

 高职高专**机电一体化专业**规划教材

液压气动系统 安装与调试

肖春芳 主编



化学工业出版社

YEYA QIDONG XITONG
ANZHUANG YU TIAOSHI

高职高专机电一体化专业规划教材

液压气动系统安装与调试

肖春芳 主 编
李俊瑞 王淑梅 王晓峰 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以工作任务为导向,以项目为载体,任务的实施可采用六步教学法,按照明确任务、制订计划、做出决策、实施、控制和评价反馈六个步骤组织完成。

全书共有8个学习项目27个任务。主要包括:液压与气压传动系统的认识,液压油识别与选用,了解流体力学基础知识,液压系统运行中常见问题分析与处理,孔口及缝隙流量的分析;元件的功能、性能参数、结构和工作原理;以典型基本回路为主线,用实例介绍如何完成基本回路的安装与调试;液压系统的设计、安装与调试;典型液压系统的控制与运行;气动元件的识别与应用;气动基本回路的安装与调试;典型气动系统的控制与运行。

本书可作为高职高专院校、中等职业技术学校及本科院校机电一体化、机械制造自动化等机电类和机械类各专业的教材,也可作为岗前培训教材及有关工程技术人员自学和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压气动系统安装与调试/肖春芳主编. —北京:
化学工业出版社, 2011.1

高职高专机电一体化专业规划教材

ISBN 978-7-122-10287-4

I. 液… II. 肖… III. ①液压系统-调试-高等学校:技术学校-教材②液压系统-安装-高等学校:技术学校-教材③气压系统-调试-高等学校:技术学院-教材④气压系统-安装-高等学校:技术学院-教材
IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第262867号

责任编辑:王听讲

文字编辑:吴开亮

责任校对:顾淑云

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数418千字 2011年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:30.00元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

“项目导向、任务驱动”教学法的理论基础是教育家陶行知先生所提倡的“在学中做，在做中学”的教育理论。它是一种以“项目导向、任务驱动”为主要形式，将职业岗位典型实践项目贯穿于教学的始终，用项目和任务进行新知识的引入。不以学科为中心来组织教学内容，不强调知识的系统性、完整性，而是从职业活动的实际需要出发，强调能力本位和知识的“必需、够用”原则，注重知识、技能传授与职业岗位实践项目紧密结合，让学生学有所用、学以致用。

本书按照“任务驱动、实践主导、能力拓展、教学做一体”的编写思路，侧重培养学生的基本技能，采用任务驱动的项目教学形式，任务的选取围绕生产现场的实例从简到繁、由浅入深地展开，注重基本操作和实际应用的训练，充分体现职业教育的特点，着眼于为生产一线培养技术应用型人才。

本书共有 8 个学习项目（27 个任务）。项目 1 为液压与气压传动的基础知识，内容包括液压与气压传动系统的认识，液压油识别与选用，了解流体力学基础知识，液压系统运行中常见问题分析与处理，孔口及缝隙流量的分析；项目 2 为液压元件的识别与应用，内容包括元件的功能、性能参数、结构和工作原理；项目 3 为液压系统基本回路的安装与调试，内容包括以典型基本回路为主线，用实例实施完成基本回路的安装与调试；项目 4 为液压系统的设计、安装与调试；项目 5 为典型液压系统的控制与运行；项目 6 为气动元件的识别与应用；项目 7 为气动基本回路的安装与调试；项目 8 为典型气动系统的控制与运行。

全书以工作任务为导向，以项目为载体，任务的实施可采用六步教学法，按照明确任务、制订计划、做出决策、实施、控制和评价反馈六个步骤组织完成。各学习情境均给出了学习目标、自我测试。

每个学习项目设有若干个任务，各任务由任务描述、任务分析、知识技能、任务实施和知识拓展部分组成。每个任务均基于完整的工作过程，具有可操作性和可行性，内容安排合理。任务的选取从简单到复杂、由单一到全面，基本知识由浅入深贯穿全书，并采用大量的应用实例。在教学过程中，建议不同院校根据本学校不同专业的设置和教学时数的情况，选择适当的任务进行教学。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案，需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由长沙航空职业技术学院肖春芳任主编，内蒙古化工职业技术学院李俊瑞、苏州技师学院王淑梅、兰州职业技术学院王晓峰任副主编，长沙航空职业技术学院洪小丽审阅了本书。其中项目 1 由王晓峰编写，项目 2、3、4、5、附录由肖春芳编写，项目 6 由王淑梅编写，项目 7、8 由李俊瑞编写。孙涛、陈儒军也参加了本书的编写和资料收集、整理工作。

本书在编写前进行了大量的调研，在制订编写提纲的过程中广泛听取了有关兄弟院校专业教师和毕业生以及企业高级工程师的建议，在编写过程中得到了长沙航空职业技术学院机械系黄登红副主任的大力支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢。本书虽经反复推敲和校对，但因编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2010年10月



