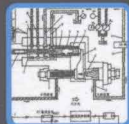




普通高等教育“十二五”机电类规划教材



液压与气压传动技术及应用

田 勇 高长银 主 编

王宗才 安爱琴 王彦林 副主编

周亚军 郭宏亮 贾建涛 参 编

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

液压与气压传动技术及应用

田 勇 高长银 主 编

王宗才 安爱琴 王彦林 副主编

周亚军 郭宏亮 贾建涛 参 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是根据 2009 年电子工业出版社组织的高等学校“十二五”机电类规划教材出版交流研讨会的精神而编写的。

全书共分 5 篇 17 章,第 1 章绪论;第 1 篇液压传动基础共 6 章,分别介绍液压传动流体力学基础、液压动力元件、液压执行元件、液压控制元件、液压辅助元件、液压基本回路;第 2 篇气压传动基础共 3 章,主要介绍气压传动基本知识、常用气压传动元件、气压传动基本回路;第 3 篇液压传动系统的设计与应用共 2 章,介绍典型液压传动系统、液压系统设计与计算;第 4 篇气压传动系统的设计与应用共 2 章,介绍气动逻辑系统设计、气压传动系统应用与分析;第 5 篇液压与气压传动控制系统设计共 3 章,介绍电液控制技术概述、电液伺服控制系统、电液比例控制系统设计。每章附有思考题与习题。本书元件的图形符号、回路以及系统原理图全部按照国家最新图形符号(GB/T 786.1—1993)绘制,并摘录于附录中。

本书适用于普通工科院校机械类、动力与车辆工程、自动化类各专业,也适用于各类成人高校、自学考试等学生,还可供从事流体传动与控制技术的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动技术及应用/田勇,高长银主编. —北京:电子工业出版社,2011.7

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-121-13500-2

I. ①液… II. ①田… ②高… III. ①液压传动—高等学校—教材 ②气压传动—高等学校—教材
IV. ①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 084530 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:侯丽平

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:23.25 字数:595.2 千字

印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书是根据 2009 年电子工业出版社组织的高等学校“十二五”机电类规划教材出版交流研讨会的精神而编写的,适用于教学学时 46~70(其中实验学时 6~12)使用。本书主要有以下特点。

(1) 全书共分 5 篇,篇与篇既有并列关系,也有递进关系。

第 1 篇液压传动基础、第 2 篇气压传动基础为并列关系,均是基础知识,是液压与气压课程必须牢固掌握的。第 3 篇液压传动系统的设计与应用、第 4 篇气压传动系统的设计与应用也为并列关系,它们与前两篇是递进关系,是讲述如何把基础知识初步运用到工程实际中,是建立工程概念和设计训练的起步,使用者可以根据教学需要合理选用。第 5 篇液压与气压传动控制系统设计是对液压与气动技术应用的进一步延伸,是从控制系统的角度介绍伺服系统,为学习者建立机电液一体化系统的概念,使用者可以根据教学需要合理选用。

(2) 液压传动与气压传动分开讲述,以液压传动为主线,气压传动强调其特色部分及与液压传动不同之处,同时考虑其自身体系的完整性。

(3) 适当淡化纯理论分析,丰富了图表等设计资料,加强学生工程设计能力的培养;重点章后含有知识的扩展内容,便于灵活教学和自学。

(4) 重点介绍液压传动在机床工业、工程机械、橡塑机械、汽车工业、轻工业等行业的应用实例,并加入能耗、环保等绿色、可持续发展的思想理念。

(5) 在元件选择上,突出新(新技术、新元件),本书元件的图形符号、回路以及系统原理图全部按照国家最新图形符号(GB/T 786.1—1993)绘制,并摘录于附录中;介绍了 PLC 和计算机在气动控制中的应用和 PLC 行程顺序控制气动系统的设计。

本书有配套习题、答案、课件等教学资源,需要者可在电子工业出版社的华信资源教育网(www.hxedu.com.cn)注册后免费下载

本书由河南工业大学田勇(第 1 章、第 11 章、第 12 章)、郑州航空工业管理学院高长银(第 5 章)担任主编;河南工业大学王宗才(第 13~17 章)、河南科技学院安爱琴(第 7 章 7.3~7.5 节、第 10 章)、河南工业大学王彦林(第 8 章、第 9 章)担任副主编;参编人员有黄河科技学院周亚军(第 6 章、第 7 章 7.1 和 7.2 及 7.6 节)、新乡学院郭宏亮(第 3 章、第 4 章)、华北水利水电学院贾建涛(第 2 章、附录)等。全书由田勇、高长银负责统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 液压与气压传动系统的组成及工作原理	(1)
1.1.1 液压传动系统的工作原理	(2)
1.1.2 液压与气压系统的组成	(4)
1.1.3 液压与气压系统的职能符号	(4)
1.2 液压与气压传动的特点	(5)
1.2.1 液压与气压传动的优点	(5)
1.2.2 液压与气压传动的缺点	(6)
1.3 液压与气压传动的应用及发展概况	(6)
1.3.1 液压与气压传动的应用	(6)
1.3.2 液压与气压传动的发展概况	(7)
1.4 本章小结	(9)
1.5 思考题与习题	(9)

第 1 篇 液压传动基础

第 2 章 液压传动流体力学基础	(12)
2.1 液压油的主要物理性质及选用	(12)
2.1.1 液体的密度	(12)
2.1.2 液体的可压缩性	(13)
2.1.3 液体的黏性和黏度	(13)
2.1.4 液压油的类型与选用	(15)
2.2 液体静力学基础	(16)
2.2.1 液体的压力及表示方法	(16)
2.2.2 静压力基本方程	(17)
2.2.3 帕斯卡定律	(19)
2.2.4 静压力对固体壁面的作用力	(19)
2.3 液体动力学基础	(20)
2.3.1 基本概念	(20)
2.3.2 连续性方程	(21)
2.3.3 伯努利方程	(22)
2.3.4 动量方程	(24)
2.4 液体流动阻力和能量损失	(25)
2.4.1 流态与雷诺数	(25)
2.4.2 管路中的压力损失	(26)
2.5 液体流经小孔和间隙的流量	(28)
2.5.1 液体流经小孔的流量	(28)
2.5.2 液体流过间隙的流量	(30)

2.6	空穴现象和液压冲击	(33)
2.6.1	空穴现象	(33)
2.6.2	液压冲击	(33)
2.7	本章小结	(34)
2.8	思考题与习题	(34)
第3章	液压动力元件	(36)
3.1	液压泵概述	(36)
3.1.1	液体泵的工作原理	(36)
3.1.2	液压泵的性能参数	(37)
3.1.3	液压泵的分类	(39)
3.2	齿轮泵	(40)
3.2.1	齿轮泵的工作原理	(40)
3.2.2	齿轮泵的结构特点	(41)
3.2.3	内啮合齿轮泵	(43)
3.3	叶片泵	(44)
3.3.1	单作用式叶片泵	(44)
3.3.2	双作用式叶片泵	(45)
3.3.3	限压式变量叶片泵	(47)
3.4	柱塞泵	(48)
3.4.1	轴向柱塞泵	(48)
3.4.2	径向柱塞泵	(51)
3.5	液压泵的性能比较及应用	(52)
3.6	液压泵的安装、常见故障及排除方法	(53)
3.7	本章小结	(57)
3.8	思考题与习题	(57)
第4章	液压执行元件	(59)
4.1	液压缸	(59)
4.1.1	液体缸的工作原理	(59)
4.1.2	液压缸的类型	(60)
4.1.3	液压缸的典型结构	(65)
4.2	液压马达	(68)
4.2.1	液压马达的工作原理及与液压泵的比较	(68)
4.2.2	液压马达的主要性能参数及与液压泵的比较	(70)
4.2.3	叶片马达	(71)
4.3	液压缸与液压马达的选用	(72)
4.4	液压缸的安装、调整、常见故障和排除方法	(73)
4.5	本章小结	(75)
4.6	思考题与习题	(75)
第5章	液压控制元件	(77)
5.1	液压控制阀概述	(77)

5.1.1	液压阀的分类	(77)
5.1.2	液压阀的基本结构及共同要求	(78)
5.1.3	液压阀的性能参数	(78)
5.2	方向控制阀	(79)
5.2.1	单向阀	(79)
5.2.2	换向阀	(81)
5.3	压力控制阀	(88)
5.3.1	溢流阀	(88)
5.3.2	减压阀	(93)
5.3.3	顺序阀	(95)
5.3.4	压力继电器	(98)
5.4	流量控制阀	(98)
5.4.1	流量控制原理	(98)
5.4.2	节流阀	(100)
5.4.3	调速阀	(101)
5.5	其他液压控制阀	(103)
5.5.1	插装阀(逻辑阀)	(103)
5.5.2	叠加阀	(105)
5.6	液压阀连接(管式、板式、集成式)	(107)
5.7	液压阀的安装、常见故障及排除方法	(108)
5.8	本章小结	(111)
5.9	思考题与习题	(112)
第6章	液压辅助元件	(115)
6.1	油管及管接头	(115)
6.1.1	油管	(115)
6.1.2	管接头	(116)
6.1.3	油管及管接头常见故障及排除方法	(118)
6.2	过滤器	(118)
6.2.1	过滤器的主要性能指标	(118)
6.2.2	过滤器的种类、特点及使用场合	(119)
6.2.3	过滤器的安装	(121)
6.2.4	过滤器常见故障与排除方法	(122)
6.3	蓄能器	(122)
6.3.1	蓄能器的功用	(122)
6.3.2	蓄能器的类型与结构	(123)
6.3.3	蓄能器的安装与使用	(124)
6.3.4	蓄能器常见故障及处理方法	(125)
6.4	压力表及压力表开关	(125)
6.4.1	压力表的作用及精度	(125)
6.4.2	压力表使用注意事项	(125)

6.4.3	压力表开关	(126)
6.4.4	压力表开关常见故障与排除方法	(127)
6.5	油箱	(127)
6.5.1	油箱功用	(127)
6.5.2	油箱的种类、特点及使用场合	(128)
6.5.3	油箱的典型结构	(128)
6.5.4	油箱容积的确定	(128)
6.5.5	油箱常见故障和排除方法	(129)
6.6	热交换器	(130)
6.6.1	冷却器	(130)
6.6.2	加热器	(131)
6.7	密封装置	(131)
6.7.1	间隙密封	(132)
6.7.2	接触密封	(132)
6.7.3	密封装置的选用及安装	(135)
6.7.4	密封装置常见故障及排除方法	(135)
6.8	本章小结	(135)
6.9	思考题与习题	(136)
第7章	液压基本回路	(137)
7.1	方向控制回路	(137)
7.1.1	换向回路	(137)
7.1.2	锁紧回路	(139)
7.2	压力控制回路	(140)
7.2.1	调压回路	(140)
7.2.2	减压回路	(142)
7.2.3	保压回路	(143)
7.2.4	增压回路	(145)
7.2.5	卸荷回路	(146)
7.2.6	平衡回路	(148)
7.2.7	卸压回路	(149)
7.2.8	缓冲回路	(150)
7.3	速度控制回路	(151)
7.3.1	调速回路	(151)
7.3.2	快速运动回路	(163)
7.3.3	速度换接回路	(165)
7.4	多缸工作控制回路	(166)
7.4.1	顺序运动回路	(166)
7.4.2	同步运动回路	(167)
7.4.3	快慢速互不干扰回路	(168)
7.5	本章小结	(169)

7.6 思考题与习题	(169)
------------------	-------

第2篇 气压传动基础

第8章 气压传动基本知识	(172)
8.1 空气的物理性质	(172)
8.1.1 空气的组成	(172)
8.1.2 空气的标准状态和基准状态	(173)
8.1.3 空气的密度	(173)
8.1.4 空气的压力	(173)
8.1.5 空气的压缩与膨胀性	(174)
8.1.6 空气的湿度与含湿量	(174)
8.1.7 空气的黏度	(176)
8.2 气体状态方程	(176)
8.2.1 理想气体状态方程	(176)
8.2.2 理想气体的状态变化过程	(177)
8.3 压缩空气在定常管道中流动	(178)
8.3.1 连续性方程	(178)
8.3.2 伯努利方程	(179)
8.3.3 通流能力	(179)
8.3.4 充气、放气温度与时间计算	(181)
8.3.5 气体的流速	(183)
8.3.6 气体在管道中流动时的压力损失	(185)
8.3.7 气阻与气容	(185)
8.3.8 气体的高速流动及噪声	(186)
8.4 本章小结	(186)
8.5 思考题与习题	(186)
第9章 常用气压传动元件	(188)
9.1 气源装置及气动辅助元件	(188)
9.1.1 气源装置	(188)
9.1.2 气源净化装置	(192)
9.1.3 气动辅助元件	(198)
9.1.4 供气系统的管道设计	(202)
9.2 气动执行元件	(205)
9.2.1 汽缸	(206)
9.2.2 气动马达	(213)
9.3 气动控制元件	(216)
9.3.1 气动控制元件分类	(216)
9.3.2 方向控制元件	(217)
9.3.3 压力控制元件	(225)
9.3.4 流量控制元件	(230)
9.4 气动转换元件	(232)

