

高级技工学校教材


GAOJI JIGONG XUEXIAO JIAOCAI

# 工程机械 液压传动

GONGCHENG JIXIE YEYA CHUANDONG



主编 徐美刚 李雪平

 中国劳动保障出版社

高级技工学校教材

# 工程机械液压传动

主编 徐美刚 李雪平

参编 梁新刚 李 珍

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

工程机械液压传动/徐美刚主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008  
ISBN 978 - 7 - 5045 - 7085 - 7

I. 工… II. 徐… III. 工程机械-液压传动 IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080726 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

\*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销  
787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 251 千字

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定价: 21.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

# 简 介

本教材详细讲述了液压传动的基础知识，液压元器件的结构特点、作用和液压传动的工作原理，以及液压系统基本回路；重点介绍了典型工程机械液压系统特点、工作原理和常见故障分析诊断与排除方法；书末列出了九个典型的实验课题，供学生进行必要的实验练习，以提高动手能力和分析解决实际问题的能力。

本教材可作为机电一体化、工程机械液电装配与调试专业的教学用书，也可供工程机械设备管理人员和维修人员阅读参考。

# 目 录

<b>第一章 液压传动概述</b> .....	( 1 )
第一节 液压传动的发展概况.....	( 1 )
第二节 液压传动的工作原理及其组成.....	( 2 )
复习思考题.....	( 4 )
<b>第二章 液压传动的基础知识</b> .....	( 5 )
第一节 液压传动的工作介质.....	( 5 )
第二节 液体静力学基本规律.....	( 10 )
第三节 液体流动时的能量及损失.....	( 14 )
复习思考题.....	( 16 )
<b>第三章 液压泵及液压马达</b> .....	( 17 )
第一节 液压泵概述.....	( 17 )
第二节 齿轮泵.....	( 20 )
第三节 叶片泵.....	( 23 )
第四节 柱塞泵.....	( 30 )
第五节 液压泵的选用.....	( 32 )
第六节 液压马达.....	( 33 )
复习思考题.....	( 37 )
<b>第四章 液压缸</b> .....	( 38 )
第一节 液压缸的类型及特点.....	( 38 )
第二节 液压缸的典型结构及组成.....	( 43 )
复习思考题.....	( 48 )

<b>第五章 液压控制阀</b> .....	( 49 )
第一节 液压控制阀概述.....	( 49 )
第二节 方向控制阀.....	( 52 )
第三节 压力控制阀.....	( 61 )
第四节 流量控制阀.....	( 67 )
第五节 比例阀和叠加阀.....	( 72 )
复习思考题.....	( 75 )
<b>第六章 液压辅助元件</b> .....	( 76 )
第一节 油箱.....	( 76 )
第二节 油管 and 管接头.....	( 77 )
第三节 滤油器.....	( 78 )
第四节 蓄能器.....	( 81 )
第五节 热交换器.....	( 82 )
第六节 压力表和压力表开关.....	( 83 )
复习思考题.....	( 84 )
<b>第七章 液压基本回路</b> .....	( 85 )
第一节 方向控制回路.....	( 85 )
第二节 压力控制回路.....	( 86 )
第三节 速度控制回路.....	( 92 )
第四节 多缸工作控制回路.....	( 99 )
复习思考题.....	( 102 )
<b>第八章 工程机械液压系统分析</b> .....	( 104 )
第一节 概述.....	( 104 )
第二节 汽车起重机液压系统分析.....	( 107 )
第三节 振动压路机液压系统分析.....	( 116 )
第四节 装载机液压系统分析.....	( 120 )
第五节 沥青摊铺机液压系统分析.....	( 122 )
复习思考题.....	( 128 )

<b>第九章 液压伺服系统</b> .....	(129)
第一节 概述.....	(129)
第二节 典型液压伺服系统分析.....	(131)
复习思考题.....	(133)
<b>第十章 工程机械液压系统常见故障及其排除</b> .....	(134)
第一节 液压系统常见故障分类与排除方法.....	(134)
第二节 液压油及液压元件常见故障分析.....	(138)
第三节 液压系统常见故障与排除方法.....	(142)
第四节 工程机械液压系统常见故障分析与排除举例.....	(145)
<b>实验课题</b> .....	(155)
课题一 液压泵性能实验.....	(155)
课题二 节流调速回路.....	(155)
课题三 容积调速回路.....	(156)
课题四 保压卸荷回路.....	(157)
课题五 调压回路.....	(158)
课题六 减压回路.....	(159)
课题七 平衡回路.....	(160)
课题八 多缸顺序动作回路.....	(160)
课题九 同步回路.....	(161)

# 第一章 液压传动概述

## 第一节 液压传动的发展概况

### 一、液压控制在工程机械中的作用与地位

随着我国国民经济的快速发展，能源、交通、城市建设的发展步伐进一步加快，建设工程点多面广，作为机械化施工的主要设备——工程机械起着越来越重要的作用。而工程机械液压传动系统的性能和可靠性直接影响到工程的技术含量和使用性能，且影响到工程机械施工的质量和效率。因此，工程机械液压传动系统的技术含量的高低是衡量工程机械产品质量和使用性能的重要指标。当今液压技术已普遍应用于工程机械产品中。

### 二、液压控制技术的发展历史

谈到液压控制在工程机械行业中的应用，必须谈及液压传动技术的发展历史。

液压传动技术相对于机械传动技术是一门新技术，但相对于计算机技术、电子信息技术、传感器技术等又是一门古老的技术，至今已有 200 多年历史。液压传动技术是实现现代传动与控制的关键技术，在工程机械、机床设备、汽车制造、冶金矿山、航天航空等领域得到了广泛的应用与普及。

17 世纪帕斯卡提出了著名的帕斯卡定律，奠定了液压传动技术的理论基础；18 世纪末英国研制出了世界上第一台水压机；19 世纪末德国制造出了液压龙门刨床，美国制造了液压六角车床和磨床；第二次世界大战期间，由于军事工业的需要，液压控制技术得到了快速发展，液压控制技术向着快速性、动态精度、功率质量比方向迈进了一大步，而且，在飞机、大炮、坦克和舰艇等军用装备上得到了广泛的应用；第二次世界大战后，液压技术迅速转向民用工业，世界上几乎所有机械装备包括工程机械设备都能看到液压传动技术的踪迹。可以说今天的绝大多数的工程机械都有着完善的液压控制系统。

### 三、液压控制在工程机械中的应用

由于液压传动装置具有功率密度高、易于实现直线运动、速度刚度大、便于冷却散热、动作实现容易等突出优点，因而在工程机械中得到了广泛应用。目前，95% 以上的工程机械都采用了液压技术，可以说，现在采用液压技术的程度是衡量一个国家工业水平的重要指标。工程机械液压传动技术正向着高速、高压化发展，液压系统压力的提高使得液压传动功率幅度增加、液压元件的质量明显下降，液压传动技术的应用逐渐由工程机械的工作装置扩展到转向系统、行走系统、传动系统和制动系统。如：全液压挖掘机、全液压叉车、全液压



振动压路机、全液压路面汽车起重机、凿岩隧道机器人、混凝土泵送车、高空平台消防车、多功能摊铺机、旋挖钻机、装载机、平地机等。

随着微电子技术和计算机技术、传感器控制技术的迅猛发展，使现代控制理论在工程机械液压传动装置中的应用成为现实——即人们常说的液电控制技术。

例如：计算机控制的变量泵控系统就采用了高速开关阀和步进电动机驱动的数字阀，大大提高了液压系统的工作效率。

又如：将负载传感与压力补偿技术应用到液压挖掘机上，通过对液压挖掘机主泵输出流量和压力控制与补偿技术，实现挖掘机在复合动作时的流量分配和电子控制技术相结合，使挖掘机的能耗及操纵性能得到明显改善。

## 第二节 液压传动的工作原理及其组成

### 一、液压传动的工作原理

现以液压千斤顶为例，来说明液压传动的工作原理及其系统组成。图 1—1 所示为液压千斤顶的工作原理图。

当手柄 1 带动活塞向上运动时，手动泵 2 容积增大形成局部真空，使排油单向阀 3 关闭，油箱 5 中的液体在大气压力的作用下，从油箱经管道及吸油单向阀 4 进入手动泵 2，此为吸油过程。当手柄 1 带动活塞下压时，吸油单向阀 4 关闭，手动泵 2 中的液体推开排油单向阀 3 经管道进入液压缸 7，迫使活塞克服外负载  $G$  向上运动从而对外做功，此为排油过程。当手动泵 2 的活塞在手柄 1 的带动下不断上下往复运动时，负载  $G$  就不断上升。当需要液压缸 7 的活塞停止时，使手柄 1 停止运动，此时排油单向阀 3 在液压力作用下关闭，液压缸 7 的活塞就自锁不动。工作时截止阀 6 关闭，当需要液压缸 7 的活塞放下时，打开此阀，液体在重力的作用下经此阀流回油箱 5。这就是液压千斤顶的工作原理。

### 二、液压传动系统的组成

如图 1—2 所示为机床工作台液压传动系统图。工作台要求实现慢速向右进给，然后向左快速退回的动作循环。

图中液压缸活塞通过活塞杆与工作台固定在一起，液压缸缸体固定在机床床身上。图示电磁换向阀 6 处于通电状态，液压泵 3 排出的液体输入液压缸 9 的左腔，使其容积不断扩大，推动活塞和工作台向右做进给运动。这时，液压缸右腔的容积缩小回液，它排出的液体经管道及节流阀 8 返回油箱 1。调节节流阀 8 的阀口流通面积，便可控制液压缸右腔的回液流量，达到控制进给速度的目的。

如果令电磁换向阀断电，则阀芯便在弹簧力的作用下左移，使电磁换向阀 6 处于右位工作。这时液压泵排出的液体经过单向阀 7 输入液压缸右腔，推动活塞杆和工作台向左返回。而其左腔容积不断缩小回液，回液经电磁换向阀 6 直接流回油箱。在此过程中，液体不受节流阀的控制，工作台快速返回。溢流阀 4 与液压泵的排液口并联。当活塞进给速度较慢时，系统中积累多余的液体将使其压力升高。压力上升到足以克服溢流阀阀芯的弹簧力作用时，

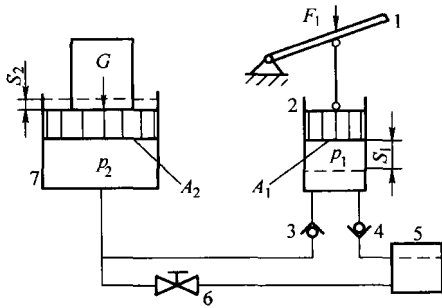


图 1—1 液压千斤顶工作原理图

1—手柄 2—手动泵 3—排油单向阀 4—吸油单向阀  
5—油箱 6—截止阀 7—液压缸

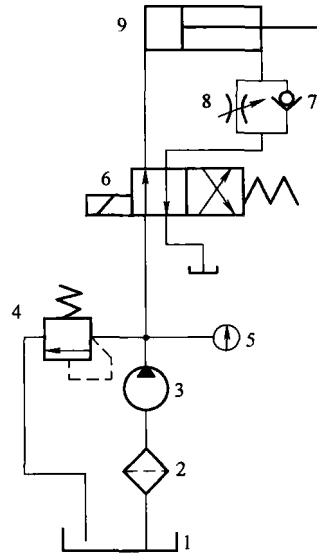


图 1—2 机床工作台液压传动系统图

1—油箱 2—滤油器 3—液压泵 4—溢流阀 5—压力表  
6—电磁换向阀 7—单向阀 8—节流阀 9—液压缸

就将阀芯推开，使多余的液体直接返回油箱，防止系统过载。系统中压力表 5 用于监测系统的工作压力。吸液口处的滤油器 2 可以防止工作液体中的大颗粒固体杂质进入液压泵和传动系统，避免损坏液压元件。

