

项目1

检修电控液力自动变速器

1. 汽车使用变速器的必要性

变速器属汽车底盘传动系统的一个主要总成。变速器的作用是变速、变转矩、变方向,即可将发动机传来的动力改变转速、改变转矩、改变方向之后传给传动轴或直接传递给主减速器。

车用发动机的转矩和转速变化范围较小,无法适应复杂的使用条件的需要。例如:设某汽车主减速器的主传动比 $i_{\pm}=4$,车轮动力半径 $r=0.3\text{m}$,发动机正常工作时的转速变化范围是 $n=1000\sim 6000\text{r/min}$,假设没有变速器,则车速范围是

$$v_a = \frac{(1000 \sim 6000)}{4 \times 1000} \times 60 \times 2\pi \times 0.3 = 28.26 \sim 169.56 (\text{km/h})$$

可见,不符合实际需要,且无倒驶功能。所以,在汽车的传动系统中,需要加入变速器,根据行驶需要改变转速、转矩和动力传递方向。

2. 汽车变速器的类型及特点

1) 汽车变速器的分类(如图 1-1 所示)

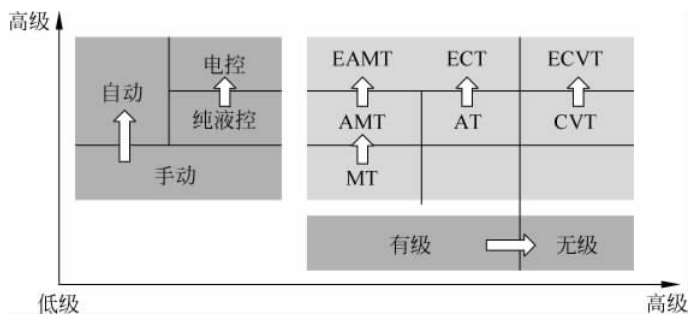


图 1-1 汽车变速器的类型

图 1-1 中部分字母说明如下。

T——transmission/transaxle, 变速器/变速箱;

MT——manual transmission, 手动变速器, 或称机械变速器;

AT——automatic transmission, 自动变速器, 也指纯液力自动变速器;

ECT——electronic(ally) controlled transmission, 电控液力自动变速器;

ECVT——electronic continuously variable transmission, 电控无级自动变速器;

EAMT——electronic automatic mechanical transmission, 电控机械自动变速器。

在变速器的发展史上, 出现了两次飞跃, 第一次是从手动到自动的飞跃, 第二次是从有级到无级的飞跃。即:



2) 手动变速器的缺陷

统计资料表明, 在城市行驶的工况下, 载货汽车每行驶 100km, 需起步和停车 80~100 次, 而公共汽车则需要 400~500 次。考虑到换挡时的离合器操纵, 那么, 在城市工况下每行驶 100km, 公共汽车的离合器工作次数可达 800~1000 次。频繁进行换挡操作, 对驾驶员来说是很大的负担, 也对交通安全造成不利的影响。

3) 自动变速器的发展简史

从 20 世纪三四十年代起, 人们就开始发展自动变速器。1939 年, 美国通用公司首先在其生产的轿车上装用了液力变速器, 它由液力耦合器与行星齿轮机构组成, 能在一定范围内自动变速, 被认为是现代自动变速器的雏形。到了四五十年代, 开始出现根据车速和节气门开度自动换挡的纯液力自动变速器, 使自动变速器进入了迅速发展期。70 年代末期, 电子控制技术开始应用于自动变速器。80 年代以来, 以微机为控制核心的电控自动变速器得到迅速的发展。

