



钣金技术路路通

钣金 展开下料 方法与实例

传授方法 讲解实例
手把手教您成为钣金高手

王 兵 主编

上海科学技术出版社

钣金技术路路通

钣金展开下料方法与实例

王 兵 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钣金展开下料方法与实例/王兵主编. —上海:
上海科学技术出版社, 2014. 4
(钣金技术路路通)
ISBN 978 - 7 - 5478 - 1976 - 0
I. ①钣… II. ①王… III. ①钣金工 IV. ①TG936
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215940 号

钣金展开下料方法与实例

王 兵 主编

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社
(上海钦州南路71号 邮政编码200235)
上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路193号 www.ewen.cc
常熟市兴达印刷有限公司印刷
开本 889×1194 1/32 印张: 6.5
字数: 190 千字
2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷
ISBN 978 - 7 - 5478 - 1976 - 0/TG · 64
定价: 19.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书着重介绍了钣金展开下料的专业知识和操作技能,重点解决生产中的实际问题。主要内容有钣金下料的工艺基础、钣金下料的方法、图解法和算法展开下料、金属梁和柱的下料、各种容器的下料。在介绍方法的同时,辅以典型钣金构件的展开下料实例,使读者能快速掌握并应用。

本书既可作为钣金工自学用书和钣金工种的技术培训读物,也可作为从事钣金相关工作的工程技术人员参考书。

编写人员名单

主 编

王 兵

副主编

徐家斌 唐宗清

参 编

李德富 陈德琳 陈向红 周 力 曾 艳

前 言

钣金构件的制品在机械、冶金等行业应用非常广泛,其中钣金展开下料是钣金构件的制品生产中一个重要的环节。掌握钣金展开下料方法和操作技能是准确、快速下料的前提,是保证产品质量、降低材料消耗、提高工作效率的关键。

本书着重介绍了钣金下料人员必须掌握的专业知识和技能,将专业知识和操作技能有机融合在一起。力求解决生产中的实际问题,并以各种典型钣金构件为例,由浅入深,配以大量的实例讲解,详细介绍了其展开下料的方法。既适合读者系统入门学习,也适合读者进一步提高钣金下料技能。

本书既可作为钣金工自学用书和钣金工种的技术培训读物,也可作为从事钣金相关工作的工程技术人员的参考书。

本书由王兵主编,徐家斌、唐宗清任副主编,参加编写的还有李德富、陈德琳、陈向红、周力、曾艳。在编写过程中参阅了大量的文献资料,对有关的著作者深表感谢。由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不当之处,恳请读者提出宝贵意见,以利提高。

编 者

目 录

第1章 钣金下料的工艺基础	1
1.1 下料的基础知识	1
1.1.1 计算方法	1
1.1.2 求实长线的方法	11
1.2 常用工具和量具	15
1.2.1 常用工具	15
1.2.2 常用量具	20
1.3 下料常用设备	22
1.3.1 压力机	22
1.3.2 剪板机	23
1.3.3 刨边机	26
1.3.4 弯曲校正机	26
1.4 板厚的处理	28
1.4.1 接口放加工余量	28
1.4.2 板厚处理	33
1.5 合理用料	39
1.5.1 坯料尺寸的确定	39
1.5.2 样板的制作	41

1.5.3 合理用料	43
第2章 钣金下料的方法	45
2.1 剪切下料	45
2.1.1 剪切加工的基础知识	45
2.1.2 手工剪切	50
2.1.3 机械剪切	57
2.2 铣切下料	59
2.2.1 铣切程序	59
2.2.2 铣切操作工艺与设备	60
2.3 锯切下料	65
2.3.1 锯切工具及选用	65
2.3.2 锯切方法及参数	66
2.4 冲裁下料	67
2.4.1 冲裁下料方法	68
2.4.2 冲裁下料工艺	73
2.5 气割下料	77
2.5.1 氧气自动切割	77
2.5.2 等离子切割	83
2.6 激光自动切割下料	89
2.6.1 激光切割原理	89
2.6.2 激光切割	91
2.7 薄壁管料的冲切下料	93
2.7.1 冲切过程	94
2.7.2 切刀形状及尺寸	94
2.8 构件下料后的成形技术	96
2.8.1 滚弯	96
2.8.2 板材手工弯形	101
2.8.3 型钢手工弯形	103
2.8.4 管子弯形	106

