



高职高专国家骨干院校

重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

液压与气动技术

YEYA YU QIDONG JISHU

主编◎周钦河 叶金玲



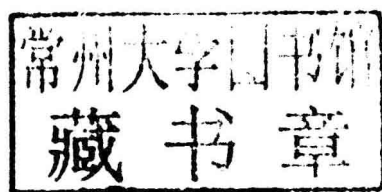
合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专国家骨干院校
重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

液压与气动技术

主 编 周钦河 叶金玲

副主编 黄 诚 黄灿军 谢展强



合肥工业大学出版社

内容简介

本教材是编者根据多年的企业实践经验和丰富的职业教育经验,打破以知识传授为主要特征的传统学科课程模式,代之以以完整工作过程为中心的项目化课程模式编写而成。本教材分教学项目和自主学习两大部分。教学项目主要包括液压与气压传动的基础知识、液压元件、液压基本回路和系统、气源装置、气动元件、气动基本回路以及气动程序控制系统的分析与设计等知识。自主学习部分主要包括液压油、元件、仿真软件使用等知识。

本教材可以作为高等职业院校、高等专科学校、中等职业技术学校、技工学校、成人高等学校机电及自动化类专业学生的教材,也可以作为在职人员培训或自学教材。

385358

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/周钦河,叶金铃主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012. 10
ISBN 978-7-5650-0885-6

I. ①液… II. ①周…②叶… III. ①液压传动—高等职业教育—教材②气压传动—高等职业教育—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 193059 号

液压与气动技术

周钦河 叶金铃 主编

责任编辑 汤礼广

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2012 年 10 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2012 年 10 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	理工编辑部: 0551—2903087 市场营销部: 0551—2903198	印 张	16.5
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	410 千字
E-mail	hfutpress@163.com	印 刷	安徽江淮印务有限责任公司
		发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0885-6

定价: 33.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

液压与气动技术,广泛应用于机械、化工、冶金、农机、汽车、船舶、军工、石油、轻工、食品等各个领域,其发展程度及普及性已经成为衡量一个国家工业水平的重要标志,是当代工程技术人员应掌握的重要基础技术之一。液压与气动技术的飞速发展和企业对该专业技能型人才的需求,使高等职业教育关于该课程的教学内容和教学形式均发生较大变化。本教材就是在当今高等职业教育“基于工作过程系统化”教学改革浪潮中应运而生的。

在教材的编写中,编者根据多年的企业实践经验和丰富的职业教育经验,在组织内容方面尽量打破以知识传授为主要特征的传统学科教学模式,代之以完整工作过程为中心的项目化教学模式。为了将“教”与“学”有机结合起来,本教材分教学项目和自主学习两大部分。在教学项目中:液压部分是根据液压控制对象要求分类,以“控制液压缸的简单往返运动——多缸顺序动作——速度控制为主——压力控制为主——综合控制”的思路,选择磨床、数控车床刀架、液压钻床、组合机床动力滑台、压力机、注塑机等典型液压设备作为载体;气动部分主要以手动控制和顺序动作为主,以公共汽车自动门、折弯机、打标机和气动机械手为载体,重点在于纯气动回路设计。在编写过程中,我们注重认知规律,从简单到复杂地选取典型液压设备作为项目,每个项目均按照“任务介绍——相关知识——任务实施——任务拓展——项目小结”这样完整工作过程进行编排。在学习液压设备的过程中学习相应的元件与回路,且配有相对应的电气控制图或PLC控制梯形图,方便学生理解设备信号传递过程。自主学习部分主要安排液压气动介质、元件、部分回路、仿真软件使用等相关知识,以培养学生自我学习能力。

本书由长期从事高等职业教育的教师与企业人员共同完成编写,其中由周钦河、叶金玲担任主编,黄诚、黄灿军、谢展强担任副主编;同时感谢广东力特工

程机械有限公司唐业云、罗德智等工程师对本书编写给予的大力支持。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、中等职业技术学校、技工学校、成人高等学校机电及自动化类专业学生的教学用书,也可以作为在职人员培训或自学教材。

