

# Study on Factors of Kick-down Deformation in the Vehicle Crash Simulation

Jingguo Hu, Jingang Tu, Zhengqiang Tang, Liwei Xu

Automobile Engineering Research Institute, Chery automobile co., LTD, Wuhu, 241009, [hujingguo@mychery.com](mailto:hujingguo@mychery.com)

**Abstract:** In vehicle impact, deformation of kick-down area affects the firewall intrusion and vehicle acceleration. But the deformation of kick-down by computer simulation is found more severe than the deformation in vehicle crash test. So it is very important to study the factors, which affect kick-down area deformation in the crash simulation. The effects of strain rate, metal forming, element type, and mesh density to the deformation of kick-down area are analyzed. The key factors to kick-down deformation are then determined. This study provides valuable guidelines for the future crash simulation.

**Keyword:** crash simulation, kick-down, main factors

## 汽车碰撞计算机仿真中影响 kick-down 变形的因素研究

胡经国, 吴沈荣, 徐立伟, 唐正强, 涂金刚

(奇瑞汽车股份有限公司, 汽车工程研究院, 芜湖, 241009, [hujingguo@mychery.com](mailto:hujingguo@mychery.com))

**摘要:** 在汽车前碰中, kick-down 的变形直接影响着防火墙的侵入量和整车加速度。但是在实践中发现, 计算机碰撞仿真中 kick-down 的变形往往较实车碰撞结果要大。因此, 研究碰撞仿真中 kick-down 变形的影响因素显得尤为重要。本文研究了材料应变率、冲压成型效应、单元类型、网格单元尺寸等在仿真中可能影响 kick-down 变形的因素。研究结果确定了影响 kick-down 变形的关键因素, 为以后的模拟仿真提供参考依据。

**关键字:** 碰撞仿真, kick-down, 关键影响因素

### 1 引言

随着业界对汽车碰撞模拟精度的要求越来越高, 各汽车生产厂商及研究机构对整车碰撞的数值模拟进行了大量的研究分析。特别是对薄壁直梁件或近似直梁件的前纵梁, 从考虑材料的应变率<sup>[1]</sup>, 单元尺寸的大小<sup>[2]</sup>, 冲压<sup>[3]</sup>等各方面因素使薄壁直梁件的数值模拟更加精确。但对kick-down这样的薄壁弯梁件的研究却非常少。在大量数值模拟与实车碰撞的对比中发现, 计算机碰撞仿真中kick-down的变形往往较实车碰撞结果要大, 直接导致整车碰撞仿真的精度下降。因此, 研究碰撞仿真中kick-down变形的影响因素显得尤为重要。

在汽车前碰中, kick-down 的变形直接影响着防火墙的侵入量和整车加速度, 属于前碰中的关键零部件。本文的主要目的就是研究对 kick-down 的碰撞仿真进行研究。通过对材料应变率, 冲压成型效应, 单元类型及单元尺寸等因素单独作用下的基础模型进行模拟计算, 然后比较计算结果的截面力、变形情况等来考察各个因素在数值模拟中对 kick-down 变形的影响。至于这些因素的综合影响, 有待进一步的研究。

### 2 基础模型

虽然每个车型中 kick-down 的具体结构会因整车设计的需要而有所不同, 但其共性的结构特征是, 从侧面看类似“Z”型的薄壁弯梁件。对 kick-down 进行相应的简化, 提取出一段结构简单的薄壁弯梁件(如图 1), 使之具有 kick-down 最基本的特征将会使研究更具普遍意义。为了便于研究, 去除 kick-down 上的细节结构特征, 以便集中考虑几个主要影响因素在分析结果中起的作用。所有分析使用商用软件 LSDYNA 执行计算。