目 录

CONTENTS

项目一 液压传动与气压传动的基础知识	1
任务 1 液压与气压传动系统的初步识别	1
任务 2 液压油的识别与选用	8
任务 3 了解流体力学基础知识	13
任务 4 液体流动的压力损失的分析与处理	20
任务 5 孔口及缝隙流量的分析	24
项目二 液压元件的识别与应用	29
任务 1 液压泵的识别与应用	29
任务 2 液压马达与液压缸的识别与应用	51
任务 3 液压控制阀的识别与应用	68
任务 4 液压辅助元件的识别与应用	99
项目三 液压系统基本回路的安装与调试	120
任务 1 方向控制回路的安装与调试	120
任务 2 压力控制回路的安装与调试	124
任务 3 速度控制回路的安装与调试	130
任务 4 多缸工作控制回路的安装与调试	139
项目四 液压系统的设计、安装与调试	144
任务 1 液压系统的设计	144
任务 2 液压系统的安装和调试	156
任务 3 液压系统的使用维护、故障诊断与排除	162
项目五 典型液压系统的控制与运行	170
任务 1 组合机床动力滑台液压系统的安装与调试	170
任务 2 YB32-200 型液压压力机液压系统的安装与调试	178
任务 3 数控车床液压系统	185
项目六 气动元件的识别与应用	194
任务 1 气源装置及气动辅助元件的识别与应用	194
任务 2 气动执行元件的识别与应用	202
任务 3 气动控制阀的识别与应用	208
项目七 气动基本回路的安装与调试	218
任务 1 方向、压力、速度控制回路的安装与调试	218

任务2 其他常用回路的安装与调试	225
项目八 典型气动系统的控制与运行	230
任务1 气液动力滑台气动系统的控制与实施	230
任务2 数控加工中心气动换刀系统的控制与实施	234
任务3 气动机械手控制与实施	239
附录 常用液压与气动元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	245
参考文献	249

项目一 液压传动与气压传动的基础知识



学习目标

1. 技能目标

- ① 具备对简单的液压与气动系统图的识读能力、绘读能力。
- ② 具备对液压与气动系统接线及元器件的安装布置能力，控制系统操作运行及调试能力，资料的搜集、查找及应用能力和同学间的相互评价能力。

2. 知识目标

- ① 掌握液压与气动系统的工作介质、组成及工作原理，液压与气动系统的图形符号及识读方法。
- ② 掌握简单的液压与气动回路图的绘制，专业绘图软件的应用及简单的液压与气动系统的安装与调试技能。

任务1 液压与气压传动系统的初步识别

【任务描述】

- ① 了解液压传动与气压传动的基本概念。
- ② 掌握液压传动与气压传动的工作原理。
- ③ 了解液压传动与气压传动的优缺点及应用。

【任务分析】

机器的组成如图 1.1~图 1.3 所示。

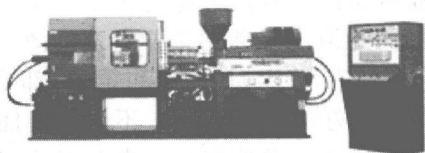


图 1.1 数控机床外形图

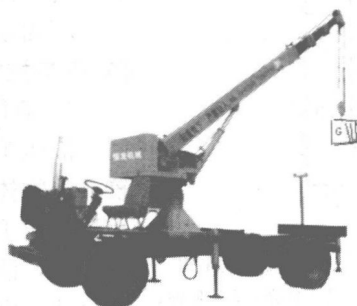


图 1.2 汽车起重机外形图

机器由原动机、传动机构和执行机构三部分组成。原动机有电动机、内燃机、燃气轮机和和其他形式（风力、人力）等动力装置（图 1.4）；传动机构分为机械传动、电气传动和流体传动三种形式。

