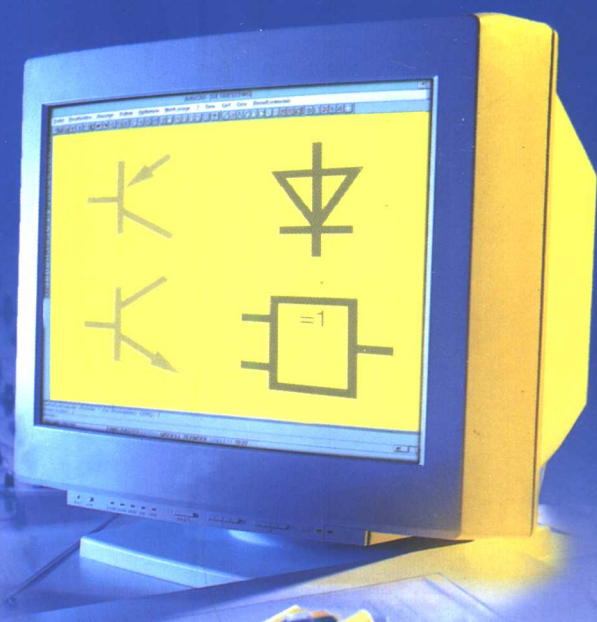



普通高等教育机电类规划教材

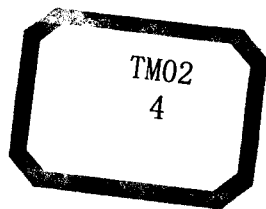
电气制图 与电子线路 CAD

邵群涛 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





普通高等教育机电类规划教材

电气制图与电子线路 CAD

主 编 邵群涛
副主编 葛红宇
参 编 樊红梅 刘汉中
主 审 郭永贞

机械工业出版社

本书是以培养和训练学生具有绘制电气图和阅读电气图能力为目的的一本电类工科专业的专业基础课教材。

本书主要内容包括两个部分：第一部分介绍电气制图以及构成电气图基础的电气简图用图形符号，第二部分介绍计算机绘制电气图，使学生通过学习 Protel DXP 这一典型的电子路线 CAD 软件，掌握计算机绘制包括电路（原理）图、印制电路板图在内的电气图制图技能和相应的计算机仿真技能。通过本书的学习，能使學生掌握电气制图与电气图用图形符号的国家标准，并据此能正确阅读电气图和绘制电气图。

本书可作为高等学校电气、电子、自动化、数控、计算机应用及机电一体化等电类各专业本科教材，也可作为以上专业的高职高专、中等专业学校、成人教育等电气制图与电子线路 CAD 课程的教材或作为贯彻国家电气制图新标准的实用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气制图与电子线路 CAD/邵群涛主编. —北京：机械工业出版社，2005.8

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-17117-9

I. 电... II. 邵... III. ①电气-制图-高等学校-教材②电子电路-电路设计：计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. ①TM02②TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 089439 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：贡克勤 版式设计：冉晓华 责任校对：李秋荣

封面设计：姚毅 责任印制：杨曦

北京机工印刷厂印刷

2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 15.5 印张 · 379 千字

定价：22.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

《电气制图与电子线路 CAD》是以培养和训练学生具有绘制电气图和阅读电气图能力为目的的一本工科电类本科专业的专业基础课教材。作为电气、电子、自动化、数控、计算机应用等电类及以电为主的机电一体化工科专业的专业基础课，该课程的教学目的在于使学生掌握电气制图与电气图用图形符号的国家标准，并据此能正确阅读电气图和绘制电气图。学生通过学习一种典型的电子线路 CAD 软件 Protel DXP，掌握计算机绘制包括电路（原理）图、印制电路板图在内的电气图制图技能和相应的计算机仿真技能。本书中，因软件关系，在用 Protel DXP 绘制的原理图中，有一些元器件采用了非现行国家最新标准的图形符号。

电气图是用图的形式来表达电路的功能或信息的一种技术文件。在现代工业生产中，各种电气设备、电子仪器、电工产品，不管是简单普通的，还是复杂精密的，它们的制造、装配、调试、使用和维护都要以各种电气图为依据。在学术交流、科技合作、经贸洽谈，经营管理中，电气图又是一种必不可少的技术语言，成为人们在电气领域统一思想的交流工具和传递信息的媒体介质。

本课程是以电气图以及构成电气图基础的电气图图形符号为基本内容来学习、掌握绘制和阅读电气图的基本理论和基本方法的，因此《电气制图与电子线路 CAD》是电类专业包括电气、电子、自动控制（数控）、计算机应用及机电一体化类各专业培养获得电气工程师初步训练的高级工程技术人才的一门重要课程。本教材是在数控、自动化、车辆电子电气和测控等专业本科教学改革的基础上编写的，适用于电气、电子、自动化、数控、计算机应用及以电为主的机电一体化等电类本科各专业。本书也可作为以上这些专业的高职高专、中等专业学校、成人教育等电气制图与电子线路 CAD 课程的教材或作为贯彻国家电气制图新标准的实用教材。

本书由邵群涛任主编，葛红宇任副主编。书中第一~四章由邵群涛编写，第五、八章由葛红宇编写，第六、七、九章由樊红梅编写，第十、十一章由刘汉中编写。全书由邵群涛统稿和定稿。

本书由南京工程学院的郭永贞教授主审，郭永贞教授认真审阅了全书的书稿，并提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

本书编写过程中还参考了大量的参考资料，也在此一并感谢相关作者。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 5 月于南京