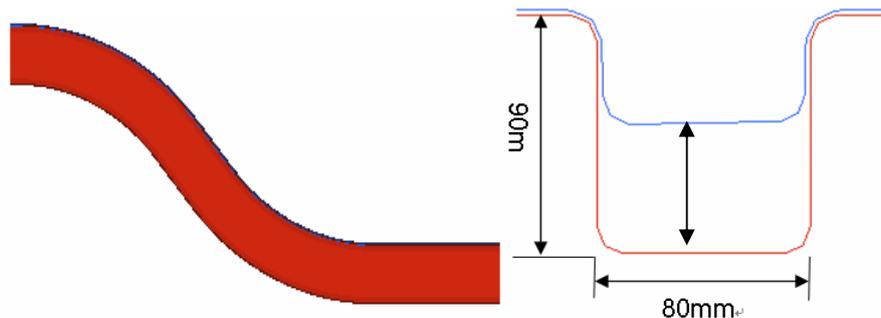


图 1 模型的几何结构

参考众多车型的 kick-down 后, 将该段弯梁的截面设定为 90mm×80mm 的矩形截面, 外板厚度为 2.0mm, 内板厚度为

1.5mm，两件之间通过刚性焊点 spotweld 连接。对于 kick-down 的材料可以选用 24 号材料来模拟，输入一条相应的材料曲线，屈服极限为 263 MPa。由于碰撞中不仅会有两个件之间的接触，单个件的不同部位也有可能发生接触，所以选用 automatic\_single\_surface 的接触类型。单元类型选择 2 号壳单元，尺寸定义为 10mm×10mm。

### 3 模拟方案的确定

用单个零部件的仿真来模拟其处于整车中的工况是十分困难的事情，其中边界条件与约束的设定是非常重要的。但本文主要是关心各不同因素对于 kick-down 变形的影响，而不是谋求使其与整车碰撞中的变形完全吻合。所以对边界与约束条件进行了一定的简化处理，使其尽量与整车碰撞中的工况吻合，又便于研究与对比。

在 50km/h 正面刚性墙碰撞中，kick-down 因为周围件的约束，不会在 y 方向上有较大位移，而 kick-down 的前后端在 z 向上可能有些许变化，但考虑到如果不在 z 向进行约束的话，试件可能会失稳，综上考虑，最终确定以下的模拟方案：在梁的前面加一个碰撞刚性墙，将试件的第一排网格赋 20 号材料，并只释放 x 方向的自由度；最后端进行 y, z 方向移动的约束，以免试件晃动；利用 rigidbody 和 mass 点增加质量到 100kg，给定初始速度为 10m/s。边界条件的设定虽然不能精确反映整车碰撞中的工况，但不会妨碍本研究的进行。

本文将考虑的影响因素：

Case 1: 基础模型，单元尺寸 10mm×10mm，无应变率效应，无冲压效应，单元类型为 2 号壳单元

Case 2: 考虑材料应变率效应

Case 3: 考虑冲压效应

Case 4: 用 16 号壳单元

Case 5: 用 17 号壳单元

Case 6: 单元尺寸 5mm×5mm

### 4 kick-down 变形情况比较

将各个影响因素单独带入基础模型中进行计算，对计算结果进行分析对比，可以发现各个因素对 kick-down 的影响与其对直梁件的影响基本相同。

从最终的变形图来看，单元尺寸对 kick-down 变形的影响比较明显，用 5mm×5mm 的单元尺寸来建立模型将会使模型变“软”，最终变形在所有计算结果中是最严重的。从这个角度来看，目前不建议在整车碰撞中对 kick-down 区域进行网格细化。而其他的影响因素都会使模型不同程度的变“硬”，冲压效应的影响最大，应变率与全积分单元的影响次之。引入冲压效应的模型整体变形小，变形区域比较集中，变形急剧。16 号壳单元的模型与有冲压影响的模型相比，可以看出，变形稍大，但变形区域分散，过渡较平缓。

