



新世纪高职高专  
机电类课程规划教材

# 电气控制与PLC及变频器技术应用

DIANQI KONGZHI YU PLC JI BIANPINQI JISHU YINGYONG

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主编 李智明

主审 何 强



大连理工大学出版社  
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



新世纪高职高专  
机电类课程规划教材

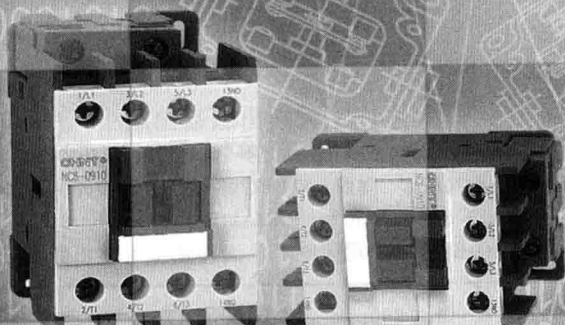
# 电气控制与PLC及变频器技术应用

DIANQI KONGZHI YU PLC JI BIANPINQI JISHU YINGYONG

新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主编 李智明

主审 何强



大连理工大学出版社  
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 及变频器技术应用 / 李智明主编. —  
大连 : 大连理工大学出版社, 2013. 1  
新世纪高职高专机电类课程规划教材  
ISBN 978-7-5611-7604-7

I. ①电… II. ①李… III. ①电气控制—高等职业教  
育—教材②plc 技术—高等职业教育—教材③变频器—高  
等职业教育—教材 IV. ①TM571. 2②TM571. 6③TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 015885 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:<http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

---

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:18.5 字数:450 千字  
印数:1~2000

2013 年 1 月第 1 版

2013 年 1 月第 1 次印刷

---

责任编辑:孔泳滔

责任校对:丁长虹

封面设计:张莹

---

ISBN 978-7-5611-7604-7

定 价:39.00 元

# 总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且唯一,那就是教育也置身于其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日,还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职高专教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国 100 余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

# 前 言

《电气控制与 PLC 及变频器技术应用》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

为适应我国高等职业教育“大力推行工学结合,突出实践能力培养,改革人才培养模式”的教学改革需要,体现工学结合的职业教育特色,作者依据高等职业教育培养高技术应用型人才的目标要求,通过对电气和机电类专业学生的就业岗位、典型工作任务进行调研和职业能力分析,重新整合理论知识和实践知识,编写了这本基于工作过程的项目化教材。

本教材的总体设计思路是:以学生为主体,按照做学教一体的教学模式,在理实一体化实训环境中实施“电气控制与 PLC 及变频器技术应用”学习领域课程的教学思想。基于完成 PLC 与变频器控制系统的设计、安装调试与运行的整个工作过程流程(环节),按照工作程序化安排教学内容,有机融合陈述性知识和过程性知识、理论知识学习与实践技能训练、专业技能培养与职业素养培养、工作过程与认知心理过程,通过资讯、决策计划、实施、检查、评估分步递进法组织教学。因此,本教材在内容安排和组织形式上做了新的尝试,突破了常规按章节顺序编写知识与训练内容的结构形式。

按职业能力的成长过程和认知规律,并遵循由浅入深、由简到难、循序渐进的学习过程,本教材编排了 8 个工程训练项目,每个项目又按引导项目、拓展项目和自主项目三个层次安排,从而使学生从“学着做”和“指导做”向“独立做”逐步过渡。项目载体均来自企业的真实工程项目或设备控制系统,根据其技术复杂程度、设计难度、制作工艺、调试过程和故障维修等进行了教学化处理,使学习情境符合学生的认知规律。

本教材由南通纺织职业技术学院李智明担任主编,宁夏工商职业技术学院杜戈,南通纺织职业技术学院胡志刚、顾子明、马文静、张慧参与了教材编写工作。具体编写分工如下:李智明编写项目 5、项目 7、附录并负责全书的总纂和





统稿;杜戈编写项目 2 和项目 3 的项目实施、能力拓展;胡志刚编写项目 6、项目 8;顾子明编写项目 3 的相关知识;马文静编写项目 1;张慧编写项目 4。安徽水利水电职业技术学院何强老师审阅了全书并提出了许多宝贵的意见和建议。