第3章 图解法和计算法展开下料	109
3.1 构件展开下料图的画法	109
3.1.1 平行法展开下料图的画法	109
3.1.2 放射线法展开下料图的画法	109
3.1.3 三角形法展开下料图的画法	111
3.2 图解法展开下料	112
3.2.1 常用实体构件的平行法展开下料实例	112
3.2.2 常用实体构件的放射线法展开下料实例	117
3.2.3 常用实体构件的三角形法展开下料实例	117
3.3 计算法展开下料	117
3.3.1 几种常用构件的计算下料方法	117
3.3.2 典型钣金件的展开计算下料	128
第4章 金属梁和柱的下料	144
4.1 金属梁的下料	144
4.1.1 工字梁的下料	144
4.1.2 箱形梁的下料	149
4.2 金属柱的下料	154
4.2.1 实腹柱的下料	154
4.2.2 格构柱的下料	155
4.2.3 其他梁柱的下料	161
4.3 型钢构件的展开下料方法	166
4.3.1 各种钢圈展开下料方法	166
4.3.2 各种型钢的切角和弯曲展开下料方法	170
4.3.3 两点定直线排料法	177
第5章 各种容器的下料	179
5.1 球罐的展开下料	179
5.1.1 球罐展开下料方法的选择	179
5.1.2 几种典型球罐的计算展开下料	179

5.2	焊接气瓶的下料	186
5.2.1	40 L 乙炔气瓶的下料	186
5.2.2	液化石油气瓶的下料	188
5.3	圆柱形压力容器的下料	188
5.3.1	圆柱形压力容器的基本类型	188
5.3.2	20 m ³ 液化石油气运输气罐的设计与展开下料	189
5.3.3	其他形式封头下料尺寸的计算	191
5.4	多层容器的下料技巧	191
5.4.1	多层容器的结构	191
5.4.2	50 m ³ 多层高压容器的展开下料	193
参考文献		196

第1章 钣金下料的工艺基础

1.1 下料的基础知识

1.1.1 计算方法

计算是下料的第一步,在作简单的构件下料时,不需要放样,可以直接根据图样给出的尺寸进行计算,得出展开料的尺寸大小和几何形状,比如制作圆管、方管、阶梯、箱体等。

计算构件展开料尺寸大小,不是简单地把图样上给出的尺寸叠加起来,得出所需材料长宽等尺寸。这需要引出一个新的概念——板厚处理。这是因为构件的形状不同,板厚的处理方法也不同。从板材断面的角度去观察,它是按照断面形状分为曲线和折线两部分来计算的。

1. 曲线构件的展开计算

断面形状为曲线的构件计算方法,无论板材厚度大小,都把它们分为里皮、中心层、外皮。由于金属板材的塑性很好,当板材受外力弯曲时,里皮压缩,外皮拉伸,它们都改变了原来的长度,只有中心层的长度不变。如果制作一个圆筒,从它的断面角度去看,就形成不同的大小直径,有里皮和外皮两个直径,便产生了皮厚差异。显然,里皮直径小,外皮直径大,外皮的周长当然要比里皮的周长长。这时,只有中心层周长保持了原来的长度。

如图1-1所示,当一张平直的板材弯曲前,它的里皮(上面)、中心层、外皮(下面)都是相同的长度。当经过弯曲后,便产生了三个长度,很显然,采用里皮直径计算展开周长下料尺寸就短了,采用外皮直径计算展开周长下料尺寸就长了,只能采用中心层下料计算周长。所以断面为曲线的构件必须以中径为准计算展开长。这就是“里加外减”,即当已知直径是里皮时,计算周长时,直径就加一个板厚尺寸,当已知直径是外皮时,计算周长

