

三菱电机自动化应用技术系列教材

电气控制与可编程序 控制器应用技术 (FX/3U 系列)

主 编 杜逸鸣

副主编 徐 智 刘旭明 焦玉成



机械工业出版社

本书从培养电气自动化、自动化、机电一体化等专业综合应用型人才的角度出发,详细介绍了三菱可编程序控制器(FX2N/3U系列)基础知识和电气控制原理及应用技术,并结合实例讲解了在实践中的应用和各种模块的应用,以达到熟练掌握各种三菱可编程序控制器的目的,最终能更好地将三菱可编程序控制器及三菱电器应用在各个生产领域。

本书以应用为目的,注重理论联系实际。通过大量范例和深入浅出地讲解,使读者从易到难、循序渐进地掌握其技术要点。本书适合电气自动化、自动化、机电一体化等专业的本科生作为专业基础及综合实践的教材,亦可作为维修电工技师和高级技师的培训教材,同时也可以用作相关工程技术人员的自学及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与可编程序控制器应用技术:FX/3U系列/杜逸鸣主编.
—北京:机械工业出版社,2014.2
三菱电机自动化应用技术系列教材
ISBN 978-7-111-45721-3

I. ①电… II. ①杜… III. ①电气控制-教材②可编程序控制器-教材 IV. ①TM921.5②TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第023508号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵任

版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽

责任印制:刘岚

北京京丰印刷厂印刷

2014年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·12.75印张·309千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45721-3

定价:39.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

根据教育部“卓越工程师教育培养计划”旨在促进工程教育的改革，培养创新型工程技术人材，并在教学中贯彻“Conceive（构思），Design（设计），Implement（实现），Operate（运作）”（简称“CDIO”）理念。高等工程教育是工程科技人员培养的主渠道，为工程科学技术的发展源源不断地提供着新鲜活力，推动科技进步，特别是将创新精神与创新能力作为培养目标。本书从实际应用的角度出发，详细介绍了三菱可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC）（FX2N/3U系列）的基础知识和电气控制原理及应用技术，力求内容全面、语言简捷、通俗易懂，并通过对大量范例深入浅出的讲解，使读者可以从易到难，循序渐进，更好地掌握三菱可编程序控制器（FX2N/3U系列）在各个生产领域中的应用。本书适合作为电气自动化、自动化、机电一体化专业本科生专业课程的教材，亦可作为维修电工技师和高级技师的培训教材，同时也可以作为相关工程技术人员的自学参考书。

全书共分为8章：第1章为常用低压电器，主要介绍了常用低压电器、低压电器元件功能与选择等有关知识；第2章为电动机的基本控制电路，主要介绍了电气制图标准、起动控制电路、制动控制电路和其他控制电路；第3章为机床控制电路，主要介绍了铣床电气控制电路、钻床电气控制电路和其他机床电气控制电路；第4章为PLC基础知识，主要介绍了PLC的发展史、特点、三菱PLC的基本组成、三菱PLC的接口电路、三菱PLC的工作原理；第5章为PLC基本指令系统与编程，主要介绍了FX2N/3U系列PLC、FX2N/3U系列PLC内部元件、FX2N/3UPLC基本指令系统与编程实例、FX2N/3U编程软件（GX-Developer）的应用方法及应用技术实例；第6章为三菱PLC的基础编程举例；第7章为顺序控制，本章将结合实际例子来介绍如何确定顺序控制的各步骤以及如何使用顺序控制指令实现各步骤的功能及控制；第8章为电动机调速控制，本章主要介绍了步进电动机、交流伺服电动机、三相交流异步电动机及直流电动机的基本概念与基本工作原理，并结合实际的例子来介绍如何掌握脉冲输出指令、脉宽调制指令的应用，掌握步进驱动器、交流伺服驱动器、变频器、直流电动机驱动器的基本使用方法，通过大量的应用技术实例说明如何实现对这几种电动机的调速控制。

本书由杜逸鸣任主编，徐智、刘旭明、焦玉成任副主编，俞娟、王欣、陈春、黄捷参编，全书由郁汉琪主审。杜逸鸣编写前言、第1章、第2章部分内容、第4章部分内容、第7章部分内容；焦玉成、俞娟、王欣编写第1章部分内容、第2章部分内容、第3章内容；徐智、陈春编写第4章部分内容、第5章、第6章部分内容；徐智、黄捷、刘旭明编写第7章部分内容、第8章部分内容。全书由杜逸鸣统稿。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免出现不妥与错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年6月

