

Study on the Collision Safety of Automobile Steering Column

Guirong Zhang, Xuyun Qiu, Houyu Li, Junli Liu

Shandong Jiaotong University, Shandong, Jinan, China

Email: zgr6933@163.com

Abstract: The laws and regulations for the safety of the steering column, the performance and energy absorption mechanism of the steering column, and the installation angle influence on the absorption are analyzed. Installation angle should be chosen correctly within its change range in order to achieve the best absorption effect. Considering of the second collision energy absorbing and partial inertia of the driver is necessary for the design.

Keywords: steering column; collision safety

基于汽车转向柱碰撞安全性的研究

张桂荣, 邱绪云, 李厚玉, 刘俊利

山东交通学院, 山东 济南 250023

Email: zgr6933@163.com

摘要: 分析了转向柱的安全法规要求, 安全转向柱的性能和吸能机理, 转向柱的安装角度对吸能效果的影响。在安装角度可选择范围内合理选择安装角度, 以达到最佳的吸能目的, 保证人体的安全。吸收二次碰撞能量和驾驶员的部分惯性能量是安全转向柱设计要解决的问题。

关键词: 转向柱; 碰撞安全性

1 安全转向柱的法规要求

在汽车发生正撞时, 碰撞能量使汽车的前部发生塑性变形以吸收碰撞的大部分能量。在碰撞力的作用下, 布置在汽车前部的转向柱要向后即向驾驶员胸部方向运动。同时, 驾驶员受惯性作用冲向转向盘, 造成人身伤害。

为了减轻汽车正撞时转向柱对驾驶员的伤害程度, 国际上汽车发达国家对防止转向柱对驾驶员的伤害都有法规要求。这些法规中规定了汽车发生正面碰撞时, 转向柱的向后水平位移量和碰撞力的要求。如, 美国的安全法规 FMVSS203, 204, 我国的安全法规 GB11557-89 中都对转向柱提出了安全要求。表 1 即为这些法规的对比情况。为了满足这一法规的要求, 能吸收能量的安全转向柱得到广泛应用。

2 能量吸收式转向柱的吸能机理

当汽车发生正面碰撞时, 汽车与障碍物的碰撞称

为首次碰撞。汽车与障碍物碰撞后, 由于惯性乘员与转向盘、乘员与挡风玻璃等车内物体的碰撞称为二次碰撞。减少或隔绝首次碰撞的能量可由转向柱的安全结构来完成, 如采用伸缩吸能式转向柱、可断开式安全转向柱; 吸收二次碰撞能量和驾驶员的部分惯性能量是安全转向柱设计要解决的问题, 如采用套筒吸能式转向柱管、波纹管吸能式转向柱管。

2.1 能量吸收式转向柱的性能

能量吸收式转向柱的具体结构形式虽然很多, 但各种形式的能量吸收式转向柱所达到的目的是相同的, 即有效地吸收汽车发生正面碰撞时转向柱——驾驶员系统的两次碰撞能量。

能量吸收式转向柱应具有以下性能:

(1) 在汽车正常行驶时, 转向柱有足够的强度和刚度以保证正常的转向力传递及安装于转向柱上的其它功能件(如变速杆、组合开关等)正常工作;

(2) 当汽车发生正面碰撞时, 转向柱系统能够从车

表 1. 转向柱安全法规对比情况

项目	FMVSS203, 204	ECE R12, 74/297/EEC 等	日本保安基准 11-4-1	ADR10A, ADR10B	GB11557-89
胸块发射	碰撞力超过 11113N 的累积时间不超过 30ms	碰撞力不超过 11110N	碰撞力不超过 11123N	碰撞力不超过 11074N	碰撞力不超过 11123N
碰撞速度	24.1km/h	24.1km/h	24.1km/h	24.1km/h	24.1km/h
实车动态					
转向盘向后位移量	127mm	127mm		127mm	127mm
碰撞速度	48.3km/h	48.3km/h		48.3km/h	48.3km/h
其它	转向盘及转向系统不允许有刮挂服饰的危险	试验前, 朝向驾驶员转向系统部件不得出现产生伤害驾驶员的坚硬锐边; 试验后, 朝向驾驶员转向系统部件不得出现产生伤害驾驶员的小面积破碎。			转向盘及转向柱上的附件不得对驾驶员有妨碍, 且不允许有危险的凸出部分和尖锐的棱边。

身结构中以机械的方式脱离;

(3)当汽车发生正面碰撞时, 转向柱可以被压缩, 并且转向柱系统中应具有能量吸收元件以吸收碰撞能量。

2.2 转向柱的吸能机理

为了保证在碰撞压缩时转向盘向后位移量限值不大于 127mm, 同时保证二次碰撞时, 转向盘对驾驶员胸部的碰撞力不超过 11113N, 能量吸收式转向柱系统主要通过采取以下吸能机理来吸收碰撞能量。

①材料的弯曲: 如转向柱的可变形支架, 在二次碰撞力达到一定值时, 可变形支架变形, 从而将转向盘对驾驶员胸部的碰撞力限制在一定的范围之内。

②材料的变形: 如网状能量吸收式转向柱在汽车正面碰撞时, 转向柱上的网状部分在碰撞力的作用下被压缩变形, 消除碰撞力使转向器齿轮轴产生的向后的位移, 达到吸收碰撞能量的目的。

③接触摩擦: 如伸缩式转向柱的上、下两个联轴节之间通过花键轴和套连接, 花键轴的花键齿上涂上一层塑料, 形成一种可压塑料过盈配合, 以消除花键配合的间隙。当汽车发生正面碰撞时, 通过花键轴套相对滑动的接触摩擦来消除碰撞力产生的转向器齿轮轴向后的位移, 达到隔绝首次碰撞力的目的。

④脱离或断开(脱钩、剪断、折断): 可脱离或断开式转向柱, 其转向柱的上或下联轴节为可脱离或断开式。当汽车发生正面碰撞, 碰撞力达到某一规定值时, 联轴节中可脱离或断开零件便脱离或断开, 使转向柱从转向器或上转向柱中脱离, 消除转向器齿轮轴

的向后位移量, 达到隔绝首次碰撞影响的目的。

如套筒式吸能转向柱, 当汽车发生正面碰撞时, 碰撞力先使联接盒中的注塑销剪断, 使转向柱系统从车身上脱离。大约在 3~5ms 后, 转向柱内注塑销被剪断, 转向柱被压缩; 同时, 转向柱上、下套筒被压缩, 上、下套筒中的钢球在碰撞力的作用下使上、下套筒壁表面被挤压变形, 起到吸收碰撞能量的作用。

⑤以上几种形式的组合。

在以上几种吸能方式中, 通过改变材料的厚度、截面形状、几何尺寸、摩擦系数及强度参数可得到所需要的吸能能力。

3 吸能转向柱的试验特性

吸能转向柱的结构类型有: 脱离式、套筒式、网孔式、翻转式、灯笼式等几种。不同的结构, 其吸能的效果不尽相同, 脱离式、套筒式和网孔式三种转向系统进行的试验研究过程曲线如图 1。其作用力峰值、作用时间脉宽, 峰值脉宽等方面的数值各自的不同, 如表 2 所示。

表 2. 三种吸能转向柱试验数据对比表

项目	脱离式	套筒式	网孔式
作用力峰值 (kgf)	798	380	340
作用时间脉宽 (ms)	65	70	60
峰值脉宽 (ms)	20	25	15(两个波峰)
作用力大于 200kgf 的时间脉宽 (ms)	40	47	27

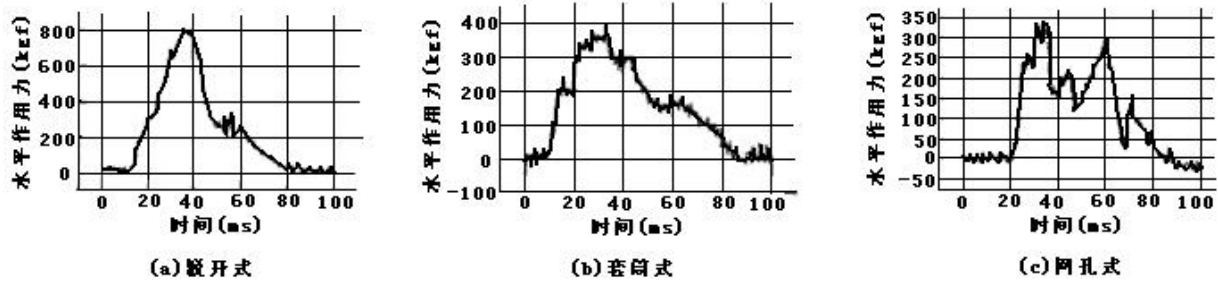


图 1. 三种转向系统试验研究过程曲线

转向柱理想的吸能波形如图 2 所示，这种波形波动小，没有过高的峰值伤害人体，脉宽宽，可以在比较小的力下，吸收尽可能度的碰撞能量。转向柱吸能

性能设计目标上正是追求这种效果。图 3 是套筒式和网孔式两种结构的力学性质比较，从图中可以看到，套筒式的波形比较接近理想波形，而且稳定性好，所

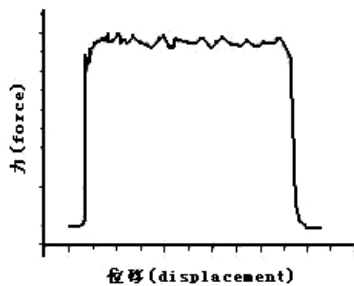


图 2. 转向柱理想的吸能波形

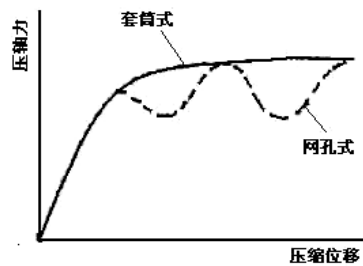


图 3. 两种安全转向柱力学性质比较

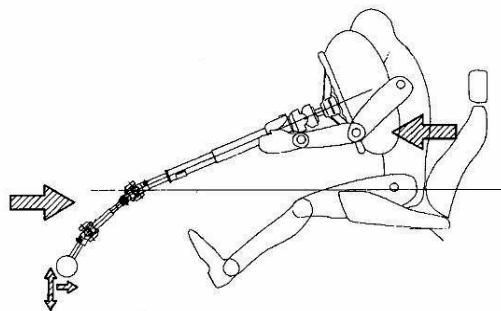


图 4. 转向柱—驾驶员系统的受力关系

以这种吸能转向柱被广泛采用。

4 转向柱的安装角度对吸能效果的影响分析

4.1 转向柱的安装角度对吸能效果的影响

如图 4 所示为转向柱—驾驶员系统的受力关系图。当汽车发生正面碰撞时，驾驶员胸部对转向柱系统的碰撞力，即伤害驾驶员的碰撞力 F 可分解为沿转向柱轴线的使转向柱压缩吸能的分力 F_1 ，和使转向柱向上弯曲的分力 F_2 。

$$F_1 = F \cos \theta$$

$$F_2 = F \sin \theta$$

其中， θ 为转向柱安装角。

当碰撞力 F 不变而 θ 变大时，沿转向柱轴向的吸能力 F_1 略有下降，而使转向柱向上弯曲的分力 F_2 却大幅度上升。

F_2 的增大对于降低碰撞力有两个不利的影 响：当 F_2 较大时会影 响转向柱从车身上脱离； F_2 增大使驾驶员胸部所受的碰撞分力加大，吸能缓冲效果下降。不同车型上，吸能缓冲效果最佳转向系统安装角度是不同的，通常轿车采用 $20^\circ \sim 30^\circ$ ，微型客车采用 $30^\circ \sim$

