辛普森式三挡行星齿轮变速机构

在辛普森行星齿轮机构中设置 5 个换挡执行元件（2 个离合器、2 个制动器、1 个单行超越离合器），即可使之成为一个具有 3 个前进挡和一个倒档的行星齿轮变速器。这五个换挡执行元件的布置如图 1 所示。离合器 C1 用于连接输入轴和前太阳轮组件，离合器 C2 用于连接输入轴和前齿圈，制动器 B1 用于固定前后太阳轮组件，制动器 B2 和单向超越离合器 F1 用于固定后行星架。制动器 B1 和 B2 可以采用带式制动器也可以采用片式制动器。

5 个换挡执行元件在各档位的工作情况，见表 1。

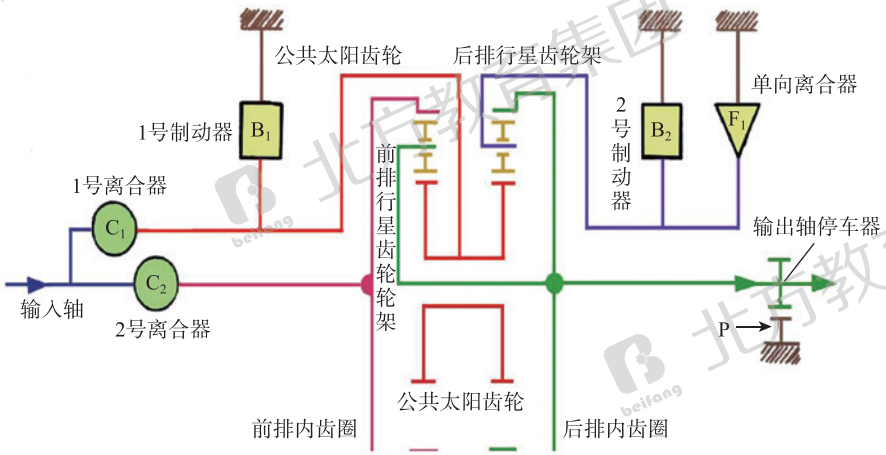

图 1

由表中可知，当行星齿轮变速器处于停车挡和空挡之外的任何一个档位时，5 个换挡执行元件中都有两个处于工作状态（结合、制动或锁止），其余第三个不工作。处于工作状态的两个执行元件中至少有一个是离合器 C1 或 C2，以便使输入轴与行星排连接。当变速器处于任一前进挡时，离合器 C2 都处于结构状态，此时输入轴与行星齿轮机构的前齿圈结合，使前齿圈成为主动件，因此，离合器 C2 也称为前进离合器。倒档时，离合器 C1 结合，C2 分离，此时输入轴与行星齿轮机构的前后太阳轮组件结合，使前后太阳轮组件成为主动件；另外，离合器 C1 在 3 挡时也结合，因此，离合器 C1 称为倒档及高档离合器，制动器 B1 仅在 2 挡时才工作，称为 2 挡制动器。制动器 B2 在 1 挡和倒档时都工作，因此称为低挡及倒档制动器。由此可知，换挡执行元件的不同工作组合决定了行星齿轮变速器的传动方向和传动比，从而决定了行星齿轮变速器所处的档位。

表 1 换挡执行元件工作情况

操纵手柄位置	档位	换挡执行元件				
		C1	C2	B1	B3	F1
D	1 挡		○			○
	2 挡		○	○		
	3 挡	○	○			
R	倒档	○			○	
S、L 或 2、1	1 挡		○		○	
	2 挡		○	○		

注：○——结合、制动或锁止

辛普森式 3 挡行星齿轮变速器由 2 挡换 3 挡时，一方面 2 挡制动器 B1 要释放，另一方面倒档及高档离合器 C1 要结合，这两个换挡执行元件的工作交替应及时准确，太快或太慢都会影响换挡质量和变速器的使用寿命，例如：若 2 挡制动器 B1 释放后倒档及高挡离合器 C1 来不及接合，会式使行星齿轮变速器出现打滑现象，使发动机出现空转，并出现换挡冲击；若 2 挡制动器 B1 未完全释放，倒档及高挡离合器 C1 便过早接合，则行星齿轮机构各独立元件之间会产生运动干涉，迫使换挡执行元件打滑，加剧摩擦片或制动带的磨损。