由于编者水平和经验有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

本书在编写过程中,参考了有关文献,并得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了有关单位和个人的帮助,在此表示衷心的感谢。



目 录

第一部分 教学项目

项目 1 磨床、数控车床部分液压系统	(3)
任务 1 平面磨床工作台的往回路液压控制	(3)
任务 2 数控车床刀架松开夹紧正反转回路的液压控制	(9)
项目 2 钻床液压系统	(18)
任务 1 半自动钻床	(18)
任务 2 全自动专用钻床(行程控制)	(30)
项目 3 组合机床动力滑台液压系统	(41)
项目 4 压力机液压系统	(55)
项目 5 塑料注射成型机液压系统	(66)
项目 6 公交车内摆式气动门控制系统	(82)
项目 7 折弯机的气动控制回路	(87)
项目 8 打标机的气动控制回路	(97)
项目 9 机械手的气动控制回路	(107)

第二部分 自主学习

第一章 液压传动基础	(129)
第一节 液压传动的优点和缺点	(129)
第二节 液压油	(129)
第三节 液压传动基本理论	(132)
第二章 液压动力元件	(134)
第一节 液压泵的工作原理	(134)
第二节 液压泵的结构	(135)
第三节 液压泵的主要性能和参数	(139)
第四节 液压泵与电动机参数的选用	(141)



第三章 液压执行元件及辅助元件	(143)
第一节 液压缸	(143)
第二节 液压马达	(147)
第三节 液压辅助元件	(147)
第四章 液压控制元件	(156)
第一节 方向控制阀	(156)
第二节 压力控制阀及其应用	(163)
第三节 流量控制阀及其应用	(170)
第四节 叠加阀	(173)
第五节 插装阀	(176)
第五章 气源系统及空气净化处理装置	(178)
第六章 气动执行元件	(188)
第一节 气缸	(188)
第二节 气动马达	(194)
第七章 气动控制元件	(196)
第一节 方向控制阀	(196)
第二节 流量控制阀	(199)
第三节 压力控制阀	(201)
第八章 真空元件	(206)
第一节 真空发生器	(206)
第二节 真空吸盘	(207)
第三节 真空顺序阀	(207)
第四节 真空开关	(208)
第五节 真空回路	(209)
第九章 电气气动控制系统	(210)
第一节 电气控制的基本知识	(210)
第二节 基本电气回路	(212)
第三节 电气气动程序回路设计	(213)
第十章 可编程控制器的应用	(226)
第一节 可编程控制器的组成及工作原理	(226)
第二节 可编程控制器控制系统设计步骤	(243)
第三节 气动自动控制系统设计举例	(244)
第十一章 液压仿真软件 FluidSIM 介绍	(246)
第一节 FluidSIM 仿真软件的介绍	(246)
第二节 仿真和新建回路图介绍	(247)

第一部分

教学项目



项目1 磨床、数控车床部分液压系统

学习目标

【能力目标】

- (1) 能从实践中认识液压传动的原理,理解能量转换的过程;
- (2) 能够完成平面磨床方向控制及数控车床刀架松开、夹紧的操作;
- (3) 具有正确选用及安全操作平面磨床及数控车床的能力;
- (4) 具有良好的行为习惯及团队协作能力。

【知识要求】

- (1) 熟悉液压传动及液压系统的工作特点;
- (2) 掌握液压系统的工作原理、基本组成及图形符号;
- (3) 掌握液压泵及液压缸的工作原理;
- (4) 掌握手动及电磁换向阀的操作方式、复位方式及定位方式;
- (5) 熟悉简单的辅助元件功能及符号。