4) 自动变速器的优点

(1) 能根据行驶速度和加速踏板位置, 自动地选择最合适的挡位。

(2) 消除了离合器的操作和频繁地换挡, 使驾驶员操作变得简单而省力, 同时, 也提高了行车的安全性。

(3) 行车平稳, 舒适性好。

(4) 大大降低了汽车传动系的动载荷, 使发动机和传动系相关零部件以及轮胎等的使用寿命大为提高。

(5) 在外载荷突然增大的情况下, 可防止发动机过载或熄火, 从而保护发动机, 并减少排气污染。

(6) 有效地、平稳地、持续地传递发动机所产生的转矩, 使起步平稳, 减少振动和噪声, 提高乘坐舒适性。

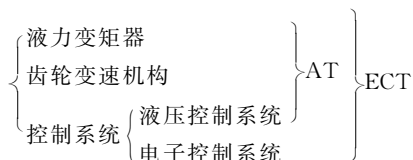
5) 自动变速器的缺点

(1) 结构较为复杂, 工艺要求及制造成本较高, 维修难度大。

(2) 传动效率略低(但随着技术的成熟及挡位数的增多, 自动变速器的油耗已接近或优于手动变速器)。

1.1 掌握电控液力自动变速器的结构原理

目前最为普及的电控液力自动变速器的结构组成为:



液力变矩器紧靠发动机,是自动变速器的动力输入端,类似于手动变速器汽车的离合器。齿轮变速机构类似于手动变速器中的变速传动机构,而控制系统则类似于手动变速器中的操纵机构。

1.1.1 液力变矩器

1. 课前准备

- (1) 搭载电控液力自动变速器的汽车 1 辆,或电控发动机+自动变速器试验台架 1 台;
- (2) 液力变矩器解剖教具 1 套,完整液力变矩器 1 个;
- (3) 液力变矩器测量专用工具 1 套、千分表 1 套;
- (4) 常用工具 1 套。

2. 液力变矩器的作用

- (1) 能使发动机产生的转矩增大(2~4 倍)。
- (2) 能起到自动离合器的作用,能够传送或切断发动机至齿轮变速机构的动力。
- (3) 能够缓冲发动机和传动轴之间的扭转振动。
- (4) 能够起到储能作用(代替飞轮),使发动机运转平稳。
- (5) 能够驱动液压控制系统的液压泵。

3. 液力变矩器的结构

(1) 从实车或台架上观察液力变矩器的外形及安装位置,如图 1-2 所示。可以看出,液力变矩器的壳体与飞轮连接在一起,随发动机一起转动。涡轮与齿轮变速机构的输入轴通过花键连在一起,即动力的传递路线为:发动机—液力变矩器—齿轮变速机构。

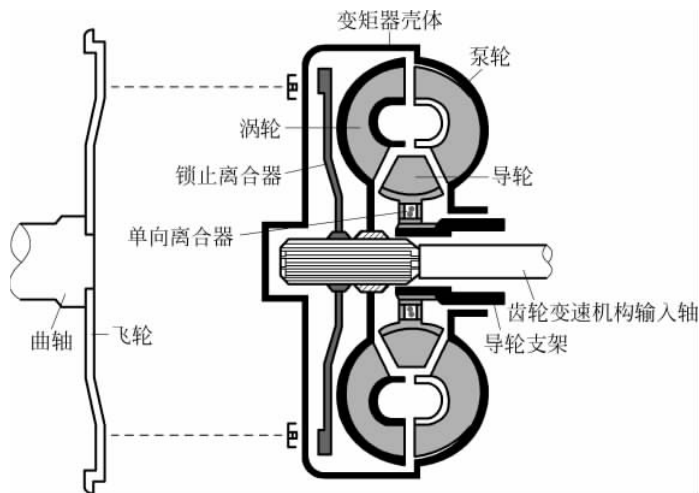


图 1-2 液力变矩器的安装位置

(2) 根据液力变矩器实物、解剖教具、图 1-2 和图 1-3, 观察掌握液力变矩器的结构。

注意: 液力变矩器壳体是转动的, 而导轮支架是不能转动的。泵轮和涡轮之间的动力传递是靠自动变速器油(ATF)来完成的, 是液力传动而不是机械传动, 这也决定了在驱动过程中涡轮转速不会高于泵轮转速, 亦即液力传动的效率始终小于 100%。图中表示出了液力变矩器的基本三元件, 泵轮、涡轮和导轮。泵轮是主动件, 涡轮是从动件, 导轮用于改变液体的流动方向, 即为液体的流动导向。