机械传动常见形式有齿轮传动、带传动及链传动等；电气传动有多媒体、电器等形式；流体传动包括液体传动和气体传动两种形式。液体传动包括液力传动和液压传动。液力传动

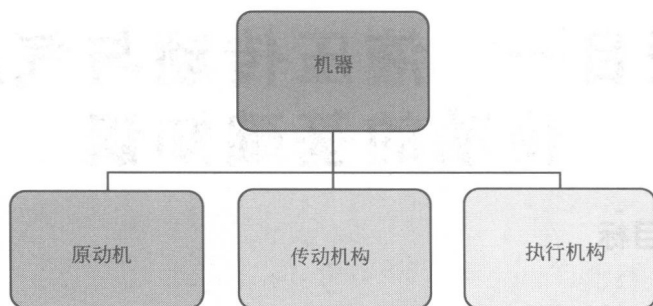


图 1.3 机器的组成图

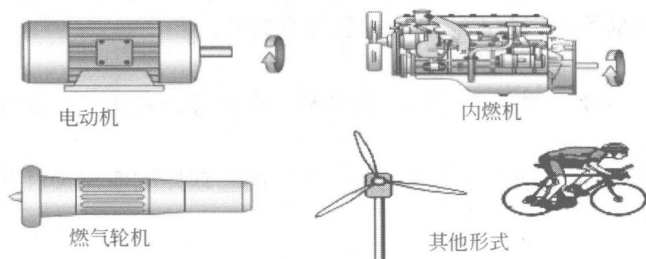


图 1.4 原动机的类型图

主要是利用非封闭液体的动能或势能传递和控制能量的；液压传动是利用封闭容器内液体体积的变化来传递和控制能量的。气压传动是以压缩空气为工作介质传递运动和动力的一门技术，由于气压传动具有防火、防爆、节能、高效、无污染等优点，因此应用较为广泛。气压传动简称为气动。

离心泵就是一种液力传动的设备，它是利用叶片的旋转形成压力差，然后再利用叶轮旋转将液体传送出去，将机械能转换为液体的动能（图 1.5）。

下面就来介绍一下液压传动与气压传动的工作原理及优缺点。

【知识与技能】

1. 液压与气压传动的工作原理及优缺点

液压千斤顶是机械行业常用的工具，常用这个小型工具顶起较重的物体。下面以它为例简述液压传动的工作原理。图 1.6 所示为液压千斤顶的工作原理图。有两个液压缸 1 和 6，内部分别装有活塞，活塞和缸体之间保持良好的配合关系，不仅活塞能在缸内滑动，而且配合面之间又能实现可靠的密封。当向上抬起杠杆时，液压缸 1 活塞向上运动，液压缸 1 下腔容积增大形成局部真空，单向阀 2 关闭，油箱 4 的油液在大气压作用下经吸油管顶开单向阀 3 进入液压缸 1 下腔，完成一次吸油动作。当向下压杠杆时，液压缸 1 活塞下移，液压缸 1 下腔容积减小，油液受挤压，

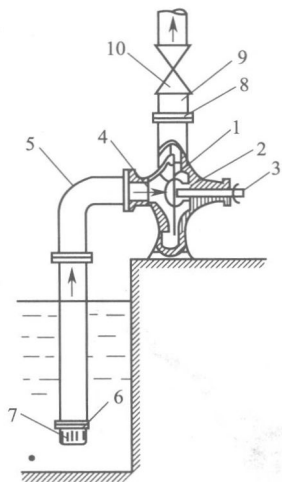


图 1.5 离心泵装置图

- 1—叶轮；2—泵壳；3—泵轴；
- 4—吸入口；5—吸油管；
- 6—单向底阀；7—滤网；
- 8—排出口；9—排出管
- 10—调节阀

压力升高，关闭单向阀 3，液压缸 1 下腔的压力油顶开单向阀 2，油液经排油管进入液压缸 6 的下腔，推动大活塞上移顶起重物。如此不断上下扳动杠杆就可以使重物不断升起，达到起重的目的。如杠杆停止动作，液压缸 6 下腔油液压力将使单向阀 2 关闭，液压缸 6 活塞连

同重物一起被自锁不动, 停止在举升位置。如打开截止阀 5, 液压缸 6 下腔通油箱, 液压缸 6 活塞将在自重作用下向下移, 迅速回复到原始位置。设液压缸 1 和 6 的面积分别为 A_1 和 A_2 , 则液压缸 1 单位面积上受到的压力 $p_1 = F/A_1$, 液压缸 6 单位面积上受到的压力 $p_2 = F_2/A_2$ 。根据流体力学的帕斯卡定律“平衡液体内某一点的压力值能等值地传递到密闭液体内各点”, 则有

$$p_1 = p_2 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1-1)$$

由液压千斤顶的工作原理得知, 液压缸 1 与单向阀 2、3 一起完成吸油与排油, 将杠杆的机械能转换为油液的压力能输出。液压缸 6 将油液的压力能转换为机械能输出, 抬起重物。有了负载作用力, 才产生液体压力。因此就负载和液体压力两者来说, 负载是第一性的, 压力是第二性的。液压传动装置本质是一种能量转换装置。在这里, 液压缸 6、液压缸 1 组成了最简单的液压传动系统, 实现了力和运动的传递。

从液压千斤顶的工作过程, 可以归纳出液压传动工作原理如下。

① 液压传动是以液体(液压油)作为传递运动和动力的工作介质。
② 液压传动经过两次能量转换, 先把机械能转换为便于输送的液体压力能, 然后把液体压力能转换为机械能对外做功。

③ 液压传动是依靠密封容积(或密封系统)内容积的变化来传递能量的。

工程机械的起重机、推土机, 汽车起重机, 注塑机, 机床行业的组合机床的滑台、数控车床工件的夹紧、加工中心主轴的松刀和拉刀等都应用了液压系统传动的工作原理。气压传动与液压传动的工作原理完全相同, 都是以密封容积中的受压工作介质来传递运动和动力的。它先将机械能转换成压力能, 然后通过各种元件组成的控制回路来实现能量的调控, 最终再将压力能转换成机械能, 使执行机构实现预定的运动。如生活中常用的打气筒。

