

短行程同步器脱挡分析

短行程同步器具有换挡行程短、轴向安装尺寸短的优点，大量应用于我公司开发的产品中，有效提高了变速器的转矩容量，缩短了换挡行程，从而对整车的换挡性能和轻量化设计提供保障。在同级别的变速器中，与普通型同步器相比，采用短行程同步器的变速器同步时间和换挡力均有不同程度的改善，达到了换挡轻便的效果。由于变速器结构更加紧凑，短行程同步器型变速器较易出现脱挡故障，为了解决这一问题，笔者对短行程同步器和普通同步器进行对比分析，以期找出一个较为可靠的解决这一问题的方案。

短行程同步器特点

1. 结构特点

(1) 结构简化 本文所指同步器为锁环式惯性同步器，其同步环为喷钼钢环。短行程同步器的主要结构和同步原理与普通锁环式同步器一致。

如图1所示，短行程同步器的同步齿座4通过花键与二轴10连接，通过轴用弹性挡圈8定位，二轴四挡齿

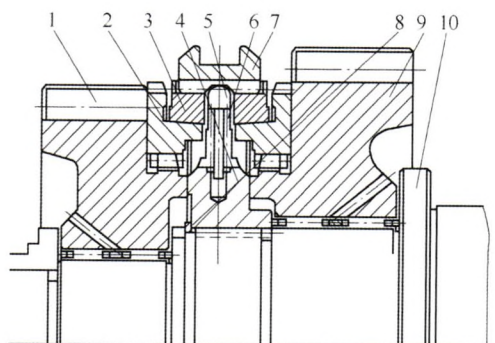
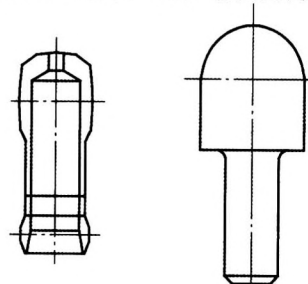


图1 短行程同步器结构示意图

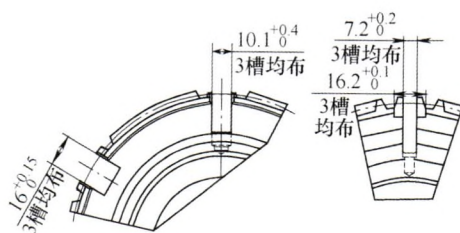
- 1.二轴四挡齿轮 2.同步锥毂 3.同步环 4.同步齿座
5.同步推块 6.同步推块弹簧 7.同步滑套 8.轴用弹性挡圈
9.二轴三挡齿轮 10.二轴

轮1和二轴三挡齿轮9通过滚针轴承定位在二轴10上，同步锥毂2通过花键分别二轴四挡齿轮1和二轴三挡齿轮9连接，同步环3紧贴在同步锥毂2的锥面上，同步推块弹簧6装在同步推块5上一同放进同步齿座4中，同步推块5的上方通过同步滑套7的凹槽定位。同步滑套7与同步齿座4花键连接。

短行程同步器改变了同步推块（见图2）和同步齿座（见图3）的结构设计，不仅减小了零件的加工难度，同时减少了同步器中同步弹簧的数量，使同步器的结构得到大大简化。改进后的同步推块取消原结构的孔，增加了定位销，定位更准确。同步齿座的结构或形状，原结构尺寸16mm和10.1mm的两个槽在新结构中16.2mm和7.2mm合在一处，结构更简单，制造更



(a) 原结构 (b) 新结构
图2 同步推块结构



(a) 原结构 (b) 新结构
图3 同步齿座结构

方便。

(2) 结构更加紧凑 图1所示的同步锥毂2轴向尺寸总长由22mm压缩为18mm, 锥毂接合齿厚度由7.5mm压缩为6.5mm, 同步环3轴向尺寸由12.6mm压缩为11.5mm, 同步环接合齿厚度由4压缩为2.5mm。同步锥毂2与同步滑套7在完全结合的情况下结合面最长3.45mm, 普通型变速器同步器最长为5.65mm。同步推块5由双弹簧结构改为单弹簧6结构, 同步推块5尺寸由10mm压缩为7mm, 换挡行程缩短为10mm。

