



引言

尽管目前的电驱 技术发展迅速,但是 传统的内燃机技术匹 配手动变速箱以及机 械式自动变速箱仍然 会在将来扮演着重要 角色。这归功于手动 变速箱的成本低、高 效率及其稳定性。

此外,伴随着与 混合动力、停车起步

系统以及自动化的要求(AMT, DCT),又对手动变速箱提出了新的要求(图1):

- 空档以进档探测
- 换挡执行元件
- 轻量化和低成本化
- 优化空间与轴向长度

多级变速箱的要求

INA 针对这些新要求提供了创新且合适的解决方案:

空档以及进档探测

- 作为空档传感器的传感器定位销
- 作为位置探测以及定位作用的传感器轴承

换挡执行元件

• 液压换挡拨叉执行机构



图 1 手动变速箱的新要求

轻量化和低成本化

- 换挡拨叉
- 换挡机构塑料外壳
- 用于同步器系统的摩擦块式系统
- 同步器结合齿圈
- 冲压工艺制造的同步器齿套

优化空间与轴向长度

• 同步器平底式预同步滑块

空档以及进档探测

作为空档传感器的传感器 定位销

在同手动变速箱结合中,停车起步系统和

图 2 传统第一代附加传感器系统

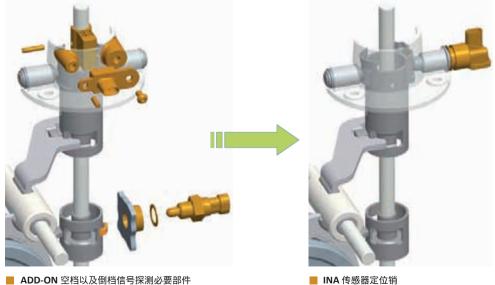
上。由于同传感器之 间存在距离, 以及选 换档轴本身的行程,磁 铁零件不得不被设计 成尺寸较大的零件。为 了防止受到破坏和污 染并且因为安装工艺 的需要,磁铁零件还 需要加装一个外壳。

通常情况下,由 凸轮所激发信号的倒 档灯的开关仍需被使 用。

轻混动功能对换挡系统能提出了新的要求,比 如可靠的空档位置探测。

第一代监测元件由一个附加传感器以及单 独的磁铁组成。在多数的应用中, 传感器被置 于变速箱壳体之上, 而磁铁则被置于选换档轴

所以传统的第一代附加传感器系统由多个 单独的零部件组成, 并被分装在三个不同的位 置,而且占用较大的空间(图 2)。为了安装这 些零部件, 壳体以及选换档轴需进行机加工。 由于不仅增加了许多工序,而且基于体积大目 成本高的零部件被使用,因此产生了不必要的



INA 传感器定位销 —— 组件一体化集成 图 3

■ INA 传感器定位销

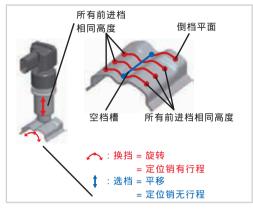


图 4 传感器定位销的定位凸轮形线

成本。

一种能够取代附加组件系统, 并目局限在 某一安装位置的解决方案将更经济也更有效。 INA已开发出一种新型探测空档位置的系统— 传感器定位销(图3)。基本构思是在换档过程 中, 在已被安装干选换档系统上的定位销的上 面再安装一个能够测量形成的传感器。

换档凸轮形线的特性显示定位销的行程沿

着空档方向上的凹槽并不改变, 所以信号单元 恒定输出(图4)。传感器也利用这一特性来 探测在整个选档行程中的空挡位置。而对于其 它各个前进档以及倒档, 由于两个不同高度的 存在, 讲档信号和倒档信号能被传感器所识别。

图 5 显示了 INA 传感器定位销的构造和功 能。定位销的行程通过在传感器内引导的联动 销传递到磁铁零件上。传感器测量磁铁零件在 换档过程中的行程并激发特定的信号。供给电 流的传感器单元则通过同一连接端口根据客户 的要求输出信号,而连接端口通常有三个针脚。

