



普通高等教育国家级“十一五”规划教材  
新编高等教育电子信息、机电类规划教材



机电一体化技术专业

# 电气控制与PLC原理及应用

## (欧姆龙机型) (第4版)

程 周 主 编  
宋天武 主 审

010101001  
010101001010010101010010100101010  
01010100101001010101  
0101010010100101010100101010100101001  
01010100101  
010101001010010101010010100  
010101001010010101010010100101010  
01010100101001010101  
0101010010100101010010101010100101001  
01010100101  
010101001010010101010010100  
010101001  
0101010010100101010010100101010  
010101001010010101  
01010100101001010100101010100101001  
01010100101  
0101010010100101010010100  
010101001

较第3版内容改动如下:

突出了工程技术应用的基础知识和中高级技能型人才需具备的专业知识;

补充了一定数量的实用性强的新知识、新技术;

重新编写“欧姆龙CPM1A系列PLC指令”;

增加了“编程软件CX-Programmer、人机界面及应用、项目实训和综合实训”

在信教育资源网上提供电子教案



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材·机电一体化技术专业

# 电气控制与 PLC 原理及 应用（欧姆龙机型）

（第4版）

程 周 主 编

宋天武 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书在第3版的基础上做了大幅度修订,删除了原书“变压器、交流异步电动机、直流电机、欧姆龙C系列P型机的内部资源、欧姆龙C系列P型机的指令系统、PLC工业控制的应用实例”等内容。修订了“低压电器及控制环节、电动机基本控制线路、直流电动机控制线路、常用机床电气控制、交流桥式起重机的电气控制、可编程序控制器的组成与原理、可编程序控制器技术性能和编程语言、欧姆龙CPM1A系列的结构与资源、PLC系统的设计”等内容。重新编写了“欧姆龙CPM1A系列PLC指令、可编程序控制器编程应用基础举例”等内容。增加了“编程软件CX-Programmer、人机界面及其应用、项目实训和综合实训”等内容。

本书主要内容包括变压器、交流异步电动机、直流电机、低压电器及控制环节、电动机基本控制线路、直流电动机控制线路、常用机床电气控制、交流桥式起重机的电气控制、可编程序控制器的组成与原理、可编程序控制器技术性能和编程语言、欧姆龙CPM1A系列的结构与资源、欧姆龙CPM1A系列PLC的指令系统、PLC系统的设计、可编程序控制器编程应用基础举例、实训项目。

本书可供机电一体化技术专业、电气自动化技术专业、机电控制技术专业、应用电子技术专业、自动化仪表专业使用,也可作为工程技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC原理及应用:欧姆龙机型/程周主编. —4版. —北京:电子工业出版社,2012.1  
新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材  
ISBN 978-7-121-15320-4

I. ①电… II. ①程… III. ①电气控制-高等职业教育-教材 ②可编程序控制器-高等职业教育-教材 IV. ①TM921.5 ②TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第244264号

策 划:陈晓明

责任编辑:赵云峰 特约编辑:张晓雪

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:454千字

印 次:2012年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:32.00元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 前 言

本书是2010年1月出版的“教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材”《电气控制与PLC原理及应用》(欧姆龙机型)(第3版)一书的修订本。根据教育部“关于申报普通高等教育‘十一五’国家级教材规划选题的通知”的精神修订。

本书对较多的章节内容进行了删减和增加,使内容安排更加符合我国社会经济的发展。就整体而言,修订后的书稿内容突出了工程技术应用的基础知识与中高级技能型、应用型人才应该具备的专业知识。

本书围绕目前仍有广泛应用的一些传统技术与系统的基础上讲述有关的基本知识与理论,充分考虑到了技术应用的发展,补充了一定数量的实用性强的新知识与新技术。考虑到目前电气自动化类专业学生的实际就业情况,本书做了大幅度修订,删除了第3版中“变压器、交流异步电动机、直流电机、欧姆龙C系列P型机的内部资源、欧姆龙C系列P型机的指令系统、PLC工业控制的应用实例”等内容。修订了“低压电器及控制环节、电动机基本控制线路、直流电动机控制线路、常用机床电气控制、交流桥式起重机的电气控制、可编程序控制器的组成与原理、可编程序控制器技术性能和编程语言、欧姆龙CPM1A系列的结构与资源、PLC系统的设计”等内容。重新编写了“欧姆龙CPM1A系列PLC指令、可编程序控制器编程应用基础举例”等内容。增加了“编程软件CX-Programmer、人机界面及其应用、项目实训和综合实训”等内容。

