

高职高专“十一五”规划教材

● 机电系列

电气控制与 PLC

主编 胡满红

 大象出版社
全国优秀出版社

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

电气控制与 PLC

主编 胡满红

 中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC/胡满红主编. —郑州:大象出版社,
2008.3

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

ISBN 978-7-5347-4609-3

I. 电… II. 胡… III. ①电气设备—自动控制—高等
学校:技术学校—教材②可程序控制器—程序设计
—高等学校:技术学校—教材 IV. TM762 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120936 号

本书编委会名单

主 编	胡满红		
副主编	张怀广	张新军	
编 委	胡满红	张怀广	张新军
	李义科	宋志峰	

责任编辑 陈洪东

特约编辑 姚明军

责任校对 钟 骄

封面设计 杜晓燕 秦吉宁

出 版 大象出版社(郑州市经七路25号 邮政编码450002)

网 址 www.daxiang.cn

发 行 全国新华书店

印 刷 河南第一新华印刷厂

版 次 2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 19.75

字 数 457千字

印 数 1—3 000册

定 价 25.80元

若发现印、装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

印厂地址 郑州市经五路12号

邮政编码 450002 电话 (0371)65957860-351

前 言

《电气控制与 PLC》一书是大象出版社组织编写的高等职业教育机电专业系列教材之一。本系列教材紧密结合高职高专教育的特点,重视学生实践能力的培养,理论知识实用够用,强调理论和实践相结合,力求使学生在学完本课程以后,能够基本掌握 PLC 的应用,解决一般的工程技术问题。本书可作为高等职业院校机电类专业的教材,也可供从事机电专业的工程技术人员参考。

本书的编写者均是长期从事高等职业教育、担任《电气控制与 PLC》课程讲授的一线教学人员和长期从事电气控制与 PLC 技术的工程技术人员,对 PLC 控制技术的发展以及掌握 PLC 控制技术的途径与方法有着较为深刻的认识。本书在编写方法上采用从基本概念、基本原理出发,重点讲述使用方法,最后通过实训案例进行实践技能训练。在内容安排上由浅入深、循序渐进,既便于教师灵活组织教学,又便于学生自学,使学生通过本课程的学习从而达到更好地使用 PLC 实现电气控制的目的。

本课程的参考学时数为 70 学时(含理论讲授与实训)。全书共分九章。

本书由胡满红任主编,负责全书的统稿工作,张怀广、张新军任副主编。具体分工是:胡满红编写第三章、第四章,李义科编写第一章、第二章,张怀广、宋志峰编写第五章、第六章、第七章,张新军编写第八章、第九章及附录。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月

第三节	PLC 的主要性能指标	106
第四节	PLC 的编程语言	106
	思考与练习	108
第五章	NEZA 系列 PLC 的构成	109
第一节	NEZA 系列 PLC 的构成	109
第二节	NEZA 系列 PLC 的性能	111
第三节	NEZA 系列 PLC 的内部资源分配	112
第四节	NEZA 系列 PLC 的输入/输出扩展	114
	思考与练习	116
	实训十 编程软件 PL707WIN 的使用	116
第六章	NEZA 系列 PLC 的指令系统	126
第一节	NEZA 系列 PLC 指令系统概述	126
第二节	布尔指令	130
第三节	常用功能块指令	134
第四节	程序控制指令	145
第五节	数据处理指令	148
第六节	专用功能块指令	158
第七节	NEZA 系列 PLC 的扩展功能	170
	思考与练习	173
	实训十一 抢答器	174
	实训十二 交通信号灯控制	176
	实训十三 数字闪烁	178
第七章	组态王 6.02 软件	179
第一节	组态王软件的组成	179
第二节	工业现场数据监控系统的建立	181
第三节	组态王监控工程项目开发实例	183
	思考与练习	197
	实训十四 天塔之光	197
	实训十五 电机正反转	199
第八章	S7-200 系列 PLC	202
第一节	S7-200 系列 PLC 介绍	202
第二节	S7-200 系列 PLC 数据存储区及元器件功能	206
第三节	数据存储类型及寻址方式	209
第四节	S7-200 系列 PLC 有效编程范围	213
第五节	输入/输出扩展	216
	思考与练习	219
	实训十六 STEP7-Micro/WIN32 编程软件的使用	219
第九章	S7-200 系列 PLC 的指令系统	227

