

第 1 章 自动变速器结构与原理

1.1 自动变速器概述

1.1.1 自动变速器的组成

自动变速器主要由液力变矩器、齿轮变速器、油泵、液压控制系统、电子控制系统、油冷却系统等几部分组成，如图 1-1 所示。

(1) 液力变矩器 液力变矩器位于自动变速器的最前端。它通过螺栓与发动机的飞轮相连，其作用与采用手动变速器的汽车中的离合器相似。它利用液力传动的原理，将发动机的动力传给自动变速器的输入轴，这是一种软连接。此外，它还可以起减速增矩和偶合作用。

(2) 齿轮变速器 齿轮变速器是自动变速器的主要组成部分，它包括齿轮变速机构和换挡执行机构。齿轮变速机构可以使变速器实现不同的传动比，使之处于不同的挡位，大部分汽车的齿轮变速机构有 3~4 个前进挡和 1 个倒挡。这些挡位与液力变矩器配合，就可获得由起步至最高车速的整个范围内的自动变速。换挡执行机构制动或放松某个换挡执行元件，完成固定或放松行星齿轮系统的齿圈、行星架和太阳轮，从而实现各挡传动。

(3) 油泵 通常安装在液力变矩器之后，由飞轮通过液力变矩器壳直接驱动，为液力变矩器、液压控制系统、换挡执行元件的工作提供一定压力的液压油。

(4) 液压控制系统 液压控制系统包括由许多控制阀组成的阀板总成和液压管路，阀板总成通常安装在齿轮变速器下方的油底壳内。驾驶员通过自动变速器的选挡杆改变阀板内手控阀的位置，液压控制系统接收节气门开度和车速信号，利用液压自动控制原理，按照一定的规律控制齿轮变速器中换挡执行元件的工作，实现自动换挡。

(5) 电子控制系统 随着自动变速器的发展，目前采用电液式自动变速器的越来越多，它比液压式自动变速器更加先进。电液式控制系统除了阀板及液

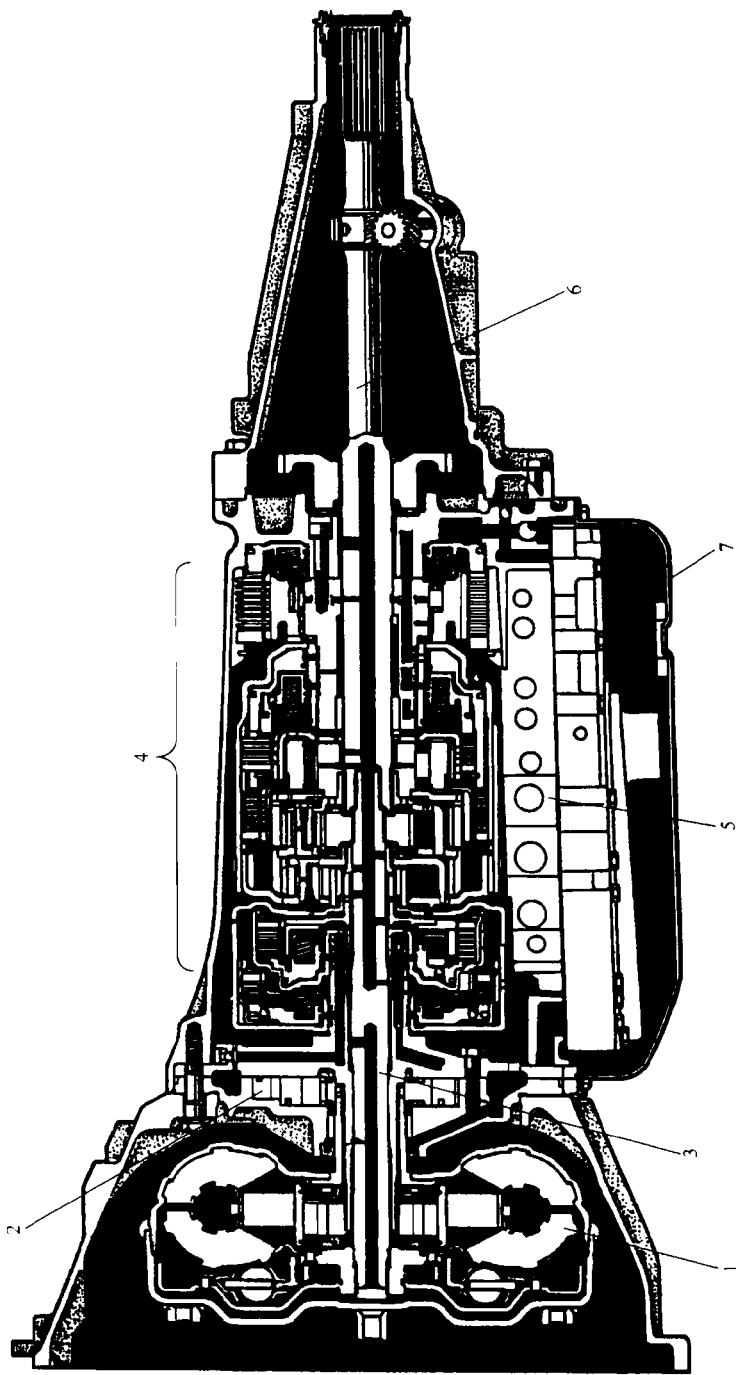


图 1-1 自动变速器的组成

1—变矩器；2—油泵；3—齿轮变速器；4—输入轴；5—网板总成；6—输出轴；7—油底壳

压管路之外，还包括电脑、传感器、执行器及控制电路等。传感器将发动机和汽车的行驶参数转变为电信号，然后送给自动变速器的电脑，电脑接收到这些信号后就根据既定的换挡规律向换挡电磁阀和油压电磁阀发出指令，使它们动作。这样阀板中的各种阀就使换挡执行元件动作，从而实现自动换挡。

