



内河船舶建造系列丛书

船舶电气

CHUANBO DIANQI

陈 刚 主编



人民交通出版社
China Communications Press



内河船舶建造系列丛书

船舶电气

CHUANBO DIANQI



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书共分十八章,对船舶电气方面知识作了详尽的论述。内容包括:常用电器,船舶电力拖动及电力系统,船舶电源及电站的配备,电力负荷计算,电力系统保护,电力设备的选择及调试。

本书可供船舶电气设计、建造施工、建造、检验等人员参考,亦可作为培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气 / 陈刚主编. — 北京:人民交通出版社,
2011.1

(内河船舶建造系列丛书)

ISBN 978-7-114-08716-5

I. ①船… II. ①陈… III. ①内河船—船用电气设备
IV. ①U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 194706 号

书 名: 内河船舶建造系列丛书
船舶电气

著 作 者: 陈 刚

责任编辑: 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.25

字 数: 414 千

版 次: 2011 年 1 月 第 1 版

印 次: 2011 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08716-5

印 数: 0001~4000 册

定 价: 65.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

XUYAN

内河船舶的制造经历木船、水泥船到钢质船的发展,单船吨位由几吨、几十吨、发展到几百吨到几千吨,甚至已经超过万吨。但是在生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、制造工艺水平和工艺装备等方面仍不能适应内河船舶制造业快速发展的需要,迫切需要技术和智力上的支持。作为船舶建造质量的源头监督管理部门泰州市船舶检验局,在实施船舶检验的过程中,以服务内河造船业发展为己任,对提高内河船舶建造质量,提升内河船厂竞争力进行了积极有益的探索,主动联合江苏科技大学,抽调资深验船师组成联合工作组,对目前江苏省内河船舶生产企业的生产管理、经营管理、技术管理、质量管理、工艺水平和工艺装备等方面进行调查分析,结合国家相关的法律、法规、政策、规范等要求,组织编写了“内河船舶建造系列丛书”,用来指导和规范内河船舶的修造和管理。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,凝聚了泰州市船舶检验局领导、验船师和江苏科技大学相关老师的智慧和能力。它侧重于生产过程的工艺,并兼顾过程管理和检验的方法,能够使现有的内河船舶生产企业的相关从业人员,在内河船舶建造实践过程中得到帮助和启发,从而保证内河船舶制造水平的不断提高。

“内河船舶建造系列丛书”的编写,得到了江苏省船舶检验局、江苏省国防科工办等上级部门领导的认可和大力支持,同时也得到了有关船舶制造业专家的全力帮助和指导。“内河船舶建造系列丛书”的完成,经过了船舶制造业相关专家的评审,得到了进一步的完善。相信“内河船舶建造系列丛书”的出版必将为内河船舶制造和生产管理水平的提高,起到良好的作用。

江苏省船舶工业协会会长



前言

QIANYAN

根据目前内河船舶修造企业在内河船舶制造过程中缺乏相应的生产组织、制造工艺、质量控制、经营管理的指导书籍的现状,泰州市船舶检验局联合江苏科技大学组织在内河造船领域具有丰富理论和实践经验的专家教授、高级工程师、高级验船师编写了“内河船舶建造系列丛书”。

本丛书在经过充分调查研究的基础上编写而成,我们多次召开船厂管理、技术人员座谈会,广泛听取相关人员的意见。力求教材内容具有较强的针对性和适用性。全书采用了最新颁布规范、标准、法规等,以内河船舶建造的基本知识为基础,理论与实践相结合为原则。

本丛书共九册,包括《船体制图》、《船体结构》、《船舶建造工艺》、《船舶焊接》、《船舶设备》、《船舶动力装置》、《船舶电气》、《船舶工程管理》、《内河船舶检验》。全书文字简洁、内容齐全、叙述精练、通俗易懂、便于自学,可作为内河船舶建造、管理人员的培训教材,同时可供从事内河船舶建造行业有关人员参考。

《船体制图》由杨永祥编写、《船体结构》由林宏强编写、《船舶建造工艺》由赵虹编写、《船舶焊接》由赵洪江编写、《船舶设备》由周宏编写、《船舶动力装置》由施裕斌编写、《船舶电气》由陈刚编写、《内河船舶检验》由贾玉康编写、《船舶工程管理》由马庆生编写。

