

造型复杂程度决定，如果造型复杂，则 N 值取大些，反之取小些。

3) 量取 $L1$ 上需要翻边的弧长，然后在 $L2$ 上取等弧长，得到 $N+1$ 个点，最后再将这些点拟合成一条连贯的曲线，即修边线 T 。

该翼子板采用截面法求得的修边线如图 5.22 所示。

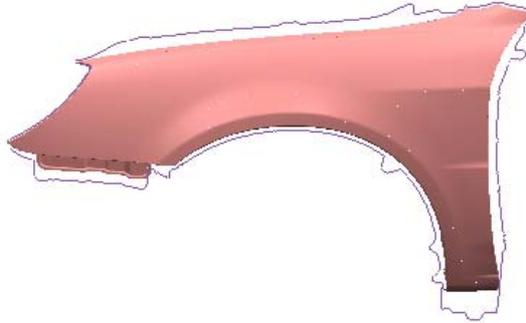


图 5.22 翼子板的初始修边线

从上述截面法原理可以看出，截面线法确定的修边线完全是按翻边前后弧长相等得出的，没有从力学方面考虑板料的变形，所以不太准确。从图 5.20 可以看出翼子板的翻边大多是内曲翻边，因而其通过截面线法获得的修边线需要进一步优化。

5.3.3 修边线的优化

将翼子板划分网格生成有限元模型，再进行拉伸成形模拟，经过对压边力、拉伸筋等冲压参数进行调节，使之达到最佳效果。拉伸后板料的结果如图 5.23 所示，图中的曲线为由截面法获得的修边线。

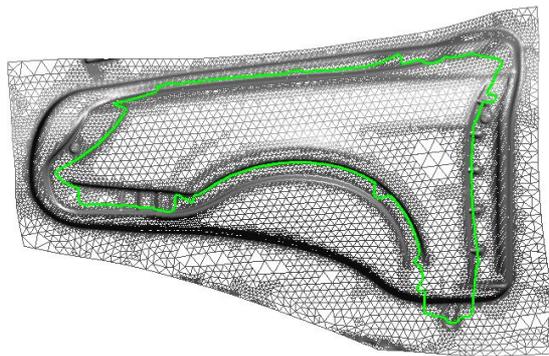


图 5.23 翼子板拉伸成形图

以最佳拉伸成形效果的板料作为初始条件进行修边，翻边等工序及接着的优化过程。

从优化流程可知，首先按给定的初始修边线，进行修边、翻边有限元分析模拟后，与零件目标轮廓线进行比较、修正后再进行模拟，直至边界轮廓线的误差均在允许范围之内。

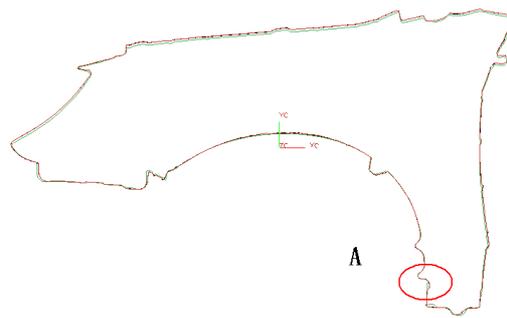
在拉伸模拟成功的基础上进行修边线的优化，由于该翼子板初始毛坯尺寸的最大值为 $1440 \times 1024 \text{mm}$ ，所以偏置量 Δ 取 2mm ，误差允许值取 1.2mm ，经过 5

次迭代后形状误差达到要求，迭代结果如表 5.9 所示。

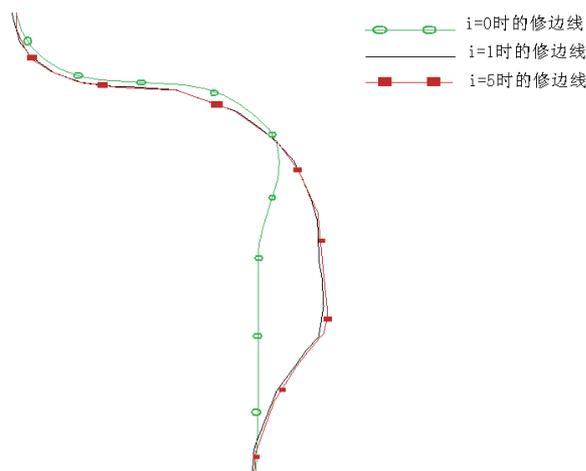
表 5.9 迭代结果

迭代次数 i	误差最大点	形状误差 e (mm)	精度 K (%)
0	(355.83, -325.50, -207.11)	9.24	
1	(-558.88, -12.57, 15.95)	3.31	64.2%
2	(-265.06, -34.73, 53.26)	1.35	85.4%
3	(-265.10, -34.75, 53.34)	1.65	82.1%
4	(-282.75, -33.91, 52.04)	1.45	84.3%
5	(-68.02, 31.95, 94.67)	1.12	87.9%