第一节 基本逻辑指令	227
第二节 程序控制类指令	242
第三节 算术与逻辑运算指令	250
第四节 数据处理指令	258
第五节 常用功能指令	263
思考与练习	284
实训十七 电动机正反转的 PLC 控制	285
实训十八 电动机 Y/ Δ 启动的 PLC 控制	288
实训十九 数码管循环点亮的 PLC 控制	290
实训二十 皮带运输机的 PLC 控制	292
实训二十一 交通灯的 PLC 控制	294
实训二十二 功能指令实现数码管循环点亮	296
附录	299
参考文献	308

第一章 常用低压电器

本章要点

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件，控制系统的可靠性、先进性、经济性与所用的低压电器有着直接的关系。电气技术人员必须掌握低压电器的结构、原理，并能正确选用和维护。本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、型号、规格、用途及使用方法等有关知识，为正确选择与合理使用打下基础。同时，根据目前电器的发展状况，对新型电器元件予以简单的介绍。

教学目标

1. 掌握各种常用低压电器的名称、种类、规格、基本构造、工作原理、图形符号与文字符号、选用与使用的知识。
2. 了解常用低压电器中灭弧装置的构造与灭弧方法。
3. 会分析接近开关、固态继电器等的工作原理。

第一节 概述

低压电器是指在交流电压 1 200V 以下和直流电压 1 500V 以下电路中起保护、控制、调节、转换等作用的电器设备。作为基本元件，低压电器广泛用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输等的电力输配电系统和电力拖动控制系统中。随着工农业生产的不断发展，供电系统容量不断扩大，低压电器的额定电压等级范围有相应提高的趋势。同时，电子技术也日益广泛地应用于低压电器中。

一、低压电器的分类

(1) 按其在电气线路中所处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。低压配电电器包括熔断器、刀开关、转换开关和自动开关等。低压控制电器包括接触器、继电器、启动器、主令电器、控制器、电阻器、变阻器和电磁铁等。

(2) 按动作方式可分为自动切换电器和手动切换电器。前者主要是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, 如接触器、继电器等; 后者是用手直接操作来进行切换, 如按钮、开关等。

(3) 按有无触点的结构特点可分为有触点电器和无触点电器两大类。

(4) 按种类可分为刀开关和刀型转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、启动器、控制继电器、主令电器、控制器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁。

以上为一般用途的低压电器。根据工作条件, 低压电器还可分为一般工业用电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器、航空电器等。

二、低压电器的型号表示方法

我国低电压器产品型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合表示。类组代号与设计序号组合表示产品的系列, 类组代号一般由两个字母组成, 若是三个字母的类组代号其第三个字母在编制具体型号时临时拟定, 以不重复为原则。设计序号用数字表示, 位数不限。其中, 两位或两位以上的首位数字为“9”者表示船用, “8”表示防爆型, “7”表示纺织用, “6”表示农用, “5”表示化工用。

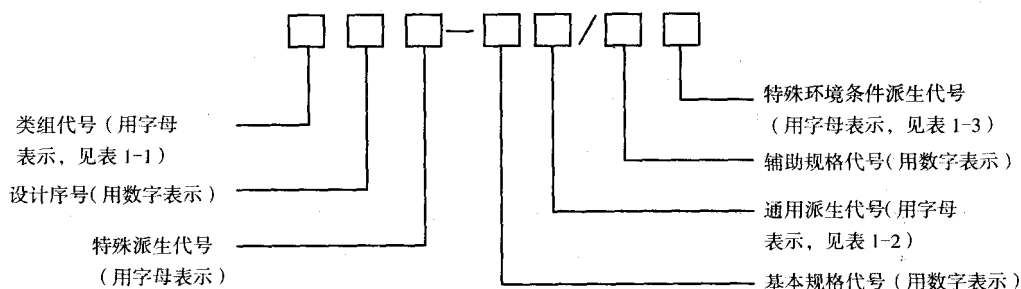


表 1-1 低压电器产品型号类组代号表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断器式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
R	熔断器			插入式			汇流排式			螺旋式	密闭管式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	自动开关									照明	灭磁				快速			框架式 ^①	限流	其他	塑料外壳式 ^②
K	控制器					鼓形					平面					凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流				中频			时间					其它	直流
Q	启动器	按钮式		磁力				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	中间

