

传动轴轴管抗弯刚度对整车振动影响分析

□ 北京汽车研究总院有限公司/董伟

本文通过理论分析阐述了传动轴轴管抗弯刚度对汽车振动的影响，并针对某款越野车传动轴由4×4更改为4×2后传动轴加长导致整车振动的问题，通过优化设计，更改了轴管截面尺寸，提高了轴管的抗弯刚度，解决了整车高速振动问题，并得到了NVH客观测试及主观评价的认可。



汽车传动轴作为汽车重要的零部件之一，在车辆行驶过程中传递旋转运动及转矩。传动轴总成一般由中间部分及端部组成，中间部分一般采用空心轴管，空心轴管具有较小的质量并能传递较大转矩。车辆高速行驶时，传动轴会高速旋转，由于传动轴长度较长，轴管会出现一定的弯曲变形，导致传动轴本身的弯曲振动会大大增加，从而引发驾驶室内出现明显的振动及噪声问题。

本文针对某款越野车传动轴由4×4更改为4×2后传动轴加长后导致整车振动的问题，分析了传动轴轴管抗弯刚度对汽车振动的影响，通过对传动轴轴管截面尺寸进行更改来解决车内振动问题，为汽车设

计人员提供借鉴。

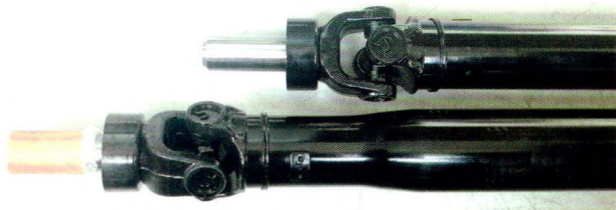
1. 问题提出

某款4×4越野车更改为4×2形式，后传动轴增加300mm，经过NVH客观测试及主观评价，车辆在进行高环试验（150km/h）时，车辆振动明显，主观评价车内振动及噪声不可接受。

2. 原因分析

由于传动轴加长，导致整车

振动加剧，本文重点分析传动轴加长后带来的变化。由于传动轴（见附图）是旋转件，设传动轴的质心点为 S ，传动轴的重心偏离旋转轴的偏距为 e ，随着传动轴的旋转，离心力将使传动轴向外产生弯曲挠度为 f ，随着挠度 f 的增加，离心力会越来越大，离心力发生周期性变化，使得对传动轴支撑处产生周期性变化的附加力，这种周期变化的力会传递到车内形成车内振动及噪



传动轴

声。

$$F = m(e + f)\omega^2$$

根据离心力公式：
与离心力相平衡的弹力为：

$$P = \frac{48EJ}{l^3} f$$

式中 M ——传动轴总成质量，kg；
 ω ——传动轴旋转的角速度，
rad/s；
 l ——传动轴万向节中心距，
mm；
 E ——弹性模量， 2.15×10^5
MPa；
 J ——轴管截面抗弯惯性矩，
 mm^4 。

通过以上可以看出，在零部件质量 m 一定的情况下，轴管的挠度 f 越小，离心力越小，所以抗弯刚度 EJ 直接影响离心力的大小。

3. 优化设计

通过以上分析，为了减小传动轴轴管的挠度 f ，我们在不增加传动轴质量 m 的前提下，增加传动轴轴

管截面抗弯惯性矩 J 。

更改前轴管参数：
轴管材料：440QZ
轴管质量：4.88kg
外径×内径=82.6mm×78.6mm

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$= 4.11 \times 10^5 \text{mm}^4$$

更改后轴管参数：
轴管材料：440QZ

轴管重量：4.74 kg
外径×内径=89mm×85.4mm

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$= 4.68 \times 10^5 \text{mm}^4$$

通过以上对比，可以看出更改轴管截面尺寸后，在不增加质量的同时，轴管的抗弯刚度大大提高。通过NVH测试结果见附表（后桥处振动测试）。

振动测试对比

状态	加速			匀速		
	150km/h (4481r/min)			150km/h		
方向	X	Y	Z	X	Y	Z
原状态	1.42	2.39	2.84	0.08	0.49	0.54
传动轴加粗，壁厚减薄	1.21	2.07	3.03	0.08	0.28	0.34

通过加速及匀速试车，车辆在进行高环试验（150km/h）时，后桥处X、Y、Z三个方向的振动明显降低，并通过主观评价车内振动及噪声可以接受。

4. 结语

通过本文分析，传动轴设计时

要考虑轴管的抗弯刚度，特别是对于长度较长的传动轴，我们可以选择直径较大、壁厚较薄的薄壁管，这样既能减重，又能提高轴管的抗弯刚度，改善了整车NVH性能，希望本文能给设计开发人员提供一定的借鉴。 **AUTO1950**

（上接第57页）

代传统发动机，使后桥噪声显得尤为明显，在新能源车型上，对后桥齿轮的噪声要求也越来越高。对于传统被动齿轮外圆直径460mm，大端模数10以上的后桥齿轮噪声要求一般为800r/min时78dB，很难达到新能源车型的使用要求。为解决此问题，通过使用T60设备检测齿轮副的TE值，通过降低TE值控制齿轮副的传动性能，使得我司产品可以

达到1 000r/min时68~74dB的噪声水平，成功替代了某些进口齿轮，降低了桥厂的成本。目前通过该技术已成功为方盛车桥、安凯车桥等车桥厂的车桥解决了噪声问题。

结语

本文对齿轮TE值的含义进行了阐述，同时对弧齿锥齿轮无论是渐缩齿还是等高齿在设计时如何确定影响TE值的相关参数，同时齿

轮加工及经热处理后齿轮精度也是影响TE值一个重要因素，另外齿轮通过磨齿（渐缩齿）、研齿（等高齿）来提高齿轮齿面粗糙度及比较适合齿轮接触区从而有效的控制TE值，总之在弧齿锥齿轮生产过程中必须对影响齿轮副TE值主要的因素如：齿距、齿轮形貌、印迹位置形状、粗糙度以及材料进行有效控制，从而获得比较理想的齿轮副。 **AUTO1950**