

钣金实用技术问答

王昕 黄英 宗家斌 编



京出版社

TG 936-44

01

00012721

钣金实用技术问答

毛昕 黄英 宋萃娥 编



北京出版社



C0489074

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金实用技术问答/毛昕等编. 北京:北京出版社,1999
ISBN 7-200-03754-0

I. 钣… II. 毛… III. 钣金工-问答 IV. TG38-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 14309 号

钣金实用技术问答

BANJIN SHIYONG JISHU WENDA

毛昕 黄英 宋萃娥 编

*

北京出版社出版

(北京北三环中路 6 号)

邮政编码:100011

北京出版社出版集团总发行

新华书店经销

北京朝阳北苑印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 17.25 印张 376 000 字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数 1 5 000

ISBN 7-200-03754-0 T·35

定价:28.00 元

前 言

现代工业生产中，钣金结构和制件以其生产效率高、成本低、工艺简单、适于大批量生产等优点，在化工、冶金、机械、轻工等众多行业占有很大比重。为满足广大读者对钣金技术知识的需求，我们编写了《钣金实用技术问答》一书。

本书共九章，418个题目。其中包括工程制图、金属材料、热处理、常用工具设备等基础理论及应用知识，还包括钣金展开、冲压加工、弯曲成形、钎焊操作、结构装配、钢材及其结构件矫正等专项技术，内容丰富。此外，本书还具有以下特点：

1. 编写形式采用问答方式，各问题相对独立，便于及时查阅。同时充分考虑了知识的系统性，相关问题合理编排，内容循序渐进，便于读者系统学习。

2. 对于工程制图、金属材料等有关标准的内容，本书均采用了最新的国家标准。

3. 编入了钣金技术中新工艺和新技术的有关内容，以适应生产发展的需求，比如钣金展开的程序设计和制件成形新工艺等内容。

4. 本书内容选材广泛，以适应不同层次读者的需求。

本书各章分别由黄英、宋蕊娥、毛昕编写，由毛昕主编。单宝峰参加了部分编写工作。书中插图由张以忱、李晓桥、叶蕊、陆颖、范功伟、唐巍、李志安、刘勇、李晓林绘制。在

本书编写过程中，曾参阅很多文献资料，我们对这些著作的编著者表示深深的感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

九九九年五月十五日

目 录

一、基础知识.....	(1)
1. 怎样等分直线段? (1)	
2. 怎样按给定比例划分自线段? (1)	
3. 怎样作与已知直线成确定距离的平行线? (2)	
4. 如何等分角度? (3)	
5. 等分圆周的作图方法有哪些? (4)	
6. 怎样根据已知条件作正多边形? (7)	
7. 怎样根据已知条件作三角形? (8)	
8. 怎样根据已知条件作圆? (10)	
9. 弓形的几何关系是什么? (11)	
10. 怎样根据弦长和弓高作大半径圆弧? (12)	
11. 怎样根据已知条件作圆的切线? (14)	
12. 什么叫圆弧连接? (15)	
13. 怎样用已知半径的圆弧连接两直线? (17)	
14. 怎样用已知半径的圆弧连接直线和圆弧? (17)	
15. 怎样用已知半径的圆弧连接两圆弧? (18)	
16. 试述椭圆的作图方法 (18)	
17. 怎样把圆和圆弧展成直线? (20)	
18. 怎样把平面曲线展成直线? (23)	
19. 怎样把空间曲线展成直线? (24)	
20. 什么是正投影? 正投影有哪些特性? (25)	
21. 什么是三视图? 三个视图间有什么联系规律? (27)	
22. 点的三面投影有哪些投影规律? (30)	
23. 直线的投影及其投影规律是什么? (31)	
24. 两直线处于不同相对位置时有哪些投影规律? (34)	
25. 平面的投影及其投影规律是什么? (36)	
26. 如何在平面上确定点和直线的位置? (40)	
27. 直线与平面平行、平面与平面平行时有哪些投影特性? (42)	
28. 怎样求作直线与平面的交点? (43)	
29. 怎样求作平面与平面的交线? (44)	
30. 什么是投影变换? 其用途有哪些? (45)	
31. 如何进行点的投影变换? (46)	
32.	

怎样在投影中求作直线的实长？(47)33. 怎样在投影图中求作平面的实形？(49)34. 怎样在投影图中求作两平面的夹角？(50)35. 圆的投影如何作图？(51)36. 什么是圆柱螺旋线？怎样作其投影和展开图？(51)37. 什么是圆锥螺旋线？怎样作其投影和展开图？(53)38. 曲面是怎样形成和分类的？(54)39. 什么是圆柱的形成、投影？怎样在圆柱表面取点？(55)40. 什么是椭圆柱的形成、投影？怎样在椭圆柱表面取点？(56)41. 什么是圆锥的形成、投影？怎样在圆锥表面取点？(57)42. 什么是椭圆锥的形成、投影？怎样在椭圆锥表面取点？(59)43. 什么是圆球的形成、投影？怎样在圆球表面取点？(60)44. 什么是椭球面的形成和投影？(61)45. 什么是圆环的形成、投影？怎样在圆环表面取点？(62)46. 什么是柱状面？(64)47. 什么是锥状面？(64)48. 什么是正螺旋面？(65)49. 什么是斜螺旋面？(66)50. 什么是切线曲面？(67)51. 什么是变线曲面？(68)52. 什么是可展曲面和不可展曲面？(68)53. 什么叫比例？(68)54. 图纸上的图线有哪些种类和作用？(69)55. 什么是剖视图？(70)56. 剖视图的种类和作用有哪些？(73)57. 什么是剖面图？(77)58. 什么是零件图？零件图中包括哪些内容？(79)59. 什么是装配图？装配图中包括哪些内容？(80)60. 焊缝在图纸上是怎样表示的？(80)61. 什么是金属材料？什么是金属材料的力学性能和工艺性能？(90)62. 什么是金属材料的强度？如何衡量？(90)63. 什么是材料的硬度？如何衡量？(91)64. 什么是材料的塑性？如何衡量？(92)65. 什么是材料的韧性？如何衡量？(92)66. 什么是金属的疲劳和金属材料的抗疲劳性能？(93)67. 什么是钢？钢是如何分类的？(93)68. 普通碳素结构钢和优质碳素结构钢各有什么特点？(94)69. 什么是合金钢？合金钢有哪些特点？(95)70. 合金钢按用途不同分为哪几类？(95)71. 什么是不锈钢？(96)72. 怎样理解

钢号的含意? (96)73. 什么是铸铁? 铸铁是如何分类的? (98)74. 常用的有色金属材料有哪些? (99)75. 铝有哪些主要性能? 常用的铝合金有哪些? (100)76. 铜有哪些主要性能? 常用的铜合金有哪些? (101)77. 什么是金属的热处理? 常用的热处理方法有哪些? (102)78. 什么是退火? 有哪些作用? (102)79. 什么是正火? 有哪些作用? (103)80. 什么是淬火? 有哪些作用? (104)81. 什么是回火? 有哪些作用? (105)82. 什么是调质? 有哪些作用? (106)83. 钢的表面热处理有什么作用? 分哪几种? (106)84. 什么是渗碳处理? (107)85. 什么是氮化处理? (108)86. 什么是多元共渗? (109)

二、钣金展开..... (110)

1. 什么叫展开? 什么叫放样? (110)2. 绘制展开图的基本方法有哪些? (110)3. 如何用平行线法绘制展开图? (111)4. 如何用放射线法绘制展开图? (114)5. 如何用三角线法绘制展开图? (118)6. 什么是结合线? 结合线具有哪些性质? (120)7. 常用的平面与曲面的结合线有哪些种? (121)8. 怎样用辅助素线法求结合线? (125)9. 怎样用辅助平面法求结合线? (128)10. 怎样用辅助球面法求结合线? (131)11. 在何种情况下两曲面的结合线为平面曲线? (133)12. 设计钣金构件的形状时应注意哪些问题? (137)13. 常用的连接管有哪些种? (138)14. 常用的弯管有哪些种? (140)15. 常用的异形接头有哪些种? (144)16. 蛇形管是怎样展开的? (147)17. 什么是钣金展开的板厚处理? (149)18. 如何进行平板构件的板厚处理? (149)19. 如何进行曲面板构件的板厚处理? (150)20. 什么是接口曲面? 常见的接口形式有哪几种? (152)21. 如何进行圆柱管、圆锥管与平板结合时的板厚处理? (154)22. 如何进行结合线为平面曲线的对接接口的板厚处理? (156)23. 如

何进行曲面管与曲面板结合时的板厚处理? (158)24. 构件接口处铲坡口时如何进行板厚处理? (159)25. 什么是钣金展开的计算方法? (160)26. 如何进行钣金展开的程序设计? (161)27. 如何绘制上口斜截矩形管的展开图? (163)28. 如何绘制下口斜截方锥管的展开图? (164)29. 如何作两节矩形口漏斗的展开图? (165)30. 如何作斜口圆柱管的展开图? (166)31. 如何作平行圆口椭圆柱管的展开图? (167)32. 如何作截头圆锥管的展开图? (168)33. 如何作斜截圆锥管的展开图? (169)34. 如何作三节直角圆柱弯管的展开图? (171)35. 如何作三节任意角圆锥弯管的展开图? (172)36. 如何作圆柱圆锥弯管的展开图? (174)37. 如何作等径斜交圆柱三通管的展开图? (174)38. 如何作斜交圆锥三通管的展开图? (176)39. 如何作三节异径双向圆柱圆锥三通管的展开图? (177)40. 如何作四圆锥爪形五通管的展开图? (179)41. 怎样作三节等径蛇形管的展开图? (181)42. 如何绘制五节等径蛇形三通管的展开图? (183)43. 如何作带圆角的方形连接管的展开图? (184)44. 如何作两节拱形弯管的展开图? (186)45. 如何作三节直角长圆—圆弯管的展开图? (187)46. 如何作两侧拱形底方形三通管的展开图? (189)47. 如何作带补料的等径三通管的展开图? (191)48. 如何作带补料的等径正交三通管的展开图? (192)49. 如何作矩形口S形连接管的展开图? (194)50. 如何作矩形口弧面弯管的展开图? (196)51. 如何作裤形弧面三通管的展开图? (198)52. 如何作圆顶矩形底接头的展开图? (200)53. 如何作圆顶矩形斜底接头的展开图? (201)54. 如何作圆顶两方底裤形三通管的展开图? (202)55. 如何作圆斜顶圆底接头的展开图? (203)56. 如何作两节圆顶椭圆底弯管的展开图? (205)57. 如何作圆柱管直交矩形锥管的展开图? (206)58. 如何作方柱管直交圆锥管的展开图?

(207)59. 如何作圆柱管正交顶圆底方连接管的展开图?
 (209)60. 如何作异径斜交三通管的展开图? (211)61. 如何作圆锥圆柱正交三通管的展开图? (212)62. 如何作两圆锥管斜交三通管的展开图? (213)63. 如何作同轴两圆柱面截断的正螺旋面的展开图? (215)64. 如何作同轴两圆锥面截断的正螺旋面的展开图? (217)65. 如何作斜螺旋面的展开图? (219)66. 如何作变截面 180°螺旋管的展开图? (220)67. 如何作半球封头的展开图? (222)68. 如何作球罐的展开图? (224)69. 如何计算封头的展开直径? (225)70. 如何作角钢折角内弯的展开料图? (229)71. 如何作角钢圆角内弯的展开料图? (231)72. 如何计算角钢圆弧弯折的展开料长度? (231)73. 如何计算角钢圈的展开料长度? (232)

三、常用量具、工具与设备…………… (234)

1. 钢尺有哪些用途和种类? (234)2. 卡钳有哪些种类和用途? (235)3. 游标卡尺的结构和用途有哪些? (237)4. 钣金放样时常用哪些量具和工具? (239)5. 钣金工常用的锤子有哪些形式? 如何使用? (240)6. 钣金工常用的凿子有哪些种类? (242)7. 钣金工常用的手剪刀有哪些种类? (243)8. 锉刀的构造和分类是怎样的? 如何选用? (243)9. 常用的手锯条有哪几种? 怎样选用? (244)10. 常用的扳手有哪些种类? 如何正确使用? (245)11. 什么是丝锥和板牙? (246)12. 什么是风枪? (246)13. 什么是手提式砂轮机? 如何使用? (247)14. 常用的钻头有哪几种? (248)15. 砂轮锯有哪些规格? (249)16. 剪板机的用途和规格有哪些? (250)17. 联合冲剪机的用途和使用方法有哪些? (251)18. 圆盘剪切机的用途和结构是什么? (252)19. 振动剪床的用途和使用方法有哪些? (253)20. 卷板机有哪些用途、种类, 如何正确使用? (254)21. 多辊板料校平机

的用途和使用方法有哪些? (255)22. 什么是型钢矫正机?
(257)23. 曲柄压力机有哪些用途、种类,其工作原理是什么?
(257)24. 液压式压力机有哪些用途、种类和特点?
(258)

四、钢材与钢构件的矫正…………… (260)

1. 钢材是怎样分类的? (260)2. 钢板分为哪几种? 各有什么用途?
(260)3. 常用的镀膜薄钢板有哪两个品种? (261)4. 钢管有哪些品种?
各用于什么场合? (261)5. 型钢是怎样分类和标记的? (261)6. 什么是线材?
有什么用途? (262)7. 引起钢材变形的原因是什么? (263)8. 钢材变形
矫正的基本方法有哪几种? (263)9. 冷作矫正有哪些具体方法?
(264)10. 加热矫正有哪些具体方法? (264)11. 局部加热矫正的加热区有
几种形状? 各有什么特点? (265)12. 局部加热矫正时应注意什么?
(266)13. 钢板变形的机械矫正有哪些方法? (267)14. 钢板变形的手工
矫正方法是什么? (268)15. 钢板变形的局部加热矫正有哪些方法?
(269)16. 扁钢变形有哪几种形式? 如何矫正? (271)17. 角钢变形有
哪几种形式? 如何矫正? (272)18. 槽钢变形有哪几种形式? 如何矫正?
(274)19. 怎样矫正工字钢的变形? (275)20. 钢构件变形是由哪些原因
造成的? (277)21. 什么是钢构件的焊接变形? (277)22. 矫正钢构件的
要领是什么? (279)23. 如何进行钢构件中薄板的矫正? (279)24. 如何
矫正T型梁构件? (281)

五、冲压加工…………… (283)

1. 什么是冲压加工? 其特点有哪些? (283)2. 冲压加工包括哪些基本
工序? (284)3. 冲压加工对金属材料有哪些要求? (285)4. 什么是冲
压件的工艺性? (285)5. 什么是冲裁? 冲裁时板料的分离过程是怎样
的? (286)6. 什么是排样? 排样有哪几种方法? (288)7. 排样时如何
确定搭边和

边距的大小? (289)8. 冲裁模有哪几种类型? (291)9. 怎样计算冲裁力? (294)10. 降低冲裁力的方法有哪些? (295)11. 模具间隙对冲裁加工有什么影响? (297)12. 怎样确定冲裁模的合理间隙? (298)13. 确定凸、凹模刃口尺寸的原则是什么? (300)14. 怎样计算材料的利用率? 提高材料利用率的措施有哪些? (301)15. 冲裁件产生毛刺的原因是什么? 怎样预防? (302)16. 冲裁件的外缘与内孔不准确是何原因? (302)17. 什么是剪切? 剪切加工对钢材质量有什么影响? (303)18. 怎样在斜口剪床上进行剪切? (304)19. 怎样在龙门剪床上进行剪切? (305)20. 什么是圆盘剪切机? (306)21. 什么是拉深? 拉深加工适用于哪些零件? (306)22. 拉深时材料的变形过程是怎样的? (308)23. 什么是拉深系数? (308)24. 影响拉深系数的因素有哪些? (310)25. 怎样计算压边力和拉伸力? (311)26. 如何确定回转体拉深件的毛坯尺寸? (312)27. 圆筒拉深件可能出现哪些质量问题? 如何防止? (314)28. 什么是变薄拉深? (315)29. 设计拉深件时应注意什么? (316)30. 冲模有哪几种类型? (317)31. 冲模常具有哪几部分基本结构? (318)32. 冲模设计时应准备哪些技术资料? (319)33. 冲模设计可分为哪几个基本步骤? (319)34. 设计冲模时应了解压力机的哪些技术参数? (320)35. 怎样确定冲模的闭合高度? (321)36. 什么是冲模的压力中心? 与冲模设计有什么关系? (322)37. 怎样确定冲模的压力中心? (322)38. 怎样选用冲模工作部分的材料? (324)39. 使用冲模时应注意哪些问题? (325)40. 怎样保管冲模? (326)41. 什么是聚氨酯橡胶冲裁? (327)42. 什么是锌基合金模冲裁? (329)43. 什么是组合模具冲压技术? (330)44. 什么是电水成形? (331)45. 什么是电磁成形? (332)46. 确定冲压工序间半成品形状和尺寸时应注意什么? (333)47. 什么叫作冲压工艺规程? 合理的冲压工艺规程应满足

- 哪些要求? (335)48. 冲压生产的机械化和自动化需要哪些条件?(336)49. 冲压工冲压生产时,应注意什么?(337)50. 怎样在冲压加工中做到安全生产? (338)

六、弯曲成形..... (339)

1. 什么是弯曲成形? (339)
2. 什么是压弯? 压弯时坯料的弯曲过程是怎样的? (339)
3. 压弯时如何进行弯曲力的计算? (341)
4. 什么是最小相对弯曲半径? 它受哪些因素的影响? (343)
5. 什么是弯曲时的回弹? 它受哪些因素的影响? (345)
6. 如何计算弯曲回弹值? (347)
7. 怎样减少弯曲零件的回弹? (352)
8. 什么是弯曲时材料的应变中性层? 如何确定应变中性层的位置? (354)
9. 如何计算弯曲件的展开长度? (355)
10. 板料压弯时对弯曲件的工艺要求有哪些? (360)
11. 如何对压弯件进行修形及矫正? (363)
12. 如何确定压弯凸、凹模圆角半径及凸、凹模间隙? (365)
13. 压弯模的基本结构是什么? (366)
14. 压弯模设计时应注意哪些问题? (366)
15. 什么是滚弯? 如何滚弯成形? (368)
16. 滚弯圆筒形工件时应注意哪些问题? (369)
17. 滚弯圆锥形工件的常用方法有哪些? (371)
18. 怎样解决滚弯工件过程中产生的直头? (372)
19. 如何进行滚弯工件的对接? (374)
20. 型钢弯曲时的变形有哪些特点? (375)
21. 如何用手工方法弯曲型钢? (376)
22. 如何用滚弯方法弯曲型钢? (378)
23. 如何用压弯方法弯曲型钢? (381)
24. 什么叫回弯? 如何进行型钢的回弯? (382)
25. 什么是拉弯? 为何拉弯的回弹量要比普通弯曲方法的回弹量小? (383)
26. 如何进行型钢的拉弯? (384)
27. 管材弯曲时的弯曲变形有何特点? (385)
28. 如何进行手工热弯管材? (387)
29. 如何进行机械弯管? (388)
30. 什么是有芯弯管? 其工作原理是什么? (389)
31. 什么是无芯弯管? 其工作原理是什么? (390)
32. 什么是挤压弯管? 它有

哪些特点?(392)33. 什么是手工弯曲?手工弯曲典型零件的方法有哪些?(393)34. 什么是咬缝?如何确定咬缝余量?(396)35. 卧式单咬缝的制作过程是什么?(397)36. 什么是卷边?有哪些形式?(398)37. 夹丝卷边的操作过程是怎样的?(398)38. 什么是爆炸成形?(399)39. 什么是金属超塑性成形?(401)

七、铆接与焊接..... (403)

1. 什么是铆接?铆接有哪些种类与形式?(403)2. 铆钉有哪些种类与用途?(404)3. 铆钉的排列具有哪些形式和基本参数?(406)4. 如何确定铆钉直径、长度和钉孔直径?(407)5. 什么是冷铆?(408)6. 什么是热铆?热铆具有哪些基本操作?(409)7. 铆接操作时产生缺陷的种类和原因有哪些?(410)8. 怎样检验铆接质量?(411)9. 怎样拆除有缺陷的铆钉?(411)10. 影响铆接强度的因素有哪些?(412)11. 怎样计算铆钉所受的剪切力和挤压力?(412)12. 怎样进行铆接件的强度计算?(414)13. 什么是拉铆?(416)14. 铆接的结构设计中应注意哪些?(417)15. 什么是焊接?焊接分为哪些种类?(418)16. 交流电焊机有哪些种类?工作原理是什么?(419)17. 什么是直流电焊机?使用时为什么要注意极性的选择?(420)18. 手工电弧焊的过程是怎样的?(421)19. 焊条的构造和分类是怎样的?(422)20. 怎样合理地选用焊条?(423)21. 如何选取焊接电流的大小?(424)22. 焊接时怎样引弧?(425)23. 焊接时焊条有几种运动方法?(426)24. 焊缝的连接有哪几种?(427)25. 如何进行焊缝的收尾?(428)26. 焊接接头和坡口有哪些形式?(428)27. 焊接不同位置焊缝时应注意什么?(431)28. 什么是定位焊?(432)29. 电弧焊接可能产生哪些缺陷?是什么原因造成的?(433)30. 如何进行焊缝的检验?(434)31. 手工电弧焊操作时应注意哪些安

全事项? (434)32. 什么是气焊和气割? (435)33. 气焊和气割时使用哪些设备和工具? (436)34. 如何进行焊接火焰的点燃、熄灭和调节? (438)35. 气焊操作有哪些基本技术? (439)36. 气割前应进行哪些准备工作? (441)37. 气割具有哪些主要的工艺规范? (441)38. 气割的过程是什么? (443)39. 手工气割具有哪些基本操作? (443)40. 机械气割及其所用设备有哪些? (444)41. 气焊和气割时有哪些主要的安全技术? (446)42. 什么是钎焊? 钎焊分为哪几种? (446)43. 钎焊时如何选用钎料? (447) 44. 钎焊时为什么要使用钎剂? (447)45. 气体火焰钎焊有哪些操作工艺? (448)46. 烙铁钎焊时对其温度有什么要求? (450)47. 焊件焊接后为什么会发生变形? (450)48. 焊接变形有哪些基本形式? (451)49. 怎样预留焊接件尺寸的工艺余量? (452)50. 防止和减少焊接变形的的方法有哪些? (453)51. 焊接时为什么要注意焊接顺序? (455)52. 怎样进行焊接接头的强度计算? (455)53. 怎样提高焊接的疲劳强度? (458)54. 什么是等离子弧切割? (459)55. 什么是气体保护电焊? (460)

八、装配..... (462)

1. 什么是部件装配和总体装配? (462)2. 装配过程的三个基本要素是什么? (462)3. 什么是六点定位规则? (463)4. 矩形零件的定位原理是什么? (464)5. 圆柱形零件的定位原理是什么? (465)6. 什么是基准? 基准是怎样分类的? (466)7. 什么是装配基准面? 如何选择? (469)8. 装配中常用的度量基准有哪些? (469)9. 装配中常用的工具和夹具有哪些? (471)10. 线锤有什么用途? 如何使用? (471)11. 如何用水平软管测量构件的水平度? (473)12. 经纬仪有哪些用途? 如何使用? (473)13. 什么是水平尺? 如何使用? (474)14. 装配中常用的螺旋夹具有哪些? 它们

起何作用?(475)15. 杠杆夹具、楔条夹具和偏心夹具的夹紧原理是什么?(478)16. 什么是气动夹具和液压夹具?各有哪些特点?(479)17. 金属结构件的装配有哪些特点?(482)18. 金属结构件在装配前应做好哪些准备工作?(483)19. 装配中常用的装配平台有哪几种类型?(483)20. 装配中零件的常用定位方法有哪些?(484)21. 什么是划线装配法?(486)22. 什么是仿形装配法?(487)23. 什么是模具装配法?(489)24. 什么是平放装配法?(490)25. 什么是立装法和倒装法?(491)26. 如何进行工字梁的装配?(493)27. 如何进行圆筒构件的纵缝装配?(495)28. 如何进行圆筒构件的环缝装配?(496)29. 如何进行多瓣球形封头的装配?(498)30. 如何进行底座的装配?(499)31. 如何进行箱体制件的装配?(501)32. 什么是部件装配法?它有哪些优点?(502)33. 部件划分时要注意什么?(503)34. 压力容器有什么特点?它们是怎样分类的?(504)35. 球罐的结构是怎样的?(505)36. 球瓣的制造工艺过程是什么?(506)37. 球罐支柱的制造工艺过程是什么?(507)38. 球罐部件装配有哪些方法?它们各适用于什么情况?(508)39. 球罐的总体装配方法有哪几种?它们的装配过程如何?(509)40. 装配球罐时需要哪些设备和工具?其作用是什么?(510)41. 对球瓣的焊接有哪些具体要求?(511)42. 如何进行球罐的水压试验和气密性试验?(513)

九、电气常识..... (515)

1. 什么是交流电和直流电?各有哪些用途?(515)2. 什么叫三相交流电和单相交流电?(516)3. 什么叫导体、绝缘体和半导体?(516)4. 什么是电路?什么叫断路、通路和短路?(517)5. 什么是电流、电压和电阻?它们间有何关系?(518)6. 什么是电功率?如何计算?(519)7. 什么是

三相负载的星形连接和三角形连接?(519)8. 如何划分高压、低压和安全电压?(520)9. 远距离送电为什么采用高压送电的方式?(521)10. 什么叫电磁铁?有什么用途?(521)11. 什么叫电磁感应现象?(522)12. 变压器有什么用途?常分为哪几类?(523)13. 三相异步电动机由哪些零部件组成?铭牌上包括哪些内容?(524)14. 三相异步电动机的工作原理是什么?(525)15. 三相异步电动机的磁极对数与转速有什么关系?(525)16. 使用三相异步电动机有哪些注意事项?(526)17. 什么叫熔断器?熔断器的规格为什么必须按要求选用?(526)18. 什么是保护接地和保护接零?有什么作用?(527)19. 设备中常用的接触器和继电器有哪几种?起什么作用?(528)20. 设备中常用的开关有哪几种?(529)21. 异步电动机的常见故障及产生原因有哪些?(529)22. 电气照明中常用哪些电光源?(532)23. 白炽灯、日光灯的常见故障和产生原因有哪些?(532)24. 电对人体的伤害有哪两种类型?触电事故是怎样发生的?(534)25. 产生电气火灾和爆炸的原因是什么?(535)

一、基础知识

1. 怎样等分直线段？

已知直线段 AG ，将其 N 等分的作图方法为：

(1) 过端点 A 任作一直线 AM ，以相等的距离在 AM 上量取 N 个等分点 $1, 2, \dots, N$ [图 1-1 (a)]；

(2) 用直线连接 NG ，过 $1, 2, \dots$ 各点作 NG 的平行线，分别与 AG 交于等分点 B, C, \dots [图 1-1 (b)]。

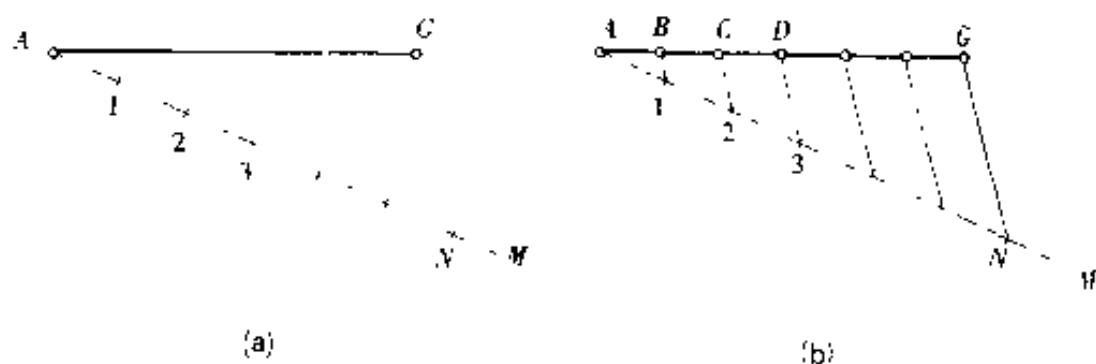


图 1-1 等分直线段

2. 怎样按给定比例划分直线段？

已知直线段 AD ，按比例 $AB : BC : CD = 2 : 3 : 4$ 划分该线段。

(1) 过 A 点任作直线 AG ，用同样的长度在 AG 上量取若干等分点，取点 E', C', D' 使 $AE' : E'C' : C'D' = 2 : 3 : 4$

[图 1-2 (a)]。

(2) 连接 DD' ，过点 B' 、 C' 作 DD' 的平行线与 AD 相交得分点 B 、 C ，则 $AB : BC : CD = 2 : 3 : 4$ [图 1-2 (b)]。

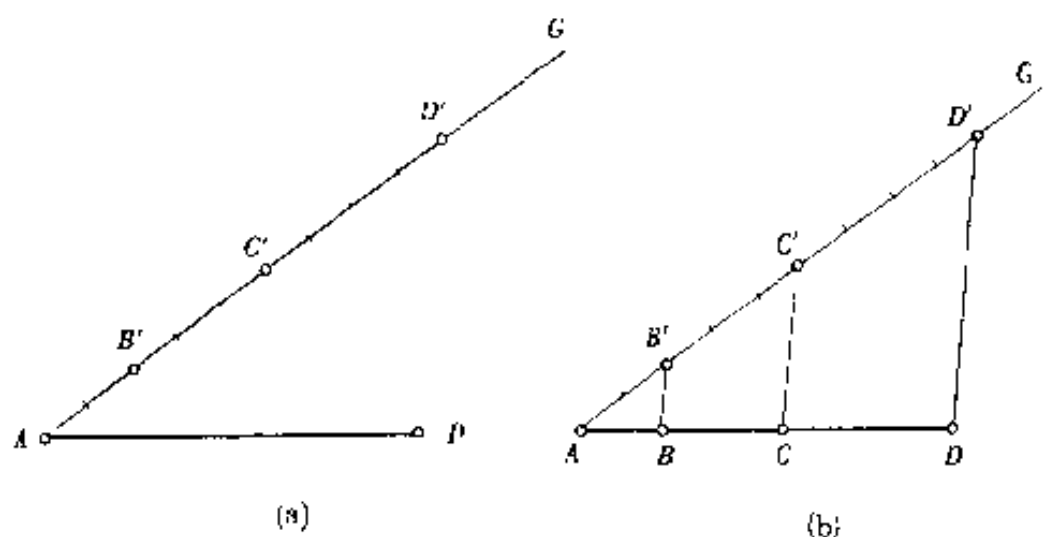


图 1-2 按给定比例划分直线段

3. 怎样作与已知直线成确定距离的平行线？

已知直线 AB ，定距离 S ，试作一与 AB 距离为 S 的平行线 (图 1-3)。

方法一：在 AB 线上任取两点 1、2 (尽量远) 为圆心，以 S 为半径分别作两圆弧；作两圆弧的公切线 CD ，则 $CD \parallel AB$ ，且相距为 S [图 1-3 (a)]。

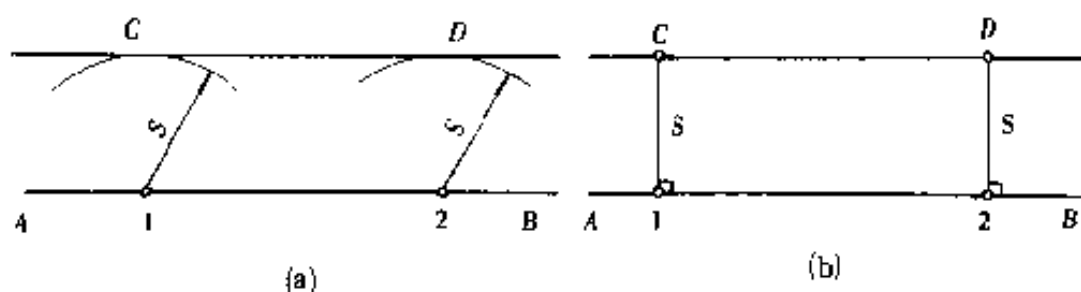


图 1-3 作与已知直线成确定距离的平行线

方法二：在 AB 线上任取两点 1、2 (尽量远)，过 1、2 点作 AB 的垂线，在垂线上取 $1C=2D=S$ ，过 CD 作直线，则 $CD \parallel AB$ ，且相距为 S [图 1-3 (b)]。

4. 如何等分角度？

(1) 角的二等分 如图 1-4 所示，已知 $\angle AOB$ ，以顶点 O 为圆心，适当长 R_1 为半径画圆弧分别交 OA 、 OB 于 C 、 D 两点；再以 C 、 D 为圆心，适当长度 R_2 为半径作圆弧相交于 E 点，连接 OE 即完成角的二等分。

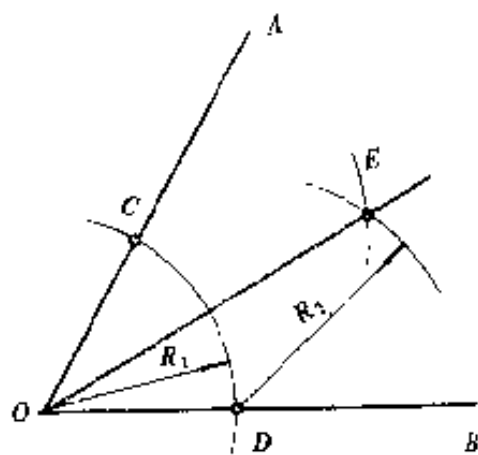


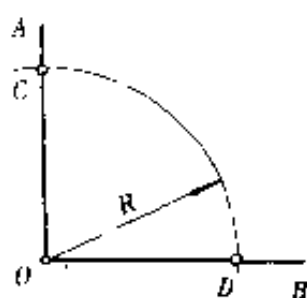
图 1-4 角的二等分

(2) 直角的三等分 已知直角 AOB ，其三等分的步骤为：

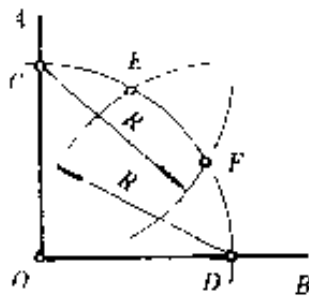
①以 O 为圆心，适当长度 R 为半径作圆弧交两直角边于 C 、 D 两点 [图 1-5 (a)]，

②以 C 、 D 两点为圆心， R 为半径分别作两圆弧与图 (a) 中所作圆弧相交于 E 、 F 点 [图 1-5 (b)]。

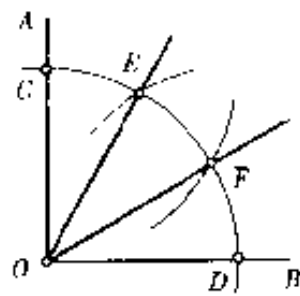
③连接 OE 、 OF ，则 OE 、 OF 分直角 AOB 为三等分 [图 1-5 (c)]。



(a)



(b)



(c)

图 1-5 直角的三等分

(3) 角的任意等分 角的任意等分，可以采用近似的图解方法，比如已知 $\angle AOB$ ，以作五等分为例，其作图步骤如图 1 6 所示：

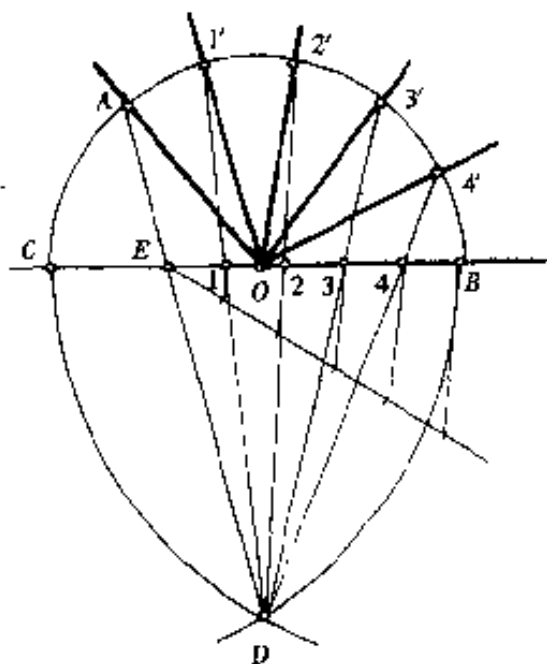


图 1 6 角的五等分

①以顶点 O 为圆心，适当长为半径，作半圆 BAC 。

②分别以 B 、 C 为圆心， \overline{BC} 为半径，作弧交于点 D 。

③连 AD 交 BC 线于点 E ，并将线段 BE 五等分。

④ D 与各分点连线，交半圆于 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 各点。

⑤连 $O1'$ 、 $O2'$ 、 $O3'$ 、 $O4'$ 即为所求。

5. 等分圆周的作图方法有哪些？

(1) 圆周的三、六、十二等分 已知一圆的圆心为 O ，半径为 R ，现将该圆分成三、六、十二等分：

①过圆心 O 作相互垂直的直径 AG 、 DJ ，以 G 为圆心， R 为半径作弧交圆周于 E 、 I 两点，则点 A 、 E 、 I 将圆三等分 [图 1-7 (a)]。

②再以 A 为圆心， R 为半径作圆弧交圆周于 C 、 K 两点，则点 A 、 C 、 E 、 G 、 I 、 K 将圆六等分 [图 1-7 (b)]。

③再继续以 D 、 J 为圆心，以 R 为半径分别作圆弧与圆周相交于 B 、 F 、 L 、 H 四点，则点 A 、 B 、 C 、…… K 、 L 分圆周为十二等分 [图 1-7 (c)]。

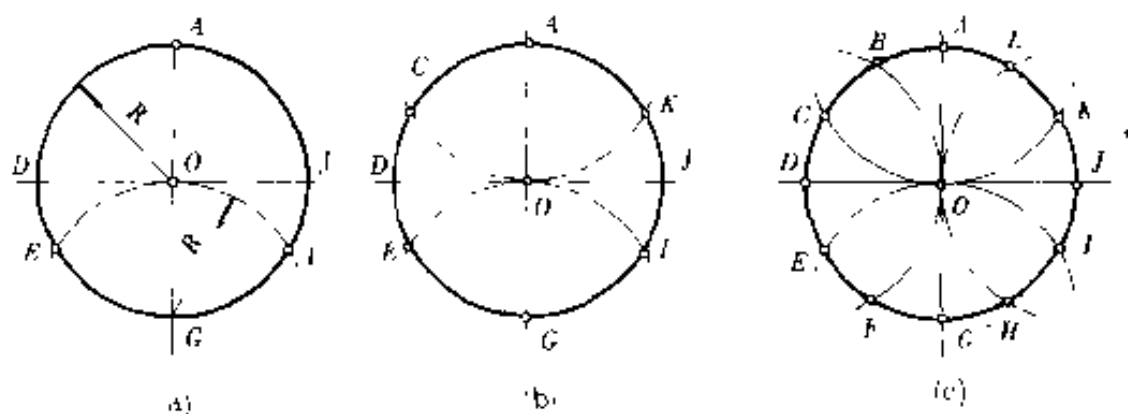


图 1-7 圆周的三、六、十等分

(2) 圆周的五等分 已知一圆的圆心为 O , 半径为 R , 五等分的作图步骤为:

①过圆心 O 作直径 $AB \perp CD$, 求出 OB 中点 G [图 1-8 (a)]。

②以 G 为圆心, GC 为半径作圆弧交 OA 于 H 点 [图 1-8 (b)]。

③以弦长 CH 为半径, 在圆周上从 C 点起依次截取五等分, 1、2、3、4 为分点 [图 1-8 (c)]。

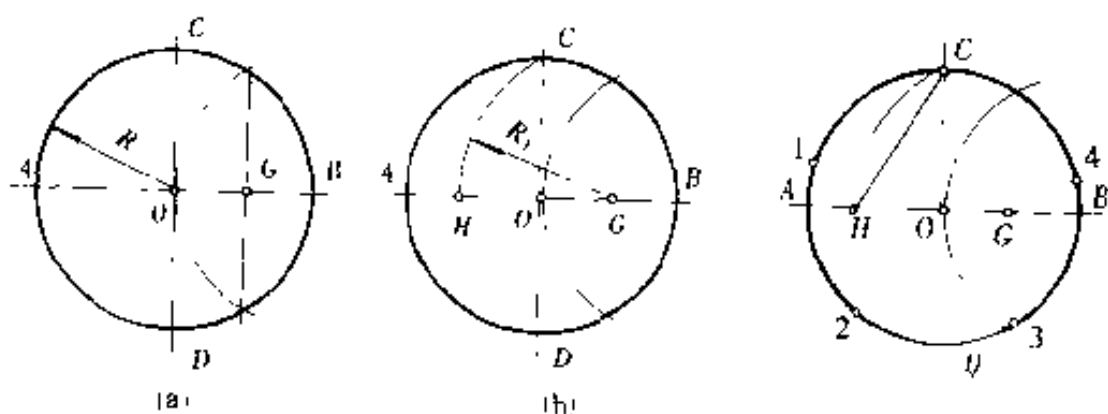


图 1-8 圆周的五等分

(3) 用弦长表等分圆周 除特定的圆周等分可直接作图求得外, 若要分圆周为任意等分可用弦长表法。即利用弦长

与直径的比例系数，计算出等分圆周每份的弦长，然后将圆周等分。等分圆周的弦长系数如表 1-1 所示。表中 n 为等分份数， K 为弦长系数。

表 1-1 圆周弦长系数表

n	K	n	K	n	K	n	K
		26	0.1205	51	0.0616	76	0.0413
		27	0.1161	52	0.0604	77	0.0408
3	0.8660	28	0.1120	53	0.0592	78	0.0403
4	0.7071	29	0.1081	54	0.0581	79	0.0398
5	0.5878	30	0.1045	55	0.0571	80	0.0393
6	0.5000	31	0.1012	56	0.0561	81	0.0388
7	0.4339	32	0.0980	57	0.0551	82	0.0383
8	0.3827	33	0.0951	58	0.0541	83	0.0378
9	0.3420	34	0.0923	59	0.0532	84	0.0374
10	0.3090	35	0.0896	60	0.0523	85	0.0370
11	0.2817	36	0.0872	61	0.0515	86	0.0365
12	0.2588	37	0.0848	62	0.0506	87	0.0361
13	0.2393	38	0.0826	63	0.0498	88	0.0357
14	0.2225	39	0.0805	64	0.0491	89	0.0353
15	0.2079	40	0.0785	65	0.0483	90	0.0349
16	0.1951	41	0.0765	66	0.0476	91	0.0345
17	0.1838	42	0.0747	67	0.0469	92	0.0341
18	0.1737	43	0.0730	68	0.0462	93	0.0338
19	0.1645	44	0.0713	69	0.0455	94	0.0334
20	0.1564	45	0.0698	70	0.0449	95	0.0331
21	0.1490	46	0.0682	71	0.0442	96	0.0327
22	0.1423	47	0.0668	72	0.0436	97	0.0324
23	0.1362	48	0.0654	73	0.0430	98	0.0321
24	0.1305	49	0.0641	74	0.0424	99	0.0317
25	0.1253	50	0.0628	75	0.0419	100	0.0314

计算公式为： $S = K \cdot D$

式中： S ——等分圆周每份的弦长；

K ——弦长系数；

D ——圆的直径。

[例] 已知圆的直径 $D = 40 \text{ mm}$ ，拟分为 9 等分，试求出每份弦长。

[解] 查表 1-1，当 $n = 9$ 时， $K = 0.3420$ 。代入公式 $S = K \cdot D$ ，可求出 9 等分时的每份弦长，

$$S = K \cdot D = 0.3420 \times 40 = 13.68 \text{ mm}$$

最后按所求 S 值将圆周九等分（图 1-9）。

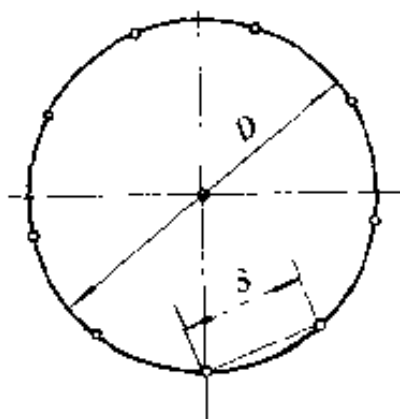


图 1-9 圆周的九等分

6. 怎样根据已知条件作正多边形？

正多边形的边长、内角和外角均相等。在正多边形内作与各边均相切的圆称为正多边形的内切圆；在正多边形外所作过各顶点的圆称为正多边形的外接圆。

(1) 已知正多边形的外接圆作正多边形 将已知外接圆按等分圆周的方法分为所求等分，连接各分点即为所求正多边形。

(2) 已知边长作正多边形 作图方法如图 1-10 所示。

① AB 为已知边长。

② 作 AB 的垂直平分线。

③ 过 A 点作 45° 线交垂直平分线于 O_4 点。

④ 过 B 点作 30° 线交垂直平分线于 O_6 点。

⑤ 求出 O_4O_6 的中点 O_5 ，则点 O_4 、 O_5 、 O_6 分别为以 AB 为边长的正四边形、正五边形和正六边形的外接圆的圆心。

⑥ 在 AB 的垂直平分线上若再以 O_4O_5 的长度继续截取 O_7 、 O_8 、 O_9 ……各点，即可得到以 AB 为边长的正七边形、正

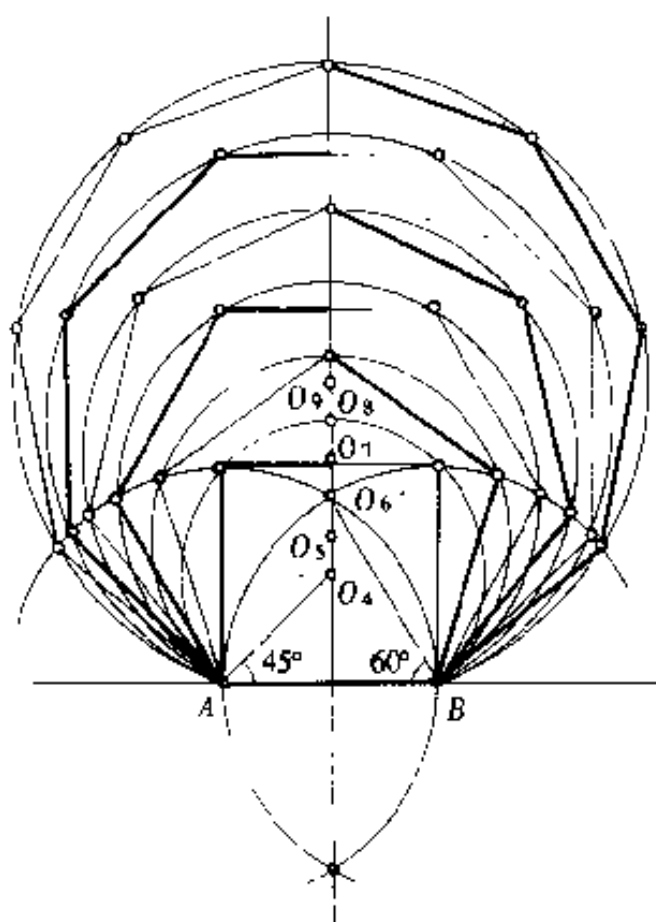


图 1-10 已知边长作正多边形

八边形等各正多边形外接圆的圆心。作出外接圆后，就可求出各正多边形。

7. 怎样根据已知条件作三角形？

(1) 已知等腰三角形的周长 L 和高 H ，求作三角形（图 1-11）。

①作 $AB = \frac{L}{2}$ ，过 B 点作 $BC \perp AB$ ，且 $BC = H$ 。

②连 AC ，并作 AC 的垂直平分线交 AB 于 D 点，延长 DB ，使 $BE = DB$ ，三角形 CDE 即为所求。

(2) 已知三角形的周长 L 和三边比，求作三角形（图 1-12）。下面以三角形的三边比是 $4 : 5 : 6$ 为例。

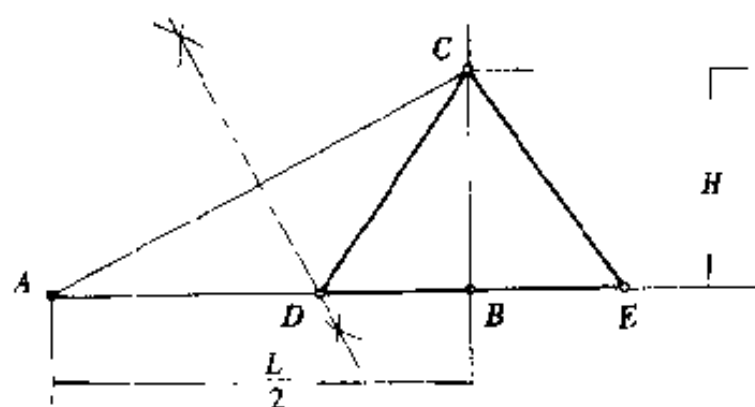


图 1-11 三角形作图法之一

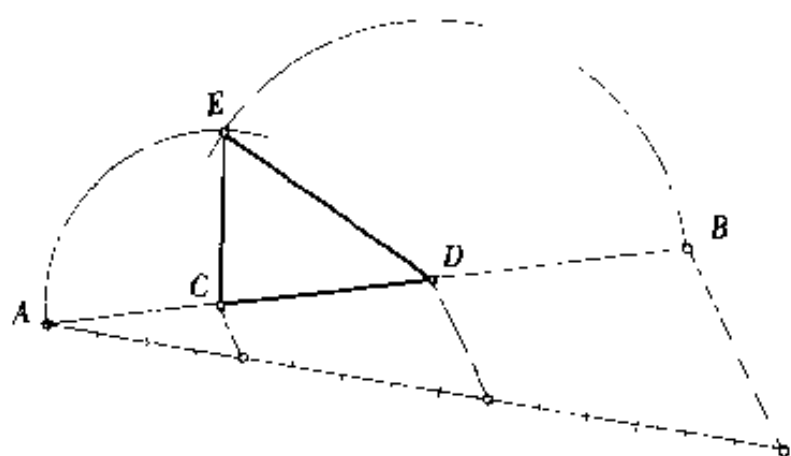


图 1-12 三角形作图方法之二

①先作线段 $AB=L$ ，并将 AB 分为已知的比例 $4:5:6$ ，求出分点 C 、 D 。

②以 C 点为圆心， CA 为半径作弧，再以 D 点为圆心， DB 为半径作弧，两弧的交点 E 为三角形的一顶点，三角形 CDE 即为所求三角形。

(3) 已知三角形的周长 L 、高 H 和顶角 θ ，求作三角形 (图 1-13)。

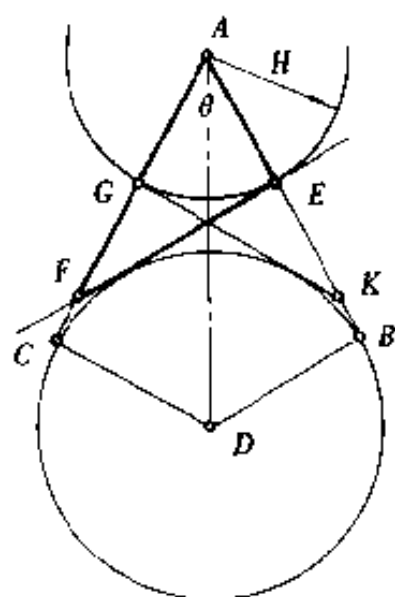


图 1-13 三角形作图方法之三

①作 $\angle CAB$ 等于顶角 θ ，使 $AB=AC=\frac{L}{2}$ 。

②分别过 B 点和 C 点作 AC 、 AB 的垂线并相交于 D 点。

③以点 D 为圆心， DB 或 DC 为半径作圆。

④以点 A 为圆心，高 AI 为半径作弧。然后求圆和弧的公切线，交 AC 于 F 点、交 AB 于 E 点，三角形 AEF 即为所求（或作与 EF 方向相反的公切线，得三角形 AGK ）。

8. 怎样根据已知条件作圆？

(1) 过三个已知点作圆

如图 1-14 所示，已知 A 、 B 、 C 三点，求过该三点的圆。作任意两点连线的垂直平分线，两垂直平分线的交点 O 即是过该三点的圆的圆心。 O 到任一已知点的距离为圆的半径。

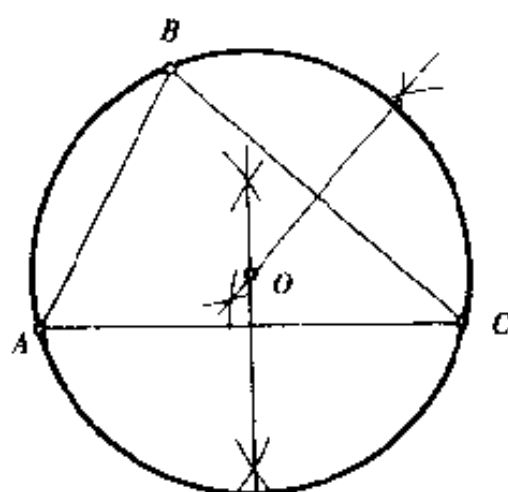


图 1-14 过已知三点作圆

(2) 作任意正多边形的内切圆和外接圆 对正多边形而言，任意两内角角平分线的交点就是正多边形内切圆和外接圆的圆心。图 1-15 是以正三角形为例，分别作 $\angle A$ 和 $\angle C$ 的角分线，交点 O 即为所求圆圆心。 O 点到边的距离为内切圆的半径； O 点到顶点的距离为外接圆的半径。

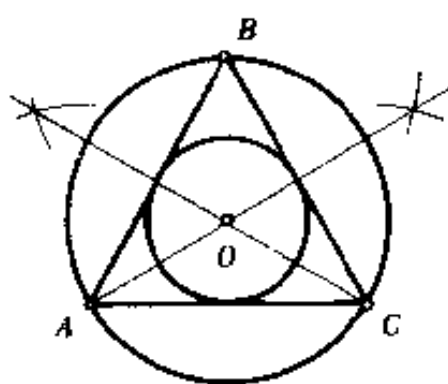


图 1-15 作正多边形的内切圆和外接圆

9. 弓形的几何关系是什么?

如图 1-16 所示, AB 为弓形的弦长 b , h 为弓高, \widehat{AB} 为弧长, θ 为圆心角, R 为圆半径。

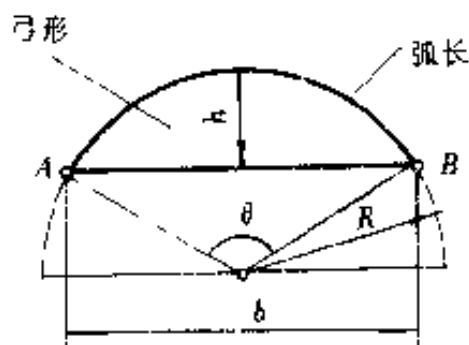


图 1-6 弓形

图 1-17 为弓高 h 与圆心角 θ 的几何关系, 图 1-18 所示为弦长 b 、圆心角 θ 和弓高 h 的几何关系。其中: 弦长 $b = 2R \sin \frac{\theta}{2}$;

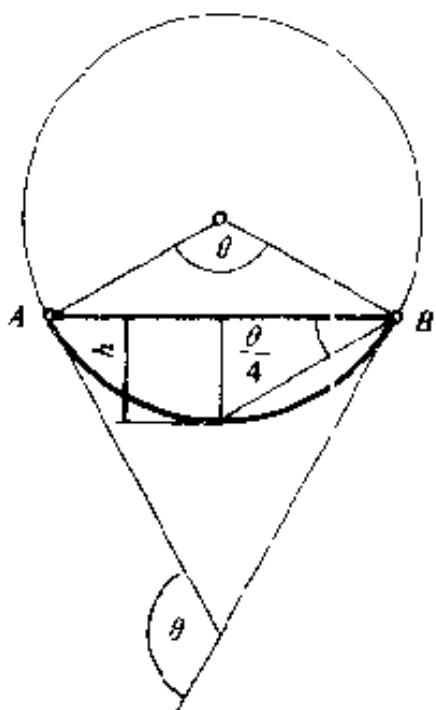


图 1-17 弓形几何关系之一

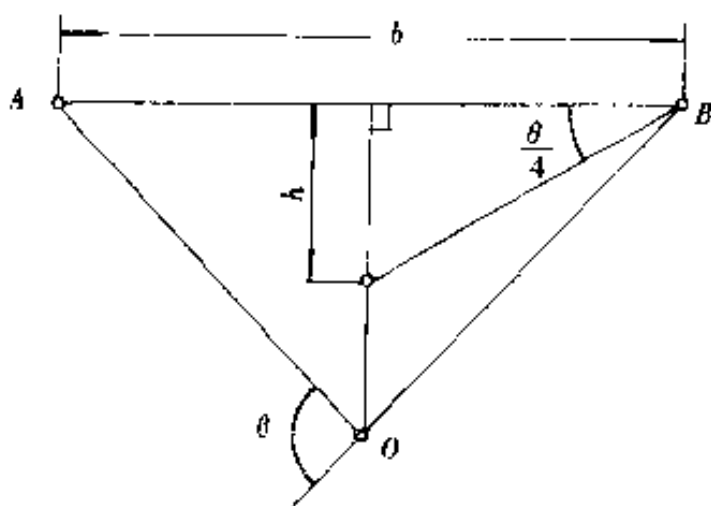


图 1-18 弓形几何关系之二

$$\text{圆半径 } R = \frac{b^2 + 4h^2}{8h};$$

$$\text{圆心角 } \theta = 4 \arctan \frac{2h}{b};$$

$$\text{弓高 } h = 2R \sin^2 \frac{\theta}{4} = \frac{b}{2} \tan^2 \frac{\theta}{4}$$

10. 怎样根据弦长和弓高作大半径圆弧？

已知弦长 l 和弓高 h [图 1-19 (a)], 大半径圆弧的画法有两种。

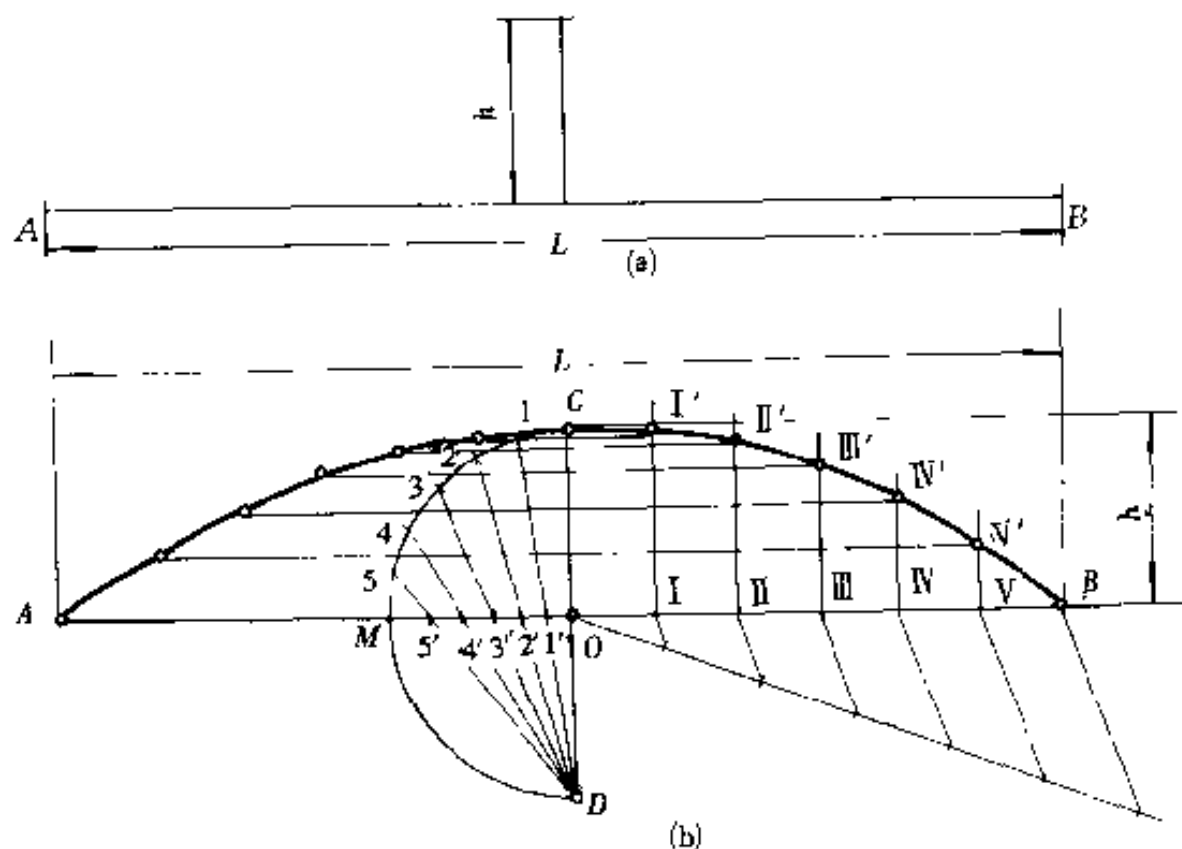


图 1-19 大半径圆弧作图方法之一

(1) 方法一如图 1-19 (b) 所示

①过弦长 AB 中点 O 作垂线, 长为弓高 h , 得 C 点。

②以 O 为圆心, OC 长为半径画半圆交 OC 延长线于 D 点, 交 OA 于 M 点。

③将 \widehat{CM} 弧进行适当等分。等分数越多, 作图越精确。图中分为 6 等分, 得分点 1、2...5, 将各分点与 D 点相连交 OA 于 $1'$ 、 $2'$ 、... $5'$ 点。

④将 OB 线作相同等分, 分点为 I 、 II ... V , 过各分点作垂线, 并量取 $I I' = 11'$ 、 $II II' = 22'$... $V V' = 55'$, 得 I' 、

Ⅱ'……V'点。

⑤将 I'…V'点光滑连接即得到半个圆弧，再用同样方法或以 OC 为对称轴求出 I'、Ⅱ'……各点的对称点来，便可求出另一半圆弧。

(2) 方法二 如图 1-20 所示

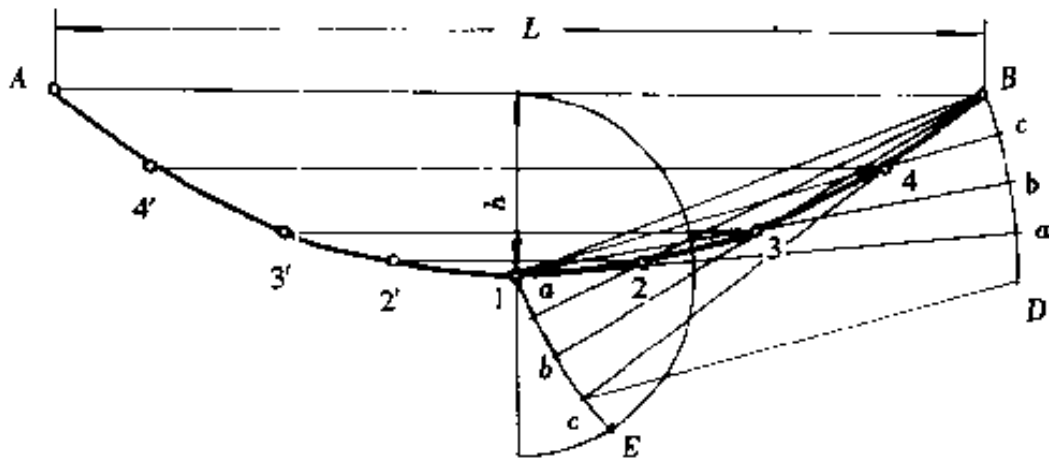


图 1-20 大半径圆弧作图方法之二

①作 AB 中垂线并取 h 长得 1 点。

②以 1 为圆心，h 为半径作半圆。

③以点 B 为圆心，B1 长为半径作弧交半圆于点 E，得 1E 弧并将其 n 等分（图中 n=4）得分点 a、b、c，将各分点与 B 点连线得 Ba、Bb、Bc。

④以点 1 为圆心，B1 长为半径画弧 $\widehat{BD} = \widehat{1E}$ ，也作相同等分，得分点 a、b、c，同样将各分点与 1 点连线得 1a、1b、1c。

⑤两组连线的对应交点 2、3、4 即为圆弧上点，求出它们以弓高为对称轴的对应点 2'、3'、4'，光滑连接至 A、B 点即为所求圆弧。

11. 怎样根据已知条件作圆的切线?

(1) 过圆外一已知点 A 作圆的切线 如图 1-21 所示, 连接 AO 并求其中点 N , 以 N 点为圆心, ON 为半径画弧交圆于 T 点, 则 T 为切点, 连线 AT 即为所求切线。

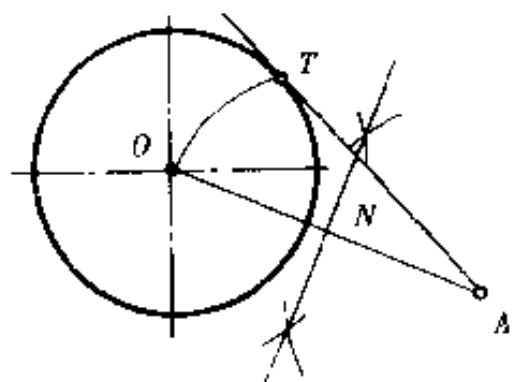


图 1-21 过圆外一已知点
作圆的切线

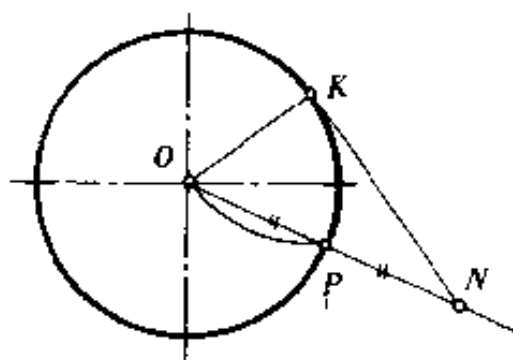


图 1-22 过圆上一已知点
作圆的切线

(2) 过圆上一已知点 K 作圆的切线 如图 1-22 所示, 连接 OK , 以 K 为圆心, OK 为半径作弧交圆于 P 点, 连接 OP 并在其延长线上取 N 点, 并使 $OP = PN$, 连线 NK 即为过 K 点的圆的切线。

(3) 作两圆的外公切线 如图 1-23 所示, 两已知圆的圆心为 O_1 、 O_2 , 半径分别为 R 、 r 。作图步骤为:

① 连接两圆心 O_1O_2 , 并以 O_1O_2 为直径作一半圆。

② 以 O_1 为圆心, $R-r$ 为半径作圆交半圆于 T 点。

③ 连 O_1T 交大圆于 A 点。

④ 过 O_2 作 O_1A 的平行线交小圆于 B 点, 即 $O_1A \parallel O_2B$, 则 AB 连线即为两圆的外公切线, A 、 B 为切点。

(4) 作两圆的内公切线 如图 1-24 所示, 两已知圆的圆心分别为 O_1 、 O_2 , 半径分别为 R 、 r 。作图步骤为:

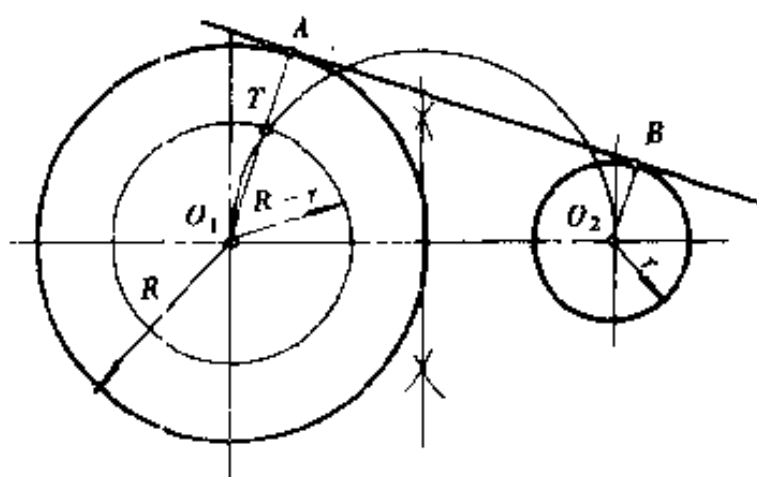


图 1-23 作两圆的外公切线

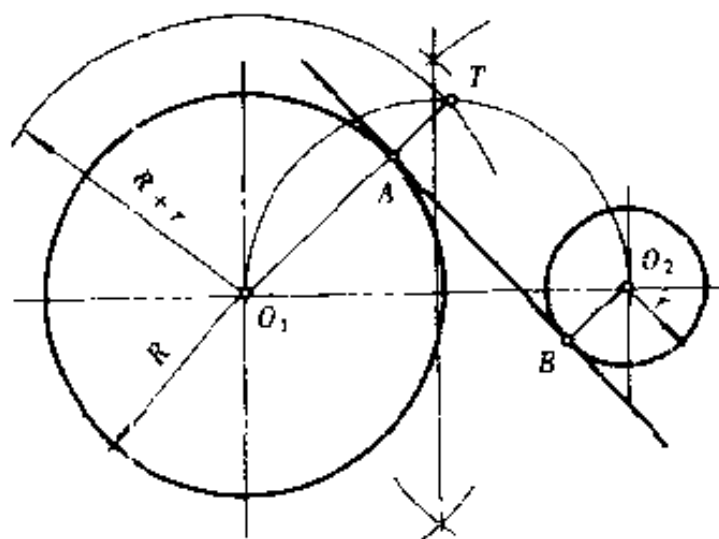


图 1-24 作两圆的内公切线

- ①连两圆心 O_1O_2 ，并以 O_1O_2 为直径作一半圆；
- ②以 O_1 为圆心， $R+r$ 为半径作圆交半圆于 T 点。
- ③连 O_1T 交大圆于 A 点。
- ④过 O_2 作 $O_2B \parallel O_1A$ ，则 A 、 B 为切点， AB 连线为两圆的内公切线。

12. 什么叫圆弧连接？

用已知圆弧将相邻的直线或圆弧光滑连接起来称为圆弧

连接，实质上就是圆弧与直线、圆弧与圆弧相切，所以连接弧半径、连接弧圆心、连接点（切点）是构成圆弧连接的三要素。

(1) 用半径为 R 的圆弧连接已知直线与直线相切的圆弧，其圆心轨迹一定在距直线为 R 的平行线上，连接点为过圆心向已知直线所作垂线的垂足，如图 1-25 所示。

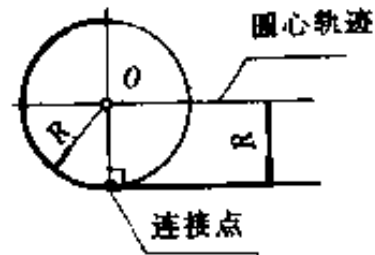


图 1-25 圆弧与直线连接

(2) 用半径为 R 的圆弧连接已知圆弧

①连接弧与已知圆弧外切 [图 1-26 (a)]。已知圆弧的圆心是 O_1 ，半径为 R_1 ，外切时连接圆弧的圆心轨迹必在以 O_1 为圆心、 $R_1 + R$ 为半径的圆弧上，连接点（切点）是两圆心连线 OO_1 与已知圆弧的交点。确定连接弧圆心 O 、求出连接点后，以 O 为圆心， R 为半径作圆弧即可与已知圆弧光滑连接。

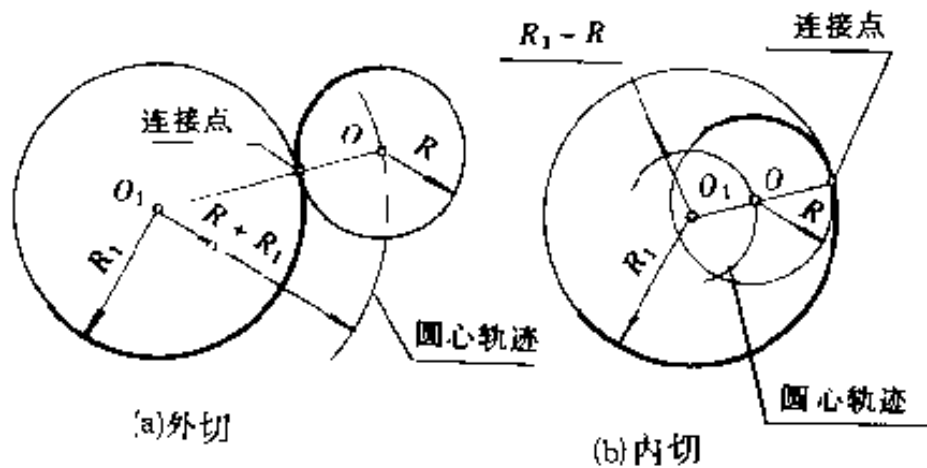


图 1-26 圆弧与圆弧连接

②连接弧与已知圆弧内切 [图 1-26 (b)]。已知圆弧的圆心是 O_1 ，半径为 R_1 。内切时连接弧的圆心轨迹在以 O_1 为圆心， $|R_1 - R|$ 为半径的圆弧上，确定连接弧圆心 O 后，两圆心

连线 O_1O 与已知弧的交点即为连接点。然后以 O 为圆心, R 为半径即可作两圆弧内切。

13. 怎样用已知半径的圆弧连接两直线?

已知连接弧半径为 R 、两已知直线为 l_1 、 l_2 。连接步骤如图 1-27 所示:

(1) 分别作与两直线相距为 R 的平行线, 它们是连接圆弧与直线相切时的圆心轨迹, 两直线的交点 O 即为连接弧圆心 [图 1-27 (a)]。

(2) 过圆心 O 向两已知直线 l_1 、 l_2 作垂线, 其垂足 A 、 B 两点为连接点 [图 1-27 (b)]。

(3) 以 O 为圆心, R 为半径, 以 A 、 B 为连接点画弧即可 [图 1-27 (c)]。

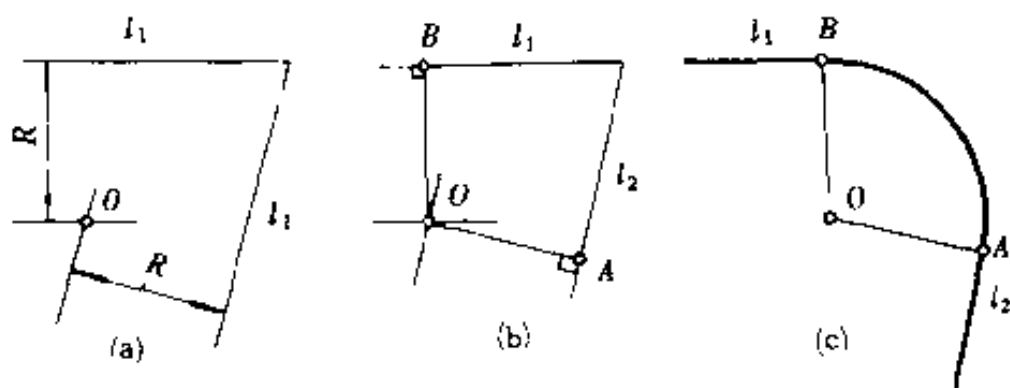


图 1-27 用圆弧连接两已知直线

14. 怎样用已知半径的圆弧连接直线和圆弧?

已知一直线 l 和一圆弧, 其圆心为 O_1 , 半径为 R_1 , 连接弧半径为 R 。连接步骤如下:

(1) 以 O_1 为圆心, $R_1 + R$ 为半径作连接弧与已知圆弧连接的圆心轨迹, 再作与 l 相距为 R 的平行线, 即连接弧与直

线相切的圆心轨迹，两轨迹的交点为连接弧圆心 O [图 1-28 (a)]。

(2) 过 O 点作直线 l 的垂线得垂足 A ，连 OO_1 与已知弧交于点 B ， A 、 B 是连接点 [图 1-28 (b)]。

(3) 以 O 为圆心， R 为半径作弧连接已知直线和已知圆弧 [图 1-28 (c)]。

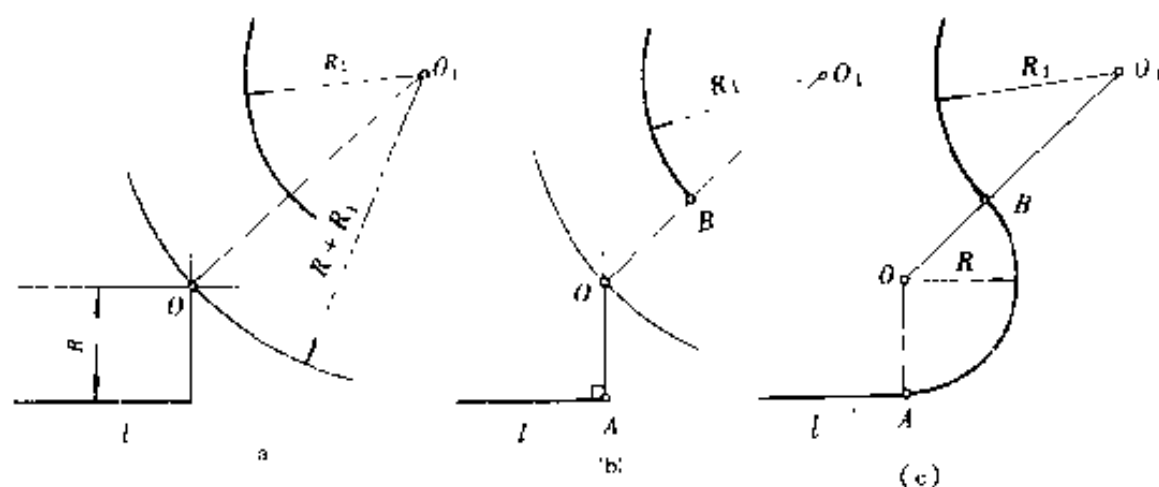


图 1-28 用已知圆弧连接一已知直线和一已知圆弧

15. 怎样用已知半径的圆弧连接两圆弧？

用半径为 R 的连接弧连接两段已知圆弧时有三种连接方式：即与两个圆弧外切、与两个圆弧内切和与一个内切一个外切。作图方法如图 1-29 所示，具体步骤请读者自行分析。

16. 试述椭圆的作图方法

根据椭圆长短轴作椭圆的方法有两种：即同心圆法和四点圆心法。

(1) 同心圆法 该方法是椭圆的精确画法。作图步骤见图 1-30。

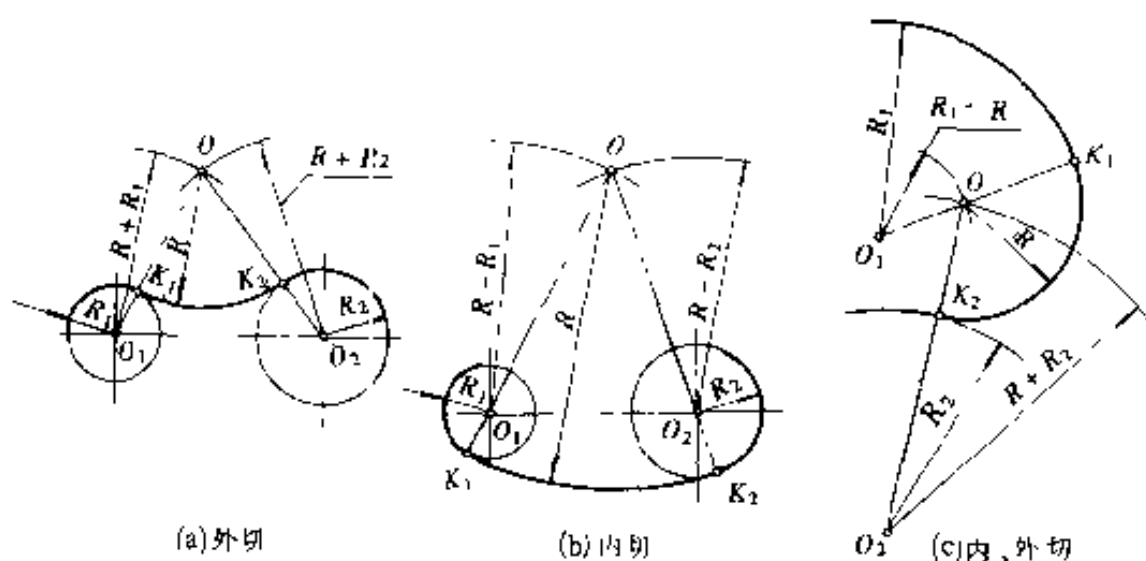


图 1-29 用圆弧连接已知两圆弧

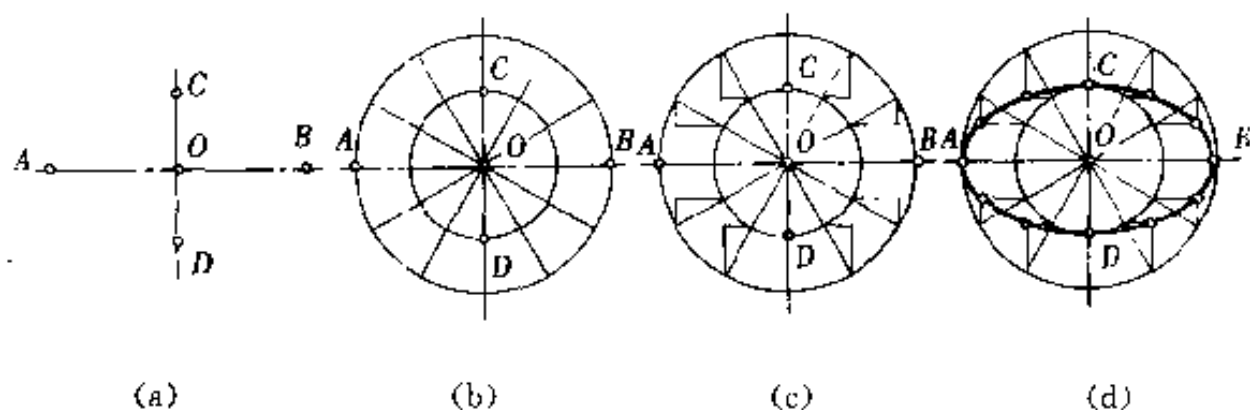


图 1-30 用同心圆法画椭圆

(a) 已知椭圆的长轴 AB 及短轴 CD 。

(b) 以中心 O 为圆心, OA 及 OB 为半径作同心圆。再过中心 O 作一系列直径与两同心圆相交。

(c) 过大圆上的各交点作 CD 的平行线, 过小圆上的各交点作 AB 的平行线。它们的交点即为椭圆上的点。

(d) 用曲线板光滑地连接各点, 即可作出椭圆。

(2) 四点圆心法 该方法是椭圆的近似画法。作图步骤见图 1-31。

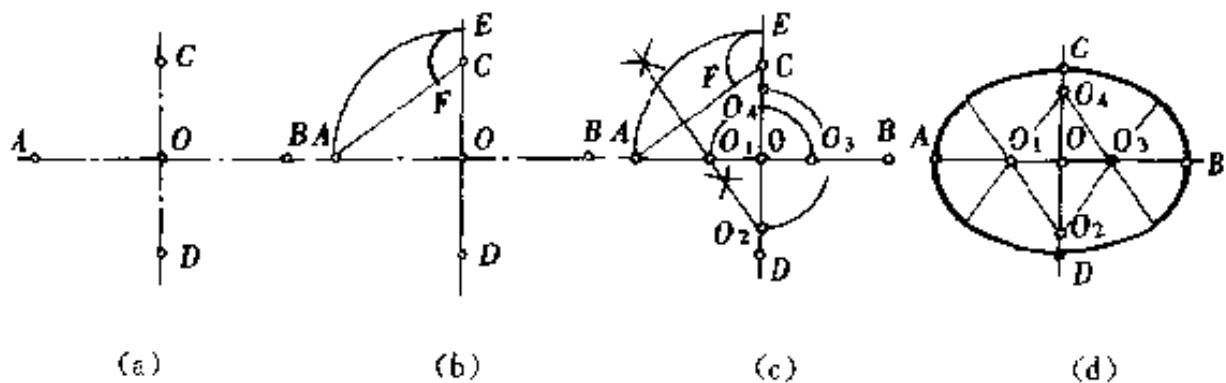


图 1-31 用四点圆心法画椭圆

- (a) 已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD 。
- (b) 以 O 为圆心, OA 为半径画弧交短轴于点 E , 再以 C 为圆心, CE 为半径画弧交 AC 于点 F 。
- (c) 作线段 AF 的垂直平分线, 与长、短轴分别相交于 O_1 和 O_2 再取 O_1O_2 的对称点 O_3 和 O_4 。
- (d) 连接 O_1O_2 , O_2O_1 , O_3O_4 , O_1O_4 。分别以 O_1 、 O_3 、 O_2 、 O_4 为圆心, 以 O_1A 和 O_2C 之长为半径画圆弧, 即得近似椭圆。

17. 怎样把圆和圆弧展成直线?

(1) 圆展开为直线 第一种方法如图 1-32 所示。首先将圆周 n 等分 (图中为 12 等分。实际作图时要根据圆直径的大小来决定等分份数, 等分数越多, 结果越精确), 过 A 点作圆

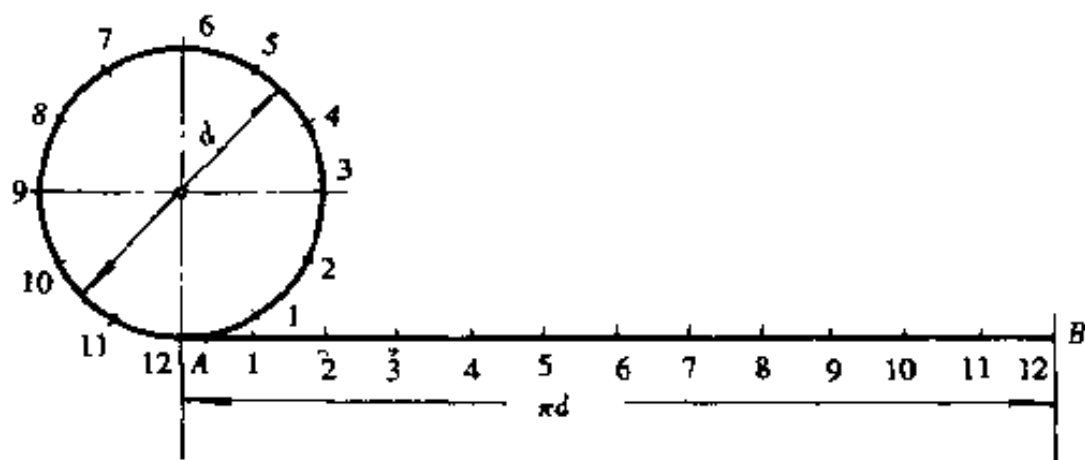


图 1-32 圆的展开之一

的切线，然后以两分点间的弦长依次在切线上截取相应的份数，即可近似得到圆的展开长度 AB 。

第二种方法如图 1-33 所示，其作图步骤为：

①以 A 为圆心，以 R 为半径画弧交圆周于 B 点，连接 OB 两点 [图 1-33 (a)]。

②过 C 点作圆的切线与 OB 相交于 D 点，再从 D 点开始在切线上量取二倍 R 的长度得 E 点 [图 1-33 (b)]。

③连 FE ，则 $FE = \pi R$ ，为周长的一半，取其二倍，可得到圆的周长展开长度 [图 1-33 (c)]。

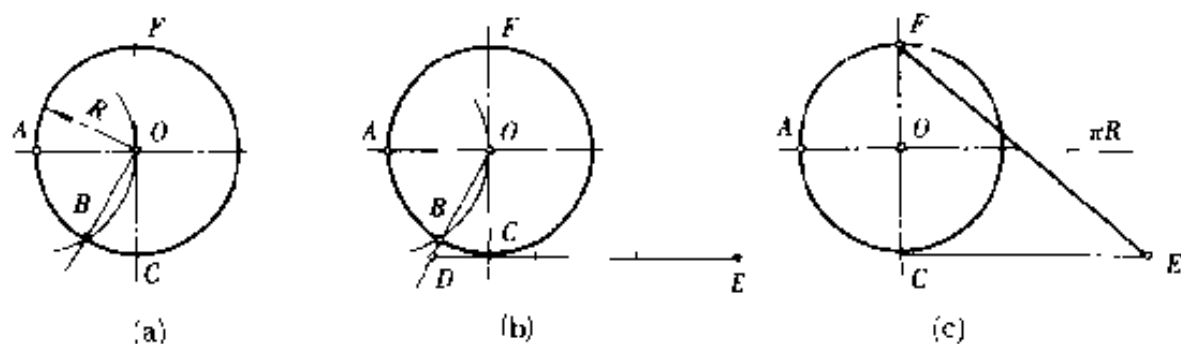


图 1-33 圆的展开之二

(2) 半圆展开为直线 已知如图 1-34(a)所示的半圆 \widehat{AB} ，圆心为 O ，半径为 R ，其展开方法为：

①以 B 为圆心， R 为半径作弧与半圆相交于 D 点 [图 1-34 (a)]。

②以 A 为圆心， AD 为半径作弧与过 A 点的切线相交于 H 点 [图 1-34 (b)]。

③以 A 为圆心， AC 为半径作弧交 HA 延长线于 G 点，则 HG 即为半圆周的展开长度 (图 1-34)。

(3) 将 $1/4$ 圆周展开 (图 1-35) 已知 $1/4$ 圆周 \widehat{AB} ，圆心为 O ，展开步骤如下：

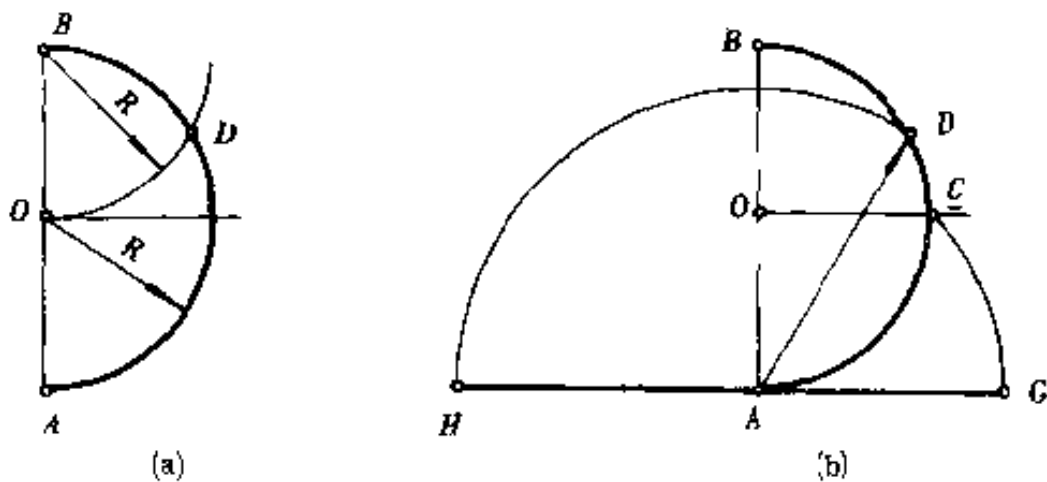


图 1-34 半圆的展开

①连接 AB 并求其中点 E ，以 A 为圆心， AE 长为半径画弧交 AB 延长线于 C 点。

②以 C 为圆心， CB 长为半径画弧与过 A 点的圆弧切线相交于 G 点，则 AG 为 $1/4$ 圆周的展开长度。

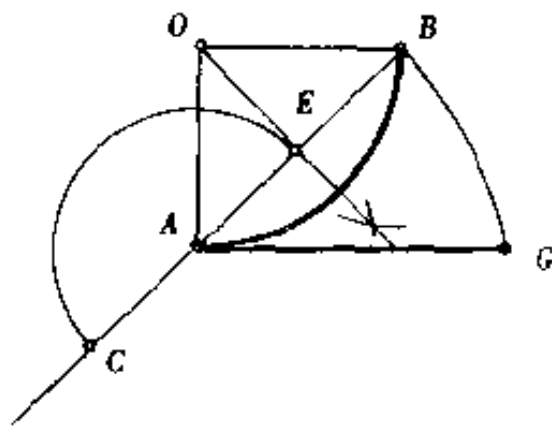


图 1-35 $1/4$ 圆周的展开

(4) 将大于 $1/4$ 的圆周展开 [图 1-36 (a)] 已知 \widehat{AB} ，圆心角 $\theta > 90^\circ$ ，展开步骤为：

①求 \widehat{AB} 中点 E ，以 A 为圆心， AE 为半径画弧交 AB 延长线于 C 。

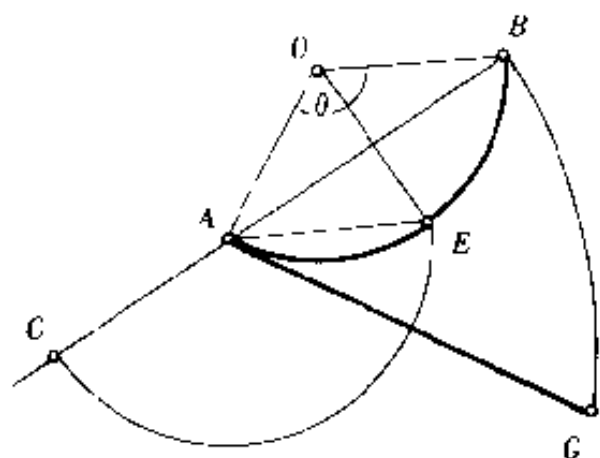
②以 C 为圆心， CB 为半径画弧交过 A 点的圆弧切线于 G 点，则 AG 为 \widehat{AB} 弧的展开长度。

(5) 将小于 $1/4$ 的圆周展开 [图 1-36 (b)] 已知 \widehat{AB} ，圆心角 $\theta < 90^\circ$ ，展开步骤为：

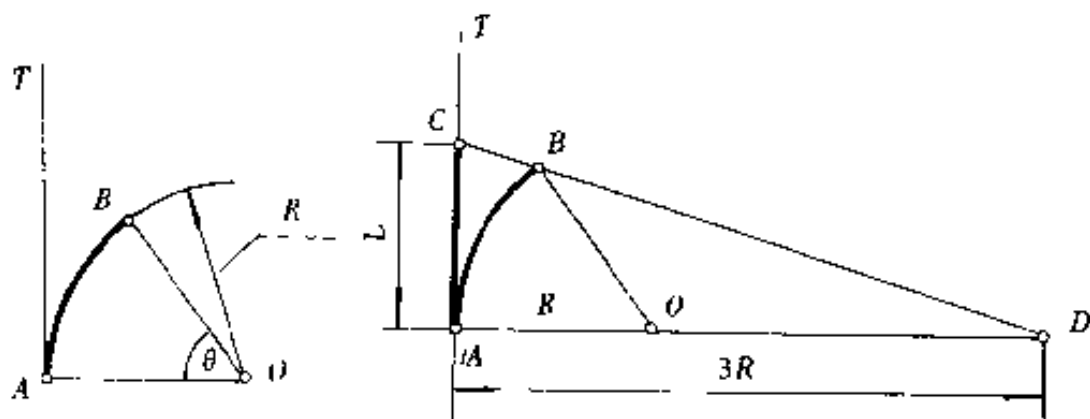
①过 A 点作已知弧的切线 AT 。

②在 AO 的延长线上从 A 点起截取 $3R$ 长得 D 点。

③连接 DB 交已知弧切线 AT 于 C 点, 则 AC 即为 \widehat{AB} 弧的展开长度。



(a) 大于 $\frac{1}{4}$ 圆周的展开



(b) 小于 $\frac{1}{4}$ 圆周的展开

图 1-36 大于或小于 $\frac{1}{4}$ 圆周的展开

18. 怎样把平面曲线展成直线?

平面曲线的展开原理是将平面曲线分为若干段, 将每一段曲线近似看做是一小段直线, 并画在同一条直线上。可以看出分的段数应足够多, 方可减小展开误差。作图方法见图 1-37。

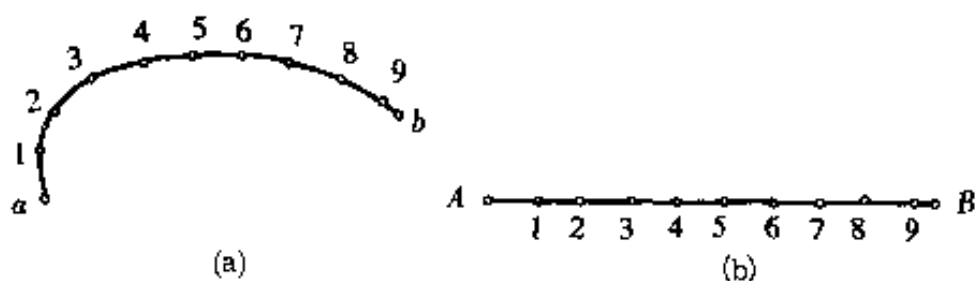


图 1-37 平面曲线展成直线

19. 怎样把空间曲线展成直线?

已知空间曲线的投影, 如图 1-38 (a) 所示, 其展开步骤为:

(1) 将空间曲线分为若干段, 尽量使每一段近似为直线, 求出各个分点 A 、 B ... H 的两面投影 [图 1-38 (a)]。

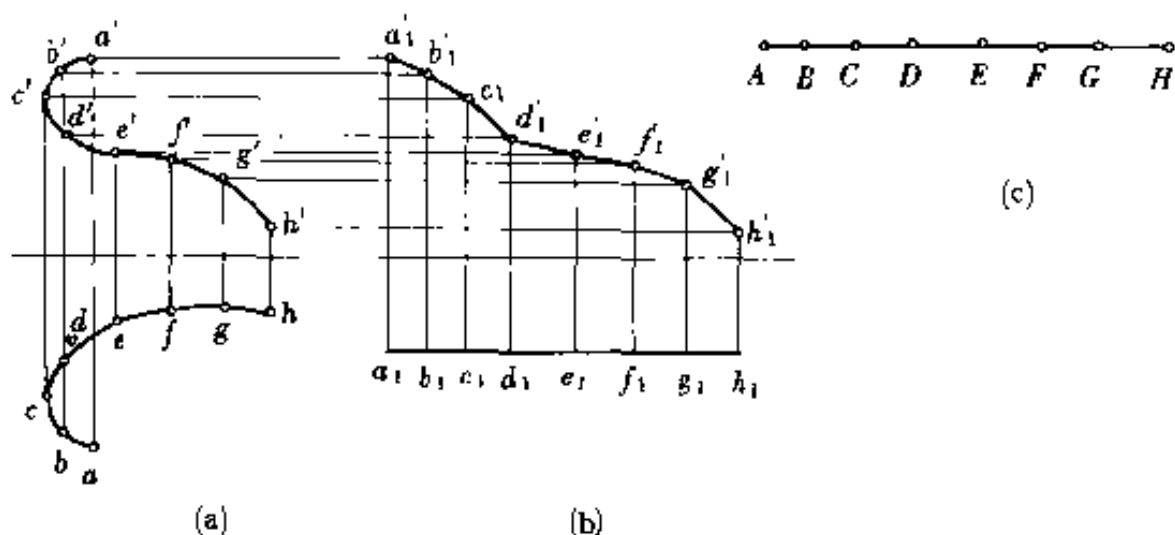


图 1-38 空间曲线展成直线

(2) 根据每一段曲线的两面投影, 利用直角三角形法求出各段曲线的实长 a_1b_1 、 b_1c_1 ... g_1h_1 , 如图 1-38 (b) 所示。其中水平投影相邻两点间的距离 a_1b_1 、 b_1c_1 ... g_1h_1 分别等于图 (a) 中的对应长度 ab 、 bc ... gh , 正面投影中的垂直距离则分别为各相邻两点间的高度差。

(3) 将各段实长画在一条直线上，即可得到空间曲线的展开长度 [图 1-38 (c)]。

20. 什么是正投影？正投影有哪些特性？

物体在灯光或日光的照射下，会在墙面或地面上留下影子，由此便可得到投影的概念。如图 1-39 所示， P 为投影面， S 为投影中心， $\triangle ABC$ 为空间一平面，由 S 发出的光线过 A 、 B 、 C 各点后与 P 平面相交于 a 、 b 、 c 点，我们称 a 为空间点 A 在 P 平面上的投影， SA 为投影线，同理， ab 为 AB 直线的投影， $\triangle abc$ 为 $\triangle ABC$ 的投影。

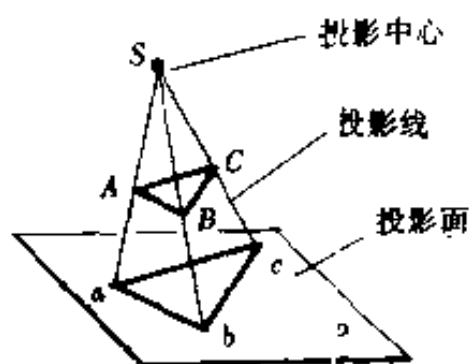


图 1 35 投影概念

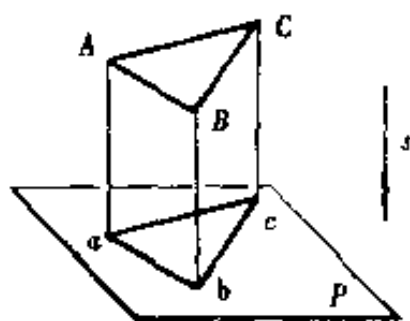


图 1 40 正投影

如果所有的投影线是相互平行的，且垂直于投影面，则得到的投影为正投影。如图 1-40 所示，投影方向 S 与投影面 P 垂直， $\triangle abc$ 为 $\triangle ABC$ 在 P 平面上的正投影。

机械制图中的三视图都是利用正投影方法画出的。正投影的投影特性有：

(1) 直线的投影一般仍为直线，如图 1-41 中直线 AB 的投影为 ab 。

(2) 如果点在直线上，则点的投影一定在直线的投影上，而且点分线段的比例在投影中保持不变。如图 1-41 所示， K

点在 AB 线上, 则 k 在 ab 上, 且有 $\frac{AK}{KB} = \frac{ak}{kb}$ 。

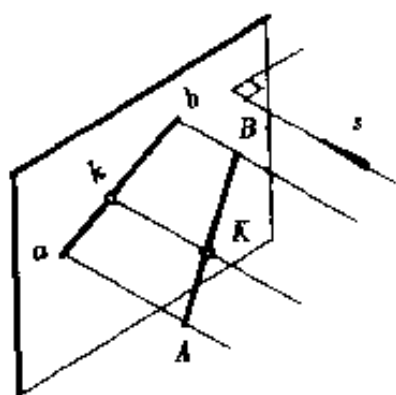


图 1-41 直线的投影

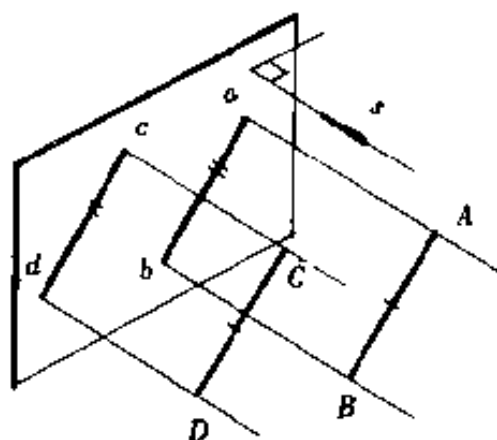


图 1-42 平行两直线的投影

(3) 空间互相平行的两直线, 其投影也一定互相平行。如图 1-42 所示, 因为 $AB \parallel CD$, 故有 $ab \parallel cd$ 。

(4) 当直线或平面平行于投影面时, 直线的投影反映实长, 平面的投影反映实形。这个性质叫做正投影的真实性。如图 1-43 所示。

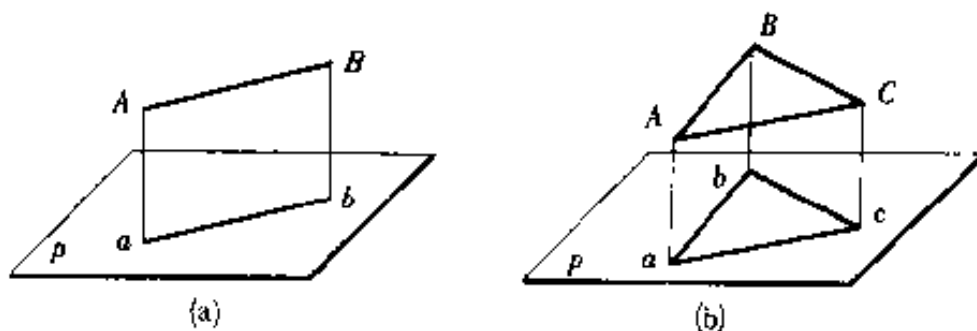


图 1-43 正投影的真实性

(5) 当直线或平面与投影面垂直时, 直线的投影积聚成一点, 平面的投影积聚成一条直线, 这个性质叫做正投影的积聚性。如图 1-44 所示。

(6) 若直线或平面与投影面倾斜时, 直线的投影仍为直线, 但小于直线的实长, 平面的投影是面积缩小了的类似形。

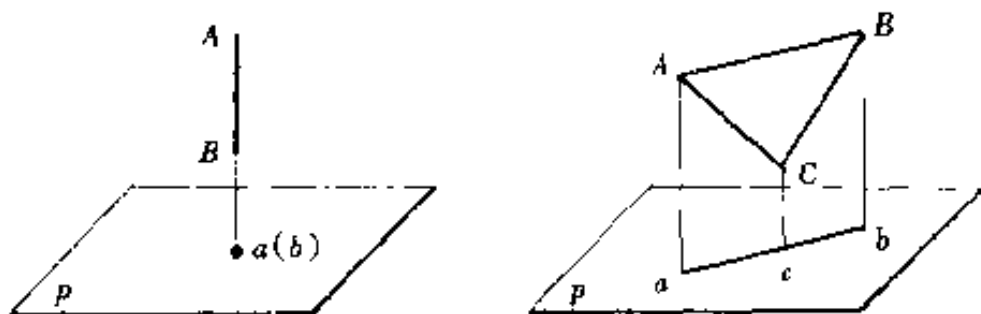


图 1-44 正投影的积聚性

这个性质叫做正投影的类似性。如图 1-45 所示。

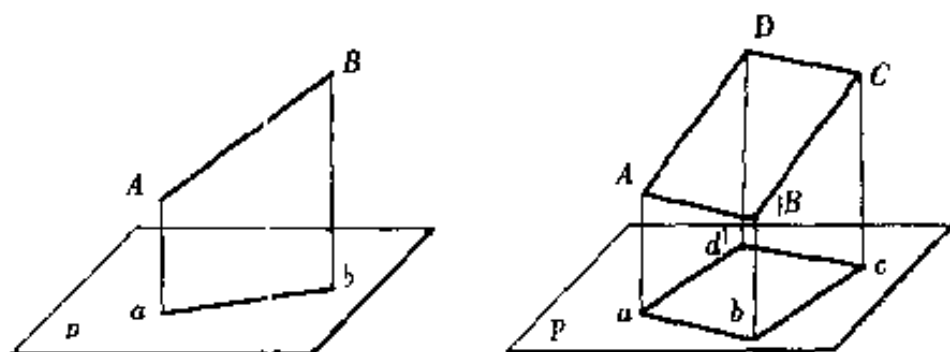


图 1-45 正投影的类似性

21. 什么是三视图？三个视图间有什么联系规律？

我们把根据正投影原理画出的物体在投影面上的投影又称为视图。一个物体一般有长、宽、高三个方向的尺寸。而由正投影的投影特性可知，一个投影只能反映物体两个方向的尺寸，不能唯一确定物体的形状，为解决这个问题，可以用三视图来表示物体的全部形状。设立三个相互垂直的平面构成三投影面体系 [图 1-46 (a)]。三个投影面分别称为：

正立投影面，简称为正面，用 V 表示；

侧立投影面，简称为侧面，用 W 表示；

水平投影面，简称为水平面，用 H 表示。

投影面之间的交线称为投影轴， V 面与 H 面的交线为 X 轴， V 面与 W 面的交线为 Z 轴， H 面与 W 面的交线为 Y 轴， X 、 Y 、 Z 三轴的交点 O 为原点。

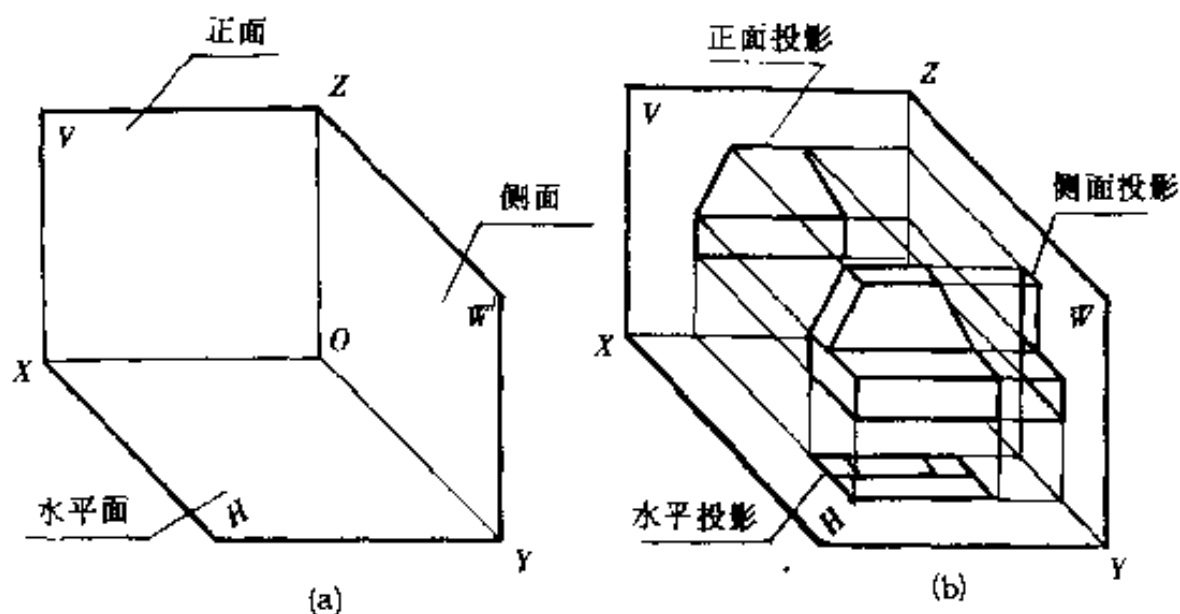


图 1-46 三面正投影

将物体放到三投影面体系中，按正投影原理，从三个方向观察物体，也就是将物体向三个投影面进行投影，可分别在正面、水平面、侧面上得到三个视图，在正面上的视图称为主视图，水平面上的视图称为俯视图，侧面上的视图称为左视图，三个视图统称为三视图，如图 1-46 (b) 所示。

为了能在一个平面上画出三视图，需将图 1-46 (b) 所示的三投影面体系展开： V 面不动，将 H 面和 W 面分别绕 X 轴和 Z 轴旋转到与 V 面重合，如图 1-47 (a) 所示。展开后的三个投影面和三视图的位置如图 1-47 (b) 所示。

实际画图时，投影面的边框不必画出，如图 1-48 或图 1-49 所示。

有关三视图间的联系规律，如图 1-50 所示：

主视图反映了物体长度和高度两个方向的尺寸；

俯视图反映了物体长度和宽度两个方向的尺寸；

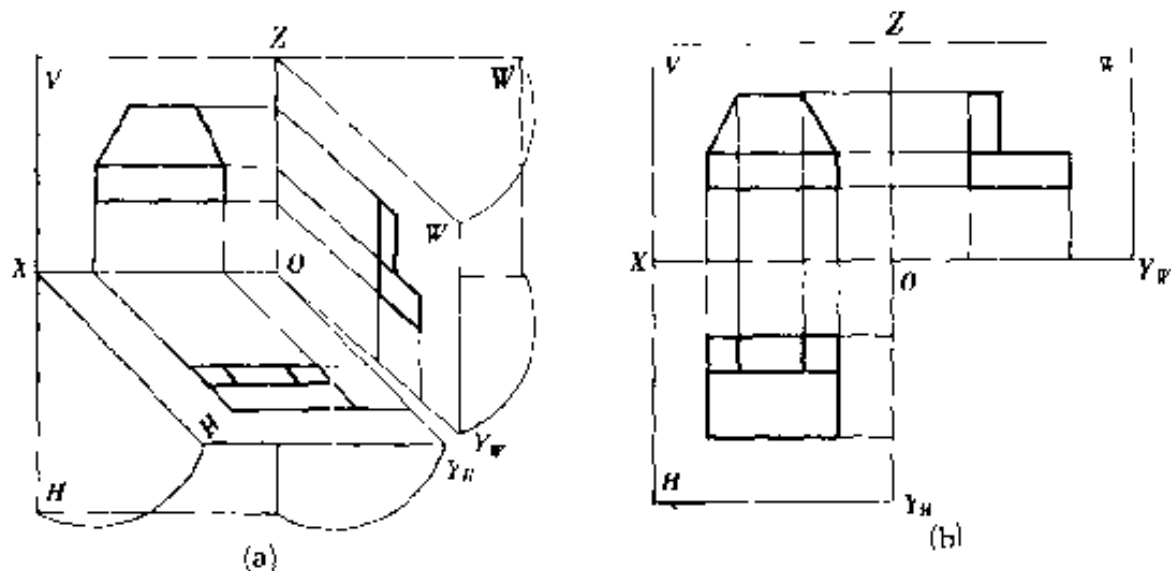


图 1-47 三投影面体系的展开

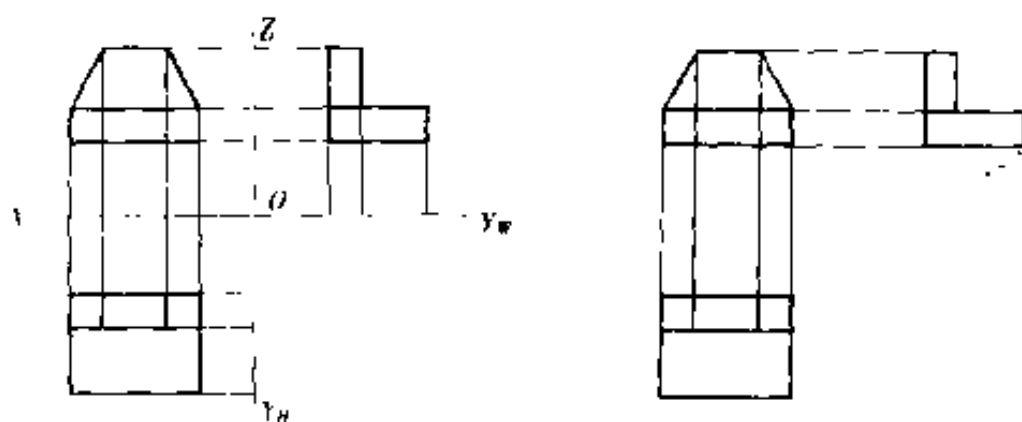


图 1 48 投影面边框不必画出

图 1 49 无轴投影图

左视图反映了物体高度和宽度两个方向的尺寸。

也就是说，主、俯视图同时反映了物体的长度，主、左视图同时反映了物体的高度，俯、左视图同时反映了物体的宽度。所以便可得到三视图间的联系规律（简称为三等规律）：

主、俯视图长对正；

主、左视图高平齐；

俯、左视图宽相等。

画三视图时，不论是局部结构还是总体结构的视图都要

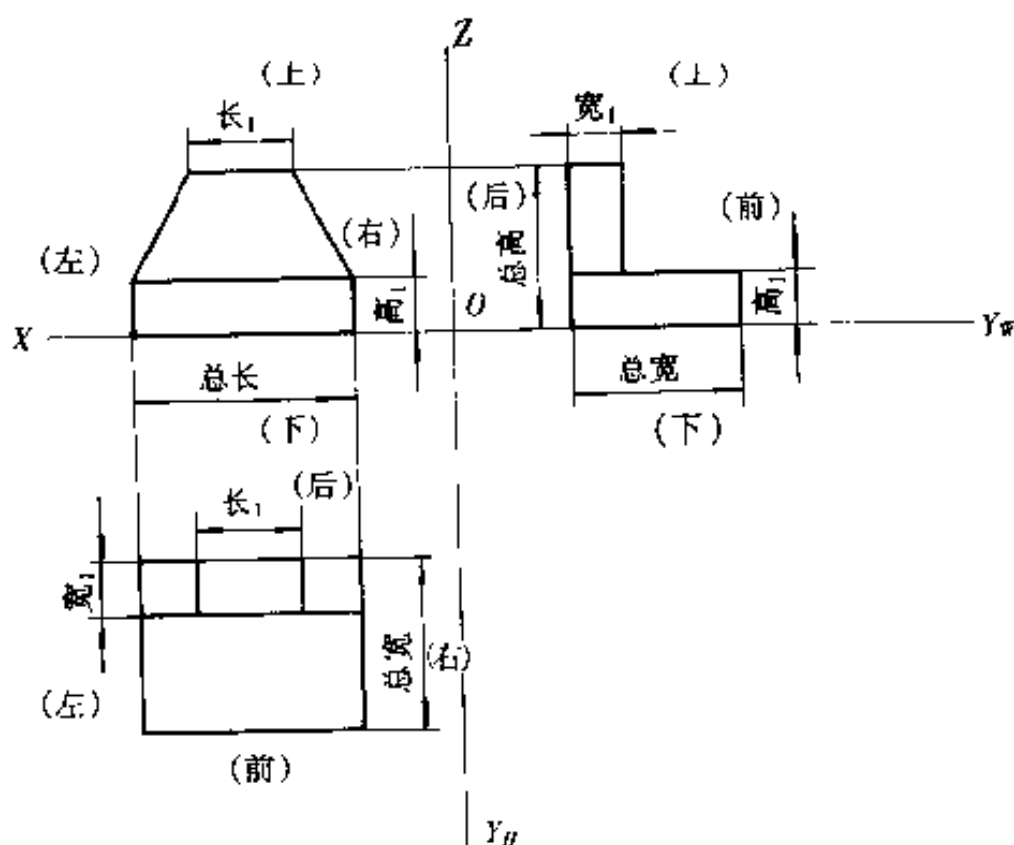


图 1-30 二视图的联系规律

符合三等规律。

22. 点的三面投影有哪些投影规律？

如图 1 51 (a) 所示，在 V 、 H 、 W 面构成的三面体系中，有一空间点 A ，按正投影原理，过点 A 向三个投影面作垂线，可分别得到 A 点的三个投影，即正面投影 a' 、水平投影 a 和侧面投影 a'' 。用三视图中的三面体系展开的方法，将 V 、 H 、 W 面展开为一个平面，得到空间点 A 的三面投影图，如图 1 51 (b) 所示。

点在三面体系中的投影规律为：

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 ox 轴，即 $a'a \perp ox$ 。

(2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 oz 轴，即

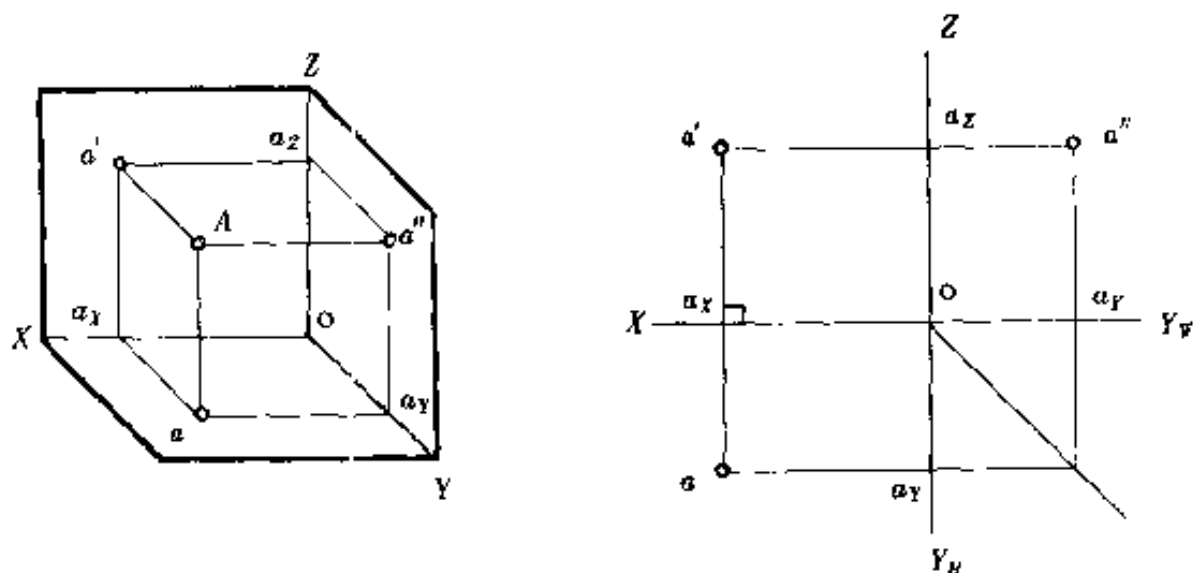


图 1 51 点的三面投影

$a'a'' \perp oz$ 。

(3) 点的水平投影到 x 轴的距离等于侧面投影到 z 轴的距离, 即 $aa_x = a''a_z$ 。

23. 直线的投影及其投影规律是什么?

直线的投影规律与直线对投影面的位置有关。根据直线与投影面的相对位置可以将直线分为三种位置线: 投影面平行线、投影面垂直线和一般位置直线。

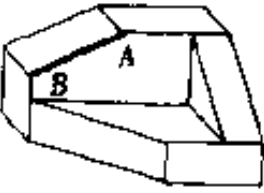
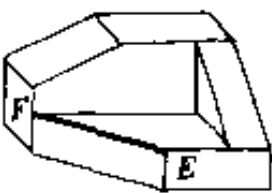
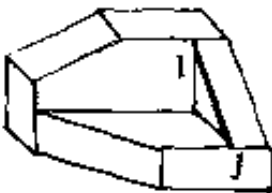
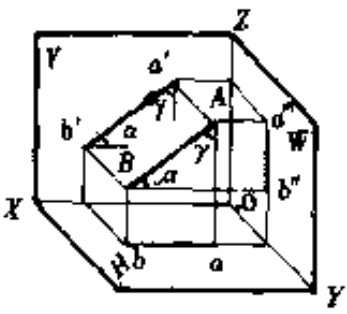
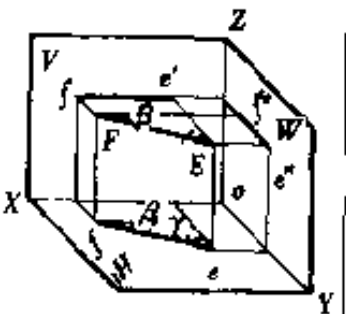
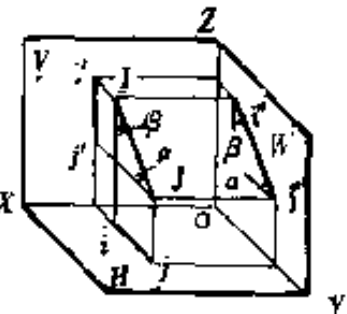
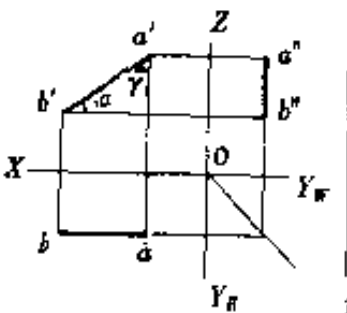
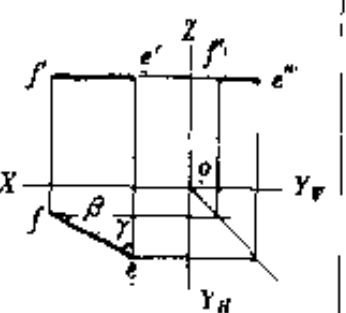
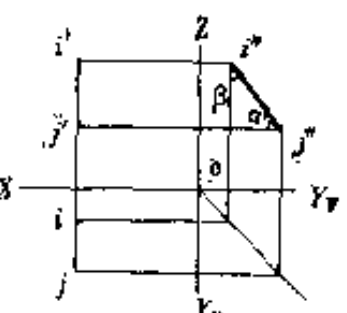
(1) 投影面平行线 若一直线平行于一个投影面并与另两个投影面倾斜, 则该直线为投影面的平行线。平行于正面的直线为正平线; 平行于水平面的直线为水平线; 平行于侧面的直线为侧平线。投影面平行线的投影特性为:

① 直线在所平行的投影面上的投影长度为直线的实长, 该投影与相邻两个投影轴的夹角分别是该直线对另外两个投影面的真实倾角。

② 直线在另外两个投影面上的投影分别平行于相应的投影轴, 且都小于实长。

三种平行线的投影特性及图例见表 1-2。

表 1-2 投影面平行线的投影特性

名称	正平线 ($\parallel V$)	水平线 ($\parallel H$)	侧平线 ($\parallel W$)
实例			
立体图			
投影图			
投影特性	<p>(1) 正面投影 $a'b'$ 反映实长。</p> <p>(2) 正面投影 $a'b'$ 与 OX 轴和 OZ 轴的夹角 α、γ 分别为 AB 对 H 面和 W 面的倾角。</p> <p>(3) 水平投影 $ab \parallel OX$ 轴, 侧面投影 $a''b'' \parallel OZ$ 轴且都小于实长。</p>	<p>(1) 水平投影 ef 反映实长。</p> <p>(2) 水平投影 ef 与 OX 轴和 OY_H 轴的夹角 β、γ 分别为 EF 对 V 面和 W 面的倾角。</p> <p>(3) 正面投影 $e'f' \parallel OX$ 轴, 侧面投影 $e''f'' \parallel OY_W$ 轴且都小于实长。</p>	<p>(1) 侧面投影 $i''j''$ 反映实长。</p> <p>(2) 侧面投影 $i''j''$ 与 OZ 轴和 OY_W 轴的夹角 β、α 分别为 EF 对 V 面和 H 面的倾角。</p> <p>(3) 正面投影 $i'j' \parallel OZ$ 轴, 水平投影 $ij \parallel OY_H$ 轴且都小于实长。</p>

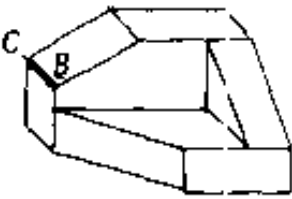
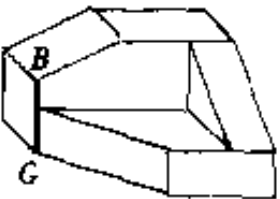
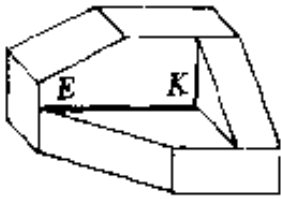
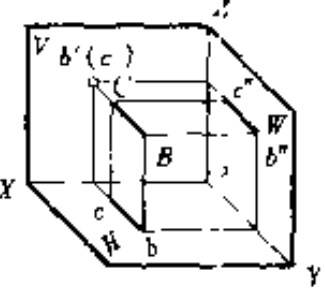
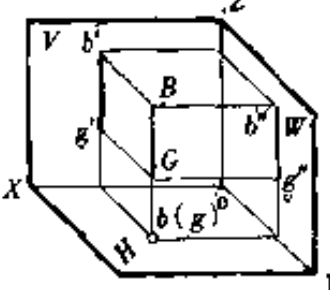
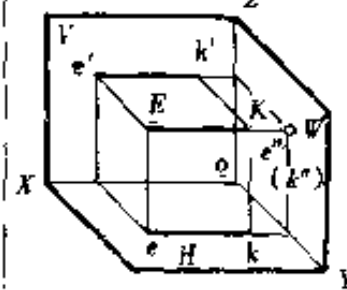
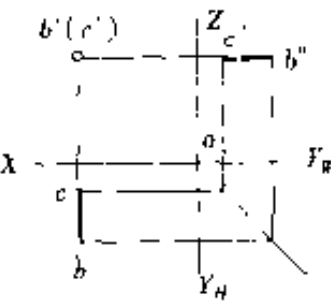
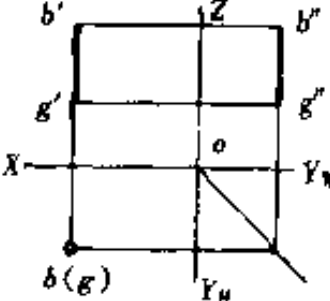
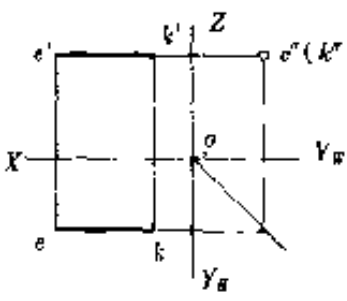
(2) 投影面垂直线 若一直线垂直于一个投影面且与另两个投影面平行，则该直线为投影面的垂直线。投影面垂直线有三种：垂直于正面的直线为正垂线，垂直于水平面的直线为铅垂线，垂直于侧面的直线为侧垂线。投影面垂直线的投影特性为：

① 直线在所垂直的投影面上的投影积聚成一点。

② 直线在另外两个投影面上的投影均为直线的实长，且分别垂直于相应的投影轴。

三种垂直线的投影特性及图例见表 1-3。

表 1-3 投影面垂直线的投影特性

名称	正垂线 ($\perp V$)	铅垂线 ($\perp H$)	侧垂线 ($\perp W$)
实例			
立体图			
投影图			

(续)

名称	正垂线 ($\perp V$)	铅垂线 ($\perp H$)	侧垂线 ($\perp W$)
投影特性	(1) 正面投影 b' (c') 积聚成一点。 (2) 水平投影 bc 、侧面投影 $b''c''$ 都反映实长, 且 $bc \perp OX$, $b''c'' \perp OZ$ 。	(1) 水平投影 b (g) 积聚成一点。 (2) 正面投影 b' (g')、侧面投影 $b''g''$ 都反映实长, 且 $b'g' \perp OX$, $b''g'' \perp OY_w$ 。	(1) 侧面投影 e'' (k'') 积聚成一点。 (2) 正面投影 e' (k')、水平投影 ek 都反映实长, 且 $e'k' \perp OZ$, $ek \perp OY_H$ 。

(3) 一般位置直线

若直线对三个投影面都倾斜, 则该直线为一般位置直线。它的投影特性为:

①直线的三个投影都是与投影轴倾斜的直线, 投影长度都小于直线的实长。

②直线的三个投影与投影轴的夹角都不反映直线对各投影面的真实倾角。图 1-52 为一般位置直线的投影图。

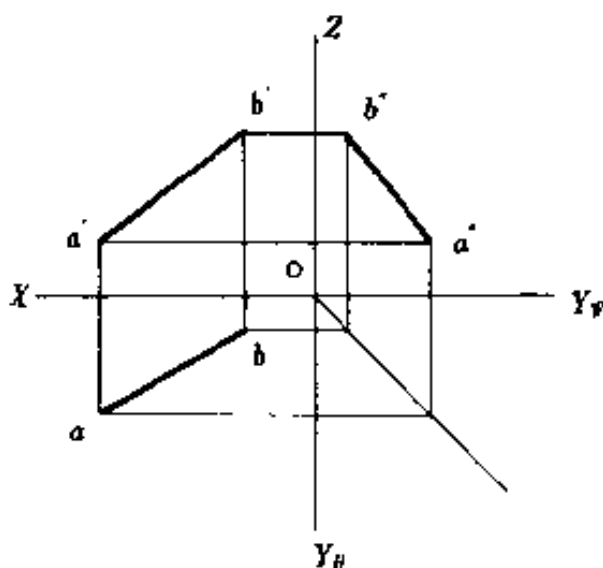


图 1-52 一般位置直线的投影

图 1-52 为一般位置直线的投影图。

24. 两直线处于不同相对位置时有哪些投影规律?

空间两直线的相对位置有三种情况: 平行、相交和交叉。

若空间两直线互相平行, 则两直线的三组同名投影一定互相平行。反之若两直线的三组同名投影分别平行, 则这两直线空间一定是互相平行的。图 1-53 为空间互相平行的两直

线 AB 、 CD 的投影图。

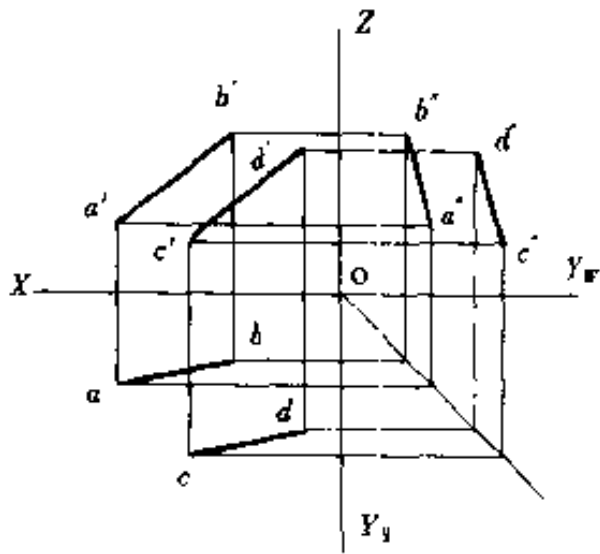


图 1-53 平行两直线的投影

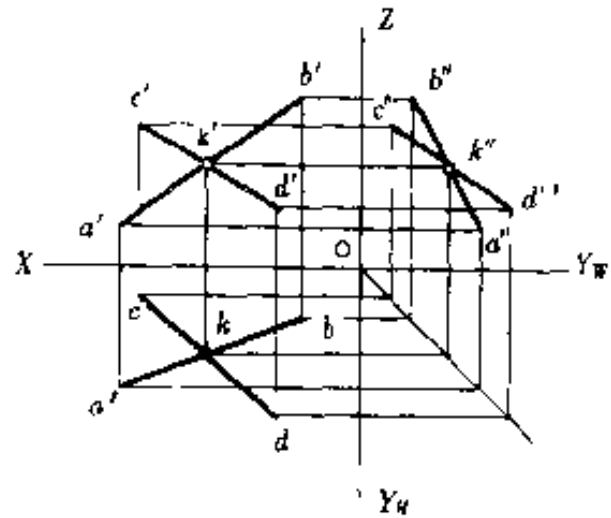


图 1-54 相交两直线的投影

若空间两直线相交,则两直线的三组同名投影一定相交,且交点的投影符合点的投影规律。如图 1-54 所示,空间直线 AB 与 CD 相交,交点为 K ,则在投影图中 $a'b'$ 与 $c'd'$ 、 ab 与 cd 、 $a''b''$ 与 $c''d''$ 都相交,且交点 K 的投影 k' 、 k 、 k'' 符合点的投影规律。反之若两直线的三组同名投影相交,且交点的投影符合点的投影规律,则该两直线空间一定相交。

若空间两直线既不平行又不相交,那一定是两交叉直线。两交叉直线的投影特性与两平行直线和两相交直线都不相同,反之若两直线的投影既不符合两平行直线的投影特性,又不符合两相交直线的投影特性,则这两条直线一定是空间的交叉直线。如图 1-55 所示,两直线的三组同名投影全相交,但交点不符合点的投影规律,所以 AB 与 CD 不是两相交直线而是两交叉直线。在图 1-56 中,直线的两组同名投影虽平行,但第三组同名投影不平行,故两直线 AB 与 CD 是交叉直线。

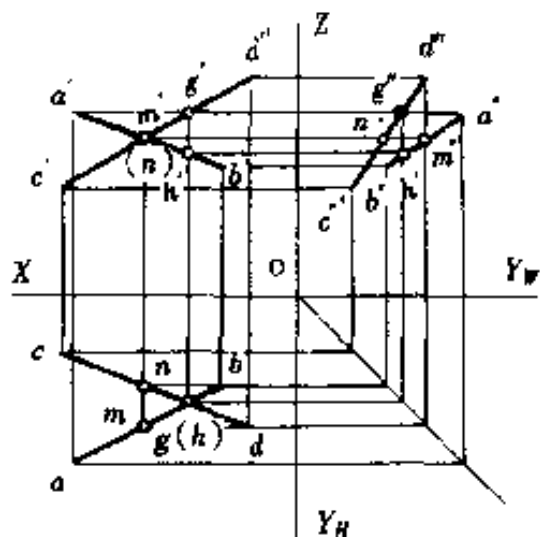


图 1-55 交叉两直线投影之一

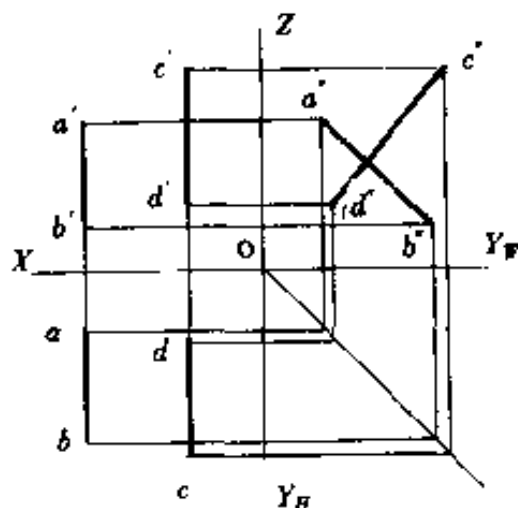


图 1-56 交叉两直线投影之二

25. 平面的投影及其投影规律是什么?

平面的投影有多种表达方式。如图 1-57 所示, 图 (a) 为不在一直线上的三点, 图 (b) 为一直线和直线外一点, 图 (c) 为两平行直线, 图 (d) 为两相交直线, 图 (e) 为任意的平面图形。

根据平面对投影面的位置, 可以将平面分为三种位置面, 其投影特性分述如下:

(1) 投影面平行面 若平面平行于一个投影面, 且与另两个投影面垂直, 则称为投影面的平行面。其投影特性为:

- ① 平面在所平行的投影面上的投影反映平面的实形。
- ② 平面在另外两个投影面上的投影都积聚为直线, 且平行于相应的投影轴。

投影面的平行面可分为正平面、水平面和侧平面, 三种平行面的投影特性及图例见表 1-4。

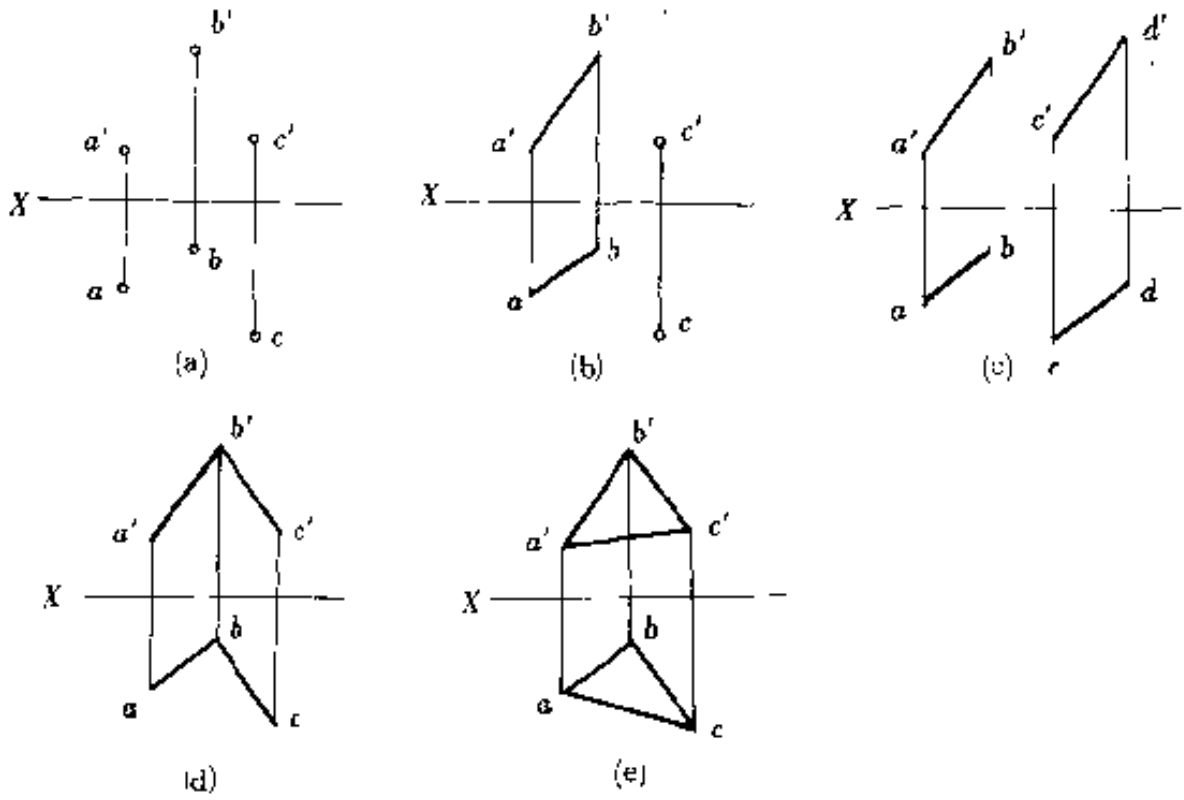


图 1.57 平面的表示法

表 1-4 投影面平行面的投影特性

名称	正平面 ($//V$)	水平面 ($//H$)	侧平面 ($//W$)
实例			
立体图			

(续)

名称	正平面 ($\parallel V$)	水平面 ($\parallel H$)	侧平面 ($\parallel W$)
投影图			
投影特性	(1) 正面投影反映实形。 (2) 水平投影积聚成直线且平行 OX 轴。 (3) 侧面投影积聚成直线且平行 OZ 轴。	(1) 水平投影反映实形。 (2) 正面投影积聚成直线且平行 OX 轴。 (3) 侧面投影积聚成直线且平行 OY_W 轴。	(1) 侧面投影反映实形。 (2) 正面投影积聚成直线且平行 OZ 轴。 (3) 水平投影积聚成直线且平行 OY_H 轴。

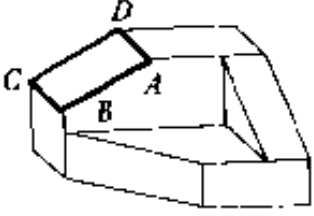
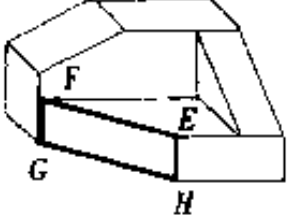
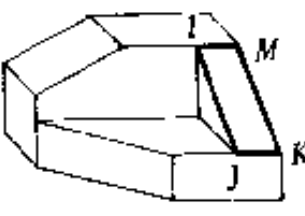
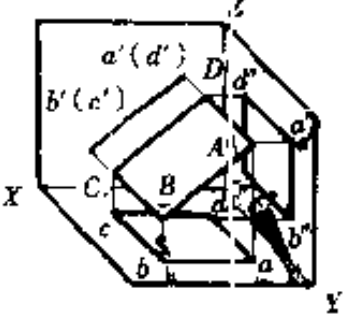
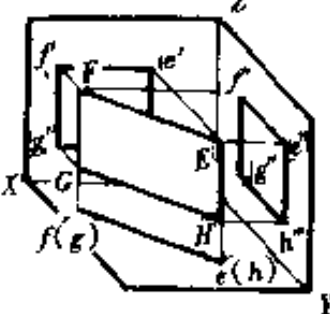
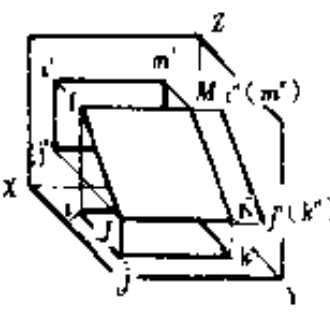
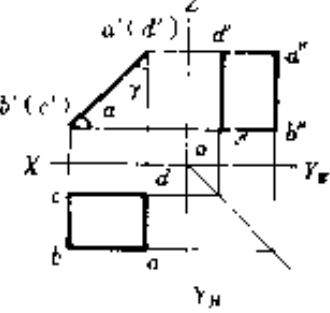
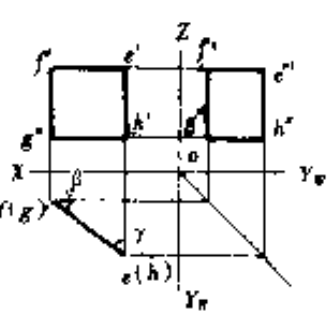
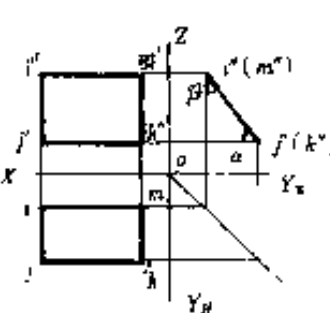
(2) 投影面垂直面 若平面垂直于一个投影面, 与另外两个投影面倾斜, 则该平面为投影面的垂直面。投影面垂直面的投影特性为:

①平面在所垂直的投影面上的投影积聚为直线并与投影轴倾斜, 它与相邻投影轴的夹角分别为该平面对另两个投影面的真实倾角。

②平面在另两个投影面上的投影都为面积缩小的类似形。

投影面的垂直面可分为正垂面、铅垂面和侧垂面。三种垂直面的投影特性及图例见表 1-5。

表 1-5 投影面垂直面的投影特性

名称	正垂面 ($\perp V$)	铅垂面 ($\perp H$)	侧垂面 ($\perp W$)
实例			
立体图			
投影图			
投影特性	<p>(1) 正面投影积聚成一直线, 它与 OX 轴和 OZ 轴的夹角分别为平面与 H 面和 W 面的真实倾角 α 及 γ。</p> <p>(2) 水平投影和侧面投影都是类似形。</p>	<p>(1) 水平投影积聚成一直线, 它与 OX 轴和 OY_H 轴的夹角分别为平面与 V 面和 W 面的真实倾角 β 及 γ。</p> <p>(2) 正面投影和侧面投影都是类似形。</p>	<p>(1) 侧面投影积聚成一直线, 它与 OZ 轴和 OY_W 轴的夹角为平面与 V 面和 H 面的真实倾角 β 及 α。</p> <p>(2) 正面投影和水平投影都是类似形。</p>

(3) 一般位置平面 与三个投影面都倾斜的平面为一般位置平面, 它的投影特性为: 平面在一个投影面上的投影都不积聚, 也不反映实形, 均是面积小于原平面图形的类似形

(图 1-58)。

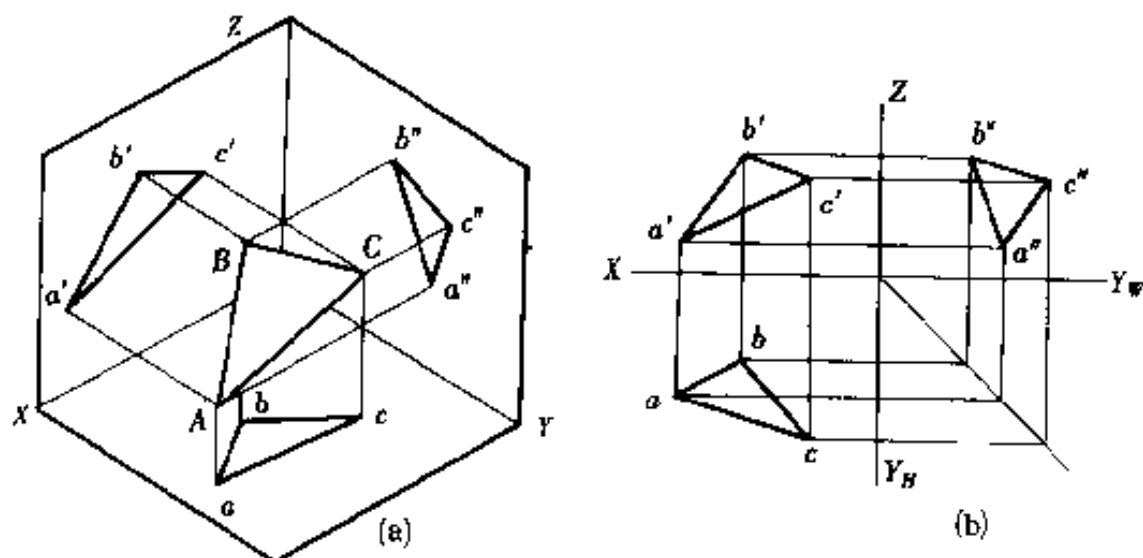


图 1-58 一般位置平面的投影

26. 如何在平面上确定点和直线的位置?

(1) 平面上定点 点在平面上的几何条件是：如果一点在平面内的一直线上，则此点必在该平面上。如图 1-59 所示， N 点的两个投影 n' 、 n 分别在直线 AB 的两个投影上，则 N 点在 AB 直线上，即 N 点在 $\triangle ABC$ 平面上。在图 1-60 中，已知 M 点是 $\triangle ABC$ 平面上的点，但 m' 不在 $\triangle ABC$ 的已知边上，若要求 M 点的水平投影，可以先过 M 点在 $\triangle ABC$ 平面内作一直线 AI ，其正面投影为 $a'1'$ ，再求出 AI 的水平投影 $a1$ 。 M 点在 $\triangle ABC$ 平面上，则 M 点一定在直线 AI 上，所以 M 点的水平投影 m 应在 $a1$ 上。可见，要在平面上定点，应先在平面上确定过已知点的直线，然后再在直线上确定点的投影。

(2) 平面上定直线 如果一直线过平面上的两个点，则该直线在平面上。如图 1-61 中， M 、 N 是 $\triangle ABC$ 平面上的点，

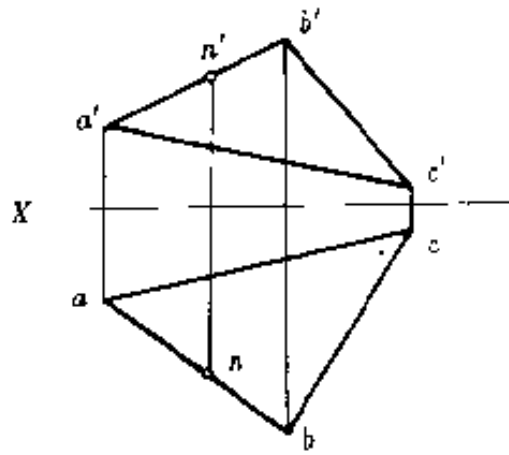


图 1-59 点在平面上的几何条件

所以过 M 、 N 点所作的直线 EF 一定是 $\triangle ABC$ 平面上的线。如果一直线过平面上的一已知点且平行于平面内的一已知直线，则此直线必在该平面上。图 1-62 中 L 是 $\triangle ABC$ 平面上的已知点，直线 LM 与 $\triangle ABC$ 的 BC 边平行，则 LM 直线必在 $\triangle ABC$ 平面上。显然平面上定直线的作图可归结为平面上定点的作图。

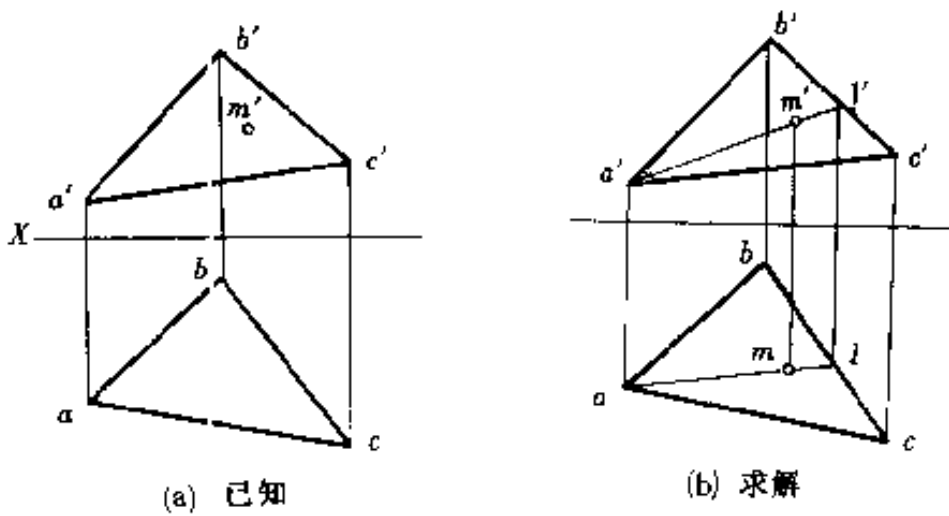


图 1-60 平面上定点

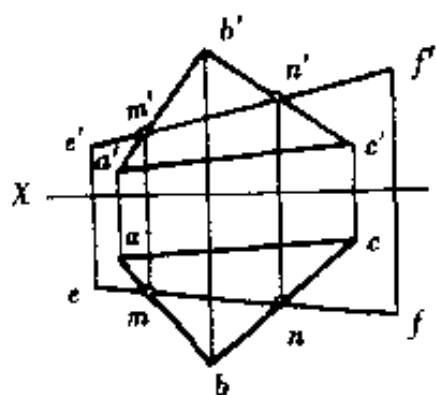


图 1-61 直线在平面上的
几何条件之一

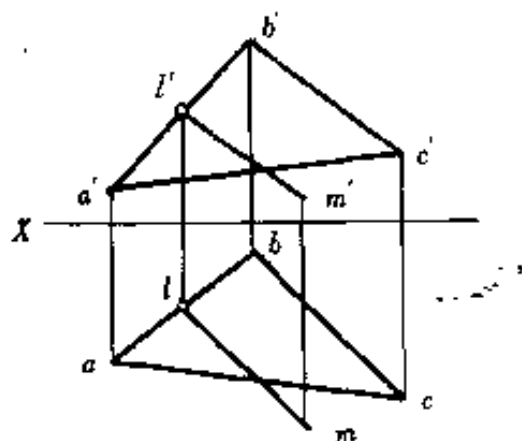


图 1-62 直线在平面上的
几何条件之二

27. 直线与平面平行、平面与平面平行时有哪些投影特性?

(1) 直线与平面平行 若一直线平行于已知平面内的任一直线, 则直线与该平面平行。如图 1-63 所示, 因为 $m'n' \parallel b'c'$, $mn \parallel bc$, 即直线 $MN \parallel$ 直线 BC , 所以, 直线 $MN \parallel \triangle ABC$ 。

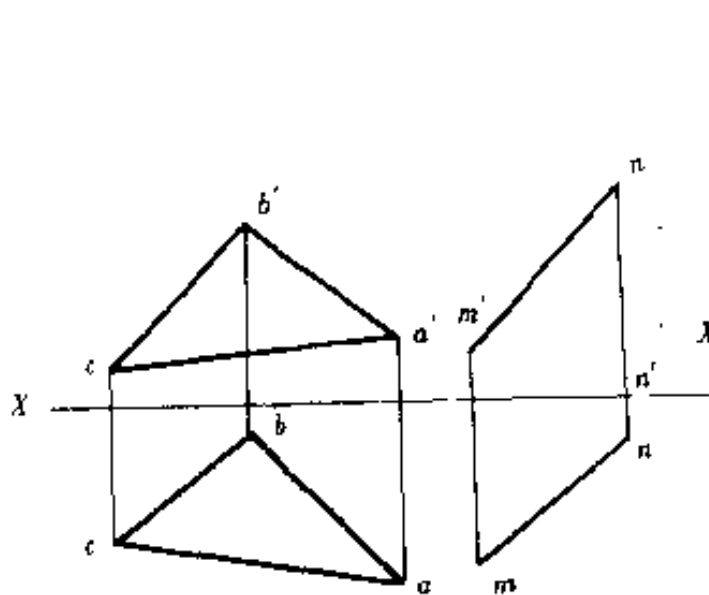


图 1-63 直线与平面平行

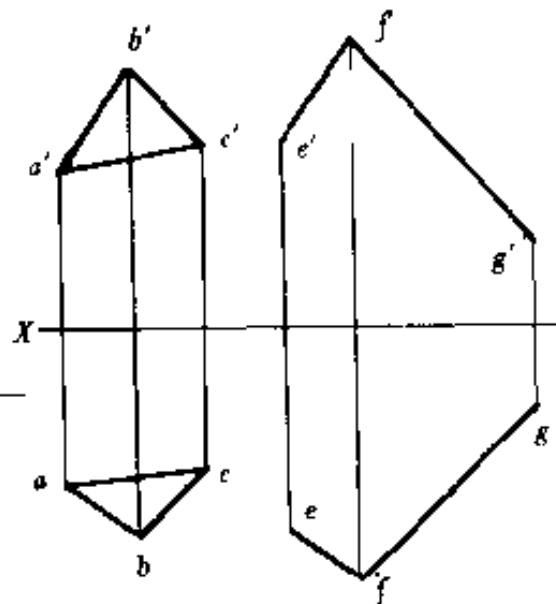


图 1-64 平面与平面平行

(2) 平面与平面平行 若一平面上的相交两直线对应平行于另一平面内的相交两直线, 则这两平面互相平行。在图 1-64 中, AB 、 BC 直线分别平行于 EF 、 GF 直线, 所以 $\triangle ABC$ 平面与相交直线 EF 、 GF 所确定的平面平行。

28. 怎样求作直线与平面的交点?

现只叙述当直线或平面处于特殊位置, 即投影有积聚性时的交点的求法。

(1) 直线处于特殊位置 已知 $\triangle ABC$ 与直线 EF 相交, 投影如图 1-65 所示, 求交点的投影。

由投影图可知, 直线 EF 是正垂线, 其正面投影有积聚性。设直线与平面的交点为 K , 则 K 为 $\triangle ABC$ 与直线 EF 的共有点, 故 K 点的正面投影 k' 一定与 e' 、 f' 重合, 再利用面上定点的方法可求出 K 点的水平投影 k 。具体作图步骤为:

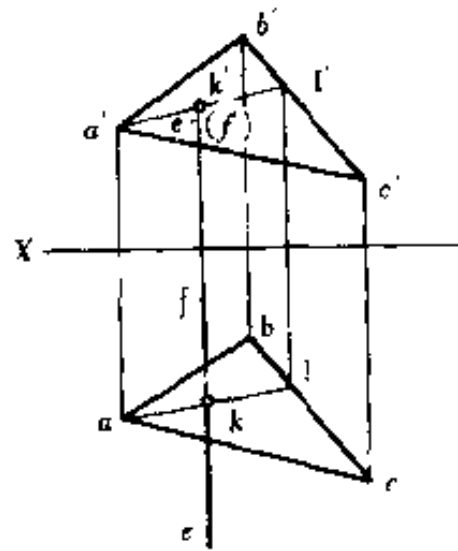


图 1-65 直线与平面的交点

- 1) 利用直线 EF 的积聚性投影求出 K 点的正投影 k' ;
- 2) 过 k' (e' 、 f') 作 $\triangle ABC$ 上一辅助直线 $A1$ 的投影 $a'1'$, 并求出 $A1$ 的水平投影 $a1$;
- 3) 因为 K 点在 $\triangle ABC$ 平面上, 故 k 一定在 $a1$ 上, 且 k 又在 ef 上, 所以 ef 与 $a1$ 的交点为 K 点的水平投影 k 。 k' 、 k 为交点的两投影。

(2) 平面处于特殊位置 已知 $\triangle ABC$ 与直线 EF 相交, 投影如图 1-66 所示, 求交点的投影。

由投影图可知, $\triangle ABC$ 的水平投影有积聚性, 是铅垂面。设交点为 K , 则 K 既在直线 EF 上, 又在平面 $\triangle ABC$ 上, 那么 K 点的水平投影一定是 abc 与 ef 的交点, 再利用线上定点的方法, 在 $e'f'$ 上求出 K 点的正投影。具体作图步骤为:

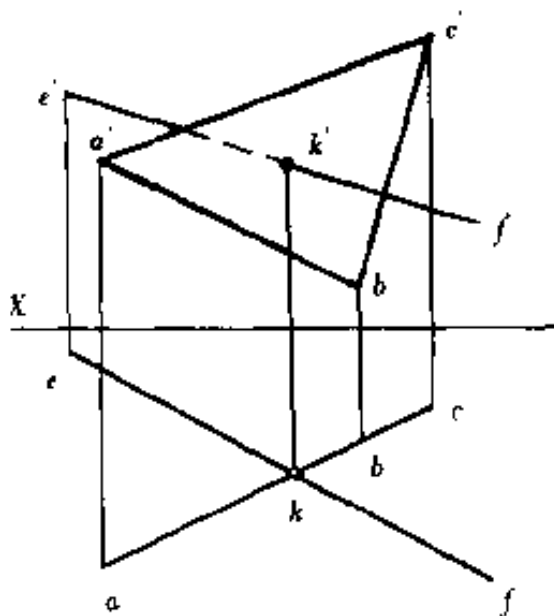


图 1-66 直线与平面的交点

①利用 $\triangle ABC$ 的积聚性投影, 可求出 K 的水平投影 k 。

②利用线上定点的原理, K 在 EF 线上, 则 k' 一定在 $e'f'$ 上。 k' 、 k 为 $\triangle ABC$ 与 EF 线交点的投影。

29. 怎样求作平面与平面的交线?

