上篇　基础篇

第一章　自动变速器概述

第一节　自动变速器的发展

1914 年，由德国奔驰公司最先推出第一个全自动齿轮变速器，当时装在少数为高级官员制造的汽车上。

1940 年奥兹莫比尔（OLDSMOBILE）采用液力自动变速器，这是在批量生产的美国汽车上最早采用的全自动变速器。该变速器采用两排行星齿轮机构提供四个前进档，利用节气门油压和速控油压进行换档控制。1941 年凯迪拉克(CADILAC）汽车装用液力自动变速器；1948 年旁帝克（PONTIAC）汽车装用液力自动变速器。1941 年克莱斯勒（CHRYSLER)推出了带有液力耦合器的 4 速半自动变速器。

自动变速器最重要的改进是在二战期间，别克(BUICK）公司为坦克开发了液力变矩器，到 1948 年,这种液力变矩器与其他部件结合成为液力变 速器而定型为现在通用的自动变速器。

1949 年,帕卡德(PACKARD)的超自动传动装置(ULTRAMATIC)采用了锁止液力变矩器。但由于该变矩器具有工作冲击性，而于 1957 年被弃置，直到 20 世纪 70 年代才又被重新采用。

1956 年,克莱斯勒(CHRYSLER)汽车公司投产了陶克福利特变速器(TORQUEFLITE)，这种变速器是最早带有变矩器的现代自动 3 速变速器并且首先采用辛普森（SIMPSON)复合行星齿轮机构。

1983 年，丰田(TOYOTA）汽车公司生产了 A140E 型自动驱动桥，这是第一种电控换档自动变速器，这种变速器开创了变速器发展的新趋势。从 1990 年起，大部分轿车自动变速器都采用了电控自动变速器，特别是美国国内的各汽车制造厂，至少各推出了一种电控自动变速器(ECT)。如 1991 年通用汽车公司在前轮驱动的豪华型轿车上装用了 4T60-E 型自动变速器；福特汽车公司也在其生产的林肯-大陆上装用了 AXOD-E 型 4 速电控自动驱动桥。

在我国，上海通用公司在其生产的别克轿车上装备了 4T65-E 电控自动变速器,这是我国第一家汽车公司将自动变速器作为标准装置装于轿车，该变速器于 1998 年 10 月份正式下线生产。

第二节　自动变速器的功能特点

汽车在行驶过程中，有时需要驱动轮有较大的驱动力（如起步、上坡或加速时），有时需要驱动轮有较高的旋转速度（如高速行驶时）；另一方面，汽车除了前进之外有时也还需要倒行。因此，汽车上需要有一种可以根据车辆当时的工况能随时改变传动比和驱动轮旋转方向

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的装置。传动系是满足上述各种要求的装置，主要包括变速器、差速器和驱动桥。变速器由一系列不同齿数比的齿轮实现不同的传动比。

变速器有两种基本类型，即手动变速器和自动变速器。

手动变速器由一系列齿轮和轴组装而成（图 1-1），以便把发动机的动力传递到驱动桥，并且由驾驶员手动改变齿轮传动比。

自动变速器使用一个变矩器和一个行星齿轮机构（图 1-2），可以自动改变齿轮传动比。自动变速器系统又称自动变速箱系统。

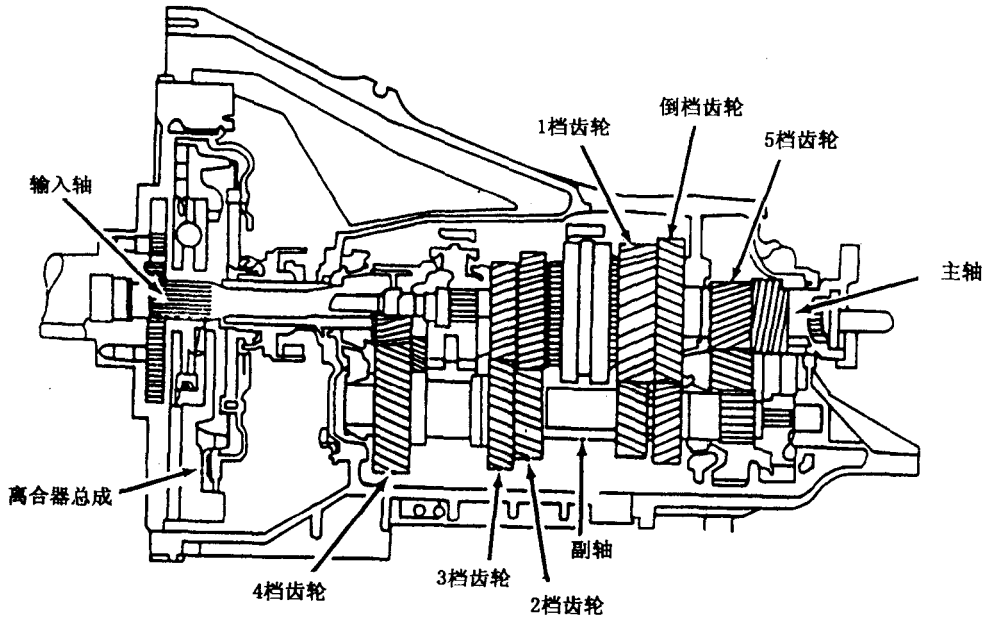


图 1-1　典型手动变速器

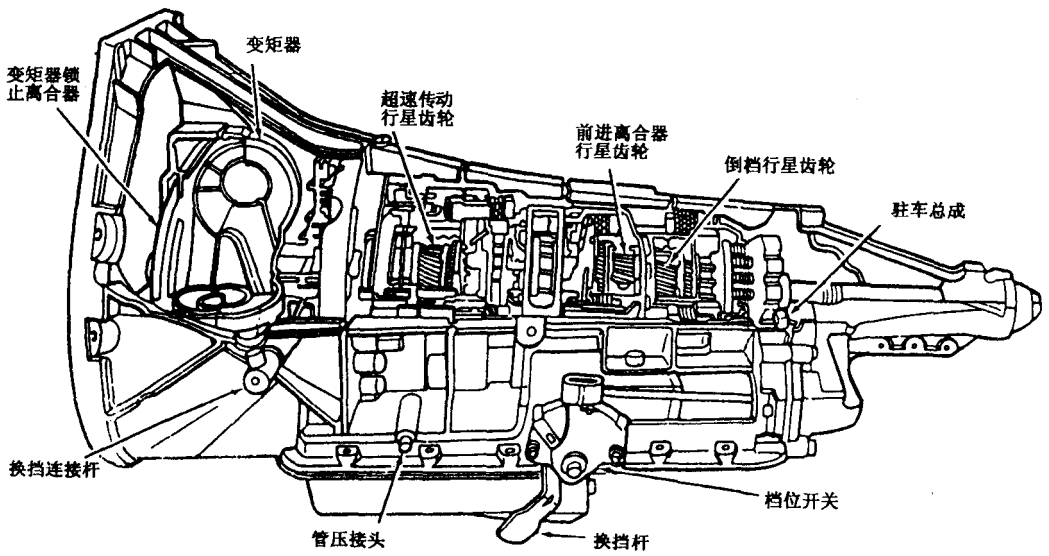


图 1-2　典型自动变速器

自动变速器按照车辆的驱动方式分类，可分为自动变速器（后驱）和自动变速驱动桥（前驱）。如图 1-3 所示。按照车辆的档位分类，可分为 3 速自动变速器、4 速自动变速器和 5 速自动变速器。按照变速器的控制方式分类，可分为液压控制自动变速器和电子控制自动变速器。