在编写本教材的过程中,我们得到了江苏东源电器集团有限公司、南通富士特电力自动化公司等多家企业相关人员的大力支持,他们对教材的框架体系及内容安排提出了许多宝贵意见,并提供了大量的实际材料和帮助,同时在编写过程中编者也参阅了相关参考文献,在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平,本教材中难免有疏漏之处,敬请用书师生与读者批评指正,以便修订时改进。如读者在使用本教材的过程中有其他意见或建议,恳请向编者踊跃提出宝贵意见。

编者

2013 年 1 月

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84707424 84706676

# 目 录

---

<b>项目 1 三相异步电动机基本控制电路安装调试</b> .....	1
学习目标 .....	1
项目描述 .....	1
项目任务 .....	1
项目实施方案 .....	1
相关知识 .....	2
项目实施 .....	19
能力拓展 .....	39
思考与练习 .....	45
<b>项目 2 C650 卧式车床电气控制系统运行维护</b> .....	48
学习目标 .....	48
项目描述 .....	48
项目任务 .....	48
项目实施方案 .....	49
相关知识 .....	49
项目实施 .....	56
能力拓展 .....	59
思考与练习 .....	70
<b>项目 3 运料小车 PLC 控制系统设计制作</b> .....	71
学习目标 .....	71
项目描述 .....	71
项目任务 .....	72
项目实施方案 .....	72
相关知识 .....	72
项目实施 .....	99
能力拓展 .....	102
思考与练习 .....	108



<b>项目 4 物料搬运机械手控制系统设计</b> .....	112
学习目标 .....	112
项目描述 .....	112
项目任务 .....	113
项目实施方案 .....	113
相关知识 .....	113
项目实施 .....	121
能力拓展 .....	125
思考与练习 .....	135
<b>项目 5 旋转刀盘的 PLC 控制系统设计</b> .....	137
学习目标 .....	137
项目描述 .....	137
项目任务 .....	138
项目实施方案 .....	138
相关知识 .....	138
项目实施 .....	155
能力拓展 .....	159
思考与练习 .....	184
<b>项目 6 小型货物提升机控制系统设计</b> .....	186
学习目标 .....	186
项目描述 .....	186
项目任务 .....	187
项目实施方案 .....	187
相关知识 .....	187
项目实施 .....	199
能力拓展 .....	204
思考与练习 .....	208
<b>项目 7 PLC 和变频器在工业洗衣机控制系统中的应用</b> .....	210
学习目标 .....	210
项目描述 .....	210
项目任务 .....	211
项目实施方案 .....	211

相关知识	211
项目实施	223
能力拓展	227
思考与练习	239
<b>项目 8 空调风机控制系统设计</b>	<b>240</b>
学习目标	240
项目描述	240
项目任务	241
项目实施方案	241
相关知识	241
项目实施	255
能力拓展	262
思考与练习	275
<b>附录 GX-Developer 编程软件的使用</b>	<b>276</b>
<b>参考文献</b>	<b>284</b>

# 项目1

## 三相异步电动机基本控制电路安装调试

**【学习目标】** 通过本项目的学习,应达到:

- (1)能识别常用的各种低压电器。
- (2)能识读基本控制电路图,并能分析说明电路的工作原理。
- (3)能绘制基本控制电路的接线图。
- (4)会板前布线,能根据接线图正确安装和调试基本控制电路。
- (5)会检修继电控制电路的简单故障。

### ■ 项目描述

三相鼠笼式异步电动机结构简单,价格低廉,方便维修,应用也非常广泛。在机械、冶金、石油、煤炭、农业及其他工业中,三相鼠笼式异步电动机的应用占绝对优势。由于各种生产机械的工作性质和加工工艺不同,使得它们对电动机的控制要求不同。要使电动机按照要求正常安全地运转,必须配有相应的控制电路。在生产实际中,一台机械的控制电路可能比较简单,也可能比较复杂,但任何复杂的控制电路都是由一些基本控制电路有机地组合在一起的。电动机常见的基本控制电路有点动控制、单向连续运行控制、正反转控制、多地点控制、顺序控制、降压启动控制和制动控制电路等。

### ■ 项目任务

利用低压控制元器件,安装调试三相异步电动机基本控制电路,具体任务如下:

- (1)安装调试电动机单向连续运行电路。
- (2)安装调试电动机正反转运行电路。
- (3)安装调试电动机 Y- $\Delta$ 降压启动电路。
- (4)安装调试电动机能耗制动电路。