直径就是减掉一个板厚尺寸,最后的结果是用中径计算展开周长。

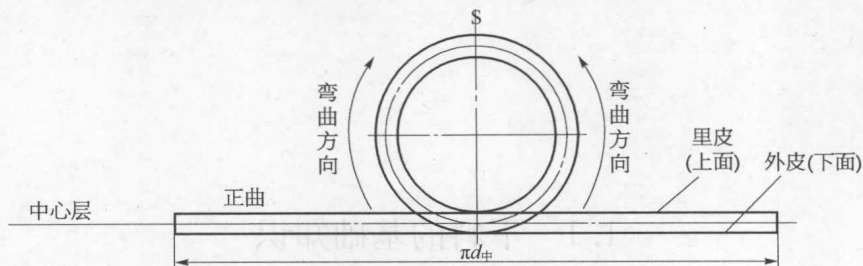


图 1-1 板材弯曲前的一个长度与弯曲后的三个长度

通过分析得知,板材弯曲成曲面时长度 l 的计算方法为

$$l = (D - \delta)\pi$$

例如图 1-2 所示的圆筒,已知 $D_{\text{外}} = 1\,000\text{ mm}$, $h = 1\,500\text{ mm}$, $\delta = 20\text{ mm}$, 求圆筒展开周长 l 。

根据公式 $l = (D - \delta)\pi$ 得

$$l = (1\,000 - 20)\pi = 3\,079\text{ mm}$$

即该圆筒的展开料为 $3\,079\text{ mm} \times 1\,500\text{ mm}$ 的一块钢板弯曲。

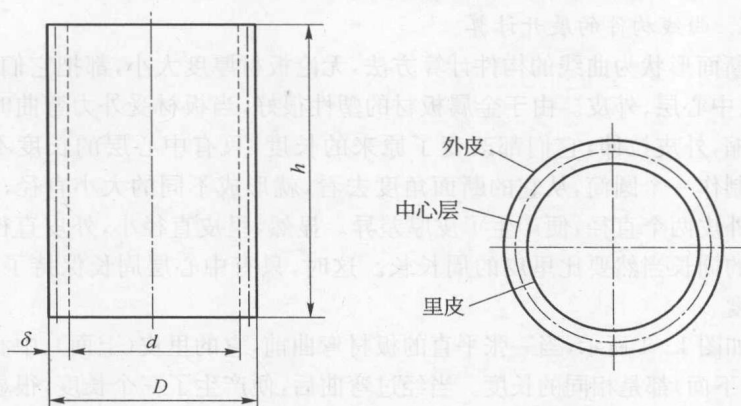


图 1-2 示例圆筒

2. 圆弧的展开计算

如果要计算的展开长不是一整圆周长,而只是一部分圆弧或是一段

圆弧的正曲,而另一段圆弧是反曲,都应按中心层来计算。即靠近圆心的一侧为里皮,并以此来推算中心层,然后以中心层来计算出这段圆弧的长度。

例如图 1-3 所示的部分展开圆弧。已知尺寸 $R = 600 \text{ mm}$, $r = 400 \text{ mm}$, $\theta = 90^\circ$, $\theta_1 = 30^\circ$, $\delta = 20 \text{ mm}$, 求 l 。

根据图样分析得

$$\begin{aligned} l &= 2\pi\left(R + \frac{\delta}{2}\right) \frac{\theta}{4} + 2\pi\left(r + \frac{\delta}{2}\right) \frac{\theta_1}{12} \\ &= 2\pi\left(600 + \frac{20}{2}\right) \frac{90}{4} + 2\pi\left(400 + \frac{20}{2}\right) \frac{30}{12} \\ &= 1173 \text{ mm} \end{aligned}$$

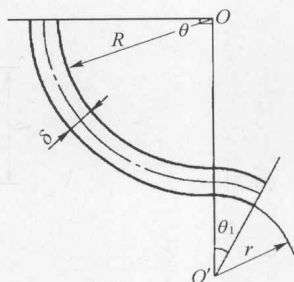


图 1-3 部分圆弧的展开

3. 折线形状构件的展开计算

断面为折线形状的构件,其板厚处理是不分中心层的,而是以里皮为准。这是因为,当板材在折角处局部发生弯曲时,包括中心层和外皮在内,板材里皮以外的所有层面,都发生了不同程度的拉伸变化,只有里皮的长度不变。如图 1-4a 所示为一个槽形构件。板材弯曲前的断面如图 1-4b 所示, $AB = h - \delta$, $BC = a - 2\delta$, $CD = AB = h - \delta$, $C-C$ 垂直于 AD , $B-B$ 垂直于 AD 。然后按照划线的位置折直角弯,板材弯曲后的断面如图 1-4c 所示, $AB = h - \delta$, $BC = a - 2\delta$, $CD = AB = h - \delta$,但是它们的外皮却发生了变化,宽度是 a ,高度是 h 。 $C-C$ 和 $B-B$ 线都转到了 45° 角平分线上,并且被均匀地拉伸成扇形。显然, b_1b_2 和 c_1c_2 弧长的距离,都是金属板材拉伸的结果。 $ABCD$ 曲折弯前的在同一直线上的关系,变成了折弯后 AB 和 CD 都垂直于 BC 的关系, BC 的延长线上多了两个板厚度, AB 和 CD 的延长线上,都多了一个板厚度。所以断面为折线的板材弯曲时,一律按照里皮的长度来计算。

已知尺寸 $a = 1000 \text{ mm}$, $b = 600 \text{ mm}$, $h = 500 \text{ mm}$, $\delta = 10 \text{ mm}$, 求 l 。

根据图样分析得

$$l = a - 2\delta + 2(h - \delta) = 600 - 2 \times 10 + 2 \times (500 - 10) = 1960 \text{ mm}$$

即该槽形板展开尺寸为 $1960 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 。

这种以里皮为准的计算方法同样适用于断面是折线,而不是直角的

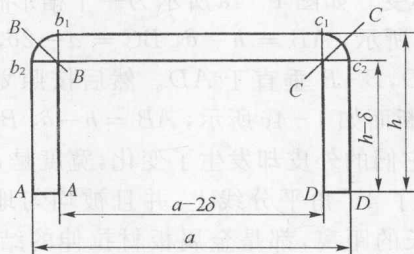
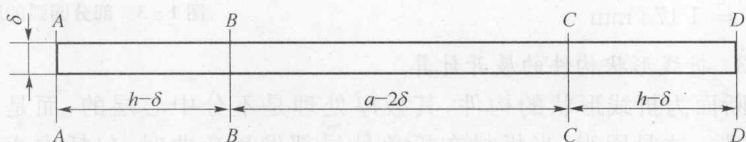
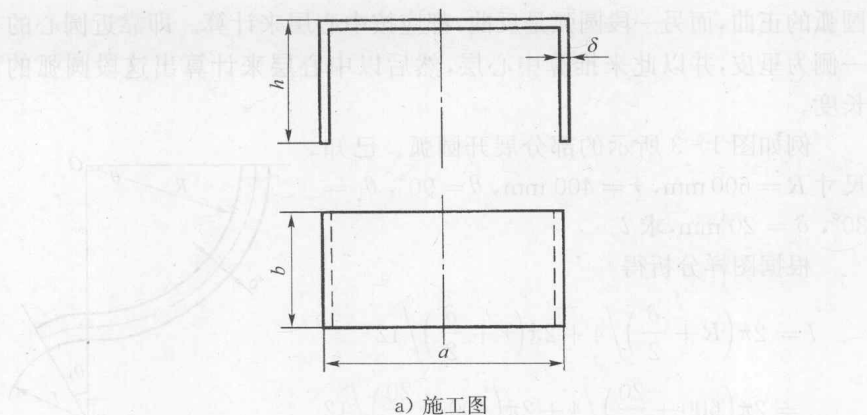


