

图解自动化技术丛书

# 图解

## 电动机控制电路

陆运华 胡翠华 编著



中国电力出版社  
www.infopower.com.cn

图解自动化技术丛书

# 图 解

## 电动机控制电路

陆运华 胡翠华 编著



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

## 内 容 简 介

本书是《图解自动化技术丛书》之一。

本书主要以图解的形式介绍三相交流异步电动机控制电路、直流电动机控制电路、单相感应式异步电动机控制电路及常用生产机械的电气控制电路的结构、组成、工作原理和常见故障现象等内容。书中的图例实用性、通用性强，很有代表性。通过本书的学习，读者可以循序渐进、举一反三地读懂和运用常见的电动机线路图，分析和解决实际问题。本书所绘制的电路图均采用最新的国家标准绘制，形象直观，通俗易懂，很适合于自学和培训教学之用。

本书可作为广大从事电气自动化类初、中级技术人员的入门参考书，也可作为各类职业院校、社会培训班的教学参考用书。

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

图解电动机控制电路 / 陆运华, 胡翠华编著. —北京: 中国电力出版社, 2008  
(图解自动化技术丛书)

ISBN 978-7-5083-5660-0

I. 图… II. ①陆…②胡… III. 电动机—控制电路—图解 IV. TM321.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 204738 号

责任编辑: 黄晓华  
责任校对: 崔燕菊  
责任印制: 李文志

书 名: 图解电动机控制电路

编 著: 陆运华 胡翠华

出版发行: 中国电力出版社

地址: 北京市三里河路 6 号 邮政编码: 100044

电话: (010) 68362602 传真: (010) 68316497

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 185mm × 260mm 印 张: 14 字 数: 316 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-5660-0

版 次: 2008 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 0001—4000 册

定 价: 28.00 元

## 敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

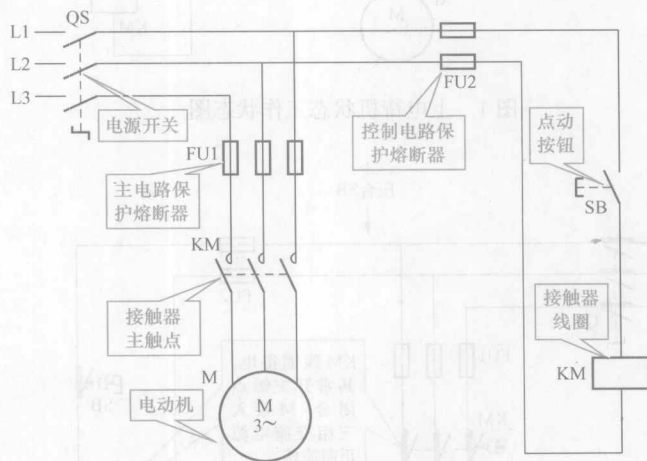
版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前言

广大的电气及自动化类技术人员在生产实践中都将要接触到各种各样的电路图，这些电路图有些比较简单，有些却很复杂，这样一来给广大技术人员特别是刚步入这些行业的初学者和爱好者识读图纸增添了不少难度。尽管如此，电路原理图均具有一个抽象、笼统的共性。本书作为《图解自动化技术丛书》之一，继续秉承套书的图文并茂、以图为主、形象直观、文字简练的风格，着重介绍“如何识读”电动机控制电路图的方法和技巧，以期帮助广大工业技术人员和初学者提高识读电路图的能力和技巧，并在实践中得以应用。

本书在选用识图示例时力图选用实用性、通用性强的具有代表性的图例，通过本书的学习可以帮助读者朋友在识图示例的引导下达到循序渐进、举一反三、触类旁通以读懂更多更新的电路的效果。

本书主要内容有导读（介绍阅读本书的一些约定表述方法）、图解三相交流异步电动机继电器—接触式控制电路、图解多速三相交流异步电动机继电器—接触式控制电路、图解直流电动机控制电路、图解单相感应式异步电动机控制电路以及图解常用生产机械的电气控制线路等。书中对电路图上的每个电器元件都采用如下所述的方法适当地添加注解说明以解释和说明该电器元件在电路中的功用，使读者更易理解和掌握。



对于电路的工作原理书中通过三种手段予以阐述。一是采用如下所述的电器元件动作顺序表。



二是采用如下所述的结构清晰、明了的电路工作流程图。



三是采用与工作流程图一一对应的动态工作状态展开图来形象地描述电路各种工作状态的器件得/失电状态和触点动作状态。

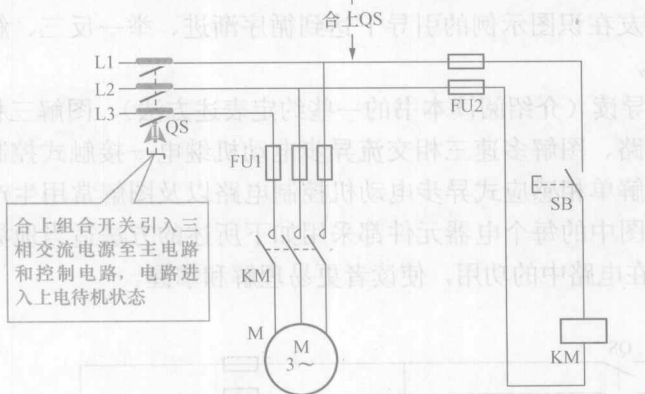


图 1 上电待机状态工作状态图

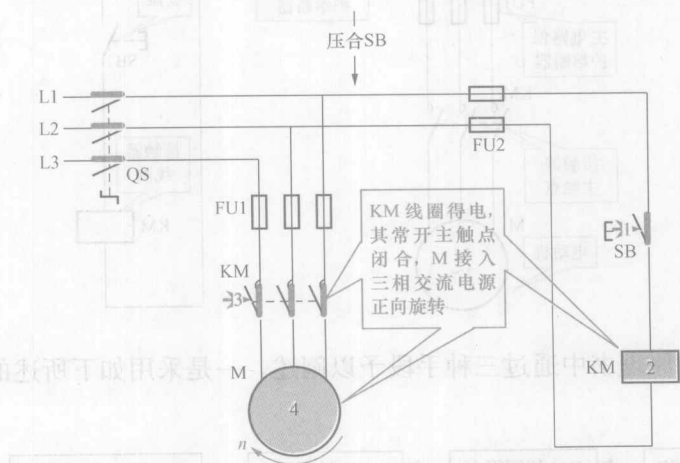


图 2 点动正转运行工作状态图

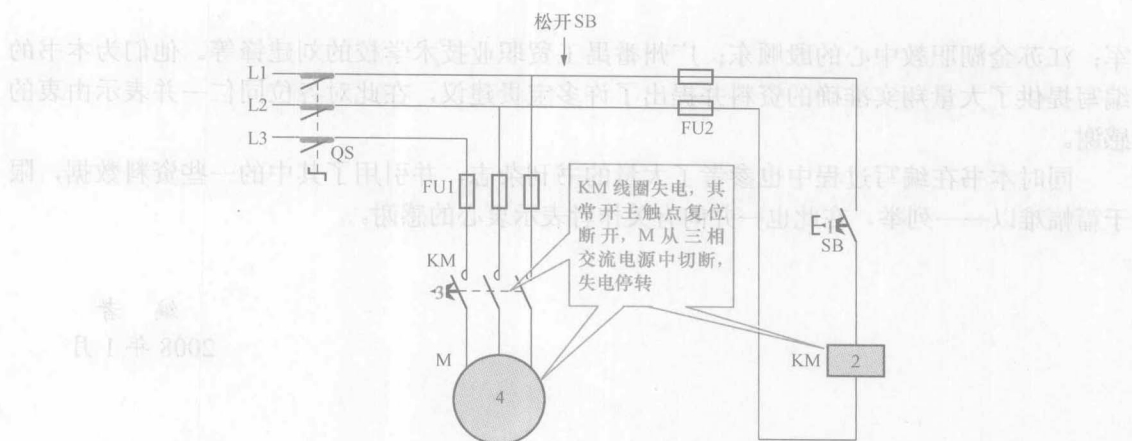


图3 点动停止工作状态图

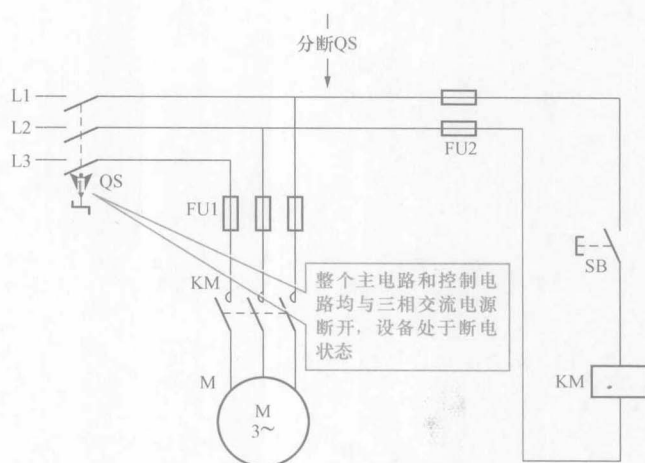


图4 拉闸断电工作状态图

通过上述三种描述方法的有机结合可使读者朋友通过电器元件动作顺序表可以清晰地获得电路中各个电器元件得电 / 失电以及延时等状态下的执行动作结果; 通过结构清晰的工作流程图则可获得整个电路完整的工作流程; 通过电路工作状态展开图则能形象直观地再现电路在各种不同的工作状态下每个接触器(继电器)线圈的得电 / 失电情况, 各类触点的动作 / 复位情况以及电动机的得电运转 / 失电停转等动态的工况。这样做可以达到使抽象的电路状态形象化, 使笼统的文字描述直观化。

本书所绘制的电路图均采用最新的国家标准绘制, 形象直观、通俗易懂, 是一本非常适合广大初、中级技术人员入门读物, 也可作为初、中级培训班的培训教材, 还可以供技工学校、中等专业学校、职业技术学院师生作为参考用书。

本书在编写过程中还得到了下列诸位同仁的鼎力相助, 他们分别是湖南机电职业技术学院机械工程系的刘建林; 湖南铁道职业技术学院的段树华; 长沙学院电子与通信工程系的张文希; 清远职业技术学院的杨振宇; 浙江临海职教中心的吴贤英、褚辉远、黄先兰、章玲萍、叶桂芬、林菊、陈英军、戚红慧; 浙江东阳李宅职业技术学校的文碧桃; 广东省电子技术学校的张仕宪; 湖南有色金属工业技校的李响初; 湖南望城雷锋职业中专的戴树

军；江苏金湖职教中心的殷顺东；广州番禺工贸职业技术学校的刘建锋等。他们为本书的编写提供了大量翔实准确的资料并提出了许多宝贵建议，在此对各位同仁一并表示由衷的感谢。

同时本书在编写过程中也参考了大量的书刊杂志，并引用了其中的一些资料数据，限于篇幅难以一一列举，在此也一并向有关作者表示衷心的感谢。

编者  
2008年1月



图 14-3 三相异步电动机控制线路图

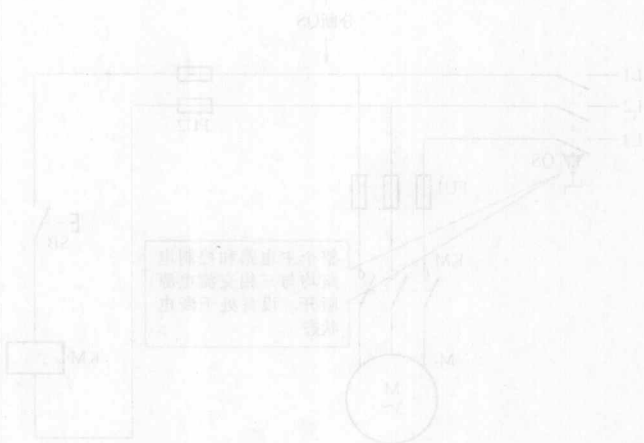


图 14-4 三相异步电动机正反转控制线路图

# 目 录

## 前 言

## 绪 论 ..... 1

## 第一章 导读 ..... 3

### 第一节 本书写作方法和特点 ..... 3

### 第二节 绘制、识读电气控制线路图的方法及步骤 ..... 18

## 第二章 图解三相交流异步电动机继电器——接触式控制电路 ..... 21

### 第一节 图解三相交流异步电动机的正转控制电路 ..... 21

#### 一、具有过载保护的接触器自锁正转控制线路 ..... 21

#### 二、连续与点动混合正转控制线路 ..... 25

### 第二节 图解三相交流异步电动机的正反转控制线路 ..... 31

#### 一、接触器联锁的正反转控制线路 ..... 31

#### 二、按钮联锁的正反转控制线路 ..... 37

#### 三、按钮、接触器双重联锁的正反转控制线路 ..... 42

### 第三节 图解三相交流异步电动机的位置控制与自动循环控制线路 ..... 47

#### 一、位置（行程或限位）控制线路 ..... 47

#### 二、自动循环（往返）控制线路 ..... 52

### 第四节 图解三相交流异步电动机的顺序控制和多地点控制线路 ..... 58

#### 一、顺序控制线路 ..... 58

#### 二、三条传送带运输机控制电路 ..... 62

#### 三、多地控制线路 ..... 69

### 第五节 图解三相交流异步电动机降压启动控制线路 ..... 70

#### 一、定子绕组串接电阻降压启动控制线路 ..... 71

#### 二、通电延时型 Y- $\Delta$ 降压启动控制线路 ..... 75

### 第六节 图解绕线转子异步电动机的启动与调速控制线路 ..... 84

#### 一、按钮操作控制线路 ..... 84

#### 二、时间继电器自动控制线路 ..... 90

### 第七节 图解三相异步电动机的制动控制线路 ..... 96

#### 一、单相启动反接制动控制线路 ..... 96

#### 二、双向启动反接制动控制线路 ..... 102

#### 三、无变压器单相半波整流单向启动能耗制动控制线路 ..... 108

#### 四、电容制动控制线路 ..... 113

## 第三章 图解多速三相交流异步电动机继电器——接触式控制电路 ..... 119

### 第一节 图解双速异步电动机控制电路 ..... 119

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 一、接触器控制双速异步电动机控制电路 .....          | 120        |
| 二、按钮和时间继电器控制双速电动机控制电路 .....       | 124        |
| 第二节 图解三速异步电动机的控制线路 .....          | 132        |
| 一、接触器控制的三速电动机控制线路 .....           | 133        |
| 二、时间继电器自动控制三速异步电动机控制电路 .....      | 139        |
| <b>第四章 图解直流电动机控制电路 .....</b>      | <b>151</b> |
| 第一节 图解直流电动机的结构与分类 .....           | 151        |
| 一、定子部分 .....                      | 151        |
| 二、转子(电枢) .....                    | 153        |
| 三、直流电动机的分类 .....                  | 153        |
| 第二节 图解并励直流电动机的控制线路 .....          | 154        |
| 一、并励直流电动机电枢回路串电阻二级启动控制电路 .....    | 154        |
| 二、并励直流电动机正反转控制线路 .....            | 160        |
| 三、并励直流电动机单向启动能耗制动控制线路 .....       | 167        |
| 四、并励直流电动机双向启动反接制动控制线路 .....       | 172        |
| <b>第五章 图解单相感应式异步电动机控制电路 .....</b> | <b>179</b> |
| 第一节 图解单相感应式异步电动机的工作原理及分类 .....    | 179        |
| 一、单相交流电动机的旋转原理 .....              | 179        |
| 二、单相异步电动机的分类 .....                | 181        |
| 第二节 图解单相感应式异步电动机控制电路 .....        | 182        |
| 一、单相异步电动机的启动方式 .....              | 182        |
| 二、单相异步电动机的正反转控制电路 .....           | 184        |
| 三、单相异步电动机的调速电路 .....              | 185        |
| 第三节 图解小功率三相电动机改造为单相电动机运行 .....    | 187        |
| <b>第六章 图解常用生产机械的电器控制线路 .....</b>  | <b>189</b> |
| 第一节 图解 CA6140 车床电气控制线路 .....      | 189        |
| 一、主要结构及运动形式 .....                 | 189        |
| 二、电力拖动特点及控制要求 .....               | 190        |
| 三、电气控制线路分析 .....                  | 190        |
| 第二节 图解 Z37 摇臂钻床电气控制线路 .....       | 197        |
| 一、主要结构及运动形式 .....                 | 197        |
| 二、电力拖动特点及控制要求 .....               | 198        |
| 三、电气控制线路分析 .....                  | 198        |
| 第三节 图解 M7130 平面磨床电气控制线路 .....     | 206        |
| 一、主要结构及运动形式 .....                 | 206        |
| 二、电力拖动的特点及控制要求 .....              | 207        |
| 三、电气控制线路分析 .....                  | 208        |
| <b>参考文献 .....</b>                 | <b>215</b> |

# 绪 论

电力拖动是指用电动机拖动生产机械的工作机构使之按人们的需要运转的一种技术。由于电力在生产、传输、分配、使用和控制等方面的优越性,从而使电动机控制(电力拖动)获得了广泛的应用。目前在生产中大量使用各式各样的生产机械,如车床、钻床、铣床、造纸机、轧钢机等,都采用电动机控制(电力拖动)。

## 一、电动机控制(电力拖动)系统的组成

电动机控制系统作为机械设备的一部分,一般有四个子系统组成,如图 0-1 所示。

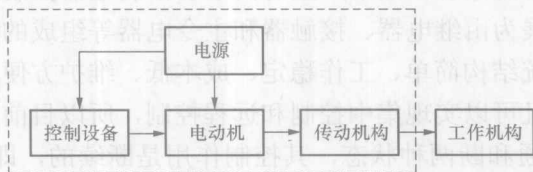


图 0-1

- (1) 电源。电源是为电动机和控制设备供应能源的,分为交流电源和直流电源。
- (2) 电动机。电动机是生产机械的原动机,其作用是将电能转换为机械能。电动机可分为交流电动机和直流电动机、三相电动机和单相电动机等等。
- (3) 控制设备。控制设备是用来控制电动机的运转,由各种控制电动机、电器、自动化元件及工业控制计算机等组成。
- (4) 传动机构。传动机构是在电动机与生产机械的工作机构之间传递动力的装置,如减速箱、传动带、联轴器等。

## 二、电动机控制(电力拖动)技术的特点

- (1) 方便经济。电能的生产、变换、传输都比较经济,分配、检测和使用都比较方便。
- (2) 效率高。电动机拖动比蒸汽、压缩空气的拖动效率要高,且传动结构要简单得多。
- (3) 调节性能好。电动机的类型很多,且有各种运行特性,可适应不同生产机械的需要,且电力拖动系统的启动、制动、调速、反转等控制手段简便、多样、迅速,能实现较理想的控制效果。
- (4) 易于实现生产过程的自动化。由于电动机控制可实现远距离控制和自动调节,且各种非电量(如位移、速度、温度等)都可以通过传感器转变为电量,作用于电动机控制系统,因此能实现生产过程的自动化。

## 三、电动机控制(电力拖动)技术的发展过程

按电动机控制系统中电动机的组合数量来分,电动机控制的发展过程经历了成组拖动、

单电动机拖动和多电动机拖动三个阶段。

19 世纪末电动机逐步取代蒸汽机以后,最初采用成组拖动,即由一台电动机拖动传动轴,再由传动轴通过传动带分别拖动多台生产机械。这种拖动方式能量损耗大,效率低,不安全,且不能利用电动机的调速性能,不能实现自动控制,因此现在已经被淘汰。

20 世纪 20 年代开始采用单电动机拖动,即由一台电动机拖动一台生产机械,从而简化了中间传动机构,提高了效率,同时充分利用了电动机的调速性能,易于实现自动控制。

20 世纪 30 年代,随着现代工业生产的迅速发展,生产机械越来越复杂,一台生产机械上往往有许多运动部件,如果仍用一台电动机拖动,传动机构将会变得十分复杂,因此出现了一台生产机械当中由多台电动机分别拖动不同的运动部件的拖动方式,称之为多电动机拖动。这种拖动技术大大简化了生产机械的传动机构,提高了传动效率,且易于实现自动控制,提高劳动生产率。目前常用的生产机械大多数均采用这种拖动方式。

