

第一章 自动变速器概述

汽车从诞生至今的 100 余年期间，汽车工业从无到有，以惊人的速度向前发展。汽车对人的生活方式起了很大的影响，人类的生活需求又对汽车的发展产生了极大的推动作用。随着人民生活水平的提高，对汽车性能的要求也越来越高。希望汽车更快捷、舒适、安全、可靠。电喷发动机和自动变速器的装用使人们以前的许多梦想得以实现，然而它们的维修却比较复杂，这就需要许多人懂得自动变速器的原理与检修。

第一节 自动变速器的发展、应用和优点

一、自动变速器的发展

自汽车诞生以来，汽车行驶速度的改变一直采用机械式变速器，也就是用手操纵变速杆换挡变速。我们都知道，手动变速器因采用机械传动，故传动效率高、工作可靠、结构简单，但因其动载荷大，易使零件过早地磨损。特别是手动变速器要求驾驶员在外界条件比较复杂的情况下，频繁地操纵离合器、变速杆和加速踏板，增加了驾驶员的负担，使驾驶员易于疲劳，也不利于安全行车，而且在上坡或起步时，稍有不慎发动机就会熄火。随着汽车工业的发展，出现了自动变速器。汽车工程师经历了艰苦的研制、开发和改造，制造出了现在通常应用的液控、电控自动变速器。自动变速器对汽车的最大贡献是安全、可靠和容易操作。

液力传动于 20 世纪初发明于欧洲，最初用于船舶制造业，在第一次世界大战后，便开始应用于陆用车辆。起先，液力传动主要应用于公共汽车，直接采用船用变矩器。随后美国 GM 汽车公司采用了这种变矩器，1937 年开始用于内燃机车，到第二次世界大战期间，又应用在许多军用汽车和专用汽车上。此后，美国开始了自行研制工作，液力传动的研究中心从欧洲移到了美国，并在美国得到了很大的发展。作为最初批量生产的液力自动变速器是 1938 年推出的，它将行星齿轮式变速器与液力偶合器组合，用液压力进行自动变速，是现在自动变速器的原型。1942 年美国又成功地研制出一种两档的液力机械自动变速器，1947 年 GM 公司最先将液力传动用于批量生产的小客车上，第二年便把这些小客车用液力传动件定为标准部件，并逐渐应用到该公司生产的其他车型上。1948 ~ 1950 年期间，汽车液力传动进入一个新阶段，出现了可根据车速和加速踏板位置进行自动换挡的自动变速器，此时液力自动变速器已基本定型。

近 40 年自动变速器得到了空前的发展，装有自动变速器的车辆已越来越多，特别是高级轿车基本全部装用电控自动变速器。从发展趋势上来看，自动变速器是采用简单的液力传动与多档机械自动变速器组合，在控制方式上，由手动-半自动-全自动-电子操纵控制系统并向智能化方向发展，自动变速器的档位数从二速-三速-四速-五速自动变速器也即将出现，同时利用各种方法，扩大与改善液力传动的自动调节性能范围，以实现简化操纵的目的。

二、自动变速器的应用

液力传动装置自 20 世纪问世以来已有 80 余年，目前在国内外许多工业部门中得到了广泛应用。据 1973 年统计资料表明，在世界各国生产的载质量为 30t ~ 80t 范围内的重型汽车上，

采用液力传动的车型占 95%以上。

1975 年西欧及美国的商用汽车自动变速器在全部商用车中的比例如表 1-1 所示。

商用车中采用自动变速器的比例

表 1

车 型	国 家	自动及半自动液力变速器所占比例(%)	
		西 欧	美 国
重型牵引车		80	80
越野汽车		80	80
市内客车		85	100
大型公共汽车		90	100

美国三大汽车公司自动变速器的装车率，1983 年通用公司达到 94% 福特公司达到 74%，克莱斯勒公司达到 86%，1988 年都达到了 94% 以上 而到了 1998 年城市内行驶的汽车几乎 100%的装用了自动变速器。

原联邦德国奔驰汽车公司生产的轿车，1978 年装自动变速器的汽车，发动机排量 4.5L 以上的占 100%，3.5L 以下的占 80%。

素来以结构紧凑、价格及油耗低著称于世的日本轿车，液力自动变速器装车率不断增长。1982 年大、中、小三种客车平均占 26% 到 1986 年增至 41%，1992 年增至 60%，1998 年基本全部普及。

我国应用液力传动始于 20 世纪 50 年代 自行研制出了内燃机车和红旗 CA770 三排座高级轿车的液力传动系统。随后液力传动也在我国获得了一定发展，但发展速度要落后于发达国家。

三、自动变速器的优点

尽管长期以来 人们认为自动变速器存在结构复杂、工艺要求高、造价昂贵、传动效率低等缺点 但总的来说优点是主要的 且随着科技的进步 那些缺点都能解决 所以近年来国外采用自动变速器的车辆日益增多。

汽车上配用了自动变速器以后 与手动变速器相比 具有以下几个明显的优点：

- (1) 消除了离合器操作和频繁的换档，使驾驶操作简便省力，提高了行车的安全性。
- (2) 提高了发动机和传动系的寿命。因采用液力传动，发动机和传动系是弹性连接，能缓和冲击 有利于延长相关零件的寿命，一般是传统部件的两倍以上。
- (3) 能自动适应行驶阻力的变化，在一定范围内实现自动换档，提高了汽车的动力性和经济性 可节油 5% ~ 22%。
- (4) 汽车起步加速更加平稳，能吸收和衰减换档过程中的振动和冲击，提高了乘车的舒适性。
- (5) 由于避免了驾驶员的换档操作，汽车的加速性能更好。
- (6) 可避免因外界负荷突增而造成过载和发动机熄火现象，并且可以降低排放污染。

第二节 自动变速器的类型

不同车型所装用的自动变速器在型式、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 1-1 所示。

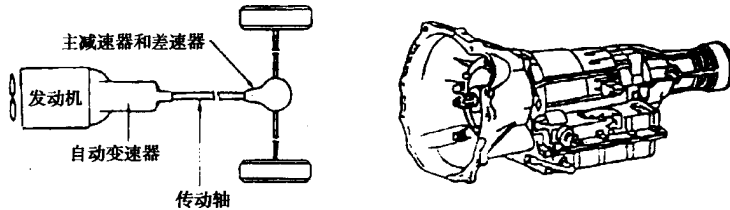


图 1-1 后驱动自动变速器

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 1-2 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。

2. 按自动变速器前进档的档位数分类

自动变速器按前进档的档位数的不同，可分为两个前进档、三个前进档、四个前进档三种，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档和三个前进档，这两种自动变速器都没有超速档，其最高档为直接档。新型轿车装用的自动变速器基本上都是四个前进档，即设有超速档。这种设计虽然使自动变速器的构造更加复杂，但由于设有超速档，大大改善了汽车的燃油经济性。

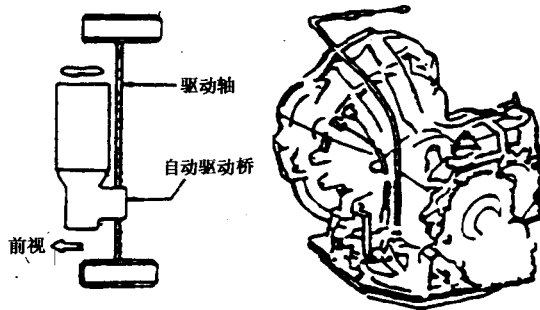


图 1-2 前驱动自动变速器

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，行星齿轮式又可分为辛普森式和拉维奈尔赫式。

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 and 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，按照设定的换档规律，通过控制换档执行元件的动作，实现自动换档，如图 1-3 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 按照设定的换档规律 向换档电磁阀、油压电磁阀等发出电子控制信号，换档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，控制换档执行元件的动作，从而实现自动换档 如图 1-4 所示。

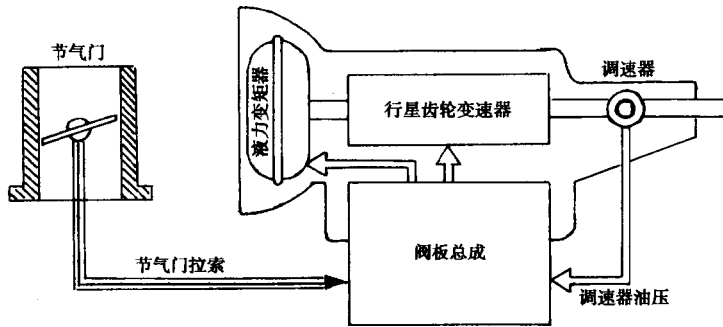


图 1-3 液力自动变速器控制过程示意图

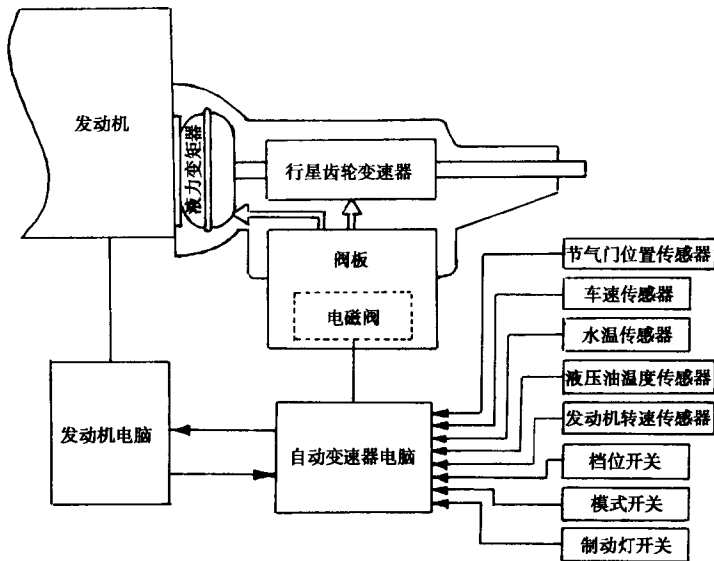


图 1-4 电子控制自动变速器控制过程示意图

第三节 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 1-5 所示。

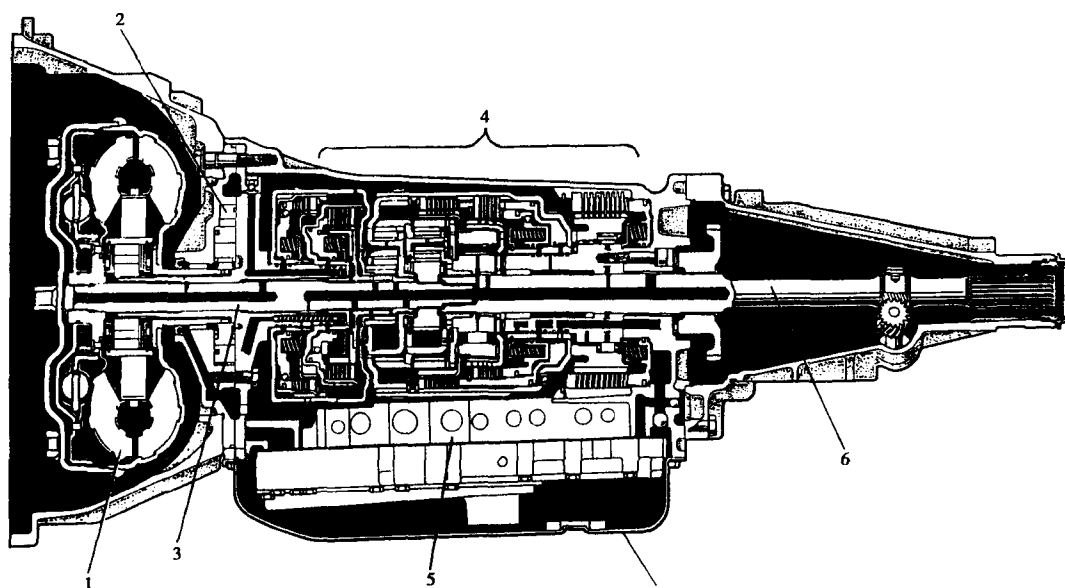


图 1-5 自动变速器的组成

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

(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档执行机构。齿轮变速机构可以使变速器实现不同的传动比，使之处于不同的档位，大部分汽车的齿轮变速机构有 3~4 个前进档和 1 个倒档。这些档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。换档执行机构制动或放松某个换档执行元件，完成固定或放松行星齿轮系统的齿圈、行星架和太阳轮 从而实现各档传动。

(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、换档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档杆改变阀板内手控阀的位置，液压控制系统接受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档执行元件的工作，实现自动换档。

(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，电脑接受到这些信号后就根据既定的换档规律向换档电磁阀和油压电磁阀发出指令，使它们动作。这样一来阀板中的各种阀就使换档执行元件动作，从而实现自动换档。

(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。

第四节 自动变速器的使用

一、自动变速器选档杆的使用

自动变速器是由驾驶员通过驾驶室里的选档杆来操作的。选档杆布置在转向柱上或地板上，不论布置在哪儿，选档杆都有5~8个档位。图1-6是一种有六个档位的自动变速器选档杆。目前大部分轿车自动变速器的选档杆都是采用这种布置方式。自动变速器选档杆档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，选档杆的档位与自动变速器本身所处的档位是两个完全不同的概念。实际上，选档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档位则是由换档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，首先应当了解自动变速器选档杆各个档位的含义。

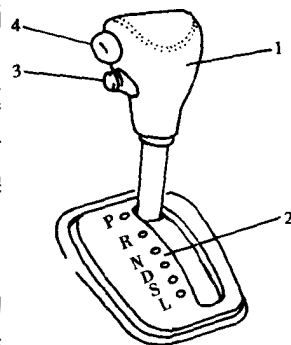


图 1-6 自动变速器的选档杆
1.选档杆;2.档位;3.超速档开关;4.锁止按钮

1. 停车档 (P 位)

停车档通常位于选档杆的最前方。当选档杆位于该位置时，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。同时换档执行机构使自动变速器处于空档状态。当选档杆离开停车档位置时，停车锁止机构即被释放。

2. 空档 (N 位)

空档通常位于选档杆的中间位置，在倒车档和前进档之间。当选档杆位于空档位置时，换档执行机构和停车档相同，也是使自动变速器处于空档状态。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。

3. 前进档 (D 位)

前进档位于空档之后，大部分轿车自动变速器在选档杆位于前进档位置时可以实现四个不同传动比的档位，即1档、2档、3档和超速档，其中1档传动比最大，2档次之，3档为直接档，传动比为1，超速档的传动比小于1。汽车在行驶的过程中，如果选档杆位于前进档位置，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，按照设定的换档规律自动变换档位。

4. 倒档 (R 位)

倒档位于停车档和空档之间，当选档杆位于倒档位置时，换档执行机构使自动变速器实现倒档。

5. 前进低档 (S 和 L 位)

前进低档通常有两个位置，即图1-6中的S位和L位，当选档杆位于这两个位置时，自动变速器的控制系统将限制前进档的变化范围。当选档杆位于S位时，自动变速器只能在1档、2档、3档之间自动变换档位。当选档杆位于L位时，自动变速器只能固定在1档。有的车型将S位标为2位，L位标为1位，其含义是相同的。

二、自动变速器控制开关的使用

新型自动变速器除了可用选档杆进行换档控制外，还可以通过选档杆或汽车仪表盘上的一些控制开关进行一些其他的控制。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：

1. 超速档开关 (O/D 开关)

此开关用来控制自动变速器的超速档。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。此时若选档杆位于 D 位,自动变速器随着车速的提高而升档时,最高可升入 4 档(即超速档)该开关关闭后,超速档控制电路被断开,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档时,最高只能升入 3 档,不能升入超速档。

2. 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档规律。常见的自动变速器的控制模式有以下几种:

(1) 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档规律的。当自动变速器在经济模式状态下工作时,其换档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。

(2) 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档规律的。当自动变速器在动力模式下工作时,其换档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。

(3) 标准模式 (NORMAL): 标准模式的换档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。

3. 保持开关

有些电子控制自动变速器设有保持开关(如日本 JATCO 公司生产的 R4A-EL 自动变速器)这种开关通常位于选档杆上如图 1-6 所示。按下这个开关后,自动变速器便不能自动换档,其档位完全取决于选档杆的位置:当选档杆位于 D 位、S 位、L 位时,自动变速器分别保持在 3 档、2 档、1 档。汽车在雪地上行驶时,可按下这个开关,用选档杆选择档位,以防止驱动轮打滑。

三、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,因此在使用操作上有许多不同之处。

1. 起动

(1) 正常起动:起动发动机时,应拉紧驻车制动或踩住制动踏板,将自动变速器的选档杆置于 P 位或 N 位,此时将点火开关转至起动位置,才能使起动电机转动。在选档杆位于 P 位和 N 位之外的其他任何位置上时,都不能起动。

(2) 汽车途中熄火后起动:装有自动变速器的汽车在行驶途中突然熄火时,选档杆位于行驶档位置,此时若转动点火开关起动,起动电机将不会转动,必须将选档手柄移至 P 位和 N 位后才可起动。

2. 起步

(1) 发动机起动后,必须停留几秒后才能挂档起步。

(2) 起步时应先踩住制动踏板,然后再挂档,并查看所挂档位是否正确,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。

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

3. 一般道路行驶

(1) 装有自动变速器的汽车在一般道路上向行驶时，应将选档杆置于 D 位 并打开超速档开关。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，选择合适的档位。超速驱动时必须是在平路上小负荷，且具备一定的车速。

(2) 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上。加速时应平稳缓慢地加大油门，并尽量让节气门开度保持在小于 1/2 开度的范围内。也可以采用“提前升档”的操作方法，即：汽车起步后，先以较大的油门将汽车加速到 20km/h ~ 30km/h 然后将加速踏板很快的松开，并持续 2s ~ 3s 这时自动变速器就能立即从 1 档升至 2 档 当感觉到升档后 再将加速踏板踩下 继续加速 从 2 档升至 3 档也采用这种方法。这种操作方法能让自动变速器较早地升入高 1 档，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。

(3) 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，还可以采用“强制降档”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档位，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。“强制降档”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，很容易造成碎裂和粘接，若非特殊需要，不宜经常使用。

4. 倒车

(1) 在汽车完全停稳后，将选档杆移至 R 位。

(2) 在平路上倒车时，可完全放松加速踏板，以怠速缓慢倒车。

(3) 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。

5. 坡道行驶

(1) 在一般坡道上行驶时，可按一般道路行驶的方法，将选档杆置于 D 位，用加速踏板或制动踏板来控制上下坡车速。

(2) 如果汽车以超速档在坡道行驶，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档降到 3 档 到 3 档后 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档。这样 若坡道较长 将重复上述过程 即形成“循环跳档”加剧了自动变速器中摩擦片的磨损。在这种情况下，可将超速档开关关闭，限制超速档的使用，汽车就能在 3 档稳定地加速上坡。若坡道较陡，汽车在 3 档和 2 档之间“循环跳档”只要将选档杆置于 2 档位置 即可使自动变速器在 2 档稳定地行驶。

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，可将选档杆置于 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，自动变速器中有的档位有发动机制动，有的无发动机制动。要注意不能在车速较高时将选档杆从 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，再将选档杆从 D 位换至 S 位或 L 位。

一般空车下 8% ~ 10% 坡度时 可以用 S 档 重车下 8% ~ 10% 坡度时 必须用 L 档 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，若选档杆置于 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档的现象，从而进

一步加剧了驱动轮的打滑。此时可将选档杆置于 S 位或 L 位 限制自动变速器的最高档位 即可利用节气门开度来控制车轮的转速，防止驱动轮打滑。设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，用选档杆来选择适当的档位行驶。

8. 临时停车

汽车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，可让选档杆保持在 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，最好把选档杆换到 N 位 拉紧驻车制动停车 以免造成自动变速器油温过高。

9. 停放

汽车停放好后，应踩住制动踏板，将选档杆移至停车档位置，并拉紧驻车制动，然后关闭点火开关 熄火。

四、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：

(1) 档位选择及其使用方法：液力自动变速器的档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档位置数多少不等，选档杆位置数与自动变速器本身档位数不是一回事 也不等。轿车自动变速器的档位 通常为 3~5 档。

在驾驶时 如无特殊需要 不要将选档杆在 D 位、S 位、L 位之间来回拨动 特别要禁止在行驶中将选档杆拨入 N 位（空档）或在下坡时用空档滑行。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（即由低档位换至高档位）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档杆的位置。但是，如果要按‘D 位 S 位 L 位’的顺序（即由高档位换至低档位）变换选档杆的位置 必须让汽车减速至车速低于相应的升档车速后才能进行。如果将选档杆由高档位换至低档位时的车速过高，就相当于人为的手动强制低档，这样不但汽车会受到发动机的强烈制动作用，而且相应的低档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”的降档操作时 也必须按下锁止按钮，否则选档杆将被锁住而无法由高档位向低档位移动。

(2) 前进档与倒档互换：当汽车还没有完全停稳时，不允许从前进档换至倒档，也不允许从倒档换到前进档，否则会损坏自动变速器中的摩擦片和制动带。

(3) 停车：一定要在汽车完全停稳后才能将选档杆拨入停车档位置，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。

(4) 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档杆上都有一个锁止按钮（图 1-6）。在进行下列换档操作时，必须按下锁止按钮，否则选档杆将被锁止而不能移动：

由 P 位换至其他任何档位或由其他任何档位换至 P 位。

由任何档位换至 R 位。

(5) 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档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 接通前进档和倒档时在 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。在倒档时，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。

第二章 自动变速器的结构和工作原理

自动变速器的结构和工作原理十分复杂，而且不同车型的自动变速器在结构上往往有很大的差异。本章将分别介绍自动变速器各部分的常见类型及结构特点，并详细分析其工作原理，为以后几章介绍典型车型自动变速器的检修提供必要的基础知识。

第一节 液力耦合器和液力变矩器

在动力传递过程中，若利用液体作为工作介质来传递能量，则在该传动系统中有液体传动。液体在运动中所具有的液体能一般表现为：动能、压能和位能。在液体传动装置中，液体相对位置高度变化小，位能可以忽略，能量变换主要表现为动能和压能，故液体传动可分为液压传动和液力传动。

液压传动——传动系统中主要依靠工作液体压能的变化来传递动力，即为液压传动。利用工作液体压能的变化来传递或变换能量的元件称为液压元件，如液压泵、液压马达。

液力传动——传动系统中主要依靠工作液体动能的变化来传递动力，即为液力传动。利用工作液体动能的变化来传递动力或变换能量的元件称为液力元件，如：液力耦合器和液力变矩器。

一、液力耦合器

1. 液力耦合器的工作原理

液力耦合器是一种液力传动装置，若忽略机械损失，输出力矩与输入力矩相等。采用它的目的有两个：一个是防止发动机过载；一个是调节工作机构的转速。液力耦合器的结构如图 2-1 所示 它由泵轮 3 和涡轮 4 两个工作轮组成。这两个工作轮是能量转换和动力传递的基本元件。泵轮 B 和涡轮 W 具有相同内、外径 都安装有径向排列的叶片 泵轮和涡轮相对安装 两者端面间留有 3mm ~ 4mm 间隙，没有机械联系。泵轮与涡轮装合后成为一整体 其轴线断面一般为圆形 称为循环圆 内腔充满工作液。

当发动机带动泵轮旋转时，发动机的动力经输入轴 1 传给泵轮 3 驱动泵轮以转速 n_B 转动。由于泵轮叶片的作用，使耦合器内部的工作液也随叶片一起绕轴线旋转，在离心力的作用下，迫使工作液沿叶片间通道从半径较小的内缘处向半径较大的外缘处流动，此时，叶片外缘处工作液的动能和压能都大于叶片内缘处工作液的动能和压能，其动能的差值取决于泵轮的内外缘半径差和泵轮的转速。工作液在到达叶片外缘时，已成为具有一定压力和速度的高速液流，并将发动机的机械能转换为工作液的动能。泵轮 3 是主动元件 涡轮 4 是被动元件。在一般情况下 涡轮的转速总是低于泵轮的转速，因此，泵轮外缘处工作液的能量大

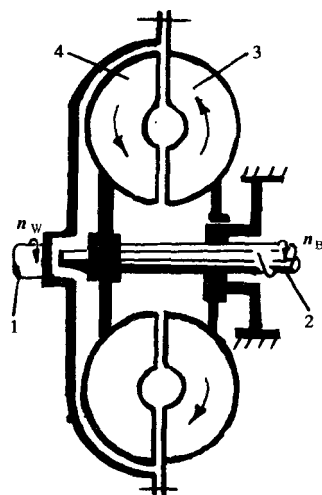


图 2-1 液力耦合器示意图
1-输入轴；2-输出轴；3-泵轮；4-涡轮

于涡轮外缘处工作液能量。在此能量差作用下，离开泵轮后的高速液流紧接着流入涡轮，并作用于涡轮叶片，当克服涡轮转动所产生的阻力和负载时，推动涡轮以转速 n_w 转动，转动的方向与泵轮相同，使涡轮获得一定的机械能，经输出轴 2 输出，将液体的动能转换为涡轮输出轴上的机械能。