目 录

前言

第1章 常用低压电器	1	第2章 电动机的基本控制电路	38
1.1 低压电器的基本知识	1	2.1 电气制图标准	38
1.1.1 常用低压电器的分类	1	2.1.1 电气控制电路的符号	38
1.1.2 低压电器产品标准	1	2.1.2 绘制、识读电气控制系统图的原则	40
1.1.3 常用术语	2	2.2 起动控制电路	41
1.1.4 低压电器的主要技术参数	2	2.2.1 单向旋转控制电路	41
1.2 开关电器	3	2.2.2 三相异步电动机的正反转控制电路	44
1.2.1 刀开关	3	2.2.3 减压起动控制电路	50
1.2.2 组合开关	6	2.2.4 顺序起动控制电路	52
1.2.3 低压断路器	8	2.3 制动控制电路	54
1.3 接触器	12	2.3.1 机械制动	54
1.3.1 CJO 系列交流接触器的结构	13	2.3.2 电力制动	57
1.3.2 CJO 系列交流接触器的工作原理	15	2.4 其他控制电路	62
1.3.3 CJO 系列交流接触器的型号意义	16	2.4.1 变速控制	62
1.3.4 三菱接触器简介	16	2.4.2 多地控制	63
1.3.5 接触器的选择	17	2.4.3 多条件控制	63
1.4 继电器	19	习题与思考题	63
1.4.1 中间继电器	19	第3章 机床控制电路	66
1.4.2 电流继电器	20	3.1 车床控制电路	66
1.4.3 电压继电器	21	3.1.1 CA6140 型车床控制电路	66
1.4.4 热继电器	21	3.1.2 电力拖动特点及控制要求	67
1.4.5 时间继电器	24	3.1.3 电气控制电路分析	67
1.4.6 速度继电器	25	3.1.4 常见电气故障分析	69
1.4.7 压力继电器	27	3.2 钻床控制电路	70
1.4.8 智能固态继电器	27	3.2.1 主要结构及运动形式	70
1.4.9 电磁铁	27	3.2.2 摇臂钻床的电力拖动特点及控制要求	70
1.5 主令电器	28	3.2.3 电气控制电路分析	71
1.5.1 按钮	28	3.2.4 电气电路常见故障分析	75
1.5.2 位置开关与接近开关	29	3.3 其他机床控制电路	75
1.5.3 主令电器的选择	30	3.3.1 磨床的电气控制	75
1.6 熔断器	30	3.3.2 铣床的电气控制	80
1.6.1 熔断器的结构与主要技术参数	30	3.3.3 镗床的电气控制	85
1.6.2 常用的低压熔断器	32	习题与思考题	89
1.6.3 熔断器的选用	35		

第4章 PLC 的基础知识	90	5.8.5 写入与读取	134
4.1 PLC 的发展史	90	5.8.6 监视	135
4.1.1 PLC 的诞生	90	5.8.7 强制开/关	136
4.1.2 PLC 的发展	91	习题与思考题	136
4.1.3 PLC 的特点	92	第6章 三菱 PLC 的基础编程举例	138
4.2 PLC 的分类	93	6.1 PLC 的系统设计与编程方法	138
4.2.1 根据点数和功能进行分类	93	6.1.1 PLC 控制系统的一般设计	
4.2.2 根据结构形状分类	94	方法	138
4.2.3 PLC 的几种流派及典型的		6.1.2 常用的编程方法	139
PLC 产品	94	6.2 基础编程举例	140
4.3 PLC 在工业控制中的地位和		6.2.1 单按钮控制电动机的起停	140
发展前景	95	6.2.2 电动机正反转应用实例	141
4.3.1 PLC 在工业控制中的地位	95	6.2.3 星三角减压起动	141
4.3.2 PLC 的发展前景	95	6.2.4 串电阻减压起动与反接制动	143
4.4 PLC 的组成	95	6.2.5 运料小车自动往返	145
4.4.1 组成概述	95	6.2.6 三台电动机监控	146
4.4.2 硬件组成	95	6.2.7 多种液体自动混合	147
4.4.3 软件系统组成与结构	99	6.2.8 X-Y 轴位置控制系统	150
4.5 PLC 的工作原理	99	习题与思考题	159
4.6 PLC 的编程语言	101	第7章 顺序控制	160
4.6.1 梯形图语言	101	7.1 顺序功能图	160
4.6.2 语句表语言	102	7.1.1 顺序功能图的组成	160
4.6.3 顺序功能图语言	103	7.1.2 顺序功能图的基本结构	161
4.7 FX 的 CPU 模块与硬件端子连接	103	7.1.3 顺序功能图的绘制	161
习题与思考题	105	7.2 三菱 PLC 顺序控制指令及其应用	164
第5章 PLC 基本指令系统与编程	106	7.2.1 状态元件	164
5.1 位操作指令	106	7.2.2 应用举例	164
5.1.1 基本位逻辑指令	106	习题与思考题	176
5.1.2 复杂电路指令	109	第8章 电动机调速控制	178
5.2 定时器指令及其应用	111	8.1 步进电动机调速控制	178
5.3 计数器指令及其应用	114	8.1.1 步进电动机的基本概念	178
5.4 比较指令	116	8.1.2 步进电动机的基本工作原理	179
5.5 传送指令	116	8.1.3 基于 PLC 的步进电动机调速	
5.6 移位指令	118	控制	179
5.7 数学运算及功能指令	120	8.2 伺服电动机调速控制	183
5.7.1 算术运算指令	120	8.2.1 交流伺服电动机的基本概念	183
5.7.2 逻辑运算指令	122	8.2.2 基于 PLC 的交流伺服电动机	
5.7.3 数学功能指令	123	调速控制	184
5.8 编程软件 (GX-Developer)	126	8.3 交流电动机调速控制	187
5.8.1 GX Developer 介绍	126	8.3.1 交流电动机基本概念	187
5.8.2 GX Developer 工程管理	127	8.3.2 交流电动机基本工作原理	188
5.8.3 梯形图程序制作	128	8.3.3 交流电动机调速方法及特点	188
5.8.4 GX Developer 与 PLC 通信	133		