续表 1-1

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
L	主令电器	按钮							主令控制器						主令开关	脚踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件		管形元件									烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	
B	变阻器			旋臂式					励磁		频敏	启动			石墨	启动调速	油浸启动	液体启动	滑线式	其他	
T	调整器				电压																
M	电磁铁												牵引					起重			制动
A	其他		保护器	插销	灯		接线盒			铃											

注：①原称万能式。
②原称装置式。

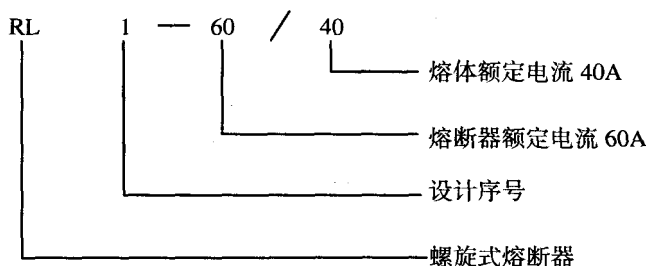
表 1-2 通用派生代号表

派生字母	代表意义
A、B、C、D、...	结构设计稍有变化或改进
J	交流、防溅式
Z	直流、自动复位、防震、重任务
W	无灭弧装置
N	可逆
S	有锁住结构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁
Q	防尘式、手车式
L	电流的
F	高返回、带分励脱扣

表 1-3 特殊环境条件派生代号表

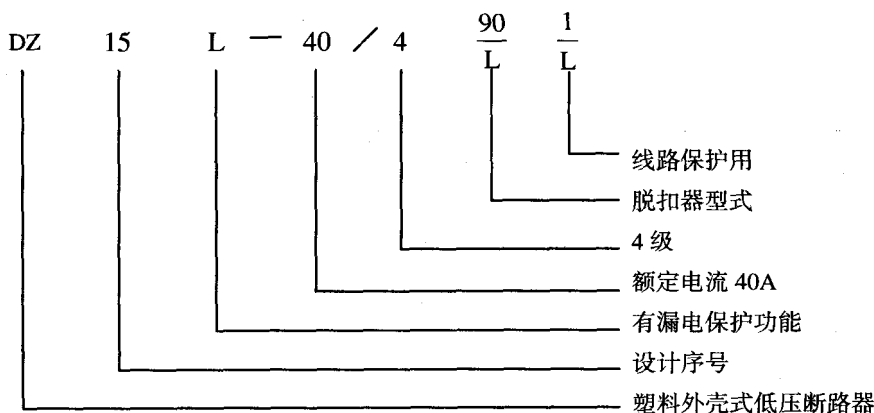
派生字母	说 明	备 注
T	按湿热带临时措施制造	此项派生代号加注在产品全型号后
TH	湿热带	
TA	干热带	
G	高原	
H	船用	
Y	化工防腐用	

【例 1-1】



全型号表示：60A 的螺旋式熔断器，熔体额定电流为 40A。

【例 1-2】



全型号表示：线路保护用 4 极、40A 漏电保护断路器。

通过以上实例可以看出主要规格型号一般为额定电流，但有的则另有其他意义，辅助规格代号所表示的意义也不尽相同，所以不能一概而论，应分别记住它们所表示的意义。

三、常用名词解释

- (1) 触头开距。它是指触头在完全断开的位置时，动、静触头间的距离。
- (2) 触头超程。当触头在闭合位置时，将静触头移开，动触头能移动的距离称为触头超程。
- (3) 触头初压力。触头初压力是指动、静触头刚接触时由触头弹簧产生的触头压力，它等于触头弹簧的预压力。
- (4) 触头终压力。触头终压力是指触头完全闭合，即动触头已不再向前运行时的触头压力。
- (5) 额定工作电压。在规定条件下，保证电器正常工作的电压值。
- (6) 额定绝缘电压。在规定条件下，用来度量电器及其部件的不同电位部分的绝缘强度、电气间隙和爬电距离的名义电压值。除非另有规定，此值为电器的最大额定工作电压。
- (7) 额定工作电流。在规定条件下，保证电器正常工作的电流值。