目 录

前言	设计环境	93	
第一章 电气制图概述	1	第三节 Protel DXP 的文件管理	101
第一节 电气制图与机械制图	1	第七章 原理图设计	103
第二节 电气制图与图形符号的国家标准	2	第一节 Protel DXP 原理图设计基础	103
第二章 电气制图的一般要求	8	第二节 原理图的设计	107
第一节 电气制图的基本规定	8	第三节 元件库的设计	116
第二节 电气图的类别	15	第四节 多张原理图的设计	122
第三节 电气技术文件的编制原则	18	第五节 报表的建立与输出	127
第四节 电气制图的一般规则	20	第六节 原理图的打印	134
第三章 功能性简图	39	第七节 画图示例	134
第一节 功能性简图的通用规则	39	第八章 PCB 设计	140
第二节 概略图	52	第一节 基本概念	140
第三节 功能图	56	第二节 参数设置	143
第四章 电路图	58	第三节 印制电路板的手工绘制	155
第一节 电路图的用途	58	第四节 印制电路板的自动布线	170
第二节 电路图的绘制	58	第五节 元件库的设计	177
第三节 电路图示例	62	第六节 设计举例	184
第五章 逻辑图及二进制逻辑元件的图形符号	75	第九章 电路仿真	190
第一节 逻辑图的基本概念	75	第一节 仿真元件	190
第二节 二进制逻辑元件的图形符号	79	第二节 仿真分析方式及仿真结果观察	192
第三节 关联符号及关联标注法	85	第三节 仿真电路的设计与运行	203
第六章 计算机绘制电气图	91	第十章 电子线路 CAD 上机实验	208
第一节 计算机绘制电气图概述	91	第一节 原理图的设计	208
第二节 电子设计系统 Protel DXP 的		第二节 原理图的元件库设计	209

第六节	电路的仿真	213	第八节	课程设计课题五：数控采集卡的设计	224
第十一章	电气制图与电子线路 CAD		第九节	课程设计课题六：直流调速系统控制器的设计	226
	课程设计	215	第十节	课程设计课题七：直流电动机 PWM 驱动器的设计 ...	229
第一节	电气制图与电子线路 CAD 课程设计概述	215	第十一节	课程设计课题八：煤气安全报警器的设计	232
第二节	课程设计的目的与步骤	215	第十二节	课程设计课题九：步进电动机驱动器的设计	234
第三节	课程设计报告	216	第十三节	课程设计课题十：直流无刷电动机驱动系统的设计	237
第四节	课程设计课题一：电子时钟的设计	216			
第五节	课程设计课题二：红外线遥控调速器的设计	218	参考文献	240	
第六节	课程设计课题三：无线电遥控玩具车系统的设计	219			
第七节	课程设计课题四：超声波遥控开关的设计	222			

第一章 电气制图概述

第一节 电气制图与机械制图

在产品的工程设计和制造过程中，人们一般用图的形式来表示信息。电气图和机械图是工程中常用的两类不同的工程图。这两类图所要表达的对象不同，所采用的方法也不同。

在机械产品的设计过程中，人们用机械图样来表达各种机械零件和它们之间的装配关系及技术要求。从“机械制图”课程中，我们已知道，机械图样主要是反映物体的形状和位置的，所以它是建立在投影法的基础上的。如图 1-1 所示的机械零件的三视图，能惟一确定此物体的空间形状和大小，是全面、准确表达物体形状信息的一种好办法。由于这种三视图的度量性好，且作图较简单，所以广泛用于工程技术的各个领域，成为在机械工程设计、制造、安装、检验、使用、维护及技术交流等方面的公共语言。

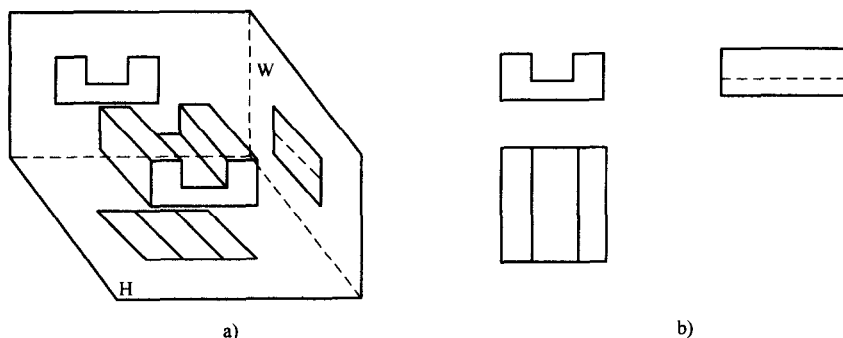


图 1-1 机械零件的三视图

a) 机械零件的投影 b) 三视图

电气图要反映的不是电气元器件或设备的外形，而是它们的功能原理和信号，所以不能像机械制图中用投影绘制的机械图样来画电气图，而只能用反映电气功能原理和信号的图形符号等来绘制电气图。例如图 1-2a 所示的晶体二极管的图形符号，能形象地表示出晶体二极管的单向导电功能，并实际指出这个晶体二极管的正极（阳极）、负极（阴极）。图 1-2b 及 c 所示分别是一个三极开关和一个二输入端与门的图形符号，以示三相触点式开关的控制功能及二进制逻辑元件的逻辑功能。很显然，这些器件用三视图投影法是无法表达它们所具有的功能原理和输出、输入之间的信号关系的。

正是由于电气图表示信息的原理与机械图表示信息的原理有根本的区别，所以其表现形式及表示方法等都与机械图有很大区别。当使用计算机绘制工程图时，两者使用的工具软件也完全不同，绘制机械图使用 AutoCAD，而绘制电气图一般使用 Protel，因此学了机械制图并不能说明就能绘制电气图、阅读电气图。为了掌握阅读电气图和绘制电气图的技能，必须学习电气制图及其图形符号的基本原理及基本规则。电气制图就是研究电气图样的绘制（画

