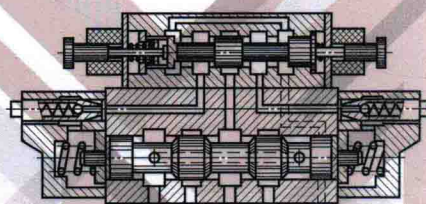
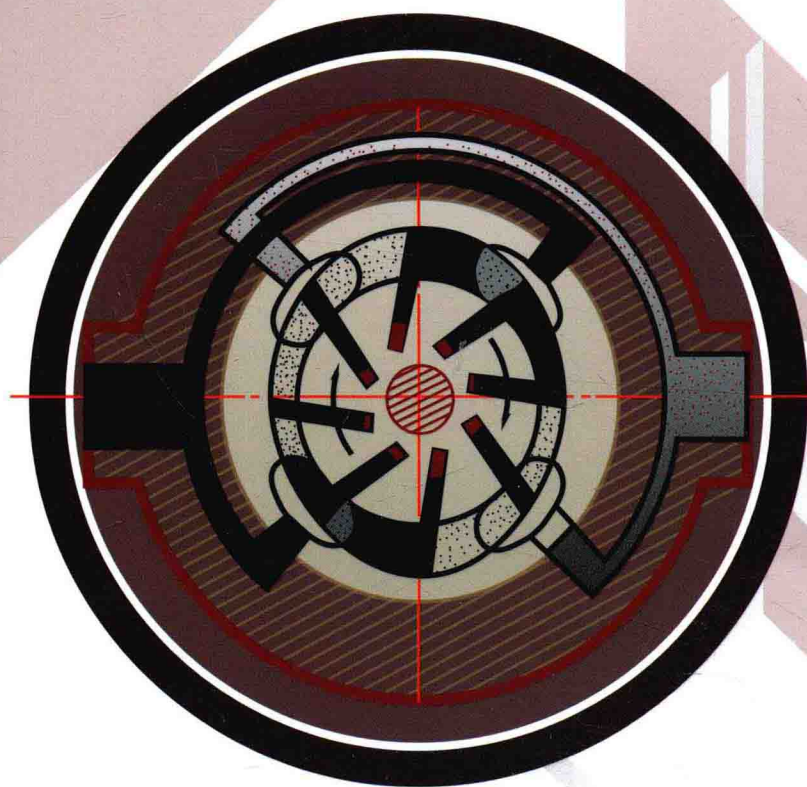


“十三五”职业教育规划教材

配套电子课件



液压与气压传动

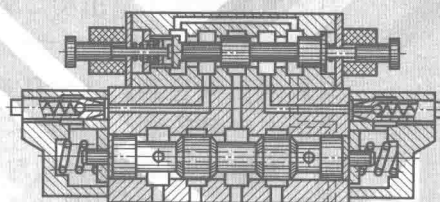
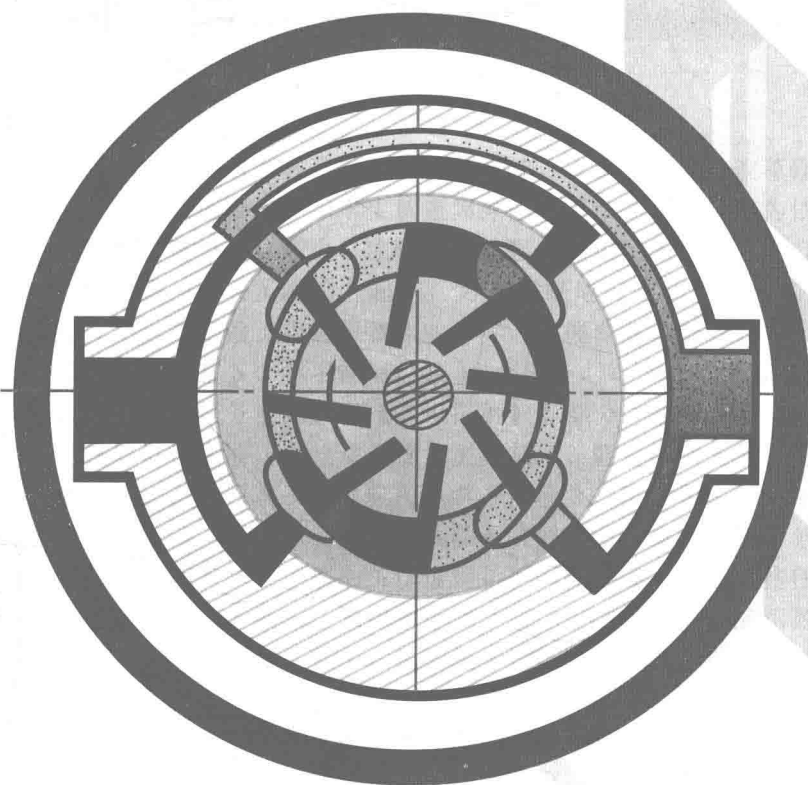
米广杰 等编著



化学工业出版社

“十三五”职业教育规划教材

配套电子课件



液压与气压传动

米广杰 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容包括认识液压传动、认识液压元件和基本回路、典型液压系统的分析、认识气压传动、典型气动系统分析,书中内容以工作任务为导向,项目为载体,每个任务基于完整的工作过程,可操作性强,并且图文并茂,便于理解和掌握。

本书可作为高职高专院校、成人高校的机械类、机电类等专业的教学用书,也可作为中等职业学校教材和技术工人的培训教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/米广杰主编. —北京:化学工业出版社, 2016.1

“十三五”职业教育规划教材

ISBN 978-7-122-25752-9

I. ①液… II. ①米… 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. ①TH137
②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 282496 号

责任编辑:韩庆利

文字编辑:张绪瑞

责任校对:边涛

装帧设计:张辉

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数303千字 2016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:27.00元

版权所有 违者必究

前言

本书是为贯彻教育部教学改革精神，以课程建设与改革作为提高教学质量的核心，按照职业岗位技能要求，以学生就业为导向，以市场用人标准为依据，紧密联系培养应用型人才的目标，坚持简化理论，注重实效，强化应用的原则精选内容，通过实践活动将液压与气动理论知识与相关实践结合起来，力求较好地符合学生的认知规律，突出基本理论和基本技能，培养学生的工程意识和职业素养，掌握专业基础知识和分析解决问题的能力。

全书共有 5 个学习情境，共 19 个任务，每个任务设有【任务目标】、【任务描述】、【知识准备】、【任务实施】和【知识拓展】等部分。学习情境 1、学习情境 2、学习情境 4 的内容选取以机床液压与气动系统为主要载体，通过拆装元件、基本回路的组建，分析组成、图形符号、工作原理及特点应用；学习情境 3、学习情境 5 的内容为工程中常见典型液压与气动系统案例，通过识读液压与气动系统回路图，组建系统，分析工作过程，总结归纳系统特点。每个任务基于完整的工作过程，可操作性强，可以工作任务为导向，项目为载体，采取理实一体的教学模式，采用角色教学法、引导教学法、演示教学法、案例教学法进行教学与实践，建议在教学过程中，根据教学设施，合理选择。

本书由米广杰、赵春娥、李光梅、耿国卿、李琦、杨兆伟、侯加阳、李呈志、彭广耀、程春艳等参加编写，全书由米广杰统稿和定稿。

本书编写中，吸取并参考了众多专家、学者的教材、论文、设计手册等研究成果，刘永海教授对教材的建设提出了许多合理化建议，对此我们表示衷心的感谢。

本教材可供高职高专院校机械类、机电类专业师生使用，也可供成人教育机械类、机电类专业的师生使用和参考。

本书配套电子课件，可赠送给用书的院校和老师，如果需要，可登录 www.cipedu.com.cn 下载。

由于编者水平所限，书中疏漏和欠妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

● 学习情境 1 认识液压传动	1
任务 1 机床工作台液压系统的认识	1
【任务目标】	1
【任务描述】	1
【知识准备】	1
1. 液压传动的工作原理	1
2. 液压传动系统的组成	2
【任务实施】	3
1. 场地及设备	3
2. 机床工作台液压系统工作过程	3
3. 液压传动系统图的图形符号	3
【知识拓展】	4
1. 液压传动技术的应用和发展	4
2. 液压传动的优缺点	4
【思考与练习】	5
任务 2 机床工作台液压系统的液压油的选用	5
【任务目标】	5
【任务描述】	5
【知识准备】	5
1. 密度	6
2. 可压缩性	6
3. 黏性	6
4. 其他特性	8
【任务实施】	9
1. 场地及设备	9
2. 认识液压油的种类	9
3. 液压油的选用	10
4. 液压油的使用	11
【知识拓展】	12
【思考与练习】	13
任务 3 机床工作台液压系统中的压力和流量	13

【任务目标】	13
【任务描述】	13
【知识准备】	13
1. 液体的静压力及其性质	13
2. 液体动力学	15
3. 流体在管道内的流动	18
【任务实施】	19
1. 场地及设备	19
2. 连续方程的运用	19
3. 机床工作台液压泵吸油高度对泵工作性质的影响	20
【知识拓展】	20
1. 液压冲击	20
2. 空穴现象	21
【思考与练习】	21

学习情境 2 认识液压元件和基本回路 23

任务 1 机床液压系统动力元件的认识 23

【任务目标】	23
【任务描述】	23
【知识准备】	23
1. 液压泵的工作原理和分类	23
2. 液压泵的主要性能参数	24
【任务实施】	26
1. 场地与设备	26
2. 齿轮泵的认识	26
3. 叶片泵的认识	28
4. 柱塞泵的认识	32
5. 液压泵的选用及故障分析	34
【思考与练习】	35

任务 2 机床液压系统执行元件的认识 36

【任务目标】	36
【任务描述】	36
【知识准备】	36
1. 液压缸的种类及特点	36
2. 液压马达的种类和特点	37
【任务实施】	38
1. 场地与设备	38
2. 活塞式液压缸的认识	38
3. 柱塞式液压缸的认识	44
4. 液压缸常见故障分析及排除方法	44
5. 液压马达的认识	47

【知识扩展】 其他液压缸简介	50
1. 摆动缸	50
2. 增压缸	51
3. 伸缩缸	51
4. 齿条活塞缸	52
【思考与练习】	52
任务3 机床液压系统辅助元件的认识	53
【任务目标】	53
【任务描述】	53
【知识准备】	53
1. 蓄能器	53
2. 过滤器	53
3. 油箱	54
4. 压力表与压力表开关	54
5. 油管与管接头	54
6. 密封装置	55
【任务实施】	55
1. 场地及设备	55
2. 蓄能器的认识	55
3. 过滤器的认识	58
4. 油箱及其附件的认识	60
5. 压力表与压力表开关	61
6. 油管与管接头的认识	62
7. 密封装置的认识	63
【思考与练习】	67
任务4 机床液压系统液压控制阀和基本回路的组建与分析	67
子任务1 机床液压系统方向控制阀及方向控制回路的组建与分析	67
【任务目标】	67
【任务描述】	67
【知识准备】	67
1. 方向控制阀	67
2. 方向控制回路	68
【任务实施】	68
1. 场地与设备	68
2. 单向阀拆装分析	68
3. 换向阀拆装分析	70
4. 方向控制回路的组建与分析	77
【知识拓展】 采用双向变量泵的换向回路	78
【思考与练习】	78
子任务2 机床液压系统压力控制阀及压力控制回路的组建与分析	79
【任务目标】	79

【任务描述】	79
【知识准备】	79
1. 压力控制阀	79
2. 压力控制回路	80
【任务实施】	80
1. 场地与设备	80
2. 溢流阀及调压回路的组建与分析	80
3. 减压阀与减压回路的组建与分析	86
4. 顺序阀与顺序动作回路的组建与分析	89
5. 压力继电器及应用回路的组建与分析	92
【知识拓展】	94
【思考与练习】	94
子任务 3 机床液压系统流量控制阀及速度控制回路的组建与分析	95
【任务目标】	95
【任务描述】	95
【知识准备】	95
1. 流量控制阀	95
2. 速度控制回路	96
【任务实施】	97
1. 场地与设备	97
2. 流量控制阀节流阀拆装分析	97
3. 调速回路的组建与分析	100
4. 快速运动回路	105
5. 速度切换回路	106
【思考与练习】	107
子任务 4 机床液压系统多缸动作回路组建与分析	108
【任务目标】	108
【任务描述】	108
【知识准备】	108
1. 顺序动作回路	108
2. 同步回路	108
3. 多缸快慢速互不干涉回路	108
【任务实施】	109
1. 场地与设备	109
2. 顺序动作回路的组建与分析	109
3. 同步回路的组建与分析	110
4. 多缸快慢速互不干涉回路的组建与分析	111
【思考与练习】	112
任务 5 机床液压系统其他液压阀及应用	113
【任务目标】	113
【任务描述】	113