### ■ 项目实施方案

三相鼠笼式异步电动机的电气控制系统采用继电接触式控制电路,整个系统以低压电器为基础。为了能有效地完成本项目任务,根据项目描述,按照行业规范,通过资讯、计划决

策、实施、检查和评估等系统化的工作过程完成项目任务。本项目总体实施方案如图 1-1 所示。

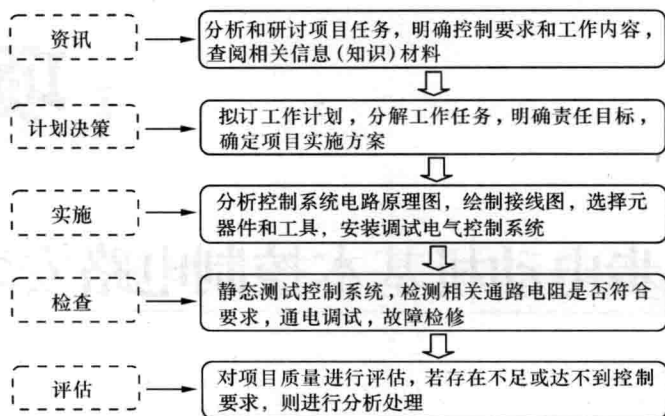


图 1-1 三相异步电动机控制电路安装调试总体实施方案

## ■ 相关知识

### 一、常用低压控制元器件

凡是根据外界特定的信号和要求，能自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电路现象进行切换、控制和保护的电气设备均称为电器。根据工作电压高低，可分为高压电器和低压电器。低压电器是指工作在交流 1 200 V、直流 1 500 V 及以下电压的电器。低压电器作为基本元器件，广泛应用于输配电系统和电力拖动系统，在工农业生产、国防工业和交通运输中起着极其重要的作用。

#### 1. 刀开关

刀开关是一种手动电器，广泛应用于照明电路及配电设备中隔离电源，有时也用于直接启动小容量（不大于 5.5 kW）电动机。

刀开关的种类很多，在电力拖动系统中，最常用的是由刀开关和熔断器组合成的负荷开关。负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。下面主要介绍开启式负荷开关，即闸刀开关。

闸刀开关按刀片数分为单极、双极和三极。如图 1-2 所示为闸刀开关的外形、结构及符号，此种开关装有熔丝，可起短路保护作用。

闸刀开关在安装时，手柄要向上，不得平装或倒装，避免因重力作用而自动下落，从而发生误合闸事故。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端。

HK 系列刀开关的型号含义如图 1-3 所示。

刀开关的选择原则：

- (1) 根据使用场合，选择刀开关的类型、极数以及操作方式。
- (2) 刀开关的额定电压应大于或等于电路电压。

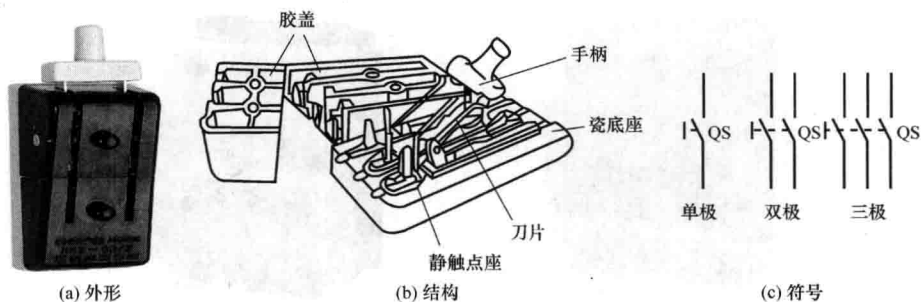


图 1-2 闸刀开关的外形、结构及符号

(3)刀开关的额定电流应大于或等于电路的电流。对于电动机负载,开启式刀开关的额定电流可取电动机额定电流的 3 倍。

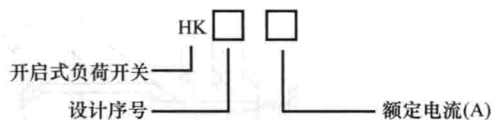


图 1-3 HK 系列刀开关的型号含义

## 2. 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关,是低压配电网和电力拖动系统中常用的一种电器,它集控制和多种保护功能于一身,正常情况下用于完成不频繁接通和分断电路。当电路中发生短路、过载及欠压等故障时,能自动切断故障电路,保护用电设备的安全。低压断路器相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠压继电器的组合。

