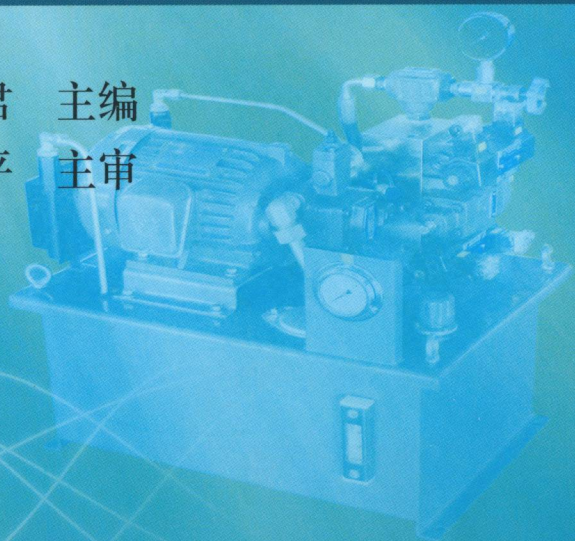


全国高职高专机电类专业规划教材

YEYA YU QIDONG JISHU

# 液压与气动技术

梁建和 廖 君 主编  
邓良平 主审



黄河水利出版社



TH137  
91

# 液压与气动技术

YEYA YU QIDONG JISHU

组稿编辑 王路平  
简 群  
责任编辑 田丽萍  
封面设计 谢 萍  
责任校对 杨秀英  
责任监制 常红昕

ISBN 978-7-80734-853-5



9 787807 348535 >

定 价：29.00 元



全国高职高专机电类专业规划教材

# 液 压 与 气 动 技 术

|     |     |     |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 梁建和 | 廖 君 |
| 副主编 | 陈传艳 | 赵华新 |
|     | 苏万清 | 殷镜波 |
| 主 审 | 邓良平 |     |

黄河水利出版社

· 郑州 ·

## 内 容 提 要

本书是全国高职高专机电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的液压与气动技术课程教学大纲编写完成的。全书由12个项目和27个实训任务组成,主要内容包括:典型流体传动系统认识、液压传动方向控制、液压传动压力控制、速度控制、液压系统的安装调试及使用维护、典型液压系统及故障诊断处理、液压传动系统的现代化技术、液力变矩器的拆装与检修、压缩空气站及气动系统辅助元件、气动基本回路及其控制实现、气动逻辑控制与比例伺服控制、气动系统应用实例。

本书是针对机电类和近机类高等职业教育而编写的,适合高职高专院校相关专业作为教材,也可以作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供相关专业工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

液压与气动技术/梁建和,廖君主编. —郑州:黄河水利出版社,2011.1

全国高职高专机电类专业规划教材

ISBN 978-7-80734-853-5

I. ①液… II. ①梁… ②廖… III. ①液压传动—高等学校:技术学校—教材②气压传动—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第135473号

策划组稿:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@163.com

简 群

66026749

w\_jq001@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsllcs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:16.25

字数:380千字

印数:1—4 000

版次:2011年1月第1版

印次:2011年1月第1次印刷

定价:29.00元

# 前言

本书是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》、《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业规划教材。

液压与气动技术是工科高职高专院校机电类专业的必修课。为了贯彻教育部[2006]16 号文的精神,本书全面贯彻以行动引导型教学法组织教材内容的指导思想,采用项目载体、任务驱动的方案,通过“教、学、做”一体化模式组织教学,突显出鲜明的高等职业教育特色。全书由 12 个项目组成,每个项目至少由一个实践性较强的实训任务作引导,突出以能力为本位、以应用为目的的教学理念,符合“用感性引导理性,由实践导入理论,从形象过渡到抽象”的认识规律,具备“寓基础于应用中,寓理论于实践中,寓枯燥于兴趣中”的特点。本着加强操作技能培训的理念,摒弃旧的学科系统化观念,贯彻生产过程系统化思想,精心挑选和组织内容。