2. 液压与气压传动系统的组成及符号

以图 1.7 所示组合机床工作台液压传动系统为例说明其组成。

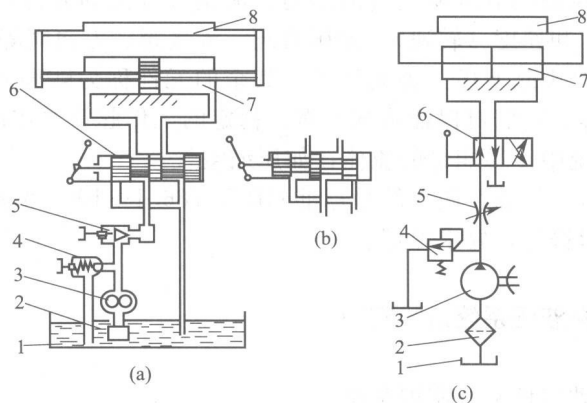


图 1.7 典型液压系统原理图

(a) 典型液压系统原理结构示意图; (b) 阀 6 阀芯位置的改变; (c) 典型液压系统原理图形符号图

1—油箱; 2—过滤器; 3—液压泵; 4—溢流阀; 5—流量控制阀; 6—换向阀; 7—液压缸; 8—工作台

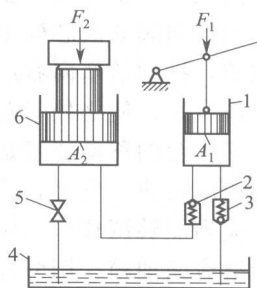


图 1.6 液压千斤顶
工作原理图

1—小液压缸; 2—排油单向阀;
3—吸油单向阀; 4—油箱;
5—截止阀; 6—大液压缸



液压泵 3 由电动机驱动旋转, 从油箱 1 中吸油, 经过滤器 2 后被液压泵吸入并输出给系统。当换向阀 6 阀芯处于图 1.7(a) 所示位置时, 压力油经阀 5、阀 6 和管道进入液压缸 7 的左腔, 推动活塞向右运动。液压缸右腔的油液经管道、阀 6、管道流回油箱。改变阀 6 阀芯工作位置, 使之处于左端位置时, 如图 1.7(b) 所示, 液压缸活塞反向运动。

工作台的移动速度是通过流量控制阀来调节的。阀口开大时, 进入缸的流量较大, 工作台的速度较快; 反之, 工作台的速度较慢。为适应克服大小不同阻力的需要, 泵输出油液的压力应当能够调整。工作台低速移动时, 流量控制阀开口小, 泵输出多余的油液经溢流阀 4 和管道流回油箱, 调节溢流阀弹簧的预压力, 就能调节泵输出口的油液压力。

从上面的例子可以看出, 液压传动系统主要由以下五部分组成。

① 动力元件。将机械能转换成流体压力能的装置。常见的是液压泵, 为系统提供压力油液, 如图 1.7 中的液压泵 3。

② 执行元件。将流体的压力能转换成机械能输出的装置。它可以是作直线运动的液压缸, 也可以是作回转运动的液压马达、摆动缸, 如图 1.7 中的液压缸 7。

③ 控制元件。对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制和调节的装置, 以及进行信号转换、逻辑运算和放大等功能的信号控制元件, 如图 1.7 中的溢流阀、流量控制阀和换向阀。

④ 辅助元件。保证系统正常工作所需的上述三种以外的装置, 如图 1.7 中的过滤器、油箱和管件。

⑤ 工作介质。用它进行能量和信号的传递。液压系统以液压油液作为工作介质。

图 1.7(a) 和图 1.7(b) 中的各个元件是半结构式图形画出来的, 直观性强, 易理解, 但难于绘制, 元件多时更是如此。在工程实际中, 除某些特殊情况外, 一般都用简单的图形符号绘制, 如图 1.7(c) 所示。图形符号只表示元件的功能, 不表示具体结构和参数。

与液压传动相似, 气压传动也有压力和流量两个重要参数。气压传动系统由五部分组成。

① 气源装置。气源装置即空气压缩机, 是系统中的动力元件, 它将电动机的机械能转变成气体的压力能, 为各类气动设备提供动力。

② 执行元件。执行元件是系统的能量输出装置, 它将空气压缩机提供的气压能转变成机械能, 输出力和速度 (转矩和转速), 用以驱动工作部件。如气缸和气马达。

③ 控制元件。是控制调节压缩空气的压力、流量、方向的元件, 用来保证执行元件具有一定输出力 (转矩) 和速度 (转速)。如压力阀、流量阀、方向阀等。

④ 辅助元件。系统中除上述三类元件外, 其余的元件称为辅助元件, 如过滤器、油雾器、储气罐、消声器等。它们对保证系统可靠、稳定的工作起重要作用。

⑤ 传动介质。系统中传递能量的流体, 如压缩空气。

我国制定的“液压与气动”图形符号标准 GB/T 786.1—1993 见附录。以后每介绍一类元件, 都会介绍其图形符号, 要求熟记。

【任务实施】

1. 机床工作台模拟液压系统认知实训

(1) 场地及设备

① 场地: 液压气动实训室、实训基地。

② 设备: 机床工作台液压系统。

(2) 实训目的

通过在实验台上组装机床工作台液压系统, 使学生掌握机床工作台液压系统的基本组

成,掌握液压传动的工作原理和特点。

(3) 实训要点

- ① 掌握液压传动的基本原理与优缺点。
- ② 掌握液压传动系统的基本组成。

(4) 预习要求

熟悉液压千斤顶的工作原理;掌握机床工作台液压系统的组成;读懂机床工作台系统工作原理图。

(5) 实训过程

1) 安全注意事项

- ① 液压实训涉及电、高压油,因此要保证实训设备和元器件的完好性。
- ② 要正确的安装和固定好元件。
- ③ 管路要连接牢固,若软管脱出可能会引起事故。
- ④ 限位元件不应放在动作杆的对面,而应使其侧面与杆接触。
- ⑤ 不得使用超过限制的工作压力。
- ⑥ 要按要求接好回路,检查无误后才能启动电机。
- ⑦ 实训现象不能按要求实现时,要仔细检查错误点,仔细分析产生错误的原因。
- ⑧ 做液压实训时,在有压力的情况下不准拆卸管子。
- ⑨ 要严格遵守各种安全操作规程。

2) 观摩教学

① 实验台元件讲解。

介绍实验台上元件和模拟机床工作台液压系统实验所需的元件。

② 实验台原理讲解。

压力的建立和调压。泵的工作压力是初学液压气动课程的同学难以建立起来的一个概念。通过认识溢流阀和泵,建立调压回路。首先将压力调为零,然后慢慢地调高压力,通过压力表显示压力的变化值。

缸的运动方向的控制与换向。首先要使学生了解缸是如何运动起来的。没有压力油,缸是不运动的;有压力油,如果油路不通,缸也是不运动的。只有进油路和回油路都是通畅的,压力油进入到缸的一腔,缸的工作压力能克服外负载,缸才能够运动起来。换向动作是通过换向阀来实现的。

③ 机床工作台模拟液压系统动作。

按照液压系统工作原理图,将所需元件布置在实验台面板上,用油管连接。

检查无误后,调松溢流阀,打开电源开关。

启动液压泵,调溢流阀、操作换向阀,改变液压缸的方向;改变节流阀,控制液压缸的运动速度。

3) 学生操作训练

(6) 实训小结

通过分组训练,讨论实训中发现的问题,分析并解决问题,完成实训报告。

2. 气动系统组成认知实训

(1) 实训目的

通过实验使学生了解气压基本回路的拼接方法,进一步熟悉几种常见的气压基本回路的功能及性能参数,熟悉气压元件及其在系统中的作用。

(2) 实训要点

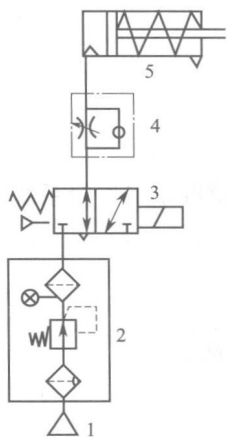


图 1.8 单作用气缸
工作原理图

- 1—气源；2—气动三联件；
3—二位三通单电磁阀；
4—单向节流阀；
5—单作用气缸

① 掌握气动系统的基本组成。

② 掌握气压传动的优缺点及应用。

(3) 预习要求

气压传动系统的组成及工作原理。气压传动系统的优缺点。

(4) 实训过程

① 依据实训要求选择所需的气动元件 [单作用气缸 (弹簧回位)、单向节流阀、二位三通单电磁换向阀、三联件、长度合适的连接软管], 并检验元器件的实用性能是否正常。

② 在看懂原理图的情况下, 按照原理图 1.8 搭建实验回路。

③ 将二位三通单电磁换向阀的电源接入口插入相应的电器控制面板输出口。

④ 确认连接安装正确稳妥, 把三联件的调压旋钮旋松, 通电, 开启气泵。待泵工作正常, 再次调节三联件的调压按钮, 使回路中的压力在系统工作压力以内。

⑤ 当二位三通电磁换向阀通电时, 右位接入, 气缸左腔进气, 气缸伸出, 失电时气缸靠弹簧的弹力回位 (在缸的伸缩过程中, 通过调节回路中的单向节流阀控制气缸动作的快慢)。

⑥ 实验完毕后, 关闭泵, 切断电源, 待回路压力为零时拆卸回路, 清理元器件并放回规定的位置。

(5) 实训小结

学生分组训练, 互相讨论, 分析下列问题, 完成实训报告。

① 若把回路中单向节流阀拆掉重做一次实验, 气缸的活塞运动是否会很平稳, 而且冲击效果是否很明显? 回路中用单向节流阀的作用是什么?