低压断路器具有操作安全、安装简单、使用方便、工作性能可靠、分断能力较强、保护电路时动作后不需要更换元器件等优点。因此,低压断路器得到了非常广泛的应用。

### (1) 低压断路器的分类

低压断路器种类很多,按结构和性能可以分为万能式(又称框架式)、装置式(又称塑壳式)、限流式、直流快速式、漏电保护式和灭磁式等。

### (2) 低压断路器的结构和工作原理

低压断路器的外形、结构及符号如图 1-4 所示,它主要由触点及灭弧装置、操作机构、各种脱扣器及外壳等部分组成。其中,低压脱扣器是断路器的核心,每个脱扣装置都有其电流调节装置,可以人为整定动作电流值。

低压断路器的三副主触点串联在被控制的三相电路中,主触点依靠操作机构合闸,主触点 2 闭合后,锁键 3 扣住搭钩 4。正常状态下,热脱扣器的发热元件 13 温升不高,不足以使双金属片 12 弯曲到顶住连杆 7 的程度;同样,电磁脱扣器 6 的线圈磁吸力不大,不能吸住衔铁去拨动连杆,开关处于正常吸合供电状态。当主电路发生过载或短路、电流超过热脱扣器或电磁脱扣器的动作电流时,双金属片或衔铁将拨动连杆,使搭钩与锁键分开,从而切断主电路,实现过载及短路保护。当电路欠压或失压时,欠压脱扣器 11 的线圈磁吸力减弱,衔铁 10 释放,顶起连杆,使搭钩与锁键分开切断电路,起到失压保护作用。

### (3) 低压断路器的技术参数和型号含义

低压断路器的主要技术参数有额定电压、额定电流、脱扣器类型、极数、整定电流范围、动作时间和分断能力等。

低压断路器的型号含义如图 1-5 所示。

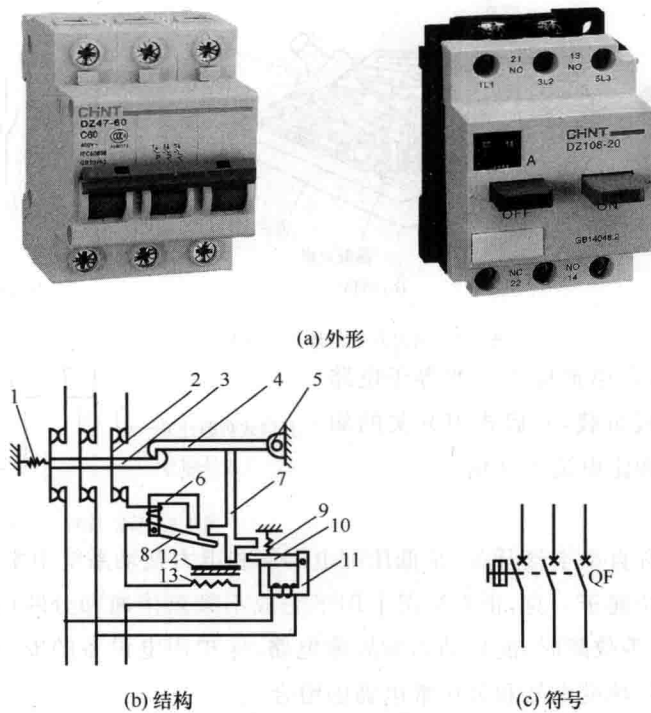


图 1-4 低压断路器的外形、结构及符号

1、9—弹簧；2—主触点；3—锁键；4—搭钩；5—轴；6—电磁脱扣器；7—连杆；  
8、10—衔铁；11—欠压脱扣器；12—双金属片；13—发热元件

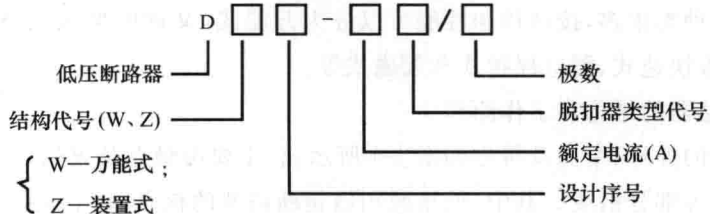


图 1-5 低压断路器的型号含义

#### (4) 低压断路器的选用原则

低压断路器的选用原则如下：

- ① 低压断路器的分断能力不小于安装处的最大三相短路电流的有效值。
- ② 过电流脱扣器的整定电流不大于被保护电路末端短路电流的  $\frac{1}{1.3}$ ，这是为了能可靠切断故障电流所需要的灵敏度。
- ③ 低压断路器的额定电压和额定电流不小于电路正常工作电压和计算负载电流。
- ④ 电磁脱扣器的整定电流应大于负载正常工作时有可能出现的峰值电流。
- ⑤ 欠压脱扣器的额定电压应等于电路的额定电压。
- ⑥ 热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

