

# 汽车碰撞仿真分析规范

## 1 目标

为了规范汽车整车碰撞仿真分析过程,保证有限元模型的通用性,减少重复性工作,特制订本规范,所有零部件将依据本规范所规定标准进行建模。

通过规范的制定,使得不同仿真工程师在参考本文件进行汽车整车碰撞仿真分析时,得出的仿真分析结果具有高度的一致性,并保证仿真分析结果具有较高的分析精度。

## 2 范围

本规范/标准规定了汽车整车碰撞的分析依据、分析流程、分析要求、分析类型、建模原则、结果评估、模型修正、结果输出、数据处理、报告编写等内容。

本规范/标准适用于汽车整车碰撞仿真分析,其它结构或零件可参考使用。

## 3 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件,仅标注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB/T31054-2014 机械产品计算机辅助工程有限元数值计算术语;

GB/T11551-2014 汽车正面碰撞的乘员保护;

ASME V&V 10-2006 Guide for Verification and Validation in Computational Solid Mechanics;

ASME V&V 10.1-2012 An Illustration of the Concepts of Verification and Validation

In Computational Solid Mechanics;

## 4 术语和定义

分析中常用的术语和定义如下:

**有限元建模 (finite element modeling)**: 构建有限元模型的过程,包括几何模型构建和处理、材料属性定义、网格划分、边界(载荷)条件施加、求解参数设置等步骤;

**几何模型 (geometry)**: 使用几何概念描述物理或者数学物体形状,一般包括点、线、面、体等元素构成集合;

**材料属性 (material property)**: 用于描述机械结构所用材料物理特性的数据集合;

**边界条件 (boundary condition)**: 用于描述机械结构在给定工况下,求解域边界上几何以及物理条件,如力、温度、速度、位移等约束及载荷信息;

**网格划分 (mesh)**: 把几何模型分成很多小的单元,作为具有几何、物理属性的最小的求解域;

**约束 (constraint)**: 减少自由度的各种限制条件;

**TEL 标准单元边长 (Typical element side length)**: 指零件非关键区域的目标平均单元边长;

**MEL 最小单元长度 (Minimum element length)**: 满足显式计算时间步长的最小单元长度,一般指壳单元的最小单元边长或侧面长度;

**长宽比 (aspectratio)**: 描述二维或三维单元最长边与最短边之比的量;

**细长比 (slenderness)**: 杆件的计算长度与杆件截面的回转半径之比;

**翘曲度 (warpage)**: 单元偏离平面的程度,用于检查单元的翘曲;

**偏斜度 (skew)**: 描述单元的扭曲程度的数学量;

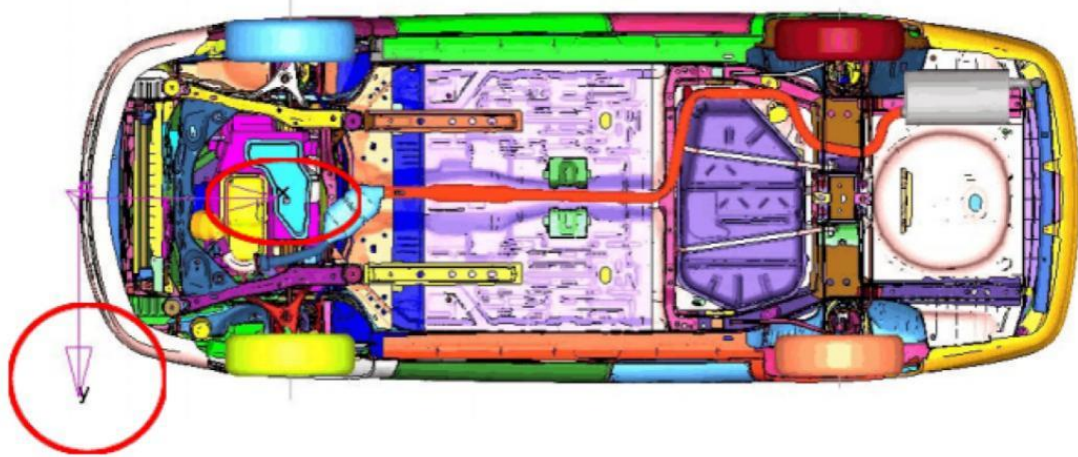
**内角 (interior angle)**: 指三角形单元或四边形单元的夹角的值,常用于描述单元的最大内角或者最小内角的数学量;