编写过程中受到众多专家的帮助和指导,对本书的编写提出很好的建议和修改意见,在此一并表示诚挚的谢意。

本书的编写,尽管我们做了很大的努力并力求创新,限于编者的水平和精力,不当之处在所难免,诚望读者不吝指正。

《内河船舶建造系列丛书》编委会

2011年1月

目 录

MULU

第一章 常用电器	1
第一节 电气基本知识	1
第二节 常用控制电器	2
第二章 船舶电力拖动	16
第一节 电力拖动基本概念	16
第二节 电动机直接起动控制电路	17
第三节 电动机降压起动控制电路	20
第四节 电动机的制动控制电路	23
第五节 船舶辅助机械的电力拖动	26
第六节 起锚系缆装置的电力拖动	29
第七节 舵机装置的电力拖动	32
第八节 船舶辅机电力拖动常见故障	37
第九节 船舶辅机控制线路故障的检查方法	41
第三章 船舶电力系统	44
第一节 概述	44
第二节 船舶电力系统的组成	44
第三节 船舶电力系统的基本电气参数	46
第四节 船舶电气设备工作环境的主要特点及环境条件	49
第五节 船舶电力系统的设计	54
第四章 船舶电源	56
第一节 主电源	56
第二节 应急电源	61
第三节 临时应急电源	62
第四节 不可控相复励自励恒压装置	63
第五节 船舶同步发电机的并联	67
第六节 手动准同步并车	70
第七节 电抗同步并车装置原理	76
第八节 并联运行发电机组间的无功负荷与有功负荷的分配	78
第五章 蓄电池	81



第一节	概述	81
第二节	酸性蓄电池的基本结构	81
第三节	船用蓄电池的性能及规格数据	82
第四节	蓄电池的容量	84
第五节	电解液	86
第六节	酸性蓄电池的充放电	88
第七节	蓄电池的充电方法及设备	93
第八节	柴油机电起动控制线路	94
第六章	船舶电力负荷的计算	101
第一节	船舶电力负荷的特点	101
第二节	船舶电力负荷的计算方法	103
第七章	船舶配电装置与配电电器	117
第一节	船舶配电装置	117
第二节	船舶配电电器	123
第八章	船舶电网	144
第一节	船舶电网概述	144
第二节	船舶电网的供电网络	144
第三节	船舶电网的配电网络	145
第九章	船舶电力系统的保护	155
第一节	概述	155
第二节	发电机的保护	157
第三节	船舶电网的保护	159
第十章	船舶照明和信号灯	163
第一节	电气照明光源	163
第二节	照度的计算	168
第三节	船舶照明的供电系统	172
第四节	船舶照明的布置及属具的选择和设置	173
第五节	照明线路的设计原则及分电箱的布置	178
第六节	船舶灯光信号设备	179
第七节	通信闪光灯的配置	183
第十一章	船舶电气设备的调试	185
第一节	交流电站的调试	185
第二节	电力拖动系统的调试	189
第三节	锚机电力拖动系统的调试	196
第四节	舵机的调试	191
第五节	蓄电池充放电系统及照明系统的调试	194

第六节	小型机动船舶充电发电机的调试	196
第十二章	船用电气设备的选择	197
第一节	配电电器的选择	197
第二节	电缆的选择	199
第三节	电动机的选择	201
第十三章	船用电气设备的安装及电缆敷设	203
第一节	船用电气设备的安装原则	203
第二节	电缆敷设	203
第三节	船舶电气设备的安装	207
第四节	油船电气设备安装的附加要求	208
第五节	工程船舶电气设备安装的附加要求	210
第六节	电气设备的接地	211
第十四章	船舶电气设备的检验	213
第一节	概述	213
第二节	建造船舶电气设备的检验	213
第三节	营运船舶电气设备的检验	235
第十五章	电气设备接地、绝缘及防火防爆	237
第一节	电气设备接地的几种形式	237
第二节	电气设备绝缘	240
第三节	电气设备防火防爆知识	241
第十六章	电站自动化系统简介	244
第一节	电站自动化系统的历史与发展	244
第二节	电站自动化系统的一般介绍	244
第三节	电站自动化系统的一个实例	246
第十七章	船舶内部通信和信号装置简介	250
第一节	船用电话	250
第二节	船舶操纵信号设备	251
第三节	电气报警信号装置	252
第十八章	船用广播、有线对讲机、无线电通信和助航设备简介	255
第一节	船用广播和有线对讲机	255
第二节	无线电通信、甚高频无线电话及卫星通信	256
第三节	助航设备	258
附录	常用船舶电气图形和文字符号	266
参考文献		280

第一章 常用电器

第一节 电气基本知识

现代大小船舶大多采用柴油机作为主推进动力装置,所配备的大多数机械都采用电力拖动方式进行工作。其电能供给由独立的船舶电力系统予以实现。为了满足船舶正常运营的需要,该系统必须具备供电、配电、控制与保护等功能。因此,船舶电力系统是一个电气线路十分复杂的系统。

任何复杂的电气线路都是由一些基本的单元电路组合而成,而基本单元电路又均为若干功能不同的电器元件的组合。所以,了解各类电器元件的结构、功能及工作原理,是掌握一个控制线路乃至一个系统工作原理的必然要求。