(6) 冷却系统 在自动变速器的外部还设有一个液压油散热器，有的装在水箱处，有的装在自动变速器上，通过管路与阀板连接，用于散发自动变速器内液压油在工作中产生的热量。

1.1.2 自动变速器的类型

不同车型所装用的自动变速器在形式、结构上往往有很大的差异，下面从不同的角度对自动变速器进行分类。

(1) 按汽车驱动方式分类 自动变速器按照汽车驱动方式的不同，可分为后驱动自动变速器和前驱动自动变速器两种。这两种自动变速器在结构和布置上有很大的不同。

后驱动自动变速器的变矩器和齿轮变速器的输入轴及输出轴在同一直线上，因此轴向尺寸较大，阀板总成则布置在齿轮变速器下方的油底壳内，如图 1-2 所示。

前驱动自动变速器除了具有与后驱动变速器相同的组成外，在自动变速器的壳体内还装有差速器。前驱动汽车的发动机有纵置和横置两种。纵置发动机的前驱动自动变速器的结构和布置与后驱动自动变速器基本相同，只是在后端增加了一个差速器。横置发动机的前驱动自动变速器由于汽车横向尺寸的限制，要求有较小的轴向尺寸，因此，通常将输入轴和输出轴设计成两个轴线的方式，变矩器和齿轮变速器输入轴布置在上方，输出轴则布置在下方，如图 1-3 所示。这样的布置减少了变速器总体的轴向尺寸，但增加了变速器的高度，因此常将阀板总成布置在变速器的侧面和上方，以保证汽车有足够的最小离地间隙。

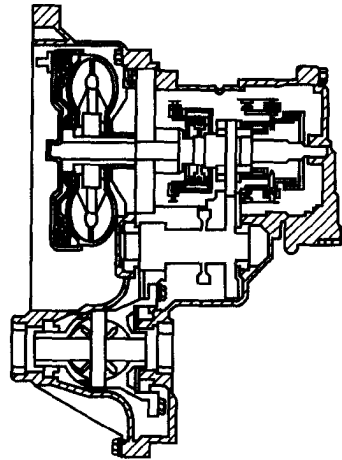


图 1-2 后驱动自动变速器

(2) 按自动变速器前进挡的挡位数分类 自动变速器按前进挡的挡位数的不同，可分为两个前进挡、三个前进挡、四个前进挡三种，目前已研制出五速的自动变速器。早期的自动变速器通常为两个前进挡和三个前进挡，这两种自动变速器都没有超速挡，其最高挡为直接挡。新型轿车装用的自动变速器基本

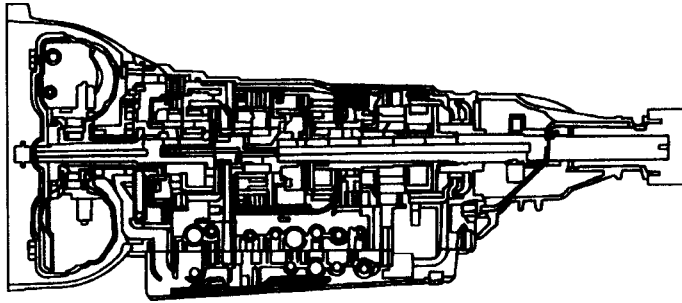


图 1-3 前驱动自动变速器

上都是四个前进挡，即设有超速挡。这种设计虽然使自动变速器的构造更加复杂，但由于设有超速挡，大大改善了汽车的燃油经济性。

(3) 按齿轮变速器的类型分类 自动变速器按其齿轮变速器的类型不同，可分为普通齿轮式和行星齿轮式两种。普通齿轮式自动变速器体积较大，最大传动比较小，只有少数几种车型使用（如本田 ACCORD 轿车）行星齿轮式自动变速器结构紧凑，能获得较大的传动比，为绝大多数轿车采用。

(4) 按变矩器的类型分类 轿车自动变速器基本上都是采用结构简单的单级三元件综合式液力变矩器。这种变矩器又分为有锁止离合器和无锁止离合器两种。早期的变矩器中没有锁止离合器，在任何工况下都是以液力的方式传递发动机动力，因此传动效率较低。新型轿车自动变速器大都采用带锁止离合器的变矩器，当汽车达到一定车速时，控制系统使锁止离合器接合，液力变矩器输入部分和输出部分连成一体，发动机动力以机械传递的方式直接传入齿轮变速器，从而提高了传动效率，降低了汽车的燃料消耗量。

(5) 按控制方式分类 自动变速器按控制方式不同，可分为液压控制自动变速器和电子控制自动变速器两种。液压控制自动变速器是通过机械的手段，将汽车行驶时的车速及节气门开度这两个参数转变为液压控制信号，阀板中的各个控制阀根据这些液压控制信号的大小，按照设定的换挡规律，通过控制换挡执行元件的动作，实现自动换挡，如图 1-4 所示。电子控制自动变速器装有电脑，通过各种传感器，将发动机转速、节气门开度、车速、发动机水温、自动变速器油温等参数转变为电信号，并输入电脑，电脑根据这些电信号，按照设定的换挡规律，向换挡电磁阀、油压电磁阀等发出电子控制信号，换挡电磁阀和油压电磁阀再将电脑的电子控制信号转变为液压控制信号，阀板中的各个控制阀根据这些液压控制信号，控制换挡执行元件的动作，从而实现自动换挡，如图 1-5 所示。

