

冲压SE在车型开发中的研究与应用

□ 安徽江淮汽车股份有限公司技术中心 / 刘春雨 郑薇

通过实例阐述了冲压的SE工作，实现了某车型冲压件材料利用率、工序比的有效控制，提高质量，降低了白车身开发成本，缩短了冲压件的开发周期。

冲压SE (Stamping Simultaneous Engineering) 是指在汽车设计阶段进行工程化可行性分析。在设计阶段，把后期制造过程中可能出现的问题暴露出来，通过产品设计、工艺优化等技术手段解决生产制造隐患，避免后期制造的风险。

冲压SE要求冲压工艺人员与其他工艺人员(焊装、涂装、总装)及产品开发人员同步参与汽车设计阶段——从概念成形到样车成功制作的所有因素——包括品质、成本、材料、加工、进度计划及用户需求，同时将约束条件提前引入产品开发过程，尽可能满足各个方面要求，使工艺问题解决在萌芽状态。

冲压SE的工作目标包括：避免设计无法冲压的产品，将问题消灭在萌芽阶段；发现并解决影响冲压生产的产品设计问题，提前将生产问题暴露出来；提高材料利用率，节约开发及制造成本；优化产品设计及产品结构，降低模具成本；优化冲压工艺，提高冲压件质量，提

高模具寿命；保证生产线的通用性以及柔性化生产。

样车分析阶段

本阶段冲压工艺人员的工作共包含两方面内容：冲压生产能力规划分析与样车工艺分析。

在新产品开发初期，需结合新产品项目预研报告和生产厂家冲压生产线的相关信息(如机床台面大小、压机吨位、产能等)进行生产能力的规划分析。

样车工艺分析要求冲压工艺人员在熟悉样车整体结构的基础上，详细了解样车冲压件的工艺性，了解参考车的分型线，应用的新工艺与新材料，同时分析成本如何，存在哪些问题，为后面的工艺分析作好技术储备。

模型设计阶段

为了降低白车身开发风险，提高工艺的可操作性，在外模型确认前，冲压工艺人员需对油泥模型造

型和效果图造型进行评审，提出优化建议，该阶段主要工作为模型分析和主断面分析。

(1) 模型分析。包括外板的工艺分析及确定车身状态匹配程度，分型线合理性验证，找出会出现外观品质问题的部位并提出对策。包括车身分块线分析、零件表面质量分析、零件特征线分析及冲压工艺性分析。

(2) 主断面分析。主断面分析是产品工程化的基础。主断面分析作为产品工程化设计的基础，决定了车身结构、零件搭接、公差分布等重要信息。对于主断面，冲压分析人员需熟悉车身结构，并与车身工程师一起探讨产品工艺性，造型部门提供车身主断面冲压SE人员对零件形状进行简化，进行冲压成形性研究、冲压方向选择、零件公差分析、零件R分析。要求对冲压工艺难度大的零件做出优化或修改等，以免问题遗留到产品工程阶段影响进度。

招标数模设计阶段

招标数模一般为未经过倒角阶段的数模。此阶段数模由外发招标进行模具制造厂家的确定，冲压工艺人员需对数模的冲压工艺进行审查，进行工艺规划草案编制，以便进行白车身的成本核算。

1. 工艺审查

此阶段的工艺审查对后期的数模冻结起到关键作用，需要将问题点尽可能全部提出，以便减少后期由于数模变动造成的周期影响。此阶段工艺审查包含修边可行性分析、翻边可行性分析、冲孔可行性分析及产品件开发成本的控制分析等。

2. 修边可行性分析

白车身冲压件在设计过程中，冲压件料边线的方向与冲压方向的关系，将直接决定模具是否能够方便、高效地将边界修剪成产品需要的状态。

修边按照修边方向可以分为垂直修边、倾斜修边和水平修边。为得到高质量止口的冲压件，在冲压件及冲压模具设计过程中应尽可能创造垂直修边条件，并且所有的修边动作要尽可能在一道工序内实现，从而避免增加修边工序数量或采用斜楔机构而导致模具开发费用增加。应尽量保证垂直修边，如果无法满足垂直修边的条件，则应该保证冲压件边界方向与冲压方向夹角不小于 80° 。如图1所示，斜面线无法通过正修边一次完成，造成生产工装的浪费；修边凹角在一次整体修边后，废料无法顺畅下落。以上两个案例存在的问题都不同程度增加了工装开发成本，故对其进

