实用板金件展开图画法

实用板金件展开图画法

SHIYONG BANJINJIAN ZHANKAI TUHUAFA

于振湖 译

国防工业出版社

实用板金件展开图画法

〔日〕池 田 勇 著

于 振 洲 译

国防工业出版社

内容简介

本书是一本解决板金件下料问题的实用性很强的书。书中第一部分介绍了板金件展开的理论依据；第二部分介绍了七十八种典型板金件展开图的画法，工程中应用的板金件大致都能包括在内。

本书可供从事板金工作的工程技术人员、工人阅读，也可作为技工学校教材使用。

必须指出：因本书是翻译日本的，他们所使用的制图标准（采用第三投影角）与我国现行的制图标准（采用第一投影角）不一致，请读者阅读时注意。

实用板金工作展開図集
池田勇 著
理工学社 1981年
*
实用板金件展开图画法
〔日〕池田勇 著
于振洲 译
责任编辑 蒋怡
*
国防工业出版社出版
新华书店北京发行所发行　　各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装
*
787×1092 1/16　印张13　295千字
1987年12月第一版　1987年12月第一次印刷　印数：00,001—25,300册
统一书号：15034·3086　　定价：2.70元

前　言

解决工程中的实际问题，如果有理论根据，则80%的问题可以解决。例如，求不能直接测量的两点间的距离，可以设定一任意的第三点，并利用该点与两点的关系导出计算这两点间距离的算式。这时，其精度决定于计算的准确度。

板金件展开图的画法也是如此。一个看上去很复杂的板金件，在你掌握了展开理论之后，就能比较容易地画出其展开图。

画展开图时，必须进行从立体向平面或从平面向立体这种不同维度图形间的转换。这样的转换必然会有一定的困难，也容易产生错误而造成损失和浪费。对于形体之间呈偏心斜交且相贯线为复杂曲线的板金件，由于其展开图为一不规则的图形，则上述问题更为突出。但是，当你很好地掌握了展开图画法基本知识以后，也就能比较容易地画出其展开图了。

本书可使初学者易于画出复杂展开图。其具有如下特点：

1. 读者从投影线上的箭头可以大体了解作图方法；

2. 既介绍出作图方法梗概，又分别交待了“相贯线画法”和“展开图画法”两方面内容，这样即使不画相贯线，也能画出准确的板金展开图；

3. 本书开头即讲述了“展开图画法基础知识”，将给初学者带来方便；

4. 图例以形体之间偏心斜交的相贯体板金件为主，使其较为实用。

如果本书能对板金作业的实际业务或学习板金图画法的读者有所裨益，本人将不胜喜悦。

著　者

一九八一年初秋

目 录

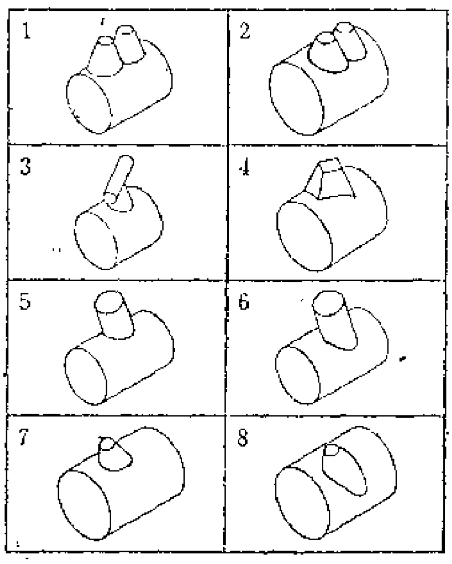
第一部分 展开图画法基础知识 …… 1

1. 基本展开法 …… 2
2. 实长线求法 …… 7
3. 相贯线的画法 …… 12
4. 展开图画法 …… 16
5. 作图展开法小结 …… 21
6. 通过计算求实长线的展开方法 …… 22

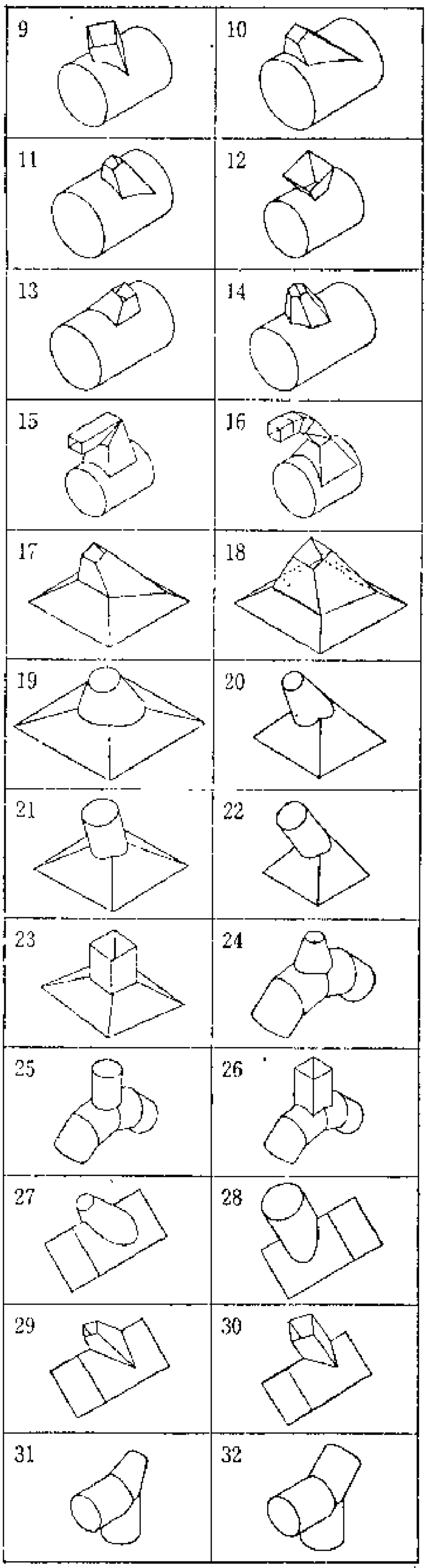
§1 计算的基础知识 …… 22
§2 圆锥的计算 …… 23
§3 方棱锥的计算 …… 24
§4 斜截圆筒的计算 …… 28
§5 斜圆锥筒的计算 …… 31
§6 斜圆锥的计算 …… 33

第二部分 典型板金件展开图画法实例 …… 35

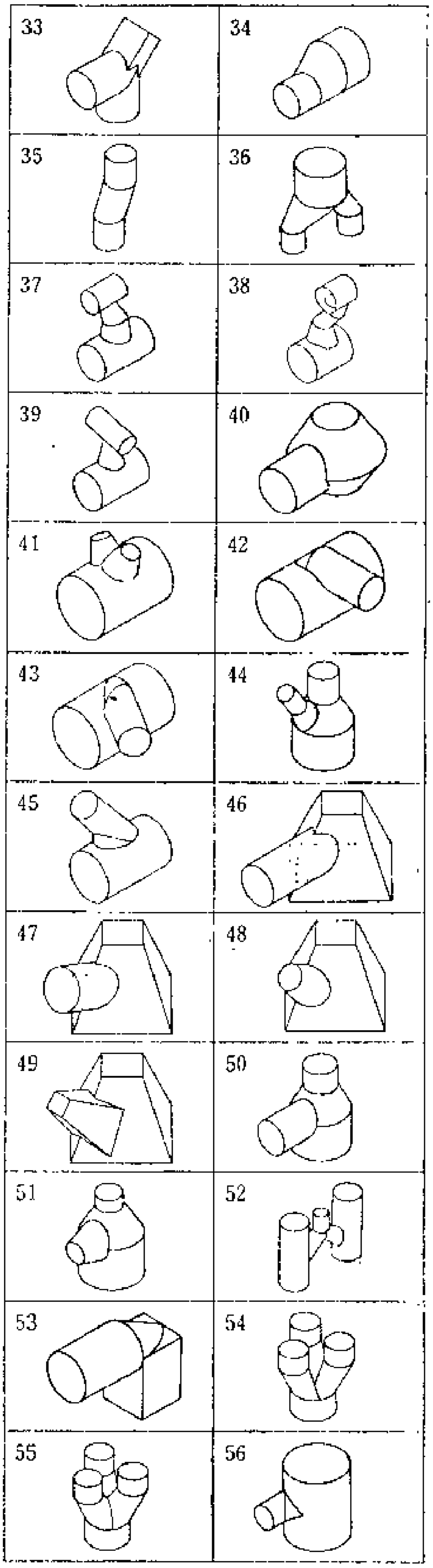
1. 直交于圆筒上的双弯头 …… 36
2. 垂直于圆筒上的偏心弯头 …… 38
3. 垂直连接水平扭转 30°异径圆筒的正圆锥筒 …… 40
4. 扭转15°直交于圆筒上的方锥筒 …… 42
5. 在圆筒上斜交的圆筒 …… 44
6. 圆筒上中心线不重合的斜交圆筒 …… 46
7. 圆筒上的斜交圆锥 …… 48
8. 圆筒上中心线不重合的斜交圆锥 …… 50



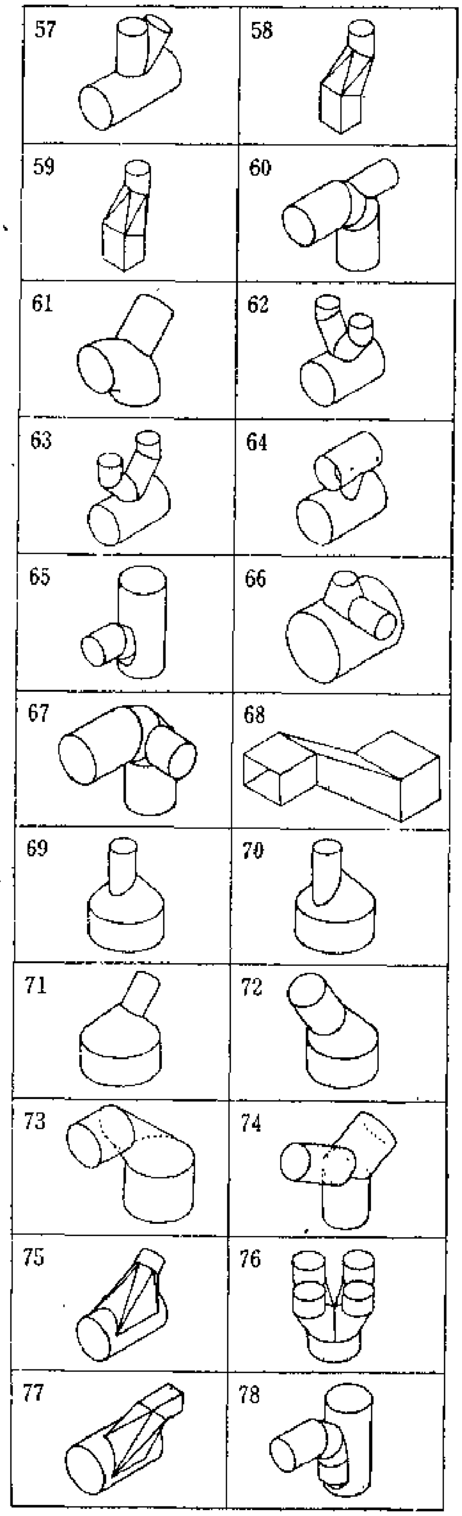
9. 圆筒上的斜交方棱筒……………………52
10. 圆筒上的斜交方棱锥……………………54
11. 圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥(1)……………………56
12. 圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥（2）……………………58
13. 圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥（3）……………………60
14. 圆筒上斜交的六棱锥……………………62
15. 棱锥和棱筒的连接部分……………………64
16. 中心线不重合的棱锥和棱筒的连接部分……………………66
17. 棱锥顶部斜交的棱锥（1）…………68
18. 棱锥顶部斜交的棱锥（2）…………70
19. 棱锥顶部斜交的圆锥（1）…………72
20. 棱锥顶部斜交的圆锥（2）…………74
21. 棱锥顶部斜交的圆筒（1）…………76
22. 棱锥顶部斜交的圆筒（2）…………78
23. 棱锥顶部斜交的棱筒……………………80
24. 四节弯头从中央斜交的圆锥…………82
25. 四节弯头中央斜交的圆筒……………84
26. 四节弯头中央斜交的棱筒……………86
27. 棱筒上斜交的圆锥……………………88
28. 棱筒上斜交的圆筒……………………90
29. 在棱筒上斜交的棱锥……………………92
30. 棱筒上斜交的棱筒……………………94
31. 直交弯头上斜交的圆锥………………96
32. 直交弯头上斜交的圆筒………………98



33. 直交弯头上斜交的棱筒 ……………100
34. 大圆筒与小圆筒的连接部分 ………102
35. 中心线不重合的同径圆筒
连接部分 ……………………………104
36. 大圆筒与小圆筒连接的双叉筒 ……106
37. 连接在大圆筒与小圆筒间的
二节弯头 ……………………………108
38. 连接在大圆筒与小圆筒间的
三节弯头 ……………………………110
39. 连接在大圆筒与倾斜的小圆筒
间的圆锥 ……………………………112
40. 圆锥上直交的圆筒 …………………114
41. 圆筒上斜交的两支圆锥 ……………116
42. 圆筒上中心线不重合的直交圆筒 …118
43. 圆筒上中心线不重合的斜交圆筒 …120
44. 圆锥上斜交的圆锥 …………………122
45. 圆筒上斜交的圆筒 …………………126
46. 方棱锥上直交的圆筒 ………………128
47. 方棱锥上斜交的圆筒 ………………130
48. 方棱锥上斜交的圆锥 ………………132
49. 方棱锥上斜交的方棱锥 ……………134
50. 圆筒和圆锥上直交的圆筒 …………136
51. 圆筒和圆锥上直交的圆锥 …………138
52. 大圆筒向小圆筒过渡的分支筒 ……140
53. 圆筒和棱筒直交部分的补贴片 ……142
54. 大圆筒向小圆筒过渡部分的三
叉筒（1）……………………………144
55. 大圆筒向小圆筒过渡部分的三
叉筒（2）……………………………146
56. 大圆筒上中心不重合的直交小
圆筒和补贴片 ………………………148



57. 大圆筒上斜交、直交的
两小圆筒 ……………………………150
58. 棱筒和圆筒的连接筒(1) …………152
59. 棱筒和圆筒的连接筒(2) …………154
60. 四节弯头上交叉的小圆筒 …………156
61. 弯头上斜交的圆筒 ………………158
62. 二叉筒(1) ………………………160
63. 二叉筒(2) ………………………162
64. 圆筒上中心不重合的直交圆锥 ……164
65. 大圆筒上分支的三节弯头 …………166
66. 圆锥和大圆筒上直交的小圆筒 ……168
67. 四节弯头上直交的圆筒 ……………170
68. 连接在两个棱筒间的方棱筒 ………172
69. 连接大圆筒和小圆筒的正圆
锥(1) ………………………………174
70. 连接大圆筒和小圆筒的正圆
锥(2) ………………………………176
71. 大圆筒向分支的小圆筒的连接
部分 …………………………………178
72. 大圆筒向小圆筒的连接部分
(1) …………………………………180
73. 大圆筒向小圆筒的连接部分
(2) …………………………………182
74. 大圆筒上斜交的小圆筒 ……………184
75. 大圆筒与斜向分支小圆筒的连接
筒 ……………………………………186
76. 连接在大圆筒和小圆筒间的四叉
筒 ……………………………………188
77. 圆筒与分支方棱筒的连接筒 ………190
78. 大圆筒分支的小圆筒 ………………192
附录 1　体积的计算 ……………………196
附录 2　平面图形的画法 ………………198



第一部分　展开图画法基础知识

使用金属板材制作的板金件形状是多种多样的，本书所讨论的主要是圆筒、棱筒、圆锥筒和棱锥筒四大类。各大类板金件形状还可以分成若干小类。例如，图 1-1 中示出的三种形状板金件都属于棱锥筒类。

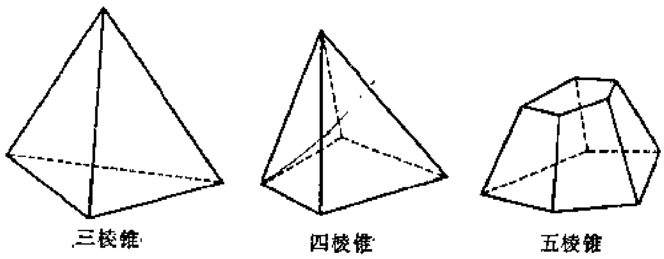


图1-1　棱锥

画这些板金件的展开图时，将遇到如下两个问题。

① 对圆筒和棱筒来说，很多情况下只需根据图纸示出的尺寸或角度作图或计算，就能画出展开图。并且，由于能够想像到圆筒或棱筒的展开形状为矩形，所以可以容易地画出展开图。如图 1-2、图 1-3 所示。

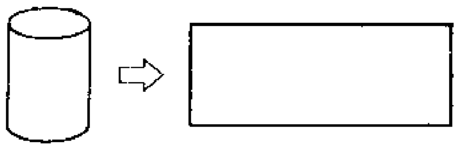


图1-2　圆筒展开图

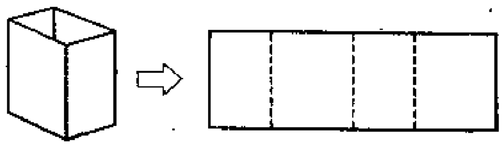


图1-3　棱筒展开图

② 对圆锥或棱锥来说，只根据图纸上标注出来的图形或尺寸画展开图往往是很困难的，必须把不足的图，例如右侧视图或某一截面的剖面图补上。另外，形成圆锥或棱锥的面（正面、底面、侧面）往往向三个方向倾斜（见图 1-4），所以求某线段实长线相当麻烦，画展开图也很费功夫。

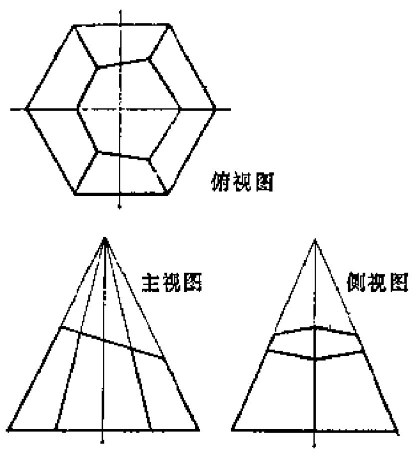


图　1-4

然而，只要掌握了主要的基本作图方法，对圆锥或棱锥，或者是乍一看是很复杂的板金件，画展开图也是很容易的。

下面，分几个方面讲一下板金件展开图画法基本要点。

1. 基本展开法

把板金件的表面分割成若干三角形

要点 1

图 1-5 是介绍作图法求圆面积公式时经常采用的图。如图所示，把圆 16 等分并展开成右图，则高度H、长度L分别与圆的半径、半圆周长大致相等。圆的等分数越多，H或L值就越接近原值。

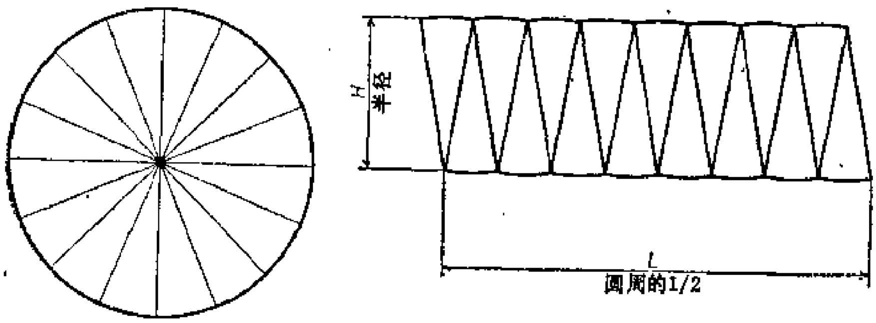


图 1-5

因此，可以按照如下方法导出求圆面积公式。

$$
\begin{aligned}
\text{圆的面积} &= (\text{半径}) \times (1/2\ \text{圆周}) \\
&= (\text{半径}) \times \frac{2 \times \pi \times (\text{半径})}{2} \\
&= \pi \times (\text{半径})^2
\end{aligned}
$$

画展开图时，同样可以采用这种把表面分割成若干三角形的做法。

要点 2

画图[❶] 1-6 所示的正圆锥的展开图。

首先，如图 1-7 所示，把形成该圆锥的表面分割成 12 个三角形。由于圆锥的表面是曲面，因此 12 等分后的各个三角形不能看作是真正的三角形，而是近似的三角形(正确地说是扇形)。

---

❶ 本书插图系原著插图。图中中心线为细实线，这种画法以及侧视图与俯视图的投影位置均与我国制图标准不同，请读者阅读时注意。——译者

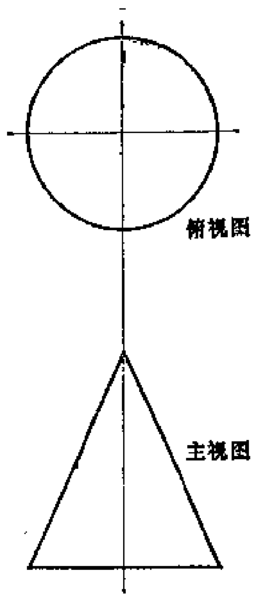


图 1-6

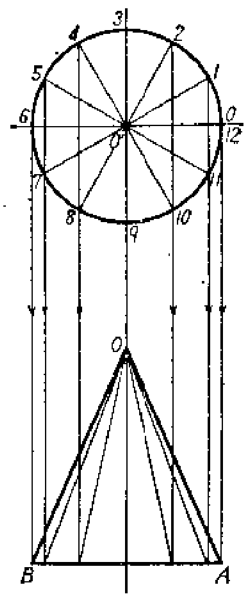


图 1-7

接着，逐一作出每一三角形的实形，把 12 个实形连接起来所形成的图形，即为圆锥的展开图。

从图 1-7 来看，该三角形的实形是底边为$\overline{01}$，斜边为$\overline{OA}$的等腰三角形。把 12个这种等腰三角形连接起来形成的图形即是展开图。

参照图 1-8，讲一下作图方法。

① 以O为圆心、$\overline{OA}$为半径画弧；

② 用分规截取$\overline{01}$ 长度，在圆弧上划出 1′、2′、3′……12′各点；

③ 把 12 个点分别和 0 连接后形成的扇形，即是所求圆锥的展开图。

从理论上讲，圆弧的等分数越多，所画出的展开图越精确。但是，实际上当分得过

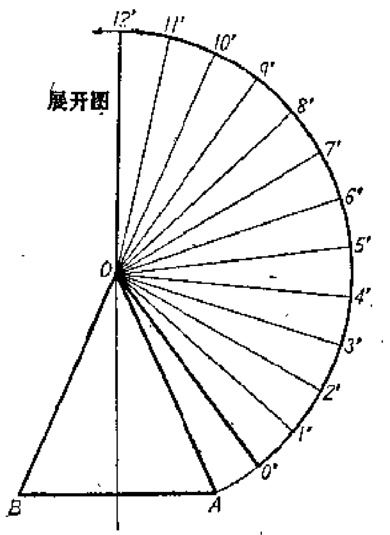


图 1-8

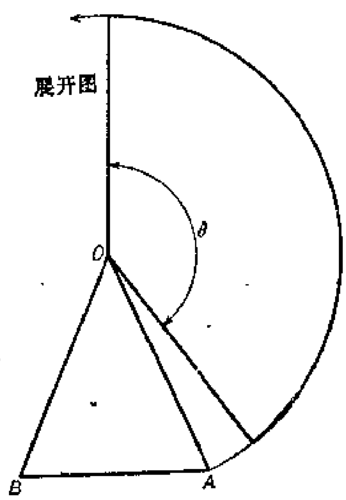


图 1-9

细时，由于作图误差的累积，反倒会不准确。

由于 12 等分作图方便，因此是恰当的等分数。采用 12 等分作图法，实际上存在着一定的误差，但是通过计算可知，其误差值是微不足道的，在实践中几乎不产生影响。

此外，通过计算也能求出圆锥的展开图。具体作法如图 1-9 所示，通过计算求出扇形的角度，画出展开图。

用下式求出扇形的角度 θ。

$$\underbrace{\pi D}_{\text{底圆的周长}} = \underbrace{2\times\pi\times\overline{OA}\times\frac{\theta}{360^\circ}}_{\text{扇形的弧长}}$$

由于这一等式成立，因此扇形的角度 θ 为：

$$\frac{\theta}{360^\circ}=\frac{\pi D}{2\times\overline{OA}\pi}=\frac{D}{2\times\overline{OA}}$$

$$\theta=\frac{D}{2\times\overline{OA}}\times 360^\circ\text{（式中}D\text{为底圆的直径）}$$

但是，在实际进行板金展开作业时，一般不采用计算法求 θ。

要点 3

图 1-10 所示为正方棱锥（顶点在底面中点的垂线位置上，底面是正方形）。如图所示，其表面已分割成四个三角形，所以求出每个三角形的实形后，即可画出展开图。

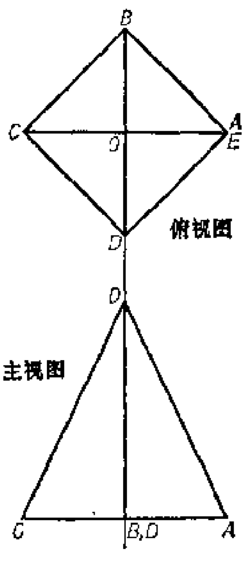


图 1-10

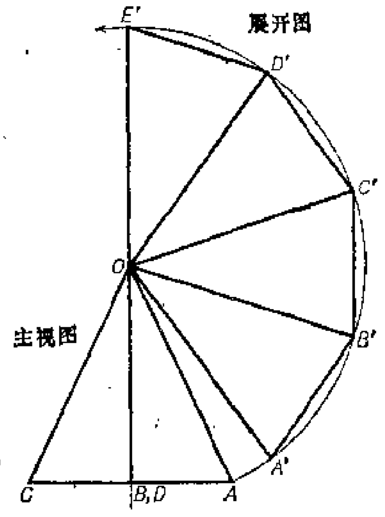


图 1-11

由于该三角形是底边为$\overline{AB}$，斜边为$\overline{OA}$的等腰三角形，因此展开图如图1-11 所示。

试画出图 1-12 所示的与上例仅方向不同的正方棱锥的展开图。如 前 所 述，求 出 一 个

三角形的实形即可画出展开图，但现仅知底边长度，所以必须求出二等边长度（实长线）。如参照上例作法，就应首先使它与图 1-10 的正方棱锥方位相同。即，让这一棱锥转动 45°，使它和图 1-10 处于同一方位，以便在主视图上直接示出实长线$\overline{OA}$。但是实际上不可能进行这样的操作，因而采用图 1-12 所示的方法求出二等边的实长线。

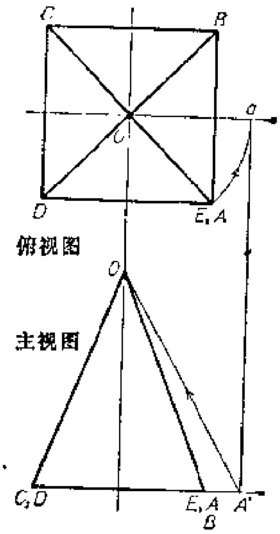


图 1-12

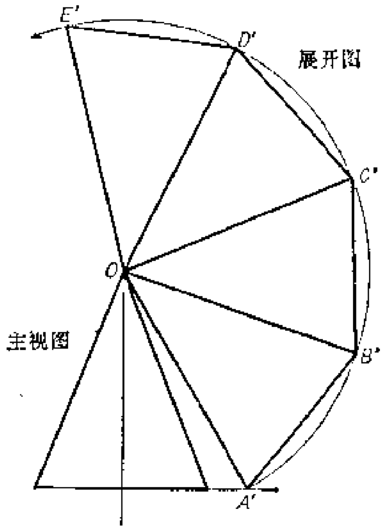


图 1-13

① 以俯视图上的O为圆心、$\overline{OA}$长度为半径画弧，与水平方向中心线交于a，再由a向主视图作垂线；

② 令该垂线与$\overline{AD}$延长线的交点为A'，则$\overline{OA'}$即为所求二等边的实长线。

求出二等边的实长线后，再作出以$\overline{AB}$为底边、$\overline{OA'}$为斜边的四个相互连接的等腰三角形，即为展开图。

实际的作图法如图 1-13 所示。

要点 4

图 1-14 示出底面为椭圆、上面为圆的圆锥形板金件。对于这种形状的展开图，如仅采用前面介绍过的方法就无法画出了。

然而，因为基本展开法的主要作法是“把板金件的表面分割成若干三角形”，所以仍按照这种方法，试分割三角形。

① 首先，把圆O12 等分，等分线与圆周的交点为 0、1、2、……、12，其延长线和椭圆的交点为A、B、C、……、M（尽可能地增加等分数，就可画出较正确的展开图。特别在圆弧弯度大的部位，不过细地分割就不能画得准确。这里以 12 等分的做法来对展开方法重点地加以说明）。

② 如图所示，交叉地连接 0、1、2、……、12 和A、B、C、……、M各点后，该板金件的全部表面被分割成 24 个三角形。

按照以上方法，求出三角形的实形，再依次把这些三角形连接在一起，即可画出该板金件的展开图。但是，还要注意到在三角形 $2BC$中，线段（正确地说是曲线）$\overline{BC}$是实

长线，$\overline{2B}$、$\overline{2C}$不是实长线，所以必须采用其他方法求出实长线。

通过作图求实长线的方法，在要点 3 的图 1-12 中已经作过一些说明，在下一要点还将详细地讲解。图 1-14 所示板金件的展开图将在要点 7 画出。

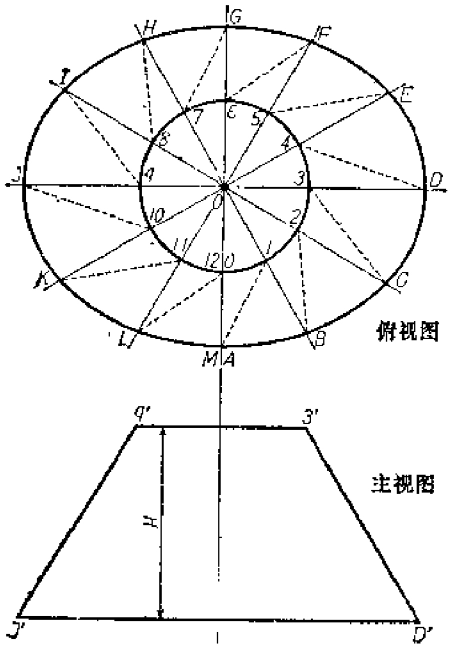


图 1-14

2．实长线求法

求出实长线后画展开图

可以说，求实长线的方法是画展开图的极好方法。求实长线有两种方法：一是作图法，另一是计算法。

要点5　通过作图求实长线的方法

这一要点中，讲一下通过作图求实长线的方法。在要点3里，已经通过作图求出了正方棱锥二等边$\overline{OA'}$的实长线，在求某线段实长时可从该线段正向看。如图1-15所示，对于线段长度或图形面积，如从与其垂直的方向上俯视，就能立刻理解其实长或实形的大小。要点3图1-12的方法就是从正向看$\overline{OA}$的作图方法。

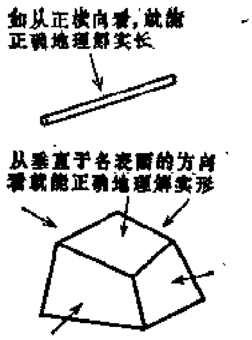


图　1-15

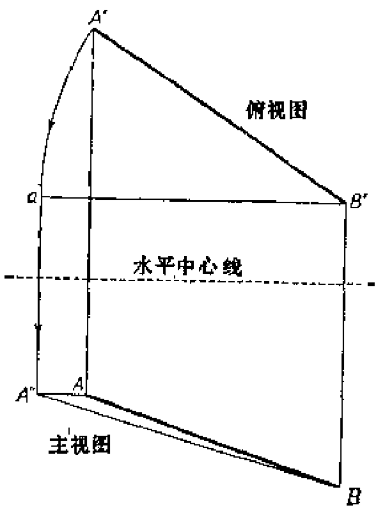


图　1-16

试求图1-16中$\overline{AB}$的实长线。它相当于图1-17中$\overline{A'B}$的线段。在图1-16主视图里的$\overline{AB}$、俯视图里的$\overline{A'B'}$，都是从倾斜方向上看到的长度，所以不是实长线。因此，只有使俯视图的线段$\overline{A'B'}$回转到水平位置后，才能在主视图上找出它的实长线。具体作图顺序如下：

① 以B'为圆心，$\overline{A'B'}$为半径画弧，与过B'所引的水平线相交，其交点为a。

② 从交点a向主视图作垂线，与过A所引的水平线相交，其交点为A''，$\overline{A''B}$即是$\overline{AB}$的实长线。

此外，图1-18所示为求$\overline{AB}$实长线的另一方法。即，使主视图的线段$\overline{AB}$旋转到水平

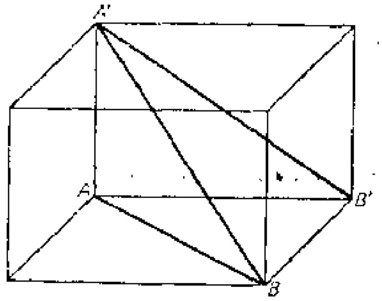


图　1-17

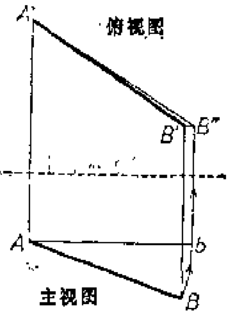


图　1-18

位置，然后向俯视图投影，求出实长线。无论采用哪种方法，所求出的实长线都是相同的。

当如图1-19的主视图上示出了$\overline{AB}$的高度差H时，也可通过作直角三角形的方法求出实长线。

即，如图1-20所示，令直角的一边的边长为H，俯视图的$\overline{A'B'}$为直角的另一边，则斜边即是所求实长线。

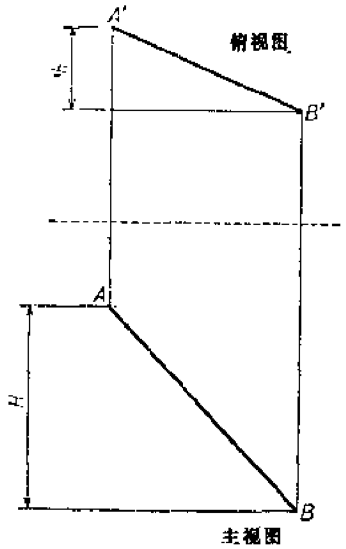


图　1-19

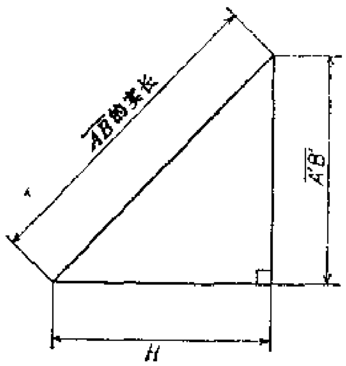


图　1-20

另一方法，如图1-19的俯视图上示出了$\overline{A'B'}$的高度差h时，则令直角的一边长为h，主视图的$\overline{AB}$为直角的另一边，斜边即是所求实长线。无论哪种方法，所求出的实长线都是相同的。这些方法都是实践的方法，应很好掌握。

要点6　通过计算求实长线的方法

图1-16中求出的线段实长线，与图1-17的长方体上求$\overline{A'B}$的做法相同。在图1-17中，由于三角形$BB'A$、$B'AA'$、BAA'、$BB'A'$都是直角三角形，因此，如$\overline{AA'}$为已知

条件，则采用勾股定理(也叫作三平方定理)，即可通过计算求出$\overline{A'B}$的实长线的长度。

$$\overline{A'B}(\text{实长线})=\sqrt{(\overline{AA'})^2+(\overline{AB})^2}$$

如$\overline{BB'}$，为已知条件，也可通过计算求出$\overline{A'B}$的实长线的长度。

$$\overline{A'B}(\text{实长线})=\sqrt{(\overline{BB'})^2+(\overline{A'B'})^2}$$

上述方法，也可从图1-20示出的作直角三角形求实长线的作法中加以理解。

此外，在图1-17中，如果仅知$\overline{AB}$、$\overline{A'B'}$二线段的长度，则不能用计算方法求实长线。

图1-21示出的立方体上，如a、b、c三线段为已知条件，则可通过计算求出实长线l的长度。即，

$$a^2=x^2+y^2 \tag{1}$$

$$b^2=x^2+z^2 \tag{2}$$

$$c^2=y^2+z^2 \tag{3}$$

$$l^2=a^2+z^2 \tag{4}$$

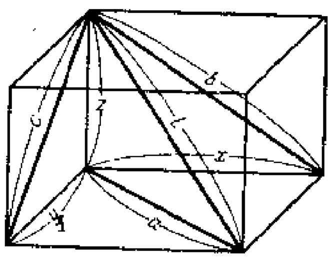


图 1-21

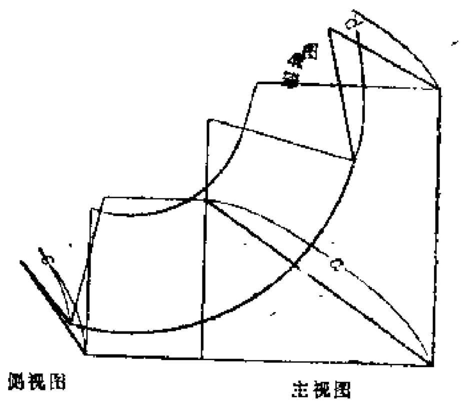


图 1-22

使（2）式和（3）式的两端分别相加，

$$b^2+c^2=x^2+y^2+2z^2=a^2+2z^2$$

$$2z^2=b^2+c^2-a^2$$

因此，

$$z^2=\frac{b^2+c^2-a^2}{2} \tag{5}$$

把（5）式代入（4）式，

$$l^2=a^2+\frac{b^2+c^2-a^2}{2}=\frac{a^2+b^2+c^2}{2}$$

$$l=\sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2}{2}} \tag{6}$$

所以，如图1-21所示，某线段在三个方向上倾斜时，则应分别测量从三个方向上看

到的长度，即主视图上示出的长度a、俯视图上示出的长度b、侧视图上示出的长度c，将其代入（6）式，可求出实长线l的长度（参照图1-22）。

要点7

在要点4中，只讲到把该板金件表面分成24个三角形。在这一要点中，将求出$\overline{2B}$、$\overline{2C}$的实长线（参照图1-23）。

首先，求$\overline{2C}$的实长线。在采用作图法求实长线时，如图1-24所示，三角形$22'C$为直角三角形，它是以高为H、底边取俯视图上的$\overline{2C}$作出的直角三角形，其斜边即是$\overline{2C}$的实长线。

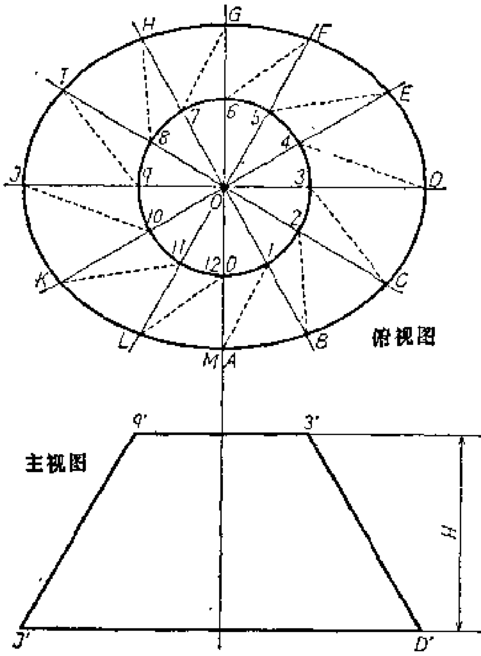


图 1-23

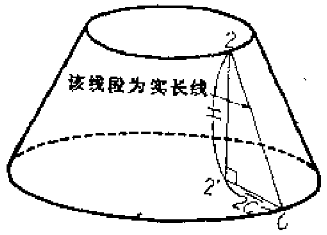


图 1-24

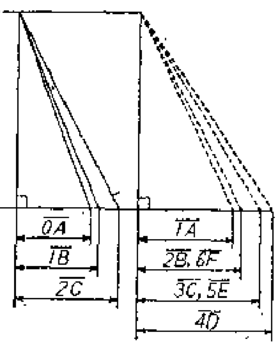


图 1-25

同时，如同样以高为H、底边取俯视图上的$\overline{2B}$作出直角三角形，其斜边则是$\overline{2B}$的实长线。其他实长线也可以用同样方法求出。如图1-25所示，如在水平线上截取俯视图的各线段，就能有效地求出相应的实长线。

此外，$\overline{3D}$、$\overline{9J}$的实长线即是主视图上示出的$\overline{3'D'}$、$\overline{9'J'}$。这是因为在主视图上$\overline{3'D'}$、$\overline{9'J'}$均是正向看到的线段$\overline{3D}$、$\overline{9J}$。

由于该板金件是上下、左右分别对称于中心线的立体，因此实长线数目也可以只求出相应的一半。假如，在$\overline{6G}$处接合（在$\overline{6G}$处切断并展开）时，其展开图画法如下。

〔作图步骤〕

① 取$\overline{OA}$的实长线$\overline{O'A'}$；

② 以O'为圆心，$\overline{O1}$为半径画弧；

③ 以A'为圆心，$\overline{1A}$的实长线为半径画弧；

④ 两弧相交于$1'$；

⑤ 以$1'$为圆心，$\overline{1B}$的实长线为半径画弧；

⑥ 以A'为圆心，$\overline{AB}$的实长线为半径画弧；

⑦ 两弧相交于B'；

⑧ 这样依次交替求出各个交点。并且，找到这些交点在左侧的对称点。

⑨ 用圆滑的曲线连接这些交点后，即画出该板金件的展开图（见图1-26）。

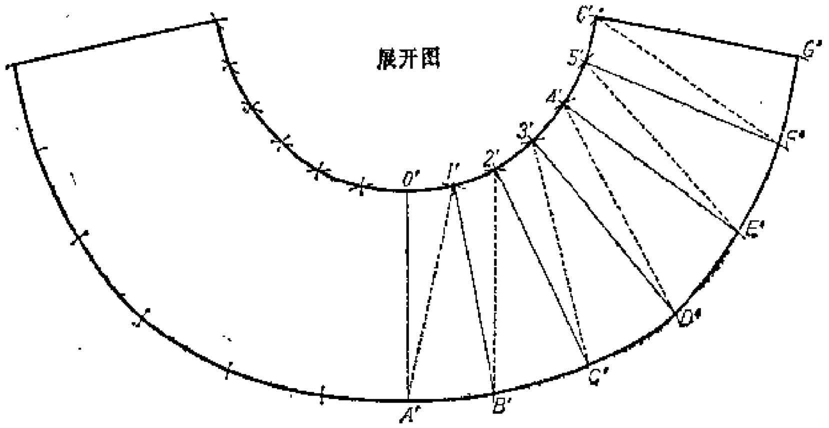


图 1-26

通过这种方法画展开图时，重要的问题自然是要求准确地求出实长线，但精确地求出交点也是不亚于实长线的重要问题。在上述“作图步骤”的④、⑦两项中求出的交点，往往是象图1-27（*a*）那样的斜交的。如同图（*b*）那样直交时，实长线误差1 mm、交点错位1 mm。但斜交时，误差则有2～3 mm。并且，这一误差对以后的各交点也将逐一产生影响。所以，采用作图法画展开图时，也需要考虑到这种情况。

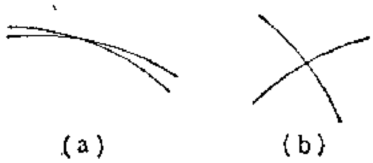


图 1-27

3. 相贯线的画法

两个形体相交时，最重要的是准确地画出相贯线。

到要点 7 为止，所讲的板金件都是极其简单的形式。只要原图画得正确，那么参照原图画展开图也不是件难事。但是，实际上画这种展开图的机会很少。原因是单个应用这样简单的板金件的实例极少。在实际的板金作业中，所碰到的圆筒和圆筒、圆筒和棱筒以及圆锥和棱锥相交形体（也叫相贯体）的实例则很多。

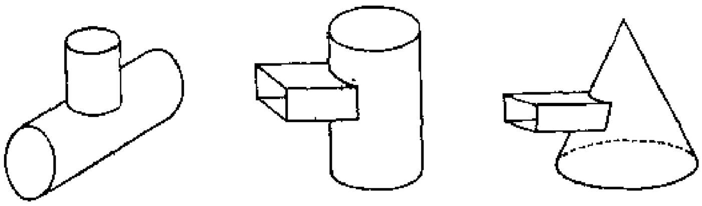


图1-28 相贯体的实例

这样的板金件展开图基本上也能用前面讲过的方法画出来，问题是如何画出两个形体相交所产生的“相贯线”。这种相贯线如果画得不准确，必然不能准确地画出展开图。

然而，在板金作业现场实际应用的图纸上，往往很多相贯线画得不准确。产生这种情况的原因有如下两个：

① 要求相贯线准确的人，往往只是画展开图的人，其他人对它的重要性认识不足，认为在图纸上画个大致样子就可以了；

② 认为在正规的机械图中往往也“不是采用正规的投影法，而是用直线或圆弧表示”。

为了避免这种情况，画展开图时，必须尽可能在另外纸上画出实际尺寸或接近实际尺寸的原图，然后再从画出准确的相贯线的作业开始。

要点 8

以圆筒和圆锥直交的情况为例，讲一下相贯线的画法。

相贯线画法（见图1-29）

① 把圆锥的底圆12等分（图中是半圆 6 等分），设主视图上的各等分点为 0，1，2，……，侧视图上的各等分点为$0'$，$1'$，$2'$，……；

② 从各等分点向底圆作垂线，令垂足为0_0，1_0，2_0，……，以及$0'_0$，$1'_0$，$2'_0$，……。

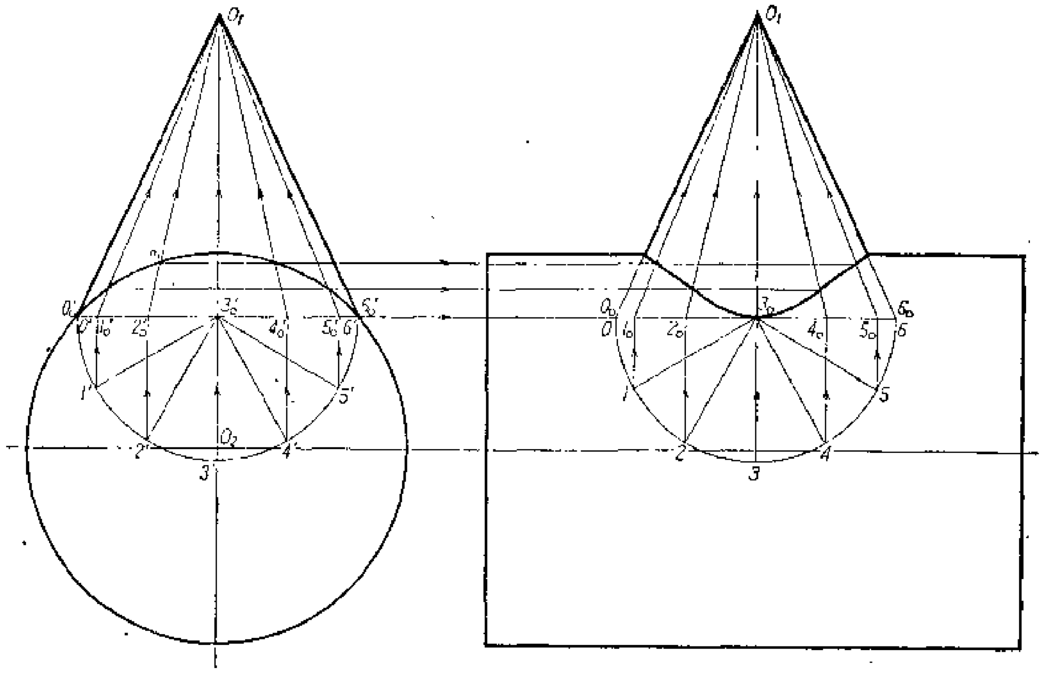


图 1-29

并且分别和顶点O_1和O_1'相连接；

③ 在侧视图上，过与圆筒O_2的交点作水平线，在主视图上求出交点；

④ 把这些交点用圆滑曲线连接后，即画出相贯线。

采用上述方法就可以画出相贯线了。对步骤③多讲一句：侧视图的$\overline{O_1'2_0'}$和主视图的$\overline{O_11_0}$相等（该圆锥是正圆锥，并且由于它是与圆筒直交，因此无论是从哪个方向看都左右对称，所以即使认为$\overline{O_1'2_0'}$和$\overline{O_15_0}$相等也无妨）。即，从正向看$\overline{O_11_0}$时，看到的就是$\overline{O_1'2_0'}$。

然而，$\overline{O_1'2_0'}$在m点与圆筒相交。该m点从正向看，应该在$\overline{O_11_0}$上，并且由于高度一致，所以从m点引水平线必然与$\overline{O_11_0}$相交。其他各点也同样可以这样考虑。

两个形体以这种方式直交，并且中心的位置也相同的情况下，其相贯线是很容易画出来的。但是，在偏心斜交且交叉的情况下，其相贯线是复杂的曲线，就很难画出来了。在下一要点里，将针对这种情况加以说明。

要点 9

在这一要点中，按图1-30讲一下圆筒和圆筒斜交，并且其中心（如侧视图所示）偏距为x情况下的相贯线画法。

作图步骤如下：

① 把圆O_1, $O_2$12等分，各等分点分别为0，1，2，……，12和0′，1′，2′，……，12′（12和0，12′和0′分别表示同一点）。

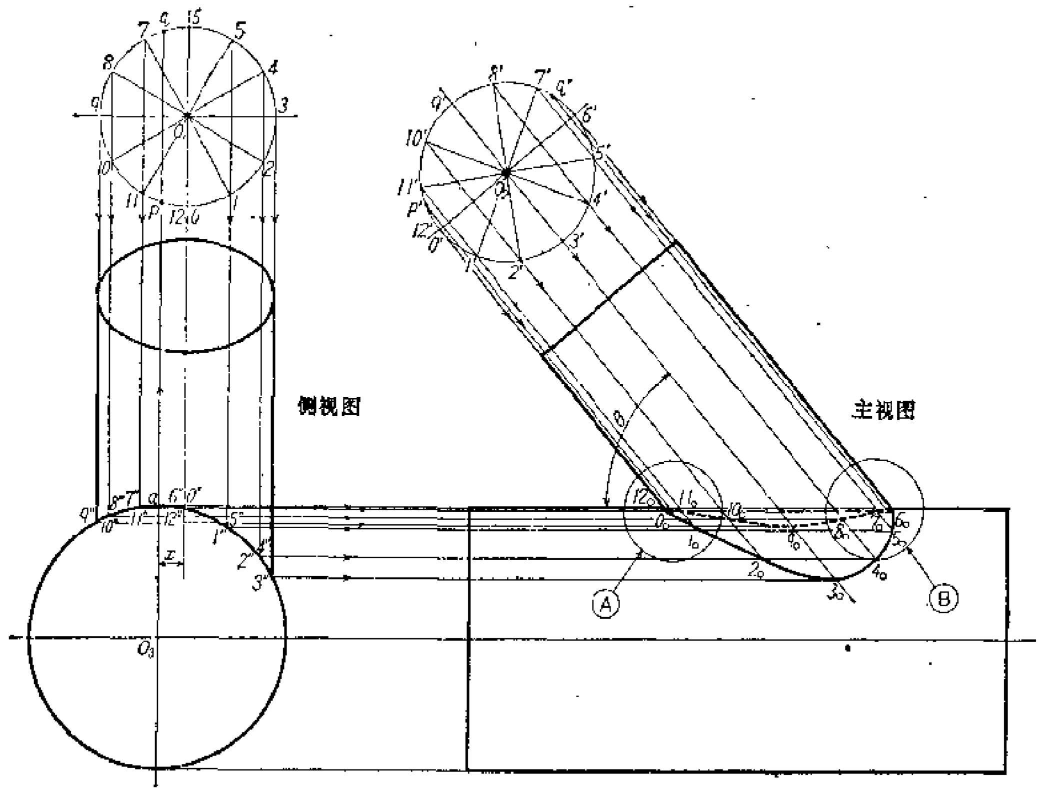


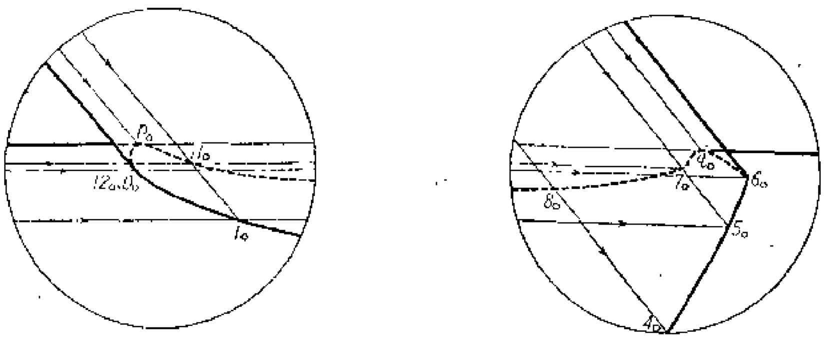
图 1-30

② 从 0，1，2，……，12 向下方作垂线，与圆筒 O_3 相交，其交点为 0″，1″，2″，……，12″。

③ 过0′，1′，2′，……，12′作中心线的平行线，与过0″，1″，2″，……12″引的水平线相交，得出其交点。例如，过5′作的平行线与过5″引的水平线相交，其交点为 5_0。这样即可求出与各自编号对应的其他交点，分别为 0_0，1_0，2_0，……，12_0，用圆滑的曲线连接这些交点后，就画出了相贯线（6_0～12_0 间是虚线）。

侧视图上的 $\widehat{9''3''}$ 也是相贯线，和圆 O_3 相同，因此不另作说明。

下面讲一下图1-30中圆 O_3 正上方点 a，在主视图上是如何表示的、（见图1-31）。



Ⓐ部放大图　　Ⓑ部放大图

图 1-31

首先，过点 a 作垂线，令其与圆O_1的交点为 p 、 q ，与圆O_2的交点为 p'、q'，使 $\widehat{p0}=\widehat{0'p'}$，$\widehat{q6}=\widehat{6'q'}$。然后，过$p'$、$q'$作对中心线的平行线，与过 a 点的水平线交于p_0、q_0，这两点即是所求的点，它们都是相贯线上的一点。

如果按照上述方法求出准确的相贯线，即可画出展开图。

展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上，截取与圆O_2的周长相等的线段，然后进行 12 等分。其等分点分别为0°、1°、2°……12°。

② 过画相贯线时求出的 0_0，1_0，2_0，……，12_0 各点作水平线，与过0°，1°，2°，……，12°各点向下引的垂线相交，用圆滑的曲线连接这些交点后，即画出展开图（见图1-32）。

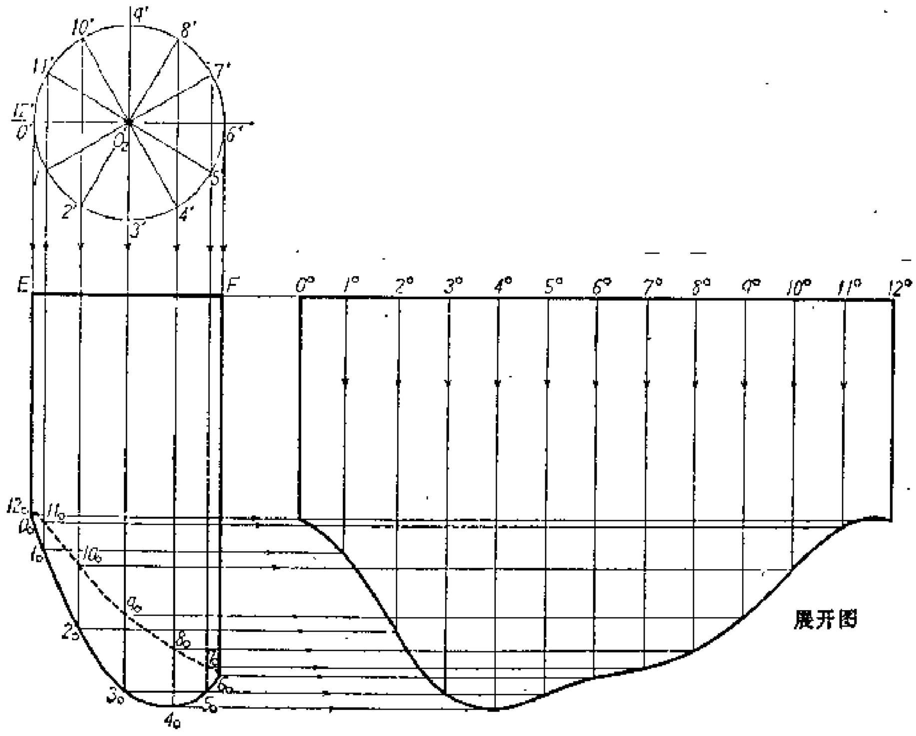


图 1-32

4. 展开图画法

画四节渐缩弯头变形体的展开图

要点10

前面已分九个要点讲述了板金件展开图画法的基本情况。下面，在本要点中，以前面所学到的知识为基础，按图1-33，画出从大圆筒①上分离下来的部分，渐缩四节弯头变形体小圆筒②的展开图。该图中示出的数值即是所给出的尺寸、角度。

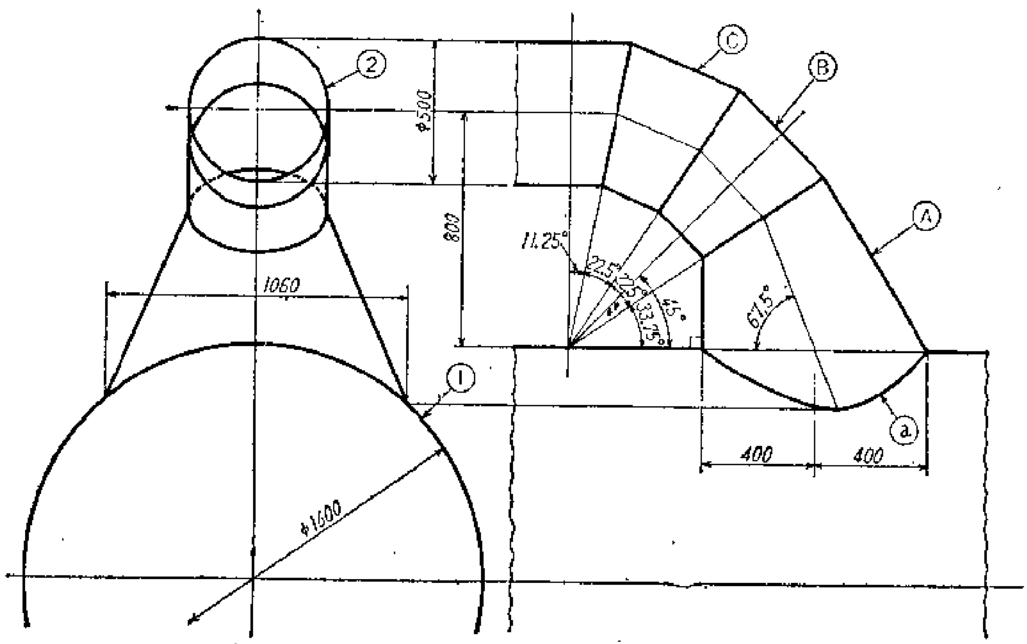


图 1-33

由于图1-33所示的渐缩四节弯头的Ⓑ、ⓒ部分展开图较易画出，所以这里只讲一下与大圆筒①以相贯线相连的Ⓐ部分的展开图画法。

Ⓐ的形体近似于圆锥，但又不是真正的圆锥。并且，在图上仅仅画出了相贯线ⓐ的大致样子，因此画展开图就要从画出准确的相贯线入手。

在画相贯线时，需要从正上方看到的形体Ⓐ的图，也就是需要形体Ⓐ的俯视图，所以还要讲一下俯视图的画法。图1-34中示出了重新画出的Ⓐ部分。

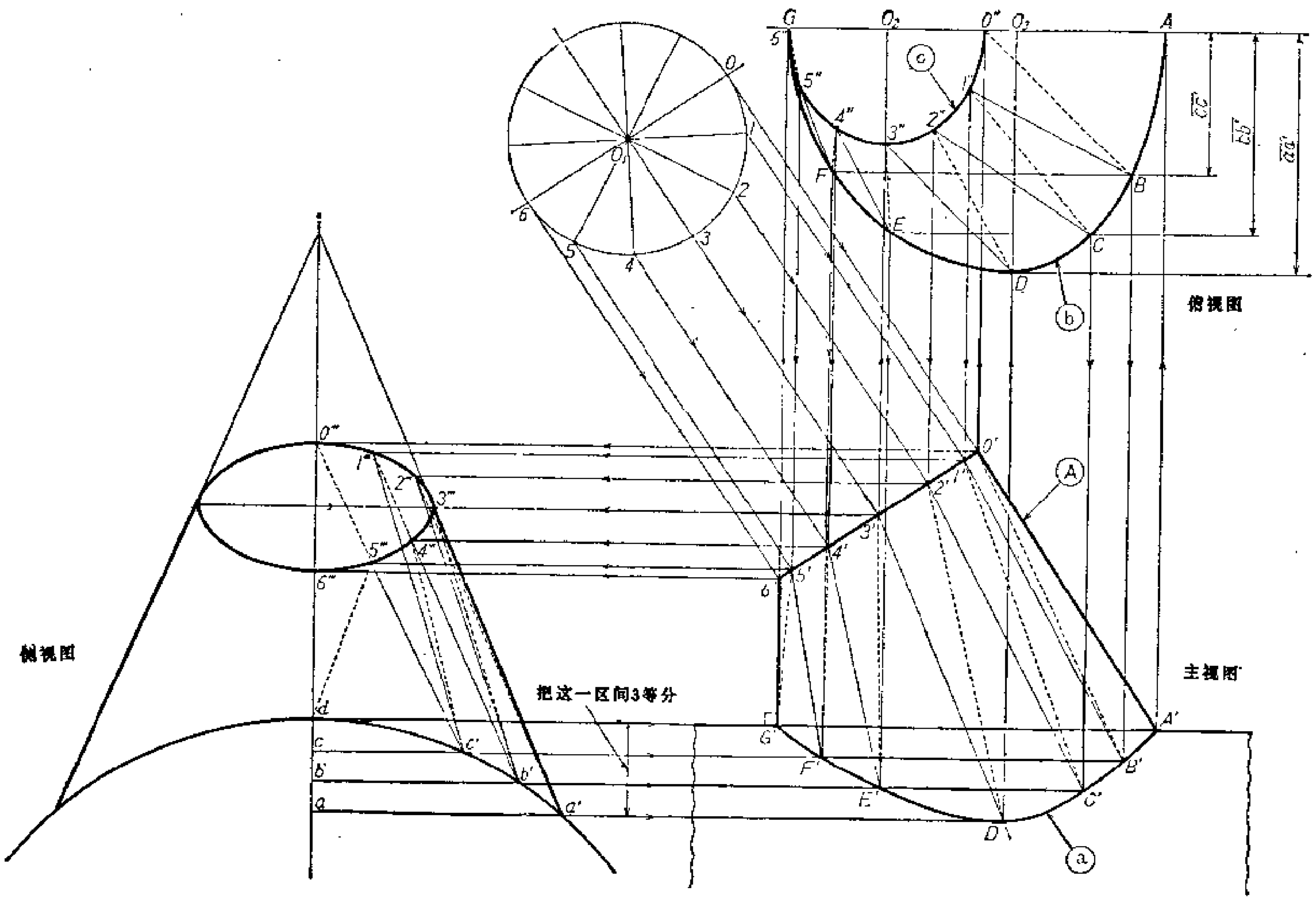


图 1-34

Ⓐ的俯视图画法

① 过主视图上的A'，D'，G'和$0'$，$3'$，$6'$向上作垂线，与水平中心线相交，其交点为A，O_3，G和$0''$，O_2，$6''$（G和$6''$为同一点）。

② 以O_3为起点，截取与$\overline{aa'}$等长的线段，得出D点。同时，以O_2为起点，截取与小圆筒半径等长的线段，得出$3''$点。

③ 已知Ⓐ的下部轮廓线过A、D、G，Ⓐ的上部轮廓线过$0''$，$3''$，$6''$。这些轮廓线都不能脱离开椭圆来研究。从A到D的轮廓线是以$2\times\overline{O_3D}$为长轴、$2\times\overline{O_3A}$为短轴的椭圆的一部分，从D到G的轮廓线是以$2\times\overline{O_3D}$为长轴、$2\times\overline{O_3G}$为短轴的椭圆的一部分。上部的轮廓线是以$2\times\overline{O_23''}$为长轴、$\overline{O''6''}$为短轴的椭圆。

④ 这样画出来的曲线是ⓑ和ⓒ的椭圆曲线，即是Ⓐ的俯视图。

在这里预先讲一下椭圆的画法（见图1-35）。

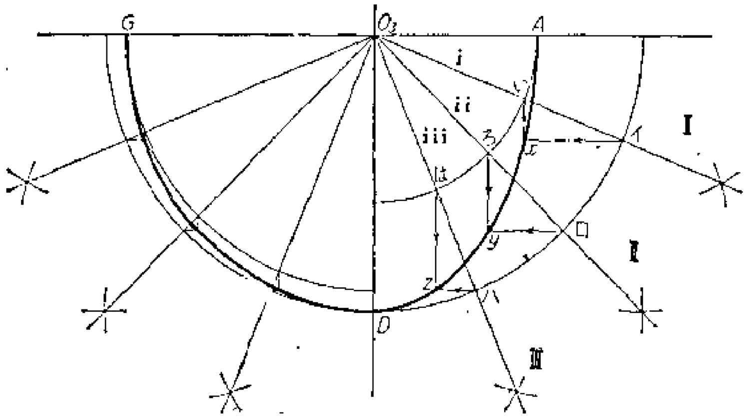


图 1-35

① 以O_3为圆心、$\overline{O_3A}$和$\overline{O_3D}$为半径画圆，再把画出的圆等分。在图中，把相当四分之一圆的部分进行了四等分，

② 设各等分线与圆的交点为 i，ii，iii和Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ。

③ 过 i，ii，iii 向下方作垂线，与过Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ所引的水平线相交，其交点为x，y，z。

④ 用圆滑曲线连接A，x，y，z，D各点，即画出椭圆曲线。

⑤ 采用同样方法，也能画出从D到G的椭圆曲线。

以上说明了画相贯线所应该做的准备工作，下面再按图1-34讲一下相贯线的画法。

相贯线画法

① 把侧视图的$\overline{ad}$间三等分（分割得越细，所画出的相贯线越正确，但如过细，则图面复杂，并且会给理解上带来困难。因此，这里采用了三等分法），过各等分点所引的水平线与大圆筒相交，交点为a'，b'，c'。

② 作与俯视图的中心线距离为$\overline{bb'}$和$\overline{cc'}$的两平行线，与轮廓线ⓑ相交，其交点为B，C，E，F。

③ 从B，C，E，F向下作垂线，与过b，c所作水平线相交，其交点为B'，C'，E'，F'。

④　用圆滑曲线连接A'、B'、C'……G'，即画出相贯线ⓐ。

画展开图时，还需要补充一个辅助图。它是Ⓐ上部切口部分的图，是从正上方看到的切口形状的图。这个切口部分是以$\overline{0'6'}$为长轴、小圆筒直径长度为短轴的椭圆。

该椭圆可仍旧参照前面图1-35里讲到的方法画出。并且，该椭圆的长轴与短轴之差极小，是近似于圆的椭圆。

完成上述准备工作后即可画展开图。下面具体讲一下展开图画法。

展开图画法

①　把椭圆O_1的圆心角12等分（必须12等分。这是因为$\overline{ad}$间已经3等分），等分线与椭圆相交，其交点为0，1，2，……6。此时，由于对圆心角12等分，因此$\overset{\frown}{01}$，$\overset{\frown}{12}$，$\overset{\frown}{23}$的长度有若干差异（见图1-34）。

②　从0，1，2，……，6向切口面作垂线，其垂足为$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$。

③　使$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$向俯视图投影，其投影点为$0''$，$1''$，$2''$，……，$6''$。

④　使$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$向侧视图投影，其投影点为$0'''$，$1'''$，$2'''$，……，$6'''$。

⑤把形成Ⓐ的表面分割为若干三角形。分割的方法如主视图所示，交叉连接$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$和A'，B'，C'，……G'。并且，也使这些分割线向俯视图、侧视图上投影。

⑥　求出各分割线的实长线。同时，也求出$\overline{A'B'}$，$\overline{B'C'}$，$\overline{C'D'}$，……，$\overline{F'G'}$的实长线。具体的求法在后面叙述。

⑦　在画展开图时，首先应该确定$\overline{0'A'}$的实长线（它即是$\overline{0'A'}$的图示长度）。

自此以下的步骤参照图1-36。

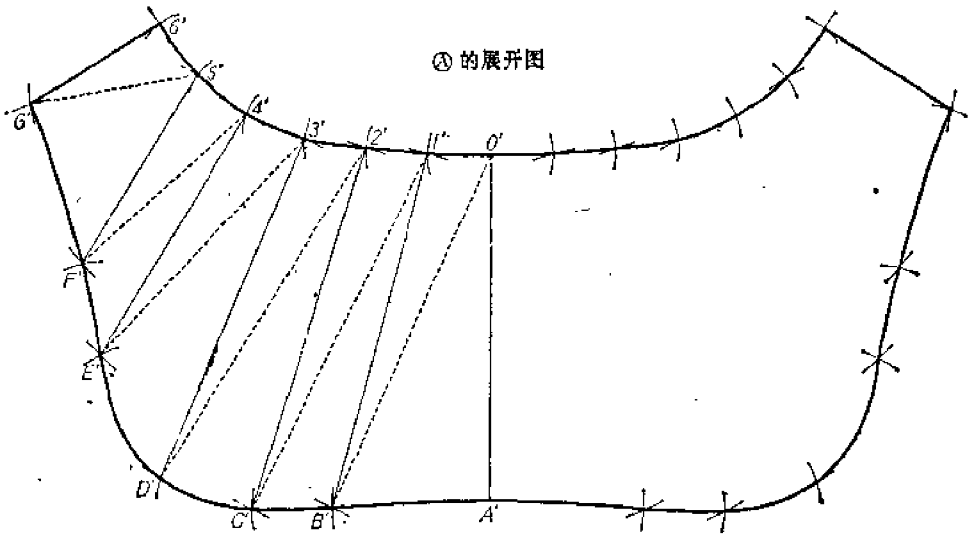


图　1-36

⑧　以$0'$为圆心，$\overline{0'B}$的实长线为半径画弧，与以A'为圆心，$\overline{A'B'}$的实长线为半径画的弧交于B'。

⑨　以B'为圆心，$\overline{1'B}$的实长线为半径画弧，与以$0'$为圆心，$\overline{01}$为半径画的弧交

于1′。

⑩ 按照这样的顺序，交叉地求出C'、$2'$，D'、$3'$，……，G'、$6'$。

⑪ 由于该板金件以中心线为基轴左右对称，因此把在⑧～⑨中求出的交点以⑦确定的$\overline{O'A'}$为对称轴，在相反方向求出各对应点。

⑫ 把通过上述过程求出的各点用圆滑曲线连接后，即画出展开图。

实长线的求法 采用要点5里导出的公式，通过计算求出各分割线和$\overline{A'B'}$、$\overline{B'C'}$……$\overline{F'G'}$的实长线。

各分割线的实长线长度	$\overline{A'B'}$、$\overline{B'C'}$……$\overline{F'G'}$的实长线长度
$\overline{O'A'}$的实长线＝主视图示出的$\overline{O'A'}$长度	$\overline{A'B'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{A'B'}^2+\overline{AB}^2+\overline{c'd}^2)/2}$
$\overline{O'B'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{O'B'}^2+\overline{O''B}^2+\overline{O''C'}^2)/2}$	$\overline{B'C'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{B'C'}^2+\overline{BC}^2+\overline{b'c'}^2)/2}$
$\overline{1'B'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{1'B'}^2+\overline{1''B}^2+\overline{1''C'}^2)/2}$	⋮
$\overline{1'C'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{1'C'}^2+\overline{1''C}^2+\overline{1''b'}^2)/2}$	$\overline{F'G'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{F'G'}^2+\overline{FG}^2+\overline{c'd}^2)/2}$
⋮	
$\overline{5'G'}$的实长线$=\sqrt{(\overline{5'G'}^2+\overline{5''G}^2+\overline{5''d}^2)/2}$	
$\overline{6'G'}$的实长线＝主视图示出的$\overline{6'G'}$长度本身。	

通过上述运算求出实长线后，画出的展开图示于图1-36。

下表是经实际测量以及计算求出的数值。

$\overline{0A'}$实长线＝705mm	$\overline{3'D'}$实长线＝757mm	$\overline{A'B'}$实长线＝327mm
$\overline{0B'}$实长线＝793mm	$\overline{3'E'}$实长线＝617mm	$\overline{B'C'}$实长线＝168mm
$\overline{1'B'}$实长线＝750mm	$\overline{4'E'}$实长线＝460mm	$\overline{C'D'}$实长线＝201mm
$\overline{1'C'}$实长线＝816mm	$\overline{4'F'}$实长线＝449mm	$\overline{D'E'}$实长线＝279mm
$\overline{2'C'}$实长线＝773mm	$\overline{5'F'}$实长线＝354mm	$\overline{E'F'}$实长线＝194mm
$\overline{2'D'}$实长线＝803mm	$\overline{5'G'}$实长线＝310mm	$\overline{F'G'}$实长线＝336mm

5. 作图展开法小结

由于在要点10里所讲的板金件是变形体，因此展开图的画法也相应地复杂了。如果不分成若干过程逐个完成的话，就不能画出正确的展开图。在这里，归纳了作图展开法要点，画出如图1-37所示的程序方框图。

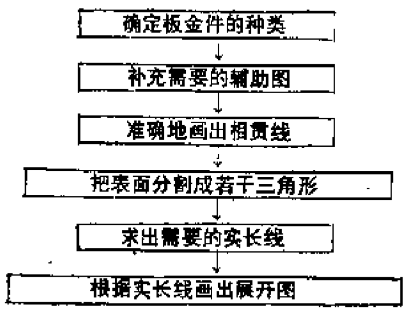


图 1-37

一般地说，在展开图作图过程中，会产生误差。特别是变形体，往往误差更大，所以在画出的展开图上应该修正板金件成形时的误差。

6. 通过计算求实长线的展开方法

作图展开法一般适用于形状复杂的板金件。由于实际作图中总是难免出现误差，因此对于某些形状较简单的板金件来说，如果采用计算求出实长线后进行展开的方法，往往能获得更准确的展开图。下面以实例说明这种计算方法的基本知识。

§1 计算的基础知识

（1）勾股定理(三平方定理)

这是最基本的定理，它的内容是"在直角三角形中，斜边的平方等于两个直角边平方之和"。如果用公式表示，即(见图1-38)：

$$a^2=b^2+c^2 \quad \therefore \quad a=\sqrt{b^2+c^2}$$

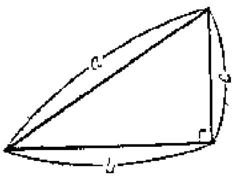


图 1-38

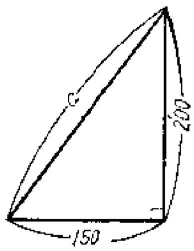


图 1-39

例题1 在图1-39中，已知$b=150$mm、$c=200$mm，求a。

解 $a=\sqrt{150^2+200^2}=\sqrt{62500}=250$(mm)

所以，斜边a的长度为250mm。

例题2 在图1-40中，已知$a=3150$mm、$c=1320$mm，求b。

解 $3150^2=b^2+1320^2$

$$b^2=3150^2-1320^2=8180100$$

$$\therefore \quad b=\sqrt{8180100}\approx 2860(\text{mm})$$

所以，底边b的长度为2860mm。

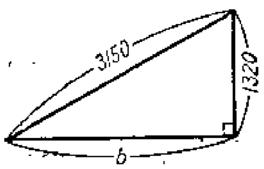


图 1-40

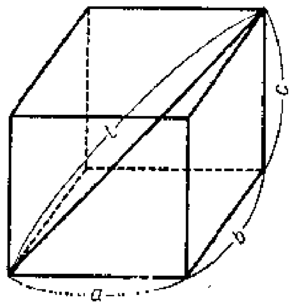


图 1-41

（2）长方体对角线的求法：

如图1-41所示，在边长分别为 a 、b 、c 的长方体中，求对角线 l 的公式为：

$$l=\sqrt{a^2+b^2+c^2}$$

例题3 在上图中，已知：$a=165\text{mm}$、$b=98\text{mm}$、$c=127\text{mm}$，求 l 。

解 $l=\sqrt{165^2+98^2+127^2}=\sqrt{52958}\approx230(\text{mm})$

所以，对角线 l 的长度为230mm。

如图1-42所示，当各表面对角线长度为已知时，求长方体对角线 l 的公式为：

$$l=\sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2}{2}}$$

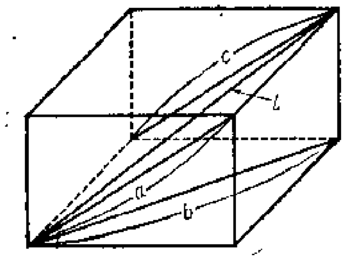


图 1-42

例题4 在上图中，已知 $a=258\text{mm}$、$b=236\text{mm}$、$c=187\text{mm}$，求 l 。

解 $l=\sqrt{\frac{258^2+236^2+187^2}{2}}=\sqrt{78614.5}\approx280.4(\text{mm})$

所以，对角线 l 的长度为280.4mm。

§2 圆锥的计算

首先，通过计算求出圆锥展开图的扇形中心角 θ 。

在图1-43中，根据勾股定理可知：

$$r=\sqrt{h^2+\left(\frac{d}{2}\right)^2} \qquad (1)$$

同时，由于圆锥底面的周长和扇形的弧长相等，所以：

$$\pi d=\pi\times2r\times\frac{\theta}{360^\circ}$$

$$\therefore\quad \theta=\frac{d}{r}\times180^\circ \qquad (2)$$

把（1）式代入（2）式，则求扇形中心角 θ 的公式为：

$$\theta=\frac{d}{\sqrt{h^2+\left(\frac{d}{2}\right)^2}}\times180^\circ$$

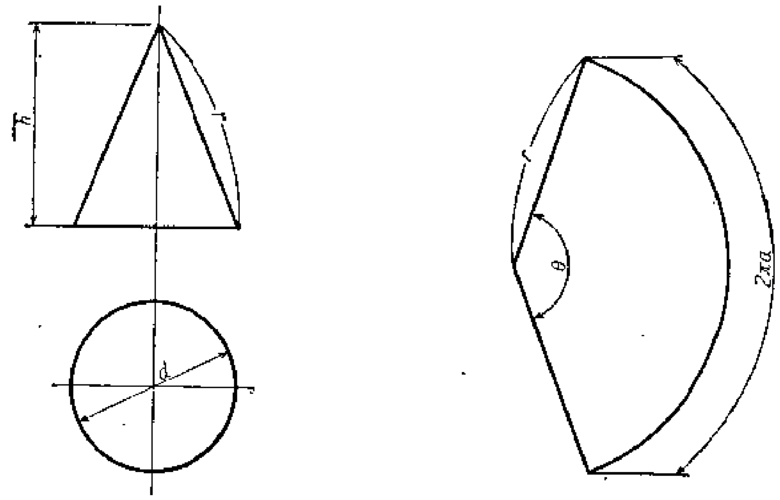


图 1-43

例题5 在上图中，已知 $d=320\text{mm}$、$h=240\text{mm}$，求扇形中心角 θ。

解 把已知条件代入求扇形中心角 θ 的公式，则：

$$\theta=\frac{320}{\sqrt{240^2+\left(\frac{320}{2}\right)^2}}\times180^\circ\approx199.7^\circ$$

所以，扇形中心角 θ 为199.7°。

§3 方棱锥的计算

（1）底面为正方形时的计算方法

在图1-44中，根据勾股定理可知：

$$c^2=h^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2 \tag{1}$$

$$r=\sqrt{c^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2} \tag{2}$$

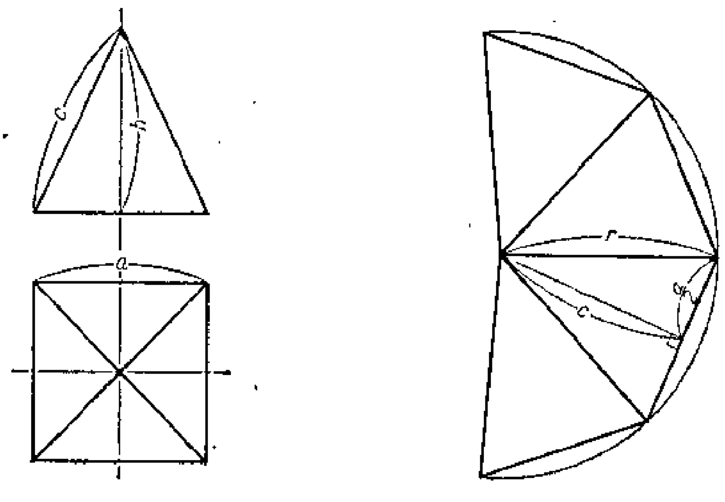


图 1-44

把(1)式代入(2)式，则：

$$r=\sqrt{h^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2} \quad \therefore \quad r=\sqrt{h^2+\frac{a^2}{2}}$$