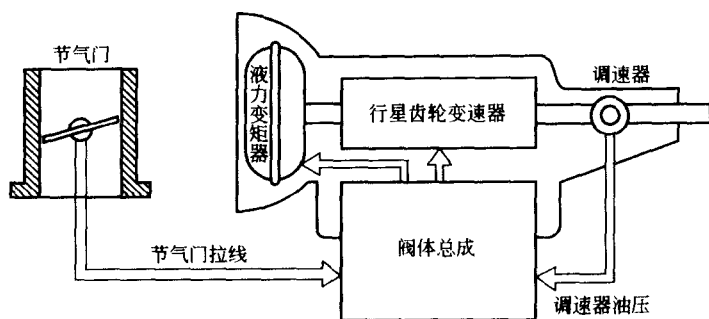


图 1-4 液力自动变速器控制过程示意

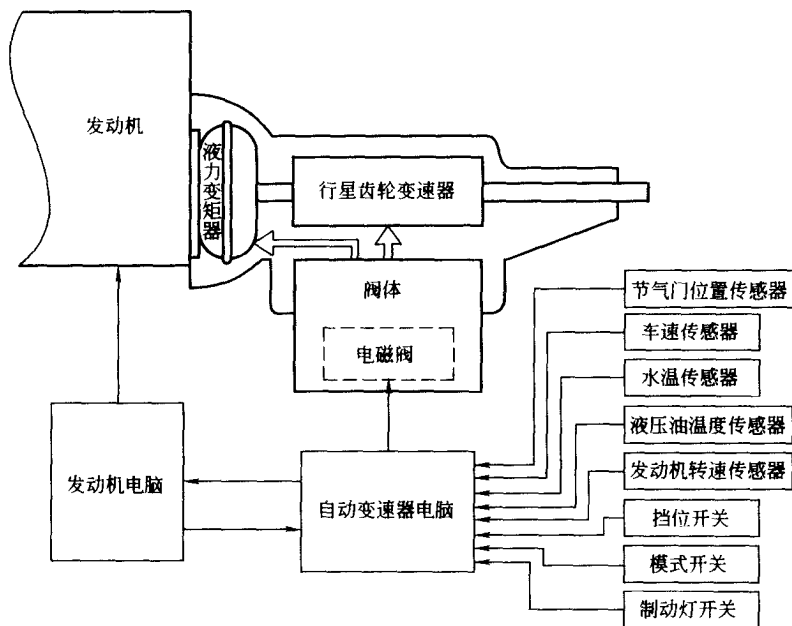


图 1-5 电子控制自动变速器控制过程示意

1.1.3 自动变速器的使用

(1) 自动变速器操纵手柄的使用 自动变速器是由驾驶员通过驾驶室内的选挡杆来操作的。选挡杆布置在转向柱上或地板上，不论布置在哪儿，选挡杆都有 5~8 个挡位。图 1-6 是一种有六个挡位的自动变速器选挡杆。目前大部分轿车自动变速器的选挡杆都是采用这种布置方式。自动变速器选挡杆挡位的含义与手动变速器有很大的不同。对于自动变速器而言，选挡杆的挡位与自动

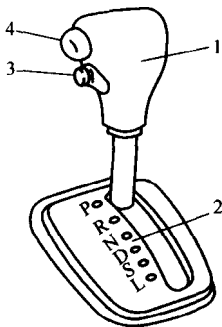


图 1-6 自动变速器的选挡杆
1—选挡杆；2—挡位；3—超速挡开
关或保持开关；4—锁止按钮

变速器本身所处的挡位是两个完全不同的概念。实际上，选挡杆只改变自动变速器的阀板总成中手控阀的位置，而自动变速器本身的挡位则是由换挡执行元件的动作决定的，它除了取决于手控阀的位置外，还取决于汽车的车速、节气门开度等因素。要正确操作自动变速器，首先应了解自动变速器选挡杆各个挡位的含义。

停车挡（P 位）。停车挡通常位于挡位的最前方。当选挡杆位于该位置时，自动变速器的停车锁止机构将变速器输出轴锁止，使驱动轮不能转动，防止汽车移动。同时换挡执行机构使自动变速器处于空挡状态。当选挡杆离开停车挡位置时，停车锁止机构即被释放。

空挡（N 位）。空挡通常位于挡位的中间位置，在倒车挡和前进挡之间。当选挡杆位于空挡位置时换挡执行机构和停车挡相同，也是使自动变速器处于空挡状态。此时发动机的动力虽经输入轴传入自动变速器，但只能使齿轮空转，输出轴无动力输出。

前进挡（D 位）。前进挡位于空挡之后，大部分轿车自动变速器在选挡杆位于前进挡位置时可以实现四个不同传动比的挡位，即 1 挡、2 挡、3 挡和超速挡。其中 1 挡传动比最大，2 挡次之，3 挡为直接挡，传动比为 1，超速挡的传动比小于 1。汽车在行驶的过程中，如果选挡杆位于前进挡位置，则自动变速器的液压或电子控制系统能根据车速、节气门开度等因素的变化，按照设定的换挡规律，自动变换挡位。

倒挡（R 位）。倒挡位于停车挡和空挡之间。当选挡杆位于倒挡位置时，换挡执行机构使自动变速器实现倒挡。

前进低挡（S 和 L 位）。前进低挡通常有两个位置，即图 1-6 中的 S 位和 L 位。当选挡杆位于这两个位置时，自动变速器的控制系统将限制前进挡的变化范围。当选挡杆位于 S 位时，自动变速器只能在 1 挡、2 挡、3 挡之间自动变换挡位。当选挡杆位于 L 位时，自动变速器只能固定在 1 挡。有的车型将 S 位标为 2 位，L 位标为 1 位，其含义是相同的。

