

季 忠 林乐嘉 等编著

附光盘

三维 钣金

展开 放样 及实例

—— SolidWorks应用

内容丰富

十余大类一百余种钣金件三维建模和展开放样的操作全过程详解

方便易用

全部模型采用参数化建模方式完成，只要修改钣金件的结构参数，便可直接得到任意尺寸的三维钣金模型及其二维展开图形



化学工业出版社

季忠 林乐嘉 等编著

三维钣金展开放样及实例

——SolidWorks应用



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：26.00元

ISBN 978-7-122-04449-2

本书通过大量的实例主要讲解了如何基于 SolidWorks 几何建模核心进行钣金件的三维放样与展开。书中首先分析了在三维 CAD 环境下进行钣金展开放样的特点及优势,然后简单介绍了 SolidWorks 的草图、零件、装配体、钣金建模等必备知识,并将常用的非拉深钣金件按其结构特点进行了分类,详细介绍了十余大类一百余种钣金件三维建模和展开放样的操作过程,对厚板构件展开放样过程中的相关问题及处理方法也进行了介绍。书中全部模型采用参数化建模方式在 SolidWorks2008 上完成,只要在 SolidWorks 环境下修改钣金件的结构参数,便可直接得到任意尺寸的三维钣金模型及其二维展开图形,供钣金件设计或下料使用。

本书可作为钣金工程技术人员、SolidWorks 爱好者、高校师生的学习用书、参考书或钣金展开放样的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

三维钣金展开放样及实例——SolidWorks 应用/季忠,
林乐嘉等编著. —北京:化学工业出版社, 2009.3

ISBN 978-7-122-04449-5

I. 三… II. ①季…②林… III. 钣金-计算机辅助设-
应用软件, SolidWorks IV. TG382-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 205920 号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈 喆

责任校对:李 林

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 521 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:56.00 元

版权所有 违者必究

前言

钣金件在众多行业具有广泛的应用。对于非拉深方法制造的钣金件,在设计及加工制作时,通常要预先绘出其成品或半成品的真实形状和大小,并在金属或非金属板上画出它们的轮廓或部分平面展开图,即要进行钣金展开放样。传统的钣金展开放样方法包括基于画法几何原理的图解法、基于解析几何原理的计算法以及基于上述原理并借助于计算机编程来完成的所谓计算机辅助方法等。为了弥补弯曲或其它金属成形所造成的钣金表面的伸长或缩短,有时要引入一个放大或缩小系数来调整展开下料的尺寸。

传统的钣金展开放样方法具有简单明了的特点并深受钣金工人的喜爱,他们可以直接在板材上绘制轮廓,并通过割炬或振动剪等多种切割剪切工具进行下料,非常便于普通工人进行实际操作。但是,传统的展开放样方法也有其难以克服的弱点,比如,二维展开图的轮廓曲线通常是通过拟合获得的,曲线精度差,另外,其三维放样图是通过二维图形来表达的,图中缺乏三维数据,直观性差,并且难以清楚表达复杂的三维形状。

现代生产对产品精度和生产过程自动化程度的要求越来越高,迫使人们不得不研究、发展或替代传统的钣金展开放样方法,三维 CAD 软件的应用和普及为之提供了机遇,使三维钣金展开放样的应用和推广成为可能。目前,几乎所有的中高档三维 CAD 系统都提供了丰富的钣金功能,在三维 CAD 环境中,可以直接进行钣金件的三维造型和平面展开,其二维轮廓可以通过绘图仪按 1:1 比例进行输出并作为下料的样板,也可直接传输给数控编程系统,生成火焰、等离子或激光切割机的加工代码,具有很高的生产效率和加工精度。

本书采用广泛应用的三维 CAD 平台 SolidWorks,对工程实际中最常见的三通、多通、锥台、连接管等十余大类一百余种钣金件进行了三维展开放样。书中简单介绍了 SolidWorks 应用基础,用主要篇幅详细介绍了各种钣金件展开放样的操作过程,归纳总结了各类典型钣金件的基本建模和展开放样的共性技术,并特别指出了建模和展开的操作技巧。通过本书学习,读者可以掌握各种形状、各种尺寸的钣金件的展开放样技术,其展开放样方法也可推广至 SolidEdge、UG、Pro/E 等其它 CAD 平台中。

本书所有建模过程均在 SolidWorks2008 上完成,为便于读者深入学习,随书发行包含所有实例的配套光盘,并在巨模中国网(www.theum.cn)开通学习论坛。只要在 SolidWorks 环境下调入光盘中的钣金模型,并修改钣金件的结构参数,便可直接得到任意尺寸的三维钣金模型及其二维展开图形,供钣金件设计或下料使用。

本书是集体智慧的结晶,主要编写者是季忠、林乐嘉和刘韧,杨丹丹撰写了第 2 章的大部分内容,刘晶撰写了第 9 章以及第 12 章的部分内容。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编著者

目 录

实例速查索引

第 1 章 概述	1
1.1 传统钣金展开放样方法	2
1.1.1 图解法	2
1.1.2 算法	3
1.2 SolidWorks 环境下的三维钣金展开放样	5
1.2.1 三维造型	5
1.2.2 展开放样	5
1.2.3 基本步骤及优势特点	6
第 2 章 SolidWorks 三维造型及钣金	9
2.1 SolidWorks 三维造型方法	9
2.1.1 SolidWorks 操作界面	9
2.1.2 文件的基本操作	12
2.1.3 快捷键和快捷菜单	13
2.2 草图特征	14
2.2.1 草图绘制工具	14
2.2.2 绘制草图	15
2.2.3 草图状态	17
2.2.4 标注尺寸	17
2.2.5 几何关系	18
2.3 实体特征	20
2.3.1 基础特征	20
2.3.2 曲面特征	23
2.4 零件	27
2.5 装配体	31
2.6 钣金	33
2.6.1 钣金建模方法	33
2.6.2 钣金特征	36
2.6.3 切除与剪裁	39
2.6.4 折叠与展开折弯	41
2.6.5 在展开状态下设计	42

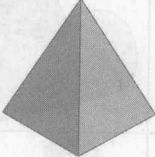
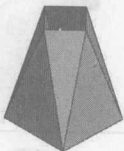
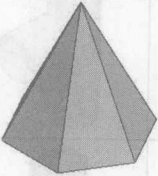
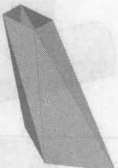
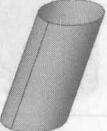
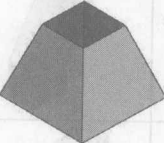
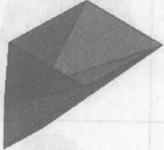
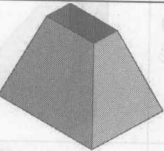
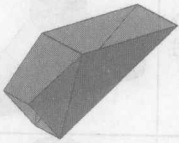
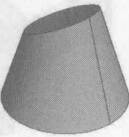
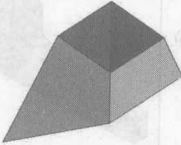
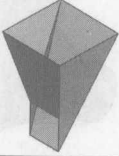
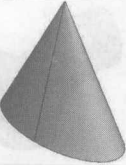
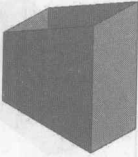
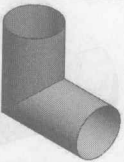
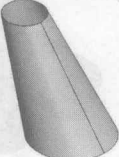
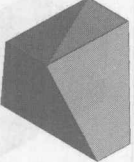
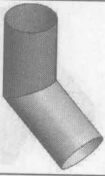
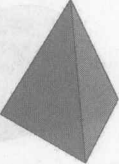
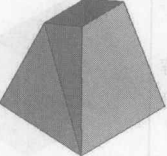
2.6.6	钣金零件的关联设计	44
2.6.7	展开圆柱面	46
2.6.8	成形工具	47
2.6.9	不可展曲面的近似展开	51
2.7	曲面的输出	55
第3章	圆及椭圆锥台展开放样	58
3.1	斜截圆柱管	58
3.2	斜截椭圆柱管	61
3.3	平行圆口椭圆柱连接管	64
3.4	截头正圆锥管	66
3.5	斜截正圆锥管	67
3.6	正椭圆锥	69
3.7	平行圆口斜椭圆锥管	70
第4章	方棱锥管展开放样	73
4.1	正三棱锥	73
4.2	正四棱锥	75
4.3	正六棱锥	77
4.4	方锥管	79
4.5	矩形锥管	81
4.6	斜截方锥管	83
4.7	斜上口矩形棱柱管	85
4.8	矩形换向连接管	87
4.9	斜上口方锥管	89
4.10	上口扭转 45° 的方锥管	93
4.11	上口扭转 45° 的连接管	96
4.12	方口直角连接管	98
4.13	方口斜漏斗	100
4.14	方口直角偏心连接管	102
第5章	弯头展开放样	105
5.1	等径圆柱弯头	105
5.1.1	两节等径圆柱弯头	105
5.1.2	多节等径圆柱弯头	109
5.2	渐缩弯头	111
第6章	三通与多通管展开放样	117
6.1	圆柱三通管	117
6.1.1	等径圆柱三通管	117
6.1.2	等径正交补料圆柱三通管	122
6.1.3	等径补料圆柱三通管	125

6.1.4	带补料正交等径圆柱三通管	129
6.1.5	等径 Y 形圆柱三通管	133
6.1.6	等径 Y 形补料圆柱三通管	135
6.1.7	异径圆柱三通管	138
6.1.8	异径斜、偏交圆柱三通管	140
6.1.9	丁字形等径补料圆柱三通管	142
6.2	平板弯管和多通管	145
6.2.1	三节矩形连接管	145
6.2.2	三节直角换向矩形弯管	148
6.2.3	三节错位矩形口连接管	152
6.2.4	直角换向三节矩形弯管	155
6.2.5	方口裤形三通管	158
6.2.6	矩形口裤形三通管	160
6.2.7	方口直角三通管	162
6.3	弯管和多通管	165
6.3.1	三节平行口等径圆柱弯管	165
6.3.2	三节平行口异径圆柱圆锥弯管	166
6.3.3	三节直角异径圆柱圆锥弯管	169
6.3.4	等径裤形圆柱三通管	171
6.3.5	带斜插管的等径圆柱三通管	175
6.3.6	四节等径直角双向圆柱三通管	176
6.3.7	异径偏交圆柱四通管	179
6.3.8	正交圆锥圆柱三通管	182
6.3.9	裤形椭圆锥三通管	185
6.3.10	圆锥正交圆柱支管	187
6.4	长圆管	190
6.4.1	三节直角拱形弯管	190
6.4.2	四节直角拱形弯管	193
6.4.3	两节横拱形弯管	195
6.4.4	三节直角横拱形弯管	197
6.4.5	四节直角长圆形弯管	198
6.4.6	直角长圆三通管	200
6.4.7	平行口长圆裤形三通管	203
6.5	平面与曲面相贯构件	207
6.5.1	圆柱管正交两节矩形弯管	207
6.5.2	小圆柱管直插 V 形顶大圆柱管	211
6.5.3	方管正交圆柱三通管	214
6.5.4	矩形管斜交圆柱三通管	217
6.5.5	矩形管偏斜交圆柱三通管	220
6.5.6	方管正交圆锥管	222
6.5.7	扭转 45° 方管正交圆柱三通管	225

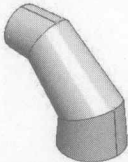
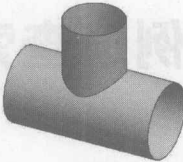
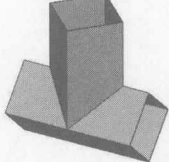
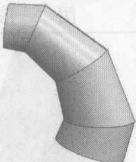
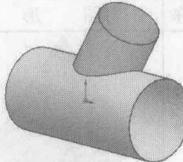
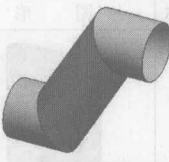
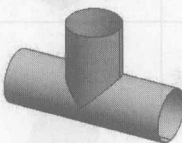
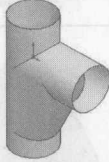
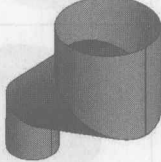
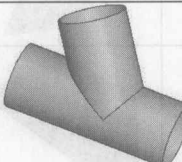
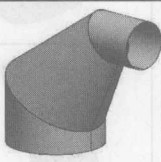
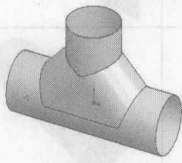
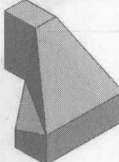
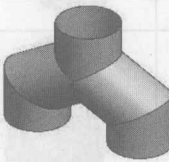
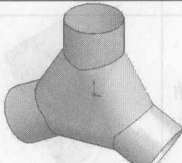
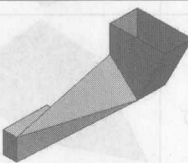
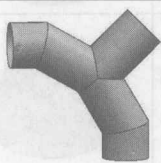
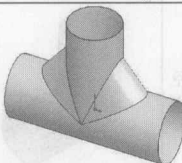
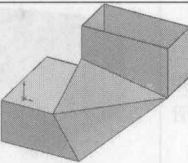
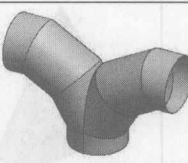
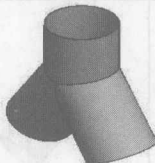
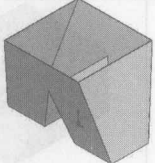
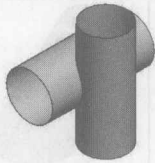
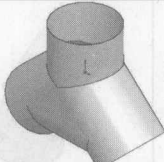
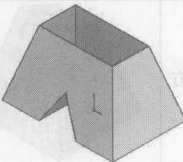
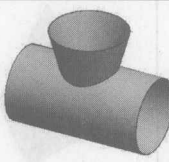
6.5.8	圆管正交方柱三通管	227
6.5.9	圆管斜交方柱三通管	229
6.5.10	倒四棱锥正交圆柱三通管	232
6.5.11	圆柱管正交四棱锥管	234
6.5.12	圆柱管平交四棱锥管	236
6.5.13	圆柱管偏交四棱锥管	237
6.5.14	圆柱管斜交四棱锥管	239
6.5.15	矩形管横交正圆锥管	241
第 7 章	方圆连接管展开放样	245
7.1	圆顶方底连接管	245
7.2	圆顶矩形底连接管	247
7.3	圆顶矩形底偏心连接管	248
7.4	矩形顶圆底连接管	249
7.5	长圆顶矩形底连接管	251
7.6	圆顶矩形斜底连接管	252
7.7	圆顶矩形侧底连接管	254
7.8	矩形斜顶圆侧底连接管	256
7.9	斜圆顶方底连接管	258
7.10	矩形斜顶长圆侧底连接管	259
7.11	圆顶矩形底两节弯头	260
7.12	圆顶方底裤形三通管	263
第 8 章	异形口连接管展开放样	266
8.1	长圆顶圆底连接管	266
8.2	圆顶长圆底连接管	267
8.3	长圆顶圆底偏心连接管	269
8.4	长圆顶长圆底换向连接管	270
8.5	圆顶椭圆底连接管	271
8.6	圆侧口圆底连接管	273
8.7	圆斜顶圆底连接管	274
8.8	圆顶斜椭圆底连接管	276
8.9	圆顶带圆角方底连接管	278
8.10	圆顶马鞍底连接管	279
第 9 章	球面与封头展开放样	283
9.1	半球封头	283
9.2	球罐	285
9.3	平顶环形封头	286
第 10 章	螺旋展开放样	289
10.1	同轴两圆柱面截断的正螺旋面	289

10.2	同轴圆柱面和圆锥面截断的正螺旋面	292
10.3	同轴两圆柱面截断的斜螺旋面	294
10.4	矩形等截面 180°螺旋管	296
10.5	矩形变截面 180°螺旋管	299
第 11 章	板厚处理	303
11.1	曲面板构件弯曲时的板厚处理	303
11.2	平板构件弯折时的板厚处理	305
11.3	曲面管与平板结合时的板厚处理	306
11.4	曲面管与曲面板结合时的板厚处理	308
第 12 章	型钢展开放样	310
12.1	角钢内弯 90°折角	310
12.2	角钢圆角内弯任意角	312
12.3	角钢内弯矩形框	314
12.4	角钢圆弧弯折	317
12.5	角钢圈	318
12.6	槽钢折角立弯 90°	319
12.7	槽钢圆角立弯任意角	321
12.8	槽钢圆弧立弯 90°	322
12.9	槽钢内弯任意角度	322
参考文献		325

实例速查索引

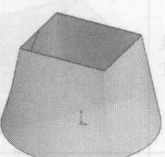
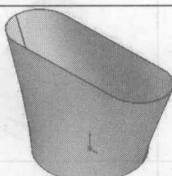
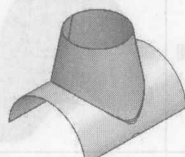
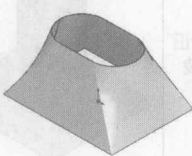
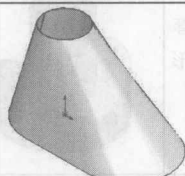
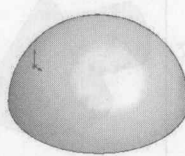
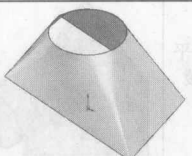
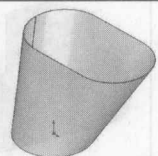
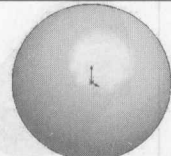
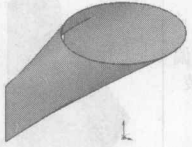
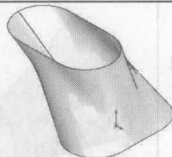
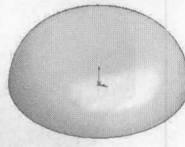
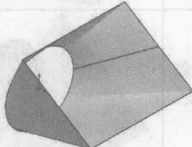
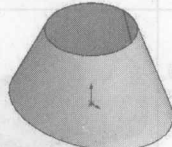
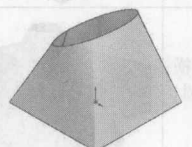
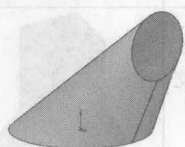
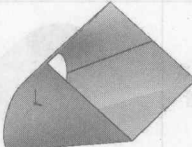
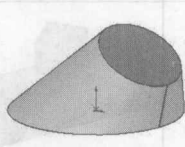
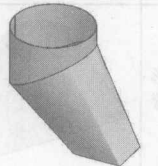
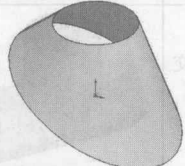
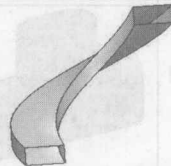
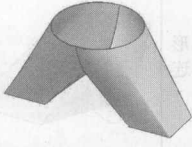
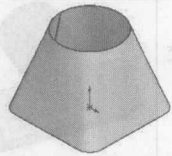
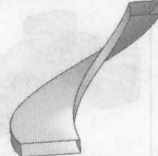
名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码
斜截圆柱管		58	正四棱锥		75	上口扭转45°的方锥管		93
斜截椭圆柱管		61	正六棱锥		77	上口扭转45°的连接管		96
平行圆口椭圆柱连接管		64	方锥管		79	方口直角连接管		98
截头正圆锥管		66	矩形锥管		81	方口斜漏斗		100
斜截正圆锥管		67	斜截方锥管		83	方口直角偏心连接管		102
正椭圆锥		69	斜上口矩形棱柱管		85	两节等径直角圆柱弯头		105
平行圆口斜椭圆锥管		70	矩形换向连接管		87	两节等径任意角圆柱弯头		108
正三棱锥		73	斜上口方锥管		89	多节等径圆柱弯头		109

续表

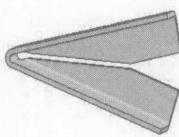
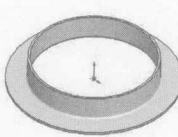
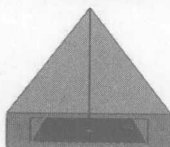
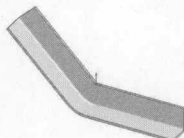
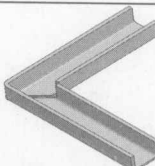
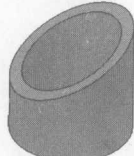
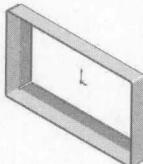
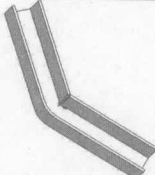
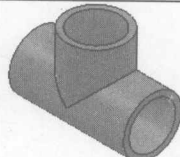
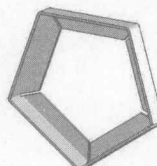
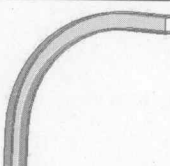
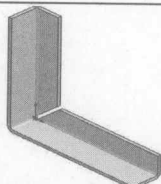
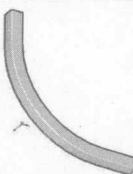
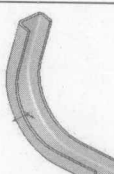
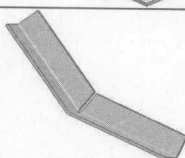
名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码
三节直角渐缩弯头		112	异径圆柱三通管		138	方口直角三通管		162
四节任意角渐缩弯头		116	异径斜、偏交圆柱三通管		140	三节平行口等径圆柱弯管		165
等径直交圆柱三通管		117	丁字形等径补料圆柱三通管		142	三节平行口异径圆柱圆锥弯管		166
等径斜交圆柱三通管		121	三节矩形连接管		145	三节直角异径圆柱圆锥弯管		169
等径正交补料圆柱三通管		122	三节直角换向矩形弯管		148	等径裤形圆柱三通管		171
等径补料圆柱三通管		125	三节错位矩形口连接管		152	带斜插管的等径圆柱三通管		175
带补料正交等径圆柱三通管		129	直角换向三节矩形弯管		155	四节等径直角双向圆柱三通管		176
等径 Y 形圆柱三通管		133	方口裤形三通管		158	异径偏交圆柱四通管		179
等径 Y 形补料圆柱三通管		135	矩形口裤形三通管		160	正交圆锥圆柱三通管		182

