

# 钣金折弯展开料尺寸的计算

刘永建

河南航天特种车辆有限公司 河南信阳 464000

**摘要：**总结常用的钣金折弯展开料计算方法，运用软件结合计算分析这些常用方法的原理。深入解析不同材料、不同折弯角度和不同折弯半径的钣金折弯情况，得出公式精准计算各种展开料尺寸。

**关键词：**钣金；折弯；展开料；尺寸；计算

## 1 序言

钣金工艺通常用于厚度6mm以下的金属板材加工。要想折出尺寸精度较高的钣金件，展开料尺寸的计算至关重要。最常用的钣金折弯都是90°折弯，折弯内角半径通常等于板厚。

## 2 展开料尺寸的第一种计算方法

展开料尺寸的第一种计算公式为：展开料尺寸 = 折弯件的各边外形尺寸和 - 1.645 × 板厚 × 折弯个数。其中，1.645是折弯系数。其适用于6mm以下金属板90°折弯展开料尺寸计算（折弯内角半径等于板厚）。我们在实际生产中曾多次验证过这个计算公式，使用不同的板材，折出来的零件尺寸公差都在零点几毫米以内，基本满足需求。

## 3 展开料尺寸的第二种计算方法

展开料尺寸的第二种计算公式为：展开料尺寸 = 折弯件各边内尺寸相加 +  $Q \times$  折弯个数。其中， $Q$ 为另一种折弯系数。不同厚度板材的 $Q$ 值不同（见表1）。当 $T < 1\text{mm}$ 时， $Q$ 忽略不计。

表1 板厚 $T$ 和折弯系数 $Q$ 对照表

| 板厚 $T/\text{mm}$ | 折弯系数 $Q$ |
|------------------|----------|
| 1.5              | 0.5      |
| 2                | 0.7      |
| 3                | 1.0      |
| 4                | 1.4      |
| 5                | 1.8      |
| 6                | 2.0      |

第二种计算方法同样能计算6mm以下金属板90°折弯展开料尺寸（折弯内角半径等于板厚）。

## 4 计算实例

用两种方法计算图1所示同一折弯件的展开料尺寸，计算过程如下。

（1）方法一 展开料尺寸 =  $20 + 20 - 1.645 \times 3 \times 1 = 40 - 4.935 = 35.065$ （mm）。

（2）方法二 展开料尺寸 =  $17 + 17 + 1 \times 1 = 35$ （mm）。

计算结果基本一样。两种方法都可以用来快速计算90°折弯，并广泛应用于生产实践中。

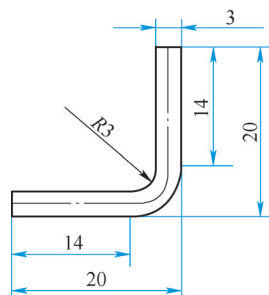


图1 折弯件尺寸

## 5 运用三维软件模拟计算与分析

为什么用这些方法能够算出展开料尺寸？是否能够更精确地计算出不同材料的展开料尺寸？我们知道，金属板材在折弯过程中，折弯角都要发生塑性变形，折弯的外圆角是拉伸，内圆角是挤压，这就使得在板材厚度方向上存在一个层，其在折弯过程中既不挤压，也不拉伸，折弯后的尺寸和展开尺

寸一样，这一层叫做中性层。在折弯金属板材的厚度方向剖出一个截面，截面内一条长度不变的线就叫折弯中线，如图2所示。这条折弯线存在的位置用 $K$ 和 $Y$ 因子来表示， $K=A/T$ ， $Y=K\pi/2$ 。不同材料的 $K$ 和 $Y$ 值不同，展开料尺寸也不同。材料硬度较小的，例如黄铜， $Y=0.55$ ， $K=0.35$ ；硬度一般的，例如铝， $Y=0.64$ ， $K=0.41$ ；硬度较高的，例如冷轧钢、弹簧钢， $Y=0.71$ ， $K=0.45$ 。现今很多三维软件都有钣金绘图功能，这里我们运用Creo软件来模拟钣金折弯。Creo软件里同样有 $K$ 和 $Y$ 的设定，通过改变它们的大小，就能模拟出不同的折弯，从而计算或测量展开料尺寸。

