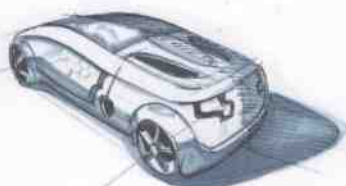


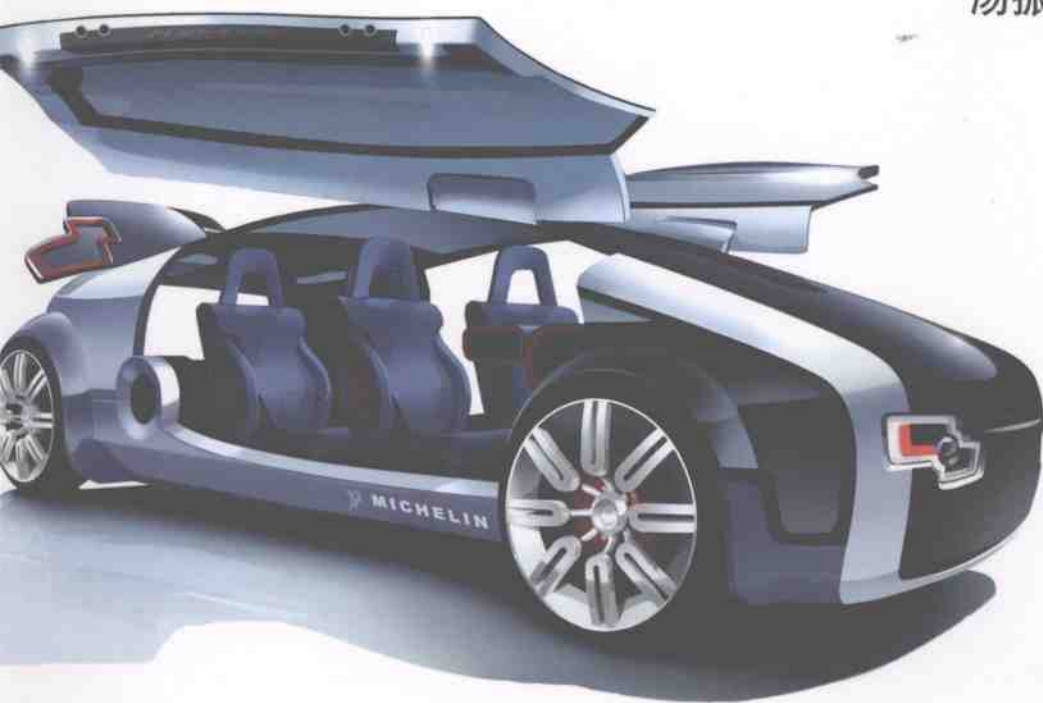


高等职业教育“十一五”规划教材
高职高专汽车类教材系列



液压、液力 与气压传动技术

杨 平 葛 云 主 编
汤振周 副主编



 科学出版社
www.sciencep.com

● 高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专汽车类教材系列

液压、液力与气压传动技术

杨 平 葛 云 主 编

汤振周 副主编

责任编辑 葛 云

封面设计 张 颖

17001 000000

2007.05.05 14:00:00

航空工业出版社

地址：北京市丰台区右安门内大街16号

电话：(010) 63921111 传真：(010) 63921112

网址：http://www.ahapress.com.cn

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书包括液压、液力与气压传动三部分内容,主要介绍了基础知识,常用元件、装置与传动系统的工作原理,元件的使用、维护和维修的基本方法等。本书侧重对基本概念的理解与应用,在内容上加强针对性与实用性,对一些概念的叙述尽可能地简洁易懂,侧重讲述汽车及工程机械中常见液压、液力与气压传动装置,内容上也兼顾了其他专业的使用,所选内容尽可能反映液压与气压以及液力传动技术的发展与应用现状。

本书可作为高职高专汽车类、工程机械以及一般机电类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压、液力与气压传动技术/杨平,葛云主编.—北京:科学出版社,2007
高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专汽车类教材系列
ISBN 978-7-03-019432-9

I. 液… II. ①杨…②葛… III. ①液压传动-高等学校:技术学校-教材②气压传动-高等学校:技术学校-教材 IV. TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 133777 号

责任编辑:彭明兰 张雪梅/责任校对:刘彦妮

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年9月第一次印刷 印张:21

印数:1—3 000 字数:470 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62132124 (VT03)