9.5	气动逻辑元件	(235)
9.5.1	逻辑控制概述	(235)
9.5.2	逻辑元件	(236)
9.5.3	气动逻辑元件的分类	(236)
9.5.4	主要逻辑元件	(237)
9.5.5	逻辑元件的选用	(241)
9.6	本章小结	(241)
9.7	思考题与习题	(242)
第 10 章	气压传动基本回路	(243)
10.1	方向控制回路	(243)
10.1.1	单作用汽缸方向控制回路	(243)
10.1.2	双作用汽缸方向控制回路	(244)
10.2	速度控制回路	(244)
10.2.1	单作用汽缸速度控制回路	(244)
10.2.2	双作用汽缸速度控制回路	(244)
10.2.3	快速往复运动回路	(245)
10.2.4	速度换接回路	(245)
10.2.5	缓冲回路	(245)
10.2.6	气液联动速度控制回路	(246)
10.3	压力控制回路	(246)
10.3.1	一次压力控制回路	(246)
10.3.2	二次压力控制回路	(247)
10.4	位置控制回路	(247)
10.5	安全保护回路	(247)
10.5.1	过载保护回路	(248)
10.5.2	互锁回路	(248)
10.5.3	双手同时操作回路	(249)
10.6	其他回路	(249)
10.6.1	往复运动回路	(249)
10.6.2	延时回路	(250)
10.6.3	计数回路	(251)
10.7	本章小结	(251)
10.8	思考题与习题	(252)
第 3 篇 液压传动系统的设计与应用		
第 11 章	典型液压传动系统	(254)
11.1	液压系统图的阅读分析方法	(254)
11.2	YT4543 型液压动力滑台	(255)
11.2.1	概述	(255)
11.2.2	YT4543 型动力滑台液压系统工作原理	(257)
11.2.3	YT4543 型动力滑台液压系统特点	(258)

11.3	压力机液压系统	(259)
11.3.1	YB32—200 型液压机的液压系统	(260)
11.3.2	YB32—200 型液压机液压系统的特点	(262)
11.4	SZ—250A 型塑料注射成型机液压系统	(263)
11.4.1	SZ—250A 型塑料注射成型机液压系统	(263)
11.4.2	注塑机液压系统的特点	(267)
11.5	本章小结	(268)
11.6	思考题与习题	(268)
第 12 章	液压系统设计与计算	(269)
12.1	明确液压系统设计的要求, 进行工况分析	(270)
12.1.1	明确系统的设计要求	(270)
12.1.2	工况分析	(270)
12.2	确定执行元件主要参数	(272)
12.2.1	初选执行元件的工作压力	(273)
12.2.2	执行元件流量的确定	(273)
12.2.3	执行元件的工况图	(274)
12.3	拟定系统工作原理图	(274)
12.4	液压元件的计算和选择	(275)
12.5	液压系统的性能验算	(278)
12.6	绘制工作图和编制技术文件	(280)
12.7	液压系统设计计算示例	(281)
12.7.1	负载分析	(281)
12.7.2	液压缸主要参数的确定	(283)
12.7.3	液压系统图的拟定	(284)
12.7.4	液压元件的选择	(286)
12.7.5	液压系统的性能验算	(288)
12.8	本章小结	(288)
12.9	思考题与习题	(289)
第 4 篇 气压传动系统的设计与应用		
第 13 章	气动逻辑系统设计	(292)
13.1	非时序逻辑系统设计	(292)
13.2	时序逻辑系统设计	(294)
13.2.1	时序逻辑控制的特点及分类	(294)
13.2.2	气控行程顺序控制系统的设计	(295)
13.2.3	PLC 行程顺序控制气动系统的设计	(303)
13.3	本章小结	(312)
13.4	思考题与习题	(312)
第 14 章	气压传动系统应用与分析	(313)
14.1	液体自动定量灌装气动系统	(313)
14.2	气动机械手气动系统	(314)