【技能要求】

- (1) 能通过查阅资料完成液压元件的信息搜集和综合应用;
- (2) 能识读方向控制回路及分析回路的应用;
- (3) 能正确使用液压元件及文明操作;
- (4) 能正确进行液压电气控制回路设计;
- (5) 能正确使用 FluidSIM 仿真软件;
- (6) 熟悉可编程控制器系统设计。

任务1 平面磨床工作台的往返回回路液压控制

任务介绍

液压技术是实现各行业、各类机械装备传动及控制的重要手段。平面磨床是以砂轮的周边磨削工件的各种平面和复杂成型面,使用范围很广。如图1-1所示为平面磨床的



实物图。液压平面磨床工作台的纵、横向进给运动采用了液压驱动,实现方向控制的元件是方向控制阀。方向控制阀使液压油进入液压缸的不同工作腔,从而带动工作台完成左右往复和砂轮磨头上下运动。

相关知识

一、平面磨床工作台液压传动工作原理

所谓液压传动,是指利用高压的液体经由一些元件控制之后来传递运动和动力的一种传动形式。如图 1-2a 所示为平面磨床工作台往复运动的液压系统工作原理图。它由油箱 1、滤油器 2、液压泵 3、溢流阀 4、换向阀 5、节流阀 6、换向阀 7、液压缸 8 以及连接这些元件的油管、管接头等组成。液压传动系统的工作原理是:液压泵由电机带动旋转而从油箱吸油,油液经滤油器进入压力油路后,在图示状态下,通过换向阀 5、节流阀 6,经换向阀 7 进入液压缸左腔,此时液压缸右腔的油液经换向阀 7 和回油管排回油箱,液压缸中的活塞推动工作台 9 向右移动;若将换向阀 7 的手柄往左扳,则换向阀状态如图 1-2b 所示,此时液压缸的活塞推动工作台向左移动;若换向阀 5 处于图 1-2c 所示的状态,则液压泵输出的压力油将经换向阀 5 直接回油箱,而不能进入液压缸。工作台的移动速度是通过调节节流阀 6 的开口大小来控制的。

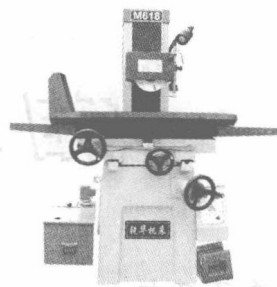


图 1-1 平面磨床

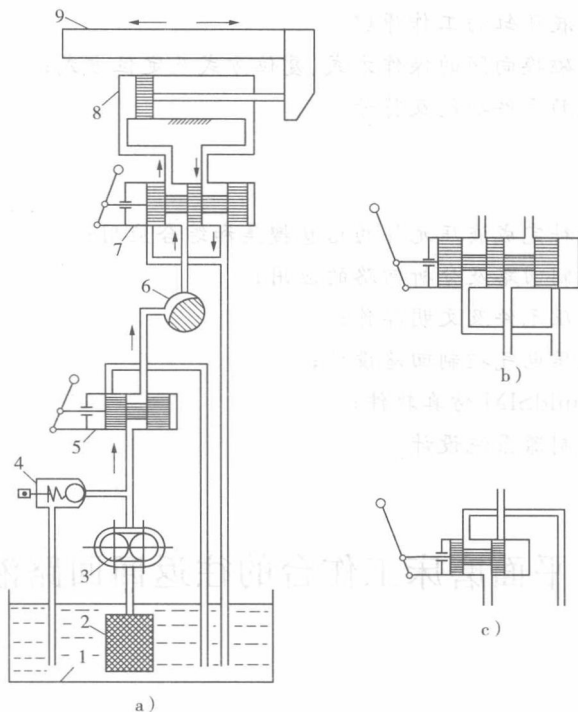


图 1-2 平面磨床工作台液压系统工作原理图

1—油箱;2—滤油器;3—液压泵;4—溢流阀;5、7—换向阀;6—节流阀;8—液压缸;9—工作台



由以上分析可知,液压传动系统由液压泵、执行元件和控制阀、油箱等一些辅助元件组成。该系统将电机输出的机械能转变成液体的压力能并对外做功,即经过控制元件由执行元件将液体的压力能再次转变成机械能。

