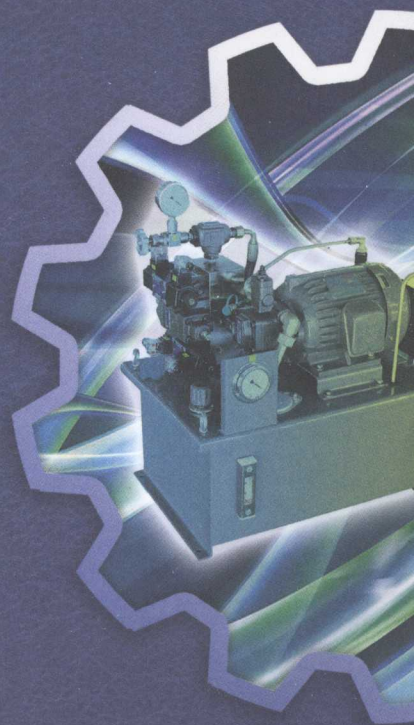


气压与液压传动 控制技术

(第3版)

QIYA YU YEYA CHUANDONG
KONGZHI JISHU

◎主编 胡海清 万伟军



TH138/24

2013

内容简介

本书以气动、液动、电液复合驱动系统为基础，重点介绍气动、液动、电液复合驱动系统的组成、工作原理、应用及设计方法。全书共分4章，第1章介绍气动传动的基本概念、组成、工作原理、应用及设计方法；第2章介绍液动传动的基本概念、组成、工作原理、应用及设计方法；第3章介绍电液复合驱动系统的基本概念、组成、工作原理、应用及设计方法；第4章介绍电液复合驱动系统的组成、工作原理、应用及设计方法。

气压与液压传动 控制技术

(第3版)

莫剑中 胡海清 万伟军

主编 胡海清 万伟军
副主编 莫剑中

图书在版编目(CIP)数据

气压与液压传动控制技术 / 胡海清, 万伟军主编. — 北京: 北京理工大学出版社, 2013.8
ISBN 978-7-5640-8073-0

I. ①气… II. ①胡… ②万… III. ①气压传动—高等学校—教材 ②液压传动—高等学校—教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第181377号

北京理工大学出版社发行
北京市西城区中大街22号

邮编 100081

电话 (010) 68910000 (010) 68910001

网址 www.bitpress.com.cn



北方工业大学图书馆



C00348161

北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：朱玉芳
封面设计：文
印刷：北京理工大学出版社
印刷厂：北京理工大学出版社

ISBN 978-7-5640-8073-0
定价：42.00元

本书责任编辑：朱玉芳，封面设计：文，印刷：北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了气、液压传动控制系统的工作原理和基本构成, 流体传动中的基础理论知识, 气、液压能源, 执行及控制元件的结构、功能和应用。此外, 本书还结合工业实际应用对气、液压基本控制回路的构成和功能进行了较为具体的分析和介绍。

本书以培养机电一体化应用型人才为目标, 为了使学生牢固地掌握本专业所需的基本理论和基本技能, 书中注重基础理论教育的同时, 突出实用性、针对性和先进性。结合我国高等教育的现状, 在保留经典理论体系的同时, 又吸收新的科技成果, 注重加强基本概念、基本分析方法和基本技能的培养和训练, 体现高等教育的特点。

本书是高等教育机电一体化专业的规划教材, 主要供高等院校机电一体化专业、数控技术专业学生作为教材使用, 也可供从事机电一体化专业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

气压与液压传动控制技术 / 胡海清, 万伟军主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8073 - 0

I. ①气… II. ①胡… ②万… III. ①气压传动 - 高等学校 - 教材②液压传动 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 181377 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京富达印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 364 千字

版 次 / 2013 年 8 月第 3 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 45.00 元

责任编辑 / 张正萌

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

第 三 版

前

言

本书是为了适应高等教育发展的需要而编写的机电一体化、数控技术专业规划教材之一。书中借鉴了德国“双元制”教育相关教材的先进理念,并针对高等教育机电一体化、数控技术专业教学对象的实际情况进行编写。

在编写过程中,我们从应用角度出发,力求贯彻少而精、理论联系实际的原则,突出基本知识和基本技能的培养,以读者为本,条理清晰,便于阅读,主要特点体现为:

1. 在具体讲述液压与气动元件时侧重于基本原理而不过多涉及具体结构,以示意图为主,通俗易懂。
2. 在气压传动与液压传动的讲述中,既考虑到两个内容的独立性和完整性,又考虑到两者的共同点,力求使读者学完本书后,能真正掌握液压与气压传动的主要内容和设计方法。
3. 本书所有实验课题主要取材于实际生产中的应用,与生产实际紧密结合。
4. 根据现代技术发展需要和工业实际应用情况,做到气压与液压并重,纠正了传统教材中重液压轻气动的弊病。
5. 根据课题需要合理安排理论知识,注重技能培养,体现了“教、学、做合一”的职业教育特色。
6. 本书系理论实践一体化教学教材,适合在实验室现场教学时使用。

本书是机械类、数控类专业通用教材,也可作为相关技术人员的参考书。

本书由胡海清、万伟军担任主编,莫剑中担任副主编,其中绪论、第4章、第9章和附录一由胡海清编写;第1章、第2章、第3章、第8章由万伟军编写;第5章和第6章、第7章及附录二、三由莫剑中编写。

书中采用的部分元件结构图、剖面图和元件实物图来源于费斯托(FESTO)、派克(PARKER)、力士乐(REXROTH)、威格士(VICKERS)等公司网站。书中所用回路图均采用德国FESTO公司FLUIDSIM-P和FLUIDSIM-H软件绘制,部分图形符号与图家标准GB/T 786.1-1993略有出入,具体对照请参见附录。

由于编者学识和经验有限,书中难免有错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

✓ 本门课程对应岗位：

1. 机电设备安装与调试
2. 机电设备维护与维修
3. 电气维修技工
4. 现场设备管理

✓ 岗位需求知识点：

1. 了解气、液压能源及辅助元件
2. 熟悉气、液压执行和控制元件
3. 掌握气、液压的基本控制回路
4. 熟悉气、液压的应用实例

目 录

绪言	(1)
0.1 概述	(1)
0.2 气、液压传动的工作原理	(2)
0.3 气、液压传动中的力、速度与功率	(3)
0.3.1 帕斯卡原理	(3)
0.3.2 气、液压传动中的力、速度与功率	(4)
0.4 气、液压传动系统的基本构成	(6)
0.4.1 液压传动系统	(6)
0.4.2 气动系统	(6)
0.4.3 基本构成	(7)
0.5 气、液压传动的特点	(7)
0.6 气、液压传动的发展趋势	(8)
生产学习经验	(9)
本章小结	(10)
思考题	(10)
习题	(10)
第1章 气源系统及气源处理装置	(11)
1.1 压缩空气	(11)
1.1.1 压缩空气的物理性质	(11)
1.1.2 压缩空气的污染	(13)
1.1.3 空气的质量等级	(13)
1.2 压力的表示方法	(14)
1.3 空气压缩站	(15)
1.3.1 空气压缩机	(15)
1.3.2 储气罐	(18)
1.3.3 后冷却器	(19)
1.4 气源处理装置	(19)
1.4.1 污染对气动系统的危害	(20)
1.4.2 除油器(油水分离器)	(20)
1.4.3 空气干燥器	(20)
1.4.4 空气过滤器	(24)

1.4.5	调压阀(减压阀)	(25)
1.4.6	油雾器	(26)
1.4.7	气动三联件	(27)
1.5	供气管线	(28)
	生产学习经验	(29)
	本章小结	(30)
	思考题	(30)
	习题	(30)
第2章	气动执行元件	(32)
2.1	气缸	(32)
2.1.1	单作用气缸	(32)
2.1.2	双作用气缸	(33)
2.1.3	缓冲装置	(33)
2.1.4	其他类型的气缸	(35)
2.2	摆动气缸	(40)
2.2.1	叶片式摆动气缸	(40)
2.2.2	齿轮齿条式摆动气缸	(41)
2.3	气动马达	(42)
2.3.1	叶片式气动马达	(42)
2.3.2	活塞式气动马达	(42)
2.3.3	气动马达的特点	(43)
2.4	真空元件	(44)
2.4.1	真空发生器	(44)
2.4.2	真空吸盘	(44)
2.4.3	其他真空元件	(45)
2.4.4	使用注意	(45)
	生产学习经验	(45)
	本章小结	(46)
	思考题	(46)
	习题	(46)
第3章	气压传动的的基本控制回路	(47)
3.1	工件转运装置	(48)
3.1.1	方向控制阀	(48)
3.1.2	工件转运装置气控回路设计	(55)
3.2	板材成型装置	(58)
3.2.1	双压阀	(59)
3.2.2	板材成型装置气控回路设计	(59)

3.3	门的开关控制	(60)
3.3.1	梭阀	(61)
3.3.2	门的开关控制气控回路设计	(62)
3.4	自动送料装置	(63)
3.4.1	位置传感器	(63)
3.4.2	自动送料装置气控回路设计	(67)
3.5	纸箱抬升推出装置(1)	(69)
3.5.1	位移步骤图	(69)
3.5.2	纸箱抬升推出装置(1)气控回路设计	(70)
3.6	纸箱抬升推出装置(2)	(71)
3.6.1	障碍信号的消除	(72)
3.6.2	纸箱抬升推出装置(2)气控回路设计	(78)
3.7	节拍器应用	(81)
3.7.1	节拍器	(81)
3.7.2	两气缸控制回路	(82)
3.8	工件抬升装置	(86)
3.8.1	气控回路速度控制的方法	(86)
3.8.2	工件抬升装置气控回路设计	(90)
3.9	木条切断装置	(91)
3.9.1	木条切断装置气控回路设计	(92)
3.10	标签粘贴设备	(92)
3.10.1	气控回路延时的方法	(93)
3.10.2	纯气动控制回路	(95)
3.11	圆柱塞分送装置	(96)
3.11.1	圆柱塞分送装置的气控回路设计	(96)
3.12	碎料压实机	(98)
3.12.1	气控回路压力检测方法	(99)
3.12.2	碎料压实机气控回路设计	(100)
3.13	塑料圆管熔接装置	(102)
3.13.1	塑料圆管熔接装置气控回路设计	(103)
	知识拓展	(104)
	本章小结	(105)
	习题	(105)
第4章	气压传动的应用实例	(108)
4.1	气动钻床的气压传动系统	(108)
4.1.1	工作过程	(108)
4.1.2	气动控制回路	(108)
4.2	零件使用寿命检测装置	(110)

4.2.1	工作过程	(110)
4.2.2	气动控制回路	(110)
4.3	气动技术在数控机床中的应用	(112)
4.3.1	H400 加工中心的气压传动系统	(112)
4.3.2	VMC750E 加工中心的气压传动系统	(113)
	本章小结	(113)
	思考题	(113)
第 5 章	液压传动的基础知识	(115)
5.1	液压油	(115)
5.1.1	液压油的作用、性能和分类	(115)
5.1.2	液压油的物理性质	(117)
5.1.3	液压油的选择	(119)
5.1.4	液压油的污染与控制	(121)
5.2	液体静力学与液体动力学	(123)
5.2.1	液体静力学	(123)
5.2.2	液体动力学	(124)
5.2.3	测量仪表	(125)
5.3	流动液体的压力损失	(127)
5.3.1	压力损失的定义及分类	(127)
5.3.2	流态与雷诺数	(127)
5.3.3	减少压力损失的措施	(128)
5.4	空穴现象和气蚀	(129)
5.4.1	空气分离压和饱和蒸气压	(129)
5.4.2	空穴现象及其危害	(129)
5.4.3	减少空穴现象的措施	(130)
5.5	液压冲击	(130)
5.5.1	液压冲击的危害	(131)
5.5.2	液压冲击的产生原因	(131)
5.5.3	减少和防止液压冲击的措施	(131)
	生产学习经验	(131)
	本章小结	(132)
	思考题	(132)
	习题	(132)
第 6 章	液压能源部件	(133)
6.1	液压泵	(134)
6.1.1	液压泵的分类	(134)
6.1.2	液压泵的特点	(135)