平面与平面相交, 其交线是两平面的公共线, 交线上的点都是两平面的公共点, 反之, 凡是两平面的公共点都一定在交线上; 又因两平面的交线是直线, 知道交线上两点便可确定交线, 所以求两平面交线的问题可归结为要求出它们间两个公共点的投影。作图时, 两平面的公共点一般通过求一平面中某一直线与另一平面交点的办法来求作。

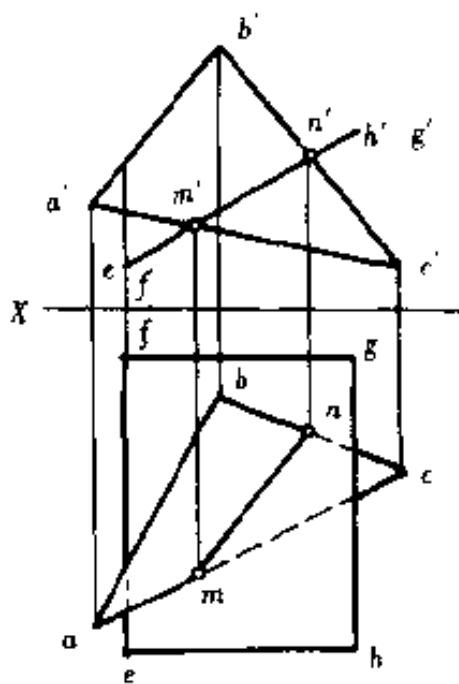


图 1-67 平面与平面的交线

在图 1-67 中, 三角形平面 ABC 与四边形平面 $EFGH$ 相交, 其中后者为正垂面。求作交线的步骤为:

(1) 求 $\triangle ABC$ 中 AC 边与 EF 的交点 M 的两投影。

(2) 求 $\triangle ABC$ 中 BC 边与 FG 的交点 N 的两投影。

(3) 分别连接两公共点 M 、 N 的同名投影 $m'n'$ 和 mn , 即得到两平面交线的投影。

30. 什么是投影变换? 其用途有哪些?

在工程中, 常遇到求线段实长、平面图形实形、两平面间夹角等问题。如果直线或平面处于特殊位置时, 投影图上可直接求出实长、实形、实际夹角等。但当直线或平面处于一般位置时, 上述解答就不能在投影图上直接得到。为了解决一般位置几何元素的度量、定位问题, 就需要进行投影变换。所谓投影变换, 就是改变几何元素与投影面之间的相对位置, 使一般位置几何元素的度量、定位问题变成特殊位置的问题, 以方便求解。如图 1-68 所示, AB

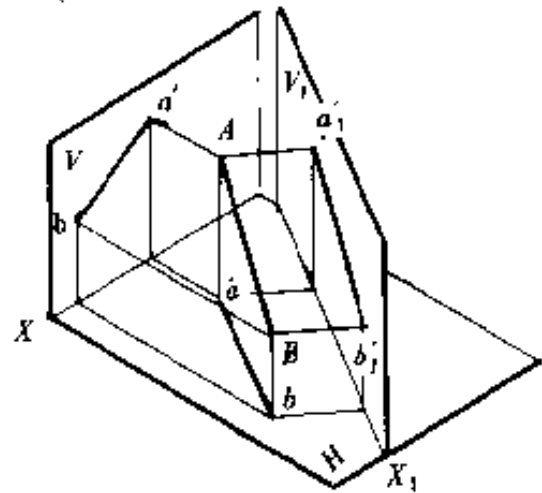


图 1-38 用投影变换求 AB 直线的实长

直线在原投影体系 $X \frac{V}{H}$ 中是一般位置直线, $a'b'$ 和 ab 都不反映直线实长。若设立一新投影面 V_1 , 使 $V_1 \parallel AB$ 直线, 且 $V_1 \perp H$ 面, 则在新投影体系 $X_1 \frac{V_1}{H}$ 中, AB 线是 V_1 面的平行线, 它在 V_1 面上的投影 $a'b_1$ 反映 AB 的实长。投影变换有两种方法, 即变换投影面法和旋转法。

变换投影面法的原理是：空间几何元素不动，设立新的投影面并使之与几何元素处于有利于解题的特殊位置。此方法简称为换面法。

旋转法的原理是：投影面保持不动，改变几何元素的位置使之成为投影面的特殊位置线、面，以有利于解题。

利用投影变换可以求解一般位置线面的定位问题，如直线和平面的交点、平面与平面的交线；还可以解决度量问题，如直线的实长、平面的实形、点到直线或平面的距离、两直线间的距离、两平面的夹角、直线或平面对投影面的倾角等。

31. 如何进行点的投影变换？

点的变换是直线、平面变换的基础。以变换 V 面为例，如图 1-69 所示，空间点 A 在原投影体系 $X \frac{V}{H}$ 中的两个投影是 a' 、 a 。现设立一个新投影面 V_1 代替原来的 V 面，与不变的 H 面构成一个新投影体系 $X_1 \frac{V_1}{H}$ ，利用正投影原理可求出 A 点在 V_1 面上的投影 a'_1 。

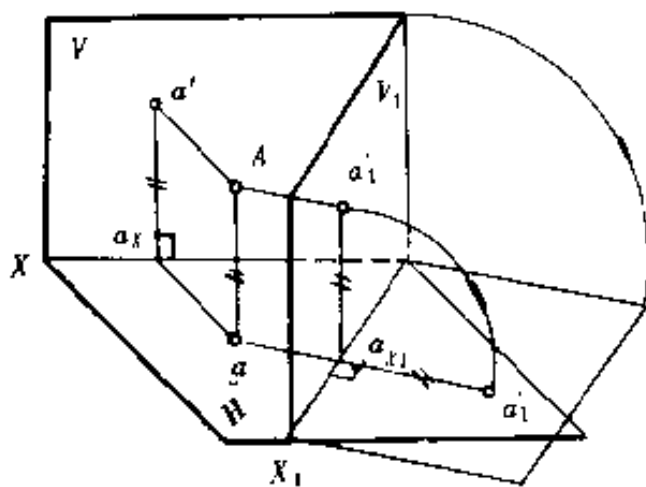


图 1-69 点的投影变换

在这个变换中，有 $Aa - a'a_x = a'_1a_{x_1}$ ；当 V_1 面绕 x_1 轴旋转到与 H 面重合时，新投影和保持不变的投影连线 aa'_1 一定垂直于新投影轴 X_1 ，即 $aa'_1 \perp X_1$ 轴。由此得到点的投影变换规律：

(1) 点的新投影与保持不变的旧投影连线垂直于新投影轴。

(2) 点的新投影到新轴的距离等于被替换的旧投影到旧轴的距离。

点的投影变换作图步骤见图 1-70:

①在适当的位置作新投影轴 X_1 。 X_1 轴的位置一确定, 就表示新投影面 V_1 和新投影体系 $X_1 \begin{matrix} V_1 \\ H \end{matrix}$ 确定了, H 面不动。

②求 V_1 面上的新投影。过 a 作 X_1 轴的垂线, 并取 $a'_1 a_{11} = a' a_1$, 则 a'_1 为 A 点在 V_1 面上的投影。 a'_1 、 a 为 A 点经过一次变换 V 面后在新直角投影体系中的两个投影。

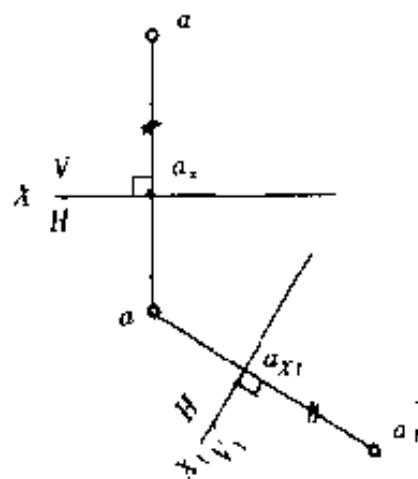


图 1-70 点的投影变换作图

变换 H 面的基本原理和作图方法与变换 V 面类似, 请读者自行分析。

32. 怎样在投影中求作直线的实长?

(1) 用变换投影面法求直线的实长 利用换面法将一般位置直线变换成投影面的平行线, 使直线变换后的投影反映实长。变换的空间关系请参阅图 1-68。具体作图步骤如图 1-71 所示。

①设 H 面不变, 新设立 V_1 面, 作 X_1 轴 $\parallel ab$, 则 $AB \parallel V_1$ 面。

②过点 a 、 b 作 X_1 轴的垂线, 根据点的变换规律求出 a'_1 、 b'_1 并连线, 则 $a'_1 b'_1$ 为 AB 直线的实长。

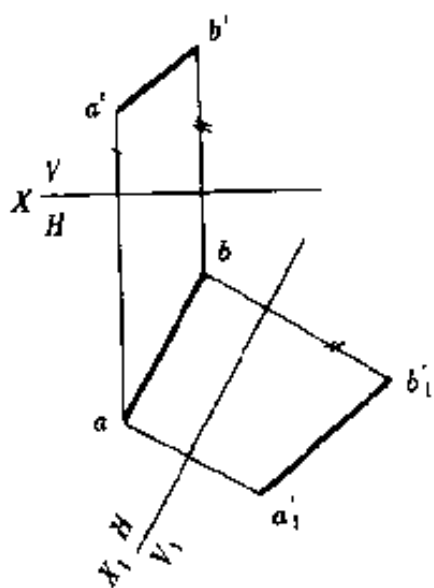


图 1-71 换面法求直线 AB 的实长

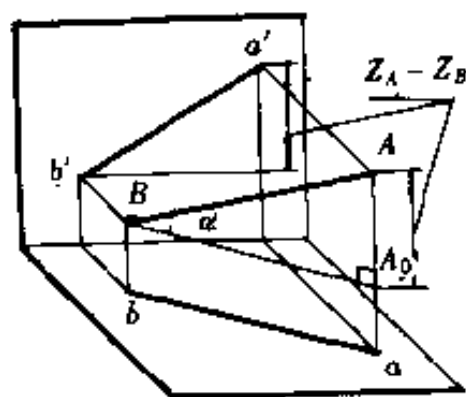


图 1-72 直角三角形法求直线实长的原理图

(2) 用直角三角形法求直线的实长 在图 1-72 中, 已知 AB 直线及其两面投影。过 B 点作 $BA_0 \parallel ab$ 得直角三角形 AA_0B 。在直角三角形 AA_0B 中, 斜边 AB 是线段的实长, 直角边 $A_0B = ab$, 另一直角边 AA_0 等于 AB 直线两端点的高度坐标差 $Z_A - Z_B$, 可从投影图中量出, $\angle ABA_0$ 是 AB 直线对 H 面的倾角 α 。

已知直线 AB 的投影 $a'b'$ 、 ab 求 AB 实长的作图步骤见图 1-73:

- ①过 a 点作 ab 的垂线。
- ②在垂线上取 $aa_0 = Z_A - Z_B$ 。
- ③连 a_0b 得直角三角形 a_0ab 。其斜边 a_0b 即为 AB 直线的实长。

同理, 也可以 $a'b'$ 为一直角边, 以 $Y_A - Y_B$ 为另一直角边构成一直角三角形, 其斜边也为 AB 直线实长, 具体作

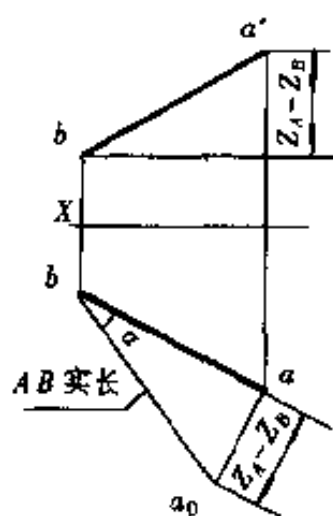


图 1-73 直角三角形法求直线实长的作图步骤

图方法请读者自行分析。

33. 怎样在投影图中求作平面的实形？

利用变换投影面法将一般位置平面变换成投影面的平行面，则可求出平面的实形。具体作图步骤是（见图 1 74）：

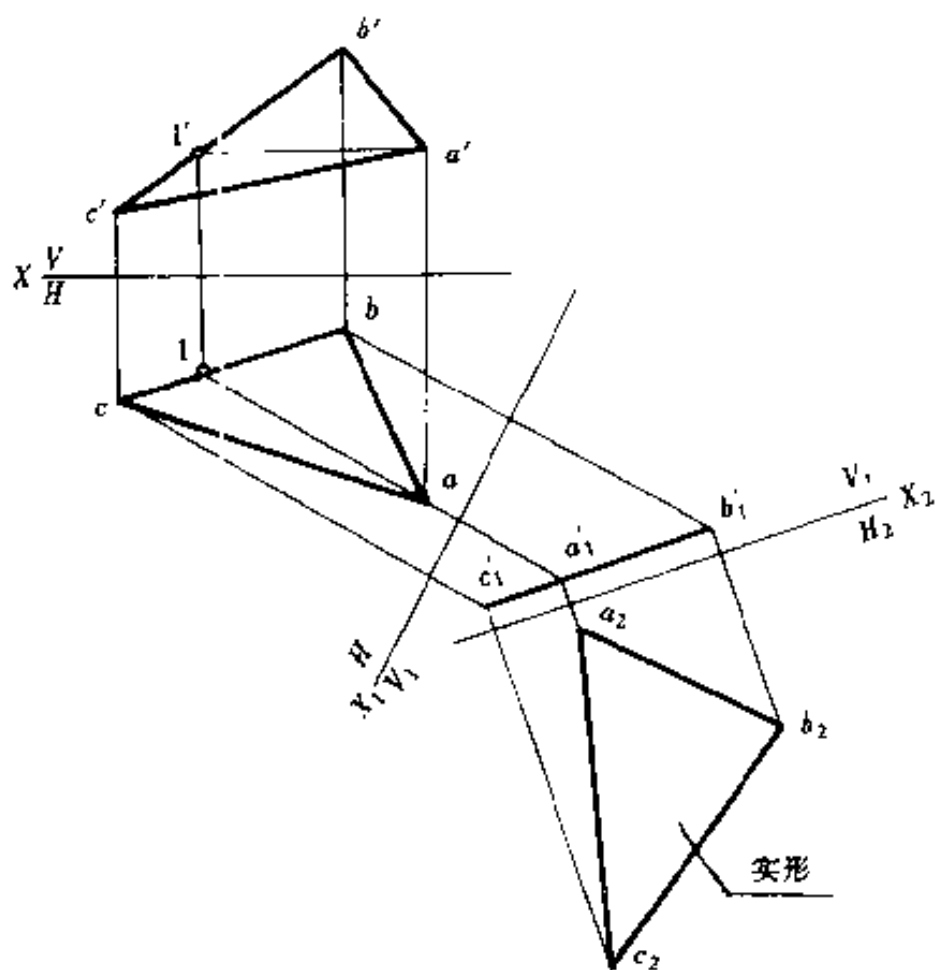


图 1 74 求平面 $\triangle ABC$ 的实形

①在 $\triangle ABC$ 平面内作水平线 AI ，它的两面投影为 $a'l'$ 和 a_1 。

② H 面保持不动，设立新的投影面 V_1 ，使其与水平线 AI 垂直，这时 $\triangle ABC$ 平面也垂直于 V_1 投影面。为此，作新投影轴 $X_1 \perp a_1$ ， $\triangle ABC$ 的 V_1 面投影积聚为直线 $a'_1b'_1c'_1$ 。

③进行第二次变换，使 V_1 面不动，设立新的投影面 H_2 。

使其平行于 $\triangle ABC$ 平面。为此，作新投影轴 $X_2 // a'_1 b'_1 c'_1$ ，求出 A 、 B 、 C 三点的 H_2 面投影 a_2 、 b_2 、 c_2 ， $\triangle a_2 b_2 c_2$ 即为 $\triangle ABC$ 的实形。

当然，也可以采用先变换 H 面，后变换 V 面的方法求作 $\triangle ABC$ 的实形，这时要利用到 $\triangle ABC$ 上的一条正平线，具体作图过程请读者自行分析。

34. 怎样在投影图中求作两平面的夹角？

在投影图中求作两平面的夹角，一般是通过投影变换把两平面的交线变换为某一投影面的垂直线。如图1-75(a)所示，平面 P 、 Q 的交线 CD 垂直于投影面 H ，这时， P 、 Q 两平面同时垂直于 H 面，它们在 H 面上积聚性投影直线间的夹角 θ 反映了两平面的真实夹角。

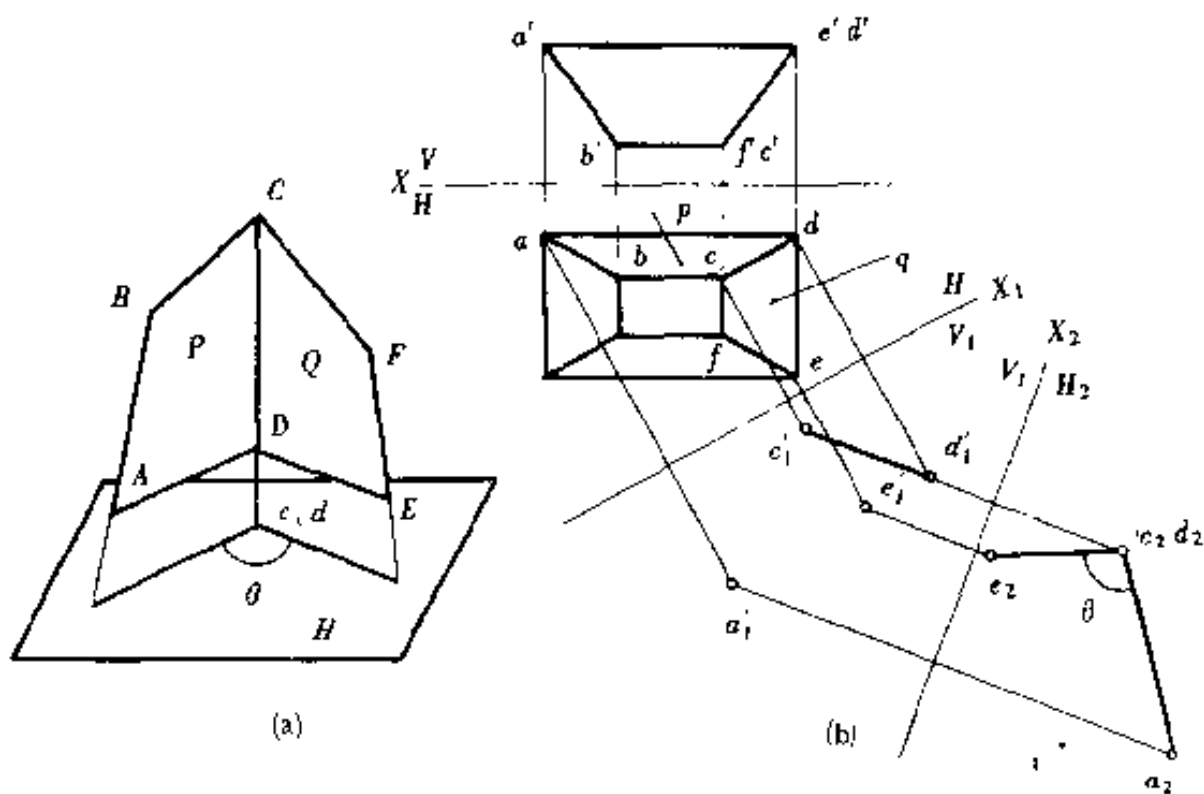


图1-75 求 P 、 Q 两平面的夹角

图 1-75 (b) 为求漏斗两侧面间夹角的例子。后侧面 P ($ABCD$) 和右侧面 Q ($EFCD$) 的交线为 CD 。由于 CD 为一般位置直线, 故需作两次换面: 先把 CD 变换为 V_1 投影面的平行线, 再将其变换为 H_2 投影面的垂直线。 P 平面中点 A 和 Q 平面中点 E 也随之进行变换, 在 H_2 面投影中, P 和 Q 平面积聚性投影 a_2a_2 与 c_2e_2 间的夹角 θ 即为所求。因为三点可确定一个平面, 故 B 点和 F 点不需进行变换。

35. 圆的投影如何作图?

平面上圆的投影有三种情况:

(1) 圆所在的平面平行于投影面时, 圆的三个投影中, 一个为圆的实形, 另两个积聚为直线, 长度为圆的直径、且平行于相应的投影轴。

(2) 圆所在的平面垂直于投影面时, 在所垂直的投影面内, 圆的投影积聚为直线, 长为直径、与投影轴倾斜, 另两个投影为椭圆。

(3) 圆所在的平面是一般位置平面时, 三个投影都是椭圆。

实际作图时, 对于平行于投影面的圆, 其投影可直接作出。如果圆所在平面是投影面的垂直面或一般位置平面, 投影中的椭圆, 可通过变换投影面法将圆平面变换为投影面的平行面, 得到圆的实形, 再把圆上各点返回到原投影体系中, 求出各点的投影后连成椭圆; 也可利用画法几何学原理确定椭圆长、短轴的方向和大小后, 用绘制椭圆的同心圆法或四点圆心法来完成。

36. 什么是圆柱螺旋线? 怎样作其投影和展开图?

如图 1-76 所示, 当一动点 M 沿圆柱面的轴线方向作等

速直线运动，同时又绕圆柱轴线作等速旋转运动，则点 M 的这种复合运动轨迹为圆柱螺旋线。该圆柱称为螺旋线的导圆柱。当动点旋转一周时，它沿轴线所移动的距离 AB 称为螺旋线的导程，用 L 表示。根据动点 M 旋转方向的不同，螺旋线有右旋和左旋两种，右旋的特点是可见部分自左向右升高，左旋的特点则是可见部分自右向左升高。

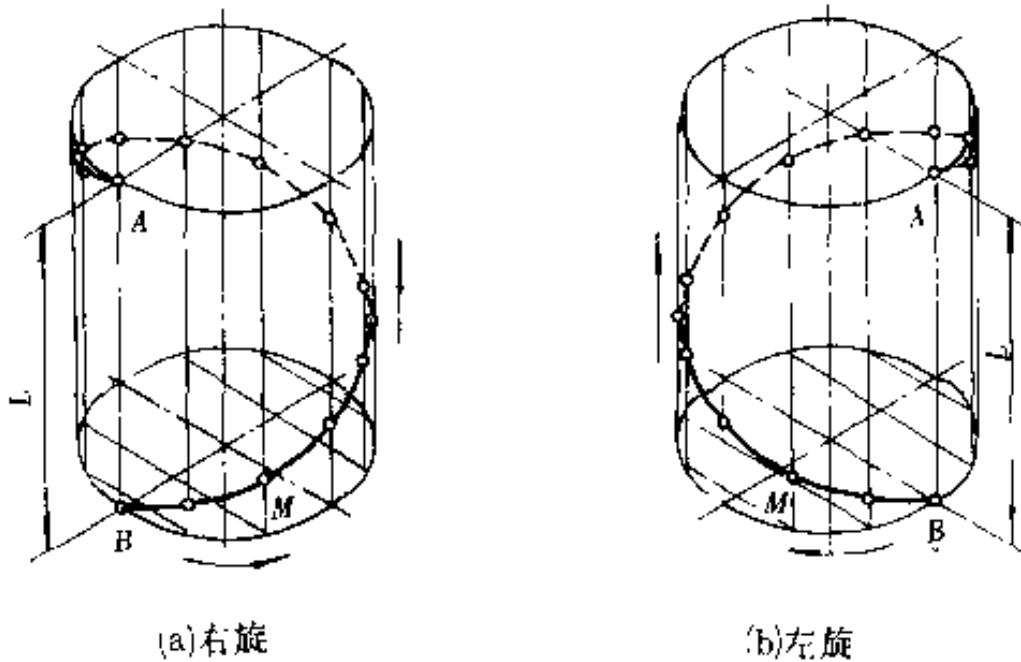


图 1-76 圆柱螺旋线的形成

图 1-77 (a) 为圆柱螺旋线投影图的画法。先画出导圆柱的两投影，然后将圆柱的水平投影（圆周）分成 n 等分（图中 $n=12$ ，各分点依次标为 $0、1、2\cdots 12$ ）。将圆柱的正面投影高度取为 L ，并将 L 也分为 n 等分。过各分点 $0、1、2\cdots$ 向上作垂线，它们与正面投影中相应等分水平线相交，得交点 $0'、1'、2'\cdots 12'$ ，即为圆柱螺旋线上点的正面投影，将各点用曲线光滑连接起来就是圆柱螺旋线的正面投影（是正弦曲线）。其水平投影与导圆柱的积聚性投影重合。

将圆柱面展开就可以得圆柱螺旋线的展开图 [图 1-77

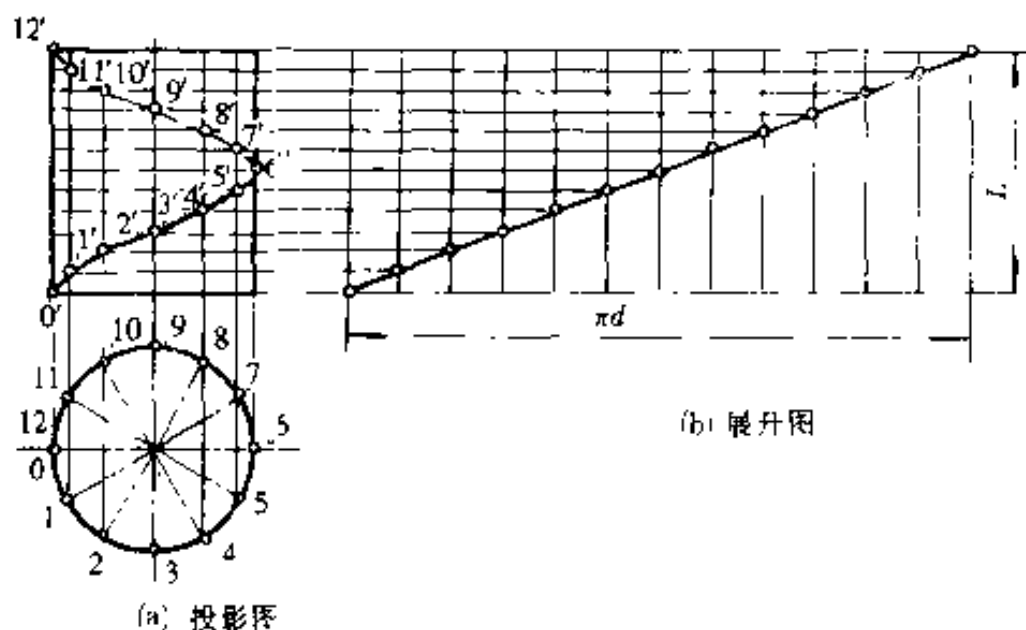


图 1-77 圆柱螺旋线的画法及展开

(b)]。由于动点 M 在水平方向的旋转运动和垂直方向的移动都是等速的，故圆柱螺旋线的展开图是一条直线。作图时可作一直角三角形，其中一直角边长为 L ，另一直角边长为导圆柱的周长 πd ，其斜边即为一个导程的圆柱螺旋线的展开直线。

37. 什么是圆锥螺旋线？怎样作其投影和展开图？

如图 1-78 所示，一动点 M 沿圆锥母线 AB 作等速直线运动的同时，母线 AB 又绕圆锥轴线作等角速度旋转运动，动点 M 的运动轨迹称为圆锥螺旋线。母线 AB 所在的圆锥称为导圆锥，母线旋转一周，动点 M 沿素线方向移动的距离 L 称为导程。圆锥螺旋线也分为右旋和左旋两种，其区别方法与圆柱螺旋线相同。

绘制圆锥螺旋线的投影图时，首先画出导圆锥的主、俯两视图。在俯视图中将圆锥底圆分为 n 等分（图中为 12 等分），得分点 $0_0, 1_0, \dots, 12_0$ ，作出过各分点圆锥素线的水平和

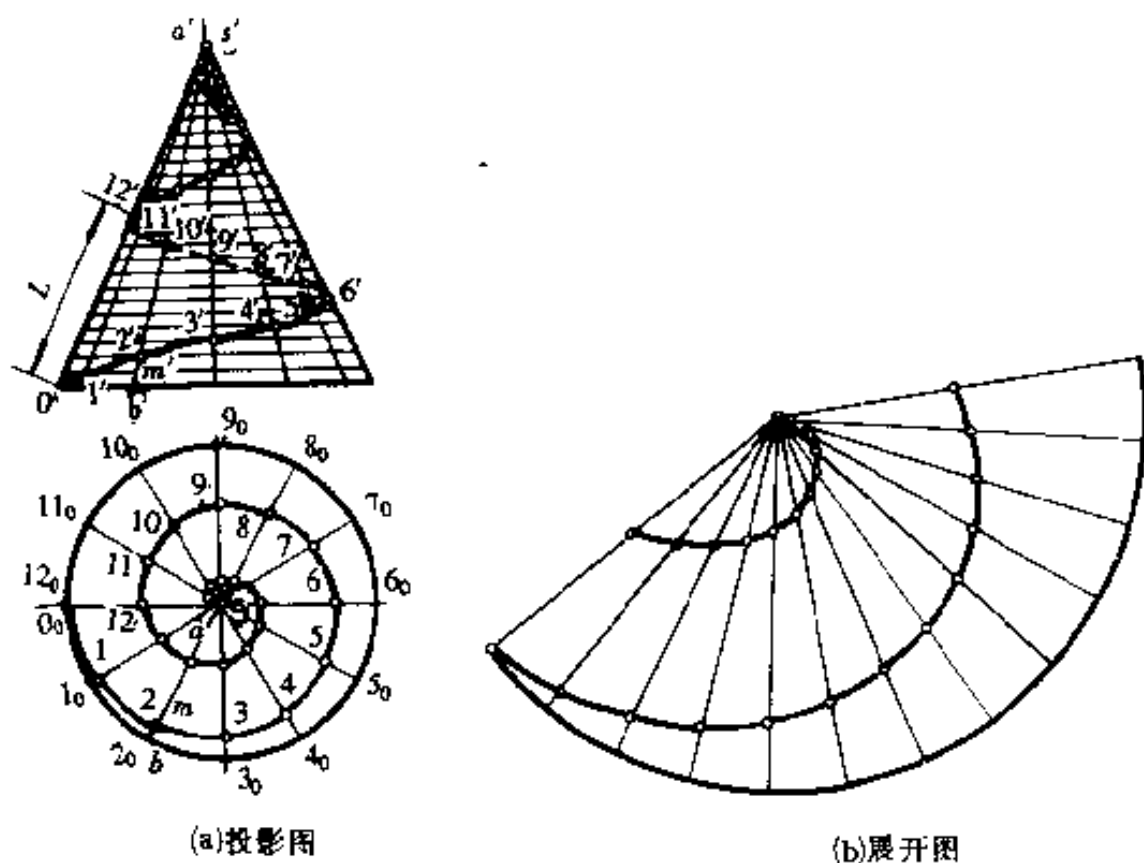


图 1-78 圆锥螺旋线的画法及展开

正面投影。然后在主视图中将导程 L 作相同等分，过各等分点的水平线与相应素线交于点 $0'$ 、 $1'$ ……它们的水平投影 0 、 1 ……在对应素线的水平投影上。最后把这些点连成光滑曲线，即得圆锥螺旋线的两投影。圆锥螺旋线的正面投影是振幅逐渐减小的正弦曲线；其水平投影为阿基米德螺线。如果将圆锥表面展开，则可得到圆锥螺旋线的展开图，圆锥螺旋线展开后也是阿基米德螺线，如图 1-78 (b) 所示。

38. 曲面是怎样形成和分类的？

一条动线（直线或曲线）在空间运动的轨迹称为曲面。通常将形成曲面的动线称成母线，母线在曲面上的任一位置称为素线。对母线起控制作用的线或面称为导线或导面。如图 1-79 所示， AA_0 为母线， $A_1B_1C_1D_1$ 是导线。

母线按一定规则运动形成的曲面为规则曲面，而母线作不规则运动时，形成不规则曲面。由直母线形成的曲面，称为直线面；由曲母线形成的曲面，称为曲线面。直线面又可分为单曲面和扭曲面两类。其中，单曲面的相邻两素线共面，是可展曲面，如柱面和锥面；相邻两素线不共面的曲面是扭曲面，如螺旋面和双曲抛物面，它们是不可展曲面。曲线面则根据母线运动时形状是否变化分为定线曲面和变线曲面。

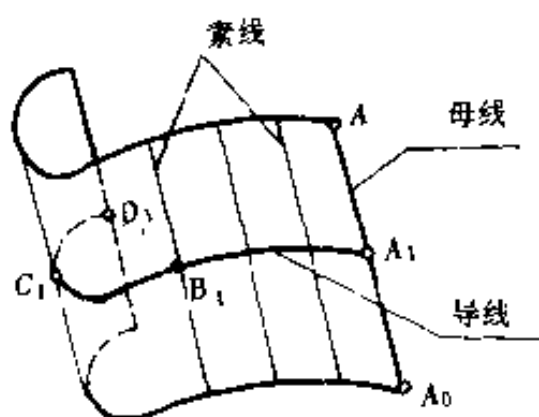
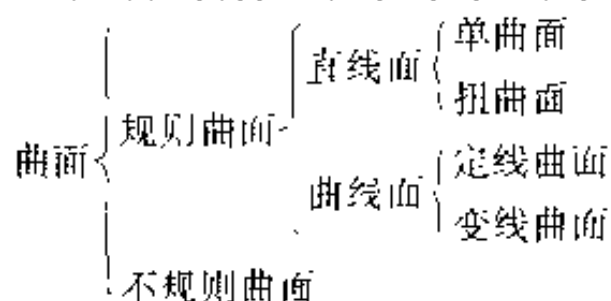


图 1-79 曲面的形成



39. 什么是圆柱的形成、投影？怎样在圆柱表面取点？

一直线 AB 绕与它平行的轴线 OO_1 旋转而成的曲面是圆柱面 [图 1-80 (a)]。一般所说的圆柱是指由圆柱面和垂直其轴线的两个圆平面所围成的圆柱体。直线 AB 为圆柱的母线。

圆柱的投影如图 1-80 (b) 所示。圆柱的轴线垂直于水平面，它的水平投影是圆，有积聚性，圆柱面上的所有点线的水平投影都积聚在圆上。圆柱的另外两个投影是矩形，与轴线平行的两组对边是圆柱面上最前、最后、最左、最右四条外形轮廓线的投影。

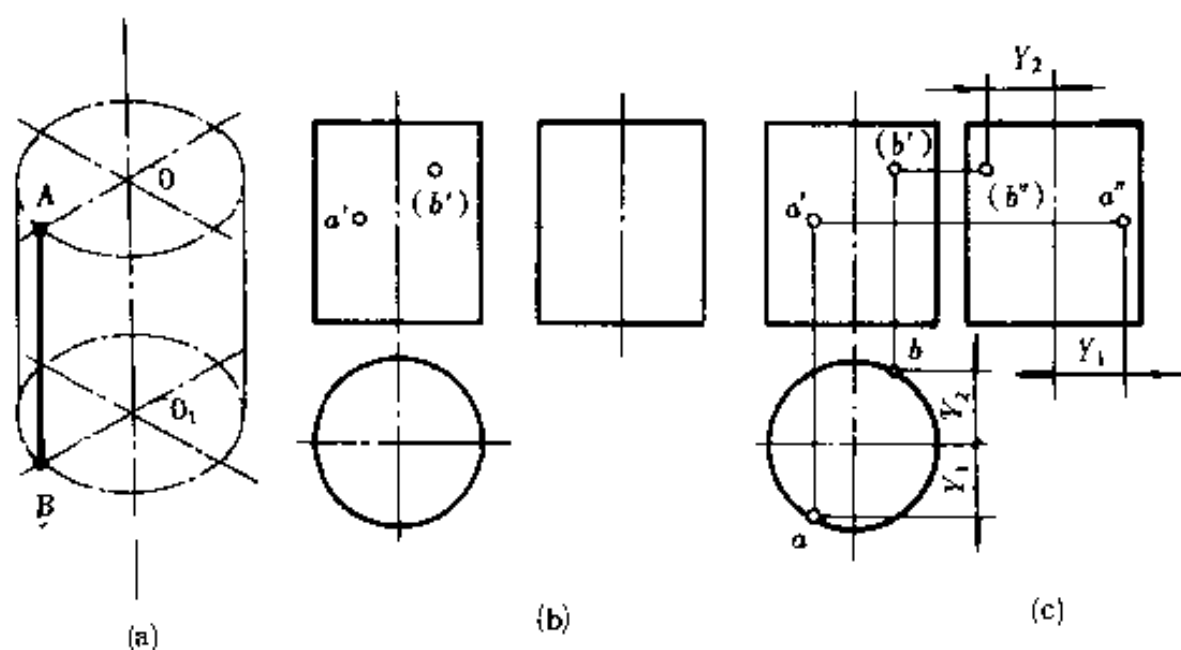


图 1 80 圆柱的形成及表面取点

圆柱表面取点时,要先确定点在积聚性投影圆上的位置,然后再根据点的投影规律求另外的一个投影。作图步骤如图 1 80 (c) 所示。

(1) 已知圆柱面上 A 点的正投影 a' , 求 a 、 a'' 。

①由于 a' 给出的是可见点,所以 A 点在圆柱的左、前表面上。利用圆柱水平投影的积聚性,求出 A 点的水平投影 a ;

②利用点 a 与轴线的相对位置关系求出其侧面投影 a'' 。

(2) 已知圆柱面上 B 点的侧面投影 b'' , 求 b' 、 b 。

①由于 b'' 给出的是不可见点,点 B 应在圆柱的右、后表面上。利用圆柱的积聚性投影和 b'' 与圆柱轴线的相对位置关系 (Y_2 值),可求出 B 的水平投影 b 。

②再过 b 点作垂线,过 b'' 点作水平线,交点为 b' 。因 B 点在后半个圆柱面上,所以把 b' 加括号,表示其正面投影不可见。

40. 什么是圆柱的形成、投影？怎样在圆柱表面取点？

一直母线沿着一曲导线运动且始终平行于直导线而形成的曲面称为柱面。如果曲导线是椭圆，如图 1-81 所示，则母线 I-I 的运动轨迹是一椭圆柱面。如果底面与轴线 OO 垂直，则为正椭圆柱面，如果底面与轴线倾斜，则为斜椭圆柱面。

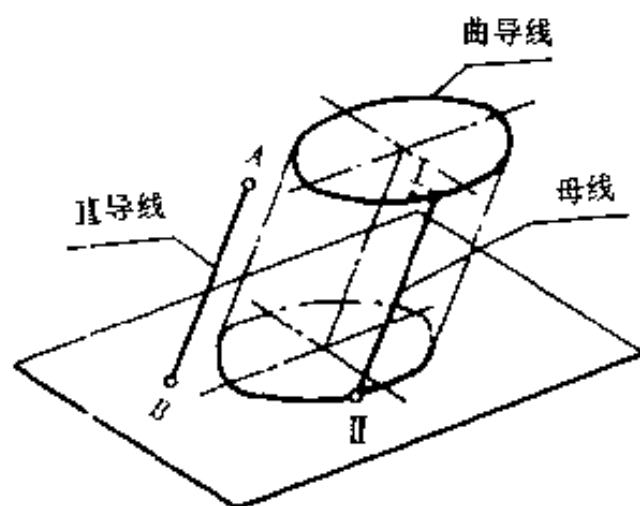


图 1-81 圆柱的形成

图 1-82 为一正椭圆圆柱的投影。其轴线垂直于水平面，它的水平投影有积聚性，椭圆柱面上所有点、线的投影都积聚在椭圆上；另两个投影为大小不同的矩形。椭圆柱面上取点的方法与圆柱面相同。图 1-82 中给出了椭圆柱表面上 M 点的三个投影。

41. 什么是圆锥的形成、投影？怎样在圆锥表面取点？

如图 1-83 所示，直线 SA 为母线，绕与它相交的轴线 SO 回转一周形成的曲面是圆锥面。圆锥面的素线都是过锥顶 S 的直线。

圆锥由圆锥面和圆形底面围成，它的投影如图 1-84 所示。圆锥的轴线垂直于水平面，其水平投影是圆，正面投影

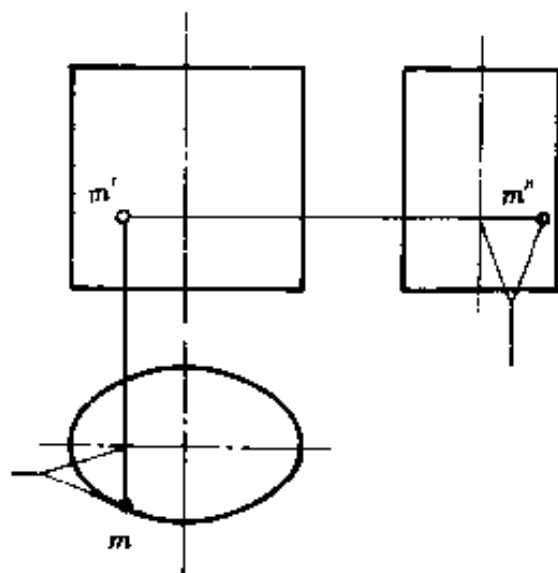


图 1-82 椭圆柱的投影及表面取点

和侧面投影是大小相同的等腰三角形。

圆锥面上取点的方法有两种：

(1) 辅助圆法 如图 1-84 (a) 所示，已知 A 点的正面投影 a' ，求 A 点另外两个投影的作图步骤为：

①过 A 点在圆锥面上作一与轴线垂直的辅助圆，其正面投影为过 a' 的直线，长为圆的直径，辅助圆的水平投影为实形。

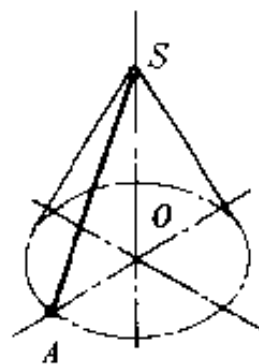


图 1-83 圆锥的形成

②由于已知的 a' 可见，故 A 点在圆锥的左前表面上，由此可在圆上确定 A 点的水平投影 a 的位置。

③利用点的投影规律或 A 点与辅助圆的从属关系，可求出 A 点的侧面投影 a'' 。

(2) 辅助素线法 如图 1-84 (b) 所示，已知 B 点的正面投影 b' ，求 B 点的另两个投影 b 和 b'' 。

①过 B 点作过锥顶 S 的素线 $S I$ ，其正面投影为 $s' 1'$ 。

②由 b' 可知， B 点在圆锥面的右、前表面上，故求出 $S I$

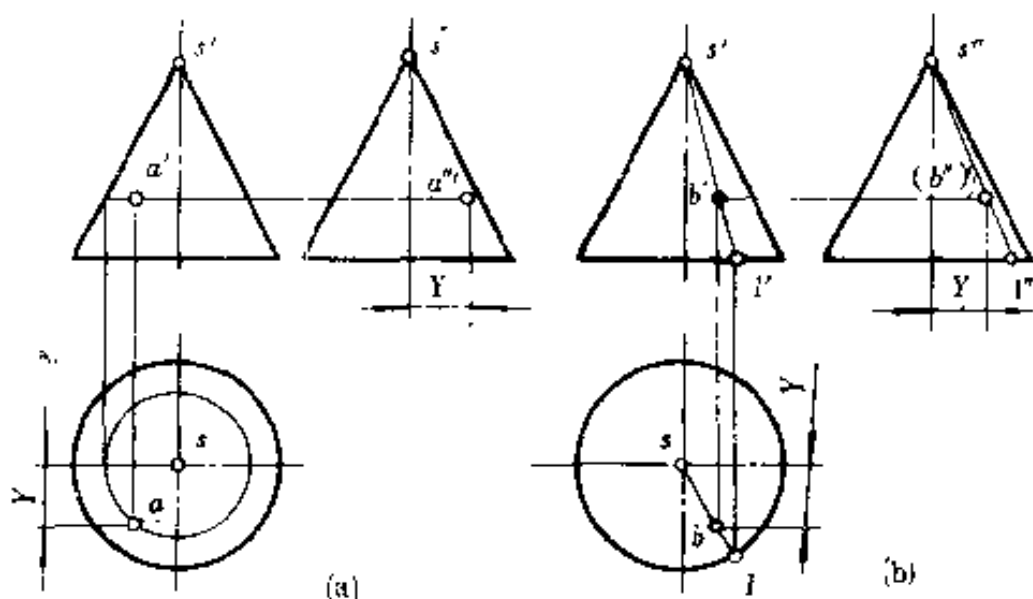


图 1-84 圆锥的投影及表面取点

的水平投影 s_1 ，并在 s_1 上求出 B 的水平投影 b 。

③利用点的投影规律求出 B 点的侧面投影 b'' ，或求出素线 S_1 的侧面投影 s''_1 ，再在 s''_1 上求出 b'' ， b'' 为不可见。

42. 什么是椭圆锥的形成、投影？怎样在椭圆锥表面取点？

如图 1-85 所示，以直线 SB 为母线，以椭圆为导线， SB 沿导线运动且始终通过定点 S ，则 SB 形成的曲面称作椭圆锥面。

椭圆锥由椭圆锥面和底面围成，它的投影如图 1-86 所示，画出锥顶、导线椭圆及外形轮廓线的投影就可得到椭圆锥的投影。

椭圆锥表面定点的方法与圆锥面上利用素线定点的方法相同，也利用过锥顶的素线来定点。在图 1-86 中，已知 A 点的正面投影 a' ，在正面投影中过 a' 连 s' 并延长交锥底于 l' ，则 $s'l'$ 为过 A 点的素线 S_1 的正面投影。因为已知 a' 可见，故 A

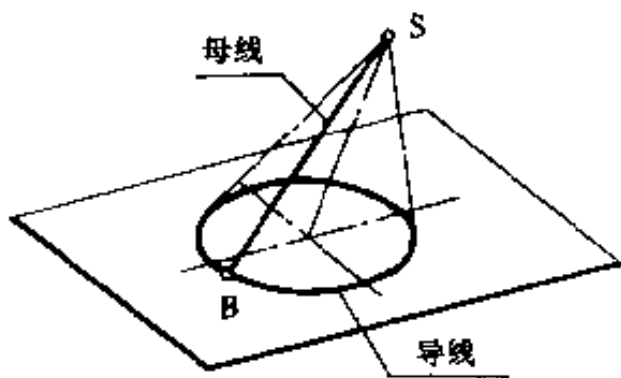


图 1-85 圆锥的形成

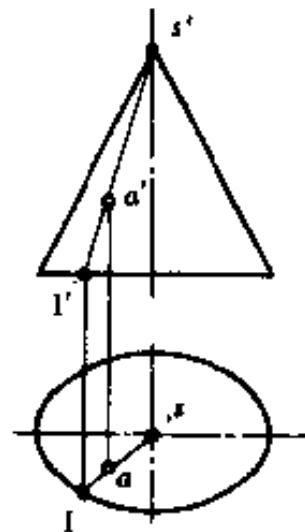


图 1-86 圆锥的投影及表面取点

点在圆锥的前半锥面上,便可求出素线 $S I$ 的水平投影 $s1$,由从属关系, A 点的水平投影 a 在 $s1$ 上。

43. 什么是圆球的形成、投影? 怎样在圆球表面取点?

如图 1-87 所示,以半圆 \widehat{ABC} 为母线,以直径 AC 为轴线回转一周所形成的曲面是圆球面。

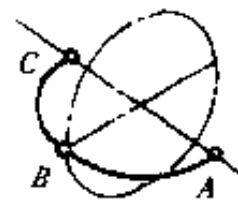


图 1-87 圆球的形成

圆球由圆球面所围成。如图 1-88 所示,圆球的三个投影都是圆。圆的直径为球的直径。三个投影的圆分别是球面上平行于 V 面、 H 面、 W 面的最大圆。

圆球面上定点的方法是利用球面上与投影面平行的圆作为辅助圆,在圆上定点。在图 1-88 中,已知 A 点的正面投影 a' ,求 A 点的另两个投影。作图方法为:

(1) 在球面上过 A 点作与 H 面平行的圆,其正面投影为过 a' 的一水平线 $1'$ 。

(2) 辅助圆的水平投影为圆的实形 1 。因为 a' 可见,故 A

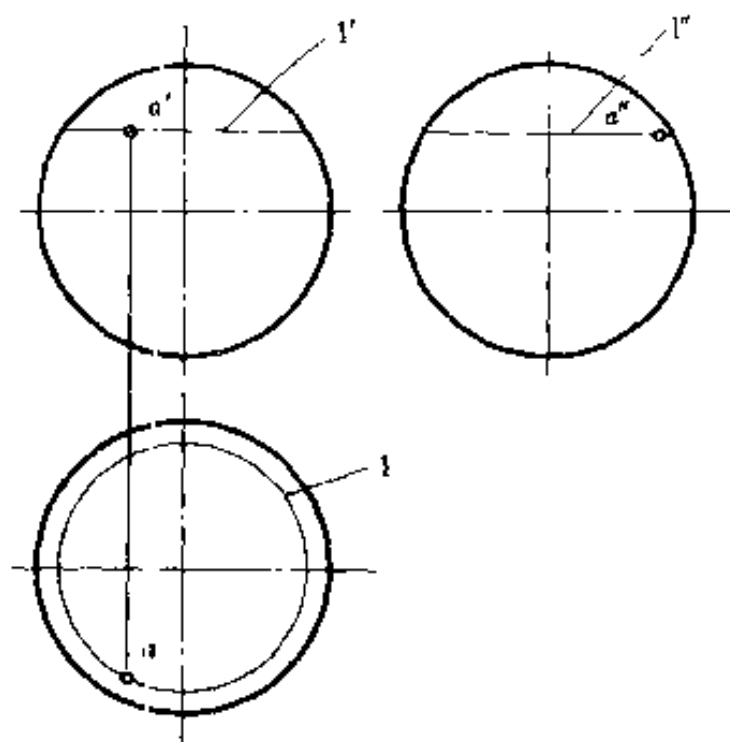


图 1-88 圆球的投影及球面上取点

点在前半球面上，由此可定出 A 的水平投影 a 的位置。

(3) 按点的投影规律可求出 A 点的侧面投影 a'' ，由 a' 和 a 可知 A 点在左半球面上，故 a'' 是可见的，也可以求出辅助圆的侧面投影 l'' ，再在 l'' 上求出 a'' 。

44. 什么是椭球面的形成和投影？

图 1-89 为一个三轴椭球面的投影。三轴椭球面是典型的变线曲面。它的母线是椭圆，母线按一定规律运动，其长短轴也按一定规律变化。三轴椭球面有相互垂直的长、中、短三根轴，如图中的 AB 、 CD 和 EF 。

三轴椭球面的形成方法有多种，现以一种为例。一椭圆母线沿椭球的长轴 AB 上下运动，在此过程中，椭圆母线始终位于水平面内，且该椭圆的长轴沿椭球正面投影外形线椭圆连续变化，短轴沿椭球面侧面投影外形线椭圆连续变化，这

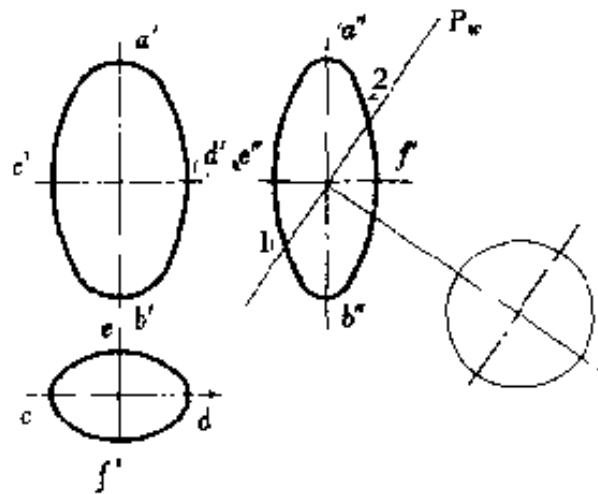


图 1-89 三轴椭球面

样就形成了三轴椭球面。

从图 1-89 中可以看出，三轴椭球面的三个投影都是椭圆。平面与三轴椭球面相交，截交线一般为椭圆。平行于中轴 CD 而倾斜于另两轴的平面，其截交线有可能为圆。图中侧垂面 P 通过中轴 CD ，且与椭球侧面投影外形线交点 1、2 间的距离等于中轴 CD 的长度时，截交线为直径等于 CD 的圆。用平行于 P 的平面与椭球面相交，可以得到一系列互相平行、直径小于中径的截交线圆。显然，三轴椭球面还有另外一组圆截面。

45. 什么是圆环的形成、投影？怎样在圆环表面取点？

如图 1-90 所示，一圆母线绕着与它共面但不通过圆心的轴线 OO_1 旋转一周所形成的回转面称为圆环面。由半圆 \widehat{ABC} 形成的表面称为外环面；由半圆 \widehat{ADC} 形成的表面称为内环面。

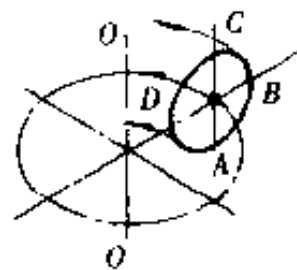


图 1-90 圆环的形成

图 1-91 为一轴线垂直于 V 面的圆环

的投影。处于这种位置时，图 1-90 中半圆 \widehat{BAD} 形成的表面为前半环面，其正面投影是可见的；半圆 \widehat{BCD} 形成的表面为后半环面，其正面投影不可见。

圆环面上定点，可利用圆环面上与轴线垂直的平面内的圆作为辅助圆求解。在图 1-91 中，已知圆环面上 A 点的正面投影 a' ，求 A 点另外两个投影的作图，其方法为：

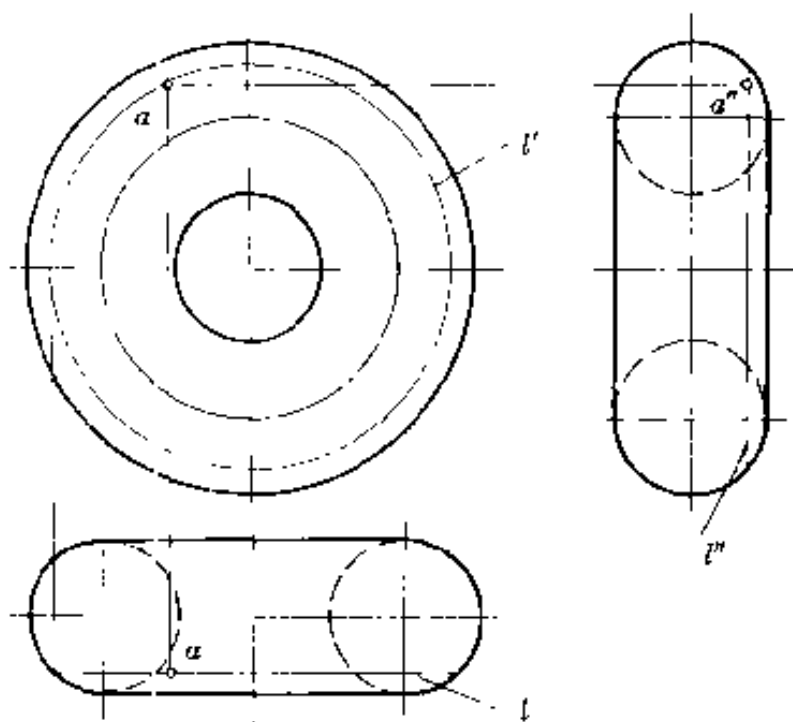


图 1-91 圆环的投影及环面上取点

(1) 过 A 点在圆环面上作一圆，圆所在的平面与圆环轴线垂直。轴线 OC_1 为正垂线，故圆的正面投影为实形，即过 a' 的圆 l' 。

(2) 由于 a' 可见， A 点在前半环面的上半外环面上，故 A 点所在圆的水平投影为 l ， A 的水平投影 a 在 l 上，且 a 为可见。

(3) 由点的投影规律求出 a'' 。由于 A 在左半环的外环面上，故 a'' 也可见。亦可先求出过 A 点辅助圆的侧面投影 l'' ，再

在 l'' 上求出 a'' 。

46. 什么是柱状面?

一直母线沿两条曲导线运动, 并始终平行于一已知平面(导平面), 则该母线的运动轨迹称为柱状面。如图 1-92 (a) 所示, I、II 为直母线, 曲线 ABC 和 DEF 是曲导线, 导平面是 H 面。柱状面的素线都平行于导平面, 但连续两素线在空间却并不平行, 而是两交叉直线, 不在一个平面上, 故柱状面是一种不可展曲面。画柱状面的投影图时, 一般要画出导线、导平面(导平面是投影面时可以省略不画)以及外轮廓线的投影, 一般为了便于想象曲面的空间形状, 还需画出若干素线的投影 [图 1-92 (b)]。

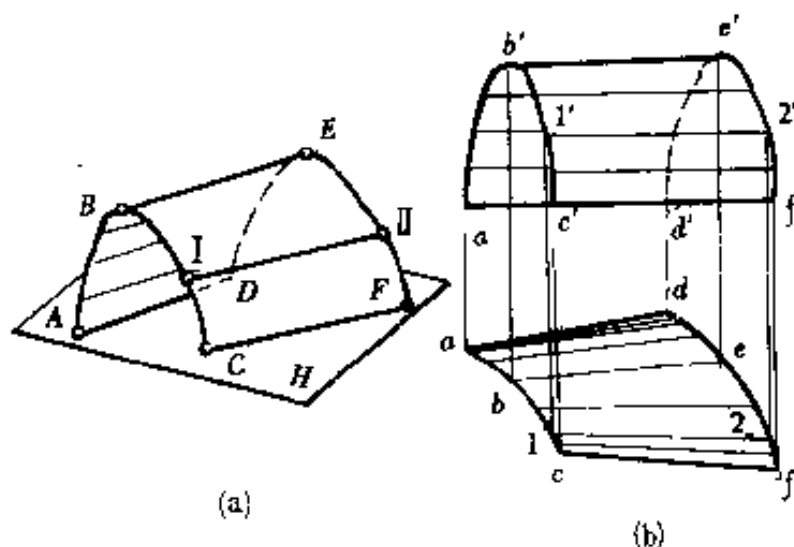


图 1-92 柱状面的形成与投影

47. 什么是锥状面?

一直母线沿一条曲导线和一条直导线运动, 并始终平行于一已知平面(导平面), 该母线的运动轨迹称为锥状面。如

图 1-93 (a) 所示, I II 为直母线, 曲线 ABC 为曲导线, 直线 DE 为直导线, H 面是导平面, 所有的素线都是与 H 面平行的水平线。图 1-93 (b) 为锥状面的投影图, 作图时, 一般要作出导线、导平面、轮廓线和若干条素线的投影, 图中导平面为 H 投影面, 故省略不画。

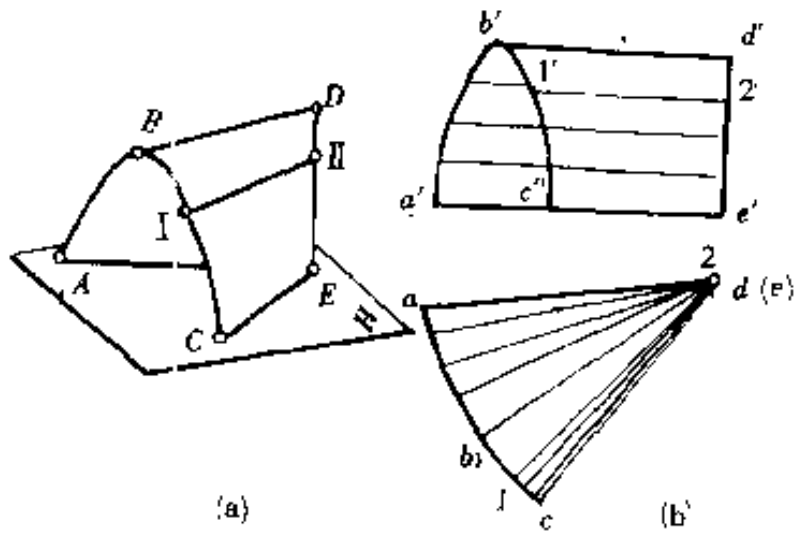


图 1 93 锥状面的形成与投影

48. 什么是正螺旋面?

若一直母线 AB 沿一圆柱螺旋线运动, 同时始终与圆柱的轴线相交成 90° , 则形成的曲面为正螺旋面, 如图 1-94 所示。由正螺旋面的形成可以看出, 它属于锥状面, 因为其母线是直线、两条导线一条为螺旋线 (曲导线), 另一条为圆柱轴线 (直导线), 且母线始终平行于一个平面 (图中为 H 面)。图 1-95 为正螺旋面的投影图。图中画出了导线、轮廓线和一些素线的投影。

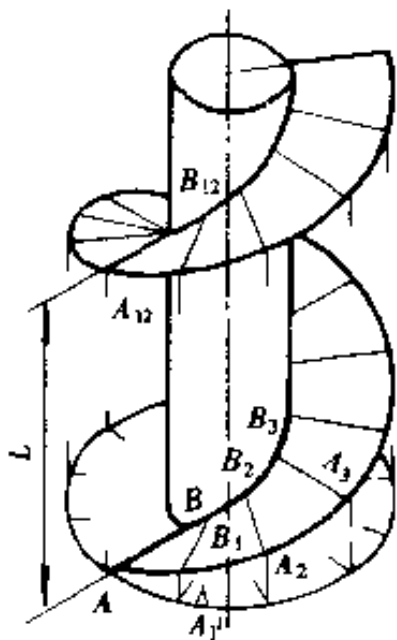


图 1-94 正螺旋面的形成

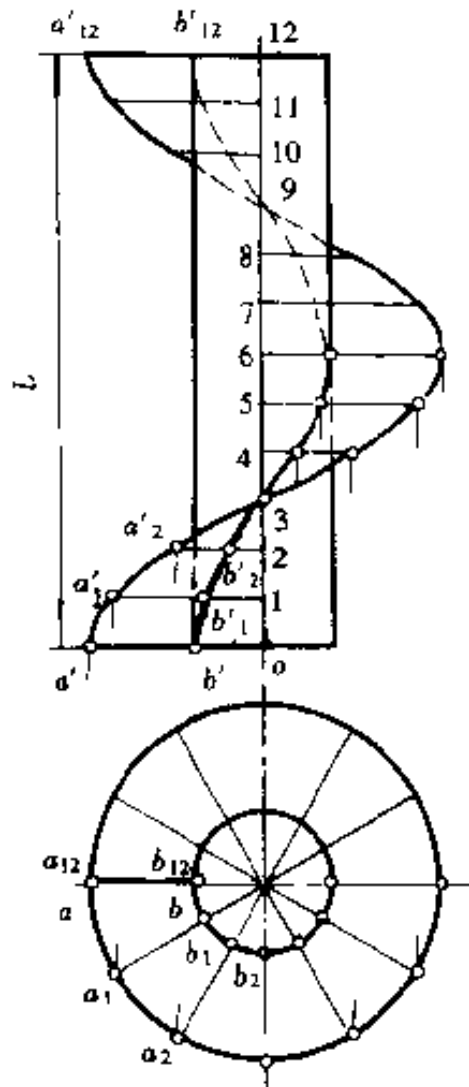


图 1-95 正螺旋面的投影画法

49. 什么是斜螺旋面?

斜螺旋面 (图 1-96) 也是一直母线以圆柱螺旋线和圆柱轴线为导线运动形成的曲面。它与正螺旋面的区别在于母线与圆柱轴线所成的角度 β 不等于 90° 。斜螺旋面不属于锥状面, 因为其母线运动时不是始终平行于导平面 (图中为 H 面), 而是与导平面成定角, 而母线运动时始终与一圆锥面的相应素线平行, 这个圆锥称为导圆锥, 如图中以 S 点为锥顶的圆锥面。画斜螺旋面的投影图时, 一般应画出导线、导圆

锥、轮廓线和若干素线的投影。

50. 什么是切线曲面？

若一直母线运动时始终保持与一空间曲导线相切，则其轨迹称为切线曲面。如图 1-97 (a) 所示，过空间曲导线 AB 上的 I、II……VI 等点，分别作曲线 AB 的切线，这些切线就构成一切线曲面，也称为旋面。如果过 I、II……VI 等点向另一方向延长各切线〔图 1-97(b)〕，则这些切线形成此曲面的第二叶，曲导线 AB 是这两叶曲面的分界线，称为回折棱或脊线。切线面上无限接近的相邻两素线是交于切点的两相交直线，故切线面是可展曲面。

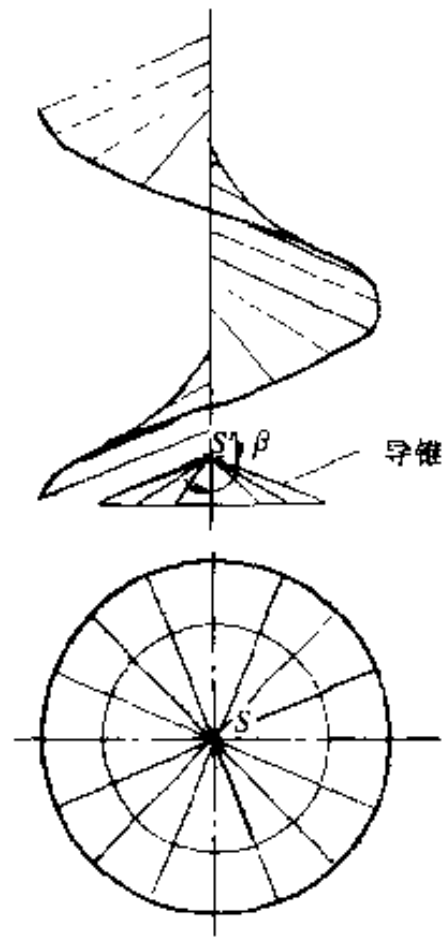


图 1-96 斜螺旋面

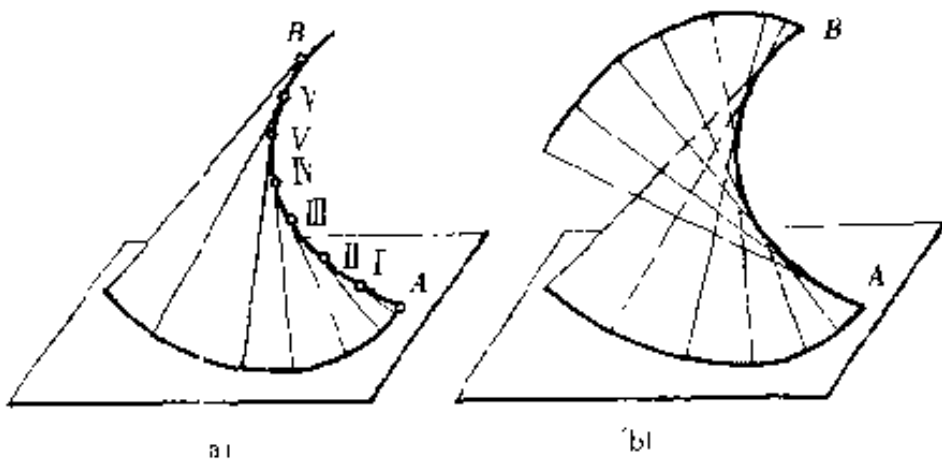
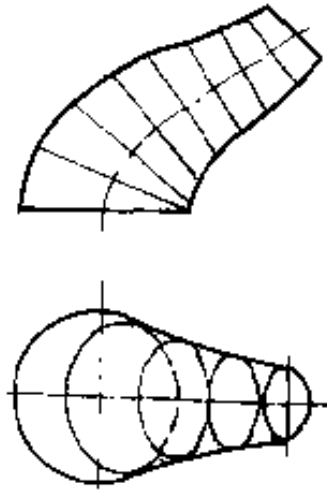


图 1-97 切线曲面的形成

51. 什么是变线曲面?

变线曲面的母线在运动时形状和大小发生变化。图 1-98 为一变线曲面实例。母线为一圆，圆心沿一曲导线运动，圆所在的平面始终与导线垂直，且圆的直径按一定规律变化，这样形成的曲面即为变线曲面。



52. 什么是可展曲面和不可展曲面? 图 1-98 变线曲面

如果曲面的连续两直素线彼此相交或平行，即位于同一平面内，则该曲面为可展曲面，如柱面、锥面和切线曲面，可展曲面可以展开为平面。如果曲面的连续两素线为交叉直线，不在同一平面内，则曲面为不可展曲面，如柱状面、锥状面等扭曲面。另外，有许多曲母线曲面，如球面、圆环面等都是不可展曲面。不可展曲面不能展开为平面，在钣金展开操作中只能采用近似的展开方法。

53. 什么叫比例?

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。表 1-6 为国家标准 GB/T14690—93 规定的绘图比例。绘制图样时，一般应从表 1-6 规定的系列中选取不带括号的适当比例，必要时也允许选取带括号的比列。



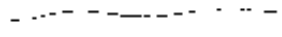

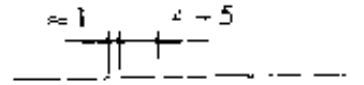
表 1.6 绘图的比例

原值比例	1 : 1
缩小比例	(1 : 1.5) 1 : 2 (1 : 2.5) (1 : 3) (1 : 4) 1 : 5 (1 : 6) 1 : 1 × 10 ⁿ (1 : 1.5 ⁿ × 10 ⁿ) 1 : 2 × 10 ⁿ (1 : 2.5 × 10 ⁿ) (1 : 3 × 10 ⁿ) (1 : 4 × 10 ⁿ) 1 : 5 × 10 ⁿ (1 : 6 × 10 ⁿ)
放大比例	2 : 1 (2.5 : 1) (4 : 1) 5 : 1 1 × 10 ⁿ : 1 2 × 10 ⁿ : 1 (2.5 × 10 ⁿ) : 1 (4 × 10 ⁿ : 1) 5 × 10 ⁿ : 1

54. 图纸上的图线有哪些种类和作用?

绘制工程图时,应根据国家标准 GB4457.4—84 的规定选择线型。表 1-7 为各种图线的型式、宽度和主要用途。粗实线和粗点划线的宽度 b 一般根据所绘图样的大小和复杂程度,在 0.5~2 mm 范围内选择,其余各种线型的宽度都约为 $b/3$ 。

表 1-7 图线的型式、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		b	可见轮廓线
细实线		约 $b/3$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、引出线
波浪线		约 $b/3$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
双折线		约 $b/3$	断裂处的边界线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线

(续)

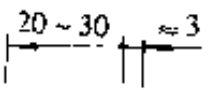
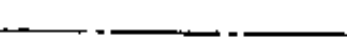
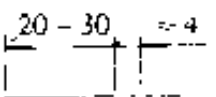
图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
细点划线		约 $b/3$	轴线、对称中心线
粗点划线		b	有特殊要求的表面的表示线
双点划线		约 $b/3$	假想投影轮廓线、中断线

图 1-99 为几种常用线型在工程图中的应用举例。

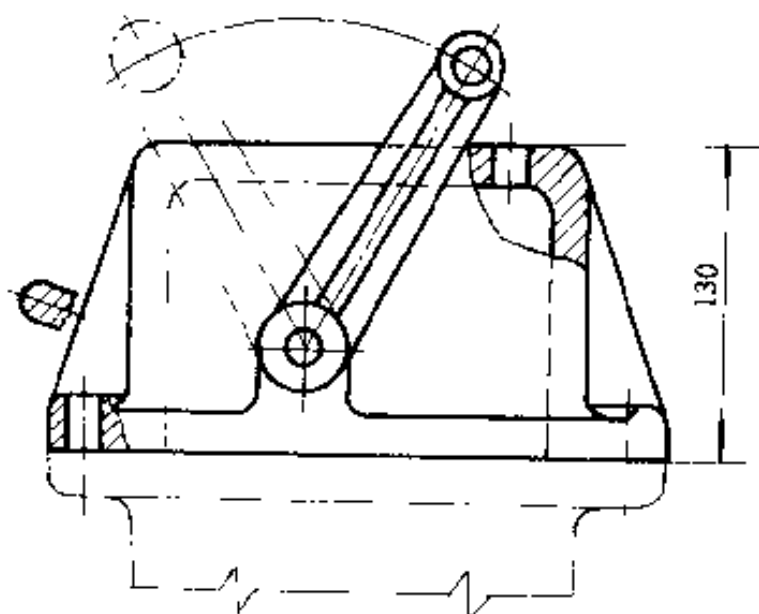


图 1-99 图线的应用举例

55. 什么是剖视图?

当机件内部的孔、槽结构或空腔结构较多时,视图上就会出现较多的虚线,或虚线与实线重叠,这将影响视图的清晰性,不利于读图和标注尺寸。如图 1-100 为压盖的两视图,主视图中出现了很多虚线。为了清楚地表达机件的内部结构,在机械制图中,常假想用—个平面,即剖切平面将机件剖切

开，将处在观察者和剖切平面之间的部分移去，再将其余部分向投影面投影，这样得到的投影图称为剖视图。图 1-101 (a) 为压盖被剖切平面剖切开及余下部分的投影，图 (b) 中压盖主视图为剖视图。

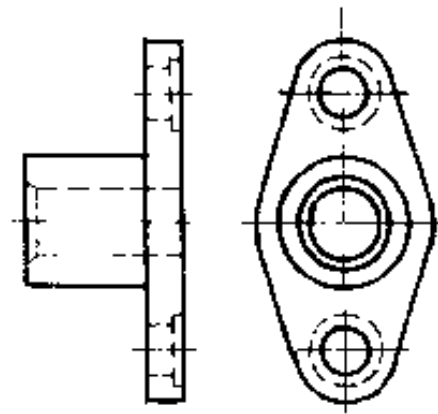
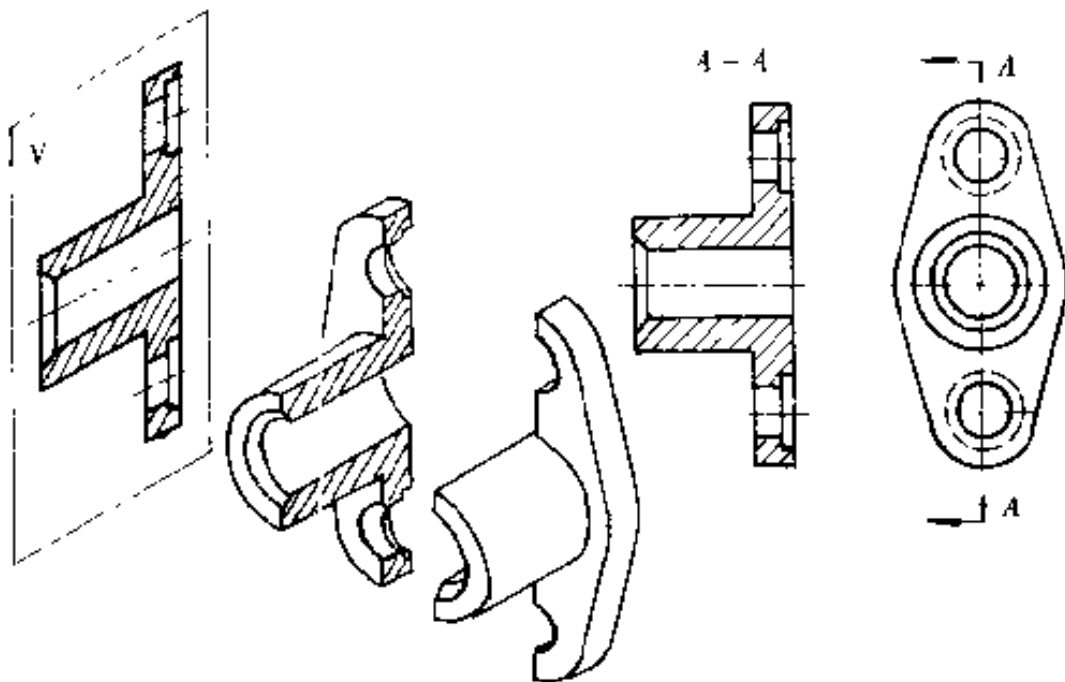


图 1-100 压盖的两视图

画剖视图时应注意以下事项：

(1) 剖切平面与机件内、外表面交线围成的图形称为剖面，即图 1-101 (b) 中所示，主视图中带斜线的部分。剖面内应画出剖面符号，其画法应遵照国家标准 GB 4457.5--84 的规定。表 1-8 所示，不同材料的剖面符号不同，机械工程中常用的金属材料的剖面符号为与水平方向成 45° 、间隔均匀的细实线，常称为剖面线。在画剖面图时，应注意同一零件





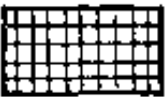

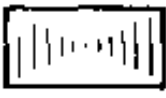





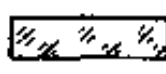


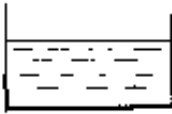

(a) 压盖剖切后投影

(b) 压盖的主视图画成剖视图

图 1-101 剖视图概念

的剖面线在各个视图中都应方向相同，间距相等。

表 1-8 剖面符号

金属材料（已有规定剖面符号者除外）			木质胶合板	
线圈绕组元件			基础周围的泥土	
转子、电枢、变压器和电抗器等的迭钢片			混凝土	
非金属材料（已有规定剖面符号者除外）			钢筋混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、硬质合金刀片等			砖	
玻璃及供观察用的其他透明材料			格网（筛网、过滤网等）	
木材	纵剖面		液体	
	横剖面			

注：1. 剖面符号仅表示材料的类别，材料的代号和名称必须另行注明。

2. 迭钢片的剖面线方向，应与束装中迭钢片的方向一致。

3. 液面用细实线绘制。

(2) 画剖视图时，剖切平面后的可见轮廓应按可见结构画出投影；不可见的结构若在其他视图中已表达清楚，虚线可省略不画。

(3) 剖视图是用假想的剖切平面剖开机件后投影得到的，

其他视图不受影响，仍按完整结构画出投影。

(4) 剖视图应标注，来表示它与其他视图间的关系。剖视图的标注包括三部分内容：剖切平面位置、投影方向和剖视图名称。剖切平面位置用剖切符号——短粗实线（宽度是 $1\sim 1.5b$ ）来表示。短粗实线尽量不与视图轮廓线相交；剖切后的投影方向用剖切符号两端加箭头表示，箭头旁标注大写字母“X”；在剖视图上方用相同大写字母“X—X”标注剖视图名称。有关剖视图的完整标注形式见图 1-101 (b) 中所示。剖视图的标注有两种省略形式，一是当剖视图按投影关系配置，中间没有其他视图隔开时，可省略箭头；二是当用单一剖切平面经过物体对称面剖切，并按投影关系配置，中间没有其他视图隔开时，可完全省略标注。

56. 剖视图的种类和作用有哪些？

在机械制图中，剖视图是一种常用的表达方法。按剖切平面数量不同和剖切范围不同，常用的有以下几种剖视图。

(1) 全剖视图 用剖切平面将机件完全剖开后得到的剖视图称为全剖视图。图 1-102 为一摇柄的全剖视图。全剖视图可以清晰地表达机件的内腔结构。所以全剖视图主要用来表达内腔结构复杂，外形比较简单的不对称机件。

全剖视图的剖切平面可以是一个，也可以是多个。全剖视图的标注方法与前边所述相同。图中符合省略标注的条件，故未作标注。

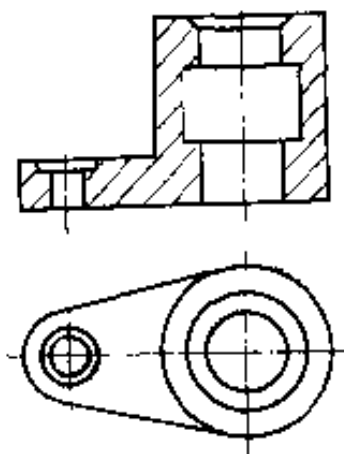


图 1-102 全剖视图

(2) 半剖视图 对于结构对称的机件，在垂直于其对称

平面的投影面上的投影，可以以对称中心线为界，一半画成剖视图，另一半画成视图，这种图样称为半剖视图。半剖视图既能表达机件的外形，又能反映内腔形状，故常用于内、外形状都需要表达的对称机件，如图 1-103 所示。当机件的形状接近于对称，且其不对称部分在其他视图中已表达清楚时，也允许画成半剖视图，如图 1-104 所示。

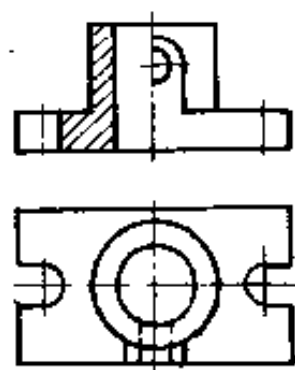


图 1 103 半剖视图

必须注意，在半剖视图中，半个剖视图和半个视图之间的分界线应画成点划线，不能画成粗实线。由于结构对称，零件的内腔形状已在半个剖视图中表达清楚了，所以在表达外部形状的半个视图中虚线应省略不画（图 1-104）。半剖视图的标注方法与全剖视图相同。

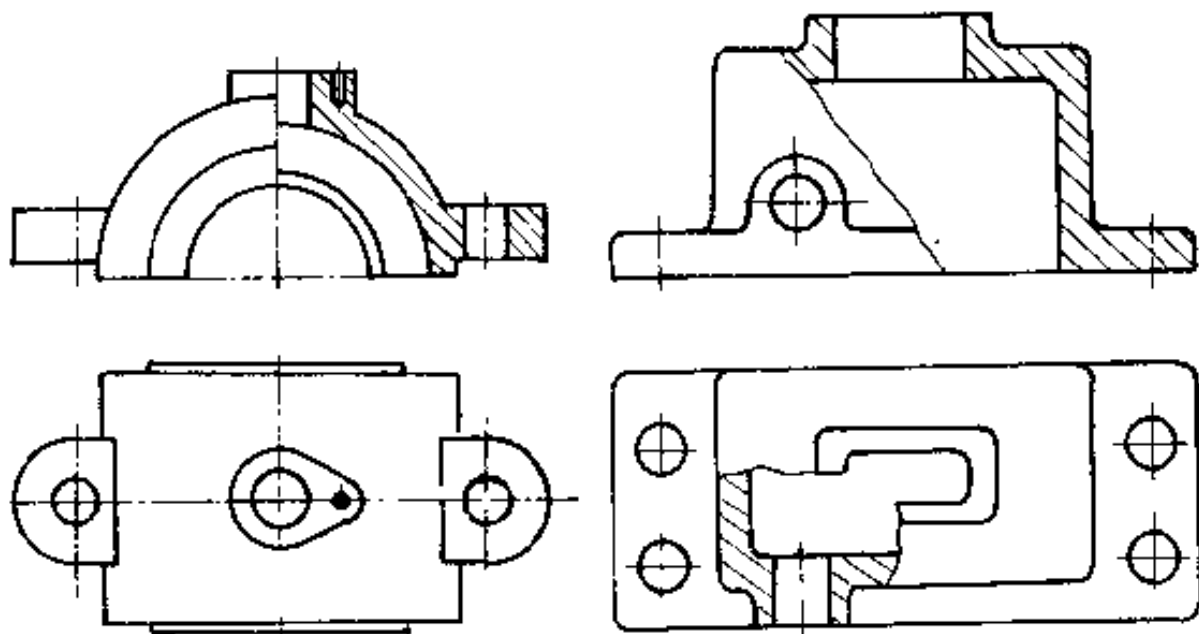


图 1-104 用半剖视图表达基本对称机件

图 1 105 局部剖视图

(3) 局部剖视图 用剖切平面剖开机件的局部结构后得到的剖视图称为局部剖视图。如图 1-105 所示，图中既表达了

机件的内腔结构，又反映了机件左前侧凸台的外形和凸台内的通孔结构。

局部剖视图是一种运用灵活的表达方法，剖切位置和剖切范围，可根据需要决定。但在一个视图中局部剖视的数量不宜过多，否则视图凌乱，影响视图清晰。局部剖视图适用于机件形状不对称、又要在同一视图中表达外形和内腔的情况；对实心零件上的孔、槽结构常用局部剖视表达。

局部剖视图用波浪线表示剖切范围，即剖视和视图间用波浪线作为分界线。注意波浪线不应和其他图线重合；不允许超出视图的轮廓线；当波浪线遇到孔、槽结构时应断开。局部剖视的剖切位置明显时，一般不需标注，否则，也应注明剖切位置，投影方向和剖视图名称。

(4) 阶梯剖视图 有些机件的孔、槽结构较多，又不在同一个平面内，用一个剖切平面不能全部剖切到，这时可用一组相互平行的平面作为剖切平面，依次将孔、槽结构切开，这样得到的视图称为阶梯剖视图。图 1-106 (a) 即为用三个正平面剖切得到的阶梯剖视图。

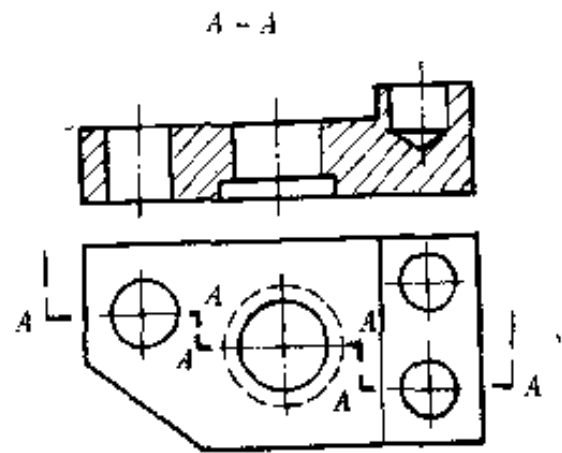


图 1-106 (a) 阶梯剖视图

画阶梯剖视图时必须标注。要注明剖切位置，在剖切平面的起始处和转折处标注相同的字母，再注明投影方向和剖视图名称，标注示例如图 1-106 (a) 中所示。

画阶梯剖视图时，要注意以下几点：

①在剖视图上，不要画出两个剖切平面间转折平面的投

影。

②剖切平面的转折处不应与视图中的轮廓线重合。

③在阶梯剖视图中，不应出现不完整要素，如只剖出孔或槽的一部分。

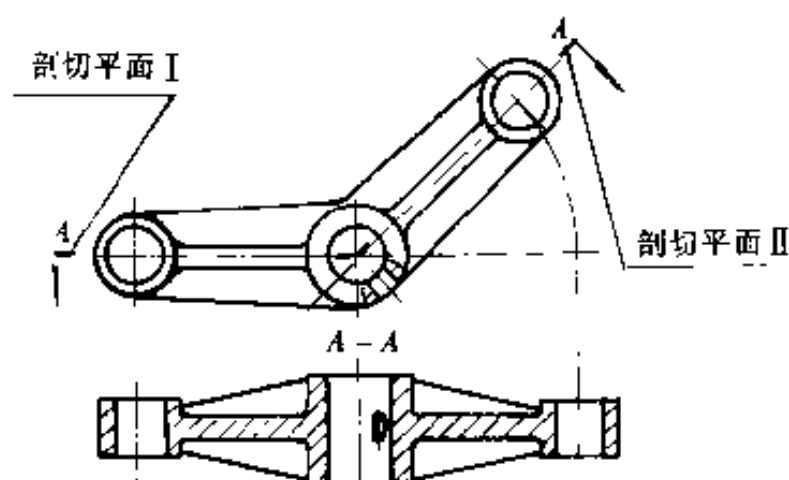


图 1-106 (b) 旋转剖视图

(5) 旋转剖视图 用两个相交的剖切平面（两剖切平面的交线垂直于某一基本投影面）剖开机件，并将被倾斜剖切平面剖到的结构要素及有关部分旋转到与选定的投影面平行后再进行投影，得到的剖视图称为旋转剖视图。图 1-106 (b) 所示为摇杆的旋转剖视图。两个剖切平面的交线垂直于正面，剖开机件后，将剖切平面 II 旋转到与剖切平面 I 重合，与水平面平行，再向水平面投影即可得到该旋转剖视图。旋转剖视图必须标出剖切位置、投影方向和剖视图名称，在剖切平面的起始和转折处要标注相同的字母。如果剖切平面转折处地方小，又不致引起误解时，允许省略字母，图中两平面转折处就省略了字母。要注意，剖切平面后边的其他结构仍按原来的位置投影，如图中摇杆上小油孔的水平投影。

旋转剖视常用于轮盘类零件，如轴承压盖、手轮、带轮等，也可用于非回转面零件，但该类零件应有一个回转中心。

57. 什么是剖面图？

用一个假想的平面将机件的某处切断，仅画出断面的图形，这个图形称为剖面图，简称为剖面。图 1-107 (a) 为一轴在键槽处被剖切平面切断，图 1-107 (b) 为切断处的剖面图，图 1-107 (c) 则为该轴切断后的剖视图。由 (b) 图和 (c) 图可比较出剖面图与剖视图是有区别的。不同之处在于剖面图只画出切断处的剖面形状，而剖视图除画出切断处的剖面形状外，还要画出剖切平面后有关结构的投影。

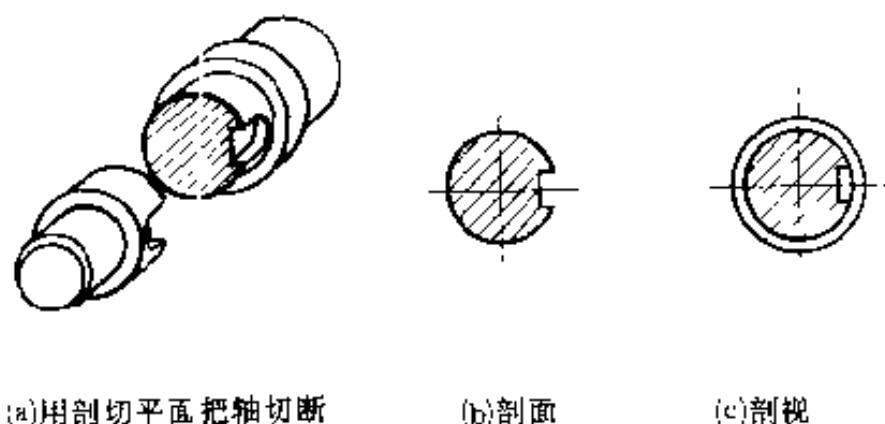


图 1-107 剖面的概念

剖面图一般要画出剖面符号。剖面符号的画法与剖视图相同。

剖面分移出剖面和重合剖面两种。

(1) 移出剖面 画在视图之外的剖面，称为移出剖面，如图 1-108 所示。移出剖面的轮廓线用粗实线绘制，应尽量配置在剖切平面的迹线延长线上，如图 1-108 (a) 所示。剖面图形对称时，也可以画在视图的中断处，如图 1-108 (b) 所示。由两个或多个相交平面剖切得到的移出剖面，剖面图中间应断开，如图 1-108 (c) 所示。当剖切平面通过回转面形成的

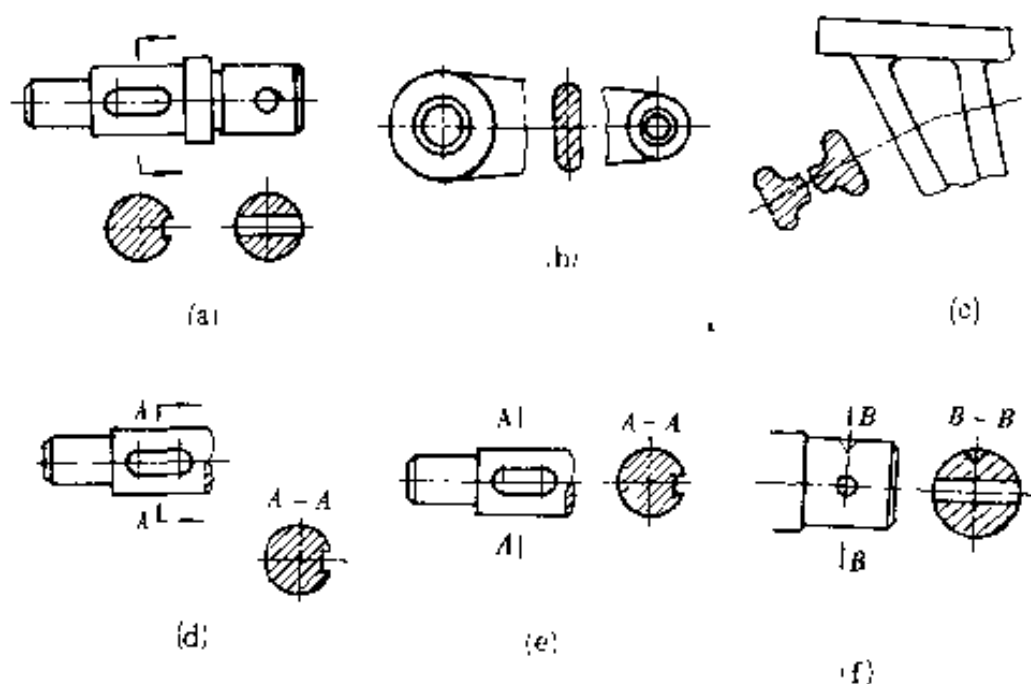


图 1-108 移出剖面

孔或凹坑的轴线时，这些结构按剖视绘制，如图 1-108 (f) 中圆柱孔和圆锥坑在剖面图中的画法。

移出剖面的标注方法如图 1-108 (d) 所示。用剖切符号表示剖切平面位置，用箭头表示投影方向，箭头旁注字母“X”，在剖面图上方用“X—X”表示剖面图名称。当移出剖面配置在剖切平面的迹线延长线上时，不对称的移出剖面可以省略标注字母，对称的移出剖面可以省略标注 [如图 1-108 (a)]。对称的移出剖面不配置在剖切平面迹线延长线上或不对称的移出剖面按投影关系配置时都可以省略箭头 [如图 1-108 (f) 和 (e)]。

(2) 重合剖面 画在视图之内的剖面，称为重合剖面。如图 1-109 所示。重合剖面的轮廓线用细实线绘制。当剖面轮廓线与视图轮廓线重合时，仍按视图轮廓线画出，如图 (b) 中角钢的剖面。

对称的重合剖面不需标注 [图 (a)]。不对称的重合剖面

需注明剖切位置和投影方向，但不必注字母，如图（b）所示。

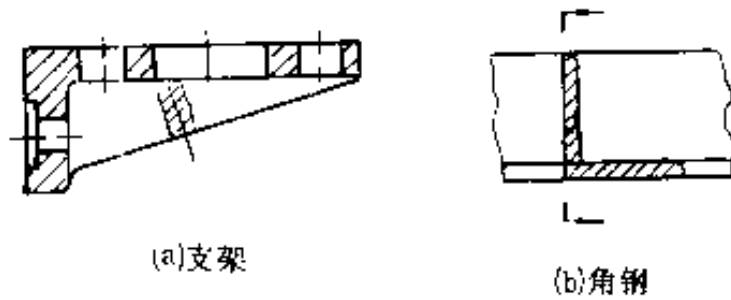


图 1-109 重合剖面

工程图中，较常用的是移出剖面，只有在不影响视图清晰的条件下，才使用重合剖面。剖面常用来表示机件某一部分的断面形状。如轴上的键槽、机件上的肋板、轮辐、杆件和型材的断面等。

58. 什么是零件图？零件图中包括哪些内容？

任何一台机器或一个部件都是由若干个零件按一定的装配关系和技术要求组装而成的，零件是组成部件或机器的最小单元。表达零件结构形状、尺寸和技术要求的图样，称为零件图。零件图是加工和检验零件的依据。图 1-110 是轴的零件图。

一张完整的零件图应包括四部分内容：

- (1) 一组视图 用以完整、清晰地表达零件的结构形状，可以采用视图、剖视、剖面等各种表达方法。
- (2) 全部结构尺寸 说明零件各部分结构形状的大小和相对位置。
- (3) 技术要求 用以说明零件在加工和检验时应达到的各项技术指标。例如表面粗糙度、尺寸公差、形位公差、材料的热处理等。
- (4) 标题栏 说明零件的名称、材料、数量、绘图比例

及图号等。

59. 什么是装配图？装配图中包括哪些内容？

表达机器或部件的图样称为装配图。它表达了机器或部件的工作原理、零件之间的装配关系、相互位置等，是机器或部件在装配、检验、安装时依据的重要技术文件，图 1-111 为一柱塞式油泵的装配图。装配图应包括以下内容：

(1) 一组视图 表达机器或部件的工作原理，各零件之间的相对位置、装配关系和连接方式、主要零件的结构形状等。

(2) 必要的尺寸 表示机器或部件的规格性能尺寸、零件之间的装配尺寸、机器或部件的安装尺寸、外形尺寸等。

(3) 技术要求 用文字或符号在装配图上说明对机器或部件的装配要求；试验项目；性能指标方面的要求；安装、运输和使用方面的要求等。

(4) 零件的编号、明细表和标题栏 为了便于生产管理，在装配图上对每一种零件都要编号，每种零件的编号要与明细表中的序号一致，并且要填写零件名称、材料、标准件的规格尺寸、数量等。标题栏中要填写部件的名称、图的编号、比例、单位名称等项目。

60. 焊缝在图纸上是怎样表示的？

焊接件经焊接后所形成的结合部分称为焊缝。焊缝在图纸上有两种表示方法：图示法和标注法。

(1) 图示法 用图示法表示焊缝应符合如下规定：

①在视图中，可用一组短细实线表示可见焊线（焊缝的正面），如图 1-112 中 (b)、(c)、(d) 所示，这组细实线允许

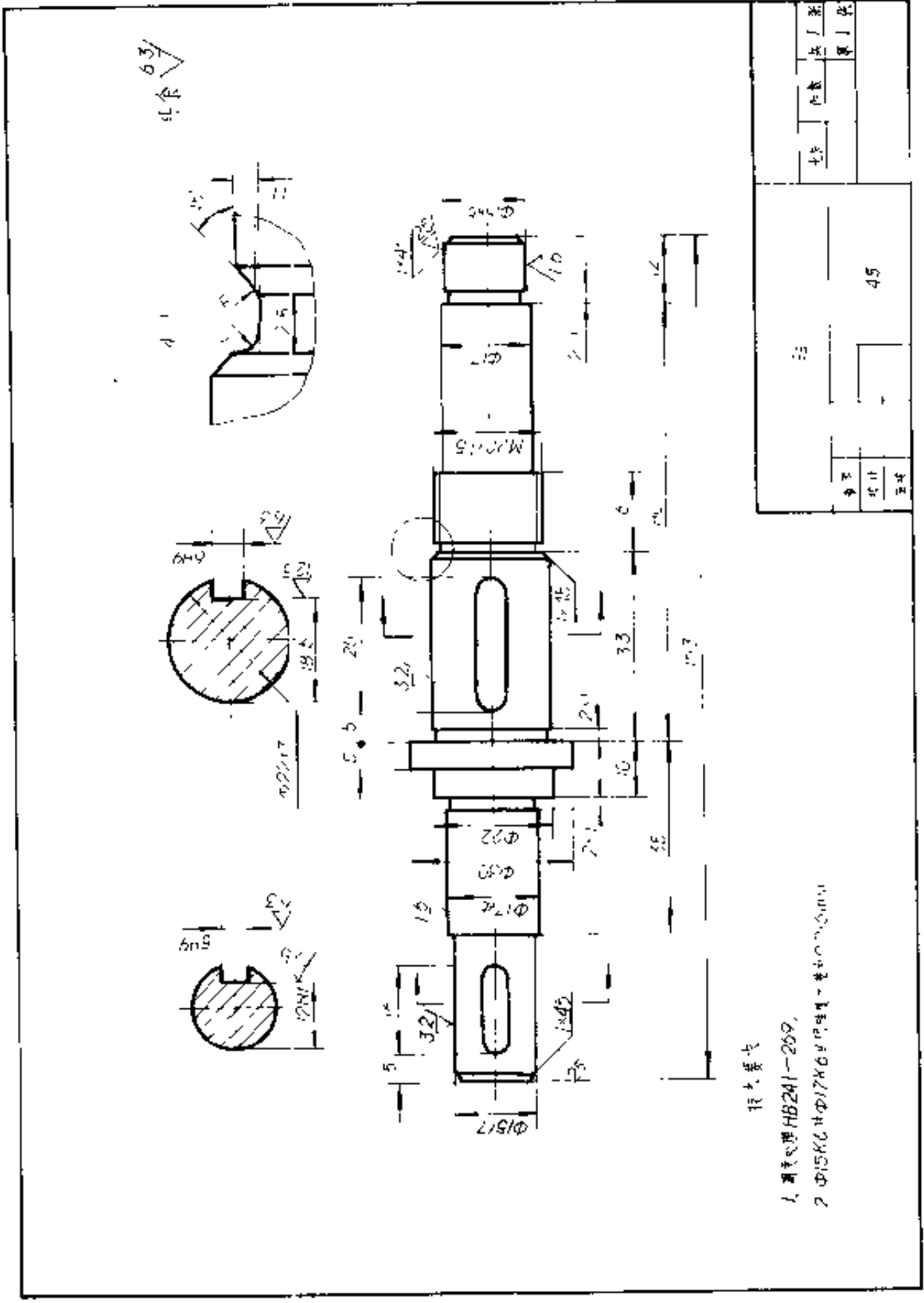


图 1-110 零件图示例

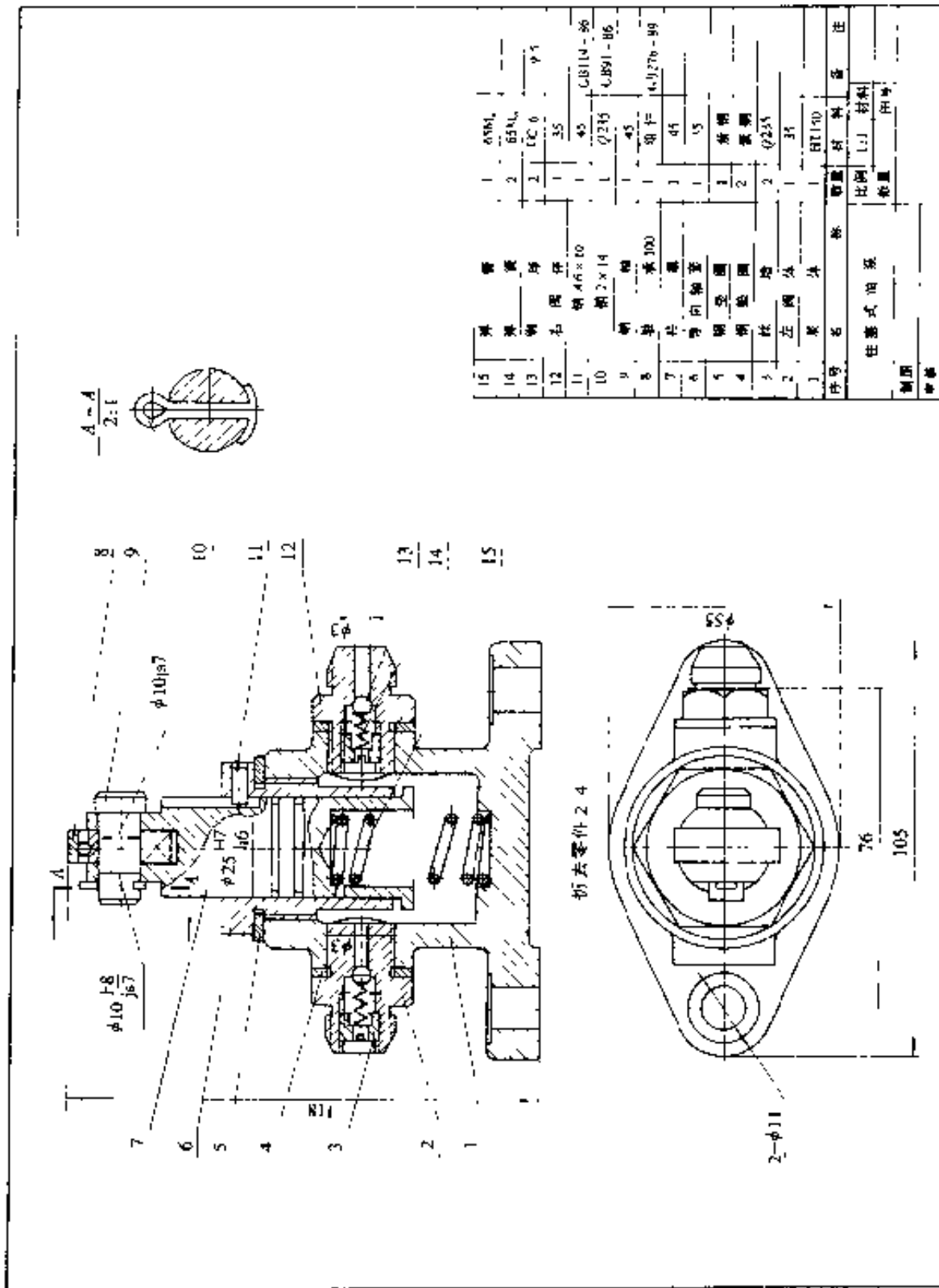


图 1-111 装配图示例

徒手绘制；也可以用加粗线（ $2b \sim 3b$ ）表示可见焊缝，如图 1-112 (e)、(f) 所示。但在同一图样中，只允许采用一种画法。图纸上常常也用粗实线表示可见焊缝，如图 1-112 (a) 所示。

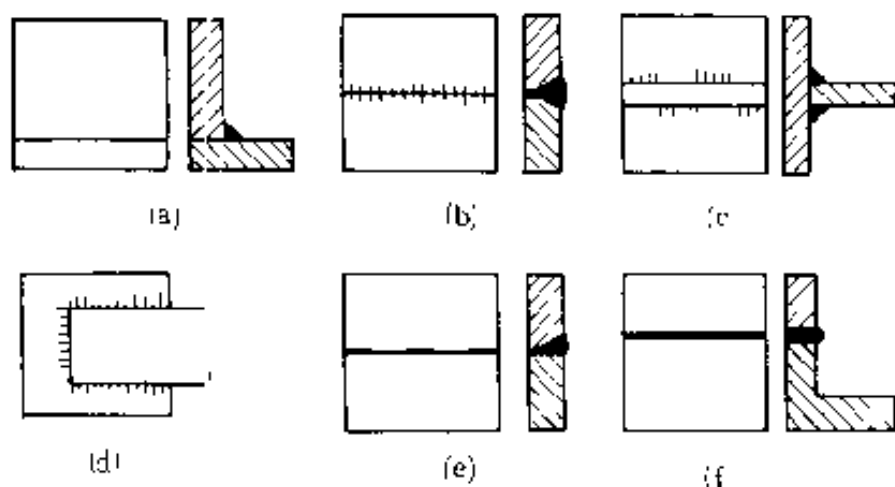


图 1-112 焊缝图示法示例

②在垂直于焊缝的剖视图或剖面图中，一般应画出焊缝的剖面形状并涂黑，如图所示。

(2) 标注法 用标注法在图纸上标注焊缝需注出焊缝符号和焊接方法的数字代号两部分内容。

焊缝符号一般由基本符号与指引线组成(图 1-113)，必要时还可以加上辅助符号、补充符号和焊缝尺寸符号。现将焊缝符号的各组成部分分述如下：

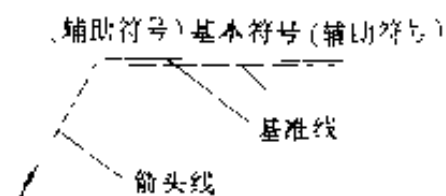


图 1-113 焊缝符号的形式

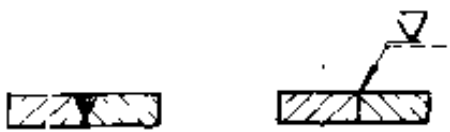


①基本符号 基本符号用来表示焊缝的横断面形状，用粗实线绘制。常用焊缝的基本符号、图示法及标注方法示例见表 1-9。

表 1-9 常用焊缝的基本符号、图示法及标注方法示例

名称	符号	示意图 (剖面)	图示法	标注方法
I形焊缝				
V形焊缝	∇			
角焊缝	△			
点焊缝	○			

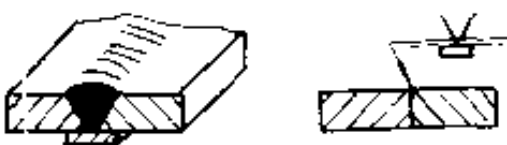
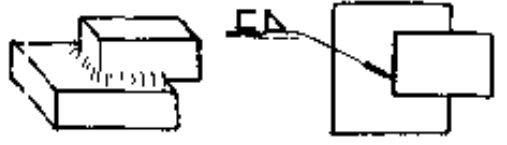


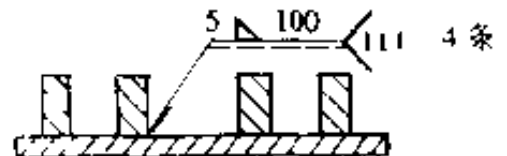
②辅助符号 辅助符号是表示焊缝表面形状特征的符号，用粗实线绘制。在不需要确切地说明焊缝的表面形状时，可以省略标注辅助符号。辅助符号及其应用举例见表 1-10。

表 1 10 辅助符号及标注示例

名称	符号	形式及标注示例	说明
平面符号	—		表示 V 形对接焊缝表面齐平(一般通过加工)
凹面符号	⌒		表示角焊缝表面凹陷
凸面符号	⌒		表示 X 形对接焊缝表面凸起

③补充符号 补充符号是用以补充说明焊缝的某些特征的符号,用粗实线绘制。补充符号及标注示例见表 1-11。

表 1 11 补充符号及标注示例

名称	符号	形式及标注示例	说明
带垫板符号	□		表示 V 形焊缝的背面底部有垫板
三面焊缝符号	□		工件三面施焊,开口方向与实际方向一致
周围焊缝符号	○		表示在现场沿工件周围施焊
现场符号	▲		
尾部符号	<		表示用手工电弧焊,有 4 条相同的角焊缝

④指引线 指引线一般由两条基准线（一条为实线，另一条为虚线）和箭头线两部分组成，用细实线绘制，画法如图 1-114 所示。箭头线用来将整个焊缝符号指到图纸上的有关焊缝处，必要时允许弯折一次，如图 1-115 所示。基准线一般应与图纸的底边平行，特殊情况下也可以与图纸的底边垂直。基准线的虚线可以画在基准线实线的上侧或下侧。基准线的虚线可以画在基准线实线的上侧或下侧。

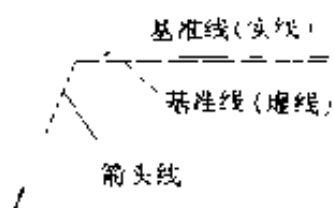


图 1-114 指引线画法

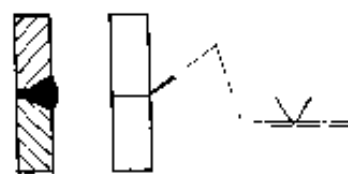


图 1-115 箭头线弯折一次

⑤焊缝尺寸符号 图纸上一般不标注焊缝尺寸，只有设计、制造或施工需要注明焊缝尺寸时才标注。焊缝尺寸符号见表 1-12。

表 1-12 焊缝尺寸符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
工作厚度	δ	焊缝长度	l	焊缝宽度	c	熔核直径	d
坡口角度	α	焊缝段数	n	根部半径	R	焊缝有效厚度	S
根部间隙	b	焊缝间距	e	相同焊缝数量符号	N	余高	h
钝边	p	焊角尺寸	K	坡口深度	H	坡口面角度	β

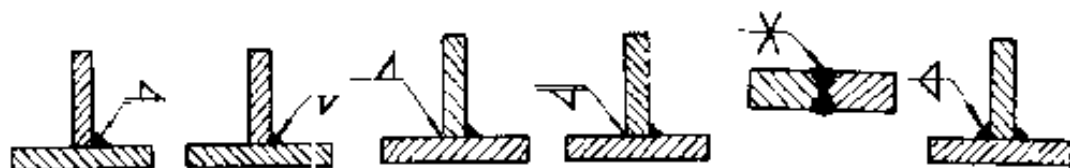
⑥焊接方法的数字代号 图纸上有时也需要注明焊接方法。焊接方法可用文字在技术要求中说明，也可用数字代号直接注写在焊缝符号的尾部符号中。常用的焊接方法及数字代号见表 1-13。

表 1 13 常用的焊接方法及数字代号

焊接方法	数字代号	焊接方法	数字代号
手工电弧焊	111	激光焊	751
埋弧焊	12	氧-乙炔焊	3
电渣焊	72	硬钎焊	91
电子束焊	76	点焊	21

(3) 标注焊缝符号的有关规定 如上所述, 焊缝符号是由多项内容组成的, 各项内容在指引线上的位置有如下规定。

①基本符号相对于基准线的位置 如果焊缝在接头的箭头所指的一侧, 基本符号标注在基准线的实线一侧, 如图 1-116 (a) 所示。如果焊缝在接头的非箭头侧, 基本符号标注在基准线的虚线一侧, 如图 1-116 (b) 所示。标注对称焊缝和双面焊缝时, 基准线可只画一条实线, 不画虚线, 注法如图 1-116 (c) 所示。



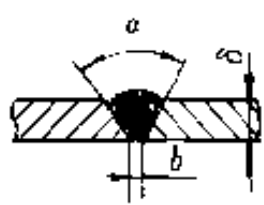
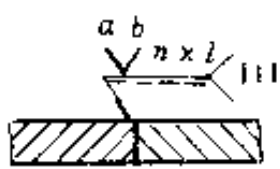

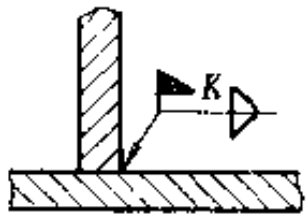
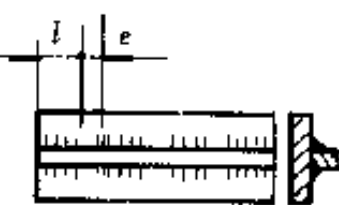
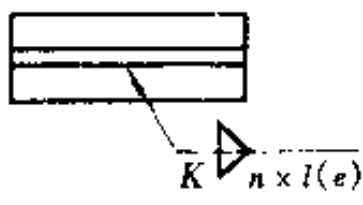
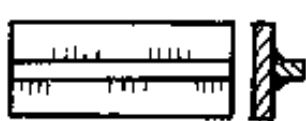
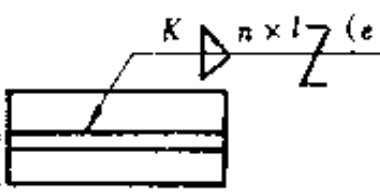
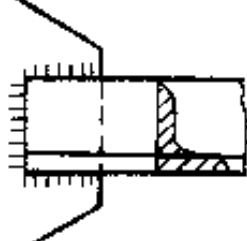
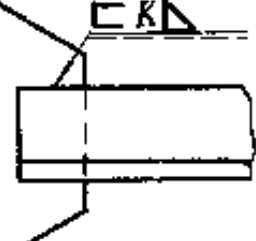
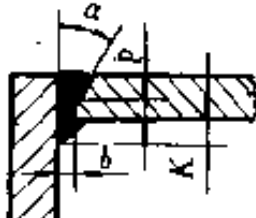
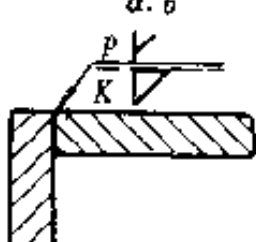
(a) 焊缝在接头的箭头所指一侧 (b) 焊缝在接头的非箭头所指一侧 (c) 对称焊缝与双面焊缝

图 1-116 基本符号相对于基准线的位置

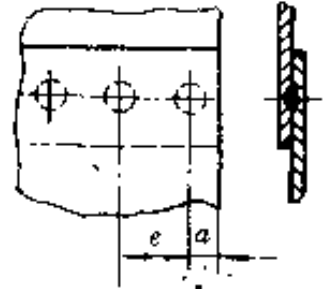
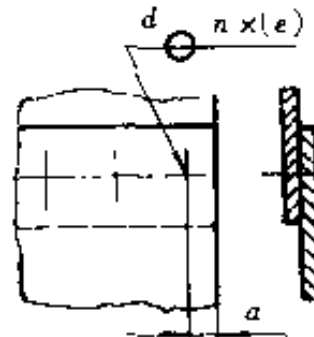
②焊缝尺寸符号的位置 焊缝横截面上的尺寸, 标在基本符号的左侧; 焊缝长度方向尺寸, 标在基本符号的右侧; 坡口角度 α 、坡口面角度 β 、根部间隙 b 标在基本符号的上侧或下侧; 相同焊缝数量符号标在指引线的尾部。

表 1-14 为常见焊缝的标注示例。图 1-117 为一轴承座的焊接图。

表 1 14 焊缝的标注示例

接头形式	焊缝形式	标注示例	说 明
对接接头			<p> 表示用手工电弧焊, V形坡口, 坡口角度为 a, 根部间隙为 b, 有 n 段焊缝, 焊缝长度为 l</p>
			<p>▲ 表示在现场装配时进行焊接 ▽ 表示双面角焊缝, 焊角尺寸为 K</p>
T形接头			<p>▽^{$n \times l (e)$} 表示有 n 段断续双面角焊缝, l 表示焊缝长度, e 表示断续焊缝的间距</p>
			<p>Z 表示交错断续角焊缝</p>
角接接头			<p>□ 表示三面焊接 ▽ 表示单面角焊缝</p>
角接接头			<p>▽ 表示双面焊缝, 上面为带钝边单边 V 形焊缝, 下面为角焊缝</p>

(续)

接头形式	焊缝形式	标注示例	说明
搭接接头			<p>○ 表示点焊缝， d 表示焊点直径，e 表示焊点的间距，a 表示焊点至板边的 间距。</p>

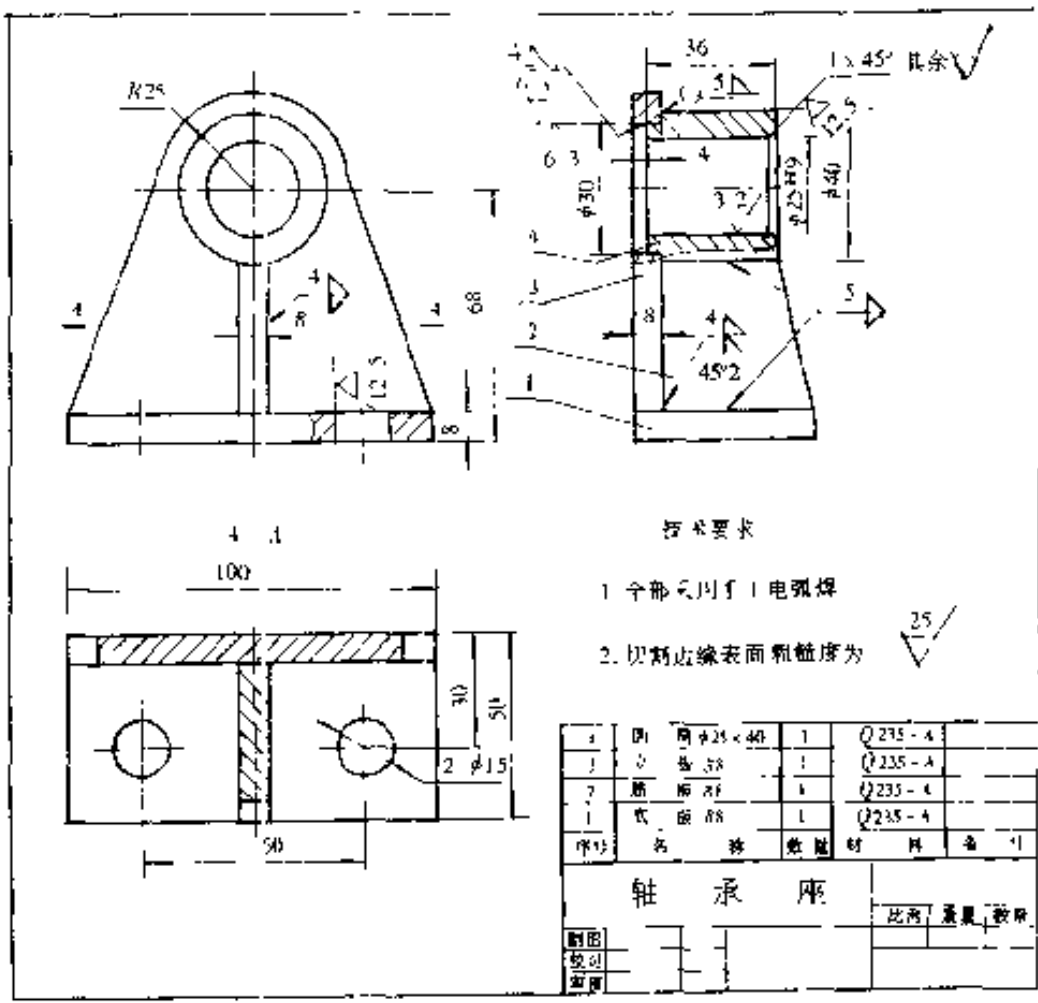


图 1.1.7 轴承座的焊接图

61. 什么是金属材料？什么是金属材料的力学性能和工艺性能？

工业生产中使用的金属及其合金称为金属材料。

金属材料的力学性能，也称为机械性能，是指金属材料抵抗外力作用的能力，它包括材料的强度、塑性、韧性、硬度和抗疲劳性等。

金属材料的工艺性能是指金属材料在加工成形过程中所表现出的一些性能，如材料的铸造性能、锻造性能、切削加工性能、焊接性能、热处理工艺性能等。

62. 什么是金属材料的强度？如何衡量？

强度是指金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。金属材料的强度越高、抵抗能力越大。根据载荷性质不同，作用形式不同，强度可分为抗拉、抗压、抗剪、抗扭和抗弯强度等。金属材料的强度指标主要有：

(1) 弹性极限 σ_e 指金属材料在弹性变形范围内不产生塑性变形所能承受的最大应力。单位是 N/mm^2 或 MPa 。

(2) 弹性模量 E 金属材料在弹性变形阶段其应力和应变成正比关系，其比值称为弹性模量 E 。单位为 N/mm^2 或 MPa 。

(3) 屈服极限 σ_s 指金属材料在载荷作用下开始出现塑性变形时单位面积上所承受的拉力。它可以衡量材料抵抗塑性变形的能力。对于某些材料，受力时不产生明显的塑性变形点，则采用其变形量 0.2% 时的应力 $\sigma_{0.2}$ 表示其屈服极限值。 σ_s 的单位是 N/mm^2 或 MPa 。

(4) 强度极限 σ_b 指金属材料在断裂前所能承受的最大

应力。 σ_b 的值越大,表示材料抵抗拉断的能力越大。 σ_b 的单位为 N/mm^2 或 MPa 。

63. 什么是材料的硬度? 如何衡量?

金属材料抵抗坚硬物体压入其表面的能力称硬度,是反映材料软硬程度的重要指标,在一定程度上也反映材料的耐磨性。材料的硬度值由试验确定。

常用的硬度标定方法有三种:

(1)布氏硬度 HB 布氏硬度试验是用一个标准钢球在一定的载荷作用下垂直压入金属材料表面,保持规定的时间后卸除,然后根据材料表面上压痕直径来计算材料硬度。布氏硬度主要用于检查经退火、正火和调质处理的钢、铸铁和有色金属零件、铸件和型材的硬度。金属材料的布氏硬度 HB 和强度极限 σ_b 之间有一定的关系,近似地,对于低碳钢, $\sigma_b = 0.36\text{HB}$; 对于高碳钢, $\sigma_b = 0.34\text{HB}$; 对于调质合金钢, $\sigma_b = 0.325\text{HB}$ 。

(2)洛氏硬度 洛氏硬度试验原理与布氏硬度相近,标准压头为金刚石圆锥体或钢球。在初载荷和主载荷先后作用下,压头被压入材料表面,保持规定的时间后卸除主载荷,取其压痕深度计算硬度的大小。根据使用的压头和施加的载荷不同,洛氏硬度又有:HRA、HRB、HRC 三种不同的表示方法。其中 HRA 主要用于测定硬质合金或表面处理的高硬度而厚度小的金属材料;HRB 主要用于测定退火钢、软钢、铜、铝等硬度较低的金属材料;HRC 主要用于测定淬火钢及较硬的金属材料。

(3)维氏硬度 HV 用 $49\sim 981\text{N}$ 的载荷,将顶角为 136° 的金刚石四方角锥体压头压入金属材料表面,则压痕面积与

载荷之比为维氏硬度值。它适用于测定很薄的材料或表面硬化层,如渗碳层、氮化层、氰化层的硬度。

64. 什么是材料的塑性? 如何衡量?

金属材料在外力作用下发生不能恢复原状的永久性变形而又不会被破坏的能力叫做材料的塑性。塑性用伸长率和断面收缩率来表示。

(1)伸长率 δ 金属材料受外力作用拉断后,在标距内总伸长量同原标距长度之比的百分数称为材料的伸长率或延伸率,记为 $\delta\%$ 。

(2)断面收缩率 ψ 金属材料受外力作用断裂后,其断裂处横截面的缩小量与原来横截面积相比的百分数称为材料的断面收缩率,记为 $\psi\%$ 。

δ 和 ψ 的值越大,说明材料的塑性越好。这样的金属材料可产生较大的塑性变形而不被破坏,即塑性加工性好,可用作冲压件和焊接件。另一方面,塑性变形可导致加工硬化使强度提高,可防止突然断裂,提高材料的过载能力。

65. 什么是材料的韧性? 如何衡量?

金属材料的韧性也称冲击韧性,即在冲击载荷作用下,材料抵抗变形和断裂的能力。冲击韧性记为 a_k ,它表示在冲击负荷下,冲断试样时缺口单位截面积上所消耗的功,单位为 J/cm^2 。 a_k 值取决于材料及其状态,同时和试样的形状、尺寸、表面质量、材料内部缺陷等多种因素有关。冲击韧性对于鉴定材料的内部质量或反映热加工和热处理后材料品质的好坏有重要作用。

66. 什么是金属的疲劳和金属材料的抗疲劳性能?

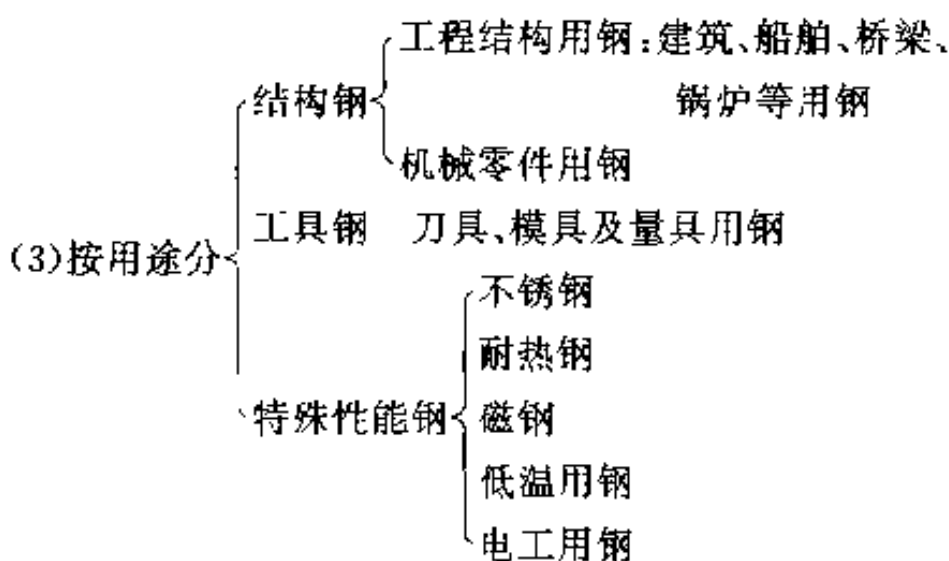
金属材料在交变载荷作用下发生断裂的现象称做疲劳。材料抵抗交变载荷的长期作用而不断裂的能力称做材料的抗疲劳性能。材料在交变载荷作用下,经无限次应力循环而不断裂的最大循环应力,称为材料的疲劳极限,用 σ_{-1} 表示,单位是 N/mm^2 或 Pa 。国家标准规定,钢铁材料的应力循环次数采用 10^7 次,有色金属采用 10^8 次或更多周次。

67. 什么是钢? 钢是如何分类的?

含碳量小于2%的铁碳合金叫钢。钢的种类很多,一般可按如下方法分类。

(1)按化学成分分	碳钢	低碳钢	含碳量 $\leq 0.25\%$
		中碳钢	含碳量 $\sim 0.3\% \sim 0.6\%$
		高碳钢	含碳量 $> 0.6\%$
	合金钢	低合金钢	合金元素总含量 $< 5\%$
		高合金钢	合金元素总含量 $\geq 5\%$

(2)按质量分	普通质量钢	含磷 $\leq 0.045\%$,含硫 $\leq 0.055\%$
	优质钢	含磷 $\leq 0.035\%$,含硫 $\leq 0.035\%$
	特殊质量钢	含磷 $\leq 0.025\%$,含硫 $\leq 0.025\%$



68. 普通碳素结构钢和优质碳素结构钢各有什么特点？

普通碳素结构钢产量大、成本低、杂质较多。适用于一般结构钢和工程用热轧钢板、钢带、型钢、棒钢等。可供焊接、铆接及螺纹连接构件使用，广泛应用于桥梁、船舶、建筑工程中制作各种静负荷的金属结构件、不需热处理的一般机械零件等，是一种用途非常广泛的工程用钢。

优质碳素结构钢所含的有害杂质及非金属杂物都比普通碳素结构钢要少，具有较高的塑性和韧性，同时还具有较高的强度和耐磨性等。特别是热处理后可得到高强度、高硬度或很好的综合力学性能。可广泛用于制造比较重要的零件，如机器中高强度的运动零件：空压机的活塞、重型机械中的轴、连杆、蜗杆、齿轮等。根据含碳量的不同，优质碳素结构钢可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。

含碳量 $\leq 0.25\%$ 的属于低碳钢，其强度和硬度较低，但塑性和韧性高，焊接性和锻造性较好，适用于制造受载较小而韧性较高的零件。

含碳量为 $0.3\% \sim 0.6\%$ 的属于中碳钢，具有较高的强度和硬度，但塑性和韧性较低，焊接性差，冷作变形能力较好。

主要用于制造承受较大负荷的零件。

含碳量 $>0.5\%$ 的为高碳钢,采用适当的热处理方法可得到良好的力学性能,主要用于耐磨零件及弹簧的制造。

69. 什么是合金钢? 合金钢有哪些特点?

在碳素钢的基础上,为改善某些性能而特意添加适量合金元素的钢称为合金钢。这些合金元素有:硅、锰、钨、钼、钒等。我国的合金钢以硅、锰为主要添加元素。

合金钢与碳素钢相比有以下特点:

(1) 合金钢的塑性、韧性、强度等机械性能要高于碳素钢。

(2) 合金钢有较高的淬透性,淬火、回火后可获得较好的综合机械性能,故合金钢适用于制造大截面的零件。

(3) 合金钢具有高的热硬性,适用于较高速度的切削。

(4) 某些合金钢具有特殊的物理化学性能。

(5) 某些合金钢的高温力学性能比碳钢高。

70. 合金钢按用途不同分为哪几类?

合金钢按用途不同可分为三大类:

(1) 合金结构钢 它主要用于制造各种结构零件。包括普通低合金结构钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢和滚动轴承钢。

(2) 合金工具钢 它主要用于制造各种切削刀具、量具和模具等。

(3) 特殊性能钢 具有各种特殊物理和化学性能的钢。如不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

71. 什么是不锈钢?

一般金属在空气、水或酸、碱、盐中都会受到腐蚀。在钢中加入某些合金元素，以提高钢的抗腐蚀能力，使之具有抗大气腐蚀、抗酸、碱、盐等腐蚀作用的钢称为不锈钢。

不锈钢按组织不同可分为：铁素体型不锈钢、马氏体型不锈钢及奥氏体型不锈钢。

72. 怎样理解钢号的含意?

工程中常用的有普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢、合金钢等。一些常用钢的牌号表示法如表 1-15 所示。

表 1-15 常用钢的牌号表示方法

钢种类	牌号表示方法	产品名称	牌号示例
碳素结构钢	<p>牌号由代表屈服点的字母，屈服点数值，质量等级符号及脱氧方法符号等四个部分按顺序组成，例如：</p> <p style="text-align: center;">Q 235 A · F</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">“屈”字汉语拼音首字母</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">屈服点数值</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">质量等级，分为A、B、C、D 4个级别</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">脱氧方法符号，F—沸腾钢，b—半镇静钢，Z—镇静钢，TZ—特殊镇静钢</div> </div> <p style="text-align: center;">屈服点数值单位为N/mm²(MPa)</p> <p>在牌号组成中，对于镇静钢和特殊镇静钢的脱氧方法符号“Z”和“TZ”省略不注</p> <p>碳素结构钢牌号表示方法符合GB/T 700—88 规定</p>		<p>Q195</p> <p>Q215A</p> <p>Q275</p>

(续)

钢种类	牌号表示方法	产品名称	牌号示例
优质碳素结构钢	<p>采用阿拉伯数字或阿拉伯数字之后加注规定的符号表示，其中阿拉伯数字表示平均含碳量，以万分之几的数字表示</p> <p>沸腾钢在牌号尾部注“F”，半镇静钢注“b”，而镇静钢不注符号</p> <p>含锰量较高的优质碳素结构钢，在阿拉伯数字后注出Mn符号</p> <p>高级优质碳素结构钢，在牌号尾部注“A”符号</p> <p>专门用途的优质碳素结构钢在阿拉伯数字后加注相应的表示专用用途的符号</p>	<p>普通含锰量优质碳素结构钢</p> <p>较高含锰量优质碳素结构钢</p> <p>锅炉用优质碳素结构钢</p>	<p>08F, 45, 20A</p> <p>40Mn, 70Mn</p> <p>20g</p>
	碳素工具钢	<p>用符号T和阿拉伯数字表示牌号，其中阿拉伯数字表示平均含碳量的千分之几。较高含锰量碳素工具钢在阿拉伯数字之后加注“Mn”元素符号（普通含锰量则不注），高级优质碳素工具钢在牌号尾部加注符号“A”</p>	<p>普通含锰量碳素工具钢</p> <p>较高含锰量碳素工具钢</p> <p>高级优质碳素工具钢</p>

(续)

钢种类	牌号表示方法	产品名称	牌号示例
合金钢	<p>阿拉伯数字或符号—用阿拉伯数字表示含碳量的平均值,专用用途的低合金钢、合金结构钢,在牌号首部(或尾部)加注表示专门用途的规定符号。低合金钢、合金结构钢、合金弹簧钢用二位数字表示平均含碳量(万分之几)。不锈钢、耐热钢含碳量数字用千分之几表示,平均含碳量小于0.1%,用“0”表示,平均含碳量$\leq 0.03\%$用“00”表示。</p> <p>合金工具钢平均含碳量$\geq 1.00\%$时,不标含碳量,$< 1.00\%$时,数字用千分之几表示。高速工具钢和滚动轴承钢不标含碳量,滚动轴承钢注用途符号“G”。</p> <p>合金元素代号—所含合金元素符号。</p> <p>阿拉伯数字—平均合金含量$< 1.5\%$者,在牌号中只标出合金元素符号,不注合金含量。</p> <p>平均合金含量为$1.5\% \sim 2.4\%$、$2.50\% \sim 3.49\%$……$22.50\% \sim 23.49\%$……时,相应地注为2、3……23……铬轴承钢的铬含量用千分之几表示。</p> <p>低铬合金工具钢其铬平均含量低于1%时,铬含量亦用千分之几表示,但在含量数字之前加注“0”如“Cr06”。</p> <p>符号A—高级优质钢牌号尾部加注“A”。</p>	<p>低合金钢</p> <p>合金结构钢</p> <p>合金弹簧钢</p> <p>合金工具钢</p> <p>高速工具钢</p> <p>滚动轴承钢</p> <p>不锈钢</p> <p>耐热钢</p>	<p>15MnV, 16Mn</p> <p>30CrMnSi</p> <p>38CrMoAl</p> <p>60Si2Mn</p> <p>50CrVA</p> <p>Cr12MoV</p> <p>4CrW2Si</p> <p>W18Cr4V</p> <p>W6Mo5Cr4V2</p> <p>GCr15</p> <p>GCr15SiMn</p> <p>2Cr13</p> <p>00Cr18Ni10</p> <p>4Cr10Si2Mo</p> <p>1Cr23Ni18</p>

73. 什么是铸铁? 铸铁是如何分类的?

含碳量大于 2.11% 的铁碳合金称为铸铁,除铁碳外还含

有硅、锰及硫、磷等杂质。通常生产中所用铸铁的含碳量都在2.5%~4.0%之间。

铸铁制造方便、价格低廉，有较好的铸造性、切削加工性和减震性，但铸铁的机械性能（强度、韧性）较差。在汽车、拖拉机和机床制造业方面用量很大。是目前应用最广泛的机械制造材料之一。

根据碳在铸铁中存在形式的不同，铸铁可分为以下几种：

(1) 白口铸铁 绝大部分碳以渗碳体的形态存在于铸铁中，这种铸铁打断后，断面是白亮色，故称白口铸铁。它不易切削加工，一般常作为炼钢原料。

(2) 灰铸铁 碳大部或全部以片状石墨形态存在于铸铁中，断面呈暗灰色。它有一定的机械性能和良好的切削加工性，其抗压强度和硬度接近钢，是目前生产中使用最多的一种铸铁。

(3) 可锻铸铁 它是由白口铸铁在固态下，经高温长时间石墨化退火而得到的一种铸铁，其中的碳大部或全部以团絮状石墨存在。它的强度、塑性和韧性均优于灰铸铁。

(4) 球墨铸铁 它是通过将灰铸铁原材料熔化后经球化处理，使碳以球状石墨存在的铸铁。球墨铸铁有灰铸铁的许多优点，且某些性能优于灰铸铁和可锻铸铁，还有较好的热处理工艺性。

74. 常用的有色金属材料有哪些？

工业生产中通常把钢铁叫做黑色金属。除黑色金属外的其他金属统称为有色金属。有色金属的种类很多，如铝、铜、镁、锡、铅、锌及其合金等。由于它们具有各种特殊性质和优点，已成为现代生产中不可缺少的金属材料。生产中常用

的有色金属是：铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金、镁及镁合金等。

75. 铝有哪些主要性能？常用的铝合金有哪些？

纯铝是一种银白色的金属，是应用最为广泛的金属之一。它的主要性能有：

(1) 铝密度小，重量很轻。

(2) 导电性、导热性好 导电性与铜相比，当截面积和长度相同时，是铜的 64%，当重量相同时，是铜的 200%。

(3) 在大气、水及部分腐蚀性介质中耐蚀性高 因其表面能生成氧化膜可阻止进一步的化学反应，起保护作用。

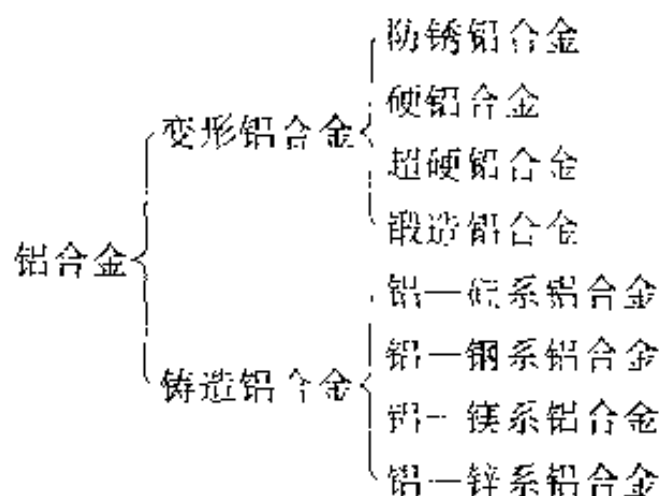
(4) 塑性良好 他可承受各种压力加工，且能加工成细丝及铝箔。

(5) 强度低 它容易变形且铸造性能差。

由于以上特点，纯铝很少用于制造结构件，主要用于制造电缆、电线、导电元件及其他耐腐蚀而强度要求不高的用品或器皿。

在纯铝中加入适量的硅、铜、镁、锰等合金元素，可得到具有较高强度的铝合金。若再经过冷加工或热处理，还可进一步提高其强度。铝合金仍保持了塑性好、耐腐蚀、重量轻等优点。因而被广泛应用于各种要求重量轻而强度好的场合，特别是在航天工业是一种非常重要的金属材料。

铝合金按其成分和加工工艺特点，分为变形铝合金和铸造铝合金两大类。具体分类如下：



76. 铜有哪些主要性能？常用的铜合金有哪些？

纯铜外观呈紫红色，故又称紫铜。它有良好的导电、导热性；在大部分常见介质中有很好的耐蚀性；塑性好，易于热压或冷压加工，但强度和硬度低。纯铜广泛用于导电、导热、耐蚀器材等。

常用的铜合金有：

(1) 黄铜 铜和锌的合金叫做黄铜，它具有良好的机械性能，在海水或大气中有相当好的抗蚀力，且价格便宜，故广泛用于制造各种结构零件。黄铜还可分为两类，即只含有铜和锌两种元素的铜合金称为普通黄铜，在普通黄铜基础上再加入锡、镍、锰、铝、硅、铁等元素的为特殊黄铜，如锡黄铜、铝黄铜、锰黄铜等。加入的元素不同，得到的特殊黄铜的性能也不同，如锡黄铜对海水的耐腐蚀性特别好，因而广泛用于舰船业的零件制造；铁黄铜因其强度、硬度高，故常用于高强度耐蚀零件的制造。

(2) 青铜 铜合金中的主要加入元素是锡、铝、铍等元素时统称为青铜。青铜的机械性能良好，还具有优良的铸造性能和抗腐蚀性能。根据所加入元素的不同，青铜又分为以下两种：

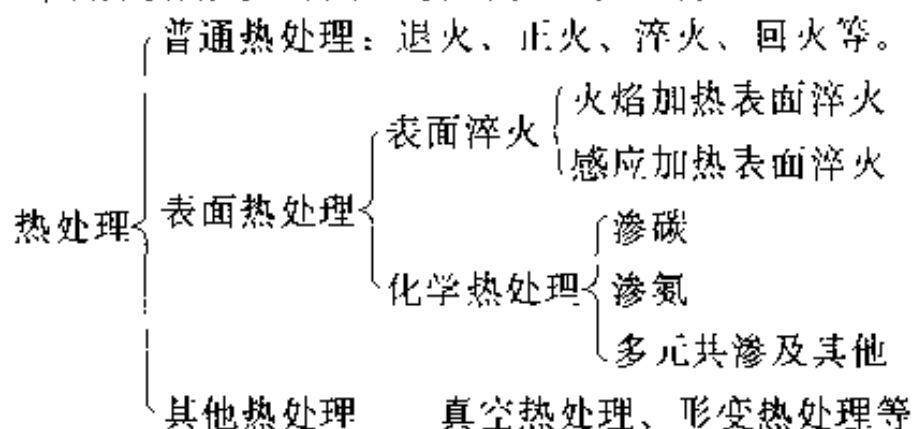
①锡青铜 铜和锡的合金，有较高的耐磨性、耐蚀性和良好的机械性能和铸造性能。可用于制造轴承、轴套、蜗轮、弹簧等。

②无锡青铜 铜合金中加入的主要元素不是锡而是铝、铍、锰、铅等元素。无锡青铜又称为特殊青铜，具有高强度、耐腐蚀、耐磨等特点，同时还有高导电性、导热性等特殊性能。常用的无锡青铜有：铝青铜、硅青铜、铍青铜和锰青铜等。

77. 什么是金属的热处理？常用的热处理方法有哪些？

利用某些金属在固态下内部组织可以发生转变的特点，将金属在固态下的加热、保温和冷却以获得所需要的组织和性能的一种工艺方法，称为金属热处理。

常用的热处理方法可分为以下几种：



78. 什么是退火？有哪些作用？

将钢加热到一定温度，保温一段时间，然后随炉一起缓慢冷却下来，以获得接近平衡状态组织的热处理工艺称为退火。退火的作用是：

(1) 降低硬度，提高塑性，改善切削加工性和压力加工性。

(2) 细化晶粒，改善组织，提高机械性能。

(3) 消除前一道工序（铸造、锻造、冷加工等）产生的内应力，防止变形和开裂，为下一道淬火工序作好准备。

(4) 改善和消除钢在铸造、锻造或焊接过程中形成的某些组织缺陷。

按钢的成分、退火目的的不同，退火又可分为完全退火、不完全退火、扩散退火、球化退火和去应力退火等几种。

79. 什么是正火？有哪些作用？

将钢加热到 Fe-Fe₃C 状态图中 Ac₁ 或 Accm 临界位置以上的适当温度，保温适当时间后在空气中均匀冷却的热处理工艺称为正火。正火的加热温度要高于退火，冷却速度要快于退火。正火后得到的是细片状的珠光体类组织。正火有以下作用：

(1) 改善低碳钢的切削加工性能 低碳钢或低碳合金钢退火后硬度偏低，切削加工时易产生“粘刀”现象，致使刀具发热磨损，且被加工件的表面粗糙度降低。正火可提高加工件的硬度，消除“粘刀”现象，改善其切削加工性能。

(2) 消除网状碳化物为球化退火作准备 对于过共析钢，正火加热温度高于 Accm，冷却速度又快，可抑制在冷却过程中奥氏体的碳化物的网状析出。正火还可以细化片状珠光体组织，因而更有利于球化。

(3) 对机械性能要求不高的结构零件，常用正火作为最终热处理。

(4) 可作为中碳钢及合金钢淬火前的预先热处理，以减少淬火缺陷。

80. 什么是淬火？有哪些作用？

将钢加热到 Fe-Fe₃C 状态图中 Ac₁ 或 Ac₃ 以上 30℃~50℃，保温一段时间，然后快速冷却，以获得高硬度的马氏体组织的热处理工艺称为淬火。根据冷却方法不同，淬火可分为以下几类：

(1) 单介质淬火 此法也叫单液淬火，是将加热后的工件在一种冷却介质中冷却至室温的淬火方法。其特点是工艺简单，操作方便，但工件容易变形。通常碳钢用水淬、合金钢用油淬。一般形状不很复杂，要求不太高的零件均用此法淬火，是淬火中用的最多的一种方法。

(2) 双介质淬火 将加热好的工件先浸入一种冷却能力强的介质中（如水或盐水），使奥氏体快冷，保证工件淬硬；然后再将工件转入另一种冷却能力较小的介质中（如油）冷却，使之在形成马氏体的时候冷却速度减慢，减小工件的应力和变形。这种淬火方法为双介质淬火，其特点是操作复杂，不易掌握在水中的冷却时间。主要用于中等尺寸，形状复杂的碳钢和较大尺寸的合金钢零件以及高碳工具钢的工件。

(3) 分级淬火 分级淬火是将加热到奥氏体的工件浸入到温度略高或略低于马氏体转变开始温度的淬火冷却剂中，停留适当时间，待工件的表面与内部的温度基本一致时取出，在空气中冷却至室温。这种方法容易掌握，具有淬火工件变形小、防止开裂、减小内应力的优点。主要适用于形状复杂、尺寸小的碳钢和合金钢工件。

(4) 等温淬火 指将加热后的工件置于稍高于马氏体转变开始温度的介质中停留一定的时间，使奥氏体在此温度下等温转变为下贝氏体组织的淬火方法。等温淬火不仅像分级

淬火那样有减小淬火变形和防止开裂的优点，且所得到的下贝氏体组织有较好的综合机械性能。但此方法不能用于大截面零件。

淬火的作用主要是提高钢的硬度和耐磨性，提高钢的综合力学性能，可获得弹性极限、疲劳极限、强度和韧性的良好配合。淬火是各种热处理方法中最重要的一种。

81. 什么是回火？有哪些作用？

工件淬火后为消除残余应力及获得所要求的组织和性能，将其加热到 $Fe-Fe_3C$ 状态图中 A_{c1} 以下的某一温度，保温一定时间，然后冷却至室温的热处理工艺方法，称为回火。

淬火钢一般不宜直接使用，应回火后再用，故回火是紧接着淬火后的热处理。虽然回火工艺简单，但一般是热处理的最后工序，也是决定着工件机械性能的最后工序。回火的目的是：

(1) 降低脆性、消除内应力 工件淬火后存在很大的内应力和脆性，易使工件发生变形、开裂、工作时易发生脆断。回火则可消除或减小内应力，保证工件正常工作。

(2) 获得所需要的机械性能 工件淬火后硬度高，塑性和韧性低。通过适当的回火处理，可调节硬度，减少脆性，获得所需要的塑性和韧性。

(3) 稳定组织、稳定尺寸 淬火钢中的马氏体及残余奥氏体都是不稳定的组织，室温下会发生缓慢分解，从而引起工件尺寸和形状的改变。通过回火可使马氏体和残余奥氏体转变为稳定的组织，稳定工件的形状和尺寸。

根据回火温度的不同，回火可分为：

(1) 低温回火 加热温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，用于要求保

持高硬度和高耐磨性、降低脆性和减少淬火应力的情况下，如各种切削工具、量具、模具、滚动轴承等。

(2)中温回火 加热温度为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，目的是为了提提高工件的弹性、韧性和硬度。广泛用于弹簧、发条及热锻模的热处理。

(3)高温回火 加热温度为 $500\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。热处理中一般淬火后再高温回火称为调质处理。

82. 什么是调质？有哪些作用？

将工件淬火后再进行高温回火的热处理工艺即称为调质。调质得到的粒状渗碳体组织均匀且颗粒小，使调质钢具有良好的塑性、韧性和强度。调质可以提高工件的综合机械性能，减小淬火变形及开裂，改善切削性能。这种方法广泛应用于齿轮、轴类、连杆、凸轮等重要结构零件。

正火的工艺比调质要简单的多，故一些性能要求不高的碳钢零件有时可用正火代替调质，但重要的零件尤其是合金钢零件必须经过调质处理，才能充分利用钢材的优良性能。

83. 钢的表面热处理有什么作用？分哪几种？

在生产实践中，有许多零件，如齿轮、凸轮、曲轴及活塞销等是在承受动负荷及摩擦的条件下工作的，因而要求这些零件即要耐磨、韧性又要高。而从一般材料特性来看，如果韧性好，则材料硬度低，耐磨性差；如果硬度高，耐磨性好，则韧性又差。前述的各种热处理方法也不能同时满足这两个要求。故可以采用表面热处理的方法，使零件表面具有高硬度和耐磨性，而心部具有足够的塑性和韧性。

表面热处理的方法有两种：第一是表面淬火。是用快速

加热的方法,将零件的表层迅速加热到淬火温度后快速冷却。以获得硬而耐磨的表层,而心部仍保持着原来塑性、韧性较好的退火、正火或调质状态的组织。第二种是化学热处理。是将钢放在某种特定介质中加热、保温、冷却,使介质中的某种或某几种元素被工件吸收,并向工件内部渗入,通过改变工件表层化学成分来提高工件表面的耐磨性、疲劳强度及其他力学、化学或物理性能。

化学热处理方法很多,常用的有渗碳、氮化、碳氮共渗、渗铬、多元共渗等。

84. 什么是渗碳处理?

渗碳是向钢表面渗入碳原子的过程。将低碳钢零件放入可释放出活性碳原子的渗碳剂中加热至 $900\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保温适当时间,使活性碳原子渗入零件表面,使其表面变成高碳钢。随后再进行淬火及低温回火,处理后的零件具有表面硬度高、耐磨性高而中心韧性又好的特点。因此渗碳多用于承受冲击载荷且又要求表面耐磨的零件,如机床主轴、风动工具、汽车齿轮等。渗碳一般用于低碳钢和低碳合金钢(含碳量为 $0.1\%\sim 0.25\%$)。

常用的渗碳方法有固体渗碳和气体渗碳两种。

(1) 固体渗碳 将零件和固体渗碳剂装入密封的渗碳箱中,在炉中加热至 $900\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$,按需要的渗碳层深度确定保温时间,活性碳原子渗入零件表层形成一定厚度的渗碳层。

(2) 气体渗碳 将零件置于密封的渗碳炉中加热至 $900\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$,向炉内通入渗碳气体或加入易分解的有机液体(煤油、苯等),产生活性碳原子渗入钢中形成渗碳层。

固体渗碳设备简单,操作容易,但质量不稳定;气体渗

碳速度较快，工艺过程易于实现机械化和自动化，渗碳层的含碳量可以控制，因此得到广泛应用。

85. 什么是氮化处理？

氮化又称渗氮。氮化就是在一定条件下，使氮原子渗入零件表面，在零件表面形成渗氮层的过程。其目的是提高零件表面硬度和耐磨性，并能提高其疲劳强度和耐腐蚀性。

氮化有多种方法，如气体氮化、抗蚀氮化、新型的氮化方法软氮化和离子氮化等。

最常用的是气体氮化。即将零件放在通有氨气的密闭加热炉中加热，氨气在高温下分解出活性氮原子并被零件表面吸收，在零件表面形成氮化层。气体氮化的主要缺点是时间长（约 50 小时上下）、效率低。

为提高氮化速度，国内外进行了不少研究工作，其中离子氮化效果最好。它是利用稀薄气体的辉光放电现象来进行氮化的一种化学热处理方法。是将零件置于真空容器内，充以含氮空气（氨气或氮气等），在高压的直流电场作用下气体被电离产生辉光放电，一部分氮离子获得电子后还原成氮原子直接渗入零件表面，一部分氮离子形成铁氮化合物，然后经过扩散而形成氮化层。

离子氮化的特点是氮化速度快，所需时间仅为气体氮化的 $1/4 \sim 1/2$ ；氮化层脆性较小，工件变形也小；非氮化面的屏蔽简单，易于进行局部氮化；各种钢材都可以采用。

与渗碳相比，氮化有如下特点：氮化层有很高的硬度和耐磨性，并能保持到 $600\text{ C} \sim 650\text{ C}$ ；氮化温度低、零件变形小，零件氮化后不需要淬火及回火，适用于精密零件的处理；具有高疲劳强度，常用来提高弹簧的抗疲劳能力；氮化层有

较高的耐腐蚀性，能防止水、热蒸气、碱性溶液等的腐蚀。

86. 什么是多元共渗？

多元共渗也称为碳氮共渗，是向钢表面同时渗入碳和氮原子的过程。按其工艺和所用介质不同，碳氮共渗可分为液体碳氮共渗和气体碳氮共渗。

(1) 液体碳氮共渗 指将零件放在熔化的氰盐溶槽中加热，氰盐（NaCN 和 KCN）分解出活性碳原子和氮原子被零件吸收的过程。因氰盐的剧毒性，操作时要特别注意安全措施。

(2) 气体碳氮共渗 气体碳氮共渗是向炉内同时通入渗碳气体和氨气，使它们分解出活性碳原子和氮原子并同时渗入零件表面。

多元共渗与渗碳相比有以下优点：表面硬度、耐磨性和疲劳强度、耐蚀性略高于渗碳层；生产周期短，成本低；加热温度低，工件变形小；共渗温度恰好是一般钢材的淬火温度，故可将共渗与淬火两道工序合并，简化工艺过程；对材料的适应性广。多元共渗主要用于处理机床上的齿轮、蜗杆和轴类等零件，特别是中、小模数齿轮的处理。

二、钣金展开

1. 什么叫展开？什么叫放样？

在钣金制件的生产中，制件在成形之前，为了得到形状准确的钣料，需根据工艺要求，将制件表面用相应方法摊平在平面上，摊平后得到的图形，即为制件的展开图。求作制件展开图的过程称为展开。根据展开图，用1:1的比例可以制成板材下料的样板，样板有时可用辅助材料，如厚纸板等做成，有时则直接在金属板上划线，这个全过程又叫做放样。放样后再进行剪裁和切割，并通过弯曲成形和焊接，做成所需制件。

2. 绘制展开图的基本方法有哪些？

在生产中，围成钣金制件的表面种类很多。有些表面，如柱面和锥面，在理论上可以准确地展开到平面上，它们称为可展曲面；有些表面，如球面、螺旋面和柱状面等，在理论上不能准确地展开到平面上，它们称为不可展曲面。不可展曲面的展开图总是带有一定的误差。

绘制展开图时，一般将制件表面沿其素线划分为若干小块，然后将这些小块依次展开，得到整个表面的展开图。若制件表面是不可展曲面，划分后，还应考虑将每个小块用合适的可展曲面来替代，再对可展曲面进行展开。绘制展开图

的基本方法主要有平行线法、放射线法和三角线法。

平行线法主要应用于柱面的展开,柱面的素线互相平行,沿其划分的每个小块展开后为矩形、梯形或平行四边形;放射线法主要应用于锥面的展开,锥面的素线汇交于锥顶,沿其划分的每个小块展开后为扇形;对于回转不可展曲面,划分后常由柱面或锥面替代,并用平行线法或放射线法来展开;三角线法常用于直纹不可展曲面,如柱状面、锥状面等的展开,这些曲面划分后的每个小块为空间四边形,常将其替代为两个平面三角形来展开。

展开图的绘制除作图法外,还有计算法和程序法。计算法是根据制件的已知尺寸和几何条件,通过解析计算,算出绘制展开图所需的几何尺寸,并按其绘出展开图。计算法因略去了展开时大量的中间作图过程,所以提高了展开精度和效率。程序法是把计算法的计算过程编制成展开程序,由电子计算机进行运算处理,从而大大提高了运算速度,并有助于实现计算机绘图和数控切割下料。随着现场人员技术水平的提高和计算机的普及,这些方法会得到更广泛的应用。

3. 如何用平行线法绘制展开图?

当构件由棱柱面、圆柱面、椭圆柱面等柱面构成时,假想沿构件的某条棱线或素线将构件切开,并将构件表面沿着与棱线(素线)垂直的方向打开,依次摊平在同一平面上,据此形成的作图方法称为平行线法。图 2-1 显示了五棱柱沿 AA_0 棱线假想切开后展开到 π 平面上的情形。由图 2-1 可归纳出下面几条规律:

- (1) 各条棱线展开后互相平行且反映其实长。
- (2) 由于展开时一点的运动轨迹在过该点并与 π 平面垂

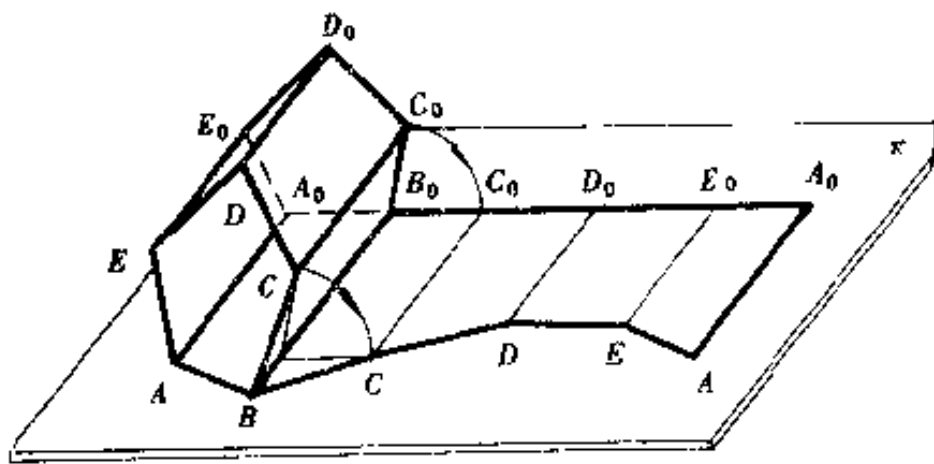


图 2-1 平行线法

直的水平面内，所以该点展开后的位置必在过该点的 π 面投影 H 与棱线垂直的直线上。

(3) 垂直于柱面各棱线（素线）的平面（称为正截面）与柱面的交线展开后，形成一条垂直于棱线（素线）的直线，直线中的各段，如 A_0B_0 、 B_0C_0 ……等反映了对应两条棱线（素线）间的真实距离。

(4) 不垂直于柱面各棱线（素线）的平面与柱面的交线展开后，形成一条折线（曲线），其中的各段，如 AB 、 BC ……也反映它们的实长。

[例 1] 已知截头圆柱管的两视图，作出它的展开图（图 2-2）。

[解] 截头圆柱管展开图作图过程如下：

(1) 作各等分素线的投影 将圆柱管的水平投影 12 等分，过各等分点 1、2……作垂直线，在主视图上得到各素线的正面投影 $1'a'$ 、 $2'b'$ ……

(2) 作各素线展开后的位置 在圆柱管下端正面投影的延长线上截取线段，使其长度等于底圆的周长 πD ，将它 12 等分，并过各等分点 1、2……作垂直线。

(3) 确定各素线上端点的位置 过主视图上点 a' 、 b' ……分别作水平线，与展开图上的对应素线分别交于点 a 、 b ……

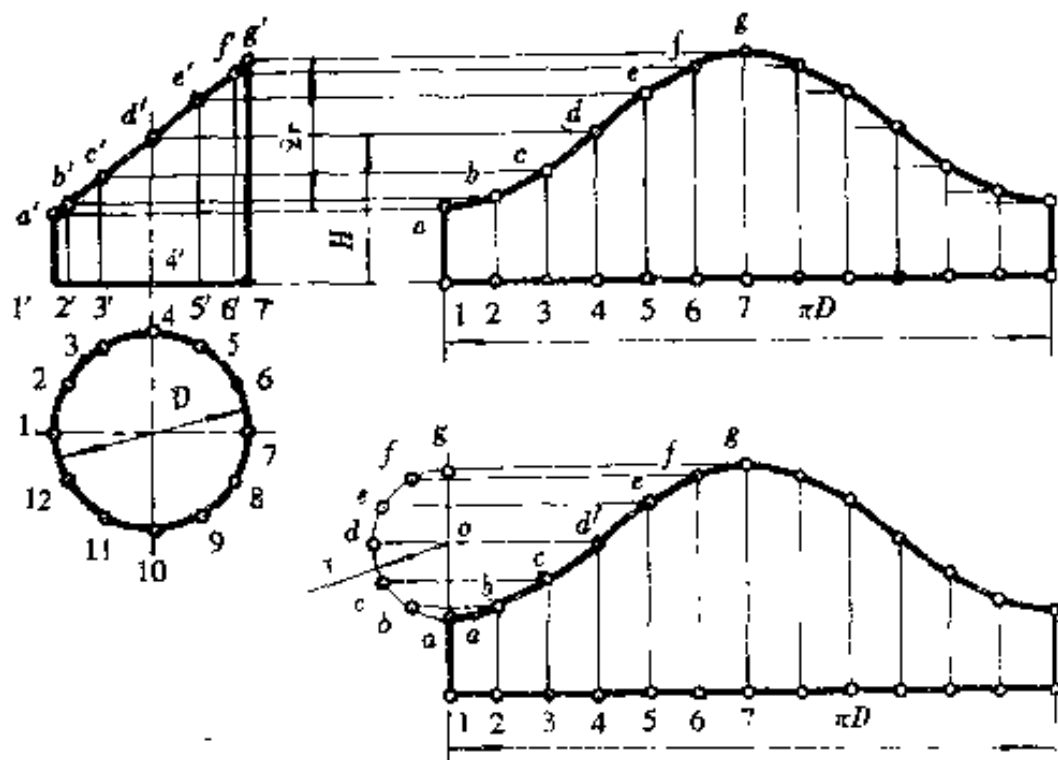


图 2 截头圆柱管的展开

(4) 连线 用曲线光滑连接 a, b, \dots 各点, 即得到截头圆柱管的展开图。

由于可以推导出截头圆柱管上口的展开曲线是正弦曲线, 所以也可以用图 2-2 右下方所示的简化方法作图:

(1) 作一长度为 πD 的水平线并将其 12 等分, 过各等分点作垂直等分素线。

(2) 在左边过 1 点的垂线上取点 O , 使 $O1$ 等于 H 。以 O 点为圆心, r 为半径画半圆。

(3) 将半圆 6 等分, 过各等分点作水平线分别与相应素线相交, 确定出各上端点位置。

(4) 将各交点光滑连线, 即得到展开图。

[例 2] 已知五棱柱管的两视图, 作出它的展开图 (图 2-3)。

[解] 五棱柱管的各棱线平行于 V 面, 但上下端口都不垂直于棱线, 展开时需先作出其正截面的实形。作图过程为:

(1) 作正截面的实形 在适当位置用一垂直于各棱线的平面 P 截

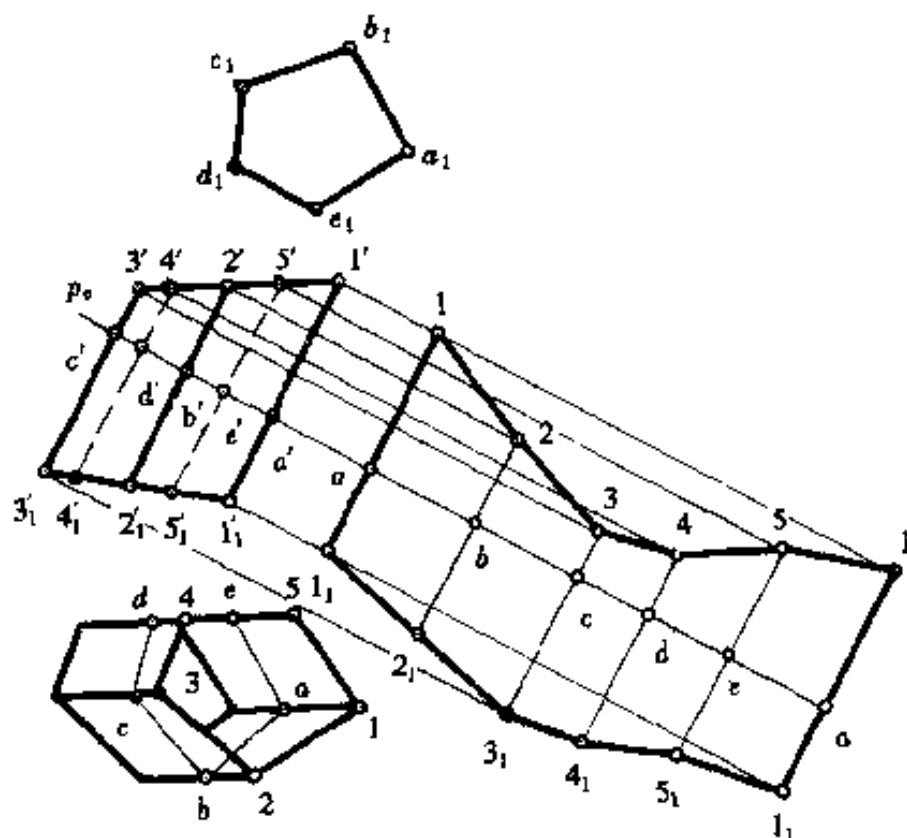


图 2-3 五棱柱管的展开

切五棱柱， P_V 是该平面的正面投影，它与各棱线的正面投影垂直，并与它们交于 a' 、 b' ……等点。作出这些点的水平投影 a 、 b ……则五边形 $ABCDE$ 即为五棱柱管的正截面。运用换面法可作出它的实形 $a_1b_1c_1d_1e_1$ 。

(2) 作各棱线展开后的位置 在 P_V 的延长线上依次截取正截面实形中各边的边长，得 a 、 b ……等点，过这些点分别作延长线的垂线。

(3) 确定各棱线端点的位置 过主视图各棱线的端点 $1'$ 、 $2'$ ……和 $1'_1$ 、 $2'_1$ ……作 P_V 的平行线，分别与对应棱线交于 1 、 2 ……和 1_1 、 2_1 ……等点。

(4) 分别用直线连接 12 、 23 ……和 1_12_1 、 2_13_1 ……即得五棱柱管的展开图。

4. 如何用放射线法绘制展开图？

当构件由棱锥面、圆锥面、椭圆锥面等锥面构成时，假

想沿构件的某条棱线或素线将构件切开，将构件表面围绕锥顶呈扇状地摊平在同一平面上，据此形成的作图方法称为放射线法。图 2-4 显示了五棱锥沿 SA 棱线假想切开后展开到 π 平面上的情形。由图 2-4 可归纳出下面几条规律：

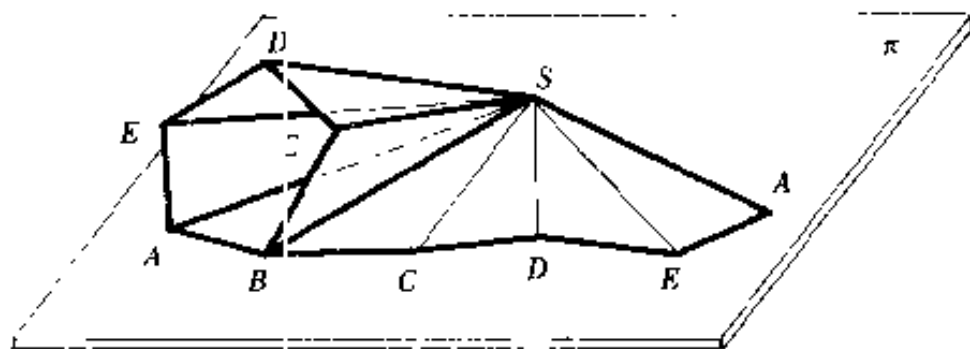


图 2-4 放射线法

(1) 各条棱线展开后仍相交于锥顶 s ，且反映它们的实长。

(2) 由于展开过程中每个点到锥顶的距离保持不变，所以一点在展开图上的位置必在以锥顶为中心、以该点到锥顶距离实长为半径的圆弧上。

(3) 展开图上相邻两条棱线间夹角的大小，可由端口上相应边的长度来确定。

上述规律也适用于圆锥面和椭圆锥面，只是将棱线改为素线即可。

[例 1] 已知四棱锥管的两视图，作出它的展开图（图 2-5）

[解] 四棱锥管形状前、后和左、右都对称，四条棱线长度相等。上、下端口各边的水平投影显示实长。展开作图过程为：

(1) 求棱线实长。以锥管的轴线为旋转轴线，用旋转法作出棱线 AI 的实长 $a'_1 l'_1$ 。

(2) 作各棱线端点位置的轨迹。以 $s=s'$ 为中心， sl'_1 和 sa'_1 为半径分别画两圆弧，展开图中各棱线的端点分别位在这两圆弧上。

(3) 确定各棱线端点位置 从 $1 \equiv 1'$ 点开始, 依次用下口各段边长 12 、 23 ……在大圆弧上截取点 1 、 2 ……再把 1 、 2 ……各点与中心 s 点连直线, 与小圆弧分别交于点 a 、 b ……即确定了各棱线端点的位置。

(4) 用直线如图顺次连接各端点, 即得到四棱锥管的展开图。

〔例 2〕已知截底圆锥面的主视图, 作出它的展开图 (图 2-6)。

〔解〕截底圆锥面是由轴线为 $s'o'$ 、底圆直径为 D 的正圆锥面被一正垂面截断而成。它的展开图, 可先作出完整圆锥面的展开图, 然后再进一步求出交线的展开位置。

(1) 作完整圆锥面的展开图 首先, 把圆锥底圆分为 12 等分 (图中只画出了前半圆), 得到等分点 1 、 2 ……

过这些等分点作垂直线与底圆的正面投影相交, 把这些交点分别与锥顶 s' 连线即得到圆锥表面各等分素线的正面投影。然后, 以 $s \equiv s'$ 点为中心、以 $s'l_1$ 为半径画圆弧, 并在其上的适当位置取点 1 。以点 1 为起点, 以底圆上的一个等分长度为半径在圆弧上截取 12 段, 得到 1 、 2 ……等点。最后, 把这些点与锥顶 s 连线, 即得到圆锥表面各等分素线的展开位置。整个扇形为圆锥面的展开图。

圆锥面的展开图也可辅以计算方法作出, 扇形中心角 α 的计算公式为:

$$\alpha = 180^\circ \frac{D}{L} \quad (\text{度})$$

式中, D 为圆锥底圆直径; L 为素线长度。

(2) 确定交线的展开曲线 圆锥表面 12 条等分素线被正垂面截断

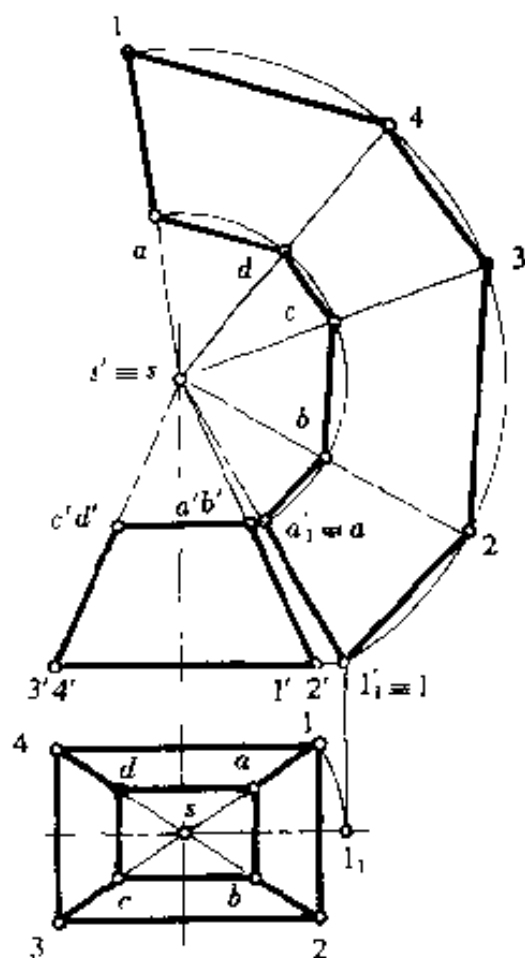


图 2-5 四棱锥管的展开

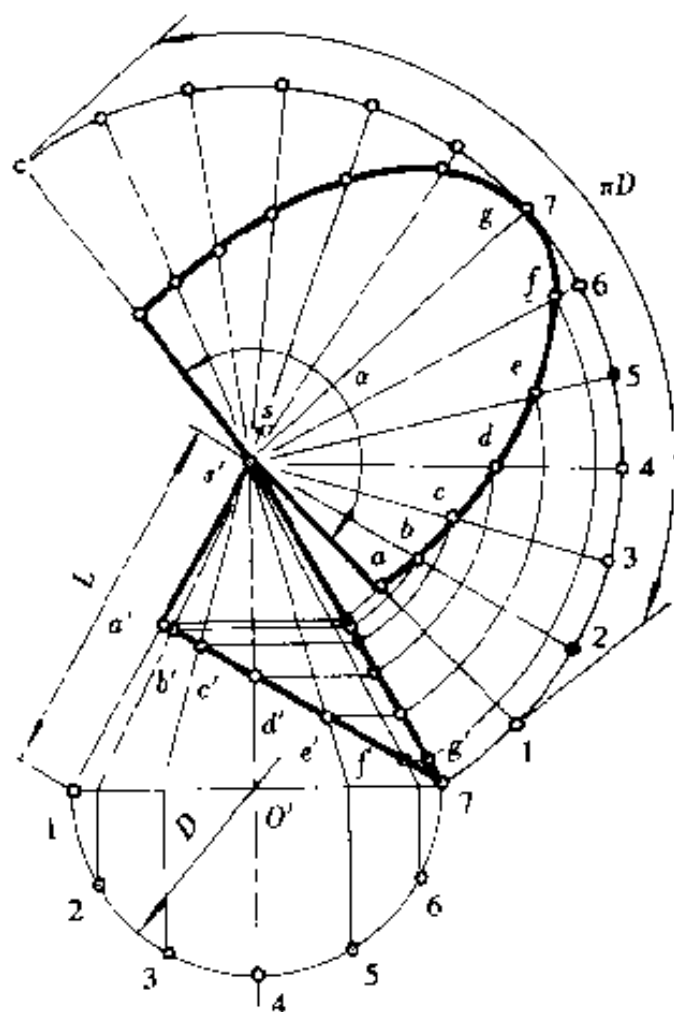


图 2-6 截底圆锥面的展开

后，余下部分的投影为 $s'a'$ 、 $s'b'$ ……过 a' 、 b' ……诸点作水平线与圆锥右轮廓线相交，各交点到锥顶 s' 的距离即为各等分素线余下部分的实长。最后，以 s 点为中心、以各段实长为半径分别画圆弧，与展开图上对应素线 $s1$ 、 $s2$ ……相交于点 a 、 b ……用曲线光滑地连接这些点，即得到截底圆锥面的展开图。

〔例 3〕已知斜四棱锥管的两视图，作出它的展开图（图 2-7）。

〔解〕斜四棱锥管上、下两口都平行于 H 面，它们的水平投影反映各边的实长。四条棱线均与投影面倾斜，且长度互不相等

(1) 求各棱线实长 用直角三角形法先求出 sI 、 sII 、 $sIII$ 和 sIV 的实长 $s'1$ 、 $s'2$ 、 $s'3$ 和 $s'4$ ，然后过 a' 作水平线与之相交，即得到各棱线的实长 a_11 、 b_12 、 c_13 和 d_14 。

(2) 作四棱锥 $s-1$ Ⅱ

Ⅱ N 的展开图 以点 $s-s'$ 为圆心, 分别以 $s1_1$ 、 $s2_1$ 、 $s3_1$ 和 $s4_1$ 为半径画圆弧。过 s 点在适当位置作直线, 与半径为 $s1_1$ 的圆弧交于点 1。由点 1 开始, 依次分别以下口各边长 12、23、34 和 41 为半径在对应圆弧上截取点 2、3、4 和 1, 依次用直线连接有关各点, 即得到 $s-1$ Ⅱ N 的展开图。

(3) 确定上端口的展开轮廓 以点 s 为圆心, 分别以 sa_1 、 sb_1 、 sc_1 和 sd_1 为半径画圆弧和对应棱线 $s1$ 、 $s2$ 、 $s3$ 和 $s4$ 相交于 a 、 b 、 c 和 d 各点, 用直线依次连接它们, 即得到斜四棱锥管的展开图。

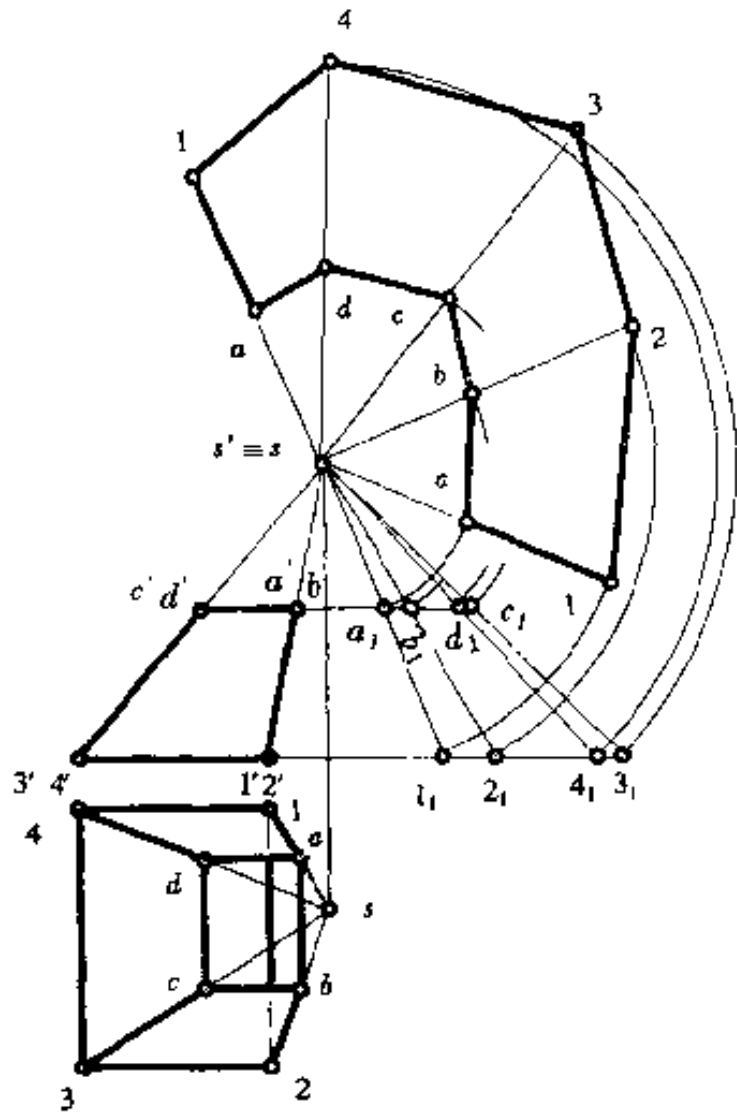


图 2-7 斜四棱锥管的展开

5. 如何用三角线法绘制展开图?

当构件由切线曲面或不可展的直纹曲面构成时, 展开时通常先把曲面划分为若干小单元, 每个小单元一般为一四边形曲面。然后再利用四边形的一条对角线将其分为两个三角形, 并将这些三角形近似地看做为通过其三个顶点的平面三角形。最后按顺序把各平面三角形的实形拼画在一起, 形成曲面的展开图。这种方法称为三角线法。

用三角线法绘制展开图时，要注意对不同曲面采用相应的合理划分方法，使每个小单元尽量接近于平面，以避免展开图出现过大的误差。

〔例 1〕已知方口连接管的三视图，作出它的展开图（图 2-8）。

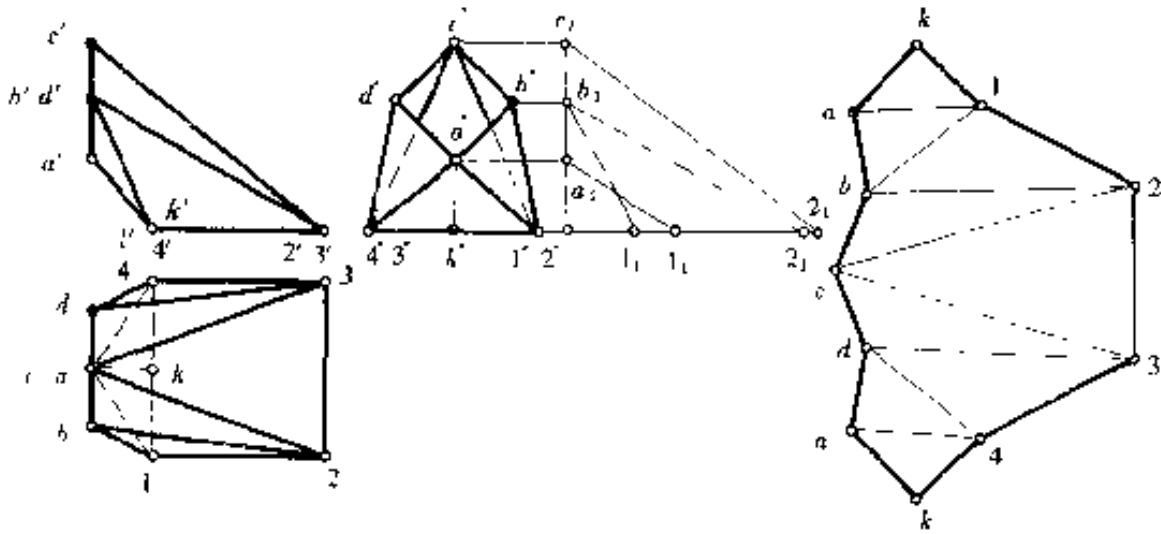


图 2-8 方口连接管的展开

〔解〕方口连接管的两端口都是正方形，上端口的侧面和下端口的水平投影分别显示它们各边的实长。连接两端口相应顶点的棱线都是一般位置直线，作图时需求出它们的实际长度。

(1) 求各棱线实长 由于构件前后对称，只需求出前半的四条棱线的实长。用直角三角形法求出相应棱线 A_1I 、 B_1I 、 B_1II 和 C_1II 的实长为 a_1l_1 、 b_1l_1 、 b_1l_2 和 c_1l_2 。

(2) 拼画展开图 假想地沿表面 A_1I 的中线 AK 将连接管切开，这样构件由九个平面三角形构成。利用各三角形边的实长，依次拼画出九个三角形 aki 、 ab_1l_1 ……的实形，即为方口连接管的展开图。

〔例 2〕已知圆口连接管的两视图，作出它的展开图（图 2-9）。

〔解〕连接管的两端口均为圆形，但上、下端口互不平行且直径不同，一般情况下表面为不可展的直纹曲面（特殊情况下，当两圆口在同一球面上时，为椭圆锥面）。用三角线法展开的步骤为：

(1) 将连接管分为 24 个三角形 首先把上下端口圆都分为 12 等分，得到等分点 $A、B、\dots$ 和 $I、II、\dots$ 用直线连接各对应等分点 $A_1I、$

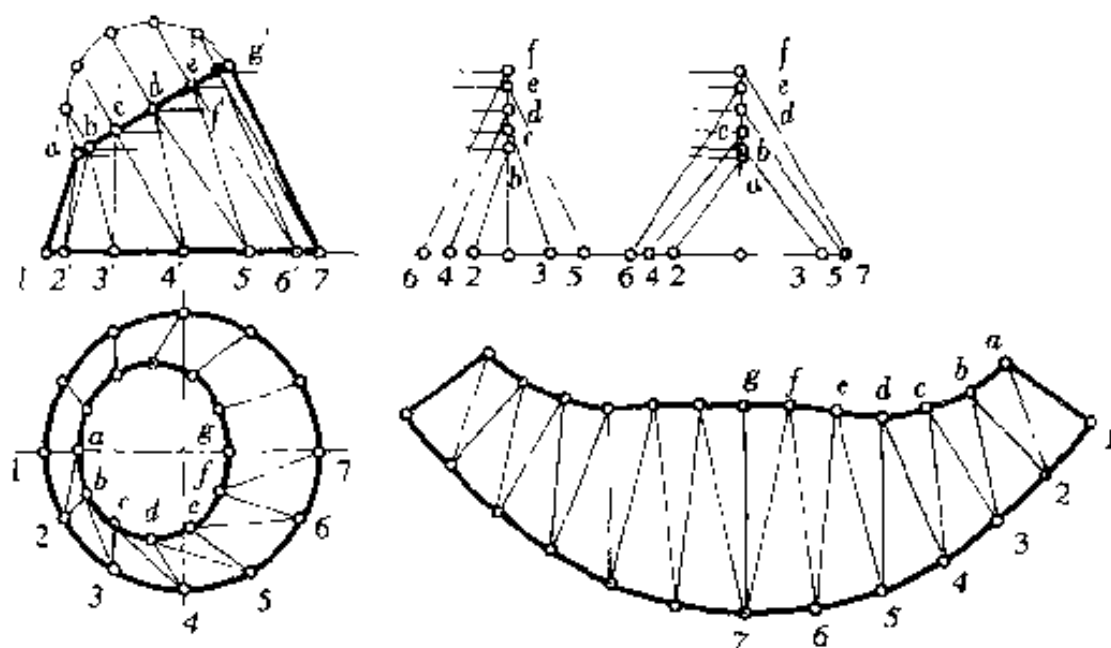


图 2-9 圆口连接管的展开

$B \text{ II} \dots\dots$ 这 12 条素线把连接管分为 12 个四边形曲面单元。然后再作每个曲面单元的对角线 $A \text{ I}、B \text{ II} \dots\dots$ 把每个单元分为两个三角形。

(2) 求各素线和对角线的实长 其中, 素线 $A \text{ I}$ 和 $G \text{ VII}$ 的实长可在主视图中直接得到, 其他素线和对角线的实长, 则利用直角三角形法求出, 左边的实长线图为各素线的实长, 右边为各对角线的实长。

(3) 拼画展开图 由素线 $A \text{ I}$ 处开始, 利用各素线、对角线实长, 上、下端口一个等分弦长(可由视图中量得)依次拼画出各三角形实形。最后用曲线光滑连接两组点 $a、b \dots\dots$ 和 $1、2 \dots\dots$ 即完成连接管的展开图。

6. 什么是结合线? 结合线具有哪些性质?

当钣金制件由两个或多个表面构成时, 面和面之间会产生交线, 这些交线分作两类: 一类是由平面与曲面相交产生, 常叫做截交线; 另一类是曲面与曲面相交产生, 常叫做相贯线。在钣金行业中, 习惯上把这两种交线统称为结合线。

结合线具有两个基本性质。第一是它的分界性, 两表面

在结合线处相交，结合线应为曲面边界轮廓的一部分，因而也是表面展开图的边界轮廓。第二是它的公有性，结合线同时属于相交的两个表面，结合线上点都是两表面的公有点。

绘制展开图时，常需要在投影图中求画构件的结合线。结合线的作图主要依据它的公有性。若相交两表面都是平面，它们的结合线是直线，只要求得两平面的两个公有点，两点的连线即为结合线；若相交两表面中有曲面，则结合线通常为曲线，这时，需先求出两表面的一系列公有点，再把这些点连成光滑曲线。这些点中，有一些对确定结合线的形状起着重要作用，比如在曲面投影轮廓线上的点和处于最高、最低、最左、最右……等极限位置的点，这些点称为特殊点，其他称为一般点。

为保证展开图的作图精度，应注意这两个方面：一是尽量求出特殊点的准确位置并保证足够数量的一般点；二是展开图中素线的端点应尽量为在结合线作图时能够准确求出的公有点。

7. 常用的平面与曲面的结合线有哪些种？

平面与曲面间的结合线是平面与曲面的公有线，因此一定是平面曲线。结合线的空间形状取决于曲面的种类及平面与曲面的相对位置；结合线的投影形状则取决于平面与投影面之间的相对位置。当平面与投影面平行时，结合线的投影显实形；当平面与投影面垂直时，结合线的投影与平面的投影积聚在同一直线上。常用的平面与曲面的结合线见表 2-1 至 2-4。

表 2-1 平面和圆柱面的结合线

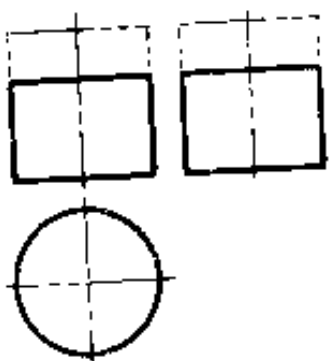
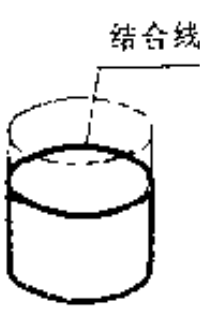
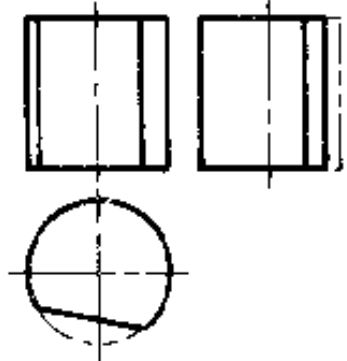

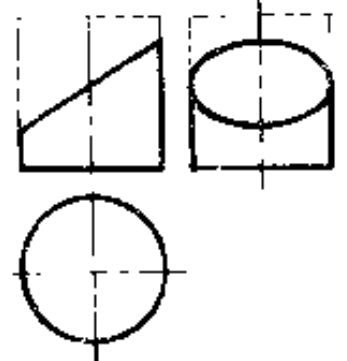

相对位置	图 例		结合线 形状
	投影图	立体图	
平面与 圆柱面轴 线垂直			圆
平面与 圆柱面轴 线平行			两平行 直素线
平面与 圆柱面轴 线倾斜			椭圆

表 2-2 平面和椭圆柱面的结合线

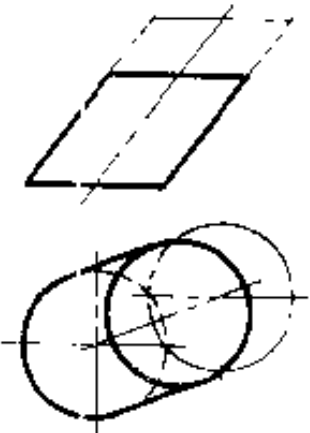
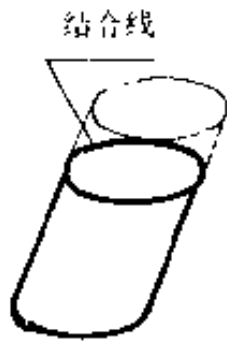
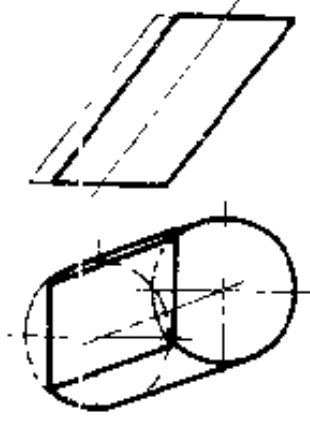
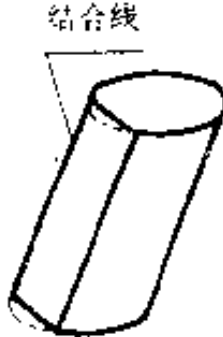
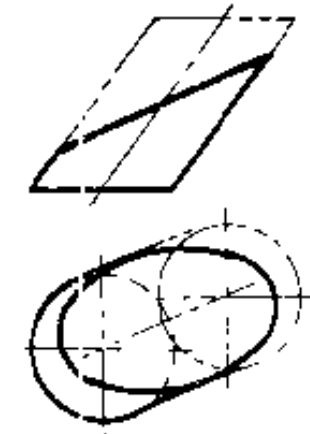

相对位置	图 例		结合线 形状
	投影图	立体图	
平面与 椭圆柱面 的圆截面 平行			圆
平面与 椭圆柱面 的轴线平 行			两平行 直素线
平面与 椭圆柱面 的轴线倾 斜			椭圆

表 2-3 平面和圆锥面的结合线

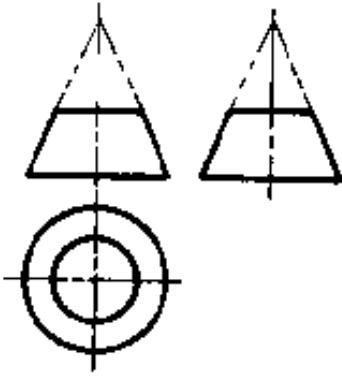

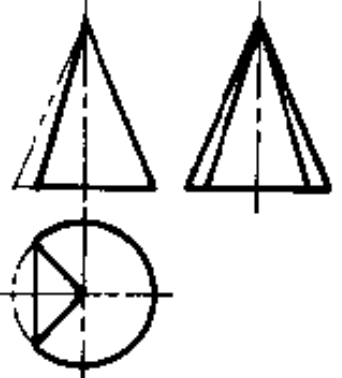

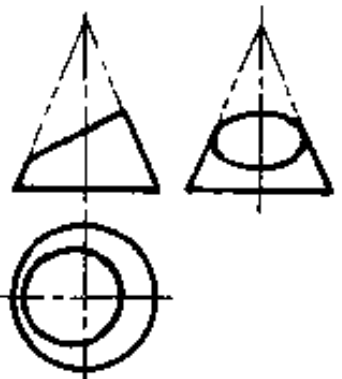

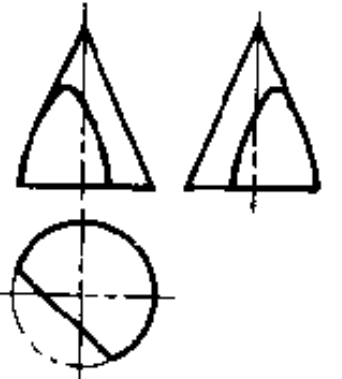

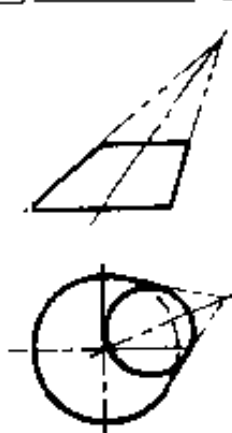

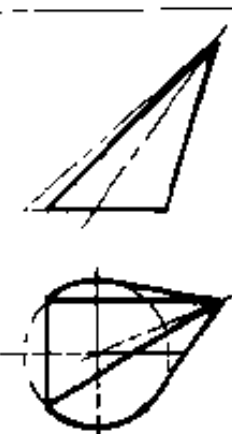

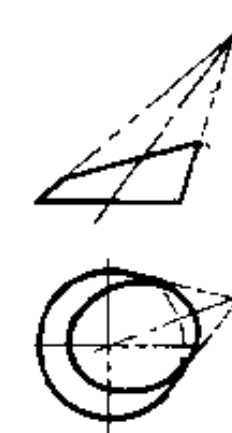

相对位置	图 例		结合线形状
	投影图	立体图	
平面与圆锥面轴线垂直			圆
平面经过圆锥面的锥顶			相交于锥顶的两直素线
平面不垂直于圆锥面轴线, 也不过锥顶			二次曲线 (根据平面与轴线夹角不同, 结合线为椭圆、抛物线或双曲线)
			

表 2.4 平面和椭圆锥面的结合线

相对位置	图 例		结合线 形状
	投影图	立体图	
平面与 椭圆锥面 的圆截面 平行			圆
平面经 过椭圆锥 面的锥顶			相交 于锥顶 的两直 素线
平面不 平行于椭 圆锥面的 圆截面, 也不过锥 顶			二次 曲线

8. 怎样用辅助素线法求结合线?

应用辅助素线法求作结合线时, 要首先利用相交表面的

积聚性，得出结合线的一个或两个已知投影，然后再根据结合线的公有性，在另一表面通过结合线的素线上求出结合线上点的未知投影。

图 2-10(a) 中，平面与椭圆锥面相交，平面垂直于 II 面，结合线的水平投影将与平面的水平投影积聚在同一直线上，是已知投影。同时结合线也在椭圆锥的表面上，在其上作辅助素线 $S I$ 经过结合线上点 A ，水平投影为 s_1 和 a ，然后再利用 A 与 $S I$ 的从属关系，作出 $S I$ 及 A 的其他投影。图 2-10(b) 中，圆柱面与椭圆锥面相交，圆柱的轴线垂直于 H 面，结合线的水平投影将与圆柱面的水平投影积聚在同一圆上，是已知投影。椭圆锥面的素线 $S I$ 与结合线交于 A_1 、 A_2 两点，它们的水平投影为 s_1 和 a_1 、 a_2 。利用 A_1 、 A_2 与 $S I$ 的从属关系，可作出 A_1 、 A_2 的其他投影。

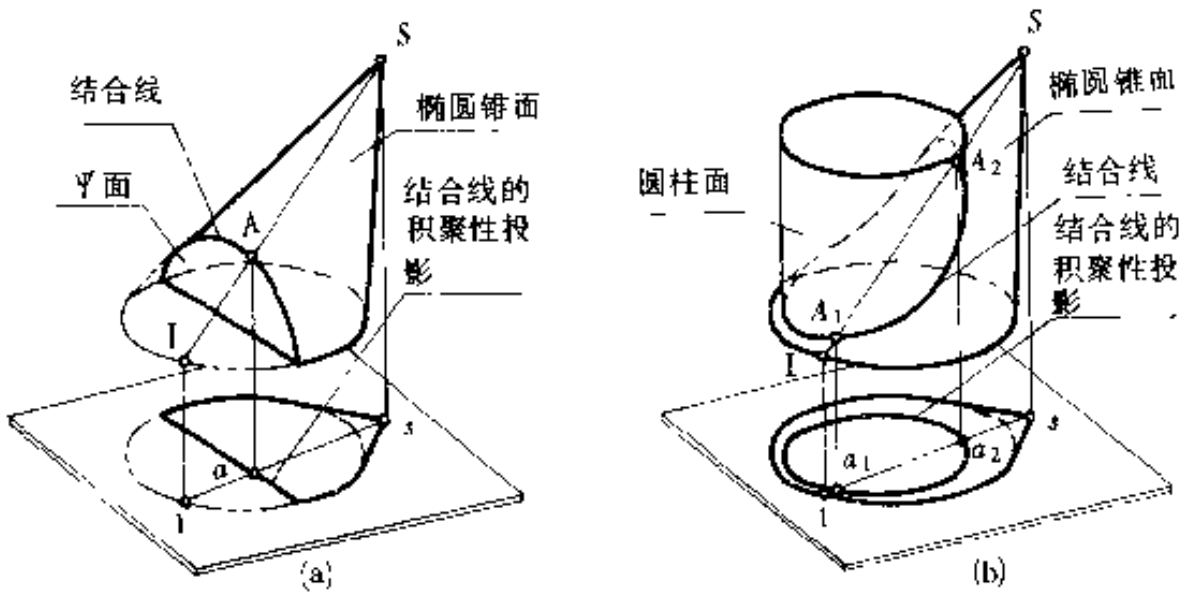


图 2-10 辅助素线法原理

由上述原理可知，利用辅助素线法求作结合线的条件是：相交两表面中有垂直于投影面的平面或圆柱面，利用它们的积聚性使结合线的一个投影为已知。

[例 1] 已知平面和圆锥面的两视图，作出它们的结合线（图 2-11）。

[解] 平面与圆锥面轴线平行，结合线空间形状为双曲线；平面平行于 V 面，而结合线又在平面上，所以结合线的正面投影将显实形，水平投影则积聚为直线 17，是已知投影。具体作图步骤为：

(1) 作等分辅助素线的投影 将圆锥面俯视图中 1、7 两点间的圆弧六等分，等分点的两投影为 1、2……和 1'、2'……把锥顶 S 与各分点的同面投影连直线，即得辅助素线的两投影。

(2) 求各等分辅助素线与结合线

交点的投影 水平投影中，各素线与结合线交于点 a 、 b …… e 。

其中 A 、 B 、 D 和 E 四点，根据它们与相应素线的从属关系，可直接投影得到它们的正面投影 a' 、 b' 、 d' 和 e' ； C 点的正面投影 c' 则用旋转法求得。

(3) 用光滑曲线连接 1'、2'……7' 各点，即得结合线的正面投影。

[例 2] 已知两圆柱面的三视图，作出它们间的结合线（图 2-12）。

[解] 大圆柱面垂直于 V 面，小圆柱面垂直于 II

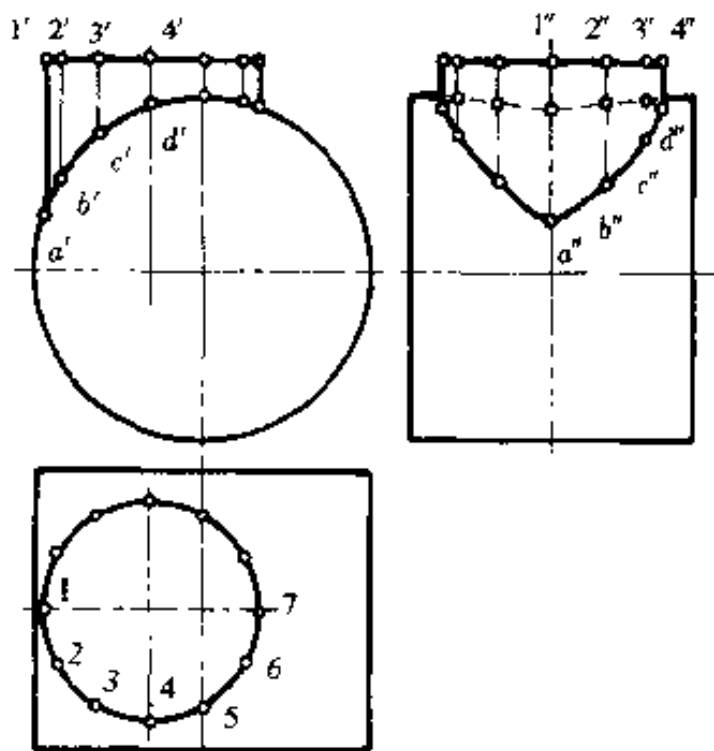
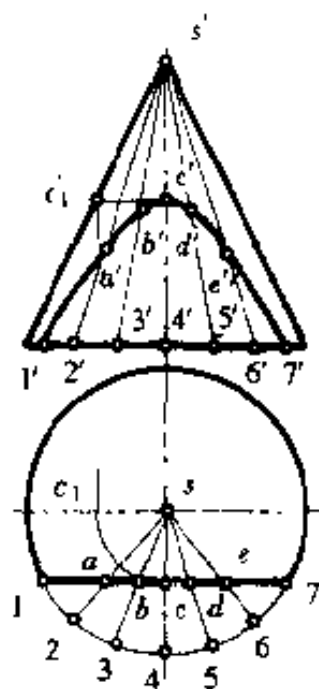


图 2-12 两圆柱面结合线作法

面，结合线的正面和水平投影分别与大、小圆柱表面的积聚性投影重合，是已知投影。其侧面投影用辅助素线法求作，具体步骤为：

(1) 作小圆柱面上辅助素线的投影 将小圆柱面的水平投影 12 等分，得到辅助素线的水平投影 1、2……由水平投影可作出各素线的正面和侧面投影。

(2) 作各素线和结合线交点的投影 主视图上各素线与大圆柱面投影圆的交点为 a' 、 b' ……过这些点作水平线分别与相应素线的侧面投影相交于点 a'' 、 b'' ……

(3) 用光滑曲线连接 a'' 、 b'' ……各点，其中位在小圆柱左半边的结合线，侧面投影可见，连成实线；右半边为不可见，连成虚线。

9. 怎样用辅助平面法求结合线？

用辅助平面法求两表面的结合线时，首先设置一适当位置的辅助平面，然后求出辅助平面与两已知表面的两组交线，两组交线的交点即为结合线上点。为使结合线作图准确，辅助平面的位置要选取合适，选择原则是使所设辅助平面与已知表面的两组交线投影为直线或圆。

图 2-13 中，轴线为铅垂线的圆锥与球相交。设置一水平位置的辅助平面，它与圆锥面和球面分别交于圆形交线，两圆的交点 I 和 II 是圆锥、球和辅助平面三面的共点，当然也是结合线上点。这样，通过改变辅助平面的位置，便可求出结合线上的一系列点，作出结合线。

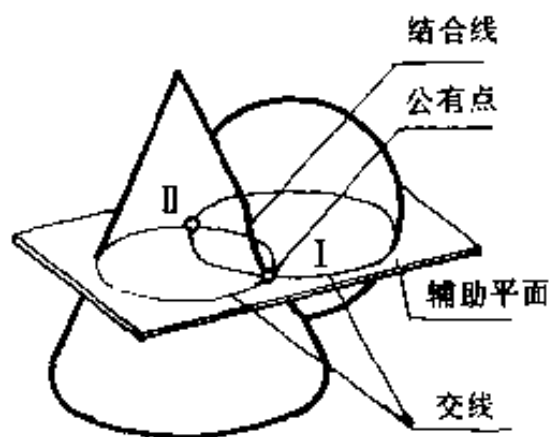


图 2-13 辅助平面法原理

[例 1] 已知椭圆柱面和圆锥面的两视图，作出它们的结合线（图 2-14）。

〔解〕 椭圆柱面的轴线为正平线,其圆截面与 H 面平行;圆锥的轴线为铅垂线,所以可选用水平面作为辅助平面,它与两表面的交线均为水平圆。

(1) 作辅助平面 P 在正面投影的适当高度作水平线 P_v ,它即为辅助平面 P 的正面投影。

(2) 求公有点 主视图上, P_v 与椭圆柱面轮廓线交于点 a' 和 b' ,与圆锥面轮廓线交于点 c' 和 d' 。 $a'b'$ 及 $c'd'$ 是两交线圆的直径。在俯视图上,分别以 P 与两表面轴线

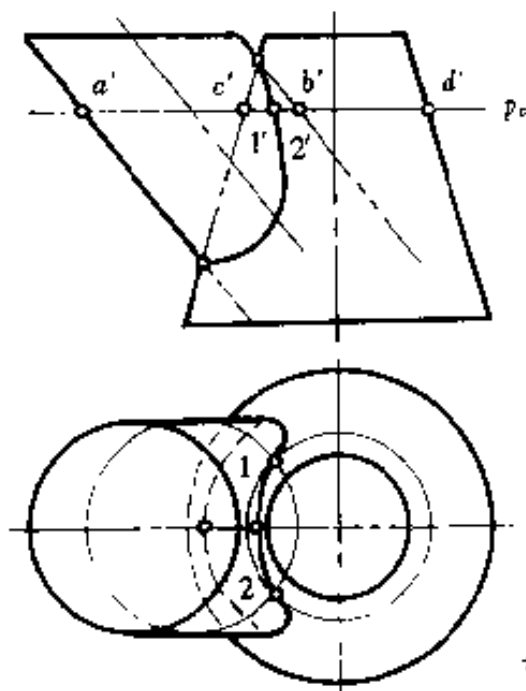


图 2-14 椭圆柱面和圆锥面的结合线

交点的水平投影为中心画出两交线圆的水平投影,它们相交于点1和2。由I、II两点与 P 平面的从属关系,作出它们的正面投影 $1'$ 和 $2'$,则点I、II为结合线上点。

(3) 上下变动辅助平面的位置,反复作图,可求出足够数量的点。然后考虑投影的可见性,用实线与虚线依次连接这些点,即得到结合线的两投影。

〔例2〕 已知圆柱面和圆锥面的三视图,作出它们的结合线(图2-15)。

〔解〕 根据两表面的形状与位置,选用水平面作为辅助平面

(1) 作辅助平面 P 由于圆柱面轴线为侧垂线,结合线的侧面投影与圆柱面的侧面投影积聚在同一圆上,是已知投影。将圆柱面的侧面投影12等分,得到12条等分素线,然后过这些素线作水平辅助平面,图中作出了经过III和XI的辅助平面 P 、 P_v 和 P_u 分别为它的正面和侧面投影。

(2) 求公有点 辅助平面 P 与圆锥交于经过C点的水平圆,与圆柱交于过点III和XI的侧垂直素线。作出它们的水平投影,它们相交于点3和11,把点3(11)向主视图投射到 P_v 上,得到它们的正面投影

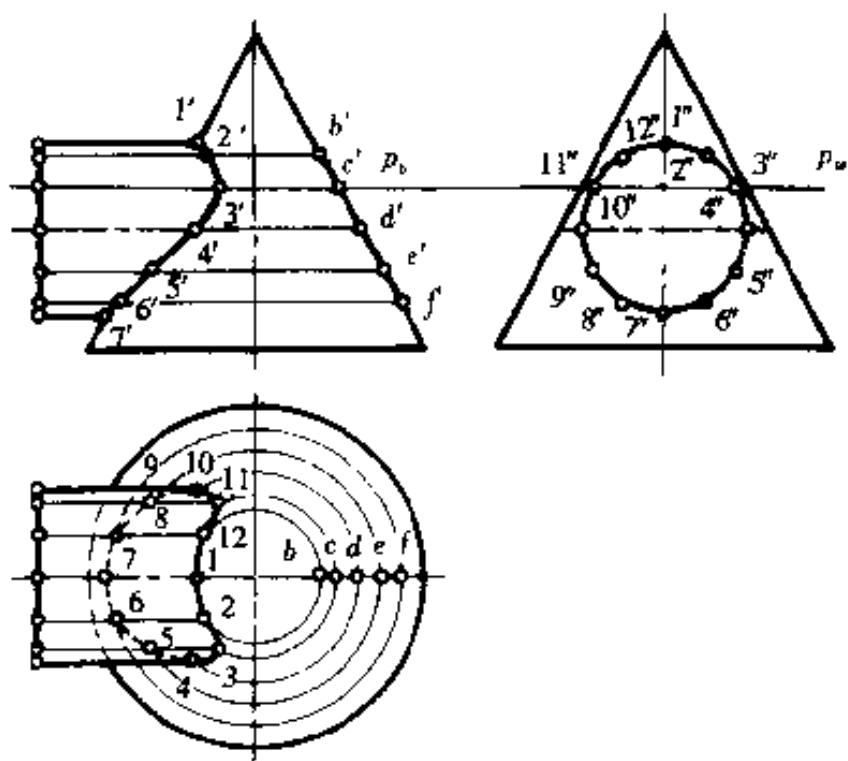


图 2-15 圆柱面和圆锥面的结合线

(11'省略未注)。

(3) 上下变动辅助平面的位置, 按同样的作图, 即可求得结合线上的点 I、II……在主、俯两视图中, 考虑结合线投影的可见性, 用相应曲线依次连接各点的同面投影, 即完成结合线的作图。

[例 3] 已知两圆柱面的两视图, 作出它们的结合线 (图 2-16)。

[解] 下方的圆柱轴线为侧垂线, 所以结合线的侧面投影与下方圆柱面的侧面投影积聚在一起, 为两圆柱面侧面投影公共范围内的一段圆弧, 是已知投影。此例选用正平面为辅助平面。

(1) 作辅助平面 P 为提高展开图的准确性, 使求出的公有点刚好是圆柱等分素线的端点, 首先把上方斜置圆柱的上端口 12 等分 (图中只画出了前半圆), 得到过这些等分点 $1'$ 、 $2'$ ……的 12 条等分素线。然后再根据 Y 距离相等的关系, 作出各等分素线的侧面投影。过经过 II、V 两点的等分素线作正平辅助平面 P , P_w 是它的侧面投影。

(2) 求公有点 辅助平面 P 与上方圆柱交于两条、与下方圆柱上表面交于一条直素线, 它们的正面投影 $3'c'$ 、 $5'e'$ 分别与 $c'e'$ 交于点 c' 和

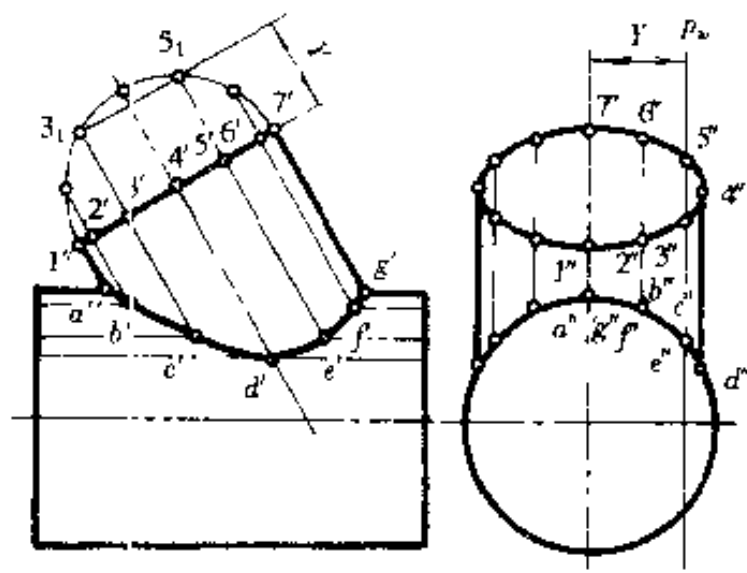


图 2-16 两圆柱面的结合线

e' ，作出 C 、 E 的侧面投影 c'' 、 e'' 。

(3) 前后改变辅助平面的位置，使其经过上方圆柱其他的等分素线，可作出结合线上另外一些公有点。在正面投影中把各公有点 a' 、 b' ……依次用光滑曲线连接，即得到结合线的投影。

10. 怎样用辅助球面法求结合线？

辅助球面法利用了球面与回转曲面相交时的一种特殊情况。当球的球心位于一回转曲面的轴线上时，两表面的交线一定为垂直于轴线的圆；如果回转曲面轴线平行于某投影面，交线圆的该面投影则积聚为直线，并且与回转曲面轴线的投影垂直。见图 2-17。

由此，当两个回转曲面轴线相交，且都平行于同一投影面时，可以两轴线交点为球心作一辅助球面。该球面与两回转曲面都相交于圆，且在同一投影中均积聚为直线。两交线圆位在同一球面上，它们若能相交，则交点应为两回转曲面和辅助球面三面的共点，当然是结合线上的点。根据辅助球面法的原理，应用该方法时应满足下面三个条件：

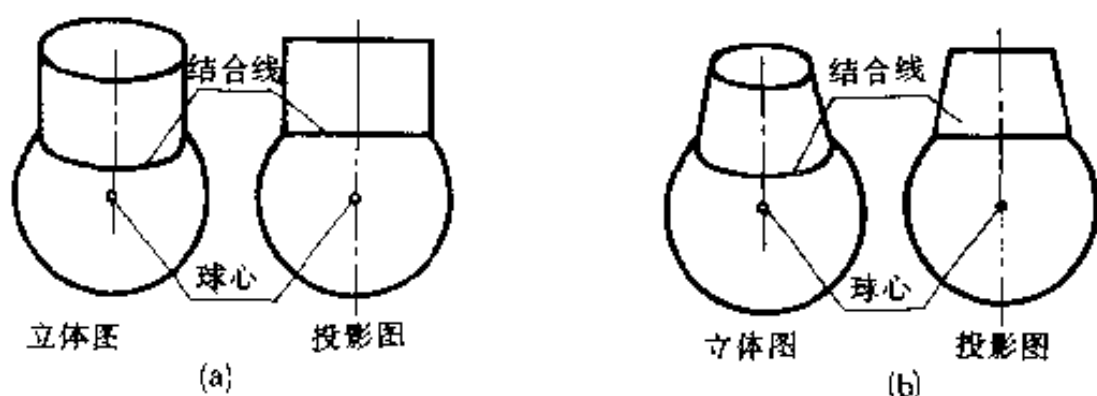


图 2-17 球面与回转曲面相交

- 两相交曲面均为回转曲面。
- 两回转曲面轴线必须相交。
- 两轴线平行于同一投影面。

[例] 已知圆柱面和圆锥面的两视图, 作出它们的结合线(图 2-18)。

[解] 根据题目判断, 满足应用辅助球面法的三个条件。具体作图过程如下:

(1) 作辅助球面 在主视图中, 以两曲面轴线的交点 O' 为球心, 以适当长度 $O'1'$ 为半径画圆, 该圆即是辅助球面的正面投影。

(2) 求公有点 辅助球面的正面投影与圆柱面轮廓线交于 $1'$ 和 $2'$, 与圆锥面轮廓线交于 $3'$ 和 $4'$ 。连接 $1'2'$ 和 $3'4'$ 的直线即为辅助球面与两曲面交线圆的积聚性投影, 两直线的交点 $a'(b')$ 即为两曲面公有点的正面投影。

然后再根据 A 、 B 两点与交线圆 III 、 IV 的从属关系, 先作出交线圆 III 、 IV 的水平投影, 再在其上确定 A 、 B 的水平投影 a 和 b 。

(3) 适当改变辅助球面的半径, 按上面的方法可求得若干其他的公有点 (如 C 、 D)。当求得足够数量的公有点后, 用曲线光滑连接它们,

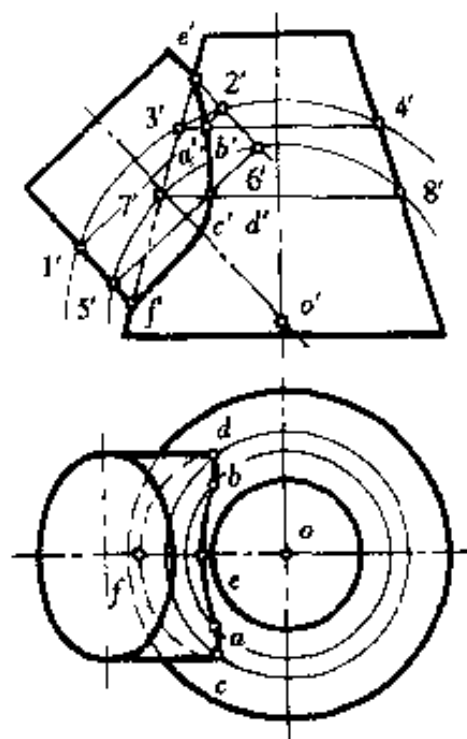


图 2-18 圆柱面和圆锥面的结合线

即得两曲面的结合线。

11. 在何种情况下两曲面的结合线为平面曲线？

两曲面的结合线一般为空间曲线，但在特殊情况下可为平面曲线，其投影可积聚成直线。掌握这种特殊情况的条件，不仅有利于结合线的作图，还可在设计中使构件结构更加合理。当两曲面满足下列条件时，它们的结合线成为平面曲线。

(1) 两回转曲面具有公共的轴线 如图 2-19，此时，结合线为与轴线垂直的圆。

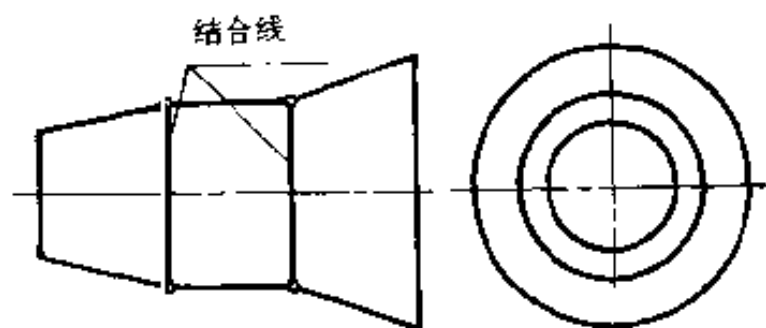


图 2-19 两共轴回转曲面的结合线

(2) 两曲面具有对称平面

图 2-20 为由两椭圆锥面相交构成的三通管，形状左、右对称，两椭圆锥面的结合线为重合于对称平面上的平面曲线。

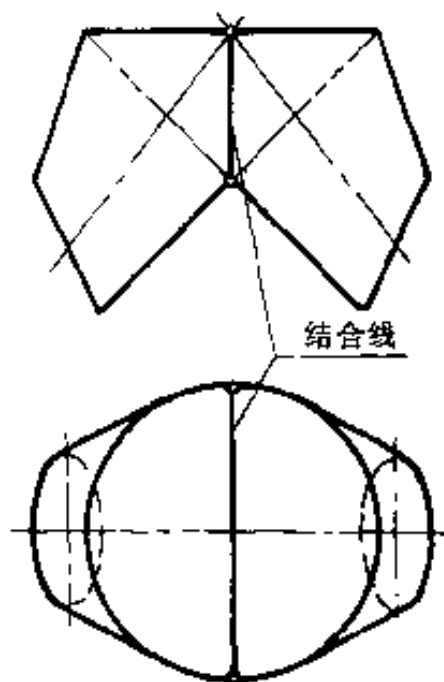
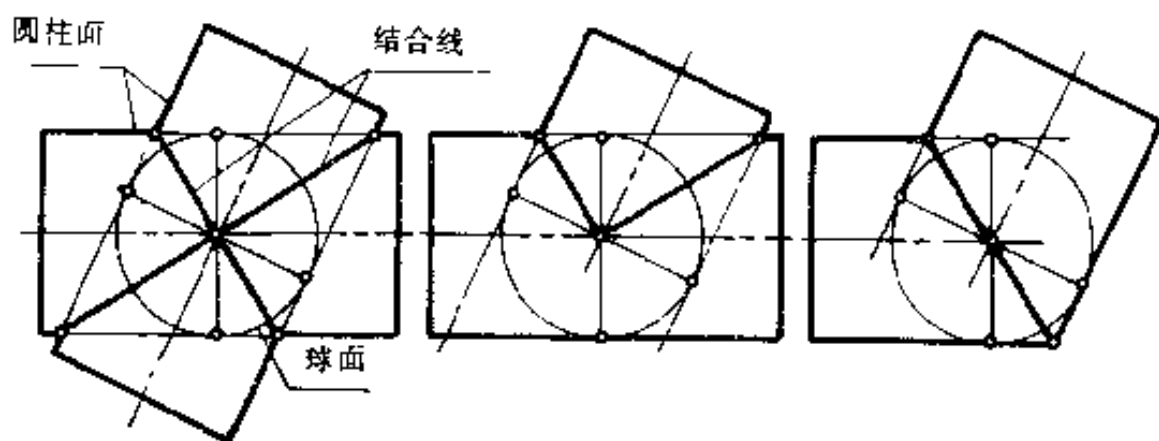


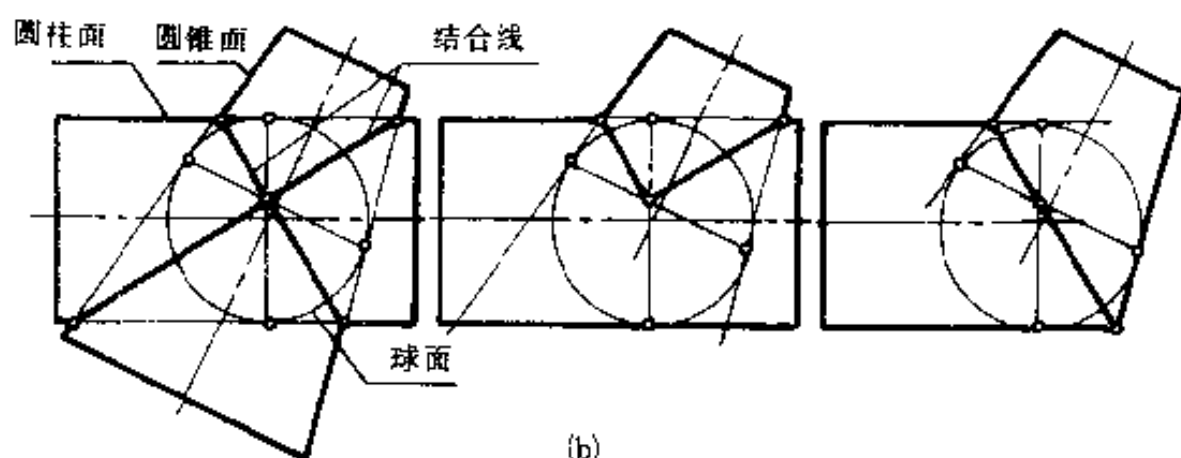
图 2-20 三通管的结合线

(3) 两曲面公切于同一球面

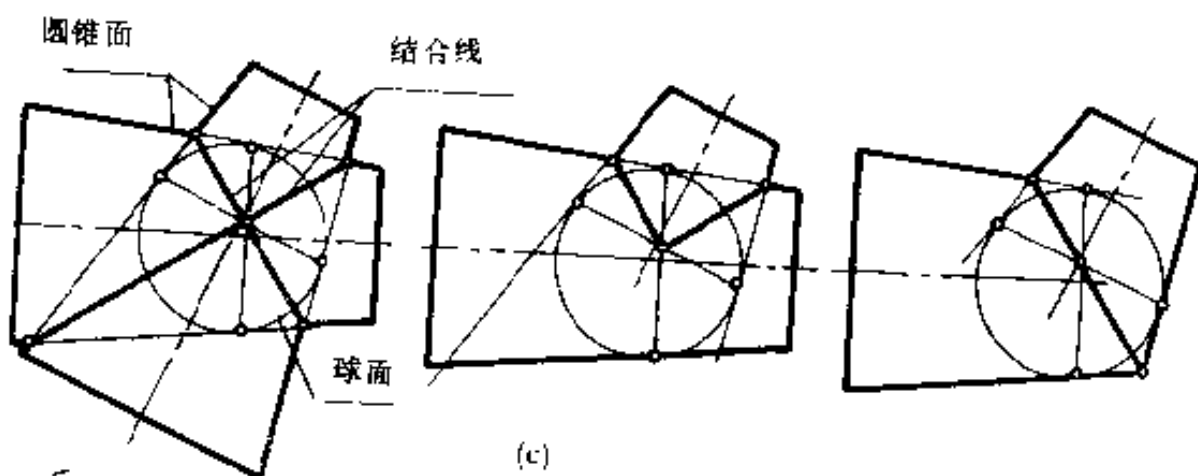
如图 2-21，若相交的两曲面是圆柱面或圆锥面，它们的轴线相交且公切于同一球面，则两曲面的结合线是两条平面曲线，它们垂直于两曲面轴线所成的平面。



(a)



(b)



(c)

图 2-21 公切于同一球面的圆柱面及圆锥面的结合线

在图 2-21 中,各结合线的投影都积聚为直线,这些直线通过由两曲面轮廓线围成的四边形的相对顶点。

(4) 两曲面具有两个公共的切平面 若相交的两曲面是圆柱面、圆锥面、椭圆柱面或椭圆锥面,它们的轴线相交,并且具有两个公共切平面,则它们的结合线是两条平面曲线,结合线所在的平面与两曲面轴线所成的平面垂直,图 2-22 为圆柱面和椭圆锥面相交的情形,两公共切平面垂直于 W 面。图 2-23 为圆锥面与椭圆锥面相交,两公共切平面垂直于 H 面,此时在主视图中应满足图中所示的几何关系。

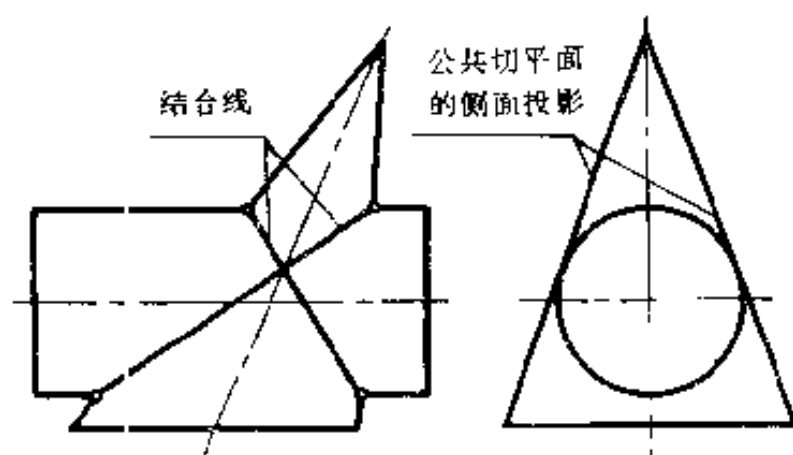


图 2-22 圆柱面和椭圆锥面的结合线

(5) 结合线中的一条已知是平面曲线 图 2-24 为椭圆柱面和椭圆锥面相交。两曲面具有公共的底圆,是一条已知为平面曲线的结合线,它们的另一条结合线也应是平面曲线,该结合线的作图方法有两种:一是延长两曲面的外侧轮廓线,它们交于点 k' ,连接 $a'k'$ 与底圆投影交于点 b' , $a'b'$ 是结合线的投影;二是过锥顶 s' 作椭圆柱面轴线的平行线与底圆投影的延长线交于点 c' 。以底圆投影 $d'e'$ 为直径画半圆,过 c' 点作此半圆的切线,切点为 b 。过点 b 作垂线与 $d'e'$ 的交点就是 b' 。

图 2-25 为两锥面相交,情形与图 2-24 类似,一种作图方

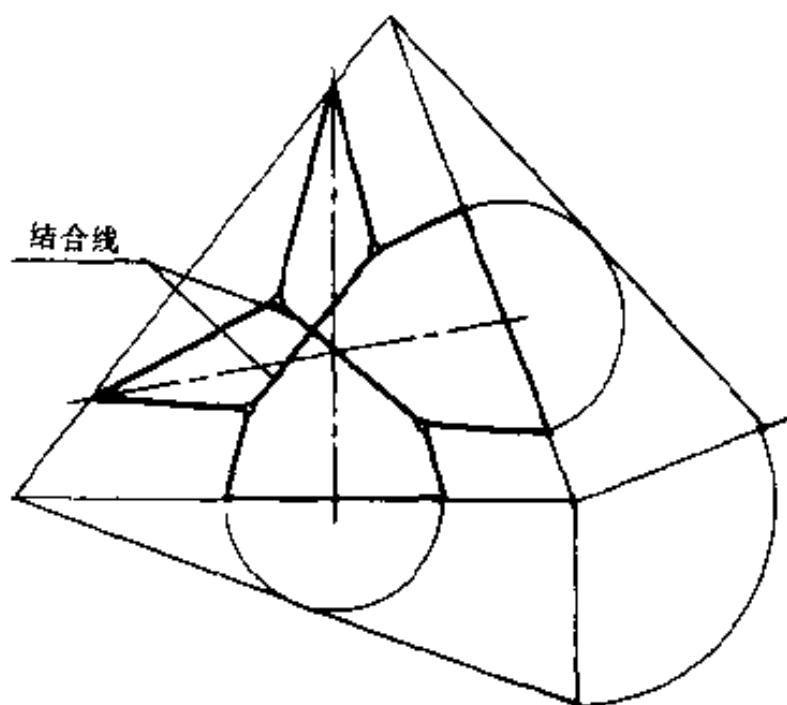


图 2-23 圆锥面和椭圆锥面的结合线

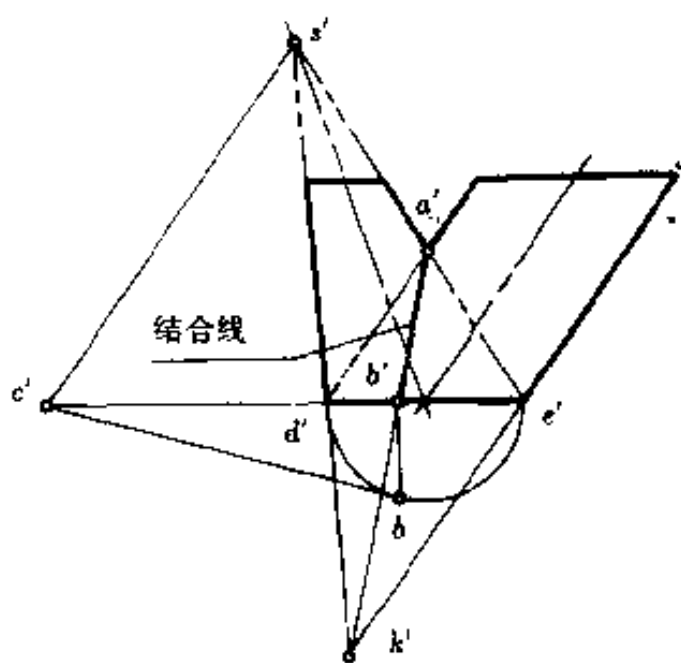


图 2-24 椭圆柱面和椭圆锥面的结合线

法与图 2-24 方法两相同，只是把 $s'c'$ 改为两锥顶 s'_1 和 s'_2 的连线。如果两锥顶高度接近而使 c' 点位置很远时，可采用另一种作图方法：过 s'_1 作 $d'e'$ 的平行线与另一锥面轮廓线交于

d'_1 和 e'_1 , 以 $d'_1e'_1$ 为直径画半圆, 并过 s'_1 作半圆的切线, 切点为 b_1 。过 b_1 点作 $d'_1e'_1$ 的垂线并与其交于点 b'_1 。直线 $s'_2b'_1$ 与 $d'e'$ 的交点就是 b' 。

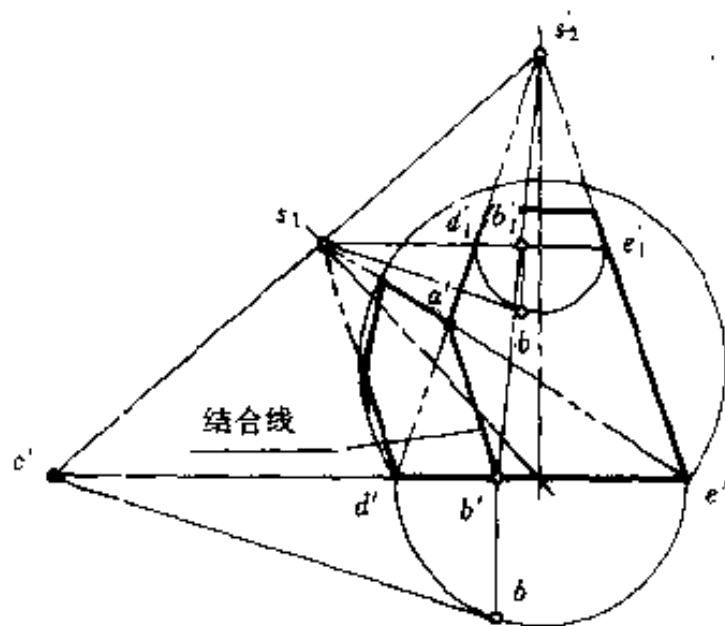


图 2-25 两锥面的结合线

12. 设计钣金构件的形状时应注意哪些问题?

设计钣金构件的形状一般从两个方面考虑: 一方面要满足构件的设计要求, 比如钣金构件多为容器和管道, 为使容器受压力均匀和减小管道对所输送物体的阻力, 要求构件表面光滑、构形流畅。另一方面, 为便于构件的加工制造, 还要考虑加工工艺方面的一些要求。对钣金构件的结构形状, 设计时应注意下列几点:

(1) 构件表面的可展性 构形时尽量采用可展曲面, 以便准确展开。不得以采用不可展曲面时, 要尽量采用展开性能较好的曲面, 以减少不可展曲面在近似展开时所产生的误差。

(2) 构件表面的光滑性 当构件表面由几个曲面组成, 应使相邻表面间保证光滑过渡, 即两表面在分界处相切, 尽量

不产生折棱或交线。

(3) 简化结合线 绘制展开图时，对曲面间结合线作图的准确性要求较高，这样，在构形设计时，尽量使结合线是平面曲线，利用它的积聚性，简化作图，提高精度。

(4) 制作简便。

13. 常用的连接管有哪些种？

在钣金结构中，经常遇到用一节圆管，将已给定的两个圆管连接起来。起连接作用的管称为连接管。通常采用圆柱管、圆锥管或椭圆柱管、椭圆锥管作为连接管。

对于椭圆柱管和椭圆锥管，设计中常用到它们的圆形截面，即圆截面。图 2-26 (a) 为椭圆柱面的主、俯两视图。以主视图轴线上的一点为圆心，以俯视图椭圆的长半轴为半径画圆，与轮廓线相交于点 a' 、 b' 和 c' 、 d' ， $a'b'$ 和 $c'd'$ 即为两个圆截面的积聚性投影，它们对称于轴线，用换面法可作出圆截面的实形。图 2-26 (b) 为椭圆锥面的三视图。在左视

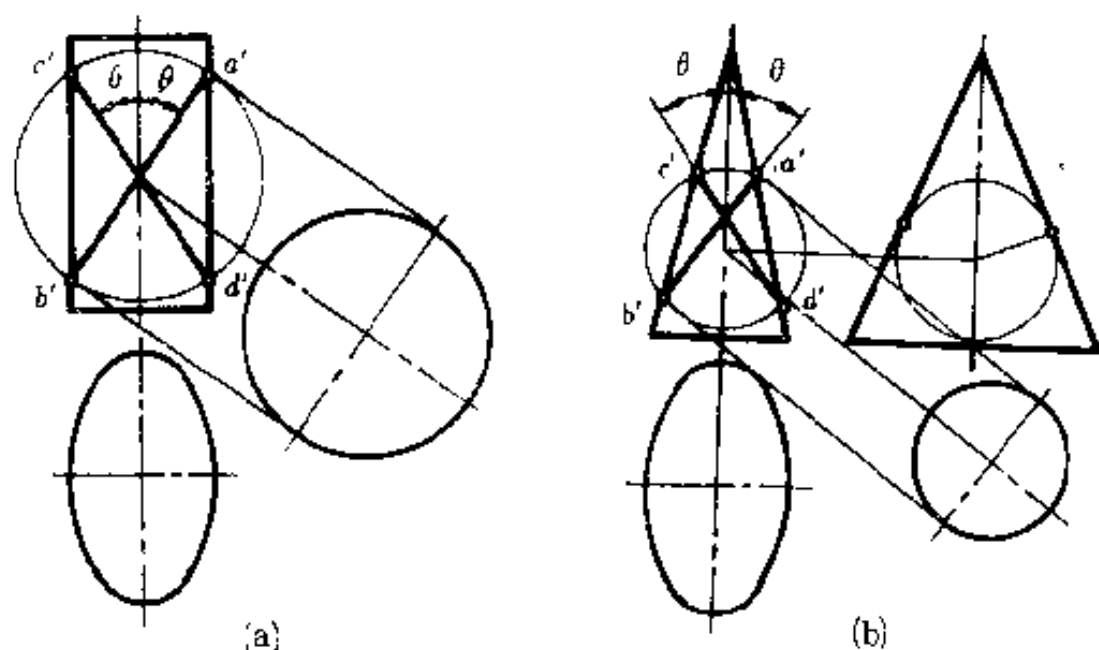
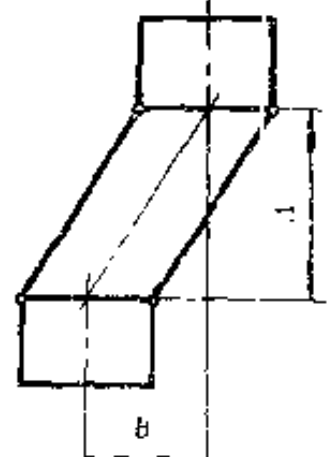
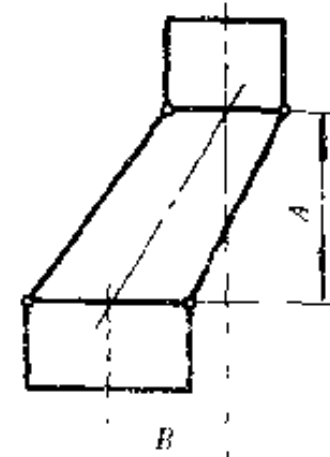
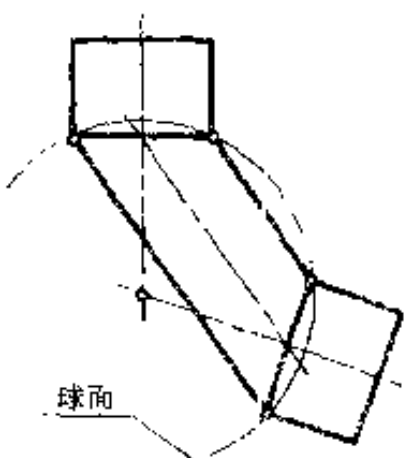
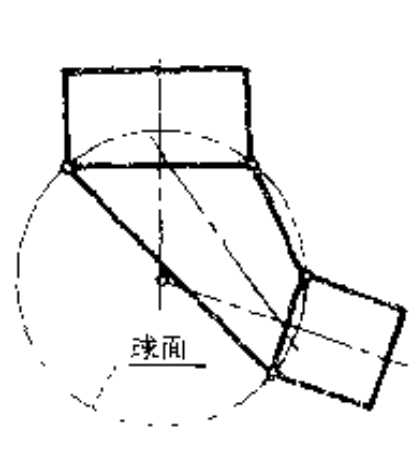


图 2-26 椭圆柱面和椭圆锥面的圆截面

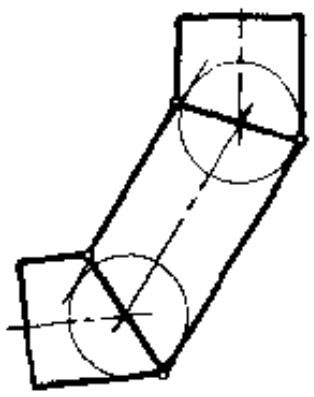
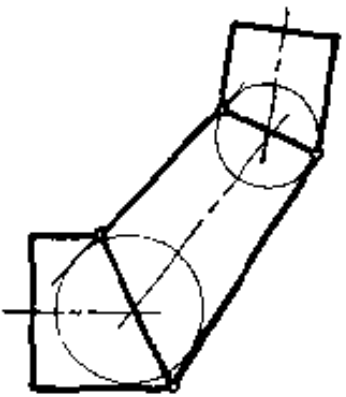
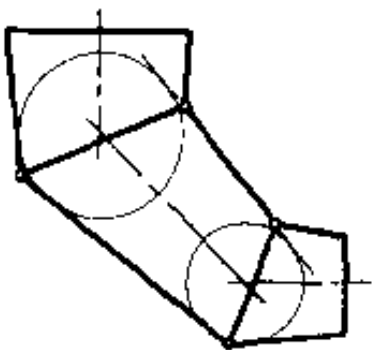
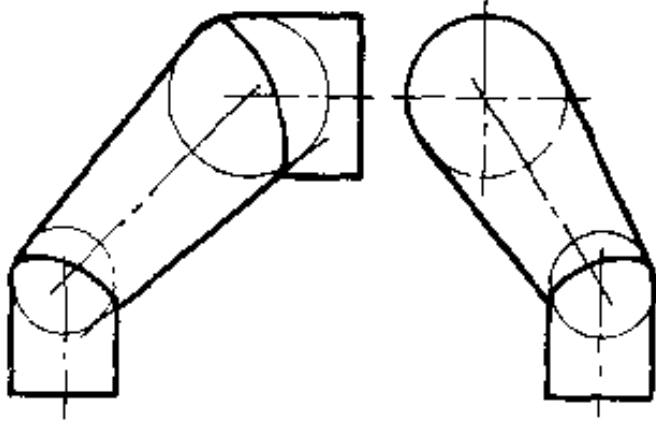
图上，以轴线上一点为中心作轮廓线的内切圆，并作出圆心的主视图。在主视图中作同样大小的圆，它与主视图轮廓线交于 a' 、 b' 和 c' 、 d' ， $a'b'$ 和 $c'd'$ 为两圆截面的积聚性投影，它们也对称于轴线。用换面法同样可作出圆截面的实形。

常用的连接管结构见表 2.5。

表 2.5 常用的连接管结构

连接两轴线平行的等径圆柱管	连接两轴线平行的不等径圆柱管
	
连接管为椭圆柱管，结合线是其圆截面(尽量使尺寸 $A \approx B$)	连接管为椭圆锥管，结合线是其圆截面(尽量使尺寸 $A \gg B$)
连接两轴线相交的等径圆柱管	连接两轴线相交的不等径圆柱管
	
连接管为椭圆柱管，结合线是其圆截面。若两结合线不在同一球面上，连接管为不可展曲面。	连接管为椭圆锥管，结合线是其圆截面。若两结合线不在同一球面上，连接管为不可展曲面。

(续)

连接两轴线相交的等径圆柱管	连接两轴线相交的不等径圆柱管
 <p data-bbox="165 770 702 927">连接管为圆柱管,它与被连接管分别公切于球面,具有相同的直径</p>	 <p data-bbox="735 794 1329 903">连接管为圆锥管,它与被连接管分别公切于球面</p>
连接两轴线相交的圆锥管	连接两轴线交叉、直径不等的圆柱管
 <p data-bbox="165 1517 702 1673">连接管为圆锥管,它与被连接管分别公切于球面,具有相同的锥度</p>	 <p data-bbox="735 1541 1329 1649">连接管为圆锥管,它与被连接管分别公切于球面</p>

注:对于前面四种情况,当连接管为椭圆柱或椭圆锥管时,在不改变圆截面几何性质的条件下,被连接的也可以是圆锥管。

14. 常用的弯管有哪些种?

弯管用于连接两个不同方向的圆管,使管道从一个方向逐渐地转变为另一方向。为便于制造,通常由若干节圆柱管或

圆锥管来构成。

(1) 等径圆弧弯管 等径圆弧弯管的理论形状是圆环面,通常用若干节圆柱管来替代。各节圆柱管的轴线应和理论圆环面弯曲中心线相切;首、尾两节轴向长度为中间各节轴向长度之半,中间各节长度相等(图 2-27)。

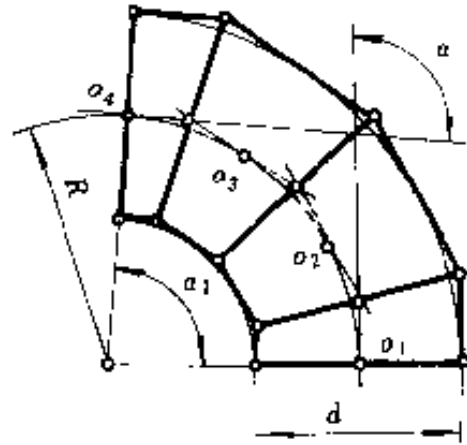


图 2-27 等径圆弧弯管

设计时应首先确定的参数有:弯曲半径 R 、端口直径 d 、两被连接管轴线夹角 α 和圆柱管节数 n 。根据这些参数,便可以画出弯管的放样图:先作成 α 角的两被连接圆柱管轴线,再作半径为 R 的圆弧与两轴线相切,并过圆弧的中心作两轴线的垂线,它们的夹角为 α_1 ($\alpha_1 = 180^\circ - \alpha$)。将所作圆弧分为 $n-1$ 等分(图中 $n=4$),得 o_1 、 o_2 、 o_3 和 o_4 四个等分点。过这四点分别作圆弧的切线即得到四节圆柱管的轴线。最后画出直径为 d 的各节圆柱管,它们间的结合线投影均为直线。

(2) 不等径圆弧弯管 不等径圆弧弯管的理论形状是截面圆直径渐变的圆弧弯管,通常用若干节圆锥管来替代[图 2-28 (a)],各节圆锥管轴线与理论弯管弯曲中心线相切,首、尾两节的轴向长度为中间各节长度之半,中间各节长度相等,各节圆锥管的锥度相同。

设计时首先确定的参数有:弯曲半径 R 、两端口直径 d_1 和 d_2 、两被连接管轴线夹角 α 和圆锥管节数 n 。由于各节圆锥管锥度相同,为简化操作和节约材料,往往将相邻节的圆锥管旋转 180° ,拼合成图 2-28(b)所示的放样图,再进行整体展

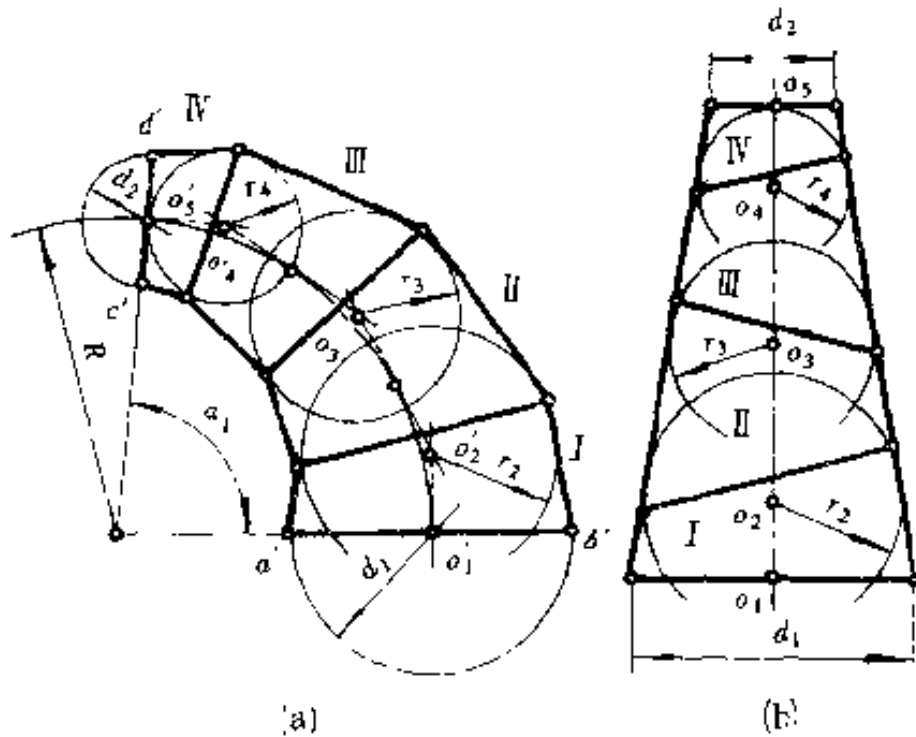


图 2-28 不等径圆弧弯管

斥。弯管的投影图和放样图需互相穿插绘制才可作出：先作成 α 角的两被连接管轴线，再作半径为 R 的圆弧和两轴线相切，该圆弧即为弯管的弯曲中心线。由圆弧中心分别作两轴线的垂线，与轴线交于 o'_1 和 o'_3 两点，两垂线间夹角为 α_1 ($\alpha_1 = 180^\circ - \alpha$)。将弯曲中心线分为 $n - 1$ 等分(图中 $n = 4$)，过各等分点分别作弯曲中心线的切线，它们即为各节圆锥管的轴线，各轴线两两相交于点 o'_1, o'_2 和 o'_3 。然后在图 2-28(b)中，先将四节圆锥管的轴线 $o'_1 o'_2, o'_2 o'_3, \dots$ 依次拼成一条直线 $o_1 o_5$ ，以 $o_1 o_5$ 为轴线作出上、下两端面直径为 d_2 和 d_1 的圆锥面的投影，再分别以点 o_2, o_3, o_4 为圆心，作圆锥面的内切圆，其半径分别为 r_2, r_3, r_4 。接着回到弯管投影图上，分别以 o'_1 和 o'_3 为圆心，以 d_1 和 d_2 为直径画圆弧与端面交于 a', b' 和 c', d' 四点，再分别以 o'_2, o'_3 和 o'_1 为圆心，以 r_2, r_3 和 r_4 为半径画圆。过 a', b' 和 c', d' 分别作圆 r_2 和圆 r_4 的切线，并作相邻两

圆的外公切线,这些切线构成了投影图中各节圆锥管的轮廓线。相邻轮廓线对应交点的连线即为两两圆锥管的结合线。最后,把各节圆锥管的轮廓线长度移到放样图上,即可在放样图中确定结合线的位置。移画时注意第Ⅱ、Ⅳ两节各绕自身轴线旋转了 180° 。

(3) 不等径任意曲线弯管 这种弯管也由锥度相同的若干节圆锥管构成,各圆锥管的轴线和一条给定的曲线相切。设计中给出的条件如图 2-29(a)所示。按设计条件可直接画出图 2-29 (b)所示的放样图:先将图 (a)中各段轴线 $o'_1o'_2$ 、 $o'_2o'_3$ 、……拼接为一条直线 o_1o_5 ,过 o_1 、 o_5 两点作直线的垂线,长度分别为 d_1 和 d_5 ,以它们作为底面和顶面画出圆锥管的投影。然后,过 o_2 、 o_3 和 o_4 作圆锥管轮廓线的垂线,并与其交于点 k_2 、 k_3 和 k_4 。过 k_2 、 k_3 和 k_4 点再分别作轴线 o_1o_5 垂线。接着,过 o_2 、 o_3 和 o_4 点作射线,使它们与 o_1o_5 的夹角分别等于 $\theta_2/2$ 、

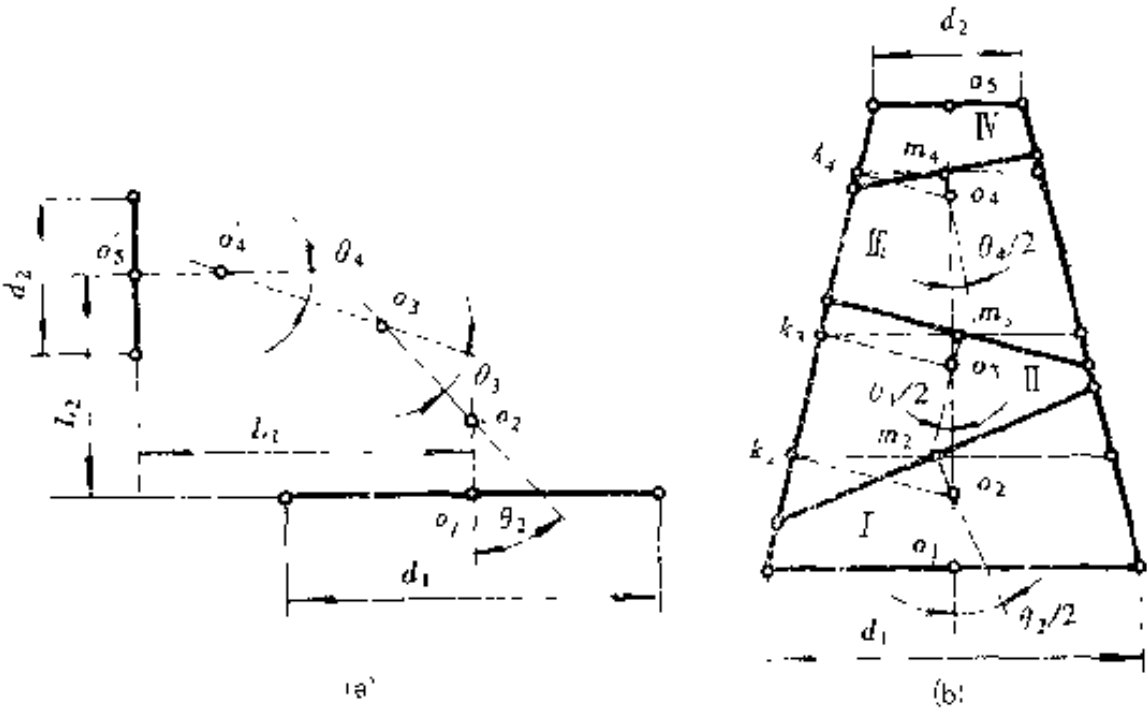


图 2-29 不等径任意曲线弯管

$\theta_3/2$ 和 $\theta_4/2$, 且这些直线应依次左、右相间绘制, 它们与过 k_2 、 k_3 和 k_4 点且垂直于 o_1o_5 的直线交于 m_2 、 m_3 和 m_4 点。最后, 过 m_2 、 m_3 和 m_4 点分别作 o_2m_2 、 o_3m_3 和 o_4m_4 的垂线, 便得到各节圆锥管间的结合线。

15. 常用的异形接头有哪些种?

异形接头用于连接两个端口形状不同或位置偏斜的管道。这类构件的设计, 除必须满足两端口的形状和尺寸外, 对表面的选取一般应考虑尽量采用可展曲面, 减少制造误差; 另外应使两口间的表面截面变化均匀, 过渡平滑, 不产生折棱。

(1) 方—方类接头 这类接头两端口多为方形或矩形, 表面由一系列平面围成, 平面间只能相交为棱线。图 2-30 为两端均为矩形口的接头。接头左、右侧面为梯形平面, 前、后侧面由于上口边 AD (BC) 和下口边 I IV (II III) 不共面, 所以四边形 $ADIV$ I (BC III II) 不是梯形, 而是空间四边形, 设计时必须由两个三角形拼成。图(a)和(b)为两种不同的拼接方式, 图(a)的前、后侧面为外凸, 图(b)的为内凹, 使用时效果基本

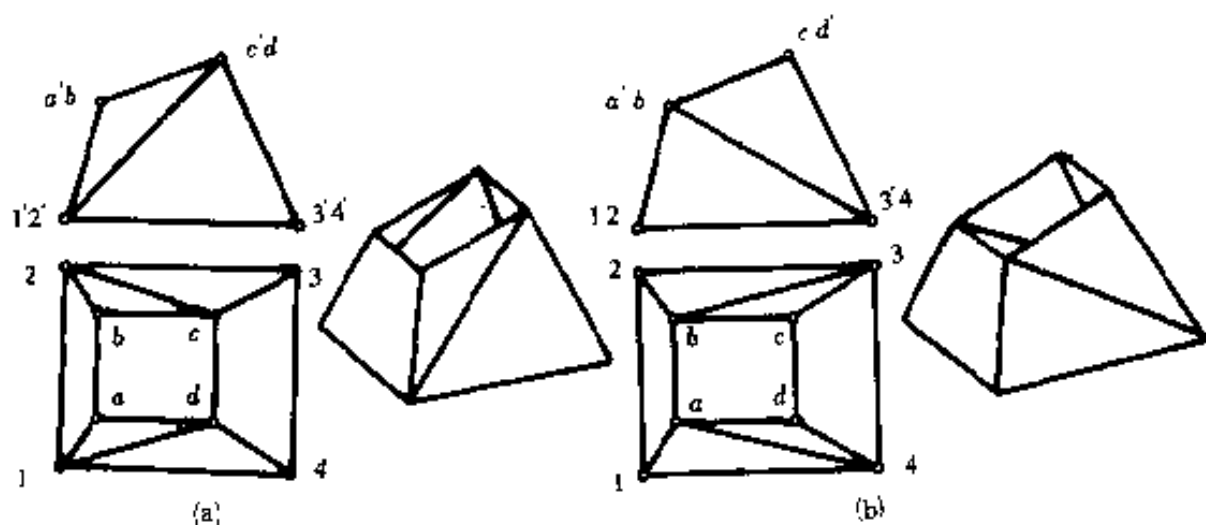


图 2-30 方—方类接头

相同。

(2)方-圆类接头 这类接头一端是多边形口,另一端多为圆形或椭圆形口,接头表面一般由多边形的边与圆上的点确定的平面,和多边形的顶点与圆上的弧段确定的锥面所围成。图2-31中,接头的两口分别为圆形和梯形,接头表面由四个平面A I II、B I II、C III IV、D IV I和四个椭圆锥面所围成。这类接头设计的关键是使相邻的平面和锥面能相切过渡,这取决于圆上四点位置的合理选取。在图2-31中,梯形口的各边均与圆形口所在平面平行,可在俯视图中过圆形口的圆心作相应梯形口边的垂线,垂线与圆的交点A、B、C和D即为所求。

图2-32所示的接头中,上端圆形口与下端矩形口互不平行。下口边I IV和II III平行于圆口平面,B、D点仍按上法求出,而I II和

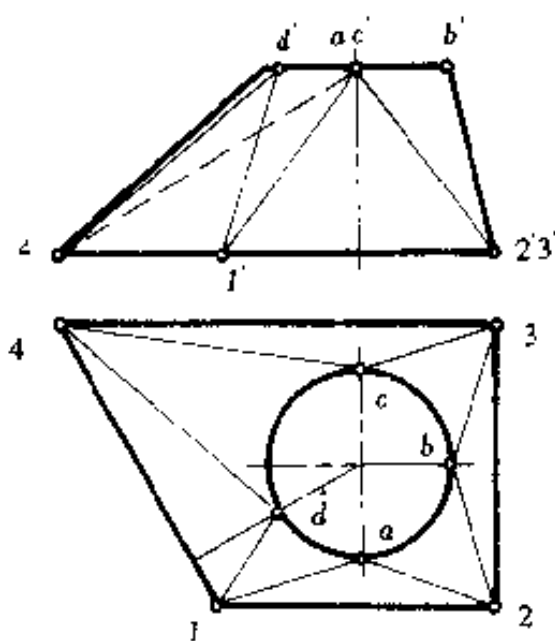


图 2-31 方-圆类接头之一

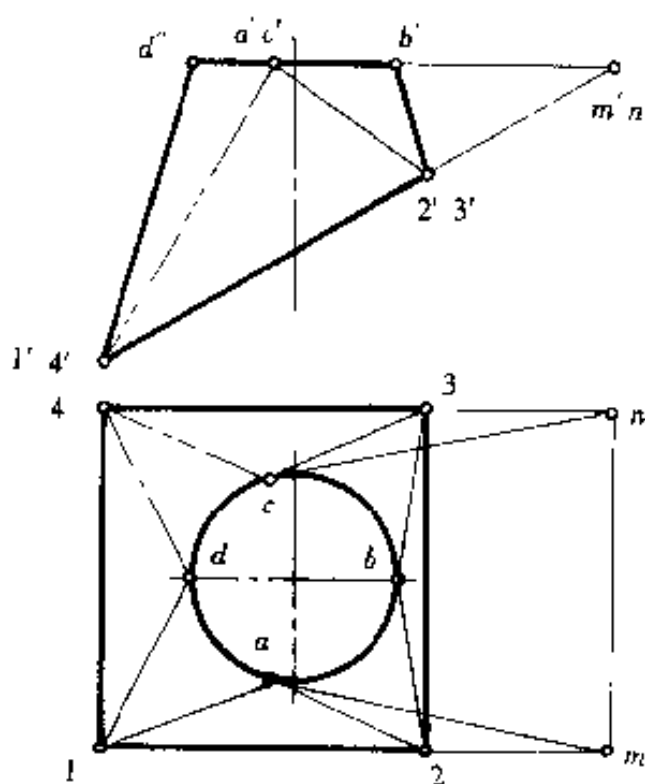


图 2-32 方-圆类接头之二

ⅢⅣ边倾斜于圆口平面,作图时应先将两边ⅠⅡ和ⅢⅣ延长,作出它们与圆口平面的交点 M 和 N ,然后再分别过 M 和 N 作圆的切线,其切点 A 和 C 即为所求。

(3)圆—圆类接头 这类接头的两端口形状是圆或椭圆。若两口不平行或有一端为椭圆时,表面可以为切线曲面或不可展直纹曲面,这主要由素线的设置方法来确定。下面介绍切线曲面的素线设置方法。

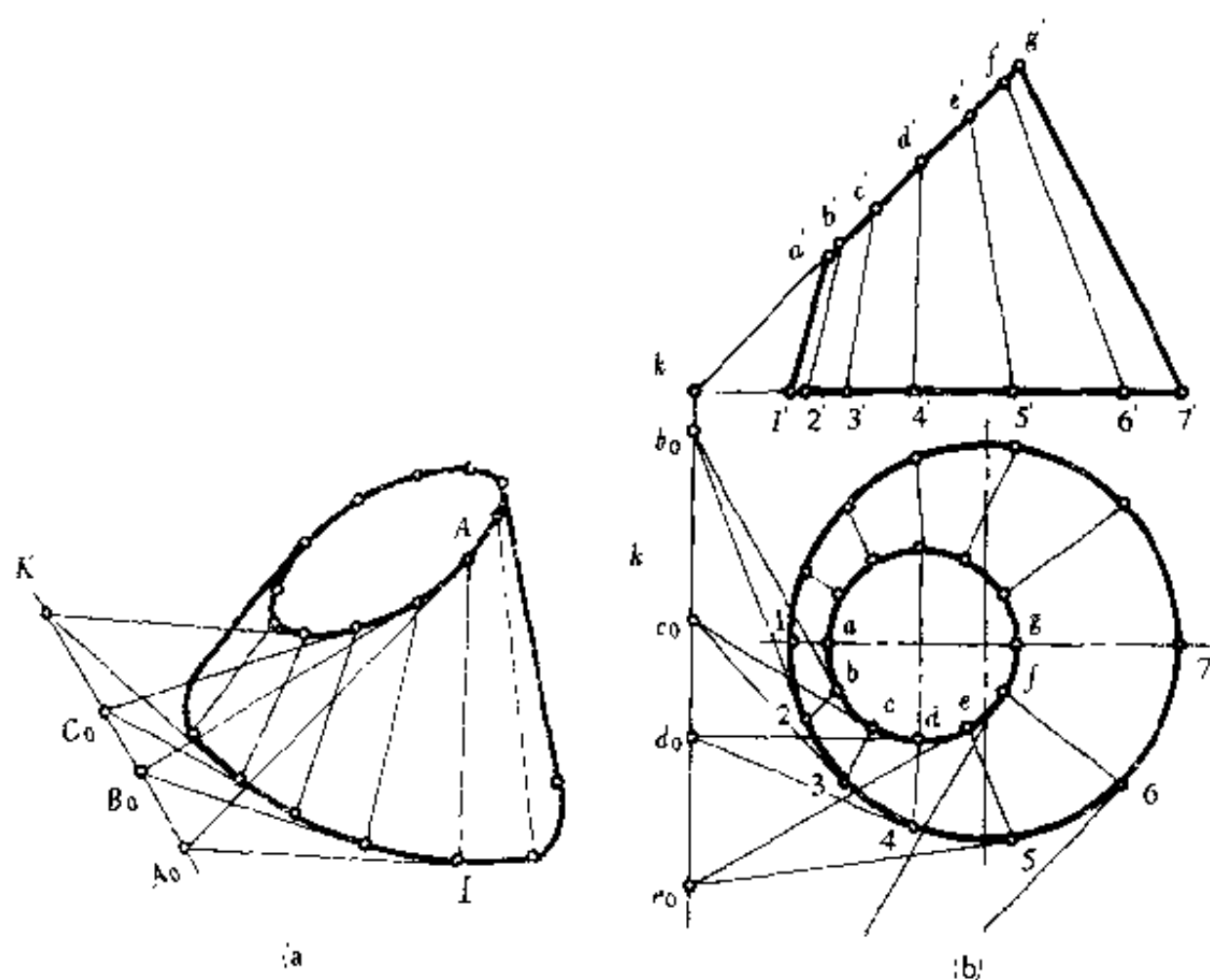


图 2-33 椭圆—圆接头

在图 2-33 中,接头的上口为椭圆,下口为圆,通过素线设置使其表面为切线曲面。如图(a)所示,首先作出两端口平面的交线 K ,在交线上任取一点 A_0 ,由它向两端口分别作切线,切点为 A 和 I ,两切点的连线 AI 即为切线曲面的一条直素

线。图(b)为投影中的作图情况：接头上口椭圆垂直于V面，其水平投影是圆；下口圆为水平面，两端口平面的交线K为正垂线。首先把上口的水平投影圆十二等分，等分点为a、b……过各等分点作圆的切线，并分别于k交于点a₁、b₁……再过诸交点分别作底圆投影的切线，得到切点1、2……直线a₁、b₂……即为切线曲面一组素线的水平投影。最后作出它们的正面投影a'1'、b'2'……便完成了切线曲面的素线设置。

16. 蛇形管是怎样展开的？

三节或三节以上的圆柱管或圆锥管，其轴线依次相交，但各轴线不全在同一平面内的构件，习惯上称为蛇形管。图2-34为由三节等径圆柱管组成的蛇形管。相邻两节间的结合线均为平面曲线，但由于第Ⅰ、Ⅲ两节管轴线所成的平面不平行于投影面，所以这两节管间结合线的投影没有积聚成直线。为节省板料和工时，该构件展开时，仍是把第Ⅱ节管绕其轴线旋转后，与第Ⅰ、Ⅲ节管拼接成一个完整的圆柱管，使它的展开

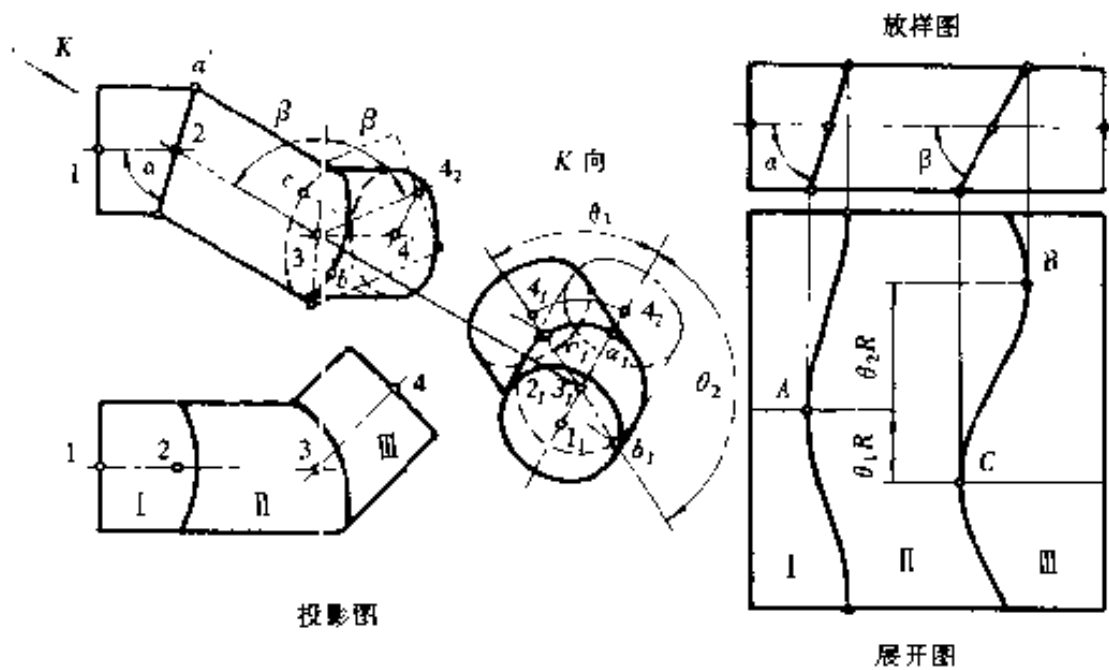


图 2 34 蛇形管的放样和展开

图为矩形。但与普通弯管的展开比较,蛇形管的展开有两个问题要注意。

首先,绘制放样图时需要求出Ⅰ、Ⅱ两管结合线所在平面与轴线间的夹角 β 。为此,先用换面法画出蛇形管沿第Ⅰ节管轴线方向的视图,即 K 向视图。然后在主视图和 K 向视图上,采用旋转法,使第Ⅱ节管轴线绕第Ⅰ节圆柱管轴线旋转至与 V 面平行的位置,此时它们间结合线的正面投影积聚为直线,显示出 β 角的真实大小。

其次,当第Ⅱ节管作上述旋转后,三节管的轴线共面,可按普通弯管的方法绘出放样图。此时,Ⅰ、Ⅱ节管结合线上的 C 点被转至与第Ⅰ节管上 A 点同一条素线上,这与实际情况是不一致的,所以,在展开图上要恢复 C 点所在素线的实际位置。为此,需要得出第Ⅰ节管 C 点所在素线与其轴线和 A 点所在素线与其轴线所成两平面的夹角(即 C 点所在素线的旋转角度) θ_1 (若以 B 点作参照为 θ_2),该角度在 K 向视图中反映真实大小。展开图上,过 C 点和 A 点两条素线间的距离为 $\theta_1 R$,过 B 点和 A 点两条素线间的距离为 $\theta_2 R$ 。角 θ_1 和 θ_2 习惯上称为错心角。

得到结合线与轴线的夹角 α 和 β ,错心角 θ_1 或 θ_2 后,根据各轴线长度和圆柱管直径,可画出放样图。展开图可按圆柱管的展开方法绘制,两条结合线均展开为正弦曲线,展开时注意利用错心角确定素线的实际位置。若要求板料的卷曲方向时,确定素线位置时应判别清楚 $\theta_1 R$ (或 $\theta_2 R$)是向上量取,还是向下量取。展开图具体的作图步骤请读者自行分析。

当构件由同锥度的圆锥管组成时,展开原理与圆柱管相同。

17. 什么是钣金展开的板厚处理?

绘制钣金构件的展开图时,都是按照板厚为零的放样图来进行的。但实际上,构件的板料都有一定的厚度。当板料较薄时,厚度对展开图的影响较小,其误差可以控制在工程允许的范围内,所以常把板料的厚度忽略不计。但当板料较厚时,对展开图会产生较大的影响,必须按一定规律来处理板料的厚度,消除它的影响,画出修正后的放样图和展开图,以保证制成后的构件符合设计要求。这个过程,称为板厚处理。

18. 如何进行平板构件的板厚处理?

首先来看一个平板弯折时的情况,图 2-35 中,板厚为 t 的平板弯折成斜角形状,其里皮弯折处为半径很小的圆角,可忽略不计而认为里皮的长度在弯折前后基本不变,即 $L_1 + L_2$ 。而外皮弯折处的半径近似等于板厚 t ,弯折后外皮的长度发生了较大的变化。所以对于平板构件,应以板的里皮尺寸为准,绘制放样图并展开。

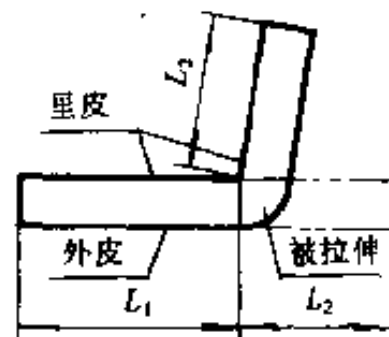


图 2-35 板的弯折

图 2-36 中分别是矩形管的投影图、放样图和展开图。放样图是按矩形管里皮尺寸 A 和 B 绘制的。展开图是从矩形管前侧板中间切开绘制的,其总长为 $2A + 2B$ 。

图 2-37 中为双向弯折板的投影图和展开图。弯板中段以前表面内角到后表面内角的距离作为放样长度,展开图的总长为 $A + B + C$ 。

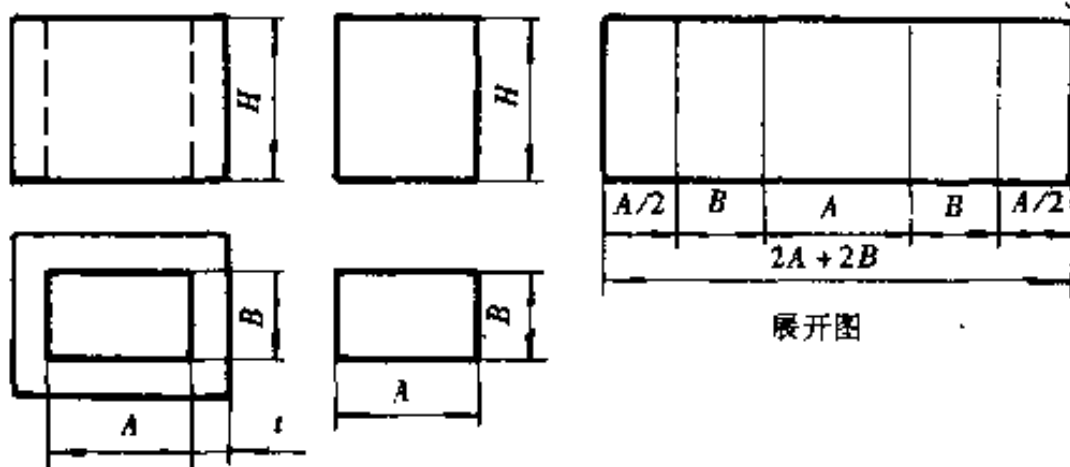


图 2-36 矩形管的板厚处理

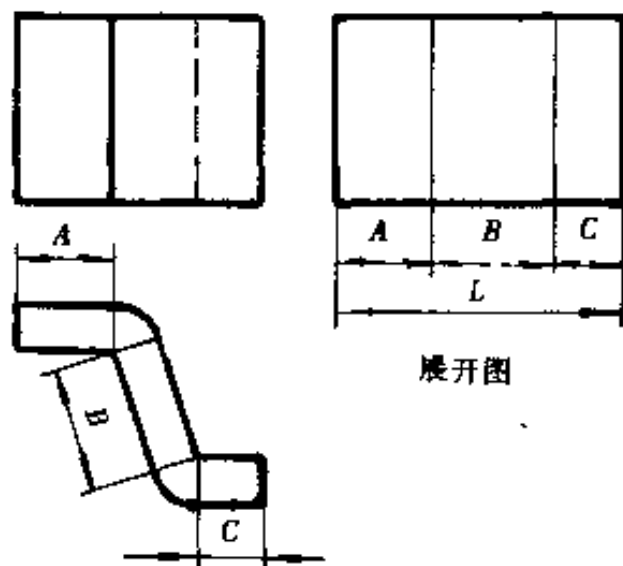


图 2-37 双向弯折板的板厚处理

19. 如何进行曲面板构件的板厚处理?

当厚度为 t 的平板弯曲成圆弧状时(图 2-38),板的外皮在拉伸力作用下变长,而里皮则受压缩变短,在里皮和外皮之间的某一位置上,板料的长度在弯曲前后不发生变化,把这一位置称为板料的中性层。显然,对于曲面板构件,应以板料的中性层尺寸为准进行放样和展开。

一般当板料里皮的弯曲半径 r 和板厚 t 的比值大于 5

时,可认为板料的中心层(弯曲半径为 $R-r+3.5t$)即为其中性层。生产中绝大多数曲面板构件都满足这种情况,为叙述方便,本书后面例子中的中性层均按此处理。当 $r/t \leq 5$ 时,中性层的弯曲半径可按公式 $R=r+xt$ 计算,公式中系数 x 的值由表 2-6 中选取。

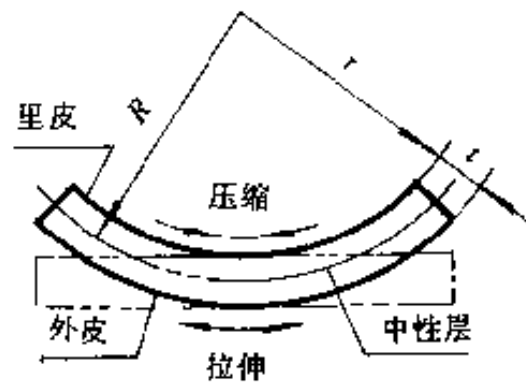


图 2-38 板的弯曲

表 2-6 中性层变化系数 x

r/t	0.1	0.25	0.5	0.8	1	2	3	4	5
x	0.3	0.35	0.38	0.41	0.42	0.46	0.47	0.48	0.49

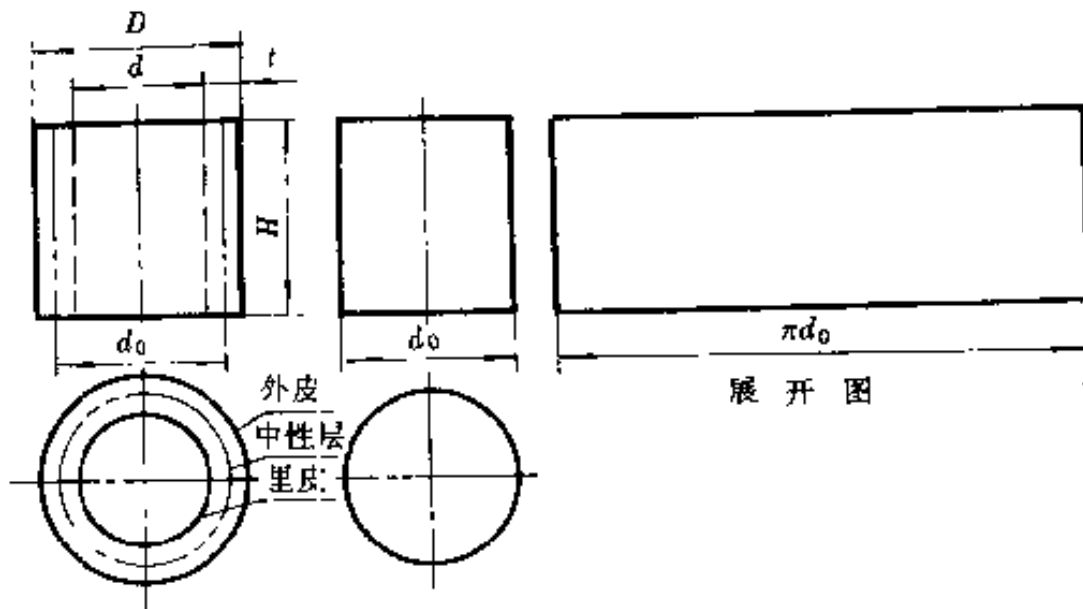


图 2-39 圆柱管的板厚处理

图 2-39 分别为圆柱管的投影图、放样图和展开图。放样图按圆柱管中性层直径 d_0 绘制。展开图为矩形,高度仍为 H ,长度为圆柱管中性层的周长 πd_0 。

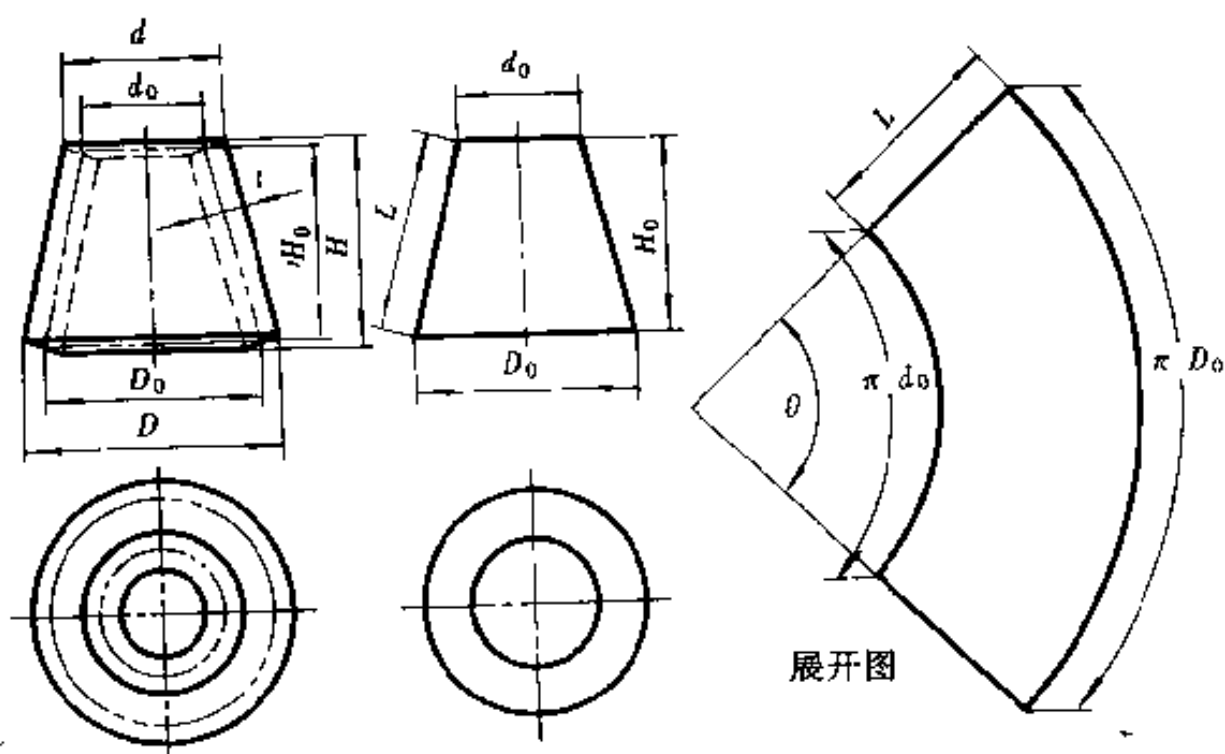


图 2-40 圆锥管的板厚处理

图 2-40 为圆锥管的投影图、放样图和展开图。放样图按圆锥管中性层锥面绘制,大、小端直径分别为 D_0 和 d_0 ,高度为 H_0 。展开图为扇形,两段弧长分别为 πD_0 和 πd_0 , L 和 θ 的大小可由下式算得:

$$L = \sqrt{H_0^2 + \left(\frac{D_0 - d_0}{2}\right)^2}, \theta = 180^\circ (D_0 - d_0) / L$$

图 2-41 中的变形接头表面,既含平板,又含曲面板,在板厚处理时仍按上述规律进行。放样图中,平板部分取其里皮尺寸 A 和 B ,椭圆锥面板部分取其中性层尺寸 d_0 和 H_0 ,其中双点划线画出了平面和椭圆锥面的分界线。

20. 什么是接口曲面? 常见的接口形式有哪几种?

在钣金行业中,习惯上把构件两相邻部分对接处的接缝称为接口。接口曲面是指接口处构件表面成形后,沿结合线所

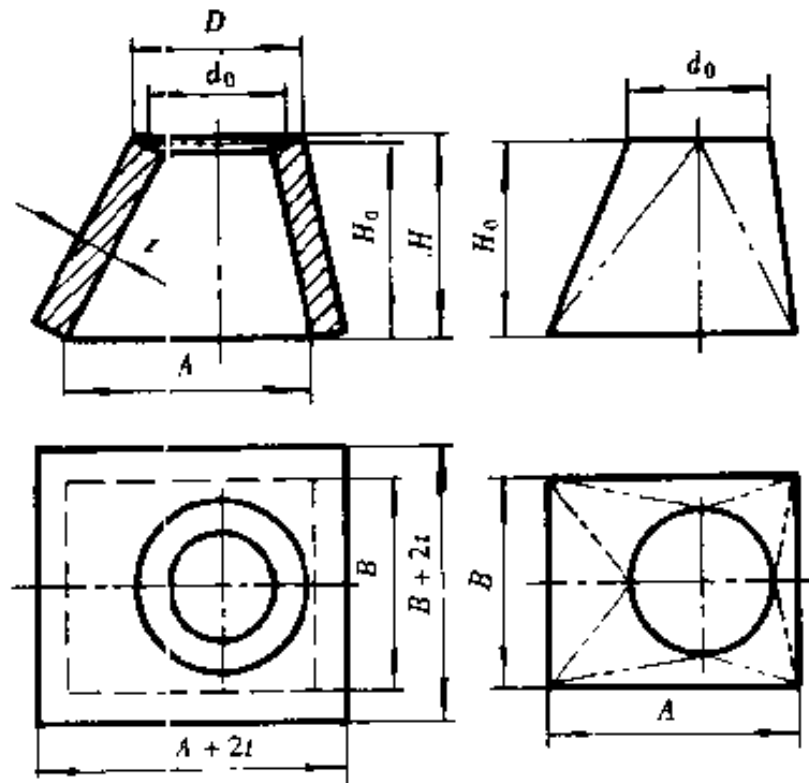


图 2-41 变形接头的板厚处理

形成的与板厚宽度相同的一条带状曲面,结合线可看作是接口曲面的导线,过导线上任一点并垂直于构件表面的直线是接口曲面的素线。

当构件的两表面对接时,一般情况下不会使两表面的接口曲面完全贴合,而是沿着接口曲面上的某一条结合线相交,结合线可能位在构件表面的外皮,也可能在里皮,或者一部分位在外皮,另一部分位在里皮。展开时,接口处的板厚处理,就是要找出这条实际结合线,并按它来确定构件表面素线的实际长度,绘制放样图和展开图。

构件两表面常见的接口形式如图 2-42 所示。其中图(a)和(b)是将构件的一个部分的接口曲面放在另一部分表面上,图(c)是两部分的接口曲面对接。可以看出,图(a)和(c)中的结合线是平面曲线,(b)中的结合线是空间曲线。

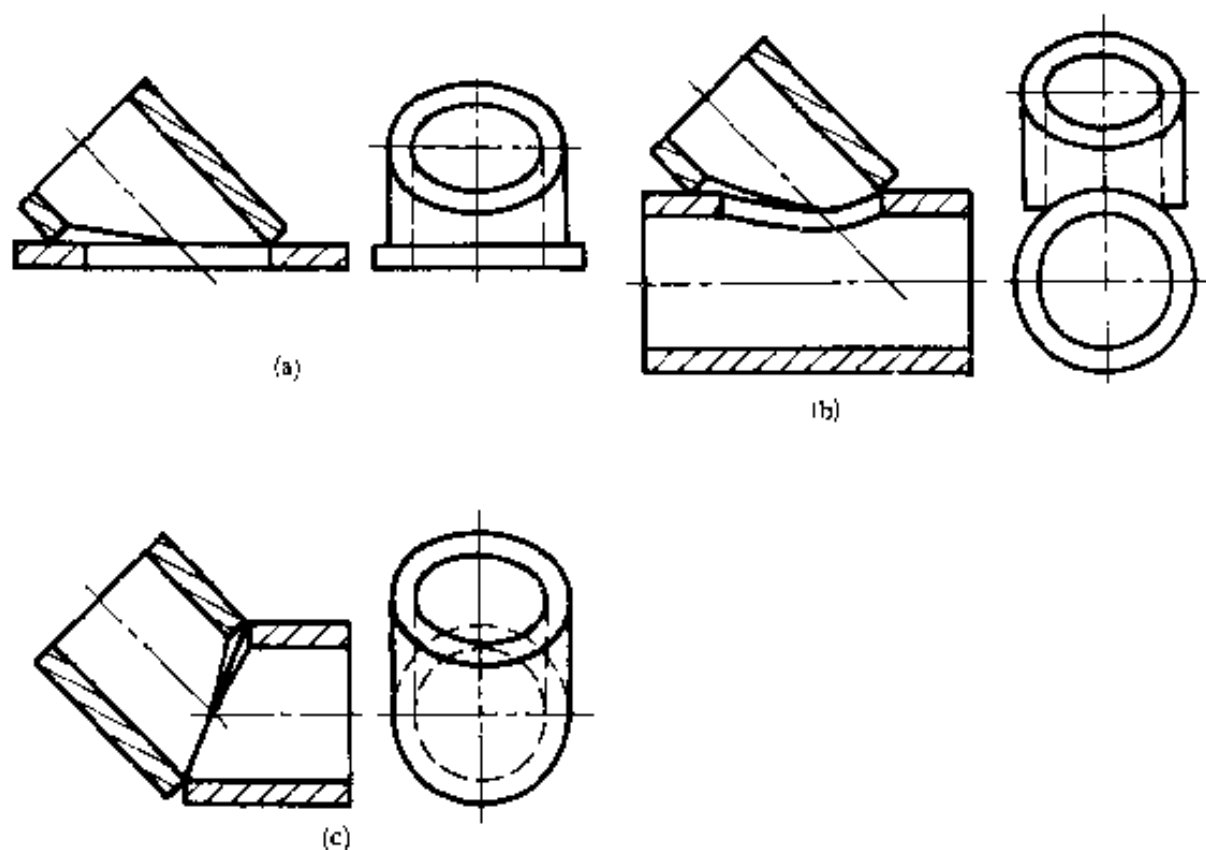


图 2-42 构件接口的常见形式

21. 如何进行圆柱管、圆锥管与平板结合时的板厚处理?

圆柱管、圆锥管与平板结合时的板厚处理,就是要找出圆柱管、圆锥管的接口曲面与平板表面的实际接触线(结合线),并按它来绘制放样图并展开。

在图 2 43 中,竖直圆柱管和斜置平板相接。用经过圆柱管轴线的平面进行剖切,与圆柱管表面相交于直素线,与平板表面相交于直线。可以看出,当两交线的夹角大于 90° 时(主视图中的左半),圆柱管的里皮与平板表面接触。当两交线的夹角小于 90° 时(主视图中的右半),圆柱管的外皮与平板表面接触。当两交线夹角等于 90° 时,圆柱管里皮和外皮同时

与平板表面接触,即沿接口曲面的整个素线与平板接触,这种情况只能出现在接口曲面上 AB 和 CD 两条素线。在图 2-43 的 A 向视图中,粗实线即为实际结合线的实形。图 2-44 中给出了圆柱管的投影图、放样图和展开图。放样图中,直径取圆柱管的中性层直径 $d+t$,并将其圆周分为 12 等分。各等分素线的长度则按上面板厚处理的结果确定,素线 V 、 VI …… IX 取里皮素线长度, I 、 II 、 III 和 XI 、 XII 取外皮素线长度,分界处的素线 IV 和 X 按里、外皮量取均可。图中右侧给出了按放样图绘

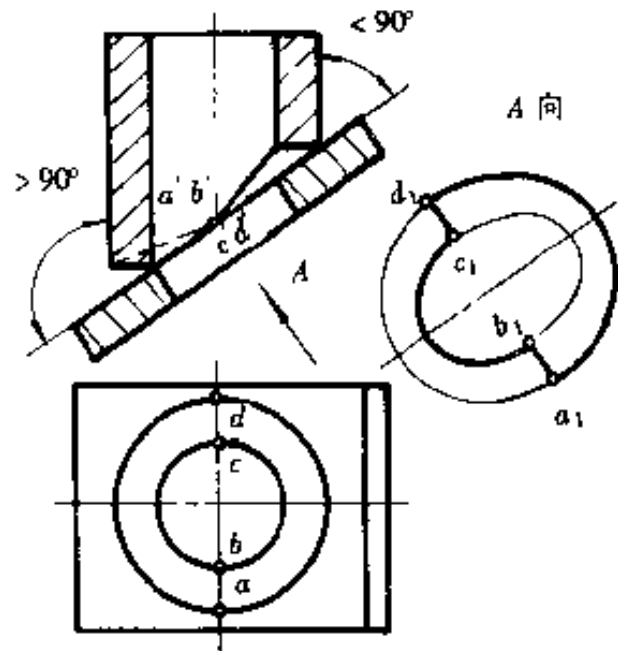


图 2-43 圆柱管和平板的实际结合线

线的长度则按上面板厚处理的结果确定,素线 V 、 VI …… IX 取里皮素线长度, I 、 II 、 III 和 XI 、 XII 取外皮素线长度,分界处的素线 IV 和 X 按里、外皮量取均可。图中右侧给出了按放样图绘

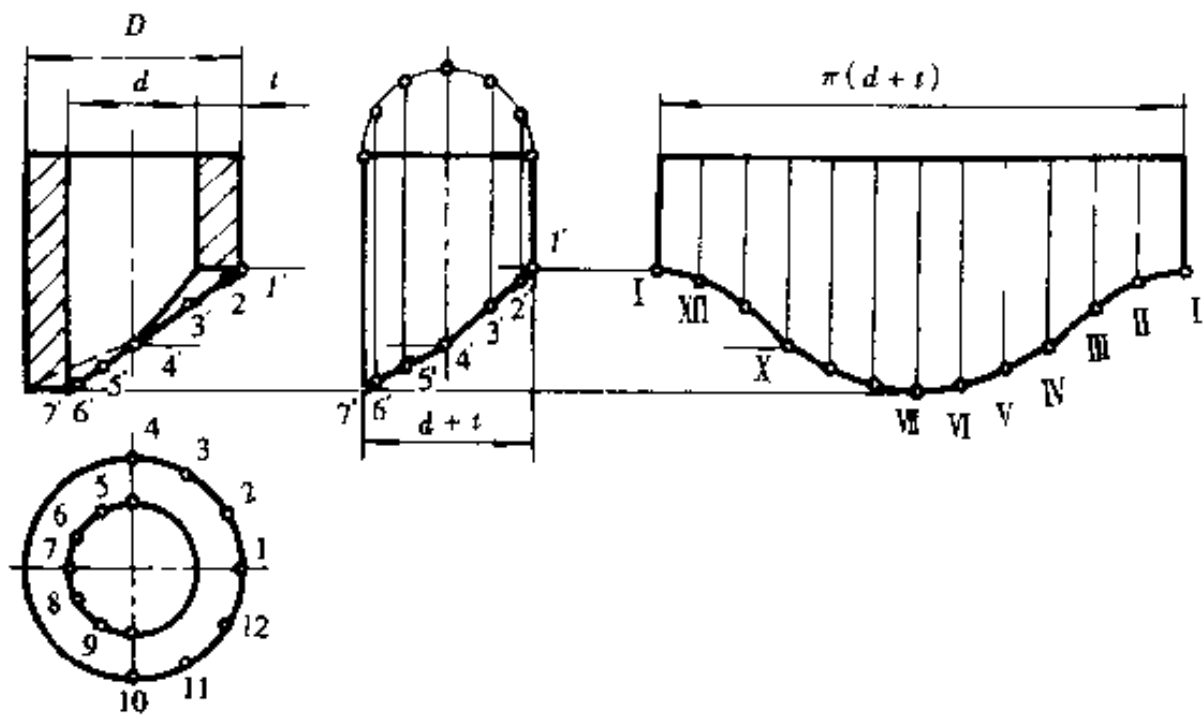


图 2-44 圆柱管的板厚处理

制的展开图。

对于图 2-45 所示圆锥管和平板的实际结合线,有着与圆柱管相似的规律,即用经过圆锥管轴线的平面剖切圆锥管和平板,所得两交线夹角大于 90° 时,为里皮接触,小于 90° 时,为外皮接触,等于 90° 时,为里、外皮同时接触,且此处为里、

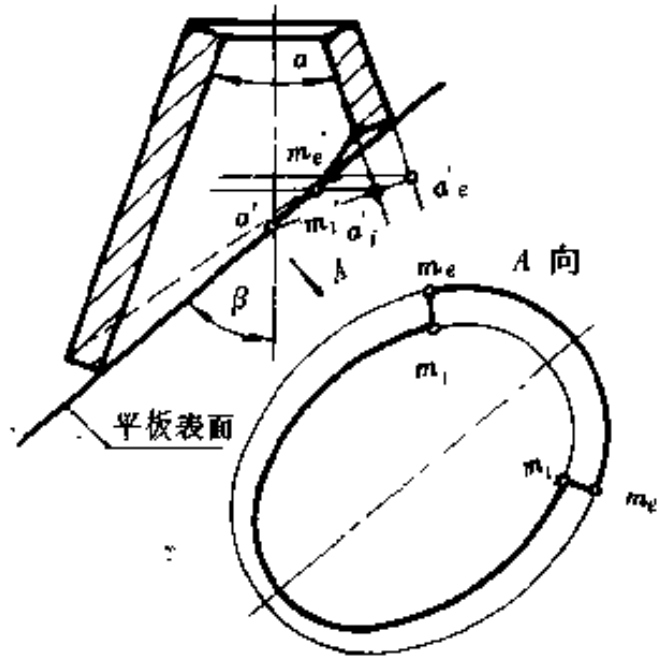


图 2-45 圆锥管和平板的实际结合线

外皮接触的分界位置。与圆柱管的区别是,里、外皮接触分界线的位置不在投影中间的 O' 点,而是随圆锥角 α 和平板与轴线夹角 β 的大小不同有所偏移。图 2-45 中介绍了分界线的作图方法:过 O' 点作圆锥管轮廓线的垂线,分别与里、外皮轮廓线交于点 a'_i 和 a'_e 。过这两点分别作圆锥管轴线的垂线,它们与平板表面相交于 m'_i 和 m'_e ,这两点的连线 $m'_i m'_e$ 即为圆锥管接口曲面上处于分界位置的素线。图 2-45 中的 A 向视图给出了圆锥管和平板实际结合线的实形。图 2-46 为圆锥管的投影图、放样图和展开图。放样图按圆锥管中性层尺寸画出, m'_0 点为中性层上里、外皮接触的分界位置, $c'_0 m'_0$ 和 $m'_0 e'_0$ 两直线就是实际结合线转化到中性层上的投影。图的右侧给出了根据放样图绘制的展开图。

22. 如何进行结合线为平面曲线的对接接口的板厚处理?

当两曲面管接口对接,且结合线为平面曲线时,可以假设

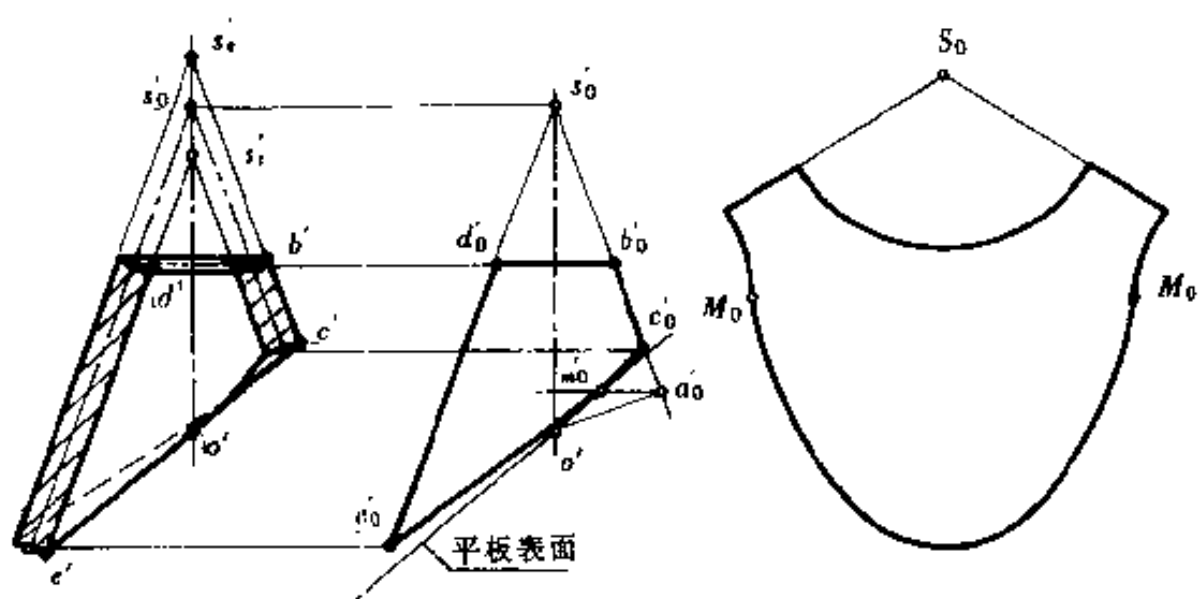


图 2-46 圆锥管的板厚处理

沿结合线所在平面将两曲面管分开,把结合线所在平面看做是平板表面,这样,一个构件便分解为两个与平板表面接触的构件(图 2-47),然后可以按曲面管与平板表面接触的板厚处理方法绘制其放样图并进行展开。

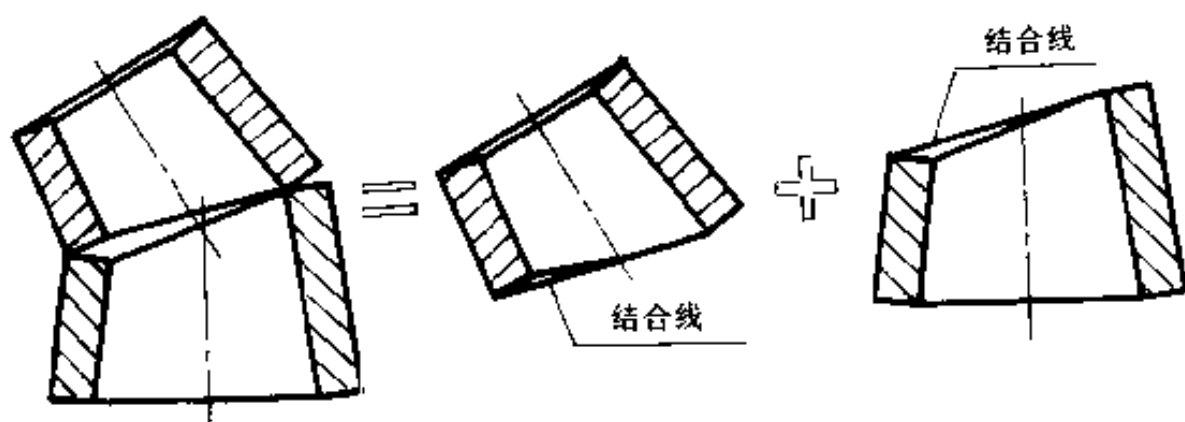


图 2-47 一个构件分解为两个构件

(1)按理论方法画出两曲面管对接接口处的投影时,外皮间的结合线可能与里皮间的结合线不在同一平面上,但差距不大,如设计上没有特殊要求,按哪个平面进行分解都可以。

(2)分解后,两曲面管分别进行板厚处理,再对接到一起,接口处可能存在微小的间隙,但对组装和焊接都不产生影响。如果确实需要消除间隙,可对两管板厚处理时求得的里、外皮接触分界点位置进行调整。

23. 如何进行曲面管与曲面板结合时的板厚处理?

曲面管与曲面板结合时的情况与其和平面板结合时有些类似,即用经过曲面管轴线的平面剖切曲面管和曲面板,当两交线的夹角大于 90° 时,曲面管里皮和曲面板表面接触;当两交线的夹角小于 90° 时,曲面管外皮和曲面板表面接触。与平面板情形不同的是,里、外皮接触的分界处不是接口曲面上的一条素线,而是其上的一个区间。在这个区间中,曲面管由外皮接触,逐渐经过接口曲面的中间区域,过渡到曲面管里皮接触。

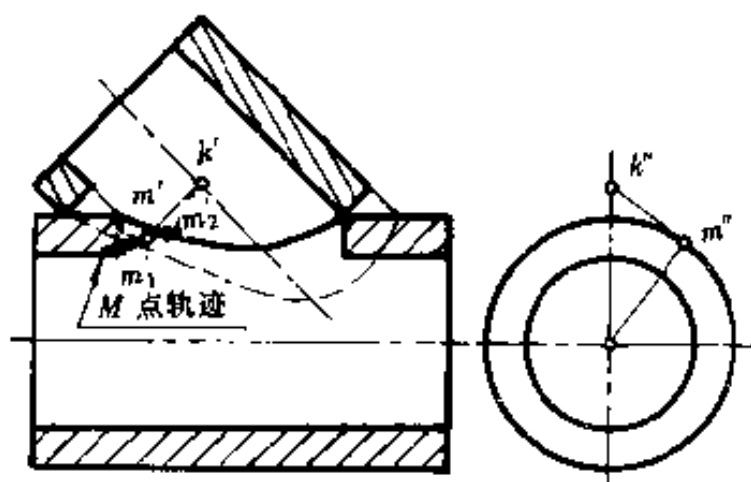


图 2-48 两圆柱管结合时的板厚处理

在图 2-48 中,斜置圆柱管的接口曲面和水平圆柱管的外表面相交。在 M_1 点左侧,接触线在斜置圆柱管的外皮上;在 M_2 点右侧,接触线则在其里皮上; M_1 和 M_2 点之间为分界区域,接触线则位在斜置圆柱管的接口曲面内。分界区间的求作

方法是：在斜管轴线上任取一点 $K(k', k'')$ 。在左视图上，过点 k'' 作水平管侧面投影圆的切线，切点为 m'' 。在主视图上，过点 k' 作斜管轴线的垂线，并在其上得到 M 点的正面投影 m' 。更换点 K 的位置，按上面过程反复作图，可得到点 M 及其正面投影 m' 的轨迹，它与斜管里、外皮和水平管表面两条结合线的交点 m'_1 和 m'_2 即为分界区间两个端点 M_1 和 M_2 的正面投影。

24. 构件接口处铲坡口时如何进行板厚处理？

为改善厚板构件的施工条件，提高焊接强度，或调整接口的接触部位，有时在接口处铲坡口。坡口的形状有 V 型和 X 型等，图 2-49 给出了三节直角弯头不同坡口的情形。

图(a)为直角坡口，相邻管间接口曲面对接，其外侧为里皮和里皮接触，内侧为外皮和外皮接触。弯头组装时，若从外部焊接，内侧接口内部将留有较大缝隙，削弱弯头的强度。

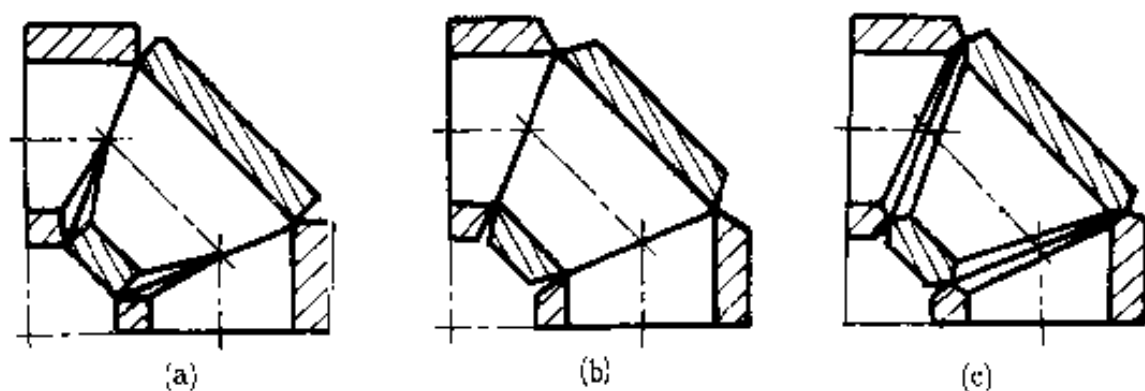


图 2-49 接口处铲坡口的三节直角弯头

图(b)为 V 型坡口，相邻管间内、外侧均为里皮和里皮接触，它方便施工，并可提高焊接强度。绘制放样图时，圆柱管直径按中性层尺寸作图，各等分素线长度均按里皮尺寸作图。

图(c)为 X 型坡口，相邻两管都在中性层处接触。这种坡

口一般弯管的内部和外部都要进行焊接。绘制其放样图时,圆柱管直径和等分素线长度都按中性层尺寸作图。

可见,同一构件当采用不同的坡口形式时,除涉及到相应的施工方法外,还可调整接口中接触线(结合线)的位置。生产中可根据不同的条件和要求,选择合适的坡口形式,设计出结构合理、施工方便的构件。

25. 什么是钣金展开的计算方法?

钣金展开的计算方法,是根据构件的已知尺寸和几何条件,通过解析计算,直接求得绘制展开图时所需的几何尺寸,并按这些尺寸绘出构件的展开图。因为计算法略去了投影图和放样图等中间绘制和图解过程,所以提高了展开图的精度。

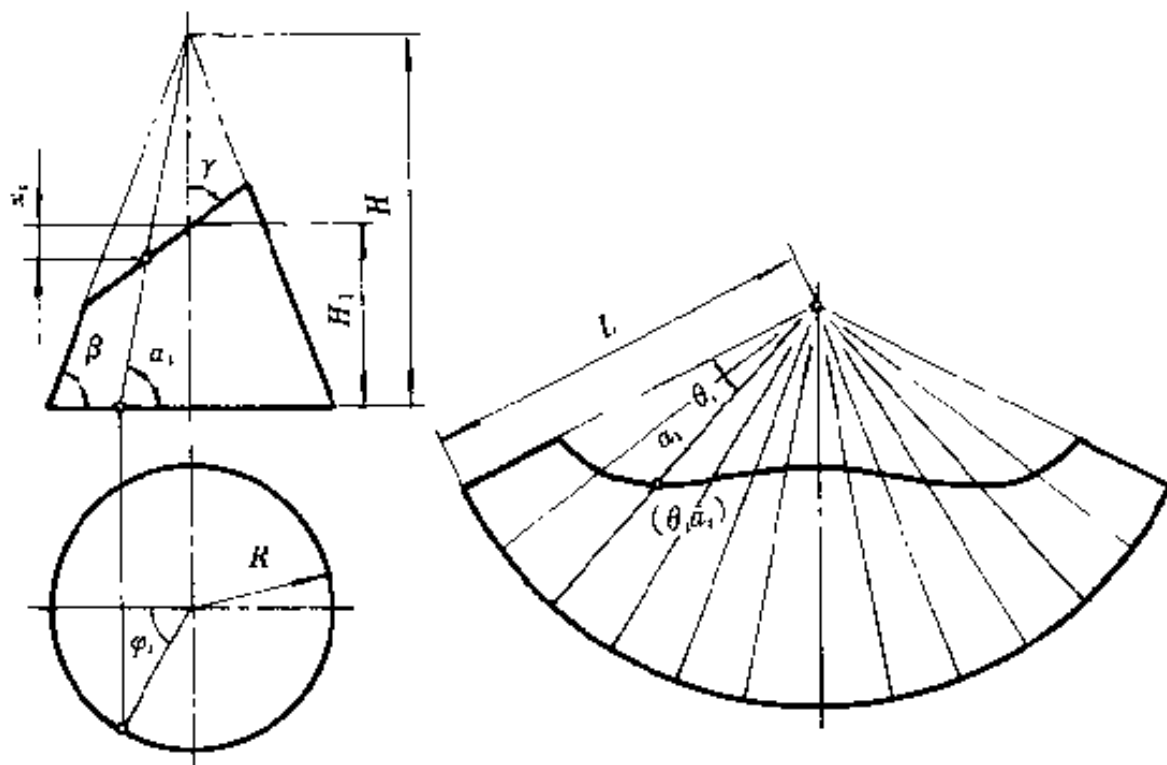


图 2-50 用计算方法作斜截正圆锥管的展开图

图 2-50 是斜截正圆锥管的投影图和展开图。确定构件形状的已知尺寸为: R 、 H 、 H_1 和 γ , 由已知尺寸经计算可得到绘

制展开图所需要的数据 L 、 θ 和 a 。有关计算公式如下：

$$L = \sqrt{R^2 + H^2}$$

圆锥管上口展开曲线中任意点 (θ, a_i) 的极坐标为：

$$\theta_i = \frac{R}{L} \varphi$$

$$a_i = L \left[1 - \frac{H_1}{H} - \frac{R \cdot \cos \varphi_i \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma)}{R \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma)} \right]$$

当 $R=190$, $H=480$, $H_1=235$, $\gamma=56^\circ$ 时, 各几何参量的计算结果见表 2-7。

表 2-7 斜截正圆锥管计算展开数据

φ	θ_i	a_i	φ	θ_i	a_i
0°	0	359.48	210°	77.29	214.01
30°	11.04	342.75	240°	88.33	232.46
60°	22.08	304.09	270°	99.37	263.50
90°	33.12	263.50	300°	110.41	304.09
120°	44.17	232.46	330°	121.46	342.75
150°	55.21	214.01	360°	132.50	359.48
180°	66.25	207.97	$L=516.24$		

注：表中 θ_i 值单位为度, a_i 、 L 值单位为毫米。

26. 如何进行钣金展开的程序设计?

随着计算机设备和技术的普及, 在钣金展开中, 计算方法和程序设计已被越来越多地采用。计算方法具有展开精度高、不受作业场地限制等优点, 在此基础上, 可把相应的计算过程用计算机语言编成程序, 由电子计算机进行运算处理, 输出计算结果。程序设计方法可以极大地提高计算速度, 并有助于实现钣金构件的计算机辅助设计和制造。

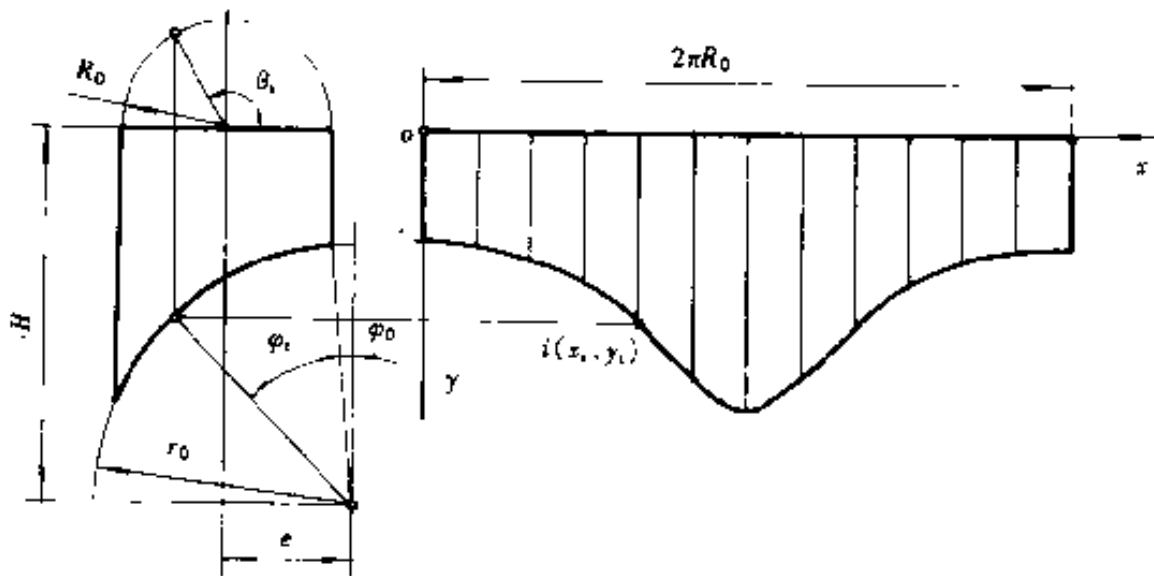


图 2-51 圆柱面截断圆柱管的展开

图 2-51 是被圆柱面截断下底的圆柱管的投影图和展开图。构件的已知尺寸是： R_0 、 H 、 r_0 、 e 。展开图绘制在 xoy 直角坐标系中，长度为 $2\pi R_0$ ，下口展开曲线上任意点 (x_i, y_i) 的坐标为：

$$x_i = R_0 \cdot \beta_i$$

$$y_i = H - r_0 \sqrt{1 - \frac{(e - R_0 \cos \beta_i)^2}{r_0^2}}$$

用 BASIC 语言编制的展开程序如下：

```

10 INPUT R,R1,H,E,N
20 DIM X(N),Y(N)
30 D=2*3.1415926/N
40 FOR I=0 TO N
50 X(I)=R*I*D
60 Y(I)=(E-R*cos(I*D))^2/R1^2
70 Y(I)=H-R1*SQR(1-Y(I))
80 PRINT "X(";I;")=";X(I),
        "Y(";I;")=";Y(I)

```

90 NEXT I

100 END

程序中有关变量及数组的意义是：

R ——圆柱管中性层半径, R_1 ——截圆柱面半径, H ——圆柱管顶面至截圆柱面中心的距离, E ——两圆柱轴线距离, N ——等分素线数目, $X(N)$, $Y(N)$ ——下口展开曲线上点的直角坐标。

程序中,由语句 20 定义数组;构件尺寸及等分素线数目由语句 10 以对话方式输入;在语句 40 至 90 构成的循环程序段中,计算展开曲线上各点的直角坐标并将其值打印输出。

程序运行后,首先要求输入 R 、 R_1 、 H 、 E 和 N 的值,由键盘依次敲入有关数据后,按回车键,计算机很快便完成运算处理,并把结果在屏幕上显示,同时由打印机打印输出。

27. 如何绘制上口斜截矩形管的展开图?

图 2-52 为上口斜截矩形管的放样图和展开图。放样图按

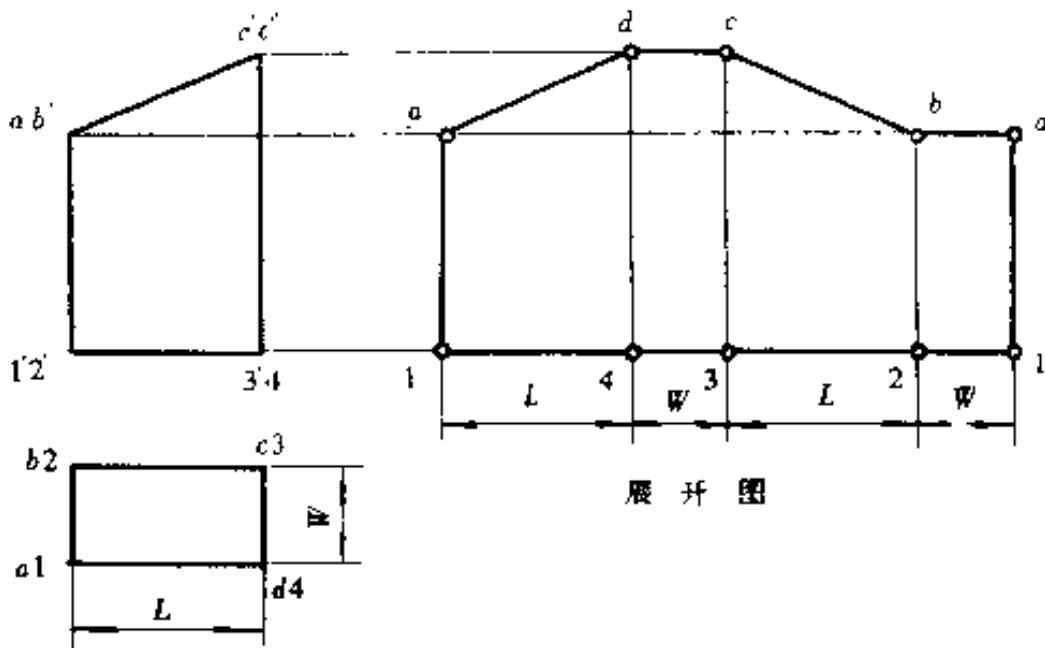


图 2-52 上口斜截矩形管的展开

照构件的里皮尺寸绘制。展开图用平行线法作图：在主视图底边的延长线上，顺次截取俯视图中的矩形边长 14、43、32 和 21，则得矩形管断面的展开长度。过 1、4、3、2、1 各点作垂直线，与过主视图 $a'(b')$ 、 $c'(d')$ 点所引的水平线分别对应相交，得到交点 a 、 d 、 c 、 b 、 a 。最后用直线依次连接各点，即得构件的展开图。

28. 如何绘制下口斜截方锥管的展开图？

图 2-53 为下口斜截方锥管的放样图和展开图。放样图按照构件的里皮尺寸绘制。展开图用放射线法作图：首先在放样图上用直角三角形法求出棱线 $S I$ ($S \text{ I}$) 的实长 $s_0 l_0$ ，再在其上定出实际棱线 $A \text{ I}$ ($B \text{ I}$) 和 $C \text{ IV}$ ($D \text{ II}$) 的实长 $c_0 l_c$ 和 $c_0 3_0$ 。

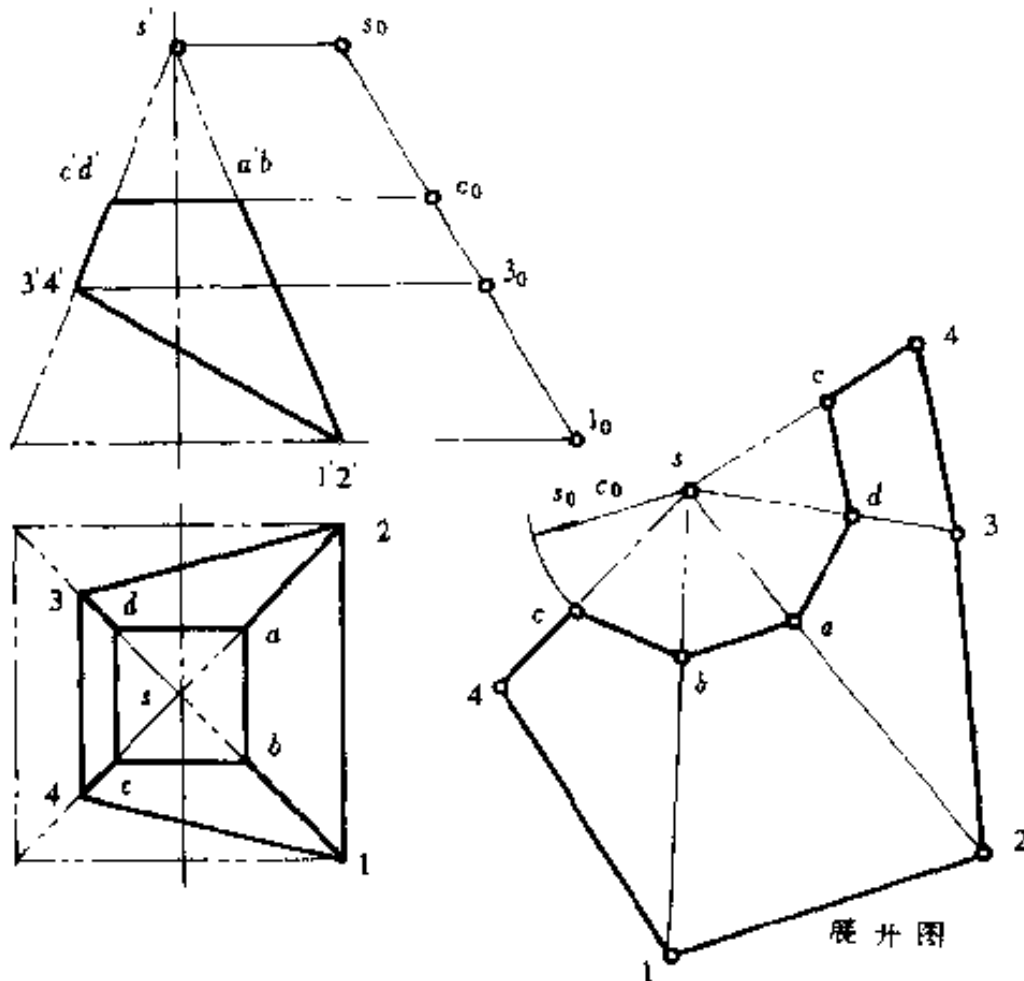


图 2-53 下口斜截方锥管的展开

然后,先在展开图中以 s 点为中心、以 s_0c_0 为半径画圆弧,并在其上依次截取 $c、b、a、d、c$ 各点,使 $cb、ba、ad$ 和 dc 各段长度与俯视图中相应线段的长度相等。把各截取点与 s 点连线,并在它们的延长线上确定点 $4、1、2、3、4$,使长度 $c4$ 和 $d3$ 等于 $c_0s_0, a2、b1$ 等于 c_0l_0 ,折线 $cbudc$ 和 41234 即为上、下口的展开图形。最后连接线段 $c4$,即完成构件的展开图。

29. 如何作两节矩形口漏斗的展开图?

图 2-54 为两节矩形口漏斗的放样图和展开图。漏斗两口

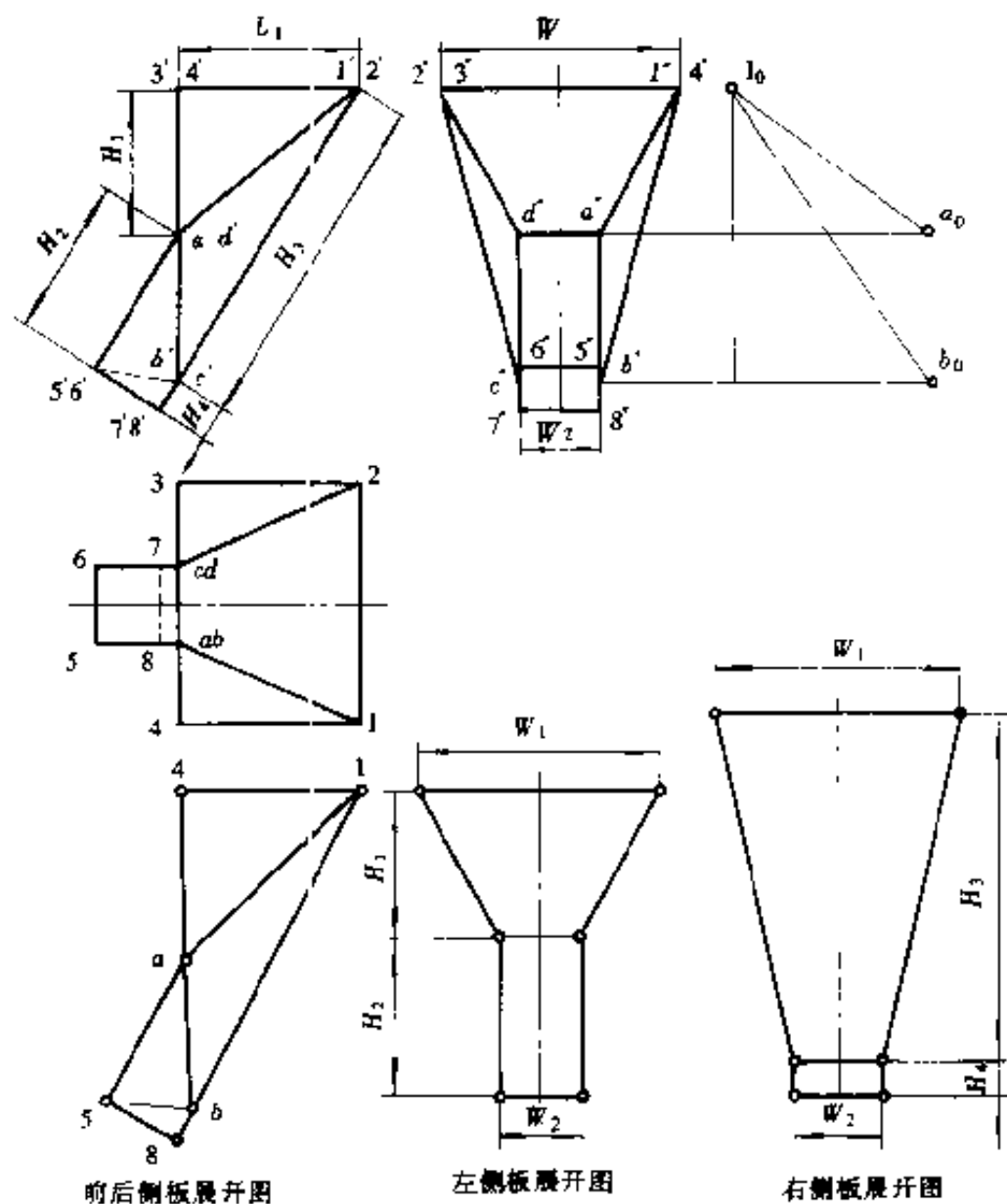


图 2-54 两节矩形口漏斗的展开

互不平行,小端口向左下方倾斜。漏斗左侧板由两个平面组成,右侧板是一个平面;前、后侧板形状相同,分别由二个三角形平面和一个梯形平面组成。构件的放样图按里皮尺寸绘制。棱线 $A I (D I)$ 和 $B I (C I)$ 在投影中不显实长,图中用直角三角形法求出了它们的实长 $l_0 a_0$ 和 $l_0 b_0$ 。

前(后)侧板的展开:用三角线法,按照各条边线的实长和各平面的顺序,依次拼画出各平面的实形,其中 $ABVII V$ 分解成两个三角形 $AB V$ 和 $BVII V$ 来作图。各边线的实长中,除 $A I$ 和 $B I$ 需求作外,其他均可在投影中量得。

左侧板的展开:用平行线法作图,先作一垂线,在其上截取 H_1 和 H_2 之长。过三个截取点作水平线,并在其上分别截取 W_1 、 W_2 之长,最后用直线连接有关各点即可。

右侧板的展开:右侧板只有一个平面,其实形由 H_1 、 H_2 和 W_1 、 W_2 确定。

30. 如何作斜口圆柱管的展开图?

图 2-55 为斜口圆柱管的投影图和展开图。由投影图可

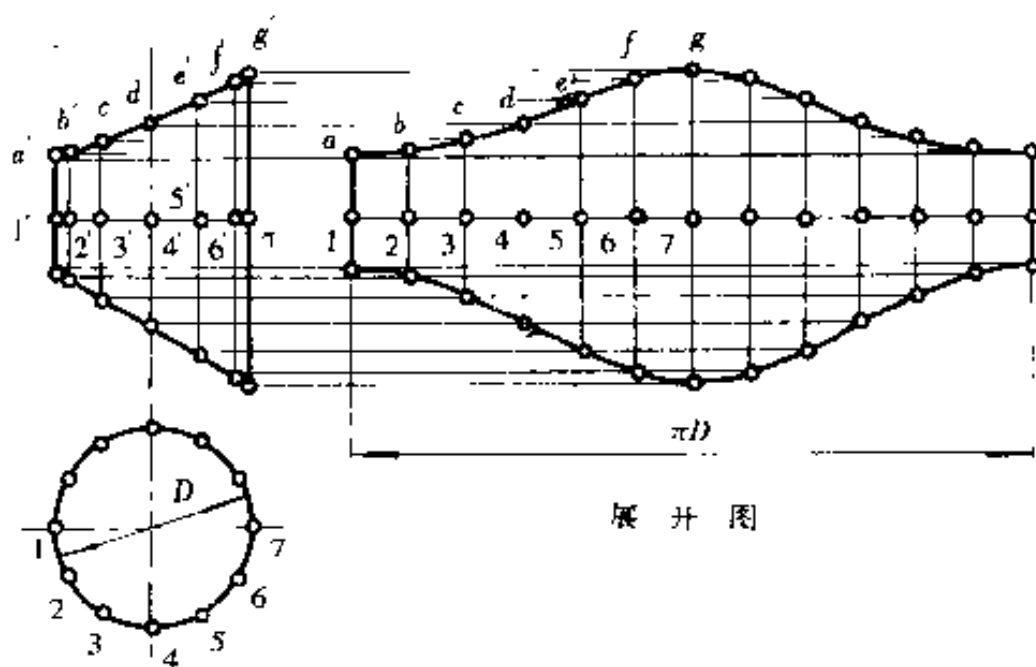


图 2-55 斜口圆柱管的展开

见,圆柱管上、下两口均与轴线倾斜,且互不平行。绘制展开图时,首先假想地在主视图的适当位置作一水平截面,并将截得的交线圆十二等分,等分点为 I、II……然后,在水平截面正面投影 $1'7'$ 的延长线上截取线段,使其长度为 πD ,并将其十二等分。过各等分点 1、2……作垂直线,它们与过主视图中各等分素线端点 $a'、b'……$ 所作水平线分别对应相交于点 $a、b……$ 用同样的方法作出各等分素线下口端点的展开位置后,把各点用光滑曲线连接,即得构件的展开图。

31. 如何作平行圆口椭圆柱管的展开图?

图 2-56 为平行圆口椭圆柱管的投影图和展开图。椭圆柱管的上、下端口平行于 II 面,水平投影显示其实形。为作图方便,用换面法将椭圆柱管的轴线和素线变换为新投影面的平行线,使它们的新投影显示实长。

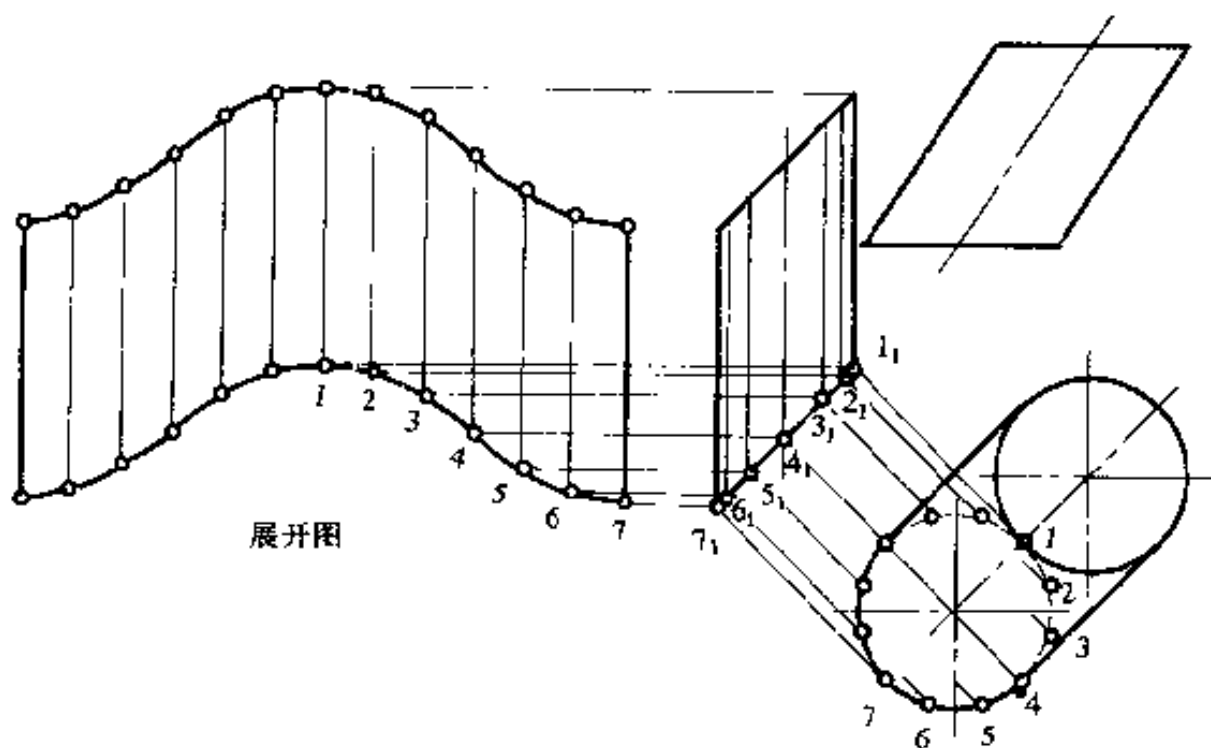


图 2-53 平行圆口椭圆柱管的展开

展开图用平行线法绘制。首先,把椭圆柱管的底圆十二等分,等分点为 I、II……在新投影中作出过各等分点的等分素线的投影。然后,过新投影中 $1_1、2_1……$ 各点分别作轴线的垂直线,在过 7_1 点所作垂线的适当位置确定点 7。以点 7 为圆心、底圆一个等分弦长为半径画弧,与过 6_1 点的垂直线相交于点 6。再以 6 点为圆心,用相同半径画弧,与过 5_1 点的垂直线交于点 5。依此陆续作图,便作出各等分素线下口各端点的展开位置。接着,过 7、6……各点分别作轴线的平行线,并在其上截取定长,使其长度等于等分素线的实长,这样得到各等分素线上口各端点的展开位置。最后用曲线光滑地连接相应各点,即得到构件的展开图。

32. 如何作截头圆锥管的展开图?

图 2-57 是截头圆锥管的投影图和展开图。圆锥管下口圆端面平行于 H 面,上口为与轴线倾斜的椭圆形端面。展开图用放射线法绘制,先绘出整个圆锥的展开图后,再在其上确定出上口展开曲线的位置。

首先,以点 $s' \equiv s$ 为中心,以 $s'7'$ 为半径画圆弧,并在其上截取弧段,使其长度等于圆锥底圆的周长。将该弧段十二等分,并把各等分点 1、2……与点 s 连线。然后,把圆锥底圆十二等分,得等分点 I、II……(图中只画出了前半圆)在主视图中,把各等分点 $1'、2'……$ 与锥顶 s' 连线,它们分别与上口投影交于点 $a'、b'……$ 过 $a'、b'……$ 作水平线,与圆锥右轮廓线分别交于点 $a_1、b_1……$ 则 $a_17'、b_17'……$ 即为各等分素线的实长。最后,以锥顶 s 为中心,分别以 $sa_1、sb_1……$ 为半径画圆弧,与展开图中射线 $s1、s2……$ 对应相交于点 $a、b……$ 用曲线光滑连接这些点,即完成构件的展开图。

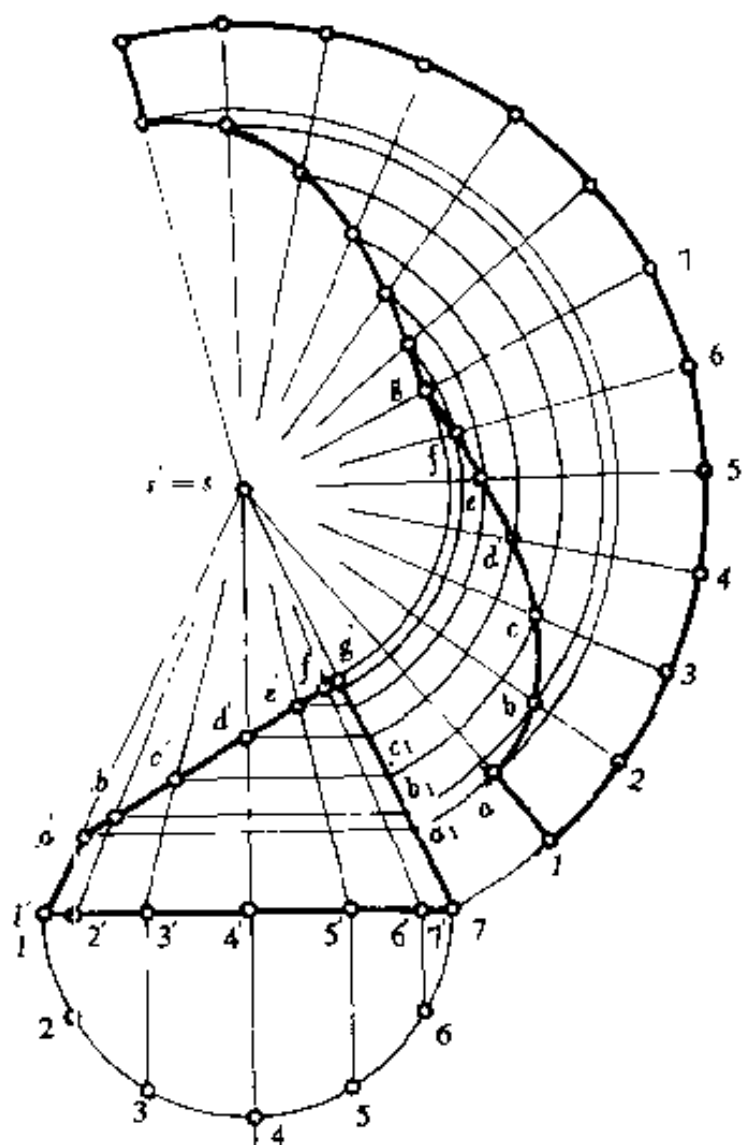


图 2-57 截头圆锥管的展开

33. 如何作斜截圆锥管的展开图?

图 2-58 是斜截圆锥管的投影图和展开图。圆锥管被两水平面斜截, 形成圆形的上口和下口。该构件用放射线法展开。

首先, 将圆锥管底圆十二等分(图中只画出了前半圆), 得到等分点 1、2……用旋转法求出过各等分点素线的实长为 $1'a'$ 、 $2'b'$ ……然后, 以 o' 点为圆心, 分别以 $o'1'$ 、 $o'2'$ 为半径画

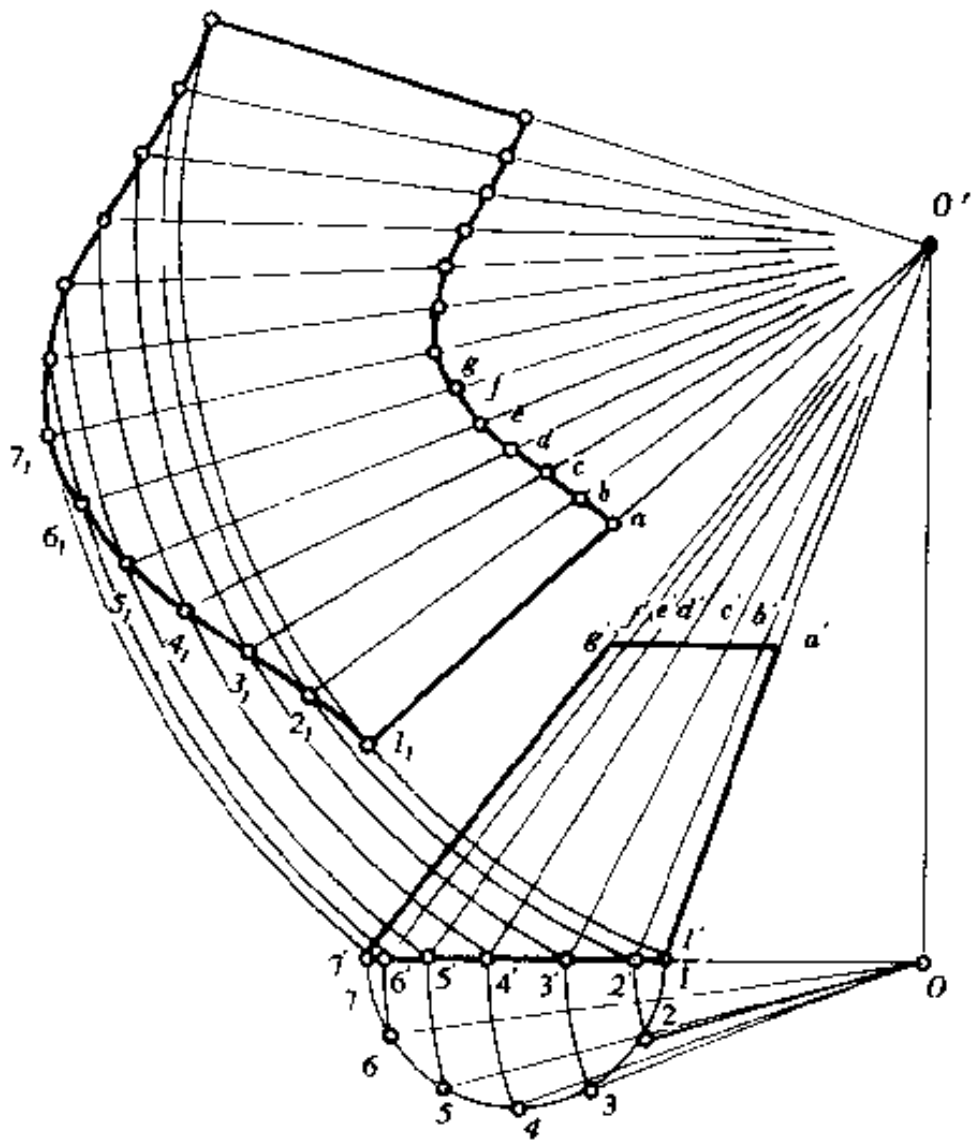


图 2-58 斜截椭圆锥管的展开

一系列同心圆弧,并在过 $1'$ 点圆弧上的适当位置取点 1_1 。以点 1_1 为圆心,以底圆一个等分弧段长度为半径画弧与过 $2'$ 点的圆弧交于点 2_1 。再以 2_1 点为圆心,以同样半径画弧与过 $3'$ 点的圆弧交于点 3_1 ,依此陆续作图,可求出各等分素线下端点的展开位置。接着,连接 $o'1_1$ 、 $o'2_1$ ……并在相应素线上分别取点 a 、 b ……使 $1_1a=1'a'$ 、 $2_1b=2'b'$ ……最后,用光滑曲线分别连接 1_1 、 2_1 ……和 a 、 b ……即得构件的展开图。

34. 如何作三节直角圆柱弯管的展开图?

图 2-59 是三节直角圆柱弯管的投影图。它由三节等径圆柱管构成,首、尾两节的长度相当于中间节长度的一半。相邻两节间的结合线为椭圆曲线,投影为直线。两端口表面相互垂直, $\beta=90^\circ$ 。对于此类构件,结合线与轴线的夹角 α 可按下式计算:

$$\alpha = \frac{(n-1)\pi - \beta}{2(n-1)} \quad \text{式中 } n \text{ 为节数}$$

图 2-60 为三节直角圆柱弯管的放样图和展开图。放样图中,把中间节绕其自身轴线旋转 180° 后,与首、尾两节拼接在一起,形成一个完整的圆柱面。按放样图用平行线法绘制的展开图为带有两条分界曲线的矩形。矩形底边的长度等于圆柱管圆周的展开长度 πD ,矩形的高等于各节圆柱管轴线长度之和 $L_1 + 2L$,矩形中的两条分界曲线分别为相邻两管间结合线的展开曲线。

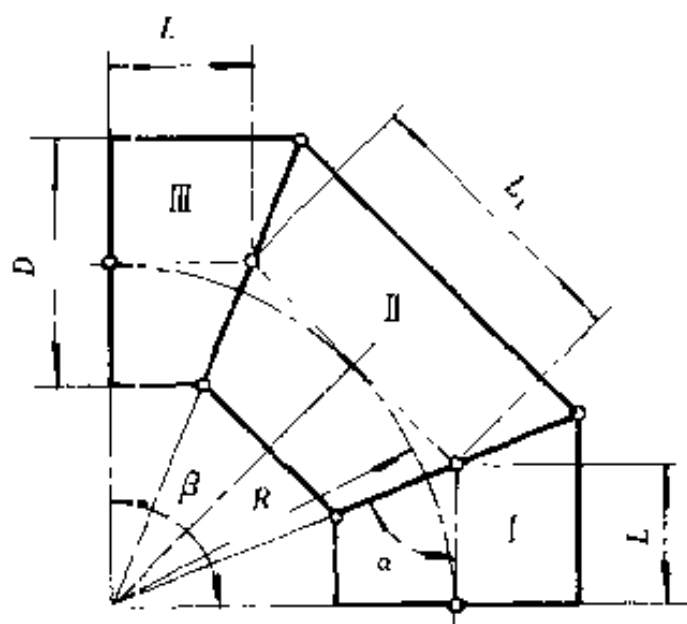


图 2-59 三节直角圆柱弯管

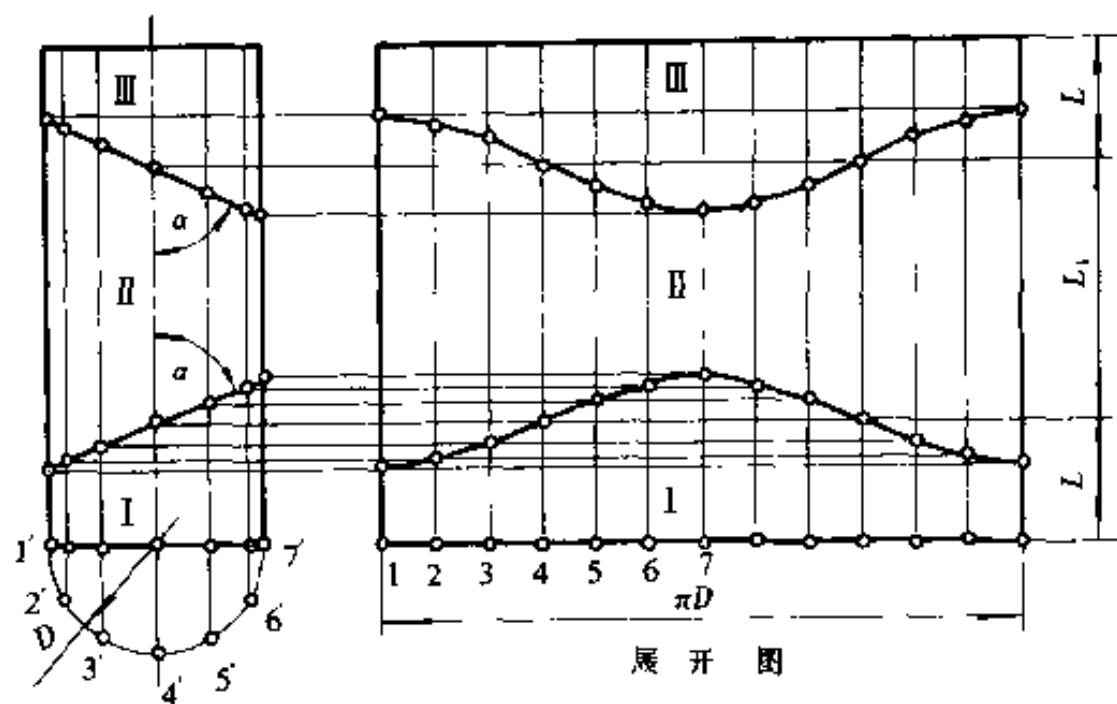


图 2-60 三节直角圆柱弯管的展开

35. 如何作三节任意角圆锥弯管的展开图?

图 2-61 是三节任意角圆锥弯管的投影图。构件由三节同锥度的圆锥管构成, 结合线为平面曲线, 其投影为直线。两端口平面的夹角为 β 。

图 2-62 为三节任意角圆锥弯管的放样图和展开图。放样图中, 把中间节圆锥管绕自身轴线旋转 180° 后, 与首、尾两节拼接成一个完整的圆锥面。此种构件的放样图需与其投

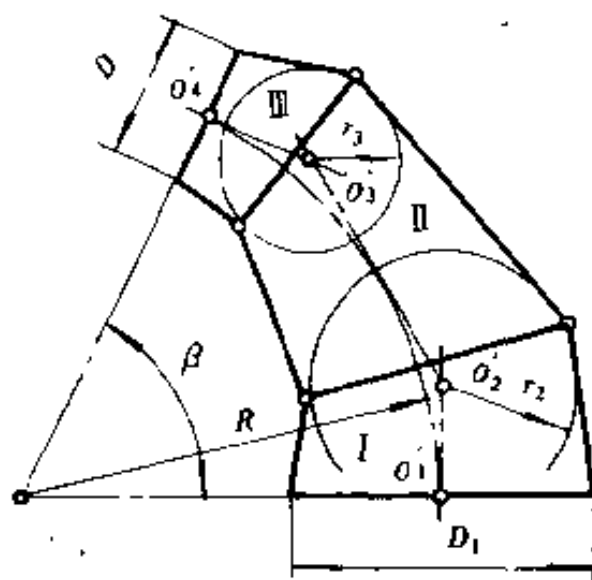


图 2-61 三节任意角圆锥弯管

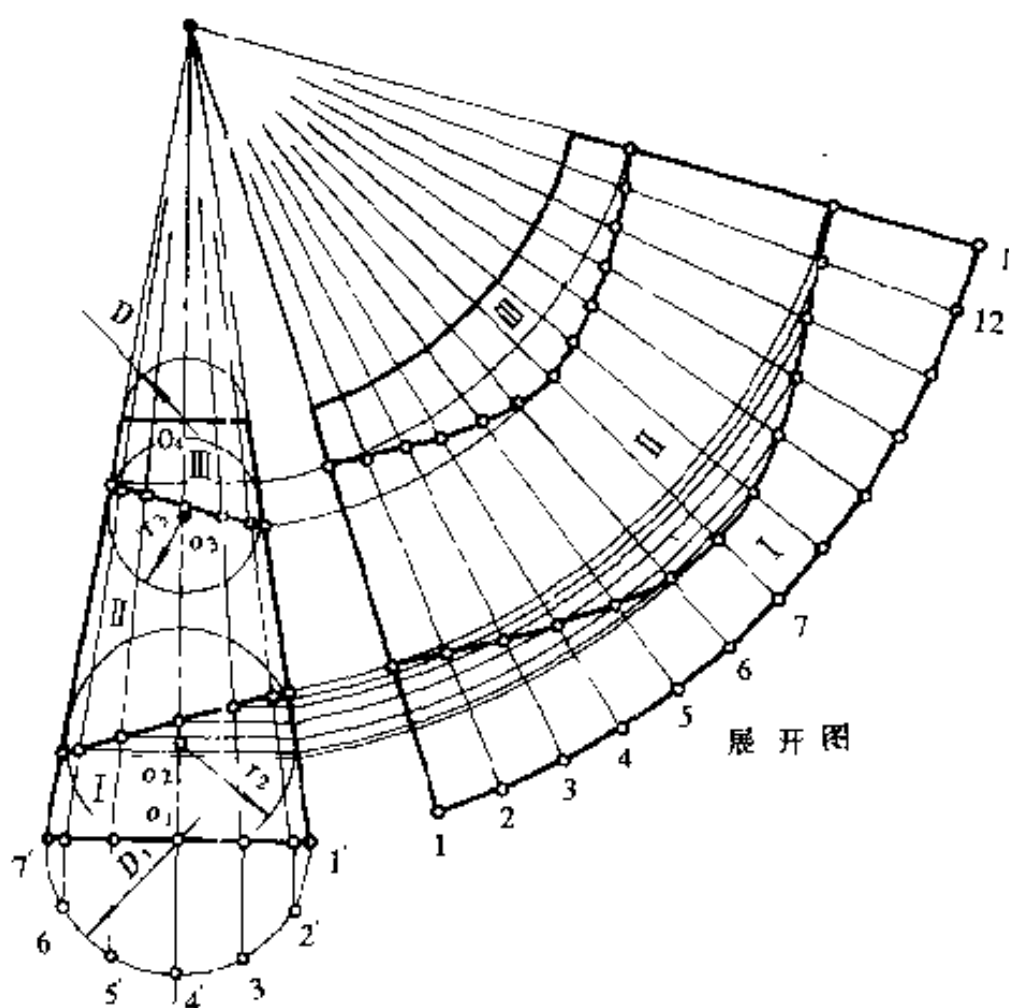


图 2-62 三节任意角圆锥弯管的展开

影图穿插绘制：首先在图 2-61 中画一对夹角为 β 的相交直线，以两直线交点为圆心，以 R 为半径作出弯曲中心线并将其二等分，过等分点及弯曲中心线两端点 o_1' 、 o_4' 分别作弯曲中心线的切线，它们两两相交于点 o_2' 和 o_3' 。然后在图 2-62 中将三节圆锥管的轴线 $o_1'o_2'$ 、 $o_2'o_3'$ 、 $o_3'o_4'$ 依次展成直线 o_1o_4 ，并以 o_1o_4 为轴线，分别以弯管端口直径 D 和 D_1 作为上、下底直径作出放样图圆锥面的投影。接着，以 o_2 、 o_3 为圆心，作圆锥面的内切圆，得内切圆半径 r_2 、 r_3 。在图 2-61 中，以 o_2' 、 o_3' 为圆心，以 r_2 、 r_3 为半径作相邻两节管公切球的投影——圆，根据轮廓线与圆的相切关系，作出投影图的轮廓线，相应轮廓线交点的连线即相邻两节管结合线的投影。最后，按各节圆锥管的

轮廓线长度移画至放样图圆锥面的轮廓线上,并画出相应的结合线。

按放样图用放射线法绘制的展开图为中间带有两条分界曲线的扇形。其中,两条同心圆弧的弧长分别等于圆锥面上、下底的周长,中间的两条分界曲线为结合线的展开曲线。

36. 如何作圆柱圆锥弯管的展开图?

图 2-63 是圆柱圆锥弯管的投影图和展开图。构件由轴线成一定角度的圆柱管和圆锥管构成,它们的结合线为平面曲线,投影为直线。绘制圆锥管的展开图时,首先把投影图中左、右两轮廓线延长得到假想锥顶 o' ,然后用放射线法作图。圆柱管的展开图用平行线法绘制。具体作图方法不再赘述。

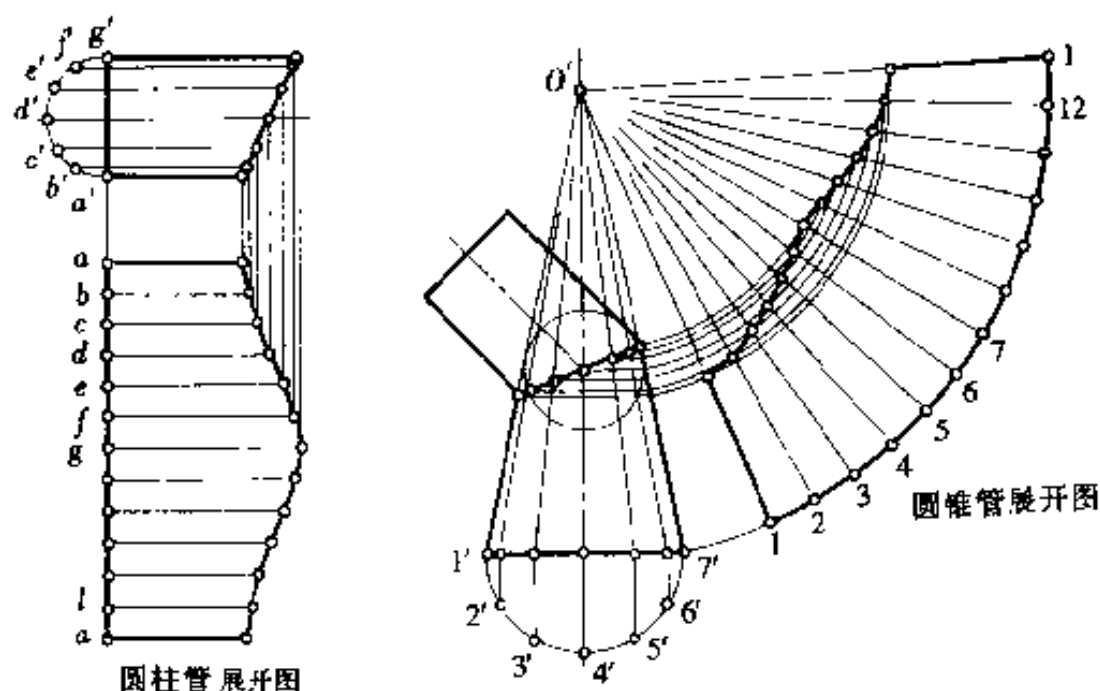


图 2 63 圆柱圆锥弯管的展开

37. 如何作等径斜交圆柱三通管的展开图?

图 2-64 是等径斜交圆柱三通管的投影图和展开图。它由

两直径相等、轴线成一定角度的倾斜圆柱管和水平圆柱管构成,它们的结合线为平面曲线,投影为直线。

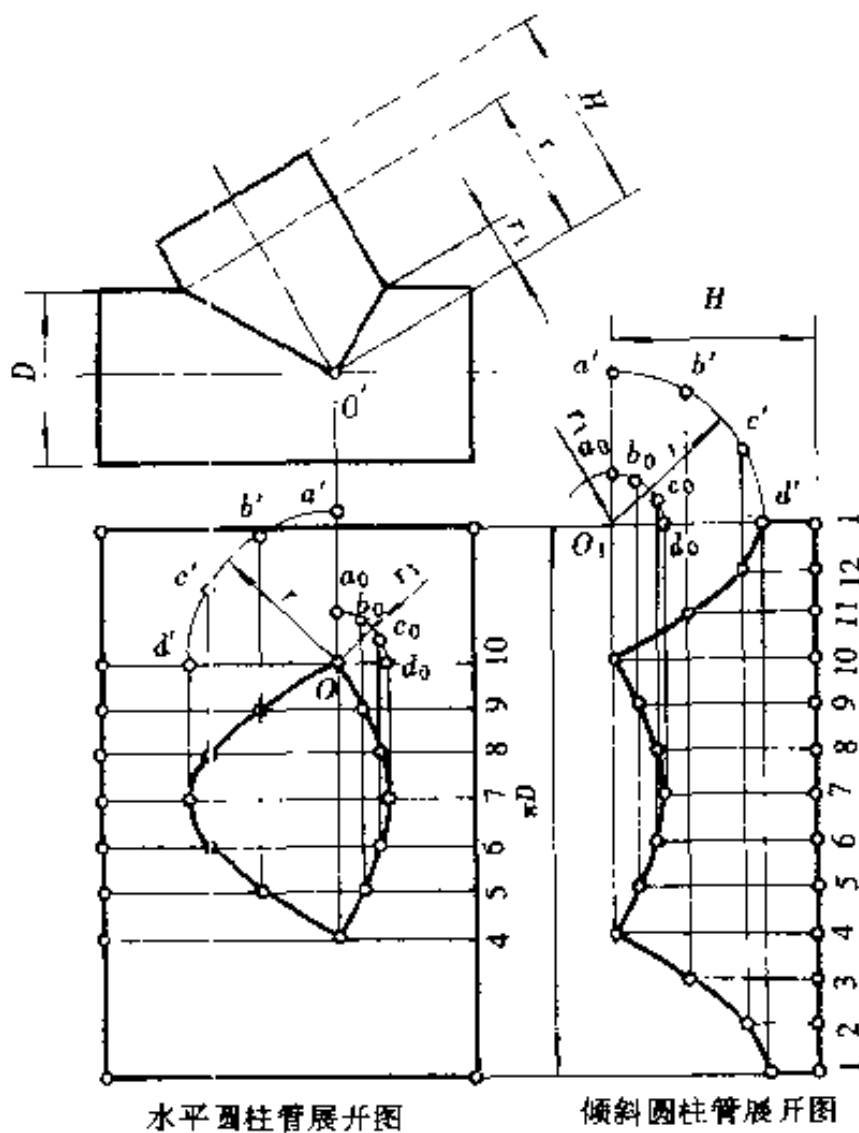


图 2-64 等径斜交圆柱三通管的展开

水平圆柱管的展开图为中间带有切孔的矩形。矩形的长等于水平圆柱管的长度,其高等于圆柱管圆周的展开长度 πD 。切孔的画法是:先将矩形的高十二等分,取中间的六等分,等分点为 4、5……10。过主视图中 o' 点作垂线与过等分点 10 所作水平线交于点 o ,以 o 为圆心,以 r 和 r_1 为半径分别画四分之一圆弧,并将它们三等分,得等分点 a' 、 b' 、 c' 、 d' 和 a_0 、 b_0 、 c_0 、 d_0 ,过它们分别作垂直线并与过等分点 4、5……10 所作

水平线分别相应交于各点。最后用两段光滑曲线分别连接这些点,即得水平圆柱管接口的展开曲线。

倾斜圆柱管展开图的高度与水平圆柱管的相同,也被分为十二等分。 o_1l 的距离为 H 。以 o_1 点为圆心,分别以 r 和 r_1 为半径画四分之一圆弧,并将它们三等分。过等分点 a' 、 b' 、 c' 、 d' 和 a_0 、 b_0 、 c_0 、 d_0 所作垂直线与过等分点 1、2……12、1 所作水平线相应交于各点,用三段光滑曲线分别连接有关各点,即得倾斜圆柱管接口的展开曲线。

38. 如何作斜交圆锥三通管的展开图?

图 2-65 是斜交圆锥三通管的投影图和展开图。构件由两轴线成一定角度的圆锥管斜交构成,它们间的结合线为平面曲线,其投影为直线。该构件用放射线法展开。

作竖直圆锥管的展开图时,先将其下端口半圆六等分,过等分点 $1_0'$ 、 $2_0'$ …… $7_0'$ 作垂直线与下端口投影相交,把各交点与锥顶 o' 连线,即得圆锥表面的一组素线,其中过 $5_0'$ 、 $6_0'$ 和 $7_0'$ 的素线与结合线交于 $5'$ 、 $6'$ 和 $7'$ 点。再过锥顶 o' 与结合线的最左点 $8'$ 连线并与底面相交,过交点作垂线与半圆交于点 $8_0'$ 。然后,以 o' 点为圆心,以 $o'1_0'$ 为半径画圆弧,并在其上适当位置取点 1_0 。由 1_0 点起始,在圆弧上逐次取点 2_0 、 3_0 ……使每相邻两点间的弧长等于下口半圆上对应两点间的弧长。把圆弧两端点与 o' 点连线并作出展开扇形的小端圆弧。接着在扇形中间作出切孔的展开曲线:过结合线上 $5'$ 、 $6'$ …… $8'$ 点作轴线的垂线并与左轮廓线交于各点,以各交点到 o' 点的距离为半径,以 o' 点为圆心画同心圆弧,它们与直线 $o'5_0$ 、 $o'6_0$ …… $o'8_0$ 分别相应交于点 5、6……8,把各交点用曲线连接起来,即完成竖直圆锥管的展开图。

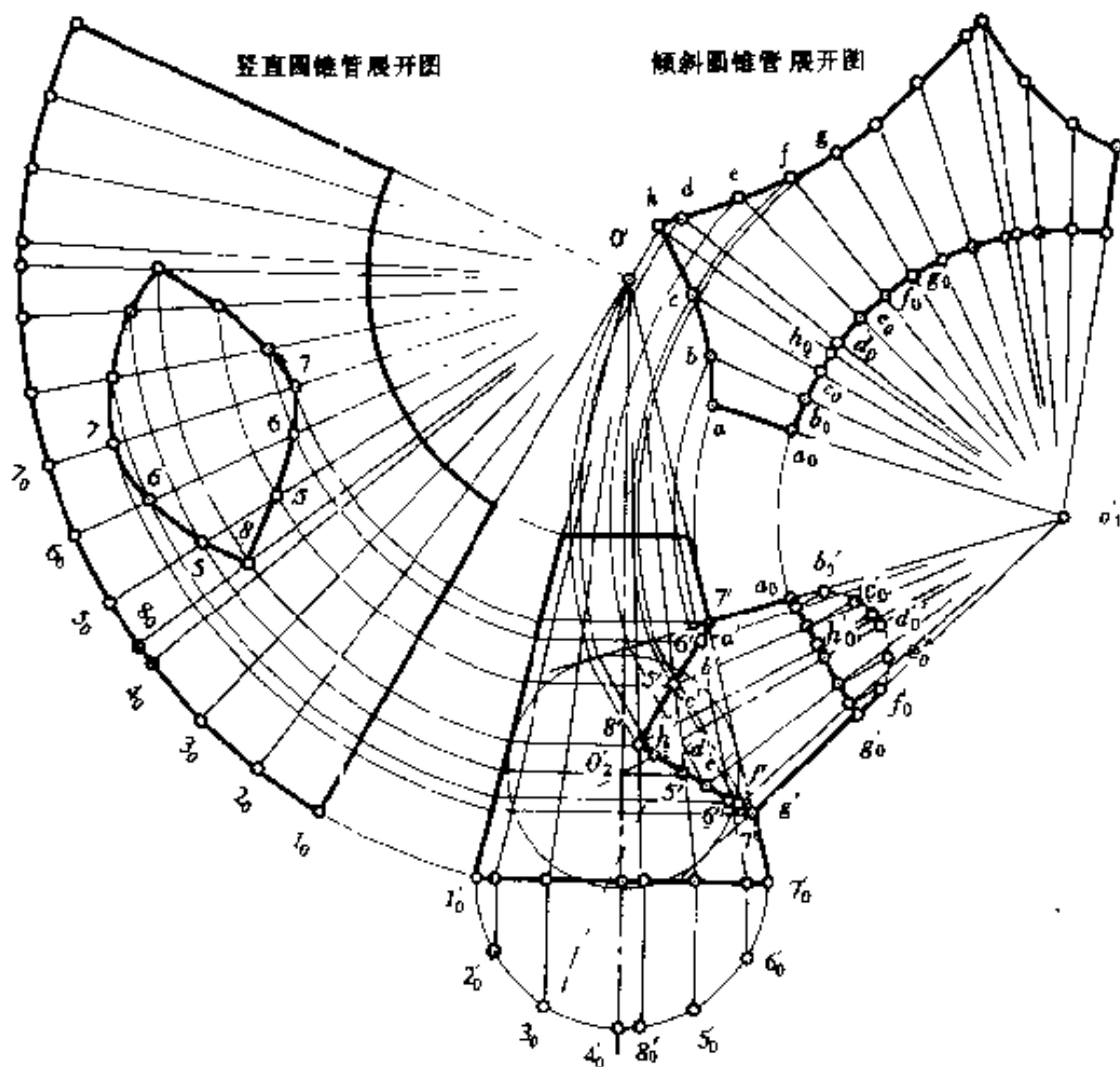


图 2-65 斜交圆锥三通管的展开

倾斜圆锥管的展开图画在图 2-65 的右上角,作图方法与
 竖直圆锥管的展开基本相同,请读者参照图例自行分析。

39. 如何作三节异径双向圆柱圆锥三通管的展开图?

图 2-66 为三节异径双向圆柱圆锥三通管的投影图和展
 开图。构件左、右对称,包含两节圆锥管和三节圆柱管,各管间
 的结合线均为平面曲线,其投影为直线。

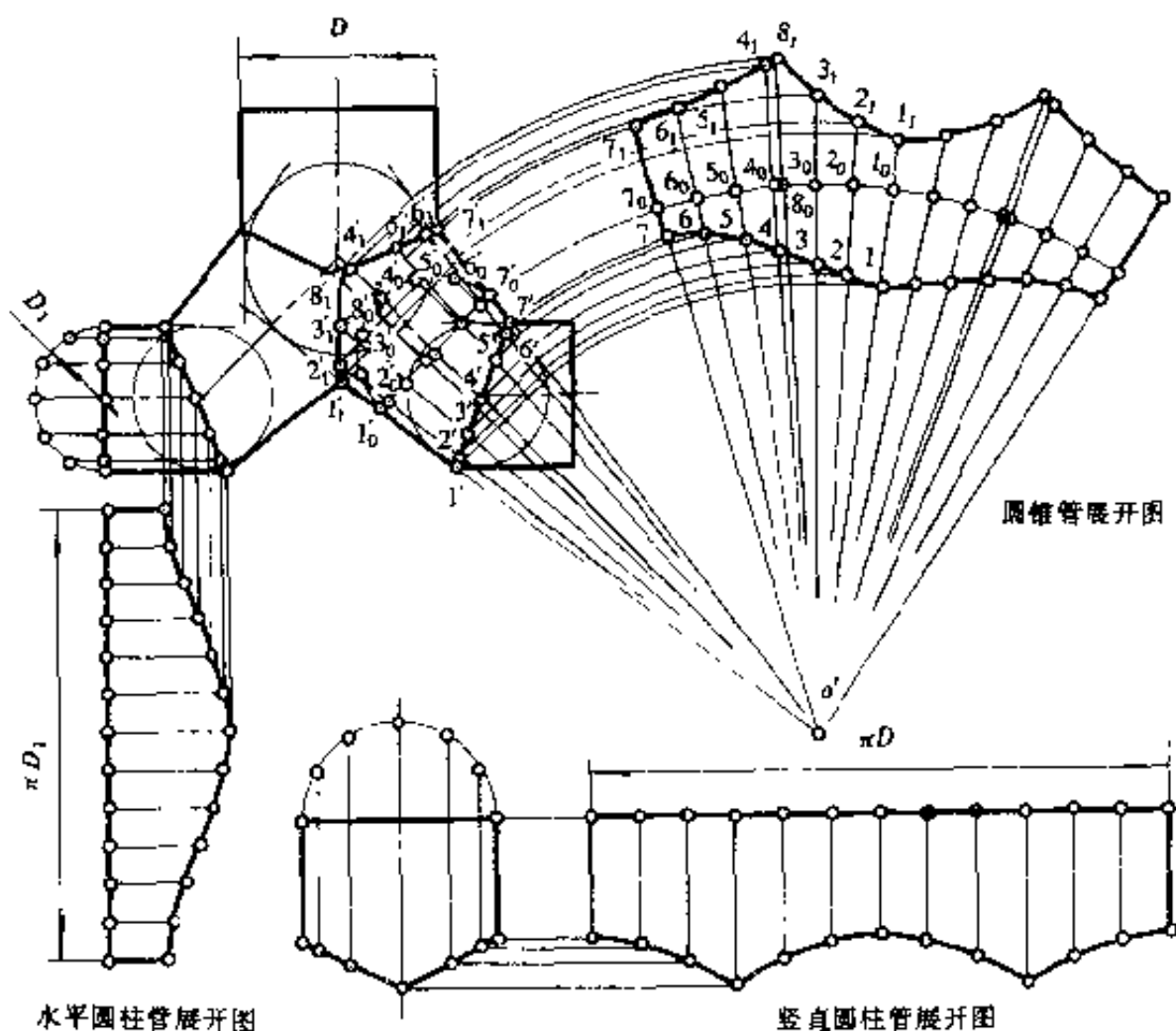


图 2-66 三节异径双向圆柱圆锥三通管的展开

作圆锥管的展开图时,首先在适当位置作圆锥管的正截面 $1_0'7_0'$,并画出截线圆的实形(图中只画出了前半圆)。将其六等分,过等分点 $1_0', 2_0' \dots \dots 7_0'$ 作轴线的平行线与正截面 $1_0'7_0'$ 相交,把各交点与锥顶 o' 连线,这些素线与下端结合线交于 $1', 2' \dots \dots 7'$ 点,与上端结合线交于 $1_1', 2_1' \dots \dots 7_1'$ 。接着,把上端结合线上 $8_1'$ 点与 o' 点连线并与正截面 $1_0'7_0'$ 相交,过交点作轴线的平行线与半圆交于点 $8_0'$ 。然后,以点 o' 为圆心, $o'7_0'$ 为半径画圆弧,并在其上的适当位置取点 7_0 ,从 7_0 点开

始,在圆弧上依次取 6_0 、 5_0 ……等各点,使相邻两点间的弧长距离等于半圆上对应两点间的弧长。把各点与 o' 点连线,即得各素线的展开位置。最后,过下端结合线上 $1'$ 、 $2'$ …… $7'$ 和上端结合线上 $1'_1$ 、 $2'_1$ …… $8'_1$ 各点作轴线的垂直线并与右上轮廓线相交,以各交点到 o' 点的距离为半径,以 o' 点为中心画一系列同心圆弧,它们分别与对应的展开素线相交,得交点 1 、 2 …… 7 和 1_1 、 2_1 …… 8_1 ,用曲线连接有关各点,即得圆锥管展开图的左半,其右半为左半相对于 $1_1o'$ 直线的对称图形。

水平圆柱管和竖直圆柱管的展开图画在图 2-66 的下边,展开图用平行线法绘制,具体作图步骤请读者自行分析。

40. 如何作四椭圆锥爪形五通管的展开图?

图 2-67 是四椭圆锥爪形五通管的投影图。它由四个结构完全相同、沿圆周方向均匀分布的椭圆锥管构成,它们具有公共的圆形上口,椭圆锥管间的结合线为平面曲线,其水平投影均为直线。

图 2-68 为构件的放样图和展开图。放样图中只画出一个椭圆锥管的投影,并使其轴线处于正平线的位置。作图中,首先根据投影图中所给尺寸 D 、 D_1 和两口中心的水平距离,画出完整椭圆锥台的投影,然后再用辅助平面法求出结合线的投影。构件的结合线前、后对称,投影重合,作图的具体方法是:首先作出椭圆锥管上口圆的实形(图中只画出了前半圆),并将其十二等分;延长椭圆锥管的轮廓线得到锥顶 o' ,过 o' 作垂直线与上口延长线交于点 o ,过 o 点作上口圆实形的切线;过上口圆实形中心 o_1' 作 45° 斜线与切线和圆形分别交于点 t 和 s ;以 o 点为中心, o 点到上口各等分点间距离为半径画弧,与上口投影交于 a' 、 b' …… g' ,它们与 o' 点的连线即为各等分

素线的实长,这些实长线与下口投影交于点 a_1' 、 b_1' …… g_1' 。然后,过上口有关等分点作铅垂辅助平面,它们的水平迹线为 p_{1H} 、 p_{2H} 、 p_{3H} 和 p_{4H} 。各辅助平面与结合线平面(过点 s 、 t 的 45° 斜线为其水平迹线)交于铅垂直线,与椭圆锥面交于等分素线,它们投影的交点即为结合线上点。过这四点作水平线,与相应等分素线实长线交于点 b_0' 、 c_0' 、 d_0' 和 e_0' 。过上口中心 o_1' 作垂线与椭圆锥左轮廓线交于点 a_0' 。过点 s 作垂直线交于上口投影,得到结合线投影的上端点,该点所在素线的实长为 $h'o'$ 。最后用光滑曲线连接各结合线上点的投影,即完成构件的放样图。

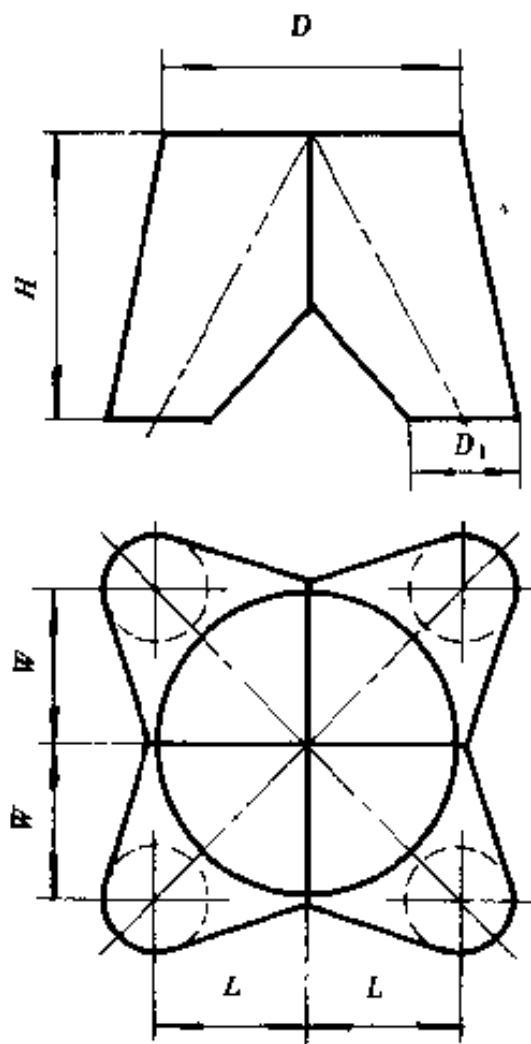


图 2 67 四椭圆锥爪形五通管

构件的展开图用放射线法绘制。首先,以 o' 点为圆心,以 $o'a'$ 、 $o'b'$ …… $o'g'$ 、 $o'h'$ 为半径画一系列同心圆弧,在过 a' 点的圆弧上确定点 a ,然后自 a 点始,在相应圆弧上确定点 b 、 c …… g 、 h ,使相邻两点间的距离等于实形半圆中对应两点间的距离。把 a 、 b …… g 、 h 各点与 o' 点连线,即得到各有关素线的展开位置。然后在有关素线上确定结合线上及下口中各点的展开位置,具体过程请读者自行分析。最后用光滑曲线分段连接有关各点,即得到构件的展开图。

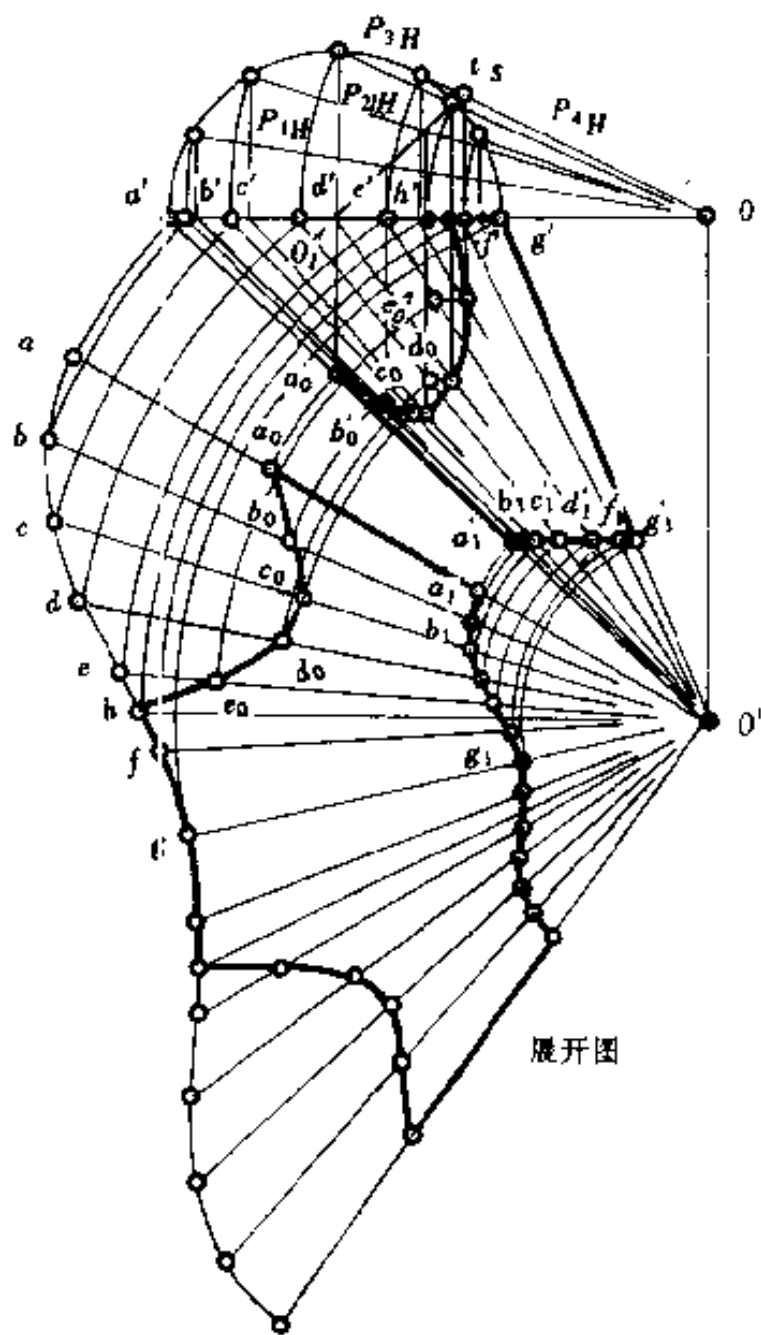


图 2-68 四椭圆锥爪形五通管的展开

41. 怎样作三节等径蛇形管的展开图?

图 2-69 为三节等径蛇形管的投影图、放样图和展开图。由投影图可见,三节圆柱管的直径相等,轴线依次相交,相邻

两节管间的结合线为平面曲线,但三节管的轴线不在同一平面内,所处位置也使结合线的投影为曲线。

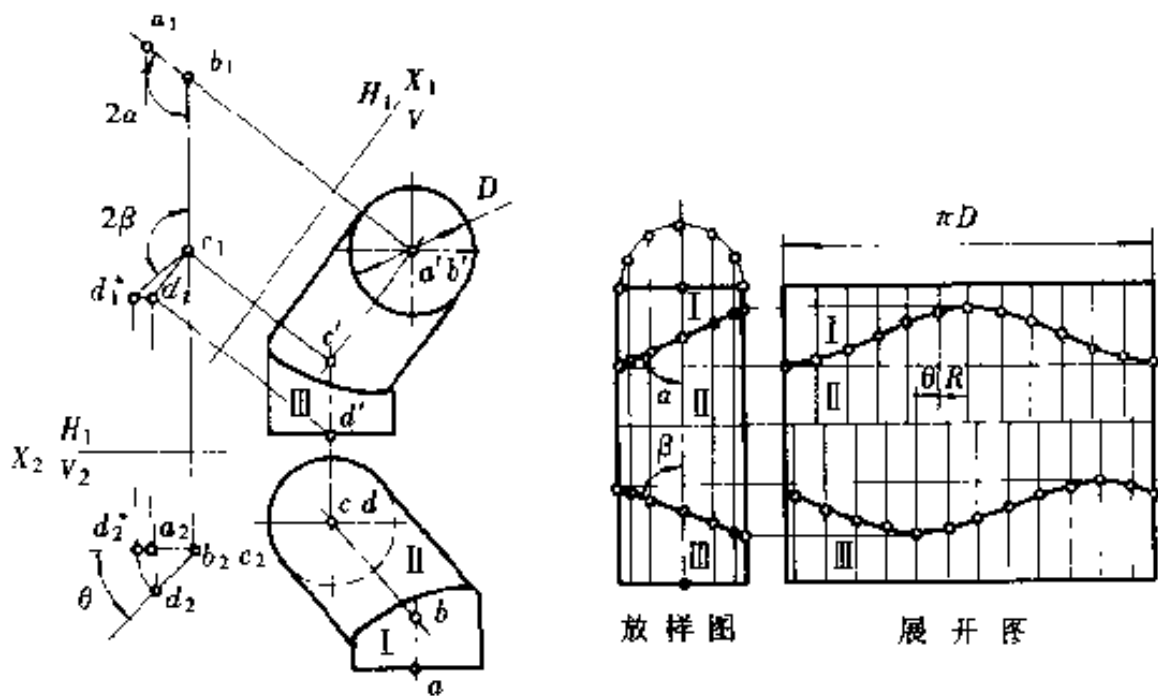


图 2.69 一节等径蛇形管的展开

为绘制构件的放样图和展开图,需求出相邻两节管间轴线的夹角大小和错心角的大小,为此,用换面法经过两次投影变换。在 H_1 面投影中,得到 I、II 两节管轴线的夹角 2α ,在 V_2 面投影中,得到三条轴线错心角 θ 。为求得 II、III 两节管轴线的夹角,在 H_1/V_2 投影体系中,将管 III 轴线 CD 绕管 II 轴线 BC 旋转为 H_1 面的平行线,此时在 H_1 面投影中,得到 BC' 与 CD 两轴线的夹角 2β 。

绘制放样图时,把中间管经过旋转和位移,把三节管拼接为一完整圆柱管。先按各管轴线的实长和直径 D 画出圆柱管的轮廓线,再由角 α 和 β 画出管 I、II 和 II、III 间结合线的投影。

拼接后的圆柱管用平行线法进行展开,展开图为一矩形,其长度等于圆柱管的圆周长度 πD ,高度等于三节圆柱管轴线

长度之和。矩形中间两条分界线是两条结合线的展开曲线,绘制时应注意,放样图中两条结合线上位于同一条等分素线上的点,在展开图上应错开一段距离 θR ,其中 θ 是错心角, $R=D/2$ 是圆柱管的半径。

42. 如何绘制五节等径蛇形三通管的展开图?

图 2-70 是五节等径蛇形三通管的投影图。构件由五节直径相等的圆柱管组成,管 I 和管 V 的轴线交叉垂直,管 I、II、III 的轴线共面,侧面投影显示各段轴线的实长及结合线投影与轴线间夹角的大小,它们都是 67.5° 。管 III、IV、V 的轴线也共面,正面投影显示它们轴线的长度及结合线与轴线间的夹角,它们分别为 67.5° 和 22.5° 。管 II、III、IV 的轴线不共面,容易看出,轴线间的错心角为 90° 。

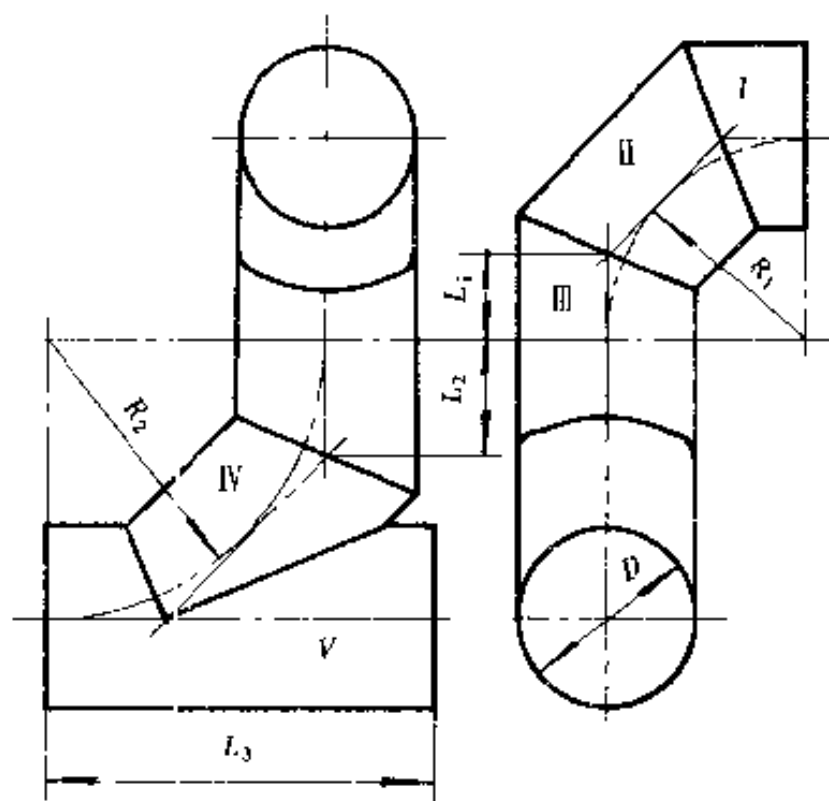


图 2-70 五节等径蛇形三通管

根据已知的结合线平面与轴线间的夹角以及错心角,可直接作出管 I ~ IV 的放样图和管 V 的放样图(图 2-71)。展开图用平行线法绘制,管 I ~ IV 的展开图外轮廓大体是矩形,下

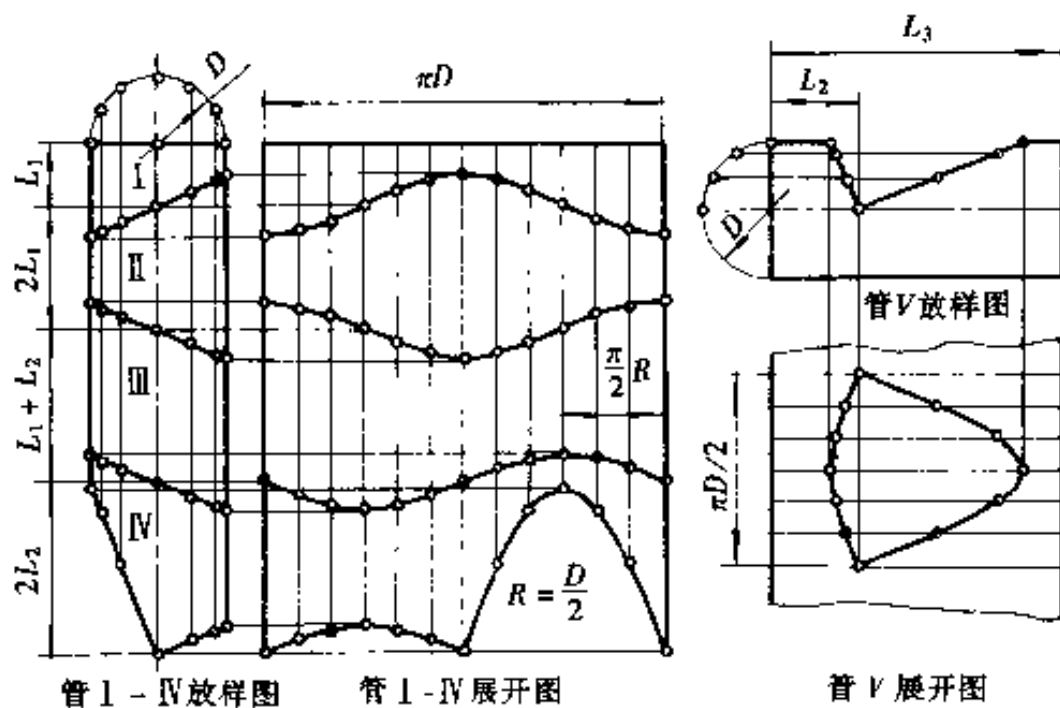


图 2 71 正节等径蛇形三通管的展开

端是 IV、V 两管结合线的展开曲线。绘制中间三条结合线的展开曲线时,应注意 II、III 两管结合线及 III、IV 两管结合线上位于放样图中同一条等分素线上的点,在展开图上应错开 $\frac{\pi}{2}R$ 的距离,其中 $\frac{\pi}{2}$ 为错心角, R 为圆柱管半径。管 V 的展开图只画出了中间结合线的展开部分,具体作图步骤请读者自行分析。

43. 如何作带圆角的方形连接管的展开图?

图 2 72 为带圆角的方形连接管的投影图和展开图。构件表面由四个椭圆锥面和四个梯形平面所围成,四个椭圆锥面具有公共的锥顶。

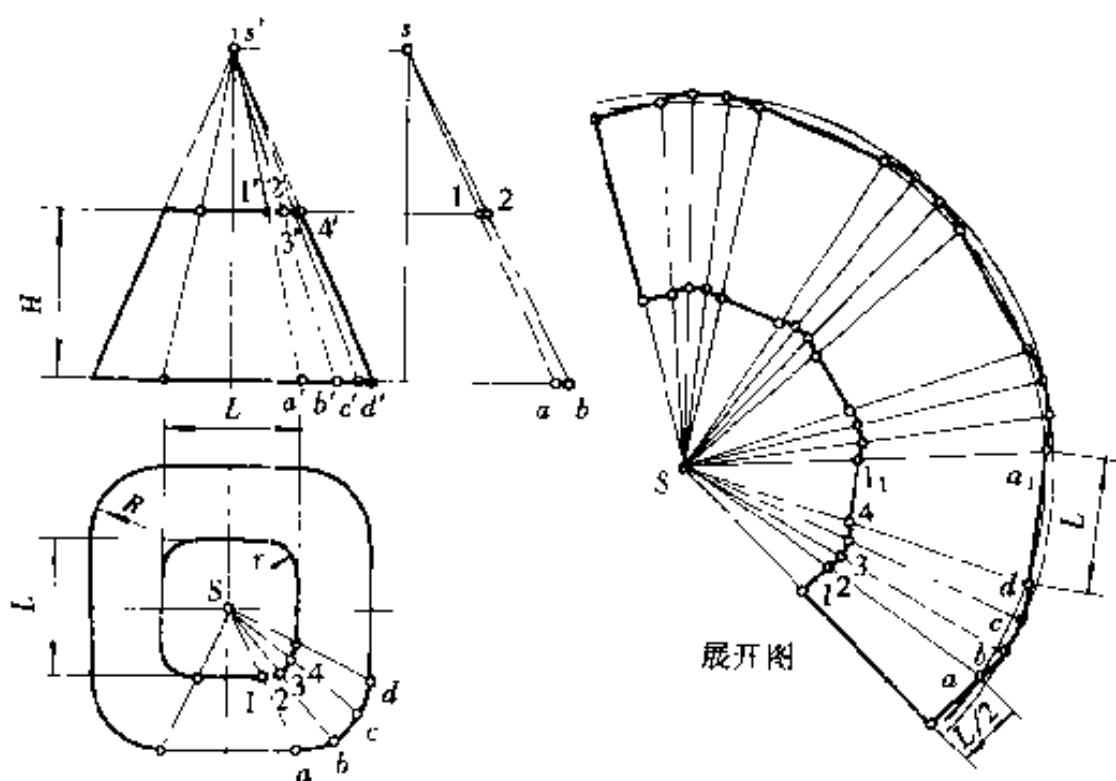


图 2-72 带圆角的方形连接管的展开

连接管用放射线法展开。首先作出锥顶 S 。接着将椭圆锥面下端口四分之一圆弧三等分，用直线连接锥顶 S 和各等分点 A 、 B 、 C 、 D ，并与上口圆弧交于点 I 、 II 、 III 、 IV 。直线 IA (IVD) 和 $II B$ ($IIIC$) 的实长用直角三角形法求出在主视图的右侧。

展开时，在适当位置取点 s ，以 s 为圆心，分别以素线的实长 sa 和 sb 为半径画两圆弧，在半径为 sa 的圆弧上取点 a ，以它为圆心，以下口一个等分弧长为半径画圆弧，与半径为 sb 的圆弧交于点 b ；再以 b 为圆心，用同样半径画圆弧，与半径为 sb 的圆弧交于点 c ；依次再作出点 d 。以 d 为圆心，以尺寸 L 为半径画弧，与半径为 sa 的圆弧交于点 a_1 。然后，以点 s 为圆心，以实长图中的 $s1$ 和 $s2$ 为半径画弧，它们与对应直线交于点 1 、 2 、 3 、 4 和 1_1 。用直线和曲线连接有关各点，即得到展开图的四分之一，按同样的方法可作出其余的四分之三。

44. 如何作两节拱形弯管的展开图?

图 2-73 为两节拱形弯管的投影图。弯管由两节形状相同的拱形柱管构成,两节管间的结合线为平面曲线,其投影为直线。

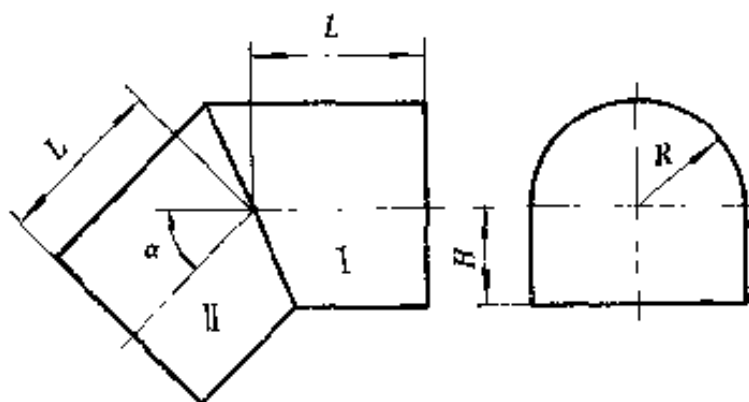


图 2-73 两节拱形弯管

图 2-74 为构件的放样图和展开图。放样图中,将管 I 的轴线垂直放置,按已知尺寸绘出其主视图。在主视图上方画出其俯视图的前半。绘制展开图时,首先把俯视图中圆弧部分三等分,得到等分点 1、2、3、4,作出它们的正面投影 1'、2'、3'、4'。然后,在主视图底边的延长线上连续取四个线段,其长度

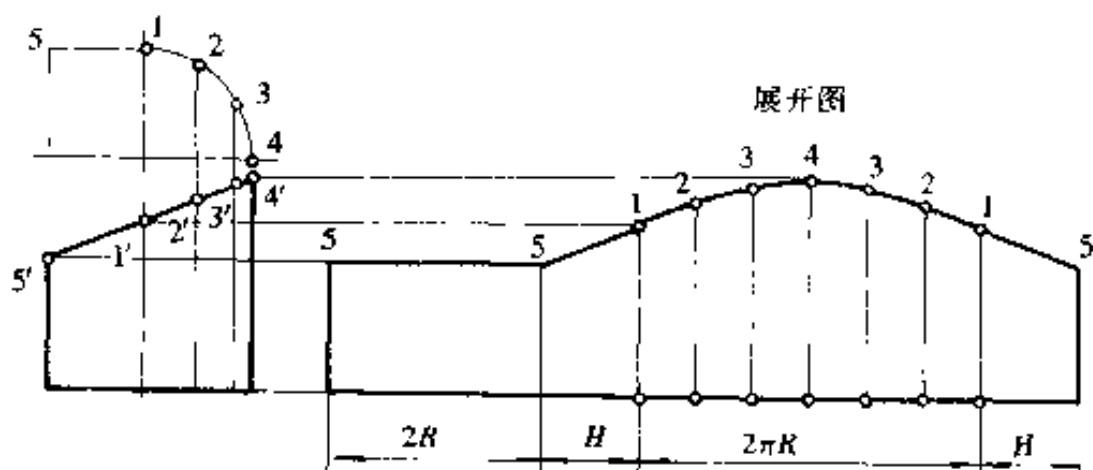


图 2-74 两节拱形弯管的展开

如图所示。将线段 $2\pi R$ 六等分,过各等分点和线段端点作垂直线,它们与过 $1'$ 、 $2'$ ……各点所作水平线对应交于点 1 、 2 ……最后把 1 、 2 …… 1 各点用曲线连接,其余两点间用直线连接,即得到一节弯管的展开图。

45. 如何作三节直角长圆—圆弯管的展开图?

图 2-75 是三节直角长圆—圆弯管的投影图。弯管的下口是长圆形,上口是圆形,管 I 是长圆柱管,管 II 是圆柱管,管 I 的表面则由三角形平面和直纹曲面围成。构件的结合线为平面曲线,其投影为直线。

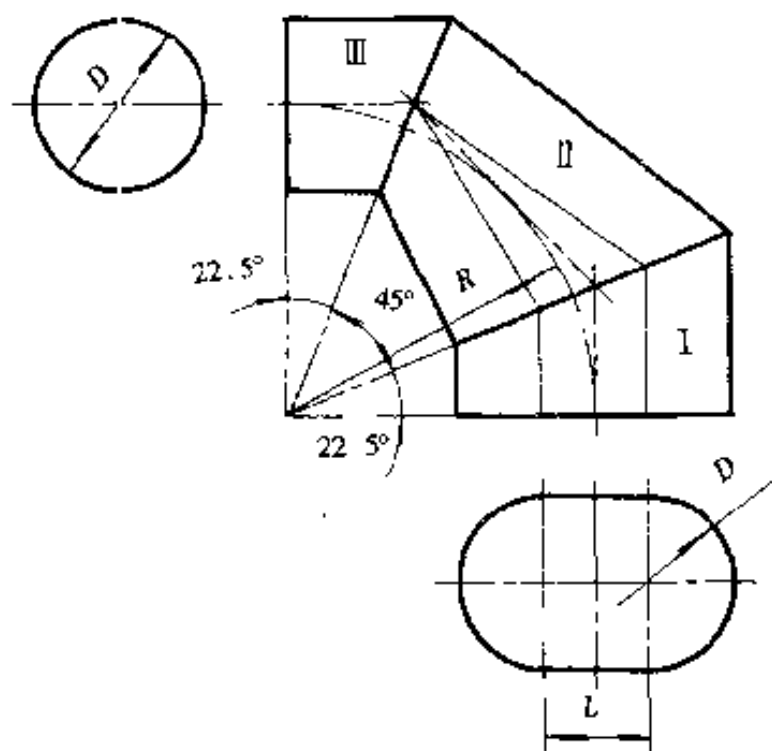


图 2-75 三节直角长圆—圆弯管

图 2-76 是构件的放样图和展开图。其中管 I 和管 III 用平行线法、管 II 用三角线法进行展开。

绘制管 I 的展开图时,首先画出下口底面实形(图中只画出了前半部分),把圆弧部分分别三等分,过等分点 a 、 b …… h

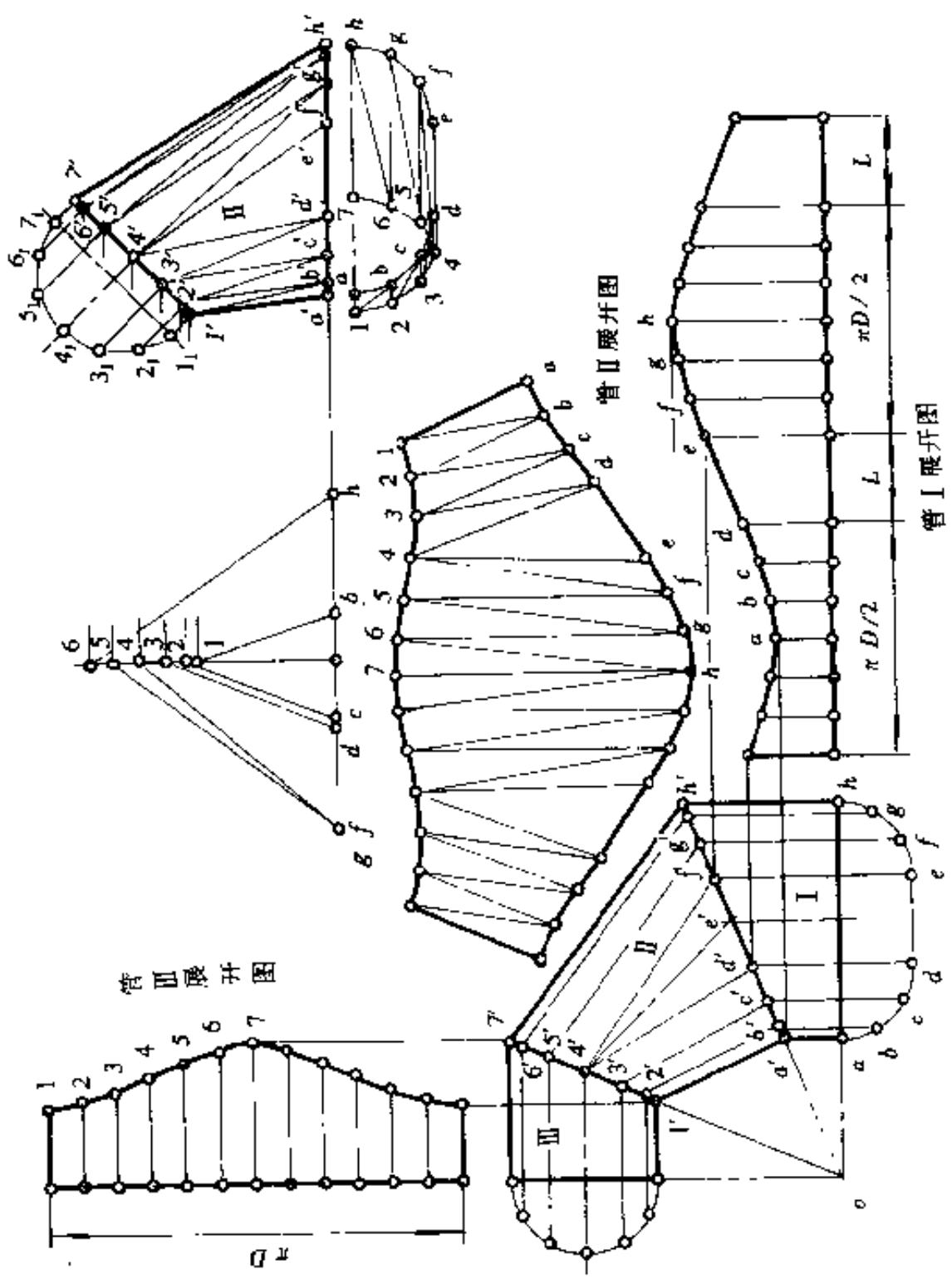


图 2-76 二节直角长圆 圆弯管的展开

作垂直线,它们与 I、II 管的结合线交于点 a' 、 b' …… h' 。然后,在下口投影的延长线上截取四段线段,长度分别等于 $\pi D/2$ 和 L 。把长度为 $\pi D/2$ 的线段六等分,并过等分点作垂直线,它们与过 a' 、 b' …… h' 所作水平线对应相交于点 a 、 b ……最后把各交点用光滑曲线连接起来,即得管 I 的展开图。

管 II 的展开图画在图 2-76 的左侧,具体步骤请读者自行分析。

绘制管 II 的展开图时,为作图方便,把管 I 的放样图连同结合线上点 a' 、 b' ……和 $1'$ 、 $2'$ ……一并移至图 2-76 的右上角。用直线连接对应的分点,得到曲面上的一组直素线 $A1$ 、 $B2$ ……和一组辅助对角线 $B1$ 、 $C2$ ……各素线的正面投影显示其实长。各对角线的实长用直角三角形法求得,为此,在放样图中作出管 I 上口的水平投影并进而得到各对角线的水平投影长度,求实长的作图画在管 II 放样图的左边。在管 II 放样图中作出上口实形的投影,其上的分点为 1_1 、 2_1 ……下口的实形反映在俯视图中。根据各素线和对角线的实长以及上、下口各分段的弧长,用三角线法依次拼画出表面各三角形的实形,并用曲线连接点 1 、 2 ……和 a 、 b ……即得管 II 的展开图。

46. 如何作两侧拱形底方形三通管的展开图?

图 2-77 是两侧拱形底方形三通管的投影图。构件的左、右端口是拱形,下端口为方形。围成构件的表面中,上半部的 I 和 II 为半圆柱面;下半部的 III 为平面,IV 为圆柱面。

图 2-78 是构件的放样图和展开图。其中板 III 可按已知尺寸直接画出其实形。板 IV 的展开图为一矩形,两边的长度分别为 $2R_1$ 和 $\pi(R - H)/2$ 。管 I 和管 II 的放样图画在图 2-78 的左下部,首先在管 I 放样图的右端画四分之一圆周并将其三

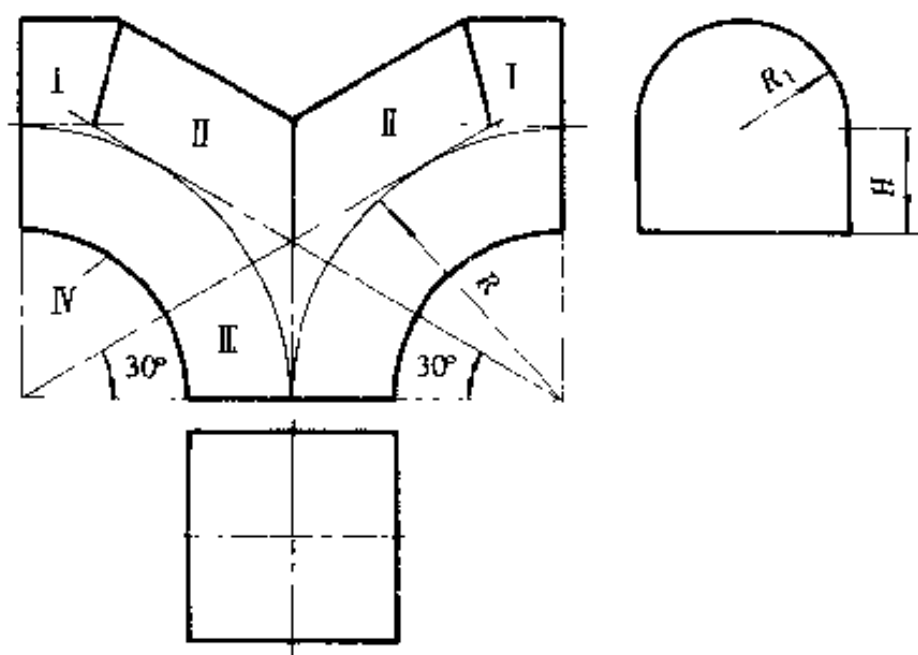


图 2-77 两侧拱形底方形三通管

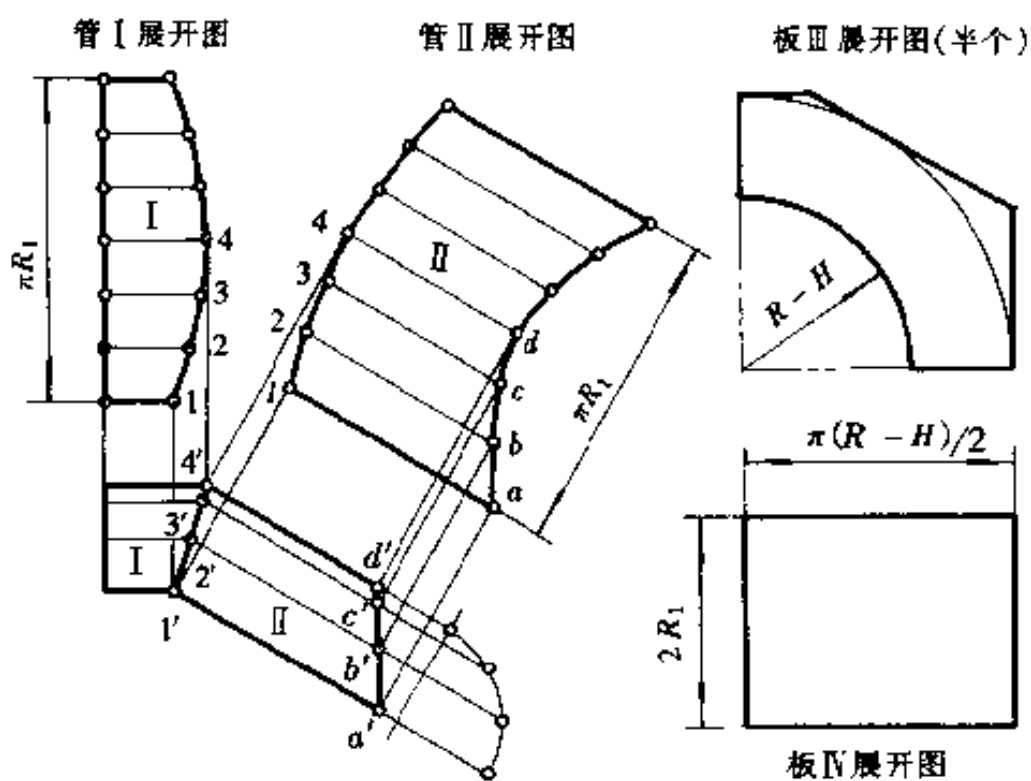


图 2-78 两侧拱形底方形三通管的展开

等分,过各等分点作管 II 和管 I 的等分素线,它们与结合线的投影分别交于点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 和 a' 、 b' 、 c' 、 d' 。管 I 和管 II 的展

开图用平行线法绘制,展开图的宽度为 πR_1 , 图中的曲线为结合线的展开曲线。

47. 如何作带补料的等径三通管的展开图?

图 2-79 是带补料的等径三通管的投影图和展开图。构件由三个直径相等的圆柱管相交,并在左、右两斜圆柱管间增添一块圆柱面补料构成。各管间的结合线都是平面曲线,其投影

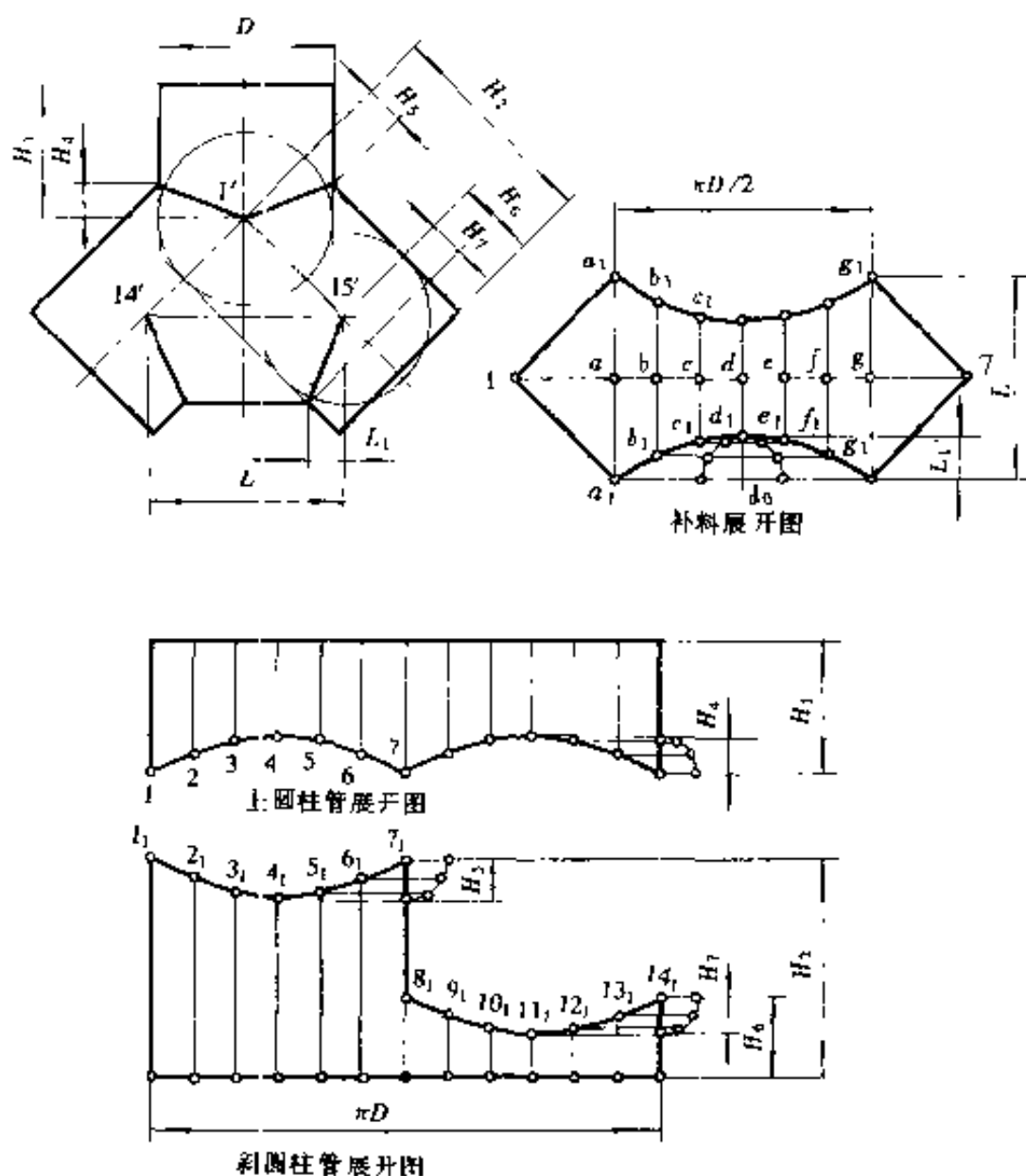


图 2-79 带补料的等径三通管的展开

为直线。圆柱管和补料的展开图都用平行线法绘制。

画补料的展开图时,先作长度为 $\pi D/2$ 的水平直线并将其六等分,过各等分点 a, b, \dots, g 作垂直线。在过 d 点的垂直线上取点 d_0 ,使 $dd_0 = L/2$ 。以 d_0 为圆心,以尺寸 L_1 为半径画半圆并将其六等分,过各等分点作水平线与对应垂直线交于点 a_1, b_1, \dots, g_1 ,用曲线依次连接它们。然后,在所作图形的左、右两侧作三角形 $a_1 1 a_1$ 和 $g_1 7 g_1$,使它们的形状与投影图中的三角形 $1' 14' 15'$ 相同,即得补料的展开图。

上圆柱管和左、右斜圆柱管的展开图也用简化的平行线法绘制,展开图的长度为圆柱管圆周的展开长度 πD ,高度分别为 H_1, H_2 和 H_6 。绘制结合线的展开曲线时,辅助四分之一圆弧的半径分别为 H_4, H_5 和 H_7 。具体作图步骤请读者自行分析。

48. 如何作带补料的等径正交三通管的展开图?

圆 2-80 是带补料的等径正交三通管的投影图和展开图。构件由两直径相等的圆柱管垂直相交,在相交处增添两块椭圆柱管补料构成。补料与圆柱管的结合线是平面曲线,其投影为直线。构件各部分的展开图均用平行线法绘制。

绘制垂直管展开图时,首先在水平圆柱管右端画半圆并将其六等分,过等分点 $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ 作水平线与补料和水平管的结合线相交,再过各交点作补料外廓的平行线,它们与补料的对称面投影交于点 a', b', c', d' ,与补料与垂直管的结合线交于点 $1', 2', 3', 4'$ 。然后,在垂直管上口延长线上取线段,使其长度为 πD ,将该线段十二等分,过各等分点作垂直线,它们与过点 $1', 2', \dots$ 所作水平线对应交于点 $1, 2, \dots$ 最后用曲线连接有关各点,即得垂直管的展开图。

绘制补料的展开图时,首先作出其正截面的投影,为此,在投影图右下方的适当位置作直线平行于 $a'd'$,过 a' 、 b' 、 c' 、 d' 作 $a'd'$ 的垂线,在垂线上取点 a_0 、 b_0 、 c_0 、 d_0 ,使它们到所作直线的距离对应等于 1_0 、 2_0 、 3_0 、 4_0 到水平管右端面投影直线的距离。然后,在画补料展开图的位置作垂直线,并在其上取点 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 ,使相邻两点间的距离等于补料正截面投影中对应两点间的弧长。过 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 作水平线,并在其上取点 1 、 2 、 3 、 4 ,使距离 a_11 、 b_12 ……分别等于投影图中的 $a'1'$ 、 $b'2'$ ……最后用曲线连接有关各点,即得补料的展开图。

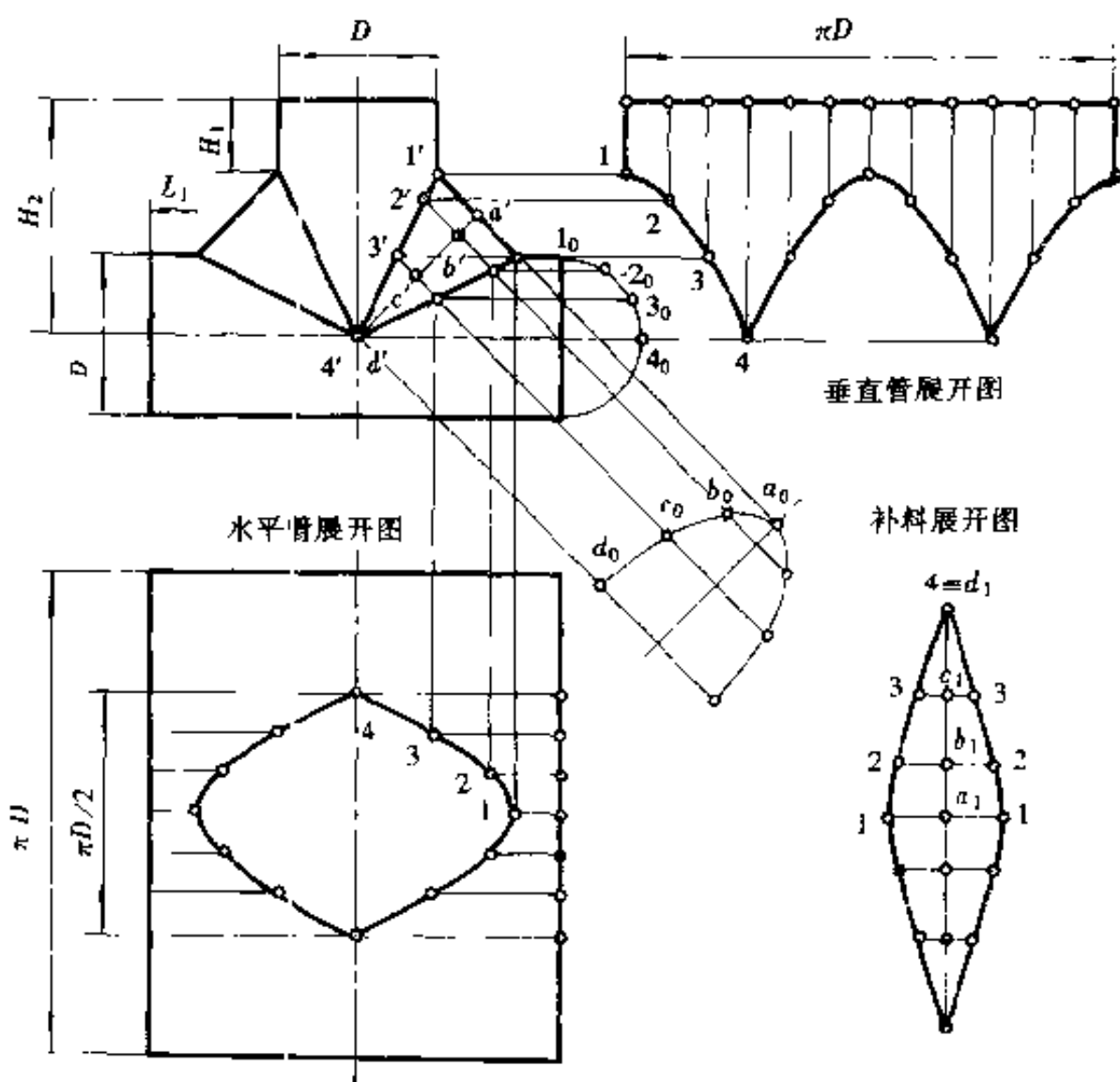


图 2-80 带补料的等径正交三通管的展开

水平管的展开图也用平行线法绘制,具体过程不再详述。

49. 如何作矩形口 S 形连接管的展开图?

图 2-81 是矩形口 S 形连接管的投影图。构件管壁由两片 S 形柱面板和两片平面板围成,板的厚度为 t 。

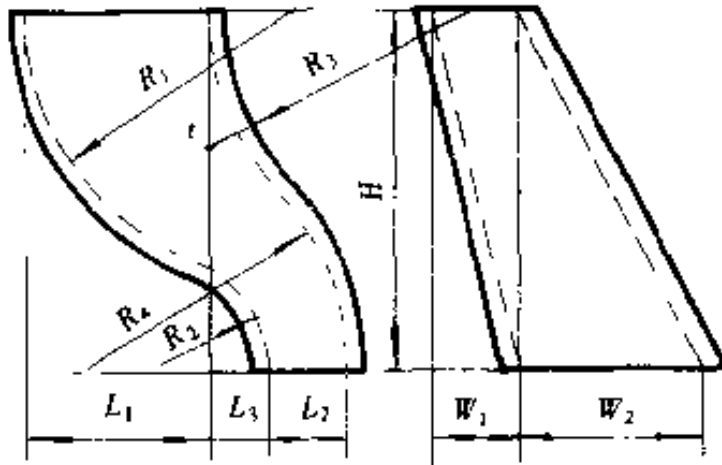


图 2-81 矩形口 S 形连接管

图 2-82 是构件的放样图和展开图。构件板厚处理的方法是:在上、下弯曲方向上按中性层尺寸,在水平素线方向上按里皮尺寸。由此,放样图中首先按里皮尺寸画出构件的主、左视图,然后在主视图 S 形轮廓线外侧再用细实线加画出中性层的轮廓线。之后,参考曲线的弯曲程度,沿高度方向将曲面分成七段,得到主视图上里皮轮廓线上的分点 $1'$ 、 $2'$ …… $8'$ 和 $9'$ 、 $10'$ …… $16'$;左视图轮廓线上的分点 a'' 、 b'' …… h'' 和 i'' 、 j'' …… p'' 。最后在主视图中,沿里皮轮廓的法线方向得出中性层轮廓线上相应的各分点。

各板片的展开图均用平行线法绘制。绘制后侧面的展开图时,首先过主视图里皮轮廓线上各分点分别作垂直线。在过点 $1'$ 的垂直线上的适当位置取点 a ,由点 a 起始,连续量取线段 ab 、 bc …… gh ,令它们的长度分别等于左视图上线段 $a''b''$ 、

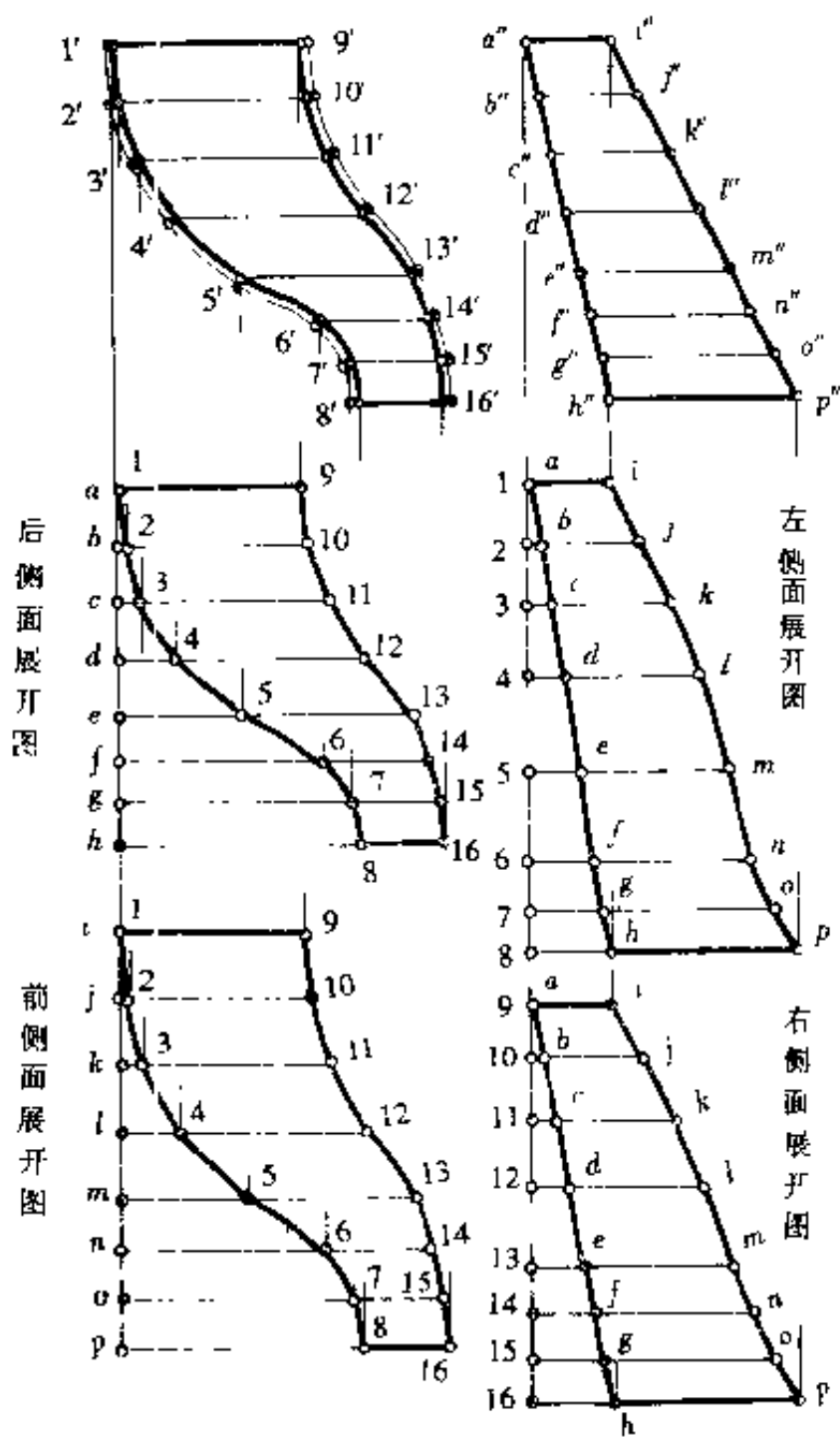


图 2-82 矩形U形连接管的展开

$b''c''\dots\dots g''h''$ 的长。然后,过 $a, b\dots\dots h$ 各点分别作水平线,它们与前面所作垂直线对应相交于点 1、2……8 和 9、10……16。最后,用直线和曲线连接有关各点,即得到后侧面的展开图。

其他三个侧面展开图的作法基本相同,只是应该注意,作

左、右侧面的展开图时,其垂直方向各素线间的距离应按主视图上中性层轮廓线上对应点间的弧长量取。

50. 如何作矩形口弧面弯管的展开图?

图 2-83 是矩形口弧面弯管的投影图。构件的左、右侧面是圆柱面,前侧面是直纹曲面,后侧面是平面,主视图中显示它的实形。

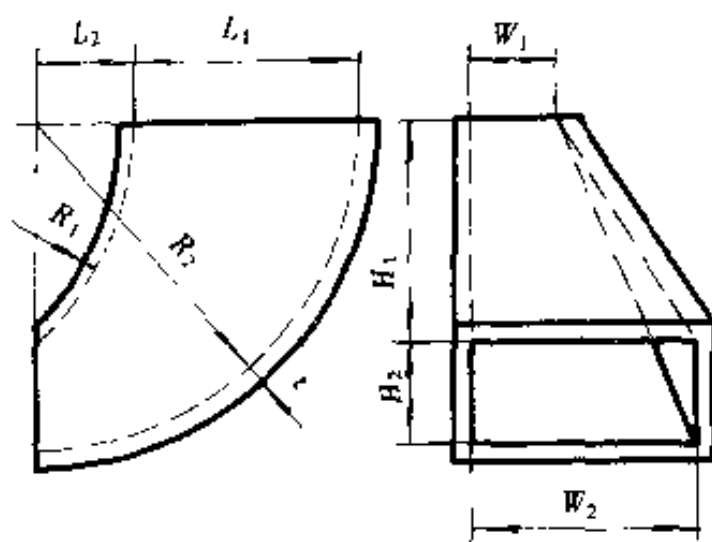


图 2-83 矩形口弧面弯管

图 2-84 是构件的放样图和展开图。放样图中,先按构件的里皮尺寸画出弯管的主、左视图,并在主视图里皮轮廓线的外侧用细实线加画出中性层的轮廓线。

左、右侧面的展开图用平行线法绘制,沿素线方向按里皮尺寸,沿弧长方向则按中性层尺寸。首先将主视图中两条里皮轮廓线四等分,得等分点 a' 、 b' …… e' 和 $1'$ 、 $2'$ …… $5'$,作出各分点的侧面投影。在主视图上,由里皮轮廓线上各分点沿圆弧法线方向作出中性层上各分点。然后,在左视图中弯管后表面投影的延长线上取点 a_0 、 b_0 …… e_0 ,使它们相邻两点间的距离等于主视图上中性层轮廓线上相应两点间的弧长。过点 a_0 、 b_0

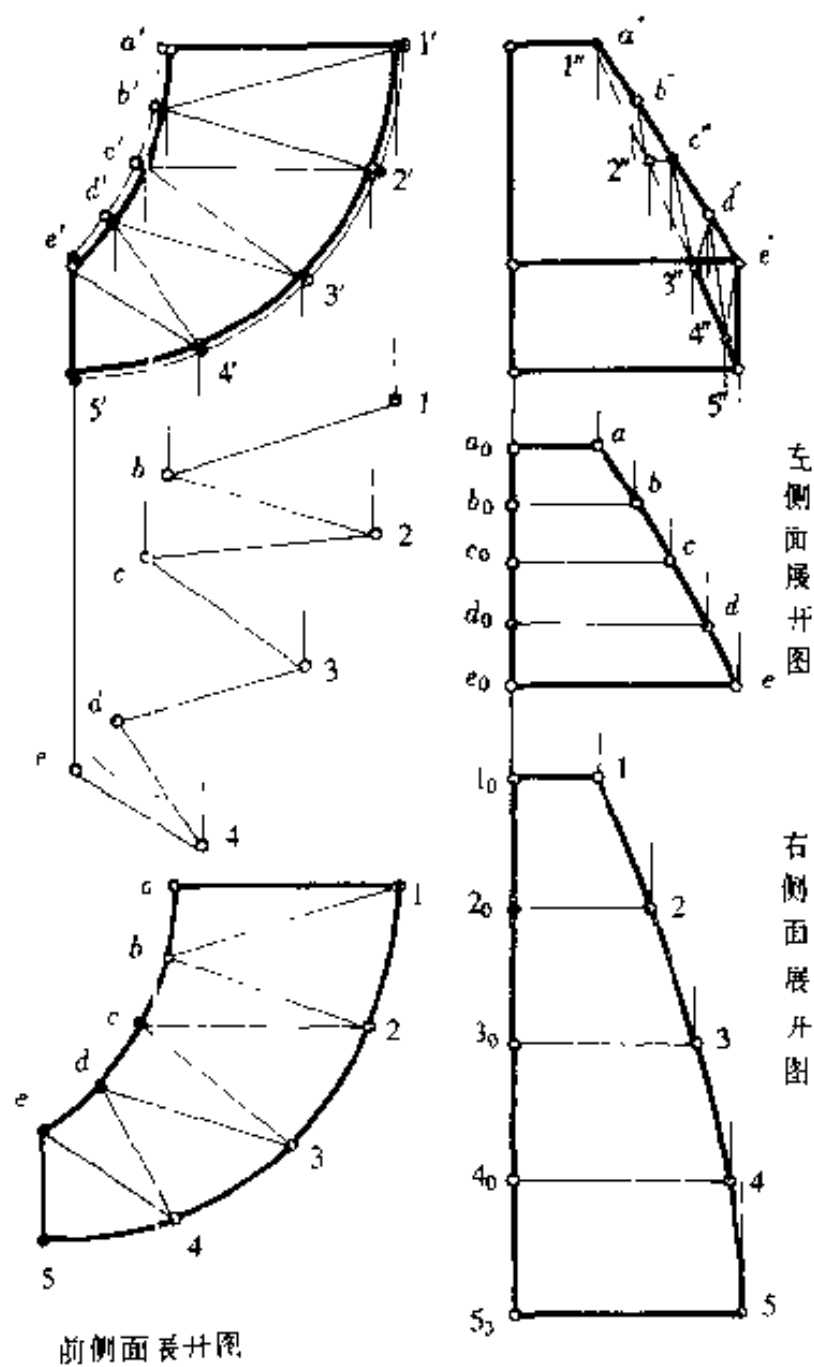


图 2-81 矩形口弧面弯管的展开

…… e_0 作水平线, 它们分别与过左视图中 a'' 、 b'' …… e'' 所作垂线相应交于点 a 、 b …… e 。用曲线依次连接它们, 即得左侧面的展开图。右侧面展开图的作法与左侧面基本样同。

前侧面的展开图用三角线法绘制。首先, 在两视图中用直线连接对应分点, 得到前侧面上的一组素线 $A I$ 、 $B II$ ……

EV 和一组对角线 $B1$ 、 $C1$ …… EV 。用直角三角形法作出各素线和对角线的实长,实长线图画在主视图的下方。最后用各素线和对角线的实长、左、右侧面展开图上曲线 ab 、 bc ……和 12 、 23 ……的弧长依次拼画出各三角形的实形,并用曲线连接点 a 、 b …… e 和 1 、 2 …… 5 ,即得前侧面的展开图。

后侧面的展开图与放样图的主视图形状相同。

51. 如何作裤形弧面三通管的展开图?

图 2-85 是裤形弧面三通管的投影图。三通管的上口是矩形,前侧两端口都是方形。构件前、后两侧面是同轴的圆柱面,左、右外侧和内侧表面则是由圆柱面和平面构成的柱面。

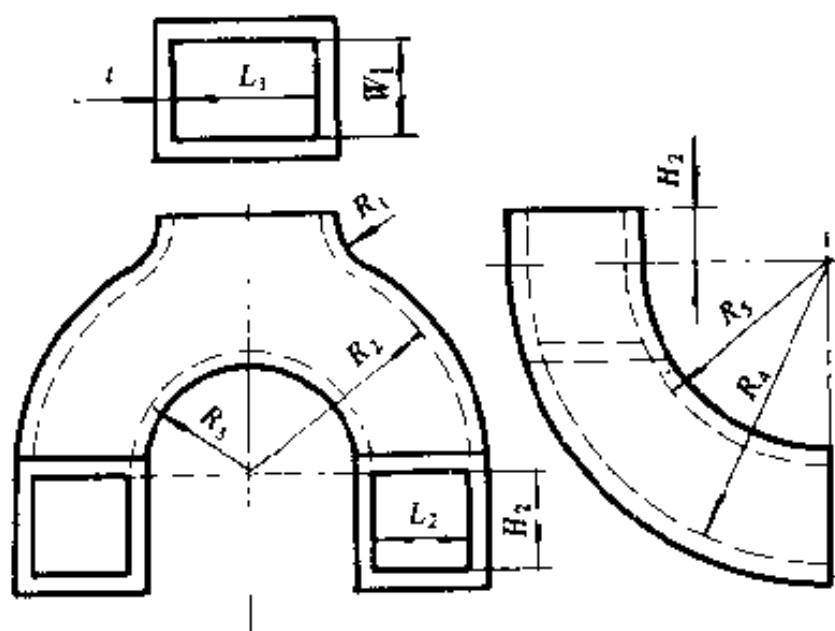


图 2-85 裤形弧面三通管

图 2-86 是构件的放样图和展开图。绘制放样图时,先按里皮尺寸绘出三通管的主、左视图,再用细实线在里皮轮廓线外侧加画中性层的轮廓线。

各表面的展开图均用平行线法绘制。绘制前、后侧面的展开图时,首先将放样图左视图前侧面轮廓线分为七段,后侧面

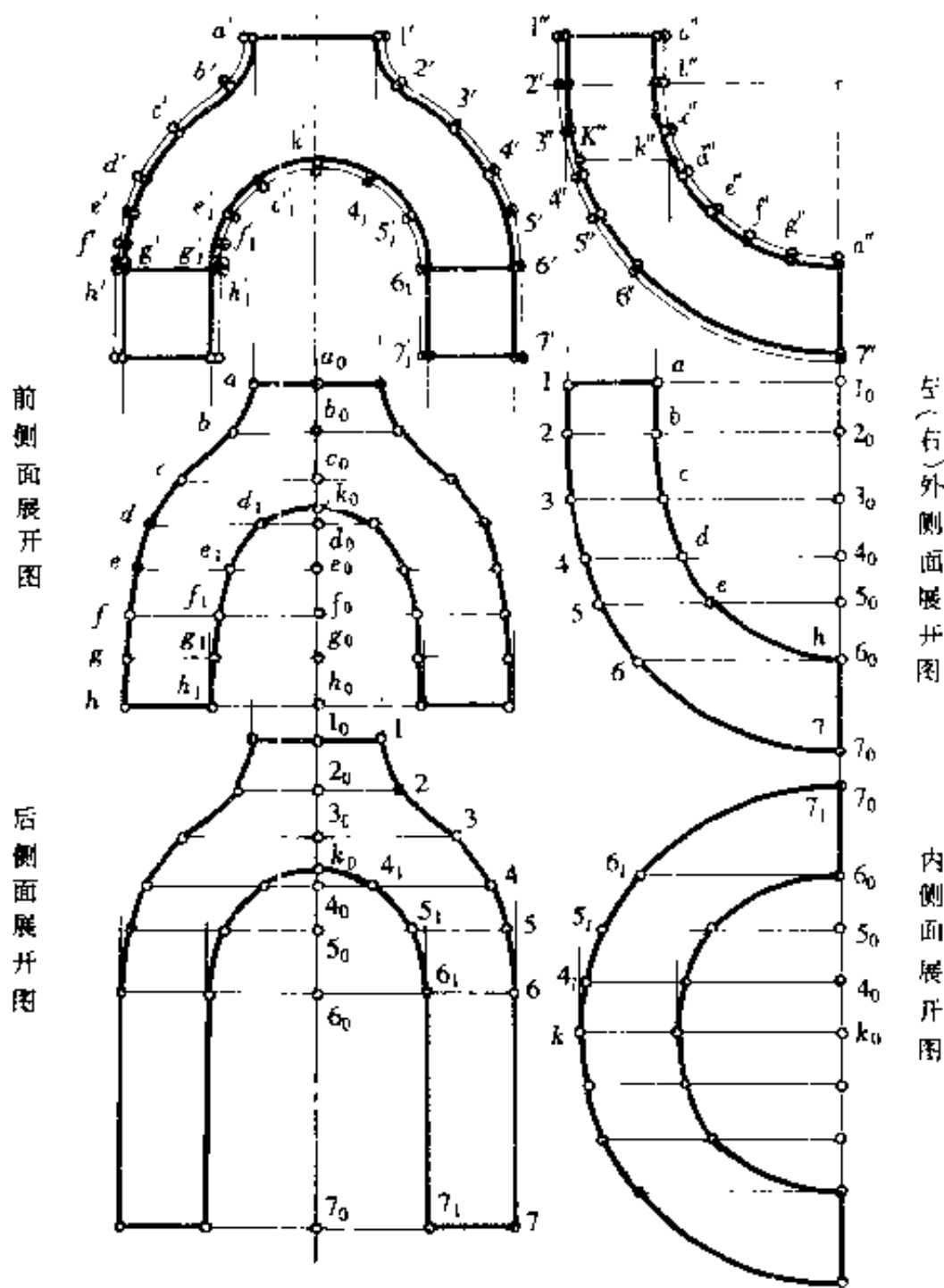


图 286 钟形弧面三通管的展开

轮廓线分为六段,得到分点 $1''$ 、 $2''$ …… $7''$ 和 a'' 、 b'' …… h'' ,令两轮廓线上的对应分点 $a''1''$ 、 $b''2''$ ……的连线是水平线。作出各分点的正面投影。为了图形清晰, a' 、 b' …… h' 标在左半, $1'$ 、 $2'$ …… $7'$ 标在右半。二通管内侧面的各分点分别标为 k' 、 d' 、 e' 、…… h' ,和 $4'$ 、 $5'$ 、…… $7'$ 。过各分点沿其所在表面的法线方

向外移,得到中性层轮廓线上的对应分点。在主视图对称中心线的延长线上取点 a_0 和 l_0 ,从这两点开始连续量取线段 a_0b_0 、 b_0c_0 …… g_0h_0 和 l_02_0 、 2_03_0 …… 6_07_0 ,令它们的长分别等于左视图上中性层轮廓线上各弧段 $a''b''$ 、 $b''c''$ …… $g''h''$ 和 $1''2''$ 、 $2''3''$ …… $6''7''$ 的弧长。过所作各线段的端点分别作水平线,它们与过主视图中各有关分点所作垂直线对应交于点 a 、 b …… h ; d_1 、 e_1 …… h_1 和 1 、 2 …… 7 ; 4_1 、 5_1 …… 7_1 。最后用曲线分别连接各组点,即得到前、后侧面的展开图。

左(右)外侧面和内侧面的展开图作法与上述过程类似,读者可参照图例自行分析。

52. 如何作圆顶矩形底接头的展开图?

图 2-87 是圆顶矩形底接头的投影图和展开图。构件上口是圆、下口是矩形,其前后和左右均不对称。顶圆的十字中心线与圆的四个交点将圆分为四段圆弧,每个交点与下口矩形的一条边形成一个三角形平面;每段圆弧与下口矩形的一个顶点形成一块椭圆锥面。接头管壁则由这四个平面和四块椭圆锥面交替围成。

绘制展开图时,首先将构件顶圆十二等分,把相应等分点与下口矩形的对应顶点用直线连接起来,即得到各椭圆锥面上的等分素线。然后用直角三角形法作出各等分素线的实长,实长线图画在主视图的右侧。下口矩形各边及上口各等分弧段的实长显示在俯视图中。由各等分素线实长,等分弧段弧长和矩形边长,运用三角线法,依次拼画出各三角形平面和椭圆锥面片的实形,即得构件的展开图。图 2-87 中的展开图是从素线 $A I$ 处切开绘制的。

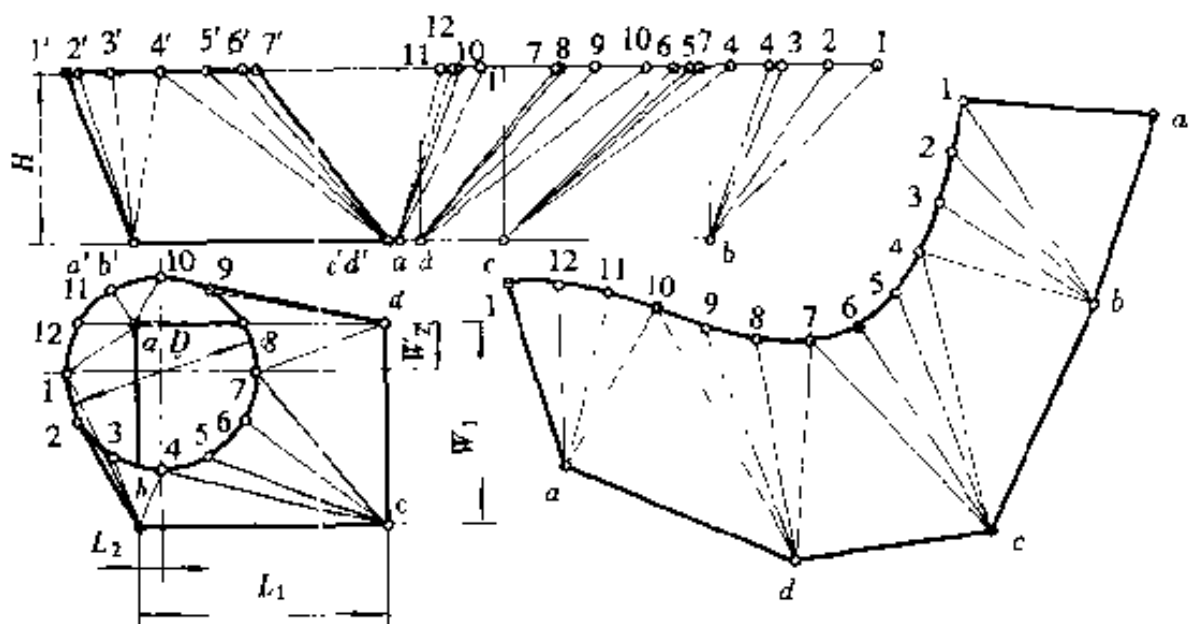


图 2 87 圆顶矩形底接头的展开

53. 如何作圆顶矩形斜底接头的展开图?

图 2-88 是圆顶矩形斜底接头的投影图和展开图。接头顶圆上四个点 I 、 W 、 M 、 M_1 把顶圆分成四段圆弧, 这四点与下口矩形的对应边形成四个平面三角形; 四段圆弧与矩形的对应顶点形成四片椭圆锥面。接头表面则由这四个平面和四个椭圆锥面交替围成。为使交接处不产生折棱, 要求经过上口四个分点的圆的切线需与矩形的对应边共面。这四点的确定方法是: 矩形的边 AD 和 BC 平行于顶圆, 其对应的顶圆分界点应是水平中心线与顶圆的交点 I 和 W 。矩形的边 AB 和 CD 不平行于顶圆, 将两边延长, 作出它们和顶圆所在平面的交点 N 和 N_1 , 过点 N 和 N_1 作顶圆的切线, 其切点 M 和 M_1 就是另两个分界点。

接头的展开图用三角线法绘制。首先将顶圆分为十二等分, 用直线分别将矩形的各顶点与圆上的对应分界点和等分点连接起来, 得到各三角形平面和椭圆锥面的分界素线和等

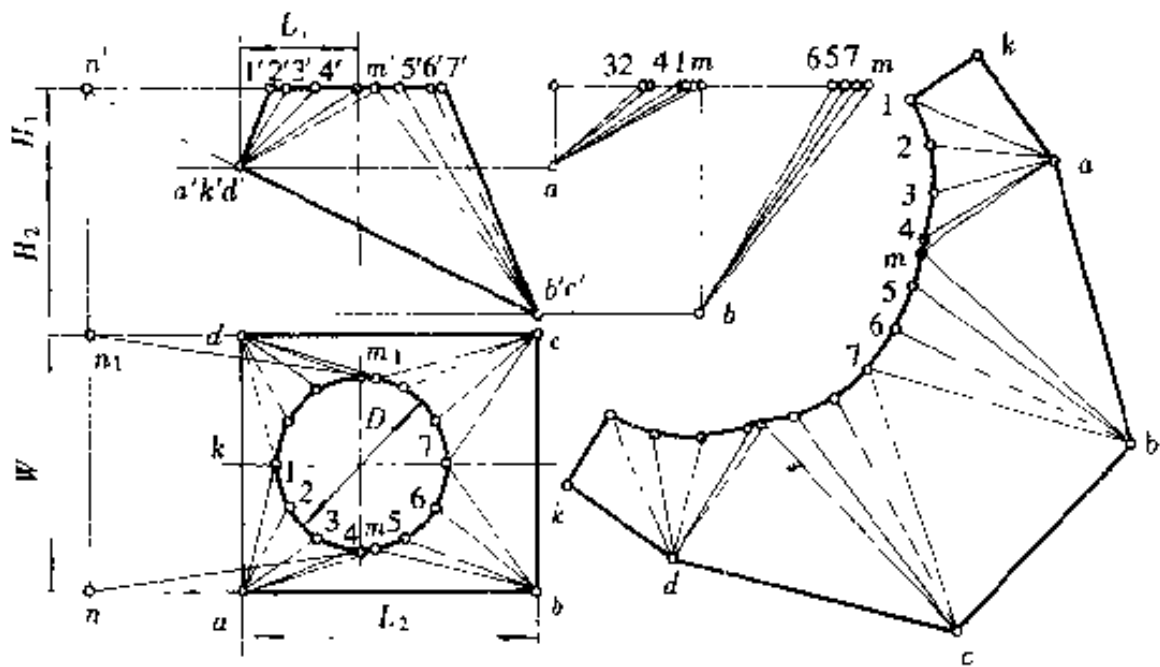


图 2-88 圆顶矩形釜底接头的展开

分素线。然后,用直角三角形法作出各素线的实长,实长线图画在主视图的右侧,由于构件前后对称,只需求作出前半上九条素线的实长。矩形的边分别在主、俯视图中显示实长。上口各等分弧段的弧长反映在俯视图中。最后用各有关实长依次拼画出各三角形平面和椭圆锥面的实形,即得接头的展开图。展开图是从 IK 处切开绘制的, IK 的正面投影显示它的实长。

54. 如何作圆顶两方底裤形三通管的展开图?

图 2-89 是圆顶两方底裤形三通管的投影图和展开图。三通管形状左、右对称,它的一半相当于上口是圆,下口是矩形的异形接管被三通管的对称面切去一角而形成。上口圆十字中心线和圆的四个交点将圆分为四段圆弧,四个交点分别与下口矩形的对应边形成三角形平面,四段圆弧分别与下口矩形的对应顶点形成椭圆锥面。

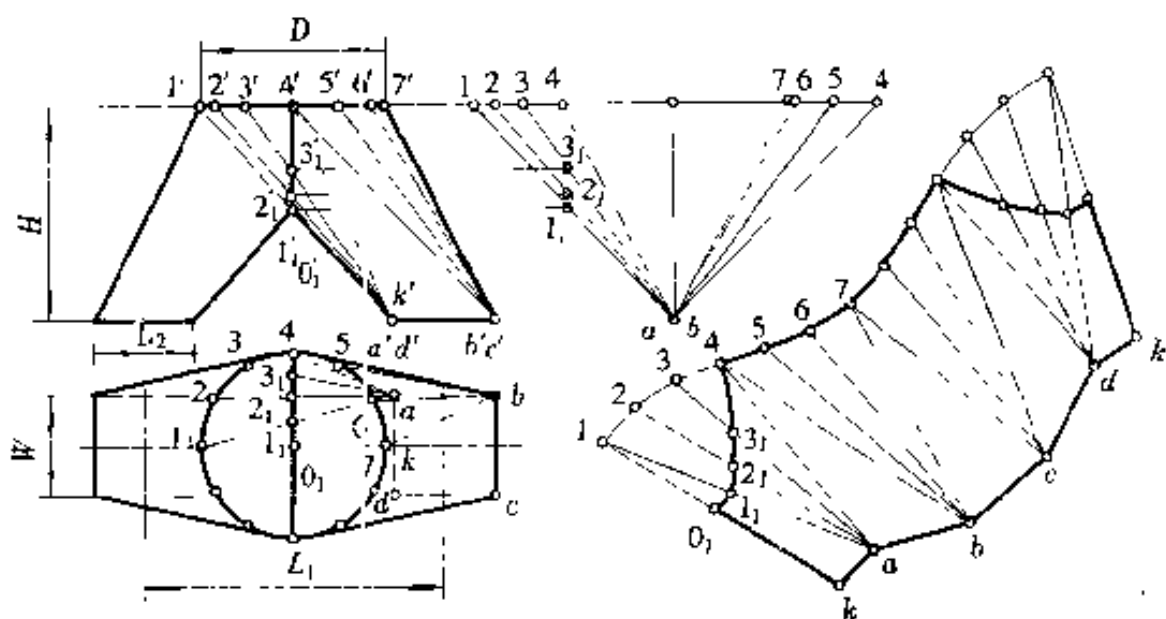


图 2-89 圆顶四方鞍形三通管的展开

三通管的展开图用三角线法绘制。首先将上口圆十二等分,把各等分点与下口矩形的对应顶点用直线连接起来,得到各平面和椭圆锥面上的分界素线和等分素线,其中 A I、A II 和 A III 三条素线与对称面的交点为 I₁、II₁ 和 III₁。用直角三角形法作出各素线的实长以及点 I₁、II₁ 和 III₁ 在相应素线实长线上的位置,实长线图画在主视图的右侧,由于构件前后对称,所以只作出后半八条素线的实长。矩形各边的实长及上口等分圆弧的弧长显示在俯视图上。然后,用各素线的实长、等分弧长和矩形边长依次拼画出各三角形平面和椭圆锥面的实形,并在素线 a1、a2、a3 和直线 K1 上确定出点 1₁、2₁、3₁ 和 o₁ 的位置。将有关各点用直线和曲线连接起来,即得半个三通管的展开图。

55. 如何作圆斜顶圆底接头的展开图?

图 2-90 是圆斜顶圆底接头的投影图和展开图。下端口处于水平位置,上端口与底面夹 α 角。接头表面是直纹曲面,本

例中按切线曲面设置其素线,用三角线法展开。

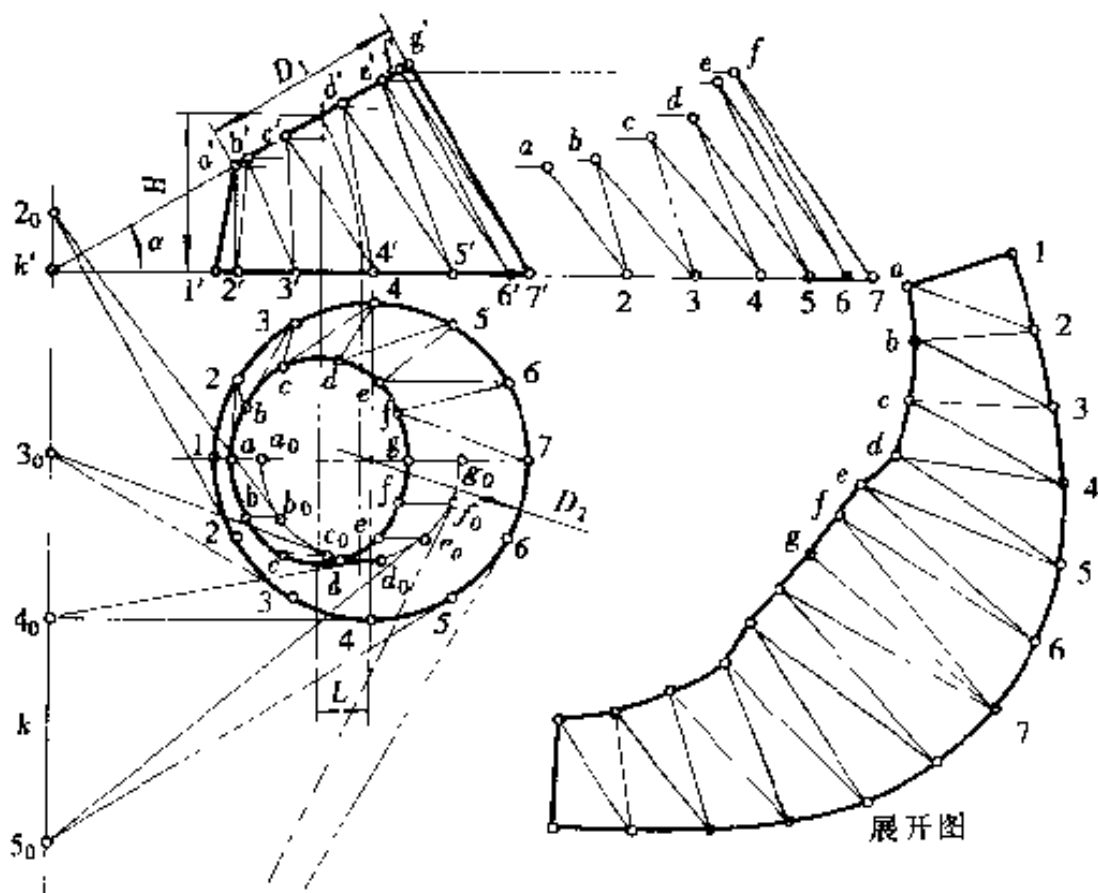


图 2-99 圆斜顶圆底接头的展开

绘制接头的展开图时,首先以两端口圆所在平面的交线 K 为轴线,用旋转法将上端口圆旋转到与 H 面平行的位置,用细实线画出旋转后圆的水平投影。将下端口圆的水平投影十二等分,过各等分点 $1、2、\dots$ 作圆的切线,它们与旋转轴线分别交于点 $1_0、2_0、\dots$ 过这些交点再分别作上端口圆旋转后水平投影的切线,其切点分别是 $a_0、b_0、\dots$ 过各切点作水平线,与上端口圆的水平投影交于点 $a、b、\dots$ 接着作出两端口圆上各分点的正面投影 $a'、b'、\dots$ 和 $1'、2'、\dots$ 用直线连接两圆上相应的分点,得到接头表面上的一组素线 $A\text{I}、B\text{II}、\dots$ 和一组对角线 $A\text{II}、B\text{III}、\dots$ 然后用直角三角形法作出各素线和各对角线的实长,实长线图画在主视图的右侧。两端口圆

上各弧段的弧长分别显示在俯视图或旋转后的水平投影圆上。最后用各素线和对角线的实长、各弧段的弧长,依次拼画出各三角形的实形,并用曲线连接点 a, b, \dots 和 $1, 2, \dots$ 即得接头的展开图。

56. 如何作两节圆顶椭圆底弯管的展开图?

图 2-91 是两节圆顶椭圆底弯管的投影图和展开图。构件中的管 I 是圆柱管;管 II 是直纹曲面管,其上、下端口都是椭圆形

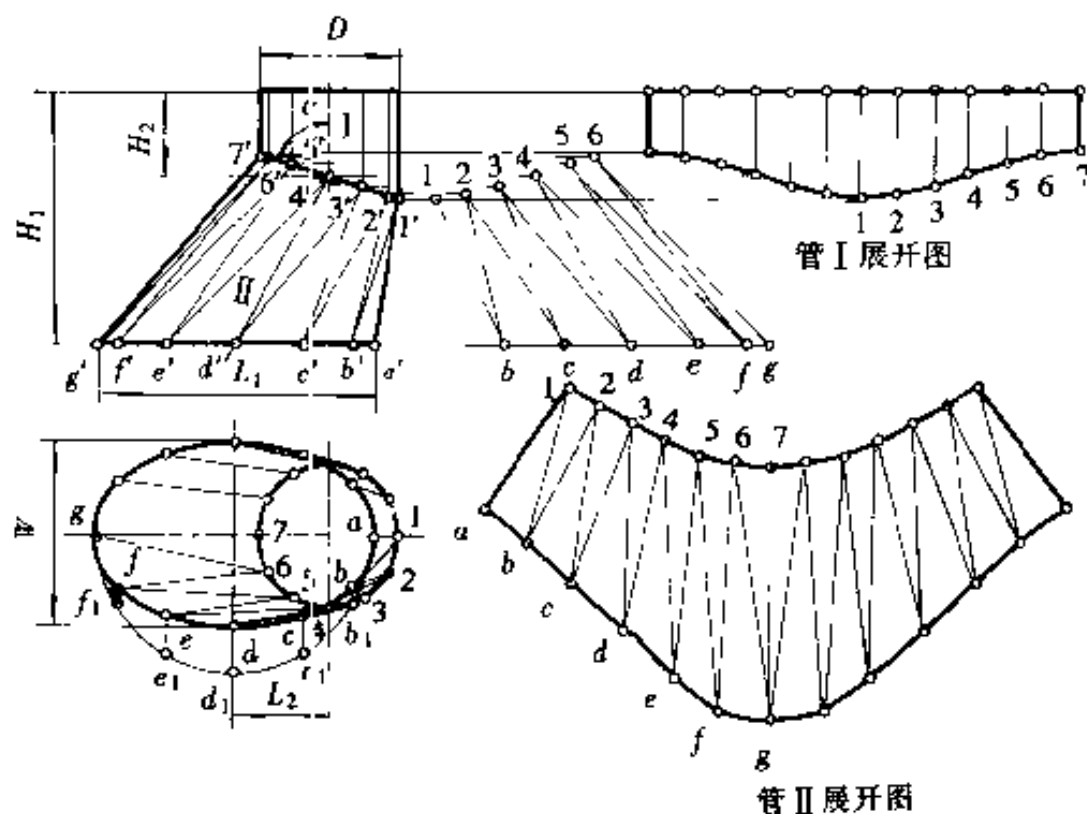


图 2-91 两节圆顶椭圆底弯管的展开

管 I 的展开图用平行线法绘制。先将其水平投影分为十二等分,过各分点的正面投影 $1', 2', \dots$ 作圆柱面的素线。然后,在上端口正面投影的延长线上取线段,令其长度等于管 I 的圆周长度。将它分为十二等分,过各等分点分别作垂直线,它们与过点 $1', 2', \dots$ 所作的水平线分别对应交于点 $1, 2$

……最后用曲线连接它们,即得管Ⅰ的展开图。

管Ⅱ的展开图用三角线法绘制。首先在俯视图上,以下口椭圆长轴为直径画半圆,并将其六等分,过各分点作短轴的平行线与椭圆交于点 a 、 b ……它们的正面投影为 a' 、 b' ……用直线连接管Ⅱ上、下端口的对应分点,得到管壁曲面上的一组素线 A Ⅰ、 B Ⅰ……和一组对角线 B Ⅰ、 C Ⅰ……用直角三角形法作出各素线和对角线的实长,实长线图画在主视图的右边。下端口各椭圆弧段的长度显示在俯视图中,上端口各椭圆弧段的长度显示在管Ⅰ的展开图中。然后用各有关实长用三角线法依次拼画出各三角形的实形,并用曲线连接点 1 、 2 ……和 a 、 b ……即得管Ⅱ的展开图。

57. 如何作圆柱管直交矩形锥管的展开图?

图 2-92 是圆柱管直交矩形锥管的投影图和展开图。构件前、后和左、右均对称。圆柱管和矩形锥管具有公共的轴线,它们间的结合线的水平投影是圆,正面投影的求作方法是:先在俯视图上将圆柱管的投影圆分为十六等分,在右、前部四分之一圆弧上得等分点 1 、 2 …… 5 ,把各等分点与点 s 连直线,它们与矩形下口分别交于点 a_1 、 b_1 ……棱线 d_1k 与投影圆交于点 k ,然后,作出下口上各点 a_1 、 b_1 …… f_1 的正面投影 a'_1 、 b'_1 …… f'_1 ,并把它们与点 s' 连直线。把点 1 、 2 …… 5 及点 k 投影到正面投影中对应直线上,得到点 $1'$ 、 $2'$ …… $5'$ 及 k' 。最后用曲线连接 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 k' ,用直线连接 k' 、 $4'$ 、 $5'$,并作出左半的对称图形,则完成结合线的作图。

圆柱管的展开图用平行线法绘制。先在主视图上 11 延长线上截取长度为 πD 的直线并将其十六等分,过各等分点作垂直素线,并在适当位置加画过点 K 的素线,然后过主视图

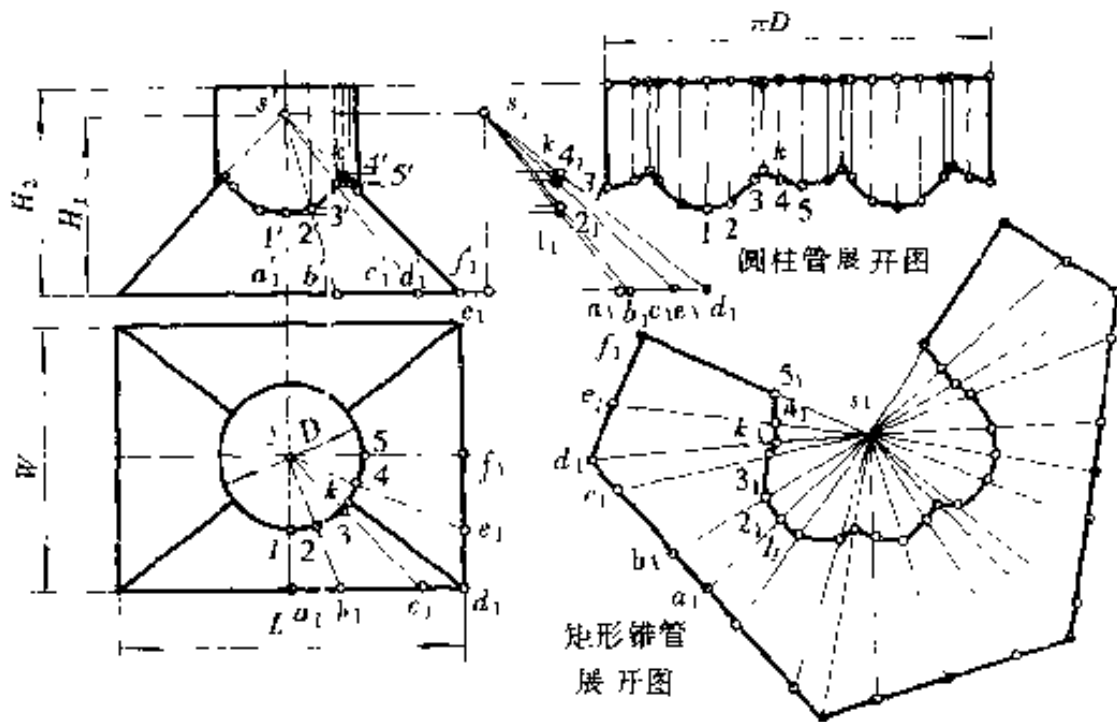


图 2-92 圆柱管直交矩形锥管的展开

上 $1'$ 、 $2'$ …… $5'$ 和 k' 点作水平线与展开图中相应素线对应相交于点 1 、 2 …… 5 和 k ，把这些点用曲线连接起来，即得圆柱管的展开图。

矩形锥管的展开图用放射线法绘制。先用直角三角形法求出结合线上各点所在线段 $A_1 I$ 、 $B_1 O$ ……的实长，实长线图画在主视图的右侧。然后，先作出整体矩形锥管的展开图（从 $F-V$ 线段处切开绘制），再把俯视图由 a_1 、 b_1 …… f_1 各点移画至展开图的对应轮廓线上，并把这些点与中心 s_1 连直线。最后把所求各段实长量至对应直线上，得到点 1_1 、 2_1 …… 5_1 和 k_1 ，把这些点用曲线连接起来，即完成矩形锥管的展开图。

58. 如何作方柱管直交圆锥管的展开图？

图 2-93 是方柱管直交圆锥管的投影图和展开图。构件由

轴线互相平行的方柱管和圆锥管相交构成,结构前、后对称。结合线的水平投影是正方形,其正面投影的求法是:先把圆锥底圆十二等分,在俯视图上把各分点 1、2……7 与锥顶 s 连直线,它们与结合线的水平投影交于点 $a、b……g$ 。过 s 点与正方形顶点 k 连线,并与底圆交于点 m 。作出底圆上各点的正面投影 $1'、2'……7'$ 和 m' ,并把它们与锥顶 s' 连直线。然后根据点与直线的从属关系,作出结合线上点 $A、B……G$ 和 K 的正面投影 $a'、b'……g'$ 和 k' ,在正面投影中用两段曲线连接有关各点,即完成结合线的作图。

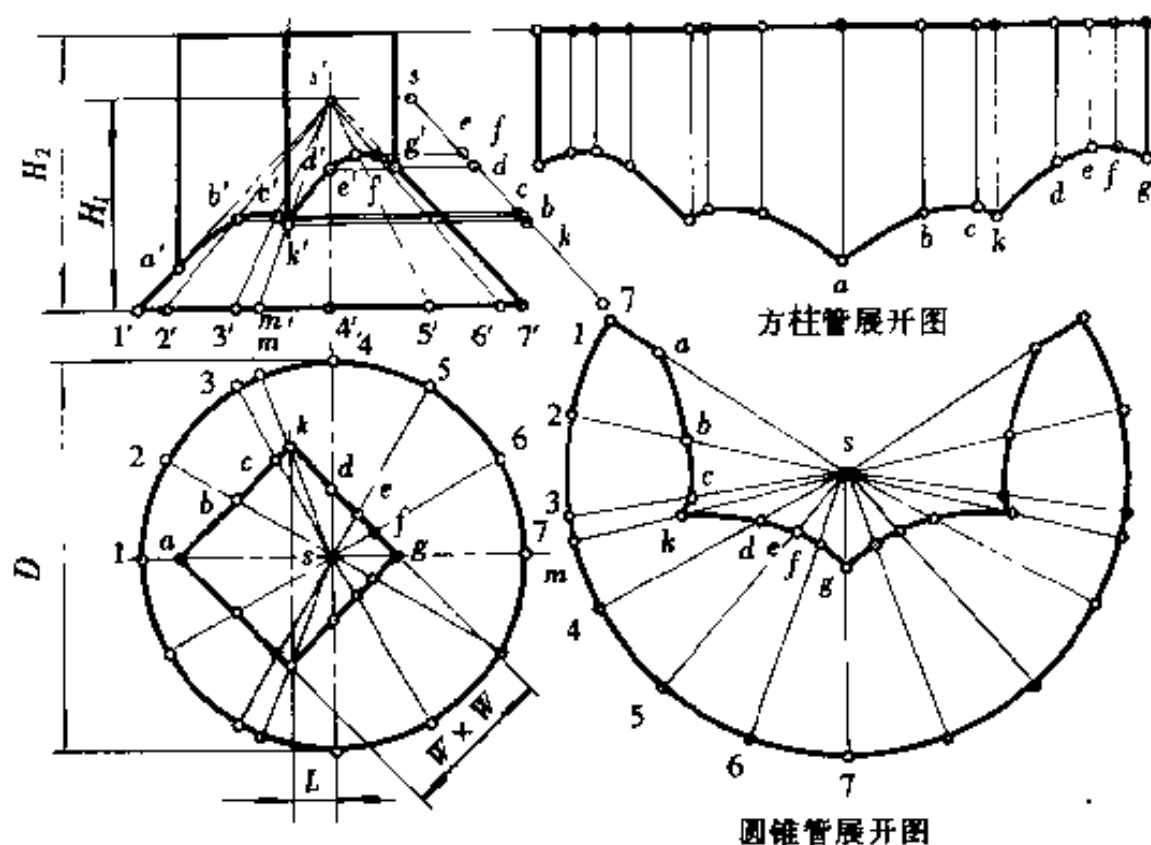


图 2-93 方柱管直交圆锥管的展开

方柱管用平行线法绘制其展开图。在方柱管正面投影上口的延长线上作线段,把方柱管水平投影各边的边长和边上的点都量取到线段上。过所量取的各点作垂直线,它们与过主视图结合线上点 $a'、b'……g'$ 和 k' 所作水平线对应交于点

a, b, \dots, g 和 k 。用曲线连接有关各点,即得到方柱管的展开图。

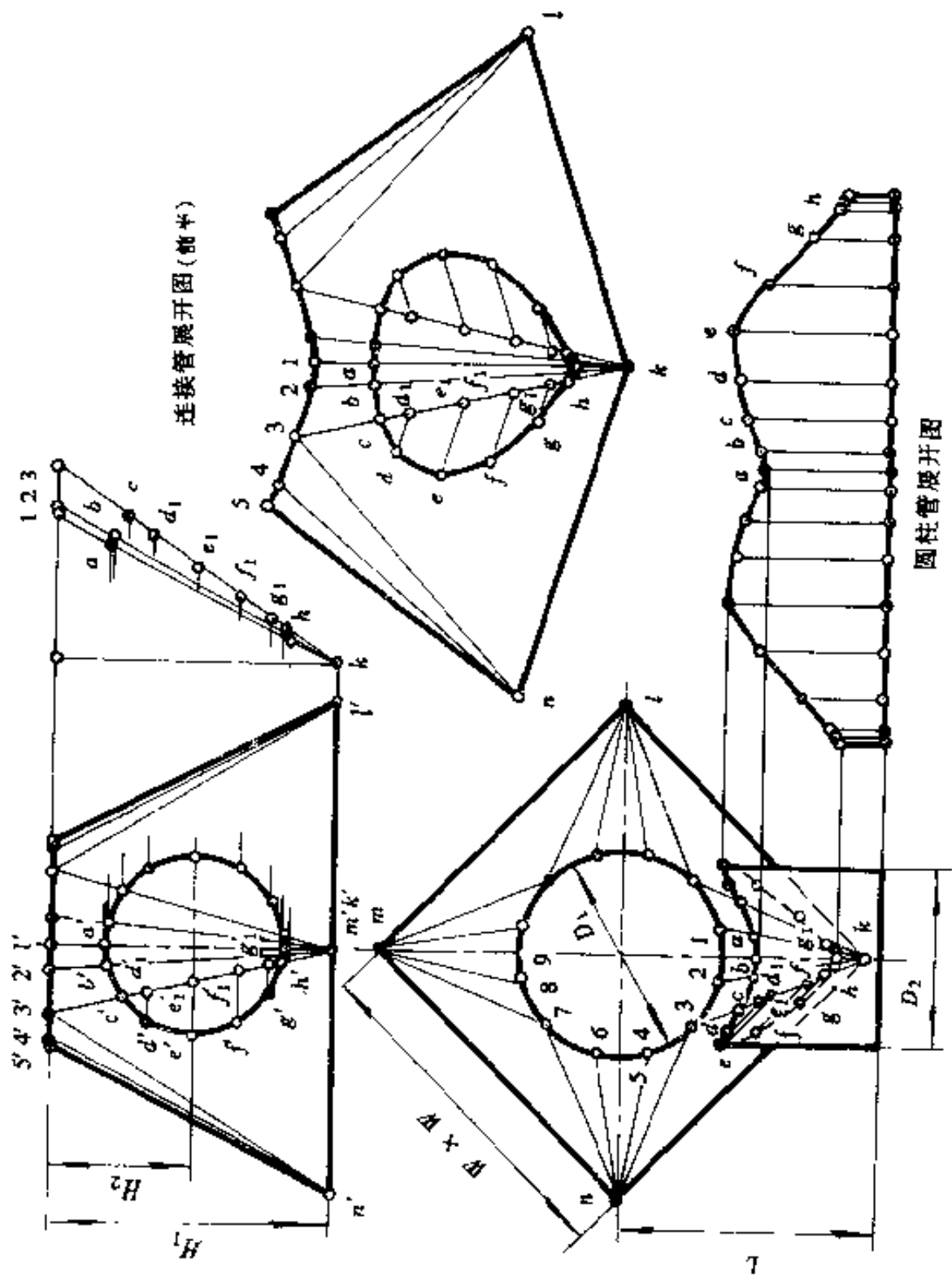
圆锥管的展开图用放射线法绘制。首先求出圆锥表面各素线的实长,为图形清晰,在主视图右侧作直线 $s7 // s'7'$,过结合线上点 $b', c' \dots f'$ 和 k' 作水平线,它们与 $s7$ 直线交于点 $b, c \dots f$ 和 k ,这些点到 s 点的距离即为相应线段的实长。素线 $A I$ 和 $G VI$ 的实长显示在主视图中。然后作出整体圆锥的展开图(从素线 $A I$ 处切开),并把底圆上的各点 $1, 2 \dots 7$ 和 m 量取到展开图圆弧上。把各点与中心 s 连线,并在其上分别取各素线段的实长,得到点 $a, b \dots g$ 和 k 。用曲线连接它们,即得圆锥管的展开图。

59. 如何作圆柱管正交顶圆底方连接管的展开图?

图 2-94 是圆柱管正交顶圆底方连接管的投影图和展开图。构件左、右对称。结合线的正面投影为圆形,水平投影需求作。连接管的表面由四个三角形平面和四个椭圆锥面围成。

先作出结合线的水平投影。把连接管顶圆十二等分,用直线将各分点 $I, II \dots$ 与底面的对应顶点相连接,得到连接管上椭圆锥面的各条素线,其中素线 $K I, K II, K III$ 和圆柱管相交于点 A, B, C ,作出这三点的水平投影 a, b, c 。再将圆柱管的正面投影圆分为十二等分,过其中的分点 $d', e' \dots g'$ 分别作水平线,它们与素线 $k' 3'$ 相交于点 $d'_1, e'_1 \dots g'_1$ 。作出这些水平线的水平投影,它们与过点 $d', e' \dots g'$ 所作垂直线相应交于点 $d, e \dots g$,用曲线连接 $a, b \dots$ 各点,即完成结合线的水平投影。

圆柱管的展开图用平行线法绘制。先在圆柱管端口水平投影的延长线上取长度为 πD_2 的线段,将端口正面投影中各



连接管展开图(前半)

圆柱管展开图

图 2-91 圆柱管正交顶圆底方连接管的展开

段圆弧的弧长依次量取到此线段上。过各端点分别作垂直线，它们与过结合线水平投影中各点所作水平线对应交于点 a 、 b ……用曲线连接它们，即得圆柱管的展开图。

绘制连接管的展开图时，先用直角三角形法作出素线 $K\text{I}$ 、 $K\text{II}$ 和 $K\text{III}$ 的实长，以及其上各点 A 、 B 等在实长线上的位置。连接管上口各弧段和下口直线的实长均显示在俯视图中。然后用各有关实长按三角线法作出连接管前半部分的展开轮廓，并将各素线上的点按其在实长线上的位置量取到展开图上。过其中的点 d_1 、 e_1 …… g_1 作边 kn 的平行线，并在各平行线上取点 d 、 e …… g ，使 dd_1 、 ee_1 …… gg_1 的长度等于俯视图中对应线段的长度。最后用曲线连接有关各点，即得到连接管上结合线的展开轮廓曲线。

60. 如何作异径斜交三通管的展开图？

图 2-95 是异径斜交三通管的投影图和展开图。直径不同的两个圆柱管斜交，它们间结合线的侧面投影与管 I 投影重合，结合线的正面投影需求作：首先以管 I 上端口投影长为直径画半圆并将其六等分，过各等分点 I_0 、 I_1 ……作出管 I 等分素线的正面和侧面投影。等分素线的侧面投影与管 I 投影交于点 $1''$ 、 $2''$ ……过这些点分别作出水平线，它们与主视图中的对应等分素线交于点 $1'$ 、 $2'$ ……它们的连线为结合线的正面投影。

管 I 的展开图用平行线法绘制，各等分素线的实长反映在主视图中。具体作图方法请读者自行分析。

管 II 只画出其结合线切孔的展开图。先在主视图中管 I 右端口投影的延长线上连续量取线段 1_12_1 、 2_13_1 和 3_14_1 ，使其长度对应等于左视图中弧段 $1''2''$ 、 $2''3''$ 和 $3''4''$ 的弧长，过各线

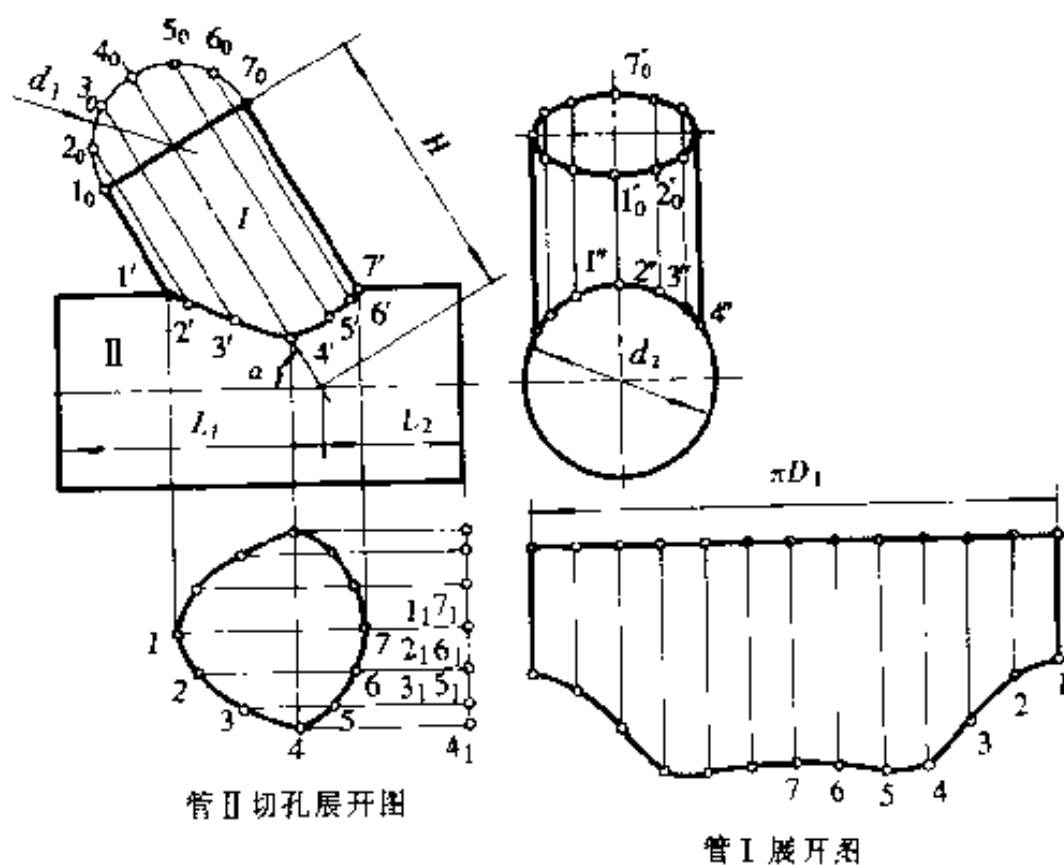


图 2-95 异径斜交三通管的展开

段的端点 $1_1, 2_1, \dots$ 作水平线, 分别与过 $1', 2', \dots$ 所作垂直线对应交于点 $1, 2, \dots$ 用曲线连接有关各点, 即得管 II 切孔的展开图。

61. 如何作圆锥圆柱正交三通管的展开图?

图 2-96 是圆锥圆柱正交三通管的投影图和展开图。三通管由垂直圆锥管和水平圆柱管相交构成, 结合线的侧面投影与水平圆柱管侧面投影重合, 正面投影需求作: 以圆锥管上口侧面投影长为直径画半圆并将其六等分。借助于各等分点作出圆锥管的等分素线, 它们与圆柱管的侧面投影交于点 $a'', b'' \dots$ 由这些点作出它们的正面投影 $a', b' \dots$ 连线后即为止合线的正面投影。

圆柱管切孔的展开图用平行线法绘制。首先在主视图轴

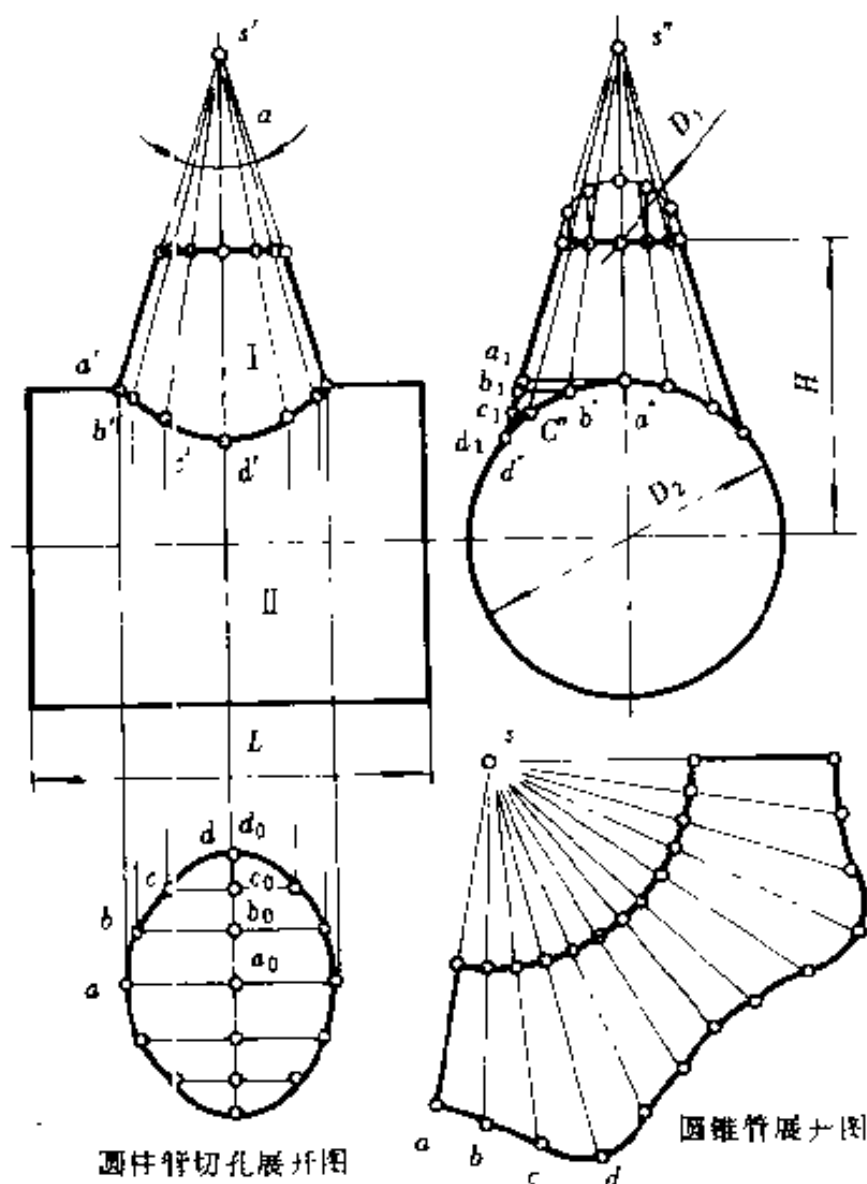


图 2-96 圆锥圆柱上交三通管的展开

线的延长线上依次取线段 a_0b_0 、 b_0c_0 和 c_0d_0 ，使其长度对应等于左视图中弧段 $a''b''$ 、 $b''c''$ 和 $c''d''$ 的弧长。过点 a_0 、 b_0 ……作水平线，它们与过点 a' 、 b' ……所作垂直线对应相交于点 a 、 b ……用曲线连接各交点，即得圆柱管切孔的展开图。

圆锥管的展开图用放射线法绘制。具体作图步骤请读者自行分析。

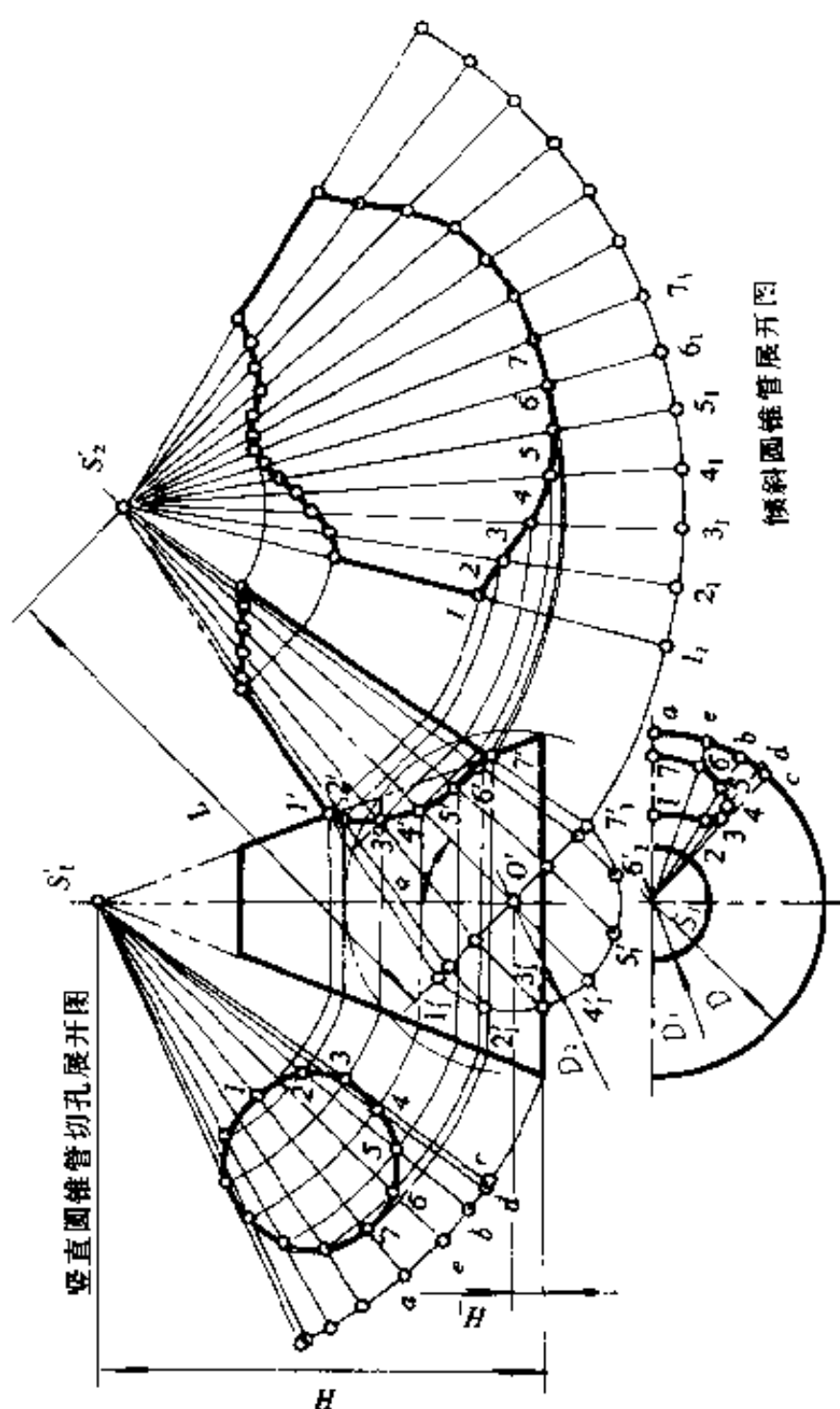


图 2-97 两圆锥管斜交三通管的展开

62. 如何作两圆锥管斜交三通管的展开图?

图 2-97 是两圆锥管斜交三通管的投影图和展开图。两圆锥管的轴线相交于点 O ，它们间的结合线用辅助球面法求取，其上点为 I、II……VII。两圆锥管均用放射线法进行展开。

倾斜圆锥管进行展开时，先过点 O 作出圆锥管正截面的实形并将其十二等分，过各等分点作出圆锥表面的一组等分素线，各素线与结合线相交于点 $1'$ 、 $2'$ ……然后以 S'_2 为锥顶、 L 为轴线长度的总体圆锥展开，各素线的展开位置为 $S'_2 1_1$ 、 $S'_2 2_1$ ……接着作出倾斜圆锥管结合线上各点的展开位置 1 、 2 ……和上、下各点的展开位置。最后用曲线连接有关各点，即得到倾斜圆锥管的展开图。

竖直圆锥管切口展开时，在俯视图将点 S'_1 与结合线上点 1 、 2 ……连直线，它们与锥底交于点 a 、 b ……然后以 S'_1 为中心，以圆锥左轮廓线长度为半径画圆弧，在其上的适当位置取点 a 。由点 a 开始依次向两端在圆弧上取点 e 、 b 、 d 、 c ，使各段弧长等于俯视图中对应弧段的长度。把 a 、 b ……各点与 S'_1 连直线，得到相应素线的展开位置。最后，过结合线上点 $1'$ 、 $2'$ ……作水平线交于圆锥左轮廓线上各点，以各交点到点 S'_1 的距离为半径，以点 S'_1 为圆心画同心圆弧，它们与相应展开素线交于点 1 、 2 ……把这些点用曲线连接起来，即得切孔的展开图。

63. 如何作同轴两圆柱面截断的正螺旋面的展开图?

图 2-98 是螺旋面的投影图和展开图。它的导程为 H 。内、外侧被两同轴圆柱面截断，形成两条圆柱螺旋线。该螺旋面可

用三角线法进行展开,本例中采用了简化作图方法。

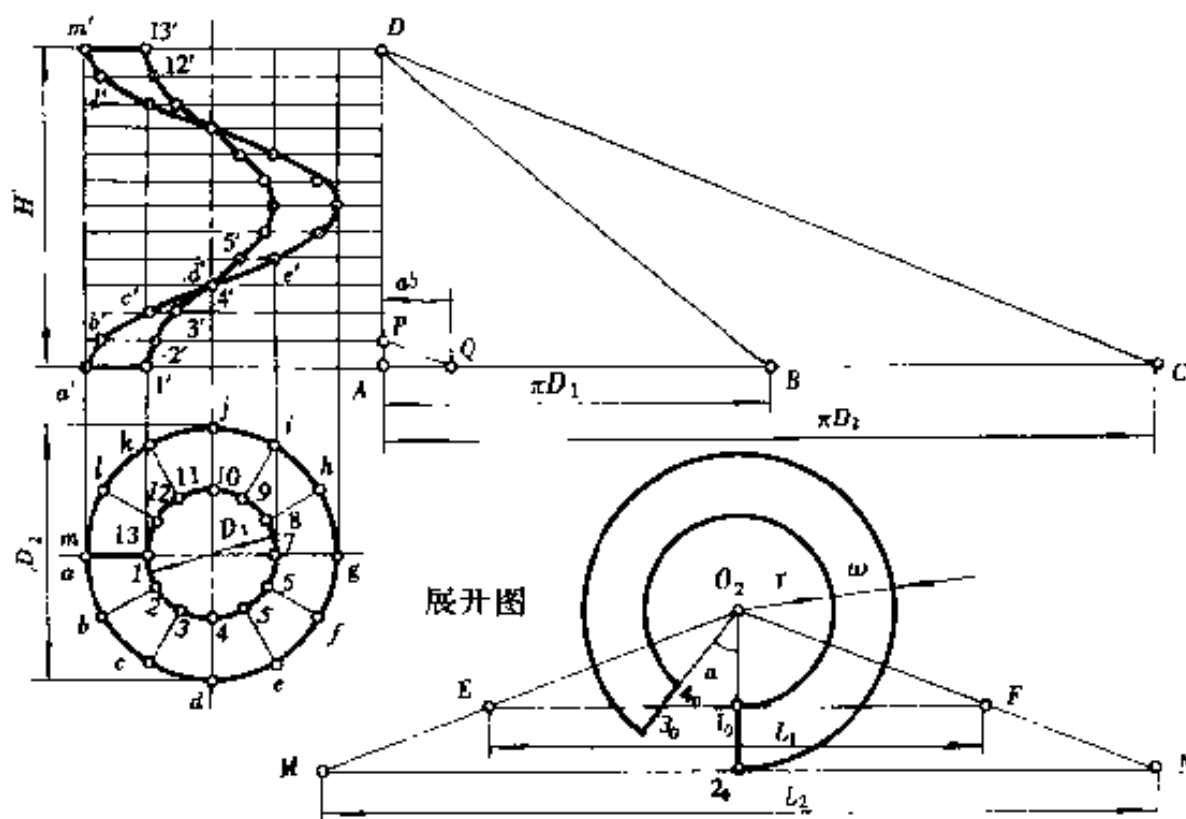


图 2-98 同轴两圆柱面截断的上螺旋面的展开

先求出两条圆柱螺旋线的实长,为此,作直角三角形 ABD 和 ACD ,其中, $AD=H$ 、 $AB=\pi D_1$ 、 $AC=\pi D_2$,斜边 DB 和 DC 分别为两螺旋线的实长。然后在适当位置作一等腰梯形 $EFNM$,使其上底的长 L_1 等于 DB ,下底长 $L_2=DC$,高等于 $(D_2-D_1)/2$ 。延长梯形的两腰交于点 O_2 ,过点 O_2 作梯形底的垂线并与它们分别交于点 1_0 和 2_0 。再以 O_2 为圆心,分别以 O_21_0 和 O_22_0 为半径作同心圆弧,并使大圆弧的弧长 $\widehat{2_03_0}$ 等于 L_2 (可利用 PQ 来量取),连接 O_23_0 与小圆弧交于点 4_0 ,即得到螺旋面的展开图。

展开图也可用计算法来绘制,图中:

$$L_1 = DB = \sqrt{H^2 + (\pi D_1)^2}$$

$$L_2 = DC = \sqrt{H^2 + (\pi D_2)^2}$$

$$W = (D_2 - D_1) / 2$$

$$r = wL_1 / (L_2 - L_1)$$

$$\alpha = 180 L_1 / \pi r (\text{度})$$

64. 如何作同轴两圆锥面截断的正螺旋面的展开图?

图 2-99 是螺旋面的投影图和展开图。它的导程为 H 。内、外侧被两同轴圆锥面截断, 形成两条圆锥螺旋线。

展开图用三角线法绘制。首先把螺旋面的导程 H 分为十二等分, 并由此把螺旋面划分为十二个四边形, 它们的水平投影为 $ab21$ 、 $bc32$ …… $lm1312$ 。作出各四边形的对角线 $a2$ 、 $b3$ …… $l13$ 。各四边形的直线边在俯视图中已显实长, 各对角线的实长用直角三角形法求得, 其中竖直直角边为导程的一个等分高度, 水平直角边为对角线的水平投影长。四边形中曲线边的实长通过把圆锥螺旋线展开的方法来获得, 具体方法是: 在主视图中 $a'(O)$ 右侧延长线上的适当位置取点 a_0 , 由 a_0 开始逐次量取分点 b_0 、 c_0 …… m_0 , 使其相邻两点间的距离等于俯视图中对应两点间的弧长。过点 a_0 、 b_0 …… m_0 作垂直线与相应的等分水平线交于点 a 、 b …… m , 用光滑曲线连接它们, 即得外侧螺旋线的展开长度。内侧螺旋线的展开长度按同样方法作出。

然后, 在适当位置从 $a1$ 边开始绘制展开图, 先分别以点 a 、 1 为圆心, 以对角线实长 $a2$ 和内侧螺旋线实长中的 12 为半径画弧交于点 2 ; 再分别以点 a 、 2 为圆心, 以外侧螺旋线实长中的 ab 和俯视图中的 $b2$ 为半径画弧交于点 b , 则完成一个

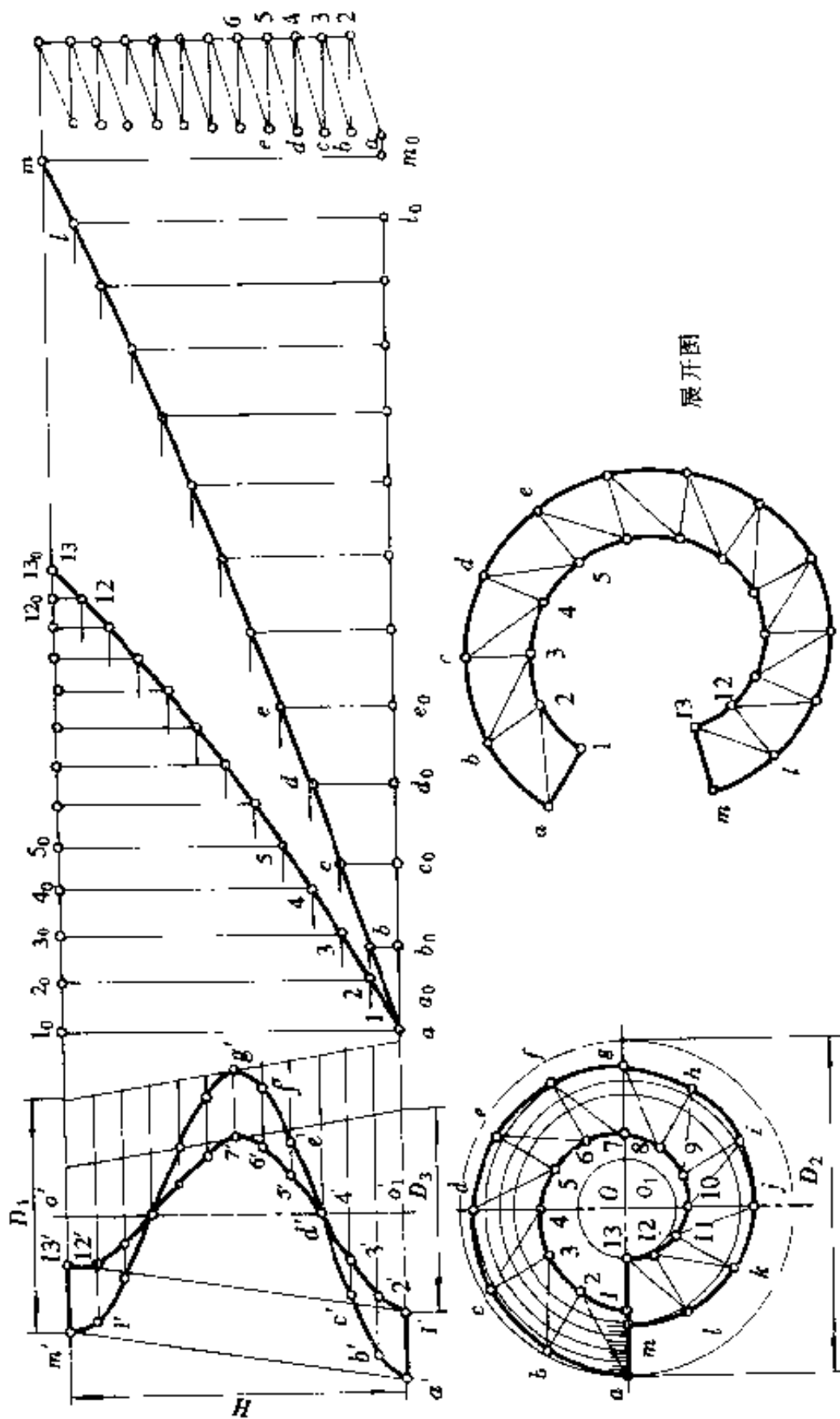


图 2-99 同轴两圆锥面截断的正螺旋面的展开

四边形的展开。按同样方法顺次展开其他各四边形，并用曲线连接有关各点，即得到螺旋面的展开图。

65. 如何作斜螺旋面的展开图？

图 2-100 是斜螺旋面的投影图和展开图。斜螺旋面被两同轴圆柱面所截断，内、外侧为两条圆柱螺旋线。它的导程为 H ，直母线与轴线的夹角为 $\text{Arctg}[2H_1/(D_2-D_1)]$ 。

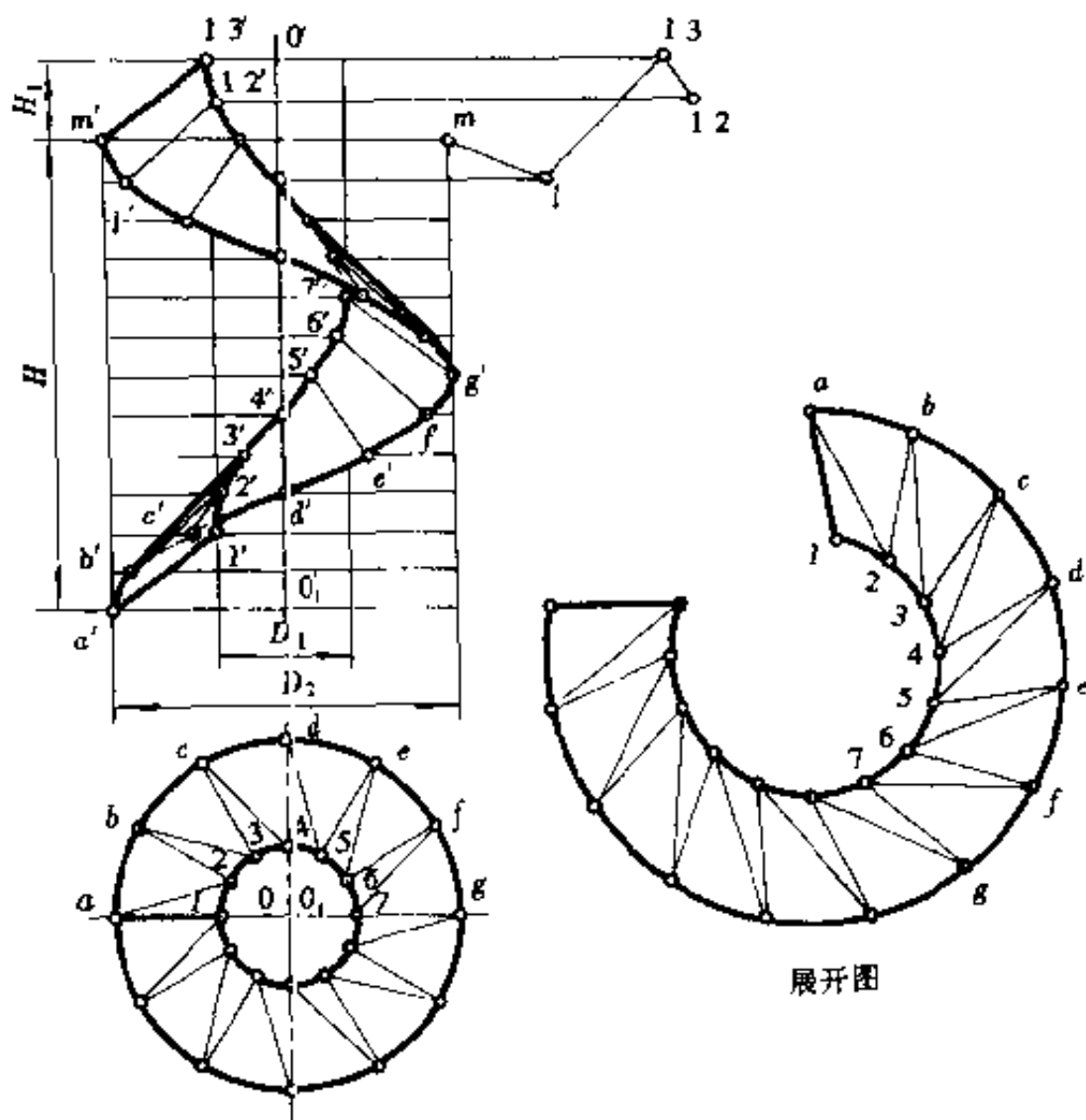


图 2 100 斜螺旋面的展开

斜螺旋面的展开图用三角线法绘制。首先在水平投影中

把螺旋面分为十二个四边形 $ab21$ 、 $bc32$ ……并作出它们的正面投影。再作出各四边形的对角线 $a2$ 、 $b3$ ……四边形中各直线边的实长为主视图中的 $a'1'$ ($m'13'$)，各曲线边和对角线的实长用直角三角形法求得，内、外侧曲线边的实长分别为主视图右侧实长线图中的 1312 和 ml ，对角线的实长为 $l13$ 。然后，利用四边形各边及对角线的实长依次拼画出各三角形的实形，并用曲线连接有关各点，即得斜螺旋面的展开图。

66. 如何作变截面 180° 螺旋管的展开图？

图 2-101 是变截面 180° 螺旋管的投影图和展开图。它由上、下两块正螺旋面板片和内、外侧柱面板片构成。上、下两块板片形状相同，高度相差 H_1 ；内侧为圆柱面板片，而外侧为导线是阿基米德螺线的柱面板片。螺旋管的上、下端口共面、高度相同，长度由下口的 L_1 逐渐变为上口的 L_2 ，其半导程为 H 。板片间的结合线，内侧为圆柱螺旋线，外侧为圆锥螺旋线。

内、外侧板的展开图用平行线法绘制。内侧板的展开图为一平行四边形，它的长边为内侧圆柱螺旋线的展开直线，两直线的高度差为 H_1 ，两端点的水平距离为 $\frac{1}{2}\pi D$ 。作外侧板的展开图时，先在俯视图上把内侧板投影半圆六等分，把各等分点 1 、 2 ……与中心 O 连直线，它们和外侧板投影交于点 a 、 b ……作出这些点的正面投影 $1'$ 、 $2'$ ……和 a' 、 b' ……然后，在主视图中 $a'O'_1$ 的延长线上取点 a_0 ，从 a_0 点开始向右依次量取点 b_0 、 c_0 ……使相邻两点间的距离等于俯视图中外侧板对应两点间的弧长。过点 a_0 、 b_0 ……作垂直线，与过主视图中点 a' 、 b'

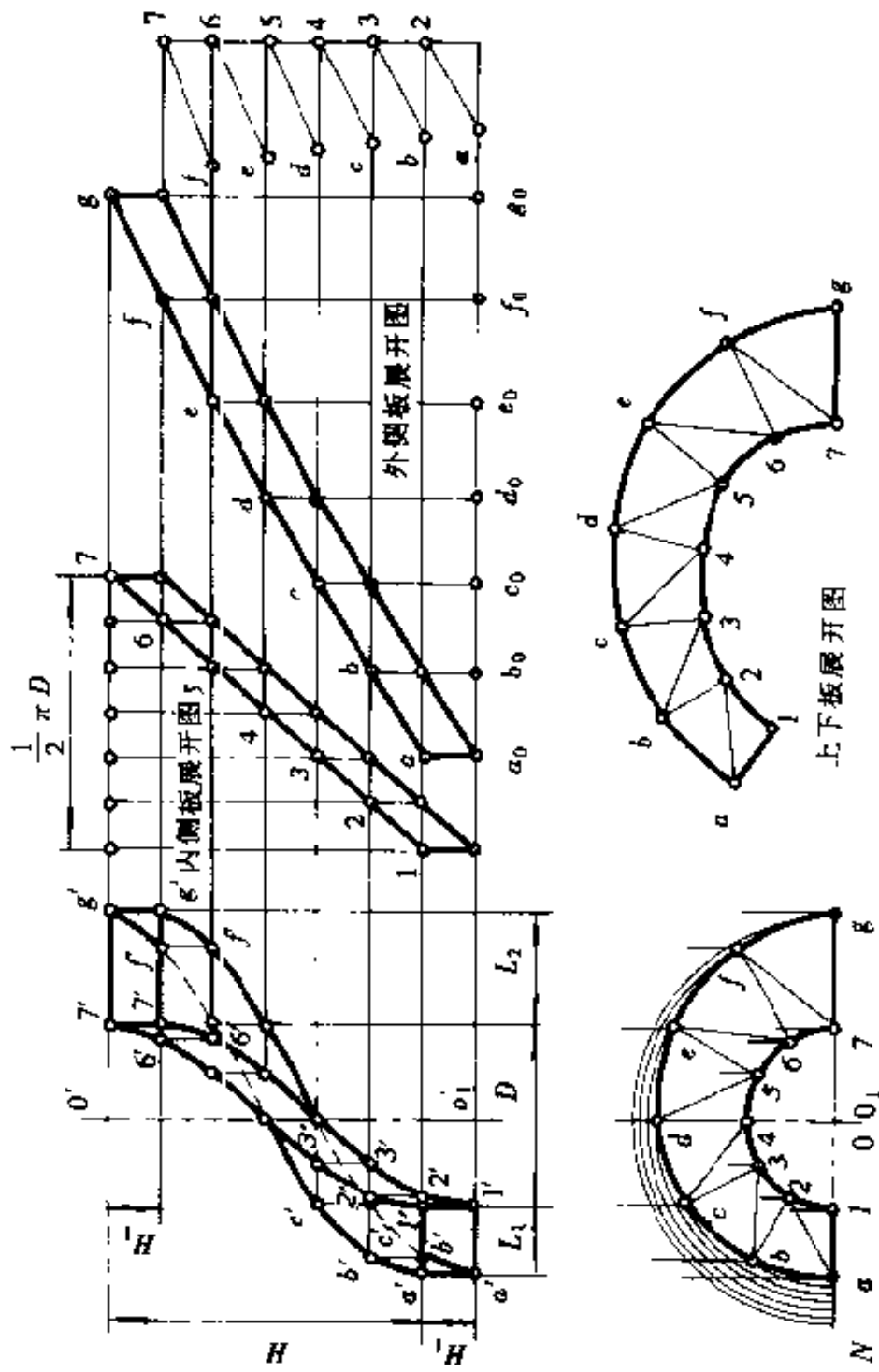


图 2-101 变截面 180°螺旋管的展开

……所作水平线对应交于点 a 、 b ……用曲线连接有关各点，即得外侧板的展开图。

上、下板的展开图用三角线法绘制。俯视图中，过 O 点的等分射线 $1a$ 、 $2b$ ……把上、下板分成六个四边形，作出各四边形的对角线 a_2 、 b_3 ……各四边形中，直线边在俯视图中反映其实长；曲线边的实长可直接在内、外侧板的展开图上量取；各对角线的实长用直角三角形法求得。然后，利用各四边形边及对角线的实长依次拼画出各三角形的实形，并用曲线连接有关各点，即得上、下板的展开图。

67. 如何作半球封头的展开图？

(1) 柱面法 在图 2-102(a) 中，将半球面近似地看成圆柱面来进行展开。首先在俯视图中把半球分为十二等分，每一等分用圆柱面来替代。对于图中所示最右侧的一个等分，圆柱面的正面投影为四分之一圆弧，水平投影为等腰三角形。然后，把替代圆柱面用平行线法展开：先将其正面投影三等分，过分点 a' 、 b' …… d' 作垂直线与水平投影三角形的两腰交于点 a_1 、 b_1 …… d_1 ，与三角形的高交于点 a 、 b …… d 。再在画展开图的位置画垂直线并在其上取点 a ，由点 a 开始向下依次取点 b 、 c 、 d ，使相邻两点间的距离对应等于主视图中的一个等分弧长。过各截取点作水平线，把水平投影中的长度 bb_1 、 cc_1 、 dd_1 分别量取至相应的水平线上，并用曲线连接有关各点，即得一个等分的展开图。用这种方法展开时，展开误差随等分数量的增多而减小，但焊缝数量随之增加，加大了施工工作量。

(2) 锥面法 在图 2-102(b) 中，将半球近似地看做一个平面、一个圆锥面和一个圆柱面来进行展开。首先将主视

图半圆八等分并过各等分点作圆的切线，相邻切线交于点 a' 、 b' 、 c' 和 d' ，过各交点作水平圆的正面及水平投影，便得到过点 A 的圆平面，以 AB 、 BC 、 CD 为素线的圆锥面和以 DE 为素线的圆柱面。然后在绘制展开图的位置作一垂直线并在其上取点 O ，从点 O 开始向下依次截取点 A 、 B …… E ，使每相邻两点间的距离等于放样图中对应两点间的长度。以点 O 为圆心，以 $O'a'$ 为半径画圆，即得圆平面的展开图；圆

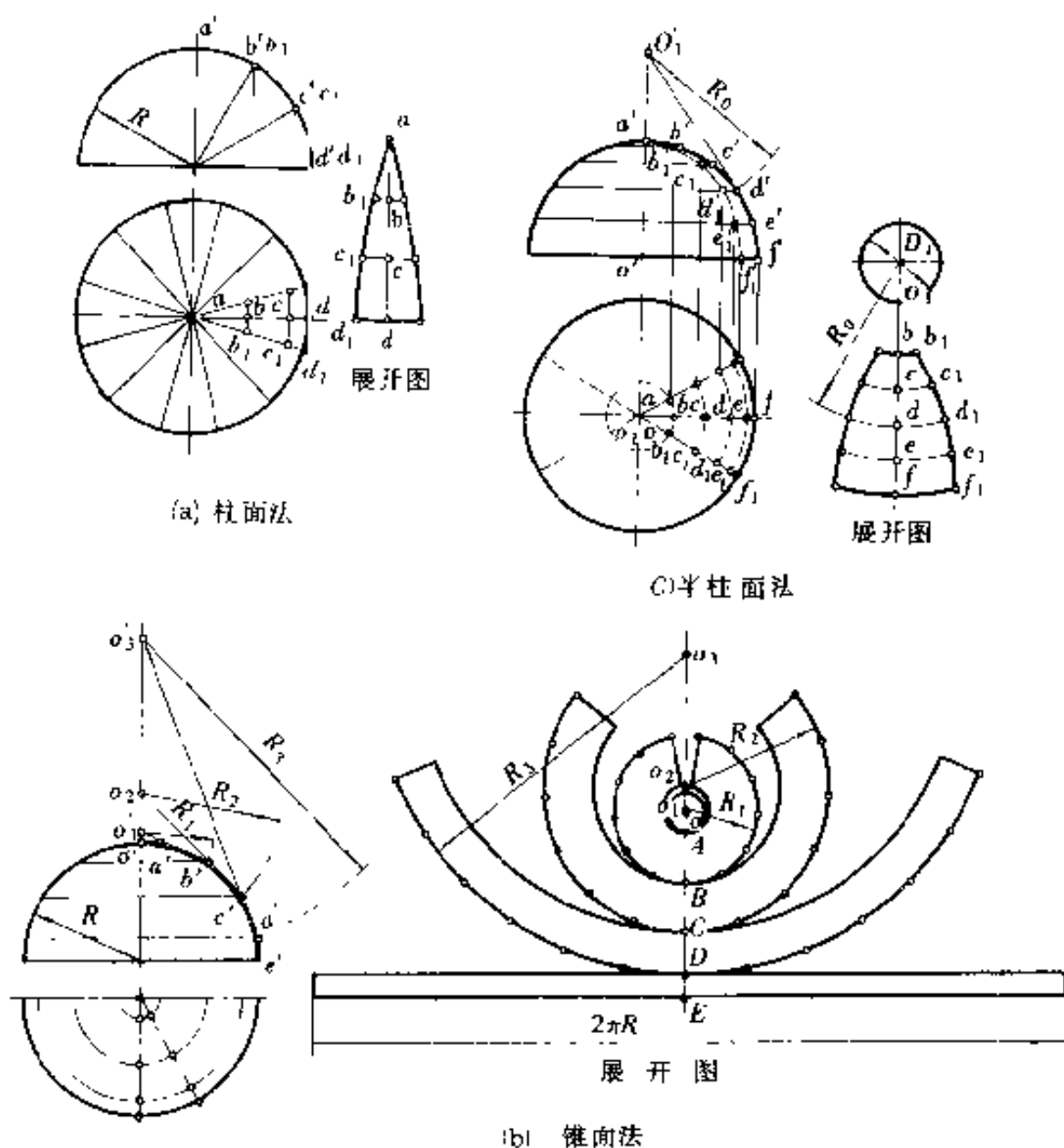


图 2-102 半球封头的展开

柱面的展开图为一矩形，其长度为 $2\pi R$ ，高度 $DE=d'e'$ ；圆锥面展开时，在主视图中延长切线 $a'b'$ 、 $b'c'$ 和 $c'd'$ 与轴线分别交于点 O'_1 、 O'_2 和 O'_3 ，在展开图上分别量取点 O_1 、 O_2 和 O_3 ，使 $O_1B=R_1$ ， $O_2C=R_2$ ， $O_3D=R_3$ 。最后以 O_1 、 O_2 和 O_3 点为中心，用放射线法作出三节圆锥面的展开图。

(3) 半柱面法 在图 2-102 (c) 中，将半球分为一块顶板和六块侧板来进行展开。先画出顶部圆板的两投影（其水平投影直径约为半球直径的三分之一到五分之二，展开图直径 D_1 等于弦长 $a'b'$ 的两倍），然后在主视图中四等分圆弧 $b'f'$ 并作出各等分点 b' 、 c' …… f' 的水平投影 b 、 c …… f 。在俯视图中作圆周的六等分，等分弧线与过点 B 、 C …… F 所作水平圆弧交于点 B_1 、 C_1 …… F_1 。再在主视图上过点 d' 作圆的切线与中心线交于点 O'_1 。绘制展开图时，先作一垂直线并在其上取点 O_1 ，以 O_1 为圆心，以 R_0 为半径画弧与直线交于点 d ，由 d 点开始在两端分别取点 b 、 c 和 e 、 f ，使相邻两点间的距离对应等于主视图中相应两点间的弧长距离。以 O_1 为圆心，分别过 b 、 c …… f 各点画圆弧，并在其上量取俯视图中相应水平圆弧的弧长，得到点 b_1 、 c_1 …… f_1 。用曲线连接它们，即得一个侧板的展开图。

68. 如何作球罐的展开图？

图 2-103 是球罐的投影图和展开图。在实际工程中，通常将球罐表面划分为三个板带，即极带板、温带板和赤道带板分别进行展开。图 2-103 中把球罐分为上、下两块极带板、十二块温带板和十二块赤道带板。极带板展开图的半径 r 等于主视图中 $a'b'$ 间的弦长距离。温带板和赤道带板展开图的作图方法请读者参照图例及半球封头的展开自行分析。

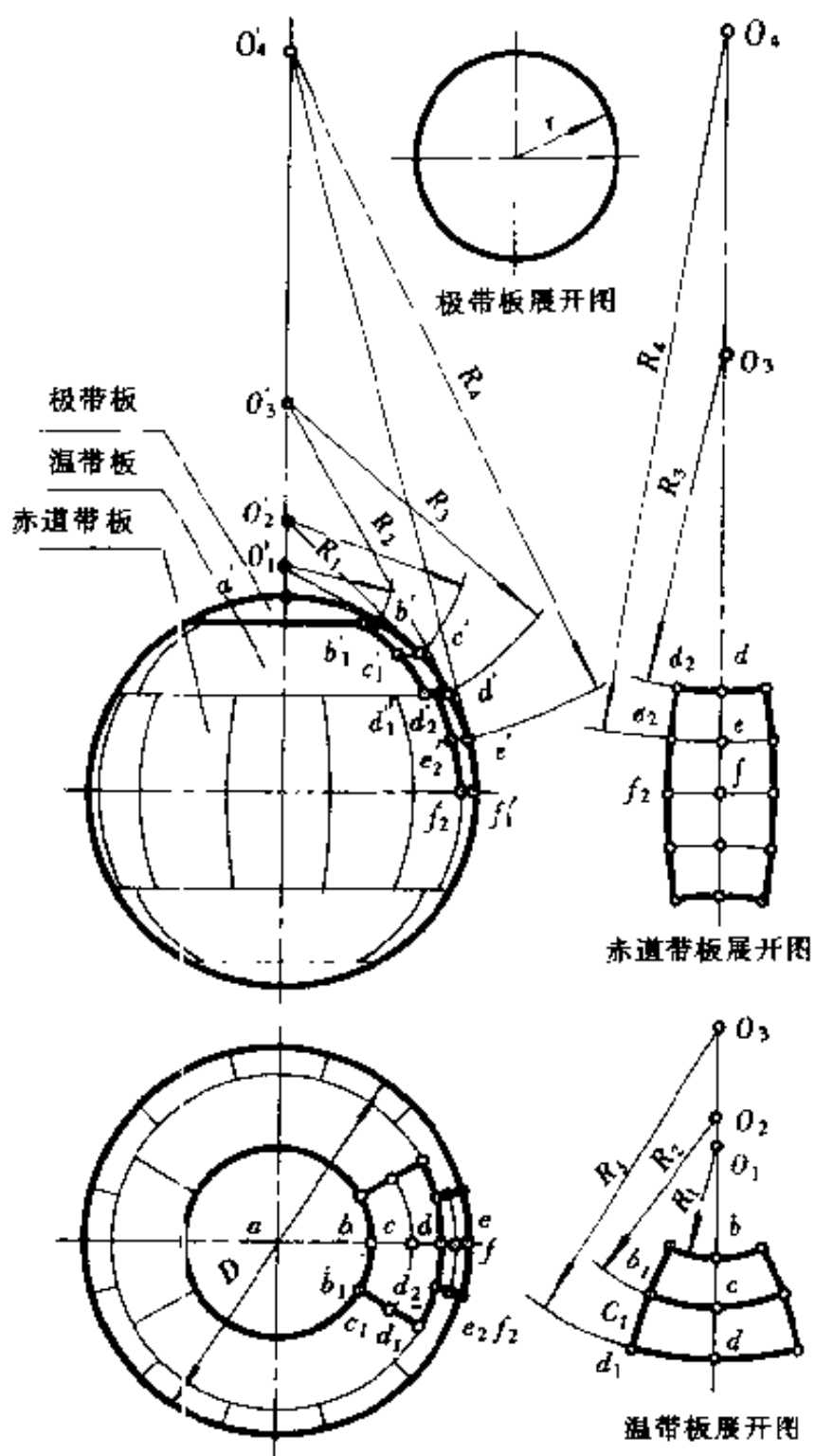


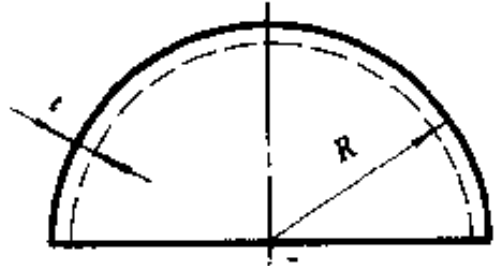
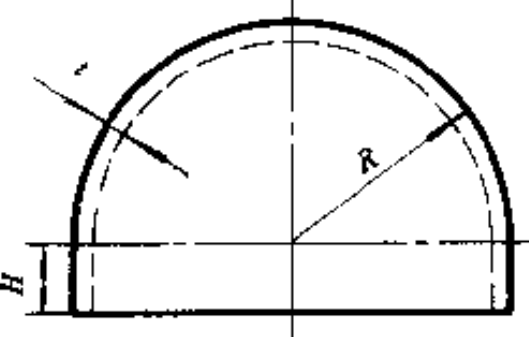
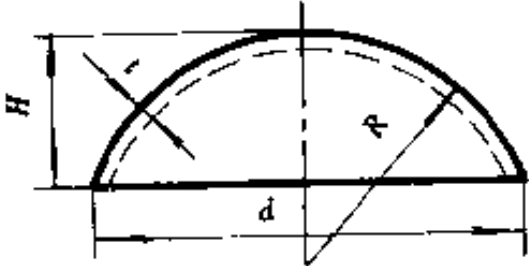
图 2-103 球罐的展开

69. 如何计算封头的展开直径?

某些封头类零件，在相应的加工方法下，利用材料本身

的塑性变形，达到设计要求的成品形状。这类零件通常按其表面积与其圆形坯料面积相等的条件，得到坯料直径的计算公式。在小批量生产时，常计入一定的尺寸余量，以备成型后的修形处理；若生产批量较大，可通过实践摸索来减小甚至取消毛坯的尺寸余量，以节约工时和原材料。常用封头展开直径的计算见表 2-8。

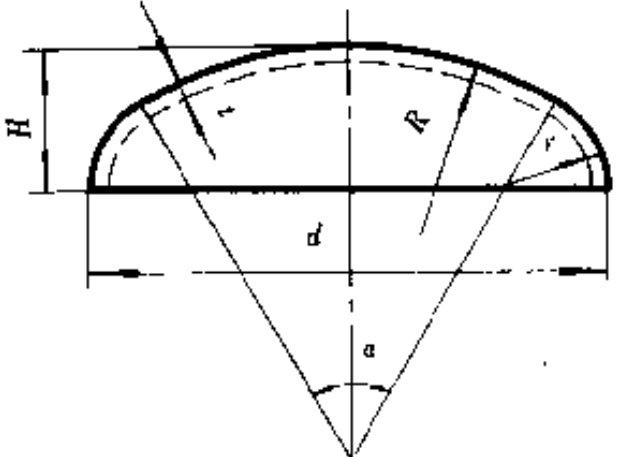
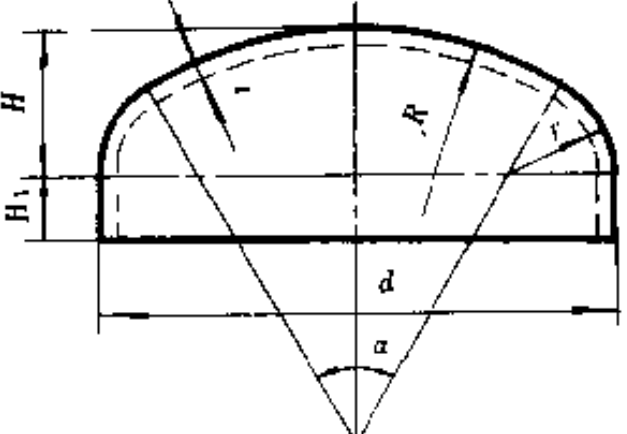
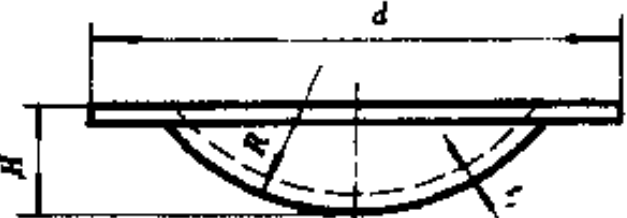
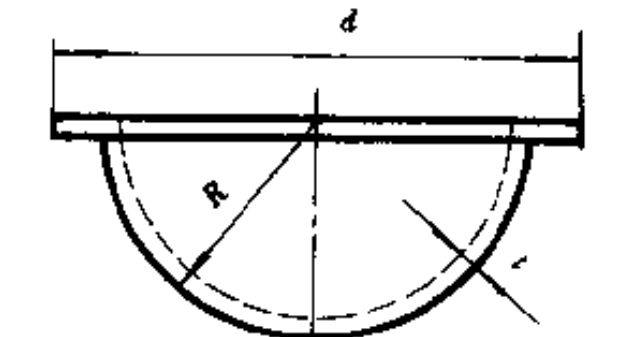
表 2-8 常用封头坯料的展开直径

种类	图 例	展开直径 D
半球封头		$D = \sqrt{8R_0^2 + 2e}$ $R_0 = R - t/2$
半球直边封头		$D = \sqrt{8R_0^2 + 8R_0H + 2e}$ $R_0 = R - t/2$
球缺封头		$D = \sqrt{8R_0H_0 + 2e}$ <p>或 $D = \sqrt{d_0^2 + 4H_0^2} + 2e$</p> $R_0 = R - t/2, H_0 = H - t/2, d_0 = d - t$

(续)

种类	图 例	展开直径 D
球缺直边封头		$D = \sqrt{d_0^2 + 4(H_0^2 + d_0 H_1)} + 2e$ <p>或 $D = 2\sqrt{2R_0 H_0 + d_0 H_1} + 2e$</p> $R_0 = R - t/2, H_0 = H - t/2,$ $d_0 = d - t$
平顶环形封头		$D = \sqrt{d_1^2 + 6.3R_0 d_1 + 8R_0^2} + 2e$ <p>或 $D = \sqrt{d_0^2 + 2.3R_0 d_0 - 0.6R_0^2} + 2e$</p> $R_0 = R - t/2, d_0 = d - t$
平顶环形直边封头		$D = \sqrt{d_1^2 + 6.3R_0 d_1 + 8R_0^2 + 4d_0 H} + 2e$ <p>或 $D = \sqrt{d_0^2 + 4d_0(H + 0.575R_0) - 0.6R_0^2} + 2e$</p> $R_0 = R - t/2, d_0 = d - t$

(续)

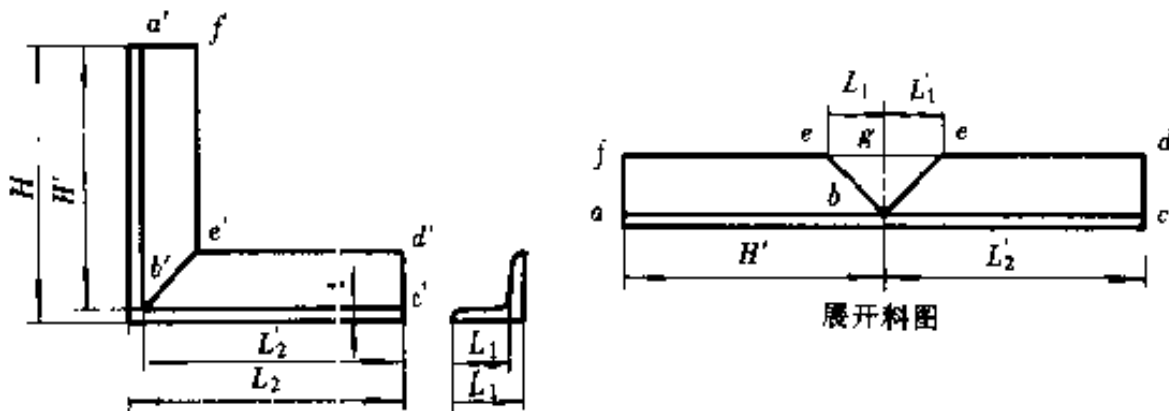
种类	图 例	展开直径 D
椭球封头		$D = \frac{\pi a}{180^\circ} (R-r) + \pi \left(r - \frac{t}{2} \right) + 2e \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R-H}{R-r}$
椭球直边封头		$D = \frac{\pi a}{180^\circ} (R-r) + \pi \left(r - \frac{t}{2} \right) + 2H_1 k + 2e$ <p>k 为冲压拉伸系数, 一般取 $k=0.75$</p>
球缺平边封头		$D = \sqrt{d^2 + 4H_0^2} + 2e$ $H_0 = H - t/2$
半球平边封头		$D = \sqrt{d^2 + 4R_0^2} + 2e$ $R_0 = R - t/2$

(续)

种类	图 例	展开直径 D
平底环形平边封头		$D = \sqrt{d^2 + 2.3H_0 d_1 + 4H_0^2} + 2e$ $d_2 = d_1 + 2t \quad 2R$ $H_0 = H - t/2$
平顶圆柱形封头		$D = \sqrt{d^2 + 4d_0 H_0} + 2e$ $d_0 = d - t$ $H_0 = H - t/2$

注：表中 e 为单边尺寸余量。**70. 如何作角钢折角内弯的展开料图？**

(1) 角钢内弯 90° 折角 图 2-104 为构件的投影图和展开料图。展开时，应按角钢里皮计算展开料的长度和切角尺寸：

图 2-104 角钢内弯 90° 折角的展开

H 边的下料长度 $H' = H - t$

L_2 边的下料长度 $L'_2 = L_2 - t$

切角尺寸 $L'_1 = L_1 - t$

(2) 角钢内弯钝折角 图 2-105 是构件的投影图和展开料图。其中：

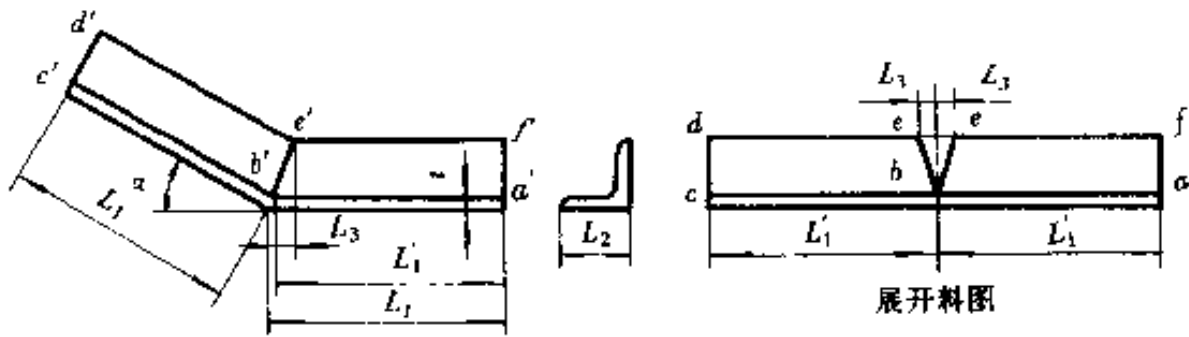


图 2-105 角钢内弯钝折角的展开

L_1 边的下料长度 $L'_1 = L_1 - t \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$

切角尺寸 $L_3 = (L_2 - t) \tan \frac{\alpha}{2}$

(3) 角钢内弯锐折角 图 2-106 是构件的投影图和展开料图。其中：

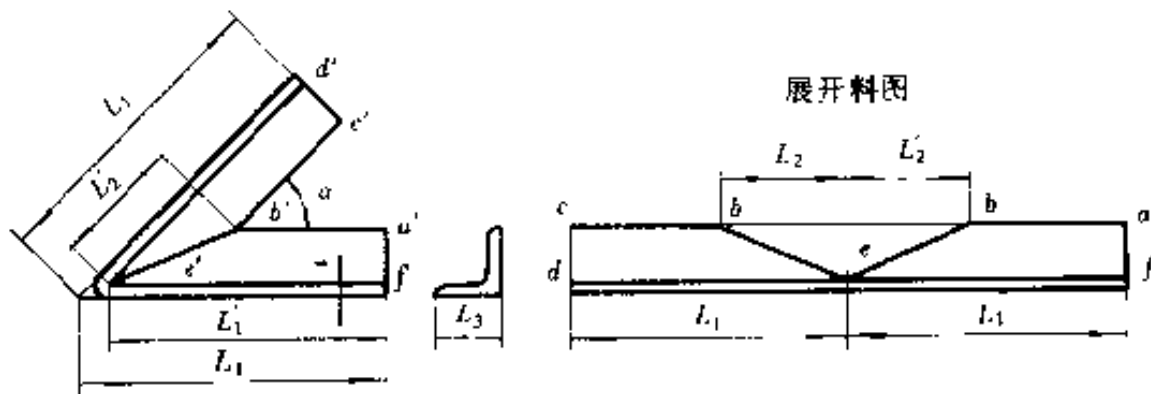


图 2-106 角钢内弯锐折角的展开

L_1 边的下料长度 $L'_1 = L_1 - t \cdot \cotg \frac{\alpha}{2}$

$$\text{切角尺寸 } L'_2 = (L_3 - t) \cdot \text{ctg } \frac{\alpha}{2}$$

71. 如何作角钢圆角内弯的展开料图?

图 2-107 是构件的投影图和展开料图。用下列公式可计算出展开时所需的尺寸:

$$\text{直边长度 } L_2 = L_1 - L_5 \cdot \text{ctg } \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{直边长度 } L_4 = L_3 - L_5 \cdot \text{ctg } \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{圆弧展开长度 } S = \frac{\pi (180^\circ - \alpha) (L_5 - \frac{t}{2})}{180^\circ}$$

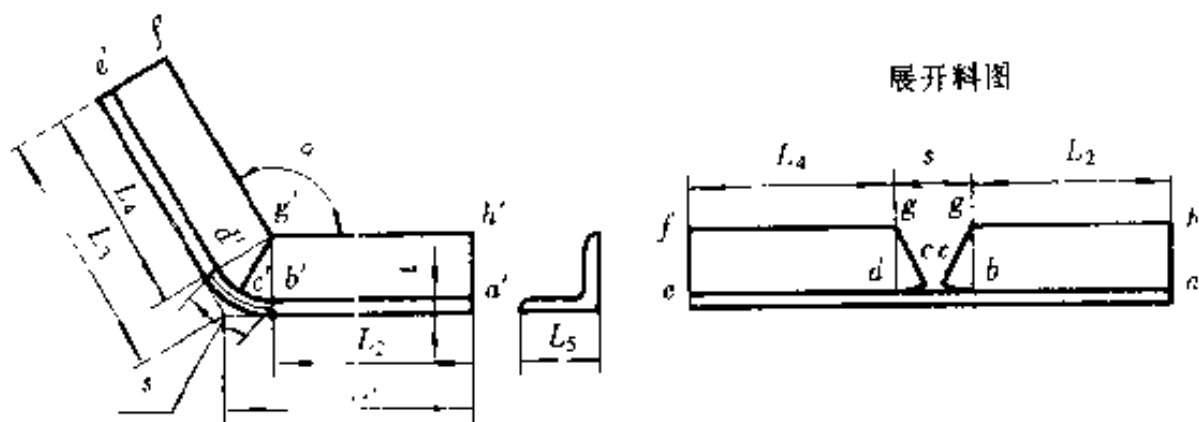


图 2-107 角钢圆角内弯任意角的展开

$$\widehat{b'c'} = \widehat{c'd'} = \frac{\pi (180^\circ - \alpha) (L_5 - t)}{360^\circ}$$

绘制展开料图时, 圆弧 dc 和 cb 的中心为点 g , 其弧长等于 $\widehat{b'c'}$ 和 $\widehat{c'd'}$ 的长度。

72. 如何计算角钢圆弧弯折的展开料长度?

图 2-108 (a) 是角钢圆弧内弯任意角度的构件, 设料长为 L , 其计算式为:

$$l = L + H + \frac{\pi\alpha (R - Z_0)}{180^\circ} \quad Z_0 \text{ 为角钢重心距}$$

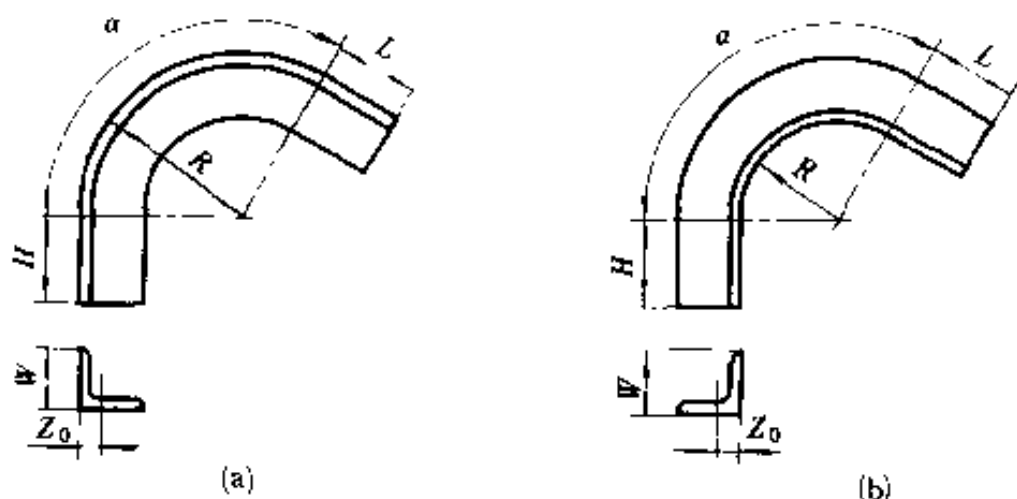


图 2-108 角钢圆弧弯折的展开

图 2-108 (b) 是角钢圆弧外弯任意角度的构件，设料长为 l ，其计算式为：

$$l = L + H + \frac{\pi\alpha (R + Z_0)}{180^\circ} \quad Z_0 \text{ 为角钢重心距}$$

73. 如何计算角钢圈的展开料长度？

角钢圈分内弯曲和外弯曲两种，可用冷弯或热弯的方法制作，它的料长随工艺方法与操作熟练程度的不同有所差异。一般按重心直径计算长度。不论冷弯或热弯，每端都需放出 100~250 毫米的加工余量，弯成后再将其切掉。

图 2-109 (a) 为等边外弯曲角钢圈，展开料长度 l 为：

$$l = \pi (D + 2Z_0) \quad Z_0 \text{ 为角钢重心距}$$

图 2-109 (b) 为等边内弯曲角钢圈，展开料长度 l 为：

$$l = \pi (D - 2Z_0) \quad Z_0 \text{ 为角钢重心距}$$

图 2-109 (c) 为不等边外弯曲角钢圈，展开料长度 l 为：

$$l = \pi (D + 2X_0) \quad X_0 \text{ 为角钢长边重心距}$$

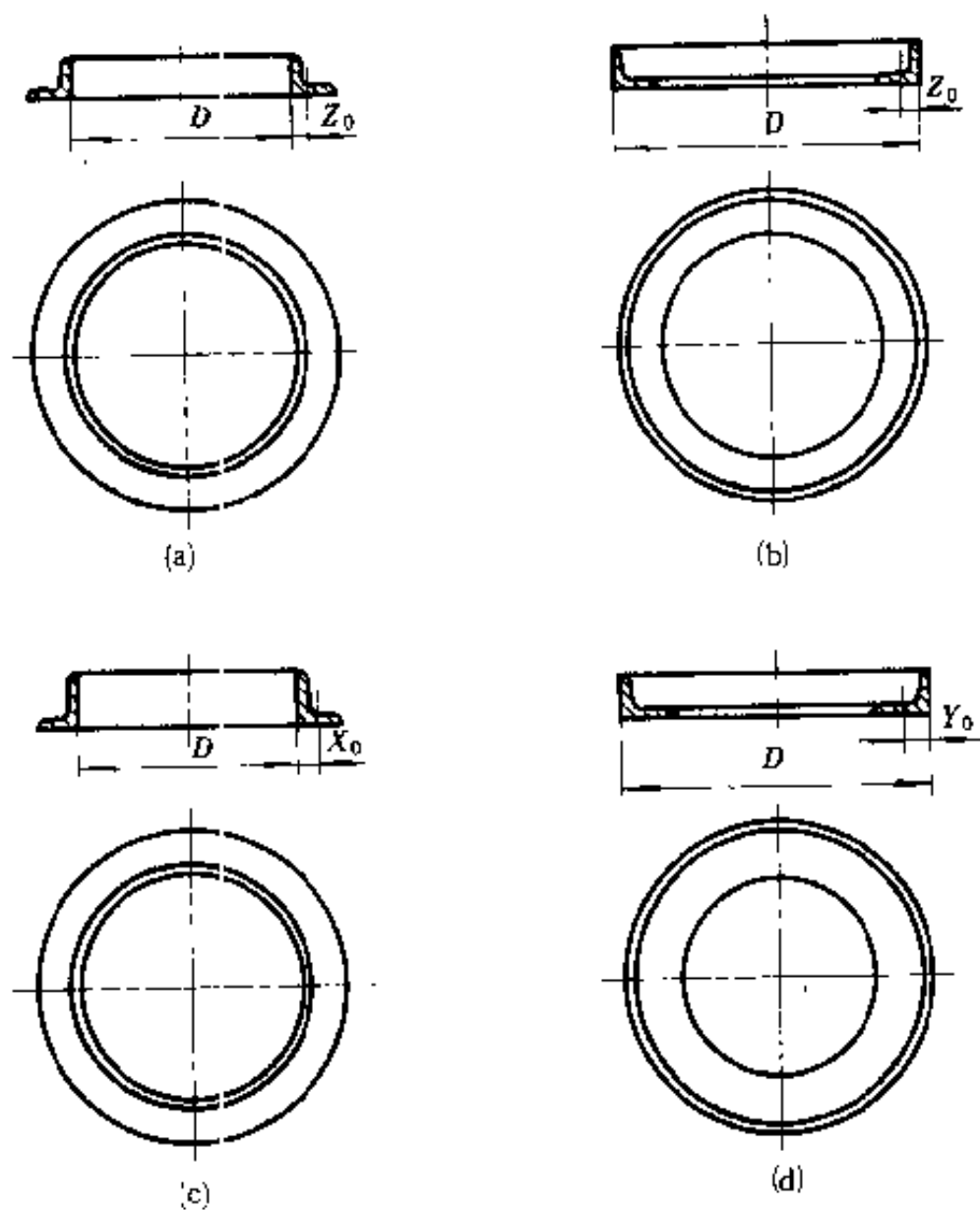


图 2-109 角钢圈的展开

图 2-109 (d) 为不等边内弯曲角钢圈，展开料长度 l 为：
 $l = \pi (D - 2Y_0)$ Y_0 为角钢短边重心距
 重心距的数值可从有关手册中查取。

三、常用量具、工具与设备

1. 钢尺有哪些用途和种类?

钢尺是用不锈钢皮制成的一种直尺(图 3-1)。尺面上一般有公制和英制两种尺寸刻度,可以用它来测量制件的长度、宽度、高度和深度等尺寸。

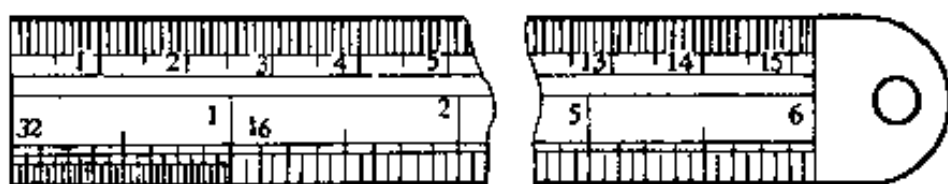


图 3-1 钢尺

英制尺寸和公制尺寸的换算关系为:

$$1 \text{ in (英寸)} = 25.4 \text{ mm}$$

要把英制尺寸换算为公制尺寸,只需将其英寸数去乘 25.4 便可,比如把 $1 \frac{3}{8}$ in 换算为公制尺寸为, $25.4 \times 1 \frac{3}{8} = 34.925 \text{ mm}$ 。

常用钢尺的长度有 150 mm、300 mm、600 mm 和 1000 mm 四种规格,可供不同的测量范围选用。由于钢尺的制造精度和使用方法的限制,测量误差比较大,一般用于测量精度要求不高的场合。

2. 卡钳有哪些种类和用途？

卡钳是一种间接的测量工具。常用的有普通外卡钳和普通内卡钳两种，分别见图 3-2 (a) 和 (b)。

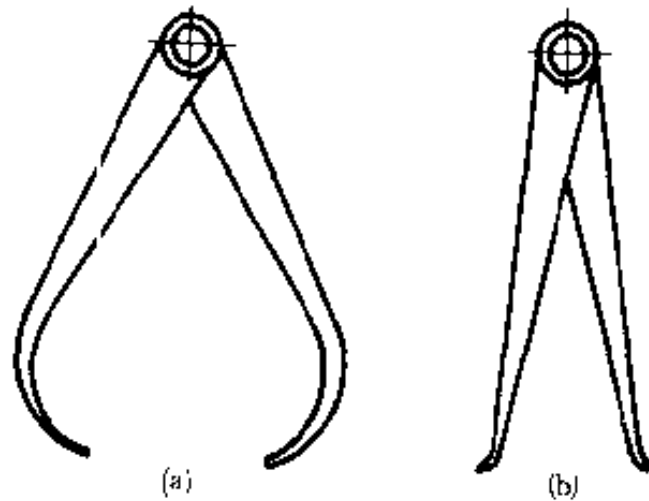


图 3-2 卡钳

(a) — 外卡钳 (b) 内卡钳

外卡钳用于测量圆柱体的外径或物体的长度等；内卡钳用于测量圆柱孔的内径或槽宽等。用卡钳本身并不能得到测量结果，还需与钢尺或其他量具配合来读出所测的尺寸。

外卡钳的使用方法见图 3-3。测量时应使卡钳位置垂直于工件的轴线，卡钳的松紧程度以卡钳的自重刚好能使其钳口平稳滑过工件外圆为合适。取尺寸时，应使一端钳口靠着钢尺端面，另一端钳口对准尺寸刻线的中间，且两钳口的连线应与钢尺边平行，人的视线要垂直于钢尺观看，以减少读数误差。

内卡钳的使用方法见图 3-4。测量时，先预调钳口的距离，然后将其轻轻放入孔内，使一端钳口贴紧孔壁，摆动另一钳口直至量出最大距离。仍要注意两钳口连线应垂直于孔的轴线。取尺寸时如图 3-4 (b) 所示，应使钢尺端面和内卡

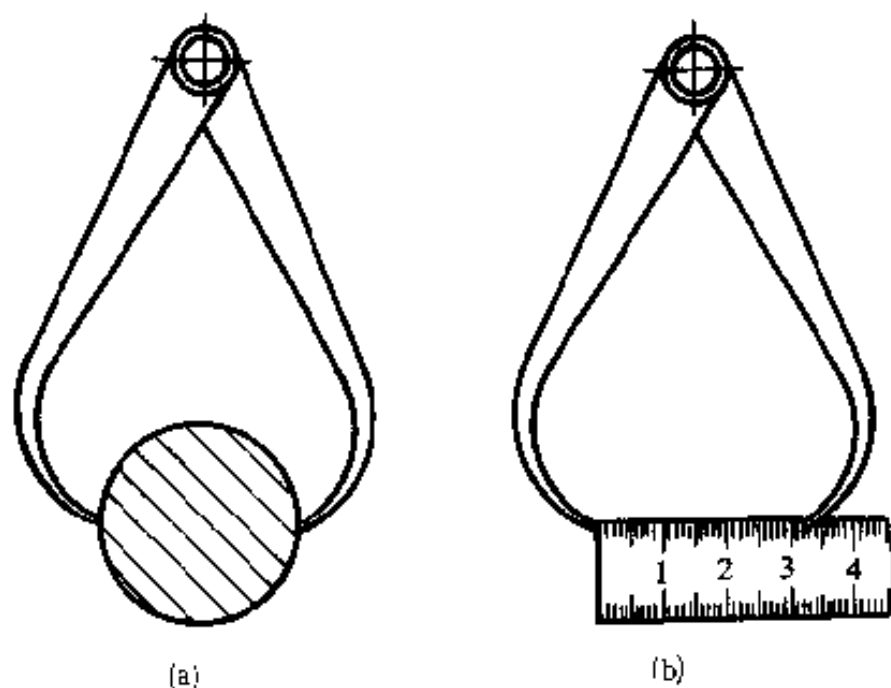


图 3-3 外卡钳的使用方法

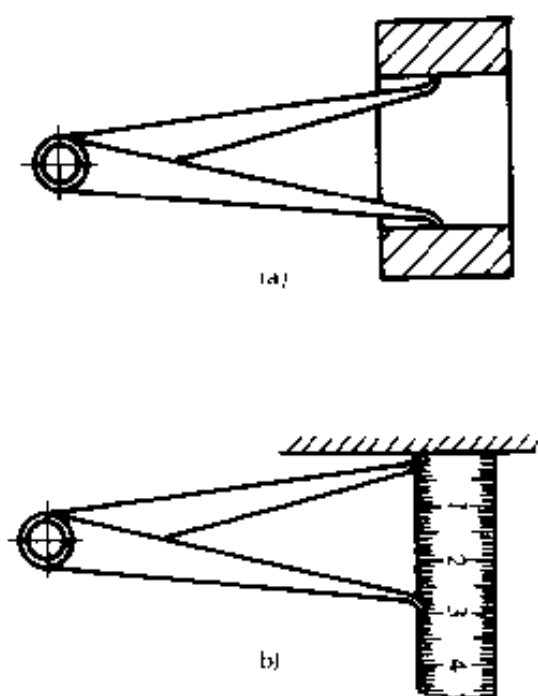


图 3-4 内卡钳的使用方法

钳的一个钳口靠着同一个辅助平面，以提高测量精度。

测量时若需调整内、外卡钳钳口的距离，应敲击钳腿的内、外侧面，而不应敲击钳口，以防损坏钳口的形状而影响测量效果。

3. 游标卡尺的结构和用途有哪些？

游标卡尺是一种常用的通用量具，用它测量制件的外径、内径、长度、深度和孔距等结构尺寸。

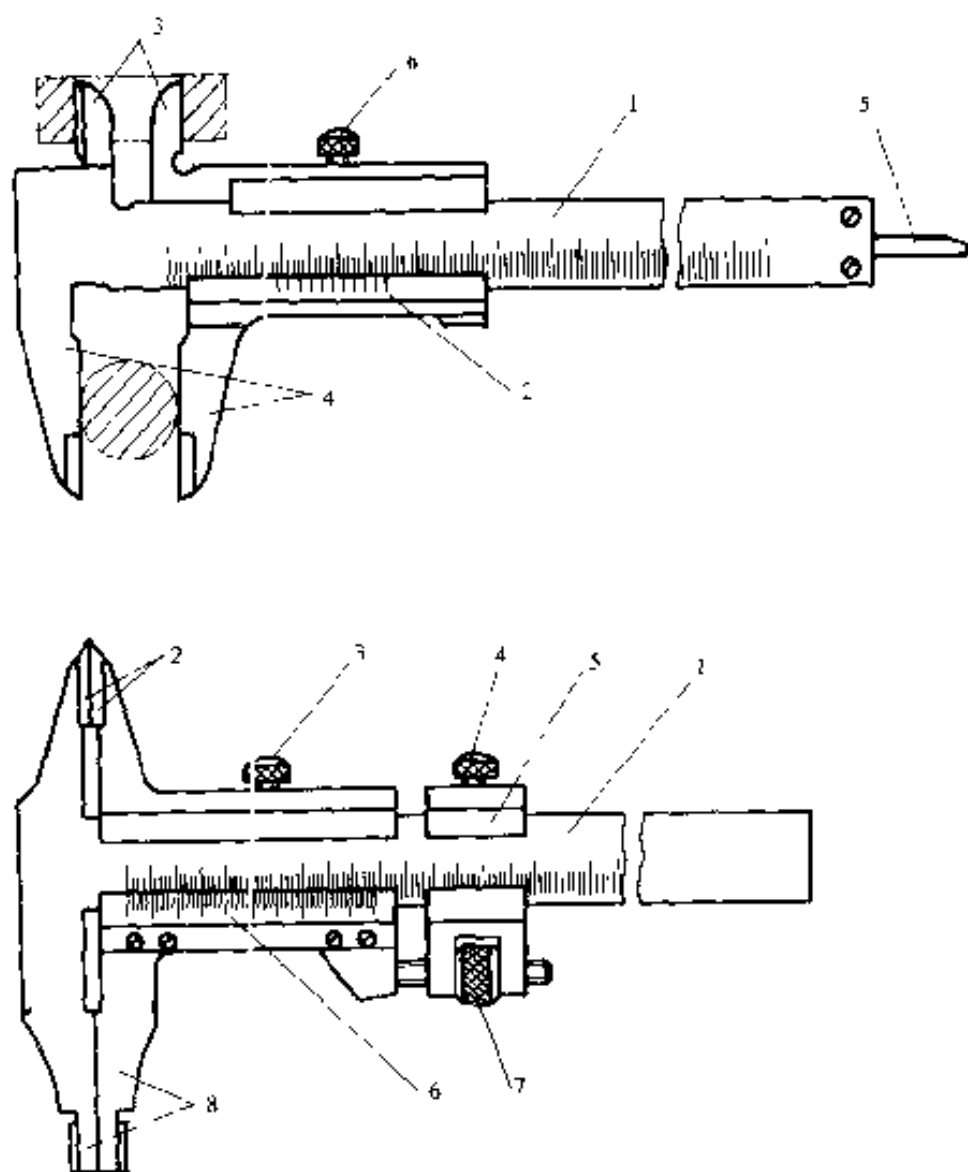


图 3-5 游标卡尺

常用的游标卡尺结构如图 3-5 所示。图 (a) 中的游标卡尺由主尺 1、副尺（游标 2）、上量爪 3、下量爪 4、深度尺 5 和锁紧螺钉 6 等部分组成，主尺与左侧上、下量爪，副尺与右侧的上下量爪分别做成一体，副尺套装在主尺上，可沿着

主尺滑动。上、下量爪使用时分别用来测量内、外尺寸；深度尺与副尺相连用来测量深度。主尺和副尺用来读出被测尺寸的整数值和小数值，两尺零线间的距离即为被测尺寸的大小。当卡好某个尺寸后，可用锁紧螺钉将副尺固定，以防止尺寸变化。这种游标卡尺的测量范围为 0~125 mm。

图 (b) 所示的游标卡尺由主尺 1、副尺 6、上量爪 2、下量爪 8、微动装置 5 和锁紧螺钉 3、4 等组成。下量爪的外侧面可用来测量内孔或沟槽，但所测尺寸须加上两个下量爪的厚度才是被测尺寸的大小。上量爪做成尖状，可用于测量狭小空间的直径、厚度或孔距等尺寸。这种游标卡尺的副尺可作微动调节，微调时，将螺钉 4 拧紧，螺钉 3 松开，转动螺母 7，通过螺杆带动副尺作微量移动，以测得较精确的尺寸。这种卡尺的测量范围为 0~300 mm。

游标卡尺的读数方法如图 3-6 所示：

(1) 读出副尺零刻线以左主尺上的毫米整数 (45 mm)。

(2) 看副尺零刻线右侧哪一条刻线与主尺刻线对齐，将其刻线序号乘以副尺的刻线值，即得该尺寸毫米的小数部分 (图 3-6 中游标卡尺的刻线值为 0.1 mm，所以小数部分为 $0.1 \times 8 = 0.8 \text{ mm}$)。

(3) 将整数与小数部分相加，即为被测尺寸的数值 ($45 + 0.8 = 45.8 \text{ mm}$)。

游标卡尺的测量误差一般不小于 $\pm 0.02 \text{ mm}$ ，适于测量中等精度的尺寸。不可用游标卡尺来测量过于粗糙的表面，以免破坏量具的精确性。

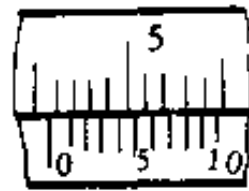


图 3-6 游标卡尺的
读数方法

4. 钣金放样时常用哪些量具和工具?

(1) 常用量具有钢尺、钢卷尺和弯尺。

①钢尺 测量范围在 1 m 以下。

②钢卷尺 长度分为 1 m、2 m、3 m 等规格。

③弯尺 由互成直角的长短两直尺组成(图 3-7), 在尺面上标有相应刻度, 用于画垂线或测量制件的两表面是否垂直。

(2) 常用工具有画规、地规、样冲、画针、手锤、粉线等。

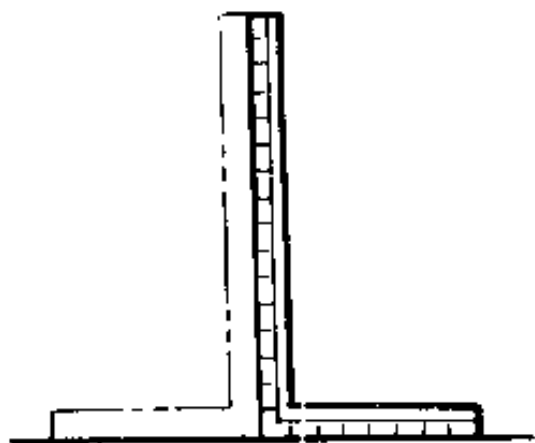


图 3-7 弯尺



图 3-8 画规

①画规 如图 3-8 所示。用于画较小的圆或圆弧, 也可用来截取线段。画规一般由工具钢制成, 尖端经淬火使其锋利耐磨。

②地规 如图 3-9 所示。地规的用途与画规类似, 只是用于较大尺寸制件的放样。松开锁紧螺钉, 即可对其两脚距离进行粗调和微调。

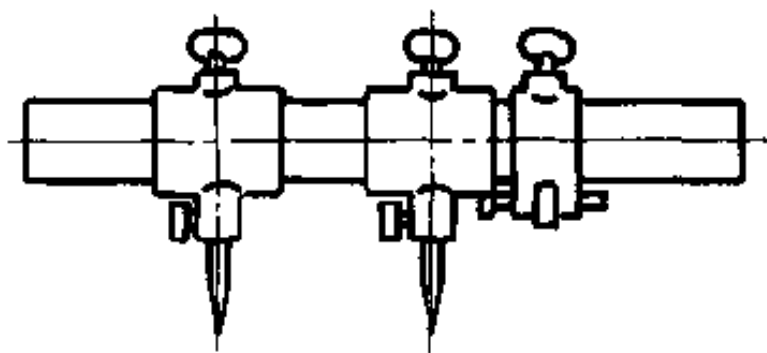


图 3-9 地 规

③样冲 样冲是用工具钢制成的，冲尖处磨成 $45^\circ \sim 60^\circ$ 的尖角，并淬火硬化（图 3-10）。放样时，用样冲来打标记；画圆时可在圆心处打小眼以保证规脚的位置；钻孔时打样冲眼使钻头容易找正。



图 3-10 样冲

④画针 画针一般用中碳钢锻制而成，长度约为 220~300 mm，直径为 3~6 mm，尖端磨成 $10^\circ \sim 20^\circ$ [图 3-11 (a)]。放样时，可用画针在金属坯料上画线，使用时画针要向外倾斜约 $15^\circ \sim 20^\circ$ ，向划线方向倾斜约 $45^\circ \sim 75^\circ$ [图 3-11 (b)]。

⑤手锤 用于敲击样冲等。

⑥粉线 粉线多用棉质细线，缠在粉线轴上。粉线多在放样大尺寸工件时弹画直线用。

5. 钣金工常用的锤子有哪些形式？如何使用？

钣金工常用的锤子有手锤、大锤和型锤等。

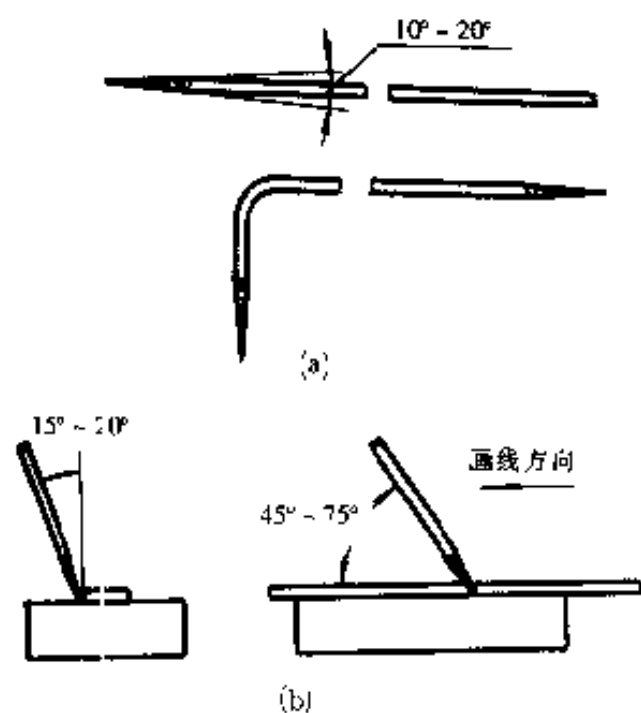


图 3-11 画计及其用法

手锤和大锤可在钣金作业时直接锤击工件，也可通过型锤间接进行锤击。锤子的锤头一般用碳素工具钢制作，为提高其硬度，需经淬火处理。

锤子的规格以锤头的重量来表示，手锤的规格有 0.25 kg、0.5 kg、1 kg 等；大锤的规格在 0.9~10.9 kg 之间。

型锤常用的有平锤、棒子和压弧锤等，铆铆钉的“窝头”也可认为是专用的型锤。型锤的作用是为了保护工件表面的平整和圆滑过渡，它通常与大锤或压力机配合使用，外力通过型锤的锤面作用到工件上，以起到矫正和成形作用。图 3-12 为几种常见型锤的形状。



图 3-12 型锤

使用锤子时必须注意安全，使用前应检查锤头与锤柄安

装是否牢固，起锤时要注意四周应有足够的空间，击锤时严禁戴手套，以防滑脱发生事故。

6. 钣金工常用的凿子有哪些种类？

钣金工常用的凿子有扁凿和狭凿两种，它们的形状如图 3-13 所示。

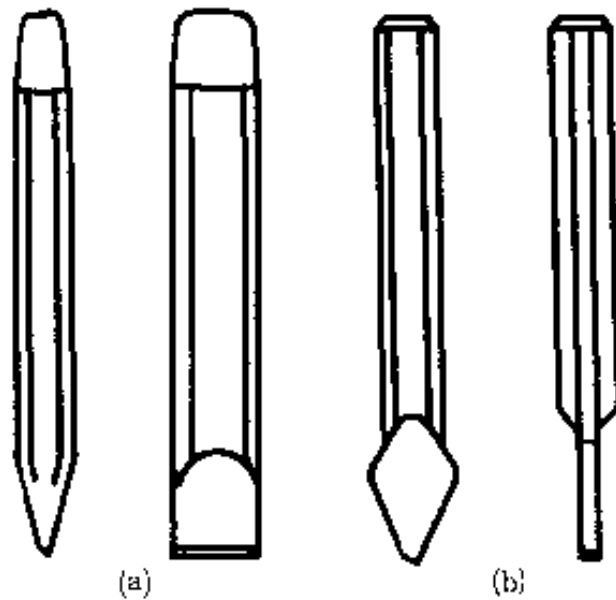


图 3-13 凿子

(a) 扁凿 (b) 狭凿

凿子一般用碳素工具钢锻成，包括切削部分、斜面、柄和头部等四个部分。柄部做成棱柱状。为了保证凿子的切削部分具有一定的硬度和韧性，必须对其进行热处理。凿子在热处理前要预先刃磨，热处理后再稍作精磨便可使用。

操作时，扁凿常用来凿削工件的毛刺、尖棱、开焊接坡口、凿削平面或凿断较薄的板料；狭凿多用于清理焊道和在薄板上开孔等。

凿子经一段时间的使用后会变钝，需进行刃磨，以恢复其锋利，提高凿削表面的加工质量。

7. 钣金工常用的手剪刀有哪些种类?

手剪刀是手工剪切薄板的工具,它分为直头和弯头两种,其中直头手剪刀又分为小手剪刀和大手剪刀两种形式(图 3-14)。

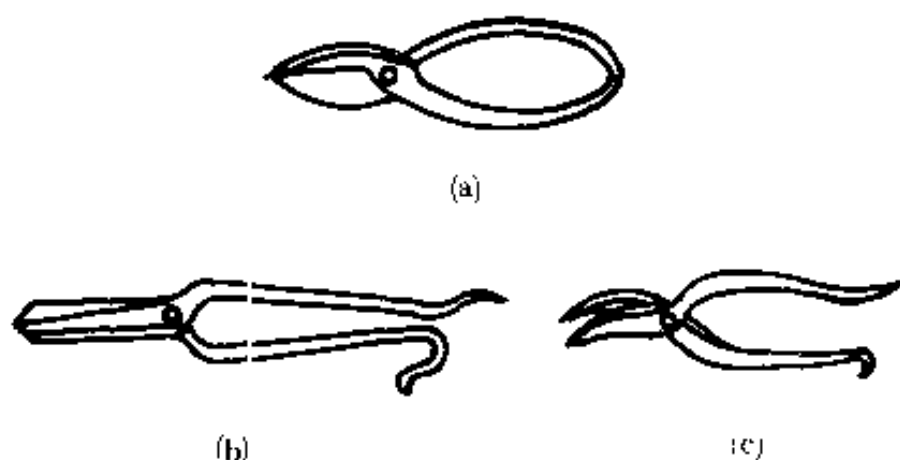


图 3-11 手剪刀

小手剪刀用于剪切厚度在 1 mm 以下的钢板,大手剪刀可剪切 2 mm 以下的钢板,弯头手剪刀则用于剪切圆形或曲线形工件。

8. 锉刀的构造和分类是怎样的? 如何选用?

锉刀是用高碳工具钢 T12 或 T13 制成的,经热处理后,硬度达 HRC 62~67。

锉刀的结构和各部分名称如图 3-15 所示。锉刀面是锉刀的主要工作面,刻有锉齿,多制成互相交错的二排锉纹。锉刀边即锉刀的两个侧面,一边有齿,另一边无齿。无齿边称为光边,锉刀舌指锉刀的尾部,不淬硬,装入木柄内,便于握持。

锉刀的种类按其断面形状不同可分为平锉、方锉、三角

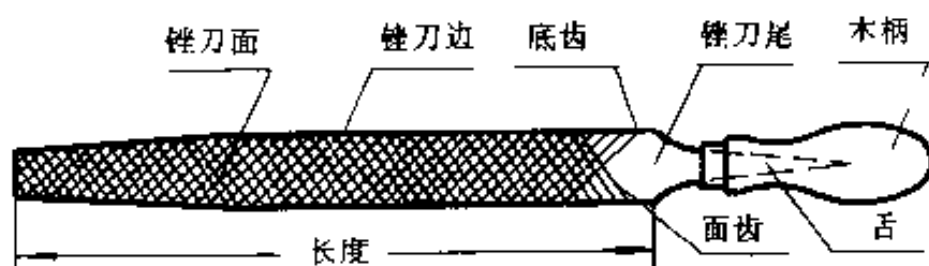


图 3-15 锉刀

锉、半圆锉和圆锉。按锉齿的粗细分为粗、中、细几种。锉刀的规格按其长度分为 100、125、150、200、300、400 等多种。

锉削时,应根据工件的形状要求选择锉刀的断面形状,根据加工余量、加工精度、表面粗糙度要求及材料的软硬程度选择锉齿的粗细。粗锉适于加工余量大、加工精度和表面粗糙度要求低或材质较软的工件;细锉则相反。

9. 常用的手锯条有哪几种? 怎样选用?

手锯条一般用碳素工具钢或合金钢制成,并经热处理淬硬。锯条的长度,以两端安装孔的中心距来表示,有 200、250 和 300 mm 等几种规格,其中 300 毫米长的最为常用。

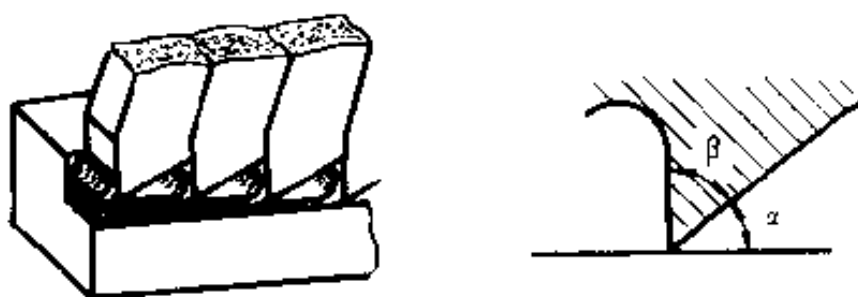


图 3-16 锯齿的形状

锯条的切削部分是由锯齿组成的(图 3-16),每个锯齿相当于一把凿子。锯齿的后角 $\alpha=40^\circ$, 楔角 $\beta=50^\circ$, 前角 $\gamma=0^\circ$ 。

锯齿的排列如图 3-17 所示，全部锯齿按定规则左右错开形成锯路，锯路有交叉形和波浪形等，它的作用是使锯缝宽度大于锯条背部的厚度，以免在锯割时出现排屑不畅甚至夹锯现象。

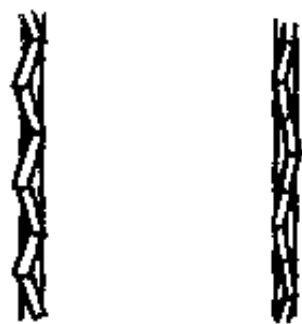


图 3-17 锯齿的排列

另外手锯条按齿的距离又分为粗齿（齿距 1.8 mm）、中齿（齿距 1.2、1.4 mm）和细齿（齿距 0.8、1 mm）三种情形。

锯条的选择主要考虑工件材料的硬度和厚薄两方面。当材料较软、较厚时，应选用粗齿锯条，因为此时锯屑较多，要求有较大的容屑空间；当材料较硬或较薄时，应选用细齿锯条，此时不需要大的容屑空间，而是要增加切削齿数，减小单齿承受的载荷，防止锯齿损坏。

10. 常用的扳手有哪些种类？如何正确使用？

扳手用来旋紧六角形、正方形螺钉和螺母，一般用工具钢、合金钢或可锻铸铁制成。常用的扳手有活络扳手、开口扳手和梅花扳手等几种。

活络扳手由扳手体、固定钳口、活动钳口及蜗杆等组成，开口尺寸可在一定范围内进行调节。活络扳手的规格是以扳手体长度和最大开口宽度来表示的，如 200 mm × 24 mm 表示扳手体长度为 200 mm，最大开口宽度为 24 mm。

使用活络扳手时，应使固定钳口受主要作用力，以免损坏扳手。钳口张开的大小应与螺母对边距离相适应，开口过大容易损坏螺母。要注意根据螺母的大小选用相应规格的扳手，不允许用套筒将手柄随意接长。

开口扳手又称作呆扳手，分单头与双头两种。它们的开

口尺寸与螺母对边距离相适应,并根据标准尺寸做成一套。这种扳手的规格是以其开口宽度尺寸表示的,比如双头开口扳手的规格是12×14时,表示扳手两端开口宽度分别是12mm和14mm。

梅花扳手都是双头的,它的规格是以两端闭口的尺寸表示的,具体方法与开口扳手类似。梅花扳手应用比较广泛,由于它只要转过30°就可以换位再转,所以可用在扳手空间狭小的地方。

11. 什么是丝锥和板牙?

丝锥是用来在孔壁上切削出内螺纹的工具。它由切削部分、定径部分及柄部组成。切削部分呈圆锥形,使切削负荷分布在几个刀刃上,以减小每个刀刃的切削量;柄部有方榫,用来安装攻丝绞手;在切削和定径部分沿纵向有3~4道容屑槽。丝锥分为手用和机用两种,每种中又有粗牙和细牙两类。

对于手用丝锥,为了减小切削力和延长使用寿命,可将切削工作量由2~3支丝锥来分担,通常粗牙丝锥M6~M24的每套两支,M6以下及M24以上的每套三支;细牙丝锥均为一套两支。

机用丝锥是装在机床上,利用机械动力来加工。

板牙是用来在圆杆、管子外径上切削出外螺纹的工具,它由切削部分、定径部分和排屑孔组成。

在使用丝锥或板牙时,用力要均匀,铰杠每转1~2圈后须反转约四分之一圈,以便断屑,并加切削液润滑。

12. 什么是风枪?

风枪是一种风动冲击工具。它的基本原理是以压缩空气

为动力，驱动风枪中的活塞作往复运动，快速冲击冲头来进行工作。风枪具有结构简单、效率高、体积小、重量轻等特点。

风枪的冲头可根据其头部内孔尺寸做成不同的形状，来适于不同的用途。比如把冲头头部做成平头，可以用来矫平钢板；做成铲形，可以用来去除板料边缘的毛刺或铲削焊接坡口；做成“窝头”，可以用来铆铆钉。

风枪的主要缺点是噪音较大。在使用风枪时要注意安全，严禁对人平端风枪，以防冲头误射伤人。使用后要将冲头取下。

13. 什么是手提式砂轮机？如何使用？

手提式砂轮机是一种机械化手工磨削工具。根据驱动方式不同，它分为风动和电动两种。前者是利用压缩空气为动力；后者是利用电动机来驱动砂轮旋转的。风动砂轮机的重量比电动砂轮机要轻得多，操作方便，但需要配有相应的气源。

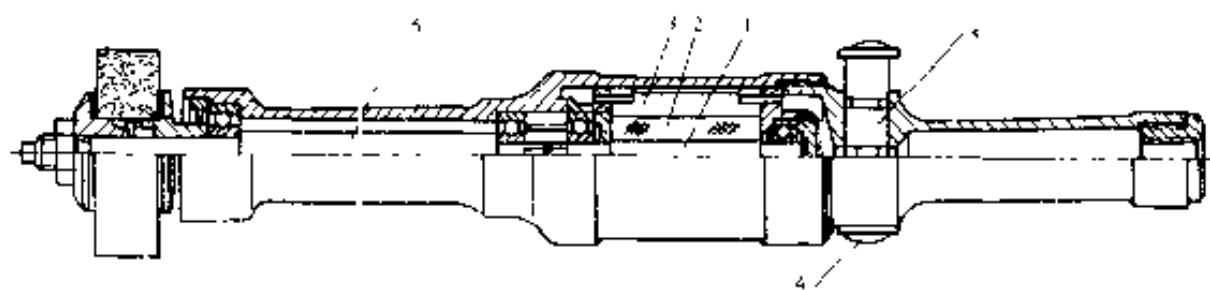


图 3 18 手提式风动砂轮机

图 3 18 是手提式风动砂轮机的结构图。它主要由滑片式风马达、主轴和夹头等部件组成。当掀动按钮 4 打开风阀 5，压缩空气进入气缸 3，推动滑片 2 使转子 1 旋转。转子经主轴

6 带动砂轮一起高速旋转，进行磨削。

手提式砂轮机的用途很多，它可用于打磨钢板边缘的毛刺和板上的铁锈；清除装配夹具拆除后留下的焊疤；制造模具时，用不同形状的磨头修磨各种表面；装上布轮还可进行抛光加工等。

使用砂轮机前，要严格检查砂轮片有无裂纹，紧固砂轮的螺母是否拧牢，风动砂轮机的气源压力是否合适等。磨削中，不应用砂轮边角和侧面磨削工件，以免砂轮破损。操作时用力不要过猛，要平稳地上下、左右移动磨削。工作结束后，要切断风源或电源，清理好工作场地。

14. 常用的钻头有哪几种？

钣金加工中常用的钻头有麻花钻头和板钻头等。

麻花钻是钻孔时最常用的钻头，它由柄部、颈部、切削部分和导向部分构成，后两部分又合称为工作部分。（图 3-19）。

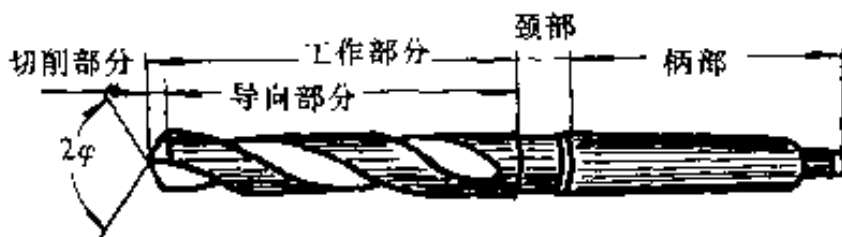


图 3-19 麻花钻头

柄部是供钻床或电钻夹持的部分，有直柄和锥柄两种形状，前者能传递的扭矩较小，适于直径在 13 mm 以内的钻头；后者装在钻轴的莫氏锥孔内，靠圆锥面之间的摩擦力可传递较大的扭矩，适于直径在 13 mm 以上的钻头。颈部是供制造钻头时砂轮磨削退刀之用。

切削部分是钻头的头部。如图 3-20 所示,它包括两条主切削刃和一条横刃,主切削刃在钻孔时起着主要切削作用。前刀面及其延伸形成了钻头的螺旋槽表面,其作用是排屑。两个后刀面间的交线形成横刃,对工件起挤压刮削作用。导向部分则在切削过程中来引导钻头的方向和修光钻进的孔壁。

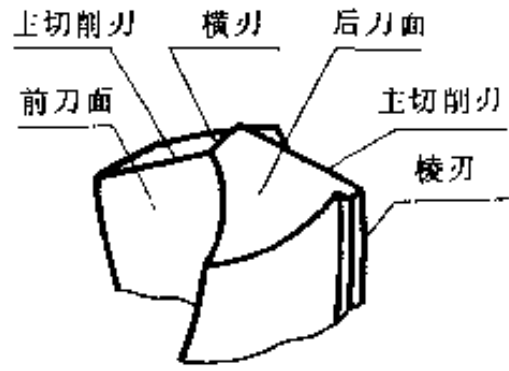


图 3-20 麻花钻头的切削部分

板钻头主要用来在薄板上钻孔。因为麻花钻头尖端比较突出,所以在钻薄板时容易失稳而影响钻孔质量,甚至折断钻头。板钻头切削部分如图 3-21 所示,它的两切削刃呈圆弧状,端部向上凸起,与中心一起形成三尖。由于它们的高度差仅为 0.5~1.5 mm,所以当中心将板钻穿时,两切削刃已与工件接触,保证了钻头的定心和稳定。

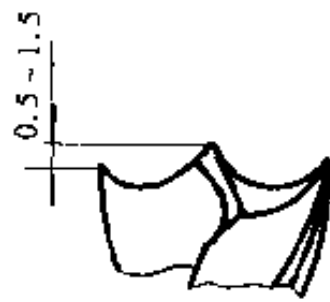


图 3-21 板钻头

15. 砂轮锯有哪些规格?

砂轮锯是利用薄片砂轮来进行切割的一种工具。

薄片砂轮主要是用树脂结合剂和橡胶结合剂制成的,具有较高的强度,所以它能在高速下工作而不碎裂。工作时它的圆周线速度可达 40~50 m/s,切削效率较高,且具有一定的弹性与抛光作用。薄片砂轮的基本规格见表 3-1。

表 3-1 薄片砂轮的基本规格

(mm)

外径 (D)	厚度 (H)	孔径 (d)	单重/kg	外径 (D)	厚度 (H)	孔径 (d)	单重/kg
50	3	6	~0.014	180	1	116	~0.043
80	3	6	~0.040	200	1~3	25	0.070~0.260
	0.3~3	20	0.003~0.040		1~4	32	0.070~0.290
100	5	6	0.084~0.100	240	1	116	~0.096
	0.2~3	20	0.003~0.062	250	1.5~3	32	0.160~0.400
125	0.3~5	20	0.008~0.160	300	3	25	~0.58
	0.2~5	32	0.006~0.160		2~3	32	0.310~0.570
150	1~3	25	0.010~0.140	400	3~4	25	0.850~1.400
	0.3~4	32	0.011~0.190		3~4	32	0.840~1.300

砂轮锯切割工件的厚度大约可达 100 mm 左右。因其结构简单、效率高、使用灵活方便，而在生产中得到较广泛的应用。

使用砂轮锯时一定要注意安全，使用前应仔细检查砂轮片有无裂纹，防护罩是否妥善安置。使用时刀力要均匀，防止冲击，以免损坏砂轮片甚至发生伤人事故。

16. 剪板机的用途和规格有哪些？

剪板机是对钢板进行机械剪切分离的主要设备。它利用上下两剪刀的相对运动，把剪切力作用于放在两剪刀之间的钢板上，使其沿剪口分离，完成剪切工作。为了减小剪切时的剪切力，常把上剪刀做成斜刃，使其在工作时逐渐切入钢板。剪板机具有使用方便、进料容易、剪切效率高等特点，可以沿直线轮廓剪切各种形状的毛坯板料。

表 3-2 列出了部分剪板机的主要技术规格。

表 3 2 剪板机的主要技术规格

型号	被剪板厚 /mm	被剪板宽 /mm	剪切角 (φ)	行程次数 /次/min	后挡距离 /mm	功率 /kw
Q11-1.6×1600	1.6	1600	1°	55	500	1.1
Q11-4×2000	4	2000	2°	22	25~500	5.5
Q11-4×2500	4	2500	1°30'	45	650	7.5
Q11-6.3×2000	6.3	2000	2°	40	500	7.5
Q11-12×2000	12	2000	2°	30	750	13
Q11-20×2000	20	2000	1°15'	18	750	28

剪板机的各润滑点应按规定时间加油。启动前不能在工作台上放置杂物和工具，以免轧入刀口造成事故。剪切时不许过载或将数块板料叠擦起来剪切。若发现剪刀片刃口损坏或迟钝，应及时修磨或调换。

17. 联合冲剪机的用途和使用方法有哪些？

图 3-22 是联合冲剪机的外形示意图。它是一种集板材剪切、型材剪切及冲压三种功能为一体的剪切设备，它有三个独立的工作部位：冲头部分配以相应的模具可进行冲孔、落料等冲压操作；型钢剪切头配上相应的模具，可以剪断角钢、槽钢、圆钢、方钢等型钢；剪切部位可直接用来剪断扁钢和条状板材。

联合冲剪机的规格是以剪切钢板的最大厚度表示的。比如：型号为 QA34-25 型联合冲剪机，剪切钢板的最大厚度为 25 mm。它剪切圆钢的最大直径为 65 mm，方钢的最大边长

为 55 mm，角钢的最大规格为 8×150×150 mm；对厚度为 25 mm 的钢板，最大冲孔直径为 35 mm。

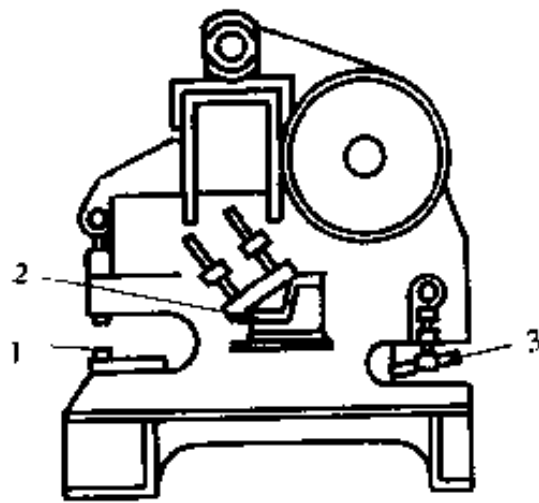


图 3-22 联合冲剪机

1-冲头 2 型钢剪切头 3-剪刀

使用联合冲剪机时，操作者应清楚设备的安全操作规程。剪切时，板料要表面干净、剪切线清楚。端部试切时，长度一般不宜超过 20 mm，以免发生偏斜不易纠正。操作时钢板要摆平，使剪

切线对准剪刀，随着上剪刀向上抬起，迅速推动板料使其向刃口内移动；当上剪刀下行并与板料接触时，会使板料两侧受力不平衡，为保持剪切平直，应调整好压板的位置。剪切型材时，应选择剪刀的断面形状与型材断面一致，并按型材规格调整好压杆，使其有效地压住型材，以防弹起伤人。应注意，联合冲剪机的三种功能每次操作只能使用一种，不能两种以上同时使用，否则可能超载而损坏设备。

18. 圆盘剪切机的用途和结构是什么？

圆盘剪切机又称滚剪机，图 3-23 是它的外形示意图。圆盘剪切机的剪刀是上下两个呈锥台状的圆盘，根据结构不同，两剪刀的轴线有互相平行的，也有倾斜成一定角度的。

圆盘剪切机的主要用途是进行曲线剪切，由于两剪刀的重叠部分很小，所以板料在送进过程中可不断转动，以使刃口相对于板料沿规定的曲线运动，完成剪切操作。受剪切力的限制，圆盘剪切机剪切板料的厚度一般在 3 mm 以下。

工作时，上下两圆盘剪刀应具有合适的间隙，其间隙可根据板料厚度 t 进行调整，一般垂直方向间隙取 $1/3 t$ ；水平方向间隙取 $1/4 t$ 。

由于圆盘剪切机使用时，板料的送进是手工操作，所以要求一定的操作技巧，否则不易剪切出所需的形状。另外操作时更应注意安全，以免划伤。

圆盘剪切机的规格是以剪切钢板的最大厚度和最大直径来表示的，如型号为 Q23-3×1500 的圆盘剪切机，最大剪板厚度为 3 mm，板料最大直径为 1500 mm。

19. 振动剪床的用途和使用方法有哪些？

振动剪床的工作部分由上、下两个剪刀片组成，上刀片固定在滑块刀座上，下刀片固定在床身上。滑块通过连杆与偏心轴相连接，用电动机驱动。机器工作时，上刀刃靠着下刀刃上下往复运动，速度很快，所以叫做振动剪床。

振动剪床的刀刃虽然是直线型，但长度很短，所以也能够剪切曲线。操作时，将上刀刃提起，放入板料，再将上刀刃置于剪切线上，即可进行剪切。开始剪切时，用手扶住板料，逐渐地沿着剪切线将板料送入刃口，以完成剪切工作。除了曲线和直线的剪切外，振动剪床还可进行折边、切槽、弯曲、成形等加工。

振动剪床的规格是以其最大剪切厚度来表示的，如型号

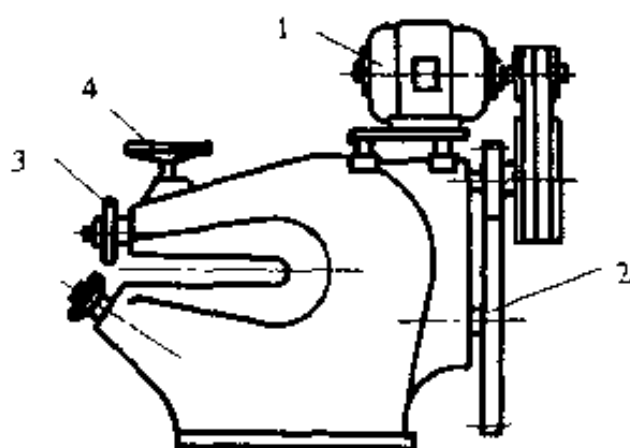


图 3 23 圆盘剪切机

1-电动机 2-齿轮 3-圆盘剪刀
4-手轮

为 Q21 5A 的振动剪床，它的最大剪切厚度是 5 mm，最大剪切直径为 1040 mm。

20. 卷板机有哪些用途、种类，如何正确使用？

卷板机用于金属板材的弯曲成形工作。加工时让板材通过旋转的轴辊，可卷制筒形、弧形瓦片和一定范围内的锥形工件。

卷板机按其辊轴数目、排列位置和调节方式分为对称式三辊、非对称式三辊、下调式三辊和四辊等四种形式。

对称式三辊卷板机的三个辊轴成品字形对称布置。上辊可以上下移动，以适应不同卷弯半径的要求，并能对板材施加弯曲压力。两下辊同向主动旋转，以送进板材。这种卷板机结构简单，但在板料两端留有一段平直部分无法受到弯曲，卷板前需采用其他方法预弯。

非对称式三辊卷板机的三根辊轴成不对称配置。它的特点是可使板料的起始端全部弯曲而不留直头；另外由于啮入力较大，可提高弯曲效率。但要使板料的尾端也全部弯曲，必须使工件调头后再次加工。

下调式三辊卷板机根据下辊的调节方向又分为垂直下调式、倾斜下调式和水平下调式三种。这种卷板机两个下辊的调节行程较大，工作时可先将任一下辊轴调至与上辊轴距离很小的位置，而把另一下辊轴调至合适位置，即可对板料起始端进行卷滚；滚完一半后，改变两个下滚轴的位置，继续卷滚使工件尾端全部弯曲。图 3-24 是垂直下调式三辊卷板机的工作过程。

四辊卷板机由上下两固定辊轴和左右两可调辊轴形成，根据两可调滚轴的不同调节，实际上构成了两组下调式不对

称三辊卷板机。四辊卷板机加工工件质量较高，但其结构复杂，价格较贵。

正确使用卷板机，除遵守一般操作规程外，还应注意下列事项：

(1) 板料应平整且厚度均匀，不得有拼接部分或超高焊缝，否则将造成机器超载。

(2) 放置板料时，板料边缘应与辊子轴线保持平行，以免卷制的筒体两端错开不齐。

(3) 调整辊轴间的距离时，要使辊轴两端同步升降，以保证上下辊轴线的平行度，否则会使筒形零件产生锥度。

(4) 加工时工件曲率的大小，取决于辊轴间的距离，要适当调节辊轴中心的位移量，保证工件曲率半径的精度。

(5) 要防止辊轴受力过大，否则会使辊轴产生弯曲，造成工件的鼓形变形。

(6) 在卷制较大的圆筒形工件时，为防止由于钢板的自重产生变形，影响产品质量，应有起重设备配合进行。

21. 多辊板料校平机的用途和使用方法有哪些？

多辊板料校平机是一种常用的板材校平设备。它由上、下两排交错排列的辊轴组成(图 3-25)，辊轴数量一般在 7 至 23 之间，按照轴线的相对位置，分为平行式和不平行式两种。两

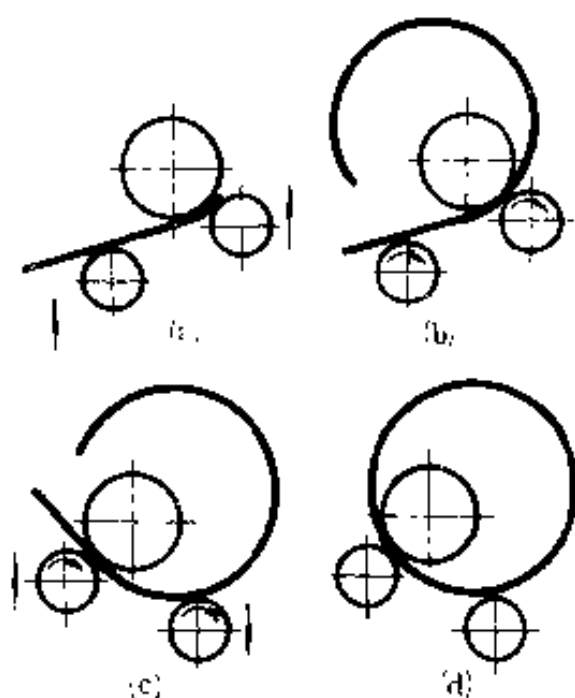


图 3-24 下调式三辊卷板机的工作过程
(a)调整下辊轴并对起始端卷弯 (b)滚压
(c)变换下辊轴位置后继续滚压 (d)滚压尾端

排辊轴之间的距离可以进行调整。

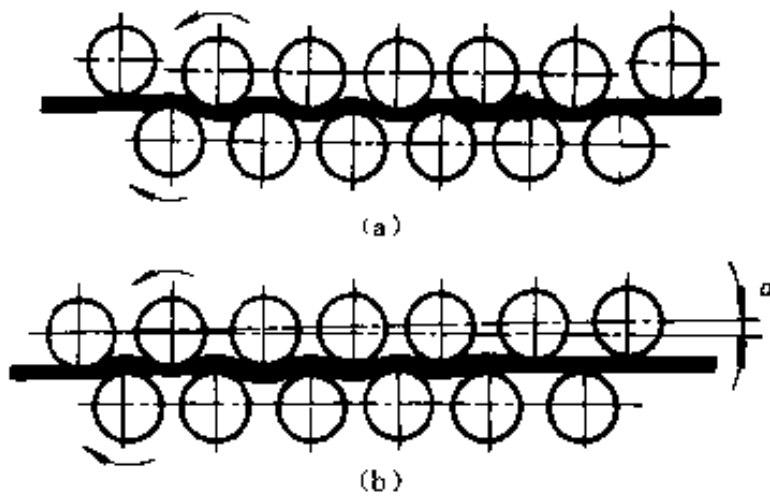


图 3-25 多辊板料校平机的工作原理
(a) 平行式 (b) 不平行式

校平时，随着板料进入校平机，它便受到两排辊轴所施加的交变应力，使其产生正反方向的多次弯曲和延展，材料的变形逐渐减小或消失，使板料得到校平。一般校平薄板的校平机，辊轴的直径小而数目多；校平厚板的校平机，辊轴的直径大而数目少。

使用时要首先调整好两排辊轴间的间隙，一般应使进口处的间隙略小于板料厚度，出口处的间隙与板料厚度相等，中间辊轴的间隙可由进口至出口逐渐增加。

进入校平机的板料，表面要清洁、无污物，特别是气割残渣、焊接积瘤等疤痕，都应铲平磨光，否则可能会损坏设备。

对于变形较大的板料，往往一次难以校平，这时可进行多次滚压。若仍不能校平，可在变形区上加垫厚度为 0.5~2 mm 左右的软钢板再进行滚压，使变形区的材料获得较大的延展，然后去掉垫板再经滚压即可校平。

使用校平机时一定要注意安全，防止手和工具被带进机

器而发生事故。

22. 什么是型钢矫正机?

型钢矫正机可以用来矫正角钢、槽钢、工字钢等型材。型钢矫正机的工作原理与板料校平机相同,只是在结构上,由辊轮代替了辊轴,辊轮的轮缘形状与被矫正型材的断面形状相吻合。为了辊轮便于更换,它们设在机架外侧呈悬臂形式。图3-26是矫正角钢时的辊轮工作示意图,辊轮分上下两排,每排有多个。一般下辊为主动轮,上辊为从动轮,上辊可进行垂直于轴线和平行于轴线的调节。

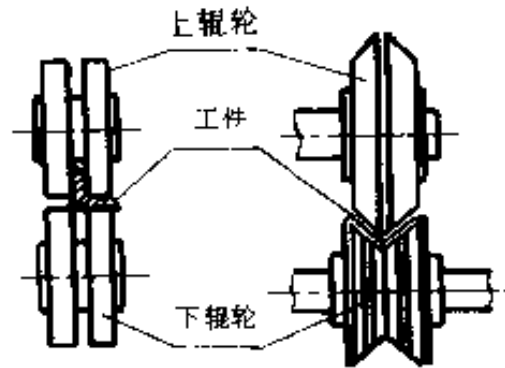


图3-26 辊轮工作示意图

使用型钢矫正机时,要注意遵守其操作规程,被矫正型钢的规格不得超出规定尺寸;辊轮的工作槽表面和型钢表面应清洁无杂物,以免损坏设备或工件。

23. 曲柄压力机有哪些用途、种类、其工作原理是什么?

曲柄压力机是一种常见的通用冲压设备,它广泛地应用于冲裁、落料、切边、压弯、拉深、矫正等工作。

图3-27是曲柄压力机的工作原理图。电动机1通过带轮2、3和齿轮6、7、8将运动和动力传给偏心齿轮9,连杆12的上端套在偏心齿轮上,下端与滑块13用铰链连接,于是把电动机输出的旋转运动转换为滑块的上下往复直线运动。上模14装在滑块上,下模15装在工作台17上,加工时把材料放在上下模之间。气垫18是用来顶出工件或在拉深时作压边

用。由于压力机在整个工作周期中，有负荷工作时间很短，为使电动机的负荷均匀，有效地利用能量，大带轮 3 同时起到飞轮的作用。

通用的曲柄压力机按机身的型式可分为开式压力机和闭式压力机；按曲柄滑块机构的组数可分为单点压力机、双点压力机和四点压力机；按传动方式可分为上传动压力机和下传动压力机。

开式压力机具有 C 形的开式机身，工作台在三个方向是敞开的。它操作方便，在中、小型冲压件的生产中得到广泛使用。但是机身的结构使其工作时刚度较差，影响到冲压件的质量和模具的寿命，故开式压力机的吨位一般不是太大。

闭式压力机的机身呈框架结构，具有很好的刚性和承载均匀性，因而能承受较大的冲击力，中大型压力机多为闭式压力机。

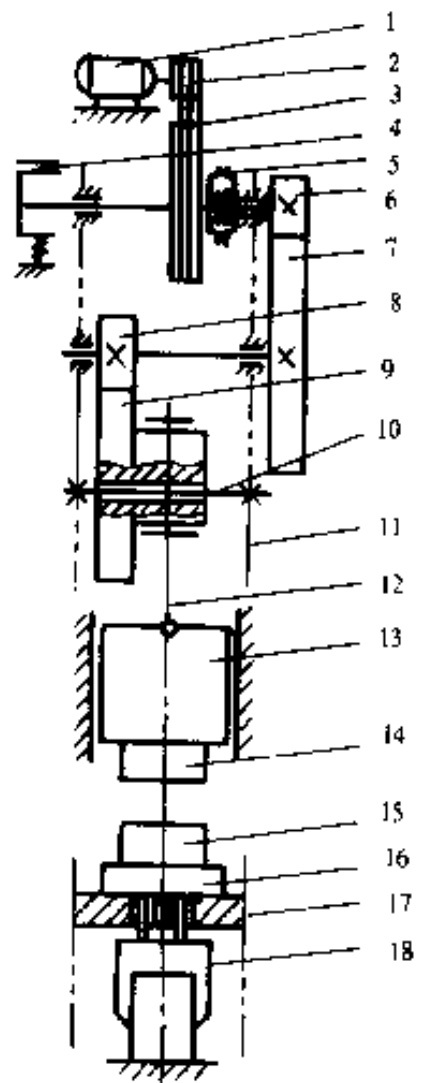


图 3 27 曲柄压力机的工作原理图
 1—电动机 2—小带轮 3—大带轮 4 制动器 5 离合器 6、8 小齿轮 7 大齿轮 9 偏心齿轮 10 芯轴 11 机身 12 连杆 13 滑块 14—上模 15 下模 16 垫板 17 工作台 18 气垫

24. 液压式压力机有哪些用途、种类和特点？

液压式压力机简称液压机，它是利用液体为介质来传递

能量的冲压设备，可完成金属板材的落料、冲裁、弯曲、翻边和拉深等工作。

图 3 28 是常见液压机的结构简图。它由上横梁 1、下横梁 3、四根立柱 2 和 16 个内外螺母 10 组成一个封闭框架，框架承受全部工作载荷。工作缸 9 固定在上横梁上，缸内的工作柱塞 8 与活动横梁 7 相连接，上模固定在活动横梁下表面上，而下模安装于下横梁 3 的工作台上。工作时，高压液体进入工作缸，推动活塞、活动横梁和上模向下运动，使工件 5 在上、下模之间产生塑性变形。回程缸 4 固定在下横梁上，回程时，较低压力的液体进入回程缸，通过回程柱塞 6 推动活动横梁向上运动，回到原始位置，完成一个工作循环。

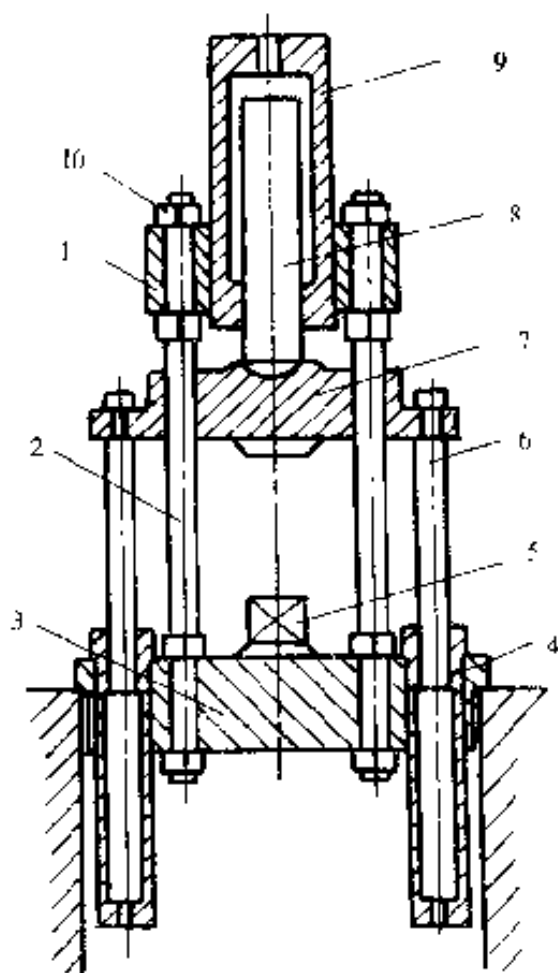


图 3 28 液压机结构简图

- 1—上横梁 2 立柱 3 下横梁
4 回程缸 5 工件 6—回程柱塞
7 活动横梁 8—工作柱塞 9 工作缸

液压机的种类很多，按传动介质的不同可分为水压机和油压机两种；按机架的结构可分为单臂式、三梁四柱式和框架式等。

与机械式压力机相比，液压机具有结构简单，上模行程长且速度可调，总行程可在一定范围内无级地改变，上模可在下转换点实现保压，工作平稳和噪声小等特点。

四、钢材与钢结构的矫正

1. 钢材是怎样分类的？

按钢材横断面的形状特征，可以将钢材分为板材、型材、管材和线材四大类，即钢板、型钢、钢管和钢丝四类。

2. 钢板分为哪几种？各有什么用途？

钢板按厚度不同分为薄板、中厚板和厚板三种。

(1) 薄板 板厚在 4 mm 以下的钢板为薄板，宽度通常在 500~1000 mm 之间。薄板又有冷轧板和热轧板两种。冷轧板尺寸精确，表面光滑，综合机械性能较好。热轧板是在高温状态下轧制而成的，沿轧制方向存在着纤维组织，使板材纵、横向的机械性能不同。沿板材纵向，即顺着纤维方向的抗拉强度明显高于横向，而板材横向的抗剪强度则高于板的纵向。薄板常用于制造机罩、机壳、水箱、油箱和冲制器皿等。

(2) 中厚板 板厚在 4~20 mm 之间的为中厚板，宽度通常在 1000~2000 mm 之间。

(3) 厚板 厚度在 20 mm 以上的钢板为厚板，其宽度在 600~2000 mm 之间。

中厚板和厚板，按其用途分为普通钢板、锅炉钢板、压力容器钢板、造船钢板和特殊钢板等。其中普通钢板广泛用于各种箱体、底座、钢梁等构件的制造。

3. 常用的镀膜薄钢板有哪两个品种？

常用镀膜薄钢板按镀层金属的不同分为镀锌板和镀锡板两种。

镀锌板，又称白铁皮，具有抗腐蚀性强及表面美观的特点，常用于制造防腐蚀容器。

镀锡板，又称马口铁，表面光亮美观，适合制作食品容器、玩具等。

4. 钢管有哪些品种？各用于什么场合？

钢管分为无缝钢管和有缝钢管两种。

无缝钢管由整块金属加工而成，断面上无接缝。按加工方法不同，又分为热轧管、冷拔管和挤压管。按断面形状不同，可分为圆形管和异形管两种。无缝钢管强度较高，多用于石油化工设备、地质钻探用管，以及锅炉、汽车、航空等行业。

有缝钢管又称焊接钢管，是用带状钢板焊接而成。有缝管不能承受高温、高压，也满足不了高强度的要求，但它的造价较低，常用于一般工程，如水和低压气体的输送管道等。

无缝钢管的标注以外径为标准，以毫米为单位，并注明壁厚；有缝钢管的标注以内径为标准，常以英寸为单位，同时注出壁厚规格。

5. 型钢是怎样分类和标记的？

型钢是按其断面形状分类的。根据其断面形状，型钢可分为圆钢、方钢、六角钢、扁钢和角钢、槽钢、工字钢及钢轨和异形钢材等。型钢的标记中一般既要注明型钢的规格尺

寸及国标代号，又要注明型钢的材料及国标代号。常用型钢的标记方法如下：

(1) 圆钢和方钢的规格尺寸为直径和边长。如用 40Cr 钢轧制成的直径为 50 mm，允许偏差为 2 组的圆钢，其标记为：
圆钢 $\frac{50-2-GB/T702-86}{40Cr-GB/T3077-88}$ 。用 45 钢轧制成的边长为 75 mm，允许偏差为 3 组的方钢，其标记为：

方钢 $\frac{75-3-GB/T702-86}{45-GB/T699-88}$

(2) 角钢的规格尺寸为边长和边厚。如材料为碳素结构钢 Q235A，边长为 160 mm，边厚为 16 mm 的热轧等边角钢，其标记为：

热轧等边角钢 $\frac{160 \times 160 \times 16 - GB/T9787-88}{Q235A - GB/T700-88}$ 。材料为 Q235A，边长分别为 160 mm 和 100 mm，边厚为 10 mm 的热轧不等边角钢的标记为：

热轧不等边角钢 $\frac{160 \times 100 \times 10 - GB/T9788-88}{Q235A - GB/T700-88}$

(3) 槽钢的规格尺寸为高度、翼板宽和腹板厚。如材料为碳素结构钢 Q235A，高度为 180 mm，翼板宽为 68 mm，腹板厚为 7 mm 的热轧槽钢，其标记为：

热轧槽钢 $\frac{180 \times 68 \times 7 - GB/T707-88}{Q235A - GB/T700-88}$

(4) 工字钢的规格尺寸有高度、翼板宽和腹板厚。如材料为碳素结构钢 Q235A，高度为 200 mm，翼板宽为 100 mm，腹板厚为 7 mm 的热轧工字钢，其标记为：

热轧工字钢 $\frac{200 \times 100 \times 7 - GB/T706-88}{Q235A - GB/T700-88}$

6. 什么是线材？有什么用途？

线材就是我们通常所说的钢丝。钢丝的断面形状多为圆

形，也有异型的，如方形钢丝、矩形钢丝、扁形钢丝、六角形钢丝、椭圆形钢丝等。钢丝的断面尺寸变化范围较大，如特细钢丝的直径或截面尺寸不大于0.1 mm，中等钢丝的直径或截面尺寸为1.5~3.0 mm，而特粗钢丝的直径或截面尺寸则大于8 mm。钢丝的材料有碳素钢、合金钢和特殊用途钢。钢丝可用于焊条、焊丝、弹簧、螺钉、铆钉、钢丝绳等的加工制造。

7. 引起钢材变形的原因是什么？

引起钢材变形的主要原因有两个。

(1) 残余应力引起的变形 钢材在轧制过程中会产生残余应力，如轧辊在轴向受热不均、轧辊弯曲、轧辊间隙不一致，都可能引起钢板在宽度方向的压缩不均，从而造成钢板在长度方向上的延伸不同，最终引起钢板变形。

(2) 加工过程引起的变形 钢材在加工过程中，可能会使其内应力得到部分释放而产生变形；也可能由于受到的外力不均而产生变形；或在气割、焊接时受热不均而出现变形。

8. 钢材变形矫正的基本方法有哪几种？

钢材变形矫正的基本方法有两种，即冷作矫正和加热矫正。冷作矫正的原理是利用金属的塑性，以外力或内应力的作用，迫使变形钢材再变形而达到矫正目的。加热矫正则是利用金属热胀冷缩的物理特性，使钢材产生再变形来达到矫正目的。冷作矫正是在常温下进行的，加热矫正是将变形钢材加热到一定温度再进行矫正。

9. 冷作矫正有哪些具体方法？

冷作矫正的基本方法有机械矫正和手工矫正两种。

机械矫正是通过机械方法来完成矫正，即利用矫正设备进行钢材变形的矫正。常用的矫正设备有：

(1) 钢板矫正机 俗称平板机。它是专门用来矫平钢板的设备。

(2) 型钢矫正机 它是用于矫正各种型钢的专用矫正设备。

(3) 卷板机 它是用来滚压圆筒形工件的设备，也可用来矫平钢板。

(4) 调直机 也叫顶床。它是一种用来调直型钢的专用设备。

(5) 压力机 各种压力机辅以相应工装，都可用于矫正钢材的变形。

机械矫正对钢材的性能影响较小，且矫正效率高，应用广泛，但必须具备设备能力，而且钢材的几何尺寸受到限制。

手工矫正是指采用锤击的方法进行矫正。手工矫正用的主要工具是手锤、大锤和型锤等，其特点是操作灵活、简便，但只适用于尺寸不大，变形不太严重的工作。

10. 加热矫正有哪些具体方法？

加热矫正分为全加热矫正和局部加热矫正两种。

全加热矫正是指将工件全部加热，或将工件变形区全部加热，然后进行矫正。钢材加热后，塑性提高，硬度降低，便于手工或机械施加外力进行矫正。全加热矫正的加热温度一般在 $750\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。全加热矫正多用于钢材的性质或变

形程度不适于冷作矫正的情况，如脆性材料、高碳钢、高合金钢，以及厚钢板、变形严重的大规格型钢等。

局部加热矫正又称为火焰矫正。通常是使用氧乙炔焰或其他火焰，将工件的局部（一般是在金属纤维较长部位）进行加热，然后冷却来进行矫形。当金属局部受热时，其膨胀受到周围冷金属的限制而产生压应力，此压应力超过金属高温下的屈服极限，从而使被加热部位产生较大的压缩塑性变形。当加热区冷却时，其收缩也受周围冷金属的阻碍而产生拉应力，但此时该部位的温度已降低，屈服极限升高，所以只产生较小的拉伸塑性变形。这样，从加热到冷却，被加热部位的金属纤维缩短了，从而达到了矫正的目的。

11. 局部加热矫正的加热区有几种形状？各有什么特点？

局部加热矫正的效果，在很大程度上取决于局部加热区形状和位置的选择是否正确。局部矫正的加热区形状有三种：点状、线状和三角形。

(1) 点状加热的加热区为一定直径的圆“点”，如图 4-1 (a) 所示。点的数目、直径 d 及点的间距 a 应根据工件的变形区域、工件厚度和变形程度来确定。矫正薄板时，直径可小些，但一般不小于 15 mm，点与点之间的距离一般为 50~100 mm。

点状加热的特点是：“点”的周围向圆心收缩，可使变形的松弛区域收缩变紧。点状加热的收缩较均匀，常用于矫平薄板或薄板构件。

(2) 线状加热时，火焰沿直线方向移动并同时宽度方向上作有规律的移动，火焰的移动路线可如图 4-1 (b) 中所示的螺旋状或波浪状。

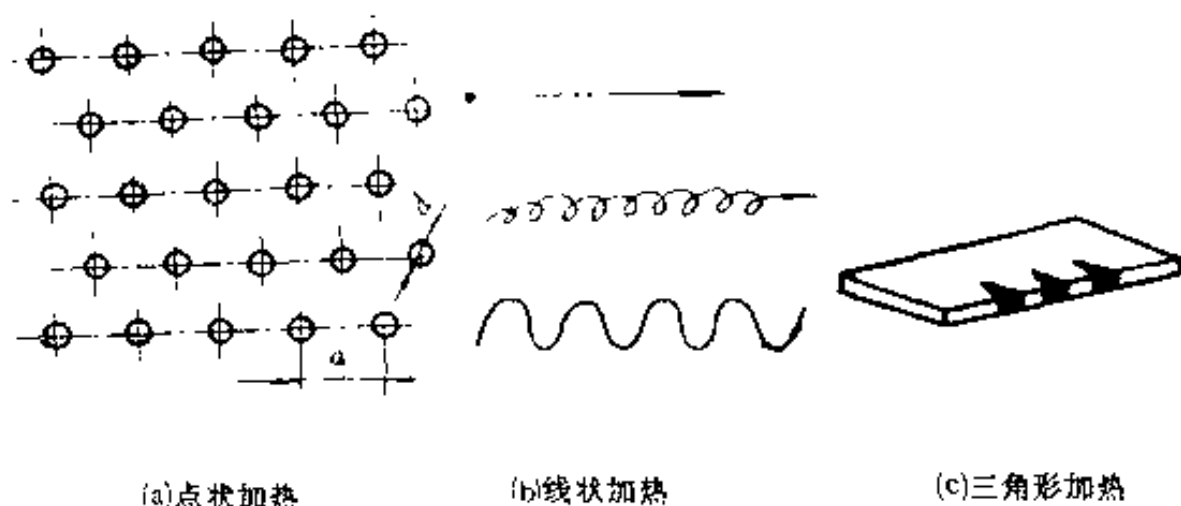


图 1-1 局部加热矫正加热区形状

线状加热的加热宽度主要取决于工件的板厚，一般常取为 0.5~2 倍的板厚。

线状加热时，沿加热线的宽度方向材料的收缩量明显大于沿长度方向的收缩量，并且随加热宽度的增加而增加。

线状加热常用来矫正变形较大的工件或是刚性较大的结构件。

(3) 三角形加热的加热区是等腰三角形，三角形的底边在工件的边缘上，如图 1-1 (c) 所示。三角形加热的面积较大，因而收缩量也较大。故适合于矫正刚性较大的构件的弯曲变形。

三角形加热时，由于沿三角形高度方向的加热宽度不等，所以收缩量也不等。在三角形顶点处，收缩量最小；沿两腰向下，收缩量逐渐增大。

12. 局部加热矫正时应注意什么？

局部加热矫正时应注意如下几点：

(1) 厚度小于 8 mm 的钢板，加热后可浇水急冷，而厚度过大的钢板不宜水冷，以防表里温差过大而产生裂纹。

(2) 应根据材料厚度来确定加热面积、加热速度和加热温度。加热温度一般取 $500\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。温度过低，矫正效果不明显，温度过高，易损伤金属的组织结构。

(3) 应正确选择加热区形状和加热厚度，才能取得最好的矫正效果。

(4) 需要进行重复加热矫正时，应尽量避免与原来的加热位置重合。

13. 钢板变形的机械矫正有哪些方法？

钢板变形的机械矫正有以下几种方法。

(1) 用钢板矫正机矫平钢板的方法

①根据钢板的厚度调整好上、下轧辊之间的距离，先进行试矫，使矫出的钢板达到平直后，再进行成批矫平。

②若钢板经多次滚压仍未矫平的，可在钢板的变形紧缩区加垫滚压，使紧缩区获得较大延展。但垫板不宜太厚，以免损伤轧辊和工件。

③对于局部凸凹变形严重的钢板，可先对凸、凹处采用其他方法进行初矫，然后再在钢板矫正机上矫平。

④矫平较薄的钢板时，可以用一张大于薄板幅面的厚板作垫再进行矫平。小块板料的矫正也可采用加垫板的方法，但要注意两点，一是所矫小块板料的厚度要一致；二是小块板料的厚度与垫板厚度的和应小于钢板矫正机的最大承载能力。

(2) 用卷板机矫平钢板的方法 首先将需矫平的钢板在卷板机上滚压出一个适当的弧度，然后翻面滚压，再不断调整上、下轧辊的距离，反复数次，即可将钢板矫平。

卷板机虽是用来将板材卷成筒状工件的设备，但对于有

一定厚度的钢板，其矫平效果并不比钢板矫正机差。而对于薄板和小块板材，若要在卷板机上矫平，则可参照在钢板矫正机上矫平薄板或小块板材的作法进行。

(3) 用压力机矫平钢板 压力机只适用于较厚钢板的矫平，其矫正方式如图 4-2 所示。图 4-2 (a) 为矫正扭曲变形，图 4-2 (b) 为矫正弯曲变形。用压力机矫正钢板的变形需注意，在施加压力时，要适当考虑钢板的弹性，以防去掉压力后钢板的回弹。

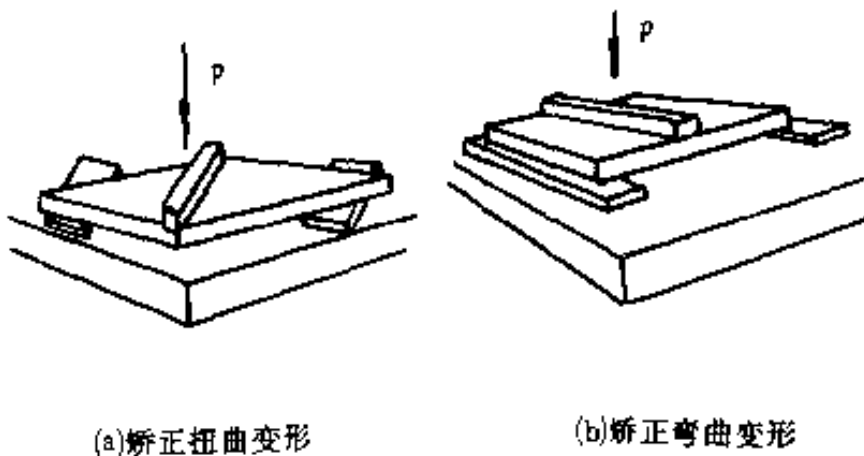


图 4-2 用压力机矫平厚钢板

14. 钢板变形的手工矫正方法是什么？

(1) 薄钢板变形的手工矫正 手工矫正薄板变形时，是将钢板放在平台上，用手锤或大锤去锤击钢板的紧缩区，使之延展。如图 4-3 (a) 所示，薄钢板中部凸起，可以看做是钢板的中间松，四周紧。这时可以由凸起部分的周边开始，由内向外锤击紧的部分，并以放射状逐渐扩大打击面，直至钢板边缘。

如果钢板四周呈荷叶状的起伏变形，则可以看做是钢板的四周松，中间紧。矫平时，可以从紧的边缘由外向内逐步锤击，使其延伸、扩展，如图 4-3 (b) 所示。

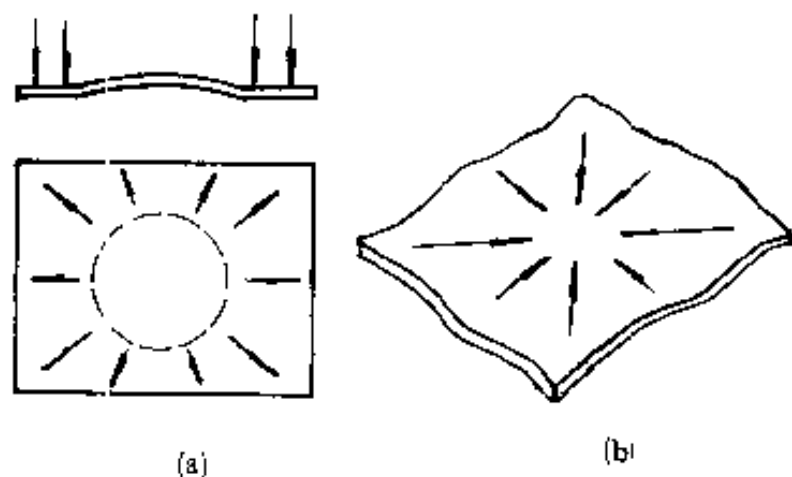


图 1-3 手工矫正薄钢板变形

如果钢板有多处变形，且松、紧部位不明显，可先选定某一部位进行环状锤击，将其原来的无规律变形变为有规律变形，然后判断出它的松、紧部位，再进行矫平。

总之，矫平薄板的关键是要先分析判断变形的性质，找出松、紧部位，锤击紧部位，直至矫平。

(2) 厚钢板变形的手工矫正 手工矫正厚钢板时，直接锤击钢板的凸起处，使凸起处受压缩而产生塑性变形。其原理与用压力机矫平厚钢板时，对凸起处施加压力类同。手工矫平厚钢板的另一作法是锤击凹面，使其表层扩展，有时也是有效的。厚钢板的刚性较大，而用手工矫平较困难，但对于一些用厚钢板制作的较小尺寸的工件。用手工矫正的方法来矫平变形还是可行的。

15. 钢板变形的局部加热矫正有哪些方法？

钢板变形的局部加热矫正要根据钢板厚度和变形的性质来选择不同的加热区形状和位置。

(1) 中间凸起的薄钢板的加热矫正 用卡子将钢板四周压紧在平台上，用点状加热的方法加热凸起处，待冷却后收

缩，即可达到矫平的目的。加热点的顺序如图 4-4 (a) 中数字所示。若中间凸起的面积较大时，也可采取由两端向中间的线状加热方式进行矫正，见图 4-4 (b)。

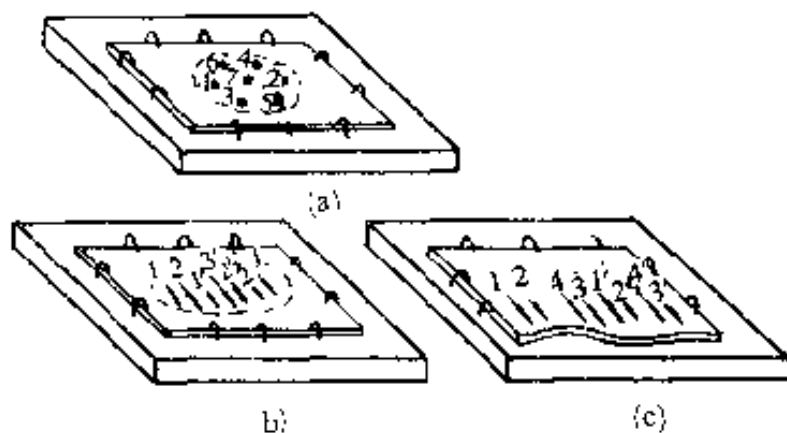


图 4-4 薄板变形的局部加热矫正

(2) 边缘呈荷叶状变形的矫正 薄板的边缘变形呈荷叶状时，可采用逐条边矫正的方法。如图 4-4 (c) 中所示。先用卡子压住钢板的三边，将变形集中到一边上，然后采用线状或三角形加热方法，由凸起的两侧开始加热，并顺次向凸起中心靠近。当一边矫正后，松开卡子检查，再选择一条边、采用同样方法矫正，直至全部矫平。

(3) 厚钢板变形的局部加热矫正 矫正厚钢板的弯曲变形时，可将钢板的凸起处拱面向上平放在平台上，对凸起部位采取线状加热方式，由凸起的中心向两侧顺序加热，加热方向应为钢板的宽度方向。加热温度应根据钢板厚度选择，加热深度以板厚的 $1/2 \sim 2/3$ 为宜，加热速度不得过慢。这种矫正的原理是，当钢板冷却后，应在板厚方向产生不均匀的收缩，即板的凸起的外表面收缩要多，内表面收缩要少，从而抵消钢板原来的变形。如果加热深度过小，外表面的收缩少，矫正效果不明显；如果加热深度过大，则内外表面的收缩量

接近，矫正效果也不好。

16. 扁钢变形有哪几种形式？如何矫正？

扁钢的变形有三种形式：平面弯曲（平弯）、立面弯曲（旁弯）和扭曲变形。

将钢板剪切成扁钢时，最容易出现扭曲变形。而扁钢的扭曲变形都伴有不同程度的平面弯曲和立面弯曲，因此不矫正扭曲变形是无法矫正平弯和旁弯的。所以，对扁钢变形进行矫正前应先检查扁钢的变形形式，看是否有扭曲变形。扁钢的正确矫正顺序是：先矫扭曲，再矫平弯，最后矫旁弯。

(1) 扁钢扭曲变形的矫正 矫正扁钢扭曲变形可用扳扭方法和锤击方法。扳扭方法就是用台钳夹住扁钢的一端，用叉形扳手夹持另一端，对扁钢的扭曲处进行反方向扭转。如果工件较长，可以串动工件，分段进行扳扭，直至消除扭曲变形 [图 4-5 (a)]。

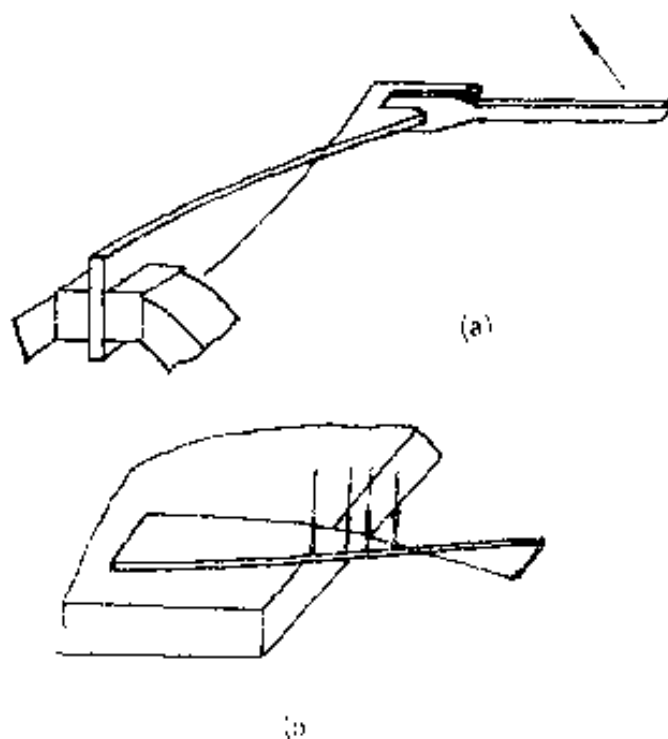


图 4-5 矫正扁钢的扭曲变形

锤击方法适用于扭曲变形较小时，将扁钢斜置于平台上，以平台边为支点，扭曲翘起的部分伸出平台之外，然后锤击平台外向上翘起的部分 [图 4-5 (b)]，锤击点一般选在平台边外约 30 毫米处为宜。如果扁钢的扭曲变形不适于上述的冷作矫正方法，也可以将

扁钢的变形处加热，使材料变软，然后用钳子夹住扁钢向平台上摔打，再用锤子修平，矫正扁钢的扭曲变形。

(2) 扁钢平面弯曲的矫正 将扁钢平放在平台上，扁钢呈现的向上弓起或向下凹陷的变形就是扁钢的平面弯曲变形。在设备条件和工件尺寸允许的情况下，用钢板矫正机或压力机对扁钢的平面弯曲进行机械矫正比较简单。若工件抵抗变形的能力不大，也可以用锤击法矫正。将扁钢弯曲的凸面朝上放在平台上，沿其纵向中心线方向进行锤击。但需注意，落锤点不能偏向扁钢边缘，以免出现立面弯曲。对一些较大的扁钢，也可以采用扩展凹面的方法进行矫正。

(3) 扁钢立面弯曲的矫正 将扁钢平放在平台上，其两侧面出现的凸起或凹进现象称为扁钢的立面弯曲（也称为旁弯）。对于厚度较小扁钢的立面弯曲，可将扁钢平放在平台上，锤击凹进一侧附近的表面，以使其得到延伸。锤击时，凹边的边缘区域锤击点应密些，向里逐渐减少。不可锤击凸边，且矫正过程中应翻动工件，进行两面锤击，以防出现平弯。厚度较大的扁钢可用压力机矫正。将扁钢立放在压力机平台上，凸边朝上，对凸边直接加压力压直。单件或小批的扁钢，也可在凸边一侧采用三角形加热法进行矫正。

17. 角钢变形有哪几种形式？如何矫正？

角钢易产生的变形有扭曲、弯曲和角变形三种。其中弯曲变形最常见。角钢变形的矫正也有先后顺序，先矫正扭曲，再矫正弯曲，最后矫正角变形。无论哪种变形，都可利用型钢矫正机等专用设备进行矫正。配以适当的模具后，也可以在压力机上进行矫正。

角钢的手工矫正有多种方法：

角钢扭曲的手工矫正方法与扁钢扭曲的矫正方法相似，也是加一反向扭力进行扳扭，并往往辅以加热，以减小扭力。

角钢弯曲的手工矫正，对于小规格角钢，可直接锤击凸边而矫正；对于大规格角钢的弯曲，则可锤击凹边附近区域使其延展至矫正。锤击时，应翻转角钢，在两面进行锤击，如图 4-6 所示，以防止出现另一方向的弯曲。

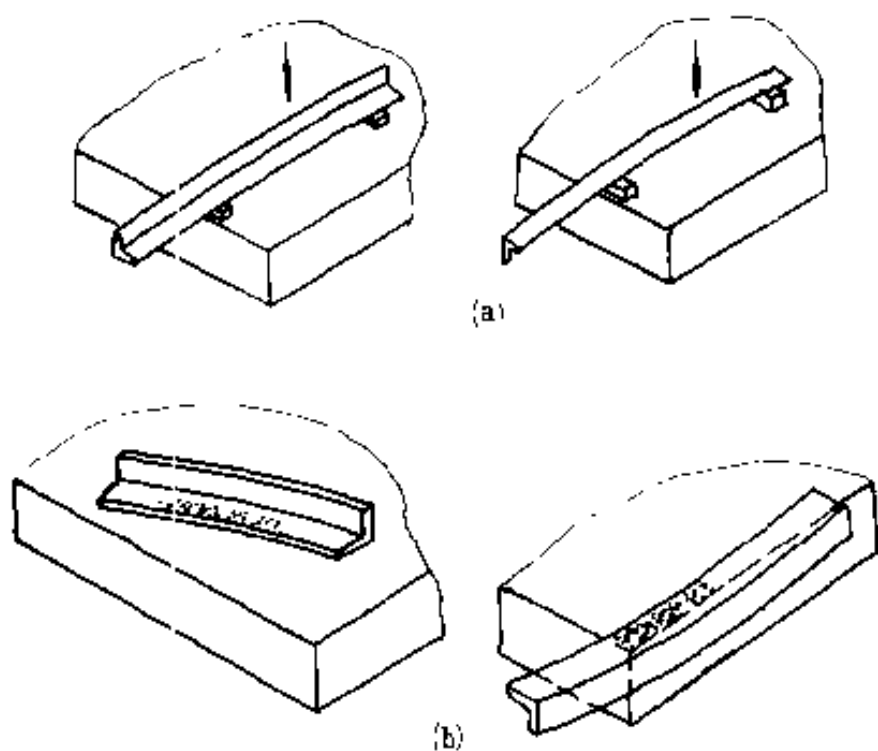


图 4-6 手工矫正角钢的弯曲变形

图 4-7 是用三角形加热方法矫正角钢的弯曲变形。加热位置应在角钢的凸边上。

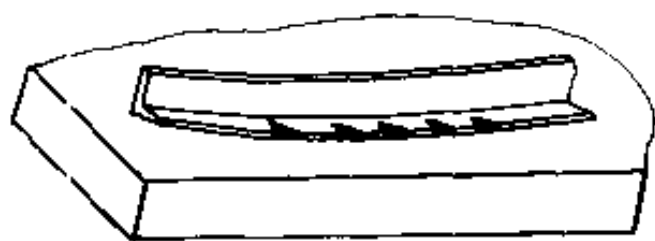


图 4-7 三角形加热矫正角钢的弯曲变形

角钢的角变形是指角钢的两边互不垂直。图 4-8 (a) 为角钢两边大于 90° 时的矫正方法。图 4-8 (b) 为角钢两边小于 90° 时的矫正方法。角钢规格较小时, 可以进行手工矫正, 角钢规格较大时, 可以在压力机上进行矫正。

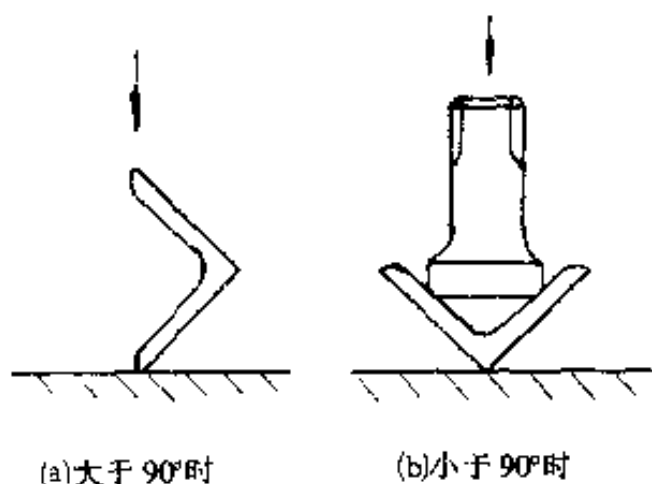


图 4-8 角钢角变形的矫正

18. 槽钢变形有哪几种形式? 如何矫正?

槽钢的变形有扭曲、弯曲和翼板的局部变形等。由槽钢的断面形状决定了它抵抗变形的能力较强, 因此, 槽钢变形的矫正大多利用机械进行, 手工矫正只在单件或受设备限制时才采用。手工矫正的劳动强度大, 效率低。槽钢也可以用型钢矫正机进行矫正, 其矫正方法与矫正角钢相同。图 4-9 所示为用压力机矫正槽钢扭曲、弯曲变形的几种方法, 这是矫正槽钢变形的的主要方法。

槽钢的弯曲变形也可以用三角形加热法矫正。但局部加热时要充分考虑槽钢腹板与翼板的相互牵制作用, 选择合适的加热区域和面积, 才能得到好的矫正效果。如图 4-10 所示。

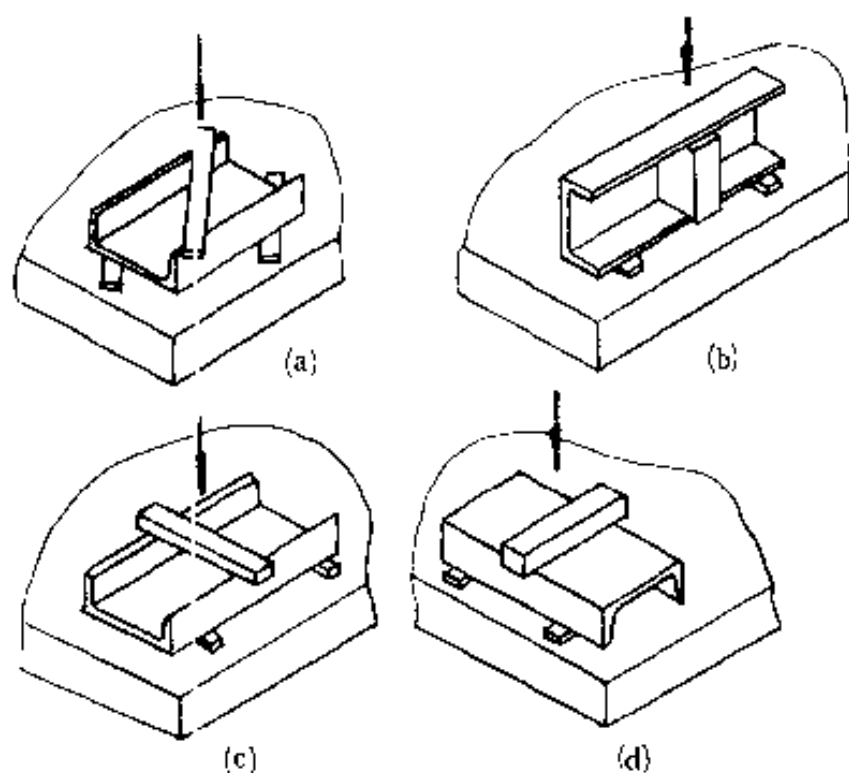


图 4-9 用压力机矫正槽钢变形
 (a) 矫正扭曲变形 (b) 矫正立面弯曲变形
 (c) (d) 矫正平面弯曲变形

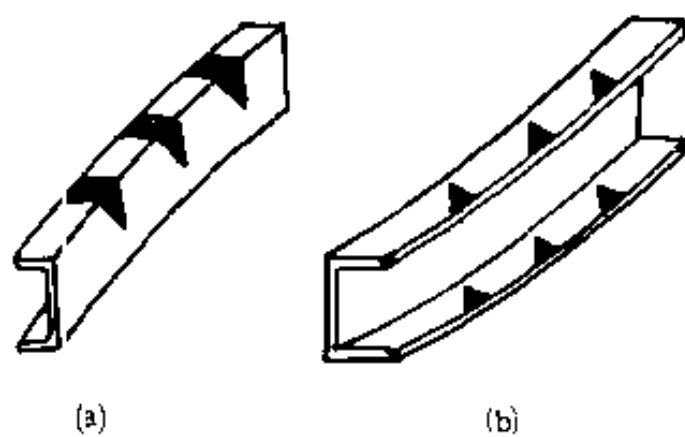


图 4-10 加热法矫正槽钢变形

19. 怎样矫正工字钢的变形？

工字钢的断面形状决定了它有较强的抵抗变形的能力。

工字钢的变形有两种形式，一种是弯曲变形，另一种是扭曲变形（主要是弯曲变形）。

在设备条件允许的情况下，工字钢的变形可以用调梁机或压力机进行矫正，矫正方法与前面所述槽钢、角钢的矫正方法类似。

工字钢的变形也可以用火焰矫正法矫正。加热位置和加热面积与工字钢的规格尺寸和弯曲变形的方向有关。

(1) 工字钢沿 oy 轴方向出现弯曲变形时的火焰矫正方法(图 4-11) 此时，工字钢在 oy 轴方向出现拱曲或下挠变形。首先应找出工字钢拱曲最大处或下挠最大处的位置，在腹板上用三角形加热法加热腹板的凸起侧，在相对应的上翼缘板或下翼缘板上进行线状加热。线状加热方向与工字钢的长度方向垂直。

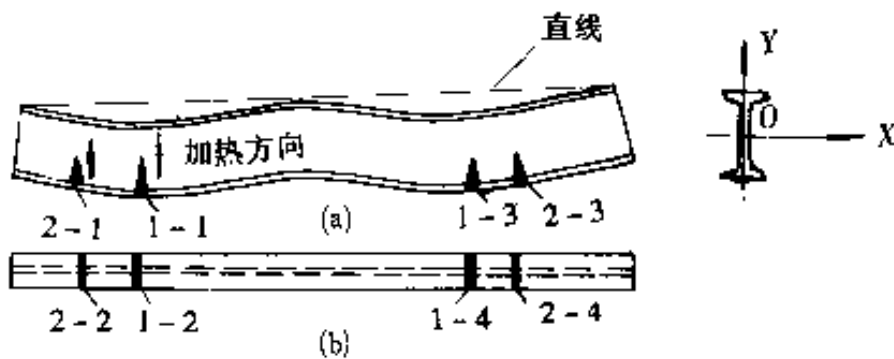


图 4-11 工字钢 oy 方向弯曲变形的火焰矫正

矫正时，一般先进行腹板的三角形加热，后进行翼板的线状加热。三角形的加热面积大小要根据变形程度决定，一般三角形的高为工字钢高度的 $1/5 \sim 2/3$ ，三角形的底长为 $30 \sim 40 \text{ mm}$ ，从三角形的尖端开始向翼缘板方向加热，翼缘板的线状加热则是由中心向两侧加热。图 4-11 中给出了各区域加热的先后顺序。如果一次加热没有完全矫正，可再进行下一

次加热，直至矫正完全合格为止。

(2) 工字钢沿 ox 轴方向出现弯曲变形时的火焰矫正方法(图 4-12) 此时，要在工字钢的凹向侧翼缘边拉直线，确定沿 ox 轴方向的最大弯曲处，然后在相应凸起侧的上、下翼缘板上进行三角形加热。注意，上、下翼缘板上的三角形应在同一横截面内。加热可以是分批次进行，如图 4-12 中所示，三角形旁的标号 1-1 表示第一次加热的第一个三角形，2-1 表示第二次加热的第一个三角形，其余类推。

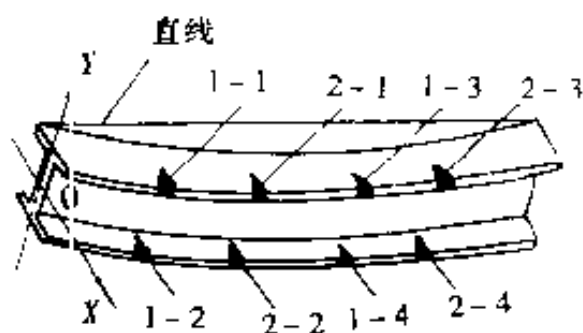


图 4 12 工字钢 ox 方向弯曲变形的火焰矫正

20. 钢结构件变形是由哪些原因造成的？

钢结构件是由钢板和型钢（角钢、工字钢、槽钢等）采用焊接、铆接和螺纹连接等方法联接而成的。引起钢结构件变形的主要原因有：

- (1) 钢结构件受到撞击，或在吊运、运输、存放过程中受到不正常外力作用而产生变形。
- (2) 钢结构件长期承受载荷而引起变形。
- (3) 钢结构件由于焊接而产生内应力所导致的变形。

21. 什么是钢结构件的焊接变形？

焊接是钢结构件的重要联接方式之一。焊接过程对钢结

构件是一种不均匀的加热和冷却，是容易造成构件产生内应力而引起变形的主要因素。由于焊接所引起的钢结构件变形称为焊接变形。钢结构件焊接时，焊缝和焊缝附近的金属受热温度很高，而其余部位的金属不受热。受热部位金属膨胀，而周围的冷金属则阻碍和限制膨胀，受热部位产生压缩塑性变形。焊完冷却时，焊缝和焊缝附近的金属因冷却而收缩，这同样会受到周围未受热金属的限制，从而使构件产生了内应力，导致了构件的变形。钢结构件的焊接变形有六种形式：

(1) 纵向收缩变形 构件焊后沿焊缝方向发生收缩。这种收缩变形难以修复，应在构件下料时留余量。

(2) 横向收缩变形 构件焊后在垂直于焊缝方向发生收缩。这种变形也难以修复，同样应在下料时留余量。

(3) 弯曲变形 构件焊后发生弯曲。这种变形是由于构件上的焊缝不对称或焊件的断面形状不对称，焊缝的纵向收缩和横向收缩而引起的变形。

(4) 角变形 构件焊后，两焊件表面间夹角偏离规定角度而引起的变形。

(5) 波浪变形 构件焊后呈波浪形。这种变形主要出现在薄板焊接时。主要是由焊缝的纵向收缩和横向收缩在构件约束较小的部位产生较大的压应力而引起的变形。

(6) 扭曲变形 焊后沿构件的长度出现螺旋形变形。这种变形是因为装配不良，焊接工艺不合理，使得焊缝的纵向收缩和横向收缩没有一定规律而产生的。

以上几种类型的变形，在钢结构件的焊接过程中常常不是单独出现，而是同时出现、互相影响的。

22. 矫正钢结构件的要领是什么？

钢结构件是由若干基本单元经焊接、铆接或螺栓连接等方式组合而成。这些基本单元一般由板件、角钢、槽钢、工字钢和圆管、圆钢等构成，它们相互联系，又相互制约。因此对钢结构件变形进行矫正时，一定要分析变形产生的原因，分析钢结构件各单元间的内在联系和制约关系，分析变形的主从关系，确定正确的矫正部位、矫正方法和矫正顺序。即掌握如下的矫正要领：

(1) 首先确定钢结构件变形的形式 钢结构件的变形很少是单一形式的变形，常常是多种变形并存。

(2) 分析构件变形产生的原因，了解变形是由外力引起的，还是由内应力所致。

(3) 分析构件中各单元之间的联系规律及相互间的制约关系。

(4) 选择正确的矫正部位和矫正顺序 先解决主要问题，后解决次要问题。

(5) 选择合适的矫正方法 多种方法并用时，应注意先后顺序。

(6) 要掌握构件所用材质的特点和机械性能等，防止矫正时造成构件的损伤。

23. 如何进行钢结构件中薄板的矫正？

薄板在钢结构件中常常是和各种类型的框架装配、焊接在一起的，所以矫正钢结构件中薄板的变形时，应首先矫正框架的变形使其符合要求，然后再矫正薄钢板的变形。在矫正薄钢板的过程中，还应随时注意防止框架出现新的变形，以

免影响薄钢板的矫正。

钢结构件中的薄钢板与框架连为一体，显然不能用钢板矫正机矫正，用手工矫正也不合适，用手锤锤击薄板会延展薄板表面，使其面积增大，而薄板的四周有框架限制，不能向四周扩大，如果强制某一部分扩展，必然会导致变形加剧。所以钢结构件上薄板变形的矫正大都采用周部加热，即火焰矫正的方法。这种矫正的一般作法是：先确定薄板的变形区，找出凸起部位，然后进行点状加热，并以木锤锤击和浇水急冷，使薄板的凸起处产生收缩而矫平。

加热时应注意如下问题：

(1) 加热的温度要适当，一般不高于 800°C 。温度过低，薄板出现不了塑性变形，达不到矫正目的；温度过高，会影响板材的内部组织结构，影响钢结构件的质量。

(2) 加热圆点的大小与薄板的厚度 t 有关，一般取圆点的直径约为板厚的 6 倍加 10 mm ，即直径 $d = 6t + 10$ (mm)。加热点之间的距离要均匀一致，一般为梅花状分布。加热点不宜太多，以免增加不应有的内应力。

(3) 浇水急冷和木锤锤击，是为了使薄板的纤维组织收缩加快。木锤锤击要轻，以防影响构件的表面质量。

(4) 加热时烤枪嘴不要来回晃动，火焰束要垂直于钢板表面。

图 4-13 (a) 为用点状加热法矫正箱壳薄板的凸起变形。如果凸起较严重或面积较大，也可以采用线状加热的方法进行矫正，以加大其收缩量。加热顺序应从凸起部位的边缘向中心移动，如图 4-13 (b) 所示。

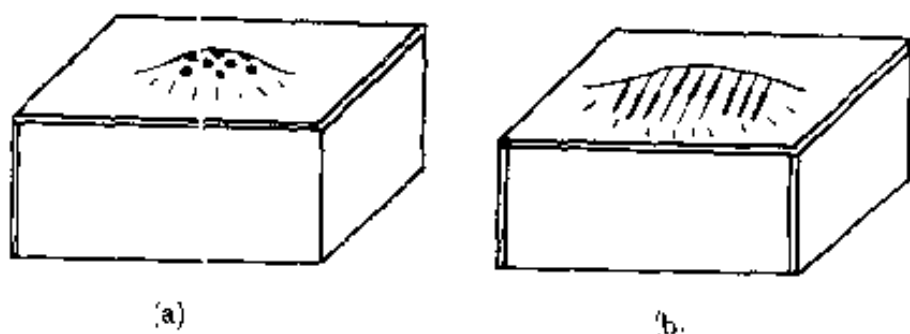


图 4-13 钢结构件中薄板变形的矫正

24. 如何矫正 T 型梁构件？

T 型梁的变形有平面弯曲、立面弯曲和角变形三种。如果设备条件和 T 型梁的规格尺寸允许，可以用压力机和型钢矫正机来矫正 T 型梁的变形。否则，可以用火焰加热法来进行矫正。对于要矫正的 T 型梁，先要分析确定有几种变形？分别是什么变形？然后确定矫正顺序，要防止矫正一种变形而引起另一种变形。

一般可按照先矫旁弯、再矫平弯、最后矫正角变形的顺序进行，也可以先矫正较严重的一种变形，然后再矫正另一种变形。

三种变形的火焰矫正方法如下：

(1) 矫正 T 型梁的立面弯曲（旁弯） 可以采用三角形加热法矫正 T 型梁的旁弯。加热位置选在水平板凸起的一侧，如图 4-14 (a) 所示。如果立板的刚度较大时，可以在立板的合适位置垂直于水平板方向进行线状加热，以减小立板对水平板的牵制作用。

(2) 矫正 T 型梁的平面弯曲（平弯） T 型梁的平面弯曲也可用三角形加热法来矫正。平面弯曲也有称为拱变形的。这种变形时，T 型梁的立板向上凸起（拱起），故矫正时加热

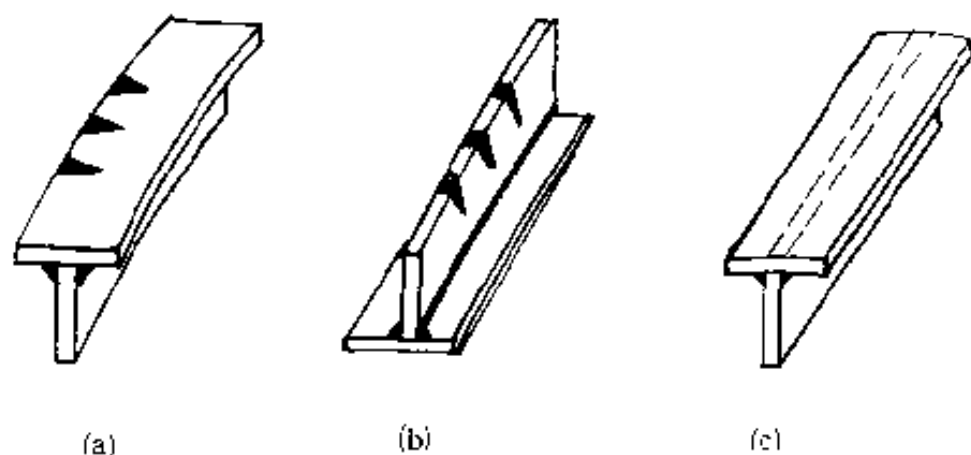


图 4-14 T型梁的火焰矫正

位置应选在立板的凸边上 [图 4-14 (b)]。如果第一次加热后，变形没有完全消除，可进行第二次加热，但要注意加热位置应和第一次所加热的三角形位置错开，不要在原来的位置上加热。

(3) 矫正 T 型梁的角变形 T 型梁的角变形是指 T 型梁的水平板产生的变形。即焊缝两侧的水平板之间出现夹角。角变形的矫正采用线状加热法进行。在 T 型梁水平板焊缝的背面，沿焊缝进行线状加热 [图 4-14 (c)]，加热的宽度应小于焊缝的宽度，加热的深度不应超过板厚，待冷却后，角变形即可消失。

五、冲压加工

1. 什么是冲压加工？其特点有哪些？

冲压加工是利用冲压设备和模具对板料金属进行加工，使其产生塑性变形甚至断离，以获得所需形状、尺寸和性能的制件。

在机械制造中，冲压是一种重要的加工方法，它的主要特点是：

(1) 生产效率高，每分钟少则几件，几十件，多则几百件，甚至上千件。

(2) 原材料利用率高，与切削加工比较可节约较多的毛坯料，从而降低了生产成本。

(3) 产品质量好，冲压件的尺寸精度稳定，有很好的互换性。一般不再需要大量的机械加工即可获得强度高、刚性好、重量轻的零件。

(4) 适于加工形状复杂的零件，若用其他加工方法，则需耗费相当多的原料和工时。

(5) 冲压加工一般操作简单，有利于实现机械化和自动化。

由于上述特点，冲压加工得到了广泛的应用，冲压零件和产品在汽车、船舶、鼓风机、电机电器、仪器仪表和日常生活用品中占有非常重要的地位。

2. 冲压加工包括哪些基本工序？

冲压加工的工序，根据零件的形状、大小、精度、材料和批量不同，基本上分成两大类，即分离工序和成形工序。

(1) 分离工序 指金属板材所受应力超过材料的强度极限，使板材发生剪裂或局部剪裂，而发生分离。分离工序主要包括：

①落料。利用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，使零件与坯料分离，冲下部分是零件。

②冲孔。利用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，使零件与弃料分离，冲下部分是弃料，留下部分是零件。

③剪切。利用剪刀或冲模沿不封闭轮廓曲线剪下零件；或将工件材料部分切开，但不分离成两部分。

④切边。将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状。

(2) 成形工序 指金属板材所受应力超过材料的屈服极限，使板材发生塑性变形并转化成所需形状的零件。成形工序主要包括：

①弯曲。在外力作用下，利用模具使坯料产生弯曲变型，达到要求的形状。

②拉深。把平板坯料成形为各种空心的零件，包括不变薄拉伸和变薄拉伸。

③翻边。把孔或板料的边缘翻出凸缘，以提高强度或供连接用。

④胀形。利用压力将直径较小的空心零件、管材、板材，由内向外膨胀成为直径较大的曲母线零件。

⑤扩口及缩口。在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上使其径向尺寸扩大或减小的成形方法。

⑥校形。是一种辅助成形工序，用以消除钣金零件经过各种成形加工后几何形状与尺寸上出现的缺陷，或经热处理后由于应力不均而产生的翘曲，使零件的形状和尺寸精度达到设计要求。

3. 冲压加工对金属材料有哪些要求？

为保证冲压零件的质量，首先要求所用材料表面光洁平整、无杂质、气孔和裂痕，无锈斑和氧化皮。金属表面没有分层现象和明显的机械性损伤。其次，根据加工方法不同，应合理选择金属材料的弹性和塑性。金属材料的弹性是指其在外力作用下发生变形，当外力撤消后，又恢复到原来形状的特性；金属材料的塑性是指同样发生上述变形后，材料在一定程度上保持变形的特性。对于落料、冲孔、切边等冲压工序，应选用弹性较好的材料，以利于得到良好的断面质量和准确的尺寸。对于弯曲、拉伸、胀形等成形工序，则要求塑性较好的金属材料，这样可减小零件的回弹及避免出现裂痕。另外，材料的硬度也直接影响着材料的弹性和塑性，一般说来，材料硬度越高，则其塑性越差。所以，应根据不同的加工方法合理选用。

4. 什么是冲压件的工艺性？

冲压件的工艺性，是指其对冲压工艺的适应性。即冲压件在形状、尺寸、精度要求等方面，是否符合冲压加工的工艺要求。冲压件工艺性的好坏，直接关系到产品的质量 and 成本。工艺性良好的冲压件，所需工序过程简单，容易加工，能节省原材料，延长模具的使用寿命，同时产品质量稳定，在一定生产批量条件下，高质量、低成本地制造出零件，取得

很好的生产效益。在考虑冲压件的工艺性时，一般应遵循下列原则：

- (1) 尽量简化生产工序，考虑用最少和尽量简单的冲压工序来完成整个零件的加工，提高劳动生产率。
- (2) 保证产品质量的稳定性，减少废品率。
- (3) 尽量简化模具结构，延长模具的使用寿命。
- (4) 有利于提高金属材料的利用率，同时尽量减少所用材料的品种和规格。
- (5) 有利于产品的通用性和互换性。
- (6) 零件的设计应便于冲压操作，并有利于生产的机械化和自动化。

5. 什么是冲裁？冲裁时板料的分离过程是怎样的？

冲裁是在压力机上利用模具使板料产生分离的冲压工序。冲裁既可直接获得成品零件，又可为弯曲、拉伸等其他工序准备坯料，所以它是冲压加工中的一个基本工序。

板料经冲裁后一般分成两个部分，即冲落部分和带孔部分。若冲落部分为所需工件，剩余部分为废料，这种冲裁工序称为落料。反之，若带孔部分为所需工件，冲落的为废料，这种冲裁工序称为冲孔（图 5-1）。

图 5-2 为普通冲裁加工工序的示意图。凹模 2 固定在压力机的工作台 1 上，凸模 4 与压力机滑块 5 相连接。凸模与凹模形成一对刃口。加工时，把板料

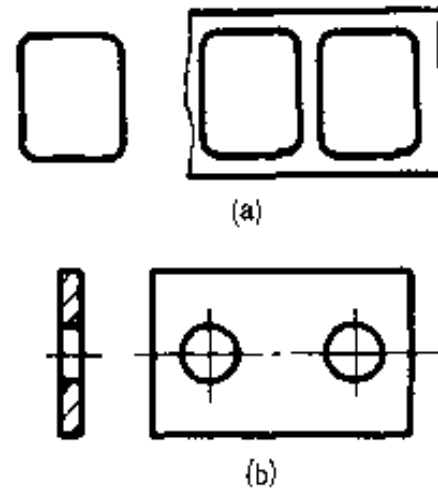


图 5-1 落料与冲孔
(a) 落料 (b) 冲孔

3 放在凸模与凹模之间,当凸模随滑块下降时,板料受力沿刃口产生变形直至断裂分离,完成冲裁。

如图 5-3 所示,冲裁时板料的分离过程可基本上分成下面三个阶段:

(1) 弹性变形阶段 这是凸模与板材接触的最初阶段,板料受力并产生弹性压缩、拉伸和弯曲变形,直至材料的应力达到弹性极限 [见图 5-3 (a)]。

(2) 塑性变形阶段 随着凸模

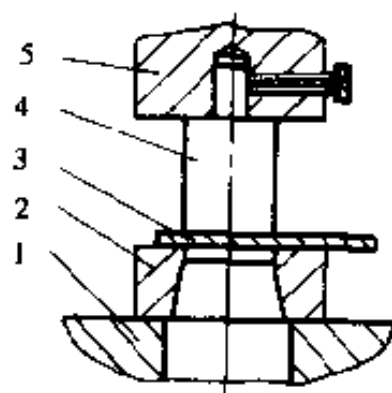


图 5-2 冲裁加工示意图

1-工作台 2-凹模 3-板料
4-凸模 5-压力机滑块

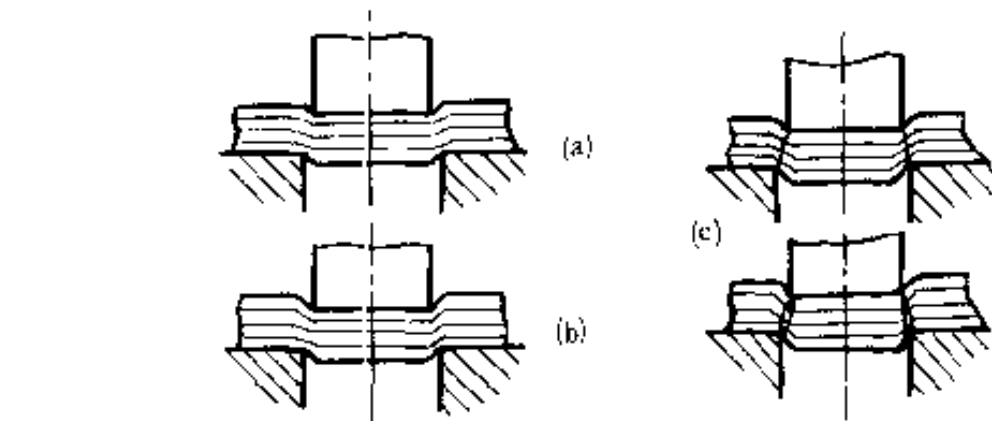


图 5-3 冲裁时板料的分离过程

当材料的内应力达到屈服极限时,板材的变形加剧,并形成塑性变形。这个过程持续到刃口附近的板材在高度集中的应力作用下开始产生微小裂纹时,此时,冲裁力达到了最大值 [见图 5-3 (b)]。

(3) 断裂分离阶段 随着凸模的进一步压入,刃口附近板材的微小裂纹向材料的内层发展,裂纹逐渐扩大,直至材料最后分离,冲裁结束 [见图 5-3 (c)]。

6. 什么是排样？排样有哪几种方法？

冲裁件在条料或板料上的布置方法称排样。工件的排样是否合理，直接关系到材料的有效利用，即关系到产品的成本。一般在中、大批量的冲压生产中，产品的成本主要取决于材料的费用，所以，设计合理的排样方案，提高材料的利用率，是降低生产成本、提高生产效益的重要方面。

生产中，根据冲裁件的形状、尺寸和精度要求不同，一般有三种排样方法：

(1) 有废料排样 如图 5-4 所示，工件四周留有一定的余料，加工时需沿工件全部外形冲裁。这种方法的优点是能充分保证工件的质量和尺寸精度，冲模寿命也长，缺点是材料利用率低。此法多用于精度要求较高且形状较复杂的零件。

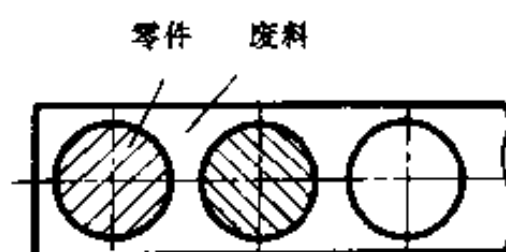


图 5-4 有废料排样

(2) 少废料排样 如图 5-5 所示，工件只有部分边缘留有余料，加工时沿工件部分外形冲裁或者切断。这种方法的优点是提高了材料利用率，可简化模具结构并提高工作效率，缺点是工件的尺寸精度要低于有废料排样。

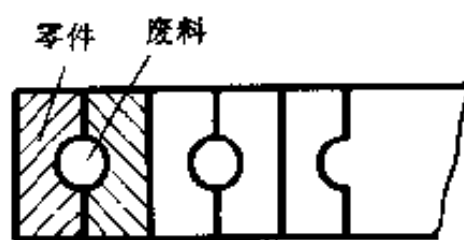


图 5-5 少废料排样

(3) 无废料排样 如图 5-6 所示，工件排定后，只在板料边缘有少许废料，中间没有废料。它的优点是材料利用率高，一般可在 95% 以上，但工件的尺寸精度较差，适于加工形状比较整齐且尺寸精度要求不高的工件。

对同一种工件，往往可得出多种不同的排样方案，生产中要综合考虑，合理解决材料利用率和工件尺寸精度间的矛盾，在满足尺寸精度的条件下尽量采用无废料排样或少废料排样。

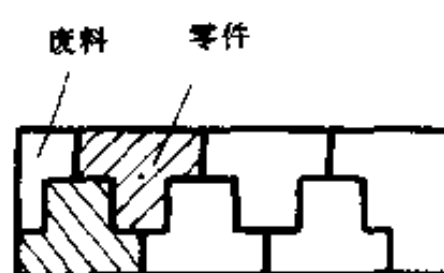


图 5-6 无废料排样

7. 排样时如何确定搭边和边距的大小？

排样时，工件与工件之间的距离叫做搭边，工件与板料侧边之间的距离叫做边距。在图 5-7 中，距离 a 为搭边， b 为边距。搭边和边距的作用是，一方面可以补偿冲压过程中的定位误差，保证工件的质量；另一方面可以增加坯料的刚度，便于坯料的送进。

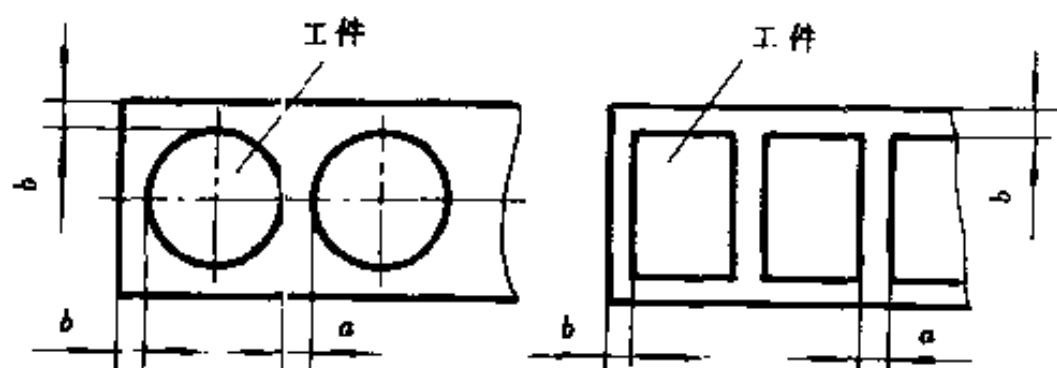


图 5-7 搭边与边距

(a) 搭边 (b) 边距

搭边和边距值的大小在生产中要合理确定。从节省材料出发，搭边和边距值越小越好，但若其值太小，冲压过程中坯料容易被拉断；另外由于凸模沿周围表面受力不均匀，将影响到工件断面质量和模具寿命；搭边或边距部分的余料还有可能被拉入凸、凹模的间隙中，使工件产生毛刺，甚至损

坏模具刃口。

合理确定搭边与边距大小的一般原则是：工件材料的厚度越大，搭边与边距值也应越大；材料的硬度越低、塑性越好，搭边与边距值应越大；工件的外形越复杂，圆角半径越小或工件尺寸越大，其搭边与边距值应越大。

表 5-1 列出了用钢模冲压低碳钢时的搭边与边距值。对于其他材料，可将表 5-1 中的数值乘以一个系数，见表 5-2。

表 5-1 低碳钢搭边与边距数值 (mm)

材料厚度 t	圆形工件及 $r > 2t$ 的圆角		矩形工件边长 $l \leq 50$		矩形工件边长 $l > 50$ 或圆角 $r \leq 2t$	
	搭边	边距	搭边	边距	搭边	边距
< 0.25	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
0.25~0.50	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
0.5~0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
0.8~1.2	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
1.2~1.6	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
1.6~2.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.0	2.2
2.0~2.5	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.5
2.5~3.0	1.8	2.2	2.2	2.5	2.5	2.8
3.0~3.5	2.2	2.5	2.5	2.8	2.8	3.2
3.5~4.0	2.5	2.8	2.8	3.2	3.2	3.5
4.0~5.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5
5.0~12.0	$0.6t$	$0.7t$	$0.7t$	$0.8t$	$0.9t$	$0.9t$

表 5-2 其他材料的系数值

材料	中等硬 度钢	硬 钢	青铜、 硬黄铜	硬 铝	软黄铜、 紫铜	铝
系数	0.9	0.8	1.1	1.2	1.2	1.4

8. 冲裁模有哪几种类型?

冲裁模是冲裁加工中的主要工具，它的分类方法和模具形式很多。按工序的组合程度，冲裁模可分为单工序模，多工序的连续模和复合模。

(1) 单工序冲裁模 单工序冲裁模又称为简单冲裁模，它是指在压力机的一次行程内，只完成一个冲裁工序（如落料、冲孔等）的模具。

图 5-8 是一典型简单冲裁模的装配示意图，凸模 4 和凹模 6 分别通过固定板 2、7 固定在上模板和下模底板 8 上。加工时，坯料由挡料销 5 定位，卸料操作由套在凸模

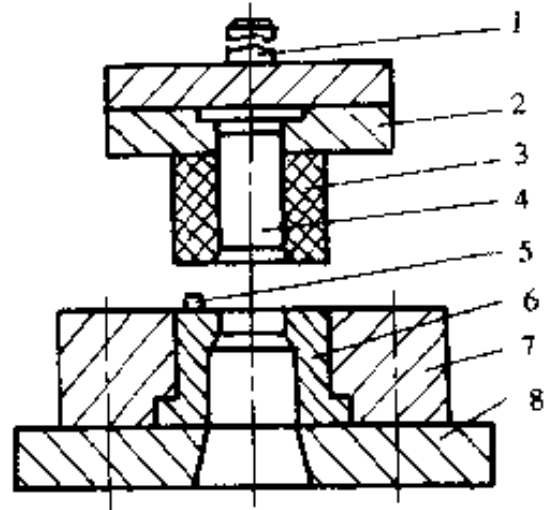


图 5-8 简单冲裁模

- 1—模柄 2—凸模固定板 3—卸料橡皮
4—凸模 5—挡料销 6—凹模
7—凹模固定板 8—底板

上的卸料橡皮 3 完成。上、下

模间的相对位置靠压力机滑块与导轨间的位置精度来保证，没有其他导向装置。这种模具结构简单、容易制造，但模具安装比较困难，刃口部分容易磨损，加工精度差，操作不太安全，一般只用于精度要求不高、外形简单和批量不大的工件的冲裁。

图 5-9 所示为导柱式单工序冲裁模，它的上、下模间的对应位置靠模具上的导柱、导套来保证。导柱和导套加工比较方便，容易保证凸、凹模周边的间隙均匀不变，所以工件精度较高，模具寿命长。另外，这种模具安装方便、使用安全，因此在生产中得到广泛的应用。

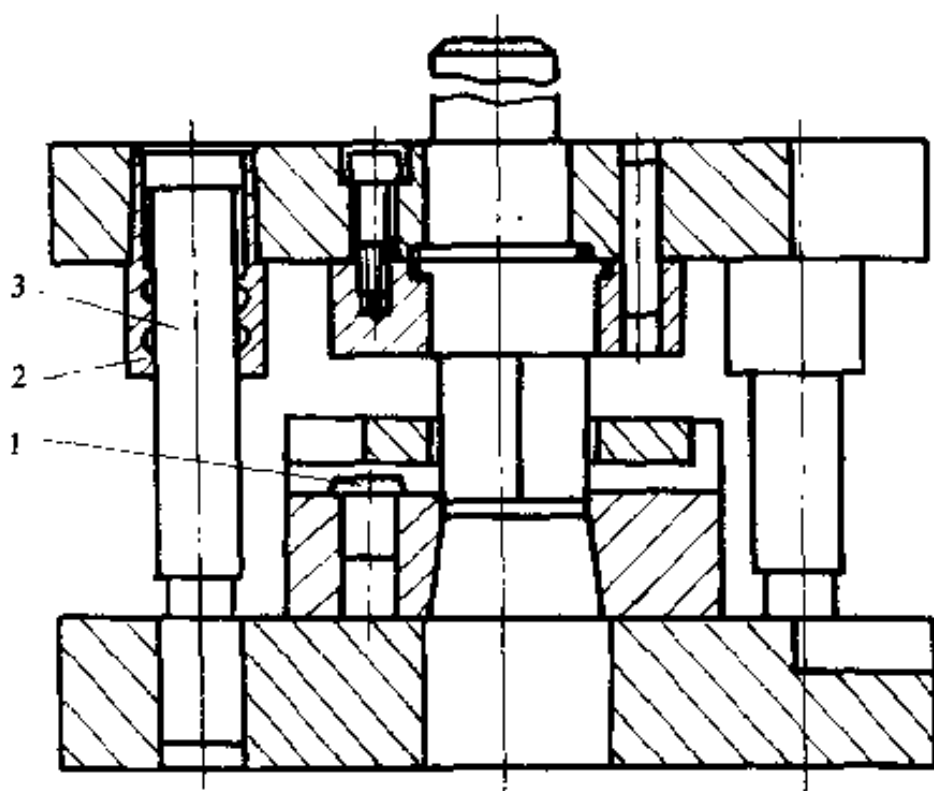


图 5-9 导柱式冲裁模

1 挡料销 2 导套 3—导柱

(2) 多工序冲裁模 多工序冲裁模是指在压力机的一次行程内，可同时完成两个以上冲裁工序的模具。多工序冲裁模包括复合冲裁模和连续冲裁模。复合模的多个冲裁工序是在坯料的一个位置上完成的，而连续模则是在坯料的不同位置上完成的。

图 5-10 所示为顺次完成冲孔和落料两道工序的连续冲裁模。工作时，坯料从右边送入，用始冲挡料销 4 限位。上模下行时，冲孔凸模 1 和 2 先把三个孔冲出。然后松开始冲

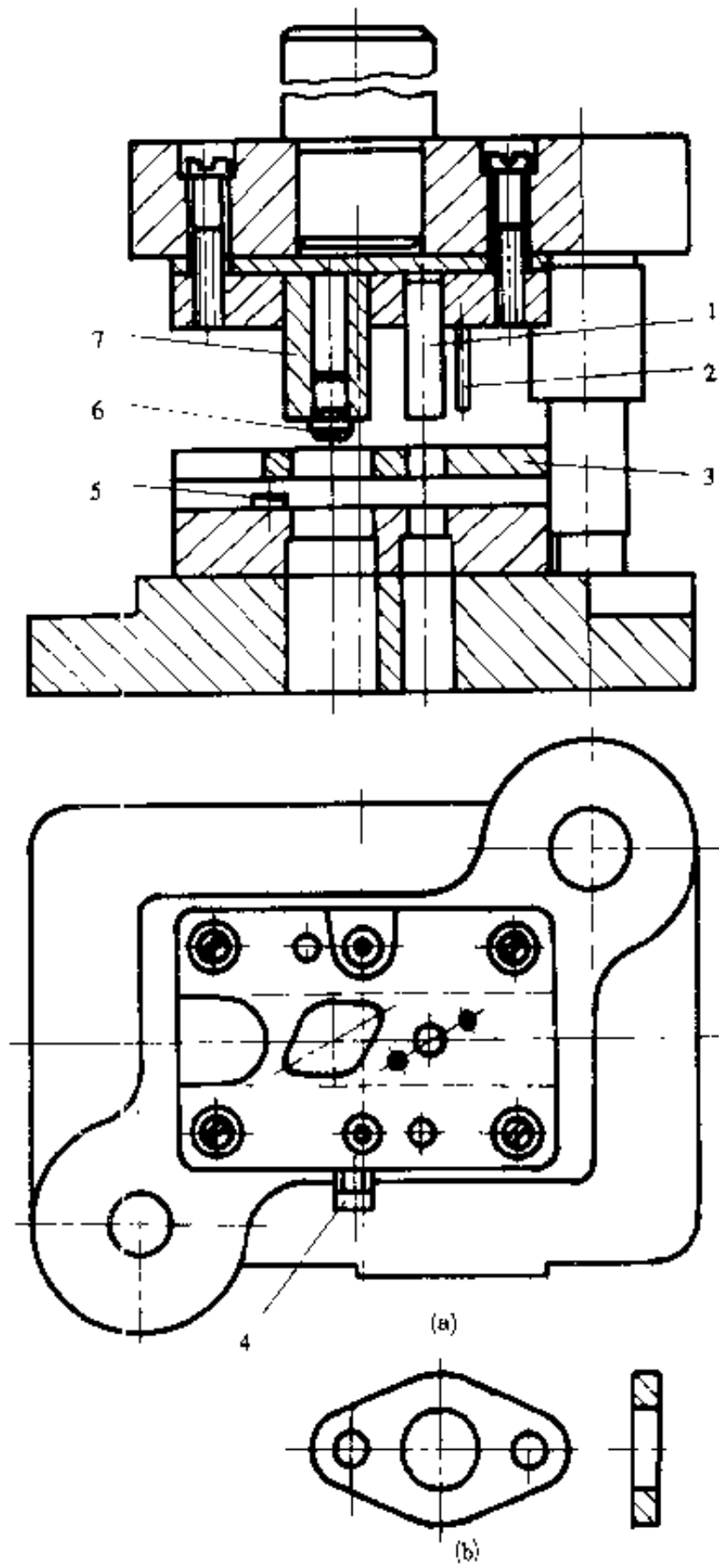


图 5 10 连续冲裁模
 (a) 模具装配图 (b) 工件

挡料销，坯料继续向左送进，由固定挡料钉 5 挡料，这时已冲出的三孔移至落料工位上。上模再次下行，完成外形落料，与此同时，在冲孔工位的坯料上又冲出三孔。落料凸模 7 上装有导头 6，落料时导头 6 先进入工件的孔内定位，以提高位置精度。模具采用固定卸料板 3 卸料。

与单工序模相比，复合模和连续模的主要优点是生产效率高，同时由于复合模的多道工序在一个工位上完成，具有更高的位置加工精度。它们的缺点是结构较复杂，制造精度要求较高，所以多工序冲裁模适于生产批量较大，精度要求较高的工件的加工。

9. 怎样计算冲裁力？

冲裁力是指冲裁加工时，材料对模具的最大抵抗力。为适应冲裁的要求，压力机的能力必须大于所计算的冲裁力。当用平刃模具冲裁时，冲裁力 P 可按下式计算：

$$P = K_p L t \tau$$

式中 P —— 冲裁力 (N)；

K_p —— 修正系数 (考虑模具刃口的磨损、凸、凹模间隙的波动、材料机械性能的变化和材料厚度偏差等因素，一般取 $K_p=1.3$)；

t —— 材料的厚度 (mm)；

τ —— 材料的抗剪强度 (MPa)；

L —— 冲裁件的周长 (mm)。

材料的抗剪强度 τ 除与材料本身的性质有关外，还与材料的硬化程度、材料相对厚度、凸模和凹模的相对间隙以及冲裁速度有关。 τ 值可按表 5-3 选用，表中 x 为冲裁模间隙， σ_b 为材料的抗拉强度，单位为 MPa。

表 5-3 抗剪强度 τ 的选取值 (MPa)

落料、冲孔的不同情况		τ	
		$z = 0.15t$	$z = 0.005t$
落料	大零件 $d \geq 1000t$	$0.6 \sigma_b$	$0.65 \sigma_b$
	中等零件 $d \geq 50t$	$0.7 \sigma_b$	$0.8 \sigma_b$
	小零件 $d \cdot (5 \sim 10)t$	$0.8 \sigma_b$	$(1 \sim 1.2) \sigma_b$
冲孔	孔径 $d \leq (5 \sim 2.5)t$	σ_b	$(1.5 \sim 1.8) \sigma_b$
	孔径 $d \leq (2 \sim 1.5)t$	$(1.2 \sim 1.4) \sigma_b$	$(2.0 \sim 2.6) \sigma_b$
	孔径 $d = t$	$1.8 \sigma_b$	$3.6 \sigma_b$

例] 落料工序, 工件材料为冷轧薄钢板, 抗拉强度为 310 MPa, 厚度 $t = 1 \text{ mm}$, 工件周长为 820 mm, 模具相对间隙 $z/t = 0.15$, 求冲裁力 P 。

[解] 由表 5-3, 按已知条件有:

$$\tau = 0.7 \sigma_b = 0.7 \times 310 = 217 \text{ MPa}$$

又由式 $P = K_p L t \tau$ 有:

$$\begin{aligned} P &= 1.3 \times 820 \times 1 \times 217 \\ &= 231322 \text{ (N)} \\ &= 231.322 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

10. 降低冲裁力的方法有哪些?

一般情况下, 冲裁加工沿着工件外形轮廓同时进行, 压力机所担负的工作负荷是很大的, 为了减小加工中的振动冲击, 延长压力机的使用寿命, 降低冲裁力是必要的。尤其是在所计算的冲裁力超过压力机许可的情况下, 要利用现有设备进行生产, 就必须采取措施降低冲裁力。降低冲裁力的方法, 主要有以下几种:

(1) 热冲 在冲裁加工前把材料加热, 使其抗剪强度下降, 达到降低冲裁力的目的。但因一般钢材加热后会产生氧

化皮，故此法只适用于厚板或表面质量要求不高的工件。

(2) 将凸模作阶梯状布置

在多凸模冲模中，将凸模设计成不同高度（图 5-11）使各凸模冲裁力的最大值不同时出现，这样来降低总冲裁力的最大值。一般应将小凸模做得短一些，以提高其使用寿命。凸模间的高度差 h

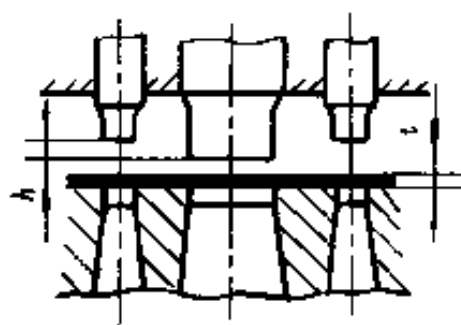


图 5-11 凸模的阶梯状布置

与材料的厚度有关，当材料厚度 $t < 3 \text{ mm}$ 时，取 $h = t$ ；当 $t > 3 \text{ mm}$ 时，取 $h = 0.5t$ 。

(3) 用斜刃口模具冲裁 对于一般平刃口模具，冲裁时整个刃口平面与坯料同时接触，冲裁力往往很大。若将凸模或凹模刃口平面做成与轴线倾斜一个角度 φ （图 5-12），使冲裁时刃口逐渐切入工件，这相当于减少了工件的剪切断面面积，从而降低了冲裁力。

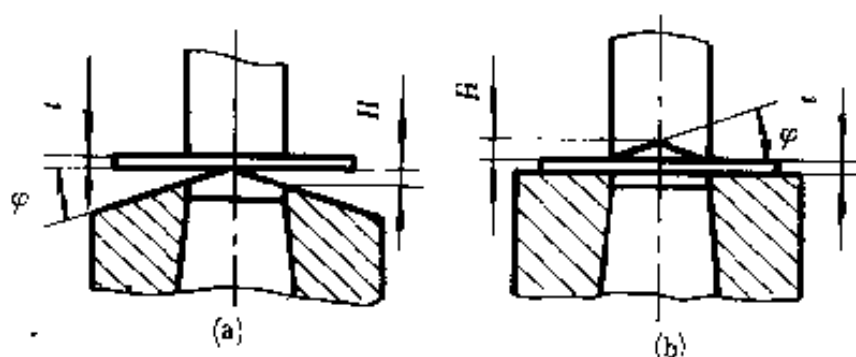


图 5-12 斜刃口冲裁

(a) 落料用 (b) 冲孔用

为了保证零件的表面质量，落料时应将凹模做成斜刃口，凸模做成平刃口，见图 5-12 (a)；冲孔时则应将凸模做成斜刃口，凹模做成平刃口 见图 5-12 (b)。斜刃口的有关参数见表 5-4。

表 5-4 斜刃口的有关参数 (mm)

材料厚度 t	斜角高度 H	斜角角度 φ (度)
<3	$2t$	$<5^\circ$
$3\sim 10$	t	$<8^\circ$

使用斜刃口模具时，冲裁力的计算公式为：

$$P_{斜} = KP$$

式中 $P_{斜}$ ——斜刃口冲裁时的冲裁力 (N)；

P ——按平刃口计算出的冲裁力 (N)；

K ——冲裁力降低系数，当斜角高度 $H=t$ 时，取 $K=0.4\sim 0.6$ ；当 $H=2t$ 时，取 $K=0.2\sim 0.4$ 。

斜刃口冲模虽降低了冲裁力，但增加了模具制造和修磨的困难，刃口也易磨损，故一般用于大型和厚板工件的冲裁。

11. 模具间隙对冲裁加工有什么影响？

模具间隙指凸、凹模之间缝隙的距离。它的大小对冲裁件质量、冲裁力和模具寿命等都有很大影响。因此是一个十分重要的工艺参数。

(1) 对冲裁件切断面质量的影响 根据对冲裁机理的分析，模具间隙的大小直接关系到冲裁件的上、下裂纹能否重合，如图 5-13 所示，若模具间隙过小，凸模刃口处坯料的裂纹将比正常情况外移，随着冲裁的进行，上、下裂纹中间部分的材料被二次剪切，工件断面中部出现撕裂面，上部形成第二光亮带。若模具间隙过大，凸模刃口处坯料的裂纹内移，材料的弯曲和拉伸变形增大，使工件断面的光亮带减小，斜度、塌角和毛刺都增大。当模具间隙合适时，材料的上、下裂纹基本重合，断面的光亮带较大，塌角、毛刺和斜度均较

小，表面也较平整。

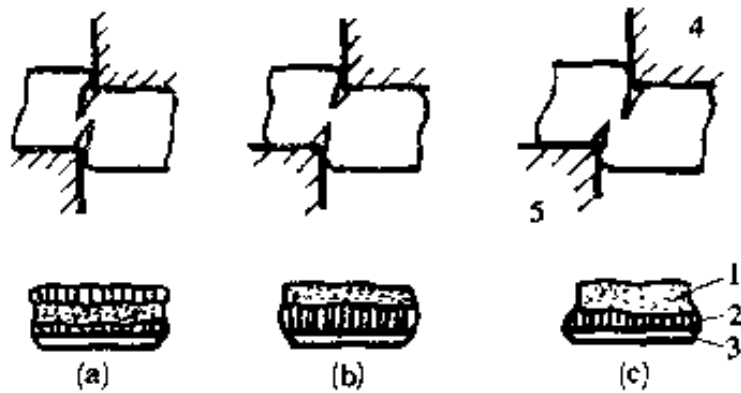


图 5-13 模具间隙对工件断面质量的影响

1—断裂带 2—光亮带 3—圆角带 4—凸模 5—凹模

(a) 间隙过小 (b) 间隙合适 (c) 间隙过大

(2) 对冲裁件尺寸精度的影响 当模具间隙较大时，材料所受拉伸作用增大，冲裁结束后，因材料的弹性恢复，使落料尺寸小于凹模尺寸，冲孔孔径大于凸模直径。当模具间隙较小时，由于材料受模具的挤压力较大，随着弹性恢复，将出现落料件尺寸增大和冲孔孔径减小。

(3) 对冲裁力的影响 模具间隙的大小对冲裁力有一定的影响。随着间隙的减小，材料所受的弯矩和拉力要减小，而压力增大，故材料不易撕裂，使冲裁力增加。

(4) 对模具寿命的影响 模具间隙是影响模具寿命的主要因素。冲裁中，模具与材料之间存在着摩擦；另外由于制造和装配精度的限制，凸、凹模间的间隙也不可能均匀分布。所以过小的间隙对模具寿命很不利。相反，较大的间隙可减小凸、凹模间及其与材料间的摩擦，缓解间隙分布不均匀的影响，从而提高模具的使用寿命。

12. 怎样确定冲裁模的合理间隙？

冲裁模间隙对冲裁件质量、冲裁力和模具的使用寿命都

有很大影响，在设计模具时一定要认真考虑。但经分析可知，被影响的几方面因素对模具间隙的要求并不一致，所以生产中一般是选择一个适当的范围作为模具的合理间隙。当冲裁件的质量要求不高时，可在范围内取较大间隙值，以延长模具的使用寿命。反之，则应取较小间隙值，使冲裁件断面光亮带较宽，断面与板面垂直，同时毛刺与塌角都较小，以达到其质量要求。

表 5-5 给出了部分钢板冲裁时，模具合理间隙的取值范围。

表 5-5 冲裁时模具的合理间隙 (mm)

间隙 厚度	材 料	08、10、20 35、A3	16Mn	40、45、50 1Cr18Ni9Ti
	<0.5		<0.032	
0.7		0.032~0.046	0.032~0.046	0.032~0.046
1.0		0.05~0.07	0.05~0.07	0.05~0.07
1.2		0.066~0.09	0.066~0.09	0.066~0.09
1.5		0.085~0.12	0.085~0.12	0.085~0.12
1.75		0.011~0.16	0.011~0.16	0.011~0.16
2.0		0.12~0.18	0.13~0.19	0.13~0.19
2.1		0.13~0.19	0.14~0.20	0.14~0.20
2.5		0.18~0.25	0.19~0.27	0.19~0.27
2.75		0.20~0.28	0.21~0.30	0.21~0.30
3.0		0.23~0.32	0.24~0.33	0.24~0.33
3.5		0.27~0.37	0.29~0.39	0.29~0.39

(续)

间隙 厚度	材 料	08、10、20	16Mn	40、45、50
		35、A3		1Cr18Ni9Ti
4.0		0.32~0.44	0.34~0.46	0.34~0.46
4.5		0.36~0.50	0.34~0.48	0.39~0.52
5.5		0.47~0.64	0.39~0.55	0.49~0.66
6.0		0.54~0.72	0.42~0.60	0.57~0.75
6.5		—	0.46~0.65	—
8		—	0.60~0.84	—

注：表中所列间隙为单面间隙。

13. 确定凸、凹模刃口尺寸的原则是什么？

模具刃口的尺寸精度直接影响着冲裁件的尺寸精度，同时，模具的合理间隙也要靠其刃口尺寸及其公差来保证。

通过生产实践，我们可以得出这样的经验和规律。首先，由于凸、凹模之间有间隙存在，落下的料和冲出的孔都带有锥度，这时落料件的大端尺寸等于凹模尺寸，冲孔件的小端尺寸等于凸模尺寸。而在测量和使用中，一般落料件都以大端尺寸为基准，冲孔件都以孔的小端尺寸为基准。另外，加工时凸、凹模要与冲裁零件或废料发生摩擦，凸模越磨越小，凹模越磨越大，因此间隙越磨越大。

由于上述原因，在确定模具刃口尺寸及其制造公差时，应考虑下面的原则：

(1) 根据工件尺寸，在设计落料模时，应以凹模为基准，间隙取在凸模上；设计冲孔模时，应以凸模为基准，间隙取

在凹模上。

(2) 因为冲裁过程中凸、凹模都可能发生磨损，为保证在磨损达到一定程度时，仍能得到合格零件，所以，在设计落料模时，凹模基本尺寸应取工件尺寸公差中的较小值；设计冲孔模时，凸模基本尺寸应取工件孔尺寸公差中的较大值。这时，凸、凹模的间隙应取其最小合理间隙。

(3) 确定刃口尺寸的公差时，应在充分考虑工件精度要求的基础上，综合考虑模具制造的成本，生产周期和使用寿命等因素来合理确定。

14. 怎样计算材料的利用率？提高材料利用率的措施有哪些？

冲压生产中，材料的利用率可按下式进行计算：

$$N = \frac{A_0}{A} \times 100\%$$

式中 N ——材料利用率；

A_0 ——坯料上工件占用面积之和；

A ——坯料总面积。

为了在生产中提高材料利用率，常采用下列措施：

(1) 在保证工件尺寸精度的条件下，尽量采用少废料或无废料排样方式。

(2) 当工件形状不很规整时，可采用多种零件在同一坯料上排放的混合排样法（图 5-14）。

(3) 在模具允许的情况下，尽量采用多排数排样；在坯料裁条料时要考虑到材料的合理

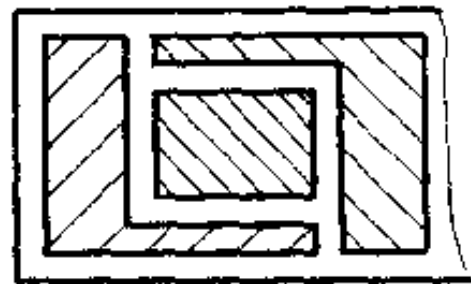


图 5-14 混合排样法

利用。

15. 冲裁件产生毛刺的原因是什么？怎样预防？

冲裁加工中，工件在一定程度上出现毛刺是不可避免的。但若毛刺过大，则会影响到工件的质量，或需安排相应的工序来去除。产生过大毛刺的主要原因有：

(1) 模具间隙过大、过小或不均匀 间隙过大或过小都造成坯料断裂时，上、下裂纹不重合而产生较大的毛刺。若模具间隙不均匀，则可能造成工件在局部位置上产生较大的毛刺。

(2) 模具工作部分刃口变钝 当刃口由于长期工作磨损而出现圆角时，就不能很好地起到材料的分离作用，整个断面会因撕裂的不规则而产生较大的毛刺。

(3) 凸模与凹模中心线不重合 这时工件可能在单边产生较大毛刺。

另外，毛刺的产生与材料的性质和厚度、冲裁时的润滑等都有一定关系。为防止大毛刺的产生，可考虑下列几个方面：

①保证凸、凹模的加工精度和装配质量。整个模具要有足够的刚性。

②要保证凸、凹模间有合理的间隙值。

③要求压力机有足够的刚性和冲裁力。

④对变钝的模具刃口要及时修磨。

16. 冲裁件的外缘与内孔不准确是何原因？

冲裁加工中，有时会出现冲裁件的外形或内孔位置不准确以及外缘与内孔的相对位置发生变化而出现废品的情况，

造成这种现象的主要原因有：

(1) 定位销、挡料销位置发生变化或磨损太大。条料送进过程中的定位是确保冲裁件外形或内孔以及它们间相对位置准确的关键。若由于长期使用，使冲模中的定位销、挡料销或连续模中的挡料块磨损较大或位置发生偏移，则都会引起定位不准而出现废品。

(2) 操作者疏忽大意。冲裁时操作者由于没有将条料送到指定位置（图 5-15 中尺寸 $b < a$ ）或条料送进时发生偏移（图 5-15 中送料中心线偏移量 c ），则会出现废品。

使用连续模时，如果条料的步距不准，会使内孔与外缘的相对位置发生变化。

(3) 条料尺寸精度较低。如条料过窄，会使外缘出现缺边现象。特别是使用连续模时，条料的宽窄尺寸精度尤为重要，条料过窄，送料时条料会在导料板内前、后偏移，引起工件前后位置误差；条料过宽，又会引起送进困难，造成送料不到位，引起工件左右位置误差。

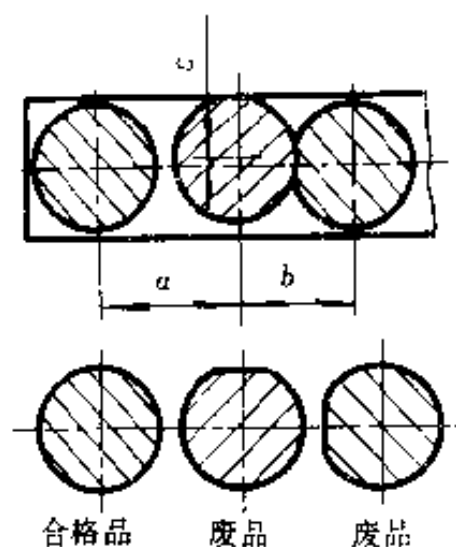


图 5-15 送料不到位或送料偏移

冲裁过程中，造成内孔与外缘尺寸和位置变化的因素很多，操作者应结合具体情况，采取必要的处理措施。

17. 什么是剪切？剪切加工对钢材质量有什么影响？

剪切是利用剪切设备将板料、卷料或型材等原材料剪切分离开来的加工方法。剪切是钣金下料的主要方法之一，它可以得到各种直线或曲线形状的毛料。

剪切加工的特点是切割金属的速度快，操作简单，切口也较光整。但剪切对钢材的质量具有一定的影响：

(1) 钢材经剪切后常发生弯曲和扭曲变形，在使用前必须经矫正处理。

(2) 若设备的刀片间隙不适当，则会使剪切断面出现粗糙带毛刺或卷边等质量问题。

(3) 剪切中会使切口附近金属受剪力作用而出现冷作硬化现象，钢材的硬度、韧性提高，塑性下降，材质变脆。钢板的塑性越好、厚度越大，硬化区域的宽度越大；设备刀片间隙越大，刀刃越钝，硬化区域的宽度也越大。

当钢板厚度小于 25 mm 时，一般硬化区域宽度在 1.5~2.5 mm 左右。若制造重要零件，可将硬化区刨削去除，或进行热处理。

18. 怎样在斜口剪床上进行剪切？

斜口剪床是一种常用的剪切设备，它的工作部分是上、下两片剪刀，刀刃长度 B 为 300~600 mm，有效工作长度约为 200~300 mm，工作时下刀片固定不动，靠上刀片上、下运动实现剪切操作。

为充分利用剪切力，上剪刀片沿长度方向有 10° ~ 15° 的倾斜角度，上、下剪刀片沿高度方向有 5° ~ 7° 的刃口角；另外，为避免剪切时剪刀和钢板材料之间产生摩擦，上、下刀片沿宽度方向也有 2° ~ 5° 的斜角（见图 5-16）。

上、下剪刀片之间的间隙，在操作时应根据钢板厚度不同进行调整。厚度越大、间隙也相应增大，具体数值参见表 5-6。

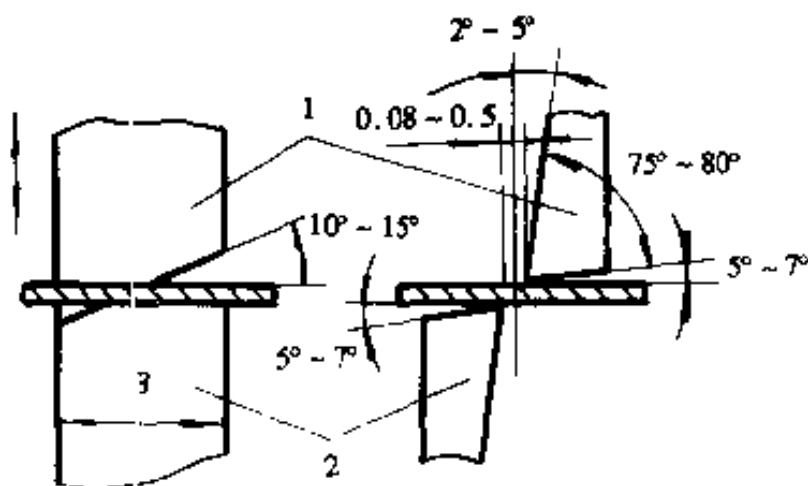


图 5-16 斜口剪床的刀刃角度

1—上剪刀片 2—下剪刀片

表 5 6 上、下剪刀片的间隙值 (mm)

钢板厚度	<5	6~14	15~30	30~40
刀片间隙	0.08~0.09	0.1~0.3	0.4~0.5	0.5~0.6

在斜口剪床上进行剪切要注意下面的操作要点：

(1) 剪切前要把钢板表面清理干净，剪切线要划清楚并对正剪刀刃。

(2) 由于刀片存在刃口角度，所以钢板切口处所受剪切力会使钢板产生向下弯曲和向外扭曲的变形。为不使变形过大，开剪时的剪切长度不易过长（一般不超过 15 mm）。

(3) 剪切时由于钢板两侧受力不平衡，容易倾斜而影响切口断面质量，所以操作时必须用手压住板料的下剪刀刃外侧，以保持板料的平衡。

(4) 操作时必须注意人身与设备安全。若发现刀片刃口有钝、坏现象时，应及时卸换磨修。

19. 怎样在龙门剪床上进行剪切？

龙门剪床是生产现场最常用的一种剪切设备，工作时，上刀刃上下运动进行剪切。它的特点是，剪切之前有相应机构

自动将钢板压紧，剪切是沿刃口全长同时进行，所以，剪切工效较高，并且操作较容易、安全。龙门剪床常用来将板料裁成条料或单个毛坯，材料厚度一般在40 mm以下。

龙门剪床设有前挡板、后挡板和角挡板来给工件定位，在剪切尺寸相同的重复板料时，利用挡板定位可省去划线工序，提高剪切效率。在利用前、后挡板进行剪切时，需先调节挡板位置，使其与下刀刃的距离为所需的剪切尺寸，然后将挡板固定，便可进行剪切。利用角挡板可剪切平行四边形或其他不规则多边形板料。利用挡板进行剪切时，必须先进行试剪，待尺寸合格后，才可成批剪切。

20. 什么是圆盘剪切机？

圆盘剪切机是剪切曲线的专用设备，它的刀刃由上、下两个呈锥形的圆盘组成(图5-17)，圆盘的位置大多数是倾斜的。两个圆盘中，上盘为主动盘，其运动和动力由齿轮传动输入。下盘是从动盘。钢板放在两圆盘之间，可以剪切任意曲线形状。剪切之前，先要根据材料的厚度，调整好上、下两圆盘刀刃间的距离。剪切时，把钢板上的剪切线对准圆盘刀口，然后开动剪切机，操作者沿剪切线轻推钢板送进，剪出所需的形状。圆盘剪切机剪切的板料厚度一般不大于20mm。

21. 什么是拉深？拉深加工适用于哪些零件？

拉深(也称拉延、压延)是在压力机上利用模具将平板坯料变形成为开口空心零件的一种冲压加工方法。用拉深加工，可以制成筒形、阶梯形、锥形、球形、盒形以及其他不规则形状的薄壁制件。若与其他冲压成形工艺配合，还可加工出形状更加复杂的制件。拉深件举例见图5-18。

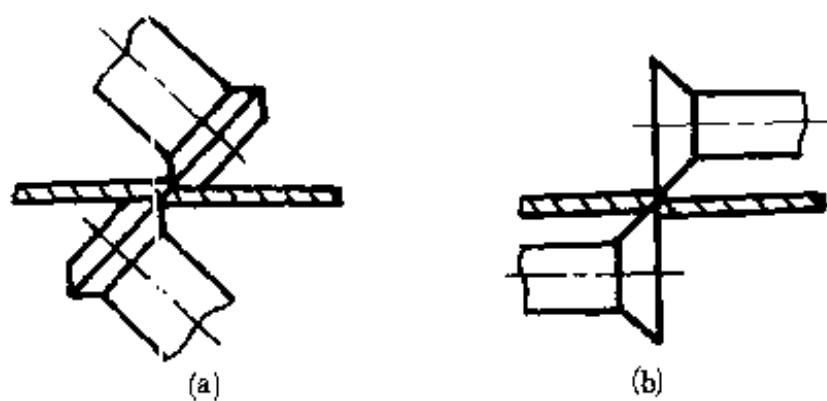


图 5-17 圆盘剪切装置
(a) 倾斜式 (b) 垂直式

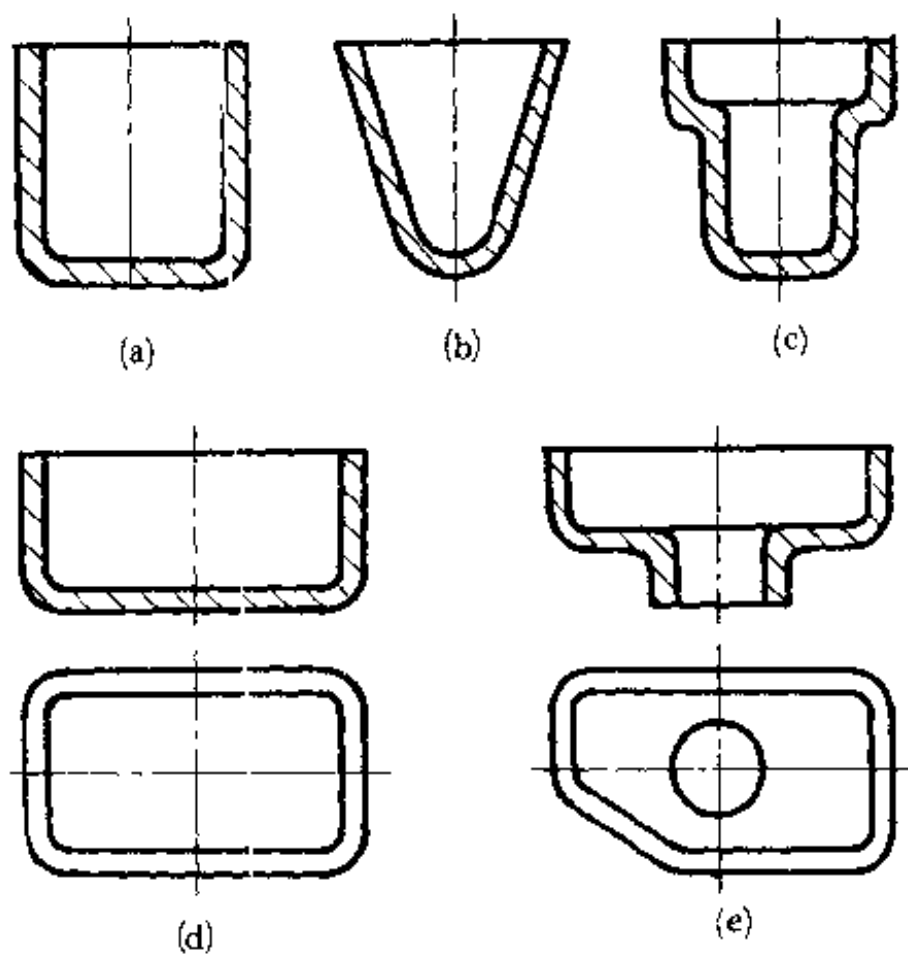


图 5-18 拉深件示例

拉深加工的应用范围非常广泛。大到轮廓尺寸为几米的大型零件，小到几个毫米大小的微小零件，都可通过拉深加

工来制造。目前，拉深加工在航空航天、交通运输、电机电器、仪器仪表、日用五金等众多行业中有着广泛的应用。

22. 拉深时材料的变形过程是怎样的？

图 5-19 所示为直径为 D 、厚度为 t 的圆形坯料经拉深加工，得到外径为 d 的开口圆筒形制件。拉深时所用的模具通常有凸模和凹模，与冲裁模不同，它们的工作部分都制成圆角。有时为防止工件在加工时失稳起皱，还设置有压边圈。

拉深时，坯料同时受到凸模压力 P 和压边圈压力 Q 的作用，但力 P 要远大于力 Q ，所以坯料在力 P 作用下与凸模一起进入凹模，形成要加工的制件。在这个过程中，坯料的一部分材料会产生塑性流动而转移，这部分材料即图 5-20 (a) 中阴影部分的三角形区域，从几何意义上看，对于围成制件的外表面，这部分区域属于“多余材料”。

由于“多余材料”的流动转移，一方面增加了制件的高度 Δh ，另一方面使筒壁的厚度发生变化 Δt (图 5-20 (b))，筒壁上半部分厚度增加，而底部和靠近转角处，由于所受拉力大而变薄。

23. 什么是拉深系数？

在拉深过程中，利用模具把断面面积较大的坯料变形为

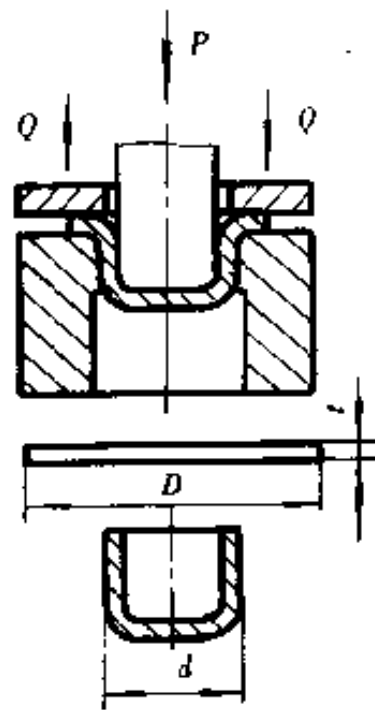


图 5-19 拉深过程

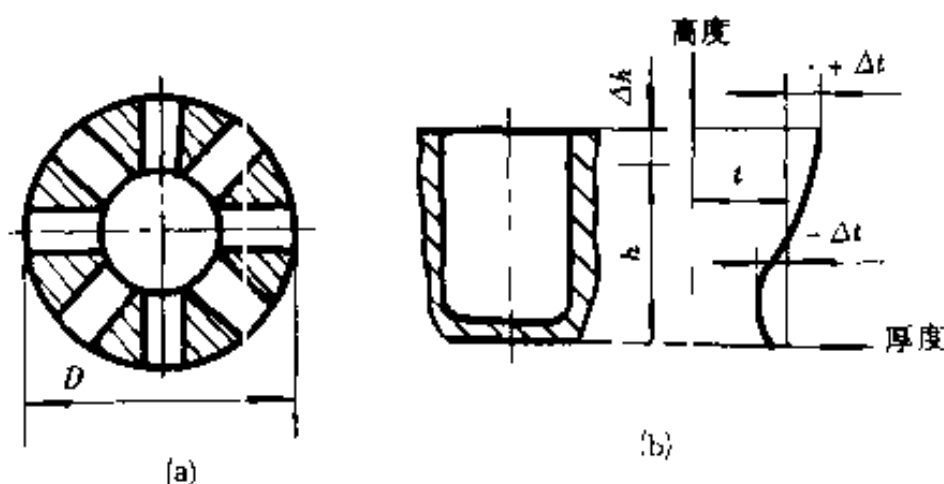


图 5-20 拉深时材料的转移及厚薄变化

断面面积较小的空心制件。所谓拉深系数，是指一次拉深操作后的断面面积与此次拉深前断面面积的比，即

$$m = \frac{S_n}{S_{n-1}}$$

式中 m ——拉深系数；

S_n ——第 n 次拉深后的断面面积；

S_{n-1} ——第 n 次拉深前的断面面积。

对于回转体的拉深件，拉深系数也可表示为

$$m = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

式中 d_n ——第 n 次拉深后的直径；

d_{n-1} ——第 n 次拉深前的直径。

可见，拉深系数 m 的值越小，拉伸时材料的变形就越大，为提高加工效率，减少拉深次数，希望采用较小的拉深系数。但由力学分析可知，拉深系数过小，会造成在危险断面处产生拉裂。因此，为保证加工顺利进行，每次拉深时采用的拉深系数不得小于所谓极限拉深系数。

表 5-7 列出了圆筒形制件、材料为普通碳素钢时的极限拉深系数值。

表中 t 和 D 分别为坯料的厚度和直径。 m_1 、 m_2 ……分别为第一、二……次拉深工序的极限拉深系数。

表 5 7 极限拉伸系数 m

拉深系数	坯料相对厚度 $t/D \times 100$					
	0.08~0.15	0.15~0.30	0.30~0.60	0.60~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0
m_1	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.50
m_2	0.82	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75
m_3	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
m_4	0.86	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80
m_5	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82

拉深系数是拉深加工中的重要工艺参数，知道了工序的拉深系数，可以计算出各道拉深工序前后工件与坯料的尺寸。当制件直径 d 与坯料直径 D 的比值大于表中所列的 m_1 值时，制件可一次拉成。

24. 影响拉深系数的因素有哪些？

生产中，影响拉深系数的主要因素有：

(1) 材料的机械性能 一般情况下，屈服极限小、塑性好的材料容易变形，不易被拉裂；而抗拉强度大的材料有较好的抗拉性能。可见，屈服比（屈服极限 σ_s /强度极限 σ_b ）小的材料，其极限拉深系数 m 就小。设计拉深件时，在满足机械强度和性能的条件下，可优先选用含碳量较低的钢种。

(2) 材料的相对厚度 指拉深前坯料的厚度 t 与其直径 D 之比。 t/D 的值越大，拉深时材料抵抗失稳起皱的能力越强，拉深系数 m 的值可以小一些。

(3) 拉深模结构 当凸、凹模工作部分圆角半径较大时，可以减小弯曲力，有利于拉深，则拉深系数 m 可减小些。但

凸模圆角半径常受到工件尺寸的限制，而凹模圆角半径则常受到压边圈压边面积的限制。

除上面三个因素外，模具间隙、润滑条件等也都对拉深系数产生影响，生产中应仔细分析，在可能的条件下，努力降低拉深系数，减少拉深次数，降低生产成本。

25. 怎样计算压边力和拉伸力？

(1) 压边力的计算 在拉深加工中，为防止工件的凸缘部分由于失稳而发生起皱造成废品，多采用压边圈的方式来解决（参见图 5-19）。作用在压边圈上的力 Q 称为压边力。它的大小应该适中，太小起不到防皱的作用；太大则可能使材料被拉裂。压边力的大小常以经验方法来确定：

$$Q = Fq$$

式中 Q —— 压边力 (N)；

F —— 压边圈与坯料的有效接触面积 (mm^2)；

q —— 单位压边力 (MPa)，查表 5-8。

表 5-8 单位压边力 q (MPa)

材 料	单位压边力	材 料	单位压边力
紫铜、硬铝 (退火)	1.2~1.8	铝	0.8~1.2
黄铜	1.5~2.0	镀锡钢板	2.5~3.0
软钢	$t < 0.5 \text{ mm}$	高合金钢	3.0~4.5
	$t > 0.5 \text{ mm}$	不锈钢	3.0~4.5

(2) 拉深力的计算 拉深力指拉深操作时加在凸模上的总压力，它是选择压力机吨位的主要依据。拉深力包括压边力和作用于工件上的拉深力之和。

$$P_0 = P + Q$$

式中 P_0 ——总拉深力 (N);

P ——作用于工件上的拉深力 (N);

Q ——压边力 (N)。

作用于工件上的拉深力常按下列经验公式计算:

第一次拉深 $P_1 = K_1 \pi d_1 t \sigma_b$

第二次及以后各次拉深 $P_2 = K_2 \pi d_2 t \sigma_b$

式中 P_1 、 P_2 ——第一次、以后各次拉深时作用于工件上的拉深力 (N);

K_1 、 K_2 ——相应次拉深时的修正系数, 见表 5-9;

d_1 、 d_2 ——相应次拉深时的工件直径 (mm);

t ——料厚 (mm);

σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)。

表 5-9 修正系数 K

m_1	0.55	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.75	0.80
K_1	1.00	0.93	0.86	0.79	0.72	0.66	0.60	0.55	0.50	0.40
m_2	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	0.85	0.90	0.95	---	—
K_2	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.60	0.50	—	—

注: 表中 m_1 为第一次拉深时的拉深系数, m_2 为第二次及以后各次拉深时的拉深系数。

26. 如何确定回转体拉深件的毛坯尺寸?

回转体拉深件的毛坯是圆形坯料, 确定其毛坯尺寸的方法较多, 如等面积法、等体积法、等重量法和作图法等, 其中最常用的是等面积法。

用等面积法计算毛坯尺寸时, 遵循坯料的圆面积等于拉深件表面积的原则, 再进一步得出坯料的直径。为计算方便,

往往把拉深件划分为若干个简单几何体，分别求出其表面积 A_1 、 A_2 ……相加后得到制件的总面积 ΣA 。计算各几何体表面积时，若板料较薄，可按外表面计算；否则应按板料的中性层计算。至于材料的厚度，因拉深前后工件的平均厚度与坯料厚度相差不大，故厚度的变化一般可忽略不计。所以毛坯直径

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \Sigma A}$$

应该注意的是，由于板料材质的方向性和模具间隙不均匀等因素的影响，拉深后工件顶端一般不很平整，往往需进行修边处理。这就需要在坯料计算时，增加一段修边余量 Δh ，其值可由表 5-10 中选取。

表 5-10 回转体拉深件的修边余量 Δh
(mm)

零件高度	修边余量 Δh
10~50	1~4
50~100	2~6
100~200	3~10
200~300	5~12

[例] 试计算图 5-12 所示筒形拉深件的毛坯尺寸。

[解] 先把制件分为如图所示的三部分，各部分面积分别为：

$$A_1 = \pi d(h_1 - r)$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} [2\pi r(d - 2r) + 8r^2]$$

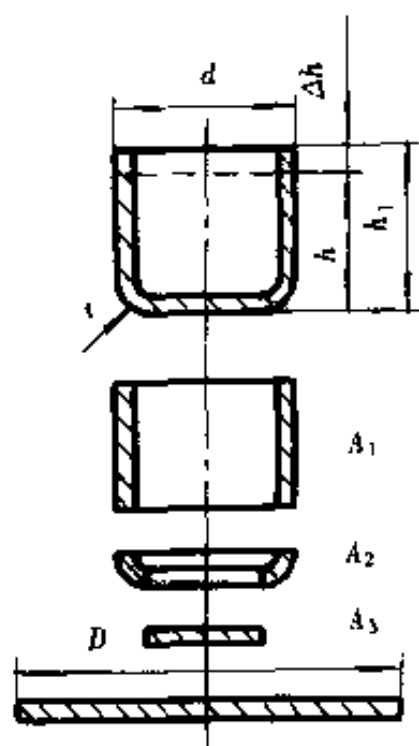


图 5-21 筒形件毛坯尺寸计算

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (d - 2r)^2$$

代入直径计算公式有：

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum A} = \sqrt{\frac{4}{\pi} (A_1 + A_2 + A_3)}$$

$$= \sqrt{4d(h_1 - r) + (d - 2r)^2 + 2\pi r(d - 2r) + 8r^2}$$

其中 $h_1 = h + \Delta h$

27. 圆筒拉深件可能出现哪些质量问题？如何防止？

(1) 起皱 拉深过程中，毛坯在压力和拉力作用下，发生塑性变形而逐渐进入凹模，同时，随坯料直径的减小，多余的材料主要沿径向和厚度方向发生塑性流动转移，并在板料边缘部分形成切向压应力。当板料较薄且没有防护措施时，常引起板料边缘失去稳定而呈波浪形拱起，即发生起皱现象 [图 5-22 (a)]。

防止起皱的常见措施是采用压边圈，利用压边力把板料边缘压靠在凹模表面上。

(2) 拉裂 拉裂指在拉深过程中工件发生破裂。拉裂的部位经常发生在筒壁与筒底转角或稍上的地方。拉裂的原因可能是由于法兰起皱使坯料难于进入凸凹模间隙；压边力过大；坯料变形程度超过材料的允许等，造成该部位的拉应力过大而出现破裂 [图

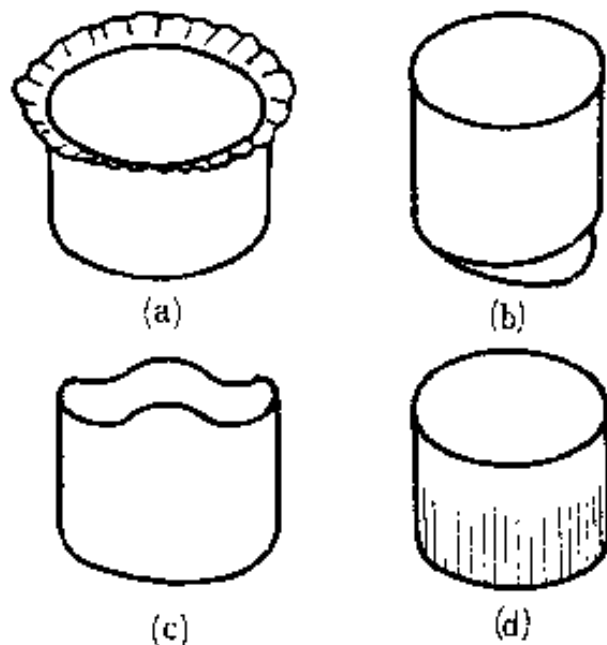


图 5-22 拉深加工中的质量问题

5-22 (b)]。

防止拉裂的措施是根据板料的性能，采用合适的拉深比和压边力，增加模具表面的光滑程度等。

(3) 凸耳 如图 5-22 (c) 所示，拉深后在工件上口边缘出现对称状的突起和凹下。产生凸耳的原因是毛坯材料的各向异性，即材料在一点上沿不同方向表现出不同的成形特性。凸耳需用修边工序进行去除。

(4) 划痕 如图 5-22 (d) 所示，拉深件表面有时会出现意外的划痕，影响工件质量。产生划痕的主要原因是凸模或凹模表面有尖利的压伤，模具间隙过小或间隙不均匀，模具工作表面或材料表面不清洁或混进杂物及润滑剂质量差等。

经常对模具进行维修保养，加工时注意操作现场的清洁、调整合适的模具间隙、注意润滑油的品种和质量，上述均可防止划痕的产生。

(5) 残余应力 拉深后的工件中留有大量的残余应力。外表面为拉应力，内表面为压应力，靠近工件口部最大。这种残余应力在筒壁产生弯曲力矩，它由筒壁端部附近的周向拉伸所平衡。这种周向拉伸应力有时会造成端口筒壁的开裂。采用较薄的或塑性较好的材料可防止由于残余应力引起的开裂。

28. 什么是变薄拉深？

变薄拉深不同于普通拉深，普通拉深中，拉深前后材料的厚度基本是不变的，而变薄拉深主要是在拉深过程中靠改变坯料厚度来增加制件的高度，而坯料的直径变化相对较小。变薄拉深时，凸、凹模间的间隙小于坯料的厚度，所用坯料可以是平板或用拉深方法拉出的筒形坯料。

变薄拉深主要用来制造底厚壁薄、高径比大的制件，比如弹壳、饮料罐等。变薄拉深与普通拉深相比有以下几个特点：

(1) 拉深中，坯料是在较大的均匀压应力作用下发生变形，故材料会产生较显著的冷作硬化，使强度增加。

(2) 拉深变形后，工件表面的粗糙度可达 0.4 以上。

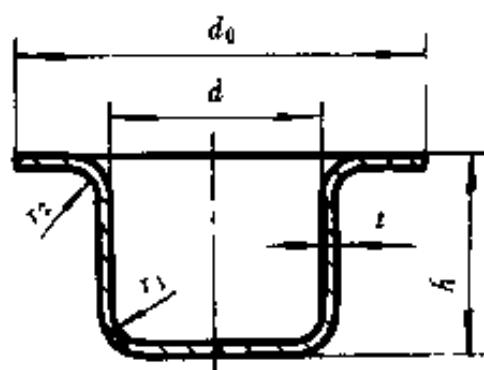
(3) 变薄拉深中产生的摩擦要比普通拉深大，故对模具材料的耐磨性、模具的表面质量及加工中的润滑都有更高的要求。

29. 设计拉深件时应注意什么？

在拉深加工中，平板坯料通过塑性变形成为各种空心制件，为保证拉深加工的质量，减少或避免废品产生，在设计拉深件时应注意下列问题：

(1) 在使用条件允许的情况下，拉深件应尽量采用回转体表面，并力求形状简单。

(2) 拉深件各部分尺寸的比例要适当，尽量避免设计有宽凸缘和深度过大的拉深件。对于图 5-23 所示的工件，其凸缘直径 d_0



和拉深深度 h 应控制在以下范围内：

$$d + 25t > d_0 > d + 12t$$

$$h \leq 2d$$

(3) 拉深件的圆角半径要合适。一般来说，拉深件的圆角半径越大越好。在图 5-23 中，当 $r_1 \geq t$ 时，取 $r_1 \approx (3 \sim 5)t$

t ; 当 $r_2 \geq 2t$ 时, 取 $r_2 \approx (5 \sim 10) t$ 。

(4) 当拉深件上需设计孔时, 孔的位置要合理排列, 一般应与主要结构面在同一平面上或与其垂直。

(5) 在工件的平面部分, 尤其是在距离边缘较远的位置上, 应尽量避免设计凸起或凹坑结构, 如果确有要求, 凸起与凹坑的高度也不应过大。

(6) 尽量避免尖底形状。

(7) 设计半敞开的拉深件时, 应考虑使成对的结构一次冲成筒形件, 然后再切成两个或多个工件 (图 5-24)。

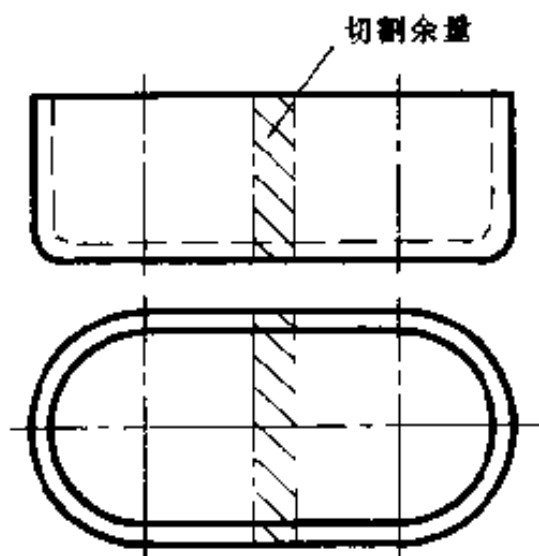


图 5-24 半敞开拉深件

30. 冲模有哪几种类型?

冲模是冲压生产中主要的工艺装备。它的合理设计和分类, 对模具的正确选择和使用, 对提高冲压件的质量和生产效率都很重要。冲模的结构形式和规格很多, 其一般分类方法见表 5-11。

表 5-11 冲模的一般分类方法

分类依据	类 型
冲压工序性质	冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模、翻边模等
冲压工序组合程度	单工序模、连续模、复合模等
制造难度	简单模、普通模
导向方式	无导向模、导板模、导柱模、滚珠导柱模等

(续)

分类依据	类 型
模具材料	硬质合金模、钢皮模、橡胶模、聚氨酯模等
生产适应性	通用冲模、专用冲模
机械化程度	手动冲模、半自动冲模、自动冲模
外形尺寸	大型冲模、中型冲模、小型冲模

31. 冲模常具有哪几部分基本结构?

根据生产中的不同用途,冲模的结构及其复杂程度差异很大。简单的模具可由几个或几十个零件组成,复杂的需要几百个零件。但一副模具一般都包括下面几个主要部分。

(1) 工作部分 主要由凸模、凹模等零件组成,其作用是完成材料的分离或成形。

(2) 定位部分 主要由挡料销和定位销等零件组成,其作用是用来确定条料在模具中的正确位置。

(3) 导向部分 包括导板、导柱、导套等零件。导向部分的作用是在上、下模作相对运动时,保证它们之间的相对位置关系,从而使上、下模间保持均匀的模具间隙。

(4) 卸料部分 工件从条料上冲压分离后,由于材料的回弹现象,会在凹模内难以取下。卸料部分的作用就是设法把工件或条料卸下来,以保证冲压的正常进行。卸料部分常由顶板、顶杆、顶料销、卸料板和顶出器等零件组成。

(5) 支持部分 主要由上、下模板和凸、凹模固定板等零件组成,它们的作用是用来连接和固定工作零件,使其成为一整体结构。

(6) 连接部分 包括模具中的各种连接、紧固零件,通

过它们把各个零件连接在一起。

在上述各部分中，一般把工作部分、定位部分和卸料部分称为工艺零件，而把导向部分、支持部分和连接部分称为辅助零件。

32. 冲模设计时应准备哪些技术资料？

冲压件的质量好坏、成本高低，主要取决于冲压工艺和冲模结构的合理程度，而冲模结构的适用性和经济性，主要是由冲模设计所决定的。当冲压件的工艺方案确定后，便可根据既定的冲压工序设计相应的冲模。设计冲模时，通常应准备下列诸方面的技术资料。

(1) 冲压件的产品图及生产批量的要求 产品图纸是冲模设计的直接依据，设计者需按图纸要求的零件形状、尺寸精度、形位公差及表面粗糙度等来选择确定模具的结构形式和精度。生产批量的大小关系到所设计模具结构复杂程度的选择。

(2) 产品工艺规程卡片 根据卡片规定的工序方案，可确定模具的数量及其类型。

(3) 有关冲压设备的资料 这类资料是设计者选用冲压设备的依据，按现有技术配备来选用模具卸料方法和其他辅助工序的形式。

(4) 工艺装备的设计资料 包括“机械设计手册”、“模具设计手册”、“冷冲压手册”和冲模标准化资料等。

(5) 本单位技术规模和力量的具体情况。

33. 冲模设计可分为哪几个基本步骤？

冲模设计的基本步骤与一般的机械设计相类似，它包括

方案设计和结构设计，主要有下列几个方面：

(1) 准备冲模设计时所需的技术资料，以供设计过程中使用。

(2) 分析产品图纸和产品的冲压工艺过程，了解掌握冲压件的形状特点和技术要求；冲压件的材料性能和生产批量；并分析其冲压可能性、生产稳定性和经济合理性。

(3) 在分析基础上确定模具的结构形式，并绘出模具的结构草图。确定结构形式时，应充分考虑操作的安全性，综合考虑产品的质量要求、生产成本和现场实际情况，注意模具设计的标准化，尽可能地采用先进技术，提高生产效率。

(4) 根据结构草图进行设计和计算。包括工艺计算，如冲压次数、冲压力、退料力、毛坯展开尺寸等，压力中心计算，主要零件的强度和刚度计算，尺寸链分析等。

(5) 绘制模具总图并拆画零件图。

(6) 对全部设计校对、审核。

上述为模具设计的基本步骤。设计时根据产品的重要性和模具的复杂程度的不同，设计的具体过程和细节也会有所差异。

34. 设计冲模时应了解压力机的哪些技术参数？

为保证模具的设计质量，在设计冲模时应了解压力机的下列主要技术参数：

(1) 压力机的公称压力 指压力机所容许的最大工作压力。设计时，冲压工作所需要的冲压力应小于或等于压力机的公称压力。可见，公称压力是模具设计时选择压力机的重要参数。

(2) 压力机的最大封闭高度 指在调节装置把滑块调至

最上位置后，当滑块位于下死点时，滑块下平面与工作台上平面之间的距离。设计冲模时，模具工作时的闭合高度（冲模在最低工作位置时，上、下模板间的距离）应小于压力机的最大封闭高度，否则无法正常工作。

(3) 压力机的滑块行程 指压力机滑块在曲轴带动下从上死点到下死点所经过的距离。设计冲模时，必须充分考虑模具对压力机滑块行程的工艺要求，既满足模具工作行程的需求，又为坯料的送进和工件的取出提供方便。

(4) 压力机的台面尺寸 压力机的台面尺寸、台面孔尺寸及固定槽位置尺寸决定着冲模下模板的形状和大小，设计时应使冲模下模板外形尺寸小于压力机工作台面的尺寸。

除上面几项主要参数外，设计者还应了解压力机的闭合高度调节量、滑块孔中心线到机身后侧的距离等，这样才能使设计的冲模切实可行。

35. 怎样确定冲模的闭合高度？

冲模的闭合高度是指冲模在最低工作位置时，上、下模板之间的距离，如图 5-25 所示。

确定模具闭合高度以前，应先了解压力机的装模高度。一般压力机的装模高度是可调的。当闭合高度调节装置把滑块调整至最上位置或最下位置，且使滑块处在下死点时，滑块底面距离工作台板（主垫板）上平面间的高度，分别称为压力机的最大装模高度和最小装模高度。

为保证冲模的正常工作，设计时必须使冲模的闭合高度与压力机的装模高度相适应，即应介于最大和最小装模高度之间，一般应满足下列关系式：

$$H_1 - 5 \geq H_{\text{模}} \geq H_2 + 10$$

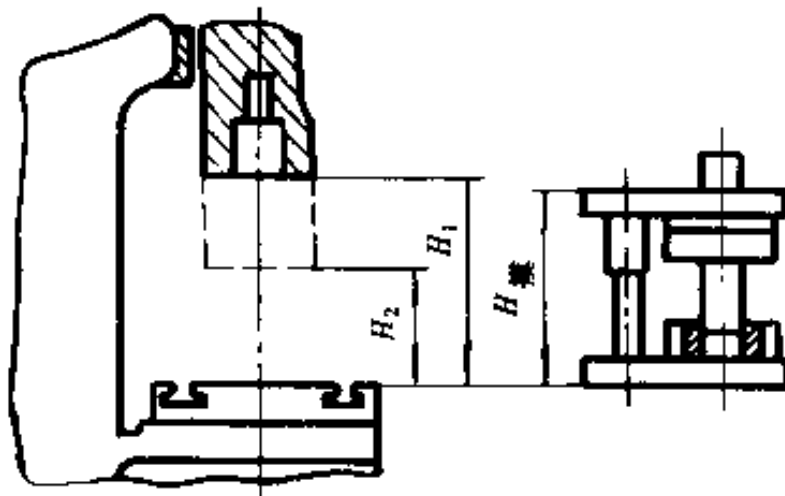


图 5-25 冲模的闭合高度

式中 $H_{\text{模}}$ ——模具的闭合高度 (mm);
 H_1 ——压力机的最大装模高度 (mm);
 H_2 ——压力机的最小装模高度 (mm)。

36. 什么是冲模的压力中心？与冲模设计有什么关系？

冲模的压力中心是指在冲压加工时，被冲压材料对冲模各反力的合力作用点，即冲模冲压时所受合力的作用点位置。当冲模的压力中心与压力机滑块中心线重合时，便可保证冲模的正常工作，否则，冲压时会产生多余的偏心力矩，它一方面影响冲模的模具间隙，降低加工质量和模具寿命，同时会急剧增加压力机滑块与导轨间的摩擦，所以在冲模设计时，必须根据工件的情况，确定冲模的压力中心位置，以便安装时使其与滑块中心线相重合。

37. 怎样确定冲模的压力中心？

确定冲模的压力中心，一般有解析法、图解法和实验法。现以解析法为例，介绍如下：

(1) 对于形状对称的单个冲压件，工件本身的几何中心

即为冲模的压力中心（图 5-26）。

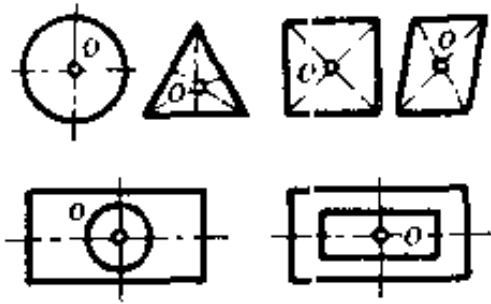


图 5-26 单个工件且形状对称时冲模的压力中心

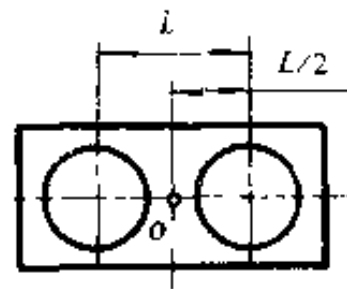


图 5-27 多个工件形状相同且位置对称时冲模的压力中心

(2) 对于同时冲压多个形状相同且位置分布对称的工件时，工件的对称中心即为模具的压力中心（图 5-27）。

(3) 同时冲压多个形状不同且任意分布的工件时，可按下面的方法来计算。

首先在坯料的适当位置设置 XOY 直角坐标系，并确定各工件中心在坐标系中的位置 X_1Y_1 、 X_2Y_2 …… X_nY_n （图 5-28）。

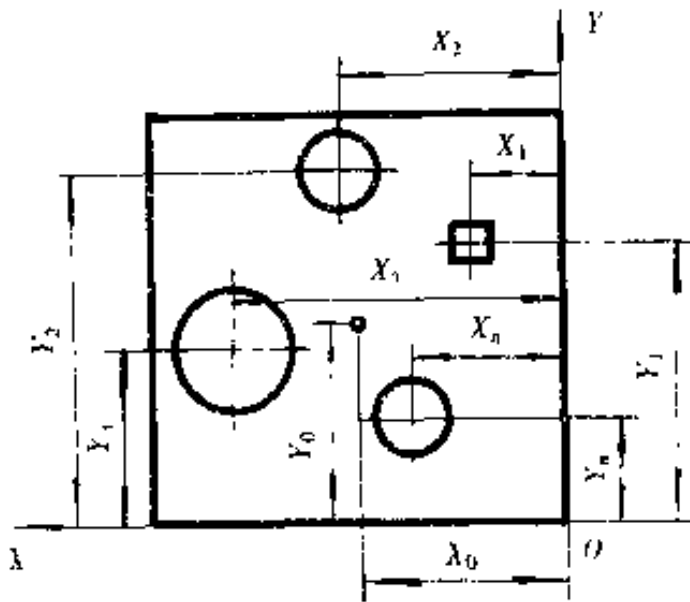


图 5-28 多个工件形状不同且任意分布时冲模的压力中心

分别计算出各工件的周长 L_1 、 L_2 …… L_n ，然后按下式计算压力中心的坐标 (X_0, Y_0) ，即

$$X_0 = \frac{L_1 X_1 + L_2 X_2 + \dots + L_n X_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}$$

$$Y_0 = \frac{L_1 Y_1 + L_2 Y_2 + \dots + L_n Y_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}$$

最后在 XOY 坐标系中得出 X_0 、 Y_0 坐标位置，即为压力中心的位置。

对于冲孔的情况，计算完全相同，只是 L_1 、 L_2 …… L_n 取各孔的周长。

(4) 对于形状不对称的单个工件，可按下面的方法来计算。

图 5-29 所示为一 L 形工件，它的周边由六段直线段围成，各段直线段的长度分别记为 L_1 、 L_2 …… L_n 。然后在工件的适当位置设置 XOY 直角坐标系，并确定出各直线中点在坐标系中的位置 X_1Y_1 、 X_2Y_2 …… X_nY_n 。

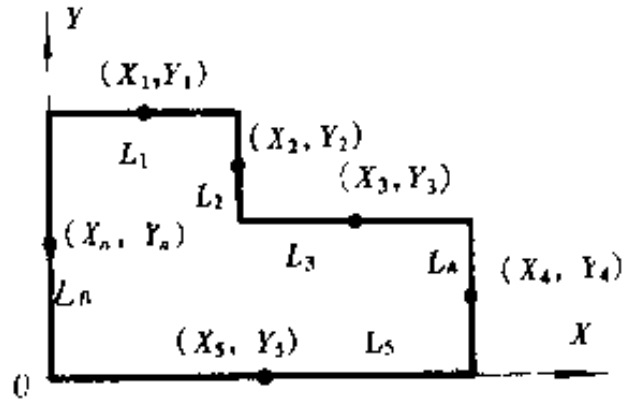


图 5-29 单个工件且形状不对称时冲模的压力中心

按下式计算压力中心的坐标 (X_0 、 Y_0)：

$$X_0 = \frac{L_1 X_1 + L_2 X_2 + \dots + L_n X_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}$$

$$Y_0 = \frac{L_1 Y_1 + L_2 Y_2 + \dots + L_n Y_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}$$

最后在 XOY 坐标系中得出 X_0 、 Y_0 坐标位置，即为压力中心的位置。

(5) 对于形状复杂的落料冲孔复合件，需先求出各落料和冲孔的压力中心后，再综合考虑总的压力中心位置。

38. 怎样选用冲模工作部分的材料?

冲模工作部分，即凸模和凹模的材料，与模具寿命的关系很大，选用时应考虑模具的工作特性、受力情况、冲压件

材料性能、冲压件精度及生产批量等因素。一般来说，对于形状简单、工件尺寸不大的模具，常用高碳工具钢制造；对于形状较复杂、工件尺寸较大的模具，常用合金钢或高速钢制造；对于冲压件精度或寿命要求较高的高速或精密冲压模具，常用硬质合金、钢质硬质合金等材料制造。

冲模工作部分的常用材料及其热处理要求见表 5-12。

表 5-12 冲模工作部分常用材料和热处理

模具种类	工作状况	凸、凹模材料	热处理 HRC
冲裁模	刃口形状简单且尺寸较小	T10A, 9Mn ₂ V, CrWMn	58~62
	刃口形状复杂且尺寸较大	CrWMn, Cr12, Cr12MoV, Cr6WV, YG15, YG20	58~62
	硅钢片冲模	Cr12MoV, YG15, YG20	60~62
	精密冲裁模	Cr12MoV, W18Cr4V	58~62
	镶块组合模	T10A, 9Mn ₂ V, Cr12MoV	58~62
	加热冲裁	3Cr2W8, 5CrNiMo, 5CrMnMo	48~52
弯曲模成形模	板料冷压	T10A, Cr12, 9Mn ₂ V, CrWMn, Cr12MoV, Cr6WV	58~62
	板料加热弯曲或成形	5CrNiMo, 5CrMnMo	48~52
拉深模 胀形模 翻边模	板料冷压	CrWMn, Cr12MoV, Cr6WV, YG8, YG15	58~62
	板料加热成形	5CrNiMo, 5CrMnMo	48~52

39. 使用冲模时应注意哪些问题？

在冲压加工中，合理地使用冲模，对于保证工件质量和操作安全，延长模具的使用寿命都有着很大影响。在使用冲

模时应注意以下几方面的问题。

(1) 使用前要调整好所用压力机，并把冲模正确地安装在压力机工作台上。

(2) 熟悉冲压工件的全部工艺过程和质量要求，检查毛坯的牌号、规格和质量是否符合工艺规定。

(3) 调整好冲模并进行试冲，试冲件经检查合格后，才可进行正式生产。

(4) 生产过程中送料要平稳，定位要牢靠，不可用力冲击定位部件。

(5) 随时观察毛坯有无异常，冲压件有无质量缺陷。若发现问题应立即停机并报告有关人员处理。

(6) 冲模使用时，应用润滑油经常对其导柱、导套等部位进行润滑，并检查模具工作部分有无杂物和金属屑，若有应及时清除，防止其落入模具间隙。

(7) 冲模在使用一段时间后，应定期进行检查、刃磨和修整。

(8) 加工中对毛坯、成品或半成品要轻拿轻放，按规定存放。加工时可在坯料上刷少许润滑油以对凸模进行润滑。

(9) 若发现冲模或压力机有不正常情况，应立即停机检修，不得勉强使用。

40. 怎样保管冲模?

冲模是较精密的加工工具。为保证冲模的正常使用，冲模用完后要加以精心的维护和保管。

(1) 每批生产结束或暂不使用的冲模，都应及时擦拭干净，并在导柱顶端的油孔中注入润滑油，同时注意防止灰尘和杂物落入导套而影响导向精度。

(2)应在导柱表面及凸模和凹模的刃口部分涂防锈油,以防生锈。

(3)冲模保管时应加装限位块限位,以防止上、下模直接碰撞而损伤刃口。

(4)冲模最好有专人负责保管并存放在专用模具库内。模具的摆放应整齐有序,堆放不宜过高,大型模具放在地面上时最好在底部垫上木板,以防潮湿生锈。

(5)应在冲模上、下模底板的前面或侧面装有铭牌或用油漆写上冲模号,以便于管理。

(6)在搬运冲模时,严防碰撞和砸伤。

(7)冲模的保管应建立保管档案,详细记载冲模的使用和维修情况,以备查用。

(8)冲模保管人员应熟悉掌握冲模的实际技术状态及其应用情况,保证根据生产需求及时提供合格的冲模。

41. 什么是聚氨酯橡胶冲裁?

聚氨酯橡胶冲裁是在普通橡皮冲裁的基础上发展而来的,它是用聚氨酯橡胶代替钢质冲模中的凸模、凹模或凸凹模。一般落料时凹模用橡胶材料,凸模仍用金属材料;冲孔时,凸模用橡胶材料,凹模仍用金属材料(图5-30)。冲裁时,板料在聚氨酯作用下,刃口处材料产生拉伸、弯曲等复杂应力和应变,最后断裂(图5-31)。

聚氨酯橡胶冲裁适于薄板冲压。冲裁件厚度,对于铝合金、铜合金可达2mm左右,对碳钢、不锈钢、钛合金和镁合金可达1.5mm。此外,聚氨酯橡胶还可用于弯曲、拉深、成形等其他冲压工艺。

聚氨酯橡胶冲模与钢质冲模比较有下列特点:

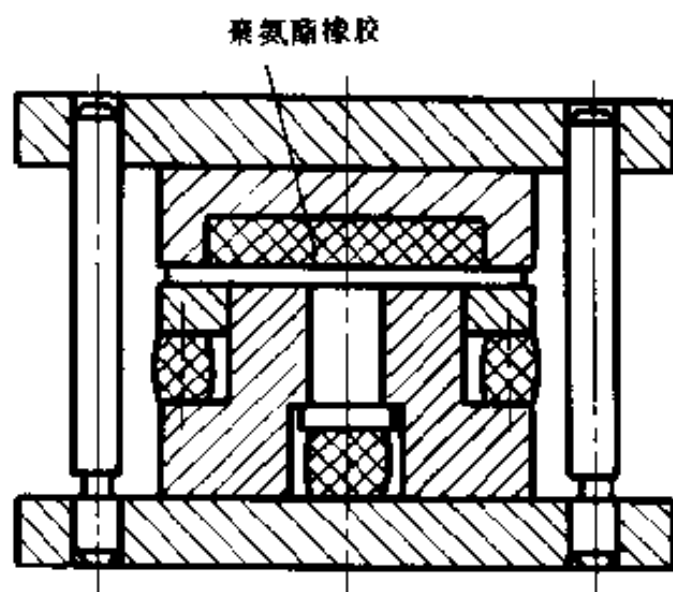


图 5-30 聚氨酯橡胶冲裁模

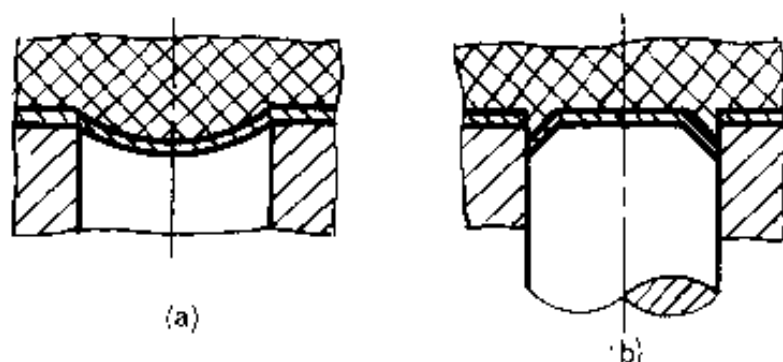


图 5-31 聚氨酯橡胶冲裁过程

(a) 无顶杆 (b) 有顶杆

(1) 凸、凹模之间不存在间隙配合问题，因而使结构简单、加工方便、制造周期短、成本低，适于小批量生产和新产品试制。

(2) 工件质量高 在采用钢质冲模时，由于模具间隙不易控制，特别是当工件材料很薄，形状复杂时，要求模具间隙极小，制造时毛刺难以消除。而聚氨酯冲模则属于无间隙冲裁，没有毛刺或毛刺极小，特别是材料越薄，效果越明显。

(3) 同一副模具，可用来加工不同厚度和不同材料的零件，而且对板材厚度公差的要求也大大放宽。

(4) 生产时操作方便，使用安全，生产性能稳定可靠。

聚氨酯橡胶冲裁的不足之处是零件断面有较大圆角、材料搭边宽度大、不能冲裁小孔和生产效率较低。

42. 什么是锌基合金模冲裁？

锌基合金模具是以由锌为基体的锌、铝、铜三元合金为材料，通过铸造方法制成的冲压模具，一般落料时用锌基合金做凹模，用工具钢做凸模；冲孔时用锌基合金做凸模，用工具钢做凹模。由于模具为铸造加工制作，故大大简化了制模程序，缩短了制模周期，同时降低了成本，是一种简易、速成、经济的冲压模具。

锌基合金模冲裁，一般钢板厚度在 4mm 以下。对 1 mm 厚的低碳钢板冲裁，模具一次修磨寿命可达 2.6 万件。

锌基合金模具与其他模具相比具有如下特点：

(1) 模具结构简单，当冲裁件尺寸较小、形状简单时甚至可以采用上模和下模整体式结构，对于大型件和复杂件，模具可以采用镶拼结构。模具零件的减少给设计带来很大方便。

(2) 由于采用铸造法制模，省去许多锻造、切削加工和热处理等一般的制模工序，制模周期一般只为钢模的 1/4 左右。特别是当工件形状复杂时，效果更加明显。

(3) 由于制造成本降低，加之锌基合金可以反复重熔使用，所以模具成本仅为钢模的 1/5~1/10。在新产品试制和中、小批量生产中，具有显著的技术经济效益。

(4) 由于锌基合金和钢相比，硬度差值在 HRC30 以上，所以质软的锌基合金在冲裁过程中不可能维持锋利刃口。所以冲裁是在一个钝刃口，一个锋利刃口的状态下进行的。这使材料的分离表现为“单向裂纹扩展分离”的过程，它有利

于减小工件毛刺，加宽断面光亮带，提高冲裁件质量。

(5) 由于锌基合金的硬度和强度都较低，与钢模相比，容易发生微量塑性变形和磨损，这种特性一方面靠材料的转移可自动补偿模具侧面的磨损，另一方面可自动平衡凸凹模间出现的间隙，使间隙均匀而稳定。

锌基合金模冲裁的弱点是工件尺寸精度的控制比钢模要难，工件的搭边要求较大；模具的寿命比钢模低。

43. 什么是组合模具冲压技术？

所谓组合模具是从冲压模具的工作原理和操作要求出发，设计和制造标准化、系列化和通用化的模具零件，当需要冲压某一具体工件时，通过对工件几何要素和加工性能的分析，选用标准模具零件组装成所需的冲压模具。根据对冲压件的加工方法及模具组装方式的不同，组合冲模一般可分为分解式组合冲模、积木式组合冲模和配套式组合冲模三类。

分解式组合冲模又称万能冲模。该法是把冲裁件轮廓线分解成为若干简单的直线和曲线，加工时，用数套专门设计制造的切边模、切角模、冲圆弧模、冲圆孔模等逐次分步进行冲裁加工。为满足生产需要，分解式组合模具不仅应具备完整的模具品种，而且每种模具还要配备相应的规格和数量。

积木式组合冲模又称槽系组合冲模。这种方法是预先设计和加工出一系列的标准冲模元件，生产时按冲压件的要求，临时组装冲模，像堆积木一样，这种冲模可反复进行组装、使用、拆卸和再组装。积木式组合冲模的元件常包括工作元件、定位元件、卸料及出件元件、基础元件、支承元件、导向元件和连接固定元件等。

配套式组合冲模又叫做模架式组合冲模，它以通用模架

为基础，利用一些通用元件和专用凸、凹模组装而成。按工艺要求可组装成单工序模、复合模和连续模。

组合模具冲压有如下特点：

(1) 组合元件之间具有良好的通用性和互换性，采用组合模具可减少模具装备的数量，节约了模具设计与制造工时，减少了钢材消耗，从而降低了生产成本。

(2) 组合模具可按照不同冲压件的要求，反复拆装，重复使用，灵活多变，经济实用。

(3) 采用组合模具，大大地减少了生产的准备工作，缩短了新产品的试制周期。

(4) 有利于冲压加工的标准化和系列化。

组合模具冲压的主要不足是由于采用对工件进行分解及顺序成型方式，因而工件的精度偏低。主要用于小批量生产及新产品试制，工件材料的厚度一般在 $2\sim 3\text{ mm}$ 以下。但是由于组合模具冲压技术的突出特点，随着技术的不断完善，会在冲压加工生产中得到越来越广泛的应用。

44. 什么是电水成形？

电水成形是高速成形工艺的一种。它的基本原理如图 5-32 所示，升压变压器 1 把来自网络的交流电升至 $20\sim 40\text{ kV}$ ，经整流器 2 整流为直流高压并向电容器 4 充电。当电容器两端的电压达到一定数值时，辅助间隙 5 被击穿，高压电瞬时地加到两放电电极 9 所形成的主放电间隙上，并使主间隙击穿，于其间产生高压放电。放电使回路中形成可达 $30\ 000\text{ A}$ 的冲击电流，这样在电极周围的介质中形成冲击波和液流冲击，使毛坯贴模成型。

电水成形的加工能力取决于电容器可能储存的最大能量

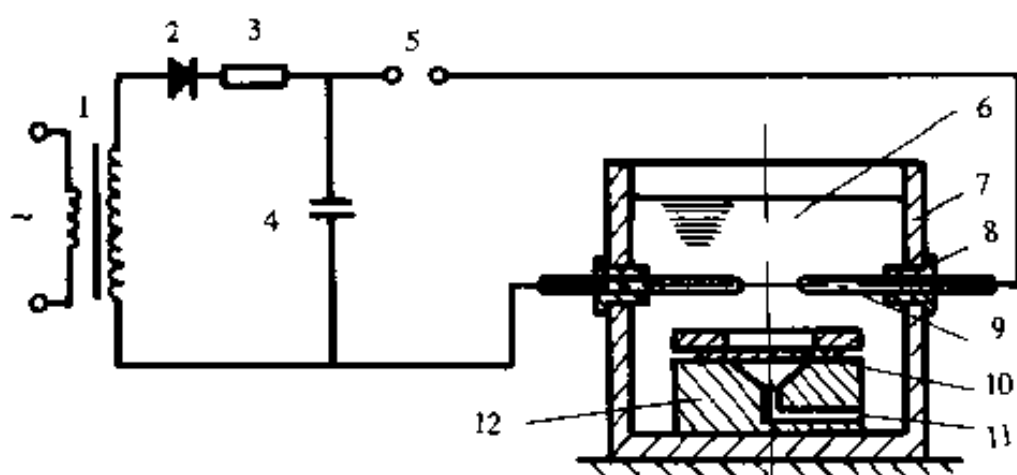


图 5-32 电水成形原理

1—升压变压器 2 整流器 3—电阻 4—电容器 5—辅助间隙 6 水
7—水箱 8—绝缘体 9—电极 10 毛坯 11—抽气孔 12—凹模

E (J), 其值可通过电容器容量 C (F) 和充电电压 V (V) 来计算:

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

电水成形有成形过程稳定, 操作方便, 生产效率高和易于实现机械化与自动化等特点。可用于板料及管件进行拉深、胀形、校形、冲孔等冲压加工。由于电水成形的加工能力受到设备容量的限制, 所以目前还主要应用于形状较为简单的小型零件 (直径在 400 mm 以下) 的中小批量生产。

45. 什么是电磁成形?

电磁成形的原理如图 5-33 所示。由升压变压器 1 和整流器 2 组成的高压直流电源向电容器 4 充电。当放电回路中开关 5 闭合时, 电容器储存的电荷在放电回路中形成强大的脉冲电流, 同时在周围空间形成变化的磁场。坯料 7 位于成形线圈 6 中, 在变化磁场的作用下, 坯料内部产生感应电流, 它所形成的磁场与成形线圈磁场相互作用, 使坯料在磁力作用

下产生塑性变形，并以很高的速度贴模成形。图 5-33 为管子缩颈时的情形。

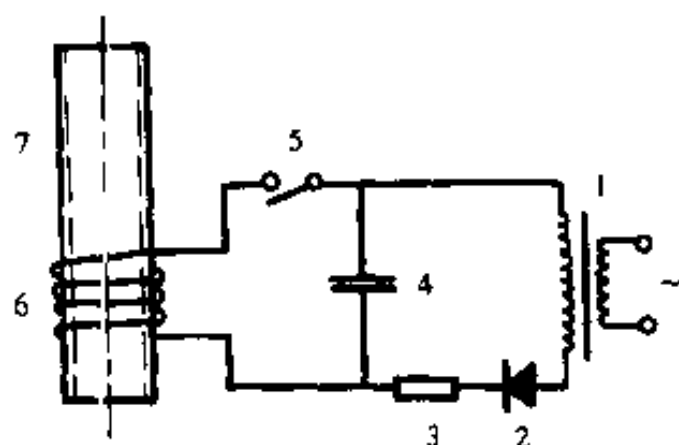


图 5-33 电磁成形原理

- 1 升压变压器 2—整流器 3—电阻 4—电容器
5—开关 6—成形线圈 7—坯料

电磁成形的加工能力取决于充电电压和电容器的容量。常用的充电电压为 5-10 kV，充电能量为 5-20 kJ。

电磁成形的优点是不需要机械接触即可实现金属的成形，因而可以简化操作过程和简化成形装置，提高生产效率。设备调整简单。由于电磁成形是一个放电过程，所以能量可以控制得相当精确，易于保持成形过程的稳定，同时易于实现生产的机械化和自动化。但是由于受到设备的限制，电磁成形还主要用来加工厚度不大的小型工件以及普通冲压方法不易加工的工件。

46. 确定冲压工序间半成品形状和尺寸时应注意什么？

冲压工序间的半成品是坯料和冲压件之间的过渡。可以认为每个半成品是由两部分组成，即已成形部分和待成形部分，前者的形状和尺寸已满足成品零件的要求，后者是需进

一步加工的过渡部分。确定半成品形状和尺寸时应注意下列问题：

(1) 半成品待成形部分的过渡尺寸，可由该道工序的极限变形参数求得，如拉深系数、翻边系数等。这类尺寸一般没有精度要求，图纸上也不标注公差，如图 5-34 (a) 中的 $\phi 22$ mm。

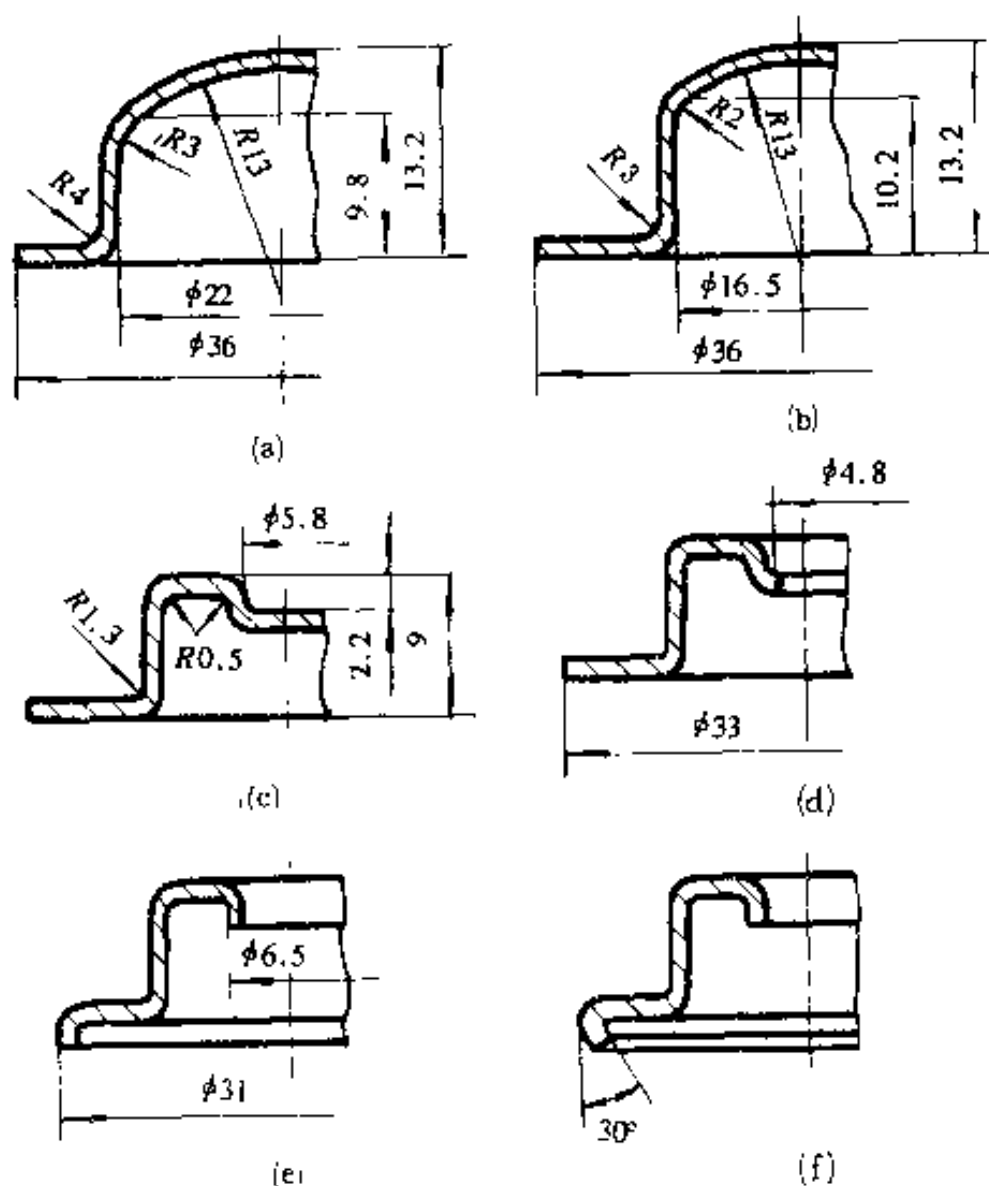


图 5-31 出气阀罩盖的冲压过程

(a) 落料，拉深 (b) 拉深 (c) 成形 (d) 冲孔，修边

(e) 外缘翻边，翻内孔 (f) 折边

(2) 半成品中已成形部分的形状和尺寸,在以后各道工序的加工中不应再发生变化。如图 5-34 中,出气阀罩盖经两次拉深后,其内腔直径已达到成品尺寸 16.5 mm,该尺寸在后面的工序中保持不变。

(3) 半成品的形状和尺寸应能满足储料的需要。即对待成形部分进一步加工时,坯料的分配和转移应只在该部分内完成,不允许从其他部分补充金属,也不允许把多余的金属向外转移,否则将影响成品的正确形状和尺寸。如图 5-34 所示的第三道工序中,在罩盖顶部冲出 $\varnothing 5.8$ mm 的凹坑,若第二道工序设计成平顶形状,则会造成金属材料的短缺。所以顶部在第二道工序中设计成球面形状,球半径 $R13$ 这个半成品尺寸是根据第二、三道工序中顶部面积相等的方法计算得出的。

(4) 对于多次拉深的工作,半成品的形状确定应考虑具有较强的抗失稳能力,以防工件起皱。

(5) 在某些情况下,半成品的过渡尺寸会影响到工件的表面质量。如在多次拉深工序中,各道工序的凸模和凹模圆角半径都不宜取得过小,以防在成品工件表面残留圆角部位弯曲与变薄的痕迹。

47. 什么叫作冲压工艺规程?合理的冲压工艺规程应满足哪些要求?

冲压工艺规程是冲压工艺人员在工件投产前所编制的一种指导整个生产过程的工艺性技术文件。它是在对冲压件工艺性全面审查的基础上,根据工件的结构形状、尺寸精度等要求,确定加工的工艺方案、模具结构形式、检验方法、使用设备以及制定工艺定额、计算成本等一系列投产前的准备

工作。

合理的工艺规程是保证产品质量的必要条件，它应该满足下列要求：

(1) 尽量减少工件所需材料和冲压工序的数目；尽量减少或不再安排其他加工方法。

(2) 所用模具结构尽量简单，寿命长，且占用设备少。

(3) 加工出的工件应满足全部质量要求。

(4) 尽量降低工件的生产成本。

(5) 尽可能采用机械化和自动化生产。

(6) 保证安全生产。

48. 冲压生产的机械化和自动化需要哪些条件？

冲压加工是一种具有诸多经济技术优点、有发展前途的先进加工方法。实现冲压加工的机械化和自动化，是进一步提高冲压件产品质量，提高劳动生产率、降低生产成本，改善劳动条件并提高安全性的根本措施。要做到这一点，在生产中应满足以下条件：

(1) 冲压件的生产批量大，品种较单一 对于小批量生产，从经济性考虑，不宜采用机械化自动化程度较高的模具，否则会显著增加工件的成本。

(2) 产品结构要有好的工艺性 冲压件的设计，应努力做到形状简单规整、过渡圆滑、内腔不过深、刚性好等。这样在机械化、自动化生产中不使工装设备、工艺过程和控制方式过于复杂，有利于冲压件质量的稳定和提高。

(3) 冲压件所用材料要表面光洁平整、厚度及外形尺寸误差较小且变化稳定、冲压性能良好 若板材翘曲不平，会造成自动送进和定位困难；若冲压性能不好，易发生皱纹、开

裂等缺陷，影响质量稳定，甚至会减低设备寿命。

(4) 冲压设备应与机械化、自动化生产要求相适应。如自动生产线上要有自动进料及卸料装置，压力机上应有工作压力、行程次数、工件数量等显示装置及过载保护和安全保险等保护装置。

(5) 操作工人要具有较高的文化和专业知识，有较熟练的设备调整技术和排除故障的能力。

49. 冲压工冲压生产时，应注意什么？

为保证冲压生产的顺利进行，冲压工操作时应严格遵守有关的制度和规程，此外，一般还应注意下面几点：

(1) 开机操作前应对工作环境和设备状况进行检查，包括工作场地、压力机和模具是否整洁干净；模具在压力机上安装是否准确牢固；材料尺寸是否合格，表面是否清洁；压力机润滑是否符合要求等方面，待一切准备工作都已做好后，方可开机。

(2) 开机后必须集中精力，严格按工艺规程的要求谨慎操作。开机后应先进行试冲，待首件检查合格后再成批冲压。冲压过程中应密切注意设备及工件的状况并适时进行抽检。若发生异常现象，应立即停机并向有关部门报告，协同检修，恢复正常后方可继续工作。

(3) 工作时应严格遵守安全规程。

(4) 操作结束后，要关闭好电源，清理掉压力机和模具上的杂物并擦拭干净，在模具工作部位涂上机油。把成品工件、废品及废料分别进行整理。最后对各部位进行最后检查，确无问题后方可离开现场。

50. 怎样在冲压加工中做到安全生产?

在冲压生产中，使用的主要设备是压力机。它的特点是操作简单、速度快、生产效率高，但较多的手工操作和简单单调的操作动作很容易引起操作者的疲劳，造成事故，因此，要特别注意冲压加工中的安全生产。

(1) 工作开始前要穿戴好规定的劳动保护用品。

(2) 对操作环境及设备的安全情况进行检查。如操作场地的工位布置是否符合安全要求；设备上的各种安全保护装置是否灵敏；在机床电器、台面及模具上不准放置杂物；场地照明情况是否符合要求等。

(3) 开始操作后精神要集中，严禁在工作时打闹、说笑、打瞌睡等。

(4) 加工中的各项操作一定要严格遵守安全规程和工艺规程，以保证生产的正常进行。

(5) 设备出现异常情况时，应立即停机检查维修，不得勉强继续使用。

(6) 加工结束后，要关好电源，清理场地，杜绝事故隐患。

(7) 要重视进行安全生产方面的宣传教育，实行必要的安全检查监督制度，使安全生产成为操作者的自觉行动。

六、弯曲成形

1. 什么是弯曲成形？

将板料毛坯、棒料、管材或型材等弯成具有一定形状和角度零件的成形方法，称为弯曲成形。弯曲成形是板料冲压中最为常见的加工工序。在实际生产中，弯曲件的形状有很多种，如V形件、U形件、波纹形件及其他形状的零件。

弯曲成形的方法也很多，根据坯料在弯曲时的加热温度，可将其分为冷弯和热弯两种。对坯料在常温下的弯曲称为冷弯，而坯料加热到一定温度后进行的弯曲为热弯。

根据弯曲时所采用的操作方法不同，弯曲成形又分为压弯、拉弯、滚弯、绕弯及手工弯曲等几种类型。弯曲成形工序既可在普通压力机上用模具完成，也可采用专用弯曲机和模具实现。所使用的模具可完全由刚性材料制作，但也有的模具一部分是刚性材料，另一部分是弹性材料，如橡胶。橡胶主要是用于做凹模。

2. 什么是压弯？压弯时坯料的弯曲过程是怎样的？

利用模具或压弯设备将坯料弯成一定形状的加工方法称为压弯。压弯是薄板弯曲变形中应用最多的一种方法，所使用的压弯设备一般为压力机或弯板机，而模具则是根据零件的形状尺寸来选用，最简单的形式是采用一个固定凹模和一

个活动凸模的弯曲。

压弯时坯料的弯曲过程一般分成三个阶段。下面以 V 形件的弯曲成形为例，说明坯料在 V 形模上的弯曲过程。

首先是板料弯曲的开始阶段，此时，坯料由凹模的两个圆角处支撑着，同时又与凸模顶端的圆角相接触，使坯料与凸、凹模呈三点接触状态 [见图 6-1 (a)]。坯料在凸模的作用下产生弹性变形，这时坯料的弯曲半径大于凸模的圆角半径。

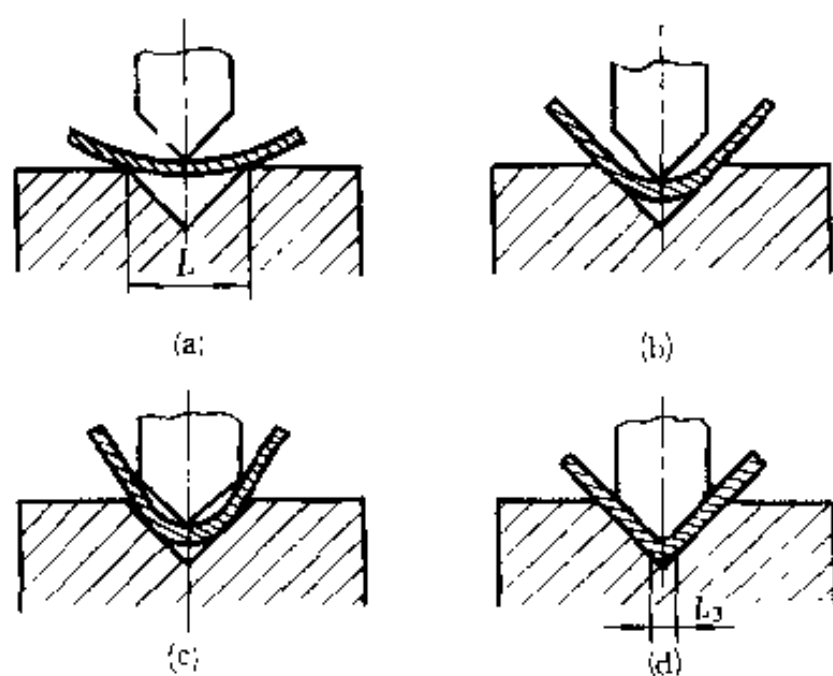


图 6-1 压弯时坯料的弯曲过程

随着凸模的继续下压，坯料的弯曲半径逐渐减小，且弯曲力臂也随着逐渐减小，而坯料则产生塑性变形，它的两侧与凹模形成两个接触面，这时，坯料的弯曲角等于凹模的角度 [见图 6-1 (b)]。坯料在凸模压力的继续作用下，其直边部分发生反向弯曲，凸、凹模分别有五个点与坯料接触，弯曲角也由等于凹模的角度变成小于凹模的角度 [见图 6-1 (c)]，该变形过程即为压弯的第二阶段。

在第三阶段中，当压力机滑块（即凸模）下降到极限位置时，坯料与凸、凹模之间完全贴紧，其弯曲半径与凸模的半径也完全一致，这说明此时坯料的弯曲角已完全等于凸、凹模的角度，压弯角或坯料在弯曲的第二阶段存在的不平状态在此都得到了矫正。弯曲力臂则由开始时的 L 减小到 L_0 ，[见图 6-1 (d)]。

完成上述三个阶段，即可得到由平板形坯料压弯成 V 形的制件。

3. 压弯时如何进行弯曲力的计算？

为了正确地制定板料弯曲加工工艺，合理地选用压力机和设计模具，需要对压弯时的弯曲力进行计算。

在板料弯曲成形过程中，开始是弹性弯曲，其后随着凸模的下压，变形区内外层纤维首先进入塑性变形状态，并逐渐向板的中心扩展，进行自由弯曲；最后是凸、凹模与板料互相接触并迫使其与模具完全贴合的矫正弯曲。图 6-2 给出了各

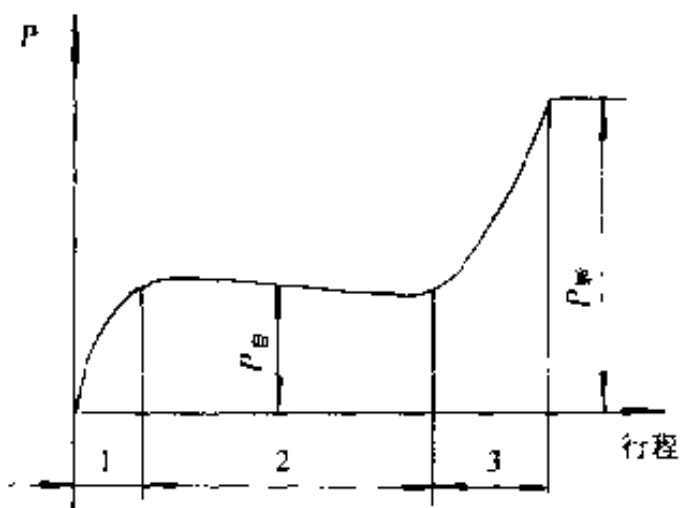


图 6-2 弯曲力的变化曲线

- 1 弹性弯曲阶段
- 2 自由弯曲阶段
- 3 矫正弯曲阶段

弯曲阶段中弯曲力随弯曲行程的变化曲线。由图可见，弹性弯曲阶段的弯曲力随弯曲行程逐渐增大，进入自由弯曲阶段后，弯曲力的变化很小，而在矫正弯曲阶段，弯曲力随弯曲行程的增加而急剧增大，这时的弯曲力可为自由弯曲时的 5

~10 倍。

弯曲力的大小不仅与制件形状、尺寸、坯料厚度、材料的机械性能、相对弯曲半径、模具间隙和弯曲方法等因素有关，而且与弯曲变形的方式也有很大关系。因此，用理论分析方法计算弯曲力是一项十分复杂的工作，其计算精度也不高。在实际生产中，弯曲力的大小主要是根据板料的厚度、宽度及材料的机械性能，按照经验公式进行概略地计算。下面将介绍自由弯曲力和矫正弯曲力的计算方法。

(1) 自由弯曲时的弯曲力 对于 V 形件，最大自由弯曲力为：

$$P_{\text{自}} = \frac{0.6k B t^2}{r+t} \sigma_b$$

对于 U 形件，最大自由弯曲力为：

$$P_{\text{自}} = \frac{0.7k B t^2}{r-t} \sigma_b$$

式中， $P_{\text{自}}$ ——最大自由弯曲力（即材料不带矫正的弯曲力）（N）；

B ——弯曲件宽度（mm）；

t ——坯料厚度（mm）；

r ——弯曲件内侧曲率半径（mm）；

σ_b ——材料的抗拉强度（MPa）；

k ——安全系数，一般取 $k=1.3$ 。

(2) 矫正弯曲时的弯曲力 弯曲件在凸模的冲压行程结束时受到模具的矫正，矫正弯曲力可按下式近似计算：

$$P_{\text{矫}} = q \cdot A$$

式中， $P_{\text{矫}}$ ——矫正弯曲力（N）；

A ——零件被矫正部分的投影面积（mm²）；在 V 形件

弯曲中，当凸模半径 r 、板料厚 t 与凹模宽 l 之比很小时，可按 $A=B \cdot l$ 计算，在 U 形件弯曲中可按 $A=B \cdot (l-2r-2t)$ 计算。

q ——单位矫正力 (MPa)，其值可参考表 6-1。

表 6-1 单位矫正力 q 的数值 (MPa)

材 料	板 料 厚 度 /mm	
	$t < 3$	$t = 3 \sim 10$
铝	30 ~ 40	50 ~ 60
黄铜	60 ~ 80	80 ~ 100
10~20 号钢	80 ~ 100	100 ~ 120
25~35 号钢	100 ~ 120	120 ~ 150

4. 什么是最小相对弯曲半径？它受哪些因素的影响？

板料弯曲成形时，最外层纤维由于受拉应力的作用，产生最大的拉伸变形。其变形程度与相对弯曲半径 r/t 值的大小有关。板料厚度 t 越大，弯曲半径 r 愈小，其所受的拉应力越大，最外层纤维沿切向的拉伸变形也愈大。当相对弯曲半径 r/t 的值小到一定程度时，弯曲件的外层纤维将会因受拉应力过大而出现拉裂。为防止这种现象的产生并保证弯曲件质量，要对相对弯曲半径加以限制，通常把不致使板料弯曲时发生拉裂的相对弯曲半径的极限值，称为材料的最小相对弯曲半径，用 r_{\min}/t 表示。影响最小相对弯曲半径的因素为：

(1) 材料的机械性能 一般情况下最小相对弯曲半径与材料的塑性有关，对于塑性好的材料，外层纤维所允许的变形程度大，最小相对弯曲半径小；对于塑性差的材料，采用

的最小相对弯曲半径值相应地要大一些。

(2) 弯曲线方向 板料经过多次轧制后,其横向、纵向及厚度方向的机械性能均不相同。沿着纤维方向的塑性指标大于垂直纤维方向的指标,因此,当弯曲件的弯曲线与纤维方向垂直时,最小相对弯曲半径的数值 r_{min}/t



图 6-3 板料纤维方向与弯曲线的关系

最小;反之,当弯曲件的弯曲线与纤维方向平行时,最小相对弯曲半径 r_{min}/t 的数值最大(见图 6-3)。由此看出,对于 r/t 较小的弯曲件或塑性较差的材料进行弯曲时,应尽可能使其弯曲线垂直于板料的纤维方向,用来提高弯曲件的变形程度及防止外层纤维拉裂。

(3) 弯曲角度 弯曲件弯曲角度的大小,对最小相对弯曲半径的影响较大。图 6-4 给出了弯曲角 α 对最小相对弯曲半径 (r_{min}/t) 的影响。从图上可以看出:当弯曲角 $\alpha > 90^\circ$ 时,对最小相对弯曲半径的影响不大,而当弯曲角 $\alpha < 90^\circ$ 时,对最小相对弯曲半径的影响较大。

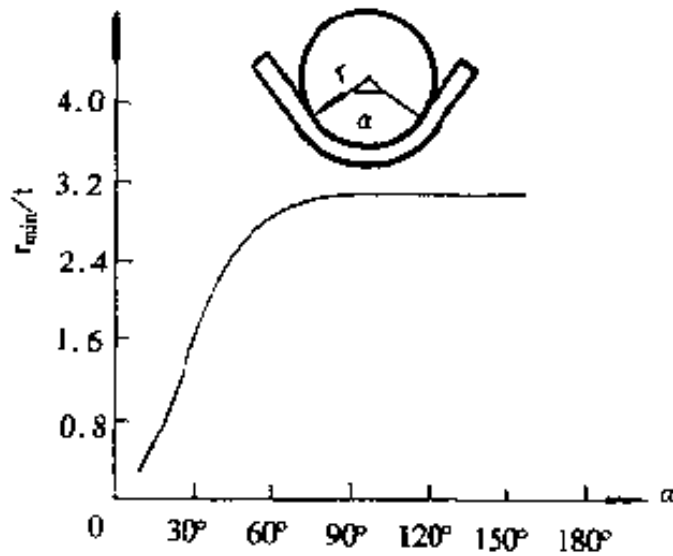


图 6-4 弯曲角 α 与 r_{min}/t 值的关系

(4) 板料的表面和断面质量 板料的表面质量和制成坯料时的断面质量对弯曲件的弯曲变形程度影响较大。下料时

板料的冲裁断面若是粗糙或有毛刺，板料表面带有划伤或缺陷，弯曲时极容易因受拉而致使弯曲件在缺陷处出现裂纹。这些因素限制了弯曲时的最大变形程度，使最小相对弯曲半径的值 (r_{\min}/t) 大大增加。在实际冲压生产中，可从工艺上采取一些措施来降低板料表面和断面质量差而对最小相对弯曲半径的不利影响。如采用清除板料周边毛刺。或将有毛刺或划伤的表面朝向弯曲凸模等方法加以解决。

(5) 板料的宽度和厚度

板料越宽、越厚，其最小相对弯曲半径的值 (r_{\min}/t) 就越大，弯曲变形程度也越小。当板料宽度增加到板料厚度的 8~10 倍时，板宽对最小相对弯曲半径值的影响就很小。板料厚度对最小弯曲半径的影响如图 6-5 所示。

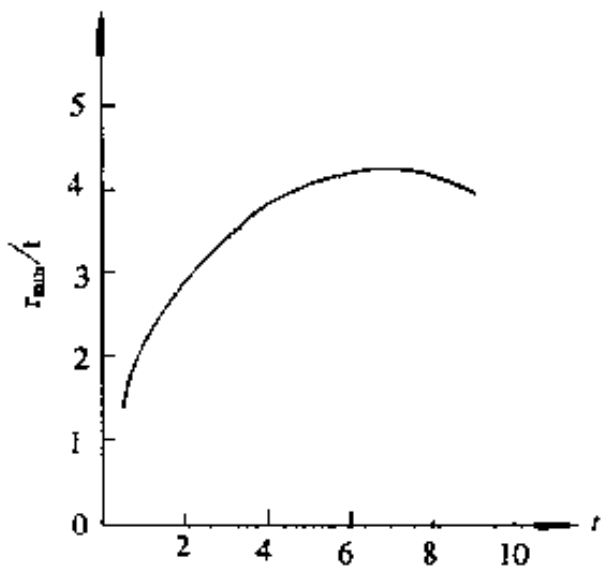


图 6-5 r_{\min}/t 与板厚的关系

5. 什么是弯曲时的回弹？它受哪些因素的影响？

板料的弯曲是塑性弯曲，在产生塑性变形的同时，还伴有弹性变形。在弯曲成形结束后，卸去弯曲件上的外加载荷，弹性变形部分将立即恢复，使得弯曲件的弯曲角度和弯曲半径发生变化而与模具的形状尺寸不一致，这种现象称为弯曲回弹（图 6-6）。

影响弯曲回弹的因素有很多，最主要的有以下几个方面：

(1) 材料的机械性能 弯曲回弹量的大小与材料的屈服极限 σ_s 成正比，与材料的弹性模数 E 成反比。即材料的 $\frac{\sigma_s}{E}$ 值

越大，弯曲回弹量就越大。

(2) 相对弯曲半径 r/t 相对弯曲半径越小，板料的变形程度越大，弯曲变形量愈大，弹性弯曲变形量所占的比例也就愈小，所以回弹量小。反之， r/t 值越大，说明材料变形程度越小，回弹就越大。

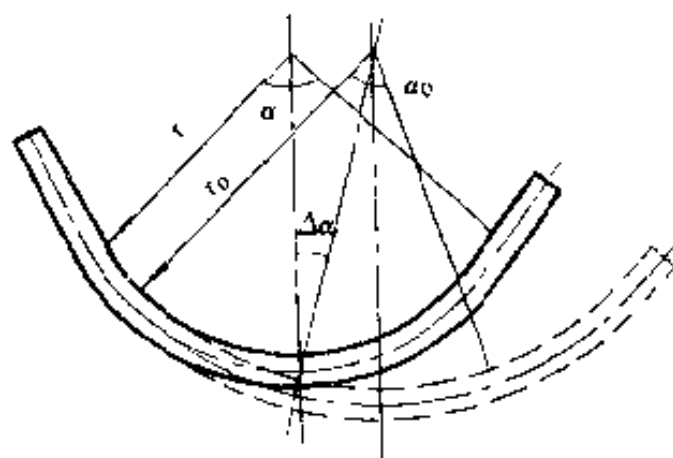


图 6-5 弯曲回弹

r 、 α 为模具的弯曲半径和弯曲角

r_0 、 α_0 为弯曲件的弯曲半径和弯曲角

(3) 弯曲角度 弯曲半径 r 的回弹量与弯曲角度 α 无关。角度回弹量 $\Delta\alpha$ 与弯曲角度的大小成正比，这是因为弯曲角度 α 的值愈大，弯曲变形区的长度愈大，弹性弯曲变形量在总弯曲变形量中所占的比例也相应增大，所以角度回弹量 $\Delta\alpha$ 就愈大。

(4) 弯曲件的形状 一般说来，弯曲件的形状越复杂，一次弯曲成形的回弹量越小。其原因是由于形状复杂的弯曲件，弯曲变形时各部分变形之间相互制约的作用愈大，使得弯曲的变形性质发生了有利变化。如双角弯曲的回弹量比单角弯曲的回弹量小，U 形件的回弹量比 \cap 形件小，而 \cap 形件又比 V 形件的回弹量小。

(5) 弯曲方式 板料的压弯成形方式有两种：一种是无底凹模的自由弯曲；另一种是有底凹模的限制弯曲见图 6-7)。由于这两种弯曲方式的变形情况不同，所以卸载后弯曲件的弯曲回弹量也不相同。

板料在无底凹模中自由弯曲时，其弯曲角度与凸模进入

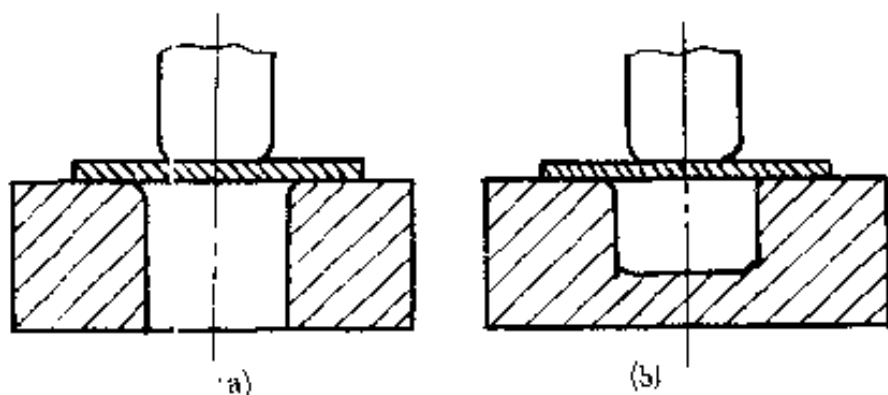


图 6-7 不同弯曲方式示意图

(a) 无底凹模的自由弯曲 (b) 有底凹模的限制弯曲

凹模的深度有关。由于凸模行程到达极限位置时无法对弯曲件施加弯曲校正力，因而卸载后，弯曲件的弯曲回弹量较大。

板料在有底凹模中弯曲时，由于凹模底部对板料有限制作用，在弯曲成形终结时，凸模可对板料施加弯曲校正力，以使板料与凸、凹模完全贴合。另外，直边部分在卸载后存在反向回弹，可使弯曲变形区的角度回弹减少甚至抵消掉，所以弯曲件的弯曲回弹量很小。

除上述因素外，凸凹模之间的间隙、凹模圆角半径、凹模宽度与深度等，对板料的实际弯曲变形过程也有不同程度的影响。此外，还有板料的表面质量、板料宽度等因素，也都对回弹有一定的影响。

6. 如何计算弯曲回弹值？

弯曲回弹的一种表现形式是弯曲半径的改变，即由回弹前工件的弯曲半径 r 变为回弹后的 r_0 ，其回弹值为 $\Delta r = r_0 - r$ ；另一种表现形式是弯曲角度的改变，由回弹前工件的弯曲角度 α （凸模的角度）变为回弹后工件实际角度 α_0 ，其回弹值为 $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0$ 。工件回弹前后尺寸的变化见图 6-8。

由于影响回弹的因素很多，且这些因素之间还存在着相互影响，因而很难用一种精确的方法计算出回弹值的大小。在实际工作中，一般考虑工件在纯塑性弯曲条件下的回弹，采用理论公式或取经经验值的方法来计算弯曲回弹。

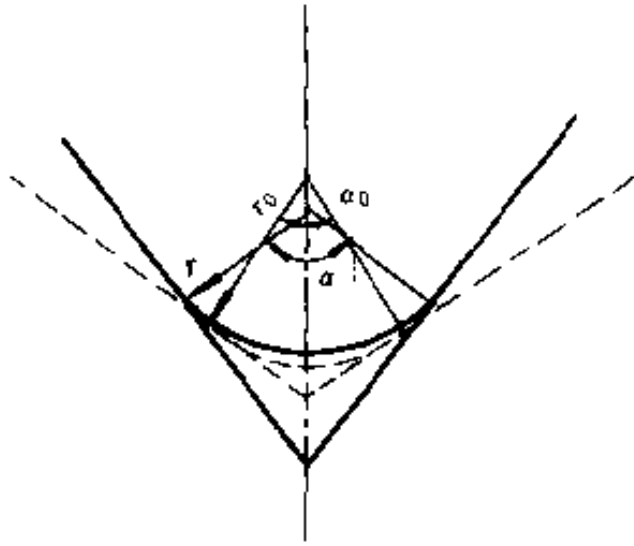


图 6-8 工件回弹前后尺寸关系

(1) 公式计算 当弯曲工件为 $r/t > 10$ 的自由弯曲时，由于弯曲半径较大，所以卸载后的回弹量也大，即弯曲半径和弯曲角度都发生较大的变化。在这种情况下，应求出弯曲半径的回弹值及弯曲角度回弹值。

$$\text{弯曲半径回弹值: } \Delta r = r_0 - r = \frac{3\sigma_s r^2}{Et - 3\sigma_s r}$$

$$\text{弯曲角度回弹值: } \Delta \alpha = \alpha - \alpha_0 = \frac{3\sigma_s r}{Et} \cdot \alpha$$

式中， σ_s ——材料的屈服极限 (MPa)；

E ——材料的弹性模数 (MPa)；

t ——板料厚度 (mm)；

r ——回弹前工件的弯曲半径 (凸模半径) (mm)；

α ——回弹前工件的弯曲角度 (凸模圆角)；

Δr ——弯曲半径回弹值 (mm)；

$\Delta \alpha$ ——弯曲回弹角 (度)。

对于相对弯曲半径 $r/t < 5$ 时的自由弯曲，因弯曲半径小，故回弹量也小，卸载后弯曲件的弯曲角度发生变化，而弯曲半径的变化很小，可忽略不计。此时，回弹角的近似值

可用下列公式计算：

对于 V 形件的弯曲

$$\operatorname{tg} \Delta \alpha = 0.375 \frac{l}{(1-k) t} \times \frac{\sigma_s}{E}$$

对于 U 形件的弯曲

$$\operatorname{tg} \Delta \alpha = 0.75 \frac{l_1}{(1-K) t} \times \frac{\sigma_s}{E}$$

式中， $\Delta \alpha$ ——回弹角（单面）；

K ——中性层系数，见表 6-2；

l ——支点的距离，即凹模的口径（mm）；

l_1 ——弯曲力臂 $l_1 = r_{凹} + r_{凸} + 1.25t$ ， $r_{凹}$ 为凹模圆角半径， $r_{凸}$ 为凸模圆角半径（mm）；

σ_s ——材料的屈服极限（MPa）；

E ——材料的弹性模数（MPa）；

t ——板料厚度（mm）；

表 6-2 应变中性层系数 K

r/t	0.10	0.25	0.50	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5
K	0.30	0.34	0.38	0.42	0.44	0.45	0.47	0.475	0.48	0.5

(2) 图线法 为了减少计算，可将有关公式作成图表，然后在图上查出所需的回弹值。具体查图方法是：

①查图确定弯曲凸模圆角半径 r 及弯曲半径回弹值 Δr 。在图 6-9 中，首先在 r_0/t 线和 σ_s 线上找出与其已知数值对应的点，然后作连接此两点的直线，使其与 r/t 线相交，读出交点的值，即是 r/t 的比值，由该值可求出弯曲凸模圆角半径 r 及弯曲半径回弹值 Δr 。

〔例〕 已知 $r_0/t = 80/5 = 16$ ， $\sigma_s = 300\text{MPa}$ ，求 r 及 Δr 。

〔解〕 先在 r_0/t 线上确定其比值等于 16 的点，再从 σ_s 线上找到其值为 300MPa 的点，连接这两点的直线与 r/t 线相交，交点的数值为

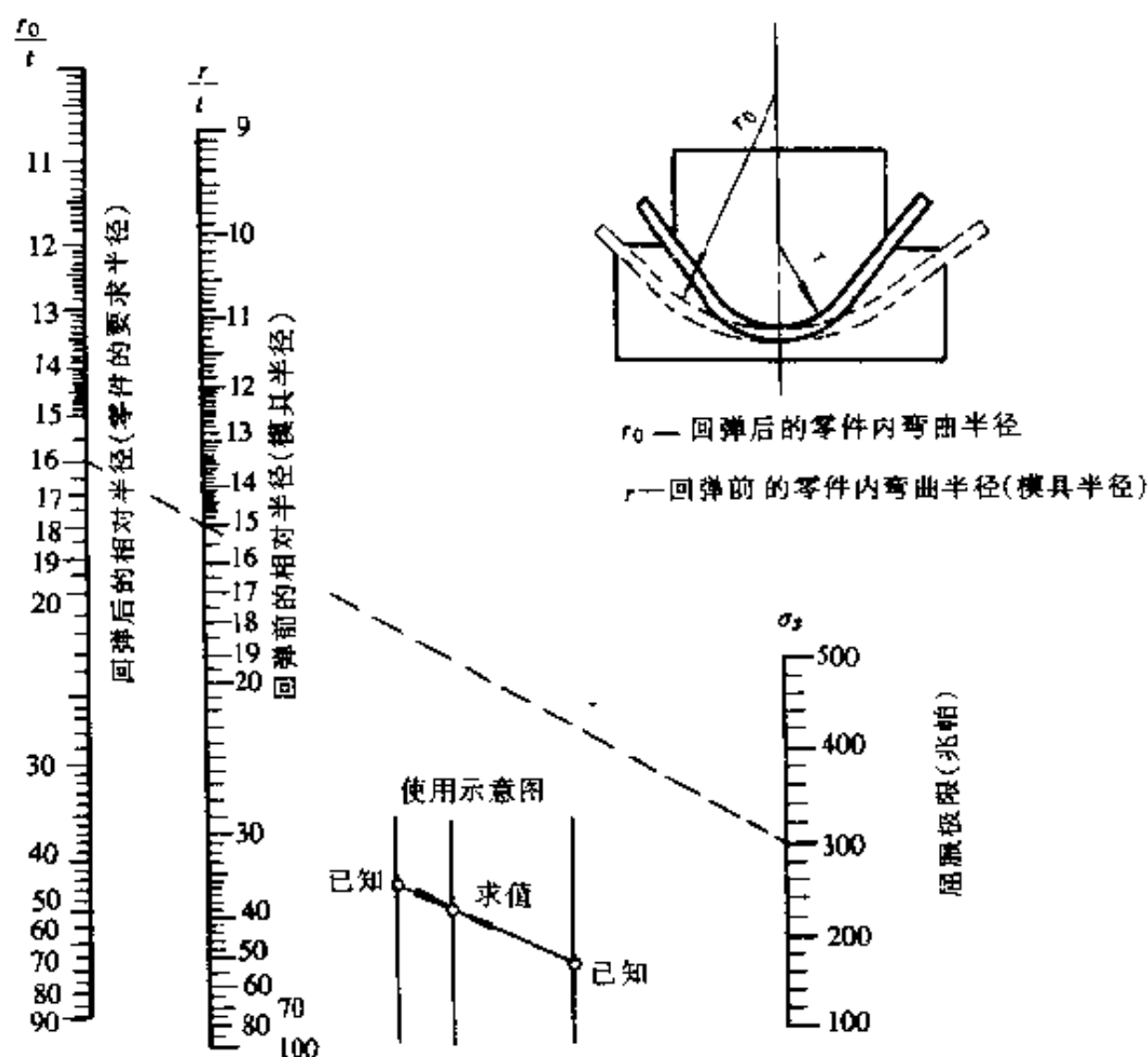


图 6.9 弯曲半径回弹值计算图表

15. 即表示 $r/t = 15$ 。∵ $r_0/t = 80/5 = 16$, ∴ $r = 15 \cdot t = 15 \times 5 = 75$ (mm);

弯曲半径回弹值 $\Delta r = r_0 - r = 80 - 75 = 5$ (mm)。

②查图确定弯曲回弹角 $\Delta\alpha$ 。在图 6-10 中, 先从图线表的横坐标上确定 r_0/r 的点, 过该点向上作垂线与零件要求的角度为 θ_0 的射线相交, 再由交点向右作横坐标的平行线与纵坐标相交, 其交点的数值即为所要求的弯曲回弹角 $\Delta\alpha$ 。

〔例〕 已知 $r_0/r = 80/75 = 1.07$, $\theta_0 = 85^\circ$, 求 $\Delta\alpha$ 、 θ 。

〔解〕 在图的横坐标上确定 $r_0/r = 1.07$ 的点, 过该点向上作横坐

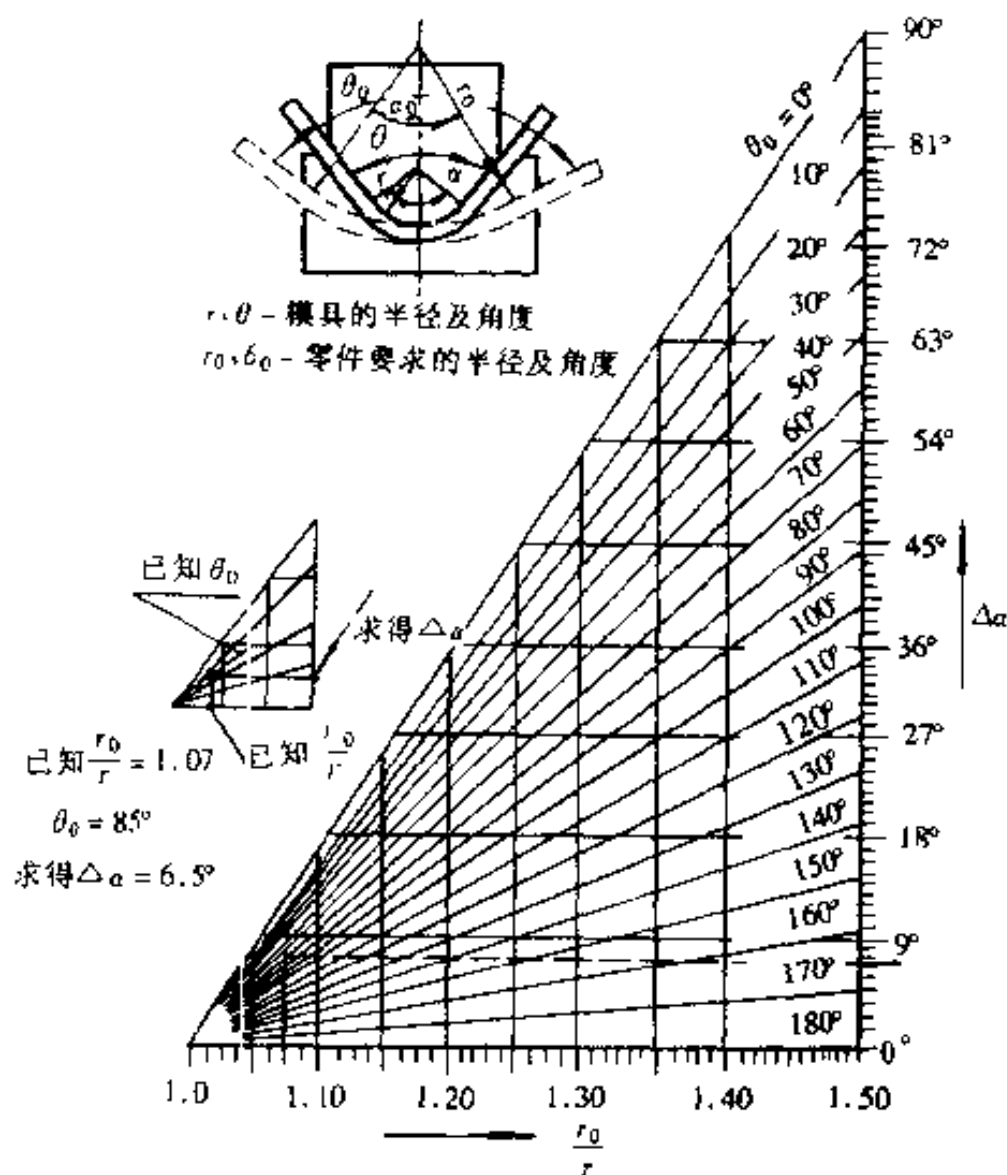


图 6-10 弯曲回弹角度计算图表

标的垂直线与 $\theta_0 = 35^\circ$ 的射线相交，由此交点向右作横坐标的平行线与纵坐标相交，其交点的数值 $\Delta\alpha = 6.5^\circ$ ，即为所求回弹角。

$$\therefore \Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 = \theta_0 - \theta = 6.5^\circ$$

$$\therefore \text{凸模弯曲角 } \theta = \theta_0 - \Delta\alpha = 85^\circ - 6.5^\circ = 78.5^\circ$$

(3) 经验值法 除了上述确定弯曲回弹值的方法外，还可根据各种弯曲方法查弯曲角度的回弹经验值确定回弹角。本书仅给出弯曲角等于 90° 的自由弯曲时的回弹角，见表 6 3。

表 6-3 弯曲角等于 90°自由弯曲时的回弹角 (度)

材 料	相对弯曲半径 r/t	板料厚度 t/mm		
		<0.8	$0.8\sim 2$	>2
软钢 $\sigma_b=350MPa$ 黄铜 $\sigma_b=350MPa$ 铝、锌	<1	4	2	0
	$1\sim 5$	5	3	1
	>5	6	4	2
中硬钢 $\sigma_b=400\sim 450MPa$ 硬黄铜 $\sigma_b=350\sim 400MPa$ 硬青铜	<1	5	2	0
	$1\sim 5$	6	3	1
	>5	8	5	3
硬钢 $\sigma_b>550MPa$	<1	7	4	2
	$1\sim 5$	9	5	3
	>5	12	7	6

7. 怎样减少弯曲零件的回弹?