【知识准备】	113
1. 插装阀	113
2. 电液比例阀	113
3. 叠加阀	114
4. 电液伺服阀	114
【任务实施】	114
1. 场地与设备	114
2. 二通插装阀的组装与分析	114
3. 电液比例阀的认识	116
4. 叠加阀的认识	119
5. 电液伺服阀的认识	120
【思考与练习】	121
 学习情境 3 典型液压系统的分析	122
任务 1 YT4543 型动力滑台液压系统的分析	122
【任务目标】	122
【任务描述】	122
【知识准备】	122
1. 液压系统图	122
2. 动力滑台的认识	123
【任务实施】	123
1. 场地与设备	123
2. YT4543 型组合机床液压动力滑台的液压传动系统的分析	123
【思考与练习】	125
任务 2 MJ-50 型数控车床分析	126
【任务目标】	126
【任务描述】	126
【知识准备】	126
【任务实施】	127
1. 场地与设备	127
2. MJ-50 型数控车床液压系统的分析	127
3. 液压系统的安装调试	128
【思考与练习】	129
任务 3 Q2-8 汽车起重机液压系统分析	129
【任务目标】	129
【任务描述】	130
【知识准备】	130
【任务实施】	130
1. 场地与设备	130
2. Q2-8 汽车起重机液压系统的分析	130
3. 液压传动系统的使用与维护	132

4. 液压传动系统的故障分析和排除	133
【思考与练习】	134
 学习情境 4 认识气压传动	135
任务 1 机床气压传动的认识	135
【任务目标】	135
【任务描述】	135
【知识准备】	135
1. 气压传动	135
2. 气压传动及控制系统的组成	135
【任务实施】	136
1. 场地及设备	136
2. 气压传动系统的工作原理	136
3. 气压传动的优缺点	137
4. 气压传动技术的应用和发展	137
【思考与练习】	138
任务 2 机床气压传动系统的气源装置的认识	138
【任务目标】	138
【任务描述】	138
【知识准备】	139
1. 气源装置及辅件	139
2. 空气压缩机	139
【任务实施】	140
1. 场地及设备	140
2. 气源装置的认识	140
3. 气源及气源净化装置的选用	142
【思考与练习】	144
任务 3 机床气压传动系统气马达和气缸的认识	144
【任务目标】	144
【任务描述】	144
【知识准备】	144
1. 气马达分类及特点	144
2. 气缸的分类及特点	144
【任务实施】	145
1. 场地及设备	145
2. 气缸和气马达的认识	145
3. 气马达和气缸的选用	146
4. 其他常用气缸	146
5. 标准化气缸	148
【思考与练习】	148
任务 4 机床气压传动辅助元件的认识	149

【任务目标】	149
【任务描述】	149
【知识准备】	149
1. 空气过滤器	149
2. 油雾器	149
3. 减压阀	149
4. 气动三大件	149
5. 消声器	149
【任务实施】	150
1. 场地与设备	150
2. 过滤器的拆装分析	150
3. 油雾器的拆装分析	151
4. 气动三联件的认识	152
5. 消声器的认识	152
6. 气动辅助元件的选用	153
【知识拓展】	153
1. 管道	153
2. 管接头	153
3. 管道安装注意事项	153
【思考与练习】	153
任务5 机床气动系统控制阀与基本回路组建与分析	154
子任务1 机床气动系统方向控制阀与方向控制回路的组建与分析	154
【任务目标】	154
【任务描述】	154
【知识准备】	154
1. 方向控制阀	154
2. 方向控制回路	154
【任务实施】	154
1. 场地与设备	154
2. 认识气动方向控制阀	155
3. 方向控制回路的组建与分析	158
【思考与练习】	160
子任务2 机床气动系统压力控制阀与压力控制回路的组建与分析	160
【任务目标】	160
【任务描述】	160
【知识准备】	160
1. 压力控制阀	160
2. 压力控制回路	160
【任务实施】	160
1. 场地与设备	160
2. 气动压力控制阀的认识	161

3. 压力控制阀压力控制回路的组建与分析	163
【思考与练习】	164
子任务3 机床气动系统流量控制阀与速度控制回路的组建与分析	164
【任务目标】	164
【任务描述】	164
【知识准备】	164
1. 流量控制阀	164
2. 速度控制回路	165
【任务实施】	165
1. 场地与设备	165
2. 气动流量控制阀的认识	165
3. 速度控制回路的组建与分析	166
【思考与练习】	168
子任务4 机床气动系统其他常用气动控制回路的组建与分析	168
【任务目标】	168
【任务描述】	168
【知识准备】	168
1. 安全保护回路和操作回路	168
2. 延时回路	168
3. 气液缸同步动作回路	168
4. 顺序动作回路	168
【任务实施】	168
1. 场地与设备	168
2. 机床气动系统其他常用基本回路的组建与分析	169
【思考与练习】	171

学习情境5 典型气动系统分析 172

任务1 机床工件夹紧气动系统组建与分析	172
【任务目标】	172
【任务描述】	172
【知识准备】	172
【任务实施】	172
1. 场地与设备	172
2. 机床工件夹紧气动系统组建与分析	173
【思考与练习】	173
任务2 气动机械手气压传动系统组建与分析	173
【任务目标】	173
【任务描述】	173
【知识准备】	173
【任务实施】	174
1. 场地与设备	174

2. 机械手气动系统组建与分析	174
【思考与练习】	175
任务3 数控加工中心气动换刀系统组建与分析	175
【任务目标】	175
【任务描述】	175
【知识准备】	175
【任务实施】	175
1. 场地与设备	175
2. 数控加工中心气动换刀系统组建与分析	176
【思考与练习】	176
● 附录 液压与气压传动常用图形符号 (摘自 GB/T 768.1—2009) ...	177
● 参考文献	185

学习情境1

认识液压传动

任务1 机床工作台液压系统的认识

【任务目标】

1. 掌握机床工作台液压系统的基本工作原理，了解液压传动的系统组成。
2. 了解液压传动的发展与应用。
3. 了解液压传动的特点。

【任务描述】

观察、使用液压千斤顶了解液压传动的工作原理，分析机床往复运动工作台往返运动的工作过程，了解液压传动系统的组成与特点。

【知识准备】

流体传动可分为液体传动和气体传动。液压传动和液力传动均是以液体作为工作介质来进行能量传递的传动方式。液压传动主要是利用液体的压力能来传递能量；而液力传动则主要是利用液体的动能来传递能量。

1. 液压传动的工作原理

图 1-1-1 是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动，小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空，这时单向阀 4 打开，通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油；用力压下手柄，小活塞下移，小活塞下腔压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 打开，下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔，迫使大活塞 8 向上

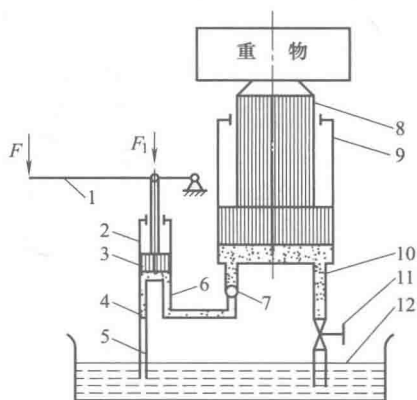


图 1-1-1 液压千斤顶工作原理图

1—杠杆手柄；2—小油缸；3—小活塞；
4,7—单向阀；5—吸油管；6,10—管道；
8—大活塞；9—大油缸；11—截止阀；12—油箱



移动，顶起重物。再次提起手柄吸油时，单向阀 7 自动关闭，使油液不能倒流，从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄，就能不断地把油液压入举升缸下腔，使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11，举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱，活塞在自重和外力作用下就向下移动。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析，可以初步了解到液压传动的基本工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下杠杆时，小油缸 2 输出压力油，是将机械能转换成油液的压力能，压力油经过管道 6 及单向阀 7，推动大活塞 8 举起重物，是将油液的压力能又转换成机械能。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 9 中油容积的多少。由此可见，液压传动是一个不同能量的转换过程。

从分析液压千斤顶的工作过程，可知液压传动的基本工作原理。

- ① 液压传动以液体为传递运动和动力的工作介质；
- ② 液压传动必须依靠密闭的容积（或密闭系统）内工作容积的变化传递能量；
- ③ 液压传动是一种能量转换装置，经过两次能量转换过程，先将机械能转换成液体的压力能，然后将便于输送的液体的压力能又转换成机械能。

2. 液压传动系统的组成

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面以图 1-1-2 所示机床往复运动工作台的液压传动系统为例，进一步了解液压传动系统应具备的基本性能和组成。

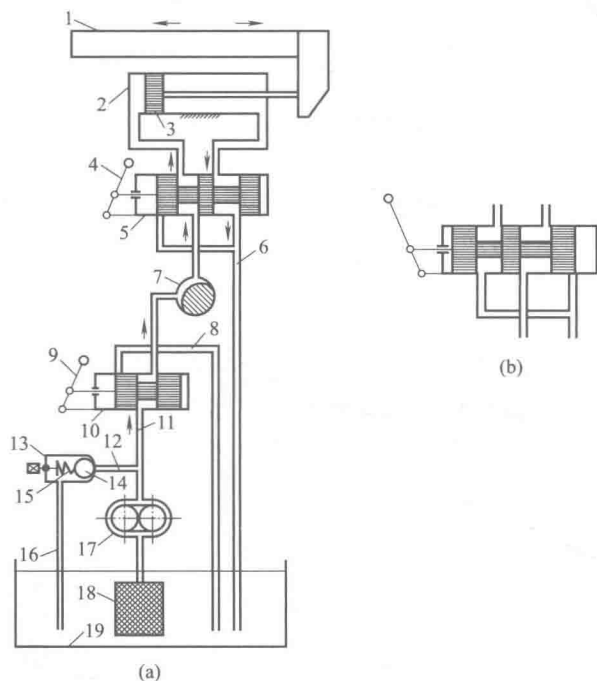


图 1-1-2 机床工作台液压系统工作原理图

- 1—工作台；2—液压缸；3—活塞；4—换向手柄；5—换向阀；6,8,16—回油管；7—节流阀；
9—开停手柄；10—开停阀；11—压力管；12—压力支管；13—溢流阀；14—钢球；
15—弹簧；17—液压泵；18—滤油器；19—油箱

从机床工作台液压系统可以看出，一个完整的、能够正常工作的液压系统，应该由以下五个主要部分组成。

(1) 工作介质 工作介质指传递能量和信号的流体。在液压系统中通常用液压油作工作介质, 同时还可起润滑、冷却和防锈的作用。

(2) 能源装置 能源装置是指供给液压系统压力油, 把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵(如图 1-1-2 中的液压泵 17)。

(3) 执行装置 执行装置是指把液压能转换成机械能的装置。包括做直线运动的液压缸(如图 1-1-2 中的液压缸 2)和做回转运动的液压马达、摆动缸。它们又称为液压系统的执行元件。

(4) 控制调节装置 控制调节装置是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。包括各种阀类元件(如图 1-1-2 中的换向阀 5、节流阀 7、溢流阀 13 等)。

(5) 辅助装置 除以上装置外的其他元器件都称为辅助装置, 如油箱、油管、管接头、过滤器、蓄能器、压力计等, 起连接、储油、过滤、储存压力能和测量油液压力等作用, 他们对保证系统正常工作是必不可少的。



【任务实施】

1. 场地及设备

(1) 场地 液压实训室、实训基地。

(2) 设备 液压组合实训台、液压千斤顶及机床工作台液压系统。

2. 机床工作台液压系统工作过程

液压缸 2 固定在床身上, 活塞连同活塞杆带动工作台 1 做往复运动。液压泵 17 由电动机驱动, 从油箱 19 中吸油。油液经滤油器 18 被吸入液压泵输入系统。在图 1-1-2 (a) 所示状态下, 压力油经开停阀 10、节流阀 7、换向阀 5 进入液压缸左腔, 推动活塞使工作台向右移动。液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。改变换向阀阀芯工作位置 [如图 1-1-2 (b) 所示状态], 则液压缸活塞反向向左移动。

工作台的移动速度是通过节流阀 7 来调节的。当节流阀开大时, 进入液压缸的油量增多, 工作台的移动速度增大; 当节流阀关小时, 进入液压缸的油量减小, 工作台的移动速度减小。为克服移动工作台时所受到的各种阻力, 液压泵输出油液的压力应能调整。根据不同工作情况, 液压泵输出的油液压力由溢流阀 13 进行调整。一般由于电机转速一定, 使液压泵单位时间内输出的油液体积也为定值, 而输入液压缸的油液多少由节流阀 7 调节, 因此液压泵输出的多余油液须经溢流阀 13 流回油箱 19。

为了克服移动工作台时所受到的各种阻力, 液压缸必须产生一个足够大的推力, 这个推力是由液压缸中的油液压力所产生的。要克服的阻力越大, 缸中的油液压力越高; 反之压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力决定于负载。

3. 液压传动系统图的图形符号

图 1-1-2 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图。它直观性强、容易理解, 当液压系统发生故障时, 根据原理图检查十分方便, 但难于绘制。为了简化液压原理图的绘制, 国家标准 (GB/T 786.1—1993) 规定了“液压气动图形符号”, 这些符号只表示元件的职能, 连接系统的通路, 不表示元件的结构和参数, 也不表示元件在机器中的实际安装位置, 并以元件的静止状态或零位状态表示。一般液压传动系统图均应按标准规定的图形符号绘

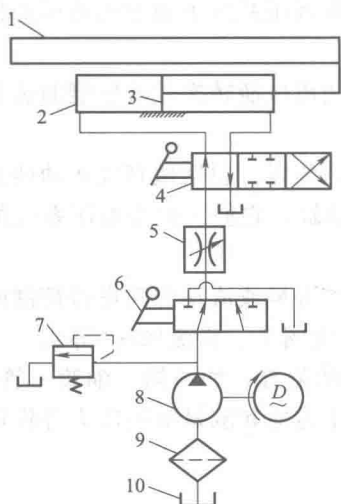


图 1-1-3 机床工作台液压系统的图形符号图

- 1—工作台；2—液压缸；3—活塞；4—换向阀；
5—节流阀；6—开停阀；7—溢流阀；
8—液压泵；9—滤油器；10—油箱

制，若某些元件无法用图形符号表示，或需着重说明系统中某一重要元件的结构和动作原理时，允许采用结构原理图表示。图 1-1-3 即为用图形符号绘制的图 1-1-2 所示的机床工作台液压系统工作原理图。



【知识拓展】

1. 液压传动技术的应用和发展

液压传动从 1795 年英国制造出世界上第一台水压机诞生，至今已有 200 多年的历史。19 世纪末，德国制造出液压龙门刨床，美国制成液压六角车床和磨床，但因当时缺乏成熟的液压元件以及受制造工艺水平的限制，液压传动技术的应用发展缓慢。二战期间，一些兵器由于采用了反应快、动作准、功率大的液压传动装置，大大提高了兵器的性能，同时推动了液压技术的发展。战后，液压传动技术迅速转向民用，在机械制造、工程建设、交通运输、矿山冶金、航空航海、轻工、农林渔业等行业广泛地应用。20 世纪 60 年代后，随着原子能技术、空间技术、计算机技术的发展，液压技术的应用更加广泛。

目前，液压技术正在向高压、高速、高效、大流量、大功率、微型化、低噪声、经久耐用、高度集成化和模块化、高可靠性及污染控制的方向发展。同时，随着计算机辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等技术在液压元件和液压系统设计中的快速应用，又使液压技术的发展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。因此采用液压传动的程度已成为衡量一个国家工业技术水平的重要标志之一。

我国的液压技术行业最初在 20 世纪 50 年代开始生产各种通用液压元件，应用于机床和锻压设备上，后来又用于拖拉机和工程机械。自 1964 年从国外引进一些液压元件生产技术以及进行自行设计以来，现已形成了系列，并在各种机械设备上得到了广泛的使用。当前，我国经济发展迅猛，液压工业也和其他工业一样，发展很快。我国已自行设计和生产出许多新型系列产品，如插装式锥阀、电液比例阀、电液比例阀、电液伺服阀、电液脉冲马达以及其他新型液压元件等。但由于过去基础薄弱，所生产的液压元件在品种与质量等方面和发达国家先进水平相比，还存在一定差距。可以预见，随着我国液压传动在各个工业领域的应用，液压技术将获得进一步发展，也将会越来越广泛。

2. 液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电气传动、气压传动相比较主要有以下优点。

- ① 相同功率的情况下，体积小、重量轻、结构紧凑、惯性小，可快速启动和频繁换向，能传递较大的力和转矩。
- ② 可在运行过程中方便地实现无级调速，且调速范围大，可达 100:1 至 2000:1。而其最低稳定转速可低至每分钟几转，可实现低速强力或低速大扭矩传动。
- ③ 传递运动均匀平稳、方便可靠，负载变化时速度较稳定。