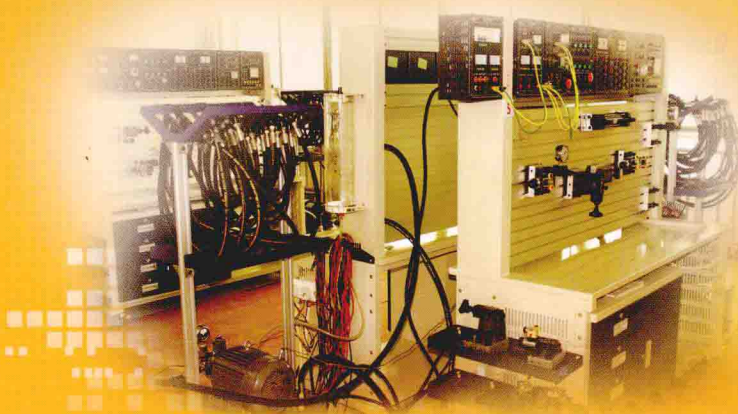


液压与气压系统 拆装维护和调试

YEYA YU QIYA XITONG
CHAIZHUANG WEIHU HE TIAOSHI

◎主编 郝春玲



液压与气压系统拆装 维护和调试

◎ 主 编 郝春玲

◎ 副主编 刘祥伟

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

内容简介

本教材在编写上采用项目教学模式, 主要包括液压千斤顶、液压油、液压泵、液压缸、控制阀、液压基本回路、气动基础知识和气动回路 8 个部分知识。本教材参照最新相关国家技能标准, 以实现培养学生专业技能的目的。

本教材适用于高等院校模具设计与制造专业、机电设备维护维修专业等, 并可供机械加工及自动化专业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气压系统拆装维护和调试/郝春玲主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 4
ISBN 978 - 7 - 5640 - 9094 - 4

I. ①液… II. ①郝… III. ①液压系统 - 高等学校 - 教材②气压系统 - 高等学校 - 教材
IV. ①TH137②TH4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 077579 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12.75

字 数 / 295 千字

版 次 / 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

随着现代科学技术的发展，液压与气压传动在机械制造领域迅速发展。为了满足高等院校培养机械设计与制造人才的需求，使学生获得“工作过程知识”，必须更新教育观念，重组课程体系，改革教学模式。

本教材的内容主要针对车工、机械制造工艺编制等，选择了液压千斤顶、液压油、液压泵、液压缸、控制阀、液压基本回路、气动基础知识和气动回路 8 部分知识作为教学载体，充分体现了教材内容的实用性、针对性、及时性和新颖性。本教材努力体现以下编写特色：

(1) 采用基于工作过程的教学思路。本教材的每个项目都符合实际操作、质量检测和考核评价的教学实施过程。

(2) 理论知识与实践技能相结合。本教材主要介绍了液压传动和气压传动，注重专业技能的系统性和教学实施的可操作性。

(3) 所选项目典型、难度适中。本教材所选项目涉及的理论知识和操作技能不仅全面而且具有一定的深度，相对独立又相互关联。其训练学生运用已学知识在一定范围内学习新知识的技能，提高学生解决实际问题的能力。

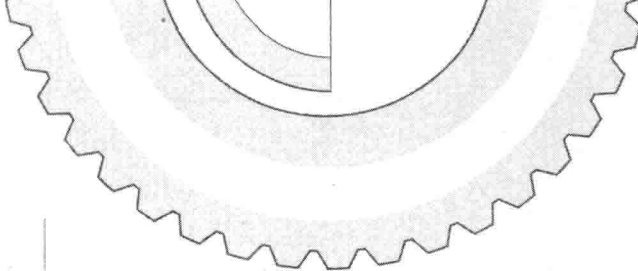
(4) 在培养专业能力的同时，增强学生吃苦耐劳的品质、责任和效率意识，有效地培养学生的素质和团结协作的能力。

本教材适用于高等院校机电类专业中液压与气压技术应用、模具制造、机电设备维护维修等专业的学生，也可作为机械设计制造及自动化专业技术人员的参考教材。

本教材由郝春玲担任主编，刘祥伟担任副主编，李琦、侯岩滨、杜世法及梁柱参加了部分内容的编写。其中项目 1、项目 5、项目 6 由郝春玲老师编写，项目 3 由刘祥伟老师编写，项目 4 由李琦老师编写，项目 7 由侯岩滨老师编写，项目 2 及项目 8 中 8.1、8.2 由杜世法老师编写，项目 8 中 8.3、8.4 由梁柱老师编写。郝春玲老师负责全书的组织和统稿。

尽管我们在探索《液压与气压系统拆装维护和调试》教材特色建设的突破方面做出了许多努力，但是由于水平有限及液压与气压技术发展迅速，教材中难免存在疏漏之处，恳请各相关教学单位和读者在使用本书的过程中给予关注，并提出宝贵意见（邮箱：happyhaoling@126.com），在此深表感谢！

编 者

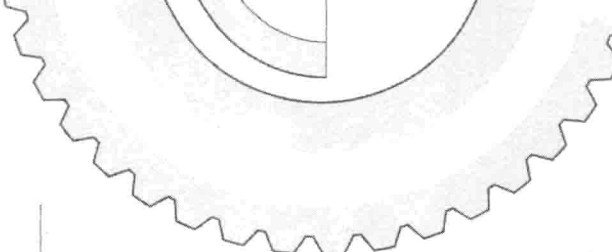


《《《 目 录

项目 1 液压千斤顶的拆装及维护	1
1.1 工作原理	2
1.2 拆装步骤	3
1.3 使用方法及注意事项	3
项目 2 液压油的选用	8
2.1 液压油的性质	9
2.2 液压油的选用	13
项目 3 液压泵的拆装及维护	21
3.1 CB-B 型齿轮泵的拆装及维护	21
3.1.1 CB-B 型齿轮泵的结构及工作原理	22
3.1.2 CB-B 型齿轮泵的性能参数	23
3.1.3 CB-B 型齿轮泵的困油	24
3.1.4 CB-B 型齿轮泵的拆装过程	24
3.1.5 常见故障及维护	25
3.2 YB 型叶片泵的拆装及维护	28
3.2.1 YB 型叶片泵的结构及工作原理	29
3.2.2 YB 型叶片泵的拆装过程	31
3.2.3 常见故障及维护	32
3.3 YCY14-IB 型轴向柱塞泵的拆装及维护	39
3.3.1 柱塞泵的结构与工作原理	39
3.3.2 YCY14-IB 型轴向柱塞泵的拆装过程	40
3.3.3 常见故障及维护	41
3.4 液压泵性能的测定	45
3.4.1 液压泵的主要性能参数	46
3.4.2 性能测定操作过程	48
项目 4 液压缸、马达的拆装及维护	54
4.1 液压缸的拆装及维护	55
4.1.1 液压缸的类型及符号	56
4.1.2 液压缸的结构及工作原理	56
4.1.3 液压缸的拆装	57

目 录 >>>

4.1.4 常见故障及维护	58
4.2 液压缸性能测试操作	63
4.2.1 液压缸的性能参数	63
4.2.2 性能参数测定	65
4.3 液压马达的拆装及维护	69
4.3.1 液压马达的拆装	69
4.3.2 常见故障的诊断与维护方法	70
项目5 控制阀的拆装及维护	74
5.1 方向控制阀的拆装及维护	75
5.1.1 方向控制阀的分类	76
5.1.2 方向控制阀的结构及工作原理	76
5.1.3 拆装步骤和方法	77
5.1.4 常见故障及维护方法	78
5.2 压力控制阀的拆装及维护	87
5.2.1 Y型溢流阀的基本结构及工作原理	88
5.2.2 拆装步骤和方法	90
5.2.3 常见故障及维护方法	90
5.3 流量控制阀的拆装及维护	101
5.3.1 流量控制阀的结构及工作原理	102
5.3.2 拆装步骤和方法	104
5.3.3 常见故障及维护方法	105
项目6 液压基本回路调试	111
6.1 调速回路的调试	112
6.1.1 节流调速回路的分类	113
6.1.2 调试步骤	114
6.2 增速回路调试	123
6.2.1 增速回路的操作原理	124
6.2.2 调试步骤	124
6.3 速度换接回路调试	127
6.4 方向控制阀控制的回路调试	133



