

降低汽车后桥弧齿锥齿轮噪声的方法

郑州华威齿轮公司 (河南 452374) 周红新

随着汽车工业的发展,人类对噪声的公害认识越来越深,而汽车后桥噪声已成为评定汽车质量好坏的一项重要指标。汽车后桥用弧齿锥齿轮是其最主要的传动件,设法降低其噪声已成为各齿轮生产厂家必须解决的实际问题。我公司目前主要生产皮卡车后桥齿轮,本文以金杯等车型用 6480 后桥齿轮为例,对降低汽车后桥弧齿锥齿轮噪声的控制作一分析和探讨。

1. 齿轮噪声产生的原因

当一物体振动时,就会激励它周围的空气具有可压缩性,在质点的相互作用下,四周空气就会产生交替的压缩与膨胀,这种过程会渐渐向外传播产生声波。振幅和频率是声音的两种特性,通常声音标准达到 85dB (A),频率在 3000Hz 的时候即称为噪声。人一般能听到的最低声音为 2×10^{-5} Pa,即为 0dB (A)。后桥齿轮传动具有周期性啮合的特性,振动是不可避免的。在齿轮啮合过程中,齿面间相对滑动产生摩擦力和因制造误差、安装误差等造成的啮合冲力是齿轮产生振动的主要原因。齿轮的振动、运转不平稳是诱发齿轮噪声的主要原因。

2. 降低噪声的方法

(1) 优化齿轮的齿形参数、改进加工工艺 我们主要对主动齿轮中点螺旋角、被动齿轮齿面宽的参数进行了优化,对被动齿轮铣齿加工时的精切余量进行了改进。

①加大主动齿轮中点螺旋角 螺旋角的大小直接影响到齿轮副的纵向重合度,在齿面宽和模数一定的情况下,增大螺旋角,则齿轮副的纵向重合度也增大,也就是说增加齿轮传动的平稳性。在满足轴承使用要求的前提下所选螺旋角应尽量大一些,使齿轮副能得到更大的接触比。金杯等车型用 6480 后桥齿轮原图样主动齿轮中点螺旋角设计为 50° ,我们把参数变为 52° ,经过齿轮计算软件计算参数满足使用要求。

②增加被动齿轮的齿面宽 虽然齿面宽的过度增加,会造成齿轮小端齿间宽减小和可能用的齿根圆角半径减小,而需要更薄和脆弱的刀具刀盘,导致制造上的困难。但是适当增加齿面宽有利于增大

接触比和提高承载能力,所以应该结合实际情况选择经济可行的齿面宽。金杯等车型用 6480 后桥齿轮原图样齿面宽为 32mm,我们在没有增加成本的情况下,把齿面宽改为 34mm,增加了传动的平稳性,减小了振动。

③减小被动齿轮铣齿加工时的精切余量 精切余量大小将对粗切刀顶宽、刀尖圆角半径及齿面的粗糙度造成较大的影响。余量越大,粗切刀顶宽越窄,将降低齿轮的弯曲强度和刀具寿命,同时将增加齿面的表面粗糙度,增大齿轮的噪声。我们把 6480 齿轮的精切余量由原来的 0.7mm 减小到 0.5mm,降低了齿轮的噪声。

从表 1 可以看出,经过齿轮参数的优化设计和加工工艺的改进,齿轮的噪声较为明显地降低了。

表 1 不同齿轮参数噪声测试数据

齿轮参数	套数	转速/ $r \cdot \min^{-1}$		噪声值/dB (A) (平均值)
原来图样	5	750	正车面	74.5
	5	750	倒车面	72.3
	5	1500	正车面	81.4
	5	1500	倒车面	80.5
优化设计、 改变工艺后	5	750	正车面	72.5
	5	750	倒车面	70.5
	5	1500	正车面	79.1
	5	1500	倒车面	78.2

(2) 对齿面进行研齿,降低表面粗糙度 大家都知道,经过铣齿加工后齿面留有比较明显的刀痕,齿面比较粗糙,影响齿轮的噪声。对渗碳后齿轮现在采用的办法主要有磨齿、研齿。磨齿不仅能降低齿面表面粗糙度,还能改变热处理的变形误差,提高齿形精度,目前除了对一些传动精度要求特别高的齿轮进行磨齿外,一般都采用研齿。研齿的主要作用是降低齿轮表面粗糙度和改善齿面接触质量,降低齿轮副啮合噪声,使运转更加平稳。在研齿的过程中,一定注意研磨剂磨料粒度、研磨油选择和齿轮副研齿时侧隙的掌握,否则不但起不到降低噪声的目的,齿面还会出现胶合,噪声提高,齿轮副降低使用寿命。从表 2 可以看出,当采用研

齿工艺后, 轮齿的齿面粗糙度得以降低, 改善了齿面摩擦状况, 从而有效控制了齿轮传动过程中的冲击与振动, 传动噪声降低 2~3dB (A)。

表 2 不同轮齿表面粗糙度噪声测试数据

轮齿表面粗糙度精度	套数	转速/ $r \cdot \min^{-1}$		噪声值/dB (A) (平均值)
8 级 (没有研齿)	10	750	正车面	75.8
		750	倒车面	74.5
	10	1500	正车面	80.6
		1500	倒车面	81.5
7 级 (研齿)	10	750	正车面	72.9
		750	倒车面	72.1
	10	1500	正车面	77.3
		1500	倒车面	78.7

(3) 正确控制齿轮的侧隙, 合理选择齿面硬度大家都知道, 侧隙是齿轮副正确啮合的必要条件之一。齿轮噪声与侧隙的关系可参考附图, 正如图中显示的那样, 没有侧隙或过小将增大齿轮副的噪声; 侧隙稍大, 可降低噪声, 但是侧隙过大时噪声将显示提高。6480 产品图样要求侧隙在 0.13~0.18mm 之间, 从表 3 的试验可以发现侧隙在 0.15~0.18mm 之间 (侧隙变动量在 0.04mm 以内) 时齿轮的噪声最低。

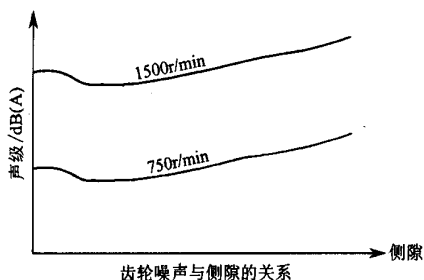


表 3 用不同侧隙测试噪声的数据

试验条件	套数	侧隙/mm	噪声值/dB (A) (平均值)
转速 1500r/min, 齿轮经过研齿, 正车面运转时测试的噪声值	5	0.05	84.5
	5	0.10	82.5
	5	0.12	82.3
	5	0.15	81.5
	5	0.16	81.5
	5	0.17	81.6
	5	0.18	81.5
	5	0.19	81.9
	5	0.20	82.3

表 4 齿轮经不同热处理后不同硬度噪声

试验条件	套数	主/被动齿轮齿面硬度值(HRC)	噪声值/dB (A) (平均值)
转速 1500r/min, 齿轮经过研齿, 正车面运转时测试的噪声值	齿面硬度均在 61HRC 以上	5 63/64	82.3
		5 62/62	81.9
		5 61/63	82.7
		5 64/62	81.8
		5 64/61	82.1
	主动齿轮齿面在 61HRC 以上, 被动齿轮齿面硬度在 58~60HRC	5 63/58	81.1
		5 64/59	81.4
		5 61/58	80.5
		5 62/59	80.7
		5 64/60	81.3

齿轮有硬齿面 (55~64HRC) 和调质处理的软齿面 (25~30HRC) 之分, 同样材料、精度的硬齿面齿轮的噪声要比软齿面齿轮的高约 5~6dB (A)。后桥主、被动齿轮的硬度技术要求都在 58~64HRC 之间, 被动齿轮 (齿数多, 大都在 35 个以上) 在使用的过程中比主动齿轮 (齿数少, 大都少于 10 个) 磨损的要轻, 而齿面硬度, 又是影响齿轮使用寿命的主要因素。我们采用不同热处理工艺, 保证主动齿轮齿面硬度在 61HRC 以上, 被动齿轮齿面硬度在 58~60HRC 之间, 发现这种配对齿轮噪声比齿面硬度都在 61HRC 以上的要低 1~1.5dB (A), 这是由于这种配套齿轮对振动和冲击的衰减性能吸收比齿面硬度都在 61HRC 以上要好的缘故。后来经过多次路试发现采取这种办法后齿轮的使用寿命没有变化, 并且也保证了主、被动齿轮的磨损程度基本一致。所以, 采用主动齿轮硬度比被动齿轮硬度高 2~3HRC 即能降低齿轮的噪声, 又不影响齿轮的使用寿命, 不失为一种较好降噪办法。

(4) 提高齿轮接触区的精度 影响齿轮接触区的要素有接触区的形状、位置、大小。大家对接触区的形状都比较重视, 但对接触区的位置和大小重视不够。其实接触区的位置和大小对齿轮的运转噪声起着非常大的作用, 接触区的位置距离小端太远, 在运转的过程中, 接触区将跑出齿面, 造成不正常的磨损, 发出尖啸声, 解决这种问题的办法主要是铣齿机床的调整, 必须保证接触区距离小端的位置, 同时由于热处理的变形, 接触区的位置在齿 (下转第 50 页)

衬套放入工件孔中,使其上杠杆在图示位置测量一次,读取百分表数字,然后把测量心轴调转 180° 再测一次,两次百分表读数差的一半,即为孔间距 A 的误差。注意二次测量的方向应在二孔中心线的连线上。模板上二孔的中心距精度要求较高,其公差取为工件公差的 $1/3$ 。利用这一原理也可测量孔至端面的距离,且不用校正件。

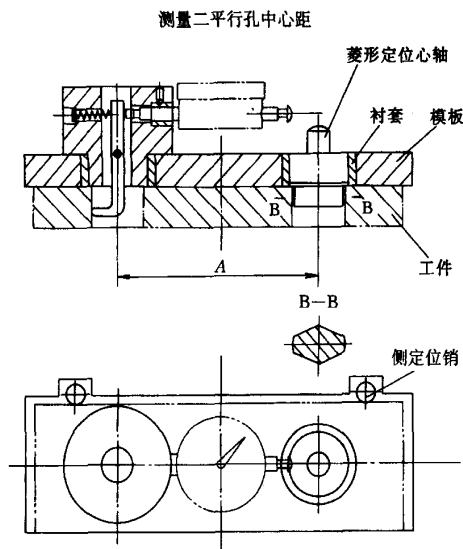


图5 测量二平行孔中心距

(5) 测量对称度误差(图6) 图6所示工件上二孔中心对外形有对称度要求。测量方法:模板套上工件后,扳紧右压紧凸轮,以工件外形左边定位,把测量心轴插入左边衬套的孔中,使其上杠杆在图示方向进行测量,读取百分表一次读数后,把测量心轴拔出调转 180° 再测一次,两次测量百分

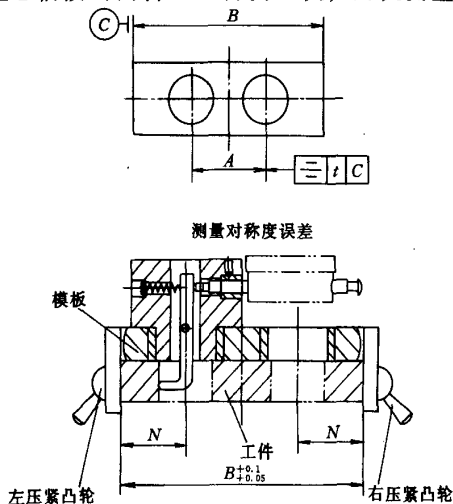


图6 测量对称度误差

表读数差的 $1/2$, 使得工件左孔至左面的误差 Δ_1 , 同样可得到工件右孔至右面的误差 Δ_2 (松开右压紧凸轮, 扳紧左压紧凸轮, 以工件外形左边定位), $|\Delta_1 - \Delta_2|$ 即为对称度误差。这里模板的开档比工件稍大, 但内腔对两衬套孔中心的对称度要求很高(即要严格保证图中两端尺寸 N 等长)。

以上检具中测量心轴结构简单, 都采用了相对测量方法。如对心轴稍作改动, 除可测量尺寸精度, 还可测量形位精度, 如圆度、同轴度、圆跳动等, 测量方法具有典型性, 对工装人员的设计工作具有启发性, 为检具设计提供了新思路。冷

(收稿日期: 20040625)

(上接第21页)

面上有轻重和前后现象出现, 产生游离, 将会引起周期性的较大噪声, 可见严格控制齿轮的热处理变形是很重要的。接触区的大小直接影响到齿轮的运转精度, 接触区如果太短, 将产生局部接触, 造成较大的冲击, 使噪声更大。因此对于 6480 轻型车后桥齿轮, 必须保证接触区的长度占齿面的 $60\% \sim 70\%$ 。虽然接触区较长在装配后桥总成时比较灵敏, 增加装配难度, 但对降低齿轮的噪声有很大的好处。

当然, 齿轮的润滑状况对其噪声影响也值得重视。有关资料表明, 润滑油不但减小了齿面间的摩擦力, 还能吸收齿轮振动时产生的噪声。其降噪量与润滑剂的粘度、填充量的多少有关。还有, 合理的齿轮副的磨合方式、方法也是降低噪声的有力手段。另外, 制造精度再高的齿轮, 在装配时必须进行认真调整, 否则将会影响齿轮的噪声。

3. 结论

从以上的分析中可以得出下列结论:

(1) 在不增加成本的情况下, 优化齿轮设计参数, 提高齿轮精度是降低后桥齿轮噪声的前提。

(2) 对齿面进行研磨, 合理选择齿轮副侧隙, 对主、被动齿轮选择不同的热处理工艺, 控制好齿面硬度, 提高齿轮的接触区的精度是降低噪声的有效办法。

(3) 提高装配精度, 合理的齿轮润滑, 对齿面进行合适的磨合是降低齿轮噪声的有效措施。冷

(收稿日期: 20041028)