

# 浅析钣金折弯加工工艺

陈永军 徐 兵

**摘 要:** 在铁路电力机车生产过程中, 为了保证整车各部件间的连接性能以及保证整车安全性、外观状态符合设计、工艺、顾客的要求, 就需要设计很多不同形状、尺寸、板厚的钣金件进行链接, 这其中有很多零件需要使用折弯机进行加工, 这就需要考虑零件的展开尺寸、最小折弯边、零件折弯干涉等问题。

**关键词:** 钣金; 工艺

## 一、折弯常见问题及解决方案

### 槽类件折弯问题

#### 正常的折弯模式

正常的折弯方式如图1所示。

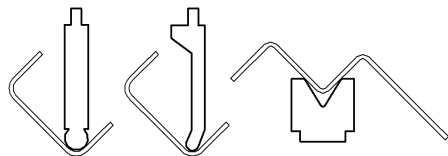


图1 正常折弯

#### 1. 槽类及多道弯工件折弯难点

此类工件折弯时, 由于槽宽大于腿高, 导致工件折弯时, 工件一端与折弯上模或者折弯机上滑块干涉, 工件尺寸无法保证, 如图2所示。

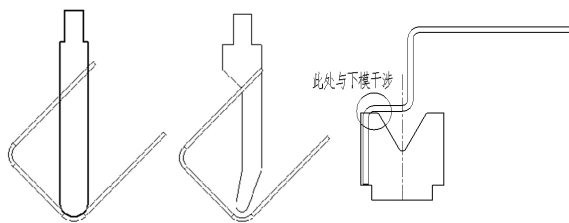


图2 干涉详图

#### 2. 钣金折弯干涉预判

遇到此类高腿槽钣金件时, 如何快速判断其能否完成折弯, 需要经过多次计算, 对应尺寸如图3所示。

当  $L-M > 1.5x$  时, 此工件可以折弯, 不发生干涉。

当  $L-M < 1.5x$  时, 此工件不可以折弯, 产生干涉。

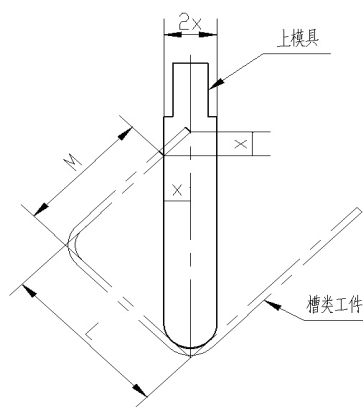


图3 槽类工件折弯相关尺寸

#### 3. 干涉问题解决方案

(1) 若槽类工件产生折弯干涉, 可以选择鹅颈上模进行折弯, 这样就能避免工件折弯边与折弯机或者上模具的干涉, 保证工件的折弯尺寸, 如图4所示。

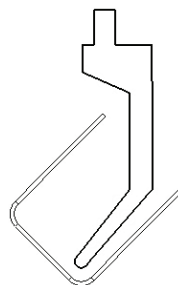


图4 采用鹅颈上模折弯

(2) 若槽类工件产生折弯干涉而却没有合适的鹅颈上模可用时, 可以在不影响使用要求的情况下预先在折弯中间处进行反向预弯, 如图5所示, 通过人为增加折弯角度保证工件能正常进行折弯, 最后再用平胎模具对预弯处进行点压压平, 确保产品质量要求。

(3) 多道弯工件折弯时, 如果  $H_1 > H$  或者  $B < V/2$  折弯时, 工件与下模开口和工作台干涉, 这时下模的选择和折弯顺序就非常重要, 可以选择以下方法: ①选择

#### 作者简介:

1. 陈永军 (1974.11——), 男, 汉族, 大专学历, 高级技师, 主要从事电力机车钣金折弯加工的研究工作。
2. 徐兵 (1982.12——), 男, 汉族, 本科学历, 高级工程师, 主要从事电力机车工艺研发工作。

