

A 面光顺质量检查规范

目 录

前言	II
引言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语及定义	2
3.1 A级曲面	2
3.2 B级曲面	3
4 光顺要求	4
4.1 A级曲面光顺要求	4
4.2 A级曲面数模要求	5
4.3 逆向数模等级要求	5
5 A级曲面检查方法	6
5.1 曲面质量检查工具-高光	6
5.2 曲面质量检查工具-曲率梳	8
5.3 曲面质量检查工具-控制点	10
5.4 曲面质量检查工具-斑马线	11
5.5 曲面质量检查工具-拔模分析	15
6 A面数据审查项	15
7 A面阶段输出物	17

引 言

随着现代美学和舒适性的要求日益提高，对汽车外表面的要求越来越高，对汽车表面光顺质量的判定就很关键，光顺质量检查就显得尤为重要。

本文的主要目的是指导设计人员进行汽车光顺表面制作和检查，了解汽车表面光顺质量要求，曲面设计的一些原则和检查方法，给设计人员提供参考依据。

A 面光顺质量检查规范

1 范围

本标准规定了汽车 A 面光顺质量检查要求和检查方法。

本标准适用于 M1 类或用该 M1 类拓展的 N1 类汽车。

2 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。凡是注日期的引用文件，仅所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）适用于本文件。

GB11566-2009 乘用车外部凸出物

3 术语及定义

3.1 A 级曲面

A 面指的是 A 级曲面，在汽车设计领域是一个极为重要的概念，也是汽车设计师和 A 面师的必备技能。

A 级曲面指的是对于高可见区域零件（见图 1 续）的曲面在视觉上是非常光顺、没有褶皱和无理由的不连续的曲面。从数学上说，A 级曲面指的是各个分面之间具备 G2 连续性（即曲率连续）以及曲率半径跳跃小于 0.03mm 的曲面，G2 连续是必备的；大的特征面要达到 G3 连续（即曲率相切连续）。在 A 级曲面中软件的设置距离最小为 0.001mm，相切最小为 0.01 度。



图 1

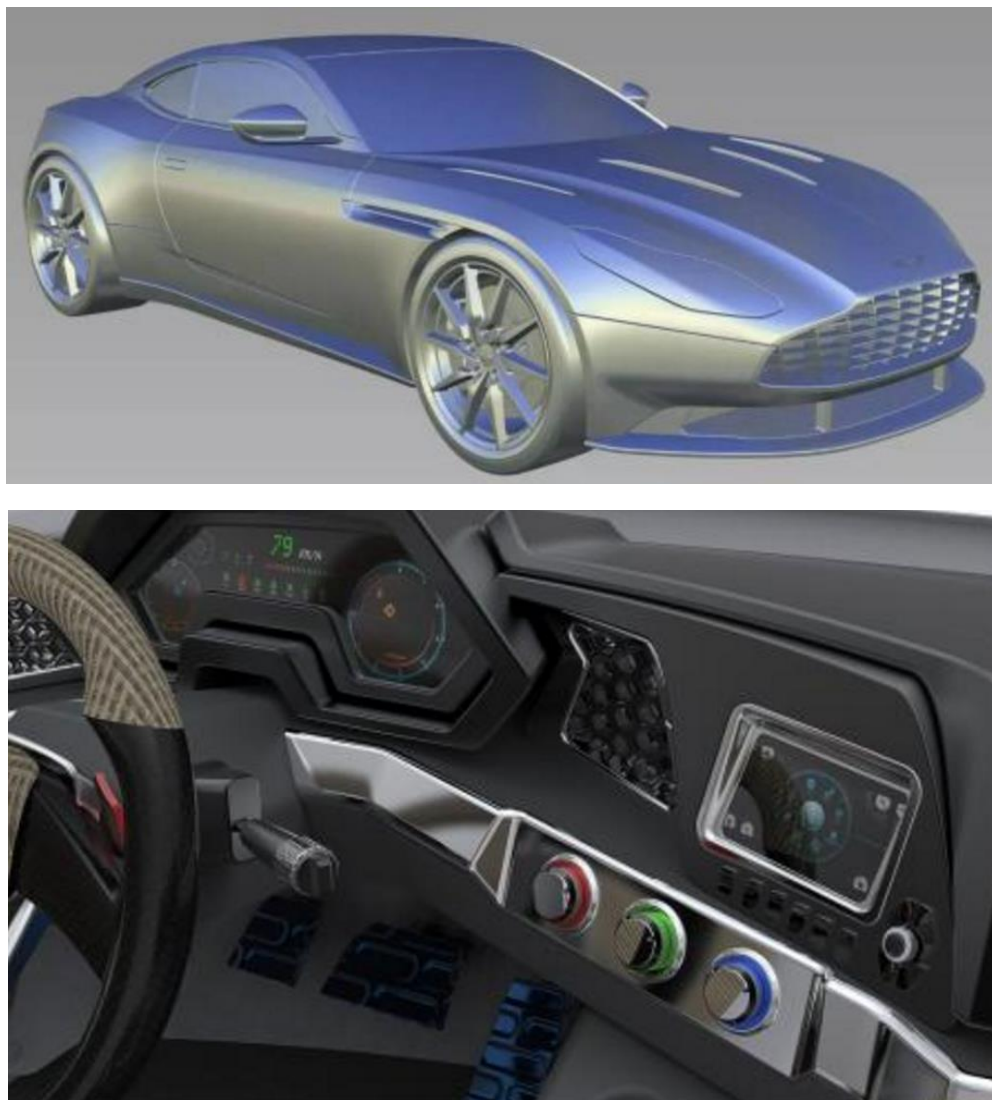


图 1 整车外表面和内饰表面（续）

3.2 B 级曲面

少可见区域（内部结构件）曲面质量要达到 G1 连续（即相切连续），在 A 级曲面中软件需设置距离最小为 0.01mm，相切最小为 0.1 度。

3.3 连续的数字意义

不相交：有断点或断层；

G0 连续：直线或面相交，在该点左极限等于右极限，但此点的斜率的左右极限不等。（一阶导函数不连续）；

G1 连续：又叫切线连续，在该点左右极限相等且斜率的左右极限相等。（一阶导函数连续）；

G2 连续：直线的二阶导函数是连续的（二阶导函数连续）；

G3 连续：高质量连续，三阶导函数连续（见图 2）。

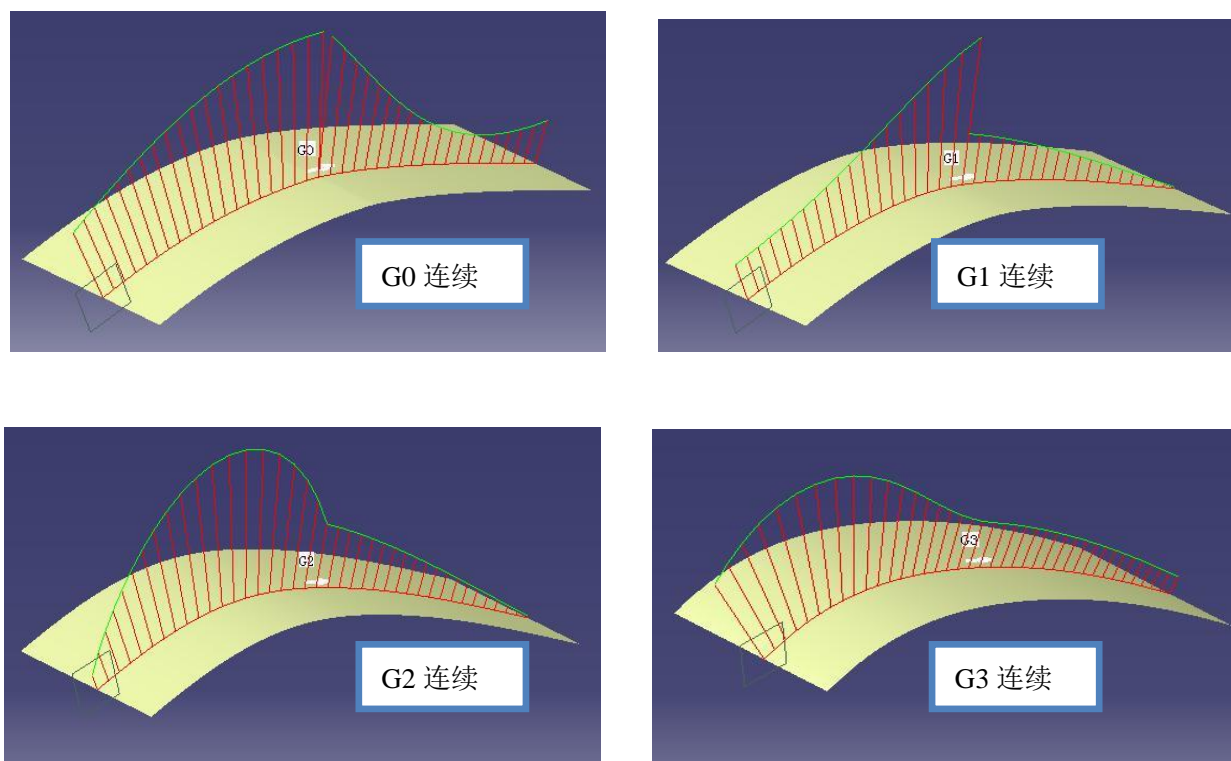


图 2

4 光顺要求

4.1 A 级曲面光顺要求

4.1.1、所有特征面都必须具有可扩展性和可编辑性，曲率连续，高光光顺。

4.1.2、所有特征面的光顺和连接保证 2 阶导数以上连续（曲率连续）。

4.1.3、一般 A 级曲面的阶次与控制点数目都不多，所有特征线和面函数的阶数必须 ≤ 6 阶。

4.1.4、A 级曲面之间的连接至少满足 G1 连续，使用多种数学检验方法来检验 A 面时，不应该出现视觉上的瑕疵。

4.1.5、造型决定的不同特征形状可不要求 G1 或者 G2 连续，但必须高光情况下光顺。

4.1.6、在不能保证特征面如上质量情况下，宁可牺牲边界线或特征连接，特征的连续保证相切连续（角度误差小于 0.01° ）。

4.1.7、不明显的局部特征过渡区（如 A 柱下端与翼子板过渡区），允许曲率不连续，但要保证相切连续。

- 4.1.8、发动机罩、行李箱盖、顶盖与侧围做大面相交，然后以交线为中心，依据点云特征进行曲率或相切连续。
- 4.1.9、为获得 A 级曲面，特殊情况下，局部点云误差可适当放宽，允许误差 $\leq \pm 5\text{mm}$ 。但对于质量很高的模型扫描点云，误差值需在 $\pm 0.5\text{mm}$ 的范围内。
- 4.1.10、不可用多个边界约束 ≥ 5 的小面拼接曲面。
- 4.1.11、零件边界线必须光顺，表面/部件过渡协调，基础面的相交线光顺不扭曲；曲面控制点分布均匀，曲率梳无尖点或不想要的波折；渲染曲面，无不正常鼓起、波纹、扭曲或不连续的高光线。
- 4.1.12、所有特征都必须分解成单凸或单凹特征。
- 4.1.13、对于 $R \geq 10$ 的倒角，需考虑搭桥处理，保证曲率连续。
- 4.1.14、造型决定的不同特征形状可不要求曲率连续或相切连续。

4.2 A 级曲面数模要求

- 4.2.1、数模采用 CATIA V5 文件进行发布。
- 4.2.2、所有外饰件：间隙 $\leq 0.001\text{mm}$ ，主要大面的相切角度 $\leq 0.1^\circ$ ，倒角切率 $\leq 0.2^\circ$ ；
- 4.2.3、所有内饰件：间隙 $\leq 0.005\text{mm}$ ，主要大面的相切角度 $\leq 0.25^\circ$ ，倒角切率 $\leq 0.5^\circ$ ；
- 4.2.4、间隙、段差和圆角定义合理，且与外观品质基准书保持一致；
- 4.2.5、逆向三维数模需完整体现油泥模型特征，与造型风格保持一致；
- 4.2.6、符合工程制造模具要求，所有外表面翻边结构需完整体现；
- 4.2.7、除以上数据参数检查外，所有表面连续性检查以高光、曲率梳、斑马纹检查为主；

