

# 转向管柱的溃缩结构研究

陈创和

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570100

**摘要:** 转向管柱是影响汽车碰撞性能的关键部件,它在汽车碰撞事故中对驾驶员产生直接伤害。因此,它的结构合理性及其溃缩性能的优劣将一定程度上决定着整车安全性能是否达标。本文着重对转向管柱溃缩结构进行解析及选型。

**关键词:** 转向管柱; 溃缩; 安全

## 1 前言

自汽车面世以来,安全性能一直是人们的关注焦点。现阶段已不仅仅满足于美观、舒适,更要求汽车要具备可靠的安全性能。现在许多汽车厂家均致力于5星级碰撞,并以此做为一大卖点,也体现了汽车的碰撞安全性在消费人群中处于较高的地位,尤其是转向系统是直接对驾驶员造成伤害的,更加是安全性的重中之重。

虽然在整车中,最大程度的影响汽车碰撞性能的当属车身结构件,例如,防撞梁、前纵梁、ABC柱等。但转向管柱由于布置原因,当车辆发生碰撞时,其对驾驶员的伤害最大,最终将影响整车的碰撞分值。这样,就要求转向管柱必须有较好的溃缩性能,在发生碰撞时对驾驶员的伤害尽量小。对此,法规也有要求。按照法规《GB11557-2011防止汽车转向机构对驾驶员伤害的规定》中的要求:处于正常工况下的车辆以48.3km/h~53.1km/h的速度进行正面固定壁障碰撞试验时,沿平行于车辆纵向中心轴线的水平方向所测量的车辆转向轴和转向轴顶端相对车内不受碰撞影响的某点的向后移动量不得大于127mm,沿垂直方向所测量的车辆转向轴和转向轴顶端相对车内不受碰撞影响的某点的向上移动量不得大于127mm。

另外,根据《C-NCAP管理规则-2015版》要求,无论是在正面100%重叠刚性壁障碰撞试验还是在40%重叠可变形壁障碰撞试验中,为了更好的保护驾驶员,均对管柱的向上位移量有更高的要求,并根据管柱的移动量来进行相应的扣分。其评分标准如下:

### 1.1 假人头部评分:

管柱向上移动量  $\leq 72\text{mm}$ , 不扣分;

管柱向上移动量  $\geq 88\text{mm}$ , 罚1分;

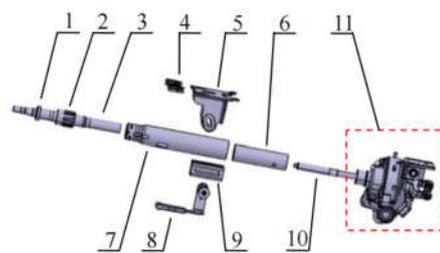
### 1.2 假人胸部评分:

管柱向上移动量  $\leq 90\text{mm}$ , 不扣分;

管柱向上移动量  $\geq 110\text{mm}$ , 罚1分; 以上, 对于中

间值,采用线性差值的方法,得出相应分数,并采用四舍五入的方法保留到小数点后两位。所以,对于希望获得5星级或更高碰撞分值的车辆,管柱的溃缩性能将不得不考虑。本文重点介绍转向管柱的溃缩结构,并解读它的结构与各阶段溃缩力的形成的关系。

## 2 转向管柱的溃缩结构简介



- 1、轴承; 2、锁套; 3、内轴; 4、脱离块; 5、倾斜调节支架;  
6、内管套; 7、外管套; 8、调节手柄; 9、伸缩调节支架;  
10、输入轴; 11、蜗轮蜗杆减速机构。

上图是海马某款四向调节电动转向管柱的结构简图,其溃缩性能主要依靠图中的3、4、5、6、7、8、9、10部件互相的配合关系来实现。其中,件1通过过盈配合压装在件3和件7上,件9焊接在件7上,件4和件5靠注入树脂连接,并固定于前梁骨架上。件3和件10花键配合,件6和件7间隙配合。如下图:

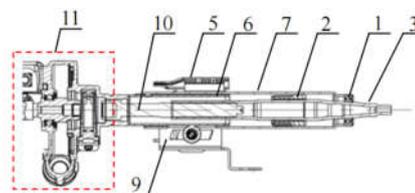


图2

具体溃缩原理如下:

当力施加在件3的端部,力通过件1传递给件7,再传递到件9,使件1、3、7、9整体沿轴线克服伸缩锁紧力溃缩,当溃缩到伸缩调节最短状态时,进而力传递到件5上,使管柱上部分克服脱离块4继续溃缩,当脱离块完全