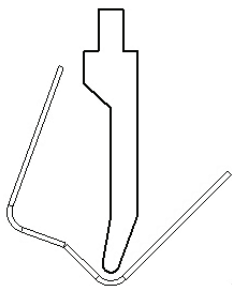


图5 预折弯

$H > H_1$  的高尺寸下模, 保证工件正常折弯; ②选择  $B > V/2$  的下模开口, 保证工件正常折弯; ③没有高尺寸下模时可以更改折弯顺序, 先预变形中间弯到一定角度, 再在短边处折弯, 然后第三道弯成形, 最后复压中间弯到工艺要求尺寸和角度, 这样就能保证工件的工艺尺寸, 如图6所示。

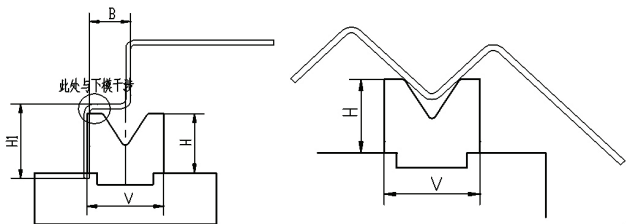


图6 多道弯折弯

二、折弯裂纹

(1) 原因分析

钣金件折弯时, 经常在折弯拉伸面出现裂纹, 造成工件力学性能受损, 无法满足工艺使用要求, 从而导致工件报废, 造成一定的经济损失, 究其原因主要有以下几点:

①板材有特殊的晶体结构和轧制纹路方向, 折弯时平行纹路方向易产生断裂;

②选用折弯半径  $R$  角太小;

③下模  $V$  形槽的  $R$  角小;

④材料性能差。

(2) 防治措施

①下料时, 将板材旋转至折弯垂直方向进行切割 (即使材料折弯方向与纹路垂直);

②加大上模  $R$  角;

③使用大  $R$  角的下模具加工;

④选用性能好的材料。

钣金展开计算

常用的展开方式有两种: 中性层展开和三维软件展开。

中性层展开法

中性层定义: 板材在受到外力挤压过程中, 其外层受到拉伸, 内层受到挤压, 在其断面内部必然会存在一个过渡层, 这个过渡层既不受拉伸, 又不受到挤压, 其所受应力几乎为零, 这个过渡层就称为材料的中性层。中性层在弯曲过程中, 它的长度和弯曲前长度一样, 基本保持不变, 如图7所示。

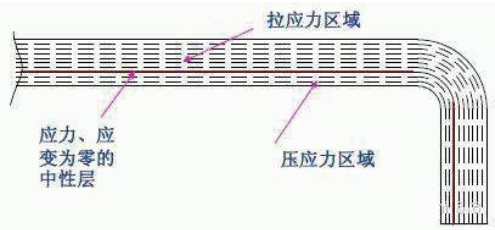


图7 中性层示意图

中性层的位置不仅与折弯半径、板材厚度、内移系数等有关, 而且还与加工方法、钣金件形状及其尺寸等因素有关。因此, 只能近似确定中性层的位置, 在实际应用中一般采取近似值计算。钣金件工艺图如图8所示, 中性层长度尺寸  $L$  的计算公式为:

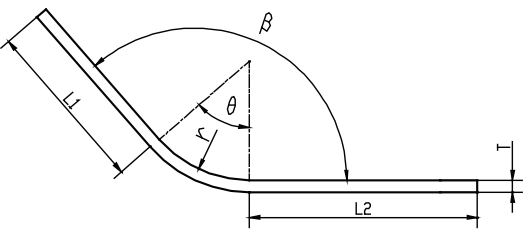


图8 钣金件工艺图

$$L = L_1 + L_2 + \pi (180^\circ - \beta) (r + tk) / 180^\circ$$

其中  $L_1, L_2$ ——直线段长度 (mm);

$\beta$ ——张角 ( $^\circ$ );

$r$ ——弯板内弧半径 (mm);

$t$ ——钢板厚度 (mm);

$k$ ——中性层系数。

通过利用三维软件进行各种板厚、角度、半径的模拟计算和现场加工实践, 我们总结了一些  $K$  因子数值, 其具体取值参照表1。

表1 中性层系数  $k$  值

| $r/t$ | $\leq 0.5$ | 0.6  | 0.8  | 1    | 1.2  | 1.3  | 1.5  | 2    | 2.5  | 3.0  | 4.0  | 5.0  | 6.0  | $\geq 8$ |
|-------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| $k$   | 0.26       | 0.28 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.42 | 0.44 | 0.46 | 0.50     |

