

# 第一章 总论

## 学习目标

1. 了解自动变速器的历史和发展；
2. 掌握自动变速器的组成及各部分功用；
3. 掌握自动变速器的分类情况。

现代汽车使用的动力装置大多仍然是活塞式发动机，由于发动机的输出转矩变化范围比较小，不能满足现代汽车在多种行驶条件下的要求。因此，在汽车传动系统中安装了能够在较大范围内改变发动机转矩与转速的变速器和主减速器。

但大多数汽车采用的普通机械变速器需要经常换挡，以适应各种行驶条件和需要的车速。因为每次换挡都需要操作离合器，在交通繁忙的驾驶环境下，对于驾驶员的体力和精神都是一种负担。在汽车发展的历史中，伴随着轿车大量进入家庭的是大量非职业驾驶员的出现，因此自动变速器应运而生。美国主要的汽车制造厂家在 20 世纪 40 年代，即通用 GM 公司的奥兹莫比尔 (Oldsmobile) 于 1940 年、卡迪莱克 (Cadillac) 于 1941 年、旁蒂克 (Pontiac) 于 1948 年、克莱斯勒 (Chrysler) 公司于 1941 年，都相继推出了各自的自动变速器。1948 年美国通用公司以 Dynaflo 命名该公司应用于批量生产轿车上的自动变速器，随着 Dynaflo 的出现 美国的汽车开始普遍采用自动变速器。与此同时，欧洲的汽车制造厂也相继采用自动变速器技术。

近年来，由于自动变速器能够根据发动机的负荷和车辆的行驶速度自动地变换合适的档位，减轻了驾驶员的操作强度，驾驶员不需要掌握使用离合器时复杂的换挡动作，加之采用液力传递动力，发动机和传动系均不易产生过载，所以自动变速器的装车率逐年上升。20 世纪 70 年代，欧洲及美国的商用汽车的装车率在 80% 以上，20 世纪 80 年代液力自动变速器成为美国轿车的标准装备，1983 年通用公司自研变速器的装车率达到 94%。在日本，1985 年轿车的装车率达到 49%。20 世纪末，城市客车的装车率在美国基本为 100% 在欧洲为 95%。工程机械车辆的装车率在美国为 70% 在欧洲是 30% 左右。

近年来，电子技术和计算机技术的发展也带动了自动变速器技术的发展，日本丰田 (TOYOTA) 公司在世界上首先推出了电控自动变速器 A140E，提高了自动变速器的使用性能和经济性，开创了自动变速器发展的新领域。

在我国从 20 世纪 50 年代开始将自动变速器装在红旗高级轿车上，目前生产的上海通用别克、一汽捷达都市先锋、二汽富康轿车等都装有自动变速器。

## 第一节 自动变速器的组成和各部分功用

世界各汽车制造厂家生产的自动变速器形式繁多而不胜枚举，在结构上也各有特点，但其工作原理和基本功能却大同小异。一个典型的自动变速器如图 1-1 所示。

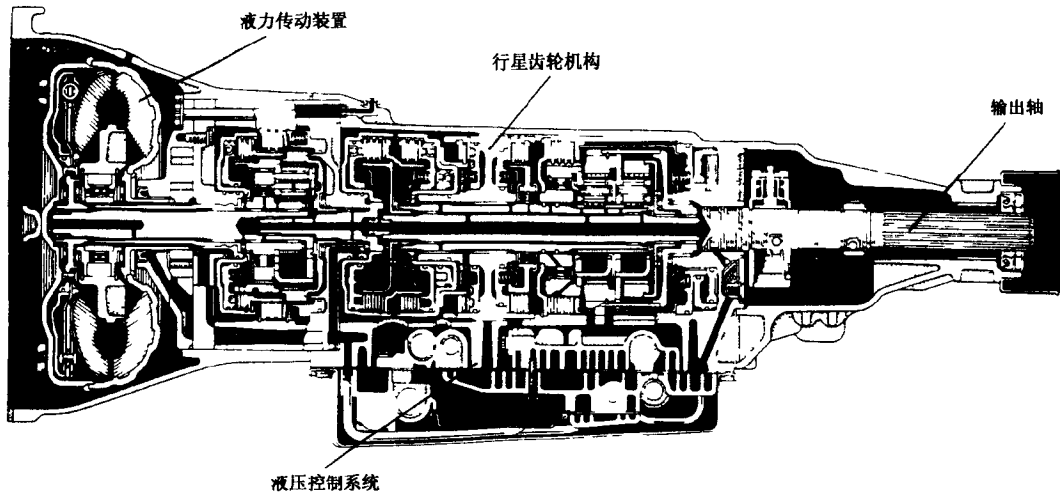
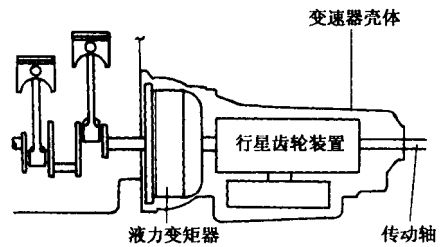


图 1-1 自动变速器的总体构造 (丰田 A341E)

图 1-2 为与发动机连接的自动变速器的简图。由图 1-1 和图 1-2 可知，自动变速器由液力传动装置、机械传动装置、液压控制系统、人机联动装置组成，另外还有图中没有显示出的自动变速器油散热器，如果是电控自动变速器还有电控系统。



### 一、液力传动装置

图 1-3 为液力变矩器的简图。

图 1-2 自动变速器的组成

液力传动装置安装在发动机后端的飞轮上，其中装满自动变速器油，它取代了机械离合器，其作用是：将发动机的转矩传递给机械传动装置中的齿轮系统。在现代自动变速器中获得广泛应用的液力变矩器，还可以在传递转矩的过程中将转矩增大。在转矩传递的过程中，输出轴的转速还可以实现在一定范围内的无级变化。

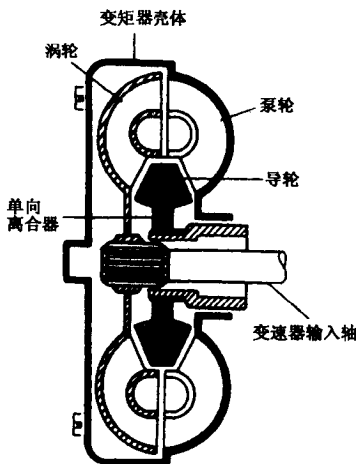


图 1-3 液力变矩器

由于采用了自动变速器油作为传递发动机转矩的介质，发动机与传动系统没有刚性的机械连接，可以有效地防止发动机和传动系过载，并防止发动机和传动系工作时的振动。

液力传动装置的质量比较大，在工作时可以起到飞轮的作用，使发动机运转更加平稳，因此装有自动变速器的发动机飞轮质量通常都比较小。

另外，自动变速器液压控制系统中的机油泵是由液力传动装置的壳体驱动的。

### 二、机械传动装置

机械传动装置是自动变速器中的重要组成部分，它安装在一般是铝合金制造的变速器壳体中。它将液力传动装置输入的转矩进一步增大并从输出轴传给万向传动装置。

机械传动装置由齿轮传动装置和换档执行元件两部分组成。

### 1. 齿轮传动装置

齿轮传动装置是起变速作用的机械部分，除少量汽车制造厂家使用平行轴式自动变速器外，绝大多数厂家都使用行星齿轮式的自动变速器。行星齿轮系统由始终处于啮合状态的太阳轮、若干行星齿轮和内齿圈组成，其结构见图 1-4。由于它具有啮合强度高，运转噪声小的优点，在自动变速器中得到广泛的应用。

### 2. 换档执行元件

换档执行元件包括离合器、制动器和单向离合器。

#### 1) 离合器

离合器的作用是连接。在车辆行驶时，它可以使行星齿轮系统中的某个元件与液力传动装置连接或断开，或者使行星齿轮系统中的两个元件实现连接，实现车辆的行驶和档位的变换。离合器通常采用圆盘和圆片交替排列的湿式多片结构，其结构见图 1-5 使用自动变速器油使其连接或脱开。

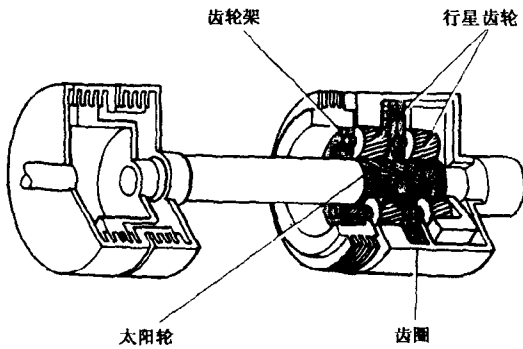


图 1-4 行星齿轮结构示意图

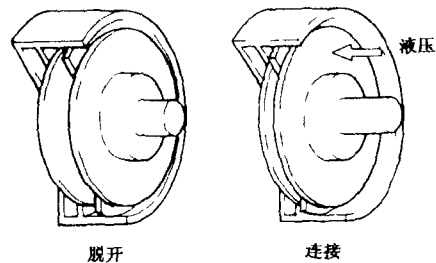


图 1-5 离合器工作示意图

#### 2) 制动器

制动器的作用是固定。在车辆行驶时，它可以固定行星齿轮系统中的某个元件，使其不能转动，以便获得需要的传动比。制动器既可以采用与离合器结构相同的湿式多片结构，其结构见图 1-6 也可以采用制动带的结构，其结构见图 1-7。

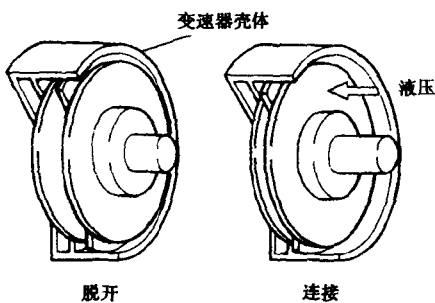


图 1-6 多片式制动器工作示意图

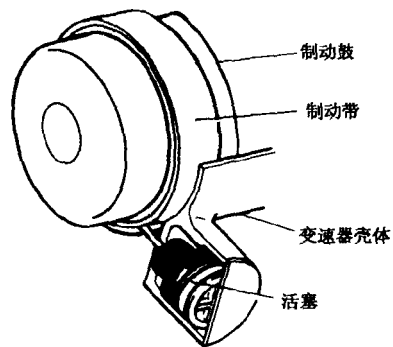


图 1-7 带式制动器工作示意图

湿式多片制动器的外壳与变速器壳体连接，制动片与行星齿轮系统中的元件连接，在液压

力的作用下 该元件不能转动 以便获得确定的传动比。

制动带则环绕在可旋转的制动鼓外部，制动鼓与行星齿轮系统中的元件连接，在液压力使制动带收紧时固定了制动鼓，并使与之连接的元件固定，获得需要的传动比。

### 3)单向离合器

单向离合器的作用是单向固定。在车辆行驶时，它可以单向固定行星齿轮系统中的某个元件，使其不能沿某个方向转动，以便获得确定的传动比。

整个机械传动装置可以提供若干个传动比供选择，以适应行驶条件的变化和驾驶员的需要。

另外，机械传动装置还可以为车辆提供倒档和空档。

## 三、液压控制系统

液压控制系统一般安装在自动变速器的油底壳中(图 1-8)是自动变速器中用于换档控制的

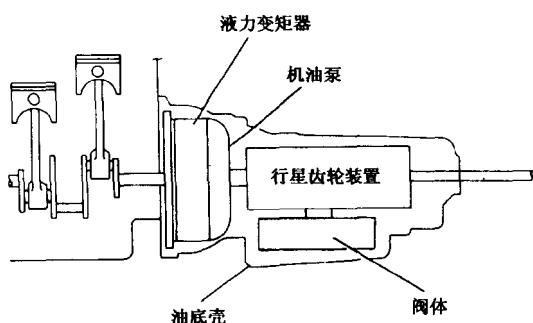


图 1-8 液压控制系统示意图

系统。在全液压自动变速器中，液压控制系统将发动机的负荷和车辆行驶速度转变成液压信号，并由这两个信号控制离合器和制动器的工作，根据车辆的行驶情况自动选择合适的传动比。

液压控制系统是自动变速器中的精密部分，主要由机油泵及各种不同的阀组成，用于提供和调节油压，以便在不同工况下，对离合器和制动器进行控制。

其次，液压控制系统为液力传动系统提供自动变速器油，以便传递发动机的转矩。

另外，液压控制系统为自动变速器内的旋转零件提供有效、可靠的润滑和冷却。

## 四、人机联动装置

自动变速器可以根据车辆行驶的情况自动选择合适的档位，但在此过程中并非不需要驾驶员的控制。车辆行驶时，自动变速器必须了解驾驶员对车辆行驶方式的具体要求以及发动机的负荷大小，这些信息通过人机联动装置通知自动变速器的液压控制系统，由液压控制系统控制油压的调节和档位的变换。人机联动装置包括换档手柄和节气门拉索。

### 1.换档手柄

换档手柄相当于手动变速器中的变速杆(图 1-9)它通过机械装置与变速器连接，驾驶员通过换档手柄可以选择行驶方式。与手动变速器不同的是，驾驶员改变自动变速器换档手柄的位置，仅仅改变了车辆的行驶方式——前进、倒车、空档或停车 换档由变速器内部自动控制。

自动变速器的换档手柄有 6~7 个位置 档位的名称因车而异 各厂有各自的习惯。现以 P、R、N、D、2、L 为例说明各档位可以提供的功能：

P 档为停车档，又叫锁止档。应该说，手动变速器没有这个档位，但自动变速器在设计过程中要模拟手动变速器的全部功能。因为手动变速器的车辆在停车时变速杆不在空档位置，不使用驻车制动器车辆不会溜滑 为模拟这一功能 自动变速器设置了 P 档。在此档位变速器

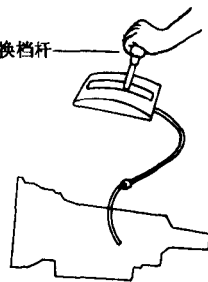


图 1-9 换档手柄

输出轴被强制锁止，即使不使用驻车制动器车辆也可以有效停驻不会溜滑，与手动变速器相似。但如果强力拖拽，手动变速器车辆因离合器打滑，驱动轮可以转动，而自动变速器因输出轴被机械锁止，驱动轮不能转动。

另外 从安全的角度出发 发动机仅在 P、N 两档时可以启动。

R 档是倒档，与手动变速器相同。

N 档是空档 在 N 档可以启动发动机，这为车辆行驶中发动机熄火后的重新启动提供了方便，驾驶员只需将换档手柄移至 N 档，便可以启动发动机。如果没有 N 档 就只能待车辆停稳后 将换档手柄移至 P 档才能重新启动发动机。