8.3.4 变频器调速方法	190	8.4.4 基于 PLC 的直流电动机调速 控制	194
8.4 直流电动机调速	192	习题与思考题	196
8.4.1 直流电动机的基本概念	192	参考文献	197
8.4.2 直流电动机的基本工作原理	192		
8.4.3 直流电动机的调速控制方法	193		

第 1 章 常用低压电器

根据外界特定的信号和要求，自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电现象的切换、控制、保护、检测和调节的电气设备均称为电器。电器在输配电系统、电力拖动和自动控制系统中，均起着极其重要的作用。它广泛应用于电能的生产，电力的输送与分配，电气网络和电气设备的控制、保护，电路参数的检测和调节，非电现象的转换等方面。交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以下的电器为低压电器。

本章主要介绍用于电力拖动及自动控制系统中常用的一些低压电器（三菱低压电器）以及低压电器元件的选择。

1.1 低压电器的基本知识

低压电器按它在电气电路中的地位和作用可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器主要有刀开关、转换开关、熔断器和断路器等。低压控制电器主要有接触器、继电器、主令电器和电磁铁等。

1.1.1 常用低压电器的分类

电器的用途广泛、职能多样，因而品种规格繁多，构造及工作原理各异，有多种分类方法。

1. 按用途或控制对象分类

低压电器按它在电气电路中的地位和作用可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器主要有刀开关、转换开关、熔断器和断路器等。低压控制电器主要有接触器、继电器、主令电器和电磁铁等。

2. 按动作方式分类

1) 自动切换电器——依靠本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作。

2) 非自动切换电器——主要是用手直接操作来进行切换。

3. 按执行功能分类

1) 有触点电器——有可分离的动触点和静触点，利用触点的接触和分离来实现电路的通断。

2) 无触点电器——没有触点，主要利用晶闸管的开关效应，即导通或截止来实现电路的通断。

1.1.2 低压电器产品标准

低压电器产品标准的内容通常包括产品的用途、适用范围、环境条件、技术性能要求、

试验项目和方法、包装运输的要求等,它是制造厂、用户制造和验收的依据。

低压电器标准按内容性质可分为基础标准、专业标准和产品标准三大类。按批准标准的级别分为国家标准(GB)、部标准(JB)和局批企业标准(JB/DQ)三级。

1.1.3 常用术语

1. 闭合时间

开关电器从闭合操作开始瞬间起到所有极的触头都接触瞬间为止的时间间隔。

2. 断开时间

开关电器从断开操作开始瞬间起到所有极的触头都分开瞬间为止的时间间隔。

3. 通断时间

从电流开始在开关电器一个极流过瞬间起到所有极的电弧最终熄灭瞬间为止的时间间隔。

4. 分断能力

电器在规定的条件下,能在给定的电压下分断的预期分断电流值。

5. 接通能力

开关电器在规定的条件下,能在给定的电压下接通的预期接通电流值。

6. 通断能力

开关电器在规定的条件下,能在给定电压下接通和分断的预期电流值。

7. 操作频率

开关电器在每小时内可能实现的最高操作循环次数。

8. 通电持续率

电器的有载时间和工作周期之比,常以百分数表示。

1.1.4 低压电器的主要技术参数

1. 额定电压

额定电压指在规定的条件下,能保证电器正常工作的电压值,通常指触点的额定电压值。对于电磁式电器还规定了电磁线圈的额定工作电压。

2. 额定电流

额定电流是指在额定电压、额定频率和额定工作制下所允许通过的电流。它与使用类别、触点寿命、防护等级等因素有关,同一开关可以对应不同使用条件下规定的不同工作电流。

3. 使用类别

使用类别是指有关操作条件的规定组合,通常用额定电压和额定电流的倍数及其相应的功率因数或时间常数等来表征电器额定通、断能力的类别。

4. 通断能力

通断能力包括接通能力和断开能力,以非正常负载时接通和断开的电流值来衡量。接通能力是指开关闭合不会造成触点熔焊的能力。断开能力指断开时能可靠灭弧的能力。

5. 寿命

寿命包括电寿命和机械寿命。电寿命是电器在所规定的使用条件下不需修理或更换零件

的操作次数。机械寿命是电器在无电流情况下能操作的次数。

1.2 开关电器

低压开关主要用作隔离、转换以及接通和分断电路用。多数作为机床电路的电源开关、局部照明电路的控制，有时也可用来直接控制小容量电动机的起动、停止和正反转。低压开关一般为非自动切换电器，常用的主要类型有刀开关、转换开关和断路器等。断路器具有操作安全，使用方便、工作可靠、安装简单、动作值可调、分断能力较高、兼顾多种保护功能、动作后不需要更换元件等优点。因此，获得广泛的应用。

