

# 汽车覆盖件的冲压工艺设计

文 | 叶梦彬 · 高级工程师 · 广州汽车集团乘用车有限公司

本文主要介绍汽车覆盖件的冲压工艺的设计思路、方法。从工艺构思，到工艺设计的几个重点，包括冲压方向、拉延压边面、拉延工艺补充、后工序的工艺组合、工艺的分析检讨等，做了介绍，并对工艺设计的一般流程进行了总结。

## 引言

汽车覆盖件零件的冲压工艺设计，是对产品的制造成本、品质，模具的寿命起决定性作用的关键设计，是一项很重要的工作。汽车覆盖件模具设计是否成功，最关键的就是工艺设计。在冲压领域，工艺设计极为重要，工艺设计好了就等于完成了 50% 的设计工作量，工艺设计决定了模具设计的成败。

本文根据笔者二十几年的工艺、模具设计工作经验和模具调试、疑难问题解决的经验，对汽车覆盖件模具的工艺设计的设计思路、方法做一个总结，希望能对年轻一代从事汽车冲压设计的工程人员有所帮助。

## 冲压工艺设计人员的职责

首先我们谈谈冲压工艺设计人员的职责。工艺设计人员的职责有 2 个方面。

一、向前一工序也就是产品设计部门（汽研院）反馈生产上的要求；

二、向后一工序也就是模具设计人员下达指示。

尽管汽车总体结构都差不多，但是汽车造型多种多样，各汽车覆盖件也各有特点。冲压生产的方式有无数多，各个生产方式又各具千差万别的特征。产品由产品设计部门表现为具体的形式，工艺设计人员的职责就是选择和设计最合适的产品的生产方式。

相反地，工艺设计人员也可以从先决定好的生产方式出发，要求产品设计部门变更产品造型等。象这样的互相联络沟通，可以用开会的形式，也可以用书面联络。要进行多次联络沟通，最后达成一个理想的方案。

明确产品的技术要求、质量要求，从而分析、制定出从质量、成本方面满足产品条件的最合适生产方式，并将其用工艺表的形式交给模具设计人员。这就是工艺设计人员的工作职责。

## 冲压工艺的构思

工艺设计并不是光靠过去的经验简单地决定就行了，必

须经过周密的考虑。在开始设计之前，我们要进行反复的构思和分析。

在开始冲压工艺的构思的时候，我们需要明确这两点：

(1) 工艺的加工顺序不是一成不变的。它会因当时的实际情况产生很大的变化，也会因为设备差异受到局限。而且技术不断地向前发展，即使对同系列的产品上一次设计的工艺是成功的，这一次不能又采用同样的保守方法。

(2) 工艺设计多少要冒一定的风险。我们必须用超前的眼光看待、预见，进而进行 CAE 模拟分析和判断，对存在的问题制定对策再进一步模拟分析，这个工作要反复进行多次，将风险降到最低，然后予以实施。

明确了以上两点，再全面的对产品设计部门给出的产品的技术和质量要求、产品工艺性、生产性、产品材质、生产设备、生产安全性和成本等方面进行技术和经济方面的分析，并进行平衡、协调来设定基本的冲压工艺方案。要抓住产品的主要特征，确保这个主要特征的品质达到设计要求。这个主要特征能否良好成形严重影响着汽车的外观造型设计品质，尤其是侧围、翼子板的主要特征。汽车车体零件中，侧围与翼子板是表现车体特征的最重要零件。

影响侧围、翼子板等主要特征件的外观造型的因素有很多，质量上要求优良的面品质，成型加工困难。在所有成形工序中，拉深工序比其他的成形工序受零件形状的影响最大，拉深的好坏直接关系到零件品质进而影响到成本，而且其工序设计必须要充分考虑各不同生产线的设备条件。因此，进行工艺设计时，最重要的是设计拉延工艺。这是工艺设计的第一个要点。

拉延需要整体良好成型，特别是产品中央部分要尽量棱线清晰、造型实现良好，而且尽可能做到不需要二次成形，这是拉延工艺的基本要求。冲压零件占材料费的比例大，尤其侧围、带天窗顶篷等又是材料利用率低的形状，尺寸大，对材料利用率影响大，进而对车的成本也造成影响，因此，要注意材料利用率。这是工艺设计的第二个要点。

工艺设计的第三个要点是将设备条件作为先决条件。日系汽车公司的冲压线基本上由 4 台压力机构成 1 条生产线，欧美系由 5 台、6 台压力机的生产线。必须确保冲压工艺控制在生产线工序数以内。

## 工艺设计

冲压工艺设计，在完成了产品特征分析和工艺思路构思，并与产品设计人员充分沟通、修改、优化了产品造型之后，工艺设计就正式开始了。工艺设计的主要工作包括冲压方向的确定、拉延深度和压料面的确定、工艺补充的设计、成形的次序和组合等等，下面逐一进行介绍。

### 冲压方向的设计

冲压方向是工艺设计首要解决的问题。

拉延工序冲压方向的设定准则：冲压方向的设计以能满足大多数特征局部的成型要求，或能满足最重要的特征局部的成型要求，并能获得最好的冲压质量为准则进行确定。

例如门外板，如图 1。

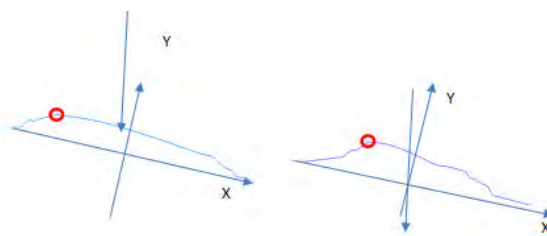


图 1

在圆圈处棱线 R 比较大的情况下（比如图 1 左，R6），拉延时棱线处不会出现开裂，设计拉延工艺会以有利于满足大多数特征局部的成型要求和获得最好的冲压质量为准则来确定冲压方向（比如 15°）。但是如果圆圈处棱线 R 角很小（比如图 1 右，R1 或更小），如果还按上述原则确定冲压方向，棱线将出现严重滑移甚至开裂，这种情况下，就要调整冲压方向，以优先保证棱线拉延不开裂、不严重滑移，品质可以接受为重点，同时兼顾其他局部特征的成型，获得总体可以接受的冲压质量为原则设计冲压方向（比如 22°）。

产品（零件）是装在车身上的，产品相对于车身坐标系有对应的坐标线。设计中通常以产品中心为基准点（一般取坐标值为整数点），如果是左右件一起冲，通常选取左右件基点的中点作为新基点，基于基准点的坐标线就是基准线。冲压方向不一定重合于基准线，通常是将零件相对于基准线经过一定角度的旋转，找到一个最适合成型的方向作为冲压方向。冲压方向的设计以基准点为基准（原点）进行旋转，在冲压方向上建立新的设计用坐标系，以前 2 维设计时要标注出这个坐标系相对于原基准坐标系的旋转角度（例如 X-Y

平面什么方向旋转多少度、X-Z 平面什么方向旋转多少度等),如图 2 所示。现在 3 维设计只要在空间上显示出来就可以了。

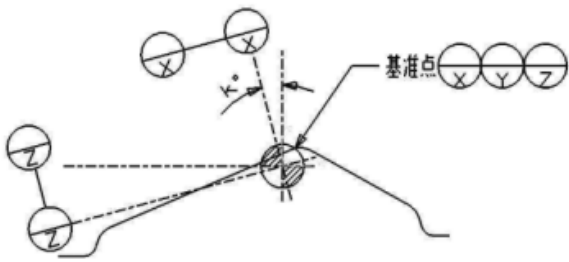


图 2

产品原坐标系通常以 XYZ 命名,如果进行了一次旋转,新坐标系通常以 X'Y'Z' 命名,旋转两次则以 X''Y''Z'' 命名。

冲压方向的设定要注意产品的基准线。侧围前立柱,中立柱部与基准线基本垂直,所以尽量不要倾斜。要充分考虑防止侧围尾部(后翼子板部)、翼子板、门外板等产生拉延痕、严重滑移、拉延开裂等质量问题,并根据需要对冲压方向进行适当调整(如图 3 所示)。

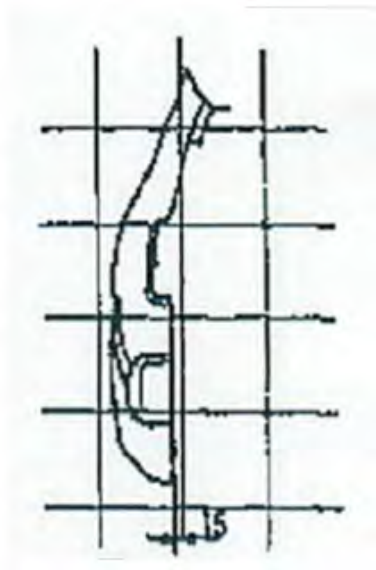


图 3

为了使产品表面不会出现拉延痕、双骨、开裂等不良,拉延工序从成形性、作业性来讲都希望拉深深度尽量一致(以侧围为例,如图 4: A 约等于 B),达到拉延深度的基本平衡。

如果不能做到周圈拉延深度基本一致,至少对向拉延深度要接近(例如一些结构件、一些地板件等)。

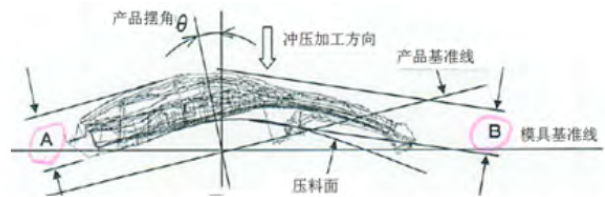


图 4

拉延还要注意使如图 5 所示 1~8 等相邻的各截面的材料线长差不要剧烈变化,来决定冲压方向。线长差异大意味着材料流入差异大,小范围内出现材料流入差异大,拉延容易产生起皱、变形、开裂等问题并且不好调试。

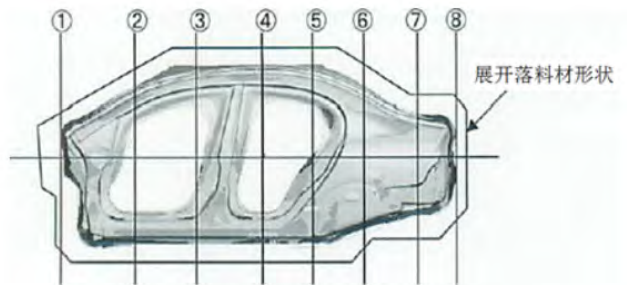


图 5

后序的冲压方向优先考虑与拉延工序一致,后序工序间冲压方向也应优先考虑一致。但后序与拉延、后序与后序之间,冲压方向不是必须一致,重点还是要看后序工艺需要,还要考虑生产方式和生产线自动化功能的限制。

### 压边面的设计

拉延能否良好成型,压边面的设计是另一个关键因素。压料面的设计,第一个要求是压料面要设定为材料容易流入的形状,不要有不规则的造型造成成型困难。压边面设计的第二个要求是用压边圈压住材料后,材料不起皱、不弯曲。如果压边面压住材料后,模芯部分材料有弯曲、起皱,就会产生变形等品质问题。内板形状在成型过程中还可以吸收一定程度的起皱、弯曲,所以问题不大,但外板件形状部发生有起皱、弯曲时,拉延后即使被吸收到凭眼睛看很难发现,一旦打油石或对光确认,变形仍然会很明显。为了确保外板件拉延时材料不起皱不弯曲,要求外板拉延工序板料放在下模上面的时候凸模型面必须与板料良好接触。

压料面的设计要点是：1、有利于材料流入；2、控制和平衡材料的流入，不管从哪个方向的材料流入，所受阻力都是均匀的；3、控制和平衡拉伸深度和拉伸状态；4、特别是要尽量保证成型时从材料的中央部位开始成形。

压料面设计的方法是：1、根据经验和成熟案例，以平衡拉伸深度和拉伸状态、材料流入为原则做出压边面并进行修正，设计的压料面要保证成型从材料的中央部位开始；2、以控制和平衡材料流动为原则设计拉伸筋；3、反复分析优化、模拟、评审，完成工艺补充的设计。