在教学内容的处理和安排上,主要是将流体力学基础、基本回路两部分的内容不再单独作为重点集中列出,而是用到即讲,不用即罢,体现了“理论够用为度”的原则;按照执行元件对外的出力、方向、速度等表现将元件和回路合在一起讲,突出了应用概念;鉴于液压传动技术与气压传动技术两者既有很多共同之处,也有不少相异点,故没有将液压和气动完全融为一体。照顾到汽车和工程机械类专业的需要,还简明扼要地介绍了液力变矩器和典型工程机械液压传动系统。对于现代控制技术在液压传动领域的应用,除介绍比例阀和数字阀外,还用实例介绍了机床和工程机械数控化改造的基本原理,这是本教材的一大特色所在;将液压系统故障诊断处理融入典型液压系统原理的教学中是本教材的又一特色。可以说,本书无论是在内容选择处理还是在教学方法的运用上,都符合高职院校机电类和近机类专业的教学需要和当前我国高等职业教育发展的方向。

本书的编审团队,主要由既具有丰富的机械维修实践经验又有多年的职业教育教学经验的教师组成,既有教授、副教授,又有高级工程师,这是本书总体质量的保证。

本书编写人员及编写分工如下:广西水利电力职业技术学院梁建和编写项目一、七,湖北水利水电职业技术学院陈传艳编写项目二、三,广西水利电力职业技术学院苏万清编写项目四、十,安徽水利水电职业技术学院赵华新编写项目五、六,浙江同济科技职业学院廖君编写项目八、九,山东水利职业学院殷镜波编写项目十一、十二。本书由梁建和、廖君担任主编,梁建和负责统稿修改工作;由陈传艳、赵华新、苏万清、殷镜波担任副主编;由湖南水利水电职业技术学院邓良平担任主审,其对本书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。



本书是针对机电类和近机类高等职业教育而编写的,适合高职高专院校相关专业作为教材,也可以作为各类业余大学、函授大学、电视大学及中等职业学校相关专业的教学参考书,并可供相关专业工程技术人员参考使用。

由于我国基于行动引导型教学法组织内容,按“教、学、做”一体化模式组织教学的高职高专教材建设刚刚起步,加之编写时间仓促、编者水平有限等因素,书中缺点和错误在所难免,恳请广大同行及读者批评指正。

编 者

2010 年 2 月

# 目 录

## 前 言

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 项目一 典型流体传动系统认识 .....               | (1)  |
| 【任务 1.1】 液压千斤顶的使用与拆装 .....         | (1)  |
| 1.1 液压与气动技术的基本原理及系统图形符号 .....      | (2)  |
| 1.2 液压传动技术的主要优缺点及其与其他传动方式的比较 ..... | (4)  |
| 1.3 液压油 .....                      | (6)  |
| 1.4 空 气 .....                      | (10) |
| 1.5 液体传动的力学基础 .....                | (11) |
| 小 结 .....                          | (17) |
| 复习思考题 .....                        | (17) |
| 项目二 液压传动方向控制 .....                 | (18) |
| 【任务 2.1】 液压缸的拆装 .....              | (18) |
| 2.1 液压缸 .....                      | (18) |
| 【任务 2.2】 换向控制阀的拆装及液压缸的伸缩控制 .....   | (31) |
| 2.2 换向阀简介及液压缸的伸缩控制 .....           | (32) |
| 【任务 2.3】 单向控制阀的拆装与锁紧回路实验 .....     | (43) |
| 2.3 锁紧控制 .....                     | (45) |
| 小 结 .....                          | (47) |
| 复习思考题 .....                        | (47) |
| 项目三 液压传动压力控制 .....                 | (49) |
| 【任务 3.1】 溢流阀的拆装及卸荷回路 .....         | (49) |
| 3.1 溢流阀 .....                      | (50) |
| 【任务 3.2】 顺序阀的拆装与顺序回路 .....         | (56) |
| 3.2 顺序控制 .....                     | (57) |
| 【任务 3.3】 减压阀的拆装与减压回路 .....         | (63) |
| 3.3 减压控制 .....                     | (63) |
| 3.4 其他压力控制回路及其元件 .....             | (65) |
| 小 结 .....                          | (70) |
| 复习思考题 .....                        | (70) |
| 项目四 液压传动速度控制 .....                 | (72) |
| 【任务 4.1】 流量控制阀的拆装 .....            | (72) |