D、2、L 档都是前进档，但在使用时，各档的功能有明显的差异。

D 档 档位的变换只受行驶条件的限制 变速器根据需要在齿轮系统提供的全部传动比中选择最合适的一个，并随行驶条件的变化而自动完成升降档的动作。D 档是使用频率最高的档位。

2 档：俗称滑行档。换档手柄在此位置，一般不能升入最高档位（4 速变速器不能升入 4 档；3 速变速器不能升入 3 档）此档一般在弯道较多的下坡山路使用。在此类道路行车时 为确保安全必须控制车速。如果使用 D 档下坡，变速器会自动升入最高档，因此必须使用行车制动器，由于制动器的热衰退作用在遇到危险情况需要再减速时，会因制动效能的下降而导致危险。在 2 档时，因为不能升入最高档位，不需使用行车制动器车速便受到控制，在遇到紧急情况时 因车轮制动器的温度较低 可以有效地发挥出制动效能。另外 在 2 档 车辆有比较明显的发动机制动效果，有紧急情况时放松制动踏板，首先产生发动机制动使车速降低，再使用车轮制动器会发挥出更好的制动效果。

L 档是低速档，一般仅在冰雪路面、松软土路或根本无路的情况下使用。L 档一般只升一次档或根本不升档 行驶车速较低 同时具有发动机制动效果 为在上述路面行驶提供了很好的选择。

在自动变速器的使用过程中，应注意以下问题：

(1) 在一般的路面行车时，换档手柄放在 D 位置即可，自动变速器会根据行车要求自动变换档位，不要在起步时开始从 L 逐渐向 D 移动换档手柄，避免引起不必要的损坏。

(2) 在车辆前进时，严禁将换档手柄移至 R 档 避免离合器、制动器和齿轮系统损坏。

(3) 车辆行驶时，严禁同时踩加速踏板和制动踏板，避免变速器过载而损坏。

(4) 行车过程中需要停车时 车辆必须完全停住以后 才能将换档手柄移至 P 档。如果车辆仍然在滑行时将换档手柄移至 P 档，会对自动变速器的机械部分造成损坏。

## 2 节气门拉索

节气门拉索将发动机的节气门与自动变速器的液压控制系统连接起来（图 1-10），可以将节气门的开度即发动机的负荷准确地传给变速器，变速器根据发动机的负荷和车辆行驶速度改变档位，驾驶员通过加速踏板改变节气门的开度来控制车速。

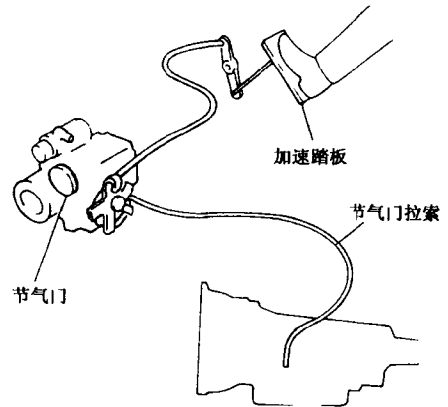


图 1 10 节气门拉索

## 五、电控系统

电脑控制自动变速器（简称 ECT: Electronic Control Transmssion ）在控制过程中充分利用了

现代电子控制技术,ECT 在液压控制系统的基础上增加了传感器和执行元件,使得变速器的换挡控制精度大大提高,但在结构上除了阀体部分,其余的机械部分与全液压的自动变速器是一样的。

## 第二节 自动变速器的分类

不同车型所装用的自动变速器在结构上表现出较大的差异,按不同的分类方法可以将其分成不同的类型。

### 1.按驱动方式进行分类

由于汽车的驱动方式有前轮驱动和后轮驱动两种,自动变速器也可以分为前轮驱动的自动变速器和后轮驱动的自动变速器两种。

前轮驱动的自动变速器又称为自动驱动桥,在其壳体中除了装有与后轮驱动自动变速器相同的部分以外,还要安装差速器。由于发动机横置,自动变速器的横向尺寸受到限制,其输出轴与输入轴一般设计成两条平行的轴线以减小变速器的轴向尺寸。

后轮驱动的自动变速器的输入轴与输出轴成一条轴线布置,其轴向尺寸较大。

### 2.按自动变速器前进档的档位数分类

按自动变速器前进档的档位数可以将自动变速器分为 2 前进档、3 前进档、4 前进档和 5 前进档等几种。早期的自动变速器只有 2~3 个前进档,并以直接档为最高档,新型自动变速器一般为设有超速档的 4 档自动变速器,目前的高档自动变速器一般配置带超速档的 5 档自动变速器。档位越多,结构当然越复杂,但由于设有超速档,车辆的经济性得到了很大的改善。

### 3.按齿轮变速器的类型分类

自动变速器的齿轮变速部分虽然有多种布置形式,但可以分为两大类:普通齿轮式和行星齿轮式。普通齿轮式自动变速器的体积比较大,目前只有日本本田公司生产的轿车上在应用。行星齿轮变速器由于体积小结构紧凑而得到广泛的应用。

### 4.按自动变速器内部控制的方式分类

自动变速器的内部控制方式有全液压控制和电脑控制两种。全液压控制的自动变速器采用机械的方式,将车辆行驶的速度和发动机的负荷这两个换挡信号转变为液压信号,液压控制系统根据这两个液压信号进行换挡控制;而电脑控制的自动变速器则是通过各种传感器接受发动机的负荷和水温、车辆行驶的速度等信号,对其输入的信号进行分析、对比、判断和运算,并根据结果向执行器发出控制信号,控制换挡执行元件的动作,实现档位的自动变换。

### 5.按驾驶员的操作方式分类

自动变速器的最大特点就是自动进行档位的变换,这种变速器即为传统的自动变速器,虽然简化了操作过程,但显得有些单调,缺乏驾驶乐趣。有些制造厂将电控自动变速器的功能进一步扩展,使其成为既可以自动换挡,也可以由驾驶员来操作换挡的过程,为驾驶员提供了多种驾驶方式。

## 小 结

1.自动变速器能够根据发动机的负荷和车辆的行驶速度自动地变换合适的档位,减轻了驾驶员的操作强度。

2. 驾驶员驾驶自动变速器车辆时，不需要掌握使用离合器时的复杂的换档动作。
3. 采用液力传递动力，发动机和传动系均不易产生过载。
4. 液力传动装置将发动机的转矩传递给机械传动装置中的齿轮系统，并可以防止发动机和传动系过载，在工作时可以起到飞轮的作用。
5. 机械传动装置将液力传动装置输入的转矩进一步增大并从输出轴输出。
6. 液压控制系统是自动变速器中用于换档控制的系统。
7. 人机联动装置将驾驶员对车辆行驶方式的具体要求以及发动机的负荷大小传给变速器的液压控制系统。
8. 电控系统根据传感器发回的信息，控制执行器的动作进行档位的变换。
9. 自动变速器的换档手柄一般有 P、R、N、D、2、L 等几个位置。
10. P 档停车时使用，防止车辆溜滑。在 P 档可以启动发动机。
11. R 档是倒档。车辆前行时，严禁将换档手柄移至 R 档。
12. N 档是空档，可以启动发动机。行车中熄火，可以将换档手柄移至空档重新启动发动机。
13. D 档可以在所有前进档传动比中选择档位。
14. 2 档也是前进档，不能升入超速档或直接档。在多弯的下坡路上使用，可以提高行驶安全性。
15. L 档不升档或只升一次档，在冰雪路面、松软土路或无路情况下使用，便于控制车速，可以提高行驶安全性。
16. 节气门拉索将发动机的负荷信号传给变速器的液压控制系统。

### 复习与思考

1. 自动变速器有什么优点？
2. 自动变速器由哪些部分组成？
3. 自动变速器的组成部分各起什么作用？
4. 换档手柄的各位置提供的功能有什么不同？
5. 节气门拉索的作用是什么？

## 第二章 液力传动与液压控制基础

### 学习目标

- 1.知道液压机械的基本工作原理；
- 2.知道液压传动的基本概念；
- 3.知道帕斯卡定律及其在自动变速器中的应用；
- 4.知道常见液压元件的结构及其工作原理；
- 5.知道变速器液压回路的主要组成，油液流动方向的控制和液压的产生。

液压传动是在流体力学、工程力学和机械制造技术基础上发展起来的一门应用技术。液压传动的应用始于 18 世纪末。

在工程中，传动是指能量或动力由动力装置向工作装置传递。根据工作介质的不同，传动方式可分为机械传动、电力传动、气体传动和液体传动。液体传动是以液体为工作介质进行能量传递的传动。

在液体传动中，按其工作原理的不同可分为容积式液压传动和动力式液压传动两大类。两者的根本区别在于前者是以液体的压力能传递动力，称之为液压传动；后者是以液体的动能传递动力，称之为液力传动。自动变速器的各种液压控制系统中更多的是液压传动，而发动机功率传至变速器的过程则是液力传动。

### 第一节 液压传动的基本原理

#### 一、简单液压机械的工作原理

液压传动的基本原理，可用油压千斤顶的工作过程来说明。图 2-1 是油压千斤顶的工作原理图。油压千斤顶的小油缸、大油缸、油箱以及它们之间的连接通道构成一个密闭的容器，里面充满液压油。在阀门关闭的情况下，提起杠杆时小油缸的柱塞上移，柱塞下方容积增大形成部分真空，于是油箱里的油液在大气压的作用下经过吸油管及单向阀进入小油缸完成吸油过程。压下杠杆时，小油缸的柱塞下移造成小油缸的密封，使容积减小，油液被压缩油压升高，单向阀自动关闭，压力油通过单向阀流入大油缸内，完成输油过程，推动大柱塞将重物顶起。再次提起杠杆时，大油缸内的压力油力图流入小油缸，此时单向阀自动关闭，使油液不能倒流，保证了重物不致自动落下。这样当杠杆被反复提起和压下时，小油缸不断交替进行着吸油和输油过程：压力

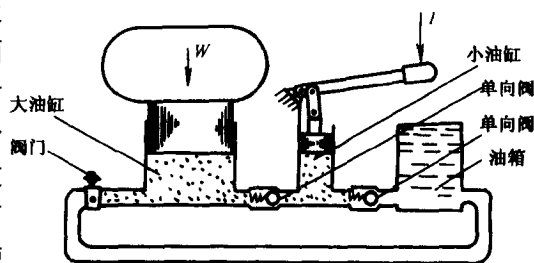


图 2-1 油压千斤顶工作原理图

油不断进入大油缸，将重物不断顶起，从而达到起重的目的。将阀门旋转 90° 在重物的重力作用下，大油缸的油液排回油箱。

通过对油压千斤顶工作过程的分析，说明液压工作需要两个条件：一是处于密封容器内的液体由于大小油缸工作容积的变化而能够流动；二是这些液体具有压力。能够流动并具有一定压力的液体能对外做功，是因为它具有压力能。油压千斤顶就是利用油液的压力能将作用在杠杆上的力和杠杆的移动转变为举起重物的力和重物在此力作用下的升起。

## 二、静压传递原理

300 多年前 法国科学家布莱兹·帕斯卡发现了关于液压系统的基本原理。在密闭容器里的静止液体中，任意点处的压力如有变化，这个压力的变化值将传递给液体中的所有各点，且其值不变，这就是静压传递原理，又称帕斯卡原理。帕斯卡原理也可以描述为：施加于被密闭的液体上的压力，不衰减地沿各方向传递并以相等的压力作用在各个表面上。

静压传递原理是液压传动的基本原理之一，也是一个非常重要的原理。图 2-1 中油压千斤顶的工作原理图，就是静压传递原理的具体应用。

如小活塞的面积为  $S_1$  在其上加一个力  $F_1$ ，则小油缸中油液的压力  $p$  为：

$$p = F_1 / S_1$$

根据静压传递原理 这个压力  $p$  将以等值传递到液体中的各点，也传递到大油缸中。大活塞的面积为  $S_2$  受油液压力作用而产生一个向上的作用力  $F_2$ ：

$$F_2 = p \times S_2$$

将压力  $p = F_1 / S_1$  的值代入则得：

$$F_2 = F_1 \times S_2 / S_1$$

由此可知 当两活塞的面积比  $S_2 / S_1$  足够大时，只需在小活塞上加不大的力就可以在大活塞上得到很大的推力将重物举起。用油压千斤顶抬起几吨重的汽车其原理就在于此。

## 三、液压传动的基本概念

### 1. 液体静压力及其特性

静止液体中单位面积上所受的作用力称为液体静压力，在液压传动中称为压力（其他地方叫压强）以符号  $p$  表示。压力的计量单位为帕斯卡，符号为  $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ 。

静压力有下述重要特性：

(1) 液体静压力永远垂直于承压表面，其方向和该面的内法线方向一致。

(2) 静止液体内任意点所受到的各个方向上的静压力都相等。

在工程上常用液压表示单位面积上作用的力，相当于前述的压强和静压力。

液压和力的关系如下：

$$\text{液压} = \frac{\text{力}(\text{N})}{\text{面积}(\text{m}^2)} (\text{Pa})$$

如果将一液压作用于一物体，它会使得物体移动，力的大小与接受液压的表面面积成正比。换言之，承受液压的表面越大力越大。

### 2. 液体特性

地球上的物质有三种基本形态：固态、气态和液态。液体与气体没有一定的形态，而与容纳它们的容器外形相同，所有的流体与容器的形状是一致的。液体与气体的不同之处在于气

体总是可以充满容纳它的密闭容器而液体不能。气体可随压强的变化而被压缩或膨胀，液体却基本上是不可被压缩的，正如帕斯卡定律描述的一样，液体可以传递施加在其上的压力，作用于密闭容器液体上的力，平均的向各个方向传递，并且在容器内各处的平均压力保持不变。

### 3. 绝对压力、相对压力和真空度

在地球表面上，一切物体都受到大气压力的作用。工程上各种物体所受的大气压力往往自成平衡而不对外显示任何力学效应。在绝大多数的压力仪表中，大气压力并不能使仪表指针动作。实际使用中压力表测出的压力值是高出大气压力的那一部分压力，而不是被测压力的绝对值。通过仪表测出的那部分压力为相对压力（也称表压力），而包括大气压力在内的压力才是绝对压力。

绝对压力——以绝对真空度为基准（零点）起算的压力数。

相对压力——以标准大气压力为基准（零点）起算的压力数。

如果液体中某点的绝对压力小于大气压力，则称这点上具有真空，并称绝对压力不足大气压力的差值为真空度。

表压力与真空度有着相反的关系，所以真空度又称为负压压力。对于具体的某一点来说，如果有表压力就没有真空度，有真空度就没有表压力。真空度不是绝对压力而是该点绝对压力值低于大气压力值的部分。