二、平面磨床工作台液压传动系统的图形符号

图1-2中的元件基本上都是用结构式的图形画出的示意图,故称为结构原理图。这种图形直观性强,易为初学者接受,但图形复杂,难于绘制。为此,国内外都广泛采用脱离元件的具体形状,用只表示元件功能的符号(国标 GB/T786.1—1993 规定液压与气压图形符号)来简化绘制液压系统图。其原理简单明了,便于阅读、分析、设计和绘制。图1-3即为用图形符号绘制的工作台液压系统图。

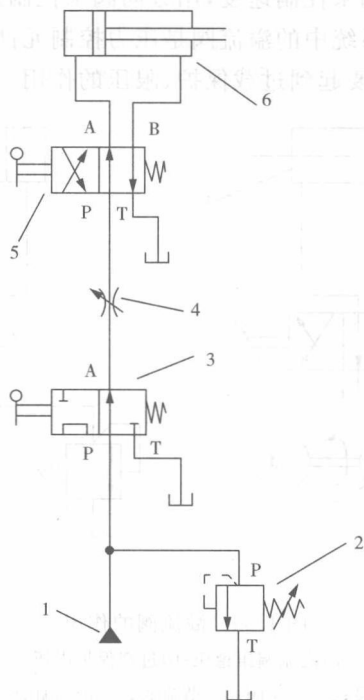


图1-3 平面磨床工作台液压系统图(图形符号绘制)

1—液压泵;2—溢流阀;3—手动式二位三通阀;4—节流阀;5—手动式二位四通阀;6—液压缸

三、液压系统的组成

从上面的例子分析可以看出,一个完整的液压系统由以下四部分组成:

1. 动力元件

最常见的是液压泵,它由电动机带动,是将机械能转换成液体压力能的装置,是液压传动系统的核心,为系统提供压力油液。泵的最高压力设定由压力控制阀来调整。

平面磨床工作台液压系统中的液压泵是双向定量泵中的齿轮泵(见图1-3),是多种泵中的一种。液压传动系统中使用的液压泵都是容积式液压泵。当密封容积由小变大时就形成真空,使油箱中的油液在大气压的作用下,进入油腔实现吸油;反之,当密封容积由大变小时,油腔中的油液将进入到系统当中去而实现压油。



2. 执行元件

液压系统最终目的是要推动负载运动。一般执行元件可分为液压缸与液压马达(或摆动缸)两类。液压缸使负载作直线运动,液压马达(或摆动缸)使负载转动(或摆动)。

平面磨床工作台液压系统中的执行元件采用的是双作用单杆活塞式液压缸(见图 1-3)。如果液压油经过换向阀进入液压缸的左腔(无杆腔),活塞推动工作台向右移动,如果液压油经过换向阀进入液压缸的右腔(有杆腔),活塞推动工作台向左移动。工作台的左右移动的变化主要是由换向阀来控制的。

