

第 4 章 自动变速器

自 20 世纪 40 年代美国通用汽车公司在奥兹莫比尔汽车上装配第一台具有现代意义的自动变速器以来,自动变速器在世界各地主要汽车厂商中间获得了较大的发展。我国在自动变速器领域一直处于十分落后的状态,除了 20 世纪 70 年代长春第一汽车制造厂曾为红旗牌轿车配置自动变速器之外,接下来的 20 多年时间里国产轿车从未配置过自动变速器。1998 年,上海通用汽车公司率先在国产的别克新世纪轿车上推出了 4T65E 自动变速器,紧接着长春一汽大众在捷达王轿车上也推出了自动变速器,广州本田雅阁轿车、东风神龙富康轿车、东风风神轿车以及上海大众最新推出的帕萨特轿车都配置了自动变速器。其中,东风神龙富康轿车和长春一汽大众刚推出的捷达都市阳光型轿车都是配置 1.6 L 排量的电喷发动机,是配置自动变速器的国产轿车中发动机排量最小的车型。此外,长春一汽大众最新推出奥迪 A6,该车配置了手、自动混合控制的变速器,代表了较新的自动变速器控制技术。满足了国内不同层次消费者的需求。

4.1 自动变速器概述

4.1.1 自动变速器的特点

1. 自动变速器的优点

配置自动变速器的轿车有如下几个优点:

(1)自动变速器对驾驶员的操作技能要求不高。随着轿车的大量普及,领驾照的人也越来越多,他们的操作技能有很大的差异,尤其是女性驾驶员在体力和处理复杂路况能力往往较差,带来交通事故安全隐患。自动变速器具有“傻瓜”的操作方式,它能根据路况条件自动选择最合适的挡位行驶,减少技能和体能上差异所造成的影响。

(2)电子控制技术使自动变速器传动效率获得了极大提高。自动变速器传动效率低的问题,一直制约着自动变速器在普通型轿车上的应用。20 世纪 80 年代后期,由于电子控制技术的快速发展,电子组件的成本大幅度降低、可靠性大幅度提高,为电控自动变速器的发展创造了良好条件,变矩器“软连接”问题得到解决,极大提高了自动挡轿车的燃油经济性。

(3)自动变速器可以提高发动机排放水平。发动机工况的不断改变是造成发动机排放指标差的重要原因之一。自动变速器可把发动机转速稳定在低污染和低油耗的区域,通过变速器挡位的自动变换来适应外界的路况变化,而手动变速器却很难做到。

2. 自动变速器的缺点

配置自动变速器的轿车有如下几个缺点:

- (1)技术复杂,零件加工难度大。
- (2)传动效率低。
- (3)维修难度大,维护成本高。

4.1.2 自动变速器的分类

1. 按控制方式分类

按照控制方式的不同,自动变速器可分为液力机械自动变速器(HMT)、机械无级自动变速器(CVT)和机械自动变速器(AMT)。液力机械自动变速器在早期车辆上使用较多,常见型号有通用公司的4T60、4L60,日产公司的RL4F03A,丰田公司的A43D等。机械无级自动变速器、机械自动变速器是在手动变速器的基础上增加了能够自动控制离合器的接合、分离和变速器挡位的电子控制系统,目前生产的车辆都装备这种变速器,常见型号有:通用公司的4T65E,丰田公司的A540E,日产公司的RE4F03A,现代公司的KM177,三菱公司的F4A33等,具有操纵简便、传动效率高、结构紧凑、工作可靠等优点,在各类自动挡汽车上有很好的应用。

2. 按汽车驱动方式分类

按驱动方式的不同,自动变速器可分为后轮驱动、前轮驱动和四轮驱动自动变速器。为了便于区分前、后驱动自动变速器,一般将前轮驱动自动变速器称为自动驱动桥,如图4-1所示为前轮驱动自动变速器的布置。

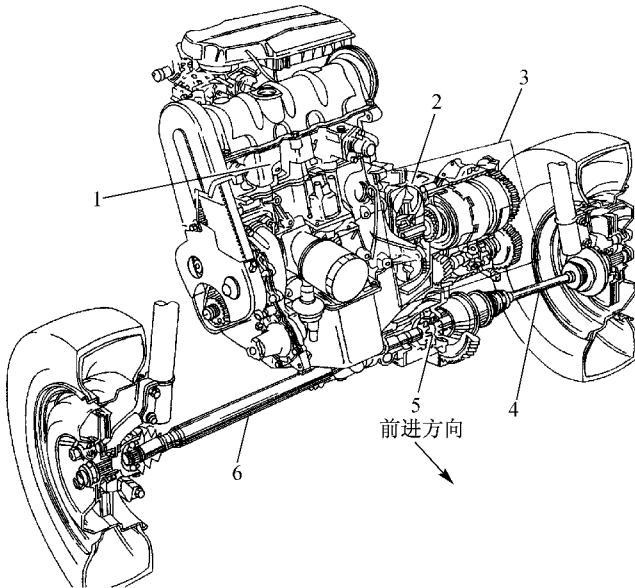


图4-1 前轮驱动自动变速器的布置

1—发动机; 2—液力变矩器; 3—行星齿轮变速器; 4、6—驱动轴; 5—差速器

3. 按自动变速器传动比分类

按传动比的不同,自动变速器可分为有级自动变速器和无级自动变速器。

(1)有级自动变速器是指具有有限几个定值传动比(有3个或4个前进挡和1个倒挡)的变速器,如雪佛兰子弹头的3T40型变速器。齿轮式自动变速器的变速传动是通过不同齿轮的组合形成有限几个定值传动比,因此属于有级式自动变速器。

(2)无级变速器是指传动比在一定范围内连续变化的变速器。按其变速传动方式的不同又可分为机械式无级变速器和液力变矩式无级变速器。

①机械式无级变速器是由离心式自动离合器根据车速、节气门开度,通过改变V带的作用半径来实现无级变速。

②液力变矩式无级变速器是由液力变矩器和行星齿轮机构来实现无级变速。

4.1.3 自动变速器挡位

不同厂家生产的自动变速器在挡位设置上有所不同,在换挡控制手柄的一侧有表示手柄位置的符号,如P-R-N-D-S-L、P-R-N-D-2-1、P-R-N-D-3-2-1、P-R-N-D₄-D₃-2-1等几种类型。如图4-2所示为别克凯越轿车挡位设置情况。

下面以P-R-N-D-S-L挡位符号说明其含义:

P:停车挡位,手柄置于该位置时,可以起动发动机,但发动机运转时车辆不行驶,且车辆无法移动。

R:倒车挡位,发动机运转时,手柄置于此位置,车辆将向后行驶。

N:空挡位,手柄置于该位置时,可以起动发动机,发动机运转时车辆得不到驱动力,但车辆可以移动。

D:前进挡位,当发动机运转,手柄置于该位置时,AT将根据车辆行驶的状况自动地在1、2、3和O/D挡之间变换。

S:前进低挡位,当发动机运转,手柄置于该位置时,AT将自动地在1和2挡之间变换。

L:前进低挡位,当发动机运转,手柄置于该位置时,AT将只能以1挡行驶。

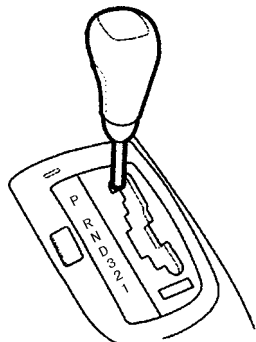


图4-2 别克凯越轿车挡位情况

4.2 液力机械式自动变速器

4.2.1 液力机械式自动变速器的基本组成

液力机械式自动变速器由液力变矩器、行星齿轮变速器、液压控制系统、计算机控制系统、冷却装置和自动变速器油滤清器等几部分组成。

1. 液力变矩器

液力变矩器是以液体作为传动介质的机械装置,它可以替代传统的离合器的职能,但只能部分履行变速器的变速及增大转矩功能。发动机带动泵轮旋转,使传动介质循环,带动涡轮旋转,并以此传递动力,实现能量的相互转换。由于采用液体作为传动介质,可使汽车平稳起步,加速柔和,提高了乘坐舒适性,延长了传动系的使用寿命,但其传动效率低。

2. 行星齿轮变速器

有级式机械齿轮变速机构与液力或液压组件组成的行星齿轮变速器,其机械结构采用

行星齿轮机构或平行轴齿轮机构。行星齿轮变速器具有结构紧凑、重量轻、易实现自动化等特点。与传统手动齿轮变速器相比,存在结构复杂、制造成本高等缺点。

3. 液压控制系统

液压控制系统又称液压传动,主要依靠液体压力能的变化来传递或转换能量。在自动变速器中,由液压传动与机械传动共同完成传动比的传递,还通过液体压力控制实现传动比的自动变换。

4. 计算机控制系统

计算机控制系统利用计算机技术对液力机械自动变速器进行综合控制。其优点是利用传感器和电磁执行器,由计算机根据行驶要求和负荷变化进行换挡控制和离合器控制,提高换挡的精确性、平顺性,提高燃料经济性,有效降低尾气排放,简化了液压系统结构复杂程度。

5. 冷却装置和自动变速器油滤清器

自动变速器冷却装置和发动机散热器装在一起,它由冷却器、输油管和回油管组成。自动变速器油滤清器有滤网、毛毡和纸质的三种,装在控制阀的下面。

冷却装置可使自动变速器油温保持在 $80\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,将自动变速器油在传力过程中因冲击和摩擦而产生的热量(离合器、制动器结合时表面工作温度通常在 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)散到环境中去,延长零部件的使用寿命。

自动变速器油滤清器主要用来将工作中产生的金属或非金属磨料及时分离,防止传力表面早期损坏。

4.2.2 液力传动装置

1. 液力耦合器

(1)液力耦合器的结构。如图 4-3 所示,液力耦合器主要由泵轮、涡轮和耦合器壳三部分组成。泵轮由发动机曲轴直接驱动,涡轮与变速器输入轴相连。泵轮和涡轮里面有许多半圆形的径向叶片。有的耦合器叶片上被切下部分半圆,用来安装导流环,如图 4-4 所示。两工作轮装合后之间约有 $3\sim 4\text{ mm}$ 的间隙,导流环是圆形或椭圆形的环状空腔,用来引导工作液体进行循环流动,被称为循环环,即图 4-3 中箭头组成的圆。

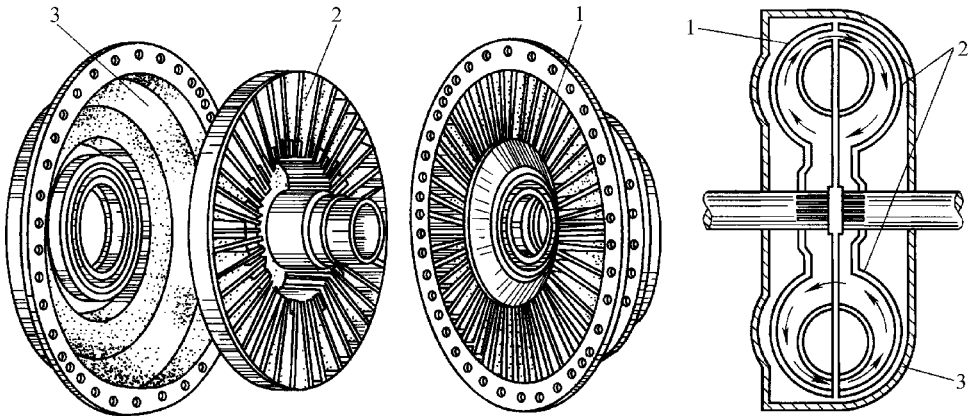


图 4-3 液力耦合器的结构

1—泵轮; 2—涡轮; 3—耦合器壳

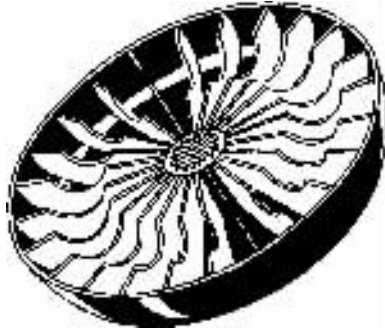


图 4-4 耦合器壳体与叶轮

封闭的壳体内充满了油液,当发动机驱动泵轮转动时,泵轮上的叶片推动液体同方向转动。运动的油液冲击在相对位置的涡轮叶片上,使涡轮随之转动,可将动力传递至变速器输入轴。

(2)液力耦合器工作原理。在液力耦合器中,液体随泵轮叶片以很高的速度运动,使液体具有了动能。当大量具有动能的液体连续冲击在涡轮叶片上时,能产生很大的推力推动涡轮旋转,即运动的液体具有做功的本领。

发动机驱动泵轮旋转时,耦合器内的油液被叶片带动一起旋转,液体开始绕耦合器旋转轴线作圆周运动,使运动的液体具有动能。同时在离心力作用下液体从泵轮叶片的内缘向外流动,在外缘形成较高的压力,而内缘由于液体流出而压力较低。被甩到泵轮外缘的油液冲击涡轮的叶片,运动的液体及压力对涡轮叶片做功,使其转动。做功后的液体沿着涡轮叶片向压力低的内缘流动,返回泵轮内缘后再次受离心力作用被甩到外缘。油液不断从泵轮流入涡轮,又返回泵轮形成循环流动。

在耦合器中安装导流环的作用是减少液体动能损失。工作液体在平直叶片的循环圆内流动时,靠近循环圆中心的液体由于压力相近而形成紊流,如图 4-5 所示。这部分液体形成阻碍叶片的运动,增加能量消耗。在叶片上安装导流环,可使油液在泵轮与涡轮形成的循环圆内不断地循环流动,减少能量损耗。

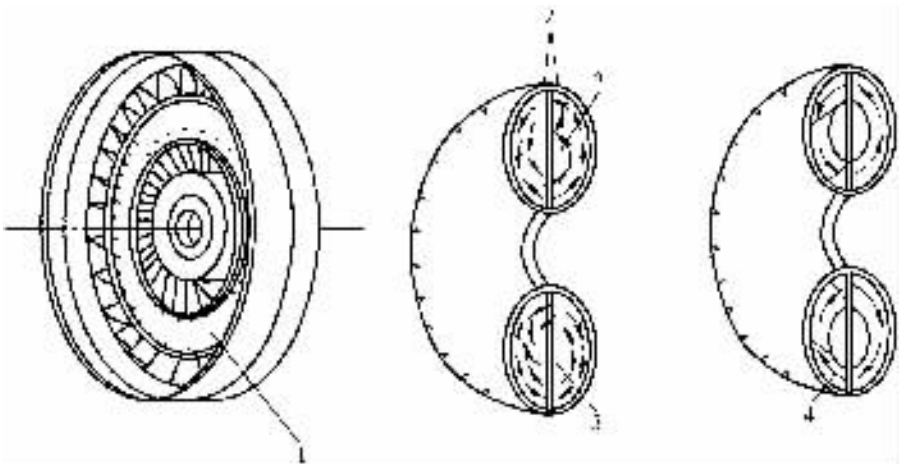


图 4-5 循环圆运动与导流环

1—导流环; 2—无导流环的液体循环运动; 3—无导流环中的紊流; 4—有导流环的液体循环运动

在循环过程中,发动机给泵轮以旋转力矩,泵轮使静止的液体连续不断地获得动能。运动的液体在冲击涡轮叶片时,将部分动能传递给涡轮,以力矩的形式使涡轮带动输出轴转动。泵轮将发动机的机械能转变为油液的动能,而涡轮又将油液的动能转换为机械能对外输出。

(3)液力耦合器的工作特点。

①柔性传动。由于液力耦合器用液体作为传动介质,泵轮与涡轮间允许有较大的转速差。因此,可以保证汽车平稳起步和加速。由于液体形状可变,所以能够吸收传动系中的扭转振动并防止传动系超载,从而延长传动系和发动机部件的使用寿命。

②等转矩传动。由液力耦合器工作原理可知,液体在循环过程中没有受到任何附加外力,故发动机作用于泵轮上的转矩与涡轮所获得并传给传动轴的转矩相等,需要与变速器配合使用。

③降低驾车的操作难度。液力耦合器显著地减少了需要换挡的次数,甚至在暂时停车时不脱离传动系也能维持发动机怠速运转。

液力耦合器的缺点是存在液流损失,传动效率比机械离合器低,所以现代汽车上已不再采用液力耦合器。

2. 三组件综合式液力变矩器

(1)三组件综合式液力变矩器的结构。三组件综合式液力变矩器主要由泵轮 2、涡轮 7、单向离合器 6 和导轮 3 等组成,每个工作轮上都设有有一定弯曲角度和数量的叶片,如图 4-6 所示。

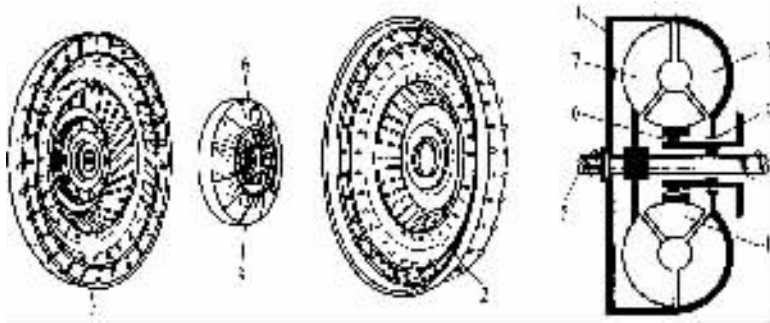


图 4-6 三组件综合式液力变矩器的结构

1—变矩器壳; 2—泵轮; 3—导轮; 4—输出轴; 5—输入轴; 6—单向离合器; 7—涡轮

泵轮叶片固装在变矩器壳体后面,变矩器壳体与曲轴通过螺栓相连,由发动机驱动旋转。涡轮叶片固装在涡轮壳上,涡轮壳通过花键驱动变速器输入轴。导轮位于泵轮与涡轮之间。导轮通过单向离合器安装于固定的支撑套上。三个工作轮均装在封闭的壳体内,整个变矩器内充满油液。

在液力变矩器中,导轮主要用来引导液体的流向和增大扭矩,而单向离合器用来控制导轮的转动方向,即增大扭矩时导轮停止转动。单向离合器有滚柱式和楔块式两种类型。

①滚柱式单向离合器。滚柱式单向离合器由内、外座圈,滚柱和弹簧组成,如图 4-7 所示。外座圈的内侧设有若干个楔形槽,槽内装滚柱和弹簧,弹簧将滚柱推向楔形槽窄端。由于内座圈固定不动,当外座圈逆时针转动时,滚柱被推至楔形槽窄端,内、外座圈被“卡紧”而不能转动。当外座圈顺时针转动时,滚柱向楔形槽宽端运动,使外座圈能够转动。