由以上可以看出，一个完整的液压传动系统包括以下五个基本组成部分：

#### 1. 液压动力元件

将原动力（常用的有人力机构、电动机和内燃机等）所提供的机械能转变为工作液体的液压能的机械装置，通常称为液压泵或油泵。

#### 2. 液压执行元件

将液压泵所提供的工作液体的液压能转变为机械能的装置。做直线往复运动的执行元件称为液压缸或油缸；做连续旋转运动的执行元件称为液压马达或油马达。

#### 3. 液压控制元件

对液压系统中工作液体的压力、流量和流动方向进行调节控制的机械装置，通常简称为液压控制阀或液压阀，如压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀等。

#### 4. 液压辅助元件

上述三个组成部分以外的其他元件，如油箱、管道、管接头、密封元件、滤油器、蓄能器、冷却器、加热器以及各种液体参数的监测仪表等均为液压辅助元件。它们的功能是多方面的，各不相同。

#### 5. 工作液体

工作液体是液压传动中能量传递载体，也是液压传动系统中最基本的一个组成部分。

### 三、液压传动的优缺点

#### 1. 液压传动的优点

与机械传动、电力传动相比，液压传动具有以下优点：

- (1) 可实现大范围的无级调速（调速范围可达 2 000 : 1）。
- (2) 同功率比较时，液压传动具有质量轻、体积小、运动惯量小、反应速度快等特点。
- (3) 液压传动的各元件，可根据需要方便、灵活地来布置。
- (4) 操纵省力，控制方便，易于实现自动化或遥控。
- (5) 易于实现过载保护。
- (6) 工作介质一般采用矿物油，相对运动表面可自行润滑，因此，可提高系统和元件的使用寿命。
- (7) 易于实现直线运动。

#### 2. 液压传动的缺点

- (1) 液压传动系统同时存在压力损失、容积损失和机械损失，因此传动效率较低。
- (2) 工作性能易受温度变化的影响，因此不宜在较高或较低的温度条件下工作。
- (3) 液压元件的制造精度要求较高，因而价格较贵。
- (4) 由于液体介质的泄漏及可压缩性影响，不能得到严格的定传动比。
- (5) 系统的故障诊断比较困难。
- (6) 液压油泄漏不仅污染场地，如处理不当，还可能引起火灾或爆炸事故。

### 复习思考题

1. 液压传动系统由哪几个基本部分组成？它们的基本功能是什么？试用示意图说明。
2. 试比较液压传动与机械传动和电力传动的主要优缺点。
3. 用液压系统图形符号表示图 1—1 的液压千斤顶原理图。
4. 图 1—2 所示的机床工作台液压传动系统，若用机械传动来实现同样功能，至少应由哪些部分和零件组成？试用简图表示。

## 第二章 液压传动的基础知识

液压传动是以液体（液压油）作为工作介质来进行能量传递的。因此，了解液体的基本性质，掌握液体平衡和运动的主要力学规律，对于正确理解液压传动原理以及合理设计和使用液压系统都是非常必要的。本章主要介绍液压传动的基础知识和液压油的特性，以便于读者正确理解液压传动的基本原理和规律，学会根据液压系统的要求正确选用液压油并掌握流体力学中的一些基本规律。

### 第一节 液压传动的工作介质

液压油是指在液压系统中所采用的由纯矿物油加上各种添加剂而制成的工作介质。液压油具有一般液体所共有的各种力学性质和物理性质。例如，液体的易流动性、惯性、压缩性、黏性等。此外，还有一些物理、化学性质直接影响着液压系统的性能和使用。这些性质包括流动点、凝固点、闪点、燃点、空气含有量、空气分离压、饱和蒸气压、比热容、热传导率、热膨胀系数等。不同品种液压油的性质指标也不同，下面介绍液压油的几个物理性质。