### 3. 熔断器

熔断器在低压配电网和电力拖动系统中主要用于短路保护,有时兼为过载保护的电器。使用时把它串联于被保护的电路中,当电路发生短路或严重过载时,熔体中流过很大的故障电流,以其自身产生的热量使熔体迅速熔断,从而自动切断电路,实现短路和过载保护作用。

熔断器具有结构简单、质量轻、价格低廉、使用维护方便和分断能力强等优点,因此得到了广泛应用。

#### (1) 熔断器的结构及分类

熔断器主要由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的底座(或称熔管)两部分组成,熔体是熔断器的主要组成部分,通常用低熔点的铅、锌、锡、铜及其合金材料制成,形状常为丝状、网状和片状。熔管是安装熔体的外壳,用陶瓷等耐热绝缘材料制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔断器按结构形式分为插入式(RC 系列)、螺旋式(RL 系列)、有填料封闭管式(RT 系列)、无填料封闭管式(RM 系列)和自复式等,其外形及符号如图 1-6 所示。



图 1-6 熔断器的外形及符号

#### (2) 熔断器的型号

熔断器的型号含义如图 1-7 所示。

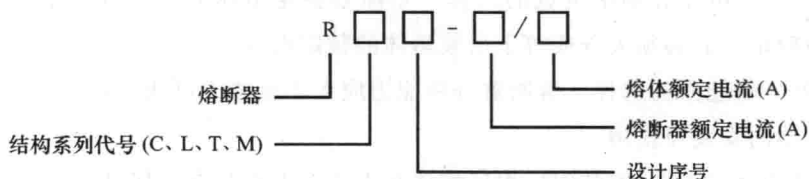


图 1-7 熔断器的型号含义

#### (3) 熔断器的主要技术参数

①额定电压 能保证熔断器长期正常工作的电压,其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

②熔断器额定电流 能保证熔断器(指绝缘底座)长期正常工作的电流。

③熔体额定电流 长时间通过熔体而熔体不被熔断的最大电流。

④极限分断能力 在规定的条件下,能可靠分断的最大短路电流。



⑤时间-电流特性 在规定工作条件下,表示流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系函数曲线,又称为熔断特性或熔断器的安-秒特性,如图 1-8 所示,其中熔断器的额定电流  $I_{\text{RN}}$  是指熔断器长期工作而不被熔断的电流。

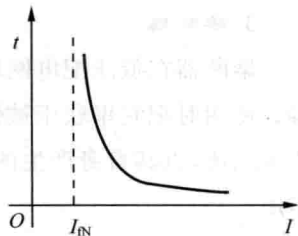


图 1-8 熔断器的安-秒特性

#### (4) 熔断器的选择原则

熔断器的选择主要是选择熔断器类型、额定电压、额定电流和熔体额定电流等。

①熔断器类型的选择 根据使用环境、负载性质和短路电流的大小选用适当类型的熔断器。例如,对于容量较小的照明电路或电动机的保护,可选用 RC1A 系列插入式熔断器或 RM10 系列无填料封闭式熔断器;对于短路电流较大的电路,宜选用 RL 系列或 RT 系列熔断器。

#### ②熔体额定电流的选择

- 对于照明、电热等电流较平稳、无冲击电流负载的短路保护,熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

- 对电动机负载,要考虑冲击电流的影响,计算方法如下:

对于单台不频繁启动的电动机,熔体的额定电流  $I_{\text{RN}}$  应大于或等于 1.5~2.5 倍电动机额定电流  $I_{\text{N}}$ ,即

$$I_{\text{RN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{N}} \quad (1-1)$$

对于频繁启动或启动时间较长的电动机,式(1-1)的系数应增加到 3.0~3.5。

对于多台电动机,熔体的额定电流  $I_{\text{RN}}$  应大于或等于其中最大容量的电动机额定电流  $I_{\text{Nmax}}$  的 1.5~2.5 倍,再加上其余电动机额定电流的总和  $\sum I_{\text{N}}$ ,即

$$I_{\text{RN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{Nmax}} + \sum I_{\text{N}} \quad (1-2)$$

