

画说系列丛书

画说

电动机控制电路

轻松入门

◆ 关开芹 李长军 王成江 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

画说系列丛书

画说电动机控制电路轻松入门

关开芹 李长军 王成江 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度出发,采用以画说话的方式,结合具体实例介绍三相异步电动机的基本控制电路、三相同步电动机的基本控制电路、直流电动机的基本控制电路、单相异步电动机的基本控制电路及常用生产机械的电气控制电路的控制要求、原理分析、基本器件及安装接线等内容。

本书语言通俗易懂、图文并茂、实用性强,不仅适合初、中级电工自学使用,也适合技工学校、职业技术学院及各类技术培训部门相关专业的师生参考。

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

画说电动机控制电路轻松入门/关开芹,李长军,王成江主编. —北京:电子工业出版社,2013.1

《画说》系列丛书

ISBN 978-7-121-19376-7

I. ①画… II. ①关… ②李… ③王… III. ①电动机—控制电路—图解 IV. ①TM320.12-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第311963号

责任编辑:富 军 特约编辑:李云霞

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:880×1230 1/32 印张:8.25 字数:222千字

印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:4000册 定价:38.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,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 zltz@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

随着科技的迅速发展，各行各业的电气设备越来越多，技术含量也越来越高。所以对于电气工作人员来说，熟练掌握各类电气控制电路显得尤为重要。实际上，再复杂的电气控制电路都是由各种单元控制电路组合而成的，只要具备了看懂各种电气单元控制电路的能力，就能轻松识读各种复杂的电气控制电路。为使初学者能快速掌握各种电气控制单元电路，我们组织编写了《画说电动机控制电路轻松入门》一书，其目的主要是引导初学者轻松入门，进而通过不断的实践，掌握更多、更新、更深层次的电气控制电路。

在本书的编写过程中，我们主要贯彻以下编写原则：

(1) 根据职业岗位要求入手，精选内容。本书以三相异步电动机、三相同步电动机、直流电动机、单相异步电动机、常用生产机械等常用的电气设备为基础，深入浅出地介绍相关的经典控制电路。

(2) 《画说电动机控制电路轻松入门》突出以“画”来说明问题。本书通过采用不同形式的图片来帮助读者认识低压电器元件、分析电路工作原理、明确故障检修的方法步骤，能让读者轻松、快速、直观的接受新知识，尽快适应电气工作岗位的需求。

(3) 突出以技能为主，以能力为本位，淡化理论，强化实用性。本书较好地处理了理论与实践技能的关系，在“理论够用”

的基础上，突出应用性和职业性的特点，注重分析实际问题、解决实际问题能力的培养。

本书突出职业技术教育特色，可作为初、中、高等电气技术人员指导用书和中等职业学校、高职院校电类专业参考用书。

本书由关开芹、李长军、王成江主编，陈雅华、刘真真副主编，肖云、沈东辉、肖斌、黄金平参加编写。

由于作者水平有限，书中错误之处在所难免，恳切希望广大读者对本书提出宝贵的意见和建议，以便今后加以修改完善。

编 者

目 录

第 1 章 三相异步电动机的基本控制电路	1
1.1 三相异步电动机的正转控制电路	1
1.1.1 点动正转控制电路	1
1.1.2 接触器自锁正转控制电路	14
1.1.3 连续与点动混合正转控制电路	22
1.2 三相异步电动机的正/反转控制电路	32
1.3 位置控制与自动往返控制电路	40
1.4 顺序控制与多地控制	49
1.4.1 两台电动机顺序启动控制电路	49
1.4.2 两地控制自锁正转控制电路	55
1.5 三相异步电动机的降压启动控制电路	56
1.5.1 定子绕组串电阻降压启动控制电路	58
1.5.2 自耦变压器降压启动控制电路	66
1.5.3 时间继电器自动控制 Y— Δ 降压启动控制电路	72
1.5.4 延边 Δ 降压启动控制电路	77
1.5.5 电动机软启动控制器	80
1.6 三相异步电动机制动控制电路	86
1.6.1 电磁抱闸制动器断电制动控制电路	86
1.6.2 电力制动	91
1.7 三相交流异步电动机的调速控制电路	105
1.7.1 三相交流异步电动机的变极调速控制电路	106
1.7.2 电磁滑差离合器调速	116
第 2 章 三相同步电动机的基本控制电路	125
2.1 三相同步电动机的启动控制电路	125

2.2	三相同步电动机的制动控制电路	131
第3章	直流电动机的基本控制电路	133
3.1	并励直流电动机的基本控制电路	133
3.1.1	并励直流电动机启动控制电路	134
3.1.2	并励直流电动机正/反转控制电路	139
3.1.3	并励直流电动机制动控制电路	144
3.1.4	并励直流电动机的调速控制电路	151
3.2	串励直流电动机基本控制电路	156
3.2.1	串励直流电动机启动控制电路	156
3.2.2	串励直流电动机正/反转控制电路	159
3.2.3	串励直流电动机制动控制电路	162
第4章	单相异步电动机的基本控制电路	169
4.1	单相异步电动机的启动控制电路	169
4.2	单相异步电动机的正/反转控制电路	176
4.3	单相异步电动机的调速	177
4.4	小功率三相异步电动机改成单相异步 电动机运行	179
第5章	常用生产机械的电气控制电路	183
5.1	CA6140 车床电气控制电路	183
5.2	Z37 摇臂钻床电气控制电路	208
5.3	M7130 平面磨床电气控制电路	217
5.4	X62W 万能铣床电气控制电路	229
5.5	20/5t 桥式起重机的电气控制电路	242

第 1 章

三相异步电动机的基本控制电路

在工农业生产中，几乎所有的生产机械都用电动机来拖动，这种拖动方式称为电力拖动。对电动机控制的最广泛、最基本及应用最多的方式是继电器接触器的控制方式。这种控制方式是由多种低压电器，根据不同的控制要求，以及生产机械对电气控制电路的要求连接而成，能实现对电动机的启动、反向、制动、调速等运行过程的控制，也能对电力拖动系统进行有效的电气保护，以满足生产工艺的要求与实现生产过程自动化。本章主要介绍三相异步电动机的基本电气控制电路。



1.1 三相异步电动机的正转控制电路



控制要求

在实际生产中，机械设备用电动机经常要求实现正转控制，以满足机械设备运动的需要。电动机的正转控制主要包括点动正转控制、接触器自锁正转控制及连续与点动混合正转控制。

1.1.1 点动正转控制电路



解决方案

点动正转控制电路是用按钮、接触器来控制电动机运转的最简单的正转控制电路。那么什么是点动呢？所谓点动正转控制就



是指按下按钮，电动机得电运转，而松开按钮，电动机失电停转。这种控制方法常用于电动葫芦的起重电动机控制和车床拖板箱快速移动电动机的控制。点动正转控制电路图如图 1-1-1 所示。

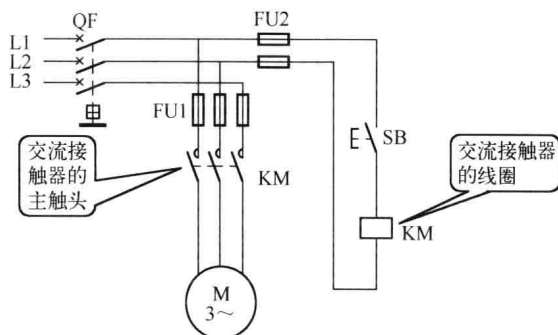


图 1-1-1 点动正转控制电路



基本器件

在点动正转控制电路中，常用的低压电器元件有自动空气开关、按钮、熔断器及接触器等。

1. 自动空气开关

自动空气开关又称自动空气断路器，是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的一种电器，它集控制和多种保护功能于一身。除了能完成接触和分断电路外，还能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及欠电压等进行保护，同时也可以用于不频繁地启动电动机。

1) 自动空气开关的分类

电力拖动与自动控制电路中常用的自动空气开关为塑壳式，如图 1-1-2 所示。常见的分类有以下几种。

(1) 自动空气开关按极数可分为单极、两极、三极及四极。

(2) 自动空气开关按保护形式可分为电磁脱扣器式、热脱扣器式、复合脱扣器式（常用）和无脱扣器式。



(3) 自动空气开关按结构形式可分为塑壳式、框架式、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式。