本书由安徽职业技术学院电气工程系程周主编,安徽职业技术学院电气工程系洪应编写第1、3、7章,安徽职业技术学院电气工程系常辉编写第2、13章,安徽职业技术学院电气工程系黄琼编写第4、11章,安徽职业技术学院电气工程系温晓玲编写第8、14章,安徽职业技术学院电气工程系宋国富编写第9章,阿尔卡特·朗讯上海贝尔股份有限公司高钟明编写第5、6、10、12章。全书由安徽水利水电职业技术学院宋天武主审,主审以高度负责的精神,认真仔细审看书稿,并提出许多宝贵的修改意见。由于编者水平有限,书中难免缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。联系电子邮箱:ahchzh@163.com。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网([www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn))、职业技术网([www.zyjs.net](http://www.zyjs.net))免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:[hxedu@phei.com.cn](mailto:hxedu@phei.com.cn))。

程 周  
2011年8月

## 参加“新编高等职业教育电子信息、机电类规划教材”

### 编写的院校名单（排名不分先后）

江西信息应用职业技术学院  
吉林电子信息职业技术学院  
保定职业技术学院  
安徽职业技术学院  
黄石高等专科学校  
天津职业技术师范学院  
湖北汽车工业学院  
广州铁路职业技术学院  
台州职业技术学院  
重庆科技学院  
四川工商职业技术学院  
吉林交通职业技术学院  
天津滨海职业技术学院  
杭州职业技术学院  
重庆电子工程职业学院  
重庆工业职业技术学院  
重庆工程职业技术学院  
广州大学科技贸易技术学院  
湖北孝感职业技术学院  
广东轻工职业技术学院  
广东技术师范职业技术学院  
西安理工大学  
天津职业大学  
天津大学机械电子学院  
九江职业技术学院

北京轻工职业技术学院  
黄冈职业技术学院  
南京理工大学高等职业技术学院  
南京金陵科技学院  
无锡职业技术学院  
西安科技学院  
西安电子科技大学  
河北化工医药职业技术学院  
石家庄信息工程职业学院  
三峡大学职业技术学院  
桂林电子科技大学  
桂林工学院  
南京化工职业技术学院  
江西工业职业技术学院  
柳州职业技术学院  
邢台职业技术学院  
苏州经贸职业技术学院  
金华职业技术学院  
绵阳职业技术学院  
成都电子机械高等专科学校  
河北师范大学职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
常州机电职业技术学院  
无锡商业职业技术学院  
河北工业职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院  
合肥通用职业技术学院  
安徽职业技术学院  
上海电子信息职业技术学院  
上海天华学院  
浙江工商职业技术学院  
深圳信息职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
温州职业技术学院  
温州大学  
湖南铁道职业技术学院  
南京工业职业技术学院  
浙江水利水电专科学校  
吉林工业职业技术学院  
上海新侨职业技术学院

江门职业技术学院  
广西工业职业技术学院  
广州市今明科技公司  
无锡工艺职业技术学院  
江阴职业技术学院  
南通航运职业技术学院  
山东电子职业技术学院  
潍坊学院  
广州轻工高级技工学校  
江苏工业学院  
长春职业技术学院  
广东松山职业技术学院  
徐州工业职业技术学院  
扬州工业职业技术学院  
徐州经贸高等职业学校  
海南软件职业技术学院

# 目 录

第 1 章 低压电器及控制环节 .....	(1)
1.1 低压电器与电气图的基本知识 .....	(1)
1.1.1 低压电器的基本知识 .....	(1)
1.1.2 电气图形符号和文字符号 .....	(2)
1.1.3 电气图的分类与作用 .....	(3)
1.2 手动启、停控制 .....	(5)
1.2.1 刀开关 .....	(5)
1.2.2 熔断器 .....	(7)
1.2.3 空气断路器 .....	(8)
1.2.4 手动直接启动控制线路 .....	(9)
1.3 点动与长动控制 .....	(10)
1.3.1 按钮 .....	(10)
1.3.2 接触器 .....	(11)
1.3.3 点动控制线路 .....	(12)
1.3.4 长动控制线路 .....	(13)
1.3.5 热继电器 .....	(14)
1.3.6 中间继电器 .....	(15)
1.3.7 长动与点动控制线路 .....	(16)
1.4 正、反转控制 .....	(17)
1.4.1 接触器互锁正、反转控制线路 .....	(17)
1.4.2 按钮互锁正、反转控制线路 .....	(18)
1.4.3 双重互锁正、反转控制线路 .....	(19)
1.5 顺序和多点控制 .....	(19)
1.5.1 顺序控制线路 .....	(20)
1.5.2 多点控制线路 .....	(22)
1.6 时间控制 .....	(22)
1.6.1 时间继电器 .....	(22)
1.6.2 通电型时间继电器控制线路 .....	(23)
1.6.3 断电型时间继电器控制线路 .....	(24)
1.7 行程控制 .....	(24)
1.7.1 行程开关 .....	(24)
1.7.2 行程控制 .....	(25)
本章小结 .....	(26)

习题1 .....	(27)
<b>第2章 电动机基本控制线路</b> .....	<b>(29)</b>
2.1 三相异步电动机降压启动控制 .....	(29)
2.1.1 定子串电阻降压启动控制线路 .....	(29)
2.1.2 星形-三角形降压启动控制线路 .....	(30)
2.1.3 自耦变压器降压启动控制线路 .....	(32)
2.1.4 三相交流绕线式异步电动机的启动控制 .....	(34)
2.2 三相笼型异步电动机制动控制线路 .....	(37)
2.2.1 速度继电器 .....	(38)
2.2.2 反接制动控制线路 .....	(39)
2.2.3 能耗制动控制线路 .....	(40)
2.3 三相交流异步电动机调速控制线路 .....	(41)
2.3.1 变极调速控制线路 .....	(42)
2.3.2 变频调速控制线路 .....	(44)
本章小结 .....	(45)
习题2 .....	(45)
<b>第3章 直流电动机控制线路</b> .....	<b>(47)</b>
3.1 他励直流电动机启动控制 .....	(47)
3.1.1 手动控制启动线路 .....	(47)
3.1.2 利用时间继电器自动控制的启动线路 .....	(48)
3.2 他励直流电动机正、反转控制 .....	(49)
3.2.1 改变电枢电流方向控制线路 .....	(49)
3.2.2 改变励磁电流方向控制线路 .....	(51)
3.3 直流电动机制动控制 .....	(51)
3.3.1 反接制动控制线路 .....	(51)
3.3.2 能耗制动控制线路 .....	(52)
3.4 直流电动机的保护 .....	(53)
3.4.1 直流电动机的过载保护 .....	(53)
3.4.2 直流电动机的励磁保护 .....	(53)
本章小结 .....	(54)
习题3 .....	(54)
<b>第4章 常用机床电气控制</b> .....	<b>(56)</b>
4.1 普通车床电气控制 .....	(56)
4.1.1 普通车床的主要结构与运动形式 .....	(56)
4.1.2 车床拖动特点及控制要求 .....	(57)
4.1.3 C650 车床的电气控制 .....	(57)
4.2 磨床的电气控制 .....	(61)
4.2.1 平面磨床的主要结构及运动形式 .....	(61)
4.2.2 磨床的拖动特点及控制要求 .....	(62)



4.2.3	M7130 平面磨床电气控制	(62)
4.2.4	M7475B 立轴圆台平面磨床电气控制	(64)
4.3	铣床的电气控制	(67)
4.3.1	铣床的主要结构及运动形式	(67)
4.3.2	X62W 万能铣床的电气控制	(67)
4.4	钻床的电气控制	(71)
4.4.1	摇臂钻床的主要结构及运动形式	(71)
4.4.2	Z3040 摇臂钻床的电气控制	(72)
	本章小结	(74)
	习题4	(75)
<b>第5章</b>	<b>交流桥式起重机的电气控制</b>	(77)
5.1	凸轮控制器	(77)
5.1.1	凸轮控制器的结构与工作原理	(77)
5.2	交流桥式起重机的结构及控制要求	(78)
5.2.1	交流桥式起重机的结构	(78)
5.2.2	桥式起重机对电气控制的要求	(79)
5.3	10t 桥式起重机	(79)
5.3.1	10t 桥式起重机线路基本情况	(79)
5.3.2	10t 桥式起重机控制小车工作情况	(79)
5.3.3	保护电路	(81)
	本章小结	(81)
	习题5	(82)
<b>第6章</b>	<b>可编程序控制器的组成与原理</b>	(83)
6.1	可编程序控制器的基本概况	(83)
6.1.1	可编程序控制器的历史与发展	(83)
6.1.2	可编程序控制器的分类与特点	(84)
6.2	可编程序控制器的基本结构	(85)
6.2.1	中央处理单元	(86)
6.2.2	存储器	(86)
6.2.3	输入/输出模块	(86)
6.2.4	电源模块	(87)
6.2.5	其他接口及外设	(87)
6.3	可编程序控制器的基本工作过程	(87)
6.3.1	可编程序控制器应用举例	(87)
6.3.2	可编程序控制器的工作过程	(89)
	本章小结	(90)
	习题6	(90)
<b>第7章</b>	<b>可编程序控制器技术性能和编程语言</b>	(92)
7.1	可编程序控制器的技术性能	(92)

7.1.1	可编程序控制器的基本技术性能	(92)
7.1.2	可编程序控制器的应用领域	(94)
7.2	可编程序控制器的编程语言	(95)
7.2.1	梯形图编程	(95)
7.2.2	指令语句编程	(96)
7.2.3	功能块图(逻辑图)编程语言	(97)
7.2.4	高级语言	(97)
	本章小结	(98)
	习题7	(98)
<b>第8章</b>	<b>欧姆龙 CPM1A 系列机的结构与资源</b>	<b>(99)</b>
8.1	结构与内部器件	(99)
8.1.1	外形结构	(99)
8.1.2	I/O 扩展单元	(101)
8.1.3	编程工具	(102)
8.1.4	主机的技术指标	(103)
8.2	欧姆龙 CPM1A 系列机的内部资源	(107)
8.2.1	内部继电器 (IR)	(107)
8.2.2	特殊辅助继电器 (SR)	(107)
8.2.3	暂存继电器 (TR)	(109)
8.2.4	保持继电器 (HR)	(109)
8.2.5	辅助记忆继电器 (AR)	(110)
8.2.6	链接继电器 (LR)	(111)
8.2.7	定时器/计数器 (TC)	(111)
8.2.8	数据存储区 (DM)	(111)
	本章小结	(115)
	习题8	(115)
<b>第9章</b>	<b>欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 的指令系统</b>	<b>(116)</b>
9.1	基本指令	(116)
9.2	专用(功能)指令	(129)
9.3	中断控制指令	(164)
9.3.1	外部输入中断功能	(164)
9.3.2	间隔定时器的中断功能	(166)
9.3.3	中断的优先级	(166)
9.3.4	中断控制指令	(166)
	本章小结	(168)
	习题9	(169)
<b>第10章</b>	<b>PLC 系统的设计</b>	<b>(170)</b>
10.1	顺序控制设计法	(170)
10.1.1	流程图的基本结构	(170)

10.1.2	流程图类型	(172)
10.1.3	流程图与梯形图的对应关系	(174)
10.1.4	根据流程图画梯形图	(174)
10.2	其他设计法	(176)
10.2.1	逻辑设计法	(176)
10.2.2	经验设计法	(178)
	本章小结	(182)
	习题 10	(183)
<b>第 11 章</b>	<b>可程序控制器编程应用基础举例</b>	<b>(184)</b>
11.1	梯形图编程格式与规则	(184)
11.1.1	梯形图编程格式	(184)
11.1.2	梯形图编程规则	(184)
11.2	三相异步电动机单向直接启动、点动控制	(187)
11.2.1	继电器 - 接触器控制电路	(187)
11.2.2	可程序控制器控制的 I/O 配线图	(188)
11.2.3	可程序控制器控制的梯形图	(189)
11.2.4	I/O 配线图与梯形图的改进	(190)
11.3	三相异步电动机的正、反转控制	(192)
11.3.1	继电器 - 接触器控制电路	(192)
11.3.2	可程序控制器控制的 I/O 配线图	(192)
11.3.3	防止电弧短路的控制电路	(194)
11.3.4	梯形图设计	(195)
11.4	三相异步电动机的星形 - 三角形降压启动控制	(199)
11.4.1	继电器 - 接触器控制电路	(199)
11.4.2	可程序控制器控制的 I/O 配线图	(199)
11.4.3	可程序控制器控制的梯形图	(200)
	本章小结	(201)
	习题 11	(202)
<b>第 12 章</b>	<b>编程软件 CX-Programmer</b>	<b>(203)</b>
12.1	OMRON CX-Programmer 软件的安装	(203)
12.1.1	CX-Programmer	(203)
12.1.2	OMRON CX-Programmer 标准软件包的安装	(203)
12.2	仿真软件 CX-Simulator 软件的安装	(209)
12.3	OMRON CX-Programmer 软件的使用	(210)
12.3.1	CX-Programmer 编程软件概述	(210)
12.3.2	快速使用 CX-Programmer 软件	(213)
12.3.3	使用 CX-Simulator 仿真软件调试程序	(213)
	本章小结	(214)
	习题 12	(214)

<b>第 13 章 人机界面及其应用</b> .....	(215)
13.1 MCGS 软件 .....	(215)
13.1.1 概述 .....	(215)
13.1.2 MCGS 组态软件的体系结构 .....	(215)
13.1.3 MCGS 组态软件的主要功能 .....	(216)
13.1.4 MCGS 组态软件的主要特点 .....	(217)
13.1.5 MCGS 嵌入版的安装 .....	(217)
13.1.6 MCGS 嵌入版组态软件的运行 .....	(221)
13.2 快速入门 .....	(222)
13.3 制作工程画面 .....	(224)
13.4 定义数据对象 .....	(227)
13.5 动画连接 .....	(228)
13.6 设备连接 .....	(232)
13.7 编写控制流程 .....	(235)
13.8 报警显示 .....	(236)
13.8.1 修改报警限值 .....	(238)
13.8.2 报警提示按钮 .....	(239)
本章小结 .....	(240)
<b>第 14 章 项目实训与综合实训</b> .....	(241)
14.1 交流电动机的拆装 .....	(241)
14.2 直流电动机的拆装与控制 .....	(243)
14.3 三相交流异步电动机正、反转控制 .....	(246)
14.4 三相交流异步电动机 Y- $\Delta$ 降压启动控制 .....	(248)
14.5 交通道口信号灯的 PLC 控制 .....	(250)
14.6 全自动洗衣机的 PLC 控制 .....	(251)
14.7 综合实训 1 PLC 对 C650 型普通卧式车床电气控制系统的改造 .....	(253)
14.8 综合实训 2 YL-335B 型生产线装配单元的 PLC 控制 .....	(259)

# 第 1 章 低压电器及控制环节

## 内容提要

低压电器分类与基本结构；电气图形符号与文字符号；电气图的分类（电气原理图、电气安装图、电气互连图）；点动与长动控制（刀开关、熔断器、空气断路器、接触器、按钮、热继电器、中间继电器所组成的线路）；正、反转控制（接触器互锁、机械互锁、双重互锁）；顺序和多点控制；时间控制（时间继电器、通电延时控制线路、断电延时控制线路）；行程控制（行程开关、往复控制线路）。

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1 200V、直流电压小于 1 500V 的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。其基本控制环节是指由控制电器组成的简单控制线路。

## 1.1 低压电器与电气图的基本知识

### 1.1.1 低压电器的基本知识

#### 1. 低压电器的分类

低压电器种类繁多，分类方法有很多种。

(1) 按动作方式可分为：

手控电器：依靠外力（如人工）直接操作来进行切换的电器，如刀开关、按钮开关等。

自控电器：依靠指令或物理量（如电流、电压、时间、速度等）变化而自动动作的电器，如接触器、继电器等。

(2) 按用途可分为：

低压控制电器：主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用，如刀开关、低压断路器等。

低压保护电器：主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，如熔断器、热继电器等。

(3) 按种类可分为：

刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

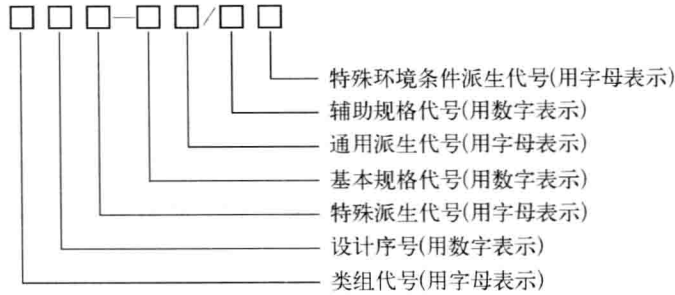
#### 2. 低压电器的基本结构与特点

低压电器一般都有两个基本部分：一个是感测部分，它感测外界的信号，作出有规律

的反应，在自控电器中，感测部分大多由电磁机构组成在手控电器中，感测部分通常为操作手柄等；另一个是执行部分，如触点是根据指令进行电路的接通或切断的。

### 3. 低压电器的型号含义

我国低压电器型号是按产品种类编制的，产品型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合表示，其组合方式如下：



#### 1.1.2 电气图形符号和文字符号

电气图是用电气图形绘制的图，是用来描述电气控制设备结构、工作原理和技术要求的图。它必须采用符合国家电气制图标准及国际电工委员会（IEC）颁布的有关文件要求，用统一标准的图形符号、文字符号及规定的画法绘制。

##### 1. 电气图中的图形符号

图形符号通常是指用于图样或其他文件表示一个设备或概念的图形、标记或字符。图形符号由符号要素、一般符号及限定符号构成。

(1) 符号要素。符号要素是一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合才能构成一个设备或概念的完整符号。例如，三相绕线式异步电动机是由定子、转子引线等几个符号要素构成的，这些符号要求有确切的含义，但一般不能单独使用，其布置也不一定与符号所表示设备的实际结构相一致。

(2) 一般符号。用于表示同一类产品 and 此类产品特性的一种很简单的符号，它们是各类元器件的基本符号，例如，一般电阻器、电容器和具有一般单向导电性的二极管的符号。一般符号不但广义上代表各类元器件，也可以表示没有附加信息或功能的具体元件。

(3) 限定符号。限定符号是用以提供附加信息的一种加在其他符号上的符号。例如，在电阻器一般符号的基础上，加上不同的限定符号就可组成可变电阻器、光敏电阻器、热敏电阻器等具有不同功能的电阻器。也就是说使用限定符号以后，可以使图形符号具有多样性。

限定符号一般不能单独使用。一般符号有时也可以作为限定符号。例如，电容器的一般符号加到二极管的一般符号上就构成变容二极管的符号。图形符号应注意的几点如下：

① 所有符号均应按无电压、无外力作用的正常状态。例如，按钮未按下、闸刀未合闸等。

② 在图形符号中，某些设备元件有多个图形符号，在选用时，应该尽可能选用优选

形。在能够表达其含义的情况下，尽可能采用最简单形式，在同一图中使用时，应采用同一形式。图形符号的大小和线条的粗细应基本一致。

③ 为适应不同需求，可将图形符号根据需要放大和缩小，但各符号相互间的比例应该保持不变。图形符号绘制时方位不是强制的，在不改变符号本身含义的前提下，可将图形符号根据需要旋转或成镜像放置。

④ 图形符号中导线符号可以用不同宽度的线条表示，以突出和区分某些电路或连接线。一般常将电源或主信号导线用加粗的实线表示。

## 2. 电气图中的文字符号

电气图中的文字符号是用于标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征的，可在电气设备、装置和元器件上或其近旁使用，以表明电气设备、装置和元器件种类的字母代码和功能字母代码。电气技术中的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。

(1) 基本文字符号。基本文字符号分为单字母符号和双字母符号两种。

单字母符号是用拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类，每一类用一个字母表示。例如，“R”代表电阻器，“M”代表电动机，“C”代表电容器等。

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成的，并且是单字母符号在前，另一字母在后。双字母中在后的字母通常选用该类设备、装置和元器件的英文名词的首位字母，这样，双字母符号可以较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件的名称。例如，“RP”代表电位器，“RT”代表热敏电阻，“MD”代表直流电动机，“MC”代表笼型异步电动机。

(2) 辅助文字符号。辅助文字符号是用以表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的，通常也是由英文单词的前一两个字母构成的。例如，“DC”代表直流 (Direct Current)，“IN”代表输入 (Input)，“S”代表信号 (Signal)。

辅助文字符号一般放在单字母文字符号后面，构成组合双字母符号。例如，“Y”是电气操作机械装置的单字母符号，“B”是代表制动的辅助文字符号，“YB”代表制动电磁铁的组符号。辅助文字符号也可单独使用，例如，“ON”代表闭合，“N”代表中性线。

### 1.1.3 电气图的分类与作用

电气图包括电气原理图、电气安装图、电气互连图等。

#### 1. 电气原理图

电气原理图是说明电气设备工作原理的线路图。在电气原理图中并不考虑电气元件的实际安装位置和实际连线情况，只是把各元件按接线顺序用符号展开在平面图上，用直线将各元件连接起来。图 1.1 所示为三相笼型异步电动机控制电气原理图。

在阅读和绘制电气原理图时应注意以下几点：

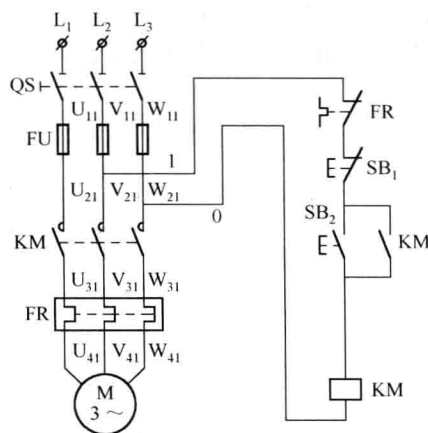


图 1.1 三相笼型异步电动机控制电气原理图

(1) 电气原理图中各元器件的文字符号和图形符号必须按标准绘制和标注。同一电器的所有元件必须用同一文字符号标注。

(2) 电气原理图应按功能来组合，同一功能的电气相关元件应画在一起，但同一电器的各部件不一定画在一起。电路应按动作顺序和信号流程自上而下或自左向右排列。

(3) 电气原理图分主电路和控制电路，一般主电路在左侧，控制电路在右侧。

(4) 电气原理图中各电器应该是未通电或未动作的状态，二进制逻辑元件应是置零的状态，机械开关应是循环开始的状态，即按电路“常态”画出。

## 2. 电气安装图

电气安装图表示各种电气设备在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置。它将提供电气设备各个单元的布局 and 安装工作所需数据的图样。例如，电动机要和被拖动的机械装置在一起，行程开关应画在获取信息的地方，操作手柄应画在便于操作的地方，一般电气元件应放在电气控制柜中。图 1.2 所示为三相笼型异步电动机控制线路安装图。

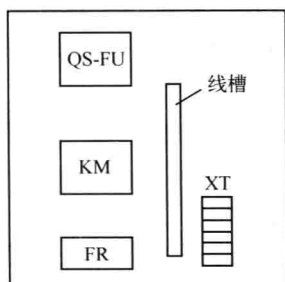


图 1.2 三相笼型异步电动机控制线路安装图

在阅读和绘制电气安装图时应注意以下几点：

(1) 按电气原理图要求，应将动力、控制和信号电路分开布置，并各自安装在相应的位置上，以便于操作和维护。

(2) 电气控制柜中各元件之间，上、下、左、右之间的连线应保持一定间距，并且应考虑器件的发热和散热因素，应便于

布线、接线和检修。

(3) 给出部分元器件型号和参数。

(4) 图中的文字符号应与电气原理图和电气设备清单一致。

## 3. 电气互连图

电气互连图是用来表明电气设备各单元之间的接线关系的，一般不包括单元内部的连接，着重表明电气设备外部元件的相对位置及它们之间的电气连接。图 1.3 所示为三相笼型异步电动机控制线路电气互连图。

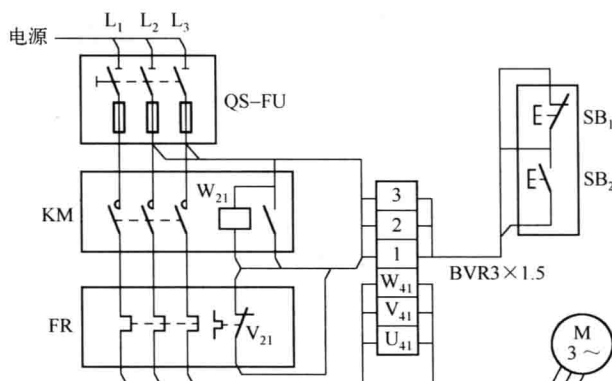


图 1.3 三相笼型异步电动机控制线路电气互连图



在阅读和绘制电气互连图时应注意以下几点：

(1) 外部单元同一电器的各部件画在一起，其布置应该尽量符合电器的实际情况。

(2) 不在同一控制柜或同一配电屏上的各电气元件的连接，必须经过接线端子板进行。图中文字符号、图形符号及接线端子板编号，应与电气原理图相一致。

(3) 电气设备的外部连接应标明电源的引入点。

## 1.2 手动启、停控制

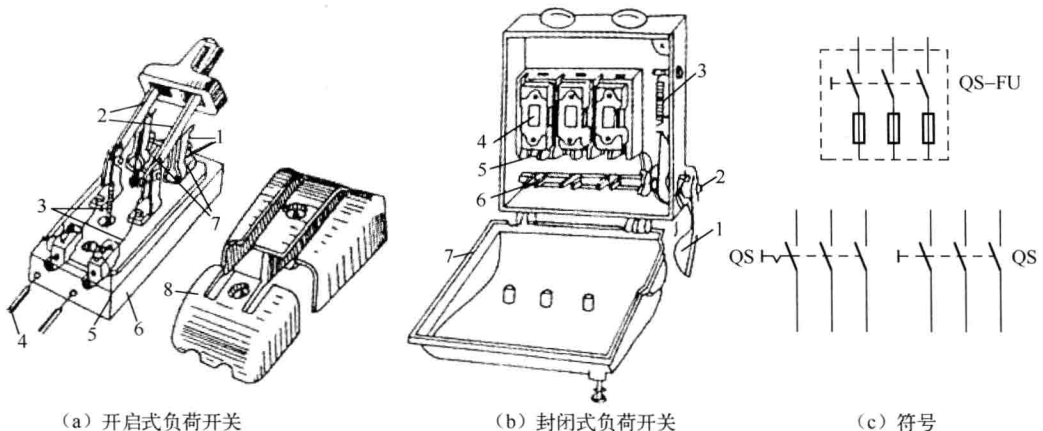
### 1.2.1 刀开关

刀开关也称闸刀开关，主要作为电源引入开关或不频繁接通与分断容量不太大的负载。

#### 1. 刀开关的外形结构及符号

根据工作原理、使用条件和结构形式的不同，刀开关可分为刀开关、刀形转换开关、开启式负荷开关（胶盖瓷底刀开关）、封闭式负荷开关（铁壳开关）、熔断器式刀开关和组合开关等。根据刀的极数和操作方式，刀开关可分为单极、双极和三极。常用的三极开关额定电流有100A，200A，400A，600A，1 000A等。通常，除特殊的大电流刀开关由电动机操作外，一般都采用手动操作方式。

刀开关的外形结构分别如图1.4(a)和(b)所示，图1.4(c)为刀开关的符号，其文字符号为QS。



1—电源进线座；2—刀片；3—熔丝；4—负载线； 1—手柄；2—转轴；3—速断弹簧；4—熔断器  
5—负载接线座；6—瓷底座；7—静触点；8—胶木片 5—夹座；6—闸刀；7—外壳前盖

图1.4 刀开关外形结构及符号

接通操作是用手握住手柄，使触刀绕铰链支座转动，推入插座内即完成。分断操作与接通操作相反，即向外拉动手柄，使触刀脱离静插座。

刀开关可靠工作的关键之一是触刀与静插座之间有着良好的接触，这就要求它们之间有一定的接触压力。对于额定电流较小的刀开关，静插座使用硬紫铜制成，利用材料的弹