

轻卡电驱动桥主减异响分析及优化

程建群, 张超, 吴奎, 周渊明

浙江远程商用车研发有限公司 浙江杭州

【摘要】 新能源轻卡以节能、运营成本低越来越被市场接受, 电驱桥布置占用空间小、重量轻、成本低被新能源轻卡广泛应用, 但因开发时间短, 偶发故障。本文就某轻卡电驱动桥减速器异响问题, 通过对差速器理论校核、零部件尺寸及材质检测、开发验证、客户工况等方面分析, 发现异响是在特殊工况下轮边差速工况超过差速设计限值, 引起零部件烧蚀、损坏, 导致电驱桥失效。通过对整车控制程序优化, 从而解决差速器损坏导致主减异响问题。

【关键词】 新能源; 电驱动桥; 减速器; 异响

【收稿日期】 2026 年 3 月 12 日

【出刊日期】 2026 年 4 月 15 日

【DOI】 10.12208/j.jer.20260024

Analysis and optimization of abnormal noise in the main reducer of light truck electric drive axle

Jianqun Cheng, Chao Zhang, Kui Wu, Yuanming Zhou

Zhejiang Remote Commercial Vehicle R&D Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】 New energy light trucks are increasingly accepted by the market due to their energy-saving and low operating costs. The electric drive axle layout has been widely adopted in new energy light trucks for its lower space occupation, lighter weight and lower cost. However, occasional failures due to shortcomings for the short development cycles. This paper investigates the abnormal noise in the reducer of the electric drive axle, and through theoretical verification of differential mechanisms dimensional and material quality inspections of components, validation reviews and customer usage condition assessment, concludes that the abnormal noise originates from differential operation under special working conditions exceeding design limits, which causes ablation and damage. By optimizing vehicle control program, this solution resolves the reducer noise problem.

【Keywords】 New energy; Electric rear axle; Drive axle reduction gear; Abnormal noise

前言

某款新能源轻卡电驱动桥总成在客户使用过程中, 发生多起电驱动桥主减速器异响故障。通过旧件拆解, 发现异响源是差速器十字轴烧蚀、断裂。同时对多起失效件进行拆解分析, 失效模式相同, 故障现象均为十字轴与行星齿轮内孔异常磨损、烧蚀粘连, 部分十字轴出现断裂。

本文从设计、零部件尺寸及材料、试验验证分析十字轴烧蚀、断裂, 行星齿轮内孔异常磨损的可能原因, 研究发现在特殊的使用工况下, 差速工况超过差速器极限引起失效, 同时完成故障复现; 通过优化整车控制策略并完成验证, 避免类似结构应用过程中再次发生。

1 电驱动桥差速器损坏原因分析

1.1 差速器工作及失效原理分析

汽车差速器能够使左、右驱动轮实现以不同转速转动的机构。主要由左右半轴齿轮、十字轴、行星齿轮等部件组成。功用是当汽车转弯行驶或在不平路面上行驶时, 使左右车轮以不同转速滚动, 即保证两侧驱动车轮作纯滚动运动。

对于定型每种型号的差速器均有其工作限值, 即左右轮最大转速差, 当实际使用过程中, 整车左右轮最大转速差超过该型号差速器限值时, 必然会引起差速器故障, 如十字轴异常磨损、烧蚀、断裂等, 引发主减速器异响或损坏。

1.2 该差速器理论校核

经过理论计算^[1,2], 该平台整车在 7 米的最小设计转弯半径下, 行驶的最高车速 10km/h 转弯时 (方向盘打死), 此时对应的左、右轮转速差为 15rpm。QC/T

533 标准要求, 差速器需满足试验输入转速应相当于 10km/h 前进车速, 对应左、右轮转速差为 140rpm, 升温阶段(加载)时间应不少于 15min。因此, 整车在正常转弯的工况下, 行星齿轮和十字轴的转速很低, 不会发生烧蚀粘连的故障。

1.3 零部件尺寸及材质

经过对十字轴零部件关键尺寸及装配尺寸进行检测, 结果均合格, 如表 1 所示。

表 1 零部件尺寸检测结果 (mm)

序号	排查特性	技术要求	实测		
			1#	2#	3#
1	十字轴轴颈	$22^{+0.06}_{-0.08}$	21.93	21.93	21.94
2	十字轴内孔孔径	$22^{+0.007}_{+0.02}$	22.01	22.005	22.018
3	十字轴油槽深度	$19.5^{+0.5}_0$	19	19.2	19.2
4	十字轴孔垂直度	0.05	0.016	0.014	0.013
5	差壳半轴齿轮垫片面跳动	0.05	0.01	0.005	0.005
6	差壳底面到十字轴中心距离	$38.5^0_{+0.05}$	38.533	38.53	38.519
7	差速器综合间隙	0.15-0.30	0.25	0.21	0.25

表 2 差速器 DV 试验结果

编号	转速差 (rpm)	输入转速 (rpm)	输入扭矩 (N·m)	累计时间 (h)	试验结果	结论
1	140	1123	106	38.5	行星齿轮及十字轴未见异常磨损, 差速器功能正常	合格
2	140	1123	106	39		合格

表 3 整车电驱桥道路试验结果

编号	验证里程 (km)					总里程 (km)	验证结论
	综合路	山路	高环	三电耐久	社会道路		
1	12000	3000	12000	/	3000	30000	合格
2	12000	3000	12000	/	3000	30000	合格
3	8000	1000	3000	880	/	12880	合格
4	12000	/	5000	/	/	17000	合格
5	8000	/	5000	/	/	13000	合格
6	8000	/	5000	4400	/	17400	合格
7	/	/	/	/	45000	45000	合格
8	12000	/	/	/	/	12000	合格
9	8000	/	5000	4400	/	17400	合格
10	12000	/	/	5280	/	17280	合格

1.5 故障原因分析

1.5.1 故障原因分析

通过对故障车工况进行调研, 发现该故障发生车驱动轮左右侧路面附着系统不一样, 一侧有水或油, 另一侧为正常水泥路面, 或当车辆左后轮(或右后轮)陷入泥坑中, 即处于低附着路面, 其余三个车轮在正常路面上时, 即处于高附着路面。此时驾驶员为保证车辆脱

同时对十字轴及行星轴故障件进行理化切样检测, 零部件理化硬度、组织、材质等参数均符合设计要求。

1.4 开发验证

电驱动桥总成轮边差速器, DV 测试按 QC/T 533 标准要求完成差速器疲劳试验, 试验过程及结果符合标准要求, 如表 2 所示。

完成多轮整车道路验证, 试验过程中未出现问题, 试验结束后差速功能正常, 如表 3 所示。

困, 会持续加深踩踏油门踏板, 但此时因左后轮处于低附路面, 驱动力大于附着力, 此时车辆电机扭矩持续增大, 左后轮转速持续增高(处于空转状态), 造成差速器烧蚀。

1.5.2 故障复现

模拟故障工况, D 挡 63.2%油门开度时, 仪表车速 80km/h, 单侧车轮车速 160km/h, 转速差 1134rpm, 差

速器烧蚀, 故障完成复现。

2 优化方案

在特殊工况下, 左右轮速差超过差速器正常运转限值, 引起十字轴烧蚀、损坏; 通过对整车 PMS 程序

进行优化, 识别驱动轮左右两侧存在空转情况, 驱动防滑功能启动, 整车按一定速率进行降低扭矩, 直接将扭矩降到 $0^{[3-8]}$, 具体策略如下表 4 所示。

表 4 驱动防滑策略

编号	策略及控制条件	条件
1	驱动防滑策略	PMS 按照 $10\text{N}\cdot\text{m}/10\text{ms}$ 速率向 MCU 发送降扭指令, 扭矩最低降至 0。 满足以下全部条件: 1) 档位在 D 档或者 R 档; 2) 车速 $\leq 90\text{km/h}$;
2	进入驱动防滑策略条件	3) 左右后轮轮速差绝对值 $\geq 12\text{km/h}$; 4) 左右后轮轮速全部 $\leq 220\text{km/h}$ 。 满足以下任一条件: 1) 档位在 N 档; 2) 车速 $> 90\text{km/h}$;
2	退出驱动防滑策略条件	3) 左右后轮轮速差绝对值 $\leq 7\text{km/h}$; 4) 车辆处于制动或者滑行模式。

3 试验验证

对改进措施进行整车试验确认, 确认对策有效果, 同步对客户车辆进行升级程序, 问题解决。

4 改善效果

改善措施实施后, 同类减速度器轴承早期异响故障得到很好的改善, 故障率由原来的 47 起降低至 0。

5 结论

通过对电驱动桥主减异响的原因分析、对策研究及效果验证, 得到以下结论:

(1) 差速器对整车正常使用非常重要, 但每个平台差速器的极限都有范围, 在正常使用过程不能超过该差速极值。

(2) 在特殊工况, 驱动轮存在空转, 如果使用不当, 会造成差速器烧蚀、损坏, 差速防滑功能主动识别整车的使用工况; 当整车存在空转、打滑工况, 差速防滑功能启动, 可很好的保护电驱桥差速器失效。

参考文献

- [1] 刘惟信. 汽车车桥设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004:368-371.
- [2] 王霄锋. 汽车底盘设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 172-278.

- [3] 郝英博, 刘立东. 基于 Romax 的轻卡电驱动桥 NVH 分析优化[J]. 机械传动, 2024, 48(10):113-119.
- [4] 电驱动 NVH 特点以及研究现状[J]. 占雨兰. 时代汽车, 2021(12).
- [5] 重型商用车双电驱动桥构型方案设计与参数匹配方法研究. 刘本友; 刘俊龙; 纪建奕; 韩善灵; 刘明浩; 扈建龙; 韩振东. 机械传动, 2024(07).
- [6] 基于 ANSYS 客车驱动桥齿轮副的应力分析. 盛排排; 刘一帆; 王森. 汽车电器, 2025(06).
- [7] 非集成式电驱动桥齿轮疲劳试验方法研究. 张正旭; 温柳川; 潘盈滢; 何温铭; 覃恒忠; 王小龙. 汽车与驾驶维修(维修版), 2025(06).
- [8] 乘用车驱动桥总成装调优化方法. 李鸿波; 王乐; 张小波; 刘井泽; 王丽涛. 汽车工艺师, 2025(05).

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS