

液 压 传 动

吴 克 晋 等 编

中央广播电视大学出版社

液 压 传 动

吴克晋 等编

中央广播电视大学出版社

307/65

液 压 传 动

吴克晋 等编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

二二〇七工厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 千字 358

1984年2月第1版 1985年3月第2次印刷

印数 86,000—108,000

书号: 15300·10 定价: 1.75 元

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。目前，在许多国民经济领域，如机床工业、工程机械、起重运输机械以及国防工业部门应用日益广泛。

本书曾为中央广播电视大学80级机械类学员的内部教材。在教学过程中，广大读者和有关同志提出了不少宝贵意见，在此表示衷心感谢。

考虑到中央广播电视大学82级机械类教学的要求，我们再次对本书作了必要的修改和补充，现予公开出版。由于时间紧、任务重和编写人员的业务水平有限，书中可能仍有不少缺点和错误，热诚希望广大读者批评指正。

本书共分九章，其中绪论、第一章液压传动基本知识、第五章液压辅助装置、第七章液压系统实例由徐志昌同志编写；第二章油泵和油马达、第三章油缸由吴克晋同志编写；第四章阀、第八章液压随动系统由陈明鑑同志编写；第六章液压基本回路、第九章液压系统设计计算简介由夏丽芳同志编写。全书由陈肖南同志审阅。

本书主要供中央广播电视大学学员使用，也可供从事液压技术工作的工程技术人员参考。

编 者

1984年2月

绪 论

一、液压传动发展概况

液压技术早在上世纪末就已开始应用于一些机械行业中。但由于受到制造工艺低下的影响,中间有一段时间停滞不前。随着工业的发展,技术水平的提高,到本世纪三十年代才又开始在某些工业部门(如机床制造业、航空工业等)采用了液压传动。

随着现代科学技术事业的飞跃发展,液压技术已形成专门的技术领域。特别是近三十年来,液压技术发展很快,它不但应用于民用工业如机床制造业、起重设备、矿山机械、工程机械、农业机械以及化工机械、塑料模压机械等方面;而且在许多军用产品上也广泛地采用了液压传动和控制,如军舰上的炮塔、舵机、雷达扫描设备的高低、方向机和甲板机械等;又如在飞机上燃油系统、副翼、襟翼、炮塔、舱盖及起落架的液压或电液伺服控制等,还有在各种运输车辆方面,液压传动、液压操纵及液压悬挂等应用均日益广泛。近二十年来,液压无级调速传动、液压无级转向技术在车辆上的应用,使车辆性能大为提高。在其它各种武器系统中,诸如火炮、导弹、航天等方面也都广泛采用了液压技术,促进了液压技术的发展。

二、液压技术的分类

液压技术包括的内容很多应用也十分广泛,然而从工作的特征来分,一般将液压技术分为两类。

一、液压传动(液压驱动):它是以液压油作为工作介质,通过动力元件(油泵),将原动机的机械功率转换为油液的液压功率,再通过控制元件,然后借助执行元件(油缸或油马达)将液压功率转换为机械功率,驱动负载实现直线或回转运动。又通过对控制元件的操纵,比如调节液流的压力与流量,从而可以调定执行元件的力和速度。当外界对上述系统有扰动时,执行元件的输出量一般就要偏离原有的调定值,产生一定的误差。

二、液压控制:液压控制和液压传动一样,系统中也包括动力元件、控制元件和执行元件,也是通过油液传递功率。液压控制和液压传动不同点就是液压控制具有反馈装置,反馈装置的作用是把执行元件的输出量(位移、速度、力等机械量)反馈回去与输入量(可以是变化的,也可以是恒定的)进行比较,用比较后的偏差来控制系统,使执行元件的输出跟随输入量而变化或保持恒定。所以液压控制系统可以说是装有反馈装置,构成闭环回路的液压传动系统。液压控制系统具有较强的抗扰动能力,所以系统输出量的精度很高。液压控制系统是一个自动控制系统。液压控制系统也称为液压随动系统,或液压伺服系统。