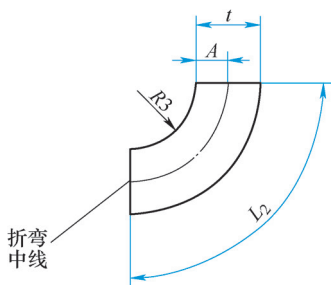


图2 折弯中线示意

1) 结合三维软件和 $K$ 、 $Y$ 值的设定，对钣金折弯进行分析，如图3所示。

从图3中可以看出，板材在折弯过程中，折弯部分发生了挤压和拉伸变形，当 $\theta=90^\circ$ 时， $L_2$ 就是1/4弧长。展开料的尺寸 $L=L_1+L_2+L_3$ 。其中， $L_1=20-T-R=14$  (mm)； $L_3=20-T-R=14$  (mm)； $L_2=(R+A)\pi/2$ ， $R=T$ ，所以 $L_2=(T+A)\pi/2$ 。则 $L=L_1+(T+A)\pi/2+L_3$ 。

假设设定 $A=1.5$ ，即 $K=0.5$ 时，计算可

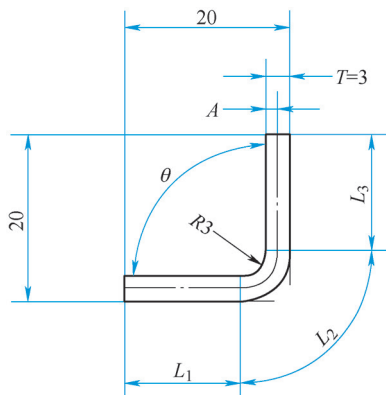


图3 钣金折弯分析

得展开料尺寸 $L=14+(3+1.5)\pi/2+14=35.065$  (mm)。

2) 运用前述方法一和方法二计算图3的展开料尺寸。方法一： $L=20+20-1.645\times3\times1=40-4.935=35.065$  (mm)；方法二： $L=17+17+1\times1=35$  (mm)。

可见方法一和方法二就是把 $K$ 设定为0.5时算出的展开料尺寸。因为各种金属材料的 $K$ 值都在0.5附近波动，而大多数钣金件尺寸公差要求不高，所以把 $K$ 设为0.5基本能算出大部分金属板材的展开料尺寸。要想更精确地计算直角折弯的展开料尺寸，就需要把相应材料的 $K$ 值带入公式中，这样折出来的钣金件尺寸精度更高，公差更小。

## 6 非直角折弯的计算方法

前面我们一直讨论的是直角折弯，而且都是折弯内角半径等于板厚，那么折弯角不是 $90^\circ$ 、内角半径 $\neq$ 板厚的折弯能否计算呢？

继续参考图3，如果内角 $R\neq$ 板厚， $\theta\neq90^\circ$ ，那么 $L_2=(R+A)\pi/2=R\pi/2+A\pi/2=R\pi/2+A\pi T/(2T)=R\pi/2+K\pi T/2=(R\pi/2+YT)\theta/90$ 。

由此得到一个折弯部分长度同 $Y$ 、 $\theta$ 的关系式，可以根据不同材料的 $K$ 、 $Y$ 值，计算出不同内角 $R$ 、 $\theta$ 的折弯部分 $L_2$ 的尺寸，从而计算出整个折弯件的展开料尺寸 $L$ 。也可通过该式，用已知长度的板材折弯，来推算出这种板材的 $K$ 、 $Y$ 值，用于同类板材的计算。

## 7 结束语

在钣金折弯的生产加工中，既能运用经验总结的方法快速计算常见的直角折弯展开料尺寸，也能运用三维软件，通过公式精准地计算不同 $R$ 、 $\theta$ 折弯的展开料尺寸。还能灵活地利用软件、公式推算未知材料的 $K$ 、 $Y$ 值。保证了钣金折弯加工工艺和其他加工工艺一样，能够精准地设计、准确地加工。

## 参考文献：

- [1] 成大仙. 机械设计手册[M]. 北京：化学工业出版社，2007.
- [2] 詹有刚. Pro/E钣金设计实例精解[M]. 北京：机械工业出版社，2008.

MW 20201009