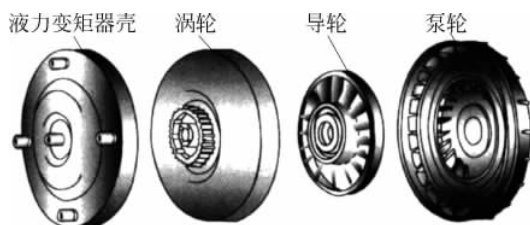


图 1-3 液力变矩器的解剖图

① 泵轮。图 1-4 为液力变矩器的泵轮解剖图。泵轮内部有许多叶片焊在壳体上, 叶片比较平直。叶片在随壳体一起转动时, 就会带动其间的自动变速器油一起运动。因为是转动, 自动变速器油受离心力作用由内向外径向运动。另外, 叶片上还焊有导环, 用于形成自动变速器油流动的油道。

② 涡轮。图 1-5 为液力变矩器的涡轮。涡轮内部也有许多叶片焊在壳体上, 但叶片比较弯曲, 而且和泵轮叶片数量不同。流向泵轮外缘的自动变速器油受壳体约束, 只能流向涡轮外缘, 冲击涡轮叶片使涡轮顺泵轮转动方向转动。另外, 叶片上也焊有导环, 用于形成自动变速器油流动的油道。涡轮中心带有花键孔, 用于驱动齿轮变速机构的输入轴。涡轮背面带有减振装置, 用于衰减在锁止离合器接合或分离瞬间产生的振动。



图 1-4 液力变矩器的泵轮



图 1-5 液力变矩器的涡轮

③ 导轮。图 1-6 是液力变矩器的导轮图。导轮位于泵轮和涡轮中间, 其上有叶片, 在低速时, 导轮不旋转, 叶片改变来自涡轮内缘自动变速器油的流向而使其能冲击泵轮的背面, 起增益作用。

④ 单向离合器。液力变矩器的导轮中间有单向离合器, 是用来单向制动导轮, 使导轮

在低速时不转、高速时旋转。单向离合器有楔块式和滚柱式两种,其状态有锁止、自由、超越三种状态。图 1-7 为楔块式单向离合器。



图 1-6 液力变矩器的导轮



图 1-7 楔块式单向离合器

楔块式单向离合器一般由外座圈、内座圈、楔块和保持架四部分组成。外座圈的内表面和内座圈的外表面是光滑的。保持架上安装有许多楔块,楔块为不规则的“8”字形,有长轴和短轴之分。楔块位于内外座圈之间。当长轴与内外座圈同时接触时,内外座圈被锁住而同速转动,否则内外座圈之间无动力传递关系。液力变矩器中的单向离合器的内座圈不转动,所以导轮只能单方向旋转。换言之,导轮与泵轮或者同方向旋转,或者不转,但不会与泵轮的转向相反。

⑤ 锁止离合器。锁止离合器如图 1-8 所示。

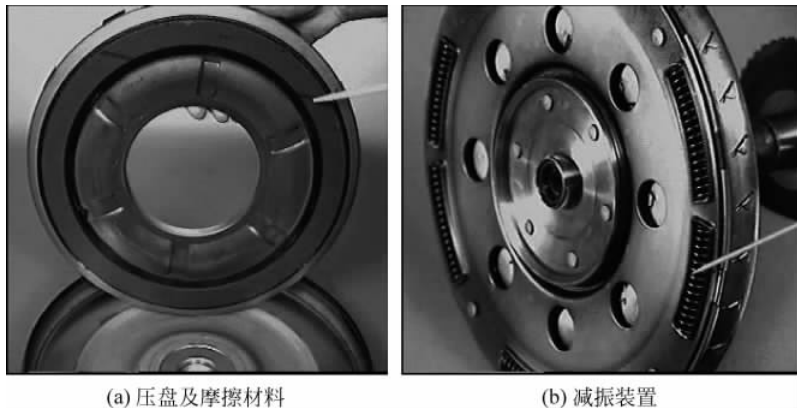


图 1-8 液力变矩器中的锁止离合器

锁止离合器是一种摩擦式离合器,压盘与涡轮一起旋转,压盘与涡轮之间设有减振装置,当压盘被压在变矩器壳体上时,动力直接由壳体传递给齿轮变速器机构输入轴,由液力传动变为机械传动。此时齿轮变速机构输入轴转速等于发动机转速,传动达到 100%。压盘或变矩器壳体(与压盘正对部分)有摩擦材料。

