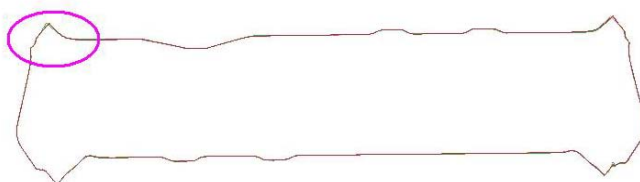
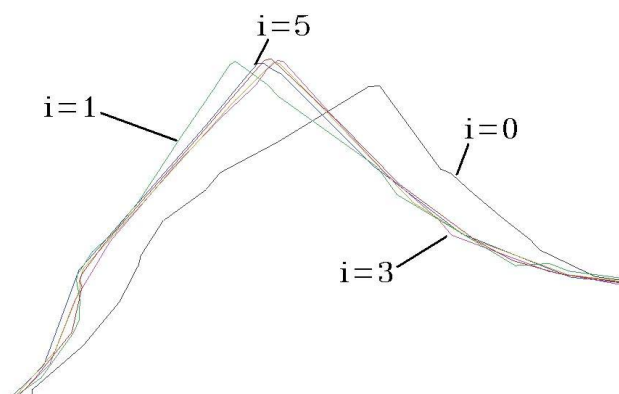


值。

图 5.6(a)为 5 次迭代所获得板料展开的形状轮廓线, 由于该横梁内翻边处(即导致较大形状误差值处)的板料形状最难确定, 所以比较该处的板料展开曲线最具代表性, 图 5.6(b)即为横梁的某一内翻边处的几次迭代后获得的板料展开轮廓线。



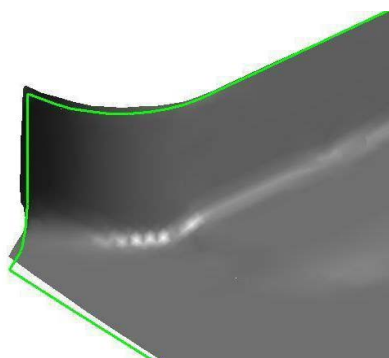
(a) 全局图



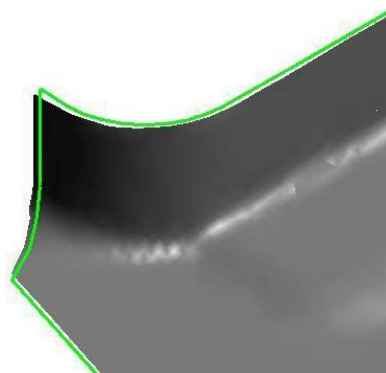
(b) 局部放大图

图 5.6 迭代获得的板料形状

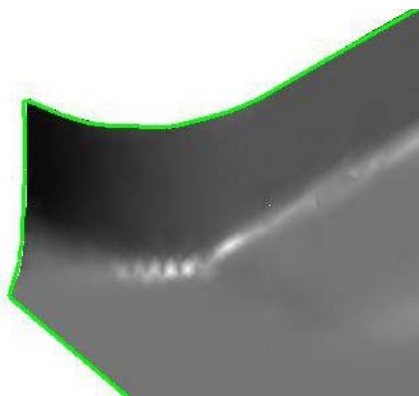
图 5.7(a)为第一次迭代($i=1$)的板料成形后与目标曲线之间的比较, 图 5.7(b)为第三次迭代($i=3$)的板料成形后与目标曲线之间的比较, 图 5.7(c)为第五次迭代($i=5$)的板料成形后与目标曲线之间的比较。从图中可以看出, 一步算法获得的初始板料经过一次迭代, 板料成形后与目标曲线的误差明显减小; 经过五次迭代, 成形板料与目标曲线之间的误差已经非常小, 达到优化目的。



(a) 第一次迭代



(b) 第三次迭代



(c) 第五次迭代

图 5.7 成形板料与目标曲线

图 5.8(a)为第五次迭代后的成形板料,经过模拟冲孔工序之后的形状,图 5.8(b)为第五次优化后的板料在实际生产中的结果,形状误差在公差范围之内,验证采用一步算法进行板料展开,并结合比例因子法进行优化的有效性和精确性。



(a)冲压模拟结果



(b)实际生产结果

图 5.8 前横梁的最终成形

5.2 油底壳

前两个零件都只有一道拉延工序，而对于具有二次拉延工序的零件而言，如何确定板料的形状及尺寸，那就更加复杂了。因为它要考虑的因素增多了，主要包括：①保证第一道拉延工序完成后，零件的成形性；②第一次拉延完成后，板料是否留有足够多的板料用于第二次拉延；③在满足板料足够，且考虑板料受第一次拉延工序影响的情况下，能够保证第二道拉延工序完成后，零件的成形性。

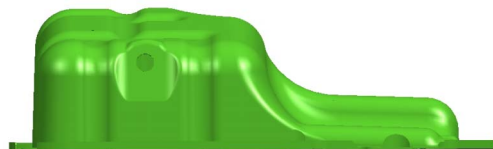
本文采用的比例因子优化方法，能够完全考虑上述因素的影响，因而其精确度更高。本小节以油底壳为例，说明其在具有两道拉延工序的零件板料展开中的应用。

5.2.1 初始条件

油底壳零件如图 5.9 所示，其中(a)为俯视图，(b)为前视图。该油底壳的最大尺寸为：398.7mm×228mm×114mm，厚度为 1.2mm，其高度尺寸相对于长度及宽度尺寸而言，是具有可比性的，若采用一次拉延工艺，板料需要在一次加载下产生非常大的变形量，这样会很容易导致板料超过其成形极限而破裂，因而该油底壳应采用二次拉延工艺。



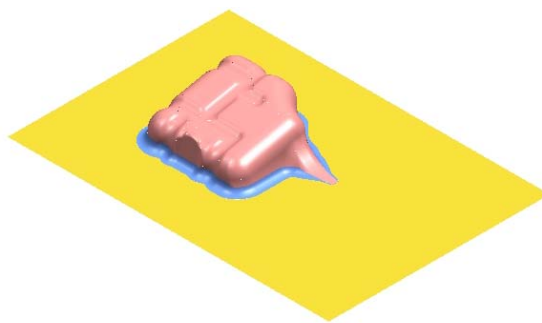
(a) 俯视图



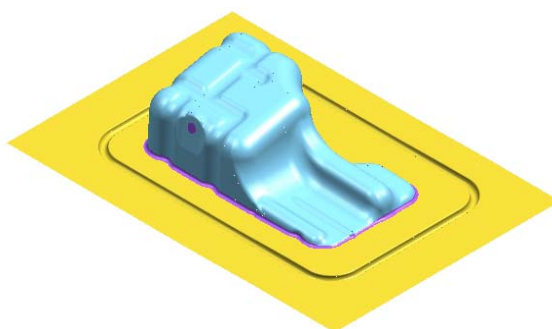
(b) 前视图

图 5.9 油底壳零件图

油底壳的总高度为 114mm，分两次拉延。第一次的最大拉延深度设为 74mm，为第二次拉延工序做准备，不设拉延筋，其模具数模如图 5.10(a)所示；第二次的拉延深度相应设为 40mm，为了保证零件的成形性，设置拉延筋，其模具数模如图 5.10(b)所示。



(a) 第一次拉延



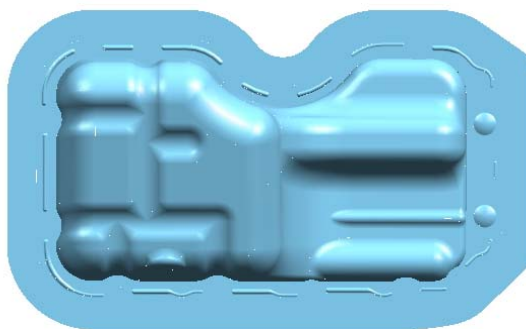
(b) 第二次拉延

图 5.10 油底壳二次拉延工艺补充

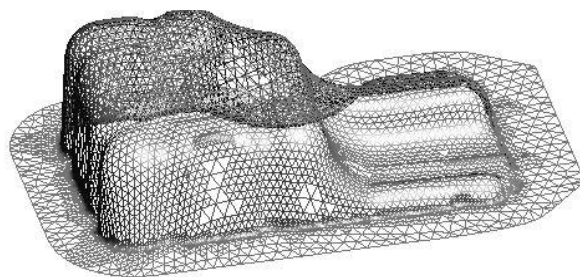
对于油底壳底部周边的小造型，可以在拉延工序完成后，再进行修边，最后通过翻边整型来实现。

5.2.2 板料展开

从图 5.9 油底壳的零件图可以看出，零件的四周形状不够圆整，还有一些地方需要翻边，如果按照成品的边界线作为目标曲线，反算出的板料展开边界线将是形状复杂的曲线，这会增加落料时刀块的复杂程度，因而该对零件的目标曲线进行一定的简化处理，简化后的零件如图 5.11 所示。以图中所示简化后的油底壳作为板料展开时的终了形状，而其边界曲线即为优化时的目标曲线。



(a) CAD 模型



(b) 有限元模型

图 5.11 简化后的油底壳

现在采用一步算法对图 5.11(a)所示的零件作板料展开。首先对该油底壳进行单元离散化,生成 38321 个三角形膜单元,28738 个结点,离散结果如图 5.11(b)所示。该油底壳的材质为 BSUFDE,板料厚度为 1.2mm,材料属性如表 5.4 所示。

表 5.4 油底壳的材料属性

材料	板料厚度	弹性模量 E	密度 ρ	泊松比	平均各项异性指数 r
BSUFDE	1.2mm	207000 MPa	$7.83 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	0.3	1.7

经一步算法计算后,该油底壳的展开板料如图 5.12 所示,为了验证该板料的形状及尺寸是否符合要求,可通过调用有限元软件进行分析。

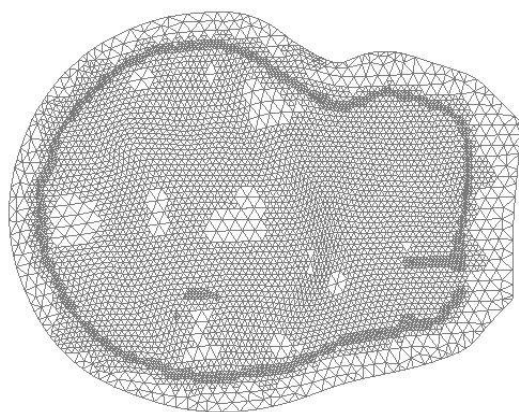


图 5.12 一步算法展开的板料

5.2.3 板料优化

由于该油底壳为二次拉延件,所以验证时也需要分为二次。图 5.13 为第一次拉延模的有限元模型,包括上模、下模和压料板,其单元信息如表 5.5 所示。