为了防止出现上述情况，改善 2—3 的换挡平顺性。可在前后太阳轮组件和 2 挡制动器 B1 之间串联一个单向超越离合器 F2，称为 2 挡单项超越离合器，如图 2 其内环和前后太阳轮组件相连接，外环和 2 挡制动器 B1 连接，在逆时针方向对前后太阳轮组件有锁止作用。当行星齿轮变速器处于 2 挡时，前进离合器 C2 和 2 挡制动器 B1 仍同时工作。汽车加速时，前后太阳轮组件的受力方向为逆时针方向，由于 2 挡单项超越离合器 F2 的外环被 2 挡制动器 B1 固定，因此前后太阳轮超逆时针方向旋转的趋势被 2 挡制动器及 2 挡单项超越离合器锁止，使 2 挡得以实现。当行星齿轮变速器由 2 挡换到 3 挡时，即使倒档及直接挡离合器 C1 在 2 挡制动器 B1 释放之前就以接合，但由于倒档及直接挡离合器 C1 接合之后，前后太阳轮组件的受力方向改变为顺时针方向，而在顺时针方向上 2 挡单向超越离合器 F2 对前后太阳轮组件没有锁止作用，前后太阳轮组件仍可以向顺时针方向旋转，因此使换挡得以顺利进行。

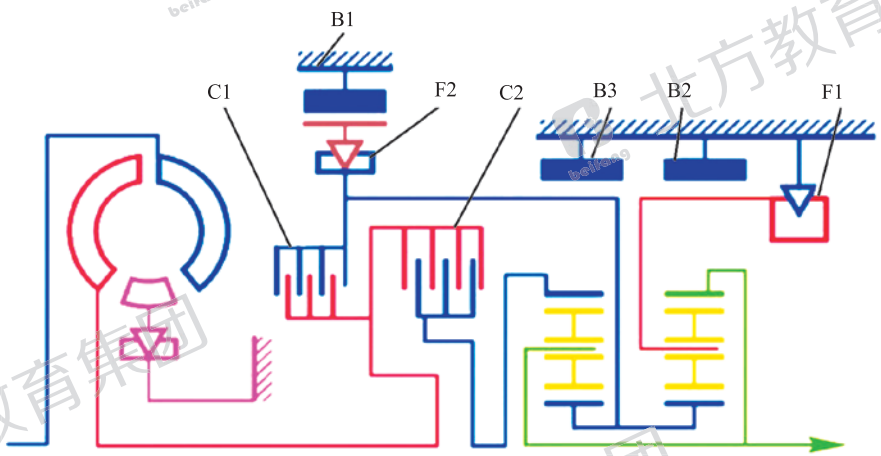

图 2

增加了 2 挡单向超越离合器之后，若汽车在行星齿轮变速器处于 2 挡时松开油门踏板减速或下坡，则在汽车惯性的作用下，驱动轮将通过变速器输出轴反向带动行星齿轮机构的前行星架和后齿圈组件以较高的转速旋转。由于此时发动机处于怠速运转状态，和输入轴连接的前齿圈转速较低，前行星轮在前行星架的带动下朝顺时针方向作公转的同时，对前后太阳轮组件产生一个顺时针方向的力矩，而在顺时针方向上 2 挡单向超越离合器 F2 对前后太阳轮组件没有锁止作用，因此即使 2 挡制动器 B1 仍处于制动状态，前后太阳轮组件还是可以朝顺时针方向自由旋转的。

这样在辛普森行星齿轮机构的 4 个独立元件中有 2 个处于自由状态，从而使该行星齿轮机构失去传递动力的能力，驱动轮和发动机脱离连接关系，不能产生发动机制动作用。为了能在需要时让 2 挡也能产生发动机制动作用，必须在前后太阳轮组件和变速器壳体之间另外在设置一个制动器 B3，即 2 挡强制制动器。制动器 B3 是否工作是由操纵手柄的位置决定的，当操纵手柄位于前进挡（D）时，制动器 B3 不工作；当操纵手柄位于前进抵挡位置（2、1 或 S、L）而行星齿轮变速器处于 2 挡时，制动器 B3 工作。这样不论汽车加速还是减速，前后太阳轮组件都被该制动器固定，此时的 2 挡在汽车松开油门踏板减速或下坡时能产生发动机制动作用。

改进后的辛普森式行星齿轮变速机构各换挡执行元件的工作情况，见表 2。

表 2

操纵手柄位置	挡位	换挡执行元件						
		C1	C2	B1	B2	B3	F1	F2
D	1 挡		○				○	
	2 挡		○	○				○
	3 挡	○	○	●				
R	倒档	○			○			
S、L 或 2、1	1 挡		○		○			
	2 挡		○			○		

注：○—接合、制动或锁止　　●—接合或制动，但不传递动力

有些车型自动变速器的辛普森式行星齿轮机构的前后行星排排列顺序，即输入轴通过前进离合器 C2 和后齿圈连接，输出轴与前齿圈和后行星架组件连接，但工作原理是一样的。