传感器可以输出模拟信号或者数字信号。 在使用数字信号的情况下, 带宽调制脉冲信号 (PWM)的使用十分普遍。如有冗余需求,电子 系统可以分别安装两个单独霍尔感应传感器, 分别将两路单独信号输出连接到端口上。

为了满足客户特定的选档和换档力的要求, 选档和换档的定位销工作模式被结合在了一起。

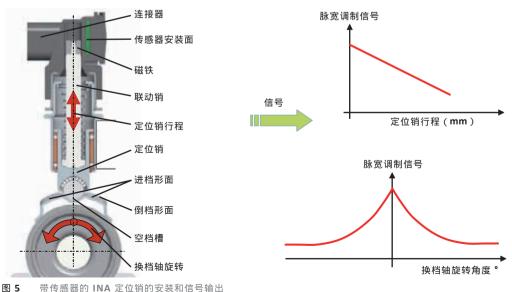


图 5

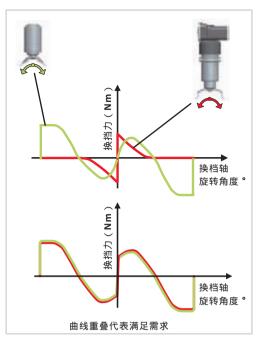


图 6 满足客户对于换挡力的需求

这样才能满足换档特性的要求(图 6)。在这 里的换档过程中,空档时刻仅通过传感器定位 销即可定义。所以,传感器定位销不仅定位选 换档轴在空档的位置而且还探测了空档位置的 信号,对于公差而言是一个优化结果。

结论

从本质上来讲,传感器定位销包含了两个零部件——定位销和传感器单元。这两个零部件都是基于可靠技术,且作为识别空档和倒档的高集成性的解决方案。这一解决方案意味着某些单一零部件、许多安装连接单元以及加工可以被省略。其结果是,相比传统附加传感器系统(图 2)可以带来更低的系统成本。感应

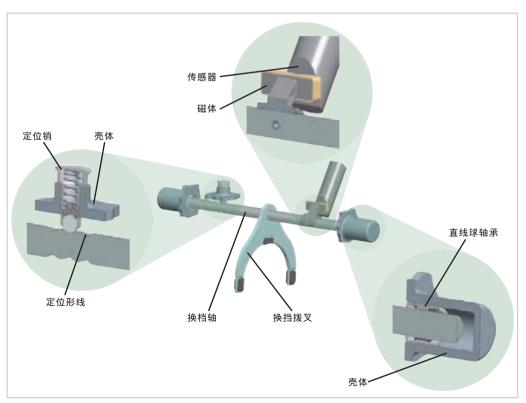


图 7 典型的集成直线球轴承支撑,定位形线和磁体的换挡拨叉设计

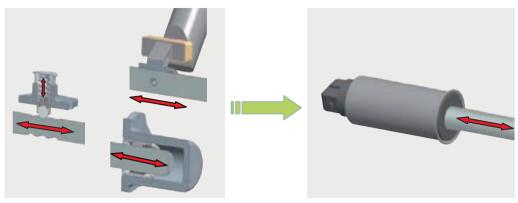


图 8 传感器轴承:集成传感器功能和换挡功能的直线球轴承

传感器将于 2010 年实现量产,并且被使用在停车起步系统中。

集成位置探测以及定位作用的传感器轴承

除了基本的换档执行机构功能,目前的 AMT 以及 DCT 换档拨叉还需要具有其它的零部 件和功能:

- 轴承支撑(通常在变速箱壳体内安装球轴承)
- 定位形线
- 用以探测位置的零部件(图7)

继承这些功可以节省空间、成本以及削减 装配开支。

在与大陆集团的联合中,INA开发了一种 具有定位功能的传感器轴承,这种轴承不仅能 够实现额外的功能,并且被设计成为了一种模 块(图8)。

具有位置探测以及定位作用的传感器轴承(图 9)继承了轴承的冲压外圈滚道、测量换档行程系统的传感器外壳以及插入式定位弹簧。结合拨叉轴末端的定位槽形线,弹簧起到了定位的功能。四列滚动体呈 90°角分布,引导于传感器外壳空间内。传感器外壳支撑传感器电

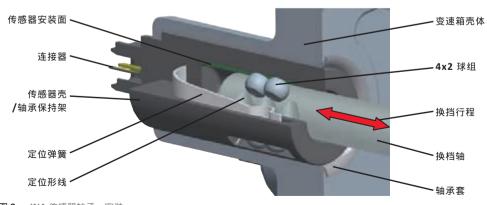


图 9 INA 传感器轴承:安装

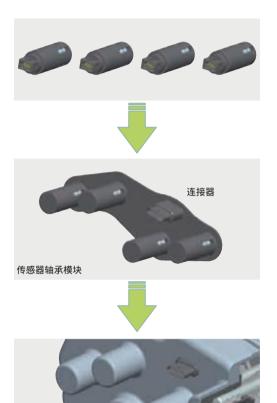




图 10 集成有 4 个传感器轴承的模块

路板,并包含了提供电流以及输出信号针脚的 连接端口。数字信号和模拟信号都可被输出。

INA 传感器轴承设计为 DCT 以及 AMT 继承解决方案。节省了变速箱的内部空间并且提供许多某些时候昂贵的工序以及省略某些传统解决方案中必要的零部件:

- 定位销以及配合孔
- 磁铁零件以及固定单元和外壳

- 传感器座
- 多步装配工序

然而,继承性能可以被进一步提高。四个 传感器轴承被集成在一起成为一整个轴承模块 (图 10)。

集成在一起的四个轴承单元以及底座构成 了共用外壳和一个共用的电子元件。共用的连 接端口取代了四个单独的连接端口,并被安置 在如图所示的外侧,也能直接集成于控制单元 上,继而被安置在变速器的内侧,更能根据客 户的要求安装在变速器内。

相比已经提到的传感器轴承,传感器模块具有额外的优势:

- 仅有一个共用连接端口
- 连接插口与控制模块直接相连成为可能
- 仅有一个外壳
- 仅有一个共用电子单元
- 无需密封单个传感器轴承

传感器轴承以及传感器轴承模块为现代变 速箱的需求提供了一种经济且节省空间的解决 方案。

换挡执行元件

液压换挡拨叉执行机构

许多变速箱生产企业目前都在开发一系列 的 DCT 双离合器变速箱,这些双离合器变速箱

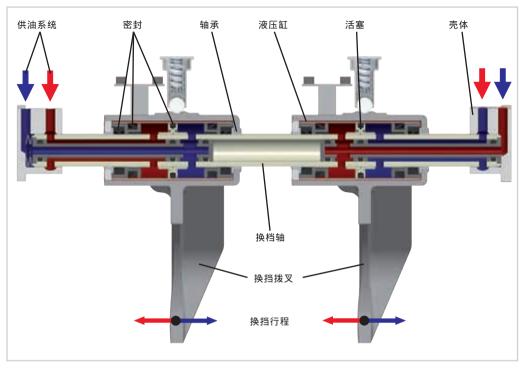


图 11 集成了液压系统的 INA 换挡执行机构:安装

大部分都是由液压驱动的。使用到的是两种不 同液压系统:

- 作为独立液压系统的附加动力单元
- 集成于变速箱壳体上的换档拨叉执行机构

由于双离合器的关系,DCT 留给换档拨叉的空间极其有限,所以可以采用在固定轴上移动的拨叉。在换档执行过程中,拨叉不在变速箱的内孔里面移动,因而需求的轴向长度更小。此外,在同一根拨叉轴上可以安装两个拨叉,因为这两个拨叉是独立驱动的。

INA 专为 DCT 开发了一种换档拨叉执行机构,这种执行机构集成于换档拨叉之上。同以上提及的系统相比,这一拨叉执行机构提供了经济的并且空间优化的选择(图 11)。