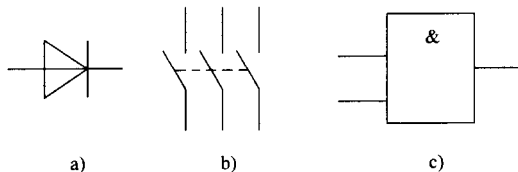


图 1-2 电气简图用图形符号举例

a) 晶体二极管 b) 三极开关 c) 二输入端与门

电气图)和识读(看电气图)规律与方法的一门学科。当然,由于电气制图与机械制图的目的都是为了读画工程图,有些规则还是可以统一起来的,如图样、图线、字体等方面基本一致,这方面,电气制图的标准基本上是往技术制图标准靠拢。

第二节 电气制图与图形符号的国家标准

绘制电气图、阅读电气图的基本依据是电气制图与电气简图用图形符号的国家标准。电气制图的国家标准 GB/T 6988^①也称“电气技术文件编制”,它与电气简图用图形符号的国家标准 GB/T 4728 共同构成电气制图的基本依据。在编制电气技术文件和绘制各种电气图时,只有正确应用电气制图、电气简图用图形符号及其相关的国家标准,才能画出符合标准要求的,适合国内外交流的统一的、各种电气图,表达完整的电气信息。这些国家标准是我国在 20 世纪 80 年代中期制订并在 90 年代修订完成的。为了与原来的国家标准及部颁标准相区别,本书中我们称它们为“新国家标准”或“新国标”。这些新国标是电气、电子技术发展到一定程度的产物。随着电气、电子技术特别是计算机技术的发展,作为电气工程语言的电气制图及其图形符号也在不断发展。不断提出新的概念和新的符号、新的表达形式,并逐步形成了统一的标准。这些标准是一个有机的整体,它们提供了表示各种信息的手段和灵活使用的方法。根据新国标绘制电气(简)图是涉及各行业的综合系统工程,电气设备及电气系统从设计到生产、安装、维修、检验、操作等环节的技术人员都需及时了解 and 正确掌握新国标的内容。要正确理解和使用这些标准,就应对它们进行全面学习,并正确区分新、旧标准的规则。

一、电气制图及电气图形符号国家标准的组成

电气制图及电气图形符号国家标准主要包括如下四个方面:

电气制图	4 项
电气简图用图形符号	13 项
电气设备用图形符号	2 项
主要的相关国家标准	13 项

1. 电气制图国家标准 GB/T 6988

GB/T 6988 等同或等效采用国际电工委员会 IEC 有关的标准。这个国家标准的发布和实施使我国在电气制图领域的工程语言及规则得到统一,并使我国与国际上通用的电气制图领

① “GB/T”是推荐性国家标准的标准代号,国家标准分为强制性和推荐性两类。“6988”表示该标准的编号,编号后可标以标准的发布年份,例如 GB/T 6988.1—1997,表示 GB/T 6988.1 这个标准是 1997 年发布的。

域的工程语言和规则协调一致，促进了国内各专业之间的技术交流，加快了我国对外经济技术交流的步伐。这个标准的前三部分等同采用 IEC1082 的第 1~3 部分，而第四部分等效采用 IEC848（1988）的《控制系统功能表图的绘制》。

GB/T 6988 目前由以下 4 部分组成：

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| (1) 电气技术用文件的编制 第一部分：一般要求 | GB/T 6988.1—1997 |
| (2) 电气技术用文件的编制 第二部分：功能性简图 | GB/T 6988.2—1997 |
| (3) 电气技术用文件的编制 第三部分：接线图和接线表 | GB/T 6988.3—1997 |
| (4) 控制系统功能表图的绘制 | GB/T 6988.6—1993 |

有关以上电气制图国家标准的详细资料可参见中国标准出版社的《电气制图国家标准汇编》一书。

2. 电气简图用图形符号国家标准 GB/T 4728

GB/T 4728《电气简图用图形符号》国家标准共有 13 项，其中 GB/T 4728.2 ~ GB/T 4728.13 这 12 个国标都是等同采用最新版本的国际电工委员会 IEC617 系列标准修订后的新版国家标准。

GB/T 4728 由以下 13 部分组成：

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| (1) 电气图用图形符号 总则 | GB/T 4728.1—1985 |
| (2) 电气简图用图形符号 第 2 部分：符号要素、限定符号和其他常用符号 | GB/T 4728.2—1998 |
| (3) 电气简图用图形符号 第 3 部分：导体和连接件 | GB/T 4728.3—1998 |
| (4) 电气简图用图形符号 第 4 部分：基本无源元件 | GB/T 4728.4—1999 |
| (5) 电气简图用图形符号 第 5 部分：半导体管和电子管 | GB/T 4728.5—2000 |
| (6) 电气简图用图形符号 第 6 部分：电能的发生与转换 | GB/T 4728.6—2000 |
| (7) 电气简图用图形符号 第 7 部分：开关、控制和保护器件 | GB/T 4728.7—2000 |
| (8) 电气简图用图形符号 第 8 部分：测量仪表、灯和信号器件 | GB/T 4728.8—2000 |
| (9) 电气简图用图形符号 第 9 部分：电信：交换和外围设备 | GB/T 4728.9—1999 |
| (10) 电气简图用图形符号 第 10 部分：电信：传输 | GB/T 4728.10—1999 |
| (11) 电气简图用图形符号 第 11 部分：建筑安装平面布置图 | GB/T 4728.11—2000 |
| (12) 电气简图用图形符号 第 12 部分：二进制逻辑元件 | GB/T 4728.12—1996 |
| (13) 电气简图用图形符号 第 13 部分：模拟元件 | GB/T 4728.13—1996 |

