



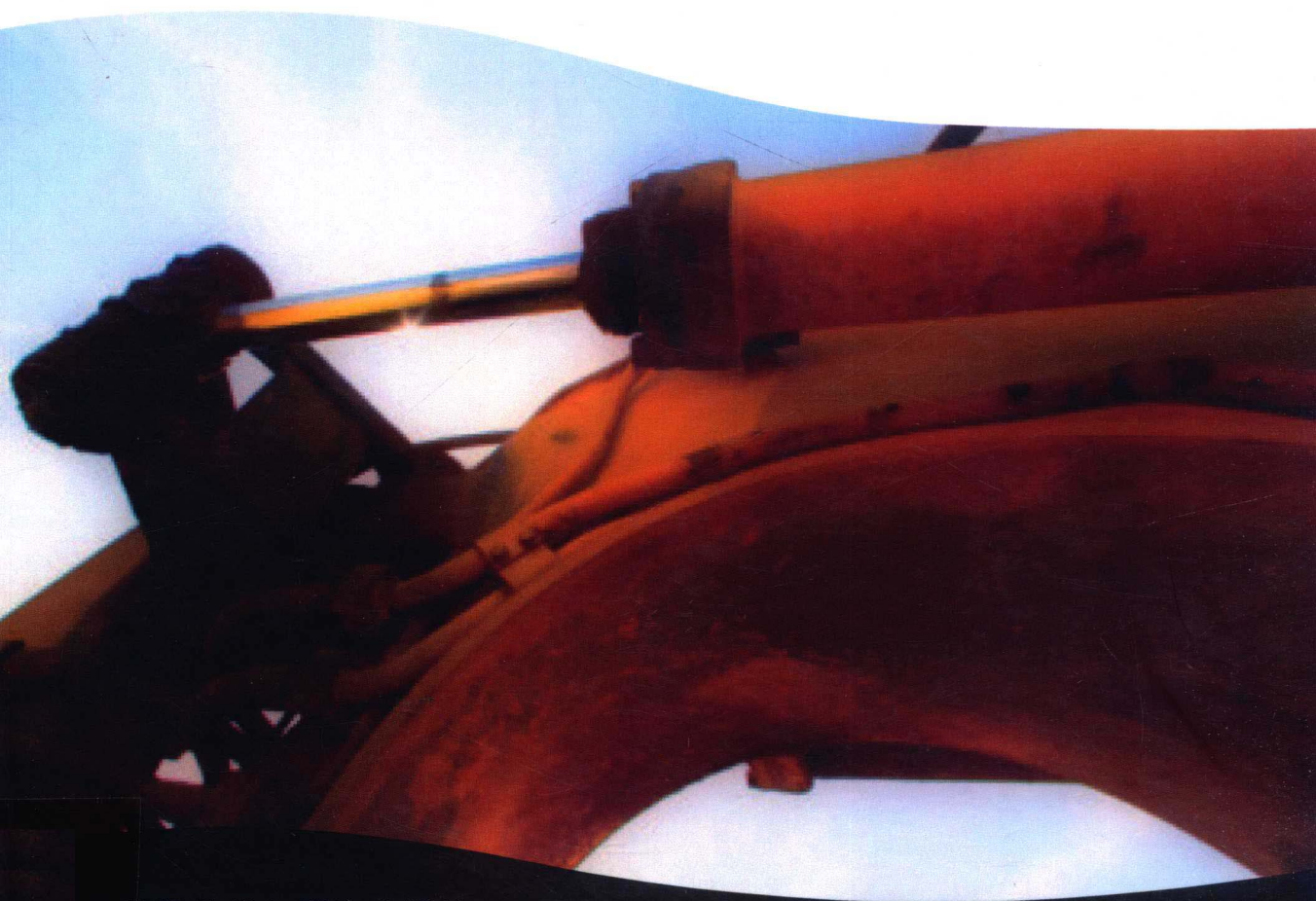
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



外研职教

气动与 液压传动

◎主编：郑 勇 王 稳



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

气动与 液压传动

◎主 编：郑勇 王稳



究出版社
ND RESEARCH PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

气动与液压传动 / 郑勇, 王稳主编. — 北京: 外语教学与研究出版社, 2015.3
ISBN 978-7-5135-5764-1

I. ①气… II. ①郑… ②王… III. ①气压传动②液压传动 IV. ①TH138②TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 065685 号

出版人 蔡剑峰
项目策划 吕志敏
责任编辑 吴·飞
装帧设计 锋尚设计
封面设计 高 蕾
版式设计 锋尚设计
出版发行 外语教学与研究出版社
社 址 北京市西三环北路 19 号 (100089)
网 址 <http://www.fltrp.com>
印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 17
版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5135-5764-1
定 价 35.00 元

职业教育出版分社:

地 址: 北京市西三环北路 19 号 外研社大厦 职业教育出版分社 (100089)
咨询电话: 010-88819475
传 真: 010-88819475
网 址: <http://vep.fltrp.com>
电子信箱: vep@fltrp.com
购书电话: 010-88819928/9929/9930 (邮购部)
购书传真: 010-88819428 (邮购部)

购书咨询: (010) 88819929 电子邮箱: club@fltrp.com
外研书店: <http://www.fltrpstore.com>
凡印刷、装订质量问题, 请联系我社印制部
联系电话: (010) 61207896 电子邮箱: zhijian@fltrp.com
凡侵权、盗版书籍线索, 请联系我社法律事务部
举报电话: (010) 88817519 电子邮箱: banquan@fltrp.com
法律顾问: 立方律师事务所 刘旭东律师
中咨律师事务所 殷 斌律师
物料号: 257640001

机电技术应用专业教材编写委员会

顾问 么居标（北京电子科技职业学院） 鲍风雨（辽宁轨道交通职业学院）
庄 严（北京电子科技职业学院）

主任 袁秀英（天津职业大学）

副主任 周晓刚（苏州健雄职业技术学院） 张宏杰（苏州健雄职业技术学院）

委员（按姓氏音序排列）

艾作众 车 娟 陈 轶 陈隶源 成建群 程 伟 戴晓丽
杜少媛 郭有福 国 鑫 哈斯花 韩军林 韩树明 何德民
何 立 呼万良 胡宏梅 贾启展 姜玉学 阚子振 兰铁梅
李红斌 刘捍东 刘琳霞 刘艳梨 卢丽丽 马 骥 倪红海
浦灵敏 钱志宏 邱寿昆 桑 杰 苏立祥 汤雪峰 唐 利
王 刚 王琳辉 王 稳 王文燕 夏永清 徐 徐 许连杰
许中军 岩淑霞 杨远林 姚臣敏 袁 涛 张 辉 张洪涛
张 勇 张希光 张耀强 张甬兰 章敏艳 赵素玲 郑爱权
郑君玉 郑 勇 仲小英 周 皓 周 军 周晓蓉 周占怀
朱 鸽 朱儒华

本书编写组

主 编 郑 勇 王 稳

参 编 徐 徐 张 勇 刘艳梨 国 鑫
贾启展

主 审 袁秀英

前 言

本书是编者应用多年的教学、科研及生产实践经验，结合中等职业教育加工制造类专业教学改革的要求，参考最新技术资料编写而成。

本书在编写过程中始终以学生为中心，以学生的认知能力为出发点，以培养学生实际应用气动、液压传动知识的能力为主线，针对目前中职学校学生的实际情况，以“必需、够用”为原则，在保证必要的基本知识的前提下淡化了理论知识的系统性和完整性，摒弃了烦琐的公式推导和计算，降低了学习难度。

全书共分 11 个项目，每个项目包含若干任务，主要介绍液压系统基础知识，液压泵的选用与维护，液压执行元件的选择与安装，液压辅助元件的使用，液压基本回路的设计、分析与仿真，典型液压设备的故障分析与排除，气动基础知识及执行元件，气动单缸控制回路设计，气动双缸控制回路，电控气动控制回路，气动系统分析与维护。每个任务通常包含“任务描述”“任务分析”“所需器材”“必备知识”“任务实施”“任务评价”和“知识拓展”等栏目，并留有一定量的思考与练习题，方便学生课后复习。全书较多地采用图文结合、表文结合的表现形式，精彩展现教材内容，降低学生的学习难度，激发学习兴趣。

本书由苏州健雄职业技术学院郑勇、王稳担任主编；江苏省太仓中等专业学校徐徐，克恩-里伯斯(Kern-Liebers)(太仓)有限公司张勇，江苏省徐州机电工程高等职业学校刘艳梨，天津市机电工艺学院国鑫、贾启展参与编写；天津职业大学机械工程学院袁秀英教授担任主审。在编写的过程中，卡斯马(Cosma)汽车系统(上海)有限公司高级技师夏益先生提供了大量的素材，同时得到了其他兄弟院校以及相关行业、企业的大力支持，在此表示衷心的感谢！

本书可供中职机械加工技术、机械制造技术、机电技术应用等制造类专业学生使用，也可供相关技术人员参考。

由于编者的水平和经验有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请大家批评指正。

编 者

2015 年 6 月

目 录

项目1

| | |
|------------------|---|
| 液压系统基础知识····· | 1 |
| 任务1 认识液压系统····· | 1 |
| 任务2 认识压力和流量····· | 8 |

项目2

| | |
|---------------------|----|
| 液压泵的选用与维护····· | 15 |
| 任务 液压泵的选用与检查维护····· | 15 |

项目3

| | |
|-----------------------|----|
| 液压执行元件的选择与安装····· | 27 |
| 任务 专用机床液压缸的选择与安装····· | 27 |

项目4

| | |
|------------------|----|
| 液压辅助元件的使用····· | 43 |
| 任务 油箱的结构和使用····· | 43 |

项目5

| | |
|--------------------------|----|
| 液压基本回路的设计、分析与仿真····· | 51 |
| 任务1 方向控制回路的设计、分析与仿真····· | 51 |
| 任务2 压力控制回路的设计、分析与仿真····· | 62 |
| 任务3 速度控制回路的设计、分析与仿真····· | 71 |
| 任务4 多缸动作回路的设计、分析与仿真····· | 83 |

项目6

| | |
|--------------------------|----|
| 典型液压设备的故障分析与排除····· | 95 |
| 任务 组合机床液压系统的故障分析与排除····· | 95 |

项目7

| | |
|-------------|-----|
| 气动基础知识及执行元件 | 111 |
| 任务 认识气动平口钳 | 111 |

项目8

| | |
|------------------|-----|
| 气动单缸控制回路设计 | 125 |
| 任务1 直接控制回路设计 | 125 |
| 任务2 快速回路设计 | 132 |
| 任务3 压力回路设计 | 142 |
| 任务4 非接触式信号控制回路设计 | 156 |
| 任务5 气控逻辑回路设计 | 165 |

项目9

| | |
|------------------|-----|
| 气动双缸控制回路设计 | 173 |
| 任务1 多步序控制回路设计 | 173 |
| 任务2 带障碍信号的控制回路设计 | 183 |

项目10

| | |
|--------------|-----|
| 电控气动回路设计 | 195 |
| 任务1 认识电控气动回路 | 196 |
| 任务2 间接控制回路设计 | 205 |
| 任务3 压差控制回路设计 | 216 |
| 任务4 延时控制回路设计 | 228 |

项目11

| | |
|------------------|-----|
| 气动系统分析与维护 | 239 |
| 任务 振动料桶气动系统分析与改进 | 240 |

| | |
|---------------|-----|
| 附录 | 252 |
| 附录1 常用液压图形符号 | 252 |
| 附录2 教学评价与分析用表 | 256 |

| | |
|------|-----|
| 参考文献 | 259 |
|------|-----|

项目1 液压系统基础知识

液压与气压传动，是以有压流体（液压油液或压缩空气）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。通过本项目的学习，让我们了解液压传动系统的基础知识，熟悉液压气压传动的工作原理。本项目分为2个工作任务，即认识液压系统与认识压力和流量。

任务

1

认识液压系统



学习目标

一、基本目标

- ① 了解液压与气压传动的研究对象。
- ② 理解液压与气压传动系统的组成。

二、提高目标

- ① 能根据具体工作要求选用液压油。
- ② 理解液压与气压传动技术在工程中的应用。



任务描述

图 1-1 所示为平面磨床，其工作台在工作中利用液压传动系统带动进行往复运动。什么是液压传动系统呢？它是如何工作的呢？



任务分析

平面磨床在工作时水平工作台需做纵向与横向移动，其中纵向移动距离又要能根据被加工工件的长度进行调整，所以采用机械结构不便于调整，而液压系统能方便地完成这一任务。

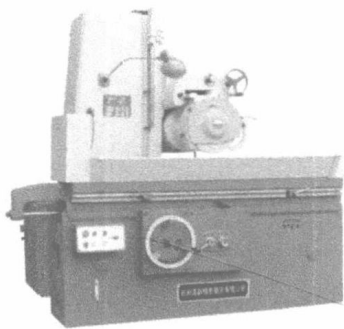


图 1-1 平面磨床



必备知识

一、液压传动系统的工作原理

液压传动系统由液压泵、液压缸、液压控制阀及连接这些元件的油管、接头等组成。其工作原理如下：液压泵由电动机驱动后，从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵，油液在泵腔中从入口的低压到泵出口的高压，在图 1-2 (a) 所示状态下，通过卸荷阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔，推动活塞使工作台向右移动。这时，液压缸右腔的油液经换向阀和回油管排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成图 1-2 (b) 所示状态，则压力管中的油将经过卸荷阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔、推动活塞使工作台向左移动，并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。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。需要克服的阻力越大，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。

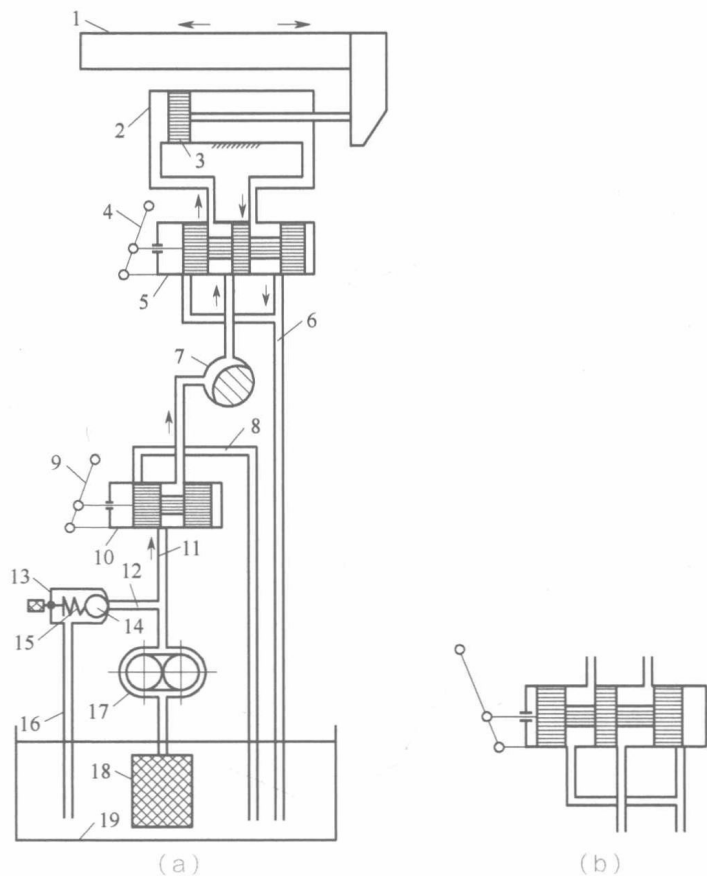
二、液压传动系统的组成

从机床工作台液压系统的工作过程可以看出，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) 能源装置（动力元件）：它是供给液压系统压力油，把机械能转换成液压能，驱动执行元件运动的装置。其最常见的形式是液压泵。

(2) 执行装置（元件）：它是把液压能转换成机械能以驱动工作机构的装置。其形式有作直线运动的液压缸，有作回转运动的液压马达，它们又被称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置（元件）：它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置，如溢流阀、节流阀、换向阀等。



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- 卸荷阀; 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

图 1-2 平面磨床工作台液压系统工作原理图

(4) 辅助装置(元件): 上述三部分之外的其他装置, 例如油箱, 滤油器, 油管等。它们对保证系统正常工作是必不可少的。

(5) 工作介质: 传递能量的流体, 如液压油等。

三、液压传动系统图的图形符号

图 1-2 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图, 有直观性强、容易理解等优点。当液压系统发生故障时, 根据原理图检查十分方便, 但图形比较复杂, 绘制比较麻烦。我国已经制定了用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准, 即“流体传动系统及元件图形符号和回路图第 1 部分: 用于常规用途和数据处理的图形符号(GB/T 786.1—2009)”。该标准对于这些图形符号有以下几条基本规定:

- (1) 大多数符号表示具有特定功能的元件或装置, 部分符号表示功能或操作方法。
- (2) 符号一般不代表元件的实际结构。
- (3) 元件符号应给出所有的接口。
- (4) 符号应有全部油口、气口/连接口标识以及参数或组合装置所需的空

些参数包括压力、流量、电气连接等。

其他规定详见国家标准。注意：元件符号内的油液流动方向用箭头表示，线段两端都有箭头的，表示流动方向可逆；符号均以元件的静止位置或中间位置表示，当系统的动作另有说明时，可作例外。

图 1-3 为图 1-2 所示系统按照 GB/T 786.1—2009 绘制的图形符号图。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了，且便于绘制。

四、液压传动系统的主要优点

液压传动之所以能得到广泛的应用，是由于它与机械传动、电气传动相比具有以下的主要优点：

(1) 由于液压传动是油管连接，所以借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构，这是比机械传动优越的地方。例如，在井下抽取石油的泵可采用液压传动来驱动，以克服长驱动轴效率低的缺点。由于液压缸的推力很大，又加之极易布置，在挖掘机等重型工程机械上，液压传动已基本取代了老式的机械传动，不仅操作方便，而且外形美观大方。

(2) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。例如，相同功率液压马达的体积为电动机的 12% ~ 13%。液压泵和液压马达单位功率的重量指标，目前是发电机和电动机的十分之一，液压泵和液压马达可小至 0.0025 N/W (牛/瓦)，发电机和电动机则约为 0.03 N/W。

(3) 可在大范围内实现无级调速。借助阀或变量泵、变量马达，可以实现无级调速，调速范围可达 1:2000，并可在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 传递运动均匀平稳，负载变化时速度较稳定。正因为此特点，金属切削机床中的磨床传动现在几乎都采用液压传动。

(5) 液压装置易于实现过载保护——借助于设置溢流阀等，同时液压件能自行润滑，因此使用寿命长。

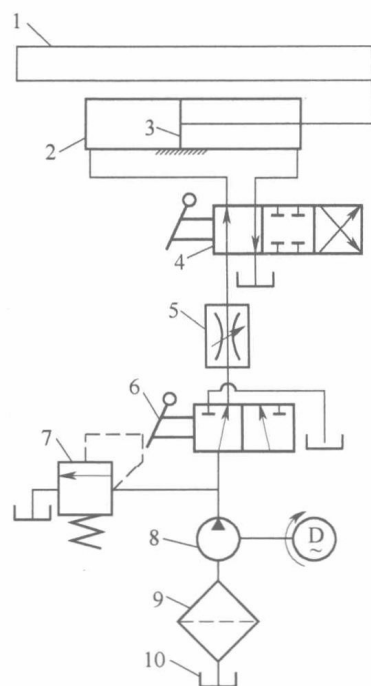
(6) 液压传动容易实现自动化——借助于各种控制阀，特别是采用液压控制和电气控制结合使用时，能很容易地实现复杂的自动工作循环，而且可以实现遥控。

(7) 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化，便于设计、制造和推广使用。

五、液压传动系统的主要缺点

(1) 液压系统中的漏油等因素，影响运动的平稳性和正确性，使得液压传动不能保证严格的传动比。

(2) 液压传动对油温的变化比较敏感，温度变化时，液体黏性变化，引起运动特性的变化，使得工作的稳定性受到影响，所以它不宜在温度变化很大的环境条件



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

图 1-3 机床工作台液压系统的图形符号图



下工作。

(3) 为了减少泄漏, 以及为了满足某些性能上的要求, 液压元件的配合件制造精度要求较高, 加工工艺较复杂。

(4) 液压传动要求有单独的能源, 不像电源那样使用方便。

(5) 液压系统发生故障不易检查和排除。



任务实施

步骤一 观察液压系统的组成

参观平面磨床工作台液压系统或者试验室液压试验台, 指出系统中各组成部分的名称和作用。

步骤二 分析液压系统能量关系

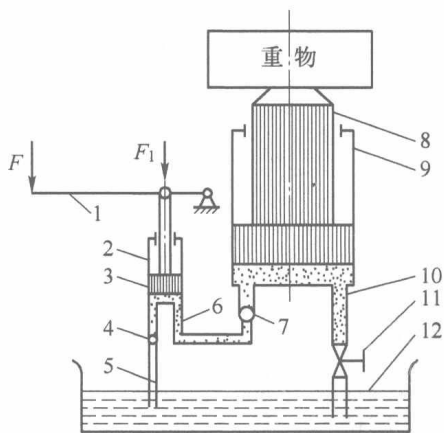
根据液压千斤顶的工作原理图, 分析它的工作原理和使用中的能量转换关系。

1. 工作原理

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 输入大油缸 9 的下腔, 迫使大活塞 8 向上移动, 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大油缸下腔, 使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11, 大油缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱, 重物就向下移动。

2. 能量转换关系

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, 是将杠杆机械能转换成油液的机械能; 压力油经过管道 6 及单向阀 7, 推动大活塞 8 举起重物, 是将油液的机械能转换成重物的机械能。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。



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

图 1-4 液压千斤顶工作原理图



任务评价

请对照表 1-1，对任务的完成情况进行评价。

表 1-1 任务评价表

| | | | | | |
|------------|----------------|----|----|------|------|
| 项目名称 | | 姓名 | | | |
| 任务名称 | | 时间 | | | |
| 一、综合职业能力成绩 | | | | | |
| 评分项目 | 评分内容 | 配分 | 自评 | 小组评分 | 教师评分 |
| 任务完成 | 完成项目任务，功能正常等 | 60 | | | |
| 操作工艺 | 方法步骤正确，动作准确等 | 20 | | | |
| 安全生产 | 符合操作规程，人员设备安全等 | 10 | | | |
| 文明生产 | 遵守纪律，积极合作，工位整洁 | 10 | | | |
| 总分 | | | | | |
| 二、训练过程记录 | | | | | |
| 参考资料选择 | | | | | |
| 操作工艺流程 | | | | | |
| 技术规范情况 | | | | | |
| 安全文明生产 | | | | | |
| 完成任务时间 | | | | | |
| 自我检查情况 | | | | | |
| 三、评语 | 自我整体评价 | | | | 学生签名 |
| | 教师整体评价 | | | | 教师签名 |



知识拓展

液压传动系统的主要应用

驱动机械运动的机构以及各种传动和操纵装置有多种形式。根据所用的部件和零件，可分为机械、电气、气动、液压传动装置等。经常还将不同形式装置组合起来运用——四位一体。由于液压传动具有很多优点，使这种新技术发展得很快。液压传动应用于金属切削机床也不过四五十年历史，航空工业在 1930 年以后才开始采用液压传动，最近二三十年以来液压技术在各种工业中的应用越来越广泛。

在机床上，液压传动常应用在以下装置中：

(1) 进给运动传动装置。磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动；车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架；铣床、刨床、组合机床的工作台等的进给运动也都采用液压传动。这些部件有的要求快速移动，有的要求慢速移动；有的则既要求快速移动，也要求慢速移动。这些运动多半要求有较大的调速范围，要求在工作中无级调速；有的要求持续进给，有的要求间歇进给；有的要求在负载变化下速度恒定；有的要求有良好的换向性能等。所有这些要求都是可以用液压传



动来实现的。

(2) 往复主体运动传动装置。龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕，由于要求作高速往复直线运动，并且要求换向冲击小、换向时间短、能耗低，因此都可以采用液压传动。

(3) 仿形装置。车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成。其精度可达 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 。此外，磨床上的成形砂轮修正装置亦可采用这种系统。

(4) 辅助装置机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杆螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等，采用液压传动后，有利于简化机床结构，提高机床自动化程度。

(5) 静压支承重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨、丝杠螺母机构等处采用液体静压支承后，可以提高工作平稳性和运动精度。

液压传动在其他机械工业部门的应用情况如表 1-2 所示。

表 1-2 液压传动在各类机械行业中的应用实例

| 行业名称 | 应用场所举例 |
|--------|-------------------------------|
| 工程机械 | 挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等 |
| 起重运输机械 | 汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等 |
| 矿山机械 | 凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等 |
| 建筑机械 | 打桩机、液压千斤顶、平地机等 |
| 农业机械 | 联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等 |
| 冶金机械 | 电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等 |
| 轻工机械 | 打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等 |
| 汽车工业 | 自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等 |
| 智能机械 | 折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等 |



思考与练习题

1. 使用液压千斤顶提升重物时，是不是省力又省功？
2. 液压系统中的单向阀与换向阀起什么作用？
3. 观察平面磨床后，请问工作台行程是否可调？调整的实质是应用了液压系统中的什么元件进行的？

任务

2

认识压力和流量



学习目标

一、基本目标

- ① 能进行液压系统的结构分析。
- ② 能根据工作状况进行压力的计算。
- ③ 能进行压力和流量的计算。

二、提高目标

- ① 熟悉流量与流速的计算单位。
 - ② 理解压力的表示方法。
 - ③ 能分析液压机构的动作程序。
-



任务描述

液压千斤顶（见图 1-5）是一种采用柱塞或液压缸作为刚性顶举件的千斤顶。它构造简单、重量轻、便于携带，移动方便。其缺点是起重高度有限、起升速度慢。试分析液压系统中的流量与流速的关系，并组建一个简单的液压流量控制回路进行观察实验。

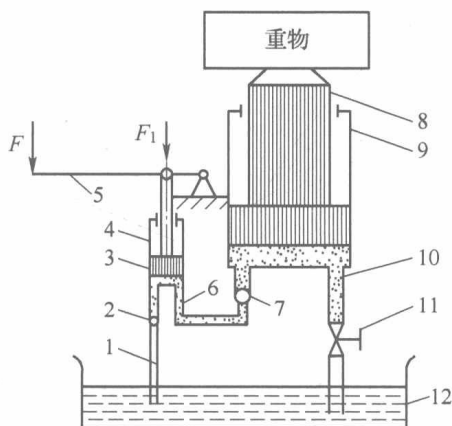


图 1-5 液压千斤顶



任务分析

如图 1-6 所示，液压千斤顶工作时，只要往复扳动杠杆手柄 5，使手动油泵（小油缸 4）不断向大油缸 9 内压油，由于大油缸内油压的不断增高，就迫使大活塞 8 及大活塞上面的重物一起向上运动。打开截止阀 11，油缸内的高压油便流回储油腔（油箱），于是重物与大活塞也就一起下落。



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

图 1-6 液压千斤顶工作原理图

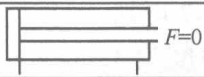

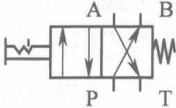
组建一个简单的液压流量控制回路。



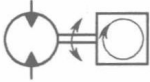

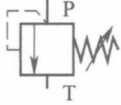

所需器材

完成该项任务时，需要用到的器材如表 1-3 所示。

表 1-3 所需器材

| 件号 | 数量 | 名称 | 符号 |
|----|----|-----------|--|
| 1 | 1 | 双作用液压缸 |  |
| 2 | 1 | 压力表 |  |
| 3 | 1 | 二位四通手动换向阀 |  |

续表

| 件号 | 数量 | 名称 | 符号 |
|----|----|--------|--|
| 4 | 1 | 流量计 |  |
| 5 | 1 | 可调节节流阀 |  |
| 6 | 1 | 溢流阀 |  |
| 7 | 1 | 液压泵 |  |
| 8 | 若干 | 连接油管 | |



必备知识

一、压力的概念

液压传动中的压力是指当液体相对静止时，液体单位面积上所受的力。

$$p=F/A$$

式中： A 为液体有效作用面积， m^2 ； F 为液体有效作用面积 A 上所受的力， N 。

压力单位为帕斯卡，简称帕，符号为 Pa ， $1 Pa = 1 N/m^2$ 。由于此单位很小，工程上使用不便，因此常采用它的倍单位兆帕，符号 MPa 。 $1 MPa = 1 \times 10^6 Pa$ 。

二、压力的表示方法

液压系统中的压力就是指压强，液体压力通常有绝对压力、相对压力（表压力）、真空度三种表示方法。

因为在地球表面上，一切物体都受大气压力的作用，而且是自成平衡的，即大多数测压仪表在大气压下并不动作，这时它所表示的压力值为零，因此，它们测出的压力是高于大气压力的那部分压力。也就是说，它是相对于大气压（即以大气压为基准零值时）所测量到的一种压力，因此称它为相对压力或表压力。另一种是以绝对真空为基准零值时所测得的压力，我们称它为绝对压力。当绝对压力低于大气压时，习惯上称为出现真空。因此，某点的绝对压力比大气压小的那部分数值叫做该点的真空度。如某点的绝对压力为 $4.052 \times 10^4 Pa$ （0.4 大气压），则该点的真空度为 $6.078 \times 10^4 Pa$ （0.6 大气压）。绝对压力、相对压力（表压力）和真空度的关系如图 1-7 所示。

由图 1-7 可知，绝对压力总是正值，表压力则可正可负，负的表压力就是真空度，如真空度为 $4.052 \times 10^4 Pa$ （0.4 大气压），其表压力为 $-4.052 \times 10^4 Pa$ （-0.4 大气压）。我们把下端开口，上端具有阀门的玻璃管插入密度为 ρ_g 的液体中，如图 1-8 所示。如果在上端抽出一部分封入的空气，使管内压力低于大气压力，则在外界的大气压力 p_a 的作用下，管内液体将上升至 h_0 ，这时管内液面压力为 p_0 ，由流体静力学基本公式可知： $p_a = p_0 + \rho_g h_0$ 。显然， $\rho_g h_0$ 就是管内液面压力 p_0 不足大气压力的部分，