

转向布置对中间轴吸能影响分析

王孔凤¹, 王盼盼², 王孔龙², 杜通波³, 周雪巍², 刘溪清²

(1. 怡得乐电子(杭州)有限公司, 浙江 杭州 310018; 2. 北京汽车工程研究院, 北京 101300;

3. 中国计量大学, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对汽车转向中间轴在碰撞测试过程中出现的吸能不足问题, 分析了其产生原因, 并对转向布置进行了优化改进; 对转向系统的布置条件对中间轴吸能性能的影响进行了分析, 提出了优化设计建议。

关键词: 汽车; 转向中间轴; 转向布置; 碰撞吸能

中图分类号: U463.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)05-0001-03

1 问题的提出

随着人们对驾驶安全性要求的不断提高, 车辆发生碰撞时驾驶员的保护研究在汽车设计中不断深入, 其中与驾驶员最直接相关的转向系统是研究重点。GB 11557—2011《防止转向机构对驾驶员伤害的规定》也专门制定了汽车转向机构对驾驶员的伤害规定, 其中明确要求碰撞试验时车辆转向柱和转向轴顶端相对车内不受碰撞影响的某点的移动量在垂向和纵向均不得大于 127 mm, 作用在撞击头型上的减速度超过 80g 的累积作用时间不得大于 3 ms。这些指标通常在转向管柱的溃缩吸能上予以考虑, 利用不同材料的弯曲变形, 通过接触摩擦变形、折断及剪切断裂等多种组合方式吸收和缓冲碰撞能量。

转向中间轴作为汽车转向器和转向管柱之间的连接件, 当前对其碰撞吸能能力与转向系统布置相关性的研究较少。首先, 当前转向系统布置都采用后置转向梯形, 转向器位于副车架的后方, 碰撞能量传递到转向中间轴的当量很低, 无需对其碰撞吸能考虑太多; 其次, 为装配方便, 对于转向中间轴会设计一定伸缩行程, 在碰撞时已具备一定的吸能缓冲能力; 再者, 局限于布置空间, 转向中间轴与转向管柱或转向器输入轴不会布置在一条直线上, 需采用至少 2 个十字联轴节实现连接, 碰撞时可通过折断十字联轴节的方式消除碰撞能量, 此时相位角及力矩波动和传动效率成为设计考虑的主要因素。但对于某些采用前置转向梯形或循环球式转向器布置的特殊车辆, 碰撞传递给中间轴的能量不可忽略, 需考虑转向系统布置对转向中间轴吸能带来的影响。

常见的转向中间轴如图 1 所示, 其两端各采用 1 个十字联轴节, 中间部位为具有滑动伸缩功能的轴管, 有的车辆由于转向管柱和转向器距离较远, 会采用两段该结构来实现转向角度和转向力的传递。

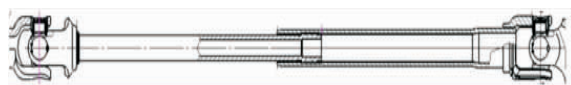


图 1 某转向中间轴结构示意图

该文通过对一款转向中间轴在车辆碰撞试验时出现的失分现象, 分析转向系统布置对转向中间轴吸能性能的影响, 并对其进行优化改进。

2 碰撞试验中转向中间轴的吸能性能分析

某车型在 40% 偏置碰撞试验中仅获得了 6.9 分 (满分为 18 分) 的成绩, 其中转向管柱下固定点和前围变形严重, 且从试验录像中发现转向盘出现了明显的上移和后移, 直接导致驾驶员头部碰撞累积作用时间超标, 满分 4 分的指标仅获得 0.720 分。碰撞后的转向管柱及中间轴样件如图 2 所示。



图 2 碰撞后的转向管柱及转向中间轴样件

图 2 中分别用框 1、框 2、框 3 标识出了各变形的部位。从框 3 处可见, 转向中间轴已出现明显折弯变形, 说明转向中间轴向转向管柱传递了较大的冲击。从框 1 处可见一侧安装点未能从仪表台横梁

上脱离,理论上发生碰撞时,由于驾驶员巨大的冲击力,转向管柱与仪表台横梁的安装位置(框1)应发生材料剪切断裂而脱落,从而起到溃缩吸能保护驾驶员的作用。框2为转向管柱的下安装点,由于空间布置原因装配于车辆前围上,但由于转向中间轴折弯失去了继续吸能的作用,碰撞能量继续传递至发动机舱前围,与转向中间轴共同挤压前围,令前围发生明显变形,带动转向管柱下安装点(框2)绕着转向管柱上安装点(框1)旋转,使驾驶员对转向管柱的冲击沿管柱轴向的分量大大减少,驾驶员的头部也失去了安全气囊的有效防护,导致转向管柱没有完全溃缩,而驾驶员头部碰撞失分严重。

该转向中间轴为常规的2个十字联轴节加一段伸缩轴管的一段式中间轴,其可伸缩长度为120 mm。由于前轴载荷高,采用承载力更强的循环球式转向器,并布置于车架纵梁上。从车辆侧面看,转向器的输入轴、转向中间轴及转向管柱三者轴线近似于在一条直线上(如图3所示)。这样的布置主要是基于布置空间考虑,并避免排气系统的热量对转向中间轴十字联轴节轴承的热损害。