(2) 自动变速器控制开关的使用 新型自动变速器除了可用选挡杆进行换挡控制外，还可以通过选挡杆或汽车仪表板上的一些控制开关进行其他的控

制。不同车型自动变速器的控制开关往往有不同的名称，其作用也不完全相同。常见的控制开关有以下几种。

超速挡开关（O/D 开关）。此开关用来控制自动变速器的超速挡。当这个开关打开后，超速控制电路接通，使阀板中的超速电磁阀工作。此时若选挡杆位于 D 位，自动变速器随着车速的提高而升挡时，最高可升入 4 挡（即超速挡），该开关关闭后，超速挡控制电路被断开，仪表板上的“O/D OFF”指示灯随之亮起，自动变速器随着车速的提高而升挡时，最高只能升入 3 挡，不能升入超速挡。

模式开关。大部分电子控制自动变速器都有一个模式开关，用来选择自动变速器的控制模式，以满足不同的使用要求。所谓控制模式主要是指自动变速器的换挡规律。常见的自动变速器的控制模式有以下几种。

a. **经济模式（ECONOMY）。**这种控制模式是以汽车获得最佳的燃油经济性为目标来设计换挡规律的。当自动变速器在经济模式状态下工作时，其换挡规律应能使发动机在汽车行驶过程中经常处在经济转速范围内运转，从而提高了燃油经济性。

b. **动力模式（POWER）。**这种控制模式是以汽车获得最大的动力性为目标来设计换挡规律的。当自动变速器在动力模式下工作时，其换挡规律应能使发动机在汽车行驶过程中经常处在大功率范围内运转，从而使汽车获得较好的动力性能和爬坡能力。

c. **标准模式（NORMAL）。**标准模式的换挡规律介于经济模式和动力模式之间。它兼顾了动力性和经济性，使汽车既保证一定的动力性，又有较佳的燃油经济性。

保持开关。有些电子控制自动变速器没有保持开关（如日本 JATCO 公司生产的 H4A-EL 自动变速器）。这种开关通常位于选挡杆上，如图 1-6 所示。按下这个开关后，自动变速器便不能自动换挡，其挡位完全取决于选挡杆的位置。当选挡杆位于 D 位、S 位、L 位时，自动变速器分别保持在 3 挡、2 挡、1 挡。汽车在雪地上行驶时，可按下这个开关，用选挡杆选择挡位，以防止驱动轮打滑。

(3) **不同工况下自动变速器的使用** 由于自动变速器在结构和工作原理上与手动变速器有很大的不同，因此在使用操作上也有许多不同之处。

启动。

a. **正常启动。**启动发动机时，应拉紧驻车制动或踩住制动踏板，将自动变速器的选挡杆置于 P 位或 N 位，此时将点火开关转至启动位置，才能使启

动电机转动。在选挡杆位于 P 位和 N 位之外的其他任何位置上时，都不能启动。

b. 汽车途中熄火后启动。装有自动变速器的汽车在行驶途中突然熄火时，选挡杆位于行驶挡位置。此时若转动点火开关启动，启动电机将不会转动，必须将选挡手柄移至 P 位和 N 位后才可启动。

起步。

a. 发动机启动后，必须停留几秒后才能挂挡起步。

b. 起步时应先踩住制动踏板，然后再挂挡，并查看所挂挡位是否正确，最后松开手制动，抬起制动踏板，缓慢踩下加速踏板加速起步。

c. 必须先挂挡后踩加速踏板。不允许边踩加速踏板边挂挡，或先踩加速踏板后挂挡，或挂挡后踩着制动踏板或未松开驻车制动就加大油门。

一般道路行驶。

a. 装有自动变速器的汽车在一般道路上向前行驶时，应将选挡杆置于 D 位，并打开超速挡开关。这样自动变速器就可以根据车速、行驶阻力、节气门开度等因素，选择合适的挡位。超速驱动时必须是在平路上小负荷，且具备一定的车速。

b. 为了节省燃油，可将模式开关设置在经济模式或标准模式位置。加速时应平稳缓慢地加大油门，并尽量让节气门保持在小于 1/2 开度的范围内。也可以采用“提前升挡”的操作方法，即汽车起步后，先以较大的油门将汽车加速到 20~30km/h，然后将加速踏板很快地松开，并持续 2~3s，这时自动变速器就能立即从 1 挡升至 2 挡，当感觉到升挡后，再将加速踏板踩下，继续加速，从 2 挡升至 3 挡也采用这种方法。这种操作方法能让自动变速器较早地升入高 1 挡，从而提高了发动机的负荷率，降低了发动机的转速，在一定程度上节省了燃油，同时还能降低发动机的磨损程度，减小噪声。

c. 为了提高汽车的动力性，可将模式开关设置在动力模式位置上。在急加速时，还可以用“强制降挡”的操作方法，即将加速踏板迅速踩到全开位置，此时自动变速器会自动下降一个挡位，获得猛烈的加速效果。当加速的要求得到满足之后，应立即松开加速踏板，防止发动机超速，造成损坏。“强制降挡”旨在高速超车，在这种工况下，自动变速器中的摩擦片磨损、发热严重，很容易造成碎裂和黏接，若非特殊需要，不宜经常使用。

倒车。

a. 在汽车完全停稳后，将选挡杆移至 R 位。

b. 在平路上倒车时，可完全放松加速踏板，以怠速缓慢倒车。

c. 若倒车中要越过台阶或凸起物时，应缓慢加速，越过之后要及时制动。坡道行驶。

a. 在一般坡道上行驶时，可按一般道路行驶的方法，将选挡杆置于 D 位，由加速踏板或制动踏板来控制上下坡车速。

b. 如果汽车以超速挡在坡道行驶，因坡道阻力大于驱动力，导致车速下降，到一定车速时自动变速器又从超速挡降到 3 挡，到 3 挡后，又因驱动力大于坡道阻力，汽车被加速，到一定车速时又升至超速挡。这样，若坡道较长，将重复上述过程，即形成“循环跳挡”，加剧了自动变速器中摩擦片的磨损。在这种情况下，可将超速挡开关关闭，限制超速挡的使用，汽车就能在 3 挡稳定地加速上坡，若坡道较陡，汽车在 3 挡和 2 挡之间“循环跳挡”，只要将选挡杆置于 2 挡位置，即可使自动变速器在 2 挡稳定地行驶。

⑥ 发动机制动。在汽车下坡时，若完全松开加速踏板后车速仍然太高，可将选挡杆置于 S 位或 L 位，并把加速踏板松到最小（禁止熄火）。此时驱动轮经传动轴、变速器、变矩器反拖发动机运转，这样可利用发动机的运转阻力让汽车减速，这种情况称为发动机制动。由于单向离合器的作用，自动变速器中有的挡位有发动机制动，有的无发动机制动。要注意不能在车速较高时将选挡杆从 D 位拨至 S 位或 L 位，这样会使自动变速器中的摩擦片因急剧摩擦而受到损坏。当车速较高时，应先用制动器将汽车减速至较低车速，再将选挡杆从 D 位换至 S 位或 L 位。一般空车下 8%~10% 坡度时，可以用 S 挡，重车下 8%~10% 坡度时，必须用 L 挡，中间不准换挡。

⑦ 雪地或泥泞路面行驶。在雪地或泥泞路面行驶时，若选挡杆置于 D 位，当驱动轮打滑时，如果驾驶员立刻松开加速踏板，由于打滑的驱动轮转速较快，自动变速器会出现前面所述的提前升挡的现象，从而进一步加剧了驱动轮的打滑。此时可将选挡杆置于 S 位或 L 位，限制自动变速器的最高挡位，即可利用节气门开度来控制车轮的转速，防止驱动轮打滑。没有保持开关的自动变速器也可打开保持开关，然后就可以采用与手动变速器一样的方法，用选挡杆来选择适当的挡位行驶。

⑧ 临时停车。汽车不在交叉路口等待交通信号或因堵车等原因而需要临时停车时，若停车时间较短，可选挡杆保持在 D 位，只用行车制动，这样一放松制动踏板，汽车就可以重新起步。若停车时间稍长，最好同时利用行车制动和驻车制动，以免不小心松开制动踏板时汽车向前闯动而发生意外。若停车时间较长，最好把选挡杆换到 N 位，拉紧驻车制动停车，以免造成自动变速器加温过高。

⑨ 停放。汽车停放好后，应踩住制动踏板，将选挡杆移至停车挡位置，并拉紧驻车制动，然后关闭点火开关，熄火。

(4) 使用自动变速器的注意事项 为充分发挥自动变速器的性能优势，防止因使用操作不当而造成早期损坏，在驾驶装有自动变速器的汽车时，应注意以下几点。

挡位选择及其使用方法。液力自动变速器的挡位选择有拉钮式和拉杆式。拉钮式的布置在驾驶室的仪表板上，拉杆式的布置在变速杆上或者布置在驾驶室内地板上。不同汽车上液力自动变速器的选挡位置数多少不等，选挡杆位置数与自动变速器本身挡位数不是一回事，也不相等。轿车自动变速器的挡位，通常为 3~5 挡。

在驾驶时，如无特殊需要。不要将选挡杆在 D 位、S 位、L 位之间来回拨动，特别要禁止在行驶中将选挡杆拨入 N 位（空挡）或在下坡时用空挡滑行。否则，由于发动机怠速运转。自动变速器内由发动机驱动的油泵出油量减少，而自动变速器内的齿轮等零件在汽车的带动下仍做高速旋转，这些零件会因润滑不良而损坏。

在汽车行驶中若要按“L 位-S 位-D 位”的顺序进行变换（即由低挡位换至高挡位）。可以不受任何车速条件的限制，也就是说。不论车速高低都可按此顺序改变选挡杆的位置。但是，如果要按“D 位-S 位-L 位”的顺序（即由高挡位换至低挡位）变换选挡杆的位置，必须让汽车减速至车速低于相应的升挡车速后才能进行。如果将选挡杆由高挡位换至低挡位时的车速过高，就相当于人为的手动强制低挡，这样不仅汽车会受到发动机的强烈制动作用，而且相应的低挡执行元件将急剧摩擦而损坏。因此，有些车型在进行“D 位-S 位（L 位）”的降挡操作时也必须按下锁止按钮，否则选挡杆将被锁住而无法由高挡位向低挡位移动。

前进挡与倒挡互换。当汽车还没有完全停稳时，不允许从前进挡换至倒挡，也不允许从倒挡换到前进挡，否则会损坏自动变速器中的摩擦片和制动带。

停车。一定要在汽车完全停稳后才能将选挡杆拨入停车挡位置，否则自动变速器会发出刺耳的金属撞击声，并损坏停车锁止机构。

锁止按钮。为了防止不正确的操作造成自动变速器的损坏，大部分车型的自动变速器选挡杆上都有一个锁止按钮（图 1-6）。在进行下列换挡操作时，必须按下锁止按钮，否则选挡杆将被锁止而不能移动。

- a. 由 P 位换至其他任何挡位或由其他任何挡位换至 P 位。

b. 由任何挡位换至 R 位。

发动机怠速。要严格按照标准调整好发动机的怠速，怠速过高或过低都会影响自动变速器的使用效果。怠速过高会使汽车在挂挡起步时产生强烈的闯动，怠速过低在坡道上起步时，若松开制动后没有及时加油，汽车会后溜，增加了坡道起步的难度。

⑥ 怠速“爬行”问题。接通前进挡和倒挡时，在 D 位、S 位、L 位，当发动机节气门在怠速位置时。允许汽车有行驶的趋势或极其微小的向前“爬行”的感觉。在倒挡时，允许有向后的趋势。