有关以上电气简图用图形符号国家标准的详细资料可参见中国标准出版社出版的《电气简图用图形符号国家标准汇编》一书。

3. 电气设备用图形符号国家标准 GB/T 5465—1996

电气设备用图形符号是指用在电气设备上或与其相关的部位上，用以说明该设备或部位的用处和作用的标志。GB/T 5465—1996 由以下两部分组成：

- | | |
|---------------|------------------|
| 电气设备用图形符号绘制原则 | GB/T 5465.1—1996 |
| 电气设备用图形符号 | GB/T 5465.2—1996 |

由于本书主要讨论电路图等电气简图的绘制和阅读，不需要采用电气设备用图形符号，所以书中对 GB/T 5465 的图形符号不作讨论。

4. 与电气制图有关的相关国家标准

与电气制图有关的相关国家标准主要有下面的 13 项。但在电气制图及其图形符号的国家标准中所引用的国家标准和国际标准还有很多，可以参见相关的标准，这里不一一列举。

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| (1) 电器设备接线端子和特定导线端子的识别和应用字母数字系统的通则 | GB/T 4026—1992 |
| (2) 绝缘导线的标记 | GB/T 4884—1985 |
| (3) 电气技术中的项目代号 | GB/T 5094—1985 |
| (4) 印制电路板制图 | GB/T 5489—1985 |
| (5) 电气技术中的文字符号制定通则 | GB/T 7159—1987 |
| (6) 电气系统说明书用简图的编制 | GB/T 7356—1987 |
| (7) 导体的颜色或数字标识 | GB/T 7947—1997 |
| (8) 技术制图 标题栏 | GB/T 10609.1—1989 |
| (9) 技术制图 明细栏 | GB/T 10609.2—1989 |
| (10) 技术制图 图纸幅面和格式 | GB/T 14689—1993 |
| (11) 技术制图 字体 | GB/T 14691—1993 |
| (12) 信号与连接线的代号 | GB/T 16679—1996 |
| (13) 电气工程 CAD 制图规则 | GB/T 18135—2000 |

以上 13 种与电气制图相关的国家标准详细资料可参见中国标准出版社出版的《电气制图国家标准汇编》一书中的相关标准部分。除了以上这些相关标准外，在《电气制图》和《电气简图用图形符号》国家标准中，还引用了大量 IEC、ISO 国际标准和 GB 国家标准。各项电气制图标准中都已详细列有这些标准的目录，学习本标准时可以据此查找标准中有关内容制定的依据。

二、新国标的特点

20 世纪 80 年代中期开始制订并经陆续修订完成的新的电气制图、电气简图用图形符号国家标准是电气科学技术迅速发展的产物。与 60 年代的老标准相比，这套新标准有几个显著的特点。

1. 尽可能采用国际标准

20 世纪 70 年代末以来，随着对外开放政策的实行，国家已明确制定了“积极采用国际标准”的方针。电气制图标准作为电气领域中的基础标准更应该尽量向国际标准靠拢。因此电气制图领域在认真研究 IEC 标准和文件，及其他国际组织和工业发达国家有关标准的基础上制定的这批电气制图标准，最大限度地采用了有关国际标准的规定。例如在电气简图用图形符号和电气设备用图形符号标准中采用了国际标准中的全部内容；电气制图标准中则采用了 IEC 中已提出的全部规则；而编制技术文件和绘图所用的项目代号标准等采用了 IEC 提出的国际通行规则；对图形符号中的文字符号及其他场合出现的文字符号，一律按国际标准规定采用拉丁字母等而不采用汉语拼音。因此，这批标准的制定和贯彻将有利于国内外经济技术交流。按这些标准绘制电气图的产品，在出口贸易时，技术文件中可直接使用这些电气图，而不必国内生产是一套图样，产品出口需另外一套图样，在产品出口时需重新对电气图进行设计绘制，从而使这些产品更具国际竞争力。

国际上制订电气制图及电气图形符号标准的权威机构为国际电工委员会 IEC 的第三技术委员会，简称 IEC/TC3 (International Electrical Committee/Technological Committee3)。目前我国的

电气制图、电气简图用图形符号和电气设备用图形符号新国标全部都是“等同采用”、“等效采用”或“参照采用”IEC的相应标准，即这些国标基本上是完全往IEC标准靠拢。例如GB/T 4728所有13个标准都是“等同采用”IEC617“简图用图形符号”的13部分的技术内容和编写规则。

2. 图形符号尽可能准确表达元器件的功能

新的《电气简图用图形符号》国家标准能尽量准确地表达电气图中各元器件的功能。用尽可能简单的图形符号尽量准确地表达电气电子元器件的功能是对电气简图用图形符号的一项基本要求。但要达到这样的要求并非易事，特别是在电子技术飞速发展的时代。这方面最明显的是GB/T 4728.12—1996《二进制逻辑元件》的图形符号。数字集成电路的发展，使建立在分列元件上的旧的国标《二进制逻辑元件》的图形符号无法表达集成电路的逻辑功能。为此，必须建立一套以集成电路为基础的能表达包括复杂逻辑功能集成电路在内的二进制逻辑元件的图形符号，GB/T 4728.12—1996的图形符号不仅能表达一般二进制逻辑元件的逻辑功能，并且还可以根据二进制逻辑元件的图形符号写出该电路的逻辑表达式。当然为了做到这一点，二进制逻辑元件的图形符号本身也要相应复杂一些。由于二进制逻辑元件的图形符号是逻辑图的主要组成部分，而逻辑图又是当前使用广泛的一种电气图，因此本书在第五章对逻辑图和二进制单元图形符号进行专门讨论。