③熔断器额定电压和额定电流的选择 熔断器额定电压应大于或等于电路的额定电压;熔断器的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

④熔断器分断能力的选择 熔断器分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

#### (5) 熔断器的安装与使用

①熔断器应完好无损,安装时应保证熔体和夹头及夹头和夹座接触良好,并具有额定电压、电流的标志。

②熔断器内要安装与底座配套的熔体,不能用多根小规格的熔体代替一根大规格的熔体。

③螺旋式熔断器的电源线应接在瓷底座的下接线座上,负载线应接在螺纹壳的上接线座上。插入式熔断器应垂直安装。

④安装熔断器时,各级熔体应相互配合,并做到下一级熔体规格比上一级规格小。

⑤更换熔体或熔管时,必须切断电源。尤其不允许带负荷操作,以免发生电弧灼伤。

#### 4. 交流接触器

接触器是一种自动的电磁式开关,用于远距离频繁接通或断开交流主电路及大容量控制电路。接触器具有欠电压自动释放保护功能,工作可靠,使用寿命长,其主要控制对象是电动机,也可用于控制其他负载,如电焊机、电热设备等。如图 1-9 所示为常用接触器的外形。

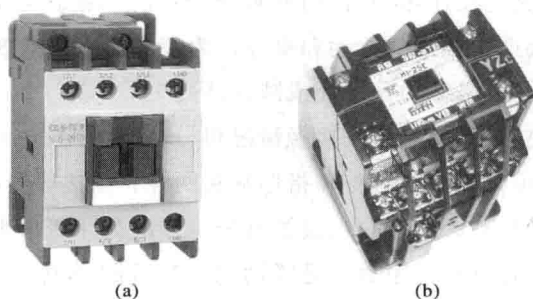


图 1-9 常用接触器的外形

接触器按主触头通过的电流种类可分为交流接触器和直流接触器两种,下面主要介绍交流接触器。

交流接触器常用于远距离频繁接通和分断额定电压至 1 140 V、电流至 630 A 的交流电流。交流接触器的种类很多,目前常用的有国内生产的 CJ0、CJ10 和 CJ20 等系列以及国外生产的 B 系列、3TB 系列等。下面主要介绍本项目中用到的 CJ10 系列交流接触器。

##### (1) 交流接触器的结构及工作原理

交流接触器由电磁系统、触点系统、灭弧装置和其他部件等组成。CJ10-20 交流接触器的结构及原理如图 1-10 所示。

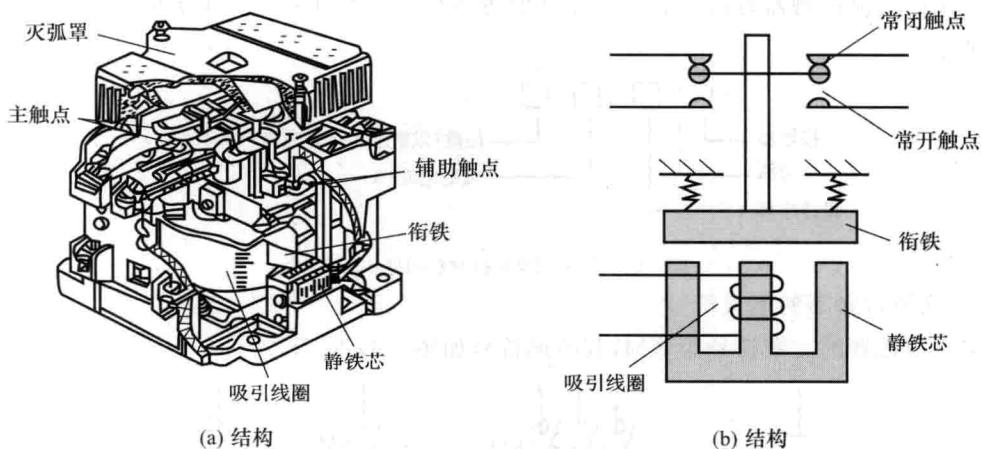


图 1-10 CJ10-20 交流接触器的结构及原理

①电磁系统 由吸引线圈、静铁芯和衔铁(动铁芯)三部分组成。其作用原理是:吸引线圈通电时产生磁场,衔铁受到电磁力的作用而被吸向静铁芯;吸引线圈断电后,磁场消失,衔铁在复位弹簧的作用下,回复原位。衔铁带动连接机构运动,从而带动触点做相应的动作,实现电路的接通或断开。