车身冲压CAE仿真分析规范

目  次

[1 范围 1](#_Toc168404828)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc168404829)

[3 术语和定义 1](#_Toc168404830)

[4 AutoForm 仿真分析参数设置要求 2](#_Toc168404846)

[5 AutoForm仿真分析结果检查评判 4](#_Toc168404850)

车身冲压CAE仿真分析规范

1. 范围

本文件规定了冲压件成形仿真分析中的参数设置和结果检查的评判。

本文件适用于本公司开发的各系列卡车驾驶室本体冲压件、皮卡货箱冲压件、乘用车车身冲压件的CAE仿真分析。

1. 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



AutoForm

一款用于仿真分析实际生产中冲压件成形状况的软件。



FLC和FLD

FLC：成型极限曲线，英文Forming Limit Curve的缩略语；FLD：成型极限图，英文Forming Limit Diagram的缩略语。

在不同应力状态下测得板料的最大主应变（ε1）、最小主应变（ε2），分别标在以ε1为横坐标，ε2为纵坐标的坐标系里，由这些测得的最大、最小主应变的点连成的曲线称作成形极限曲线或成型极限图，是判断和评定薄板成形性能的直观方法。



FLD

成型极限图，英文Forming Limit Diagram的缩略语。



SE

同步工程，英文Simultaneous Engineering的缩略语，在新车型开发阶段工艺部门即介入产品设计，同步对过程数据的工艺、成本、生产等要素进行同步分析，目的在于减少设备、工装投资，降低产品成本，缩短产品开发周期。



滑移线 Skid line

一种外观缺陷，板料与凸模圆角接触的部位发生硬化形成的，并随着拉延过程滑动出产品圆角范围从而在外观面上显现出的冲压痕。



冲击线 Impact line

一种外观缺陷，板料与凹模圆角接触的部位发生硬化形成的，并随着材料的流动而移动并最终遗留在零件上的冲压痕。



稳健性分析

通过模拟实际生产工艺参数波动情况下仿真结果是否还能保持稳健性，包括零件开裂、起皱、变薄和回弹等分析结果是否稳健，是一种虚拟试模/生产的仿真分析。

1. AutoForm 仿真分析参数设置要求
   1. 本章规定了仿真分析过程中参数设置的标准，为获得不依赖于计算机和软件的模拟结果，应按照本文件进行数模准备、参数设置和计算，其中未作规定的参数采用软件默认设置。
   2. 参数设置标准基于AutoFormR7版本。
   3. AutoForm参数设置分标准（CE）设置和精算（FV）设置两种精度，标准精度设置计算时间较短，精度较低，仅适用于过程版数据之前的SE和报价分析使用，从设计版数据下发以后的SE及工艺图纸设计根据零件材质及类型选用相应精算设置标准进行冲压仿真分析，详见表1。

表1 AutoForm仿真分析参数设置标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AutoForm仿真分析参数设置标准 | | | | | | | |
| 内容 | 序号 | 检查条目 | 标准  设置 | 精算设置 | | | 备注 |
| 中大型内外板覆盖件（低碳钢/烘烤硬化钢） | 中大型内外板覆盖件（铝板） | 骨架件，加强件（高强钢/铝板） |
| 工具网格/几何 | 1 | 数型缝合公差 Stitching Distance | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |  |
| 2 | 网格精度公差 Meshing Tolerence | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |  |
| 3 | 最大单元边长 Max Side Length | 20 | 10 | 10 | 10 | 优选10 |
| 4 | 对称设置  Blank symmetry | 允许  YES | 不允许  NO | 不允许  NO | 不允许  NO |  |
| 精度控制 | 1 | 最大半径穿透 Radius Penetration | 0.22 | 0.16 | 0.16 | 0.1 |  |
| 2 | 最大单元夹角 Max Element Angle | 30 | 22.5 | 20 | 15 |  |
| 3 | 最大自适应等级 Max Refinment Level | 6 | 6 | 6 | 6 |  |
| 4 | 板料单元大小 Master Element Size | 40 | 20 | 20 | 20 |  |
| 5 | 初始细分等级 Initial Subdivision Level | Equal to Master | Half | Half | Half |  |
| 6 | 单元类型 Element Type | EPS-5 | EPS-11 | EPS-11 | EPS-11 |  |