新国标二进制逻辑元件的图形符号能准确全面表达电路的逻辑功能，例如图1-3a所示的3线~8线代码转换器(74LS138)，根据图形符号不但可分析得到其译码功能，而且还可以根据该图形符号的限定符号，写出其逻辑表达式。而图1-3b所示的用旧国标画的符号完全不能反映其译码功能。

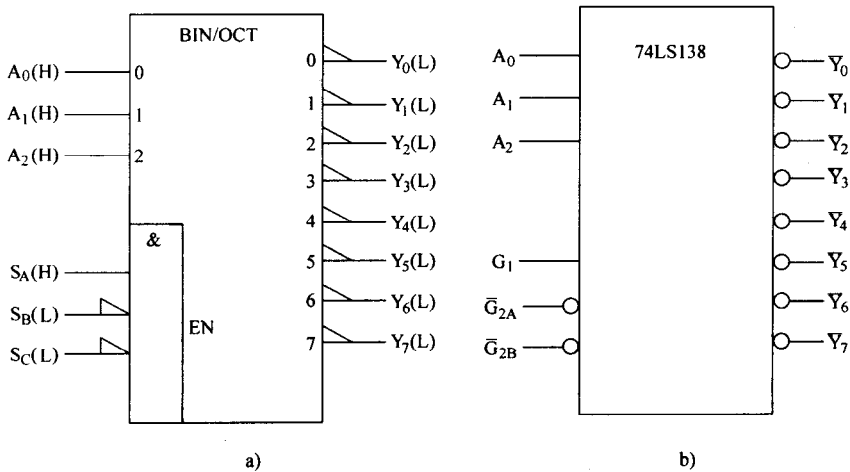


图 1-3 3线~8线代码转换器74LS138的新旧电气图形符号对比

a) 新国标 b) 旧国标

新、旧国标图形符号的差别是很明显的。例如三相笼型电动机和直流电动机(他励)的新、旧国标图形符号分别如图1-4a、b所示。

3. 适当考虑了技术发展的要求

由于基础标准使用周期较长，所以在制订这批电气制图及电气图形符号标准时，要既立

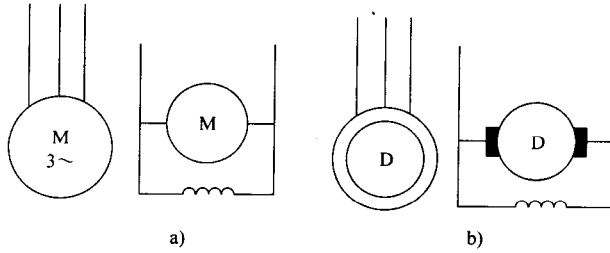


图 1-4 电动机的电气图形符号

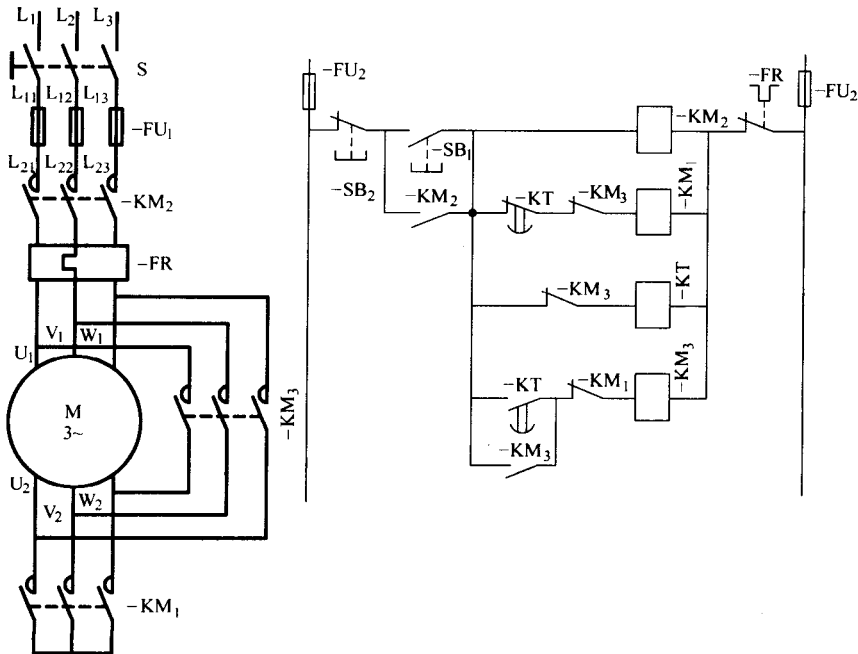
a) 新国标 GB/T 4728.6—2000 b) 旧国标 GB 312~316—1964

足于当前的现状，又要考虑到未来和发展。例如所设计的电气简图用图形符号既可用于手工绘制，也可适应计算机辅助绘图以及复印、缩微等技术的要求，尤其值得指出的是，在《电气简图用图形符号—二进制逻辑元件》国家标准中专门考虑了新器件符号的组合问题，为复杂逻辑功能新技术和新器件的不断发展留有扩展余地。

当然，图形符号还需要补充，特别是半导体器件、光纤、逻辑元件、医疗电器设备、电信设备等方面的符号，《电气制图》国家标准的内容尚不够完整，个别地方还不很成熟，需要在贯彻中及时总结，为修订补充积累资料，待时机成熟加以修订。