**云图 (cloud map)**: 利用色彩显示结构内任意一点计算结果的分布图。

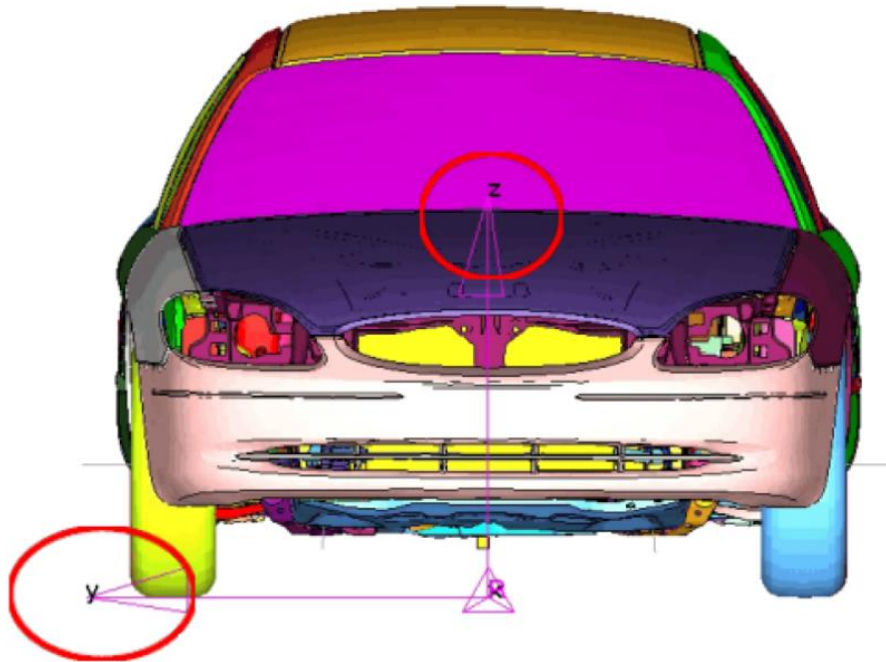
## 5 通用规则

### 5.1 坐标系

车身坐标系采用笛卡尔坐标系，X轴正向由车的前端指向尾端，Y轴的正向由车的左侧指向右侧，零点位于车的中轴线上，即Y=0.0位于车的中轴线上；Z的正向由车的底端指向车的顶端。车身坐标系如图1。



a) 车身坐标系 XY 平面



b) 车身坐标系 YZ 平面

图1. 车身坐标系

## 5.2 单位制

建模中单位要保持一致，单位制的对应关系如表1。

表1. 单位制

类型	国际单位制 (SI Units)	推荐单位制	常用单位制
时间(Time)	s (秒)	ms (毫秒)	s(秒)
长度(Length)	m(米)	mm(毫米)	mm(毫米)
质量(Mass)	Kg(千克)	Kg(千克)	Ton(吨)
密度(Density)	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/mm <sup>3</sup>	Ton/mm <sup>3</sup>
力(Force)	N(牛)	kN(千牛)	N(牛)

类型	国际单位制 (SI Units)	推荐单位制	常用单位制
应力(Stress)	Pa(帕, N/m <sup>2</sup> )	GPa	MPa
重力(Gravity)	9.81m/s <sup>2</sup>	0.00981mm/ms <sup>2</sup>	9810mm/s <sup>2</sup>
力矩(Torque)	N·m	kN·mm	N·mm
刚度(Stiffness)	N/m	kN/mm	N/mm
频率(Frequency)	Hz(赫)	kHz(千赫)	Hz(兆赫)
能量(Energy)	J(焦)	J(焦)	MJ(兆焦)

