

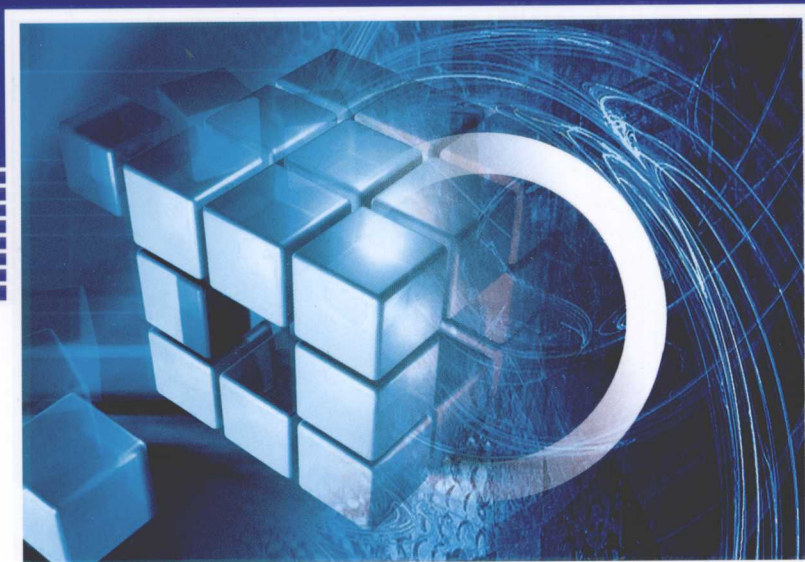


21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

液压与气动系统 应用与维修

yeya yu qidong xitong yingyong yu weixiu

■ 主 编 罗洪波 曹 坚



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

液压与气动系统 应用与维修

主 编	罗洪波	曹 坚
副主编	邓海英	邓益民
	高茂涛	吕扶才

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是高等院校制造大类专业教学用书,是我们经过多年的教学改革与研究,结合企业的生产实际,经过仔细地讨论,在广泛征求意见基础上编写而成的。本书遵循以应用能力和综合素质培养为主线的指导思想,分“液压与气动元件的维修”、“液压与气动系统的构建”、“液压与气动系统的预防性维修,常见故障诊断与维修”和“液压与气动系统的改造”四大部分,共27个学习项目。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

液压与气动系统应用与维修 / 罗洪波, 曹坚主编.
北京: 北京理工大学出版社, 2009.8
ISBN 978-7-5640-2701-8

I. 液… II. ①罗…②曹… 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. TH137 TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150809 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京山润国际印务有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 277 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 26.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合机电类课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。

- ✎ 注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求，在完成基础课的前提下，使学生掌握先进的机电类相关操作软件，培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

- ✎ 系统性强。丛书各教材之间联系密切，符合各个学校的课程体系设置，为学生构建牢固的知识体系。
- ✎ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深，循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✎ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✎ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

本书是高等院校制造大类专业教学用书，是我们经过多年的教学改革与研究，结合企业的生产实际，经过仔细认真地讨论，在广泛征求意见基础上编写而成的。

本书遵循以应用能力和综合素质培养为主线的指导思想，以任务为引领，精选企业一线的真实任务作为学习项目，并吸收了多所高等院校教学改革成果，对教学内容进行了重组和整合。教材的内容来源于实践，经过归纳、分析，得出系统化理论后，又应用于实践，指导实践。

本书引用了大量的工程实例，从实践中提出问题，并从实例分析中引导学生如何在实践中解决问题，注重培养学生“系统的应用知识和持续发展的能力”而不是具有“系统的专业知识”或“专业理论”，注重培养学生“自主学习能力”和运用科学的思维方法及对待工程实际问题的能力和工作态度。

本书包括“液压与气动元件的维修”，“液压与气动系统的构建”，“液压与气动系统的预防性维修、常见故障诊断与维修”和“液压与气动系统的改造”四大部分，共 27 个学习项目。教材的编写始终贯彻实用性原则，理论知识以“必须”、“够用”为度，不片面追求理论知识的系统和完整性，力求做到理论与实践的统一。

参加本书编写工作的有：罗洪波（第 4 章）；曹坚（第 2 章、第 5 章第 1、2 节）；邓海英（第 3 章）；邓益民（第 6 章）；高茂涛（第 1 章）；吕扶才（第 5 章第 3、4 节）。全书由罗洪波统稿。

本书在编写过程中，得到广西柳工机械股份有限公司、广西柳州钢铁（集团）公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司的大力帮助，在此深表谢意。同时，本书的编写还参阅了一些相关的文献资料，在此向文献资料的作者表示诚挚的感谢。

由于高等教育教学改革还处于探索阶段，加之编写时间仓促及编写水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请读者指正。

编 者

目 录

第 1 章 液压与气动系统的认识	1
1.1 液压传动的认识	1
1.1.1 任务说明	1
1.1.2 理论指导	1
1.1.3 任务实施	4
1.1.4 知识拓展	4
1.2 认识压力和流量	9
1.2.1 任务说明	9
1.2.2 理论指导	9
1.2.3 任务实施	10
1.2.4 知识拓展	10
1.3 气压传动的认识	17
1.3.1 任务说明	17
1.3.2 理论指导	17
1.3.3 任务实施	19
1.3.4 知识拓展	20
思考题与练习	29
第 2 章 液压元件的选用、拆装与检修	31
2.1 液压泵的选用	31
2.1.1 任务说明	31
2.1.2 理论指导	31
2.1.3 任务实施	40
2.1.4 知识拓展	41
2.2 液压泵的拆装与检修	42
2.2.1 任务说明	42
2.2.2 任务实施	42

2.3 液压缸的拆装与检修	47
2.3.1 任务说明	47
2.3.2 理论指导	47
2.3.3 任务实施	50
思考题与练习	51
第3章 液压传动系统的构建	52
3.1 工件推出装置控制系统的构建	52
3.1.1 任务说明	52
3.1.2 理论指导	52
3.1.3 参考方案	68
3.2 汽车起重机支腿液压传动系统的构建	70
3.2.1 任务说明	70
3.2.2 理论指导	71
3.2.3 参考方案	74
3.3 粘压机液压传动系统的构建	75
3.3.1 任务说明	75
3.3.2 理论指导	75
3.3.3 参考方案	79
3.4 喷漆室传动带装置液压传动系统的构建	80
3.4.1 任务引入	80
3.4.2 理论指导	80
3.4.3 参考方案	88
3.5 钻床液压传动系统的构建	89
3.5.1 任务引入	89
3.5.2 理论指导	90
3.5.3 参考方案	101
3.6 夹紧装置液压传动系统的构建	101
3.6.1 任务引入	101
3.6.2 理论指导	102
3.6.3 参考方案	107
3.7 专用刨削设备液压传动系统的构建	109

3.7.1 任务引入	109
3.7.2 理论指导	109
3.7.3 参考方案	115
3.7.4 知识拓展	117
思考题与练习	123
第4章 气压传动系统的构建	129
4.1 机械手抓取机构气压传动系统的构建(1)	129
4.1.1 任务说明	129
4.1.2 理论指导	129
4.1.3 参考方案	134
4.2 机械手抓取机构气压传动系统的构建(2)	135
4.2.1 任务说明	135
4.2.2 理论指导	135
4.2.3 参考方案	142
4.3 剪切装置气压传动系统的构建	144
4.3.1 任务说明	144
4.3.2 理论指导	144
4.3.3 参考方案	146
4.4 自动送料装置气压传动系统的构建	148
4.4.1 任务说明	148
4.4.2 理论指导	148
4.4.3 参考方案	154
4.5 剪板机气压传动系统的构建	155
4.5.1 任务说明	155
4.5.2 理论指导	155
4.5.3 参考方案	160
4.6 压模机气压传动系统的构建	161
4.6.1 任务说明	161
4.6.2 理论指导	162
4.6.3 参考方案	163
4.7 压印机气压传动系统的构建	164

4.7.1 任务说明	164
4.7.2 理论指导	164
4.7.3 参考方案	169
4.8 塑料圆管熔接装置气压传动系统的构建	170
4.8.1 任务说明	170
4.8.2 理论指导	171
4.8.3 参考方案	173
4.9 圆柱塞分送装置气压传动系统的构建	174
4.9.1 任务说明	174
4.9.2 参考方案	175
思考题与习题	176
第5章 液压与气动系统的预防性维修、常见故障诊断与维修	182
5.1 液压系统的预防性维修	182
5.1.1 海天天翔系列注塑机液压系统的预防性维修	182
5.1.2 理论指导	183
5.1.3 实施建议	184
5.2 气压系统的预防性维修	187
5.2.1 H400型卧式加工中心气压传动系统的预防性维修	187
5.2.2 理论指导	187
5.2.3 实施建议	189
5.3 液压系统常见故障诊断及维修	190
5.3.1 某轨梁厂淬火轨收集装置液压系统故障诊断与维修	190
5.3.2 理论指导	191
5.3.3 维修方案	192
5.4 气动系统常见故障诊断及维修	194
5.4.1 立式加工中心气动控制系统故障诊断与维修	194
5.4.2 理论指导	194
5.4.3 维修方案	195
5.4.4 知识拓展	196
思考题与练习	201

第 6 章 液压与气动系统的改造	202
6.1 液压系统的改造	202
6.1.1 压力机液压系统的改造	202
6.1.2 理论指导	202
6.1.3 参考方案	204
6.2 气动系统的改造	205
6.2.1 板坯二次火焰切割机气动系统的改造	205
6.2.2 理论指导	206
6.2.3 参考方案	207
6.2.4 知识拓展	209
思考题与练习	210
附录	213
参考文献	220

第1章 液压与气动系统的认识

1.1 液压传动的认识

1.1.1 任务说明

观察 M1432A 型万能外圆磨床的工作过程。重点观察其工作台实现纵向往复运动的方式。在实验台上操作由教师构建好的磨床工作台液压传动系统，控制其往复运动，调节其速度，了解系统的组成，把组成元件归为以下四类：

- (1) 动力元件；
- (2) 执行元件；
- (3) 控制元件；
- (4) 辅助元件。

1.1.2 理论指导

一、液压传动系统的组成

如图 1-1 所示为 M1432A 型万能外圆磨床。它是应用最普遍的外圆磨床，主要用于磨削外圆柱面和圆锥面，还可以磨削内孔和台阶面等。机床工作台纵向往复运动、砂轮架快速进退运动和尾座套筒缩回运动都是以油液为工作介质，使用液压传动系统来传递动力。那么，什么是液压传动系统呢？它是如何工作的呢？

图 1-2 (a) 为磨床工作台液压系统工作原理图。液压泵 3 在电动机（图中未画出）的带动下旋转，油液由油箱 1 经过滤器 2 被吸入液压泵，然后压力油将通过节流阀 5 和换向阀 6，如果换向阀 6 此时处于如图 1-2 (b) 所示的状态，油液将进入液压缸 7 的左腔，推动活塞 8 和工作台 9 向右移动，液压缸 7 右腔的油液经换向阀 6 排回油箱。如果将换向阀 6 转换成如图 1-2 (c) 所示的状态，则压力油进入液压缸 7 的右腔，推动活塞 8 和工作台 9 向左移动，液压缸 7 左腔的油液经换向阀 6 排回油箱。工作台 9 的移动速度由节流阀 5 来调节。当节流阀开度增大时，进入液压缸 7 的油液增多，工作台的移动速度增大；当节流阀关小时，工作台的移动速度减小。液压泵 3 输出的压力油除了进入节流阀 5 以外，还通过打开溢流阀 4 流回油箱。如果将手动换向阀 6 转换成如图 1-2 (a) 所示的状态，液