三、新、旧国标电气图举例

图 1-5 和图 1-6 分别是根据新国标 GB/T 6988、GB/T 4728 及旧国标 GB 312、GB 315、GB 316 所绘制的三相异步电动机的 Y— Δ 减压起动控制电路图。从这两幅图中可以看出其不同之处主要有这样两点：一是所采用的图形符号不同，一般新国标图形符号更能反映其功能，能简洁处尽可能简洁；二是文字符号完全不同，新国标采用的是英文缩写字母，而旧国标使用的是汉语拼音字母。

图 1-5 新国标绘制的三相异步电动机 Y— Δ 减压起动控制电路图

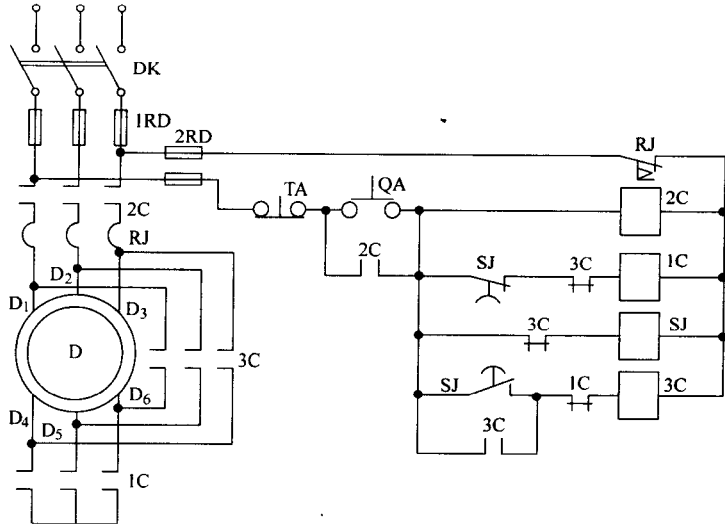


图 1-6 旧国标绘制的图 1-5 所示的电路图

第二章 电气制图的一般要求

电路图、接线图、概略图、功能图等不同的电气图虽各有不同用途，绘制这些图也有各自的规则和要求，但也有一些对这些图共同起作用的规则，如选择和运用图形符号、连接线的画法、项目代号和端子代号的标注、对图纸、图线、字体的要求等，各种电气图都有共同的规则要求。所以电气图作为一种技术图，在电气制图的国家标准中，制订了《电气制图一般规则》标准，目的是使电气图中带共同性的制图规则标准化，所以无论是画电气图还是读电气图，了解和掌握这些基本规则都是十分必要的。由于电气技术文件中电气图是其核心部分，故本书将集中讨论电气图方面的问题。为了叙述的方便，本章中一般都用“电气图”替代在电气制图国家标准中使用的“电气技术文件”一词。

第一节 电气制图的基本规定

一、电气制图标准中使用的基本术语

电气制图标准中使用的基本术语有以下三种：

1. 媒体 (medium)

用以记录信息的材料，如纸张、缩微胶片、磁盘或光盘。

2. 文件 (document)

媒体上的信息。通常，文件按照信息的种类和表达方式来命名，例如概略图、接线表、功能表图。

3. 图 (drawing)

用图形表达信息的文件，它可以包含注释。

上述各类信息、表达形式、数据媒体形式和文件分类之间的相互关系如图 2-1 所示。

二、电气制图中信息的表达方式

1. 图样 (pictorial form)

通常按比例描述零件或组件的形状、尺寸等的图示形式。

2. 平面图 (plan)

表示水平、断面或剖面的图。

3. 简图 (diagram)

采用图形符号和带注释的框来表示包括连接线在内的一个系统或设备的多个部件或零件之间关系的图示形式。

4. 地图 (map)

一个设施与其周围地形关系的图示形式。

5. 表图 (chart, graph)

描述系统的特性（例如两个或多个可变量、操作或状态之间关系）的图示形式。

6. 表格 (table, list)

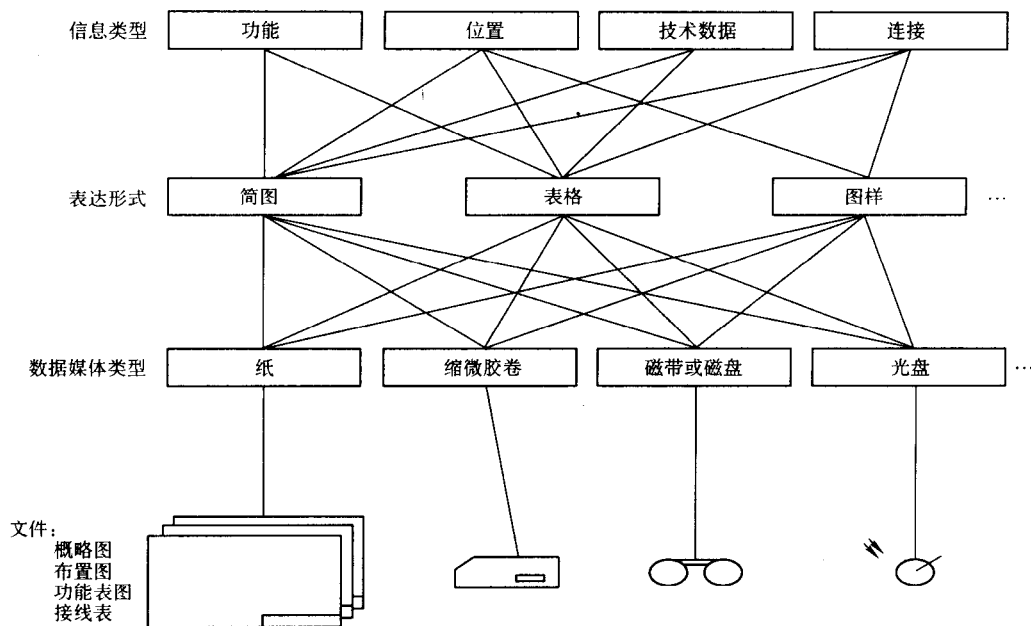


图 2-1 各类信息、表达形式、数据媒体形式和文件分类之间的相互关系

采用行和列的表达形式。

7. 文字形式 (textual form)