根据上式，即可求出展开图中的 r。

例题6 在上图中，已知 $h=1250\text{mm}$、$a=580\text{mm}$，试求 r。

解 $r=\sqrt{1250^2+\frac{580^2}{2}}=\sqrt{1730700}\approx1315.6(\text{mm})$

(2) 底面为长方形时的计算方法

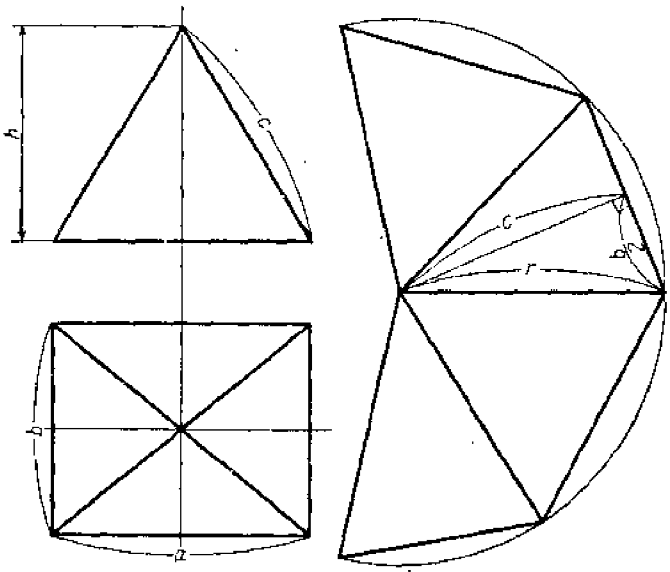


图 1-45

此时，在图1-45中，根据勾股定理可知：

$$c^2=h^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2 \tag{1}$$

$$r=\sqrt{c^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2} \tag{2}$$

把(1)式代入(2)式，则：

$$r=\sqrt{h^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

根据上式，即可求出展开图中的 r。

例题7 在上图中，已知 $h=550\text{mm}$、$a=420\text{mm}$、$b=350\text{mm}$，试求 r。

解 把各已知数值代入上式，则：

$$r=\sqrt{550^2+\left(\frac{420}{2}\right)^2+\left(\frac{350}{2}\right)^2}=\sqrt{377225}\approx614(\text{mm})$$

(3) 斜方棱锥

如图 1-46 所示，在形成斜方棱锥的四个三角形中，由于三角形AOD和三角形BOC都是等腰三角形，所以只要求出各自的长度m、n，即能很容易地画出它的实形。应用下式即可求出m、n。

$$m=\sqrt{h^2+a^2} \quad n=\sqrt{h^2+b^2}$$

此外，当求出$\overline{O'E'}$的实长线后，就可以画出三角形ABO（和三角形DCO形状相同）的实形了。

$$\overline{O'E'}(\text{实长线})=\sqrt{h^2+(\overline{OE})^2}$$

式中：$\overline{OE}=c$　∴　$\overline{O'E'}(\text{实长线})=\sqrt{h^2+c^2}$

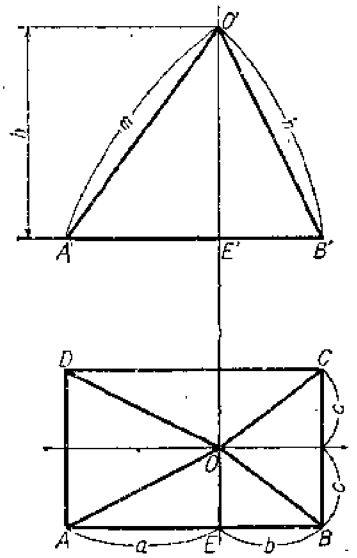


图　1-46

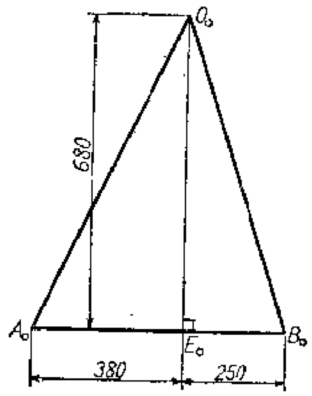


图　1-47

例题8　在图1-46中，已知$a=380$mm、$b=250$mm、$c=200$mm、$h=650$mm，试求三角形ABO的实形。

解　首先，通过计算求出$\overline{O'E'}$的实长线长度。

$$\overline{O'E'}(\text{实长线})=\sqrt{650^2+200^2}=\sqrt{462500}\approx680(\text{mm})$$

实形的画法：如图1-47所示，设$\overline{A_0B_0}$上有一点E_0，令$a=380$mm、$b=250$mm。过点E_0作垂线，在该垂线上取一点O_0，使$\overline{O_0E_0}=680$mm，则三角形$A_0B_0O_0$即为所求实形。

（4）矩形锥筒

如图1-48所示，形成矩形锥筒的四个梯形各不相同。如果能求出各个梯形的高，即可画出该梯形的实形。

各梯形的高，可以根据下列公式求出。

$$\text{梯形}ABFE\text{的高}=\sqrt{h^2+(c-g)^2}$$

$$\text{梯形}BCGF\text{的高}=\sqrt{h^2+(b-f)^2}$$

$$\text{梯形}CDIG\text{的高}=\sqrt{h^2+(d-i)^2}$$

$$\text{梯形}DAEI\text{的高}=\sqrt{h^2+(a-e)^2}$$

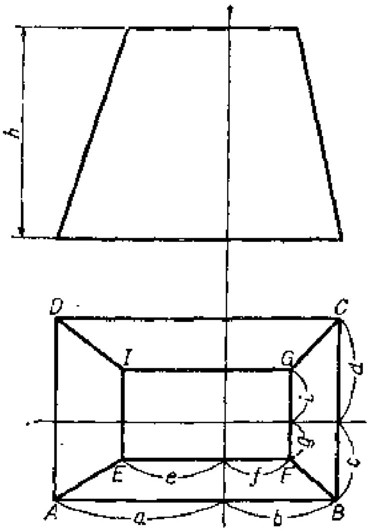


图 1-48

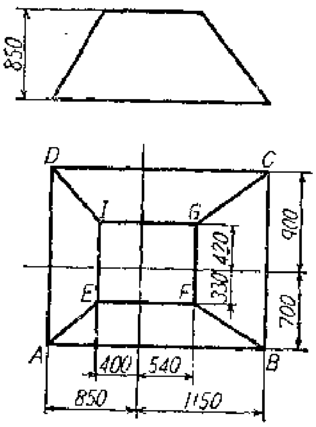


图 1-49

例题9 如图1-49所示，试求矩形锥筒$ABFE$的实形。

解 根据上面介绍的公式求出梯形的高，即：

$$\text{梯形}ABFE\text{的高}=\sqrt{850^2+(700-330)^2}=\sqrt{859400}\approx 927(\text{mm})$$

画实形时请参见图1-50。首先，截取线段$\overline{A_0B_0}$，设该线段上有一点M_0，令$\overline{A_0M_0}=$ 850mm、$\overline{B_0M_0}=1150$mm。然后，过M_0点作垂线，设垂线上有一点N_0，使$\overline{M_0N_0}=927$ mm。最后，过N_0点作$\overline{A_0B_0}$的平行线，设该平行线上有点E_0、F_0，使$\overline{E_0N_0}=400$mm、$\overline{F_0N_0}=540$mm，则梯形$A_0B_0F_0E_0$即为所求实形。

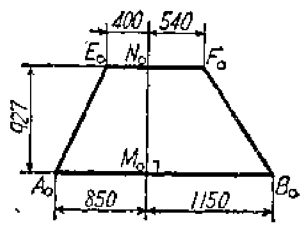


图 1-50

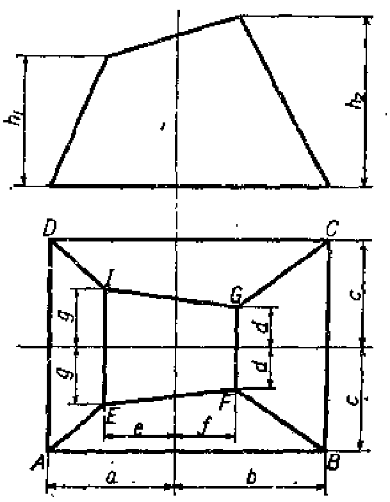


图 1-51

（5）上口斜截矩形锥筒

在图1-51中示出的矩形锥筒上，由于底面的四边形对于水平中心线上下对称，因此，

在形成矩形锥筒的四个四边形中，四边形$ABFE$和$DCGI$同形、四边形$BCGF$和$ADIE$为梯形。因为参照例题 9 可以求出梯形的实形，所以下边只讲一下四边形$ABFE$实形的求法。

然而，象四边形$ABFE$这样的一般四边形，仅仅求出四条边长，还不能画出实形。因此，还必须求出$\overline{AE}$和$\overline{BF}$以及对角线$\overline{AF}$和$\overline{BE}$。

应用§1中的(2)介绍的求长方体对角线的方法，采用下面公式即可以求出各自的实长线。

$$\overline{AE}\text{的实长线}=\sqrt{h_1^2+(a-e)^2+(c-g)^2}$$

$$\overline{BF}\text{的实长线}=\sqrt{h_2^2+(b-f)^2+(c-d)^2}$$

$$\overline{AF}\text{的实长线}=\sqrt{h_2^2+(a+f)^2+(c-d)^2}$$

$$\overline{BE}\text{的实长线}=\sqrt{h_1^2+(b+e)^2+(c-g)^2}$$

例题10　画出图1-52板金件上四边形$ABFE$的实形。

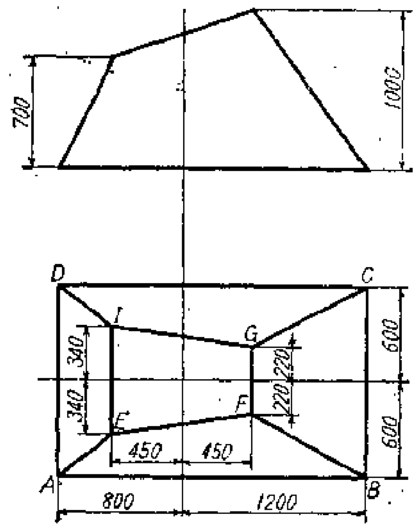


图　1-52

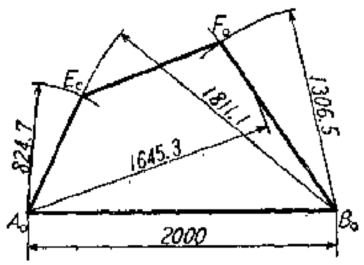


图　1-53

解　根据上面介绍的公式求出相应四边的实长。

$$\overline{AE}\text{的实长线}=\sqrt{700^2+(800-450)^2+(600-340)^2}\approx 824.7(\text{mm})$$

$$\overline{BF}\text{的实长线}=\sqrt{1000^2+(1200-450)^2+(600-220)^2}\approx 1306.5(\text{mm})$$

$$\overline{AF}\text{的实长线}=\sqrt{1000^2+(800+450)^2+(600-220)^2}\approx 1645.3(\text{mm})$$

$$\overline{BE}\text{的实长线}=\sqrt{700^2+(1200+450)^2+(600-340)^2}\approx 1811.1(\text{mm})$$

下面画实形。首先，取$\overline{A_0B_0}=800+1200=2000$mm以$A_0$为圆心，824.7mm为半径画弧，与以$B_0$为圆心，1811.1mm为半径所画的弧相交，交点为E_0。同样，以B_0为圆心，1306.5mm为半径画弧，与以A_0为圆心，1645.3mm为半径所画的弧相交，交点为F_0。该四边形$A_0B_0F_0E_0$即为所求实形。

§4　斜截圆筒的计算

试通过计算求如图1-54所示的斜截圆筒的展开图。图中H、h、$2R$为已知条件。

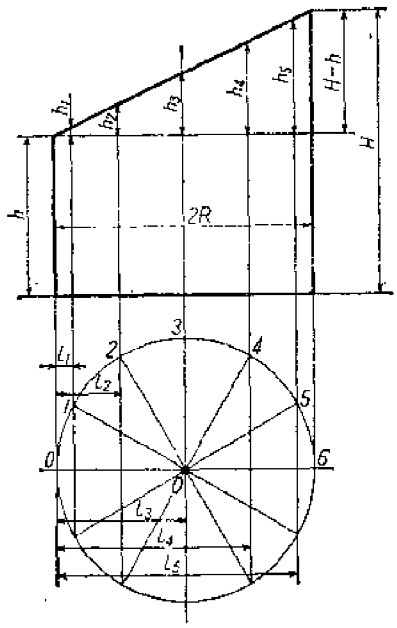


图 1-54

把圆O进行12等分后，过各等分点作垂线。求出图中的h_1、h_2……h_5后，就能画出展开图。由于$\angle 0O1=\angle 5O6=30^\circ$、$\angle 0O2=\angle 4O6=60^\circ$，因此，采用下面公式即可求出相应的$l_1$、$l_2$……$l_5$。

$l_1=R-R\cos 30^\circ=R(1-\cos 30^\circ)=0.134R$

$l_2=R-R\cos 60^\circ=R(1-\cos 60^\circ)=0.5R$

$l_3=R$

$l_4=R+R\cos 60^\circ=R(1+\cos 60^\circ)=1.5R$

$l_5=R+R\cos 30^\circ=R(1+\cos 30^\circ)=1.866R$

（式中：$\cos 30^\circ=0.866$，$\cos 60^\circ=0.5$）

并且，$2R:(H-h)=l_1:h_1$

即：

$$2Rh_1=l_1(H-h) \quad \therefore \quad h_1=\frac{l_1}{2R}(H-h)$$

把$l_1=0.134R$代入上式，则：

$$h_1=\frac{0.134R}{2R}(H-h) \quad \therefore \quad h_1=0.067(H-h)$$

同理：

$$h_2=\frac{l_2}{2R}(H-h)=\frac{0.5R}{2R}(H-h)=0.25(H-h)$$

$$h_3=\frac{l_3}{2R}(H-h)=\frac{R}{2R}(H-h)=0.5(H-h)$$

$$h_4=\frac{l_4}{2R}(H-h)=\frac{1.5R}{2R}(H-h)=0.75(H-h)$$

$$h_5=\frac{l_5}{2R}(H-h)=\frac{1.866R}{2R}(H-h)=0.933(H-h)$$

根据上面各式，求出h_1、h_2……h_5后，即可画出如图1-55所示的展开图。

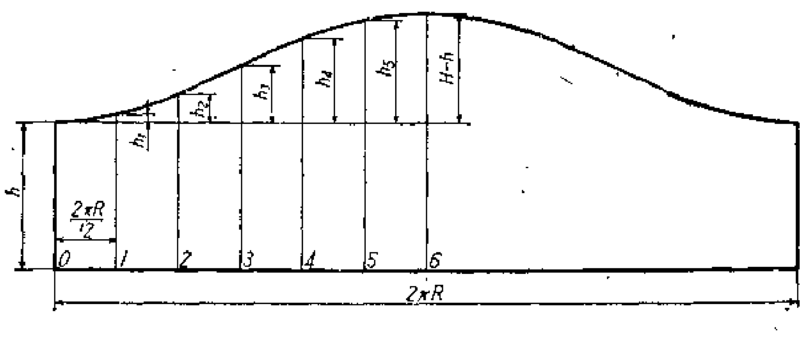


图 1-55

小知识

三 角 函 数

这里简单地讲一下三角函数。在图1-56的直角三角形中，内角和边长之比，具有如下关系：

$$\sin\theta=\frac{对边}{斜边}=\frac{c}{a}$$

$$\cos\theta=\frac{邻边}{斜边}=\frac{b}{a}$$

$$\operatorname{tg}\theta=\frac{对边}{邻边}=\frac{c}{b}$$

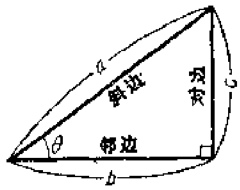


图 1-56

应该指出：因为 θ =30°、60°的函数值在计算中经常用到，所以预先牢记该值将有许多便利（见图1-57）。

$$\sin30^\circ=\cos60^\circ=\frac{1}{2}=0.5$$

$$\sin60^\circ=\cos30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}=0.866$$

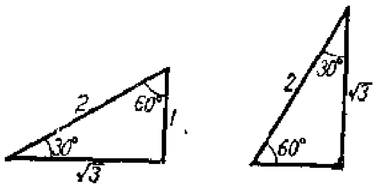


图 1-57

例题11 试通过计算方法求出如图1-58所示的90°弯头的展开图。

解 求出相应于上面公式中的 h_1、h_2、……、h_5 的长度，即以H和 h 的实际数值代入公式。

$$h_1=0.067\times(700-300)=26.8(\text{mm})$$
$$h_2=0.25\times(700-300)=100(\text{mm})$$
$$h_3=0.5\times(700-300)=200(\text{mm})$$
$$h_4=0.75\times(700-300)=300(\text{mm})$$
$$h_5=0.933\times(700-300)=373.2(\text{mm})$$

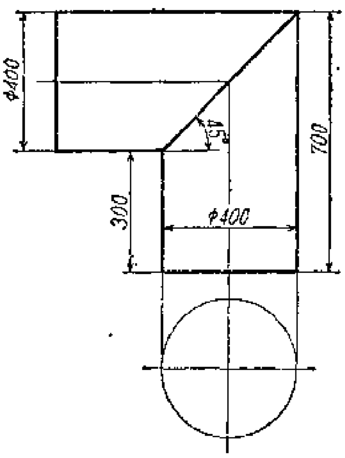


图 1-58

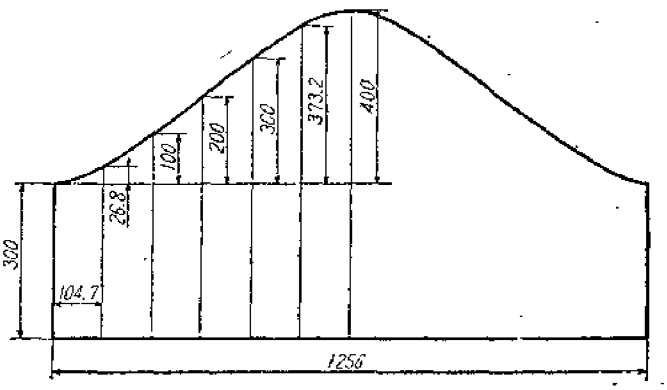


图 1-59

下面画如图1-59所示的展开图。首先，把圆O进行等分，截取12段相等的长度。然后，过各等分点作垂线，以已求得的数值确定各垂线的长度。最后，以平滑的曲线连接各垂线端点，即画出所求展开图。

§5 斜圆锥筒的计算

试通过计算求出图1-60中示出的底圆和顶圆中心距为L的圆锥筒展开图。由于该斜圆锥筒以水平中心线为基轴上下对称，因此可以只求出单侧的展开图。

把圆O_1、O_2的半圆进行6等分，令各等分点分别为A、B、……、G和a、b……、g。如图所示，交叉连接各等分点，求出各对应的实长线，即：$\overline{aA}$、$\overline{Ab}$、$\overline{bB}$、$\overline{Bc}$、……、$\overline{gG}$共13条线段的实长线。具体作法是把这些线段看作是假想中的长方体的对角线，再应用下面的公式求出。

$\overline{aA}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R-(L+r)\}^2}$

$\overline{Ab}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R-(L+r\cos30^\circ)\}^2+(r\sin30^\circ)^2}$

$\overline{bB}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos30^\circ-(L+r\cos30^\circ)\}^2+(R\sin30^\circ-r\sin30^\circ)^2}$

$\overline{BC}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos30^\circ-(L+r\cos60^\circ)\}^2+(R\sin30^\circ-r\sin60^\circ)^2}$

$\overline{cC}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos60^\circ-(L+r\cos60^\circ)\}^2+(R\sin60^\circ-r\sin60^\circ)^2}$

$\overline{Cd}$的实长线$=\sqrt{H^2+(R\cos60^\circ-L)^2+(R\sin60^\circ-r)^2}$

$\overline{dD}$的实长线$=\sqrt{H^2+L^2+(R-r)^2}$

$\overline{De}$的实长线$=\sqrt{H^2+(r\cos60^\circ-L)^2+(R-r\sin60^\circ)^2}$

$\overline{eE}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos60^\circ-(r\cos60^\circ-L)\}^2+(R\sin60^\circ-r\sin60^\circ)^2}$

$\overline{Ef}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos60^\circ-(r\cos30^\circ-L)\}^2+(R\sin60^\circ-r\sin30^\circ)^2}$

$\overline{fF}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos30^\circ-(r\cos30^\circ-L)\}^2+(R\sin30^\circ-r\sin30^\circ)^2}$

$\overline{Fg}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R\cos30^\circ-(r-L)\}^2+(R\sin30^\circ)^2}$

$\overline{gG}$的实长线$=\sqrt{H^2+\{R-(r-L)\}^2}$

这样，把斜圆锥筒的底圆半径R、顶圆半径r、高H和中心距L代入式中并且实际计算出这些线段的实长后，即可画出展开图。

例题12 如图1-61所示，已知$R=1060\text{mm}$、$r=600\text{mm}$、$H=1500\text{mm}$、$L=200\text{mm}$，画出斜圆锥筒的展开图。

解 在上面的公式中，代入各已知数值(单位为mm)。

$\overline{aA}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060-(200+600)\}^2}\approx1522.4$

$\overline{Ab}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060-(200+600\times0.866)\}^2+(600\times0.5)^2}\approx1567.1$

$\overline{bB}$的实长线

$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.866-(200+600\times0.866)\}^2+(1060\times0.5-600\times0.5)^2}\approx1530.4$

$\overline{Bc}$的实长线

$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.866-(200+600\times0.5)\}^2+(1060\times0.5-600\times0.866)^2}\approx1557.2$

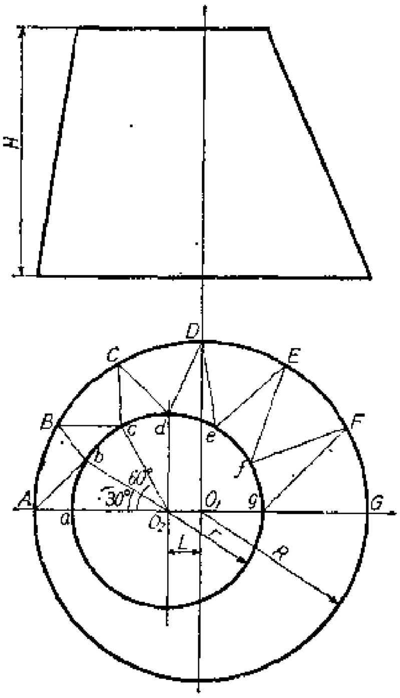


图 1-60

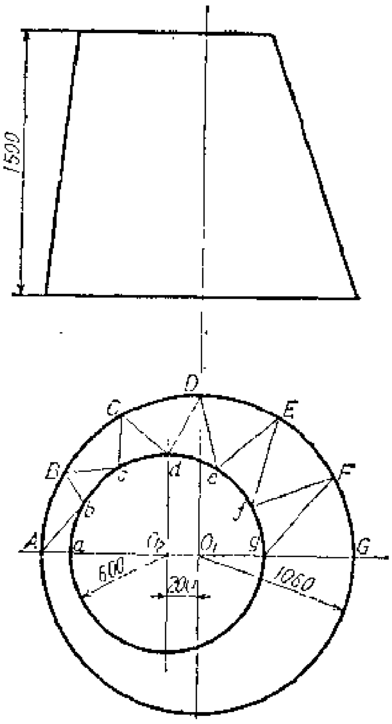


图 1-61

$\overline{cC}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.5-(200+600\times0.5)\}^2+(1060\times0.866-600\times0.866)^2}\approx1552.3$

$\overline{Cd}$的实长线$=\sqrt{1500^2+(1060\times0.5-200)^2+(1060\times0.866-600)^2}\approx1568.4$

$\overline{dD}$的实长线$=\sqrt{1500^2+200^2+(1060-600)^2}\approx1581.6$

$\overline{De}$的实长线$=\sqrt{1500^2+(600\times0.5-200)^2+(1060-600\times0.866)^2}\approx1597.5$

$\overline{eE}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.5-(600\times0.5-200)\}^2+(1060\times0.866-600\times0.866)^2}\approx1610.5$

$\overline{Ef}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.5-(600\times0.866-200)\}^2+(1060\times0.866-600\times0.5)^2}\approx1635.9$

$\overline{fF}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.866-(600\times0.866-200)\}^2+(1060\times0.5-600\times0.5)^2}\approx1631.2$

$\overline{Fg}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060\times0.866-(600-200)\}^2+(1060\times0.5)^2}\approx1673.1$

$\overline{gG}$的实长线$=\sqrt{1500^2+\{1060-(600-200)\}^2}\approx1638.8$

求出实长线后，即可画出如图1-62所示的展开图。首先，令$\overline{gG}$的实长线为$\overline{g_0G_0}$。然后，以g_0为圆心、$\overline{Fg}$的实长线为半径画弧；再以G_0为圆心、$\overline{GF}$的实长线为半径画弧，其交点为F_0。以F_0为圆心、$\overline{fF}$的实长线为半径画弧，再以g_0为圆心、$\overline{gf}$的实长线为半径画弧，其交点为f_0。下面，用同样方法求出其他交点，用圆滑的曲线连接各交点后，即画出所求的展开图。

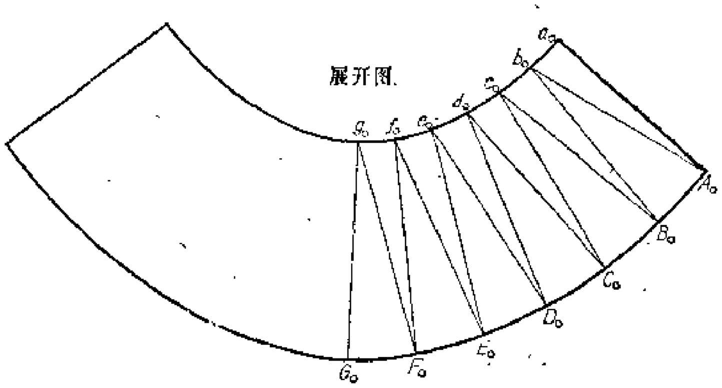


图 1-62

§6 斜圆锥的计算

如图1-63所示，试通过计算求出顶点O_2与底圆中心距为$(R+L)$的斜圆锥展开图。正如从俯视图上可以看到的那样，该斜圆锥以水平中心线为基轴上下对称，所以可以只画出单侧展开图。

首先，把底圆O_1进行12等分，求出连结各等分点和顶点线段的实长线。即：采用下列公式求出$\overline{0O_2}$，$\overline{1O_2}$……$\overline{6O_2}$的实长线。

$\overline{0O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(2R+L)^2}$

$\overline{1O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(R+L+R\cos30^\circ)^2+(R\sin30^\circ)^2}$

$\overline{2O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(R+L+R\cos60^\circ)^2+(R\sin60^\circ)^2}$

$\overline{3O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(R+L)^2+R^2}$

$\overline{4O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(L+R-R\cos60^\circ)^2+(R\sin60^\circ)^2}$

$\overline{5O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+(L+R-R\cos30^\circ)^2+(R\sin30^\circ)^2}$

$\overline{6O_2}$的实长线$=\sqrt{H^2+L^2}$

求出实长线后，可以按照上面介绍过的方法画出展开图。

例题13 如图1-64所示，已知：$R=850$mm、$L=200$mm、$H=1800$mm，试通过计算求出斜圆锥展开图。

解 把已知条件代入上面介绍的公式，求出$\overline{0O_2}$，$\overline{1O_2}$……$\overline{6O_2}$的实长线。

$\overline{0O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(2\times850+200)^2}\approx2617.3$(mm)

$\overline{1O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(850+200+850\times0.866)^2+(850\times0.5)^2}\approx2571.1$ (mm)

$\overline{2O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(850+200+850\times0.5)^2+(850\times0.866)^2}\approx2440.8$(mm)

$\overline{3O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(850+200)^2+850^2}\approx2250.6$(mm)

$\overline{4O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(200+850-850\times0.5)^2+(850\times0.866)^2}\approx2042.7$(mm)

$\overline{5O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+(200+850-850\times0.866)^2+(850\times0.5)^2}\approx1875.9$(mm)

$\overline{6O_2}$的实长线$=\sqrt{1800^2+200^2}\approx1811.1$(mm)

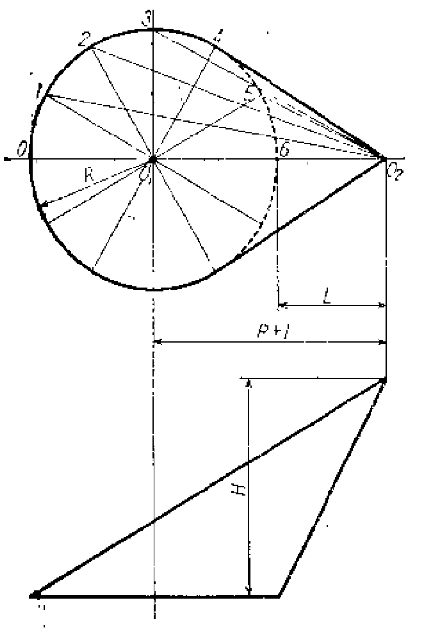


图 1-63

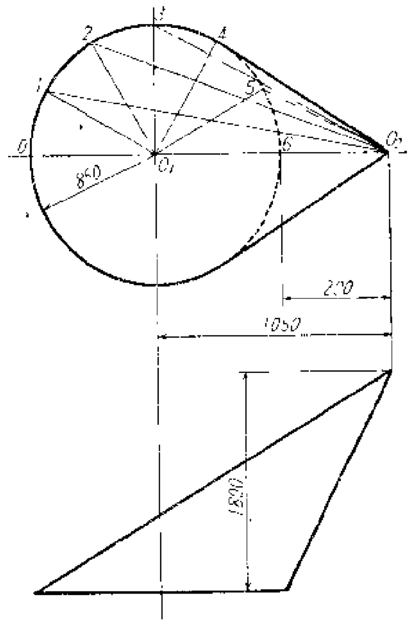


图 1-64

下面，画如图1-65所示的展开图。首先，令$\overline{OO_2}$等于2617.3mm。然后，以O_2为圆心、$\overline{1O_2}$的实长为半径画弧，再以O为圆心、$\overline{O1}$为半径画弧，其交点为1。采用相同方法，分别以O_2为圆心，$\overline{2O_2}$，$\overline{3O_2}$，……，$\overline{6O_2}$的实长为半径画弧，再以$\overline{O1}$为半径画弧，顺次交出2，3，……，6各点。最后，用圆滑曲线连接各点，即画出所求的展开图。

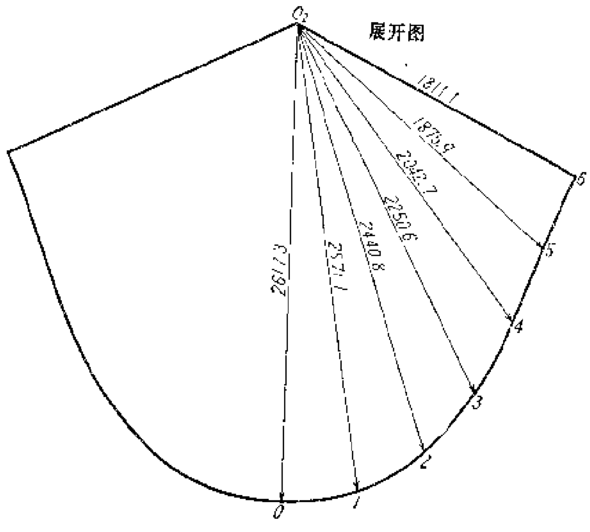
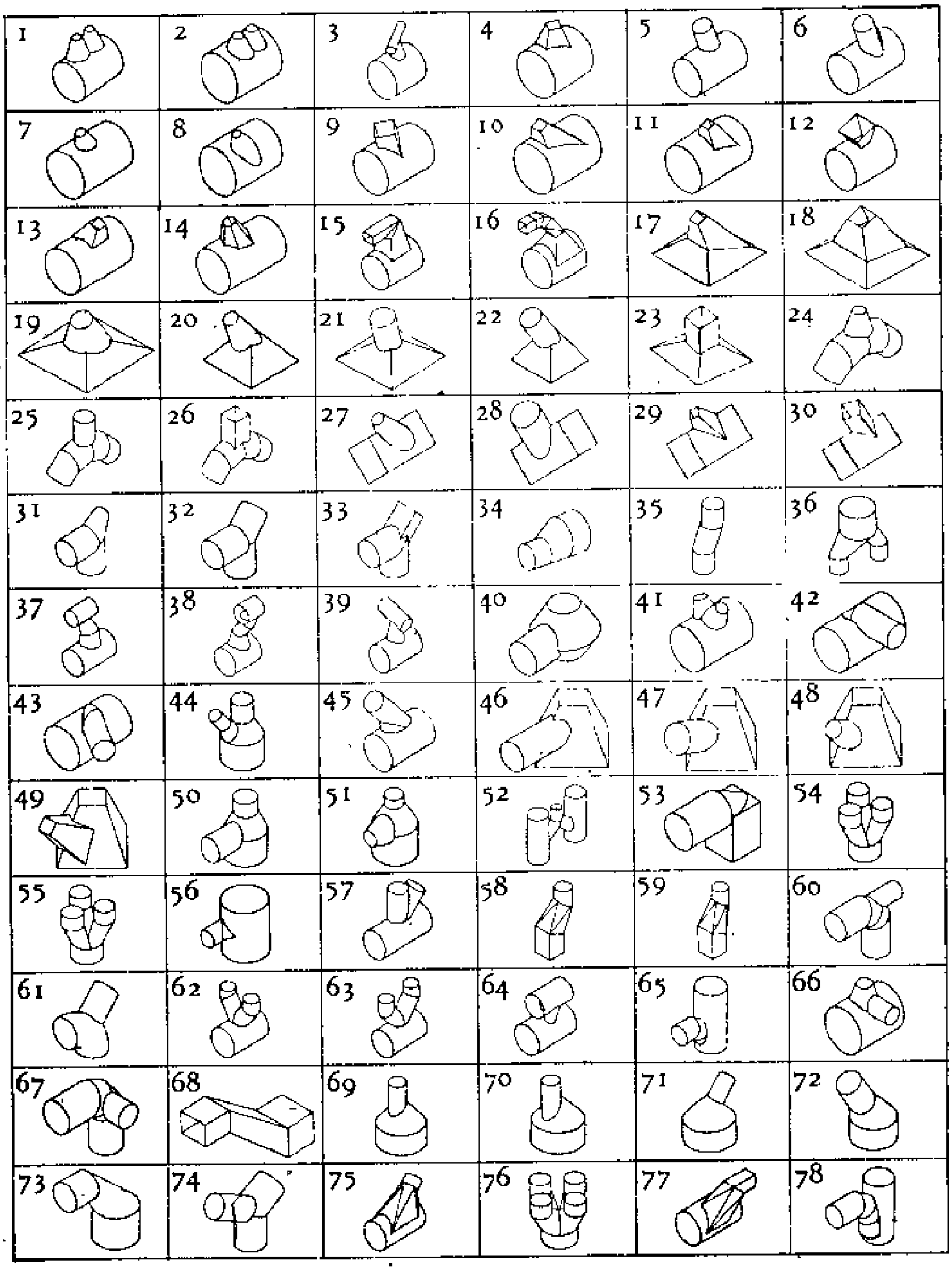


图 1-65

第二部分　典型板金件展开图画法实例



1. 直交于圆筒上的双弯头

如图 2-1-1 所示，试画出连接大圆筒①和小圆筒②的双弯头Ⓐ、Ⓑ部分的展开图。Ⓐ、Ⓑ均为形状相同的正圆锥。尽管下部相互重合，但是由于是直立于大圆筒①之上，因此，该展开图仍然容易画出。下面，参照图 2-1-2 对Ⓐ、Ⓑ部分的展开图画法加以具体说明。首先，讲一下相贯线的正确画法。

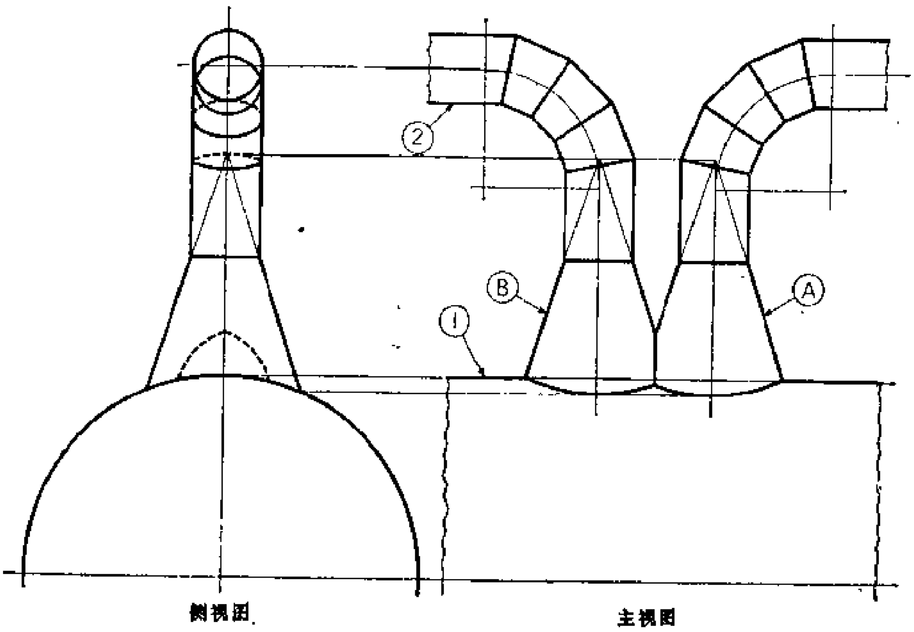


图 2-1-1

相贯线画法

①把以$\overline{AB}$和$\overline{A'B'}$为直径的圆锥的底圆圆周进行 12 等分，从各等分点分别向$\overline{AB}$、$\overline{A'B'}$作垂线，其垂足为 0_0，1_0，2_0，……，6_0和 $0'_0$，$1'_0$，$2'_0$，……，$6'_0$。

②过连接 0_0，1_0，2_0，……，6_0和顶点O的线段与大圆筒①的交点作水平线，该水平线与连接 $0'_0$，$1'_0$，$2'_0$，……，$6'_0$和顶点O'的线段相交，用圆滑的曲线连接各交点。

③ 在Ⓑ上也用同样的方法画出曲线，则两曲线相交于a。把该交点a和Ⓐ、Ⓑ的交点b用直线连接后，即画出粗实线示出的由曲线和直线共同组成的相贯线。

展开图画法

① 画出正圆锥$O'A'B'$的展开图，并且把它进行 12 等分；

② 过连接O'和a'的线段延长线与$\overline{A'B'}$的交点作垂线，该垂线与底圆相交于d；

③ 取d'点，使$\overline{5'd}=\overline{5''d'}$，并且把它和顶点$O'$连接起来。

④ 设$\overline{O'5'_0}$和相贯线的交点为c。

⑤ 过a、b、c和相贯线画法②中求得的各交点作水平线，再以O'为圆心，以各水平线与$\overline{O'A'}$的交点到O'的距离为半径画弧，在正圆锥的展开图上即可交出相对应的各点。由于该板金件以中心线为基轴左右对称，所以在O''上方也应该能够找出相应的各点。用圆滑的曲线连接这些交点（在b'、a'点处折曲）后，即画出展开图。

注：略去了六等分半圆周作图方法的说明，下同。

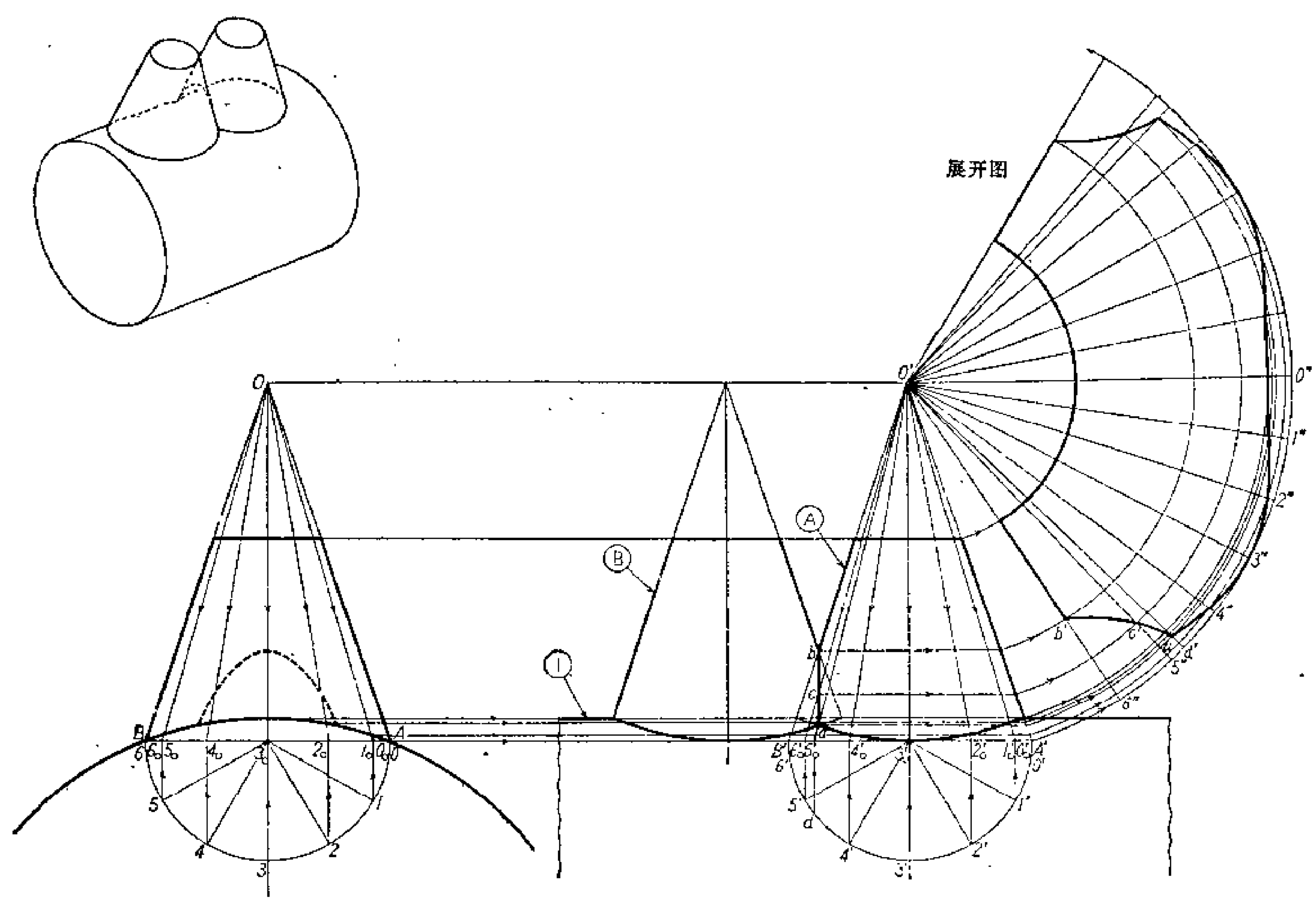


图 2-1-2

2. 垂直于圆筒上的偏心弯头

图 2-2-1 所示为连接大圆筒①和小圆筒②的偏心双弯头结构。由于该双弯头的主视图、侧视图并不是都以中心线为基轴左右对称，因此，它的相贯线、展开图就变得复杂了。在画展开图时，因为只涉及到Ⓐ、Ⓑ的部分，所以把这一部分单独示于图 2-2-2，以利于说明它的展开方法。

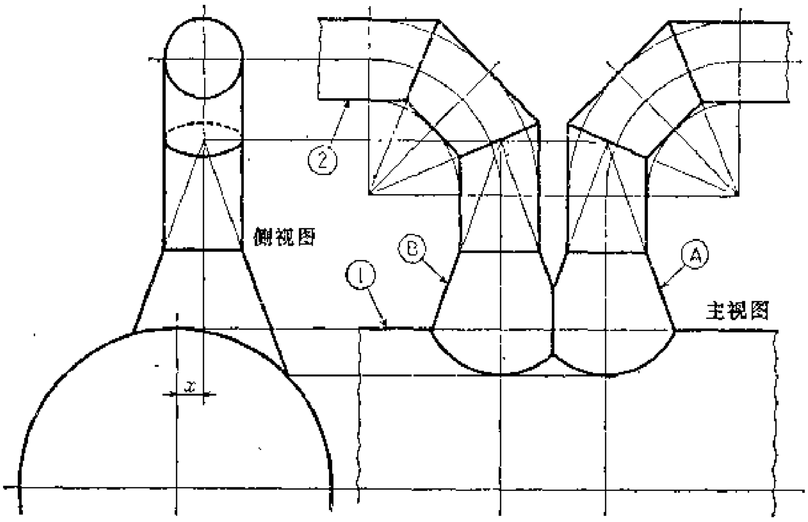


图 2-2-1

相贯线画法

① 把以$\overline{AB}$、$\overline{A'B'}$为直径的底圆圆周进行 12 等分，从各等分点分别向$\overline{AB}$、$\overline{A'B'}$作垂线，其垂足分别为0_0，1_0，2_0，……，12_0和$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$。

② 过连接侧视图上0_0，1_0，2_0，……，12_0和顶点O的线段与大圆筒①的交点作水平线，再把主视图上的$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$各点和顶点O'连接起来，这些线段与水平线相交，最后以圆滑曲线连接各交点。此时，应注意具有对应关系的各交点的位置。例如，$\overline{O5_0}$和大圆筒①的交点在主视图中的位置也应在$\overline{O'5_0'}$上。

③ 采用同样方法，画出Ⓑ部分的曲线，设两曲线的交点为a，即画出主视图中分别以粗实线、虚线示出的相贯线。其中a、b间为直线。

展开图画法

① 画出正圆锥$O'A'B'$的展开图，然后把它 12 等分。

② 过O'、a两点连线的延长线与$\overline{A'B'}$的交点作垂线，该垂线与底圆交于e点。

③ 过O'和d（虚线示出的Ⓐ、Ⓑ相贯线的交点）两点连线的延长线与$\overline{A'B'}$的交点作垂线，该垂线与底圆交于f点。并且，$\overline{O'1_0'}$和相贯线交于c点。

④ 取e'、f'两点，使$\overline{1'e}=\overline{1''e'}$、$\overline{11'f}=\overline{11''f'}$，把这两点分别与顶点$O'$连接起来。

⑤ 过a、b、c、d各点和相贯线画法②中求得的交点作水平线，再以O'为圆心、以各水平线与$\overline{O'A'}$的交点到O'的距离为半径画弧，在等分线上找出相对应的各点。

⑥ 用圆滑的曲线（在a'、b'、d'各点处折曲）连接上述各点后，即画出展开图。

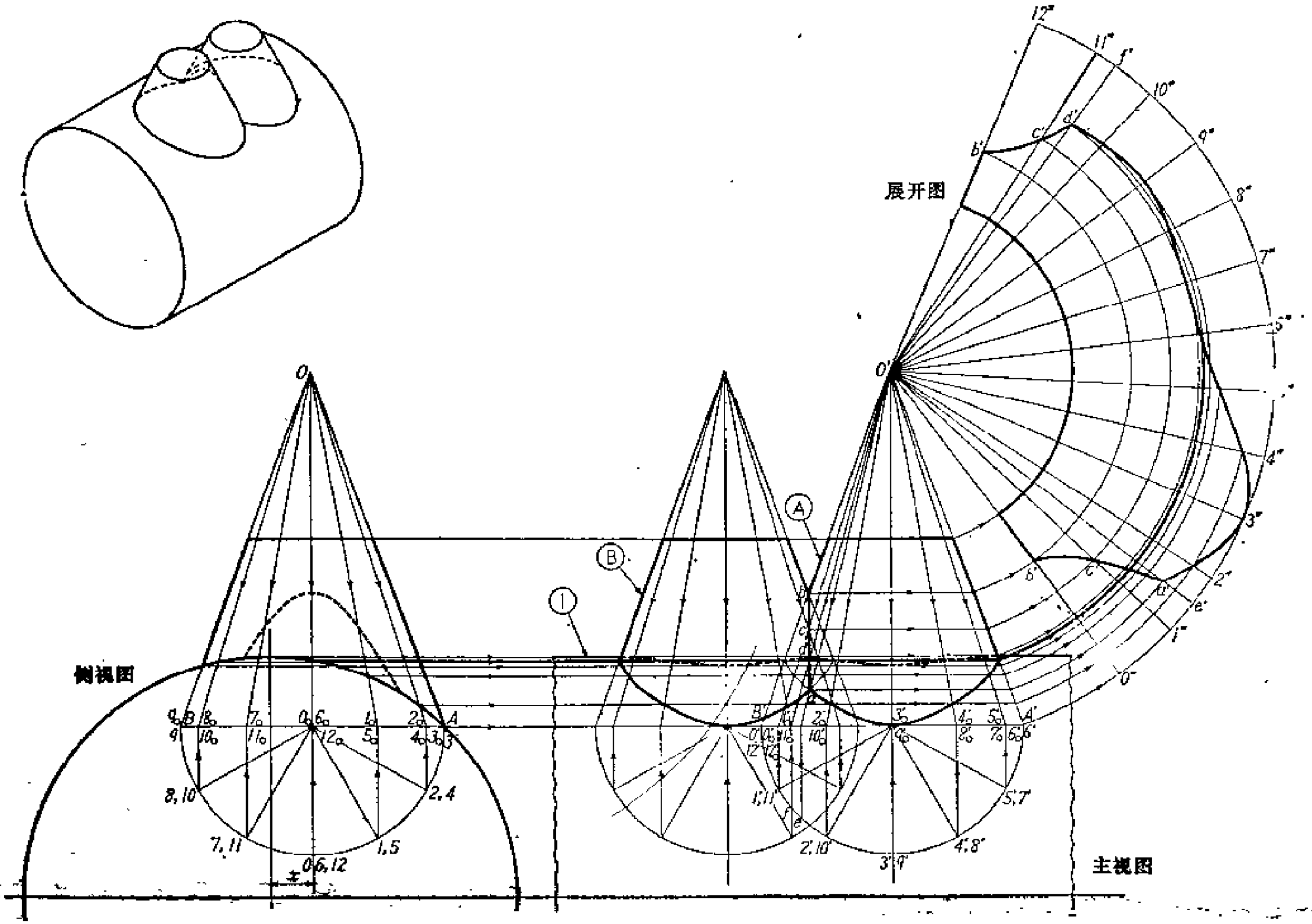


图 2-2-2

3. 垂直连接水平扭转30°异径圆筒的正圆锥筒

试画出图 2-3-1 所示的垂直连接水平扭转 30° 异径圆筒的正圆锥筒展开图。如俯视图所示，该板金件的特点是：小圆筒轴线对于大圆筒轴线扭转了 30°。这种结构的展开图看起来似乎难画，但是实际上也是极简单的。首先，如图 2-3-2 所示，画出互相平行、无扭转状态的大圆筒和小圆筒相贯线。然后，在展开图上把圆锥下部的轮廓线ⓐ和上部轮廓线ⓑ的相互位置变动 30° 即可。

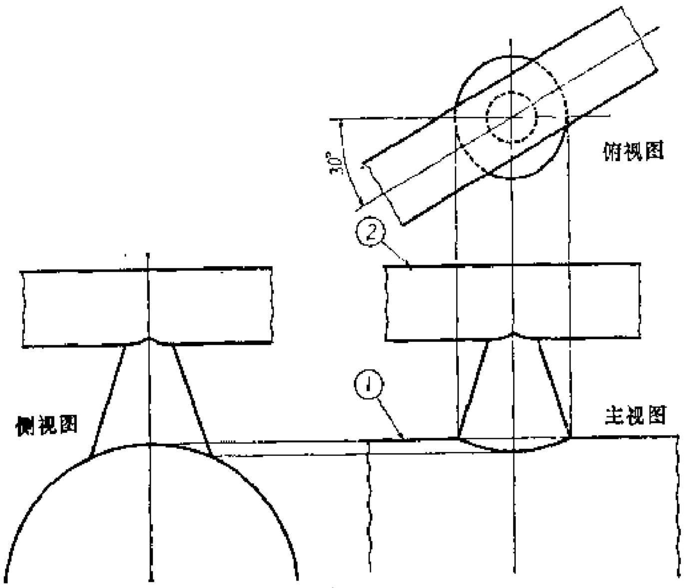


图 2-3-1

相贯线画法

① 把以$\overline{AB}$和$\overline{A'B'}$为直径的底圆圆周 12 等分，从各等分点向$\overline{AB}$和$\overline{A'B'}$作垂线，其垂足分别为 0_0, 1_0, 2_0, ……, 6_0和 $0_0'$, $1_0'$, $2_0'$, ……, $6_0'$。

② 过 0_0, 1_0, 2_0, ……, 6_0和顶点O的连线与六圆筒①、小圆筒②的交点作平行线，把各平行线与 $0_0'$, $1_0'$, $2_0'$,……, $6_0'$和顶点O'连线的交点用圆滑的曲线连接后，即画出相贯线。

展开图画法

① 画出正圆锥$O'A'B'$的展开图，并把它 12 等分。

② 过画相贯线时求得的交点作平行线，则各平行线分别与$\overline{O'A'}$相交，再以O'为圆心、各交点到O'点的距离为半径画弧，又分别与$\overline{O'0''}$, $\overline{O'1''}$, $\overline{0'2''}$,……, $\overline{O'6''}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出正圆锥下部的轮廓线ⓐ。

③ 正圆锥上部的轮廓线ⓑ的画法和ⓐ相同。但是，在$\overline{O'O''}$上应找出$\overline{O'1_0'}$和相贯线交点对应的点，在$\overline{O'4''}$上，应找出$\overline{O'3_0'}$和相贯线交点对应的点。其他各点也相应变动 30°。最后，用圆滑的曲线连接各点，即画出正圆锥上部轮廓线ⓑ。

④ 把这样求出的展开图（图 2-3-2③）剪下，笼圆，即成为如图 2-3-1 所示的垂直连接水平扭转 30° 异径圆筒的正圆锥筒。

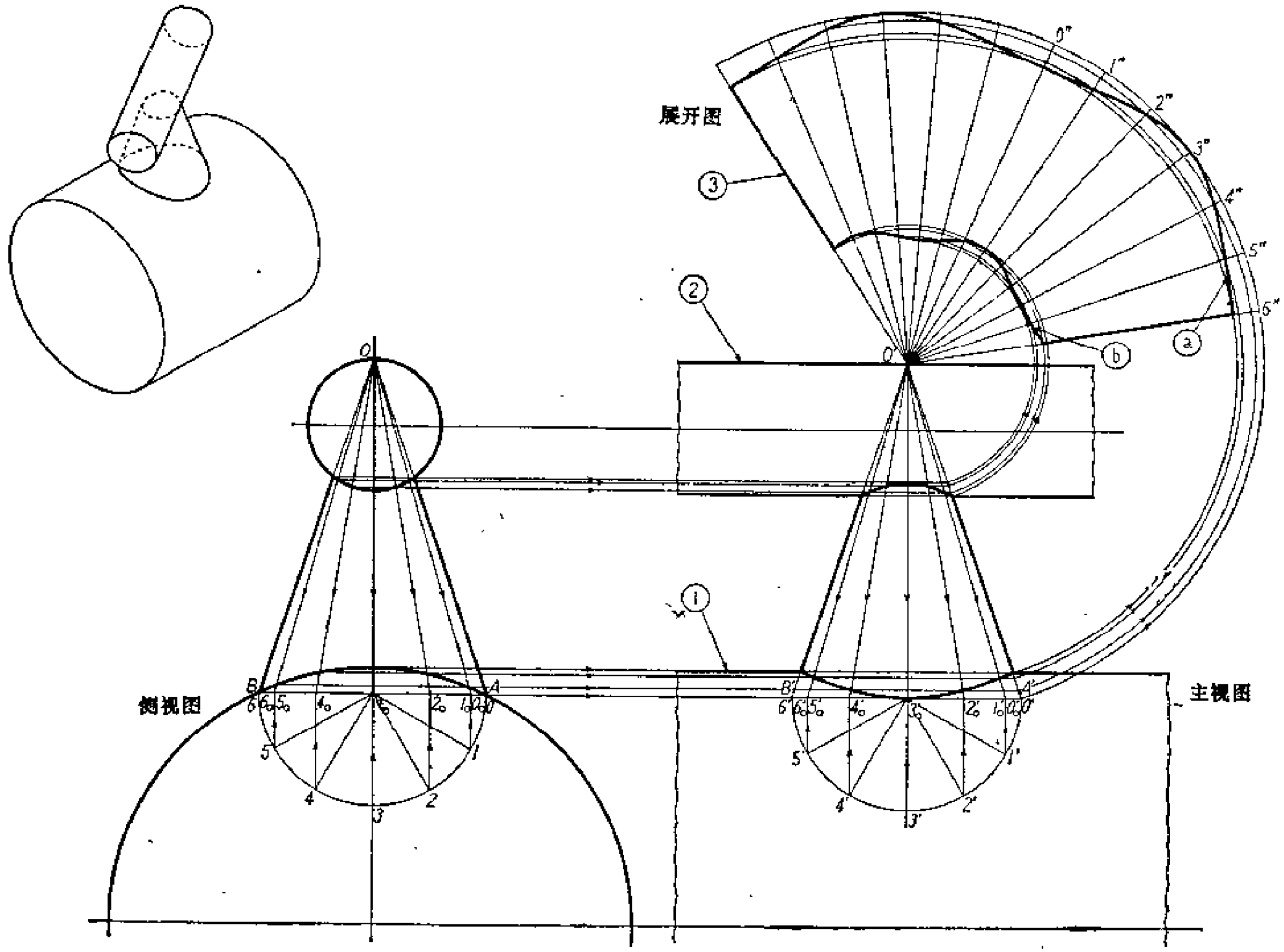


图　2-3-2

4. 扭转15°直交于圆筒上的方锥筒

试画出图 2-4 所示的扭转 15°直交于圆筒上的方锥筒展开图。如图所示，由于形成该板金件的四个平面互相对合的部分形状相同，因此，只要画出形状不同的两个表面，就可以了解整个展开图了。

相贯线画法

① 在俯视图上，把正方锥O''的底边$\overline{A''B''}$和$\overline{B''C''}$四等分，并且把各等分点和顶点O''连接起来。

② 把等分线向主视图、侧视图上投影。

③ 在侧视图上，过这些等分线和圆筒的交点作平行线，把它和主视图上各对应的等分线的交点用圆滑曲线连接后，即画出图中实线示出的相贯线。用虚线示出的对侧相贯线和从内侧看到的用实线示出的相贯线相同。

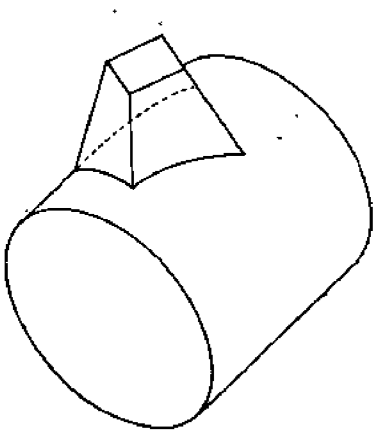
展开图画法

① 在俯视图上，过以O''为圆心，$\overline{O''A''}$为半径画弧与水平中心线的交点作垂线。如果该垂线与$\overline{A'C'}$的延长线交点为A_0，则$\overline{O'A_0}$即为$\overline{O''A''}$的实长线。

② 以O'为圆心，$\overline{O'A_0}$为半径画弧，并且使$\overline{A''B''}=\overline{A''_0B''_0}=\overline{B''_0C''_0}$。

③ 把$\overline{A''_0B''_0}$和$\overline{B''_0C''_0}$均四等分，然后与顶点O'连接起来。在这些线段上，找出画相贯线时求得的交点，即可求出各实长线。例如，找到a点时，即求出$\overline{O'a}$的实长线。同样，在俯视图上，过以$\overline{O''a''}$画弧和水平中心线的交点作垂线，如果与$\overline{A'C'}$的交点为a_0，则$\overline{O'a_0}$即为$\overline{O'a'}$的实长线。以O'为圆心、O'点到过a点所作水平线与$\overline{O'a_0}$的交点间的长度为半径画弧，求出与$\overline{O'a'_0}$的交点。该点即为展开图轮廓线上的一点。

④ 把用这种方法求得的其他各点用圆滑的曲线连接起来后，即画出方锥筒下部的轮廓线。



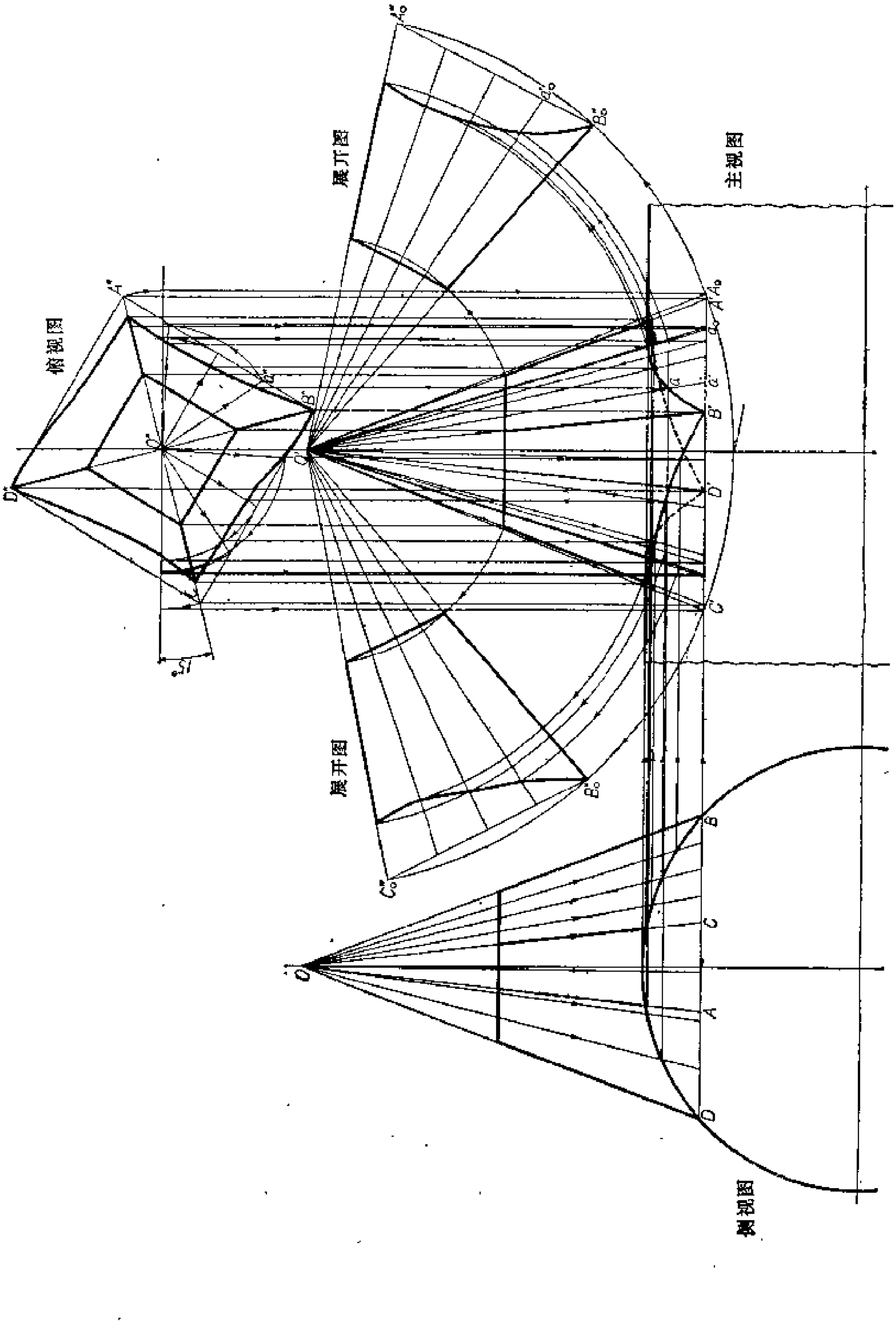


图 2-4

5. 在圆筒上斜交的圆筒

图 2-5 示出了在大圆筒Ⓐ上斜交的小圆筒Ⓑ的板金展开图。从侧视图上可知，由于Ⓐ和Ⓑ的中心线重合，因此其相贯线和展开图均左右对称。这样，能够极容易地进行作图。

相贯线画法

① 把圆O_1和O_2 12等分，则各等分点分别为 0， 1， 2，……，12和 0′，1′，2′，……，12′。

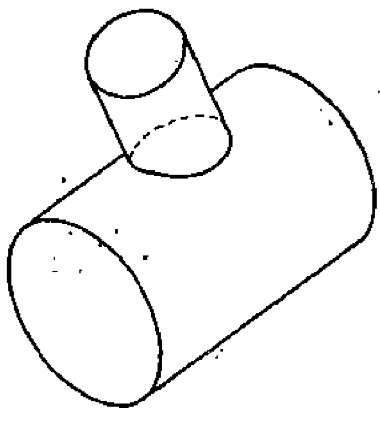
② 过点 0， 1， 2，……，12作对于斜交圆筒中心线的平行线，过与大圆筒Ⓐ的交点作水平线。

③ 过点 0′， 1′， 2′，……，12′作对于斜交圆筒中心线的平行线，则与②画出的水平线交于 0″， 1″， 2″，……，12″各点。用圆滑的曲线连接上述各点后，即画出相贯线。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取和小圆筒Ⓑ的周长相等的线段，并且将其 12 等分。令其等分点为$0''_0$，$1''_0$，$2''_0$，……，$12''_0$。

② 过点 0″，1″，2″，……，12″作对于$\overline{AB}$的平行线，与过点$0''_0$，$1''_0$，$2''_0$，……，$12''_0$所作的垂线相交。用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图。



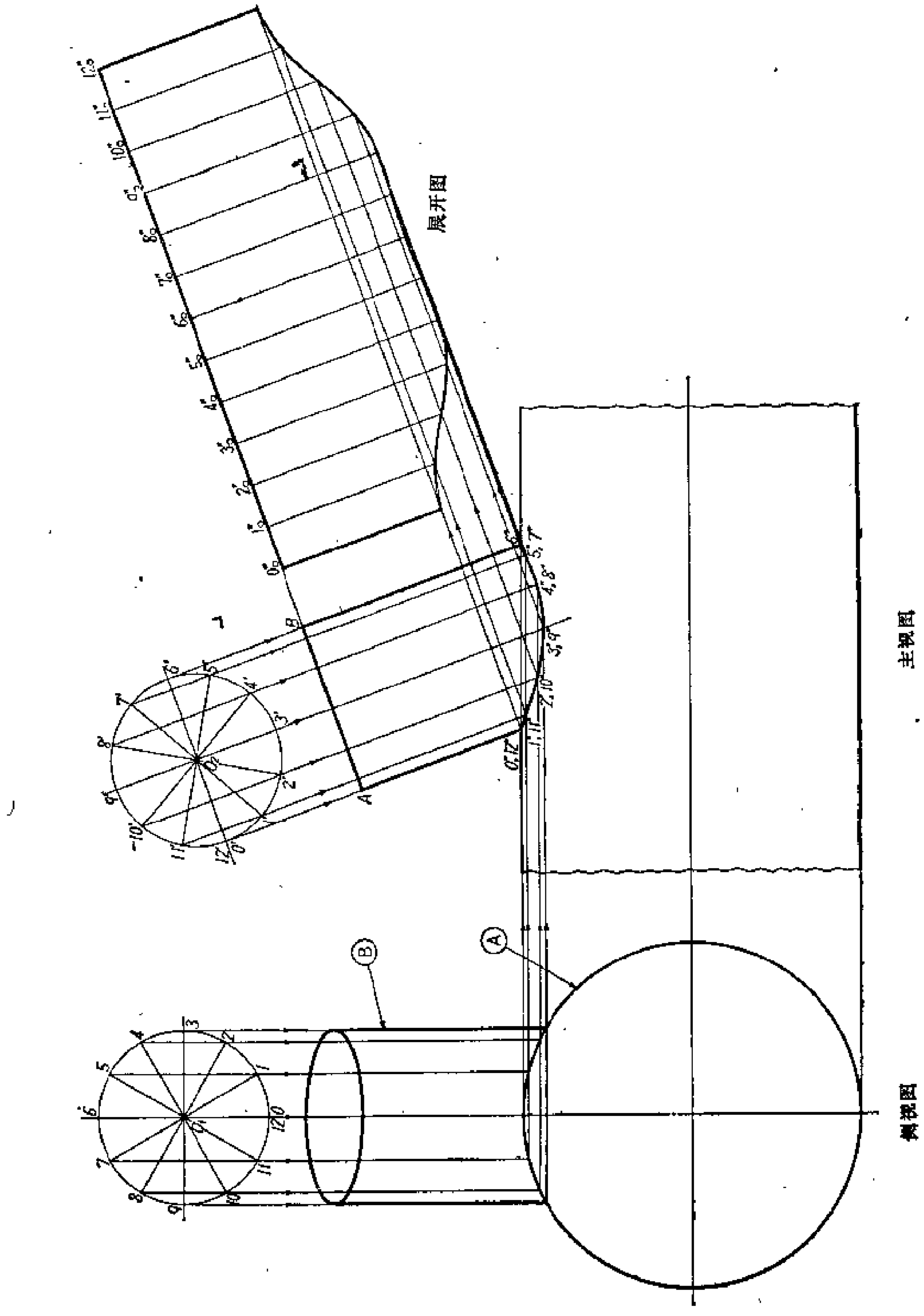


图 2-5

6. 圆筒上中心线不重合的斜交圆筒

图 2-6 示出了在大圆筒Ⓐ上斜交小圆筒Ⓑ的展开图，其侧视图上Ⓐ和Ⓑ中心线不重合。该展开图的画法与中心线重合者相同。但是，由于相贯线和展开图并非左右对称，因此应引起特殊注意。

相贯线画法

① 把圆 O_1和O_2 12等分，则各分点分别为 0， 1， 2， ……， 12 和 0′，1′，2′，……， 12′。

② 过点 0，1， 2，……， 12对于斜交的圆筒中心线作平行线，过与大圆筒Ⓐ的交点作水平线；

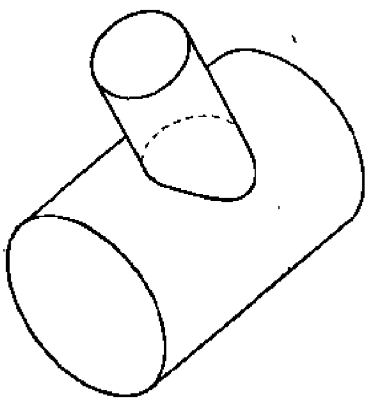
③ 过点 0′， 1′， 2′，……， 12′对于斜交的圆筒中心线作平行线，与②中作的水平线相交，其交点为 0″、 1″、 2″……12″。

④ 用圆滑的曲线连接 0″， 1″， 2″，……， 12″，即画出相贯线。其中 0″6″段为虚线。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取等于小圆筒Ⓑ的周长的线段，并将其 12 等分。令各等分点为$0''_0$，$1''_0$，$2''_0$，……，$12''_0$。

② 过点 0″， 1″， 2″，……， 12″对于$\overline{AB}$作平行线，与过点$0''_0$，$1''_0$，$2''_0$，……，$12''_0$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求的展开图。



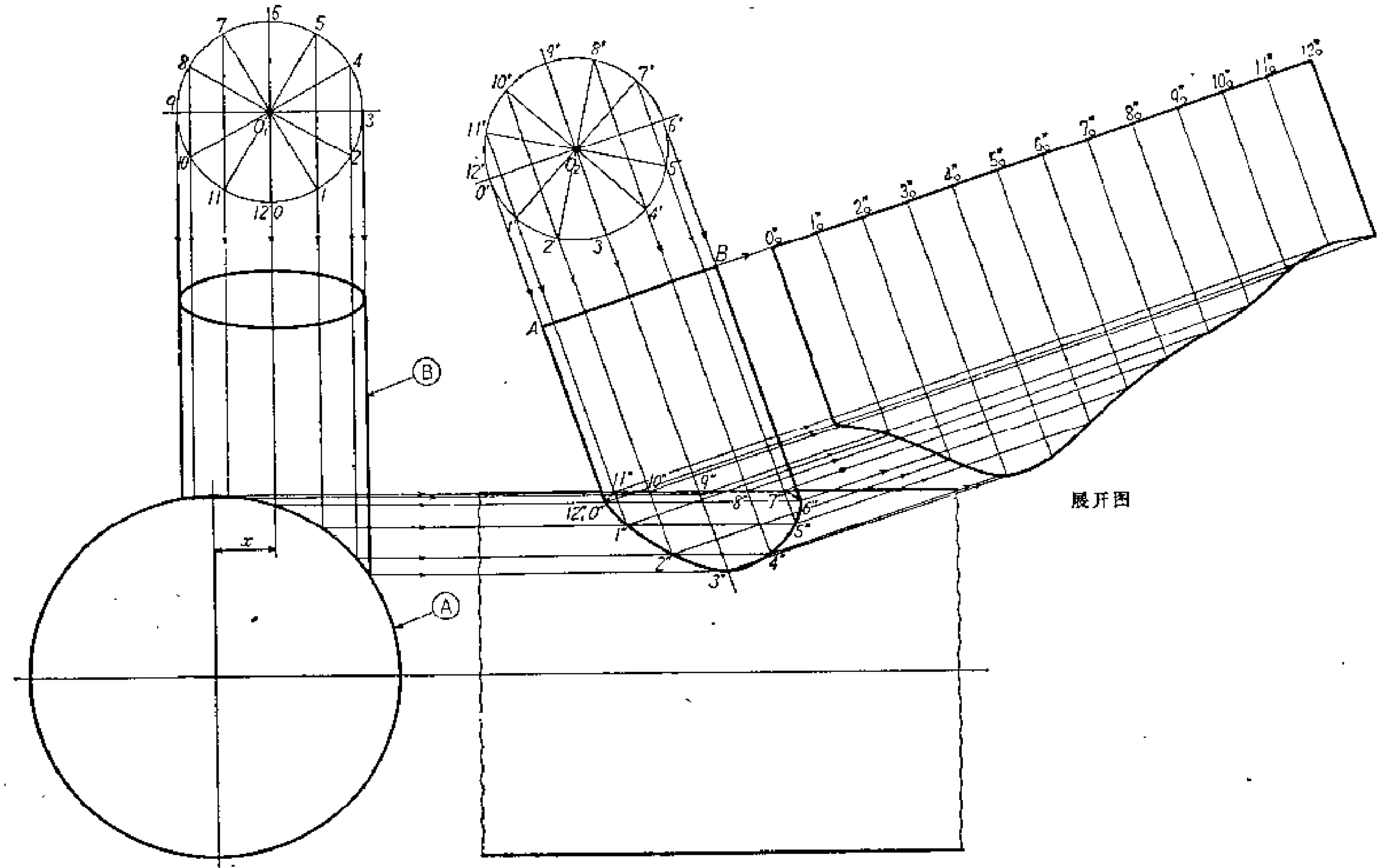


图 2-6

7. 圆筒上的斜交圆锥

一般地讲，圆锥的展开图画法难于圆筒。由于作图线多，所以应慎重求其交点。下面，首先介绍图 2-7 示出的圆筒上斜交圆锥展开图的画法。

相贯线画法

① 设底圆直径为$\overline{A'B'}$的正圆锥 $O_2A'B'$。$\overline{O_2A'}$为不等于相贯线的任意长度线段；

② 把以$\overline{A'B'}$为直径的圆 12 等分，过各等分点向$\overline{A'B'}$作垂线，作各垂足和顶点O_2的连线；

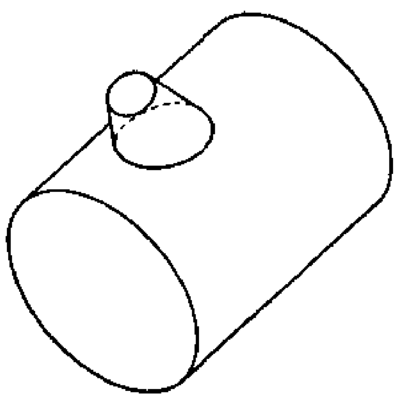
③ 正圆锥$O_2A'B'$的侧视图为O_1AB。在该椭圆状的底圆轮廓线上交出 12 等分的等分点。其方法为：把以$\overline{AB}$为直径的半圆 6 等分，由各等分点向$\overline{AB}$作垂线，并且将垂线适当延长。此时，与底圆轮廓线上的交点0_0，1_0，2_0，……，12_0即为所求的各点（由主视图上相应点在$A'B'$上的垂足作水平线而得交点）；

④ 把0_0，1_0，2_0，12_0各点和顶点O_1连接起来，过这些连线与圆筒的交点作水平线，与②中作的与顶点O_2的连线相交，其交点为$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$。把这些交点用圆滑的曲线连接起来，即为所求的相贯线。

展开图画法

① 以O_2为圆心、$\overline{O_2B}$为半径画弧，画出正圆锥$O_2A'B'$的展开图。同时，把弧12等分，设各等分点为$0_0''$，$1_0''$，$2_0''$，……，$12_0''$。

② 过点$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$作$\overline{A'B'}$的平行线，以O_2为圆心，过与$\overline{O_2B'}$的交点画弧，这些弧与相应的$\overline{O_20_0''}$，$\overline{O_21_0''}$，$\overline{O_22_0''}$，……，$\overline{O_212_0''}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图。



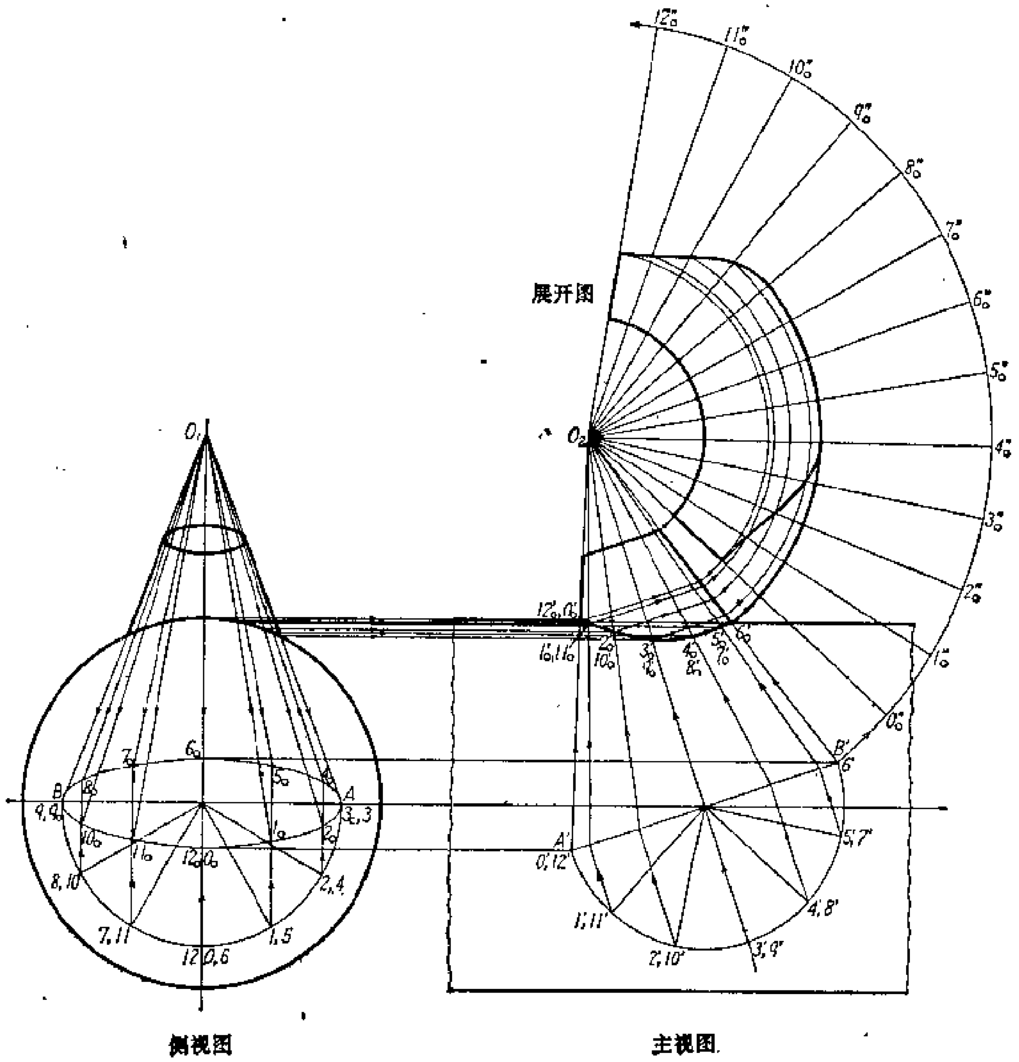


图 2-7

8．圆筒上中心线不重合的斜交圆锥

图 2-8 示出了圆筒上斜交圆锥的展开图，其侧视图上中心线距离为 x。该板金件的相贯线和展开图更加复杂。但是，其画法与中心线重合者完全相同。

相贯线画法

① 把正圆锥$O_2A'B'$的底圆 12 等分，从各等分点向$\overline{A'B'}$作垂线，把各垂足与顶点O_2连接起来。

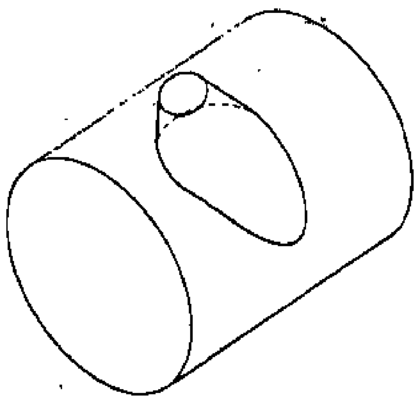
② 把该正圆锥向侧视图上投影，即求得图形O_1AB。在该椭圆的底圆上，交出 12 等分的各点。其方法为：把以$\overline{AB}$为直径的半圆 6 等分，从各等分点向$\overline{AB}$作垂线。其垂线的延长线与底圆轮廓线的交点即为所求的点。把各等分点和主视图上编号对应地确定为0_0，1_0，2_0，……，12_0（由于该板金件并非左右对称，因此相贯线和展开图也不对称，应注意使主视图和侧视图上的等分点正确地对应）。

③ 把点0_0，1_0，2_0，……，12_0和顶点O_1连接起来，过这些连线与圆筒的交点作水平线，与①中作的与顶点O_2的连线相交，其交点为$0'_0$，$1'_0$，$2'_0$，……，$12'_0$。用圆滑曲线连接这些交点，即画出相贯线。

展开图画法

① 以O_2为圆心、$\overline{O_2B'}$为半径画弧，画出正圆锥$O_2A'B'$的展开图。同时，将其 12 等分，设各等分点为$0''_0$，$1''_0$，$2''_0$，……，$12''_0$；

② 过点$0'_0$，$1'_0$，$2'_0$，……，$12'_0$作$\overline{A'B'}$的平行线，以O_2为圆心、过与$\overline{O_2B}$的交点画弧，这些弧与相应的$\overline{O_20''_0}$，$\overline{O_21''_0}$，$\overline{O_22''_0}$，……，$\overline{O_212''_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图。