《《《 目 录

6.5 调压回路调试	139
6.6 减压回路调试	145
6.7 保压、卸荷回路调试	148
6.8 多执行元件动作回路调试	156
项目7 气动基本回路调试	164
7.1 行程阀控制气缸连续往返气控回路调试	164
7.1.1 调试操作原理	165
7.1.2 调试步骤	165
7.2 气缸单向压力回路调试	168
7.2.1 调试操作原理	168
7.2.2 调试步骤	169
7.3 中间变速回路调试	176
7.3.1 调试操作原理	177
7.3.2 调试步骤	177
7.4 手动自动选用回路调试	179
7.4.1 调试操作原理	179
7.4.2 调试步骤	179
项目8 典型气动程序控制回路的设计与调试	182
8.1 电车、汽车自动开门装置回路调试	182
8.2 鼓风炉加料装置回路调试	185
8.3 模拟钻床上钻孔动作回路调试	187
8.4 靠椅试验机回路调试	190
参考文献	195



|| 项目 1 液压千斤顶的 || 拆装及维护



项目目标

液压千斤顶的使用、拆装和维护。



教学目标

- (1) 认识液压千斤顶各部分的结构。
- (2) 掌握液压千斤顶工作压力形成的原理。
- (3) 能够具有千斤顶的拆装及维护能力。



项目导入

液压千斤顶为何能将重物升举？其结构及外观如图 1-1 所示。

如果有 5 台液压千斤顶，当摇动其中 4 台的手柄时，千斤顶均不举升，这是什么原因呢？

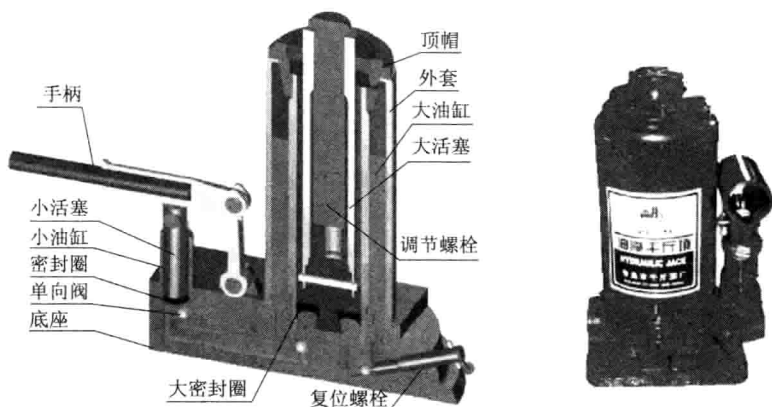


图 1-1 液压千斤顶的结构示意及外观



相关知识



1.1 工作原理

液压千斤顶是最简单的液压传动装置，其工作原理如图 1-2 所示。

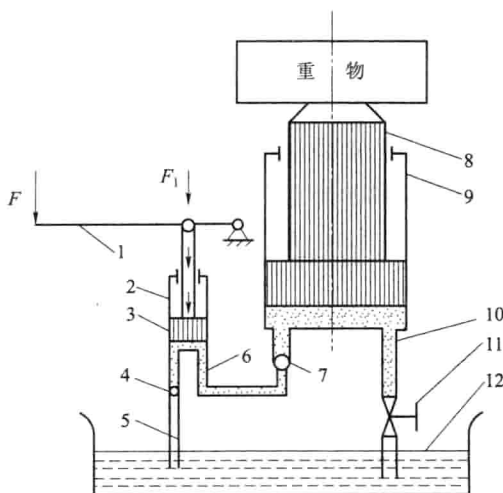


图 1-2 液压千斤顶的工作原理

- 1—扳手；2—小活塞缸；3—小活塞；4、7—单向阀；5、6、10—油管；
8—大活塞；9—大活塞缸；11—阀门；12—油液

在图 1-2 中，千斤顶由外壳、大活塞、小活塞、扳手、油箱等部件组成。其工作过程是扳手往上走带动小活塞向上，油箱里的油通过油管和单向阀门被吸进小活塞下部，扳手往