|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 4.1 流量控制阀 .....                       | (73)  |
| 【任务 4.2】 节流调速控制回路组装 .....             | (76)  |
| 4.2 节流调速控制回路 .....                    | (77)  |
| 【任务 4.3】 定量泵的拆装 .....                 | (78)  |
| 4.3 液压动力元件 .....                      | (80)  |
| 【任务 4.4】 变量泵的拆装 .....                 | (87)  |
| 4.4 变量泵—定量执行元件的容积调速控制 .....           | (90)  |
| 【任务 4.5】 液压马达的拆装 .....                | (96)  |
| 4.5 用液压马达作执行元件的容积调速控制 .....           | (97)  |
| 4.6 容积节流调速控制 .....                    | (101) |
| 【任务 4.6】 快速运动回路的组装 .....              | (103) |
| 4.7 快速运动与速度换接控制 .....                 | (104) |
| 4.8 多缸速度同步回路 .....                    | (107) |
| 小 结 .....                             | (109) |
| 复习思考题 .....                           | (110) |
| 项目五 液压系统的安装调试及使用维护 .....              | (113) |
| 【任务 5.1】 液压系统的安装调试 .....              | (113) |
| 5.1 液压系统图 .....                       | (114) |
| 5.2 液压系统安装、调试 .....                   | (119) |
| 5.3 液压装置的噪声和振动 .....                  | (131) |
| 小 结 .....                             | (132) |
| 复习思考题 .....                           | (132) |
| 项目六 典型液压系统及故障诊断处理 .....               | (133) |
| 【任务 6.1】 液压系统故障诊断及排除 .....            | (133) |
| 6.1 液压系统故障分析与排除 .....                 | (134) |
| 【任务 6.2】 典型机床液压系统故障分析及处理实例 .....      | (147) |
| 6.2 组合机床液压动力滑台液压系统分析 .....            | (147) |
| 6.3 液压机液压系统及故障诊断处理 .....              | (152) |
| 6.4 M1432A 型万能外圆磨床液压系统及故障诊断处理分析 ..... | (156) |
| 6.5 注射机液压系统故障诊断及处理 .....              | (161) |
| 【任务 6.3】 汽车起重机液压系统故障分析处理 .....        | (167) |
| 6.6 汽车起重机液压系统及故障分析处理 .....            | (167) |
| 小 结 .....                             | (175) |
| 复习思考题 .....                           | (175) |
| 项目七 液压传动系统的现代化技术 .....                | (176) |
| 【任务 7.1】 新型液压控制阀的拆装 .....             | (176) |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 7.1 电液比例阀 .....                   | (177) |
| 7.2 插装阀 .....                     | (180) |
| 7.3 叠加阀 .....                     | (183) |
| 7.4 电液数字阀 .....                   | (184) |
| 【任务 7.2】 数控化改造后的液压仿形车床拆装 .....    | (185) |
| 7.5 液压伺服系统工作原理及数控化改造 .....        | (186) |
| 【任务 7.3】 液压挖掘机工作臂的数控化改造 .....     | (188) |
| 7.6 液压伺服系统的计算机控制技术 .....          | (189) |
| 小 结 .....                         | (192) |
| 复习思考题 .....                       | (192) |
| 项目八 液力变矩器的拆装与检修 .....             | (193) |
| 【任务 8.1】 液力变矩器的拆装 .....           | (193) |
| 8.1 液力变矩器的基本工作原理 .....            | (193) |
| 【任务 8.2】 液力变矩器的检修 .....           | (200) |
| 8.2 液力变矩器的检修 .....                | (200) |
| 小 结 .....                         | (202) |
| 复习思考题 .....                       | (202) |
| 项目九 压缩空气站及气动系统辅助元件 .....          | (203) |
| 【任务 9.1】 气源元件结构拆装 .....           | (203) |
| 9.1 压缩空气站与气源净化装置 .....            | (204) |
| 【任务 9.2】 气动系统辅助元件的拆装 .....        | (208) |
| 9.2 气动系统辅助元件 .....                | (209) |
| 小 结 .....                         | (211) |
| 复习思考题 .....                       | (211) |
| 项目十 气动基本回路及其控制实现 .....            | (213) |
| 【任务 10.1】 气动控制阀的拆装及气缸运动控制实现 ..... | (213) |
| 10.1 方向控制阀及方向控制回路 .....           | (214) |
| 10.2 压力控制阀及压力控制回路 .....           | (216) |
| 10.3 流量控制阀及流量控制回路 .....           | (220) |
| 10.4 其他控制回路 .....                 | (222) |
| 小 结 .....                         | (226) |
| 复习思考题 .....                       | (226) |
| 项目十一 气动逻辑控制与比例伺服控制 .....          | (227) |
| 【任务 11.1】 气动逻辑元件结构拆装与逻辑控制设计 ..... | (227) |
| 11.1 气动逻辑元件 .....                 | (228) |
| 11.2 气动比例阀及气动伺服阀 .....            | (232) |