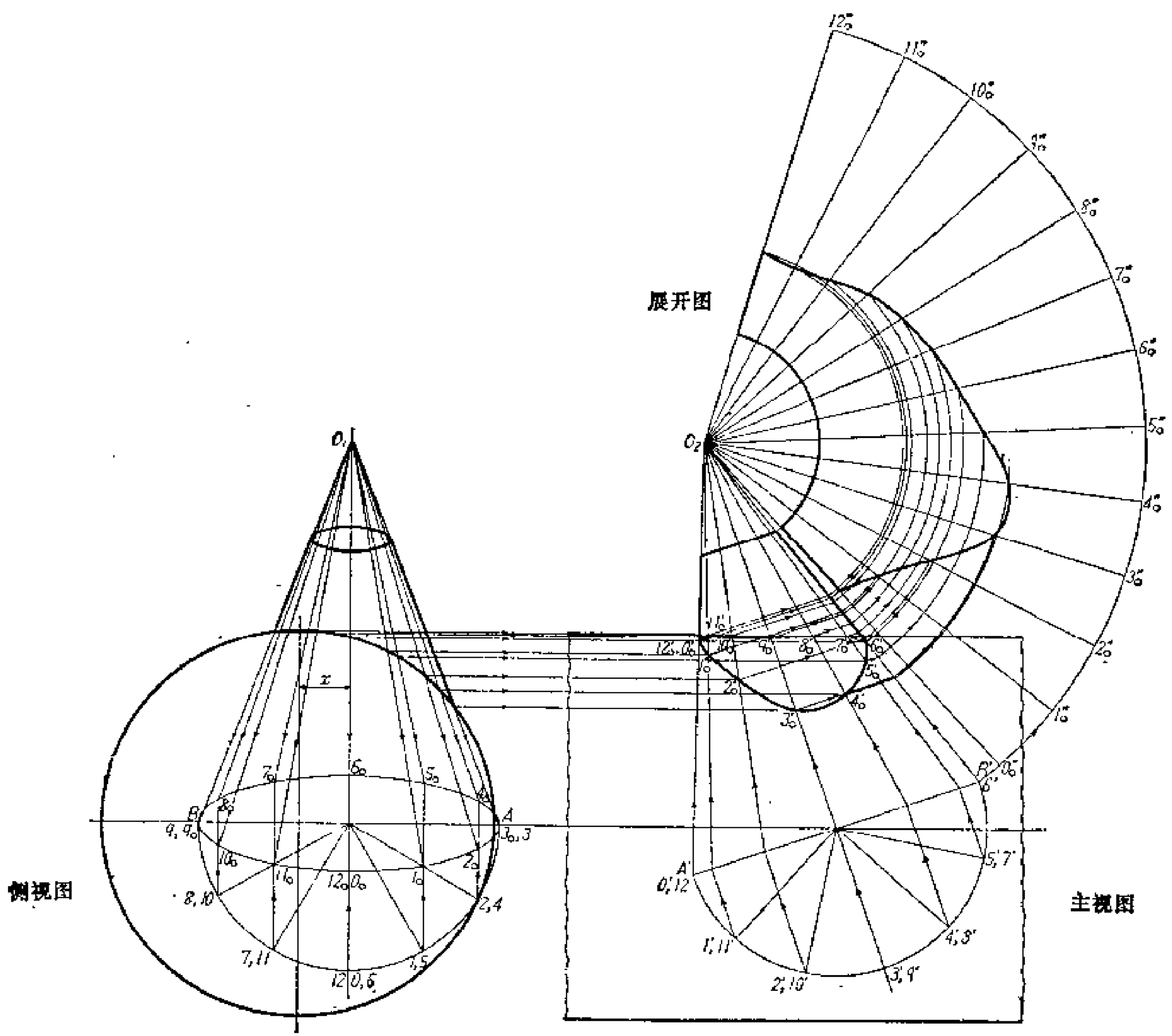


图 2-8

9. 圆筒上的斜交方棱筒

图 2-9 示出了圆筒上斜交方棱筒的板金件展开图。在该相贯体上，由于圆筒和方棱筒的中心线重合，因此求出单侧的一半相贯线和展开图即可。同时，也可以把方棱筒的展开方法和圆筒同样看待，所以，作图就比较容易了。

相贯线画法

① 把$\overline{AB}$和$\overline{A'B'}$ 4 等分（也可以把直角 4 等分。但是，采用把边长 4 等分的方法作图简便，精度也高），其等分点分别为 0，1，2，3，4 和0′，1′，2′，3′，4′。

② 过点 0，1，2，3，4 向$\overline{B_0D_0}$作垂线，过垂线延长线与圆筒的交点作水平线，过点0′，1′，2′，3′，4′向$\overline{A_0'C_0'}$作垂线，与其延长线相交（交点为 0″，1″，2″，3″，4″），用圆滑曲线连接各交点，即画出$A''B''$间的相贯线。

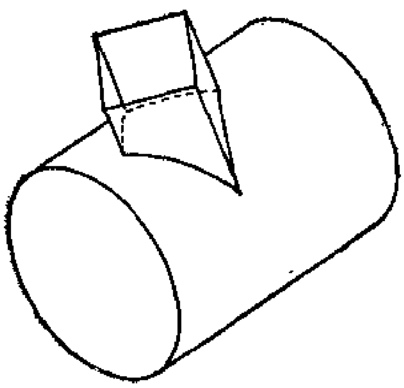
③ $B''C''$间的相贯线也可以采用同样方法画出。

展开图画法

① 设一线段$\overline{A_0''B_0''}$，使$\overline{A_0''B_0''}=\overline{A'B'}$。将$\overline{A_0''B_0''}$ 4 等分。设各等分点为 $0_0''$，$1_0''$，2_0，3_0，$4_0''$。

② 在点$0_0''$，$1_0''$，$2_0''$，$3_0''$，$4_0''$处作垂线，与过 0″，1″，2″，3″，4″ 对$\overline{A_0'C_0'}$所作的平行线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图Ⓐ。

③ 采用上述方法画出展开图Ⓑ。



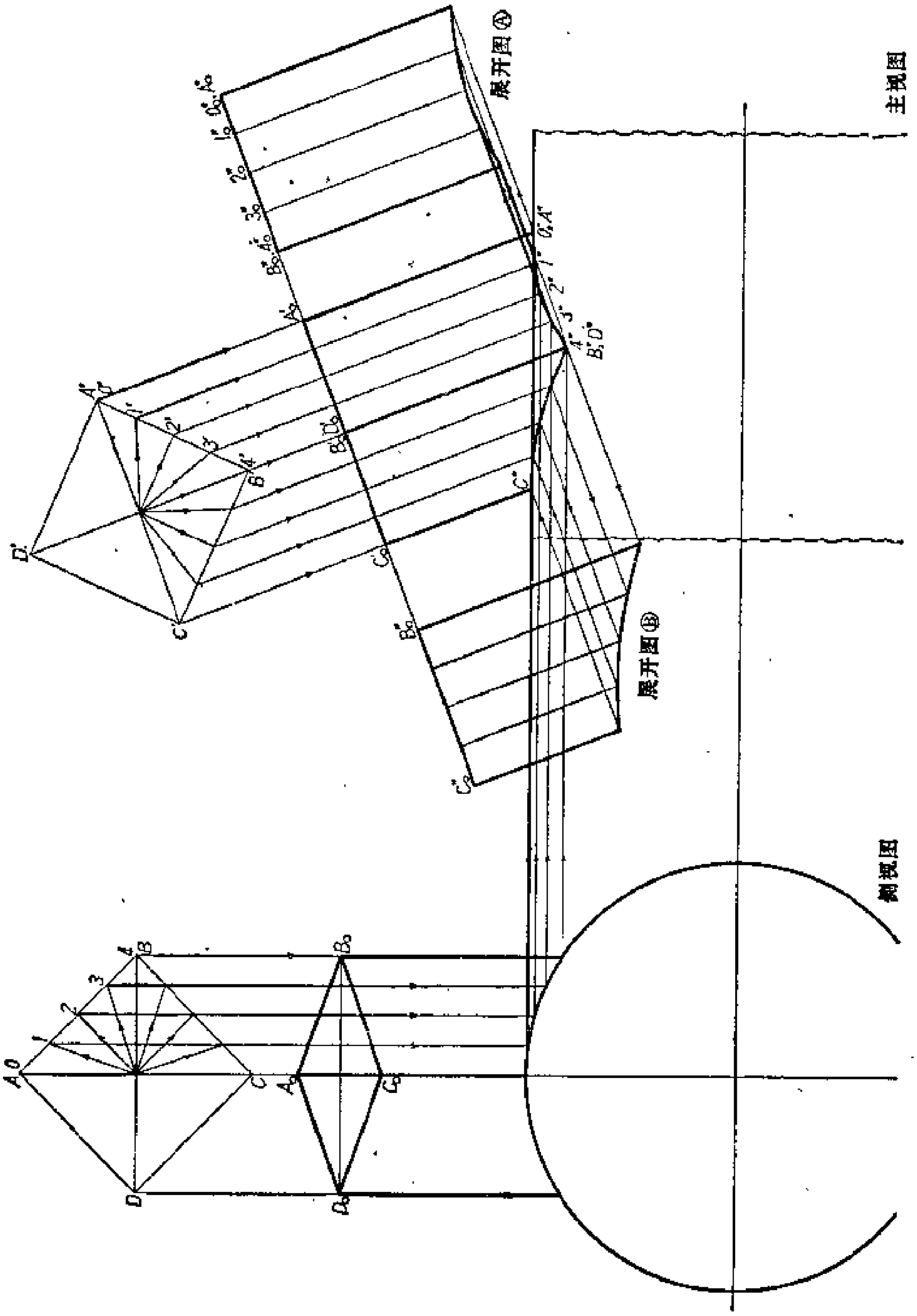


图 2-9

10．圆筒上的斜交方棱锥

图 2-10 示出了圆筒上斜交的方棱锥板金件展开图。通常，棱锥的展开方法要比棱筒难。下面，首先讲述斜交的方棱锥对于圆筒中心线重合时的棱锥展开图画法。

相贯线画法

① 把构成方棱锥一侧底边的$\overline{E'I'}$ 8 等分，把各等分点和顶点O_1连接起来。

② 把该等分线同时向俯视图和侧视图投影。

③ 在侧视图上，过$\overline{O_20''}$，$\overline{O_21''}$，$\overline{O_22''}$，……，$\overline{O_28''}$与圆筒的交点作水平线，与主视图上的$\overline{O_10'}$，$\overline{O_11'}$，$\overline{O_12'}$，……，$\overline{O_18'}$相交，将其交点（$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$8_0'$）用圆滑曲线连接起来，即画出了主视图上的相贯线。

④ 过③中求得的交点作垂线，与$\overline{O0}$，$\overline{O1}$，$\overline{O2}$，……，$\overline{O8}$相交，用圆滑曲线连接各交点（0_0，1_0，2_0，……，8_0）即画出俯视图上的相贯线。

⑤ 此外，过主视图上的E'、a'、F'，b'作垂线，求出俯视图上的H、a、E和G、b、F各点，用圆滑曲线连接这些点，即求出俯视图上的相贯线HaE和GbF。

展开图画法

（c）$ABFE$实形的求法：

① 以俯视图的E点为圆心、过0_0，1_0，2_0，……，8_0各点画弧，与过E点所作的水平线相交，过交点向主视图作垂线。

② 求出与过主视图的A'、B'和$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$8_0'$所作的水平线的交点，则A_0，B_0，$8_0''$，$7_0''$，$6_0''$，……，$0_0''$所构成的图形即为$ABFE$的实形。

（b）$BCGF$实形的求法：

① 过B'、b'、F'作$\overline{B'F'}$的垂线，在其线上设定B_0'，C_0'，F_0'，G_0'各点，使$\overline{B_0'C_0'}=\overline{BC}$、$\overline{FG}=\overline{F_0'G_0'}$。

② 在$\overline{F_0'G_0'}$的中点作垂线，在该垂线上求出与b'对应的b_0点。

③ $B_0'C_0'G_0'b_0F_0'$所构成的图形即为$BCGF$的实形。

（c）$ADHE$实形的求法：

① 以A'点为圆心、过E'、a'画弧，与过A'所作的水平线相交，过交点作垂线。

② 与过H、a、E点对中心线所作的平行线相交，得交点H_0，a_0，E_0，则$ADH_0a_0E_0$所构成的图形即为$ADHE$的实形。

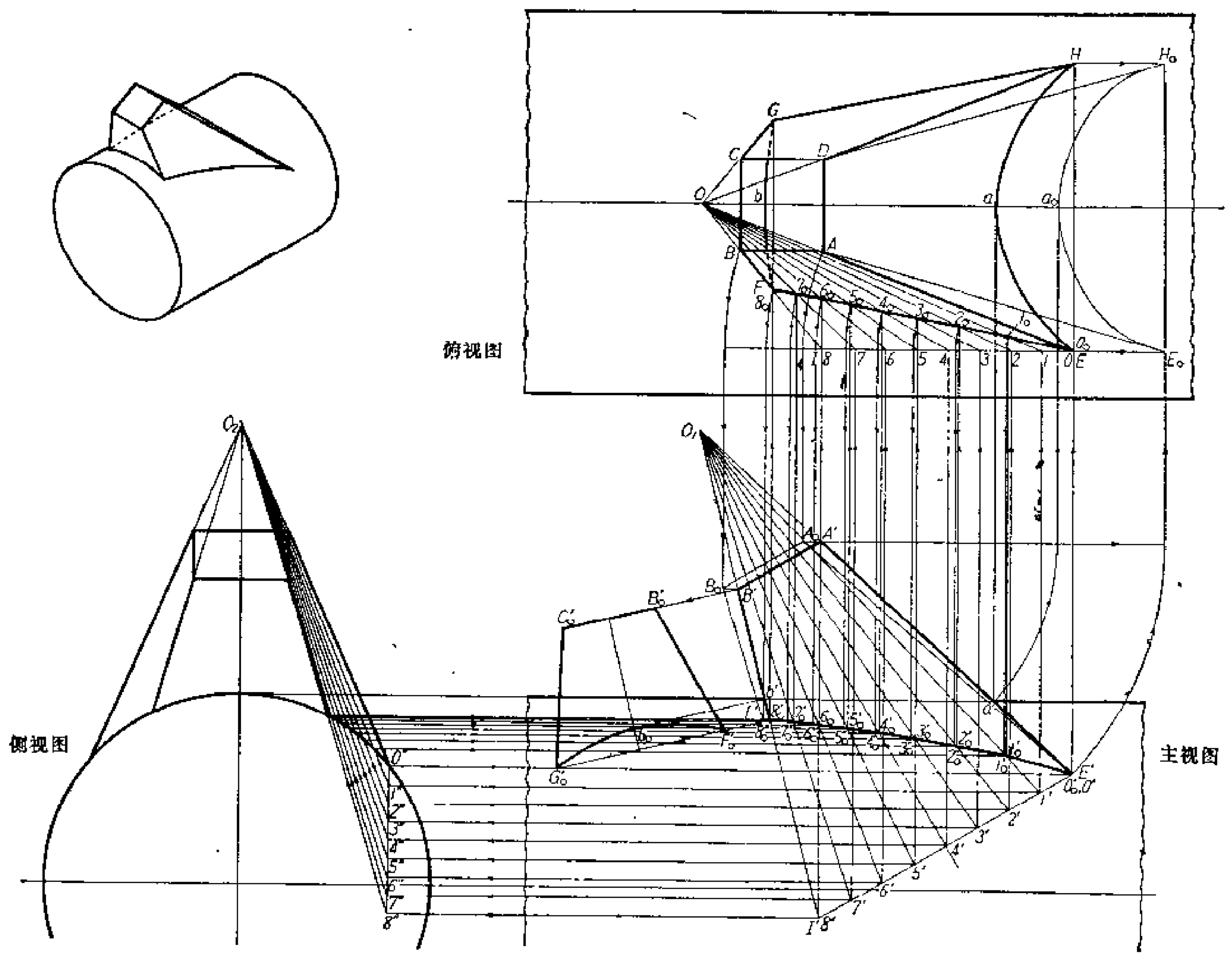


图 2-10

11. 圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥(1)

图 2-11-2 示出的板金件，即是中心线相距 x 斜交于圆筒上的方棱锥展开图。这类展开图，形成该板金件的四个平面的形状各不相同。所以，应分别求出各平面的展开图。

相贯线画法（见图2-11-2）

① 把方棱锥底边$\overline{AB}$和$\overline{DC}$的四等分后，将各等分点和顶点O_1连接起来。

② 此时，令其与圆筒相交的点分别为 a，b，c，d，e 和 f，g，h，i，j。同时，令$\overline{O_1E}$，$\overline{O_1F}$与圆筒的交点为 k，l。

③ 过 a，b，c，……，l 作平行线，将其与$\overline{O_2A'}$、$\overline{O_2B'}$，$\overline{O_2C'}$，……，$\overline{O_2F'}$ 的交点按照图示的方法连接起来后，$a'b'c'd'e'l'j'i'h'g'f'k'a'$ 即为相贯线。其中，$a'd'$和$f'i'$间为直线，$a'f'$和$e'j'$间为圆滑曲线。

展开图画法（见图2-11-1，图2-11-2）

① 设三角形O_1AB的实形在$\overline{O_2A'}$的正上方，即三角形$O_3A_0B_0$。

② 把$\overline{A_0B_0}$ 4 等分，将各等分点和顶点O_3连接起来。

③ 把过a'，b'，c'，d'，e'对$\overline{O_2A'}$所作的垂线与上述连线的交点，(a'_0, b'_0, c'_0, d'_0, e'_0) 用圆滑曲线连接后，即画出平面O_1AB的展开图Ⓐ。

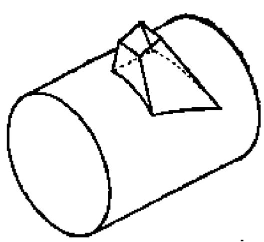
④ 平面O_1CD的展开图Ⓑ也可以用同样方法画出。

⑤ 画平面O_1AD的展开图Ⓒ时，首先应设出三角形O_1AD的实形。它即是三角形$O_5A'_0D'_0$。

⑥ 过k'作$\overline{A'C'}$的平行线，设其与$\overline{O_2A'}$的交点为k''。

⑦ 截取f''_0、a'_0、k'_0各点，使$\overline{D'_0f''_0}=\overline{D_0f'_0}$、$\overline{A'_0a''_0}=\overline{A_0a'_0}$、$\overline{E'_0k'_0}=\overline{A'k''}$。把这些点用圆滑曲线连接起来后，即画出平面$O_1AD$的展开图Ⓒ。

⑧ 平面O_1BC的展开图Ⓓ也可以用同样方法画出。



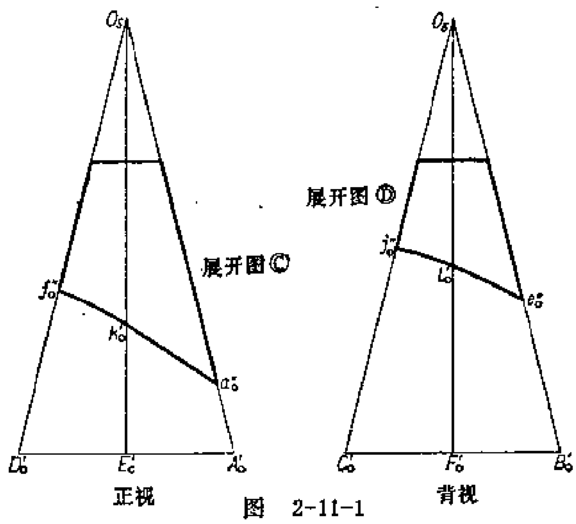


图 2-11-1

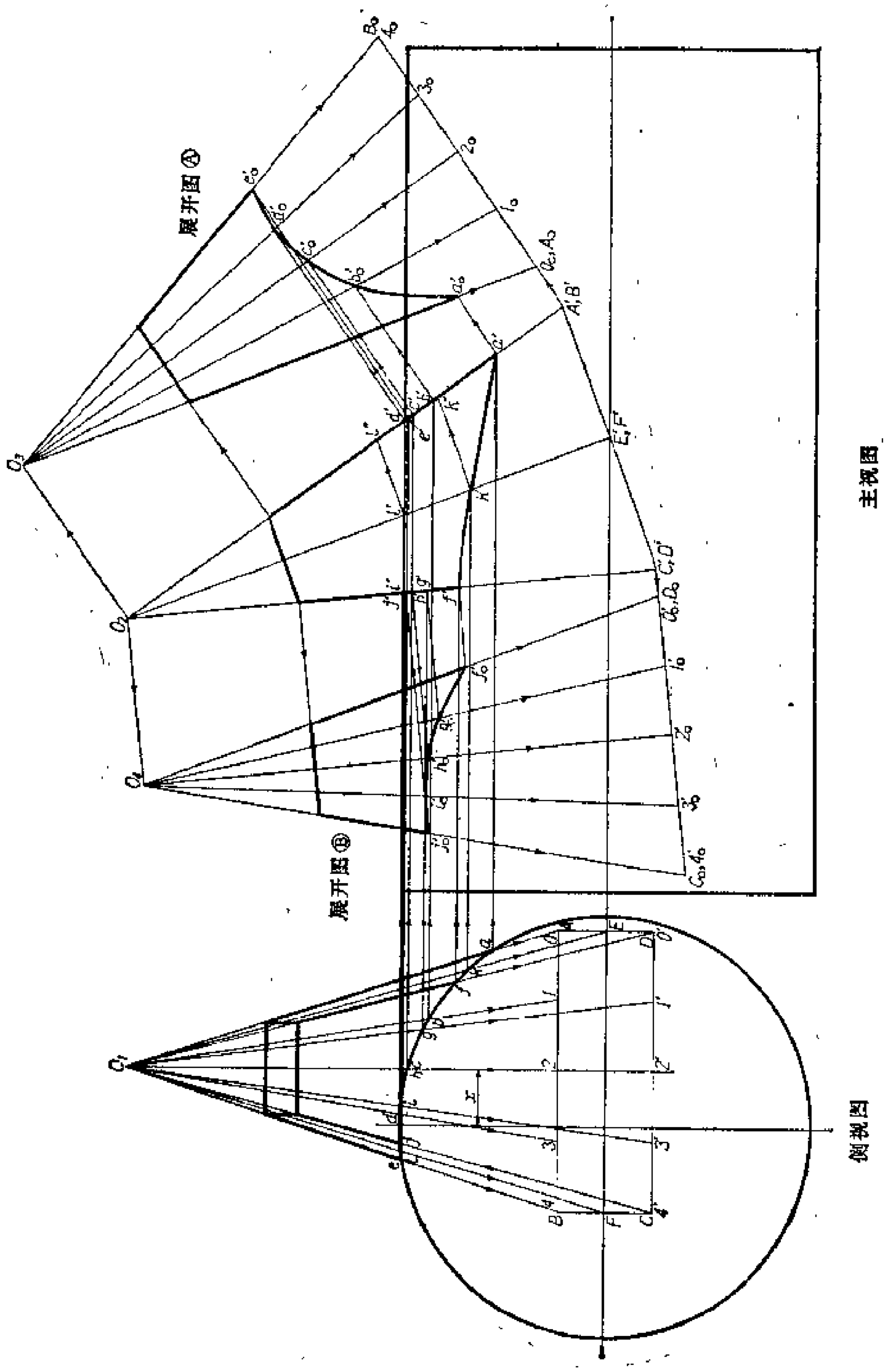


图 2-11-2

12．圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥（2）

与前例（1）相同，本例方棱锥板金件的中心线也是距离 x 斜交在圆筒上。不同之处是方棱锥形状与前例相反（见图 2-12-2）。但是，画法完全一致，没有必要特殊说明。

相贯线画法（见图2-12-2）

① 把方棱锥底边 $\overline{AB}$ 和 $\overline{DC}$ 四等分后，将各等分点与顶点 O_1 连接起来。

② 设其连线与圆筒的交点分别为 a，b，c，d，e 和 f，g，h，i，j。设 $\overline{O_1E}$，$\overline{O_1F}$ 与圆管的交点为 k，l。

③ 过 a，b，c，……，l 作水平线，把这些水平线与 $\overline{O_2A'}$，$\overline{O_2E'}$，$\overline{O_2C'}$ 的交点如图 2-12-2 所示的方法连接起来，则 $a'b'c'd'e'l'j'i'h'g'f'k'a'$ 为相贯线。其中，$a'e'$，$f'j'$ 为直线，$a'f'$，$e'j'$ 为圆滑曲线。

展开图画法（见图2-12-1，图2-12-2）

① 设三角形 O_1AB 的实形在 $\overline{O_2A'}$ 的正上方，即三角形 $O_3A_0B_0$。

② 把 $\overline{A_0B_0}$ 4 等分，将各等分点与顶点 O_3 连接起来。

③ 过 a'，b'，c'，d' e' 对 $\overline{O_2A'}$ 作垂线与上述连线相交，用圆滑曲线连接各交点（a'_0，b'_0，c'_0，d'_0，e'_0）后，即画出平面 O_1AB 的展开图Ⓐ。

④ 采用与此同样的方法也可以画出平面 O_1CD 的展开图Ⓑ。

⑤ 画平面 O_1AD 的展开图Ⓒ时，首先应求出三角形 O_1AD 的实形。它即是三角形 $O_5A'_0D'_0$。然后，过 k' 对 $\overline{A'C'}$ 作平行线，设其与 $\overline{O_2A'}$ 的交点为 k''。

⑥ 截取 f''_0，a''_0，k'_0 各点，使 $\overline{D'_0f''_0}=\overline{D_0f'_0}$，$\overline{A'_0a''_0}=\overline{A_0a'_0}$，$\overline{E'_0k'_0}=\overline{A'k''}$。把这些点用圆滑曲线连接起来后，即画出平面 O_1AD 的展开图Ⓒ。

⑦ 平面 O_1BC 的展开图Ⓓ也可以用同样方法画出。

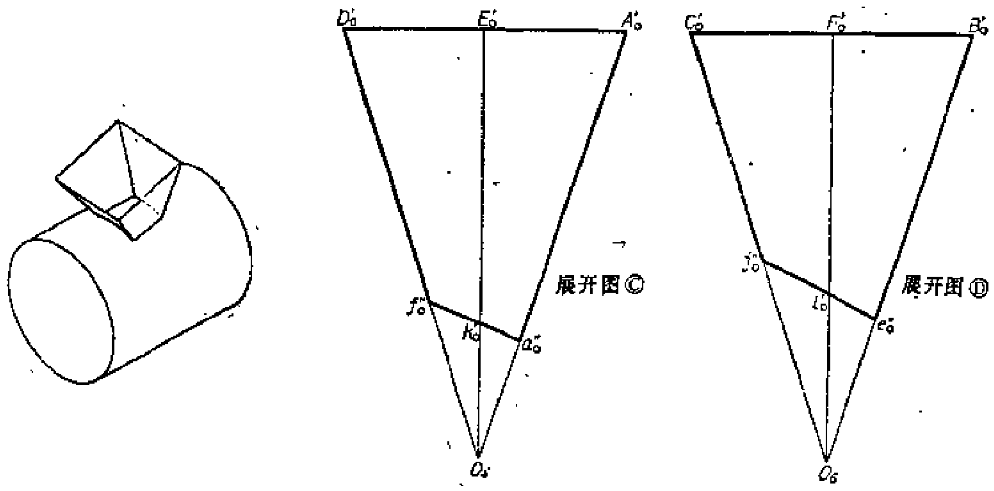


图　2-12-1

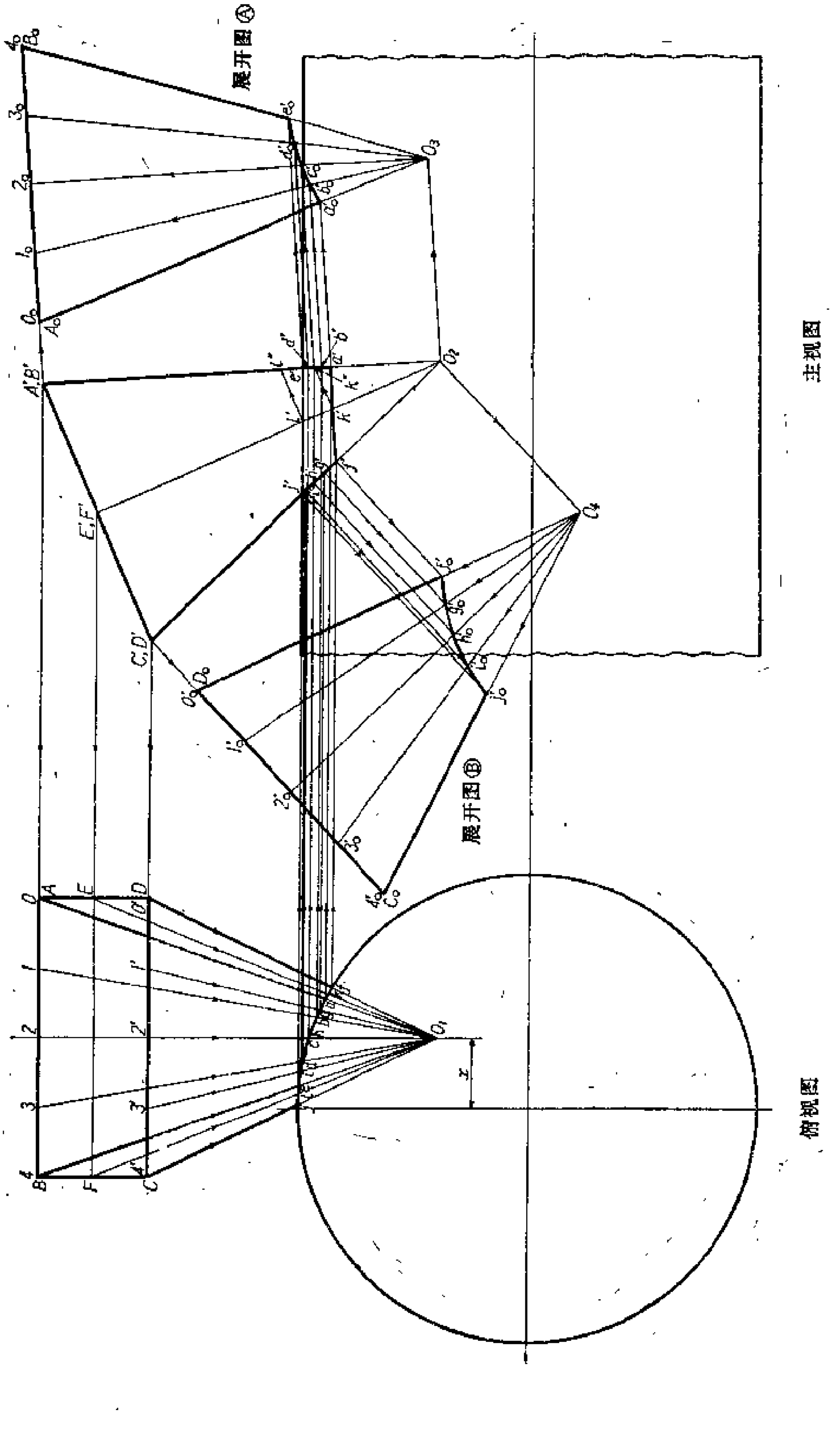


图 2-12-2

13．圆筒上中心线不重合的斜交方棱锥(3)

图2-13所示的板金件其方棱锥中心线与圆筒中心线也不重合。同时，方棱锥和圆筒相贯的方式与前两例不同，但方棱锥展开图的画法却比较容易。

相贯线画法

① 把方棱锥 $O_1A'B'C'D'$ 进行投影，则可以获得其侧视图 $O_2A''B''C''D''$。把 $\overline{A'B'}$，$\overline{C'D'}$ 的中点 E'，F' 也分别进行投影，在侧视图上同样可以获得 E''，F''。

② 把顶点 O_2 和 A''，B''，……，F'' 进行连接，与过主视图上的 A'，a，b 所作的水平线相交，按照图2-13所示的方法连接其交点，即为相贯线。其中，$A''D''$，ef 间为直线，$A''ge$，$D''hf$ 间为曲线。

展开图画法

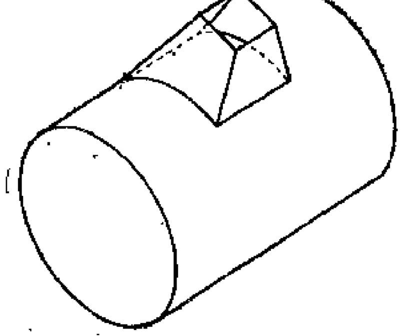
① 画平面 $O_2A''B''$ 的实形时，首先以 O_3 为圆心，过 D 点画弧，与过 O_3 对 $\overline{AB}$ 所作的平行线相交，过其交点对 $\overline{A'B'}$ 引垂线。

② 该垂线与 $\overline{A'B'}$ 延长线相交于 i，然后以 O_1 为圆心、过 i 画弧。设 $\overline{A_0B_0}=\overline{AB}$，则三角形 $O_1A_0B_0$ 即为三角形 $O_1A'B'$ 的实形。

③ 过 a，b 对 $\overline{A'B'}$ 作平行线，以 O_1 为圆心，过平行线与 $\overline{O_1A'}$ 和 $\overline{O_1i}$ 的交点画弧。与 $\overline{O_1E_0}$，$\overline{O_1B_0}$ 分别相交于 a'，b'，用圆滑曲线连接 $b'a'A$。即画出展开图Ⓐ。平面 $O_2C''D''$ 的实形和Ⓐ的画法完全相同。

④ 平面 $O_2A''D''$ 的实形是以 $\overline{A''D''}$ 为底边，$\overline{cd}$ 为顶边，$\overline{A'd}$ 为高的等腰梯形。该梯形即为展开图Ⓑ。

⑤ 平面 $O_2B''C''$ 的实形是以 $\overline{ef}$ 为底边、$\overline{cd}$ 为顶边、$\overline{bc}$ 为高的等腰梯形。该梯形即为展开图Ⓒ。



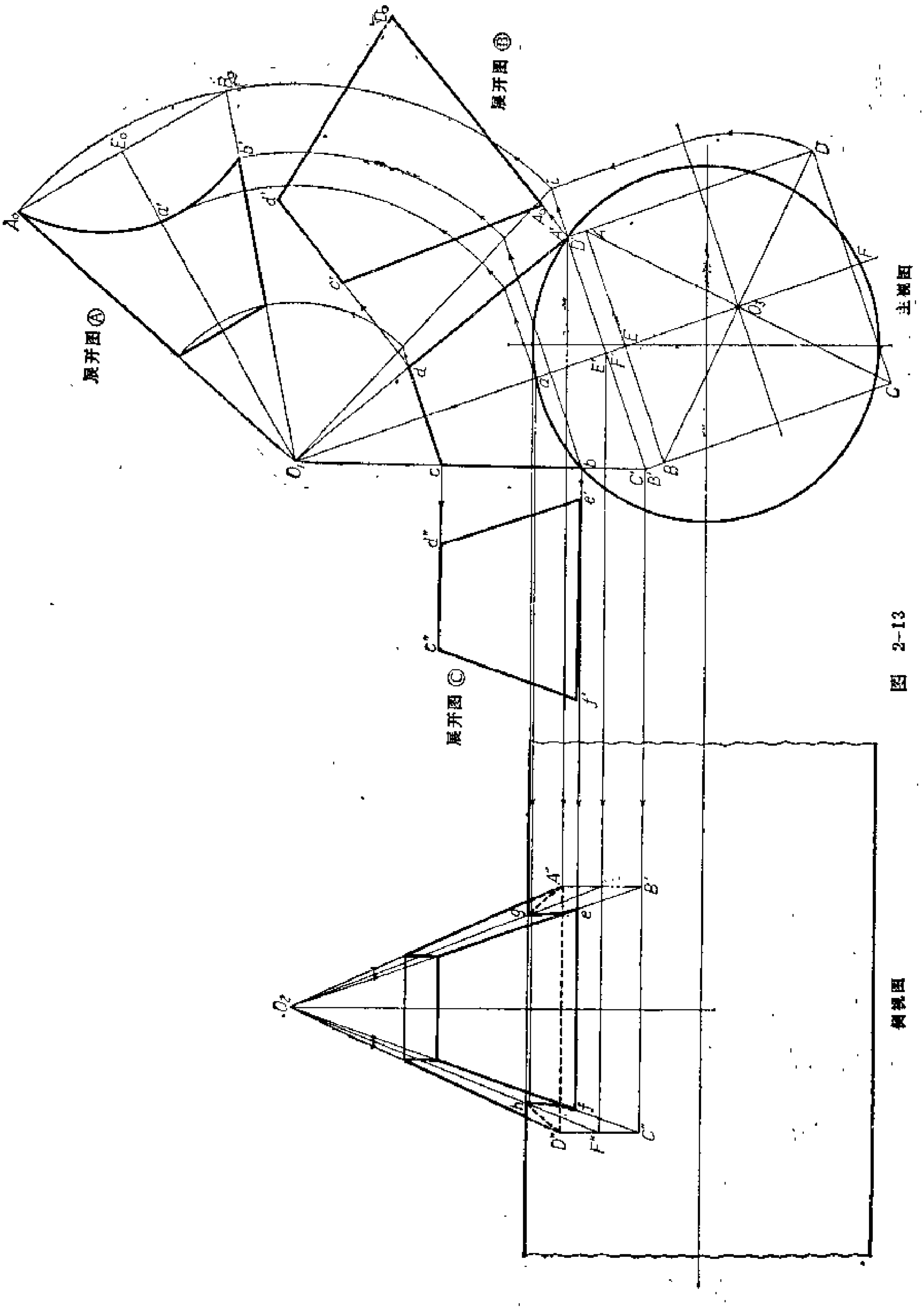


图 2-13

14．圆筒上斜交的六棱锥

图2-14示出了正六棱锥在圆筒上的斜交状态。从其侧视图中可以知道：由于两者的中心线重合，因此只求出相当于板金件单侧一半的部分就可以画出该六棱锥的展开图。

相贯线画法

① 相当于正六棱锥底面的正六边形各边为0，1，2，……，6。把该正六边形向侧视图上投影，则获得各边为0′，1′，2′，……，6′的正六边形。

② 把$\overline{01}$、$\overline{12}$、$\overline{23}$的中点a，b，c向侧视图投影，则获得a'，b'，c'各点。

③ 过$\overline{O_10'}$、$\overline{O_11'}$、$\overline{O_12'}$……$\overline{O_16'}$和$\overline{O_1a'}$、$\overline{O_1b'}$、$\overline{O_1c'}$与圆筒的交点作水平线，与过0，1，2，……，6和a，b，c对$\overline{AB}$所作垂线的垂足与顶点O_2连线相交，按照图2-14所示的方式连接其交点0″(6″)，a''，1″(5″)，b''，2″(4″)，c''，3″，即画出相贯线。

展开图画法

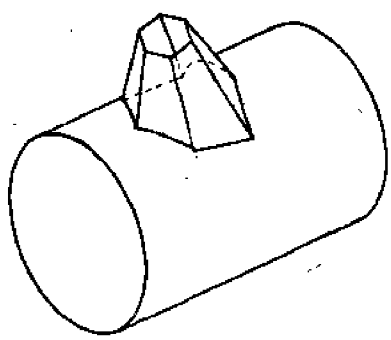
① 以O_2为圆心、过B点画弧，在弧上以$\overline{01}$为半径截取0_0，1_0，2_0，3_0各点。同时，也求出其各段的中点a_0，b_0，c_0。

② 过0″，1″，2″，3″对$\overline{AB}$作平行线，以O_2为圆心，过该平行线与$\overline{O_2B}$的交点画弧，求出与$\overline{O_20_0}$，$\overline{O_21_0}$，$\overline{O_22_0}$，$\overline{O_23_0}$的交点。

③ 以O_3为圆心、过b点画弧，将其与$\overline{AB}$的交点和O_2连线。该线与过a''，b''，c''对$\overline{AB}$所作平行线相交，以O_2为圆心、过各交点画弧，求出与$\overline{O_2a_0}$，$\overline{O_2b_0}$，$\overline{O_2c_0}$的交点。

④ 把上面求得的交点用圆滑曲线连接起来后，即画出所求的六棱锥展开图。

注：正六棱锥的底面，只画出一半，另一半省略了。



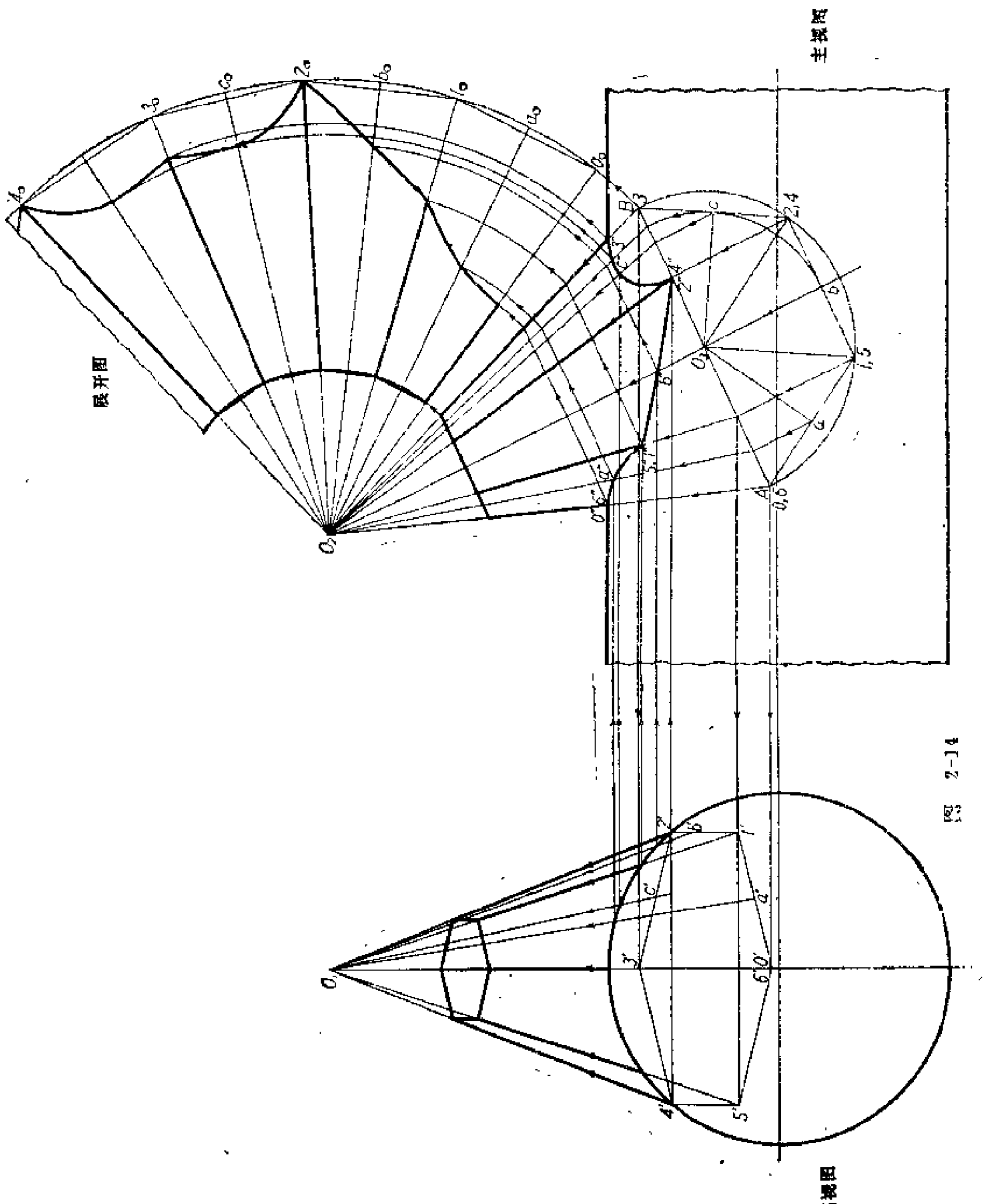


图 2-14

15. 棱锥和棱筒的连接部分

如图 2-15 的主视图所示，试画出正方棱锥Ⓐ和方棱筒Ⓑ直交部分连接处Ⓒ的展开图。因此，如果求出三角形ABC和等腰梯形$B'C'F'E'$的实形，就可以画出展开图。因为这种情形的相贯线全部由直线构成，所以讲解从略。

展开图画法

（a）三角形ABC实形的求法（见展开图①）：

① 过C点对$\overline{AB}$作垂线，其垂足为C_0。

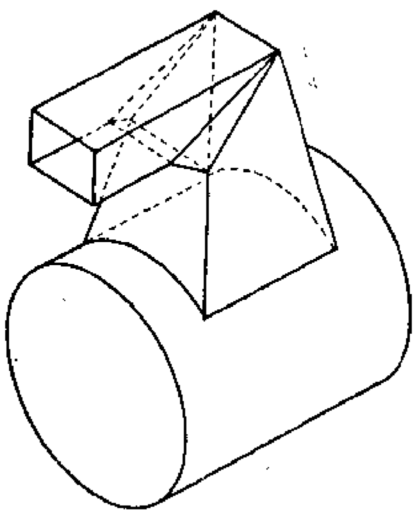
② 过C_0作水平线，与$\overline{A'B'}$相交，其交点为C_0'。

③ 以C_0'为圆心，过C'点画弧，与$\overline{A'B'}$的延长线相交，其交点为C_0''。

④ 过C_0''作水平线，与$\overline{CC_0}$的延长线相交，其交点为C_0'''，则三角形ABC_0'''为三角形ABC的实形。

（b）梯形$B'C'F'E'$实形的求法：

如图2-15的展开图②所示，以$\overline{C'F'}$为底边、$\overline{B'E'}$为顶边、$\overline{BC}$为高的等腰梯形即为所求的实形。



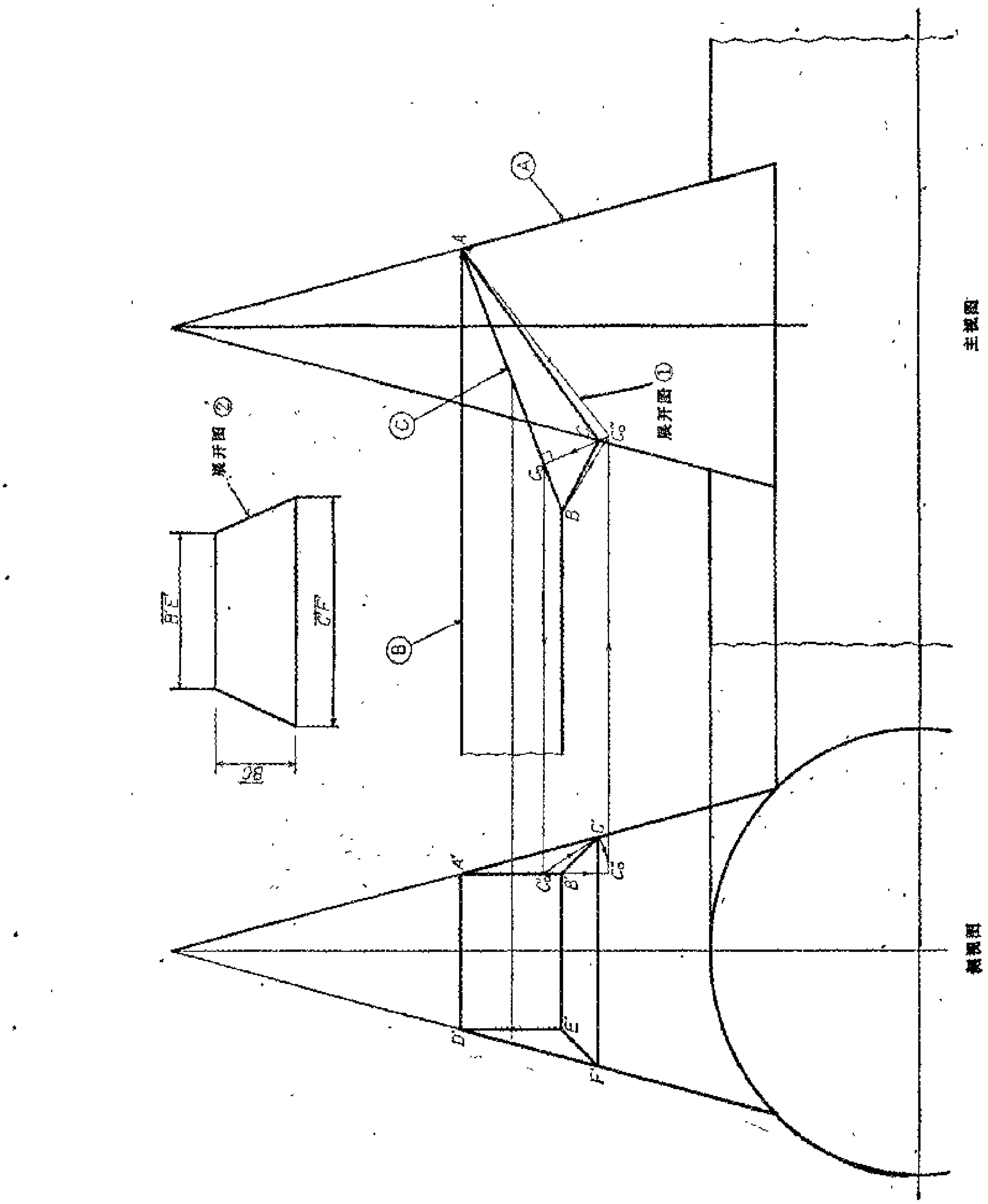

A
B
C
展开图 ①
展开图 ②
主视图
A'
B'
C'
D'
E'
F'
$\overline{B'E'}$
$\overline{C'F'}$
$\overline{CB}$

图 2-15

16．中心线不重合的棱锥和棱筒的连接部分

如图2-16主视图所示，试画出正方棱锥Ⓐ和棱筒Ⓑ的连接部分展开图。由于Ⓒ、Ⓓ即使不单独说明也可以画出，因此下面只对Ⓔ、Ⓕ加以讲解。从侧视图可知，因为Ⓐ和Ⓑ中心线的距离为x，所以求出形成Ⓔ，Ⓕ的三角形$B'C'D'$，$A'B'D'$和四边形$ADHE$，$BCGF$的实形，即可以画出所求的展开图。同时，由于相贯线的画法没有特别说明的必要，因此省略。

展开图画法

（a）三角形$B'C'D'$实形的求法：

① 以侧视图上的C为圆心、过B点画弧，与过C所作的垂线相交，过交点作水平线。

② 该水平线与过B'所作的垂线相交于B_0，三角形$B_0C'D'$即为三角形$B'C'D'$的实形。对侧的三角形$F'G'H'$也与其形状相同。

（b）三角形$A'B'C'$实形的求法：

① 以侧视图的A为圆心，过D点画弧，与$\overline{AB}$的延长线相交，过交点作水平线。

② 该水平线与过D'所作的垂线相交于D_0，$\overline{A'D_0}$，即为$\overline{AD}$的实长线。

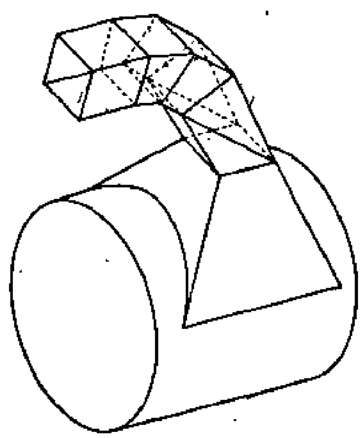
③ 因此，以A'为圆心、以$\overline{A'D_0}$为半径画弧，与以B'为圆心、$\overline{B_0D'}$为半径画弧相交于D_0'后所形成的三角形$A'B'D_0'$，即为三角形$A'B'D'$的实形。

（c）四边形$ADHE$实形的求法：

以$\overline{A'D'}$为高，$\overline{DH}$为底边，$\overline{AE}$为顶边，$\overline{A''a''}$为$\overline{Ca}$的梯形$A''D''H''E''$，即为所求实形。

（d）四边形$BCGF$实形的求法：

以$\overline{B'C'}$为高、$\overline{CG}$为底边、$\overline{BF}$为顶边、$\overline{B''a'}=\overline{Ca}$的梯形$B''C''G''F''$，即为所求实形。



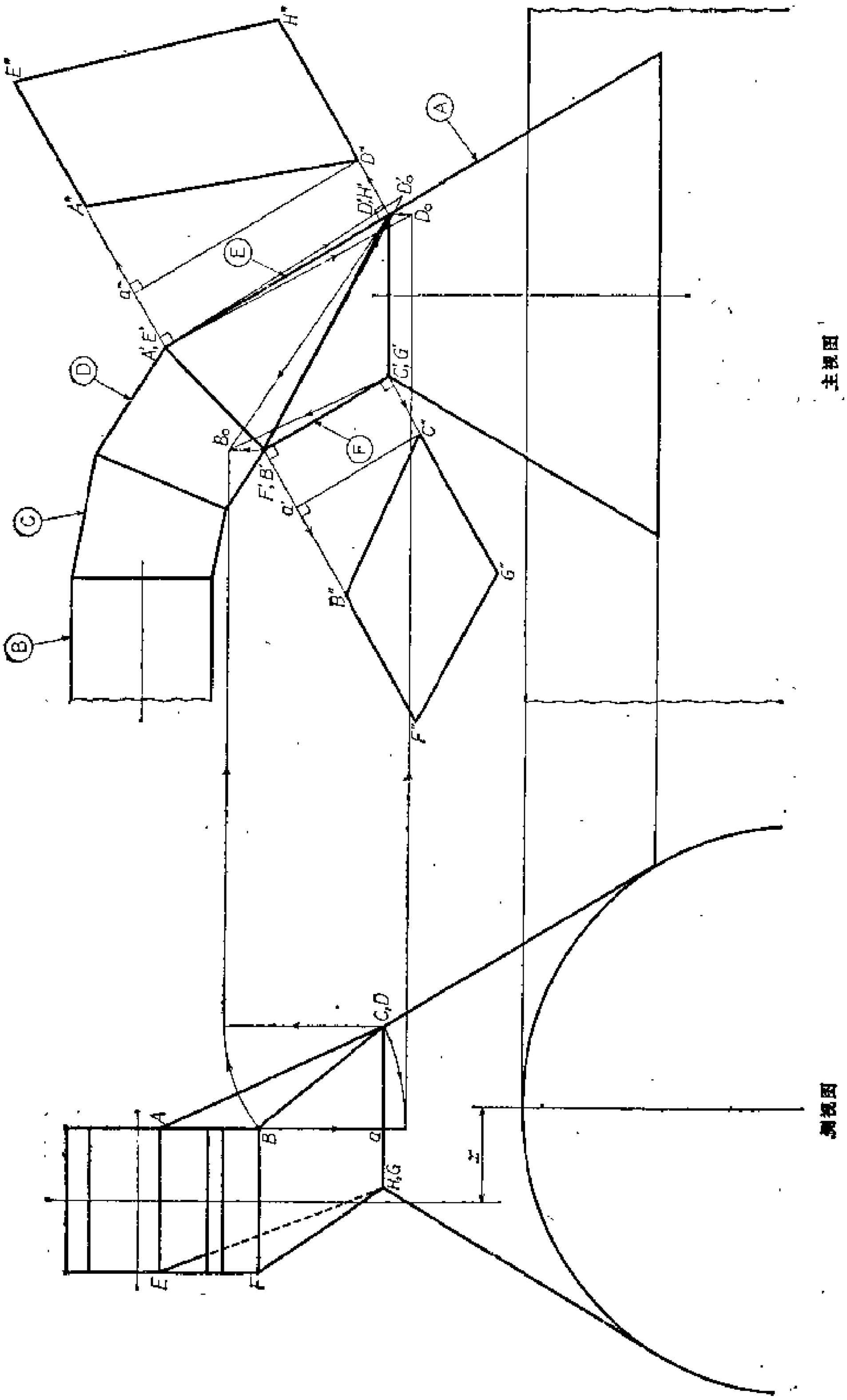


图 2-16

17. 棱锥顶部斜交的棱锥（1）

图2-17示出了正方棱锥Ⓐ顶部又斜交一正方棱锥时的展开图画法。由于两者都是由平面构成，因此其相贯线和展开图也全部由直线组成。在俯视图上的相贯线由于与展开图的画法没有任何关系，因此将其说明省略。并且，主视图上的相贯线也仅有$\overline{Ab}$，因为画法极其简单，所以也将其说明省略。

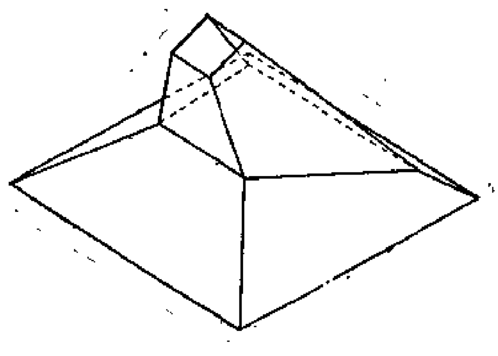
展开图画法

① 在斜交的正方棱锥Ⓑ上，设有四个三角形O_2AB的实形。画法：首先，以O_3为圆心，$\overline{O_3a}$（$\overline{Ba}$为$\overline{AB}$的一半）为半径画弧，与$\overline{AB}$的延长线相交于a_0。

② 然后，以O_2为圆心，$\overline{O_2a_0}$为半径画弧，在该弧上以$\overline{AB}$为半径截取1，2，3，4各点，则三角形$O_2 01$、$O_2 12$、$O_2 23$、$O_2 34$即为三角形O_2AB的实形。

③ 把$\overline{O_2B}$上的b点移到$\overline{O_2 0}$、$\overline{O_2 1}$、$\overline{O_2 4}$上。其方法为：过b对于$\overline{AB}$作平行线，与$\overline{O_2a_0}$相交于b_0，以O_2为圆心，$\overline{O_2b_0}$为半径画弧，与$\overline{O_2 0}$、$\overline{O_2 1}$、$\overline{O_2 4}$相交所得到的各点，即所求之点。

④ 用直线连接③中所求得的各点和2、3'（即$\overline{O_2 2}$、$\overline{O_2 3}$上与a_0对应的点）后，即画出所求的展开图。



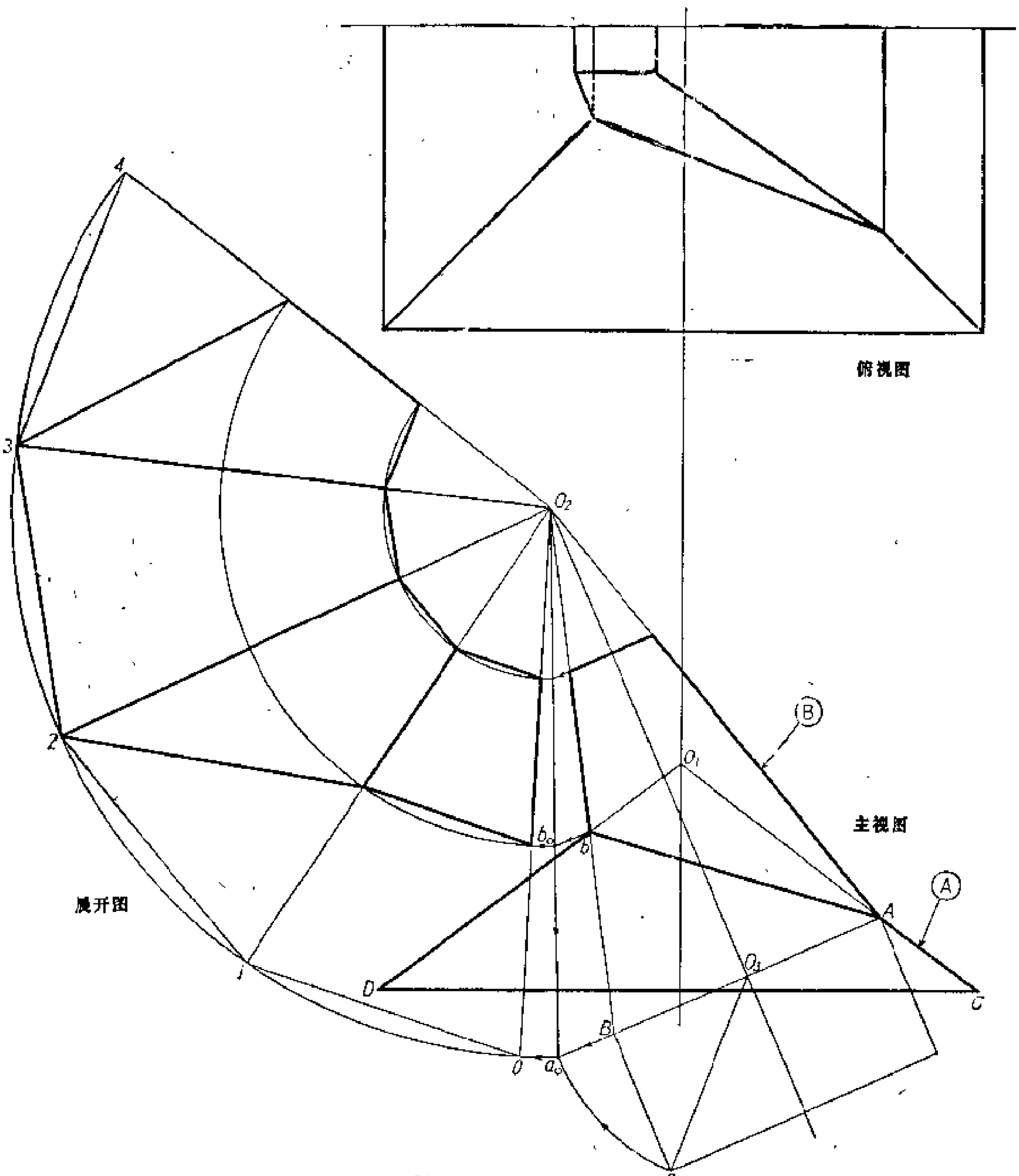


图 2-17

18. 棱锥顶部斜交的棱锥（2）

图2-18所示的展开图与前例（1）相同，也是棱锥顶部又斜交了棱锥的板金件。虽然斜交的角度等发生了变化，展开图的画法却完全相同。但是，由于这种由平面构成的板金件可以分别求出各自平面的实形，所以下面不采用前例的画法，面采用另一画法画出这一展开图。对于这一板金件来说，由于其俯视图、侧视图和主视图的相贯线画法都很简单，所以说明从略。

展开图画法

（a）四边形$EFGH$实形的求法：

① 以俯视图上的E'、F'为圆心、过H'画弧，与$\overline{E'F'}$的延长线相交，过该交点作垂线，与过H所作的水平线相交于H_1、H_2，则$\overline{EH_1}$为$\overline{EH}$的实长线，$\overline{FH_2}$为$\overline{FH}$的实长线。

② 以俯视图上的E'、F'为圆心、过G'画弧，与$\overline{E'F'}$的延长线相交，过该交点作垂线，与过G所作的水平线相交于G_1、G_2，则$\overline{EG_1}$为$\overline{EG}$的实长线，$\overline{FG_2}$为$\overline{FG}$的实长线。

③ 以E、F为圆心，$\overline{EH_1}$、$\overline{FH_2}$为半径所画出的两个弧相交于H_3；

④ 以E、F为圆心，$\overline{EG_1}$、$\overline{FG_2}$为半径所画出的两个弧相交于G_3。

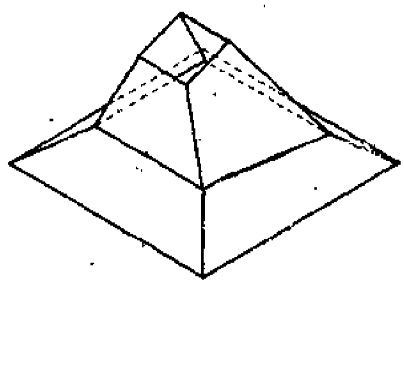
⑤ 四边形EFG_3H_3即为四边形$EFGH$的实形。

（b）四边形$E''L''K''H''$实形的求法。

以$\overline{H''K''}$为底边、$\overline{E''L''}$为顶边、$\overline{EH}$为高的等腰梯形为所求实形，即展开图①。

（c）四边形$F''I''S''G''$实形的求法：

以$\overline{G''I''}$为底边、$\overline{F''I''}$为顶边、$\overline{FG}$为高的等腰梯形为所求实形，即展开图②。



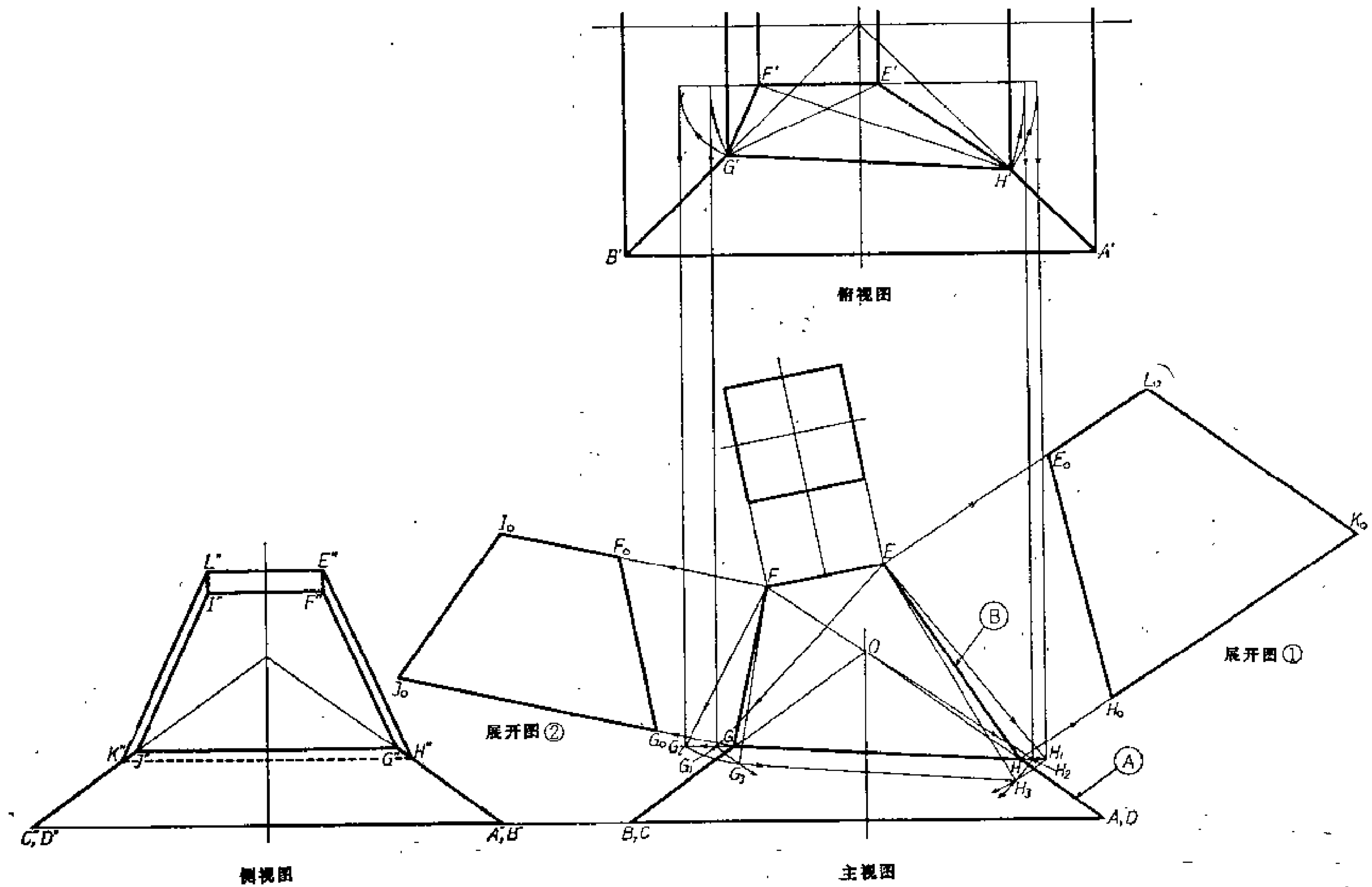


图 2-18

19．棱锥顶部斜交的圆锥（1）

图2-19示出了正方棱锥Ⓐ的顶部斜交正圆锥Ⓑ的板金件展开图。在这个板金件上，由于斜交的形体是圆锥，因此其相贯线为曲线，画法也相应变难。所以，在正确地画出相贯线基础上，试画出Ⓑ的展开图。

相贯线画法

① 在侧视图上，画出假设以$\overline{Ap}$切断斜交圆锥的右半部、以$\overline{Bq}$切断左半部后在主视图上示出的轮廓线。画法：首先，把正圆锥底圆$O_3$12等分，从各点向底圆作垂线，其垂足为a、b、c……g。

② 令底圆O_3向主视图投影所得到的图形为O_4，在O_4轮廓线上也移去各等分点，即$0'$，$1'$，$2'$……，$12'$。

③ 连接顶点O_1和点a，b，c，……，g后，与$\overline{Ap}$、$\overline{Bq}$相交，过交点作水平线，与主视图的顶点O_2和$0'$，$1'$，$2'$……，$12'$的连线相交，用圆滑曲线连接各交点，即可以画出所求轮廓线。轮廓线ⓐ是用$\overline{Ap}$切断的情形，轮廓线ⓑ是用$\overline{Bq}$切断的情形。从以上作图中可以知道，主视图上的相贯线即为$\overset{\frown}{n'n''}$和$\overset{\frown}{m'm''}$。

④ 侧视图上相贯线的画法：过$\overline{O_24'}$、$\overline{O_23'}$、$\overline{O_22'}$和$\overline{O_6A}$的交点作水平线，与$\overline{O_1c}$、$\overline{O_1d}$、$\overline{O_1e}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出相贯线ⓒ（$\overline{m0''}$、$\overline{n6''}$为直线）。

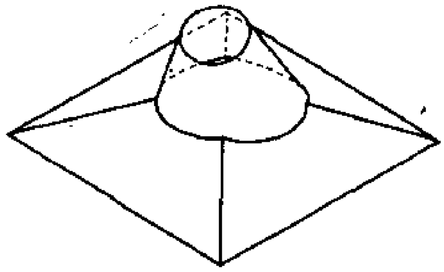
展开图画法

① 画出正圆锥O_1ag的展开图，并将其12等分，令各等分点为0_0，1_0，2_0，……，12_0。

② 过$\overline{O_1n}$、$\overline{O_1m}$的延长线和$\overline{ag}$的交点作垂线，这些垂线与底圆O_8相交于n_0、m_0。

③ 设有n_0'、m_0'两点，使$\overset{\frown}{8_0n_0'}=\overset{\frown}{4_0n_0'}=\overset{\frown}{4n_0}$、$\overset{\frown}{11_0m_0'}=\overset{\frown}{1_0m_0'}=\overset{\frown}{1m_0}$。

④ 过点$0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$和n、m对于$\overline{ag}$作平行线，与$\overline{O_1a}$相交，以O_1为圆心，过该各交点画弧，分别与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$……，$\overline{O_112_0}$和$\overline{O_1n_0'}$、$\overline{O_1m_0'}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图。



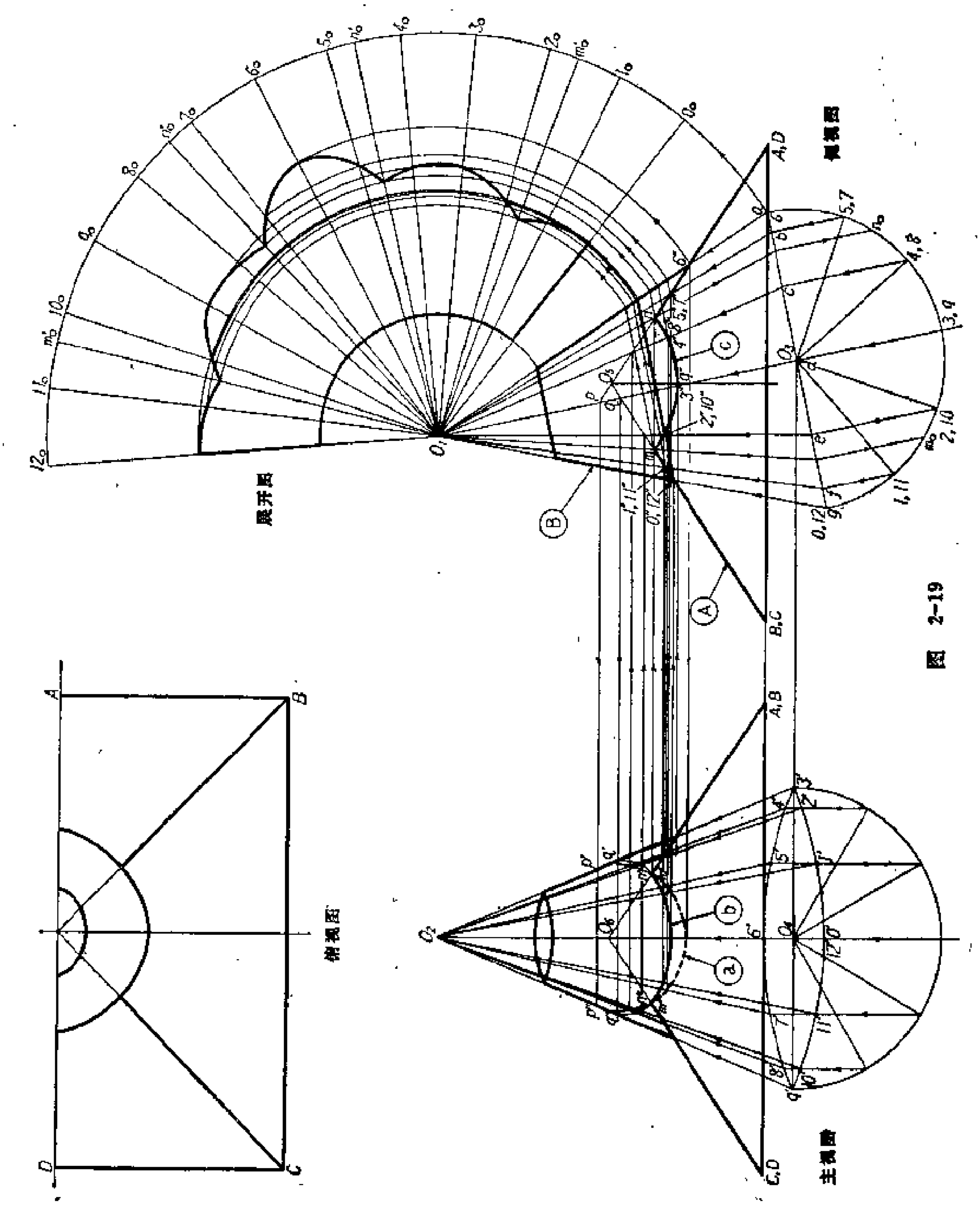


图 2-19

20. 棱锥顶部斜交的圆锥（2）

与前例相同，下面继续讲解在棱锥Ⓐ顶部斜交圆锥Ⓑ的展开图画法。本例板金件的$\overline{O_1O_5}$与$\overline{O_6A}$在同一直线上（见图2-20)。这一板金件的相贯线、展开图画法与前例基本相同。

相贯线画法

① 在侧视图上，画出了假设以$\overline{Bp}$切断斜交圆锥时主视图上示出的轮廓线。画法：首先，把正圆锥底圆O_3 12等分，从各等分点向底圆作垂线，令其垂足为a，b，c，……，g。

② 把底圆O_3向主视图投影，获得一椭圆O_4，在其轮廓线上也交出各对应的等分点，令其分别为$0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$。

③ 把顶点O_1与d、e、f、g连接起来，与$\overline{Bp}$相交，过交点作水平线，与主视图顶点O_2和$3'$、$4'$、$5'$……$9'$的连线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出ⓐ。因此，在主视图上的相贯线为$\overset{\frown}{n'n''}$，

④ 过$\overline{O_20'}$，$\overline{O_21'}$，$\overline{O_22'}$，……，$\overline{O_26'}$和$\overline{O_6A}$的交点n'作水平线，与$\overline{O_1a}$，$\overline{O_1b}$，$\overline{O_1c}$，……，$\overline{O_1g}$和$\overline{Bp}$相交，用圆滑曲线连接各交点后，即画出侧视图上的相贯线。其中，$\overline{n6''}$为直线。

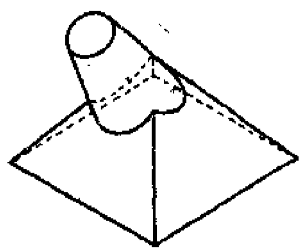
展开图画法

① 画出正圆锥O_1ag的展开图，并且进行12等分。令各等分点为0_0，1_0，2_0，……，12_0。

② 过$\overline{O_1n}$的延长线与$\overline{ag}$的交点作垂线，与底圆O_3相交于n_0。

③ 求出n_0'点，使$\overset{\frown}{8_0n_0'}=\overset{\frown}{4_0n_0'}=\overset{\frown}{4n_0}$。

④ 过点$0''$，$1''$，$2''$，……，$6''$对$\overline{ag}$作平行线，与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_1n_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图的一半。展开图的另一半形状与其完全相同。



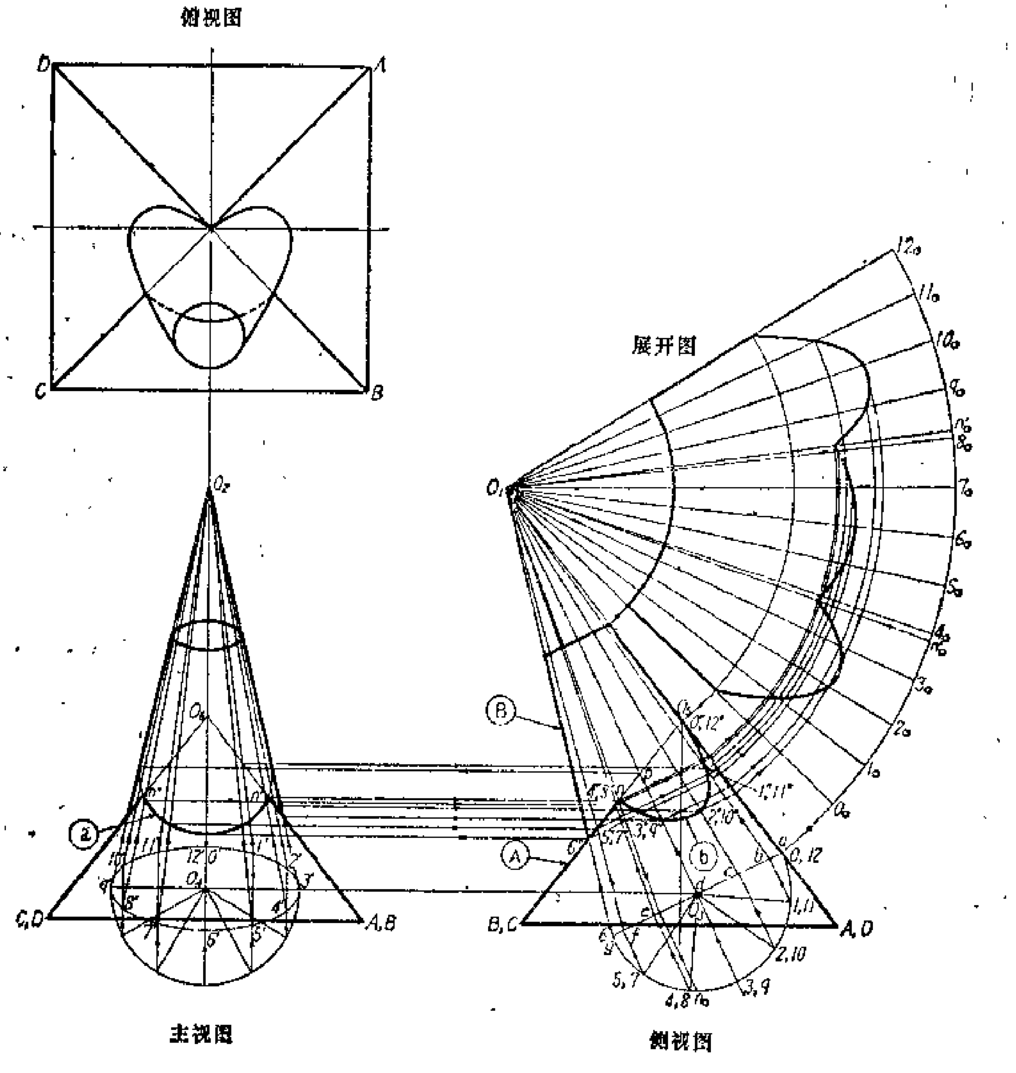


图 2-20

21. 棱锥顶部斜交的圆筒（1）

图 2-21 示出了方棱锥Ⓐ顶部斜交圆筒Ⓑ的展开图。该板金件相贯线的画法更加困难，但是基本原则与斜交的圆锥相同。因此，在相贯线的作图完成后，再画出圆管Ⓑ的展开图。

相贯线画法

① 在侧视图上，画出主视图示出的假设以$\overline{O_4A'}$切断斜交圆筒右侧一半的轮廓线。首先，把圆O_1和O_2 12等分，令其各等分点分别为 0，1，2，……，12和0′，1′，2′，……，12′。

② 过点0′，1′，2′……，6′对$\overline{B'C'}$作垂线，与$\overline{O_4A'}$相交，过该交点作水平线，与过点 0，1，2，……，6 对$\overline{EF}$所作垂线的延长线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出曲线ⓐ。

③ 如曲线ⓐ与$\overline{O_3A}$相交于 n，曲线ⓐ与$\overline{O_3B}$相交于m，则nm间的相贯线为曲线，$\overline{n6_0''}$和$\overline{m0_0''}$间为直线。

④ 过点 0，1，2，……，12对$\overline{EF}$所作垂线的延长线与相贯线相交于$0_0''$，$1_0''$，$2_0''$，……，$12_0''$；

⑤ 过点$0_0''$，$1_0''$，$2_0''$，……，$12_0''$和 n、m作水平线，与过点0′，1′，2′……12′对$\overline{B'C'}$所作垂线和$\overline{O_4B'}$、$\overline{O_4C'}$相交，按照侧示图示出的方式连接各交点，即画出相贯线。$n'n''$和$m'm''$间为圆滑曲线，$\overline{3''5''}$和$\overline{9''7''}$间为直线。其中，没有特别必要把侧视图上的相贯线画到圆筒的展开图上。

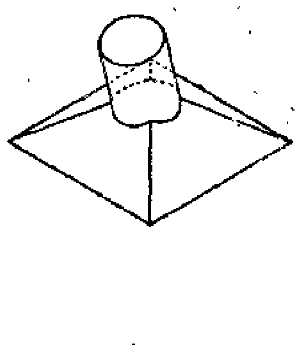
展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上截取与圆筒周长相等的线段，并且进行12等分。

② 过 n、m对$\overline{EF}$作垂线，其延长线与圆O_1相交于n_0、m_0（m_0点与 2 和10大体一致）；

③ 截取n_0'点，使$\overline{8_0n_0'}=\overline{4_0n_0'}=\overline{4n_0}$（$m_0'$点与$2_0$和$10_0$大体一致）。