6.1.3	齿轮泵	(135)
6.1.4	叶片泵	(137)
6.1.5	柱塞泵	(138)
6.1.6	液压泵的选择	(141)
6.1.7	液压泵的使用	(141)
6.2	液压辅助元件	(142)
6.2.1	油箱	(142)
6.2.2	过滤器	(144)
6.2.3	加热器和冷却器	(147)
6.2.4	蓄能器	(147)
	生产学习经验	(150)
	本章小结	(150)
	思考题	(150)
	习题	(150)
第7章	液压执行元件	(152)
7.1	液压缸	(152)
7.1.1	活塞式液压缸	(152)
7.1.2	其他类型的液压缸	(155)
7.1.3	缓冲装置	(156)
7.1.4	排气装置	(157)
7.1.5	密封装置	(157)
7.1.6	摆动缸	(159)
7.2	液压马达	(159)
7.2.1	液压马达的分类	(159)
7.2.2	液压马达的性能指标	(161)
7.2.3	使用液压马达的注意事项	(162)
	生产学习经验	(162)
	本章小结	(163)
	思考题	(163)
	习题	(163)
第8章	液压传动基本控制回路	(164)
8.1	工件推出装置	(165)
8.1.1	液压控制阀	(165)
8.1.2	行程控制回路	(169)
8.1.3	工件推出装置控制回路设计	(173)
8.2	纸箱抬升推出装置(3)	(175)
8.2.1	节流阀	(176)

8.2.2	纸箱抬升推出装置(3)控制回路设计	(177)
8.3	夹紧装置(1)	(178)
8.3.1	调速阀	(179)
8.3.2	溢流阀	(180)
8.3.3	节流调速	(184)
8.3.4	夹紧装置(1)控制回路设计	(186)
8.4	小型液压钻孔设备	(188)
8.4.1	两种速度控制回路并联	(189)
8.4.2	小型液压钻孔设备控制线路设计	(189)
8.5	专用刨削设备	(191)
8.5.1	差动控制原理	(191)
8.5.2	专用刨削设备控制回路设计	(192)
8.6	液压起重机	(193)
8.6.1	压力控制回路	(193)
8.6.2	液压起重机控制回路设计	(195)
8.7	零件装配设备(1)	(195)
8.7.1	压力控制的顺序动作回路	(196)
8.7.2	零件装配设备(1)控制回路设计	(196)
8.8	零件装配设备(2)	(198)
8.8.1	压力继电器	(199)
8.8.2	零件装配设备(2)控制回路设计	(201)
8.9	液压钻床	(202)
8.9.1	减压阀	(202)
8.9.2	液压钻床控制回路设计	(205)
8.10	夹紧装置(2)	(205)
8.10.1	单向阀	(206)
8.10.2	夹紧装置(2)控制回路设计	(211)
	知识拓展	(213)
	本章小结	(214)
	习题	(214)
第9章	液压传动的应用实例	(217)
9.1	液压采样机	(217)
9.2	轴承压装机液压系统	(218)
9.3	液压技术在数控机床中的应用	(219)
9.3.1	VP1050加工中心的液压系统	(219)
9.3.2	H形三维数控钻孔机床的液压系统	(220)
9.3.3	J1CK6132型数控车床的液压系统	(221)
	本章小结	(222)

思考题	(222)
部分章节实验课题答案	(223)
1. 第3章实验课题答案	(223)
2. 第8章实验课题答案	(232)
附录 图形符号对照表	(234)
参考文献	(236)

绪 言

【本章知识点】

1. 气、液压传动的工作原理和工作方式
2. 气、液压传动中的输出力、运动速度和功率关系
3. 气、液压传动系统的构成要素
4. 气压传动和液压传动的优、缺点
5. 气、液压传动技术的发展趋势

【背景知识】

气压传动和液压传动相对于机械传动和电气传动结构简单, 维修、维护方便, 输出力大小、方向和速度易于调节。气动技术和液压技术虽然都是比较新的技术, 但随着制造技术的发展, 它们在现代工业的各行业中得到日益广泛的应用, 正成为目前工业中不可缺少的两种传动和控制技术。

0.1

概 述

液压传动与气压传动统称为流体传动, 都是利用有压流体(液体或气体)作为工作介质来传递动力或控制信号的一种传动方式。

不论液压传动还是气压传动, 相对于机械传动来说, 都是一门新兴的技术。若从17世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理、18世纪末英国制成第一台水压机开始算起, 液压传动已有二三百年的历史, 但只是在第二次世界大战后的60年间这项技术才得到真正的发展。战后, 随着现代科学技术的迅速发展和制造工艺水平的提高, 各种液压元件的性能日益完善, 液压技术迅速转向民用工业, 在机床、工程机械、农业机械、运输机械、冶金机械等许多机械装置特别是重型机械设备中得到非常广泛的应用, 并渗入工业的其他领域中, 成为工业领域中一门非常重要的控制和传动技术。特别是出现了高精度、响应速度快的伺服阀后, 液压技术的应用更是飞速发展, 在20世纪70年代末至80年代末, 由于电子计算机的迅速发展, 促使液压技术进入了数控液压伺服技术的时期。目前普遍认为: 电子技术和液压技术相结合是液压系统实现自动控制的发展方向。

气动技术由风动技术和液压技术演变、发展而来，作为一门独立的技术门类至今还不到50年。由于气压传动的动力传递介质是取之不尽的空气，环境污染小，工程实现容易，所以在自动化领域中充分显示出它强大的生命力和广阔的发展前景。气动技术在机械、电子、钢铁、运输车辆、橡胶、纺织、轻工、化工、食品、包装、印刷、烟草等各个制造行业，尤其在各种自动化生产装备和生产线中得到了非常广泛的应用，成为当今应用最广、发展最快、也最易被接受和重视的技术之一。

0.2

气、液压传动的工作原理

液压与气压传动的工作原理是相似的，它们都是执行元件在控制元件的控制下，将传动介质（压缩空气或液压油）的压力能转换为机械能，从而实现对执行机构运动的控制。

图0-1和图0-2为液（气）压执行机构（液、气压缸）的活塞在控制元件（换向阀）的控制下实现运动的工作过程示意图。

图0-1所示的单作用缸动作控制示意图中，按下换向阀4的按钮前，进油（气）口5封闭，单作用缸的活塞2由于弹簧的作用力处于缸体的左侧。按下按钮后，换向阀切换到左位，使液压油（压缩空气）进油口5与缸的左侧腔体（无杆腔）相通，液压油（压缩空气）推动活塞克服摩擦力和弹簧的反作用力，向右运动，带动活塞杆向外伸出。松开按钮，换向阀在弹簧力的作用下回到右位，进油（气）口5再次封闭，缸无杆腔与排油（气）口6相通，由于油（气）压作用在活塞左侧的推力消失，在缸复位弹簧弹力的作用下，活塞缩回。这样就实现了单作用缸活塞杆在油（气）压和弹簧作用下的直线往复运动。

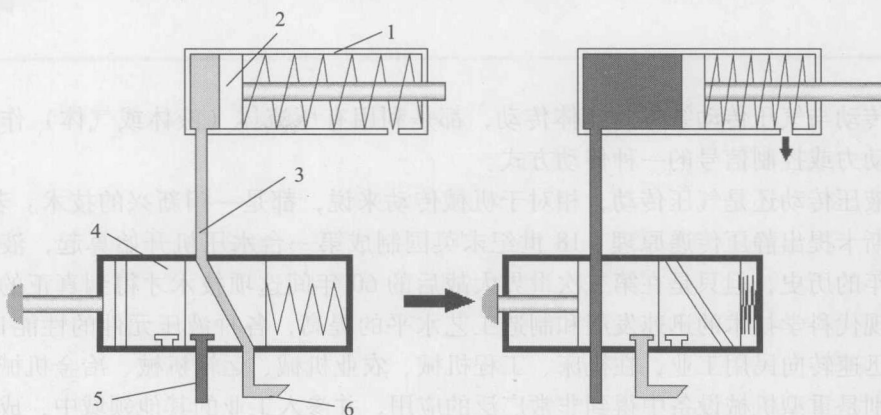


图0-1 单作用液、气压缸动作控制示意图

1—单作用缸；2—活塞；3—连接管；4—按钮式二位三通换向阀；

5—进油（气）口；6—排油（气）口

图 0-2 所示的双作用缸动作控制示意图中, 在按下换向阀 4 的按钮前, 双作用缸左腔 (无杆腔) 与排油 (气) 口 6 连通, 右腔 (有杆腔) 与液压油 (压缩空气) 进口 5 连通, 在液压油 (压缩空气) 的压力作用下使活塞处于缸体左侧, 活塞杆处于缩回状态。按下按钮后, 换向阀切换至左位, 使缸左腔与进油 (气) 口 5 相通, 右腔与排油 (气) 口 6 相通, 压力作用推动活塞向右运动, 带动活塞杆伸出。松开按钮, 换向阀 4 复位, 压力作用在活塞右侧, 使活塞杆再次缩回。这样就实现了双作用缸活塞杆在油 (气) 压作用下的直线往复运动。

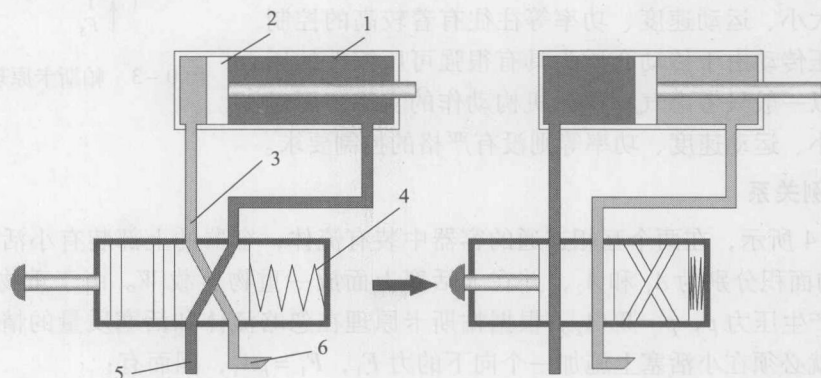


图 0-2 双作用液、气压缸动作控制示意图

- 1—双作用缸；2—活塞；3—连接管；4—按钮式二位四通换向阀；
5—进油（气）口；6—排油（气）口

通过图 0-1 和图 0-2 可以看出, 双作用缸与单作用缸的工作原理是有区别的。单作用缸活塞仅有一个方向上的运动是通过压力作用实现的; 而双作用缸活塞的双向往复运动都是在压力作用下实现的。用于控制这两种缸的换向阀在结构上也有所不同, 控制单作用缸的换向阀有一个进油 (气) 口、一个排油 (气) 口和一个与缸相连的输出口; 而控制双作用缸的换向阀由于同时要控制缸内两个腔的进排油 (气), 所以有两个输出口。

0.3

气、液传动中的力、速度与功率

0.3.1 帕斯卡原理

$$p = F_1/A_1 = F_2/A_2 = F_3/A_3 = F_4/A_4 = F_5/A_5$$

如图 0-3 所示, 在密闭容器内, 施加于静止液体上的压力将以等值同时传到液体的各点, 这就是帕斯卡原理, 或称静压传递原理。帕斯卡的发现为封闭流体在传动和放大方面的

应用开辟了道路,它也是气、液压传动的最基本的原理。

0.3.2 气、液压传动中的力、速度与功率

下面以图0-4所示的液压千斤顶的工作原理图为例来分析气、液压传动中力、运动速度与功率的关系。应当注意的是在液压传动控制系统中用的是刚性的液压油,所以对输出力的大小、运动速度、功率等往往有着较高的控制要求,而气压传动由于传动介质为具有很强可压缩性的压缩空气,所以一般只考虑气动执行机构动作的实现,而对输出力的大小、运动速度、功率等则没有严格的控制要求。

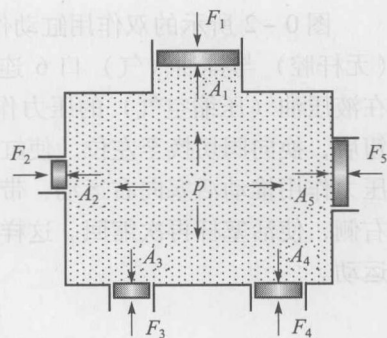


图0-3 帕斯卡原理示意图

1. 力比例关系

如图0-4所示,在两个互相连通的容器中装有流体,容器的上部装有小活塞1和大活塞2,它们的面积分别为 A_1 和 A_2 ,并在大活塞上面放一重物负载 W 。由于重物 W 的作用,大活塞下腔产生压力 p , $p = W/A_2$ 。根据帕斯卡原理在忽略流体和活塞质量的情况下,要顶起负载 W ,就必须在小活塞上施加一个向下的力 F_1 , $F_1 = pA_1$,因而有:

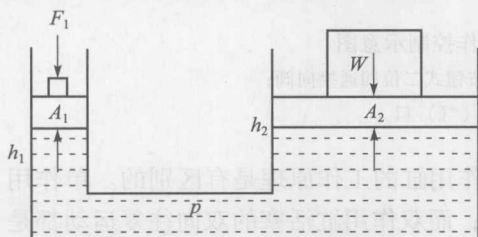


图0-4 力、速度和功率关系示意图

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{W}{A_2}$$

或

$$\frac{W}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (0.1)$$

式中: A_1 和 A_2 ——分别是小活塞和大活塞的作用面积;

F_1 ——作用在小活塞上的力;

W ——负载。

式(0.1)是液压传动和气压传动中力传递的基本公式,由于 $p = W/A_2$,因此,当负载 W 增大时,流体工作压力 p 也要随之增大,亦即 F_1 要随之增大;反之若负载 W 减小,流体压力就降低, F_1 也就减小。由此可以得到一个很重要的结论:在液压和气压传动中工作压力取决于负载,而与流入的流体多少无关。

同时我们也可以看到,只要对小活塞上施加大小为 F_1 的力,即可在大活塞下方产生一个大小为 $F_1 A_2/A_1$ 、方向向上的推力。这个力是 F_1 的 A_2/A_1 倍,从而实现了力的放大,这是流体传动的一个非常重要的特征。

2. 运动速度

如果不考虑液体和气体的可压缩性、泄漏和缸体的变形等因素,由图0-4可知,被小活塞压出的流体的体积必然等于大活塞向上升起后大缸扩大的体积。即

$$A_1 h_1 = A_2 h_2$$

或

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (0.2)$$

式中: h_1 和 h_2 ——分别为小活塞和大活塞的位移。

由式(0.2)可知,两个活塞的位移和两个活塞的面积成反比,将 $A_1 h_1 = A_2 h_2$ 两端同时

除以活塞移动的时间 t 得

$$A_1 \frac{h_1}{t} = A_2 \frac{h_2}{t}$$

即

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dots$$

或

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (0.3)$$

式中： v_1 和 v_2 ——分别为小活塞和大活塞的运动速度。

从式 (0.3) 可以看出，活塞的运动速度和活塞的作用面积成反比。

Ah/t 的物理意义是单位时间内流体流过截面积为 A 的某一截面的体积，称为流量 q ，即

$$q = Av$$

图 0-5 可知，如果已知进入缸体的流量为 q ，则活塞的运动速度为

$$v = q/A \quad (0.4)$$

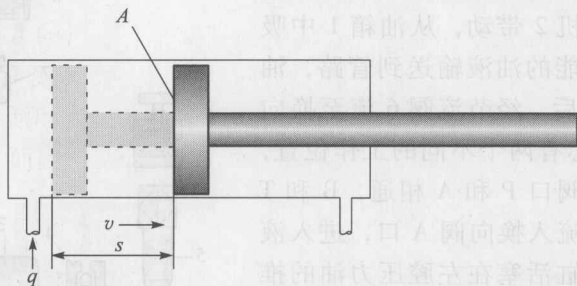


图 0-5 运动关系示意图

可见调节进入缸体的流体流量 q ，即可调节活塞的运动速度 v ，这就是液压传动与气压传动能实现无级调速的基本原理。由此我们还可以得到另一个重要的结论：即活塞的运动速度取决于进入液压（气压）缸的流量，而与流体的压力大小无关。

但在气压传动系统中，由于空气具有很强的可压缩性，所以气缸活塞的运动速度并不能完全按照上面的公式来进行计算。

3. 功率关系

由式 (0.1) 和式 (0.3) 可得

$$F_1 v_1 = W v_2 \quad (0.5)$$

式中，等号左端为输入功率，右端为输出功率，这说明在不计损失的情况下流体传动的输入功率等于输出功率。由式 (0.5) 还可得出

$$P = p A_1 v_1 = p A_2 v_2 = pq \quad (0.6)$$

式中： P ——功率；

p ——流体压力；

q ——流体的流量。

由式 (0.6) 可知，在液压和气压传动中的功率 P 可以用压力 p 和流量 q 的乘积来表示，压力 p 和流量 q 是流体传动中最基本、最重要的两个参数，它们的乘积即为功率。

由以上分析可以得出第三个重要结论：液压和气压传动是以流体的压力能来传递动力的。