

变速器同步装置限位机构技术应用

□ 天津天海同步科技有限公司/薛锐 梅刚

针对使用同步装置的变速器中，同步装置自身限位的几种典型结构及优缺点，限位机构的好坏对变速器的换挡性能的影响及改进设计。

随着汽车技术的不断发展和提高，驾乘人员对汽车驾驶的舒适性、安全性要求越来越高。对于变速器来说，换挡舒适性直接影响整车舒适性的要求，机械式变速器内使用同步装置换挡的比例占到95%以上，因此同步装置结构的设计、零件制造的精度和质量直接影响变速器的换挡性能。

同步装置的的结构形式

(1) 常压式同步装置。是一种早期开发的同步装置，特点是结构简单，但其不能保证被啮合件在同步状态（即角速度相等）下实现换挡。也就是常压式同步装置不能从根本上解决换挡时的啮合冲击问题，除去部分低、倒挡还在使用外，这种同步装置在高挡位的使用已被淘汰。

(2) 惯性锁环式同步装置。由于惯性式同步装置，通过锥环锥面摩擦原理消除角速度差实现同步，能够确保同步啮合换挡，目前得到广泛应用。

(3) 惯性增力式同步装置。又称“波尔舍”（Porsche）同步装置。由于这种同步装置对材料、热处理及制造精度均要求较高，目前国内采用较少。

惯性式同步装置按结构可分为三种：锁环式惯性同步装置、锁销式惯性同步装置和锁环式多锥惯性同步装置。

锁环式惯性同步装置限位方式

锁环式惯性同步装置的限位方式有三种：

(1) 同步装置总成中，齿套直接与连接齿轮端面限位，这种限位方式有2个约束条件：连接齿轮必须大于同步装置齿套的旋转直径，通常是变速器低挡亦选择此种限位方式；连接齿轮在任何工况下轴向窜动量不能过大。

(2) 同步装置总成中齿套与结合齿圈或是同步锥体限位，这种方式用在变速器各个挡位都可以，因此应用比较广泛。

(3) 同步装置总成齿套与齿毂限位，此种限位方法应用局限于单边同步装置。

锁环式惯性同步装置限位结构

锁环式惯性同步装置限位结构有7种类型。

1. 齿套-铣短限位

齿套内部设连齿，连齿加工去除一部分轴向尺寸。由于是铣削加工，因此可叫做铣短，换挡过程中齿套铣短端面移动至结合齿圈外花键处，被限制住轴向移动，如图1所示。

(1) 优点：结构简单、加工性好，过程易控制，加工成本低。

(2) 缺点：与齿套接触的同步锥体或结合齿圈，外花键易伤齿，造成挂挡时，齿的尖角接触面积减小，换挡困难；同步装置限位失控，齿套滑出原设计位置，造成变速器在工作时，齿轮撞击齿套的现象，从而产生掉挡；传递转矩的

花键数量减少，结合强度减低。

(3) 优化方式：结合齿圈或同步锥体，在设计外花键-尖角时，应保持适当的棱线宽度，与齿套配合时，小面接触，非线接触，从而延长结合齿圈或同步锥体的限位机构寿命；可选择 3×1 式或 6×1 式，增加限位齿的限位总面积。

(4) 应用领域：适用于变速器内各个挡位，应用广泛。

2. 齿套-长形通槽限位

即在齿套连齿的中间区域，制作出一个长方形通槽（简称长形通槽），换挡过程中同步锥体或结合齿圈—外花键尖角与齿套—长形通槽的两个边接触构成限位，此种限位方式为铣短限位的变形应用，如图2所示。

(1) 优点：耐磨性比铣短限位好。

(2) 缺点：加工性差。

(3) 优化方式：改变设计、加工方式。

(4) 应用领域：由于加工性差，应用领域不是很广泛。

3. 齿套V型槽限位

齿套内部设连齿，连齿加工去除一部分轴向尺寸，在此端面上压制出与尖角相似的形状，即V型槽。换挡过程中，齿套移动至同步锥体处，V型槽的两个斜面与同步锥体外花键尖角两个斜面，配合构成限位。该结构可有效控制齿套的轴向运动位置，如图3所示。

优点：限位结构可靠，不易磨损。

缺点：制造过程不易控制，结构相对复杂，制造成本高。

优化方式：制造齿套V型槽时，

严格控制轴向深度及斜面角度；结合齿圈或同步锥体，在设计外花键-尖角时，轴向深度公差适度控制，可与齿套配合加工；齿套的V型槽可选择 2×3 式，即一处2个V型槽，滑套共三处均布，可根据齿套大小，限位要求的可靠性灵活选择。