压泵输出的油液经手动换向阀 6 流回油箱，这时工作台停止运动。

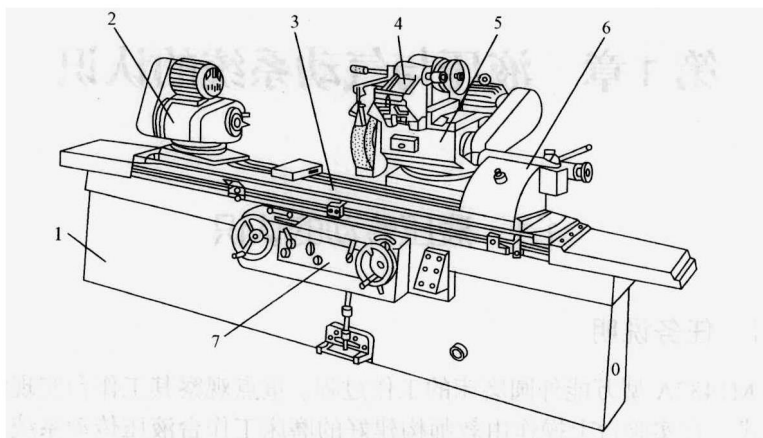


图 1-1 M1432A 型万能外圆磨床外形图

1—床身；2—工件头架；3—工作台；4—内磨装置；5—砂轮架；6—尾座；7—控制箱

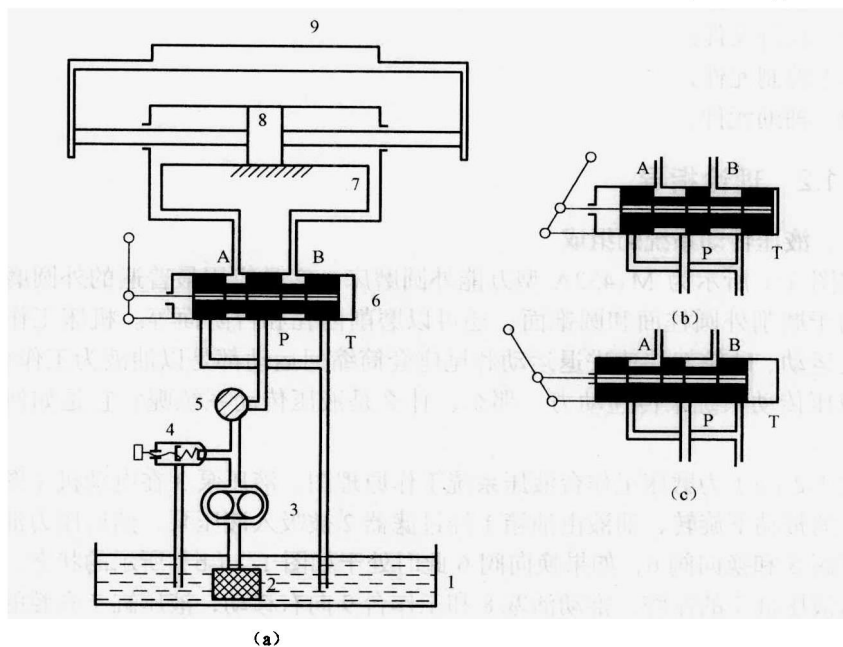


图 1-2 磨床工作台液压传动系统工作原理

(a) 换向阀处于中位；(b) 换向阀处于右腔；(c) 换向阀处于左腔

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—节流阀；6—换向阀；7—液压缸；8—活塞；9—工作台

如图 1-2 所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图。它直观容易理解，但难于绘制。在实际工作中，除少数特殊情况外，一般都采用国标 GB/T 786.1—

93 所规定的液压图形符号来绘制,如图 1-3 所示。图形符号表示元件的功能,而不表示元件的具体结构和参数;反映各元件在油路连接上的相互关系,不反映其空间安装位置;只反映静止位置或初始位置的工作状态,不反映其过渡过程。使用图形符号既便于绘制,又可使液压系统简单明了。

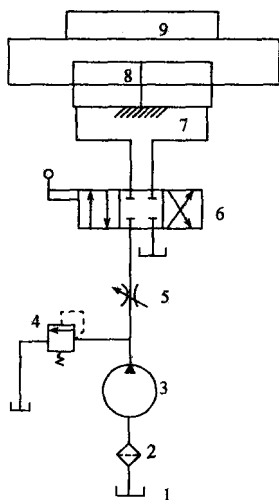


图 1-3 使用图形符号表示的磨床工作台液压系统图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—溢流阀；5—节流阀；
6—手动换向阀；7—液压缸；8—活塞；9—工作台

液压传动是以液体作为工作介质来进行工作的,一个完整的液压传动系统由以下几部分组成:

(1) 液压泵(动力元件):其功能是将原动机所输出的机械能转换成液体压力能的元件,为系统提供动力。

(2) 执行元件:液压缸和液压马达,它们的功能是把液体压力能转换成机械能,以驱动工作机构的元件。

(3) 控制元件:包括压力、方向、流量控制阀,它们的作用是控制和调节系统中油液的压力、流量和流动方向,以保证执行元件达到所要求的输出力(或力矩)、运动速度和运动方向。