## 90° 折弯快速展开计算

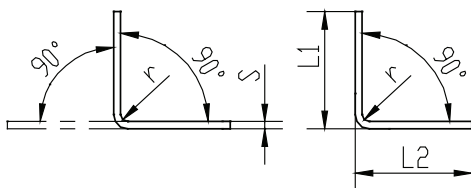


图9 90° 折弯

90° 折弯展开图如图9所示，近几年我们都使用CATIA、SOLIDWORKS等三维软件进行钣金建模来计算展开尺寸，通过反复验证来看，当扁钢制品的冷弯折弯角度为90° 时，长度展开尺寸L的计算公式为：

$$L=L_1+L_2-V$$

其中  $L_1$ ,  $L_2$ ——直线段长度 (mm)；

$V$ ——补偿值  $V$  (mm)，即一道弯减除值，见表2。

表2 90° 折弯参数表

| 厚度<br>$t$ | 弯曲半径 $r$ |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|           | 1        | 1.2   | 1.6   | 2     | 2.5   | 3     | 4     | 5     | 6     | 8      | 10     | 12     |
|           | 补偿值 $v$  |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
| 1         | -1.92    | -1.97 | -2.10 | -2.23 | -2.41 | -2.59 | -2.97 | -3.36 | -3.79 | -4.65  | -5.51  | -6.37  |
| 1.5       | —        | —     | -2.90 | -3.02 | -3.18 | -3.34 | -3.70 | -4.07 | -4.45 | -5.26  | -6.11  | -6.97  |
| 2         | —        | —     | —     | -3.84 | -3.98 | -4.13 | -4.46 | -4.81 | -5.18 | -5.94  | -6.72  | -7.58  |
| 2.5       | —        | —     | —     | —     | -4.80 | -4.93 | -5.24 | -5.57 | -5.93 | -6.66  | -7.42  | -8.21  |
| 3         | —        | —     | —     | —     | —     | -5.76 | -6.04 | -6.35 | -6.69 | -7.40  | -8.14  | -8.91  |
| 4         | —        | —     | —     | —     | —     | —     | -7.7  | -7.95 | -8.26 | -8.92  | -9.62  | -10.36 |
| 5         | —        | —     | —     | —     | —     | —     | —     | -9.6  | -9.87 | -10.48 | -11.15 | -11.85 |
| 6         | —        | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | -11.5 | -12.08 | -12.71 | -13.38 |
| 8         | —        | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | -15.4  | -15.9  | -16.51 |
| 10        | —        | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | -19.2  | -19.73 |
| 12        | —        | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —      | —      | -23.01 |

## 结束语

折弯干涉、最小折弯边与展开计算在钣金折弯中不可或缺，是快速判断工件能否折弯、保证折弯质量与提高加工效率的关键，在后续的机车生产中，我们将继续刻苦钻研，在保证产品质量和加工效率的前提下，精准计算钣金展开尺寸，降低废品率，减少板材浪费率。

## 参考文献

- [1] 杨森. 钣金折弯加工图形式编程系统研究与设计[D].2022.
- [2] 徐帅. 基于机器视觉的钣金折弯加工精度检测与

补偿研究[D].2023.

- [3] 杜成刚，刚建华. 六轴折弯机器人折弯单元结构设计[J]. 沧州师范学院学报.2021，(1) .
- [4] 申家雷，李振光. 金属板料机器人折弯单元的设计选型[J]. 锻压装备与制造技术.2022，57(5) .DOI: 10.16316/j.issn.1672-0121.2022.05.002.
- [5] 代彩梅，关雨. 浅谈钣金折弯结构工艺性设计[J]. 企业文化(下旬刊).2013，(4) .191.
- [6] 杨汉，陈佳，兰勇，等. 数字化技术在航空钣金成形模具制造中的应用[J]. 航空制造技术.2012，(17) .60-62.
- [7] 刘永生. 钣金零件展开长度的计算方法[J]. 电子工艺技术.2002，(1) .34-36.