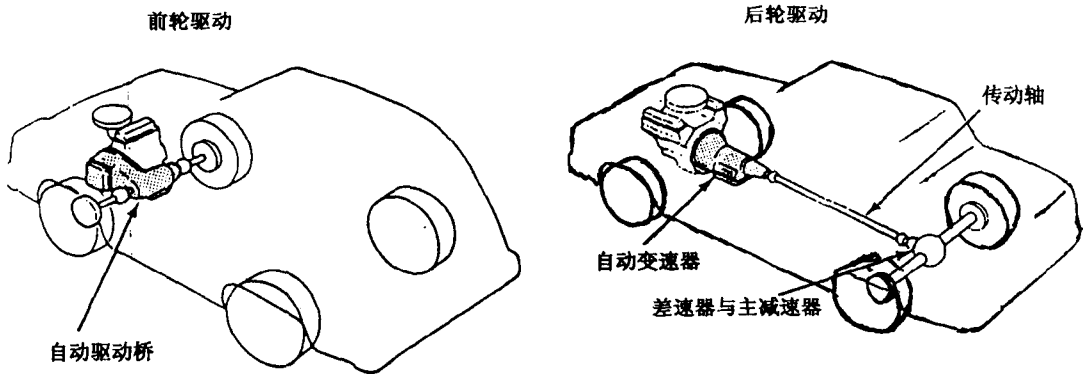


图 1-3　自动变速器与自动驱动桥

自动变速器最典型的功能是采用自动齿轮换档的方法，增大或减小由发动机产生的转矩，无需驾驶员进行离合器操作。

因此，与手动变速器相比，自动变速器具有如下优点：

①不必掌握诸如离合器操作这种既困难又麻烦的驾驶技术，从而使操作方便。

②根据实际驾驶条件自动而又平稳地换档，达到舒适驾驶的目的，减少驾驶员的疲劳。

③自动变速器是通过液压（通过变矩器）将发动机及传动系统连接起来，使发动机及传动系统不至于过载。

④根据行车条件自动选择最合适的档位（即 1 档、2档、3档、超速档来行驶），使换档平滑、无冲击性。

⑤尽可能持续、增大从发动机产生的转矩。

⑥振动和噪声小。

⑦发动机起动和怠速时无干扰。

⑧耐久性和可靠性好。

⑨维修方便。

第三节　自动变速器的组成

自动变速器的基本组成如图 1-4 所示。由图中可知，自动变速器由几个大部件构成。要充分发挥自动变速器的功能，这些部件就必须协调一致，正确地进行工作。为全面理解自动变速器的运作，就要充分理解这些部件的基本作用，这一点非常重要。

一、变矩器

变矩器安装于变速器齿轮传动系的输入端，通过驱动盘固定在发动机曲轴的后端（图 1-5）。变矩器内充满自动变速器液，它或者使发动机产生的转矩成倍增大，将增大的转矩传送

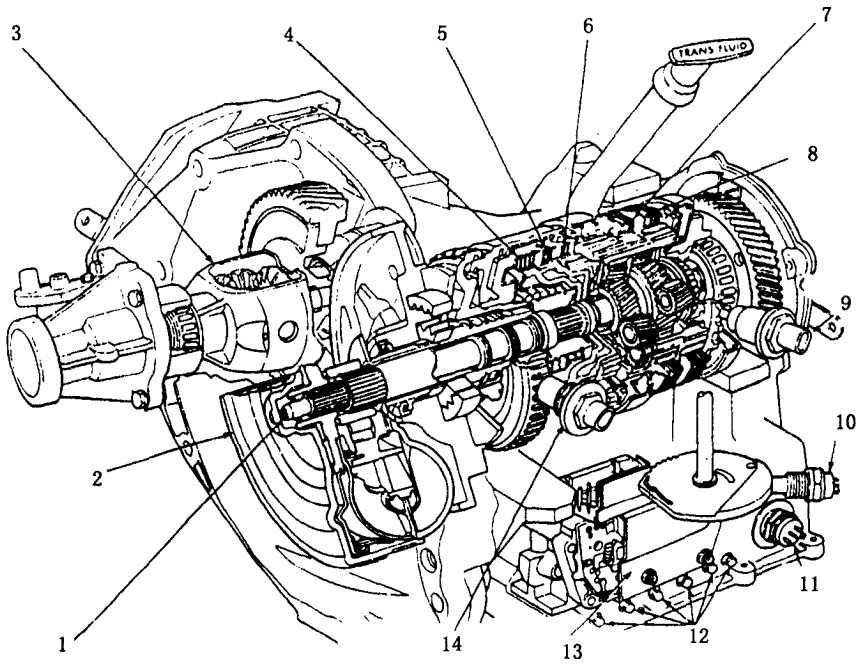


图 1-4　自动变速器

1-输入轴；2-变矩器总成；3-差速器总成；4、5、6、7- 各组离合器；8-行星齿轮装置；9、10、11、12、14-电控元件；13-控制器总成

给变速器；或者起到液力耦合器的作用，将发动机的转矩直接传送给变速器。

在装备自动变速器的车辆中，变矩器还起着发动机飞轮的作用。装备手动变速器的车辆需要有笨重的飞轮，而装备自动变速器的车辆则使用一个驱动盘（图 1-6），此驱动盘的外缘是一个齿圈，这是用于起动电机起动发动机时所需要的。在驱动盘带着变矩器高速旋转时，其重量分布很均衡，可防止高速旋转时产生振动。

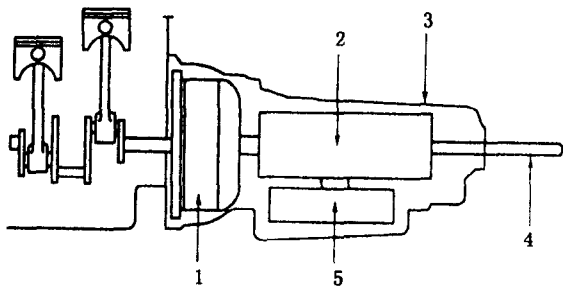


图 1-5　变矩器

1-液力变矩器；2-行星齿轮系统；3-壳体；4-输出轴；5-阀体

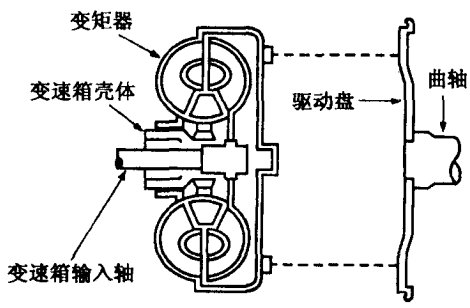


图 1-6　驱动盘

变矩器的作用：

①使发动机产生的转矩成倍增长。

②起到自动离合器的作用，传送发动机转矩至变速器。

③缓冲发动机及传动系的扭转振动。

④起到飞轮的作用，使发动机转动平稳。

⑤驱动液压控制系统的油泵。

二、行星齿轮机构

行星齿轮机构安装于铝合金制成的变速器壳体内，其功能是改变变速器输出转速及输出轴转动的方向，并将输出功率传送到主传动机构。

行星齿轮机构由行星齿轮、离合器、制动器、轴与轴承组成。行星齿轮改变输出转速 离合器及制动器由液压操纵，以控制行星齿轮工作；轴传输发动机动力；轴承则使每个轴平滑转动。