目 录

前 言 绪 论

- 一、液压传动发展概况
- 二、液压技术的分类

第一章 液压传动的基本知识

§1-1 液压传动的工作原理及工作特性	1
一、液体传动的基本概念	1
二、液压传动的工作原理及其特性	1
§1-2 液压传动系统示例	4
一、《油缸式》液压系统	4
二、《油马达式》液压系统	7
三、液压系统的组成	8
四、液压传动的优缺点	8
§1-3 液压油	9
一、度量衡制度	9
二、液压油的物理性质	9
§1-4 液压传动的流体力学基础	18
一、静止液体的性质	18
二、流动液体的性质	20
三、液体流动中的压力损失	23
四、液体流经小孔和缝隙的流量	30
五、液压冲击和空穴现象	32

第二章 油泵和油马达

§2-1 油泵和油马达的基本概念	35
一、油泵和油马达的作用和分类	35
二、泵与马达各性能参数	37
§2-2 齿轮泵和齿轮马达	41
一、齿轮泵的工作原理和 CB 型齿轮泵	41
二、高压齿轮泵简介	43
三、齿轮马达的工作原理	44
四、齿轮泵的流量计算	45

§2-3 转子泵与螺杆泵	46
一、转子泵的工作原理和流量计算公式	46
二、螺杆泵的工作原理和流量计算公式	48
§2-4 叶片泵和叶片马达	50
一、叶片泵的工作原理	50
二、YB 型叶片泵	51
三、变量叶片泵	52
四、叶片马达	56
五、叶片泵的流量计算	57
§2-5 径向柱塞泵和径向柱塞马达	58
一、径向柱塞泵	58
二、径向柱塞马达	61
三、径向柱塞泵的流量计算	63
§2-6 轴向柱塞泵与轴向柱塞马达	66
一、轴向柱塞泵和马达的工作原理	66
二、两种轴向柱塞泵（与马达）	67
三、轴向柱塞泵的流量计算	71
§2-7 钢球泵和钢球马达	73
一、径向单作用钢球元件	73
二、径向双作用钢球元件	73

第三章 油 缸

§3-1 活塞式油缸	77
一、单杆活塞油缸	77
二、双杆活塞油缸	78
三、无杆活塞油缸	80
§3-2 柱塞式油缸	83
§3-3 回转式油缸	83
§3-4 油缸的设计计算要点	85
一、基本计算公式	85
二、油缸主要零件的强度验算	87

第四章 阀

§4-1 阀的作用和分类	89
§4-2 方向控制阀	89
一、单向阀	89
二、换向阀	90
三、多通阀	97
四、方向阀的设计要点	97

§4-3 压力控制阀	105
一、溢流阀	105
二、减压阀	115
三、顺序阀	118
四、压力继电器	121
§4-4 流量控制阀	121
一、对节流阀性能的主要要求	122
二、节流阀的流量特性	123
三、节流阀	125
四、调速阀	127
五、温度补偿调速阀	129
六、溢流调速阀(溢流节流阀)	130
七、节流阀的设计计算要点	132

第五章 液压辅助装置

§5-1 密封装置	136
一、LYU 型密封圈	136
二、V 型密封圈	138
三、O 型密封圈	138
§5-2 滤油器	140
一、滤油器的类型	140
二、滤油器的安装位置	142
§5-3 蓄能器	143
一、蓄能器的类型	143
二、充气式蓄能器的容量计算	144
§5-4 油管 and 管接头	145
一、油管	145
二、管接头	147
§5-5 油箱	147

第六章 液压基本回路

§6-1 速度控制回路	149
一、节流调速回路	149
二、容积调速回路	150
三、速度换接回路	153
§6-2 压力控制回路	154
一、调压回路	154
二、减压回路	154
三、增压回路	154

四、卸荷回路·····	155
五、平衡回路·····	156
§6-3 多缸配合工作回路·····	156
一、顺序动作回路·····	156
二、同步回路·····	157

第七章 液压系统实例

§7-1 YT4043 型液压自驱式动力头的液压系统·····	159
一、元件在系统中的作用·····	159
二、液压系统的分析·····	160
§7-2 平面磨床液压系统·····	163
一、概述·····	163
二、工作台的往复运动·····	163
三、磨头的横向运动·····	164
四、磨头垂直进给运动·····	165
五、液压系统的其他功用·····	165
§7-3 起重机液压系统·····	166
一、稳定支腿回路·····	166
二、吊臂伸缩回路·····	168
三、变幅回路·····	169
四、回转回路·····	170
五、起升回路·····	170

