



钣金技术路路通

钣金 展开计算 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

钣金展开计算方法与实例

王 兵 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钣金展开计算方法与实例/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 - 1977 - 7

I. ①钣… II. ①王… III. ①钣金工-计算方法
IV. ①TG936

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215933 号

钣金展开计算方法与实例

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 - 1977 - 7/TG · 65

定价: 19.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书全面介绍了钣金展开计算的方法,列举了各种构件形体的计算方法与技巧。主要内容有:钣金展开原理与方法、钣金展开计算基础、圆锥体和棱锥体的展开计算、三通与弯头的展开计算、异形构件的展开计算、曲面和封头的展开计算。

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。

编写人员名单

主 编

王 兵

副主编

秦 洪 夏则祥

参 编

李德富 周小毛 张 斌 张圣锋 曾 艳

前 言

钣金工不仅仅要知晓钣金构件形体的展开,更重要的是要解决在实际工作中遇到的计算问题,以避免沿用传统的方法作展开图而造成废品,酿成质量事故。

本书以提高钣金工的计算能力为宗旨,针对钣金工在实际工作中遇到的计算问题,克服一般手册中缺乏相关的计算实例,根据有关的公式、定律和定理关系,对每个构件形体都给出了计算原理图,以利读者了解计算公式的来源,同时开门见山,明确地给出了算法,以便读者可以理论联系实际。

按形状、用途的不同,分别列出了圆锥和棱锥、三通与弯头、异形构件、曲面和封头等多个钣金构件形体的计算实例。拟在帮助读者在工作和学习中不断总结,提高钣金工作中的计算能力。书中计算公式准确可靠,简明易懂,实例剪表性强,能举一反三,具有明确的板厚处理,剪用性强。

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剪参考书。

本书由王兵任主编,秦洪、夏则祥任副主编,参加编写的还有李德富、周小毛、张斌、张圣锋、曾艳。在编写过程中参阅了大量文献资料,对有关著作者深表感谢。

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。

目 录

第 1 章 钣金展开原理与方法	1
1.1 钣金展开的基础知识	1
1.1.1 钣金展开的原理	1
1.1.2 常用曲线曲面	1
1.2 相贯线为平面曲线的条件	11
1.2.1 常见构件表面的相贯线	11
1.2.2 相贯线的基本情况	14
1.2.3 相贯线的求作法	16
1.3 钣金展开的方法	23
1.3.1 平行线展开法	23
1.3.2 放射线展开法	25
1.3.3 三角形展开法	28
1.3.4 三种展开方法的比较与选择	31
1.4 不可展曲面的近似展开方法	32
1.4.1 不可展曲面的类型和表达	32
1.4.2 不可展曲面近似展开的一般方法	34
1.4.3 不可展曲面近似展开的误差分析	36
1.4.4 不可展曲面的展开实例	41

第2章 钣金展开计算基础	47
2.1 计算基础	47
2.1.1 常用坐标系	47
2.1.2 直线实长和两平面间夹角的计算	49
2.1.3 圆的计算	51
2.1.4 椭圆的计算	51
2.1.5 其他几何图形面积与体积的计算	53
2.2 程编计算	63
2.2.1 程编计算公式法展开	63
2.2.2 计算器的程编计算应用	64
2.2.3 钣金展开中程编计算的应用	69
2.3 展开实长与实形的求法	72
2.3.1 旋转法	72
2.3.2 直角三角形法	74
2.3.3 直角梯形法	75
2.3.4 辅助投影面法	77
2.3.5 二次换面法	79
2.4 钣金展开时的板厚处理与型钢弯曲长度的计算	81
2.4.1 板厚处理	81
2.4.2 型钢弯形料长计算	87
第3章 圆锥体和棱锥体的展开计算	91
3.1 圆锥体的展开计算	91
3.1.1 圆锥的展开计算	91
3.1.2 正圆锥管的展开计算	93
3.1.3 斜圆锥管的展开计算	95
3.1.4 折边正锥体的展开计算	104
3.2 棱锥体的展开计算	105
3.2.1 三棱锥的展开计算	105
3.2.2 四棱锥的展开计算	108
3.2.3 五棱锥的展开计算	111

3.2.4	六棱锥的展开计算	114
第4章	三通与弯头的展开计算	118
4.1	三通的展开计算	118
4.1.1	等径三通的展开计算	118
4.1.2	异径三通的展开计算	125
4.2	弯头的展开计算	132
4.2.1	等径弯头的展开计算	132
4.2.2	变径弯头的展开计算	140
4.2.3	矩形管弯头的展开计算	146
第5章	异形构件的展开计算	151
5.1	异形多面体的展开计算	151
5.1.1	上下口扭转方锥接头的展开计算	151
5.1.2	上下口倾斜的棱锥管的展开计算	153
5.2	圆方连接管的展开计算	159
5.2.1	圆顶方底的展开计算	159
5.2.2	圆方过渡连接管的展开计算	175
第6章	曲面和封头的展开计算	184
6.1	曲面的展开计算	184
6.1.1	球面的展开计算	184
6.1.2	球体封头的展开计算	187
6.1.3	螺旋面的展开计算	192
6.2	封头的展开计算	196
6.2.1	球缺体封头放样坯料直径的计算	196
6.2.2	半球体封头放样坯料直径的计算	196
6.2.3	椭圆柱体封头放样坯料直径的计算	197
参考文献	198

第 1 章 钣金展开原理与方法

1.1 钣金展开的基础知识

1.1.1 钣金展开的原理

钣金展开是运用某种方法把设计曲面摊平到一个平面上,形成展开图。对于柱面、锥面和盘旋面等可展曲面,理论上可以准确地展开为平面,曲面和它的展开图之间存在着等距对应关系,即展开前后,展开图与曲面具有相同的面积,它们之间任一对对应曲面线具有相等的长度,任一对对应曲线夹角也不应发生变化。

对于不可展曲面,如球面、螺旋面等,则只能作近似展开。一般先把被展开曲面划分为适当大小的曲面片,然后把每个曲面片近似地看成柱面、锥面或平面等某种可展曲面,并用相应的方法进行展开,得到近似展开图,最后把经过下料、成形后的各曲面片组合、焊接成钣金构件。

各种展开原理与方法均是面向零厚度的理想几何曲面的,而设计曲面时构件的板材总是有一定厚度的。当板面厚度较大时,展开中应考虑板厚对板面的展开长度和两板面接口处形状的影响,即板厚处理,以保证产品的结构形状符合设计的要求。

在设计钣金构件时,应尽可能采用可展曲面,以便准确展开。若只能采用不可展曲面时,应优先采用展开性能较好的曲面,以减小展开误差。当构件表面由多个曲面组成时,应尽量保证相邻表面间的光滑过渡,不产生折棱或交线。另外,尽量使用表面间的相贯线成为平面曲线,以提高接口的展开精度。

1.1.2 常用曲线曲面

钣金制件有一部分由曲面板构成,展开时,需要了解 and 掌握有关曲面

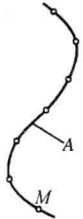
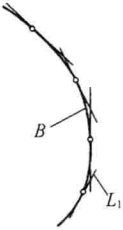

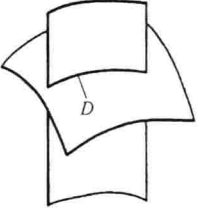
的种类、形成、特性等技术条件。

1. 常用曲线

(1) 曲线的分类与形成 工程中应用的曲线常分为平面曲线和空间曲线两大类。如果一条曲线上的各点位于同一平面上,为平面曲线,否则为空间曲线。

曲线的形成可由点的运动、线的包络或两表面相交形成,见表 1-1。

表 1-1 曲线的形成

形成方式	图 示	说 明
点的运动 形成		点 M 按一定要求在平面或空间中运动,它所经过的轨迹便形成了一条曲线 A
包络的 方式形成		直线 L_1 运动时,形成了直线族,如果存在曲线 B , B 中的任一点都在直线族中的某一直线上,且在该点与该直线相切,便称 B 为直线族的包络曲线
		圆 L_2 运动时,形成了曲线族,若存在曲线 C , C 中的任一点都在曲线族中的某一圆上,且在这一点处, C 与该圆有共同的切线,则称 C 为该曲线族的包络曲线
两表面 相交形成		两表面相交,其中的表面可以是平面,也可以是曲面,是钣金中最常见的曲线形成方式

(2) 圆的投影 根据投影面的不同情况,圆的投影有三种情况,见表

1-2。

表 1-2 不同投影面上圆的投影

投影面情况	图 示	说 明
平行面		<p>圆在所平行的投影面上的投影反映圆的实形,其他投影积聚成直线,直线的长度等于圆的直径,且平行于相应的投影轴</p>
垂直面		<p>圆在所垂直的投影面上的投影积聚成与轴倾斜的直线,其长度等于圆的直径。其他投影为椭圆,椭圆的长轴等于圆的直径,方向垂直于相应的投影轴;椭圆的短轴与长轴垂直,其长度由作图确定</p>
倾斜面		<p>圆的各面投影都是椭圆,椭圆的长轴分别为圆中平行于相应投影面的直径的投影,其方位与平面上相应投影面平行线的投影平行,长度都等于圆的直径。椭圆的短轴分别与长轴垂直,长度可通过投影变换作图确定</p>

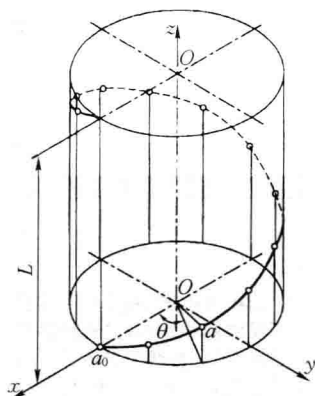


图 1-1 圆柱螺旋线的形成

(3) 螺旋线

1) 圆柱螺旋线。圆柱螺旋线的形成如图 1-1 所示,它是最常用的一种工程曲线。圆柱表面上一点 a_0 ,在沿圆柱轴线方向做匀速直线运动的同时,绕圆柱轴线做匀速回转运动,两种运动的复合称为螺旋运动,点 a_0 做螺旋运动所经过的轨迹称为圆柱螺旋线。根据点 a_0 的回转方向,圆柱螺旋线可分为左旋和右旋两种,图 1-1 所示为右旋的圆柱螺旋线。点 a_0 绕轴线回转一周后沿轴线移动的距离 L 称为圆柱螺旋线的导程。圆柱螺旋线上任一点的切线与 xOy 平面具有相同的夹角,称为螺旋线的升角。

一条螺旋线由圆柱半径 R 、导程 L 和旋向唯一确定,其参数方程为

$$\begin{cases} x = R\cos\theta \\ y = R\sin\theta \\ z = L\theta/(2\pi) \end{cases}$$

圆柱螺旋线的投影与展开如图 1-2 所示,作图时首先画出导圆柱的

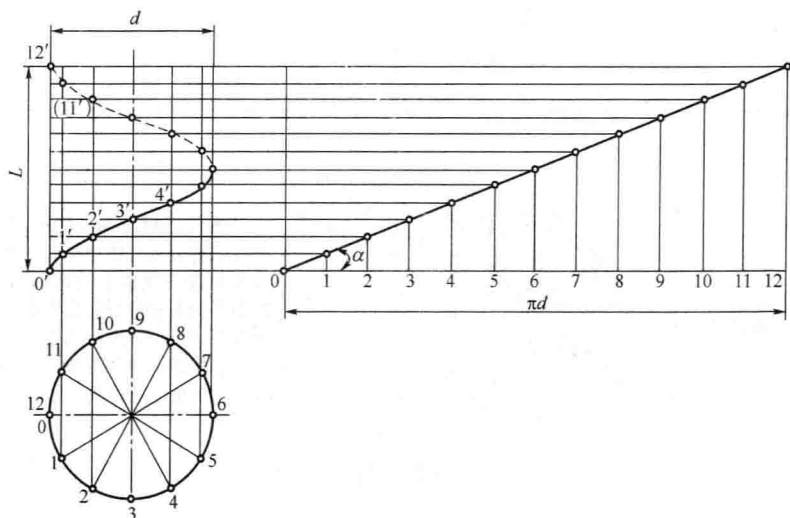


图 1-2 圆柱螺旋线的投影与展开

两投影,然后分别把水平投影圆周和正面投影圆柱高度作12等分,过圆周上各等分点0、1、…、12向上作竖直线,分别与正面投影中的高度等分水平线相交于点0'、1'、…、12',最后用光滑曲线依次连接各点,便得到一个导程的圆柱螺旋线的正面投影。螺旋线的水平投影积聚在圆周上。

圆柱螺旋线的展开图是一条直线。作图时可用直角三角形的方法,两个直角边的长度分别为导圆柱圆周周长 πd 和导程 L ,斜边即为一个导程圆柱螺旋线的展开长度。

2) 圆锥螺旋线。如图1-3所示,圆锥表面上一动点 a_0 ,在绕圆锥轴线做匀速回转运动的同时,又沿圆锥母线做匀速直线运动, a_0 点运动所经过的轨迹称为圆锥螺旋线。当 a_0 点绕轴线回转一周后,沿轴线方向移动的距离 L 称为圆锥螺旋线的导程。圆锥螺旋线也分为左旋和右旋两种旋向。

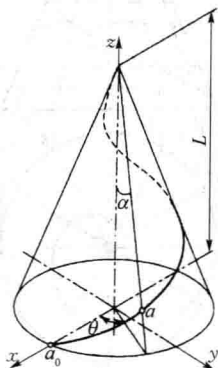


图1-3 圆锥螺旋线的形成

一条圆锥螺旋线由圆锥顶半角 α 、导程 L 和旋向唯一确定,其参数方程为

$$\begin{cases} x = L \tan \alpha [1 - \theta / (2\pi)] \cos \theta \\ y = L \tan \alpha [1 - \theta / (2\pi)] \sin \theta \\ z = L \theta / (2\pi) \end{cases}$$

圆锥螺旋线的投影与展开如图1-4所示。作投影图时,首先画出圆锥面的两面投影,然后分别在水平投影中把圆锥底圆和正面投影中导程 L 高度作12等分,过水平投影中各等分点0、1、…、12分别向上作竖直线并与正面投影锥底线相交于点0'、1'、…、12',把这些点与锥顶连直线,并分别与相应的导程等分水平线相交,用光滑曲线依次连接各相关点,便可得圆锥螺旋线的正面投影。最后把正面投影中的交点分别投射到水平投影中相应的等分线上,并用光滑曲线依次连接,就完成了圆锥螺旋线的两投影。

圆锥螺旋线的展开曲线为一条阿基米德螺线。作图时首先画出导圆锥面的展开扇形图,扇形半径等于圆锥母线的实长,扇形弧长等于圆锥底

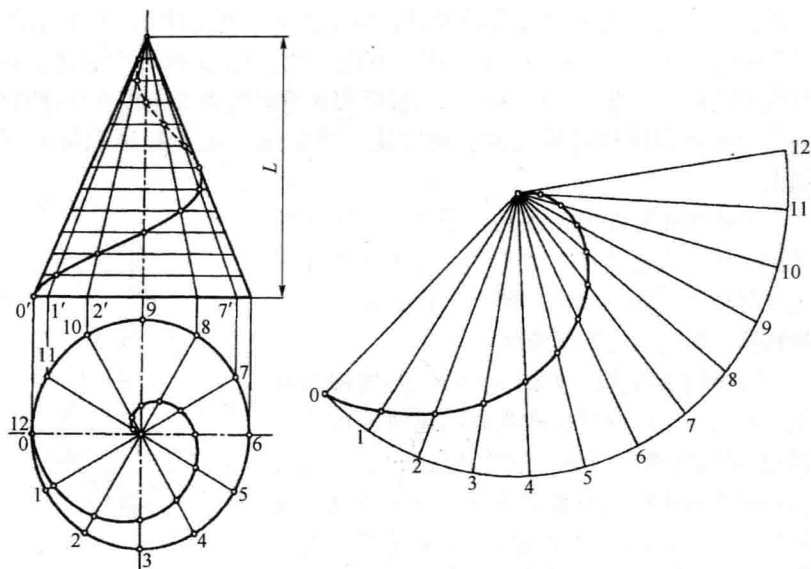


图 1-4 圆锥螺旋线的投影与展开

圆的周长。然后把弧长作 12 等分,把各分点分别与中心连接直线,得到圆锥面上各等分直线的展开位置。最后,在投影图中用旋转法分别求出螺旋线上各点到锥顶距离的实长,并分别量取到展开图的相应等分素线上,得到各点的展开位置,用光滑曲线依次连接各点,即为圆锥螺旋线的展开曲线。

(4) 空间曲线的展开 一般空间曲线常采用“以弦代弧”的近似方法进行展开。如图 1-5 所示,空间曲线由其正面和水平两个投影来表示,展开时,首先把曲线分为若干小段,然后把每小段曲线用直线来代替,并

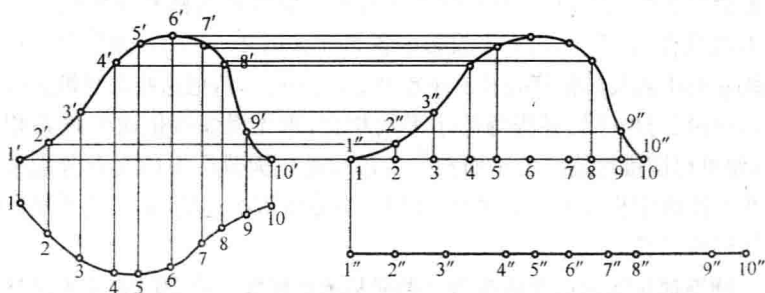


图 1-5 空间曲线的展开

用直角三角形法求出各段直线的实长,最后把各段实长连在一起得到整条曲线的近似长度。为防止产生过大的误差,在曲线曲率较大的地方划分得密一些,在曲率较小的地方可以划分得疏一些。图中把空间曲线划分为9个小曲线段。

图1-5中,右上图为求各线段实长的过程。自1点起向右方画一直线,然后把左图水平投影中每相邻两点间的距离自右上图中1点起,依次量至该直线上,得分点1、2、…、10。过各分点向上方作垂线,与过左图正面投影相应点所作水平线相交于点1''、2''、…、10'',即得到各段曲线的近似长度。

最后,把各段曲线长度1''2''、2''3''、…、9''10''逐次连接在同一直线上,便得到空间曲线的展开长度。

2. 常用曲面

(1) 曲面的形成与分类 一条直线或曲线在空间运动,它所经过的轨迹称为曲面。形成曲面的这条动线称为曲面的母线,母线运动中的任一位置称为曲面的素线。母线在运动时往往要满足一定的条件,把对母线运动起约束作用的线或面称为导线或导面。图1-6中,母线为直线,起始位置为 a_0b_0 ,运动时母线始终平行于直线 ab ,方向保持不变, a_0 点始终在曲线 L 上, ab 和 L 就称为导线。母线运动时的任一位置(如 a_nb_n)称为素线。

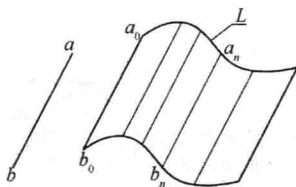
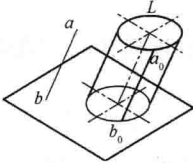
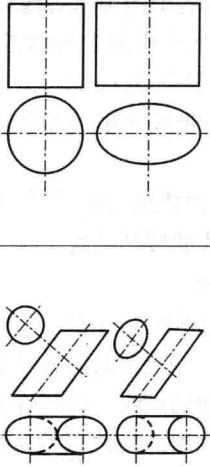
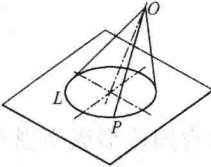
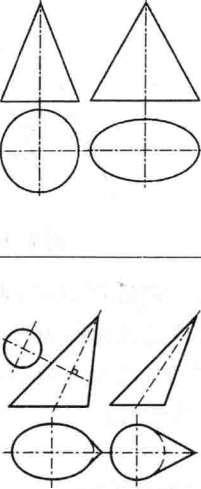


图1-6 曲面的形成

如果母线按一定规律运动,则形成规则曲面,否则便形成不规则曲面。由直母线形成的曲面称为直线面,其中,如果连续两素线(无限接近的相邻两素线)共面,称为单曲面,比如柱面和锥面;否则称为扭曲面,比如双曲抛物面。由曲母线形成的曲面称为曲线面,其上一般没有直线,其中,如果运动时母线的形状和大小不发生变化,称为定线曲面,比如球面和环面;否则称为变线曲面。

(2) 单曲面 单曲面有柱面、锥面和盘旋面,见表1-3。

表 1-3 单曲面的类型与形成过程

类型	形成过程		示 例	
	图 示	说 明	图 示	说 明
柱 面		直母线沿一曲导线 L 运动, 同时始终与导线 ab 平行, 所形成的曲面称为柱面		用一与柱面轴线垂直的平面把柱面截断时, 如果交线为圆, 则为圆柱面, 如果交线是椭圆, 则为椭圆柱面。若圆柱面或椭圆柱面的底面与其轴线垂直, 称为正圆柱面或正椭圆柱面, 否则称为斜圆柱面或斜椭圆柱面
锥 面		直母线 L 沿一曲导线 P 运动, 同时始终通过导线平面外一定点 O , 所形成的曲面称为锥面		锥底面与轴线垂直, 为正圆锥面或正椭圆锥面, 倾斜为斜圆锥面或斜椭圆锥面