一种应用文字的表达形式，例如说明书和说明中的文字。

三、简图中元件和连接线的表示方法

(一) 元件中功能相关各部分的表示方法

1. 集中表示法

这是一种把一个复合符号的各部分列在一起的表示法，如图 2-2a、图 2-3 和图 2-6a 所示。例如图 2-3 中的刀开关“-Q1”、接触器“-Q2”、“-Q3”和热继电器“-K1”等，为

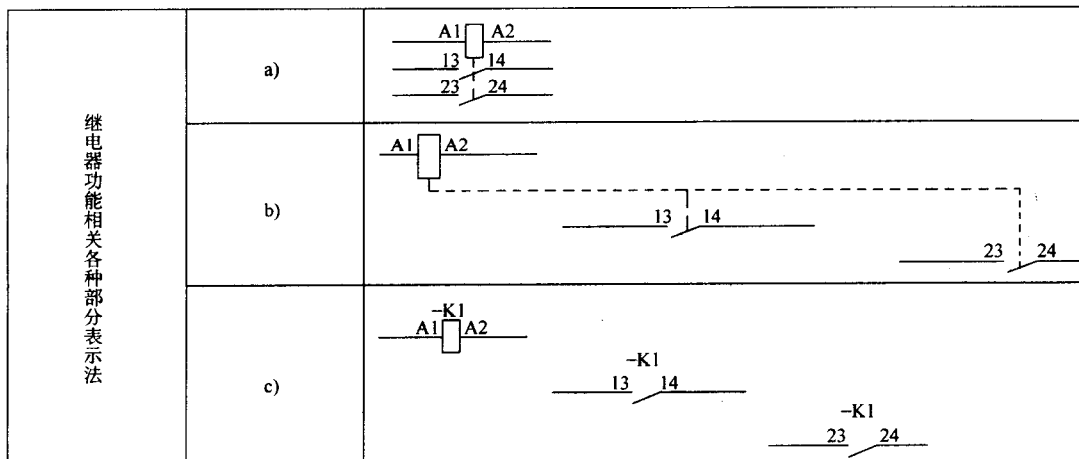


图 2-2 元件中功能相关各部分集中、半集中和分开表示法符号

a) 集中表示法 b) 半集中表示法 c) 分开表示法

了能表明不同的部件属于同一个元件，每一个元件的不同部件都集中画在一起，并用虚线把它们连接起来。这种画法的优点是能一目了然地了解到电气图中任何一个元件的所有部件。但与图 2-4 的半集中表示法和图 2-5 的分开表示法相比，这种表示法不易理解电路的功能原理。所以在绘制以表示功能为主的电路图等的电气图时，除非原理很简单，否则很少采用集中表示法。