拉伸筋是压料面上调整材料流入的关键因素，要特别注意拉伸筋的设计。实际工艺设计中不能奢望遇到如图3所示的有均匀的拉深深度的情况，要设计拉伸筋并配以拉伸筋的造型变化（如造型、深度、R角等）来改变材料流动以获得材料流入量的平衡。另外，拉伸筋具有增大材料锁紧力，提高大的成型面的刚性的作用，且作用非常大。拉伸筋在设计好分模线后再设计。

另外，还要注意送、取件的分析、设计。压料面必须设定为容易送件的面，同时注意其高度，要求送件后材料的状态稳定性好，加工完后也容易取件。

### 零件型面与压料面连接的设计

零件型面与压料面的连接，决定了材料能否有效流入。因此，需要在设计如何连接的时候对零件型面的周边部分进行分析和修改、优化。比如带翻边的零件，翻边部位要进行展平或修改、加大R角以利于材料流动。所有这些展平或者R的修改，需要以能最后成型出合格的产品为原则来进行设计。因此，其设计原则是：零件与压料面的连接以有利于拉伸材料流动、有利于后序修正零件形状使最终件合格为原则进行设计。

这些设计工作包括：

零件边缘造型要进行调整、修正、连接、补充，使利于材料流动，有利于提升拉伸件品质；

连接部的设计要确保各局部的形状在切边后能通过后序切边、整形、翻边等工艺把造型修正到符合产品造型，不影响最终的产品质量；

对于连接设计后拉伸成型有困难的部位要进行设计修正，使利于拉伸成型，并设计好后序的整形工艺，确保通过整形最后能获得合格产品；

设计中要关注造型修正时板料的线长变化，按料厚不变

原则分析确定出切边线，造型修正要有利于后序切边，原则上应确保切边线在分模线以内；

要注意拉伸深度、材料流入的平衡，相邻位置不能差异太大出现急剧变化；

最后要进行材料的起皱、开裂、变形、变薄分析预测和反复模拟，对于预计会出品质问题的要有对应对策。

这一阶段，我们还要完成分模线的初步设计。分模线的设计原则是：

以压料面和零件修正后的造型周圈连接线为分模线，并根据工艺需要进行适当修正调整；

分模线原则上设计在切边线之外。除了一些特别的零件，如个别设计独特的地板，绝大多数模具的分模线都应设计在切边线之外。如果必须有部分超出切边线，那么模具设计时压边圈必须要打死才能确保成形。

水平面上看分模线不能有急剧的曲线变化，及最小水平面R不能太小，一般来说应在R20以上。

### 工艺补充的设计

工艺补充主要应用于拉伸工艺。设计的目的和原则是：有利于成型或者有利于提高质量。主要用于调节材料流入、提高成形工艺性，也有用于提高局部刚性、消除局部起皱或变形、为后序预留材料防止整形开裂等。

工艺补充的设计的方法是在零件数模上朝着有利于成型或者有利于提高质量的方向进行修改补充。注意积累经验和参考类似的成功案例进行设计，并依靠CAE进行充分的模拟验证。注意参考不是照抄，要体现优化和进步。分模线内的工艺补充主要用于辅助成型，通常是一个曲面、一个凸包、一条筋等，用于提高局部成型工艺性或者刚性等。如侧围尾灯上下部、后轮拱的补充面、各种吸料包、各种提高刚性、调整材料流动的筋等。分模线以外的工艺补充是指压料面和拉伸筋，用于控制和平衡材料流入，是最重要最基础的工艺补充。

分模线内的工艺补充的设计步骤：

1) 分析：A) 哪里有缺口需要连接面（如侧围尾灯处、翼子板大灯处等缺口位置）；B) 哪里需要平衡拉伸状态（如侧围前立柱和侧围后轮拱位置等）；C) 哪里要加大面、哪里需要修改面才能拉伸出来；D) 哪里需要提高刚性；E) 哪里有起皱需要撑开料；F) 哪里需要加大变形提高刚性；F) 哪里需要预储材料放置后序开暗裂等；

2) 参考以往的成功经验和做法以有利于成型和保证质量为原则分别对各位置做出初步方案; 3) 多次分析优化、模拟、讨论、评审、再优化, 直至完成工艺补充的设计。

绝大多数工艺补充都是设计在切边线以外的废料区。如果在产品区, 需要考虑会否带来品质方面的影响和给后序工艺造成的影响, 以及能否消除影响。同时, 工艺补充尽量不要降低材料的利用率。

### 后序工艺的设计

后序工艺设计的目的: 后序工艺设计主要是进行切边(切除废料)、冲孔、翻边设计, 并将与最终产品局部造型有差异的位置进行整形、翻边, 使冲件符合产品造型。一句话, 拉延工艺设计就是设计一个能成型出核心和基本特征的成形方案, 后序工艺设计就是设计后序工艺成形的次序和组合, 使拉延件通过后序成形, 最终成为我们想要的零件。

一般来说, 后序没有拉延, 但是如果受制于造型特征或设备能力限制等原因, 拉延工序不能一次拉延成型, 第二序工艺必须设计二次拉延。这一二次拉延我们通常不称为拉延, 而是叫整形。

### 后序工艺设计的步骤

1) 分析、设计出整体和各局部达成最终产品造型特征所需的工艺内容;

2) 进行各工艺之间内容的分工组合, 达到在规定的工序内冲出合格产品的目标;

3) 分析、修正工艺设计确保每一工序所承担的工艺内容在所在工序内都能组合起来、能实现工艺目标, 即确保工艺设计在模具设计上可行(这也是工艺设计人员必须精通模具设计的原因)。

4) 如果后序设计中发现产品设计有不合适的、工艺上达成有困难的、可以优化的部位的设计, 要及时与产品设计人员沟通, 取得理解、实现产品优化。

### 工艺的检讨优化设计

所有工艺设计完成之后, 还必须进行工艺的检讨、评审、优化, 这些工作包括:

1) 根据各工序的工艺内容分析各工序工艺可行性, 除了关注起皱、开暗裂等问题, 还要关注会否出现滑移、拉延痕、形变等面品问题;

2) 根据各工序的工艺内容分析计算成型力及生产线(压机、自动化等)匹配性;

3) 根据工艺设计要求和过往不良的反映, 分析、预测为了确保达到要求精度还需要考虑哪些成形特性(翘曲、回弹、模具磨合性等);

4) 反复分析、模拟、修改、评审, 最后制作出各个工序的加工工艺图。

经过多次重复的 CAE、多次修改检讨, 甚至提 ECR 要求修改产品、才能最大限度的提升工艺设计的可行性, 减少模具制造和调试尤其模具调试中的问题, 减少调试时间。工艺图的好坏影响到产品外观、品质、调试时间, 进一步影响到能否顺利投产。

以下分别是设计完成的一个二维和一个三维的工艺图(图 6, 图 7)。

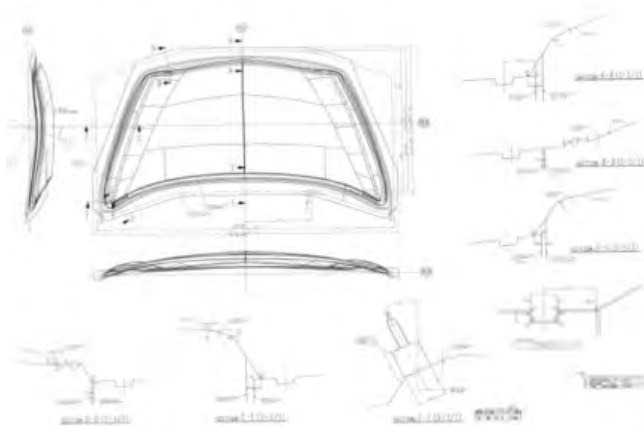


图 6

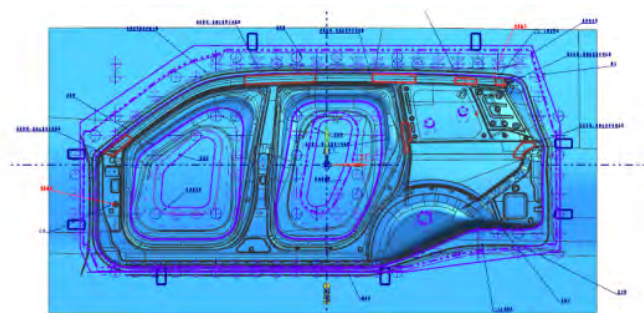


图 7

### 工艺设计的一般流程

以上基本介绍了工艺设计的所有内容。在这里, 再总结一下工艺的流程。

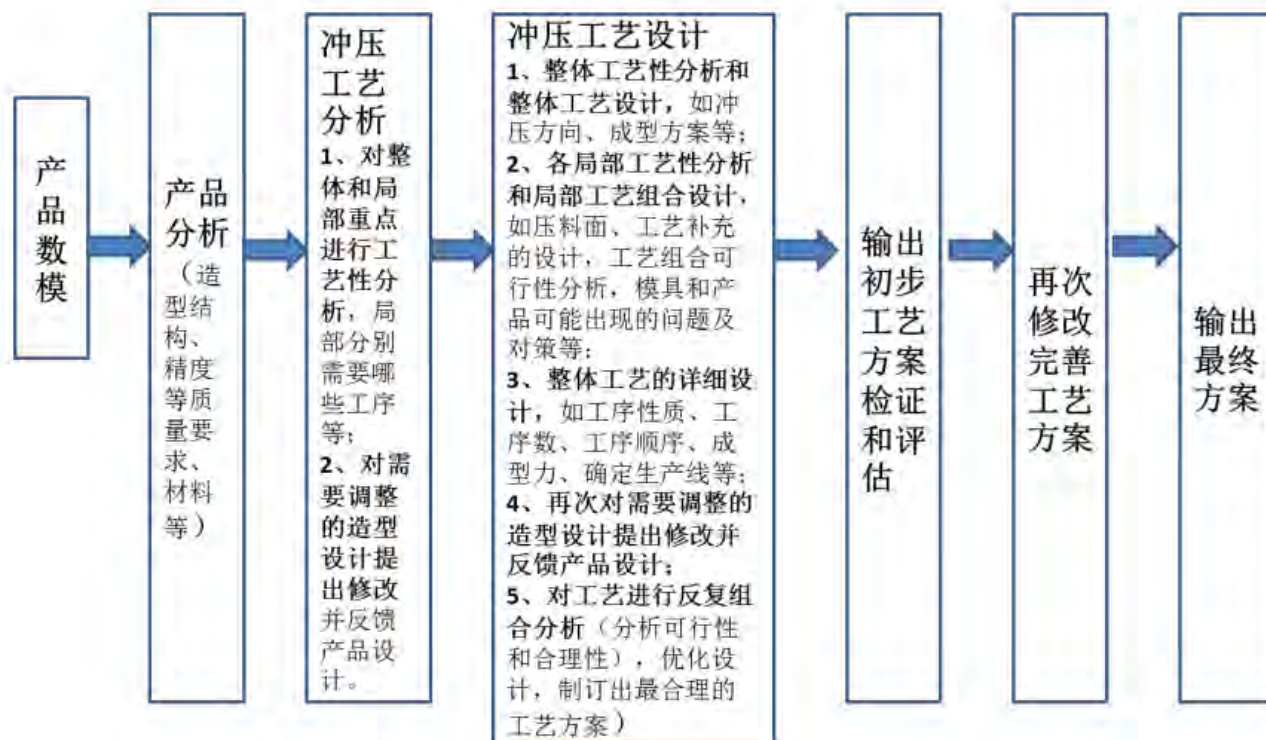


图 8

### 结束语

汽车覆盖件的冲压工艺设计并不复杂，只要具备一定的工艺知识，懂得模具设计，具备一定的经验，按照以上流程都可以很好的设计出来。各车系的汽车结构设计基本差不多，其覆盖件造型设计也差不多（特别是门内板），差异通常只

是局部的造型差异，因而汽车覆盖件的工艺设计是可以参考很多成功的设计的。设计的时候，适当的参考很有必要，但是要记住的是，参考不是照抄，每一个设计都应该追求进步。这样，冲压工艺技术能力才能不断的进步和发展。MFC