1.2.1 刀开关

普通刀开关是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器。

刀开关的典型结构由操作手柄、动触刀、静夹座、进线座、出线座和绝缘底板组成，推动手柄使动触刀插入静夹座中，电路就会被接通。

刀开关的种类很多，这里只介绍常见的带有熔断器的常用刀开关。

1. 瓷底开启式负荷开关（以下简称刀开关）

瓷底开启式负荷开关又称开启式负荷开关。图 1-1 为 HK 系列瓷底胶盖刀开关。它由刀开关和熔断器组合而成，均装在瓷底板上。

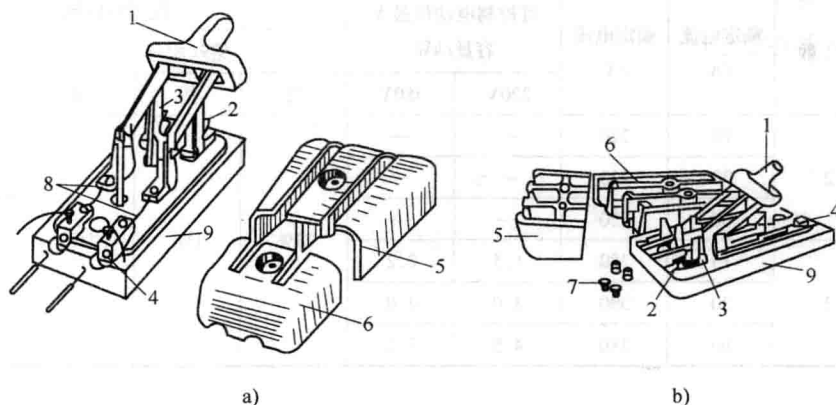


图 1-1 HK 系列瓷底胶盖刀开关

a) 二极刀开关 b) 三极刀开关

1—瓷质手柄 2—进线座 3—静夹座 4—出线座 5—上胶盖
6—下胶盖 7—胶盖固定螺钉 8—熔丝 9—瓷底座

刀开关装在上部，由进线座和静夹座组成，熔断器装在下部，由出线座、熔丝和动触刀组成，动触刀上端装有瓷质手柄便于操作，上下两部分用两个胶盖以紧固螺钉固定，将开关零件罩住防止电弧或触及带电体伤人，胶盖上开有与动触刀数（极数）相同的槽，便于动触刀上下运动与静夹座分合操作。

HK 系列刀开关不设专门的灭弧装置，仅利用胶盖的遮护以防电弧灼伤人手，因此不宜

带负载操作,若带一般性负载操作时,应动作迅速,使电弧较快的熄灭,一方面不易灼伤人手,同时也减少电弧对动触刀和静夹座的灼伤。

由于这种开关易被电弧灼损,引起接触不良等故障,因此不宜分断有负载的电路,适于接通或断开有电压而无负载电流的电路。但因其结构简单、操作方便、价格便宜,在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制电路中仍可采用。用于照明电路时可选用额定电压 220V 或 250V,额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关;用于电动机的直接起动时,可选用额定电压 380V 或 500V,额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

对刀开关的安装也应加注意,一般必须垂直安装在控制屏或开关板上,不能倒装,接通状态手柄应该朝上,否则在分断状态刀开关有松动落下造成误接通的可能。接线时进线和出线不能接反,否则在更换熔丝时会发生触电事故。

刀开关符号如图 1-2 所示。

常用的刀开关有 HK1 系列、HK2 系列, HK1 系列为全国统一设计产品。

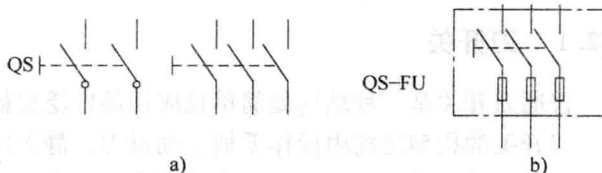


图 1-2 刀开关符号

a) 刀开关 b) 带熔断器的刀开关

HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数见表 1-1。

表 1-1 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型号	极数	额定电流 /A	额定电压 /V	可控制电动机最大 容量/kW		配用熔丝规格			
						熔丝成分			熔丝线径
				220V	380V	铅	锡	锑	
15	2	15	220	—	—	98%	1%	1%	1.45 ~ 1.59
HK1-30		30	220	—	—				2.30 ~ 2.52
60		60	220	—	—				3.64 ~ 4.00
15	3	15	380	1.5	2.2	98%	1%	1%	1.45 ~ 1.59
HK1-30		30	380	3.0	4.0				2.30 ~ 2.52
60		60	380	4.5	5.5				3.36 ~ 4.00

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关是在刀开关的基础上改进设计的一种开关,其灭弧性能、操作性能、通断能力、安全防护性能等都优于刀开关。因外壳多为铸铁或用薄钢板冲压而成,故称为封闭式负荷开关。

常用的封闭式负荷开关有 HH3、HH4 系列,其中 HH4 系列为全国统一设计产品,可取代同容量的其他系列老产品。HH 系列封闭式负荷开关如图 1-3 所示。

封闭式负荷开关主要由触头系统(包括动触刀和静夹座)、操作机构(包括手柄、转轴、速断弹簧)、熔断器、灭弧装置及外壳构成。

HH 系列封闭式负荷开关的触头有两种形式,一种是双断点楔形转动式触头,其动触刀为 U 形双刀片固定在方形绝缘转轴上,静夹座固定在瓷质 E 形灭弧室上,两断口间还隔有

瓷板；另一种是单断点楔形触头，其结构与一般刀开关相仿。灭弧室是由钢纸板夹上去离子栅片构成的。

封闭式负荷开关配用的熔断器，额定电流为 60A 及以下者，配用瓷插式熔断器，额定电流为 100A 及以上者，配用无填料封闭管式熔断器。封闭式负荷开关的操作机构具有以下两个特点：一是采用贮能分合闸方式，这种贮能操作机构是一根一端装在外壳上，另一端扣在操作手柄转轴上的弹簧。当转动操作手柄使开关合闸或分闸时，在开始阶段，闸刀不移动，只是弹簧被拉伸，从而储存一定的能量，一旦转轴转过某一角度，弹簧力就使动触刀迅速插入或离开静夹座，其分合速度与手柄操作速度无关。这样一来，大大地提高了开关的合闸和分闸速度，缩短了开关的通断时间，因而也提高了开关的通断能力和降低了触头系统的电气磨损，延长了开关的使用寿命。第二是设有联锁装置，保证开关在合闸状态。

开关盖不能开启，而当开关盖开启时又不能合闸。联锁装置的采用，既有助于充分发挥外壳的防护作用，又保证了更换熔丝等操作的安全。

封闭式负荷开关可分为一般用途负荷开关和高分断能力的负荷开关两种。额定电流为 60A 及以下者为一般用途的负荷开关，且有一定的分断能力，可接通、分断 4 倍额定电流 10 次，接通分断额定电流不少于 5000 次，适用于工矿企业电气装置，农村电力排灌及电热照明等各种配电设备，作为手动不频繁地通断有负载电路，或启动与停止电动机以及作为电路末端的短路保护之用。对于控制小型异步电动机，开关的额定电流可根据表 1-2 选择。

表 1-2 封闭式负荷开关与可控制电动机容量的配合

额定电流值/A	可控电动机最大容量值/kW		
	220V	380V	500V
10	1.5	2.7	3.5
15	2.0	3.0	4.5
20	3.5	5.0	7.5
30	4.5	7.0	10
60	9.5	15	20

额定电流为 100A 及以上者为高分断能力负荷开关，分断能力为 50kA，额定电流至 400A，能用作手动不频繁地接通与分断负载电路，并运用于短路电流较大的场合。根据使用经验，用高分断能力的负荷开关来控制较大容量的电动机很不相宜，有可能发生飞弧灼伤事故。

HH4 系列负荷开关技术参数见表 1-3。

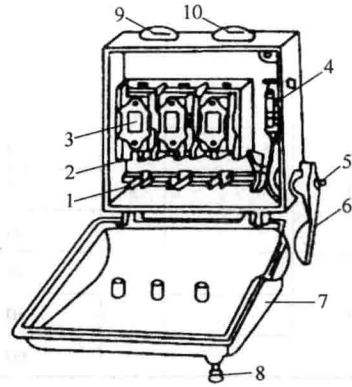


图 1-3 HH 系列封闭式负荷开关

1—U 型动触刀 2—静夹座 3—瓷插式熔断器

4—速断弹簧 5—转轴 6—操作手柄

7—开关盖 8—开关盖锁紧螺栓

9—进线孔 10—出线孔

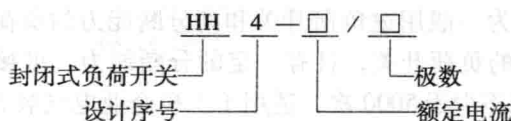
表 1-3 HH4 系列封闭式负荷开关技术参数

额定电流 /A	额定电压 /V	极数	熔体主要参数			触头极限接通电流值		熔断器极限分断电流	
			额定电流值/A	材料	线径/mm	电流/A	cosφ	电流/A	cosφ
15		3	6	软 铅 丝	1.08	60	0.4	500	0.8
			10		1.25				
			15		1.98				
30		3	20	紫 铜 丝	0.61	120	0.4	1500	0.7
			25		0.71				
			30		0.80				
60		3	40		0.92	240	0.4	3000	0.6
			50		1.07				
			60		1.20				

封闭式负荷开关使用注意事项:

- 1) 封闭式负荷开关不允许随意放在地面上使用。
- 2) 操作时要在封闭式负荷开关的手柄侧, 不要面对开关, 以免意外故障使开关爆炸铁壳飞出伤人。
- 3) 开关外壳应可靠接地, 防止意外漏电造成触电事故。

型号意义如下:



封闭式负荷开关在电气原理图中的符号和图 1-2b 所示相同。

1.2.2 组合开关

转换开关又称组合开关, 它实质上也是一种特殊刀开关, 只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于安装面的平面内向上或向下转动, 而转换开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动。它具有多触头、多位置、体积小、性能可靠、操作方便、安装灵活等特点。多用在机床电气控制电路中作为电源的引入开关, 也可以用作不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载以及控制 5kW 及以下的小容量异步电动机的正反转和星三角起动。

