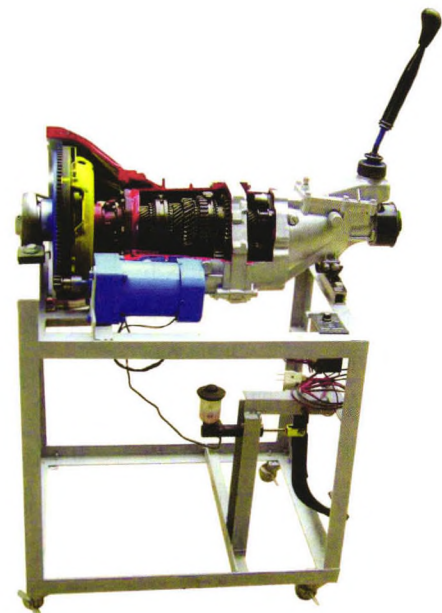


变速器挂挡二次冲击产生原因及改进方案

□ 金华市质量技术监督检测院/方向进
□ 浙江万里扬变速器股份有限公司/乔湘鹤

通过对汽车变速器挂挡二次冲击产生的原因进行研究，分析变速器厂家采取的非对称啮合齿结构改善方案的原理及其优缺点，提出高低齿结构同步器改善二次冲击的方案，对其原理、优点及推广可行性进行分析，并进行效果试验验证。



随着中国汽车消费的发展及消费群体的变化，消费者对汽车性能的关注焦点逐渐从车辆价格、燃油经济性、可靠性等向驾驶舒适性等转移。其中，手动变速器的动态换挡性能是驾驶舒适性的重要指标。

目前，国内的手动变速器厂家，由于基础研究的薄弱，在换挡性能的评价及改善方法上还存在一些不足。有些厂家虽然引进了德国吉孚、英国里卡多等知名公司的变速器换挡性能评价软件和设备，在换挡性能评价能力等方面有了较大的进步，但对各指标超差原因及改进措施等方面，尚未有系统的研究。

汽车动态换挡性能基本要求是

轻便、清晰，而二次换挡力小则是换挡轻便和清晰的一个重要指标，二次换挡力的大小则是变速器换挡二次冲击的一个具体体现。所谓二次冲击，在实际驾驶换挡过程中，驾驶员在换挡杆上除了一开始挂挡时所需要克服的换挡力，即一次换挡力以外，在挂挡完成一半或者基本快完成挂挡时，会感受到需要再次克服一个与一次换挡力大小差不多的力。有时甚至能听到变速器内传出的“咔、咔”声。二次冲击对驾驶员而言要克服两次换挡阻力，使得驾驶员感觉挂挡极不顺畅，操纵舒适性和噪声指标完全不能满足现代客户的需求。因此，目前各整车厂已将该指标列为整车换挡性能

的关键指标。通过对整体驾驶感觉的研究表明，当二次冲击所导致的换挡力小于最大换挡力的30%时，驾驶员在驾驶过程中无法明显感知，认为此时是可以接受的。

二次冲击产生原因分析

常用的锁环式同步器啮合齿的工作过程如图1所示。

在开始挂挡时，齿套与齿轮啮合齿存在速度差，齿套在挂挡力的作用下，推动同步环上的摩擦锥面贴紧齿轮上的摩擦锥面，产生摩擦力矩，使得齿套与齿轮速度趋于一致，此时齿套拨正力矩大于摩擦力矩。齿套拨开同步环，同步环上的摩擦锥面与齿轮上的摩擦锥面

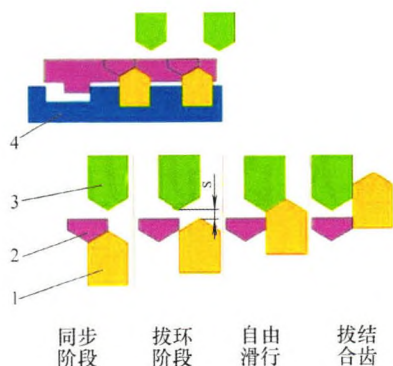


图1 同步器工作时啮合齿的工作过程

- 1.齿套啮合齿 2.同步环啮合齿
3.齿轮啮合齿 4.齿套

脱离，齿轮在变速器内部拖拽力矩的影响下，速度下降，而同步环在整车行驶的带动下，在换挡过程的短暂时间内，其转速可认为基本不变。在齿套啮合齿尖角与同步环尖角脱离完成，至齿套啮合齿尖角与齿轮啮合齿尖角接触，即图1中拨环阶段至自由滑行阶段的过程中，齿套与齿轮产生转速差，从而在拨接合齿阶段产生冲击。图1中的距离 S 称为齿套与齿轮的自由滑行距离。

由上可知，二次冲击的产生原因为齿套与齿轮存在转速差，转速差越大，则二次冲击力越大，反之，二次冲击力越小。而转速差产生的大小与齿套啮合齿夹角脱离同步环啮合齿尖角时的位置，到齿轮啮合齿尖角的移动时间有关，齿套与齿轮自由滑行距离 S 越大，移动时间越长，二次冲击越大。为减小二次冲击，如何减小自由滑行距离 S 是国内外主流变速器厂商的一个研究方向。

非对称啮合齿结构改善二次冲击原理及缺陷

针对二次冲击产生的原因，一些国际知名变速器厂家提出了非对称啮合齿的结构，即把齿套、同

步环和齿轮上的啮合齿尖角设计成非对称结构，以减小自由滑行距离 S 。其工作原理如图2所示。

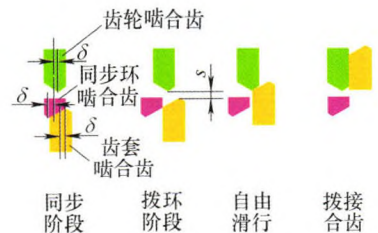


图2 非对称啮合齿的工作过程

其原理主要是通过将齿套、同步环和齿轮上的啮合齿设计为非对称结构，啮合齿尖角中心偏离啮合齿的中心线距离 δ ，工作时，啮合齿尖角大锥面一侧接触，齿套啮合齿在同步环啮合齿上滑行距离变大，齿套啮合齿和同步环啮合齿脱离时，自由滑行距离 S 大大减小，从而改善二次换挡的效果。

非对称啮合齿结构虽然能有效减小二次冲击，但也存在以下不可避免的缺点：

(1) 制造工艺复杂，难度较大。

(2) 同一挡位同步器，在变速器升挡和减挡过程中，齿套与同步环的尖角工作面不是同一个。

以某三轴式手动变速器的三挡同步器为例，如图3和图4所示：当变速器从二挡挂入三挡，即升挡时，齿套啮合齿的左侧尖角面与同步环啮合齿的右侧尖角面接触；而当变速器从四挡挂入三挡，即减挡时，齿套啮合齿的右侧尖角面与同步环啮合齿左侧尖角面接触。由于啮合齿尖角的非对称结构，该同步器减挡时，齿套啮合齿和同步环啮合齿尖角接触面很小，加剧了同步环的磨损，大大降低了同步环的使用寿命。因此非对称啮合齿一般只

用于变速器的最高挡位，如5挡变速器的5挡，因其只存在升挡的工作状况，同步环啮合齿大尖角面被使用。因为非对称啮合齿结构存在以上缺点，并未得到广泛的应用。

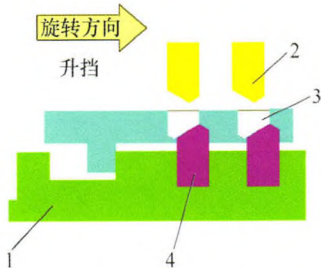


图3 变速器加挡时啮合齿工作图

- 1.齿套 2.齿轮啮合齿
3.同步环啮合齿 4.齿套啮合齿

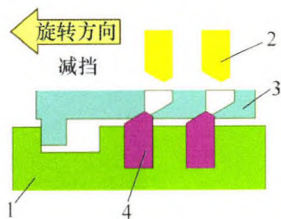


图4 变速器减挡时啮合齿工作图

- 1.齿套 2.齿轮啮合齿
3.同步环啮合齿 4.齿套啮合齿

高低齿结构的提出

为减小自由滑行距离 S ，将齿套的啮合齿设计为两种不同的形式，分别为同步齿和拨正齿，同步齿与原结构齿套上的啮合齿完全一致；在齿套圆周上均布三处2~5个拨正齿，拨正齿尖角高出同步齿尖角0.5~1.0mm，且拨正齿尖角比同步齿尖角小 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。其工作过程如图5所示。