④ 过$0_0''$，$1_0''$，$2_0''$，……，$12_0''$和 n、m对$\overline{EF}$作水平线，与过点0_0，1_0，2_0，……，12_0和n_0'、m_0'所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点后，即画出展开图。



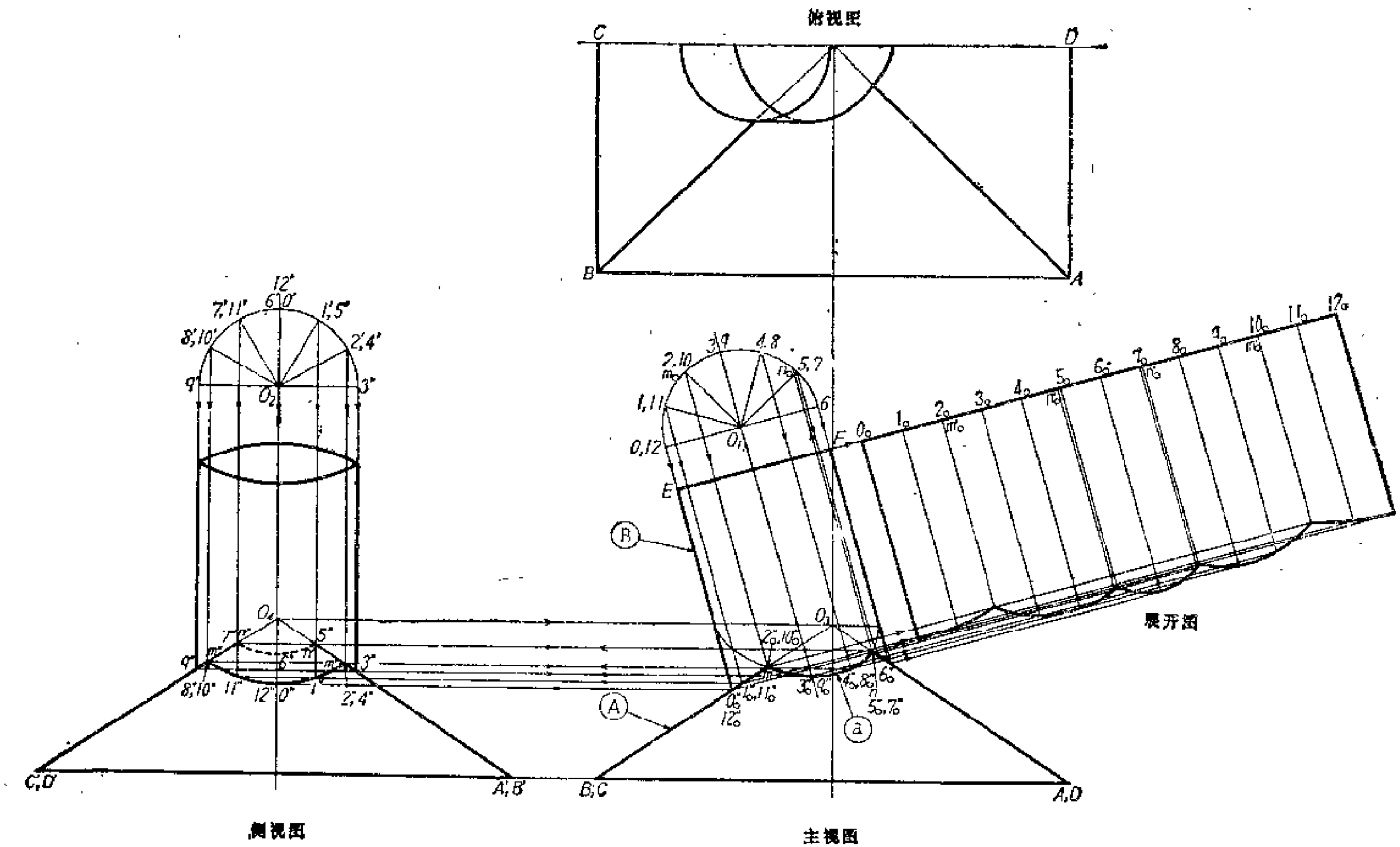


图 2-21

22. 棱锥顶部斜交的圆筒（2）

图2-22示出了在方棱锥Ⓐ顶部斜交了圆筒Ⓑ的板金件展开图。本例与前例不同之处：$\overline{EO_2}$和$\overline{O_2A}$在同一直线上。其相贯线也可以采用与前例相同的方法画出，但是，下面将介绍另一种画法。然后，画出圆筒Ⓑ的展开图。

相贯线画法

① 画出从圆筒Ⓑ截面正上方看到的辅助投影图。

② 把圆O_1 12等分，设各等分点为 0，1，2，……，12。

③ $\overline{01}$、$\overline{02}$、$\overline{03}$的延长线与$\overline{A'B'}$相交于 a、b、c；

④ 过 a、b、c 对$\overline{A'B'}$作垂线，与$\overline{AB}$相交于a'，b'、c'。

⑤ 过 1、2、3 对$\overline{EF}$作垂线，其延长线与$\overline{O_2a'}$、$\overline{O_2b'}$、$\overline{O_2c'}$相交于 1′、2′、3′。

⑥ 过 p、4、5、6 对$\overline{EF}$作垂线，其延长线与$\overline{O_2B}$相交于p'、4′、5′、6′。

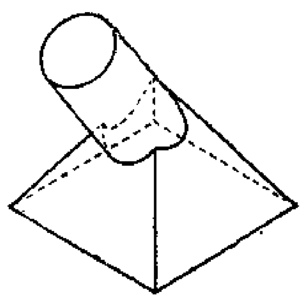
⑦ 用圆滑曲线连接0′、1′、2′、3′、p'后，与直线$\overline{p'6'}$一起形成相贯线ⓐ。

展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上截取与O_1周长相等的线段，并进行12等分。

② 同时，截取 p_0点，使$\overset{\frown}{8_0p_0}=\overset{\frown}{4_0p_0}=\overset{\frown}{4p}$。

③ 过点0′，1′，2′，……，12′和 p' 对$\overline{EF}$作平行线，与过点0_0，1_0，2_0，……，12_0和p_0所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求的展开图。



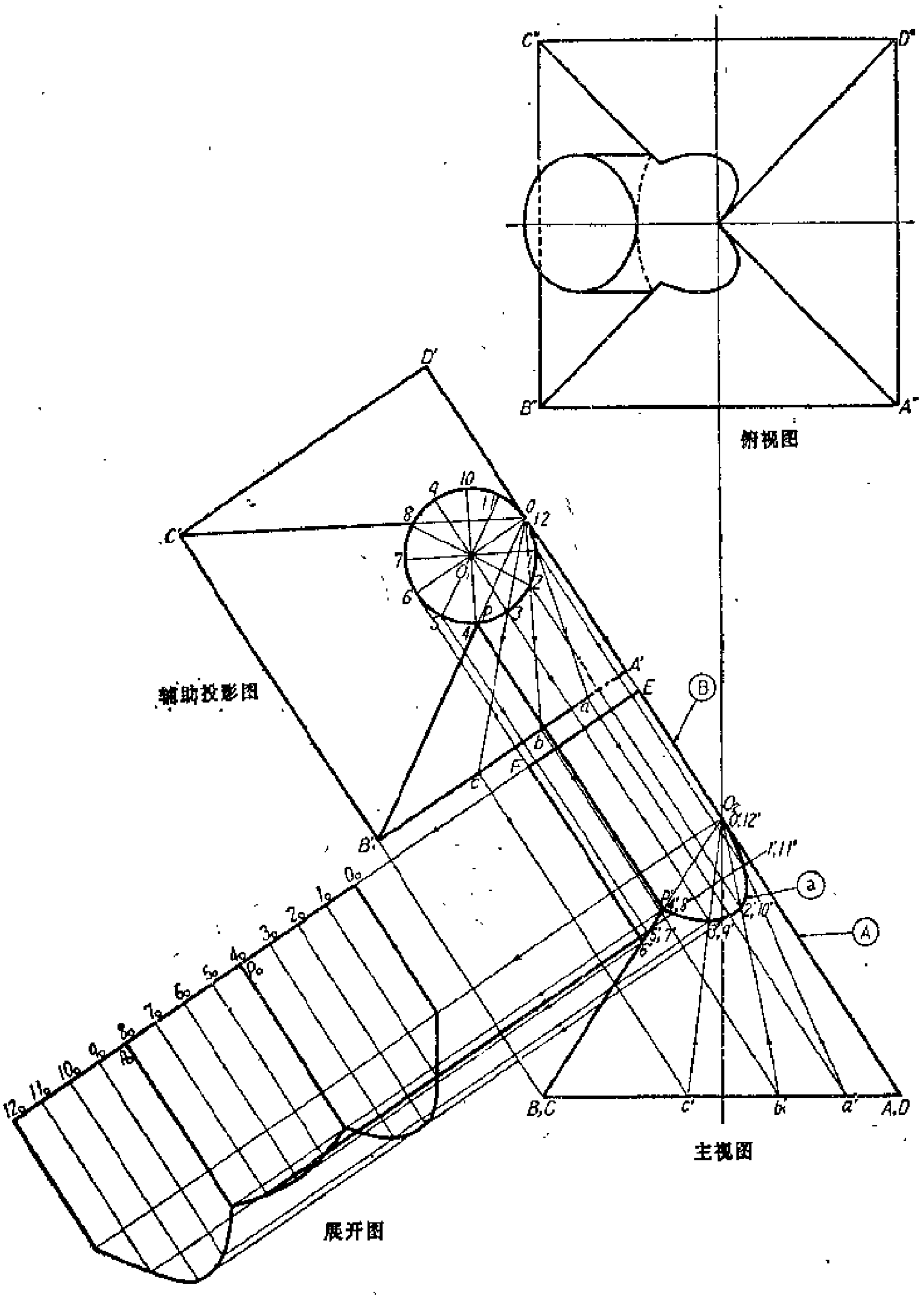


图 2-22

23. 棱锥顶部斜交的棱筒

试画出如图2-23所示的方棱锥Ⓐ顶部斜交了方棱筒Ⓑ的板金件上棱筒Ⓑ展开图。由于Ⓐ、Ⓑ两部分均是由平面构成，因此其相贯线和展开图较易画出。

相贯线画法

① 过f''、h'作水平线，与$\overline{O_1B}$、$\overline{O_1A}$相交于f'、h''。

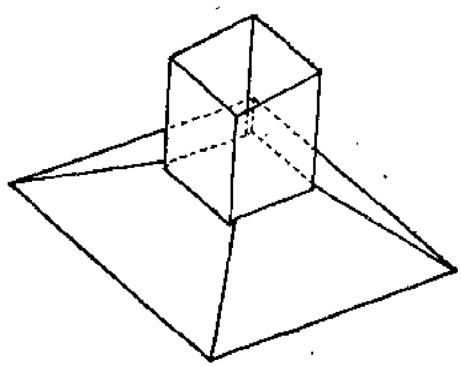
② $\overline{f''f'}$的延长线和$\overline{ad}$的延长线相交于g'，则$e'f'g'h''$为相贯线。同时，$\overline{f'g'}$与$\overline{AB}$相互平行。

展开图画法

① 形成斜交的方棱筒Ⓑ的四个平面中，平面ab和cd的形状相同，并且由于主视图示出的形状就是从俯视图的正侧向上所看到的形状，所以一眼就可以看到$a'b'e'f'g'h''$即是其实形。

② 过a'、g'、h''对$\overline{a'g'}$作垂线，如设定各点，使$\overline{hh'}=\overline{h_0h_0'}$，$\overline{ad}=\overline{a_0d_0}=\overline{g_0g_0'}$，则$a_0g_0h_0h_0'g_0'd_0$（展开图①）即为平面$ad$的实形。

③ 以$\overline{b_0e_0}=\overline{b'e'}$，$\overline{b_0c_0}=\overline{bc}$为两边的长方形即是平面$bc$的实形。



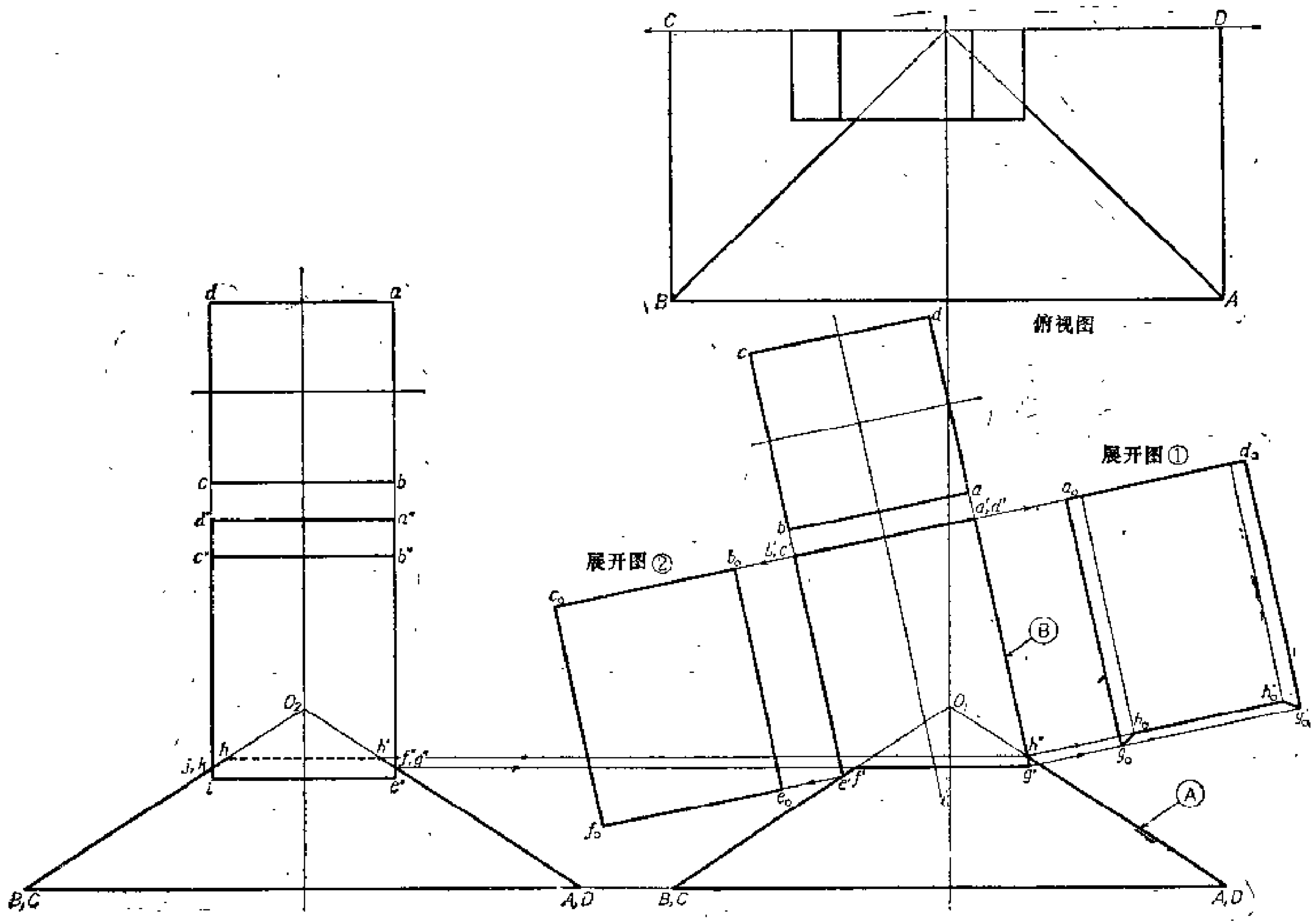


图 2-23

24．四节弯头从中央斜交的圆锥

图 2-24 示出了在四节弯头的中央以45°斜交的正圆锥Ⓐ相贯体。下面将说明斜交的正圆锥Ⓐ的展开图画法。然而，由于从主视图和辅助投影图中均可看出，图形以中心线为轴左右相同，所以相贯线和正圆锥Ⓐ的展开图均左右对称。

相贯线画法

如仅有主视图则在任何情形下都不能画出相贯线。因此，此时须画出从正侧向看到的圆筒Ⓑ的辅助投影图。

① 把相当于正圆锥O_1AB底圆的O_3 12等分，过各等分点向底圆作垂线。

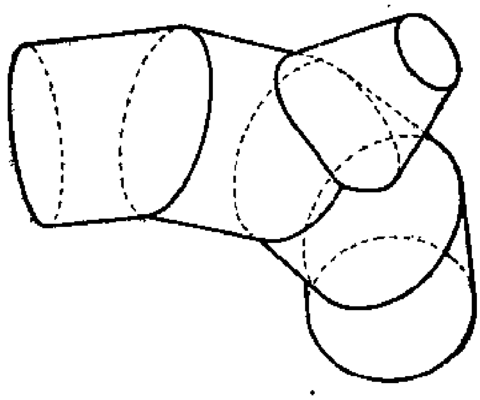
② 把底圆O_3的各等分点向辅助投影图上进行投影，则得到 0′，1′，2′，……，12′各点；

③ 过顶点O_2和 3′、4′、5′、6′连线与O_4的交点对$\overline{CD}$作平行线，与过 3 、4 、5 、6 对$\overline{AB}$所作垂线的垂足和顶点O_1的连线相交，用圆滑曲线连接其交点 3″、4″、5″、6″，即可画出单侧的相贯线。连接3″、2″、1″、0″，即画出与此对称的另一侧的相贯线。

展开图画法

① 画出正圆锥O_1AB的展开图，并且进行 12 等分。

② 过画相贯线时所求得的点 0″，1″，2″，……，12″ 对$\overline{AB}$作平行线，与$\overline{O_1A}$相交。以O_1为圆心，过该交点画弧，又与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求的展开图。



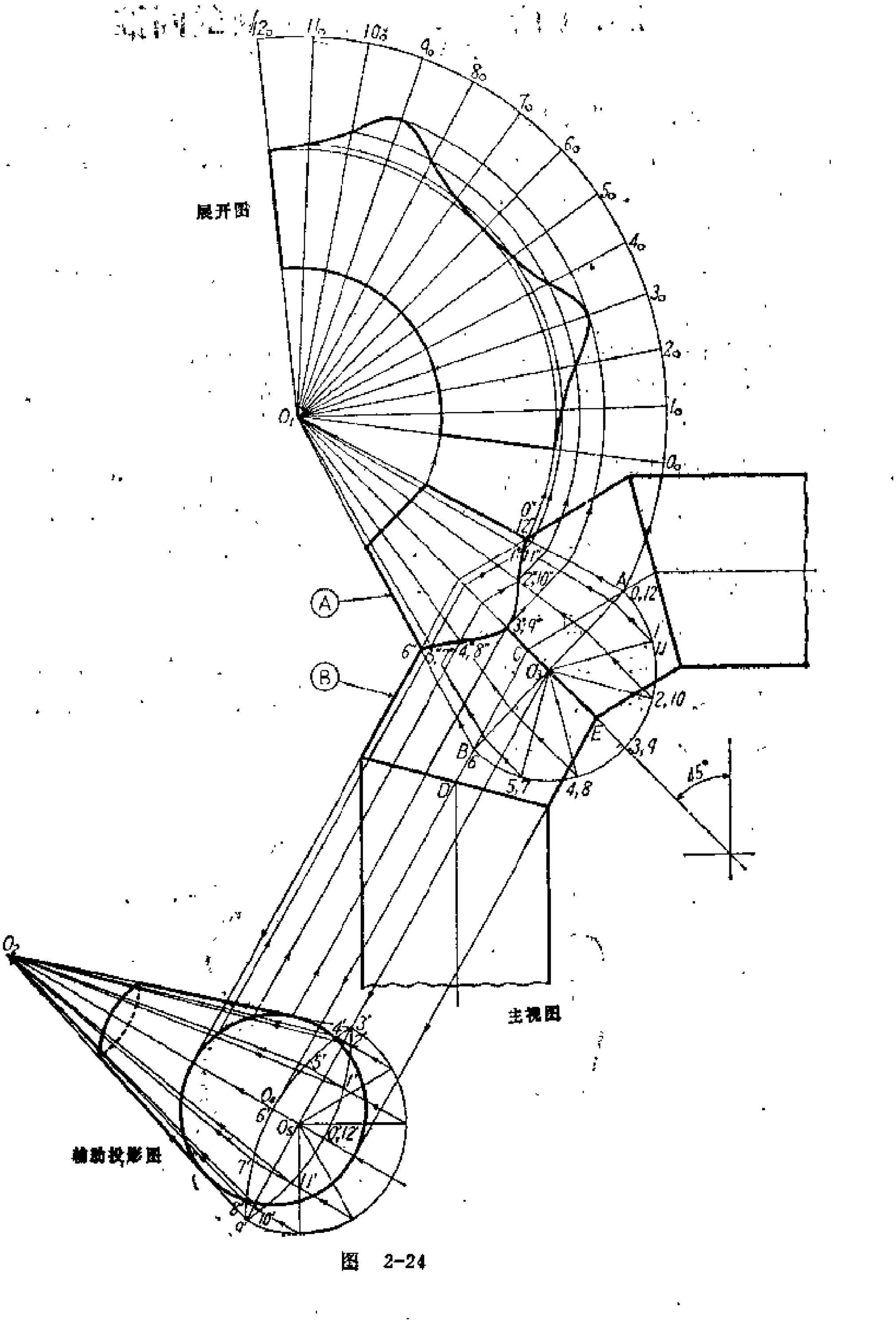


图 2-24

25. 四节弯头中央斜交的圆筒

图 2-25 示出了在四节弯头的中央以45°斜交的圆筒Ⓐ的相贯体展开图。由于斜交的形体为圆筒，因此比圆锥情况的相贯线、展开图画法简便。从主视图和辅助投影图可以看到：斜交的圆筒以中心线为轴左右形状相同，所以其相贯线和展开图的形状也是左右相同。

相贯线画法

① 画出从圆筒Ⓑ正侧向看到的辅助投影图。

② 把圆 O_1 12 等分，从各等分点对 $\overline{CD}$作垂线。

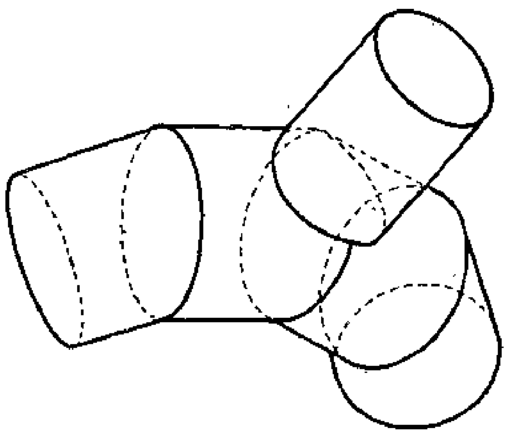
③ 过其延长线与圆 O_3 的交点对$\overline{EF}$作平行线。

④ 把圆$O_2$12 等分，从各等分点对 $\overline{AB}$作垂线，与③中作的平行线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出相贯线（同时，可以把Ⓐ和Ⓑ的相贯线画成对$\overline{HI}$而言与Ⓐ和Ⓒ的相贯线对称。具体画法：过③中作的平行线与$\overline{HI}$的交点进一步对$\overline{FG}$作平行线，与过O_2的等分点所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点即可画出）。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_2周长相等的线段，并且进行 12 等分。

② 过点0″，1″，2″，……，12″对$\overline{AB}$作平行线，与过点 0_0，1_0，2_0，……，12_0 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点后，即画出圆筒Ⓐ的展开图。



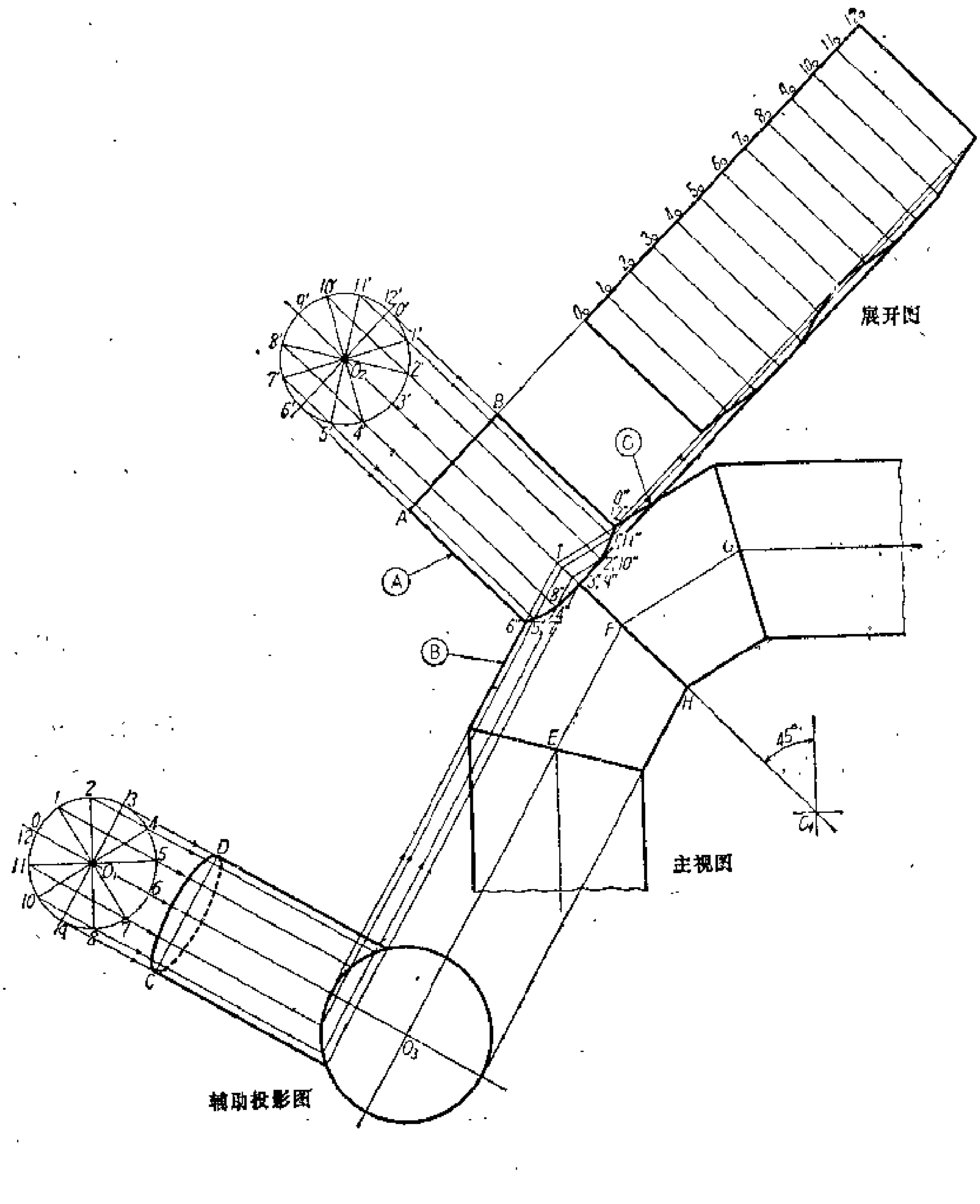


图 2-25

26. 四节弯头中央斜交的棱筒

图 2-26 示出了在四节弯头中央以45°斜交的方棱筒Ⓐ相贯体展开图。由于斜交部分的形体仅由平面构成，因此其相贯线和展开图的画法较圆筒更为简便。无论在主视图还是在辅助投影图中，斜交的Ⓐ部分均以中心线为轴左右形状相同。并且，又因为平面 ab、cd 和bc、ad 分别具有相同形状，所以理所当然地只求出相贯线和展开图的一半即可。

相贯线画法

① 画出从正侧向看到的圆筒Ⓑ的辅助投影图。

②在辅助投影图上，过棱筒和圆筒的交点对$\overline{EF}$作平行线，与$\overline{b'h}$的延长线相交于e。

③ 过e对于$\overline{EF}$作平行线，与$\overline{PQ}$相交于f。

④ 过f对$\overline{FG}$作平行线，与$\overline{a'i}$的延长线相交于g后，则$hefgi$即为相贯线。各点间均为直线。

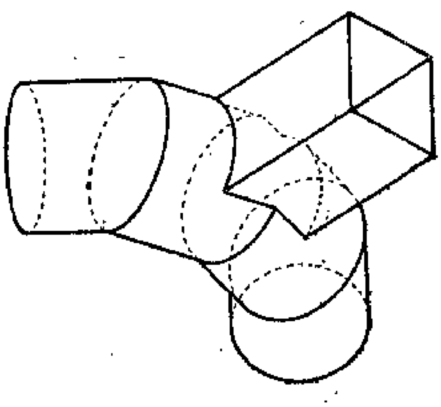
展开图画法

① 在$a'b'$的延长线上，设一直线$\overline{a_0d_0}$，使$\overline{a_0d_0}=\overline{ad}$，其中点为$j_0$。

② 过a_0、d_0、j_0对$\overline{a_0d_0}$作垂线，与过g、i对$\overline{a'g}$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出平面ad的实形。平面bc与其形状相同。

③ 平面ab即为主视图上示出的形状，也就是说，$b'efga'$是平面ab的实形。

④ 把②、③中求得的展开图交叉连接后，即画出方棱管Ⓐ的展开图。



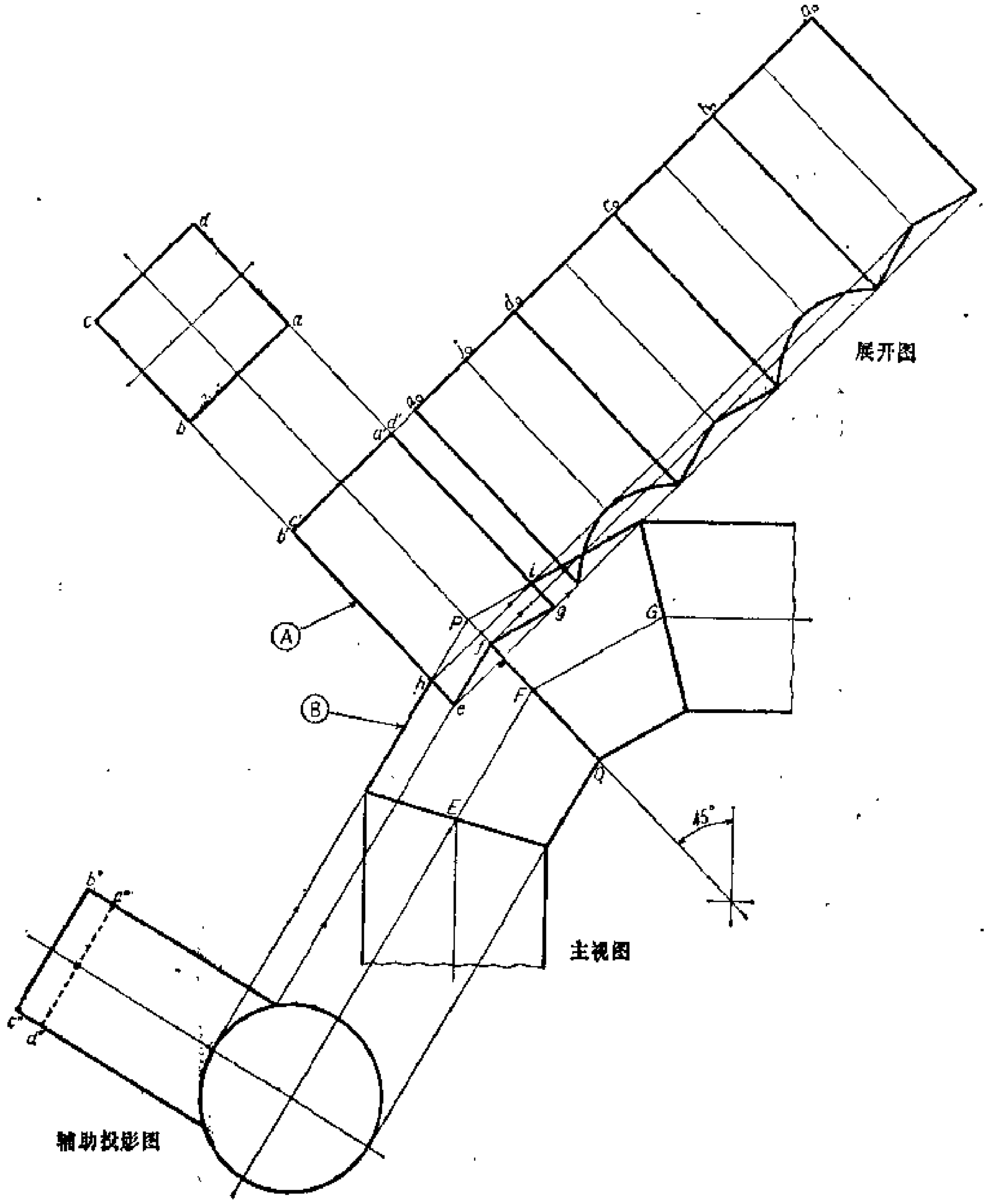


图 2-26

27. 棱筒上斜交的圆锥

下面介绍如图 2-27 所示的方棱筒Ⓐ上斜交的正圆锥Ⓑ。试画出此种状态下正圆锥Ⓑ的展开图。在讲解板金件的展开过程中，以相贯线的画法为重点。

相贯线画法

① 把正圆锥O_1AB（该正圆锥的高度可以适当设定）的底圆$O_3$12等分，过各等分点对$\overline{AB}$作垂线。

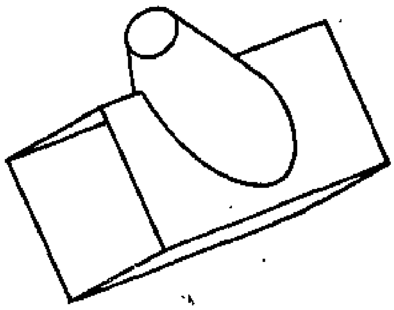
② 把底圆O_3向侧视图投影后，也将各等分点投影。

③ 连接顶点O_2和点$0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$，过与方棱筒交叉的点作水平线，与过0，1，2，……，12对$\overline{AB}$所作垂线的垂足和顶点O_1的连线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出相贯线。

展开图画法

① 画出正圆锥O_1AB的展开图，并且进行12等分。

② 过点$0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$对$\overline{AB}$作平行线，以O_1为圆心、过该平行线和$\overline{O_1B}$的交点画弧，与$\overline{O_1 0_0}$，$\overline{O_1 1_0}$，$\overline{O_1 2_0}$，……$\overline{O_1 12_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点后，即画出Ⓑ的展开图。



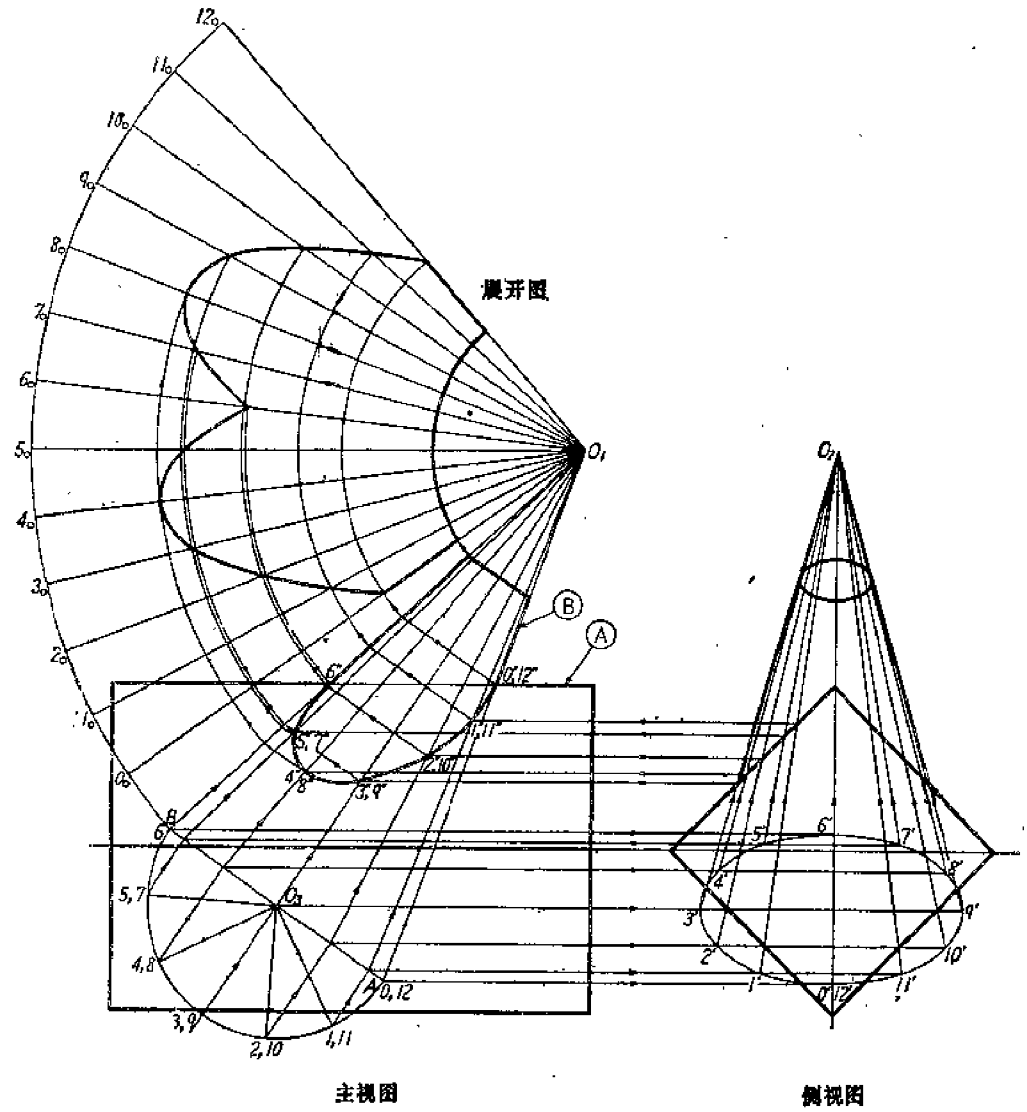


图 2-27

28. 棱筒上斜交的圆筒

图 2-28 示出了在方棱筒Ⓐ上斜交的圆筒Ⓑ的展开图。该板金件的形状与前例相同，但是由于本例中斜交的形体是圆筒，因此其相贯线和展开图较前例圆锥的情形容易画出。

相贯线画法

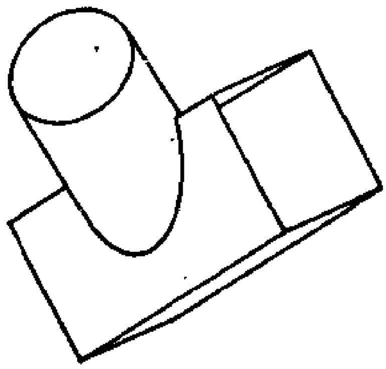
① 把圆$O_1$12等分，过各等分点作垂线，与方棱筒相交，过交点作水平线。

② 把圆$O_2$12等分，过各等分点对于$\overline{AB}$作垂线，其延长线和在①中作的水平线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出相贯线。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆周长相等的线段，并且进行 12 等分。

② 过点 $0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$对$\overline{AB}$作平行线，与过点0_0、1_0、2_0，……，12_0所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出圆筒Ⓑ的展开图。



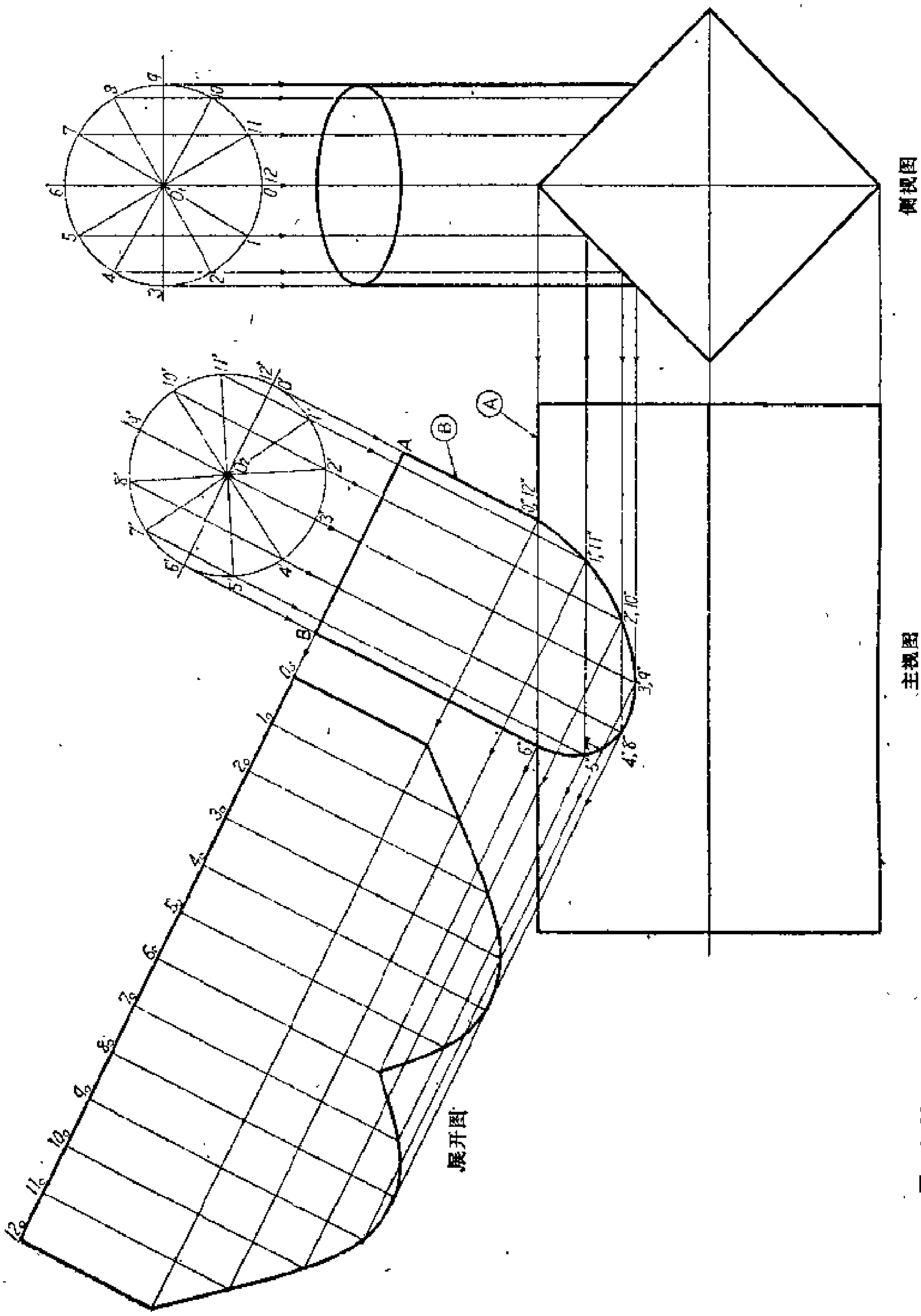


图 2-28

29．在棱筒上斜交的棱锥

试画出如图 2-29 所示的在方棱筒Ⓐ上斜交了方棱锥Ⓑ的相贯体展开图。此时，由于Ⓐ、Ⓑ均由平面形成，因此其相贯线为直线，所以展开图的画法也极其简单。

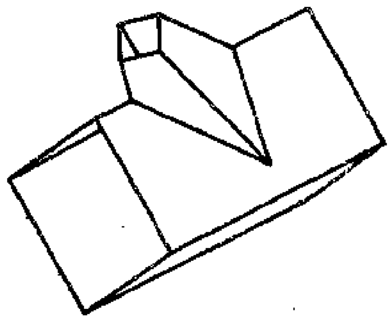
相贯线画法

在侧视图上，过$\overline{O_2B''}$和方棱筒的交点作水平线，与$\overline{O_1B'}$相交于b时，则$\overline{ab}$、$\overline{bc}$即为相贯线。

展开图画法

① 以顶点O_1为圆心，过C'画弧，在其弧上以$\overline{AB}$为长度截出 4 等分点。

② 过a、b对$\overline{A'C'}$作平行线，以顶点O_1为圆心、过与$\overline{O_1C'}$的交点c画弧，与$\overline{O_1A_0}$、$\overline{O_1B_0}$、$\overline{O_1C_0}$、$\overline{O_1D_0}$相交，用直线连接各交点，即画出方棱锥Ⓑ的展开图。



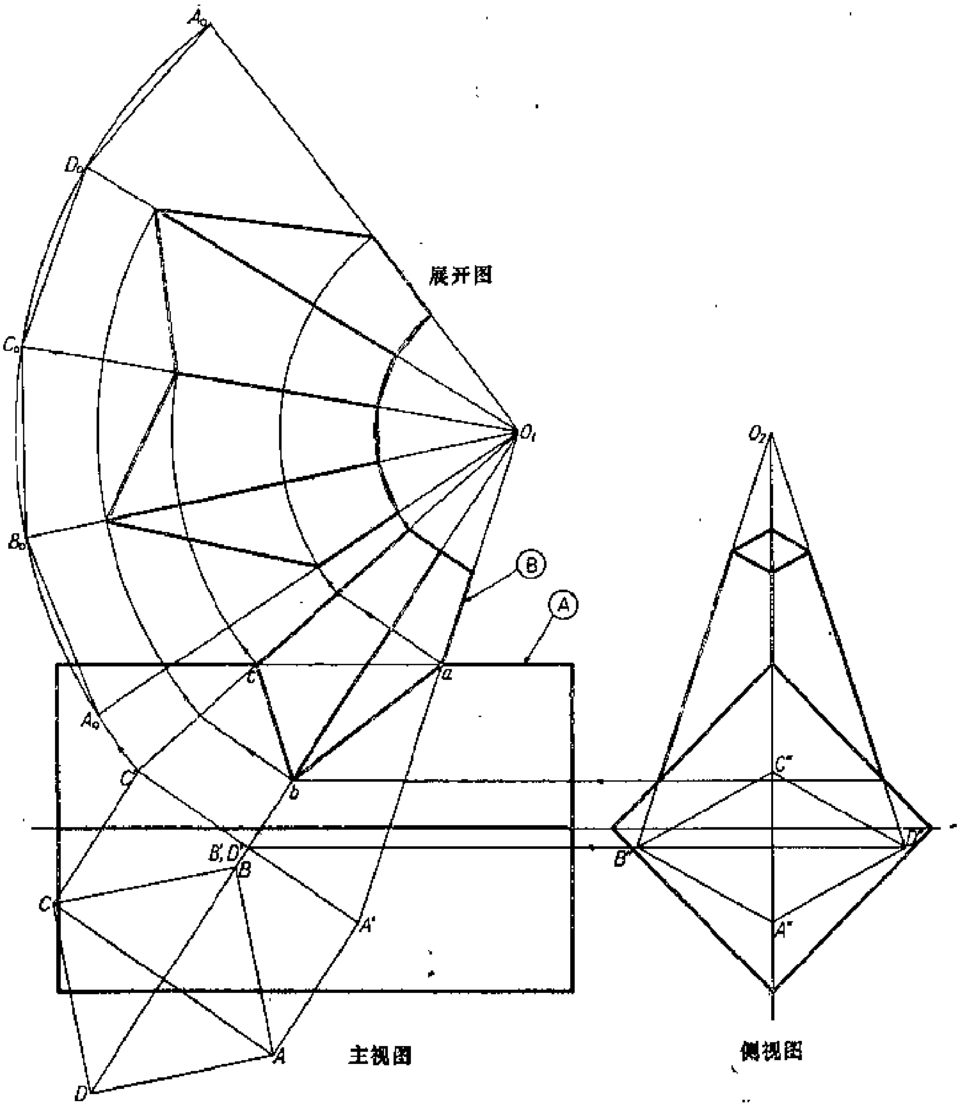


图 2-29

30. 棱筒上斜交的棱筒

图 2-30 示出了在方棱筒Ⓐ上斜交了相同方棱筒Ⓑ的相贯体展开图。此种形式的展开方法与前例棱锥相同，相贯线也是直线，展开图画法也极其简单。

相贯线画法

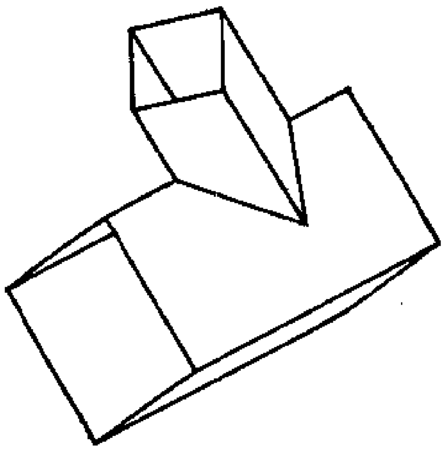
在侧视图上，过Ⓐ和Ⓑ的交点 d 作水平线，与 $\overline{BD}$ 的延长线相交于 b 时，则 $\overline{ab}$、$\overline{bc}$ 为相贯线。

展开图画法

① 在 $\overline{A'C'}$ 的延长线上，取一线段 $\overline{A_0B_0}$，使 $\overline{A_0B_0}=\overline{AB}$。

② 过 a、b 对 $\overline{A'C'}$ 作平行线，与过 A_0、B_0 所作垂线相交于 a_0、b_0，则 $A_0B_0b_0a_0$（展开图①）即为平面 AB 和 AD 的实形。

③ 采用同样方法，即可画出平面 BC 和 DC 的实形 $B_0C_0c_0b_0$。



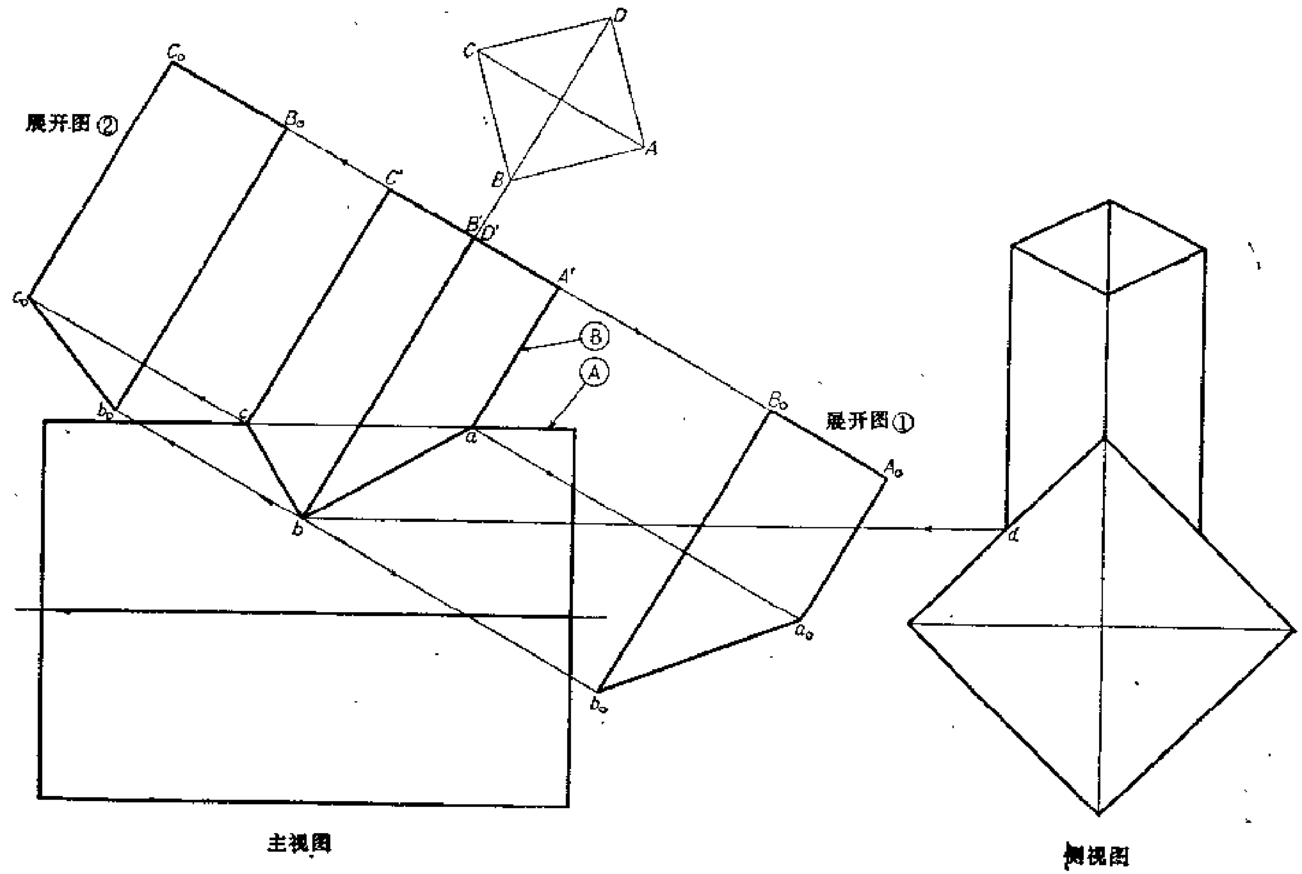


图 2-30

31．直交弯头上斜交的圆锥

图 2-31 示出了在圆筒Ⓐ和Ⓑ直交的弯头肩口上以45°斜交的正圆锥展开图。该正圆锥的底圆 O_2 恰好与圆筒的直径相等。试画出这种情形下正圆锥Ⓒ和圆筒Ⓐ的展开图。

相贯线画法

相贯线上的一点O_2位于Ⓐ和Ⓑ中心线直交点。毫无疑问，Ⓐ和Ⓑ的相贯线即是$\overline{O_2E}$这一直线。下面，对Ⓒ和Ⓐ、Ⓒ和Ⓑ的相贯线ⓐ的求法加以说明。

① 把圆 $O_3$12等分，过 $0'$、$1'$、$2'$、$3'$ 作水平线。

② 把底圆$O_2$12等分，过 0、1、2、3 对$\overline{AB}$作垂线，连接其垂足和顶点O_1。

③ 把①和②中所得到的交点用圆滑曲线连接起来后，即画出ⓐ的一半；

④ 以$\overline{O_1E}$为对称轴，画出Ⓒ、Ⓐ和Ⓒ、Ⓑ的相贯线ⓐ。

展开图画法

（a）Ⓒ的展开图画法：

① 画出正圆锥O_1AB的展开图，并且进行 12 等分。

② 过画相贯线时求得的交点，对$\overline{AB}$作平行线，以 O_1 为中心、过与$\overline{O_1A}$的交点画弧。

③ 用圆滑曲线连接该弧与$\overline{O_10_0}$、$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$的交点，即画出Ⓒ的展开图①。

（b）Ⓑ的展开图画法：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆 O_4 周长相等的线段，并将其 12 等分。

② 过圆 O_4 的 12 个等分点对于$\overline{CD}$作垂线，过其延长线与相贯线的交点作水平线，与过 $0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接其交点，即画出展开图②。Ⓐ的展开图形状与其完全相同。

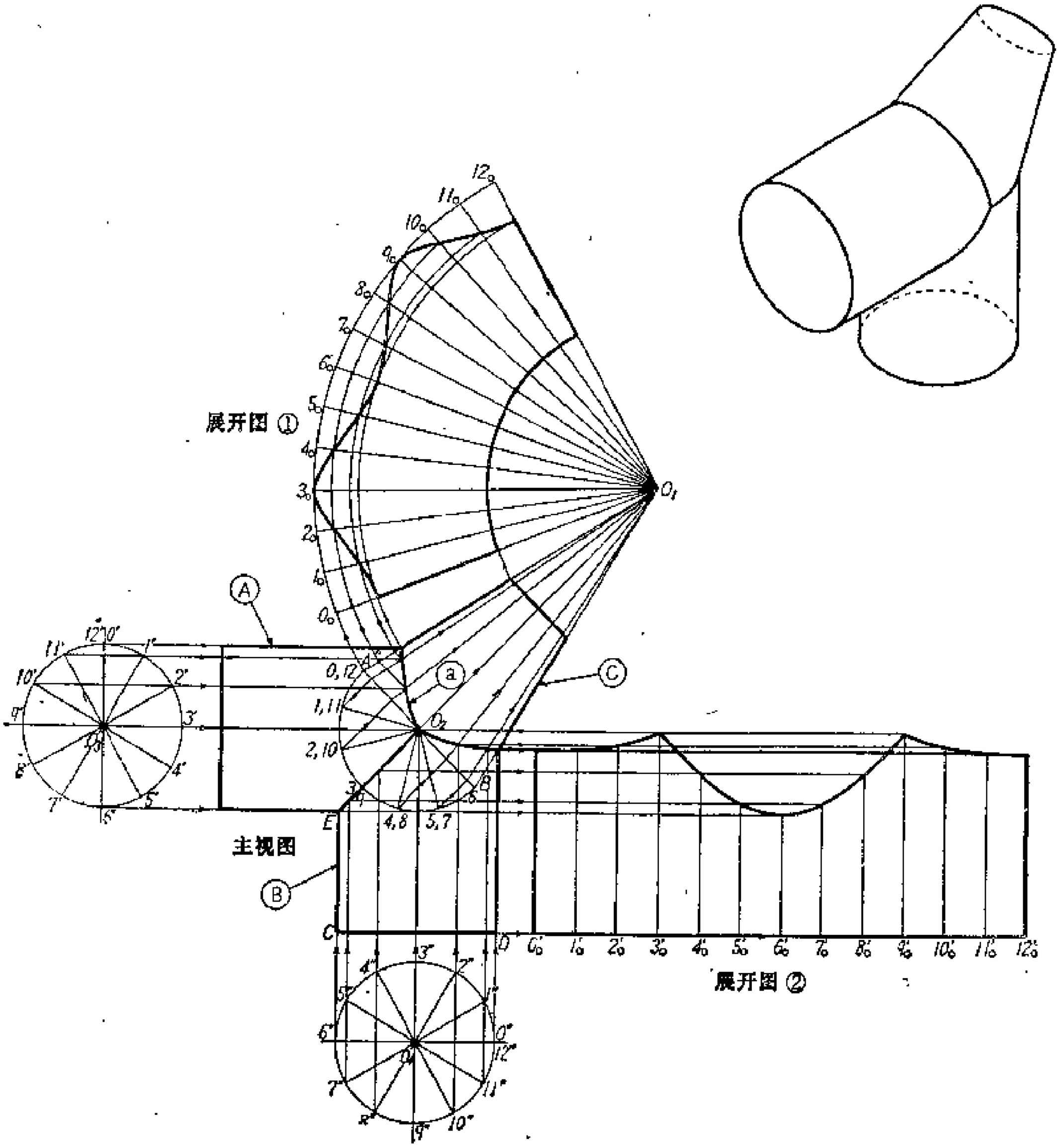


图 2-31

32. 直交弯头上斜交的圆筒

图 2-32 示出了直交的两支圆筒在其肩口以45°斜交了小圆筒的相贯体展开图。该板金件与前例不同之处是斜交的形体为圆筒。试画出小圆筒Ⓒ和圆筒Ⓑ的展开图。

相贯线画法

① 把圆 $O_1$12 等分，过 0 、 1 、 2 、 3 对 $\overline{AB}$ 作垂线，并延长。

② 把圆$O_2$12等分，过$0'$、$1'$、$2'$、$3'$ 作垂线，过其与圆 O_4 的交点作水平线，与①所作的延长线相交，用圆滑曲线连接各交点后，即画出相贯线ⓐ的一半。

③ 以$\overline{EF}$为轴，再画出与其对称的另一半曲线，即完成全部相贯线。

展开图画法

（a）Ⓒ的展开图画法：

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并 12 等分。

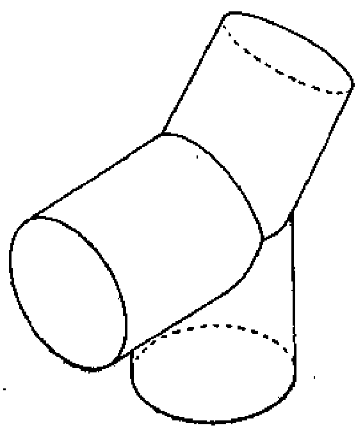
② 过画相贯线时求得的交点对$\overline{AB}$作平行线，与过 0_0, 1_0, 2_0, ……, 12_0 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图①。

（b）Ⓑ的展开图画法：

① 过E作$\overline{CD}$的垂线，与圆 O_3 相交于 n 、 m。

② 在$\overline{CD}$的延长线上截取与 O_3 周长相等的线段，并 12 等分。设有 n' 、 m' 两点，使$\overline{2_0'n'}=\overline{2''n}$, $\overline{10_0'm'}=\overline{10''m}$。

③ 过圆 O_3 的 12 个等分点对$\overline{CD}$作垂线，过其延长线与水平线的交点E作水平线，与过 $0_0'$, $1_0'$, $2_0'$, ……, $12_0'$和n'、m' 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接其交点，即画出展开图②。Ⓐ的展开图形状与Ⓑ完全相同。



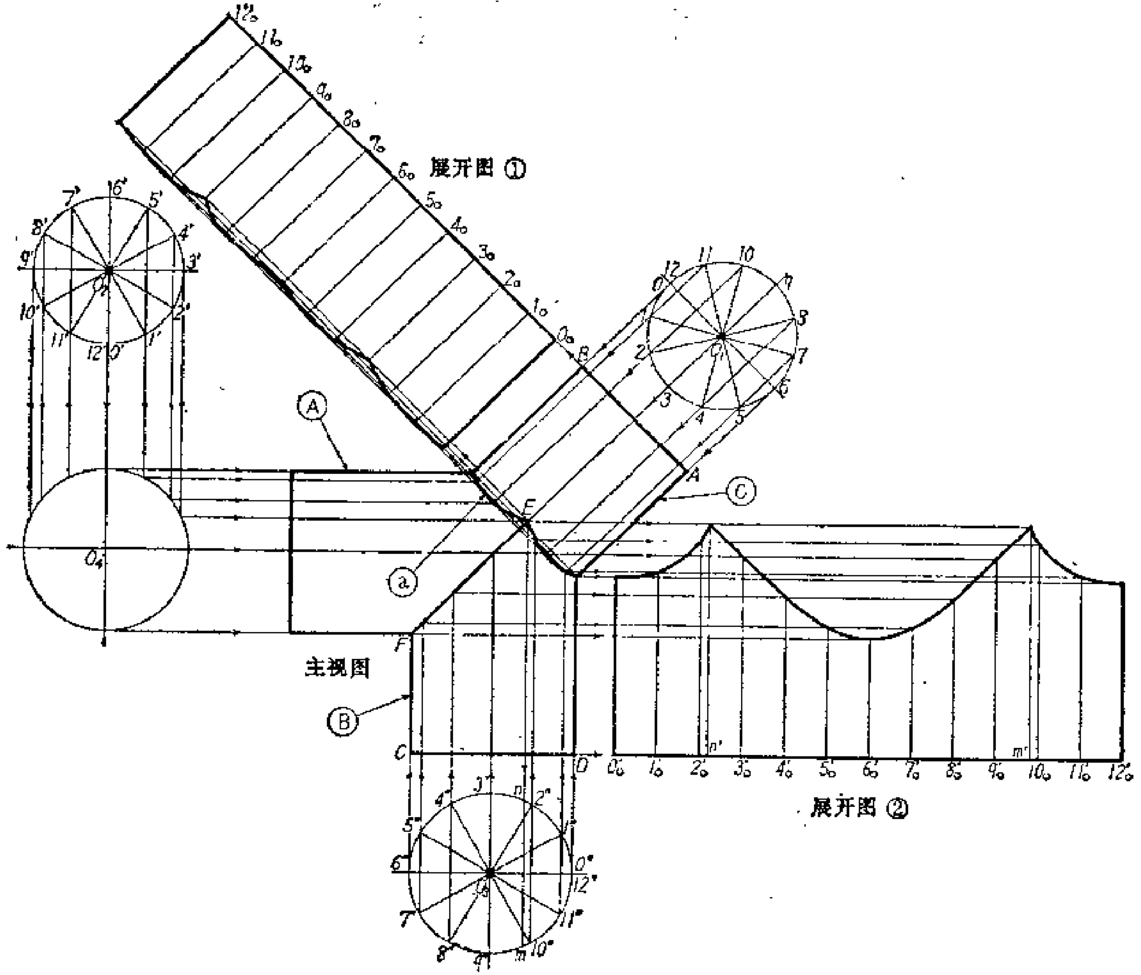


图 2-32

33．直交弯头上斜交的棱筒

图 2-33 示出了在直交圆筒Ⓐ、Ⓑ肩口上以45°斜交的方棱筒Ⓒ的相贯体展开图。由于斜交的形体是棱筒，因此可很容易地画出其相贯线。所以，展开图画法较前两例(31、32）简便。

相贯线画法

① 在侧视图上，圆 O_1 与棱筒相交于 e。

② 过 e 作水平线，与$\overline{bc}$的延长线相交于 e'，则 $g'e'C$ 即为相贯线的一半。并且，$\overline{g'e'}$、$\overline{e'C}$为直线。然后，以$\overline{CD}$为轴，按照与此相同的方法画出对称的另一半相贯线。Ⓐ和Ⓑ的相贯线即为$\overline{CD}$这一直线。

展开图画法

（a）Ⓒ的展开图画法：

① 在侧视图上，以与 g 点相距圆心角 30°的圆周上一点（特殊情况下，也可以不是 30°）为 f，过 f 作水平线，与$\overline{g'e'}$交于f'。

② 在$\overline{a'b'}$的延长线上，设定 b_0、c_0、f_0、f_0'各点，如图所示，使$\overline{b_0c_0}=\overline{bc}$、$\overline{p_0q_0}=\overline{pq}$。同时，$\overline{b_0c_0}$的中点为 g_0。

③ 过 e'、f'、g' 对$\overline{b'e'}$作垂线，与过 b_0、c_0、f_0、f_0'、g_0 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出平面 bc 的展开图①。平面 ad 的形状与其完全相同。

④ 如主视图所示，平面 ab、cd 的形状与 $a'b'e'Ch$ 完全相同。

（b）Ⓑ的展开图画法：

① 过 C 点对$\overline{AB}$作垂线，其延长线与圆 O_2 相交于 n、m。

② 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆 O_2 周长相等的线段，并 12 等分。设有 n_0、m_0两点，使$\overline{1_0n_0}=\overline{1\ n}$，$\overline{11_0m_0}=\overline{11m}$。

③ 过圆 O_2 的 12 个等分点对$\overline{AB}$作垂线，过其延长线与相贯线的交点作水平线，与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 和 n_0、m_0所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图②。Ⓐ的展开图形状与Ⓑ完全相同。

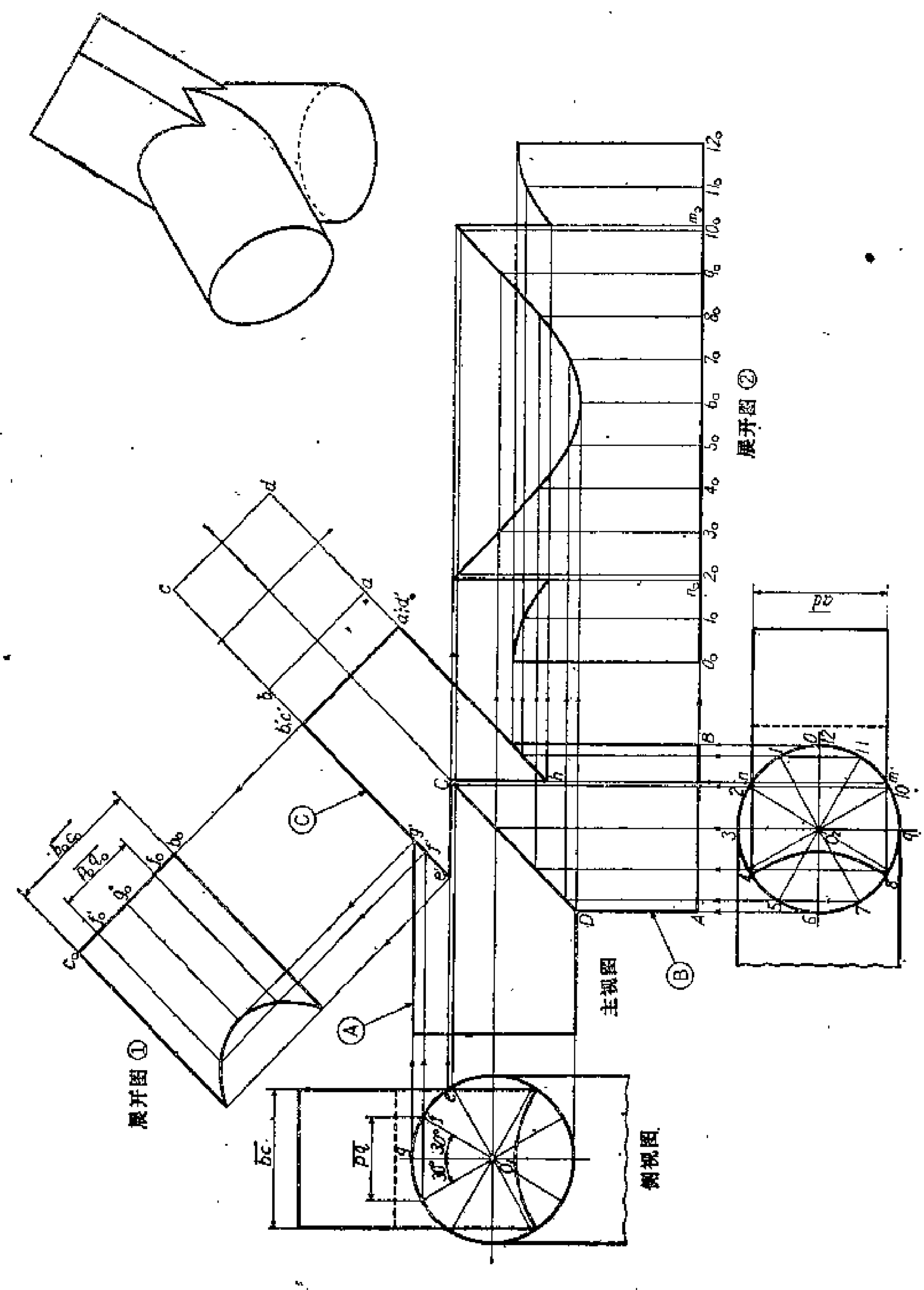


图 2-33

34. 大圆筒与小圆筒的连接部分

如图 2-34 所示，试画出大圆筒Ⓐ与小圆筒Ⓑ的连接部分Ⓒ的展开图。从侧视图中可以看到：由于Ⓐ、Ⓑ中心线的距离为 x，因此展开图的画法稍复杂一些。由于该板金件的相贯线画法无特殊加以说明的内容，所以予以省略。

展开图画法

由于形体Ⓒ的表面为复杂的曲面，因此，采用将其分割成若干三角形后，再把各三角形的实形拼接在一起的方法来画出展开图。

① 把圆 O_1、$O_2$12等分，其各等分点分别为 0，1，2，……，12 和 a，b，c，……，m。

② 交叉连接各等分点，把Ⓒ的表面分割为 24 个三角形（由于Ⓒ以纵向中心线为轴左右对称，所以其展开图也应左右对称，因此这里可以仅就其半侧的画法进行说明。这样，在图中把半侧分割为 12 个三角形）。

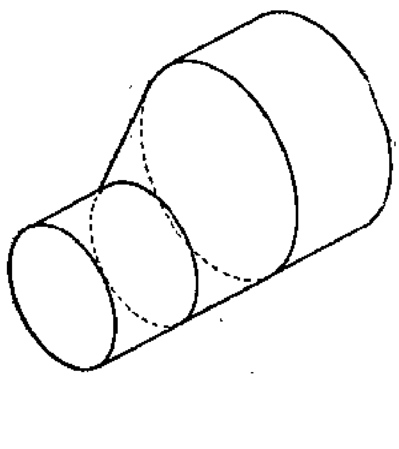
③ 求出这些三角形分割线的实长线。实长线的求法：以Ⓒ的长度 H 为底边、高为侧视图上示出的分割线长度，则这样形成的直角三角形斜边即为实长线。例如，$\overline{5e}$ 的实长线，即是由底边为 H、高为 $\overline{5e}$ 所形成的直角三角形斜边长度。这样，其他的实长线均可以一一求出。其中，$\overline{0a}$、$\overline{6g}$ 的实长线则是主视图上 $\overline{0'a'}$　$\overline{6'g'}$ 本身。

④ 下面说明展开图画法。首先，设定 $\overline{6g}$ 的实长线，即 $\overline{6_0g_0}$。

⑤ 以 6_0 为圆心，$\overline{6f}$ 的实长线为半径画弧，该弧与以 g_0 为圆心，$\overline{gf}$ 为半径所画的弧相交于 f_0。

⑥ 以 f_0 为圆心，$\overline{5f}$ 的实长线为半径画弧，该弧与以 6_0 为圆心，$\overline{56}$ 为半径所画的弧相交于 5_0。

⑦ 这样，依次求出交叉的各点，用圆滑曲线连接这些点，即画出所求展开图。



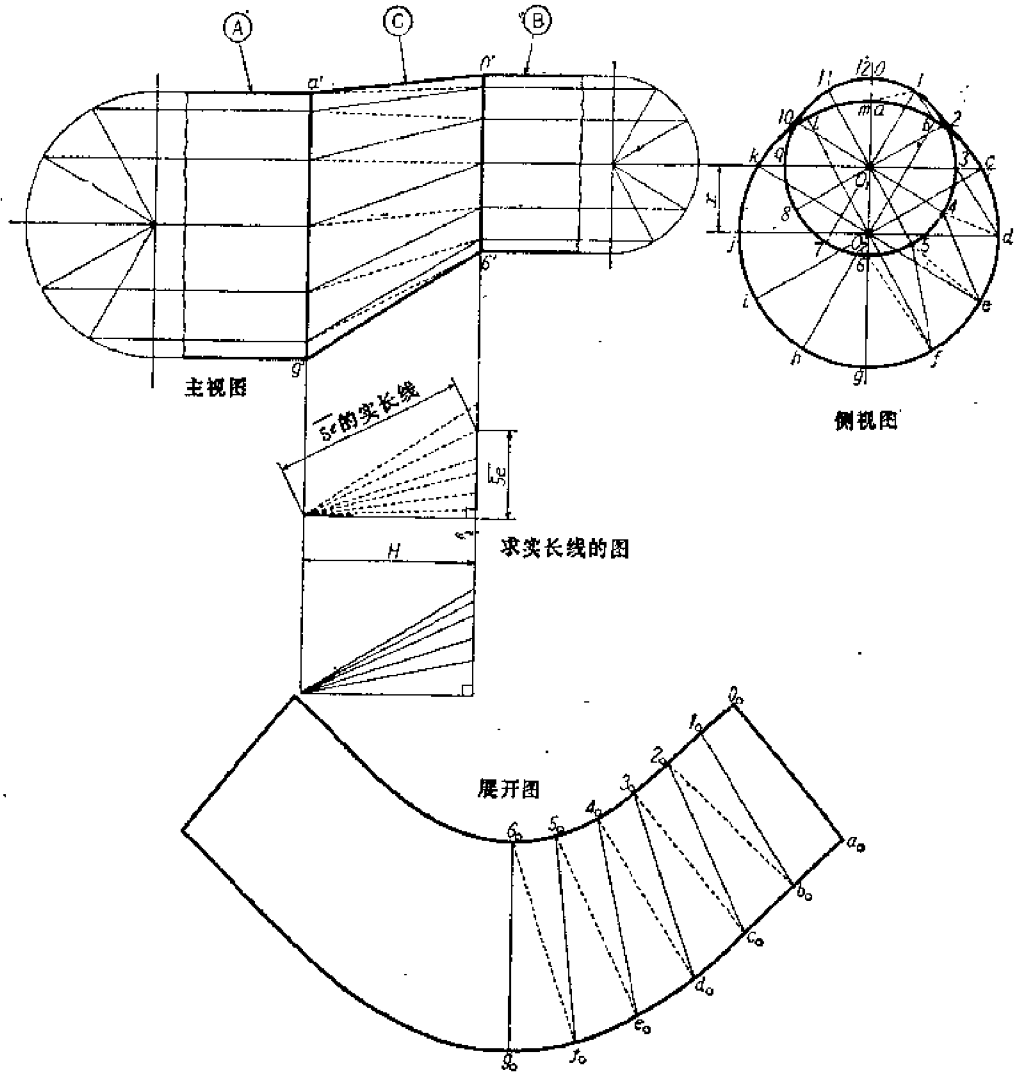

A
C
B
a′
n′
b′
g′
主视图
侧视图
5e的实长线
5e
H
求实长线的图
展开图
g_0
f_0
e_0
d_0
c_0
b_0
a_0
1_0
2_0
3_0
4_0
5_0
6_0
O_1
O_2
r
k
j
i
h
g
f
e
d
c
m
a
b
l
q
12
0
11
10
1
2
3
4
5
6
7
8

图 2-34

35. 中心线不重合的同径圆筒连接部分

如图 2-35-1 所示，圆筒Ⓐ和Ⓑ直径相同，但是中心线偏距为x。试画出其连接部分Ⓒ的展开图。由于Ⓒ的上方、下方切口形状为圆心线不重合的圆，因此Ⓒ不是圆筒。下面，按照图 2-35-2 所示出的方法，将Ⓒ的表面分割成若干三角形且求出其实形。然后，依次拼接各实形，画出展开图。从俯视图中可以看到：该板金件上下、左右均呈对称状态，所以可以只求出相当于四分之一的三角形实形。

展开图画法（见图2-35-2）

① 把圆O_1、$O_2$12等分，各等分点分别为 0，1，2，……，12和a，b，c，……，m。

② 按照0与a；a与1；1与b这样的顺序交叉连接各等分点，把整个Ⓒ的表面分割成24个三角形（图中示出四分之一）。

③ 求出各分割线的实长线，即以Ⓒ的长度H为高，俯视图示出的分割线长度为底边时所形成的直角三角形的斜边即为实长线。例如：$\overline{2b}$的实长线，即相当于高为H，底边为$\overline{2b}$时的直角三角形斜边。这样，也可以求出其他实长线。其中，由于$\overline{0a}$、$\overline{1b}$、$\overline{2c}$、$\overline{3d}$完全相等，并且其实长与主视图上的$\overline{0'a'}$相等，就没有特殊必要来通过作三角形的方法求其实长。

④ 展开图的画法。首先，设定$\overline{0a}$的实长线，即$\overline{0_0a_0}$。

⑤ 以a_0为圆心、$\overline{1a}$为半径画弧，与以0_0为圆心、$\overline{01}$为半径所画的弧相交于1_0。

⑥ 以1_0为圆心、$\overline{1b}$为半径画弧，与以a_0为圆心、$\overline{ab}$为半径所画的弧相交于b_0。

⑦ 这样，顺次求出各点，用圆滑曲线连接各点，即画出Ⓒ的展开图。

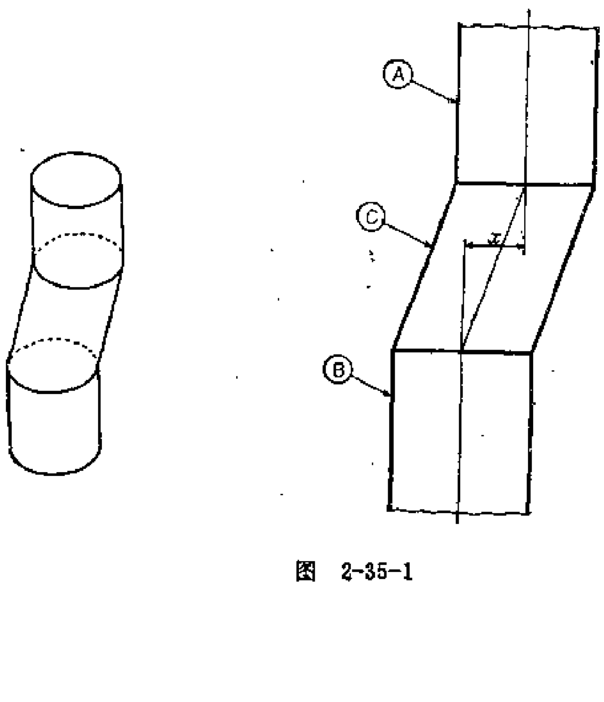


图 2-35-1

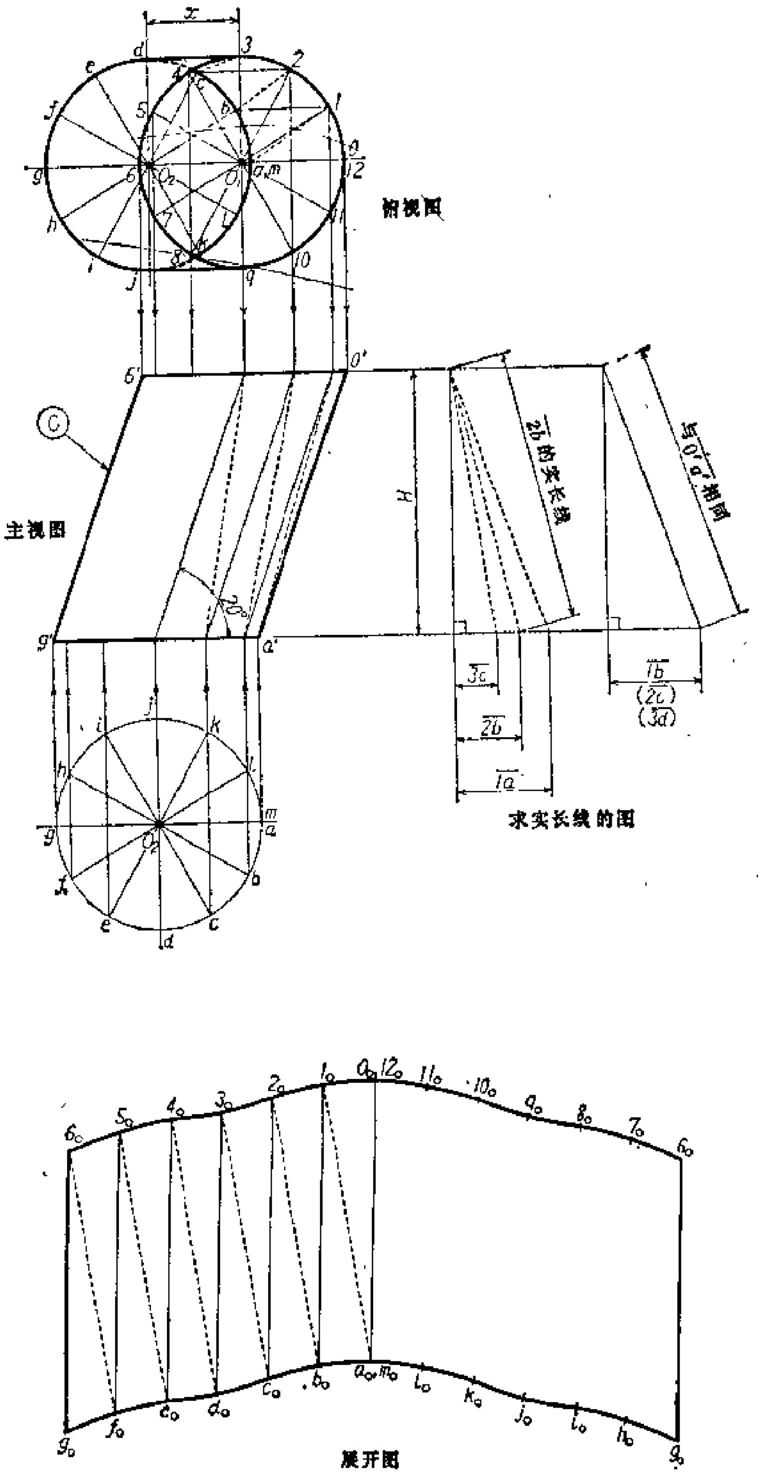


图 2-35-2

36．大圆筒与小圆筒连接的双叉筒

图 2-36 示出了位于大圆筒Ⓐ与小圆筒Ⓑ之间的分成双叉的连接部分。下面画出形体Ⓒ的展开图。如主视图所示，由于该板金件形状复杂，并且Ⓐ和Ⓑ中心线相距 x，因此其展开图画法也更加复杂。此外，因为无论是在俯视图还是主视图上，该形体的左右两侧形状均不相同，所以画展开图也相当费时。本例相贯线画法无需要特殊说明之处，予以省略。