转换开关按操作机构可分为无限位型和有限位型两种, 其结构略有不同。

1. 无限位型转换开关

无限位型转换开关手柄可以在 360° 范围内旋转, 无固定方向、无定位限制。常用的是全国统一设计产品 HZ10 系列, 其外形与结构如图 1-4 所

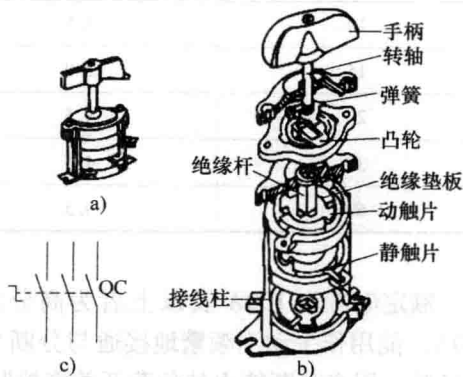


图 1-4 HZ10—10/3 型转换开关

a) 外形 b) 结构 c) 符号

示。它是由多节触片分层组合而成，故又称组合开关。

从图中可以看出，开关的动触片分别装在数层成型的胶木绝缘垫板内，绝缘垫板可以一层一层的堆叠起来，最少一层，最多可达六层。通过选择不同类型的动触片，按照不同方式配置动触片和静触片，然后叠起来，可得到 30 余种接线方案，使用十分方便。

动触片由两片磷钢片或硬紫铜片与具有良好消弧性能的绝缘钢纸板铆合而成，它们一起套在附有手柄的方形绝缘转轴上，两个静触片则分置于胶木绝缘垫板边沿上的两个凹槽内。当方轴转动时，便带动动触片与静触片接触或分离，达到接通或分断电路的目的。

用了扭簧贮能，可使开关快速闭合或分断，能获得快速动作，从而提高开关的通断能力，使动静触片的分合速度与手柄旋转速度无关。

转换开关在电气原理图中的符号如图 1-4c 所示。

2. 有限位型转换开关

有限位型转换开关也叫可逆转换开关或倒顺开关，它只能在 90° 范围内旋转，有定位限制，类似双掷开关那样，即所谓两位置转换类型。

常用的为 HZ3 系列，其外形与结构如图 1-5 所示。

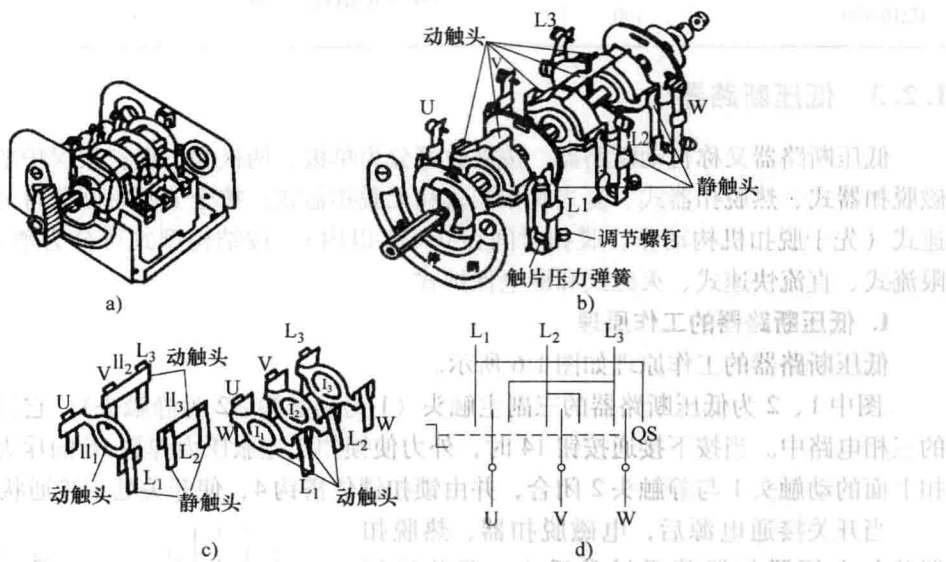


图 1-5 HZ3—132 型倒顺开关

a) 外形 b) 结构 c) 触头 d) 符号

HZ3—132 型转换开关的手柄有倒、停、顺三个位置，手柄只能从“停”位置左转 45° 和右转 45° 。移去上盖可见两边各装有 3 个静触头，右边标符号 L_1 、 L_2 和 W ，左边标符号 U 、 V 和 L_3 ，如图 1-5b 所示。转轴上固定着 6 个不同形状的动触头，其中 4 个 I_1 、 I_2 、 I_3 、 II_1 是同一形状，余者 II_2 、 II_3 为另一种形状，如图 1-5c 所示。6 个动触头分成两组，每组 3 个，其中 I_1 、 I_2 、 I_3 为一组， II_1 、 II_2 、 II_3 为一组。两组动触头不同时与静触头接触。

HZ3 系列转换开关多用于控制小容量异步电动机的正、反转及双速异步电动机 Δ/Y 、 Y/Y 的变速切换。转换开关是根据电源种类、电压等级、所需触头数、接线方式进行选用。应用转换开关控制异步电动机的起动、停止时，每小时的接通次数不超过 15~20 次，

开关的额定电流也应选得略大一些,一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。用于电动机的正、反转控制时,应当在电动机完全停止转动后,方可允许反向起动,否则会烧坏开关触头或造成弧光短路事故。