泵轮和涡轮封闭在一个整体内，工作时，工作液在离心力的作用下甩向泵轮外缘是做离心运动，工作液冲击到涡轮外缘，随后沿着涡轮叶片间通道向涡轮内缘流动是做向心运动，又返回到泵轮的内缘，被泵轮再次甩向外缘。工作液就这样从泵轮流向涡轮，又从涡轮返回泵轮，如此不断循环，形成沿轴线断面循环圆的环流。

由上述分析，可以得到以下两点重要的结论：

其一，工作液在液力偶合器中同时具有两种旋转运动，一种是随同工作轮一起，做绕工作轮轴线的圆周运动(牵连运动)另一种是由泵轮到涡轮又从涡轮返回到泵轮反复循环工作液沿工作腔循环圆作环流运动-轴面循环圆运动(相对运动)如图 2-2a)所示。故工作液的绝对运动是两种旋转运动的合成，运动方向是斜对着涡轮冲击涡轮叶片，这样油液质点的流线是一条首尾相接的环形螺旋线，如图 2-2b)所示。

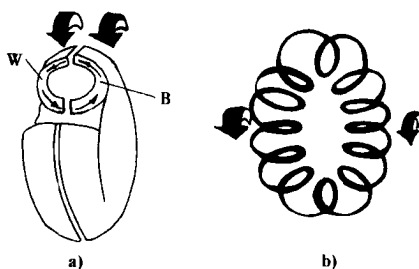


图 2-2 液力偶合器内液流运动
a)两种旋转运动;b)两种旋转运动合成

其二，工作液沿循环圆做环流运动是液力偶合器能够正常传递动力的必要条件。

为了能形成循环圆的环流运动，泵轮和涡轮之间必须存在转速差，即泵轮转速 n_B 必须大于涡轮转速 n_w 。转速差越大，泵轮外缘处与涡轮外缘处能量差愈大，工作液传递的动力也愈大。若泵轮与涡轮两者转速相等，泵轮与涡轮外缘处的能量差消失，循环圆内工作液的循环流动停止，液力偶合器就不能传递动力了。

2. 液力偶合器的特性

根据上述液力偶合器的结构和工作原理可知，在液力偶合器中只有泵轮和涡轮两个工作轮，液体在循环流动的过程中，除了与泵轮和涡轮之间的作用之外，没有受到其他任何附加的外力，根据作用力与反作用力相等的原理，工作液作用在涡轮上的转矩应等于泵轮作用在工作液上的转矩，即发动机传给泵轮的转矩与涡轮输出的转矩相等。因此，液力偶合器传动的特点是仅起传递转矩的作用而不能改变转矩的大小。

液力偶合器在传递能量过程中，必然有能量损失，其传动效率可由以下公式确定：

$$\eta = M_w \cdot n_w / M_B \cdot n_B \quad (2-1)$$

因为液力偶合器仅起传递转矩作用， $M_w = M_B$ 则有：

$$\eta = n_w / n_B = i \quad (2-2)$$

式中： η ——传动效率；

M_B ——泵轮轴输入转矩；

M_w ——涡轮轴输出转矩；

n_B ——泵轮转速；

n_w ——涡轮转速；

i ——液力偶合器传动比，即输出轴转速与输入轴转速之比。

由式 2-2 可见，液力耦合器的传动效率是涡轮转速与泵轮转速之比。因为液力耦合器在正常工作时，泵轮转速大于涡轮转速，故其传动效率随涡轮与泵轮之间转速差而变。两者转速差越大，传动效率越低；反之，两者转速比较接近，传动效率较高。具体言之，在汽车起步之前，涡轮转速 $n_w = 0$ ，此时传动效率为零。当汽车起步之后，涡轮转速 n_w 逐渐增加，二者转速差逐渐缩小，其传动效率亦随之提高。这是液力耦合器的一个重要特性，即传动效率随传动比增大而提高。但必须指出的是，根据式 2-2 若传动比 $i=1$ 时，传动效率 η 为 100%，但实际上这是不可能的，当涡轮转速等于泵轮转速时，泵轮叶片出口与涡轮叶片入口处液体压差为零，不存在环流，因而液力耦合器已失去传递动力的作用，所以当传动比 i 接近等于 1 时，传动效率突然降为零，这说明液力耦合器的传动效率永远达不到 100%。图 2-3 是液力耦合器传动效率特性图。

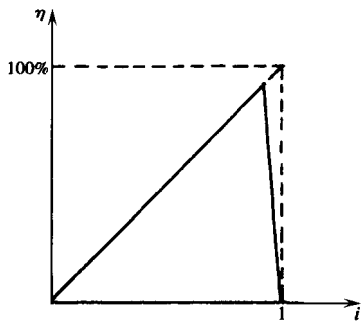


图 2-3 液力耦合器效率特性

液力耦合器曾在早期少数几种车型的自动变速器上使用过，由于其在减速的同时不能起到增加转矩的作用，而且在汽车低速行驶时，传动效率很低，所以目前采用液力耦合器的车型甚少。但是它所具有的高传动比工况下有较高传动效率的特性在综合式液力变矩器中得到了充分利用。

液力变矩器的结构与液力耦合器基本相似，但在泵轮和涡轮之间加入了一个固定不动的工作轮——导轮。图 2-4 是液力变矩器的结构示意图，它主要由可旋转的泵轮 5 和涡轮 6 以及固定不动的导轮 7 等三个元件组成。主要零件如图 2-5 所示。各工作轮用铝合金精密铸造，或用钢板冲压焊接而成。泵轮与变矩器壳连成一体，用螺栓固定在发动机曲轴后端的凸缘上或飞轮上，壳体做成两半，装配后焊成一体或用螺栓连接，涡轮通过从动轴与变速器的其他部件相连，导轮则通过导轮轴与变速器的固定壳体相连。所有工作轮在装配后，形成断面为循环圆的环状体。泵轮、涡轮和导轮是液力变矩器转换能量、传递动力和改变转矩必不可少的基本工作元件。

