



深U形覆盖件冲压工艺设计及CAE技术的应用

■ 陈军绪, 兰明, 邹飞

一、概述

(1) 背景 随着中国汽车产业稳定发展, 市场竞争愈演愈烈, 新产品的投放明显加快; 市场对汽车的质量要求也越来越高, 产品的品质要求的不断提高, 推动制造工艺的不断发展。冲压工艺是汽车制造四大工艺之首, 是其他三大工艺的基础, 冲压件的质量是决定整车的质量重要因素之一。在新产品生产准备过程中, 能否快速完成模具设计制造并调试出合格的冲压件, 关键取决于冲压工艺设计是否科学合理。因此, 学习和吸收国内外冲压工艺设计的先进技术和经验已是必然。

(2) 主要内容 以某商用车前中地板加强板冲压件为例, 介绍此件冲压工艺的分析过程, 工序的确定及DL图的设计。在DL图的基础上采用CAE分析软件Autoform对此件进行全工序仿真模拟, 对各工序的成形缺陷进行分析。用Autoform软件反算修边线, 确定修边线较准确的位置, 进一步完善DL图, 使其能更好地指导模具设计和制造, 减少试模次数, 缩短模具制造周期。

(3) 目的和意义 冲压工艺设计中, 根据产品的用途合理

确定工艺方案, 并设计绘制三维DL图。在DL图的基础上利用CAE对零件的整个成形过程进行模拟分析, 根据分析结果修改DL图。通过在实际工作中的应用, 进一步理解DL图和CAE分析在冲压工艺设计中的作用, 为今后工作积累一些经验。

二、冲压工艺分析与三维DL图设计

1. 零件工艺分析及工艺方案

(1) 用途 前中地板加强板(见图1)位于中地板前端下面, 增加中地板强度, 从而增强驾驶室的抗碰撞能力。

(2) 纲领 此件为选装件, 年生产数量小于5000件。属于小批量生产, 故应该控制前期的工装投入费用。

(3) 质量要求 此件属于内部结构加强件, 非外观件, 对表面质量要求不高。

(4) 工艺方案及草卡 此件的材质为ST13, 料厚为1.6mm; 上表面布满加强筋, 整体形状为倒U形, 深度约267mm, 深度较深, 两侧翼形状一次成形出来较为困难, 拉延无法将两翼形状全部拉出(见图2)。

因此, 在做拉延工艺补充时, 考虑对此件进行工艺变形来降低拉延深度, 再通过后序的模具将此件两翼形状整形出来。

此件除两侧翼面各有1个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔外, 其余的孔都在上表面, 且冲压方向相同, 两侧翼孔的冲压方向与上表面孔的冲压方向不同, 如孔的精度要求高则需要用侧冲模来冲出。与产品设计者沟通这两个 $\phi 15\text{mm}$ 孔为凸焊螺母过孔精确度要求不高。因此, 考虑将此件的两翼展平、降低拉延深度, 这样可将侧翼两孔与上表面的孔同时直冲出, 再通过后序整形将两翼的形状整出, 并将2- $\phi 15\text{mm}$ 孔整形至正确位置, 可以节省一套侧冲模。

根据产品尺寸、料厚、凸轮廓线长度及结合我厂设备情况, 经估算拉延工序初步选定设备为J36-630; 估算修边冲孔所需的冲裁力约为3.2MN, 故修边冲孔设备定为J36-400; 翻边整

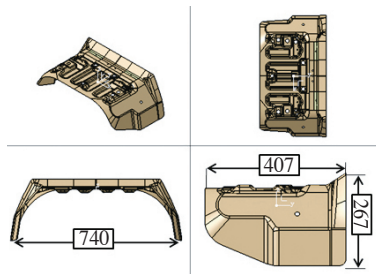


图1 5101167-Q466B

形设备定为J36-400。

通过以上工艺分析前中地板加强板的冲压工艺方案（见附表）。

2. DL图设计

DL图即冲压工艺过程布置图，是指对汽车覆盖件产品的形状，尺寸进行分析后，制订出最合理的冲压工艺方案，并注明各工序加工内容和模具设计要求的总布置图。

（1）基准点及冲压方向 基准点： $X=-1000$ ， $Y=0$ ， $Z=400$ ，转角： $Z=-180^\circ$

冲压方向：拉延工序与修边冲孔工序的冲压方向相同；翻边整形的冲压方向与之前相反即修边冲孔工序件到翻边整形时需翻转放置如图3所示。

（2）工艺补充—拉延件 工艺补充是拉延件不可缺少的组成部分，其既是实现拉延的条件，又是增加变形程度获得刚性制件的必要补充。工艺补充的多少取决于覆盖件的形状和尺寸，也和材料的性能有关，工艺补充的多余料需要在以后工序中除去。在做工艺补充时需要充分考虑后序的工艺内容，并为后序工艺创造有利的条件。