一个或者两个拨叉置于拨叉轴上都是可取

的,这取决于变速箱的设计。关注的焦点在于使用最少的拨叉轴或者是简化油路。INA的集成换档拨叉执行机构代表了新 DCT 液压执行单元的集成水平。

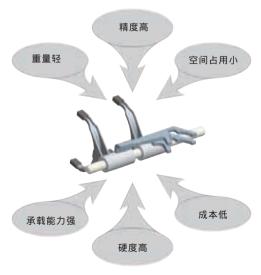
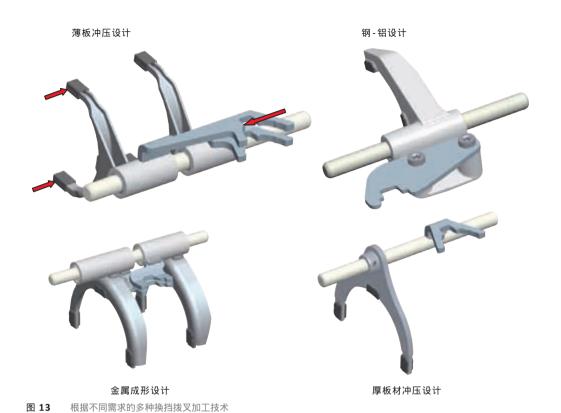


图 12 换挡拨叉需求



轻量化和低成本化

换挡拨叉

在多级式变速箱内,换档拨叉将换档动作 传递到同步器齿套上,这个换档动作通常由开 口槽传递到拨叉脚,并由拨叉脚传递到运转的 同步器齿套上。

目前不同的换档拨叉设计要求可以被总结为以下焦点(图 12)。

为了满足这些需求, INA 根据客户的规范 和空间要求采用了不同的技术。这些技术包括 了薄板成形、铸铝、厚板材成形以及厚板材精 冲成形。根据单个零部件不同的技术,使用不同的连接方法,诸如 MAG、TIG 以及激光焊接,压庄,采用销、铆或者螺栓连接。

薄板冲压换档拨叉(图 13)用作相对换档 载荷较小的设计,由于激光焊接变形较小,能 够满足精确性要求。采用注塑的拨叉脚同同步 器齿套连接。

Pot 换档拨叉设计 (图 13) 适合高载荷设计,这意味着需要使用对应的焊接工艺,比如 MAG 和 TIG。精度要求需要通过校准配对使用拨叉脚来达到。拨叉脚和换档拨叉采用超声波焊接固定在一起。

钢-铝换档拨叉(图 13)由铸铝拨叉本体 以及一个适合空间布置的高精度平板冲压的开 口槽组成。通过安装两颗自攻螺栓确保开口槽和拨叉本体安装在一起。这一经济性的连接方式保证了开口槽的位置精度在螺栓连接的过程中得以补偿。这使得在插入昂贵铸钢零部件进行复杂的机加工不再有必要。同样,这一新技术换档拨叉也将于 2010 年投入量产。

机械式自动变速箱通常要求换档拨叉和拨 叉轴设计成一体。换档执行机构通常置于变速 箱壳体上以便于在拨叉轴的末端执行换档操作。 由于 DCT 对于空间长度苛刻的要求,换档拨叉 的轴向空间也受到限制。通常要求使用**厚板材** 平板冲压的换档拨叉(图 13)。拨叉和拨叉 轴的连接方式必须根据实际的应用情况决定。

所有的换档技术都可匹配滑动轴承以及滚





图 14 铸铝壳体和塑料壳体

动轴承,这根据每一种应用的要求而决定。INA 的换档拨叉组合能够根据每一种客户的要求提 供合适的换档拨叉。

换挡机构塑料外壳

选换档单元的外壳支撑着所有选换档零部件并且提供了和变速箱壳体连接的端面。除此以外,还连接了两根选档和换档的拉索软轴。由于整个选档和换档的作用力都通过选换档单元进行传递,整个单元必须确保其可靠性。长期以来,一直是由铸铝外壳来承担这一任务(图 14)。

铸铝外壳具有方便成形,良好的耐腐蚀性、温度稳定性以及机械强度的性能。但是它需要昂贵的机加工,而机加工在整个外壳的成本内占据了很大一部分。因此,缩减成本可取的途径则是使用替代材料并且省略机加工的方法。