二、液力变矩器

由于液力耦合器仅能起到传递动力的作用，不能改变转矩的大小，因此，现代汽车已很少采用，目前汽车上广泛采用的是液力变矩器。

1. 液力变矩器的基本结构

液力变矩器的结构与液力耦合器基本相似，但在泵轮和涡轮之间加入了一个固定不动的工作轮——导轮。图 2-4 是液力变矩器的结构示意图，它主要由可旋转的泵轮 5 和涡轮 6 以及固定不动的导轮 7 等三个元件组成。主要零件如图 2-5 所示。各工作轮用铝合金精密铸造，或用钢板冲压焊接而成。泵轮与变矩器壳连成一体，用螺栓固定在发动机曲轴后端的凸缘上或飞轮上，壳体做成两半，装配后焊成一体或用螺栓连接，涡轮通过从动轴与变速器的其他部件相连，导轮则通过导轮轴与变速器的固定壳体相连。所有工作轮在装配后，形成断面为循环圆的环状体。泵轮、涡轮和导轮是液力变矩器转换能量、传递动力和改变转矩必不可少的基本工作元件。

2. 液力变矩器的工作原理

液力变矩器转换能量、传递动力的原理与液力耦合器基本相同，其根本区别就在于液力变矩器增加了一个工作轮——导轮。发动机运转时，带动液力变矩器的壳体和泵轮与之一同旋转，泵轮内的工作液在离心力的作用下，由泵轮叶片外缘冲向涡轮，并沿涡轮叶片流向导轮，再经导轮叶片流回泵轮叶片内缘，形成循环的液流。由于多了一个固定不动的导轮，在液体循环流动的过程中，固定不动的导轮给涡轮一个反作用力矩，从而使涡轮输出转矩不同于泵轮输入转矩，具有“变矩”功能。下面简述其变矩工作原理。

为了方便起见，用液力变矩器工作轮的展开图来说明液力变矩器的变矩工作原理。现沿

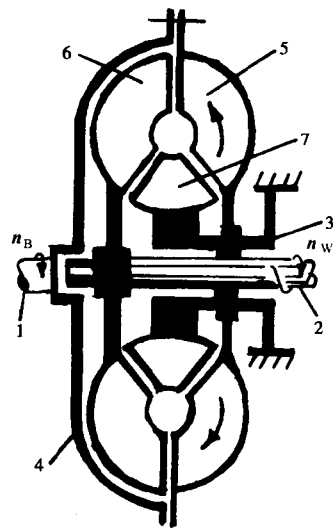


图 2-4 三元件液力变矩器示意图
1-输入轴；2-输出轴；3-导轮轴；4-变矩器壳；5-泵轮；6-涡轮；7-导轮

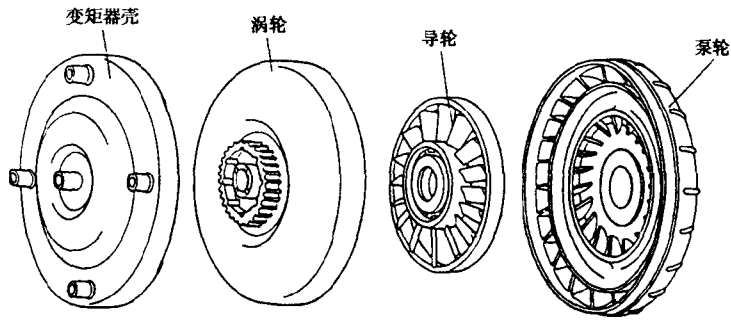


图 2-5 液力变矩器的主要零件

循环圆的中间流线展开成一直线，于是泵轮 B、涡轮 W 和导轮 D 便成为三个沿展开直线顺次排列的环形平面 如图 2-6 所示，从而使各工作轮叶片清楚地展现出来。

为了便于说明 现假设在液力变矩器的工作中 发动机的转速和负荷不变 即液力变矩器的泵轮转速 n_B 和转矩 M_B 为常数。

1) 在汽车起步之前

在汽车起步之前，涡轮转速 $n_w = 0$ ，发动机通过液力变矩器的壳体带动泵轮旋转，并对工作液产生一个大小为 M_B 的转矩，该转矩即为液力变矩器的输入转矩。液力变矩器内的工作液在泵轮叶片带动下，以一定的绝对速度 v_B 冲向涡轮叶片 如图 2-7 所示。绝对速度 v_B 是泵轮的圆周速度 v_{B1} 和沿泵轮叶片的相对速度 v_{B2} 的合成速度 因此时涡轮静止不动 液流沿涡轮叶片流出冲向导轮叶片，如图中箭头 v_w 所示，这即是液流质点在涡轮叶片的相对速度，也是液流质点的绝对速度，然后液流再沿固定不动的导轮叶片沿箭头 v_D 方向回到泵轮中。液流流经导轮叶片时，因受叶片作用，使液流的方向发生变化。以工作液作为研究对象，设泵轮、涡轮和导轮对液体的作用力矩分别为 M_B 、 M_w 和 M_D 根据液流的力矩平衡条件 可得：

$$M_w = M_B + M_D \quad (2-3)$$

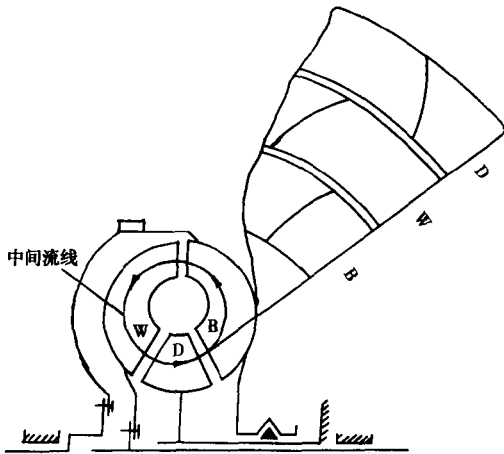


图 2-6 液力变矩器工作轮展开图

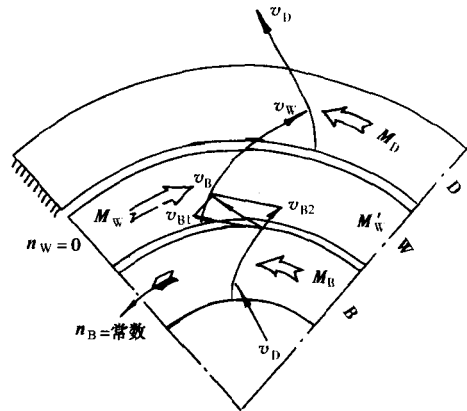


图 2-7 液力变矩器工作原理图 ($n_w = 0$ 时)