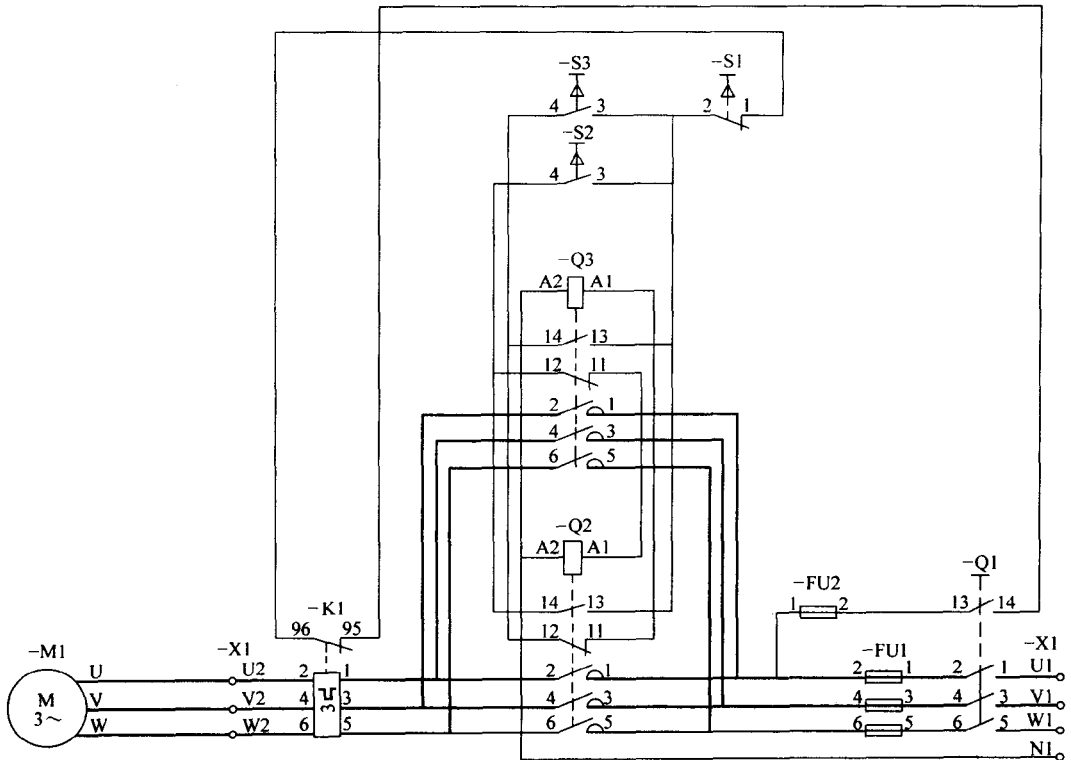


图 2-3 集中表示法表示的三相异步电动机正、反转控制电路图

2. 半集中表示法

这是一种把同一个元件不同部件的符号（通常用于具有机械的、液压的、气动的、光学的等方面功能联系的元件）在图上展开的表示方法。它通过虚线把具有以上联系的各元件或属于同一元件的各部件连接起来，以清晰表示电路布局，如图 2-2b 和图 2-4 所示。例如图 2-4 中的接触器“-Q3”的不同部件，根据电气功能要求分别画在不同的电路中，但用虚线把它们连接起来，表明同属-Q3。与图 2-3 的集中表示法相比，这种画法的优点是易于理解电路的功能原理，而且也能通过虚线一目了然地找到电气图中任何一个元件的所有部件。但与图 2-5 的分开表示法相比，这种表示法不宜用于很复杂的电气图。

3. 分开表示法

这是一种把同一个元件不同部件的图形符号（用于有功能联系的元件）分散于图上的表示方法，采用其同一个元件的项目代号表示元件中各部件之间的关系，以清晰表示电路布

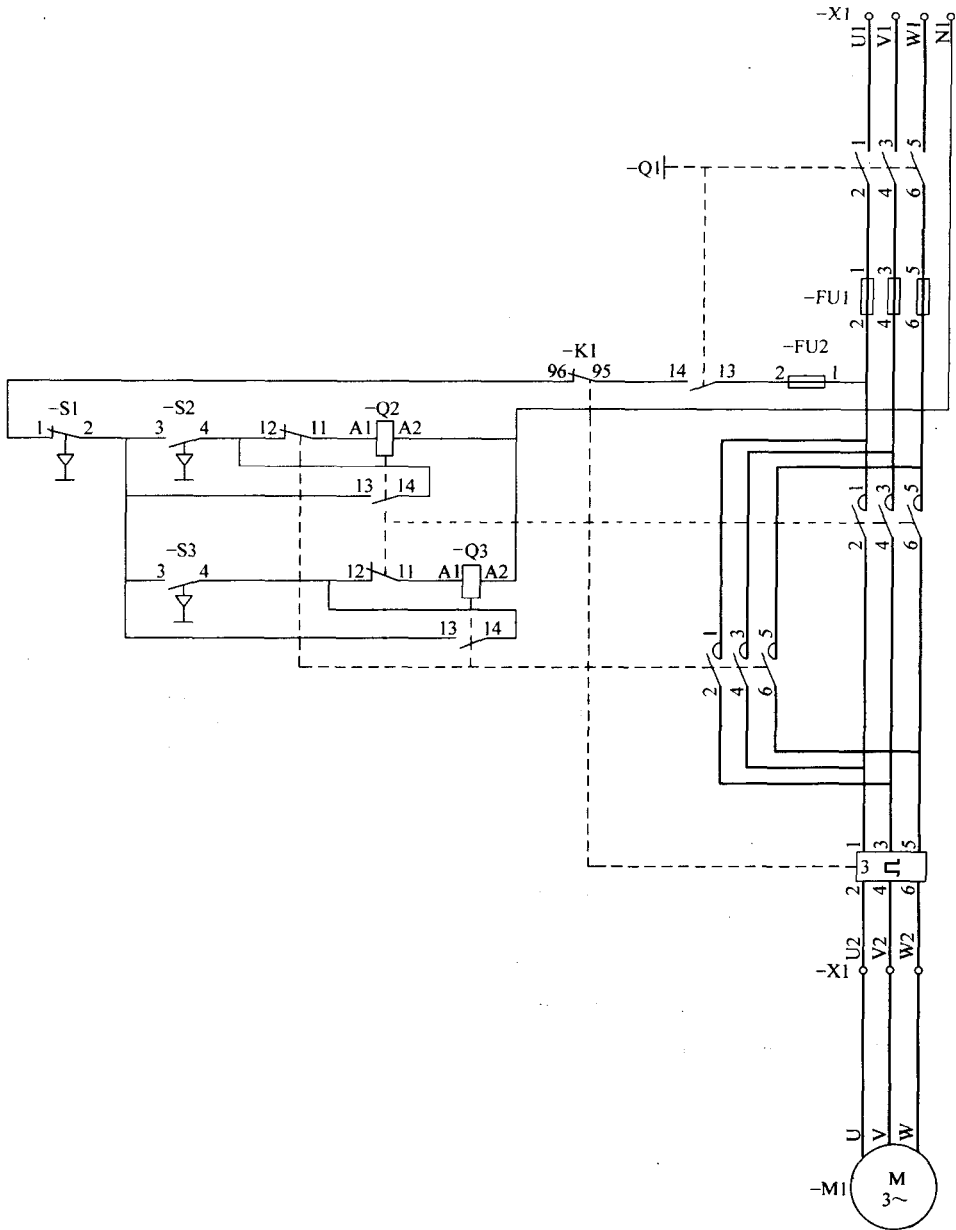


图 2-4 半集中表示法表示的三相异步电动机正、反转控制电路图

局，如图 2-2c 和图 2-5 所示。与图 2-3、图 2-4 相比，虽然图 2-5 也是表示同样的异步电动机正、反转控制电路，但其电路图要简明得多。同样的“-Q3”，不需通过虚线把它的不同部件连接起来或集中起来，而只要通过在其每一个部件（如线圈、主触点和控制触点）附近标注上“-Q3”即可。显然，这种画法对读图者来讲，最容易理解电路的功能。