50°，而大客和卡车采用的角度更大。

4.2 能量吸收式转向柱的主要参数

①压缩行程：一般来讲，转向柱及其中的转向柱的可压缩行程应在 150mm 以上；

②转向柱系统的最小临界压缩力：FMVSS203 法规规定不超过 11.11kN，一般临界压缩力在 1.1~2.5kN 之间；

③转向柱断开联接盒分离力：联接盒上每个注塑销的破坏力为 500N。转向柱上每个可断开联接盒一般有 2~4 个注塑销；

④能量吸收式转向柱除了能保证规定的轴向压缩变形力外，还要有足够的抗弯曲强度以提高轴向吸能效果；

⑤能量吸收式转向柱压缩吸能部分的上、下端应分别联接在车身上强度和刚度有一定差异的部位，以保证压缩吸能力的传递。

5 转向柱碰撞试验方法

为了评价汽车正面碰撞事故中可能发生的转向系统对驾驶员的伤害的程度，应对撞击时转向盘向后窜动量及转向盘受撞击时的吸能能力进行评价试验。我国 GB/T11557-89 及欧洲 ECER12, 74/29/EEC 及美国的 FMVSS203、204 等标准均对汽车时转向盘向后窜动量及转向盘吸能性提出了要求。各标准对上述两项性能要求及试验方法基本一致。

5.1 转向盘向后位移量试验方法

整备状态并装备有测试仪器的试验车辆以 48.3km/h 的撞击速度正面撞击障碍壁，试验车车内的测量仪器记录下转向柱上端选定点相对于参考点的位置变动量，之后通过计算求出转向盘向后窜动量。转向盘向后窜动量限值要求不大于 127mm。

5.2 转向盘对驾驶员胸部碰撞力的试验方法

转向盘对驾驶员胸部碰撞力的试验是通过胸块发射试验装置进行的。其试验原理如图 5 所示。试验时，将转向盘按与实车相同的安装位置的几何尺寸安装在试验台架上，转向盘与转向柱之间装有测力传感器。

模拟人体上躯体的胸块通过发射试验装置发射，以 24.1km/h 撞击速度正面撞击转向盘。转向盘与转向柱之间的测力传感器记录下转向盘反作用于胸块上的水平力值，此力限值要求不大于 11123N。

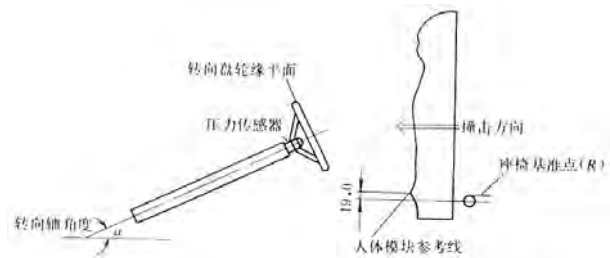


图 5. 转向盘对驾驶员胸部碰撞力试验原理图

6 结语

安全转向柱在汽车正常行驶时有足够的强度和刚度以传递转向力；当汽车发生正撞时，转向柱系统能够从车身结构中以机械的方式脱离，转向柱可以被压缩，并且转向柱以变形、剪断、接触摩擦等形式吸收碰撞能量，以消除转向齿轮的后移影响，达到隔绝首次碰撞影响的目的。当碰撞力不变而转向柱变大时，沿转向柱轴向的吸能力略有下降，驾驶员胸部所受的碰撞分力加大，使吸能缓冲效果下降。

References (参考文献)

- [1] Wang Xuan, LI Hong-guang Zhao aircraft. Hyundai Motor security. Beijing: People's Transport Press, 2001. 王暄, 李宏光, 赵航. 现代汽车安全. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] Zuo Tengwu. Car safety. Beijing: Machinery Industry Press, 1998. 佐藤武. 汽车的安全. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [3] Huang Shilin, Zhang Jinhuan, Wang Xiaodong. Car crash and safety. Qinghua University Press. Beijing: 2000. 12. 黄世霖, 张金换, 王晓冬. 汽车碰撞与安全. 清华大学出版社, 北京. 2000. 12.
- [4] Richard P. Nash Steering Column and Intermediate Shaft Performance Objectives During Vehile Frontal Impact. Tianjin: Automotive safety Technology Seminar, 1996.
- [5] Xu Yinlong, Hu Jinwen, Gu Guang, Gong Jian, Zhang Jinhuan, Huang Shilin, Yuanli Bai, Jinhuan Zhang, Shilin Huang. Energy Absorbing Steering System Structure Analyse and Research. China Automotive Engineers Sixth Conference on automotive safety technology, 2002.