所谓电器,即是根据外界电信号或非电信号自动或手动地接通、断开、控制、保护与调节的电路元件。简言之,电器就是电的控制元件。

电力系统中所使用的电器,种类、数目非常多,下面简单介绍一下它们的分类方法及相应类型。

1. 按工作电压分类

(1) 高压电器

交流大于 1200V,直流大于 1500V 的电器。

(2) 低压电器

交流小于 1200V,直流小于 1500V 的电器。船舶电力系统中常用电器均为低压电器。

2. 按用途分类

(1) 控制电器

用于各种电气传动系统中,对电路及系统进行控制的电器。如接触器、各种控制继电器等。

(2) 保护电器

用于电力系统中,对发电电网与用电设备进行保护的电器。如:熔断器、热继电器等。

(3) 主令电器

在电气控制系统中,发出指令,改变系统工作状态的电器。如:按钮、主令控制器等。

(4) 执行电器

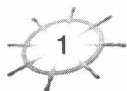
接受电信号以实现某种功能或完成某种动作的电器。如:电磁铁、制动器等。

3. 按动作方式分类

(1) 手动控制电器

依靠人工操作进行动作而执行指令的电器。如:按钮、转换开关等。

(2) 自动控制电器





感受电或非电信号,自动动作而执行指令的电器。如:接触器、继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器

利用电磁感应原理进行动作的电器。如:交、直流接触器和各种电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器

感受非电信号进行动作的电器。如:行程开关、速度继电器和压力、温度继电器等。

5. 按执行元件分类

(1) 有触点电器

通过触头的接触与分离而通断电路的电器。如:刀开关、继电器等。

(2) 无触点电器

通过电子电路发出检测信号而实现(执行相应指令或通断电路)功能的电器。如:电子接近开关、晶闸管式时间继电器等。

第二节 常用控制电器

在本节中,我们将讲述在继电器——接触器控制系统中经常使用的各类主令电器及继电器、接触器等控制电器,以作为最终了解船舶电力系统的基础。

一 主令电器

主令电器为切换控制线路的单极或多极小电流开关电器,其触头容量小,不能用于主电路,而是用于控制电路控制其他电器的工作状态。主令电器发出指令改变其他电器的电磁线圈的得失电状态,以切换线路而改变被控装置的工作状态从而实现对系统的自动控制。主令电器应用广泛,种类繁多,主要包括按钮、万能转换开关、行程开关、主令控制器、接近开关等。

1. 按钮

在控制电路中,按钮通过控制接触器、继电器等来通断电路而实现对电动机或其他电气设备的远距离控制。其外形见图 1-1a),结构见图 1-1b),主要由按钮帽、复位弹簧、指式动触头、静触头与外壳等组成。工作原理为当按钮被按下时,其上面一对动断(常闭)触头先断开,然后接通下面一对动合(常开)触头,释放后,在复位弹簧作用下,按钮复原。其电路符号见图 1-1c)。

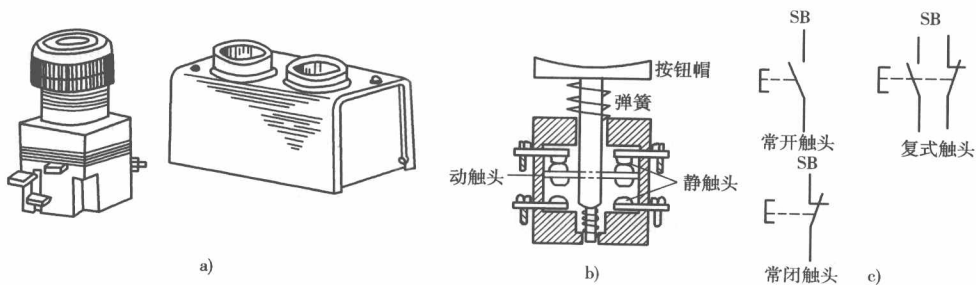


图 1-1 按钮

a) 外形; b) 结构; c) 电路符号

按钮通常有单式、复式或双联式、三联式。其触头数量一般为二常闭、二常开,亦可根据需要拼装为从一常闭、一常开至六常闭、六常开不等。其结构型式根据使用场合不同可分为安装式、防护式、防水式、防腐式和钥匙式等。

为便于识别,避免误操作,通常采用不同颜色的按钮帽来区别起动、停止按钮。其中,绿色用于起动按钮,红色用于停止按钮。

2. 行程开关

行程开关又称限位开关,是一种根据行程位置实现线路切换的主令电器。其基本原理即是利用机械运动部件的碰撞或接近来控制触头动作而使电路通断。通过将机械(位移)信号转换为电信号而实现了对机械的运动方向、行程大小的控制和位置保护。在船上,行程开关常用作舵机、升降机等限位开关。

行程开关种类很多,按结构可分为直动式、转动式和微动式;按复位方式可分为自动复位和非自动复位;按触头性质可分为有触点式和无触点式。

(1) 直动式行程开关

直动式行程开关又称按钮式行程开关,其外形见图 1-2a),其工作原理与按钮类似,见图 1-2b),不同之处是触头通断状态的改变是通过机械运动部件上的挡块的碰撞而使推杆动作来实现的。

直动式行程开关结构简单,成本较低。但其触头分合速度取决于挡块移动速度。若此速度过低,则触头不能瞬间断开,断弧困难而易使触头为电弧灼伤。为克服此缺陷,应采用转动式或微动式开关。

