

高文君 编著

板金 展开计算与应用

本书赠“板金展开应用软件”光盘一张

BANJIN
ZHANKAIJISUAN
YUYINGYONG

中国建筑工业出版社

责任编辑：刘 江 封 毅
封面设计：周逸斐

板金 展开计算与应用

BANJIN
ZHANKAIJISUAN
YUYINGYONG

本书是计算机应用技术和板金展开传统生产工艺相结合的产物，书中详细介绍了板金展开的基础知识，并配有光盘一张。光盘为“板金展开应用软件”，它将板金展开放样工作由计算机取代过去繁复的手工计算，大大提高了准确率和工作效率。本书供建筑、机械、冶金、化工、轻工等行业的铆工、板金工、管道工及相关技术人员参考使用。一书一盘在手，会给实际工作带来很大的方便。

图书销售分类：
建筑施工·设备安装技术（C10）



ISBN 978-7-112-09210-9



9 787112 092109 >

(15874) 定价：50.00 元
(含光盘)

板金展开计算与应用

高文君 编著

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

板金展开计算与应用/高文君编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-09210-9

I. 板… II. 高… III. 板金加工-计算机辅助计算 IV. TG936-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 045696 号

责任编辑: 刘 江 封 毅

责任设计: 董建平

责任校对: 陈晶晶 王雪竹

板金展开计算与应用

高文君 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京密云红光制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 $\frac{1}{4}$ 字数: 516 千字

2007 年 6 月第一版 2007 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 50.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-09210-9
(15874)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是计算机应用技术和板金展开传统生产工艺相结合的产物，书中详细介绍了板金展开的基础知识，并配有光盘一张。光盘为“板金属开应用软件”，它将板金展开放样工作由计算机取代过去繁重的手工计算，大大提高了准确率和工作效率。

内容共分 14 章，第 1 章至第 10 章为计算实例，第 11 章至第 13 章是基础知识，第 14 章为应用软件简介。计算实例按构件的基本特征分为弯头、三通、椭圆、圆锥、棱锥、多面体、天圆地方、螺旋、球面及大圆弧计算共 106 个品种。它们基本上能满足常见构件的展开计算要求。

配套光盘按书的目录顺序编排，调用十分方便。每个构件都可调用光盘进行展开计算，并且还能观看本构件的展开图、立体图、说明文件等；能够在很短的时间内完成展开图的放样工作。

本书供建筑、机械、冶金、化工、轻工等行业的铆工、板金工、管道工及相关技术人员参考使用。一书一盘在手，会给实际工作带来很大的方便。

前 言

钣金展开技术应用十分广泛,在工业与民用建筑、机械、冶金、化工、轻工等行业中占有的比重越来越大,随着我国国民经济的快速发展,传统的钣金展开技术已跟不上形势发展,迫切需要用更为先进的手段来改革较为落后的生产工艺,鉴于上述情况作者编著了本书。

钣金展开技术在我国已有几十年的发展过程,在已往出版的书籍大都以基础知识、手工计算为主,它是钣金展开技术发展的第一阶段,也是从事该行业的各类专业技术人员和工人必须掌握的基础知识。但是随着我国国民经济的飞速发展,显然用手工放样和手工计算其效率远不能满足这一需求。计算机应用技术的发展为这一需求提供了条件,用计算机来处理这一工艺,因其工期短、准确性高备受广大从业人员的欢迎。在国内一些金属结构厂和施工现场,已经采用了用数控管相贯切割机对金属管材进行全自动切割的专用数控设备,作者近期负责的某施工现场的 1000 多吨大型屋盖钢结构网架也采用了这一先进技术,用该设备加工的相贯线坡口光滑平整,三通的主管与支管相贯连接紧密,是传统工艺无法相比的。但是该设备的价值却高达几十万元一台,是一般个体人群不能接受的。目前在施工现场采用钣金展开放样的方法,由于受到设备和人员素质等原因的影响,大部分仍然停留在使用投影作图和用计算器计算作图这一传统的生产工艺上。