表1 AutoForm仿真分析参数设置标准（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容 | 序号 | 检查条目 | | 标准  设置 | 精算设置 | | | 备注 |
| 中大型内外板覆盖件（低碳钢/烘烤硬化钢） | 中大型内外板覆盖件（铝板） | 骨架件，加强件（高强钢/铝板） |  |
| 精度控制 | 7 | 圆角处单元切向分裂 Tangential Refinement | | on | on | on | on |  |
| 8 | 其他控制参数 Other Control Parameters | | 默认Default | 默认  Default | 默认  Default | 默认  Default |  |
| 工艺设置 | 1 | 结果  Results | | 默认Default | 全开  All On | | | 建议不采用重启选项 |
| 2 | 输出  Output | | 默认Default | 常规:每步输出  Normal:Each Time Step 重启:每工序结束  Restart:End of Each OP | | |  |
| 3 | 回弹计算  Springback | | 视需要 | 拉延后回弹  Springback after OP10  全工序后回弹（中间工序视需要）  Springback after full Operation | | |  |
| 4 | 材料厚度 Thickness | | 与项目正式输入一致 | | | |  |
| 5 | 轧制方向 Rolling Direction | | 与实际情况一致 | | | |  |
| 6 | 材料参数 Material | | 与项目正式输入一致 | | | |  |
| 7 | 压边圈行程 Binder Stroke | | 按项目技术要求考虑机床预加速和建压行程 | | | |  |
| 8 | 摩擦系数 Friction Factor | | 0.15 | | | | 含铝板 |
| 9 | 力加载  工具体 Force Controlled Tools | 拉延序 | 气顶Force Control /氮气缸Spring Control | | | | 与实际相符 |
| 后序 | 氮气缸Spring Control | | | | 设置实际的压料力 |
| 10 | 工具刚度  Tool Stiffness | 侧围，顶盖等大型件 | 10 | | | |  |
| 车门，机盖等中型件 | 50 | | | |  |
| 普通高强钢的小型件 | 100 | | | |  |
| 超高强钢的小型件 | 1000 | | | |  |

表1 AutoForm仿真分析参数设置标准（续）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内容 | 序号 | 检查条目 | 标准  设置 | 精算设置 | | | 备注 |
| 中大型内外板  覆盖件（低碳钢/烘烤硬化钢） | 中大型内外板  覆盖件（铝板） | 骨架件，加强件（高强钢/铝板） |  |
| 工艺设置 | 11 | 拉延筋设置 Drawbead | 冻结版数据下发前 | Flattening：Profile & Adaptive  合拢实体筋，合拢后抹平计算  应用拉延筋的断截面生成拉延筋系数 | | |  |
| Drawbead页面End of operation选项中勾选Unflattening | | |  |
| Drawbead seting页面中勾选 Enhanced Line Bead | | |  |
| 冻结版数据下发后 | 按前期设置的断截面生成实体筋验证 | | |  |

1. AutoForm仿真分析结果检查评判
   1. 概述

按照表1规定的参数设置后完成仿真分析，主要针对合理性、开裂、起皱、外观、回弹等五个方面进行结果评判。

* 1. 合理性检查

要求如下：

1. 模拟状态检查，原则上没有错误（error）和警告（warning）；
2. 收敛性检查，要求实际计算迭代次数应小于最大迭代次数；
3. 拉延及翻边整形过程检查，通过对所有工具打断面检查，查看在成型过程中，工具运动关系正确，翻边过程的交刀、接刀位置棱线光顺，以及到底后工具之间的间隙须等于料厚；
4. 拉延压边圈闭合过程中板料不允许有大的褶皱；
5. 板料尺寸合理性检查，拉延完成后大件板料收料线距离内侧拉延筋截止线10mm以上，小件5mm以上。
   1. 开裂及开裂风险判定

要求如下：

1. 成型极限图（FLD），其评价合格标准为在设计压边力计算结果中将FLC向下偏置15%，不得出现红色和黄色；
2. 最大失效（MaxFailure），具体要求见表2；

表2 不同材料最大失效要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分项 | 材料牌号 | 最大失效 |
| 拉延最大失效判断 | 冷轧低碳钢（包含DC01、DC03、DC04、DC05、DC06等） | 0.8 |
| 普通高强钢屈服强度＜340Mpa（HC220、HC260等） | 0.7 |
| 翻整工序边缘失效判断 | 普通高强钢屈服强度＜340Mpa（HC220、HC260等） | 0.7 |
| 普通高强钢屈服强度＞340Mpa（HC340、HC420等） | 0.65 |

1. 极限减薄率（LimitedThinning），在设计压边力的基础上上浮20%重新计算，其减薄率须小于极限减薄率（按表3取值）。

表3 不同材料极限减薄率表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材料牌号 | 减薄率 | 材料牌号 | 减薄率 |
| DC01 | 20% | SAPH440 | 18% |
| DC02 | 20% | H180YD+ZF | 20% |
| DC03 | 20% | H220YD+ZF | 18% |
| DC04 | 23% | H260YD+ZF | 18% |
| DC05 | 24% | H180BD+ZF | 20% |
| DC06 | 25% | H220BD+ZF | 18% |
| DC51D+ZF | 20% | H260BD+ZF | 18% |
| DC52D+ZF | 20% | H300LAD+ZF | 18% |
| DC53D+ZF | 20% | H340LAD+ZF | 18% |
| DC54D+ZF | 23% | H380LAD+ZF | 17% |
| DC56D+ZF | 23% | H420LAD+ZF | 15% |
| DC57D+ZF | 23% | B240/390DP | 21% |
| B340+LA | 18% | B280/440DP | 16% |
| B410+LA | 15% | B340/590DP | 16% |
| St37-2G | 20% | B400/780DP | 10% |
| St44-3G | 18% | B340/590DP+ZF | 15% |
| St52-3G | 15% | B410/780DP+ZF | 15% |
| B170P1 | 23% | D0C0L600DP | 15% |
| B210P1 | 23% | D0C0800DP | 10% |
| B250P1 | 23% | D0C0L1000DP | 8% |

* 1. 起皱评价

针对起皱的评价，需在满足一定裕度的条件下进行，即设计压边力下调10%计算后进行结果评价：

1. 成型过程检查，其评判合格标准为成型中无死褶、大的波浪，到底前5mm无可视皱纹（判断是否起皱的第一判据）；
2. 潜在起皱（PotentialWrinkle），产品及工艺补充区域＜0.03，压料面区域＜0.05；
3. 面缺陷高度（SurfaceDefectHeight），-0.1 ＜产品区域 ＜ 0.1，-0.3 ＜工艺补充区域 ＜ 0.3；压料面的面缺陷高度检查压边圈闭合和拉延到底两个状态，均满足-0.3 ＜压料面区域＜ 0.3；
4. 面缺陷应变（Surface Defect Strain），产品区域＜0.002；
5. 起皱（Wrinkle），产品＜0.001；
6. 上述五种准则需结合起来判断起皱缺陷，不能用单一结果进行判定，给定的数值仅供参考，不是硬性规定，但是需在设计阶段优化工艺，减小数值。
   1. 外观要求

本文件中的此要求仅适用于外观件的外漏面的潜在质量缺陷判定。

* + 1. 滑移线/冲击线
       1. 设置

Skid line页面分析参数（analysis parameters）设置为:Radius(Abs):50，Pressure(Abs):0.1MPa。

* + - 1. 滑移线判定

1. 滑移线不能滑出圆角；
2. 最大历史接触应力（MaxContactPresure）＜屈服强度\*10%；
3. 矫直应变（Unbending Strain）＜ 0.008；
4. 准则a）满足即可判定合格；否则，准则b）和准则c）同时满足，可让步接受。
   * + 1. 冲击线判定

成形结束后，冲击线距离产品外观面边界 ＞5mm。

* + 1. 产品直接外露区域的成形性检查

为确保产品外露区域充分成形及产品外观质量，按以下准则对分析结果的成形性进行检查。

1. 最小减薄（Min Thinning）＞0.03；
2. 塑形变形（Plastic strain）＞0.03；
3. 主应变（Major strain）＞0.03，且次应变（Minor strain）≥ 0；
4. 次应力检查（Minor stress），其评判标准为回弹前次应力分布均匀，100mm范围内变化 ＜50；回弹后次应力 ＞-50。
   1. 回弹检查
      1. 基本要求

为保证零件尺寸精度，减小成品零件回弹量，需对模拟分析的参数设置的合理性以及分析结果的回弹量进行检查。

* + 1. 回弹分析参数设置合理性检查

1. 零件定位销与支撑点、夹持点设置与产品实际检测用RPS信息应保持一致；
2. 考虑切边模具压料板闭合影响；
3. 考虑并计算重力对回弹结果的影响。
   * 1. 工艺优化/回弹补偿后的判定

通过工艺优化或回弹补偿后需达成以下标准（先计算支撑回弹后再进行一次夹紧回弹）：

1. 检具上的支撑回弹（Springback after locating）＜±2mm（按产品RPS设置）；
2. 检具上的夹紧回弹（Springback all clamps）＜±0.5mm（以产品图规定公差为准）；
3. 夹紧力检查（Clamp normal force）＜30N；
4. 定位销的切向力（Pilot tangential force）＜5N（定位销需支撑制件重量除外）；
5. 定位销的切向位移（Pilot displacement factor）＜±0.1mm。
   1. 稳健性检查

不要求全部零件都做稳健性分析，在项目开始阶段确定需进行稳健性分析的零件。

在最终版数模发布后，由模具开发供应商进行计算，以获得各参数对产品质量缺陷的贡献度并对现场调模给予技术指导，特殊情况下需优化工艺方案。

需设置的变量参数见表4。

表4 需设置的变量参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 类型 | 最小 | 最大 | 标准偏差 |
| 摩擦系数  lube | 噪声 | -10% | 10% | 3.33% |
| 料厚  thickness | 噪声 | -10% | 10% | 3.33% |
| 屈服强度  Sigma0 | 噪声 | -10% | 10% | 3.33% |
| 平均R值  rm | 噪声 | -20% | 20% | 6.67% |
| 抗拉强度  Rm | 噪声 | -10% | 10% | 3.33% |
| 压边力  preloadForce | 噪声 | -10% | 10% | 3.33% |
| 料片y向位移  yPos | 噪声 | -1mm | 1mm | 0.33mm |
| 料片x向位移  xPos | 噪声 | -1mm | 1mm | 0.33mm |
| 注：料厚的西格玛设置后，需在拉延凸模修改间隙值（Clearance）为0.09。 | | | | |