70
一、项目文件	70
二、自由文件	70
三、存盘文件	71
第五节 ProtelDXP 2004 常用编辑器的启动	71
一、创建新的项目文件	71
二、原理图编辑器的启动	72
三、PCB 编辑器的启动	73
四、不同编辑器之间的切换	74
技能训练8 建立和保存文件	74
本章小结	75

复习思考题	76
第四章 电路原理图的设计	77
第一节 原理图界面介绍	77
一、菜单栏	77
二、工具栏	78
第二节 原理图的设计流程与图纸设置	78
一、原理图的设计流程	78
二、原理图的图纸设置	79
第三节 绘图的基本要求	81
第四节 加载元件库	81
第五节 放置元件	82
第六节 对象的编辑操作	83
一、对象的选取	83
二、对象的移动	85
三、对象的删除	87
四、对象的复制/剪切与粘贴	87
五、对象的旋转	88
六、元件属性的快速编辑	88
第七节 布线工具的放置	88
一、导线	89
二、电源端口	90
第八节 图形工具的使用	92
一、绘制直线	92
二、绘制多边形	93
三、绘制椭圆弧	93
四、放置文本字符串	94
第九节 网络表的生成和原理图的打印	95
一、网络表的生成	95
二、原理图的打印与输出	97
技能训练 9 设置导线参数	99
技能训练 10 绘制原理图	101
本章小结	105
复习思考题	106
第五章 印制电路板的设计	108
第一节 PCB 基础知识	108
一、初识 PCB	108
二、PCB 的层次结构	109
三、PCB 的组成	109

四、PCB 设计准备工作	110
五、PCB 设计流程	110
第二节 PCB 界面介绍	110
一、菜单栏	111
二、工具栏	111
第三节 PCB 文件的建立方法	112
一、通过向导生成 PCB 文件	112
二、利用模板生成 PCB 文件	114
三、利用子菜单【新建】生成 PCB 文件	115
第四节 电路板及环境参数的设置	115
一、板形的设置	115
二、电路板图纸的设置	117
第五节 在 PCB 文件中导入原理图网络表	119
一、装载元件封装库	120
二、设置同步比较规则	120
三、导入网络表	121
技能训练 11 建立和规划 PCB	123
本章小结	125
复习思考题	125
第六章 PCB 设计的布局与布线操作	127
第一节 元件的布局	127
一、元件的自动布局	127
二、元件的手动布局	131
第二节 元件的编辑操作	133
一、对象的选择	133
二、对象的移动	136
第三节 电路板的布线	137
一、电路板的自动布线	137
二、电路板的手动布线	141
第四节 电路板的后期制作	143
一、后期制作简介	143
二、电路板的打印输出	146
技能训练 12 PCB 板的布局和布线	150
本章小结	155
复习思考题	156
第七章 Multisim 绘图与仿真	157
第一节 Multisim 简介	157
第二节 Multisim9 基本界面	157

一、菜单栏	158
二、系统工具栏	161
三、主工具栏	161
四、元件工具栏	161
五、仪表工具栏	162
六、电路窗口	162
第三节 绘制电路图实例	162
一、编辑原理图	162
二、确定静态工作点	170
第四节 使用虚拟仪表	172
一、数字万用表	172
二、函数信号发生器	173
三、示波器	174
第五节 基本分析方法	177
一、交流分析	177
二、瞬态分析	179
第六节 Multisim 应用举例	181
一、使用电压表和电流表测量	181
二、利用 DC Sweep (直流扫描) 分析直接测出电阻元件的伏安特性曲线	183
技能训练 13 放大电路的仿真与分析	184
本章小结	188
复习思考题	188
参考文献	190

第一章 电气制图与识图基础

学习指南

电气制图主要用来研究和探讨电气图的特点、规律及其阅读、绘制和使用方法，掌握电气制图是电气技术人员应具备的专业技能。本章将重点介绍有关电气制图的基础知识，以便在今后的实际工作中对识读和绘制电气图起到指导作用。

本章的学习目标：

1. 熟悉电气制图的一般规则。
2. 掌握电气图中连接线的表示方法。
3. 掌握图形符号与文字符号的使用。
4. 理解项目代号的组成和应用。

第一节 电气图的制图规则和表示方法

电气图的绘制必须遵守《电气技术用文件的编制》系列标准（GB/T6988.1~6988.3—1997）、《电气简图用图形符号》系列标准（GB/T4728.2~4728.13）、《电气技术中的文字符号制定通则》（GB/T7159—1987）标准和《技术制图》系列标准（GB/T14689~14691—1993）等方面的有关规定。

一、电气制图的一般规则

国家标准 GB/T14689~14691—1993 规定了电气制图的一般规则，它是绘制和识读各种电气图的基本规范。在绘制电气图时，图纸的幅面、分区、格式以及图线的形式等应按标准规定绘制。

1. 图纸幅面

图纸幅面按标准规定可分为两类：一类是优先采用的基本幅面；另一类是按需要加长后的幅面。

电气制图中采用的基本幅面有 5 种：A0、A1、A2、A3 和 A4。基本幅面的代号及相应尺寸见表 1-1，基本幅面的尺寸关系如图 1-1 所示。

绘制电气图时，应根据其复杂程度，选择适

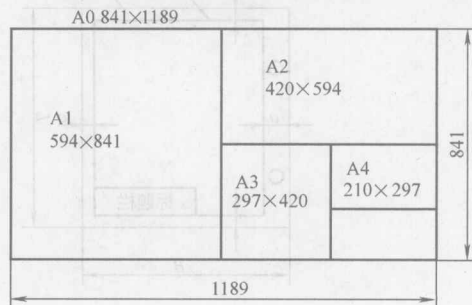


图 1-1 基本幅面的尺寸关系

当幅面的图纸,若基本幅面不够用时,可采用表 1-2 中所规定的加长幅面图纸。

表 1-1 图纸基本幅面的尺寸

(单位: mm)

幅面代号	幅面尺寸	幅面代号	幅面尺寸
A0	841 X 1189	A3	297 × 420
A1	594 × 841	A4	210 × 297
A2	420 × 549		

表 1-2 加长图纸的幅面

(单位: mm)

幅面代号	幅面尺寸	幅面代号	幅面尺寸
A3 × 3	420 × 891	A4 × 4	297 × 841
A3 × 4	420 × 1189	A4 × 5	297 × 1051
A4 × 3	297 × 630		

2. 图纸的格式

图纸的格式主要包括图框及标题栏。在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,如图 1-2 和图 1-3 所示。

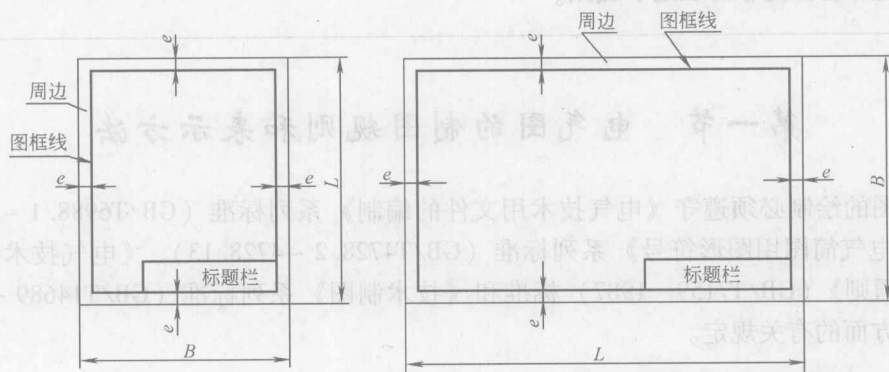


图 1-2 不留装订边的图框

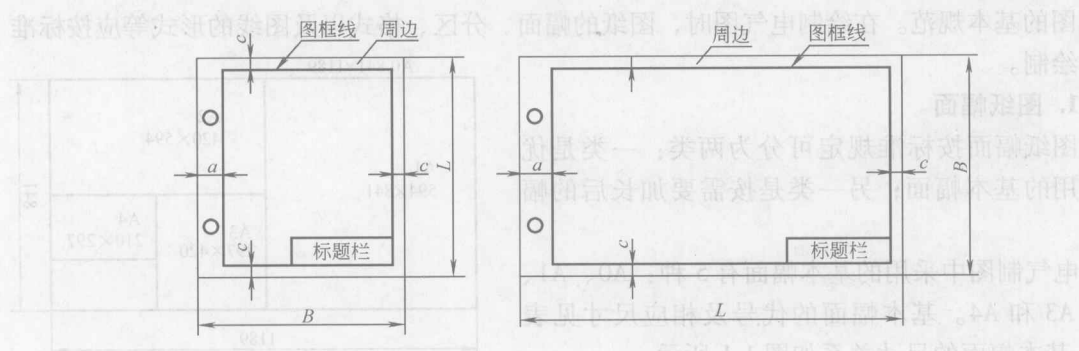


图 1-3 留有装订边的图框

标题栏的格式和尺寸应按 GB10609.1—1989 的规定绘制。标题栏又称为图标，一般在图面的右下角，其主要内容包括：电气工程名称、设计类别、设计单位、图名、图号、比例、尺寸单位及设计人、制图人、描图人、审核人、批准人的签名和日期等。标题栏的方向要与看图的方向一致。

标题栏是电气设计图的重要技术档案，各栏目中的签名人对图中的技术内容承担相应责任。识图时首先应看标题栏。



电气图的基本构成

一般电气图由电路接线图、技术说明、主要电气设备（或元件）明细表和标题栏 4 部分组成。

小知识

3. 图纸幅面的分区

为了便于确定图上的内容、补充、更改等组成部分的位置，可以在各种幅面的图纸上进行分区，如图 1-4 所示。利用图幅分区的方法可以很方便地将符号或元件的位置表示出来，为识图提供了方便。图幅分区一般常用于图幅较大、内容较多的图纸，如机床的电路图；对于图幅较小、内容简单的图样，就没有必要采用图幅分区了。

在进行图幅分区时应注意：

- 1) 分区数应为偶数。每一分区的长度一般不小于 25cm，而且不大于 75cm。
- 2) 每个分区内竖边方向用大写拉丁字母，横边方向用阿拉伯数字编号，编号顺序应从标题栏相对的左上角开始，且连续编号。
- 3) 分区代号可用该区域的编号字母和数字表示，如 A2、B5、C1。

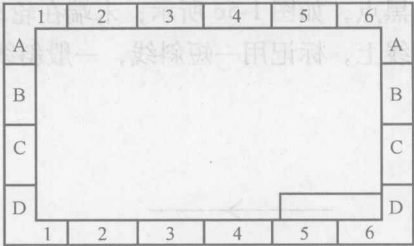


图 1-4 图幅分区示意

4. 图线

(1) 图线形式 绘制电气图时所使用的图线形式及各种图线形式所表达的内容及应用见表 1-3。

表 1-3 电气图中图线的应用

线型	图线名称	图线形式	一般应用
A	粗实线	—————	简图常用线、边框线、主汇流条、母线、电缆
B	细实线	—————	基本线、简图常用线、可见轮廓线、可见导线
E	粗虚线	- - - - -	隐含主汇流条、母线、电缆、导线
F	细虚线	- - - - -	辅助线、屏蔽线、机械连接线、隐含轮廓线、隐含导线、计划扩展内容用线
G	细点划线	- · - · - · - · -	分界线、结构图框线、功能图框线、单元相同图框线
J	粗短划线	- · - · - · - · -	分界线、结构图框线、功能图框线、单元相同图框线
K	双点划线	- · - · - · - · -	辅助图框线

(2) 图线宽度 在电气图中,通常只选用两种宽度的图线。线条粗细可根据图形符号的大小选择,通常尽可能采用细线条。如果为区分或突出符号,或避免混淆而特别需要,也可采用粗线条。一般粗线条的宽度为细线条的两倍。如需两种或两种以上宽度的线条,应按细线条宽度2的倍数递增。图线的宽度一般从以下系列内选取(单位为mm):0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4。

5. 字体

图纸中书写的汉字、数字和字母的字体必须达到:字体端正、笔划清楚、排列整齐、间隔均匀。汉字应写成长仿宋体,并采用国家正式公布的简化汉字。

6. 比例

图纸上的比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。有些电气图需要按照一定的比例绘制,如布置图、印制板图等,以便真实地反映元件的外形、各元件之间的位置关系。如果按比例绘制,比例不可随意选取,可从下列比例系列中选取:1:10、1:20、1:50、1:100、1:200、1:500。

绘制电气图时,应将所采用的比例填写在标题栏的“比例”一栏中。

7. 箭头及指引线

电气简图中的箭头符号有开口箭头和实心箭头两种形式。凡是画在电路的信号线和连接线上的箭头应画成开口的,表示信号流或能量流,即用于电气能量、电气信号的传递方向,如图1-5a所示。画在指引线上末端的箭头应画成实心的,表示可变性、力和运动方向或指引线的方向,用于尺寸标注,如图1-5b所示。

指引线采用细实线,指向被注释处,并在其末端加注标记:末端在轮廓线内,标记用一黑点,如图1-5c所示;末端在轮廓线上,标记用一实心箭头,如图1-5b所示;末端在电路线上,标记用一短斜线,一般斜线与水平方向呈 45° ,如图1-5d所示。



图1-5 箭头及指引线

a) 开口箭头 b) 实心箭头 c) 用圆点 d) 用短斜线

8. 电气简图的布局方法

电气简图的布局不像机械图、建筑图那样要严格按照表达对象的位置、投影关系进行,而可以按不同情况灵活、多样地绘制。如表示导线、信号通路、连接线等的图线,既可以水平地布置,也可垂直地布置;为了把相应的元件连接成对称的布局,还可以采用斜的交叉线(如图1-9所示图线的布局)。

在绘制电气简图时,原则上要求:布局合理、均匀对称、清晰美观、便于识读。布局的要点是:从总体到局部、从主到次、从左到右、从上到下、从图形到文字,均应做到布局合

理。为此,要想绘制好一张图,对于整个图面的布局需要注意以下几点:

(1) 精心构思,做到心中有数 对整个图面要表达的内容(如有哪些图形、各个图形之间的相互位置,图形的功能及主要组成元件,文字符号、要标注的内容,设备、元件明细表等)及各部分所占位置、尺寸大小进行慎密构思,做到心中有数。且需要先画出草图,再进行规划布局。

(2) 进行统一规划,确定各部分的位置 在确定图面表达的内容和做出草图的基础上,确定要表达的各个部分的位置及大小,进行合理布局。电气图中,电路和元件的布局方法有功能布局法和位置布局法两种。

1) 功能布局法:功能布局法是指电气图中电路或元件的布置只考虑便于看出它们所表示元件的功能关系,而不考虑实际位置的一种布局方法,如图 1-6 所示。功能布局法主要用于强调项目功能和工作原理的简图,如框图、电路图等。

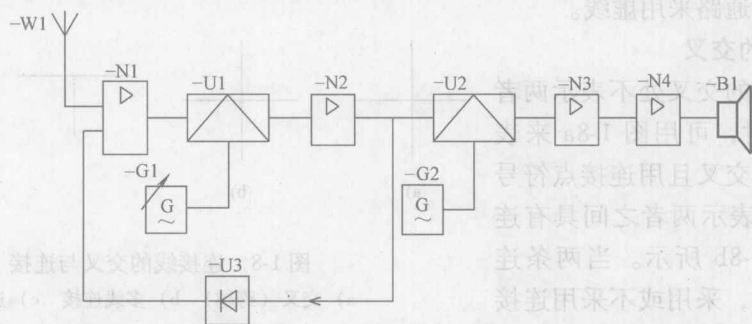


图 1-6 用功能布局法表示无线电接收机框图示例

在功能布局法中,可将表示对象划分为若干功能组,按照因果关系从左到右,从上到下布置,如图 1-6 所示无线电接收机框图的输入部分布置在左边,输出部分布置在右边。为了便于看清功能组的功能关系,每个功能组中的元件应集中布置在一起,并尽可能地按工作顺序排列。

在闭合电路中,正向通路上的信号流方向按自左向右、自上而下顺序布置,反馈通路上的信号流方向则与之相反。在制图时,为表明反馈通路上的信号流向应在反馈信息线上画开口箭头,如图 1-6 所示无线电接收机框图中反馈通路上的信号流向。

2) 位置布局法:位置布局法是指电气图中电路或元件符号的布置与该元件的实际位置基本一致的布局方法,如图 1-7 所示。它可清楚地表示出元件的相对位置和导线走向,主要用于强调项目实际位置的简图,如接线图、安装图等。

(3) 找出基准、逐步绘图 要把整个图幅的基准线以及各个图形的基准线轻轻画出,作为进一步画图的基准。在此基础上,就可以进行设备、元器件的布局,进行按布局的要点逐步绘画,便可快捷、无错、不漏地制出易于识读的电气图。

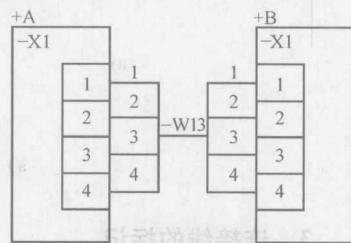
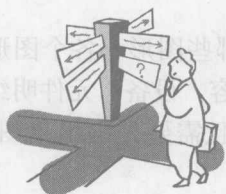


图 1-7 位置布局法示例



想一想

实心箭头和开口箭头的应用

电气图中，实心箭头用于尺寸标注，表示指引线的方向和运动方向。开口箭头用于电气能量、电气信号的传递方向（即能量流、信息流向）。

二、电气图中连接线的表示方法

在电气图中，导线、电缆线、信号通路及元器件、设备的引线均称为连接线。连接线是用来表示设备中各组成部分或元器件之间的连接关系的直线。绘制电气图时一般应采用实线，无线电信号通路采用虚线。

1. 连接线的交叉

两条连接线的交叉处不表示两者具有连接关系时，可用图 1-8a 来表示。两条连接线交叉且用连接点符号（黑点）时，才表示两者之间具有连接关系，如图 1-8b 所示。当两条连接线 T 形相接时，采用或不采用连接点符号均表示两者具有连接关系，如图 1-8c 所示。一般 T 形相接不绘制连接点符号。

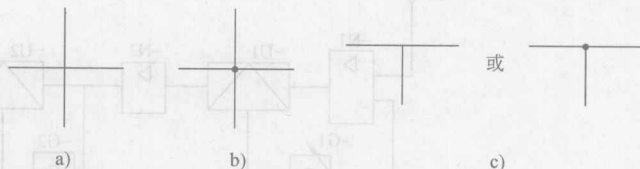


图 1-8 连接线的交叉与连接

a) 交叉（跨越） b) 多线连接 c) 连接

2. 连接线的取向

连接线一般应画成水平方向或垂直方向。用于连接对称布局的图形符号时，可用斜线来表示，如图 1-9 所示。

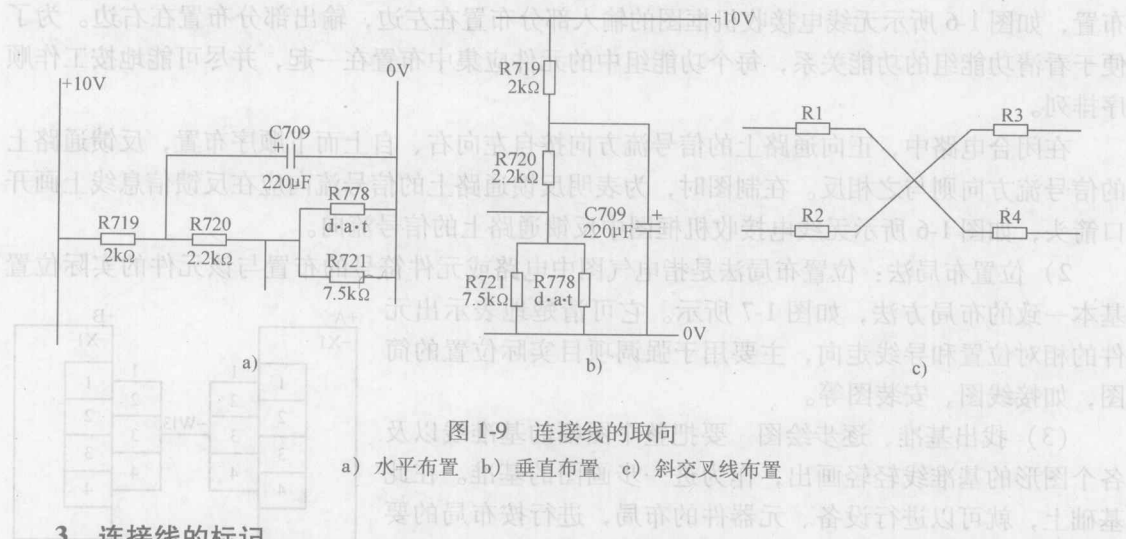


图 1-9 连接线的取向

a) 水平布置 b) 垂直布置 c) 斜交叉线布置

3. 连接线的标记

单根的或成组的连接线有时需要加注识别标记，特别是当连接线中断时必须加注标记。