（一）作 用

①根据行车条件及驾驶员所需，提供几种传动比，以获得适当的转矩及转动速度。

②为倒车提供倒档齿轮。

③提供停车时所需要的空档齿轮，让发动机怠速运转。

（二）行星齿轮组

行星齿轮组实际是一系列互联的齿轮，包括一个太阳齿轮、几个小齿轮、连接小齿轮与齿圈的行星齿轮架以及齿圈（图 1-7）。

这些齿轮之所以被称作“行星”齿轮，是因为这些小齿轮（也称作“行星齿轮”）就像绕太阳旋转的行星一样。

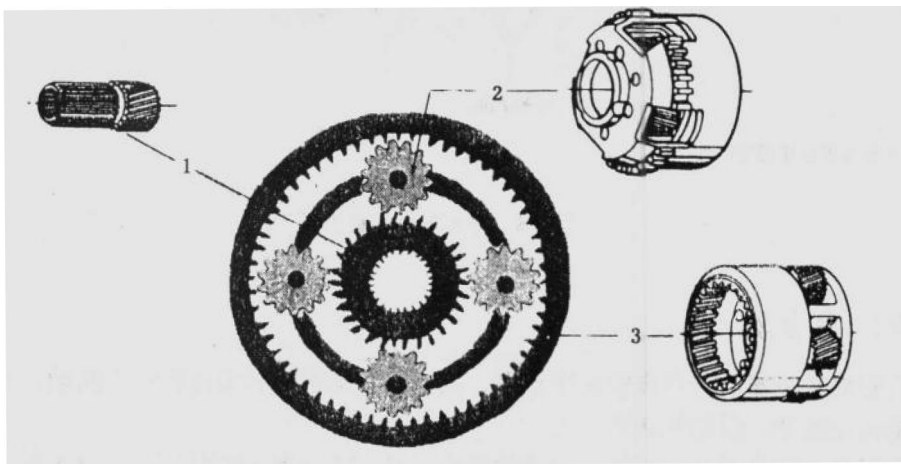


图 1-7　行星齿轮组

1-太阳轮；2-行星齿轮和行星齿轮架；3-齿圈

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（三）制动器

制动器是用来夹住行星齿轮中的一个部件（太阳齿轮、齿圈或行星齿轮架），使其不能运动，以获得必要传动比的机构。制动器由液压操纵。

制动器有二种，一种是湿式多片式制动器（图 1-8）。这种制动器的制动片固定在变速器壳体上，制动盘与各个行星齿轮组一起转动，制动片与制动盘互相挤压在一起，产生制动，从而使行星齿轮中的一个部件不能运动。

另一种制动器是带式制动器（图 1-9）。这种制动器有一绕着制动鼓的制动带，而制动鼓与行星齿轮部件之一连成为一整体。当活塞受到液压时，就接触制动带，而制动带就挤压制动鼓，使行星齿轮这一部件不能运动。

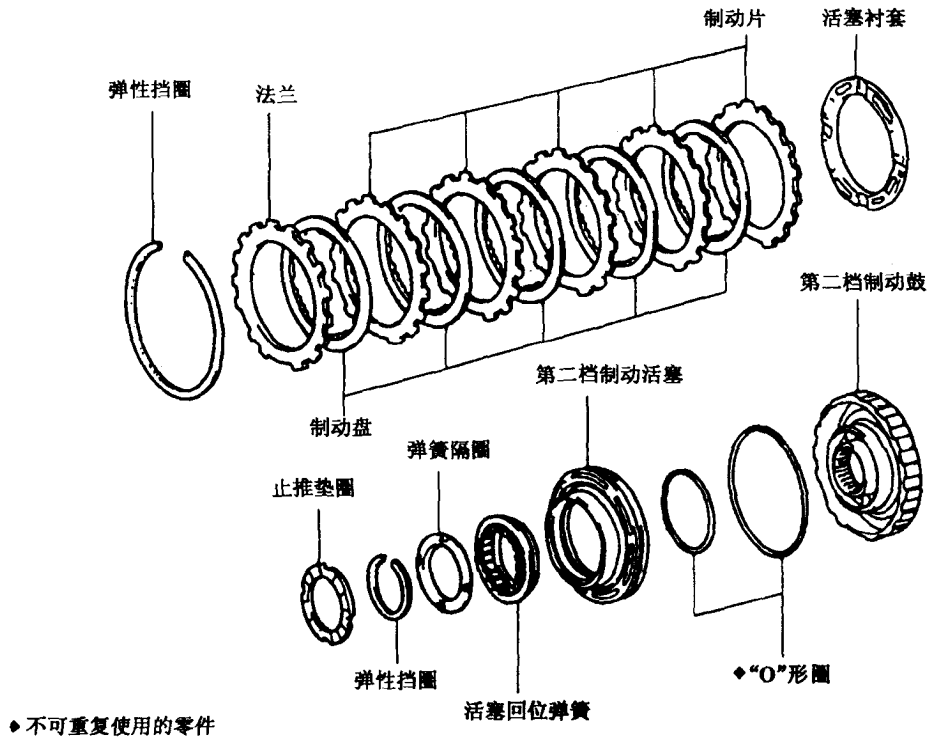


图 1-8　湿式多片式制动器

（四）离合器

离合器将变矩器与行星齿轮连接起来，从而将发动机的转矩传送给中间轴，并且使变矩器与行星齿轮脱开，以切断转矩传送。

离合器盘与离合器片交替排列组成的湿式多片式离合器（如图 1-10所示）普遍应用于现代自动变速器中，液压则用于控制离合器的连接及断开。

单向离合器由内座圈和外座圈构成，在内、外座圈之间则有几个楔块或滚柱（如图 1-11所示），单向离合器仅沿一个方向传送转矩。

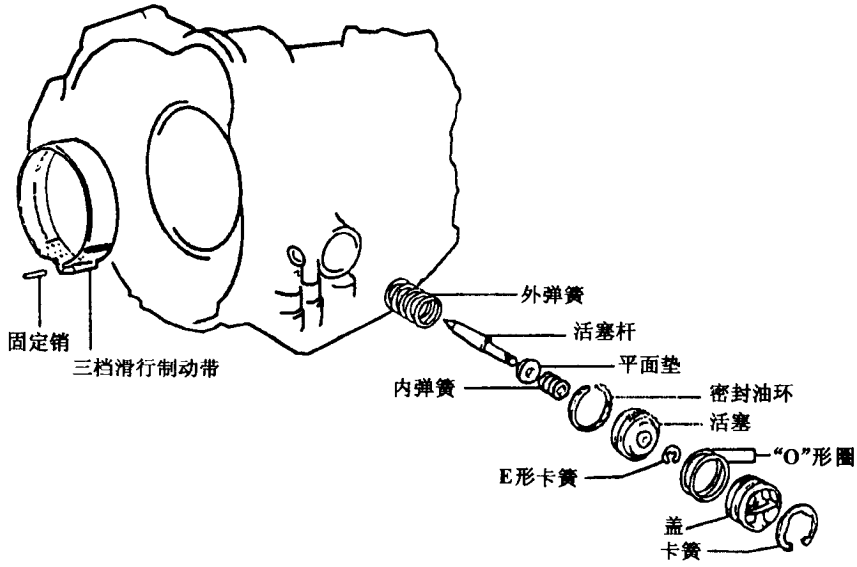
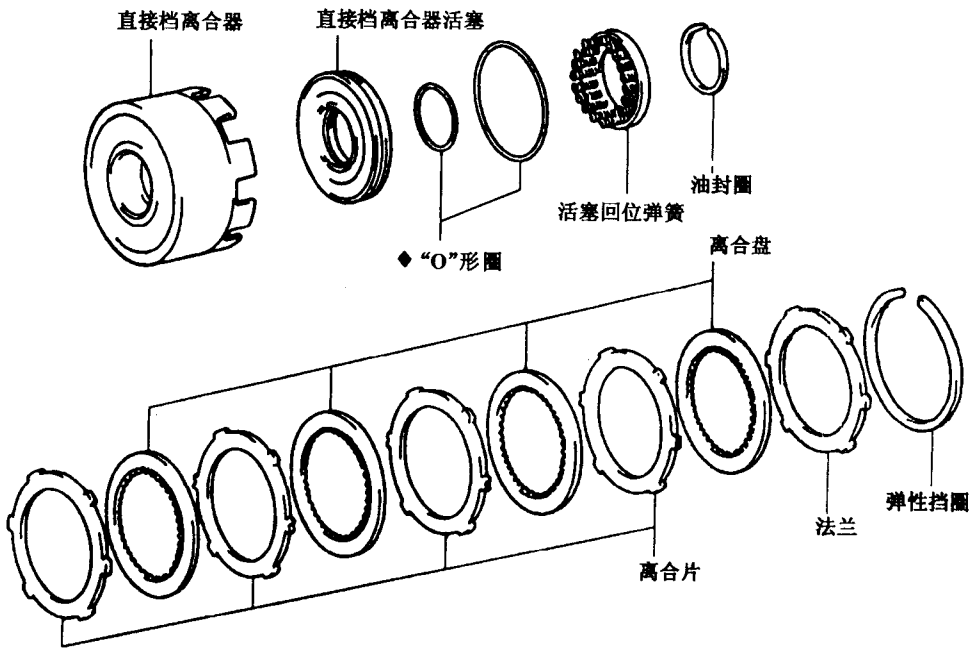


图 1-9　带式制动器



◆ 不可重复使用的零件

图 1-10　湿式多片式离合器

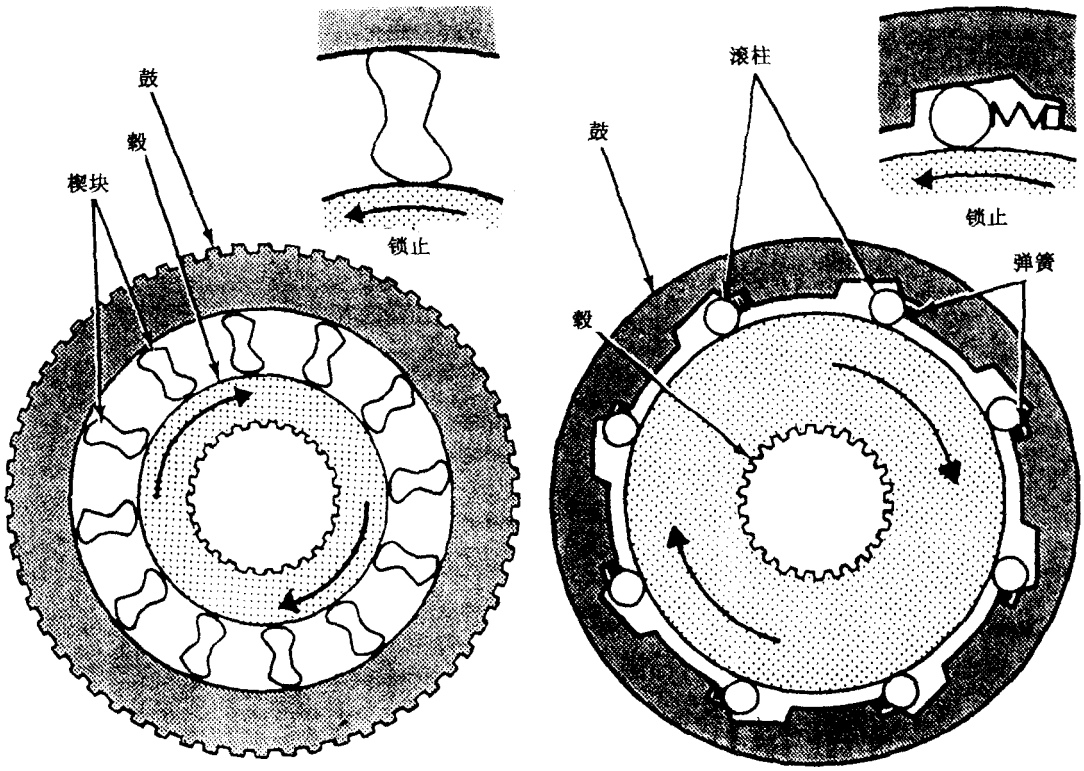


图 1-11　典型单向离合器

三、液压控制系统

液压控制系统由油底壳、油泵、各种阀门、液压油通道与管道组成。油底壳用作贮油槽；油泵产生液压；各种阀门有各种功能；液压油通道与管道将变速器液传送到离合器、制动器及液压控制系统的其他部件（如图 1-12 所示)。液压控制系统的大多数阀门安装在行星齿轮下方的阀体总成内。

（一）作用

①向变矩器提供变速器液。
②控制油泵产生的液压。
③将发动机载荷及车速转换成液压“信号”。
④对离合器及制动器施加液压，以控制行星齿轮动作。
⑤用变速器液润滑转动部件。
⑥用变速器液为变矩器及变速器散热。

(二)换档控制

液压控制系统将车速及发动机载荷转换成液压‘信号”。根据这些信号,控制变速器液,使行星齿轮离合器及制动器受到液压，根据行车条件自动调整传动比。换档控制方式如图 1-13 所示。

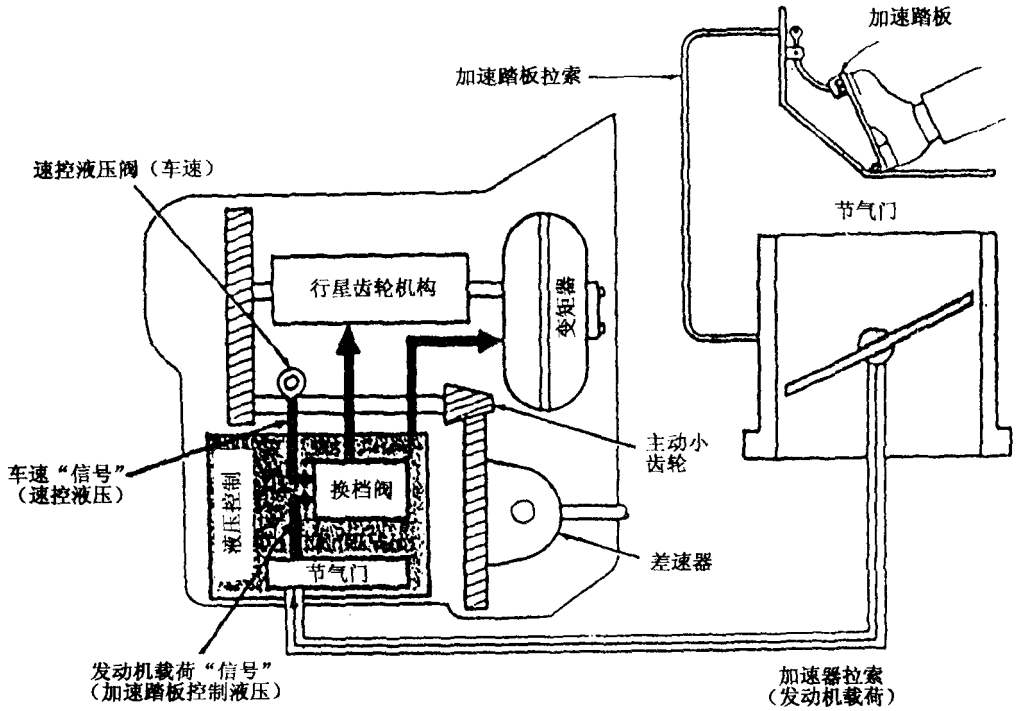


图 1-12　液压系统图

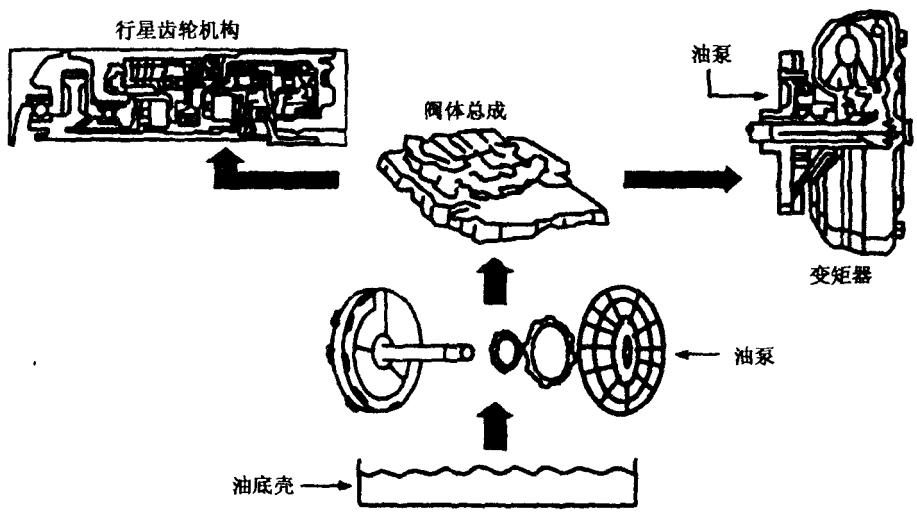


图 1-13　换档控制图

四、手动操纵机构

自动变速器能自动换入高速档和低速档，但自动变速器还有两套手动操纵机构，由驾驶员手动操作。一套是换档选择杆和拉索（图 1-14），一套是加速踏板和节气门拉索(图 1-15)。

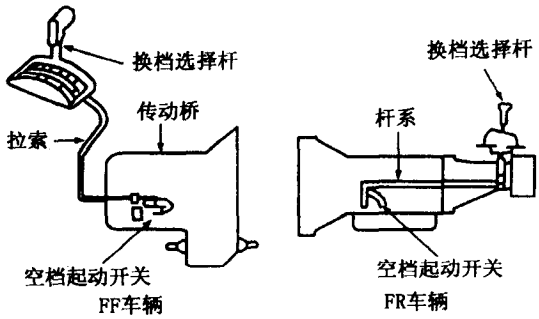


图 1-14　换档选择杆拉索

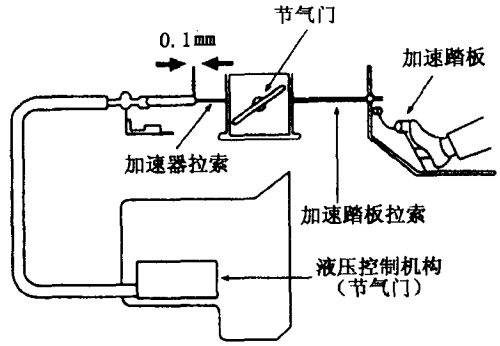


图 1-15　节气门拉索

（一）换档选择杆

换档选择杆相当于手动变速器的换档杆，它通过拉索或杆系与变速器连接，驾驶员操作此杆，即可选择行车方式——前进、倒车、空档或停车。几乎所有 4速自动变速器的前行方式均有 3个档域“ D”（前进）、“2”（2档）及“ L”（低速）。

为安全起见，发动机仅在选择杆置于“ N”（空档）或‘ P”（驻车）档时才能起动，即变速器无法将动力从发动机传送到传动系时才可以启动。

注意：

①当车子向前运行时，决不可将换档选择杆置于“ R”（倒档），因为这可能损坏变速器。

②当车子运行时，决不可将换档选择杆置于“ P”（驻车）档，因为这也可能损坏变速器。

③变速器位于前进或倒车档位，制动踏板踩下时，不可踩下加速踏板，因为这会使变速器超载，有可能损坏。

④要暂时停车而不熄火，可将换档选择杆置于“ P ”或“N ”档域，同时使用驻车制动器。如选择杆置于“P”、“N ”以外的档位时，车子有可能会移动（在车内空调开着时，这种情况尤为可能。因为空调提速装置可使发动机怠速增加至高于通常怠速）。

（二）加速踏板

加速踏板由加速踏板拉索连接至化油器的节气门（在 EFI 发动机，则连接到节气门段）。而加速踏板踩下的程度（即节气门打开程度）就是通过这一拉索准确地传送至变速器。自动变速器换高档和换低档的速度，取决于发动机载荷大小（节气门开启度），而驾驶员则可通过控制加速踏板踩下的程度来改变换档速度。

当加速踏板只踩下少许时，变速器换高档或低档的速度就相对较低。

当进一步踩下加速踏板时，换档速度就相对较高。所以加速踏板拉索必须正确地调整至规定长度。这是因为变速器换档时，要求将加速踏板踩下的程度转换成发动机节气门开启度，然后将节气门开度正确地传送至变速器。

五、主传动机构

在自动传动桥中，变速器及主传动机构作为一个整体置于同一壳体内。主传动机构由一对主传动减速齿轮（主动齿轮和被动齿轮）和差速器行星齿轮组成（图 1-16）。

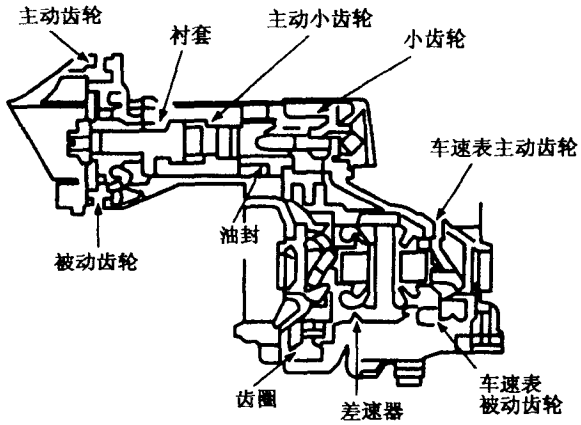


图 1-16　主传动机构

主传动机构的功能同后轮驱动车辆的主传动机构相同，但却是用斜齿正齿轮作为主传动减速齿轮(主动小齿轮及齿圈)。

所以在自动传动桥的差速器中，有些车型用自动变速器中所用的齿轮油。

六、电子控制系统

电子控制系统是一个装有电脑的系统，它可以正确判断换档正时及锁止正时，并相应地操纵变速器。

(一) 传感器和开关

传感器的作用是采集各种数据，并且将其转换为电信号，然后将电信号传送到 ECU，用以确定正确的换档正时和锁止正时。

一般电控变速器中所用的传感器与开关如表 1-1 所示：

表 1-1　传感器与开关的类型与功能

类　型	功　能
空档起动开关	检测档位（“L”、“2”、“P”或“N”）
超速档开关	用于控制变速器的超速档
行驶模式选择开关	确定换档正时及锁止正时在动力模式还是在常规模式
强迫降档开关	检测节气门被踩下的程度
停车灯开关	检测制动器踏板踩下程度
水温传感器	检测发动机冷却液温度
车速传感器	检测车速
油温传感器	检测变速器液的温度
转速传感器	侦测输入轴或输出轴转换
节气门位置传感器	检测节气门开度
巡行控制 ECU	如果车速降至低于巡行控制系统中所设定的速度，就会产生超速取消信号

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（二）ECU

ECU根据传感器的信息确定换档正时及锁止正时。根据这些信息，操纵阀体中电磁开关的通断。

电子控制自动变速器ECT的ECU有两种类型。一类是独立的ECU，另一类是与发动机ECU组合为一整体（称为“发动机及ECT的ECU”）。检修ECU的时候一定要注意：

①ECU由大量的灵敏电子元件制成，是极为精密的装置，因此在将其从车上拆卸时，一定要小心：

a. 不要随便拆解ECU，以防止尘污进入，造成内部电路损坏或短路。

b. 小心不要跌落或用力过大。

c. 不要接近高温、强磁场或产生高频的物件。

d. 不要弄湿，否则会引起内部电路短路。

②当检查电子控制系统时，请首先检查与ECU有关的零部件（包括配线）。如果没发现不正常现象，可临时安装另一个好的ECU，以确定原来的ECU是否坏了。

（三）执行器

执行器主要指电磁阀，常见的电磁阀有开关式(图1-17)和脉冲线性式（图1-18）。电磁阀根据来自电脑的信号，调节管道压力、控制锁止控制阀打开或关闭阀体内的油路来控制换档阀的动作。

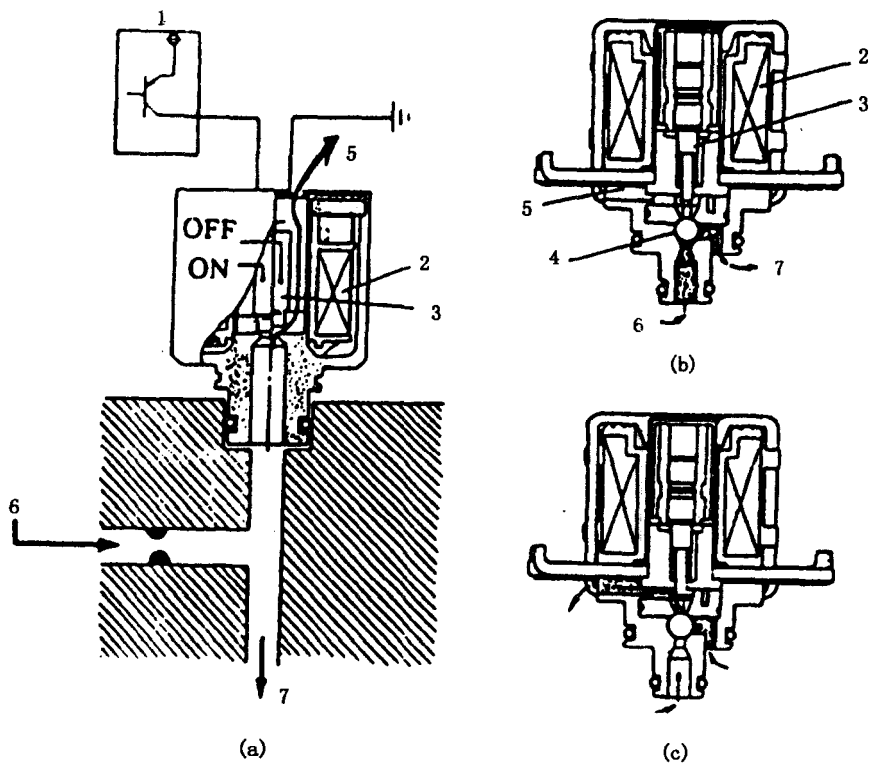
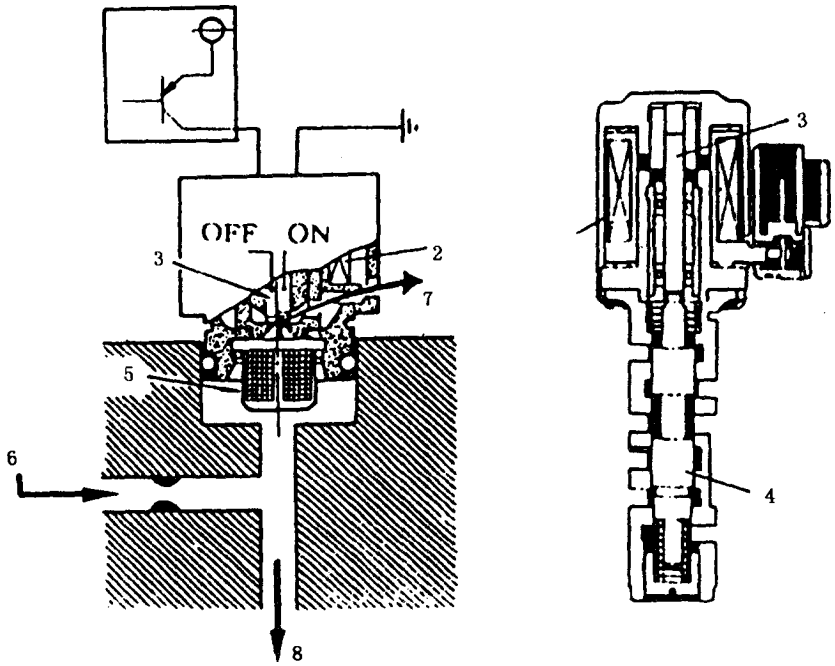