### 4. 流量

流量指单位时间内流过某一截面的液体体积，用  $Q$  表示。

若测得在时间  $t$  内流过某一截面的液体体积为  $V$  则流量为：

$$Q = V/t$$

当液体在管道内流动时，根据物质不灭定律，液体在管道内既不能增加，也不能减少。因此，在单位时间内流过管道每一横截面的液体质量一定是相等的，即为液流的连续性原理（图 2-2）。

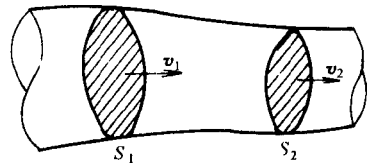


图 2-2 液流连续性原理简图

液体在管道中作稳定流动时，管道中任意截面所通过的流量都相等。

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = Q$$

$$v_1/v_2 = S_2/S_1$$

式中： $v$ ——液体的流速；

$S$ ——管道的截面积。

此式说明：液体在管道中的流速与其截面积的大小成反比，即管道直径小处流速大，直径大处流速小。此式在液压传动比计算中有重要作用。

### 四、液压系统压力的形成

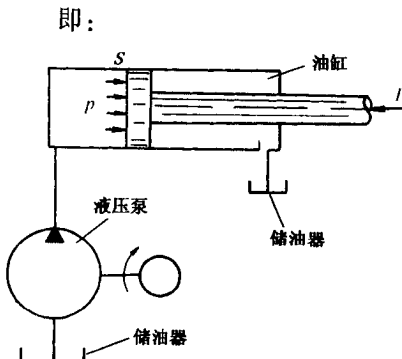


图 2-3 液压系统压力的形成

如图 2-3 所示，液压泵由动力装置带动连续地向油缸左腔供油，由于活塞受外载荷力  $F$ （其中包括摩擦力和其他阻力）的阻碍作用而使液体形成压力  $p$ ；随着液压泵不断供油，油压不断升高。当作用在活塞有效作用面积  $S$  上的力 ( $p \times S$ ) 足以克服外载荷时，活塞便向右运动。这时系统的压力为：

$$p = F/S$$

由此可见，液压系统的压力是油液在系统中受到前阻后推的作用而形成的。在上式中，若外载荷  $F$  不变，则系统压力  $p$  始终保持定值。若力  $F$  有所增减，则系统压力  $p$  也随之增减。因此，液压系统的压力取决于外载荷，并随外载荷的变化而变化。

## 五、液压传动系统的组成

液压系统是为了完成某种工作任务而由各具特定功能的液压元件组成的整体。任何一个液压系统总是由以下 4 部分组成：

**动力元件**——将机械能转换为油液压力能的元件。作为系统的能源，将机械运动转换为液体的流动。油压千斤顶中的手动泵即起此种作用。最常见的动力元件的形式是液压泵，它为液压系统提供压力油。

**执行元件**——将油液的压力能转换为机械能的液压元件。将液体的流动转换为机械运动。油压千斤顶中的油缸即起此种作用。在液压系统中常见的是作直线运动的油缸。在自动变速器液压系统中离合器和制动器的活塞也是执行元件。

**控制调节元件**——对液压系统的压力、流量和液流方向进行控制或调节的元件。液压系统中的液压控制阀均可认为是控制调节元件。

**辅助元件**——上述三部分以外的其他元件。液压系统中的油箱、油管、管接头、滤油器和密封件等均为辅助元件。这些元件用以贮存、输送、净化和密封工作液体，并有散热作用。它们对保证系统的正常工作也起着重要作用。

## 第二节 液力传动的工作原理

液力传动是与液压传动完全不同的一种以液体为工作介质的传动方式。液力传动是以液体的动能转换并传递机械能的液体传动。

### 1. 液力传动基本原理

两个电扇  $A$  和  $B$  保持几厘米的距离相对而设，接通电扇  $A$  的电源，尽管此时电扇  $B$  的电源是处于断开的状态，但电扇  $B$  亦会以同样方向旋转（图 2-4）。

这是因为电动机使电扇  $A$  旋转，在两个距离很近的电扇之间产生了气流。从电扇  $A$  吹出的空气推动电扇  $B$  的叶片，导致电扇  $B$  旋转。换言之，电扇  $A$  和电扇  $B$  之间实现了动力传递，而动力传递是由空气作为介质而实现的。当然在实际工程中，用空气作介质是不太切合实际的，由于空气的密度太小，用空气不可能进行有效的动力传递。

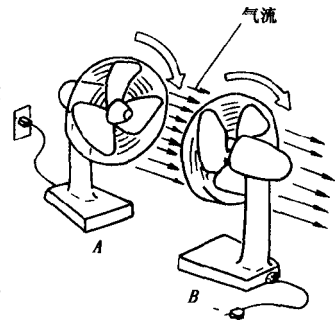


图 2-4 液力传动示意图

再看图 2-5 的例子，由发动机带动离心泵旋转，离心泵从储液器中吸入液体并带动液体旋转，液体在离心力的作用下产生很大的动能，经导管冲到涡轮机的涡轮叶片上使涡轮转动，液体的动能变成涡轮机的机械能，从而完成了能量的传递。由此可见，离心泵和涡轮机之间通过液体作为介质也实现了动力传递。但离心泵和涡轮机之间的系统总效率很低，实际上也不宜使用。为了提高效率，设法将离心泵工作轮（泵轮）与涡轮机工作轮（涡轮）尽量靠近，取消中间的连接管路和导向装置，从而形成了液力传动的的基本形式——液力偶合器。

### 2. 液力传动的结构形式

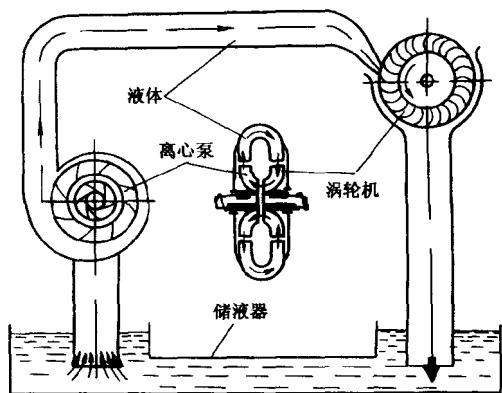


图 2-5 液力传动基本原理

液力传动的结构包括能量的输入部件和能量的输出部件：

能量的输入部件（一般称泵轮）接受发动机传来的机械能，并将其转换为液体的动能。能量的输出部件（一般称涡轮）将液体的动能转换为机械能而输出。

如果液力传动装置只有上述两个部件，则称这一传动装置为液力偶合器（图 2-6）。

如果除上述两部件之外，还有一个固定的导流部件（它可装在泵轮的出口处或入口处）则称这个液力传动装置为液力变矩器（图 2-7）。

### 3. 液力传动的优点

#### 1) 自适应性好

液力变矩器具有自动变矩和变速特性，当外载荷增加时，自动增加牵引力而减小速度。因此，既保证了发动机能经常在额定工况下工作，避免发动机因外载荷突然增大而熄火，同时也满足了机械工作状态的要求。

#### 2) 使用寿命长

液力传动的工作介质是液体，能吸收并减少来自发动机和机械传动系统的振动。因而，可提高机械的使用寿命。

#### 3) 操纵简单

液力变矩器本身就是一个无级自动变速装置，可以减少档数，有效地减轻驾驶员操纵机械的劳动强度，易于实现操纵自动化和提高安全行驶能力。

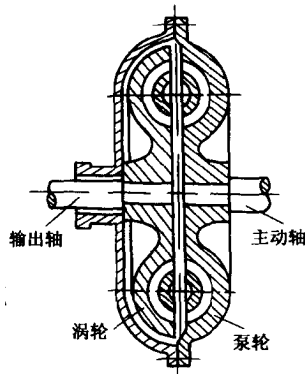


图 2-6 液力偶合器

#### 4) 提高舒适性

由于液力传动具有良好的自动适应性能和减振作用，可使机械起步平稳 加速迅速均匀 从而提高了机械的舒适性。

### 4. 液力传动的缺点

液力传动与机械传动相比，也存在一些缺点：

#### 1) 传动效率低 经济性差

由于在传动的过程中存在一定的能量损失，液力传动系统的效率要低一些，经济性要差一些。

#### 2) 结构比较复杂

液力传动及其必要的附加设备结构较复杂、成本较高。

液力传动的优点突出 而且随着工业技术的发展 使液力传动性能提高 缺点改善 它将具有更加广泛的应用前景。

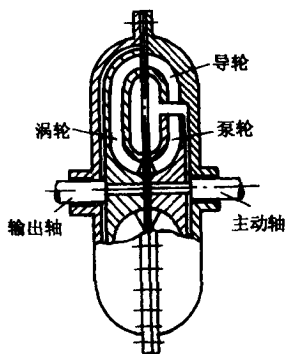


图 2-7 液力变矩器

## 第三节 液压元件的基本结构与工作原理

液压控制系统是液力自动变速器的重要组成部分，同时也是全液压自动变速器的控制中

心。它担负着对液力传动装置提供传动介质，控制液力变矩器锁止以及润滑机件和冷却传动介质的任务。另外，它还担负着对齿轮变速装置进行换挡控制和对齿轮、轴承等机件润滑、冷却的工作。所以，液压控制系统具有动力传递、操纵控制和润滑冷却等功能。

一个液压系统，不论其复杂程度如何，总是围绕着其液流的流量、压力及方向等所组成的基本回路 而回路又由液压元件组成 因此熟悉各种液压元件的性能、回路等特点 对于理解掌握液压系统是极为重要的。

### 一、液压油泵

液压油泵也简称油泵，是液压系统中的一个主要元件。自动变速器就是靠油泵推动液压油循环，并且提供施力装置需要的油压。由此可见，油泵是自动变速器所有油流的动力源，是将发动机的机械能转换成液体压力能的动力元件。

#### (一) 油泵的工作原理

液压系统中所用的油泵一般是容积式泵。容积式泵通过一个密闭空间的容积变化完成泵油。封闭容积的变化是产生泵油过程的基本条件 油泵的输油量与封闭容积的变化量及变化率成正比。

齿轮式油泵是一种典型的容积式泵，它包括两个相互啮合给油液加压的齿轮(图 2-8)。齿轮安装在一个完全密封的壳体中，两个齿轮在各自的轴上以相反方向转动。当齿轮转动时，轮齿不断地进入和脱离啮合。在入口处轮齿脱开啮合，并因容积增大产生一定真空度。由于油箱与大气压相通，在液面上作用着的大气压力，迫使油液进入油泵入口的低压区，油液进入轮齿与壳体壁之间被运送至出口处。在油泵的出口一侧轮齿进入啮合，由于轮齿间容积减小将油液压出而连续不断地形成输出油泵出口的油压。啮合的轮齿同时也起到阻止油液从油泵入口流出的密封作用。轮齿进入啮合时形成高压，在脱离啮合时，由于齿间容积增大而形成低压。因此，认为泵的作用是吸入液体的观点是错误的。油泵运转期间的实际是：液体从高压一侧(油箱内是大气压力)移到低压一侧(油泵入口处压力低于大气压力)。

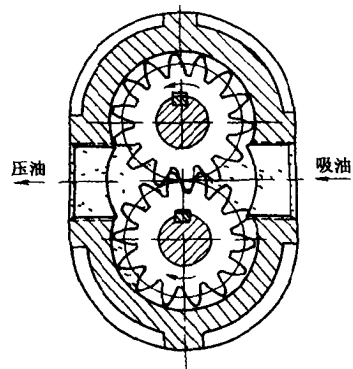


图 2-8 齿轮油泵的工作原理

综上所述，在油泵的工作过程中齿轮的旋转只是导致密闭空间的容积变化，在油泵入口处使密闭容积变大产生真空，油液被大气压力推动并充满油泵，随后因容积变小油液被挤压出去 完成泵油的过程。在系统中 储油箱必须与大气压相通 这是油液进入油泵的条件 油泵的油压决定于外界负载，这是形成油压的条件。

#### (二) 常用油泵的结构

目前的自动变速器中常安装的油泵有三种 齿轮泵、转子泵和叶片泵。其中 齿轮泵应用最广泛。油泵用于输送油液至液力偶合器、润滑行星齿轮等装置、对液压控制系统提供工作压力等。

##### 1. 内啮合式齿轮油泵

常用的齿轮泵是月牙形齿轮泵，这种泵也采用两个齿轮。其中，一个齿轮有内齿，另一个有外齿，较小的外齿轮与较大的内齿圈的部分啮合。在内外齿轮非啮合间隔内是一个月牙形隔离板(图 2-9) 此泵也因此得名。油泵的小齿轮是主动轮 小齿轮转动时 轮齿在隔离块一侧不断地脱离啮合，在另一侧轮齿则进入啮合。在脱离啮合一侧，轮齿之间的间隙增大，从而在月牙形入口侧产生真空，油液被大气压力推入月牙形入口侧直到充满整个容积。

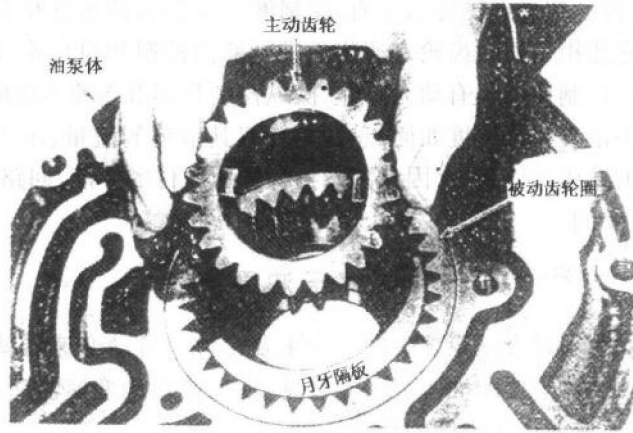


图 2-9 内啮合式齿轮泵示意图

当齿轮转动时，在轮齿和月牙形隔离块之间充满了油液，然后油液围绕着泵壳向出口运送。轮齿接近出口时开始进入啮合，轮齿之间的间隙逐渐变小，直到轮齿完全啮合。不断变小的间隙挤压油液，迫使油液通过出口进入液压回路。图 2-10 是典型的内啮合式齿轮油泵。内啮合式齿轮泵属于容积型泵，齿轮每转动一圈，输出的油量相同，但齿轮转速发生变化时，单位时间内输出的油量也发生相应的变化。转速增加，单位时间内输出的油量也增加。

## 2. 转子式油泵

转子式油泵是齿轮式油泵的变型，代替齿轮的是在壳体中转动的内外转子（图 2-11）。油泵的转子利用其齿形轮廓代替轮齿，内转子齿数比外转子齿数少一个。内外转子的旋转中心不同，存在一定的偏心距。一般内转子的齿数为 4 个、6 个、8 个、10 个，内转子的齿数越多出口油压的脉动就越小。

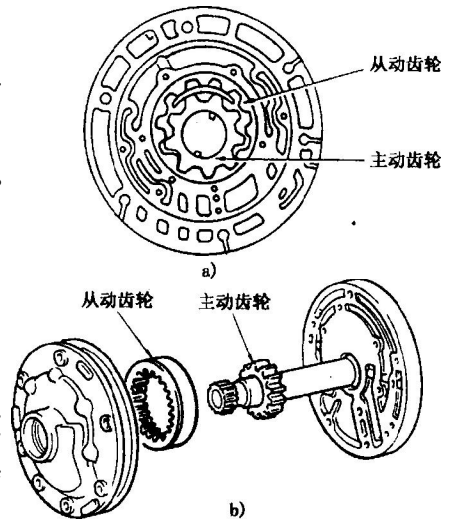


图 2-10 典型的内啮合式齿轮油泵

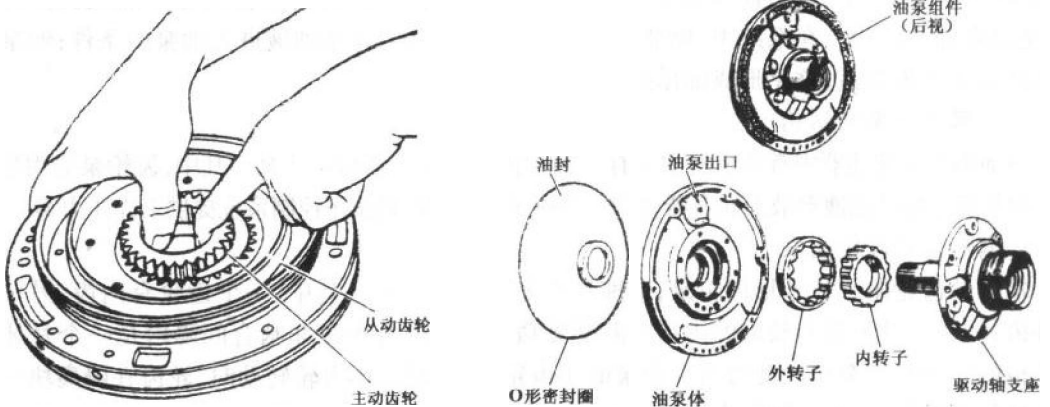


图 2-11 典型的转子式油泵

油泵工作时内转子为主动件，内转子被驱动时带动外转子旋转。当内转子齿向外转子齿间凹面运动时，转子齿间凹面处的油液被挤向出口（图 2-12）。油泵出口不断地有油液输出，以供给变速器工作的压力油。内转子齿在外转子齿上滑动的作用防止了油液倒流回入口。内、外转子齿紧密接触形成相互密封的工作腔，当工作腔从进油孔转过时，容积增大，产生真空，油液便经进油孔吸入。当内转子齿滑入外转子齿凹面时，油液被挤出。油液必须移动，或者说迫使油液到油泵出油孔侧。在油泵出油孔侧，油液被挤压。

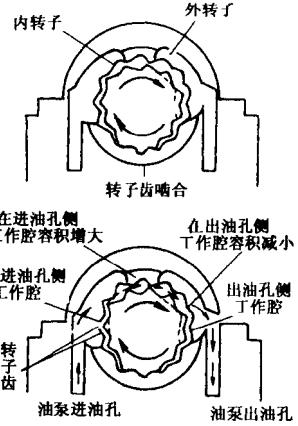


图 2-12 转子泵的工作原理

### 3. 叶片式油泵

在叶片式油泵中，变矩器驱动叶片转子。叶片转子装有一些滑动叶片，滑动叶片与安装在泵体中的滑座紧密地密封（图 2-13）。与转子式油泵一样，这些叶片形成小工作腔，其容积在进油孔侧增大，而在出油孔侧减小。在进油孔侧容积增大产生低压，吸入油液，而容积的减小的一侧产生压力油，以供给变速器的液压系统。

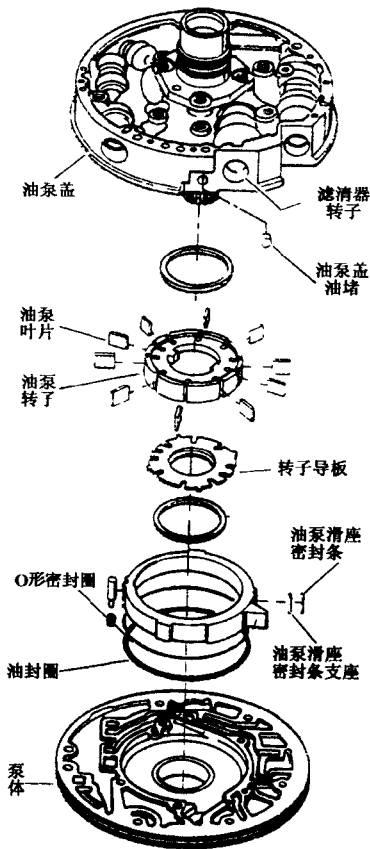


图 2-13 典型叶片式油泵

当叶片转子转动时，叶片被离心力向外甩出紧贴在滑座的内壁上。当这些叶片沿着滑座的轮廓滑动时，在叶片与滑座内壁之间形成的月牙形工作腔，容积不断地增大和减小。在工作腔的容积开始减小的一侧，油液被压出油孔。

应该说明的是，许多现代自动变速器装用叶片式油泵。这种油泵是可变工作容积泵，当不需要高油压时，可以减少油泵的输出。

### （三 自动变速器中油泵的工作

在自动变速器中油泵是液压动力源，机油泵从油底壳抽出工作液并将其压缩，再将其输送至液压管路中。如果机油泵排出的工作液经回油管路流至油底壳时，则管路内压力保持恒定，无作用于活塞的压力（图 2-14）。

当需要升高管路内液压以操作活塞时，回油管路必须完全关闭（图 2-15）。

在上述管路中，机油泵继续排出工作液，其排量与泵转速成正比，使管路内液压自由上升。为了使管路内液压保持在规定压力，机油泵排出的工作液有一部分需从回油管路回到油底壳。换言之，在机油泵和管路之间的工作液排量差能决定管路内的液压（图 2-16）。

## 二、控制机构

液压系统中的控制机构通常指各种阀。在液压系统中能够控制系统液流的压力、流量和流动方向的装置称为液压控制阀。它是用来控制和调节液压系统中油液的压力、流量和流动方向的控制元件。根据液压控制阀在系统中的用途不同可分为压力控制阀、方向控制阀、流量控制阀和比例控制阀四大类。

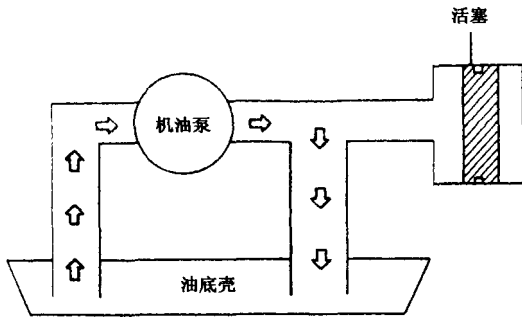


图 2-14 机油泵的工作（空转）

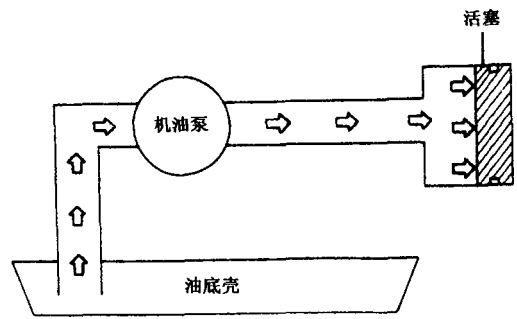


图 2-15 机油泵的工作（建立油压）

### （一 压力控制阀

压力控制阀简称压力阀，用来控制液流压力，所以也叫压力调节阀。在液压系统中可以起到安全保护、保持系统压力一定及调节系统压力等作用。在自动变速器中压力控制阀用于对油压进行调节和控制，以适应工作的需求。压力控制阀的工作原理是依靠液体压力和弹簧力平衡的原理来实现压力控制的，常见的有球阀式、活塞式和滑阀式三种。

#### 1. 球阀式压力控制阀

图 2-17 为球阀式压力控制阀工作的示意图，当管路液压超出系统规定压力时，球阀在液流压力的作用下克服弹簧弹力上升，从管路中排出油液以降低压力，保证系统压力不超过规定值，起到安全保护和稳定系统压力的作用，即球阀式压力控制阀常常用作限压阀。

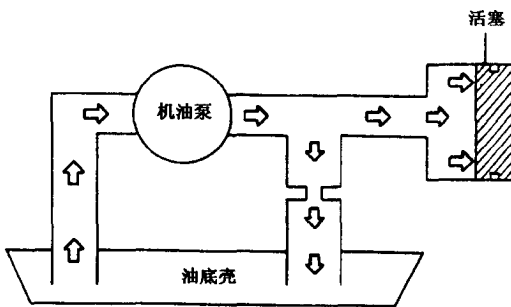


图 2-16 机油泵的工作（保持油压稳定）

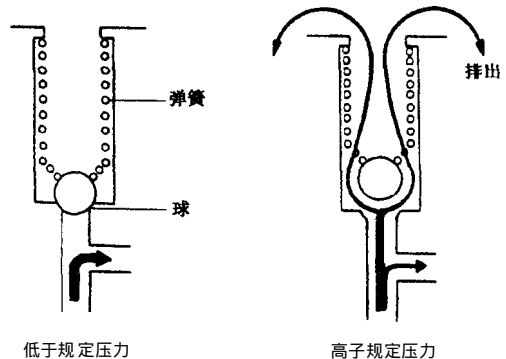


图 2-17 球阀工作示意图

在自动变速器的液压系统中机油泵是与发动机同步旋转的，在发动机转速很高的时候，机油泵的出口油压也会很高，如果没有起限压作用的球阀工作，油道内的油压将超过极限值。不但增加对发动机功率的消耗，油压过高还容易引起油液的渗漏。

#### 2. 活塞式压力控制阀

该种调节阀工作原理同球阀，只不过把球阀换成了活塞。与球阀状态一样，当液压超出系统规定压力时则活塞下移。当活塞向下移动至规定位置时，泄油口开启工作液从系统中排出，主油道内的液压得到控制不会超出规定值（图 2-18）。

对于上面两种调节阀，可以通过改变球阀或活塞弹簧的张力来调节系统的工作油压。增加弹簧张力可以使系统油压升高。减小弹簧张力则可以使系统油压降低。

#### 3. 滑阀式压力调节阀

滑阀式压力调节阀的调节原理可用图 2-19 简单说明。

如图 2-19a) 中系统油压力正好与弹簧的弹力平衡, 此时的泄油口封闭。在图 2-19b) 中系统油压过高, 此时较大的油压力会推动阀芯右移 打开泄油口 使系统油压降低 当油压降低后阀芯会右移, 逐渐关闭泄油口。系统油压则保持在规定数值范围内。

在滑阀式压力调节阀的基础上稍加改进, 则可以实现系统油压增加的效果 (图 2-20)。

如图 2-20 所示 在滑阀式压力调节阀系统中增加一个增压  $p_1$  当  $p_1$  增减时, 系统油压也相应地增减 此时  $p_1$  对系统油压起到增压的作用。

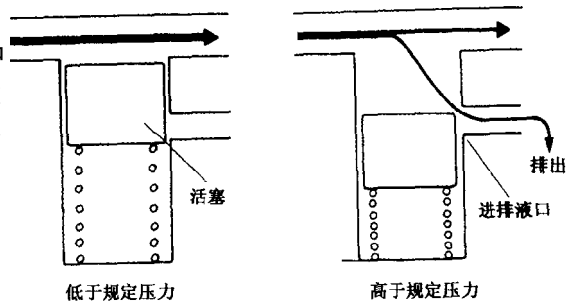


图 2-18 活塞式调节阀工作示意图

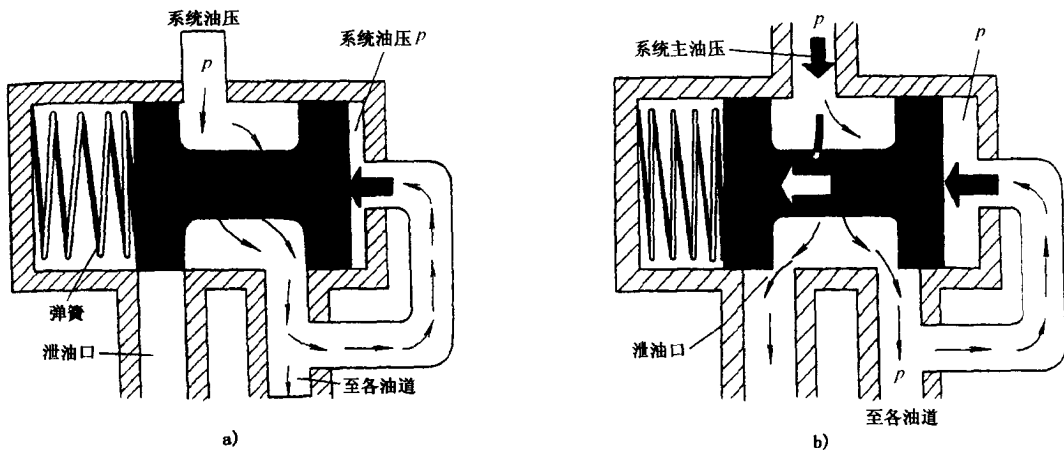


图 2-19 滑阀式压力调节阀工作示意图

图 2-21 显示了一种类似活塞式的滑阀式调节阀结构。

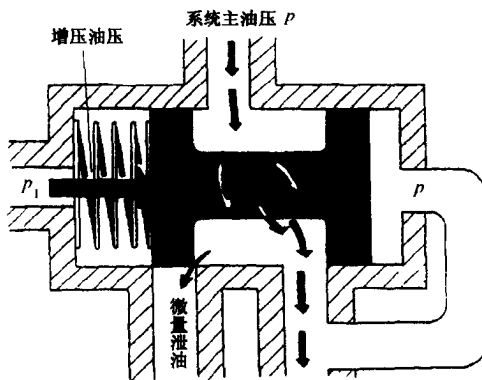


图 2-20 换向阀起到增压作用

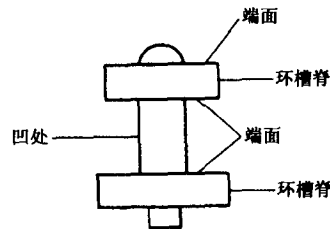


图 2-21 滑阀式调节阀结构示意图

当油压低于系统规定压力时 作用在端面 A 上的力  $F_1$  小于作用在端面 B 上的力  $F_2$  泄油口处于关闭状态。当液压超出系统规定压力时, 液压将滑阀推下, 开启泄油口排出工作液起到调节压力的作用 (图 2-22)。