(4) 辅助元件:保证系统正常工作所需要的辅助装置,如管道、管接头、油箱、滤油器等。

二、液压传动的应用

由于液压传动具有质量轻、结构紧凑、惯性小、传递运动均匀平稳等优点,因此在国民经济各行业有着广泛的应用。表 1-1 列举了液压传动的部分应用实例。

表 1-1 液压传动的应用实例

应用领域	采用液压传动的机器设备和装置
机械制造及汽车工业	铸造机械（离心铸造机等）；金属成型设备（液压机、折弯机、剪切机等）；焊接设备（焊条压涂机、自动缝焊机）；汽车摩托车制造设备（汽车带轮旋压机、发动机汽缸体加工机床等）；金属切削机床（自动车床、组合铣床等）
能源与冶金工业	电力行业（电站锅炉、电力导线压接钳等）；煤炭工业（煤矿液压支架、煤矿多绳绞车等）；石油天然气探采机械（捞油车、石油钻机）；冶炼轧制设备（熔炼电炉、高炉液压泥炮等）
铁路和公路工程	铁路工程施工设备（铺轨机、路基渣石边坡整形机、铁道轮对轴压装机）；公路工程及运输（高速公路钢护栏冲孔切断机、汽车维修举升机、公交汽车等）
建材、建筑、工程机械及农林牧机械	建材行业（卫生瓷高注浆成形机、墙地砖压机、大理石加工激振系统等）；建筑行业（混凝土泵、液压锤、自动打桩机等）；工程机械（沥青道路修补车、重型多轴挂车、冲击压路机等）；农林牧机械（联合收割机、玉米及谷物收割机、拖拉机、饲草打包机等）
家用电器与五金制造	家电行业（显像管玻壳剪切机、电冰箱压缩机、电机转子叠片机等）；五金行业（制钉机、门锁整体成形压机等）

1.1.3 任务实施

观察 M1432A 型万能外圆磨床的工作过程后，操作实验台上由教师构建好的磨床工作台模拟控制系统，指出图 1-4 中各组成部分的名称及作用。

（1）动力元件。如图 1-4 所示，液压泵在电机的带动作用转动，输出高压油。把电机输出的机械能转换成液体压力能，为整个液压系统提供动力，是动力元件。

（2）执行元件。如图 1-4 所示，液压缸在高压油的推动下移动，可以对外输出推力，通过它把高压油的压力能释放出来，转换成机械能，是执行元件。

（3）控制元件。图 1-4 中的换向阀可以控制油液的流动方向，从而控制液压缸的运动方向，是控制元件。

（4）辅助元件。图 1-4 中的油箱用来储存油液，是液压系统中不可缺少的元件，是液压系统的辅助元件。

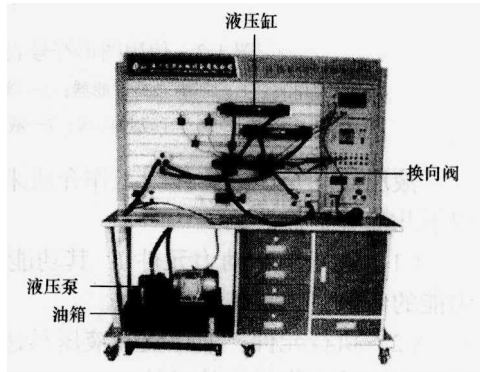


图 1-4 液压实验台

1.1.4 知识拓展

一、工作介质

液压传动是以液体作为工作介质来进行能量传递的。液压工作介质一般称为

液压油（有部分液压介质已不含油的成分）。

1. 液压介质特性

液压介质的性能对液压系统的工作状态有很大影响，对液压系统的工作介质的基本要求如下：

（1）有适当的黏度和良好的黏温特性。液体在外力作用下流动时，分子间的内聚力要阻止分子间的相对运动而产生一种内摩擦力，这一特性为液体的黏性，液体只在流动时才呈现黏性，而静止液体不呈现黏性。液压油的黏性对减少间隙的泄漏、保证液压元件的密封性能都起着重要作用。

液体黏性的大小用黏度来表示。黏度是选择工作介质的首要因素。黏度过高，各部件运动阻力增加，温升快，泵的自吸能力下降，同时，管道压力降和功率损失增大。反之，黏度过低会增加系统的泄漏，并使液压油膜支承能力下降，而导致摩擦副间产生摩擦。所以工作介质要有合适的黏度范围，同时在温度、压力变化下和剪切力作用下，油的黏度变化要小。

液压介质黏度用运动黏度表示。在国际单位制中的单位是 m^2/s ，而在实用常用品油的黏度用（cst，厘斯）表示，其关系为 $1\text{m}^2/\text{s}=106\text{cst}$ 。

所有工作介质的黏度都随温度的升高而降低，黏温特性好是指工作介质的黏度随温度变化小，黏温特性通常用黏度指数表示。一般情况下，在高压或者高温条件下工作时，为了获得较高的容积效率，不应使油的黏度过低，应采用高牌号液压油；低温时或泵的吸入条件不好时（压力低，阻力大），应采用低牌号，也就是黏度比较低的液压油。