14.3	气液动力滑台气动系统	(317)
14.4	香皂装箱气动系统	(318)
14.5	本章小结	(319)
14.6	思考题与习题	(320)
第 5 篇 液压与气压传动控制系统设计		
第 15 章	电液控制技术概述	(324)
15.1	电液控制系统的组成	(324)
15.2	电液控制系统的分类	(325)
15.3	电液控制策略	(326)
15.4	电液控制技术的发展趋势	(326)
15.5	本章小结	(327)
15.6	思考题与习题	(327)
第 16 章	电液伺服控制系统	(328)
16.1	电液伺服系统的控制原理及基本特点	(328)
16.1.1	电液伺服系统的控制原理	(328)
16.1.2	电液伺服系统的基本特点	(329)
16.2	电液伺服阀	(330)
16.2.1	电液伺服阀的组成	(330)
16.2.2	电液伺服阀的分类	(333)
16.2.3	典型电液伺服阀	(333)
16.2.4	电液伺服阀的特性及主要的性能指标	(336)
16.2.5	伺服阀的选用	(340)
16.3	电液伺服系统的设计步骤及应用	(341)
16.3.1	电液伺服控制系统设计步骤	(341)
16.3.2	电液伺服控制技术应用实例	(341)
16.4	本章小结	(344)
16.5	思考题与习题	(344)
第 17 章	电液比例控制系统设计	(345)
17.1	概述	(345)
17.2	电液比例阀的性能指标	(347)
17.3	电液比例系统的应用	(349)
17.4	本章小结	(351)
17.5	思考题与习题	(351)
附录	常用液压与气压元件图形符号	(352)
参考文献		(358)

第 1 章

绪 论

在开始学习本课程之前，先了解一下什么是液压与气压传动？它们的特点是什么？它们有哪些应用以及发展概况，这些概念对学习本课程至关重要。

一般工程技术中使用的动力传递方式有：机械传动、电气传动、流体传动（液体传动和气压传动）（常称为“三大传动”方式）以及由它们组合而成的复合传动。通常一部机器主要由动力装置、传动装置、操纵或控制装置、工作执行装置四部分构成。动力装置的性能一般都不可能完全满足执行装置各种工况（力、力矩、速度、功率等）的要求，这种矛盾常常由传动装置来解决。

液压与气压传动是以流体（液压油或压缩空气）作为工作介质对能量进行传递和控制的一种传动形式。以液体作为工作介质进行能量（动力）传递的传动方式称为液体传动，液体传动又可以分为液力传动和液压传动两种形式。液力传动主要是利用液体的动能来传递能量的；而液压（气压）传动则主要是利用液体（气体）的压力能来传递能量的。本书主要介绍液压与气压传动技术及应用。

1.1

液压与气压传动系统的组成及工作原理

首先介绍液压传动系统的工作原理和组成，气压传动系统的工作原理和组成放在第 2 篇气压传动基础中介绍。

1.1.1 液压传动系统的工作原理

1. 液压千斤顶的工作原理

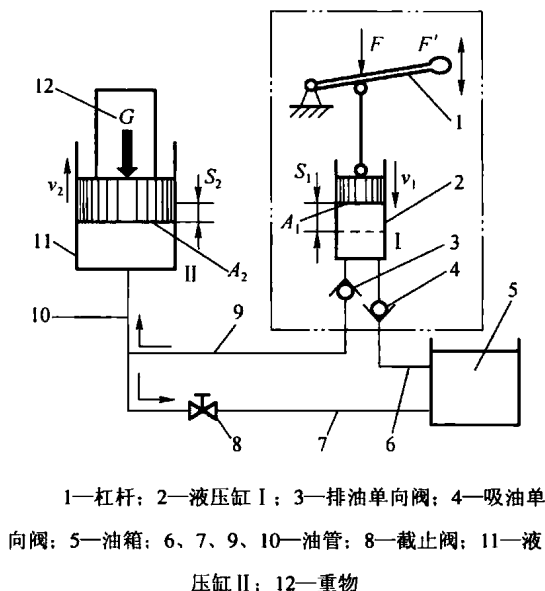


图 1-1 液压千斤顶的工作原理示意图

液压千斤顶是常见的一种起升重物的工具，也是液压传动装置中的一种，它利用帕斯卡原理（在密闭容积内，施加在静止液体边界上的压力在液体内部所有方向等值地传递到液体各点）成功地传递了动力并且放大了力，难怪我们能够如此轻松地用一只手的力量就能抬起一辆汽车或几吨重的物体。如图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理示意图。图中，大小两个液压缸 I 和 II 内分别装有活塞，活塞可以在缸内滑动，且密封可靠。要举升重物 12 时，截止阀 8 应关闭。当向上提起杠杆 1 时，小活塞向上移动，缸 I 下腔的密封容积增大，腔内压力下降，形成一定的真空度，这时排油单向阀 3 关闭，油箱 5 中的油液在大气压力的作用下推开吸油单向阀 4 进入缸 I 的下腔，从而完成了一次吸油过程。接着，压下杠杆 1，小活塞下移，缸 I 下腔密封容积减小，油液受到挤压，压力上升，关闭吸油单向阀 4，压力油推开排油单向阀 3 进入液压缸 II 的下腔，从而推动大活塞克服重物 12 的重力 G 上升而做功。如此反复地提压杠杆 1，就可以将重物 12 逐渐升起，从而达到起重的目的。若杠杆 1 不动，液压缸 II 中的液压力使单向阀 3 关闭，大活塞不动。当需要将大活塞放下时，可打开截止阀 8，液压油在重力作用下经截止阀 8 排回油箱 5，大活塞下降到原位。

那么，为什么作用在杠杆上的较小的力 F' 就能够在液压缸 II 的下腔产生那么大的力克服重力 G 呢？仔细分析一下就明白了，其实，在这个过程中力通过机械传动（杠杆）和液压传动（连通的液压缸 I 和液压缸 II）实现了两次放大。

杠杆放大作用不再赘述，简要分析一下液压传动情况：密闭连通的液压缸 I 和液压缸 II，作用在液压缸 I 活塞上的力 F 使液压缸 I 内部产生压力， $p_1 = F/A_1$ 。根据帕斯卡原理，此时液压缸 II 内部的压力也是 p_1 。但是，液压缸 II 的活塞面积是 $A_2 (A_2 > A_1)$ ，可以产生 $p_1 A_2$ 的力（显然 $p_1 A_2 > F = p_1 A_1$ ），当它能够克服重力 G 时，便可以抬起重物了。

那么，此时液压缸 I 和液压缸 II 所做的功相同吗？它们的运动速度又怎么样呢？请读者思考。

2. 磨床工作台液压传动系统的工作原理

如图 1-2 所示为磨床工作台液压传动系统的工作原理图。这个系统可使工作台做直线往复运动，并且可以调节工作台的运动速度。图中，液压泵 3 由电动机驱动旋转，从油箱 1 中吸油，油液经过滤器 2 进入液压泵。当液压油从液压泵输出进入油管后，通过节流阀 4 流至换向阀 6。

换向阀 6 有左、中、右三个工作位置。当换向阀的阀芯处于中位时（如图 1-2 (a) 所示），由于所有油口 P 、 T 、 A 、 B 均封闭，油路不通，液压油不能进入液压缸 8，活塞 9 停留在某个位置上，所以工作台 10 不动。此时，液压泵输出的液压油只能在一定压力下通过溢流阀 5 流回油箱。

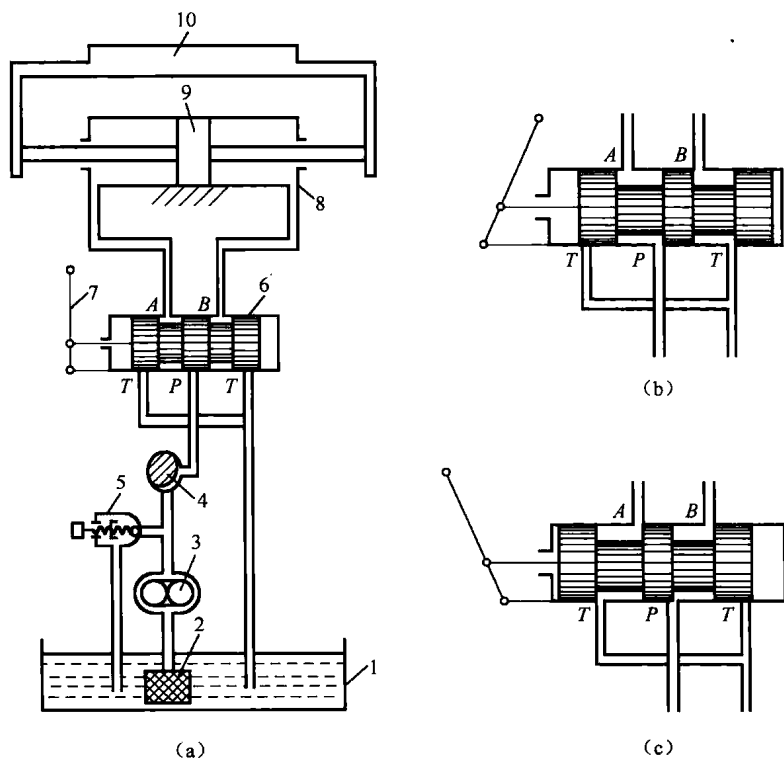
若将阀芯推到右边（如图 1-2 (b) 所示），液压泵 3 输出的液压油将流经节流阀 4、换向阀 6 的 P 口、 A 口进入液压缸 8 左腔，推动活塞（和工作台）向右移动。与此同时，液压缸右腔的油液经换向阀 6 的 B 口、 T 口又经回油管排回油箱。

若将阀芯推到左边（如图 1-2 (c) 所示），则液压油经 P 口、 B 口进入液压缸 8 右腔；液压缸左腔的液压油经 A 口、 T 口排回油箱，工作台向左移动。

由此可见，由于设置了换向阀 6，可改变液压油的流向，使液压缸换向实现工作台的往复运动。

工作台的运动速度可通过节流阀 4 来调节。节流阀的作用是通过改变节流阀开口量的大小，来调节通过节流阀油液的流量，从而控制工作台的运动速度，此时，液压泵输出的多余的油液通过溢流阀 5 流回油箱。当节流阀口开大时，进入液压缸的油液增多，工作台（活塞和工作台固连成为一体）移动速度增大，当节流阀口关小时，进入液压缸的油液减少，工作台的移动速度减小。

工作台运动时，要克服阻力，主要是磨削力和工作台与导轨之间的摩擦力等，这些阻力，由液压油的压力能来克服；要克服的阻力越大，液压缸内的油压越高；反之油压就越低。**压力取决于负载**。根据工作情况的不同，液压泵输出油液的压力可以通过溢流阀 5 进行调整。



1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—节流阀；5—溢流阀；6—换向阀；7—手柄；8—液压缸；9—活塞；10—工作台

图 1-2 磨床工作台液压传动系统的工作原理图

综上所述,可以得出如下结论:液压传动系统是依靠液体在密封油腔容积变化中的压力能来实现运动和动力传递的。液压传动装置从本质上讲是一种能量转换装置,它先将机械能转换为便于输送的液压能,然后再将液压能转换为机械能做功。

读者此时可能会感到理解这些液压系统的工作原理,特别是液压阀的工作原理有一定的困难,这是很正常的现象。随着一步一步地学习,这些问题自然会迎刃而解。现在只是给读者建立一个液压系统如何工作的基本概念,同时,为了解液压与气压系统的组成打下必要的基础。

1.1.2 液压与气压系统的组成

由以上例子可以看出,液压传动系统主要由以下五部分组成。

(1) 动力元件。指液压泵。它的作用是把原动机(电动机)的机械能转变成油液的压力能,给液压系统提供压力油,是液压系统的动力源。

(2) 执行元件。指各种类型的液压缸、液压马达。其作用是将油液压力能转变成机械能,输出一定的力(或力矩)和速度,以驱动负载。

(3) 控制调节元件。主要指各种类型的液压控制阀,如溢流阀、节流阀、换向阀等。它们的作用是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向,从而保证执行元件能驱动负载,并按规定的方向运动,获得规定的运动速度。

(4) 辅助装置。指油箱、过滤器、蓄能器、油管、管接头、压力表等。它们对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作,具有重要作用。

(5) 工作介质。指各种类型的液压油。

气压传动系统的组成与液压传动系统相近,由以下五部分组成。

(1) 动力源装置。指压缩空气站。它由空气压缩机、气源净化装置等组成。它的作用是把空气处理成为气压系统可用的洁净且压力稳定的压缩空气。与液压传动有比较明显的不同。

(2) 执行元件。指各种类型的汽缸、气压马达。其作用是将压缩空气的压力能转变成机械能,输出一定的力(或力矩)和速度,以驱动负载。

(3) 控制调节元件。主要指各种类型的气压控制阀,如减压阀、节流阀、换向阀等。它们的作用是控制气压系统中压力、流量和流动方向,从而保证执行元件能驱动负载,并按规定的方向运动,获得规定的运动速度。

(4) 辅助装置。指过滤器、冷却器、干燥器、蓄能器、油雾器、消音器、管路、管接头、压力表等。它们对保证气压系统可靠、稳定、持久地工作,具有重要作用。与液压传动有比较明显的不同。

(5) 工作介质。指压缩空气。

1.1.3 液压与气压系统的职能符号

图 1-2 所示是采用半结构式图形表示的液压系统原理图。这种原理图,直观性强,容易理解,但图形较复杂,绘制很不方便。为简化原理图的绘制,在工程实际中,除某些特殊情况外,系统中各元件一般采用国家标准规定的图形符号来表示,这些符号只表示元件的职能,不表示元件的结构和参数,通常称为“职能符号”。GB/T 786.1—1993 规定了液压与气压传动职能符号。

如图1-3所示为用职能符号绘制的磨床工作台液压传动系统原理图。

需要说明的是, 液压元件职能符号表示的是元件的常态(静止状态)或零位, 未必是其工作状态。元件图形符号只表示元件的职能和连接系统的通路, 不表示元件的具体结构和参数, 也不表示系统管路的具体位置和元件的安装位置。

1.2 液压与气压传动的特点

1.2.1 液压与气压传动的优点

1. 液压传动的优点

液压传动与机械传动、电气传动、气压传动相比, 主要具有下列优点。

(1) 便于实现无级调速, 调速范围比较大, 可达 $100:1 \sim 2000:1$ 。

(2) 在同等功率的情况下, 液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑(如液压马达的重量只有同功率电动机重量的 $10\% \sim 20\%$), 而且能传递较大的力或扭矩。

(3) 工作平稳, 反应快、冲击小, 能频繁启动和换向。液压传动装置的换向频率、回转运动每分钟可达 500 次, 往复直线运动每分钟可达 $400 \sim 1000$ 次。

(4) 控制、调节比较简单, 操纵比较方便、省力, 易于实现自动化, 与电气控制配合使用能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 易于实现过载保护, 若系统超负载, 油液经溢流阀流回油箱。由于采用油液作为工作介质, 能自行润滑, 所以寿命长。

(6) 易于实现系列化、标准化、通用化, 易于设计、制造和推广使用。

(7) 易于实现回转、直线运动, 且元件排列布置灵活。

(8) 在液压传动系统中, 功率损失所产生的热量可由流动着的油液带走, 故可避免机械本体产生过度温升。

2. 气压传动的优点

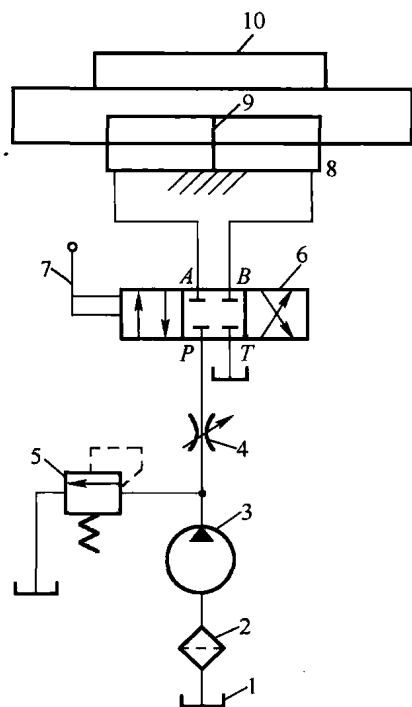
气压传动与其他的传动和控制方式相比, 其主要优点如下。

(1) 气动装置简单、轻便、安装维护简单。

(2) 压力等级低, 使用安全。

(3) 工作介质——空气取之不尽, 用之不竭; 排气处理简单, 泄漏不会污染环境, 成本低。

(4) 输出力及工作速度的调节非常容易; 汽缸动作速度一般为 $50 \sim 500 \text{ mm/s}$, 比液压和电



1—油箱; 2—过滤器; 3—液压泵; 4—节流阀; 5—溢流阀; 7—手柄; 8—液压缸; 9—活塞; 10—工作台

图1-3 用职能符号绘制的磨床工作台液压传动系统原理图