

钣金展开开放样 新技术及应用实例

刘萍华 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



钣金展开放样新技术及应用实例

刘萍华 编著



机械工业出版社

本书介绍了一种利用 SolidWorks 软件进行钣金展开放样的新技术,该方法突破了传统钣金展开放样的模式,提高了钣金放样的质量和效率,具有实际使用价值。书中详细讲解了工程实际中常见的七类、四十余种钣金件的立体造型、实长尺寸测量,平面展开图的绘制,展现了三维 CAD 钣金展开放样的整个过程。每类构件附有立体图、二维视图、平面展开图、计算数据及表格,使用直观、方便。

本书适合钣金工、管道工、钳工等技术工人及工程技术人员使用,也可作为大中专院校师生的教学参考书或上机指导用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金展开放样新技术及应用实例/刘萍华编著. —北京:机械工业出版社, 2008. 7

ISBN 978-7-111-24774-6

I. 钣… II. 刘… III. 钣金工-计算机辅助设计-应用软件, Solid-Works IV. TG382-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 118782 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:孔劲 版式设计:张世琴 责任校对:张晓蓉

封面设计:马精明 责任印制:杨曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11.25 印张·271 千字

0001-4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24774-6

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379772

封面防伪标均为盗版

机械工业出版社机械行业标准出版信息

我社出版自 2002 年开始发布的现行机械行业标准 (JB), 其中包括机械、电工、仪表三大行业, 涉及设备、产品、工艺等几大类。为保证用户查询、购买方便, 特提供以下信息:

查询标准出版信息、网上订购

<http://www.cmpbook.com/standardbook/bzl.asp>

<http://www.golden-book.com>——机械工业出版社旗下大型科技图书网站

标准出版咨询

机械工业出版社机械分社电话: 010-88379778

010-88379779

电话订购

电话: 010-68993821 010-88379639

010-88379641 010-88379643

010-88379693 010-88379170

传真: 010-68990188 (可写明购书信息及联系方式)

地址: 北京市西城区百万庄大街 22 号

邮政编码: 100037

户名: 北京百万庄图书大厦有限公司

账号: 8085 1609 1908 0910 01

开户行: 中国银行北京百万庄支行

金属加工

原名《机械工人》

半月刊 创刊于 1950 年

- 两刊双双进入中国期刊方阵
冷加工评为“双百”期刊
热加工评为“双效”期刊
- 全国优秀科技期刊二等奖
- 北京市全优期刊
- 历次机械行业优秀期刊奖
- 2007年荣获机械行业优秀期刊一等奖



◆ 内容特点

“以实用性为主、来源于实践、服务于生产”，“追踪行业热点，把握市场需求”。多年来，《金属加工》时刻关注国内外制造技术、产品及市场的发展方向，为制造业提供了大量参考价值极强的实用性文章及信息。

◆ 读者对象

主要为制造业领域的管理人员、技术人员及大中专院校师生等。主要分布在工艺、开发设计、技改、设备管理与维修、工具、质检等部门以及生产车间、班组等。《金属加工》的读者63%以上是中、高级技术人员和管理人员，58%以上是在设备采购中承担着决策、选型评估、建议等不同角色。

◆ 服务领域

《金属加工》(冷加工):

- ◆ 机床及附件
- ◆ 刀具、夹具、量具、量仪、磨料磨具及各类工具
- ◆ 数控系统及配套部件
- ◆ 制造业软件
- ◆ 模具及材料
- ◆ 仪器仪表
- ◆ 传动装置
- ◆ 机械零部件
- ◆ 工控系统及元器件
- ◆ 电气设备

大16开半月刊 10元/期 全年定价: 240元 邮发代号: 2-126

《金属加工》(热加工):

- ◆ 焊接与切割
- ◆ 热处理
- ◆ 电炉、工业炉
- ◆ 铸造
- ◆ 压力加工
- ◆ 表面工程
- ◆ 热加工自动控制
- ◆ 热加工仪器与仪表

大16开半月刊 10元/期 全年定价: 240元 邮发代号: 2-127

《金属加工》杂志社

地址: 北京百万庄大街22号 邮编: 100037 传真: 010-68327225 68326910
 电话: 010-68327547 68335775 88379790 ~ 98 http://www.machinist.com.cn
 E-mail: LB1950@126.com (冷加工编辑部) RB1950@126.com (热加工编辑部)
 LG1950@126.com (冷加工广告部) RG1950@126.com (热加工广告部)

征集专业读者 免费索取样刊(复印有效) 完整填写此表, 可获精美纪念品一份

请选择: 冷加工 热加工

公司名称: _____ 姓名: _____ 职务: _____ 部门: _____

通信地址: _____ 邮编: _____ E-mail: _____

电话: _____ 传真: _____ 所属行业: _____

主导产品: _____ 公司经采购的主要产品: _____

总工: _____ 技术部负责人: _____ 销售部负责人: _____ 采购部负责人: _____

2008-JX5

请传真至 010-68327225 68326910 《金属加工》杂志社

前 言

利用三维 CAD 技术进行钣金展开放样，改变了多年来复杂钣金件展开放样计算复杂、投影作图难的问题。读者只要掌握软件造型的基本命令，即可完成各种形状、各种尺寸钣金件的立体造型，同时能快速、准确地计算出平面展开放样所需的各种数据，具有传统的“算法”和“作图法”不可比拟的优越性。作者从事三维 CAD 教学工作，同时具有非常丰富的工程设计经验，因此针对钣金件的特点，充分利用三维 CAD 设计软件的功能，经过分类、归纳，整理出了工程实际中钣金件的三维造型及平面展开放样过程，步骤简单清晰，为钣金行业人士提供了一种优于传统放样模式的、新的、高效的钣金展开放样方法。

本书采用近几年在工程设计领域得到广泛使用的 SolidWorks 软件，充分挖掘、使用该软件提供的各种菜单命令，尤其是该软件优于其他三维 CAD 软件的 3D（三维）草图“直线”命令，使得钣金件的造型、实长尺寸测量简单、实用。为了使读者迅速掌握该项技术，本书在编排上由浅入深。书中第 1 章介绍了传统钣金展开放样和利用三维 CAD 进行展开放样的工艺过程，并通过实例对它们进行了比较。第 2~5 章以例题的方式介绍了 SolidWorks 软件基本操作方法。第 6~12 章为工程实例，由浅入深地介绍了工程实际中常见的 7 类、40 余种钣金件展开放样的方法和步骤，基本囊括了工程实际中常见的钣金件类型。每类构件附有立体图、二维图、平面展开图、计算数据及表格，直观、方便。

三维 CAD 技术用于钣金件的展开放样，是该领域技术进步的体现。相信随着三维 CAD 技术的不断发展，它必将取代二维 CAD，成为工程设计领域的主流，钣金行业也必将成为应用三维 CAD 非常重要的一个行业。作者作为一名应用新技术手段进行钣金展开放样的积极探索者和推广者，希望本书的出版能给从事钣金行业的工作人员及相关人士提供一些有益的帮助和启示，同时也希望该书的出版，为读者在其他行业更好地应用三维 CAD 技术解决各类工程问题，起到一个抛砖引玉的作用。

在本书的编写过程中，得到了王恩雨同志的大力支持，在此表示衷心感谢！

作 者

目 录

前言	
第一章 钣金展开放样方法概述	1
第一节 传统钣金展开放样工艺过程	1
第二节 三维 CAD 钣金展开放样工艺过程	3
第二章 草图绘制	8
第一节 概述	8
第二节 平面 (2D) 草图绘制与实例	9
第三节 立体 (3D) 草图绘制与实例	14
第三章 拉伸和旋转特征	18
第一节 拉伸特征	18
第二节 旋转特征	21
第四章 参考几何体	24
第一节 “参考几何体”概念	24
第二节 “基准面”的主要类型	24
第三节 “基准轴”的主要类型	25
第四节 “点”的主要类型	25
第五章 扫描和放样特征	30
第一节 扫描特征	30
第二节 放样特征	32
第六章 异径圆管展开放样实例	36
第一节 正圆锥	36
第二节 正圆锥	38
第三节 偏心圆台	41
第四节 两端口互相垂直异径圆管	44
第五节 两端口双偏心相交异径圆管	47
第六节 顶正圆、底椭圆单偏心异径管	49
第七章 方圆连接管展开放样实例	52
第一节 两端口平行正心方圆连接管	52
第二节 两端口平行双偏心方圆连接管	54
第三节 两端口垂直单偏心方圆连接管	57
第四节 圆斜顶矩形底双偏心方圆连接管	60
第五节 裤形方圆连接管	63
第六节 方顶椭圆底连接管	65
第八章 方矩锥管展开放样实例	67
第一节 正棱锥	67
第二节 立体五角星	68
第三节 正方锥管	70
第四节 两端口垂直且偏心方矩锥管	72
第五节 两端口扭转 45° 双偏心方矩锥管	74
第六节 两端口相交双偏心方矩锥管	76
第七节 裤形偏心方矩锥管	79
第九章 三通管件展开放样实例	82
第一节 等径 (异径) 同心直交三通	82
第二节 异径 (等径) 同心斜交三通	85
第三节 异径偏心斜交三通	89
第四节 等径等夹角三通	93
第五节 等径任意夹角三通	95
第六节 圆管斜交 (平交) 圆锥管	99
第七节 圆锥管斜交圆锥管	104
第八节 圆管相交球体	107
第十章 相贯构件展开放样实例	111
第一节 长方管斜交圆管	111
第二节 圆管竖交方锥管	114
第三节 圆管侧交六棱锥管	116
第四节 方管斜交方锥管	118
第五节 六棱锥管平交六棱锥管	120
第六节 圆管平交三棱锥管	123
第七节 圆锥管斜交椭圆管	124
第八节 圆管相贯正方体	126
第十一章 圆管弯头展开放样实例	130
第一节 单面斜截圆管	130
第二节 双面斜截圆管	132
第三节 单面斜截圆锥管	134
第四节 双面斜截圆锥管	137
第五节 非标准 90° 圆管弯头	140
第六节 任意节角度 90° 圆管弯头	143
第七节 圆锥管 90° 弯头 (圆管牛角弯头)	146
第十二章 方管及方管弯头展开放样实例	152
第一节 单面斜截四棱锥	152
第二节 双面斜截四棱锥	155
第三节 方口曲面管	157
第四节 长方渐缩 S 形曲面连接管	159
第五节 方口渐缩 90° 弯管	163
第六节 方锥管 90° 弯头	168
参考文献	172

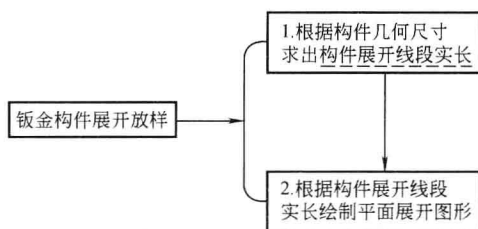
第一章 钣金展开开放样方法概述

钣金展开开放样就是将钣金件或钣金构件（以金属薄板制作的零件）在不改变表面积的情况下，摊开在一个平面上的工艺过程。要完成这个工艺过程，通常需要以下两个步骤：

1) 根据构件的实际外形几何尺寸，正确求出各种展开尺寸，为步骤 2 提供绘图数据，是展开开放样的关键。

2) 依据步骤 1 提供的数据，根据平面几何基础知识，在实际下料平面上利用各种量具、划规绘制平面图形，该步骤相对简单，只要具备初等几何知识即可完成。

可用以下形式表示钣金展开开放样：



第一节 传统钣金展开开放样工艺过程

一、根据构件几何尺寸求出构件实长线段的方法

1. 作图求解法

此法包括手工几何绘图和二维 CAD 辅助平面绘图。其中，手工几何绘图常用的求解方法有旋转法、直角三角形法、换面法和支线法。

2. 计算求解法

此法包括手工计算（利用计算器）和程序计算（依据计算公式编制程序，由计算机计算）。

二、根据构件实长线段绘制平面图形的的方法

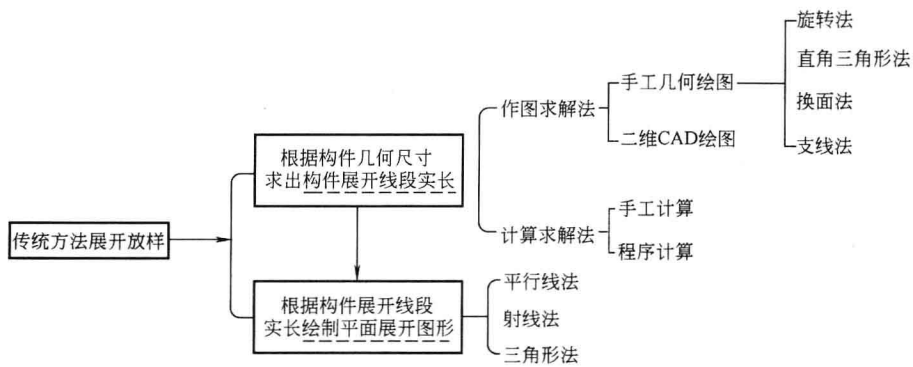
(1) 平行线法适用于表面具有平行的边线或棱的构件，如：圆管、矩形管、椭圆管等。

(2) 放射线法适用于表面具有汇交于一个共同点的构件，如：圆锥、棱锥等。

(3) 三角形法适用于表面可分成多个三角形平面的构件（三角形法适用于各类构件），如：异径圆管、天圆地方、弯头等。

三、传统钣金展开开放样过程步骤

根据上述介绍，得到如下传统钣金构件的放样过程：



四、传统钣金展开放样实例

例 1 图 1.1-1 为一正方锥台，用计算法求出展开放样所需尺寸：正方锥台棱线长 AB 、中线长 CD 、对角线长 AE ，并绘制平面展开图形。

(1) AB 、 CD 、 AE 长度分别为：

$$AB = \sqrt{[(100 - 40)/2]^2 + CD^2} = \sqrt{30^2 + 67.08^2} = 73.48$$

$$CD = \sqrt{[(100 - 40)/2]^2 + 60^2} = 67.08$$

$$AE = \sqrt{(100 - 30)^2 + CD^2} = \sqrt{70^2 + 67.08^2} = 96.95$$

(2) 依据上述计算数据，根据三角形法则绘制正方锥台的平面展开图形如图 1.1-2：

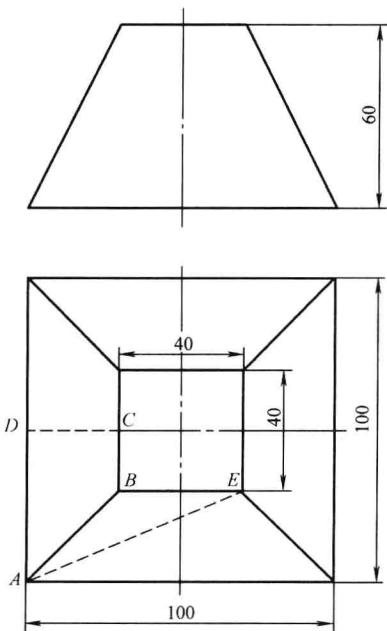


图 1.1-1

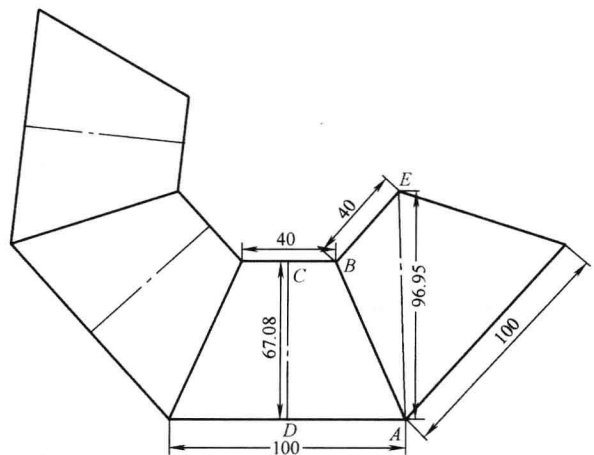


图 1.1-2

例 2 用作图法求出斜截圆柱各母线长；用平行线法绘制平面展开图形。

图 1.1-3 为斜截圆柱及其展开图。利用作图法绘制圆柱的主视图和俯视图，并得到各等

分点的母线长度，根据母线长度，利用投影关系，依据平行线法，绘制出构件的平面展开图形。

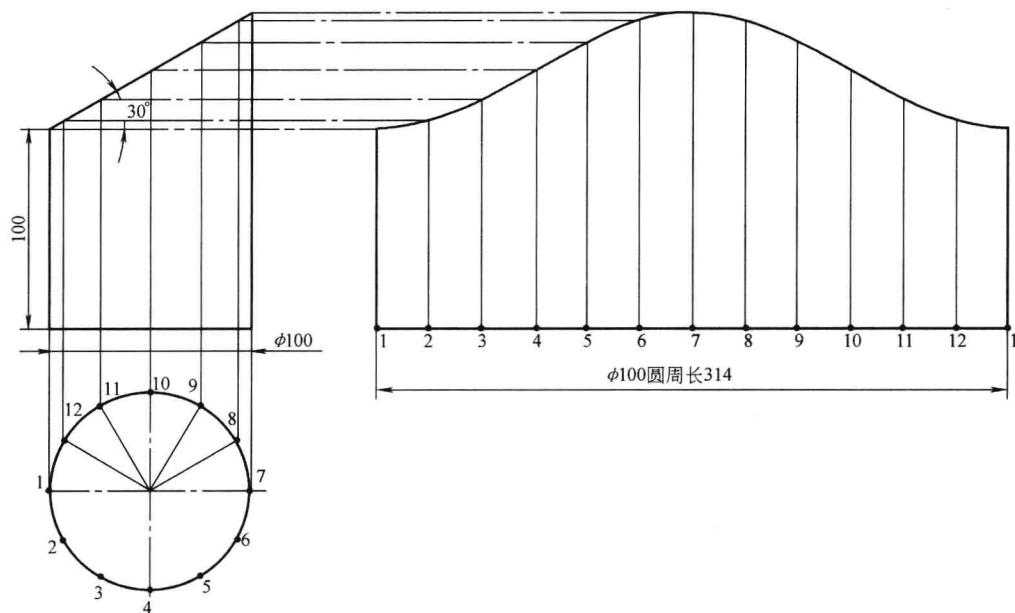


图 1.1-3

第二节 三维 CAD 钣金展开放样工艺过程

三维 CAD 钣金展开放样是利用计算机强大的三维造型功能，对构件空间线段进行测量，依据测量尺寸绘制出构件在平面上展开的图形。

一、根据构件几何尺寸求出构件实长线段的方法

1. 零件三维线架造型

对零件进行 1:1 三维线架造型，然后由计算机快速测量出构件线段实长。

2. 零件三维实体造型

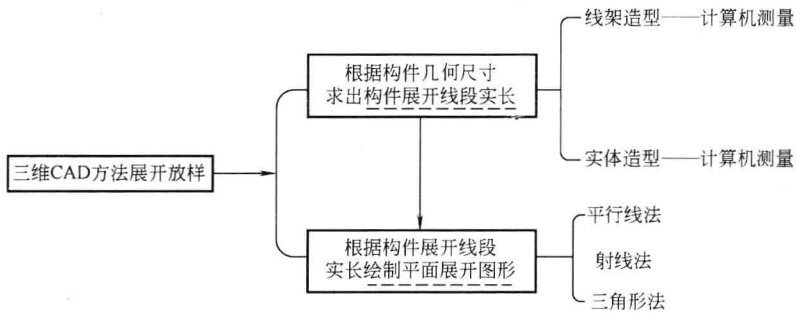
对零件进行 1:1 三维实体造型，形成各种空间相交曲线，然后由计算机快速测量出构件线段实长。