工艺补充面主要包括压料面和工艺延伸面。压料面平滑光顺有利于板料向凹模型腔内流动，因此，在做工艺补充时必须合理确定压料面的形状，使压料面的各部分进料阻力均匀可靠。

为降低拉延深度，将两翼展平，考虑拉延过程有利于板料走料，如图4所示将翼面展至与水平成 5° 角。压料面随产品形面的走势做出，通过造型手段将起伏不平的产品形面通过做槛、做侧壁等工艺延伸面与压料面连接

为一体，形成拉延件。

拉延筋的设置增加进料阻力，防止起皱，使材料的塑性变形充分，增加制件的刚性。此件采用了传统沿周拉延筋的布置形式。

（3）修边冲孔 修边是将工艺补充面中多余的材料切掉，工艺设计要点是冲压方向的确定，考虑切断面的形状对模具刃口强度的影响，废料的处理以及冲裁力的大小等。前中地板加强板修边冲孔工序中，上表面孔的位置明确，根据产品数模的位置冲出即可。但是两翼上的两个 $\phi 15\text{mm}$ 孔以及两翼的修边线的形状由于受后序翻边整形影响，孔位和修边线形状只能估算出。在DL图中需要做出修边线，废料刀布置图等。

（4）翻边整形 将修边冲

孔后的工序件两翼翻边整形到产品数模状态。产品后端在做工艺补充时将部分产品形面展平做成槛（形状见图5），在修边后需将展平部分整形至产品状态。此工序要求上下两个方向都需要翻边整形，模具结构相对复杂。在DL图中需要做出翻边整形模的分模线（见图6）。

三、CAE分析

1. 拉延工艺性分析

拉延工序在整个冲压过程中至关重要，只有冲出合格的拉延

附表

工序号	工序内容	设备
OP10	拉延	J36-630
OP20	修边冲孔	J36-400
OP30	翻边整形	J36-400

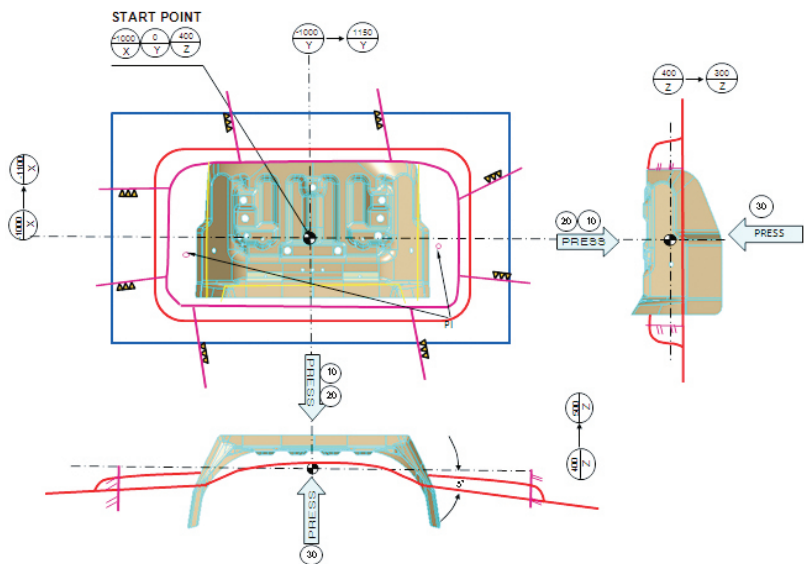


图2 工序草卡

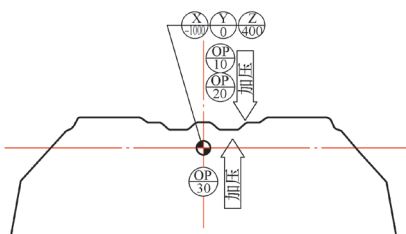


图3 基准点和冲压方向

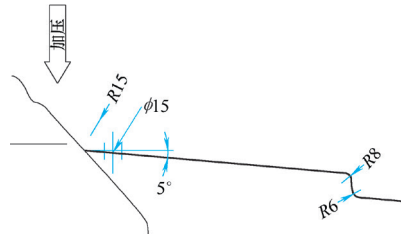


图4 工艺补充

件，后序的工艺内容才能实施。因此，对拉延工艺数模进行CAE分析显得尤为必要。

采用CAE分析软件Autoform对拉延工序进行仿真分析，发现在工艺补充面的两高点处出现破裂情况（见图7）。通过调整压边力和拉延阻力等参数都无法消除破裂缺陷，因此应该考虑修改拉延数模。

在做工艺补充面时根据最大成形面原则即尽可能多的将产品的形面拉出的原则，考虑将前中地板加强板的后端的喇叭口形状尽可能大地拉出来，这样就形成一个较大的槛状形面，在拉延过程中由于这个槛的存在阻滞了板料的流入，且局部板料的变形量已经超出了材料的塑性变形能力，最终导致板料在变形区域发生破裂。

如图8所示，将前中地板加强板的后端的喇叭口处的形面起伏角度放缓，并将工艺补充槛的高度降低，这样既降低板料局部变形程度又利于材料的流动，解决板料拉延成形过程塑性开裂缺陷。

对修改完的工艺数模再次进行CAE分析，结果如图9所示拉延件完好，没有破裂缺陷。可以在此拉延件的基础上进行后序工艺的分析。通过拉延模拟分析可以较准确的得到拉延力的大小（见图9），拉延力总和力约4.8MN，因此选择J36-630满足工艺要求。



图5 工艺补充

2. 全工序模拟分析

在拉延件数模已确定的前提下，可对后序的修边冲孔、翻边整

形进一步模拟分析。初始修边线的形状是估算出来的，无法用于指导模具制造。在传统的模具制造过程

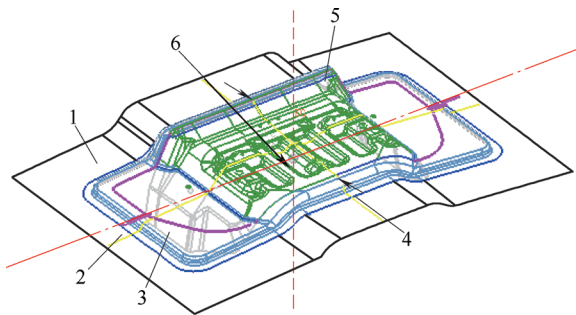


图6 DL图

1. 压料面 2. 拉延筋 3. 修边线 4. 废料刀 5. 分模线 6. 基准点

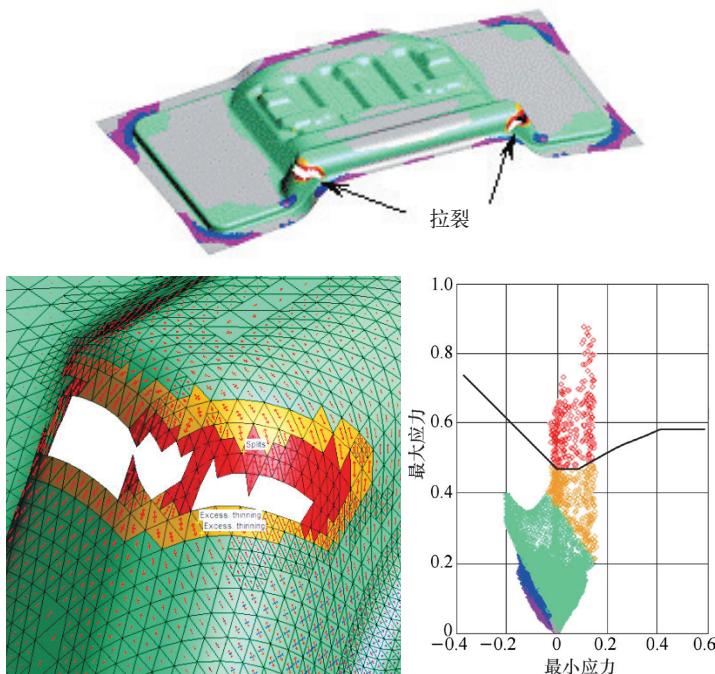


图7 拉延模拟

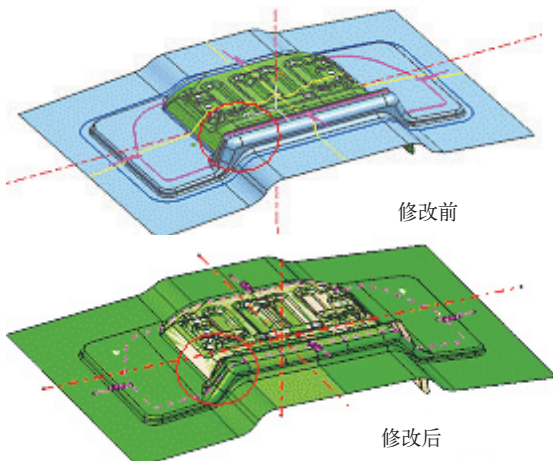


图8 数模对比

中,修边模都在最后加工制造,修边线的形状都是通过多次试模确定的,再用试出的修边线加工修边模的刃口。CAE软件可以多次模拟反算出修边线。采用反算出的修边线可以减少试模次数或者直接用于指导模具加工制造,缩短了模具的制造周期。

