



全国中等职业学校机械电子类专业规划教材

电力拖动控制线路 与技能训练

田建苏 张文燕 朱小琴 / 主编
陶忠德 / 副主编
蒋金元 / 主审



科学出版社
www.sciencepress.com

全国中等职业学校机械电子类专业规划教材

- 极限配合与技术测量 / 汪文俊 林 森/主编
- 车工 (上、下册) / 须建云 屠国栋/主编
- 电子电路基础 / 吴麒铭 曹国平 巢文元/主编
- 电力拖动控制线路与技能训练 / 田建苏 张文燕 朱小琴/主编
- 机械基础 (含习题册) / 隗成栋 徐建忠/主编
- 机械制造工艺基础 / 徐文德 邓养廉/主编
- 钳工工艺与技能训练 (含习题册) / 徐文德/主编
- 电焊工工艺学 / 常 林/主编

ISBN 978-7-03-024150-4



9 787030 241504 >

定价: 39.00元

● 全国中等职业学校机械电子类专业规划教材

电力拖动控制线路与技能训练

田建苏 张文燕 朱小琴 主 编
陶忠德 副主编
张 梅 汪 华 参 编
蒋金元 主 审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据国家人力资源和社会保障部颁发的全国中等职业技术学校机械类专业教学计划与教学大纲编写,是中等职业学校电类专业理论与技能教学的一体化教材。

全书共分为4个章节:第1章为常用低压电器及其拆装与维修,主要介绍低压开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器等常用电器及其安装、故障与维修;第2章为电动机基本控制线路及安装维修,主要介绍电动机的全压启动、降压启动、制动、调速等控制原理;第3章为常用机床电气控制线路及维修,主要介绍车床、磨床、钻床、铣床、镗床、桥式起重机等设备的电气控制线路;第4章为自动调速系统及调试与维修,主要介绍直流调速系统、电机扩大机的控制过程、变频调速系统以及可编程控制器的应用等。

本书可作为中等职业学校、高职院校电类专业教学用书,也可供一线电气维修专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力拖动控制线路与技能训练/田建苏,张文燕,朱小琴主编. —北京:科学出版社,2009

(全国中等职业技术学校机械电子类专业规划教材)

ISBN 978-7-03-024150-4

I. 电… II. ①田…②张…③朱… III. 电力拖动—自动控制系统—专业学校—教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第028946号

责任编辑:何舒民 杨 阳 / 责任校对:刘彦妮
责任印制:吕春珉 / 封面设计:北京美光制版有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年4月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年4月第一次印刷 印张:29 1/2

印数:1—3 000 字数:684 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154 (ST03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书根据国家人力资源和社会保障部颁发的全国中等职业技术学院机械类专业教学计划与教学大纲编写。

本书充分体现“宽专业”的特点，是一本培养“一专多能”复合型人才的较好教材。

本书主要体现了以下几个方面特点：

第一，以能力为主，重视实践能力的培养，突出职业技术教育特色。根据机械类专业毕业生从事职业的实际需要，合理确定学生应具备的能力结构与知识结构，加强实践性教学内容，以满足企业对技能型人才的需求。

第二，采用最新国际标准，同时尽量充实有关新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，力求使教材具有时代特征。

第三，贯彻“易教易学”的原则，尽可能使用图片、实物照片或表格形式，将各个知识点生动地展示出来；每章前明确了教学目标，节前均交代了知识点和技能点，引导和培养学生自主学习的能力，也便于教师对各节重点、难点的掌握。

为便于教学，本书每章后附有一定数量的习题。本书安排 730 学时。

本书由田建苏、张文燕、朱小琴、陶忠德、张梅、汪华共同编写，蒋金元主审。

本书在编写过程中，参阅了大量的文献，在此向原作者致以衷心的感谢。书中大量图片编辑和处理得到了张绪国的大力支持和协助，在此对他表示特别的感谢。

由于作者水平有限，不足之处在所难免，恳请广大读者指正。

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器及其拆装与维修	1
1.1 概述	2
1.1.1 低压电器的分类	2
1.1.2 低压电器的产品标准	3
1.1.3 低压电器常用术语	3
1.1.4 低压电器型号组成形式	4
1.2 低压开关	4
1.2.1 刀开关	5
1.2.2 组合开关	10
1.2.3 低压断路器	14
1.2.4 漏电断路器	19
1.2.5 双电源转换开关	22
技能训练 1.1 低压开关的拆装与维修	22
小结	25
1.3 熔断器	26
1.3.1 熔断器的结构	26
1.3.2 熔断器的主要技术参数	27
1.3.3 常用低压熔断器	28
1.3.4 熔断器的选用	32
1.3.5 熔断器的安装与使用	33
1.3.6 熔断器常见故障的处理方法	34
技能训练 1.2 低压熔断器的拆装与维修	34
小结	36
1.4 主令电器	36
1.4.1 按钮	36
1.4.2 位置开关	40
1.4.3 万能转换开关	45
1.4.4 主令控制器	48
技能训练 1.3 主令电器的识别与检修	51
小结	53



1.5 接触器	54
技能训练 1.4 接触器的识别、拆装与检修	63
小结	67
1.6 继电器	68
1.6.1 电磁式继电器	69
1.6.2 热继电器	73
1.6.3 时间继电器	81
1.6.4 速度继电器	88
1.6.5 固态继电器	90
1.6.6 其他用途继电器介绍	91
技能训练 1.5 继电器的拆装与调试	93
小结	95
1.7 其他低压电器	96
1.7.1 电磁铁	96
1.7.2 凸轮控制器	101
1.7.3 频敏变阻器	104
技能训练 1.6 凸轮控制器的识别与检修	107
小结	108
习题	108
第2章 电动机基本控制线路及安装维修	110
2.1 电动机基本控制线路的绘制	111
2.1.1 电气原理图绘制、识读的原则	111
2.1.2 布置图绘制、识读的原则	113
2.1.3 接线图绘制原则	114
2.1.4 电动机基本控制线路的安装基本步骤	115
小结	116
2.2 三相异步电动机的正转控制线路	116
2.2.1 手动正转控制线路	116
技能训练 2.1 手动正转控制线路安装	117
2.2.2 点动正转控制线	121
技能训练 2.2 点动正转控制线路安装	123
2.2.3 接触器自锁正转控制线路	126
技能训练 2.3 接触器自锁控制线路安装	127
2.2.4 具有过载保护的接触器自锁正转控制线路	128
技能训练 2.4 具有过载保护的接触器自锁控制线路安装	129
2.2.5 连续与点动混合正转控制线路	131
技能训练 2.5 点动与连续正转控制线路的安装与维修	132
小结	137



2.3	三相异步电动机正、反转控制线路	138
2.3.1	倒顺开关正反转控制线路	139
技能训练 2.6	倒顺开关正反转控制线路安装	139
2.3.2	接触器联锁正反转控制线路	142
技能训练 2.7	接触器联锁正反转控制线路安装	143
2.3.3	按钮、接触器双重联锁正反转控制线路	146
技能训练 2.8	按钮、接触器联锁正反转控制线路的安装与检修	148
小结	.....	150
2.4	位置控制与自动循环控制线路	151
2.4.1	位置控制线路	151
2.4.2	自动循环控制线路	153
技能训练 2.9	工作台自动往返控制线路的安装与检修	155
小结	.....	158
2.5	顺序控制与多地控制线路	158
2.5.1	顺序控制线路	158
技能训练 2.10	顺序控制线路的安装与检修	161
2.5.2	多地控制线路	162
技能训练 2.11	两地控制的具有过载保护接触器自锁正转控制线路的安装与检修	163
小结	.....	163
2.6	三相异步电动机降压启动线路	164
2.6.1	定子绕组串接电阻降压启动控制电路	165
技能训练 2.12	定子绕组串接电阻降压启动控制电路的安装	167
2.6.2	自耦变压器降压启动控制电路	168
技能训练 2.13	自耦变压器降压启动线路的安装	174
2.6.3	Y- Δ 降压启动控制电路	176
技能训练 2.14	Y/ Δ 降压启动控制电路的安装与维修	180
2.6.4	延边 Δ 降压启动控制电路	182
技能训练 2.15	延边 Δ 降压启动控制电路的安装与维修	185
小结	.....	185
2.7	三相异步电动机制动控制线路	186
2.7.1	机械制动	186
技能训练 2.16	电磁抱闸制动器断电制动控制电路的安装	189
2.7.2	电力制动	191
技能训练 2.17	电气制动控制电路的安装	203
小结	.....	205
2.8	绕线转子异步电动机的启动与调速控制线路	206
2.8.1	转子绕组串接电阻启动控制线路	206



2.8.2	转子绕组串接频敏变阻器启动控制线路	210
2.8.3	凸轮控制器控制电路	212
	技能训练 2.18 绕线转子异步电动机凸轮控制器控制电路的安装与维修	214
	小结	217
2.9	多速异步电动机的控制线路	217
2.9.1	变极调速原理	218
2.9.2	双速异步电动机的控制电路	219
	技能训练 2.19 时间继电器控制双速电动机控制电路的安装	222
2.9.3	三速异步电动机的控制电路	224
	技能训练 2.20 时间继电器控制三速电动机控制电路的安装	228
	小结	229
2.10	直流电动机基本控制线路	229
2.10.1	并励直流电动机与串励直流电动机的特性比较	229
2.10.2	启动控制	230
2.10.3	正反转控制	233
2.10.4	制动控制	235
2.10.5	调速控制	241
	技能训练 2.21 并励直流电动机启动、调速控制线路的安装与检修	244
	技能训练 2.22 并励直流电动机正反转控制及能耗制动 控制线路的安装与检修	247
	小结	248
	习题	249
第3章	常用机床电气控制线路及维修	262
3.1	工业机械电气设备维修的一般要求和方法	263
3.1.1	工业机械电气设备维修的一般要求	263
3.1.2	工业机械电气设备维修的一般方法	264
	小结	268
3.2	CA6140型车床电气控制线路	269
3.2.1	CA6140型车床的型号含义及主要结构	269
3.2.2	CA6140型车床运动形式、电力拖动特点及控制要求	269
3.2.3	CA6140型车床电气控制线路分析	271
	技能训练 3.1 CA6140型车床电气控制线路的安装、调试与检修	275
	小结	280
3.3	M7130型磨床电气控制线路	281
3.3.1	M7130型磨床的型号含义及主要结构	281
3.3.2	M7130型磨床运动形式、电力拖动特点及控制要求	281
3.3.3	M7130型磨床电气控制线路分析	283
	技能训练 3.2 M7130型磨床电气控制线路的检修	286



小结	290
3.4 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路	290
3.4.1 Z3050 型摇臂钻床的型号含义、主要结构及运动形式	291
3.4.2 Z3050 型摇臂钻床电力拖动特点及控制要求	292
3.4.3 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路分析	294
技能训练 3.3 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路的检修	299
小结	304
3.5 X62W 万能铣床电气控制线路	304
3.5.1 X62W 万能铣床的型号含义、主要结构及运动形式	305
3.5.2 X62W 万能铣床电力拖动特点及控制要求	306
3.5.3 X62W 万能铣床电气控制线路分析	307
技能训练 3.4 X62W 万能铣床电气控制线路的检修	320
小结	324
3.6 T68 卧式镗床电气控制线路	325
3.6.1 T68 卧式镗床的型号含义、主要结构及运动形式	325
3.6.2 T68 型卧式镗床的电力拖动特点及控制要求	326
3.6.3 T68 卧式镗床电气控制线路分析	327
技能训练 3.5 T68 型卧式镗床控制线路的检修	336
小结	339
3.7 20/5t 桥式起重机电气控制线路	339
3.7.1 20/5t 桥式起重机的主要结构及运动形式	340
3.7.2 20/5t 桥式起重机的电力拖动要求	341
3.7.3 20/5t 桥式起重机电气控制线路的分析	341
技能训练 3.6 20/5t 桥式起重机电气控制线路的检修	349
小结	351
习题	351
第 4 章 自动调速系统及调试与维修	353
4.1 直流调速系统	354
4.1.1 开环调速系统	354
4.1.2 闭环调速系统	355
4.1.3 晶闸管-直流电动机调速系统实例分析	360
4.1.4 调速系统的调试原则	370
4.1.5 晶闸管-直流电动机调速系统常见故障	370
技能训练 4.1 晶闸管-直流电动机调速	373
小结	376
4.2 交磁电机扩大机自动调速系统	377
4.2.1 交磁电机扩大机的基本结构	377
4.2.2 交磁电机扩大机的工作原理	379



4.2.3 交磁电机扩大机的调速系统分析	380
4.2.4 交磁电机扩大机调速系统的故障分析与维修	385
小结	386
4.3 变频调速系统	386
4.3.1 变频器原理及分类	387
4.3.2 通用变频器的基本结构	388
4.3.3 变频器的功能	391
4.3.4 变频器的选择	394
4.3.5 变频器的安装与调试	395
4.3.6 变频调速系统的维修	403
技能训练 4.2 通用变频器结构和功能预置	406
小结	408
4.4 可编程序控制器的应用	409
4.4.1 PLC 的概述	409
4.4.2 可编程控制器的组成	412
4.4.3 可编程控制器的基本工作原理	414
4.4.4 PLC 的软件知识	415
4.4.5 PLC 基本指令	420
4.4.6 定时器和计数器	429
4.4.7 顺序控制指令	432
4.4.8 PLC 应用实例	437
4.4.9 三菱 FX 系列 PLC 操作应用	443
4.4.10 PLC 的安装和维护	451
技能训练 4.3 可编程控制器应用	454
小结	457
习题	458
附录	460
附录 1 低压电器产品型号类组代号表	460
附录 2 通用派生代号	461
附录 3 特殊环境条件派生代号	461

常用低压电器及其拆装与维修

【教学目标】

• 熟悉

负荷开关、转换开关、低压断路器的用途、常用型号、结构和工作原理
主令控制器的用途、型号规格、电气符号、拆装及常见故障处理方法
电磁铁和频敏变阻器的安装、使用及常见故障的排除方法

• 掌握

负荷开关、转换开关、低压断路器的选用、安装方法及常见故障排除
熔断器的保护方式、电气符号、选用原则及故障维修方法
接触器的用途、电气符号、结构及工作原理、拆装、调试及常见故障维修
中间继电器、热继电器、时间继电器、速度继电器的用途、分类、电气
符号、选用、拆装及维修方法

电磁铁、凸轮控制器和频敏变阻器的用途、电气符号、工作原理、凸轮
控制器的选用和常见故障处理方法

• 了解

低压电器的分类、产品标准和常用术语
其他低压元器件的用途、结构、原理及功能特点
电子式低压元器件的功能特点及应用前景



1.1 概述

知识点

- 了解低压电器的分类、产品标准和常用术语
- 了解低压电器产品型号类组代号

技能点

- 熟练进行低压电器分类
- 熟悉元件型号的含义及组成，并会查各类参数表

凡是根据外界特定的信号或要求，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。根据工作电压的高低，电器可分为高压电器和低压电器。低压电器是指工作在交流额定电压 1200V 及以下、直流额定电压 1500V 及以下的电路中，对供电、用电系统进行控制保护和调节的电器产品。

随着科学技术的迅猛发展，工业自动化程度不断提高，供电系统的容量不断扩大，低压电器的使用范围也日益扩大，其品种规格不断增加，产品的更新换代速度加快，低压电器的额定电压等级有相应提高的趋势。同时电子技术也广泛应用于低压电器中，无触点电器得到逐步应用。

低压电器的种类很多，本单元主要介绍低压开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器及电磁铁等在电力拖动和自动控制系统中常用的低压电器。

1.1.1 低压电器的分类

1. 按使用系统，可分为低压配电电器和低压控制电器两类

1) 低压配电电器：主要用于低压供电系统。当电路出现故障（过载、短路、欠压、失压、断相、漏电等）时，断开故障电路，起保护作用。主要电器有刀开关、组合开关、低压断路器及熔断器等。

2) 低压控制电器：主要用于电力传动控制系统。能分断过载电流，但不能分断短路电流。主要电器有接触器、继电器、电磁铁等。

2. 按动作方式，可分为自动切换电器和非自动切换电器两类

1) 自动电器：是依靠电器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，如低压断路器、接触器、继电器等。

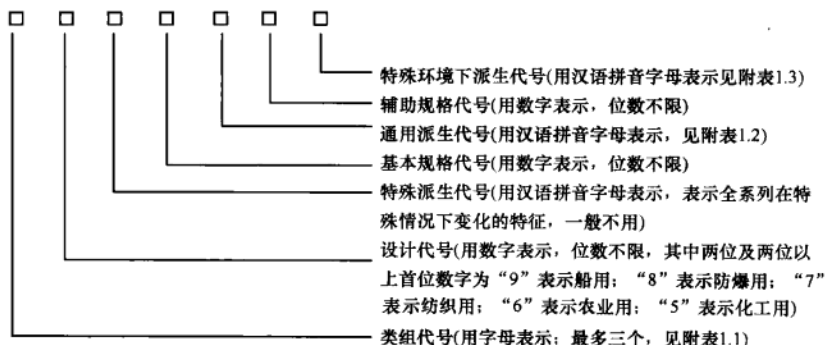
2) 手动电器：主要依靠外力（即手控）直接操作来进行切换，如按钮、刀



1.1.4 低压电器型号组成形式

我国编制的低压电器产品型号适用于下列 12 大类产品：刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、启动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁。

低压电器产品型号组成形式及含义：



低压电器产品型号类组代号见附表 1.1。

低压电器产品型号通用派生代号见附表 1.2。

低压电器产品型号特殊环境条件派生代号见附表 1.3。

1.2 低压开关

知识点

- 熟悉负荷开关、组合开关、低压断路器的用途、型号、常用规格和结构
- 掌握负荷开关、组合开关、低压断路器的选用和安装方法
- 熟记负荷开关、组合开关、低压断路器的电气符号

技能点

- 掌握常用低压开关的拆装及并能排除常见故障

并关是最普通、使用最早的电器、其作用是分合电路、开断电流。

低压开关主要作隔离、转换及接通分断电路用，多数作机床电路的电源开关和局部照明电路的控制开关，有时也可用来直接控制小容量电动机的启动、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、组合开关和低压断路器。随着自动化控制程度要求越来越高，自动切换开关已得到了广泛、实际的应用。



1.2.1 刀开关

刀开关又叫闸刀开关,是构造比较简单的手动电器,在低压电路中作为不频繁地接通和切断电路,或作为隔离开关使用。

刀开关根据刀片转换方向不同,可以分为单投刀开关和双投刀开关两种。按极数可分为单极、双极、三极等。

常见刀开关的如图 1.1 所示,其功能特性见表 1.1。

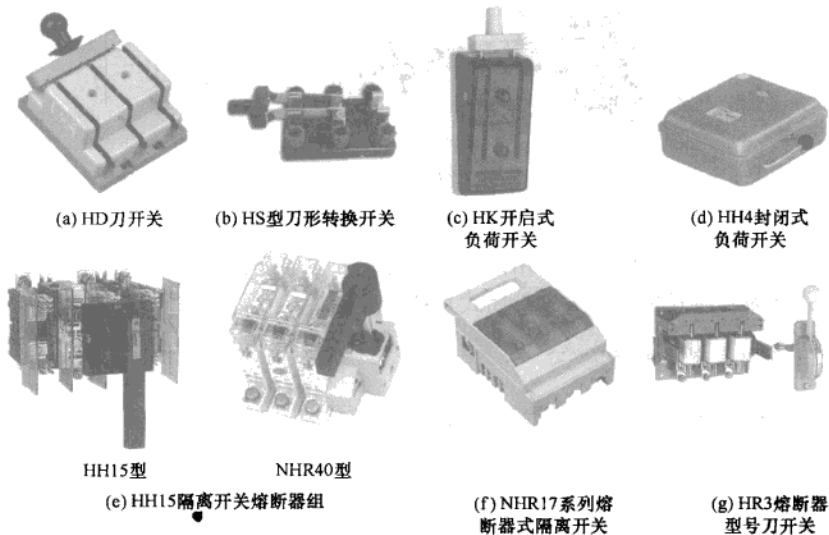


图 1.1 刀开关的种类

表 1.1 常见刀开关的功能特性

型号名称	功能特性
HD、HS 开启式刀开关和刀型开关	适用于额定电压至 380V、直流至 440V,额定电流至 1500A 的成套配电装置中,作为不频繁地手动接通和分断交、直流电路或作隔离开关用(不装灭弧室)
HK 开启式负荷开关(胶壳刀开关)	适用于交流 50Hz,额定工作电压:单相 220V 或三相 380V,额定工作电流 10A 至 100A 的电路中,作不频繁地手动接通与分断负载电路及小容量线路的短路保护之用
HH 4 封闭式负荷开关(铁壳开关)	操作机构具有速断弹簧与机械联锁,用于非频繁启动、28kW 以下的三相异步电动机
HH15 系列隔离开关熔断器组	主要使用在具有高短路电流的配电电路和电动机电路中,作为手动不频繁操作的主开关或总开关。尤其适合于安装在较高级的抽屉式低压成套装置中
HR3 系列熔断器式刀开关	适用于交流 380V,额定电流至 600A 的配电系统中作为短路保护和电缆、导线的过载保护之用。在正常情况下,可供不频繁地手动接通和分断正常负载电流与过载电流,在短路情况下,由熔断器分断电流。具有刀开关和熔断器的双重功能,采用这种组合开关电器可以简化配电装置结构,经济实用,越来越广泛地用在低压配电屏上

刀开关的典型结构如图 1.2 所示。它由手柄、触头、静夹座、进线座、出线



座和绝缘底板组成。推动手柄至合位（使触头插入静夹座中），电路接通。拉下手柄至分位，电路即断开。

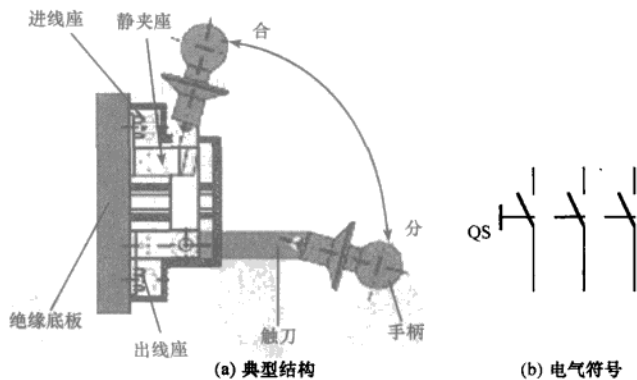


图 1.2 刀开关的典型结构及电气符号

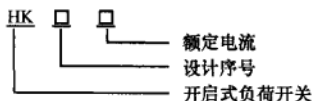
在电力拖动控制线路中常用的是由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关，简称闸刀开关。外形见图 1.2 (b) 所示。生产中常用的是 HK 系列开启开关式负荷开关，适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路中，供手动不频繁地接通和分断电路，并起短路保护的作用，具有价格便宜、使用维修方便的优点，目前在农村普遍采用它来操作和控制电力排灌、电动脱粒、电动风扇、粮食加工机械等许多机械的拖动电机，使用非常普遍。

(1) 开启式负荷开关型号及字符含义

开启式负荷开关的型号及字符含义如下：



(2) 开启式负荷开关的结构

HK 系列负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，结构如图 1.3 (a) 所示，主

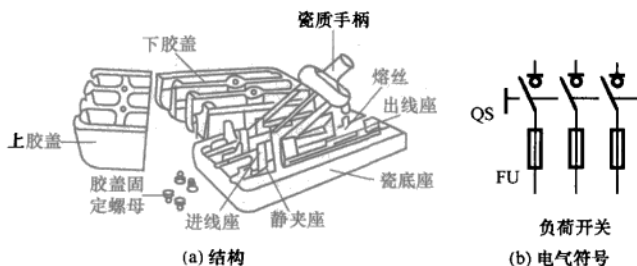


图 1.3 HK 系列开启式负荷开关