HZ5、HZ10 系列转换开关主要技术数据见表 1-4。

表 1-4 HZ5、HZ10 系列转换开关主要技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	控制功率 /kW	用 途	备 注
HZ5-10 HZ5-20 HZ5-30 HZ5-40	交流 380	10 20 40 60	1.7 4 7.5 10	在电气设备中作电源引入,接通或分断电路、换接电源或负载(电动机)等	可取代 HZ1~3 等老产品
HZ10-10 HZ10-25 HZ10-60 HZ10-100	直流 220	10 25 60 100		在电气电路中作接通或分断电路;换接电源或负载;测量三相电压;控制小型异步电动机正、反转	可取代 HZ1、HZ2 等老产品

1.2.3 低压断路器

低压断路器又称自动断路器,按极数可分为单极、两极和三相;按保护形式可分为电磁脱扣器式、热脱扣器式、复式脱扣器式和无脱扣器式;按全分断时间可分为一般式和快速式(先于脱扣机构动作,脱扣时间在 0.02s 以内);按结构型式可分为塑壳式、框架式、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式。

1. 低压断路器的工作原理

低压断路器的工作原理如图 1-6 所示。

图中 1、2 为低压断路器的三副主触头(1 为动触头、2 为静触头),它们串联在被控制的三相电路中。当按下接通按钮 14 时,外力使锁扣 3 克服压力弹簧 16 的斥力,将固定在锁扣上面的动触头 1 与静触头 2 闭合,并由锁扣锁住搭钩 4,使开关处于接通状态。

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,开关运行正常。

当电路发生短路或严重过电流时,短路电流超过瞬时脱扣整定值,电磁脱扣器 6 产生足够大的吸力,将衔铁 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,锁扣在压力弹簧 16 的作用下,将三副主触头分断,切断电源。

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 产生一定的热量,促使热双金属片 12 受热向上弯曲,推动杠杆 7 使搭钩与锁扣脱开将主触头分断。

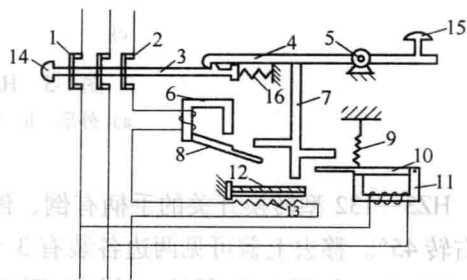


图 1-6 低压断路器原理示意图

- 1—动触头 2—静触头 3—锁扣 4—搭钩 5—转轴座 6—电磁脱扣器 7—杠杆 8—电磁脱扣器衔铁 9—拉力弹簧 10—欠电压脱扣器衔铁 11—欠电压脱扣器 12—热双金属片 13—热元件 14—接通按钮 15—停止按钮 16—压力弹簧

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,电压脱扣器 11 产生足够的吸力,克服拉力弹簧 9 的作用将衔铁 10 吸合,衔铁与杠杆脱离,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到某一数值时,欠电压脱扣器吸力消失或减小,衔铁被拉力弹簧拉开并撞击杠杆,主电路电源被分断。同样道理,在无电源电压或电压过低时,自动断路器也不能接通电源。

图 1-7 所示为低压断路器的电气符号。

2. 三菱低压断路器

三菱低压断路器主要有:AE-SW 系列空气断路器、NF 系列塑壳断路器、NV 系列漏电断路器、CP-30 系列设备用断路器、BH-D 系列小型断路器。

(1) AE-SW 系列空气断路器

AE-SW 系列空气断路器可安装在低压配电柜中做主开关,用于交流 50Hz,额定工作电压 400V、690V,额定绝缘电压 1000V,额定工作电流 6300A 及以下的配电网中,用来分配电能和保护电路及设备免受过载、短路、欠电压和接地故障等的危害。具有多种保护模块、通信模块,提高了电网运行的安全性、可靠性,并可满足配电系统自动化的需求。AE-SW 系列空气断路器有固定型和抽出型,如图 1-8 所示。

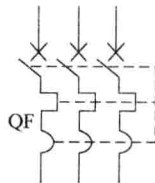


图 1-7 低压断路器的电气符号

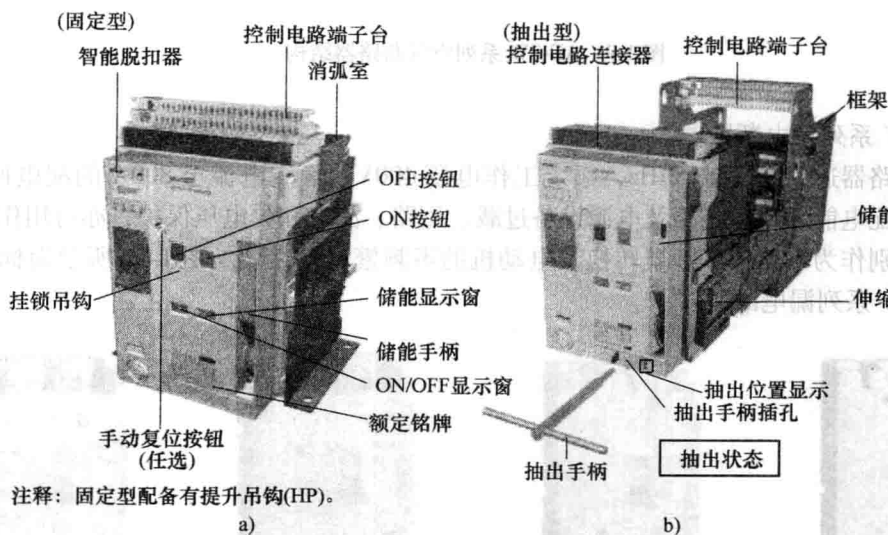


图 1-8 AE-SW 系列空气断路器外形图

a) 固定型 b) 抽出型

AE-SW 系列空气断路器主要由脱扣机构、合闸机构、储能机构、抽出机构、开关、触头系统、主电路接头、电流传感器等组成。具体结构如图 1-9 所示。

(2) NF 系列塑壳断路器

NF 系列塑壳断路器适用于交流 50Hz,额定工作电压 690V 及以下,额定工作电流至 1600A 的电路中作不频繁转换及电动机不频繁起动之用。图 1-10 所示为标准型和高性能型 NF 系列塑壳断路器。

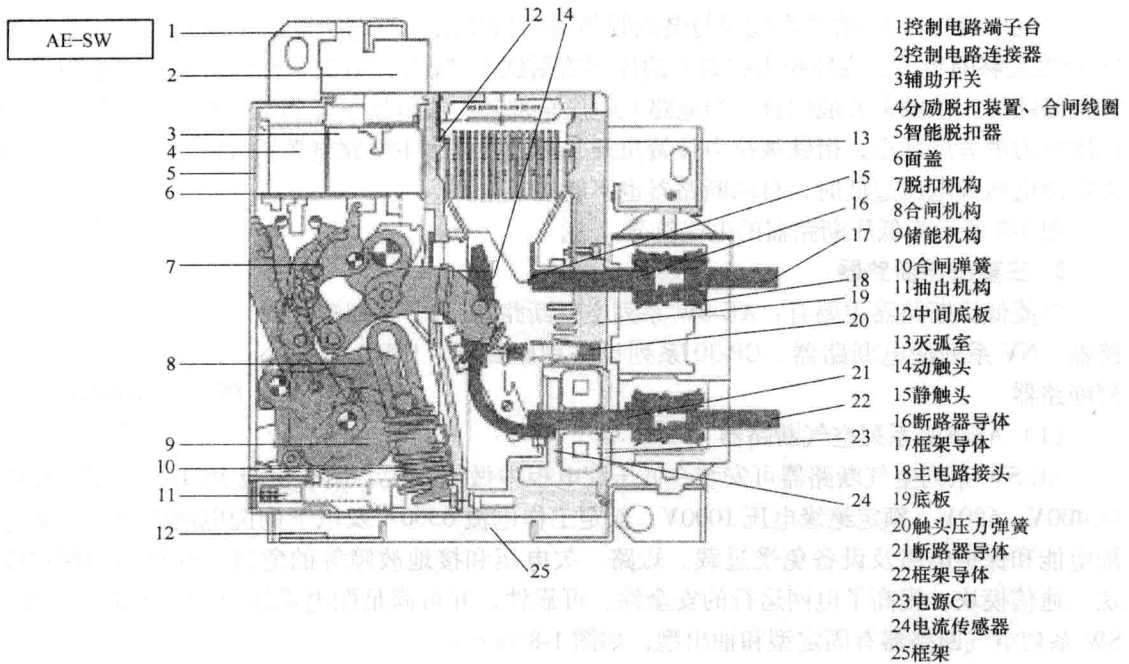


图 1-9 AE-SW 系列空气断路器结构

(3) NV 系列漏电断路器

漏电断路器适用于交流 50Hz, 额定工作电压 400V, 额定电流至 800A 的配电网中, 主要用来分配电能和作为电路及电源设备过载、短路、漏电和欠电压保护, 亦可用作电动机保护。可分别作为电路的不频繁转换及电动机的不频繁起动之用。图 1-11 所示为标准型和高性能型 NV 系列漏电断路器。

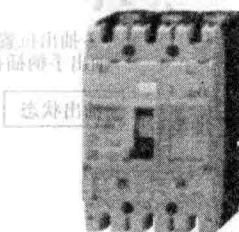
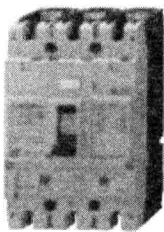


图 1-10 标准型和高性能型 NF 系列塑壳断路器

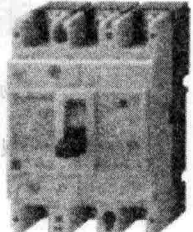
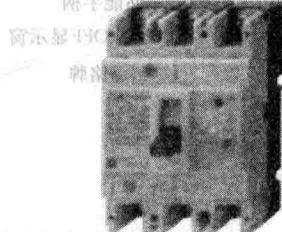


图 1-11 标准型和高性能型 NV 系列漏电断路器

3. 低压断路器的选型

断路器一般都是做过电流保护用, 它的额定电流以及过电流脱扣器的额定电流大于或等于电路计算负载电流。

低压断路器的一般选用原则:

- 1) 低压断路器的额定工作电压 \geq 电路额定电压。