如图10所示,用初始估算的修边线修边后再翻边整形与零件的外轮廓差距比较大,经过CAE反算的修边线翻边整形后与零件轮廓误差在2mm之内。用Autoform求出的修边线试模或直接用于修边模的加工将大幅缩短模具的加工周期(见图11)。

此件的翻边整形工序需要将两翼翻整到位,由于翻边的面积较大且翻边的过程同时要局部成形,因此,对此工序进行模拟仿真是非常有必要的。翻边整形模拟分析后发现在两翼上局部出现起皱现象,在起皱的部位零件厚度最多增加0.035mm,考虑该件为加强件非外观件以及模具成本等因素,缺陷可以容忍。

四、冲压件与仿真结果比较

如图12所示,最终的冲压件在翻边整形工序的确有皱纹出现,且皱纹所分布的位置与之前CAE仿真分析的基本一致,只是起皱的程度可能比CAE分析的结果要严重一些。

通过三坐标测量仪对零件的轮廓进行测量并与产品数模相比较,冲压件的轮廓与产品数模轮廓偏差不大。因此,CAE反算出的修边线能够用于指导修边模的制造,缩短模具制造周期。

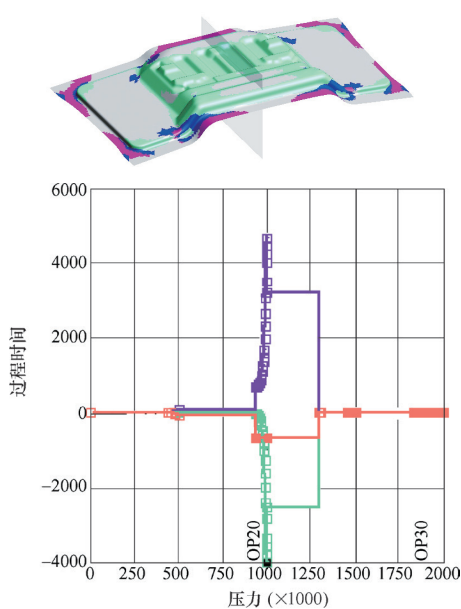


图9 拉延模拟

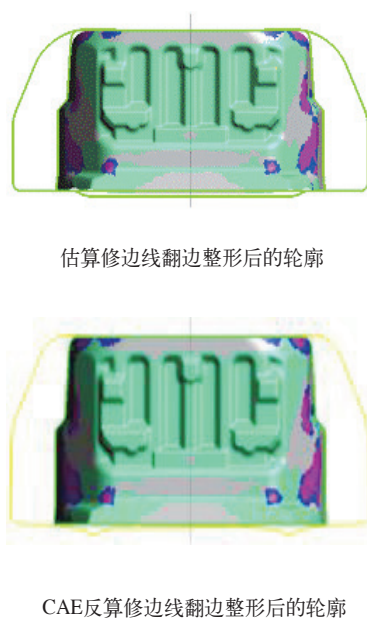


图10 修边线对比

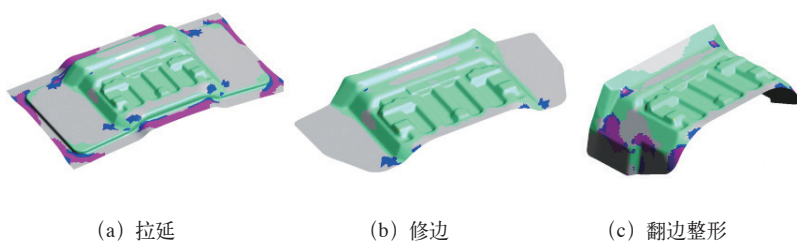


图11 全工序模拟分析



图12 最终的冲压件

五、结语

(1) 针对不同的冲压CAE软件建立规范,减少因分析人员的不同导致的分析结果的差异。

(2) 根据CAE分析结果进行精细化模面设计,降低后期模具调试周期,提升冲压件质量。

(3) 积累后期模具调试结

果,并与分析结果进行对比,进一步提高CAE分析水平。

作者简介:陈军绪、兰明、邹飞,一汽解放青岛汽车有限公司。

MW 20170410