② 采用三位五通双电磁换向阀是否能实现缸的定位? 主要是利用了三位五通双电磁换向阀的什么机能?

【知识拓展】

1. 液压和气压传动的优缺点

与机械传动和电力拖动系统相比, 液压传动具有以下优点。

① 液压元件的布置不受严格的空位位置限制, 系统中各部分用管道连接, 布局安装有很大的灵活性, 能构成用其他方法难以组成的复杂系统。

② 可以在运行过程中实现大范围的无级调速, 调速范围可达 2000:1。

③ 液压传动和液气联动传递运动均匀平稳, 易于实现快速启动、制动和频繁的换向。

④ 操作控制方便、省力, 易于实现自动控制、中远程距离控制以及过载保护。与电气控制、电子控制相结合, 易于实现自动工作循环和自动过载保护。

⑤ 液压元件属机械工业基础件, 标准化、系列化和通用化程度较高, 有利于缩短机器的设计、制造周期和降低制造成本。

除此之外, 液压传动突出的优点还有单位质量输出功率大。因为液压传动的动力元件可采用很高的压力 (一般可达 32MPa, 个别场合更高), 因此, 在同等输出功率下具有体积小、质量小、运动惯性小、动态性能好的特点。

液压传动的缺点如下。

① 在传动过程中, 能量需经两次转换, 传动效率偏低。

② 由于传动介质的可压缩性和泄漏等因素的影响, 不能严格保证定比传动。

③ 液压传动性能对温度比较敏感,不能在高温下工作,采用石油基液压油作传动介质时还需注意防火问题。

④ 液压元件制造精度高,系统工作过程中发生故障不易诊断。

总的来说,液压传动的优点是主要的,其缺点将随着科学技术的发展会不断得到克服。例如,将液压传动与气压传动、电力传动、机械传动合理地联合使用,构成气液、电液(气)、机液(气)等联合传动,以进一步发挥各自的优点,相互补充,弥补某些不足之处。

气压传动与液压传动相比,气压传动有如下优点。

① 空气作为工作介质,可从大气中直接汲取,用后直接排入大气,成本低,不污染环境。

② 空气黏性小,在管道中流动时损失小,适用于远程传输和控制。

③ 工作压力低,气动元件对材质和精度的要求低,使用寿命长,成本低。

④ 对工作环境的适应性好,特别是在易燃、易爆、高尘埃、强磁、辐射及振动等恶劣环境中使用时比液压传动要安全得多。

气压传动与液压传动相比,气压传动有如下缺点。

① 空气具有压缩性,故其工作速度和工作平稳性方面不如液压传动。

② 工作压力低,系统输出力小,传动效率较低。

③ 排气噪声大。

④ 气压传动的信号速度限制在声速(约 340m/s)范围内,故其工作频率和响应速度不如电子装置,不宜用于信号传递速度要求较高的复杂线路中。

2. 液压与气压传动技术的应用发展

液压与气压传动相对于机械传动来说是一门新兴技术。从 1795 年世界上第一台水压机诞生起,已有几百年的历史,但液压与气压传动在工业上被广泛采用和有较大的发展是 20 世纪中期以后的事情。在工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航空和机床行业中,液压技术得到了普遍的应用。随着原子能、空间技术、电子技术等方面的发展,液压技术向更广阔的领域渗透,发展成为包括传动、控制和检测在内的一门完整的自动化技术。现今,采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。如发达国家生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动。

随着液压机械自动化程度的不断提高,液压元件应用数量急剧增加,元件小型化、系统集成化是必然的发展趋势。特别是近十年来,液压技术与传感技术、微电子技术密切结合,出现了许多诸如电液比例控制阀、数字阀、电液伺服液压缸等机(液)电一体化元器件,使液压技术在高压、高速、大功率、节能高效、低噪声、使用寿命长、高度集成化等方面取得了重大进展。无疑,液压元件和液压系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助试验(CAT)和计算机实时控制也是当前液压技术的发展方向。

人们很早就懂得用空气作为工作介质传递动力做功,如利用自然风力推动风车、带动水车提水灌田,近代用于汽车的自动开关门、火车的自动抱闸、采矿用风钻等。因为空气作为工作介质具有防火、防爆、防电磁干扰,抗振动、冲击、辐射等优点,近年来气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁、机械工业等重工业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。和液压技术一样,当今气动技术亦发展成包含传动、控制与检测在内的自动化技术,作为柔性制造系统(FMS)在包装设备、自动生产线和机器人等方面成为不可缺少的重要手段。由于工业自动化以及 FMS 的发展,要求气动技术以提高系统可靠性、降低总成本与电子工业相适应为目标,进行系统控制技术和机电液气综合技术的研究和开发。显然,气动元件的微型化、节能化、无油化是当前的发展特点,与电子技术相结合产生的自适