因为同步环相对应齿套拨正齿的位置无结合齿设计，拨正齿不参与同步器的同步过程，而当齿套同步齿与同步环啮合齿接触产生同步摩擦力矩时，因为拨正齿比同步齿高出0.5~1mm，这时齿套啮合齿与齿轮啮合齿的空挡滑行距离比普

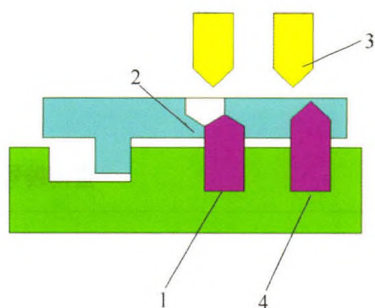


图5 高低齿同步器啮合齿工作状态

1.齿套同步齿 2.同步环啮合齿
3.齿轮啮合齿 4.齿套拨正齿

通同步器的距离减小0.5~1mm，同时，拨正齿尖角和齿轮啮合齿尖角比同步齿啮合齿尖角小10°~20°，使滑动齿套更容易与齿轮啮合齿啮合，有效减小了二次冲击，改善了换挡舒适性。

该方案具有以下优点：

(1) 在大批量制造的情况下，滑动齿套的同步齿和拨正齿可

采用自动化设备自动分度一次装夹加工，容易实现产量化。

(2) 由于滑动齿套上的同步齿和拨正齿均采用对称齿形，不受使用部位的限制。

高低齿结构减小二次冲击试验测试分析

为了验证高低齿结构，改善二次冲击的有效性，对某变速器三挡同步器采用普通结构同步器和高低齿结构同步器的换挡性能进行测试对比分析。

改进前采用普通结构挡同步器，二次冲击力为最大换挡力的60%以上，二次冲击明显，驾驶员在驾驶室能明显感受到换挡杆上的二次冲击。改进后采用高低齿结构同步器，二次冲击明显减小甚至消

失，偶尔产生的二次冲击为最大换挡力的30%以下，符合设计评价要求，驾驶员在车辆驾驶过程中挂挡轻便、清晰，没有感受到挂挡二次冲击。

结语

通过对汽车变速器二次冲击产生原因的研究分析，确定改善方法，研究并比较了国际知名变速器厂家提出的非对称啮合齿结构改善二次冲击的理论依据及其使用局限性，提出结构简单、易实现产量化及不受使用部位限制的高低齿结构同步器，并对高低齿结构同步器改善二次冲击的结果进行试验测试，验证了改善措施的有效性，为国内变速器同行解决二次冲击提供了一种新思路。 **AUTO1950**

舍弗勒成立70周年

作为1945年后德国工业最伟大的成功故事之一，舍弗勒集团正在庆祝其70周年。舍弗勒兄弟于1946年4月在赫尔佐根奥拉赫开始了成功创业之路，并和员工们携手为如今的舍弗勒集团奠定了基础。

1949年，乔治·舍弗勒博士开发出 INA 滚针轴承保持架，用来引导滚动组件与轴保持平行。和当时已有的滚针轴承相比，这款产品更轻、更紧凑、更可靠，且速度更快。这些优势使INA滚针轴承成为工业领域的一个突破。通过收购奥古斯特·豪斯曼膜片与离合器公司的大部分股份，于1965年成立LuK 膜

片与离合器有限公司，该公司凭借首款创新性产品一为大众汽车生产的膜片弹簧离合器，成为市场的技术领导者。1999年，LuK 在与另一家公司合作多年后成为舍弗勒集团的一员，并在今天成为变速箱系统业务部的核心。2001年，舍弗勒接管了FAG 库格费舍尔股份两合公司，显著扩展了其滚动轴承业务。从此，舍弗勒集团成为全球第二大滚动轴承制造商。5年后，FAG 库格费舍尔股份两合公司和 INA-Schaeffler 两合公司合并为舍弗勒两合公司。加上巴登、Hydrel、IDAM和舍弗勒工程等公司，舍弗

勒集团的阵容得以完成。

如今，舍弗勒在50多个国家设有约170家分支机构，形成一个集74个生产工厂以及研发中心和销售公司于一体的全球性网络。

在“高效驱动，驰骋未来”（Mobility for tomorrow）战略理念的指导下，为客户和业务合作伙伴提供全方位的组件、模块和服务，并且正日益扩展至系统层面。同时，舍弗勒将数字化也纳入其长期发展战略，并且作为“数字日程”的一部分正着手开发智能产品、更高效的流程和创新服务。