第八章 液压随动系统

§8-1 液压随动系统的原理与特点·····	172
§8-2 液压随动系统的类型·····	174
一、滑阀式液压随动系统·····	174
二、转阀式液压随动系统·····	177
三、喷嘴挡板式液压随动系统·····	178
四、射流管式液压随动系统·····	179
§8-3 典型液压随动系统·····	179
一、柱塞泵的变量伺服控制·····	179
二、车辆液压助力转向器·····	180
三、车床液压仿形刀架·····	181
§8-4 滑阀式液压随动系统的特性·····	182
一、四边节流零开口液压随动系统·····	182
二、四边节流正开口液压随动系统·····	186
三、双边节流零开口液压随动系统·····	189
四、双边节流正开口液压随动系统·····	190

§8-5 液压随动系统的设计要点	192
一、四边节流液压随动系统	192
二、双边节流液压随动系统	194
第九章 液压系统设计计算简介	
§9-1 液压系统的设计步骤	196
§9-2 液压系统设计示例	196
一、例题	196
二、确定液压系统原理图	196
三、确定液动机参数	197
四、作流量循环图和确定液压系统流量	200
五、确定油泵的参数	200
六、确定阀类参数	201
七、确定管路及油箱的主要参数	201
附 录	
一、液压系统图图形符号 (GB786—65)	202
二、中、低压液压元件型号说明	211
三、本教材所用符号一览表	212
四、本教材所用下标一览表	213
主要参考文献	214

第一章 液压传动的基本知识

§1-1 液压传动的工作原理及工作特性

一、液体传动的基本概念

液压传动、液力传动都是以油液为工作介质来传递动力的，统称为液体传动。

液压传动（静液传动）是基于工程流体力学的《帕斯卡》原理，主要是以液体的压能来传递动力。

液力传动（动液传动）是基于工程流体力学的《动量矩》原理，主要是以液体的动能来传递动力。

两者在原理上有根本的区别。因此将液体传动分为两类课，一是液压传动，一是液力传动。前者是本课程要讲述的内容。

另外还有以空气或高温气体为工质的系统和液体传动并称为流体工程，但气体传动与控制也不在本课程讨论范围之内。

二、液压传动的工作原理及其特性

就一部机器而言，一般总是由动力、传动、操纵（或控制）及工作或执行等四部分所构成。而往往总是动力装置的性能满足不了工作机构各种工况的要求。那么，这种矛盾就由传动装置加以解决。传动就是传递动力的装置。其基本功用就是变换动力装置的性能参数，扩大性能范围，适应工作机构各种工况的要求。

传动装置归纳起来不外乎是：机械传动、电力传动、液体传动（液压传动和

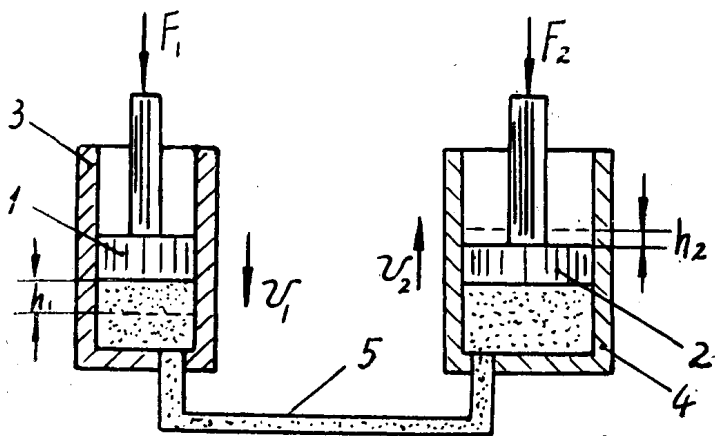


图1-1 液压传动工作原理图

液力传动)、气压传动和由上述任意两种传动形式组合起来的复合传动。上述各种形式的传动，各自都有优缺点，在各种不同形式的机器中都有所采用。在此不再赘述。

下面就来分析液压传动的工作原理。图1-1是液压传动工作原理图。图中2、1为大小活塞，4、3为大小油缸，两个油缸之间通过油管5互相连通。活塞与油缸之间是适当的配合，既能滑动又不使液体渗漏。油缸的工作腔与油管5都充满油液并与大气隔绝。如果在活塞1上加一外力使活塞向下移动，油缸3中的液体就要被挤到油缸4中去，推动活塞2向上。假设

不考虑油缸中液体的漏损以及各种摩擦损失、也不考虑油缸油管等零件的弹性变形。我们来分析一下两活塞的运动学关系和动力学关系。

(一)运动学关系

通过运动学关系的分析,给出流量的概念和关系式。

1. 两活塞的位移与两活塞的面积成反比。即

$$A_1/A_2=h_2/h_1$$

在油缸3中被挤出来的液体体积必然等于流进油缸4中的液体的体积。那么,若取活塞1向下移动的距离为 h_1 ,活塞2向上移动的距离为 h_2 ,活塞1的面积为 A_1 ,活塞2的面积为 A_2 ,则油缸3与油缸4内液体容积的变化 V 为:

$$V=A_1\cdot h_1=A_2\cdot h_2 \quad (1-1)$$

由(1-1)式可得:

$$\frac{A_1}{A_2}=\frac{h_2}{h_1} \quad (1-2)$$

2. 活塞的移动速度与活塞的面积成反比,即

$$v_2/v_1=A_1/A_2$$

设两活塞移动的时间为 t ,那么,因两活塞的移动是在同一时间内进行的,若活塞1和2的移动速度分别为 v_1 和 v_2 ,则:

$$v_1=\frac{h_1}{t}$$

$$v_2=\frac{h_2}{t}$$

将距离 h_1 和 h_2 代入(1-2)式,则得:

$$\frac{A_1}{A_2}=\frac{v_2}{v_1} \quad (1-3)$$

3. 流量关系式

将公式 $h_1=v_1\cdot t$ 、 $h_2=v_2\cdot t$ 代入公式(1-1)中,则根据液体流动的连续性得出体积变化为:

$$V=A_1\cdot v_1\cdot t=A_2\cdot v_2\cdot t$$

即

$$Q=\frac{V}{t}=A_1\cdot v_1=A_2\cdot v_2 \quad (1-4)$$

Q 是单位时间内流过某截面液体的容积,称之为流量。它是液压技术中的重要参数之一。

由公式(1-4)可以看出流量与两活塞面积和移动速度之间的关系;在流量一定的条件下,活塞的面积大则速度就小,反之亦然。这是一个极为重要的概念。

(二)动力学关系

通过动力学关系的分析,给出功率的概念和关系式。

在图1-1 液压传动原理图中的力 F_1 ,可视为由其他能源加在液压装置上的力,称为输入力,而力 F_2 可视为外界加在液压装置上的阻力,称为负载。

将输入力 F_1 加在活塞1的活塞杆上,由于该力的作用推动活塞下移,将油缸3中的油液通过管5排到油缸4中,使活塞2克服负载 F_2 上升。

1. 两活塞所受的力与该活塞面积的比值为常数。

根据前面的分析得知, 活塞 1 下移, 活塞 2 上升的静止或平衡的条件是:

$$p = \frac{F_2}{A_2}$$

式中的 p 为连通容器的液体压力 (或称压强)。

当我们忽略活塞 1、2 在运动时的一切摩擦阻力和惯性力, 那么由《巴斯卡》原理得知油缸 3 和油缸 4 中的压力是相等的, 即:

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (1-5)$$

或

$$F_1 = p \cdot A_1 = F_2 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

压力 p 也是液压技术中的重要参数之一。

2. 两活塞所作的功 W 。

活塞 2 上升克服负载 F_2 所做的功 W 为:

$$W = F_2 \cdot h_2$$

在理想的情况下, 即忽略各种摩擦损失和油液的漏损, 根据能量守恒原理活塞 1 输入的功应等于活塞 2 输出的功, 即:

$$W = F_1 \cdot h_1 = F_2 \cdot h_2 \quad (1-6)$$

但在实际情况下, 总是有损失的 (尽管损失很小), 所以输入功总要大于输出功。

功的单位在我国工程单位制中是用公斤力·米 (kgf·m) 来表示, 即力的单位是公斤力 (kgf), 长度单位是米 (m); 而在国际单位制中是用牛顿·米 (N·m) 来表示, 即力的单位是牛顿 (N), 长度单位是米 (m)。

3. 液压功率的导出。

在实践中只有功的概念还不够, 常常要用到功率这个参量, 它能直观地给出做功的能力。

功率就是单位时间内所做的功。用 N 表示, 则:

$$N = \frac{W}{t} \text{ (瓦)} \quad (1-7)$$

式中 W ——所做的功 (焦耳),

t ——做功 W 所用时间 (秒)。

若把式 (1-6)、公式 $v_1 = h_1/t$ 和 $v_2 = h_2/t$ 代入 (1-7) 式中, 则得:

$$N = F_1 \cdot v_1 = F_2 \cdot v_2 \quad (1-8)$$

由上式可以看出, 功率就是力和速度的乘积。为了区别两种功率, 我们就把 $F_1 \cdot v_1$ 叫做输入功率, 把 $F_2 \cdot v_2$ 叫做输出功率。这仅是在忽略了一切损失时的理想情况。而实际上是有损失的, 那么, 输入功率总是大于输出功率的。

我们将 $F_1 = pA_1$ 、 $F_2 = pA_2$ 代入 (1-8) 式, 就会得到液压传动中常用的功率公式:

$$N = pQ \quad (1-9)$$

由上式还可以看出, 在液压传动中压力与流量的乘积也就是功率。

公式 (1-9) 中的 p 为压力, 单位为 (牛顿/米²), 而 Q 为流量, 单位为 (米³/秒)。

在工程计算中嫌瓦太小而常用千瓦 (kW) 作功率的单位。

(三) 液压传动的工作特性

由对图 1-1 的分析可得出液压传动的两个工作特性:

1. 力 (或力矩) 是靠两个封闭在油缸中的液体压力来传递的。

由公式 $F_1 = pA_1 = F_2 \cdot A_1/A_2$ 可看出, 输入力 F_1 是通过压力 p 来传递的; 而负载力 F_2 是由输入力 F_1 来承受的。液体的压力是由于有了负载 F_2 才能建立, 负载的大小决定了压力的大小, 若没有负载就不可能建立起油压, 即 $F_2 = 0$ 时, $p = 0$ 。压力只是随负载的变化而变化, 与流量无关, 即 p 的大小与 Q 无关。

2. 负载的运动速度只与输入的流量有关, 而与压力无关。

根据两油缸油液体积的变化相等可得出:

$$Q = \frac{V}{t} = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

在两油缸的面积 A_1 、 A_2 确定之后, 负载运动速度 v_2 只取决于 v_1 的大小, 而与压力 p 无关。

如果使 v_1 (Q) 连续变化, 则 v_2 亦可连续变化, 就可实现液压传动的无级调速。所以说, 在液压传动中可用改变液体的流量 Q 、压力 p 来满足工作机构的各种运动速度和力 (或力矩) 的需要, 即满足各种工况的需要。因此, 流量 Q 、压力 p 是液压传动中的两个最基本的参数。

液压传动还具有自锁性特点。理论上讲, 不管输出端的负载有何变化, 当输入端停止运动后, 输出端就会立即停止运动。但实际上由于液压系统中存在着内泄漏, 自锁性就不可能长时间地保持。图 1-1 为单向油缸, 仅在一方向上自锁, 而双向油缸可实现两个方向上的自锁。

§1-2 液压传动系统示例

一、《油缸式》液压系统

《油缸式》液压系统应用范围很广, 系统的形式也繁多。但就其工作原理来讲, 都是一样的。它主要是用于机床 (如磨床、铣床、刨床、组合机床等) 工作台的往复运动; 或者, 其他各种机器中需要往复运动的场合。

在此, 我们就液压传动系统为例分析其工作原理及组成。

例 磨床液压系统:

外圆磨床工作台的往复运动是通过油缸中的活塞的往复运动来实现的。其工作原理见图 1-2。图中 1——油箱; 2——齿轮泵; 3——溢流阀; 4——二位三通转阀 (开关阀); 5——粗滤器; 6——压力表; 7——节流阀; 8——二位四通换向阀; 9——油缸; 10——工作台; 11——换向档块; 12——换向操纵杆; 13——活塞杆。

齿轮泵 2 由电动机带动旋转, 通过网式滤油器 5 将油箱 1 中的油液吸入, 经过管路、转阀 4、节流阀 7、换向阀 8 的右腔, 将压力油送入油缸 9 的右腔, 推动活塞向左运动。又因工作台 10 与活塞杆 13 是刚性连接, 使工作台随同活塞一起向左运动。与此同时油缸左腔的油液被活塞推出, 经换向阀 8 的 A、O 口流回油箱。上述工作过程是换向阀 8 的阀芯处于极左位置

时完成的，见图1-2(a)。

为使磨床能连续磨削，工作台必须往复运动。这可由换向阀8来完成。当工作台向左运动到所需行程后，换向操纵杆在换向档块的推动下，拨动换向阀8的阀芯到极右位置，如图1-2(b)所示。压力油液就通过换向阀8左面的油腔进入油缸的左腔，使工作台向右运动。而油缸9右腔的油液同样在活塞的推动下被排出，经换向阀8的B、O流回油箱。通过调整两个换向档块的距离和在工作台上的固定位置，就可以通过换向操纵杆连续地改变换向阀8阀芯的位置，控制油缸9供油的方向，实现工作台的连续往复运动。

在类似的液压系统中，也有采用手动换向阀控制工作台往复运动的。

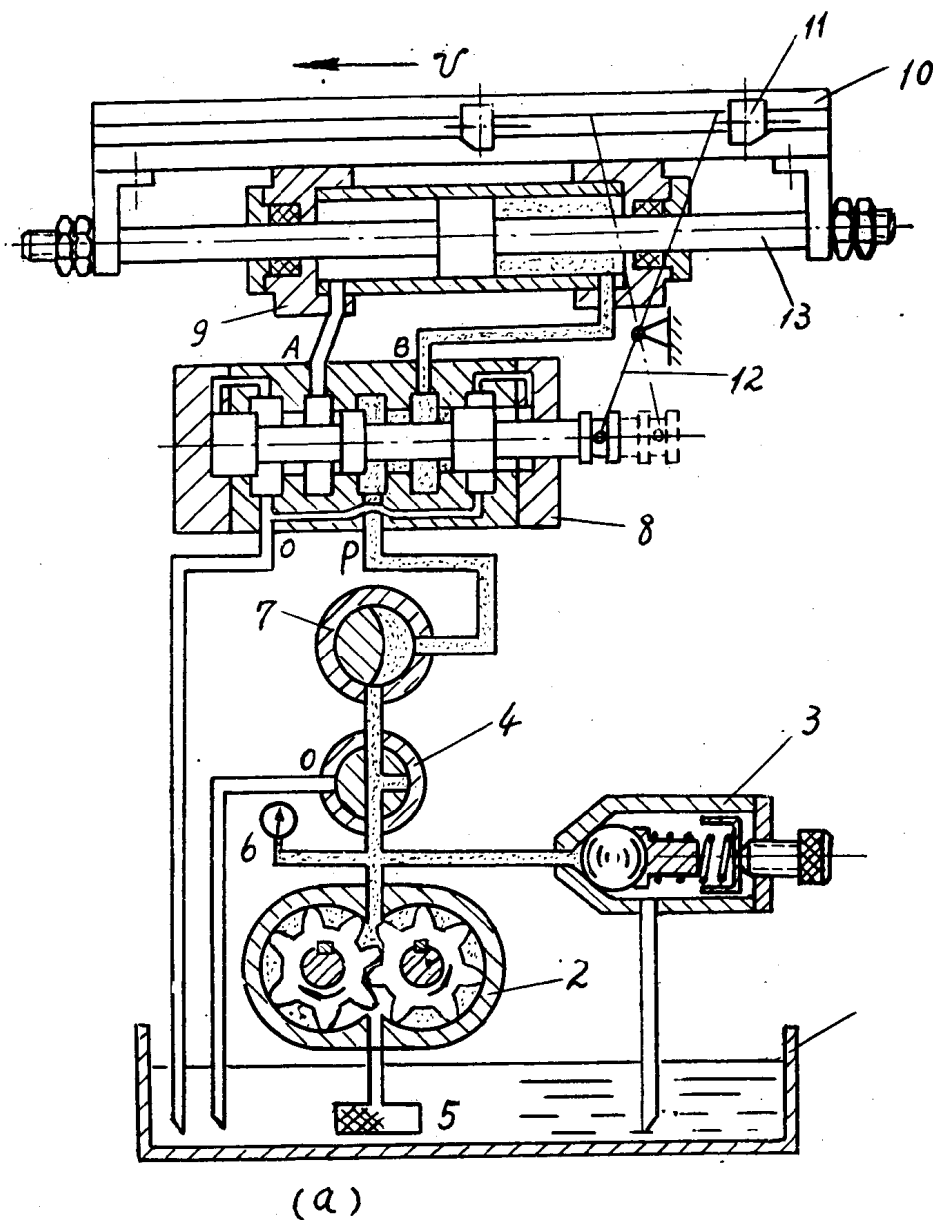


图1-2 磨床工作台液压传动系统原理图

转阀 4 是在油泵旋转不停时，使工作台停止运动用的。只要将转阀 4 的阀芯顺时针旋转 90° ，切断出油口使出油口与回油口 O 相接，全部油液即流回油箱，工作台就会立即停止运动。它的好处是比用换向阀控制工作台停止运动节省能量，因油泵几乎是在没有负载的情况下工作。

为了满足不同磨削速度的要求，工作台的运动速度是可以调整的。它是通过改变节流阀 7 的开口大小进行的。通常电动机的转速是一定的，那么油泵 2 输出的流量就一定。在改变节流阀 7 开口大小时，其输出流量改变，多余的油液通过溢流阀 3 流回油箱。为什么说改变节流阀出口的流量就会改变工作台的运动速度呢？

由公式 (1-4) 可以看出：流量是活塞面积与活塞运动速度的乘积。活塞面积是一定值，那么当调整节流阀 7 的出口流量时，也就控制了工作台的运动速度。

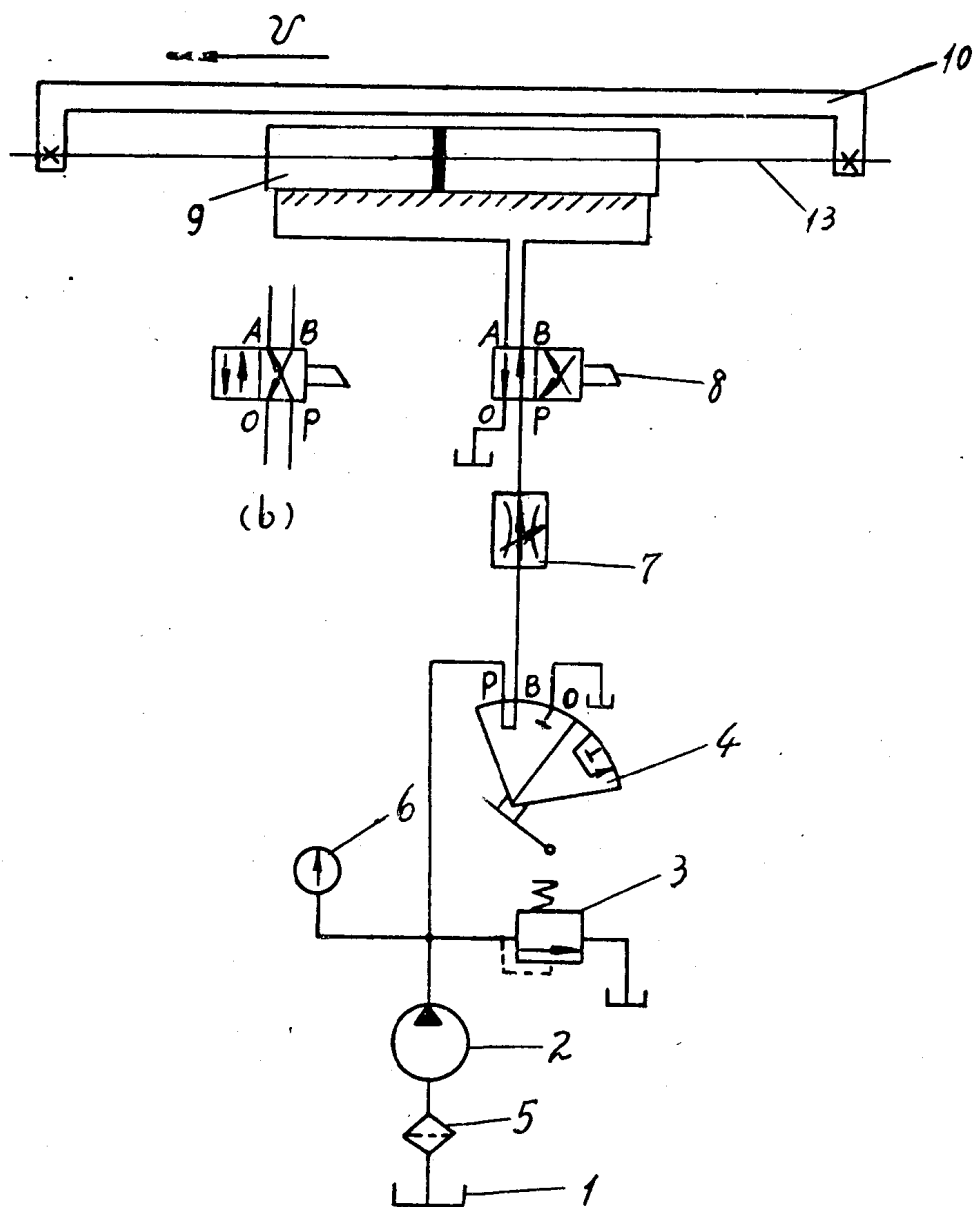


图1-3 用职能符号表示的液压系统原理图

为了满足工作台运动时不同阻力的要求（包括克服磨削力和相对运动件滑动付之间的摩擦力等），通过调整溢流阀 3 的弹簧压紧力来调整、控制系统的工作油压，进而改变作用在活塞有效工作面积上的推力，克服工作台的阻力（负载）进行工作。溢流阀 3 在此系统中又起安全阀的作用。

网式滤油器 5，起滤清油液的作用。油箱中的油液在被吸入油泵之前先经过滤清，可保证系统中的油液清洁，能提高元件的寿命和提高系统工作的可靠性。

通过上述分析，对液压传动的基本原理就有了较具体的认识，对今后的学习是有用的。

通过上述分析，还可得出以下结论：

- ① 电动机带动油泵输出压力油，将电动机供给的机械能转换成油液的液压能；
- ② 压力油液经管道和控制调节装置进入油缸推动工作台运动，又将油液的液压能转换成机械能。从这个意义上讲，液压传动又是一个能量转换装置；
- ③ 工作台运动时所要克服的阻力（负载）的大小只与油液压力和活塞的有效工作面积有关；
- ④ 工作台的运动速度，在活塞有效工作面积一定的情况下，只决定于通过节流阀进入油缸的流量。

图 1-2 所示磨床工作台液压传动系统原理图表示了各元部件的结构原理，称为结构式原理图。这种原理图的优点是直观性强，容易理解，当液压系统发生故障时，根据原理图分析检查也方便。而其不足之处是图形较为复杂，在负载动作要求多而又复杂的情况下，绘制系统原理图就较困难。为了简化液压系统结构原理图，采用了职能符号表示法。即系统原理图上只有表示各元件职能的符号，不过这种系统原理图表示不出各元件的具体结构和参数。

目前，我国采用国家制订的液压系统图图形符号（GB786-65）绘制液压系统原理图。

常用液压系统图图形符号见附录 1。

图 1-3 是用职能符号表示的液压系统原理图。其序号表示的元件和系统的工作原理与图 1-2 所示液压系统完全一样。

二、《油马达式》液压系统

该例是传递动力的液压系统，亦称液压驱动系统。系统简图见图 1-4。

简述工作原理：

泵 1 由原动机带动旋转，将高压油通过高压管路输送给马达 2，马达在高压油的作用下旋转，拖动负载工作，而马达的低压油由输出油口排出，再输送给泵 1。上述工作过程反复循环进行，泵 1 把机械能不断地转换成液压能，而马达就相应地把液压能转换成机械能，不断地输出转速和转矩。

改变泵 1 偏心距 e 的数值（即改变泵的流量），就可连续改变马达 2 的转速，这也是无级调速的一种形式。当改变泵 1 偏心距 e 的方向时（即改变泵的液流方向），就可改变马达 2 的旋转方向，所以这种《油马达式》液压系统具有优越的无级调速性能。

油泵 8 可补充液压系统的漏损；单向阀 5、6 可在任何情况下使补油泵向主油路的低压管补油；安全阀 3、4 是当系统中压力突然高过系统的限制压力时，使阀打开沟通系统高低压油路，起安全保护作用；溢流阀 7 是当补油泵的油液不需要向主油路补油、或系统工作中有多余的油液时，用此阀溢流回油箱。该阀是常开式，既起溢流作用，又对补油路起定压作用。