由于工作轮对液流的作用力矩 M_w 与液流对工作轮冲击力矩 M'_w 方向相反 大小相等 即 $M'_w = -M_w$ 故有：

$$M'_w = M_B + M_D \quad (2-4)$$

由式 2-4 可见，液流对涡轮的冲击力矩 M'_w 即输出力矩 大于泵轮输入力矩 M_B 。这是由于涡轮不但受来自泵轮液流冲击，而且受因导轮改变流向的液流的反作用力矩，所以液力变矩器起了增大力矩的作用。导轮反作用力矩的大小及方向都是随涡轮转速的变化而变化，故液力变矩值也随之变化。

2 在汽车起步之后

当涡轮输出的力矩经传动系传到驱动轮上所产生的驱动力足以克服汽车起步阻力矩时，汽车即起步并开始加速，因而与之相连的涡轮转速 n_w 也从零逐渐增加。在涡轮转动之后，液流在涡轮出口处不仅具有沿叶片方向的相对速度 v_{w2} ，而且具有沿圆周切线方向的牵连速度 v_{w1} 所以 此时冲向导轮叶片的液流速度 v_w 是上述两者的合成速度，如图 2-8 所示。

假设泵轮转速不变，则液流在涡轮出口处相对速度 v_{w2} 不变。在汽车起步之后，涡轮转速的变化 引起牵连速度 v_{w1} 的变化 由图 2-8 可知，冲向导轮叶片液流的绝对速度 v_w 将随涡轮转速 n_w 的增加 即随牵连速度 v_{w1} 的增加而逐渐向左倾斜，冲向导轮叶片的液流方向愈向左倾斜，导轮所受的冲击力愈小，导轮对液流反作用力矩也愈小，液力变矩器增矩值随之减少。这就说明，液力变矩器增矩值随涡轮转速的提高而减少。

当涡轮转速增大至某一数值时，涡轮出口处的液流绝对速度 v_w 方向与导轮叶片平行，即正好沿导轮叶片出口的方向，由于从涡轮流出的液流流经导轮后其流向不变，导轮对液流的反作用力矩为零 即 $M_D = 0$ 由式 2-4 可以知道 $M'_w = M_B$ ，即涡轮的输出力矩等于泵轮对液流的作用力矩。在这种情况下，液力变矩器由变矩工况转化为偶合工况。

3) 涡轮转速进一步增大

如果涡轮转速进一步增大，涡轮出口处液流绝对速度 v_w 方向将进一步向左倾斜，如图 2-9 所示。当涡轮转速超过前述偶合工况的转速时，液流便冲击到导轮叶片的背面，此时导轮对液流反作用力矩的方向与泵轮对液流的作用力矩的方向相反，即 $M'_w = M_B - M_D$ 故涡轮输出力矩反而小于泵轮输入力矩。

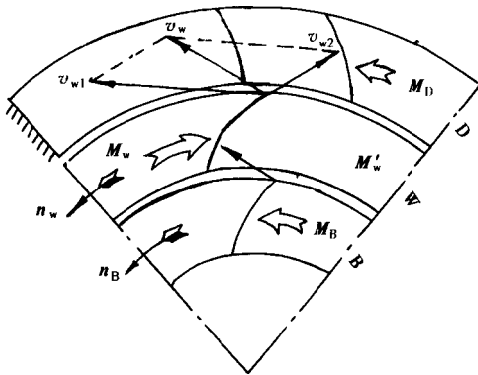


图 2-8 液力变矩器工作原理图 (n_w 逐渐增加时)

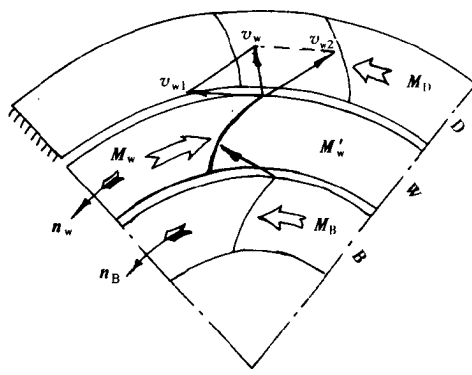


图 2-9 液力变矩器工作原理图 (n_w 足够大时)

4) 涡轮转速与泵轮转速相等时

当涡轮转速增大至与泵轮转速相等时，油液在循环圆中循环流动即停止，液力变矩器便失去传递动力的能力。

由以上分析，可以得到如下三点重要的结论：

其一 液力变矩器由泵轮(主动轮)涡轮(被动轮)和导轮等三个工作轮组成，它们是转换能量、传递动力和变矩必不可少的基本元件。

泵轮——使发动机的机械能转换为液体能量；

涡轮——将液体能量转换为涡轮轴上的机械能；

导轮——通过改变液体的方向而起变矩作用。

其二 与液力偶合器一样 液力变矩器中液体同时绕工作轮轴线作旋转运动和沿循环圈作轴面循环运动 轴面循环按先经泵轮 后经涡轮和导轮 最后又回到泵轮的顺序 进行反复循环。

其三，液力变矩器效率随涡轮的转速而变化。

当涡轮转速为零时 增矩值最大 涡轮输出转矩等于泵轮输入转矩与导轮反作用转矩之和。

当涡轮转速由零逐渐增大时，增矩值随之逐渐减少。

当涡轮转速达到某一值时，涡轮出口处液流直接冲向导轮的出口处，液流不改变流向，此时液力变矩器变为液力偶合器，涡轮输出力矩等于泵轮输入力矩。

当涡轮转速进一步增大时，涡轮出口处液流冲击导轮叶片背面，此时液力变矩器的涡轮输出力矩小于泵轮的输入力矩，其值等于泵轮的输入力矩和导轮的反作用力矩之差。

当涡轮转速与泵轮转速相同时，液力变矩器失去传递动力的功能。

3. 液力变矩器的特性

液力变矩器的特性，可用几个与外界负荷有关的特性参数或特性曲线来评价。描述液力变矩器的特性参数主要有传动比、变矩系数、效率和穿透系数等 描述液力变矩器的特性曲线主要有外特性曲线、原始特性曲线和输入特性曲线。在此 仅就主要的特性参数和特性曲线作一介绍。