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 11.3 气动逻辑控制 .....           | (234) |
| 小 结 .....                   | (237) |
| 复习思考题 .....                 | (237) |
| 项目十二 气动系统应用实例 .....         | (238) |
| 【任务 12.1】 气压传动系统的安装调试 ..... | (238) |
| 12.1 门户开闭回路 .....           | (239) |
| 12.2 气动夹紧系统 .....           | (240) |
| 12.3 数控加工中心气动换刀系统 .....     | (240) |
| 小 结 .....                   | (241) |
| 复习思考题 .....                 | (241) |
| 附 录 常用液压与气动元(辅)件图形符号 .....  | (242) |
| 参考文献 .....                  | (250) |

# 项目一 典型流体传动系统认识

## 教学目标

### 1. 知识目标

了解液压与气压传动系统的基本组成、工作原理和主要优缺点,全面了解液压与气动技术工作介质的用途、种类、主要性质、选择和使用。

### 2. 能力目标

能正确操作和拆装液压千斤顶。

## 【任务 1.1】 液压千斤顶的使用与拆装

## 实训任务书

### 1. 实训目的

了解液压千斤顶传动系统的基本组成、工作原理及重要零件的材料、工艺、技术要求,认识相关液压元件的结构和各个零件外形及安装部位,初步了解、掌握液压千斤顶的使用操作,在机械拆装方面获得初步的职业训练。

### 2. 使用实训指导

(1)空载操作。关闭卸荷阀,用操作杠杆反复泵油,使液压缸活塞伸出一定高度;然后打开卸荷阀,用外力将液压缸活塞压回位。

(2)带载操作。①液压缸活塞负载伸出。关闭卸荷阀,用操作杠杆反复提压泵油,使液压缸活塞伸出一定高度,将负荷顶起或压迫变形。②液压缸活塞空载回位。打开卸荷阀,用外力将液压缸活塞压回位。

### 3. 拆装实训指导

(1)拆装前首先分析产品铭牌,了解型号和基本参数,根据结构特点制定出拆卸工艺过程,并按此进行拆装。

(2)记录元件或零部件的拆卸顺序和方向。

(3)拆卸下来的零部件按顺序分类放置,并要做到不落地、不划伤、不沾水。

(4)拆装轴承、卡环等个别零件需要用轴承起子、卡钳等专用工具;切忌用铁或钢棒直接敲打零件,需要敲打时应用比待敲打零件软的铜棒或低碳钢棒进行。

(5)卸下的零件用柴油清洗干净,并去除各工作面的毛刺。

(6)元件装配按与拆卸相反的顺序进行,安装时要注意零件的安装位置、方向和对准定位槽孔。

(7)最后检查现场有无漏装元件,确认安装无误后注入机油,手动检查运动部位是否灵活动作。



(8)在拆装中,要注意理论联系实际,抓住元件的结构要素和工作特性。

#### 4. 实训报告要求

通过本实训应重点明确的问题:

(1)液压千斤顶的基本组成和工作原理如何?系统的压力和活塞运动速度取决于什么?