行提前修改。

3. 翻边可行性分析

冲压件的翻边一般包含正翻边、侧翻边等结构方法。在工序上需尽量避免出现侧翻边的结构出现，此类侧翻边的模具结构较复杂，增加模具制造及维修难度，在正翻边过程中应避免冲压件出现生产中开裂、起皱等质量缺陷，两种案例如图2所示。

3. 冲孔可行性分析

冲压件的冲孔形式分为正冲孔、侧冲孔、勾冲及引冲等结构方法，由于侧冲孔、勾冲、引冲等方式结构复杂，不易保证冲孔质量，故优先选用正冲孔的方式来实现。为保证冲孔附近压料面积，冲孔的边缘与修边线间需留出一定量的型面，为保证冲孔质量，应避免出现尖角的情况出现，如图3所示。

4. 产品件开发成本的控制分析

产品件开发成本的控制包含模具工序数的控制、材料利用率的控制，零件结构的优化等内容。

制，零件结构的优化等内容。

(1) 模具工序数的控制。为了提高生产效率、降低成本、满足生产线的要求，在对车型数模进行分析时，需通过最少的工序来实现冲压件的生产。冲压SE要求冲压覆盖件在四道工序内完成。故需在此阶段对影响覆盖件四序化的因素进行提前分析，待后续具体数模形成后再进行CAE的模拟分析及详细规划。

对于内板件，除了需要优化单件的造型，还需从套件的方向考虑，以满足通过不改变大件模具数量的同时得到大件及小件。此种方法应从产品的造型及材质考虑，大件需有充足的补充平面空间，小件造型需平缓无复杂造型，重要的是两者材质需保持一致。

(2) 材料利用率的控制。材料利用率是指车身的实际质量和进行工艺处理前的板材的质量之比。通常通过材料损失率加以转换：材料利用率=（板材质量-零件质量）/

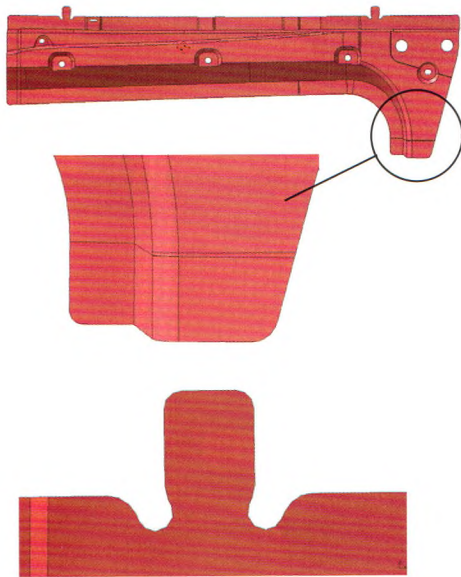


图1 修边案例

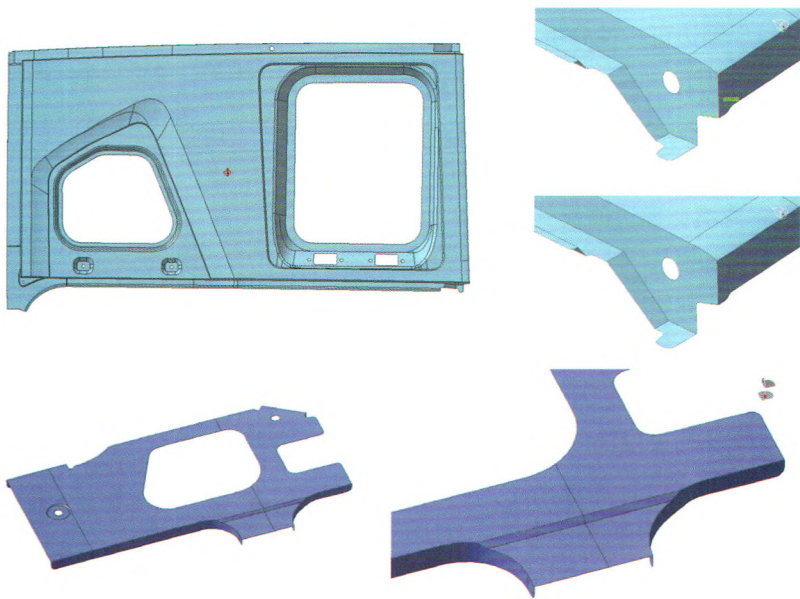


图2 翻边案例

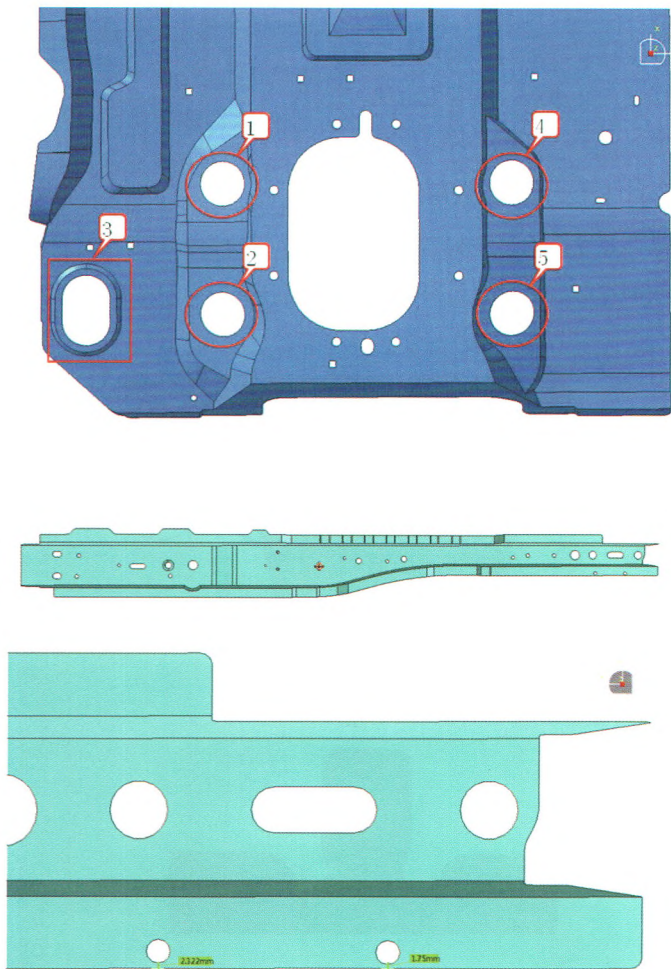


图3 冲孔案例

板材质量×100%——故需对影响板材尺寸的产品形状进行提前更改，以便提高材料利用率，具体案例如图4所示。

(3) 零件结构的优化。零件结构对模具成本及材料利用率均有较大影响，良好的零件结构可以降低板材的浪费，使板材得到充分的利用。冲压件一般通过多个工序的钢板模具或铸造模具来完成冲制，钢板模具加工简单，制造及生产成本相对铸造模具较低，在数模审查时需减少相互搭接的两个零件中铸造模生产的板件，增大钢板模生产的板件，或将需铸造模生产的零件拆分成大件及小件，以控制零件的开发成本。如图5所示，其1号件需要钢板模生产，2号件为L型件，需铸造模生产，其中2号件突出的部分严重影响2号件的材料利用率及增大了模具的开发成本，建议沿图样的分割线将2号件突出的上部规划到1号件上。图5所示为将大件拆分成小件的案例，原数模中的1号件两端上下各突出两处，增加了铸造模具的尺寸，降低了材料利用率。故建议降低分解为数模中的1号大件与2-4号的小件，小件可通过钢板模具生产，大大降低了开发成本，数据对比见表1。

5.工艺规划

工艺规划是冲压SE的重要环节，主要目的是设计冲压件的工艺方案，确保通过最合理的工艺排布、最少的模具数量生产出质量合格的冲压件。工艺规划的质量直接影响工装、零件质量，对整车开发成本和制造成本也起到决定作用。

在招标数模下发后，通过对冲

压件的工艺实现过程及样车零件质量进行对比分析，确定工件的工序数和各工序内容。工艺规划质量的重要考量指标为工序比，工序比为整车工序数总和与整车冲压件数总和的比值。工序比越小意味着整车模具数量越少，模具开发费用和生产费用也越少，故工艺规划时，在保证冲压件及模具质量得到保证的前提下需尽量进行单工序模、级进模、套件模、多工位合模、一模多腔及左右合模、落料成形等技术的应用，见表2。

SE数模设计阶段

此阶段数模已完成冲压件材料、料厚（冲压件的厚度）及圆角半径的设计，对工艺人员在招标数模阶段的反馈进行了确认更改，工艺人员需确认前期的问题及重新对数模的修边、翻边、冲孔的可行性及产品材质进行CAE软件分析，判断可能产生变形不足的部位及其解决措施，冲击线、滑移线产生部位及其解决措施，起皱产生部位及其解决措施，开裂产生部位及其解决措施，预测可能产生的线偏移，回弹分析及其解决措施、刚性分析、强度分析、扣合性分析、*R*分析（圆角处半径）、冲压方向、工序数、加工压力、坯料尺寸及生产线适应性分析等，提供给产品设计人员进行相应的调整，以减少后期结构型更改的风险，进而减少车型开发周期。如图6所示。

工装设计数模及加工数模

此阶段为数模正式下发，模具

的工装设计及加工的开始，冲压工艺人员需对前期的工艺分析及规划与模具厂家的具体设计人员进行沟

通，以便前期的规划工作能够得到最大限度地实施，减少后期出现的结构性不可逆风险。

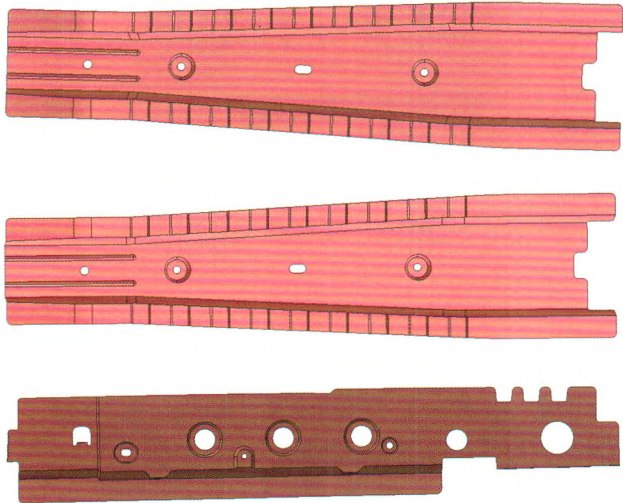


图4 材料利用率提升案例

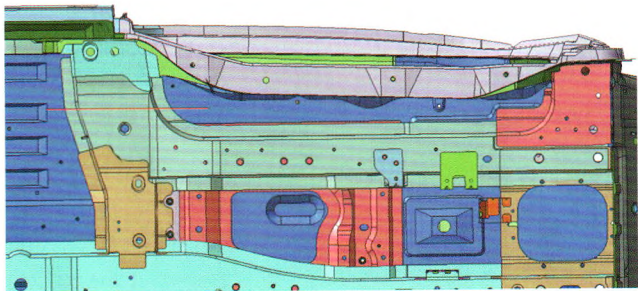


图5 零件结构优化案例

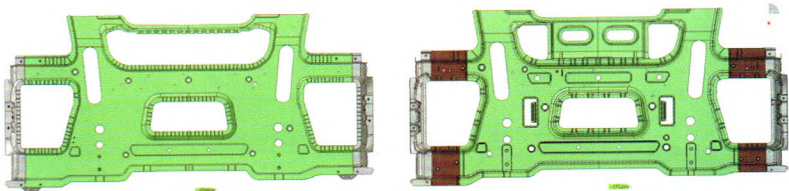
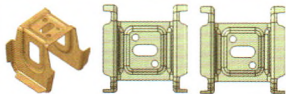
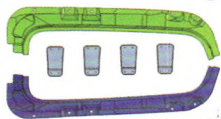
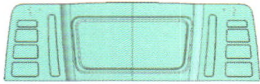


图6 零件结构优化案例

表1 零件结构优化前后成本对比

	总成重量 / kg	总成坯料重量 / kg	材料利用率 (%)	模具数量	模具成本 (万元)
原方案	12.869	25.6	50.27	铸4	129.11
新方案	12.91	21.9 + 1.75	54.59	铸4 (专) + 钢9 (共用)	114.44 (专用) + 15.33 (共用)
差值	+0.041	-1.95	4.32	-	单台节省14.67

表2 工艺规划案例 (单位: mm)

序号	件名	图片	名称	工序内容	模具数	模具尺寸			类型
						长	宽	高	
1	门槛加强板隔板		工序数12		1	1 900	820	550	级进模
2	左后侧围下加强板		OP05	BL	1	1 500	800	600	多工位/落料成型
			OP10/OP20/OP30	F0/FL+PI	1	1 600	1 500	750	
3	左/右前围外板		OP10	DR	1	2 970	2 040	1100	左右合模
			OP20	TR+PI	1	2 770	1 700	1 100	
			OP30	RST	1	2 480	1 620	1 200	
			OP40	TR+PI+CPI	1	3 050	1 615	1 200	
4	左/右行李箱门外板		OP10	DR	1	3 150	1 710	800	一模双腔
			OP20	TR	1	2 900	1 420	800	
			OP30	FL	1	3 000	1 370	800	
5	左/右侧车门后视镜加强板。前遮阳罩安装加强板		OP10	DR	1	2 000	1 200	750	套件模
			OP20	TR+PI	1	1 900	1 000	700	
			OP30	SEP	1	1 900	1000	700	
6	后顶盖		OP10	DR	1	3 150	1 500	1 000	单件模
			OP20	TR+PI	1	3 300	1 500	1 000	
			OP30	FL	1	3 300	1 500	1000	

样车制作阶段

能直接验证零件冲压可行性，冲压SE人员重点检查前期SE分析未得到造型部门答复的问题并发现和解决新出现的冲压工艺问题。该阶段主要工作包括零件强度、刚性分析、零件成形性分析、精度分析、装配及干涉检查等，为模具制作和

零件成功生产提供保证。

结语

冲压SE的主要作用是提高质量、降低成本和缩短产品开发周期。冲压SE工作的开展在我司某车型开发应用后，材料利用率和工序比得到了很大提升，使开发全过程方案更改次数减少50%以上，使

产品开发周期缩短，使制造成本降低，产生了巨大效益。 **AUTO1950**

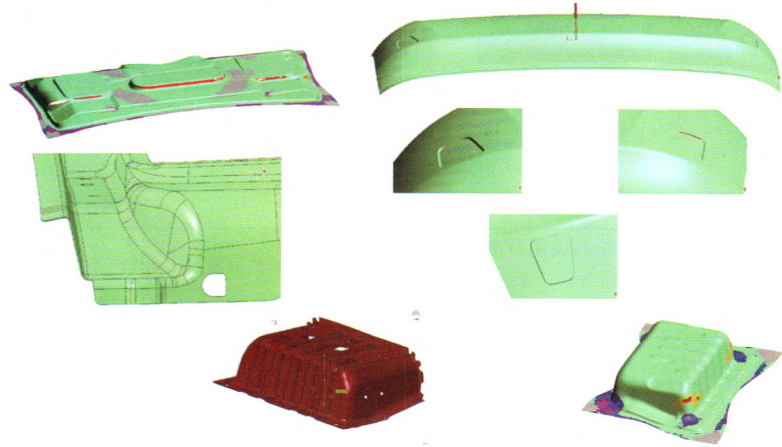


图7 CAE分析案例



刘春雨
安徽江淮汽车股份有限公司技术中心 高级工程师。主要从事新车型模具及冲压的开发，冲压现场调试及质量控制等工作，曾主导和参与江淮B114、AII、CII、N221等多个新车型的开发工作，拥有发明专利10项，实用新型若干。