二、根据构件实长线段绘制平面图形的的方法

- (1) 平行线法。
- (2) 放射线法。
- (3) 三角形法。

三、三维 CAD 钣金展开放样过程步骤

根据上述介绍，得到三维 CAD 钣金构件的放样过程如下：



从上述可知，三维 CAD 钣金展开放样工艺过程，主要是代替了传统的构件线段实长的求解方法（作图法和计算法）。只要构件造型准确，计算机就可以快速测量出构件展开所需的各尺寸，其过程简单、快捷、准确。绘制构件的平面展开图形，传统方法和三维 CAD 方法是一样的。均采用的是平行线法、射线法、三角形法。

构件造型的原则是：根据构件的形状，尽量采用简单的线架造型，如：异径圆管、方矩锥管、天圆地方等。如果线架造型不能实现构件线段实长的测量求解，就采用实体造型，如：三通（需生成相贯线）、弯头（需生成截交线）等。

四、三维 CAD 钣金构件造型实例

1. 线架造型

(1) 正方锥台。图 1.2-1 为正方锥台的三维线架造型图，它的几何尺寸同图 1.1-1 相同。

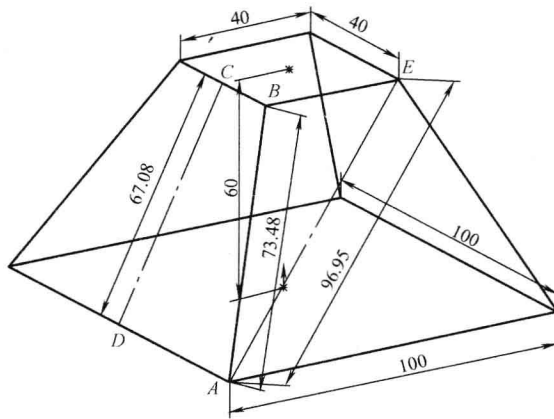


图 1.2-1

从图中可以看出，通过造型，同样得到了平面展开放样所需的尺寸， $CD = 67.08$ 、 $AB = 73.48$ 、 $AE = 96.95$ ，和图 1.1-1 的计算结果是相同的。依据此结果，即可绘制出图 1.1-2 所示的平面展开图。

(2) 天圆地方。

1) 用线架造型求出平面展开放样所需尺寸。

图 1.2-2 是天圆地方的线架造型，底为正方形，边长 100，顶为 $\phi 80$ 的圆，高为 60。绘制该构件的线架造型图，12 等分 $\phi 80$ 圆，得到图 1.2-2 中尺寸：相邻等分点间的弦长为 20.71，对应图中等腰三角形的边长 78.74，母线长为 68.82。

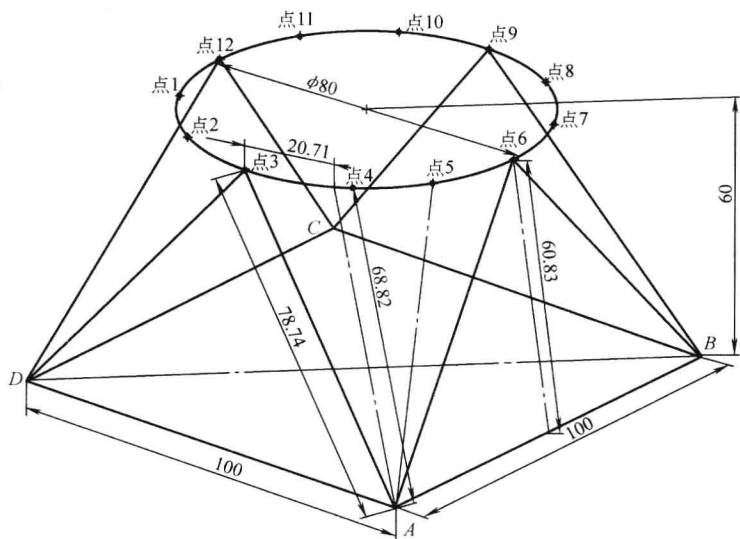


图 1.2-2

2) 依据上述尺寸、根据三角形法则绘制平面展开图形，如图 1.2-3 所示。

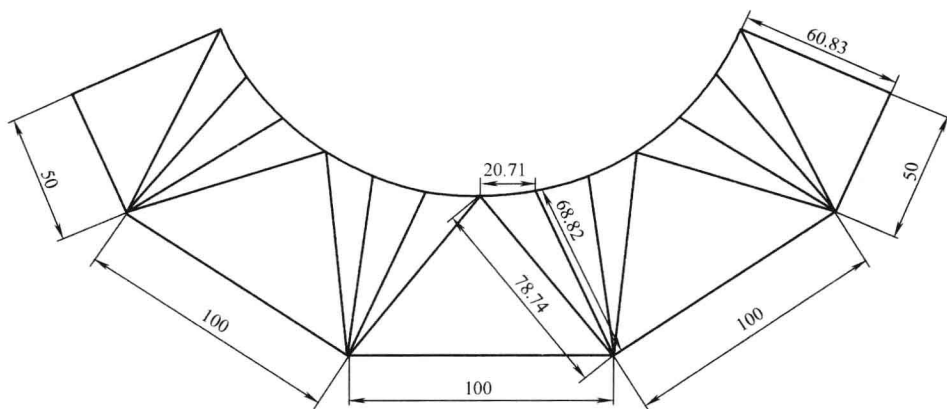


图 1.2-3

2. 实体造型

(1) 斜截圆柱。图 1.2-4a 为一斜截圆柱，其几何尺寸如图 1.1-3 所示，通过绘制其三维实体，得到图 1.2-4b 所示的各等分点的母线长，依据此尺寸，根据平行线法则，绘制平面展开图，如图 1.2-5 所示。

(2) 三通。图 1.2-6 是一三通管，直径为 $\phi 100$ 。利用实体造型生成了相贯线，等分圆周，由各等分点向相贯线引直线，得到各母线长，根据各母线长就可绘制竖管的平面展开图

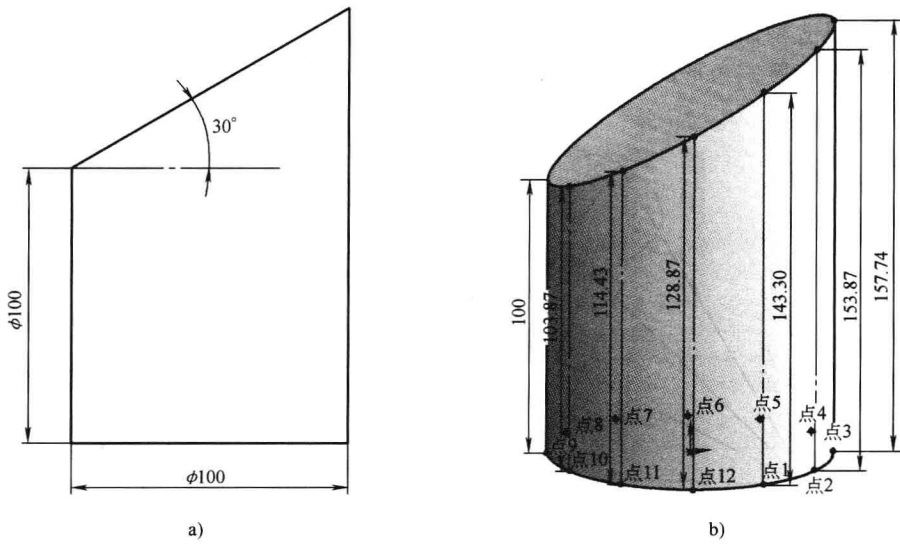


图 1.2-4

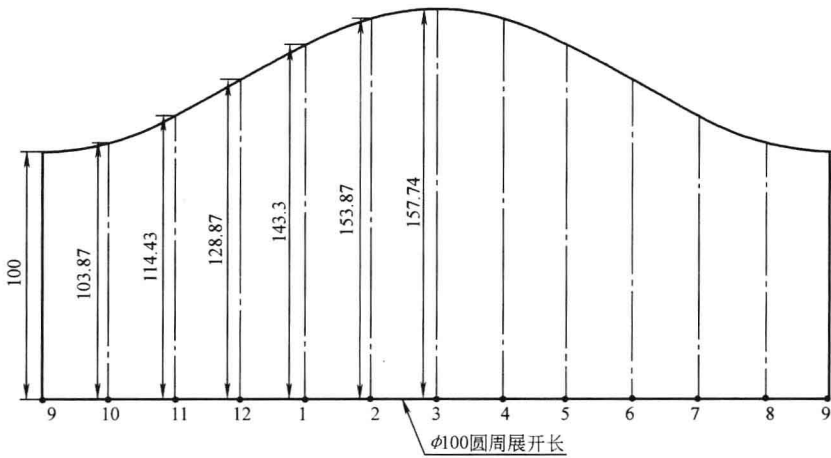


图 1.2-5

形，如图 1.2-7 所示。

以上通过几个例子展现了传统放样方法和三维 CAD 放样方法的不同点和相同点。不同之处在于构件线段实长尺寸的求解方法不同；相同之处在于平面展开图形绘制的方式方法相同。通过例子可以看出，只要能利用三维 CAD 生成钣金件的线架造型和实体造型，就能快速计算出放样所需的尺寸。因此，掌握构件的造型，是三维 CAD 放样的关键。绘制构件平面展开图形则相对简单，只要掌握一般的几何作图知识，即可根据线段实长，按照平行线法、放射线法和三角形法之中的一种方法，即可绘制出平面展开图形。

三维 CAD 钣金展开放样取代了传统放样方式中构件实长线段的求解方法。SolidWorks 软件作为工程设计软件，主要进行工程机械零件的造型、装配等。钣金构件造型相对工程机

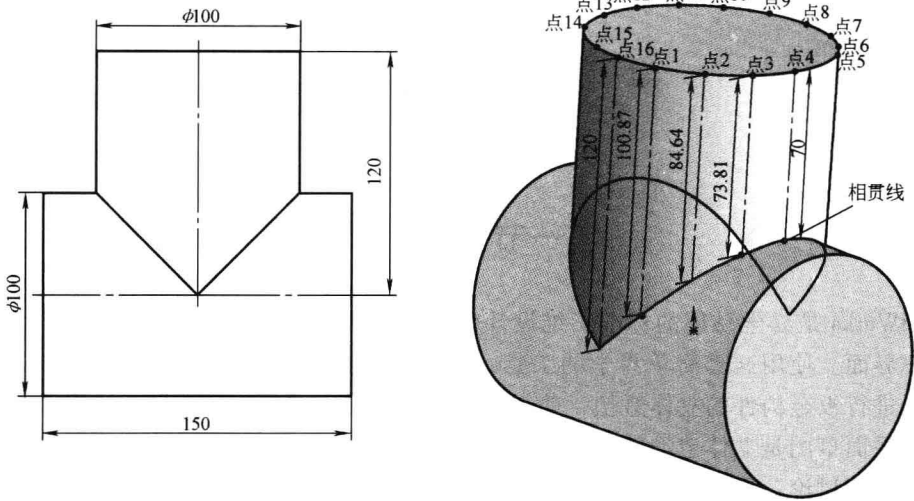


图 1.2-6

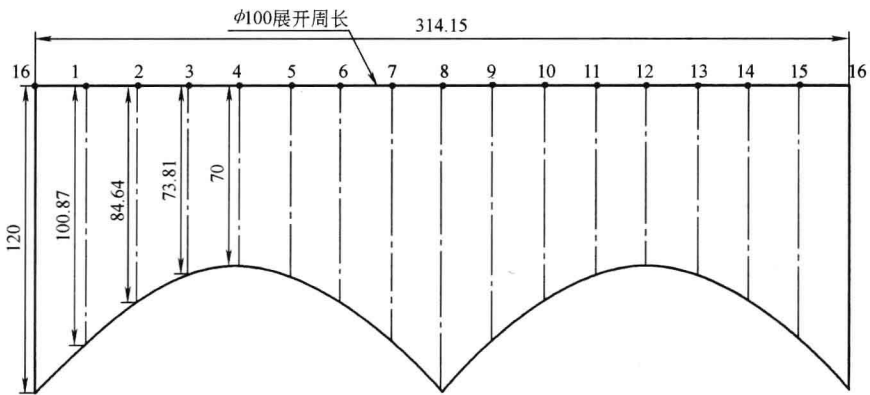


图 1.2-7

械零件，其造型简单，容易，因此，无论构件的复杂程度如何，均能实现三维造型，在此基础上实现构件实长线段的快速求解，为平面展开图形的绘制奠定基础。

第二章 草图绘制

第一节 概 述

SolidWorks 是易学易用的标准三维设计软件，它采用了大家所熟悉的 Microsoft Windows 图形用户界面。使用这套简单易学的工具，可快速地按照钣金构件的几何尺寸绘制平面草图，然后进行钣金构件的立体造型，获得构件平面展开所需要的实长尺寸。因此，正确绘制钣金零件平面草图是立体造型的基础，同时也是绘制平面展开图形的重要前提。

本章主要讨论：平面草图（2D 草图）、立体草图（3D 草图）的绘制。

一、零件、装配体、工程图

打开软件，创建一个新零件文件时，首先会出现图 2.1-1 界面：

其中，零件是指利用 SolidWorks 首先生成的是立体零件，完成的文件扩展名为“*.sldprt”。装配体是指将多个零件装配可成为装配体，完成的文件扩展名为“*.sldasm”。工程图是指将零件或装配体转成工程视图，并加入尺寸、公差配合等，完成的文件扩展名为“*.slddrw”。



图 2.1-1

SolidWorks 软件为工程设计软件，通常完整的工程设计步骤如下：

零件——→装配体——→工程图。该

步骤为机械工程设计程序，按照此顺序生成工程图样，为下一步的机械加工提供技术图样。

钣金件的展开放样，主要是利用 SolidWorks 软件生成钣金件的立体造型，即生成扩展名为“*.sldprt”的文件，因此，装配体、工程图不在本书讨论的范围。

本书主要针对钣金零件的形状特点，讨论其立体造型手段及过程，并在此基础上求出零件特征尺寸实长，为平面展开放样提供准确数值。

二、前视、上视、右视基准面

“前视基准面”、“上视基准面”和“右视基准面”是三个互相垂直的空间平面，如图 2.1-2 所示，零件进行立体造型时，首先要根据零件的几何尺寸，选择其中一个基准面生成“平面草图”。

图 2.1-3 是一个立体零件，外形几何尺寸长×宽×高=200×130×70，生成该立体零件可有以下三种平面草图绘制方式：

(1) 选择“前视基准面”，绘制矩形 200×70。

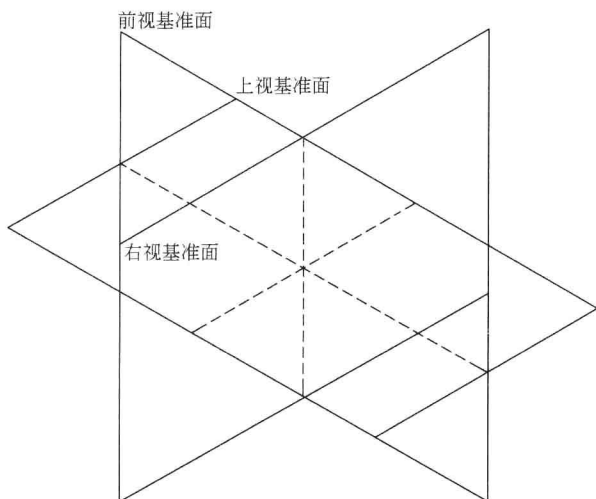


图 2.1-2

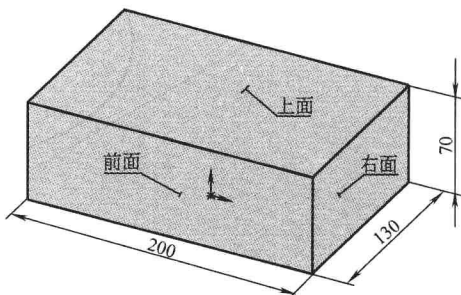


图 2.1-3

(2) 选择“右视基准面”，绘制矩形 130×70 。

(3) 选择“上视基准面”，绘制矩形 200×130 。

三、视图观测

视图观测是在不同的视角观测零件，在选择基准面绘制草图的过程中，可根据基准面的不同，选择相应的观测状态，如：“前视”、“右视”、“上视”、“正视于”、“等轴测”等。

第二节 平面（2D）草图绘制与实例

一、平面草图概念

“平面草图”或“2D 草图”（简称草图或草图实体）指的是在空间某一个平面上绘制的由点、直线、圆弧等基本几何元素构成的封闭的或不封闭的平面几何图形。

SolidWorks 软件中的“草图绘制”命令，默认就是“平面草图绘制”。图 2.2-1 就是在“上视基准面”绘制的直径为 $\phi 100$ 的圆的“平面草图”。

二、平面草图绘制技术

(1) 平面草图绘制常用的命令见表 2.2-1。

(2) 平面草图绘制常用编辑命令见表 2.2-2。

(3) “添加几何关系”。“添加几何关系”是草图绘制中的一个非常重要的命令，使用该命令，可强制限定草图的几何关系。常用的几何约束关系见表 2.2-3。

例如：通过“添加几何关系”，使圆和直线相切，如图 2.2-2。

(4) “智能尺寸”。智能尺寸是用来限定草图几何图形的另一种形式，该命令在钣金件立体造型过程中是使用最频繁且最重要的命令，该命令的主要作用是：

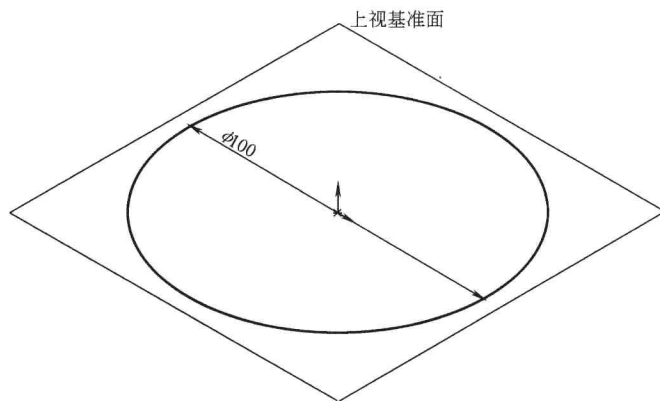


图 2.2-1

表 2.2-1 平面草图绘制常用的命令

序号	名称	使用方法
1	直线	单击直线的起点、中间点和终点生成直线,或单击起点、终点生成直线,双击或者按 Esc 键结束直线绘制
2	矩形	选择确定矩形的两个对角,如左上角和右下角生成矩形
3	多边形	选择多边形的中心点和一个角点,决定一个等边多边形,多边形的边数、角度、内接圆的直径都可以进行修改。
4	圆	选择确定圆的中心和圆周上的一点生成圆
5	圆弧(三点圆弧)	首先通过两点定义出圆弧的端点,然后选择圆弧上的第三点
6	椭圆	首先确定椭圆圆心,然后确定椭圆的长半轴和短半轴
7	中心线	绘制方法同直线,中心线作为构造几何线使用,相当于几何绘图中的辅助线,不参与其后特征的生成
8	点	选择点的位置,生成点

表 2.2-2 平面草图绘制常用编辑命令

序号	名称	使用方法
1	剪裁	剪裁草图实体
2	等距	生成封闭边界或者单元线条的偏距线
3	镜像	生成相对中心线对称的草图实体
4	移动或复制	生成新的草图
5	线性阵列	按照 x 轴或 y 轴方向阵列生成新的草图
6	圆周阵列	围绕某中心点,生成圆周方向的新的草图
7	转换实体引用	在某一基准面上生成与该边界一致的草图
8	构造几何线	将草图转化为辅助线,不参与特征的生成