



“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

液压与气压传动

第3版

YEYA YU QIYA CHUANDONG

◎ 刘建明 何伟利 主编



配教学资源包



Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
Kahle/Austin Foundation

https://archive.org/details/isbn_9787111467939_3

秦漠林
模具1438





“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

液压与气压传动

第3版 ^{③ 设计}
帕斯卡原理讲

④ 设计
(1) 2 液压系统
P. 12

$$\frac{2F}{\pi d^2} = \frac{2G}{\pi D^2}$$

(2) 16 电磁换向阀
流量阀 节流阀

快-工-进-退
回路
设计

① 空
② 符号
3位(0.4M) P13
缸差压
五大组成 (进油口-
压力和粘度
液压阀
压力(表)
马达与泵
速(流量)

主编 刘建明 何伟利
参编 万里瑞 陶利珍
主审 马惠敏

1. 液压五大(由外到内)
2. \swarrow
3. 阀、马达(符号)
4. 帕斯卡原理
5. 回路设计、分析
6. 功率

本书是“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考相关职业资格标准，在第2版的基础上修订而成的。

本书的内容以液压传动为主，气压传动为辅，主要包括液压传动基本知识、液压元件、液压基本回路、液压传动系统，气动元件、气动基本回路及其在典型设备中的应用，液压与气压传动常见故障分析及排除等。本书在内容的选取上充分体现了“加强针对性，注重实际应用，适当拓宽知识面”的特点，理论知识以“必需、够用”为度。教材介绍了行业内常用的新型液压与气动元件，采用了最新国家标准（GB/T 786.1—2009、GB 11118.1—2011）。

为便于教学，本书配套有电子教案、助教课件等教学资源，选择本书作为教材的教师可来电（010-88379195）索取，或登录 www.cmpedu.com 网站，注册、免费下载。

本书可作为高等职业院校机电一体化专业、机械设计与制造等机电类专业教材，也可作为机电行业技术人员的岗位培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

液压与气压传动/刘建明，何伟利主编. —3版. —北京：机械工业出版社，2014.6（2015.9重印）

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-46793-9

I. ①液… II. ①刘…②何… 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. ①TH138 ②TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 106053 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：高倩 责任编辑：张晓媛

版式设计：霍永明 责任校对：樊钟英

封面设计：张静 责任印制：李洋

北京京丰印刷厂印刷

2015年9月第3版第3次印刷

184mm×260mm·14印张·331千字

6 001—10 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-46793-9

定价：34.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第3版前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，经过出版社初评、申报，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考相关职业资格标准，在第2版的基础上修订而成的。

本次修订基本保留了第2版的结构和特色，力求在教学内容上更加贴近当前高等职业教育教学改革的实际，更加贴近生产和工程中的实际。本次修订有以下特点：

1. 根据《高等职业学校专业教学标准（试行）》，将高等职业教育机电一体化等专业液压与气压传动课程所“必需、够用”的理论点、知识点，进行组合，避免内容重复，使教材更加紧凑，如本次修订时将液压元件的控制阀与基本回路两部分内容进行了整合。

2. 本次修订增加了部分理论内容，如伯努利方程、液压缸的设计与计算、调速回路速度负载特性分析等内容。在第六章增加了液压系统控制电路的内容，将液压与电气结合起来。

3. 全书采用双色印刷，形式新颖。

4. 进一步补充了行业内的一些新型液压元件和气动元件，使学生对新的液压元件和气动元件有所了解。

5. 执行最新国家标准 GB/T 786.1—2009 和 GB 11118.1—2011。

6. 增加了液压元件和气动元件的实物图，使学生能直观地观察到液压元件和气动元件的外形，还对部分图形采用双色，以帮助学生建立感性认识。

7. 精选每章的习题类型和内容，力求在每个知识点都能使学生得到练习。附录中的实验指导书内容充实，可操作性强。

本书建议教学学时为 80 学时，各章理论与实验学时分配见下表，供参考。

章	学时数		章	学时数	
	理论	实验		理论	实验
第一章 液压传动基础	8	2	第七章 气源装置及辅助元件	3	1
第二章 液压泵和液压马达	8	2	第八章 气动执行元件	2	1
第三章 液压缸	4		第九章 气动控制阀及基本回路	8	7
第四章 液压辅助元件	2		第十章 气压传动系统实例	4	
第五章 液压控制阀及基本回路	10	8	第十一章 液压与气压系统安装调试与维护	4	
第六章 液压传动系统实例	6		合计	59	21