### 5.3 材料

常用的材料及基本属性如表 2。

**表2. 常用材料基本属性示意**

力学性能参数	SAE 1010		SAE 950		UGSS	
$\rho$ (Kg/mm <sup>3</sup> )	7.80E-06		7.80E-06		7.80E-06	
$\nu$	0.3		0.3		0.3	
a (GPa)	0.192		0.345		1.14	
b (GPa)	0.111		0.095		1.287	
n	0.22		0.160		0.36	
$\sigma_{max}$ (GPa)	0.303		0.440		2.10	
应力应变关系	应变	应力 (GPa)	应变	应力 (GPa)	应变	应力 (GPa)
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.94146E-03	0.19200	0.16829E-02	0.345	0.5561E-02	1.14
	0.997620E-03	0.19958	0.17315E-02	0.35481	0.70299E-02	1.2453
	0.10674E-03	0.20616	0.18309E-02	0.36462	0.13139E-01	1.3506
	0.94146E-03	0.21274	0.20133E-02	0.36952	0.27307E-01	1.4559
	0.14275E-02	0.21932	0.24852E-02	0.37443	0.52542E-01	1.5612
	0.25018E-02	0.2259	0.58515E-02	0.38423	0.91632E-01	1.6665
	0.10234E-01	0.23247	0.10202E-01	0.38914	0.14721E+00	1.7718
	0.19505E-01	0.23905	0.17964 E-01	0.39404	0.22178E+00	1.8771
	0.34847E-01	0.24563	0.31051E-01	0.39895	0.31778E+00	1.9824
	0.58705E-01	0.25221	0.52105E-01	0.40385	0.43754E+00	2.0877
	0.94044E-01	0.25879	0.13341E+00	0.41366	0.58335E+00	2.1000
	0.14439E+00	0.26537	0.20427E+00	0.41856	0.1000E+02	2.1000
	0.21384E+00	0.27195	0.30477E+00	0.42347		
	0.42963E+00	0.28511	0.44424E+00	0.42837		
	0.5874E+00	0.29169	0.63411E+00	0.43328		
	0.7872E+00	0.29827	0.88822E+00	0.43818		
0.10365E+00	0.30300	0.12231E+01	0.44000			
0.10000E+00	0.30300	0.10000E+02	0.44000			

### 5.4 计算程序

本规范适用以下软件工具进行白车身结构碰撞仿真计算分析。

- a) 前处理软件: Hyperworks;
- b) 求解器软件: LS-DYNA;
- c) 后处理器软件: Hyperworks。

其它计算软件工具, 可参考使用。

## 5.5 命名/编号规则

整车模型分为白车身（BIW）、开闭件（closure，前后车门、尾门和前发动机盖板）、chassis（底盘）、trim（内饰）四个子系统，各子系统又包含相应的总成，每个总成由若干零件组成。各构成关系（整车—子系统—总成—零件）及通用编号如表 3。

**表3. 整车构成及编号**

子系统	总成	ID 区间			
		part	node	element	set
accelerometer	(output)	1 - 999	1 - 9999999	1 - 9999999	1 - 999
BIW	roof	1000 - 1099	10000000 - 10999999	10000000 - 10999999	1000 - 1099
	front end	1100 - 1199	11000000 - 11999999	11000000 - 11999999	1100 - 1199
	inner side body	1200 - 1299	12000000 - 12999999	12000000 - 12999999	1200 - 1299
	outer side body	1300 - 1399	13000000 - 13999999	13000000 - 13999999	1300 - 1399
	front floor	1400 - 1499	14000000 - 14999999	14000000 - 14999999	1400 - 1499
	rear floor	1500 - 1599	15000000 - 15999999	15000000 - 15999999	1500 - 1599
	预留	1600 - 1999	16000000 - 19999999	16000000 - 19999999	1600 - 1999
closure	hood	2000 - 2099	20000000 - 20999999	20000000 - 20999999	2000 - 2099
	front door	2100 - 2199	21000000 - 21999999	21000000 - 21999999	2100 - 2199
	rear side door	2200 - 2299	22000000 - 22999999	22000000 - 22999999	2200 - 2299
	tailgate	2300 - 2399	23000000 - 23999999	23000000 - 23999999	2300 - 2399
	预留	2400 - 2999	24000000 - 29999999	24000000 - 29999999	2400 - 2999
chassis	frame	3000 - 3099	30000000 - 30999999	30000000 - 30999999	3000 - 3099
	cooling system	3100 - 3199	31000000 - 31999999	31000000 - 31999999	3100 - 3199
	powertrain	3200 - 3299	32000000 - 32999999	32000000 - 32999999	3200 - 3299
	transmission system	3300 - 3399	33000000 - 33999999	33000000 - 33999999	3300 - 3399
	tyre	3400 - 3499	34000000 - 34999999	34000000 - 34999999	3400 - 3499
	suspension	3500 - 3599	35000000 - 35999999	35000000 - 35999999	3500 - 3599
	steering system	3600 - 3699	36000000 - 36999999	36000000 - 36999999	3600 - 3699
	exhaustsystem	3700 - 3799	37000000 - 37999999	37000000 - 37999999	3700 - 3799
	fuel system	3800 - 3899	38000000 - 38999999	38000000 - 38999999	3800 - 3899
	pedal	3900 - 3999	39000000 - 39999999	39000000 - 39999999	3900 - 3999
trim	windshield	4000 - 4099	40000000 - 40999999	40000000 - 40999999	4000 - 4099
	bumper	4100 - 4199	41000000 - 41999999	41000000 - 41999999	4100 - 4199
	seat	4200 - 4299	42000000 - 42999999	42000000 - 42999999	4200 - 4299
	instrument panel	4300 - 4399	43000000 - 43999999	43000000 - 43999999	4300 - 4399
	door trim	4400 - 4499	44000000 - 44999999	44000000 - 44999999	4400 - 4499
	fender	4500 - 4599	45000000 - 45999999	45000000 - 45999999	4500 - 4599
	预留	4600 - 4999	46000000 - 49999999	46000000 - 49999999	4600 - 4999
预留		5000 - 6999	50000000 - 69999999	50000000 - 69999999	5000 - 6999
dummy	dummy	7000 - 7999	70000000 - 79999999	70000000 - 79999999	7000 - 7999
restraint	restraint	8000 - 8999	80000000 - 89999999	80000000 - 89999999	8000 - 8999
barrier	barrier	9000 - 9999	90000000 - 99999999	90000000 - 99999999	9000 - 9999
其它	.....	.....	.....	.....	.....

零件的命名使用简写后的零件名，常用词缩写规范如表 4 所示。

**表4. 常用名词缩写**

原型	缩写	原型	缩写	原型	缩写
assembly	assy	frame	frm	powertrain	pwt
body in white	BIW	front	frt	rail	rail
bracket	brkt	hinge	he	rear	rr
bumper	bp	inner	inr	reinforcement	reinf
chassis	chas	instrument panel	IP	righ hand	rh
closure	clos	left hand	lh	seat	st
connect	cont	lingking	lnkg	shock	shk
control	ctrl	lower	lwr	steering	strg
crossmember	crmb	middle	mid	subframe	subfrm
dashboard	db	mount	mt	support	supt
door	dr	outer	otr	suspension	sus
engine	eng	panel	pnl	system	sys
fender	fd	pedal	pdl	toepan	tp
fire wall	fw	pillar	pilr	upper	upr
floor	flr	plate	pla	wheel	whe

其他命名规范如表 5 所示。

**表5. 其他命名规范**

项目	命名规范	示例
material	材料号_(材料牌号)_零件编号	MAT24_SPCC_1234
property	属性种类_零件编号	SectShll/SectBeam_1234
set	part	parts for 对象
	node	nodesfor 对象
syscol	Syscol_对象	Syscol_eng1
vectorcol	Vectorcol_对象	Vectorcol_exhaustsys
loadcol	InitialVel	InitialVel_对象
	LoadBody	LoadBody_对象
	Spc	Spc_对象
rigid	MPC_子系统名	MPC_susrr
joint	joint_子系统名	joint_strg sys
整车模型	车型号_标准号_版本号_日期	GL8_XXXImpact_V01_180528.hm