图 1-4 断面为直角折线形状的展开

正反曲构件展开计算(图 1-5)。

对于断面是直线和有圆角过渡的混合形式构件,下料展开长的计算方法为所有的直边长度和圆角中径弧长相加的长度总和(图 1-6)。

4. 常用坐标系

在运用展开方法时,常常要把计算的对象或计算结果定位于相应的坐标系中。对于计算对象,一般采用三维空间直角坐标系,而对于计算结果,由于是平面图形,一般采用二维平面坐标系。

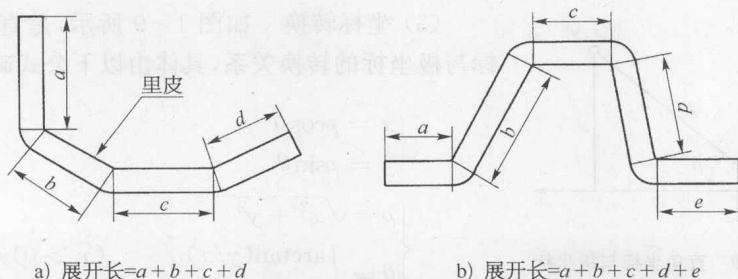
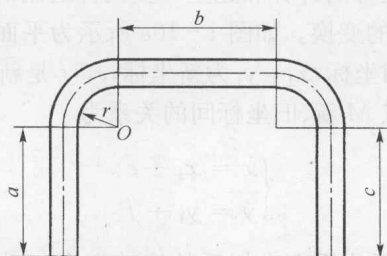


图 1-5 断面为非直角折线的正反曲构件的展开



$$\text{展开长} = a + b + c + \pi r_{\text{中}}$$

图 1-6 混合形式构件的展开

(1) 平面直角坐标系 平面直角坐标系如图 1-7 所示,相互垂直的横轴 Ox 和纵轴 Oy 将平面分为 I, II, III 和 IV 四个象限,它们分别对应右上、左上、左下、右下四个区域,平面中一点 M 的位置可用 x 和 y 两个坐标来确定。柱面构件的计算展开常用到平面直角坐标系。

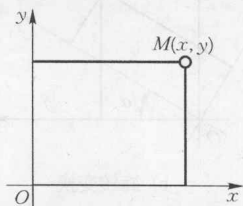


图 1-7 平面直角坐标系

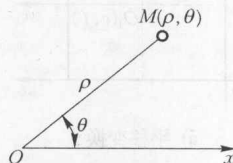


图 1-8 平面极坐标系

(2) 平面极坐标系 平面极坐标系如图 1-8 所示。 O 点为极点, Ox 为极轴,平面中一点 M 的位置用极角 θ 和矢径 ρ 来确定。锥面构件的计算展开常用到极坐标系,使用时应注意,极角从极轴开始,逆时针转动为正,顺时针转动为负。

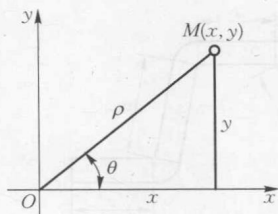


图 1-9 直角坐标与极坐标转换关系

(3) 坐标转换 如图 1-9 所示,是直角坐标与极坐标的转换关系,具体由以下公式确定:

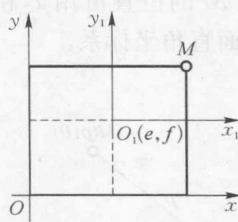
$$\begin{cases} x = \rho \cos \theta \\ y = \rho \sin \theta \\ \rho = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta = \begin{cases} \arctan(y/x) & (x > 0) \\ \pi + \arctan(y/x) & (x < 0) \end{cases} \end{cases}$$