下压时带动小活塞向下,油箱与小活塞下部的油路被单向阀门堵上,小活塞下部的油通过内部油路和单向阀门被压进大活塞下部,因杠杆作用小活塞下部的压力增大数十倍,大活塞的面积又是小活塞的面积数十倍,由手动产生的油压被挤进大活塞。由帕斯卡原理知,大小活塞的面积比与压力比相反。这样一来,手上的力通过扳手到小活塞上增大了十多倍(暂按15倍计),小活塞到大活塞的力又增大十多倍(暂按15倍计),到大活塞(顶车时伸出的活动部分)时就变为 $15 \times 15 = 225$ 倍的力量了,假若手上有20 kg的力量,则可以产生 $20 \times 225 = 4\,500$ kg (4.5 t)的力量,其工作过程就是如此。当用完后,平时关闭的阀门被手动打开,其就靠重物的重量将油挤回油箱。



项目实施



1.2 拆装步骤

拆装步骤如下:

- (1) 应先拧松溢流阀等泄压,使液压回路卸压,即压力接近于零。
- (2) 使液压千斤顶停止运转,停在一个好拆卸的位置。
- (3) 放掉液压千斤顶的两腔油液,拆开缸盖。
- (4) 灌点煤油,放置一段时间,轻轻敲打缸盖,振松螺纹,就可将其拆下。
- (5) 先清理缸筒中的污物,不能先强行将活塞从缸体中打出,以免污物损伤缸的孔。
- (6) 将液压千斤顶的活塞和活塞杆组件从缸筒中拆卸出来,不应损伤活塞杆顶端的螺纹、油口螺纹和活塞杆及活塞表面,避免不应有的乱敲打以及不小心掉在地面碰伤等情况。
- (7) 仔细清洗所有零件。
- (8) 对液压千斤顶修理后进行装配,原则上所有密封应全部换新,换新前应先查明原来的密封的破损原因,以免损坏密封。



1.3 使用方法及注意事项

拆装液压千斤顶时应注意如下事项:

- (1) 拆卸液压千斤顶之前,应使液压回路卸压。否则,当把与液压千斤顶相连接的油管接头拧松时,回路中的高压油就会迅速喷出。液压回路卸压时应先拧松溢流阀等处的手轮或调压螺钉,使压力油卸荷,然后切断动力源,使液压装置停止运转。
- (2) 拆卸时应防止损伤活塞杆顶端的螺纹、油口螺纹和活塞杆表面、缸套内壁等。为

了防止活塞杆等细长件弯曲或变形,放置时应用垫木支承均衡。

(3) 拆卸时要按顺序进行。由于各种液压千斤顶的结构和大小不尽相同,其拆卸顺序也稍有不同。一般应放掉液压千斤顶两腔的油液,然后拆卸缸盖,最后拆卸活塞与活塞杆。在拆卸液压千斤顶的缸盖时,对于内卡键式连接的卡键或卡环要使用专用工具,禁止使用扁铲;对于法兰式端盖必须用螺钉顶出,不允许锤击或硬撬。在活塞和活塞杆难以抽出时,不可强行打出,应先查明原因再进行拆卸。

(4) 拆卸前后要设法创造条件防止液压千斤顶的零件被周围的灰尘和杂质污染。例如,拆卸时应尽量在干净的环境下进行;拆卸后所有零件要用塑料布盖好,不要用棉布或其他工作用布覆盖。