(2) 转动式行程开关

转动式行程开关又称转臂式或滚轮式行程开关,可分为单轮旋转式和双轮旋转式,其外形见图 1-3。单轮旋转式行程开关可以自动复位,而双轮旋转式不能自动复位。

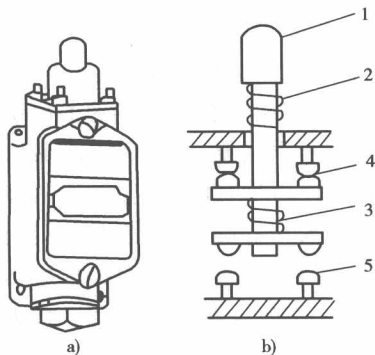


图 1-2 行程开关

a) 外形图; b) 原理图

1-顶杆;2-弹簧;3-触头弹簧;4-常闭触头;5-常开触头

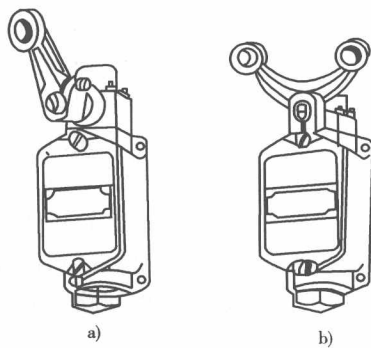


图 1-3 旋转式行程开关

a) 单轮; b) 双轮

单轮旋转式行程开关采用了瞬时动作的滚轮旋转式机构,其工作原理见图 1-4。当运动机械的挡块自右向左推动转臂时,上转臂绕中心支点向左转动,盘形弹簧带动下转臂右转而使得滑轮向右滚动,此时压缩弹簧被压缩储能,当下转臂转过中点而推动压板时,触点推杆





在压缩弹簧作用下顺时针瞬时转动,从而使触头分合。挡块离开滚轮后,触头在恢复弹簧作用下复原。由此可知,由于盘形弹簧的作用,触头的分合为瞬间完成,而不取决于挡块的运动速度从而避免了其为电弧灼伤的危险。

(3) 微动开关

微动开关采用了弯形片状弹簧瞬时机构,其工作原理见图 1-5。当推杆被压下时,簧片变形储能并产生位移,当其形变至某一临界值时,势能将转化为动能,簧片与动触头间产生瞬间跳动从而改变触头状态。若推杆压力减小,由于恢复弹簧的作用,簧片将反向跳动从而使触头状态复原。由此可知,由于簧片的作用而使触头分合亦为瞬间完成,而与挡块运动速度无关,从而同样避免了触头为电弧灼伤的危害。

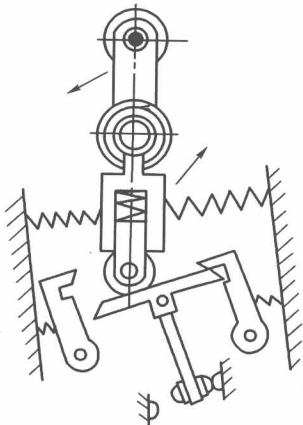


图 1-4 原理图

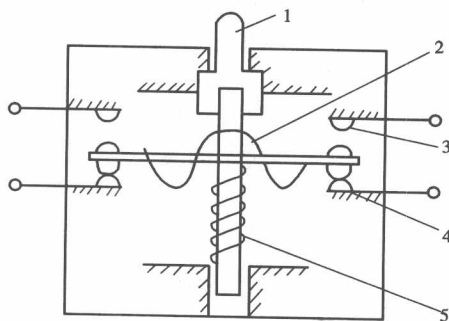


图 1-5 微动行程开关原理图

1-推杆;2-弯形片状弹簧;3-常开触头;4-常闭触头;5-恢复弹簧

3. 主令控制器

主令控制器为一种多位置多回路的主令电器,用于操作频繁且要求有多种控制状态,尤其是有明确的方向性要求的场合,如货机、锚机等控制。其外形见图 1-6a)。

主令控制器通常与接触器、继电器配合工作。采用桥式触头。其结构见图 1-6b)。凸轮固定于方轴上,数目一般不超过 12 片。方轴上装手柄用于手动操纵。桥式动触头装于转臂上,静触头装于绝缘板上。其工作原理为转动操作手柄时,方轴带动凸轮一起转动,当转臂上的滚轮位于凸轮凹处时,由于弹簧的作用,转臂使动触头与静触头闭合;反之,当凸轮转至其凸缘与滚轮接触的位置时,滚轮将被顶开,同时克服弹簧张力带动转臂向外张开从而使动、静触头分开而使受控回路断开;凸轮转至其他位置,动、静触头为闭合状态。由此可知,各对触头通断次序取决于相应凸轮线型。

图 1-6c) 为主令控制器的电路符号与触头通断表。其中水平实线为受控支路,垂直虚线为主令控制器的手柄档位,左右各有 3 档,中间为零位。当手柄处于某档位时,各支路下方该档位处有黑点者表示此时该支路为接通状态,否则为断开状态。

主令控制器的触头通断状态亦可用如图 1-6d) 所示的表格予以表示。表中 SA1 ~ SA8 为触头编号,正转和反转表示手柄从中间“0”位向相反两个方向各有 4 个档位。表中“×”表示触头闭合,空格表示触头断开。



船舶常用的主令控制器有 LK911、LKg13 等型号。

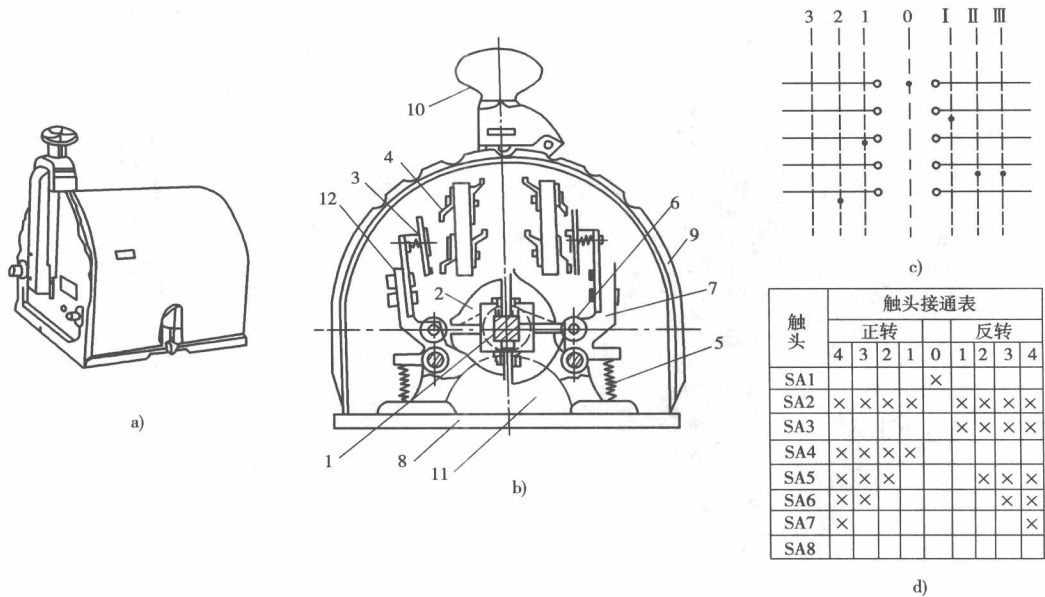


图 1-6 主令控制器

a) 外形; b) 结构; c) 电路符号; d) 触头接通表

1-方轴; 2-凸轮; 3-动触头; 4-静触头; 5-弹簧; 6-滚轮; 7-转臂; 8-底座; 9-罩壳; 10-手柄; 11-轴; 12-接线柱

接触器

接触器为一种利用电磁吸力的作用远距离频繁通断大电流电路(即主电路)的开关电器。其基本工作原理如图 1-7 所示。当吸引线圈通电时磁路中产生磁通,当由此而产生的电磁吸力大于反力弹簧等的反力时,衔铁吸合而使触头通断状态改变;当吸引线圈失电时,电磁吸力小于反作用力,衔铁释放而使触头状态复原。由此,通过对小功率电磁线圈得失电的控制使其触头通断状态相应改变即可实现对大功率主电路的通断控制。

接触器按触头控制的电流种类可分为交流接触器和直流接触器。其外形与结构分别如图 1-8 所示,主要由触头系统、灭弧装置、电磁机构及其他辅助部件组成。

1. 触头系统

触头系统主要由动触头、静触头、触头弹簧及支架等部件组成。其中作为通断电路的执行元件的触头根据用途可分为主触头和辅助触头。主触头用于主电路中以通断较大的负载电流;辅助触头用于控制电路中以通断较小的信号电流。当吸引线圈失电,衔铁未吸合时处