(2)采用什么样的液压泵和液压缸?其内部有哪些密封工作空间,这些密封工作空间的容积大小是如何变化的?采取哪些具体措施解决泄漏问题?

(3)液压泵是如何解决进出油配油的?

(4)液压缸活塞杆导向套的作用是什么?

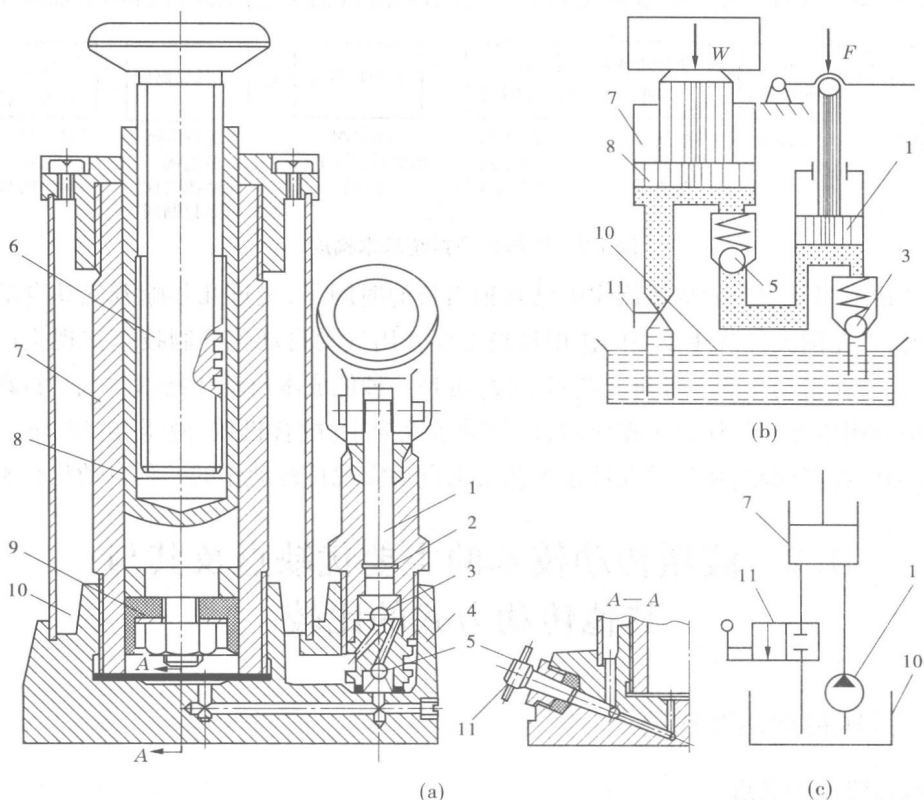
### 相关知识

## 1.1 液压与气动技术的基本原理及系统图形符号

液压与气动技术是一门研究以有压流体为传动介质,来实现能量传递和控制的学科。由于流体这种工作介质具有独特的物理性能和低污染、低成本的特点,液压传动系统和气压传动系统在能量传递、系统构成及其控制等方面有诸多优势,液压与气动技术发展迅速,在国民经济的各个领域,如工程机械、冶金、军工、农机、汽车、轻纺、船舶、石油、航空和自动化生产线等中,得到了普遍的应用。

