

(2) 相对于其他有限元方法而言, 比例因子法的优势在于, 它能够通过计算得到不符合形状误差的节点, 再对初始轮廓线上不满足要求的节点进行相应的调整, 在调整初始轮廓线时, 不是给各个节点一个相同的调整量, 而是依各个节点的比例因子 ω 及形状误差值 e 计算出相应的调整量, 这样调整的针对性强, 计算结果精确, 需要迭代的时间少。而与计算结果较精确的有限元增量法相比, 比例因子优化方法的优点主要表现在所需的计算时间少、有针对性地调整初始轮廓线, 不像增量法手动调整板料的形状及尺寸, 只能定性而非定量地对初始轮廓线进行调整, 这势必增加调整的次数, 造成时间上的浪费。

一个完善的毛坯设计方法应具有以下的特征:

(1) 通用性, 应该不受制件形状的影响, 能处理任何复杂的零件并考虑不同的生产工艺情况。

(2) 准确性, 设计出的毛坯应该在相应的工艺条件下能加工出满足质量要求的制件。

(3) 实用性, 应该能将方法包含在一套软件系统中, 一般工程师就能很好的运用它去解决实际生产中的具体问题。

本文提出的比例因子法就能够完全满足上述要求, 不受制件形状的影响, 对于不同的生产工艺也能考虑进来, 而且操作简单, 对于具有一般专业知识的人就能操作, 至于准确性, 从后面的实例可以得到验证。

第4章 比例因子法在板料展开中的应用

在前两章中,已经非常详细地叙述了常用的板料展开方法及作者提出的一种新的板料展开法——比例因子法的理论依据及基本思想。本章主要针对比例因子法是如何求解冲压件的板料形状及尺寸进行展开的,这其中涉及到冲压零件的目标轮廓线、初始板料轮廓线、偏置量 Δ 、形状误差的允许公差值 T 的确定和求解,以及冲压过程的计算机模拟设置。初始板料轮廓线经比例因子法迭代计算后获得最佳板料展开轮廓线。本章最后以一个简单的方形盒为例说明了比例因子法在计算板料形状及尺寸的求解过程。

从第三章的比例因子法的流程图中,可以看出,采用比例因子法来优化板料的形状及尺寸,必须具备一些初始条件,包括目标轮廓线、初始轮廓线、偏置量 Δ 、形状误差的允许公差值 T 、板料的材质性能参数、冲压件的CAD模型等等,下面具体讲述这些初始条件的获得。

4.1 目标轮廓线的确定

目标形状一般选取零件产品的外轮廓线,然而在实际冲压模设计中,通常是要考虑一些辅助工艺,如工艺填充面、拉延筋、压料面以及具有翻边结构等等,因此,有必要考虑工艺补充对板料形状的影响。

工艺补充对板料形状的影响,可以通过以下两种方法加以修正^[41]:

(1)首先将零件的边界曲线作为目标曲线,在每次反算求解板料形状后再考虑工艺补充。这种方法以最后零件的外形为主要参考点,可能受成形网格发生回弹或压边圈没压紧等影响,应增加的工艺补充量与实际的存在一定的差别,操作起来比较复杂。

(2)将已经考虑过工艺补充的零件的边界作为目标曲线,这样一来,反算出来的板料形状已经包含了工艺补充量。这种方法主要从工艺上考虑,使得板料网格上增加的工艺补充量,对于受成形网格发生回弹或压边圈没压紧等因素的影响减少,且操作起来较为简单。特别是对于一些存在较多后工序(如修边、翻边等)的零件,采用这种方法效果最好。

本文的目标轮廓线因零件类型的不同而选用不同的方法来确定,对于一些不需要拉延,经过落料后直接可成形的零件,其结构简单,可以不考虑工艺补充的影响,应该选用第一种方法,这类零件的目标轮廓线即为零件的边界线;而对于一些需要采用拉延工艺且存在翻边结构的零件,需要考虑工艺补充对板料形状的影响,应选用第二种方法来确定目标轮廓线。

图 4.1a 为汽车油箱上盖零件图，从图中可以看出该零件的边界并不齐整，对于这种零件，不属于直接成型件。它的目标曲线若取零件边界线，即图 4.1b 中的曲线，则采用一步算法所求得的初始板料如图 4.1b 所示。该板料形状怪异，使得落料刀形状复杂，对拉延成形造成的影响也较大。拉延工序是除落料工序之外最先进行的加工工序，对于后工序起非常关键作用。如果拉延工序完成地不好，产生一些缺陷，如起皱、破裂等，后工序就无法进行。为了避免这种情况，选用第二种方法确定目标曲线。

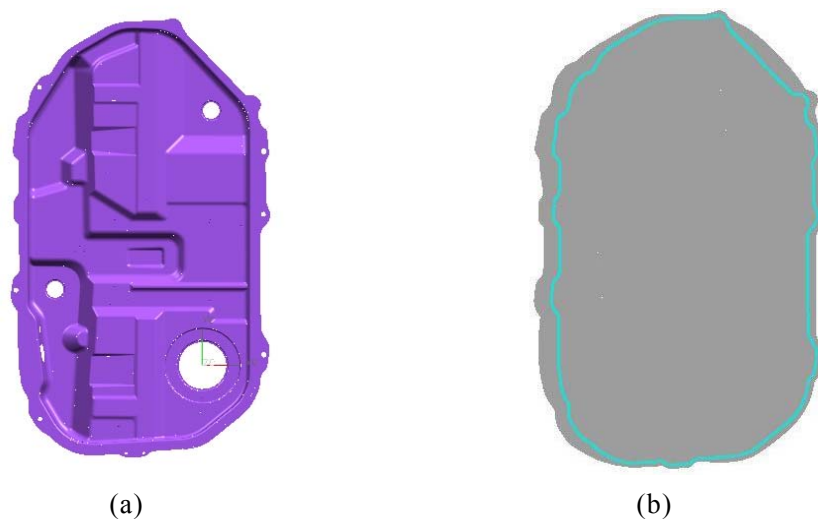


图 4.1 油箱上盖的板料展开

首先确定该零件的加工工艺，从零件的结构特点可以定出该油箱上盖需经过以下几道工序：拉延、修边冲孔。经过考虑工艺补充后，零件拉延模数模如图 4.2a 所示，取图 4.2a 中的相对圆整的曲线作为零件的目标曲线，经过一步算法计算得到仿真结果如图 4.2b 所示，图中为反算的板料形状曲线及成形零件。该板料形状与图 4.1b 中所示的板料形状相比更加合理。

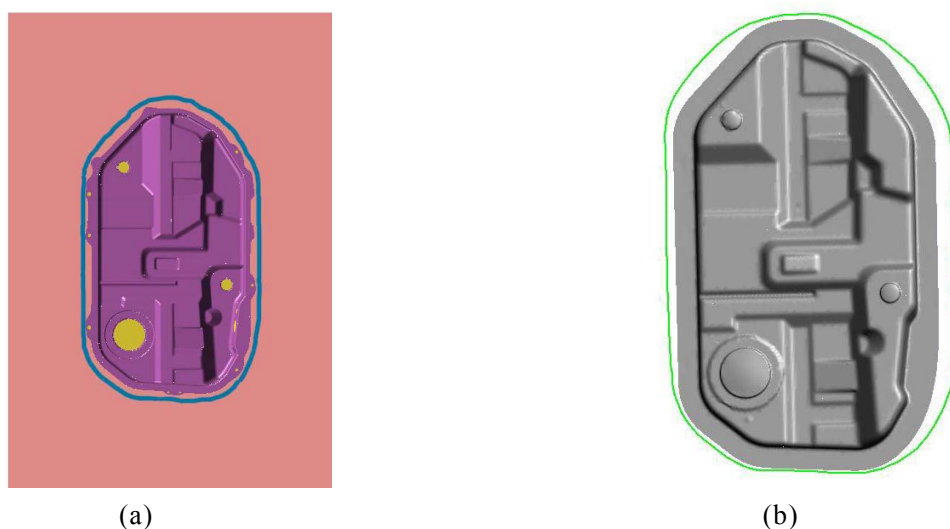


图 4.2 考虑工艺余量的板料展开

大致的板料形状可以作为确定落料模的依据，然而由反算求解出的板料形状

一般都比较不规则,若以它作为落料的切边线,将会增加生产成本,因此,在实际生产中可以进行一些简化处理。虽然此时的板料形状只是一个大致的、粗略的,但在节约生产成本和提高生产效率的前提下仍可以较大限度地提高材料的利用率与改善成形效果。

4.2 初始轮廓线的确定

上文已经明确了如何确定目标轮廓线,而初始轮廓线是要通过零件的最终形状来确定的,即在目标轮廓线确定的基础上将零件的最终形状作相应的调整,如图 4.1(b)中的油箱上盖其最终形状应该调整为如图 4.2(b)中所示的油箱。

初始轮廓线的确定方法有很多,从第二章所介绍的板料展开方法中,我们可以看出有限元逆算法,即一步算法,相对于其他板料展开方法而言,具有较大的优势。主要表现在:

(1) 经验法是依据面积不变原则来估算板料形状的,没有考虑板料的塑性变形,这与冲压过程中板料的变形不一致。对于形状规则的零件展开较准,但不适用于形状复杂的零件。

(2) 滑移线场法由于应用前提使得其适用范围狭窄。它一方面忽略材料的应变刚化效应,假设变形体为一理想刚塑性体,而应用于冲压的许多材料为各向异性弹塑性体;另一方面假设变形体处于平面应变状态,不考虑板料厚度方向的变化。这些都与实际情况不相符。

(3) 势场模拟法与滑移线场法的缺点相似,应用前提条件较为苛刻,假设材料为不可压缩的平面各向同性的刚塑性体。

(4) 有限元增量法全面考虑了板料在成形过程中受各种因素的影响,包括受模具形状、润滑条件和板料形状等因素的影响,因而也是所有板料展开方法中最精确的。但是增量法的计算时间很长,由于接触边界条件处理困难,加上计算模型十分复杂,这会使得计算时的收敛性受到很大影响。

现在大多数板材零件制造厂和模具开发上均采用了有限元模拟方法来分析冲压件的成形性,预测成形中可能出现的缺陷并研究工艺参数对成形过程的影响。目前主要采用增量有限元法对成形的全过程进行分析。这样做虽然可以得到冲压成形过程的详细信息,但同时需要大量的计算时间,在一定程度上影响了它的应用。因此,一步算法目前是板料设计的一种很好的方法。一步算法的应用对象是钣金产品设计单位,模具开发制造企业及其他行业的冲压厂家。不仅能用于成形性分析,还可用于复杂形状零件的板料展开和工艺优化。在项目开始阶段对产品进行工艺分析可以避免后续制造中的浪费,缩短开发周期,可以支持板材零件的设计、制造的并行性。

影响成形工艺的因素有模具形状、板料轮廓、板料厚度、压边力、摩擦和润

滑情况等。基于流动理论的增量有限元法可以全面考虑以上因素，是目前最精确的方法。但是在板料成形工艺设计时，对于设计人员来说最重要的是，根据产品模型迅速得到展开板料的形状，以此来判断工艺可行性；研究板料形状对成形的影响，并根据给定的板料的形状计算成形后续要去除的废料部分，以此来判断工艺合理性。有限元增量法耗时太多，显然不能满足设计人员实时计算的需要。

而由Koboyash提出的有限元逆算法是从给定的最终零件的形状尺寸和过程条件出发，沿与成形过程相反的方向模拟变形过程中任意时刻的零件形状和尺寸，最终确定零件所需的初始板料的形状和尺寸，它是真正根据金属成形机理从根本上解决初始板料形状尺寸确定问题的方法。增量法是靠“试错”的方法逐步接近正确的毛坯形状和尺寸，这势必造成大量时间的消耗。而逆算法则可以完全避免这一点，它是从塑性成形理论出发，从金属成形机理角度解决板料形状及尺寸的方法。也就是说，板料形状是“计算”的结果，而不是“试错”的结果，因而一步算法所需的计算时间非常少，这有利于缩短模具的生产周期。

基于以上分析，本文采用一步算法来求解板料的初始轮廓线，下面为采用一步算法计算冲压件板料展开的初始轮廓线的具体步骤。

4.2.1 有限元模型的建立

一步算法采用的是有限元思想，将求解区域离散为一组有限数量、且按一定方式相互联结在一起的单元组合体。由于单元可以按照不同的联结方式组合，且单元本身又可以有不同的形状，因此可以用来建立几何形状复杂的求解域的模型，并利用每一个单元内假设的近似函数来分片表示整个求解域的未知场函数。所以，有限元分析中的前处理部分的任务主要是对要分析的问题进行离散化，也就是常说的有限元仿真建模，其核心是网格的划分。进行有限元模型的建立，其操作步骤包括：

(1) CAD模型的导入

在进行网格划分之前，首先要通过网格划分软件的图形接口读入建好的零件的CAD模型。现在的CAD/CAE软件都带有通用的IGES接口，可以很方便的实现数据的转换，但是通过IGES接口转换之后存在数据丢失的现象，这样就使得读入的模型中，面与面之间可能会出现裂缝，导致模型的失真，因此，首先必须检查读入以后的模型中特征的连续性，以确保模型的连续性。对于特征比较多的或者比较复杂的曲面模型，还要进行特征的合并，去掉一些小的和无关紧要的特征，以简化模型，便于网格的划分和有限元计算。

(2) 单元的选取

用于板料成形有限元分析的单元类型主要有三类：薄膜单元、体单元和壳单元。薄膜单元有3结点和4结点单元，体单元有4结点、6结点和8节点三种，本文的一步算法采用的是三角形膜单元，膜单元由于忽略了弯曲效应，只考虑了沿厚度