

高等学校教学用书

多媒体
教学教材



液压传动

主 编 方桂花

副主编 汪建新 张玉宝 姚 瑶



地 震 出 版 社

• 高等学校教学用书 •

液 压 传 动

——多媒体教学教材

主 编 方桂花

副主编 汪建新 张玉宝 姚 瑶

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载,
也可到视听部复制

地 震 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

液压传动/方桂花 汪建新 张玉宝 姚瑶 编著.
—北京:地震出版社,2002.5

ISBN 7-5028-2033-7/TH·4

I. 液… II. ①方… ②汪… ③张… ④姚…
III. 液压传动—教材 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 001329 号

液压传动

——多媒体教学教材

方桂花 汪建新 张玉宝 姚瑶 编著

责任编辑:张友联

责任校对:庞娅萍

出版发行: **地震出版社**

北京民族学院南路9号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:68423031

门市部:68467991

传真:68467972

总编室:68462709

传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销:全国各地新华书店

印刷:廊坊市万隆胶印厂

版(印)次:2002年5月第一版 2002年5月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:359千字

印张:14

印数:0001~1000

书号:ISBN 7-5028-2033-7/TH·4 (2584)

定价:28.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

前 言

液压传动是一种传动形式,也是一种能量转换装置。它利用液体的压力来传递能量,与机械传动相比有不少优点,故近年来发展较快。尤其在防漏、治污、降噪、减振、节能和材质研究等各个方面都有长足的进步,它和电子技术的结合也由拼装、混合到整合,步步深入。时至今日,在尽可能小的空间内传出尽可能大的功率并加以精确控制这一点上,液压传动已稳居各种传动方式之首,无可替代。这种情况使液压传动的元件类型、油路结构、系统设计和制作工艺等发生了深刻的变化,也改变了人们对它进行认识、分析和综合的方式方法。

编者利用多媒体技术将典型液压元件、液压回路各零部件的外观及其空间位置高质量地精确再现,并对各零部件的工作运动、管路中油液的流动真实模拟,有利于读者对各元件和回路的材质、相对位置及功用迅速地认识。本教材精心挑选了一些国内外著名厂商的液压元件产品的图片,并对其结构进行分析、对其原理加以说明,将教学内容与工业实际紧密结合起来,利于读者开拓视野、增强创新意识。

本电子书在设计和制作过程中,得到包头钢铁学院领导和有关同志的大力支持和热情帮助,并在百忙中审阅稿件,提出许多宝贵意见,特此表示谢意。但由于时间和水平的限制,电子书中难免存在缺点和不足,恳请广大读者批评指正。

本书作者为包头钢铁学院方桂花、汪建新、张玉宝和鞍山科技大学姚瑶。

编 者

2002年1月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 液压传动发展概况	(1)
1.2 液压传动的工作原理及其组成部分	(1)
1.2.1 液压传动的工作原理	(1)
1.2.2 液压传动的组成	(3)
1.2.3 液压系统图的图形符号	(3)
1.3 液压传动的优缺点	(4)
1.3.1 液压传动的优点	(4)
1.3.2 液压传动的缺点	(4)
1.4 液压传动在机械工业中的应用	(4)
第2章 液压传动基础知识	(7)
2.1 液压油液	(7)
2.1.1 液压油液的特性和选择	(7)
2.1.2 液压油液的污染及其控制	(13)
2.2 液体静力学	(17)
2.2.1 压力及其性质	(17)
2.2.2 重力作用下静止液体中的压力分布	(17)
2.2.3 压力的表示方法及单位	(17)
2.2.4 帕斯卡原理	(19)
2.2.5 液体静压力作用在固体壁面上的力	(20)
2.3 液体动力学	(20)
2.3.1 基本概念	(21)
2.3.2 连续方程	(22)
2.3.3 伯努利方程	(23)
2.3.4 动量方程	(27)
2.4 管道中液流的特性	(29)
2.4.1 流态、雷诺数	(29)
2.4.2 圆管层流	(30)
2.4.3 圆管紊流	(32)
2.4.4 压力损失	(34)
2.5 孔口和缝隙液流	(40)
2.5.1 薄壁小孔	(40)
2.5.2 短孔和细长孔	(43)
2.5.3 缝隙液流	(44)
2.6 液压传动中的其他物理现象	(48)

2.6.1	气穴现象	(48)
2.6.2	液压冲击	(51)
第3章	液压泵和液压马达	(54)
3.1	概 论	(54)
3.1.1	作用和分类	(54)
3.1.2	压力、排量和流量	(54)
3.1.3	功率和效率	(55)
3.2	齿轮泵	(56)
3.2.1	外啮合齿轮泵的工作原理	(57)
3.2.2	流量计算和流量脉动	(57)
3.2.3	外啮合齿轮泵的结构特点和优缺点	(57)
3.2.4	提高外啮合齿轮泵压力的措施	(58)
3.2.5	螺杆泵和内啮合齿轮泵	(59)
3.3	叶片泵	(60)
3.3.1	单作用叶片泵	(60)
3.3.2	双作用叶片泵	(61)
3.3.3	限压式变量叶片泵	(62)
3.4	柱塞泵	(65)
3.4.1	轴向柱塞泵	(65)
3.4.2	径向柱塞泵	(67)
3.5	液压马达	(68)
3.5.1	工作原理	(68)
3.5.2	主要参数	(69)
3.6	液压泵的噪声	(69)
3.6.1	产生噪声的原因	(69)
3.6.2	降低噪声的措施	(70)
3.7	液压泵的选用	(70)
第4章	液压缸	(71)
4.1	液压缸的类型和特点	(71)
4.1.1	活塞缸	(71)
4.1.2	柱塞缸	(73)
4.1.3	其他液压缸	(73)
4.2	液压缸的典型结构和组成	(74)
4.2.1	液压缸的典型结构举例	(74)
4.2.2	液压缸的组成	(75)
4.3	液压缸的设计和计算	(80)
4.3.1	液压缸设计中应注意的问题	(80)
4.3.2	液压缸主要尺寸的确定	(80)
4.3.3	强度校核	(81)
4.3.4	稳定性校核	(81)

4.3.5 缓冲计算	(83)
4.3.6 拉杆计算	(83)
第5章 液压阀	(85)
5.1 概 述	(85)
5.1.1 液压阀的作用	(85)
5.1.2 液压阀的分类	(85)
5.1.3 对液压阀的基本要求	(86)
5.2 滑阀的液动力和卡紧力	(86)
5.2.1 液动力	(86)
5.2.2 卡紧力	(88)
5.3 方向控制阀	(90)
5.3.1 单向阀	(91)
5.3.2 换向阀	(92)
5.4 压力控制阀	(99)
5.4.1 溢流阀	(99)
5.4.2 减压阀	(103)
5.4.3 顺序阀	(105)
5.4.4 压力继电器	(106)
5.5 流量控制阀	(107)
5.5.1 普通节流阀	(107)
5.5.2 调速阀	(108)
5.5.3 溢流节流阀	(110)
5.6 电液伺服阀	(110)
5.6.1 电液伺服阀的工作原理	(111)
5.6.2 常用的结构型式	(112)
5.6.3 伺服阀的特性分析	(114)
5.6.4 电液伺服阀的选用	(118)
5.7 电液比例阀	(118)
5.7.1 概 述	(118)
5.7.2 比例阀的结构	(119)
5.7.3 比例阀的特点	(121)
5.7.4 比例阀的选用	(121)
5.8 电液数字阀	(121)
5.8.1 数字阀的结构	(122)
5.8.2 数字阀的使用	(122)
5.9 叠加阀和二通插装阀	(124)
5.9.1 叠加阀	(125)
5.9.2 插装阀	(125)
第6章 液压辅助元件	(129)
6.1 蓄能器	(129)