#### 一、液压油的物理性质

##### 1. 液体的质量、重量、密度和重度

###### (1) 质量和重量

液体的质量是指一定液体内含该物质的数量，其大小是不变的标量。液体的重量是指一定质量的液体所受到的地球引力，是一个矢量。由于地球各处引力不同，所以液体的重量不是常量。根据牛顿第二定律可知：

$$G=mg \text{ 或 } m=\frac{G}{g} \quad (2-1)$$

式中  $G$ ——重量，N；

$m$ ——质量，kg；

$g$ ——重力加速度， $m/s^2$ 。

本书采用国际单位制（SI），质量单位为千克（kg），重力加速度单位为米/秒<sup>2</sup>（ $m/s^2$ ），重量单位是导出单位，即千克·米/秒<sup>2</sup>，简称牛顿（N）。通常取在地球纬度 45°海平面上的重力加速度  $g=9.81 m/s^2$ 。

目前我国生产实践中还应用工程单位制，读者必须熟悉两种单位制的换算关系，以免造成计算中的错误。

## (2) 密度和重度

1) 定义 单位体积液体的质量称为液体的密度, 通常用  $\rho$  表示, 对于均质液体,

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-2)$$

式中  $V$  ——液体的体积,  $\text{m}^3$ ;

$m$  ——体积  $V$  中所包含的液体质量,  $\text{kg}$ 。

液体单位体积的重量称为液体的重度, 用  $\gamma$  表示。

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (2-3)$$

$$G = mg$$

液体的重度和密度之间的关系为:

$$\gamma = \rho g \quad (2-4)$$

2) 单位 在国际单位制 (SI) 中, 液体的密度单位是  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 重度单位为  $\text{N}/\text{m}^3$ 。

在本书中, 除特殊说明外, 液压油都是均质的。液压油的密度  $\rho = 880 \sim 920 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。对于机床、船舶液压系统中常用的液压油 (矿物油), 在  $15^\circ\text{C}$  时其密度可取为  $\rho = 900 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 重度  $\gamma = 8.83 \times 10^3 \text{ N}/\text{m}^3$ 。

3) 密度、重度与压力、温度的关系 密度是液体的一个重要的物理参数。液体的密度随压力和温度的变化而变化, 压力增高, 密度增大; 温度升高, 密度减小。由于液压系统中工作压力变化不太大, 液压油温度又是在控制范围内, 所以油温和压力引起的密度变化甚微。对于液压传动中常用的液压油——矿物油来说, 一般工作条件下, 在使用的温度和压力范围内, 这种变化很小, 可以忽略不计, 近似地认为液压油的密度和重度不变。

## 2. 黏度

### (1) 黏性

从力学观点来看, 液体是由许多质点组成的, 质点在空间仅占有位置, 具有极其微小的质量。并且, 质点与质点之间没有空隙, 质点是连续均质地分布在液体之中的。实际上液体由分子组成, 分子之间是不连续的, 分子本身进行着无休止的不规则运动。流体力学的研究对象是由外部原因引起的液体宏观机械运动, 不涉及液体内部微观结构和分子的运动规律。

液体分子之间存在着互相吸引的内聚力, 因而在液体流动时会呈现出内摩擦力。液体分子与其相接触的固体分子之间作用着附着力, 一般液体都会被固体壁面所吸附, 吸附在壁面上的液体层可以认为具有与壁面相同的速度。

液体在外力作用下流动时, 由于液体分子间的内聚力而产生一种阻碍液体分子间相对运动的内摩擦力, 这种性质称为液体的黏性。黏性是液体阻抗剪切变形的固有特性, 但它只在液体流动时, 即液体在外力作用下发生变形时才显示出来。液体静止时, 由于不存在变形, 因此, 液体对于变形的阻抗也就随之消失。