(5) 拆卸后要认真检查液压千斤顶,以确定哪些零件可以继续使用,哪些零件可以修理后再用,哪些零件必须更换。

(6) 装配前必须对各零件仔细清洗。

(7) 要正确安装各处的密封装置。

① 安装 O 形圈时,不要将其拉到永久变形的程度,要边滚动边套装,但要注意密封圈的疲劳性,否则可能因其形成扭曲状而漏油。

② 安装 Y 形和 V 形密封圈时,要注意其安装方向,避免因装反而漏油。对 Y 形密封圈而言,其唇边应对着有压力的油腔;此外,对 Y 形密封圈还要注意区分其是轴用还是孔用,不要装错。V 形密封圈由形状不同的支承环、密封环和压环组成,当压环压紧密封环时,支承环可使密封环产生密封作用,安装时应将密封环的开口面向压力油腔;调整压环时,应以不漏油为限,不可压得过紧,以防密封阻力过大。

③ 密封装置如与滑动表面配合,装配时应涂以适量的液压油。

④ 拆卸后的 O 形密封圈和防尘圈应全部换新。

(8) 将螺纹连接件拧紧时应使用专用扳手,扭力矩应符合标准要求。

(9) 活塞与活塞杆装配后,须设法测量其同轴度和在全长上的直线度是否超差。

(10) 装配完毕后活塞组件移动时应无阻滞感和阻力大小不均等现象。

(11) 将液压千斤顶向主机上安装时,进出油口接头之间必须加上密封圈并紧固好,以防漏油。

(12) 按要求装配好后,应在低压情况下进行几次往复运动,以排除缸内气体。

液压千斤顶的常见故障及维护方法见表 1-1。

表 1-1 液压千斤顶的常见故障及维护方法

故障现象	原因	维护方法
千斤顶无法顶升、顶升缓慢或急速	(1) 泵体油箱的油量太少	依照泵体型号添加所需液压油
	(2) 泵体液压阀没有上紧	上紧液压阀
	(3) 油压接头没有上紧	上紧油压接头
	(4) 负载过重	依照千斤顶的额定负载使用
	(5) 油压千斤顶组内有空气	将空气排出
	(6) 千斤顶柱塞卡死不动	分解千斤顶,检修内壁及油封

续表

故障现象	原因	维护方法
千斤顶顶升但无法持压	(1) 油路间因没有锁紧而漏油	上紧油路间所有接头
	(2) 从油封处漏油	更换损坏油封
	(3) 泵体内部漏油	检修油压泵体
千斤顶无法回缩、回缩缓慢及不正常	(1) 泵体液压阀没有打开	打开泵体液压阀
	(2) 泵体油箱的油量过多	依照泵体型号存放所需液压油
	(3) 油压接头没有上紧	上紧油压接头
	(4) 油压千斤顶组内有空气	将空气排出
	(5) 油管内径太小	使用较大的内径油管
	(6) 千斤顶回缩弹簧损坏	分解千斤顶并检修
电动油压泵体无法启动	(1) 电源没接	检查电源、开关
	(2) 继电器、开关或碳刷可能损坏	检查更换损坏零件
	(3) 电源的安培数不够	增加另一个电源回路
马达电流安培数过高	(1) 马达损坏	更换马达
	(2) 液压阀设定不当	重新设定液压阀的压力
	(3) 齿轮泵体内部损坏	检修齿轮泵体
液压油流入马达部位	齿轮泵体轴心油封损坏	拆开马达及齿轮泵体, 更换损坏油封
泵体连转有异响	(1) 齿轮泵体柱塞卡住	拆开齿轮泵体, 更换损坏零件
	(2) 钢珠移位或损坏	
泵体无法运行, 千斤顶柱塞完全伸出或柱塞伸出有抖动现象	(1) 泵体油箱的油量太少	在千斤顶完全缩回时, 依照泵体型号添加所需液压油
	(2) 泵体油箱内有异物阻塞	检查并清洁过滤器
	(3) 泄阀没有上紧	
	(4) 油压接头没有上紧	上紧油压接头
	(5) 液压油温度太低或黏度太高	更换适当的液压油
	(6) 油压千斤顶组内有空气	将空气排出
	(7) 释压放泄阀松动	检查并上紧释压放泄阀
泵体无法建压或持压	(1) 释压放泄阀漏油	清洁检修钢珠及油封
	(2) 释压放泄阀的设定压力太低	设定正确压力
	(3) 泵体过滤器阻塞	清洁过滤器并更换液压油

“项目导入”中提到的4台千斤顶不举升的原因主要是大活塞腔内压力不足。造成压力不足的因素是单向阀密封或密封圈密封不严, 也有可能是复位阀(放油阀)失灵所致, 最终导致小油缸与大油缸相通, 从而出现大活塞腔内压力不足的故障。



项目任务单

项目任务单见表 1-2，项目考核评价表见表 1-3。

表 1-2 项目任务单

项目名称	液压千斤顶的拆装及维护						学时	4
任务描述	如图 1-1 所示，工作步骤如下： (1) 读零件图，认识各部分结构； (2) 叙述压力形成的过程； (3) 准备工具； (4) 确定拆装方案； (5) 拆装液压千斤顶							
时间安排 (180 min)	下达任务 (20 min)	资讯 (30 min)	初定方案 (25 min)	讲授 (30 min)	操作过程 (25 min)	评价 (30 min)	作业及下发任务 (20 min)	
提供资料	(1) 校本教材； (2) 机械零件手册； (3) 工具手册							
对学生的要求	(1) 认识液压千斤顶各部分的结构； (2) 熟悉液压系统中工作压力形成的原理； (3) 能够分析液压系统工作压力的形成过程							
思考问题	(1) 液压系统中的负载体现在哪些方面？ (2) 当外载等于零时，为何液压缸的工作压力不等于零？此时如何理解“压力决定于负载”这句话的意义？ (3) 某一液压缸，运动中停止时的表压值不同（启动时较高，然后下降稳定在某值，运动停止时表压值为溢流阀 4 的调定压力），如何用“压力决定于负载”的概念分析上述现象？ (4) 操作装置的多缸并联系统中负载不同时为何会出现顺序动作？某一液压缸运动时，各缸的工作腔压力是否相等？为什么？ (5) 液压系统工作时泵的输出压力与执行缸工作腔的压力是否相同？为什么？ (6) 选择工具时应注意哪些问题？ (7) 拆装过程中应注意哪些问题？ (8) 液压千斤顶的使用过程及注意事项是什么							

表 1-3 项目考核评价表

记录表编号		操作时间	25 min	姓名		总分	
考核项目	考核内容	要求	分值	评分标准		互评	自评
主要项目 (80 分)	安全文明操作	安全控制	15	违反安全文明操作规程扣 15 分			
	操作规程	理论实践	15	操作不规范适当扣 5~10 分			
	拆卸顺序	正确	15	关键部位 1 处扣 5 分			

续表

考核项目	考核内容	要求	分值	评分标准	互评	自评
主要项目 (80分)	操作能力	强	15	动手行为主动性差适当扣5~10分		
	工作原理理解	表达	10	基本点表述不清楚适当扣5~10分		
	清洗方法	正确	5	清洗不干净适当扣0~5分		
	安装质量	高	5	多1件、少1件各扣5分		



知识拓展

1. 千斤顶的分类

在容积式液压传动中,工作压力的大小决定于负载,即工作压力决定于油液运动的阻力。应深入理解液压系统中工作压力和负载的关系。外负载包括有效负载和无效负载,如油液流动时的压力损失、油缸运动时的摩擦损失等就属于无效负载。

千斤顶分为液压千斤顶、螺旋千斤顶和齿条千斤顶。

(1) 液压千斤顶:由人力或电力驱动液压泵,通过液压系统传动,用缸体或活塞作为顶举件。

(2) 螺旋千斤顶:由人力通过螺旋副传动,用螺杆或螺母套筒作为顶举件。

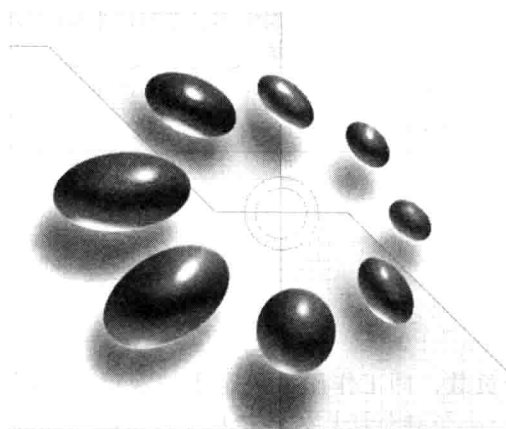
(3) 齿条千斤顶:由人力通过杠杆和齿轮带动齿条顶举重物。其起重量一般不超过20吨,可长期支持重物,主要用在作业条件不方便的地方或需要利用下部的托爪提升重物的场合,如铁路起轨作业。

2. 液压千斤顶的分类

液压千斤顶可分为整体式和分离式。整体式的泵与液压缸连成一体;分离式的泵与液压缸分离,中间用高压软管相连。

液压千斤顶按其构造可分为台式(普通油压千斤顶)、穿心式、锥锚式和拉杆式。

YC60型千斤顶主要由张拉油缸,顶压油缸,顶压活塞,穿心套,保护套,端盖堵头,连接套,撑套,回弹弹簧和动、静密封圈等组成。该千斤顶具有双重作用,即张拉与顶锚两个作用。



|| 项目 2 液压油的选用 ||



项目目标

- (1) 能够胜任相关液压油选用的工作。
- (2) 具有相关液压设备的维修能力。
- (3) 具有运用液压油的性质进行技术改造的能力。



教学目标

- (1) 掌握液压油的性质。
- (2) 正确选用液压油。



项目导入

油液的种类很多，选用合适的油液很关键。M1432A 型平面磨床所采用的为 N32 号液压油。



相关知识



2.1 液压油的性质

1. 黏性

先看牛顿液体内摩擦定律。液体在外力作用下流动时,分子之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,这一特性称为液体的黏性。它是液体的重要物理性质,也是选择液压油的主要依据。

液体只有在流动时才会呈现黏性,静止液体不呈现黏性。液体流动时,液体和固体壁面间的附着力以及液体本身的黏性会使液体各层面间的速度大小不等,以图2-1为例:若两平行平板间充满液体,下平板固定,而上平板以速度 u_0 向右平移,由于液体的黏性作用,紧靠着下平板的液体层速度为零,紧靠上平板的液体层速度为 u_0 ,而中间各层液体速度则从上到下按规律递减,呈线性分布。

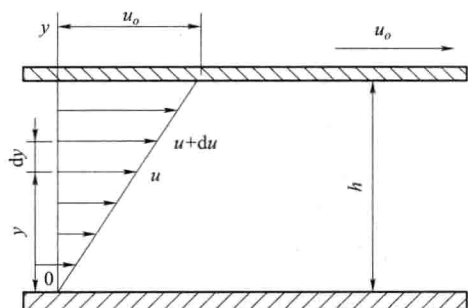


图2-1 液体的黏性示意图

测定指出,液体流动时相邻液层间的内摩擦力 F 与液层接触面积 A 、液层间相对运动的速度梯度 du/dy 成正比,即

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (2-1)$$

式中, μ 为比例常数,又称为黏性系数或动力黏度。

若以 τ 表示内摩擦切应力,即液层间单位面积上的内摩擦力,则有

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (2-2)$$

这就是牛顿液体内摩擦定律。

2. 黏度

液体黏性的大小用黏度来表示,常用的黏度有3种。

(1) 动力黏度。表征流体黏性的内摩擦系数或绝对黏度,用 μ 表示,即

$$\mu = \frac{F}{A \frac{du}{dy}} = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \quad (2-3)$$

由此可知动力黏度的 μ 物理意义是:液体在单位速度梯度下流动时,接触液层间的内摩擦切应力(单位面积上的内摩擦力)。

在SI制中动力黏度的单位为 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

(2) 运动黏度。动力黏度 μ 与其密度 ρ 的比值,称为运动黏度,用 ν 表示,即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2-4)$$

运动黏度 ν 无明确的物理意义,因为在单位中只有长度与时间的量纲,类似于运动学的量,所以称为运动黏度。它是液体压力的分析和计算中常遇到的一个物理量。

在SI制中运动黏度的单位是 m^2/s ,它与常用单位St(施, cm^2/s)之间的关系是

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ cm}^2/\text{s} (\text{St}) = 10^6 \text{ mm}^2/\text{s} (\text{cSt})$$

液压油采用它在 40°C 时运动黏度的平均值来标号,例如M1432A型平面磨床采用N32号液压油,其指这种油在 40°C 时的运动黏度平均为32cSt。我国液压油的旧牌号则采用按 50°C 时运动黏度的平均值表示。液压油新旧牌号的对照见表2-1。

表2-1 液压油新牌号(40°C 运动黏度等级)与旧牌号(50°C 运动黏度等级)的对照

新牌号	N7	N10	N15	N22	N32	N46	N68	N100	N150
旧牌号	5	7	10	15	20	30	40	60	80

(3) 相对黏度。相对黏度又称条件黏度。由于测量仪器和条件不同,各国相对黏度的含义也不同,如美国采用赛氏黏度(SSU),英国采用雷氏黏度(R),而我国和德国则采用恩氏黏度($^\circ\text{E}$)。

恩氏黏度用恩氏黏度计测定,即将 200 cm^3 被测液体装入黏度计的容器内,在容器周围充水,电热器通过水使液体均匀升温到温度 t ,液体从容器底部 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 的小孔流尽所需要的时间 t_1 和同体积蒸馏水在 20°C 时流过同一小孔所需时间 t_2 (通常平均值 $t_2 = 51 \text{ s}$)的比值,称为被测液体在这一温度 t 时的恩氏黏度 $^\circ\text{E}$,即

$$^\circ\text{E} = \frac{t_1}{t_2} \quad (2-5)$$

恩氏黏度与运动黏度(m^2/s)的换算关系为:

当 $1.35 \leq ^\circ\text{E} \leq 3.2$ 时,

$$\nu = \left(8 ^\circ\text{E} - \frac{8.64}{^\circ\text{E}} \right) \times 10^{-6} \quad (2-6)$$

当 $^\circ\text{E} > 3.2$ 时,

$$\nu = \left(7.6 ^\circ\text{E} - \frac{4}{^\circ\text{E}} \right) \times 10^{-6} \quad (2-7)$$

(4) 调合油的黏度。选择合适黏度的液压油,对液压系统的工作性能起着重要的作用。但有时能得到的油液产品的黏度不合要求,在此情况下可把同一型号两种不同黏度的油按适当的比例混合起来使用,其称为调合油。调合油的黏度可用下面的经验公式计算:

$$^\circ\text{E}_1 = \frac{a_1 ^\circ\text{E}_1 + a_2 ^\circ\text{E}_2 - c(^\circ\text{E}_1 - ^\circ\text{E}_2)}{100} \quad (2-8)$$

式中, $^\circ\text{E}_1$ 、 $^\circ\text{E}_2$ ——混合前两种油液的恩氏黏度,取 $^\circ\text{E}_1 > ^\circ\text{E}_2$;

$^\circ\text{E}$ ——混合后的调合油的恩氏黏度;

a_1 、 a_2 ——参与调合的两种油液各占的百分比($a_1 + a_2 = 100\%$);

c ——实验系数,见表2-2。