6.1.1	功用和分类	(129)
6.1.2	容量计算	(129)
6.1.3	使用和安装	(131)
6.2	滤油器	(132)
6.2.1	功用和类型	(132)
6.2.2	滤油器的主要性能指标	(134)
6.2.3	选用和安装	(135)
6.3	油箱	(136)
6.3.1	功用和结构	(136)
6.3.2	设计时的注意事项	(136)
6.4	热交换器	(138)
6.4.1	冷却器	(138)
6.4.2	加热器	(139)
6.5	管 件	(140)
6.5.1	油管	(140)
6.5.2	管接头	(141)
第 7 章	液压基本回路	(143)
7.1	调速回路	(143)
7.1.1	节流调速回路	(143)
7.1.2	容积调速回路	(150)
7.1.3	容积节流调速回路	(154)
7.1.4	三类调速回路的比较和选用	(156)
7.2	压力回路	(157)
7.2.1	调压回路	(157)
7.2.2	减压回路	(157)
7.2.3	卸荷回路	(158)
7.2.4	平衡回路	(159)
7.2.5	保压回路	(159)
7.2.6	释压回路	(160)
7.3	快速运动和速度换接回路	(161)
7.3.1	快速运动回路	(161)
7.3.2	速度换接回路	(163)
7.4	换向回路和锁紧回路	(164)
7.4.1	往复直线运动换向回路	(164)
7.4.2	锁紧回路	(165)
7.5	多缸动作回路	(166)
7.5.1	顺序动作回路	(166)
7.5.2	同步回路	(167)
7.5.3	多缸快慢速互不干扰回路	(168)
7.5.4	多缸卸荷回路	(169)

第 8 章 典型液压系统	(170)
8.1 组合机床动力滑台液压系统	(170)
8.2 外圆磨床液压系统	(172)
8.3 压力机液压系统	(175)
8.4 电液伺服系统	(178)
第 9 章 液压系统的设计和计算	(180)
9.1 液压系统的设计原则和依据	(180)
9.2 主要参数的确定	(181)
9.3 液压系统图的拟订和液压元件的计算及选择	(183)
9.3.1 液压系统图的拟订	(183)
9.3.2 液压元件的计算和选择	(183)
9.4 液压系统的性能验算	(184)
9.5 液压系统设计计算举例	(185)
9.5.1 负载分析	(185)
9.5.2 负载图和速度图的绘制	(186)
9.5.3 液压缸主要参数的确定	(186)
9.5.4 液压系统图的拟定	(188)
9.5.5 液压元件的选择	(189)
9.5.6 液压系统的性能验算	(192)
第 10 章 液压系统的安装、使用和维护	(193)
10.1 液压系统的安装	(193)
10.2 液压系统的使用	(193)
10.3 液压系统的调整	(194)
10.4 液压系统的故障和排除	(194)
习 题	(198)
结 束 语	(211)
参考文献	(213)

第 1 章 绪 论

1.1 液压传动发展概况

液压传动相对于机械传动来说是一门新技术,如果从 17 世纪中叶帕斯卡提出静压传递原理、18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动已有 200~300 年的历史了。近代液压传动在工业上的真正推广使用只是 20 世纪中叶以后的事,至于它和微电子技术密切结合,得以在尽可能小的空间内传递出尽可能大的功率并加以精确控制,更是近 20 年内出现的新事物。

由于要使用原油炼制品来作为传动介质,近代液压传动和汽车、飞机一样,都是由 19 世纪崛起并蓬勃发展的石油工业而得以推动的。19 世纪末,德国制成了液压龙门刨床,美国制成了液压六角车床和磨床。由于缺乏成熟的液压元件,一些通用机床直到 20 世纪 30 年代才开始采用液压传动,而且很不普遍。第二次世界大战期间,某些兵器用上了反应快、动作准、功率大的液压传动装置,推动了液压技术的发展。二战后,液压技术迅速转向民用,在机床、工程机械、农业机械、汽车等行业中逐步推广。20 世纪 60 年代以后,随着原子能、空间技术、计算机技术的发展,液压技术得到了很大发展。液压传动在某些领域内甚至已占有绝对优势,例如,国外目前生产的 95% 的工程机械、90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动。因此采用液压传动的程度现在已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

当前,液压技术正向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、经久耐用、高速集成化等方向发展;同时,新的液压元件和液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化、微机控制等工作,也日益取得显著的成果。

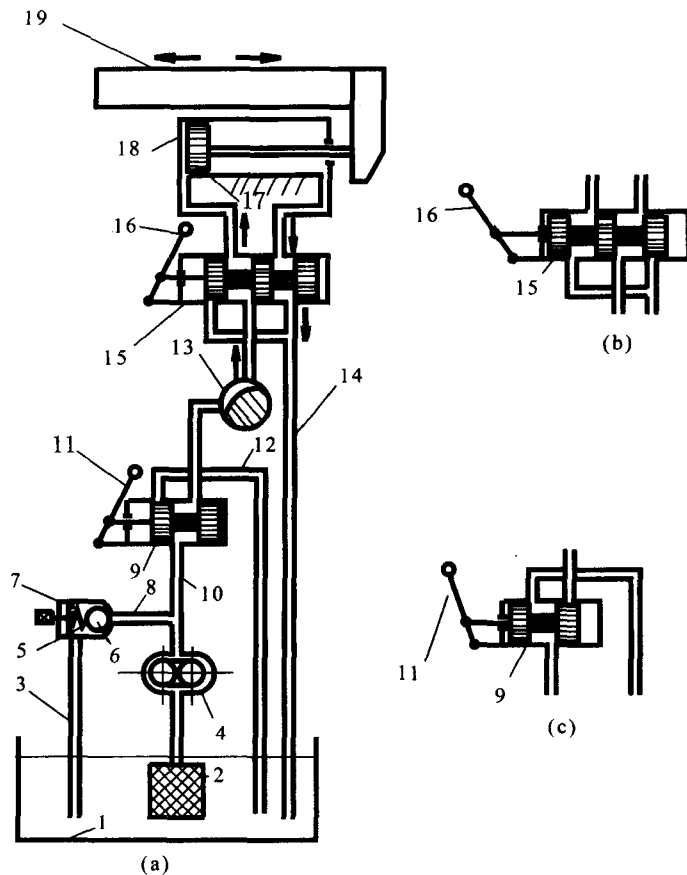
我国的液压工业开始于 20 世纪 50 年代,其产品最初应用于机床和锻压设备,后来又用于拖拉机和工程机械。自 1964 年从国外引进液压元件生产技术,同时自行设计液压产品以来,我国的液压件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。20 世纪 80 年代起更加速了对西方先进液压产品和技术有计划引进、消化、吸收和国产化工作,以确保我国的液压技术能在产品质量、经济效益、人才培养、研究开发等各个方面全方位地赶上世界水平。

1.2 液压传动的工作原理及其组成部分

1.2.1 液压传动的工作原理

图 1.1 示一种驱动机床工作台的液压系统,它由油箱 1、滤油器 2、液压泵 4、溢流阀 7、开停阀 9、节流阀 13、换向阀 15、液压缸 18 以及连接这些元件的油管组成。它的工作原理如下:液压泵 4 由电动机带动旋转后,从油箱 1 中吸油。油液经滤油器 2 进入液压泵 4,当它从泵中

输出进入压力管 10 后,在图 1.1(a)所示的状态下,通过开停阀 9、节流阀 13、换向阀 15 进入液压缸 18 左腔,推动活塞 17 和工作台 19 向右移动。这时,液压缸 18 右腔的油经换向阀 15 和回油管 14 排回油箱。



◆① 图 1.1 机床工作台液压系统工作原理图

1. 油箱;2. 滤油器;3、12、14. 回油管;4. 液压泵;5. 弹簧;6. 钢球;7. 溢流阀;8. 压力支管;9. 开停阀;
10. 压力管;11. 开停手柄;13. 节流阀;15. 换向阀;16. 换向手柄;17. 活塞;18. 液压缸;19. 工作台

如果将换向阀手柄 16 转换成图 1.1(b)所示的状态,则压力管 10 中的油将经过开停阀 9、节流阀 13 和换向阀 15 进入液压缸 18 右腔,推动活塞 17 和工作台 19 向左移动,并使液压缸 18 左腔的油经换向阀和回油管 14 排回油箱。

工作台 19 的移动速度是由节流阀 13 来调节的。当节流阀开大时,进入液压缸 18 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。

为了克服移动工作台时所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。要克服的阻力越大,缸中的油液压力越高;反之压力就越低。

① 图标“◆”者为光盘中有动态演示,下同。

输入液压缸的油液是通过节流阀调节的,液压泵4输出的多余的油液须经溢流阀7和回油管3排回油箱,这只有在压力支管8中的油液压力对溢流阀钢球6的作用力等于或略大于溢流阀中弹簧5的预紧力时,油液才能顶开溢流阀中的钢球流回油箱。所以,在图示系统中液压泵出口处的油液压力是由溢流阀决定的,它和缸中的油液压力不一样大。

如果将开停手柄11转换成图1.1(c)所示的状态,压力管中的油液将经开停阀9和回油管12排回油箱,不输到液压缸中去,这时工作台就停止运动。

从上面这个简单的例子中可以看到:

- (1) 液压传动是以液体作为工作介质来传递动力的。
 - (2) 液压传动用液体的压力能来传递动力,它与利用液体动能的液力传动是不相同的。
 - (3) 液压传动中的工作介质是在受控制、受调节的状态下进行工作的,因此液压传动和液
- 压控制常常难以截然分开。

1.2.2 液压传动的组成

液压传动装置主要由以下4部分组成:

(1) 能源装置——把机械能转换成油液液压能的装置。最常见的形式就是液压泵,它给液压系统提供压力油。

(2) 执行装置——把油液的液压能转换成机械能的装置。它可以是作直线运动的液压缸,也可以是作回转运动的液压马达。

(3) 控制调节装置——对系统中油液压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。例如上例中的溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。这些元件的不同组合形成了不同功能的液压系统。

(4) 辅助装置——上述三部分以外的其他装置,例如上例中的油箱、滤油器、油管等。它们对保证系统正常工作也有重要作用。

1.2.3 液压系统图的图形符号

图1.1(a)所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图,它的直观性强,容易理解,但绘制起来比较麻烦,系统中元件数量多时更是如此。图1.2示同一个液压系统用液压图形符号绘制成的工作原理图。使用这些图形符号可使液压系统图简单明了,便于绘制。有些液压元件的职能如果无法用这些符号表达时,仍可采用它的结构示意图形式。

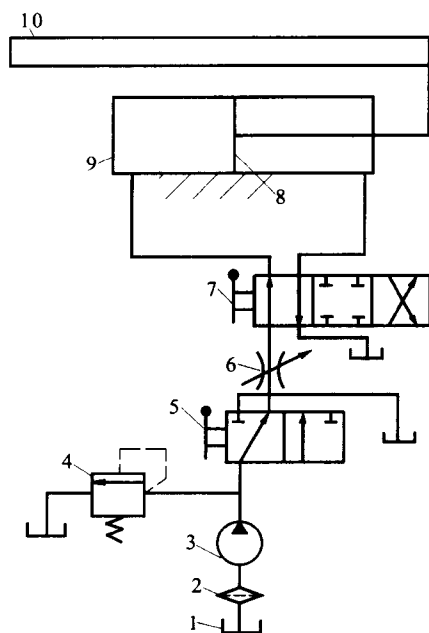


图 1.2 机床工作台液压系统的图形符号图

1. 油箱; 2. 滤油器; 3. 液压泵; 4. 溢流阀;
5. 开停阀; 6. 节流阀; 7. 换向阀;
8. 活塞; 9. 液压缸; 10. 工作台

1.3 液压传动的优缺点

1.3.1 液压传动的优点

(1) 在同等的体积下,液压装置能比电气装置产生出更大的动力,因为液压系统中的压力可以比电枢磁场中的磁力大出 30~40 倍。在同等功率的情况下,液压装置的体积小,重量轻,结构紧凑。液压马达的体积和重量只有同等功率电动机的 12% 左右。

(2) 液压装置工作比较平稳。由于重量轻、惯性小、反应快,液压装置易于实现快速启动、制动和频繁的换向。液压装置的换向频率,在实现往复回转运动时可达每分钟 500 次,实现往复直线运动时可达每分钟 1000 次。

(3) 液压装置能在大范围内实现无级调速(调速范围可达 2000),还可以在液压装置运行的过程中进行调速。

(4) 液压传动容易实现自动化,因为它对液体的压力、流量或流动方向进行控制或调节,操纵很方便。当液压控制和电气控制或气动控制结合在一起使用时,能实现复杂的顺序动作和远程控制。