弯曲工件因回弹影响而产生形状和尺寸误差,使工件的精度得不到保证,为此,必须采取有效的措施,以减少弯曲零件的回弹。在实际冲压生产中,常采用的减少弯曲零件回弹方法有以下几种:

(1) 改进弯曲件的局部结构及选用合适材料 在弯曲件的设计上,改进结构,可使回弹减小。如在弯曲零件的弯曲变形区压制合适的加强筋(见图 6-11),可使弯曲

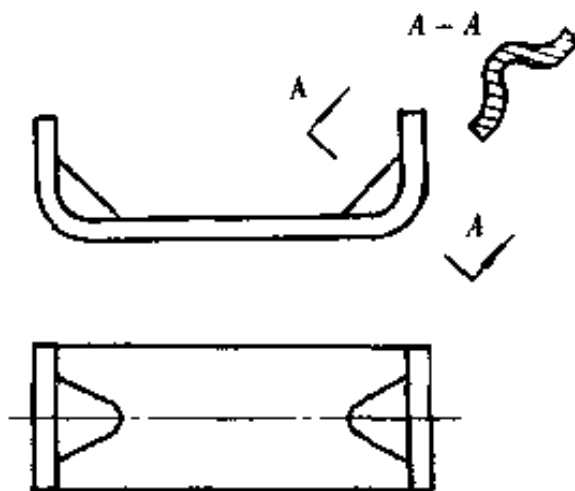


图 6-11 压制加强筋减少回弹

件回弹量减小，并提高弯曲件的刚度。因弯曲件的回弹量大小与材料的机械性能有关，所以在选用板料时，应采用弹性模数大、屈服极限值较低的材料，以减小回弹。对于一些较硬的材料，可采用在弯曲成形前先进行退火处理以减小回弹。

(2) 补偿法 根据弯曲件卸载后的回弹趋势与回弹量的大小，修正凸、凹模工作部分的几何形状和尺寸，以使零件弯曲后的回弹量恰好得到补偿。补偿法是消除弯曲件回弹最简单的方法，因此在实际冲压生产中得到了广泛应用。

如，V形件弯曲时，根据弯曲件可能产生的回弹量，将凸模的圆角半径 r 和顶角 α 预先做小些，以补偿回弹〔图6-12(a)〕。在弯曲U形制件时，可将凸模两侧分别做出等于弯曲零件回弹角的倾斜度〔图6-12(b)〕。当材料的回弹较大时，可把凸模底部和顶板做成圆弧形〔图6-12(c)〕，利用底部向下的回弹作用，来补偿弯曲件两直边部分的外张回弹。

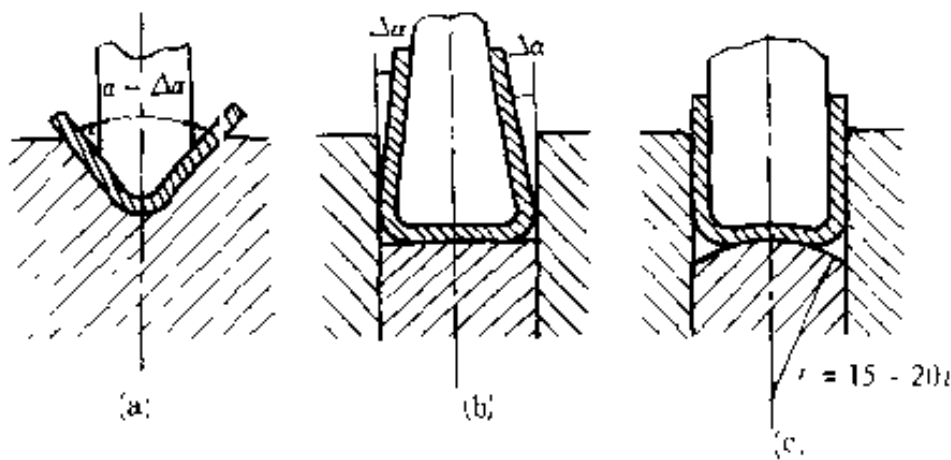


图 6-12 补偿法减小回弹

(3) 加压校正法 在板料弯曲成形终了时，对板材坯料施加一定的校正压力，迫使弯曲变形区内层纤维沿切向产生拉伸变形。经校正后，板料的内、外层纤维均被拉伸变长，卸载后，内、外层纤维均要缩短，即板料拉、压两区纤维的回弹趋势互相抵消，从而达到减小弯曲回弹量的目的。

采用加压校正法进行V形和U形弯曲时,可将模具做成图6-13(a)、(b)所示的形状,通过减少模具与弯曲件的接触面积,加大对弯曲部位的壓力。

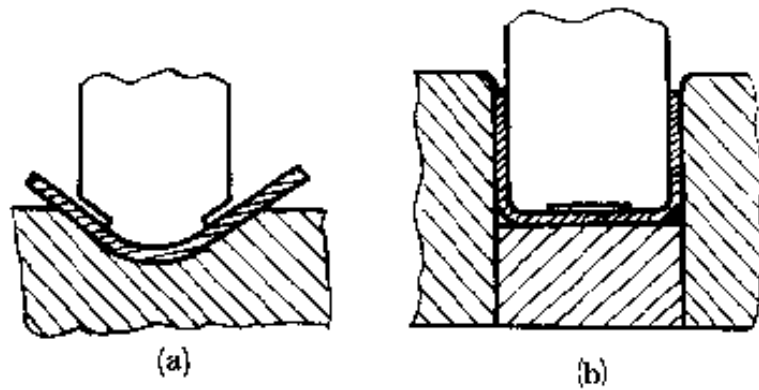


图6-13 加压校正用模具
(a) V形模 (b) U形模

8. 什么是弯曲时材料的应变中性层? 如何确定应变中性层的位置?

板料弯曲时,外层纤维受拉伸作用而伸长,内层纤维因受压而缩短,从受拉伸到受压缩之间存在着一个既不伸长也不缩短的纤维层,该层称为应变中性层。应变中性层在板料弯曲变形前后,其纤维长度不变。

为了决定弯曲件的毛坯尺寸,在板料弯曲时,必须首先确定应变中性层的位置。弹性弯曲时,应变中性层的位置一定通过板料横截面中心。塑性弯曲时,应变中性层位置与板料的变形程度有关,即与相对弯曲半径 r/t 的数值有关。弯曲过程中,随着凸模行程增大,相对弯曲半径 r/t 的数值也在不断变化,使得应变中性层位置不断改变、逐步移动。当相对弯曲半径 $r/t > 5$ 时,即弯曲变形程度不大的情况下,应变中性层位置处于板厚中心,用公式表示为:

$$\rho = r + t/2$$

式中， ρ ——应变中性层曲率半径（mm）；

r ——弯曲件的内半径（mm）；

t ——板料厚度（mm）。

当相对弯曲半径 $r/t < 5$ ，即弯曲变形程度较大时，应变中性层的位置也由在弯曲开始时的板料中央，而向板料内缘方向不断内移（见图 6-11）。此时，应变中性层的位置，可根据弯曲变形前后体积不变的条件确定。但在实际使用时，应变中性层的位置可按下列经验公式计算确定：

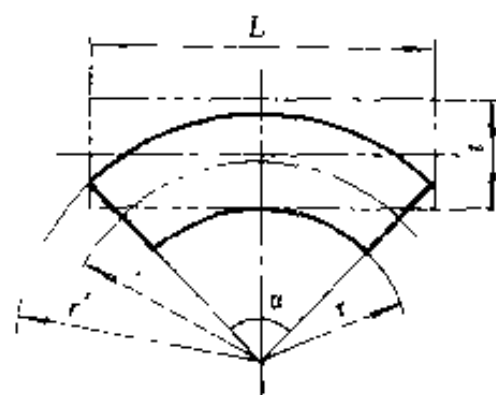


图 6-11 应变中性层的确定

$$\rho = r + K \cdot t$$

式中， K ——应变中性层系数，见表 6-2（本章问题 6）。

9. 如何计算弯曲件的展开长度？

为了使经弯曲成形的零件，在成形后不必修整而顺利地用于生产，在设计成形工艺时，必须正确地计算出所用坯料的形状和尺寸。因为板料弯曲时，应变中性层的长度不变。根据这一原则，只要计算出弯曲件上应变中性层的长度，便可确定弯曲件所用坯料的展开长度。板料弯曲时，应变中性层的位置将发生内移，其中性层位置不仅与内弯曲半径 r 、板厚 t 和应变中性层系数 K 有关，还受弯曲成形条件、弯曲方式、变形程度等因素的影响，这些因素也将对中性层长度计算即坯料展开长度计算产生影响。在实际生产中，对形状较简单、精度要求不高的弯曲零件，可以直接计算出坯料长度（应变

中性层长度)；而对那些形状复杂、精度要求高的弯曲零件，则应在按经验公式计算得到坯料长度后，再经过反复试压、修正，才能得到较为精确的坯料展开尺寸。因此，这类零件通常是先制造弯曲模，经试弯确定坯料尺寸后再设计、制造落料模。

当弯曲件的相对弯曲半径 $r/t > 0.5$ 时，该零件的展开长度等于各直边部分和各弯曲部分（圆弧部分）应变中性层展开长度之和，即：

$$L = \sum l + \sum L_r$$

其中，圆弧部分中性层长度 L_r 的计算为：

$$L_r = \frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ} (r + Kt)$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时，

$$L_r = \frac{\pi}{2} (r + Kt)$$

式中， α ——弯曲件的弯曲中心角（度）；

r ——弯曲件内表面圆角半径（mm）；

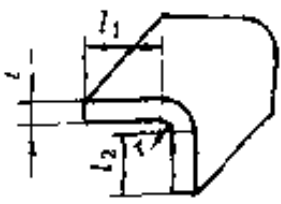
K ——应变中性层系数，查表 6-2；

t ——板料厚度（mm）；

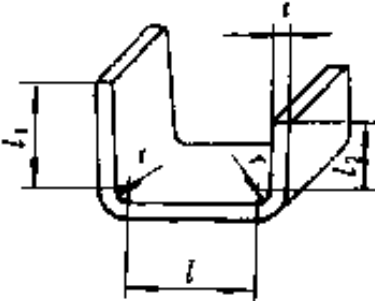
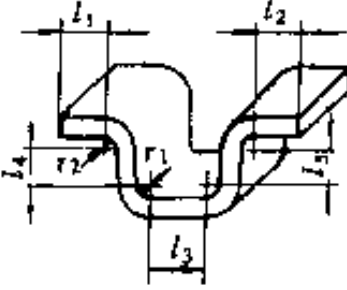
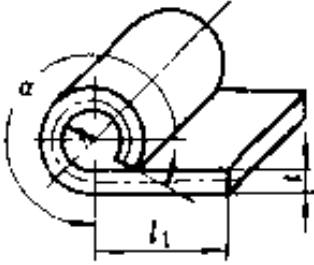
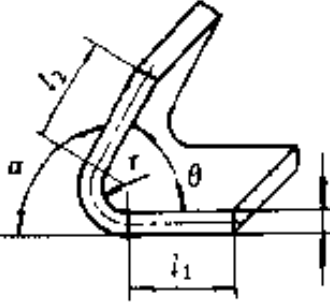
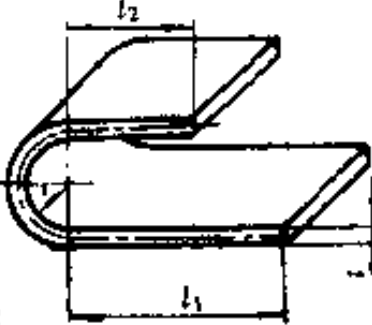
ρ ——应变中性层的曲率半径（mm）；

各种坯料展开长度的计算公式见表 6-4。

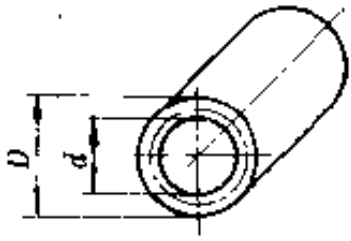
表 6-4 坯料展开长度的计算公式 ($r/t > 0.5$) (mm)

序号	弯曲性质	弯曲形状	坯料展开长度计算公式
1	单直角弯曲		$L = l_1 + l_2 - \frac{\pi}{2} (r + Kt)$

(续)

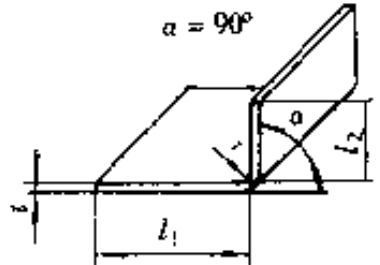
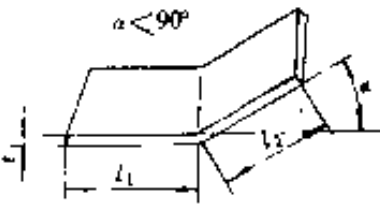
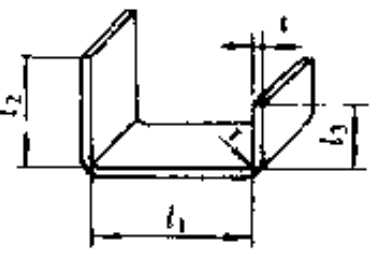
序号	弯曲性质	弯曲形状	坯料展开长度计算公式
2	双直角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l + \pi(r + Kt)$
3	四直角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + \pi(r_1 + K_1t) + \pi(r_2 + K_2t)$
4	卷边		$L = l_1 + \frac{\pi\alpha}{180^\circ}(r + Kt)$
5	$\theta < 90^\circ$		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi \cdot (180^\circ - \theta)}{180^\circ} (r + Kt)$
6	半圆		$L = l_1 + l_2 + \pi(r + Kt)$

(续)

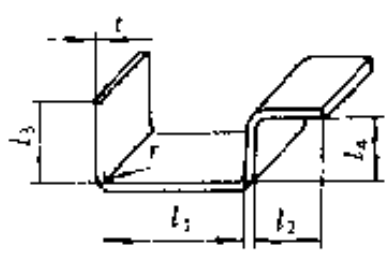
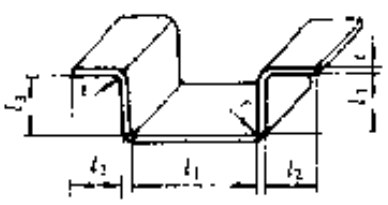
序号	弯曲性质	弯曲形状	坯料展开长度计算公式
7	圆形		$L = \pi(d + 2Kt)$

当弯曲件的相对弯曲半径 $r/t < 0.5$ 时, 各种坯料展开长度的计算公式见表 6-5。

表 6-5 坯料展开长度的计算公式 ($r/t < 0.5$) (mm)

序号	弯曲性质	弯曲形状	计算公式
1	弯曲一个角		$L = l_1 + l_2 + 0.4t$
			$L = l_1 + l_2 + \frac{\alpha}{90^\circ} \cdot 0.5t$
2	一次弯曲两个角		$L = l_1 + l_2 + l_3 - 0.6t$

(续)

序号	弯曲性质	弯曲形状	计算公式
3	一次弯曲 三个角		$L = l_1 + l_2 + l_3 - l_4 + 0.75t$
4	一次弯曲 四个角		$L = l_1 + 2l_2 + 2l_3 - t$

〔例 1〕 已知一 U 形弯曲件, 各部分尺寸为: $l_1 = 40\text{mm}$, $l_2 = 50\text{mm}$, $l_3 = 30\text{mm}$, $r = 2\text{mm}$, $t = 2\text{mm}$, 求坯料展开长度。

〔解〕 $\because r/t = 2/2 = 1 > 0.5$

\therefore 展开长度 $L = l_1 + l_2 + l_3 + \pi(r + Kt)$

查表 6-2, 得 $K = 0.42$ 。

$$L = 40 + 50 + 30 + 3.14 \times (2 + 0.42 \times 2) = 128.92 \text{ (mm)}$$

〔例 2〕 如图 6-15 所示的弯曲件, 求该弯曲件的坯料展开长度。

〔解〕 $\because r/t = 12/3 = 4 > 0.5$

\therefore 展开尺寸是弯曲件的直线部分和圆弧部分的叠加, 应采用下式计算:

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi\alpha}{180^\circ} (r + Kt)$$

代入已知数值, 查表 6-2, 得 $K = 0.475$

$$L = 30 + 35 + \frac{3.14 \times (180^\circ - 40^\circ)}{180^\circ} \times (12 + 0.475 \times 3)$$

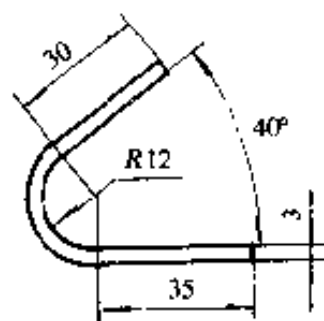


图 6-15 求任意角度弯曲件展开长度

$$=97.79 \text{ (mm)}$$

〔例3〕 求图 6-16 所示弯曲件的坯料展开长度。(相对弯曲半径 $r/t < 0.5$)

〔解〕 $\because r/t < 0.5$

\therefore 展开长度应按下式计算:

$$L = l_1 + 2l_2 + 2l_3 + t$$

将已知数值代入上式得:

$$L = 45 + 2 \times 28 + 2 \times 16 + 2 = 135 \text{ (mm)}$$

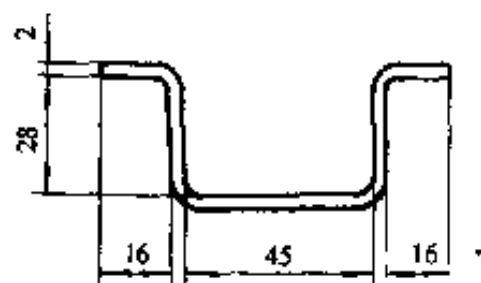


图 6-16 一次弯曲四个角工件的展开长度

10. 板料压弯时对弯曲件的工艺要求有哪些?

板料压弯时对弯曲件的工艺要求有以下几方面:

(1) 弯曲件的弯曲半径 弯曲件的弯曲半径必须大于所用材料的最小弯曲半径。因为弯曲半径过小,容易产生拉裂。但还要注意弯曲半径不能过大,因为过大的弯曲半径,又会使弯曲件因回弹的影响而不能保证弯曲角度和圆角半径的精度。

(2) 弯曲件的直边高度 弯曲件的直边高度不能太短,一般取直边高度大于板料厚度的二倍,即 $H > 2t$ 。否则,容易在弯曲变形过程中使形成的弯矩不足,而影响成形质量。

当要成形的板料较厚时,可采取预先压槽后再弯曲的方法(见图 6-17),此时可使最小弯曲半径减小;还可采取增加直边高度的办法,待弯曲后再切掉多余的直边部分。

当弯曲件的侧边带有斜边时(见图 6-18),应使斜边的最小高度满足下面的条件:

$$H = (2 \sim 4) t > 3 \text{ mm}$$

(3) 弯曲件的工艺孔和工艺槽 在对某些毛坯进行局部弯曲时,容易在转角处产生撕裂或发生畸形。为此,可采取

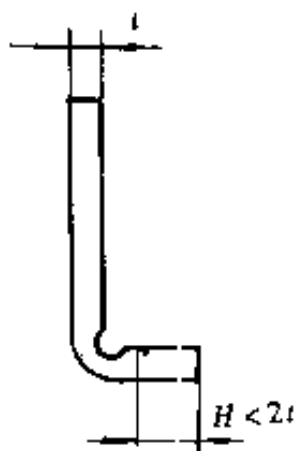


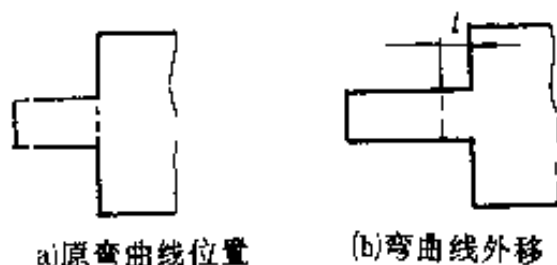
图 6-17 弯曲件直边高度
过小时可先压槽



图 6-18 直边侧面带斜边
的弯曲件

改变弯曲线的位置（见图 6-19），或在毛坯上预先冲出工艺槽或工艺孔（见图 6-20）。工艺槽的槽深尺寸为：

$$L = r + t + B/2$$



a) 原弯曲线位置 (b) 弯曲线外移

图 6-19 改变弯曲线的弯曲工件

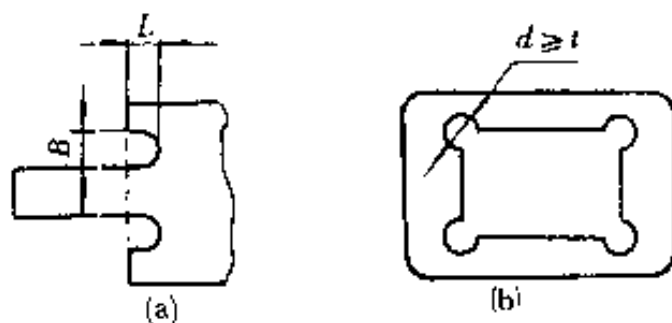


图 6-20 预冲工艺槽或工艺孔的弯曲件

(a) 预冲工艺槽 (b) 预冲工艺孔

工艺孔的直径为： $d \geq t$

式中, B ——工艺槽宽度 (mm), 一般取 $B \geq t$;

r ——弯曲圆角半径 (mm);

t ——材料厚度 (mm),

(4) 弯曲件上孔的位置 当弯曲带孔的零件时, 如孔位于弯曲线附近, 会使孔发生变形。为避免这种现象发生, 应将毛坯弯曲成形后再冲孔, 且孔的位置应分布在弯曲变形区之外, 见图 6-21 所示。孔边至弯曲半径 r 的中心距离 s 与板料厚度有关。一般情况下:

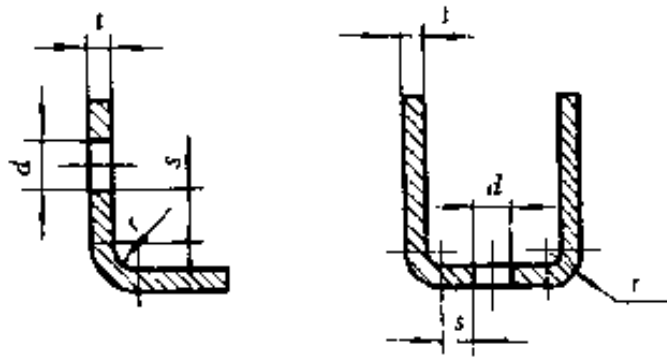


图 6-21 带孔的弯曲件

当 $t < 2\text{mm}$ 时, $s \geq t$;

当 $t \geq 2\text{mm}$ 时, $s \geq 2t$ 。

如若使孔更接近弯曲变形区, 即 s 过小, 在弯曲件结构允许的条件下, 可采取在弯曲变形区预冲孔的方法, 见图 6-22 所示, 以确保得到所需孔的正确形状。

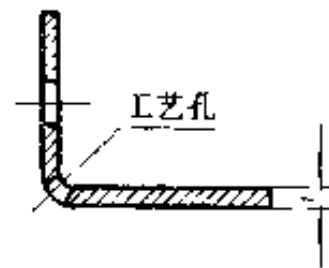


图 6-22 在弯曲变形区
预冲孔

(5) 弯曲件的几何形状 弯曲件的形状应尽量设计成对称的结构, 其弯曲半径要相等, 以保持坯料压弯时的平衡状态, 防止板料在弯曲变形时因受力不匀发生滑动而导致工件偏移。若弯曲件不

对称时，为了阻止板料的偏移，可增加工艺孔定位。

11. 如何对压弯件进行修形及矫正？

板料在压弯过程中，因受压力机压力大小、模具的形状和尺寸、材料的机械性能以及所采用的压弯方法等各种因素的影响，使压弯件在质量上常会出现某些缺陷。如压弯件的扭曲〔图 6-23 (a)〕、弯曲不足〔图 6-23 (b)〕、弯曲过大〔图 6-23 (c)〕等情况，这些情况应通过必要的方法加以消除，以得到合格的压弯件。

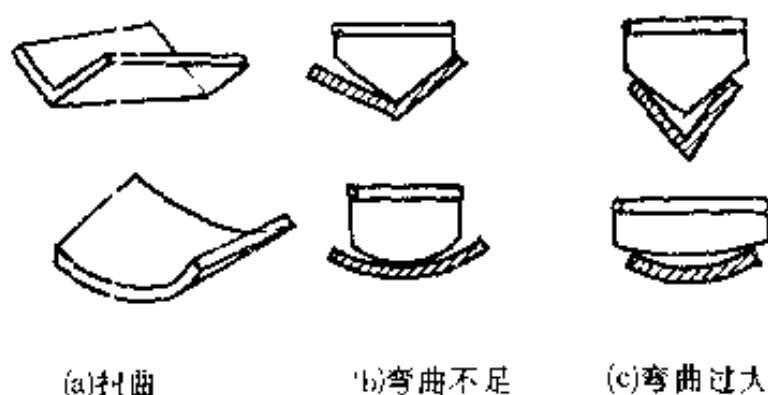


图 6-23 压弯件的缺陷

对压弯件存在的缺陷常采取下列措施进行修形及矫正。

(1) 对压弯件的扭曲，应采取反向扭曲的方法进行纠正。具体办法是先将扭曲工件的一端固定，用器具夹住另一端，然后进行反向扭曲。在扭曲时，一定要注意保持工件截面不变。

(2) 对于弯曲不足的压弯件，要在弯曲曲率小的地方采取重压或用锤击的方法，以获得符合要求的曲率。如对 90° 压弯件，可在工件上垫小角铁后重压〔图 6-24 (a)〕，而对圆弧形压弯件，则可采取在曲率小的地方垫 2mm 厚、20mm 宽的小铁条后重压的方法进行修形〔图 6-24 (b)〕。除此之外，还可采用手工矫正方法进行矫正，即矫正前要把压弯件垫起来。

锤击曲率小的地方（图 6-25）。

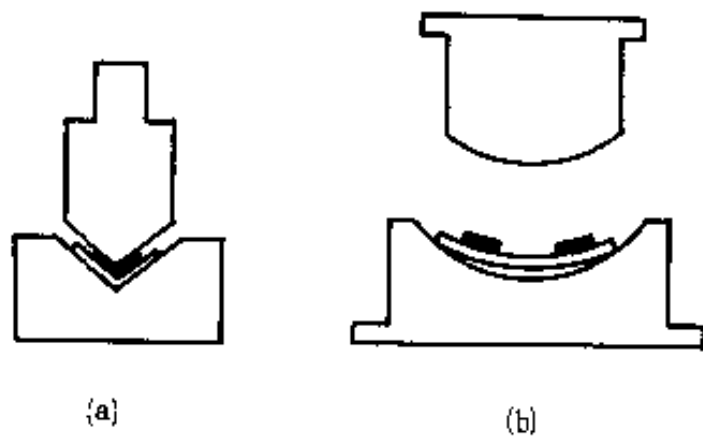


图 6-24 弯曲不足工件的压力修形

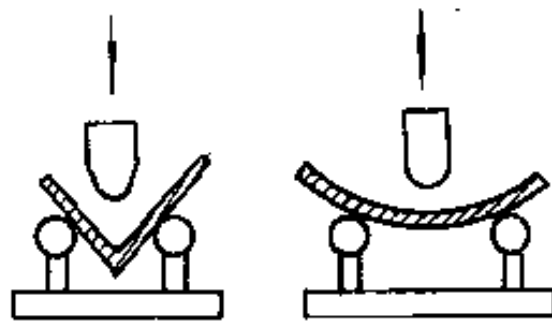


图 6-25 弯曲不足工件的手工修形

(3) 对于弯曲过大的压弯件，可将其反扣在工作台上，锤击曲率大的地方（图 6-26）。

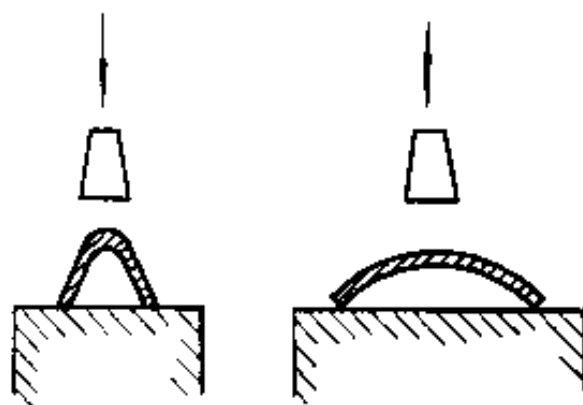


图 6-26 弯曲过大工件的手工修形

在压弯件的整个修形及矫正过程中，锤击的位置要准，力

量要适当，还要勤用样板检查。另外，还应注意在压弯时，要把压弯件弯曲得曲率大些，这将便于以后对工件的修正。

12. 如何确定压弯凸、凹模圆角半径及凸、凹模间隙？

压弯时，凸、凹模的圆角半径和间隙是确定凸、凹模结构的两个重要参数，其具体确定方法是：

(1) 凸、凹模圆角半径 当弯曲件的弯曲圆角半径大于材料的最小弯曲半径时，一般取凸模圆角半径 r_p 等于或稍小于弯曲件的弯曲半径 r ，即表示为： $r_p \leq r$ 。

凹模圆角半径 r_d 不能过小，否则会使板料难于进入凹模，并容易使弯曲件表面被擦伤。此外，应保证凹模两边的圆角半径一致，防止坯料在弯曲变形过程中发生偏移。凹模圆角半径 r_d 的大小与弯曲件的厚度及材料的性质有关，实际生产中， r_d 通常根据板料厚度不同按下面的公式选取。

当 $t \leq 2\text{mm}$ 时， $r_d = (3 \sim 6) t$

$t = 2 \sim 4\text{mm}$ 时， $r_d = (2 \sim 3) t$

$t > 4\text{mm}$ 时， $r_d = 2t$

对于 V 形件凹模，可在其底部开退刀槽或按下面的公式确定凹模圆角半径。

$$r_d = (0.6 \sim 0.8) (r_p + t)$$

(2) 凸、凹模间隙 弯曲成形 V 形件时，凸、凹模间隙是靠调整压力机的闭合高度来控制的，并不需要在设计、制造模具时加以考虑。但弯曲 U 形件时，凸、凹模间隙大小对工件质量和弯曲力大小的影响很大。间隙愈小，弯曲力愈大；而间隙过小，将会使工件边缘的厚度减薄，还将造成工件表面划伤，并使模具的使用寿命降低，严重时还会损坏模具。如间隙过大，弯曲件的弯曲回弹量也大，这会降低工件的精度。

对于一般弯曲件，按下式计算可合理地确定凸、凹模间隙：

$$Z=t+\Delta+C \cdot t$$

式中， Z ——凸、凹模单边间隙（mm）；

t ——板料厚度（mm）；

Δ ——板料厚度正公差值（mm）；

C ——根据弯曲件高度 H 和宽度（弯曲线长度） L 所决定的系数，当 $L \leq 2H$ 时，取 $C=0.04 \sim 0.1$ ；

当 $L > 2H$ 时，取 $C=0.06 \sim 0.2$ 。

当对弯曲成形的工件精度要求较高时，取 $Z=t$ 。

13. 压弯模的基本结构是什么？

(1) V 形压弯模 V 形压弯件形状简单，可一次弯曲成形。应用的 V 形件弯曲模具为敞开式的，这种模具结构简单，制造方便，且通用性强。模具上的定位板是为了防止压弯时坯料偏斜而采用的压料装置。当压弯零件尺寸精度要求不高时，也可不用压料装置，这样可简化模具结构及设计。 V 形零件压弯模结构见图 6-27 所示。

(2) U 形压弯模 图 6-28 所示为 U 形压弯件成形用摆动式压弯模结构。因该模具带有压料装置，可使成形零件达到较高的尺寸精度。在压弯成形时，用压料装置将坯料压住，成形后由顶料装置将工件由凹模中顶出。

14. 压弯模设计时应注意哪些问题？

弯曲成形模具设计是依据弯曲件的成形工序进行的，为了使弯曲工件符合要求，在弯曲模设计中必须注意下面几点：

(1) 保证坯料在模具上能迅速、准确地定位。为此，坯料应尽可能水平放置于模具上，并首先考虑利用工件上的孔

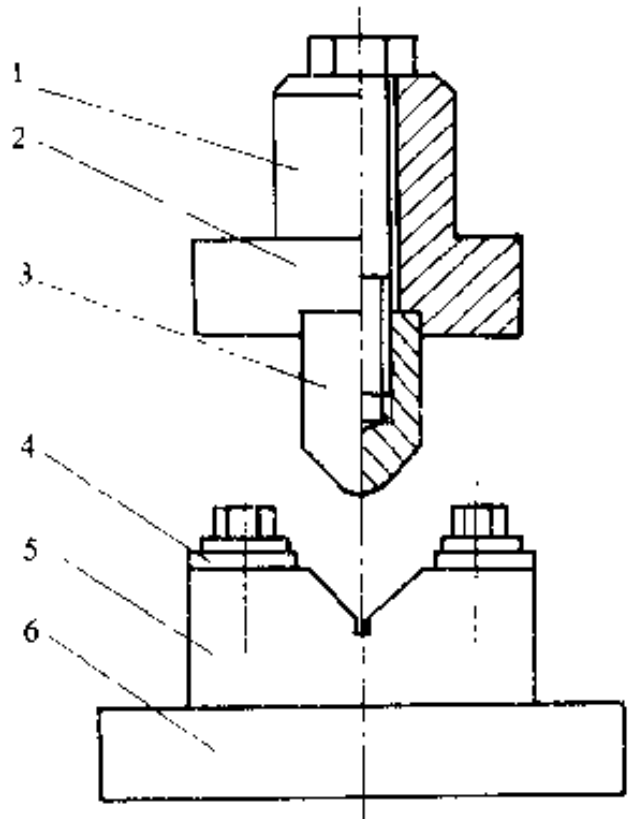


图 6-27 V形零件压弯模结构

- 1—模柄 2—凸模座 3—凸模 4—定位板
5—凹模 6—凹模座

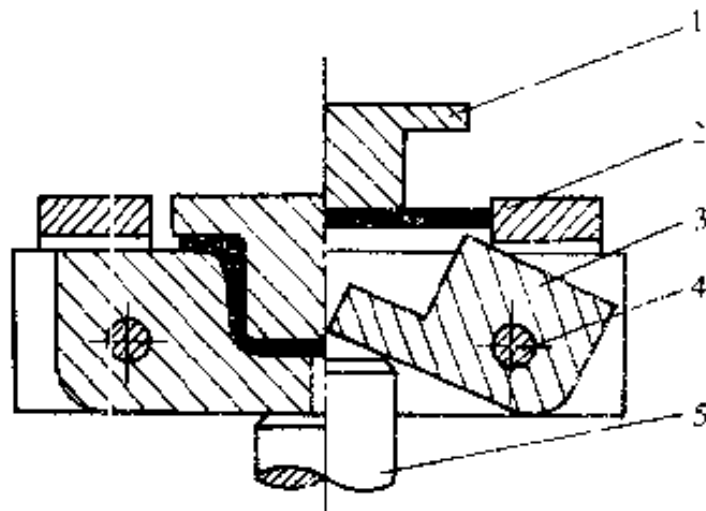


图 6-28 U形零件压弯模结构

- 1—凸模 2—定位板 3—凹模 4—轴销 5—顶杆

或不发生变形的部位来定位。如工件上的孔不能用来定位时，则应在坯料上设计出工艺孔。而对于需要多道成形工序才能弯曲成形的工件，必须使各工序采用同一定位基准来定位。

(2) 在弯曲成形过程中，要防止坯料可能产生的滑动或偏移。为此，可在模具结构上采用压紧装置。如在弯曲成形外形尺寸很大的压弯件时，在条件允许的情况下应利用压力机上的气垫作为坯料的压紧装置，而对较小的弯曲工件，则可采用专用弹簧式压力垫作为坯料的压紧装置。

(3) 消除回弹 为了减小和消除弯曲件的回弹，一方面应考虑在凸模行程终了时，使工件在模具中获得校正变形，另一方面也可从模具结构设计上考虑采取一些消除回弹的措施。

(4) 模具结构即要能保证安全、高效地操作生产，还要保证弯曲件的质量符合要求。为此，首先要使模具结构上保证坯料放入和弯曲件的取出方便易行；其次，为避免弯曲件在压弯过程中出现拉长、变薄或划伤现象，压弯模的凹模圆角半径应光滑，而且凸、凹模之间的间隙不能过小。

15. 什么是滚弯？如何滚弯成形？

以板料或型材作为毛坯，使其在滚弯机上弯曲成所需形状的方法称为滚弯。

坯料在滚圆机上靠辊轴的滚动和压力的作用而弯曲成圆筒形或圆锥筒形的，其滚弯成形过程见图 6-29 所示：

(1) 升起上辊轴，将坯料放进上、下辊轴之间，然后将上辊轴降低至合适的位置；

(2) 开始滚圆（或圆锥），下辊轴作为主动辊，转动时通过上、下辊压紧坯料后所产生的摩擦力的作用带动上辊轴转

动，并使坯料移动。

(3) 在滚弯时，要及时用样板检查滚出的圆弧，便于及时调整上、下辊之间距离，直至不断的滚弯成形出符合要求的工件。

在滚弯成形过程中，滚弯件的曲率与辊轴间的相对位置、坯料厚度及机械性能有关。通过调整滚弯机上、下辊之间的距离，坯料将被弯曲成小于上辊轴曲率的任意曲率的弯曲件，但是因为弯曲件在弯曲成形时存在着弯曲回弹，所以坯料不能够被弯成与上辊轴曲率相等的弯曲件。

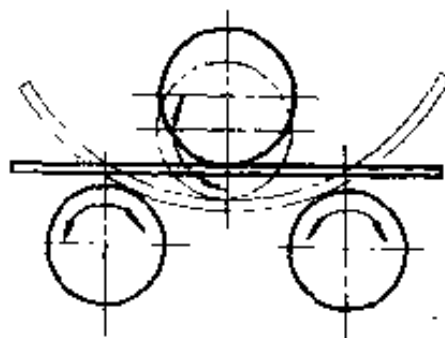


图 6-29 滚弯成形过程

16. 滚弯圆筒形工件时应注意哪些问题？

为保证滚弯质量，对滚弯中出现的各种缺陷应从以下几方面注意：

(1) 滚弯工件的曲率 工件曲率的大小取决于上、下辊轴之间的距离，工件曲率偏小，是因为上、下辊轴之间的距离过小，而产生工件曲率偏大的原因则是上、下辊轴之间的距离过大，见图 6-30 (a)、(b) 所示。在滚圆时，要逐渐调整上、下辊轴之间的距离，一次调整量不要过大。一般情况下，如较薄板料在滚圆过程中曲率过大时，用锤击的方法均匀敲击外表面即可满足要求。如圆滚得较大，而且板料又较厚时，其曲率矫正起来较困难，因此较厚板料的滚弯成形，一定要注意操作方法，以保证其质量。

(2) 用板料滚制圆筒形工件时，若上、下辊轴的轴线互相不平行，就会出现倾斜现象，导致圆筒在轴线方向上各截

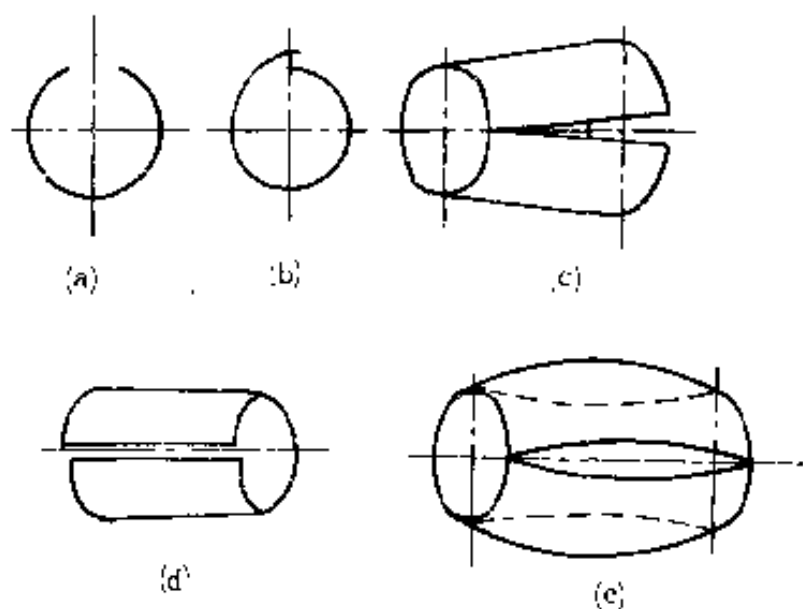


图 6-30 滚弯圆筒形工件时可能出现的缺陷

(a) 曲率过小 (b) 曲率过大 (c) 锥形 (d) 扭歪 (e) 中间鼓形
面的曲率不一致，产生圆锥形缺陷，见图 6-30 (c) 所示。为防止这种缺陷的发生，应在调整辊轴的距离时，必须保证上辊轴两端对称上升或下降，并保证与下辊轴互相平行。

(3) 扭歪现象 滚圆时，如板料在上、下辊轴之间的位置未放正，就会导致图 6-30 (d) 所示滚弯圆筒的扭歪现象。为此，板料放在上下辊轴之间必须仔细找正，一般是观察辊轴与板料端部边线是否平行，不平行就要找正，直至平行。尤其在对较厚板料的滚圆过程中，一定要勤检查、校对，发现偏差便及时纠正，否则在滚弯后发现问题难于解决。

(4) 防止出现鼓形 如图 6-30 (e) 所示，滚圆时工件出现鼓形现象的原因有两个，其主要原因是由设备引起的，如较细长的辊轴因受力过大而出现弯曲，因而引起工件出现鼓形；另一个原因则是操作上引起的，操作时若一端压的过紧，就会使滚弯的筒形工件产生锥形，为解决这个问题，又将工件的另一端也压的过紧，又致使这端也出现锥形，而对整个

工件来说，则出现鼓形现象。解决这一现象的办法是：在圆筒初步滚好后，再在鼓形位置和下辊轴之间放一块垫板一起滚压，垫板的厚度要根据工件的厚度和鼓形的程度来确定，一般为2~6mm。

17. 滚弯圆锥形工件的常用方法有哪些？

圆锥筒形工件两端曲率不同，其展开长度也不同，坯料呈扇形，因此在滚弯过程中，要求工件两端的滚弯速度不同，对坯料来说，则是要求其两端的移动速度不相同，即大口一端要滚得快些，而小口一端应滚得慢些，对形状为圆柱体的辊轴来说，实现这种不同滚动速度的要求是根本不可能达到的。为此，滚圆锥形工件时，必须使两根下辊轴保持互相平行，上辊轴线与下辊轴成倾斜位置，并使上辊轴的轴线始终保持与扇形坯料的母线重合，这样便可滚成锥形零件。在实际生产中，常采用下面两种方法滚圆锥形工件。

(1) 分段滚弯成形法

是将下好的扇形板料，平均分成若干个区域，每个区域的间距大约为上滚轴直径的1.5倍，如图6-31所示，将板料分成5个区。滚弯之前坯料两端应

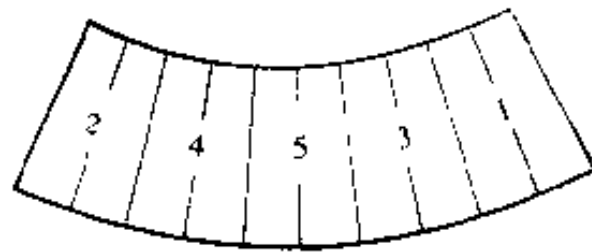


图 6-31 扇形板料分区

进行预弯。滚弯时，将上辊轴对准坯料上的等分线并施加弯曲力，每滚完一段后，随即转动板料再滚下一段。

采用分段滚弯法滚弯时，要先滚弯扇形坯料的两端，然后再滚弯中间区域。滚弯时应掌握好每一区域内的弯曲情况，防止出现偏扭现象，因为大口端的滚弯速度大一些。

滚弯过程中，还应用大、小口直径的样板来检查两端圆弧曲率。

(2) 加顶柱法滚弯圆锥形工件 这种方法如图 6-32 所示，滚弯时，在滚圆机底座上焊一根用圆钢做成的顶柱，顶柱的上端应与上辊轴平齐，滚弯时，可让圆锥筒的小口边缘靠紧顶柱，以此来增加小口边缘在滚弯时的摩擦力，从而使小口边缘的移进速度降低，大口边缘由于不受任何阻力限制，因此其移进速度较快，这样便可达到滚弯圆锥筒形工件的目的。

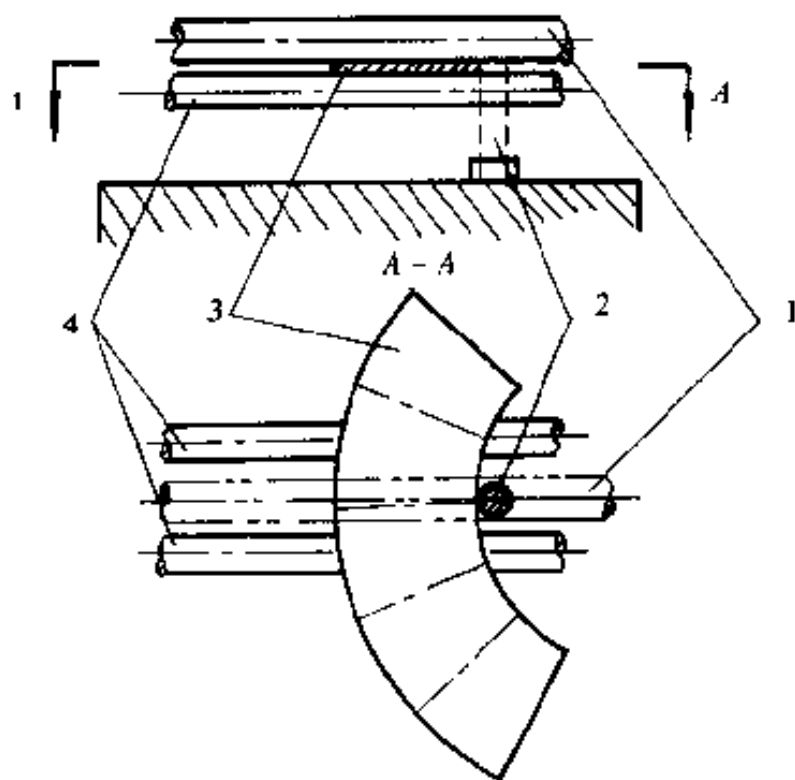


图 6-32 加顶柱滚弯圆锥形工件

1—上辊轴 2—顶柱 3 扇形板料 4 下辊轴

18. 怎样解决滚弯工件过程中产生的直头？

用对称式三辊卷板机滚弯圆筒形工件时，工件的两端将产生长度为 a 的剩余直边（无圆弧），如图 6-33 所示。对于工

件在滚弯过程中产生的这种直头现象，应按具体情况，采取下面几种方法加以解决。

(1) 板料预弯 是指板料在滚圆之前首先对其两端进行预弯。预弯所采用的方法有两种：一种是

采用压力机预弯，即将板料放在根据所滚圆筒的曲率半径制做好的模具上，然后用压力机对板料两端预弯（图 6-34）；另外一种方法是采用垫板预弯。即将垫板制成所要求的曲率，然后在三辊卷板机上预弯板料的两端。预弯时所用的垫板一般为厚钢板，其厚度应大于滚圆板料厚度的两倍（图 6-35）。

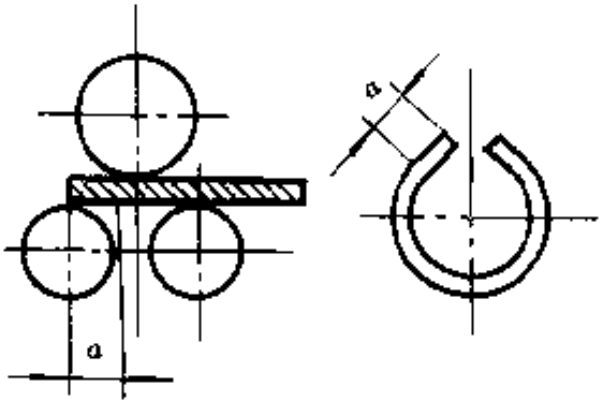


图 6-33 滚圆工件两端的直头现象

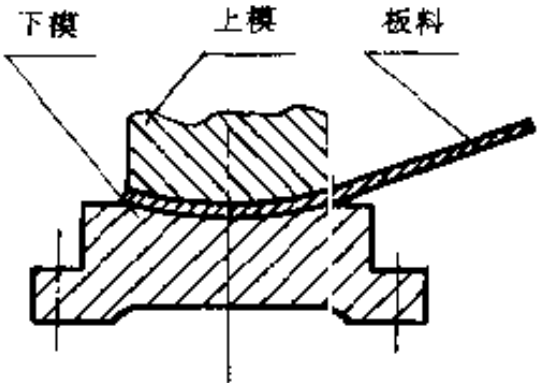


图 6-34 压力机预弯

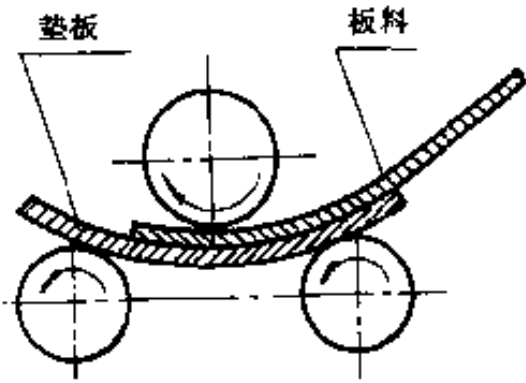


图 6-35 垫板法预弯

(2) 板料两端留出余量 如板料不适合进行预弯，即可采用在下料时适当的增加板料的长度的方法，滚圆后将多余的直头部分切掉，便得到符合要求的圆筒。

(3) 对较薄的板料滚圆时，在圆筒直径比较大的情况下，也可不必对板料两端预弯，而是将板料滚弯后的两端直头部分焊在一起，随后在卷板机上滚压两端对接部分，即可得到

曲率与要求相符的圆筒，见图 6-36 所示。

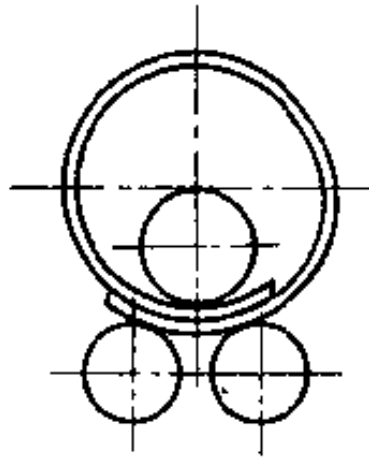


图 6-36 薄板滚圆法

19. 如何进行滚弯工件的对接？

经滚弯成形的零件有圆筒、圆锥筒、圆环、角钢圈等多种形状，而这些零件又是封闭形的，滚制工件所用的坯料有时是一块，可对于尺寸较大的工件来说，则往往需要用多块坯料拼接而成。由于每块坯料在滚弯过程中均会存在程度不同的质量缺陷，如扭歪、曲率不等、鼓形等，这就要求滚弯件在对接前应进行修形，尤其是在滚弯工件的对接处，必须使其与样板符合。常用的滚弯工件对接方法是：

(1) 对滚弯的筒形工件，当出现扭歪、对口不一致、曲率不均匀等质量缺陷现象时，在工件的对接过程中要进行补修。

(2) 当中小型圆筒体工件对接时，如对口不严有缝，可用螺柱夹紧使其对正，见图 6-37 (a) 所示。

(3) 如果滚弯工件出现对口偏扭错缝时，对接前，应首先用拉杆、压板等工具使其拉正对齐，然后再施点固焊实现对接，见图 6-37 (b) 所示。

(4) 如工件较大，或工件由几块板料拼接而成，板料滚

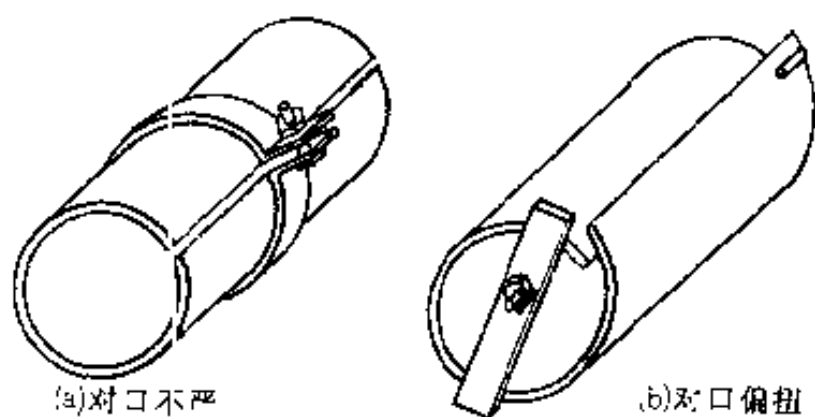


图 6-37 对接中小型圆筒体时的矫正方法

弯成形后，一定要进行修形，直到对其形状、尺寸进行全面检查，并且符合要求后，再对工件进行拼接和对接。

20. 型钢弯曲时的变形有哪些特点？

型钢的弯曲方式有多种，如型钢的滚弯、拉弯、压弯及手工弯曲等，无论用哪种弯曲方式，型钢弯曲时，不仅受弯曲力矩的作用，同时还受扭矩作用，这是由于型钢的重心线与力的作用线不在同一平面内造成的，在这种受力状态下，型钢弯曲时的变形有以下几个特点：

(1) 型钢断面产生畸变 以角钢的弯曲变形为例，角钢弯曲时，如果其中一边在弯曲方向的外侧，则称之为角钢外

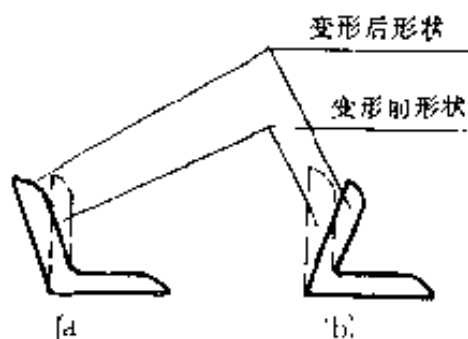


图 6-38 角钢断面变形

(a) 角钢外弯 (b) 角钢内弯

弯。角钢外弯时夹角增大，见图 6-38 (a) 所示。如角钢弯曲时其中一边在弯曲方向的内侧，即为角钢内弯。角钢内弯时夹角减小，见图 6-38 (b) 所示。

(2) 皱折与翘曲变形 型钢弯曲时，材料的外层纤维受拉应力作用，所以易产生翘曲变形，而内层纤维由于受压应力作用则容易产生皱折变形。仍以角钢为例，角钢内弯时，其底平面容易挤缩起皱，角钢外弯时，其实际弯曲时底平面容易产生翘起现象。

型钢弯曲时的变形程度大小取决于应力的 大小，而应力的 大小又取决于工件的弯曲半径。工件的弯曲半径越小，则畸变程度就越大。型钢弯曲时的变形见图 6-39 所示。

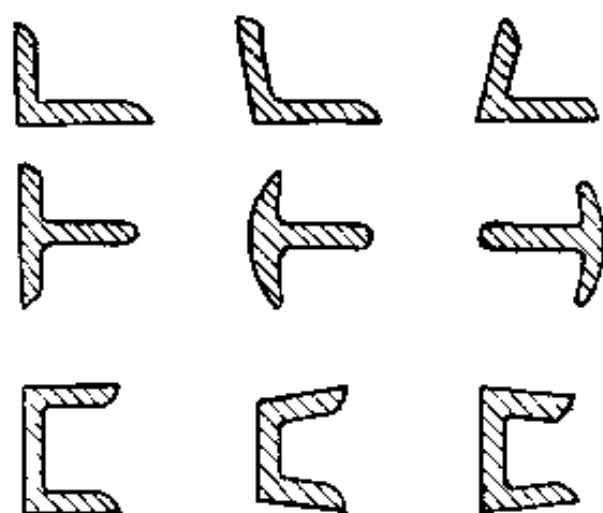


图 6 39 型钢弯曲时断面的变形

21. 如何用手工方法弯曲型钢?

各种型钢的手工弯曲方法基本是相同的，下面以角钢的手工弯曲为例。角钢的手工弯曲方式有外弯和内弯两种。

(1) 角钢内弯 角钢内弯应在弯曲模上进行。因为角钢在弯曲过程中产生的弯曲变形较大，所以除了小型角钢可用

冷弯方式外,大多数角钢则应采用热弯方式。角钢热弯时,其加热温度应根据材料的不同成分来确定。如碳钢的加热温度不能高于 1000°C 。否则,会因加热温度过高而烧坏坯料。

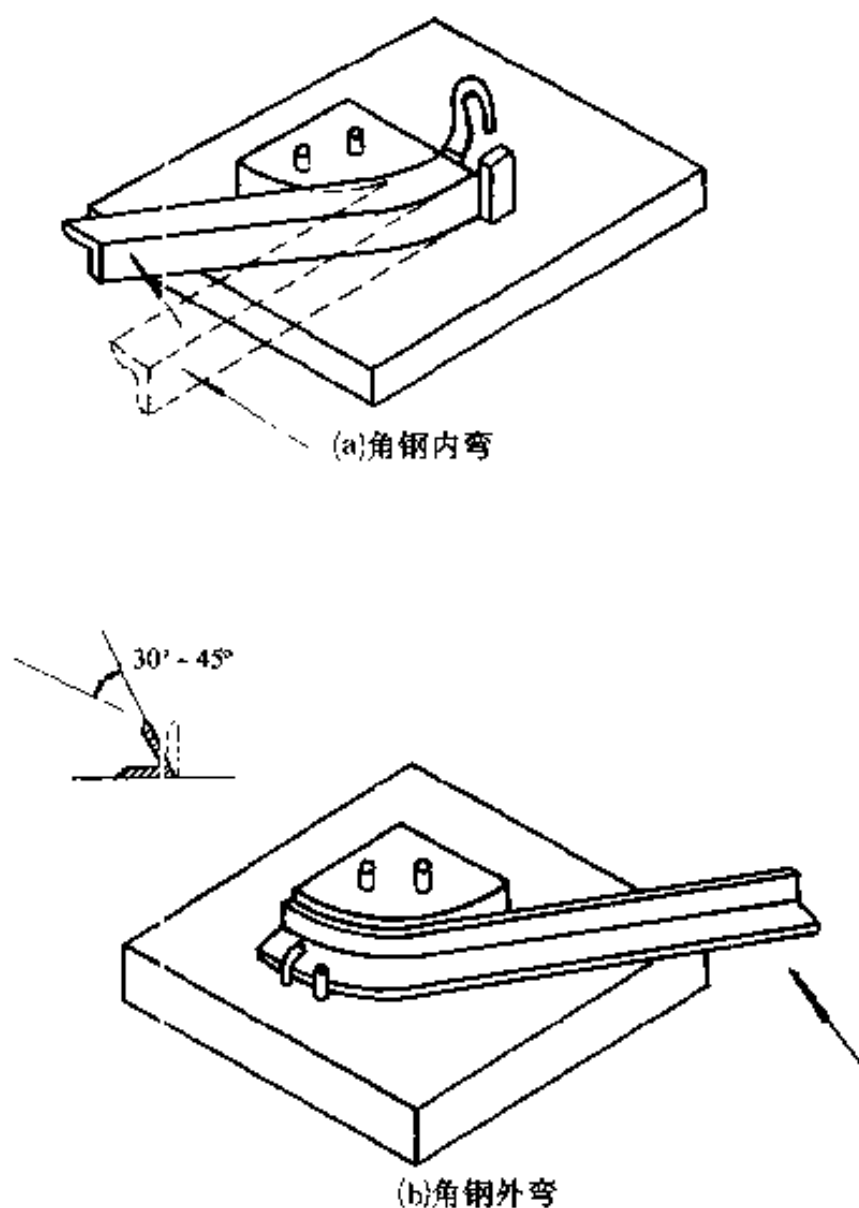


图 6-40 角钢的手工弯曲

在图 6-40 (a) 中说明了手工弯曲角钢的方法。将模具用螺栓固定在平台上,角钢加热到 900°C 左右时,用弯卡和卡铁将其固定在模具上,随后进行弯曲,使角钢紧贴模而弯成所需形状。角钢内弯时,其平面容易因受挤压作用而产生皱折现象,为此,在角钢的弯曲过程中,要随时用锤击的方式锤

打角钢起皱的水平边，直至弯曲过程終了，这样即可得到质量合格的弯曲工件。

(2) 角钢外弯 图 6-40 (b) 所示为角钢外弯的情况，将模具固定在平台上，在对角钢加热后，迅速将其一端卡住，用弯卡压紧，然后进行弯曲。弯曲时，应始终使角钢立面紧靠模具，使角钢底平面紧贴平台，在弯曲过程中，经常出现角钢立面向外倾斜，使其截面夹角变小 ($<90^\circ$) 及底平面向上翘起的现象 [见图 6-40 (b) 中的剖面图]，对此，应在弯曲时用锤沿与立面倾斜 $30^\circ \sim 45^\circ$ 的方向不断锤击立面，使其缺陷得到及时的矫正。

22. 如何用滚弯方法弯曲型钢?

型钢的滚弯有时在专用的滚弯设备上进行，有时也可在普通卷板机上进行，下面分别介绍这两种滚弯型钢的方法。

(1) 在型钢专用滚弯设备上滚弯 型钢的滚弯可在专用的型钢滚弯机上进行。下面以煨圆机滚弯型钢为例，说明其滚弯成形方法。

如图 6-41 所示，煨圆机工作时，先将坯料（角钢等型钢）5 用偏心夹紧装置 4 紧固地夹在模具 10 上，转动轮 3 可由丝杠 7 带动其沿水平方向移动，而丝杆 6 则可使活动横梁 9 上、下移动，同时通过丝杠 7 带动转动轮 3 随之上、下移动。由此，即可保证转动轮 3 随时与角钢靠紧。启动电动机后，其旋转动力经减速机构 2 传递给转动盘 11，并由转动盘 11 带动模具 10 低速旋转，此时夹紧在模具上的角钢 5 将在转动轮 3 的控制下，使其绕模具圆周靠紧而产生弯曲。

角钢在型钢滚弯机上滚弯时其水平边（面）始终由转动轮卡住，这就防止了弯曲时起皱现象的发生。若想对各种不

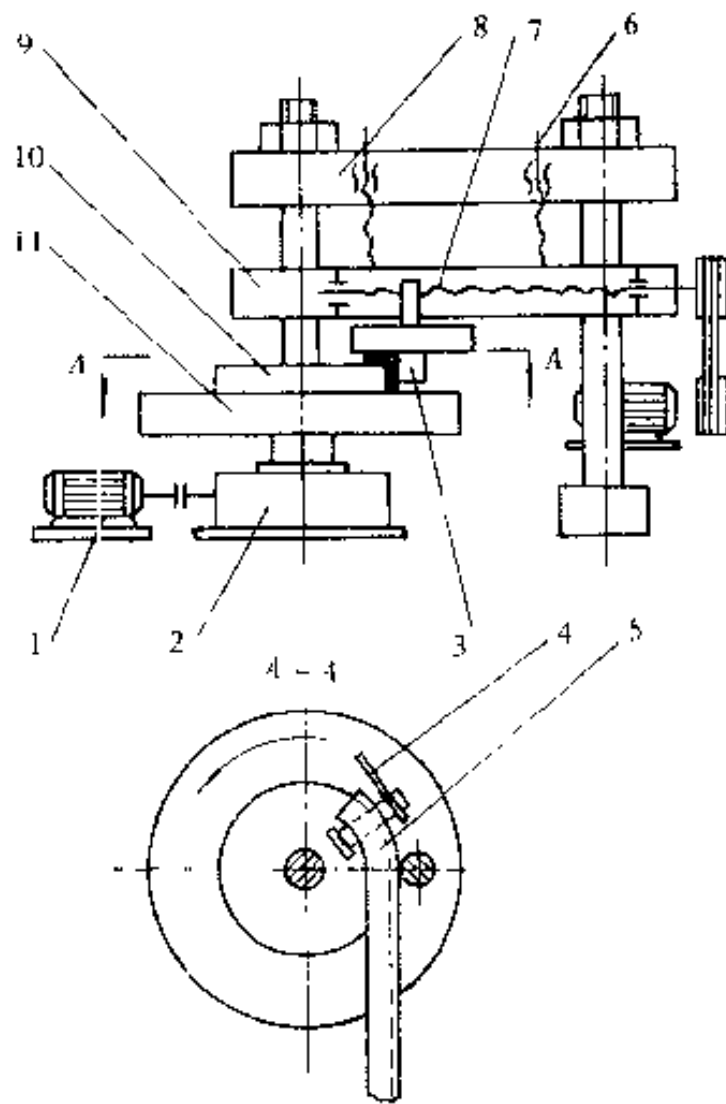


图 6-11 滚圆机结构示意图

1 电动机 2 减速机构 3 转动轮 4 偏心调整器 5 角钢 6 丝杆
7 丝杠 8 固定横梁 9 活动横梁 10 模具 11 转动盘

同型号、不同规格的型钢弯曲，只要更换模具和转动轮便可实现。

(2)在卷板机上滚弯型钢 型钢可以在卷板机上弯曲。但如型钢的断面不对称时，在其弯曲过程中便会出现扭曲现象。为防止型钢的变形，在普通滚弯机上滚弯型钢时就要使用专用的模具。

①采用钢模套滚弯。这种方法是将钢模套筒套在卷板机

的辊轴上，利用套筒上所开的槽，可以将要弯曲的型钢边嵌入槽内，以防止弯曲时型钢产生皱折。当角钢外弯时，要将两副钢模套筒分别装在卷板机的两根下辊轴上 [图 6-42 (a)]。如果内弯角钢则只需一副钢模套筒并把它套装在上辊轴上，即可以进行角钢的内弯 [图 6-42 (b)]。当内弯角钢的弯曲半径较小时，应采取先加热后再弯曲的形式。

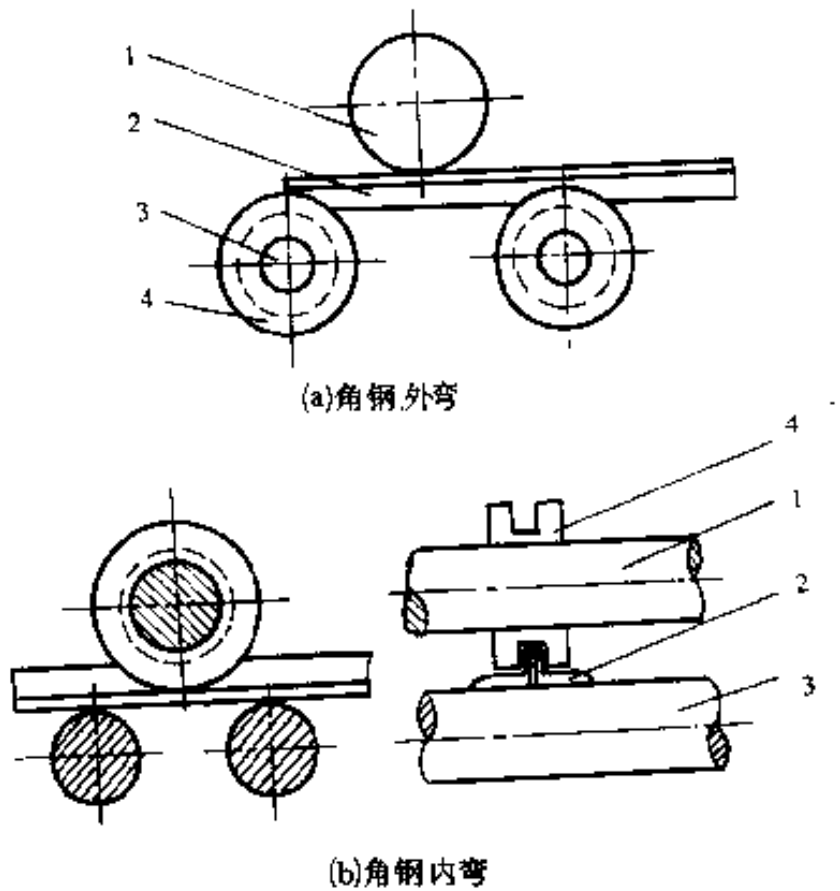


图 6 42 在三辊卷板机上滚弯型钢

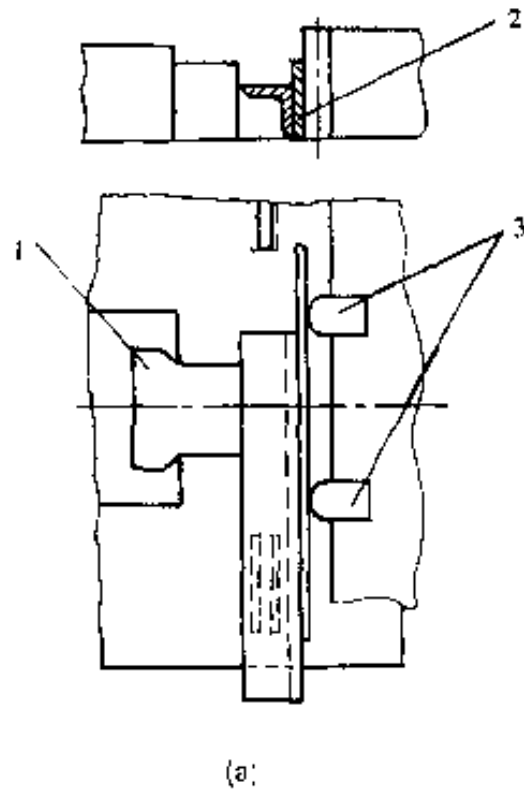
1—上辊轴 2—角钢 3—下辊轴 4 钢模套筒

②不用模具的滚弯。如果用卷板机滚弯型钢，而又不使用专用模具，那么，最关键的问题，就是必须保证型钢在上、下辊轴之间具有良好的稳定性。如滚弯角钢时，要把两根角钢正反向并列在一起，形成一个U状。点焊后同时滚弯。这种滚弯方式可避免因型钢截面不对称而产生的扭曲变形。

23. 如何用压弯方法弯曲型钢?

用压弯的方法使型钢弯曲成形,需用模具在压力机或撑直机上经过一次或多次压弯方可完成。

(1) 用模具在压力机上压弯型钢 采用这种方法时,应考虑防止型钢截面的变形,对此,压弯型钢所用的模具应有与型钢截面相对应的型槽。如槽钢弯曲模,下模开有与槽钢尺寸相应的凹槽,上模则应做成与槽钢内壁一致的形状,压弯时,将槽钢放在下模上,然后压下上模,便可获得与模具形状一致的型钢弯曲件。



(2) 在撑直机上压弯型钢 由于撑直机的两支座间有一定的跨距,使得型钢的两端头无法对其支承而进行弯曲。为此,可在支座与型钢之间加放一块垫板,使型钢随着垫板一起被压弯,如图 6-43 (a) 所示。如果型钢的断面尺寸高出顶头,也同样可采取安放垫板的方法对型钢进行压弯,如图 6-43 (b) 所示。

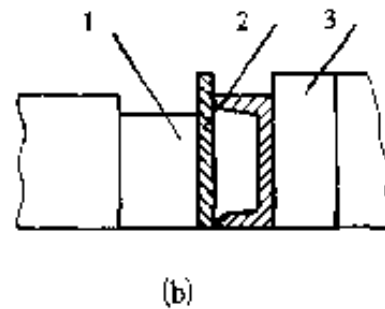


图 6-43 在撑直机上压弯型钢
1—顶头 2—垫板 3—支座

24. 什么叫回弯？如何进行型钢的回弯？

将型钢的一端固定在弯曲模上，在弯曲过程中模具转动，使型钢绕模具产生弯曲，这种弯曲方法叫型钢的回弯。型钢的回弯是利用可旋转的弯曲模具在弯曲机上进行的。下面就以槽钢的回弯为例，说明型钢的回弯成形方法。

如图 6-44 所示，弯曲模具的结构形状应与槽钢的外形相同，即为凹槽形，是由上模和下模两部分组成的。模具由键

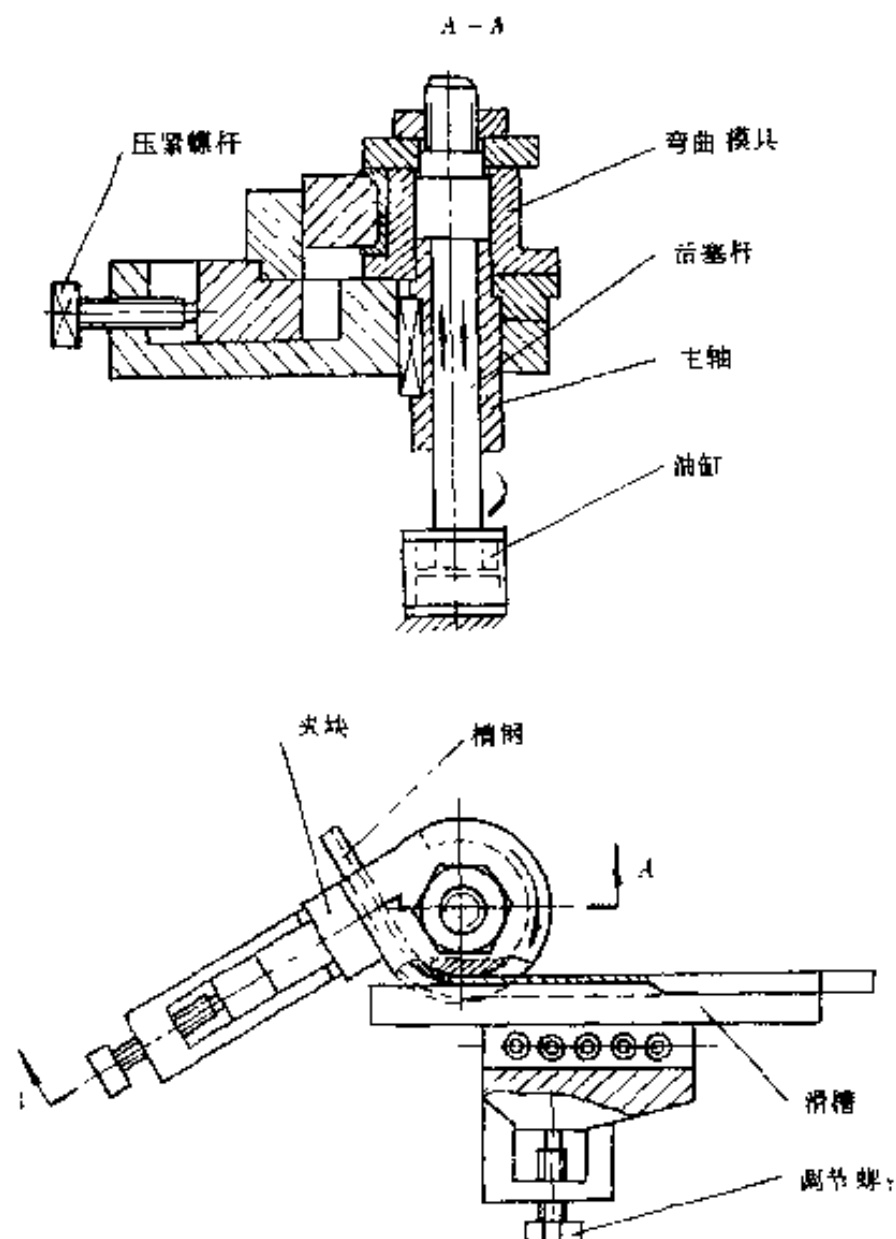


图 6-41 型钢回弯的弯曲机

与中空的主轴连接在一起，将随主轴一起转动，而夹紧油缸的活塞杆可在主轴孔中沿轴向移动。当活塞杆向下移动时，将带动弯曲上模下移而夹紧槽钢，这样便可防止槽钢弯曲时翼板的变形。弯曲时，应使槽钢的一端紧靠弯曲模，通过旋入压紧螺杆来推动夹块夹紧槽钢，即使得槽钢腹板与弯曲下模贴紧，再由调节螺杆使滑槽与待弯曲槽钢保持接触，当电动机将动力传递给主轴，并带动弯曲模沿图中所示箭头方向旋转时，槽钢将绕模具产生弯曲变形，根据对弯曲工件的要求来控制弯曲模的旋转角度的大小，这样便可得到所需的槽钢弯曲件。

25. 什么是拉弯？为何拉弯的回弹量要比普通弯曲方法的回弹量小？

拉弯是指在坯料弯曲的同时加一定的轴向拉力，改变了坯料断面内的应力分布状态，并使其趋于均匀分布，以此减小弯曲回弹量及提高弯曲件断面的尺寸精度。当坯料用压弯、滚弯等方法弯曲时，在坯料截面的外层纤维受拉产生拉应力，内层纤维受压产生压应力，其应力分布情况见图 6-45(a)。尽管允许该应力值超过所弯曲板料材料的屈服极限 σ_s ，但卸载后坯料的内、外层纤维产生相反方向的回弹，所以回弹量比较大。坯料的相对弯曲半径越大，回弹现象也越严重，这不仅使弯曲工件的精度得不到保证，而且给模具的设计、制造带来很多困难。

坯料拉弯时，由于同时受弯曲与拉伸的作用，且拉应力的数值稍大于材料的屈服极限 σ_s ，使得材料沿整个厚度产生拉应力，其应力分布见图 6-45(b)。处于这种应力状态下的坯料，其内、外纤维所受的最大拉应力大于材料的屈服极限

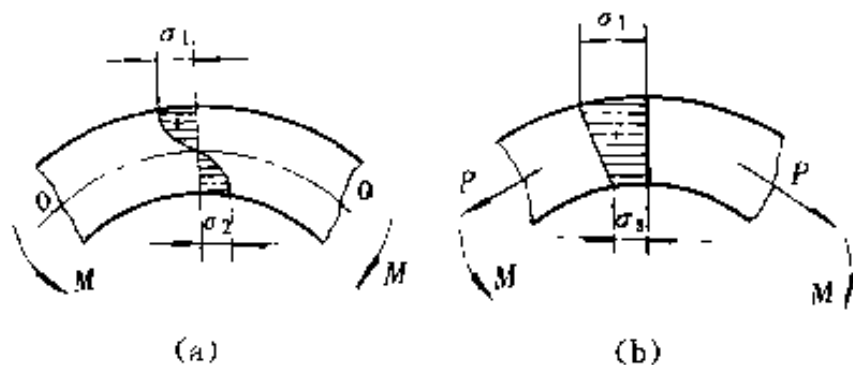


图 6-15 型钢弯曲时的应力分布情况

(a) 普通弯曲方法 (b) 拉弯

σ_1 ，而小于强度极限 σ_b 。卸载后，由于坯料内、外层纤维在同一方向产生回弹，且处于塑性变形区内，所以使拉弯的回弹量与普通弯曲方法的回弹量相比要小得多。

26. 如何进行型钢的拉弯？

型钢的拉弯要在专用拉弯设备上上进行，如型钢拉弯机。型钢拉弯机是由工作台、夹头、靠模和拉力油缸等部分组成，型钢拉弯机结构示意图见图 6-46。

拉弯时，用两个夹头分别将型钢两端夹牢，其中一个夹头固定在工作台上，另一个夹头固定在拉力油缸上。由于拉力油缸的拉力作用，使型钢截面产生拉应力，又因工作台的旋转，使型钢在拉力的作用下沿靠模产生弯曲而形成弯曲件。

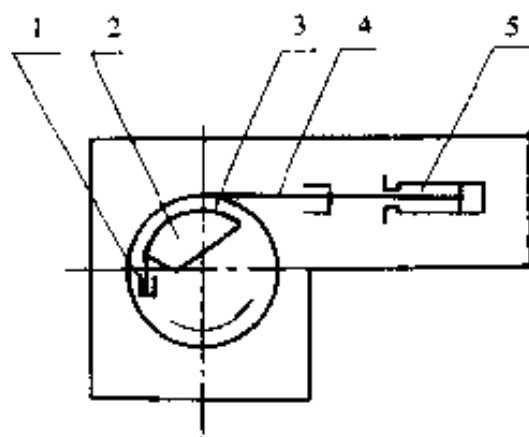


图 6-46 型钢拉弯机结构示意图

1 夹头 2—靠模 3—工作台
4 型钢 5 拉力油缸

下面以转臂式拉弯机为例说明型钢的拉弯过程。

① 装好拉弯模

从图 6-47 上可以看出,转臂式拉弯机结构是左、右对称的,所以,应使拉弯模的中心线与拉弯机的中心线处于同一个对称平面内,拉弯模的高度则要保证坯料的横断面的重心与拉伸油缸的中心线也在同一个水平面内;

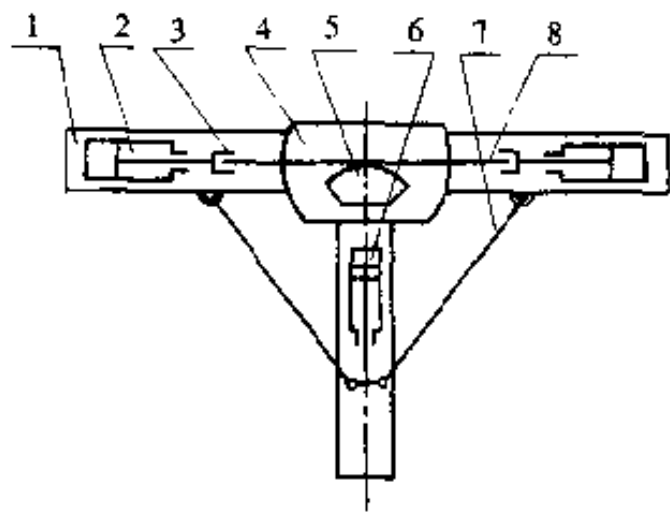


图 6-47 转臂式拉弯机示意图

1—转臂 2 拉伸油缸 3—夹头 4—固定台平
5 拉弯模 6—弯曲油缸 7 拉杆 8 坯料

②调整拉伸油缸活塞杆的伸出量和拉伸时的收回量,使其伸出量大于收回量;

③装夹好坯料 要保证坯料两端与两夹头的装夹牢固;

④预拉坯料 预拉就是让坯料在弯曲之前先承受一定的拉伸应力。启动拉伸油缸预拉坯料,并保证左右两油缸的预拉力相等;

⑤拉弯型钢 拉弯时,应保持预拉力不变,启动弯曲油缸,由拉杆带动转臂转动,同时带动坯料绕拉弯模旋转,即弯曲。这时要检查坯料与拉弯模是否完全贴紧。

⑥补拉力 补拉力的目的是为使整个坯料的截面内所产生的应力尽量分布均匀,以使坯料与模具紧密贴合,从而确保获得高质量的弯曲工件。

27. 管材弯曲时的弯曲变形有何特点?

管材弯曲变形与板料的弯曲变形其原理相同,但由于管

材横断面是中空的，而使管材弯曲时的内、外侧壁厚变化相反。管材在整个横断面形状的变化，以及弯管时内侧管壁产生的皱折等现象，又与板料的弯曲不同。图 6-48 为管材弯曲时过弯曲半径的截断面。当管材在外力作用下弯曲时，该断面的中性层外侧壁厚受拉应力作用产生拉伸变形，内侧壁厚受压应力作用产生压缩变形，这与板料的弯曲完全相同。然而，随着弯曲的进行，管材内、外侧壁厚之间由于存在空间，将使其外侧的管壁厚逐渐减薄，而内侧壁厚则逐渐增厚。除此之外，当管材的壁厚与直径相比薄到一定程度时，将会导致内侧管壁在压应力的作用下失去稳定性而产生皱折。另外，弯管外侧的管壁材料，由于受切向拉伸而被拉向内侧；内侧的材料受切向压缩作用也更靠向内侧，最终，使管材整个断面形状变为椭圆形。

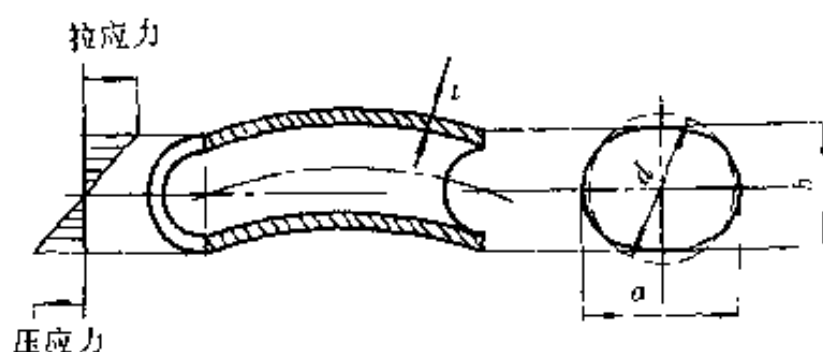


图 6-48 管材弯曲时的弯形

管材弯曲时横截面的变形程度，取决于管子的相对弯曲半径和相对壁厚值。管子的相对弯曲半径指的是管子弯曲时中性层的弯曲半径 ρ 与管子外径 d 之比。相对壁厚则是指管材的壁厚 t 与管材外径 d 之比。管子的相对弯曲半径和相对壁厚值越小，管材弯曲时的横截面变形就越大，变形严重时就会引起弯曲管子的内侧起皱、压扁甚至是管壁破裂。

管材横截面的变形程度，通常用椭圆度表示，其计算公

式为：

$$\eta = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

式中， η ——椭圆度；

a ——管材横断面变成椭圆后的长径（mm）；

b ——管材横断面变成椭圆后的短径（mm）。

28. 如何进行手工热弯管材？

手工热弯管材是指向管内填充沙子再加热，而后进行弯曲的加工方法。手工热弯的过程是：

(1) 装沙 先将要弯曲的管子一端用金属盖堵死，然后将管子立起并固定住，将清洁和已干燥过的石英沙或河沙填入管内。填充时应不断地用锤子敲击管壁，以使沙子在管内填装密实。沙子装完后，必须用金属盖将另一端也封住。装沙的目的是防止管材弯曲时横截面产生变形。

(2) 划线 划线的目的是为确定管材在加热炉中加热的长度及位置。按图样标注的尺寸，先确定管材弯曲部位中点的位置，再由中点向两边量出弯曲长度，一般以两边各加管材直径的长度为确定管材的加热长度。

(3) 加热 用加热炉或焊炬对管材弯曲部位进行加热。管材的加热温度要按其材料而确定，如普通碳素钢的加热温度一般为1000℃左右。为使管内的沙子也达到加热后管材的温度，使管材在弯曲时不会很快冷却，应在管材被加热到所需温度后再保持一段时间。

(4) 弯曲 在通常情况下，手工弯管是在平台上进行。在弯管之前，要把模具在平台上固定好，管子加热后，即可将其放在平台上，让管材上的弯曲始点与模具上的对应点对准。

之后，用活动靠紧销或固定销将管材卡牢，然后使用套管或扳管器等弯曲。弯管时，应使管材沿模具的弧线弯曲，并必须使管子与模具贴紧(图 6-49)。为了不使管子弯曲处的外侧壁厚过于变薄，可采取向弯曲部位外侧浇

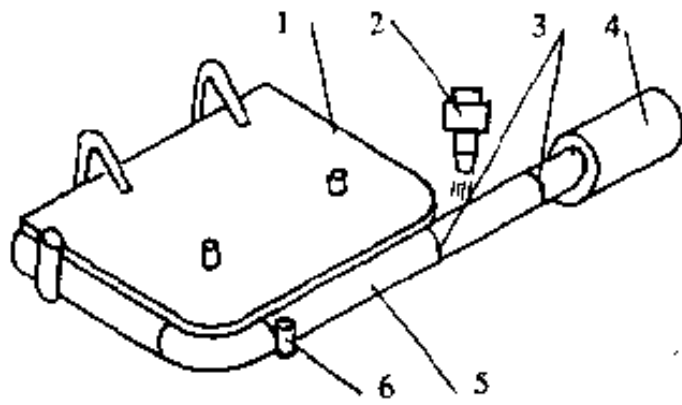


图 6 49 管材手工热弯

- 1 模具 2 焊炬 3- 弯曲线
4 -套管 5-管材 6-靠紧销

冷水来降低温度。这样，由于弯管内侧温度较高，便可多挤缩一些。如果弯管曲率略小，但又相差不大时，可采取在管材内侧浇冷水，以使内侧金属收缩来增大曲率。当弯管曲率较大时，可采取在其外侧浇水冷却，使曲率缩小。

(5) 清理弯管 管材弯曲成形后，须将管内填充的沙子倒出并彻底清理干净。

29. 如何进行机械弯管?

机械弯管是采用冷弯方式使管材在弯管机上进行弯管。如图 6-50 所示，弯管机是由电动机、传动装置、转盘、滚轮、夹头、芯棒、机体等部分组成。利用弯管机弯管的过程是：

(1) 首先根据管材的直径、弯曲半径来选择弯管转盘、芯棒和滚轮，并将它们安装到弯管机机体上。

(2) 将管材从转盘和滚轮的圆弧槽内穿过，用夹头夹在转盘上，再由滚轮沿转盘径向来回移动压紧(弯管结束时，松开管材)，然后将芯棒穿入管内。

(3) 开启电动机，通过传动装置，将电动机的运动和动

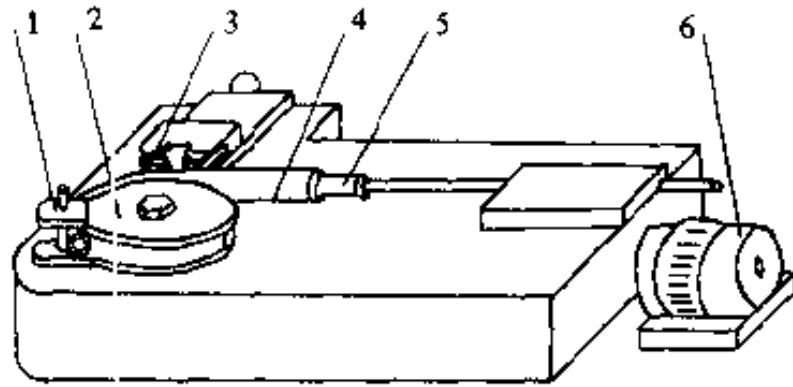


图 6 50 弯管机结构示意图

1 夹头 2 转盘 3 滚轮 4 管材 5 芯棒 6 电动机

力传给转盘，使转盘转动，由此带动管材在转盘的圆弧槽内转动，即使管材发生弯曲。考虑到管材在冷弯后有回弹现象，应使转盘转动的角度比所需弯管工件的弯曲角大 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。

(4) 松开压紧管材滚轮及夹头，取下已弯好的弯管(头)，用样棒检查其是否合格。在大批量弯管之前，要对弯管过程、成形角度和弯管质量等进行试验，如不当时要做调整，可用移动芯棒位置的方法来改善弯管质量。如管子弯曲后椭圆度较大时，应将插入管内的芯棒再向前伸出一段距离，而当管材弯曲后管壁厚度减小过多，甚至是管壁破裂时，则应将芯棒向后移动一段距离。

30. 什么是有芯弯管？其工作原理是什么？

为了减小和防止管材弯曲时的断面产生变形，将芯轴穿入管内再进行弯曲，这种弯管方法称为有芯弯管。一般情况下，有芯弯管是在弯管机上进行。图 6 51 所示为有芯弯管的工作原理。从图上可以看出，有芯弯管机的主要部件有弯管模、压紧导轮和夹头。

管材弯曲时，首先将管子放在边缘带有半圆形凹槽的弯

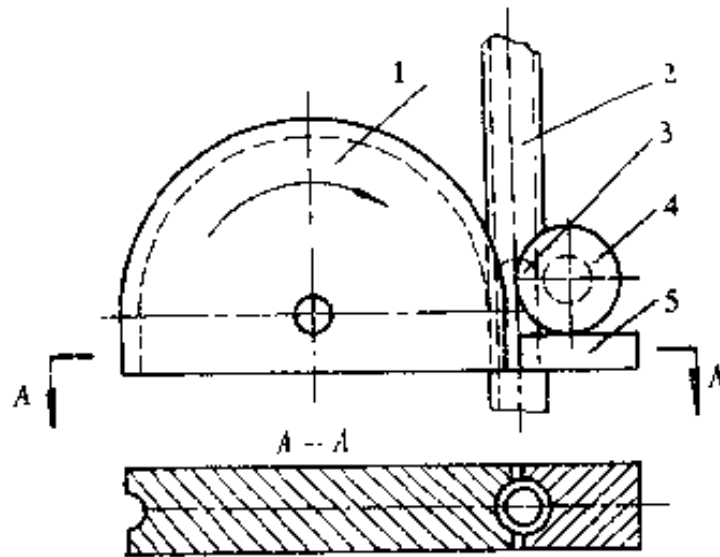


图 6-51 有芯弯管工作原理

1—弯管模 2—管材 3—芯轴 4—压紧导轮 5—夹头

管模具上，并用夹头夹紧，然后通过边缘带有凹槽的压紧导轮压紧管材表面，再将芯轴插入管子的内孔，其深度应处于与压紧导轮中心线平齐的位置。管子被夹紧后，开启电动机，经由减速装置带动弯管模转动，当弯管模按图 6-51 上所示方向旋转时，迫使管子发生弯曲。管子弯曲时的弯曲角度，是用挡块控制的。当弯管模转到与弯管的弯曲角度相适合的位置时，便会撞击挡块，电动机的转动立即停止，管子的弯曲过程结束。

当弯管的直径不同或是要求弯管具有不同的弯曲半径时，需更换一套与弯管尺寸相应的弯管模和压紧导轮。

当弯管的直径相同，但弯曲半径不同时，则只需要更换一套相应的弯管模便可以。

31. 什么是无芯弯管？其工作原理是什么？

无芯弯管是指不用芯轴，而是利用弯管过程中管子发生的反变形控制其断面的变形程度，将管坯在弯管机上弯成所

需形状的方法。

管子的反变形是当管子还未进入弯曲变形区前，通过对其施加的某种压力而使管子外侧（即弯曲后的外侧）产生了一定的向外凸出的变形。这种反变形可用来抵消或减少管子在弯曲时断面的变形，并以此保证弯管断面的椭圆度达到最小值。

无芯弯管机的主要组成部分有：弯管模、转盘、反变形压轮、导向轮及夹头等。无芯弯管的工作原理如图 6-52 所示。弯管时，首先将管坯放置在弯管模与反变形压轮之间，然后用夹头将其压紧在弯管模上。开启电动机，由减速机构将旋转动力传递给转盘，使转盘产生旋转运动并同时带动弯管模一起旋转，此时，管坯随着弯管模的转动而产生弯曲。

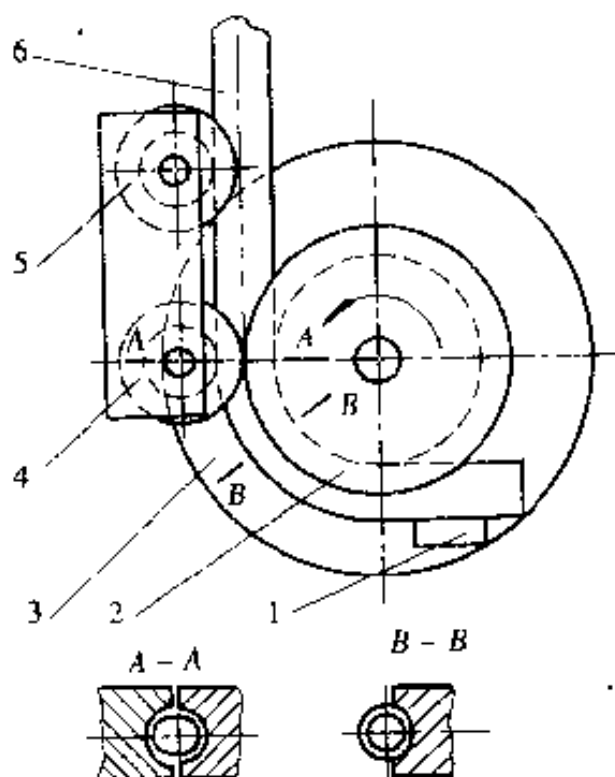


图 6-52 无芯弯管示意图

- 1—夹头 2—弯管模 3—旋转盘
4—反变形压轮 5—导向轮 6—管坯

在管坯进入弯曲区前，由于反变形压轮对管子的作用而使其产生了反变形，此时，管坯断面形状如图 6-52A-A 剖面所示。在管坯通过弯管模弯曲后，其断面形状基本能够恢复到图 6-52B-B 剖面图所示。因此，如果反变形压轮槽尺寸适当，管坯弯曲部分的断面椭圆度最小值便可趋近于零。

在弯管过程中，导向轮的作用仅是引导管坯进入弯管模，

因此导向轮的凹槽为半圆形。弯管模上的凹槽也为半圆形，其深度比管坯半径 R_1 小 1mm，而反变形压轮的凹槽形状则为双圆弧构成的蛋形，其槽深大于管坯的半径 R_1 。图 6-53 所示为反变形压轮与弯管模凹槽的断面形状。

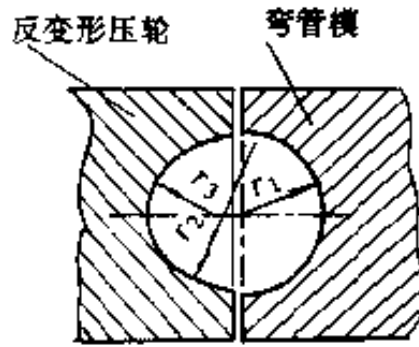


图 6-53 反变形压轮与弯管模凹槽断面形状

32. 什么是挤压弯管？它有哪些特点？

挤压弯管也称为冷挤压弯管，是指利用金属材料的塑性，在常温状态下，将管坯压入带有弯形槽的模具，使其形成管子弯头的方法，如图 6-54 所示。管坯在挤弯过程中，在承受弯曲力矩作用的同时，还受轴向力和与轴向力方向相反的摩擦力的作用。管坯处在这种受力状态下，使其弯曲时外侧壁厚的减薄量得以改善，而且还减小了管坯弯曲时其断面的椭圆度值。冷挤压弯管有以下特点：

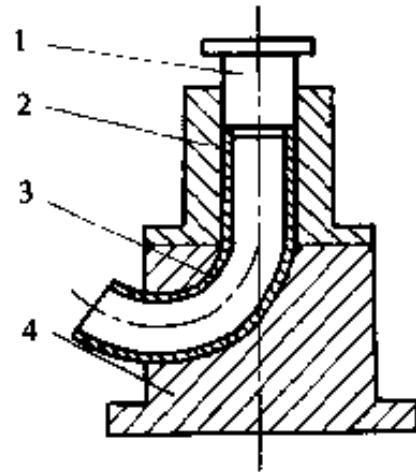


图 6-54 冷挤压弯管

- 1 压杆 2 导套
- 3 管料 4 模具

(1) 冷挤压弯管的弯曲半径和断面变形程度均小。采用冷挤压弯管方法能够弯制出最小相对弯曲半径 $R/D=1.3$ 的

管件（其中 R 为管子的弯曲半径； D 为管子外径），弯管断面的椭圆度可控制在 $\eta \leq 3\% \sim 5\%$ 范围内（ η 为管坯椭圆度），而管坯外侧管壁厚的减薄量 $\leq 9\%$ 。

（2）冷挤压弯管不需要专用机床，通常是在压力机上利用冷挤压弯管模具加工。模具的结构简单，操作灵活方便，生产成本低且生产效率高。

（3）冷挤压弯管弯制的管件壁厚不能过薄，一般要求管坯的相对壁厚 $t/D > 0.06$ （ t 为管坯壁厚， D 为管坯外径），若管坯的相对壁厚过小，容易引起管坯失稳起皱。

（4）冷挤压弯管只能弯曲管弯头，对于直径较大的管坯，不适宜采用此法进行弯曲。

33. 什么是手工弯曲？手工弯曲典型零件的方法有哪些？

在平台上利用各种不同形状的模具，靠手锤锤击坯料使其弯曲成形的操作方法，称为手工弯曲。下面介绍几种典型零件的手工弯曲方法：

（1）板料的角型弯曲 首先应按板厚中心线计算出所需用料长度，然后在板料上画出弯曲位置线，并用样冲打出孔印。将板料夹在虎钳上，并使其一侧的弯曲线与角钢的转角处对准再夹紧，直接用手锤锤击或是用扳手夹住板料边缘，扳弯成一定角度后再锤击，形成一直角弯板，如图 6-55（a）所示。掉转板料方向，利用垫铁对正弯曲线，夹紧后，再扳弯、锤击另一侧，使其成 U 形，如图 6-55（b）所示。更换垫铁，再夹紧后，用手锤锤击将板料弯成所需角型工件，见图 6-55（c）。考虑到板料弯曲过程中的回弹现象，可将零件要求的角度弯曲得略小一些。

（2）弯曲圆筒形零件 如将薄板料弯曲成圆筒，应事先

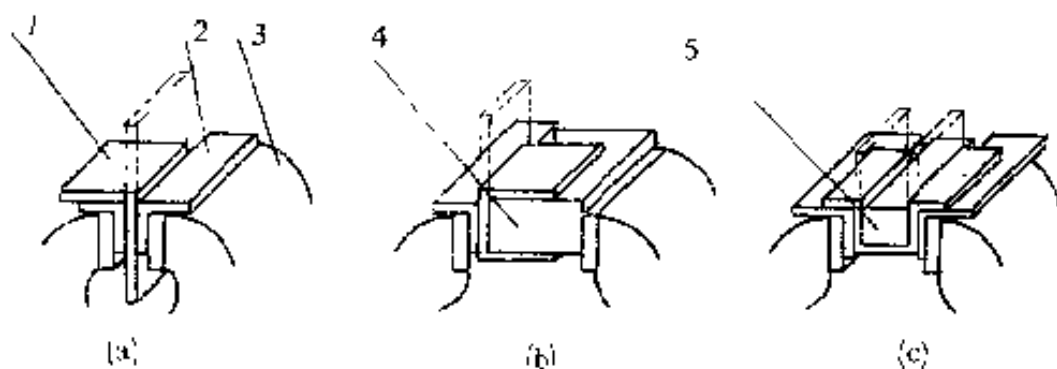


图 5-55 板料的角型弯曲

1 板料 2 角钢 3 虎钳 4、5 垫铁

取一段与所要弯曲零件尺寸相适应的钢轨作胎具，下好料后，开始弯曲时，应使薄板料的边缘始终与钢轨保持平行，如图 6-56 (a) 所示。弯曲过程是由板料两端开始，逐渐向内直至形成中心弯曲。当钢板边缘接触时，要进行施焊对接，然后再用锤击使其在钢轨上敲打成圆筒形，如图 6-56 (b) 所示。锤击时，为了避免工件表面被击伤，留下锤痕，而影响工件的表面质量，一定要使用木质锤或型锤。

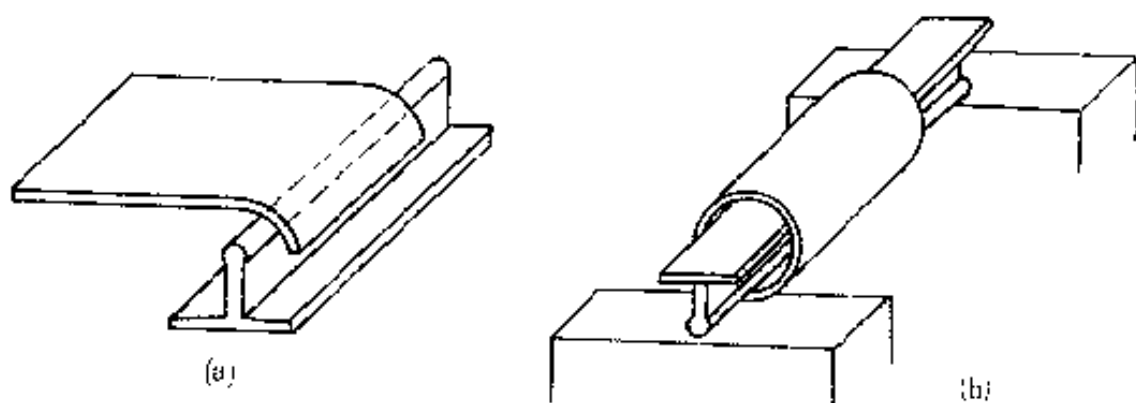


图 6-56 用薄板料弯曲圆筒形零件

若要将较厚板料手工弯曲成圆筒形工件（见图 6-57），则可采用三辊压料装置压住坯料，利用半圆式型锤“压打”弯曲，待厚板料基本弯成圆筒后再施焊对接，然后将其套在钢轨上进行修型，直至得到合乎要求的圆筒形工件。在锤击时，

一定要注意使锤击力大小适当且均匀，以免因工件表面受力不匀而产生质量缺陷。

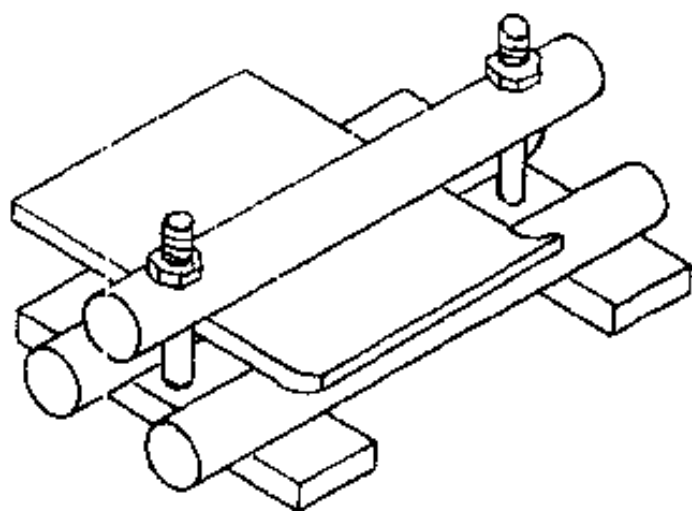


图 6-57 衬厚板料弯曲圆筒形零件

(3) 弯曲圆台面 弯曲圆台面所用的坯料呈扇形。下好料后，首先在扇形坯料上画出若干条素线，即将坯料等分成若干区，然后用锤进行锤击。见图 6-58。由于圆台大小口弯曲半径不等，则两端的弯曲速度不同，因此，所需锤击力也不同，即大口一端的锤击力应大一些，而小口

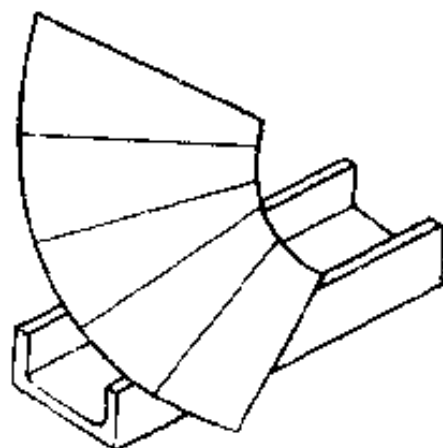


图 6-58 弯曲圆台面

一端的锤击力应小一些。在手工弯曲过程中，应经常用样板检查，为此，可以根据圆弧上口台的高度情况，做几段内圆卡样板。在坯料边缘接缝时，如果出现扭歪、不对口等现象时，可采用工具顶拉，然后再施焊对接、矫正，使其弯曲成合格的圆台面。

(1) 圆杆端部弯曲圆身 如果圆杆较粗，可采取加深弯

曲方式。首先将圆杆弯成直角，见图 6-59 (a)。在圆钢胎具上，将杆前端用锤击打成圆弧，如图 6-59 (b) 所示，边击打边使杆向前冲，弯成大部分圆弧状，如图 6-59 (c) 所示。然后翻边锤打，形成圆环。应使圆环中心线与圆杆的中心线重合，此时即完成了杆端的圆环弯曲过程。

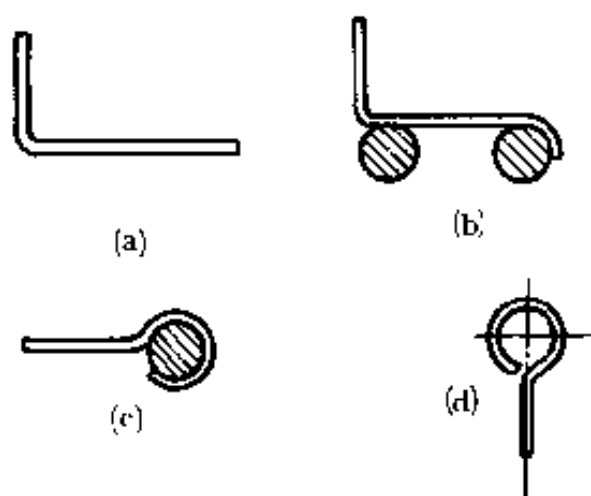







图 6-59 圆杆端部弯曲圆环

34. 什么是咬缝？如何确定咬缝余量？

把两块薄板的边缘（或一块薄板的两边）相互折转扣合并压紧，这种连接方法叫咬缝，或称为咬缝连接。咬缝连接不仅牢固、可靠，而且密封性能好。采用咬缝连接的板料在下料时，主要是考虑留出咬缝余量，否则将使制成的工件尺寸小，造成废品。

咬缝余量按薄板厚度确定，当薄板厚度 t 小于等于 1mm 时，咬缝余量一般为 3~4mm，而若薄板厚度大于 1mm 时，咬缝余量则应根据咬缝形式和咬缝宽度来确定。例如弯制卧式单咬缝时，在一块板料上应留出等于咬缝宽度的余量，而在另一块板料上需留出咬缝宽度两倍的余量。所以卧式单咬缝的总余量是缝宽的三倍。各种常见咬缝结构形式，其咬缝余量的确定见表 6-6。

表 6-6 常见咬缝结构形式的咬缝余量 (mm)

咬缝结构形式		咬缝余量	
名称	图例	板料 1	板料 2
卧式单咬缝		L	$2L$
立式单咬缝		$2L$	L
卧式挂扣		L	$2L$
卧式双咬缝		$2L$	$3L$
立式双咬缝		$3L$	$2L$

注： L - 咬缝宽度 (mm)。

35. 卧式单咬缝的制作过程是什么?

(1) 在下好的板料上划出咬缝的弯曲线。

(2) 把板料放在平台上,并使弯曲线对准平台的边缘,如图 6-60 (a) 所示。

(3) 用锤击打板料伸出平台的部分,使之从弯曲线处向下弯成 90° , 见图 6-60 (b)。

(4) 朝上翻转板料,继续用锤击弯曲边使其向里扣倒。但不要扣死,应留出适当的间隙,见图 6-60 (c)。

(5) 用同样的方法将另一块板料边缘也弯曲好,然后让两块板料相互扣合,锤击压紧,如图 6-60 (d) 所示。

(6) 将咬缝的边部敲成凹形以防止连接部分松脱,最后

经压紧即完成卧式单咬缝的制作过程，如图 6-60 (e) 所示。

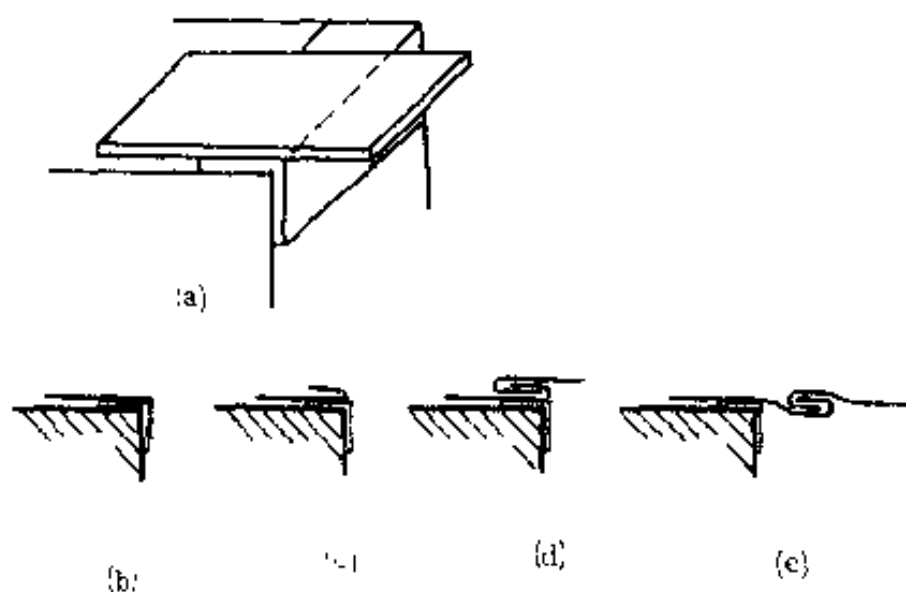


图 6-60 卧式单咬缝的制作过程

36. 什么是卷边？有哪些形式？

将由薄板制成的工件边缘卷成圆弧的加工方法，叫卷边。卷边的目的是为消除薄板边锐利的锋口，并且能够提高薄板边缘的强度和刚度。常见的卷边形式有两种，一种是空心卷边，另一种是夹丝卷边，如图 6-61 所示。夹丝卷边是指在所卷的工件边缘内嵌入一根金属丝。金属丝的直径是根据工件的尺寸和受力情况来确定的。一般情况下，金属丝的直径是板料厚度的 3 倍以上。而包卷金属丝的工件边缘的尺寸，应不大于铁丝直径的 2.5 倍。空心卷边是指在卷边过程中嵌入金属丝，而在卷边完成后再将金属丝抽拉出来。

37. 夹丝卷边的操作过程是怎样的？

夹丝卷边的操作过程是：

(1) 首先根据板料厚度和铁丝直径计算出卷边所需的长

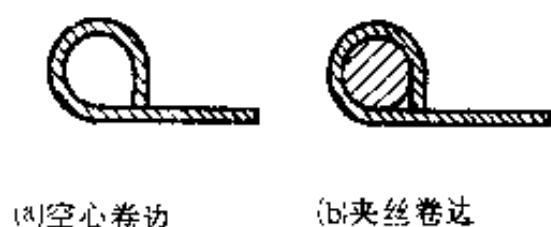


图 6-61 卷边的形式

度，然后在板料上划出弯曲位置线。

(2) 将板料放在平台上，并使其一端延伸出平台边缘一段长度，如图 6-62 (a) 所示。

(3) 用木锤逐步敲打板料伸出平台边缘的部分，使之弯曲 [见图 6-62 (b)]，在敲打弯曲中，将板料渐渐向外伸出并弯曲，直至卷边弯曲线与平台边缘对准为止，如图 6-62 (c) 所示。

(4) 翻转板料，使卷边朝上，进一步敲打卷边，使其逐渐弯曲成圆弧形，如图 6-62 (d) 所示。

(5) 将铁丝从卷边的一端放入，敲打扣合好，逐段放入逐段扣合，直至使卷边全部扣合。此时，仍应又轻又匀地用锤敲打卷边，使其与铁丝贴紧，如图 6-62 (e) 所示。

(6) 再翻转板料，让卷边接口处与平台边缘转角靠紧，再用木锤轻轻敲打，直至卷边接口完全咬紧为止，夹丝卷边过程结束，见图 6-62 (f)。

38. 什么是爆炸成形？

爆炸成形是高能成形方法之一。它是利用炸药在爆炸的极短时间里所产生的能量，通过某种介质使金属板料以极高的变形速度成形的一种加工方法。

图 6-63 所示为爆炸成形示意图。坯料固定在压边圈和凹

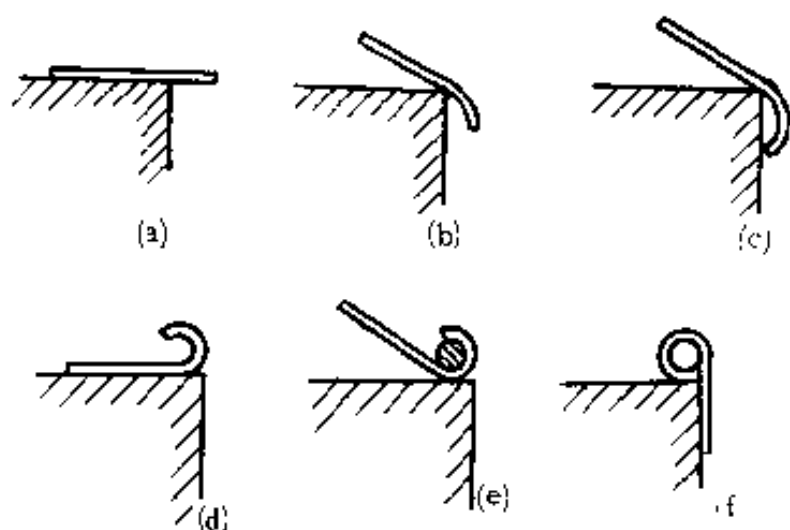


图 6-62 夹丝卷边操作过程

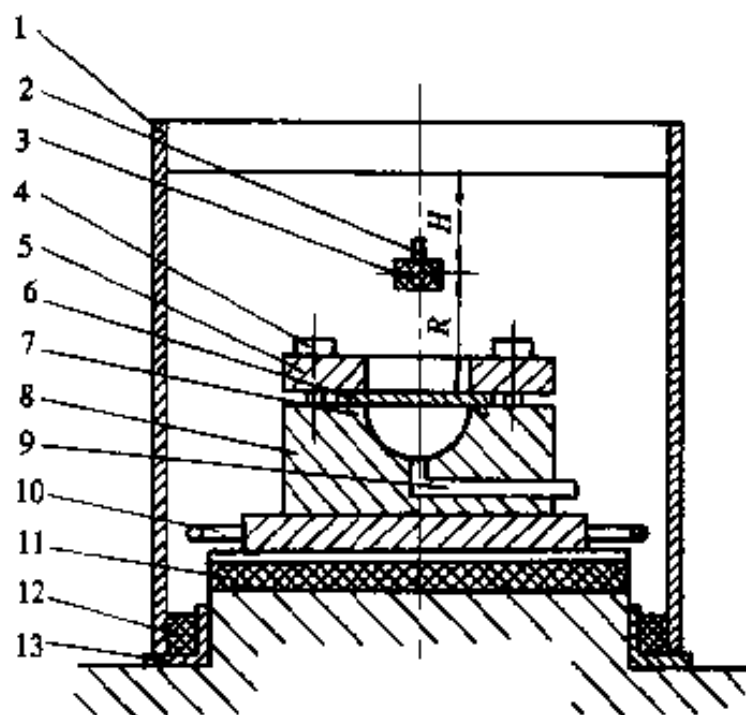


图 6-63 爆炸成形示意图

- 1 水筒 2 电雷管 3 炸药 4 螺栓 5 压边圈 6 坯料
 7 密封 8 凹模 9 真空管道 10 压缩空气管路
 11 缓冲装置 12 密封 13 垫环

模之间，将整个模具埋入水中，坯料的上部放置引爆雷管和适量炸药。爆炸时，炸药将以 $2\,000\sim 8\,000\text{m/s}$ 的速度产生高

压冲击波，并在传递介质水中传播，使坯料产生变形。

爆炸成形工艺的优点很多，首先是该方法所用模具简单，且不需要专门的冲压设备；其次是成形零件的精度高，质量好，因为爆炸成形速度快，压力大，所以零件的回弹量特别小；还有该成形方法操作简便，成本低，对于单件或小批量的大型壳体零件的成形，具有很显著的优点，尤其是对于某些采用高强度、低塑性的特殊合金材料的零件和形状复杂的零件，采用这种成形方法会取得理想的效果。

爆炸成形不仅可用于板料的剪切、拉深、冲孔、弯曲、翻边、胀形等工艺，还可用于爆炸焊接、表面强化、构件装配等。

爆炸成形所用的炸药有高级炸药和低级炸药两种，常用的是高级炸药，如 TNT、泰安 (PETN)，低级炸药如无烟火药和黑火药。

爆炸成形的工艺参数有：药包的形状（药形）、药包中心距坯料的位置（药位）、炸药量（药量）、水深（药包中心距水面的距离）及模具腔内的真空度。

39. 什么是金属超塑性成形？

金属的超塑性，是指金属材料在特定条件下所呈现出的异常好的延伸性。这里所说的特定条件包括两方面的因素，一方面是金属的内在因素，如金属的成分、组织和相变能力等；另一方面是金属的外在因素，如变形温度和变形速度等。利用金属的超塑性，将板料成形为所需零、部件的冲压工艺方法称为金属的超塑性成形。超塑性成形方法有真空成形法、气压成形法和模压成形法三种。

(1) 真空成形法 是将模具的成形腔内抽真空，使处于超塑性状态下的坯料成形。这种方法又分为凸、凹模真空成

形法。

①凸模真空成形法 该法是将成形模具内腔抽真空，使被加热到超塑性成形温度的毛坯吸附在具有零件内形的凸模上，如图 6-64 所示。

②凹模真空成形法 这种方法是把被加热到超塑性成形温度的板料，利用模具内腔抽真空的作用将其吸附在具有零件外形的凹模上，如图 6-65 所示。

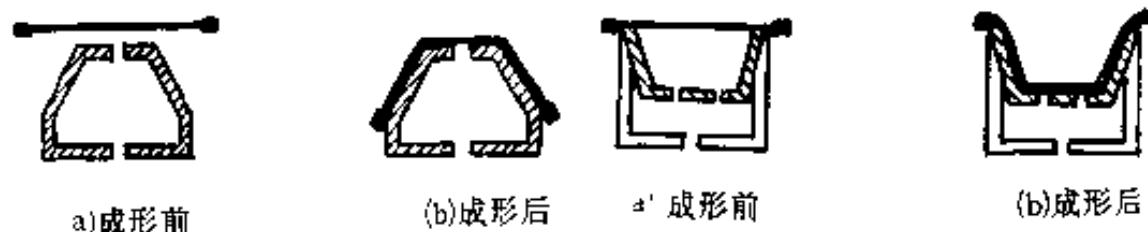


图 6-64 凸模真空成形法

图 6-65 凹模真空成形法

凸模法适用于成形要求内侧尺寸精确而形状简单的零件或深零件的成形；凹模法则用于对零件的外形尺寸要求准确而形状简单时或用于成形浅零件。真空成形法的成形压力小于 0.1MPa，所以该方法不适于成形厚度较大、形状复杂、强度较高的零件。

(2) 气压成形法 气压成形法又称吹塑成形法。该方法与真空成形法一样，也可以使用凸模吹塑成形和凹模吹塑成形。与真空成形法不同的是成形压力可变。所以这种方法适用于各种超塑性板料的成形。

(3) 模压成形法 又称偶合模成形法、对模成形法。是与普通金属板料加工一样，利用一对模具进行的冲压成形方法，但不同的是板料处于超塑性状态。这种成形方法对模具结构有特殊要求，故模具加工制造困难。

七、铆接与焊接

1. 什么是铆接？铆接有哪些种类与形式？

用铆钉把两个或两个以上的零、构件连接为一个整体的连接方法称为铆接。

(1) 铆接的种类 铆接是一种不可拆连接，可分为强固铆接、密固铆接和紧密铆接三种。

①强固铆接 这种铆接要求能够承受大的作用力，保证构件具有足够的强度，但对被铆接件接缝处的密封性能没有特殊的要求，如屋架、车辆、桥梁等构件的铆接。

②密固铆接 这种铆接既要求能够承受大的作用力，同时又要求被铆接件接缝处具有很好的密封性能。如压缩空气罐、压力管路、锅炉等构件的铆接。目前，这种铆接很多被焊接所替代。

③紧密铆接 这种铆接主要要求被铆接件接缝处具有高度的密封性能，但对构件的强度没有特别要求。如油罐、水箱等。目前这种铆接更为少用，同样被焊接所代替。

(2) 铆接的形式 铆接的基本形式有搭接、对接和角接三种。

①搭接 是把被铆接板件的边缘对搭在一起，用铆钉进行连接的结构形式，见图 7-1 (a)。

②对接 是把两个被铆接板件置于同一平面上，利用盖

板盖住接口，再用铆钉进行连接的结构形式。它又分为单盖板式和双盖板式两种，见图 7-1 (b)。

③角接 是把两个互相垂直或成一定角度的被铆接板件用铆钉进行连接的结构形式。在连接的转角处，一般用角钢作为搭接件，根据其数量又分为一侧角钢和双侧角钢两种，见图 7-1 (c)。

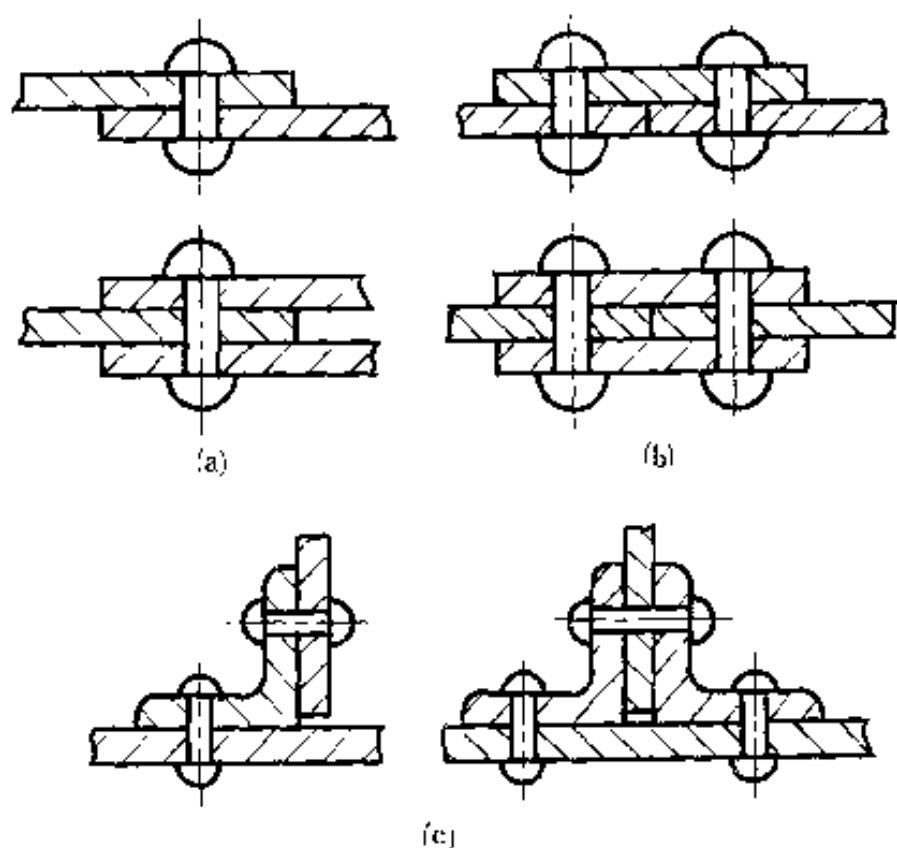
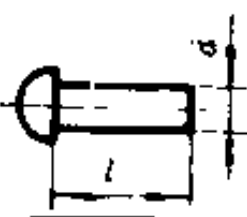
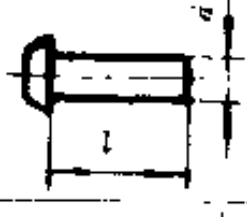
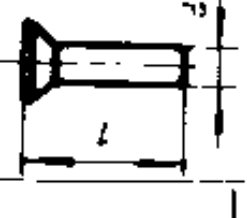







图 7-1 铆接的基本形式

2. 铆钉有哪些种类与用途？

铆钉是铆接的紧固件，它由铆钉头和铆钉杆两部分组成。钉头根据使用要求做成不同的形状，钉杆一般为圆柱形。铆钉的材质有钢质、铜质、铝质等，多数的铆钉都是标准件。常用铆钉的种类和一般用途见表 7-1。

表 7 1 常用铆钉的种类及一般用途

名称	形状	国家标准	钉杆尺寸/mm		一般用途
			直径	长度	
半圆头铆钉		GB863.1-86 (粗制)	12~36	20~200	用于承受较大横向载荷的铆缝,如金属结构中的桥梁、桁架等,应用最广
小半圆头铆钉		GB867-86	0.6~16	~110	
平锥头铆钉		GB864-86 (粗制)	12~36	20~200	由于钉头肥大,能耐腐蚀,常用在船壳、锅炉水箱等腐蚀强烈处
		GB868-86	2~10	3~110	
沉头铆钉		GB865-86 (粗制)	12~36	20~200	表面须平滑,受载不大的铆缝
		GB869-86	1~16	2~100	
半沉头铆钉		GB866-86 (粗制)	12~35	20~200	表面须平滑,受载不大的铆缝
		GB870-86	1~16	2~100	
扁平头铆钉		GB872-86	1.2~16	1.5~50	用于金属薄板或皮革、帆布、木材、塑料等
空心铆钉		GB876-86	1.4~6	1.5~15	重量轻、钉头弱,用于受力不大的非金属材料,如用于连接塑料、帆布、皮革等
标牌铆钉		GB827-86	1.6~5	3~20	用于铆标牌
抽芯铆钉		GB12615-90	3~6	6~18	用于汽车车身覆盖件、支架等

3. 铆钉的排列具有哪些形式和基本参数？

铆接中使用铆钉的数量、直径和排列形式一般是考虑连接件的强度要求来确定的。通常采用的排列形式有单排、双排和多排三种，在排列成双排或多排时，又可分为平行排列和交错排列两种形式，见图 7-2 (a)。

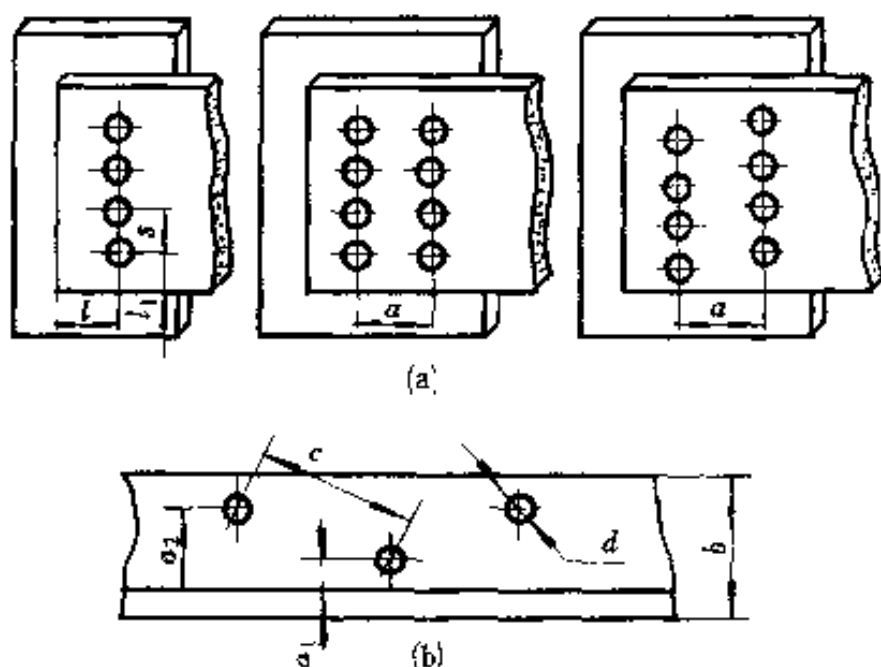


图 7-2 铆钉的排列形式和基本参数

安排铆钉位置时，主要考虑下列基本参数：

(1) 钉距 指在一排铆钉中，相邻两个铆钉中心间的距离。当铆钉单行或双行平行排列时，钉距 $s \geq 3d$ (d 为铆钉直径)；当铆钉交错排列时，其对角两铆钉的中心距离 $c \geq 3.5d$ 。为使板件间连接得严密，一般还应有 $s \leq 8d$ 或 $s \leq 12t$ (t 为板件的单件厚度)，见图 7-2。

(2) 排距 指相邻两排铆钉孔中心间的距离。一般地，排距 $a \geq 3d$ ，见图 7-2 (a)。

(3) 边距 指外端铆钉的中心到板件边缘间的距离。在

图 7-2 (a) 中, 沿着板件受力的方向上, 应取边距 $l \geq 2d$; 在垂直于受力的方向上, 应取边距 $l_1 \geq 1.5d$ 。另一方面, 为防止板件边缘翘曲, 还应使 l 和 l_1 小于或等于 $4d$ 。

各种型钢铆接时, 若型钢面宽度 b 小于 100 mm, 可采用单排排列; 当 b 大于 100 mm 时, 应采用双排排列。在安排铆钉位置时, 应使 $a_1 \geq 1.5d + t_1$, $a_2 = b - t_1 - 1.5d$, 见图 7-2 (b) (t_1 为型钢板厚)。

4. 如何确定铆钉直径、长度和钉孔直径?

(1) 确定铆钉直径 铆钉直径的确定是根据构件的受力情况, 考虑铆接件的强度要求, 通过分析和计算得到的。一般情况下, 铆钉直径与板件厚度的关系见表 7-2。

表 7-2 铆钉直径与板料厚度的关系 (mm)

板料厚度	5~6	7~9	9.5~12.5	13~18	19~24	≥ 25
铆钉直径	10~12	14~18	20~22	24~27	27~30	30~36

对于表 7-2 中的板料厚度, 当铆接形式为搭接时, 若两板厚度接近, 可按厚板考虑; 若两板厚度相差较多, 可按薄板考虑; 板料与型材搭接时, 可取平均厚度。

(2) 确定铆钉长度 铆钉钉杆的长度一般是根据被铆接件的总厚度、铆钉直径和铆接工艺等因素来确定的。长度选定后, 常通过试铆试验, 最后确定合适长度。几种铆钉的长度选择计算公式见表 7-3。

表 7-3 铆钉长度计算公式

种 类	计算公式	说 明
半圆头铆钉	$L = 1.65d + 1.1t$	L - 铆钉长度/mm

(续)

种 类	计算公式	说 明
半沉头铆钉	$L=1.1d+1.1t$	d 铆钉直径/mm
沉头铆钉	$L=0.8d+1.1t$	t —被铆接件总厚度/mm

(3) 确定钉孔直径 钉孔直径一般比铆钉直径稍大, 它们的关系见表 7-4。

表 7-4 钉孔直径 (GB152.1—88) (mm)

铆钉直径 d		2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10	
钉孔直径 d_0	精装配	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2	10.3	
	粗装配			—	—	—	—	—		11	
铆钉直径 d		12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
钉孔直径 d_0	精装配	12.4	14.5	16.5	—	—					—
	粗装配	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

5. 什么是冷铆?

冷铆指铆钉在常温状态下进行的铆接。若使用钢质铆钉, 在冷铆前首先要进行退火处理, 以提高铆钉的塑性。

手工冷铆时, 先把铆钉从被铆接件的钉孔中穿入, 用顶把顶住铆钉头并将被铆接件压紧, 然后用手锤捶击伸出钉孔之外的铆钉杆端头, 在钉杆被镦粗的同时形成伞状钉头, 捶击时方向、力量要适当, 且次数不宜过多, 否则会使材质出现冷作硬化现象, 使钉头产生裂纹。最后用窝头将钉头修整至理想的形状。

冷铆时, 铆钉直径不宜过大。手工冷铆时, 铆钉直径一般不大于 8 mm。用铆钉枪冷铆时, 直径不大于 13 mm。用铆

接机冷铆时，直径不大于 25 mm。

6. 什么是热铆？热铆具有哪些基本操作？

将铆钉加热到一定温度后进行的铆接称为热铆。由于加热后铆钉的塑性提高、硬度降低，钉头成形容容易，所以热铆时所需的外力比冷铆要小得多；另外，在铆钉冷却过程中，钉杆长度方向的收缩会增加板料间的正压力，当板料受力后可产生更大的摩擦阻力，提高了铆接强度。热铆常用在铆钉材质塑性较差、铆钉直径较大或铆力不足的情况下。

热铆时，铆钉的加热温度随铆钉的材质和施铆的方法而不同，对于钢质铆钉，当用铆钉枪铆接时，加热温度为 1 000℃～1 100℃；当用铆接机铆接时，加热温度为 650℃～670℃。铆钉的终铆温度在 450℃～600℃之间为宜。热铆的基本操作主要有：

(1) 紧固被铆接件 铆接前首先把各层板件的钉孔对齐，用适当规格的螺栓拧紧。螺栓的数量应多于钉孔数量的四分之一，且分布要均匀。当由于加工误差使部分钉孔偏心时，要用矫正冲或铰刀进行修孔，以便顺利穿钉。

(2) 加热铆钉 加热铆钉时可用电炉或焦炭炉，炉位应尽量靠近操作场地。铆钉在炉内摆放要有秩序，间距适当，以便取钉。当铆钉加热接近要求温度时，可改为缓火焖烧，以使铆钉内外受热均匀。为保证铆接质量，切不可用过热和加热不够的铆钉。

(3) 穿钉与顶钉 取出加热完的铆钉后，传递一定要注意安全，交接操作要做到准和稳。穿钉动作要求迅速、准确，使铆钉能在规定的温度范围内进行铆接。铆钉穿入钉孔后，用顶把把铆钉头顶住。顶钉时可采用手顶把或气顶把，顶把上

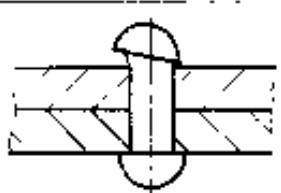
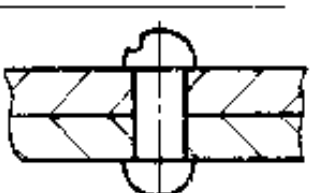
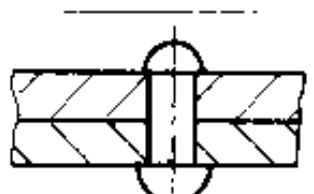
的窝头形状和规格都应¹与铆钉头相符。

(4) 铆接 热铆时为保证铆接质量，压缩空气的压力应不低于 0.5MPa。开始时，风量可小些，待钉杆镦粗后，再加大风量，将钉杆外伸端逐渐打成钉头形状。若钉杆发生弯曲钉头偏斜时，可将铆钉枪相应倾斜一定角度进行矫正，但要防止铆钉枪过分倾斜，造成窝头碰伤被铆接件表面。铆接时，还应注意各铆钉的先后顺序，宜先进行关键、对称位置的铆接，以使板件受力均匀。

7. 铆接操作时产生缺陷的种类和原因有哪些？

铆接中由于操作不当或其他原因可能产生铆接缺陷，它会影响产品质量，降低铆接强度，甚至造成事故，所以一旦发现铆接缺陷，必须及时进行修整或更换铆钉。铆接缺陷的主要种类和原因见表 7-5。

表 7 5 铆接缺陷的主要种类及产生原因

铆接缺陷	产生原因	处理方法
铆钉头歪斜 	铆钉受力方向与钉杆不垂直或顶钉偏移	偏心大于 0.1d 时应更换铆钉
铆钉头损伤 	铆钉材质塑性差、锤击时间过长或锤击方法不对	更换铆钉
铆钉镦头过小 	钉杆过短或孔径过大	更换铆钉

(续)

铆接缺陷	产生原因	处理方法
铆头与板件未密合	铆接力不足、热铆时加热温度不够	更换铆钉
钉头出现边缘	钉杆过长或窝口偏小	更换铆钉
板件表面出现伤痕	钉杆过短、窝口过大、操作时铆钉枪过分倾斜	更换铆钉，注意操作方法

8. 怎样检验铆接质量?

对铆接的质量可采用下面的方法进行检验:

- (1) 用目测的方法直接检验铆钉表面的裂纹、铆头过大或过小、歪头和表面伤痕等缺陷。
- (2) 用小锤轻轻敲打铆钉铆头，从锤击的响声和手感来判断铆钉的松紧程度。
- (3) 用样板检验铆钉头，判断铆钉铆粗的情况。
- (4) 用厚薄规检验各板件间的紧密程度。

铆接质量的检验是一种仔细认真的工作，每个铆钉都必须检查到。

9. 怎样拆除有缺陷的铆钉?

发现铆钉存在质量缺陷，应拆除后重新铆接，拆除时要注意不要伤害板件表面。

拆除铆钉时，一般应首先去掉一端的钉头，然后用冲头

把剩下的残余部分从钉孔中冲掉。

去掉半圆头铆钉钉头的常用方法有：将半球形钉头用手砂轮磨平，然后用平顶钻头将铆钉头轻轻划掉；也可先把钉头的圆顶锤平，再用略小于铆钉直径的钻头在钉头上沿轴线方向钻孔至适当深度，然后在孔中插入大小适当的铁芯折去钉头；也可用克子或气割方法切掉铆钉头。

10. 影响铆接强度的因素有哪些？

一般把一个零件或一个结构抵抗破坏的能力叫做它的强度。影响铆接结构强度的主要因素有：

(1) 铆接的强度与所用铆钉的直径和数量有关，铆钉直径越大、数量越多，则强度越大；反之就越小。

(2) 铆接强度与铆钉长度和被铆接件总厚度有关，对于同样直径的铆钉，当被铆接件较薄、铆钉长度较短时，强度越大；反之强度则相应地减小。

(3) 铆接的强度还与被铆接件上铆钉孔的大小和多少有关，因为就一个板件来说，开孔越大越多，则材料损失越多，受力面积越小，强度就随之减弱。

(4) 铆接的强度也与铆接的种类和形式有关，如强固铆接的强度要大于紧密铆接；双盖板对接形式的强度要大于单盖板对接形式。

可见，影响铆接强度的因素是比较复杂和相互关联的，生产中应根据具体情况，综合分析，保证铆接结构的强度。

11. 怎样计算铆钉所受的剪切力和挤压力？

铆接构件在工作时往往要承受较大的作用力。在对铆接结构进行强度计算，选取适当的铆钉规格时，都需要对铆钉

的受力情况进行分析和计算。

图 7-3 为单铆钉搭接结构的受力情况。上下两块被铆接板件受到大小相等、方向相反的力 P 的作用。由于铆钉铆紧时两板间产生较大的正压力，所以当 P 较小时，在两板间摩擦力的作用下，板块不发生相对移动，铆钉不受外力，如图 7-3 (a) 所示。当 P 力较大时，它将克服摩擦力，使铆钉杆表面与钉孔表面接触，同时，板件把力传给铆钉，铆钉这时也受到大小相等、方向相反且相距很近的一对平行力 P 的作用，使钉杆受到剪切力和挤压力，如图 7-3 (b) (c) 所示。

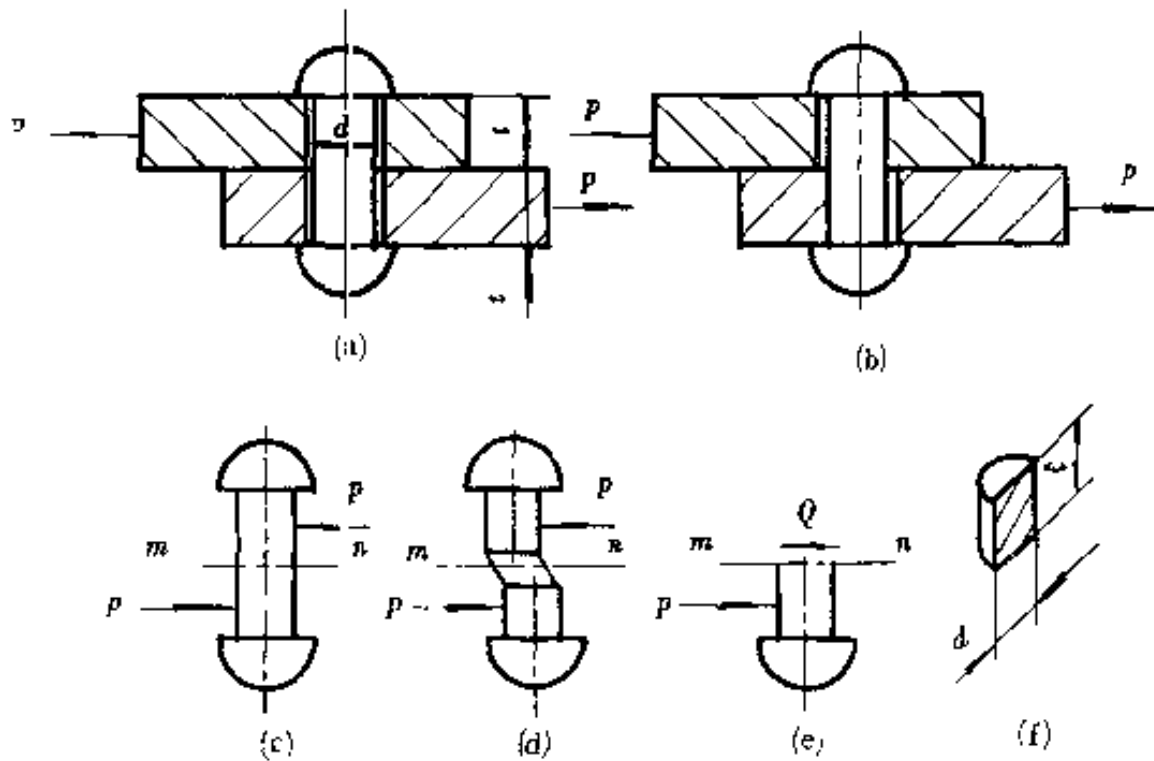


图 7-3 铆钉的受力分析

(1) 剪切力的计算 铆钉在 P 力的作用下，会产生如图 7-3 (d) 所示的变形，称为剪切变形。在与力平行的 mn 剖面位置上，铆钉内部存在着一个抵抗剪切变形的内力 Q ，见图 7-3 (e)。根据力的平衡条件有： $Q=P$

我们把此内力 Q 称为剪切力。同时假设剪切力在 mn 剖

面上是均匀分布的,把单位面积上的剪切力称为剪切应力,用 τ 表示

$$\tau = Q/F$$

式中： τ ——剪切应力 (MPa)

Q ——剪切力 (N)

F - 受剪切的剖面面积 (mm^2)

(2) 挤压力的计算 铆钉在 P 力的作用下,除在横断面上受剪切外,在钉杆与钉孔的接触面上,同时受到挤压,这个力称为挤压力。把挤压面上单位面积所受的挤压力称为挤压应力,用 σ_c 表示。由于铆钉杆与钉孔的接触面为半圆柱面,所以挤压应力的实际分布是很复杂的,为简化计算,在工程上一般取挤压面对应的直径平面(图7-3(f)中的阴影部分)面积作为挤压面面积,并假设挤压应力在其上是均匀分布的。于是有:

$$\sigma_c = P/F_c = P/(dt)$$

式中： σ_c ——挤压应力 (MPa)

P ——挤压力 (N)

F_c - 挤压面面积 (mm^2)

d ——铆钉直径 (mm)

t - 板料厚度 (mm)

板料钉孔内壁上会受到同样大小挤压力的作用,当板料强度较低时,也可能出现钉孔塑性变形甚至拉裂等破坏。考虑维修时更换铆钉比更换板料要容易和经济,所以设计时,板料的强度应比铆钉强度大一些。

12. 怎样进行铆接件的强度计算?

由于铆接件工作中有可能在外力作用下发生破坏,所以

设计铆接结构时，必须进行铆接件的强度计算。

图 7-4 所示为单排搭接的铆接结构。板料厚度为 t ，铆钉直径为 d ，边距为 l ，钉距为 a ，外作用力为 P ，铆钉数量为 n 。计算时假设每只铆钉受到同样大小的载荷。

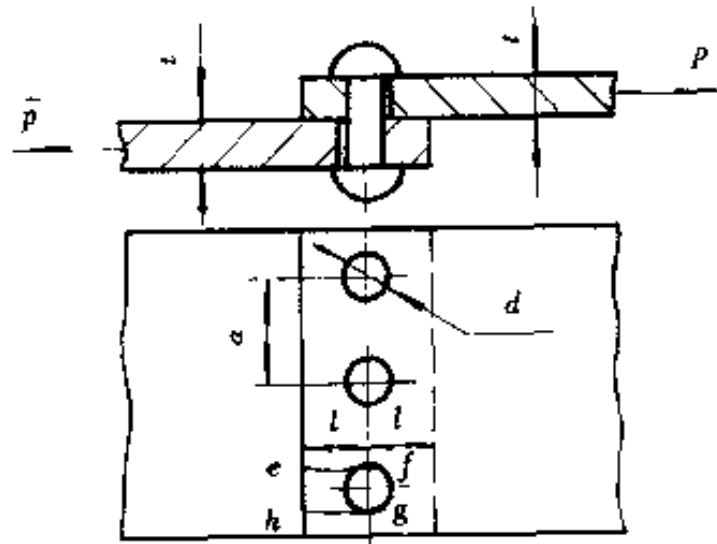


图 7 4 铆接件的强度计算

(1) 当板料厚度较大，铆钉直径相对较小时，有可能铆钉杆被剪断而发生破坏，这时，每只铆钉抗剪切强度计算公式为：

$$\frac{P}{n} \leq \frac{\pi d^2}{4} [\tau]$$

式中： P — 外作用力 (N)

n — 铆钉数量

d — 铆钉直径 (mm)

$[\tau]$ — 剪切许用应力 (MPa)

(2) 当板料厚度较薄，铆钉直径相对较大时，板料钉孔处的金属有可能因为挤压应力过大而产生塑性变形，发生破坏。板料抗挤压的强度计算公式为：

$$\frac{P}{n} \leq dt [\sigma_c]$$

式中： t ——板料厚度（mm）

$[\sigma_c]$ ——挤压许用应力（MPa）

(3) 当铆钉钉距过小时，板料有可能在经过钉孔中心的平面处发生断裂破坏，这时板料抗拉伸的强度计算公式为：

$$\frac{P}{n} \leq (a - d) t [\sigma_p]$$

式中： a ——钉距（mm）

$[\sigma_p]$ ——拉伸许用应力（MPa）

(4) 当铆钉边距过小时，板料有可能在铆钉的挤压下沿 ef 和 gh 平面剪断边缘，发生破坏。这时板料抗剪切的强度计算公式为：

$$\frac{P}{n} \leq 2lt [\tau']$$

式中： l ——边距（mm）

$[\tau']$ ——剪切许用应力（MPa）

13. 什么是拉铆？

拉铆是利用手工或压缩空气作为动力，通过专用工具，使特殊的铆钉变形，将铆接件铆合的一种铆接方法，它属于冷铆的一种。拉铆用到的主要材料和工具是抽芯铆钉和风动（或手动）拉铆枪。

抽芯铆钉的结构如图 7-5 所示，它主要由空心铆钉和芯棒两部分组成。一般空心铆钉常用防锈铝合金制作，芯棒的材料用低碳钢。抽芯铆钉有 K 形和 F 形两种：铆接后，钉头可以密封的称为 F 形，不能密封的称为 K 形。拉铆时的钉孔直径一般比铆钉直径大 0.1 mm 左右。

拉铆操作的主要工艺过程是：首先根据铆钉芯棒直径选

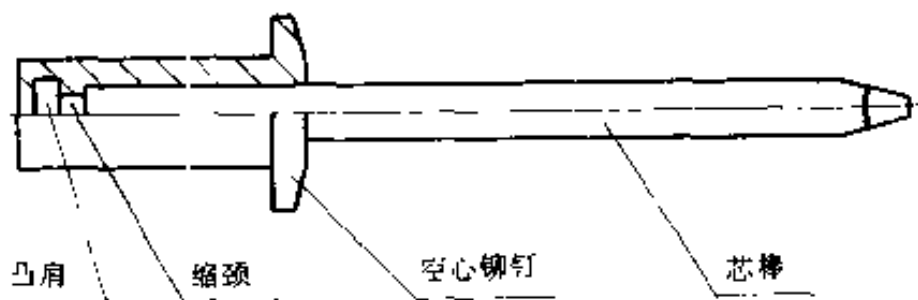


图 7-5 抽芯铆钉

定铆枪头的孔径，并调整导管位置，用螺母锁紧，然后将铆钉穿入钉孔，套上拉铆枪，夹住铆钉芯棒，枪端顶住铆钉头部，开动铆枪，依靠压缩空气产生的向后拉力，使芯棒的凸肩部分对铆钉形成压力，铆钉出现压缩变形并形成铆钉头，同时，芯棒由于缩颈处断裂而被拉出，铆接完成。

拉铆的特点是不需要顶钉操作，对于反面无法顶钉和结构复杂的构件是很方便的。但因铆钉为铝质，所以仅用于轻载的场合。

14. 铆接的结构设计中应注意哪些？

(1) 铆接结构应具有良好的开敞性，以方便操作。为保证铆接质量，提高铆接的寿命，设计时应尽量为机械化铆接创造条件。

(2) 强度高的、厚的、刚性大的被铆接件不应夹在强度低的被铆接件之间，而应放在外侧。

(3) 被铆接的零件不应多于 4 层。

(4) 位于力作用线上的铆钉数量不应多于 6 个。

(5) 铆钉镢头尽可能安排在材料强度高或厚度大的被铆接件一侧。铆钉镢头交替安排在被铆接结构的两侧也可以减少铆接变形。

(6) 铆钉材料强度高或被铆接件材料较软时, 或铆头可能损伤构件表面时, 在铆钉铆头处应加适当材料的薄垫圈。

(7) 铆钉材料一般应与被铆接件材料相同, 以避免因线膨胀系数不同而影响铆接强度, 或与腐蚀介质接触产生电化腐蚀。

15. 什么是焊接? 焊接分为哪些种类?