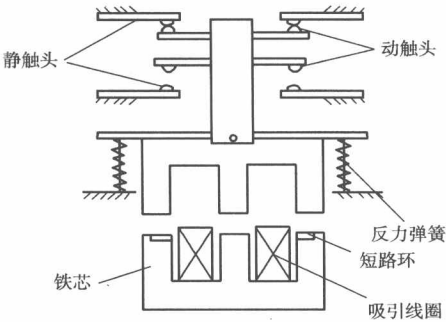


图 1-7 交流接触器原理

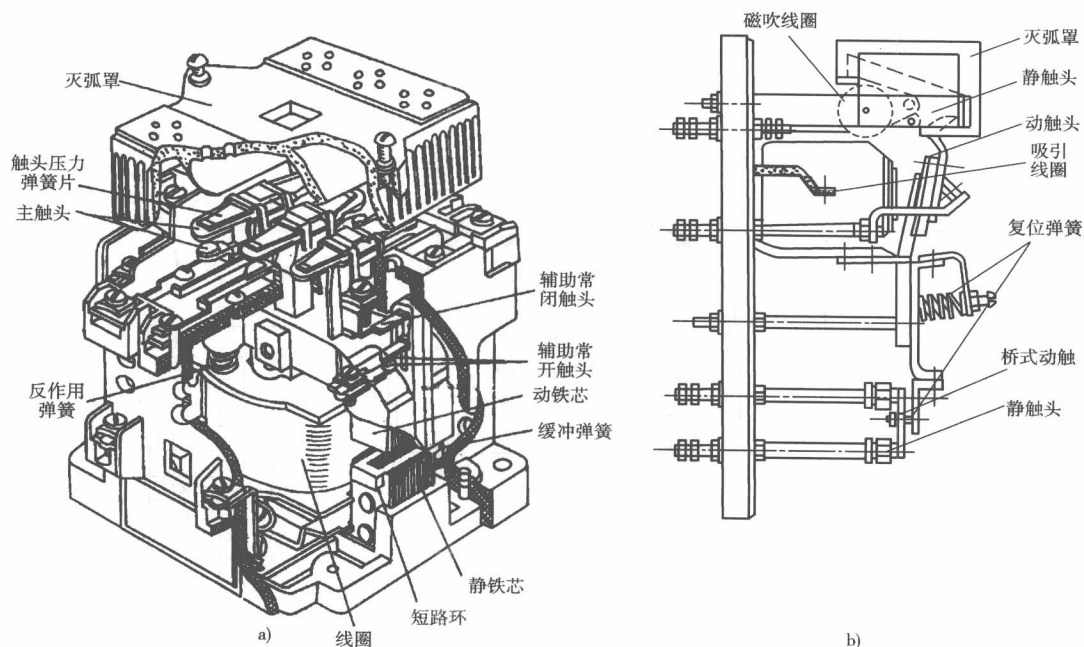


图 1-8 接触器外形与结构

a) 交流接触器; b) 直流接触器

于断开状态,而当吸引线圈得电时处于闭合状态的触头称为常开(动合)触头;反之则称为常闭(动断)触头。主触头一般为三极,亦可制成单极、双极、四极或五极,多为常开触头;辅助触头根据需要采用常开或常闭触头。如图1-9所示。

为了满足工作需要,接触器的触头结构有多种型式,包括双断点桥式结构和单断点指式结构,如图 1-10 所示。其中双断点桥式触头易灭弧,交流接触器常用;单断点指式触头在通断过程中为滚动接触,可自动清洁触点表面的氧化膜与污物,使接触良好,多用于通断较频繁和较大电流的电路当中,直流接触器常用。

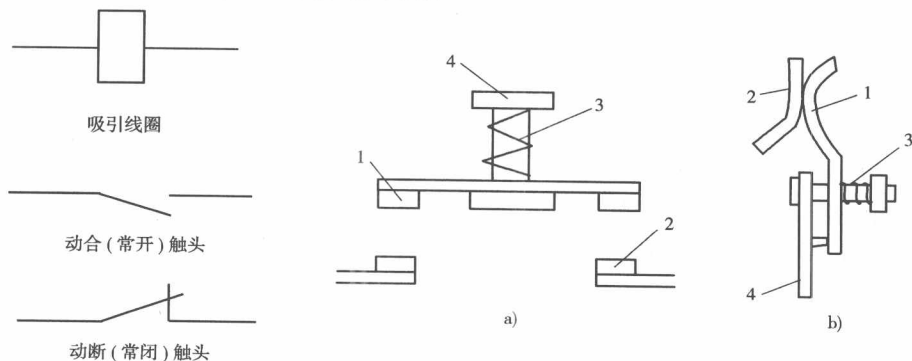


图 1-9 交流接触器线圈、触头符号

图 1-10 交流接触器的触头

a) 桥形; b) 指形

1-动触头; 2-静触头; 3-触头弹簧; 4-支架



触头弹簧的作用是在动、静触头间产生必要的接触压力以使触头闭合时接触紧密而减少触头间的接触电阻和触头通断时产生的跳动。

2. 灭弧装置

在接触器触头断开电路时,若电路电压超过 $10 \sim 12\text{V}$, 电流超过 $80 \sim 100\text{mA}$, 则动、静触头间将有“电弧”产生。

电弧实质上为一种空气放电现象,即空气中大量带电粒子的定向运动。在触头断开瞬间,动、静触头间间隙很小,其压降接近电源电压,电场强度很大,阴极中自由电子逸出至间隙中并向阳极加速运动。由于撞击电离,热电子发射和热游离,在动、静触头间产生的电子流不断增强直至形成电弧。电弧温度很高,可使触头受到烧灼,同时亦使电路切断时间延长从而对电气设备的安全运行和人身安全造成危害。为了提高接触器的可靠性,延长使用寿命,须采用灭弧装置以确保触头断开时电弧可靠熄灭。