脱离后，进一步溃缩，此时，主要是件3和件10的花键滑动。故，管柱溃缩过程分三个阶段：

第一阶段，克服伸缩调节力阶段。此阶段的力即为轴向调节压溃力。

第二阶段，克服脱离块（件4）的树脂拉伸力阶段。此阶段的力即为管柱的临界压溃力。

第三阶段，脱离块完全脱离后的溃缩阶段。此阶段的力即为持续压溃力。

### 3 管柱溃缩力的形成解析与优化

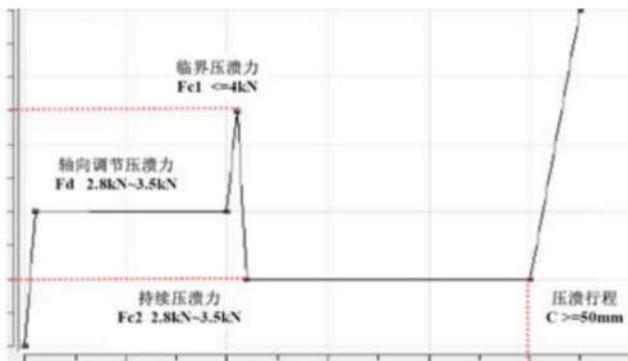


图3 管柱静态压溃曲线

以上曲线为四向调节转向管柱的静态压溃曲线。本文所述管柱的伸缩调节行程为40mm。管柱试验状态处于伸缩位置的中间位置。现对应以上曲线图，对管柱各阶段的溃缩力的形成进行分析。

#### 3.1 轴向调节压溃力 (Fd) 的形成：

轴向调节压溃力共有以下三个分力组成：

##### 1) 倾斜调节支架与伸缩调节支架的摩擦力（如图1）

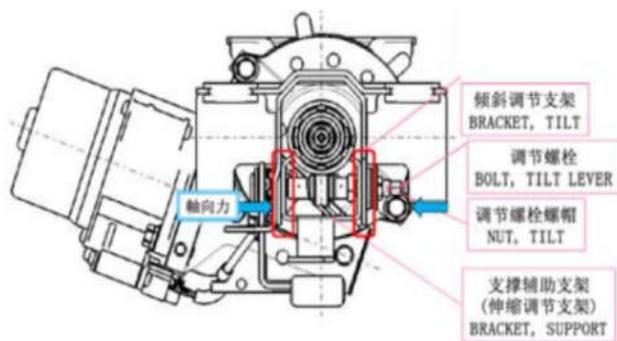


图4

当调节手柄锁紧后，调节螺栓会产生一个轴向力，将倾斜调节支架和伸缩调节支架夹紧，这样两支架间产生一定的摩擦力。管柱受轴向力时将带动伸缩调节支架相对于倾斜调节支架运动，这样就需要克服此摩擦力。所以，此摩擦力的大小通过改变调节螺栓螺母的紧固力矩即可实现。

##### 2) 白色衬套与外管套之间的摩擦力及滚轮与内管套

之间的摩擦力（如图2）

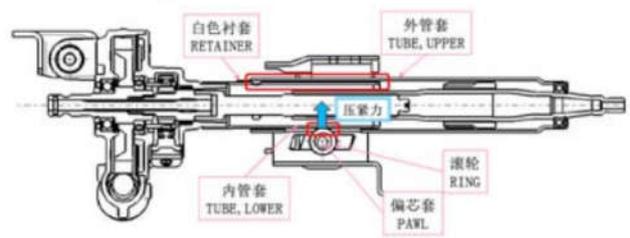


图5

在四向转向管柱结构中，外管套和内管套之间还有一层白色衬套，在管柱伸缩过程中，白色衬套和外管套间会产生一定的摩擦力。除此之外，当调节手柄锁紧后，由于偏心套的偏心机构作用，致使滚轮表面顶住内管套表面，从而产生着另一个摩擦力。而滚轮的压紧力大小同样取决于调节螺栓螺母的紧固力。

##### 3) 辅助支撑支架、限位器及调节导向块之间的摩擦力（图3）

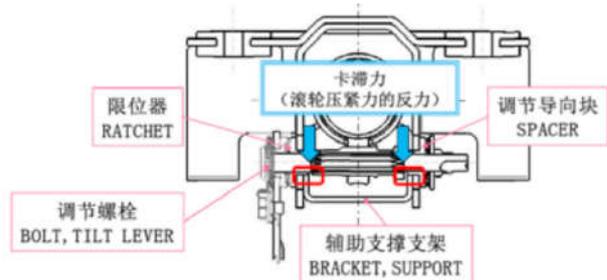


图6

受滚轮上压力的反作用力，致使调节螺栓被下压。同时用于支撑调节螺栓的限位器、调节导向块与辅助支撑支架的伸缩用长孔部位也受到了影响摩擦力大小的下压力。此摩擦力的大小也是取决于调节螺栓螺母的紧固力。