采用塑料作为替代材料是一种有效的降低 成本以及减轻重量的手段。由于在注塑过程中, 连接端面的精度已经足够达到要求,塑料外壳 不再需要采用机加工。原材料的价格也使采用 塑料外壳得到提倡。不过,塑料外壳设计必须 与材料以及工艺特性一致:

- 不能采用压入装配(塑料的松弛作用)
- 采用必要的密封圈
- 必须考虑材料的热膨胀、高低温下的强度, 吸水性以及老化。

INA 已经开发出了一款由塑料制成的换档 单元外壳。样件在之后的台架试验以及整车试 验中都通过了测试(图 14)。



图 15 典型的同步器系统

不再需要机加工的塑料外壳(注塑模具成型的最终零件)以及更低的原材料成本意味着采用塑料外壳以后,整个换档单元系统的成本以及重量都将得到削减。不过最为重要的是,塑料外壳针对安装位置温度的适用性能(距离排气系统的距离)必须要在每一车型上进行校检。

用于同步器系统的摩擦块式系统

摩擦块式系统

图 16 碳涂层同步环与 FPS 摩擦块式系统

在换挡操作中, 同步器系统的功能是 用于调整传动轴与转 动齿轮的转速差,从 而最终通过同步器齿 套将其连接。

最初使用的是单 锥摩擦系统,在摩擦 面上使用特殊涂层可 显著提高摩擦性能;

更好的摩擦性能则可通过采用多锥面摩擦系统 来实现。当然非多锥面系统中采用碳涂层也可 获得最佳性能。

然而,带碳涂层的同步环的生产成本昂贵, 切削后必须通过复杂的工序将碳涂层附着在环 上。虽然市场上有多种不同工艺制造的碳涂层 材料,但成本降低的可能性不大,因此开发新 的方案非常有必要。

为此 INA 已开发一款可以满足现代变速箱

需求的系统。摩擦块 式系统(以下简称 FPS) 中不再需要在同步环 上固定摩擦层,而将 其用分离的摩擦单元 代替(图 16)。

摩擦块式系统由 单独的摩擦块单元组 成,固定在同步环保 持架中,防止在受压 时脱落。该系统可代 替传统的带碳涂层或 不带涂层的同步环。 11

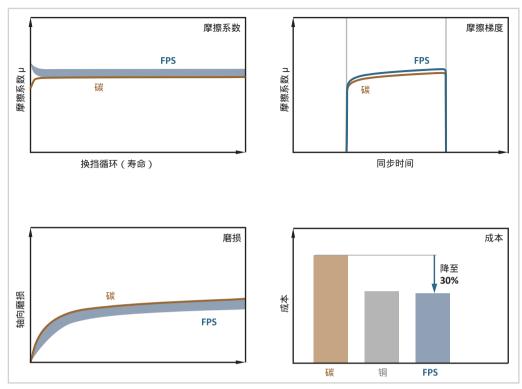


图 17 碳涂层方案与 FPS 对比

摩擦块可被安装在保持架窗口中,且可做微小的倾斜,使其工作中接触面更佳。保持架的设计(类似滚针轴承保持架)可提高加工工艺和摩擦块单元安装的自动化程度和生产效率。

这种分离的摩擦块单元和保持架的设计模



图 18 FPS 系统组件 —— 完美匹配

式具有以下优点:

- 可应用新型的摩擦块材料
- 摩擦副的组合形式非常灵活
- 相比传统的设计形式,同等性能下所需安装空间更小
- 不需要高成本的摩擦层粘合工序
- 单个供应商便可提供整个摩擦模块
- 客户只需面对一个供应商接口

碳涂层和 FPS 系统的重要参数对比见图 17。 摩擦性能好和磨损小是使用 FPS 系统的主要原因。值得强调的是, FPS 的成本能让碳涂层方 案最高降低 30 % 的成本。