展开图画法（见图2-36）

由于形成Ⓒ的形体表面是极其复杂的曲面，因此采用把该表面分割成若干三角形、求出实形，然后依次加以拼接的方法画出展开图。

① 把圆$O_1$12等分，令各等分点分别为 0， 1， 2，……，12。

② 把圆 O_2的半圆 6 等分，其等分点为 a， b， c，……， g。把$\overline{ag}$ 6 等分，其等分点为 h 、 i 、 j 、 k。

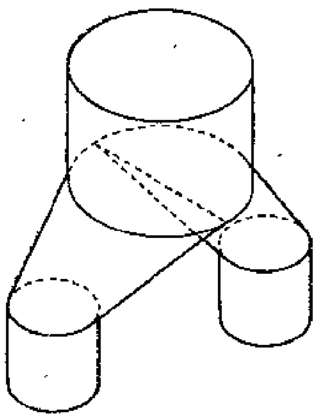
③ 按照主视图中示出的方法，把各等分点以 0 和 d 、 d 和 1 、 1 和 e 这样的顺序交叉连接起来，使Ⓒ的表面分割成 24 个三角形。这些三角形的形状均不相同。

④ 求出这些三角形分割线的实长线。实长线求法：以Ⓒ的长度H为高、主视图上示出的分割线长度为底边所形成的直角三角形的斜边即为所求实长线。例如：$\overline{5\ h}$的实长线即相当于高为H，底边为$\overline{5\ h}$的直角三角形的斜边。采用这种方法，求出所有实长线。

⑤ 展开图的画法。首先，设定$\overline{0d}$的实长线，即 $0'd'$。以d' 为圆心、$\overline{1d}$的实长线为半径画弧，与以 $0'$ 为圆心、$\overline{01}$为半径所画的弧相交于$1'$。

⑥ 以$1'$为圆心、$\overline{1e}$的实长线为半径画弧，与以 d' 为圆心、$\overline{de}$为半径所画的弧相交于e'。

⑦ 这样，依次求出交叉的各点。用圆滑曲线连接这些点，即画出形体Ⓒ的展开图。



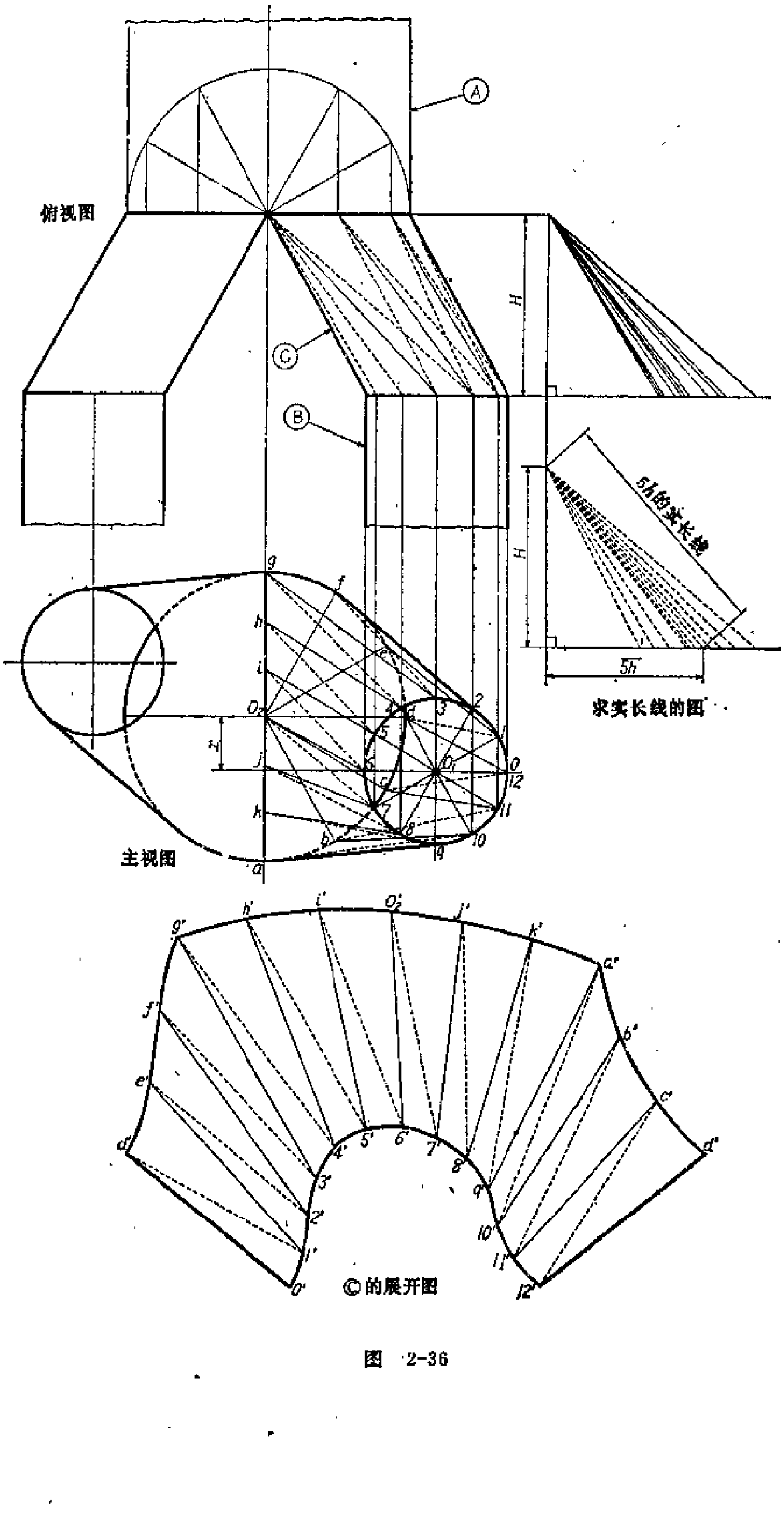


图 2-36

37．连接在大圆筒与小圆筒间的二节弯头

图 2-37-1 示出了连接在中心线水平距离为 x 的大圆筒Ⓐ与小圆筒Ⓑ之间的二节弯头Ⓒ和Ⓓ。Ⓒ和Ⓓ都是圆锥，如以$\overline{AB}$为旋转面使圆锥 O_1AB 旋转180°后，就恰巧与圆锥$O_1'AB$重合在一起。因此，Ⓒ和Ⓓ的展开图形状与图 2-37-2 所示的板金件展开图完全相同，其画法也很容易。此外，相贯线的画法也没有特殊需要加以说明之处，予以省略。

展开图画法（见图2-37-1）

（a）Ⓓ的展开图画法：

① 画出正圆锥 $O_1'CD$的展开图，并 12 等分，其各等分点为 0_0，1_0，2_0，……，12_0。

② 把底圆 O_3 12 等分，过各等分点对$\overline{CD}$作垂线，把其垂足与顶点 O_1' 连接起来。

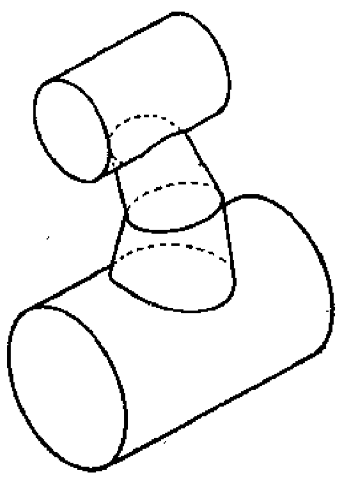
③ 过圆O_2（大圆筒Ⓐ）O_3 各等分点的垂足与 O_1' 的连线和$\overline{AB}$的交点对$\overline{CD}$作平行线与$\overline{O_1'C}$相交、以顶点O_1'为圆心，过该交点画弧与$\overline{O_1'0_0}$，$\overline{O_1'1_0}$，$\overline{O_1'2_0}$，……，$\overline{O_1'12_0}$相交，用圆滑曲线依次连接各交点，即画出Ⓓ的展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法：

① 把正圆锥 O_1AB' 的底圆 O_5 12 等分，过各等分点对于$\overline{AB'}$作垂线，把其垂足与顶点 O_1 连接起来。

② 过该连线与圆O_4（小圆筒Ⓑ）的交点对$\overline{AB'}$作平行线，与$\overline{O_1B'}$相交于 a、b、c、d 各点。

③ 以 O_1' 为圆心，再分别以 $\overline{O_1a}$，$\overline{O_1b}$．$\overline{O_1c}$，$\overline{O_1d}$ 为半径画弧，与 $\overline{O_1'0_0}$，$\overline{O_1'1_0}$，$\overline{O_1'2_0}$，……，$\overline{O_1'12_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的上部轮廓线。此外，下部轮廓线的形状与画出Ⓓ展开图时的轮廓线完全相同。



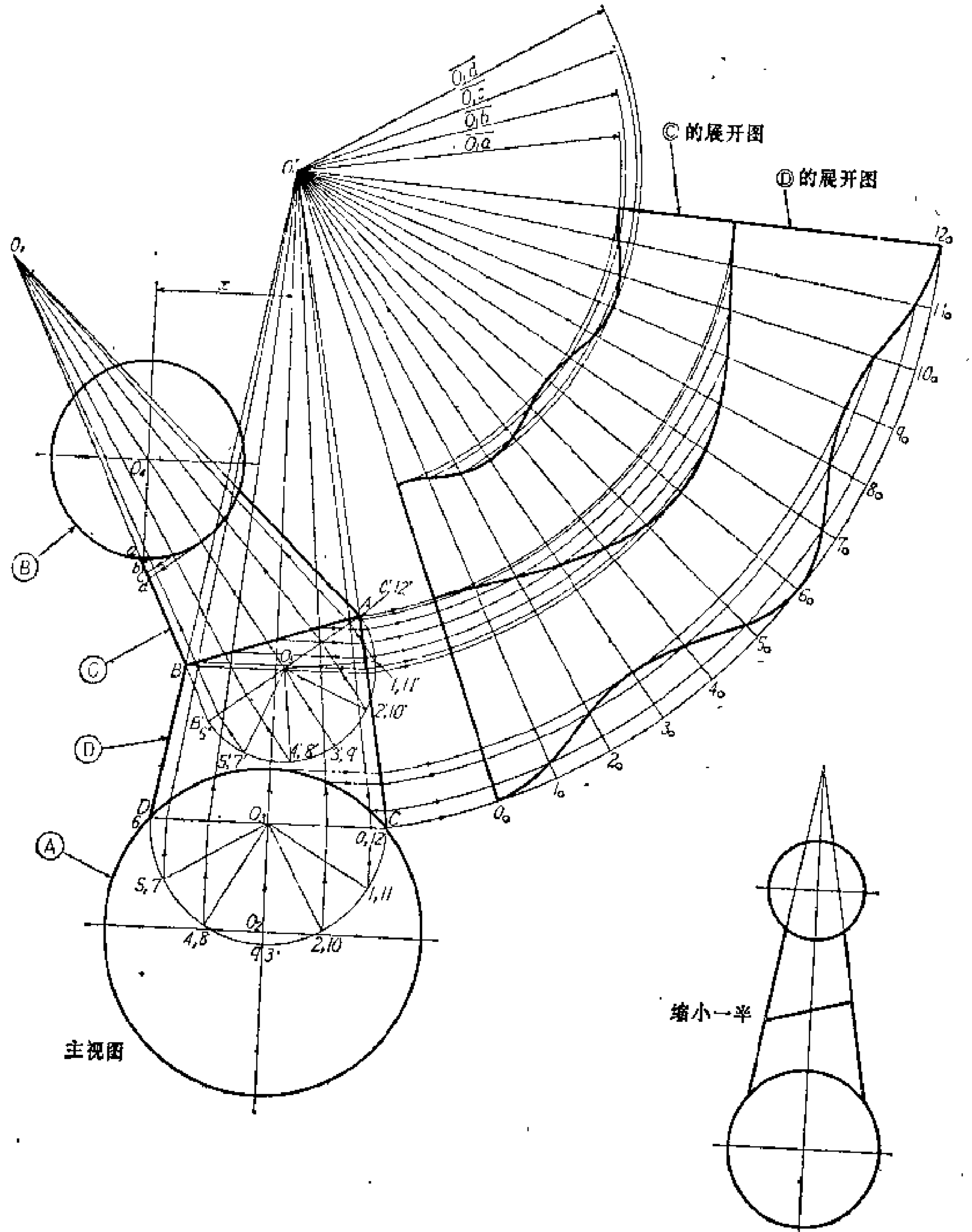


图 2-37-1

图 2-37-2

38．连接在大圆筒与小圆筒间的三节弯头

图 2-38-1 示出了中心线水平距离为 x 的大圆筒Ⓐ和小圆筒Ⓑ。试画出连接在这两个圆筒间的三节弯头中的Ⓔ的展开图。由于Ⓔ的两个平面缺口形状与斜切圆锥时的切口相同，因此就可以知道其两面均为椭圆。椭圆的下侧是以$\overline{ab}$为长轴、$\overline{ef}$为短轴的椭圆；上侧是以$\overline{cd}$为长轴、$\overline{gh}$为短轴的椭圆。并且，$\overline{ab}$与$\overline{cd}$平行，其高为H。为便于理解，下面仅就Ⓔ的形体画出图2-38-2，对其展开图画法加以说明。

展开图画法（见图2-38-2）

如上所述，由于形体Ⓔ上下两平面均为椭圆、大小不同，并且其中心线不重合，因此其表面是复杂的曲面，它的展开图也不象圆锥那样简单。这里，按照通常作法，把形体的表面分割成若干小三角形后，画出其展开图。

① 把椭圆O_1、O_2的中心分割成由 30° 构成的 12 个圆心角，其分割线与椭圆的交点分别为 0，1，2，……，12 和 a，b，c，……，m。然后，以 a 和 1，1 和 b，b 和 2 这样的顺序交叉连接各等分点，把该形体表面分割成 24 个三角形。

② 求出各分割线的实长线（如俯视图所示，由于该形体以水平中心线为轴上下对称，因此求出一半即可）。例如：$\overline{e5}$ 的实长线是高为H、底边为$\overline{e5}$的直角三角形斜边。采用这种方法，也可以求出其他实长线。其中，$\overline{a0}$和$\overline{g6}$的实长即主视图上示出的$\overline{a'0'}$和$\overline{g'6'}$本身。

③ 展开图画法。首先，设定$\overline{g'6'}$也就是$\overline{g6}$的实长线，即$\overline{g_06_0}$。

④ 以 6_0为圆心，$\overline{f6}$ 的实长为半径画弧，与以g_0 为圆心，$\overline{gf}$为半径所画的弧相交于 f_0。接着，以 f_0为圆心，$\overline{f5}$ 的实长线为半径画弧，与以 6_0为圆心，65为半径所画的弧相交于 5_0。

⑤ 这样，依次求出其他各点。同时，由于从主视图上可以知道该展开图左右对称，因此采用④的方法也可以求出以$\overline{g_06_0}$为轴的另一半的各点。

⑥ 用圆滑的曲线连接这样求出的0_0，1_0，2_0，……，12_0和a_0，b_0，c_0，……，m_0，即画出Ⓔ的展开图。

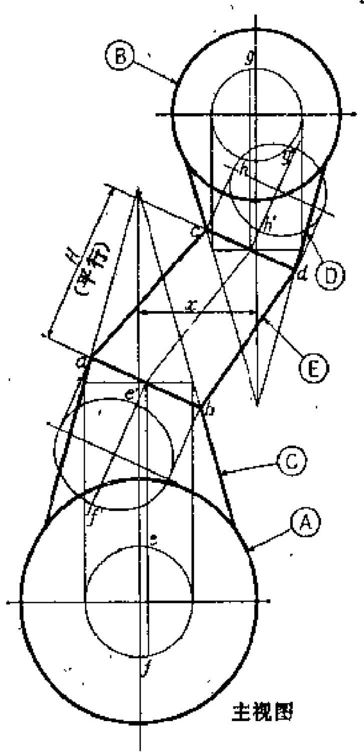


图 2-38-1

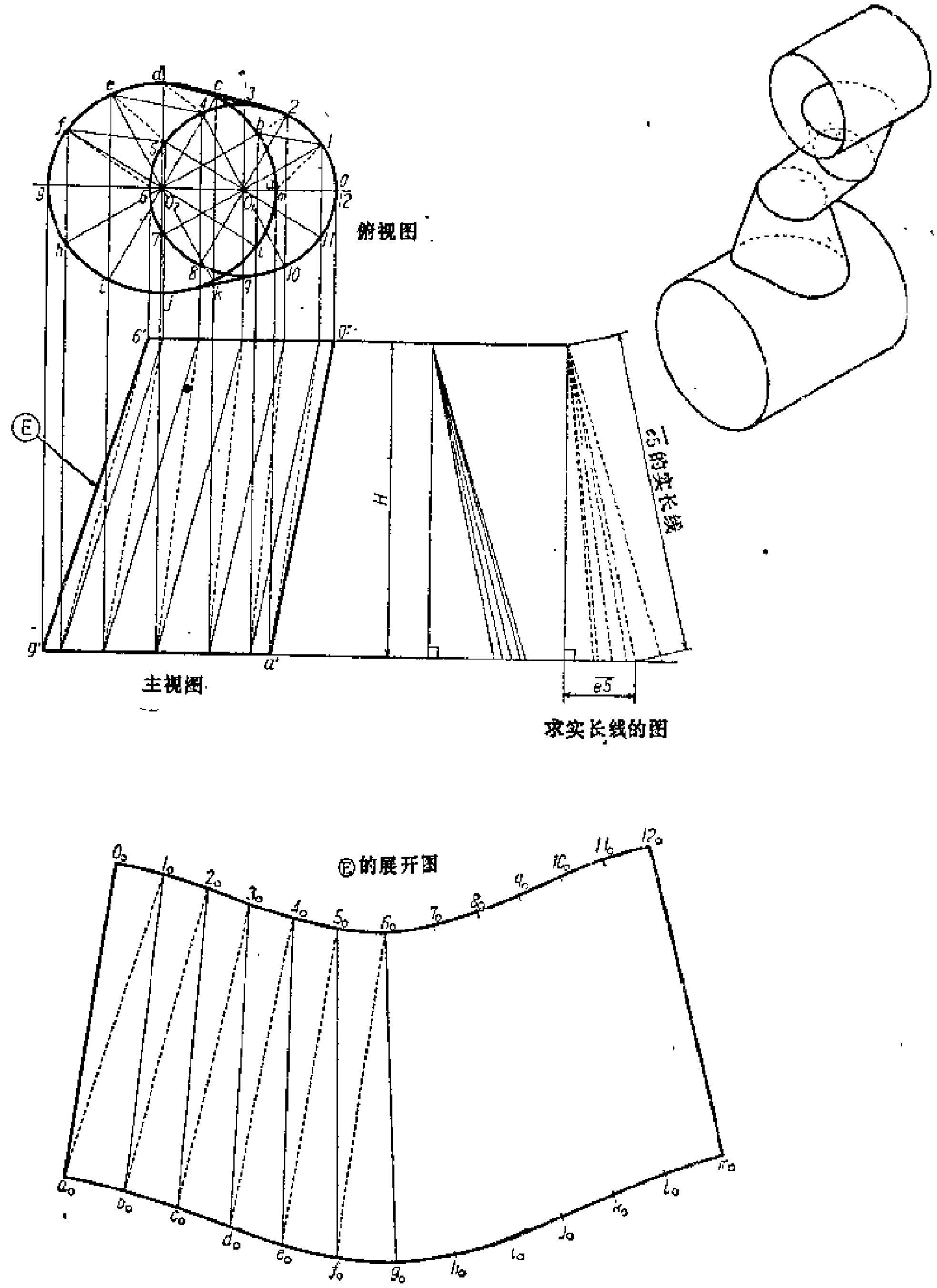


图 2-38-2

39. 连接在大圆筒与倾斜的小圆筒间的圆锥

试画出如图2-39所示的大圆筒Ⓐ与小圆筒Ⓑ间连接部分Ⓒ的展开图。该图较前述各例稍有变化；小圆筒Ⓑ在水平方向上倾斜量为α。这种情形下，仅有主视图和侧视图（或俯视图）不能画出相贯线。因此，需要增加辅助投影图。此外，连接部分Ⓒ为正圆锥。

相贯线画法

（a）小圆筒Ⓑ与连接部分Ⓒ的相贯线画法：

① 画出从主视图的右下侧、Ⓑ的中心线正上方看到的辅助投影图。同时，也把正圆锥O_1AB进行投影。投影得到的正圆锥底圆的轮廓线是以$\overline{AB}$为长轴、H为短轴的椭圆。

② 把正圆锥O_1AB的底圆$O_3$12等分，过各等分点对于$\overline{AB}$作垂线，再过其垂足向辅助投影图作垂线，与椭圆相交于$0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$。

③ 把$0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$和顶点O_6的连线与圆O_8的交点向主视图上进行投影。其投影线与过0，1，2，……，12对$\overline{AB}$所作垂线的垂足和顶点O_1的连线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ与Ⓒ的相贯线。由于侧视图上示出的相贯线的画法与画展开图的关系不大，所以略去。

（b）大圆筒Ⓐ与连接部分Ⓒ的相贯线画法（侧视图上相贯线的画法）：

① 把正圆锥O_2CD的底圆$O_5$12等分，各等分点为$0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$。

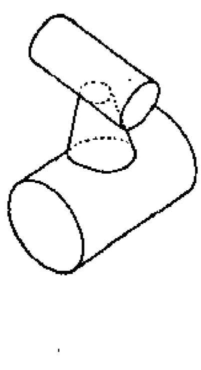
② 过0，1，2，……，12对$\overline{AB}$作垂线，把其垂足与顶点O_1连接起来。

③ 过与圆O_4（大圆筒Ⓐ）的交点作水平线与过$0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$对$\overline{CD}$作垂线的垂足和顶点O_2的连线相交。用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓐ与Ⓒ的相贯线。

展开图画法

① 画出正圆锥O_2CD的展开图，并且进行12等分。

② 过画相贯线时求得的交点作水平线，以O_2为圆心、过该水平线与$\overline{O_2D}$的交点画弧，与$\overline{O_20_0}$，$\overline{O_21_0}$，$\overline{O_22_0}$，……，$\overline{O_212_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的展开图。



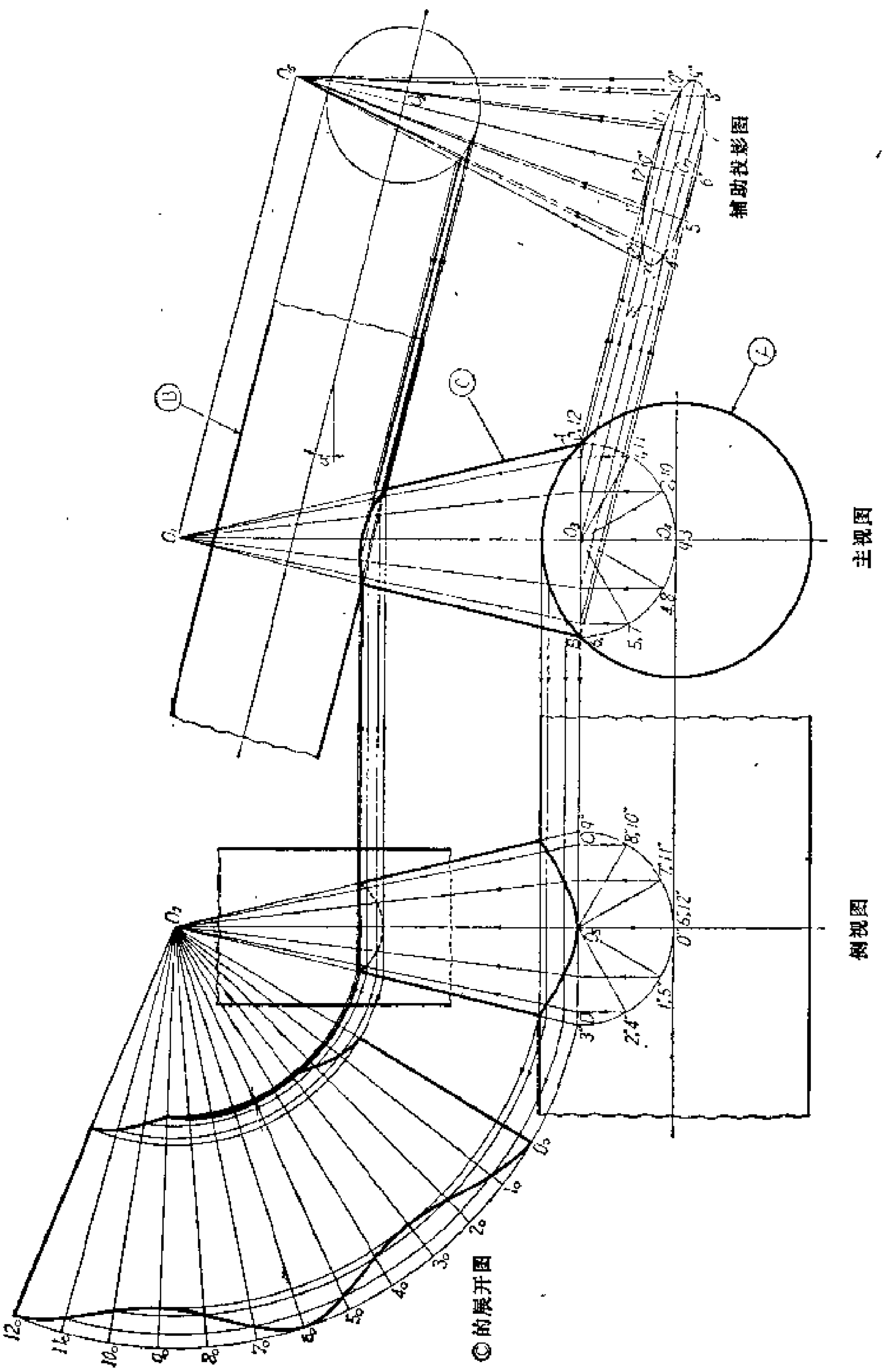


图 2-39

40．圆锥上直交的圆筒

图 2-40 示出了在一对反向圆锥形成的算盘珠状形体上直交了圆筒的板金件展开图。此种圆筒的相贯线画法要困难些。同时，由于该相贯线无论在主视图还是俯视图上，均以中心线为轴左右对称，形状相同，因此可以只求出相当整个图线四分之一的部分。下面，在求出相贯线后，画相贯的圆筒和圆锥展开图。

相贯线画法

① 把圆 O_1和 $O_2$12 等分，其等分点分别为 0，1，2，……，12 和 $0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$。

② 过 1、2 作水平线，再过与$\overline{O_5A}$的交点向俯视图作垂线，与水平中心线相交于 a 和 b；

③ 以O_3为圆心，$\overline{O_3a}$和$\overline{O_3b}$为半径画弧，与过 $1'$和$2'$对水平中心线所作平行线相交于a'、b'。

④ 过 a'、b'对主视图作垂线，与过 1、2 所作水平线相交于 $1''$、$2''$，该点即为相贯线上的一点。

⑤ 过 3 所作的水平线与$\overline{O_5A}$ 相交于 $3''$。另外，从过 $0'$作水平线与圆锥的底圆交点 c 作垂线，与$\overline{AB}$相交于 $0''$。这样，用圆滑曲线连接 $0''$、$1''$、$2''$、$3''$即画出相贯线。下侧的一半可以采用使其与此对称的方式画出。

展开图画法

（a）圆筒展开图画法：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆O_1周长相等的线段，并且 12 等分，其等分点为 0_0，1_0，2_0，……，12_0。

② 过 $0''$，$1''$，$2''$，……，$12''$作垂线，与对 0_0，1_0，2_0，……，12_0对$\overline{0_0 12_0}$延长线所作垂线相交，用圆滑曲线依次连接各交点，即画出展开图①。

（b）圆锥展开图画法：

① 在俯视图上，把O_3与a'、b'连接起来，其延长线与圆锥的底圆相交于a''、b''。

② 画出正圆锥$O_4A'B'$的展开图，在其中央截取p_0点。

③ 截取a_0、b_0、c_0，使 $\overline{p_0a_0}=\overline{pa''}$，$\overline{p_0b_0}=\overline{pb''}$，$\overline{p_0c_0}=\overline{pc}$。

④ 过 0，1，2，……，6 作对$\overline{A'B'}$的平行线，以 O_4为圆心、过该平行线与$\overline{O_4A'}$的各交点画弧，与$\overline{O_4c_0}$、$\overline{O_4a_0}$、$\overline{O_4b_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图②。

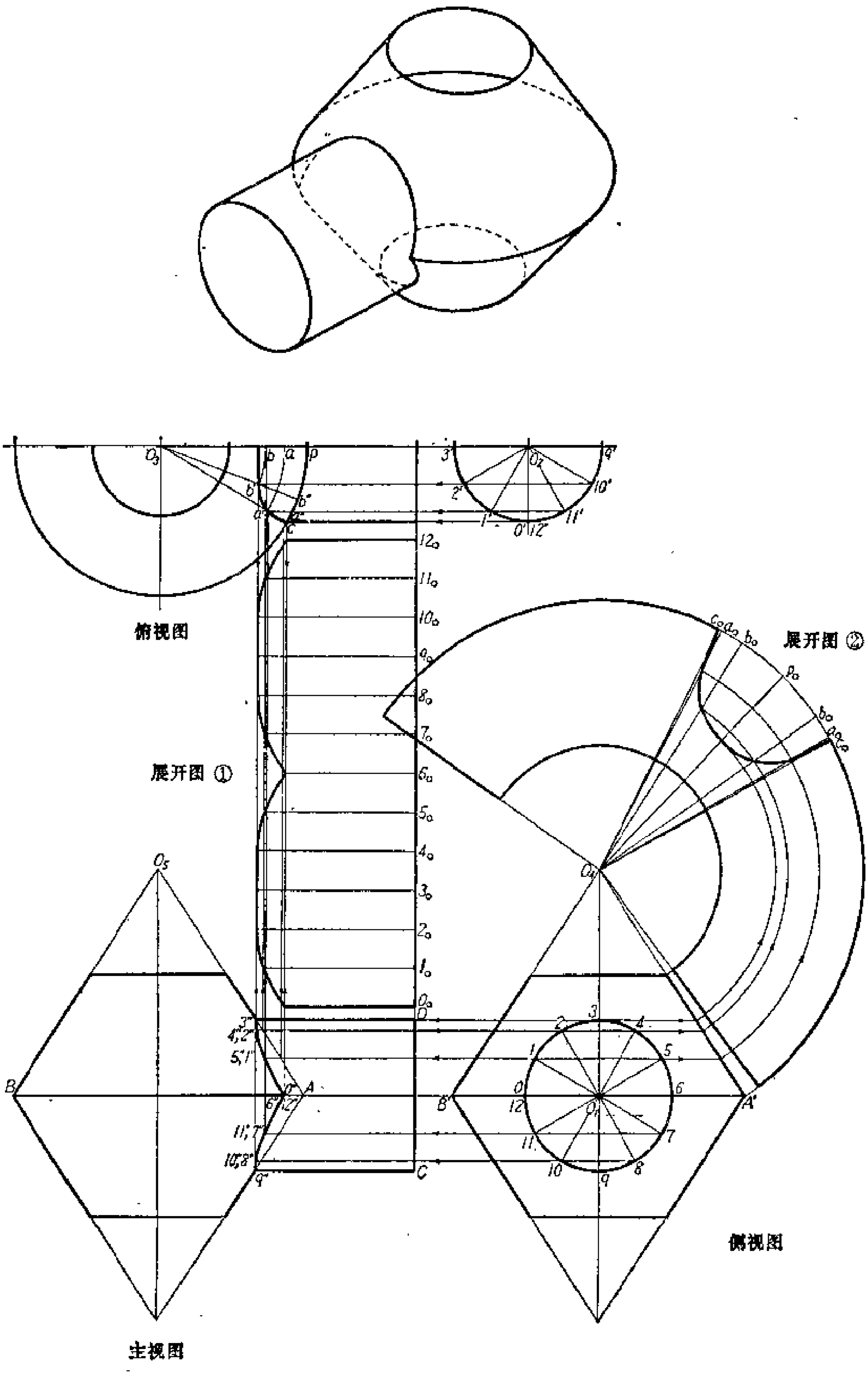


图 2-40

41. 圆筒上斜交的两支圆锥

图 2-41 示出了圆筒Ⓐ上斜交的两正圆锥Ⓑ、Ⓒ的展开图。Ⓑ和Ⓒ的部分形体相贯，并且，这两圆锥的中心线在距Ⓐ的水平中心线上方 x 处的垂直中心线上相交。这两正圆锥的形状相同，俯视图示出的顶点和底圆的圆心均在水平中心线上。这样，Ⓑ和Ⓒ相贯而产生的相贯线，由于在Ⓐ的垂直中心线上成为直线，因此这种状态下的相贯线画法不存在特殊问题。此外，因为俯视图上示出的Ⓑ、Ⓒ轮廓线对画展开图没有多大关系，所以该轮廓线的画法也予以省略。下面，画Ⓑ的展开图。

展开图画法

① 把正圆锥 O_1AB 的底圆 O_3 12 等分，其各等分点为 0， 1， 2， ……， 12。

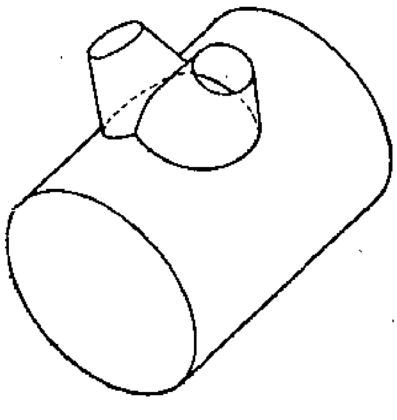
② 画出正圆锥 O_1AB 的展开图，并 12 等分。其各等分点为 0_0， 1_0， 2_0……， 12_0。

③ 连接 O_1 和 a；过其延长线与$\overline{AB}$的交点对$\overline{AB}$作垂线，该垂线与底圆O_3相交于 a'。

④ 设定 a_0 点，使$\overline{11_0a_0}=\overline{1_0a_0}=\overline{1a'}$。

⑤ 过 0， 1， 2， ……， 12 对$\overline{AB}$作垂线，连接其垂足和顶点O_1，过这些线段与相贯线的交点和 a 对$\overline{AB}$作平行线。

⑥ 以O_1为圆心、过上述平行线与$\overline{O_1B}$的交点画弧，与$\overline{O_10_0}$， $\overline{O_11_0}$， $\overline{O_12_0}$， ……， $\overline{O_112_0}$和$\overline{O_1a_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出展开图。



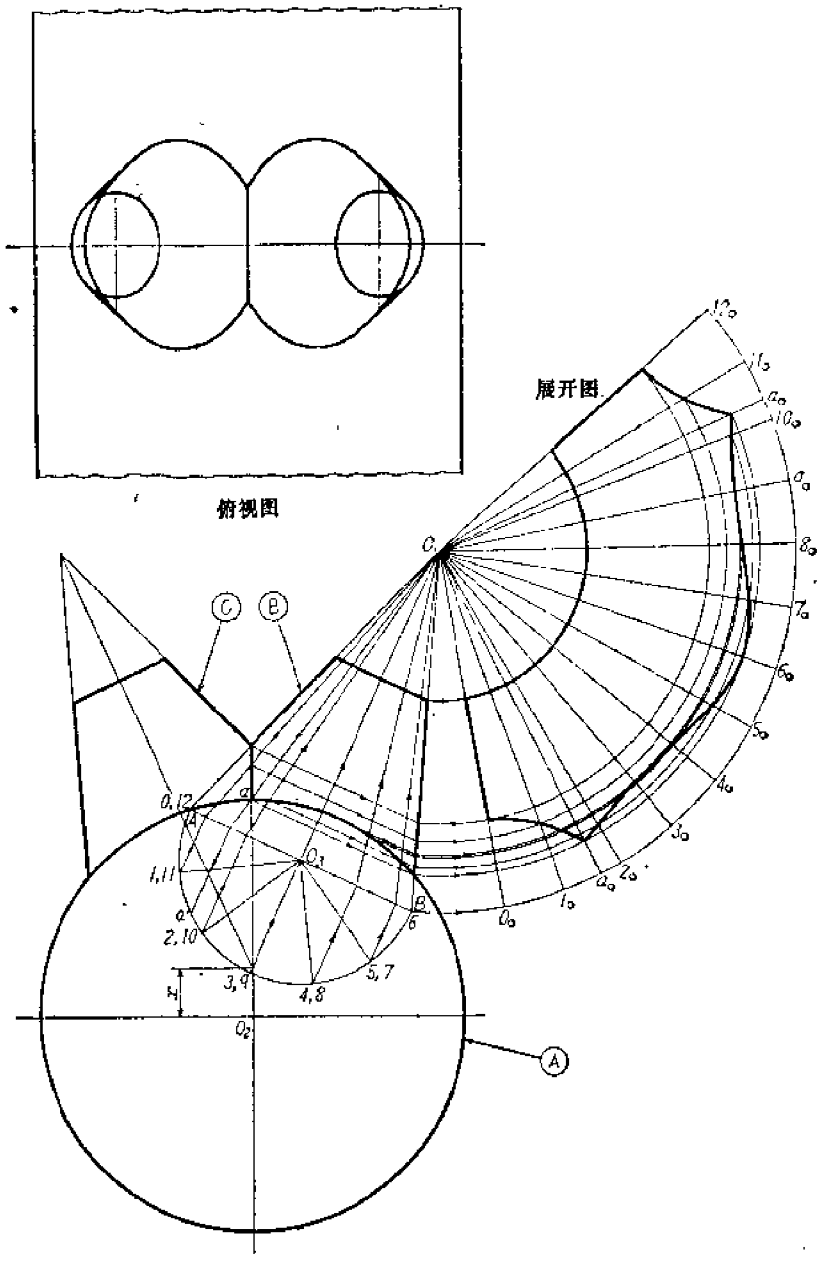


图 2-41

42. 圆筒上中心线不重合的直交圆筒

图2-42所示为大圆筒Ⓐ上直交了小圆筒Ⓑ，其中心线距离为 x 的板金件。并且，由于 x 的值比较大，因此Ⓑ的上部超出了Ⓐ，所以其上加一补贴片Ⓒ。下面，画小圆筒Ⓑ和补贴片Ⓒ的展开图。这种情况下，相贯线画法不存在特殊问题，其说明省略。

展开图画法

（a）小圆筒Ⓑ的展开图画法：

① 把圆 O_2 12 等分，过各等分点作水平线，与Ⓐ和相贯线相交于 $0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$。

② 在 $\overline{AB}$ 的延长线上截取与 O_2 周长相等的线段，并且 12 等分。

③ 过 p（q）作水平线，与圆 O_2 相交于 p'、q'。

④ 设定 p_0、q_0 两点，使 $\overline{3_0p_0}=\overline{3p'}$、$\overline{9_0q_0}=\overline{9q'}$。

⑤ 过 $0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$ 和 p（q）作垂直线，与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 和 p_0、q_0 所作的水平线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出小圆筒Ⓑ的展开图。其中，p_0' 和 q_0' 间为直线。

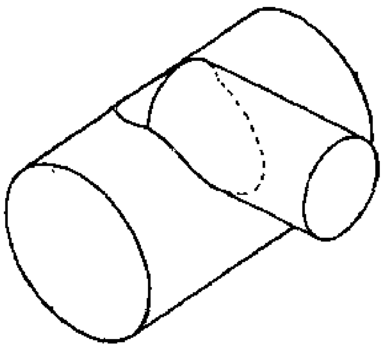
（b）补贴片Ⓒ的展开图画法：

① 画出从正上方看到的 $\overline{CD}$ 面的辅助投影图。画法：过 $3'$、$4'$、$5'$、$6'$ 和 p 对 $\overline{CD}$ 作平行线，其上设定 $3''$、$4''$、$5''$、$7''$、$8''$、$9''$、p''、q'' 和 $6''$（与辅助投影图中心线的交点）各点，使 $\overline{9''3''}=\overline{93}$，$\overline{8''4''}=\overline{84}$，$\overline{7''5''}=\overline{75}$，$\overline{q''p''}=\overline{q'p'}$，用圆滑曲线连接这些点，即画出辅助投影图。

② 过 $4'$、$5'$ 对 $\overline{CD}$ 作平行线与Ⓐ相交于 m、n。

③ 过 p 对 $\overline{CD}$ 作垂线，在其延长线上设定 a、b、c、d，使 $\overline{ab}=\overset{\frown}{6''5''}$，$\overline{bc}=\overset{\frown}{5''4''}$ 和 $\overline{cd}=\overset{\frown}{4''p''}$。

④ 过 $4'$、$5'$、$6'$、p、m、n、D 对 $\overline{CD}$ 作垂线，其延长线与过 a、b、c 对 $\overline{ad}$ 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出补贴片Ⓒ的展开图。



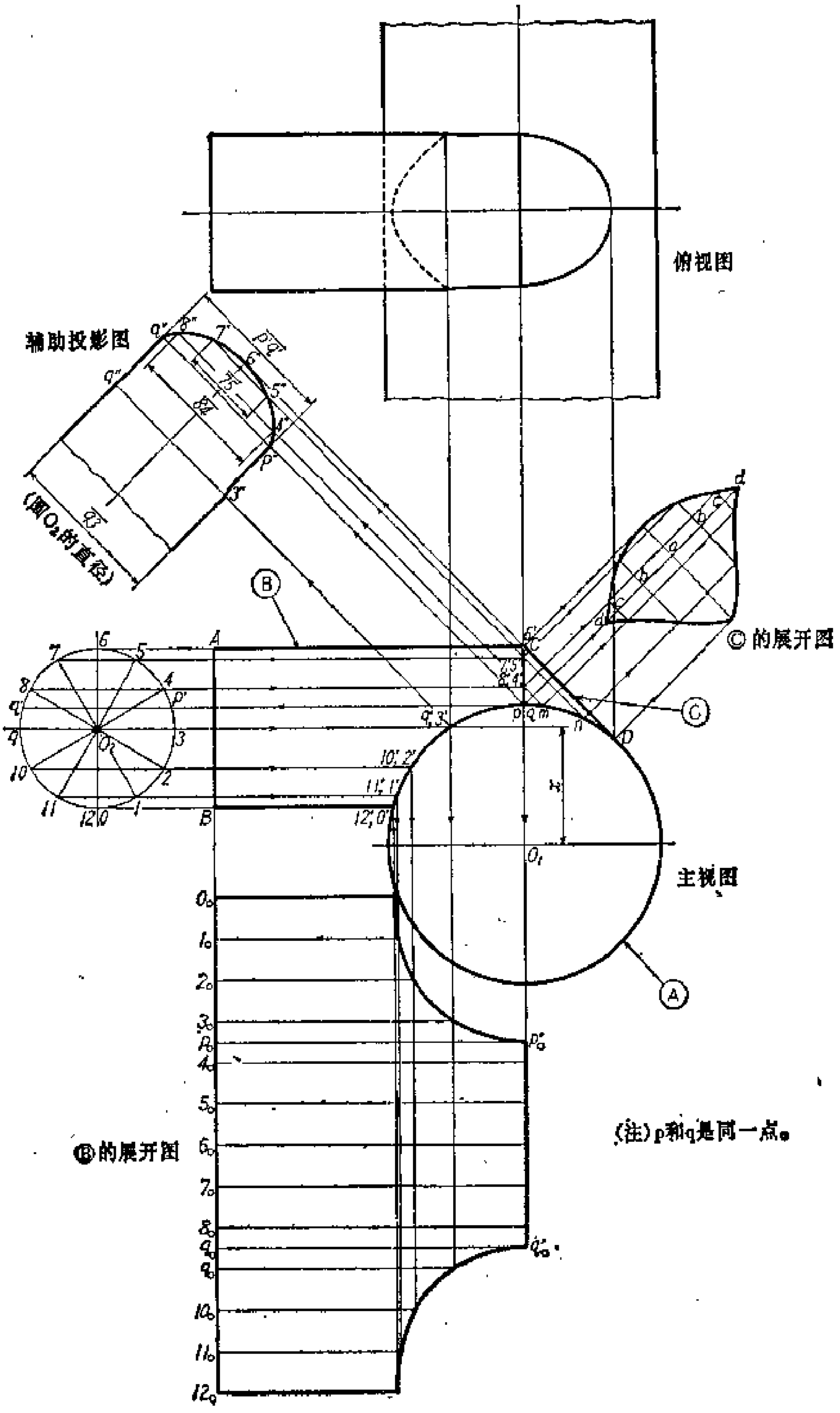


图 2-42

43．圆筒上中心线不重合的斜交圆筒

图 2-43-1 示出的形体是在大圆筒Ⓐ上斜交的小圆筒Ⓑ，其中心线距离为 x 的板金件。同时，如俯视图所示，Ⓑ以 θ 这一角度与Ⓐ斜交。x 值相当大，由于Ⓑ的上部超出了Ⓐ，因此加一补贴片Ⓒ。此外，Ⓑ和Ⓒ的接合部分为主视图上过Ⓑ的水平中心线与Ⓐ的交点 P 所作的垂线 $\overline{PQ}$（在俯视图上是 $\overline{P'Q'}$）。下面，画出Ⓑ和Ⓒ的展开图。

相贯线画法

（a）Ⓐ和Ⓑ的相贯线ⓐ（图2-43-1的曲线）的画法：

① 把圆 O_1、O_2 12 等分。

② 过 $6'$，$7'$，$8'$，……，$12'$ 作水平线，过与Ⓐ的交点作垂线，与过 0，1，2，……，12 对 $\overline{AB}$ 所作垂线的延长线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求相贯线。

（b）Ⓐ和Ⓒ的相贯线ⓑ画法（见图2-43-1）：

① 过 $0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$ 作水平线，过与 $\overline{PQ}$ 的交点对 $\overline{QR}$ 作平行线，过这些线段与Ⓐ的交点作垂线。

② 该垂线与过 0，1，2，……，12对于 $\overline{AB}$ 所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求相贯线。

（c）Ⓑ和Ⓒ的相贯线画法：

即为图 2-43-1 示出的 $\overline{PQ}$ 和 $\overline{P'Q'}$ 两直线。

展开图画法

（a）Ⓑ的展开图画法（见图 2-43-1）：

① 在 $\overline{AB}$ 的延长线上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并 12 等分。

② 过圆 O_1 的 12 个等分点对 $\overline{AB}$ 作垂线，过其延长线与相贯线ⓐ和 $\overline{P'Q'}$ 的交点对 $\overline{AB}$ 作平行线。这些线段与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓑ的展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法（见图2-43-2）：

① 在 $\overline{QR}$ 的延长线上画出Ⓒ的辅助投影图。画法：过 P、Q、R、a 对 $\overline{QR}$ 作平行线，求出与过 P'、Q'、R'、a_1、a_2、m 向下所作垂线的交点。然后，用直线连接 m''、R_0、圆滑曲线连接其他各点，即画出所求辅助投影图。

② 在过 P 对 $\overline{QR}$ 所作平行线上画出长轴为 $\overline{P'Q'}$、短轴为 $2\times H$ 的椭圆 O_4。

③ 过 a 对 $\overline{QR}$ 作平行线，与椭圆交于 a_1'、a_2'。

④ 在 $\overline{Q'Q_0}$ 上，设定 P_0'、a_1'''、m_0、a_2'''、Q_0' 各点，使 $\overline{P_0'a_1'''}=\widehat{P''a_1'}$；$\overline{a_1'''m_0}=\widehat{a_1'm'}$；$\overline{m_0a_2'''}=\widehat{m'a_2'}$；$\overline{a_2'''Q_0'}=\widehat{a_2'Q''}$。

⑤ 过 P'、Q'、R'、a_1、a_2、m 向 $\overline{QR}$ 的延长线上作垂线，与过 P_0'、Q_0'、m_0、a_1'''、a_2''' 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的展开图。

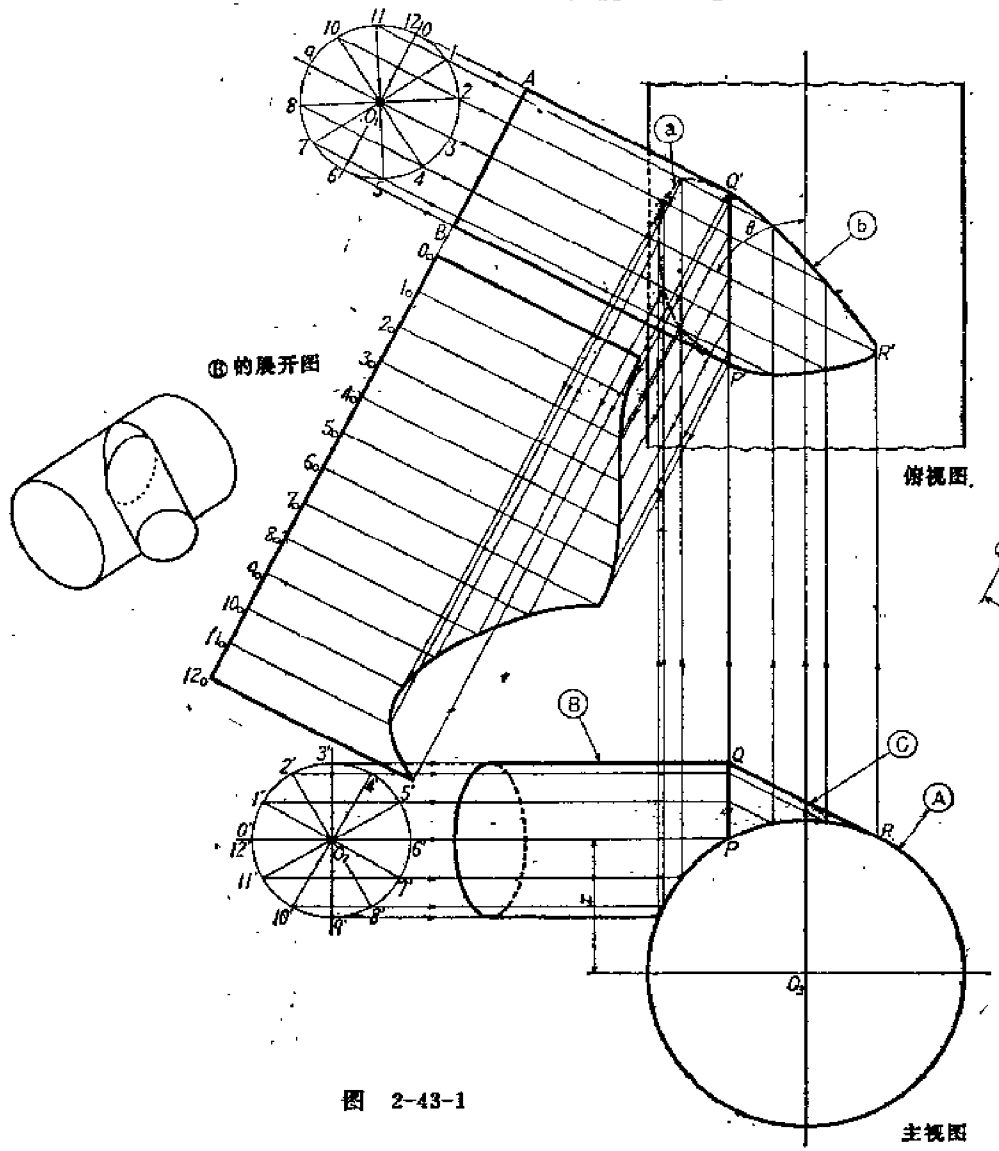


图 2-43-1

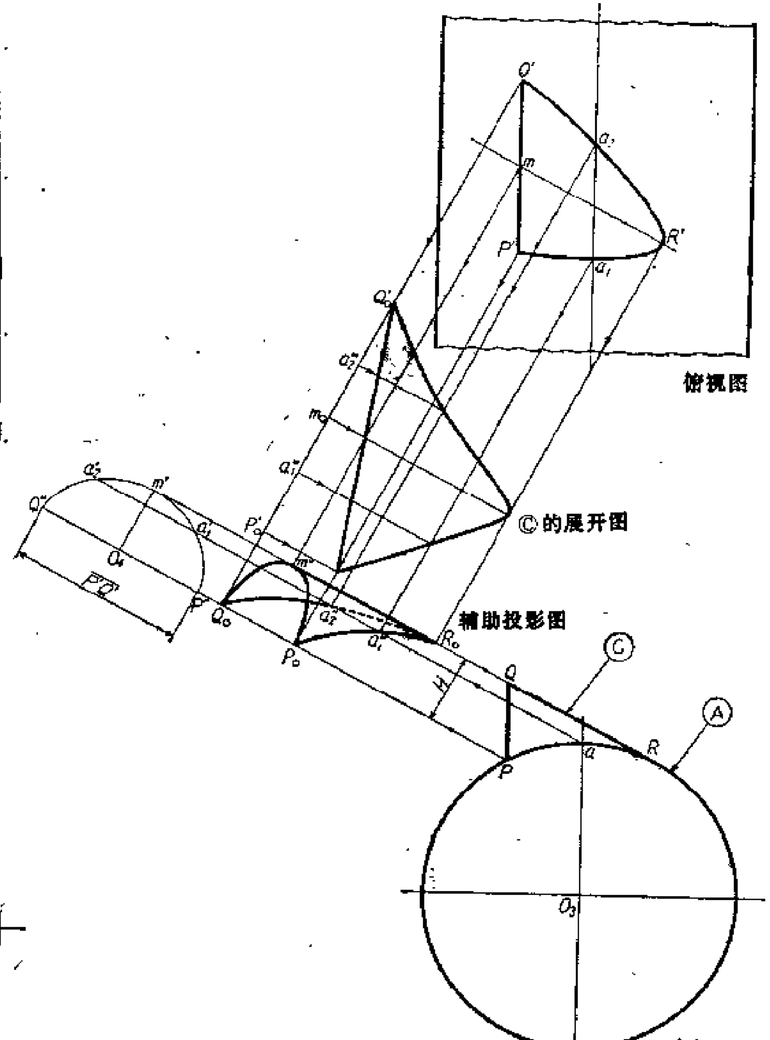


图 2-43-2

44. 圆锥上斜交的圆锥

如图 2-44-1 所示，连接大圆筒Ⓐ和中圆筒Ⓑ的部分Ⓓ是正圆锥，从该连接部分作为分支与小圆筒Ⓒ连接的部分是斜交的正圆锥Ⓔ。Ⓔ的下端与Ⓐ连接、上端与Ⓑ连接。下面画出Ⓓ和Ⓔ的展开图。由于图中的相贯线ⓐ只是近似图线，因此应从画出正确的相贯线开始。

相贯线画法

① 在图2-44-2中，把正圆锥 O_1AB 的底圆 O_2 的半径 4 等分，其等分点为 a、b、c。

② 过 a、b、c 对 $\overline{AB}$ 作垂线，其垂足为 a'、b'、c'。

③ a'、b'、c' 和顶点 O_1 连接，与 $\overline{O_3B}$ 相交于 x、y、z。同时，其延长线与Ⓓ的中心线及 $\overline{BC}$ 的交点为 a''、b''、c''。

④ 过 a'' 对 $\overline{BC}$ 作平行线，过与 $\overline{O_3C}$ 的交点作垂线，与圆 O_4 的中心线相交于 a_1，设定点 a_2，使 $\overline{O_4a_2}=\overline{O_4a_1}$；

⑤ 过 b''、c'' 作垂线，与圆 O_4 相交于 b_1、b_2；c_1、c_2。

⑥ 过 O_1、x、a'' 对 $\overline{O_1a''}$ 作垂线，与对 $\overline{O_1a''}$ 所作的平行线相交于 O_1'、x'、a_0''。

⑦ 在 $\overline{a''a_0''}$ 上，设定 a_1'、a_2' 点，使 $\overline{a_1'a_2'}=\overline{a_1a_2}$。

⑧ 画出过 a_1'、x'、a_2' 的椭圆，该椭圆与过 O_1' 所画的 $\angle\theta_1'$ 的一边相交于 a_0。

⑨ 过 a_0 再次对 $\overline{O_1a''}$ 作垂线，其垂足为 a_0'。

⑩ 采用上述⑥～⑨中的方法，求出 b_0' 和 c_0'。

⑪ 用圆滑曲线连接 D、a_0'、b_0'、c_0'、B，即画出Ⓓ和Ⓔ的相贯线。

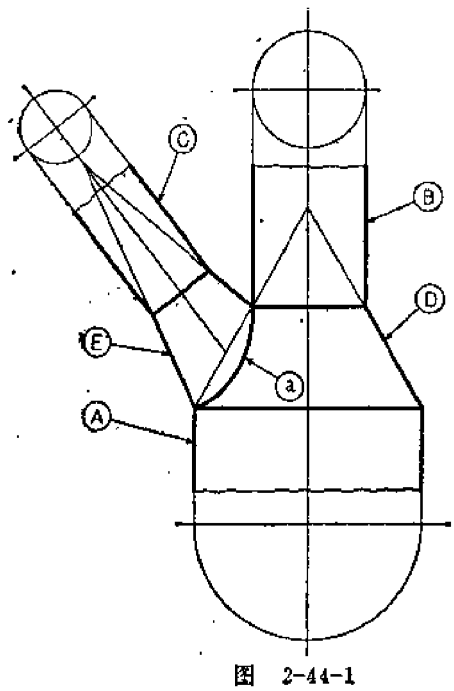


图 2-44-1

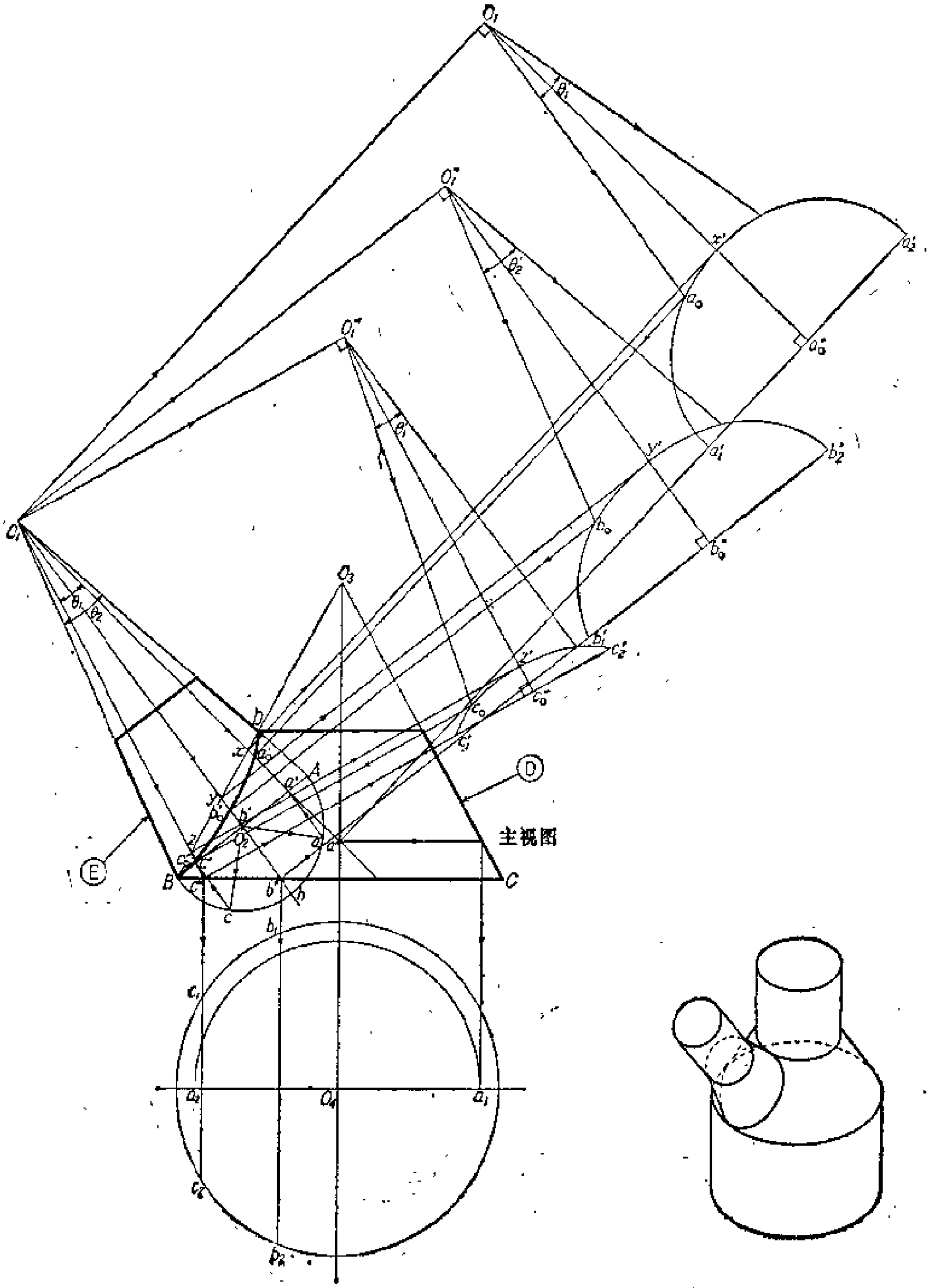


图 2-44-2

展开图画法

（a）Ⓔ的展开图画法：

① 在图 2-44-3 上，画出正圆锥O_1AB的展开图，并 12 等分。

② 把正圆锥O_1AB的底圆$O_2$12等分，过各等分点对$\overline{AB}$作垂线，把其垂足与顶点O_1连接起来。

③ 过该连线与相贯线的交点对$\overline{AB}$作平行线，以O_1为圆心、过该平行线与$\overline{O_1A}$的交点画弧，顺次用圆滑曲线连接圆弧与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$的交点，即画出Ⓔ的展开图。

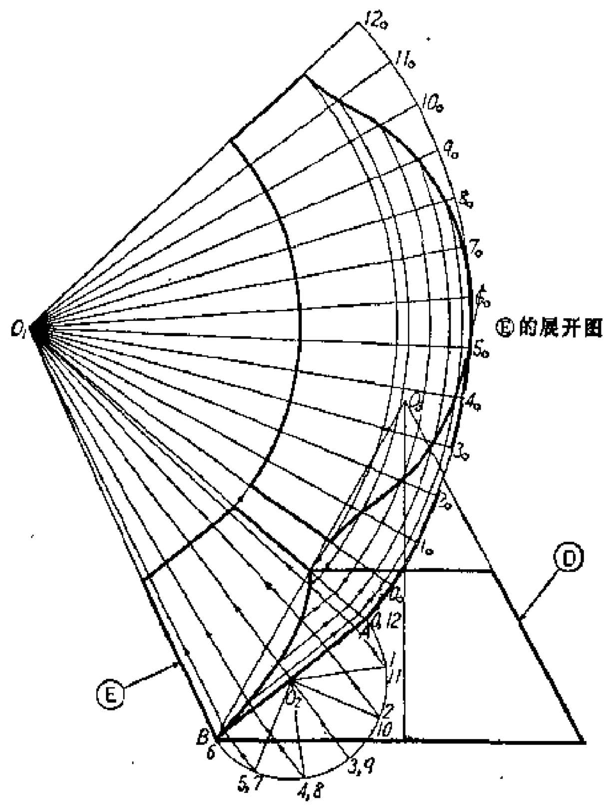


图 2-44-3

（b）Ⓓ的展开图画法：

① 在图2-44-4上，把正圆锥O_1AB的底圆$O_2$12 等分，过各等分点对于$\overline{AB}$作垂线，把其垂足与顶点O_1连接起来。

② 此时，把其与相贯线的交点和顶点O_3连接起来。

③ 过其延长线与$\overline{BC}$的交点作垂线，与圆O_4相交于a、b、c、d、e。

④ 画出正圆锥O_3BC的展开图。

⑤ 设定a_0，b_0，……，e_0各点，使$\overline{p_0a_0}=\overline{pa}$，$\overline{p_0b_0}=\overline{pb}$，……，$\overline{p_0e_0}=\overline{pe}$。

⑥ 过0，1，2，……，12对$\overline{AB}$作垂线，连接其垂足和顶点O_1，过这些线段与相贯线的交点对$\overline{BC}$作平行线。

⑦ 以O_3为圆心、过该平行线与$\overline{O_3C}$的交点画弧，与$\overline{O_3p_0}$，$\overline{O_3a_0}$，$\overline{O_3b_0}$，……，$\overline{O_3e_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓓ的展开图。

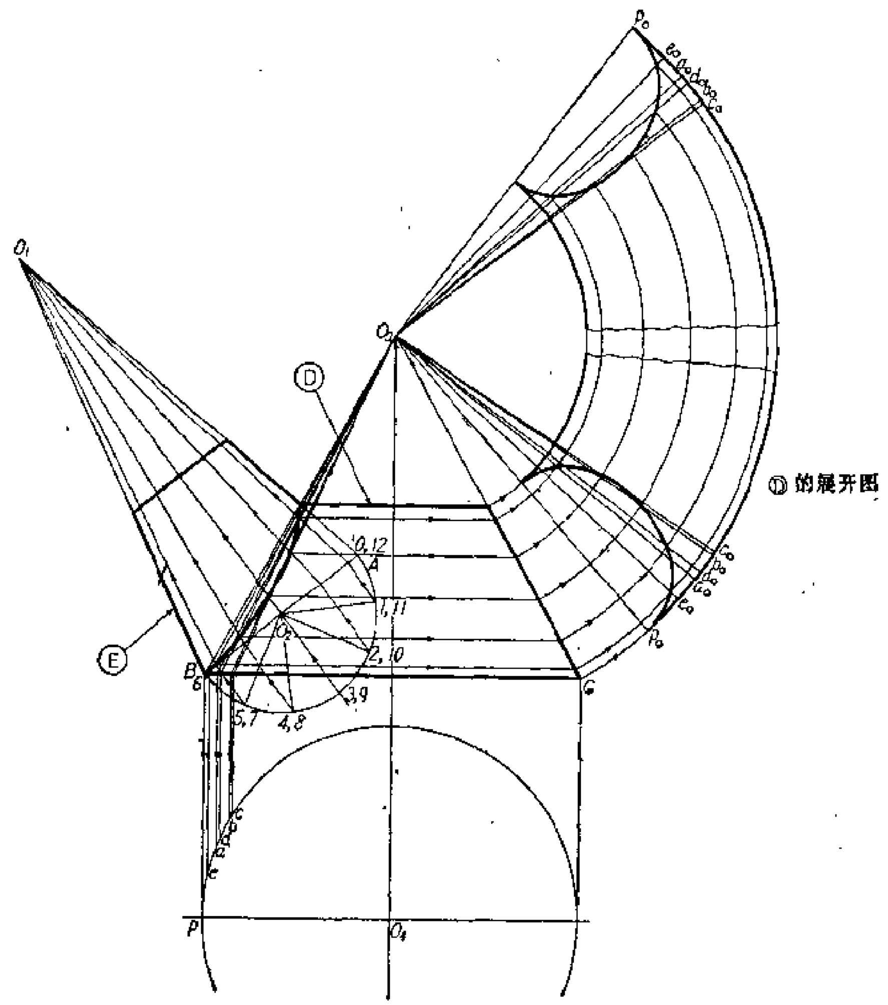


图 2-44-4

45．圆筒上斜交的圆筒

图2-45示出了在大圆筒Ⓐ上以 θ 角斜交了小圆筒Ⓑ，并且加一补贴片Ⓒ的板金件展开图。下面，画出小圆筒Ⓑ和补贴片Ⓒ的展开图。由于Ⓒ的形体不是圆筒，因此在画相贯线和展开图时应引起注意。

相贯线画法

（a）Ⓑ和Ⓐ、Ⓑ和Ⓒ的相贯线画法：

① 把圆 O_2 12 等分，从各等分点作垂线，过该垂线与侧视图上相贯线的交点作水平线。

② 把圆$O_1$12 等分，从各等分点对$\overline{AB}$作垂线，其延长线与①中所作水平线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求相贯线。

（b）Ⓒ和Ⓐ的相贯线画法：

过 $1'$、$2'$ 作垂线，与过 b、c 所作水平线相交于b'、c'。然后，用圆滑曲线连接a'、b'、c'、d' 各点，即求出Ⓒ和Ⓐ的相贯线。

展开图画法

（a）Ⓑ的展开图画法：

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_1圆周相等的线段，并 12 等分。

② 过 $0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$ 对$\overline{AB}$作平行线，与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 对$\overline{AB}$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法：

① 画出从正上方看到的Ⓒ的图形。画法：首先，过b'、c'、d'作垂线，在其线上，设定b''、c''、d''，使$\overline{b''b''}=\overline{bb}$，$\overline{c''c''}=\overline{cc}$，$\overline{d''d''}=\overline{dd}$。过$a'$作垂线与中心线相交于$a''$。然后，用圆滑曲线连接$a''$、$b''$、$c''$、$d''$各点，即画出从正上方看到的图形。

② 在过d'所作的水平线上，设定 a_0、b_0、c_0、d_0 各点，使 $\overline{a_0b_0}=\widehat{a''b''}$，$\overline{b_0c_0}=\widehat{b''c''}$，$\overline{c_0d_0}=\widehat{c''d''}$。

③ 过 $0'$、$1'$、$2'$、$3'$、a'、b'、c'、d' 作水平线，与过 a_0、b_0、c_0、d_0所作垂线相交，用圆滑曲线连接交点，即画出Ⓒ的展开图。

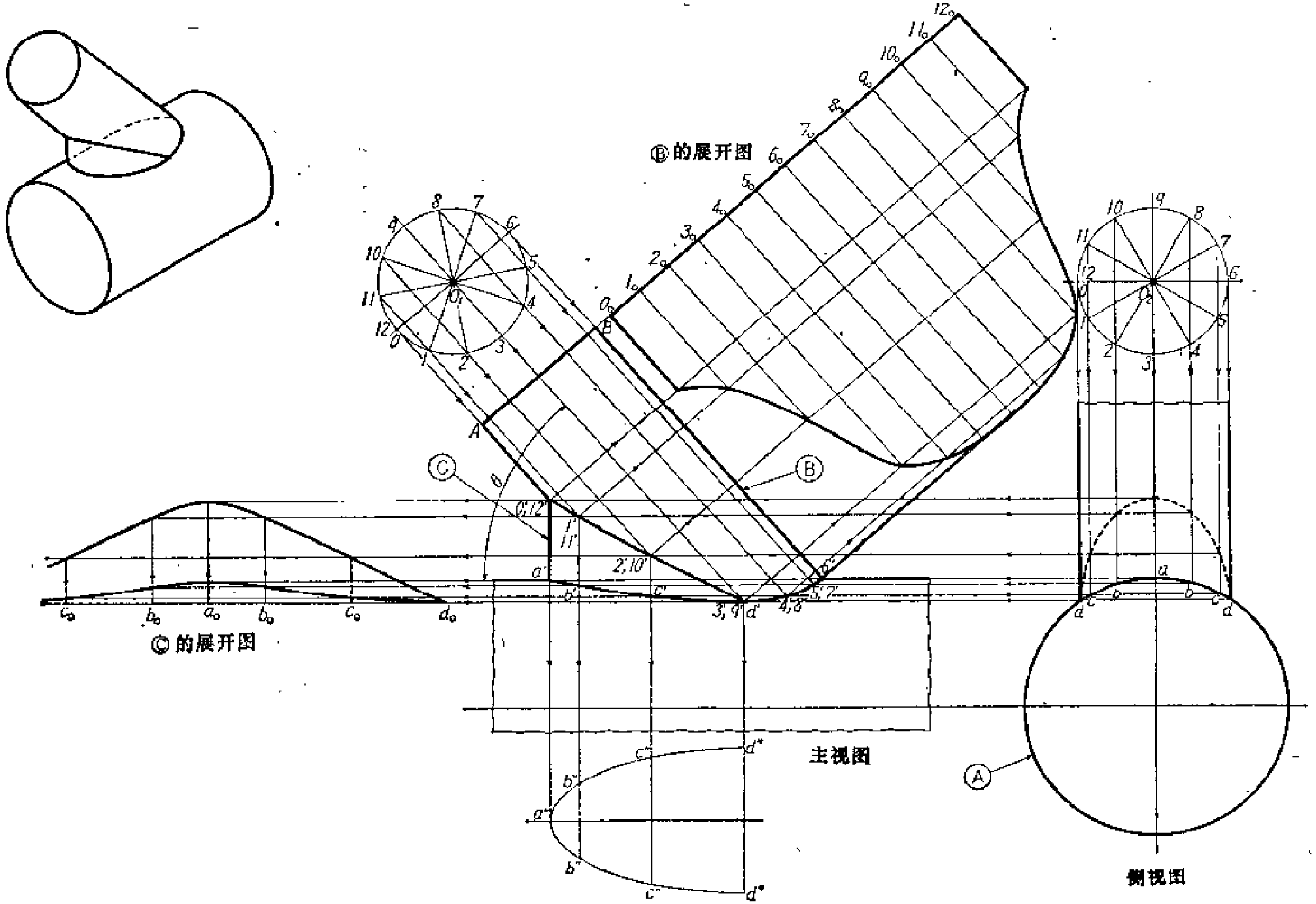

Ⓑ的展开图
Ⓒ的展开图
主视图
侧视图
Ⓐ
Ⓑ
Ⓒ
A
B
θ
O_1
O_2
a_0
b_0
c_0
d_0
a'
b'
c'
d'
a"
b"
c"
d"
6,12'
1',11'
2,10'
3,9'
4,8'
5,7'

图 2-45

46. 方棱锥上直交的圆筒

图2-46所示为在方棱锥Ⓐ上直交一圆筒Ⓑ的相贯体展开图。下面，画出圆筒Ⓑ的展开图。这种情形，只要画出相贯线就能很容易地画出展开图。圆筒和棱锥的相贯线与其他实例的作法不同。

相贯线画法

① 把圆$O_1$12等分，其各等分点为0，1，2，……，12；

② 把顶点O_2和1，2，……，5连接起来，其延长线与$\overline{AB}$相交于a、b、c、d、e。

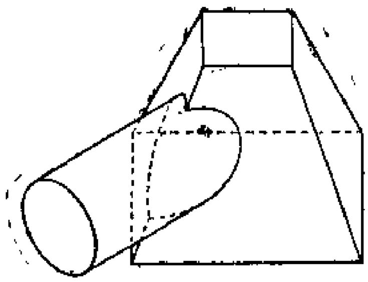
③ 把$\overline{O_2a}$，$\overline{O_2b}$，……，$\overline{O_2e}$向主视图投影。作法：例如$\overline{O_2a}$，找出a'点，使主视图上的$\overline{A'a'}$与侧视图上的$\overline{Aa}$相等，则$\overline{O_3a'}$即为投影得到的线段。

④ 过0，1，2，……，12作水平线，与$\overline{O_3A'}$，$\overline{O_3a'}$、$\overline{O_3b'}$，……，$\overline{O_3e'}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出相贯线。

展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上，截取与O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过$0'$，$1'$，$2'$，……，$12'$对$\overline{A'C'}$作垂线，与过0_0，1_0，2_0，……，12_0对$\overline{0_012_0}$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出圆筒Ⓑ的展开图。



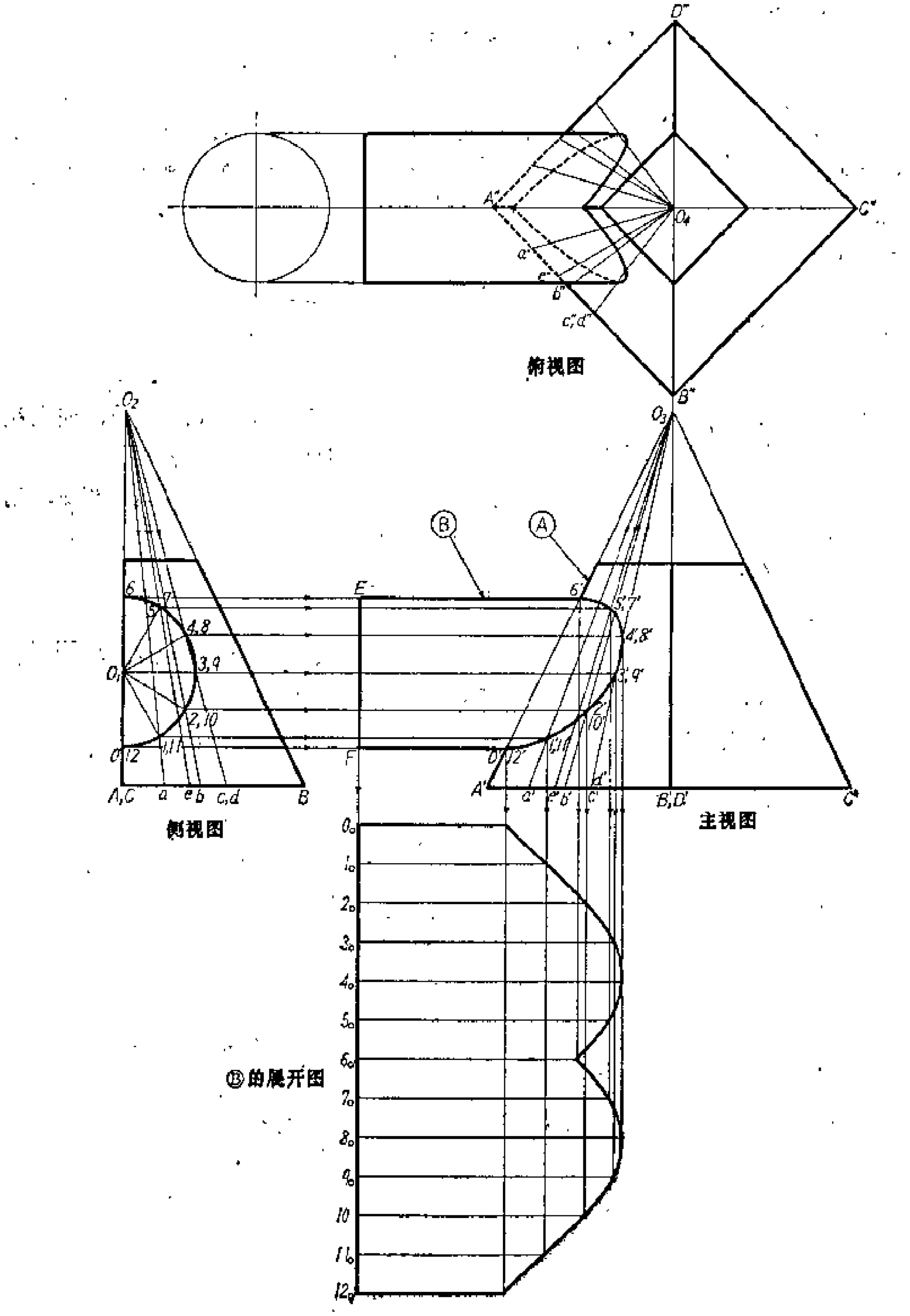


图 2-46

47．方棱锥上斜交的圆筒

如图2-47所示，本例的相贯体与前例的不同之处为：圆筒斜交在方棱锥上。因此，相贯线画法与前例那种水平状态下直交的情形不同。所以，下面将从基本作法开始加以说明。

相贯线画法

对这种情形下的相贯线画法设想如下。正对用一平面沿圆筒水平中心线把方棱锥切开，画出正对切口面从正上方看到的该切口面的图形。这样，该图形轮廓线上的各点均为与圆筒相交的点，即是相贯线上的点。若切开方棱锥的平面也把圆筒切开，在把该圆筒的切口形状向方棱锥的切口面对合时，该相交的点即是所求相贯线上的一点。因此，把方棱锥和圆筒用若干平面切开，即可求出两者切口轮廓线上相交的各点。把这些点再次向主视图投影，用圆滑曲线连接后，即可画出相贯线。具体画法如下。

① 把圆O_1、$O_2$12等分，各等分点分别为0，1，2，……，12和0′，1′，2′，……，12′。

② 过1、2、3、4、5对圆筒的中心线作平行线，与$\overline{O_3B}$、$\overline{O_3A}$相交于a，b，c，……，j。

③ 过a，b，c，……，j对于圆筒的中心线作垂线，与过O_2所作圆筒的中心线的延长线相交于a'，b'，c'，……，j'。

④ 在$\overline{aa'}$，$\overline{bb'}$，……，$\overline{ee'}$上设定a_0，b_0，……，e_0，使$\overline{a'a_0}=\overline{aa''}$，$\overline{b'b_0}=\overline{bb''}$，……，$\overline{e'e_0}=\overline{ee''}$。

⑤ 过1′、2′、3′、4′、5′对中心线作平行线，求出与$\overline{a_0f'}$、$\overline{b_0g'}$、$\overline{c_0h'}$、$\overline{d_0i'}$、$\overline{e_0j'}$的交点，把这些交点再次向主视图投影，用圆滑曲线连接这些点即可画出主视图上的相贯线。俯视图、侧视图上的相贯线对画展开图没有特殊意义，所以其画法的说明省略。

展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上，截取与圆O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过画相贯线时求得的点0″，1″，2″，……，12″对$\overline{EF}$作平行线，与过0_0，1_0，2_0，……，12_0所作$\overline{EF}$的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出圆筒Ⓑ的展开图。