续表

名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码
裤形椭圆 锥三通管		185	圆柱管正 交两节矩 形弯管		207	倒四棱锥 正交圆柱 三通管		232
圆锥正交 圆柱支管		187	小圆柱管 直插 V 形 顶大圆 柱管		211	圆柱管正 交四棱 锥管		234
三节直角 拱形弯管		190	方管正交 圆柱三 通管		214	圆柱管平 交四棱 锥管		236
四节直角 拱形弯管		193	矩形管斜 交圆柱三 通管		217	圆柱管偏 交四棱 锥管		237
两节横拱 形弯管		195	矩形管偏 斜交圆柱 三通管		220	圆柱管斜 交四棱 锥管		239
三节直角 横拱形 弯管		197	方管正交 圆锥管		222	矩形管横 交正圆 锥管		241
四节直角 长圆形 弯管		198	扭转 45° 方管正交 圆柱三 通管		225	圆顶方底 连接管		245
直角长圆 三通管		200	圆管正交 方柱三 通管		227	圆顶矩形 底连接管		247
平行口长 圆裤形三 通管		203	圆管斜交 方柱三 通管		229	圆顶矩形 底偏心连 接管		248

名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码
矩形顶圆底连接管		249	长圆顶圆底连接管		266	圆顶马鞍底连接管		279
长圆顶矩形底连接管		251	圆顶长圆底连接管		267	半球封头		283
圆顶矩形斜底连接管		252	长圆顶圆底偏心连接管		269	球罐		285
圆顶矩形侧底连接管		254	长圆顶长圆底换向连接管		270	平顶环形封头		286
矩形斜顶圆侧底连接管		256	圆顶椭圆底连接管		271	同轴两圆柱面截断的正螺旋面		289
斜圆顶方底连接管		258	圆侧口圆底连接管		273	同轴圆柱面和圆锥面截断的正螺旋面		292
矩形斜顶长圆侧底连接管		259	圆斜顶圆底连接管		274	同轴两圆柱面截断的斜螺旋面		294
圆顶矩形底两节弯头		260	圆顶斜椭圆底连接管		276	矩形等截面 180° 螺旋管		296
圆顶方底裤形三通管		263	圆顶带圆角方底连接管		278	矩形变截面 180° 螺旋管		299

续表

名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码	名 称	图 形	页码
厚壁圆柱管		304	角钢内弯锐折角		312	角钢圈		318
厚壁四棱锥		305	角钢圆角内弯任意角		312	槽钢折角立弯 90°		319
厚壁斜截圆柱管		306	角钢内弯矩形框		314	槽钢圆角立弯任意角		321
厚壁等径直交圆柱三通管		308	角钢内弯正五边形框		316	槽钢圆弧立弯 90°		322
角钢内弯 90° 折角		310	角钢圆弧弯折		317	槽钢内弯任意角度		322
角钢内弯钝折角		312						

第1章 概述

钣金件在石油、化工、冶金、机械、造船、建筑、包装等行业具有非常广泛的应用，如包装机械中的料斗和料槽、输送空气的通风管道、设备的防护罩等，往往是由直管、弯头或其它各种钣金件构成的。这些钣金件通常都是按照需要的形状，先从不同材质、不同厚度的板材上将材料裁剪或冲压下来，然后经过卷曲、弯折、扣合或焊接加工而成的。

钣金件在加工制作时，除需要用多面正投影图表示零件的形状外，还要用展开图表示零件制作前板料的形状，并将它们的轮廓或部分平面展开图预先刻画在金属或非金属材料上，这种在板材上画出产品或半成品真实形状和大小的作图方法叫做展开放样。钣金件的下料与生产都离不开钣金件的展开放样，正确的展开放样既能确保制作件的精度，又可以提高生产效率、节省工料并降低成本。