（2）氧化安定性和剪切安定性好。工作介质与空气接触，特别是在高温、高压下容易氧化、变质。氧化后酸值增加会增强腐蚀性，氧化生成的黏稠状油泥会堵塞滤油器，妨碍部件的动作以及降低系统效率。因此，要求它具有良好的氧化安定性和热安定性。

剪切安定性是指工作介质通过液压节流间隙时，要经受剧烈的剪切作用，会使一些聚合型增黏剂高分子断裂，造成黏度永久性下降，在高压、高速时，这种情况尤为严重。为延长使用寿命，要求剪切安定性好。

（3）抗乳化性、抗泡沫性好。工作介质在工作过程中可能混入水或出现凝结水。混有水分的工作介质在泵和其他元件的长期剧烈搅拌下，易形成乳化液，使工作介质水解变质或生成沉淀物，引起工作系统锈蚀和腐蚀，所以要求工作介质有良好的抗乳化性。抗泡沫性是指空气混入工作介质后会产生气泡，混有气泡的介质在液压系统内循环，会产生异常的噪声、振动，所以要求工作介质具有良好的抗泡性和空气释放能力。

（4）闪点、燃点要高，能防火、防爆。

（5）有良好的润滑性和防腐蚀性，不腐蚀金属和密封件。

（6）对人体无害，成本低。

2. 液压介质的分类

液压传动介质按照 GB/T 7631.2—87 (等效采用 ISO 6743/4) 进行分类, 主要有石油基液压油和难燃液压油两大类。其简介如表 1-2 所列。

表 1-2 液压传动介质简介

类 型	名 称		ISO 代号	简 介
石油基 液压油	普通液压油		L-HL	采用精制矿物油作基础油, 加入抗氧、抗腐、抗泡、防锈等添加剂调和而成, 是当前我国供需求量最大的主品种
	抗磨液压油		L-HM	其基础油与普通液压油同, 除加有抗氧、防锈剂外, 主剂是极压抗磨剂, 以减少液压件的磨损。适用于-15℃以上的高压、高速工程机械和车辆液压系统
	低温液压油、稠化 液压油、高黏度指 数液压油		L-HV	用深度脱蜡的精制矿物油, 加抗氧、抗腐、抗磨、抗泡、防锈、降凝和增黏等添加剂调和而成。其黏温特性好, 有较好的润滑性, 以保证不发生低速爬行和低速不稳定现象。适用于低温地区的户外高压系统及数控精密机床液压系统
	液压—导轨油		L-HG	其基础油与普通液压油同, 除普通液压油所具有的全部添加剂外, 还加有油性剂, 用于导轨润滑时有良好的防爬性能。适用于机床液压和导轨润滑合用的系统
难燃液 压液	合成型	水—乙 二醇液	L-HFC	这种液体含有 35%~55% 的水, 其余为乙二醇及各种添加剂 (增稠剂、抗磨剂、抗腐蚀剂等)。其优点是凝点低 (-50℃), 有一定的黏性, 而且黏度指数高, 抗燃。适用于要求防火的液压系统, 使用温度范围为-18℃~65℃。其缺点是价格高, 润滑性差, 只能用于中等压力 (20MPa 以下)。这种液体密度大, 所以吸入困难。水—乙二醇液能使许多普通油漆和涂料软化或脱离, 可换用环氧树脂或乙烯基涂料
		磷酸 脂液	L-HFDR	这种液体的优点是, 使用的温度范围宽 (-54℃~135℃), 抗燃性好, 抗氧化安定性和润滑性都很好。允许使用现有元件在高压下工作。其缺点是价格昂贵 (为液压油的 5~8 倍); 有毒性; 与多种密封材料 (如丁腈橡胶) 的相容性差, 而与丁基胶、乙丙胶、氟橡胶、硅橡胶、聚四氟乙烯等均可相容
	油水乳 化型	抗燃工 作液	L-HFB、 L-HFAE	油水乳化液是指互不相溶的油和水, 使其中的一种液体以极小的液滴均匀地分散在另一种液体中所形成的抗燃液体。分水包油乳化液和油包水乳化液两大类
	高水基型 抗燃工作液		L-HFAS	工作液不是油水乳化液。其主体为水, 占总量的 95%, 其余 5% 为各种添加剂 (抗磨剂、防锈剂、抗腐剂、乳化剂、抗泡剂、极压剂、增黏剂等)。其优点是成本低, 抗燃性好, 不污染环境。其缺点是黏度低, 润滑性差

二、液压缸

液压缸可按结构特点分为活塞式液压缸、柱塞式液压缸和摆动式液压缸三类;