

GB 17578—201X《客车上部结构强度的规定》

(报批稿)

编制说明

二〇一一年九月

目 次

一、 综述	2
二、 关于标准范围	3
三、 关于生存空间	3
四、 关于附录 A 车辆质心位置的测量	4
五、关于附录 B 上部结构的结构基本说明	6
六、 关于附录 C 整车侧翻试验	6
七、 关于附录 D 车身截段侧翻试验	7
八、 关于附录 E 车身截段准静态负荷试验	7
九、 关于附录 F 根据测试部件进行准静态计算	8
十、 关于附录 G 计算机模拟整车侧翻试验	9
十一、 关于标准实施的过渡期	12

GB 17578—201X《客车上部结构强度的规定》(征求意见稿)

编制说明

一、综述

1. 本标准是对 GB/T 17578—1998《客车上部结构强度的规定》的修订，并作为强制性国家标准，项目编号：20076039-Q-303。

2. 本标准与 1997 版的主要技术性差异如下：

(1)更改了标准的适用范围

1998版的适用范围：

适用于车长大于7米的单层城市客车、长途客车（座位车）和旅游客车。

修订后的适用范围：

适用于M₂类和M₃类中的Ⅱ级、Ⅲ级及乘客数大于16人的B级客车，包括卧铺客车。

也可适用于M₂类和M₃类中的其它客车。

(2)在 1998 版的“整车侧翻试验”基础上，增加四种等效验证方法：

- 车身截段侧翻试验
- 车身截段准静态负荷试验
- 根据测试部件进行准静态计算
- 计算机模拟整车侧翻试验

(3)试验时的载荷方式由 1998 版的整车整备质量增加为车辆总有效质量；

(4)修订为强制性国家标准；

(5)本标准与 1997 版更多的技术性差异见标准前言。

3. 本标准等效采用联合国欧洲经济委员会 2006 年 2 月 22 日颁布的第 66 号法规“关于大客车上部结构强度认证的统一技术规定”01 版（ECE R66 *Uniform technical prescriptions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to the strength of their superstructure*）及其修订单、勘误单的技术内容，本标准章条编号与 ECE R66 章条编号的对应关系见附录 J。

本标准与 ECE R66 的主要差异如下：

- 对 ECE R66 中的管理性条款未予采纳（参见附录 J）；
- 根据我国国家标准的编写规定并考虑到与相关标准的一致性所做的编辑性修改（参见前言）；
- 在不影响技术要求的前提下为了提高标准的可操作性而作的补充内容（详见附录 K）；

4. 在标准前言和附录 J、K 中已经阐述的内容在此编制说明中不另赘述或叙述从简。

二、关于标准范围

1. ECE R66、1998 版及本版的适用范围：

各相关标准、法规	适用范围	提请注意
1998 版	适用于车长大于 7 米的单层城市客车、长途客车（座位车）和旅游客车。	包括车长大于 7 米的单层城市客车
ECE R66 修订单 2	适用于 M ₂ 或 M ₃ 类中的 II 级、III 级以及乘客数大于 16 的 B 级单层刚性或铰接式车辆。 应制造商要求，也可适用于 M ₂ 或 M ₃ 类中的其它客车。	对于双层客车是“应制造商要求”，不是强制要求。
本 版	适用于 M ₂ 类和 M ₃ 类中的 II 级、III 级及乘客数大于 16 人的 B 级客车，包括卧铺客车。 也可适用于 M ₂ 类和 M ₃ 类中的其它客车。	1) 对于 II 级、III 级中的卧铺客车、双层客车是强制要求。 2) 第二段比 R66 少了“应制造商要求”的前提。

2. 本标准与 1998 版相比较：

- (1) 删除了对单层城市客车的规定；
- (2) 增加了对乘客数大于 16 的 B 级客车及卧铺客车和（II 级、III 级的）双层客车的规定；

3. 本标准比 ECE R66 更严格：

- (1) 增加了对卧铺客车的规定，而 R66 未提及、其生存空间也不适用于卧铺客车。
- (2) 提高了对 II 级和 III 级**双层客车**的要求，由 R66 的“应制造商的要求”提高为强制规定。