4.3 逆向数模等级要求

逆向数模均要满足 A 面和点云符合性要求，按逆向设计的数模等级(由低到高)依次分为点云，布置级，黑盒子，精细级和产品级 5 个级别，其要求如下：

- 4.3.1、点云：有测量级、激光扫描仪等测量设备直接测得的坐标点的集合。点云的误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；
- 4.3.2、布置级：从点云制作而成的零件表面 3D 数据，没有包含零件的内部结构，布置级的曲面误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；
- 4.3.3、黑盒子：在布置级数据的基础上，将其表面 3D 数据更加精细，产品各种标记能显示清楚，但仍不包含零件的内部结构；

4.3.4、精细级：即得到零件的内外曲面 3D 数据和内部零件的 3D 形状。但没有进行工艺方面的考虑，不能用于生产，精细级误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；


4.3.5、产品级：获得零件的内外曲面，并进行了工艺分析，可以直接用于开发模具进行生产，产品级误差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；

5 A 级曲面检查方法

A 级曲面质量检查工具有：高光检查（包括曲面质量的高光检查和 G1、G2 连续的高光检查）、曲率梳、控制点、斑马纹、拔模角等。

5.1、曲面质量检查工具—高光

G0 连续性检查简单而高效的工具—light source manipulation，这是一种比较简单而粗略的检查方式，主要检查扭曲或不连续的高光线，比如说断面，尖锐的棱边，缝隙等（见图 3）。

操作方法：在 catia 里点击 light source manipulation ，出现如图 3 所示的一个光源，旋转或移动数模查看不同的部位与观察角度，反射出的光亮也不同，这样的检查方法比较简单、效率高，但是检查的精度不高，只是大概性的检查，比如数模的一致性和面上明显的缺陷（凹坑、褶皱、尖锐的棱边、断面凸起、扭曲等）（见图 4、图 5、图 6）。

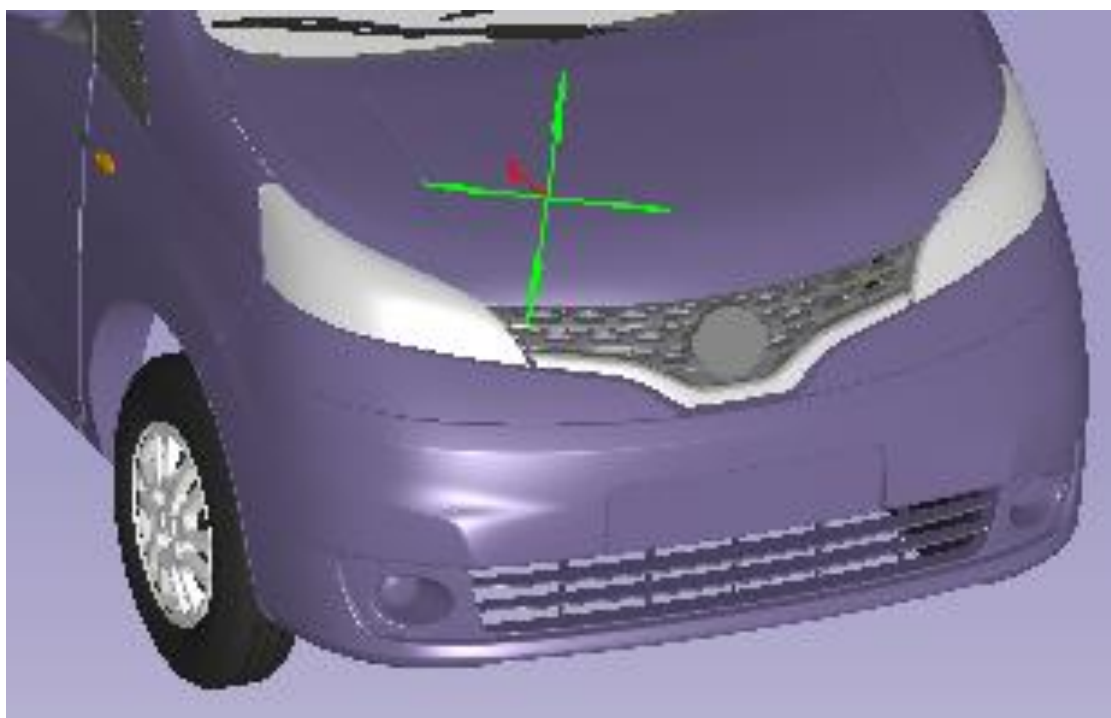


图 3 曲面质量检查工具—高光



图 4 造型特征对比—前视图



图 5 造型特征对比—前 45°




图 6 造型特征对比—后 45°

5.2、曲面质量检查工具—曲率梳

曲率梳是一种比较常用的检查方式，主要用来检查交线、曲面等。曲率梳的走向与分布，很直观的反应线与面的质量好与坏。面与面之间的曲率梳的连续等级，很直观的反应面与面之间的过渡情况，比如：G0 连续，曲率梳分开；G1 连续，曲率梳有阶梯差；G2 连续，曲率梳连接在一起，没有阶梯差；G3 连续，曲率梳是很光顺的连接在一起（见图 7、图 9、图 10）。

5.2.1、操作方法

- a. 点击面 cutting planes （见图 8）；
- b. 选择你要进行分析的曲面；
- c. 调整罗盘到合适的方向。

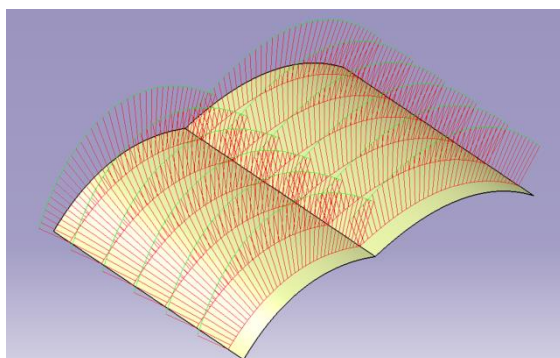


图 7 相交



图 8 切割曲面对话框

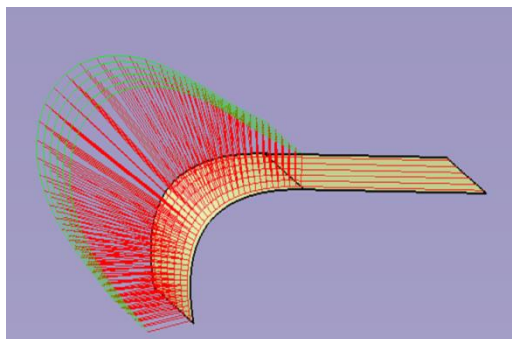


图 9 切线连续

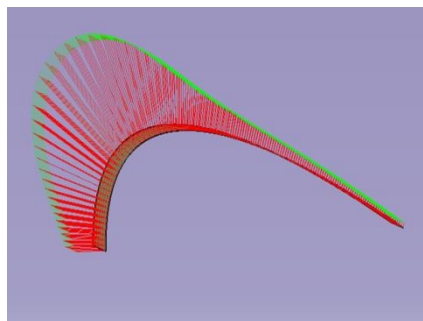


图 10 曲率连续

5.2.2、曲率梳判断连续的表现形式

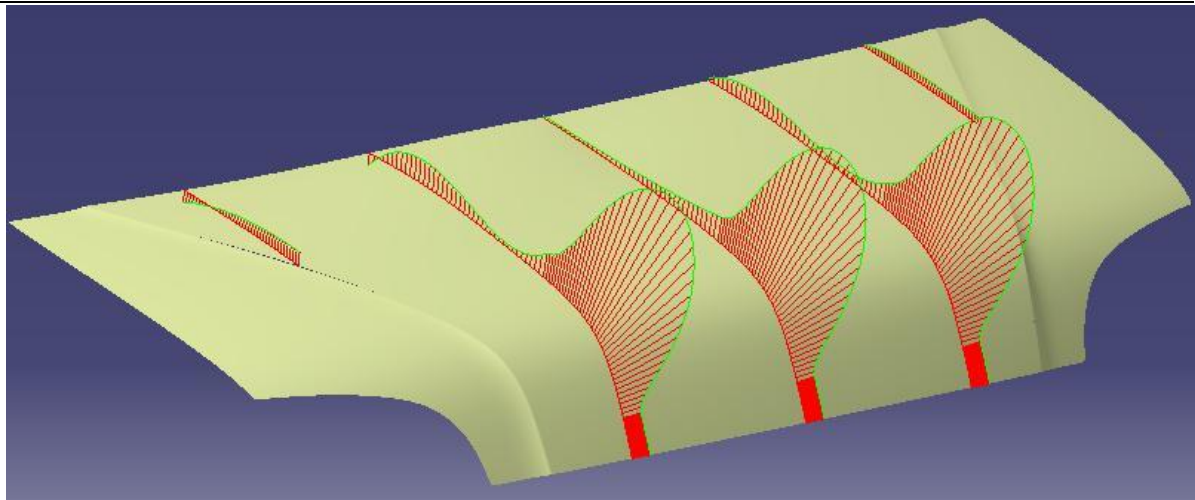


图 11

G0 连续：连接处毫不相干，在相交处梳子的方向和齿长都不一致。

G1 连续：在连接处切线方向一致，在相交处梳子的方向一致但齿长不一致。

G2 连续：即曲率相同，在相交处梳子的齿长和方向一致，但梳子线可以不连续。

G3 连续：即曲率相切连续，在相交处梳子的齿长和方向一致，并且梳子线变化连续。

5.2.3、光顺质量检查 - 曲率梳：检查大面曲率梳是否顺畅，变化是否有规律（见图 12、图 13）。

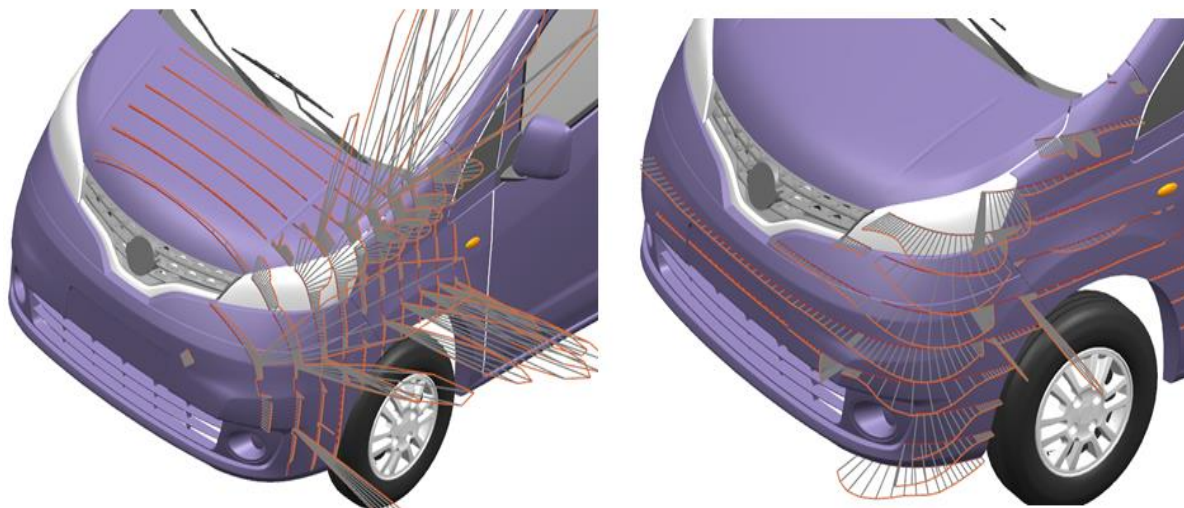


图 12

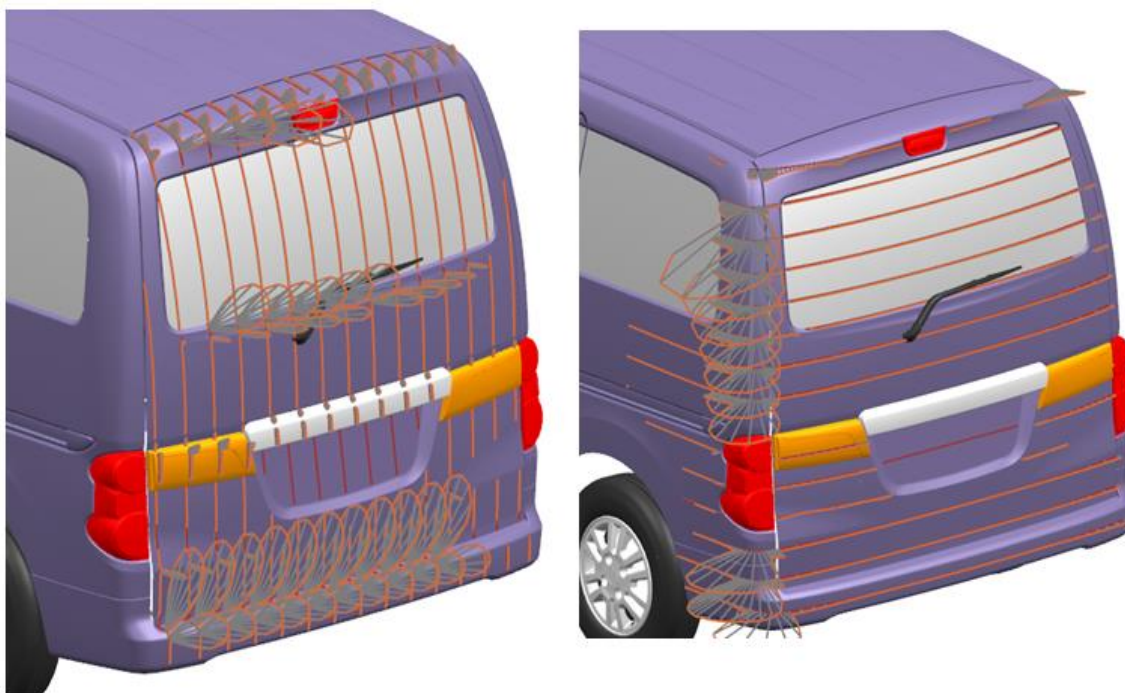


图 13

5.3、曲面质量检查工具—控制点

模型的片体面的弯曲度和 U、V 向的阶数最好控制在 6 阶以内，最大不能超过 8 阶（catia 版本）。因此通常面的弯曲度和控制多边形的边数为 8 条以上的时候都是不能通过的。推荐最终面的阶数采用 8×8 阶，曲面的控制多边形较为均匀整齐、法矢指向一致，通过控制点可以看出相关面的走势是否合理。（见图 14、图 15）。

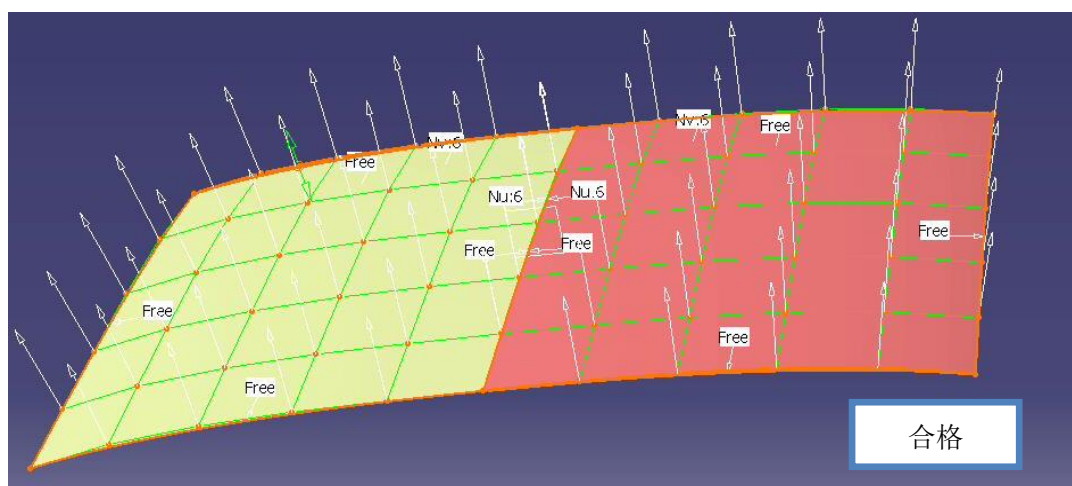


图 14 合格状态

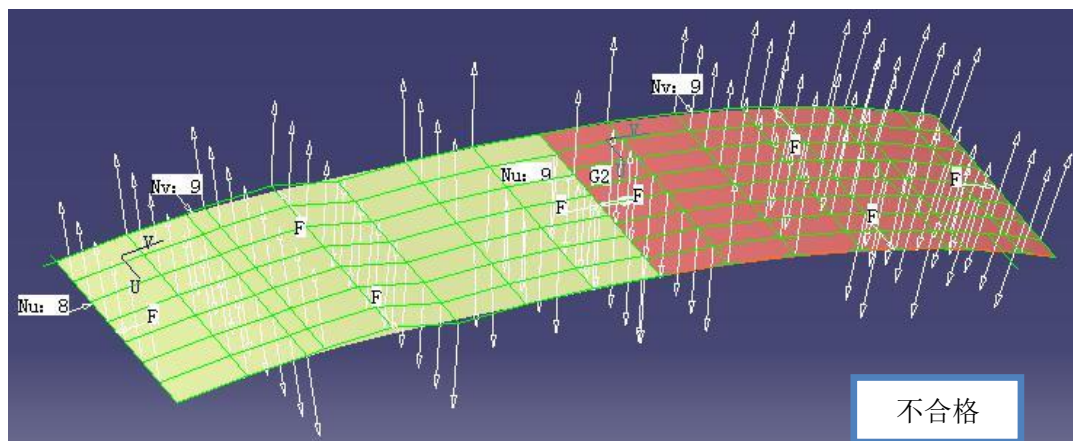


图 15 不合格状态

5.4、曲面质量检查工具—斑马线


5.4.1、斑马线操作方法：在 catia 中点击 isophotes mapping analysis , 出现如下图 16 所示对话框，可根据对话框中的提示调节斑马线的数量、粗细、映射类型等（见图 17）。



图 16 等照度线分析对话框

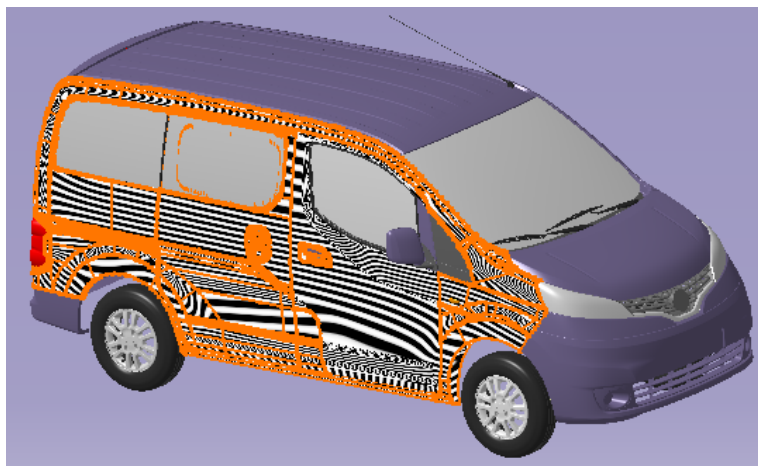



图 17 斑马线作用于侧围和门上状态

5.4.2、ACA Highlight 的操作方法：在 catia 里点击 ，会出现 ACA Highlight 对话框（见图 18），在对话框中可选择光源形式，线条的数量、线宽比例等，调节好后得到如图 19 所示的分析曲面。

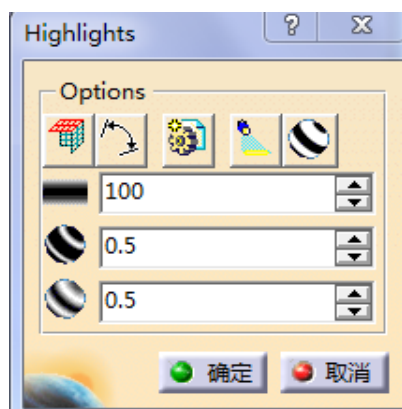


图 18 ACA Highlight 对话框

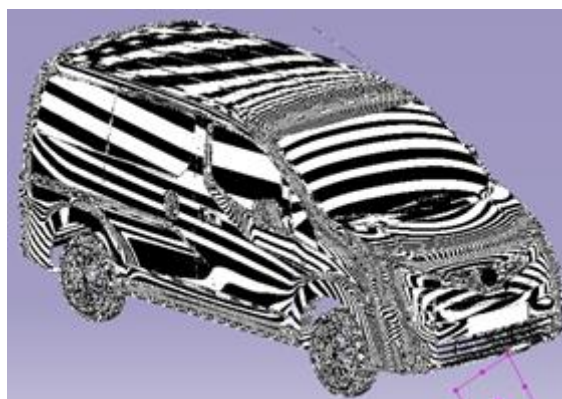


图 19 ACA Highlight

具体检查:隐藏数模边线，着色的显示模式配上灯光的照射检查 A 级曲面，可以很直观的看见面的缺陷和面的趋势走向。一般来说，通过这样的方式检查 A 级曲面，是最快捷最方便的检查方式，由于人的审美观不同，可能检查出来的结果也不一样，这个工具主要检查斑马纹粗细是否均匀，趋势是否流畅（见图 20、图 21、图 22、图 23）。

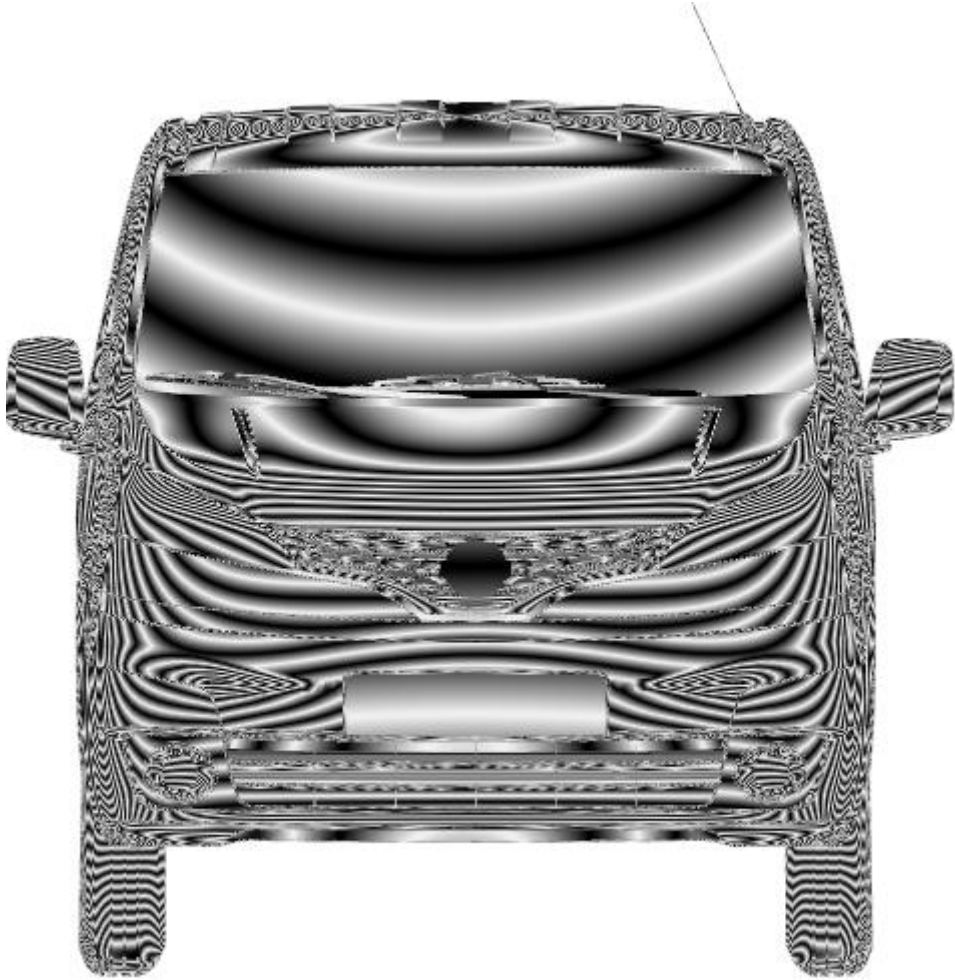


图 20 后视图：斑马纹粗细均匀，趋势流畅

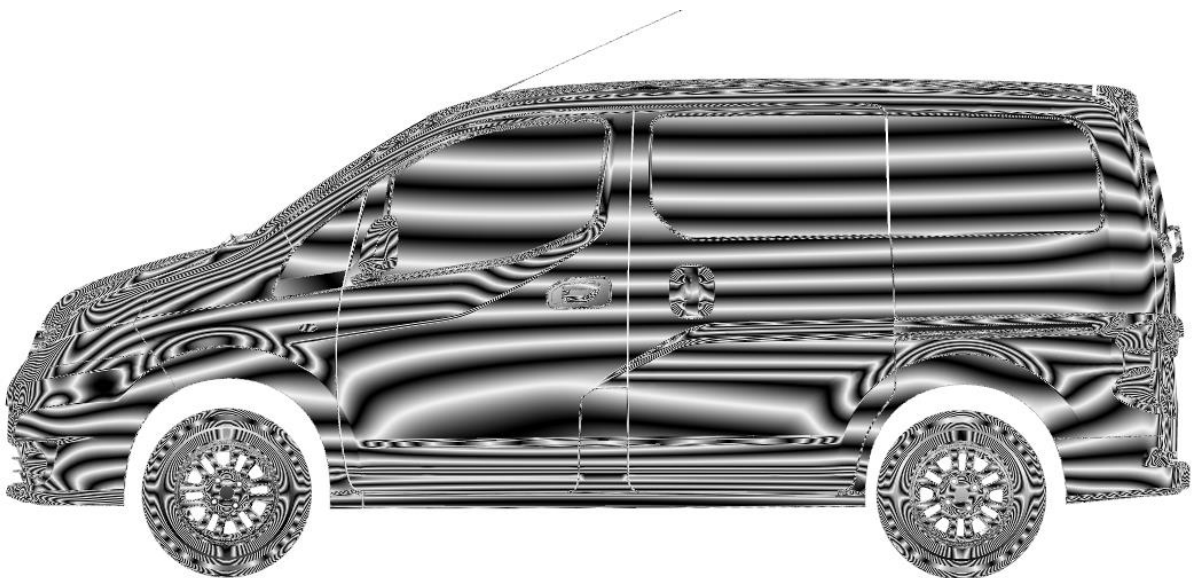


图 21 左视图：斑马纹粗细均匀，趋势流畅



图 22 正视图：斑马纹粗细均匀，趋势流畅

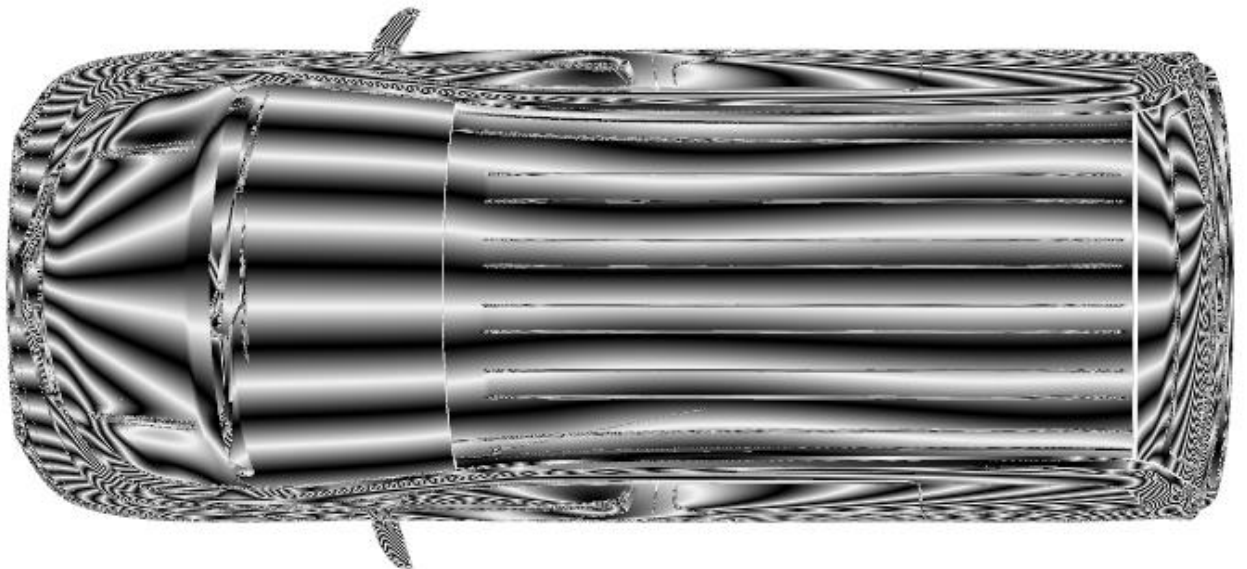



图 23 顶视图：斑马纹粗细均匀，趋势流畅

5.5、曲面质量检查工具—拔模分析

操作:在 catia 中点击拔模分析  命令, 出现如图 24 所示对话框, 选择拔模方向。通过这个命令可以分析零件的出模方向以及零件最小出模角 (见图 25、图 26)。