## 6 交付物

整车碰撞仿真分析过程中需要提交的文件主要包括：

- a) 有限元整车网格模型文件；
- b) 材料信息文件；
- c) 求解及载荷设置文件；
- d) 计算结果文件；
- e) 报告文档等。

## 7 工作流程

整车碰撞仿真分析流程如图 2。

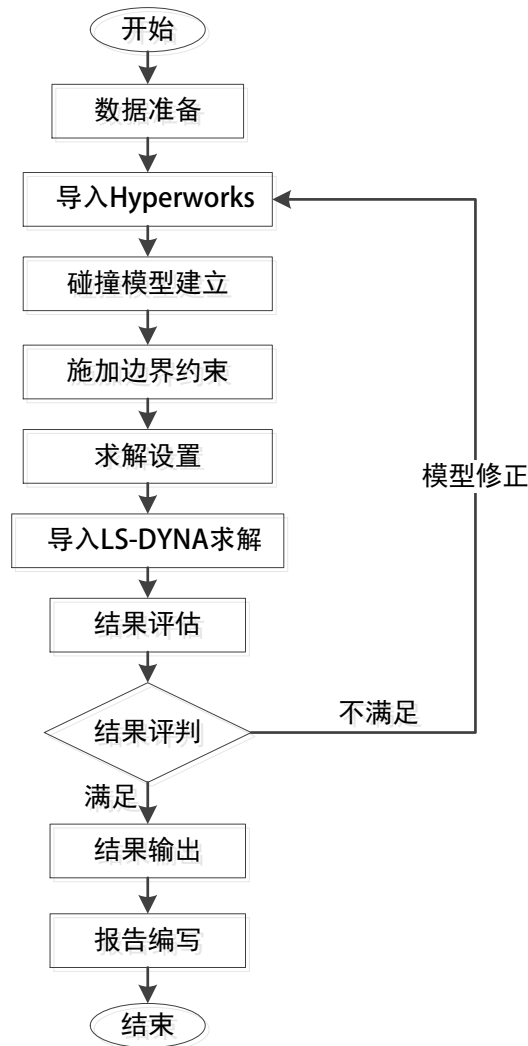


图2. 碰撞分析仿真流程

整车碰撞分析过程如表 6。

表6. 工作流程表

工作任务	工作内容	开始时间	结束时间	文件及输出	负责人
模型数据准备	需要准备的模型数据包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维 CAD 几何模型及板厚列表信息；</li> <li>• 总成/零部件之间的连接关系，提供总成/零部件的明细表；</li> <li>• 连接（焊点，铆接，胶接等）的空间分布参数，以及具体到每种连接的结构参数；</li> <li>• 整车/总成/零部件的质量、质心参数；</li> <li>• 每一个零部件所对应的材料牌号；</li> <li>• 弹簧、橡胶等连接的刚度与阻尼信息；</li> <li>• 分析任务目标要求等。</li> </ul> 具体内容见表 7。			—	
整车仿真模型创建	建立整车碰撞仿真分析模型，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 整车网格模型建立；</li> <li>• 各种连接关系建立，包括点焊连接、焊</li> </ul>			带前处理工具、版本号信息及日期等信息的整车	

工作任务	工作内容	开始时间	结束时间	文件及输出	负责人
	缝连接、胶粘连接及其它连接等； • 材料属性设置，包括材料属性、板壳厚度属性、梁截面属性、质量属性、刚度属性等设置。			碰撞仿真分析模型。	
模型检查及修复	模型检查内容包括： • 网格连续性与重复检查，包括零件应全部被网格化检查、“自由边”检查、干涉或穿透检查、“壳单元法向”检查、节点和单元重新性检查等，并对模型进行修复； • 网格质量检查，检查内容及标准见表 11，对质量较差的网格进行修改或者重划，得到更好的网格质量； • 单元材料属性信息检查，检查模型中是否存在“无材料、无属性”的单元及材料、属性是否与设计数据一致，并进行修复， • 整车质心与质量调节，当整车模型质量和质心位置与设计数据不符时，可通过增加配重、增加集中质量以及改变刚体的惯性属性等方式进行质量分布的调整。			模型检查结果文件，包括单元、节点类型和数量信息、网格质量信息、模型重量和质心信息等。	
碰撞模型建立	创建内容包括： • 创建壁障和地面模型； • 将壁障和地面模型与整车模型装配，组成整车碰撞模型，可包括正面 100%碰撞仿真模型、正面 40%偏置碰撞仿真模型、及侧面移动壁障碰撞仿真模型等； • 建立接触关系，包括整车自身接触、整车与刚性壁障、汽车轮胎与地面之间接触等。			包含接触关系的整车碰撞模型，可包括包括正面 100%碰撞仿真模型、正面 40%偏置碰撞仿真模型、及侧面移动壁障碰撞仿真模型等。	
初始条件及边界条件	在碰撞模型是施加初始条件和边界约束。			包含初始条件和边界约束的碰撞模型文件。	
求解设置	求解设置内容包括： • 接触控制； • hourglass 控制； • 能量控制； • 壳单元与实体单元控制； • 计算时间控制及时间步长控制； • 结果输出控制； • K 文件输出； • 求解。			k 文件及结果 d3plot 文件。	
结果后处理	结果后处理内容包括： • 仿真结果可信性分析； • 整车质量变化分析； • 整车能量变化分析； • 整车变形阶段性分析； • 整车速度及加速度分析； • 关键部件变形分析； • 关键部件吸能分析； • 乘员舱变形分析。			各种云图、动画、曲线图、折线图、图表等。	
模型修正	仿真模型误差修正。			修正后模型。	
报告输出	计算报告编制。			碰撞仿真分析计算报告。	