从表中可以看出，由截面线法获得的初始修边线进行修边、翻边模拟后产生的最大误差值为 9.24mm($i=0$)，这个误差值不能满足要求，需进一步优化；经过 5 次迭代后误差值达到 1.12mm，在误差允许值 1.2mm 之下，迭代停止,优化顺利完成。



a) 各次迭代的修边线



b) 修边线局部放大图 (A 处)

图 5.24 比较各次迭代所得的修边线

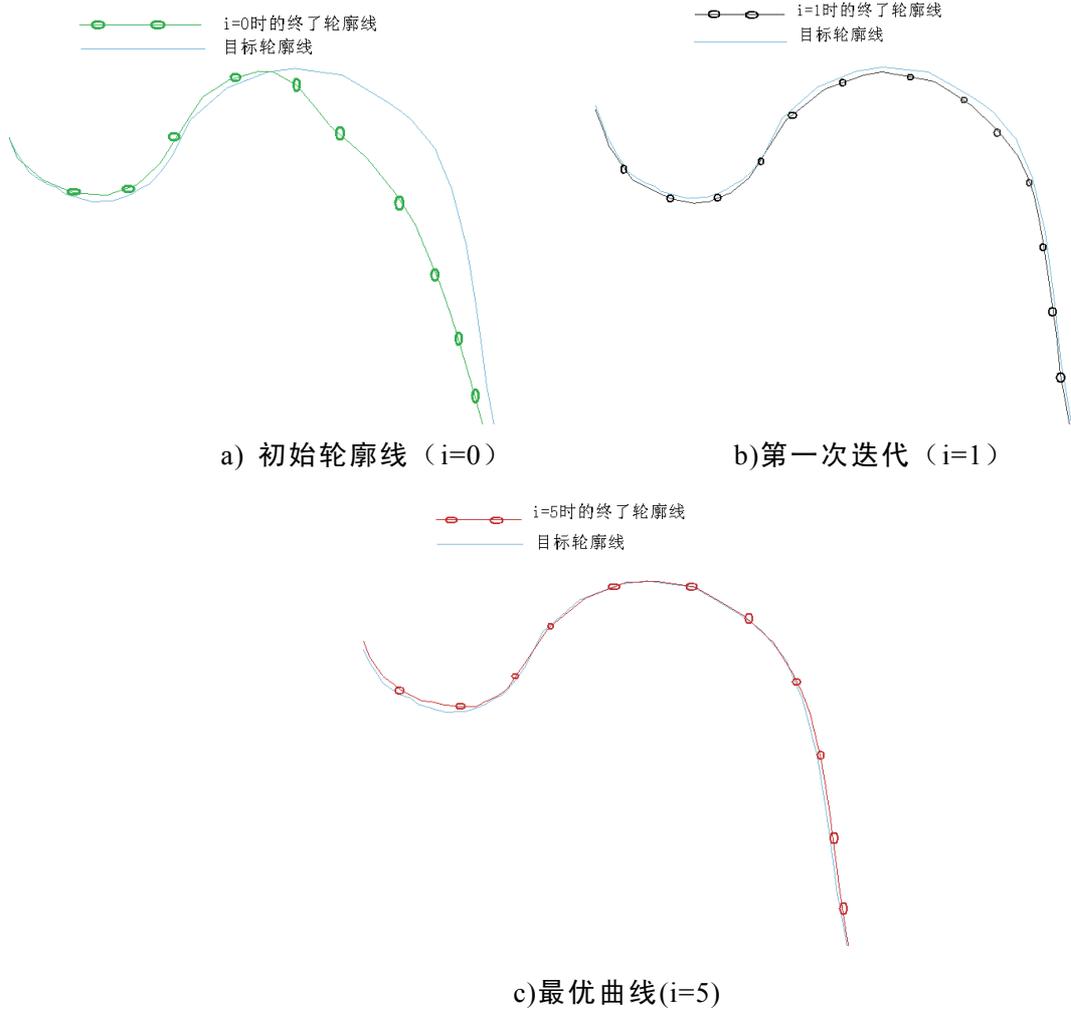


图 5.25 翻边后轮廓线与目标轮廓线 (A 处)

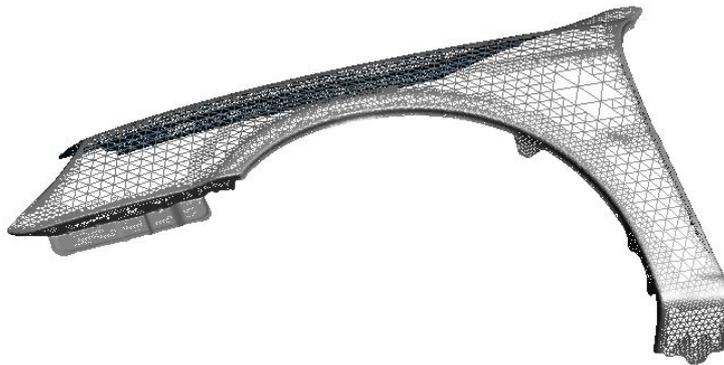


图 5.26 翻边模拟结果图 (i=5)

图 5.24 为各次迭代后所得的修边线全局图, (b)为 $i=0$ 、1、5 次迭代后所得修边线的局部放大图。

图 5.25 所示为初始轮廓线 ($i=0$)、第一次迭代($i=1$)及最后一次迭代($i=5$)的终了曲线与目标曲线的比较, 由于翼子板的尺寸较大, 而翻边的尺寸相对较小, 为了更明显的比较迭代后的结果, 将 A 处局部放大。A 处是两侧翻边的拐角处, 也是翻边线较难定准处。从图中可以看出, 经过这几次迭代, 翻边后的轮廓线与目

标轮廓线最终趋于一致。

图 5.26 为以迭代后的最优修边线来模拟翻边的结果图。



a. 修边后的翼子板



b. 翻边后的翼子板

图 5.27 实践生产中的翼子板

图 5.27 为以第 5 次迭代优化出的修边线为基准，在实践中生产的翼子板。经检具检测，该翼子板的形状误差在 $\pm 1.5\text{mm}$ 之内，满足工程生产上的要求。

结论

在薄板冲压成形过程中，板料形状的确定是设计工艺和制定工艺流程的前提之一，合理的板料形状设计，可改善冲压过程中材料的流动状况，从而明显地减少起皱、破裂等缺陷的产生，提高材料的可成形性并降低生产成本。本文在有限元仿真的基础上提出了一种新的板料优化的方法——比例因子法，该方法不仅思路清晰且精度高。文中采用该方法并结合一步算法对冲压件的初始板料形状及尺寸进行优化，以几个典型冲压零件为例，验证了该方法在确定冲压件初始展开板料的形状及尺寸时的精确性及合理性。最后，还以某轿车翼子板零件为例，说明了该比例因子法不仅可以用于初始板料的优化，同样可以推广到具有翻边结构的冲压件的修边线的优化中。

本文主要做了以下几点工作：

(1)给出了在假定成形过程是比例加载的，仅仅考虑初始的板料和变形终了的状态，不考虑变形的中间状态的前提条件下建立起来的一步逆成形有限元分析方法的计算公式及其求解过程。

(2)本文在有限元仿真的基础上，提出了一种新的板料优化方法——比例因子法。作者提出的比例因子法，在调整初始板料线时，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 及形状误差值计算出相应的调整量，这样调整的针对性强，计算结果更精确，需要迭代的时间也更少。

(3)结合一步算法，从最终零件形状直接反求初始展开板料，再经比例因子优化法对该初始展开板料进行优化，使板料在冲压后达到形状及成形要求后，迭代停止。通过现场实例验证，对于确定直接成形件及二次拉延件的初始板料的形状及尺寸，该方法都得到验证，并取得很好的效果。

(4)该比例因子优化方法，不仅可以用于冲压件的初始板料形状及尺寸的优化计算，还可以推广到具有翻边结构的冲压件的修边线的优化计算中。文中最后一章的第三节就以某轿车翼子板零件为例验证了该方法在修边线优化计算中的精确性及合理性。

当然，文中采用的计算方法还有待进一步完善，首先，对于初始板料的确定，采用的是一步算法求解，而一步算法中产品的离散化，单元为三角形膜单元，不能考虑板料的弯曲作用，因而可以改进为可以考虑弯曲的壳单元，从而提高单元结点力的计算精度；其次，还可以在确定初始板料的形状及尺寸后，考虑板料的排样和优化组合，从而提高板料的利用率，降低生产成本。