在进行较复杂构件的计算和建立一类构件通用的计算展开数学模型时,有时会遇到坐标的变换。如图 1-10a 所示为平面直角坐标系的平移变换,其中 x, y 为旧坐标, x_1, y_1 为新坐标, e, f 是新坐标系原点 O_1 在旧坐标系下的坐标。点 M 新、旧坐标间的关系为

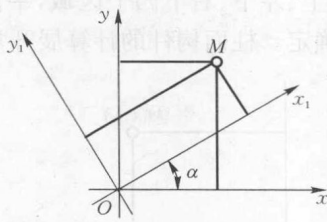
$$\begin{cases} x = x_1 + e \\ y = y_1 + f \end{cases}$$

如图 1-10b 所示为平面坐标系的旋转变换, α 为新坐标系绕原点 O 相对于旧坐标系的旋转角度,旋转变换时,点 M 新、旧坐标间的关系为

$$\begin{cases} x = x_1 \cos \alpha - y_1 \sin \alpha \\ y = x_1 \sin \alpha + y_1 \cos \alpha \end{cases}$$



a) 平移变换



b) 旋转变换

图 1-10 平面直角坐标系变换

如图 1-11 所示,为空间直角坐标系,三根坐标轴 Ox, Oy 和 Oz 两两相互垂直,每两根坐标轴形成一个坐标面,即 xOy, yOz, zOx 坐标面,三个坐标面把空间分成八个区域。空间中一点 M 的位置可用三个坐标 x, y 和 z 来确定。

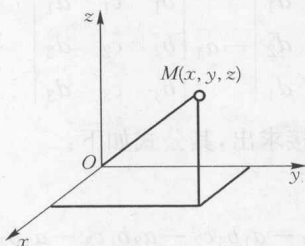


图 1-11 空间直角坐标系

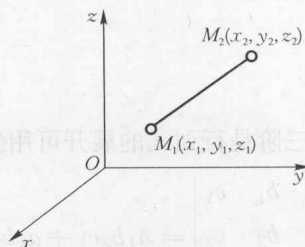


图 1-12 计算直线实长

5. 直线实长和两平面间夹角的计算

(1) 直线实长的计算 直线实长的计算在算法展开时有着广泛的应用。如图 1-12 所示,空间一般位置的直线 M_1M_2 的空间位置由两端点的直角坐标 x_1, y_1, z_1 和 x_2, y_2, z_2 确定,其实长 L 的计算公式为

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

从计算公式中可知,直线的实长等于其两端点在 x, y 和 z 方向坐标差的平方和再开方。

公式应用时可能会遇到一些特殊的情况。如当直线平行于某一坐标面时,两端点的某一坐标值相同,其坐标差为零;当直线垂直于某一坐标面(即平行于某一坐标轴)时,两端点有两对坐标值相同,这时,另一对坐标的差值就为直线的实长;另外,计算时有可能三个方向中某个方向的坐标是已知的,这时公式中便直接利用该值的平方进行计算。

(2) 两平面间夹角的计算 两平面间夹角即它们间的两面角,在求取平面体构件相邻两面间的卡样板角度和蛇形管的错心角等情况下会遇到。

1) 行列式。两平面间夹角的计算要用到四阶行列式及其展开运算,先要把四阶行列式降为三阶,然后再将各三阶行列式展开,最后再合并同类项进行整理。

把四阶行列式转化为三阶行列式,只能采用降阶的方法,其中可用行展开或按列展开的方式。下面的公式是按四阶行列式的第一列进行展开的:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 & d_3 \\ a_4 & b_4 & c_4 & d_4 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 & d_2 \\ b_3 & c_3 & d_3 \\ b_4 & c_4 & d_4 \end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & d_1 \\ b_3 & c_3 & d_3 \\ b_4 & c_4 & d_4 \end{vmatrix} +$$