应元件,如各类比例阀和电气伺服阀,使气动系统从开关控制进入到反馈控制。计算机的广泛应用与应用为气动技术的发展提供了更加广阔的前景。

【自我测试】

1. 哪些设备使用了液压技术?(实习工厂或露天作业的设备。)
2. 什么是液压传动?基本工作原理是什么?
3. 液压传动系统由哪些部分组成?各部分的作用是什么?
4. 液压元件在系统图中是怎样表示的?
5. 和其他传动方式相比,液压传动有哪些主要优点和缺点?
6. 一个典型的气动系统由哪几个部分组成?
7. 试述气压传动的工作原理。
8. 简述气压传动与液压传动的区别与联系。

任务2 液压油的识别与选用

【任务描述】

- ① 能正确选择液压油的牌号。
- ② 能正确使用液压油。

【任务分析】

液压传动是以液压油(通常为矿物油)作为工作介质来传递动力和信号的。因此液压油质量(物理、化学性能)的优劣,尤其是力学性能对液压系统工作的影响很大。所以,在研究液压系统之前,必须对所用的液压油及其性能进行较深入了解,以便进一步理解液压传动的基本原理。

【知识与技能】

1. 液压油的主要物理性质

(1) 密度

单位体积液体的质量称为该液体的密度

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中 V ——体积;

m ——体积为 V 的液体的质量;

ρ ——液体的密度。

密度是液体一个重要的物理量参数。随着温度或压力的变化,其密度也会发生变化,但变化量一般很小,可以忽略不计。一般液压油的密度为 900kg/m^3 。

(2) 可压缩性

液体受压力的作用而发生体积减小变化称为液体的可压缩性。若液压油中混入空气时,其可压缩性将显著增加,并将严重影响液压系统的工作性能。因此在液压系统中尽量减少油液中混入的气体及其他挥发物质(如汽油、煤油、乙醇和苯等)的含量。

(3) 黏性

① 黏性的意义 液体在外力作用下流动时,液体分子间内聚力会阻碍分子相对运动,即分子之间产生一种内摩擦力,这一特性称为液体的黏性。黏性是液体重要物理特性,也是选择液压用油的依据。

由于液体在外力作用下才有黏性,因此液体在静止状态下是不呈现黏性的。液体黏性的

大小用黏度来表示。

② 液体的黏度 指定量表示黏性高低的量,常用的黏度有三种,即动力黏度、运动黏度和相对黏度。平时提到油的牌号实际是运动黏度。

a. 动力黏度 μ 在法定计量单位制及 SI 制中,动力黏度 μ 的单位是 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒)或用 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ (牛·秒/米²) 表示。

在 CGS 制中, μ 的单位为 $\text{dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ (达因·秒/厘米²),又称为 P (泊)。P 的百分之一称为 cP (厘泊)。其换算关系如下

$$1\text{Pa} \cdot \text{s} = 10\text{P} = 10^3\text{cP}$$

b. 运动黏度 ν 动力黏度 μ 和该液体密度 ρ 之比值,称为运动黏度。即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-3)$$

运动黏度 ν 没有明确的物理意义。因为在单位中只有长度和时间的量纲,所以称为运动黏度。它是工程实际中经常用到的物理量。

在我国法定计量单位制及 SI 制中,运动黏度 ν 的单位是 m^2/s (米²/秒)。

在 CGS 制中, ν 的单位是 cm^2/s (厘米²/秒),通常称为 St (沱)。1St(沱)=100cSt(厘沱)。两种单位制的换算关系为

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^4\text{St} = 10^6\text{cSt}$$

就物理意义来说, ν 并不是一个黏度的量,但工程中常用它来标志液体的黏度。例如,液压油的牌号,就是这种油液在 40℃ 时运动黏度 ν (mm^2/s) 的平均值,如 L-AN32 液压油就是指这种液压油在 40℃ 时运动黏度的平均值为 $32\text{mm}^2/\text{s}$ 。

c. 相对黏度 相对黏度又称条件黏度。它是采用特定的黏度计在规定的条件下测出来的液体黏度。根据测量条件的不同,各国采用的相对黏度的单位也不同。如我国、德国及前苏联等国家采用恩氏黏度 ($^{\circ}\text{E}$),美国采用国际赛氏秒 (SSU),英国采用雷氏黏度 (R) 等。