(4) 应用领域：由于相对加工成本相对较高，此种限位方式适用于频繁换挡的挡位。例如，重型车类插分挡和高挡位。

4. 齿套高齿与同步锥体或结合齿圈端面限位

齿套内花键在原渐开线齿形的基础上，渐开线往齿顶方向延伸出一部分齿形，延伸出的齿形与同步锥体或结合齿圈端面接触构成限位（见图4）。

(1) 优点：限位结构可靠，不易磨损。

(2) 缺点：齿套制齿刀具制作较难，结构相对复杂，刀具成本高。



图 1

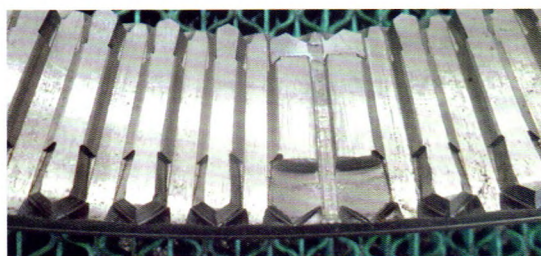


图 2



图 3



图 4

(3) 优化方式：齿套高齿的齿数可灵活选择 2×3 式、 3×3 式和全齿式，可根据同步装置的结构、加工难度、产品类型灵活选择；与齿套相配合的同步锥体或结合齿圈，外花键齿根圆直径适当加严控制，加工外花键尖角时，齿根圆原齿形一定要控制好。

(4) 应用领域：国内应用较少，国外技术成熟，适用于高端车型系列，例如，ZF有一款强卡变速器内，1/2挡同步装置采用的便是全齿式-高齿限位结构；奔驰smart变速器内，1/2挡同步装置采用的便是 2×3 式的高齿限位结构。

5.同步锥体或结合齿圈-高齿与齿套端面空槽限位

同步锥体外花键在原渐开线齿形的基础上，渐开线往齿顶方向延伸一部分齿形，延伸出的齿形与齿套端面空槽接触构成限位，齿顶过尖造成热处理渗穿冲击断齿（见图5）。

(1) 优点：限位结构可靠、不易磨损。

(2) 缺点：渐开线齿顶圆受齿厚影响，加工时齿侧易产生毛刺，影响啮合性能。

(3) 优化方式：同步锥体或结合齿圈-限位高齿的端面，可在一定的区域适当给出一角度。因为齿套在滑动过程中，不可能是垂直于轴线移动，有一定的角度（取决于齿套与齿毂的法向间隙），而同步锥体或结合齿圈是与连接齿轮固定在一起旋转的，可认为是垂直轴线方向，在这种情况下配合，必定是一条线与面接触，久而久之，造成锥体高齿磨损严重，而面与面接触则可大大降低磨损，同步锥体或结合齿圈限位高齿的端面适当增加角

度便可使线与面接触，改变为面与面接触，从而提高限位可靠性；径向尺寸控制合理。

(4) 应用领域：应用广泛，适用于变速器内各个挡位。

6.同步锥体焊接挡圈与齿套端面限位（见图6）

(1) 优点：结构简单。

(2) 缺点：焊接易产生变形，占用轴向空间。

(3) 优化方式：可采用电子束焊接，减小变形；严格控制挡圈与同步锥体焊接后的缝隙，焊接前可将挡圈预切割一小口，让闭环变成开环，焊接时压实，减小焊缝的产生。

(4) 应用领域：该结构适用于安装空间充裕，传递转矩较大同步装置产品，例如重型车类副箱系列同步装置。

7.齿毂齿套限位短齿（见图7）

(1) 优点：限位可靠。

(2) 缺点：加工流程长，成本稍高。

(3) 优化方式：齿毂可采用粉末冶金的方式。

(4) 应用领域：倒挡或是有一侧要求限位的同步装置，同步装置两侧都有限位要求的也可以采用，但成本会更高，该类型应用面较窄。



图 5



图 6

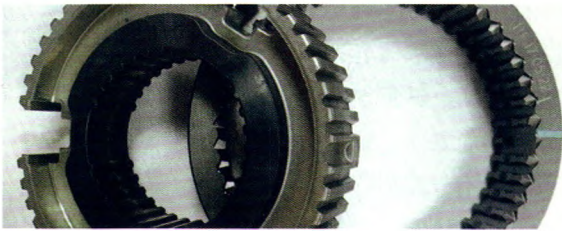


图 7

结语

同步装置是变速器工作时关键的零部件，同步装置的限位机构在其中起到很大的作用，是不容忽视

的一部分。选择一种好的限位方式可提高同步装置的使用寿命，同步装置设计人员可根据不同的使用用途和使用环境灵活选择。 **AUTO1950**