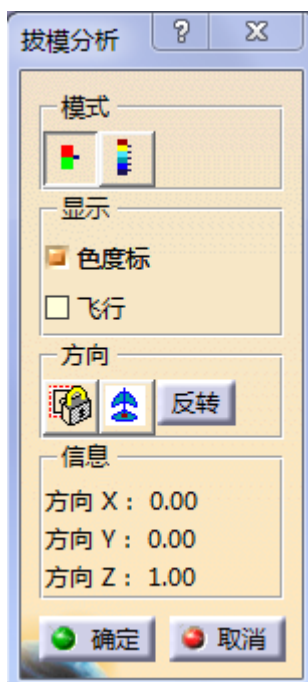


图 24 拔模分析对话框

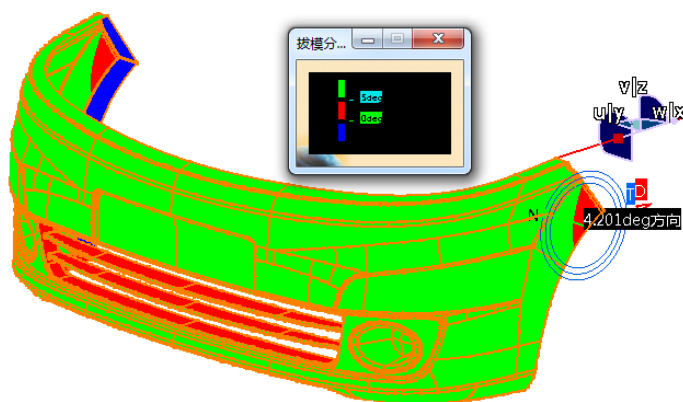


图 25 拔模角检查: 通过拔模分析, 可以检查零件的出模角度

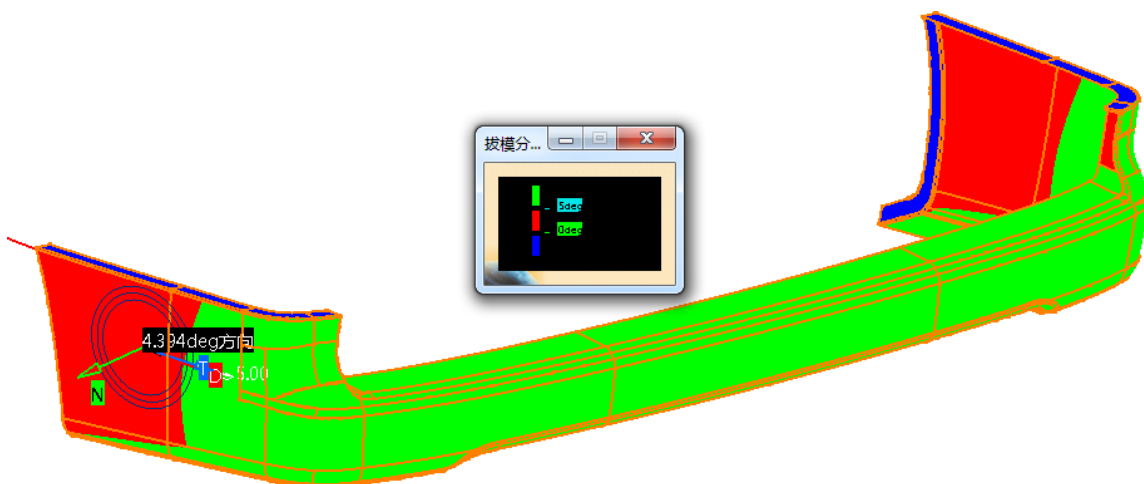


图 26 后保险杠拔模角检查: 分析后红色区域出模角小于 5 度, 不影响出模

6 A 面数据审查项

XXX 项目 A 面数据审查项						
序号	问题图片	问题描述	问题类型	建议改进措施	设计组整改确认	专业组整改确认
1		是否满足总布置校核参数，是否满足法规 GB11566-2009 外部凸出物要求				
2		纯逆向部分与点云的偏差是否小于 1mm				
3		间隙、段差和圆角是否与外观品质基准书相同				
4		三维数模是否与造型风格一致				
5		光顺数模是否完整体现了模型特征				
6		工艺结构细节是否满足要求，如台阶高度				
7		外饰曲面之间的间隙是否小于 0.001mm，内饰是否小于 0.005mm				
8		内外饰曲面之间一阶连续角度是否小于 0.01°				
9		可见区域大面最高阶次≤6 阶，圆角除外				
10		工程制造输出的标准是否符合				
11		三维数模输出标准是否符合				
12		曲面数据是否有利于关键实体数据				
13		高光检查是否出现不正常的凹陷、凸起、褶皱、扭曲或不连续的高光线				
14		在数模的 U\V 方向检查曲率梳，单个大面是否出现多个尖点，面与面之间是否出现断开				
15		大面的控制点是否分布整齐均匀				
16		在拔模方向上是否满足脱模要求				
17		数据的斑马纹检查是否出现断开、错乱或扭曲				
18		有缝隙的两零件的两曲面位置连续误差值小于 0.05mm				
19		检查 A 面与结构数模的统一性				
20		是否进行了 Reflection Analysis，检查结果是否符合要求				
21		是否进行了 Radius Analysis，检查结果是否符合要求				
22		是否进行了 Section Analysis，检查结果是否符合要求				
23		该阶段的输出报告是否与技术中心整车开发输出内容及节点要求中的阶段输出报告一致、齐全				

7 A 面阶段输出物

需要审查 A 面阶段报告是否完整，和外表面相关的 A 面输出物有：

序号	输出资料名称	输出资料编号	输出阶段	备注
1	外表面油泥总布置可行性分析		造型	
2	外造型 A 面总布置工程可行性分析		造型	
3	外表面 Class-A 数模		造型	
4	外观几何品质基准书		造型	
5	外表面数模与点云贴合度检查报告		造型	
6	外表面造型特征符合性检查报告		造型	
7	外造型 A 面工程可行性校核报告		造型	
8	外观几何品质基准书符合性检查报告		造型	
9	外表面光顺检查报告		造型	

需要审查 A 面阶段报告是否完整，和内表面相关的 A 面输出物有：

序号	输出资料名称	输出资料编号	输出阶段	备注
1	内饰油泥总布置可行性分析		造型	
2	内造型 A 面总布置工程可行性分析		造型	
3	内造型 Class-A 数模		造型	
4	内饰几何品质基准书		造型	
5	内造型数模与点云贴合度检查报告		造型	
6	内表面造型特征符合性检查报告		造型	
7	内饰 A 面工程可行性校核报告		造型	
8	内饰几何品质基准书符合性检查报告		造型	
9	内造型光顺检查报告		造型	