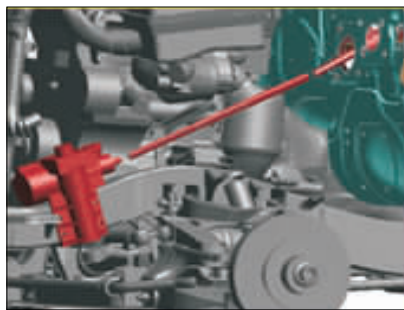


图3 转向系统的空间布置结构示意图

对于转向管柱的安装布置,在仪表台横梁设计空间足够的情况下,一般会提供两处安装位置,将转向管柱上安装点和下安装点都固定在仪表台横梁上。这样即使有转向中间轴传来冲击,仪表台横梁也能充分吸收,不会令转向管柱出现窜动和旋转。而该车型由于设计空间有限,转向管柱下安装点安装在前围上,由于前围在碰撞时发生变形,加上转向中间轴提供的冲击力,导致转向管柱带着转向盘沿转向管柱上安装点产生旋转,造成驾驶员的冲击力方向与转向管柱的轴线形成一定角度,冲击力无法将转向管柱压溃,在吸能不足的情况下被扣分。

进一步对碰撞后的转向中间轴进行测量,其折弯处并不是在转向中间轴完全压缩后的位置,距离其完全压缩还有30 mm。

据此分析,若转向中间轴能充分吸能且不折弯,减小对前围的冲击变形,转向管柱就不发生偏转,即可改善碰撞性能。

3 转向布置优化与验证

3.1 转向布置优化方案

转向中间轴与转向器输入轴和转向管柱的轴线一起形成一组空间夹角,这组夹角直接导致驾驶员转动转向盘时力矩波动,原地打方向时更易感知。由这组夹角导致的转向盘角速度变量范围应尽量低于5%。而为了获得更轻便的转向手感,需在转向系统主要参数不变的情况下尽量获得高的转向传动效率,一般来说,这组夹角尽可能大于 150° ,并互相之间越接近越好。

将转向中间轴的下十字联轴节下移,更靠近转向器输入轴,将转向中间轴的上十字联轴节上移,缩短转向管柱下端的长度,通过调整,将转向中间轴的伸缩段长度调整至190 mm,空间夹角也分别达到 168° 和 165° 左右,使转向中间轴的轴线与转向器受碰撞的后移走向尽量重合。通过改进转向系统的空间夹角,增大转向中间轴的伸缩段长度,也令转向中间轴的轴线远离被折弯方向。

在碰撞发生时,转向器随着车身和车架的溃缩变形而后移,此时将碰撞能量尽量沿着转向中间轴的轴线方向传递,通过转向中间轴伸缩段的压缩吸收尽量多的碰撞能量,减小转向中间轴对前围的撞击变形,尽量避免转向管柱绕着上安装点旋转,从而令转向管柱的溃缩吸能保护发挥作用。

3.2 优化方案验证

通过对转向管柱和转向中间轴的碰撞CAE仿真对比分析(如图4、表1所示),转向管柱顶端的跳动量大为降低,说明优化方案理论上可行。



图4 转向系统的碰撞CAE仿真分析

对改进后的样件进行整车碰撞试验,结果如图5所示。从中可见,车身前围的转向管柱下安装点

表 1 优化前后转向管柱和转向中间轴的
碰撞 CAE 仿真结果对比

方案	管柱跳动量/mm	
	X 方向	Z 方向
原方案	45.9	189.2
优化方案	21.1	87.5

无明显变形,转向管柱由于没有发生偏转现象实现了正常溃缩吸能,转向中间轴也没有发生弯折现象,伸缩段缩短 157 mm,整车碰撞得分达到 14 分,改进效果符合预期。



圈内为转向管柱下安装处。

图 5 碰撞后的车身前围变形情况

4 结论

(1) 对于转向管柱下安装点装于车身前围的转

向系统布置结构,若转向中间轴的吸能段是一段式结构,其可溃缩段应不低于 160 mm,避免碰撞中由中间轴传递给转向管柱的冲击力导致方向盘偏转。

(2) 转向中间轴的空间夹角布置应考虑碰撞溃缩时能量的传递方向,避免转向中间轴溃缩中折弯而失去吸能效果。

参考文献:

- [1] 高龙,刘晟昱,冉振云.可伸缩中间轴主轴的强度和刚度计算[J].汽车零部件,2013(11).
- [2] 王霄锋.汽车底盘设计[M].北京:清华大学出版社,2010.
- [3] GB 11557—2011,防止转向机构对驾驶员伤害的规定[S].
- [4] 蔡维.一种新型汽车转向机构设计研究与仿真分析[D].重庆:重庆理工大学,2014.
- [5] 江学东.客车转向垂臂的设计与校核[J].客车技术与研究,2012(2).
- [6] 张炳文,蒋涛,林安.三段式转向管柱等速性优化[J].客车技术与研究,2015(2).
- [7] 唐培云.客车动力转向系统的设计布置及常见问题分析[J].客车技术与研究,2006(3).
- [8] 杨洪斌.汽车转向管柱的有限元分析及设计优化[J].机械研究与应用,2012(4).

收稿日期:2017-03-06

《公路与汽运》杂志 2018 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。国际标准刊号:ISSN1671-2668,国内统一刊号:CN43-1362/U。发行代号:国内 42-95,国外 DK43002。本刊为首届(2006 年)中国高校特色科技期刊、湖南省一级期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据—数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊奖。

本刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术和新材料。2018 年拟设主要栏目:汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥隧工程;工程经济与管理等。

本刊为双月刊,逢单月 25 日出版。每期定价 15 元,全年 90 元。热烈欢迎订阅。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅。订阅款请汇至本刊或银行账号。

通信地址:长沙理工大学云塘校区 8 号信箱

邮政编码:410004

联系电话:0731-85258189(含传真)

联系人:王文

开户行:长沙市农行高云支行

户名:长沙理工大学

账号:18-051401040000158