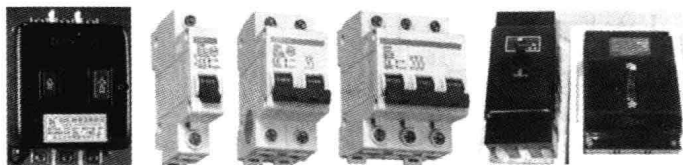
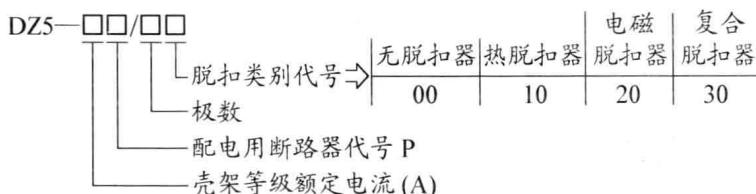


图 1-1-2 常见的塑壳断路器

2) DZ5—20 型自动空气开关的型号及结构

(1) DZ5—20 型自动空气开关的型号及其含义



(2) DZ5—20 型自动空气开关结构与原理

DZ5—20 型自动空气开关所采用的是立体布置，操作机构在中间其外壳顶部凸出，红色按键为分断；绿色按键为合闸。自动空气开关主要由三部分组成：触头和灭弧系统、各种脱扣器及操作机构和自由脱扣器。

图 1-1-3 是把自动空气开关的三副主触头 2，串联在被控制的三相电路中。当开关接通电源后，电磁脱扣器、热脱扣器及欠电压脱扣器若无异常反应，则说明开关运行正常。

① 短路或严重过载电流时的工作原理。当电路发生短路或严重过载电流时，短路电流会超过瞬时脱扣整定电流值，使电磁脱扣器 6 产生足够大的吸力，将电磁脱扣器衔铁 8 吸合并撞击杠杆 7，使搭钩 4 绕转轴座 5 向上转动与锁扣 3 脱开，而锁扣在主弹簧 1 的反力作用下将三副主触头分断，以切断电源。

② 电路一般性过载时的工作原理。当电路发生一般性过载时，过载电流虽不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件 13 产生一定热量，促使双金属片 12 受热向上弯曲，来推动杠杆 7 使搭



钩与锁扣脱开，将主触头分断，以切断电源。

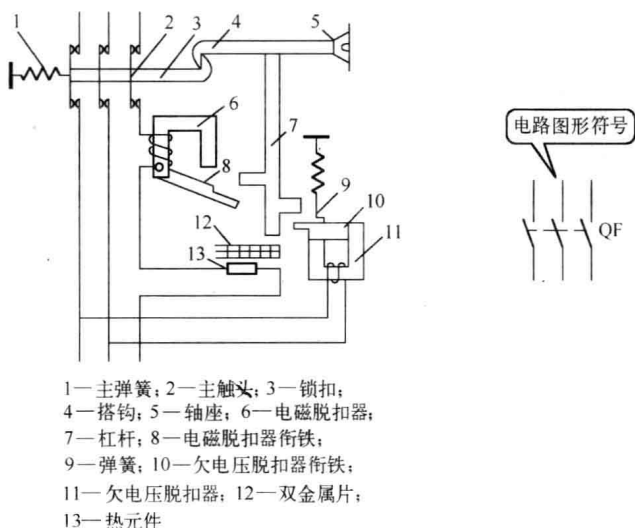


图 1-1-3 DZ5—20 型自动空气开关的工作原理图

③ 电路欠电压时的工作原理。欠电压脱扣器 11 的工作过程与电磁脱扣器恰恰相反，当电路电压正常时，欠电压脱扣器 11 产生足够的吸力，来克服拉力弹簧 9 的作用将欠电压脱扣器衔铁 10 吸合，使衔铁与杠杆脱离，促使锁扣与搭钩才得以锁住，主触头方能闭合。当电路上电压全部消失或电压下降至某一数值时，欠电压脱扣器吸力消失或减小，衔铁被拉力弹簧 9 拉开并撞击杠杆，主电路电源被分断。

3) 自动空气开关选用原则

- ① 自动空气开关的额定工作电压 $\geq$ 电路额定电压。
- ② 自动空气开关的额定电流 $\geq$ 电路负载电流。
- ③ 热脱扣器的整定电流等于所控制负载的额定电流。
- ④ 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流 $>$ 负载电路正常工作时的峰值电流。