现在的问题是,在效率与成本、先进与落后之间的选择,要么花高的价钱去买计算机展开技术的软件和设备,要么延长工作时间降低效率来完成一个构件的展开计算工作,能否取其中间一个较能接受的手段来处理这件事情,我想当你读了本书及使用了配套光盘后,这个问题可能会给你满意的回答,请不妨一试。

作者编著此书的目的,主要是为以下两类人群提供一种手段和参考资料。第一类,对于那些想走捷径并想立竿见影地在很短的时间内完成展开图放样工作的人,本书的配套光盘就能满足这一要求。该配套光盘按书的目录顺序编排,调用十分方便。关于配套光盘的使用方法书中另有介绍。第二类,对于目前尚无电脑和需要对基础知识了解的人,可以根据自己不同的需要,利用本书提供的计算公式进行展开计算或补充一些有关展开放样的一些基础知识。

本书共分十四章,第一章至第十章为计算实例,第十一章至第十三章是基础知识,第十四章为应用软件简介。计算实例按构件的基本特征分为弯头、三通、椭圆、圆锥、棱锥、多面体、天圆地方、螺旋、球面及大圆弧计算共 106 个品种。它们基本上能满足常见构件的展开计算要求。本书中的数据除特殊标注外,单位均为毫米(mm)。

每个构件大都配有立体图,借以增加读者的空间概念,每个构件都可调用光盘进行展开计算,并且还能观看本构件的展开图、立体图、说明文件,在光盘文件的调用过程中像使用 Windows 操作系统中其他文件一样的方便和快捷。

本书的特点是图文并茂、内容新颖、计算手段先进、配套应用软件价廉物美,一书一

盘在手将会给你带来极大的方便。本书是计算机应用技术和钣金展开传统生产工艺相结合的产物，也是作者多年实践经验与理论研究成果的结晶，希望本书的出版能给读者带来方便，给钣金展开先进技术的发展、应用和普及作出微薄的贡献，作者就感到心满意足了。

本书在编著的过程中得到了中国建筑工业出版社的大力支持，作者在使用 Photoshop 和 AutoCAD 应用软件的过程中得到重庆新鲁班监理公司张忠梅的帮助，李静蓉、高武林和鄢泽斌负责打字校验工作并付出了大量精力，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中观点不妥之处和缺点在所难免，恳请广大读者批评指正。

光盘使用说明

本书的配套光盘为“板金展开应用软件”，它的装机和操作方法与其他的 CD 光盘完全一样，光盘内容的编排顺序与书的目录章节顺序一致，现以调用“1.1.3 两节任意角度等径弯头”文件为例，说明使用光盘作展开计算的步骤和方法。

1. 将光盘装入光驱，用鼠标左键双击“我的电脑”→双击驱动器标识符号→双击“板金展开计算”文件名→双击“1 弯头”→双击“1.1 等径弯头”→双击“1.1.3 两节任意角度等径弯头”→单击“展开计算”在光标闪动处输入 1020→按 Tab 键（或用鼠标左键单击下一个方框使光标移动到下一个方框）→在光标闪动处输入 10→按 Tab 键→输入 150→按 Tab 键→输入 24→然后单击“展开计算”。

2. 第 1 步全部完成后，在电脑屏幕上将会显示书中的第一章第一节表 1-1-3 的展开计算数表，假若你的电脑已经连接上打印机，那么可将表 1-1-3 的全部内容打印出来。

3. 通过调用“两节任意角度等径弯头”作展开计算的过程可以看出，在屏幕画面中有丰富的内容，它不单单是作展开计算，还可浏览立体图、主视图。还可通过单击“说明”按钮查阅关于两节任意角度等径弯头的文件资料。可以在任一个画面屏幕中单击中文标识按钮，当前画面立刻转换到想看的另一个画面。从上面的例子可看出，其使用方法与电脑的普通操作方法完全一样。上面仅以两节任意角度等径弯头为例对光盘的使用作了说明，对其他展开计算文件名的调用过程完全一样，此处不再作叙述。

4. 在使用光盘作展开计算时，要求输入的数据合理。所谓合理，就是实实在在能实现的，计算机计算和处理数据的快速准确给我们提供了极大的方便，但它也不是万能的，它毕竟是人通过编制一定程序让它这样作的。本书中的程序，作者只是按构件真实存在的情况下编制的，除了个别程序设置了边界控制条件外，大部分程序边界条件尚未考虑，那么计算机在处理那些不合理数据时，一部分可以提示（例如除数为零时，即当你尚未输入任何数据就先单击“展开计算”按钮），但某些情况由于未设边界条件，只要数学模型无误，它照执行不误。下面举例说明上面提到的合理性问题。

例如要计算一个三通管构件的展开数据，按常规是支管比主管小，当输入的支管数据比主管大的时候，主管和支管的边界线已经不能相交。如果是工艺管道，比如排水支管流动的介质是水，那么水就不会全进入主管，部分要流到主管外面。这时输入的数据就不合理，而合理的数据就是支管应比主管小。作展开计算时要先输入数据然后再计算就是这个道理。

5. 对电脑配置的基本要求

操作系统 中文 Windows 9×/2000/XP 操作系统

内存 主频 500MHz 以上

内存 128MB 以上

硬盘 1GB 以上

光盘驱动器 8×CD-ROM 以上

6. 关于打印机

本光盘文件的展开数据均能通过喷墨或激光打印机顺利打印，有些针式打印机也能打印。假若打印机不能将显示在屏幕上的展开数据打印出来，建议检查打印机的设置状况，看是否设置在默认位置上以及接口是否正确。本书所有的举例展开数表全由惠普打印机 HP1020 打印输出。

目 录

前言

光盘使用说明

1 弯头	1
1.1 等径弯头	1
1.1.1 平面斜切圆柱管	1
1.1.2 两节直角等径弯头	3
1.1.3 两节任意角度等径弯头	5
1.1.4 多节任意角度等径弯头	8
1.1.5 蛇形等径弯头	14
1.1.6 一般位置的蛇形等径弯头	16
1.1.7 双扭 90°蛇形等径弯头	19
1.1.8 五节蛇形圆管弯头	22
1.2 变径弯头	25
1.2.1 两节变径弯头	25
1.2.2 多节任意角度变径弯头	29
1.2.3 两节圆柱—圆锥管弯头	33
1.2.4 两节圆锥—圆柱管弯头	38
1.2.5 蛇形不等径弯头	42
1.3 方矩管弯头	48
1.3.1 平面斜切矩形管	48
1.3.2 两节直角矩形弯头	50
1.3.3 三节直角矩形弯头	51
1.3.4 四节直角矩形弯头	55
1.3.5 五节直角矩形弯头	57
1.3.6 多节任意角度矩形弯头	58
1.3.7 直角矩形弧面弯头	60
1.3.8 两节任意角度矩形弯头	62
1.3.9 两节方管渐缩弯头	64
1.3.10 两节任意角度矩形渐缩弯头	67
1.3.11 三节乙形矩形弯头	70
1.3.12 三节直角矩形换向弯头	73
1.3.13 渐缩矩形弧面弯头	76
1.3.14 五节蛇形矩形弯头	78
1.3.15 任意角度矩形弧面弯头	80
1.3.16 斜矩形连接管	82
1.3.17 蛇形矩形弧面弯头	83

2 三通	85
2.1 正交 90° 等径三通	85
2.2 正交 90° 异径三通	88
2.3 一般位置的偏心直交三通	91
2.4 一边平齐的偏心直交三通	94
2.5 斜交等径三通	98
2.6 斜交异径三通	100
2.7 Y形等径三通	103
2.8 Y形渐缩三通	105
2.9 两端面平行的 Y形渐缩三通	108
2.10 不对称 Y形等径三通	110
2.11 裤衩形等径三通	115
2.12 裤衩形渐缩三通	117
2.13 上小下大圆锥管正交圆柱管	122
2.14 上大小圆锥管正交圆柱管	124
2.15 圆锥管斜交圆柱管	127
2.16 圆柱管斜交圆锥管 ($H_1=0$ 时)	131
2.17 圆柱管斜交圆锥管 ($H_1>0$ 时)	135
2.18 圆柱管斜交圆锥管 ($H_1<0$ 时)	136
2.19 带补料的正交 90° 等径三通	138
2.20 Y形带补料的等径三通	141
3 椭圆构件	144
3.1 椭圆参数方程作图和周长计算	144
3.2 用标准方程作椭圆和周长计算	146
3.3 椭圆管周长展开计算	148
3.4 平面斜切椭圆管	149
3.5 圆管正交椭圆管	153
3.6 圆管斜交椭圆管	156
3.7 圆管偏心直交椭圆管	159
3.8 两端口平行的椭圆管	161
3.9 正椭圆锥	163
3.10 斜椭圆锥	166
4 圆锥和圆锥管	170
4.1 正圆锥	170
4.2 正圆锥管	171
4.3 大直径和渐缩率小的圆锥管	173
4.4 平面斜切正圆锥管	175
4.5 斜圆锥	177
4.6 斜圆锥管 (放射线法展开)	179

4.7	单偏心斜圆锥管 (三角形法展开)	181
4.8	双偏心斜圆锥管 (三角形法展开)	184
4.9	直角圆锥	189
4.10	直角圆锥管	191
5	棱锥、棱锥台和矩形棱锥管	194
5.1	正三棱锥	194
5.2	正四棱锥	195
5.3	正五棱锥	197
5.4	正六棱锥	198
5.5	正三棱锥台	200
5.6	正四棱锥台	202
5.7	正五棱锥台	203
5.8	正六棱锥台	205
5.9	直角四棱锥台	207
5.10	正矩形棱锥台	209
5.11	偏心矩形棱锥台	212
6	异形多面体构件	218
6.1	上下口扭转 45° 的方锥接头	218
6.2	上下口扭转 90° 的同截面矩形连接管	220
6.3	上下口扭转 90° 的不同截面矩形连接管	221
6.4	上口倾斜上下口中心线重合的棱锥管	223
6.5	上口倾斜上口在下底平面内的双偏心矩形锥管	225
6.6	上口倾斜上口在下底平面外的双偏心棱锥管	227
6.7	下口倾斜的双偏心棱锥管	230
6.8	两端面空间垂直的矩形漏斗	232
6.9	直角矩形漏斗	235
7	天圆地方接头	238
7.1	天圆地方 (圆心在第一象限)	238
7.2	天圆地方 (圆心在第二象限)	242
7.3	天圆地方 (圆心在第三象限)	244
7.4	天圆地方 (圆心在第四象限)	246
7.5	正天圆地方	248
8	螺旋	252
8.1	圆柱螺旋叶片	252
8.2	180° 圆柱螺旋溜槽	254
8.3	360° 圆柱螺旋溜槽	256
8.4	180° 矩形螺旋管	258
8.5	360° 矩形螺旋管	260
8.6	螺旋卷板	262

8.7 圆柱螺旋梯	264
9 球面构件	268
9.1 球面经线法展开计算	268
9.2 球面纬线法展开计算	270
10 大圆弧计算作图	274
10.1 弦高递减法作大圆弧	274
10.2 等分弦长法作大圆弧	276
11 常用几何作图和计算公式	279
11.1 几何作图	279
11.2 常用计算公式	284
12 正投影原理及三视图	295
12.1 正投影原理	295
12.2 三视图	305
13 画展开图的基本原理和方法	308
13.1 展开的基本原理	308
13.2 平行线法作展开图	308
13.3 放射线法作展开图	309
13.4 三角形法作展开图	310
14 应用软件	312
14.1 概述	312
14.2 板金展开应用软件	313

1 弯 头

1.1 等 径 弯 头

1.1.1 平面斜切圆柱管

圆柱管展开图作图的过程实际上是将圆柱表面划分成若干个小的几何平面，将它们按顺序摊开在同一个平面上的作图过程，这些分割的平面越多，作出的展开图就越准确，但相应的作图或计算的工作量也增大，这就要求在取圆周等分数量时要适度，其原则是保证作出的展开图曲线圆滑且作图和计算工作量不是太大。经验表明，等分点之间的距离保持几十毫米或百多毫米，用曲线尺连接展开素线的顶点，形成的曲线还是比较光滑的，一般都能保证展开图的质量。作平面斜切圆柱管的展开图也是如此，它们展开图的区别在于，圆柱的展开图是一个矩形，而平面斜切圆柱管展开图的顶部是一条曲线。

图 1-1-1-1 为平面斜切圆柱管的立体图，图 1-1-1-2 是主视图和展开图。表 1-1-1-1 和表 1-1-1-2 是用光盘计算平面斜切圆柱管展开数据的举例。

下面用公式计算和用光盘计算两种方法进行展开计算，读者从中可体会到用光盘计算给你带来的快捷和方便。取的等分数愈多这种感觉就越明显。

1. 用公式计算举例

已知：管子的外径 $D=426$ ，管子厚度 $T=4$ ，斜切角度 $\alpha=45^\circ$ ，圆柱中心线高度 $H=800$ ，圆周等分数 $N=12$

求：试计算各素线的展开尺寸。

解：计算式如下，式中各参数的含义见图 1-1-1-2。

$$R = \frac{D-T}{2} = \frac{426-4}{2} = 211$$

X_i 的通用计算式为：

$$X_i = (i-1) \cdot \frac{360^\circ}{N} \left(i = 1, 2, 3, \dots, \frac{N}{2} + 1 \right)$$

$$X_1 = (1-1) \cdot \frac{360^\circ}{12} = 0^\circ$$

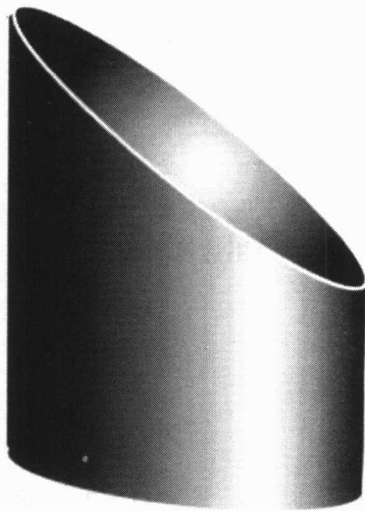


图 1-1-1-1 平面斜切圆柱管立体图

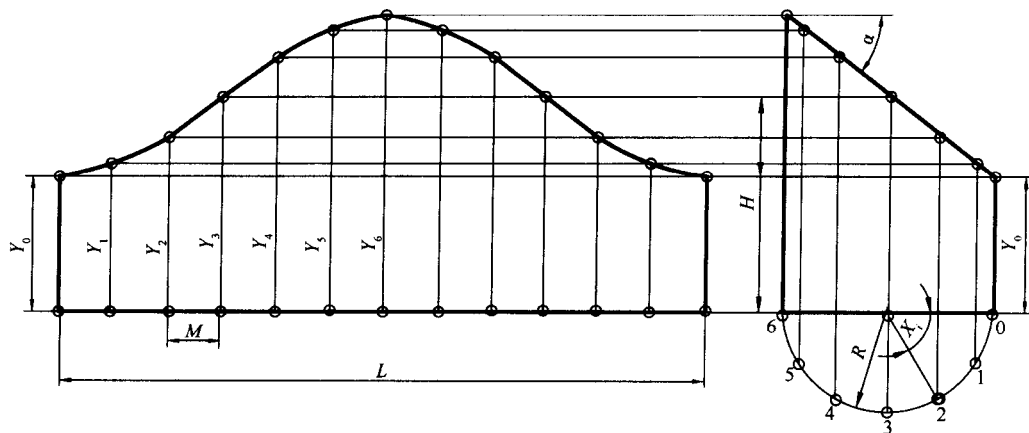


图 1-1-1-2 平面斜切圆柱管主视图、展开图

$$X_2 = (2-1) \cdot \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$$

$$X_3 = 2 \times 30^\circ = 60^\circ$$

$$X_4 = 3 \times 30^\circ = 90^\circ$$

$$X_5 = 4 \times 30^\circ = 120^\circ$$

$$X_6 = 5 \times 30^\circ = 150^\circ$$

$$X_7 = 6 \times 30^\circ = 180^\circ$$

H_i 的通用计算式为:

$$H_i = R \cdot (1 - \cos X_i) \cdot \tan \alpha \quad (i = 1, 2, 3, \dots, \frac{N}{2} + 1)$$

$$H_1 = 211 \times (1 - \cos 0^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 0$$

$$H_2 = 211 \times (1 - \cos 30^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 28.3$$

$$H_3 = 211 \times (1 - \cos 60^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 105.5$$

$$H_4 = 211 \times (1 - \cos 90^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 211$$

$$H_5 = 211 \times (1 - \cos 120^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 316.5$$

$$H_6 = 211 \times (1 - \cos 150^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 393.73$$

$$H_7 = 211 \times (1 - \cos 180^\circ) \cdot \tan 45^\circ = 422$$

$$K = H - R \cdot \tan \alpha = 800 - 211 \cdot \tan 45^\circ = 589$$

Y_j 的通用计算式为:

$$Y_j = K + H_i \quad (j = 0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, \frac{N}{2} + 1)$$

$$Y_0 = K + H_1 = 589 + 0 = 589$$

$$Y_1 = K + H_2 = 589 + 28.3 = 617.5$$

$$Y_2 = K + H_3 = 589 + 105.5 = 694.5$$

$$Y_3 = K + H_4 = 589 + 211 = 800$$

$$Y_4 = K + H_5 = 589 + 316.5 = 905.5$$
$$Y_5 = K + H_6 = 589 + 393.73 = 982.7$$
$$Y_6 = K + H_7 = 589 + 422 = 1011$$
$$L = \pi(D - T) = 3.1416 \times (426 - 4) = 1325.8$$
$$M = \frac{L}{N} = \frac{1325.8}{12} = 110.5$$

2. 用光盘计算举例

将上例的已知条件 $D=426$, $\alpha=45^\circ$, $H=800$, $N=12$, $T=4$ 等输入程序后, 计算结果如表 1-1-1-2 所示。

3. 作展开图

根据表 1-1-1-1 的计算数据按图 1-1-1-2 所示就可作出展开图, 作展开图可用油毛毡、厚纸板、薄钢板等塑性和强度较好的材料作成, 作好的展开图围绕成品管子就可作出斜切圆柱管构件。由于展开图样板不可能贴紧成品管子, 可将展开长度适当加大 3mm 左右 (按样板厚 1mm 计算) 就行了。表 1-1-1-1 是对成品管子作的展开计算, 在程序计算输入数据时管子的厚度 T 的值取零。表 1-1-1-2 是将板材卷成圆管时, 在板材上下料时用的展开计算, 在程序计算输入数据时, T 的值就按板的厚度输入程序就行了。

在成品管子上下料的展开数据 ($T=0$)

表 1-1-1-1

输入管直径
 $D=?$

输入管壁厚度
 $T=?$

输入斜角 $\alpha=?$

输入管的中轴
线高度 $H=?$

输入圆周等分
数 $N=?$

展开计算

返回

结束

平面斜切圆柱管展开计算

$Y\ 0 = 990$ $Y\ 6 = 1245$ $Y\ 12 = 1755$ $Y\ 18 = 2010$

$Y\ 1 = 997.7$ $Y\ 7 = 1325.6$ $Y\ 13 = 1827.8$

$Y\ 2 = 1020.8$ $Y\ 8 = 1411.4$ $Y\ 14 = 1890.7$

$Y\ 3 = 1058.3$ $Y\ 9 = 1500$ $Y\ 15 = 1941.7$

$Y\ 4 = 1109.3$ $Y\ 10 = 1588.6$ $Y\ 16 = 1979.2$

$Y\ 5 = 1172.2$ $Y\ 11 = 1674.4$ $Y\ 17 = 2002.3$

$L= 3204.4$ $M= 89$

在板材上下料的展开数据 (T 不为零)

表 1-1-1-2

输入管直径
 $D=?$

输入管壁厚度
 $T=?$

输入斜角 $\alpha=?$

输入管的中轴
线高度 $H=?$

输入圆周等分
数 $N=?$

展开计算

返回

结束

平面斜切圆柱管展开计算

$Y\ 0 = 589$ $Y\ 6 = 1011$

$Y\ 1 = 617.3$

$Y\ 2 = 694.5$

$Y\ 3 = 800$

$Y\ 4 = 905.5$

$Y\ 5 = 982.7$

$L= 1325.8$ $M= 110.5$

1.1.2 两节直角等径弯头

1. 说明

图 1-1-2-1 为立体图, 图 1-1-2-2 为主视图和展开图, 图 1-1-2-3 为下料图。表 1-1-2 为打印的计算数据表。

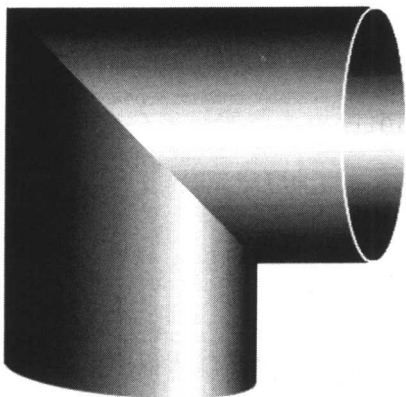


图 1-1-2-1 两节直角等径弯头立体图

2. 计算公式

已知: D 、 T 、 N 、 H , 字母的含义见图 1-1-2-2 所示。

解: 计算式:

$$X_i = (i-1) \times 360^\circ / N$$

$$(i = 1, 2, \dots, \frac{N}{2} + 1)$$

当 $X_i \leq 90^\circ$ 时

$$Y_i = \frac{D}{2} (1 - \cos X_i) / \tan 45^\circ$$

当 $X_i > 90^\circ$ 时

$$Y_i = \left[\frac{D}{2} - \left(\frac{D}{2} - T \right) \right] \cos X_i / \tan 45^\circ$$

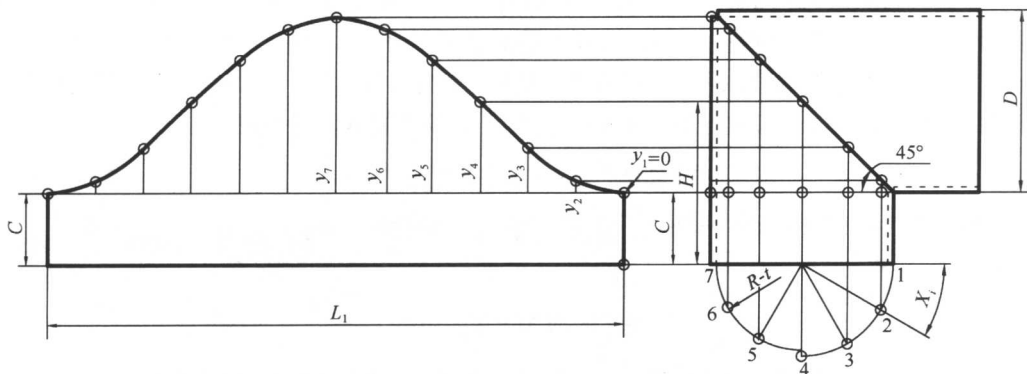


图 1-1-2-2 两节等径直角弯头主视图和展开图

式中各符号含义同“平面斜截圆柱管”。

3. 公式计算举例

已知: $D=426$, $T=6$, $N=12$, $H=650$, 试计算展开素线高度。

解: 当 $X_i \leq 90^\circ$ 时, $R = \frac{D}{2} = \frac{426}{2} = 213$, $\tan 45^\circ = 1$

$$Y_1 = 426/2(1 - \cos 0^\circ) / \tan 45^\circ = 0$$

$$Y_2 = 213 \times (1 - \cos 30^\circ) / \tan 45^\circ = 28.5$$

$$Y_3 = 213 \times (1 - \cos 60^\circ) / \tan 45^\circ = 106.5$$

$$Y_4 = 213 \times (1 - \cos 90^\circ) / \tan 45^\circ = 213$$

当 $X_i > 90^\circ$ 时,

$$Y_5 = \{ [213 - (213 - 6)] \cos 120^\circ \} / \tan 45^\circ = 316.5$$