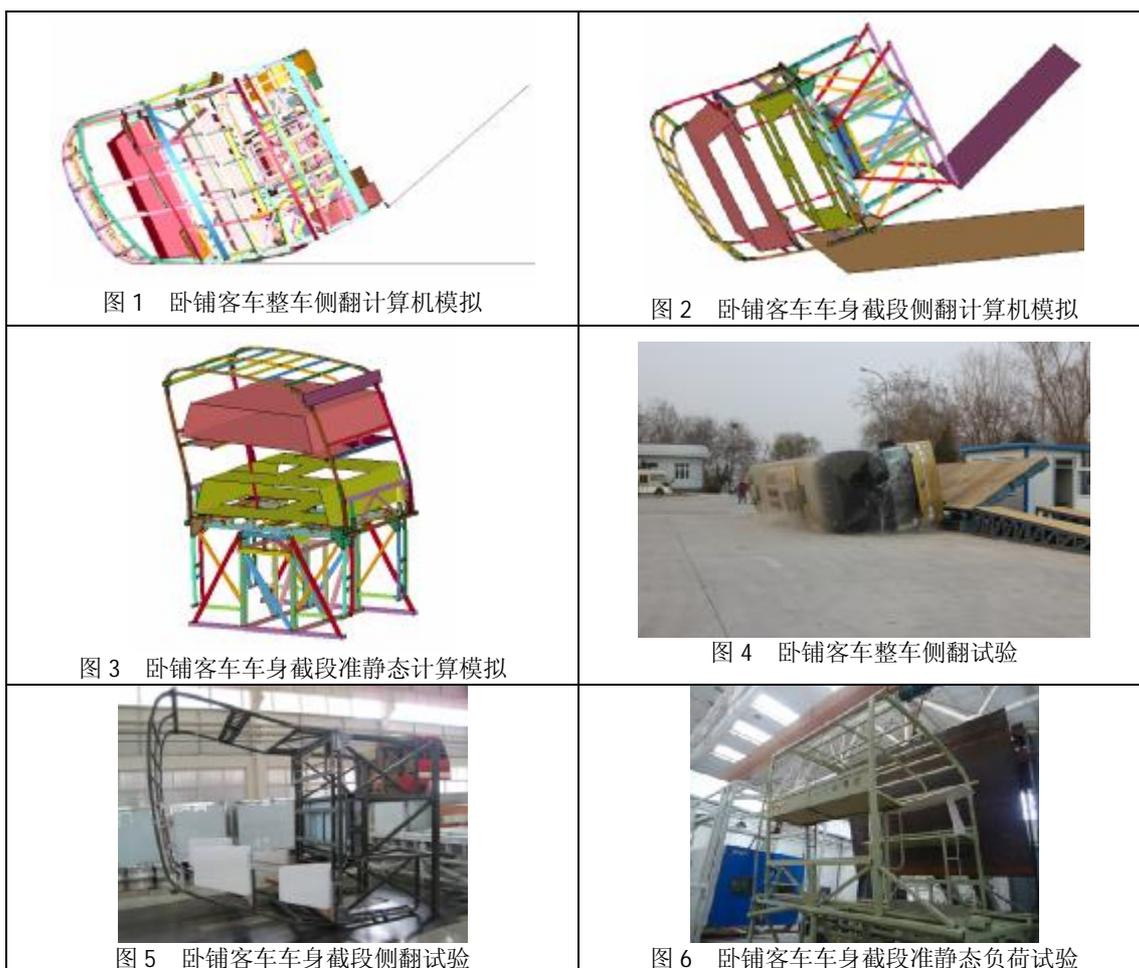
4. 本标准适用于专用校车。

三、关于生存空间

生存空间的确定详见第 4 章，其中：

1. 卧铺客车的生存空间

卧铺客车生存空间的确定详见 4.2.2，这是本标准较 1998 版本和 ECE R66 新增加的内容，其生存空间的确定是以乘客卧姿为基础，结合座位客车生存空间定义、GB 10000-1988《中国成年人人体尺寸》、GB/T 12985-1991《在产品设计中应用人体尺寸百分位数的通则》和卧铺客车具体结构形式，对上铺生存空间和下铺生存空间分别进行定义。基于此定义，我们又进行了多次卧铺客车整车侧翻计算机仿真分析、车身截段侧翻仿真分析、车身截段准静态计算分析，并分别在交通部通州试验场、国家汽车质量监督检验中心（襄樊）和郑州宇通客车股份有限公司进行了卧铺客车整车实车侧翻、车身截段侧翻、车身截段准静态负荷试验验证工作，在试验方法、仪器设备和数据处理等方面与座位客车上部结构强度试验方法保持一致。



2. 双层客车的生存空间:

双层客车的上层、下层均应满足单层座位客车生存空间（详见 4.2.1）的要求，这是比 1998 版新增的内容，也是将 R66 的推荐性要求改为强制性规定。

3. 铰接客车的生存空间:

铰接客车的每个刚性段应符合生存空间的要求。车辆每个相连的刚性段可以单独进行测试，也可以联合进行测试。

四、关于附录 A 车辆质心位置的测量

附录 B 是较 1998 版新增的内容，客车在侧翻试验、计算机模拟过程中吸收的基准能量都取决于客车质心位置，因此质心位置的测量准确度就十分重要。本标准给出了质心三个位置的测量方法。包括质心距离前轴中心线的距离（ l_1 ）、距车辆垂直纵向中心面的距离（ t ）、以及车辆轮胎按要求充气时，高于平坦的水平地面的垂直高度（ h_0 ）。

质心距离前轴中心线的距离（ l_1 ）、距车辆垂直纵向中心面的距离（ t ）通过测量车辆在水平状态下，每个轮胎作用在地面上载荷的反作用力，根据力矩平衡的原理，通过公式 $l_1 = \frac{(P_3 + P_4) \times L_1 + (P_5 + P_6) \times L_2}{(P_{total})}$ 、 $t = \left[(P_1 - P_2) \times \frac{T_1}{2} + (P_3 - P_4) \times \frac{T_2}{2} + (P_5 - P_6) \times \frac{T_3}{2} \right] \times \frac{1}{P_{total}}$ ，得到这两个参数的数值。

车辆轮胎按要求充气时，高于平坦的水平地面的垂直高度（ h_0 ）则是根据质量转移法进行测量。通过放置在车辆轮胎下部的复合传感器测量车辆某个车桥在一定的举升高度下各个车

轮作用在水平面上的负荷的反作用力，利用车辆力矩平衡的原理，利用

$$h_0 = r + \frac{1}{\text{tga}} \times \left(l_1 - L_1 \times \frac{F_3 + F_4}{P_{\text{total}}} \right)$$

公式进行计算，得到车辆中心高度的数值。

试验过程中要求，悬挂应按制造商的说明在常规操作位置锁定。该方法可以测量车辆在整备质量状态下的质心位置参数、测量总有效质量状态下的质心位置参数，或者按照试验的具体要求测量部分载荷下的质心位置参数。测量数据的精确度取决于测量设备的精度，包括负荷计、倾角仪、几何尺寸等设备的精度。精度越高测量的数据越准确，另外质心高度的测量倾角越大，测量的数据越准确。标准给出了测量设备的最低要求。几何尺寸测量量程小于2000mm的测量，精确到± 1 mm；几何尺寸测量量程大于2000mm的测量，精确到± 0.05%；测量角度，精确到± 1%；

客车质心高度测量试验验证数据：

(1) 9 米以下客车：



图 7 抬高客车后轴



图 8 抬高客车后轴

数据如下：

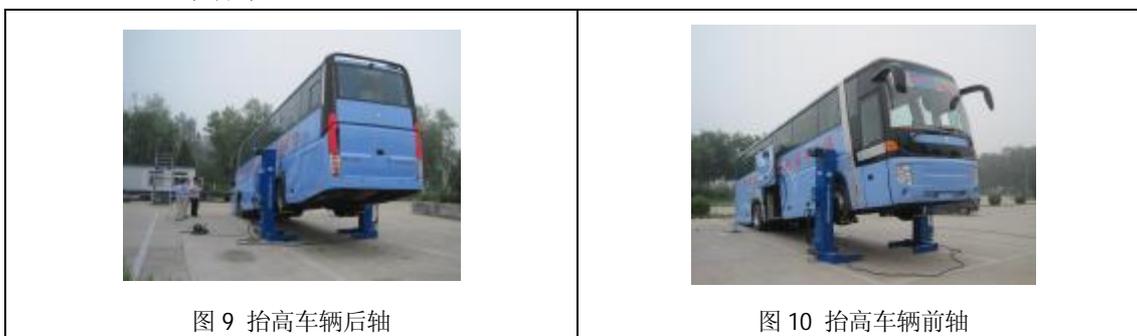
车辆倾斜角度，°	倾斜时车辆载荷，kg	载荷增量，kg	质心高度，mm
0	1365	/	
2	1380	15	819
4	1400	20	899
6	1410	10	815
8	1425	15	814
10	1440	15	812
12	1450	10	782
14	1465	15	784
16	1490	25	824
18	1505	15	818
20	1525	20	828
22	1545	20	835