2. 按钮

按钮是一种手动电器如图 1-1-4 所示，通常用来接通或断



开小电流控制的电路。它不直接去控制主电路的通断，而是在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器的吸合与断开，再由它们去控制主电路。

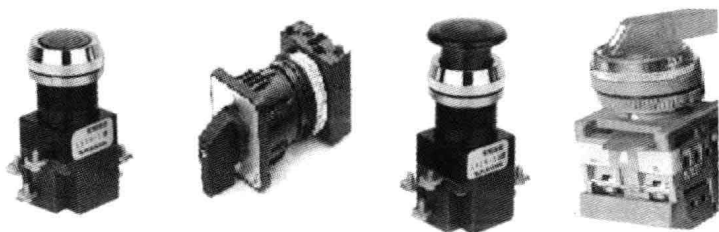
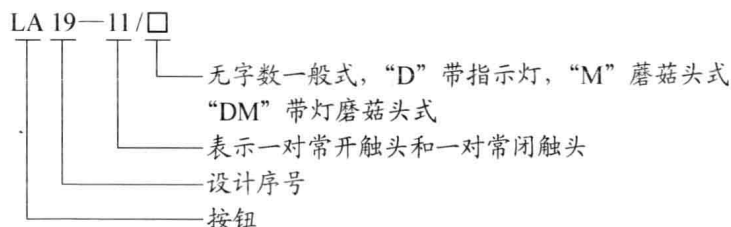
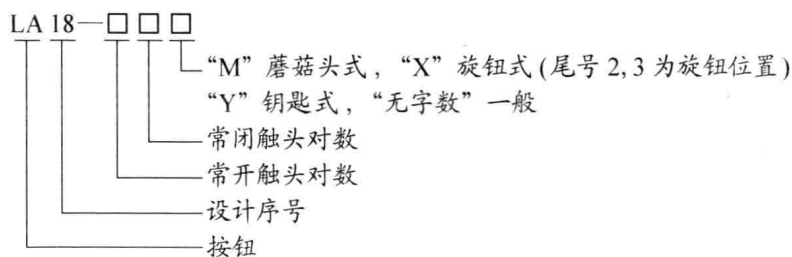


图 1-1-4 常见按钮

1) 按钮的分类

常见的按钮可分为：①常开按钮，开关触头断开的按钮；②常闭按钮，开关触头接通的按钮；③常开常闭按钮（复合按钮），开关触头既有接通也有断开的按钮。根据按钮在电路中的作用又分为急停按钮、启动按钮、停止按钮、组合按钮（键盘）、点动按钮和复位按钮等。

2) 按钮的型号及其含义



3) 按钮内部结构与电路图形符号如图 1-1-5 所示。

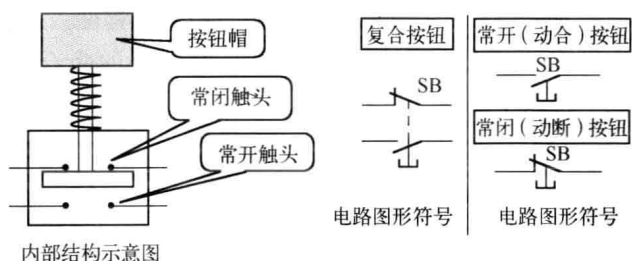


图 1-1-5 按钮内部结构与电路图形符号

3. 熔断器

熔断器是一种应用广泛的最简单有效的保护电器，如图 1-1-6 所示，常在低压电路和电动机控制电路中起短路保护，串联在电路中，当通过的电流大于规定值时，使熔体熔化而自动分断电路。

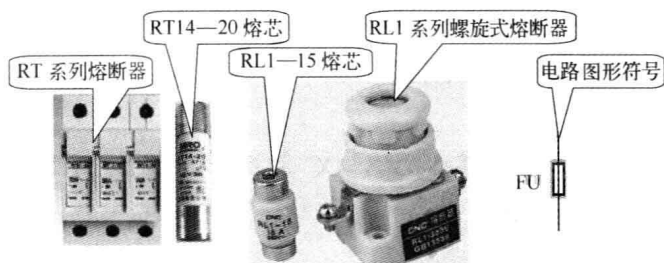
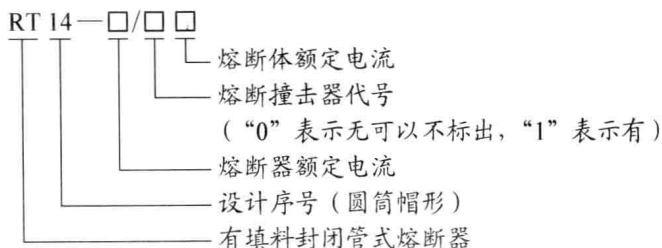
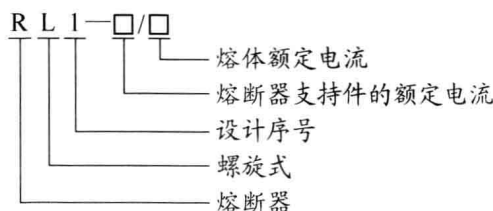


图 1-1-6 常见熔断器及电路图形符号

1) 熔断器的型号及其含义





2) 熔断器的选择原则

熔断器的选择原则主要是依据负载的保护特性和短路电流的大小来选择熔断器的类型。

① 对于容量小的电动机和照明支线，常采用熔断器作为过载及短路保护，因而希望熔体的熔化系数适当小些。

② 对于较大容量的电动机和照明干线，则应着重考虑短路保护和分断能力。通常选用具有较高分断能力的 RT 系列和 RL1 系列的熔断器。当短路电流很大时，宜采用具有限流作用的 RT0 和 RT12 系列的熔断器。

3) 熔体的额定电流选择方法

(1) 保护无启动过程的平稳负载，如照明电路、电阻、电炉等时，熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。

(2) 保护单台长期工作的电动机熔体电流可按公式 $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$ 选取。式中， I_{RN} 为熔体额定电流； I_N 为电动机额定电流。如果电动机需要频繁启动，则式中系数可适当加大至 3 ~ 3.5，具体应根据实际情况而定。

(3) 保护多台长期工作的电动机（供电干线） $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$ 。式中， I_{Nmax} 为容量最大单台电动机的额定电流； $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流之和。

4. 接触器

图 1-1-7 为接触器，是一种自动的电磁式开关，适用于远距离频繁地接通或断开交直流主电路及大容量控制电路。其主要控制对象是电动机，也可控制其他负载。接触器按照主触头通过电流的种类可分为交流接触器和直流接触器两种。

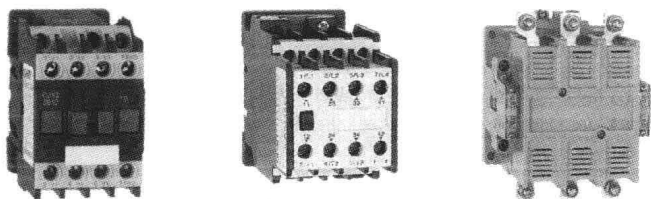


图 1-1-7 常见接触器



交流接触器

1) 交流接触器的结构

交流接触器主要是由电磁系统、触头系统、灭弧装置及辅助部件等几部分组成的。图 1-1-8 为交流接触器的结构图。

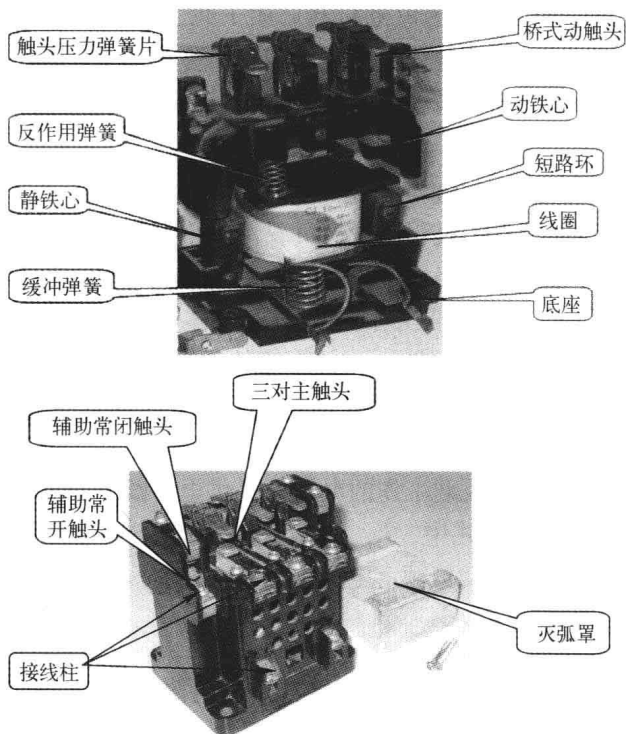
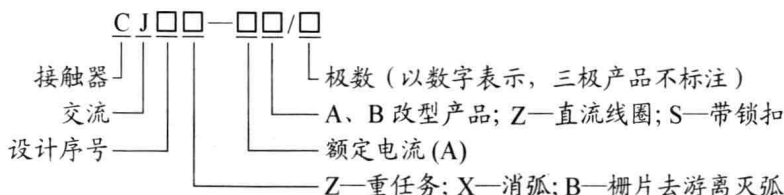