⑦ 用油问题。必须用规定品牌的液力传动油，必须按规定方法经常检查油面高度，必须按规定时间或里程进行换油，换油时必须同时清洗油冷却器和滤油器。

1.2 液力变矩器结构和原理

液力变矩器固定于发动机曲轴后端，将发动机的动力传递给变速器输入轴。在传递动力的过程中，它有两个主要功能。一是在一定范围内能自动、无级地改变转矩比，以适应不同行驶阻力的要求。二是具有自动离合器的作用，在发动机不熄火、自动变速器位于前进挡的情况下，汽车可以处于停车状态。

驾驶员可以通过控制节气门开度控制液力变矩器的输出转矩。在发动机怠速运转时。变速器的输出动力不足以克服阻力使汽车起步。随着节气门开度的增大，发动机转速升高。这时，变矩器将转矩放大，能够输出足够动力驱动汽车。由于以液体作为传动介质，因此起步平稳，不会出现使用普通手动变速器时的抖动现象。

1.2.1 液力变矩器结构和工作原理

典型液力变矩器由三个主要元件，即泵轮、涡轮和导轮组成（图 1- ）。它们都是由铝合金精密铸造或用钢板冲压而成。在它们的环状壳体中径向排列着许多叶片，这些叶片对自动变速器油的流动有很大影响。其中泵轮和涡轮是旋转元件，泵轮是液力变矩器的输入元件，它位于液力变矩器后端，与变矩器壳体刚性连接。变矩器壳体总成用螺栓固定于发动机曲轴后端，随发动机曲轴一起旋转。

涡轮是液力变矩器的输出元件，它通过花键孔与行星齿轮系统的输入轴相连。涡轮位于泵轮前方，其叶片面向泵轮叶片。

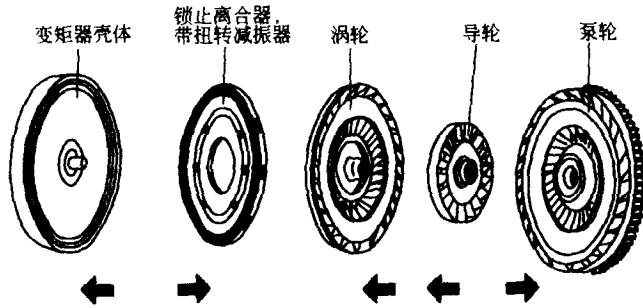


图 1-7 液力变矩器元件

导轮位于泵轮和涡轮之间。导轮固定在导轮轴或导轮套管上，通过这种方式安装的导轮在工作过程中固定不动。将这些元件装配好之后，会形成断面为循环圆的环状体，它的环形内腔充满自动变速器油。

液力变矩器与大多数液压装置的不同之处在于它通过动态液流而不是静态液压传递转矩。如图 1-8 所示，发动机启动后，泵轮随之旋转，变矩器环形内腔的油液在离心力作用下从泵轮叶片的外缘向外缘流动。当泵轮转速大于涡轮转速时，泵轮叶片外缘的液压大于涡轮叶片外缘的液压。所以，油液在绕着泵

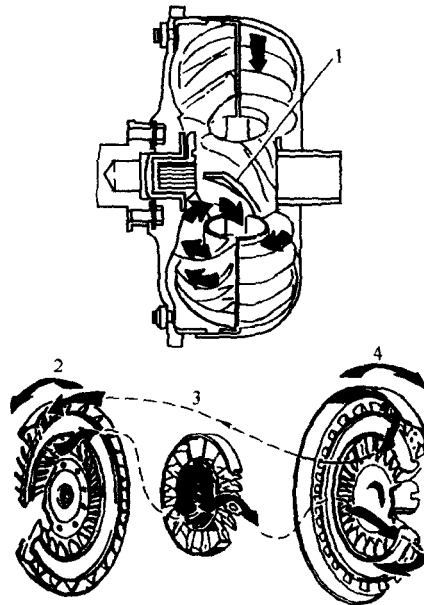


图 1-8 油液在液力变矩器中的循环流动

1—导轮改变液流方向；2—涡轮；3—导轮；4—泵轮

轮轴线作圆周运动的同时，在上述压差的作用下由泵轮流向涡轮。泵轮顺时针旋转，油液将带动涡轮同样按顺时针方向旋转。如果涡轮静止或者涡轮的转速比泵轮小得多，由液体传递给涡轮的动能就很小。因为大部分能量在油液从涡轮反弹回泵轮的过程中损失了。油液在从涡轮叶片外缘流向内缘的过程中，圆周速度和动能逐渐减小。当油液回到泵轮后，泵轮对油液做功，使之在从泵轮叶片内缘流向外缘的过程中动能和圆周速度渐次增大，再流向涡轮。油液的循环流动就是这样形成的。

下面介绍变矩器的三大工作特性：转矩放大原理，偶合工作特性和失速特性。

前面提到，液力变矩器的一大功用是改变转矩——增扭，这个功能归功于导轮机构。导轮的作用是改变油液的流向，在涡轮与泵轮的转速相差较大的情况下，油液被涡轮反弹回泵轮时以逆时针方向冲击泵轮叶片（图 1-9），试图使泵轮逆时针旋转。由于涡轮与泵轮之间有固定不动的导轮，因此油液回流时必将以逆时针方向冲击导轮，于是，导轮的叶片使油液改变为顺时针方向流回泵轮。泵轮将来自发动机和从涡轮回流的能量一起传递给涡轮，使它的输出转矩增大，这就是液力变矩器的转矩放大原理。很显然，如果没有导轮机构，按逆时针方向回流的油液会使泵轮转速下降，能量损失增大。