图1-17　开关式电磁阀

1-CPU；2-电磁线圈；3-衔铁和阀心；4-阀体；5-泄油孔；6-主油道；7-控制油道



(a)普通的脉冲线性式电磁阀　　(b)带滑阀的脉冲线性式电磁阀

图 1-18　脉冲线性式电磁阀

1-CPU；2-电磁线圈；3-衔铁和阀心；4-滑阀；5-滤网；6-主油道；7-泄油孔；8-控制油道

（四）典型电控变速器部件分布图

典型电控变速器部件分布如图 1-19 所示。

七、自动变速器油（ATF）

自动变速器中所使用的油液，是掺有几种特殊添加剂的高级石油基矿物油。为区别于其他类型的油，这种油称为自动变速器液（缩写为“ATF”）。自动变速器必须严格采用规定的 ATF，如果使用非规定的 ATF 或掺有非规定的 ATF，都会有损自动变速器性能。

为确保自动变速器正常运作，液位也相当重要。用油尺检查液位，以确保发动机在怠速运转状态下，ATF 在正常工作温度时，液面在规格之内。

为防止变速器壳体内压力升高，除了通气塞外，还在油尺盖设有通气孔。

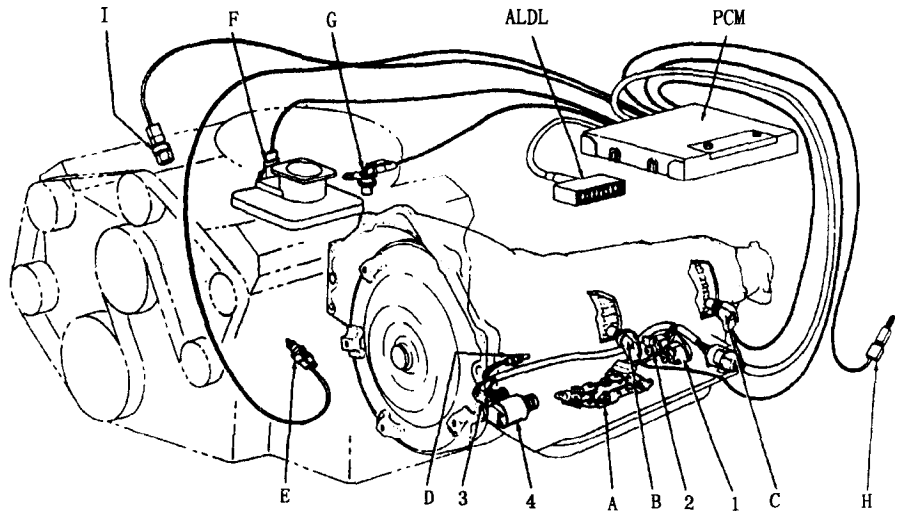
ATF 的作用：

①传送变矩器的转矩。

②控制液压控制系统，以及变速器中的离合器和制动器的运作。

③润滑行星齿轮及其他运动部件。

④冷却转动部件。



输入装置

A．进气歧管压力开关
B．输入轴转速传感器
C．输出轴转速传感器
D．油温传感器
E．发动机水温传感器
F．节气门位置传感器
G．发动机转速传感器
H．制动开关
I．A/C 开关

控制装置

•动力传动电脑（PCM）或变速器控制电脑（TCM）
•故障诊断接头(ALDL)

输出装置

1．换档电磁阀 A
2、换档电磁阀 B
3、脉冲宽度可调变矩器离合器电磁阀（PWM）
4、变力电动机（VFM）

图 1-19 典型通用汽车公司（CTM）电控变速器部件总布置图

第二章　自动变速器的结构与工作原理

第一节液力耦合器和液力变矩器

一、概述

1939年，克莱斯勒公司引入了液力传动，在发动机与传统摩擦式离合器之间安装液力耦合器的3速同步啮合变速器。1941年这种传动装置被真空自动装置所代替，其真空自动装置是一个手动换档2速变速器串联一个真空控制的自动超速传动装置。结果是4个前进档只有2个实现自动换档。1942年，福特公司在林肯和水星车型上安装了相似的液力传动装置。但其销售量很小，在战争期间由于配件难以供应，许多车主不得不改装通用变速器。

为了把发动机的转矩传递给变速器，可以采用一种电磁离合器，它的工作是由离合器控制单元控制的。离合器控制单元响应来自各种传感器的信号，控制电磁离合器电路的通断。这些传感器包括一个制动开关、加速踏板开关和一个限制开关。当汽车要减速和要停车时，制动开关断开离合器电路。离合控制单元根据加速踏板开关输入的信号改变电磁离合器的电流，并且改变信号比以调节变速器传动比。当换档杆位于停车（P）或空档(N）档位时，限止开关防止离合器接合。

当电磁离合器通电时，发动机的转矩被传递到变速器输入轴，而驱动齿轮在变速器输入轴末部装有变速器油泵，因此离合器的控制单元间接控制变速器的油压。油路油压由变速器阀体上的三通电磁阀控制。

变矩器利用液体平稳地将发动机转矩传递到变速器。变矩器是一个环状装置，其内部充满了自动变速器油(ATF），位于发动机和变速器之间。在变矩器内部有三个主要元件：泵轮、蜗轮和导轮。它们都有为了提高液力变矩器效率的曲面叶片（图2-1)。

泵轮由发动机驱动，引导液体冲击蜗轮叶片，使叶片转动而驱动蜗轮轴，蜗轮轴作为变速器的输入轴。导轮位于泵轮和蜗轮之间，使油液从蜗轮返回泵轮，从而循环流动。

变矩器在某些工况下具有增大转矩作用。在大负荷工况下，变矩器提供额外减速以适应增大转矩的需要。当汽车以巡航车速行驶时，变矩器转入耦合器工作状况，把发动机的转矩传递到变速器。变速器也吸收来自变速器变换档位的冲击。通过变速器液并不能把发动机的全部功率传递到变速器，总存在一些损失。为了降低变矩器的功率损失，特别是以巡航车速行驶时的功率损失，多数现代变速器都装备带有锁止离合器的液力变矩器。

锁止离合器是否接合取决于发动机转速和车速，并且由变速器液力和单板机电子控制。当锁止离合器接合时，发动机和驱动轮之间为机械连接。因此提高了总效率和燃油经济性。

二、液力耦合器的结构与工作原理

液力耦合器是通过工作液作为媒介进行传递动力和转矩的一种装置。

（一）结构

简单的液力耦合器由三个基本元件组成：壳体、泵轮和蜗轮（图2-2)。泵轮和蜗轮的形

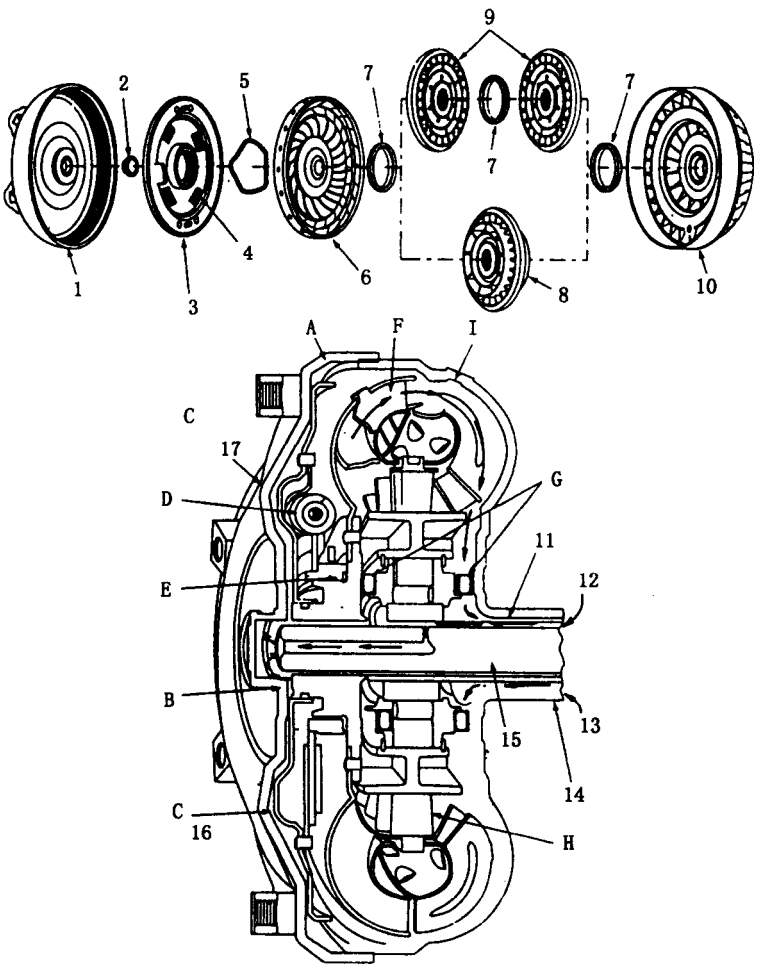


图 2-1 典型液力变矩器的结构

1-变矩器壳盖组件（A）；2-蜗轮止推垫片（B）；3-压盘组件（C）；4-减振器组件（D）；5-压盘弹簧（E）；6-蜗轮组件(F)；7-止推轴承组件（G）；8-单导轮组件（G）；9-双导轮组件（H）；10-变矩器泵轮组件（I）；11-导轮轴；12-分离油液；12-分离油液；13-接合油液；14-变矩器；15-蜗轮轴；16-接合位置；17-分离位置

状就像一个圆环的两半。泵轮和蜗轮有从其中心向外径呈辐射状的叶片。壳体密封并且充满了工作油液。泵轮直接连接在外壳上，转动并带动油液旋转。运动的油液冲击蜗轮叶片，使蜗轮转动，把动力传入变速器。

（二）动力传输原理

如果我们将电扇 A 与电扇 B 隔开几厘米，相对放置，然后打开电扇 A，则 A 会在两电扇间产生流动的空气，由电扇 A 产生的气流冲击电扇 B 的叶片，使电扇 B 转动（图 2-3）。

换句话说，电扇 A 与 B 之间的动力传送是以空气为介质而实现的。

变矩器的工作原理也是如此，泵轮相当于电扇 A，蜗轮相当于电扇 B。只是现在是以变速器液为介质，而不是以空气。

当泵轮被发动机曲轴驱动时，泵轮的变速器液就随同泵轮同向转动。

而当泵轮转速加快时，其离心力的作用使液体沿叶片表面及泵轮里面离开泵心向外流动。当泵轮速度进一步提高时，液体就被甩出泵轮（图 2-4）。

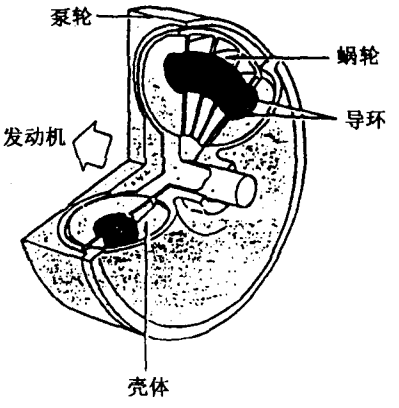


图 2-2　液力耦合器

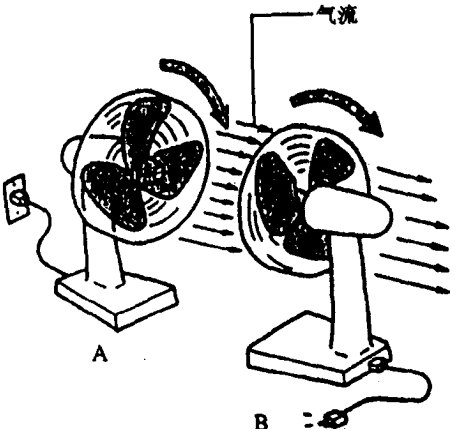


图 2-3　动力传输原理

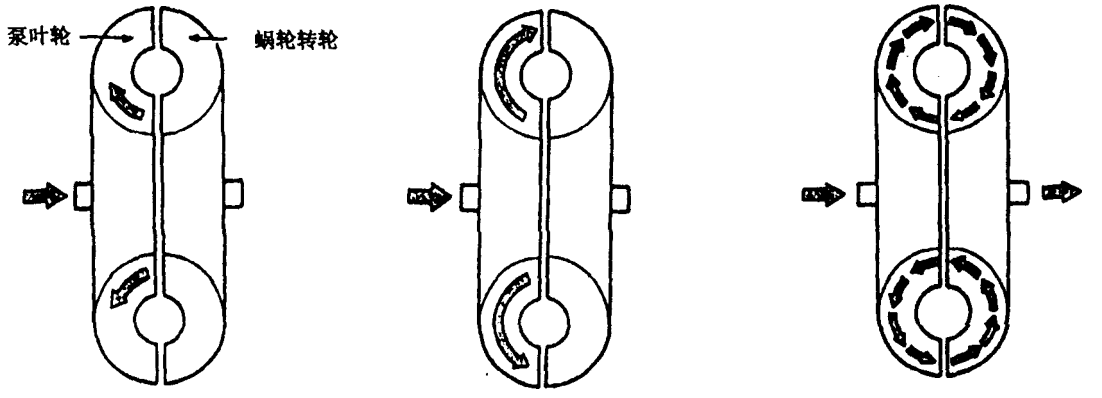


图 2-4　变矩器工作原理（一）

液体冲击蜗轮叶片，使蜗轮开始沿泵轮转动方向转动。从泵轮喷出的工作液推动蜗轮叶片，蜗轮叶片的受力为施加在叶片上的压力（F_a），当工作液冲击叶片改变其方向即产生反作用力（F_b），这两力的合力(F_c)导致蜗轮按泵轮同样方向旋转（图 2-5）。

工作液在蜗轮叶片上散放能量后，沿着蜗轮叶片流入蜗轮中心，蜗轮的曲线内部表面使工作液改变方向，回流到泵轮，即再开始循环。

如上所述，转矩的传递由工作液经过泵轮和

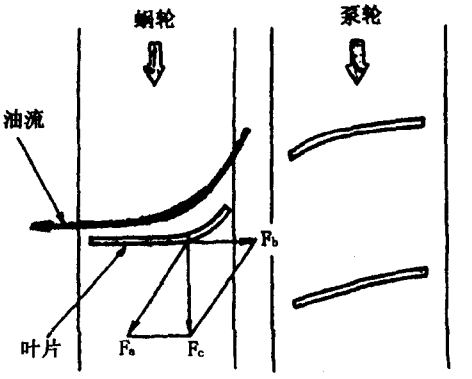


图 2-5　变矩器工作原理（二）

需要全本请访问 www.ertongbook.com