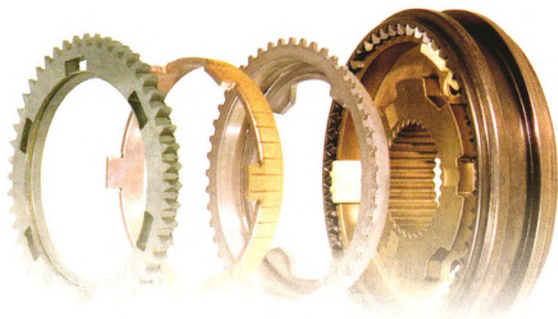




同步器结构优化及工艺改进

同步器是改善汽车机械变速器换挡性能的主要部件，其性能的好坏直接影响汽车的操控舒适性。当前所使用的变速器大多采用惯性锁环式同步器，可以有效地避免冲击打齿现象。快速、简便地判断同步器性能的优劣，以指导设计、制造出性能优良的同步器，就成为—个重要的课题。

换挡性能曲线分析

从理想化的角度讲，换挡过程前后的转速应当相等，整个过程基本上无冲击。但在实际换挡中，有动态干扰因素的存在，如换挡系统的刚性、搅油损失等，这样产生了实际换挡力的曲线。变速器换挡时的典型性能曲线主要表现为试验台机械手通过换挡杆实现消除间隙的移动，如齿套拨叉槽与拨叉，此时，在同步器齿套上没有力的传递。紧接着机械手操控了换挡系统阶段，在足够大的力的作用下，齿套中滑块槽与滑块分离。同时，同步器齿套开始向换挡方向做空行程运动阶段，随后是预同步阶段和齿套与同步环转速同步阶段。随着换挡机械手的移动而使系统的阻力进一步增加，使同步器齿套锁止面上的作用力升高。达到同步时，锁止作用消失，同步器齿套继续移动，而系统的换挡力也随着锁止力矩的减小而降低。齿套通过同步环在未接触结合齿圈使操纵力进入直线降低阶段，然后是啮合阶段。当被同步两端角速度相同后，拨环力矩并不会应惯性力矩的消失而马上趋于零，一方面需克服被换挡端零件各运动副由于摩擦而

引起的阻转力矩，另一方面需要克服滑块顶端与同步器齿套滑块槽底间由于相对滑动而产生的滑动阻力矩及拨环同步环连同输入端零件反转，使操作力重新进入上升和随后降低的阶段。

操作力的曲线与换挡系统的性能及机械手的参数有关。机械手的操作可以通过提高作用力，来达到在短时间内的同步，或者采用较低的作用力，而实现同步的时间相对较长一些。尤为关键的是同步环阶段和二次拨环滑入阶段，在很大程度上决定了换挡过程中的柔顺性。同步阶段动态操纵力的峰值，在于同步器滑块压紧同步环后，由锥面产生摩擦力矩，同步环转过半齿，克服输入端的惯性力矩，造成换挡力增加。

提高同步器换挡性能锁止角设计改进

对于同步器来说，换挡力和同步时间的乘积（换挡冲量）均是同步器本身的结构参数决定的。既省力又能迅速同步的过程是最理想的，即冲量值越小，同步器的换挡操控性能越好。因此可用换挡冲量的大小来评价同步器操控性能的优劣。

1. 齿套、同步环的锁止角对换挡冲量的影响

1) 当齿套的锁止角(α)等于同步环的锁止角(β)时，齿套锁止面沿同步环的锁止面滑移时，增大接触面积必然增加换挡时的阻力，换挡冲量增加。

2) 当 $\alpha < \beta$ 时，齿套锁止面沿同步环的锁止面推入时，齿套锁止面顶端必然划伤软的同步环的锁止

面，这就增加了换挡时的阻力，换挡冲量增加。

3) 为了减小变速器换挡时的性能曲线二次拨环滑入阶段的力，减小换挡冲量，使操作力平和，齿套、结合齿圈锁止角的设计应尽可能小，同时又受以下的限制：齿套锁止角受同步性能的限制，结合齿圈锁止角受考虑防掉挡啮合长度的限制。为了使齿套与结合齿圈的接触损伤不影响齿套与同步环的接触，为了最大可能提高同步器的使用寿命，结合齿圈锁止角(γ)也要小于同步环锁止角，即 $\beta > \gamma$ 。

可以得出，同步器的锁止部位的几何参数对换挡性能与同步器使用寿命有较大影响，齿套、同步环、结合齿圈的锁止角之间应保证如下关系： $\alpha > \beta > \gamma$ 。

根据经验，齿环的锁止角比齿套的锁止角小 $2^\circ \sim 3^\circ$ ，结合齿圈的锁止角要比齿环的小 5° 左右。

2. 采用不对称锁止角结构改善对称锁止角结构同步器换挡性能

1) 齿套锁止角中心偏离距离为 a ，结合齿锁止角中心偏离距离为 b ，不对称倒角同步前后齿套锁止角同步环及结合齿锁止面两次相互擦过的距离增加，即 $S_2 > S_1$ ， $S_4 > S_3$ （见图1），使锁止更为可靠，从而可大大减小发生换挡冲击的可能性。

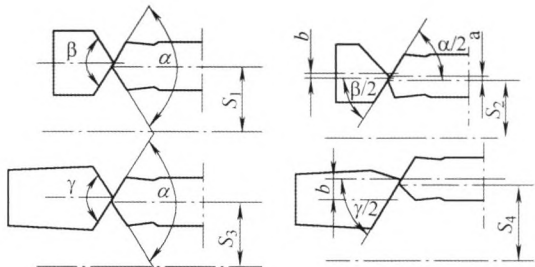


图 1

2) 当齿套的锁止角滑入结合齿进入啮合前，由于油阻的影响，齿轮的转速高于齿套，两个结合面将承受很大的挤压力，反映到换挡手柄上的表现就是换挡很费力，而在不对称倒角的形式中，当两侧的结合齿相接触时，换挡冲量不变情况下，延长的滑移距离相当于减小换挡力，即降低变速器换挡时的性能曲线起始阶段的峰值，齿套的结合齿将会很柔顺地滑入结合齿的齿槽内，所以换挡操作非常省力。通过采用上述技术可以极大地改善换挡操作性能。

3) 齿套、结合齿圈不对称锁止角靠倒角机床的调

整实现。

工艺的突破

目前加工齿套锁止面上圆弧角普遍采用成形铣刀，分度切削、逐齿加工，影响了加工效率及分度精度。参照瑞士奥利康公司和德国克林贝尔格公司用旋分连续分度加工等高延伸外摆线锥齿轮的思想，采用一种新方法，即利用摆线轨迹法，旋分连续分度加工同步器齿套锁止面上圆弧角，挂挡前后避免硬的齿套顶端划伤软的齿环的锁止面。在不影响同步器性能的前提下，将齿套锁止面由原先的平面改为圆弧面，最大可能地减小换挡时的阻力，减小换挡冲量以使挂挡柔顺。

实际加工中，设计2根高精度回转主轴及刀轴，并且能够以一定的速比进行联动，调整相应的运动参数及刀具参数，即可实现摆线轨迹法加工齿套锁止面上圆弧锁止角。图2为加工某同步器齿套旋分车削锁止角时的摆线轨迹，利用摆线轨迹法，旋分连续分度加工同步器齿套锁止面的圆弧角。

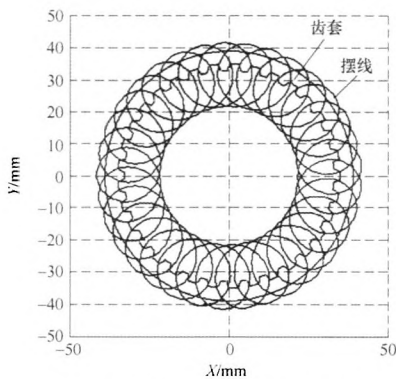


图2 旋分车齿套锁止角的摆线轨迹

结语

本文结合同步器的性能曲线，利用换挡冲量指标判断同步器性能，以指导同步器相关参数的设计，制造出换挡性能灵活、操作柔顺的同步器。利用摆线轨迹法，一次装夹连续分度，旋分切削同步器齿套内花键锁止面上圆弧角，提高加工精度和生产效率，降低换挡过程中的同步冲量，以使换挡过程中的动态操作力平和。

关键词：

同步器 锁止角 优化设计

(收稿日期20140625)