从电动机控制(电力拖动)的控制方式来分,可分为断续控制系统和连续控制系统两种。在电动机控制发展的不同阶段两种控制方式占有不同的地位,且呈现交替发展的趋势。

随着电动机控制技术的出现,最早产生的由手动控制电器控制电动机运转的手动断续控制方式,随后逐步发展为由继电器、接触器和主令电器等组成的继电接触式有触点断续控制方式。这种控制系统结构简单、工作稳定、成本低、维护方便,不仅可以方便地实现生产过程的自动化,而且可以实现集中控制和远程控制,所以目前在生产机械中仍被广泛采用。但这种控制只有通和断两种状态,其控制作用是断续的,即只能控制信号的有无,而不能连续地控制信号的变化。为了适应控制信号连续变化的场合,又出现了直流电动机连续控制。这种控制方式可充分利用直流电动机调速性能好的特点,得到高精度、宽范围的平滑调速系统。属于这种连续控制的系统有 20 世纪 30 年代出现的直流发电机—电动机组调速系统,40 ~ 50 年代的交磁电机扩大机——电动机调速系统,以及 60 年代出现的晶闸管一直流电动机调速系统。

近年来,随着电子技术和控制理论不断发展,相继出现了顺序控制、可编程无触点断续控制、采样控制等多种控制方式。在电动机的调速方面,已经形成了电子功率器件与自动控制相结合领域。不但晶闸管一直流电动机调速系统得到了广泛的应用,而且交流变频调速技术发展迅速,在许多领域交流电动机变频调速系统有取代晶闸管一直流电动机调速系统的趋势。

本书主要讲述了由继电器、接触器和主令电器等组成的继电接触式有触点断续控制方式的电动机控制电路,请读者朋友在学习过程中务必坚持理论联系实际科学精神,事半功倍地学好电动机控制这门实用技术。

总而言之,掌握好电动机控制技术(电力拖动技术)是作为一名合格电气自动化技术人员的必备要求。

# 第一章

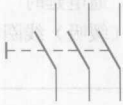
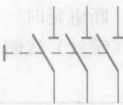
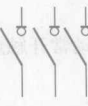
## 导 读

### 第一节 本书写作方法和特点

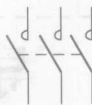
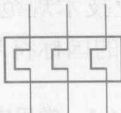
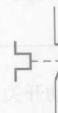
为了帮助读者更好地读懂本书和有效地使用本书，本书在描述上特作如下约定。

(1) 为了更好地规范行业技术规范和便于技术资料的交流、传播，本书所采用的所有电器符号均采用国家统一规定的国标符号，如表 1-1 所示。

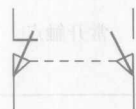
表 1-1 常用电器、电机的图形与文字符号

| 类 别 | 名 称          | 图 形 符 号                                                                                 | 文 字 符 号 |
|-----|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 开关  | 单极控制开关       | <br>或 | SA      |
|     | 手动开关<br>一般符号 |      | SA      |
|     | 三极控制开关       |      | QS      |
|     | 三极隔离开关       |      | QS      |
|     | 三极负荷开关       |      | QS      |
|     | 组合按钮开关       |      | QS      |

续表

| 类 别   | 名 称             | 图 形 符 号                                                                             | 文 字 符 号 |
|-------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 接触器   | 线圈              |    | KM      |
|       | 常开主触点           |    | KM      |
|       | 常开辅助触点          |    | KM      |
|       | 常闭辅助触点          |    | KM      |
| 热继电器  | 热元件             |    | FR      |
|       | 常开触点            |   | FR      |
|       | 常闭触点            |  | FR      |
| 时间继电器 | 通电延时<br>(缓吸) 线圈 |  | KT      |
|       | 断电延时<br>(缓放) 线圈 |  | KT      |
|       | 瞬动常开触点          |  | KT      |
|       | 瞬动常闭触点          |  | KT      |

续表

| 类 别            | 名 称          | 图 形 符 号                                                                                                                                                                   | 文 字 符 号 |
|----------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 时间继电器          | 延合瞬断<br>常开触点 |  或      | KT      |
|                | 延断瞬合<br>常闭触点 |  或      | KT      |
|                | 瞬断延合<br>常闭触点 |  或      | KT      |
|                | 瞬合延断<br>常开触点 |  或      | KT      |
| 熔断器            | 熔断器          |                                                                                          | FU      |
| 电磁操作器件         | 电磁铁的一般符号     |  或  | YA      |
|                | 电磁阀          |                                                                                        | YV      |
| 位置开关<br>(行程开关) | 常开触点         |                                                                                        | SQ      |
|                | 常闭触点         |                                                                                        | SQ      |
|                | 复合触点         |                                                                                        | SQ      |

续表

| 类 别   | 名 称      | 图 形 符 号                                                                             | 文 字 符 号 |
|-------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 按钮    | 常开按钮     |    | SB      |
|       | 常闭按钮     |    | SB      |
|       | 复合按钮     |    | SB      |
|       | 急停按钮     |    | SB      |
|       | 钥匙按钮     |    | SB      |
| 中间继电器 | 线圈       |   | KA      |
|       | 常开触点     |  | KA      |
|       | 常闭触点     |  | KA      |
| 电流继电器 | 过电流继电器线圈 |  | KA      |
|       | 欠电流继电器线圈 |  | KA      |
|       | 常开触点     |  | KA      |
|       | 常闭触点     |  | KA      |

续表

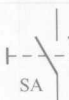
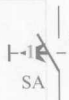
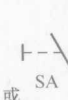
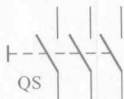
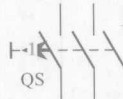
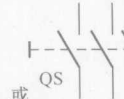
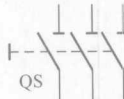
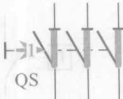
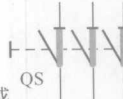
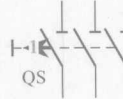
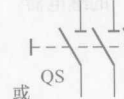
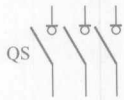
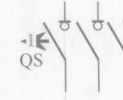
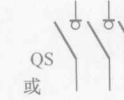
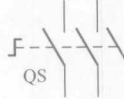
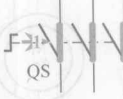
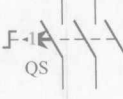
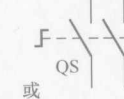
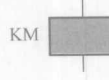
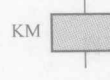
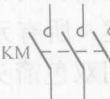
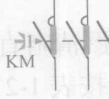
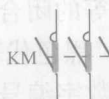
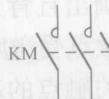
| 类 别       | 名 称         | 图 形 符 号                                                                             | 文 字 符 号 |
|-----------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 电压继电器     | 过电压继电器线圈    |    | KV      |
|           | 欠电压继电器线圈    |    | KV      |
|           | 常开触点        |    | KV      |
|           | 常闭触点        |    | KV      |
| 非电量控制的继电器 | 速度继电器常开触点   |    | KS      |
|           | 压力继电器常开触点   |  | KP      |
| 电动机       | 三相笼型异步电动机   |  | M       |
|           | 三相绕线转子异步电动机 |  | M       |
| 变压器       | 单相变压器       |  | TC      |

(2) 器件三种状态的表示方法。为了读图清晰直观,对于各类器件的常态、受激励动作状态、失去激励复位状态的各种表述方法按表 1-2 所示约定叙述。所有元器件的常态按照国家标准画出且背景色为白色;开关触点等的闭合或分断状态用双色箭头表示,其中蓝色代表开关触点受激励之后的动作结果状态,黑色代表开关触点失去激励之后的复位状态;箭头代表开关触点的动作方向,箭头里面的数字编号代表该开关触点在电路中工作过程的

动作顺序编号。

对于电磁类负载设备用白色填充（无色）表示初始状态，蓝色填充表示得电状态，灰色填充表示失电状态，填充中间的数字编号代表该期间在电路工作过程中的动作顺序编号。

表 1-2 各类器件常态、通电动作、断电复位状态描述表

| 名 称        | 常 态                                                                                 | 受激励动作（或得电）状态                                                                                                                                                                 | 失去激励复位（或失电）状态                                                                                                                                                                   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单极控制开关     |    | <br>或      | <br>或       |
| 手动开关（一般符号） |    | <br>或      | <br>或       |
| 三极控制开关     |    | <br>或      | <br>或      |
| 三极隔离开关     |   | <br>或    | <br>或    |
| 三极负荷开关     |  | <br>或  | <br>或  |
| 组合旋钮开关     |  | <br>或  | <br>或  |
| 接触器线圈      |  |                                                                                           |                                                                                             |
| 接触器常开主触点   |  | <br>或  | <br>或   |