(3) 加大同步环摩擦力矩 结构设计上加大同步环摩擦力矩, 缩短同步时间及换挡轻便。短行程同步器在保证安装尺寸的前提下, 通过结构设计, 在同步锥毂的锥面大端, 向锥毂实体伸入。同时同步环对应部位凸出, 最大限度地增大了同步环和同步锥毂摩擦副的面积, 提高了同步环的同步力矩, 有效降低同步器的换挡力和换挡时间, 达到轻便换挡的目的。增加摩擦锥面的平均直径, 同时保证同步器具有足够的同步储备(同步储备间隙是指同步环与同步锥毂紧贴时, 同步环与同步锥毂之间的间隙, 设计合理的同步间隙是保证同步器正常使用的条件之一)。

2.性能特点

(1) 增加变速器转矩容量 随着国家排放标准的不断提高, 发动机的转矩不断加大, 在保证整车安装长度不变的前提下, 提高变速器的承载能力尤为重要。短行程同步器的轴向安装尺寸均为46mm, 普通型同步器的轴向安装尺寸为60mm, 所以采用短行程同步器轴向尺寸比普通型的同步器缩短14mm, 在采用相同的变速器轴向安装长度情况下平均可使每个齿轮齿宽加大7mm, 从而提高变速器所承受的转矩容量, 相对提高变速器的承载能力。

(2) 换挡行程短 短行程同步器的换挡行程为10mm, 而普通型同步器换挡行程为13mm, 换挡行程缩短约20%, 所以变速器以及整车操纵杆的换挡角都可以减小。换挡手柄的换挡行程减小有利于整车操纵系统及驾驶室的设计布置, 也可相对提高驾驶员的换挡舒适性。

(3) 换挡轻便 我公司对普通型同步器和短行程同步器进行了性能对比实验(见附表)。从试验结果来看, 短行程同步器同步时间和换挡力均有不同程度的改善, 达到了换挡轻便的效果。

普通型同步器与短行程同步器性能对比

性能参数	挡位	普通型 喷钼同步环	短行程 喷钼同步环
换挡力/N	3→4	672	550
	4→3	991	930
同步时间/s	3→4	0.42	0.38
	4→3	0.5	0.4

脱挡原因分析

同步器脱挡又称跳挡, 是指汽车在行驶中, 同步器从行驶挡位上自动跳回空挡位的故障现象。这种故障在车辆爬坡时存在较大的安全隐患。

短行程同步器和普通型同步器的同步原理是一样的, 但由于其安装空间紧凑, 同步零件的设计较普通同步器简化且单薄, 该类同步器对其零件的某些制造要求有一定的提高, 控制不好就容易引起同步器脱挡、空挡异响等故障。

造成短行程同步器脱挡因素较多, 主要有三个方面原因:

1.挡位自锁力弱于轴向脱挡力

引起变速器脱挡最直接原因是由于同步滑套挂上挡后, 受到的挡位方向自锁力弱于脱挡方向的轴向力。同步器挡位上自锁力形成是由同步锥毂与同步滑套接合花键齿上的倒锥度齿面形成的接合齿面自锁力(见图4)。这种齿面自锁力的形成需要两锥度结合齿接触良好。从短行程同步器的结构分析可知, 其同步滑套靠三根径向均布的同步弹簧和同步推块浮动支承在同步齿座上, 同步齿座和滑套之间的花键连接是较大的间隙配合, 所以同步滑套的准确支承位置是浮动支承元素决定的。从短行程的装配和使用空间以及同步质量看, 需要该同步滑套的径向截面应尽可能垂直于轴的轴心线, 即三同步推块的轴向支承位置形成的面应垂直于轴心线, 这样才能保证同步器空挡定位准确, 换上挡位时滑套和锥毂的倒锥度齿接触良好, 具有足够的自锁力和消除不良轴向脱挡力。