第二次试验：

车辆倾斜角度，°	倾斜时车辆载荷，kg	载荷增量，kg	质心高度，mm
0	1365	/	/
2	1380	15	819
4	1395	15	817
6	1410	15	815
8	1425	15	814
10	1440	15	812
12	1450	10	782

14	1470	20	807
16	1490	20	824
18	1505	15	818
20	1525	20	828
22	1545	20	835

(2) 12 米客车:



抬高车辆后轴的试验数据:

车辆倾斜角度, °	倾斜时车辆轴荷, kg	载荷增量, kg	质心高度, mm
0	4100	/	/
2	4170	60	1477
3	4210	40	1456
4	4240	30	1464
6	4315	75	1481
7	4350	35	1475

抬高车辆前轴的试验数据:

车辆倾斜角度, °	倾斜时车辆轴荷, kg	载荷增量, kg	质心高度, mm
0	8680	/	/
2	8750	70	1455
3	8790	40	1499
4	8820	30	1453
5	8860	40	1479
6	8895	35	1473

通过上述试验验证, 证明通过附录 A 规定的质量转移法测试质心位置是可行的。

五、关于附录 B 上部结构的结构基本说明

附录 B 是较 1998 版新增的内容, 规定了认证车辆的上部结构形式及质量分布原则, 以明确客车上部结构的相关定义, 规范认证车辆的上部结构, 是在充分考虑了我国客车上部结构、尤其是卧铺客车和双层客车的上部结构后, 以 ECE R66 附件 4 内容为基础编制的, 其主要内容与 ECE R66 附件 4 保持一致。

六、关于附录 C 整车侧翻试验

附录 C 主要涉及到整车倾翻试验的样车准备和试验过程，结合国家客车质量监督检验中心的约近 80 余次整车试验经验编制的。

1. 附录 C 主要内容来源于 ECE R66 附录 5，主要修改如下：

(1) 该附录直接来源于 ECE R66 中的附录 5，在本标准中增加了试验范围，除了单层客车外，增加了双层客车和卧铺客车上部结构强度的考核。

(2) ECE R66 中 2.17 规定每个乘员质量 68kg，本标准采用 GB/T 12428-2005 《客车装载质量计算方法》、GB 24407-2009 《专用小学生校车安全技术条件》和 GBxxxx-201x 《专用幼儿校车安全技术条件》（一旦发布）中对乘员质量的规定。

(3) 由于我国标准中对座椅 R 点的定义来源于欧标，定义 R 点完全相同，因此，将 ECE R66 中附录 5 的 2.1.5.1.2 中的 ECE R21 中 R 点修改为：“GB 11551 中附件 C 中 R 点的定义”。

2. 附录 C 与 GB/T17578-1998 相比，主要差异如下：

(1) 增加了有安全带的座椅的客车需要在座椅上增加半载或满载进行试验，同时锁止悬架的要求，这些差异在我们的验证试验中已经体现出来。

这些主要是为了更好的接近乘员一般都是佩戴安全带的这种实际情况，锁止悬架是将悬架作为一个刚体，翻倒的时候悬架不变形，加严了考核要求。

(2) 增加了侧翻试验台应该有足够的刚度和充分可控的转速，以保证同时举起车轴，所测的车轴举起时轴下平台间斜角差小于 1°(见附录 C.1.1)；

由于试验台不可能完全刚性，因此增加此条，增加可操作性。

(3) 增加了侧翻平台起始水平面与撞击面之间高度差 800mm 的误差(见附录 C.1.2)；

增加此条主要是为了增加可操作性。

(4) 增加了车轮挡板详细尺寸的说明(见附录 C.1.4 a)；

以前 GB/T17578-1998 只是说明需要一个挡板，但是未对挡板的尺寸加以明示，增加此条主要是为了增加可操作性和试验方法的统一性。

(5) 修改了翻转轴中心线距离撞击平面侧壁的水平距离，原来 0~200mm，现在为不大于 100mm(1998 版 5.2.2 b)；本版附录 C.1.3.a)；

(6) 增加了针对铰接客车的试验规定说明(见 C.2.3)；

(7) 增加了对高速摄像机位置的规定说明(见 C.3.4)；

增加此条主要是为了保证试验录像在要求区域不变形，可以作为试验后再次分析的依据。

3. 关于卧铺客车和双层客车

本标准提出了双层客车和卧铺客车上部结构强度试验的要求，由于整车双层客车和卧铺客车与单层客车相比，只是高度高些，且在本标准中已经明确了试验结果的评价方法，因此试验方法同单层客车，高速摄像机的位置规定也满足卧铺和双层客车的要求。

4. 其它

由于验证试验报告都涉及到企业的机密，恕不附加于此。

七、关于附录 D 车身截段侧翻试验

由于整车侧翻试验成本高、周期长、对场地设备要求较高、可操控性较差，而车身截段侧翻试验不仅能达到验证车身骨架的设计强度，方便设计人员优化修改，验证 CAE 模型模拟仿真的准确性的目的，而且方便操作，大大节约了成本，缩短了试验周期。因此，在总结了澳大利亚侧翻专家的经验，消化吸收了骨架侧翻试验的国内外法规的基础上制定了附录 D，其内容与 ECE R66 基本相同，只是为了方便标准的使用，进一步提高标准的可操作性，对如何在车辆上选取车身截段等具体方法上做出了更清晰和明确的规定，详见附录 K。

八、关于附录 E 车身截段准静态负荷试验

附录 E 是较 1998 版新增的内容，在全文采用 ECE R66 法规附件 7 的基础上主要变化有：

1. 将加载作用的“刚性梁”改为“刚性平板”，并将原文中仅对“刚性梁”的长度要求扩展为对“刚性平板”的尺寸要求（包括了宽度），以确保能够模拟地面（改变后的要求与原文中的附件 8 基于部件的准静态计算方法中的要求一致）；

2. 在 E6.4 中相对原（Annex 7 - Appendix 1）中内容增加了“当需要通过多个车体截段的质心垂直位移确定整车的质心垂直位移时”以明确该段描述的具体用途。

九、关于附录 F 根据测试部件进行准静态计算

附录 F 是较 1998 版新增的内容，基本上沿用了 ECE R66 附件 8 的所有条款。

为制定附录 F，项目组选定了三个厂家的三款客车进行 ECE R66 的附件 8 适用性的研究和验证，涉及车型包括两辆单层客车和一辆卧铺客车。进行标准适用性研究的目的是为了发现 ECE R66（附件 8）在我国执行过程中可能遇到的问题，包括我国特有而 ECE R66 未涉及的双层客车以及卧铺客车等，并对这些问题加以研究，提出解决对策。

研究过程

首先根据 ECE R66 附件 8 的条款制定统一基于部件试验的准静态计算试验计算方法，各车辆提供单位按此方法进行车辆准静态模拟计算。在计算完成后，组织各单位对整个过程中存在的一些问题和技术细节加以讨论，寻求对策，形成共识。依照项目组的整体规划，各参与单位在进行计算的同时，也进行了相应的准静态负荷试验。这有利于对比仿真和试验的亦同。在完成上述工作之后，我们最终将 ECE R66 附件 8 的条款转化为 GB17578 附录 F 的各条款。

鉴于实际应用效果，对 ECE R66 附件 8 未作技术性更改。

准静态仿真及结论

按照 GB17578 附录 F 的条款进行了 3 款客车的准静态模拟，计算结果如下：

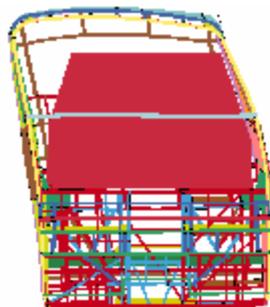


图 11 A 客车最终变形

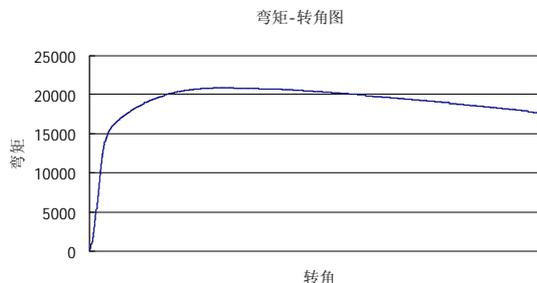


图 12 A 客车塑性铰特性

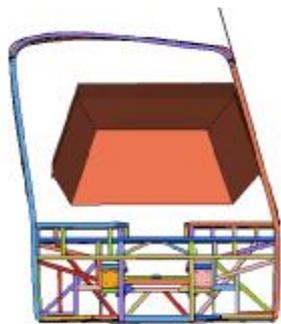


图 13 B 客车初始方案最终变形

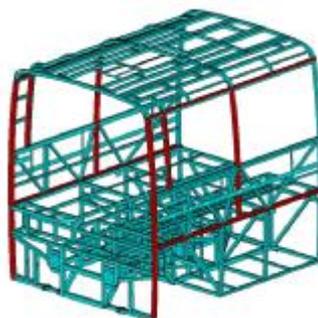


图 14 B 客车方案改进措施
(红色构件作料厚和截面调整)

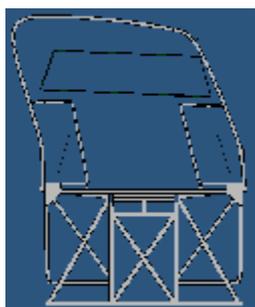


图 15 C 客车最终变形

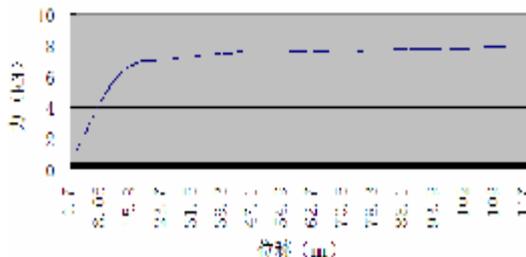


图 16 C 客车塑性铰特性

相关结论:

三款客车准静态模拟结果在变形模式上与准静态负荷试验基本一致,说明仿真达到了工程实用的精度,在一定的条件下,可用仿真模拟法来替代实际的侧翻试验;

(1)仿真计算中 A 客车和 C 客车不满足标准要求; B 客车在进行方案修改后满足标准要求,而实际试验表明三款客车均能满足要求。这说明基于部件测试的准静态模拟,其结果较整车侧翻试验偏于保守。这有助于得到更保守的结论,从而避免出现模拟计算满足要求而实际试验却不满足的不合理结论。

(2)基于部件测试的准静态模拟方法也同样适用于卧铺客车和双层客车。需要注意的是卧铺客车在车内有卧铺立柱,通常立柱与车体连接位置也是塑性铰位置,这在计算中需予以定义。

十、关于附录 G 计算机模拟整车侧翻试验

附录 G 基本上沿用了 ECE R66 附件 9 的所有条款,并在原有条款基础上针对个别条款进行了一定的技术补充和细化,主要是为了我国标准执行过程中的可操作性。

为制定附录 G,项目组选定了 7 款客车进行 ECE R66 标准(附件 9)试用性研究,这 7 款客车包括了低驾驶区座位客车(12 米)、卧铺客车(11-12 米)、一般营运客车、薄壳结构(无骨架式)小型客车(6-7 米)和双层客车。进行标准试用的目的是为了发现 ECE R66(附件 9)在我国标准执行过程中可能遇到的相关问题,包括我国特有而 ECE R66 未涉及的双层客车以及卧铺客车等,并对这些问题加以研究和提出相应的解决办法。

制定过程如下：首先根据 ECE R66 附件 9 的条款制定了统一的计算机模拟整车侧翻试验计算方法，各参与单位按此统一的计算方法进行客车整车侧翻试验模拟，在所有参与单位完成这一过程后，再组织各参与单位对整个过程中存在的一些问题或者技术细节加以讨论，并达成统一的共识。之后，项目组组织对应的 7 个车型进行实际侧翻试验，与侧翻仿真模拟进行对比，在对比完成的基础上，最后将 ECE R66 附件 9 的条款转化为附录 G 的各条款。

对 ECE R66 附件 9 的技术性更改及更改理由

总体上，附录 G 沿用了 ECE R66 附件 9 的所有条款，所不同的是，GB17578 附录 G 对 ECE R66 附件 9 的个别条款进行了补充或细化明确，技术性的更改主要有以下四点：

(1) G.2 a) 在 ECE R66 附件 9 2.1 条中增加了“选取用于测试的部位主要是车身骨架的两侧接头部位，包括焊接、铆接、螺栓连接等接头。试验方法是截取接头部位，对其施加静态或动态载荷，使构件发生弯折或断裂等破坏，测试接头部位的变形或破坏模式，数学模型采用同样的工况进行比较，验证部件模型的有效性或模型中的假设。”

更改的理由：因为车身两侧骨架接头是侧翻时的主要承力部位，但由于接头一般通过焊接、铆接和螺栓等进行连接，目前理论上还没有精确的模拟方法，所以通过部件试验来进行验证，保证接头模拟的准确性，从而保证整车建模的精度。原条款中只提到了要进行部件试验和验证，但选取哪些部件并未明确，修改后的条款明确了试验的部位及如何进行试验。

(2) G.2 d) 在 ECE R66 附件 9 2.3 条后增加了“客车有限元模型中，推荐的上部结构网格尺寸不大于 20mm。”

更改的理由：网格尺寸是影响有限元仿真模拟精度的一个重要方面，网格尺寸越精细，模拟的精度越高，但过分精细会导致仿真计算时间大大延长，不利于实际操作，同时对精度的提高也有限，因此，上部结构规定一个统一的限定尺寸，不大于 20mm 的上部结构网格尺寸在本次试用中被证明是比较合适的。

(3) G.2 e) 在 ECE R66 附件 9 2.3 条后继续增加了

“推荐有限单元网格质量标准为：

- 1) 翘曲度 (Warpage) $\leq 15^\circ$
- 2) 长宽比 (Aspect Ratio) ≤ 5
- 3) 四边形内角 (Angle Quad): $40^\circ \sim 135^\circ$
- 4) 三角形内角 (Angle Tri a): $25^\circ \sim 120^\circ$
- 5) 雅各比 (Jacobi an) ≥ 0.6
- 6) 三角形单元数目不超过总单元数目的 5%。”

更改的理由：上述有限单元网格质量标准是车辆结构碰撞及变形常用的标准，国内外很大的汽车企业在进行整车碰撞模拟时都采用了上述标准，这里给出此标准，便于 GB17578 的统一和可操作。

(4) G.3.7 将 ECE R66 附件 9 3.7 条改为“地面接触点的摩擦系数可由物理测试得出，计算所采用的摩擦系数应当大于或等于实际测量得到的摩擦系数。如果不进行摩擦系数的测试而采用假设的方法，假设的摩擦系数应不低于 0.7。”

更改的理由：这里对接触地面点的摩擦系数的假设取值进行了明确，即 0.7。因为接地点摩擦系数对整车侧翻时结构的变形是有影响的，0.7 应是车辆结构与地面摩擦系数的最大值。摩擦系数越大，结构变形的计算结果越趋于保守，这符合了仿真计算必须使计算结果趋

于保守的原则，同时也使标准统一和便于操作执行。

试验验证及结论

按照附录 G 的条款进行了 7 款客车的整车侧翻模拟，其变形结果如下：

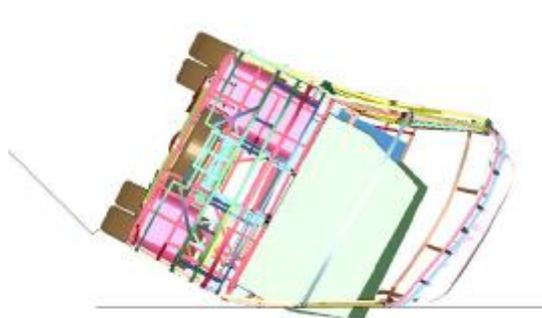


图 17 D 客车侧翻模拟（首轮）

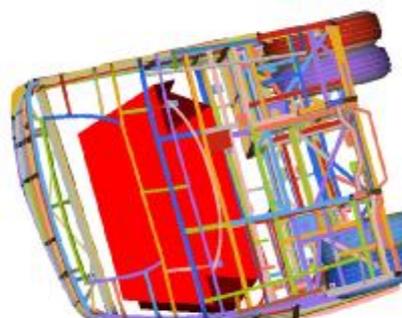


图 18 B 客车侧翻模拟变形

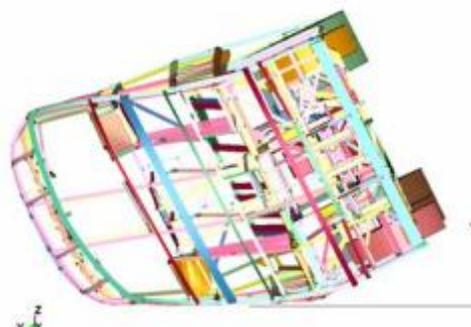


图 19 C 卧铺客车侧翻模拟

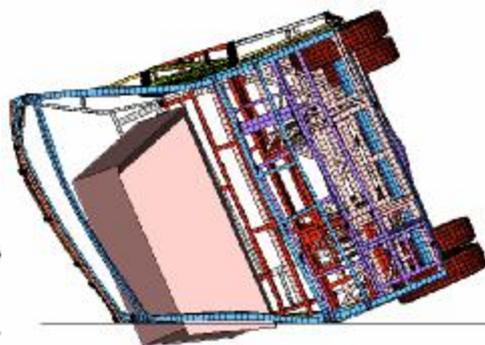


图 20 D 客车侧翻模拟

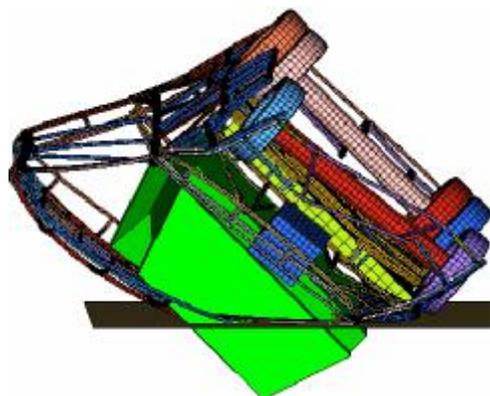


图 21 E 客车侧翻模拟（首轮）

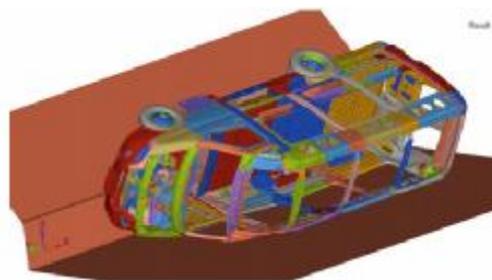


图 22 F 客车侧翻模拟

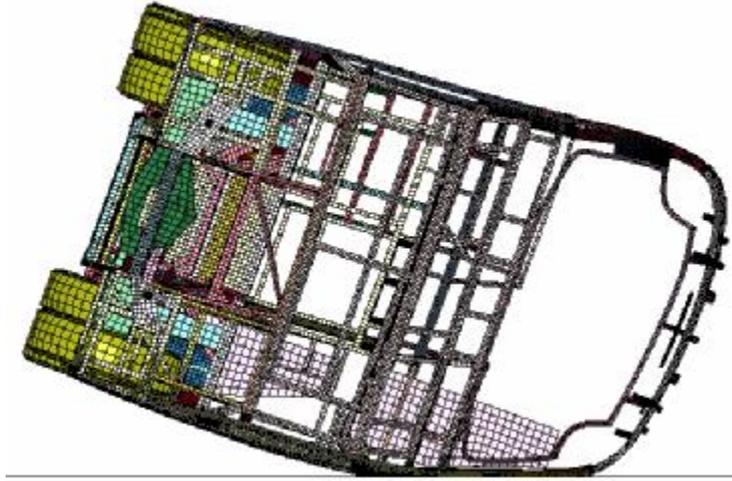


图 23 双层客车侧翻模拟

相关结论:

(1) 7 款客车侧翻仿真模拟的变形趋势、变形模式与整车侧翻试验基本一致, 说明仿真达到了工程实用的精度, 在一定的条件下, 可用仿真模拟法来替代实际的侧翻试验;

(2) 仿真的结果比试验的结果趋于保守, 这与 ECE R66 附件 9 制定的初衷和原则是一致的。即通过仿真模拟证明合格的客车, 侧翻试验肯定是合格的; 未出现仿真合格而试验不合格的情形。

(3) 对于我国特有的卧铺客车和双层客车, 车辆的建模与仿真计算以及结果评价等与其它类型客车都是类似的, 也即侧翻仿真模拟的方法同样适用于卧铺客车和双层客车。

十一、关于标准实施的过渡期

本标准1998版采用ECE R66法规00版, 本版采用ECE R66法规01版, 两个版本在试验载荷状况上的变化是由整车整备质量增加为车辆总有效质量(详见3.11)。

ECE R66法规00版至01版的过渡期为60个月, 目前已经实施。

本标准对于5.1.1及附录A~附录H中加载质量的规定, 给予12个月的过渡期, 在此期间, 试验车辆既可以按照整车整备质量、也可以按照车辆总有效质量加载。