传统的钣金件的展开放样过程，主要是运用某种方法把空间形体的表面摊平到一个平面上并形成展开图的过程。构成形体的表面可分为两大类：平面、柱面和锥面等可以摊平的表面是可展曲面；球面和圆环面等不能摊平的表面是不可展曲面。可展曲面在理论上可以准确地展开为平面，其特点是连续两素线彼此平行或相交，即位于同一平面内，曲面和它的展开图之间存在着等距对应的关系，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线具有相等的长度，任一对对应曲线的夹角也不发生变化。不可展曲面在理论上定义为不能在平面上展开的曲面，其特点是连续两素线是异面直线或为曲线，故任何一种不可展曲面的展开方法在还原后都不能与原曲面完全吻合。因此，对于不可展曲面，只能在误差允许的范围内作近似展开，一般是通过把被展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作柱面、锥面或平面等某种可展曲面，并用相应的方法进行展开。

钣金件展开放样的传统方法主要有图解法和计算法，不管计算是由人工还是由计算机来完成的，这些方法一直是画法几何和解析几何的研究范畴。这类基于投影关系的展开放样方法通常是面向零厚度的理想几何曲面的，而工程实际中的设计曲面总是具有一定的板厚。如果板料较薄，或精度要求不高，误差可被忽略不计；当板料较厚或精度要求较高时，在展开过程中就必须考虑板厚的影响，即充分考虑板厚对板面展开长度的影响，考虑对两板面接合处形状的影响，按照一定规律对放样图和展开图作相应的修正，以使成形后的构件符合设计要求。

传统的展开放样方法非常适合于传统的手工下料过程，放样工人依靠熟练的放样经验，采用木板、纸板、油毡等放样工具，进行人工放样和手工切割。但是，手工放样毕竟效率低、精度差、另外，近年来各种板材数控切割机，如火焰、等离子、激光和水射流切割机迅速普及，并逐渐成为企业的主要切割下料设备，钣金加工的方法和手段因此发生了深刻的变化，将 CAD/CAM 运用于钣金加工业已经成为企业加快产品开发、提高产品质量、增强市场竞争力的有力措施。这些因素都促使钣金展开放样方法进行发展与变革，其中最为先进的当属在

三维 CAD 环境下进行的三维钣金展开放样。

目前流行的各种三维 CAD 平台,如 SolidWorks、UG、Pro/E 等都提供了钣金建模工具,在这些 CAD 环境下,不仅可以创建钣金零件和钣金装配体的三维几何模型,而且可以对大多数钣金件进行展平操作,直接得到三维钣金件的二维展开图。由于这些 CAD 模型都是参数化的,所以,修改钣金件的结构参数,便可直接得到任意尺寸的钣金件模型及其展开图。将展开图数据直接传递给自动编程系统并生成数控加工代码,再将加工代码传递给板材数控切割机,则可直接进行钣金件的自动切割下料。这种在 CAD 环境下进行的三维钣金展开放样以及数控切割下料操作,具有非常高的加工精度、加工效率和加工柔性。同时,展开放样过程都是在计算机上完成的,并没有制作下料用的放样模板,因此 CAD 环境下的三维钣金展开放样可以称为虚拟展开放样。

CAD 平台上的三维钣金展开放样对手工下料也可以提供很好的支持,因为三维模型及其展开图的每个点、每条线都具有非常确定的坐标数据,操作者可以根据这些数据直接在板材上绘制展开图,并进行剪切或切割。作为三维钣金展开放样方法的一种中级应用,操作者也可以采用收缩率低的纸张、纸板或塑料板作为放样工具,由绘图仪直接将展开放样图绘制在纸张、纸板或塑料板上,并按轮廓剪开,作为放样的模板供下料使用;也可以采用包装行业中常用的打样机,直接切出放样模板。

为了便于读者全面了解钣金展开放样技术并且深入学习本书内容,下面将传统的展开放样方法和在 SolidWorks 环境下的三维钣金展开放样方法做概要性介绍。

1.1 传统钣金展开放样方法

1.1.1 图解法

图解法是基于画法几何原理利用几何作图完成全部展开步骤,方法直观,但效率低、误差大、步骤繁杂。常用的图解展开放样方法有平行线法、放射线法和三角线法。

平行线法主要适用于棱柱面、圆柱面、椭圆柱面等柱面构件的展开。平行线法作图是通过假想沿构件的某条棱线或素线将构件切开,然后将构件表面沿着与棱线或素线垂直的方向旋转打开,并依次摊平在同一平面上形成展开图。比如对于斜截圆柱面,一般先将圆柱表面分成若干等份,并确定出各等分处素线的实长,然后将圆柱底面圆周展为直线,在直线的各相应等分点处画出各素线的实长,显然各素线是相互平行的,用曲线连接各素线的上端点即得到斜截圆柱的展开图。