本书共十一章，由刘建明、何伟利担任主编并统稿。具体分工如下：河南机电职业学院刘建明编写第一章、第五章和附录，河南牧业经济学院何伟利编写第二章至第四章，郑州信息科技职业技术学院万里瑞编写第七章至第九章，张家口市技师学院陶利珍编写第六章、第十章和第十一章。中国国机重工集团有限公司洛阳公司马惠敏任主审。

本书经全国职业教育教材审定委员会审定。教育部专家在评审过程中对本书提出了很多宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！

编写过程中，编者参阅了相关教材和资料，同时得到了丁兰针、苏全卫、刘夏滢等人的帮助，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。编者 E-mail: 836306972@qq.com。

编 者

第2版前言

本书是2007年出版的《液压与气压传动》的修订本。经过几轮的教学实践,以及全国很多职业院校、技术岗位培训单位使用的反馈意见;结合深入企业的调研、液压与气动元件图形符号新标准实施和当前职业院校的教学实际,我们在第1版基础上编写了本书。

本次修订基本保留了原书的框架和特色,继续在培养实用型、技能型、技术应用型人才上下功夫,力求做到使教材“有用、实用、好用”,在内容的广度和深度的处理上,把方便学生学习放在首要位置。本次修订有以下特点:

1. 执行最新国家标准 GB/T 786.1—2009,更新了液压与气动元件图形符号和有关名词术语。

2. 增加了液压元件和气动元件的实物图,使学生能直观地了解液压元件和气动元件的形状和外形,有助于学生建立感性认识。

3. 在保留原书中【教学目的】、【技能要求】、【教学提示】等栏目的同时,增加了“想一想”栏目,目的在于进一步帮助学生巩固和加深理解所学知识内容。

4. 增加了部分章节习题的类型和内容,力求在每个知识点都能使学生得到充分的练习。

5. 补充了行业内的一些新型液压元件和气动元件,如充液阀、电磁溢流阀、电磁支撑阀、带磁性开关的气缸、带阀的组合气缸、气动机械手常用的气动手指气缸等,扩充学生知识量。

6. 对实验指导书进行了详细的补充,增加了实验的学时,目的在于有效地培养学生的动手能力。

本书建议教学学时为80学时,理论与实验学时和各章学时分配见下表(供参考)

章	学时数		章	学时数	
	理论	实验		理论	实验
第一章 液压传动基础	6	2	第七章 气源装置及辅助元件	3	1
第二章 液压泵和液压马达	6	4	第八章 气动执行元件	2	1
第三章 液压缸	2		第九章 气动控制阀及基本回路	8	7
第四章 液压辅助元件	2		第十章 气压传动系统实例	4	
第五章 液压控制阀及基本回路	12	10	第十一章 液压与气压传动系统安装调试与维护	4	
第六章 液压传动系统实例	6		合计	55	25

本书由刘建明、何伟利担任主编并统稿。第一、五章、实验指导书和附录由刘建明编写；第二、三、四、八章由何伟利编写；第七、九、十章由秦健西编写；第六、十一章由吕尚礼编写。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。编者 E-mail: hnmeljm@yahoo.com.cn。

编 者

第1版前言

本书是中等职业教育“十一五”规划教材，也可作为机电行业的中级技术工人培训教材。本书编写过程中力求反映中职教育教学改革的思路和实效，并努力做到由浅入深、通俗易懂、简明扼要，着重培养学生理解和分析液压与气动系统、维护和排除系统故障的能力。

本书是按照“以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念，强化应用为教学重点”的原则编写，精选教学内容，力求体现实用性和先进性。本书有以下特点：

(1) 各章均设有醒目的【教学目的】和【技能要求】，使学生明确本章的学习要求，做到有的放矢。

(2) 在重点、难点所在之处，设有【提示】和【要点】等栏目，以帮助学生理解和掌握。

(3) 各章都有“本章小结”及精选的习题，题型种类多，覆盖所有知识点。

本书建议教学学时数为55学时，各章学时分配见下表（供参考）。

章	学时数	章	学时数
第一章 液压传动基础	6	第七章 气源装置及辅助元件	3
第二章 液压泵和液压马达	6	第八章 气动执行元件	2
第三章 液压缸	2	第九章 气动控制阀及基本回路	8
第四章 液压辅助元件	2	第十章 气压传动系统实例	4
第五章 液压控制阀及基本回路	12	第十一章 液压与气压传动系统安装调试与维护	4
第六章 液压传动系统实例	6	共 计	55

本书由河南机电学校刘建明担任主编。第一、五、六、十一章、实验指导和附录由刘建明编写；第七、八、九、十章由广西机电工程学校秦健西编写；第二、三、四章由郑州牧业高等专科学校何伟利编写。

河南工业职业技术学院兰建设老师为本书的主审。本书编写过程中曾得到兄弟学校的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。电子邮件请发至 hnmelj@ yahoo. com. cn。

编 者

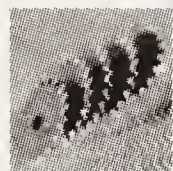
目 录

第3版前言

第2版前言

第1版前言

第一章 液压传动基础	1
第一节 液压传动的基本知识	2
第二节 液压油	5
第三节 液体的静力学基础	8
第四节 液体的动力学基础	10
第五节 管路中液流的压力损失	14
第六节 液体流经小孔及间隙的流量	15
第七节 液压冲击和气穴现象	16
本章小结	17
本章习题	18
第二章 液压泵和液压马达	21
第一节 液压泵概述	21
第二节 齿轮泵	25
第三节 叶片泵	28
第四节 柱塞泵	32
第五节 液压泵的选用	36
第六节 液压马达	37
本章小结	39
本章习题	39
第三章 液压缸	41
第一节 液压缸的分类和特点	41
第二节 液压缸的结构	48
第三节 液压缸的设计与计算	50
本章小结	52
本章习题	52
第四章 液压辅助元件	54
第一节 油管及管接头	54



第二节	过滤器	56
第三节	蓄能器	59
第四节	油箱和热交换器	60
第五节	压力表及压力表开关	62
第六节	密封装置	63
	本章小结	65
	本章习题	65
第五章	液压控制阀及基本回路	67
第一节	液压阀的分类	67
第二节	方向控制阀及方向控制回路	68
第三节	压力控制阀及压力控制回路	80
第四节	流量控制阀及速度控制回路	93
第五节	多缸工作控制回路	106
第六节	其他液压控制阀及其应用	109
	本章小结	115
	本章习题	116
第六章	液压传动系统实例	121
第一节	组合机床动力滑台的液压系统	122
第二节	数控车床的液压系统	124
第三节	汽车起重机液压系统	127
第四节	液压系统的控制电路	130
	本章小结	132
	本章习题	133
第七章	气源装置及辅助元件	135
第一节	气压传动系统	135
第二节	气源装置	138
第三节	辅助元件	142
	本章小结	147
	本章习题	147
第八章	气动执行元件	149
第一节	气缸	149
第二节	气动马达	155
	本章小结	157
	本章习题	157
第九章	气动控制阀及基本回路	159
第一节	方向控制阀及换向回路	159

第二节	压力控制阀及压力控制回路	165
第三节	流量控制阀及速度控制回路	169
第四节	其他常用气动回路	172
	本章小结	173
	本章习题	173
第十章	气压传动系统实例	175
第一节	气动机械手气压传动系统	175
第二节	数控加工中心气动换刀系统	177
第三节	气液动力滑台	178
	本章小结	179
	本章习题	179
第十一章	液压与气压传动系统安装调试与维护	181
第一节	液压系统的安装调试与维护	181
第二节	气压系统的安装调试与维护	187
	本章小结	192
	本章习题	192
附 录	193
附录 A	实验指导书	193
实验 1	液压系统压力形成	193
实验 2	液压泵的拆装	193
实验 3	液压控制阀的拆装	195
实验 4	液压基本回路实验	196
实验 5	气源装置和气动元件认识	198
实验 6	气压传动基本回路实验	199
附录 B	常用液压与气动元件图形符号	203
附录 C	常用液压与气动元件新旧图形符号对比	210
参考文献	212

第一章 液压传动基础



知识目标

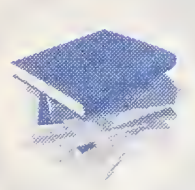
- 掌握：1. 液压传动的工作原理，液压传动系统的组成和各部分的功用。
2. 液体静压力基本方程，帕斯卡原理。
3. 流量连续性方程、伯努利方程。
- 理解：1. 液压系统压力的形成与传递。
2. 理想液体和实际液体的伯努利方程。
- 了解：1. 液压传动的特点及应用。
2. 压力损失。
3. 液体流经小孔和间隙的流量。



技能目标

1. 会用伯努利方程分析生产实际问题。
2. 能正确地选择液压油，控制液压油的污染。

你知道吗？



什么是液压传动？液压传动是以液体为工作介质，利用密闭系统中的液体压力能来传递运动和动力的一种传动方式。如在各类建筑工地上，我们见到的自行卸货的汽车，在汽车货厢的下部就安装了液压缸，液压泵输送的压力油进入液压缸，压力油推动缸的活塞向上顶起货厢，使货厢倾斜，这就完成了液压能与机械能的转换。与机械传动、电气传动相比，液压传动有许多独特的优点，被广泛地应用于机械制造、工程机械、建筑、航天航空、军事、冶金等领域。尤其随着计算机技术的发展，控制技术，机、电、液技术紧密结合，液压传动技术显得越来越重要。

第一节 液压传动的基本知识

一、液压传动的工作原理

1. 液压千斤顶的工作原理

液压千斤顶是以液体为工作介质实现动力传递的典型装置，下面以它为例来说明液压传动的工作原理。图 1-1 所示为液压千斤顶的工作原理图，液压缸 2、8 中分别装有活塞 3、9，并形成密封腔 A 和 B。当提升杠杆 1 时，活塞 3 上移，密封腔 A 容积增大，腔内压力下降，形成局部真空。这时，单向阀 4 打开，油箱 12 中的油液在大气压力作用下，通过吸油管 5 进入 A 腔，实现吸油。当压下杠杆 1 时，活塞 3 下移，密封腔 A 容积减小，腔内压力升高，单向阀 4 关闭，单向阀 7 开启，油液进入 B 腔，推动活塞 9 上移，将重物顶出一段距离。如果反复提升和压下杠杆 1，就能使油液不断地被压入液压缸 8，使重物不断升高，达到起重的目的。如打开放油阀 11 使 B 腔与油箱接通时，B 腔内的油液流回油箱，活塞 9 在外力作用下向下运动。

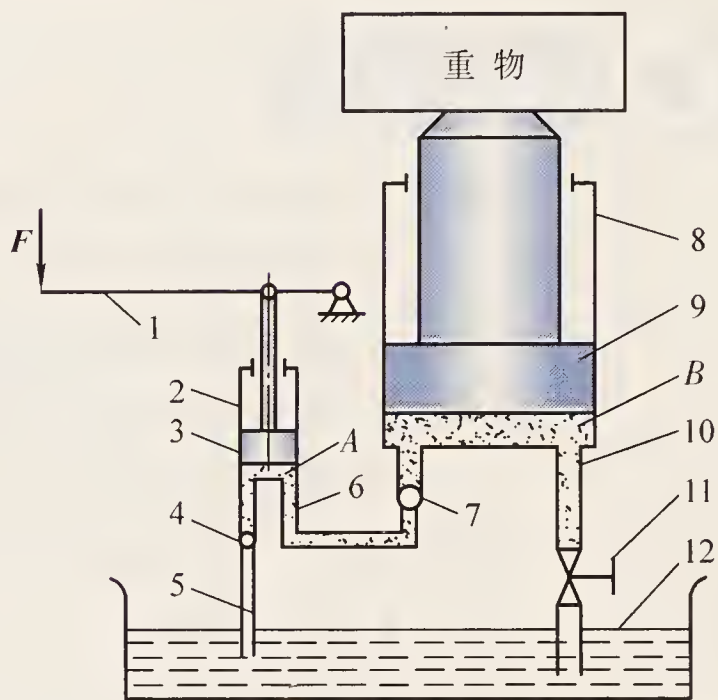


图 1-1 液压千斤顶的工作原理

- 1—杠杆 2、8—液压缸
3、9—活塞 4、7—单向阀
5、6、10—油管 11—放油阀 12—油箱

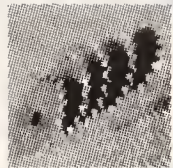
>> 提示

从液压千斤顶的工作原理可知，它是通过密封腔 A 容积的变化把机械能转换为液体的压力能，再经密封腔 B 容积的变化，把液体的压力能转换为机械能输出，也就是依靠液体在密封容积变化中的压力能来实现能量传递。

2. 机床工作台液压传动工作原理

图 1-2 所示为机床工作台液压传动系统，液压泵 10 由电动机驱动旋转，从油箱 12 中吸油，经过过滤器 11 进入液压泵 10，经换向阀 8、节流阀 6、换向阀 5 进入液压缸 2 的左腔，推动活塞及工作台向右移动，这时液压缸右腔的油液经换向阀 5 排回油箱。当换向阀 5 处于图 1-2b 所示状态时，油液经换向阀进入液压缸右腔，推动活塞及工作台向左移动，此时液压缸左腔的油液经换向阀 5 排回油箱。通过换向阀改变油液的通路，便能实现工作台液压缸的运动换向。

调节节流阀 6 的开口大小可改变进入液压缸的油液体积，从而调节工作台的移动速度。开口大，进入液压缸的流量大，工作台运动速度就高；开口小则运动速度低。工作台在运动时，要求油液具有一定的压力，通过溢流阀 9 可调定液压泵输出油液的压力。



在图 1-2 中，组成液压系统的各个元件的图是用半结构式图形画出来的，称为结构原理图。这种图直观性强、容易理解，但图形比较复杂，较难绘制。通常用国家标准规定的图形符号来绘制液压系统原理图，使系统图简化，便于阅读、分析、设计和绘制。附录中摘录了我国目前采用的液压与气压元件图形符号（GB/T 786.1—2009）。

二、液压传动系统的组成

从机床工作台液压传动系统可知，液压传动系统一般由以下 5 个部分组成。

(1) 动力元件 功能是把机械能转换成流体压力能，动力元件就是液压泵。

(2) 执行元件 功能是把液体的压力能转换成机械能，执行元件指做直线运动的液压缸和做回转运动的液压马达。

(3) 控制调节元件 功能是控制和调节液压系统中流体的压力、流量和流动方向，如溢流阀、节流阀、换向阀等。

(4) 辅助元件 各种油管、油箱、过滤器等元件，它们是保证系统正常工作不可缺少的组成部分。

(5) 工作介质 传递能量的液体，通常指液压油。

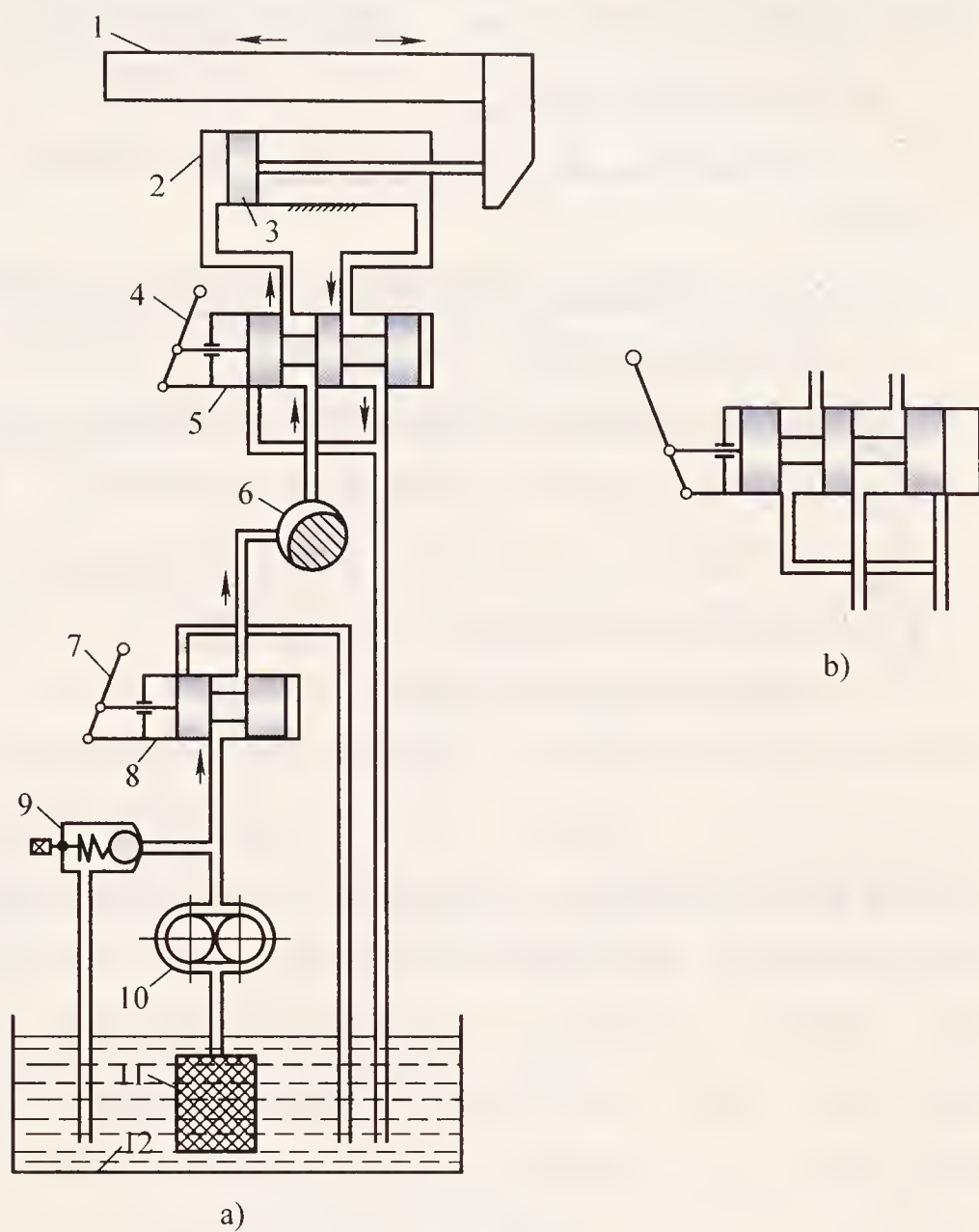


图 1-2 机床工作台液压传动系统

- 1—工作台 2—液压缸 3—活塞 4、7—换向手柄
5、8—换向阀 6—节流阀 9—溢流阀
10—液压泵 11—过滤器 12—油箱

想一想

1. 在图 1-1 所示的液压千斤顶中，动力元件、执行元件、控制调节元件、辅助元件分别是哪些元件？
2. 在日常生活中，你还见过哪些机械中采用了液压传动，举例说明。

三、液压传动的优缺点及应用

液压传动与机械传动、电气传动相比有以下优缺点：

1. 液压传动的优点

- 1) 能方便地实现无级调速，且调速范围大，调速比最高可达 2000 以上。
- 2) 容易实现较大的力和转矩的传递。在输出功率相同时，液压传动装置的体积小、质量轻、运动惯性小。