3. 控制元件

液压系统除了让负载运动以外,还要完全控制负载的整个运动过程。在液压系统中,用压力阀来控制输出力,用流量阀来控制速度,用方向阀来控制运动方向。

(1)平面磨床工作台液压系统中的溢流阀是压力控制元件,在定量泵中主要起到溢流调压、稳压的作用,在变量泵中主要起到过载保护、限压的作用。

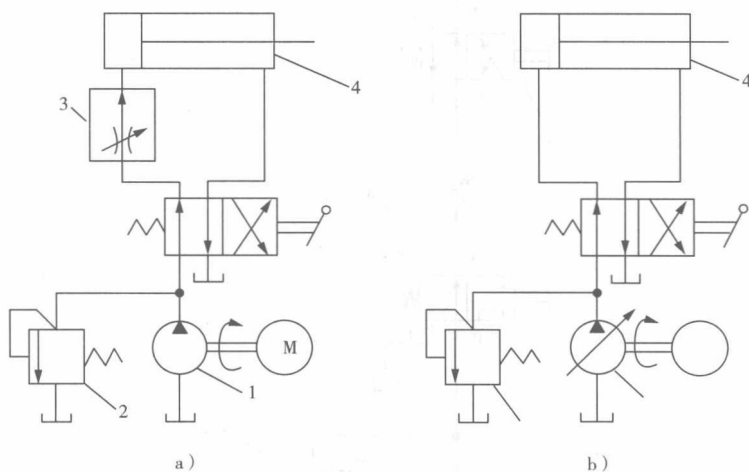


图 1-4 溢流阀的作用

a) 溢流调压稳压; b) 过载保护限压

1—定量泵; 2—溢流阀; 3—节流阀; 4—液压缸; 5—变量泵

① 溢流调压稳压。如图 1-4 所示,溢流阀 2 并联于系统中,进入液压缸 4 的流量由节流阀 3 调节。由于定量泵 1 的流量大于液压缸 4 所需的流量,油压升高,将溢流阀 2 打开,多余的油液经溢流阀 2 流回油箱。因此,这里溢流阀的功用就是在不断地溢流泵的过多油液的过程中保持系统压力基本不变。

② 过载保护限压。图 1-4 所示为变量泵调速系统。用于过载保护的溢流阀一般称为安全阀。在正常工作时,安全阀 2 关闭,不溢流;只有在系统发生故障,压力升至安全阀的调整压力值时,阀口才打开,使变量泵排出的油液经溢流阀 2 流回油箱,以保证液压系统的安全。

(2)平面磨床工作台液压系统中的节流阀是流量控制元件,主要是利用改变阀口流通截面积的方法来控制流体流量,从而控制液压缸的运动速度。

(3)平面磨床工作台液压系统中的换向阀是方向控制元件,主要是通过改变液压传动系



统中的油液流动的方向、油路的接通和关闭,从而控制执行元件的换向或启停,以满足系统对油液方向的要求。

如图1-3所示,换向阀5是手动式的二位三通换向阀,换向阀7是手动式的二位四通换向阀。

换向阀的换向功能主要由阀的工作位置数和由它所控制的通路数所决定的。通常所说的“二位阀”、“三位阀”是指换向阀的阀芯有两个或3个不同的工作位置。所谓“二通阀”、“三通阀”是指换向阀的阀体上有两个或3个可与系统中不同油管相连的油道接口,不同油道之间只能通过阀芯移位时阀口的开关来沟通与断开。

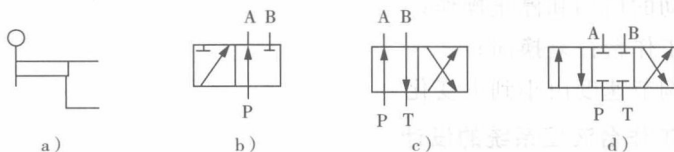


图1-5 换向阀符号

a) 手动式; b) 二位三通; c) 二位四通; d) 三位四通

图形符号的含义如下:

- ① 用方框表示阀的工作位置,有几个方框就表示有几“位”。
- ② 方框内的箭头表示油路处于接通状态,但箭头方向不一定表示液流的实际方向。
- ③ 方框内的符号“⊥”或“—”表示该通路不通。
- ④ 方框外部连接的接口数有几个,就表示几“通”。
- ⑤ 一般阀与系统供油路连接的进油口用字母P表示;阀与系统回油路连通的回油口用T表示;而阀与执行元件连接的油口用A、B等表示。

⑥ 换向阀都有两个或两个以上的工作位置,其中一个为常态位,即阀芯未受到操纵力时所处的位置。图形符号中的中位是三位阀的常态位。利用弹簧复位的二位阀则以靠近弹簧的方框内的通路状态为其常态位。绘制系统图时,油路一般应连接在换向阀的常态位上。

手动换向阀是用手动杠杆操纵阀芯换位的换向阀。扳动手柄,使换向阀左位或右位工作。要想维持在极端位置,必须用手扳住手柄不放,一旦松开,阀芯会在弹簧的作用下,自动弹回常态位。

4. 辅助元件

除了以上几种元件外,还有用来储存液压油的油箱,为了增强液压系统的功能尚需有去除油内杂质的过滤器、防止油温过高的冷却器及蓄能器等液压元件,我们称这些元件为辅助元件。

任务实施

地点:实训基地

设备:平面磨床

一、平面磨床的方向、速度控制

通过对液压回路的动作观察和动手操作,可加深对液压回路组成元件和液压回路工作



原理的了解。

(1) 液压泵由电动机带动,油液经换向阀供工作台液压缸传动之用,换向阀的阀芯有不同的工作位置,操纵阀通过扳动手柄进行手动换向。

(2) 节流阀控制进入液压缸的流量,从而可以控制速度的大小。

(3) 安全操作:操作前应熟悉各手柄的功用。

打开液压系统,检查各部位工作是否正常,操作时应注意观察机床各部位工作是否正常。

- ① 启动与关闭液压系统的操作;
- ② 工作台运动的启动和停止操作;
- ③ 手动操作工作台往复换向;
- ④ 手动操作调节速度由小到大变化。

二、平面磨床工作台液压系统的设计

平面磨床要求工作台的驱动装置平稳的进行调速,能手动完成往复运动,换向平稳,装置有足够的刚度完成磨削工作。

(1) 使用液压回路设计仿真软件 FuildSIM 进行回路设计。

(2) 正确选用液压元件。

(3) 绘制平面磨床系统图,并分析基本回路的组成及功用,如图 1-6 所示。

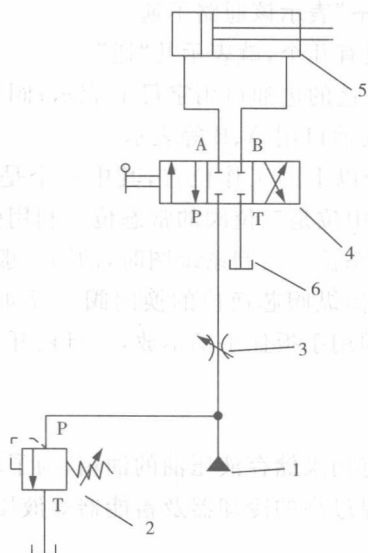


图 1-6 平面磨床液压系统图

1—液压源;2—溢流阀;3—节流阀;4—手动式三位四能换向阀;5—液压缸;6—油箱



任务2 数控车床刀架松开夹紧正反转回路的液压控制

任务介绍

数控车床是两坐标连续控制的卧式车床,主要用来加工轴类零件的内外圆柱面、圆锥面、螺纹表面、成形回转体表面,对于盘类零件可进行钻孔、扩孔、铰孔和镗孔等加工,还可以完成车端面、切槽、倒角等加工(如图1-7所示)。设备在工作中对液压系统的要求是定位准确、可靠,可调节压力,换向平稳,在工件没有夹紧的情况下无切削运动等。数控车床的液压控制系统能够完成卡盘夹紧与松开、卡盘夹紧力的高低压转换、回转刀架的松开与夹紧、刀架刀盘的正反转、尾座套筒的伸出与退回,它们都是由液压系统驱动的。



图1-7 数控车床

相关知识

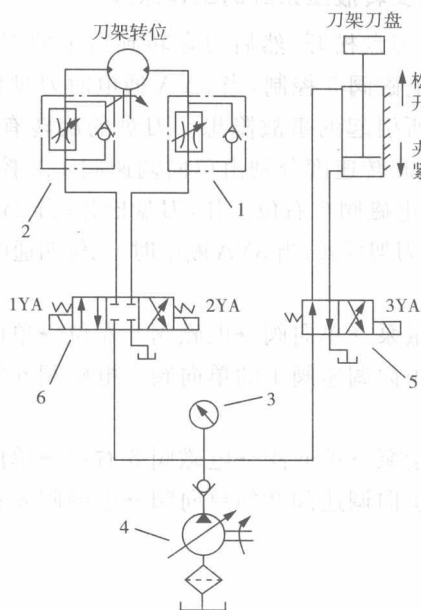


图1-8 数控车床刀架松夹正反转液压系统图

1、2—单向调速阀;3—压力计;4—变量泵;5—二位四通电磁阀;6—三位四通电磁阀



一、数控车床刀架松夹正反转液压系统的组成

1. 动力元件

数控车床刀架松夹正反转液压系统采用的液压泵为单向变量泵,如果泵的流量为定值,则为定量泵;反之,为变量泵。

2. 执行元件

刀架刀盘采用的是液压缸,负责刀盘松开夹紧;刀架正反转采用的是液压马达,液压马达是使负载作连续旋转的执行元件,其内部构造与液压泵类似,差别仅在于液压泵的旋转是由电机所带动,输出的是液压油;液压马达则是输入液压油,输出的是转矩和转速。因此,液压马达和液压泵在细部结构上存在一定的差别。

3. 控制元件

换向阀采用的是电磁换向阀,它是利用电磁铁吸力推动阀芯来改变阀的工作位置的。由于它可以借助按钮开关、行程开关、限位开关、压力继电器等发出的信号进行控制,所以操作轻便,易于实现自动化,因此应用广泛。如图 1-9 为三位四通电磁换向阀。

当两端电磁铁都断电时,弹簧复位,阀芯处于中间位置,此时各油路互不相通。当左边电磁铁通电,右边电磁铁断电时,阀油口的连接状态为 P 和 A 通, B 和 T 通;当右边电磁铁通电,左边电磁铁断电时, P 和 B 通, A 和 T 通。

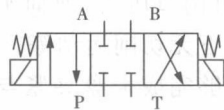


图 1-9 三位四通电磁换向阀

流量控制元件采用的是单向调速阀,调速阀本身能在外界负载变化的状况下保持进口、出口的压力差恒定,使执行元件运动的速度保持基本稳定。

二、数控车床刀架松夹正反转液压系统的工作原理

回转刀架换刀时,首先是刀盘松开,然后刀盘转到指定的刀位,最后刀盘夹紧。刀盘的夹紧与松开由一个二位四通电磁阀 5 控制,当 3YA 通电时刀盘松开,断电时刀盘夹紧,消除了加工过程中由于突然停电所引起的事故隐患。刀盘的旋转有正转和反转两个方向,由一个三位四通电磁阀 6 控制,其旋转速度分别由单向调速阀 1、2 控制。

当 3YA 通电时,二位四通电磁阀 5 右位工作,刀盘松开;当 2YA 断电、1YA 通电时,刀架正转;当 2YA 通电、1YA 断电时,刀架反转;当 3YA 断电时,二位四通电磁阀 5 左位工作,刀盘夹紧。

1. 刀架正转

(1) 进油路:过滤器→变量泵→单向阀→电磁阀 6 左位→单向调速阀 2→液压马达

(2) 回油路:液压马达→单向调速阀 1 的单向阀→电磁阀 6 左位→油箱

2. 刀架反转

(1) 进油路:过滤器→变量泵→单向阀→电磁阀 6 右位→单向调速阀 1→液压马达

(2) 回油路:液压马达→单向调速阀 2 的单向阀→电磁阀 6 右位→油箱

任务实施

地点:实训基地

设备:数控车床