放射线法主要适用于棱锥面、圆锥面、椭圆锥面等锥面构件的展开。放射线法的绘制原理与平行线法类似,但锥面展开后各素线不是平行而是相交于一点。放射线法作图是通过假想沿构件的某条棱线或素线将构件切开,然后将构件表面围绕锥顶打开,呈扇状地摊平在同一平面上形成展开图,如图 1-1 所示。

三角线法主要适用于盘旋面、不可展的直纹曲面等曲面的近似展开。三角线法的原理是将形体的表面近似地看作由许多边与边相邻接的三角形构成,然后求出各个三角形的真实形状,并将它们拼接在一起,如图 1-2 所示。用三角线法展开钣金件时,通常先在曲面上作一系列素线将曲面划分为若干小曲面单元,每个小单元一般为四边形曲面,然后再利用四边形的一条对角线将四边形分为两个三角形,最后把全部三角形依次拼画在一起形成展开图。

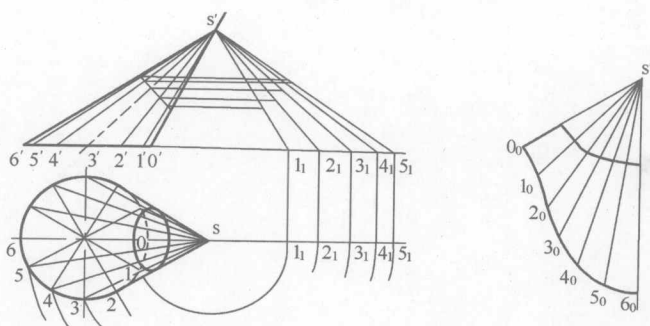


图 1-1 用放射线法展开斜圆锥管

对于球面这类不可展曲面,常采用通过球心的铅垂面将球面切成若干等份,每等份均呈柳叶状,然后近似展开每片柳叶,故称柳叶法,如图 1-3 所示。球面上的每一片柳叶,可用圆柱面或圆锥面上的一片柳叶状曲面来代替,所以柳叶法中又包含近似柱面法和近似锥面法等。

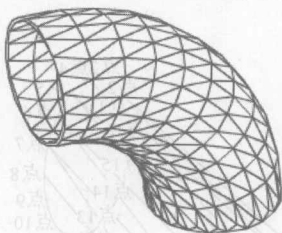


图 1-2 三角线法

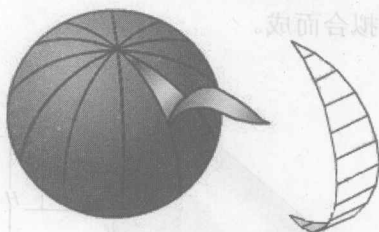


图 1-3 柳叶法

1.1.2 计算法

钣金展开的计算方法主要基于解析几何原理,它根据构件的已知几何尺寸,通过理论计算推导出形成构件展开图所需要的几何参数,然后通过曲线拟合,绘制出构件的展开图或者把数据传送给数控系统进行加工编程。对于可展曲面,一般可以直接推导出展开图上边界曲线的方程,但习惯上仍求出曲线上各等分素线端点的位置坐标,或者素线的长度;对于不可展曲面,可计算出近似展开时所需的长度、半径等几何参数。

钣金展开放样的计算法精度高、通用性强,能够克服图解法展开大型构件时场地占用面积大的缺点,还能为计算机辅助展开提供算法基础,所生成的数据能够用于后续的自动化下料设备,但对于部分构件步骤繁杂。常用的计算展开方法有实长计算法、坐标计算法、参数化方法和计算数表法四种。

实长计算法较多地适用于用三角线图解方法展开的构件。实长计算法在构件展开时是通过计算出有关线段的实长,然后再利用这些实长数据来绘制构件的展开图。该方法用计算代替了图解法中求线段实长的作图过程,所得结果更加准确,但最后的展开图一般仍用作图方法来完成。图 1-4 为圆侧口圆底连接管用实长计算法进行展开时的几何模型,其已知尺寸为 D 、 d 、 L 和 H ,有关计算公式如下: