

HUOXUE HUOYONG  
DIANQI KONGZHI XIANLU 200LI



活学活用

电气控制线路 200 例

牛小方 孙 涛 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

第 1 版 (2015 年 12 月)

# 活学活用

## 电气控制线路 200 例

主 编 牛小方 孙 涛

副主编 易宇飞

参 编 王雪梅 申有福 朱 军 李长虹 刘宝峰



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

电气控制线路图是电气技术的通用语言，是设计、生产和维修不可或缺的技术资料。本书精选国内外经典和新型电气控制线路 200 例，详细介绍了每例实用电路的电路结构、元器件作用及工作原理。全书共 10 章，主要内容包括电气识图，电动机基本控制线路，电动机降压启动、制动和调速控制线路，直流电动机基本控制线路，电动机组合控制线路，典型机床电气控制线路，PLC 与变频器控制电路，软启动控制电路，常见数控机床控制电路，现代工业生产案例等，涵盖电气识图基础知识、绘制原则、识图步骤和技巧，便于讲授和自学。

本书可供维修电工、安装电工及电气工程技术人员学习阅读，也可作为各类职业院校、社会短期培训电气自动化专业的实训教材和培训用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

活学活用电气控制线路 200 例/牛小方, 孙涛主编. —北京: 中国电力出版社, 2019. 4

ISBN 978-7-5198-2541-6

I. ①活… II. ①牛…②孙… III. ①电气控制—控制电路 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 243266 号

---

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 莫冰莹 (35981368@qq.com)

责任校对: 黄 蓓 常燕昆

装帧设计: 赵姗姗

责任印制: 杨晓东

---

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2019 年 4 月第一版

印 次: 2019 年 4 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 22.25

字 数: 537 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 89.00 元

---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换



## 前言

当前,电气自动化在发展过程中实现了从单一操作到多元化操作的转变,提升了产业的智能化、信息化、工业化程度,工作效率大大提高,促进国民经济的快速发展。电气自动化技术应用的范围延伸到了各个行业,小到一个家用开关,大到航天飞机的研究都有其身影。信息处理技术、自动控制技术、系统工程理论、计算机技术和现代设计方法等学科高度综合交叉,使电气自动化技术开始脱离经验的、感性的、偏重于技术的模式,向着自觉的、理性的、逻辑的、偏重于功能目标的设计理念发展。企业对该领域复合型人才的需求很大。

21 世纪 的产业竞争,终究还是人才的竞争。目前,各省高等技术工人紧缺,且年龄偏大,制造业中具有高等技术资格的人员较少,人才梯队青黄不接。编者结合行业的发展形势及新版国家职业标准,从电气安装、调试、维护、维修的工作能力角度出发,介绍了国内外典型的电气控制线路,以及现代工业生产案例,秉承从电气控制基础到系统设计思路、从基本电路到工程应用电路、从识图入门到读图技巧的编写原则,帮助读者拓展思维,认识电气控制线路的基本环节、实际应用,掌握电气控制系统设计方法,同时对电气控制线路中容易产生的故障有所了解并能够排除,实现从理论到实践的跨越,从校园到职场的转变。

本书由牛小方、孙涛担任主编,易宇飞担任副主编,王雪梅、申有福、朱军、李长虹、刘宝峰参与编写,李伟主审。

由于编者水平和经验有限,本书存在不足和错漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2019 年 3 月



# 目录

## 前言

<b>第 1 章 电气识图</b> .....	1
1.1 常见元件的符号和代号 .....	1
1.2 电气绘图的方法和步骤 .....	3
1.3 电气识图方法 .....	5
<b>第 2 章 电动机基本控制线路</b> .....	7
2.1 刀开关手动正转控制线路 .....	7
2.2 低压断路器手动正转控制线路 .....	8
2.3 组合开关手动正转控制线路 .....	9
2.4 点动控制线路 .....	10
2.5 具有自锁的正转控制线路 .....	12
2.6 具有过载保护的自锁控制线路 .....	12
2.7 倒顺开关控制的正反转控制线路 .....	14
2.8 接触器连锁正反转控制线路 .....	15
2.9 复合按钮连锁正反转控制线路 .....	16
2.10 按钮、接触器双重连锁正反转控制线路 .....	16
2.11 点动正反转控制线路 .....	17
2.12 两地控制的启停控制线路 .....	18
2.13 具有连锁的两地控制的启停控制线路 .....	19
2.14 三地控制的启停控制线路 .....	20
2.15 电动机自动快速再启动控制线路 .....	20
2.16 自动往返控制线路 .....	22
2.17 点动和自动往返混用控制线路 .....	24
2.18 两台电动机顺序启动同时停止控制线路 .....	25
2.19 两台电动机顺序启动分别停止控制线路 .....	26
2.20 两台电动机顺序启动逆序停止控制线路 .....	27
2.21 两台电动机定时差开机控制线路 .....	28

2.22	两台电动机定时差关机控制线路	28
2.23	两条传送带的电气控制线路	29
2.24	三条传送带输送机顺序启动逆序停止控制线路	30
2.25	多台电动机可同时启动又可有选择启动的控制线路	31
2.26	空气压缩机的自动控制线路	32
2.27	电动葫芦的电气控制线路	33
2.28	低速脉冲控制线路	34
2.29	电动阀门控制线路	35
2.30	建筑工地卷扬机控制线路	36

### 第 3 章 电动机降压启动、制动和调速控制线路 38

3.1	定子绕组串接电阻降压启动手动控制线路	38
3.2	定子绕组串接电阻降压启动自动控制线路	39
3.3	按钮操作绕线转子电动机转子绕组串接电阻启动控制线路	40
3.4	继电器控制绕线转子电动机转子绕组串接电阻启动控制线路	41
3.5	绕线转子电动机单向运行转子串频敏变阻器启动控制线路	42
3.6	频敏变阻器启动控制柜线路	43
3.7	凸轮控制器控制绕线转子异步电动机启动控制线路	44
3.8	时间继电器控制自耦变压器降压启动控制线路	46
3.9	两接触器控制自耦变压器降压启动控制线路	47
3.10	手动控制 Y- $\Delta$ 降压启动控制线路	48
3.11	时间继电器控制 Y- $\Delta$ 降压启动控制线路	49
3.12	电流继电器控制 Y- $\Delta$ 降压启动控制线路	50
3.13	手动控制的延边 $\Delta$ 降压启动控制线路	50
3.14	时间继电器控制的延边 $\Delta$ 降压启动控制线路	51
3.15	XJ1 系列降压启动控制箱的控制线路	52
3.16	断电抱闸制动控制线路	53
3.17	通电抱闸制动控制线路	55
3.18	电磁离合器制动线路	56
3.19	单向反接制动控制线路	58
3.20	双向反接制动控制线路	59
3.21	单向半波整流能耗制动控制线路	61
3.22	单向全波整流能耗制动控制线路	62
3.23	双向全波整流能耗制动控制线路	63
3.24	电容制动控制线路	64
3.25	手动双速电动机调速控制线路	65
3.26	时间继电器控制的双速电动机自动调速控制线路	66
3.27	三速电动机手动调速控制线路	67
3.28	三速电动机自动调速控制线路	69

3.29	单相感应电动机无级调速控制线路	70
3.30	双速单相电动机控制线路	70
3.31	JZT 型电磁调速控制器线路	70
3.32	JD1A 型电磁调速控制器线路	72
3.33	JD1B、JD1C 型电磁调速控制器线路	73
3.34	单向开关切换变频调速控制线路	75
3.35	单向按钮切换变频调速控制线路	76
3.36	接触器切换变频调速控制线路	77
3.37	继电器切换变频调速控制线路	78
3.38	双向变频调速控制线路	79
3.39	单相电源变频控制三相电动机线路	80
3.40	具有遥控设定箱的变频器调速控制线路	81
3.41	电动机变频器的步进及点动运行线路	82
3.42	具有三速设定操作箱的变频器调速控制线路	83

#### 第 4 章 直流电动机基本控制线路 ..... 84

4.1	串励直流电动机串电阻启动控制线路	84
4.2	串励直流电动机正反转控制线路	85
4.3	串励直流电动机自励式能耗制动控制线路	86
4.4	串励直流电动机反接制动自动控制线路	87
4.5	并励直流电动机手动启动控制线路	89
4.6	并励直流电动机手动调速控制线路	90
4.7	并励直流电动机正反转控制线路	90
4.8	并励直流电动机单向启动能耗制动控制线路	91
4.9	并励直流电动机双向反接制动控制线路	92
4.10	并励直流电动机改变励磁磁通调速控制线路	93
4.11	并励直流电动机 G - M 调速控制线路	94
4.12	直流电动机正向回馈制动控制线路	95
4.13	直流电动机反向回馈制动控制线路	95
4.14	他励直流电动机的降压启动控制线路	96
4.15	他励直流电动机的正反转控制线路	97

#### 第 5 章 电动机组合控制线路 ..... 99

5.1	Y - $\Delta$ 降压启动正反转控制线路	99
5.2	Y - $\Delta$ 降压启动半波整流能耗制动控制线路	100
5.3	Y - $\Delta$ 降压启动反接制动控制线路	101
5.4	Y - $\Delta$ 降压启动能耗制动正反转控制线路	102
5.5	Y - $\Delta$ 降压启动反接制动正反转控制线路	103

5.6	延边三角形降压启动能耗制动正反转控制线路	104
5.7	双速电动机自变速的正反转控制线路	106
5.8	双速电动机自变速的半波整流能耗制动控制线路	107

## 第 6 章 典型机床电气控制线路 109

6.1	CA6140 型卧式车床控制线路应用	109
6.2	C620 型卧式车床控制线路应用	111
6.3	M7130 型卧轴矩台平面磨床控制线路应用	112
6.4	M1432A 型万能外圆磨床	115
6.5	M7475B 型立轴圆台平面磨床	118
6.6	M7120 型卧轴矩台平面磨床	122
6.7	Z35 型摇臂钻床控制线路应用	124
6.8	Z3050 型摇臂钻床控制线路应用	127
6.9	Z3040 型立式摇臂钻床控制线路应用	129
6.10	Z37 型摇臂钻床控制线路应用	131
6.11	Z3025 型摇臂钻床控制线路应用	133
6.12	Z3063 型摇臂钻床控制线路应用	135
6.13	T68 型卧式镗床的控制线路应用	138
6.14	T610 型卧式镗床的控制线路应用	142
6.15	T617 型单轴坐标镗床的控制线路应用	148
6.16	X6132 型卧式铣床控制线路应用	152
6.17	X5032 型立式铣床控制线路应用	158
6.18	X8120W 型万能工具铣床控制线路应用	161
6.19	X52K 型立式升降台铣床控制线路应用	162
6.20	X62W 型万能铣床控制线路应用	164
6.21	20/5t 型桥式起重机控制线路应用	168

## 第 7 章 PLC 与变频器控制电路 179

7.1	电动机启停 PLC 控制程序	179
7.2	三相异步电动机顺序控制程序	181
7.3	三相异步电动机 Y- $\Delta$ 降压启动控制程序	183
7.4	三相异步电动机反接制动 PLC 控制程序	185
7.5	PLC 控制程序	187
7.6	多级皮带输送机 PLC 控制程序	189
7.7	运料小车 PLC 控制程序 (一)	191
7.8	运料小车 PLC 控制程序 (二)	193
7.9	运料小车 PLC 控制程序 (三)	195
7.10	两种液体混合装置控制程序	200

7.11	多种液体自动混合装置控制程序	203
7.12	智能抢答器 PLC 控制程序 (一)	206
7.13	智能抢答器 PLC 控制程序 (二)	208
7.14	全自动洗衣机 PLC 控制程序	215
7.15	十字路口交通灯 PLC 控制程序 (一)	218
7.16	十字路口交通灯 PLC 控制程序 (二)	219
7.17	报警灯 PLC 控制程序	226
7.18	霓虹灯闪烁 PLC 控制程序	227
7.19	流水灯 PLC 控制程序	229
7.20	自动门 PLC 控制程序	234
7.21	组合机床动力头 PLC 控制程序 (一)	236
7.22	组合机床动力头 PLC 控制程序 (二)	238
7.23	工件自动加工 PLC 控制程序	242
7.24	搬运机械手 PLC 控制程序	246
7.25	物料自动分拣装置 PLC 控制程序	250
7.26	爬坡料斗自动供料 PLC 控制程序	258
7.27	水塔自动供水 PLC 控制程序	261
7.28	变频器的组合运行操作	263
7.29	变频器的 PID 控制	264
7.30	变频器控制三相异步电动机点动控制	268
7.31	PLC 控制变频器实现电动机的正反转	269
7.32	PLC 控制变频器实现工频与变频的自动切换	271
7.33	变频器的多段速控制	279
7.34	变频器在纺织机械中的应用	282

## 第 8 章 软启动控制电路 ..... 285

8.1	软启动器异地控制电路	285
8.2	软启动器一拖二控制电路	286
8.3	软启动器一用一备控制电路	288
8.4	软启动器二用一备控制电路	289
8.5	一台软启动器拖动三台电动机控制电路	292

## 第 9 章 常见数控机床控制电路 ..... 295

9.1	TK1640 型数控车床的主电路	295
9.2	TK1640 型数控车床的电源电路、控制电路	296
9.3	XK714A 型数控铣床的主电路	298
9.4	XK714A 型数控铣床的电源电路、控制电路	299
9.5	DK7735 型线切割机床的主电路	301

9.6	DK7735 型线切割机床的控制电路	302
<b>第 10 章 现代工业生产案例</b>		
10.1	PLC、变频器控制的恒压供水线路	304
10.2	变频器控制恒温线路	309
10.3	中央空调控制系统	310
10.4	PLC、变频器控制的龙门刨床控制线路	314
10.5	变频器在皮带输送机上的应用	319
10.6	PLC 和变频器在自动门控制中的应用	320
10.7	PLC 与变频器在桥式起重机改造系统中的应用	322
10.8	PLC 与变频器在电梯控制系统中的应用	328
10.9	T68 型镗床的 PLC 控制	331
10.10	多工步转塔车床的 PLC 控制	334
10.11	M7475 型平面磨床 PLC 控制	338
10.12	Y7131 型齿轮磨床的 PLC 控制	342

# 第 1 章

## 电 气 识 图

根据国家规定,电气技术领域中电气图主要有系统图、功能图、逻辑图、电路图、接线图和位置图等。对一般工矿企业维修电工而言,最常用的就是电路图、接线图和位置图。要正确识读电气图,就必须了解常用电气元件的图形符号和文字符号。

### 1.1 常见元件的符号和代号

元件的符号也称为电气元件的图形符号。GB/T 4728《电气简图用图形符号》规定了我们工作中常见的电气元件的图形符号(见表 1-1);元件的代号指的是电气元件的文字符号,包括基本文字符号(单字母和双字母)和辅助文字符号。我国将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类,每大类用一个专用的单字母符号表示。双字母符号是在单字母符号不能满足要求,需将大类进一步划分时采用的符号,可以较详细和更具体地表示电气设备装置和元器件。辅助文字符号使用时放在表示种类的单字母符号后面组成双字母符号,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。常见电气元件的文字符号见表 1-2。

表 1-1 常见电气元件的图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
导线	—	接触器动断辅助触点	
限位开关动合触点		热继电器的驱动元件	
限位开关动断触点		热继电器动断触点	
低压断路器		通电延时时间继电器线圈	
熔断器		断电延时时间继电器线圈	
动合按钮		延时断开瞬时闭合动断触点	
动断按钮		延时闭合瞬时断开动合触点	

名称	图形符号	名称	图形符号
电磁线圈		瞬时断开延时闭合动断触点	
接触器主动合触点		瞬时闭合延时断开合触点	
接触器动合辅助触点		电阻	
电磁抱闸制动器		插头和插座	
速度继电器转子		电磁离合器	
速度继电器动合触点		电接点压力表	
电抗器、扼流圈		液位控制开关	
二极管		电压互感器	
桥式全波整流器		电流互感器	
蜂鸣器		三相自耦变压器	
指示灯		三相交流电动机	

表 1-2

常见电气元件的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
限位开关	SQ	电抗器	L
低压断路器	QF	二极管	V
熔断器	FU	电流互感器	TA
按钮	SB	电压互感器	TV
交流接触器	KM	插头	XP
时间继电器	KT	插座	XS
中间继电器	KA	蜂鸣器	HB
热继电器	KH	指示灯	HL
速度继电器	KS	电磁离合器	YC

续表

名称	文字符号	名称	文字符号
电阻	R	电接点压力表	SP
电位器	RP	电接点温度表	ST
温度继电器	KTE	液位开关	SV
压力继电器	KPR	自耦变压器	TC
电流表	PA	交流发电机	G
电压表	PV	交流电动机	M
端子板	XT	连接片	XB

常见图形符号和文字符号本书未一一列举,实际使用时需要更多更详细的资料,请查阅国家有关标准。

## 1.2 电气绘图的方法和步骤

### 1.2.1 电路图

电路图习惯上也称为电气原理图,是用国家规定的图形符号和文字符号并按工作顺序排列,详细表示电路、设备或成套装置的全部组成和连接关系,而不考虑实际位置的一种简图。

#### 1. 电气原理图的组成

电气原理图一般分为电源电路、主电路、控制电路、信号电路及照明电路。

#### 2. 电路图的绘制原则

电源电路在图纸的左上方水平画出,三相交流电按相序 L1、L2、L3 从上至下依次排列画出,中性线 N 和保护线 PE 依次画在相线之下。直流电源正极在上,负极在下。电源开关应水平画出。

主电路是指受电的动力装置和保护电路,流过的电流较大。主电路要垂直于电源电路画在原理图的左侧。

控制电路、信号电路和照明电路分别控制显示主电路的工作状态和对设备或机床进行局部照明,流过的电流较小。画图时要跨接在两相电源之间,在主电路右侧依次画出。电路中的能耗元件要画在触点的下方。

图中各元件的触点位置要按电路未接通或元件未受到外力作用时的常态位置画出。

图中同一元器件的各部分不按它们的实际位置画在一起,而是按其电路中所起的作用分画在不同的电路中,它们的动作是相互关联的,必须标注相同的文字符号。相同的元器件较多时,要在元器件文字符号后加上数字以示区别。

原理图中,有直接电联系的交叉导线接点,要用小黑圆点表示。无直接电联系的导线交叉点不画小黑圆点。

#### 3. 电路图中技术数据的标注

电路图中元器件的数据和型号(如继电器动作电流的整定、导线的规格等)可用小号字体标注在元器件文字符号下方,如图 1-1 所示。



图中接触器 KM 线圈下方的触点表是用来说明线圈和触点的从属关系的。其含义为 KM 的三对主触点在图中的 2 区、两对动合辅助触点分别出现在图中的 8 区和 10 区、两对动断辅助触点未使用。

### 1.2.2 元件布置图

电气元件的位置图用以表示机械设备上或施工现场所有电气设备和电器元件的实际位置，是电气控制设备制造、安装和维修必不可少的技术文件。图 1-3 所示为电动机正反转的元件布置图。

### 1.2.3 接线图

接线图主要用于安装接线、电路检查、电路维修。接线图中把电路中的各个元器件的受电线圈、触头按实际位置画在一起，并标注出接线端子号、连接导线参数等。实际中通常与电路图、位置图一起使用。图 1-4 所示为电动机正反转控制电路的接线图。

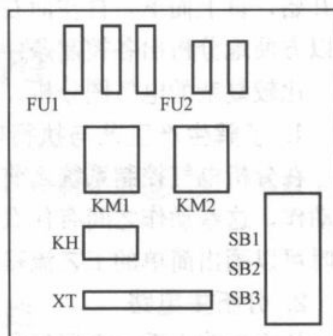


图 1-3 电动机正反转的元件布置图

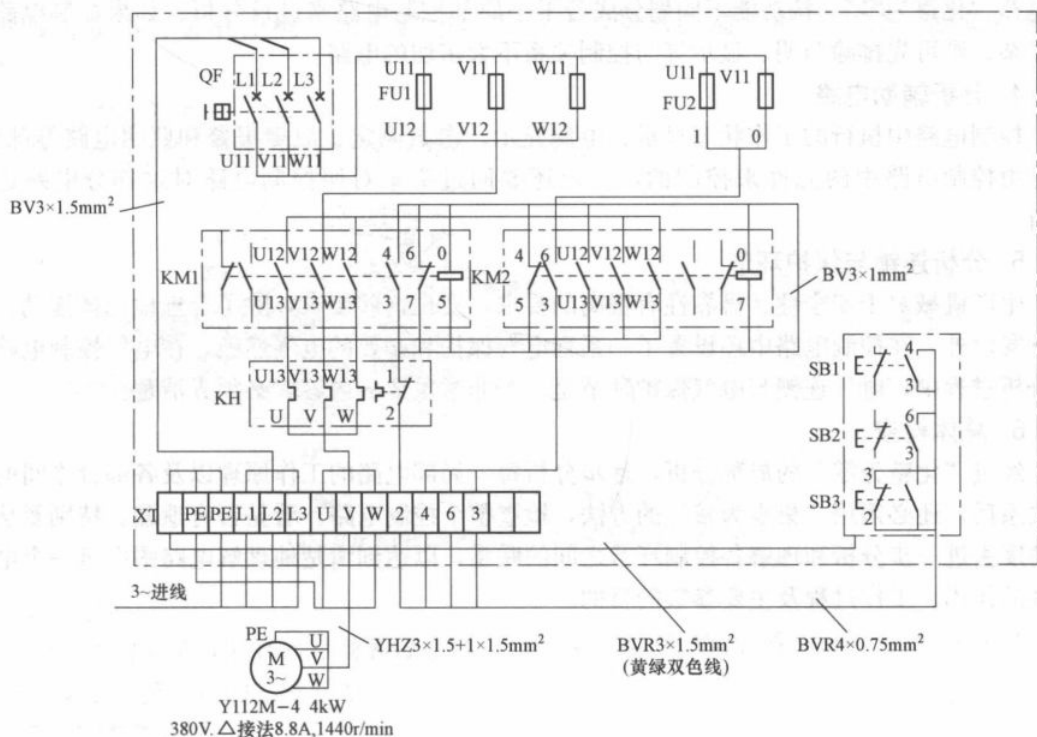


图 1-4 电动机正反转电路的接线图

## 1.3 电气识图方法

在了解各种常用的电路元件的结构、工作原理及图形符号和文字符号，熟悉了电气图的

绘制原则后，我们就可以轻松地看懂一些简单的电路图了。实际工作中我们往往会遇到一些所谓的复杂的电路，看起来觉得无从下手。其实任何实际电路都是由简单的、基本的控制环节组成的。我们只要将整个电路图“化整为零”，即以某一电动机或电器元件为对象，从电源开始，自上而下，自左而右，逐一分析其接通或断开的关系。根据图区坐标标注的检索就可以方便地分析出各控制条件与输出的因果关系。

比较复杂的电气图分析、识读应按以下步骤进行。

### 1. 了解生产工艺与执行电器的关系

在分析电气控制系统之前，应该熟悉生产机械的工艺情况，充分了解生产机械要完成哪些动作，这些动作之间有什么联系；然后进一步明确生产机械的动作与执行电器的关系，必要时可以画出简单的工艺流程图，为分析电气控制系统提供方便。

### 2. 分析主电路

从主电路入手，根据每台电动机和执行电器的控制要求去分析各电动机和执行电器的控制内容。比如，电动机采用什么启动方法，是否要求正反转，有无调速和制动要求等。

### 3. 分析控制电路

根据主电路中各电动机和执行电器的控制要求，注意找出控制电路中的控制环节，将控制电路“化整为零”，按功能不同划分成若干个局部控制电路来进行分析。如果控制电路比较复杂，则可先排除照明、显示等与控制关系不太密切的电路。

### 4. 分析辅助电路

控制电路中执行的工作状态显示、电源显示、参数测定、故障报警和照明电路等部分，多是由控制电路中的元件来控制的，一定还要回过头来对照控制电路对这部分电路进行分析。

### 5. 分析连锁与保护环节

生产机械对于安全性、可靠性有很高的要求，实现这些要求，除了合理地选择拖动、控制方案以外，在控制电路中还设置了一系列电气保护和必要的电气连锁。在电气控制电路图的分析过程中，电气连锁与电气保护环节是一个非常重要的内容，必须弄清楚。

### 6. 总体检查

经过“化整为零”的局部分析，逐步分析每一局部电路的工作原理以及各部分之间的控制关系后，还必须用“集零为整”的方法，检查整个控制电路，看是否有遗漏。特别要从整体角度去进一步分析和理解各控制环节之间的联系，以达到清楚地理解电路图中每一个电气元件的作用、工作过程及主要参数的目的。

## 第 2 章

# 电动机基本控制线路

生产实践中,由于工作性质不同,对三相异步电动机的基本控制要求也不同,本章主要介绍电动机的点动、正转、顺序控制以及正反转控制等线路。

## 2.1 刀开关手动正转控制线路

### 2.1.1 刀开关基本知识

刀开关全称是瓷底胶盖刀开关,又称开启式负荷开关。常用 HK 系列,适用于照明、电热设备及小容量电动机控制电路中,供手动不频繁接通和断开电路,起短路保护作用。

#### 1. 结构与符号

刀开关的结构、图形与文字符号如图 2-1 所示。

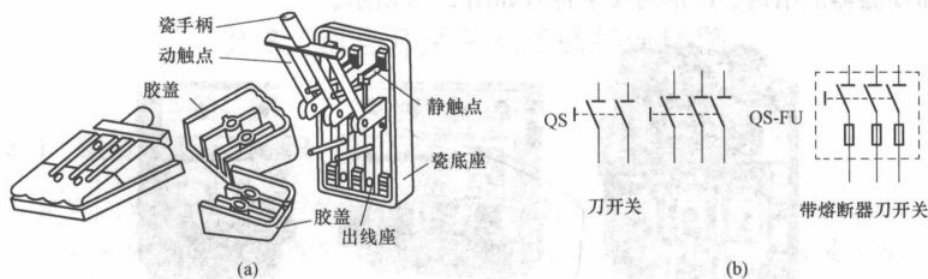


图 2-1 刀开关的结构、图形与文字符号

(a) 刀开关的结构图; (b) 刀开关的图形与文字符号

#### 2. 选用

用于控制电动机的直接启动和停止时,选用额定电压 380V 或 500V、额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

#### 3. 安装要求

刀开关必须垂直安装在控制屏或开关板上,不允许倒装或平装,接线时应把电源进线接在静触点一边的进线座,负载接在动触点一边的出线座,合闸状态时,手柄应朝上,不允许接错,以防发生误合闸事故。

在电动机控制电路中,应将开关的熔体部分用铜导线代替,并在出线端另外加装熔断器作短路保护,在分闸和合闸操作中,应动作迅速,使电弧尽快熄灭。