



MEIKUANG JIXIE YEYA CHUANDONG

煤矿机械

液压传动

于励民 主编

403

煤炭工业出版社

煤矿机械液压传动

主 编 于励民
副主编 王胜利 杜国纳
编 写 于励鹏 徐从清 边兵兵
张荣花 彭新荣 李 洪

煤炭工业出版社

• 北 京 •

内 容 提 要

本书分液压传动和煤矿机械液压系统两部分内容,共11章。第一部分简介了液压传动的基础知识,第二部分着重对应用液压传动技术程度较高的煤矿机械设备进行了较详细的介绍。

本书侧重于煤矿机械液压传动技术,第一部分各章节尽可能多地以煤矿机械设备所用的液压元件为例加以介绍。

本书适合于高等职业技术学院相关专业及煤矿职工大学、成人教育的学生学习使用,可以作为煤矿相关工种的高级技工、中级技师的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿机械液压传动/于励民主编. —北京:煤炭工业出版社, 2005

ISBN 7-5020-2630-4

I. 煤… I. 于… II. 煤矿—液压传动装置 IV. TD5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第070335号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm×1092mm $1/16$ 印张 11 $1/4$
字数 262千字 印数 1—2,000
2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷
社内编号 5401 定价 28.00元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

本书总结了以往的经验,重新组合了液压传动、煤矿机械设备的知识内容、专门为煤炭行业高职、职工大学教学、成人教育和职工培训而编写。

本书既有必要的液压基础知识,又有煤矿主要机械设备的液压传动系统知识。本书侧重于煤矿机械液压传动技术,第一部分各章节尽可能多地以煤矿机械设备所用的液压元件为例加以介绍,突出了煤矿机械液压传动的特点,行业特点突出,专业性强。

针对不同的学习对象,讲述本书约需用60~80学时。

在本书编写的过程中,得到了平煤集团设备租赁公司的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在一些失误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年5月

目 录

第一章 煤矿章压机械应用简介.....	1
第一节 煤矿井下开拓系统简介.....	1
第二节 煤矿中的液压机械设备.....	2
复习思考题.....	4

第一篇 液压传动基础

第二章 液压传动基础知识.....	5
第一节 液压传动的工作原理.....	5
第二节 流体力学基础知识.....	8
第三节 管道内的压力损失	16
第四节 液压冲击和空穴现象	20
复习思考题	21
第三章 液压泵简介	22
第一节 概述	22
第二节 齿轮泵	23
第三节 叶片泵	26
第四节 柱塞泵	29
第五节 液压泵的基本性能参数	33
第六节 液压泵的性能、选用和维修	34
复习思考题	37
第四章 液压马达和液压缸	38
第一节 液压马达	38
第二节 液压缸	44
第三节 液压缸常见的基本结构	48
第四节 液压缸的性能参数	50
复习思考题	51

第五章 液压控制阀	52
第一节 方向控制阀	52
第二节 压力控制阀	61
第三节 压力继电器	66
第四节 流量控制阀	67
第五节 二通插装阀	70
复习思考题	73

第六章 液压辅助元件	75
第一节 过滤器	75
第二节 冷却器	79
第三节 油箱和蓄能器	81
第四节 液压传动常用密封件	85
复习思考题	89

第二篇 煤矿机械液压系统

第七章 采煤机液压系统	90
第一节 概述	90
第二节 MG-300 型采煤机	90
第三节 采煤机液压系统的使用维护及一般故障的处理	97
复习思考题	100

第八章 液压支架液压系统	101
第一节 液压支架概述	101
第二节 液压支架的液压回路	103
第三节 掩护式液压支架液压系统举例	111
第四节 液压支架常见故障与排除方法	113
复习思考题	114

第九章 乳化液泵站液压系统	115
第一节 概述	115
第二节 乳化液泵	118
第三节 乳化液泵站的附属装置	121
第四节 泵站液压系统	129
第五节 液压系统的使用维护与常见故障处理	131
复习思考题	135

第十章 掘进机液压系统	136
第一节 掘进机概述	136
第二节 EBJ-120TP 型掘进机概述	136
第三节 EBJ-120TP 型掘进机主要结构和传动工作原理	138
第四节 EBJ-120TP 型掘进机液压系统	142
第五节 液压系统的安装与调试	146
第六节 液压系统的日常维护与常见故障处理	149
复习思考题	155
第十一章 液压绞车液压系统	156
第一节 液压绞车概述	156
第二节 BYT-1.6 型防爆液压提升绞车液压系统	157
第三节 BYT-2 型防爆液压提升绞车液压系统	160
第四节 JKY2.5/2.3B 液压绞车液压系统	164
第五节 液压绞车的运转、维护与检修	169
复习思考题	171
参考文献	172

第一章 煤矿液压机械应用简介

自20世纪60年代我国煤矿开始使用液压牵引不可调高的单滚筒采煤机组以来,至今在煤矿井下生产一线正在使用的主要液压机械设备有掘进机、采煤机、液压支架、液压绞车等,它们已经成为煤矿生产的主要设备,并起着不可替代的作用。在讲述这些设备的液压系统原理之前,有必要对煤矿井下开拓系统作一简单介绍。

第一节 煤矿井下开拓系统简介

煤矿井下开拓系统是根据具体地质条件和地面环境面设计的,不同的矿井其开拓系统都有所不同,此处不作过多的介绍。图1-1所示为煤矿井下长壁式回采的一个很简单的开拓系统示意图,它仅仅反映了井下巷道的布置情况和各个生产环节的运行关系。该图示意了教材中所涉及到的液压机械设备所在的工作位置和所能完成的生产任务。

一、井下供风系统简介

无论是采用抽出式还是压入式供风,新鲜空气的流动方向大致是相同的,即:新鲜空气→副井筒2→井底车场3→大巷4→采区运输上(下)山7→采煤工作面下顺槽12→采煤工

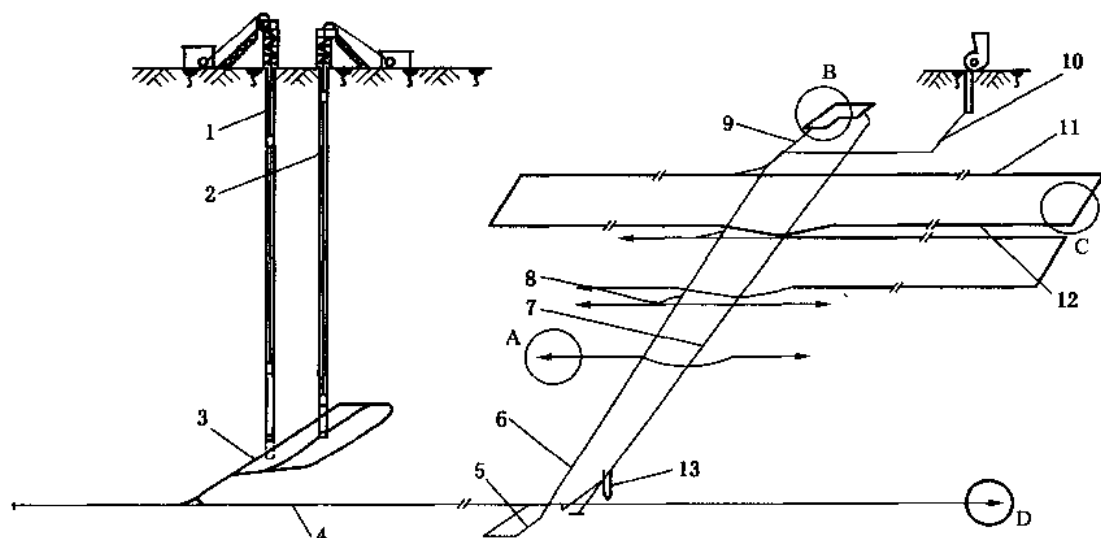


图1-1 矿井井下开拓系统示意图

A—掘进工作面; B—轨道上山绞车房; C—采煤工作面; D—矿井开拓工作面
1—主井; 2—副井; 3—井底车场; 4—大巷; 5—采区下部车场; 6—采区轨道上山; 7—采区运输上山; 8—采区中部车场; 9—采区上部车场; 10—风巷; 11—采煤工作面上顺槽; 12—采煤工作面下顺槽; 13—采区缓冲煤仓

作面C；采煤工作面的乏风→上顺槽11→轨道运输上（下）山6→采区运输上部车场9→风巷10→风井→地面。

上述供风系统还包括一系列的风门等，此处不再赘述。

二、井下煤炭的回采和运输

如图1-1所示，工作面采煤机截割下的煤→转载机→可伸缩带式输送机（工作面下顺槽）→采区运输上（下）山7→采区缓冲煤仓13→大巷4→井底车场3→主井1→地面煤仓。

第二节 煤矿中的液压机械设备

一、掘进机

图1-1中A为掘进机工作位置，此处正在开掘又一个采煤工作面的下顺槽。掘进工作面如图1-2所示，该图显示的是部分断面掘进机进入截割的情况以及掘进机的组成示意。

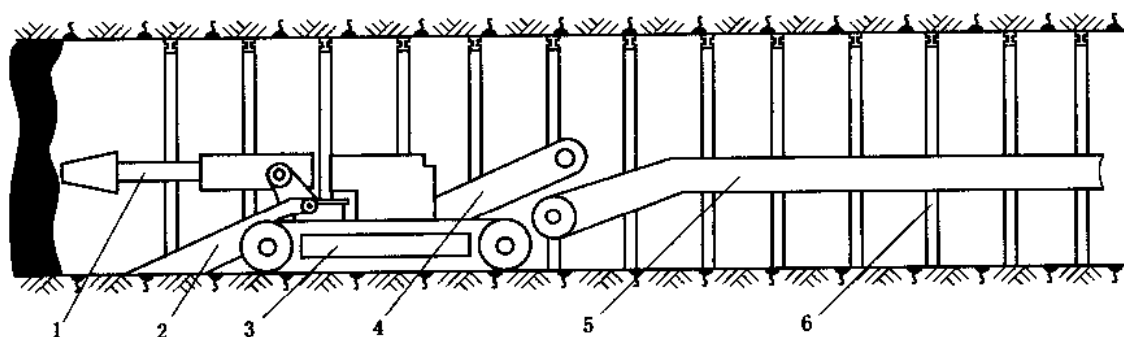


图1-2 掘进工作面示意图

1—掘进机截割工作机构；2—掘进机装煤机构；3—掘进机行走机构；4—掘进机转载刮板输送机；5—掘进机转载带式输送机；6—巷道支架

不同的掘进机有自己的传动特点，液压传动的应用程度是不同的。图1-1所示为全液压驱动掘进机，它的截割工作机构的俯仰、平摆靠液压传动。另外铲煤板的升降、行走机构、转载机构的运转均使用液压传动。

二、液压绞车

液压绞车运行平稳，容易实现无级调速，易实现保护，容绳量较大。目前在煤矿井下采区倾斜距离较长时，都使用液压绞车。图1-1中B所示为液压绞车的工作位置，其主要任务是提升生产用材料、设备和掘进煤等。

图1-3所示为液压绞车在井下硐室内的布置示意图。图中示意出了绞车滚筒直接由液

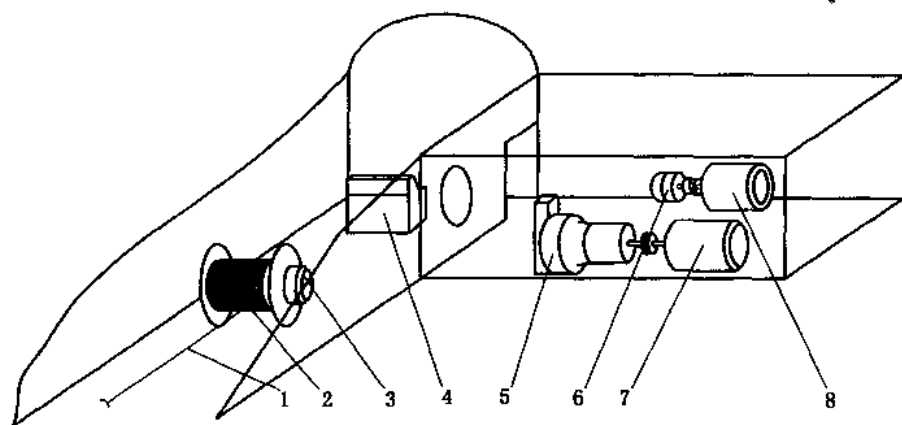


图1-3 液压绞车布置示意图

1—牵引钢绳；2—绞车滚筒；3—液压马达；4—操纵台；5—主液压泵；
6—辅助液压泵；7—主泵电动机；8—辅助泵电动机

压马达带动，又示意出了主泵、辅助泵的一般位置。

三、综合机械化采煤设备

如图1-1 中C 所示为长壁式回采采煤工作面位置。按回采方式分，有炮采工作面、普通机械化采煤工作面、高档机械化采煤工作面和综合机械化采煤工作面(简称综采工作面)等。此处以综采工作面为例，介绍液压的应用概况，如图1-4 所示。

图1-4 中，采煤机截割滚筒的调高、行走靠液压传动(目前也有使用电牵引行走的采煤机)，工作面的支护设备采用液压支架，液压支架的乳化液泵站放置在顺槽中。

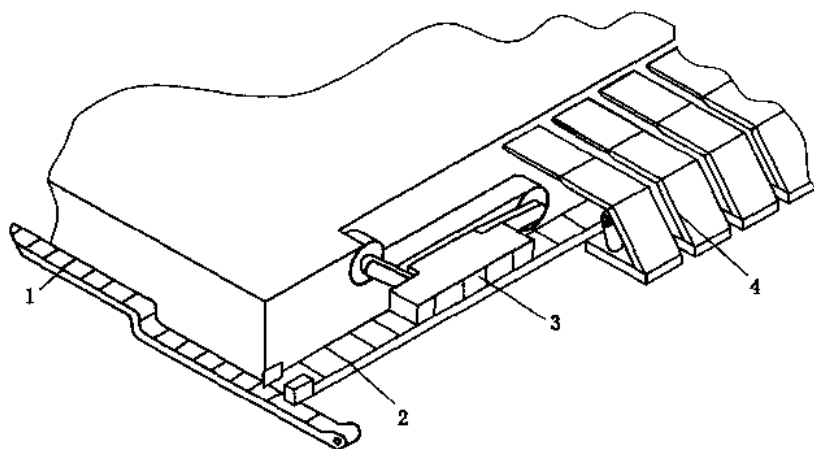


图1-4 采煤工作面综合机械化采煤设备布置示意图

1—桥式转载机；2—刮板输送机；3—采煤机；4—液压支架



复习思考题

1. 试述从井底车场到图 1-1 所示的综采工作面，人顺风行走时的路线。
2. 试述掘进机、采煤机、液压支架和液压绞车的作用。
3. 试述掘进机、采煤机、液压支架和液压绞车的哪些动作靠液压传动。

第一篇 液压传动基础

第二章 液压传动基础知识

液压传动是根据流体力学的基本原理,利用液体的压力能来传递动力的传动方式。它利用各种液压元件组成具有特定功能的基本回路,再由若干基本回路组合成系统,从而实现能量的转换、传递和控制。

液压传动所用的介质是液体,可传递的动力大且运动平稳,但液体黏性较大,流动过程中有阻力损失,因而不宜进行远距离的传动和控制。

第一节 液压传动的工作原理

图2-1 是一个实现采煤机滚筒上下摆动的简单的液压系统。将操作手把向右扳,液压泵3从油箱1吸油,经滤油器2,然后将具有压力能的油液输入管路。油液通过换向阀4、液控单向阀5,进入液压缸无杆腔。同时液控单向阀左侧压力油将双杆活塞向右顶开右侧单向阀,放出液压缸有杆腔的油液,滚筒8向上摆动。同理,反向扳动手把时滚筒将反向摆动。

有时滚筒运动受阻,会使系统压力过高而损坏机构的零部件,这时由图中的溢流阀7来限定系统的最高压力。

在有的液压系统中,液压缸的运动速度需要调节时,可以使用节流阀,通过改变阀的

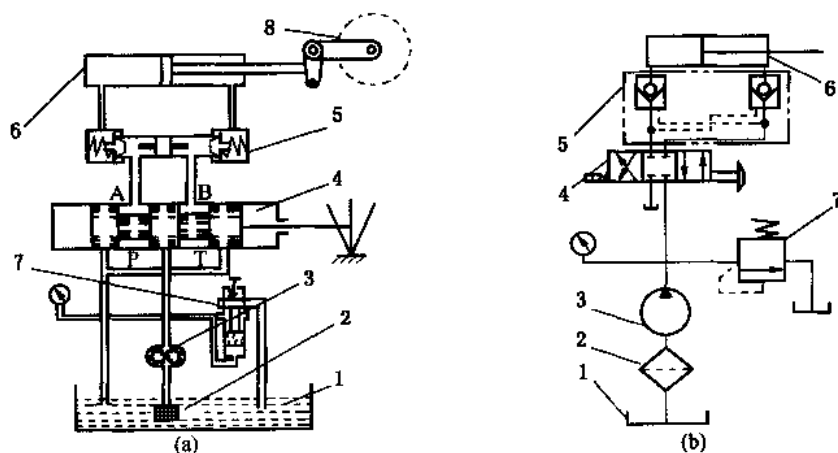


图2-1 调高装置系统图

a—液压系统结构原理图; b—液压系统符号图

1—油箱; 2—滤油器; 3—液压泵; 4—换向阀; 5—液控单向阀; 6—液压缸; 7—溢流阀; 8—滚筒

开口大小, 调节通过节流阀油液的流量, 以控制液压缸的运动速度。

一、液压传动系统的组成

液压传动系统一般由以下几部分组成:

- (1) 液压动力元件, 如液压泵或气液转换器等;
- (2) 液压执行元件, 如液压缸(输出直线运动)和液压马达(输出旋转运动)等;
- (3) 液压控制元件, 如压力控制阀、方向控制阀和流量控制阀等;
- (4) 液压辅助元件, 如滤油器、管件、油箱、蓄能器等。

液压系统一般用以下几种方法表示:

结构原理图 能反映液压元件的主要结构特征和工作原理, 但没有实际尺寸。这种表示方法多用于教学和培训, 如图2-1a所示。

符号图 能反映液压系统工作原理, 液压元件符号已经标准化, 绘制简单、使用方便, 已成为液压行业的工程语言, 如图2-1b所示。

结构图和管路安装图 能准确反映液压元件内部结构关系和外部连接关系, 有具体的尺寸, 这些图可以用于液压系统的制造、装配和安装。

二、液压传动的两个重要特性

图2-2是液压千斤顶的工作原理图。它主要由柱塞泵1、液压缸2、油箱3、吸油阀6、排油阀5、卸载阀4以及它们之间的连接通道, 构成一个密闭的容器, 且充有一定量的油液。其工作原理如下:

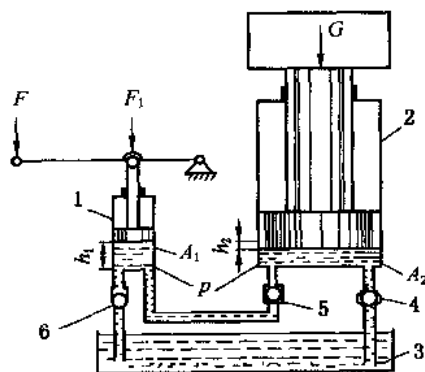


图2-2 液压千斤顶的工作原理图

- 1—柱塞泵; 2—液压缸; 3—油箱;
4—卸载阀; 5—排油阀; 6—吸油阀

扳动柱塞泵1的手把, 当液压泵柱塞向上运动时, 泵1内的容积增大, 形成部分真空, 于是贮油腔3中的油液经吸油阀4进入柱塞泵内, 充满增大的容积。当液压泵柱塞向下运动时, 泵1内的容积减少, 油液压力升高, 压力油顶开排油阀5进入工作缸2, 此时吸油阀4自动关闭, 推动大活塞缓缓上升顶起重物。如此反复扳动柱塞泵1的手把, 就可使重物不断上升。停止扳动柱塞泵的手把时, 阀5关闭, 阻止缸2内的油液倒流, 以防止重物自动下降。当需要卸载时, 打开卸载阀6, 液压缸2内的油液流回储油箱3, 重物下降。

1. 系统压力与负载的关系

如图2-2所示, 如果在大活塞 A_2 上加负载 G , 则

在大液压缸中油液的压力 p 为

$$p = \frac{G}{A_2} \quad (2-1)$$

式中 A_2 ——大活塞面积。

根据帕斯卡静压传递原理, 即“在密闭容器内的平衡液体中, 任一点的压力如有变化, 这个压力的变化值将等值传递到液体中的所有各点”。因此, 在小液压缸中产生的液压力 p 将等值地传递到工作缸中去。这时必须在小活塞 A_1 上施加大小为 F_1 的力, 才能使负载上

升。

$$F_1 = pA_1 \quad (2-2)$$

式中 A_1 ——小活塞面积。

由式 (2-2) 得：

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad (2-3)$$

由压力相等得：

$$p = \frac{G}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \quad (2-4)$$

$$G = \frac{A_2}{A_1} F_1 \quad (2-5)$$

由式 (2-4) 可以看出：封闭容器内的液体压力大小是由外负载 G 的大小决定的，即负载 G 增加，所需要的力 F_1 随之增加。当外负载 G 为零时，若略去活塞的重量，容器内液体的压力也为零，此时 F_1 也必然为零。这就是所谓的压力取决于负载。但是系统的压力也不是无限制地随着外负载而增大，它受到封闭容器和管路等强度及密封性能的限制，在一般的液压系统中，都要设置安全阀，以保证超载不工作，从而保护液压系统在超载时不会损坏。

由式 (2-5) 可知力的放大原理。

2. 执行元件速度与流量的关系

如图2-2所示，若小活塞 A_1 向下移动了一段距离 h_1 ，若不计液体的泄漏和可压缩性，活塞 A_1 向下运动排出的液体体积应该等于使大活塞 A_2 向上运动进入工作缸的液体体积，即

$$A_1 h_1 = A_2 h_2 \quad (2-6)$$

式中 h_1 、 h_2 ——两活塞的行程。

将式 (2-6) 两端同除以时间 t ，得

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2-7)$$

式中 v_1 、 v_2 ——两活塞移动速度。

此关系式在流体力学中称为液流连续性原理。

令式 (2-7) 中 $A_1 v_1 = q$ ，其中 q 表示小活塞 A_1 以速度 v_1 运动时，单位时间内从小液压缸中排出液体的体积，称为流量。该流量 q 进入工作缸时大活塞 A_2 的运动速度为

$$v_2 = \frac{q}{A_2} \quad (2-8)$$

上式说明，大液压缸（负载）的运动速度只与输入的流量有关，而与压力无关。在液压缸活塞面积确定之后，如果使 q 连续变化，则负载的速度亦可连续变化，就可使液压缸实现无级调速。

3. 液压系统的功率关系

若不考虑各种能量损失，手动泵的输入功率等于液压缸的输出功率，即

$$F_1 v_1 = G v_2 = P$$

或

$$P = p A_1 v_1 = p A_2 v_2 = p q \quad (2-9)$$

可见，液压传动的功率 P 可以用液体压力 p 和流量 q 的乘积来表示。压力 p 和流量 q 是液压传动中最基本、最重要的两个参数。上述千斤顶的工作过程，就是将手动机械能转换为液体压力能，又将液体压力能转换为机械能的过程。

综上所述,可归纳出液压传动的基本特征:以液体为工作介质,依靠处于密封工作容积内的液体压力能来传递能量;压力的高低取决于负载;负载速度的传递是按容积变化相等的原则进行的,速度的大小取决于流量;压力和流量是液压传动中最基本、最重要的两个参数。

三、液压泵的自吸能力

自吸能力是指泵在额定转速下,从低于泵进口以下的开式油箱中自行吸液的能力(实质是利用大气压力向具有真空度的泵腔内压油)。

有时也会采用其他方式保证液压泵吸油的可靠性:

(1) 使油箱液面高于泵的进口中心线标高,即形成负吸液高度,靠液体质量强制向泵内供液。

(2) 采用压力油箱,在密闭油箱表面加以 $0.05\sim 0.25\text{MPa}$ 的压力向泵内强制供液。

(3) 采用辅助泵向主泵中强制供液,这是闭式系统通常采用的办法,辅助泵压力一般为 $0.3\sim 0.7\text{MPa}$ 。

第二节 流体力学基础知识

一、流体的物理性质

1. 密度和重度

密度是指液体单位体积的质量,用 ρ 表示,单位为 kg/m^3 。即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2-10)$$

重度是指液体单位体积的重量,用 γ 表示,单位为 N/m^3 。即

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (2-11)$$

密度和重度的关系即为

$$\gamma = \rho g \quad (2-12)$$

式中 M —液体的质量, kg ;

G —液体的重量, N ;

V —液体的体积, m^3 ;

g —重力加速度, m/s^2 。

由于液体的体积是随着温度的上升而增加并随着压力的增大而减少,故密度随着温度的上升而略减小,反之则略增加。我国采用 20°C 、1个标准大气压力下液体的密度为标准密度,用 ρ_{20} 表示。一般在理论练习计算时取矿物油的密度 $\rho=900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2. 液体的粘性

液体在外力作用下流动时,分子间的内聚力会阻碍分子间的相对运动而产生一种内摩擦力,这一特性称作液体的粘性。粘性的大小用粘度表示,粘性是液体重要的物理特性,也是选择液压油的主要依据。

粘性使流动液体内部各液层间的速度不等。如图 2-3 所示, 两平行平板间充满液体, 下平板不动, 而上平板以速度 v_0 向右平动。由于粘性, 紧贴于下平板的液体层速度为零, 紧贴于上平板的液体层速度为 v_0 , 而中间各液体层的速度按线性分布。这表明, 不同速度流层间存在内摩擦力。

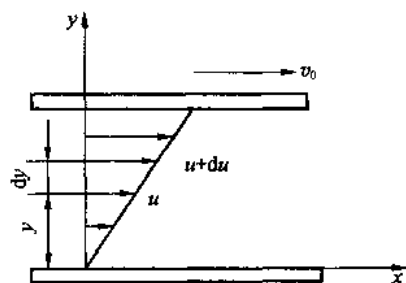


图 2-3 液体粘性示意图

实验测定指出, 液体流动时相邻液层间的内摩擦力 F 与液层间的接触面积 A 和液层间的相对运动速度 du 成正比, 面与液层间的距离 dy 成反比, 即

$$F = \eta A \frac{du}{dy} \quad (2-13)$$

式中 η ——比例常数, 称为粘性系数或粘度 (比例常数曾用 μ 表示);

du 、 dy ——速度梯度。

如以 τ 表示切应力, 则内摩擦力对液层单位面积上的切应力为

$$\tau = \frac{F}{A} = \eta \frac{du}{dy} \quad (2-14)$$

这就是牛顿液体的内摩擦定律。在流体力学中, 把粘性系数 η 不随速度梯度变化而发生变化的液体称为牛顿液体, 反之称为非牛顿液体。除高粘度或含有特殊添加剂的油液外, 一般液压油均可视为牛顿液体。

粘度是衡量流体粘性的指标。常用的粘度有动力粘度、运动粘度和相对粘度。

(1) 动力粘度 η 。

动力粘度可由式 (2-14) 导出, 即

$$\eta = \tau \frac{dy}{du} \quad (2-15)$$

由此可知动力粘度的物理意义是: 液体在单位速度梯度下流动时, 液层间单位面积上产生的内摩擦力。动力粘度 η 又称绝对粘度。

动力粘度 η 的单位为 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (帕·秒) 或 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。

(2) 运动粘度 ν 。

动力粘度 η 与液体密度 ρ 之比叫做运动粘度 ν , 即

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (2-16)$$

运动粘度 ν 没有明确的物理意义, 因在理论分析和计算中常遇到 η 与 ρ 的比值, 为方便起见用 ν 表示, 其单位中有长度和时间的量纲, 故称为运动粘度。运动粘度 ν 的单位为 m^2/s , 应用时为计算方便, 常用 mm^2/s 为 ν 的单位, 又称 cSt (厘斯)。 $1\text{m}^2/\text{s} = 10^6\text{cSt}$ (厘斯)。

工程中常用运动粘度 ν 作为液体粘度的标记。机械油的牌号就是用机械油在 40°C 时的运动粘度 ν 的平均值来表示的。如 46 号液压油 (或机械油) 就是指其在 40°C 时的运动粘度 ν 的平均值为 46cSt 。

(3) 相对粘度 E_r 。

相对粘度又称条件粘度。根据测量条件不同, 各国采用的相对粘度的单位也不同。我国、前苏联、德国等采用恩氏粘度 E_r , 美国采用赛氏粘度 SSU , 英国采用雷氏粘度 R 。

恩氏粘度用恩氏粘度计测定。其方法是：将200mL 温度为 t （以℃为单位）的被测液体装入粘度计的容器，经其底部直径为2.8mm的小孔流出，测出液体流尽所需时间 t_1 ，再测出200mL 温度为20℃的蒸馏水在同一粘度计中流尽所需时间 t_2 ，这两个时间的比值即为被测液体在温度 t 下的恩氏粘度，即

$$^{\circ}E_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (2-17)$$

工业上常用20℃、40℃、100℃作为测定恩氏粘度的标准温度，其相应恩氏粘度分别用 $^{\circ}E_{20}$ 、 $^{\circ}E_{40}$ 、 $^{\circ}E_{100}$ 表示。

工程中常采用先测出液体的相对粘度，再根据关系式换算出动力粘度或运动粘度的方法。恩氏粘度和运动粘度的换算关系式为

$$\nu = 7.31^{\circ}E_t - \frac{6.31}{^{\circ}E_t} \quad (2-18)$$

详细方法需参考液压手册。

3. 其他性质

(1) 粘度与压力的关系。

液体分子间的距离随压力增加而减小，内聚力增大，其粘度也随之增大。当压力不高且变化不大时，压力对粘度的影响较小，一般可忽略不计。当压力较高（大于 10^7Pa ）或压力变化较大时，需要考虑压力对粘度的影响。

(2) 粘温特性。

温度变化对液体的粘度影响较大，油液的粘度都会随其温度升高而明显下降，但不同品种的油液下降幅度不同。液体粘度随温度变化的性质称为粘温特性。工作液体的粘温特性用粘度指数 VI 衡量， VI 数值越大，工作液体受温度影响越小。普通液压系统一般要求 $VI \geq 90$ ，而对生产影响较大的液压系统，往往要求 $VI \geq 100$ 。

二、对液压油的要求及选用

1. 对液压油的要求

为了很好地传递运动和动力，液压油应具备如下性能：

(1) 合适的粘度和良好的粘温特性。一般液压系统用油粘度为 $\nu = (11.5 \sim 41.3) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 或 $(2 \sim 5.8)^{\circ}E_{50}$ ；

对于煤矿机械功率较大的液压系统，其 $\nu \geq (100 \sim 150) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。

(2) 润滑性能好。

(3) 纯净度好，杂质少。

(4) 对热、氧化、水解都有良好的稳定性，值用寿命长。

(5) 对液压系统所用金属及密封件材料等有良好的相容性。

(6) 抗泡沫性、抗乳化性和防锈性好，腐蚀性小。

(7) 比热和传热系数大，体积膨胀系数小，闪点和燃点高，值动点和凝固点低。

2. 液压油的选用

液压系统通常采用石油基油，煤矿机械常用的有抗磨液压油、普通液压油和乳化液等。简单的、不重要的液压系统也可值用机械油以降低值用费用。