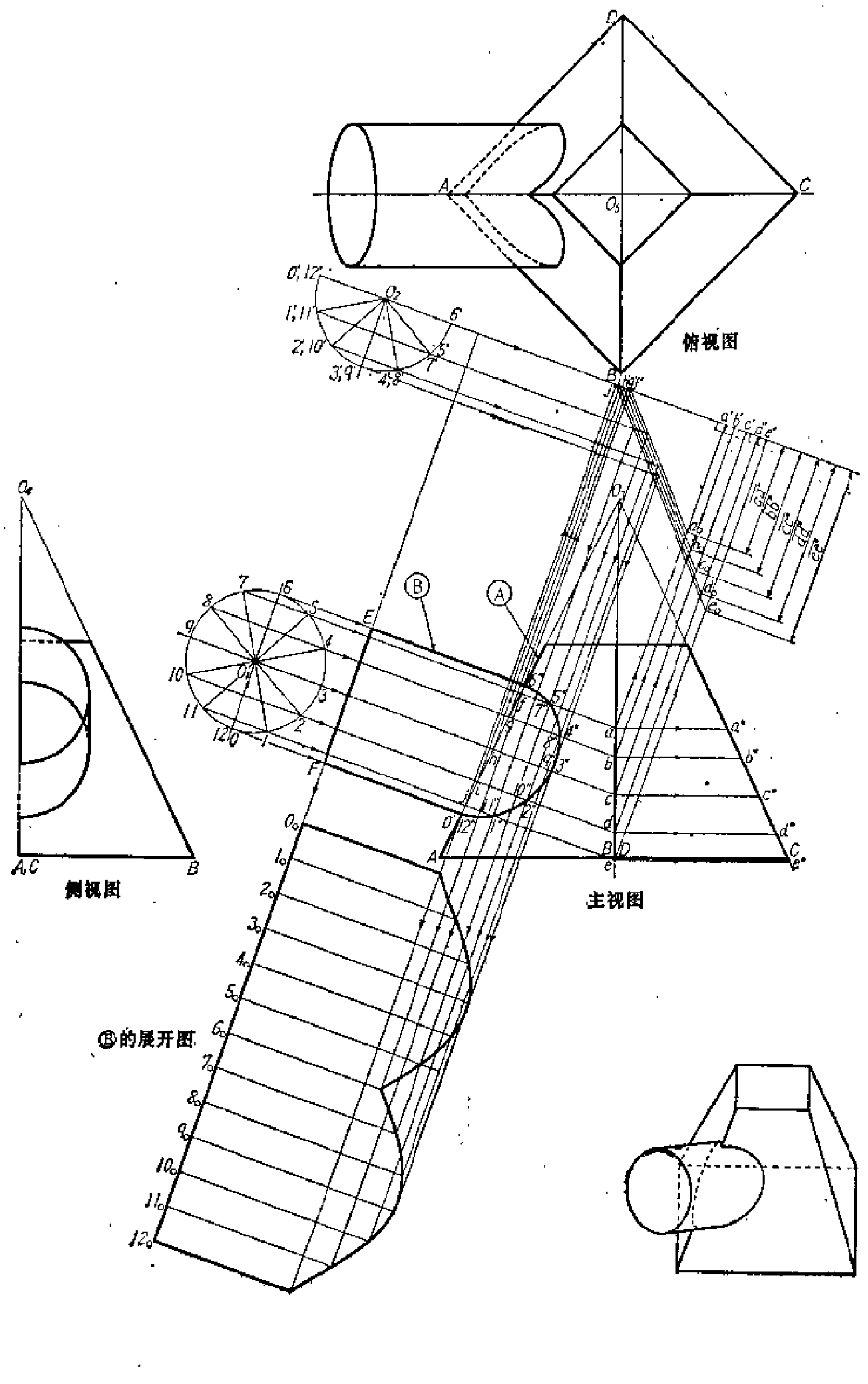


图 2-47

48. 方棱锥上斜交的圆锥

图2-48-1示出了在方棱锥Ⓐ上斜交了正圆锥Ⓑ的相贯体展开图。下面，画出正圆锥Ⓑ的展开图。在画相贯线时，由于这一板金件的形状特点而相当麻烦。

相贯线画法（见图2-48-1）

① 把正圆锥O_1EF底圆O_2的半圆4等分，其各等分点为a、b、c。

② 过a、b、c对$\overline{EF}$作垂线，把其垂足a'、b'、c'和顶点O_1相连接时，与$\overline{O_3C}$交于x、y、z。同时，其延长线和Ⓐ的中心线相交于a''、b''、c''。

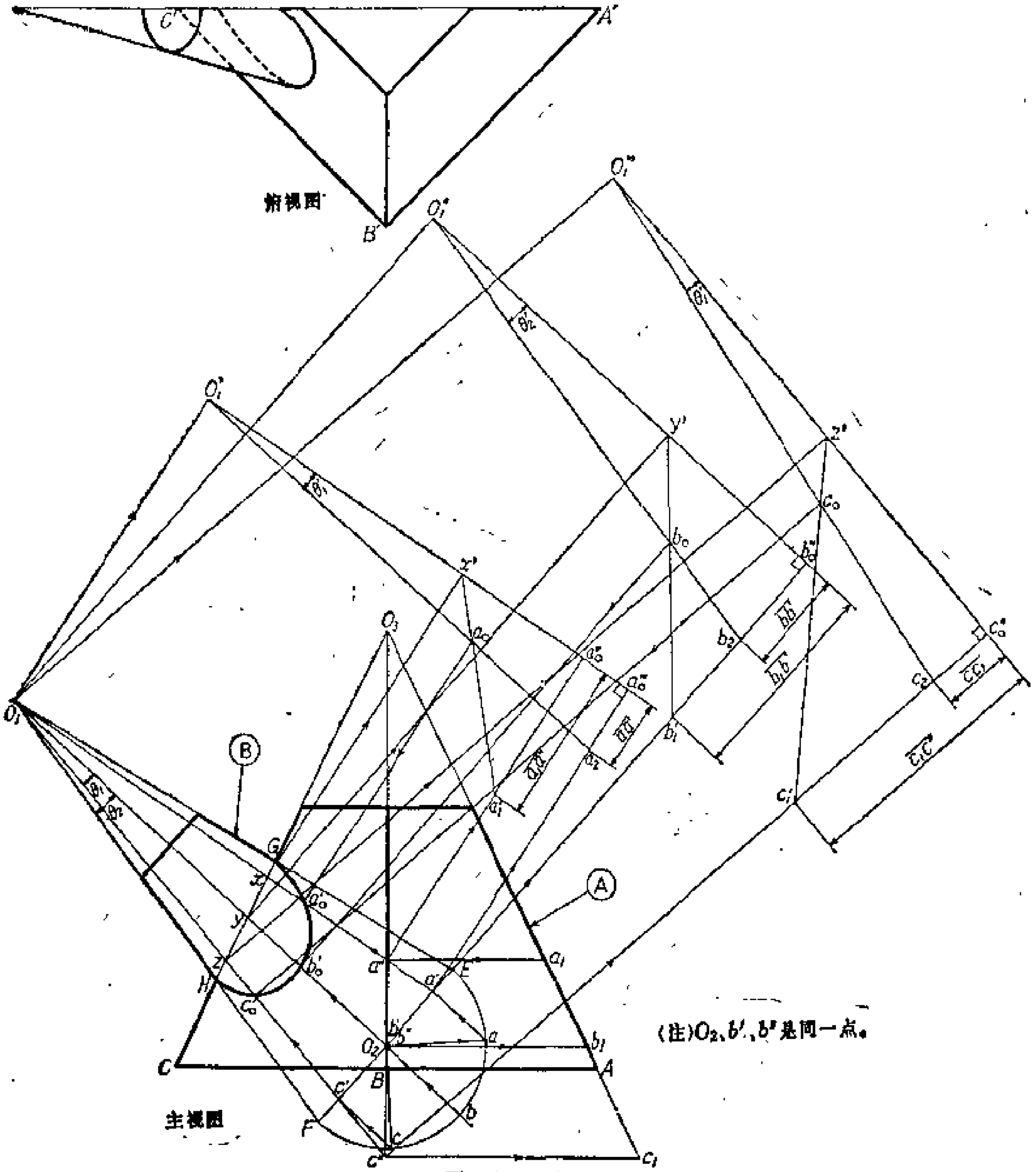


图 2-48-1

③ 过a''、b''、c''作水平线，与$\overline{O_3A}$及其延长线相交于a_1、b_1、c_1。

④ 过O_1、x、a''、a'对$\overline{O_1a'}$作垂线，与对$\overline{O_1a'}$所作的平行线相交于O_1'、x'、a_0''、a_0'''。

⑤ 在$\overline{a'a_0'''}$上，设定a_2，使$\overline{a_2a_0'''}=\overline{aa'}$。在$\overline{a''a_0''}$上，设定$a_1'$，使$\overline{a_1'a_0''}=\overline{a''a_1}$。

⑥ 过$\overline{O_1'a_2}$和$\overline{x'a_1'}$的交点a_0对$\overline{O_1a'}$作垂线，其垂足为a_0'。

⑦ 用④～⑥的方法，同样可以求出b_0'、c_0'。

⑧ 用圆滑曲线连接G、a_0'、b_0'、c_0'、H后，即画出相贯线。

展开图画法（见图2-48-2）

① 在图2-48-2上，画出正圆锥O_1EF的展开图，并12等分。

② 把正圆锥O_1EF的底圆$O_2$12等分，过各等分点对$\overline{EF}$作垂线，连接其垂足和顶点O_1，该线段与相贯线相交于0′，1′，2′，……，12′。

③ 过0′，1′，2′，……，12′对$\overline{EF}$作平行线，以O_1为圆心，过该平行线与$\overline{O_1E}$的交点画弧，与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即可画出Ⓑ的展开图。

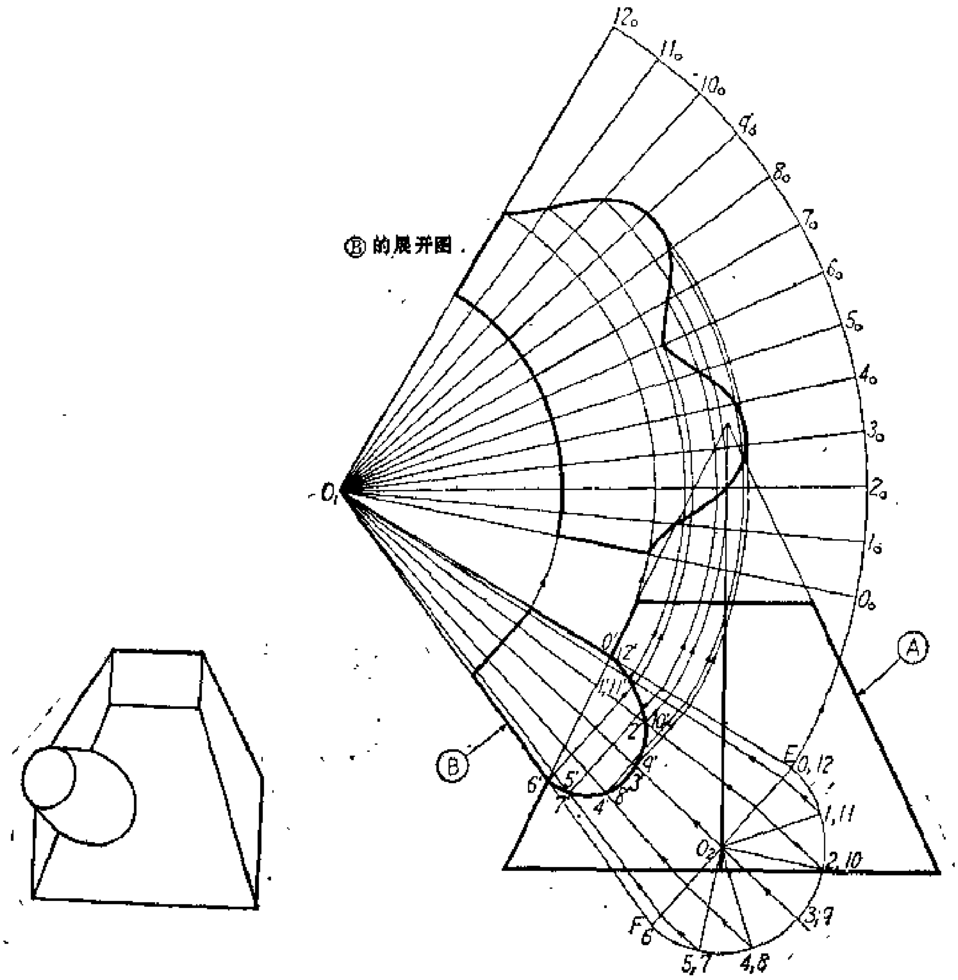


图 2-48-2

49. 方棱锥上斜交的方棱锥

图2-49-1示出了在大方棱锥Ⓐ上斜交了小方棱锥Ⓑ的板金件展开图。由于两者均为由平面构成的形体，其相贯线均为直线，所以相贯线和展开图的画法均较容易。

相贯线画法（见图2-49-1）

① 在小方棱锥Ⓑ上，设$\overline{O_1a}$与$\overline{O_2C}$、$\overline{O_2B}$的交点分别为E、a'，$\overline{O_1b}$与$\overline{O_2C}$、$\overline{BC}$的交点分别为F、b'。

② 过O_1、E、a'、a对$\overline{O_1a}$作垂线，与对于$\overline{O_1a}$所作平行线相交于O_1'、E'、a''、a_0。同时，过a'作水平线，与$\overline{O_2A}$相交于n。

③ 在$\overline{aa_0}$上，设定m_0，使$\overline{m_0a_0}=\overline{ma}$。在$\overline{a'a''}$上，设定$a'''$，使$\overline{a'''a''}=\overline{a'n}$。

④ 令$\overline{O_1'm_0}$和$\overline{E'a'''}$的交点为a_0'，过a_0'对$\overline{O_1a}$作垂线，其垂足为a_0''。

⑤ 令O_1、F、b'、b对$\overline{O_1b}$垂直移动，则求得各自对应的O_1''、F'、b''、b_0。

⑥ 在$\overline{bb_0}$上，设定m_0'，使$\overline{m_0'b_0}=\overline{mb}$。在$\overline{b'b''}$上设定$b'''$，使$\overline{b'''b''}=\overline{Cb'}$。

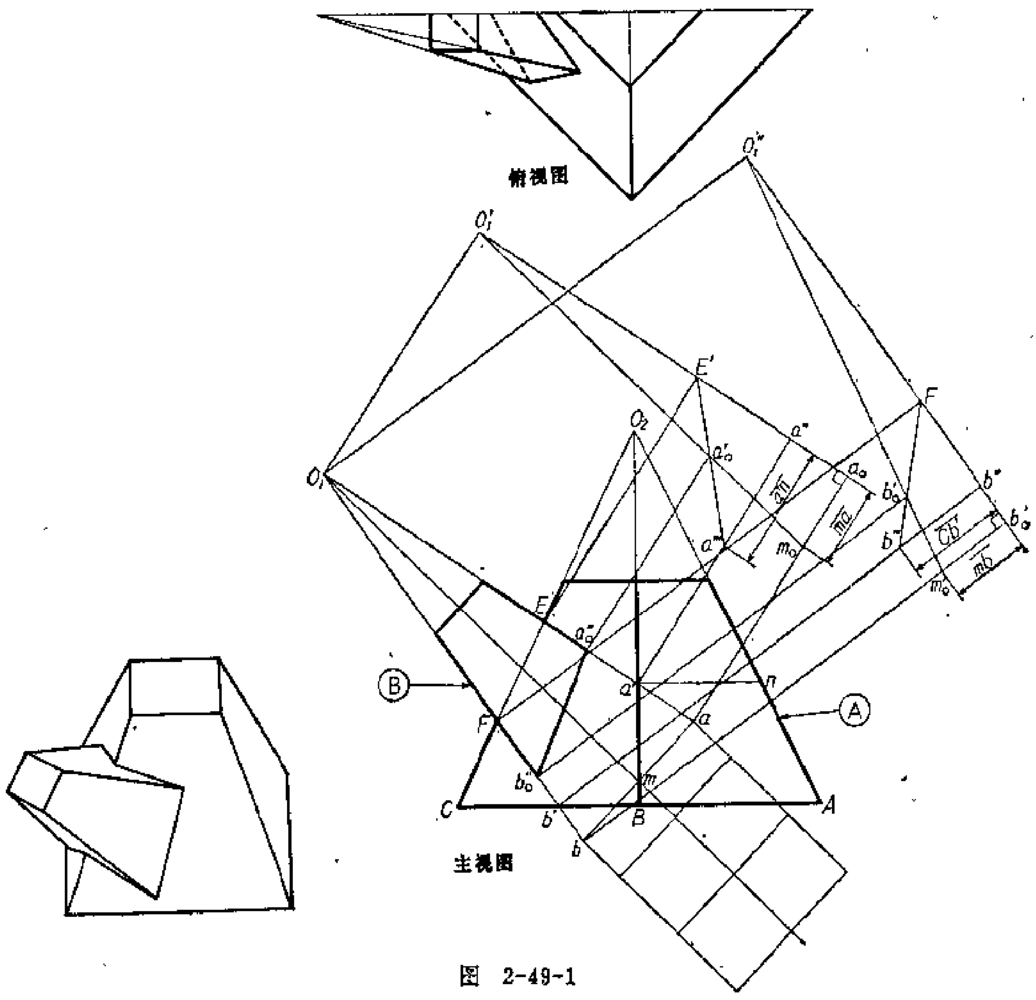


图 2-49-1

⑦ 令$\overline{O_1''m_0'}$和$\overline{F'b''}$的交点为b_0'，过b_0'对$\overline{O_1b}$作垂线，其垂足为b_0''。

⑧ 这样，$\overline{Ea_0''}$、$\overline{a_0''b_0''}$、$\overline{b_0''F}$分别为相贯线。

展开图画法

（a）小方棱锥Ⓑ的展开图画法：

① 画出方棱锥O_1ab的展开图。画法：首先，以O_3为圆心，$\overline{O_3p}$为半径画弧，过其与中心线的交点对$\overline{ab}$的延长线作垂线，其垂足为p'。以O_1为圆心、$\overline{O_1p'}$为半径画弧，用$\overline{ab}$在弧上截取四段，即画出所求O_1ab的展开图。

② 以O_1为圆心，过a_0''、b_0''对$\overline{ab}$所作平行线与$\overline{O_1p'}$的交点和E、F画弧，与$\overline{O_1v}$，$\overline{O_1w}$，…，$\overline{O_1z}$和$\overline{O_1m'}$、$\overline{O_1m''}$相交，用直线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图（m'、m''为$\overline{ux}$、$\overline{yz}$的中点）。

（b）大方棱锥Ⓐ的展开图画法：

① 画出方棱锥O_2AC的展开图。画法：由于$\overline{O_2A}$是实长线，因此以O_2为圆心、$\overline{O_2A}$为半径画弧，在弧上以$\overline{A'B'}$长度截取相等的线段即可画出。

② 过连接顶点O_2和a_0''、b_0''连线的延长线与$\overline{AC}$的交点作垂线，与$\overline{B'C'}$相交于a_1、b_1。同时，以O_4为圆心、$\overline{O_4a_1}$和$\overline{O_4b_1}$为半径画弧，过该弧与$\overline{O_4A'}$的交点对$\overline{AC}$作垂线，其垂足为a_2、b_2。

③ 设定a_1'、b_1'，使$\overline{C''a_1'}=\overline{C'a_1}$，$\overline{C''b_1'}=\overline{C'b_1}$。

④ 过E、F作水平线，与$\overline{O_2A}$相交于E'、F'。

⑤ 过a_0''、b_0''作水平线，与$\overline{O_2a_2}$、$\overline{O_2b_2}$相交于a_2'、b_2'。

⑥ 以O_2为圆心，以$\overline{O_2E'}$、$\overline{O_2F'}$、$\overline{O_2a_2'}$、$\overline{O_2b_2'}$为半径画弧，与$\overline{O_2C''}$、$\overline{O_2a_1'}$、$\overline{O_2b_1'}$相交于E''、F''、a_2''、b_2''，用直线连接这些点，即画出Ⓐ的展开图。

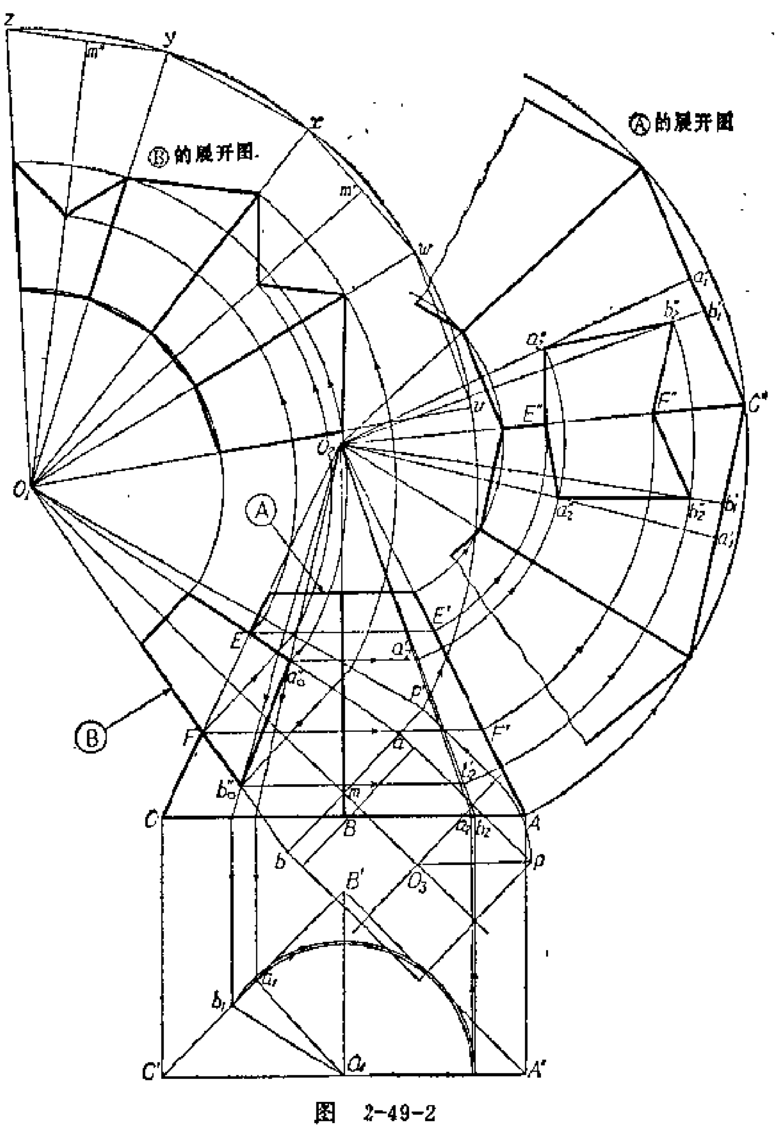


图 2-49-2

50．圆筒和圆锥上直交的圆筒

图2-50示出的板金件上，大圆筒Ⓐ向小圆筒Ⓒ过渡的部分有圆锥Ⓑ，在Ⓐ和Ⓑ上直交了中圆筒Ⓓ。下面，画出直交在圆筒和圆锥两部分的圆筒Ⓓ的展开图。

相贯线画法

（a）Ⓑ和Ⓓ的相贯线ⓐ的画法：

① 过圆O_1的12个等分点中的4、5作水平线，过该水平线与$\overline{O_3E}$的交点对俯视图作垂线，以O_4为圆心、过该垂线和中心线的交点画弧。

② 过圆O_2的12个等分点中的4′、5′、7′、8′作水平线，与①中所画的弧相交，过该交点再次向主视图作垂线。该垂线与过4、5所作的水平线相交，其交点4″、5″即为相贯线上的点。

③ 这样，如主视图所示，用圆滑曲线连接3″、4″、5″、6″即画出Ⓑ和Ⓓ的相贯线ⓐ。

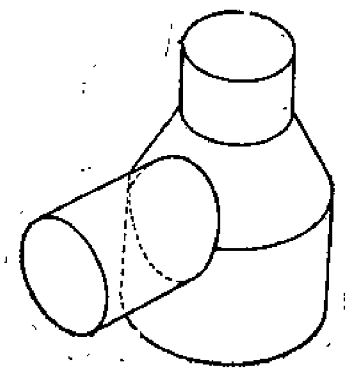
（b）Ⓐ和Ⓓ的相贯线ⓑ的画法：

过0′、1′、2′、3′作水平线与Ⓐ相交，过该交点向主视图作垂线，与过0、1、2、3所作水平线相交于0″、1″、2″、3″。用圆滑曲线连接这些点，即画出Ⓐ和Ⓓ的相贯线ⓑ。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过0″、1″、2″、……、12″作垂线，与过0_0、1_0、2_0、……、12_0对$\overline{AB}$延长线所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓓ的展开图。



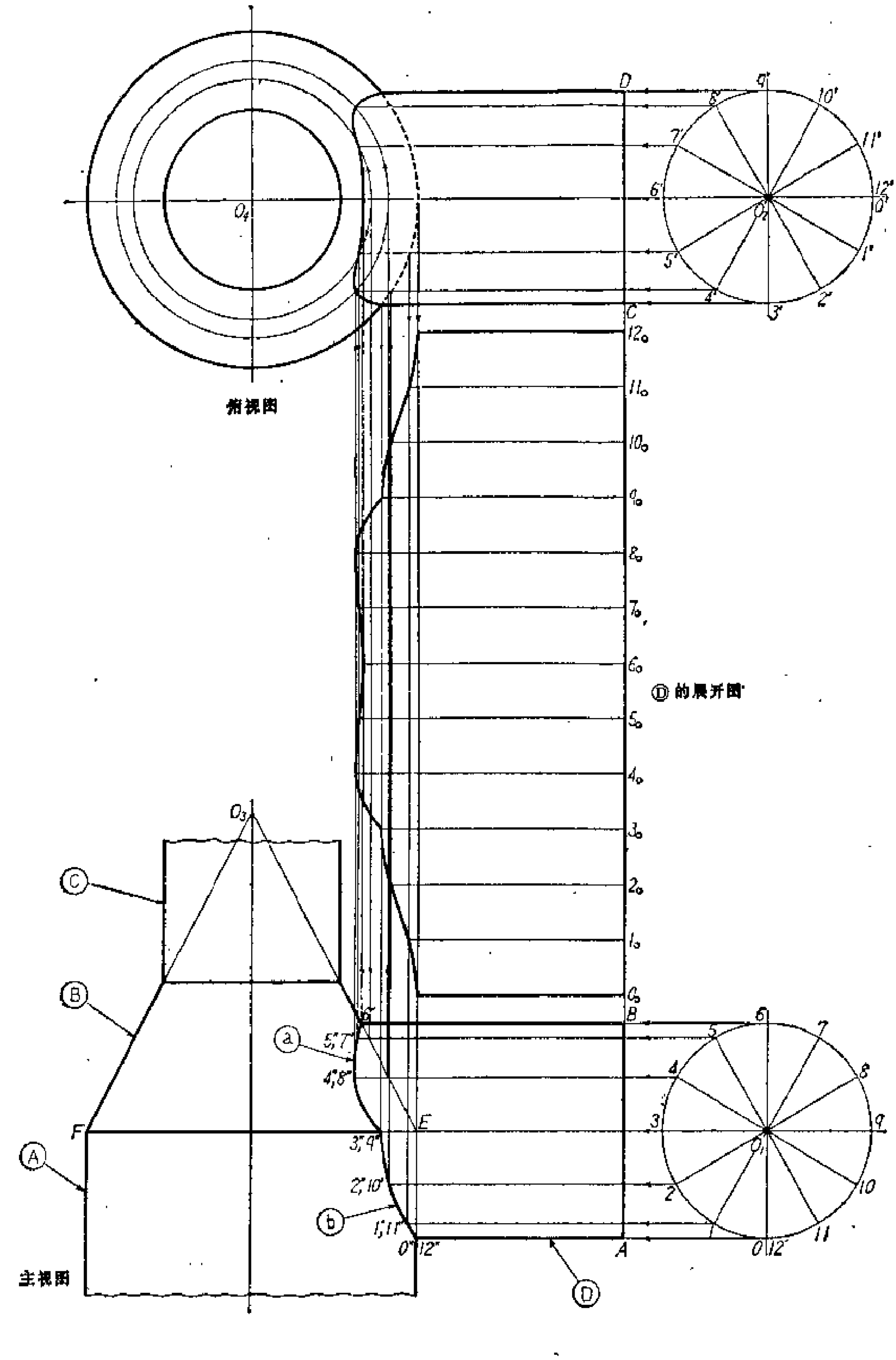


图 2-50

51. 圆筒和圆锥上直交的圆锥

图2-51-1示出了大圆筒Ⓐ向小圆筒Ⓒ过渡部分有圆锥Ⓑ，Ⓐ和Ⓑ上直交了圆锥Ⓓ。Ⓓ的中心线与$\overline{AB}$在同一直线上。试画出Ⓓ的展开图。

相贯线画法

（a）Ⓑ和Ⓓ的相贯线ⓐ的画法（见图2-51-1）：

① 把圆O_4的一半6等分，过5对中心线作垂线，其垂足为a。

② 令$\overline{O_1a}$和$\overline{O_3A}$相交于p，$\overline{O_1a}$的延长线和$\overline{O_3B}$相交于q，$\overline{pq}$的中点为m。

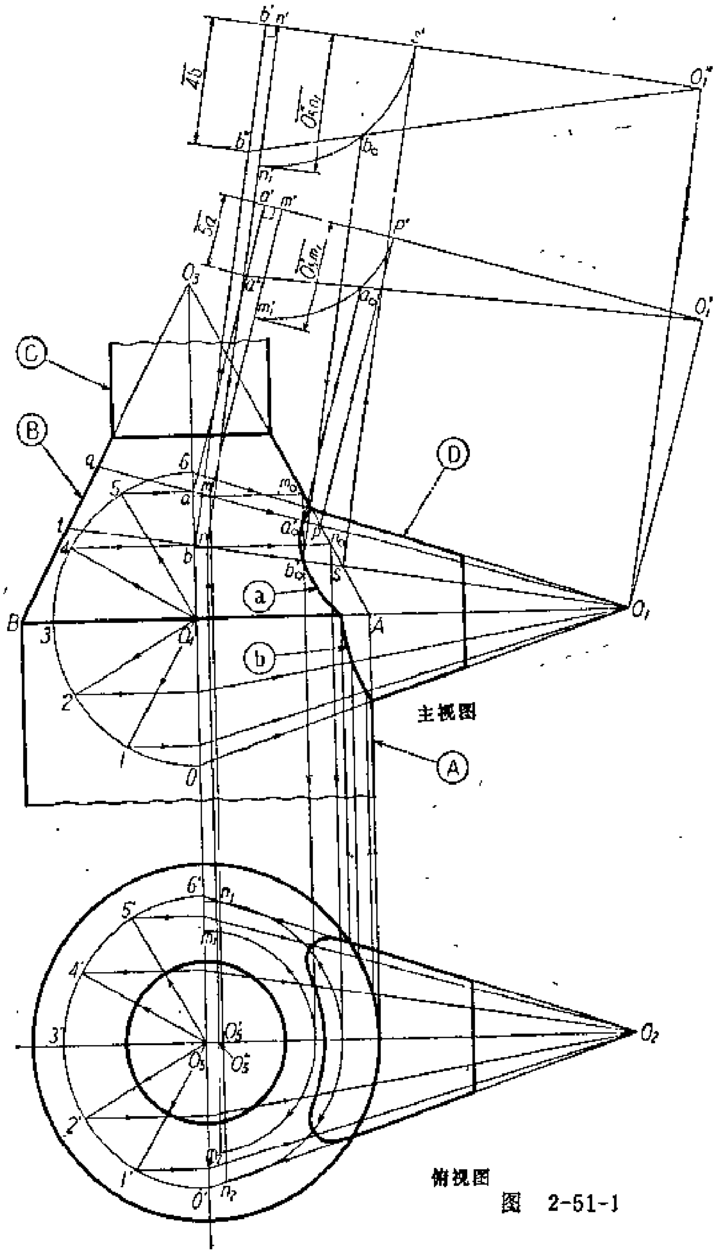


图 2-51-1

③ 过m作水平线，与$\overline{O_3A}$相交于m_0。过m_0向俯视图作垂线，以O_5为圆心、过该垂线与中心线的交点画弧，该弧与过m所作垂线相交于m_1、m_2。

④ 设a、m、p、O_1对$\overline{O_1a}$垂直移动，得各自对应的a'、m'、p'、O_1'。

⑤ 在$\overline{aa'}$上设定a''，使$\overline{a'a''}=5a_0$。

⑥ 在$\overline{mm'}$上设定m_1'，使$\overline{m'm_1'}=\overline{O_5'm_1}$。画出过$p'$、$m_1'$的椭圆（长轴为$\overline{pq}$、短轴为$\overline{m_1m_2}$）。

⑦ 设椭圆与$\overline{O_1'a''}$的交点为a_0，过a_0向$\overline{O_1a}$作垂线，其垂足为a_0'。

⑧ 采用上述方法求出b_0'，a_0'、b_0'均为相贯线上的点。

⑨ 用圆滑曲线连接这些点，即画出相贯线ⓐ。

（b）Ⓐ和Ⓓ的相贯线ⓑ的画法（见图2-51-1）：

① 把半圆O_5 6 等分，各等分点对中心线作垂线，把垂足和顶点O_2连接起来。

② 过该连线和Ⓐ的交点向主视图作垂线。求出该垂线与过 0 、1 、2 、3 对于中心线所作垂线的垂足和顶点O_1连线的交点，用圆滑曲线连接这些点，即画出相贯线。

展开图画法（见图2-51-2）

① 画出正圆锥O_1CD的展开图，并12等分。

② 把底圆$O_4$12等分，过各等分点对$\overline{CD}$作垂线。

③ 过其垂足和O_1连线与相贯线的交点对$\overline{CD}$作平行线。

④ 以O_1为圆心、过该平行线和$\overline{O_1C}$的交点画弧，用圆滑曲线连接该弧与$\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$的交点，即画出Ⓓ的展开图。

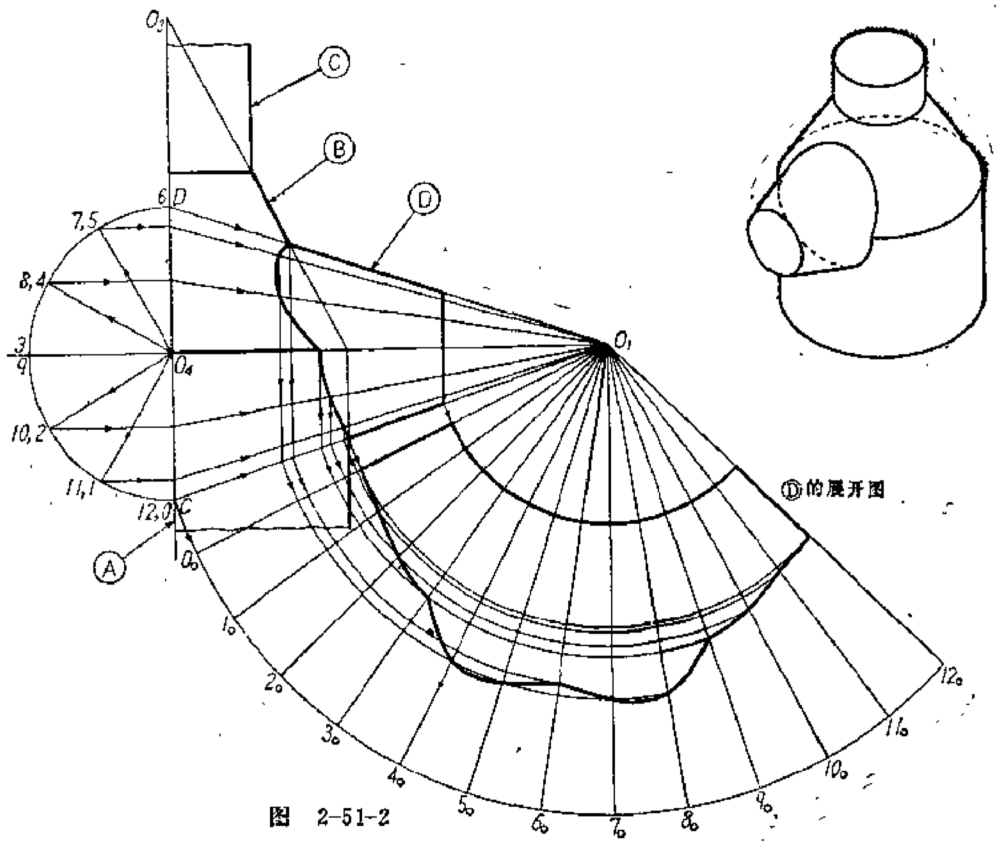


图 2-51-2

52．大圆筒向小圆筒过渡的分支筒

图2-52-1示出了通过分支筒Ⓓ、Ⓔ从大圆筒Ⓐ、Ⓑ向小圆筒Ⓒ过渡的板金件结构图。该分支筒Ⓓ和Ⓔ形状相同。下面将画出Ⓓ的展开图。对Ⓓ的形体特点简单加以说明：连接Ⓒ的部分是上部的$\overline{O_1C}$面，它与小圆筒Ⓒ的半圆形状相同，侧面$\overline{O_1A}$是长轴为$2\times\overline{O_1A}$、短轴为$\overline{CE}$的椭圆。这种变形体与Ⓐ的相贯线是用圆滑曲线连接B、p'、D、而形成的（p'是过$\overline{BD}$的中点O_2所作垂线与过p向俯视图所作的垂线的交点）。另外，从俯视图上可以知道：这一板金件以中心线为轴左右形状相同，所以在画展开图时，只画出单侧的一半即可。

展开图画法（见图2-52-2）

① 把椭圆和圆O_1的1/4内角分别3等分，过与轮廓线的交点a、b、c、d分别对$\overline{O_1A}$、$\overline{O_1C}$作垂线，其垂足为a'、b'、c' d'。

② 把以$\overline{BD}$为直径的圆O_2的半周6等分，从各等分点对$\overline{BD}$作垂线。该线与相贯线相交于$1'$，$2'$，……，$5'$。

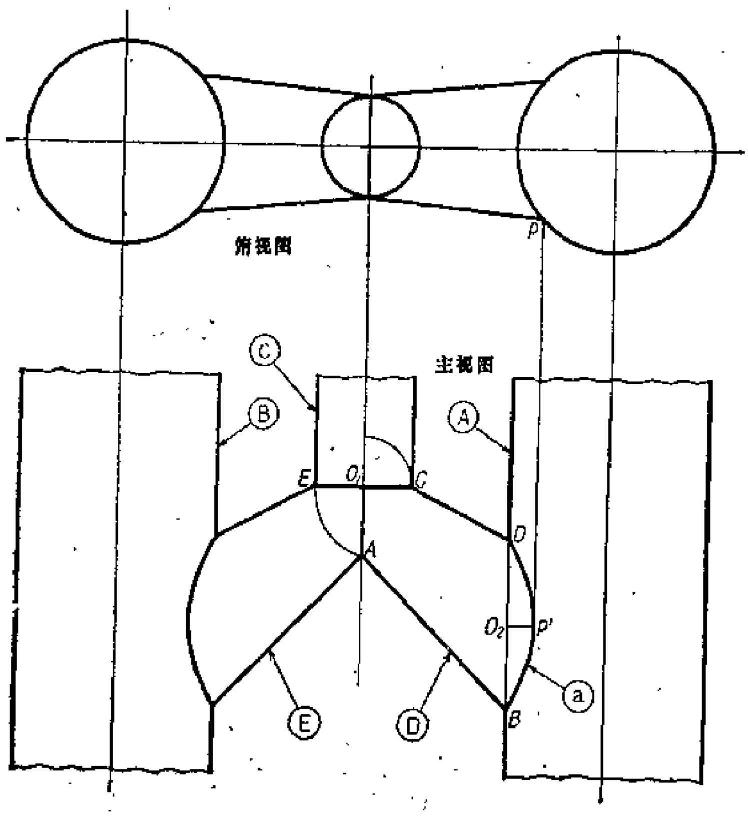


图 2-52-1

③ 过c'，d'，$1'$，$2'$，……，$5'$向俯视图作垂线，分别与Ⓒ、Ⓐ相交于c''，d''，$1''$，$2''$，…，$5''$。同时，在过O_1所作的垂线上，设定a''、b''，使$\overline{A'a''}=\overline{aa'}$，$\overline{A'b''}=\overline{bb'}$。

④ 交叉连接A、a'、b'、O_1、c'、d'、C和B，$1'$，$2'$，……，$5'$、D，求出这些线段的实长线。例如，$\overline{c'4'}$的实长线，即相当于底边为$\overline{c''4''}$、高为H_7的直角三角形斜边。同样，$\overline{b'3'}$的实长线相当于底边为$\overline{b''3''}$、高为H_5的直角三角形斜边。按照这种方法也可以求出其他实长线。

⑤ 此后，设定A_0、B_0，使$\overline{A_0B_0}=\overline{AB}$。以$A_0$为圆心、$\overline{A1'}$的实长线为半径画弧，与以$B_0$为圆心、$\overline{B1'}$的实长线（底边为$\overline{B'1''}$、高为$H_{10}$的直角三角形斜边）为半径所画的弧相交于$1_0$。

⑥ 以1_0为圆心、$\overline{a'1'}$的实长线为半径画弧，与以A_0为圆心、$\overline{Aa}$为半径所画的弧相交于a_0。

⑦ 按照这种顺序求出各点，用圆滑曲线连接起来后，即画出Ⓓ的展开图。

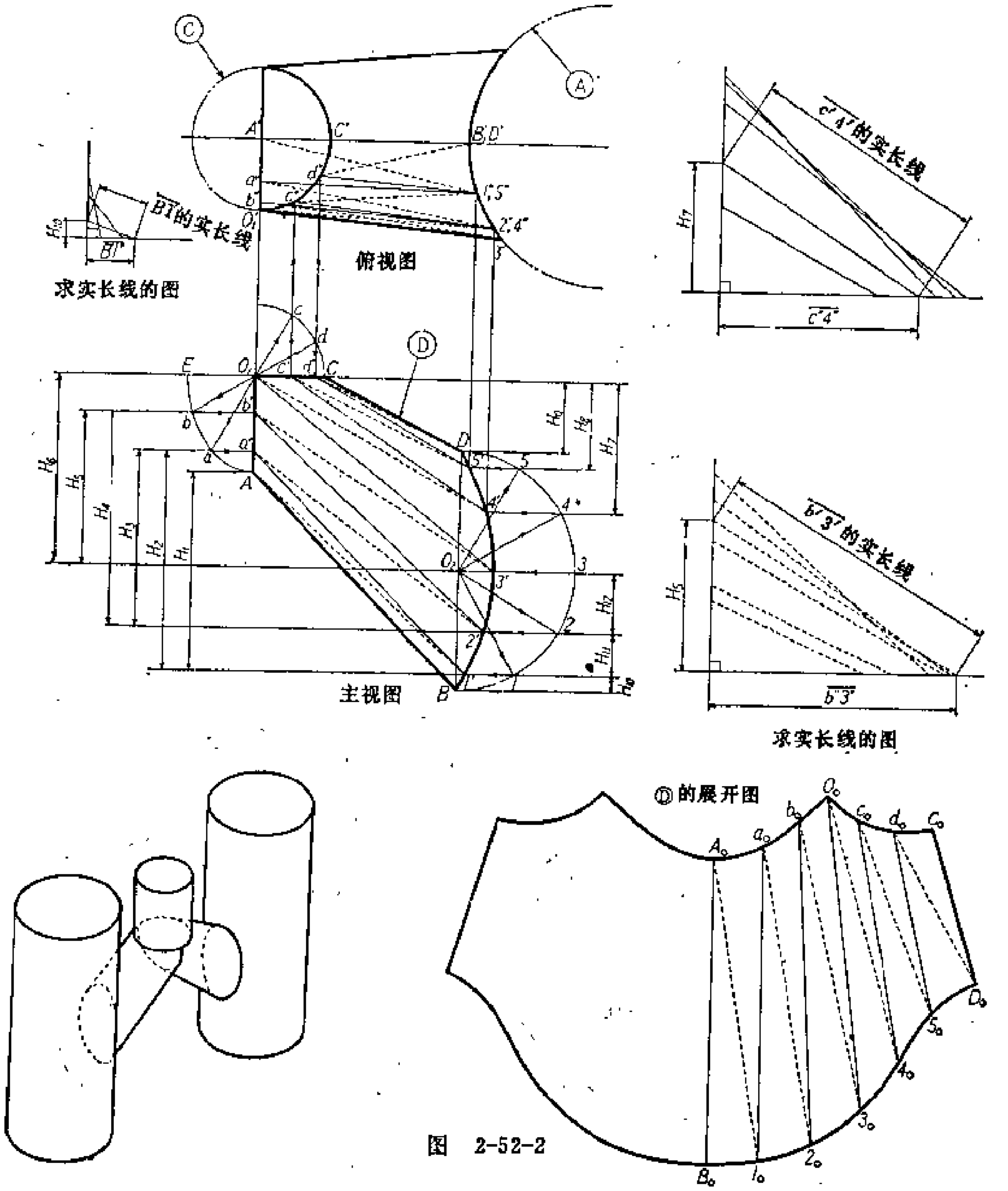


图 2-52-2

53. 圆筒和棱筒直交部分的补贴片

本例介绍的形体是方棱筒Ⓐ和圆筒Ⓑ直交，Ⓑ的中心线与Ⓐ的上部（$\overline{CD}$）在同一直线上，如图2-53所示。试画出连接两者的补贴片Ⓒ的展开图。另外，由于在主视图上示出的Ⓐ和Ⓒ的相贯线为$\overline{AD}$，因此将其画法的说明省略。另外，俯视图上的相贯线画法对于画Ⓒ的展开图没有特殊意义，所以其说明也省略。

展开图画法

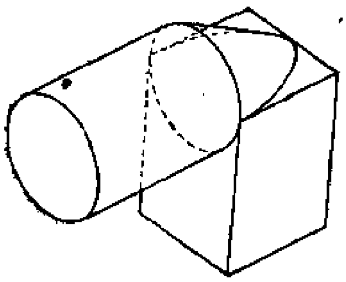
① 把圆O的上半部分6等分，从各等分点作水平线与$\overline{AD}$相交，过其交点再对$\overline{AC}$作平行线与$\overline{CD}$相交于c、d。

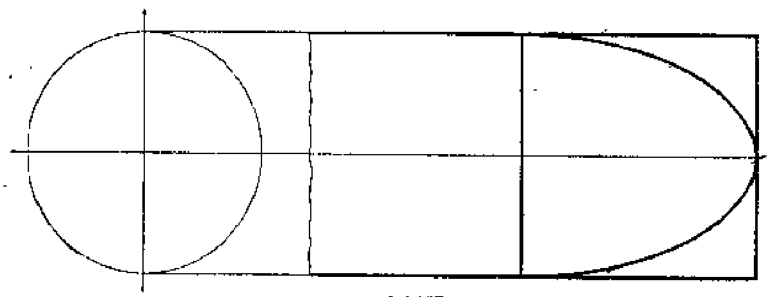
② 过A、b、a、D对$\overline{AC}$作平行线，在其线上截取$0'$、$1'$、$2'$、$3'$、$4'$、$5'$、$6'$各点，使$\overline{6'0'}=\overline{60}$，$\overline{5'1'}=\overline{51}$，$\overline{4'2'}=\overline{42}$，$3'$为这些线的中点。

③ 用圆滑曲线连接$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$，即画出补贴片Ⓒ的辅助投影图。

④ 过D对$\overline{AC}$作垂线，在其延长线上设定0_0，1_0，2_0，……，6_0，使$\overline{0_01_0}=\overset{\frown}{0'1'}$，$\overline{1_02_0}=\overset{\frown}{1'2'}$，……，$\overline{5_06_0}=\overset{\frown}{5'6'}$。

⑤ 过A，b，a，D，c d，C对$\overline{AC}$作垂线，其延长线与过0_0，1_0，2_0，……，6_0对$\overline{0_06_0}$所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出补贴片Ⓒ的展开图。





主视图

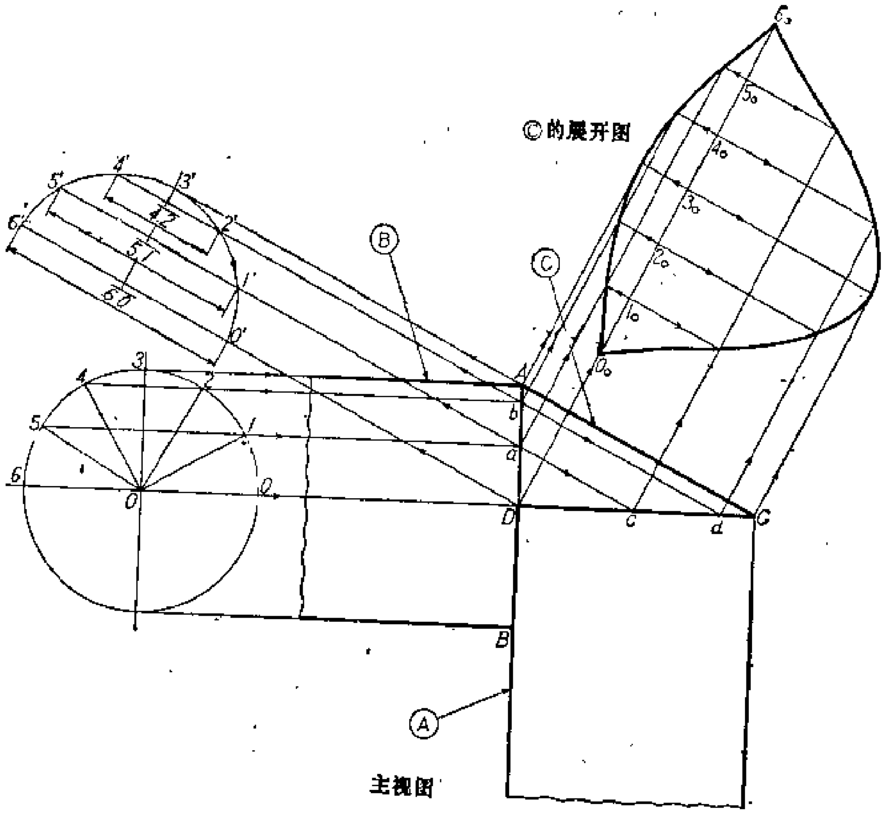


图 2-53

54．大圆筒向小圆筒过渡部分的三叉筒(1)

本例将画出如图2-54-1所示从大圆筒Ⓐ向三支小圆筒Ⓑ、Ⓒ、Ⓓ分支的三叉筒Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ的展开图。由于Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ形状相同，因此下面以Ⓔ为代表，参照图2-54-2对其画法加以说明。从该图的俯视图可知：该板金件以中心线为轴左右对称，所以只求出单侧的一半展开图即可。

展开图画法（见图2-54-2）

① 把圆O_1的半圆6等分，各等分点为0，1，2，……，6。

② 把$\overset{\frown}{ad}$和$\overset{\frown}{gd}$分别3等分，各等分点为a、b、c，……，g。

③ 交叉连接0，1，2，……，12和a，b，c，……，g，求出各自的实长线。例如：$\overline{e4}$的实长线即相当于以$\overline{e4}$为底边、H为高的直角三角形斜边。采用同样方法也可以求出其他实长线。

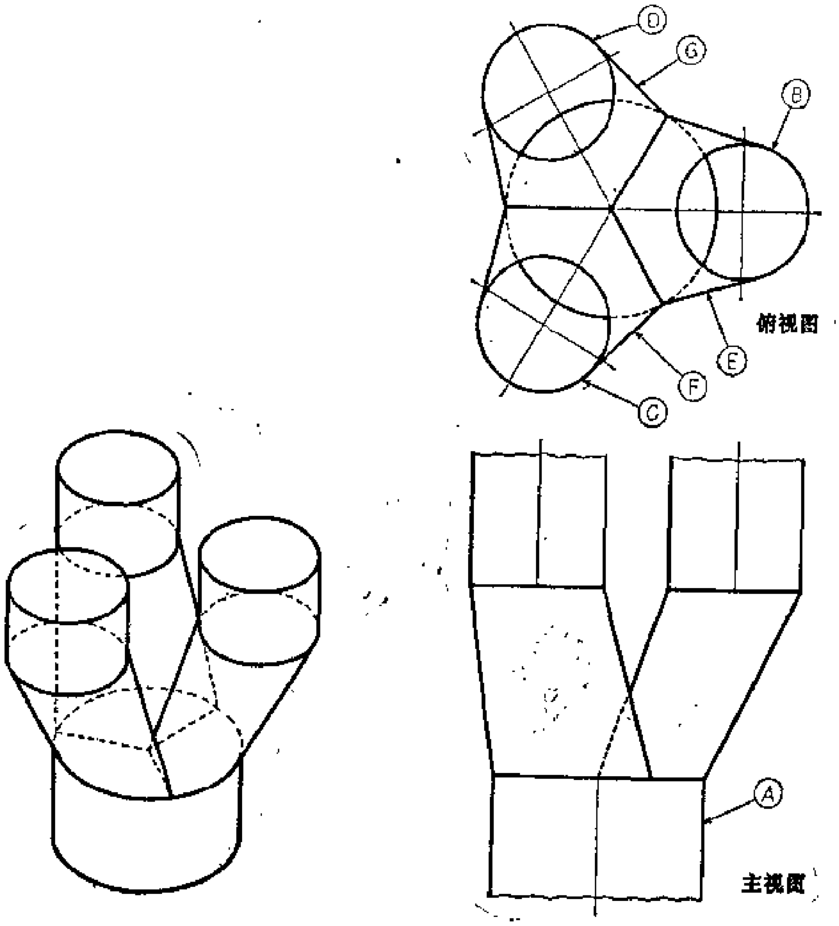


图 2-54-1

④ 在画展开图时，首先求出$\overline{g6}$的实长线（即主视图上的$\overline{g'6'}$），使其等于$\overline{g_06_0}$。

⑤ 以6_0为圆心、$\overline{f6}$的实长线为半径画弧，与以g_0为圆心、$\overline{gf}$为半径所画的弧相交于f_0。

⑥ 以f_0为圆心、$\overline{f5}$的实长线为半径画弧，与以6_0为圆心、$\overline{65}$为半径所画的弧相交于5_0。

⑦ 这样顺次求出各交点，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓔ的展开图。

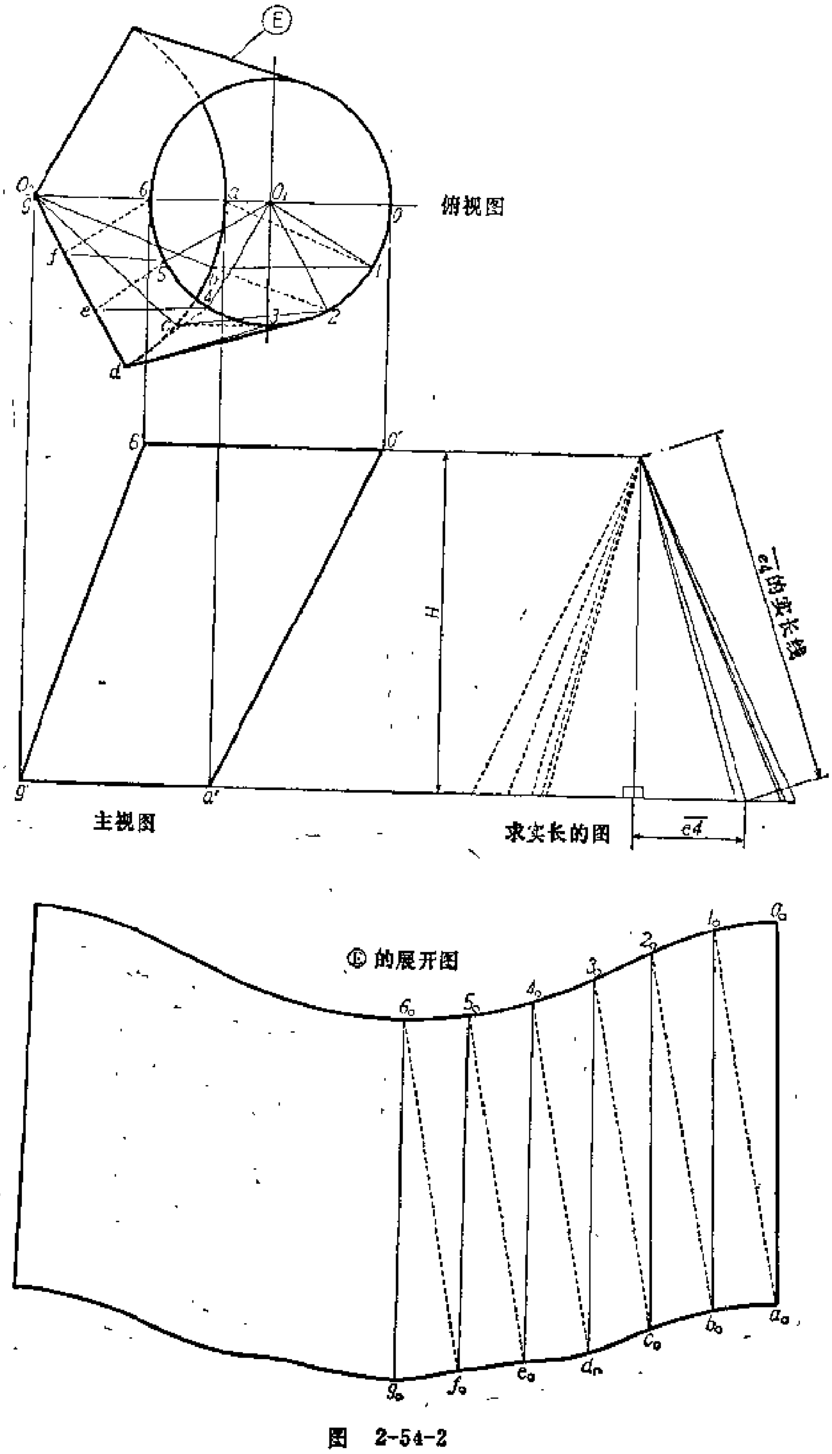


图 2-54-2

55．大圆筒向小圆筒过渡部分的三叉筒(2)

试画出如图2-55-1所示与前例（1）相同的从大圆筒Ⓐ向三支同径小圆筒Ⓑ、Ⓒ、Ⓓ分支的三叉筒Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ的展开图。由于Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ形状相同，因此可以考虑只画出Ⓔ。本例的板金件与前例（1）不同之处是：如主视图所示，中心点O_2凸起了相当大圆筒半径的高度。另外，从俯视图可知：Ⓔ以中心线为轴左右对称，所以只求出单侧的一半展开图即可。

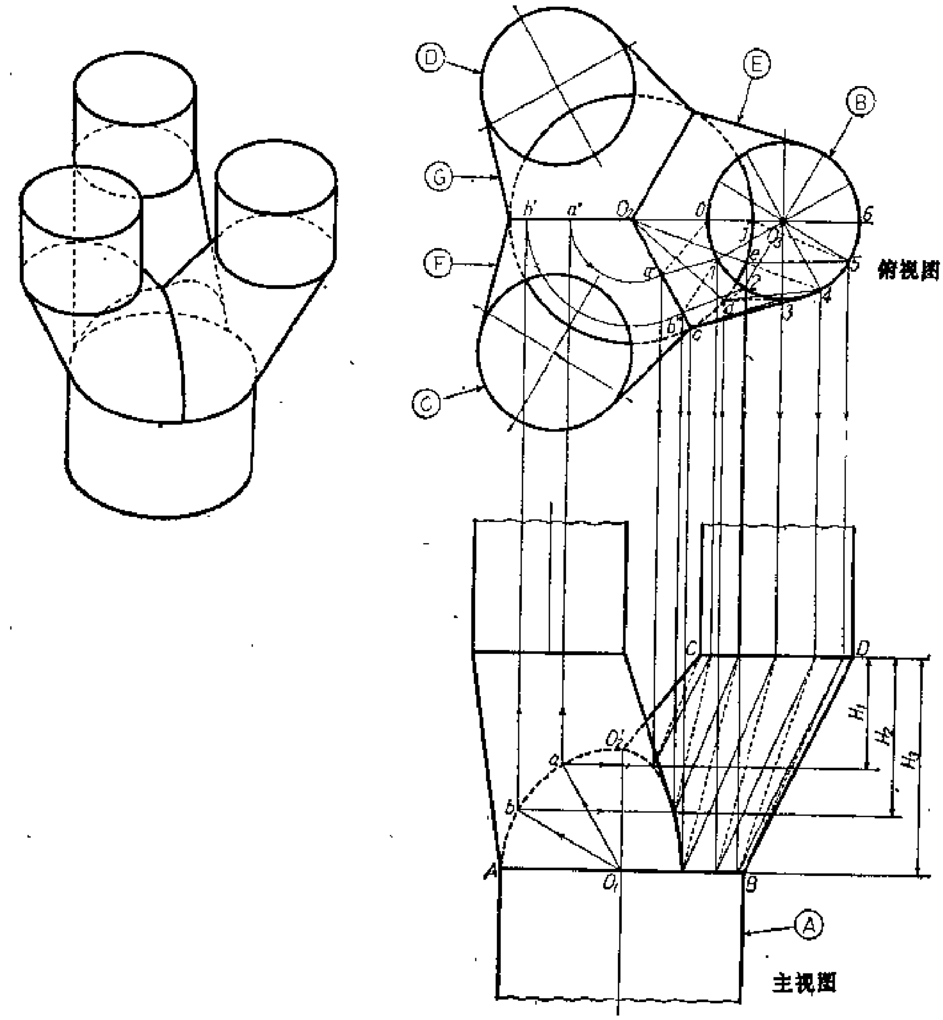


图 2-55-1

展开图画法（见图2-55-1和图2-55-2）

① 把圆O_1的1/4 3等分，从各等分点作垂线，与俯视图的水平中心线相交于a'、b'。

② 以 O_2 为圆心，过 a'、b' 画弧，与 $\overline{O_2c}$ 相交于 a''、b''。

③ 把 $\angle cO_2f$ 3 等分，在圆周上的等分点为 d、e。

④ 把圆 O_3 的半圆 6 等分，各等分点为 0，1，2，……，6。

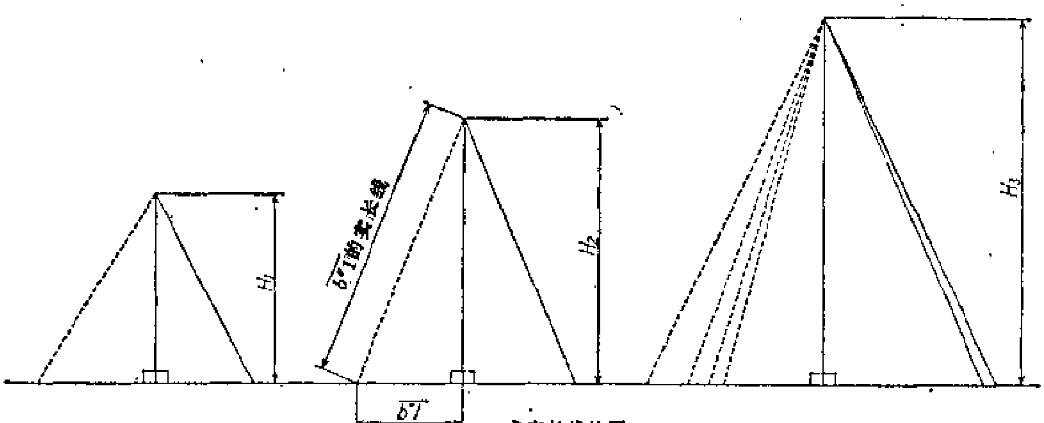
⑤ 如图2-55-1的俯视图和主视图所示，把 O_2、a''、b''、c、d、e、f 和 0，1，2，……，6 交叉连接起来，分别求出各自的实长线。例如：$\overline{b''1}$的实长线即相当于底边为$\overline{b''1}$、高为H_2的直角三角形斜边（参看图2-55-2）。这样，也可以求出其他实长线。

⑥ 在画展开图时，应求得$\overline{f6}$的实长线（即主视图的$\overline{BD}$），使其等于$\overline{f_06_0}$。

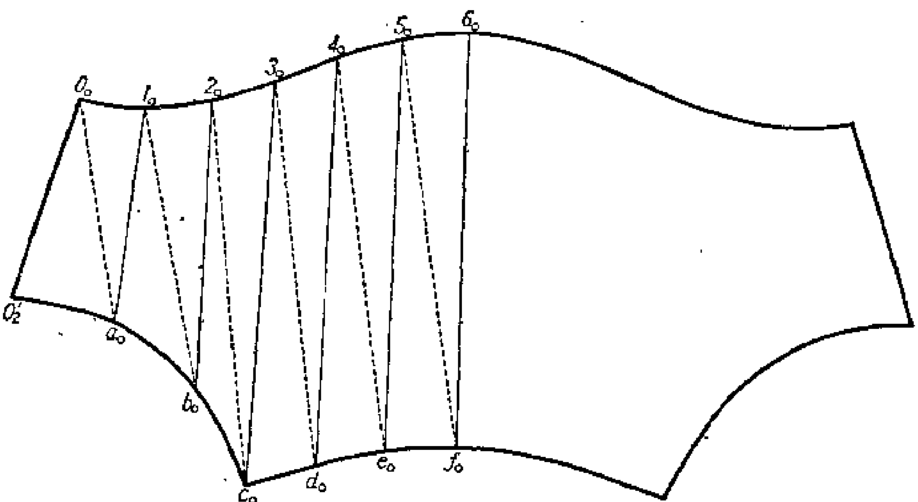
⑦ 以f_0为圆心、$\overline{f5}$的实长线为半径画弧，与以6_0为圆心、$\overline{65}$为半径所画的弧相交于5_0。

⑧ 以5_0为圆心、$\overline{e5}$的实长线为半径画弧，与以f_0为圆心、$\overline{fe}$为半径所画的弧相交于e_0。

⑨ 这样顺次求出各交点，以圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓔ的展开图。



求实长线的图



Ⓔ的展开图

图 2-55-2

56. 大圆筒上中心不重合的直交小圆筒和补贴片

图2-56示出了在大圆筒Ⓐ上直交了中心线距离为x的小圆筒Ⓑ的板金件。同时，在小圆筒Ⓑ的根部以45°的角度附加一补贴片Ⓒ。下面，将画出Ⓑ和Ⓒ的展开图。由于Ⓑ和Ⓐ、Ⓒ和Ⓐ的相贯线与大圆筒Ⓐ的轮廓线同心，因此不存在特殊的问题。难点是Ⓑ和Ⓒ的相贯线画法。

相贯线画法

① 把圆O_1、$O_2$12等分，其等分点分别为0，1，2，……，12和0′，1′，2′，……，12′。

② 过0，1，2，……，12作水平线，与Ⓐ相交于0″，1″，2″，……，12″。

③ 过0′，1′，2′，……，12′对$\overline{EF}$作平行线，与过0″，1″，2″，……，12″对$\overline{EF}$所作的垂线相交于$0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$。用圆滑曲线连接这些点，即画出从45°方向上看到的不带补贴片的小圆筒Ⓑ直交于大圆筒Ⓐ所形成的相贯线图形。$\overline{EF}$是与大圆筒中心线成45°的线。

④ $\overline{CD}$的延长线与$\overline{EF}$相交于a。画出长轴为$2\times\overline{O_4a}$、短轴为$\overline{3_0'9_0'}$的椭圆。

⑤ 过$1_0'$、$2_0'$、$10_0'$、$11_0'$对于$\overline{EF}$作平行线，与椭圆相交于b、c、c'、b'。

⑥ 过b、c对$\overline{CD}$作平行线，与过1、2所作平行线相交于b''、c''。然后，用圆滑曲线连接C、b''、c''、3″，即画出相贯线ⓐ。

展开图画法

（a）小圆筒Ⓑ的展开图画法：

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过C，b''，c''，3″，4″，……，9″对$\overline{AB}$作平行线，与过0_0，1_0，2_0，……，12_0对$\overline{AB}$延长线所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。

（b）补贴片Ⓒ的展开图画法：

① 过3″对$\overline{CD}$作垂线，在其延长线上设定a_0、b_0、c_0、b_0'、c_0'、$3_0''$、$9_0''$，使$\overline{a_0b_0'}=\overline{a_0b_0}=\widehat{ab}$；$\overline{b_0'c_0'}=\overline{b_0c_0}=\widehat{bc}$；$\overline{c_0'9_0''}=\overline{c_03_0''}=\widehat{c3_0'}$。

② 过b、c对$\overline{CD}$作平行线时，求出相贯线ⓐ和大圆筒Ⓐ的交点。过这些交点和C、D、3″、9″对$\overline{CD}$作垂线。其延长线与过a_0、b_0、c_0、b_0'、c_0'、$3_0''$、$9_0''$所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出补贴片Ⓒ的展开图。

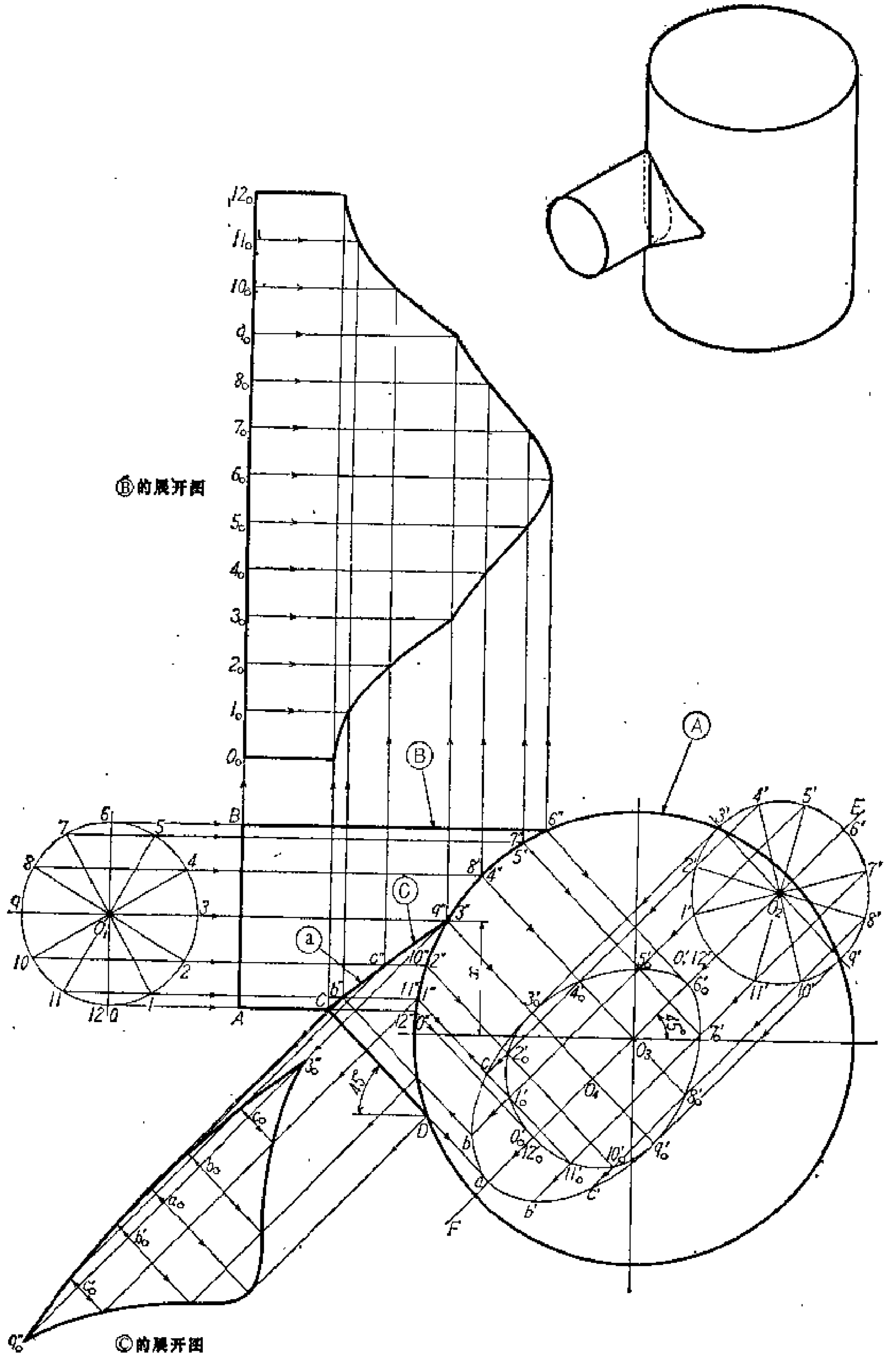


图 2-56

57．大圆筒上斜交、直交的两小圆筒

图2-57示出了在大圆筒Ⓐ上垂直直交了小圆筒Ⓑ，同时又以45°斜交了与Ⓑ同径的小圆筒Ⓒ的板金件展开图。另外，主视图上的 p 点是Ⓑ和Ⓒ的中心线交点，该点与过侧视图上的 p' 点所作的水平线相交。下面，画出在大圆筒Ⓐ上直交的小圆筒Ⓑ、斜交的小圆筒Ⓒ的展开图。

相贯线画法

（a）Ⓐ和Ⓑ、Ⓒ的相贯线画法：

① 把圆 O_1、O_2、$O_3$12等分。

② 过圆 O_1、O_2 的3、4、5、6对其中心线作平行线。

③ 过圆 O_3 的3、4、5、6对中心线作平行线，过该平行线与圆 O_4 的交点作水平线。

④②中所作的平行线与③中所作的水平线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出ⓐ。

（b）Ⓑ和Ⓒ的相贯线画法：

过圆 O_1、O_2 的0、1、2、3对中心线作平行线，连接这些交点即画出相贯线ⓑ、ⓑ为直线。侧视图上的相贯线在画展开图时没有实际用处，所以对其画法的说明省略。

展开图画法

（a）Ⓑ的展开图画法：

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过圆 O_1 的1，2，……，12对中心线作平行线，再过该平行线与相贯线的交点作水平线。

③ 过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 所作垂线与②中所作水平线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆O_2周长相等的线段，并12等分。

② 过圆O_2的0，1，2，……，12对中心线作平行线，再过该平行线与相贯线的交点对$\overline{CD}$作平行线。

③ 过 $0_0'$，$1_0'$，$2_0'$，……，$12_0'$ 所作垂线与②中所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓒ的展开图。

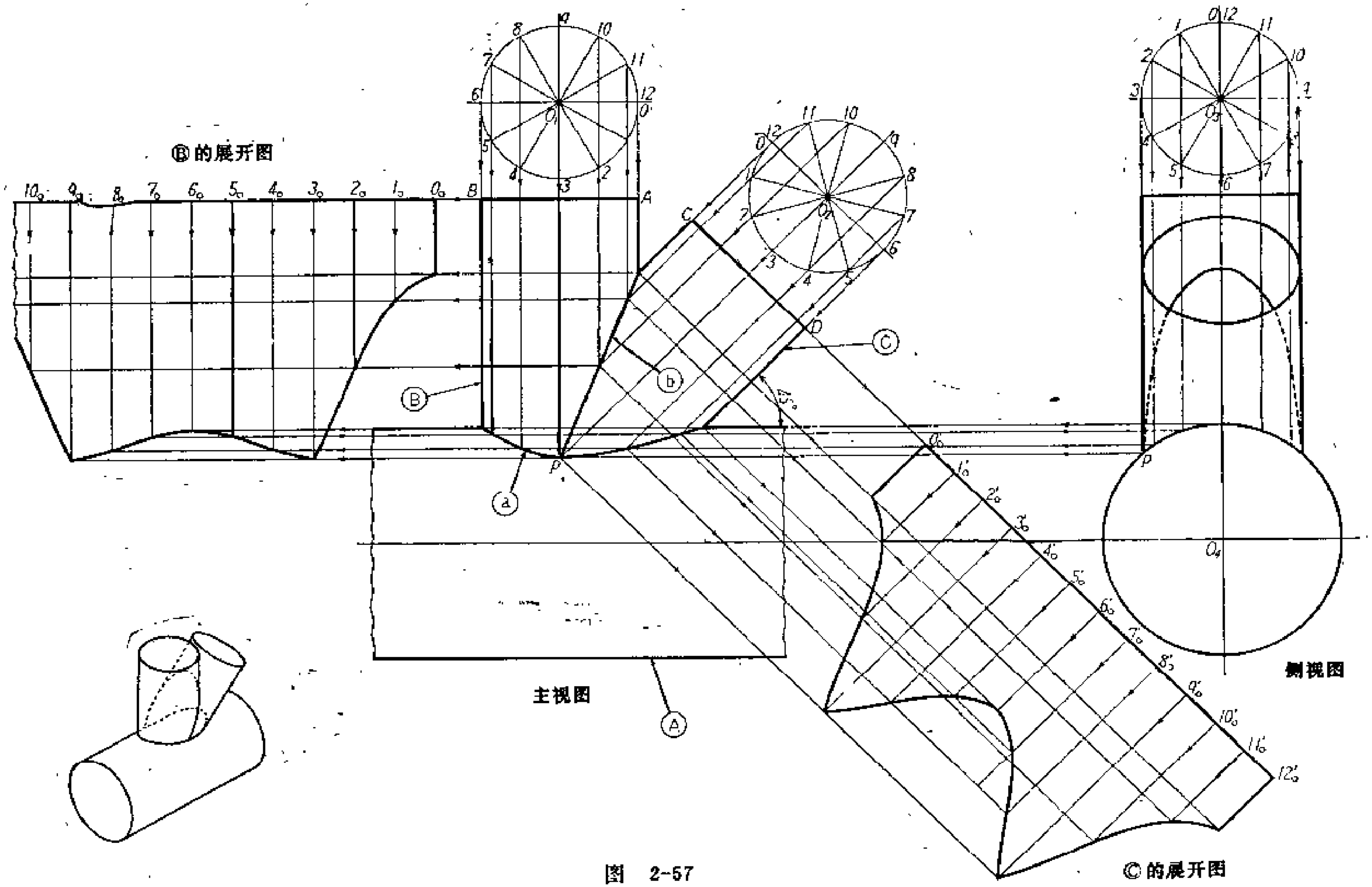


图 2-57

58．棱筒和圆筒的连接筒(1)

图2-58-1示出的形体Ⓐ是方棱筒、Ⓑ是圆筒，两者的中心线平行，且其在水平方向上的距离为 x。试画出连接Ⓐ和Ⓑ的Ⓒ的展开图。另外，如图所示，Ⓒ和Ⓐ的相贯线 $\overline{AB}$ 与Ⓒ和Ⓑ的相贯线 $\overline{EF}$ 相平行，其间距为H。由于相贯线的画法不需说明，因此予以省略。

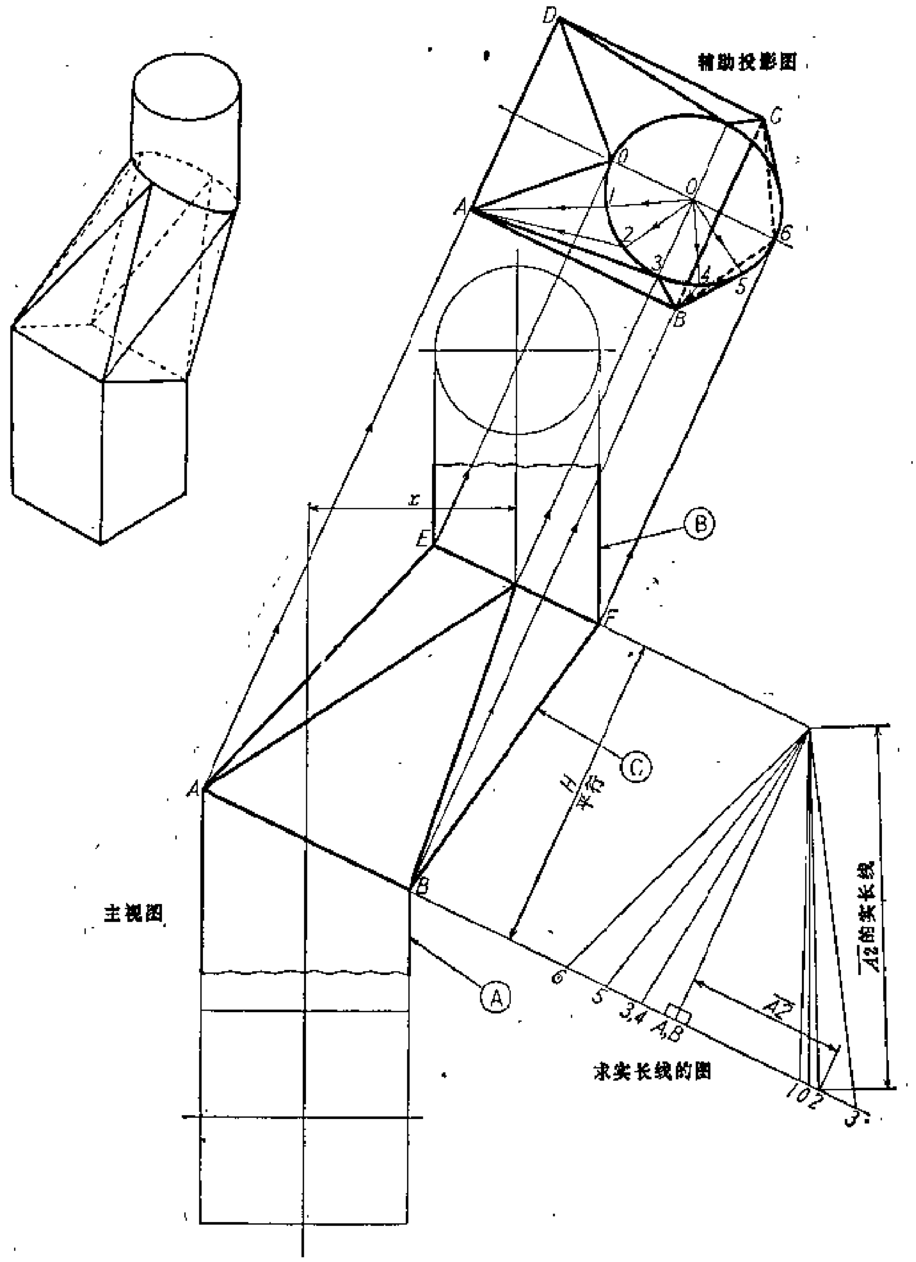


图 2-58-1

展开图画法（见图2-58-1和图2-58-2）

① 画出从正上方看到的$\overline{AB}$、$\overline{EF}$的辅助投影图，其下面是长方形，上面是以$\overline{EF}$为长轴、Ⓑ的直径为短轴的椭圆。同时，由于Ⓒ的形体是棱筒和圆筒的连接部分，因此可知它是由四个三角形和四个曲面体所构成。另外，因为Ⓒ是以中心线为轴左右形状相同，所以可以只求出其单侧的一半。