结合图 1-9,对照液力变矩器实物、解剖教具、自动变速器齿轮变速机构部分,找出液力变矩器的三条油道,并研究锁止和不锁止时油的流动方向。

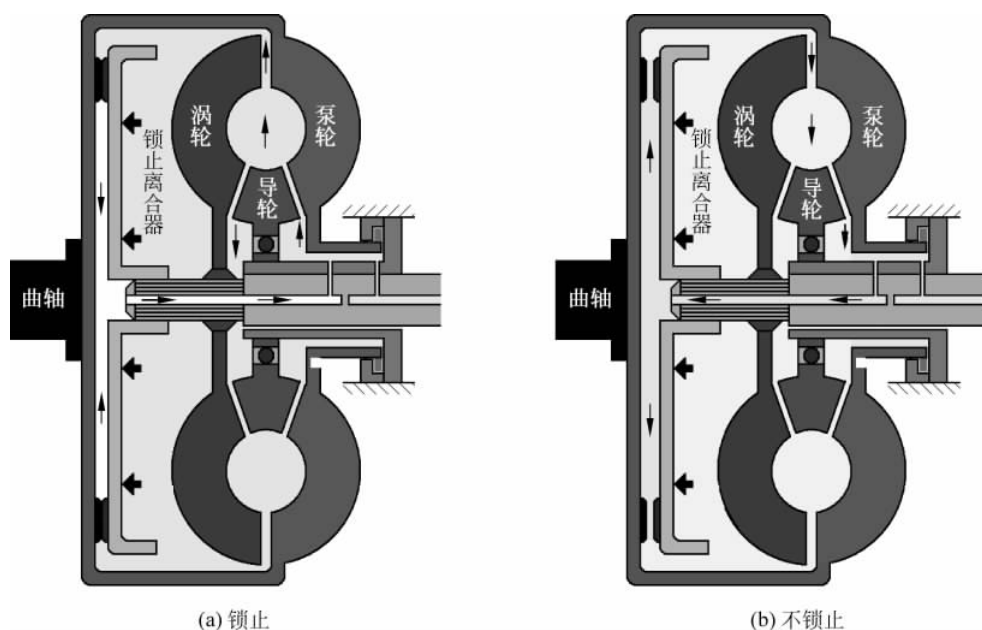


图 1-9 液力变矩器的油的流动

4. 液力变矩器的传力变矩原理

根据液力变矩器解剖教具,研究液力变矩器的传力变矩原理。液力变矩器中的流动有涡流和环流两种,整个流动为这两种流动的复合。所谓涡流,即泵轮外缘→涡轮外缘→涡轮内缘→导轮→泵轮内缘→泵轮外缘的流动,此为小循环。所谓环流,即从发动机端看,以曲轴为圆心的与发动机同转向的流动,此为大循环。取某一油液为质点,其流动一个周期所走过的路线恰如将一个弹簧两端对接起来后弹簧丝的形状,如图 1-10 所示。正是因为自动变速器油的这种流动,才使得动力能够从泵轮传递到涡轮。在液体流动的过程中,经过导轮时改变了流动方向,产生了增益作用,从而使得传递的扭矩增大。

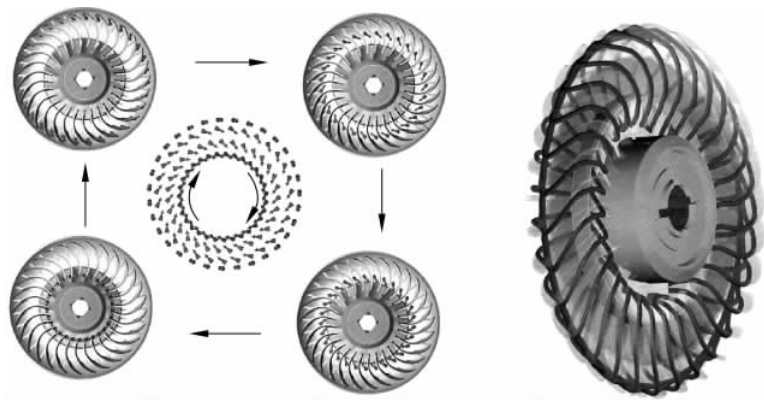


图 1-10 液力变矩器的涡流与环流

5. 液力变矩器的工作特性

液力变矩器的特性,如图 1-11 所示。

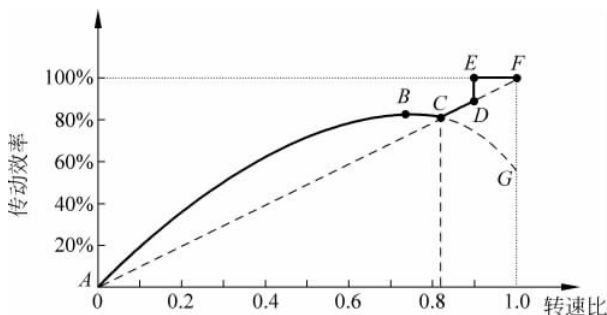


图 1-11 液力变矩器的性能曲线

A 点—失速点, $n_{泵} \neq 0, n_{涡轮} = 0$; B 点—传动效率最高点(低速区); C 点—耦合点, 即导轮开始旋转点(变矩器变为耦合器); D 点—锁止离合器开始锁止点; E 点—锁止离合器完全锁止点; F 点—传动效率为 100%; G 点—传动效率急剧下降

图 1-11 中虚线(C 点)左侧为低速区, 导轮不转, 变矩比大于 1。虚线右侧为高速区, 导轮旋转, 不再起到增大转矩的作用, 此时液力变矩器变为液力耦合器(图中细虚线为液力耦合器的性能曲线)。

曲线 ABCDEF: 变矩器导轮在耦合点后开始旋转, 且在车速高达规定值时锁止, 即此时液力变矩器完全正常。

曲线 ABCG: 变矩器中的导轮始终不转, 锁止离合器不锁止, 亦即单向离合器卡死, 锁止离合器打滑。

曲线 ABCDF: 变矩器中导轮在耦合点后开始旋转, 变矩器在高速区成为耦合器, 锁止离合器不锁止, 亦即单向离合器正常而锁止离合器打滑。

曲线 ACDF: 变矩器中导轮始终旋转, 变矩器成为耦合器, 锁止离合器不锁止。

可见, 若单向离合器打滑, 则变矩器成为耦合器。若导轮卡死, 则在高速区变矩器传动效率迅速下降。若锁止离合器打滑, 则变矩器传动比始终小于 1。

思考: 若单向离合器装反, 液力变矩器性能曲线应该过哪几个点?

1.1.2 齿轮变速机构

电控液力自动变速器的齿轮变速机构有两种形式: 一种是定轴轮系, 亦即平行轴式齿轮系统, 也称定轴斜齿轮系统; 另一种是周转轮系, 亦即行星齿轮系统。常用的是行星齿轮式变速机构。

1. 课前准备

- (1) 本田 97 款自动变速器实物 1 台, 专用拆装工具 1 套;
- (2) 丰田 A340E 型自动变速器实物 1 台, 专用拆装工具 1 套;
- (3) 普通三轴式手动变速器 1 台;

- (4) 常用工具 1 套；
- (5) 工作台 3 个。

2. 平行轴式齿轮变速机构

- (1) 分解本田 97 款自动变速器,把输入轴、输出轴、中间轴及其上所有部件按装配位置摆好；
- (2) 分解三轴式手动变速器,把输入轴、输出轴、中间轴及其上所有部件按装配位置摆好；
- (3) 对照实物和图 1-12,观察研究平行轴式齿轮变速机构与手动变速器的异同。