目前,我国机械工业在认真消化、推广从国外引进的先进液压技术的同时,大力研制开发国产液压元件新产品,加强产品质量可靠性和新技术应用的研究,积极采用国际标准和执行新的国家标准,合理调整产品结构,对一些性能较差的不符合国家标准的液压元件产品采取逐步淘汰的措施。

液压千斤顶的工作原理如图 1-1 所示,图 1-1(a)为液压千斤顶的结构原理图。图中液压缸 7 和液压泵分别装有活塞 8 和柱塞 1,活塞和缸体之间采用间隙配合、橡胶圈密封,柱塞与泵体之间采用间隙密封,配合间隙较小,也有的加橡胶密封圈。图 1-1(b)所示为其工作原理图,当用手提起杠杆时柱塞 1 就被带动上行,使柱塞泵下腔的密封容积增大,腔内压力下降形成局部真空,在大气压力的作用下出油阀(单向阀)5 关闭、油箱 10 的油液推开进油阀(单向阀)3 进入柱塞泵的下腔,完成一次吸油动作;接着压下杠杆,柱塞下移,柱塞泵下腔的密封容积减小,腔内压力升高,压力油关闭单向阀 3、推开单向阀 5,挤入液压缸 7 的下腔,克服重力  $W$  推动活塞 8 将重物向上顶起一段距离。如此反复地提压杠杆,就可以使重物不断升起,达到起重的目的。若将控制阀 11 旋转  $90^\circ$ ,使液压缸下腔直接与油箱连通,在重物的自重作用下,缸内的油液流回油箱,活塞下降至最低位置。在这里,推动液压缸运动需要有一定量的压力油,缸内压力的大小取决于作用于活塞杆上的外力  $W$ (重物的重量),活塞的位移量和运动速度取决于进入液压缸的油量和速度。上述一定量的液压油是由柱塞泵产生的,进油阀 3 和出油阀 5 一起构成泵的配流装置;缸与油箱的通断由阀 11 控制;其余如管道、油箱等起辅助作用。可见,液压传动系统由工作介质(油)、动力元件(泵)、执行元件(液压缸)、控制元件(阀)和辅助元件(油管、油箱等)组成。



1—柱塞;2—O 形圈;3—进油阀;4—底座;5—出油阀;6—螺旋顶;  
7—液压缸;8—活塞;9—密封圈;10—油箱;11—控制阀

图 1-1 液压千斤顶

通过分析液压千斤顶的工作过程,可知液压与气动技术有以下几个要点:

- (1) 液压与气动技术是以有压流体作为工作介质来传递动力和运动的;
- (2) 执行元件承载能力的大小与流体压力及其有效作用面积有关,而它的运动速度取决于单位时间内进入缸内流体体积的多少;

(3) 液压或气压传动装置本质上是一种能量转换装置,泵先把机械能转换为便于输送的流体压力能,通过回路后,执行元件又将流体压力能转换为机械能输出做功。

液压与气动系统的图形符号有结构原理图和职能符号图两种。在图 1-1(b) 中,组成液压系统的各个元件是用半结构式图形画出来的,这种图形直观性强,较易理解,但较难绘制。在工程实际中,一般依据国家标准 GB/T 786. 1—1993 用简单的图形符号来绘制液压与气动系统原理图。例如将图 1-1(b) 所示的液压系统采用职能符号绘制,则其系统原理图如图 1-1(c) 所示。应该注意,图中的符号只表示元件的功能,不表示元件的结构和安装位置。使用这些图形符号可使系统图简单明了,绘制方便。

气压传动简称气动,气压传动系统的基本构成如图 1-2 所示,与液压传动系统基本相同,不同的是气压传动系统的介质直接取于大气,处理后方可得到清洁的介质供传动使用,因此增加了一套气源处理元件。由此可见,气压传动系统的组成也是五个部分:工作