高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专汽车类教材系列

编 委 会

主任委员 李振格

委 员 (按拼音排序)

杜艳霞 高 维 葛 云 蒋国平

李祥峰 李雪早 李玉柱 梁仁建

林 平 娄 云 罗新闻 倪 红

王凤军 吴东平 熊永森 杨 平

曾 鑫 张铛峰 周长庚 邹小明

前 言

近年来随着技术的进步,液压、液力与气压传动技术发展迅速,加之国内高职高专教育的改革力度也在加大,这就对教材提出了更高的要求。在这样的背景下我们组织编写了本书。

液压类教材已出版了很多,应该说其基本内容已比较完善,教材的形式与内容变化不大,但是适合汽车与工程机械类专业使用的教材不多。本书编写力求突出高职高专的教学特点,针对高职高专应用型人才的培养目标,探索以不同的方式、方法来处理其相关的内容,力求在整体结构与内容上有所创新。本书突出对典型系统的介绍与分析,通过对系统及回路的更多了解,增加对液压与气压以及液力传动技术应用知识的了解。由于液压机械与设备有许多共性,故在液压系统中除介绍了典型汽车及工程机械液压传动系统的内容外,还适当介绍了机电类液压气压传动系统的相关内容,以供不同专业使用。本书突出常用装置、系统的使用与维护,设计的内容基本不做论述或只做简单介绍。

本书主要是针对高职高专的教学用书,建议学时数为45~60,但可根据专业的特点进行增减,其中液压部分一般为30~35学时,气压部分一般为10~15学时,液力部分一般为5~10学时。建议在教学上结合实验与实训,边讲边学,边做边学,以提高教学效果。

本书共分十六章,具体编写分工为:王鸣编写第1章;汤振周编写第2、8章;葛云编写第3、4、11、12章;杨平编写第5、7、9、10章;伍小明编写第6章;洪茹编写第13~15章;杜东雨编写第16章。

由于编写时间较仓促,加之编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

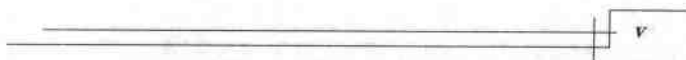
目 录

前言

第1章 液压、液力与气压传动概述	1
1.1 液压与气压传动的工作原理与组成	2
1.1.1 液压与气压传动的工作原理	2
1.1.2 液压传动系统的组成	3
1.1.3 气压传动系统的组成	4
1.1.4 液压与气压系统的图形符号	5
1.2 液力传动工作原理与组成	6
1.2.1 液力传动工作原理	6
1.2.2 液力传动装置的组成	7
1.3 液压、液力与气压传动的特点及其在汽车等领域中的应用	7
1.3.1 液压、液力与气压传动技术的发展概况	7
1.3.2 液压传动的特点	8
1.3.3 气压传动的特点	8
1.3.4 液力传动的特点	9
1.3.5 液压、液力与气压传动在汽车等设备上的应用及其特点	9
小结	10
思考题与习题	11
第2章 液压与气压传动的基本知识	12
2.1 工作介质的性质	13
2.1.1 可压缩性	13
2.1.2 黏性	14
2.1.3 空气分离压和饱和蒸汽压	15
2.1.4 其他性质	16
2.2 工作介质的种类与选择	16
2.2.1 液压油的种类	16
2.2.2 液压油的选择	17
2.3 工作介质的污染与控制	19
2.3.1 污染的危害	19
2.3.2 介质污染的主要原因	19
2.3.3 介质污染的测定与控制	21

2.4 流体力学的基本概念	21
2.4.1 压力	21
2.4.2 流量	23
2.4.3 恒定流动与非恒定流动	24
2.4.4 流量连续性方程	24
2.5 流体力学的能量方程	26
2.5.1 压力差与压力损失	26
2.5.2 伯努利方程	26
2.5.3 沿程压力损失与局部压力损失	28
2.6 孔口和缝隙	32
2.6.1 薄壁小孔	32
2.6.2 短孔和细长孔	34
2.6.3 缝隙液流	34
2.7 空穴现象与液压冲击	38
2.7.1 空穴现象	38
2.7.2 液压冲击	39
2.8 液动力	39
2.8.1 稳态液动力	40
2.8.2 瞬态液动力	40
小结	41
思考题与习题	42
第3章 液压泵与液压马达	45
3.1 液压泵概述	46
3.1.1 液压泵的工作原理与特点	46
3.1.2 液压泵的主要性能特点和参数	47
3.1.3 功率与效率	48
3.1.4 液压泵的分类	50
3.2 齿轮泵	50
3.2.1 外啮合齿轮泵	50
3.2.2 外啮合齿轮泵的几个问题	53
3.2.3 外啮合齿轮泵的特点与应用	55
3.3 叶片泵	55
3.3.1 单作用叶片泵	55
3.3.2 双作用叶片泵	56
3.4 柱塞泵	58
3.4.1 径向柱塞泵	59
3.4.2 轴向柱塞泵	60

3.4.3 柱塞泵的特点及应用	63
3.5 其他泵简介	64
3.5.1 内啮合齿轮泵	64
3.5.2 螺杆泵	65
3.5.3 双级泵	66
3.5.4 双联泵	67
3.6 液压马达	68
3.6.1 液压马达的分类	69
3.6.2 液压马达的工作原理及应用	69
3.6.3 液压马达的主要性能参数	74
3.6.4 液压马达与液压泵的异同	76
3.7 液压泵与液压马达的使用与维护	76
3.7.1 液压泵与液压马达的选型	76
3.7.2 液压泵与液压马达的使用	77
3.8 液压泵常见故障与排除	78
小结	81
思考题与习题	81
第4章 液压缸	82
4.1 液压缸的类型和特点	83
4.1.1 活塞缸	84
4.1.2 柱塞缸	86
4.1.3 其他液压缸	86
4.2 液压缸的典型结构和组成	88
4.2.1 液压缸的组成	88
4.2.2 液压缸的典型结构举例	92
4.3 液压缸的选择与使用	93
4.3.1 液压缸主要尺寸	93
4.3.2 液压缸的选择	94
4.3.3 液压缸的使用常识	95
4.3.4 液压缸常见故障与排除	95
小结	96
思考题与习题	97
第5章 液压控制阀	99
5.1 概述	100
5.1.1 简介	100
5.1.2 液压控制阀的分类	100



5.1.3	液压控制阀的特点	101
5.1.4	液压控制阀的基本参数	102
5.2	压力控制阀	102
5.2.1	溢流阀	102
5.2.2	减压阀	106
5.2.3	顺序阀	107
5.2.4	压力继电器	107
5.3	流量控制阀	109
5.4	方向控制阀	112
5.4.1	单向阀	113
5.4.2	换向阀	115
5.5	新型液压元件及其应用	124
5.5.1	叠加式液压阀	124
5.5.2	插装阀	125
5.5.3	电液比例控制阀	130
5.5.4	电液数字控制阀	133
	小结	134
	思考题与习题	135
第6章	液压辅助装置	138
6.1	蓄能器	139
6.1.1	蓄能器的功用	139
6.1.2	蓄能器的结构形式	139
6.1.3	蓄能器的使用和安装	140
6.2	滤油器	141
6.2.1	滤油器的功用	141
6.2.2	滤油器的主要性能指标	141
6.2.3	滤油器的结构形式	141
6.2.4	滤油器的选用和安装	143
6.3	油箱	144
6.3.1	油箱的结构与分类	144
6.3.2	油箱的设计要点	144
6.4	热交换器	145
6.4.1	冷却器	145
6.4.2	加热器	146
6.5	管件	146
6.5.1	管件	146
6.5.2	管接头	147

6.6 压力计及压力计开关	148
6.6.1 压力计	148
6.6.2 压力计开关	148
小结	149
思考题与习题	149
第7章 液压基本回路	150
7.1 压力控制回路	151
7.1.1 调压回路	151
7.1.2 减压回路	152
7.1.3 增压回路	153
7.1.4 卸荷回路	154
7.1.5 保压回路	155
7.1.6 平衡回路	156
7.2 速度控制回路	157
7.2.1 调速回路	158
7.2.2 快速运动回路	161
7.2.3 速度换接回路	162
7.3 方向控制回路	164
7.3.1 换向回路	164
7.3.2 锁紧回路	165
7.3.3 缓冲制动和补油回路	165
小结	166
思考题与习题	167
第8章 液压伺服系统	169
8.1 液压伺服系统的工作原理及应用	170
8.1.1 液压伺服系统的特点与组成	170
8.1.2 液压伺服系统的分类	173
8.1.3 液压伺服系统工作原理	173
8.1.4 液压伺服系统的基本类型	174
8.2 电液伺服系统	177
小结	182
思考题与习题	183
第9章 典型液压系统	184
9.1 典型液压系统	185
9.1.1 液压动力转向装置	185
9.1.2 汽车自动变速器液压系统	189

