

后桥螺栓断裂故障分析

陈刚, 于江, 马祖国

(极氪汽车(宁波杭州湾新区)有限公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 针对某车后转向节 D1 或 D2 处螺栓断裂故障, 从产品符合性、工艺符合性、客户驾驶习惯和产品设计方面进行分析, 得出故障原因为现场装配工艺存在问题, 并提出调整螺栓的拧紧力矩、采用双重拧紧方式的解决方案。

关键词: 汽车; 后桥; 螺栓断裂; 故障分析

中图分类号: U472.42

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)06-0011-02

后桥螺栓故障模式主要有后桥螺栓断裂和后桥螺栓滑丝两种, 对车辆的影响较大, 直接关系到车辆的正常行驶, 防止后桥螺栓断裂是车辆正常行驶的重要保证。

1 汽车行驶系统简介

行驶系统分为车桥、车轮、车架和悬架四大主要部分。车桥(又称车轴)通过悬架与车架(或承载式车身)相连, 其两端安装车轮。在车架与车桥(车轮)之间传递力与力矩的是悬架, 而不是车桥。车桥的作用是承受汽车载荷, 维持汽车在道路上正常行驶。前置前驱动汽车的前桥为转向驱动桥, 后桥充当支持桥, 属于从动桥, 不传递动力。后桥承受车轮与车架之间的垂直载荷, 纵向的道路阻力、制动力和侧向力及这些力所形成的力矩。

转向节是车桥上的主要零件之一, 其作用是承受汽车载荷, 支承并带动车轮绕主销转动而使汽车前行。在汽车行驶状态下, 它承受着多变的冲击载荷, 因而要求其具有很高的强度。后桥是断开式从动桥, 与多连杆式独立悬架相匹配。转向节分别通过 D1、D2 螺栓与前束拉杆、横拉杆连接(见图 1), 通过一颗长螺栓与减振器连接, 前速拉杆和横拉杆

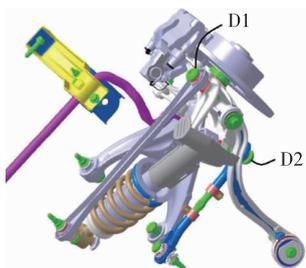


图 1 转向节与拉杆的连接

的另一端与车桥连接。

本文主要针对某车售后反映的后轮定位偏移、车桥螺栓断裂的故障现象, 分析故障原因, 研究解决方案。

2 故障现象

某车在一般路面上正常行驶或倒车时, 后轮定位发生偏移, 产生异常噪声, 在极端行驶条件下车轮与车身干涉, 车辆无法继续正常行驶。路面颠簸时发生该故障的概率更高。将车辆举升观察, 发现后转向节 D1 或 D2 处螺栓断裂, 前束拉杆或横拉杆在与转向节连接处脱开, 转向节带动后轮发生偏移, 导致车辆无法正常行驶。

3 后桥螺栓断裂原因分析

针对后桥螺栓断裂的现象, 从产品符合性、工艺符合性、客户驾驶习惯和产品设计等方面进行故障原因分析(见图 2)。螺栓断裂的直接原因是张力的损失, 分析螺栓断裂的原因也就是分析导致张力损

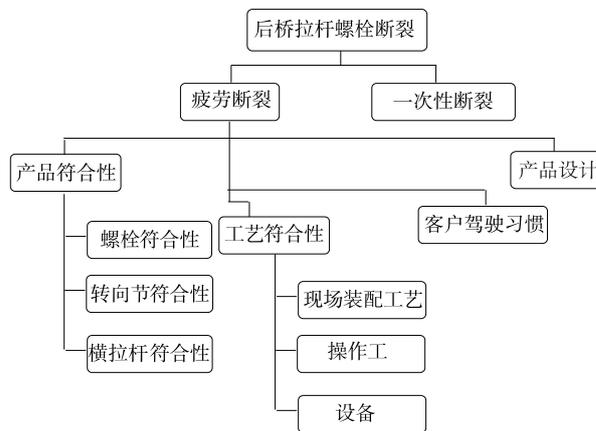


图 2 后桥螺栓断裂故障原因分析

失的原因。

(1) 产品符合性。1) 螺栓的符合性。首先确定螺栓的金属冶炼符合性正常。然后对螺栓的化学成分、硬度和关键尺寸进行检测,也都符合要求。最后对螺栓断口进行分析,断口有明显疲劳特征(见图3),疲劳区约占断口面积的90%。疲劳起源区与最后断裂区分布在螺栓断口的两边,与最后断裂区相邻的螺栓侧面有明显的被摩擦的痕迹,说明该螺栓断裂属于剪切应力导致的弯曲疲劳断裂。2) 相关零件的符合性。检测转向节、前束拉杆和横拉杆的符合性,都满足要求。

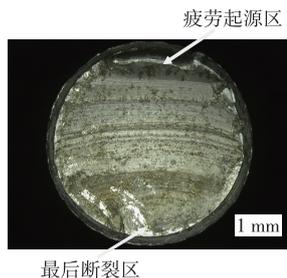


图3 螺栓断口处的疲劳特征

(2) 装配工艺符合性。按照影响产品质量的五大因素即人(制造产品的人员)、机(制造产品所用的设备)、料(制造产品使用的原材料)、法(制造产品采用的方法)、环(产品制造过程中所处环境),对现场装配工艺的符合性进行分析。1) 人。工位上员工都有上岗资质;操作工未完全按标准化作业指导书操作;检查问题车辆的历史数据,没有发现任何工厂内返修记录。2) 机。螺栓力矩伺服机所记录的力矩、角度等历史数据都较稳定,未发现异常情况;现场技术员很好地执行了拧紧工艺监控计划;后桥螺栓没有降级模式,若出现问题,直接更换拧紧工具,问题车辆在相关时间段没有更换后桥螺栓的记录。3) 料。零件的符合性都正常。4) 法。有标准化作业指导书且符合要求,其中包括对螺钉的预拧紧;工艺规定在所有拧紧力矩达到要求前后桥无法移动到下一工位,达到要求后按动移动按钮方可实现后桥的移动,不会造成缺陷。5) 环。生产节拍变化较大,存在一定影响。

(3) 客户驾驶习惯。对客户驾驶车辆的情况进行统计分析,没有发现任何有共性的不良驾驶习惯。车辆没有经常在一些特殊状况道路上行驶,发生螺栓断裂时也没有产生车辆碰撞或颠簸。因此,基本可以排除用户驾驶对后桥螺栓断裂的影响。

(4) 产品设计。从产品设计的角度来分析,产品的设计定义都没有问题,都是经过专业验证的,故产品设计方面的影响可初步排除。

综上所述,众多缺陷原因中存在风险的是现场装配工艺符合性,包括人——操作工、环——生产节拍。为此,进行大量试验来模拟操作工的不规范操作,结果显示,施加在螺栓伺服机上的外力倾斜 3° 会消耗 $10\text{ N}\cdot\text{m}$ 的力矩,导致压痕(为横拉杆凸起压在转向节上的齿痕)变浅(0.1 mm)、张力减小(10 kN),压痕深度为 $0.30\sim 0.35\text{ mm}$,与故障件一致。证明人为施加外力拧紧是导致后桥螺栓断裂的根本原因。

4 改进方案及验证

将D1、D2处螺栓的拧紧力矩从 $(70\pm 7)\text{ N}\cdot\text{m}$ 调整为 $(80\pm 8)\text{ N}\cdot\text{m}$ (力矩增加14%左右),同时将单次拧紧方式调整为双重拧紧,弥补人为施加外力导致的残余力矩的丢失,保证装配的可靠性。

螺栓拧紧力矩增大,可能会因力矩过大产生滑丝或带来其他无法预料的问题。力矩增加可能会受到材料、尺寸等因素的综合影响,但经过台架耐久性和整车耐久性验证, $10\text{ N}\cdot\text{m}$ 的力矩增幅完全不会造成上述负面影响。不过这一结论的前提是必须严格按操作工艺来执行,特别是在售后,螺栓的拧紧必须是在将车辆模拟成满载状态(横拉杆顶至水平)时进行,如果这一步没有做好,D1、D2螺栓还会有滑丝的风险,行驶中仍存在断裂风险。

参考文献:

- [1] 林家让. 汽车构造: 底盘篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 陈家瑞. 汽车构造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 杨维建, 马臣斌. 一种制动管路管螺纹的扭矩控制方法[J]. 公路与汽运, 2021(6): 4-5+9.
- [4] 周金洲. 客车加速踏板固定螺栓力矩衰减问题研究[J]. 客车技术与研究, 2019, 41(6): 33-34.
- [5] 向莎. 某轻型卡车后桥车轮螺栓松动问题分析及优化[J]. 实用汽车技术, 2014(7): 82-84.
- [6] 郭磊, 原孝菊. 某轻型客车传动轴中间支架安装螺栓断裂问题分析及优化[J]. 实用汽车技术, 2015(10): 120-122+126.
- [7] 焦东风, 金林奎. 汽车后桥稳定杆螺栓断裂失效分析[J]. 金属加工(热加工), 2016(13): 11-13.