介质(气)、动力元件(气泵或称空气压缩机)、执行元件(缸)、控制元件(阀)和辅助元件。

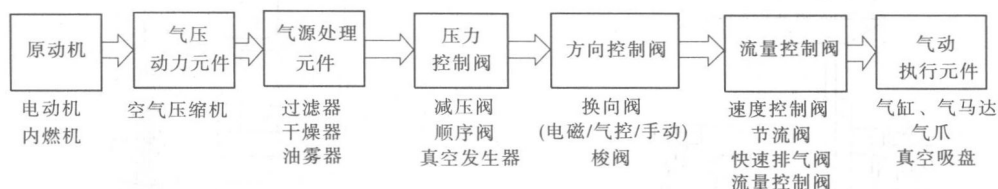


图 1-2 气压传动系统基本构成

气动技术用于简单的机械操作中已有相当长的时间了,最近几年随着气动自动化技术的发展,它在国民经济建设中的作用日趋重要。用气动自动化控制技术实现生产过程自动化,是工业自动化的一种重要技术手段,也是一种低成本自动化技术。气动自动化控制是利用压缩空气作为工作介质,以气动系统为主,配合机械、液压、电气、电子等元件,综合构成控制回路,使气动元件按工艺要求自动实现目标动作的一种自动化技术。

## 1.2 液压传动技术的主要优缺点及其与其他传动方式的比较

### 1.2.1 液压传动主要优缺点

#### 1. 液压传动的优点

液压传动与其他传动方式相比较,其主要优点是:液压传动能方便地实现无级调速,调速范围大;工作平稳,反应速度快,冲击小,能高速启动、制动和换向;便于实现过载保护;操纵简单,便于实现自动化,特别是和电气控制联合使用时,易于实现复杂的自动工作循环;元件体积较小,重量较轻,能自润滑,使用寿命长,易于实现系列化、标准化和通用化。

#### 2. 液压传动的缺点

由于泄漏使之无法保证严格的传动比,对油温变化的敏感使之工作温度范围受到限制,压力损失大,不宜远距离输送动力,元件制造精度要求高、加工装配较困难且对油液的污染较敏感,发生故障不易检查。

总之,液压传动的优点是十分突出的,它的缺点将随着科学技术的发展而逐步克服。

### 1.2.2 常用传动方式的应用比较

由于液压与气动技术通常是以液压油或空气作为工作介质来进行能量传递的,因此了解液压油和空气的基本性质、掌握液体平衡和运动的主要力学规律,对于正确理解及合理使用系统都是非常必要的。表 1-1 给出了气动、液压、电气三种常用传动方式的特点及应用比较。

表 1-1 常用传动方式的特点及应用比较

| 项目    | 气动                                                                                      | 液压                                                            | 电气                                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 能量的产生 | 由电动机或内燃机驱动空气压缩机,用于压缩的空气取之不尽,成本最低                                                        | 由电动机或内燃机驱动液压泵,小功率液压装置也可用手动操作,成本中等                             | 主要是水力、火力和核能发电站,成本最高                         |
| 能量的存储 | 可较经济地存储大量能量,存储的能量可以传递(用于驱动气缸)                                                           | 能量存储能力有限,仅在存储少量能量时比较经济                                        | 能量存储很困难、复杂,只宜存储很少量的能量(电池、蓄电池)               |
| 能量输送  | 较容易通过管道输送,输送距离可达 1 000 m(有压力损失)                                                         | 可通过管道输送,输送距离可达 1 000 m(有压力损失)                                 | 很容易实现远距离的能量传送                               |
| 泄漏    | 除能量损失外无其他害处,压缩空气可排放于大气中                                                                 | 能量有损失,液压油泄漏会造成危险事故和环境污染                                       | 漏电时有能量损失、有致命危险                              |
| 环境影响  | 无需隔离保护措施,也不会有着火和爆炸的危险,气体中的冷凝水易结冰;有排气噪声,可安装消声器                                           | 外泄漏油液易燃;高压时泵的噪声很大,且可通过硬管道传播                                   | 温敏低,易燃易爆区应附加保护措施;线圈和触点的激励噪声较大               |
| 运动    | 很方便地实现直线、旋转、摆动等运动,工作行程可达 2 000 mm、360°,加速和减速性能较好,速度为 10 ~ 1 500 mm/s,转速可达 500 000 r/min | 很方便地实现直线、旋转、摆动等运动,马达转速范围窄,低速时很容易控制                            | 旋转实现方便;直线移动小,要实现长距离直线运动或摆动需借助机械机构           |
| 推力与力矩 | 工作压力低,推力和力矩范围窄,气缸停止不动时无能量消耗和其他危害。 $\leq 50$ kN、采用最经济空载时能量消耗大                            | 工作压力高,推力和力矩范围宽,保持负载力时有持续能量消耗                                  | 推力需通过机械机构来传递,效率低,超载能力差,空载时能量消耗大             |
| 控制能力  | 在 1:10 的范围内,推力很方便地通过压力来控制。低速时实现速度控制较难。无需很多专业知识就能很好地操作,便于构成和运行开环控制系统                     | 在较宽范围内,推力很方便地通过压力来控制。低速时可很好地实现速度控制,精度较高。控制方式比气动系统复杂,高压时要考虑安全性 | 控制方式较复杂,需要专业知识;有偶然事故和短路的危险;错误连接很容易损坏设备和控制系统 |