② 把椭圆O的一半6等分（把弧6等分的作法对以后画展开图方便，但是不易求出等分点，所以这里把角度进行6等分）。

③ 连接A和0、1、2、3以及B和3、4、5、6，求出各自的实长线。该实长线即相当于高为H、底边为辅助投影图上示出的线段长度所构成的直角三角形的斜边。例如，$\overline{A2}$的实长线即相当于高为H、底边为$\overline{A2}$的直角三角形斜边。同样，也可以求出其他实长线。

④ 在画展开图时，首先应设定A_0、D_0，使$\overline{A_0D_0}=\overline{AD}$。

⑤ 以A_0、D_0为圆心、$\overline{A0}$的实长线为半径画弧，两弧相交于0_0。

⑥ 以0_0为圆心、$\overline{01}$为半径画弧，与以A_0为圆心，$\overline{A1}$的实长线为半径所画的弧相交于1_0。采用这种方法顺次求出2_0，3_0，……，6_0和B_0、C_0。

⑦ 用圆滑曲线连接0_0，1_0，2_0，……，6_0，A_0、B_0、C_0、D_0间和$\overline{A_03_0}$、$\overline{B_03_0}$等为直线连接，这样即画出Ⓒ的展开图。

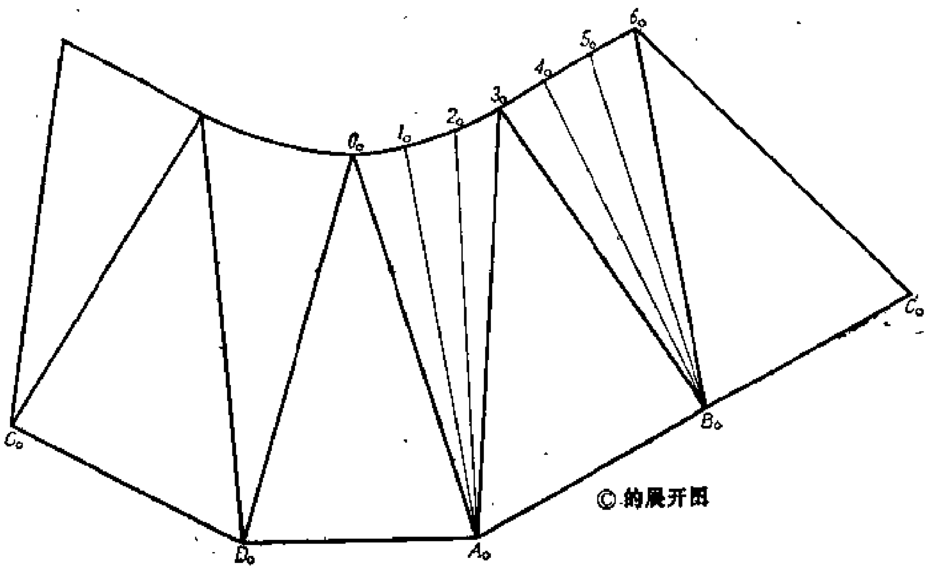


图 2-58-2

59. 棱筒和圆筒的连接筒(2)

图2-59-1示出的板金件与前例（1）不同之处：辅助投影图上Ⓐ的中心与Ⓑ的中心距离为y，而且不重合。其他与前例（1）完全相同。下面，画出连接部分Ⓒ的展开图。

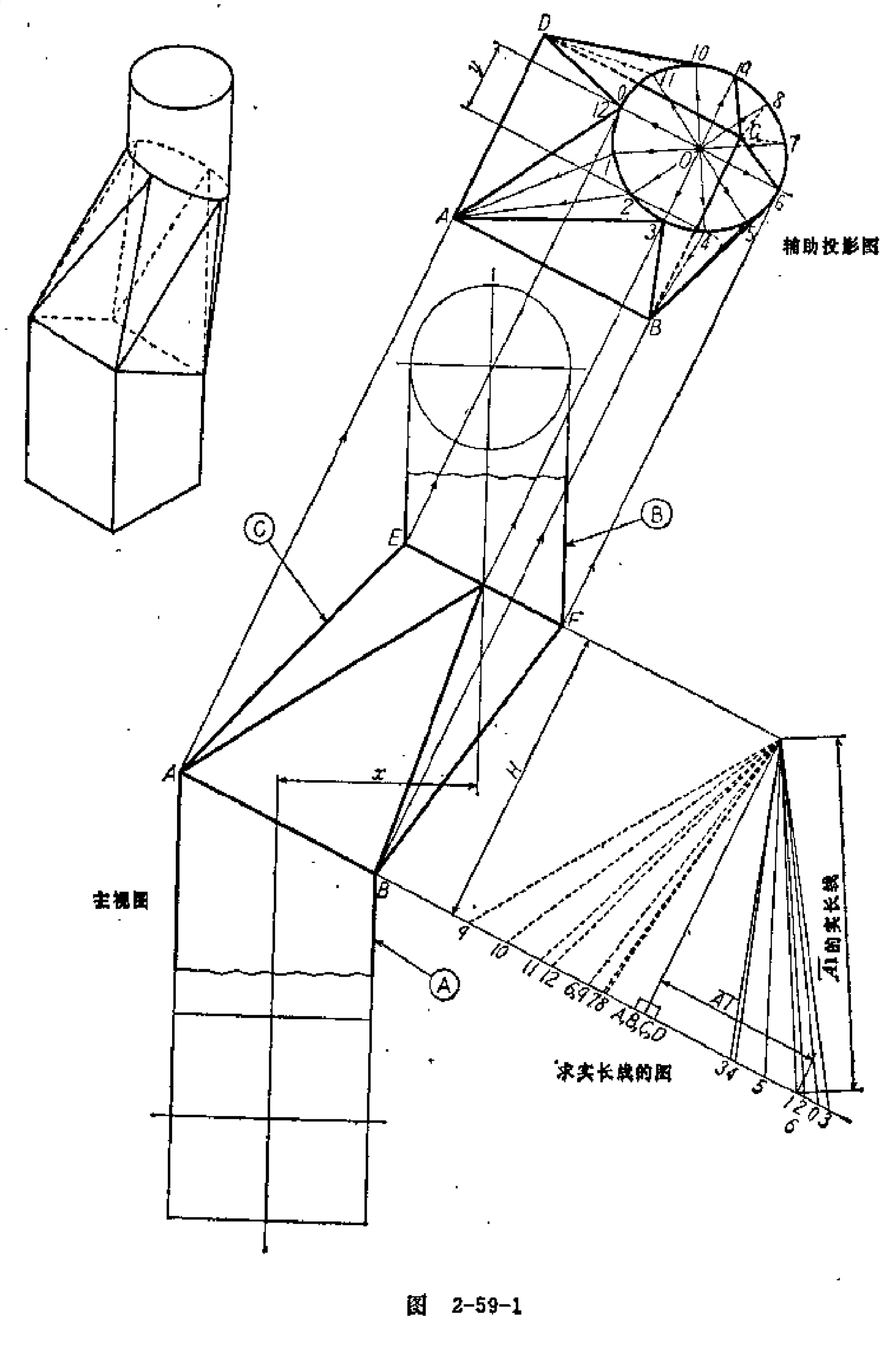


图 2-59-1

展开图画法（见图2-59-1和图2-59-2）

① 把椭圆12等分（把中心部的角度12等分）。

② 连接A和0、1、2、3以及B和3、4、5、6，再连接C和6、7、8、9以及D和9、10、11、12，求出这些线段的实长线。各自的实长线均相当于高为H、底边为辅助投影图示出的线段长度所构成的直角三角形斜边。同样也可以求出其他实长线。

③ 在画展开图时，首先设定$\overline{A0}$的实长，即$\overline{A_00_0}$。

④ 以A_0为圆心、$\overline{A1}$的实长线为半径画弧，与以0_0为圆心、$\overline{01}$为半径所画的弧相交于1_0。

⑤ 以A_0为圆心、$\overline{A2}$的实长为半径画弧，与以1_0为圆心、$\overline{12}$为半径所画的弧相交于2_0。

⑥ 采用这种方法，顺次求出3_0，4_0，……，12_0和B_0、C_0、D_0、A_0。

⑦ 用圆滑曲线连接0_0，1_0，2_0，……，12_0，用直线连接A_0、B_0、C_0、D_0即画出Ⓒ的展开图。

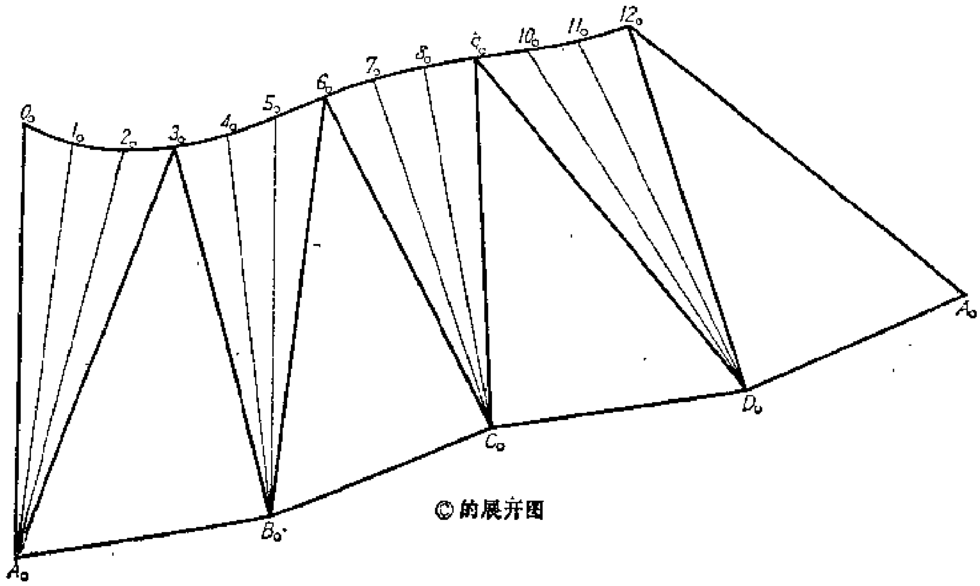


图 2-59-2

60. 四节弯头上交叉的小圆筒

图2-60示出的形体是小圆筒Ⓐ的中心线与四节弯头的水平中心线平行交叉的板金件。如过 p 作水平线，该水平线与$\overline{ab}$相交，再过该交点对$\overline{ac}$作平行线时，Ⓐ的中心线通过该平行线与$\overline{cd}$的交点 p'。下面，首先画出相贯线，然后画出小圆筒Ⓐ的展开图。

相贯线画法

① 把和小圆筒Ⓐ同径的圆 O_1、$O_3$12等分。

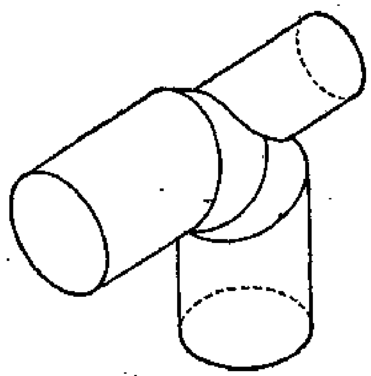
② 过圆 O_1 的等分点作垂线与O_2 相交，过该交点作水平线。再过该水平线与$\overline{ab}$的交点对$\overline{ac}$作平行线与$\overline{cd}$相交，过该交点对$\overline{ce}$作平行线。

③ 过圆O_3 的等分点作水平线，与②中所作平行线相交于0″，1″，2″，……，12″，用圆滑曲线连接这些点即画出相贯线。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_3周长相等的线段，并且12等分。

② 过0″，1″，2″，……，12″作垂线，与过0_0，1_0，2_0，……，12_0 对$\overline{AB}$所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓐ的展开图。



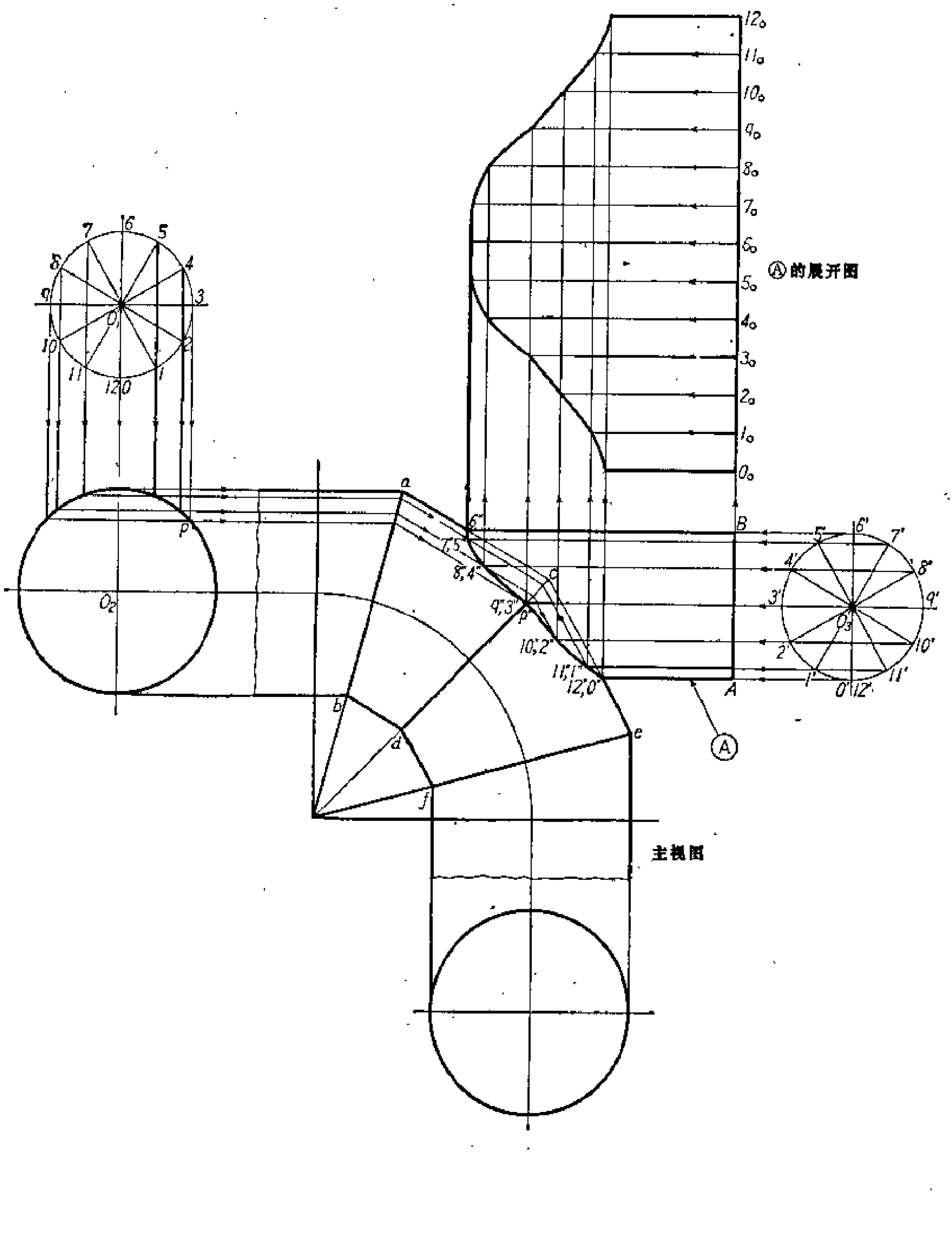


图 2-60

61．弯头上斜交的圆筒

图2-61所示为在弯头Ⓐ上以45°斜交了圆筒Ⓑ的板金件展开图。下面画出形体Ⓑ的展开图。首先，从说明相贯线画法开始。其方法与前例基本相同。

相贯线画法

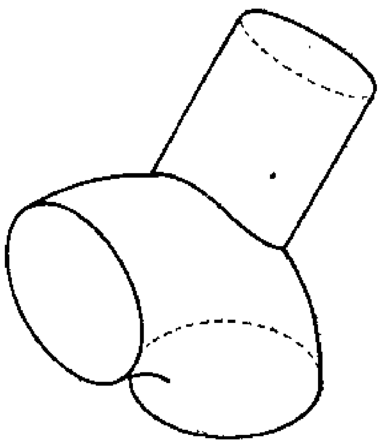
① 把与圆筒Ⓑ同径的圆$O_1$12等分，过各等分点作垂线，然后过该垂线与圆O_3的交点作水平线。

② 以O_4为圆心、过①中所作水平线与$\overline{CD}$的交点画弧。该弧与过圆O_2的12个等分点对于心线所作的平行线相交于0″，1″，2″，……，12″。用圆滑曲线连接这些点，即画出相贯线。

展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_2周长相等的线段，并12等分。

② 过0″，1″，2″，……，6″对$\overline{AB}$作平行线，与过0_0，1_0，2_0，……12_0对$\overline{AB}$所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。



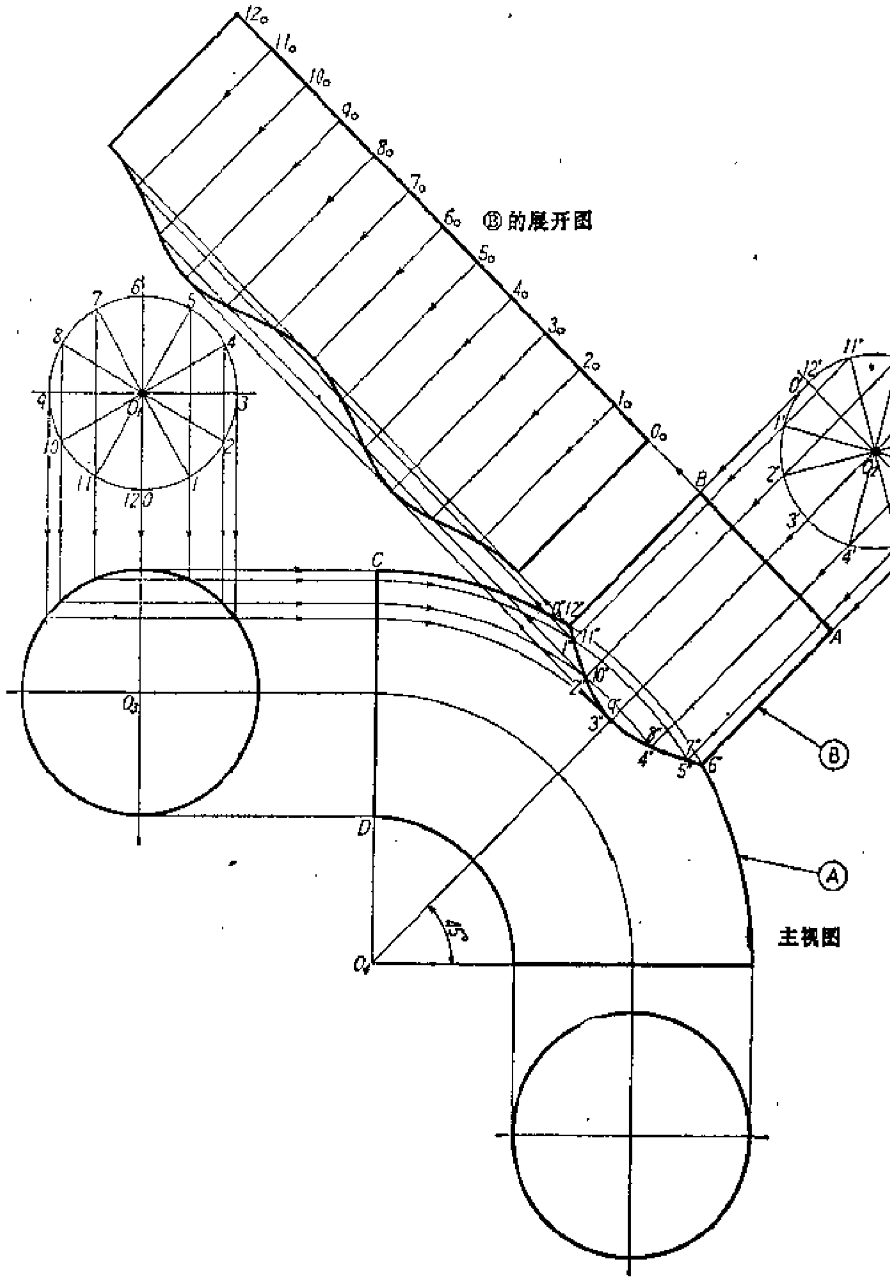


图 2-61

62. 二叉筒(1)

试画出如图2-62-1所示的从大圆筒Ⓐ向两小圆筒Ⓑ、Ⓒ分支部分Ⓓ、Ⓔ的展开图。Ⓓ和Ⓔ的中心线相交于a，a点位于Ⓐ的中心线上。又由于两侧的$\angle\theta$相等，因此Ⓓ和Ⓔ的形状相同。下面，仅以Ⓓ为例来说明其画法。因为在这种情况下的相贯线没有特殊说明的必要，所以其画法说明予以省略。

展开图画法（见图2-62-2）

① 在$\overline{AD}$上的任意一点作垂线，在该垂线上截取与圆O_1周长相等的线段，并且12等分。

② 把圆$O_1$12等分，各等分点为0，1，2，……，12。

③ 过p点对$\overline{AD}$作平行线，与圆O_1相交于p'、p''。

④ 设定p_0、p_0'，使$\overline{3_0p_0}=\overset{\frown}{3p'}$、$\overline{9_0p_0'}=\overset{\frown}{9p''}$。

⑤ 过圆O_1的12个等分点和p'、p''对中心线作平行线，该平行线与$\overline{Ap}$、$\overset{\frown}{Bp}$、$\overline{CD}$相交，过交点对于中心线作垂线。这些垂线与过0_0，1_0，2_0，……，12_0和p_0、p_0'对$\overline{AD}$所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓓ的展开图。

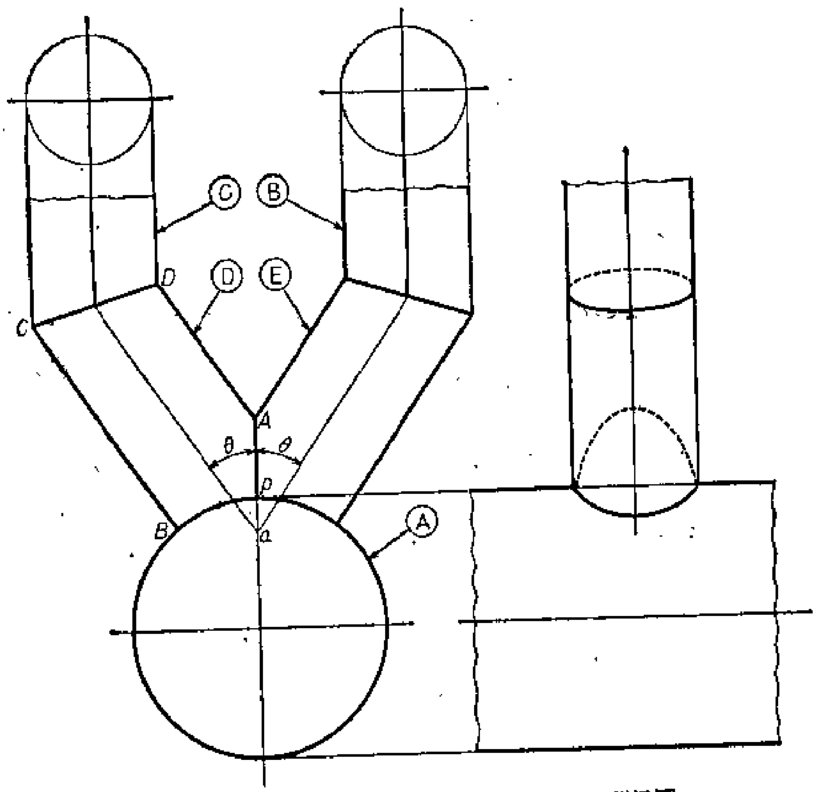


图 2-62-1

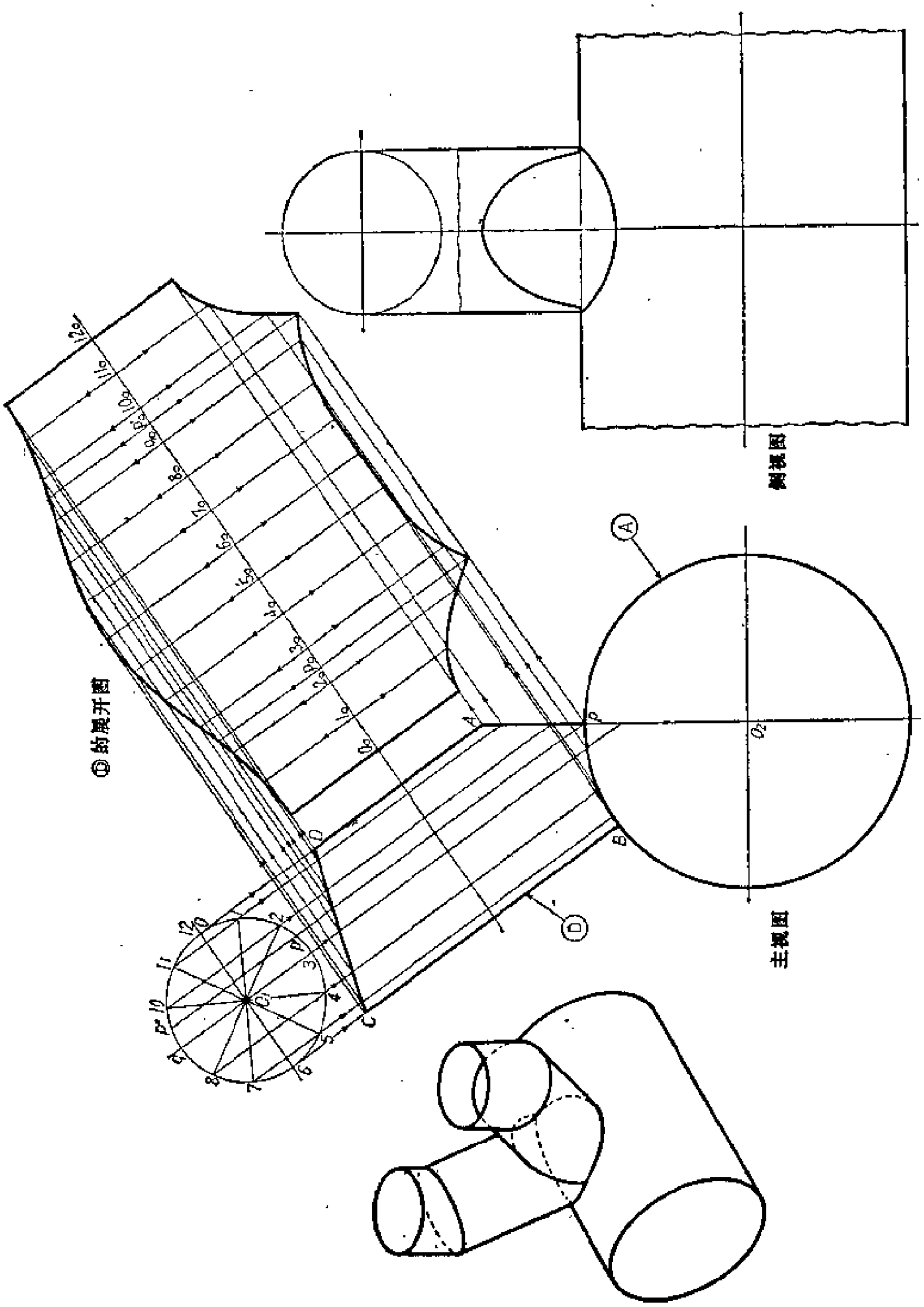


图 2-62-2

63. 二 叉 筒(2)

试画出如图2-63-1所示的从大圆筒Ⓐ向小圆筒Ⓑ、Ⓒ分支部分Ⓓ、Ⓔ的展开图。Ⓓ和Ⓔ的中心线相交于a、a点在Ⓐ的正上方。又由于两个$\angle\theta$相等，因此Ⓓ和Ⓔ的形状相同。所以，下面仅以Ⓓ为例来说明其画法。相贯线$\overline{CD}$、$\overline{Ap}$为直线，但是Bp间为曲线，所以首先对该曲线的画法加以说明。

相贯线画法（见图2-63-2）

① 把圆O_1、$O_2$12等分。

② 过等分点中的3、4、5、6对中心线作平行线。

③ 过$3'$、$4'$、$5'$、$6'$作垂线与Ⓐ相交，过该交点作水平线与②中所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点。

④ 过A向下作垂线与该曲线相交于p，曲线Bp即为相贯线ⓐ。

展开图画法

① 在$\overline{AD}$上任取一点作垂线，在该垂线上截取与圆O_1周长相等的线段，并12等分。

② 过p对$\overline{AD}$作平行线，与圆O_1相交于p'、p''。

③ 设定p_0、p_0'，使$\overline{3_0p_0}=\overset{\frown}{3p'}$、$\overline{9_0p_0'}=\overset{\frown}{9p''}$。

④ 过圆O_1的12个等分点和p'，p''对中心线作平行线与$\overline{Ap}$、$\overset{\frown}{Bp}$、$\overline{CD}$相交，再过交点对中心线作垂线。该垂线与过0_0、1_0、2_0……12_0和p_0、p_0'对$\overline{AD}$所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求Ⓓ的展开图。

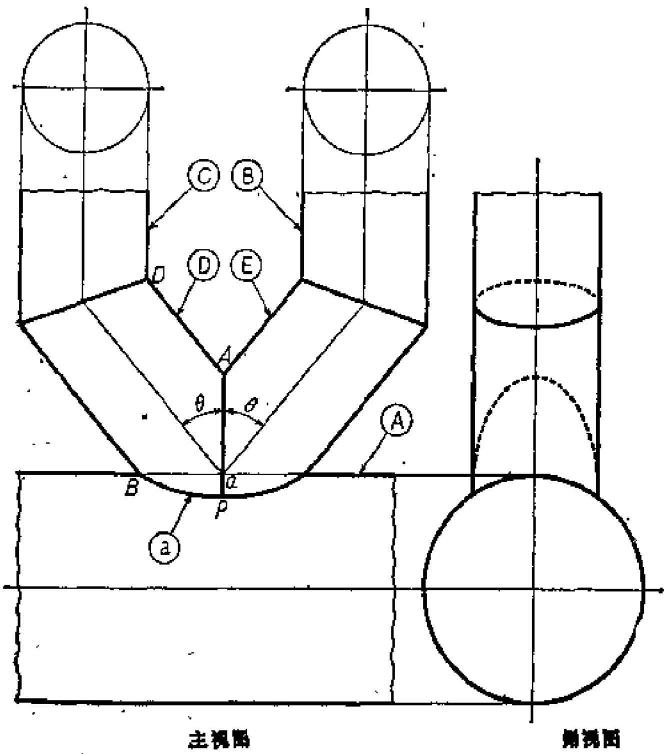


图 2-63-1

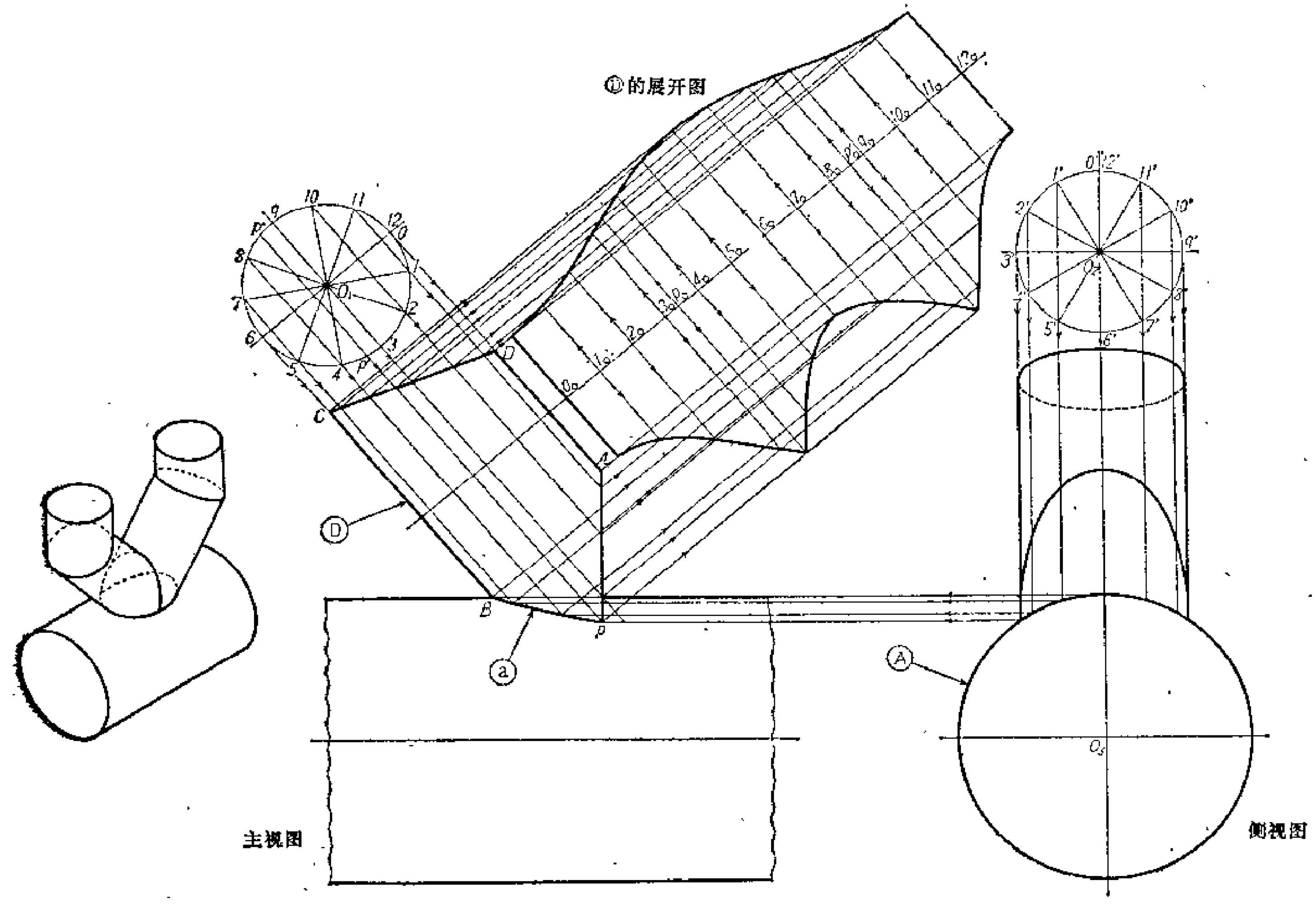


图 2-63-2

64. 圆筒上中心不重合的直交圆锥

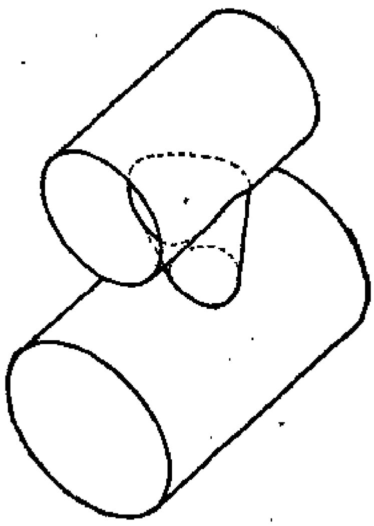
图2-64示出了连接在大圆筒Ⓐ和小圆筒Ⓑ间的圆锥Ⓒ的展开图。Ⓒ和Ⓑ的中心方向一致，但相距 x。如果从侧面来看，Ⓒ直交于Ⓐ、Ⓑ之上。另外，由于其相贯线为圆 O_3、O_4 的弧，所以将其画法的说明省略。下面，求出圆锥Ⓒ的展开图。

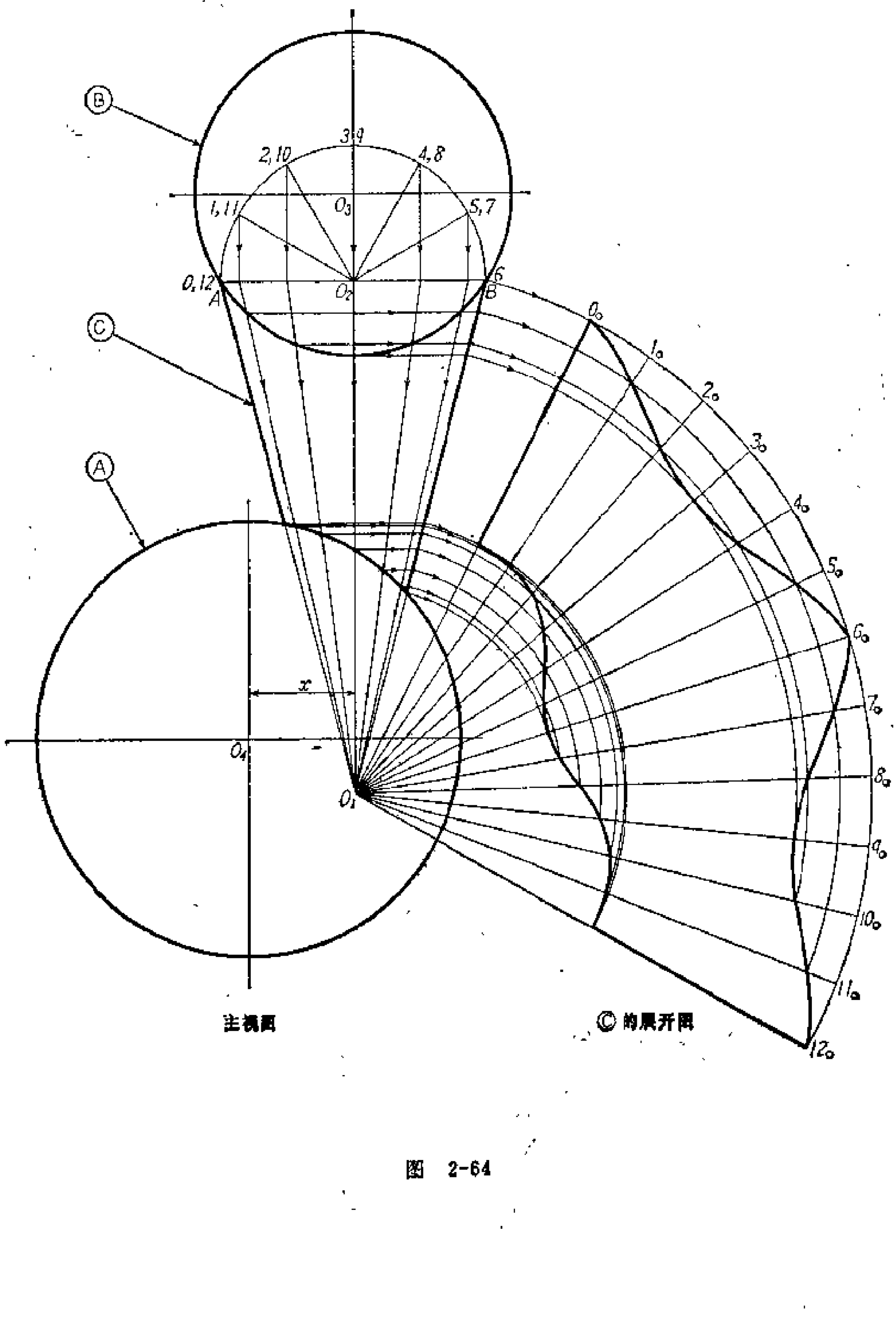
展开图画法

① 画出正圆锥 O_1AB的展开图，并12等分。

② 把底圆 $O_2$12等分，过各等分点对于$\overline{AB}$作垂线，把其垂足与顶点O_1 连接起来。

③ 过这些线段与圆 O_3、O_4 的交点对 $\overline{AB}$作平行线，然后以 O_1 为圆心、过该平行线与$\overline{O_1B}$的交点画弧。该弧与 $\overline{O_10_0}$，$\overline{O_11_0}$，$\overline{O_12_0}$，……，$\overline{O_112_0}$ 相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的展开图。





Ⓑ
Ⓒ
Ⓐ
3,9
2,10
4,8
1,11
5,7
O_3
0,12
A
O_2
6
B
O_4
O_1
x
0_0
1_0
2_0
3_0
4_0
5_0
6_0
7_0
8_0
9_0
10_0
11_0
12_0
主视图
Ⓒ的展开图

图 2-64

65. 大圆筒上分支的三节弯头

图 2-65 示出了从直立的大圆筒Ⓐ上通过Ⓒ、Ⓓ连接的水平分歧小圆筒Ⓑ的板金件展开图。试画出Ⓑ、Ⓒ、Ⓓ的展开图。如图所示，Ⓑ和Ⓒ的相贯线$\overline{CD}$为直线，Ⓒ和Ⓓ的相贯线也是直线。但是，Ⓐ和Ⓒ、Ⓐ和Ⓓ的相贯线则是曲线，所以首先应该说明该相贯线的作图方法。

相贯线画法

（a）Ⓐ和Ⓒ的相贯线的画法：

① 过圆 O_1 的 12 个等分点中的 3，4，……，9 作平行线，再过该平行线与$\overline{CD}$的交点对Ⓒ的中心线作平行线。同时，过圆 O_2 的 12 个等分点中的 3′，4′，……，9′ 作水平线与圆O_3相交，过该交点对主视图作垂线。用圆滑曲线连接该垂线与前面所画平行线的交点。

② 如该曲线与$\overline{EF}$相交于 p，则其圆滑曲线的 pq 段即所求的相贯线。

（b）Ⓐ和Ⓒ的相贯线的画法：

过 0，1，2，3 所作的水平线与$\overline{CD}$相交，过该交点对Ⓒ的中心线作平行线与$\overline{EF}$相交，再过该交点对Ⓓ的中心线作平行线。过 0′、1′、2′、3′ 所作的水平线和圆O_3相交，用圆滑曲线连接过该交点向主视图作垂线与前述平行线相交所得到的交点和 p，即画出所求的相贯线。

展开图画法

（a）Ⓑ的展开图画法

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并 12 等分（0_0，1_0，2_0，……，12_0）。

② 过圆 O_1 的 12 个等分点作水平线与$\overline{CD}$相交，过该交点对$\overline{AB}$作平行线与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0对$\overline{AB}$延长线所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法：

① 在与Ⓒ的中心线直交的线段（法线）上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并且进行 12 等分。

② 过 p 对Ⓒ的中心线作平行线与$\overline{CD}$相交，过该交点作水平线，与圆 O_1 相交于 p'、p''。设定 p'_0、p''_0，使 $\overline{3_0p'_0}=\widehat{3p'}$，$\overline{9_0p''_0}=\widehat{9p''}$。

③ 过圆O_1的 12 个等分点作水平线与$\overline{CD}$相交，过该交点对于Ⓒ的中心线作平行线，过该平行线与相贯线的交点和 p 对法线作平行线，该平行线与过①中所得到的等分点和 p'_0、p''_0 所作垂线相交，连接各交点即画出所求展开图。

（C）Ⓓ的展开图画法：

① 在对Ⓓ的中心线所作的法线上截取与圆 O_1 半圆相等的线段，并 6 等分。

② 设定 p'_0、p''_0，使$\overline{3_0p'_0}=\widehat{3p'}$，$9_0p''_0=\widehat{9p''}$。

③ 过0，1，2，3作水平线与$\overline{CD}$相交，过该交点对Ⓒ的中心线作平行线。过该平行线与相贯线的交点和p对于法线作平行线，与过0_0、1_0，2_0，3_0，9_0、10_0，11_0，p_0'，p_0''对法线所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出所求展开图。

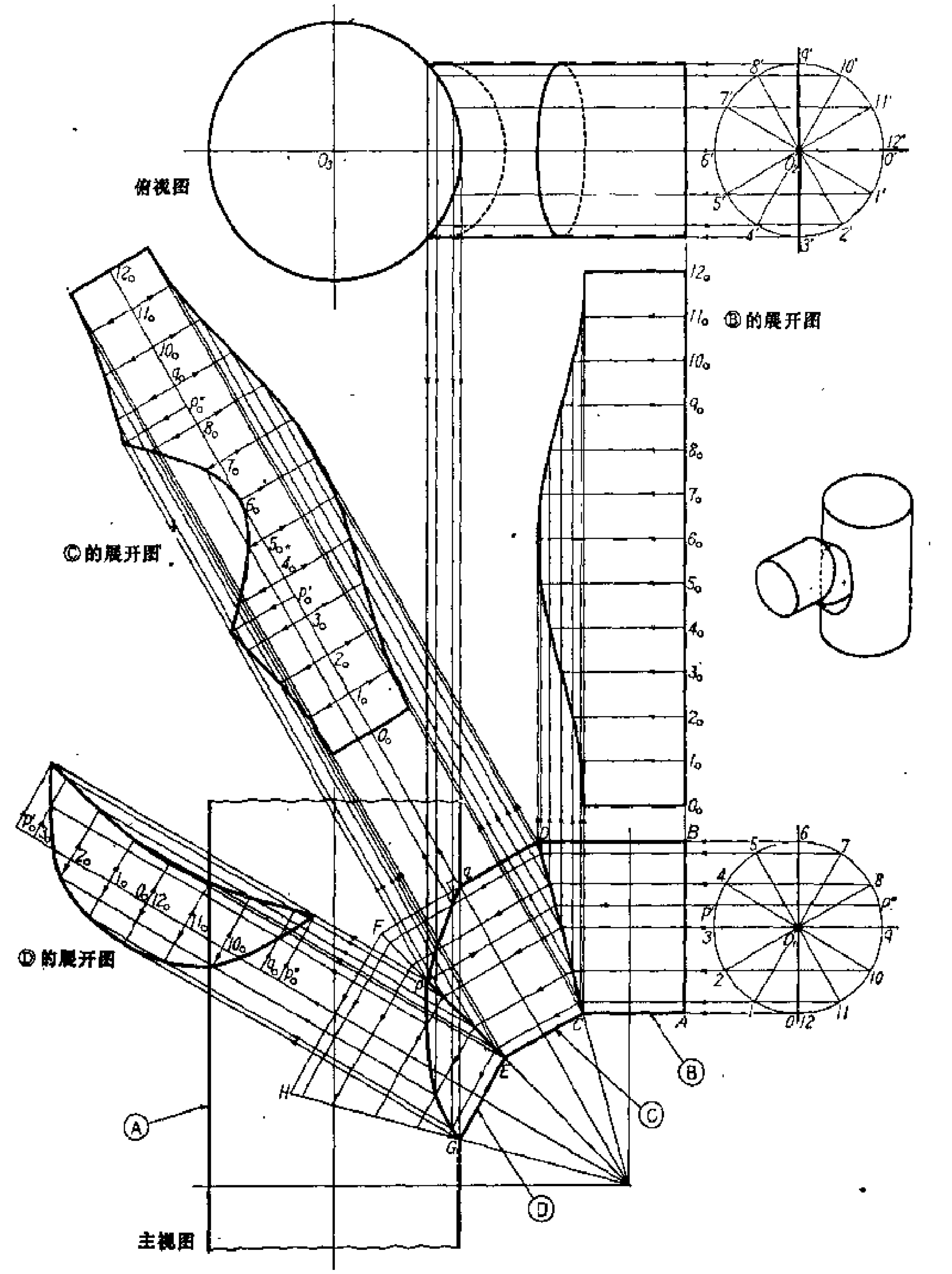


图 2-65

66. 圆锥和大圆筒上直交的小圆筒

图 2-66 示出了大圆筒Ⓐ上直交了圆锥Ⓑ，并且Ⓐ、Ⓑ上又水平交叉了小圆筒Ⓒ的板金件展开图。Ⓒ的中心线位于其下半部与Ⓐ交叉、上半部与Ⓑ交叉之处。由于Ⓐ和Ⓒ的相贯线为圆O_4上的弧线，因此就不需要另行画出了。需要探讨的是Ⓑ和Ⓒ的相贯线，下面将着重对它的画法加以说明。然后，画出圆锥Ⓑ和小圆筒Ⓒ的展开图。

相贯线画法

① 过圆O_1 12 个等分点中的 4、5 作水平线，与$\overline{O_5C}$相交，过该交点向俯视图作垂线，该垂线与水平中心线相交，以O_6为圆心，过该交点画弧。

② 过圆O_2 12 个等分点中的 $4'$、$5'$ 作水平线，与①中所画的弧相交，过该交点向主视图作垂线，与过 4、5 所作水平线相交。用圆滑曲线连接各交点和 p、q，即画出Ⓑ和Ⓒ的相贯线。

展开图画法

（a）Ⓑ的展开图画法：

① 画出正圆锥 O_5 CD 的展开图，并 12 等分。

② 把底圆O_3 12 等分，过各等分点对$\overline{CD}$作垂线，把其垂足与顶点O_5连接起来。

③ 过$\overline{O_5p}$的延长线与$\overline{CD}$的交点作垂线，与圆O_3相交于p'。

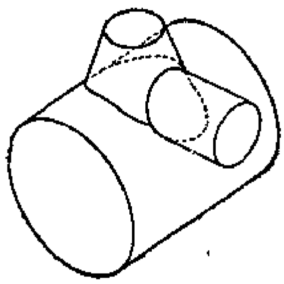
④ 设定p'_0、p''_0，使$\overline{4'_0p'_0}=\overline{4p'}$，$\overline{8'_0p''_0}=\overline{8p'}$。

⑤ 过②中所作和顶点O_6的连线与相贯线的交点和p作水平线，与$\overline{O_6D}$相交。以O_6为圆心，过该交点画弧。该弧与$\overline{O_50'_0}$，$\overline{O_51'_0}$，$\overline{O_52'_0}$，……，$\overline{O_612'_0}$，以及$\overline{O_6p'_0}$，$\overline{O_6p''_0}$相交。用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。

（b）Ⓒ的展开图画法：

① 在$\overline{AB}$的延长线上截取与圆O_1周长相等的线段，并 12 等分。

② 过 0，1，2，……，12 作水平线与相贯线相交，过该交点对于$\overline{AB}$作平行线，该平行线与过 0_0，1_0，2_0，……，12_0 所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的展开图。



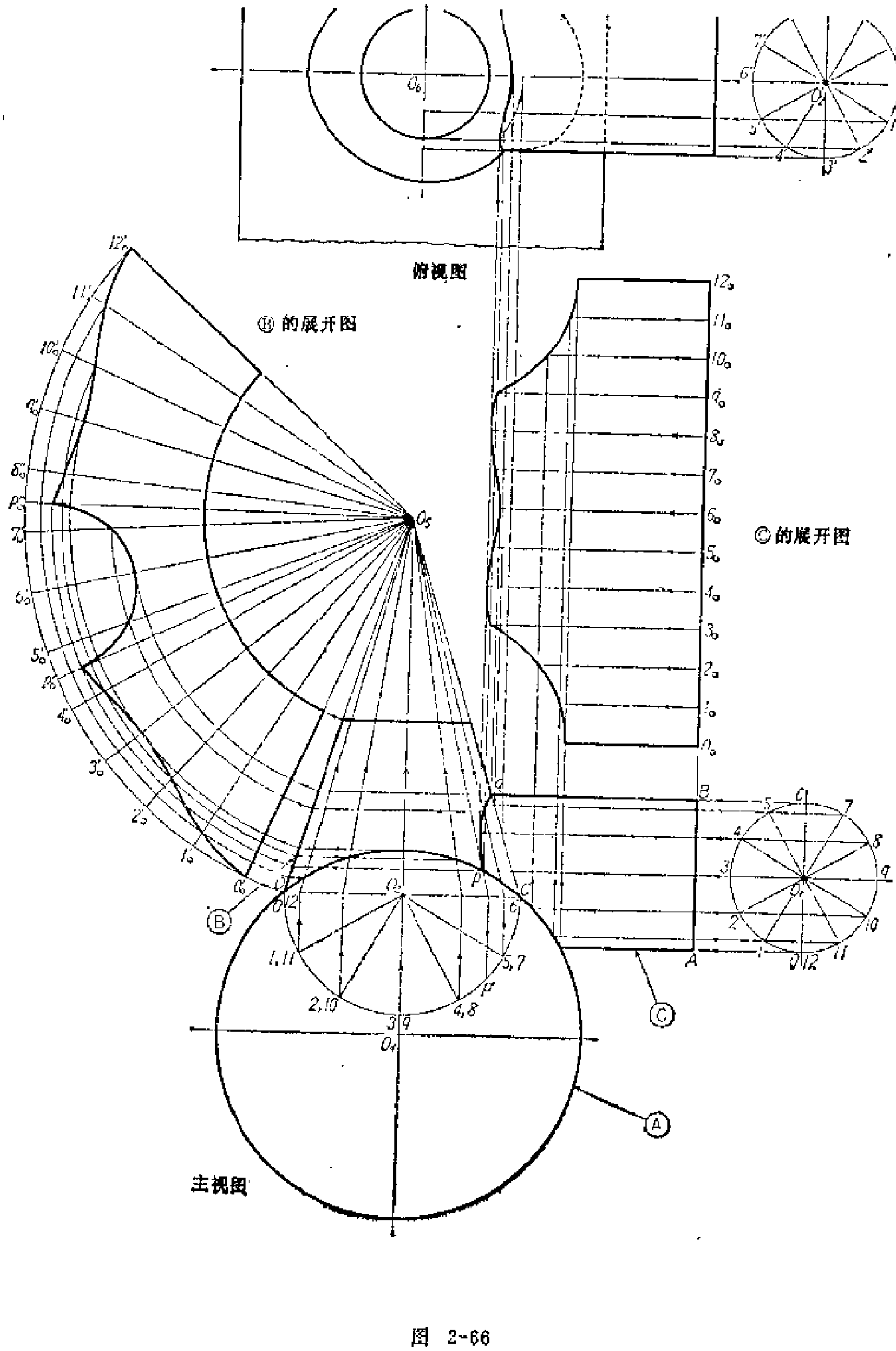


图 2-66

67．四节弯头上直交的圆筒

图 2-67 示出了在四节弯头的侧方直交了小圆筒Ⓐ的板金件展开图。Ⓐ的中心位于$\overline{AB}$上，并且四节弯头的中心线恰巧通过该点。试画出形体Ⓐ的展开图。在此种情形下，如果画出侧视图示出的四节弯头与Ⓐ的相贯线时，将很容易画出其展开图。另外，由于Ⓐ以$\overline{AB}$为轴左右对称，因此其展开图也对称。

相贯线画法

① 如图 2-67 所示，把圆 O_1 12 等分。

② 过等分点的 0，1 2，……，6 对中心线作平行线与$\overline{CD}$相交，过各交点再对下一节圆筒的中心线作平行线。

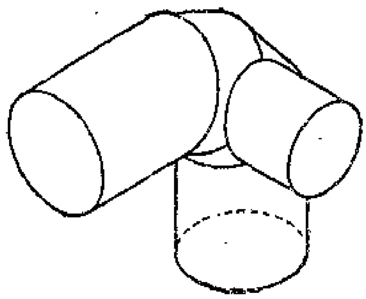
③ 求出该平行线与圆 O_2 的交点，这些交点对圆 O_2 水平中心线的高度分别为H_1、H_2、H_3。

④ 作与侧视图垂直中心线平行，其间隔为 H_1、H_2、H_3 的线，与过 0，1，2，……，12 所作的水平线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出相贯线（由于该相贯线为复杂的曲线，因此必须一边与主视图对照一边连接各点才能正确地画出）。

展开图画法

① 在$\overline{EF}$的延长线上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并且 12 等分。

② 过 0，1，2，……，12 作水平线，与相贯线相交，过交点作垂线，该垂线又与过 0_0、1_0、2_0……12_0 对$\overline{EF}$延长线所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓐ的展开图。



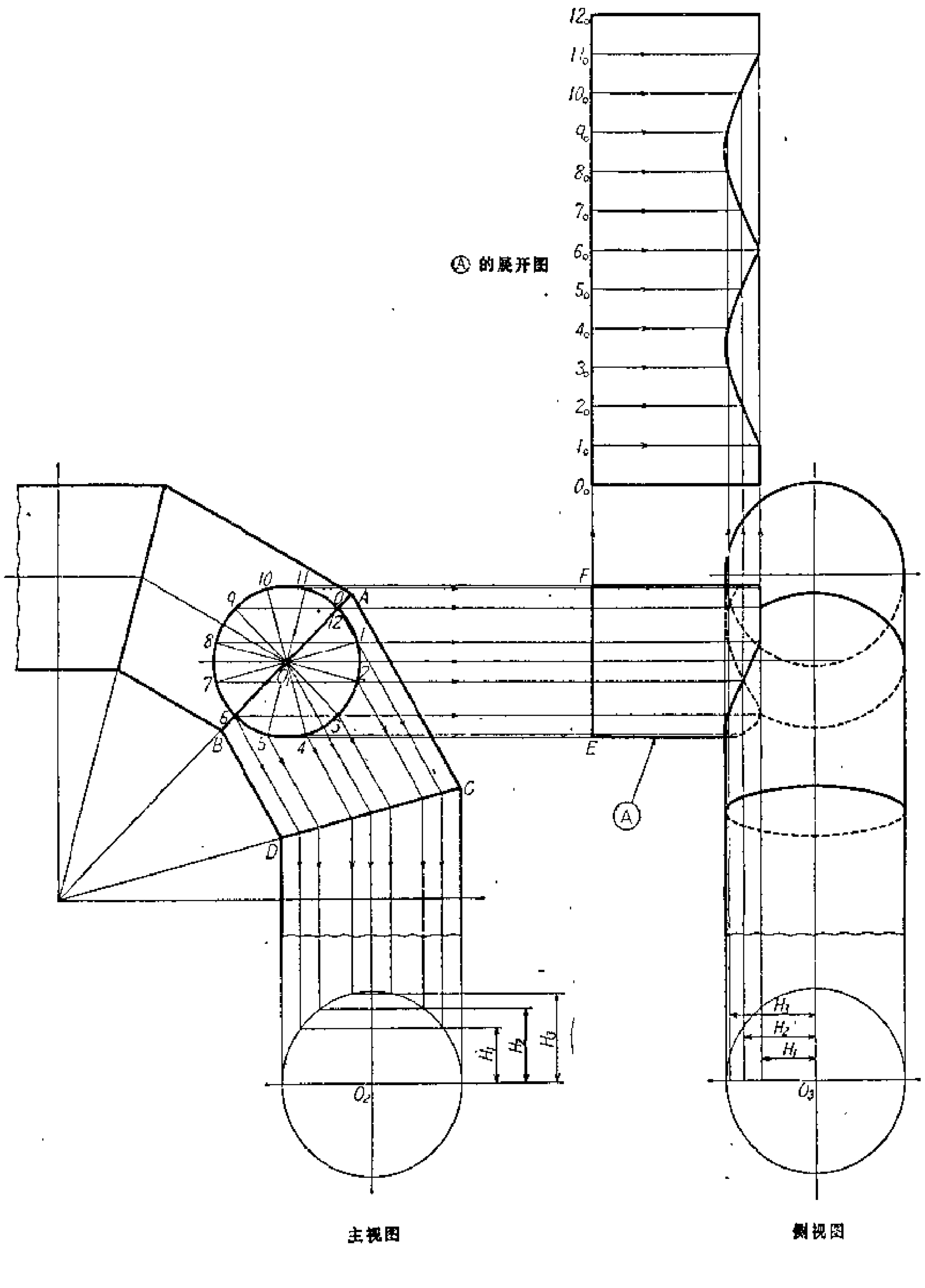

Ⓐ的展开图
12_0
11_0
10_0
9_0
8_0
7_0
6_0
5_0
4_0
3_0
2_0
1_0
0_0
F
E
A
B
C
D
Ⓐ
H_1
H_2
H_3
O_2
O_3
主视图
侧视图

图 2-67

68. 连接在两个棱筒间的方棱筒

图 2-68-1 示出了连接在大方棱筒Ⓐ和小方棱筒Ⓑ间的方棱筒Ⓒ的板金件结构示意图。由于Ⓐ和Ⓑ的中心线在主视图的距离为H、俯视图的距离为L，因此无论是主视图还是俯视图都没有示出构成Ⓒ四个平面的实形。在画Ⓒ的展开图时，只要求出$\overline{AE}$、$\overline{BF}$、$\overline{CG}$、$\overline{DH}$四线段的实长线后就没问题了，但是为容易理解，下面求出四个平面的实形。

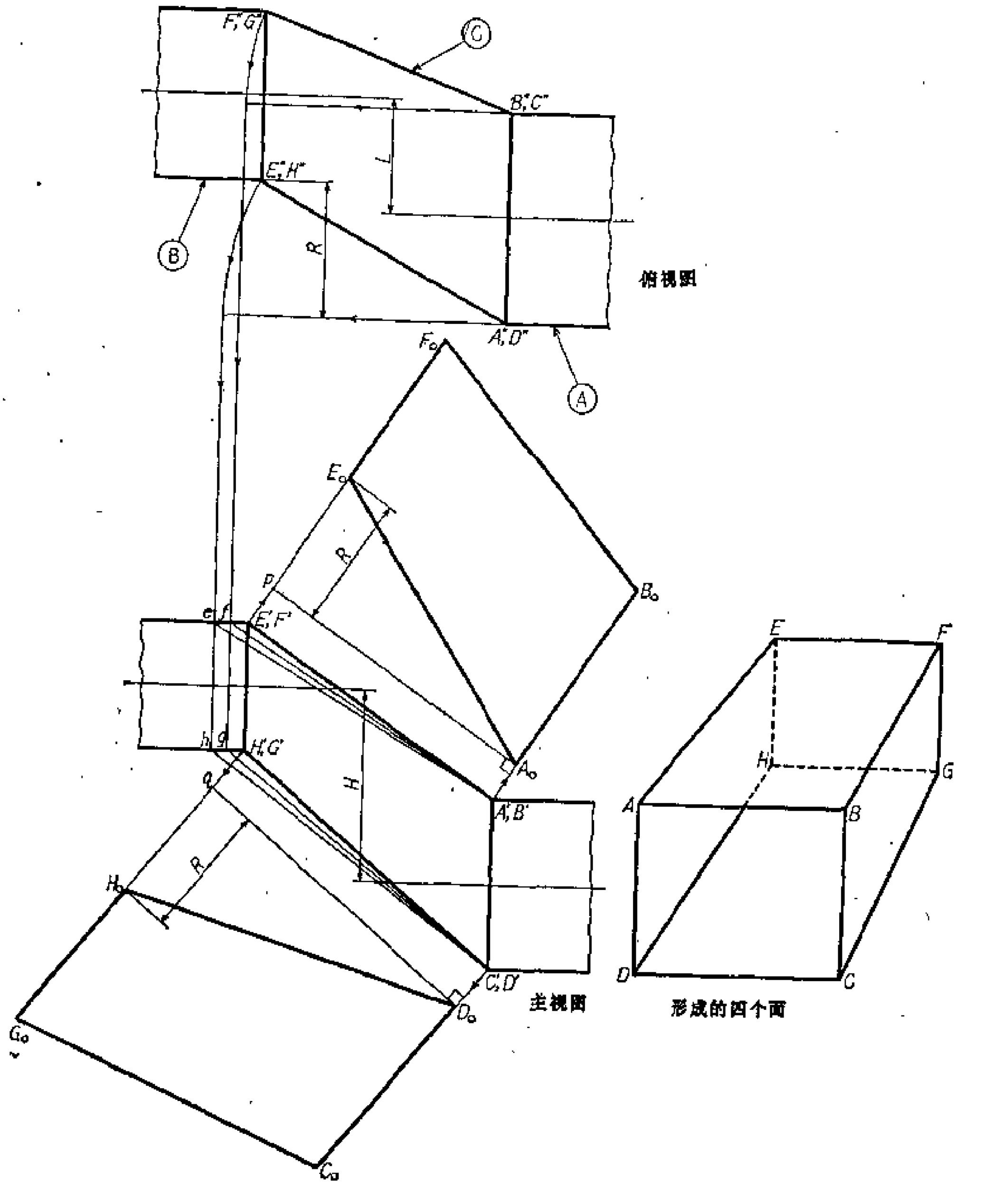


图 2-68-1

展开图画法（见图 2-68-1）

（a）平面$ADHE$实形的求法：

以A''为圆心、$\overline{E''A''}$为半径画弧，与过A''所作水平线相交，再过该交点向下作垂线，该垂线与Ⓑ相交于e、h，则四边形$A'D'he$即为平面$ADHE$的实形。

（b）平面$BCGF$实形的求法：

以B''为圆心、$\overline{F''B''}$为半径画弧，与过B''所作水平线相交，再过该交点向下作垂线，该垂线与Ⓑ相交于f、g，则四边形$B'C'gf$即为平面$BCGF$的实形。

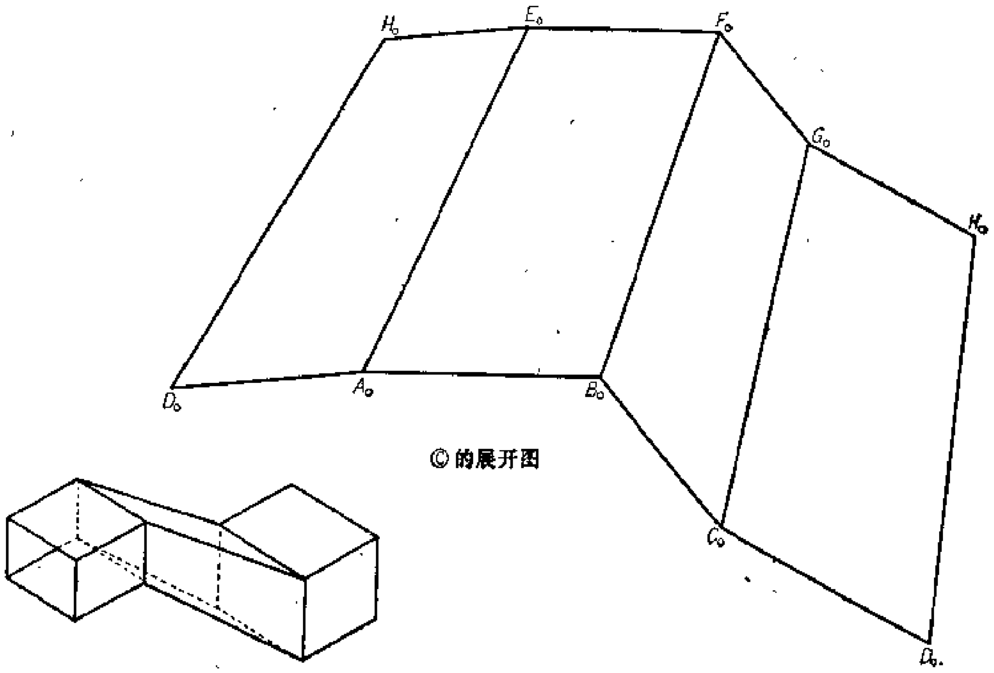
（c）平面$ABFE$实形的求法：

过A'、E'对$\overline{A'E'}$作垂线，在该线上设定A_0、B_0、F_0、E_0，使$\overline{A_0B_0}=\overline{AB}$、$\overline{pE_0}=R$、$\overline{E_0F_0}=\overline{EF}$，则四边形$D_0C_0G_0H_0$即为平面$ABFE$的实形。

（d）平面$DCGH$实形的求法：

过H'、D'对$\overline{H'D'}$作垂线，在该线上设定D_0、C_0、G_0、H_0，使$\overline{D_0C_0}=\overline{DC}$，$\overline{qH_0}=R$、$\overline{H_0G_0}=\overline{HG}$，则四边形$D_0C_0G_0H_0$即为平面$DCGH$的实形。

把四个实形连接后所形成的Ⓒ的展开图示于图 2-68-2，仅供参考。



Ⓒ的展开图

图 2-68-2

69. 连接大圆筒和小圆筒的正圆锥(1)

图 2-69-1 示出了由连接在大圆筒Ⓐ和小圆筒Ⓒ之间的正圆锥Ⓑ构成的板金件。Ⓐ和Ⓒ的中心线距离为 x。下面，画出Ⓑ和Ⓒ的展开图。从俯视图中可知：Ⓑ和Ⓒ均为以水平中心线为轴上下对称的形体，所以只求出其展开图一半即可。

相贯线画法（见图 2-69-1）

① 把圆 O_1 的半圆 6 等分，把各等分点与Ⓐ的中心 O_2 连接起来。

② 过该线段的延长线与圆 O_2 的交点向主视图作垂线，与 $\overline{AB}$ 相交，把该交点与 O_3 连接起来。

③ 用圆滑曲线连接该连线与过 0，1，2，……，6 所作垂线的交点，即画出Ⓑ和Ⓒ的相贯线。

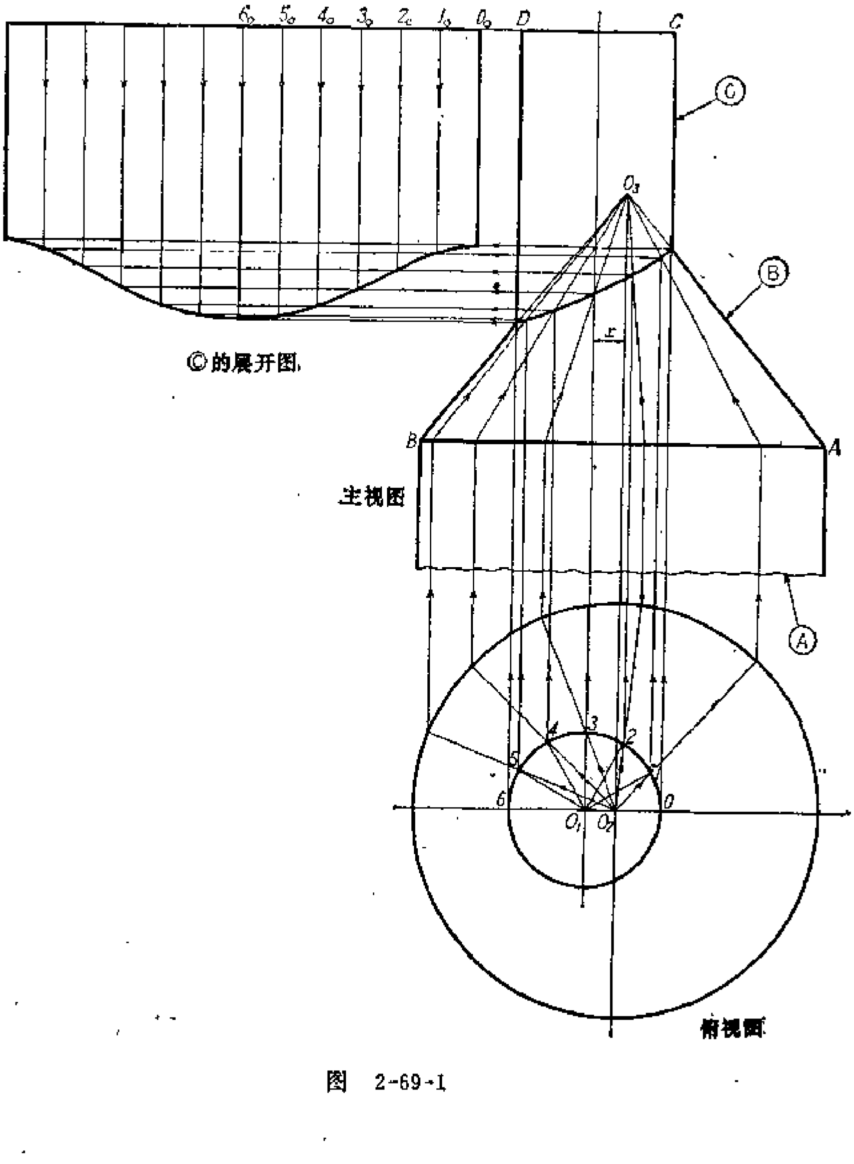


图 2-69-1

展开图画法（见图 2-69-1）

（a）Ⓒ的展开图画法：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆O_1周长一半相等的线段，并且6等分。

② 过在画相贯线时求得的交点作水平线，与过 0_0，1_0，2_0，……，6_0 对$\overline{CD}$延长线所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓒ的一半的展开图。

（b）Ⓑ的展开图画法（参看图 2-69-2）：

① 以顶点O_3为圆心，$\overline{O_3A}$为半径画弧。在该弧上设定 a_0，b_0，……，g_0，使$\overline{a_0b_0}=\overline{ab}$，$\overline{b_0c_0}=\overline{bc}$，……，$\overline{f_0g_0}=\overline{fg}$。

② 过在画相贯线时求得的交点作水平线，与$\overline{O_3A}$相交，以O_3为圆心、过该交点画弧，该弧与$\overline{O_3a_0}$，$\overline{O_3b_0}$，……，$\overline{O_3g_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓑ的展开图。

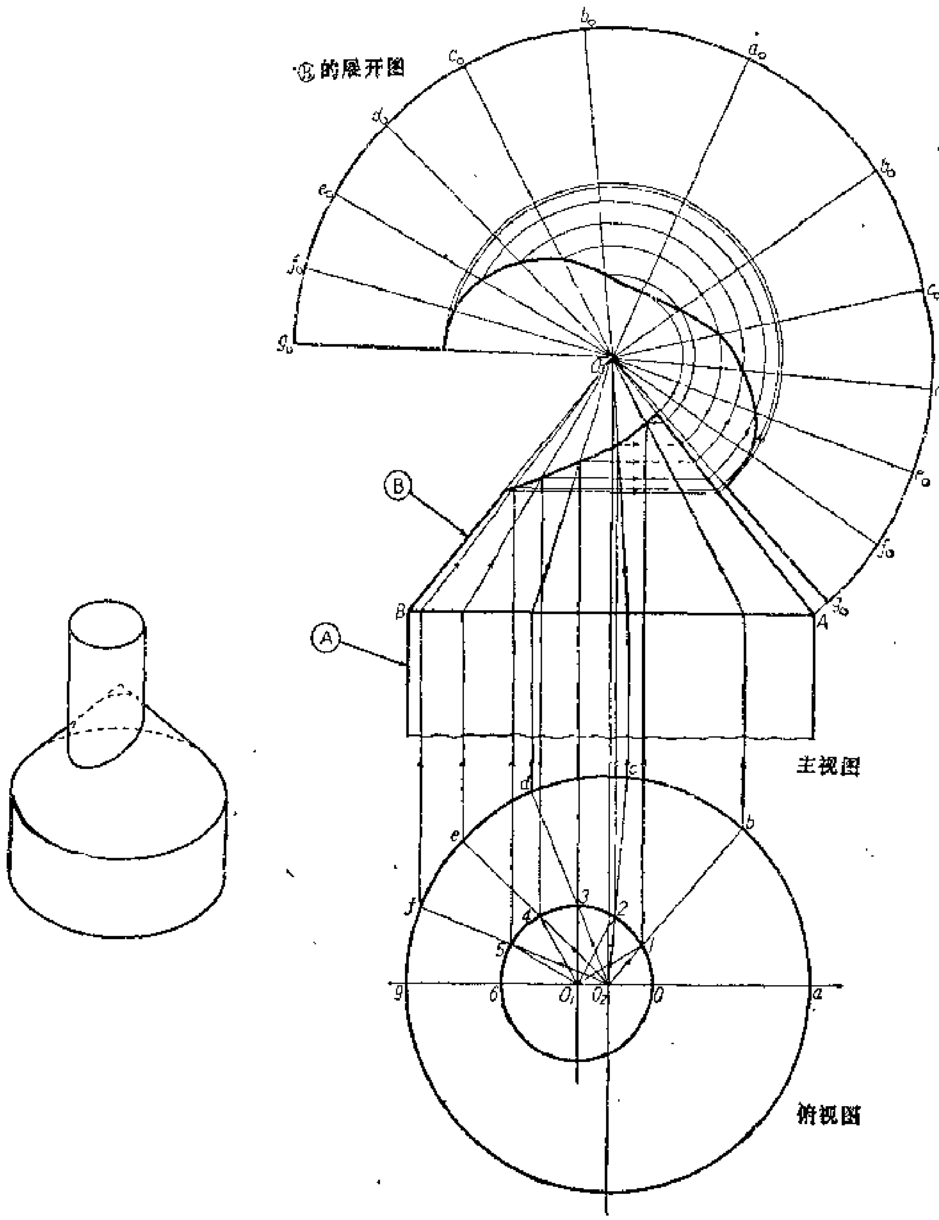


图 2-69-2

70．连接大圆筒和小圆筒的正圆锥(2)

与前例（1）相同，图 2-70-1 示出了由连接在大圆筒Ⓐ和小圆筒Ⓒ之间的正圆锥Ⓑ构成的板金件。Ⓐ和Ⓒ的中心线距离为 x、x 与圆 O_1 的半径相等。也就是Ⓒ的右侧母线位于正圆锥的顶点 O_3 上。Ⓑ和Ⓒ与前例（1）相同，在俯视图上均以水平中心线为轴上下对称，所以也可以只求出其展开图的一半。

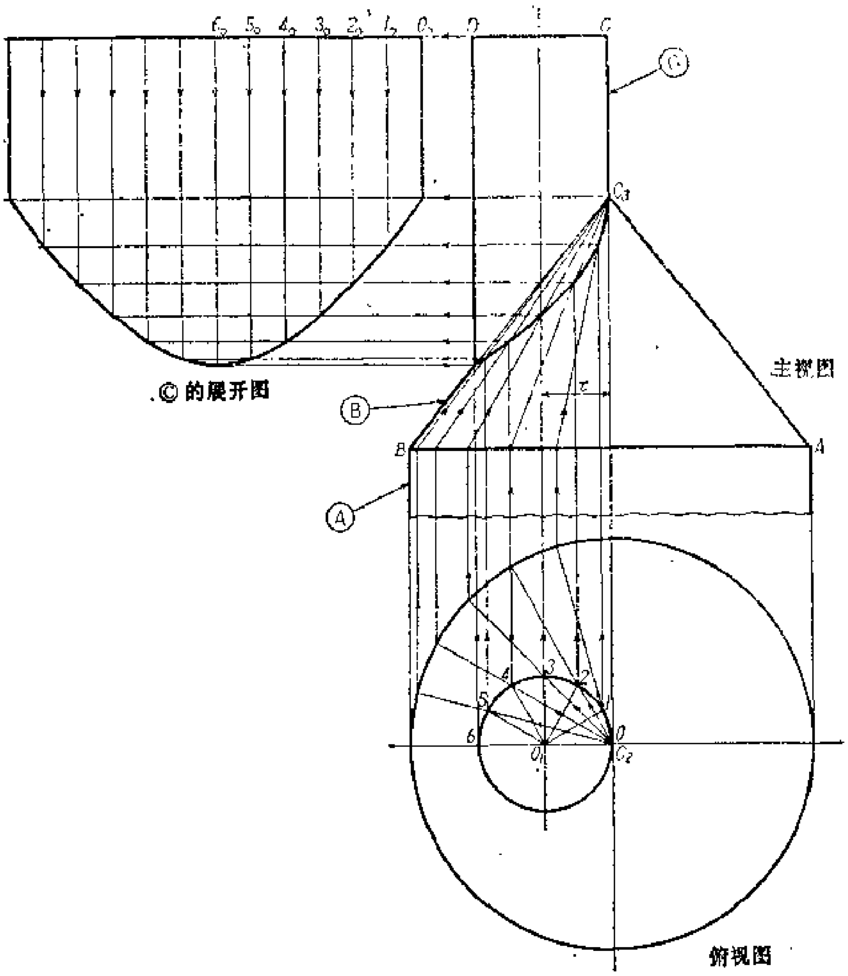


图 2-70-1

相贯线画法（见图 2-70-1）

① 把圆 O_1 的一半 6 等分，把各等分点与Ⓐ的中心 O_2 连接起来。

② 该连线的延长线与圆 O_2 相交，过交点向主视图作垂线，与 $\overline{AB}$ 相交，把该交点与 O_3 连接起来。

③ 该连线与过 0，1，2，……，6 所作垂线相交。用圆滑曲线连接各交点，即

画出Ⓑ和Ⓒ的相贯线。

展开图画法

（a）Ⓒ的展开图画法（见图 2-70-1）：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆 O_1 圆周的一半相等的线段，并且 6 等分。

② 过在画相贯线时所求得的交点作水平线，与过 0_0，1_0，2_0，……，6_0 对$\overline{CD}$延长线所作垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ的一半展开图。

（b）Ⓑ的展开图画法（见图 2-70-2）：

① 以顶点 O_3 为圆心，$\overline{O_3A}$ 为半径画弧。在该弧上设定 a_0，b_0，……，g_0，使$\overline{a_0b_0}=\overline{ab}$，$\overline{b_0c_0}=\overline{bc}$，……，$\overline{f_0g_0}=\overline{fg}$。

② 过在画相贯线时所求得的交点作水平线，与$\overline{O_3A}$相交，以 O_3 为圆心、过各交点画弧，这些弧与$\overline{O_3a_0}$，$\overline{O_3b_0}$，……，$\overline{O_3g_0}$相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓑ的展开图。