INA 的摩擦块式系统已经成功测试并已应



图 19 同步器总成中的结合齿圈

用于同步机构上,下一阶段将是进一步深入开发 FPS 系统以发挥其最大潜能。

与 FPS 系统匹配的同步环表面有特殊的表面要求,这些表面要求会直接影响到摩擦性能。因此同步环各组件都需要彼此精确配合。INA 能提供经过优化的可与 FPS 系统配合的内外环方案(图 18)。作为系统供应商,INA 可以作为单一供应源供应 FPS 系统,因此能责权明确地向客户提供了一整套的优质产品。



图 20 INA 冲压加工的结合齿圈 —— 平面形式 (图左); 带内锥面形式 (图右)

同步器结合 齿圈

同步器结合齿圈 与齿轮刚性连接在一 起并传递扭矩(图19)。 在换挡操作的最后阶段,齿的内花键齿与 结合齿圈的外花键齿 啮合从而将传动轴与 齿轮刚性连接在一起。

根据不同的设计,结合齿圈通常是机加工或者烧结工艺(粉末冶金)制造。机加工制造的高加工费用会带来高成本;而烧结制造由于采用烧结材料,虽然表面摩擦力较大,但是机械承载能力仅略有偏低。两种工艺制造的齿的表面都未能使性能最优化。

INA 通过冷冲压工艺制造结合齿圈,根据应用要求可采用两种设计方案——平面形式或带内锥面形式(图 19),其优点是:

- 冲压成型, 齿根强度高
- 冲压成型,表面质量好
- 磨具寿命长,产品齿形的重复性精度高
- 大批量生产的成本效益好
- 可达到与机加工齿圈相近的性能

INA 结合齿圈可根据客户要求提供灵活的设计方案,并且可以实现多种表面特征。针对大规模生产采用成型工艺可以做到价格低、表面品质高且尺寸重复性误差小。

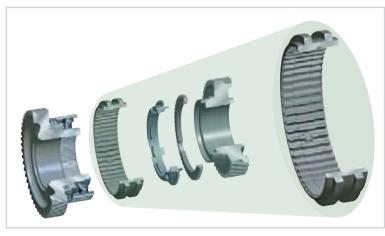


图 21 同步器系统中的组件之一同步器齿套

冲压工艺制造的同步器齿 套

同步器齿套是手动变速箱换挡装置不可或缺的一部分,首先产生预同步,然后将传动轴与齿轮连接并传递扭矩(图 21)。手动变速箱在欧洲市场上占有主导地位,即使在世界范围内也拥有较高的市场份额,因此同步器齿套是一种大批量需求的产品。

现有的齿套是在毛坯上机加工制造的,其

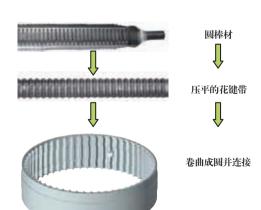


图 22 主体部分的制造

复杂的几何尺寸使得加工方法也多种多样,而且成本较高。所以必须采用合适的工艺来满足大批量生产的要求,特别是满足以下要求:

- 无钻、削和磨等工序
- 原材料使用量少
- 提高齿的质量 (表面、粗糙度等)

• 单件价格低

INA 拥有新颖的成型冲压工艺可以满足这些要求,基本方法就是从钢带上冲压出内花键,

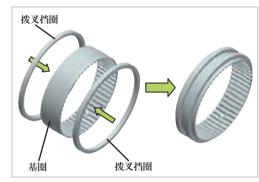


图 23 在基圈上焊接拨叉槽挡圈

再将花键钢带弯曲成基圈,并将接头连接(图22)。在冲压过程中材质微观纤维组织未被切断而是受到冲压,因此齿的承载能力高。同时,采用此工艺不会有机加工所造成的划痕翻边,表面质量更好。

拨叉槽挡圈的制造工序为: 切割一段矩形 截面的钢线,弯曲后连接成圆。然后通过激光 焊将其焊在基圈上(图 23)。在特殊淬火处理 后,可达到齿形变形最小,尺寸误差低。 正是由于采用了 适应大批量生产的成型冲压工艺和减少了 材料消耗量,INA冲压齿套成为了低成本 高品质的产品,并已 用于多个批量生产的 应用实例中。

优化空间 与轴向长 度

同步器平底 式预同步滑 块

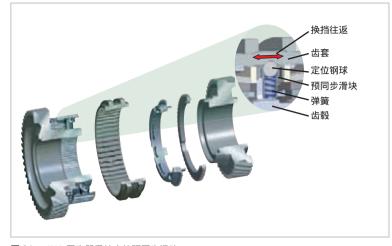


图 24 INA 同步器系统中的预同步滑块

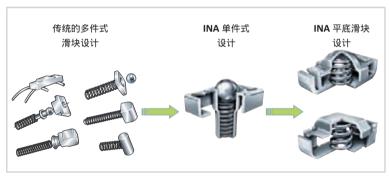


图 25 预同步滑块的发展

可轴向运动的预同步滑块在变速箱中起预同步的作用(图 24)。顶端接触件(通常为钢球)预压在齿套的槽内,使齿套定位在空挡。在换挡动作开始,齿套开始轴向移动时,滑块上会产生一个预同步压力。通常会安装三个同步滑块,间隔 120°分布在换挡齿毂的槽内。

滑块可分为多件式结构或单件式结构。传统多件式设计中广泛采用弹簧和滑块分离的形式(图 25),然而已逐渐开始被单件式设计替代。多件式滑块通常具有以下特征:

- 至少两个分离的部件
- 安装成本高(组件受预紧力,组装时可能会

遗失)

- 总高度高:
 - 需要在齿毂上开深槽
 - 齿毂槽处的截面应力高

相比传统的手动变速箱,目前的前置横驱 DCT设计轴向空间较短,而且换挡频次更高。 因此新开发的滑块需要满足以下要求:

- 模块化一体式设计
- 总高度降低
- 轴向空间缩短(两档齿轮间的距离)
- 降低系统成本

11

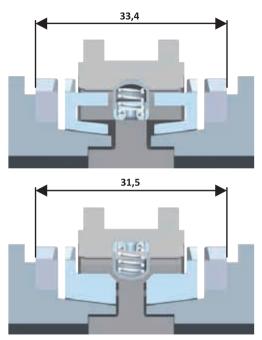


图 26 上图 —— 安装平底式滑块的同步器系统 下图 —— 采用"strut-in-sleeve"滑块设计以减小 变速箱轴向空间

- 无齿毂上径向钻孔
- 安装简便

INA 球滑块提供了一种单体式的方案(图 25)。弹簧和钢球被封在冲压钢板制成的壳体中,防止安装过程中脱落。基于此种单体式设计,INA 球滑块具有安装方便,无需钻孔,价格便宜的特点。

INA 平底式滑块的薄体式设计(图 25),可减少档位齿轮间的轴向距离,变速箱的整体长度也得以缩短。通过利用顶部形状下的空间来安装弹簧,因此整个滑块的高度也可得以降低。

INA 新开发了一款名为"strut-in-sleeve" (滑块固定在齿套中)的设计方案(图 26)。

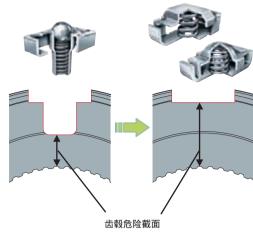


图 27 危险截面上使其应力最小

这种布置中平底式滑块倒安装在齿套的凹槽中, 可沿换挡方向做轴向移动。

该结构也可使齿毂上的开槽的深度明显降低(图 27)。浅槽结构的齿毂截面剪切应力可降低 25%,在同样的变速箱尺寸下,该齿毂可传递更大的扭矩,截面遭到破环的风险也明显降低。

INA 的平底式滑块为 DCT 和 AMT 变速箱 提供了更为合适的方案。这些技术满足了大批 量生产下低成本、小安装空间和高可靠性的要求。

前景

换挡系统产品生产线一方面在努力优化现 有产品方案,另一方面也在努力开发新产品设 计已满足现今及未来的市场需求。将来我们也 会与客户一起合作研究开发新的产品和技术。

11