## 8 整车模型建立

### 8.1 数据准备

数据准备主要是整车几何 CAD 模型准备与参数准备，其中参数包括质量、质心、材料参数、焊点信息等，这是做整车碰撞仿真最基础的输入信息：

- a) 三维 CAD 几何模型完整、合理、无干涉，数据类型可为 CATIA、UG、PRO/E 及 Stp、iges 格式等，并提供板厚列表信息；
- b) 总成/零部件之间的连接关系，提供总成/零部件的明细表；
- c) 连接（焊点，铆接，胶接等）的空间分布参数，以及具体到每种连接的结构参数；
- d) 整车/总成/零部件的质量、质心参数；
- e) 每一个零部件所对应的材料牌号；
- f) 弹簧、橡胶等连接的刚度与阻尼信息；
- g) 几何 CAD 模型与参数准备，也需提供版本信息。

整车碰撞建模中需要准备的数据内容及要求如表 7。

**表7. 数据内容及要求**

序号	总成名称	数据内容	要求	
1	白车身	白车身三维数模及焊点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 焊点信息完整、焊接层级清楚</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 零部件的厚度要明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> <li>• 胶粘位置完整、准确</li> </ul>	
		白车身零部件明细表及质量和质心统计表		
		白车身胶粘分布位置图		
2	内外饰	内外饰三维数模及焊点		
		内外饰部件明细表及质量和质心统计表		
3	开闭件	开闭件三维数模及焊点		
		开闭件部件明细表及质量和质心统计表		
4	动力总成	动力总成的三维数模及连接关系		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>
		动力总成零部件明细表及质量和质心统计表		
		发动机设计参数		
5	转向系统	转向系统的三维数模及连接关系		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>
		转向系统零部件明细表及质量和质心统计表		
6	前悬挂	前悬架的三维数模及连接关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>	
		前悬架零部件明细表及质量和质心统计表		
		弹簧刚度		
7	后悬挂	后悬架的三维数模及连接关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>	
		后悬架零部件明细表及质量和质心统计表		
		弹簧及橡胶软垫刚度		
8	进排气系统	进排气系统的三维数模及连接关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>	
		进排气系统零部件明细表及质量和质心统计表		
		橡胶软垫刚度及阻尼		
9	燃油系统	燃油系统的三维数模及连接关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>	
		燃油系统零部件明细表及质量和质心统计表		
		油箱满载质量和质心		
10	轮胎、备胎	轮胎、备胎的三维数模及连接关系	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> <li>• 质量和质心统计完整、准确</li> </ul>	
		轮胎、备胎零部件明细表及质量和质心统计表		
11	电器系统	电器系统的三维数模及连接关系中	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 三维数模完整、无误、无干涉穿透</li> <li>• 零部件的材料牌号明确</li> </ul>	
		电器系统零部件明细表及质量和质心统计表		

序号	总成名称	数据内容	要求
			• 质量和质心统计完整、准确
12	其它	材料参数及应力应变曲线	—
		整车质量和质心参数用系统等	—
		车辆为新能源汽车时，根据车辆类型增加动力电池系统、氢能储存和使	—

## 8.2 建模原则

为节省计算资源及保证仿真精度，在综合分析各零部件在碰撞仿真分析中的作用及变形特征的基础上对相应构件进行合理简化及建模处理，具体措施包括以下几个方面：

- a) 需保证模型要能够正确反映各柔性构件的变形吸能特性，如车身钣金件和底架纵梁等，采用计及大变形的单元类型详细建模。
- b) 体积和刚度均较大的构件如发动机、变速箱等由于在碰撞过程中自身几乎不变形但可能与其它变形体接触，可采用刚性体单元模拟。
- c) 对变形可忽略的小构件还可进一步用点质量单元建模以保持整车模型的总质量和重心位置与实车一致。
- d) 一般情况下，钣金件建模时一个零件对应一个 component，component 的名称在零件名称基础上进行命名，从左至右，依次是项目代号或者车型代号、子组代号（建议用名称缩写）、零件号（建议用名称缩写或编号）、厚度（用字母“T”+厚度参数表示）、材料及版本号（用字母“V”+模型版本号参数表示）等，中间间隔符号用下划线“\_”标识，如：

GL8\_BIW\_123\_T2.0\_SPCC\_V1.0。

上述名称含义：项目代号或者车型代号：GL8，子组代号：白车身，零件号：车上的零件，零件编号为 123；厚度：厚度为 2mm；材料：材料为 SPCC，零件模型版本号：V1.0。

- e) 对于拼接件，或由不同的厚度和材料形成的挤压件，应按不同的板厚和材料特性分成不同的 component，component 的命名同（3）中方式。
- f) 对于浇铸/压铸件，在采用板壳单元建模时，有限元模型需要能够表现出不同位置的厚度信息，

可以通过在对应位置直接给单元节点赋厚度（也叫节点厚度），也可以根据厚度的不同将浇铸/压铸件分成不同的 component，component 的命名同（3）中方式。

- g) 在白车身总成和开闭机构总成中都有焊点和粘胶，焊点有两层、三层以及四层焊，可按以下方式创建 component：

SPOTX \_ XXXXX，表示焊点层数和总成以及位置。

如前车门上的两层焊，命名为 SPOT2\_closure\_front\_door。

### 8.2.1 单元类型

整车碰撞仿真分析中用到的单元类型包括 1D 单元、2D 单元及 3D 单元，具体单元类型及应用对象如表 8。

**表8. 单元类型及应用对象**

单元维度	单元类型	单元编号	应用对象
1D 单元	梁单元	Beam161	螺栓
	弹簧阻尼单元	COMBI165	弹簧、减震器等构件
	质量单元	Mass166	变形可忽略的小构件
	刚性单元	-	焊点
2D 单元	板壳单元	Shell163	白车身、开闭机构、底盘等钣金件。

3D 单元	实体单元	Solid164	发动机、变速箱、引擎冷却箱和刹车片等刚度较大构件。
-------	------	----------	---------------------------

## 8.2.2 单元尺寸

整车碰撞仿真分析中各部位单元尺寸如表 9。

**表9. 不同部位单元尺寸**

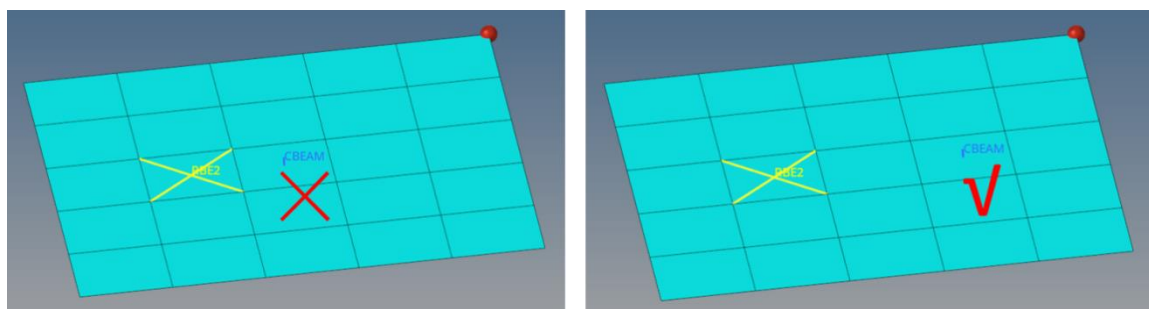
组件	零件/component	标准单元长度 TEL (mm)	最小单元边长 MEL (mm)
Front & Rear ends	Bumper Beam	6	2
	Crush Cans	6	2
	Initiators (Cans & Longits)	6	2
	Side members / Longitudinals	6	2
	Structural members (panels)	6	2
	Dash / Dash Cross Member	6	2
	Bonnet	6	2
	Outer skins	6	2
Main Floor	Floor panels	6	2
	Structural members (longitudinals and cross-members)	6	2
	Heel board	6	2
Body Upper Structure	Body side	6	2
	A, B, C, and D posts	6	2
	siil	6	2
	Cantrails	6	2
	Roof bows	6	2
Roof	Panels	6	2
	Cross Members	6	2

## 8.2.3 1D 单元建模

### 8.2.3.1 Beam 单元

车体模型中的车桥、推力杆、连接轴销及焊点等采用 Beam 单元建模，Beam 建模的一般原则如下：

- 在建立梁单元之前，首先确定梁单元坐标与全局坐标的关系，所有单元坐标系满足右手定则；
- 明确梁轴方向关键点和梁轴的方向；
- 为保持力的作用点，梁线尽可能取在截面的形心处，当截面形式为变截面时，为保持梁线的线性关系，可通过梁截面偏置功能来实现；
- 梁单元必须定义截面形状尺寸（或直接定义截面面积、转动惯性矩）、偏置信息等；
- 使用梁单元连接壳单元时，梁单元与刚性单元至少相隔一排单元以避免过约束，如图 3 示意。



**图3. 梁单元与刚性单元连接位置分布**

### 8.2.3.2 Rigid 单元

模型中采用刚性单元进行连接时，需遵守以下编制原则：

- a) 不能存在自由端；
- b) 不能存在刚性环，即其中的节点不能既是主(master)点又是从点(slave)；
- c) 两个刚性单元之间不能出现公共节点；
- d) 不能用刚性单元连接刚性单元或者刚体，不能将刚性单元连接到已经定义约束的节点上；
- e) 刚性焊点单元要与所连接的表面正交。

### 8.2.3.3 Mass 单元

采用质量单元建模时遵守的原则如下：

- a) 内饰的质量要用尽量多的质量点附加在所依附的部件上；
- b) 座椅的质量，用集中质量代替，集中质量要位于重心上，并用刚性单元连接到座椅所在位置的4个锚点上(anchor point)。

### 8.2.4 2D 单元建模

车身钣金件采用抽取中面的方式进行2D板壳单元建模，钣金件建模方式和需要遵守的原则如下：

- a) 在零件中面处进行建模，如果提供的几何数据不在中面位置，则应将其调整至中面位置；
- b) 使用线性壳单元(3节点或4节点)对零件进行网格划分；
- c) 壳单元的法线方向应统一；
- d) 三角形单元的比例要小于5%；
- a) 单元的网格线要与几何的边界正交，即网格线与截面平行或垂直，如图4示意；

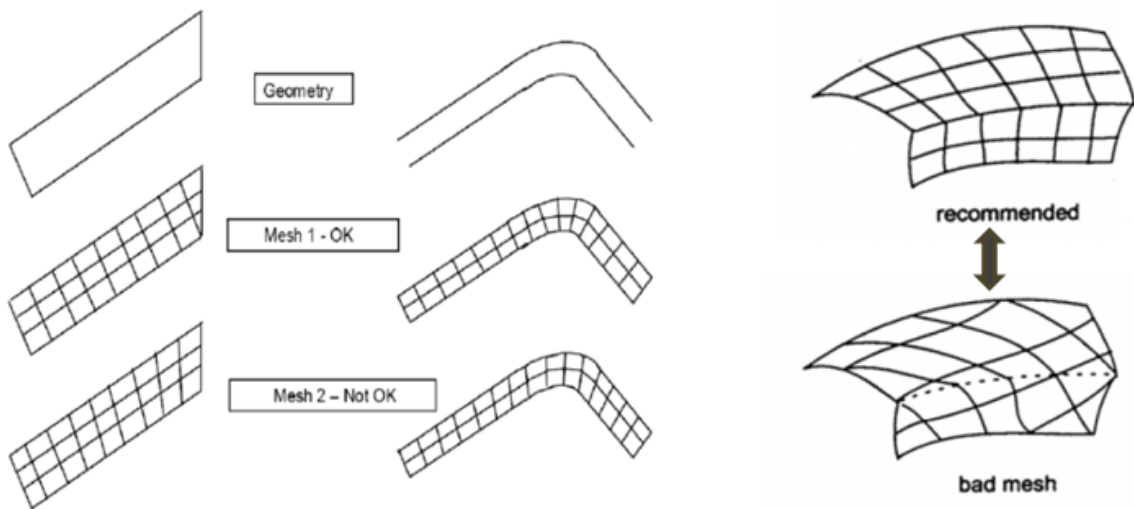


图4. 正交化网格和非正交化网格

- b) 尽量避免多个三角形单元连在相同的节点上，如图5示意；

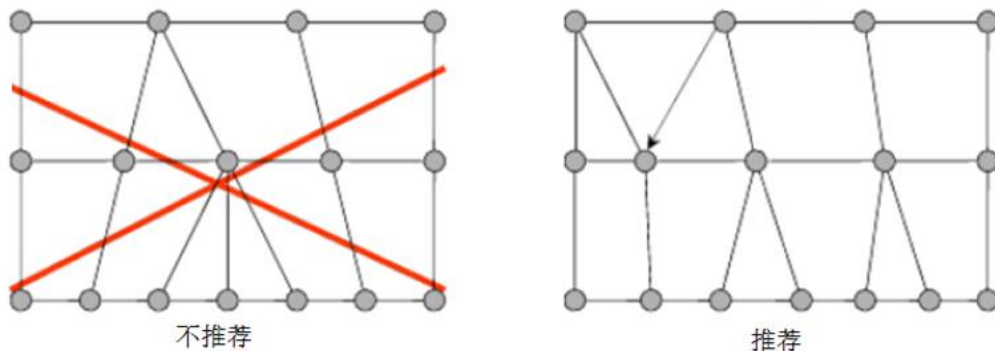


图5. 三角形单元分布

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/856145150152010120>