

制造误差对纯电动乘用车三合一动力总成噪声影响

□ 株洲齿轮有限责任公司/谢立湘 刘平 曹保平 黎超 沈旺

分析了纯电动乘用车三合一动力总成的构成，噪声发生的机理和噪声传播途径，研究了制造误差对噪声的影响。

能源、环境和安全成为了21世纪世界汽车工业发展的三大主题，电动汽车具有来源广、清洁无污染等特点，纯电动乘用车将是未来汽车新兴市场强劲的增长点；而动力系统的特性决定了汽车行驶的主要性能指标，如续航里程、NVH等，其动力系统是电动乘用车的重要部件。三合一动力总成成为纯电动乘用车动力系统提供了很好的解决方案，通常所说的三合一动力总成包括电动机、电控、减速机，如图1所示。

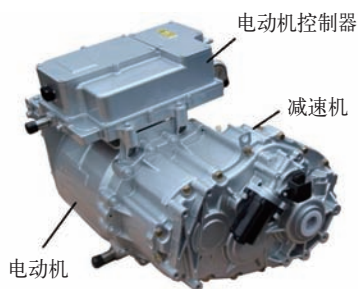


图1 三合一动力总成

本文重点研究了制造误差中的轴平行度对三合一动力总成噪声的影响。

纯电动乘用车三合一动力总成噪声分析

1. 三合一动力总成噪声源分析

三合一动力总成的噪声源有三个：减速机、电动机及电控。从实际噪声的大小来看，减速机的噪声最大，电动机第二，电控箱的噪声最小。所以动力总成的噪声源分析，主要分析减速箱的噪声源。

减速箱的噪声源主要分成内部激励和外部激励两部分。内部激励主要分为刚度激励、误差激励和啮合冲击激励。外部激励主要分为残余不平衡激励和负载波动。

2. 噪声传播途径

噪声传递途径如图2所示，其

中壳体包括减速箱壳体、电动机壳体和电动机控制器壳体，都是噪声传递的载体。

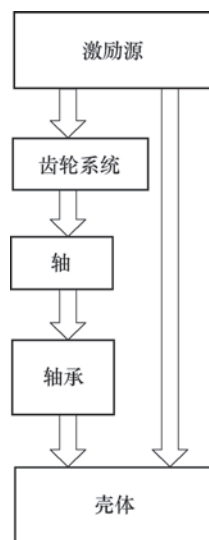


图2 噪声传递途径

制造误差对噪声的影响

1. 制造误差概述

制造误差通常有两大类：尺寸

加工误差、形状和位置加工误差。其中形状误差4种,形状和位置误差2种,位置误差8种。

本文仅选取一个位置度误差进行研究,即减速机输入轴和中间轴平行度对噪声的影响。

2. 制造误差分析

两轴之间的平行度是许多零件装配后互相作用的结果,下面分析影响输入轴和输出轴两轴之间的平行度的因素。

(1) 壳体的制造误差影响平行度因素的分析。纯电动乘用车三合一动力总成减速箱,通过定位销将前后壳体定位联接,用螺栓紧固。其中影响输入轴和中间轴平行度的相关尺寸和形位公差如图3和图4所示。

前壳体以销孔A为基准,输入轴位置尺寸 $L11 \pm 0.015\text{mm}$ 、 $L12 \pm 0.015\text{mm}$,中间轴到输入轴距离 R_B ,位置度为 $\phi 0.05$ 。

后壳体以销孔A为基准,输入轴位置尺寸 $L21 \pm 0.015\text{mm}$ 、 $L22 \pm 0.015\text{mm}$,中间轴到输入轴距离 R_B ,位置度为 $\phi 0.05\text{mm}$ 。

(2) 轴制造误差影响平行度

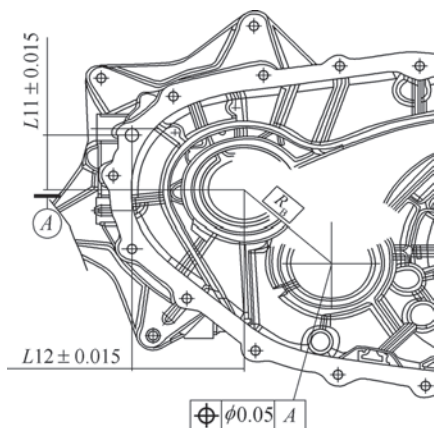


图3 前壳体相关尺寸

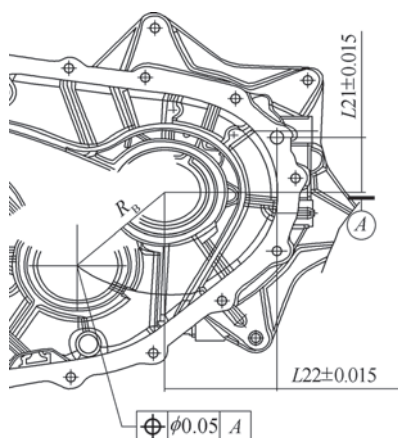


图4 后壳体相关尺寸

因素的分析,如图5和图6所示。

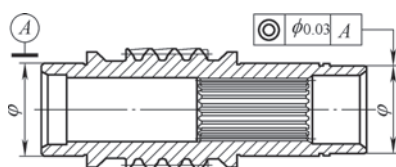


图5 输入轴相关尺寸

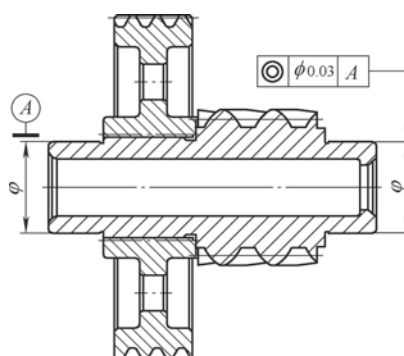


图6 中间轴相关尺寸

输入轴影响平行度的尺寸为:两轴承部位的同轴度 $\phi 0.05\text{mm}$ 。

中间轴影响平行度的尺寸为:两轴承部位的同轴度 $\phi 0.03\text{mm}$ 。

(3) 轴承制造误差影响平行度因素的分析。如图7所示,输入轴和中间轴轴承A、B、C、D,设其对应的轴承内圈和外圈同轴度均为 $\phi 0.01\text{mm}$ 。

(4) 装配间隙影响平行度因素的分析。如图7所示,输入轴和

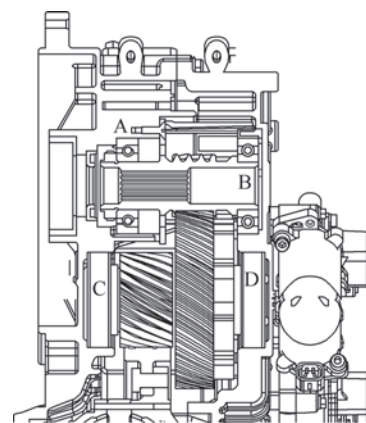


图7 输入轴和中间轴轴承示意

中间轴4处轴承,其内圈采用过盈配合,外圈采用间隙配合,则有影响平行度的因素为配合间隙,设其均为 $\delta 0.015\text{mm}$ 。

3. 平行度计算

从以上分析可知,输入轴和中间轴的平行度,是一个装配后的封闭环,其组成环,既有标量环也有矢量环,而且组成环超过5环,适宜用概率法计算平行度的误差。

标量环分别为: $L11 \pm 0.015$ 、 $L12 \pm 0.015$ 、 $L21 \pm 0.015$ 、 $L22 \pm 0.015$ 、 $\delta 0.015$ 、 $\delta 0.015$ 、 $\delta 0.015$ 、 $\delta 0.015$ 。

矢量环分别为: $\delta 0.05$ 、 $\delta 0.05$ 、 $\delta 0.03$ 、 $\delta 0.03$ 、 $\delta 0.01$ 、 $\delta 0.01$ 、 $\delta 0.01$ 、 $\delta 0.01$ 。

通过计算,公司一款输入转矩为 $350\text{N}\cdot\text{m}$ 的三合一动力总成,客户要求转速为 $5\,000\text{r/min}$ 、输入最大扭矩的50%时,噪声控制 78dB 以内,则其输入轴和中间轴的平行度为 0.057mm 。

纯电动总成噪声的测量

1. 噪声测量方法

噪声测量环境:消声室;噪声

测量设备：分贝仪；测量距离：离箱体300mm处。

2.不同平行度的噪声值

下表是公司一款输入扭矩为350N·m的三合一动力总成，其同轴度从0.02~0.11mm，三种转速状态下的噪声实际测量值。

不同转速不同平行度的噪声实测值（50%的输入转矩，单位：dB）

平行度/mm	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.085	0.11
4 500r/min	71	72	73.5	74	77.7	79.5	80	82
5 000r/min	73	74.4	75.7	76	76.3	84.5	85.5	86
7 000r/min	75	76.3	77	79	79.7	85.8	86.3	87

通过实际测量发现：

- (1) 在一定转速下，随着平行度的增大，噪声增大。
- (2) 在平行度达到0.07mm左右时，噪声急剧增大。
- (3) 平行度小于和大于0.07mm，随着平行度的增大，噪声增大比较平缓。

缓。

为什么平行度为0.07mm左右会出现噪声急剧增加现象？因为随着平行

度增大，齿轮之间的间隙减小，当间隙减小到一定程度，齿轮之间出现干涉，噪声出现急剧增大；而随着平行度继续增大，间隙继续减小，噪声增大趋于平缓。

结语

本文通过对一款纯电动乘用车减速箱的结构进行分析，对其输入轴和中间轴平行度进行计算，通过将计算结果与实际噪声值进行测量统计分析，很好的解决了三合一动力总成噪声与轴的平行度的变化之间的关系难题。 **AUTO1950**

（上接第51页）

例分别为：30%，31%，31%，满足目标值。图10是加工第20个螺纹的图片，图示中鱼嘴比例分别为：34%，35%，不满足目标值。

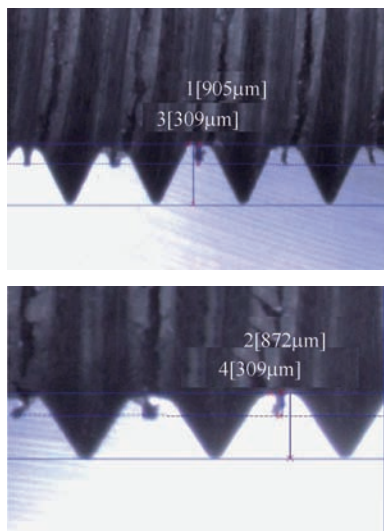


图10 第20个螺纹孔鱼嘴示意

根据分析试验，确定了影响螺纹孔鱼嘴的主要因素为丝锥的大径，丝锥大径控制在上极限尺寸，试切鱼嘴合格。

优化螺纹孔缸体在装配线的表现

缸体一线临时切换优化后的丝锥，优化批次跟踪至装配线，缸盖螺栓一次通过率如图11所示。通过计算，缸盖螺栓返工率从2.11%到1.64%，降低了29.30%，根据优化后产线的3个月跟踪，按每天1 800台产量推算整年经济效益，预计可节省共计约33.77万元。

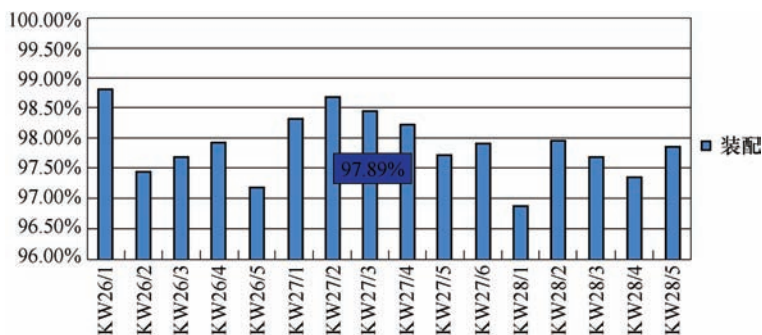


图11 装配缸盖螺栓一次通过率

结语

本文通过实际生产过程中参数、刀具和底孔等对比，从原理上分析影响螺纹孔鱼嘴的相关因素，并提出相应的解决措施。争取从源头解决问题并在相应的过程中进行控制，从而保证螺纹孔的质量及后续装配过程和售后更好的表现。 **AUTO1950**