



9

未来的离合器系统 不仅仅是分离和接合

Jürgen Freitag
Friedrich Gerhardt
Markus Hausner
Christoph Wittmann

引言

混合动力模块、电动汽车和氢动力汽车只是代表汽车行业对未来个人运输工具的动力发展方向的一些概念。很多汽车专家 [1-5] 认为,传统内燃机仍然是未来 10 到 20 年内客车、商用车和农用机械的主要动力来源。得益于新的燃烧技术和其它优化方法,发动机正变得愈发清洁和经济。在可预见的将来,对于手动变速器及其离合器和扭转减振器的需求仍会继续。而且,与现在的应用相比,由于发动机技术的进步,对置于其后的传动系统的隔振要求将更为苛刻,对于上述部件的要求今后还将不断提高。

LuK 的离合器产品如今已覆盖了所有车种,从微型车上的零件到拖拉机上的组件,再到商用车的模块化产品(图 1)。传递的发动机扭矩可从 60 Nm 至 3500 Nm。

包括高扭矩车辆的双从动盘离合器、双离合,柴油车的多级减振器,CVT 传动系统的减振器等在内的众多有针对性的优化产品,清晰地展示了 LuK 一直以来是如何以满足客户需求、市场导向为目标,持续不断地扩展产品线的。

与几年前相比,模块化供货变得越来越多。为降低 CO₂ 排放量,一些开发如减

小发动机的排量、减少发动机的汽缸数或者增加传动系统的效率等,都导致了系统阻尼的减小及扭转和轴向振动强度的加大。与此同时,应用在越来越复杂的系统中如双离合或者混合动力系统,意味着对无论是乘用车还是商用车离合器的要求,包括舒适性、耐久性和更小的安装空间等都在持续增加。另外,更加先进、高效的动力传动系统在 NVH 方面可能产生的特殊问题也对离合器系统的要求更高。

舒适性

LuK 自调节离合器总是与时代同步

多年以来发动机发展的一个趋势是在保持

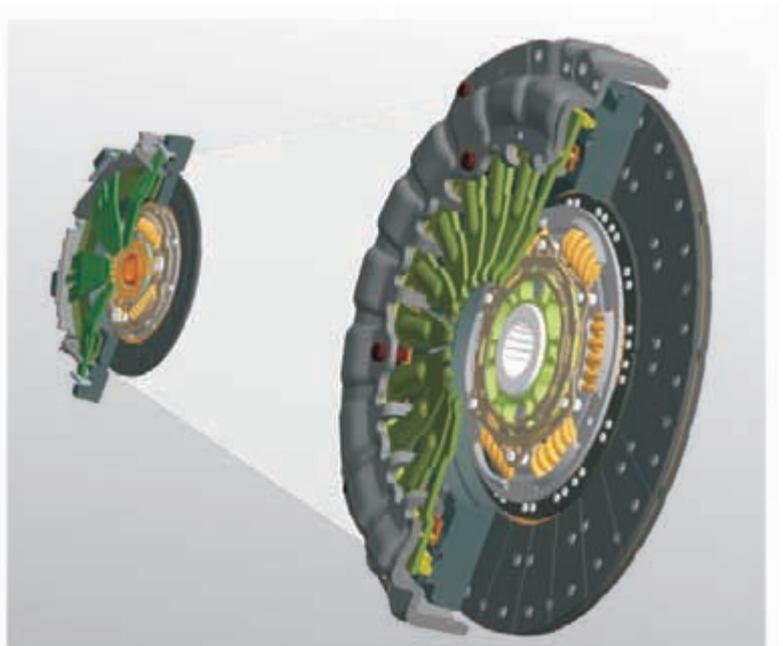


图 1 用于 60 Nm 和 3500 Nm 发动机扭矩的 LuK 离合器

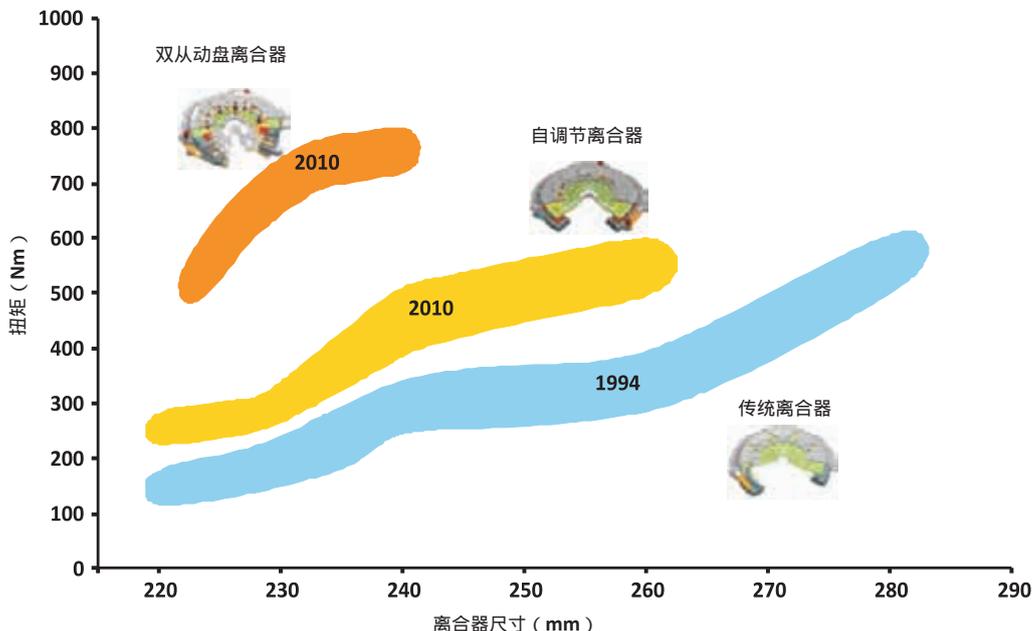


图2 发动机扭矩的发展及相应的离合器技术（1994年和2010年）

排量基本不变的同时提高输出扭矩 [6]。由于安装空间几乎保持不变，这使得离合器系统的能量密度显著增大。因而在过去 16 年内离合器尺寸基本不变的同时，传递扭矩的能力提高了大约 50%（图 2）。动力传动系统和离合器系统的载荷因而显著增加。这种趋势直接导致了离合器操作过程中的分离力增大。

上述变化的应对之一就是 LuK 开发了通过力调节进行磨损补偿的 SAC（自调节离合器），其广泛应用于轿车、SUV、越野车以及小型箱式货车等对耐磨性要求较高的车型上。过去数年间，SAC 的传递高扭矩和高行驶性能的优势已在很多上述类型的车辆上得到了验证。尽管传递扭矩的能力提高了，SAC 因其适中的分离力，在乘用车上仍得到了广泛的应用。

自调节离合器首要的开发目标是 [6]:

- 增大磨损余量（延长工作寿命）

- 减小操作力（提高舒适性）
- 减小尺寸
- 减小分离轴承行程（节省空间和成本）

在具有更大的传扭能力的同时保持适中的分离力，或者，能够减小最大和最小分离力之间的差值（分离力的落差）——这些都是第二代自调节离合器的特点。第二代自调节离合器通过采用具有力递减特性的传动片连接压盘和离合器盖以及主膜片弹簧上的感应指实现了这些特征。具有力递减特性的传动片的感应载荷可通过压盘传递。在曲轴较大的轴向激振（现代发动机的普遍现象）作用下，系统会跟与其连接的压盘一起产生动态响应。

在最新一代自调节离合器的开发中，这些要求继续得以保持；并且，具有力递减特性的传动片和感应指的功能被新的功能性组件所取代，“过行程保护”特性得到进一步优化。

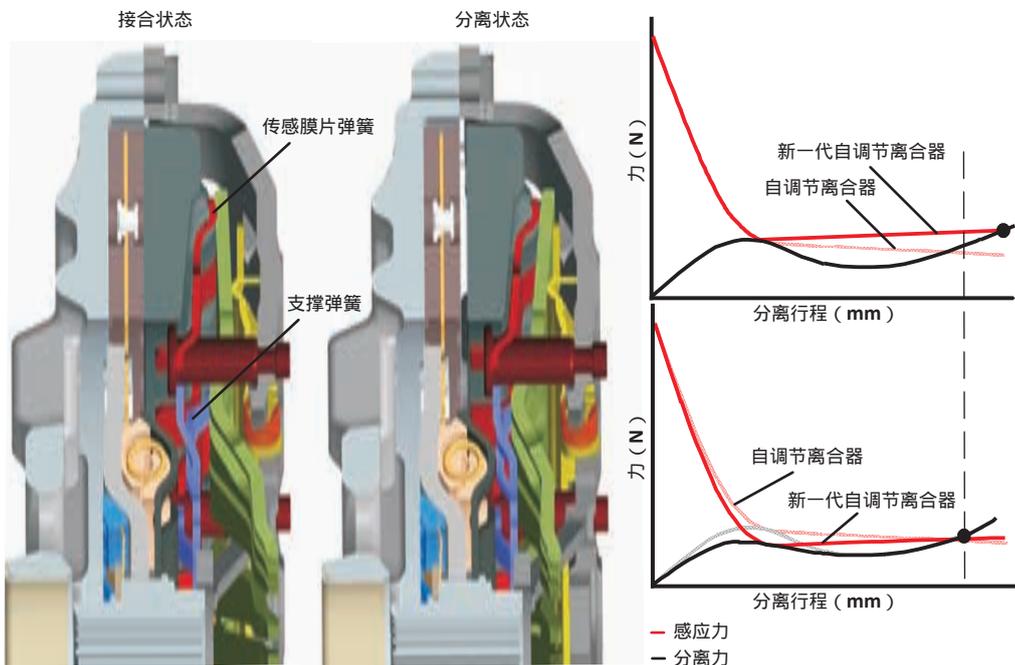


图3 LuK 自调节离合器的新进展

现在，每次压盘升起都会使传感弹簧将载荷直接传递给膜片弹簧。这样，压盘自身对传感弹簧载荷的影响就消除了。一个支撑弹簧替代了感应指，多出的三个膜片弹簧分离指增加了膜片弹簧的整体效率。

在分离过程中，传感弹簧、支撑弹簧和传动片的合力增大了感应载荷，因此增大了“过行程保护”。换句话说，同等“过行程保护”下最大分离力降低了（图3）。

上述三个弹性元件相互配合可确保离合器从动盘磨损过程中感应载荷保持不变。

由此，LuK 自调节离合器仍可满足将来的性能要求。

相比第一代自调节离合器，相同发动机扭矩下最新一代的产品的分离力减小了30%。最

小和最大分离力也已经相差不大。

LuK TAC 商用车的新方案

通常来说，轿车离合器系统的设计寿命是200,000 km，商用车的则介于600,000 km（中短途运输）到1,000,000 km（长途运输）之间。该寿命一般取决于铸件的重量（飞轮和压盘）、所选择的摩擦片尺寸以及从动盘和压盘的磨损余量。特别对于商用车，例如在建筑工地上的使用会使起步和操作次数明显增多，因而需要提高耐磨性以达到合理的工作寿命。

此外，大部分商用车采用的具有气动执行机构的自动化手动变速器（AMT）需要持续增大的分离力特性。为满足离合器控制系统的需要，需要这种特殊的力——行程特性曲线。

为了适应这些要求，LuK 开发了 TAC（行程调节离合器）（图 4）。

TAC 的调节过程是通过测量压盘和飞轮的间距来触发的，然后，小齿轮利用与其相连的心轴使调节环转动，产生轴向位移。在压盘和膜片弹簧之间实现行程补偿的同时，能够保持分离指高度不变。变形或凸台结构对调节质量没有影响，因为整个调节机构位于压盘上。该设计可以实现最小为 6 mm 的可磨损范围，使其磨损余量几乎是市场上同类产品的 2 倍。

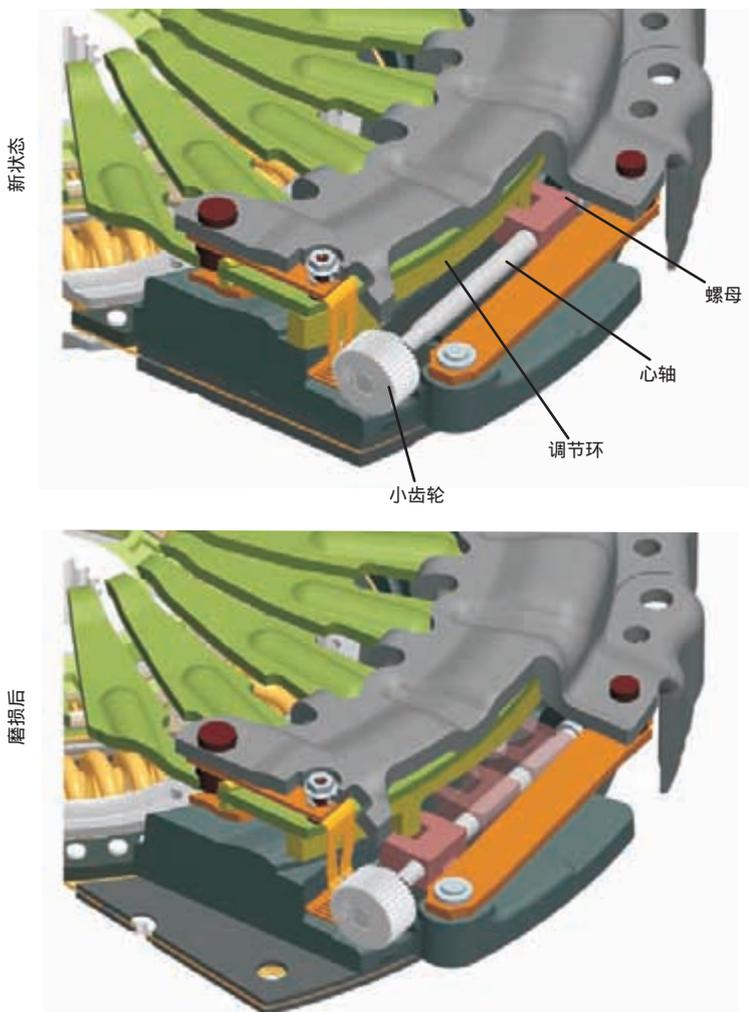


图 4 最小磨损余量为 6 mm 的 LuK TAC（压式离合器）

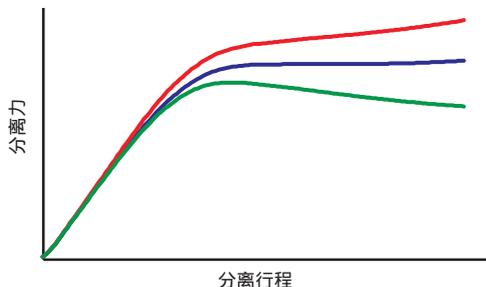


图 5 TAC 可能的分离力曲线

这种高效的调节机制确保了在整个磨损范围内稳定良好的调节质量。而且根据需要可实现不同的分离力特性（图 5）。

原则上，TAC 调节原理可以应用于商用车、轿车、拉式和压式离合器盖总成。LuK TAC 是成功的 LuK SAC 的有益补充。通过它们，LuK 可以为客户提供几乎不受限制的分离力，也就是踏板力特性。

理论上，通过在离合器盖和膜片弹簧分离指之间安装一个随动弹簧，可以使所有的设计方案，包括传统离合器，将分离力水平进一步降低。该方案参见文献 [8]。

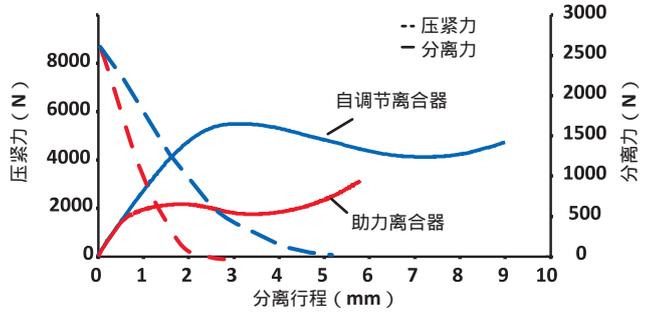
展望

要大幅降低分离



图6 助力离合器

力，必须寻找新的思路。其中一个方案是“助力离合器”（图6）。该离合器系统由一个起动离合器和一个主离合器组成。两者通过一个楔形结构使用滚动体相互连接。当起动离合器接合后，其建立的扭矩使楔形机构转动，接合主离合器。系统内部用来操作主离合器的能量



由内燃机提供，唯一需要的外力是用来接合起动离合器的。利用一个适当的摩擦控制装置，从驱动到反拖的转换问题也已经被克服。初步的整车测试也显示出了良好的结果，分离力可减低到现在的1/2到1/3，因此它在诸如电子控制操作的离合器等领域有着巨大的应用前景。

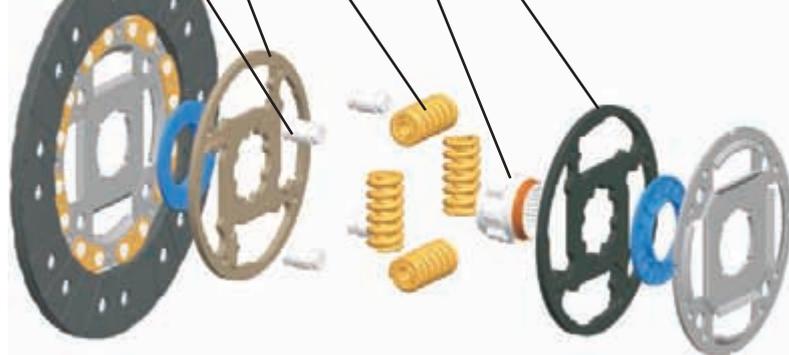
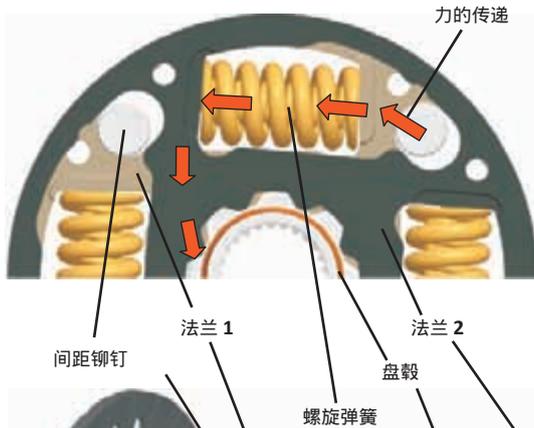
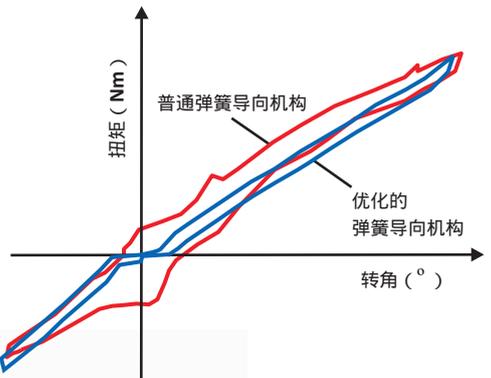


图7 用于混合动力的带有优化弹簧导向机构的减振器

转速 6000 1/min 以下的扭转特性



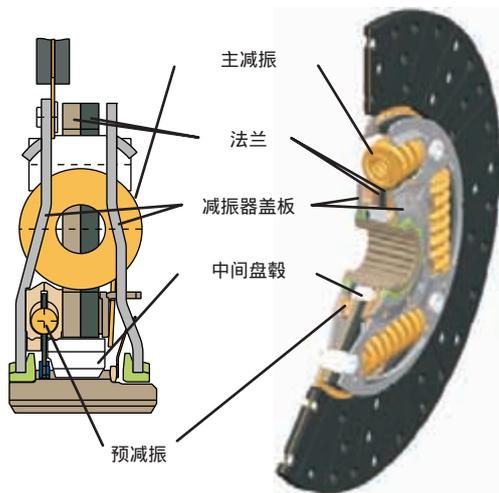


图8 带有优化弹簧导向机构的商用车减振器

使用寿命

减小扭转减振器内部的磨损

特别地，对使用大质量螺旋弹簧的减振器，例如在商用车、但也越来越多的在混合动力和自动变速器车辆中，系统的载荷与弹簧导向机构的磨损常常是主要的限制因素。采用 LuK 新开发的弹簧导向机构，螺旋弹簧及其导向装置的磨损会减小很多。

在通常的弹簧导向机构中，在驱动向反拖转换的过程中，螺旋弹簧的位置会在法兰和减振器盖板之间发生变化。生产工艺造成的法兰和减振器盖板上弹簧窗孔的尺寸公差，以及减振器内部的间隙，使得每次弹簧受力方向变化时，在离心力的作用下，弹簧都会有较小的径向位移，这就使得弹簧和导向机构之间产生了摩擦和磨损。在很高的发动机转速下，螺旋弹簧甚至会因摩擦而被卡在回位点上。

在新的方案中（图7），减振器有两个法兰，与螺旋弹簧的两端分别保持常接触。从驱动到反拖的扭矩改变转化为法兰到装配铆钉或盘毂外花键的位置变化。法兰和花键毂之间的周向间隙也决定了减振器的最大旋转角度。

由于避免了弹簧导向机构里的位置变化，相比通常的导向机构，其内部以及螺旋弹簧的摩擦和磨损减少了很多。同时也使扭转特性在发动机转速增加时没有显著的变化。普通减振器和具有优化弹簧导向机构的减振器的动态扭转特性的对比清楚地显示了优化后摩擦力更低（图7）。

该系统同样也用于商用车的减振器（图8）。为了实现预减振器功能，还需要一个中间盘毂与优化的弹簧导向机构相连，其外花键确定了主减振的转角，内花键确定了预减振的转角。

根据螺旋弹簧的重量和发动机转速进行优化的弹簧导向机构减振器弥补了通常设计的不足。

离合器和摩擦片的共同开发

通过与舍弗勒摩擦材料（原雷贝斯托）的合作，LuK 具有了摩擦片的开发和制造优势，也有了更强的系统竞争力，这也体现在优化的摩擦片开发流程（图9）中，其特点是：

1. 在总成方案开发阶段，根据摩擦特性定义摩擦片材料；
2. 实际应用中的要求（磨损、摩擦系数、摩擦系数变化率等）可转化为对摩擦副的要求；
3. 为验证新的要求是否能够满足，可改进现有的测试程序或者开发新的程序（例如，双离合应用中的连续打滑，混合动力应用中中高

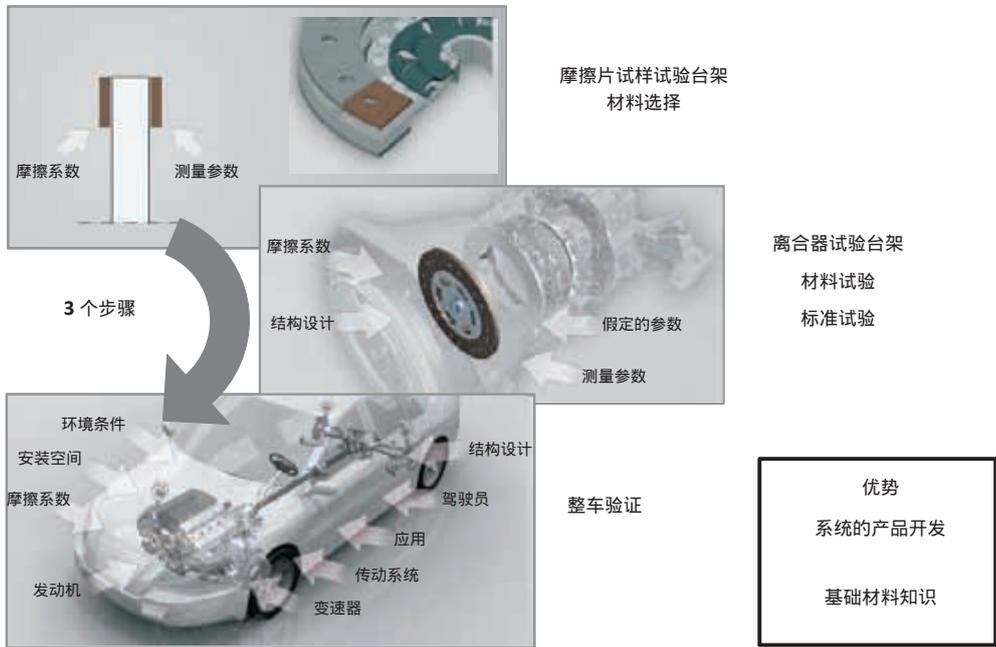


图9 摩擦片试样、离合器和车型的开发流程

压下的短暂打滑间隔)；

4. 先对摩擦片小试样进行测试，然后测试总成，最后进行整车测试——每次都从系统的受力着手。这样，可以快速对摩擦片材料作出评价并避免了离合器或者整车的其它零部件带来的影响。

该优化开发流程的结果之一就是热冲击后

的摩擦片有了更好的旋转破坏特性。经验表明，仅仅考虑不受热负荷的新摩擦片的旋转破坏程度是不够的。零件的旋转破坏特性更应该考虑在长时间持续热负荷之后的强度，包括滥用离合器引起的高热负荷。通过使用高级别摩擦片材料以及优化摩擦材料和钢制基盘的连接设计，可以显著改善旋转破坏特性。

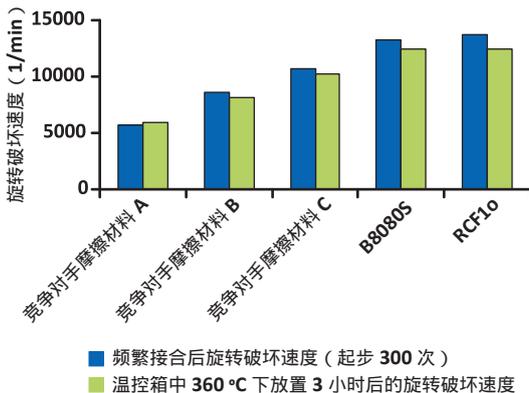
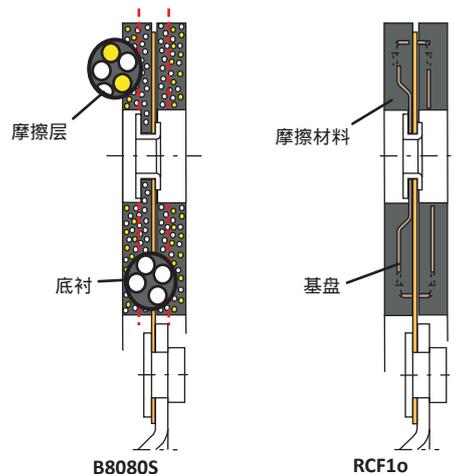


图10 不同摩擦材料经过频繁接合和热冲击之后的旋转破坏强度对比；摩擦片和离合器从盘的结构



通过试验台加载、热冲击试验和旋转破坏试验，可以评价热负荷下摩擦片的机械强度，并可作为摩擦片和离合器开发的一种工具。图 10 给出了不同摩擦片材料对比。

NVH

为迎接众所周知的挑战的新方案

噪音和振动现象多数情况下是整个传动系的问题，这就意味着其产生的原因不能够归咎到其中某一个零部件上。比如，同一款离合器在一辆车可能会有问题，而在另外一辆车上则没有。这个例子证明了以上观点。下面介绍的两种解决方法有助于减小问题发生的可能性或者对已经存在的问题予以改善。

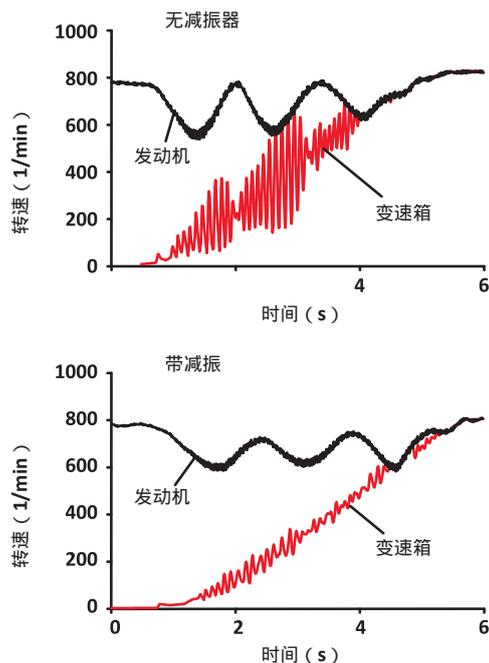


图 11 起步抖动

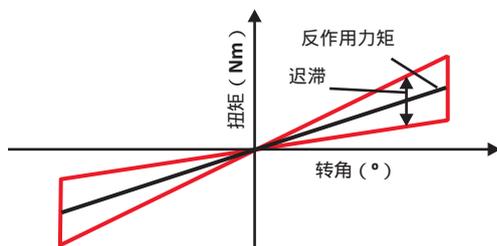
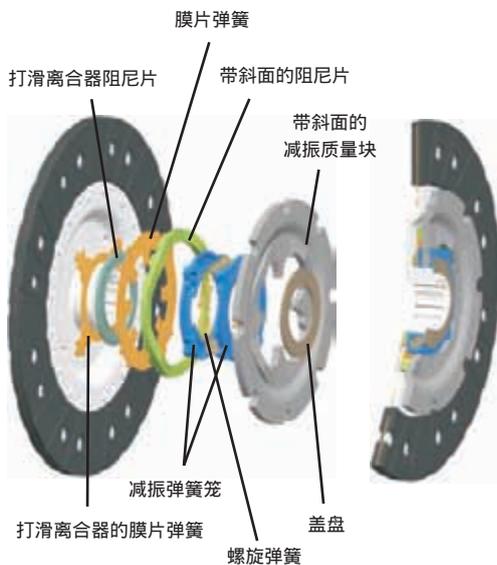


图 12 扭转减振器（颤振减振器）

用于减小起步抖动（颤振）的减振器

在所有通过摩擦传扭的传动系统中，在滑磨阶段，扭矩会在平均值上下波动，这可能产生起步抖动（图 11）。但是，只有当驾驶员感觉到这个振动时才成为问题。一个给定的激振能产生多强的影响取决于传动系统和整车。在一些情况下，解决高敏感度的车辆存在的这些问题在目前的技术水平下还具有相当的难度。

理论上，使用质量经过调校的减振器可以减少超过 50% 的颤振。LuK 在过去反复研究了

这种设计。质量经过调校的减振器由一个与离合器从动盘平行排列的包含了弹簧和阻尼控制装置的质量块组成。阻尼也需要根据确定的颤振激励进行调校。

实际上，这种减振器最理想的性能在现实操作中几乎没有达到过，因为外部的激振和减振器内的阻尼均会有较大的公差。例如，如果实际阻尼比设想的大或者激振比设想的小，往往会觉得减振器刚度太大，而在相反的情况下，产生的系统固有频率偏移量又太小。具有速度比例的阻尼值的质量经过调校的减振器应该会有所帮助，但是，这种部件成本太高。

在新的方案中，阻尼值是可变的，它将随着相对转角的增加而增大，也就是随着激振的大小而改变。阻尼和转角之间的关系是确定的，所以针对不同的激振振幅都能得到最优化的阻尼值。这种方案并不能消除阻尼的公差，但只有在一些极端情况下减振性能才会有所降低。

阻尼控制装置有几对起伏的斜面，可以相对转动，它线性地对膜片弹簧施加载荷（图 12）。当减振器质量块相对于离合器从动盘旋转时，阻尼控制装置中的膜片弹簧提供的压紧力会按实际需要增加，从而使阻尼增加（图 13）。此减振器的效果与激振扭矩的大小无关。

为了能够用一个设计上可行的振动转角涵盖普遍激振扭矩，减振器的质量块必须设置为

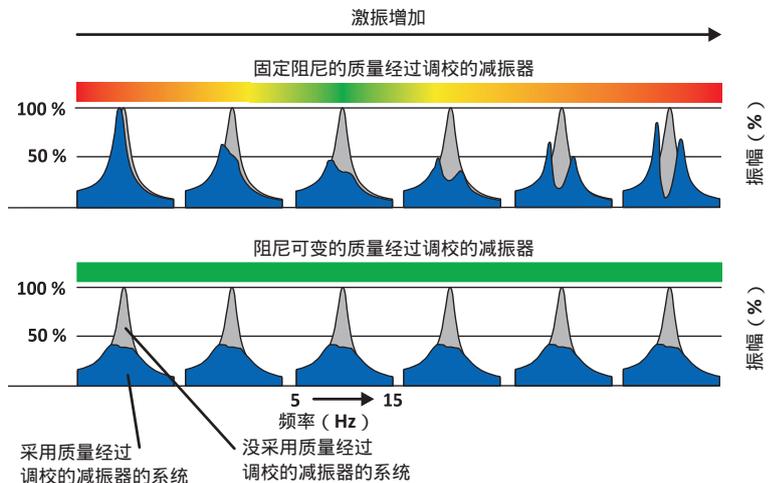


图 13 阻尼随转角变化的质量经过调校的减振器原理

被减振质量的大约 10-20%。减振器通过一个打滑离合器固定在离合器从动盘上，如果转角达到了最大振动转角，减振器将开始打滑。

这种扭转减振器的优点是只需要激振频率接近于减振器的频率，对颤振的衰减与激振的机理无关。同时，此扭转减振器也能解决起步时摩擦引起的抖动（摩擦片颤振）问题。

具有解耦功能的离合器从动盘

在离合器打滑阶段还会出现噪声问题。大家知道的一个叫“离合器接合噪声(eek 噪声)”的现象，是一种具有固定频率的啸叫声，频率范围在 300-500 Hz。简单来说，啸叫噪声的频率与输入轴的固有弯曲振动频率有关，它可根据离合器从动盘的重量和输入轴的弯曲强度计算得出。理论上在离合器从动盘上有两种方法来使系统变得稳定，两者都显著地减少或者降低噪声发生的可能性。

一种可能性是削弱放大机制。这意味着发

生的振动将以更弱的形式传递到其它元件，由此，相互之间的振动响应就被削弱了或者整体被抑制了。为此，需要减小摩擦片和花键毂之间的倾斜刚度。从而输入轴的弯曲振动传到压盘和摩擦片之间的摩擦接触中被减弱了。这在设计上可以通过改变波形片连接到保持盘的底部结构来实现（图 14）。

稳定离合器从动盘的另外一种方法是一定程度地解调产生噪声的输入轴的固有弯曲振动频率。这可以通过显著减小离合器从动盘的质量来实现。在设计上，这意味着，例如，在径向上使摩擦片的质量从离合器从动盘花键毂的质量上解耦出来。由于输入轴上连接的质量降低了，固有弯曲频率则提高了。通过这样的解耦，将会产生一个次固有频率，它比原来可能

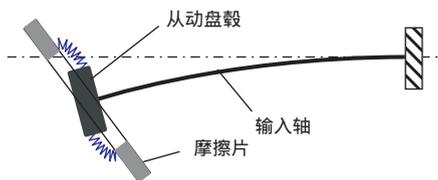
导致噪声的固有频率要低。这种方法的好处是新产生的两个固有频率特性都很稳定，即使有振动发生也不会产生噪声的问题。

这样的设计已经应用在批量生产的偏心补偿从动盘中，但是偏心补偿从动盘只有在低滑动扭矩时才能提供径向偏移。要解决噪声问题，必须要覆盖到发生问题时的相关扭矩范围。例如，在目前正在进行测试的车上，必须在传递 60 Nm 扭矩时还能进行解耦。

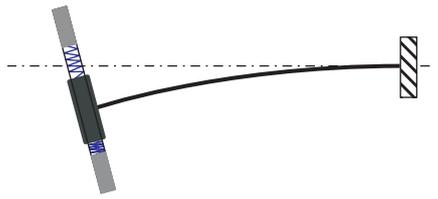
离合器从动盘扭转减振的优化

双质量飞轮是目前最有效的减小扭转振动

倾斜刚度



径向刚度



倾斜刚度的不同设计

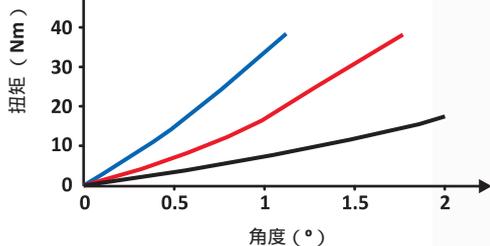


图 14 具有解耦功能的离合器从动盘



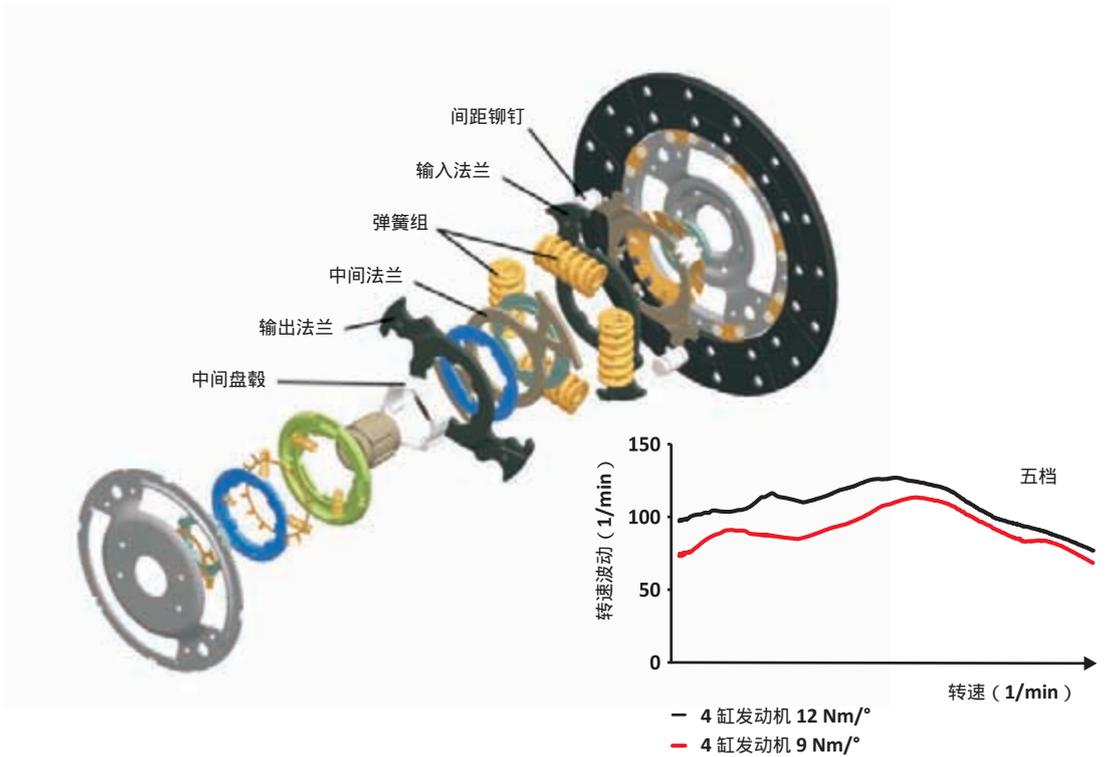


图 15 减振器里螺旋弹簧的串接

的系统，但是，采用单质量飞轮和传统离合器从动盘减振的系统也仍然在使用。

对于小排量的轿车和对传动系统减振要求不是很高的轻型商用车，甚至一些中级车，采用离合器从动盘进行扭转减振是综合空间要求、功能和成本三方面最折衷的方案。

根据应用，扭矩特性可以设计成一级到五级减振。原则上，LuK 离合器从动盘可以具有最平（刚度最低）的主减振曲线，并且持续耐久的摩擦控制组件能够提供稳定的阻尼/迟滞特性。这一点很重要，因为在其使用寿命期间减振器迟滞的显著减小在严重情况下会导致变速箱中同步环的失效。

减小扭转刚度，从而降低传动系统的扭转振动的方法之一是，把减振器里的螺旋弹簧进

行串接布置。这样一来，螺旋弹簧的重量增加了，如果没有采取相应的措施的话，弹簧和弹簧导向机构之间的磨损会加剧。之前提到的 LuK 开发的新的弹簧导向机构使这种串接的螺旋弹簧布置成为可能，甚至能够应用在传递高扭矩和使用更重的螺旋弹簧组的情况。

除了前面介绍的新的弹簧导向机构中提到的两个法兰外，这种减振器里还增加了一个中间法兰。输入法兰将载荷传向两个相对布置的弹簧组上。弹簧通过中间法兰串接成组，将载荷传递到输出法兰（图 15）。输入和输出法兰通过间距铆钉或中间盘毂来控制其驱动和拖动方向的转换，替代了传统从动盘通过弹簧实现的转换。

串接的弹簧可将扭转刚度降低 25%。当用于 4 缸柴油发动机时，变速箱输入轴的转速波动相比普通减振器可以减小 10-15%。

可以预见, 3缸增压发动机取代4缸自然吸气柴油发动机的趋势为此类从动盘减振器提供了新的应用可能性。前横置4缸发动机提供给离合器的轴向空间相对狭窄, 如果去除一个缸, 则获得的部分空间可以用于离合器。那么离合器从动盘减振器的主减振刚度可以设计得更低。

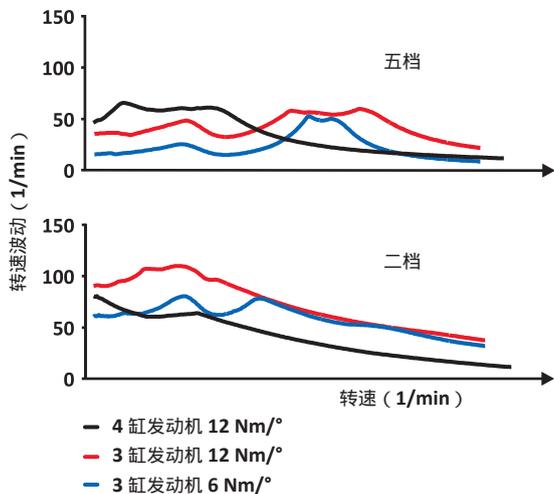


图 16 双减振器



双减振器, 指的是两个减振器顺次进行驱动, 弹簧刚度可以因此而减半。这样的一个从动盘(图16)的惯量通常会增大25%, 通过摩擦片的优化可以对其进行部分补偿, 例如采用更薄的波形片, 减小铆钉铆接厚度等。

振动仿真表明, 由于双减振器较低的弹簧刚度, 在一定转速范围内它可以将传动系统的扭转振动降低25%。这样, 使用3缸增压发动机采用双减振器, 可以达到4缸自然吸气发动机采用普通减振器相似的振动表现。



图 17 离合器上的离心摆式吸振器

离合器的优化

为了进一步减小传动系统中的扭转振动, 也可以在离合器盖上集成一个离心摆式吸振器, 这种减振方式已经在双质量飞轮上得到了应用 [9, 10, 11]。

为布置需要, 可以利用传动片组之间的空间。这样一来, 大的有效半径结合大的摆锤质量更能提高系统性能。在纵置发动机上使用这种离合器, 通常会有足够的空间进行布置, 而应用于前横置发动机时, 还需要额外的空间。

布置空间

SlimDisc 摩擦片

特别是在双离合变速器应用中, 由于压盘和中间盘的质量决定了其热容量的大小, 它们临时储存了热量输入, 为了确保其足够的热容量,

留给了离合器的摩擦片/波形片轴向压缩的空间往往很小。同时，摩擦片还要满足自动变速器 250,000 km 的行驶里程（整车使用寿命）的要求。

另外，双离合变速器中会有一个离合器处于分离状态，这不同于一般的手动变速系统，由于不工作的分变速器的振动会使它受到动态载荷。出于安全原因，还要避免离合器从动盘的旋转破坏失效。

这些特殊功能对离合器从动盘摩擦片/波形片轴向压缩产生了如下这些新的特殊要求：

- 大磨损余量以满足使用寿命的要求
- 最小可能的压紧厚度
- 高的动态接触强度
- 更高的旋转破坏特性

LuK 开发的“SlimDisc 摩擦片”（图 18）能够满足这些需求。

在这种摩擦片方案里，摩擦片不是通过铆钉铆接的，而直接固定在钢片上（根据摩擦片材料的不同，可采用压装或粘合）。这种从动盘提高了旋转破坏特性，且它将扭矩直接传递给保持盘。与保持盘连接的底部区域被设计成具有轴向弹性，这样离合器波形片可以产生轴向运动。波形片和台阶铆钉不再参与扭矩传递，在离合器分离时也不会承受圆周方向的动态载荷。

在具有相同的磨损余量下，装配 SlimDisc 摩擦片的离合器从动盘的厚度可以做到比普通的摩擦片薄 1.5 到 2 mm。这种空间优势可以被用于增加相关零件的热容量或者减小离合器轴向空间的需要。

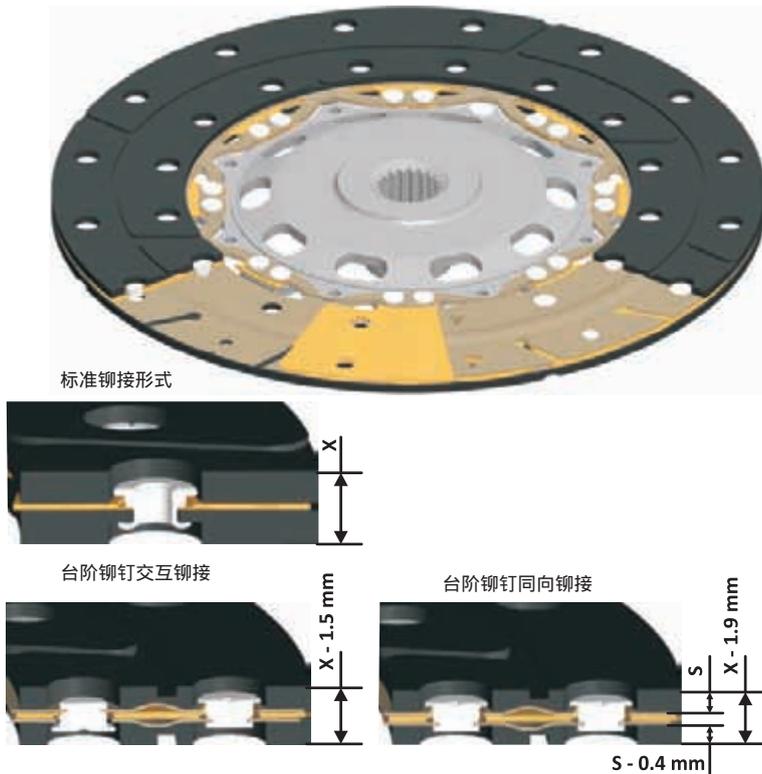


图 18 LuK SlimDisc 摩擦片

不仅仅局限于在双离合变速器上的使用，这种从动盘甚至在热冲击之后其最高旋转破坏转速还能超过 13,000 1/min。

LuK FlexCompact 离合器

对于发动机扭矩 150 Nm 以内的应用，其离合器开发的焦点集中在减轻质量或者减小轴向空间，由 LuK



图 19 LuK Flexcompact 离合器

开发的 FlexCompact 离合器（图 19）提供了新的可能性。

这种轻型结构的离合器的设计来自广泛的功能分析。离合器盖不再是一个深拉的冲压件，

铸造压盘



钢制压盘



图 20 铸造压盘和钢制压盘

而是由几个形状类似的组件组成，并且具有很高的轴向刚度。

在 Flexcompact 中，众所周知的带分离指的膜片弹簧的功能被分别实现，提供压紧力的新的膜片弹簧无分离指，原分离指由单独的分离杠杆所替代，分离杠杆通过与离合器盖的无螺栓连接以提供压盘升程。这种刚性分离杠杆具

有出色的效率。另外，因为分离杠杆和膜片弹簧力之间没有直接关联，所以压盘的杠杆比可以被变量化地选定。这在小发动机扭矩和小分离力的情况下尤其有利，因为这种情况下如果使用正常膜片弹簧的离合器会造成踏板力过小。

压盘可以采用标准的铸件压盘，要求量较大时也可以用冲压的钢制压盘（图 20）。

分离杠杆通过其弹性突起弹性地支撑在离合器盖上，这些弹性突起的力的设置有两种不同的方法。在其中一种设计中，弹性突起的弹力被设置为始终高于离合器的最大的分离力。此时起步所需的离合器轴向弹性通过系统中的波形片来实现。另外一个设计方案为：起步的所需的弹性被结合到了分离杠杆中（调制弹簧）。这样，波形片可以从离合器从动盘中取消。这一原理在图 21 中通过与带波形片的从动盘的对比来说明。在有波形片情况下，在分离离合器时波形片从一开始就让压盘产生轴向移动。当波形片的影响结束时，压盘开始才真正脱离从动盘。

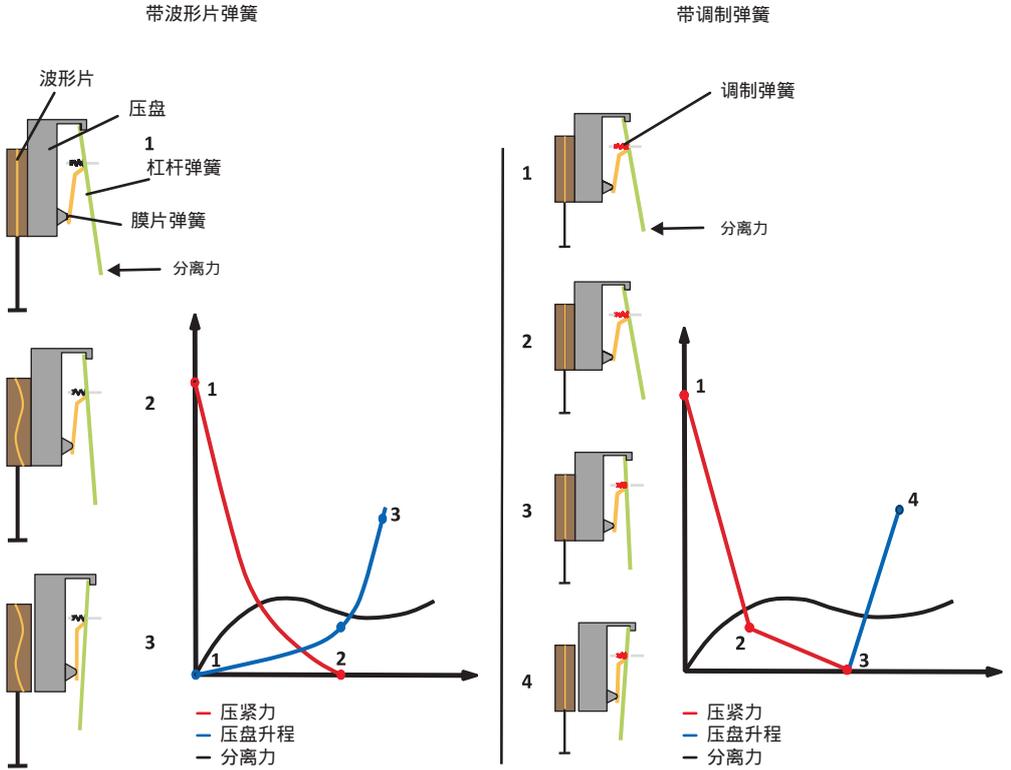


图 21 波形片和调制弹簧的功能

波形片取消后，在保持盘的两面都可以压装摩擦片。这可以将离合器从动盘的压紧厚度减小 3 mm，这也就意味着获得了额外空间。取消离合器从动盘内部波形片的先决条件是压盘和摩擦片环都要比较窄，以保证低的热变形。否则，传动系统就可能有起步抖动的问题。这

样一来，根据设计不同，离合器的质量和惯量也因此可以减少最多 35%。

此离合器主要适用于低扭矩的应用，因此螺旋弹簧力和质量较小，起弹簧导向作用的法兰也因而可以被取消。新的弹簧导向机构被设

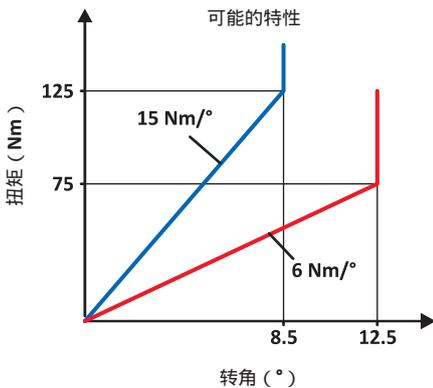


图 22 Flexcompact 从动盘



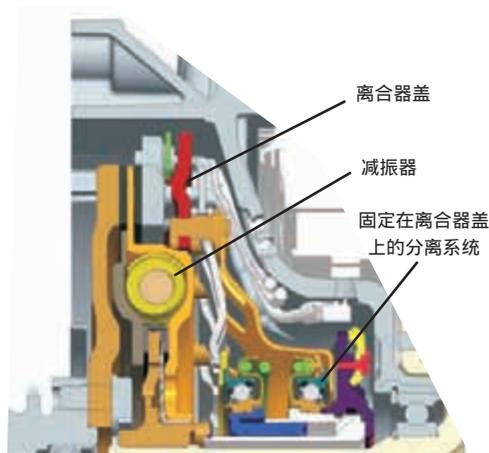


图 23 一款混合动力 SUV 的离合器系统

计为，扭矩从保持盘通过螺旋弹簧直接传递到集成了花键毂的盖盘上。

如果量足够大，盖盘和花键毂可以通过冲压方式做成一个零件，这样成本会更低(图 22)。根据几何结构和成本的需要，可用三个减振弹簧的布置型式替代常用的四个减振弹簧。

这样的从动盘也可以实现预减振的功能。通过对离合器盖和离合器从动盘可能的变化组合，可以按照不用用户的要求来确定 LuK Flex-Compact 离合器的设计。

混合动力的应用



图 25 混合动力系统零件

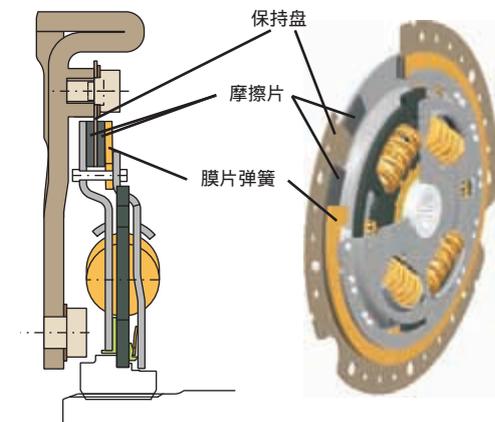


图 24 带限扭保护打滑离合器的减振器

一些特殊的混合动力应用需要高度的系统集成。图 23 的示例是为具有启停功能的并联方式混合动力发动机而开发的离合器系统。该混合动力系统除了电控操作外，还具有恢复和助力的功能。根据空间布置情况，离合器被设计成为将膜片弹簧布置在离合器盖的外部。离合器从动盘有一个利用双质量飞轮原理采用弧形弹簧的减振器。由于发动机通过 E-machine（低能量输入的短作用时间）可以实现拖曳功能，波形片可以被取消。装于离合器盖上的分离系统使轴向设计更紧凑。在这样的设计中，分离系统不是支撑在变速箱上的。此种结构减小了曲轴的载荷，并有利于整个系统的振动表现。

减振器在混合动力中的应用也多种多样，

从离合器从动盘减振器，到具有扭矩限制功能的减振器，到利用双质量飞轮原理采用弧形弹簧，导向机构无磨损的减振器。

如果没有适当的防范措施，混合动力系统中起作用的转动惯量会造成非常高的峰值扭矩，它会很快导致所用的任何型式减振器的损坏。由于这个原因，在一些应用中，在减振器之前会布置一个打滑离合器来限制扭矩。

LuK 设想的这种离合器方案与其它方案相比，(图 24) 减振器能够更容易地安装在飞轮上。

在另外一些混合系统中，LuK 提供了飞轮、优化弹簧导向机构的减振从动盘和包含液压管路的分离系统零件(图 25)。图中所展示的例子在应用上相似，只是由于客户的不同需求而采用了不同的设计。

总结

上述列举的设计表明，不论从性能方面还是成本方面，离合器系统仍然有空间进行持续改进。随着先进技术的运用，特别是新燃烧方式和混合动力的发展，新的挑战不断出现，LuK 也正在面对这些挑战。现在已经明确的是，解决方案将会更加多样化。我们将会根据客户的具体要求来选用技术上和经济上都最适合的方案，并为客户带来最大的利益。

参考文献

- [1] Mikulic, L.: What is the future of conventional combustion engines? Video commentary at <http://www.handelsblatt.com>, 2009-09-16
- [2] Ostmann, B.: E-Motion, auto motor und sport, Issue 21/2009, 63rd volume, p. 3
- [3] Alternative Drives – Concept Overview, <http://www.auto-motor-und-sport.de/eco/alternative-antriebe-konzept-ueberblick-938005.html>, 2009-11-21
- [4] Into the Future with Octane, <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/0,1518,661630,00.html>, 2009-11-17
- [5] Automakers Losing Faith in Hydrogen Power, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autohersteller-bmw-verliert-glauben-an-den-wasserstoffantrieb;2495118>, 2009-12-07
- [6] Reik, W.: The Self-Adjusting Clutch, 5th LuK Symposium, 1994, pp. 43-63
- [7] Reik, W.; Kimmig, K.; Elison H.-D.; Meinhard, R.; Raber, C.: New Opportunities for the Clutch?, 7th LuK Symposium, 2002, pp. 191-202
- [8] Zink, M.; Hausner, M.; Welter, R.; Shead, R.: Clutch and Release System – Enjoyable Clutch Actuation! 8th LuK Symposium,

2006; pp. 27-45

- [9] Fidlin, A. and Seebacher, R.: Simulation Technology with the DMF Example – Finding the Needle in the Haystack, 8th LuK Symposium, 2006, pp. 55-71
- [10] Zink, M.; Hausner, M.: The Centrifugal Pendulum-Type Absorber – Application, Performance and Limits of Speed-Adaptive Dampers, ATZ, issue 07-08/2009, pp 546-553
- [11] Kroll, J.; Kooy, A.; Seebacher, R.: Land ahoy? – Torsional dampers for engines of the future, 9th LuK Symposium, 2010, pp 28-39