9.1.3	汽车防抱死液压系统	193
9.1.4	汽车起重机液压系统	196
9.1.5	叉车液压系统	199
9.1.6	装载机液压系统	200
9.1.7	挖掘机液压系统	201
9.1.8	组合机床动力滑台的液压系统	203
9.2	简单液压系统设计简介	205
9.2.1	明确设计要求, 进行工况分析	206
9.2.2	拟定液压系统的原理图	206
9.2.3	计算与选择液压元件	207
9.2.4	对液压系统进行必要的验算	207
9.2.5	绘制正式工作图和编制技术文件	208
小结		208
思考题与习题		208
第 10 章	液压系统的安装、使用和维护	210
10.1	液压系统的安装、使用与维护	211
10.1.1	液压系统的安装与调试	211
10.1.2	液压系统的使用、维护和保养	212
10.1.3	液压系统的检修	214
10.1.4	液压系统的维修原则	215
10.2	液压系统的故障特征与诊断步骤	216
10.2.1	液压系统的故障特征	216
10.2.2	液压系统的故障诊断步骤	217
10.3	液压系统的故障分析与排除	218
10.3.1	液压系统的工作压力失常, 压力上不去	218
10.3.2	欠速	219
10.3.3	振动和噪声	221
10.3.4	爬行	222
10.3.5	系统温升	223
10.3.6	液压冲击	225
小结		226
思考题与习题		227
第 11 章	气源装置及辅助元件	228
11.1	气源装置	229
11.1.1	气源装置的作用与工作原理	229
11.1.2	空气压缩机	230
11.1.3	压缩空气的净化装置	230

11.2 其他辅助元件	235
11.2.1 油雾器	235
11.2.2 消声器	236
11.2.3 气液转换装置	237
小结	239
思考题与习题	239
第12章 气动执行元件	240
12.1 气缸	241
12.1.1 气缸的分类	241
12.1.2 几种常见气缸的工作原理与分类	241
12.1.3 标准化气缸简介	248
12.2 气动马达	250
12.2.1 气动马达的分类与工作原理	250
12.2.2 气动马达的特点	252
12.2.3 气动马达的选择与使用要求	253
小结	254
思考题与习题	254
第13章 气动控制元件及基本回路	255
13.1 方向控制阀及方向控制回路	256
13.1.1 方向控制阀	256
13.1.2 换向回路	258
13.2 流量控制阀与流量控制回路	260
13.2.1 流量控制阀	260
13.2.2 速度换向回路	261
13.3 压力控制阀及压力控制回路	263
13.3.1 压力控制阀	263
13.3.2 压力控制回路	264
13.4 其他基本回路	265
13.4.1 过载保护回路	265
13.4.2 互锁回路	266
13.4.3 延时回路	266
13.4.4 顺序动作回路	267
13.5 气动逻辑元件简介	267
13.5.1 气动逻辑元件的分类	267
13.5.2 高压截止式逻辑元件	268
13.5.3 逻辑元件的选用	269

小结	270
思考题与习题	270
第 14 章 气压传动系统实例及设计	271
14.1 气压传动系统	272
14.1.1 汽车气压制动系统	272
14.1.2 气动机械手气压传动系统	273
14.1.3 门户自动开启系统	275
14.1.4 数控加工中心气动换刀系统	276
14.2 简单气压传动系统设计简介	277
14.2.1 气动程序系统设计的方法与步骤	277
14.2.2 行程程序控制回路设计	279
小结	280
思考题与习题	281
第 15 章 气压传动系统的安装调试和故障分析	282
15.1 气压传动系统的安装和使用	283
15.1.1 气压传动系统的安装与调试	283
15.1.2 气压传动系统的使用与维护	284
15.2 气压系统的主要元件的常见故障和排除方法	285
小结	287
思考题与习题	287
第 16 章 液力耦合器与液力变矩器	288
16.1 液力传动概述	289
16.1.1 液力传动装置的结构组成及一般应用	289
16.1.2 液力耦合器工作原理	290
16.1.3 液力传动油简介	292
16.2 液力变矩器	295
16.2.1 液力变矩器的工作原理	296
16.2.2 液力变矩器的工作特性	298
16.2.3 液力变矩器的典型结构	298
16.2.4 液力变矩器与发动机共同工作	304
16.3 液力变矩器的使用与维护	307
小结	311
思考题与习题	312
附录 常用液压与气动元件图形符号	313
参考文献	319