以上三个摩擦分力即合成了轴向调节压溃力。

#### 2、临界压溃力 (Fc1) 的形成临界压溃力主要有以下两个分力组成：

##### 1) 树脂材料自身的拉伸力（图4）

渗入间隙中的部分



树脂注入后用于支撑上下方向的渗出部分

图7

脱离块和倾斜调节支架之间靠注入树脂材料来连接，为了确保刚性，在支架与脱离块之间的间隙中也会

使一部分树脂渗入其中。所以，管柱的临界溃缩力所需要克服的一部分力是树脂本身的拉脱力。

## 2) 脱离块沟槽和上支架的摩擦力 (如图5)

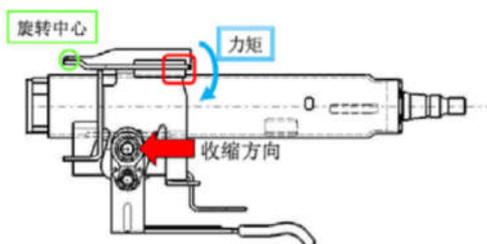


图8

作用于管套总成上的收缩-脱离力借由管柱输入轴、套管传递至调节螺栓。然后受调节螺栓影响，整个上支架的顶部铁板件会受到一个以上支架尾部凸出部分为中心的旋转力影响，从而致使支架顶向脱离块的沟槽。这样，两者之间将产生一个摩擦力。此力跟树脂的拉伸力即合成了管柱溃缩的临界压溃力。

选择的不同的脱离块结构，车型的临界压溃力就不同，压溃力过小容易造成脱落，起不到保护乘客的效果，压溃力过大，会造成碰撞过程不溃缩，因此此处的结构选择很重要：

3.2 本文阐述的结构主要是通过调节注塑孔大小来调节不同的临界压溃力，而支架与脱离块之间的间隙中渗入的树脂也会影响临界压溃力，且此处的影响程度不可控；

3.3 采用齿形脱离块结构，这种结构的临界压溃力比较大，可以通过齿形的角度、齿形材料的刚度来调节临界压溃力，如图6。

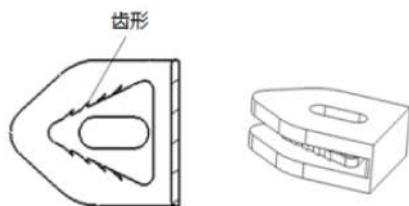


图10

## 3.4 持续压溃力 ( $F_{c2}$ ) 的形成 (图9)

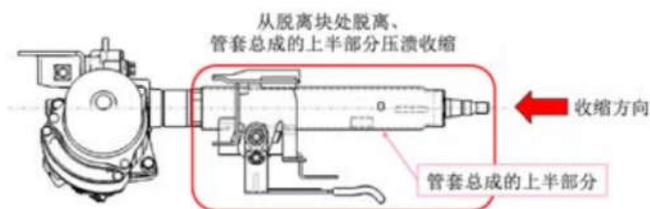


图9

此阶段脱离块已从管柱上支架脱离，此时，整个管柱总成的上半部分继续溃缩所受的力主要来自外管套和白色衬套之间的摩擦力、内轴和输入轴花键滑动的摩擦力，因此内外花键的尺寸配合，对持续溃缩力的影响是比较大的，此处需经过多次选择和试验才能确定。

通过以上分析，我们已基本了解转向管柱的溃缩结构和溃缩力的形成。其溃缩结构一般大同小异，如果想获得良好的车辆碰撞性能，转向管柱的溃缩行程建议不应小于50mm。

除此之外，各阶段的溃缩力值也有一定的要求。实际在整车设计中，会在设计前期将转向管柱的压溃性能参数输入到CAE模型中，对仿真的假人损伤结果进行分析，从而得出各溃缩阶段的最优力值。

## 4 结束语

本文着力于汽车转向管柱的结构介绍及其溃缩力值的形成解析，并阐述了其在整车碰撞中的关键作用。希望能对初涉汽车设计开发的人员起到指导作用。

## 参考文献

- [1]陈家瑞.汽车构造(下册).北京:机械工业出版社,2002
- [2]张洪欣.汽车设计(第二版).北京:机械工业出版社,1992.
- [3]瑞佩尔.新能源构造与原理.机械工业出版社,2019.