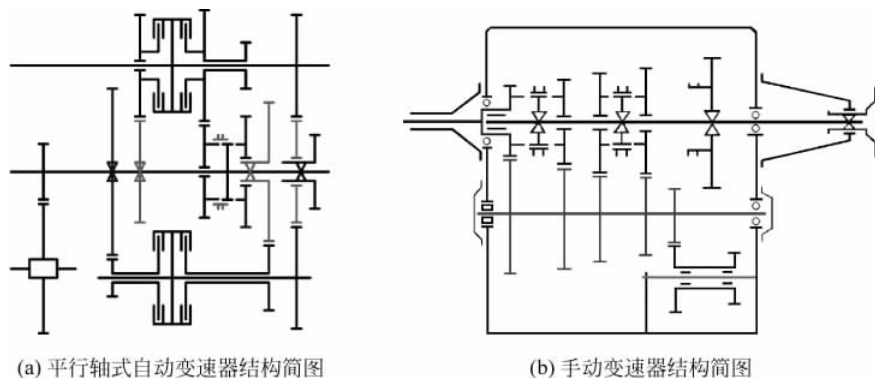


图 1-12 本田平行轴式液力自动变速器结构简图

可见,平行轴式齿轮变速机构类似于手动变速器的变速传动机构,两者之间的最大区别是:平行轴式自动变速器中齿轮与轴之间的动力传递是通过多片式离合器的结合来实现的,而手动变速器(MT)是通过齿套、同步器等来实现的。即 MT 要通过齿轮或接合套轴向的滑动来实现换挡,而平行轴式自动变速器则是通过多片式离合器的结合与分离来实现换挡的。

- (4) 按规范,装复两台变速器。

3. 行星齿轮式齿轮变速机构

1) 基本结构

- (1) 拆下丰田 A340E 自动变速器的油泵；
- (2) 取下丰田 A340E 自动变速器的超速行星排,将钢片、摩擦片妥善放置；
- (3) 参照图 1-13 和图 1-14,找到丰田 A340E 自动变速器的超速行星排的太阳轮、齿圈、行星架及行星轮。

行星齿轮式齿轮变速机构由多排行星齿轮排复合而成,每一排行星齿轮机构由太阳轮(也称中心轮)、齿圈和行星架(上有行星轮)三个基本元件组成。

注意: 区别液力变矩器的三个基本元件和行星齿轮机构的三个基本元件。

- (4) 行星齿轮机构的特点如下。

- ① 对机构中不同的部件予以固定(制动),可以获得不同的传动比和转动方向；
- ② 机构中各部件都是同轴的,即各部件围绕同一公共轴旋转,从而可以取消一般手动

变速器中的中间轴和中间齿轮等;

③ 机构中各齿轮始终处于常啮合状态,因而不会出现因换挡不到位等引起的脱挡现象;

④ 机构中因承载齿数较多,因而齿面载荷低,工作可靠性高,使用寿命长;

⑤ 较一般的齿轮机构小巧、紧凑。

2) 变速原理

行星齿轮变速机构同其他机械机构一样,传动比 $i = n_{\text{主动件}} / n_{\text{从动件}}$ 。当 $i > 0$ 时,同向转动;当 $i < 0$ 时,反向转动;当 $|i| > 1$ 时,降速传动;当 $|i| < 1$ 时,升速传动;当 $|i| = 1$ 时,等速传动。

3) 结构型式

(1) 单排单级行星齿轮机构

结构特点:只有一排,且只有一级行星齿轮,如图 1-13 所示。

其满足运动规律方程式:

$$n_1 + a \times n_2 - (1 + a) \times n_c = 0$$

式中, n_1 为太阳轮转速, n_2 为齿圈转速, n_c 为行星架转速, $a = z_2 / z_1$, z_1 为太阳轮齿数, z_2 为齿圈齿数。

① 变速情况:对机构中的不同元件予以固定,可获得不同的传动比和转动方向。例如:设某一单排单级行星齿轮机构中 $z_1 = 10$, $z_2 = 20$, 则 $z_c = 30$, $a = 2$ 。

当三元件有任意两个被固定时,第三个也不能转动。即若 $n_1 = n_2 = 0$, 则 $n_c = 0$, 此时整个机构静止不转(实际中不会出现这种情况)。

当三元件中任意两个的转速相同时,第三个元件的转速也相同。即若 $n_1 = n_2$, 则 $n_c = n_1 = n_2$ 。此时整个机构成为一个整体,以某一相同的转速转动(直接挡)。

当三个元件的任何元件都不受约束时,三者之间无确定的转速关系,即空转,无动力传递(空挡及驻车挡)。

$$n_1 = 0, n_{\text{主}} = n_2, n_{\text{从}} = n_c \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = 3/2 = 1.5。$$

$$n_1 = 0, n_{\text{主}} = n_c, n_{\text{从}} = n_2 \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = 2/3 = 0.67。$$

$$n_1 = n_{\text{主}}, n_2 = 0, n_{\text{从}} = n_c \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = 3。$$

$$n_1 = n_{\text{从}}, n_2 = 0, n_{\text{主}} = n_c \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = 1/3 = 0.33。$$

$$n_1 = n_{\text{主}}, n_2 = n_{\text{从}}, n_c = 0 \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = -2。$$

$$n_1 = n_{\text{从}}, n_2 = n_{\text{主}}, n_c = 0 \text{ 时, } i = n_{\text{主}} / n_{\text{从}} = -0.5。$$