图 1-1-8 交流接触器的结构



2) 交流接触器的型号及其含义



3) 交流接触器的工作原理

当电磁线圈通电后, 线圈电流会产生磁场, 使静铁心产生足够的吸力来克服弹簧反作用力, 将动铁心向下吸合, 三对动合主触头闭合, 同时动合辅助触头闭合, 动断辅助触头断开。当电磁线圈断电后, 电磁吸力消失, 动铁心在弹簧反作用力的作用下复位, 各触头也跟着一起复位。

4) 交流接触器的电路图形符号

图 1-1-9 为交流接触器的线圈和触头的电路图形符号。

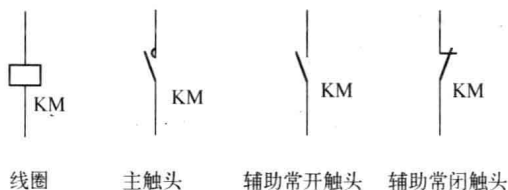


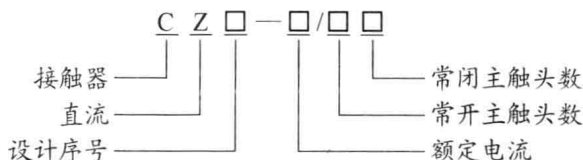
图 1-1-9 交流接触器的线圈和触头的电路图形符号



直流接触器

直流接触器主要是供远距离接通和分断直流电路, 以及频繁地操作和控制直流电动机的一种自动控制电器。其结构及工作原理与交流接触器基本相同。

1) 直流接触器的型号及其含义





2) 直流接触器的结构组成

直流接触器主要是由电磁系统、触头系统和灭弧装置三大部分组成的,如图 1-1-10 所示。

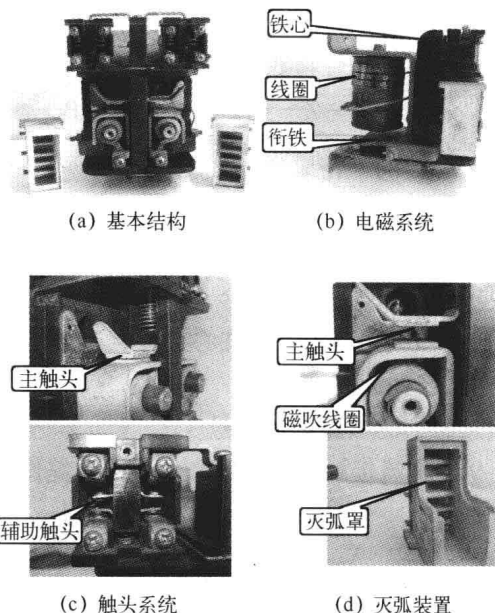


图 1-1-10 直流接触器的结构及各部分组成



接触器的选择

在进行接触器选择时主要是从类型、主触头的额定电压、额定电流、线圈额定电压及触头的种类和数量等几个方面来考虑。

(1) 选择接触器的类型。根据接触器所控制的负载性质选择接触器的类型。

(2) 选择接触器主触头的额定电压。接触器主触头的额定电压应大于或等于所控制电路的额定电压。

(3) 选择接触器主触头的额定电流。接触器主触头的额定电流应大于或等于负载的额定电流。

(4) 选择接触器吸引线圈的额定电压。当控制电路简单时,