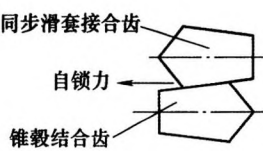


图4 同步滑套和锥毂倒锥接合齿接合示意

为保证同步滑套支承位置准确, 应注意以下几点。

1) 同步齿座装同步推块弹簧的孔应加工成平底孔, 加工成锥底孔则无法准确支承同步弹簧和同步推块 (见图5)。

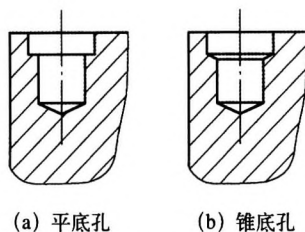


图5 同步弹簧孔结构示意图

2) 同步推块弹簧要求有较高的垂直度, 若弹簧两端粗糙、不平或直立不稳和弹簧本身歪斜, 将导致无法支承同步滑套确立准确的空挡和换挡位置。

3) 推块弹簧的持久性较差, 特别是在弹簧使用一段时间后, 弹簧变软, 不能准确支承同步滑套, 而对跳挡产生影响。

4) 齿座上装推块弹簧的三个孔轴向位置差不应过大, 否则同步推块弹簧支承同步推块在同步滑套上的支承点 (可看成三点) 形成的截面与传动轴轴心线夹角与 90° 垂直角度差值越来越大, 同步滑套倾斜浮动支承, 换挡时同步滑套和锥毂花键结合齿接触不良, 遇到振动时易发生脱挡。

5) 为保证同步滑套的垂直支承, 同步推块杆部和头部垂直度应加以设定和控制 (见图6)。

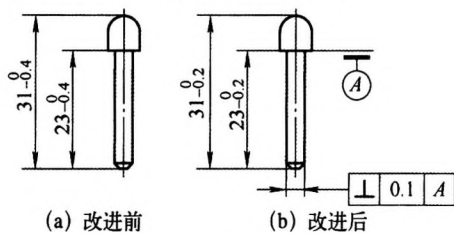


图6 同步推块垂直度控制

2. 同步器结构设计

由于结构限制, 短行程同步器结合齿的有效接触长度较短, 对环境的抗振性有所减弱, 所以在传动系统设计时应考虑提高其传动的平稳性, 因此现在采用短行程同步器的变速器主支承轴承大都采用锥轴承支承。因为锥轴承有自动消除轴向间隙、轴向窜动作用, 还可提高总成结构支承刚性, 从而提高传动系统承载能力和传动的平稳性。

同样由于短行程同步器的安装空间紧凑, 为在有限的空间中提高同步性能, 对其零件设计进行了简化, 为防止换挡时推块从滑套的端面弹出, 在结构设计

考虑有防止脱挡的倒沟 (见图7), 防止同步器跳挡。除此之外, 合理确定同步滑套与同步锥毂的限位数值 A , 一般为 $0 \sim 0.2\text{mm}$, A 过大容易引起同步器跳挡, 而 A 过小使同步推块从同步器中跳出。同时, 同步滑套与同步锥毂的间隙过大易引起同步器跳挡, 过小使同步滑套滑动不灵活, 间隙值 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 为宜。

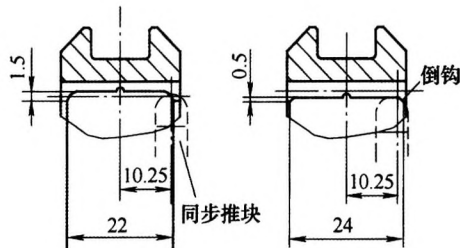


图7 防止脱挡的倒沟

3. 系统匹配

引起短行程同步器型变速器脱挡的因素, 除了短行程同步器自身以外, 还有与之匹配的变速器换挡机构及整车换挡操纵机构方面的原因。

1) 换挡拨叉上拨同步滑套的拨块磨损过大, 引起同步器换挡不到位而造成同步器脱挡。

2) 车辆的运行环境是较复杂和恶劣的, 仅靠同步器自身的自锁力无法适应, 为了克服和适应车辆的运行环境, 杜绝和减少变速器脱挡故障, 变速器的换挡操纵机构中往往还设有变速器挡位自锁元件, 如自锁块、自锁钢球、自锁销等。这些自锁元件的自锁行程应与同步器的同步行程相匹配, 如出现不匹配现象, 即同步器换挡已到位时, 自锁行程还未到位, 从而令变速器换挡操纵机构的自锁力不足, 引起脱挡。

3) 另外, 整车换挡操纵系统与变速器的操纵系统匹配性也会对变速器脱挡造成影响。匹配性好的整车换挡操纵系统不仅会考虑变速器的换挡行程、操纵轻便性、挡位顺序等, 也会考虑其操纵机构的减振性, 会根据其在整车上的布置情况适当设置减振元件, 减少操纵杆系振动传递到变速器换挡系统中。

结语

短行程同步器经过不断的从设计、制造、质量控制上改进, 现已日益趋近完美, 而脱挡问题已得到基本解决。这种同步器已成为我公司生产变速器的首选产品, 而国际著名变速器生产厂商如德国ZF公司等则早已应用普及。

关键词:

短行程同步器 脱挡 分析

(收稿日期20130710)