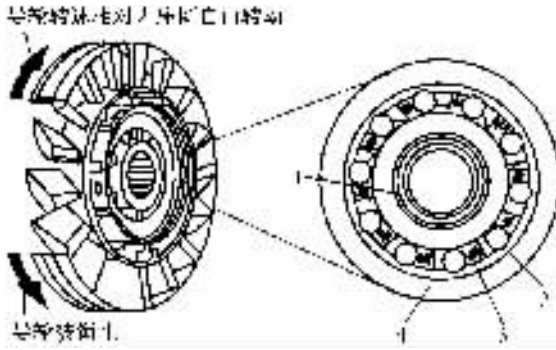


图 4-7 滚柱式单向离合器

1—内座圈；2—滚柱；3—弹簧；4—外座圈

②楔块式单向离合器。楔块式单向离合器也是由内、外座圈组成的，内、外座圈间由若干楔块支撑，如图 4-8 所示。楔块在弹簧圈弹性力作用下有使长径直立的趋势。由于内座圈固定，外座圈受逆时针转矩作用，内、外座圈的摩擦作用加剧了楔块长径直立之势，产生制动力矩，而将外座圈锁止不能转动。当外座圈受顺时针转矩作用时，内、外座圈的摩擦作用使长径有倾倒之势，从而解除制动力矩，外座圈可转动。

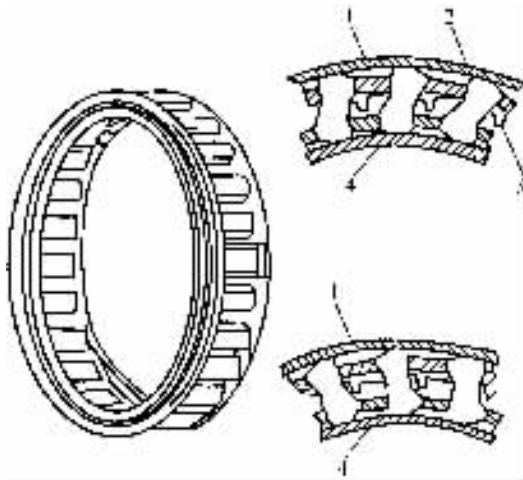


图 4-8 楔块式单向离合器

1—外座圈；2—楔块；3—回位弹簧；4—内座圈

(2)导轮增矩原理。液力变矩器与液力耦合器相比，其最大优点是提高了传动效率，之所以会这样，不仅是因为在液力变矩器内增设了导轮机构，而且还因为将泵轮、涡轮和导轮上的叶片制成了弯曲形状。

变矩器中的导轮位于涡轮液体流动的出口，当具有动能的油液从涡轮的弯曲叶片上流出时，冲击到导轮叶片上。由于导轮单向离合器锁止不动，使导轮固定不动。导轮弯曲的叶片一方面给涡轮一个反作用力，使涡轮的输出力矩进一步增加，另一方面，其还可以强制液体改变流动方向，使油液从导轮流出时具有与泵轮相同的运动方向，如图 4-9 所示。

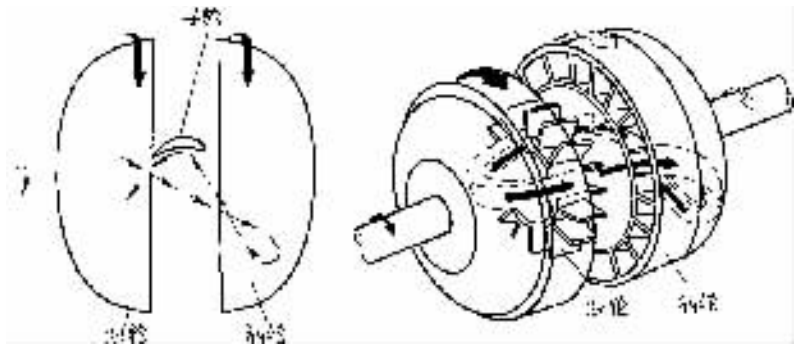


图 4-9 导轮改变液流方向

导轮的增矩作用只发生在泵轮与涡轮存在转速差的情况下。当涡轮转速接近泵轮时，涡轮也带动油液做旋转运动，流出的液体冲击在导轮叶片的背面，因单向离合器锁止作用消除，导轮与泵轮和涡轮共同转动。变矩器进入耦合器工作状态，此时增矩作用完全消除。

由以上分析可知三组件综合式液力变矩器有两种工作状态：一是当导轮被锁止时，变矩器是增矩状态，此时，变矩器输出转矩大于输入转矩；二是当导轮与涡轮共同转动时，变矩器是耦合状态，此时，变矩器输出转矩与输入转矩相等。

3. 带锁止离合器的液力变矩器

在日常使用中，当汽车无法正常起动时，往往采用拖起动的办法。由于液力变矩器的泵轮和涡轮之间采用液压油传递动力，在拖起动时，由车轮反馈的转矩在液力变矩器处中断，而无法实现拖起动，为了避免这种现象出现，大多数新型汽车的液力变矩器内采用了锁止离合器，变液力传动为机械传动，提高传动效率。此外，采用锁止离合器的液力变矩器还可改善燃油经济性和降低油液工作温度。

带锁止离合器的液力变矩器结构如图 4-10 所示。锁止离合器的组成如 4-11 图所示。锁止离合器压盘通过中心的花键毂装在涡轮前端的花键上，可沿花键轴线移动。锁止离合器压盘的一侧端面上粘接着摩擦材料，在液力油压力的作用下，此面可与变矩器壳内端面接触，使变速器输入轴通过锁止离合器与发动机形成刚性连接。为消除“刚性”传动引起的冲击，锁止离合器压盘与中心的花键毂间加装了扭转减振器。

带锁止离合器的变矩器的工作原理如下：

(1) 当汽车起步、低速挡行驶时，压力油从变矩器壳与离合器间流入变矩器，使两组件脱离接触，离合器处于分离状态。发动机动力通过泵轮、涡轮传递到变速器，充分利用导轮的增矩作用，提高驱动力矩。

(2) 当汽车高速行驶时，液力变矩器泵轮与涡轮之间的转速差很小，变矩器壳与离合器间压力减小，变矩器内油压作用在离合器的背面，使离合器摩擦面紧压在变矩器壳前端面，使离合器接合。变矩器壳体、涡轮及变速器形成“刚体”连接，发动机动力直接传给变速器输入轴，可提高传动效率。

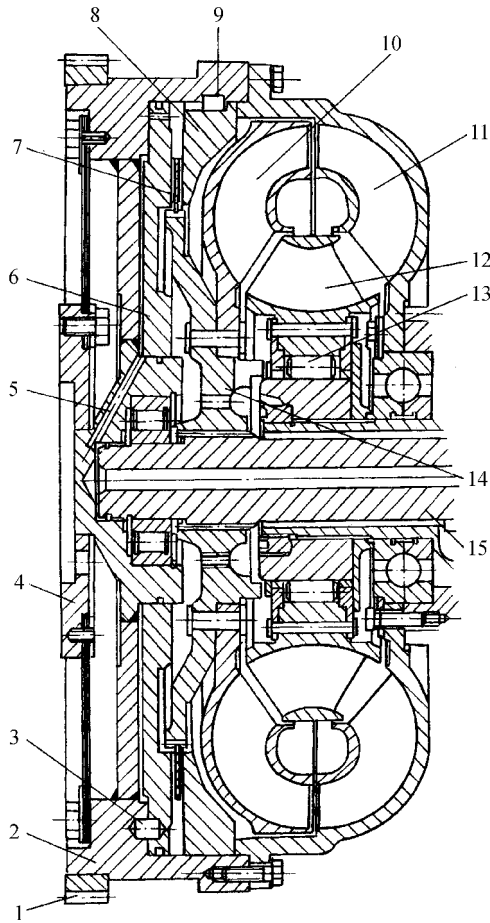


图 4-10 带锁止离合器的液力变矩器

- 1—起动齿圈；2—锁止离合器操纵液压缸；3—导向销；4—曲轴凸缘；5—油道；
6—操纵液压缸活塞(压盘)；7—离合器从动盘；8—传力盘；9—键；10—涡轮；
11—泵轮；12—导轮；13—单向离合器；14—涡轮轮毂；15—变矩器输出轴

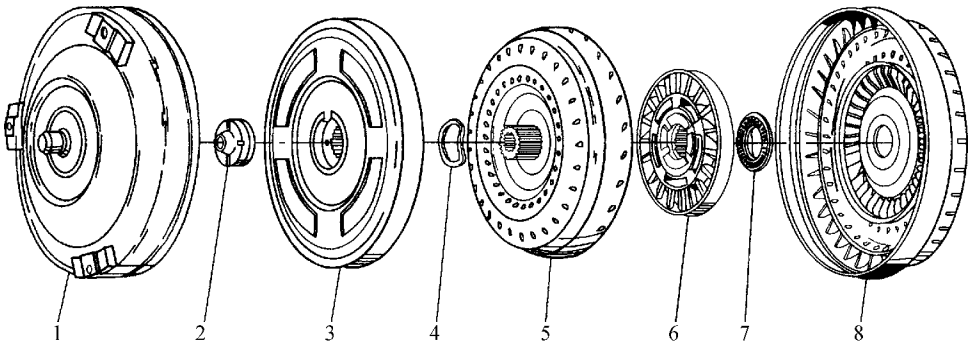


图 4-11 锁止离合器的组成

- 1—离合器壳；2、7—隔垫；3—离合器活塞；4—垫片；5—涡轮；6—导轮；8—泵轮

4.3 电控液力自动变速器

液力变矩器虽然能在一定范围内自动地、无级地改变转矩和传动比,但存在着变矩能力与效率之间的矛盾,液力变矩器的变矩系数都不大,难以满足汽车使用要求,故在汽车上广泛采用的是液力变矩器与齿轮式变速器组成的液力机械式变速器。与变矩器配合使用的齿轮式变速器多数是行星齿轮变速器。行星齿轮变速器具有结构简单,体积小,操纵容易,无换挡啮合冲击和传动比范围大等突出优点,因此,现代轿车装用的电控液力自动变速器基本上都采用行星齿轮变速器。

4.3.1 行星齿轮变速器

1. 行星齿轮变速器概述

1) 行星齿轮机构的结构

行星齿轮变速器由行星齿轮机构和换挡执行机构两部分组成。行星齿轮机构的作用是改变传动比和传动方向,即构成不同的挡位。换挡执行机构的作用是自动实现挡位的变换。

液力自动变速器的行星齿轮机构由多个行星排组成,行星排多少取决于挡数。换挡执行机构包括片式离合器、片式制动器、带式制动器和单向离合器等。

单排行星齿轮机构如图 4-12 所示。行星齿轮机构以太阳轮 2 为中心,行星齿轮 4 通过行星轮轴装在行星架 3 上,同时与太阳轮和齿圈 1 相啮合。

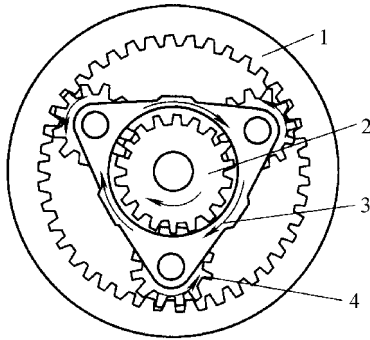


图 4-12 单排行星轮机构

1—齿圈; 2—太阳轮; 3—行星架; 4—行星齿轮

当行星齿轮机构运转时,空套在行星架上的几个行星齿轮,一方面可以绕自己的轴线旋转,另一方面又可以随行星架一起绕着太阳轮旋转,就像行星运动一样,兼有自转和公转两种运动状态,行星齿轮也由此而得名。

2) 行星齿轮机构的变速原理

如图 4-13 所示,在太阳轮、齿圈和行星架中可任选两个组件分别作为主动件和从动件,而另一个组件固定不动(该组件的转速为零),则整个轮系即以一定的传动比传递动力。

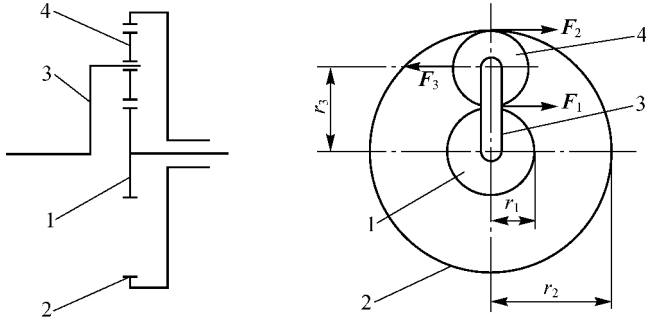


图 4-13 单排行星齿轮结构简图及作用力

1—太阳轮；2—齿圈；3—行星架；4—行星齿轮

设 $\alpha = z_2/z_1 = r_2/r_1$, $\omega_1, \omega_2, \omega_3, n_1, n_2, n_3$ 分别为太阳轮、齿圈和行星架的角速度和转速, 则有

$$r_3 = (r_1 + r_2)/2 = (1 + \alpha)r_1/2 \quad (4-1)$$

由行星齿轮 4 的力平衡条件可知

$$F_1 = F_2, \quad F_3 = -2F_1 \quad (4-2)$$

根据能量守恒关系

$$F_1 r_1 \omega_1 + \alpha F_1 r_1 \omega_2 - (\alpha + 1)F_1 r_1 \omega_3 = 0 \quad (4-3)$$

则

$$\omega_1 + \alpha \omega_2 - (\alpha + 1)\omega_3 = 0 \quad (4-4)$$

$$n_1 + \alpha n_2 - (\alpha + 1)n_3 = 0 \quad (4-5)$$

根据所选固定件的不同, 形成以下几种传动形式:

(1) 太阳轮为主动件, 行星架为从动件, 齿圈固定 ($n_2 = 0$), 则传动比为

$$i_{13} = n_1/n_3 = 1 + \alpha = 1 + z_2/z_1$$

由于 z_2 大于 z_1 , 因而传动比的数值大于 2。

(2) 齿圈为主动件, 行星架为从动件, 太阳轮固定 ($n_1 = 0$), 则传动比为

$$i_{23} = n_2/n_3 = (1 + \alpha)/\alpha = 1 + z_1/z_2$$

由于 z_1 小于 z_2 , 则其传动比大于 1 而小于 2。

(3) 太阳轮为主动件, 齿圈为从动件, 行星齿轮架固定 ($n_3 = 0$), 则传动比为

$$i_{12} = n_1/n_2 = -\alpha = -z_2/z_1$$

此时, n_1 与 n_2 符号相反, 故为倒挡传动情况。

(4) 若使 $n_1 = n_2$, 则

$$n_3 = (n_1 + \alpha n_2)/(1 + \alpha) = n_1 = n_2$$

太阳轮、行星架和齿圈三者中有任意两个构件被连锁成一体, 即转速相等, 各齿轮间均无相对运动, 整个行星齿轮机构将成为一个整体而旋转, 此时为直接挡传动, 传动比为 $i = 1$ 。

为实现汽车的不同挡位传动, 行星齿轮变速器往往由两至三个行星齿轮机构组成, 从而解决单一行星齿轮机构传动比有限的问题。

2. 辛普森式行星齿轮变速器结构与工作原理

辛普森式行星齿轮变速器是根据它的设计者辛普森而命名的, 常见的类型有三挡式和四挡式。四挡式辛普森式行星齿轮变速器是在三挡式的基础上增加超速机构而形成的, 由

此提高了汽车的动力性和燃油经济性。但四挡式辛普森式行星齿轮变速器结构较为复杂，为便于理解，这一节主要介绍三挡式辛普森式行星齿轮变速器。

(1)三挡式辛普森式行星齿轮变速器的基本组成。三挡式辛普森式行星齿轮变速器由两个内啮合式单行星齿轮机构组合而成，能够提供三个前进挡和一个倒挡。换挡执行机构由前离合器(C1)、后离合器(C2)、单向离合器(F1)、前制动器(B1)和后制动器(B2)组成。其特点是由一个在太阳轮将前后两个行星排连成一体，如图 4-14 所示。

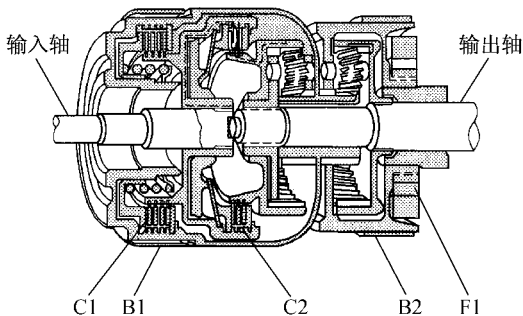


图 4-14 辛普森式行星齿轮变速器结构

C1—前离合器；B1—前制动器；C2—后离合器；B2—后制动器；F1—单向离合器

(2)三挡式辛普森式行星齿轮变速器各挡动力传递途径。

①D 位 1 挡:如图 4-15(a)所示,后离合器 C2 接合使前排齿圈与输入轴连成一体共同成为动力输入组件。前排齿圈顺时针方向转动,带动前排行星轮也沿顺时针方向自转,使前排太阳轮沿逆时针方向转动,如图 4-15(b)所示。在单向离合器 F1 作用下后排行星轮沿顺时针方向自转,使后排齿圈沿顺时针方向转动而输出动力,如图 4-15(c)所示,同时也带动前排行星架沿顺时针方向绕前排太阳轮转动。

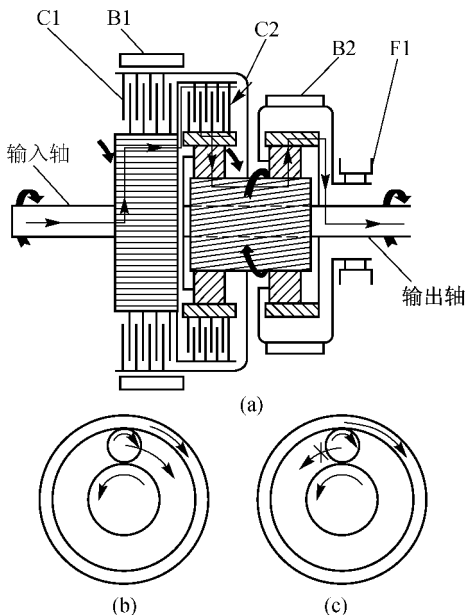


图 4-15 D 位 1 挡行星齿轮动力传动
(图中标注同图 4-14)

②D 位 2 挡:如图 4-16(a)所示,后离合器 C2 接合使前排齿圈与输入轴连接成一体而成为输入组件。前制动器 B1 处于锁止状态使太阳轮固定不动。前排齿圈按顺时针方向转动带动前排行星轮绕轴顺时针方向自转的同时还环绕太阳轮公转如图 4-16(b)所示,带动前排行星架沿顺时针方向如图 4-16(c)所示,最后动力经行星架输出。