恩氏黏度由恩氏黏度计测定,即将 200cm^3 的被测液体装入底部有 $\phi 2.8\text{mm}$ 小孔的恩氏黏度计的容器中,在某一特定温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时,测定液体在自重作用下流过小孔所需的时间 t_1 和同体积的蒸馏水在 20℃ 时流过同一小孔所需的时间 t_2 之比值,便是该液体在 $t^{\circ}\text{C}$ 时的恩氏黏度。恩氏黏度用符号 $^{\circ}\text{E}_t$ 表示

$$^{\circ}\text{E}_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-4)$$

一般以 20℃、50℃、100℃ 作为测定恩氏黏度的标准温度,由此而得来的恩氏黏度分别用 $^{\circ}\text{E}_{20}$ 、 $^{\circ}\text{E}_{50}$ 和 $^{\circ}\text{E}_{100}$ 表示。

恩氏黏度和运动黏度的换算关系可以查询手册或相关书籍。

d. 调和油的黏度。选择合适黏度的液压油,对液压系统的工作性能有着十分重要的作用。有时现有的油液黏度不能满足要求,可把两种不同黏度的油液混合起来使用,称为调和油。调和油的黏度与两种油所占的比例有关,一般可用表 1.1 的经验公式计算。

表 1.1 系数 c 的数值

a	10	20	30	40	50	60	70	80	90
b	90	80	70	60	50	40	30	20	10
c	6.7	13.1	17.9	22.1	25.5	27.9	28.2	25	17

e. 黏度和温度的关系 温度对油液黏度影响很大,当油液温度升高时,其黏度显著下

降。油液黏度的变化直接影响液压系统的性能和泄漏量,因此希望黏度随温度的变化越小越好。不同的油液有不同的黏度温度变化关系,这种关系叫做油液的黏温特性。

油液的黏温特性可以用黏度指数 VI 来表示,VI 值越大,表示油液随温度的变化率越小,即黏温特性越好。一般液压油要求 VI 值在 90 以上,而精制的液压油及加有添加剂的液压油,其值可大于 100,几种国产油液黏温特性如图 1.9 所示。

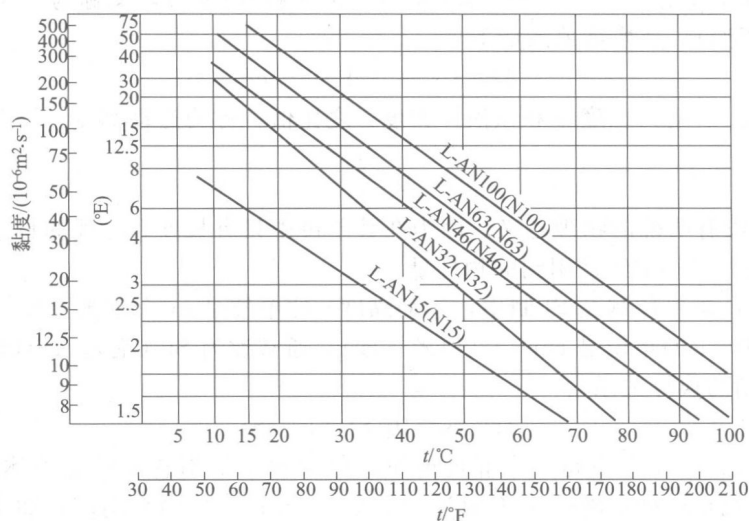


图 1.9 几种国产油液黏温图

f. 黏度与压力的关系 压力对油液的黏度也有一定的影响。压力越高,分子间的距离越小,因此黏度变大。不同的油液有不同的黏度压力变化关系。这种关系叫油液的黏压特性。

在液压系统中,若系统的压力不高,压力对黏度的影响较小,一般可以忽略不计。当压力较高或压力变化较大时,则压力对黏度的影响必须考虑。

(4) 其他特性

液压油液还有其他一些物理化学性质,如抗燃性、抗氧化性、抗凝性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、润滑性、导热性、稳定性以及相容性(主要指对密封材料、软管等不侵蚀、不溶胀的性质)等,这些性质对液压系统的工作性能有重要影响。对于不同品种的液压油,这些性质的指标是不同的,具体应用时可查油类产品手册。

2. 液压油的种类及选用

(1) 液压油的要求

液压油是液压系统中借以传递能量的工作介质。液压油的主要功用是传递能量,此外还兼有润滑、密封、冷却、防锈等功能,负担这样功能的液压油必须稳定,不能因使用条件而改变性质。因此油液的性能会直接影响液压传动的性能,如工作的可靠性、灵敏性、工况的稳定性、系统的效率及零件的寿命等。一般在选择油液时应满足下列几项要求。

- ① 黏温特性好。在使用温度范围内,油液黏度随温度的变化越小越好。
- ② 具有良好的润滑性。即油液润滑时产生的油膜强度高,以免产生干摩擦。
- ③ 成分要纯净,不应含有腐蚀性物质,以免侵蚀机件和密封元件。
- ④ 具有良好的化学稳定性。油液不易氧化,不易变质,以防产生黏质沉淀物影响系统工作,防止氧化后油液变为酸性,对金属表面起腐蚀作用。