



钣金工展开原理

6
BANJINGONG
ZHANKAI YUANLI

张仲元 高中宝 编著

中国铁道出版社

钣金工展开原理

张仲元 编 著
高中宝

中国铁道出版社

1983年·北京

内 容 提 要

本书系统地介绍了钣金工展开的基本原理及其应用实例，其主要内容有：展开的基础知识、基本方法，过渡体表面构形，相交表面展开，立体表面构形设计和展开实例等六章。本书除对一般立体表面的展开知识进行由浅入深的阐述外，还对各种复杂的特殊形体，从构形分析及如何作展开图等方面进行结合实例的介绍，故比较通俗易懂，使读者能举一反三地加以应用。

本书可供一般钳工、铆工及白铁工等学习参考，也可供大中专及技工学校教学参考。

钣 金 工 展 开 原 理

张仲元 编著
高中宝

中国铁道出版社出版

责任编辑 林连照 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张：9.625 字数：208千

1983年8月第1版 1983年8月第1次印刷

印数：0001—60,000册 定价：0.80元

前 言

钣金工展开方法是应用非常广泛的一项技术。它渗透到国民经济的许多部门，成千上万的人经常同它直接或间接发生着关系。因此，有关介绍钣金工展开方法的书籍也越来越多。但是许多读者并不满足于仅仅知道一个个展开的实例，而迫切希望能看到一本比较系统的、理论与实践相结合的专门阐述钣金工展开原理的书籍，以便在实际工作中遇到一般书籍中未加介绍的表面展开问题时，能举一反三地加以解决。作者有感于此，同时，在生产实践中也确实遇到过这样一些问题：如对于一些形状或位置特殊的立体表面，由于盲目沿用传统的方法去展开，常常导致产品的质量下降，甚至不合格。这也说明有必要从原理上搞清立体表面展开的问题，而不能停留在众多实例的具体展开方法和步骤上。这就是我们所以要写这本书的出发点。

作者认为，要想从原理上了解钣金工的展开方法，必须首先搞清立体表面的可展性质。本书与其它同类书不同之处在于，它全面地介绍了三种可展表面，即除了介绍柱面和锥面的展开以外，还对第三种可展曲面——切线面尽可能作通俗的阐述，并把它大量地运用到具体实例中，以说明特殊形状立体表面的展开原理和方法，从而提高产品的质量和生产效率。另外，由于可展曲面是由直素线构成的，故希望读者在阅读本书和处理有关展开技术问题时，一定要抓住立体表面直素线的分布和求解（定长、定位）这个关键。又由于每一可展表面的直素线有同一的切平面，所以在用直素线进行表面构形、展开的过程中，可利用切平面作工具来求解。因此，本书在阐述立体表面展开的原理和方法时，将立体表面的直素线及其切平面作为重点加以介绍。这就是本书的主要特点。

在本书写作过程中，工程图学的学术研究和交流活动非

常活跃使作者有机会在本书中除反映本人的研究心得外，能向读者介绍我国工程图学界近几年在有关钣金工展开方面的最新研究成果。

本书主要是为有初步制图知识的钣金工工人写的。第一章基础知识，主要是讲一些有关的画法几何投影原理。第二章展开的基本方法，对可展曲面的性质以及各种具体的展开方法作了原理性介绍。上述两部分内容可供刚开始从事钣金工展开工作的同志自学之用。第三章过渡体表面的构形及其展开，是以切平面为手段，从立体表面构形角度出发（综合运用三种可展曲面），对较复杂或特殊立体表面的展开作了较详细的介绍。初学钣金工展开原理的读者如能对本章融会贯通，便可将自己的理论水平提高到一个新的高度。第四章相交表面的展开，侧重介绍求解立体表面交线的各种方法，其中针对可展曲面的性质，特别介绍了素线平面法。第五章有关立体表面构形设计的几种方法，是有关工程技术人员进行设计、指导施工以及有经验的工人对该类产品提出改进建议所应该掌握的知识。这里与第三章一样，我们希望读者站在立体表面构形的高度处理有关展开问题。第六章展开实例，是通过一些实例分析，帮助读者运用本书所介绍的展开原理与方法，进一步提高自己分析和解决实际问题的能力。如上所述，本书也可供有关大专院校师生和工程技术人员参考。

本书原由张仲元同志提出了初稿，经讨论后，由张仲元同志编写了第二、三、六章，由高中宝同志编写了第一、四、五章，最后由高中宝同志汇总整理定稿。全书插图均由王玉仙、孙淑敏两同志协助描制，在此谨致谢意。

本书在编写过程中得到大同机车工厂、大连重型机械厂、大连铁道学院领导和有关同志的大力支持与热情帮助，在此一并表示谢意。

由于作者理论水平和实践经验有限，书中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 基础知识	1
§ 1—1 什么叫展开	1
§ 1—2 几何元素的投影特性及其作图	5
一、点的投影特性	5
二、直线的投影特性	7
三、点、直线间的相对位置	9
四、平面的投影	14
五、圆的投影	16
六、曲线的切线	20
七、曲面的切平面	23
八、小 结	26
§ 1—3 立体表面成形分析	26
一、直纹表面	27
二、曲纹表面	32
§ 1—4 可展表面与不可展表面	33
一、怎样理解可展表面与不可展表面	33
二、立体表面可展性分析举例	35
三、用可展曲面构造形体表面	37
四、用可展曲面逼近不可展曲面	39
§ 1—5 线段实长的求法	41
一、直角三角形法	42
二、旋转法	44
三、换面法	49

第二章 展开的基本方法	53
§ 2—1 平行线法	53
一、平行线法作图原理	53
二、用垂截面法作柱面展开	56
三、用侧滚法作柱面展开	62
四、斜截圆柱展开的简便作图法	65
§ 2—2 放射线法	66
一、放射线法作图原理	66
二、放射线法展开举例	69
三、用相似放射线法展开圆锥台	76
§ 2—3 三角形法	79
一、三角形法作图原理及步骤	79
二、三角形法展开举例	81
§ 2—4 三种展开方法的应用	88
一、三种展开方法的适用范围	88
二、如何准确地应用三种方法	88
第三章 过渡体表面的构形及其展开	93
§ 3—1 多面体	95
一、多面体的构形及展开	95
二、两平面夹角的求法	100
§ 3—2 切线曲面体	110
一、曲面体的素线分布与构形关系	110
二、切线面及其作图方法	111
三、切线曲面体构形及其展开举例	119
§ 3—3 平曲过渡体	137
一、平曲过渡体构形分析	137
二、平曲过渡体展开举例	140
§ 3—4 复合曲面体	148

一、复合曲面体构形分析	148
二、复合曲面体构形及展开举例	149
§ 3—5 等分法素线构形的实用性和局限性	156
§ 3—6 制作过渡体应注意的问题	165
一、掌握素线规律, 正确煨制	165
二、在展开料上标出素线趋向	167
第四章 相交表面的展开	169
§ 4—1 截交线及截交立体表面的展开	169
一、截交线的性质	169
二、截交线作图——辅助线法	169
三、截交表面的展开	179
§ 4—2 相贯线	184
一、相贯线的性质	184
二、辅助线法——利用柱面重影性	185
三、辅助平面法	189
四、辅助球面法	199
五、圆柱面、圆锥面相贯的特殊情况	202
六、相贯线小结	203
§ 4—3 相贯体的展开	204
第五章 有关立体表面构形设计的几种方法	213
§ 5—1 利用椭圆柱(锥)圆截面设计连接管	214
一、椭圆柱(锥)圆截面	214
二、利用椭圆柱圆截面设计连接管	216
三、利用椭圆锥圆截面设计连接管	218
§ 5—2 利用内切球设计连接管件及其补料	221
一、利用内切球设计连接管件	222
二、利用内切球与公共切平面设计补料	225
§ 5—3 用近似柱(锥)面代替不可展曲面	233

一、等径圆弧弯管的构形设计	233
二、渐缩圆弧弯管的构形设计	236
三、球面的近似构形设计	239
§ 5—4 用圆柱螺旋面设计连接管	242
一、圆柱螺旋线	243
二、螺旋面连接管	244
第六章 展开实例	247
§ 6—1 展开的基本过程	247
§ 6—2 展开实例分析	254
一、发电列车通风窗	254
二、输料斗	255
三、机车挡烟板边缘铁	255
四、通风管道	257
五、通风管接头	257
六、通风罩	258
七、液槽	259
八、迂回弯管	261
九、凸五角星	265
十、出料槽	268
十一、方曲锥盆	268
十二、输料斗侧板	270
十三、后支架	271
十四、搅拌机进料漏斗	272
十五、方圆过渡三通	274
十六、方圆过渡漏斗	275
十七、吸尘罩	276
十八、“四通”	277
十九、吸尘器螺旋管	280

二十、机车排障器外皮	282
二十一、多节渐渡弯头	284
二十二、锥 罩	286
二十三、弯头支管	286
二十四、斜圆锥三通管	289
二十五、球面支管	290
二十六、求作角钢框梁的划头样板及卡样板	294
主要参考文献	297

第一章 基础知识

§ 1—1 什么叫展开

在铁道、冶金、建筑、化工、造船等部门，有许多产品都是用板材（金属或非金属）加工而成。如图 1—1 所示的铸造车间整套吸尘装置，多数是用钢板煨制而成的。制作这类产品，首先要解决的问题之一，是如何根据设计要求为这些立体表面准备相应的板料。这就需要使用一项专门的技术——展开。

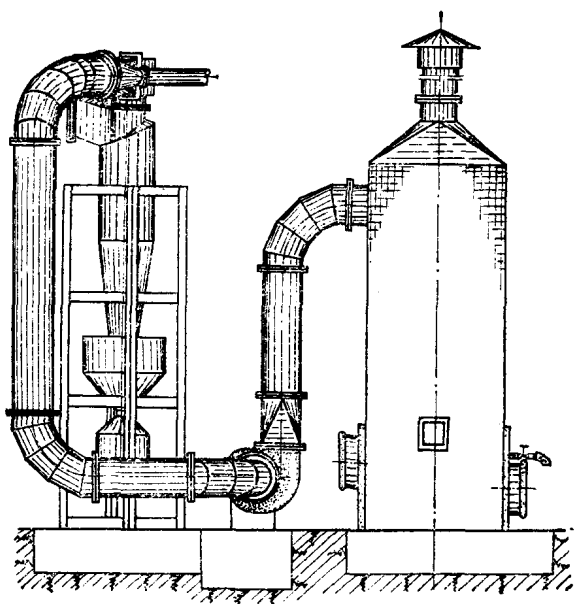


图 1—1 铸造车间吸尘装置

把各种形状的立体表面，按它的实际尺寸依次画在平面上，就叫做表面展开，简称展开。展开后画出的平面图形就称为展开图。

例如要制作图 1—2 (a) 所示的纸匣，很容易看出，只要按照它的实际尺寸，把表面形状画成图 1—2 (b) 那样的图形就可以备料了。这就是立体表面展开最简单的实例。图 1—2 (b) 就是这纸匣的展开图。

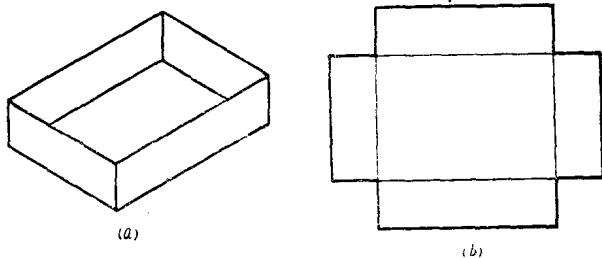


图 1—2 纸匣及其展开

还可以用立体的侧滚方法来理解展开。如图 1—3 是一个圆柱体和一个圆锥体，把这两个形体的表面涂上一层墨水，然后使它们在铺有纸的平面上滚动一周，留在纸上的墨迹就是这两个立体侧面的展开图。从图中可以看出：圆柱面的展开图是一矩形，矩形的高度等于圆柱体的高度，矩形的长度等于底圆的圆周长度；圆锥面的展开图是一扇形，其半径等于圆锥斜边长，扇形的弧长等于锥底的圆周长。

当然，在实际生产中，不是用侧滚的方法来获得展开图，而是根据产品图纸所表达的立体形状及提供的尺寸数据，通过一定的计算和一系列作图法来绘制展开图的。例如，要画圆柱和圆锥的展开图，可从图 1—4 的视图中直接得到矩形高度 H 和扇形半径 L ，再根据底圆直径 D 算出周长 πD ，即可进行展开作图。

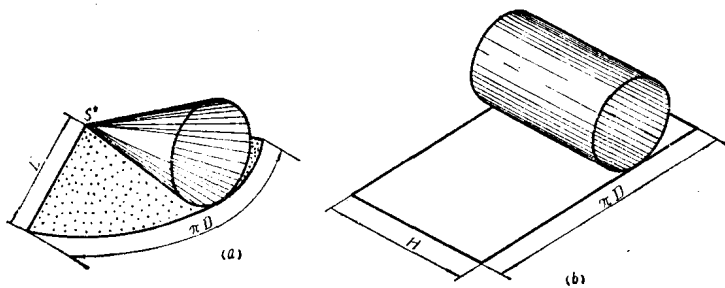


图 1—3 圆柱和圆锥滚动一周的图形

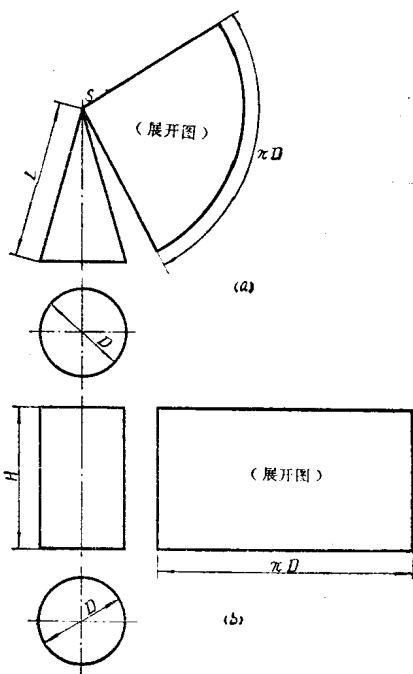


图 1—4 圆柱、圆锥及其展开

应该指出，在许多情况下并不能从产品图纸上直接得到绘制展开图所需要的、反映表面形状实际大小的全部尺寸。如图 1—5 所示的正四棱锥，从侧滚法可以知道，它的侧面展开图是一个由四个三角形组成的图形〔图 1—5 (a)〕，三角形的每条边等于棱锥表面上对应棱线的实际长度。但在投影图上〔图 1—5 (b)〕，仅下底各边反映实际长度，而侧棱的投影却没有反映其实际长度（缩小了）。因此，在画展开图之前，就要先求出侧棱的实长。

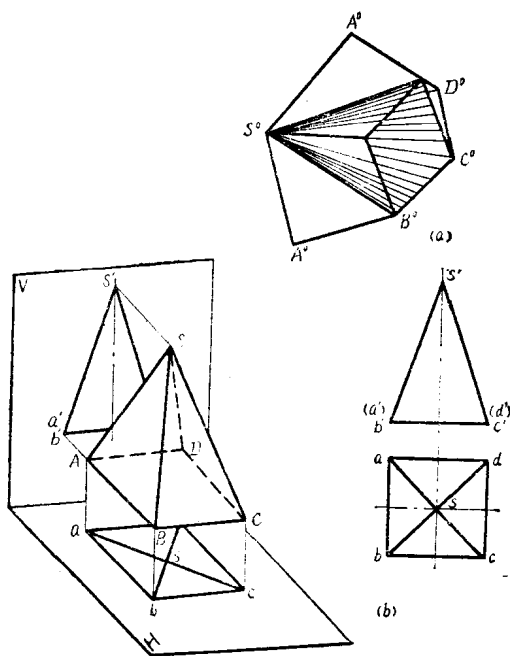


图 1—5 正四棱锥及其展开

通过上述关于展开定义的阐述和几个简单的展开实例分析，可以看出，绘制展开图首先要解决两个关键性的问题：

1. 正确地分析该立体的表面形状。因为这个表面形状

决定了该表面能否展开以及用什么方法去展开的问题。

2. 准确地求出绘制展开图形所必需的立体表面上各线段的真实长度。不求出线段实长就无法绘制展开图；如果线段长度取得不对，就会影响展开图的正确性。

由于展开图的画法是建立在投影图的基础上的，因此为了适应不同程度读者的需要，有必要首先介绍一些投影几何的基本知识，然后再来讨论如何分析立体表面形状和求线段实长这两个问题。

§ 1—2 几何元素的投影特性及其作图

在几何学中，把点、线、面看作是组成立体表面的几何元素。在展开中也都是依据这些几何元素进行作图的。因此，熟悉并掌握它们的投影特征，对进行展开工作甚为重要。

一、点的投影特性

点是最基本的几何元素，直线、平面等都是由点构成的。所以我们先介绍点的投影特性。

图 1—6 (a) 表现了空间一点的投影过程。图中三个互相垂直的平面——正面 V 、水平面 H 和侧面 W 称为投影面，它们的交线 OX 、 OY 、 OZ 称为投影轴。为了得到空间一点 A 的三面投影，过 A 点分别向这三个投影面引垂线，得到三个投影点——水平投影 a 、正面投影 a' 、侧面投影 a'' ①。从图中可以看出，线段 Aa 反映 A 点到 H 面的距离， Aa' 反映 A 点到 V 面的距离， Aa'' 反映 A 点到 W 面的距离。过投影点 a 、 a' 、 a'' 分别向投影轴 OX 、 OY 、 OZ 作垂线，得垂

① 为便于读者阅读起见，对实物及其投影图的有关符号特作如下说明：空间点用大写拉丁字母或罗马数字表示，如 A 、 B 、 C ……或 I 、 II 、 III ……；投影点用小写字母或阿拉伯数字及加撇表示，如 a 、 a' 、 a'' ……或 1 、 $1'$ 、 $1''$ ……；展开图上的点用大写字母或罗马数字右上角加“°”表示，如 A° 、 B° 、 C° ……或 I° 、 II° 、 III° ……等等。

足 a_x 、 a_y 、 a_z ，这样就构成了一个长方形。在这个投影长方形中：

$$Aa'' = Oa_x = aa_y = a'a_z$$

$$Aa' = Oa_y = aa_x = a''a_z$$

$$Aa = Oa_z = a'a_x = a''a_y$$

如果将三个投影面展开在一个平面上，便得到点的三面投影图〔图 1—6 (b)〕。在点的投影图中，有以下投影规律：

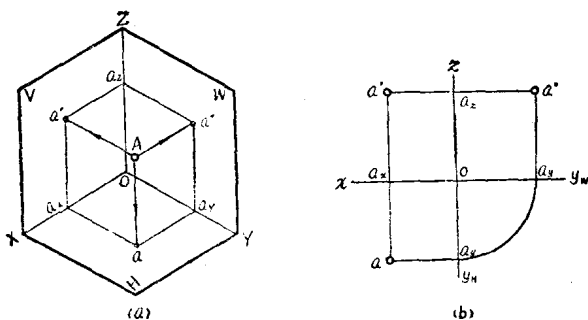


图 1—6 点的投影

1. 长对正——即主视图的点 a' 与俯视图的点 a 同一条垂直于 ox 轴的直线上。
2. 高平齐——即主视图的点 a' 与左视图的点 a'' 同一条垂直于 oz 轴的直线上。
3. 宽相等——即俯视图的点 a 到 ox 轴的距离 aa_x 与左视图的点 a'' 到 oz 轴的距离 $a''a_z$ 相等，即 $aa_x = a''a_z$ ，都反映 A 点到 V 面的距离。

上述三条点的投影规律，是识图和画图的基本规律。根据这个规律，可以决定点的空间位置，或是在已知点的任意两投影的条件下，求出其第三投影。

例：如图 1—7 (a)，已知 A 点的正面投影 a' 与水平投影 a ，求侧面投影 a'' 。

解：(1) 根据“高平齐”，过点 a' 向左视图引水平线 $a'a_z$ [图 1—7 (b)]。

(2) 根据“宽相等”，过点 a 向左视图引投射射线，通过图中圆弧，使得 $Oa_{yH} = Oa_{yW}$ 。

(3) 过点 a_{yW} 引 Oy_W 的垂线，与水平线 $a'a_z$ 的延长线相交得点 a'' ，即为 A 点的侧面投影。

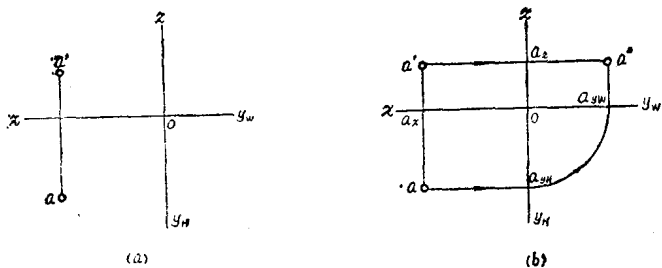


图 1—7 已知点的两面投影求第三面投影

二、直线的投影特性

过两点可定一直线。因此作出直线上任意两点的投影，也就确定了该直线的投影。直线的投影特性与直线相对于投影面的位置有关。直线相对于投影面的位置有一般位置、垂直位置、平行位置三种情况：

1. 一般位置

在三投影面体系中，对三个投影面都处于倾斜位置的直线，称为一般位置直线，如图 1—8 所示。它的投影特性是：

- (1) 三个投影都倾斜于投影轴。
- (2) 三个投影都不反映实长（小于实长）。

2. 垂直位置