总结如表 1-1 所示。

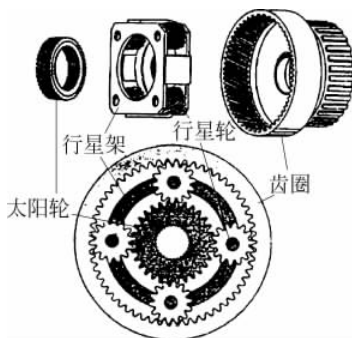


图 1-13 单排单级行星齿轮机构

表 1-1 各种组合的传动比

行星架	太阳轮	齿圈	传动比	传动效果	挡位
被动($n_c = n_{\text{从}}$)	主动	制动	3	降速、同向	前进 1 挡
	制动	主动	1.5	降速、同向	前进 2 挡

续表

行星架	太阳轮	齿圈	传动比	传动效果	挡位
主动($n_c=n_{主}$)	制动	被动	0.67	升速、同向	前进 4 挡
	被动	制动	0.33	升速、同向	×
制动($n_c=0$)	被动	主动	-0.5	升速、反向	×
	主动	被动	-2	降速、反向	倒挡
固接任意两元件,则 $n_1=n_2=n_c$			1	等速、同向	前进 3 挡(直接挡)
任何元件自由转动时,P 爪不工作				无动力传递	空挡
任何元件自由转动时,P 爪工作				无动力输出	驻车挡

可见,不同的挡位取决于太阳轮、行星架、齿圈的状态不同。

② 用丰田 A340E 超速排实物,模拟表 1-1 中的各种情况。

③ 按规范装复 A340E 自动变速器。

(2) 单排双级行星齿轮机构

如图 1-14 所示。其结构特点:有两级行星齿轮,内行星轮与太阳轮啮合,外行星轮与齿圈啮合。传动情况见表 1-2。

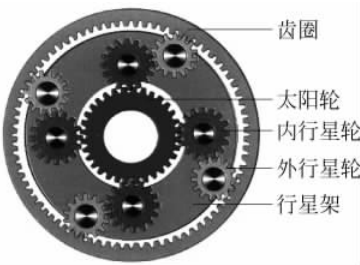


图 1-14 单排双级行星齿轮机构

运动规律方程式:

$$n_1-a\times n_2-(1-a)\times n_c=0$$

表 1-2 单排双级行星齿轮机构的传动情况

方案	主动件	被动件	制动件	传动比	传动效果
1	太阳轮	行星架	齿圈	$1-a$	反向
2	行星架	太阳轮	齿圈	$1/(1-a)$	反向
3	行星架	齿圈	太阳轮	$1/(a-1)$	同向
4	齿圈	行星架	太阳轮	$1-1/a$	升速同向
5	太阳轮	齿圈	行星架	a	减速同向
6	齿圈	太阳轮	行星架	$1/a$	升速同向
7	任两元件连成一体			1	直接传动
8	三元件自由转动				不传递动力

(3) 复合行星齿轮机构

由上论述可知,单排的行星齿轮机构理论上可以产生 P、R、N、D1、D2、D3、D4 这些挡位。事实上并非如此,因为一般情况下,输入元件和输出元件是固定的,即并不是任一元件都能输入或输出动力,而且前进挡数目不断增加,一排行星排无法满足实际需要。实际中,是将多个单排行星齿轮机构进行复合,组成较为复杂的行星齿轮机构来满足工作需要。其传动比计算时,每一排对应一个运动规律方程,组成联立方程组,需要解此方程组方可求出最终传动比。实际应用的行星齿轮变速机构的类型有辛普森型和拉维娜型两种,辛普森型应用较广;拉维娜型结构紧凑小巧,传递的转矩稍小。

① 双排单级行星齿轮机构

常见的复合形式如图 1-15 所示,其为丰田 A340E 型自动变速器的三速机构,称辛普森