### (2) 黏度

液体黏性的大小用黏度来衡量。黏度是选择液压油的主要指标, 是影响液体流动的重要物理性质。

液体流动时, 液体与固体壁面间附着力及液体本身的黏性使液体内各处的速度大小不

等。以图 2—1 中的被两平行平板所隔开的液体流动情况为例，设上平板以速度  $u_0$  向右运动，下平板固定不动。紧贴于上平板的极薄一层液体在附着力的作用下，以  $u_0$  的速度随上平板向右运动，紧贴于下平板的极薄一层液体则附着于下平板而保持静止，而中间各层液体则从上到下按递减的速度向右运动。这是因为相邻两薄层液体间分子内聚力对上层液体起阻滞作用，而对下层液体则起拖拽作用的缘故。当平板间的距离较小时，各液层的速度按线性规律分布。平板间距离较大时则各液层的速度按曲线规律分布。

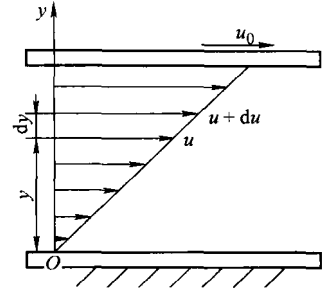


图 2—1 平行平板中的液体流动

影响液体黏度的因素是：温度和压力。当液体所受的压力增加时，其分子间的距离将减小，于是内摩擦力将增加，即黏度也将随之增大，但由于一般在中、低压液压系统中压力变化很小，因而通常压力对黏度的影响忽略不计。而液压油黏度对温度的变化十分敏感，温度升高，黏度下降，液压油的黏度随温度变化的性质称为黏温特性。

### (3) 可压缩性

液体受压力后其容积发生变化的性质，称为液体的可压缩性。尽管矿物油的可压缩性约比钢大 100~150 倍，但是对一般的中、低压液压系统而言，其液体的可压缩性还是很小的，因而可以认为液体是不可压缩的。而在压力变化很大的高压系统中，就需要考虑液体可压缩性的影响。当液体中混入空气时，其可压缩性将显著增加，并将严重影响液压系统的工作性能，因而在液压系统中应使油液中的空气含量减少到最低限度。

### 3. 其他性质

液压油还有其他一些物理化学性质，如抗燃性、抗凝性、抗氧化性、抗泡沫性、抗乳化性、防锈性、导热性、相容性（主要是指对密封材料不侵蚀、不溶胀的性质）以及纯净性等。对于不同品种的液压油，其各种性质的指标也不相同，具体可参考相关的油类产品手册。

## 二、对液压油的要求

作为液压传动中传递动力，并起润滑作用的液压油，一般应满足如下要求：

1. 对液压元件相对运动部分具有良好的润滑性。
2. 液压油应具有适当的黏度，而且温度和压力变化时，黏度的变化要小。
3. 高温下不易蒸发，低温下不易凝固。
4. 对金属材料具有防锈性和防腐性，对于填料和涂料的材质无有害影响。
5. 比热容和热传导率大，热膨胀系数小。
6. 对氧化作用具有较高的稳定性，使用寿命长。
7. 混入水后不易乳化，不易产生泡沫。
8. 液压油纯净，含杂质少。

液压油应纯净，不含各种杂质，有良好的抗泡沫性。若含有酸、碱，会腐蚀机件和密封装置；若含有机械杂质，易造成油路堵塞；若含有易挥发性物质，会产生气泡，将影响运动的平稳性。

9. 燃点高，凝点低。
10. 对人体无害，成本低。

### 三、液压油种类及选择

#### 1. 液压油的种类

液压油主要分为三大类，即石油型、乳化型和合成型。石油型即石油基矿物油型，属于可燃型，这是目前普遍采用的油型。乳化型与合成型这两类属于抗燃型。乳化型成本较低，应用逐渐增多。合成型成本高，多应用于有特殊要求的场合。液压油的主要品种及其主要性质见表 2—1。

表 2—1 液压油的主要品种及其主要性质

性能	可燃型液压油			抗燃型液压油			
	石油型			合成型		乳化型	
	通用液 压油	抗磨液 压油	低温液 压油	磷酸 酯液	水—乙二 醇液	油包水液	水包油液
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	850~900			1 100~1 500	1 040~1 100	920~940	1 000
黏度	小~大	小~大	小~大	小~大	小~大	小	小
黏度指数 VI 不小于	90	95	130	130~180	140~170	130~150	极高
润滑性	优	优	优	优	良	良	可
防锈性	优	优	优	良	良	良	可
闪点 (不低于) (°C)	170~200	170	150~170	难燃	难燃	难燃	不燃
凝点 (不高于) (°C)	-10	-25	-45~-35	-50~-20	-50	-25	-5

#### 2. 液压油的选择

液压油的选择首先要考虑的是液压油的黏度问题，即根据液压泵的种类、工作温度、系统速度和工作压力首先确定适用黏度范围，然后再选择合适的液压油品种。

黏度选择的总原则如下：在高压、高温、低速情况下应选用黏度较高的液压油，因为这种情况下泄漏对系统的影响较大，黏度高可适当减少这些影响；在低压、低温和运动速度高或配合间隙小时宜采用黏度较低的液压油以减小摩擦损失，因为这时泄漏对系统的影响相对减小，而液体的内摩擦阻力影响较大。

在实际使用中，液压泵对液压油的性能最为敏感。因为液压泵内零件的运动速度最高，承受的压力最大，且承压时间长、温升高，因而常根据液压泵的类型来选择液压油的黏度。常用液压泵的液压油适用的黏度见表 2—2。

在选择液压油的品种时，要根据具体情况或系统要求选用黏度合适的液压油。具体选用原则如下：

- (1) 一般液压系统的液压油黏度在  $v_{50} = 10 \sim 60$  cSt 之间，更高黏度的液压油很少用。
- (2) 在一般环境温度  $t < 38^\circ\text{C}$  的情况下，液压油黏度可根据不同压力级别来选择。

表 2—2

常用液压泵的液压油适用的黏度

mm<sup>2</sup>/s

液压泵类型		工作温度 (°C)	
		5~40	40~80
齿轮泵		17~40	63~88
叶片泵	$p < 7$ MPa	17~29	25~44
	$p > 7$ MPa	31~40	37~54
轴向柱塞泵		25~44	40~98
径向柱塞泵		17~62	37~154

注: 1 mm<sup>2</sup>/s=1 cSt.

低压  $0 < p < 25 \times 10^5$  Pa  $v_{50} = 10 \sim 30$  cSt

中压  $25 \times 10^5 < p < 80 \times 10^5$  Pa  $v_{50} = 20 \sim 40$  cSt

中高压  $80 \times 10^5 < p < 160 \times 10^5$  Pa  $v_{50} = 30 \sim 50$  cSt

高压  $160 \times 10^5 < p < 320 \times 10^5$  Pa  $v_{50} = 40 \sim 60$  cSt

(3) 冬季应当选用黏度较低的液压油; 夏季应当提高液压油黏度。

(4) 周围环境温度很高 (超过 40°C) 时, 应适当提高液压油黏度。

(5) 对包含高速液压马达和快速液压缸的液压系统, 应选用黏度较低的液压油。

(6) 对液压随动系统, 宜用低黏度液压油, 通常,  $v_{50} \leq 10$  cSt。

(7) 对于一些精度高、有特殊要求的液压系统, 应采用专用液压油, 如稠化油、精密机床液压油、舵机液压油、航空液压油等; 对于一般液压系统, 可采用机械油、汽轮机油、柴油机油、变压器油等。液压油牌号的选择主要是根据工作条件选用适当的黏度。

表 2—3 是根据液压泵类型及工作情况的推荐用油表。

表 2—3

液压泵用油黏度范围及推荐用油表

名称	黏度 (mm <sup>2</sup> /s)		工作压力 (MPa)	工作温度 (°C)	推荐用油
	允许	最佳			
叶片泵 (200 r/min)	16~220	26~54	7	5~40	N32、N46 机械油
				40~80	N68、N46 机械油
叶片泵 (1 800 r/min)	20~220	25~54	14 以上	5~40	YA-N32、YA-N46 液压油
				40~80	YA-N46、YA-N68 液压油
齿轮泵	4~220	25~54	12.5 以下	5~40	YA-N32、YA-N46 (N32、N46)
				40~80	YA-N46、YA-N68 (N46、N68)
			10~20	5~40	YA-N46、YA-N68 抗磨液压油
				40~80	YB-N46、YB-N68 抗磨液压油
			16~32	5~40	YB-N32、YB-N46 抗磨液压油
				40~80	YB-N46、YB-N68 抗磨液压油
径向柱塞泵	10~5	16~48	14~35	5~40	YB-N32、YB-N46 抗磨液压油
				40~80	YB-N46、YB-N68 抗磨液压油
轴向柱塞泵	4~76	16~47	35 以上	5~40	YB-N32、YB-N46 抗磨液压油
				40~80	YB-N68、YB-N100 抗磨液压油



## 四、液压油的正确使用及维护

在使用中，为防止油质恶化，应注意如下事项：

1. 注意液压系统密封的良好和保持液压系统清洁。液压系统必须保持严格的密封，防止泄漏和外界各种尘土、杂物、水及其他机械杂质侵入油中。

2. 油箱内的油面应保持一定高度。正常工作时油箱的温升不应超过液压油所允许的范围，一般不得超过  $70^{\circ}\text{C}$ ，否则需冷却调节。

3. 定期检查更换液压油。

(1) 换油前必须将液压系统的管路彻底清洗，新油要过滤后再注入油箱。液压系统首次使用液压油前，必须彻底清洗干净，在更换同一品种液压油时，也要用新换的液压油冲洗 1~2 次。

(2) 液压油不能随意混用。一种牌号的液压油，未经设备生产厂家同意且没有科学依据时，不得随意与不同牌号的液压油混用，更不得与其他品种的液压油混用。

4. 控制油温。对于矿物油的工作油温，要控制在  $15\sim 65^{\circ}\text{C}$  之间。油温过高时，要改善散热条件，必要时在油箱中设冷却器。油温过低时，应在油箱中设置加热器。

5. 防止空气进入系统，避免液压油加速氧化变质，影响传动性能，因此油泵吸油口与吸油管的连接处的密封要可靠，吸油管口在油面下要有足够的深度。

6. 防止污染，要有防尘装置，滤油器的规格要合适，并且要定期清洗维护。

(1) 要尽可能避免使用对液压油的氧化能起催化作用的铅、锌、铜等材料的元件，油箱内要涂耐油的防锈漆。

(2) 力求减少外来污染。液压装置组装前后必须严格清洗，油箱通大气处要加空气过滤器，向油箱加油应通过过滤器，维修拆卸元件应在无尘区进行。

(3) 滤除系统产生的杂质。应在系统的有关部位设置适当精度的过滤器，并且要定期检查、清洗和更换滤芯。

## 第二节 液体静力学基本规律

液体静力学主要讨论液体静止时的平衡规律以及这些规律的应用。这里所说的静止液体是指液体内部质点间没有相对运动的液体，至于液体作为一个整体，则可以是静止的，也可以随同包容它的容器做整体运动。

### 一、液体的压力

作用在液体上的力，有两种类型。一种是作用于液体的所有质点上的质量力，如重力、惯性力等。一种是作用于液体表面的表面力，如切向力、法向力等。表面力可以是其他物体作用于液体上的力，也可以是液体内部一部分液体作用于另一部分液体上的力。对于液体整体来说，前一种情况下的表面力是一个外力，后一种情况下的表面力是一个内力。液体的压力则属于表面力。

1. 压力的定义及单位