1) 液力变矩器的特性参数

(1) 传动比 i_{WB}

液力变矩器传动比 i_{WB} 是涡轮转速 n_w 输出转速 与泵轮转速 n_B 输入转速 之比 传动比用来描述液力变矩器的工况。其数学表达式为：

$$i_{WB} = n_w/n_B \quad (2-5)$$

(2) 变矩系数 K

液力变矩器变矩系数 K 是涡轮转矩 M_w 和泵轮转矩 M_B 之比，变矩系数用来描述液力变矩器改变输入转矩的能力。其数学表达式为：

$$K = M_w/M_B \quad (2-6)$$

由上节变矩器原理分析可知，变矩系数 K 是随涡轮转速 n_w 或者说是随传动比 i_{WB} 而变化的。 $K > 1$ 时 称为变矩工况 当 $K = 1$ 时 称为偶合工况 当涡轮转速 $n_w = 0$ 即传动比 $i_{WB} = 0$ 时 这种工况相当于汽车起步之前 故称为失速工况 也称为起工况 或制工况)在此工况下变矩系数为最大 (K 值一般为 1.9~5)。目前，汽车常用液力变矩器的变矩系数约 2~2.3。

(3) 效率 η

液力变矩器效率 η 是涡轮轴输出功率 N_w 与泵轮输入功率 N_B 之比。其数学表达式为：

$$\eta = N_w/N_B \quad (2-7)$$

因为功率等于转速与转矩的乘积，上式可改写为：

$$\begin{aligned} \eta &= N_w/N_B \\ &= M_w n_w / M_B n_B \\ &= K i_{WB} \end{aligned} \quad (2-8)$$

由式 (2-8) 可见，液力变矩器的效率等于变矩系数与传动比的乘积。

(4) 液力变矩器的穿透性

液力变矩器的穿透性是指变矩器和发动机共同工作时，在节气门开度不变的情况下，变矩器涡轮轴上的载荷变化对泵轮转矩和转速（即发动机工况）影响的性能。具体地说，在上述情况下，若涡轮轴上转矩和转速出现变化而发动机工况不变时，这种变矩器称为是不可透的，反之则称为是可透的。汽车自动变速器上采用的液力变矩器是可透的，当涡轮因负荷增大而转速下降时，传动比随之下降，从而使发动机的负荷也增大。

2) 液力变矩器特性曲线

(1) 外特性及外特性曲线

外特性是指泵轮转速和转矩不变时，液力元件特性参数与涡轮转速的关系。一般称泵轮转矩不变时，涡轮转矩与涡轮传动比的关系曲线为外特性曲线。图 2-10 表示泵轮转矩 M_B 和泵轮转速 n_B 为定值，涡轮转矩 M_w 与涡轮转速 n_w 的关系。

由图 2-10 可见，液力变矩器涡轮输出转矩 M_w 随涡轮转速 n_w 的变化而变化。实际上，涡轮的转速是随汽车的行驶阻力大小而变化的，行驶阻力增大，则涡轮转速 n_w 减小，涡轮输出转矩 M_w 增大；行驶阻力减小，则 n_w 增大，而 M_w 减小。液力变矩器这种外特性对汽车是特别适合的，当汽车起步时，此时涡轮转速 $n_w = 0$ ， M_w 达到最大值，使汽车驱动轮获得最大驱动力矩，保证汽车克服较大的起步阻力而顺利起步。当汽车上坡或遇到较大行驶阻力时，这时车速降低，涡轮转速也随之降低，涡轮输出转矩 M_w 增大，保证汽车能克服较大行驶阻力。液力变矩器的这种外特性，能够自动地适应汽车行驶情况的需要，这是液力变矩器的一个很重要的特性——自动适应性。所以，液力变矩器是一种在一定范围内能够随汽车行驶情况自动改变转矩比的无级变速器。

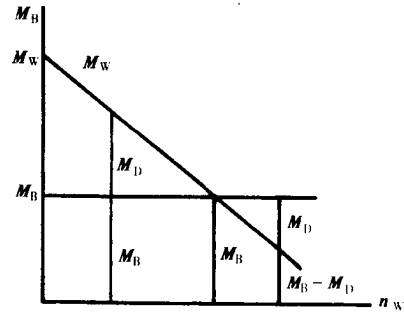


图 2-10 变矩器外特性图

如能合理的选择变矩系数，在行驶阻力变化时，可保证发动机基本稳定在选定的工况附近工作，甚至遇到很大阻力而使汽车停止前进时发动机也可以不熄火，从而提高了汽车的适应性和动力性。

(2) 原始特性曲线

原始特性曲线是泵轮转速不变时，变矩系数 K 和效率 η 随传动比 i_{wB} 变化的规律曲线。如图 2-11 所示，变矩系数 K 随传动比 i_{wB} 变化的规律曲线即 $K = f(i_{wB})$ 称为变矩特性曲线，效率 η 随传动比 i_{wB} 变化的规律曲线即 $\eta = f(i_{wB})$ 称为效率特性曲线。

由式 2-8 可知，液力变矩器的效率 η 等于变矩系数 K 与传动比 i_{wB} 的乘积，所以液力变矩器的效率是随传动比 i_{wB} 而变化的抛物线。由图 2-11 可见，当 $i_{wB} = 0$ （即 $n_w = 0$ ）时，变矩系数 K 达到最大值，因涡轮转速 $n_w = 0$ ，输出功率 $N_w = 0$ ，故传动效率 $\eta = 0$ 。当 $i_{wB} = 1$ 时，即涡轮转速与泵轮转速相同，已失去传递动力的功能，故其 K 、 η 皆等于零。液力变矩器的效率在某一工况达到最大值，偏离该工况时，效率下降，所以液力变矩器仅在一定传动比范围内具有较高的效率。

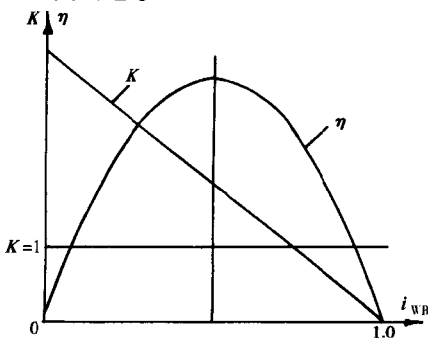


图 2-11 变矩、效率特性曲线

(3) 原始特性曲线分析

变矩器工作时，由于泵轮和涡轮的旋转及循环圆内的液体的流动，不可避免地会有能量损失。变矩器中的