## 1.3 液压油

液压油的质量直接影响液压系统的工作性能,据统计,75%以上的液压系统故障是由于液压油的使用不当而造成的,因此必须对液压油有充分的了解,以便正确选择及合理使用。

### 1.3.1 液压油的用途和种类

在液压系统中液压油用做传递运动与动力的介质,并有润滑、密封和冷却的作用。

液压油主要分为矿油型、乳化型和合成型三大类型,主要品种及其特性和用途见表 1-2。

表 1-2 液压油的主要品种及其特性和用途

| 类型  | 名称       | ISO 代号 | 特性和用途                                                                                 |
|-----|----------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 矿油型 | 普通液压油    | L-HL   | 精制矿油加添加剂,提高抗氧化和防锈性能,用于室内一般设备中的低压系统                                                    |
|     | 抗磨液压油    | L-HM   | L-HL 油加添加剂,改善抗磨性能,适用于工程机械、车辆液压系统                                                      |
|     | 低温液压油    | L-HV   | L-HM 油加添加剂,改善黏温特性,适用于环境温度在 $-20 \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高压系统                |
|     | 高黏度指数液压油 | L-HR   | L-HL 油加添加剂,改善黏温特性,黏度指数 VI 值达 175 以上,适用于对黏温特性有特殊要求的低压系统,如数控机床液压系统                      |
|     | 液压导轨油    | L-HG   | L-HM 油加添加剂,改善黏滑性能,适用于机床中液压和导轨润滑合用的系统                                                  |
|     | 全损耗系统用油  | L-HH   | 浅度精制矿油加添加剂,抗氧化性、抗泡沫性较差,主要用于机械润滑,可作液压代用油,适用于要求不高的低压系统                                  |
|     | 汽轮机油     | L-TSA  | 深度精制矿油加添加剂,改善抗氧化、抗泡沫等性能,为汽轮机专用油,可作液压代用油,用于一般液压系统                                      |
| 乳化型 | 水包油乳化液   | L-HFA  | 又称高水基液,特点是难燃、黏温特性好,有一定的防锈能力,润滑性差,易泄漏,适用于有抗燃要求、油液用量大且泄漏严重的系统                           |
|     | 油包水乳化液   | L-HFB  | 既具有矿油型液压油的抗磨、防锈性能,又具有抗燃性,适用于有抗燃要求的中压系统                                                |
| 合成型 | 水-乙二醇液   | L-HFC  | 易泄漏,适用于有抗燃要求、油液用量大且泄漏严重的系统                                                            |
|     | 磷酸酯液     | L-HFDR | 润滑、抗磨和抗氧化性能良好,能在 $-54 \sim 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下使用。缺点是有毒,适用于有抗燃要求的高压精密液压系统 |