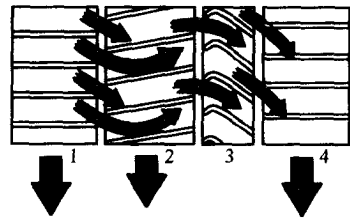


图 1-9 液力变矩器转矩放大原理
1, 4—涡轮；2—导轮；3—泵轮

液力变矩器的输出转矩 (M_w) 与输入转矩 (M_b) 之比称为变矩系数。变矩系数不是定值，而是随涡轮转速的改变而连续变化（图 1-10）。在发动机转速和负荷均不变的情况下，当汽车起步、上坡或遇到较大阻力时，涡轮转速下降，变矩系数反而增大，使汽车能获得足够动力克服增大的阻力继续行驶。可见液力变矩器能随汽车行驶阻力的变化而自动改变变矩系数。这就是自动变速器能在一定范围内实现无级变速的原因。但这种变矩特性只有在泵轮和涡轮的转速相差较大的前提条件下才能成立。随着涡轮转速的不断提高，涡轮与泵轮的转速差逐渐减小，油液流动方向将会改变。这时，从涡轮回流的油液按顺时针

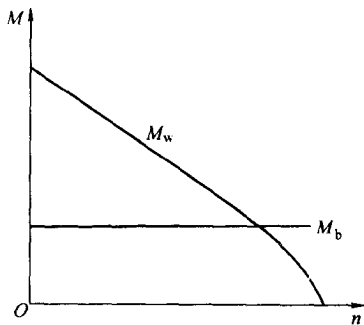


图 1-10 液力变矩器变矩特性

会改变。这时，从涡轮回流的油液按顺时针

方向冲击泵轮，推动泵轮顺时针旋转。若导轮仍然固定不动，油液将会产生涡流，阻碍其自身的流动，造成更多能量损失。为此，绝大多数液力变矩器在导轮机构中增设了单向离合器，也称自由轮机构（图 1-11）。单向离合器在液力变矩器中起单向导通的作用。当涡轮相比泵轮存在较大的转速差时，单向离合器处于锁止状态，导轮不能转动。涡轮转速升高到一定程度后，单向离合器导通，允许导轮按涡轮的旋转方向旋转，避免涡流的产生，使油液顺利回流至泵轮。

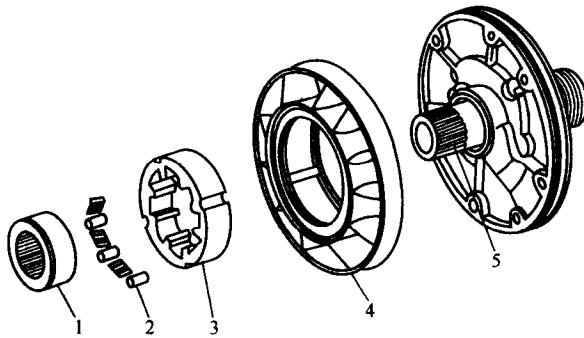


图 1-11 液力变矩器的单向离合器

1—内座圈；2—滚柱和弹簧；3—外座圈；4—导轮；5—导轮套管

液力变矩器有与偶合器类似的偶合工作区。当涡轮转速达到泵轮转速的 90% 时，单向离合器导通，液力变矩器进入偶合工作区。需要指出的是，液力变矩器进入偶合区的转速受发动机节气门开度和车速的影响而有所不同。该液力变矩器的工作特点是，在低速时按变矩器特性工作，在高速时按偶合器特性工作，高效率工作的范围有所扩大。这种能进入偶合区工作的液力变矩器称为综合式液力变矩器，但对于不带有锁止机构的液力变矩器来讲，涡轮和泵轮是不可能同步旋转。

液力变矩器的另一个特殊工作状态是失速状态。所谓失速状态是指涡轮因负载过大而停止转动，但泵轮仍保持旋转的现象。此时，液力变矩器只有动力输入而没有输出。当车辆在变速器位于前进挡的情况下进行制动时，液力变矩器将会出现失速状态。失速点转速是指涡轮停止转动时液力变矩器的输入转速。该转速的高低取决于以下因素：发动机的转矩、变矩器的尺寸和导轮、泵轮叶片的角度。

当汽车处于静止状态时，涡轮不转动。随着汽车不断加速，发动机转速迅速升高，变矩器达到额定转矩。如果发动机的功率较高，与之相匹配的变矩器

的尺寸较大，则其失速点转速也较高。

相对于变矩器的旋转方向，泵轮叶片可能有三种不同方向，向前倾斜、垂直或向后倾斜。泵轮叶片向后倾斜能提高失速点转速。改变泵轮叶片角度是改变失速点转速的一个简单方法。除此之外，导轮叶片角度的改变对失速点转速也有影响。导轮叶片倾斜角度越大，以相同旋转方向回流至泵轮的油液就越多，失速点转速相应升高。20世纪60年代末期，通用汽车公司的自动变速器上采用过一种导轮叶片角度可变的液力变矩器（图 1-12），它通过电磁阀操纵安装在导轮总成中的液压控制活塞的运动。当车速较低或节气门开度较大时，导轮叶片的倾斜角度会自动增大，可得到较高的失速点转速和变矩系数。若叶片倾斜角度较小，则汽车具有良好的燃油经济性和平稳的工作状态。

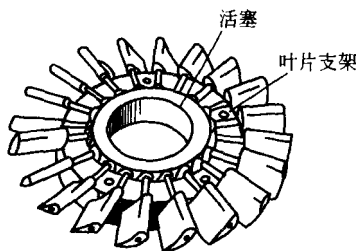


图 1-12 叶片角度可变的导轮总成

失速实验是进行自动变速器故障诊断不可缺少的环节。它通过测试在任一挡位下的失速点转速判断变速器工作状态是否正常。在实验过程中，动力只有输入而没有输出。根据能量守恒原理，全部输入能量都转化成热能，因此变矩器中油液的温度急剧上升，这种情况会对变矩器造成严重损害。所以对失速实验的持续时间有严格要求。

液力变矩器结构简单，成本低廉，但是效率发挥不够充分。例如，在失速状态下，液力变矩器效率为 0。随着涡轮转速的升高，变矩器的效率不断升高，在偶合区可达到 90%~97%。

1.2.2 常见液力变矩器

目前在自动变速器上应用较为广泛的有三元件液力变矩器、四元件液力变矩器和带有锁止机构的液力变矩器。

三元件液力变矩器在自动变速器中最为常见，其结构如图 1-13 所示。三元件液力变矩器主要由泵轮、涡轮和导轮组成。变矩器壳体由前后两半焊接而成，与壳体前端相连的托盘用螺钉固定于发动机曲轴后端凸缘上，螺钉在圆周上呈不均匀分布状态以确保动平衡。为保证变矩器与曲轴同心，设有专门的导向装置，当变矩器的体积因受热膨胀或受压变形发生变化时，导向装置可沿曲轴的凹槽滑动，使变矩器壳体产生轴向变形，保证变矩器可靠工作。托盘一般用挠性板制成，可产生一定变形量，进一步适应了上述需要。

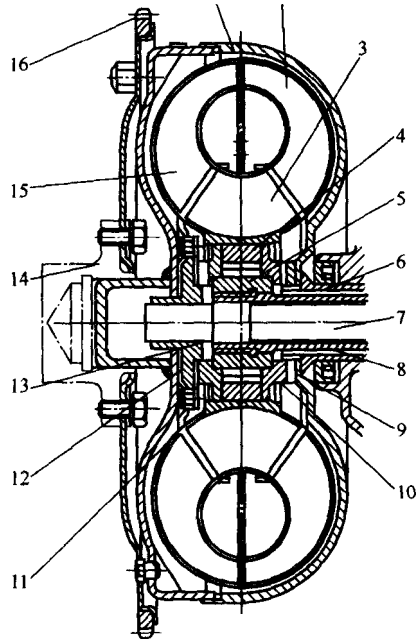


图 1-13 三元件液力变矩器

- 1—变矩器壳体；2—泵轮；3—导轮；4—单向离合器外座圈；5—单向离合器内座圈；
6—泵轮轮毂；7—输出轴；8—导轮固定套管；9—推力垫片；10—单向离合器盖；
11—滚柱；12—垫片；13—涡轮轮毂；14—曲轴凸缘；15—涡轮；16—启动齿圈

泵轮安装有平直的叶片。泵轮轮毂焊在变矩器外壳上，可以自由转动。带有倾斜曲面叶片的涡轮通过涡轮轮毂的花键与变矩器的输出轴相连。铝合金导轮与单向离合器外座圈固连。单向离合器内座圈用花键与固定套管相连而固定不动。

三元件液力变矩器的工作特点是：工作效率在进入偶合区之前先达到最大值，然后有所下降，进入偶合区之后又继续升高。

三元件液力变矩器工作可靠，性能稳定，在偶合区效率可达 96%，变矩比为 1.9~2.5。这种变矩器在轿车、大型客车和工程车辆上应用得较为广泛。

1.3 行星齿轮变速器

液力变矩器可以在一定范围内自动无级地改变转矩比和传动比以适应行驶阻力的变化。但是，目前液力变矩器的变矩系数均不够大，不能完全满足汽车

使用的要求。因此，必须将其与齿轮式变速器组合使用，扩大传动比的变化范围，满足汽车行驶要求。

绝大多数自动变速器都采用行星齿轮系统（相当于一个普通行星齿轮变速器）与液力变矩器配合使用。行星齿轮系统由行星齿轮机构和执行机构两部分组成。执行机构根据自动变速器控制系统的命令放松或固定行星齿轮机构的某个元件，通过改变动力传递路线得到不同的传动比（挡位）。

1.3.1 行星齿轮机构

简单行星齿轮机构由三元件——太阳轮、齿圈和装有行星齿轮的行星架组成，如图 1-14 所示。齿圈又称齿环，制有内齿，其余齿轮均为外齿轮。行星齿轮通过行星齿轮轴支承在行星架上。整个行星齿轮机构装配好后，太阳轮位于中心，所有行星齿轮在与太阳轮外啮合的同时还与齿圈内啮合。这种行星齿轮机构也称单排行星机构。

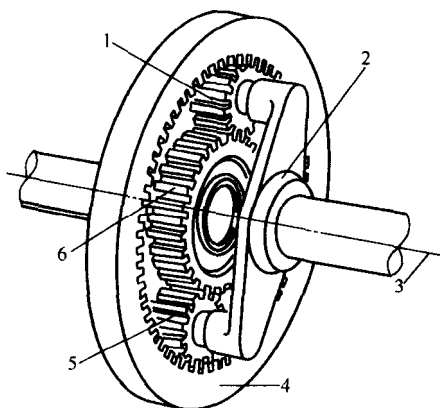


图 1-14 简单的行星齿轮机构

1, 5—行星齿轮；2—行星架组件；3—传动轴线；4—齿圈；6—太阳轮

液力变矩器将发动机的动力传递给三元件之一，若另外两元件中的一件被固定，则动力由另一件输出。由此可知，行星齿轮机构有多条动力传递路线。动力经不同路线传递可得到不同的传动比。动力传递路线取决于三元件的相对运动状态。其中行星齿轮有三种运动方式，一是行星齿轮静止不动，随着行星架绕太阳轮旋转——公转；二是在静止的行星架上绕行星齿轮轴旋转——自转；三是既有自转又有公转。动力传递路线不同，行星齿轮的运动状态是不同的。