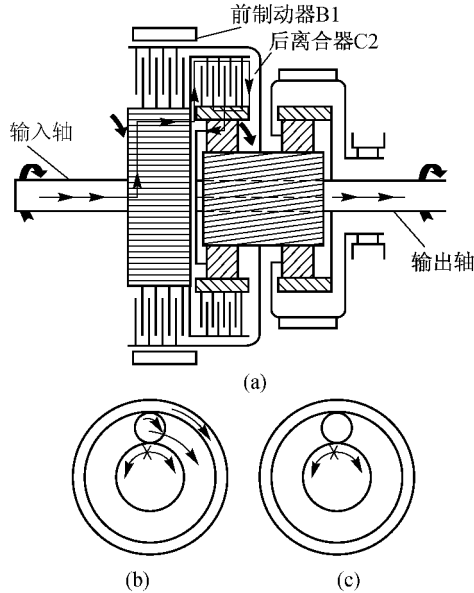


图 4-16 D 位 2 挡行星齿轮动力传动

③D 位 3 挡(直接挡):如图 4-17(a)所示,前离合器 C1 接合,后离合器 C2 接合,使太阳轮和前排齿圈分别与输入轴连成一体,导致前排行星架三者一同转动而构成直接挡传动方式,如图 4-17(b)所示。如图 4-17(c)所示,后排行星齿轮的太阳轮与齿圈也锁定成直接挡。动力便不经改变而通过变速器输出轴直接输出。

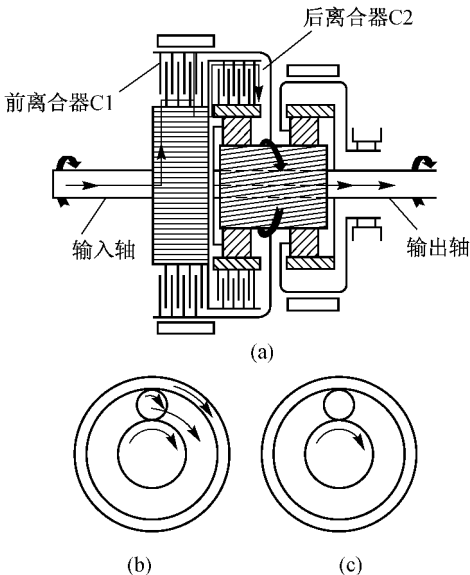


图 4-17 D 位 3 挡行星齿轮动力传动

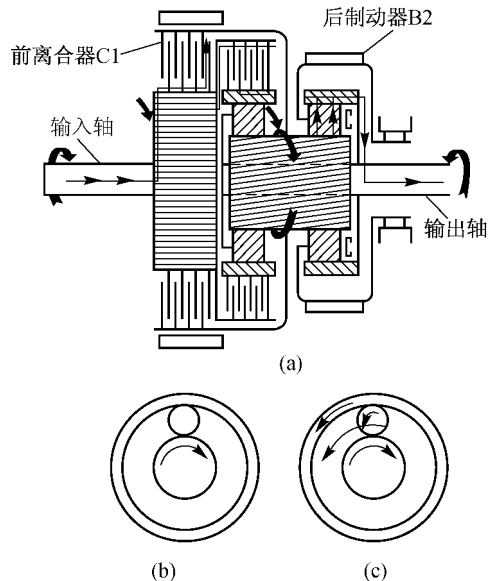


图 4-18 倒挡行星齿轮动力传动

④L 位 1 挡:后离合器 C2 处于接合状态使前排齿圈与输入轴连成一体共同成为动力输入组件。后制动器 B2 处于锁止状态使后排行星架固定不动。其工作过程同 D 位 1 挡。

传动路线为:输入轴—后离合器 C2—前排齿圈—前排行星轮—太阳轮—后排行星轮—后排齿圈与前排行星架(一体结构)—输出轴。

⑤R 位(倒挡):如图 4-18(a)所示,前离合器 C1 接合将太阳轮与输入轴连成一体共同成为动力输入组件。后制动器 B2 锁止使后排行星架固定不动。太阳轮按顺时针方向转动,如图 4-18(b)所示。后排行星轮按逆时针方向自转,同时带动后排齿圈沿逆时针方向转动,如图 4-18(c)所示。

⑥P 位(停车挡):变速杆置于 P 位时,驻车锁止机构将变速器输出轴锁止以实现驻车。停车锁止机构的结构由锁止棘轮、锁止棘爪、输出轴和锁止凸轮组成,如图 4-19 所示。锁止棘爪一端与固定在变速器壳体上的支承销相连。

当变速杆处于 P 位时,与变速杆相连的手动阀通过锁止凸轮将锁止棘爪推向输出轴外齿圈并嵌入其齿槽中,使输出轴与壳体连成一体而无法转动,如图 4-19(a)所示;当变速杆位于其他位置时,锁止凸轮退回,锁止棘爪在回位弹簧作用下离开锁止棘轮,解除驻车制动,如图 4-19(b)所示。

3. 拉威娜式行星齿轮变速器结构与工作原理

(1)拉威娜式行星齿轮变速器的结构。拉威娜式行星齿轮变速器与辛普森式齐名,并广泛用于各国汽车的自动变速器上,它由行星齿轮机构、离合器、制动器等组成。拉威娜式行星齿轮机构如图 4-20 所示,由双行星排组成,包括大太阳轮、小太阳轮、长行星轮、短行星轮、齿圈和行星架。大、小太阳轮采用分段式结构,使 3 挡到 4 挡的转换更加平顺。短行星轮与长行星轮及小太阳轮啮合,长行星轮同时与大太阳轮、短行星轮及齿圈啮合,动力通过齿圈输出。两个行星轮共享一个行星架。

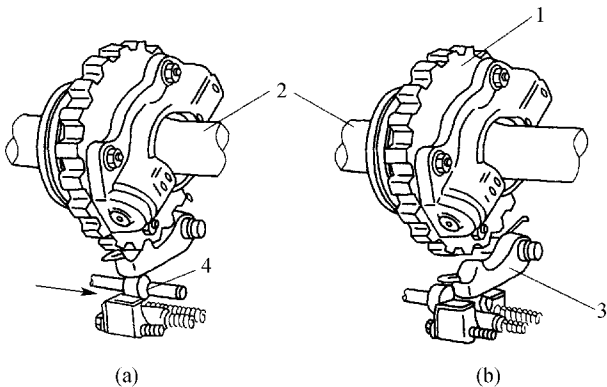


图 4-19 停车锁止机构

1—锁止棘轮; 2—输出轴; 3—锁止棘爪; 4—锁止凸轮

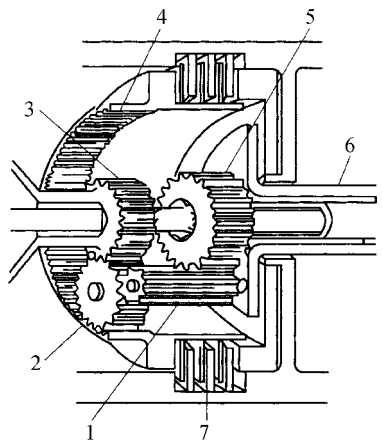


图 4-20 拉威娜式行星齿轮结构

1—长行星轮; 2—短行星轮; 3—小太阳轮; 4—齿圈; 5—大太阳轮; 6—行星架; 7—制动器

拉威娜式三挡行星齿轮变速器的结构简图和动力传递图如图 4-21 所示,其中后离合器 C2 用于驱动大太阳轮,前进离合器 C1 用于驱动小太阳轮,后制动器 B2 用于制动行星齿轮

架,前制动器 B1 用于制动大太阳轮,单向离合器 F1 用于防止行星架逆时针转动。

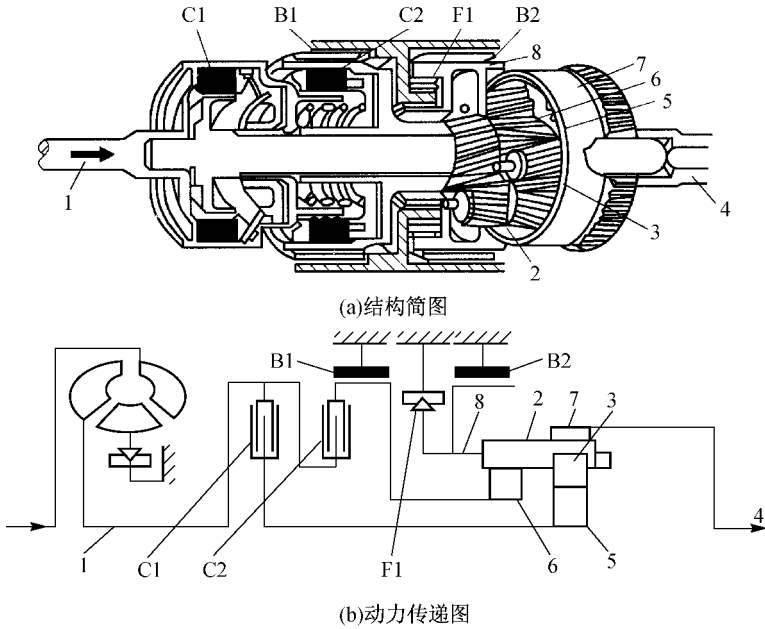


图 4-21 拉威娜式三挡行星齿轮变速器

- 1—输入轴; 2—长行星轮; 3—短行星轮; 4—输出轴; 5—小(后)太阳轮; 6—大(前)太阳轮;
7—齿圈; 8—行星架; C1—前进离合器; C2—倒挡及直接挡离合器; B1—2 挡制动器;
B2—低挡及倒挡制动器; F1—1 挡单向超越离合器

各挡位换挡组件的工作情况见表 4-1。

表 4-1 拉威娜式三挡行星齿轮变速器各挡位换挡组件的工作情况

操纵手柄位置	挡 位	换挡执行组件(○表示接合、制动或锁止)				
		C1	C2	B1	B2	F1
D	1 挡	○				○
	2 挡	○		○		
	3 挡	○	○			
R	倒挡		○		○	
S,L 或 2,1	1 挡	○			○	
	2 挡	○		○		

(2)拉威娜式行星齿轮变速器的工作原理。

①D 位 1 挡:如图 4-22 所示,F1 将行星架锁止,使其无法沿逆时针方向转动,C1 接合使小太阳轮与输入轴共同成为动力输入组件。小太阳轮按顺时针方向转动,使短行星轮按逆时针方向自转,长行星轮沿顺时针方向自转,从而带动齿圈和输出轴沿顺时针方向转动而输出动力。此时,长行星轮还带动大太阳轮沿逆时针方向空转。

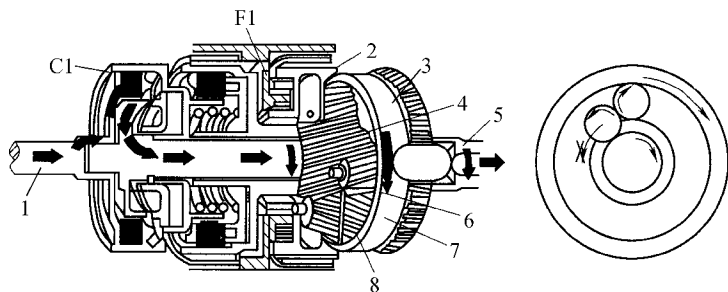


图 4-22 D 位 1 挡动力传递路线

1—输入轴；2—行星架；3—齿圈；4—大太阳轮；5—小太阳轮；6—输出轴；
7—短行星轮；8—长行星轮；C1—前进离合器；F1—1 挡单向超越离合器

②D 位 2 挡:如图 4-23 所示,C1 接合使小太阳轮与输入轴共同成为动力输入组件。2 挡制动器 B1 将大太阳轮锁止不动。小太阳轮按顺时针方向转动,使短行星轮按逆时针方向转动,长行星轮既沿顺时针方向环绕太阳轮公转,又沿顺时针方向自转,从而带动齿圈沿顺时针方向转动输出动力。

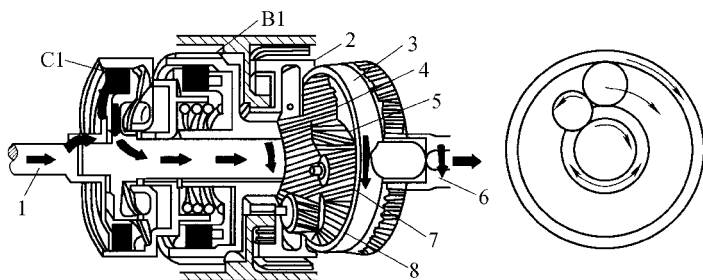


图 4-23 D 位 2 挡动力传递路线

1—输入轴；2—行星架；3—齿圈；4—大太阳轮；5—小太阳轮；6—输出轴；
7—短行星轮；8—长行星轮；C1—前进离合器；B1—2 挡制动器

③D 位 3 挡(直接挡):如图 4-24 所示,C1 和 C2 接合,使小太阳轮与大太阳轮分别与输入轴连成一体共同转动,导致常啮合的长、短行星轮也不能按相同方向转动,最终将使整个行星齿轮机构锁止。输入轴传入的动力不经行星齿轮机构变速而直接传递给输出轴。

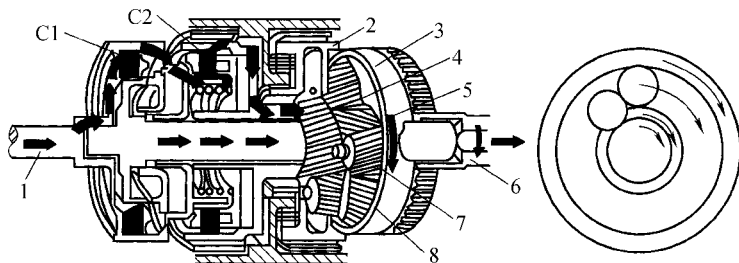


图 4-24 D 位 3 挡动力传递路线

1—输入轴；2—行星架；3—齿圈；4—大太阳轮；5—小太阳轮；6—输出轴；
7—短行星轮；8—长行星轮；C1—前进离合器；C2—倒挡及直接挡离合器

④L 位 1 挡:C1 接合使小太阳轮与输入轴共同成为动力输入组件,B2 锁止使行星架固

定不动。小太阳轮顺时针方向转动,使短行星轮按逆时针方向自转,长行星轮沿顺时针方向自转,从而带动齿圈和输出轴沿顺时针方向转动输出动力。其工作情况和动力传递路线与D位1挡相同(见图4-22)。

⑤R位(倒挡):如图4-25所示,C2接合使大太阳轮与输入轴共同成为动力输入组件,B2处于锁止状态将行星架固定不动。大太阳轮按顺时针方向转动,并带动长行星轮沿逆时针方向自转,使齿圈的转动方向与大太阳轮转动方向相反,从而实现倒挡传动。

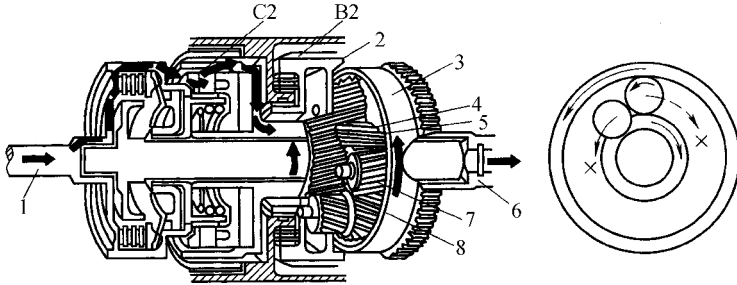


图4-25 倒挡动力传递路线

1—输入轴;2—行星架;3—齿圈;4—大太阳轮;5—小太阳轮;6—输出轴;7—短行星轮;
8—长行星轮;C2—倒挡及直接挡离合器;B2—低挡及倒挡制动器

4.3.2 电控系统

电控系统主要由以计算机为核心的电控单元(ECU)、进行信息转换的装置即传感器、实现控制意图的执行装置三部分组成,其组成框图如图4-26所示。它们在实车上的布置位置如图4-27所示。电控单元根据发动机和自动变速器上的各种传感器测得的节气门开度、车速和发动机转速等信号,以及各种控制开关传来的当前状态信号等,进行运算、分析,然后调用电控单元内存储器中存储的工作程序,向相应的执行器发出指令,以使各控制阀工作,从而实现自动变速器的控制。

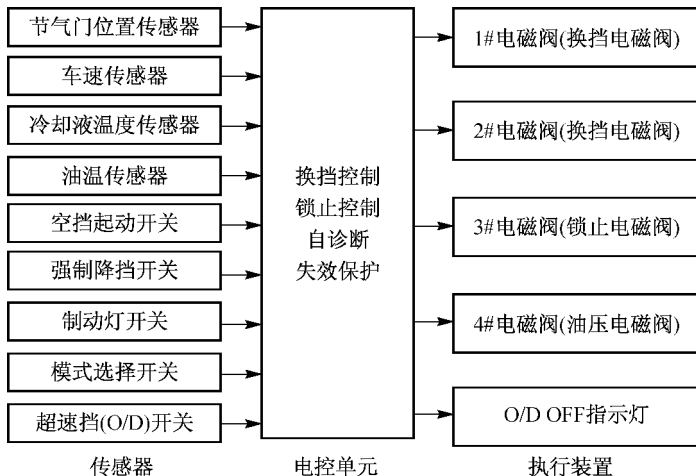


图4-26 典型的自动变速器电子控制系统组成框图

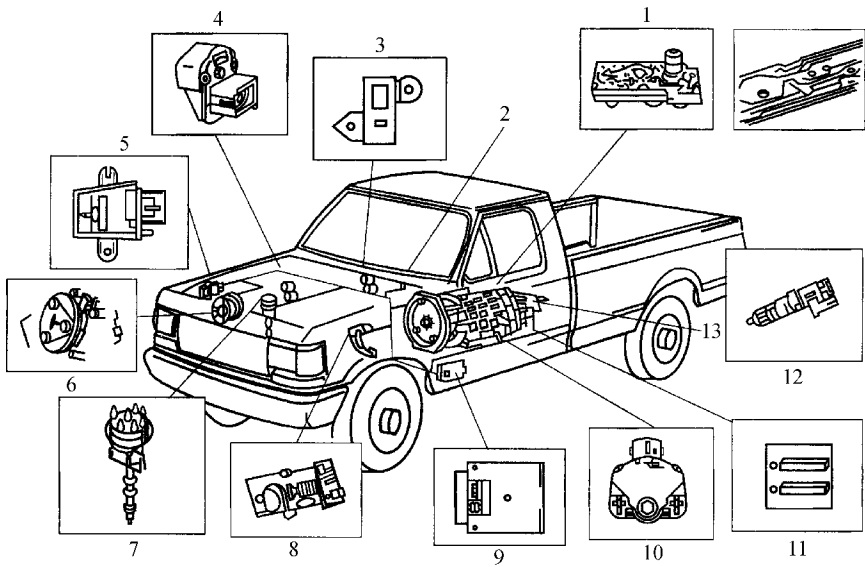


图 4-27 电控系统输入传感器的典型位置

- 1—变速器传感器壳体；2—手动指示灯；3—超速挡关闭开关指示灯；4—节气门位置传感器；5—MPA 传感器；
6—空调离合器；7—从分电器出来的点火电子；8—制动开关；9—传动系统控制模块；10—手动变速杆
位置传感器；11—4 轮驱动开关；12—车速传感器；13—变速器油温传感器

1. 电控单元

电控单元是电子控制系统的核心部件，它主要用来运算、分析和判断传感器和控制开关输入的各种信号，并输出指令控制相应的执行装置。除了上述功能外，电控单元还具有实时监测功能，一旦自动变速器出现故障，立即发出警告，严重时直接停止发动机和自动变速器系统，并将相应的故障码记入内存，以便维修人员使用专用仪器进行读取，从而迅速排除故障。

电控单元主要由微处理器、输入转换电路、输出驱动电路、恒定电源和软件系统等组成。微处理器可根据程序设定用来接收信息，对收集到的信息进行分析处理，并产生相应的输出指令。输入转换电路一方面用来接收开关信号、脉冲信号等数字信号，另一方面用来不定期接收模拟信号，如连续变化的电压信号，而后将模拟信号转换为数字信号，最后输入到微处理器中，因此，它是微处理器与外界进行联系的桥梁。输出驱动电路可把微处理器发出的数字控制信号传递到执行装置。与输入信号相同，输出信号也有数字信号和模拟信号之分，微处理器输出的数字信号需经输出电路转换为模拟信号后再对执行装置进行驱动。

2. 信息转换装置

信息转换装置由传感器和信号转换电路两部分组成，它可为电控单元提供系统运行状态脉冲信号。其中传感器是用来采集系统的各种物理量信号，如转速、加速度、力、压力、位置、温度及各种开关量等，并转换为电量，经信号转换电路转换为电控单元可处理的脉冲电信号。

自动变速器上用来信息采集的传感器有磁电式速度传感器、节气门位置传感器、开关量传感器和液压油温度传感器四种。

(1)磁电式速度传感器。磁电式速度传感器用于检测自动变速器输出轴转速，电控单元根

据车速传感器输入的信号计算出车速,并以此信号控制自动变速器的换挡和锁止离合器的锁止。

磁电式速度传感器安装在变速器的输出轴附近,由旋转齿圈、电磁线圈和永磁铁组成。磁电式速度传感器的结构与输出波形如图 4-28 所示。当齿圈旋转时,由于齿圈与永磁铁的间隙发生变化,使电磁线圈内的磁通量发生变化,从而产生交感电压。车速越快,齿圈的转速就越快,感应电压的脉冲频率也就越快。在线圈中产生的脉冲感应电压被整形为矩形波后送入微处理器,计算出车速。

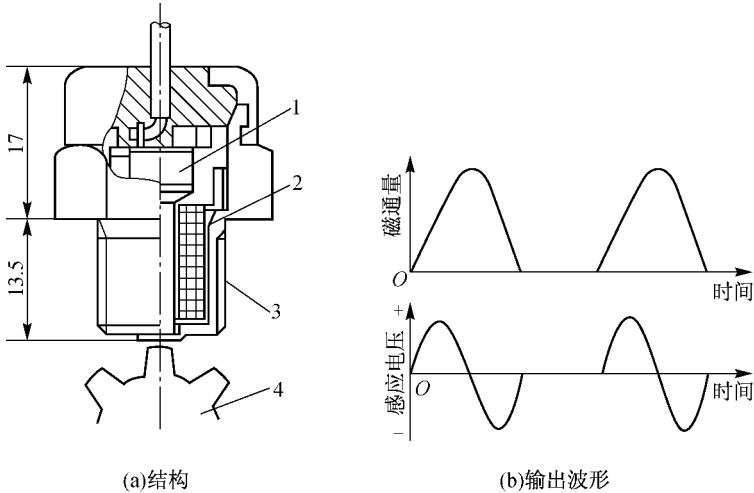


图 4-28 磁电式速度传感器的结构与输出波形

1—永磁铁; 2—线圈; 3—螺栓; 4—齿圈

(2) 节气门位置传感器。节气门位置传感器用于将节气门开启角度转换为电压信号送至电控单元,作为换挡和变矩器锁止时的基本信号之一。

如图 4-29(a)所示,节气门位置传感器实际上是一个滑动变阻器, E_2 是搭铁端子,IDL 是怠速端子, U_{TH} 是节气门开度信号端子, U_{CC} 是供电端子,为发动机控制单元供 5 V 电压。当滑动变阻器滑片随节气门开度变化时,其上电压发生变化,为计算机了解系统工作状态提供一种参考,如图 4-29(c)所示。当节气门位于怠速位置时,电阻阻值最大;节气门处于全开位置时,电阻阻值最小;当节气门处于不同的开度时,可得到不同的电阻值。反映节气门开度大小的输出电压 U_{TH} 特性如图 4-29(b)所示。

(3) 开关量传感器。

① 空挡起动开关。空挡起动开关装在自动变速器壳体的手动阀摇臂轴上或变速杆上,由变速杆进行控制,也叫做挡位开关,如图 4-30 所示。

空挡起动开关,一是用来检测选挡杆的位置,将变速信息传给电控单元;二是用来控制倒挡信号灯的开启;三是用来控制起动继电器线圈电路的功能。

发动机只有当变速杆位于 P 位或 N 位时才能起动。当空挡起动开关探测到变速杆处于 P 位或 N 位时,就将信号传给起动继电器,使点火开关工作。同时,在挂前进挡时中断起动机,即制止起动机在汽车进入行驶状态后啮合,并锁止变速杆。

② 强制降挡开关。强制降挡开关安装在加速踏板上,用于节气门全开或接近全开时,强制性地自动变速器降低一个挡位,以获得良好的加速性能。当加速踏板踩到底时,强制降挡开关闭合,使强制降挡电磁阀通电,电磁阀作用在阀杆上的推力消失,阀心在弹簧弹力的

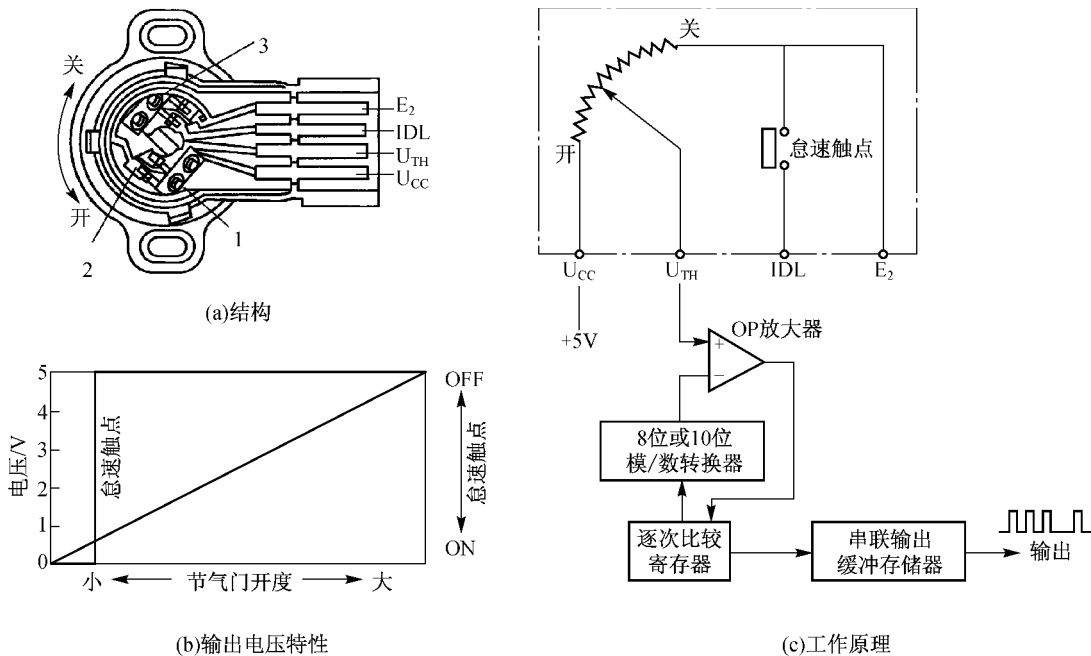


图 4-29 节气门位置传感器

1—滑动变阻器滑片；2—电阻膜片；3—怠速触点

作用下右移，打开油路，主油路压力油进入换挡阀的左端，强迫换挡阀右移，让自动变速器降低 1 个挡位。

③制动开关。制动开关的作用是判断制动踏板是否被踏下。如果被踏下，该信号被送给计算机，以解除锁止离合器的接合，从而防止突然制动时引起发动机熄火。

④超速挡开关(O/D OFF 开关)。如图 4-31 所示，超速挡开关通常装在自动变速器操纵手柄上，由驾驶员自主选择是否需要超速挡。当按下超速挡开关(开关打开)时，超速挡电磁阀通电，作用在三四挡换挡阀下端的高速油压就会将三四挡换挡阀阀芯推至 4 挡(超速挡)位置；而当开关断开时，自动变速器只能工作在 1~3 挡的范围。超速挡开关接通与否可通过仪表板上的指示灯观察。

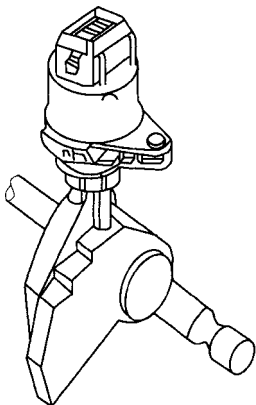


图 4-30 空挡起动开关

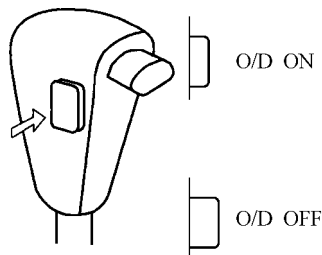


图 4-31 超速挡开关

(4)液压油温度传感器。液压油温度传感器安装在自动变速器油底壳内或液压阀阀板上,用来检测自动变速器油的温度,作为电控单元进行换挡控制、油压控制等的依据。液压油温度传感器多为热敏电阻传感器。热敏电阻传感器结构如图4-32(a)所示,其内部有一负温度系数的热敏电阻(NTC),温度越高,电阻值越小(见图4-32(b)),传感器即依靠这一特性检测油温。热敏电阻传感器具有体积小、高灵敏度、安装方便等特点,且价格便宜。

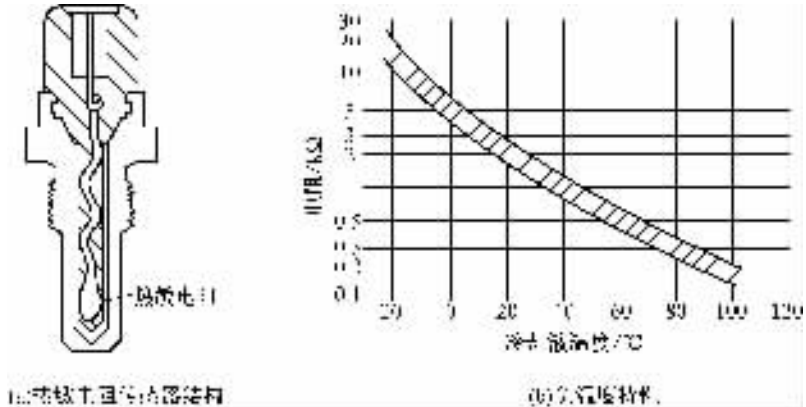


图4-32 液压油温度传感器

3. 执行装置

执行装置用来执行计算机指令,驱动电磁阀或电动机进行自动控制,以此实现机械运动、液力压力调节或液流方向的改变。计算机输出的指令可以是操纵电磁阀的开关电压,也可以是引起执行装置周期响应的脉冲信号。

电磁阀根据功能的不同,可以分为换挡电磁阀、锁止离合器电磁阀和油压电磁阀;根据工作原理的不同,可以分为开关式电磁阀和占空比电磁阀。换挡电磁阀通常采用开关式电磁阀,油压电磁阀采用占空比电磁阀,而锁止离合器电磁阀采用开关式电磁阀和占空比电磁阀。

电磁阀的结构如图4-33所示,主要由电磁线圈、柱塞、移动衔铁、弹簧等组成。移动衔铁与磁芯同轴,位于电磁线圈中心,在弹簧作用下移动衔铁位于电磁线圈的电磁左端,移动衔铁与柱塞间保持一定间隙。当电磁线圈通电时,柱塞与移动衔铁被磁化而互相吸引,移动衔铁克服弹簧力向右移动,与柱塞闭合。实际工作中是将相关机构与移动衔铁连接,通过移动衔铁的运动驱动机构运动。由于衔铁的吸引力与柱塞和衔铁间隙的2倍成反比,所以间隙尺寸不能过大,实用范围只有几毫米。

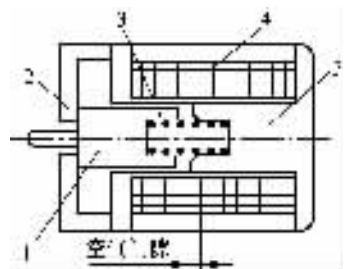


图4-33 电磁阀的结构

1—移动衔铁;2—挡块;3—弹簧;
4—电磁线圈;5—柱塞

(1)开关型电磁阀。开关式电磁阀用来开启或关闭液压油路,通常用于控制换挡阀和部分车型锁止离合器的工作。

开关型电磁阀由电磁线圈、弹簧、移动衔铁、单向阀、阀体等组成,分为常闭式电磁阀和常开式电磁阀两种类型,如图4-34所示。控制单元发出开、关指令信号,在电磁线圈中构成通、断两种状态。单向阀与移动衔铁成为一体,在电磁力作用下,衔铁移动,形成单向阀与阀

座的开、闭。

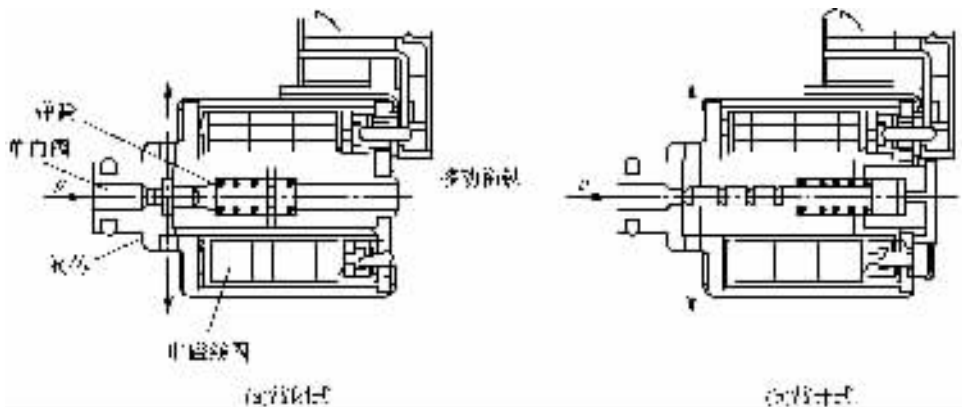


图 4-34 开关型电磁阀

(2) 占空比型电磁阀。占空比是指一个脉冲周期中通电时间所占的比例(百分数),如图 4-35 所示。

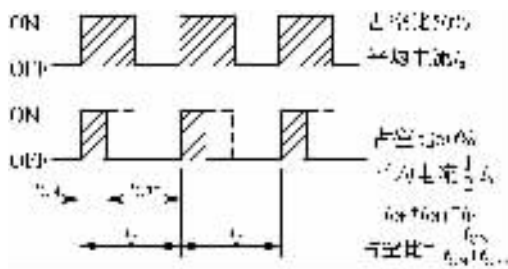


图 4-35 占空比

占空比系数与平均电压的关系式为

$$\alpha = \frac{t_{ON}}{T_P}$$

$$U_a = \alpha U = \frac{T_{ON}}{T_P} U \quad (4-6)$$

其中, α 为占空比系数; U 为电平电压; U_a 为平均电压; t_{ON} 为高电平通电时间。

占空比型电磁阀通常用于控制油路的油压,有的车型锁止离合器也采用此种电磁阀控制。与开关式电磁阀相同之处,它也由电磁线圈、滑阀、滑阀轴、控制阀和弹簧等组成,如图 4-36 所示。它与开关型电磁阀不同之处在于,控制脉冲式电磁阀工作的电信号不是恒定不变的电压信号,而是一个频率固定的脉冲电信号,电磁阀在脉冲电信号的作用下不断反复地开启和关闭泄油口。电控单元通过改变脉冲的宽度来改变电磁阀开启和关闭的时间比例,达到控制油路压力的目的。一个脉冲周期内,通电时间越长,电磁阀开启时间越长,经电磁阀泄出的自动变速器油就越多,油路压力就越小;反之亦然。

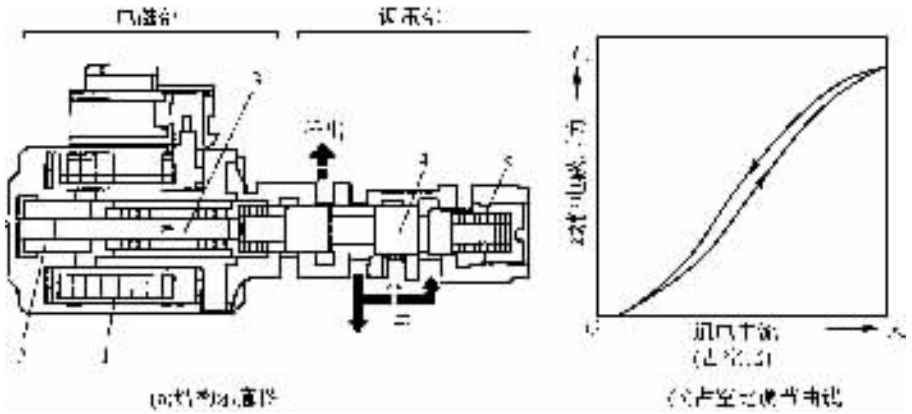


图 4-36 占空比型电磁阀

1—电磁线圈；2—滑阀；3—滑阀轴；4—控制阀；5—弹簧

4. 电子控制液压换挡工作原理

电液控制自动变速器用电磁阀调节液压系统中的换挡阀控制压力，以取代速控液压阀和负荷阀的功用。如图 4-37 所示，电磁液压阀装于换挡阀一侧油路中，电磁阀的通断电状态控制油路压力的高低，改变换挡阀的位置以实现油路的切换。电磁液压阀通电与否受计算机的指令控制。

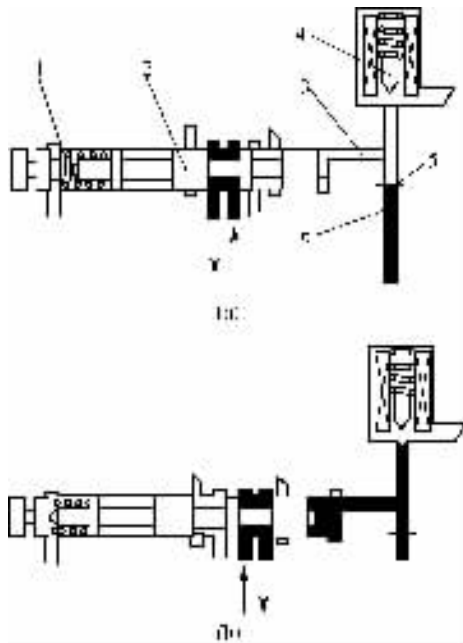


图 4-37 电子控制液压换挡工作原理

1—回位弹簧；2—换挡阀；3—控制油路；4—电磁液压阀；
5—节流孔；6—主油压力

当电磁阀通电时，泄油口被打开，导致控制油压减小，在弹簧力作用下换挡阀右移，恢复油路原状态，见图 4-37(a)。

当电磁液压阀断电时,电磁阀控制的泄油口被关闭,控制油压升高致使换挡阀向左移动,改变了油路状态,见图 4-37(b)。

4.3.3 液压控制系统

1. 液压控制系统的作用及组成

(1)液压控制系统的作用。自动变速器的齿轮变速器提供了若干个传动比供选择,并且可以在动力传递不被中断的情况下实现挡位的变换,而这一切都需要在液压控制系统的控制下进行。其换挡时机取决于汽车的行驶速度与发动机负荷大小,也可由驾驶员手动选择前进、倒车或低速行驶。液压控制系统的作用就是提供油压,并根据车辆行驶速度和发动机负荷情况对油压进行调节,最终实现挡位的自动变换和变矩器锁止离合器的锁止控制。

(2)液压控制系统的组成。液压控制系统主要由液压泵、执行装置(执行组件)、控制装置(控制组件)和辅助装置(连接管路)等组成。

2. 液压泵

液压泵是液压系统的动力源,它用来将发动机的动能转换成液压能。如图 4-38 所示为液压泵在自动变速器中的位置,它由液力变矩器的轮毂驱动。常用的液压泵有齿轮式、摆线转子式和叶片式三种,它们都是利用泵内容积的变化进行吸油、出油的。

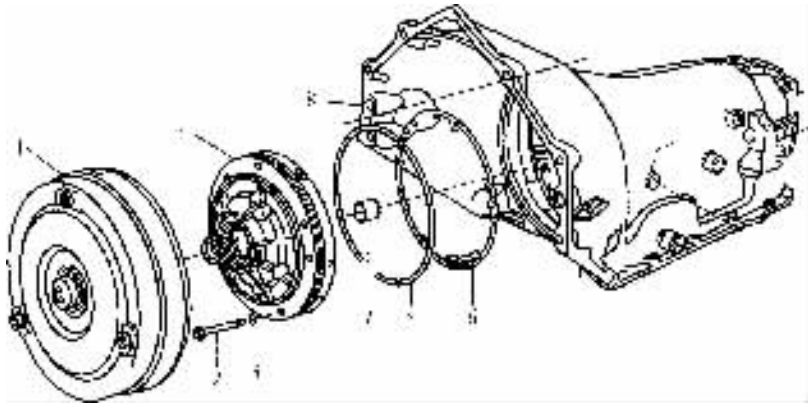


图 4-38 液压泵在自动变速器中的位置

1—液力变矩器; 2—紧固螺栓; 3—垫圈; 4—液压泵; 5—密封圈; 6—垫片; 7—衬套; 8—变速器壳

(1)齿轮式液压泵。齿轮式液压泵的核心部件为一对相互啮合的齿轮。根据齿轮啮合的不同,齿轮式液压泵分成外啮合式和内啮合式两种。外啮合式齿轮式液压泵体积较大,通常用在大型车辆上;而内啮合式齿轮式液压泵体积较小,通常用在轿车上。

如图 4-39 所示为内啮合式齿轮式液压泵。由一对内、外齿轮组成,内、外齿轮节圆紧靠一边,另一边被泵盖上的月牙形隔板隔开,以便把吸油腔和压油腔隔开。主轴上的主动内齿轮带动其中外齿轮同向转动,在进口处齿轮相互分离形成负压而吸入液体,齿轮在出口处不断嵌入啮合而将液体挤压输出。

(2)摆线转子式液压泵。摆线转子式液压泵又称摆线齿形啮合泵,由内、外转子组成,如图 4-40 所示。在这种泵中,内、外转子只相差一个齿,因而不需设置隔板。内转子与变矩器壳体相连是主动轮,外转子是从动轮,工作时外转子随内转子同向旋转。其中内转子绕其中

心 O_1 旋转, 外转子绕其中心 O_2 旋转。当转子旋转时, 内转子的齿顶 A 与外转子的齿间 B 形成的密封容积随转子转动而逐渐增大, 形成局部负压, 通过端盖上的吸油槽完成吸油过程。转子继续旋转, 由 A 和 B 形成的密封容积达到最大后逐渐减小, 油液受到挤压, 通过出油槽完成泵的排油过程。转子旋转一圈, 每个齿完成吸排油过程一次。如此循环不已, 即实现连续不断的供油工作。

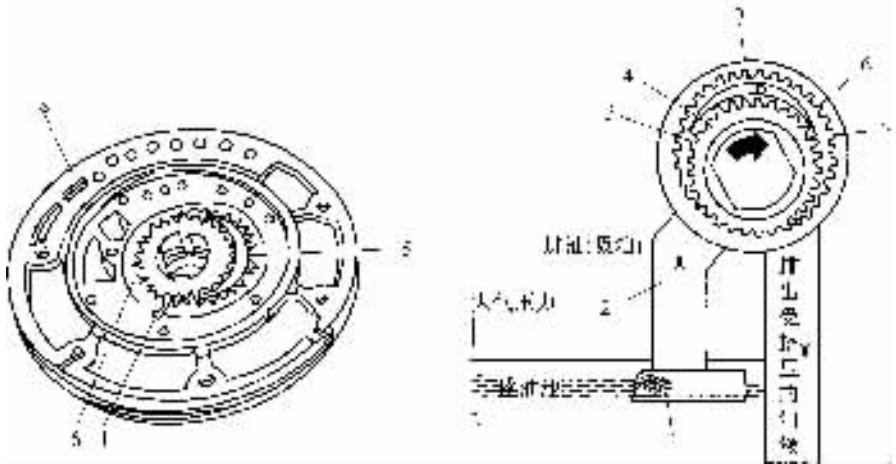


图 4-39 齿轮式液泵

1—集滤器; 2—进油管; 3—吸油腔; 4—外齿轮; 5—月牙形隔板; 6—内齿圈; 7—压油腔; 8—泵壳

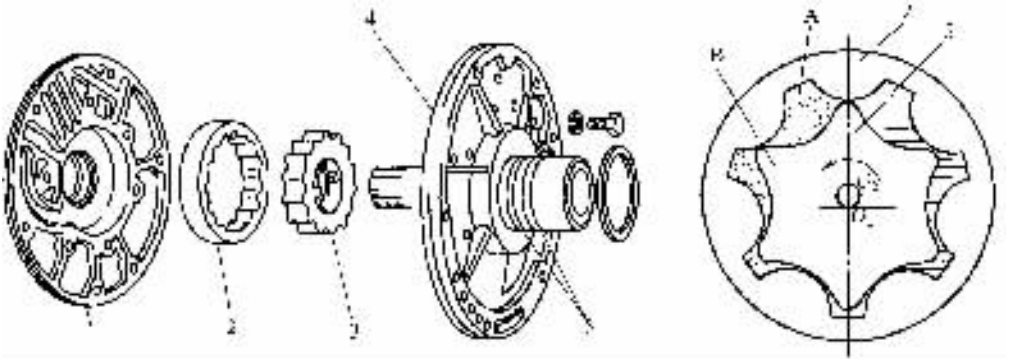


图 4-40 摆线转子式液泵

1—泵壳; 2—外转子; 3—内转子; 4—端盖及导轮反作用支撑套; 5—密封环; O_1 —内转子旋转中心;
 O_2 —外转子旋转中心; A—内转子的齿顶; B—外转子的齿间

摆线转子式液压泵具有结构简单, 体积小, 重量轻, 输油量大, 运转平稳, 噪声小和高速特性好等特点。

(3) 叶片式液压泵。叶片式液压泵是助力转向系统的动力源, 分为单作用叶片泵和双作用叶片泵两种类型。

单作用叶片泵结构如图 4-41 所示, 它主要由配油盘、转子、定子、叶片等组成。定子内表面为圆柱形, 转子上有均匀分布的径向狭槽, 矩形叶片安装在槽内, 并可在槽内滑动。转子与定子的偏心距为 e 。在定子和转子的两个端面装有配油盘, 盘上开有吸油口和排油口, 分别与泵壳上的进出油口相通。当转子逆时针方向旋转时, 叶片在离心力及高压油的作用

下紧贴在定子的内表面上。其工作容积开始由小变大,从吸油口吸进油液;而后工作容积由大变小,压缩油液,经排油口向外供油。

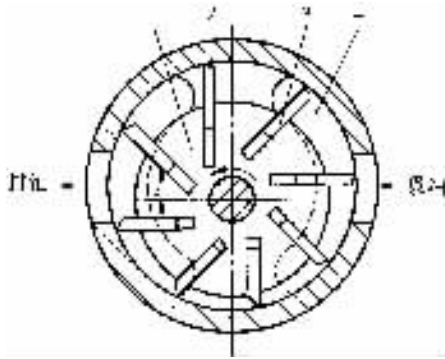


图 4-41 单作用叶片式液压泵

1—转子; 2—定子; 3—叶片; 4—配油盘

双作用叶片泵有两个吸油口和两个排油口,并且各自的中心角是对称的,所以作用在转子上的油压作用力互相平衡。因此,双作用叶片泵也称为卸荷式叶片泵。

3. 执行装置

前面已经讲过自动变速器的换挡机构由离合器、制动器和单向离合器等组成。为获得多个挡位,自动变速器内的变速机构通常由多个行星齿轮排构成,为将动力输入或输出至不同的行星齿轮排,需要由液压执行组件完成,以便获得不同的传动比和改变输出轴的转动方向。

(1) 液压多片式离合器。离合器的作用是将行星齿轮机构的输入轴和行星齿轮排的某个基本组件连接,或将行星齿轮排的某两个基本组件连接成一个整体。

自动变速器上使用的离合器通常为湿式多片式离合器。湿式多片式离合器(见图 4-42)由离合器毂(包括外毂和内毂)、液压活塞、离合器钢片、压盘及回位弹簧等组成。带有摩擦材料的离合器摩擦片通过其内缘花键与离合器内毂上的键槽连接,离合器钢片通过其外缘花键与离合器外毂的键槽连接,摩擦片与钢片相互间隔地安装。当液压油压力作用于液压缸时,液压活塞克服回位弹簧的作用力将离合器毂内的离合器摩擦片与离合器钢片压紧在一起,使离合器处于接合状态并传递动力。当液压油排出时,回位弹簧使液压活塞回位,离合器处于分离状态,离合器摩擦片与离合器钢片相互滑移,切断动力传递。

离合器液压缸上的单向阀主要用来迅速解除作用在活塞上的残余油压。其工作过程如下:

① 在离合器接合过程中,在油液压力的作用下,单向阀关闭。

② 当离合器解除油压时,缸内仍有残余油压作用在活塞上。钢球在离心力的作用下,使单向阀离开关闭位置,让余隙中的油液通过泄油口流出。如果残余油压不被解除,而仍作用在活塞上,会引起离合器部分接合。这不仅会造成离合器片不正常的磨损,而且对换挡性能也会造成不利影响。

(2) 液压制动器。液压制动器的功用是在需要时阻止行星齿轮机构组件的旋转运动,以实现不同速比的传动。液压制动器分为离合器式和带式两类。离合器式制动器的结构和工作原理类似于液压多片式离合器,这里不再叙述。带式制动器的结构如图 4-43 所示,制动带与伺服机构如图 4-44 所示。

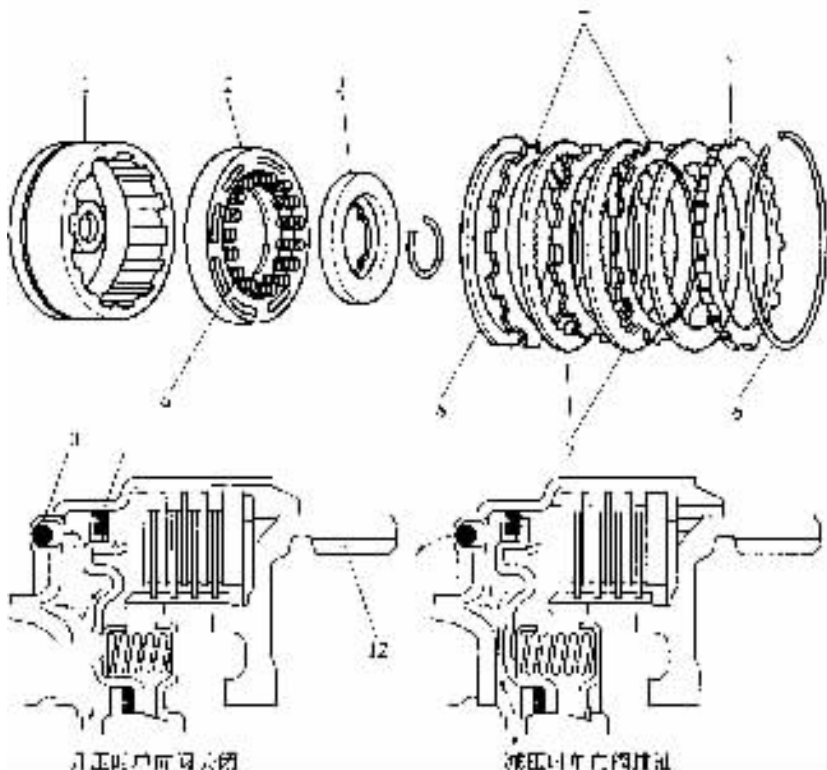


图 4-42 湿式多片式离合器

- 1—离合器壳；2—液压活塞；3—回位弹簧座及卡圈；4—离合器摩擦片；5—压盘；
6—定位弹簧卡圈；7—离合器钢片；8—波纹弹簧片；9—回位弹簧；
10—单向阀；11—活塞液缸；12—内齿圈

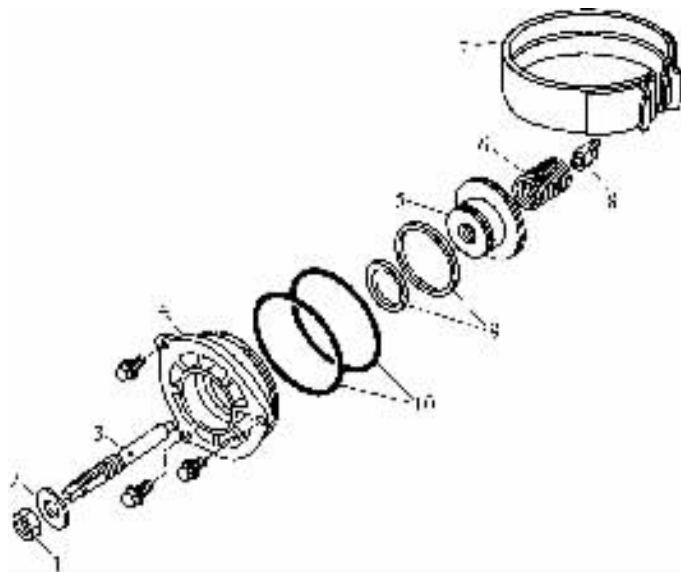


图 4-43 带式制动器的结构

- 1—调节螺母；2—垫圈；3—活塞推杆；4—端盖；5—伺服活塞；6—回位弹簧；
7—制动带；8—顶杆；9—密封环；10—密封圈

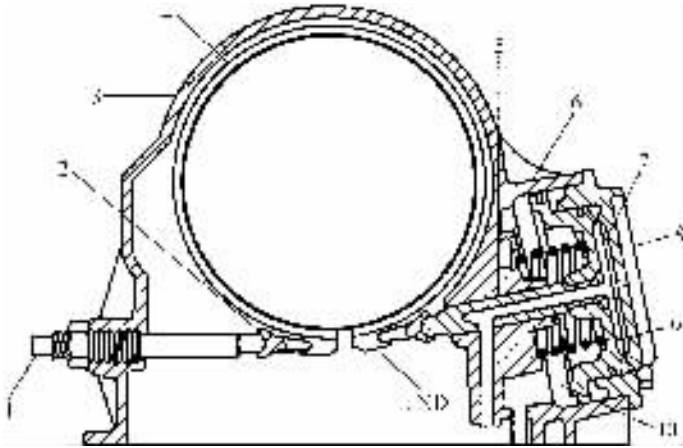


图 4-44 制动带与伺服机构

- 1—调节螺钉；2—推力销；3—变速器壳体；4—制动带；5—液压活塞；
- 6—伺服液压缸；7—作用端；8—端盖；9—回位弹簧；10—释放端

制动带是利用液压缸和杠杆压紧机构将围绕在离合器毂或行星轮系齿圈外面的制动带收缩而产生制动效能的。制动带有单层制动带和双层制动带两种类型，是衬有半金属或有机摩擦材料的简单挠性金属带。

图 4-44 中制动带的一端固定在自动变速器壳体上，另一端通过伺服液压缸施加作用力。当变速器液压系统施加作用力于液压活塞上时，克服回位弹簧的作用力而推动液压活塞左移，制动带开始箍紧转动的制动鼓，直到停止。调节螺钉 1 用来调节制动带与离合器毂之间的间隙。

4. 控制装置

控制装置有换挡阀、限压阀、压力调节阀和节气门阀等。

(1)换挡阀。自动变速器液压系统中的换挡阀用来接通、切断液压执行组件油路，以实现动力的传递或改变行星齿轮机构组件的工作状态。通过换挡手柄来操纵的换挡阀被称为手动换挡阀。如图 4-45 所示的换挡手柄可用来实现 P、R、N、D、2、1 等位置的切换。

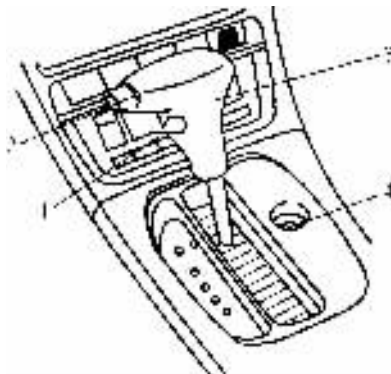


图 4-45 换挡手柄

- 1—超速挡开关；2—选挡锁止按钮；3—变速杆；4—指示灯

手动换挡阀是一种多油路切换的手动滑阀,它由拨叉、手动滑阀和阀体等组成,如图4-46所示。

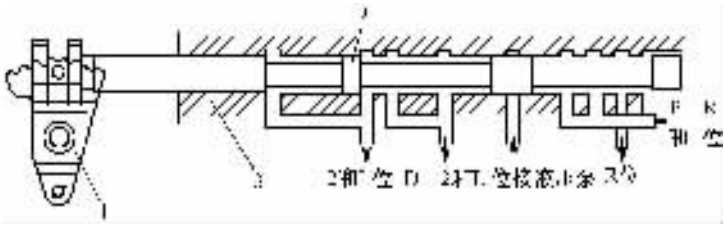


图 4-46 手动换挡阀

1—拨叉；2—手动滑阀；3—阀体

当换挡手柄位于P位时,自动变速器内的机械结构将变速器内部的旋转组件与变速器壳体连接为一体,对车轮进行有效制动,可防止起动发动机和停车时汽车出现不应有的运动。当操纵杆位于R位时,接通相应的主油路与执行组件油路即可实现倒车。而当操纵杆位于D位时,变速器可自动实现由低挡至最高挡或由最高挡至低挡的变换。当操纵杆切换至2挡或1挡位时,变速器只工作在低速挡,而不会随车速变化换入高速挡。这两个挡位主要用于重载或道路条件极差的状况,正常道路情况下不使用。如连续上、下坡弯路,需要使用发动机制动时才使用2挡或1挡。

(2)限压阀。限压阀用来限制液压系统的最高压力,防止液压系统损坏,结构如图4-47所示。限压弹簧弹力的大小直接决定液压系统压力的高低。当系统压力超过限定值时,高压油推动球阀或滑阀克服弹簧力右移开启泄油口,一部分油液通过限压阀返回油箱。泄油后,液压系统压力减小,弹簧将滑阀推回,关闭进油口,从而维持系统压力在调定范围内。

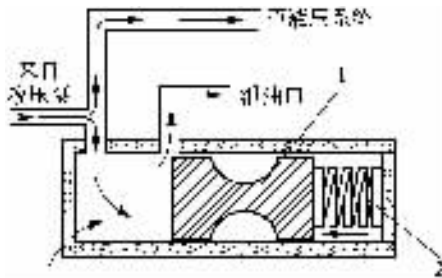


图 4-47 限压阀

1—滑阀；2—限压弹簧

(3)压力调节阀。压力调节阀又称主油路调节阀,其功用是根据车速、节气门开度和变速杆位置自动控制主油压(管道压力),保证液压系统油压稳定。

前面已经提到,油泵由发动机驱动,随着发动机转速的升高,油泵输出油量和油压就会增大,反之亦然。但自动变速器的正常工作需要相对稳定的油压。如果油压过高,会导致离合器、制动器接合过快而出现换挡冲击现象。如果油压过低,又会导致离合器、制动器接合不紧而打滑、烧结,所以必须有油压调节装置。

压力调节阀由滑阀和弹簧组成,如图4-48所示。

当发动机转速升高时,油泵输出的油压会升高,作用在压力调节阀上部的油压随之升

高,使滑阀克服弹簧作用力向下移动,回油口被打开,高压油液从回油口排出,使主油压下降,弹簧推动滑阀关闭回油口。这一调节过程持续进行,阀芯不断往复移动,维持了系统正常的工作压力,从而实现压力的调节。

(4)节气门阀。节气门阀的工作取决于节气门的开度,因此其输出油压由加速踏板的位置决定。节气门调压阀的作用是产生与节气门开度成正比的节气门油压,传给主调压阀和换挡阀,控制主油压和换挡操作。节气门阀主要有机械式和真空式两种形式。

机械式节气门阀的结构如图 4-49 所示,由强制降挡柱塞、节气门阀、弹簧和减压阀等组成。强制降挡柱塞装有滚轮,与节气门凸轮相接触。节气门凸轮经拉索与加速踏板相连。当踩下加速踏板节气门开度增大时,节气门拉索拉动节气门凸轮转动,将强制降挡柱塞上推,并通过弹簧将节气门阀体上推,使节流口开大,输出的节气门油压增大,使得节气门油压与节气门开度成正比。

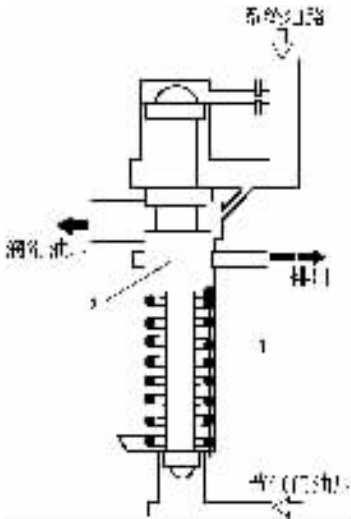


图 4-48 压力调节阀
1—弹簧; 2—滑阀

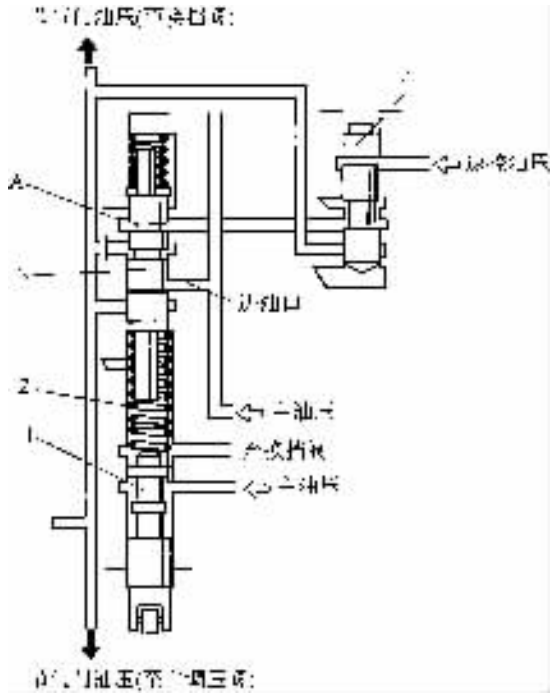


图 4-49 机械式节气门阀的结构
1—强制降挡柱塞; 2—弹簧; 3—节气门阀; 4—减压阀

当车速升高时,来自速控阀的速控油压也会升高,使减压阀下移,这样节气门油压会通过减压阀作用到节气门阀体的 A 处,由于 A 处的上横截面积小于下横截面积,所以在 A 处作用一个向下的油压,节气门阀下移,减小了节流口的通道面积,使节气门油压下降,从而使主油压下降。

真空式节气门阀的结构如图 4-50 所示。真空气室与发动机节气门后的进气歧管相通,当节气门开度增大时,节气门后方的真空度减小,即真空气室的压力升高,使推杆带动滑阀向下移动,增大了节流口的通道面积,使节气门油压升高。反之,当节气门开度减小时,节气门油压会下降。

5. 速控阀

速控阀又叫调速器或速度调压阀,它的功用是产生与车速成正比的控制油压(速控油压)传给换挡阀,以便控制换挡。速控阀是液控自动变速器反映车速的装置,仅用于液控自动变速器,电控自动变速器采用车速传感器来反映车速。

正确的速控油压对于自动变速器的正常工作非常重要,如果速控油压过高,会导致换挡的车速提前;而速控油压过低,会导致换挡的车速滞后。

速控阀的结构如图4-51所示。速控阀安装在变速器输出轴上,与输出轴一起旋转。作用在滑阀上的力包括向外的离心力和向内的速控油压力。当汽车低速行驶时,阀轴和滑阀构成一体,在重锤和滑阀的离心力作用下滑阀向外移动,此时速控油压随着车速的升高而升高。

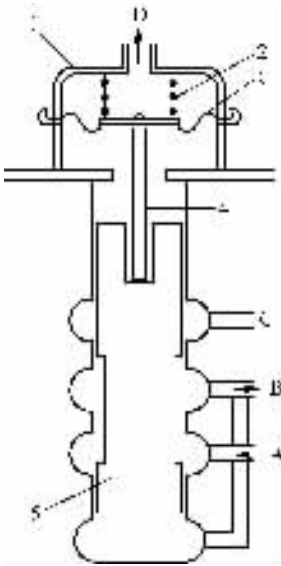


图 4-50 真空式节气门阀的结构

1—真空气室；2—弹簧；3—膜片；4—推杆；5—滑阀；A—主油压；
B—节气门油压；C—泄油口；D—真空界面

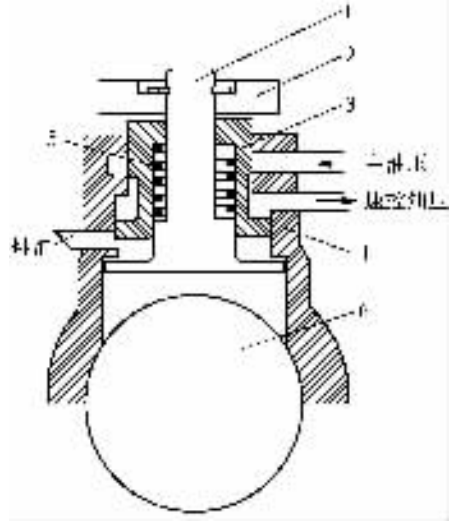


图 4-51 速控阀的结构

1—阀轴；2—重锤；3—滑阀；4—壳体；
5—弹簧；6—变速器输出轴

当车速升高到一定程度时,阀轴被壳体内部台阶限位而不再向外移动,此时滑阀向外移动仅靠自身的离心力,因此,速控油压随着车速的升高而缓慢升高。所以,速控油压与车速的关系分成两个阶段,一般把这种形式的速控阀称为二阶段速控阀,与此类似的还有三阶段速控阀。

6. 强制降挡阀

强制降挡阀的功用是为了实现加速超车,当节气门开度大于85%时,使自动变速器在当前挡位的基础上降一挡。

对于液控自动变速器,强制降挡阀与节气门阀安装在一起,见图4-49所示的强制降挡柱塞。当节气门开度超过85%时,节气门凸轮将强制降挡柱塞顶起到一定程度,使主油压能到达相应换挡阀,使换挡阀动作,在当前挡位的基础上降一挡。

如果是电控自动变速器,一般在蓄电池正极与自动变速器的ECU的KD端子之间有一个强制降挡开关(KD开关),当节气门开度超过85%时,KD开关闭合,自动变速器的ECU

的 KD 端子得到 12 V 电压,此时,自动变速器的 ECU 会控制换挡电磁阀使自动变速器在当前挡位的基础上降一档。

7. 换挡阀

换挡阀的功用是根据换挡控制信号或油压,切换挡位油路,以实现两个挡位之间的转换。换挡阀直接与换挡控制组件(离合器、制动器)相通,当换挡阀动作后,会切换相应的油道以便给相应挡位的离合器和制动器供油,得到所需要的挡位。换挡阀的数量与自动变速器前进挡的个数有关。一般情况下,四挡自动变速器需要三个换挡阀,即一二挡换挡阀、二三挡换挡阀和三四挡换挡阀。

以二三挡换挡阀为例进行介绍。如图 4-52(a)所示为二挡时的情况,此时在节气门油压、速控油压及弹簧作用下,二三挡换挡阀处于下方位置,主油压不能到达离合器 C2,所以自动变速器处于二挡;当车速升高到一定程度,速控油压大于节气门油压和弹簧恢复力之和时,二三挡换挡阀上移处于上方位置,如图 4-52(b)所示,此时主油压经过二三挡换挡阀到达离合器 C2,自动变速器换至三挡。

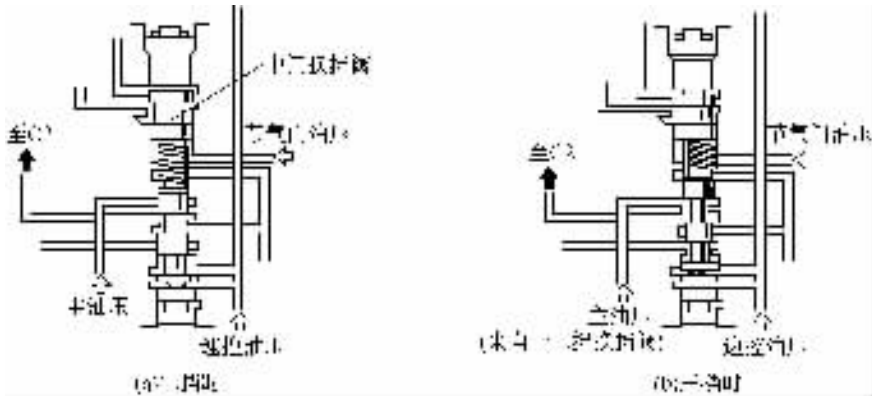


图 4-52 二三挡换挡阀

4.4 电控液力自动变速器的维修

4.4.1 自动变速器的性能检查

1. 失速试验

失速试验是通过测量 D 位或 R 位时的失速来检查发动机在该状态下的转速。

失速转速是指发动机在特定转速下变矩器输出转速为零且变矩比最大时的转速。

(1)失速试验注意事项。

- ①在正常工作温度下进行试验(50~80℃)。
- ②该试验连续进行不得超过 5 s。
- ③为保证安全,应在宽阔水平地面上进行,并确保试验用车前后无人。
- ④失速试验应两人共同完成。一人观察车轮情况或车轮塞木情况,另一人进行试验。

(2)失速(D 位或 R 位)试验操作步骤如图 4-53 所示。

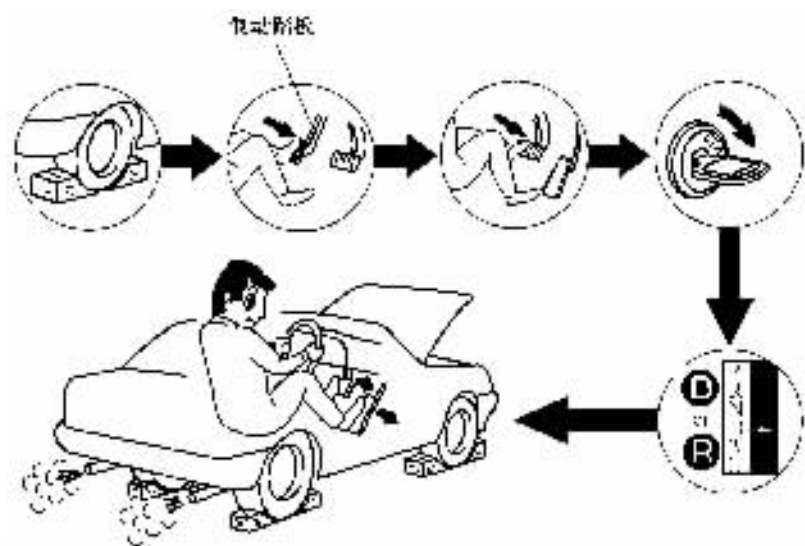


图 4-53 自动变速器失速试验

- ①塞住前、后车轮；接上发动机转速表(指无转速表汽车)。
- ②拉紧驻车制动器。
- ③起动发动机，将变速杆换入 D 位。
- ④用力踩下制动踏板。
- ⑤将加速踏板迅速踩到底，此时的车速即为失速转速(持续时间不要超过 5 s)。
- ⑥放松加速踏板，恢复发动机怠速转速并维持一定时间，以使油液循环冷却。

(3)失速试验的结果分析。常见车型的自动变速器失速转速为 2 200 r/min 左右，但也有车型自动变速器失速转速低于 1 800 r/min，有的车型自动变速器失速转速高于 2 800 r/min。

若失速转速值高于规定值，表明发动机工作不良或液力变矩器传递转矩不良；若失速转速值低于规定值，表明换挡执行组件打滑。应针对这些情况进行检查，以确定故障原因和部位。

2. 换挡迟滞试验

换挡迟滞试验是在发动机怠速状态下，拨动自动变速器操纵杆，在感觉振动前会有一段时间的迟滞或延迟，这用于检查 OD 挡离合器、前进挡离合器、直接挡离合器及一档、倒挡制动器的工作情况。

离合器的间隙过大，会延长离合器接合时间，而系统压力低于标准压力时，也会延长达到离合器活塞作用压力的时间，各种控制阀出现卡滞也会延长动力传递时间。所以，通过换挡迟滞试验可进行初步的故障判断，如离合器的磨损情况等。

(1)换挡迟滞试验的操作方法如图 4-54 所示。

- ①车轮用三角木止动，拉紧停车制动器手柄。
- ②起动发动机并怠速运转。
- ③怠速状态下将变速杆从 N 位换入 D 位，感觉到的车身振动的测量时间已低于 1.2 s。

(2)换挡迟滞试验注意事项。

- ①试验应在对汽车进行完基本检查和基本调整后进行。
- ②试验油温应达到汽车正常行驶温度(50~80 ℃)。

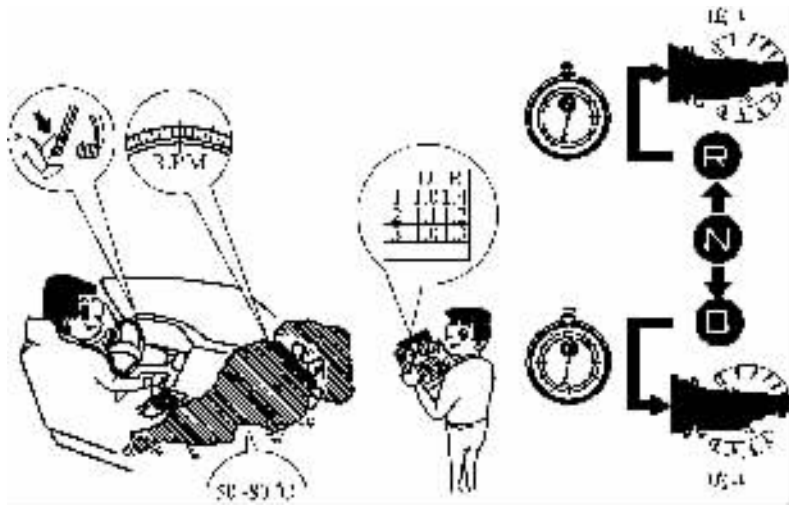


图 4-54 换挡迟滞试验

③各挡位测试时间间隔应保持在 1 min 以上,以使被测试离合器和制动器完全恢复到自由状态。

④进行三次试验并取平均值。

(3)试验结果分析。

①滞后时间在标准时间内为正常。

②滞后时间超过标准时,可判断为相应的离合器或制动带打滑或液压系统压力低,可通过其他试验进行进一步检查。

3. 道路试验

道路试验是诊断自动变速器故障的基本试验之一,这主要是因为汽车的行驶速度直接影响着自动变速器的换挡时刻。此外,自动变速器在修复之后,也应进行道路试验,以检查自动变速器工作性能,检验修理质量。

(1)道路试验注意事项。

①车辆试验前,应进行各项安全检查、油液检查等工作。

②选择路面宽阔,人员、车辆少的道路进行试验。

③试验前发动机怠速运转 10 min 左右,以使变速器油温升高到工作温度。

④将超速挡开关置于 ON 位置,并将模式开关置于普通模式。

(2)道路试验内容。

①静止换挡试验。用力踩下制动器踏板将汽车原地制动,将自动变速器的变速杆分别置于倒挡和前进挡,加大节气门开度直到汽车振动为止,通过振动情况可检验自动变速器低速挡的工作情况。

②升挡检查。将操纵手柄置于 D 位,踩下加速踏板,使节气门保持一定开度,让汽车起步加速来检查自动变速器的升挡情况。自动变速器在升挡时,发动机会有一瞬时的转速下降,同时车身有轻微的振动。在正常情况下,汽车起步后随着车速的升高,应能感觉到自动变速器顺利地由 1 挡升入 2 挡,随后再由 2 挡升入 3 挡,最后升入超速挡。自动变速器不能升入高速挡(3 挡或超速挡),说明控制系统或换挡执行元件有障碍物。

③升挡车速的检查。将操纵手柄拨至前进挡(D)位置,踩下加速踏板,并使节气门保持在某一固定开度,让汽车起步并加速。当察觉到自动变速器升挡时,记下升挡车速。一般4挡自动变速器在节气门开度保持在 $1/2$ 时,由1挡升至2挡的升挡车速为 $25\sim 35\text{ km/h}$,由2挡升至3挡的升挡车速为 $55\sim 70\text{ km/h}$,由3挡升到4挡(超速挡)的升挡车速为 $90\sim 120\text{ km/h}$ 。升挡车速和节气门开度有很大的关系,即节气门开度不同时,升挡车速也不同,而且不同车型的自动变速器各挡位传动比的大小都不相同,升挡车速也不完全一样。因此,只要升挡车速基本保持在上述范围内,而且汽车行驶中加速良好,无明显的换挡冲击,都可认为其升挡车速基本正常。若汽车行驶中加速无力,升挡车速明显低于上述范围,说明升挡车速过低(即过早升挡);若汽车行驶中有明显的换挡冲击,升挡车速明显高于上述范围,说明升挡车速过高(即过迟升挡)。升挡车速太低一般是控制系统的故障所致;升挡车速太高则可能是控制系统的故障所致,也可能是换挡执行元件的故障所致。

④升挡时发动机转速的检查。有发动机转速表的汽车在作自动变速器道路试验时,应注意观察汽车行驶中发动机转速变化的情况。这是判断自动变速器工作是否正常的重要依据之一。

在正常情况下,如果自动变速器处于经济模式或普通模式,节气门保持在低于 $1/2$ 开度范围内,则在汽车由起步加速直至升入高速挡的整个行驶过程中,发动机转速都将低于 $3\ 000\text{ r/min}$ 。通常在加速至即将升挡时,发动机转速可达到 $2\ 500\sim 3\ 000\text{ r/min}$,在刚刚升挡后的短时间内发动机转速将下降至 $2\ 000\text{ r/min}$ 左右。如果在整个行驶过程中发动机转速始终过低,加速至升挡时仍低于 $2\ 000\text{ r/min}$,说明升挡时间过早或发动机动力不足;如果在行驶过程中发动机转速始终偏高,升挡前后的转速在 $2\ 500\sim 3\ 500\text{ r/min}$ 之间,而且换挡冲击明显,说明升挡时间过迟;如果在行驶过程中发动机转速过高,经常高于 $3\ 000\text{ r/min}$,在加速时达到 $4\ 000\sim 5\ 000\text{ r/min}$,甚至更高,说明自动变速器的换挡执行元件(离合器或制动器)打滑,应拆修自动变速器。

⑤换挡质量的检查。换挡质量的检查内容主要是检查有无换挡冲击。在正常情况下,自动变速器的换挡冲击应十分微弱。如果换挡冲击太大,说明自动变速器的控制系统或换挡执行元件有故障,原因可能是油路油压过高或换挡执行元件打滑,应作进一步检查。

⑥锁止离合器工作状况检查。自动变速器变矩器中的锁止离合器工作是否正常也可以采用道路试验的方法进行检查。在试验中,让汽车加速至超速挡,以高于 80 km/h 的车速行驶,并将节气门踏板踩下至 $2/3$ 开度,同时检查发动机转速的变化情况。如果发动机转速没有太大的变化,说明锁止离合器处于接合状态;反之,如果发动机转速升高很多,则表明锁止离合器没有接合,原因通常是锁止控制系统有故障。

⑦发动机制动作用的检查。检查自动变速器有无发动机制动作用时,应将操纵手柄拨至前进低速挡(S、L或2、1)位置,在汽车以2挡或3挡行驶时,突然松开加速踏板,检查是否有发动机制动作用。如果松开加速踏板后车速立即随之下降,说明有发动机制动作用;否则,说明控制系统或前进强制离合器有故障。

⑧强制降挡功能的检查。检查自动变速器的强制降挡功能时,应将变速杆拨至前进挡D位,保持节气门开度为 $1/3$ 左右,再以2挡、3挡或超速挡行驶时突然将加速踏板完全踩到底,检查自动变速器是否被强制降低一个挡位。在强制降挡时,发动机转速会突然上升至 $4\ 000\text{ r/min}$ 左右,并随着加速升挡,转速逐渐下降。若踩下加速踏板后没有出现强制降挡,说明强制降挡功能失效。若在强制降挡时发动机转速异常升高达 $5\ 000\text{ r/min}$ 左右,并在升

挡时出现换挡冲击,则说明换挡执行元件打滑,应检修自动变速器。

⑨P位制动效果的检查。将汽车停在坡度大于9%的斜坡上,变速杆置于P位,松开驻车制动,检查机械闭锁爪的锁止效果。

4. 油压试验

通过油压试验可判断液压泵、压力调节阀、节气门阀和调速机构的工作情况,为正确分析自动变速器故障提供依据。如图4-55所示为压力表的接法与测压点的示意位置。

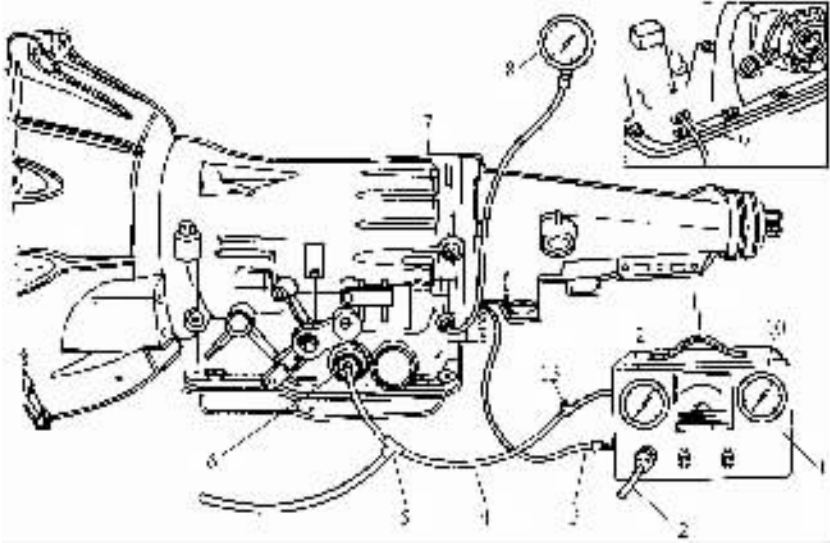


图 4-55 压力表的接法与测压点的示意位置

- 1—自动变速器测试仪; 2—转速表引线; 3—压力油管; 4—真空管; 5—接头;
6—真空盒; 7—速度压力测压点; 8、12—压力表; 9—主油压力测试点;
10—真空压力表; 11—转速表; 13—放气阀

(1) 注意事项。

①在正常工作油温时进行试验(50~80℃)。

②油压试验应由两个人共同完成。其中一人观察车轮及车轮塞木情况,同时,另一人进行试验。

(2) 油压试验前的准备。

①关闭发动机,变速杆置于P位,拆下测压点油堵螺栓,换上测试管接头,接上油管和油压表(量程0~3 MPa)。

②起动发动机,检查各接头处是否有泄漏。

(3) 油压试验方法的操作步骤如图4-56所示。

①起动发动机,让发动机和变速器温度正常。

②拔去变速器壳体上的检查接头塞,连接压力表。

③拉紧驻车制动手柄,塞住四个车轮。

④起动发动机,检查怠速转速。

⑤左脚踩下制动踏板,将变速杆置于D位。

⑥发动机怠速下测量主油压。

⑦将加速踏板踩到底。在发动机达到失速转速时迅速读取油路最高压力值。

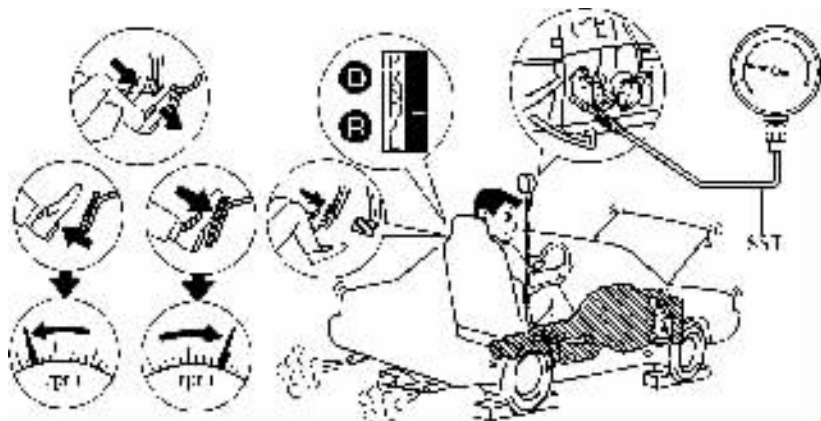


图 4-56 在速度试验台上进行主油路压力测试

⑧在 R 位重复试验。

(4)油压试验分析。

①主油路压力与故障分析。在道路测试中,观察并记录换挡时的压力数值变化。正常情况下,两挡间的压力差不超过 15 Pa,压力应随负荷的加大而逐渐升高。

如果压力数值超过规定数值,说明主油路存在故障。

如果压力较低,可能存在内部泄漏、滤网堵塞、油泵输出量下降,或压力调节器故障。

如果变速器油液压力增加时刻不对或压力达不到一定数值,则原因可能是滑阀出现卡滞或存在密封故障。

如果两挡间的换挡压力差大于 15 Pa,则原因可能是伺服机构存在内部泄漏或离合器密封出现问题。

②发动机负荷信号油压测试与分析。对发动机负荷信号油压进行测试有两种方法:一种方法是将节气门或节流阀置于怠速、半开度、全开三种状态;另一种方法根据具体车型的规定,在发动机某一转速与车速的状态下进行测试。一般先使节气门或节流阀移动,观察压力是否随之相应变化,从而大致判断一下节流阀的调压作用是否正常,然后根据不同车型的具体要求进行检测,读取数据。

如果此压力一直保持在最高、最低或某一压力,不随节气门开度变化而变化,则原因可能是节流阀已经卡死在某一位置,不能运动。

如果油压能随节气门开度变化而变化,但偏低,则原因可能是液压系统内部存在泄漏、节流阀阻滞、前端弹簧变软、后端弹簧压力调节不当。

如果油压偏高,则原因可能是节流阀后端弹簧压力调节不当。

③车速信号油压测试与分析。车速信号油压测试是通过自动变速器上的测试接点(某些型号的自动变速器)进行的。既可以通过道路行驶进行测试,也可在举升器上空负荷进行测试。测试时注意观察液压是否随车速变化而变化,判断调速阀是否在做相应动作。然后根据该车型油压为正常油压值时的相应测试状态操作汽车,读取油压值,最后对测量值与正常值进行比较,判断故障原因。

④液力变矩器油压测试及分析。液力变矩器油压测试是通过自动变速器上的测试进行的,在该测试点按基本操作程序接好压力表后,可在道路或举升器上进行操作测试。变速杆换入 D 位,使发动机驱动车轮转动,分别测量怠速状态、自动变速器由 1 挡换到最高挡时的

油压值,之后分别在 R、N、2、L 各位进行测试。在前进位时,分别测取液力变矩器锁止离合器接合与分离状态时的油压值。

4.4.2 电控自动变速器的故障自诊断

电控自动变速器的电控单元内部有一个故障自诊断电路,它能在汽车行驶过程中不断检测自动变速器控制系统各部分的工作情况,并能检测出控制系统中的大部分故障,将故障以故障码的形式记录在电控单元内。维修人员可以按特定的方法将故障码从电脑内读取,为自动变速器控制系统的检修提供依据。电控自动变速器的故障自诊断有利用车载故障诊断仪显示故障码和人工读取故障码两种方法。

1. 利用车载故障诊断仪显示故障码

车载故障诊断仪是电控单元的一部分,它可向驾驶人员及时提供整车故障情况,专业维修人员可通过它读出故障码并确定故障发生的位置和故障状况。

车载故障诊断仪通常以闪烁的指示灯作为显示故障码的基本方式。这种显示方式具有简洁易用、成本低等优点,但由于不同生产厂家的汽车的故障显示方式不同,故障码的调用方式、故障码所代表的含义也不一样。进行故障码调用和利用故障码进行故障分析时,需要借助汽车生产厂提供的该车型的维修手册的帮助。

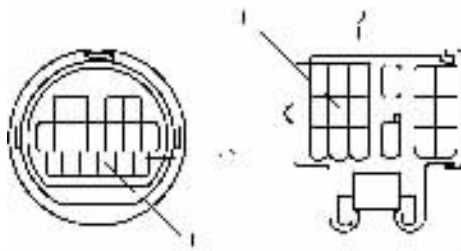
(1)上海别克轿车自动变速器故障码的读取。上海别克轿车采用了第二代车载诊断系统(OBD II),需使用专用检测扫描仪 Tech2 进行故障诊断。将 Tech2 与故障检测连接器相连,打开开关,按 Tech2 屏幕提示操作,即可读出故障码。其故障码及故障原因见表 4-2。

表 4-2 上海别克轿车 4T65E 自动变速器故障码及故障原因

故障码	故障原因	故障码	故障原因
P0218	变速器油液温度过高	P0741	变矩器锁止离合器系统接合滞后
P0502	车辆速度传感器电路信号过低	P0742	变矩器锁止离合器系统脱开滞后
P0503	车辆速度传感器电路间断	P0748	压力控制电磁阀电路电气故障
P0711	变速器油液温度传感器电路间断/无电压	P0751	一二/三四挡换挡电磁阀性能故障
P0712	变速器油液温度传感器电路信号过低	P0753	一二/三四挡换挡电磁阀电路电气故障
P0713	变速器油液温度传感器电路信号过高	P0756	二三挡换挡电磁阀性能故障
P0716	输入速度传感器电路间断	P0758	二三挡换挡电磁阀电路电气故障
P0717	输入速度传感器电路电压信号过低	P1810	变速器液压手动位置开关电路故障
P0719	制动器开关电路电压信号过低	P1811	最大适配和换挡滞后
P0724	制动器开关电路电压信号过高	P1860	变矩器锁止离合器脉冲宽度调整电磁阀电路故障
P0730	不正确的传动比	P1887	变矩器锁止离合器释放开关电路故障

(2)丰田雷克萨斯 LS400 轿车自动变速器故障代码的读取。雷克萨斯 LS400 轿车以仪表板上的“O/D OFF”指示灯作为故障警告灯,当超速挡开关置于“ON”位时,打开点火开关或汽车行驶中“O/D OFF”指示灯不停地闪烁,说明自动变速器的控制系统有故障。

读码过程:打开点火开关,超速挡开关置于“ON”位;用跨接线连接 TDCL 或专用检测连接器的端子 TE1 和 E1(见图 4-57),此时“O/D OFF”灯将闪烁;根据故障警示灯的闪亮规律读出故障码(丰田其余车系自动变速器故障码的读取方法与此相同)。



4-57 丰田雷克萨斯 LS400 轿车自动变速器故障诊断接口

1—TE1; 2—E1

若自动变速器控制系统工作正常,电脑内没有故障码,则故障警告灯以每秒两次的频率连续闪亮;若自动变速器电脑内存在故障代码,则故障警告灯以每秒一次的频率闪亮,并将两位数故障码的十位数和个位数先后用故障警告灯的闪亮次数表示出来。当电脑内储存有几个故障代码时,电脑按故障码的大小,依次将储存的所有故障码显示出来,相邻两个故障码之间的停顿时间为 2.5 s。当所有故障码全部显示完毕,停顿 4.5 s,再重新开始显示。LS400 轿车自动变速器故障码及故障原因见表 4-3。

表 4-3 雷克萨斯 LS400 轿车自动变速器的故障码及故障原因

故障码	故障原因	故障码	故障原因
42	1 号车速(车速表)传感器无信号	63	2 号换挡电磁阀不工作
46	4 号(油压)电磁阀不工作	64	3 号(锁止)电磁阀不工作
61	2 号车速传感器无信号	67	O/D 直接挡转速传感器无信号
62	1 号换挡电磁阀不工作	68	自动跳合开关一直闭合

2. 人工读取故障码

德国大众公司于 1972 年率先研制出非车载的汽车计算机检测仪,能够检查 88 个项目,并把结果打印出来。汽车计算机检测仪有专用和通用两种类型,如通用公司的 Tech2 扫描检测仪为专用型,美国 Snap-on 公司的 Scanner 为通用型,使用时只需把检测仪与专用检测连接器相连即可获得来自汽车上 ECU 中的必需的数据,并可对 ECU 控制的执行组件进行强制测试。更方便的是借助液晶屏幕显示,通过对话的形式,可以得到设备操作的指示,而不必频繁翻阅使用说明书,这对于初学使用的维修人员非常方便。

4.4.3 液压系统主要零部件的检修

1. 液压泵的检修

经压力测试显示主油路压力偏低时,应对自动变速器的液压泵进行检修,及时排除故障。

(1)拆卸。液压泵拆卸前应作好标记,防止装错。如果反复装配液压泵可能造成密封件损坏。液压泵齿轮拆卸后应将主从动齿轮作好定向标记,如果齿轮被装反,齿轮在啮合过程中会产生严重噪声,甚至使液压泵齿轮的自由运动受阻而造成齿轮断裂或严重磨损。

(2)检测。如图 4-58 所示,用塞尺检测液压泵的内齿圈与泵体的间隙,以及内齿圈与月牙形隔板的间隙,要求间隙均应在 0.08~0.15 mm 之间,用钢直尺和塞尺检查主动齿轮和从动齿轮的间隙,应在 0.02~0.04 mm 之间。若间隙过大,应更换液压泵。

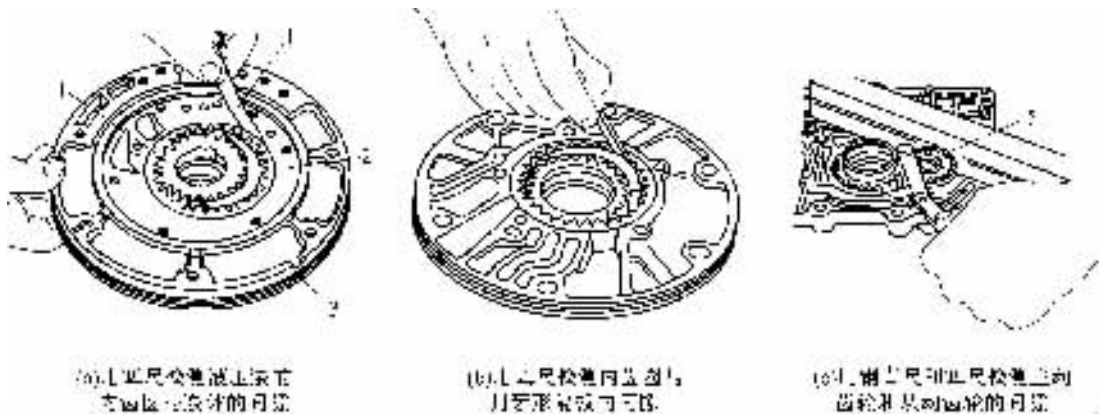


图 4-58 液压泵间隙的测量

1—塞尺；2—外齿轮；3—泵壳体；4—内齿轮；5—液压泵驱动齿轮

2. 离合器总成的检修

(1) 拆卸。

- ①用改锥撬出弹簧挡圈，拆下主、从动摩擦片。
- ②拆卸液压缸活塞前，先使用专用的弹簧压缩器辅助工具卸下活塞回位弹簧。
- ③使用压缩空气将液压缸活塞推出。

(2) 离合器的检修。

①摩擦片的检修。摩擦片应平整、没有翘起和扭曲变形，摩擦片的表面不应有烧焦、发黑、破裂、表面剥落等情况。

②离合器活塞的检修。离合器活塞不应有裂纹、变形和卡滞，密封圈和密封环槽不应有磨损，活塞上的单向阀性能应良好。

3. 阀体的检修

(1) 拆卸。放出变速器内的油液并拆下变速器油底壳，将与阀体连接的拉杆、连杆卸开，小心拆下锁止弹簧和螺栓，取下阀体总成。

在拆卸滑阀前，应通过画图或照相的方法确定滑阀、钢珠的位置，作为安装时的参考，防止组装时装错位置。分解各类阀时零件的摆放也非常重要，各组阀及相关零件应分组摆放，不能混放。