(8) 额定发热电流。在规定条件下试验时, 电器在八小时工作制下, 各部件的温升不超过极限值所能承载的最大电流。

(9) 机械寿命。机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作循环次数称为机械寿命。

(10) 电气寿命。在规定的正常工作条件下, 机械开关电器不需要修理或更换零件的负载操作循环次数称为电气寿命。

(11) 八小时工作制。电器的导电电路通以一稳定电流, 通电时间足够长以达到热平衡, 但超过八小时必须分断。

(12) 长期工作制。没有空载期的工作制。

(13) 短时工作制。有载时间和空载时间相交替, 且前者比后者短的工作制。

(14) 反复短时工作制。电器的导电电路通以一稳定电流, 通电时间和不通电时间循环交替且有一定比值。由于工作周期很短, 以至于使电器不能达到热平衡。

(15) 通电持续率。电器的有载时间与工作周期之比, 常用百分数表示。

(16) 使用类别。有关操作条件的规定要求的组合, 通常用额定工作电流的倍数、额定工作电压的倍数及其相应的功率因数和时间常数等来表征电器额定接通和分断能力的类别。

第二节 配电电器

配电电器主要用于电力网系统。属于这一类的主要有刀开关和转换开关、熔断器、自动开关等。对这类电器的主要技术要求是通断电流能力强、限流效果好、保护性能好、抗电动力和热的耐受性好, 以及操作时过电压低。下面分别就其结构、原理、选用原则等进行简单介绍。

一、刀开关和转换开关

刀开关和转换开关都是手动操作的电器, 一般用来不频繁地接通和分断容量不很大的供电线路, 也可以作为电源隔离开关。在农村和小型工厂中, 还经常用来直接启动小容量的笼型异步电动机。

(一) 刀开关

刀开关俗称闸刀开关, 是一种结构最简单、应用最广泛的电器。刀开关的典型结构如图 1-1 所示, 由操作手柄、动触刀、静触头和绝缘板组成。推动手柄使动触刀紧紧插入静触头中, 电路就被接通。

刀开关的分类方法很多。按刀的极数, 可分为单极、双极和三极; 按刀的转换方向, 可分为单掷和双掷; 按灭弧装置情况, 可分为带灭弧罩和不带灭弧罩; 按操作方式, 可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式; 按接线方式, 可分为板前接线式和板后接线式。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称胶盖闸, 其结构如图 1-2 所示。它由瓷质底座、静触座、安装熔丝的接头、上胶盖、下胶盖、带瓷质手柄的闸刀组成。

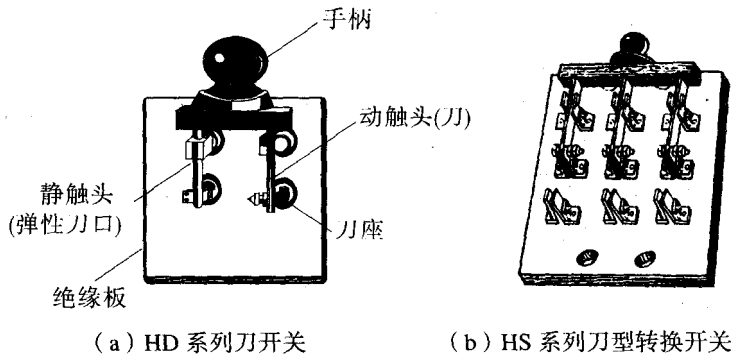


图 1-1 刀开关典型结构图

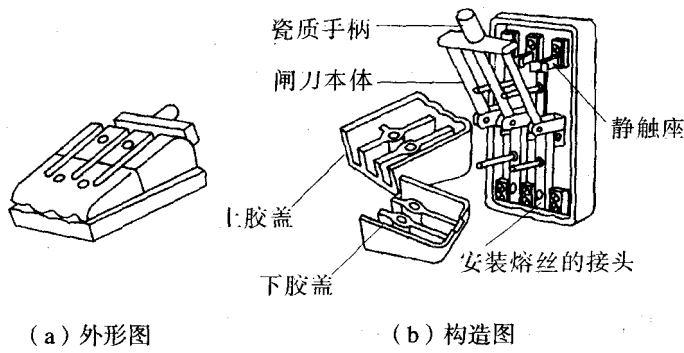


图 1-2 HK2 型开启式负荷开关

图 1-3 所示为刀开关的图形符号及文字符号。

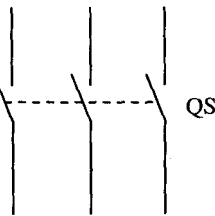
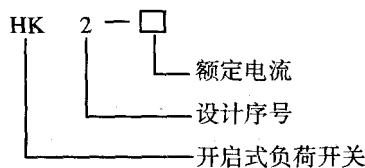


图 1-3 刀开关的图形符号及文字符号

它的型号含义为：



这种开关易被电弧破坏，因此不宜带负载接通或分断电路。但因其结构简单、价格低廉，常用作照明电路的电源开关，也可用于 5.5kW 以下三相异步电动机不频繁地启动和停止的控制。在拉闸与合闸时动作要果断迅速，以利于迅速灭弧，减少刀片和触座的烧损。

常用的 HK 系列开启式负荷开关有 HK1 和 HK2 系列开关。HK2 系列开关的技术数据如表 1-4 所示。

表 1-4 HK2 系列开关技术数据表

型号	额定电压/V	额定电流/A	极数	可控制电动机功率/kW	最大分断电流/A
HK2-10	220	10	2	1.1	500
HK2-15		15		1.5	500
HK2-30		30		3.0	1 000
HK2-60		60		4.5	1 500
HK2-15	380	15	3	2.2	500
HK2-30		30		4.0	1 000
HK2-60		60		5.5	1 500

对于普通负载，闸刀开关可以根据额定电流来选择；而对于电动机，开关额定电流可选电动机额定电流的 3 倍左右。

安装和使用应注意下列事项：

(1) 电源进线应装在静触座上，而用电负荷应接在闸刀的出线端上。这样当开关断开时，闸刀和熔丝上不带电，从而保证安装熔丝时的安全。

(2) 刀开关合闸状态时手柄应向上，不可倒装或平装，以防误合闸。

(3) 出现故障可导致熔丝熔断。由于熔丝熔化，在电弧的作用下，绝缘瓷底和胶盖内壁表面附有一层金属粉粒，这些金属粉粒将造成绝缘部分的绝缘性能下降甚至不绝缘，致使在重新合闸送电的瞬间，造成开关本体相间短路。因此，故障排除后，要先用干燥的棉布或棉丝将金属粉粒擦净，再更换熔丝。

(4) 负荷较大时，为防止出现闸刀本体相间短路，可与熔断器配合使用。将熔断器装在刀闸负荷一侧，刀闸本体不再装熔丝，在应装熔丝的接点上装与线路导线截面相同的铜线。此时，开启式负荷开关只作开关使用，短路保护及过负荷保护由熔断器完成。

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又名铁壳开关。图 1-4 所示为常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形。它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作机构和钢板（或铸铁）制成的外壳构成。三相闸刀固定在一根绝缘方轴，通过手柄操纵。操作机构装有机械联锁，使盖子打开时手柄不能合闸或手柄合闸时盖子不能打开，以保证操作安全。操作机构中，在手柄转轴与底座间装有速动弹簧，使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关，这样有利于迅速灭弧。铁壳开关的符号和刀开关相同。

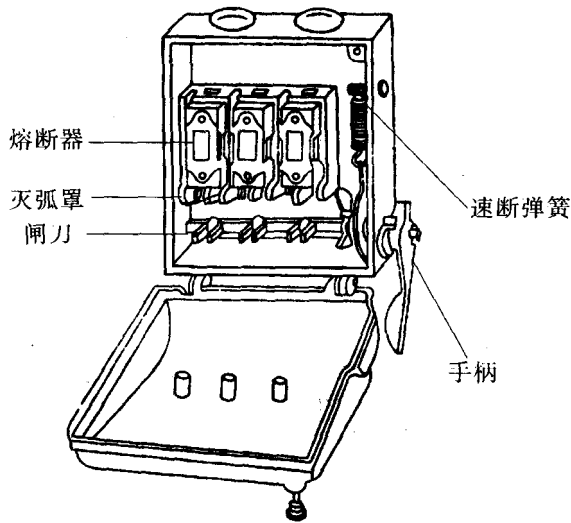
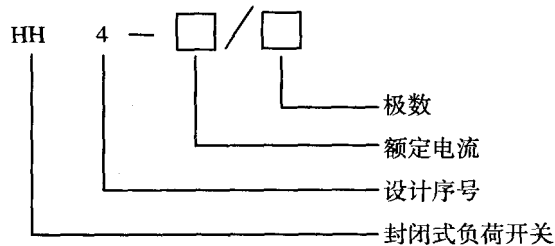


图 1-4 HH 系列铁壳开关

它的型号含义为:



常用的负荷开关有 HH3、HH4、HH11 等系列。HH4 系列开关的技术数据如表 1-5 所示。

表 1-5 HH4 系列负荷开关技术数据

额定电流/A	触点极限通断能力			熔断器极限分断能力		
	电流/A	$\cos\varphi$	次数	电流/A	$\cos\varphi$	次数
15	60	0.5	10	500	0.8	2
30	120	0.5	10	1 500	0.7	2
60	240	0.4	10	3 000	0.6	2

对于电热和照明电路，铁壳开关可以根据额定电流选择。对于电动机，开关额定电流不小于电动机额定电流的 3 倍。

使用铁壳开关时，应注意外壳要可靠接地，以防止意外漏电造成触电事故。接线时，应将电源线接在静触座的接线端子上，负荷接在熔断器一端。如果接反，检修时将会不安全。

3. 隔离刀开关

隔离刀开关广泛用在 500V 及以下的低压配电装置中，作不频繁的接通和分断电路之用。

普通的刀开关不可以带负荷操作。它和自动空气开关配合使用，在自动开关切断电路后才能操作刀开关。刀开关起隔离电压的作用，有明显的绝缘断开点，以保证检修人员的安全。装有灭弧罩或者在动触刀上装有辅助速断触刀（起灭弧作用）的刀开关，可以切断不大于额定电流的负荷。

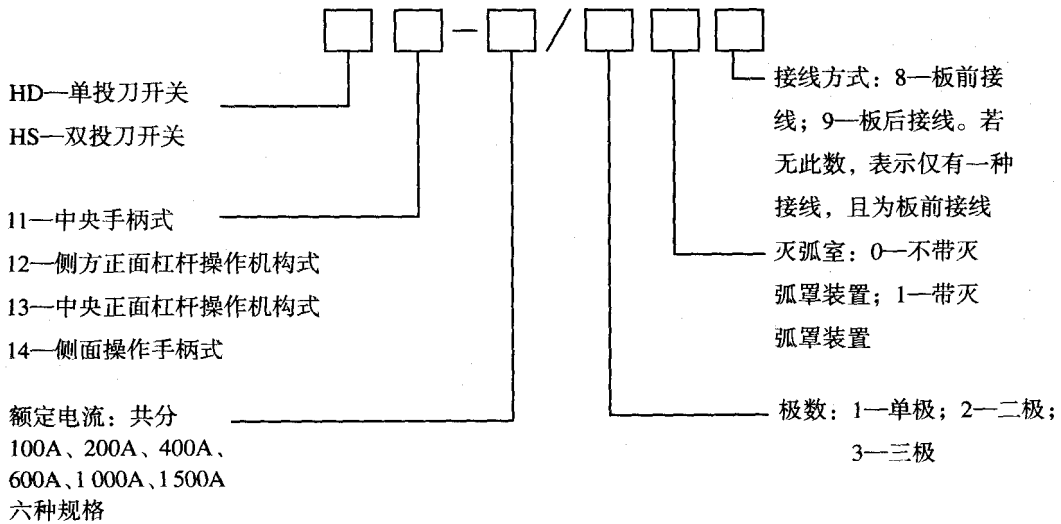
各系列隔离刀开关的结构基本相同，主要由操作手柄或操作机构、动触刀、静触座、灭弧罩和绝缘底板等组成。其规格为额定电压 380V，额定电流 100A、200A、400A、600A、1 000A、1 500A。额定电流 100~400A 的采用单刀片，额定电流 600~1 500A 的采用双刀片。触头压力由刀片两侧加装的弹簧片来取得。

带有杠杆操作机构的刀开关用来切断不大于额定电流的负荷，均装有灭弧罩，以保证在分断电流时的安全可靠。灭弧罩是用绝缘纸板和钢板栅片拼铆而成。型号相同、规格不同的刀开关均采用同一形式的操作机构。操作机构具有明显的分合指示和可靠的定位装置。在和自动空气开关配合使用时，不会因自动空气开关操作时产生的电动力使刀开关位置偏移。各系列刀开关按具体结构形式、转换方向、极数、电流等级分类见表 1-6。

表 1-6 各系列隔离开关分类

序号	结构形式	转换方向	极数	额定电流等级/A	系列型号
1	中央手柄式	单投	1、2、3	100、200、400	HD11-□/□8
2	中央手柄式	单投	1、2、3	100、200、400、600、1 000	HD11-□/□9
		双投	1、2、3	100、200、400、600、1 000	HS11-□/□
3	侧方正面杠杆操作机构式 (装有灭弧室)	单投	2、3	100、200、400、600、1 000	HD12-□/□1
		双投	2、3	100、200、400、600、1 000	HS12-□/□1
4	侧方正面杠杆操作机构式 (不装有灭弧室)	单投	2、3	100、200、400、600、1 000、 1500	HD12-□/□0
		双投	2、3	100、200、400、600、1 000	HS12-□/□0
5	中央正面杠杆操作机构式 (装有灭弧室)	单投	2、3	100、200、400、600、1 000	HD13-□/□1
		双投	2、3	100、200、400、600、1 000	HS13-□/□1
6	中央正面杠杆操作机构式 (不装有灭弧室)	单投	2、3	100、200、400、600、1 000、 1500	HD13-□/□0
		双投	2、3	100、200、400、600、1 000	HS13-□/□0
7	侧面操作手柄式 (装有灭弧室)	单投	3	100、200、400、600	HD14-□/31
8	侧面操作手柄式 (不装有灭弧室)	单投	3	100、200、400、600	HD14-□/30

隔离刀开关型号各部分所表示的意义如下：



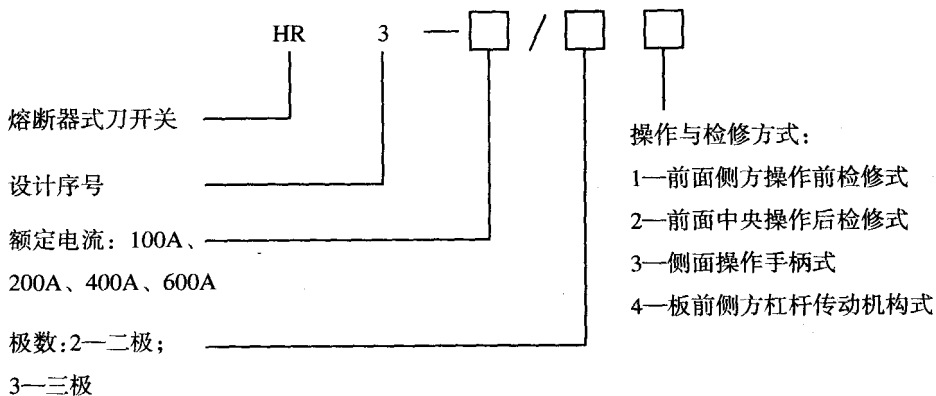
4. 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关又称刀熔开关，适用于交流（50Hz）380V 或直流 440V 负荷电流 100~600A 的配电网中，作电气设备或线路的过负荷和短路保护。在正常情况下，可不频繁地接通和分断电路。

熔断器式刀开关是以具有高分断能力的 RTO 系列有填料式熔断器作触刀，做成两断口带灭弧室的刀开关。可以通过杠杆操作，也可侧面直接操作。

熔断器式刀开关的熔断器固定在带有弹簧钩子锁板的绝缘梁上。在正常运行时，保证熔断器不脱扣；而熔体熔断后，熔断信号指示随即弹出。更换新熔断器时，只需按下弹簧钩子即可以很方便地取下熔断器。

熔断器式刀开关型号各部分所表示的意义如下：



熔断器式刀开关的品种规格型号见表 1-7。