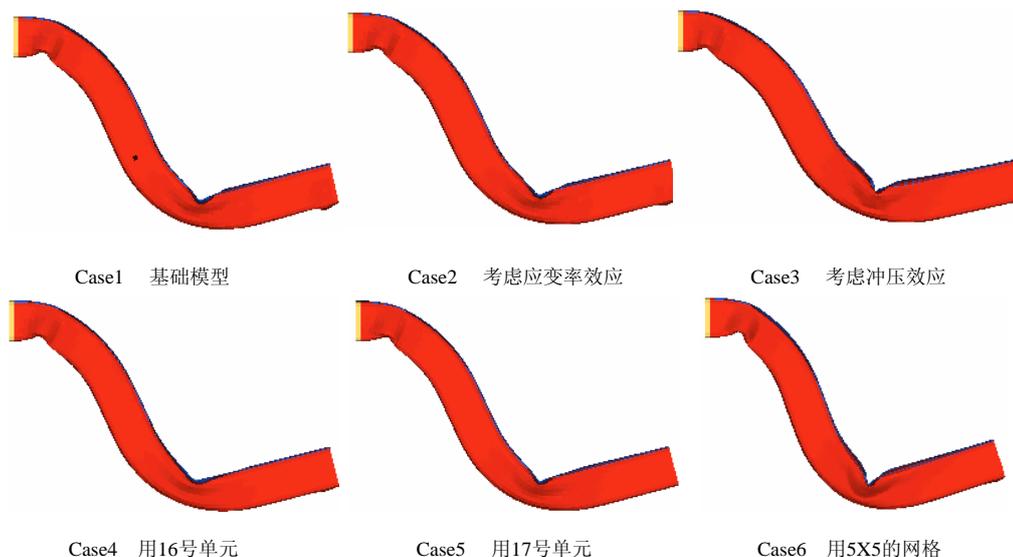


图2 各种因素影响下的最终变形图

## 5 承载力的比较

通过截面力来考察弯梁件的承载力，截面所选位置如图 3 所示。从承载力（图 4）来看，5mm×5mm 单元尺寸的模型承载力最低，但曲线前段的峰值相差并不大。后段平缓区明显低于基础模型的承载力；引入全积分单元或应变率因素的模型的承载力基本一致，峰值较基础模型的高一些，但差别也不大。冲压效应的影响非常明显。但由于冲压仿真的精度还没有验证，当前的分析不能做出定量的评估，有必要开展进一步的研究。

弯梁件的承载能力主要是它的抗弯能力，经过对计算结果的分析可以发现，不论是选择全积分单元建模还是在材料中考虑应变率都不会对弯梁件的承载能力产生明显的影响。

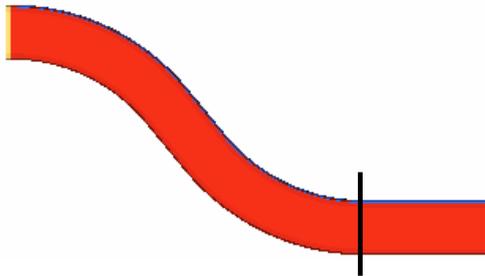


图 3 截面选取位置

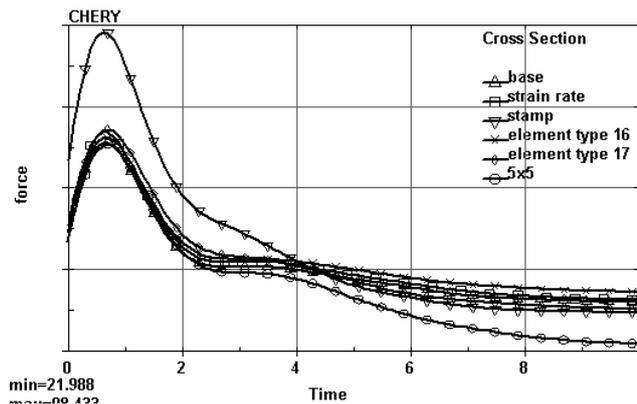


图 4 截面承载力

## 6 总结

在建模过程中带入不同的影响因素，然后对一系列的计算结果从变形情况与承载力两方面进行分析与对比，可以初步得出以下结论：冲压效应对 kick-down 的影响非常明显，但由于冲压仿真的精度还没有验证，当前的分析尚不能做出定量的评估；网格细化将会使 kick-down 在整车碰撞仿真中的变形要比实车试验中的变形严重；本文提到的其它因素对 kick-down 变形的影响并不明显，相互之间的差异不大。

## 参考文献

- [1] S. Xie, L. Xu, K. Fang, and S R. Wu. (2008), Discussion on strain rate effects in numerical simulation of vehicle crash, SAE Paper 2008-01-0504.
- [2] S.R. Wu, N. Saha, and P. Chen. (2004), Shell elements performance in crashworthiness analysis, ASME Paper IMECE 2004-61535.
- [3] 唐正强, 徐立伟, 钣金成型效应对汽车碰撞性能的影响, 中国汽车工程学会[C], 2008, pp. 188~192.