液压、液力与气压传动概述

第 1 章

❖ 知识点

1. 液压、气压及液力传动技术基本概念
2. 液压与气压传动的工作原理
3. 液力传动的基本原理

❖ 要求

掌握:

1. 液压与气压传动的基本工作原理以及液压与气压传动系统的组成
2. 液力传动的基本原理及组成
3. 液压、液力与气压传动的特点

了解:

1. 液压与气压系统的图形符号
2. 液压与气压及液力传动的应用

液压、气压及液力传动技术是机械设备中发展最快的技术之一。随着工业自动化水平的不断提高,液压、气压及液力传动技术被越来越广泛地应用在各种领域中。由于微电子、计算机技术的飞速发展,液压、气压及液力传动技术不仅作为传动的一种基本形式,而且还成为一种重要的控制手段。

传动是指传递运动与传递动力的方式,其常见形式如下:



液压传动——利用液体的压力能进行能量传递的传动。

气压传动——利用气体的压力能进行能量传递的传动。

液力传动——利用液体的动能进行能量传递的传动。

1.1 液压与气压传动的工作原理与组成

1.1.1 液压与气压传动的工作原理

图 1.1 所示为液压千斤顶工作原理示意图,我们可以用它说明液压传动的工作原理。图中大小两个液压缸 6 和 3 的内部分别装有活塞 7 和 2,活塞和缸体之间保持一种良好的配合关系,不仅活塞能在缸内滑动,而且配合面之间又能实现可靠的密封。当用手向上提起杠杆 1 时,小活塞 2 上行,于是小油缸 3 的下腔密封容积增大,腔内压力下降,形成部分真空,这时单向阀 5 封住通向大液压缸的油路,油箱 10 的油液在大气压的作用下经过吸油管路推开单向阀 4 进入小液压油缸,完成一次吸油。接着,压下杠杆,小液压缸的活塞下移,其油腔密封容积减小,油液压力升高,单向阀 4 关闭,压力油推开单向阀 5 经油路流入大液压缸 6 内。由于大液压缸 6 的油腔也是一个密闭的容积,所以进入的油液因受挤压而产生的作用力就推动大液压缸的活塞上升,并将重物向上顶起一段距离。如此反复提压杠杆,就可使重物不断上升,达到起重的目的。将放油阀 9 旋转 90°,则大油缸的活塞在外力的作用下,大油缸内的油液排回油箱,大活塞下降,恢复原位,以便再次使用。

如果将图 1.1 所示系统中的油液换成空气,因工作介质直接取自大气,也可直接排入大气,所以可以去掉回油管与油箱,再将液压缸改为气缸。那么,上述系统就可视为一个气压传动系统。生活中常用的打气筒,就与上述小活塞工作原

理完全相同。

从上述实例可以看出：液压与气压传动是以密封容积中的受压工作介质来传递运动和动力的。它们先将机械能转换成压力能，然后通过各种元件组成的控制回路来实现能量的调控，最终再将压力能转换成机械能，使执行机构实现预定的功能，按照预定的程序完成相应的动力与运动输出。

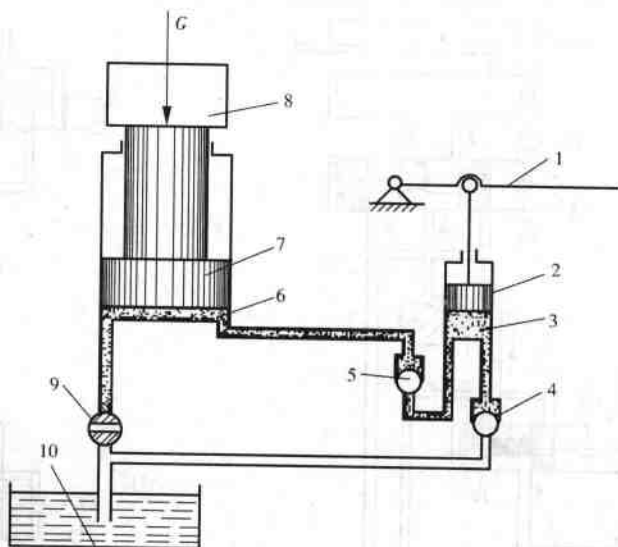


图 1.1 液压千斤顶工作原理示意图

1. 手柄；2. 小活塞；3. 小油缸；4. 5. 单向阀；6. 大油缸；7. 大活塞；8. 重物；9. 开关；10. 油箱

1.1.2 液压传动系统的组成

图 1.2 所示为一机床的液压系统组成的示意图。4 为液压泵，19 为工作台，18 为液压缸，11 和 16 为操纵阀，7 为溢流阀，1 为油箱，2 为过滤器，这样便组成了一个完整的液压系统。虽然对于不同的工作需要有着成千上万种不同的液压系统，但其主要组成部分却是相同的。

液压传动系统主要由以下几个部分组成：

- 1) 动力元件。它是把机械能转换成液体压力能的装置，如上例中的小活塞缸总成，一般最常见的是液压泵。
- 2) 执行元件。它是把液体的压力能转换成机械能的装置，如上例中的大活塞缸总成，一般为作直线运动的液压缸和作回转运动的液压马达。
- 3) 控制元件。它是对液压系统中液体的压力、流量和流动方向进行控制和调节的

装置，如限压阀、流量阀、换向阀和单向阀等。

4) 辅助元件。它是对工作介质起到容纳、净化和实现元件间连接等作用的装置，如油箱、过滤器、蓄能器、管件等。

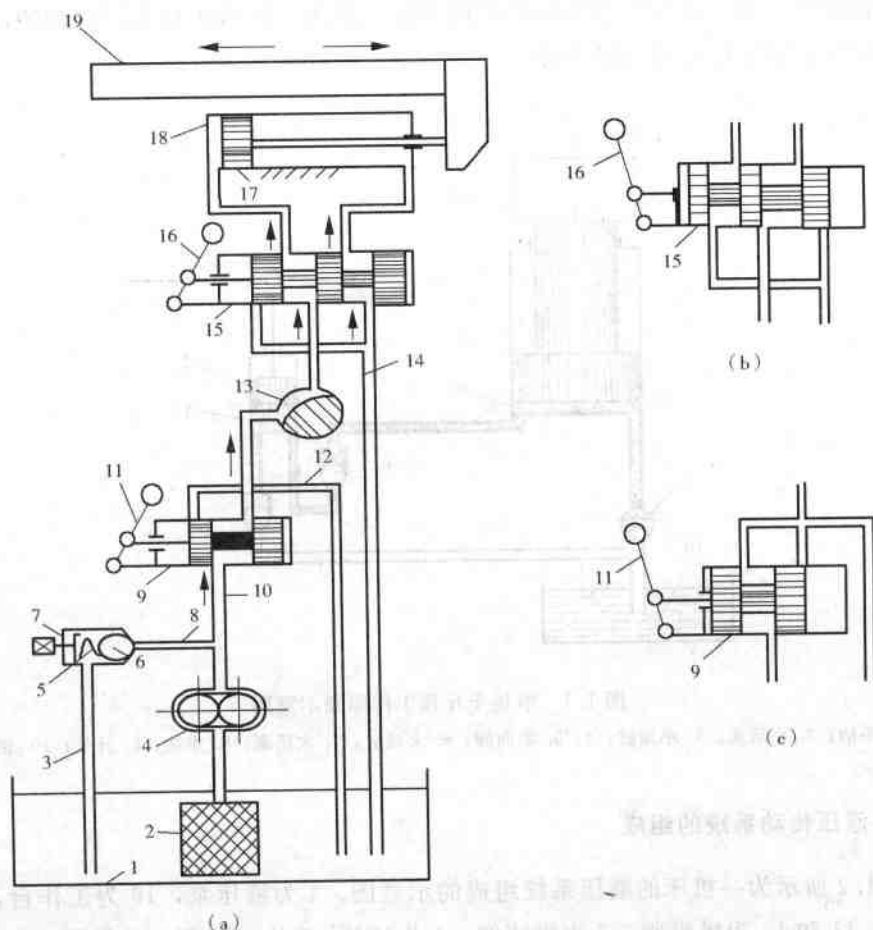


图 1.2 机床的液压系统的组成

1. 油箱；2. 过滤器；3, 8, 10, 12, 14. 油管；4. 液压泵；5. 弹簧；6. 阀芯；
7. 溢流阀；9, 15. 换向阀；11, 16. 操纵柄；13. 节流阀；18. 液压缸；19. 工作台

1.1.3 气压传动系统的组成

典型的气压传动系统主要由以下部分组成：

1) 气压发生装置。其主体部分是空气压缩机。它将原动机（如内燃机、电动机）输出的机械能转变为气体的压力能，为各类气动设备提供动力。