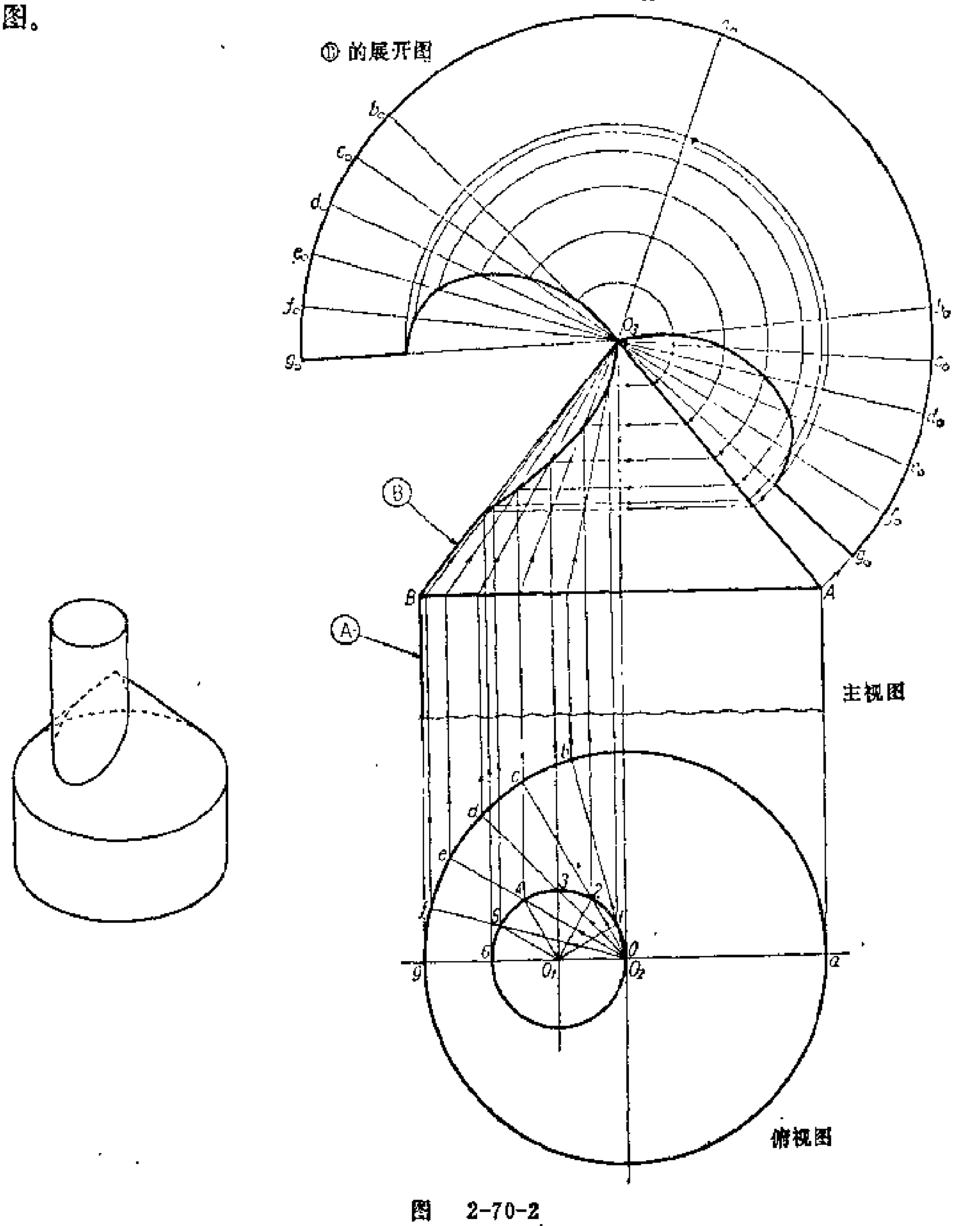


图 2-70-2

71. 大圆筒向分支的小圆筒的连接部分

图 2-71-1 示出了由从大圆筒Ⓐ向斜上方分支出小圆筒Ⓑ构成的板金件。试画出连接Ⓐ和Ⓑ的形体Ⓒ展开图。从主视图可知：$\angle ACB$ 是直角，因此Ⓑ和Ⓒ的接合面为圆形。从而，Ⓒ既不是正圆锥，也不是偏心圆锥，而是一形状复杂的形体。另外，从俯视图可知，该形体Ⓒ以水平中心线为轴上下对称，所以只求出展开图的一半即可。对于形体Ⓐ、Ⓑ、Ⓒ来说，由于不存在相贯线的画法上无特殊困难，因此其说明予以省略。

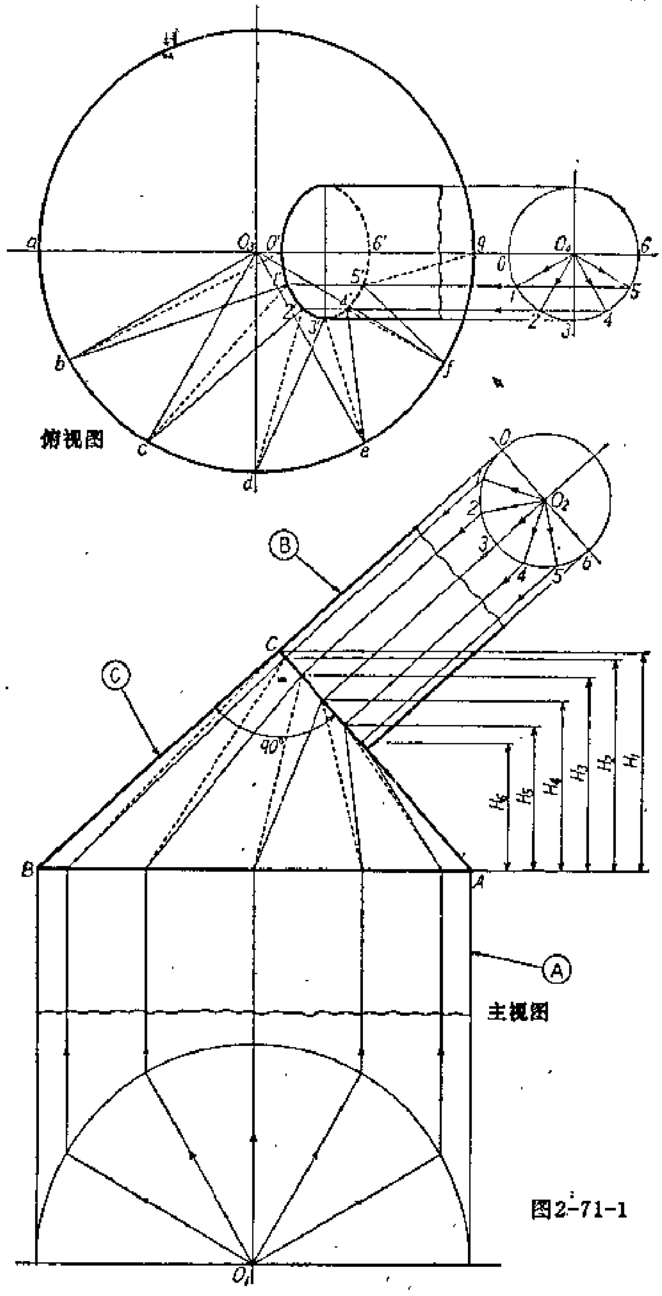


图2-71-1

展开图画法（见图 2-71-1、图 2-71-2）

① 把圆O_3和O_4的半圆6等分，其等分点分别为a，b，c，……，g和0，1，2，……，6。

② 过0，1，2，……，6作水平线与Ⓑ和Ⓒ的相贯线（椭圆）相交于0′，1′′ 2′，……，6′，如图 2-71-1所示交叉连接上述交点和a，b，c，……，g，则可求出各自的实长线。

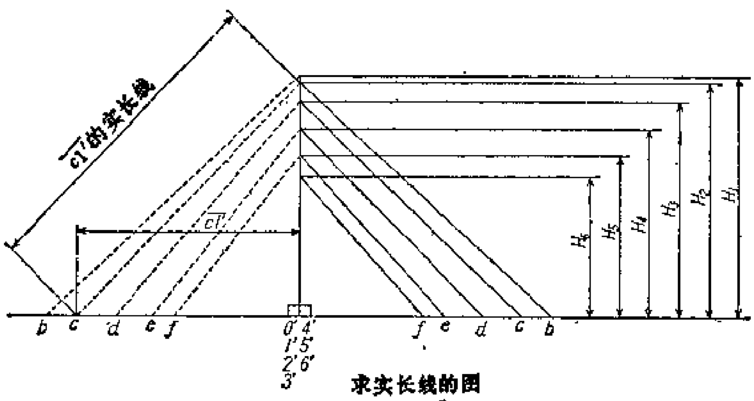
③ 例如：$\overline{C1'}$（用虚线示出的部分）的实长线相当于底边为$\overline{C1'}$，高为H_2的直角三角形斜边。同样，也可以全部求出其他实长线（见图 2-71-2）。

④ 在画展开图时，首先设定$\overline{a_0 0'_0}$为$\overline{a0'}$的实长线（主视图的$\overline{BC}$本身）。

⑤ 以$0'_0$为圆心，$\overline{b0'}$的实长线为半径画弧，与以a_0为圆心、$\overline{ab}$为半径所画的弧相交于b_0。

⑥ 以b_0为圆心，$\overline{b1'}$的实长线为半径画弧，与以$0'_0$为圆心，$\overline{01}$为半径所画的弧相交于$1'_0$。

⑦ 这样，用圆滑的曲线连接所求出的各交点后，即画出Ⓒ展开图的一半。



求实长线的图

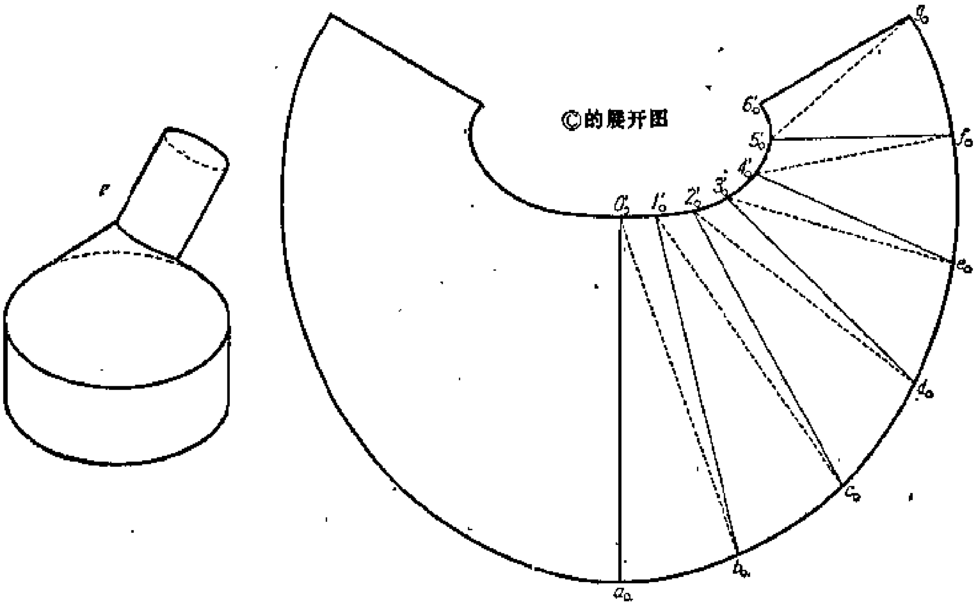


图 2-71-2

72. 大圆筒向小圆筒的连接部分(1)

试画出图 2-72-1 示出的从大圆筒Ⓐ向以∠θ倾斜的小圆筒Ⓑ的连接筒Ⓒ的展开图。从俯视图可知：Ⓒ以水平中心线为轴上下对称，因此只需求出展开图的一半。在俯视图中示出的Ⓑ和Ⓒ的接合面是以Ⓑ的直径为长轴、L为短轴的椭圆，主视图上示出的相贯线$\overline{AB}$、$\overline{CD}$为直线。

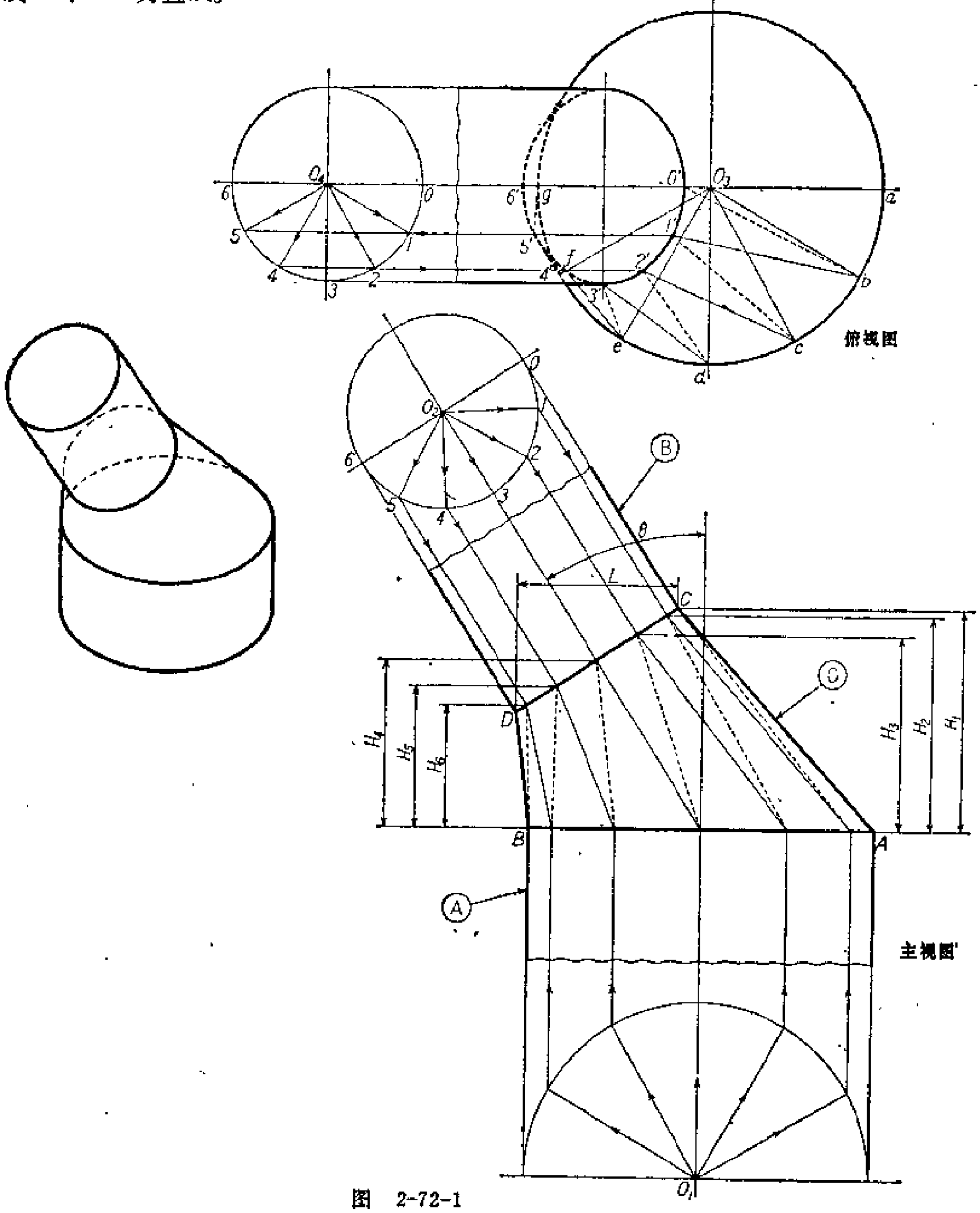


图 2-72-1

展开图画法（见图 2-72-1、图 2-72-2）

① 把圆O_3、O_4的半圆6等分，各等分点分别为0，1，2，……，6和a，b，c，……，g。

② 过0，1，2，……，6作水平线与Ⓑ和Ⓒ的相贯线（椭圆）相交于$0'$，$1'$，$2'$，……，$6'$。如俯视图所示，把这些交点和a，b，c，……，g交叉地连接起来，即可求出各自线段的实长线。

③ 例如：$\overline{2'c}$的实长线相当于以$\overline{2'c}$为底边，高为H_3的直角三角形斜边。这样，也可求出其他全部的实长线（参看图 2-72-2)。

④ 在画展开图时，首先设定$\overline{0'_0a_0}$为$\overline{0'a}$的实长线（即主视图$\overline{CA}$的本身)。

⑤ 以$0'_0$为圆心、$\overline{0'b}$的实长线为半径画弧，与以a_0为圆心、$\overline{ab}$为半径所画的弧相交于b_0。

⑥ 以b_0为圆心、$\overline{1'b}$的实长线为半径画弧，与以$0'_0$为圆心、$\overline{01}$为半径所画的弧相交于$1'_0$。

⑦ 这样，顺次交叉地求出各交点，用圆滑曲线连接起来后，即画出Ⓒ的展开图的一半。

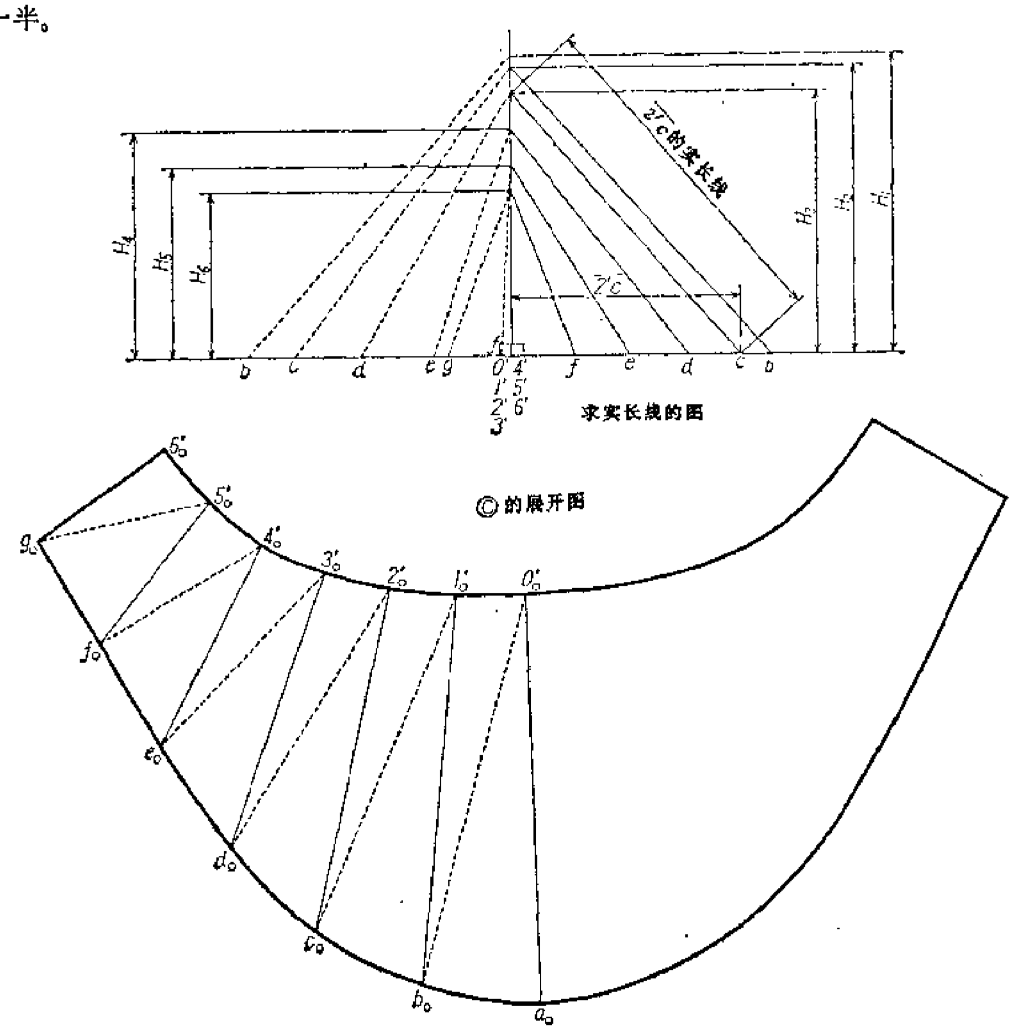


图 2-72-2

73. 大圆筒向小圆筒的连接部分（2）

与前例相同，图 2-73-1 示出了从大圆筒Ⓐ向小圆筒Ⓑ过渡的连接筒Ⓒ的板金件。本例与前例不同之处：∠θ 为直角，其他条件完全一致。因此，采用与前例说明的同样方法即可画出展开图。

展开图画法（见图 2-73-1，图 2-73-2）

① 把圆 O_2、O_4 的圆周 6 等分，各等分点分别为 0，1，2，……，6 和 a，b，c，……，g。

② 过 0，1，2，……，6 作水平线，与Ⓑ和Ⓒ的相贯线 $\widehat{C'D'}$ 相交于 0′，1′，2′，……，6′。从俯视图所示，把这些交点和 a，b，c，……，g 交叉地连接起来，即可求出各自的实长线。

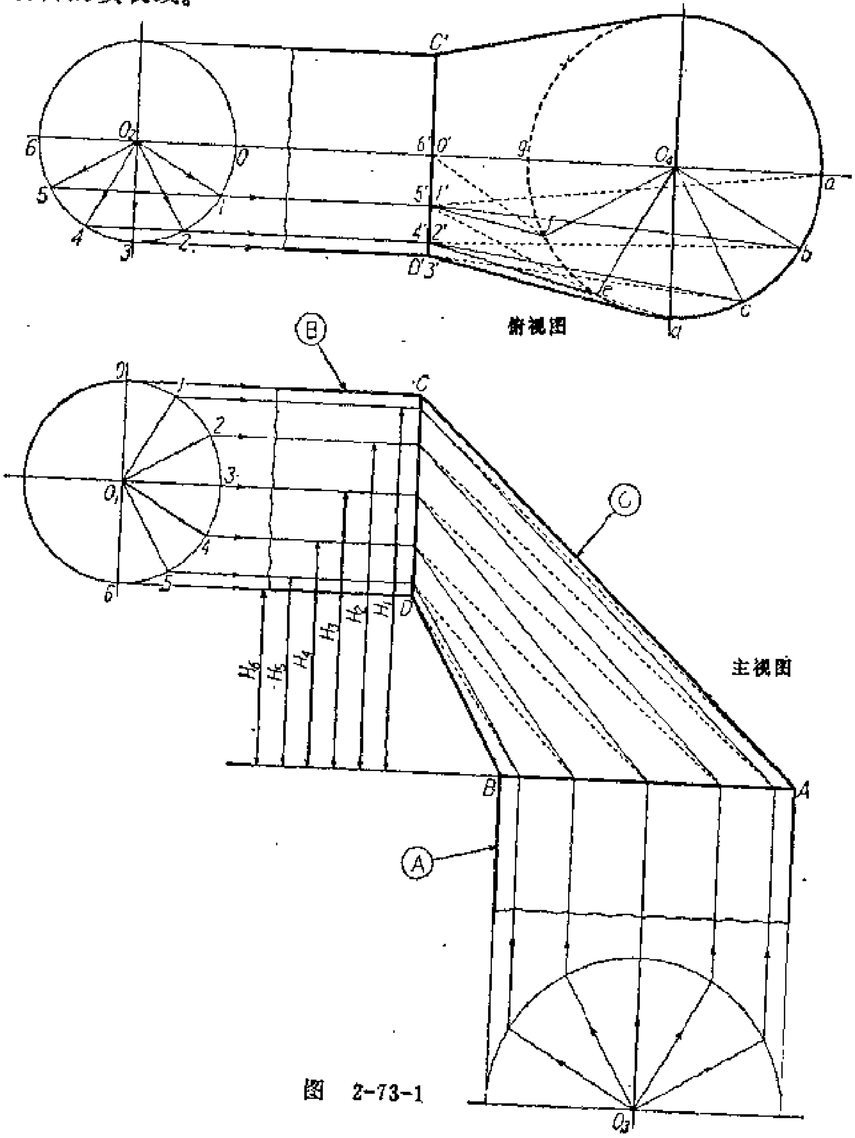


图 2-73-1

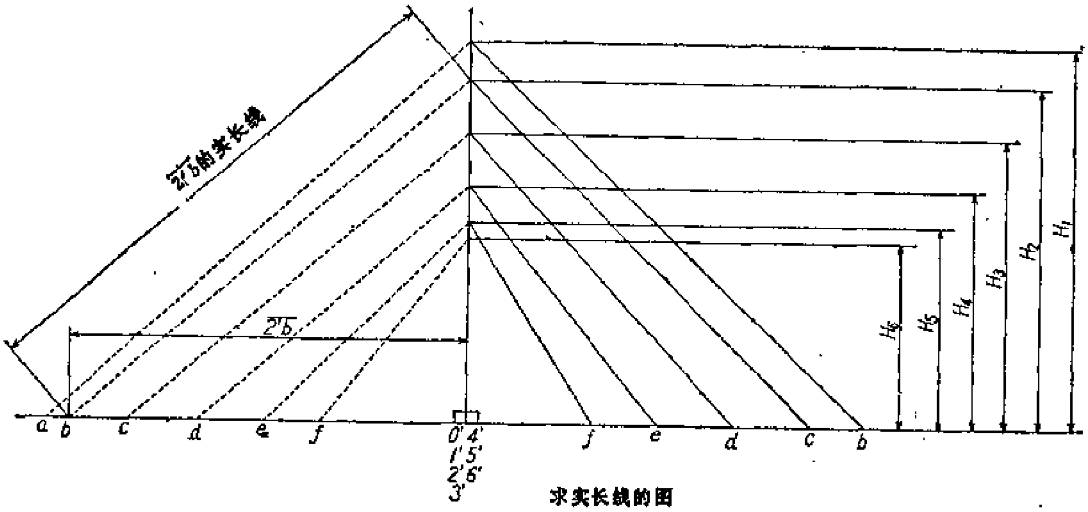
③ 例如：$\overline{2'b}$的实长线即相当于底边为$\overline{2'b}$，高为H_2的直角三角形斜边，这样，也可以求出其他全部实长线。

④ 在画展开图时，首先设定$\overline{0'_0a_0}$为$\overline{0'a}$的实长线（即主视图上$\overline{CA}$的本身）。

⑤ 以a_0为圆心、$\overline{1'a}$的实长线为半径画弧，与以$0'_0$为圆心，$\overline{01}$为半径所画的弧相交于$1'_0$。

⑥ 以$1'_0$为圆心，$\overline{1'b}$的实长线为半径画弧，与以a_0为圆心、$\overline{ab}$为半径所画的弧相交于b_0。

⑦ 这样，顺次交叉地求出各交点，用圆滑曲线连接起来后，即画出©的展开图的一半。



求实长线的图

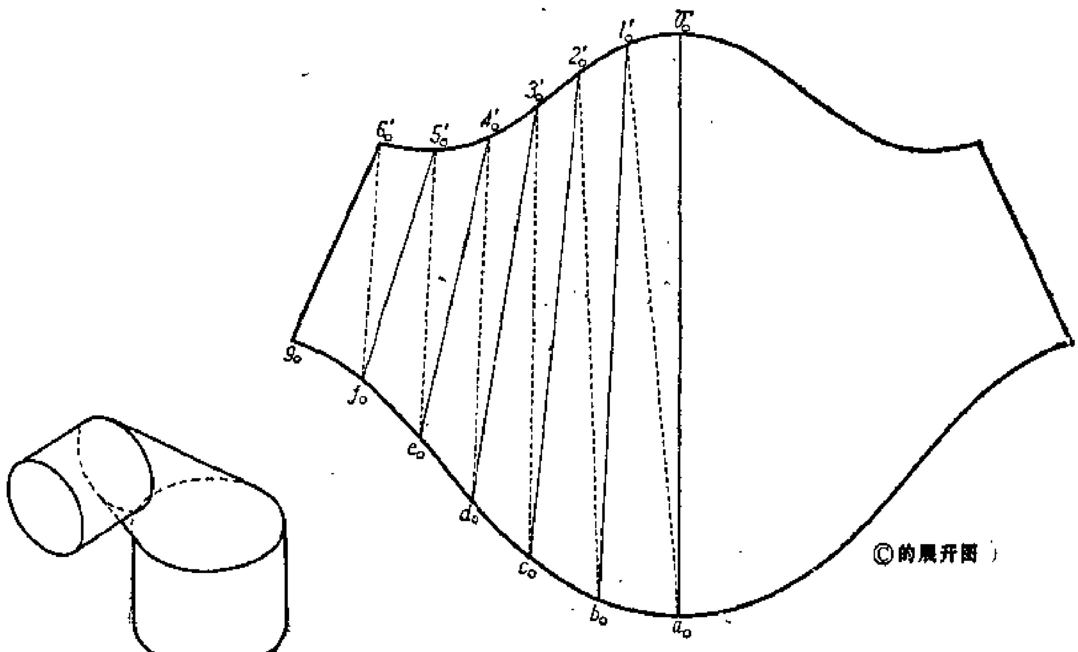


图 2-73-2

74．大圆筒上斜交的小圆筒

图 2-74 示出了大圆筒Ⓐ和Ⓑ以角度 0 互相斜交的板金件展开图。在Ⓐ和Ⓑ的相贯线 $\overline{EF}$上，又斜交了小圆筒Ⓒ。由于Ⓒ的中心线位于 $\overline{EF}$ 上，因此Ⓒ的展开图左右对称，同时Ⓐ和Ⓑ的展开图形状相同。下面，画出小圆筒Ⓒ和大圆筒Ⓑ的展开图。

相贯线画法

Ⓒ与Ⓐ、Ⓑ的相贯线的画法：

①把圆 O_1 和 $O_2$12 等分，各等分点分别为 0，1，2，……，12 和 0′，1′，2′，……，12′。

②过 O'，1′，2′，……，12′对中心线作平行线，与圆 O_3 相交于 a、b、c、d、b'、c'、d'。

③过 a、b、c、d、b'、c'、d' 对Ⓑ的中心线作平行线，与$\overline{EF}$相交，再过该交点对于Ⓐ的中心线作平行线。

④过 0，1，2，……，12对Ⓒ的中心线作平行线，与③中所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出Ⓒ和Ⓐ、Ⓑ的相贯线。

展开图画法

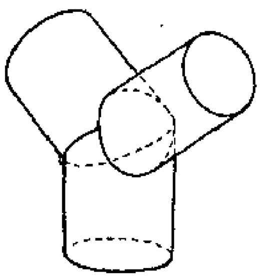
（a）Ⓒ的展开图画法：

① 在$\overline{CD}$的延长线上截取与圆 O_1 周长相等的线段，并 12 等分。

② 设定b_0、c_0、d_0，使$\overline{a_0b_0}=\widehat{ab}$，$\overline{b_0c_0}=\widehat{bc}$，$\overline{c_0d_0}=\widehat{cd}$，再设定 b_0'、c_0'、d_0'，使$\overline{a_0b_0'}=\widehat{ab'}$，$\overline{b_0'c_0'}=\widehat{b'c'}$，$\overline{c_0'b_0'}=\widehat{c'd'}$。

③ 过画相贯线时求得的交点对$\overline{AB}$作平行线，与过 a_0、b_0、b_0'、c_0'、d_0' 所作的垂线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出 d_0d_0' 间的展开图。

④ Gd_0和Hd_0' 间的展开图与把Ⓑ用$\overline{EF}$ 斜截后所得到的部分展开图形状相同。



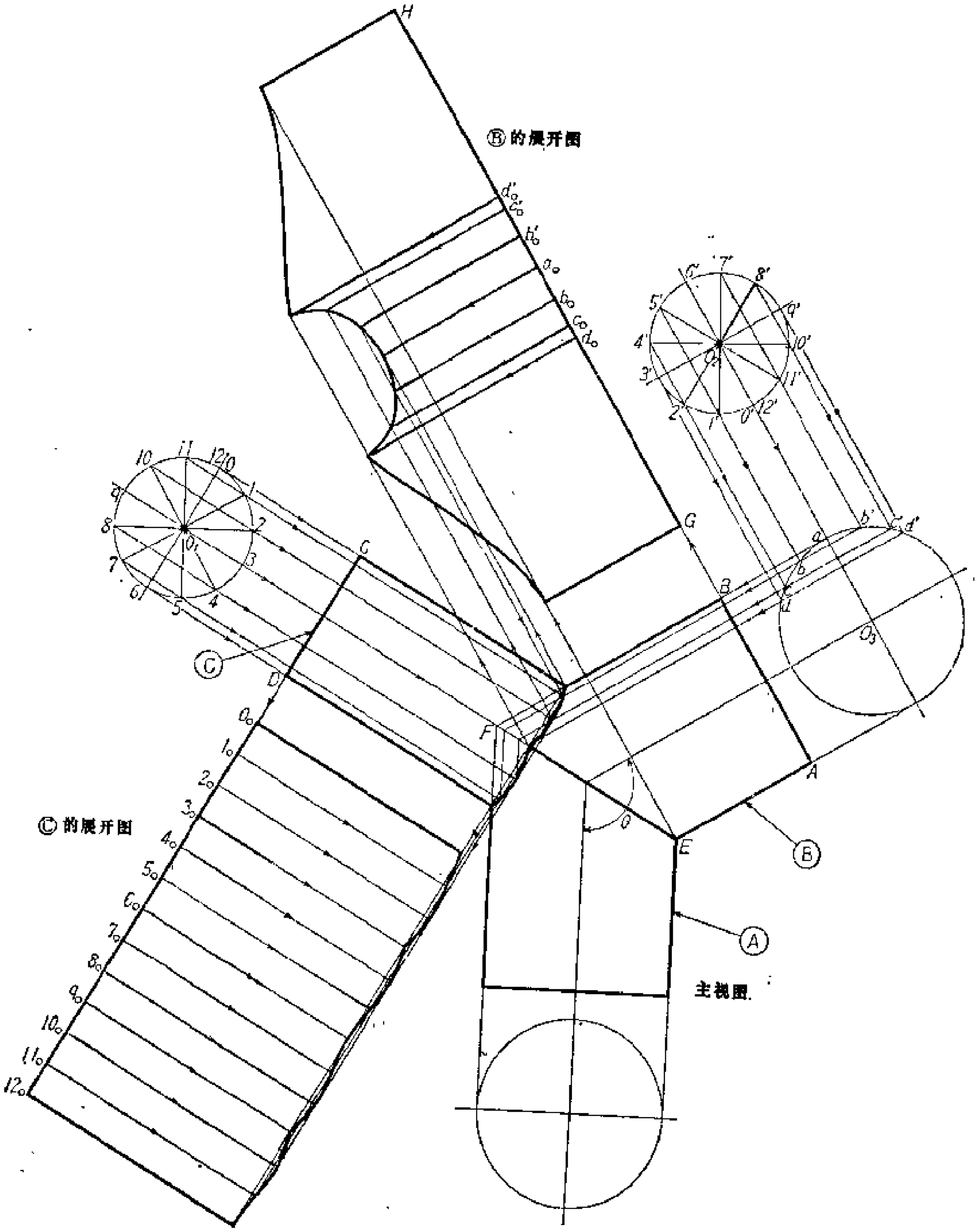


图 2-74

75．大圆筒与斜向分支小圆筒的连接筒

如图 2-75-1 所示，画出大圆筒Ⓐ与以 θ 角度斜向分支的小圆筒Ⓑ的连接筒Ⓒ的展开图。由于Ⓒ的上部与Ⓑ相接合，因此其截面形状为圆，又从辅助投影图可知，其下部为长方形，所以Ⓒ的表面是由平面和曲面所构成。另外，有关该形体的相贯线由于不存在特殊问题，因此其说明予以省略。同时，因为Ⓒ以中心线为轴左右形状相同，所以可以只求出其单侧的一半展开图。

展开图画法（见图 2-75-1，2-75-2）

①把圆 O_1 的半圆 6 等分，各等分点为 0，1，2，……，6。

②把 0，1，2，3 和 A；3，4，5，6 和 B 分别连接起来，求出各自线段的实长线。

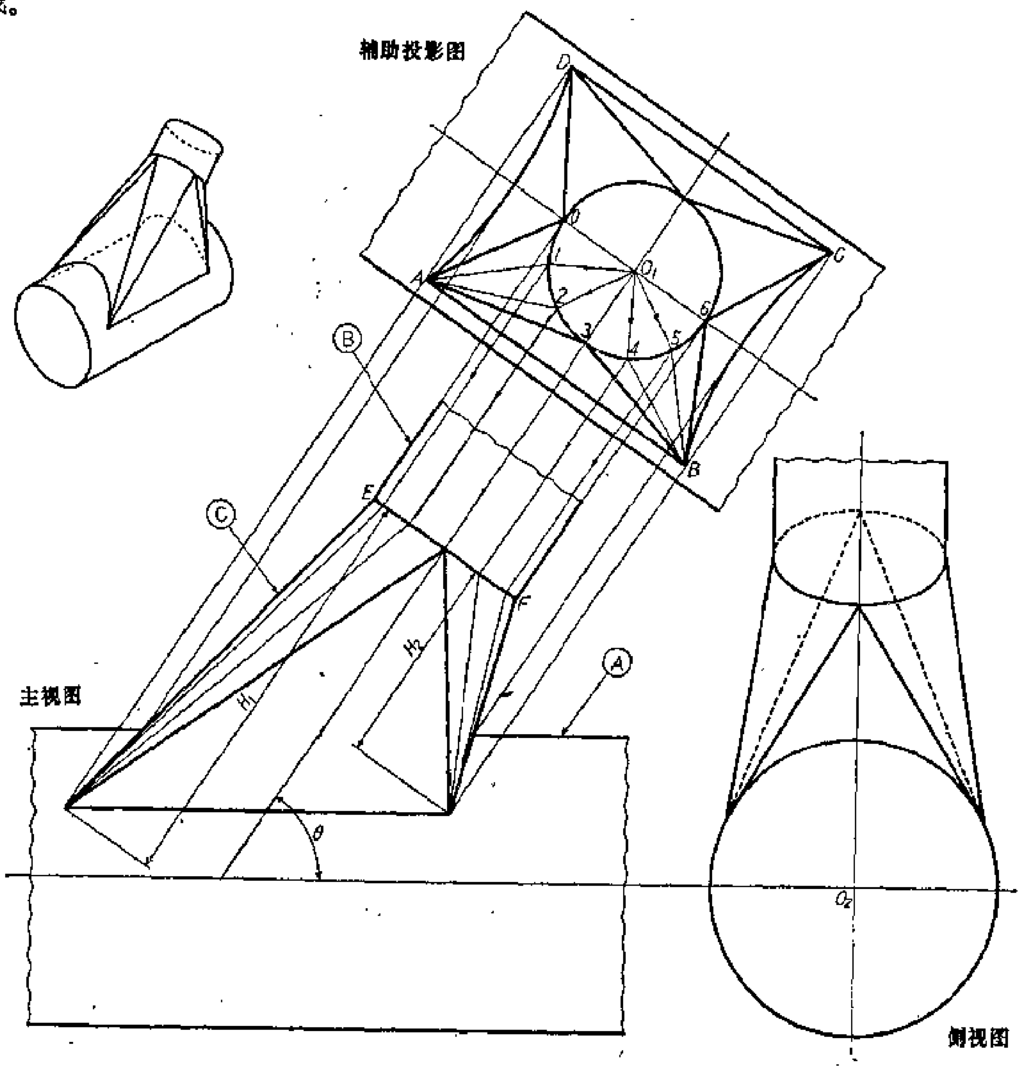


图 2-75-1

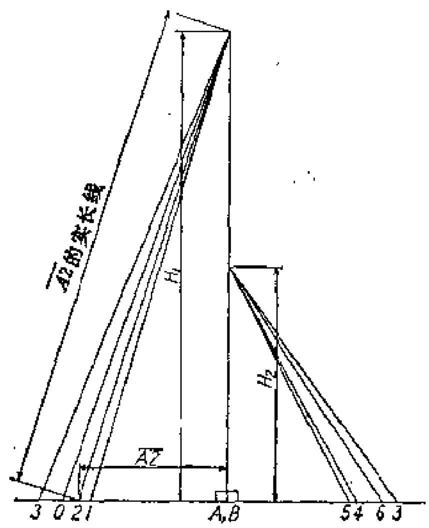
③ 例如，$\overline{A2}$的实长线即相当于底边为$\overline{A2}$、高为 H_1 的直角三角形的斜边。这样，也可以求出全部(8 条)其他的实长线。

④在画展开图时，首先画出三角形 $0AD$ 的实形，该实形即三角形 $0_0A_0D_0$（底边为$\overline{AD}$、斜边为 $\overline{A0}$ 实长线的等腰三角形)。

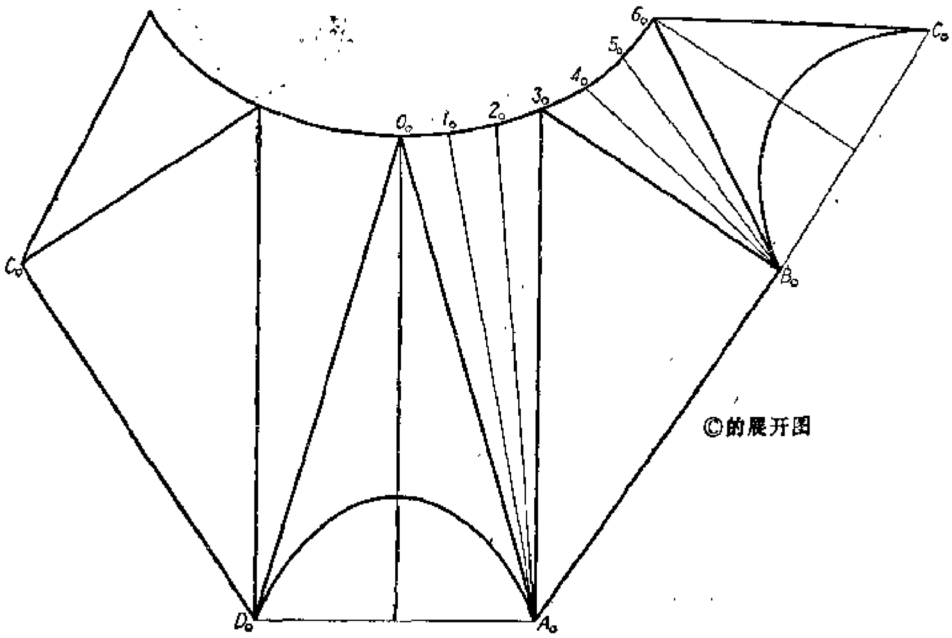
⑤ 以 A_0 为圆心，$\overline{A1}$的实长线为半径画弧，与以 0_0 为圆心，$\overline{01}$为半径所画的弧相交于 1_0。

⑥ 以 A_0 为圆心、$\overline{A2}$的实长线为半径画弧．与以1_0 为圆心、$\overline{12}$为半径所画的弧相交于 2_0。

⑦这样，求出 3_0，4_0，……，6_0 和 B_0、C_0，用圆滑曲线连接这些交点，即画出©的展开图（其中，A_0B_0 间、B_0C_0 间为直线)。另外，A_0D_0间和 B_0C_0 间与斜截Ⓐ的轮廓线（椭圆）相同。



求实长线的图



©的展开图

图 2-75-2

76. 连接在大圆筒和小圆筒间的四叉筒

如图 2-76-1 所示，试画出连接在大圆筒Ⓐ和四个同径小圆筒Ⓑ间分支四叉筒 Ⓒ 的展开图。俯视图上的相贯线为十字形，主视图上与Ⓐ的半圆相等(如虚线所示)。下面以Ⓒ为例，说明其展开图的画法。

展开图画法 (见图 2-76-2)

Ⓒ以 O_1 和 O_2 的连线为轴左右对称，因此可以只求出单侧的一半展开图。

①把圆 O_2 的半圆 6 等分，各等分点为 0，1，2，……，6。

②把$\angle a\ O_1\ d$3等分，各等分点为 b、c。

③ 把圆 O_1' 的四分之一部分 3 等分，过各等分点作水平线，与$\overline{O_1d}$相交于 e、f。

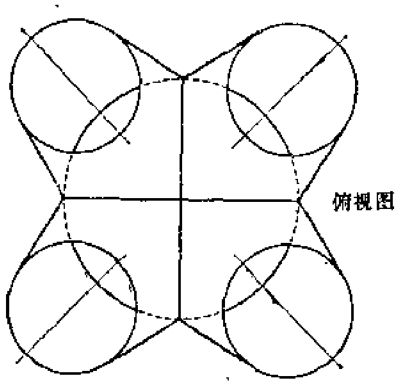
④ 如图 2-76-2 所示，把 0，1，2，……，6 和 a，b，c，……，g 交叉地连接起来，求出各自线段的实长线。例如，$\overline{1b}$的实长线即相当于底边为$\overline{1b}$，高为 H_1的直角三角形斜边。还有，$\overline{5f}$的实长线，相当于底边为$\overline{5f}$、高为 H_3 的直角三角形斜边。这样，也可以求出全部(13条)其他线段的实长线。

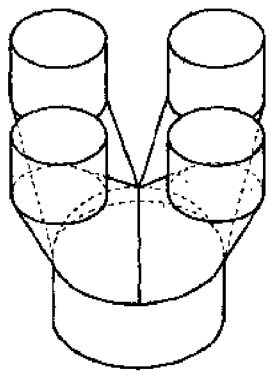
⑤ 在画展开图时，首先设定$\overline{0a}$的实长线，即$\overline{0_0a_0}$。

⑥ 以 0_0 为圆心、$\overline{0b}$ 的实长线为半径画弧，与以 a_0 为圆心、$\overline{ab}$为半径所画的弧相交于 b_0。

⑦ 以b_0为圆心，$\overline{1b}$ 的实长线为半径画弧，与以 0_0 为圆心，$\overline{01}$ 为半径所画的弧相交于 1_0。

⑧ 这样，交叉地求出 2_0，3_0，……，6_0 和 c_0、d_0，……，g_0，用圆滑曲线连接这些交点，即画出Ⓒ的展开图的一半。





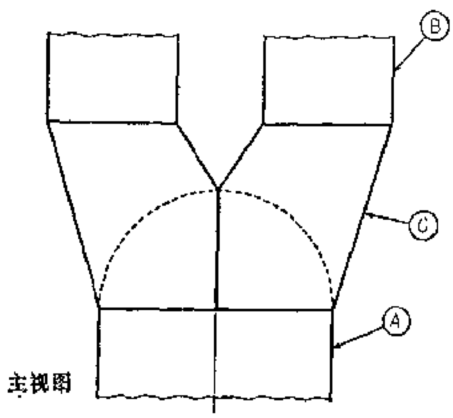


图 2-76-1

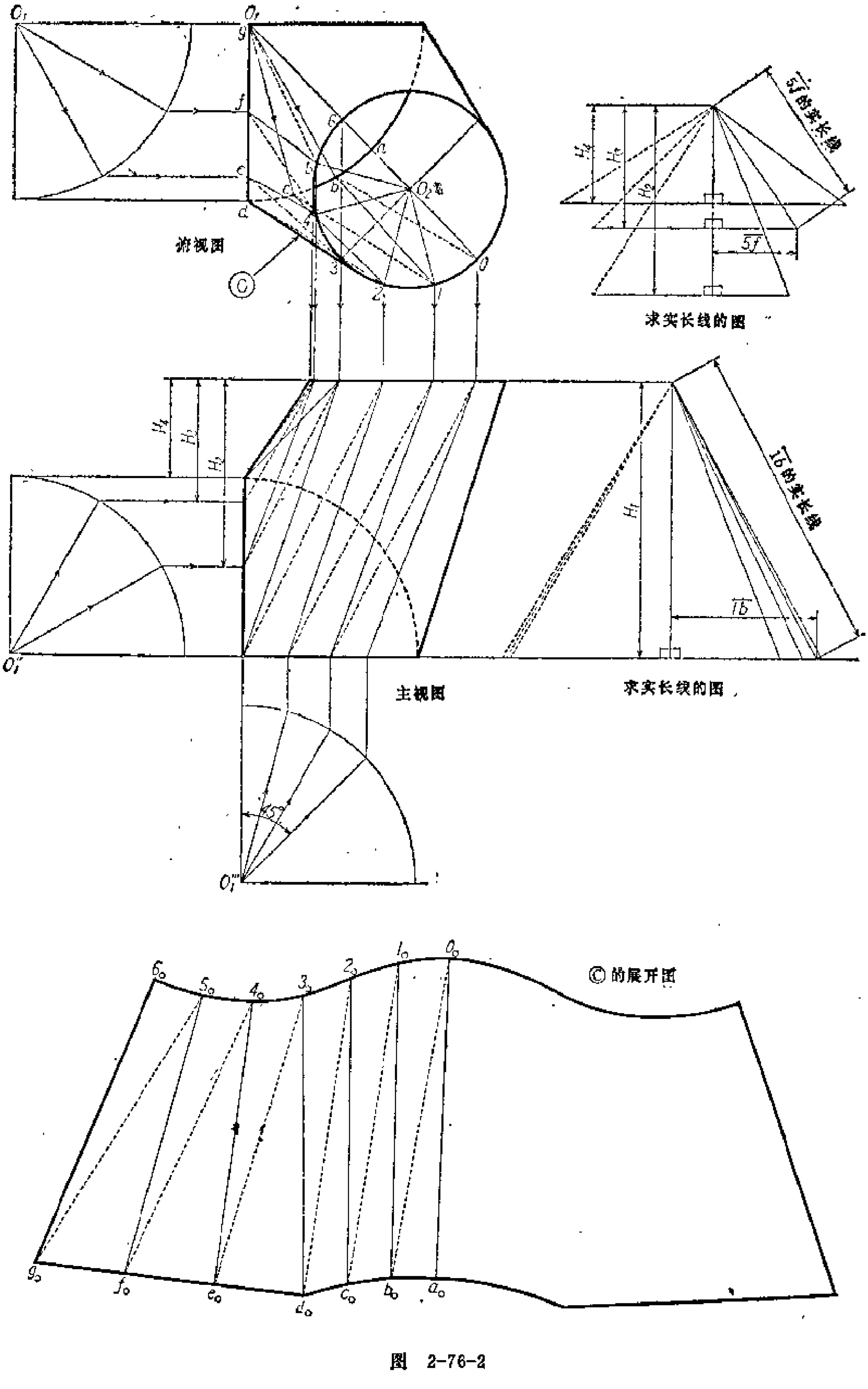


图 2-76-2

77．圆筒与分支方棱筒的连接筒

根据图 2-77-2 侧视图示出的位置试画出圆筒Ⓐ与方棱筒Ⓑ的连接筒Ⓒ的展开图。如主视图、侧视图所示，由于Ⓒ由六个平面构成，因此如果求出六个平面的实形也就画出了展开图（A、E为水平中心线上的点，D、H为Ⓐ的垂直中心线上的点）。

展开图画法 （见图 2-77-2）

（a）平面 $ABCD$ 实形的求法：

① 过A和D作垂线，与$\overline{BC}$、$\overline{FG}$及其延长线相交于 a、b、c、d。

② 过A'、B'、D'对$\overline{A'B'}$作垂线，在各自的线段上设定A_0、B_0、C_0、D_0，使$\overline{eA_0}=\overline{Ba}$，$\overline{B_0C_0}=\overline{BC}$，$\overline{fD_0}=\overline{Bb}$。连接这些点，即画出所求实形。其中，$A_0D_0$间为椭圆曲线，该曲线与用$\overline{A'D'}$切断Ⓐ的切口轮廓线相同。

（b）平面$EFGH$实形的求法：

过E'、F'、H'对$\overline{E'F'}$作垂线，在各自的线段上设定E_0、F_0、G_0、H_0，使$\overline{gE_0}=\overline{FC}$，$\overline{F_0G_0}=\overline{FG}$、$\overline{hH_0}=\overline{Fd}$，连接这些点即画出所求实形。其中，$E_0H_0$间为椭圆曲线，该曲线与以$\overline{E'H'}$切断Ⓐ的切口轮廓线相同。

（c）三角形 $A'B'E'$ 和三角形 $D'C'H$ 实形的求法：

① 以A为圆心，$\overline{AB}$为半径画弧，与过A所作垂线相交，过交点作水平线，与过B'所作垂线相交于B''，则三角形$A'B''E'$即为三角形$A'B'E'$的实形。

② 以D为圆心、$\overline{CD}$为半径画弧，与过D所作垂线相交，过交点作水平线，与过C'所作垂线相交于C''，则三角形$D'C''H'$即为三角形$D'C'H'$的实形。

（d）三角形$E'B'F'$和三角形$H'C'G'$实形的求法：

三角形$E'B'F'$的实形为以$\overline{E'B''}$、$\overline{E_0F_0}$、$\overline{B'F'}$为三边的三角形，三角形$H'C'G'$的实形为以$\overline{H'C''}$、$\overline{H_0G_0}$，$\overline{C'G'}$为三边的三角形。

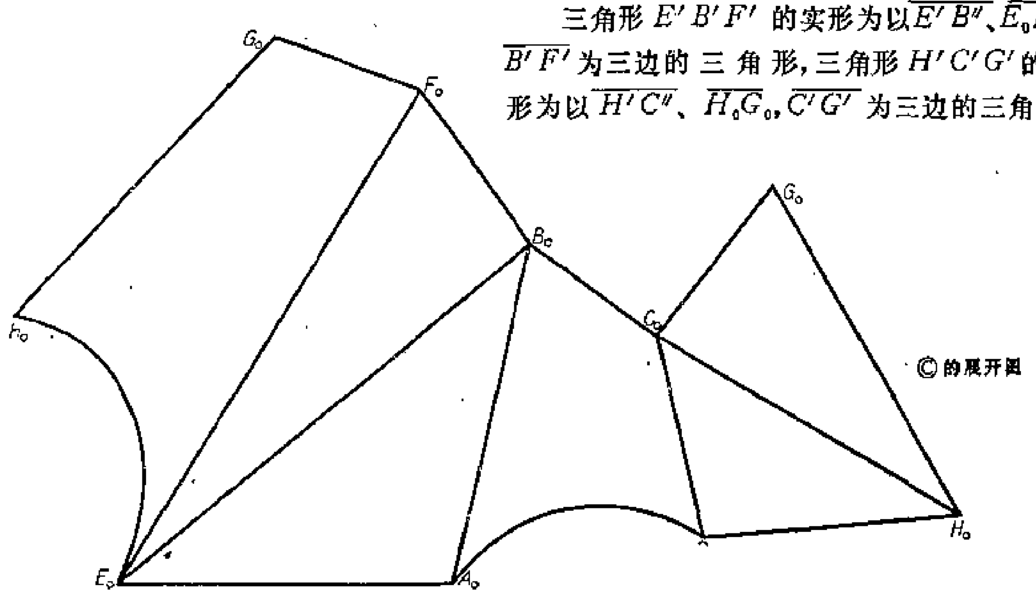


图 2-77-1

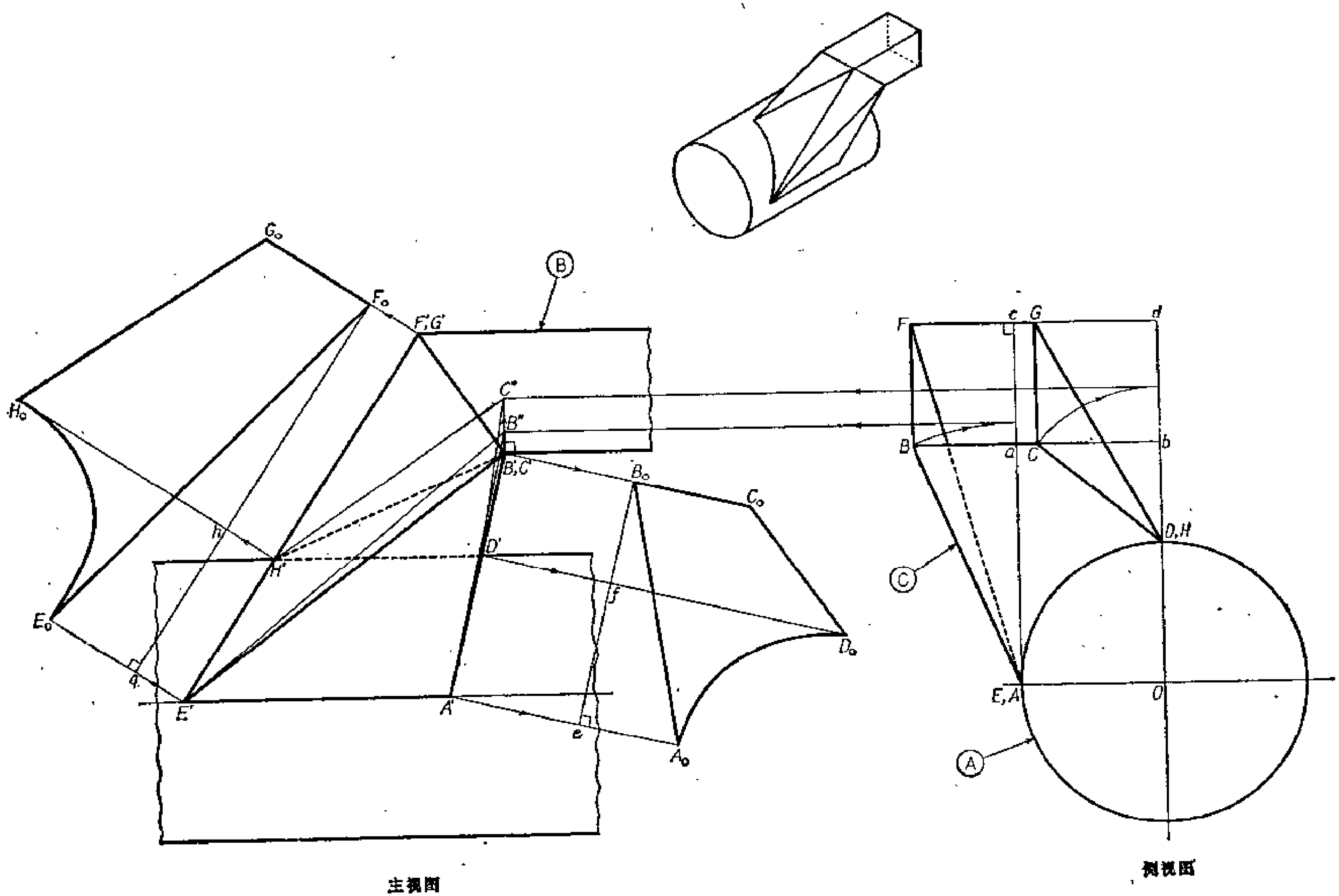


图 2-77-2

78. 大圆筒分支的小圆筒

图 2-73-1 示出的形体基本结构与实例 65 相同，它是一个从大圆筒Ⓐ上分支了小圆筒Ⓑ的钣金件。不同之处：O_4 的位置较实例 65 (P164)靠右。也就是说，连接Ⓐ和Ⓑ的弯曲部分更长。同时，从俯视图可知：Ⓕ的中心点 O_2 与 O_1 的距离为 x，Ⓐ和Ⓒ在 O_1 的正上方相交叉。这样，又对该形体附加了补贴片Ⓕ。下面，画出分支部分Ⓒ、Ⓓ、Ⓔ、Ⓕ的展开图。

相贯线画法 (见图 2-73-1)

(a) Ⓐ和Ⓒ的相贯线ⓐ的画法：

①过 p 作水平线与圆 O_3 相交于 p'，把 $\angle\alpha$ 3 等分，各等分点为 a、b、c。

②在圆 O_4 的左上方找出与 p'、a、b、c 相对应的各点，分别为 p''、a'、b'、c'。

③过 p''、a'、b'、c' 作水平线与 $\overline{AB}$ 相交，过该交点再对 $\overline{BD}$ 作平行线。

④过 p'、a、b、c 作水平线，与Ⓐ相交，过该交点作垂线，与③中所作平行线相交于 p_0、a_0、b_0、c_0，用圆滑曲线连接这些交点，即画出Ⓐ和Ⓒ的相贯线ⓐ。

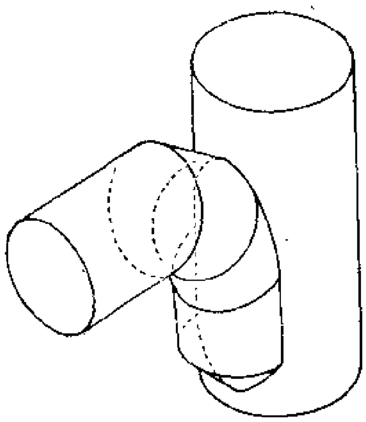
(b) Ⓐ和Ⓓ的相贯线ⓑ的画法：

①把 $\angle\beta$ 3 等分，各等分点为 p'、d、e、f，在圆 O_4 的左上方也同样找出与之对应的各点，分别为 p''、d'、e'、f'。

②过 p''、d'、e'、f' 作水平线，与 $\overline{AB}$ 相交，过交点对 $\overline{BD}$ 作平行线与 $\overline{CD}$ 相交，过交点再对 $\overline{DF}$ 作平行线。

③过 p'、d、e、f 作水平线与Ⓐ相交，过该交点作垂线，与②中所作平行线相交于 p_0、d_0、e_0、f_0。用圆滑曲线连接这些交点，即画出Ⓐ和Ⓓ的相贯线。

另外，Ⓐ和Ⓕ的相贯线 $\overline{HI}$ 为一直线。



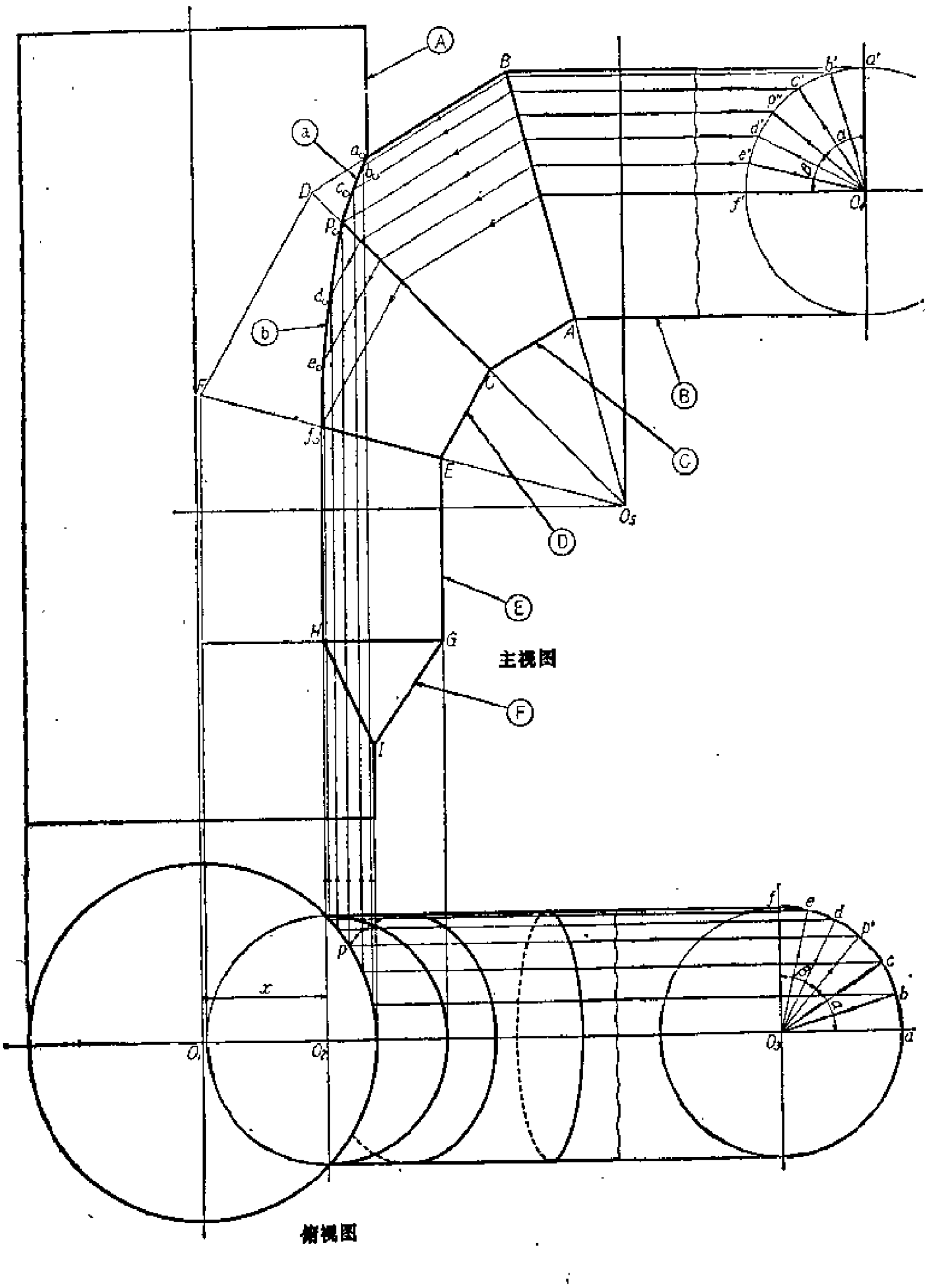


图 2-78-1

展开图画法 （见图 2-78-2）

（a）Ⓒ的展开图画法：

①画出直交于$\overline{BD}$的线，在其线上截取与圆O_4周长相等的线段。

②在该线段的两端设定a_0'、b_0'、c_0'、p_0'，使$\overline{a_0'b_0'}=\overset{\frown}{a'b'}$，$\overline{b_0'c_0'}=\overset{\frown}{b'c'}$，$\overline{c_0'p_0'}=\overset{\frown}{c'p''}$。

③过a_0、b_0、c_0、p_0画出直交于$\overline{BD}$的线段，该线段与过a_0'、b_0'、c_0'、p_0'对$\overline{BD}$所作的平行线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出$a_0'p_0'$间的展开图；

④由于其余部分展开图的轮廓线与倾斜切断小圆筒时的展开图轮廓线相同，因此其说明予以省略。

（b）Ⓓ的展开图画法；

①画出直交于$\overline{DF}$上的线段，在该线段上截取相当于圆O_4上的$\overset{\frown}{p''g}$ 2倍的线段。

②在该线段的两端设定p_0''、d_0'、e_0'、f_0'，使$\overline{p_0''d_0'}=\overset{\frown}{p''d'}$，$\overline{d_0'e_0'}=\overset{\frown}{d'e'}$，$\overline{e_0'f_0'}=\overset{\frown}{e'f'}$。

③过p_0、d_0、e_0、f_0画出直交于$\overline{DF}$的线段，该线段与过p_0''、d_0'、e_0'、f_0'对$\overline{DF}$所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点，即画出$p_0''f_0$间的展开图。

④由于其余部分展开图的轮廓线与倾斜切断小圆筒时的展开图轮廓线相同，因此其说明予以省略。

（c）Ⓔ的展开图画法：

由于该展开图即倾斜切断圆O_4半圆时的展开图，因此其说明省略。

（d）Ⓕ的展开图画法：

①画出从左下侧看到Ⓔ的辅助投影图。该图与长轴为圆O_4的直径、短轴为$2\times y$的椭圆的一半相同。

②过该图的中心O_5作内角的6等分线段，与椭圆曲线相交于1，2，……，6。

③过H对$\overline{GI}$作垂线，在其延长线上设定0_0，1_0，2_0，……，6_0，使$\overline{0_01_0}=\overset{\frown}{01}$，$\overline{1_02_0}=\overset{\frown}{12}$，……，$\overline{5_06_0}=\overset{\frown}{56}$。

④过0，1，2，……，6对$\overline{GI}$作平行线，与$\overline{GH}$、$\overline{HI}$相交，过该交点再对$\overline{GI}$作垂线，其延长线与过0_0，1_0，2_0，……6_0对$\overline{GI}$所作平行线相交，用圆滑曲线连接各交点即画出Ⓕ的展开图。

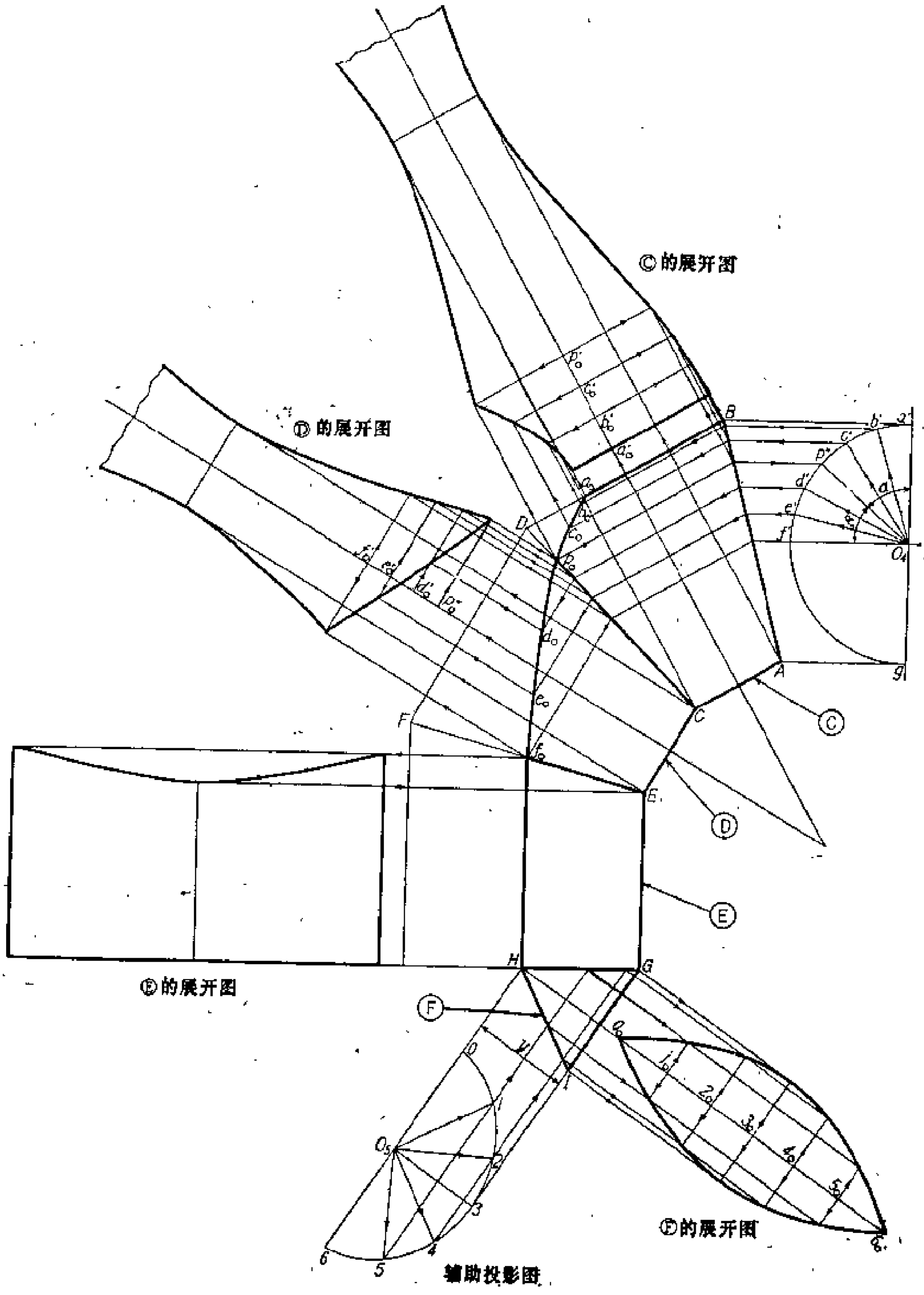
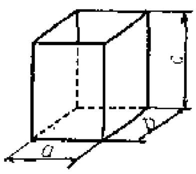
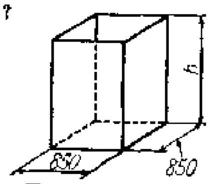
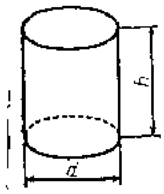
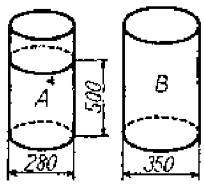
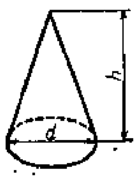
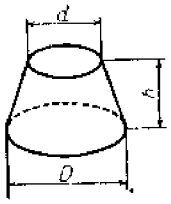
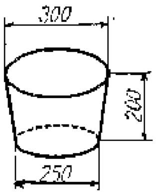
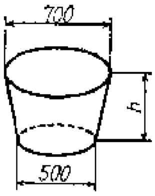
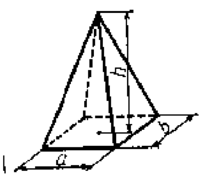
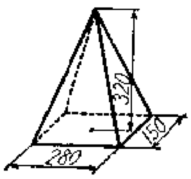
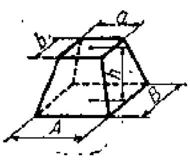
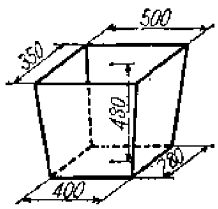
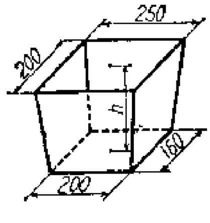


图 2-78-2

附录1. 体积的计算

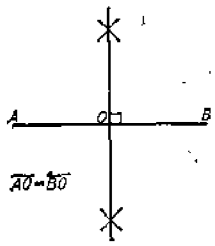
形体的种类与公式	例　　题	解　　法
A. 长方体 $V=a\times b\times c$ 	1. 如图所示，$a=580$mm、$b=320$mm、$c=450$mm的长方体中，能盛入多少升（l）水？ （说明：尺寸全部在内，下同。）	把已知数值代入公式： $580\times320\times450=83,520,000(\mathrm{mm}^3)$ $\because 1\ l=10^6\mathrm{mm}^3$ $\therefore 83,520,000\div10^6=5,400\ l$（答案）
	2. $a=2.5$m、$b=1.8$m、 $=1.2$m的容器内能盛入多少升水？	同样，把已知数值代入公式： $2.5\times1.8\times1.2=5.4(\mathrm{m}^3)$ $\because 1\ \mathrm{m}^3=1,000\ l$ $\therefore 5.4\times1,000=5,400\ l$（答案）
	3. 有一个边长为850mm的正方形底面容器，如果使它能装入0.5m³的水，问高度应为多少？ 	这个问题不是求体积，而是求高度。这也可以用公式求出。 首先，把已知数值的单位统一： $\because 1\ \mathrm{m}^3=10^9\mathrm{mm}^3$ $\therefore 0.5\mathrm{m}^3=5\times10^8\mathrm{mm}^3$ 代入公式，则： $5\times10^8\mathrm{mm}^3=850\times850\times x$ $\therefore x=5\times10^8\div850^2=692\mathrm{mm}$（答案）
B. 圆筒 $V=\frac{\pi}{4}\times d^2\times h$ 	1 直径650mm、高1,500mm的圆筒能盛入多少升水？	把已知数值代入公式： $\frac{3.14}{4}\times650^2\times1,500,=497,493,750\mathrm{mm}^3$ $\because 1\ l=10^6\mathrm{mm}^3$ $\therefore 497,493,750\div10^6\approx497.5\ l$（答案）
	2. 如果制成盛入200 l 水的圆筒，若高度为800mm，其直径应为多少？	从已知公式导出求 d 公式： $d=\sqrt{\frac{4V}{\pi h}}$ $\because 1\ l=10^6\mathrm{mm}^3$ $\therefore d=\sqrt{\frac{4\times200\times10^6}{3.14\times800}}\approx564\mathrm{mm}$（答案）
	3. 直径为280mm的圆筒 A 中，有水深至500mm，把 A 中水全部倾入直径为350mm的圆筒 B 中时，其水深应为多少？ 	圆筒 A 中的水量为 V_A： $V_A=(\pi/4)\times280^2\times500=30,772,000\mathrm{mm}^3$ 从已知公式导出求 h 公式： $h=\frac{4V}{\pi d^2}$ 把 $V=30,772,000$mm、$d=350$mm代入上式，则： $h=\frac{4\times30,772,000}{3.14\times350^2}=320\mathrm{mm}$（答案）
C. 圆锥 $V=\frac{1}{3}\times\frac{\pi}{4}\times d^2\times h$ 	1. 直径为360mm，高为550mm的圆锥，其体积为多少？	把已知数值代入公式： $\frac{1}{3}\times\frac{3.14}{4}\times360^2\times550=18,651,600\mathrm{mm}^3$ $\because 1\ l=10^6\mathrm{mm}^3$ $\therefore 18,651,600\div10^6=18.6516\ l$（答案）

（续）

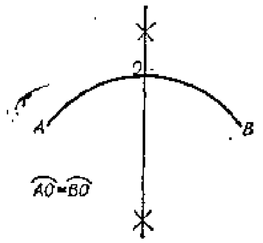
形体的种类与公式	例　　题	解　　法
D．圆锥筒 $V=\frac{1}{3}\times\frac{\pi}{4}\times h\times(D^2+Dd+d^2)$ 	1．右图所示的容器，其盛水量是多少 l？ 	把已知数值代入公式： $\frac{1}{3}\times\frac{3.14}{4}\times200\times(300^2+300\times250+250^2)$ $=11905833mm^3$ ∵1 l $=10^6mm$ ∴11,905,833÷$10^6\approx11.9$ l（答案）
	2．为使右图所示的容器中能盛入100 l水，其高度应为多少？ 	从已知公式导出求h公式： $h=\frac{3\times4\times V}{\pi\times(D^2+Dd+d^2)}$ 把$V=100$ l $=10^8mm^3$ $D=700mm$，$d=500mm$ 代入上式： $\frac{3\times4\times10^8}{3.14\times(700^2+700\times500+500^2)}\approx350.6mm$（答案）
E．棱锥 $V=\frac{a\times b\times h}{3}$ （棱筒的三分之一） 	$a=280mm$，$b=150mm$，$h=320mm$的棱锥体积为多少 l？ 	把已知数值代入公式： $\frac{280\times150\times320}{3}=4,480,000mm^3$ ∵1 l $=10^6mm$ ∴4,480,000÷$10^6=4.48$ l（答案）
F．棱锥筒 $V=\frac{1}{3}\times h\times(A\times B+a\times b+\sqrt{A\times B\times a\times b})$ 	1．下面所示的棱锥筒容器中，其盛水量为多少 l？ 	把已知数值代入公式： $\frac{1}{3}\times480\times(500\times350+400\times280+\sqrt{500\times350\times400\times280})$ $=68,320,000mm^3$ ∵1 l $=10^6mm^3$ ∴68,320,000÷$10^6\approx68.32$ l（答案）
	2．为使下图所示的容器中能盛入5 l水，其高度应为多少？ 	从已知公式导出求h公式： $h=\frac{3\times V}{A\times B+a\times b+\sqrt{A\times B\times a\times b}}$ 把5 l $=5\times10^6mm^3$、 $A=250mm$、$B=200mm$、 $a=200mm$、$b=160mm$ 代入上式，则： $\frac{3\times5\times10^6}{250\times200+200\times160+\sqrt{250\times200\times200\times160}}$ $\approx123mm$（答案）

附录2. 平面图形的画法

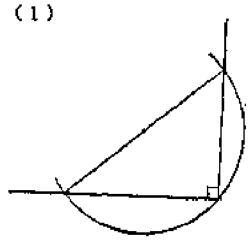
1. 垂直2等分线段的方法



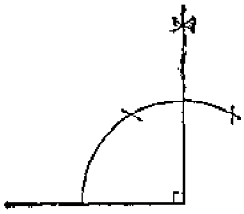
2. 2等分圆弧的方法



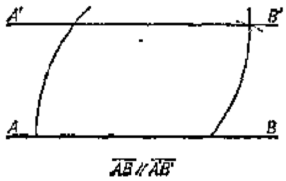
3. 在直线的一端作垂线的方法（1）



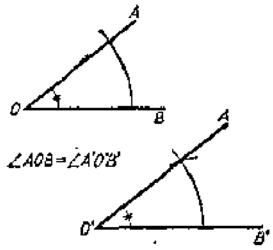
4. 在直线的一端作垂线的方法（2）



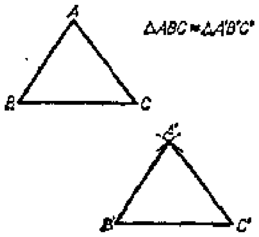
5. 过定点作平行线的方法



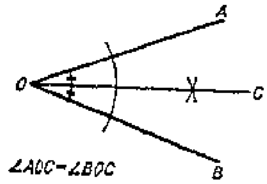
6. 定角的移位法



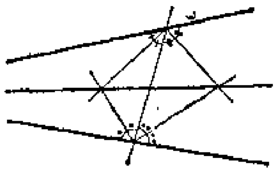
7. 三角形的移位法



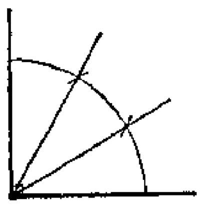
8. 定角的2等分法



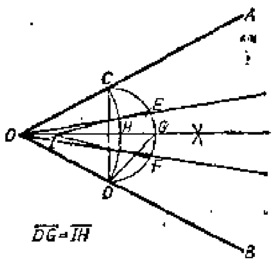
9. 无交点定角的2等分法



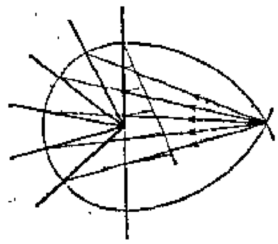
10. 直角的3等分法



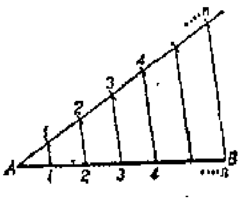
11. 任意角的3等分法



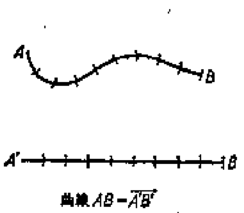
12. 任意角的n等分法



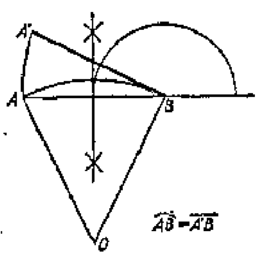
13. 定直线的n等分法



14. 曲线长度的测量方法

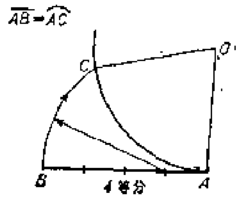


15. 把圆弧过渡到直线的方法

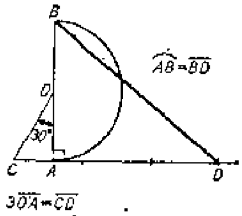


（续）

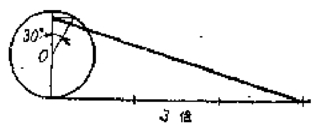
16. 在圆弧上截取某一长度的方法



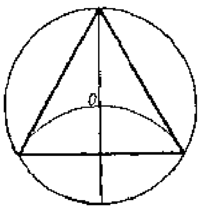
17. 某一半圆周长的测量方法



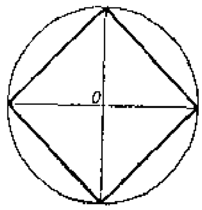
18. 圆周长的测量方法



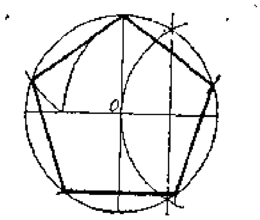
19. 圆内接正三角形的画法



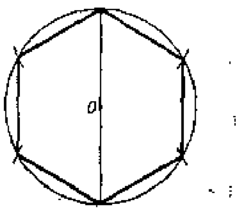
20. 圆内接正方形的画法



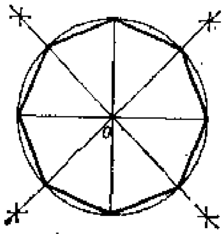
21. 圆内接正五边形的画法



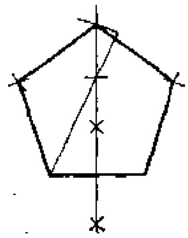
22. 圆内接正六边形的画法



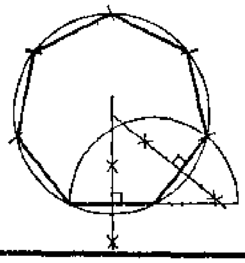
23. 圆内接正八边形的画法



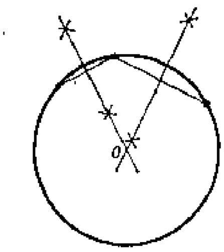
24. 正五边形的画法



25. 正七边形的画法



26. 过三定点画圆



27. 椭圆画法