(1) 灭弧栅

如图 1-11 所示,灭弧栅由多片镀铜薄钢片(方口形、尖口形或矩形)组成并按一定间距($2 \sim 3\text{mm}$)插装在触头上方的陶瓷灭弧罩内。当触头断开产生电弧时,电弧周围产生磁场,由于钢片导磁率较大,电弧在电磁力和热空气流的作用下迅速进入灭弧罩内,并被相互绝缘的栅片分割成若干段短电弧。由于栅片的散热作用,这些短电弧被周围介质迅速冷却。另外,维持一段电弧需要一定的电压,而这些短电弧增加了整个电弧压降,使电源电压不足以维持电弧燃烧而使电弧迅速熄灭。灭弧栅常用于交流接触器中,因为交流电过零后电弧不易重燃。

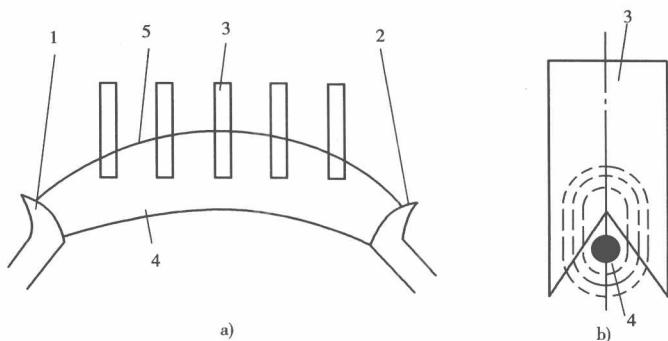


图 1-11 灭弧栅灭弧原理

a) 栅片灭弧原理; b) 电弧进入栅片的图形

1-静触头;2-动触头;3-灭弧栅片;4-长电弧;5-短电弧

(2) 磁吹式灭弧装置

如图 1-12 所示,在触头电路中串接一只吹弧线圈,其所产生的磁通通过导磁颊片引向触点周围,其方向如“ $\times$ ”号所示,电弧产生的磁通方向如“ $\otimes$ ”、“ $\odot$ ”号所示。因此电弧在电磁力作用下向上运动,并被拉长进入灭弧罩内。灭弧角与静触头相连接,引导电弧拖长扩散把热量传递给罩壁,使电弧迅速冷却而熄灭。由于磁吹力与电流的平方成正比,电弧电流越大,吹弧能力越强,因此该方法广泛用于中、大容量接触器中。在断开小电流时,因吹力减小



而使灭弧困难。

直流接触器广泛采用此种灭弧装置。

3. 电磁机构

接触器的电磁机构用于控制触头的通断,主要由吸引线圈、铁芯、衔铁及反力弹簧等部件组成。交流接触器和直流接触器的电磁机构有所不同,下面分别予以介绍。

(1) 交流接触器

交流接触器的吸引线圈为一只交流电压线圈,交流阻抗较大,线圈匝数较少,线径较粗。其铁芯与衔铁为硅钢片叠成以减小铁损。

接触器电磁机构的电磁吸力 F 随气隙 δ 的变化规律称为接触器的吸力特性。其线圈电流 I 随气隙 δ 的变化规律称为接触器的电流特性。交流接触器属于“恒磁链”系统 ($N\Phi = \text{常数}$, N 为线圈匝数),其电磁吸力 $F(F \propto \Phi^2)$ 与气隙大小无关,于衔铁吸合前后保持不变,其吸力特性曲线如图 1-13b) 所示。交流接触器的线圈电流 I 与气隙 δ 成正比 ($I \propto R_m$, $R_m \propto \delta$, R_m 为磁路磁阻),在线圈刚通电,衔铁尚未吸合的瞬间,电流很大,而吸合后,电流自动降至额定值。其电流特性曲线如图 1-13b) 所示。由此可知,对于交流接触器,当衔铁卡住不能吸合或吸合不紧密以及操作频率过高时,都会使线圈发热甚至烧坏。因为交流线圈直流电阻很小,若接入直流电,亦会因电流过大而烧坏。

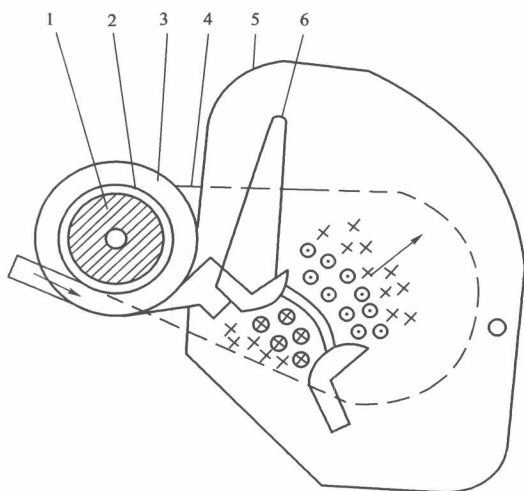


图 1-12 磁吹式灭弧装置

1-铁芯;2-绝缘管;3-吹弧线圈;4-导磁颊片;5-灭弧罩;
6-灭弧角

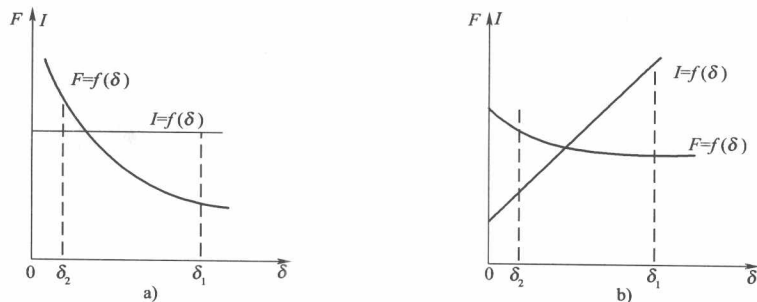


图 1-13 电磁机构吸力特性

a) 直流电磁机构的吸力特性;b) 交流电磁机构的吸力特性

如图 1-14a) 所示,交流接触器的铁芯上均装有一个铜制的短路环(分磁环)以消除工作时的振动与噪声。

单相交流电的磁通是交变的,频率为 f (f 为电源频率),其所产生的电磁吸力也是交变的,频率为 $2f$ 。在一个周期内,磁通两次过零时,吸力也为零,衔铁在反作用力下开始释放;随后,吸力渐增,直至大于反力时,衔铁开始吸合,由此,衔铁将以 $2f$ 的频率频繁动作即“抖

动”而产生强烈振动和噪声,产生电弧而烧灼触头,使线圈发热,触头接触不良甚至使铁芯松散。消除这一现象的方法即是加装短路环。如图 1-14a) 所示,当交变磁通穿过短路环内截面 S_2 时,在环中产生涡流。根据电磁感应定律,截面 S_2 中磁通 Φ_2 在相位上将滞后于截面 S_1 磁通 Φ_1 。 Φ_1 、 Φ_2 所产生的电磁吸力如图 1-14b) 所示,其合力 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ 即电磁吸力将始终大于释放反力,从而消除了“抖动”现象。

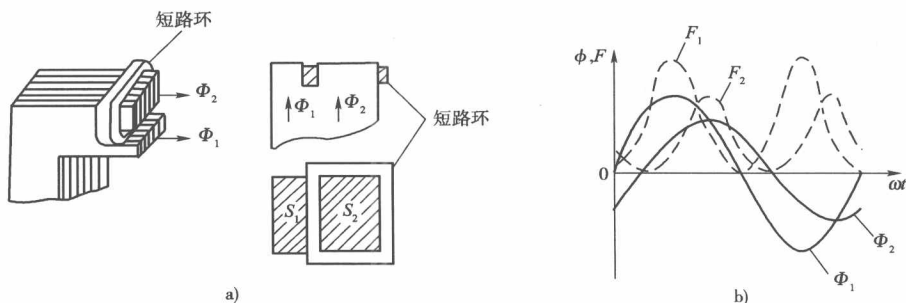


图 1-14 交流接触器铁芯的短路环

a) 结构图; b) 电磁吸力图

(2) 直流接触器

直流接触器电磁机构一般采用拍合式机构,如图 1-15 所示,直流接触器的吸引线圈为一只直流电压线圈,匝数较多,线径较细。其铁芯和衔铁用整块钢制成。

直流接触器属于“恒磁势”系统($IN = \text{常数}$),其线圈电流 I 与气隙 δ 无关,在衔铁吸合过程中保持不变。其电流特性曲线如图 1-13a) 所示。由于“恒磁势”系统的磁通 Φ 与气隙 δ 成反比($\Phi \propto 1/\delta$),因此,直流接触器的电磁吸力 F 与气隙 δ 的平方成反比($F \propto 1/\delta^2$)。如图 1-13a) 所示。故直流接触器在衔铁吸合前后电磁吸力由小至大变化很大。为了减小吸引线圈由此而产生的功耗和发热量,一般在衔铁吸合后,在线圈电路中串入经济电阻以减小线圈电流。

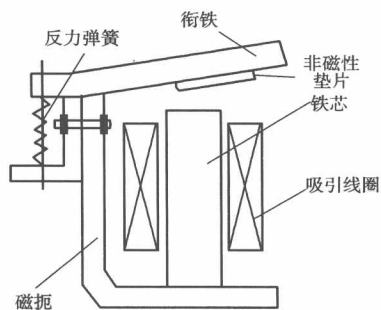


图 1-15 转动合式电磁机构

4. 接触器的调整方法

接触器衔铁所受到的吸力大于反力时吸合;反之则释放。衔铁的反力包括:反力弹簧的反作用力、可动部件的重力与摩擦力、触头闭合后触头弹簧的反作用力。

接触器(包括继电器)动作的灵敏性用返回系数 K_i 予以表征,其定义式为:

$$K_i = \frac{X_f}{X_x}$$

式中: X_x ——使衔铁可靠吸合的最小输入量,简称动作值(吸合值);

X_f ——使衔铁可靠释放的最大输入量,简称释放值。

显然, $K_i < 1$, K_i 越大,表明电磁机构动作越灵敏。

接触器动作值和释放值的整定通过反力弹簧预紧力(细调)、非磁性垫片厚度及气隙大