(2) 清洗。阀体及零部件可用酒精或化油器清洗剂进行清洗，然后用水进行清洗，再用干燥的压缩空气仔细吹干每一个部件。必须彻底清除各种碎屑和粉末，以确保油路的通畅。切忌使用纤维类物品擦拭零部件，以免纤维留挂在零件上或油路信道中，导致换挡故障。

(3) 检查。

- ①阀体壳及隔板不应有损伤。
- ②上、下阀体的油道内不应有阻碍滑阀运动的胶状沉积物、擦伤或划痕、螺纹孔损伤等，若存在损伤应进行更换。
- ③滑阀不应有损伤，并与阀体配合良好，能自由滑动。
- ④滑阀弹簧的弹性力、弹簧的变形和弹簧的长度尺寸应符合修理手册的规定。

4.4.4 行星齿轮系统的检修

1. 分解前的检查

1) 液力变矩器径向跳动情况检测

自动变速器在使用一段时间后行星齿轮机构会出现磨损现象,导致液力变矩器出现径向跳动情况。

液力变矩器径向跳动检测应在液力变矩器与发动机曲轴分解前进行。百分表的安装位置如图 4-59 所示,百分表安装后应压缩 1 mm。旋转曲轴 360°观察百分表针摆量,跳动量不应大于 0.30 mm。

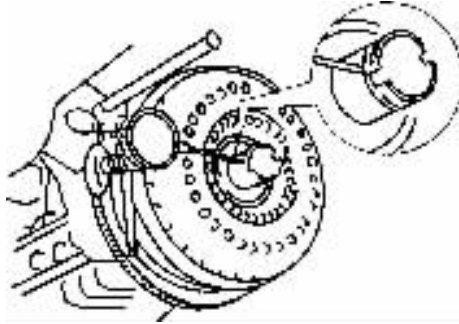


图 4-59 液力变矩器径向跳动检测

2) 动力输入轴轴向间隙检测

如图 4-60 所示,将百分表安装在输入轴上。轴向移动输入轴,观察百分表针的摆动量,测量轴向间隙。如果轴向间隙过大或过小,通过调节输入与输出轴间的止推垫圈进行修正。

轴向跳动量过大,会造成涡轮花键毂与变速器输入轴间啮合面减小,产生应力集中,使承载能力下降,导致涡轮花键毂早期磨损。轴向跳动量过大可能是由于在行星齿轮间漏装了止推垫圈或止推轴承,造成输入轴与行星齿轮机构都产生过大位移。工作时,由于运动干涉会出现异响。

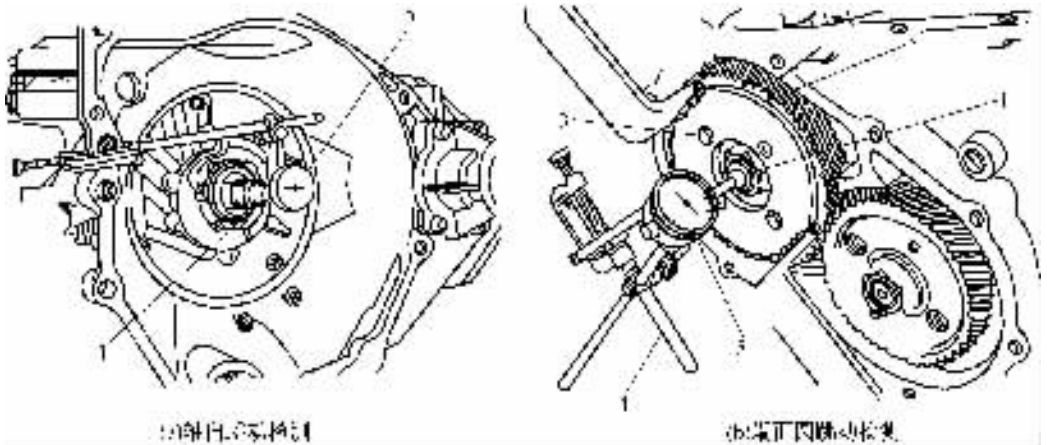


图 4-60 动力输入轴轴向间隙检测

1—输入轴; 2—驱动齿轮; 3—螺钉; 4—专用支架; 5—百分表

2. 单向离合器的检查

单向离合器主要检查以下几个方面:检查单向离合器的单向锁止作用是否可靠;检查单向离合器弹簧的弹性、长度是否符合技术要求;检查滚柱表面和滚道是否出现麻点、腐蚀或过热痕迹。一旦出现上面几种情况,单向离合器就可能产生运动噪声,缩短使用寿命,加大失效滚柱上的载荷,加剧滚柱和滚道的磨损。

3. 行星齿轮的检查

首先,应检查行星齿轮的完好状态,行星齿轮轮齿不应有断裂、破碎情况和变色发黑现象,如果存在这些情况,应进行整体更换。其次,应检查行星齿轮是否转动自如无卡滞现象,用塞尺检查行星齿轮与行星架的间隙是否符合规定值,如图 4-61 所示,行星轮架不能出现变形和裂痕损坏。行星齿轮的止推垫圈不能过度磨损,若有过度磨损,应及时更换正确厚度尺寸的止推轴承。

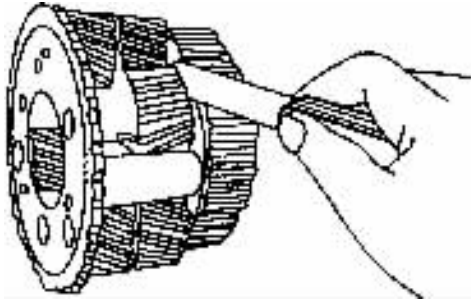


图 4-61 用塞尺检查行星齿轮与行星轮架的间隙

4.4.5 电控系统的检修

利用计算机检测仪读取故障码,可以找出电控系统故障的大致范围,但要确定故障所在的具体位置,还必须借助万用表等工具对各个零件进行检测。

1. 节气门位置传感器的检修

使用万用表的欧姆挡测量节气门传感器中滑动变阻器的电阻值,如果滑动变阻器的电阻值与标准值相符,说明节气门位置传感器工作正常。如果不符,则应更换或调整节气门位置传感器。

2. 车速传感器和输入轴转速传感器的检修

1) 检测传感器线圈的通、断及电阻值

使用万用表的欧姆挡分别测量两个传感器的电阻值,从而可判断传感器的感应线圈短路、断路或电阻值是否符合标准,如果不符合应更换新件。

2) 检测传感器的脉冲感应电压

将传感器拆下,用一根铁棒或一块磁铁迅速靠近或离开传感器,同时用万用表测量传感器两接线柱之间有无脉冲感应电压。若没有感应电压或感应电压很弱,则说明传感器有故障,应更换。

3. 自动变速器油温传感器的检修

把万用表的两个接线柱分别与油温传感器的两个接线柱相连,然后将油温传感器放入

盛有凉水的烧杯中,而后将烧杯加热,并且每隔 10°C 记录一次电阻值,最后将测得的电阻值与标准值相比较,如果不符,则应更换新油温传感器。

4. 开关式电磁阀的检修

1) 就车检查

拆下开关式电磁阀,使用万用表测量开关式电磁阀线圈的电阻。将 12 V 电源施加在开关式电磁阀线圈上,此时应能听到开关式电磁阀工作时的“咔嚓”声,否则,说明阀芯卡住,应更换开关式电磁阀。

2) 性能试验

拆下开关式电磁阀,将压缩空气吹入开关式电磁阀进油口,当开关式电磁阀(常开式)不通电时,进油孔和泄油孔之间应通气,否则,说明开关式电磁阀损坏,应更换。另外,接上电源后,进油孔和泄油孔之间应不通气,否则,说明开关式电磁阀损坏,应更换新件。

5. 脉冲线性式电磁阀的检修

1) 就车检查

拆下脉冲线性式电磁阀,使用万用表测量电磁阀线圈的电阻,其电阻值在 $2\sim 10\ \Omega$ 范围内,如果不符,则应更换新电磁阀。

2) 性能试验

拆下脉冲线性式电磁阀,并与一个功率为 $8\sim 10\text{ W}$ 的灯泡串联,而后连接到蓄电池的两个接线柱。通电时,电磁阀阀芯应向外伸出;断电时,电磁阀阀芯应向内收缩。否则,说明电磁阀已损坏,应更换新件。

4.5 电控液力自动变速器的故障诊断

4.5.1 自动变速器打滑

1. 故障现象

在汽车起步时,踩下加速踏板,发动机转速上升很快,但车速上升缓慢;在加速时,发动机转速很高,但车速不能很快提高;在上坡时,汽车行驶无力,但发动机的转速很高。

2. 故障原因

自动变速器打滑的原因有:

- (1) 自动变速器油平面过低而造成主油路的油压过低,导致离合器和制动器打滑。
- (2) 离合器或制动器摩擦片(或制动带)磨损严重或已烧焦而引起打滑。
- (3) 油泵磨损严重或主油路有泄漏而造成主油路的油压过低。
- (4) 自动变速器中单向离合器打滑。
- (5) 离合器或制动器活塞密封圈损坏而漏油,导致油压过低。

3. 故障诊断与排除

- 1) 检查自动变速器油平面和油的质量

(1)如果油平面过低,添加自动变速器油至适当油平面后,再检查自动变速器是否打滑。

(2)如果自动变速器油呈棕黑色或有烧焦味,则原因可能是离合器或制动器摩擦片已烧坏,应拆检自动变速器。

(3)如果油平面和油质均正常,则进行下一步检查。

2)进行道路试验

根据其打滑的规律判断故障的部位。以4挡辛普森式行星齿轮自动变速器为例,打滑的规律和可能的故障部位如下。

(1)若在前进挡时有打滑现象而在倒挡时不打滑,则为前进挡离合器打滑。

(2)在D位的1挡打滑而在L挡位时的1挡不打滑,则为前进单向离合器打滑。

(3)若在D位和L位的2挡都打滑,则为2挡制动器打滑。

(4)若在D位的2挡打滑而在L挡位的2挡不打滑,则为2挡单向离合器打滑。

(5)若只是在3挡时都有打滑现象,则为倒挡及高挡离合器打滑。

(6)若只是在超速挡时有打滑现象,则为超速挡制动器打滑。

(7)若在倒挡和高挡时都有打滑现象,则为3挡离合器打滑。

(8)若在倒挡和1挡时有打滑现象,则为低挡及倒挡制动器打滑。

(9)若在前进挡和倒挡时均有打滑现象,则可能是主油路的油压过低。

3)检查主油路的油压

在拆检自动变速器前,先检测一下主油路的油压。如果油压正常,更换已打滑(磨损过度或已烧焦)的换挡执行组件即可;如果油压过低,则应检查油泵滤网、油泵、主油路和主油路油压调节阀等。

4.5.2 不能升挡

1. 故障现象

汽车行驶中,自动变速器始终在1挡,不能升入2挡,或虽能升入2挡,但不能升入3挡和超速挡。

2. 故障原因

不能升挡的故障原因有:

(1)节气门拉索或节气门位置传感器有故障。

(2)车速传感器工作不良。

(3)2挡制动器或高挡离合器有故障。

(4)换挡阀卡滞。

(5)挡位开关工作不良。

(6)换挡执行组件打滑。

(7)自动变速器计算机工作不良。

3. 故障诊断与排除

不能升挡的故障诊断与排除体现在以下方面:

(1)进行故障自诊断操作,如果有故障码输出,则按所显示的故障码检查故障;如果无故障码输出(或按所显示的故障码排除后故障现象仍未消除),则应进行下一步检查。

(2)检查节气门拉索或节气门位置传感器的工作情况,如果不符合技术要求,应予以

调整。

(3)检查车速传感器及其线路,如果工作不良,应予以更换。

(4)检查空挡起动开关是否良好,如果有故障,应予以调整或更换。

(5)如果上述检查均未发现故障,则需拆检自动变速器,检查换挡执行组件是否严重磨损或有无泄漏。

(6)如果上述检查均正常,则需检查自动变速器计算机有无故障。

4.5.3 换挡时有较大的冲击

1. 故障现象

在自动变速器操纵手柄从停车挡或空挡挂入前进挡或倒挡时,汽车会有明显的振动,而在汽车行驶时,自动变速器升挡的瞬间,汽车也会有明显的冲击。

2. 故障原因

换挡时有较大冲击的故障原因有:

(1)发动机的怠速过高而引起换挡时的冲击。

(2)节气门拉索调整不当或节气门位置传感器有故障,使主油路的油压过高导致换挡冲击。

(3)主油路油压调节器工作不良,而使主油路的油压过高导致换挡冲击。

(4)主油路油压电磁阀或其线路不良,而使主油路油压异常。

(5)蓄能器工作不良(如活塞卡住),而使换挡瞬间油压过高导致换挡冲击。

(6)单向阀损坏或单向阀钢球漏装,而导致换挡执行组件接合过快。

(7)换挡执行组件打滑。

(8)升挡过迟而引起换挡冲击。

(9)自动变速器计算机有故障。

3. 故障诊断与排除

1)检查发动机的怠速

正常的发动机怠速一般为 750 r/min 左右。如果怠速过高,应将其调整至规定的怠速,再检查换挡冲击故障是否消失。

2)检查节气门拉索或节气门位置传感器

如果节气门拉索过紧或过松,应通过调整螺母来调整拉线长度,直至符合要求为止。

3)进行路试

判断自动变速器有无打滑或升挡过迟故障。

4)检查发动机怠速时的主油路油压

如果怠速时的主油路油压过高,应拆检主油路油压调节器;如果怠速时主油路油压正常,则应拆检前进挡离合器或倒挡及高档离合器的进油单向阀是否损坏。

5)检查换挡时的主油路油压

正常情况下,在换挡时,主油路的油压会有瞬间的下降。

如果在换挡时主油路的油压有瞬时下降,但有换挡冲击,可能是换挡执行组件的间隙太小而造成换挡冲击;如果换挡时主油路的油压没有下降,则应检查以下内容:

- (1)检查主油路油压电磁阀的线路有无故障。若正常,进行下一步检查。
- (2)检查主油路油压电磁能否正常工作。若正常,进行下一步检查。
- (3)检查在换挡时,计算机(或 ECU)有无向主油路油压电磁阀输出信号。若换挡时计算机无信号输出,则需更换计算机再试;若计算机有信号输出,进行下一步检查。
- (4)拆检自动变速器蓄能器有无损坏。

4.5.4 无超速挡

1. 故障现象

汽车在行驶中不能升入超速挡。

2. 故障原因

无超速挡的故障原因有:

- (1)超速挡开关或超速挡电磁阀工作不良。
- (2)超速挡制动器打滑。
- (3)超速行星排的离合器或单向离合器卡死。
- (4)空挡起动开关工作不良。
- (5)自动变速器油温传感器工作不良。
- (6)节气门位置传感器工作不良。
- (7)三四挡换挡阀卡滞。
- (8)自动变速器计算机有故障。

3. 故障诊断与排除

1)进行故障自诊断操作

如果有故障码输出,则按所显示的故障码检修故障;若无故障码输出(或按所显示的故障码排除后故障现象仍未消除),则进行下一步检查。

2)检查自动变速器油温传感器

主要检测油温传感器在不同温度下的电阻,如果与标准值不符,则应更换油温传感器。

3)检查空挡起动开关的信号

如果没有信号或信号与操纵手柄的位置不符,应调整或更换挡位开关。

4)检查节气门位置传感器的输出信号

如果与标准值不符,应调整或更换节气门位置传感器。

5)检查超速挡开关

当超速挡开关接通(ON)时,触点断开,从蓄电池传来的 12 V 电压信号送入 ECU,允许变速器使用超速挡,这时超速指示灯应不亮;当超速挡开关断开(OFF)时,触点闭合,并将零电压信号送给 ECU,超速挡停止工作,这时超速挡指示灯应亮起。如果不是这样,则需检查超速挡开关电路或更换超速挡开关。

6)检查超速挡电磁阀工作情况

打开点火开关(不起动),在按下超速挡开关按钮时,听超速挡电磁阀有无工作的响声。如果超速挡电磁阀不工作,应检查其线路或更换超速挡电磁阀。

7)检查空载下能否升挡

用举升机将驱动轮悬空,看在空载的情况下,自动变速器能否升入超速挡。

如果空载下能升入超速挡,且升挡后车速正常,说明控制系统正常,可能是超速挡制动器在有负载时打滑而造成不能升入超速挡。如果空载下能升入超速挡,但升挡后车速偏低,发动机转速下降,则说明超速行星排中的离合器或单向离合器卡滞。如果空载下不能升入超速挡,则为液压控制系统或电子控制系统有故障。

8) 检查控制系统

若液压控制系统有故障,需拆开自动变速器检查三四挡换挡阀有无卡滞,若有卡滞应予以修理或更换;如果是电子控制系统的故障,应检查传感器、电磁阀、自动变速器计算机及其线路。

本章小结

自动变速器简化了传统离合器与变速器操作模式,实现了动力传递与车速变换的自动控制,目前,应用较多的是辛普森式和拉威娜式两种行星齿轮自动变速器。行星齿轮自动变速器采用了复杂的行星齿轮传动技术、电控技术和液压控制技术,提高了自动变速器的传动效率和可靠性。

为使自动变速器有良好的工作状态,在保养维修自动变速器的过程中经常要对自动变速器进行失速试验、换挡迟滞试验、道路试验和油压试验等,排除自动变速器常见的打滑、不能升挡、换挡冲击和无超速挡等故障。通过自动变速器的故障自诊断可以排除电控系统和液压系统存在的故障。

习 题 4

- 4-1 自动变速器分为哪些类型?
- 4-2 自动变速器各挡位的含义是什么?
- 4-3 液力机械式自动变速器由哪些基本部分组成?各部分的作用是什么?
- 4-4 液力耦合器和液力变矩器有何区别?各由哪些主要部件组成?
- 4-5 三挡辛普森式行星齿轮变速器由哪些基本部分组成?并简述D位1挡位工作原理。
- 4-6 自动变速器上用来信息采集的传感器有哪些?
- 4-7 液压控制系统的作用及组成是什么?
- 4-8 自动变速器上的控制阀有哪几种?各有什么作用?
- 4-9 自动变速器的性能检查方法主要有哪些?实验时应注意些什么?
- 4-10 电控自动变速器的故障自诊断方法有哪些?
- 4-11 行星齿轮系统的检测与维修内容有哪些?
- 4-12 自动变速器电控系统的检修内容有哪些?
- 4-13 电控液力自动变速器的常见故障、原因分析及排除方法有哪些?