(5) 液压装置易于实现过载保护。液压缸和液压马达都能长期在失速状态下工作而不会过热,这是电气传动装置和机械传动装置无法办到的。液压件能自行润滑,使用寿命较长。

(6) 由于液压元件已实现了标准化、系列化和通用化,液压系统的设计、制造和使用都比较方便。液压元件的排列布置也具有较大的机动性。

(7) 用液压传动来实现直线运动远比用机械传动简单。

1.3.2 液压传动的缺点

(1) 液压传动不能保证严格的传动比,这是由液压油的可压缩性和泄漏等因素造成的。

(2) 液压传动在工作过程中常有较多的能量损失(摩擦损失、泄漏损失等),用作远距离传动时更是如此。

(3) 液压传动对油温的变化比较敏感,它的工作稳定性很易受到温度的影响,因此它不宜在很高或很低的温度下工作。

(4) 为了减少泄漏,液压元件在制造精度上的要求较高,因此它的造价较贵,而且对油液的污染比较敏感。

(5) 液压传动要求有单独的能源。

(6) 液压传动出现故障时不易找出原因。

总的说来,液压传动的优点是突出的,它的一些缺点有的现已大为改善,有的将随着科学技术的发展而进一步得到克服。

1.4 液压传动在机械工业中的应用

机械工业各部门使用液压传动的出发点是不尽相同的:有的是利用它在传递动力上的长处,如工程机械、压力机械和航空工业采用液压传动的主要原因是取其结构简单、体积小、重量

轻、输出功率大;有的是利用它在操纵控制上的优点,如机床上采用液压传动是取其能在工作过程中实现无级变速、易于实现频繁的换向、易于实现自动化等等。此外,不同精度要求的主机也会选用不同控制型式的液压传动装置,其概况如图 1.3 所示。

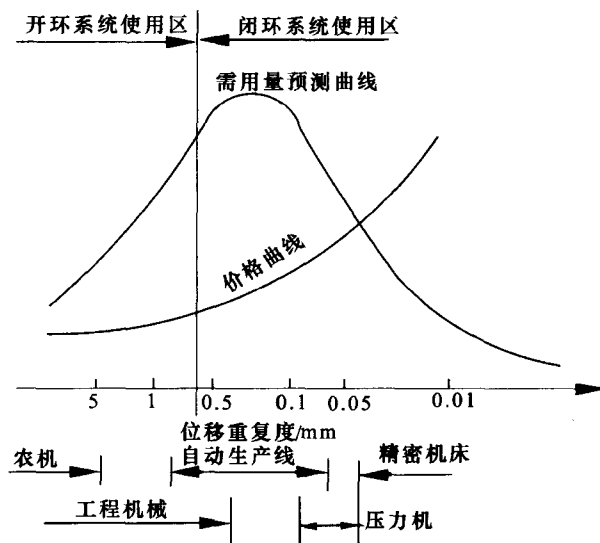


图 1.3 不同精度液压传动装置的应用场合

在机床上,液压传动常应用在以下一些装置中:

(1) 进给运动传动装置。磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动;车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架,铣床、刨床、组合机床的工作台等的进给运动也都可以采用液压传动。这些部件有的要求快速移动,有的要求慢速移动,有的则既要求快速移动也要求慢速移动。这些运动多半要求有较大的调速范围,要求在工作中无级调速;有的要求持续进给,有的要求间歇进给;有的要求在负载变化下速度保持恒定,有的要求有良好的换向性能等等。所有这些要求都是可以用液压传动来实现的。

(2) 往复主体运动传动装置。龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕,由于要作高速往复直线运动,并且要求换向冲击小、换向时间短、能耗低,因此都可以采用液压传动。

(3) 仿形装置。车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成,其精度可达 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 。此外,磨床上的成形砂轮修正装置和标准丝杠校正装置亦可采用这种系统。

(4) 辅助装置。机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等,采用液压传动后,有利于简化机床结构,提高机床自动化程度。

(5) 静压支承。重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承、导轨、丝杠螺母机构等处采用液体静压支承后,可以提高工作平稳性和运动精度。

液压传动在其它机械工业部门的应用情况如表 1.1 所示。

表 1.1 液压传动在各类机械行业中的应用

行业名称	应 用 场 所 举 例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降器、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板车、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等
智能机械	折臂式小汽车装卸器、数字式体育锻炼机、模拟驾驶舱、机器人等

第2章 液压传动基础知识

液压传动用油液或其他液体作为传递能量的介质,所以有必要研究液体的物理性质,以及平衡与运动的规律,搞清基本概念,以便正确理解液压传动的基本原理和各种现象,更好地设计液压系统。

2.1 液压油液

在液压系统中,液压油液是传递动力和信号的工作介质。同时,它还起到润滑、冷却和防锈的作用。液压系统能否可靠、有效地工作,在很大程度上取决于系统中所用的液压油液。因此,在掌握液压系统之前,必须先对液压油液有一清晰的了解。

2.1.1 液压油液的特性和选择

2.1.1.1 液压油液的特性

液压系统中使用的液压油液的种类如表 2.1 所示^[1]。

石油型的液压油液以机械油为基料,精练后按需要加入适当的添加剂而成。这种油液的润滑性好,但抗燃性差。

目前,我国在液压系统中仍大量采用机械油和汽轮机油。机械油是一种工业用润滑油,价格虽较低,但物理化学性能较差,使用时易生粘稠胶质,堵塞元件,影响系统的性能。压力越高,问题越严重。因此,只在压力较低和要求不高的场合中使用。

汽轮机油和机械油相比,氧化稳定性好,使用寿命长,与水混合后能迅速分离,纯净度高。普通液压油中加有抗氧化、防锈和抗泡等添加剂,在液压系统中使用最广。

乳化液有两大类:一类是少量油(约 5%~10%)分散在大量的水中,称为水包油乳化液,也称高水基液;另一类是水分散在大量的油中(油约占 60%),称为油包水乳化液。后者的润滑性比前者好。

水-乙二醇液适用于要求防火的液压系统。如液体长期在高于 65℃ 的温度下工作,水分的蒸发使它的粘度上升,因此必须经常检验。低温粘度小,它的润滑性比石油型液压油差,对大多数金属及液压系统中使用的大多数橡胶密封圈材料均能相容,但会使许多油漆脱落。

磷酸酯液自燃点高,氧化稳定性好,润滑性好,使用温度宽,对大多数金属不腐蚀,但能溶解许多非金属材料,因此必须选择合适的橡胶密封材料,这种液体有毒。

为了改善液压油液的性能,往往在油液中加入各种各样的添加剂。添加剂有两类:一类是改善油液化学性能的,如抗氧化剂、防腐剂、防锈剂等;另一类是改善物理性能的,如增粘剂、抗泡剂、抗磨剂等。

表 2.1 液压油液的种类及用途

种类及 ISO 符号			主 要 用 途	
工 业 液 压 油 液	石 油 型	机械油	用于压力较低和要求不高的场合	
		汽轮机油	和机械油相比,氧化稳定性好,使用寿命长。在液压系统中使用最广	
		抗氧防锈型液压油(HL)	用于通用型机床液压箱和齿轮箱,轻载荷机械的润滑	
		专 用 液 压 油	抗磨液液压油(HM)	用于要求抗磨性能较高的中、高压液压系统
			低温液液压油(HS、HV)	用于寒冷地区的工程机械的液压系统和其他液压设备。 HV 液压油的低温性能稍逊于 HS 液压油,但 HV 油的 成本、价格都低于 HS 油
			液压—导轨油(HG)	用于既有液压传动又有滑动面的系统
			高粘度指数液液压油(HR)	用于要求高粘度指数的中、低压液压系统
			其他专用液液压油	
	难 燃 型	乳 化 型	水包油乳化液(HFA) 油包水乳化液(HFB)	用于钢铁厂、矿山及其他要求抗燃性的工业
		合 成 型	水—乙二醇液(HFC) 磷酸酯液(HFD) 其他	

2.1.1.2 液压油液的物理性质

液压油液的基本性质可在有关的资料中查到,例如,石油型液压油液在 15℃ 时的密度为 900kg/m^3 左右,在实用中可认为不受温度和压力的影响;体积膨胀系数和比热容分别为 $(6.3 \sim 7.8) \times 10^{-4} \text{K}^{-1}$ 和 $(1.7 \sim 2.1) \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 等等。在液压技术中,液压油液最重要的性质是它的可压缩性和粘性。

1) 可压缩性

压力为 p_0 、体积为 V_0 的液体,如压力增大 Δp ,体积减小 ΔV ,则此液体的可压缩性可用体积压缩系数 k ,即单位压力变化下的体积相对变化量来表示。

$$k = - \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta p} \quad (2-1)$$

由于压力增大时液体的体积减小,因此在式(2-1)右边须加一负号,以使 k 成为正值。

液体体积压缩系数的倒数,称为体积弹性模量 K ,简称体积模量,即 $K=1/k$ 。表 2.2 示各种液压油液的体积模量。由表中石油型液压油液体积模量的数值可知,它的可压缩性是钢的 100~150 倍。

表 2.2 各种液压油液的体积模量(20℃,标准大气压)

液压油种类	$K/(\text{N/m}^2)$
石油型	$(1.4 \sim 2.0) \times 10^9$
水—乙二醇基	3.15×10^9
油包水乳化液	1.95×10^9
磷酸脂型	2.65×10^9