焊接就是通过加热或加压, 或加热与加压同时进行, 使用或不使用填充材料, 把焊件连接到一起的一种加工方法。

焊接目前已成为金属结构生产的主要加工方法之一。它在机械制造、船舶车辆、航空航天、建筑安装、化工设备等许多工业部门中得到广泛的应用。焊接与铆接、铸造加工相比, 具有节省材料、减轻重量、节省工时、强度高、改善劳动条件等很多优点, 所以焊接在相当大程度上已代替了铆接, 对于比较复杂的金属结构件也多采用焊接方法加工。

按焊接过程中金属所处的状态不同, 可把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三大类, 每一类中又包括一些不同的焊接方法。

(1) 熔焊 是在焊接时将焊件接头加热至熔化状态而不加压力完成焊接的方法。如电弧焊、气焊、真空电子束焊等。

(2) 压焊 是在焊接时对焊件施加压力, 同时加热或不加热, 来完成焊接的方法。如接触焊、冷压焊、超声波焊等。

(3) 钎焊 是在焊接时采用比母材熔点低的金属材料作钎料, 将焊件和钎料加热到高于钎料熔点但低于母材熔点的温度, 利用液态钎料润湿母材, 填充接头间隙并与母材相互扩散来实现连接焊件的方法。如气体火焰钎焊、铬铁钎焊等。

16. 交流电焊机有哪些种类？工作原理是什么？

交流电焊机是以交流电形式向焊接电弧输送电能的电源。为保证交流电弧稳定燃烧，要求交流电焊机应有较大的感抗。获得感抗的方法，一般是靠增加变压器本身的漏磁（漏感），或在正常漏磁变压器的次级回路中串联电抗器。所以交流手弧焊机可归纳为串联电抗器式和漏磁式两类。

(1) 漏磁式交流电焊机 漏磁式交流电焊机分为动铁式和动圈式两种。动铁式的结构原理如图 7-6 所示。它的铁芯是由“口”字型的固定部分及中间的活动部分组成，固定铁芯的一边绕着初级绕组 I 和部分次级绕组 II，其余的次级绕组 III 绕在固定铁芯的另一边上。工作时，通过中间的活动铁芯形成了一个磁分路，因而在初、次级绕组间产生了相当大的漏磁通，此漏磁通则产生稳定焊机焊接电流所需的漏抗。改变接线板的接线，即改变次级绕组的匝数和分布，可实现电流的粗调节；电流的细调节是通过改变活动铁芯的位置，即

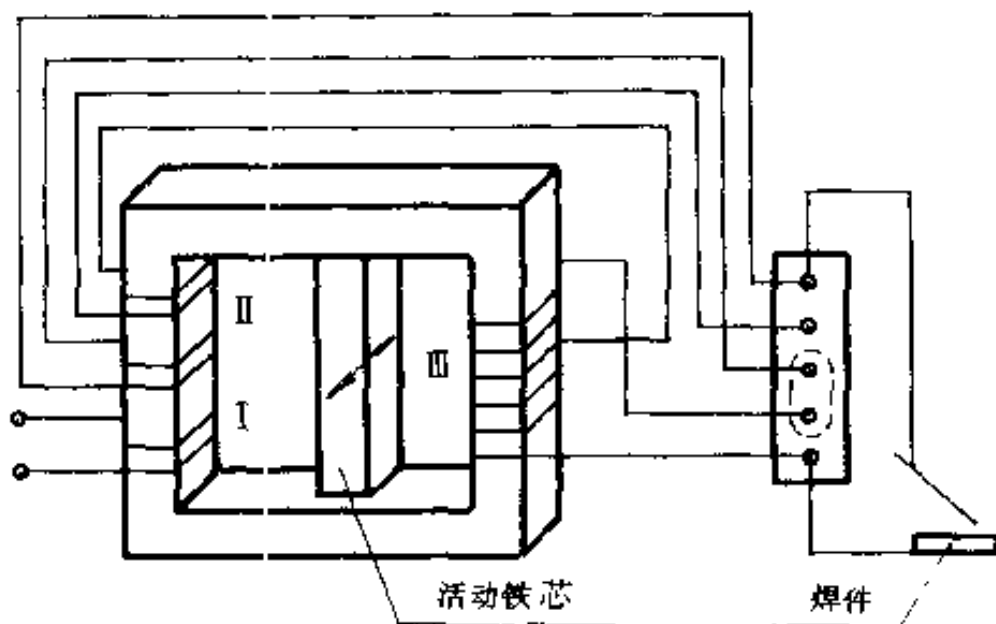


图 7-6 漏磁式交流电焊机

改变初、次级绕组间的漏磁通来进行的。

(2) 串联电抗器式交流电焊机 这种焊机由变压器和电抗器两部分组合而成。如图 7-7 所示。“H” 字型铁芯上部有部分是可动的，中部是变压器和电抗器的共用磁路。变压器的初、次级绕组 I、II 绕在两侧的柱芯上，电抗线圈 III 绕在铁芯上部并与次级绕组 II 串联。工作时，电抗线圈产生稳定焊接电流所需的感抗。电流的粗调节可通过改变线圈 II、III 的串联方式（顺接或反接）来实现；改变活动铁芯的位置、即改变磁路的间隙，可进行电流的细调节。

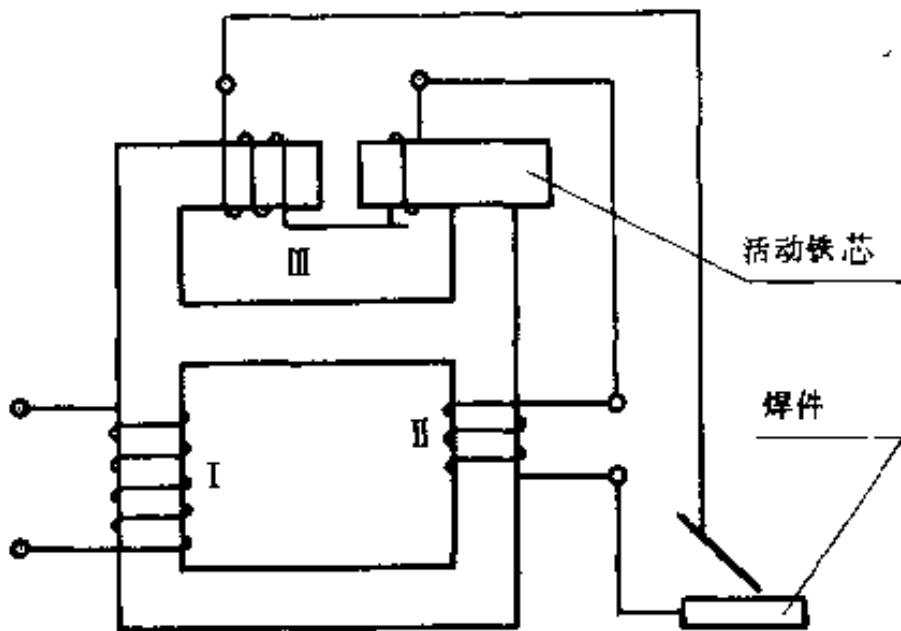


图 7-7 串联电抗器式交流电焊机示意图

17. 什么是直流电焊机？使用时为什么要注意极性的选择？

直流电焊机的基本结构如图 7-8 所示，它是由交流电动机带动直流发电机进行发电，焊接电流由电缆通过焊钳及焊件。

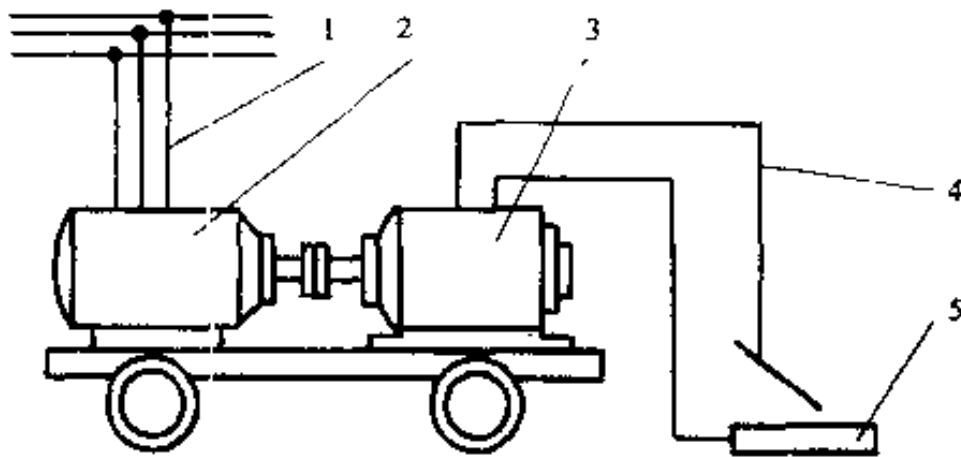


图 7-8 直流电焊机

1- 三相电源 2 电动机 3- 直流发电机 4- 电缆 5- 焊件

在使用直流电焊机焊接时应该注意极性的选择。当把焊件接正极、焊条接负极时，称为正接法；把焊件接负极、焊条接正极时，称为反接法。采用正接法焊件可获得更高的热量，而反接法时则获得的热量较低。所以，焊接时应根据具体情况合理选择极性接法。一般当焊件较厚或采用酸性焊条时，往往用正接法；在焊薄板、低合金钢或采用低氢型焊条时，往往用反接法。

18. 手工电弧焊的过程是怎样的？

手工电弧焊时，在焊条和焊件（即两个电极）之间的气体介质中，产生强烈而持久的放电现象而形成电弧，中心温度可达 6 000 度。在高热量的作用下，焊条和焊件焊口处熔化，冷却凝固后便完成了焊接。

焊接时，在电弧吹力的作用下，焊件熔化金属的底部形成凹坑，称为熔池，冷却后成为弧坑，如图 7 9 所示。焊条熔化的熔滴过渡到熔池上的金属，称为焊着金属，属于填充材料。焊条上的药皮熔化后和液体金属发生强烈的冶金反应，形

成的熔渣不断从熔池中向上浮起。药皮熔化时产生的二氧化碳气体包围着电弧,防止空气中的氧气进入而发生氧化反应。随着电弧的不断移动,焊条和焊件不断熔化,在新熔池不断形成的同时,旧熔池不断地冷却凝固,形成连续的焊缝。

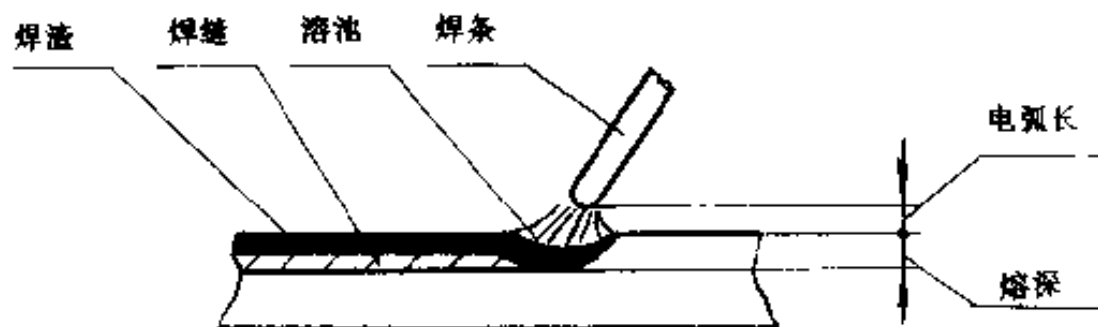


图 7-9 电弧焊过程

19. 焊条的构造和分类是怎样的?

(1) 焊条的构造 焊条在结构上可分为供焊接用的工作部分和供焊钳夹持的尾部;在组成上则由焊芯(金属芯)和药皮两部分组成。

焊芯的作用是传导焊接电流并构成焊缝的填充金属,手弧焊时,焊芯金属约占整个焊缝金属的 50%~70%。焊芯的材质可分为碳素结构钢、合金结构钢和不锈钢三类。一般所说的焊条直径都指的是焊芯的直径。

药皮包覆在焊芯的外面,它的作用主要是:造渣、造气、保护熔池,使焊缝金属不受外界的影响;去除如氧、氢、硫、磷等有害杂质和添加有益的合金元素,使焊缝获得合乎要求的化学成分和机械性能;使电弧稳定燃烧,飞溅少,焊缝成形好,易脱渣和提高熔敷效率。药皮成分由各种矿物质、铁合金和金属类、有机物类、化工产品(水玻璃)类等原料组成,按它们在焊接中的作用可分为稳弧剂、造渣剂、脱氧剂、

粘结剂等等。

(2) 焊条的分类 焊条按照药皮中所含酸碱性氧化物的强弱和含量分为酸性焊条和碱性焊条。酸性焊条对铁锈不敏感，焊接工艺性好，但脱氧不完全，焊缝的冲击韧性、抗裂性和塑性都较差，故适用于一般低碳钢及不重要的结构的焊接。碱性焊条脱氧能力强，且具有一定的脱硫能力，焊缝具有较好的塑性、韧性和抗裂性，适用于焊接高强度的低合金钢、特种性能的合金钢及其他重要结构。

焊条按照用途又可分为碳钢焊条、低合金钢焊条、不锈钢焊条、堆焊焊条、铸铁焊条、低温钢焊条、铜及铜合金焊条、铝及铝合金焊条、镍及镍合金焊条和特殊用途焊条等种类。

20. 怎样合理地选用焊条？

焊条的选用主要考虑下面的基本原则：

(1) 应考虑母材的机械性能和化学成分 在同种钢焊接时，可选用强度等级与母材相同或稍高的焊条；在不同钢焊接时，应按强度较低的母材来选用焊条；对于耐热钢和不锈钢等，应考虑使焊缝成分与母材成分相同或相近；当母材的碳、硫、磷含量高时，可选用抗裂性较好的焊条。

(2) 应考虑焊件的工作情况和使用环境 如当要求冲击韧性和延伸率较高时，应选用碱性焊条；当焊接部位有难于清理的铁锈和油污时，应选用酸性焊条。

(3) 应考虑焊件的结构特点和现场焊接设备条件 对于厚度较大、形状复杂的焊件，应选用抗裂性好的焊条；还应根据设备情况合理选用直流或交直流两用焊条。

(4) 应考虑焊接效率和生产成本 在保证性能要求和质量要求的前提下，应尽量选用生产效率高、价格低的焊条。

21. 如何选取焊接电流的大小?

焊接操作前必须合适选取焊接电流的大小。焊接电流过大时,焊条会因本身的电阻热而发红,使药皮变质甚至大块自动脱落,失去保护作用。同时,焊芯熔化过快,容易造成焊接质量缺陷。当焊接电流过小时,电弧不稳定,熔池深度不够,甚至使焊条粘在焊件上。

焊接时,决定焊接电流大小的主要因素是焊条直径和焊缝的空间位置。表 7-6 列出了不同直径的碳钢焊条合适的电流使用范围。

表 7-6 碳钢焊条的使用电流

焊条直径/mm	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	5.8
焊接电流/A	25~40	40~60	60~90	90~130	160~210	210~260	260~320

实际生产中,焊接电流的大小还受到焊件厚度、焊接位置等因素的影响。焊件厚度大或平焊时,可选用大一些的电流;当焊件较薄或立、横、仰焊时,应适当减小焊接电流。

对于没有电流表的电焊机,可从下面几方面判断电流是否合适:

(1) 看飞溅 当有大颗粒的铁水向熔池外飞溅,并出现较大的爆裂声时,说明电流过大。若电弧吹力弱、熔池浅、飞溅很小时,说明电流过小。

(2) 看焊缝 当焊缝低平且不规则,并有咬边现象,说明电流过大。若焊缝窄而高,且两侧与母材熔合不好时,说明电流过小。

(3) 看焊条 当焊条用去大半后,所剩焊条发红、药皮

脱落，说明电流过大。若电弧不稳，焊条与工件有粘连感时，说明电流过小。

22. 焊接时怎样引弧？

焊接开始时首先要引燃电弧，称为引弧。引弧时需将焊条末端与焊件表面接触形成短路，然后将焊条向上提起 3~4mm 的距离，电弧即引燃。

引弧一般有两种方法，即碰击法和擦划法，见图 7-10。碰击法是将焊条垂直地轻轻碰触焊件表面，形成短路后，迅速将焊条提起。擦划法是像划火柴一样，将焊条端部在焊件表面上轻轻划过，引燃电弧。

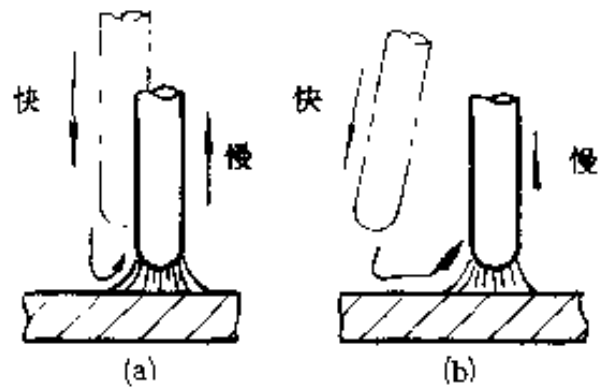


图 7-10 引弧方法
(a) 碰击法 (b) 擦划法

引弧时，由于焊件较凉，焊条药皮还没有充分发挥作用，会影响起点处的焊缝质量，所以通常在焊缝起点后面约 15mm 处引弧，电弧引燃后迅速将其移

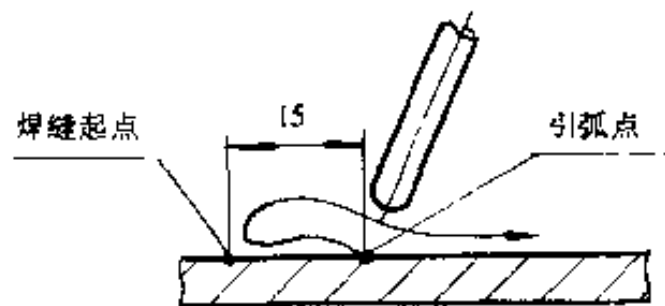


图 7-11 引弧点的位置






至焊缝起点并适当拉长，对焊件进行预热，预热后再将电弧压短，进行正常焊接，见图 7-11。这样可使焊缝整齐美观。为使焊缝起点处能够焊透，可将焊条作适当的横向摆动，并在坡口两侧边缘稍加停顿，以形成一定大小的熔池。

引弧时,也可以在焊件旁边放置小块铁板作为引弧板,在其上引燃电弧后再移至焊件上开始焊接。这种方法常在焊件较小或防止引弧时伤害焊件表面时采用。

23. 焊接时焊条有几种运动方法?

电弧引燃之后,就进入了正常的焊接过程,为保证焊缝质量和有良好的成形,焊条要有三个基本方向的运动:随着焊条的熔化,为维持所要求的电弧长度,焊条须向熔池方向逐渐送进;为获得一定的焊缝宽度,焊条须作横向摆动;为形成焊缝的延伸,焊条须沿接缝方向移动,移动速度称为焊接速度。几种常用的运条方法及适用范围见表 7-7。

表 7-7 常用的运条方法及适用范围

运条方法		运条示意图	适用范围
直线形运条法			<ol style="list-style-type: none"> 1. 3~5mm 厚度不开坡口的对接平焊 2. 多层焊的第一层焊道 3. 多层多道焊
锯齿形运条法			<ol style="list-style-type: none"> 1. 对接接头的平、立、仰焊 2. 角接头
月牙型运条法			<ol style="list-style-type: none"> 1. 对接接头的平、立、仰焊 2. 角接头
三角形运条法	正三角形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 对接接头 2. 角接头立焊
	斜三角形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 对接接头开坡口横焊 2. 角接头仰焊

(续)

运条方法		运条示意图	适用范围
环形运条法	正环形		1. 对接接头厚焊件平焊
	斜环形		1. 对接接头横焊 2. 角接接头平、仰焊
八字形运条法			1. 对接接头厚焊件平焊

24. 焊缝的连接有哪几种?

由于焊条长度的限制，一道焊缝常常需要多根焊条焊接完成，因而要求在焊接过程中前后照顾，使连接处既满足质量，又外形美观。焊缝的常用连接形式如图 7-12 所示。

(1) 顺序焊接 此时焊缝的连接如图 7-12 (a) 所示，后一焊缝的首端与前一焊缝的尾端相连。在前段焊缝收尾时，应减小焊条与工件的夹角，把弧坑里的熔渣向后赶一赶，随后，迅速更换焊条，在弧坑前约 10 mm 处引弧，并略微拉长电弧，预热连接处，然后引回弧坑，等弧坑填满后继续向前焊接。

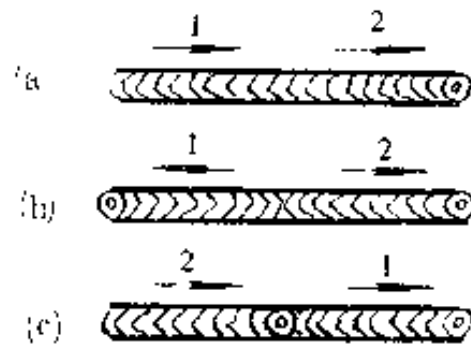


图 7-12 焊缝的连接形式

(2) 反向焊接 如图 7-12 (b) 所示，前后两焊缝的起始端相接。焊接前段焊缝时，起焊处焊条移动应快一些，使焊缝在起始处略低些。焊接后段焊缝时，应在前段焊缝起始处前面引弧，再拉至连接处继续焊接。

(3) 分段退焊 如图 7-12 (c) 所示, 后一焊缝的尾端与前一焊缝的首端相连。此时, 同样要求前段焊缝起焊处略低些, 使连接处焊缝的高低、宽窄均匀。后段焊缝收尾时, 应略微拉长电弧, 继续向前焊接约 10~20 mm, 再熄灭电弧。

25. 如何进行焊缝的收尾?

焊缝终了时, 应有一个收尾动作。否则, 若立即拉断电弧, 在焊缝收尾处会形成低于焊接表面的弧坑, 降低焊缝的强度。焊接时的收尾动作常有下面几种:

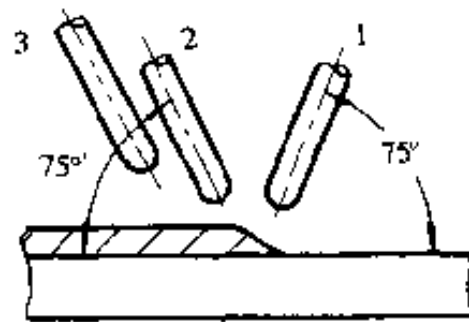
(1) 反复断弧收尾法 焊缝收尾时, 在短时间内, 多次熄灭和点燃电弧, 直到弧坑填满。这种方法适于薄板焊接, 大电流焊接和多层焊的底层焊接, 但在使用碱性焊条时不宜采用, 因为容易产生尾部气孔。

(2) 划圈收尾法 焊条在焊缝收尾处作圆周运动, 当弧坑被填满时再拉断电弧, 如图 7-13 (a) 所示。此方法适于焊接厚板, 若焊接薄板则有烧穿的危险。

(3) 后移收尾法 在焊缝收尾处, 焊条停止前进, 同时改变焊条角度, 由位置 1 转为位置 2, 待弧坑填满后, 再稍后移至位置 3, 然后慢慢拉断电弧, 如图 7-13 (b) 所示。此法对碱性焊条较为适宜。



(a)



(b)

图 7-13 焊缝的收尾

26. 焊接接头和坡口有哪些形式?

焊接时, 两块钢板连接的地方叫做焊接接头。根据两板

位置不同,焊接接头可分为对接接头、T形接头、角接接头和搭接接头等几种形式,如图7-14所示。

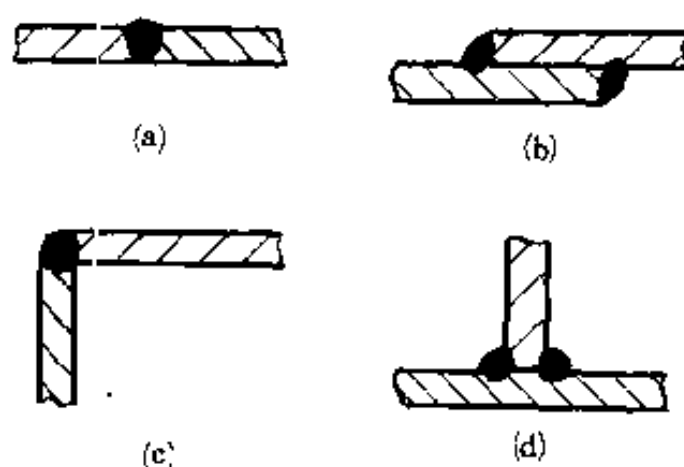


图7-14 焊接接头形式

(a) 对接 (b) 搭接 (c) 角接 (d) T接

当焊接厚度较大时,常在接头处开有一定形式的坡口。坡口的作用是使电弧能沿板厚熔入一定的深度,保证接头根部焊透、余高不过高、并获得良好的焊缝成形和便于清渣。

坡口的形式随接头形式、板件厚度和接头质量要求而不同,碳钢和低合金钢焊接接头的坡口形式和尺寸可查阅国家标准GB985—88。表7-8给出了对接接头坡口的几种常见形式。

表7-8 对接接头坡口的常见形式

坡口形式	坡口形状及尺寸	适用情况
I形坡口		板厚 $\leq 6\text{mm}$

(续)

坡口形式	坡口形状及尺寸	适用情况
Y形坡口		板厚为 3~26mm
双Y形坡口		板厚为 12~60mm
带钝边 U形坡口		板厚为 20~60mm
带钝边双 U形坡口		板厚大于 30mm

27. 焊接不同位置焊缝时应主要注意什么？

根据焊件接缝所处的空间位置不同，焊接位置一般分为平焊、立焊、横焊和仰焊。不同位置焊接时，施焊的难易程度不一样，操作时采用的技术方法和工艺参数也不相同。

平焊时，金属熔滴靠本身重量落入熔池，熔渣和铁水不易流散；操作者俯视焊缝，便于观察与控制焊接过程，所以平焊时较易保证焊接质量。因此在平焊时一般允许采用较粗的焊条和较大的电流，以提高生产效率。对接焊缝平焊时，焊条应对准焊缝间隙，两侧与板面保持垂直；在沿焊缝前进的方向上，与板面成 $65^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的倾角。当焊件板厚小于6 mm时，常用I型坡口；小于3 mm时，可只进行单面焊。对于较厚的焊件，可考虑采用其他形式的坡口，或采用多层焊及多层多道焊。角焊缝平焊时，焊条一般与两板成 45° 左右倾斜，同时与焊缝前进方向的夹角在 $65^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 左右。由于立板熔化的铁水有往下流的倾向，容易造成咬边和焊脚不对称，操作时应灵活改变焊条角度和停留时间。

对于其他位置的焊接，如立焊、横焊、仰焊等，共同存在的主要问题，是熔化的金属在重力作用下容易下流，使焊条熔滴过渡和焊缝成形困难，易出现质量缺陷。所以一般焊接时采用较小直径的焊条和比平焊时小 $10\%\sim 20\%$ 的焊接电流，电弧的长度也压得较短；焊接时要注意使焊条保持正确的角度，所处方向以有利于熔滴过渡并托住熔池为准；操作中还要根据不同位置的焊缝，选用合适的运条方法。焊条角度和运条动作要在焊接过程中根据熔池的形状和大小不断加以调整，以获得良好的焊缝成形和焊接质量。

28. 什么是定位焊?

定位焊也叫点固焊。它的作用是把装配好的各焊件固定住,以保证整体焊接后构件的正确几何形状。定位焊焊缝要作为整体焊接的一部分留在焊接结构中,所以对定位焊一定要注意焊接质量。

定位焊要注意下面几方面的问题:

(1) 定位焊应保证一定的强度,以使构件在后续装配或整体焊接中不发生破裂或变形,这就要求定位焊应有适当的长度和较大的熔深。

(2) 因为定位焊为间断焊,热量不集中,工件温度较低,所以选用的电流应比整体焊接时增大 10%~15%。

(3) 定位焊的起头和收尾处应圆滑且不应过陡,为整体焊接时的焊缝接头提供方便。

(4) 应适当选择定位焊的次序及位置。当平板装配时,定位焊应由中间向两边进行;在接缝交叉处和接缝方向急剧变化处不应进行定位焊,而应离开 50 mm 左右。

(5) 定位焊缝的长度及间距一般根据工件厚度和形状来决定,其尺寸可参考表 7-9。对某些易影响构件变形的重要部位,可适当增加定位焊缝的数量和尺寸。

表 7-9 定位焊缝的参考尺寸 (mm)

焊件厚度	焊缝高度	焊缝长度	焊缝间距
<4	<4	5~10	50~100
4~12	4~6	10~20	100~200
>12	约 6	15~30	100~300

29. 电弧焊接可能产生哪些缺陷？是什么原因造成的？

在焊接操作过程中，由于准备工作、工艺参数选择和操作方法等不适当，都可能造成焊缝缺陷，影响产品的质量。常见的焊接缺陷和产生原因见表 7-10。

表 7 10 常见的焊接缺陷及产生原因

缺陷种类	缺陷特征	主要原因
焊缝尺寸不合要求	焊缝外形尺寸如长度、宽度、余高、焊脚等不符合要求，焊缝成形不良	运条动作不正确；焊接速度不合适；焊件坡口角度不当
裂 纹	在焊缝或母材热影响区内产生裂纹，裂纹可能出现在金属表面或内部	焊件或焊条中含有较多的低熔点杂质；焊接顺序或焊接参数不合适增大焊接应力；焊件温度变化过快
气 孔	在焊缝金属内部或表面形成空穴	工件坡口上有油、锈等杂物；焊条受潮；电弧过长、电流过小或焊速过快；碱性焊条极性不对
夹 渣	焊后有熔渣残留在焊缝中	焊接电流太小或焊速过快；运条方法不当；工件焊前未清理干净
未焊透 未溶合	焊接时，接头根部未完全熔透 焊道与母材、焊道与焊道间未完全熔化结合	焊接电流太小或焊速过快；坡口角度太小或钝边太厚；运条方法不当；坡口表面或前道焊缝表面未清净；预热不充分
咬 边	在焊缝的边缘部位产生沟槽或凹陷	焊接电流过大；焊条角度不合适；运条方法不当

防烫伤、触电和弧光伤害眼睛。

(2) 焊前应检查工作场地周围是否有易燃易爆物品，焊机电气系统的导线绝缘是否良好等，防止触电、失火和爆炸等事故。

(3) 在四周有人的地方操作，应设置防光屏，防止弧光伤眼。

(4) 高空作业时，应遵守有关高空作业安全操作规程的规定。

(5) 严禁焊接密闭及带有压力和可燃气体、可燃液体的容器。必要时，应留有出气口，并将容器清洗干净后，才可操作。

(6) 电焊设备启动后，人体不可接触带电部位。移动或检修电焊设备时，应先切断电源。

(7) 焊钳手柄应有良好的绝缘，焊接时手套应保持干燥。

(8) 在容器内焊接，要有绝缘垫板及用低电压的照明、鼓风和抽风设施，并需有人在外监护。

(9) 工作结束后，要将水、电、气等开关或阀门关好，清理场地，并将焊机及有关工具放回适当位置。

32. 什么是气焊和气割？

气焊是利用可燃气体乙炔与助燃气体氧气通过焊炬混合后燃烧形成的火焰，将焊件焊缝处加热至熔化状态，形成熔池，然后用熔化的焊丝金属填充熔池，使接缝处熔合成一体，冷却后即形成牢固的焊接接头。

由于气焊具有加热均匀、缓慢，气体火焰长度调整方便，焊丝与火焰互相独立等特点，目前主要被用于焊接薄板、熔点较低的有色金属，需要预热和缓冷的工具钢、铸铁以及钎

焊和堆焊工件，同时还广泛应用于修复损坏零件的补焊等。

气割是利用气体燃烧的火焰，将钢件预热到燃点温度，然后开启割炬上的切割氧，使高压氧气流喷射在红热的钢件上，使之发生剧烈的燃烧而成为液态的氧化铁熔渣，同时放出大量的热，并将熔渣从切口中吹掉，形成一条狭小整齐的割缝，将工件分离开。为使气割顺利进行，要求金属材料的燃点必须低于熔点；金属材料燃烧生成的氧化物熔点应低于金属本身的熔点，同时流动性要好；金属燃烧时应能放出大量的热，且金属本身的导热性要低。

由于上述条件的限制，气割目前主要应用于低碳钢和普通低合金钢。气割对钢材的厚度范围适应性较大，能进行空间各种位置的切割，与其他切割方法比较，具有设备简单、灵活方便、效率较高的特点，所以，在金属构件的制造和维修中得到广泛的应用。

33. 气焊和气割时使用哪些设备和工具？

气焊时使用的设备和工具主要有氧气瓶、氧气减压器、乙炔发生器、回火防止器、焊炬、连接软管、焊丝等，工作时它们的布置情况如图 7-15 所示。气割时所用设备和工具与气焊基本相同，只是用割炬代替焊炬。

氧气瓶是储存和运输氧气的高压容器。其容积一般为 40 L，工作压力为 15 MPa，每瓶可装 0.1 MPa 的氧气 6000 L，即 6 m³。氧气瓶应正确地使用与保管，以避免发生危险。放置时必须平稳可靠，不应与其他气瓶混放；氧气瓶应离开焊割工作地或其他火源 5 m 以上；氧气的通道、特别是氧气瓶阀门处严禁沾染油脂；夏季使用时要防晒晒；冬季阀门冻结时，可用热水解冻，严禁火烤。

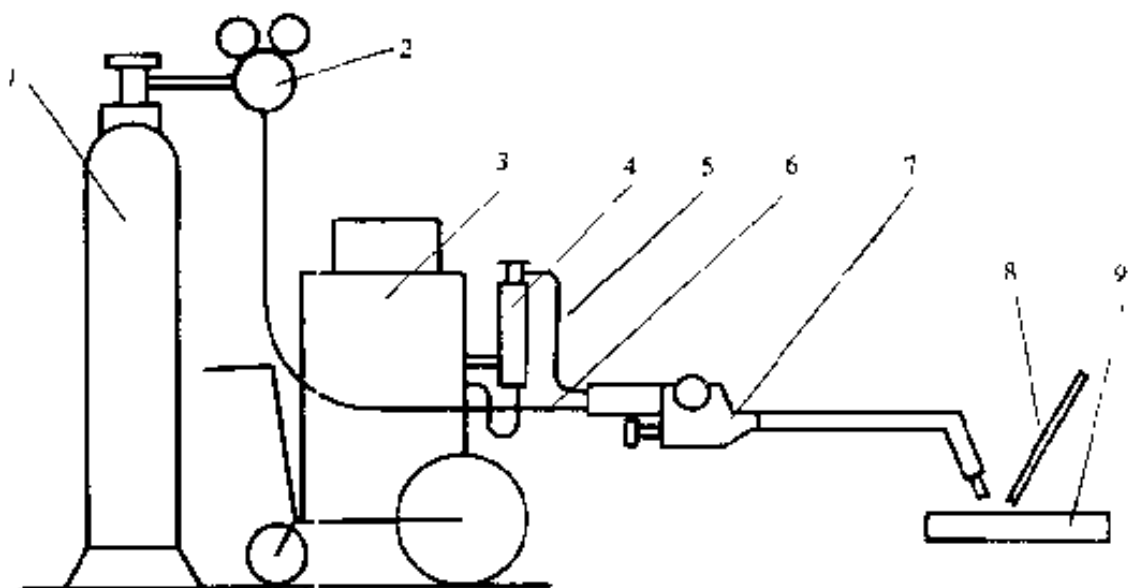


图 7-15 气焊设备和工具示意图

- 1—氧气瓶 2—氧气减压器 3—乙炔发生器 4—回火防止器
5—乙炔管 6—氧气管 7—焊炬 8—焊丝 9—焊件

氧气减压器是用来将气瓶中的高压氧气减低为工作时需要的低压稳定气体。两个压力表分别反映出气瓶内气体和减压后气体的压力。安装减压器前，要把瓶嘴接口处的杂质清除干净；安装时要保证各接头连接完好，无滑丝现象；安装后应检查压力表工作是否正常，各接头有无漏气现象，待正常后方可工作。

乙炔发生器是利用电石和水相互作用以制取乙炔的设备。乙炔发生器的种类很多，在结构上基本由发气室、储气室、安全保护装置、排水去污装置和回火防止器等部分组成。回火防止器是用来防止因供气不足或气路阻塞时，火焰沿乙炔管路回燃而引起爆炸事故的安全装置。乙炔是易燃易爆气体，使用乙炔发生器时，必须遵守安全操作规程的规定。

焊炬的功用是使可燃气体与氧气按需要的比例均匀混合，并由焊嘴喷出，燃烧后形成稳定的焊接火焰。割炬的作用除使气体混合燃烧以形成具有一定热能和形状的预热火焰

外，还能在预热火焰的中心喷射出切割氧气流。乙炔和氧气是通过橡皮连接软管送至焊炬或割炬的，为便于识别，氧气管和乙炔管应采用不同的颜色。

34. 如何进行焊接火焰的点燃、熄灭和调节？

(1) 火焰的点燃 开始点火时，可先稍稍打开氧气阀，放出微量的氧气，然后打开乙炔阀，放出少量的乙炔。两种气体在焊炬内混合后，由焊嘴喷出，这时把火源接近焊嘴即可点燃。点火时注意把手偏向焊嘴的一侧，以防烧伤。火焰点燃后，可分别调节氧气阀和乙炔阀，以获得所需要的火焰性质和火焰功率。如果点火时氧气压力过大或乙炔内含有空气，会出现不易点燃甚至“放炮”声，这时可减小氧气送给量或放出不纯的乙炔，再进行点火。

(2) 火焰的熄灭 熄灭火焰时，应先关闭乙炔，后关闭氧气。若先关闭氧气则会出现碳丝或因压力不足而产生回火现象。

(3) 火焰的调节 火焰的调节包括火焰性质的调节和火焰功率的调节。

根据焊炬中氧气与乙炔气的混合比例不同，可形成中性焰、碳化焰和氧化焰三种性质的火焰。其中中性焰是氧气与乙炔气混合比为1.1~1.2时的火焰。中性焰对熔化的金属既没有氧化作用，也没有碳化作用，适用于大多数金属及其合金的焊接。刚点燃的火焰一般为碳化焰，要调至中性焰，可逐渐增加氧气，火焰由长变短，颜色由淡红色变为蓝白色，直至焰心及外焰的轮廓显得特别清楚，内外焰间的明显界限消失为止。

火焰功率的大小，主要取决于氧—乙炔混合气体的流量。

流量的粗调靠更换焊嘴，细调靠调节气体的开关阀。生产中，应根据焊件厚度及材料性能的不同，选择适当的焊炬型号及焊嘴号码，并通过细调来获得功率合适的火焰。对于中性焰，减少功率时，应先减少氧气后减少乙炔；增加功率时，应先增加乙炔后增加氧气。

35. 气焊操作有哪些基本技术？

(1) 左焊法和右焊法 气焊操作时，一般用右手拿焊炬，左手拿焊丝。焊丝与焊嘴沿焊缝由右向左移动，焊丝位于火焰的前方，称为左焊法，如图 7-16 (b) 所示。此时，焊接火焰指向待焊金属，有利于减小熔深和防止烧穿，适于薄板和易熔金属的焊接。此法操作简便，易于掌握，是气焊中普遍采用的一种操作方法。焊接时焊丝与焊嘴沿焊缝自左向右移动，焊丝位于火焰的后方，称为右焊法，如图 7-16 (a) 所示。此时，焊接火焰指向已焊好的焊缝，加热集中，熔深较大，火焰对焊缝有保护作用，可减少气孔、夹渣的可能性。但操作不易掌握，且目前厚板多采用电弧焊，所以这种操作方法已很少采用。

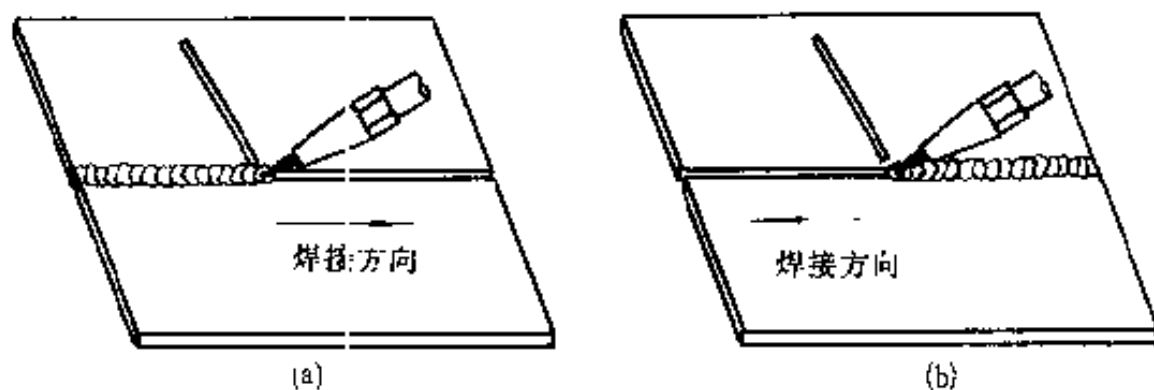


图 7-16 左焊法和右焊法

(2) 焊嘴倾角 焊嘴倾角指焊嘴与焊件间的夹角，它的

大小随焊件厚度和热物理性质而不同。焊件厚度越大、熔点越高、导热性越好,则倾角越大。对于低碳钢焊件,焊嘴倾角与焊件厚度的关系如图 7-17 所示。

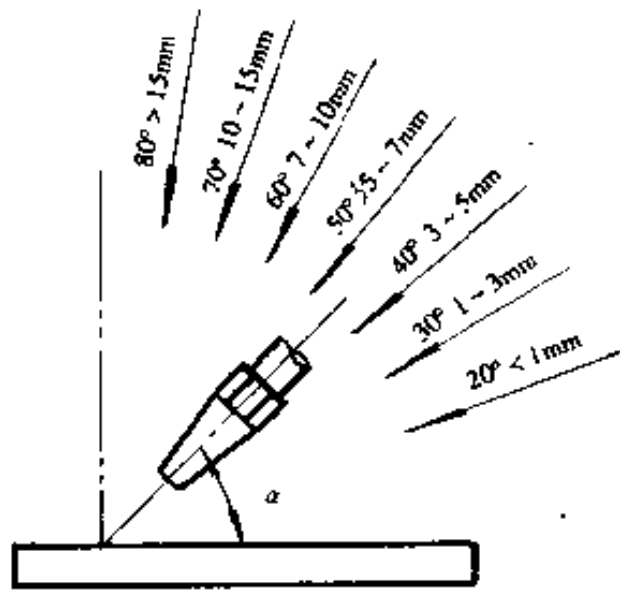


图 7-17 焊嘴倾角

另外,在起焊时,工件温度低,为使工件充分受热以尽快形成熔池,焊嘴倾角要大些。当焊接收尾

时,为更好地填满弧坑和防止烧穿,焊嘴倾角应适当减小。

(3) 焊炬和焊丝的运动 焊接操作时为得到保证质量、成形良好的焊缝,焊炬和焊丝应作均匀协调的运动。一般情况下,焊丝只作上下运动,使焊丝熔滴均匀地填满熔池。在焊接铸铁和有色金属时,焊丝还应搅拌熔池,挑出熔渣。操作时应根据工件厚度、材质、焊缝位置等采用适当的运动方法。平焊时几种常用的运动方法如图 7-18 所示,其中

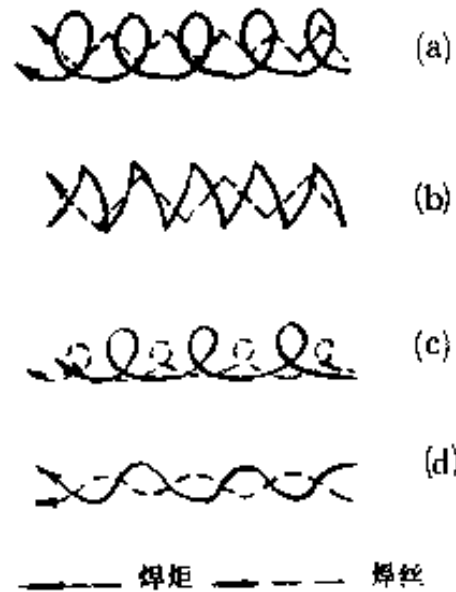


图 7-18 焊炬和焊丝的运动方式

(a)、(b) 适用于较厚的焊件, (c)、(d) 适用于较薄的焊件。

(4) 焊接速度 焊接速度的快慢直接与产品质量和生产率有关,一般由焊工根据操作经验和工况条件酌情掌握。在保证焊接质量的前提下,尽可能提高焊接速度,提高生产率。

36. 气割前应进行哪些准备工作?

(1) 去除割件切口附近表面的铁锈、油脂、尘垢等。割件应垫平并在下面留有一定的间隙, 以利于熔渣吹出。割件的支撑点要合理选择, 防止切割时产生过大的变形。为不使操作者烧伤, 必要时可设置挡板。

(2) 应仔细检查整个切割系统的设备和工具是否正常, 工作场地是否符合安全操作要求, 如遇问题应及时解决。

(3) 根据割件厚度选择合适的割炬型号和气割工艺参数。

(4) 将氧气和乙炔调至所需压力。点燃割炬并将预热火焰调整适当, 然后打开切割氧阀门, 检查切割氧流即风线形状。风线应为清晰而笔直的圆柱形状, 并具有适当的长度, 这样才能保证切口表面的宽窄一致、光滑干净。若风线形状不规则, 应关闭所有阀门, 对割嘴内表面进行修整。

37. 气割具有哪些主要的工艺规范?

(1) 割嘴号码及切割氧压力 割嘴号码及切割氧压力主要根据工件厚度来确定, 见表 7-11。氧气压力过大, 不但浪费氧气, 而且影响氧流形状, 使切口加宽且表面粗糙。而氧气压力过低, 会降低切割速度, 甚至割不透。

表 7-11 割嘴号码、氧气压力与割件厚度的关系

割件厚度 /mm	割 炬		氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa
	型 号	割嘴号码		
≤4	G01-30	1~2	0.3~0.4	0.001~0.12
>4~10		2~3	0.4~0.5	

(续)

割件厚度 /mm	割 炬		氧气压力 /MPa	乙炔压力 /MPa
	型 号	割嘴号码		
>10~25	G01-100	1~2	0.5~0.7	0.001~0.12
>25~50		2~3	0.5~0.7	
>50~100		3	0.6~0.8	
>100~150	G01-300	1~2	0.7	0.001~0.12
>150~200		2~3	0.7~0.9	
>200~250		3~4	1.0~1.2	

(2) 预热火焰功率 气割时, 预热火焰应采用中性焰。火焰功率的大小主要根据割件厚度来适当调节。功率过大时, 割件切口边缘棱角被熔化; 过小时, 会增加预热时间、减慢切割速度或割不透。

(3) 割嘴与割件表面的相对位置 割嘴与割件表面的距离应使焰心末端距割件表面 2~5 mm 为宜, 这时预热火焰的最高温度区刚好处在切割面上。距离过近, 易使割嘴堵塞或切口表面熔化; 距离过远会因切割氧压力不够而造成割不透。

割嘴的倾斜角度根据割件厚度确定。直线切割时, 当割件厚度小于 20 mm, 割嘴应沿切割方向后倾 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 厚度大于 20 mm 时, 割嘴应垂直于割件表面。曲线切割时, 不论割件厚度如何, 割嘴都应与割件表面垂直。

(4) 气割速度 气割速度应与切口整个厚度上金属的燃烧速度相适应。速度过小会使切口过宽、边缘熔化, 薄板会产生过大的变形。速度过大会造成切口下部燃烧比上部慢, 出现较大的后拖现象, 甚至割不透。切割速度还与切口的尺寸精度要求有关。手工气割时, 通常由操作者凭经验合理控制。

38. 气割的过程是什么？

气割是利用气体火焰（如氧—乙炔、氧—液化石油气等）将割件预热到燃点，再向此处喷射高纯度的高压氧气流，使金属剧烈氧化燃烧并形成金属氧化物（熔渣），同时放出大量的热，再借助高压切割氧气的吹力将燃烧产生的熔渣吹掉。与此同时，燃烧和预热火焰放出的热量又进一步加热下层金属达到燃点。随着割炬的移动，这种预热—燃烧—吹渣的过程不断地进行，即形成切口，如图 7-19 所示。可见，金属的气割过程实质是金属在纯氧中的燃烧过程。

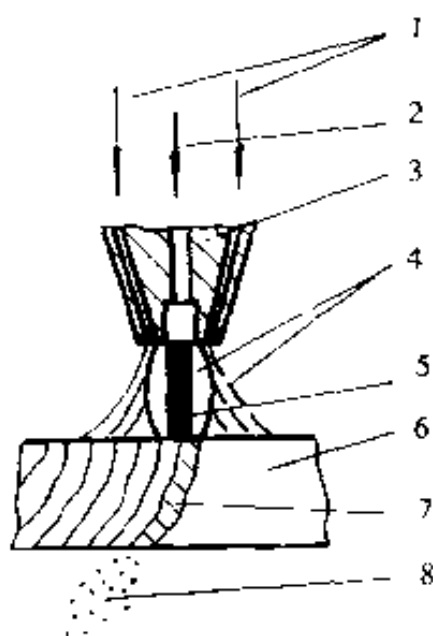


图 7-19 气割过程示意图

- 1 - 氧和乙炔气 2 - 氧气 3 - 割嘴 4 - 预热火焰
5 - 高压氧气流 6 - 割件 7 - 预热区 8 - 熔渣

39. 手工气割具有哪些基本操作？

(1) 起割 当完成气割前的准备工作并确定合适的工艺参数后，即可点火切割。切割时应保持合适的操作姿态，一般用右手握住割炬手把，右手拇指和食指靠住手把下面的预

热氧气调节阀，以便随时调整预热火焰。左手的拇指和食指把住切割氧气阀开关，其余三指平稳地托住割炬混合室，以控制切割方向。切割方向一般是自右向左切割。

起割时，应首先在割件边缘预热，等割件边缘呈亮红色达到燃点时，将预热火焰部分移出工件边缘并慢慢打开切割氧气阀门，这时若看到熔渣被氧射流吹掉，可逐渐开大切割氧气阀，待听到割件下面发出“噗、噗”的声音时，说明起割处已经割透，可以根据割件厚度以适当的切割速度向前切割。

(2) 途中割 顺利起割后便开始了途中气割。途中气割时，操作者的姿势应保证割炬移动方便并具有较长的割线。割炬的移动要平稳均匀，割嘴离工件的距离保持不变。

当需要移动身体位置时，应关闭切割氧气阀门。待身体移动后，再对接割处进行适当预热，并慢慢打开切割氧气继续向前切割。

在切割过程中，有时由于割嘴过热或飞溅物堵塞割嘴，火焰突然熄灭并在割嘴处伴有爆鸣声，发生回火现象。这时应迅速关闭乙炔阀门，或拔下乙炔软管，使回火的火焰气体排出。等割嘴稍凉后，可用通针除掉割嘴口处的飞溅物，再重新点火切割。

(3) 气割的收尾 气割临近终点时，割嘴应沿切割方向向后稍稍倾斜一些，以使割件尾端下部先行割透，得到整齐的收尾割缝。气割结束后，要迅速关闭切割氧气阀，然后再先后关闭乙炔阀门和预热氧气阀门。

40. 机械气割及其所用设备有哪些？

机械气割是以机械来代替手工操作进行气割的方法。与

手工气割相比，它具有劳动强度低、切口质量好、生产效率高、生产成本低等优点，已在许多工业部门得到广泛的应用。

(1) 小车式火焰气割机 安装在小车上的割炬可随小车沿轨道作直线运动或与半径杆配合作圆周运动，进行直线或圆弧的气割。小车的行走速度就是切割速度，可依割件情况无级调节。由于割嘴角度可以倾斜，所以不仅可用于直边切割，也可切割不同形式的坡口。此种切割机的特点是结构简单、重量轻、移动和操作方便。

(2) 摇臂仿形气割机 这种切割机主臂的两端分别安装着割炬和磁性头，当磁性头沿着样板移动时，割炬就能切割出与样板形状相同的零件。零件形状和尺寸的准确程度主要取决于样板的制造质量及精度。这种切割机适于切割各种形状的中、小零件，切割精度高，在成批生产时优越性更大。

(3) 光电跟踪气割机 先把要切割的零件形状按照一定比例绘制成仿形图，工作时，利用光电感应原理，使光电跟踪器自动跟踪仿形图上的线条，从而来控制割炬按线条所规定的方向运动，完成气割加工。这种气割机的特点是可直接根据预先绘制的零件仿形图进行气割，不但简化了加工工艺、提高了生产效率，而且设备工作更加稳定，切割质量要高于仿形气割机。

(4) 数控气割机 它主要由数字程序控制机构和气割执行机构两部分组成。工作时，先根据零件的几何形状和尺寸编制出控制程序，程序送入专用计算机进行运算处理，并通过执行机构带动割嘴作出规定的运动。数控气割机的特点是割嘴的运动由程序控制，进一步简化了加工工艺，为自动化加工打下基础；同时气割的质量和精度更高，并大大改善了劳动条件。

41. 气焊和气割时有哪些主要的安全技术?

(1) 对氧气瓶、减压器和乙炔发生器等设备使用前要进行检查, 操作时, 应严格遵守相应的操作规程。

(2) 焊炬和割炬在使用前, 应检查其射吸能力及是否漏气。检查乙炔、氧气胶带及各接头有无漏气现象。

(3) 操作前要清除工作场地周围 5 m 范围内的易燃易爆物品, 穿戴好安全防护用品。高空作业时, 必须使用安全带, 并防止火花溅落伤人或引起火灾。

(4) 发生回火或鸣爆时, 应立即关闭乙炔及氧气阀门。待焊炬或割炬冷却后再开氧气吹掉里边的黑灰, 才可重新点火。

(5) 严禁操作时把已点燃的焊炬或割炬随便卧放在工件或地面上。要注意防止热工件烫坏氧气和乙炔皮管。

(6) 对各种容器或管道进行操作时, 应了解里边装的是什么液体或气体, 检查所有的阀门是否已打开, 残余的液体或气体是否清除干净, 否则不能操作。严禁在带电设备和密封容器上进行焊割。

(7) 操作自动切割机时, 要遵守其操作规程, 防止触电。

(8) 离开工作场地时, 应关闭氧气、乙炔阀门, 收好所用设备及工具, 并检查场地周围, 熄灭火种。

42. 什么是钎焊? 钎焊分为哪几种?

钎焊是采用比母材金属熔点低的金属材料作为充填金属(钎料), 将焊件和钎料加热到高于钎料熔点, 但低于母材熔点的温度, 熔化的钎料润湿并填满接头间隙, 利用钎料与母材的相互扩散实现连接焊件的方法。由于钎焊时母材金属并不熔化, 所以加热温度相对较低。这不仅对母材金属的组织

和性能影响较小，焊接变形小，接头外观质量好，而且操作过程简单。因此钎焊在钣金行业中有着广泛的应用。

钎焊时所用的热源可采用不同的形式。按热源的不同，钎焊可分为：铬铁钎焊、气体火焰钎焊、高频感应钎焊、电接触钎焊等不同种类。

43. 钎焊时如何选用钎料？

钎料是钎焊时用来连接焊件接头的填充材料，所以钎料的选择直接影响到焊接质量。钎料的熔点要比焊件母材金属的熔点低；钎料应具有良好的润湿性、流动性及扩散能力；钎料的热胀冷缩系数应接近于母材金属，以防止产生焊缝裂纹。根据熔点高低，钎料分为硬钎料和软钎料两类。

(1) 硬钎料 也称为难熔钎料。它的熔点一般在 $450\text{C} \sim 500\text{C}$ 以上，能保证接头具有较高的强度和在较高温度下工作。这类钎料主要有铜锌钎料、铜磷钎料、银基钎料、铝基钎料等几种。

(2) 软钎料 也称为易熔钎料。熔点一般在 450C 以下，常用于焊件受力不大、工作温度不高的场合，如仪表、电器、日用品等。这类钎料主要有锡铅钎料、镉银钎料、锌锡钎料和锌镉钎料等。

选择钎料时，应根据焊件的工作环境及受力情况决定使用硬钎料还是软钎料，同时要注意接头的抗腐蚀性能。钎料的熔点一般应比焊件金属低 $40\text{C} \sim 60\text{C}$ 。

44. 钎焊时为什么要使用钎剂？

钎焊时，焊件金属表面虽在焊前经过清理，但由于受热，会使金属表面重新发生氧化，增加了焊接的困难。钎剂的功效

能就是保护熔化的钎料和金属表面免受氧化。钎剂熔化后覆盖在焊口处，隔绝空气，起到机械保护作用，同时还能改善液态钎料对基本金属的润湿作用，以获得致密牢固的钎焊接头。

不同的钎料和钎焊方法应选用不同的钎剂。使用软钎料时，钎剂可用氯化锌，为增加钎剂的活性还可加入氯化铵。对于怕腐蚀零件，可用松香、松香-酒精溶液等有机熔剂。对于铝及铝合金可用氯化物和氟化物组成的钎剂。

使用硬钎料时，广泛采用以硼为基本元素的硼化物作为钎剂。

45. 气体火焰钎焊有哪些操作工艺？

气体火焰钎焊主要采用氧—乙炔火焰来加热，一般使用硬钎料及其相应的钎剂。气体火焰钎焊的主要操作工艺有：

(1) 选择接头形式 钎焊时的接头形式如图 7-20 所示。其中斜接接头不易制作、对接接头强度较低，一般较少使用。

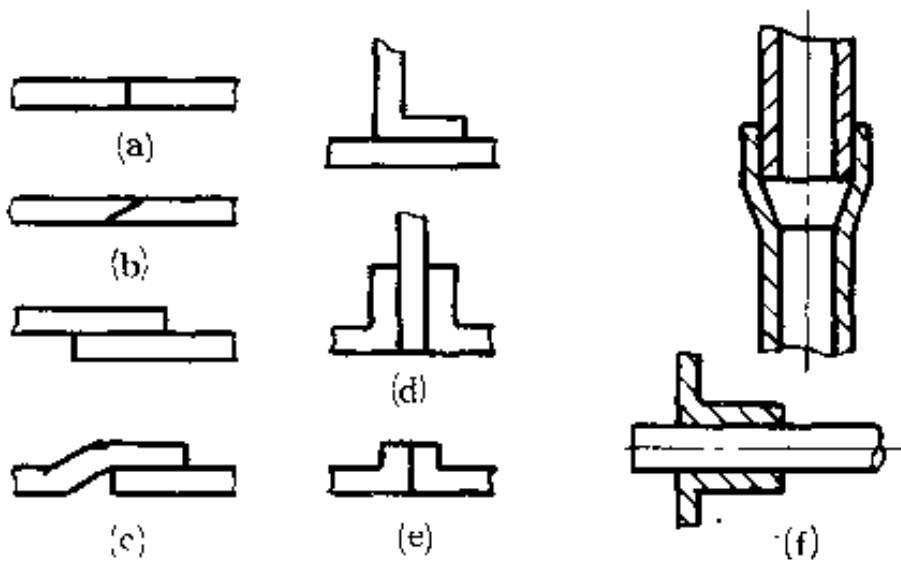


图 7-20 钎焊接头形式

(a)对接 (b)斜接 (c)搭接 (d)丁字接 (e)卷边 (f)套接

对于搭接、丁接、卷边和套接等接头，因为增大了接触面积，故提高了焊缝强度，是较常用的接头形式。

(2) 选择接头预留间隙 预留间隙可根据焊件金属和使用钎料的种类进行选择。参见表 7-12。

表 7-12 钎焊接头预留间隙

焊件金属	钎料	预留间隙/mm
铝及铝合金	铝基钎料	0.05~0.30
铜及铜合金	铜磷钎料	0.02~0.15
	铜锌钎料	0.05~0.30
	银钎料	0.03~0.20
不锈钢	银钎料	0.05~0.15
	铜锌钎料	0.05~0.30
	镍基钎料	0.05~0.20
钢	铜锌钎料	0.05~0.30
	银钎料	0.05~0.20

(3) 清理焊件 为保证钎焊质量，焊前应对焊件接头表面进行清理。可用砂布、砂轮、锉刀、酸洗等方法去锈。对于油污可用汽油、四氯化碳等有机溶液清洗。

(4) 钎焊操作 首先用轻微碳化焰的外焰加热焊件，焰心距焊件表面稍远些以增大加热面积。待焊件加热到接近钎料熔点温度时，将钎剂涂于焊件结合处，并用外焰加热使其熔化，然后将钎料与被加热的焊件接触，使熔化的钎料渗入接头的间隙中。钎焊温度一般高于钎料熔点 30℃~40℃为宜。钎焊后，要等到钎料完全凝固时才可移动焊件。

46. 烙铁钎焊时对其温度有什么要求？

烙铁钎焊时一般有电烙铁和火烙铁两种。火烙铁头部分成锤形、锥形等各种形状以适于不同的焊缝。焊接时要求烙铁的温度高低适中，可以把加热后的烙铁放在氧化锌溶液中蘸一下，若发出短促的油炸声且烙铁头呈极亮的白色，则说明温度合适。

烙铁温度过高，会使烙铁头部氧化，挂不上锡。烙铁温度过低，会难以熔化钎料，或者使焊件加热温度不够，造成锡钎料熔解和湿润不充分，钎料不能沿着接缝流动，影响焊接质量。

47. 焊件焊接后为什么会发生变形？

焊件焊接后的变形主要是由于焊接过程中焊件内部产生的内应力引起的。焊接时，工件局部受热，温度分布极不均匀，焊缝及其附近金属在高温作用下发生膨胀，但由于离焊缝较远处的金属温度较低而不移动，所以使膨胀受阻，在高温区内产生压应力并出现压缩塑性变形。之后，在焊件冷却过程中，高温区又将发生收缩，但这种收缩同样要受到低温区金属的限制，结果使高温区产生一定量的缩短变形的同时，内部还存有一定的拉应力，即所谓焊接残余应力。在该应力的作用下，对于塑性较好的材料可发生微量的拉伸变形；若材料的塑性较差（如铸铁），则可能在高温区产生裂纹损伤。

焊接应力及变形对焊接结构的质量有相当大的影响。残余应力是产生焊接裂纹的重要原因之一，而焊接裂纹是在所有焊接结构中都不允许存在的缺陷。对于脆性材料，焊接残余应力会与工作应力叠加而改变结构的受力状态，同时也是

引起脆断的重要原因。同时，焊接变形会使构件的尺寸产生偏差而影响装配质量，降低产品的使用性能，严重时甚至会因无法矫正而使产品报废。

48. 焊接变形有哪些基本形式？

焊接过程中，焊件在内应力的作用下会发生变形，变形的总趋势是受到焊缝及附近高温区金属冷却时收缩的影响，表现出的主要变形形式有：

(1) 纵向缩短和横向缩短 如图 7-21 (a) 所示，焊件的

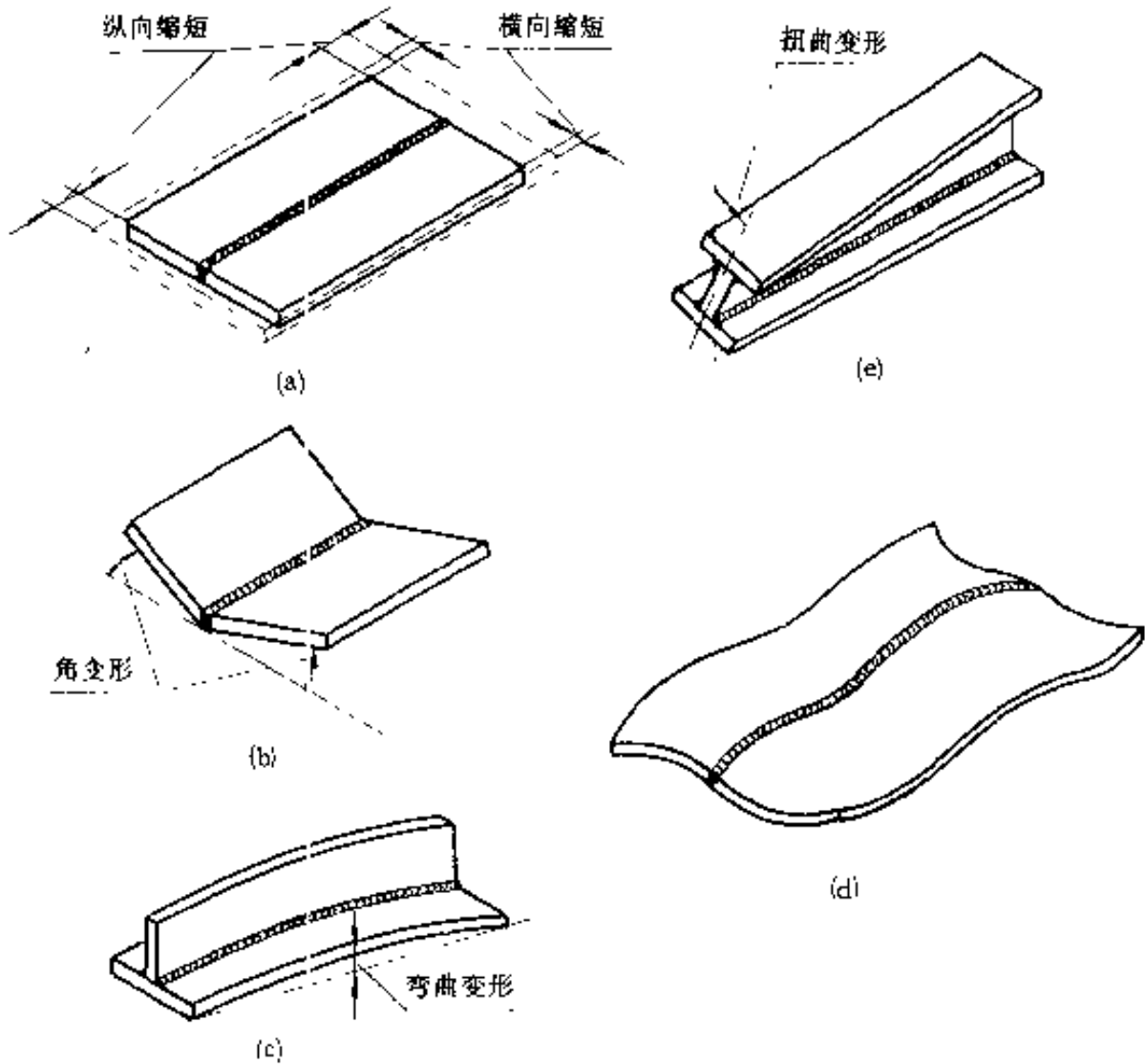


图 7-21 焊接变形的基本形式

纵向缩短和横向缩短是由于焊缝高温区在这两个方向上的收缩直接引起，纵向收缩发生在沿焊缝长度的方向上，横向收缩发生在垂直于焊缝的方向上。变形的结果使焊件的整体几何尺寸变小。

(2) 角变形 图 7-21 (b) 所示为 Y 形坡口对接焊缝，因为焊缝断面上下形状不对称，造成上下横向收缩量不等而引起角变形。

(3) 弯曲变形 图 7-21 (c) 为丁字梁焊接结构，由于焊缝处在不对称位置，其纵向收缩造成了弯曲变形。

(4) 波浪变形 主要表现在薄板焊接结构中。其原因是焊缝的纵向收缩对薄板的边缘造成压应力而使薄板失去稳定，形成波浪变形，如图 7-21 (d) 所示。

(5) 扭曲变形 图 7-21 (e) 为 I 字梁焊接结构，由于焊接顺序和焊接方向不合理，引起扭曲变形。

49. 怎样预留焊接件尺寸的工艺余量？

焊接件由于受到纵向收缩和横向收缩的作用，尺寸发生缩小变化，因此在确定零件的工艺尺寸时，必须加放一定的工艺余量。

焊件的纵向收缩量主要与材料的线膨胀系数和焊缝长度有关，材料的线膨胀系数越大，焊缝越长，则纵向收缩量越大。对于中等厚度的低碳钢板，表 7-13 给出了纵向收缩的近似值。

表 7-13 焊缝纵向收缩量近似值 (mm/m)

对接焊缝	连续焊缝	间断角焊缝
0.15~0.30	0.20~0.40	0~0.10

注：焊件的宽厚比约为 15。

焊件的横向收缩量主要与其板厚和坡口形式有关，而与焊缝长度无关。一般焊缝的横向收缩量要大于纵向收缩量。表 7-14 给出了手工电弧焊接不同厚度工件时，横向收缩量的近似值。

表 7-14 焊缝横向收缩量近似值 (mm)

收缩量 类型 \ 板厚	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
V 型对接焊缝	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.1
X 型对接焊缝	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8
单面坡口十字角焊缝	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5
有坡口单面角焊缝	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4
无坡口单面角焊缝	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4
双面间断角焊缝	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

50. 防止和减少焊接变形的方方法有哪些？

(1) 反变形法 根据生产中焊接变形的规律，操作前先把焊件置于反方向变形的位位置，以抵消焊接后出现的变形，这种方法称为反变形法。图 7-22 表示了钢板对接焊接时的变形情况。图 (a) 中没有采取预防措施，焊后产生了一定量的角变形。图 (b) 中采用了反变形法，焊接变形基本上得以消除。

(2) 刚性固定法 焊接时采用各种形式的胎夹具，或利用构件本身结构刚性及辅助紧固措施，使焊件间的相互位置牢牢固定，来减少焊接变形的方方法称为刚性固定法，如图 7-23 所示。但应该注意的是，刚性固定法会在焊缝区域造成很大的内应力，因此这种方法适用于塑性较好的低碳钢，而对于中碳钢和合金钢，因其塑性较差，容易产生裂纹缺陷。

(3) 锤击法 在焊缝还未冷却时，用手锤敲击焊缝金属，

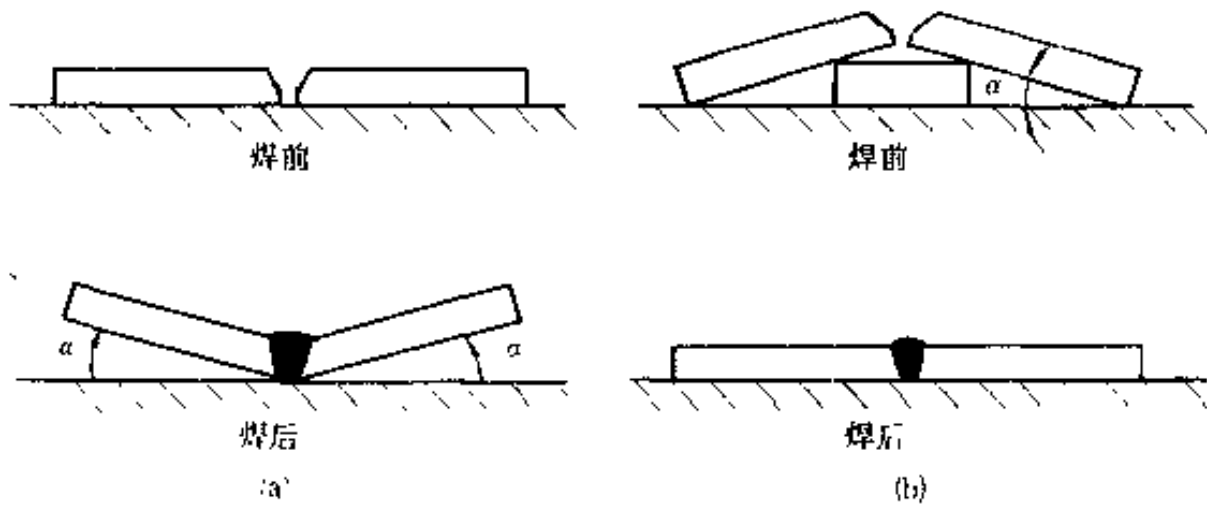


图 7-22 反变形法

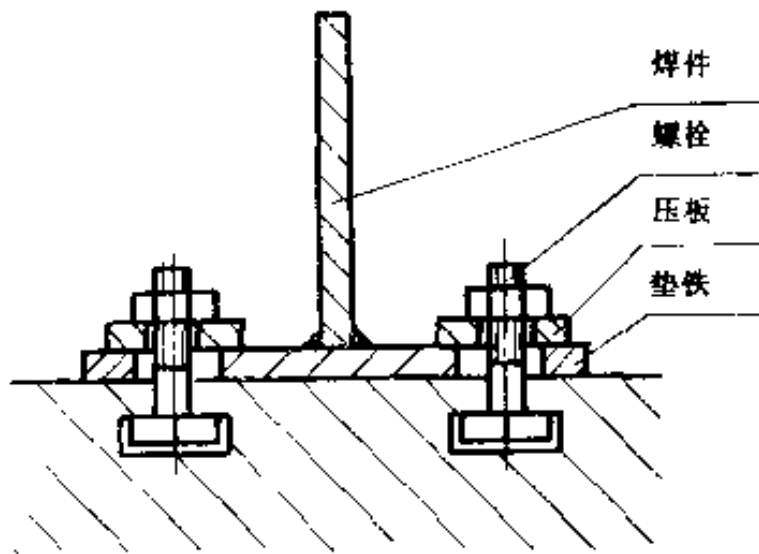


图 7-23 刚性固定法

会产生附加压应力，使焊缝的拉应力被部分抵消，从而来减小焊接变形，这种方法称为锤击法。锤击法除减小变形外，还能改善金属组织，提高焊接接头的机械性能。但应注意在多层焊接时，第一层和最后一层不能锤击，以防在焊缝的表面和内部产生裂纹。

(4) 预热焊接法 在施焊前对焊件进行预热的方法称为预热焊接法。通过预热可以减小焊接时焊件的温升幅度和差别，从而减小了焊接时产生的热应力，以此达到防止裂纹和

减小变形的目的。另外，预热还可以提高焊接速度，减少氧化程度等。预热焊接法常用于刚性或厚度较大的焊件，易产生低塑性淬硬组织材料的焊件和要求内应力及变形较小的焊件。

在实际生产中，防止和减少焊接变形的的方法还有焊接时强迫冷却，焊后进行退火和正火处理，采取缓冷措施等，究竟采用哪种方法，或是几种方法综合运用，应根据焊件的结构形状和尺寸，分析其变形规律后再确定。

51. 焊接时为什么要注意焊接顺序？

焊接时合理地选择焊接顺序，可以有效地防止和减小焊接应力和变形的产生。为此应注意：

(1) 收缩量大的焊缝应先焊；尽可能地使焊缝能自由收缩，焊接方向指向自由端；焊接平面上带有交叉焊缝的对接接头时，应采用保证交叉点不易产生缺陷和刚性约束较小的焊接顺序，以减小焊接应力。

(2) 采用对称焊接；结构焊缝不对称时先焊焊缝少的一侧；对于长焊缝更要注意焊接次序，以减小焊接变形。

如果焊缝长度不超过 0.5 m，可采用直通焊。长度在 0.5 m 至 5 m 时，可采用由内向外的对称直通焊 [图 7-24 (a)] 或各小段焊接方向与总焊接方向相反的分段退焊 [图 7-24 (b)]。当长度大于 5m 时，可采用对称的分段退焊法 [图 7-24 (c)] 或分段跳焊法 [图 7-24 (d)]，每段焊缝长度约在 200 ~ 400mm，使用 1~2 根焊条为宜。

52. 怎样进行焊接接头的强度计算？

(1) 搭接接头的强度计算 图 7-25 为搭接接头正面焊缝

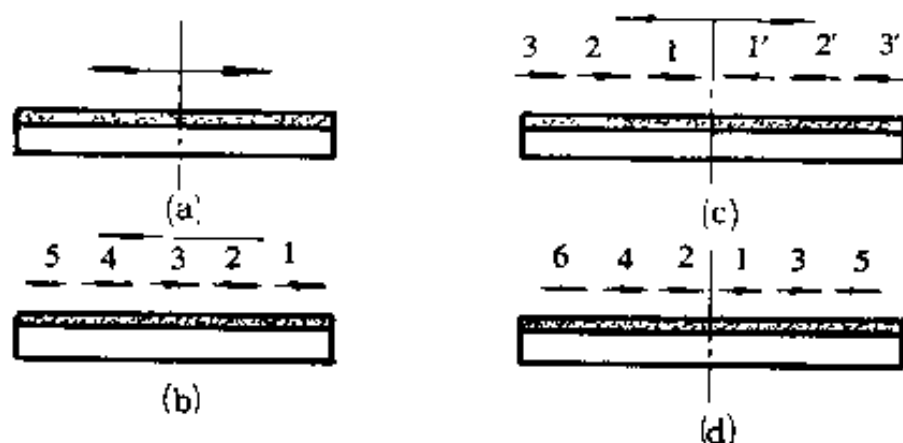


图 7-24 长焊缝的焊接顺序

的连接。在承受拉力或压力时，考虑到偏心力矩的存在和局部应力集中使焊缝工作条件变坏，在一般工程中，正面焊缝的强度是近似地以材料的剪切破坏准则来进行计算的。

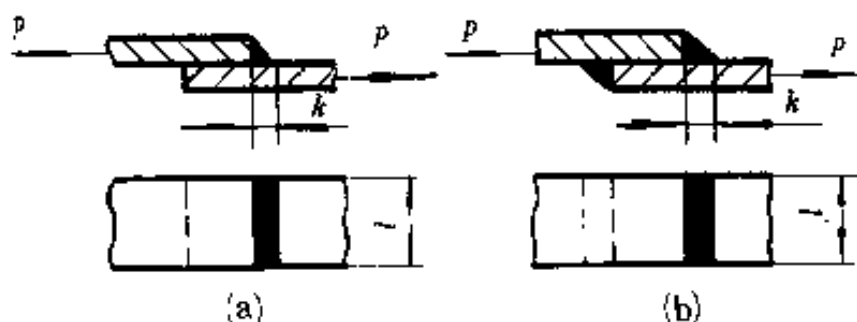


图 7-25 搭接接头

对图 7-25 (a) 所示的一道正面焊缝搭接接头，抗拉、压的强度计算公式为：

$$P \leq 0.7 kl [\tau']$$

式中：P——外作用力 (N)；

l——焊缝工作长度 (mm)；

$[\tau']$ ——焊缝金属的许用剪切应力 (MPa)。

对图 7-25 (b) 所示的二道正面焊缝搭接接头，抗拉、压的强度计算公式为：

$$P \leq 1.4kl [\tau']$$

(2) 对接接头的强度计算 当对接接头受拉伸作用时, 强度计算公式为:

$$P \leq tl [\sigma'_p]$$

受压缩作用时, 强度计算公式为:

$$P \leq tl [\sigma'_c]$$

式中: P ——外作用力 (N);

l ——焊缝长度 (mm);

t ——焊件厚度 (mm);

$[\sigma'_p]$ ——焊缝金属的许用拉伸应力 (MPa);

$[\sigma'_c]$ ——焊缝金属的许用压缩应力 (MPa)。

(3) T 形接头的强度计算 如图 7-25 (a) 所示, 当 T 形接头受拉伸时, 强度计算公式为:

$$P \leq 1.4kh [\tau']$$

式中: P ——外作用力 (N);

k ——焊脚高度 (mm);

h ——焊缝长度 (mm);

$[\tau']$ ——焊缝金属的许用剪切应力。

如图 7-26 (b) 所示, 当 T 形接头受弯曲力矩作用时, 它的强度计算公式为:

$$M \leq \frac{1}{6}th^2 [\sigma'_p]$$

式中: M ——外作用力矩 (N·mm);

$[\sigma'_p]$ ——焊缝金属的许

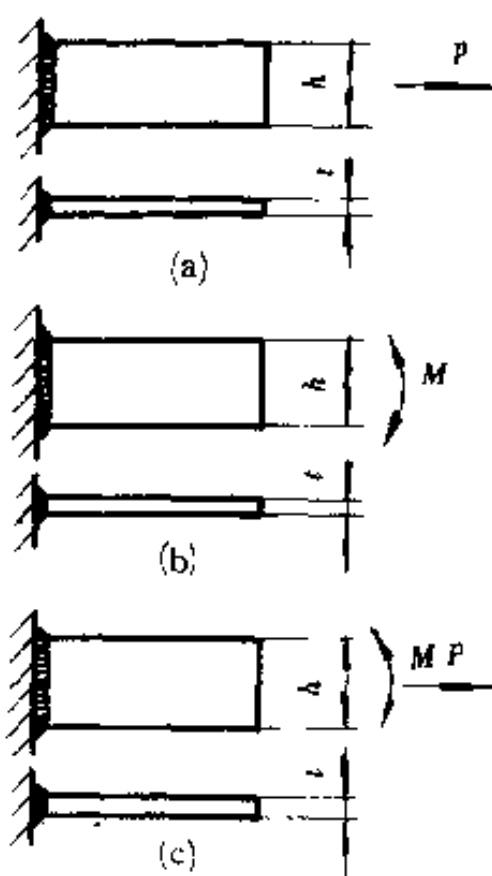


图 7-25 T 形接头

用拉伸应力。

图 7-26 (c) 为 T 形接头同时受拉伸力 P 和弯曲力矩 M 作用的情况，其强度计算公式为：

$$\sigma = \frac{1}{th} \left(\frac{\sigma}{h} M + P \right) \leq [\sigma']$$

式中： σ — 焊缝金属所受的实际应力。

53. 怎样提高焊接的疲劳强度？

当金属构件受到大小和（或）方向不断变化的载荷作用时，它的承载能力要比静载时低得多，在这种载荷作用下构件发生的破坏叫做疲劳破坏，抵抗这种破坏的能力称为构件的疲劳强度。

焊接接头的疲劳强度较低是焊接件的主要缺点。造成这种情况的原因有：焊缝表面及两端凸凹不平，或焊缝中存在裂纹、夹渣、气泡等焊接缺陷，引起严重的应力集中；焊区内的材料硬化和变脆；焊接残余应力的影响等。提高焊接疲劳强度的措施有：

(1) 正确选择接头形式 各种接头形式在载荷作用下出现的应力集中是不同的，通常对接接头要好于搭接接头，T 形接头要好于角接接头。为进一步提高疲劳强度，还可采取开坡口深熔焊、修磨焊缝表面等综合措施。

(2) 合理布置焊缝位置 通过合理布置尽量使焊缝位置避开高应力区，如图 7-27 所示。

(3) 防止焊接缺陷，提高焊接质量。

(4) 采用合理的焊接工艺，尽量减少焊接的残余应力。

(5) 进行表面技术处理 焊接后可对焊缝接头表面进行挤压、锤击、喷丸等强化处理，一方面可提高焊缝及热区表

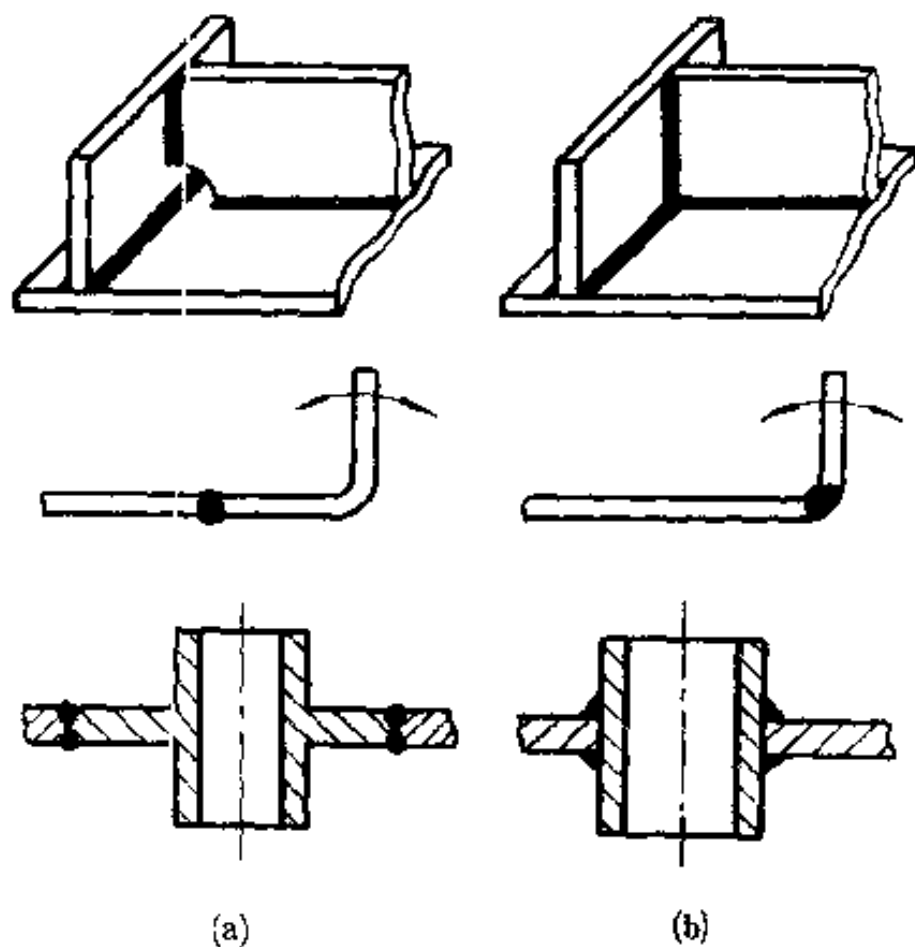


图 7-27 焊缝的合理布置

(a) 好 (b) 不好

面强度，同时，增加的表面压应力可以部分抵消焊接残余应力的影响，提高疲劳强度。

54. 什么是等离子弧切割？

等离子弧由等离子体组成。等离子体是充分电离了的气体，是物质除固态、液态和气态以外的第四态。等离子体中，带负电荷的自由电子和带正电荷的离子间，电荷数量相等，就其整体来说是呈中性的。

一般的电弧，由于能量不够集中，气体电离的很不充分，温度也不集中，所以又称为自由电弧。而等离子弧是把自由

电弧进行强迫压缩，使其充分电离，所以具有极高的温度，极好的导热性和更集中的能量。

等离子切割是利用高温高速的等离子焰流，将割件金属熔化，并借助焰流的机械冲击力把熔融金属强制排除，从而形成切口来实现切割的。等离子切割具有下列优点：

(1) 由于焰流温度极高，可熔化任何高熔点的材料及其氧化物，因而可切割氧气切割所不能或难于切割的铸铁、不锈钢和高合金钢等金属及某些非金属。

(2) 由于焰流速度快，直径小，机械冲击力强，这样使热影响区小，切速快，切口较窄，变形小，切割面质量更好。

(3) 成本较低 由于等离子切割的上述优点，在生产中，特别是在某些尖端技术领域被广泛采用。

55. 什么是气体保护电焊？

在焊接过程中，为提高焊缝的质量，必须设法对焊接区进行保护，以防止空气中的有害气体侵入。气体保护电弧焊（简称气电焊）是利用气体作为保护介质的一种电弧熔焊方法。常用的保护气体有氩气和二氧化碳气，此外还有氢气、氮气、氦气、水蒸汽等。根据所用保护气体的不同，气体保护电弧焊可分为氩弧焊、二氧化碳气体保护电弧焊、氢原子焊、氮弧焊等种类。与其他焊接方法相比，气体保护电弧焊有下面的特点：

(1) 焊缝熔化区没有熔渣，一般不必用焊剂，能清楚地看到焊缝成形过程，利于控制焊接质量。

(2) 保护气体的喷射有助于熔滴过渡。

(3) 电弧热量集中，热影响区小，有利于减小焊件的内应力和变形。

(4) 焊接过程易于实现机械化和自动化，提高焊接效率和质量。

(5) 可焊接各种有色金属，如铜、铝、钛及其合金和一些特殊钢，并且焊接质量好。

八、装 配

1. 什么是部件装配和总体装配？

任何一台机器或机械结构都是由许多零件和部件所组成的。将各个零件或部件按规定的技术要求进行配合和连接，使之联结成为整体机器或机械结构的工艺过程，称作装配。

装配分为总体装配和部件装配。把由若干个零件所组成的一个独立的、较完整的结构叫做部件，装配部件的过程称之为部件装配。对一个完全独立或完整的金属结构则称之为整体，或称为总体。在工程实际中，凡属较复杂的机器或金属结构，通常是将其分成若干个部件，只有在对各个部件的装配、连接及矫正等项工作完成以后，才可进行总体装配。因此，将部件装配成整体结构的过程叫做总体装配，简称为总装。例如储罐、锅炉、桥梁等的装配，都属于整体装配。

2. 装配过程的三个基本要素是什么？

在金属结构的装配过程中，应具有的三个基本要素是支承、定位和夹紧。

(1) 支承 支承作为装配工作的第一个基本要素，它的作用是选定某一基准面来支持所要装配的金属构件的安装表面。如某产品的表面具有平面，在对该产品进行装配时，一般是将其放置在平台上或某一构架上。当产品的表面形状比

较复杂时，则应将其放置在某种特制的模具上进行装配。以上这些用于支持所装配产品的零件表面的平台、构架及模具，在产品的装配过程中均起到了支承的作用。当所选用的基准面同时起到支承和定位的双重作用时，就称该基准面为定位支承。

(2) 定位 对产品实施定位作为装配过程中的第二个基本要素，它所起的作用是将所装配的零件正确地固定在所装配的位置上。因为任何一个产品的装配绝不仅仅是将各个零件随意地连接组合在一起，其目的是必须保证使每一个零件都能按设计要求安置在正确的位置上，并能够实现正常工作的要求。由此看出，一个产品只有在获得正确的定位并经过固定或连接之后，它的几何形状、各部分结构的尺寸才能符合图纸所规定的技术要求。

(3) 夹紧 夹紧是产品装配过程中的第三个基本要素。当零件的位置经定位确定下来以后，还要利用夹、卡、压等工具，在对其施加的外力作用下，迫使零件既不能移动也不能转动，这种方法就是通常所说的夹紧。对零件夹紧的目的是要通过外力作用来促使零件在产品中能够进一步获得正确的定位。通过使用刚性夹具可得到夹紧时所需要的夹紧力。很显然，若要获得合格产品，其重要的技术措施是采用夹具来帮助完成产品的装配工艺过程。

3. 什么是六点定位规则？

对零件（或部件）定位的目的是为在产品进行装配的过程中保证它们能够在所需的位置上而不让其自由运动。也就是要对被装配的零件（或部件）的自由度加以约束和限制。将工件能够自由运动的可能称为自由度。

任何一个工件对于空间三个相互垂直的平面来说，如果对其处在其间的这个工件不进行任何约束和限制，那么它将会产生沿三个互相垂直轴的轴向移动及绕这三个轴转动的可能性，即该工件存在着六个自由度。在装配过程中，采用夹具夹紧工件时，若在保证让工件在夹具上具有固定不变的位置，使其进一步获得正确的定位，就必须对其在三个互相垂直轴方向的移动和绕三个轴转动加以限制，即限制工件的六个自由度。每对一个自由度加以约束和限制，工件就应与夹具上的一个点相接触，所以对工件的六个自由度加以限制，在夹具上就应该有六个与之相接触的点。因此，在装配工艺中，把按一定规律分布的六个支承点限制六个自由度的方法，称为“六点定位规则”。

4. 矩形零件的定位原理是什么？

将一矩形零件置于三个互相垂直的坐标平面当中，运用“六点定位规则”对其定位的原理，如图 8-1 所示。

首先，在 xoz 坐标平面上有三个坐标点，它们限制了矩形零件的三个自由度，这将使零件即不能沿 oy 轴移动，也不能绕 ox 轴和 oz 轴转动。其次，在 zoy 坐标平面上有另外两个坐标点，由这两个点来限制零件的两个自由度，即对零件沿 ox 轴移动及绕 oy 轴转动加以限制。零

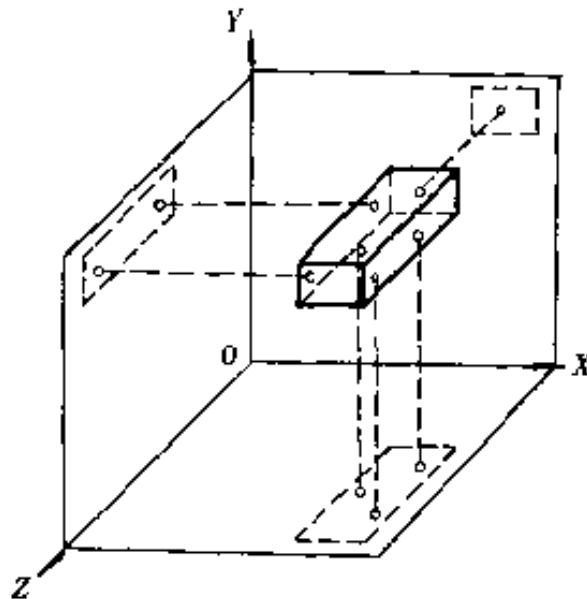


图 8-1 矩形零件的定位

件沿 oz 轴方向移动的最后一个自由度,是由 yox 坐标平面上的最后一个坐标点对其进行限制的。

在实际装配过程中,当采用夹具对矩形零件实施定位时,将以夹具平面代替坐标面,以支承点来代替坐标点。其具体定位方法是:第一要确定零件的主要定位基准,即具有三个支承点、可以限制零件三个自由度的平面。通常是选取零件上的最大表面作为主要定位基准,如矩形零件的底平面。第二要确定零件的导向定位基准,该基准是具有两个支承点,限制零件两个自由度的表面。通常是以零件上最长的表面作为导向定位基准,如矩形零件的侧平面。最后要确定零件的止推定位基准,该基准是具有一个支承点,能够限制零件的最后一个自由度的表面。在确定止推定位基准时,要选取零件上最短、最狭的表面作为止推表面,如零件的端面。综上所述,即能实现对矩形零件的定位。

5. 圆柱形零件的定位原理是什么?

圆柱形零件在夹具中定位时,也同样运用“六点定位规则”。即存在六个支承点用于限制零件的六个自由度。因圆柱形零件有圆轴形零件和圆盘形零件,由于形状上的差异,所以六个支承点在三个坐标平面内的分布与矩形零件有所不同,下面分别介绍这二种圆柱形零件的定位原理。

(1) 圆轴形零件 图 8-2 (a) 为带键槽的圆轴零件在夹具中的六点定位情况。在圆轴表面上有四个支承点,它们限制了零件沿 ox 轴和 oy 轴方向的移动及绕这两个轴的转动。

分布在圆轴端面上的一个支承点,限制了零件沿 oz 轴方向的移动。在圆轴的键槽侧面上的最后一个支承点,限制了

该零件的最后一个自由度，即绕 oz 轴转动。通过这六个支承点，便实现了对圆轴形零件的定位。

(2) 圆盘形零件 图 8-2 (b) 为带键槽的圆盘形零件在夹具中的六点定位情况。在圆盘形零件的端面上分布着三个支承点，限制了该零件沿 oz 轴的移动和绕 ox 轴、 oy 轴的转动。在零件的圆柱形表面上有两个支承点，限制了该零件沿 ox 轴和 oy 轴的移动。零件上的键槽侧面分布着最后一个支承点，限制零件绕 oz 轴的转动。

由上述六个支承点，来限制圆盘形零件的六个自由度，从而完成了对该零件的六点定位。

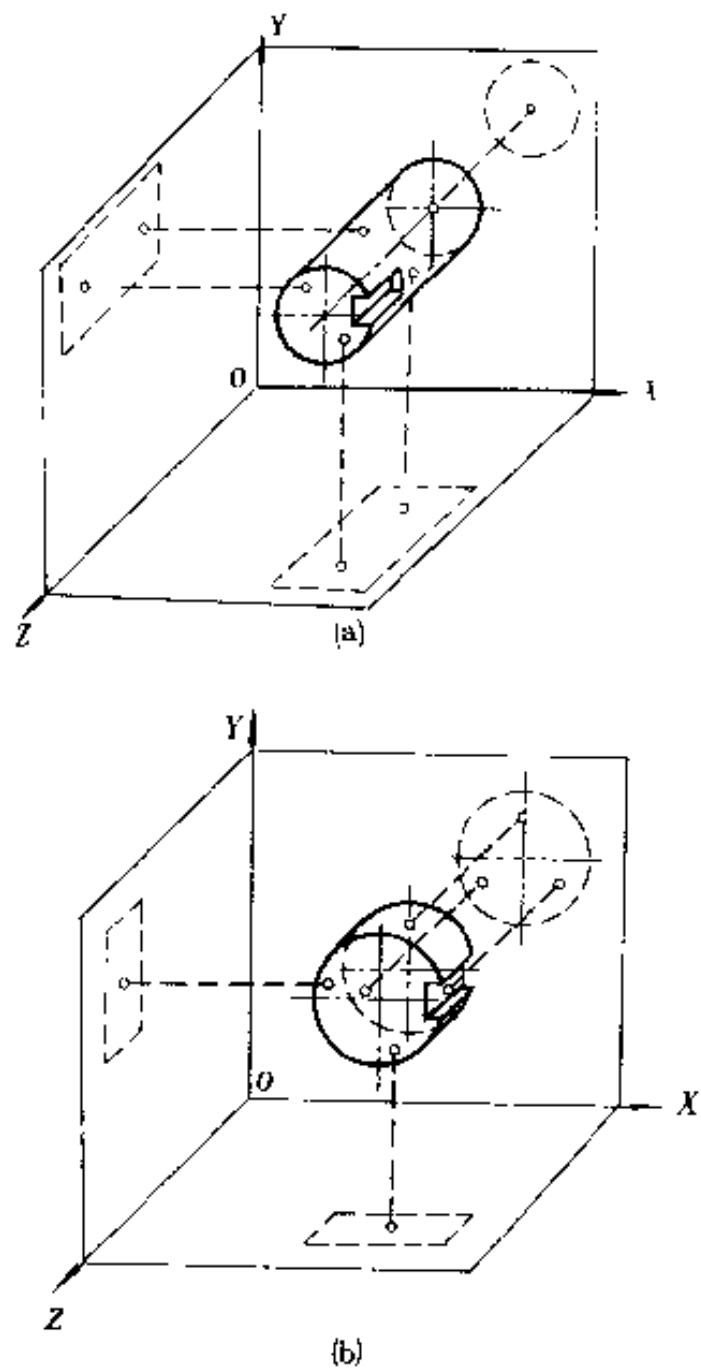


图 8-2 圆柱形零件的定位
(a) 圆轴形零件 (b) 圆盘形零件

6. 什么是基准？基准是怎样分类的？

在金属结构件的装配过程中，无论是划线、度量尺寸，还是零件定位、产品的检验等，都要求选择某些点、线、面作为依据，依此可确定另外一些点、线及面的位置。将用来确

定生产对象上几何要素间的几何关系时所依据的那些点、线、面叫做基准。基准按其所起的作用不同，分为设计基准和工艺基准两类。

(1) 设计基准 根据产品的类型、特点及其在使用中的具体要求所选定的一些基准，由此可确定零件图上其他表面、线和点的位置，这些基准被称为设计基准。工程图样上所标注的主要尺寸，一般都是从设计基准作为起始点的。在装配时依靠设计基准确定零件在金属构件中的正确位置。通常可被选为设计基准的零件上的点、线、面有：

- ①零件上主要圆平面的圆心。
- ②零件上主要回转面的回转轴线。
- ③零件结构中的对称面（对称中心线）。
- ④零件的主要支承表面和安装表面。
- ⑤零件的主要加工面。

(2) 工艺基准 根据零件在加工制造及测量检验等方面的要求所选定的基准，称为工艺基准。工艺基准也叫生产基准，因为它仅在零件的制造和装配过程中才起作用。有时所选择的基准既是设计基准又是工艺基准，有时则不是。选择基准时应尽量使设计基准与工艺基准重合，这样可减少尺寸误差，便于加工、测量和提高产品质量。常用的工艺基准有：原始基准、定位基准、划线基准、度量基准、检验基准、辅助基准和装配基准。

①原始基准。以零件上任何一个点、线或面为基准，即可确定对零件的尺寸要求及加工表面的位置，将这个点、线或面，叫做原始基准。如图 8-3 (a) 中钢板的端面、侧面均是原始基准。

②定位基准。在零件加工和装配过程中，凡是可用来确

定和控制其位置的点、线和面都被称为定位基准。

③划线基准。在图样绘制、放样(展开)、号料、划线及定位过程中,将所有用来确定其他线条所依据的点和线,均称为划线基准。如图8-3(a)、(b)中的中心线都是划线基准。

④度量基准。加工、制造零件或装配时,把所选定度量尺寸的起始点,叫做度量基准。

⑤检验基准。在产品的检验过程中,检查零件的几何形状或结构尺寸所用的点、线和面,称作检验基准。如图8-3(b)中两圆水平直径上的端点即是检验基准。

⑥辅助基准。利用设计基准,工件上有些点、线、面并不能直接度量、检测,为此,还要设置一些可间接确定零件的某些部分与设计基准相对位置的点、线、面作为基准,这些基准称为辅助基准。图8-3(a)为设计基准与辅助基准之间的关系。

⑦装配基准。装配时用来确定零、部件在产品中的相对位置所采用的基准叫装配基准。

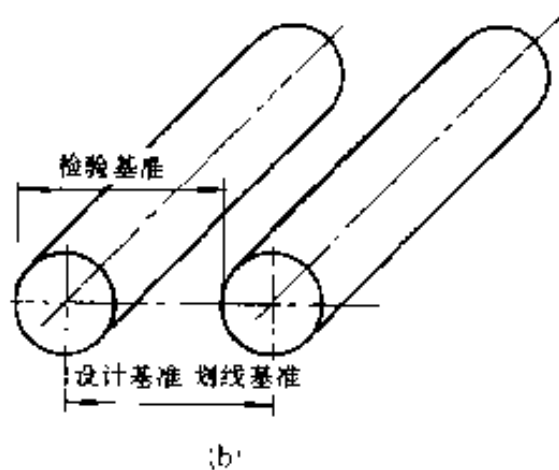
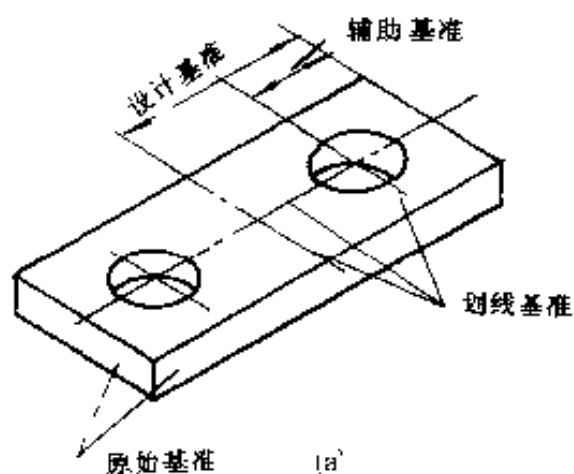


图8-3 基准选择实例

7. 什么是装配基准面？如何选择？

装配时，将零件与装配平台（或模具）相接触的表面，称为装配基准面。在确定什么样的面可做装配基准面时，一般要从以下几方面考虑：

(1) 当金属结构件的外形既有平面又有曲面时，一般应选择平面作为装配基准面。

(2) 当零件上有若干个平面时，则应选择其中较大的平面作为装配基准面。

(3) 根据金属结构件的不同用途，应选择零件上最重要的表面作为装配基准面。如在金属结构件中，对某些面的技术要求较高，需经过一定的机械加工才能达到要求，此时，可将该加工面作为装配基准面。

(4) 在选择装配基准面时，还应该考虑到在装配过程中最便于对零件进行夹紧及定位。

装配过程中，零件上可作为装配基准面的表面往往不止一个，此时应根据实际情况来选择确定最合适的面作为装配基准面。

8. 装配中常用的度量基准有哪些？

在金属结构件的装配过程中，为保证其产品质量达到设计要求，实现设计能力，就要从设计基准或工艺基准出发对所装配的工件进行度量，以此可对工件的中心点位置、同轴度、垂直度、水平度及斜度等进行校正。对工件进行度量时，必须要有度量基准。可作为金属结构件装配度量基准的除了长度和角度以外，还有中心线、对角线、垂直度及水平度等。

(1) 中心线 在金属结构件装配工作中，通常将中心线

作为设计基准和工艺基准。对于大型的空心结构件来说，可以用确定中空件平面中心即中心点的方法来验证平面中心点的精确程度。当连接两节圆筒时，可用分别确定外端两平面中心点再连成中心线的方法，校正两圆筒的同轴度。

(2) 对角线 装配金属结构件时，通常是以对角线为基准来检测划线或工件的精度。对于正方形工件，它的形状特征是四边相等、四个角均为直角、且对角线相等 [见图 8-4 (a)]。而矩形工件的形状特征除对边相等外，其他与正方形工件相同 [见图 8-4 (b)]。因此在装配工作中，即可以图形或是工件的两个角的顶点为基准，分别测量出两角间的长度，并进行比较，以此检测工件是否符合技术要求。

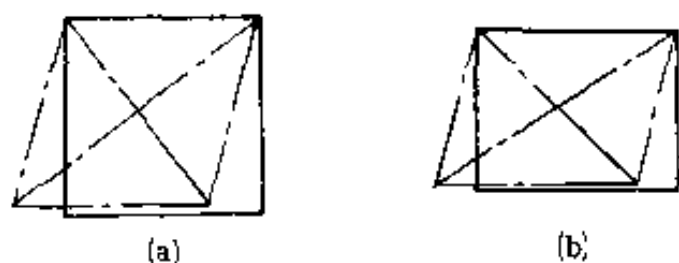


图 8-4 工件的对角线

(a) 正方形工件 (b) 长方形工件

除上述正方形、矩形工件外，可采用对角线进行测量的工件还有等腰梯形、扇面形及具有轴线两侧对称的圆形工件等。测量对角线所使用的工具有钢板尺、钢卷尺和钢盘尺等。

(3) 垂直度 当两条直线（或两个平面）互成 90° 时，称其为互相垂直。垂直度则是指零件的被测平面或轴线，相对于基准平面或基准轴线偏离垂直的程度。在金属结构件装配中，垂直度的度量包括对以下内容的测定：

① 工件两个平面的垂直度。该垂直度要求被测工件的两端面与基准轴线垂直，对由几节圆筒组成的结构件，或棱锥

形、高大的高压电架线塔来说，只有使每节两端面与轴线的垂直度均符合设计要求，才可使构件总体安装的垂直精度得以保证。

②零部件之间的垂直度。该垂直度主要用来对有相互配合关系的两零件之间垂直关系提出要求。如T形梁的立板与水平板间的垂直度。

③铅垂方向的垂直度。该垂直度主要是作为产品安装中应满足的一项技术要求。

(4) 水平 将工件上的平面与铅垂线呈垂直状态的位置叫水平。用来检验工件水平位置的常用量具和仪表有：水平尺、水准仪、软管水平仪等。

9. 装配中常用的工具和夹具有哪些？

(1) 装配工具 装配工作中，把用来对零、部件实施定位找正、测量检验以及辅助工作（如起重）的工具，均称为装配工具。其中用于测量检验的工具具有线锤、水平尺、水准仪、水平软管和经纬仪等。起重用工具主要为千斤顶。

(2) 装配夹具 装配时，夹具对工件所起的作用有：夹紧、压紧、拉紧及顶紧。选择不同的夹紧方法，则夹具的结构形式和使用方法也有所不同。在金属结构件的装配过程中所常用的夹具，一般按夹紧力的来源分为手动式夹紧和机动式夹紧两大类。其中手动式夹具有：螺旋夹具、杠杆夹具、楔条夹具、偏心夹具和磁力夹具等。机动式夹具有气动夹具和液压夹具两种形式。

10. 线锤有什么用途？如何使用？

线锤又称吊线锤，是装配中常用的工具之一。使用线锤

可以检查工件或构件的垂直度。为保证测量的准确性，如测量距离较大，可选择重的线锤，一般使用轻的线锤即可。利用线锤测量垂直度的方法是：

(1)垂直度的测量 用线锤测量金属构件的垂直度时，首先在被测量零件的上端，沿水平方向安置一横杆。然后，将线锤拴在横杆上 [如图 8-5 (a)]，量出构件上端垂线与构件间的水平距离 l ，再量出构件底部到线锤尖的水平距离，如两距离相等，即构件与线锤平行，说明构件垂直，若距离不等，说明构件不垂直，须调整构件上、下两水平距离相等。

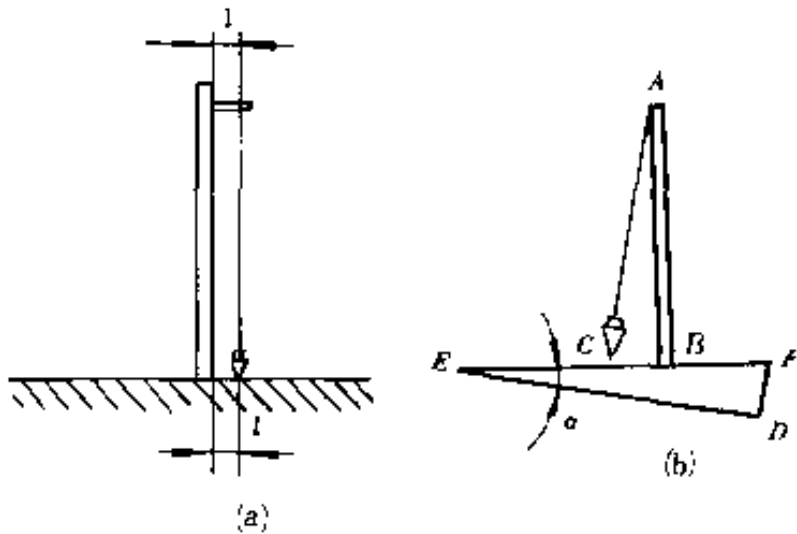


图 8-5 垂直度的测量

(2) 垂直于斜面的测量 除可用线锤测量构件的垂直度外，还可用线锤测量构件是否与已知斜面垂直。其测量方法是：在被测构件的上端 A 处悬挂上线锤，并量出 A 点到构件底部的垂直距离 AB ，然后再根据已知斜面的倾斜角度 α ，计算出线锤尖离构件底部的水平距离 CB ，如图 8-5 (b) 所示。

$$\therefore \frac{CB}{AB} = \frac{DF}{ED} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\therefore CB = AB \cdot \frac{DF}{ED} = AB \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

将实际测得的 CB 值与计算值进行比较,若两值相等,即说明构件与已知斜面垂直,否则,应对构件进行调整。

11. 如何用水平软管测量构件的水平度?

水平软管是由一根较长的橡皮管和两根短玻璃管组成。使用时,应从玻璃管一端管口向管内注入液体,如双管齐注,可能导致橡皮管内存留空气使测量结果不准确。用水平软管测量水平度的方法是:首先取两根刻有相同刻度且高度相同的标杆,将两根玻璃

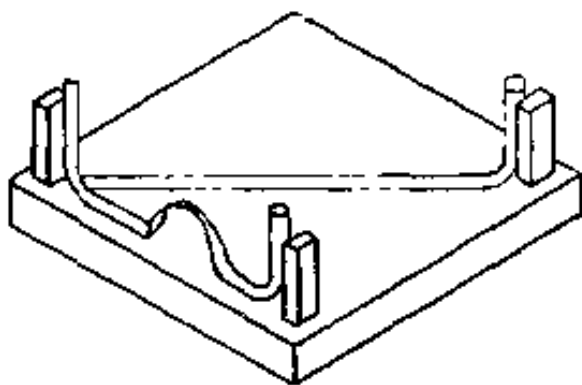


图 8-6 水平软管的使用方法

管分别固定在标杆上,然后把其中的一根标杆固定在被检测平台的一角,如图 8-6 所示,而另外一根标杆连同橡皮管一起可在平台上移动。当使此标杆在平台上不同点移动时,观察两根玻璃管内液体水平面高度是否发生变化,如高度相同,则说明所测平台处于水平位置,若测得各点玻璃管内水平面高度不等,则表示平台不是水平的,必须对其进行调整。

12. 经纬仪有哪些用途? 如何使用?

经纬仪在构件的装配中,主要用来测角、测距、测高及测定直线等。它的主要组成部分有:望远镜、竖点度盘、水平度盘和基座等。下面以测量球罐柱脚垂直度为例,说明经纬仪的使用方法,如图 8-7 所示。首先将经纬仪置于球罐柱脚的横轴方向上,使望远镜的目镜上十字丝的纵丝对准柱脚中心线的下部,此时,将望远镜向上或下微调,并进行测量。如

果纵轴与柱脚中心线重合,就说明柱脚在该方向上是垂直的,若纵轴偏离柱脚中心线,则应调整柱脚使其与之重合。重复上述方法,即把经纬仪再置于柱脚的纵轴方向上进行测量。如柱脚与纵丝在纵、横轴方向上全都重合,即证明球罐柱脚与水平面垂直。

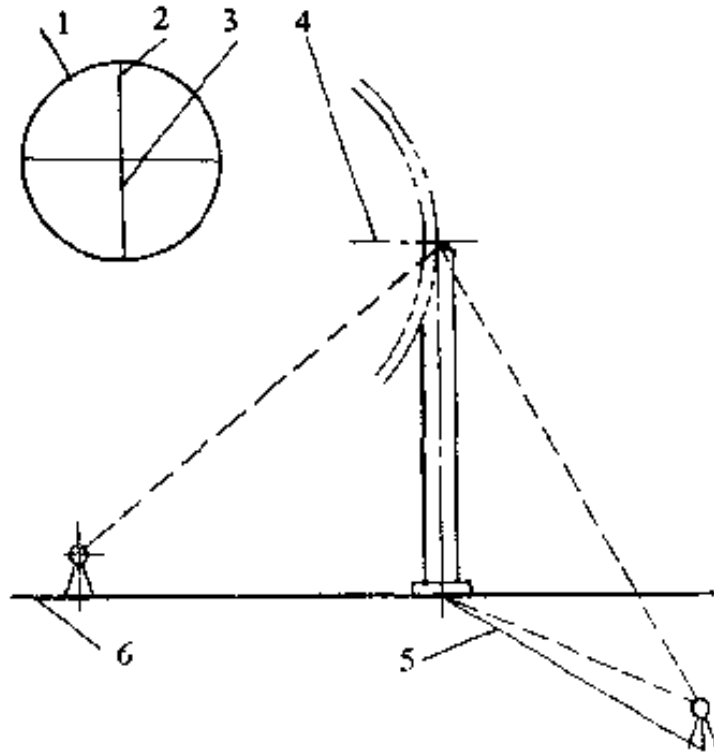


图 8 7 用经纬仪测构件的垂直度

- 1 镜片上十字架 2 柱脚中心线 3 纵丝
4 球罐中心线 5 纵轴方向 6 横轴方向

13. 什么是水平尺? 如何使用?

水平尺又称水平仪,它是用来检验构件水平度的一种工具。

水平管或称水准管是水平尺的一个重要组成部分,是由玻璃管制成的。在这个管子里装入一定量的液体(酒精或是乙醚)并形成一可灵活移动的气泡。当用水平尺检验构件的水平度时,利用气、液体之间所存在的悬殊的密度差,使

得水平气泡总是位于水准管内液体的最高处。水准零点是指水准管处于水平位置时，水平气泡所处的玻璃管内壁圆弧中心。用水平尺检验构件的水平度时，从水平气泡的位置，可检验出构件相对于水平面的倾斜程度。如气泡居中，即说明被检验的构件表面处于水平位置，反之，说明有倾斜度。若气泡偏左，说明构件的左边偏高，即向右倾斜，若气泡偏右，说明构件的右边偏高而向左倾斜。使用水平尺检验时，还应考虑到由于水平尺本身的制造精度对构件测量精度的影响，所以常常是在同一测量位置上，正反测量两次，然后以两次测得的平均值作为该处的水平度。

若要对大型构件的水平度进行检验，则应考虑到由于水平尺小，而被测平面的尺寸大，所以通常都是在被测平面上放置一根平尺作为检验时的辅助基准，然后再将水平尺放在平尺上进行测量，这样即可避免或减少因被测表面不平而使测量精度受到的影响。

图 8-8 为一水平尺，在水准零点的两侧，即水准管上标有一定的刻度，每格代表了每米长度上倾斜 $0.02 \sim 0.25\text{mm}$ 。



图 8-8 水平尺

[例] 水平尺的刻度值为 0.02 mm/m ，工作面长度 l 为 200 mm ，被测构件平面长 1500 mm ，检验结果水平尺的气泡移动了 1 格，试求该平面两端的高度差（倾斜度）。

[解] 平面两端的高度差 $= 0.02 \times (1500/200) = 0.15\text{ mm}$

14. 装配中常用的螺旋夹具有哪些？它们起何作用？

螺旋夹具在装配中应用最广泛，它的优点是结构简单、加

工制造容易且便于使用。常用的螺旋夹具有弓形螺旋夹具、螺旋拉紧器和螺旋推撑器等。各种螺旋夹具的结构不同，所以它们在装配中所起的作用也不一样。

(1) 弓形螺旋夹具 它是利用螺杆来夹紧工件的。该夹具的结构可根据所装配工件的具体情况来设计，即由工件尺寸，所需的夹紧力、工件的形状等来确定夹具螺杆行程 H 和弓形进深 B 的尺寸。弓形体的断面形式及弓形螺旋夹具结构如图 8-9 所示。

(2) 螺旋拉紧器 螺旋拉紧器又称调整器，它是利用丝杆起拉紧工件作用的。螺旋拉紧器的结构形式有两种，一种是单向，另一种为双向。双向螺旋拉紧器上带有左、右螺纹的丝杆，可以是分开的 [图 8-10 (a)]，也可以是做成一体的 [图 8-10 (b)]。通过转动螺母或转动丝杆，使两端相对的向中心移动，从而起到拉紧工件的作用。单向螺旋拉紧器，实际上是一种简易的螺栓调节装置 [图 8-10 (c)、(d)、(e)]。用扳手拧动螺母或转动丝杆钩具，即可拉紧装配的工件。

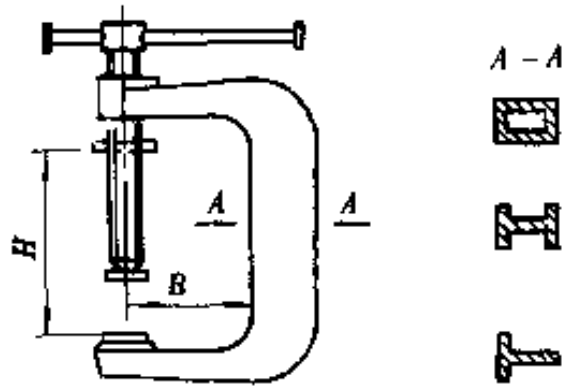


图 8-9 弓形螺旋夹具

(3) 螺旋推撑器 螺旋推撑器也称螺旋顶或螺旋千斤顶，它是利用丝杆起顶紧或撑开作用的，与螺旋拉紧器相似，螺旋推撑器也有单向 [图 8-11 (a)、(b)、(c)] 和双向 [图 8-11 (d)] 两种结构形式。

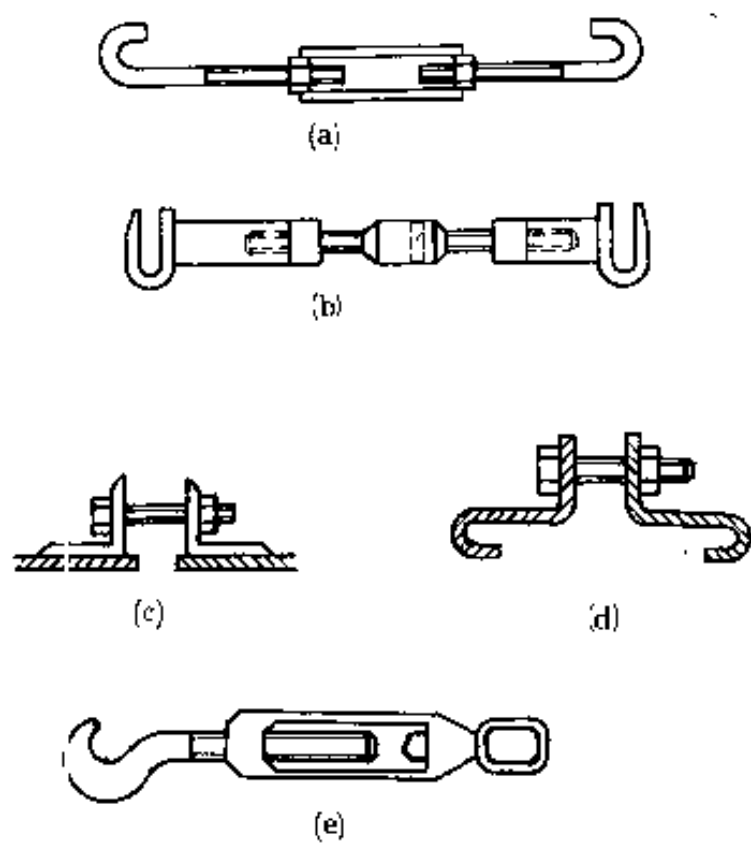


图 8 10 螺旋拉紧器

(a)、(b) 双向螺旋拉紧器 (c)、(d)、(e) 单向螺旋拉紧器

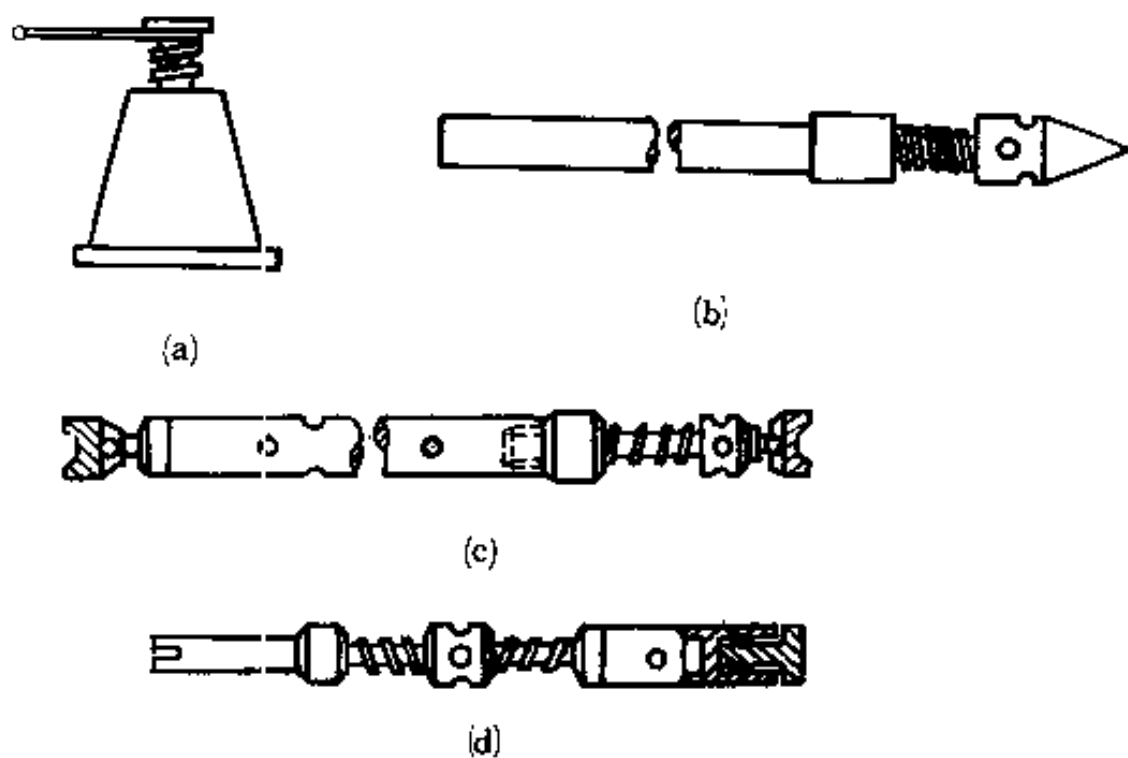


图 8-11 螺旋推撑器

图 8-11 (c) 所示的单向推撑器, 由于在丝杆两端头都增加了活动垫块, 顶压工件时, 垫块端面与工件接触, 所以工件表面既不会受伤损, 也不会出现打滑。

双向推撑器是由两端分别具有左、右旋向螺纹的丝杆制成的。

15. 杠杆夹具、楔条夹具和偏心夹具的夹紧原理是什么?

(1) 杠杆夹具 杠杆夹具是利用杠杆原理来实现夹紧工件的。杠杆上有“三点”、“两臂”。三点是支点、重点和力点。将支持杠杆转动的固定点称支点; 将承受重物或是抵抗阻力的作用点称重点; 对杠杆施加力的中心点称力点。而两臂分别是重臂和力臂, 从支点到重点作用线的垂直距离称重臂; 从支点到力点作用线的垂直距离称力臂。

杠杆有三种类型, 第一种是支点在中间的杠杆, 如图 8-12 (a) 所示。 U 形夹的支点在力点和重点的中间, 因为力臂长大于重臂长, 所以向力点施加力后, 重点可以获得较大的压力, 而使钢板被紧紧地压在型钢上, 此时, 即可进行点焊固定。第二种杠杆是重点在中间, 如图 8-12 (b) 所示。第三种杠杆的力点在中间, 如图 8-12 (c) 所示。

(2) 楔条夹具 它是采用锤击或其他机械方法获得外力, 再利用楔条的斜面将外力转变为夹紧力, 来实现对工件夹紧的。图 8-13 给出了使用几种不同的楔条夹具夹紧工件的情况。图 (a) 为采用楔口夹板, 直接将型钢和板料夹紧。图 (b) 则是同时采用 U 形夹板和楔条, 将楔条打入夹板而夹紧工件。采用这种夹紧方式时, 考虑到机构应能实现自锁, 所以楔条的斜面角度设计得不能太大。一般应使斜面角小于摩擦角, 为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。另外, 还有带嵌板的楔条夹具, 如图

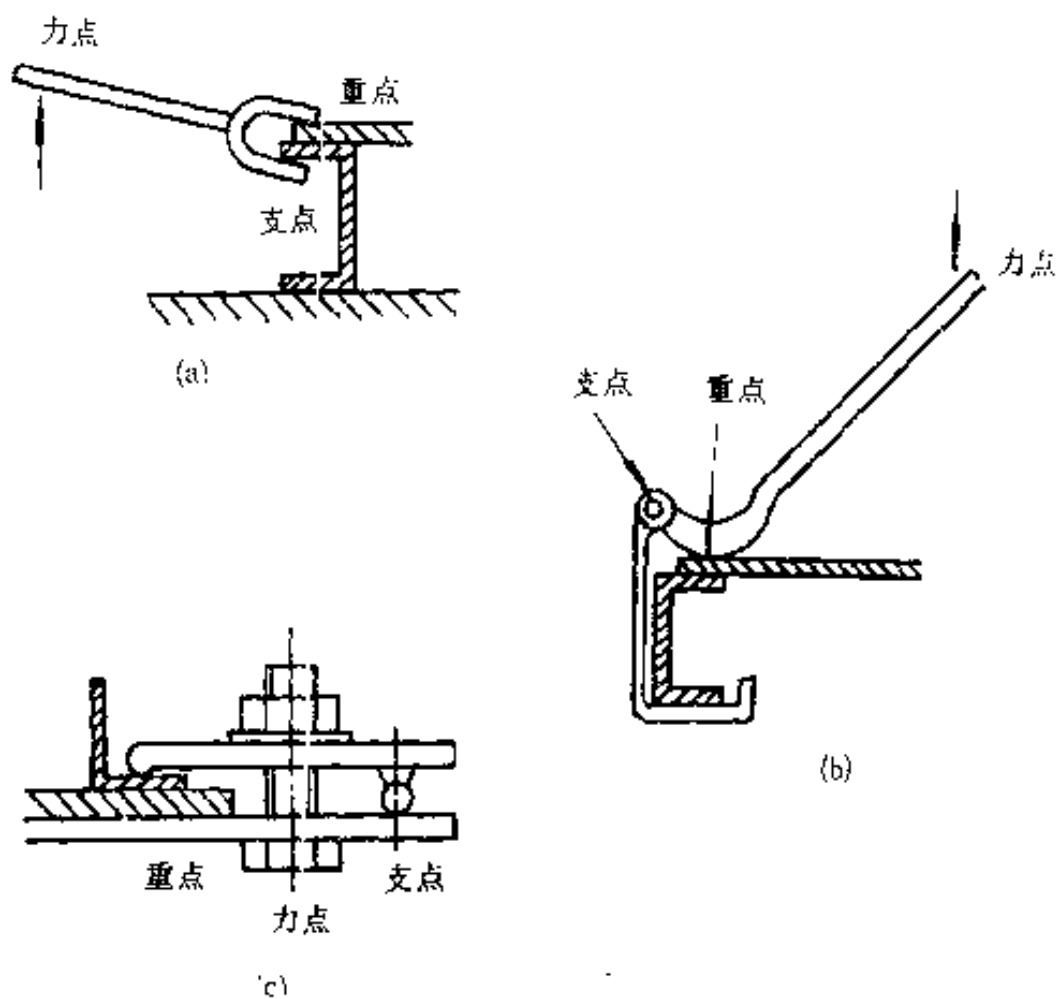


图 8-12 杠杆夹具

(c)、(d) 所示。使用这种夹具的目的主要是用来将板料对齐。

(3) 偏心夹具 是指由偏心轮或凸轮的自锁性实现对工件夹紧的一种夹紧机构。偏心轮为回转中心与几何中心不重合的一种零件。由于这种零件的外形线上各点到回转中心的距离均不相等，所以转动偏心轮便可夹紧工件（图 8-14）。根据偏心轮工作表面外形的不同，可分为圆形和曲线型两种形式，但其夹紧原理是相同的。常见的偏心形式有凸轮式、手柄轮式和转轴式三种，如图 8-15 所示。

16. 什么是气动夹具和液压夹具？各有哪些特点？

(1) 气动夹具 是指利用压缩空气的压力推动活塞，使

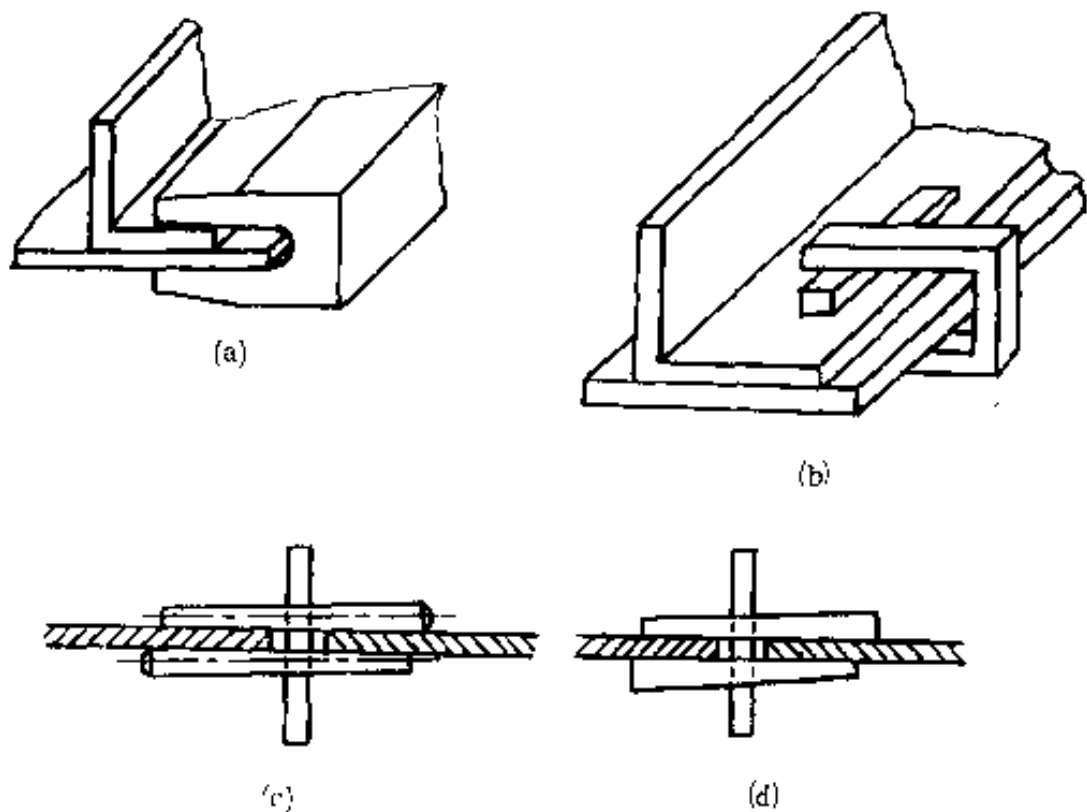


图 8-13 楔条夹具

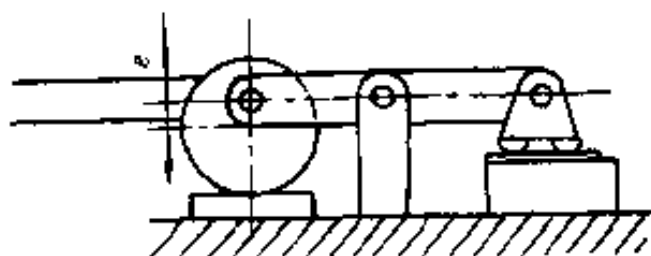


图 8-14 偏心夹具

其带动活塞杆作直线运动，从而产生夹紧力的夹紧装置（见图 8-16）。气动夹具主要由汽缸和夹具两部分组成，其中汽缸是主体部分。在实际生产中，常用的汽缸形式有两种，即单向气动和双向气动汽缸。

单向气动汽缸结构见图 8-17 所示。它的特点是只能从一

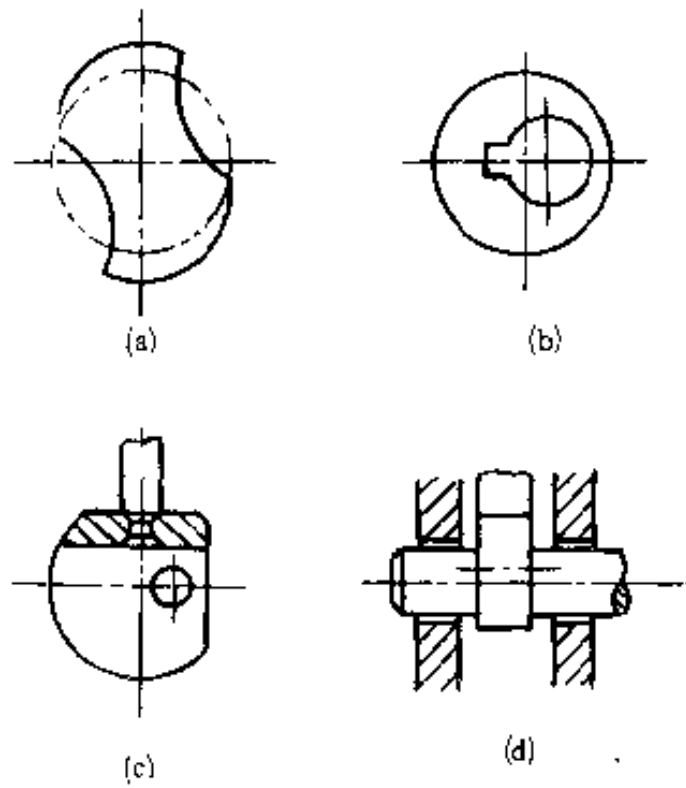


图 8-15 常见偏心形式

(a)、(b) 凸轮式 (c) 手柄轮式 (d) 转轴式

个方向进气来推动活塞工作。在活塞杆上加装了弹簧，其目的是使活塞能退回原位。另外，汽缸的有效行程，受弹簧长度的限制使之较小。

双向气动汽缸与单向气动汽缸的工作原理基本相同，它的特点是，气体可从活塞的两侧分别进入汽缸，产生的压缩空气推动活塞的进、退行程，因此，双向汽缸不必采用回程弹簧，活塞杆也就可以做得较长，即双向气动汽缸的有效行程较大，这就使得它的应用范围较广。

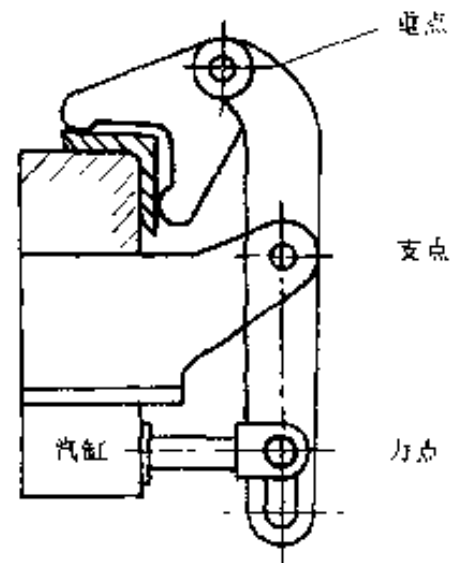


图 8-16 气动夹具

(2) 液压夹具 液压夹具是利用液体的压力来推动活塞，并带动活塞杆运动而产生夹紧力达到夹紧工件的目的。其夹

具结构与气动夹具结构基本相同，所不同的是液压夹具的液压缸内产生压力的介质是水或油。工作时，液压夹具不仅产生的夹紧力比气动夹具大，而且还具有夹紧工件可靠性好、工作状态平稳等特点。

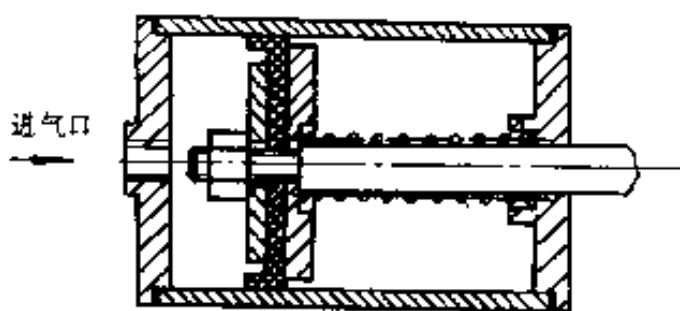


图 8-17 单向气动汽缸示意图

17. 金属结构件的装配有哪些特点？

金属结构件的装配基本原理与一般机器是相同的，然而两者结构的性质是不相同的，因此，金属结构件的装配具有自身的一些特点：

(1) 由于金属结构的零件加工制作精度低，而且互换性差，所以在装配中应对其进行选配或是调整。

(2) 金属结构件所采用的连接方式多为焊接等不可拆卸连接，这不仅使构件返修困难，还会由于装配程序的不合理等原因而造成零、部件的报废。因此，必须对构件的装配程序制定出严格的要求。

(3) 在金属结构件的装配过程中，要采取适当的措施，来防止或减少构件在焊接后产生的变形和矫正工作。

(4) 当所装配的金属结构件体积庞大、刚性较差而又容易产生变形时，在装配过程中，应对其采取一些必要的加固措施，以保证其质量。

(5) 对于某些体积特别庞大的金属结构件，应采取先部件装配再出厂到工地进行总装的方法。为了保证构件的总装进度和质量，应先在厂内进行试装。

(6) 为提高金属结构件的产品质量和装配效率，应根据产品的重复生产情况、结构相似程度及其本身零部件可进行批量生产等特点，在装配过程中应尽可能的多采用专用或通用工夹具和机械化、自动化等先进的装配技术。

18. 金属结构件在装配前应做好哪些准备工作？

为了保证金属结构件装配工作的顺利进行，制定合理的装配程序，并获得合格的产品，在对其进行装配前必须做好下列准备工作：

(1) 要熟悉图样，弄清该产品的用途及结构特点，合理地选择装配基准面，以便制定出装配时所采取的支承、夹紧等措施，并由此选择合适的装配用工夹具。

(2) 了解产品各零、部件之间的相互配合和连接关系，以及使用材料及性能，由此确定所采用的装配方法。

(3) 将整体构件合理地划分为若干个部件。

(4) 准备好装配场地、装配工作台以及电弧焊机等设备。

(5) 装配前，应对所需的装配工、夹具和模具做认真的清理和检查。对那些专用的工、夹具和模具，则应进行试用。

(6) 认真检查所有零、部件的质量，看其是否满足技术要求，对零、部件所用的材料进行检查核对，以便发现问题及时纠正。

19. 装配中常用的装配平台有哪几种类型？

常用的装配平台有以下几种：

(1) 铸铁平台 这种平台是由一块或多块表面经过加工的铸铁制成，其上平面的精度较高，为便于装配时对工件的夹紧及定位，该平台上还制出许多圆孔和 T 形槽供使用。

(2) 钢结构平台 钢结构平台是用厚钢板制成的。当拼接钢板、桁架等精度要求不高的零、部件时，常采用这种平台。该平台的上表面一般不需经切削加工，其平面度与水平度都比铸铁平台差。

(3) 导轨式平台 是将多条导轨安装在水泥基础上制成的。对每条导轨的上表面都要进行机械加工，此外，导轨上还有螺栓沟槽可在装配时用来紧固工件。这种平台用于大型构件的装配。

(4) 水泥平台 是指用钢筋混凝土制成的平台。平台上的拉环、桩槓和交叉设置的扁钢等，在装配中起固定工件的作用，它们均是在制作平台时预埋下的。在拼接钢板或框架等大型构件时，宜选在水泥平台上进行装配。

(5) 电磁平台 这种平台是由钢板和型钢等制成的，平台内安装上许多电磁铁。通电之后，电磁铁可将工件吸在平台上。在采用焊接方式对接钢板时，宜选择在电磁平台上进行，以减少钢板的焊后变形。

20. 装配中零件的常用定位方法有哪些？

装配中，零件的定位是指确定零件之间的相对位置。常用的零件的定位方法有以下几种：

(1) 划线定位法 该方法利用工件的**中心线**、**接合线**作为定位基准。如图 8-18 (a) 所示，在金属构件的装配中，确定了装配基准面后，先在其上画出中心线并以此为基准，画出其他工件的位置线，然后按序装配。图 8-18 (b) 所示，是利用零件接合线的位置进行定位。

(2) 销轴定位 是指装配中利用零件上的销孔对其定位。如圆筒形构件与端盖的连接即采用了销轴定位（见图 8-19）。

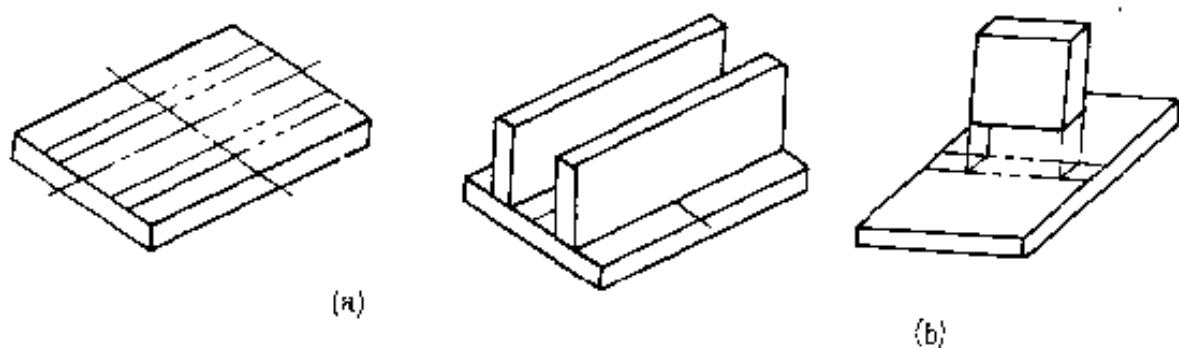


图 8-18 划线定位

首先在圆筒的一端焊上一连接圈，该圈与端盖上均已加工出螺栓孔和销轴孔，采用螺栓连接将它们联成一体，而通过向其销孔内打入两个销轴使其定位，然后进行装配焊接。

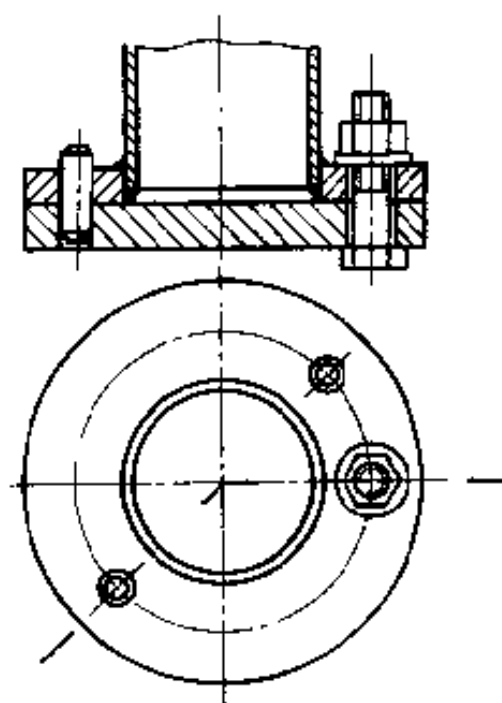


图 8-19 销轴定位

(3) 挡铁定位 这种定位方法是指在零件的装配位置线处焊上挡铁，将其作为装配中零件的定位依据。图 8-20 为采用挡铁定位方法进行工字梁的装配。

(4) 样板定位 样板定位是指根据构件的形状制作样板，将其作为装配中零件的定位基准。如装配 T 形结构时，预先根据该结构腹板的倾斜角度，制作出样板，作为腹板的装配基准，这样，腹板和翼板的位置将由划线和样板共同保证，然后即可对其进行定位焊接。

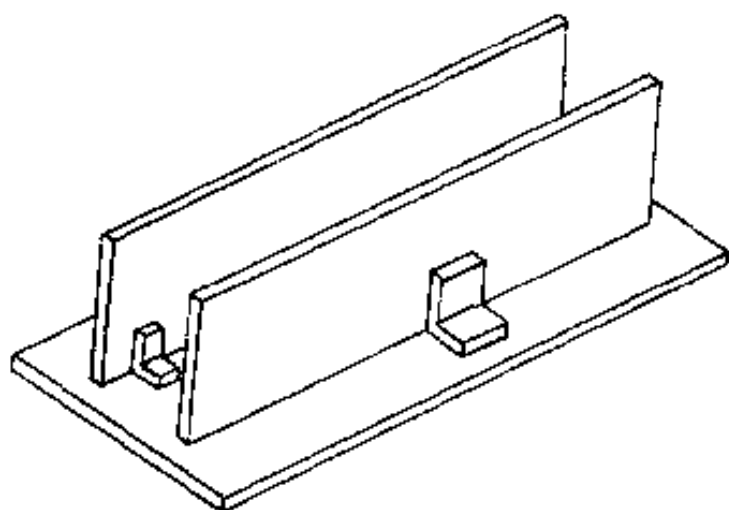


图 8-20 挡铁定位

21. 什么是划线装配法?

将构件的形状以 1:1 的实际尺寸直接在装配平台上绘制出来, 然后按零件间接合线的位置进行装配的方法称划线装配法。

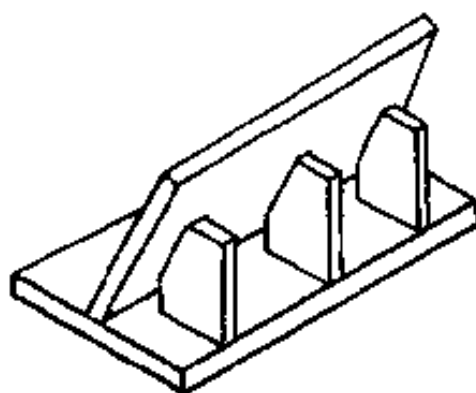


图 8-21 样板定位

划线装配方法有两种: 一种是地样装配法, 俗称打地样。该方法是采取在工作台上按工件的实际尺寸划线的方式进行构件的装配。另外一种为接合线装配法, 即在零件上直接画出与有关连接件的接合线的方式, 进行构件的装配。

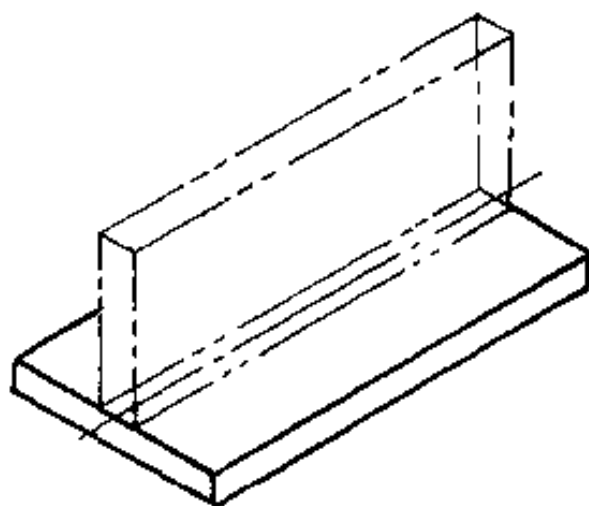


图 8-22 划线装配法

划线装配法在桥梁、桁架和压力容器等大型构

件的装配中较为常用。

图 8-22 为 T 型梁采用接合线装配法进行装配。在翼板上画出腹板的位置线，再打上样冲印。将腹板按所划线装配在翼板上，然后实施定位焊。

图 8-23 为用地样作基准进行封头分瓣装配。将封头上下两部分截面接合线画到平台上，即打出封头的地样。然后可依此地样进行封头的装配。

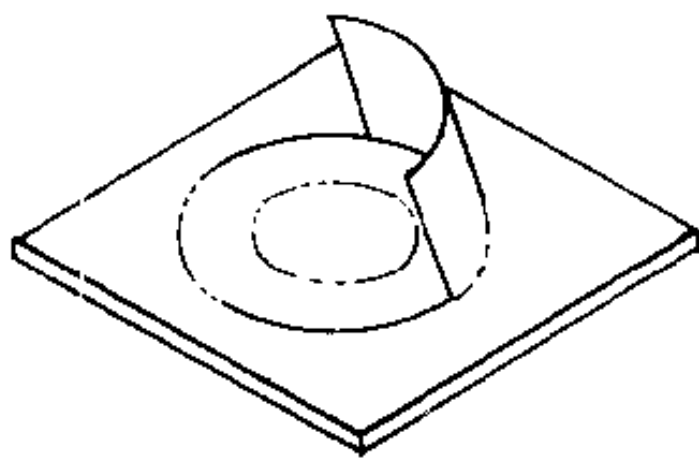


图 8-23 封头的地样装配

22. 什么是仿形装配法？

这种装配方法是指先划出结构件的地样，再根据地样装配出单面结构，然后再以其作为仿形样板来装配另一面结构。

仿形装配法主要适用于装配那些断面形状对称的焊接结构。如房架等桁架结构的装配就是采用这种装配方法。其装配过程是先画出房架的地样，如图 8-24 所示。地样中应将房架的外形尺寸、全部角钢定位线及连接板位置线都表示出来，然后按下面的程序装配：

(1) 根据地样，将结构装配成图 8-25 (a) 所示截面形状的单面桁架。

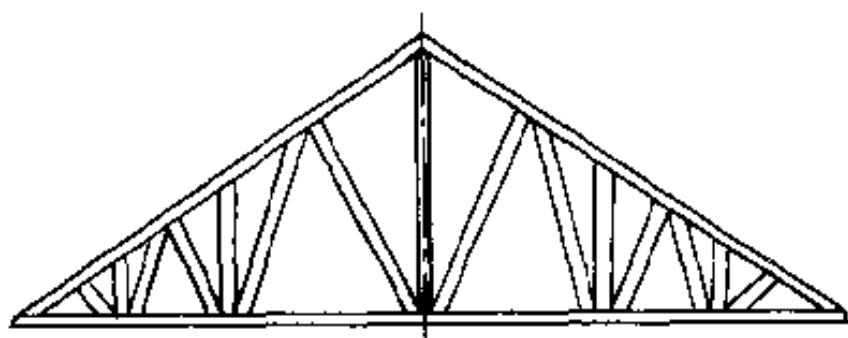


图 8-24 房架地样

(2) 以这个单面桁架作为仿形样板(即模具)进行复制, 便装配出另一单面桁架, 其截面形状如图 8-25 (b) 所示, 施定位焊将上面的角钢和连接板焊牢。

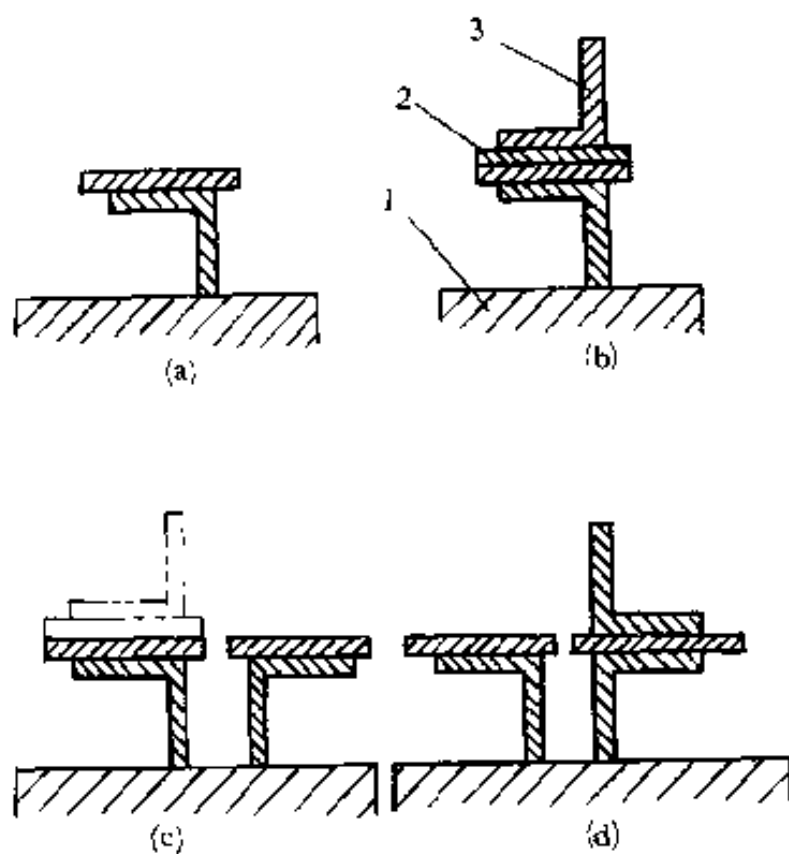


图 8-25 仿形装配过程示意图

1—装配平台 2—连接板 3—角钢

(3) 让仿形样板保持不动，卸下在其上面装配的另一单面桁架，并将它翻面，使连接板在上面，如图 8-25 (c) 所示。

(4) 在卸下来的单面桁架的连接板上对称放角钢，以下面角钢为准，进行定位焊接。到此，便完成了一个桁架的装配，见图 8-25 (d)。

重复上述方法，便可完成其他桁架的装配，但此时应注意，仍应以第一个单面桁架作为仿形样板，以免产生累积误差。所以仿形样板即第一个单面结构将是最后一个完成的装配桁架。

23. 什么是模具装配法？

模具装配法是指根据构件的几何形状制作出供装配用的模具，然后利用该模具进行装配的方法。

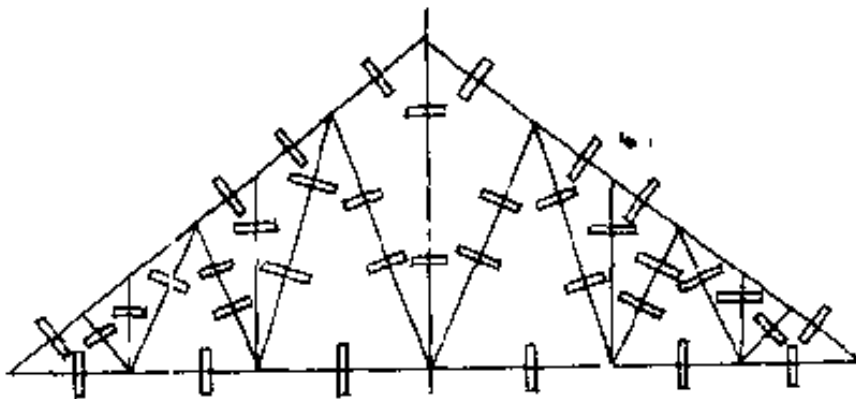


图 8-26 房架装配模

图 8-26 为房架的装配模具示意图。该模具上带有夹紧定位的装置，装配时，先将房架的角钢全部按位置放进模板的切口里，如图 8-27 (a) 所示，接着将连接板也按位摆放好，压紧后便施定位焊，如图 8-27 (b) 所示。然后，将上面的角钢装好，再把夹具翻上云，调整丝杆使其夹紧角钢与连接板。

随即可进行焊接，如图 8-27 (c)。从模具上卸下装配好的房架，并将其翻转 180°，再对房架的反面进行焊接，至此，房架的装配过程结束。

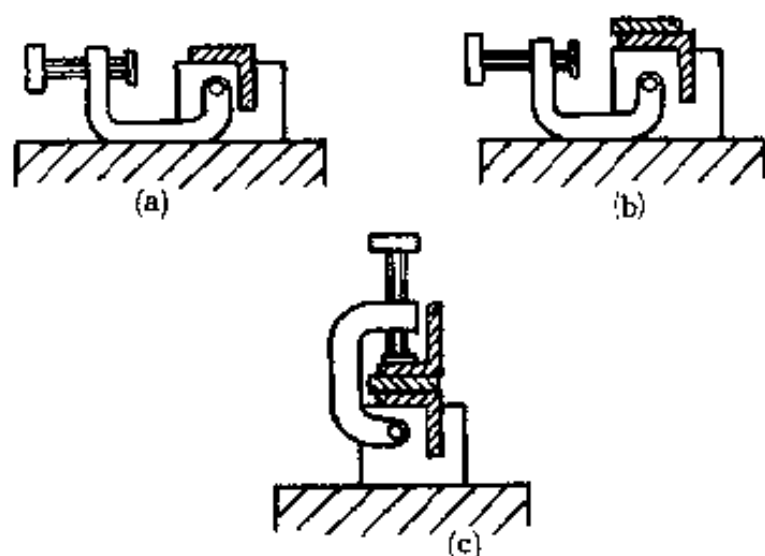


图 8 27 模具装配过程

模具装配法不仅适用于桁架、框架式等大型焊接结构的装配，也适于对压力容器球形封头的装配，如球形封头可采用凸、凹式模具进行装配。采用模具装配法既能保证产品装配质量，又能提高生产效率。当产品批量生产时，更适于利用模具进行装配。

24. 什么是平放装配法？

平放装配法也称卧式装配法，简称为平装。它是指将直立构件置于水平位置进行装配，然后再将其在使用现场矗立安装。

平放装配法主要适用于那些横断面较小，而长度较大的细长构件的装配。如石油、化工生产中的某些圆筒形设备，当其直径较小，但长度较长时，一般是采用这种平放装配法对它们进行装配。

平放装配法的主要特点有：由于构件水平放置，因此减少了高空作业工作量，使操作安全。另外，加大作业面，提高了生产效率。为了保证圆筒体构件的装配质量，平装时可将构件放在转动模具上进行装配。图 8-28 为采用平放装配法在滚轮上对接圆筒。

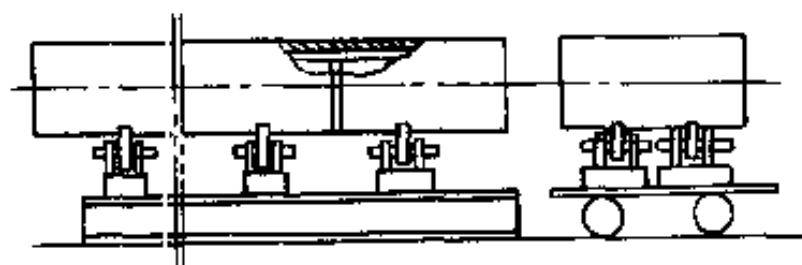


图 8 28 平放装配法

25. 什么是立装法和倒装法？

(1)立装法 是指将构件处于直立位置时进行的装配。这种装配方法适用于对高度尺寸不大的构件的装配。

以圆筒的立式装配为例，说明该方法装配过程，见图 8-29。

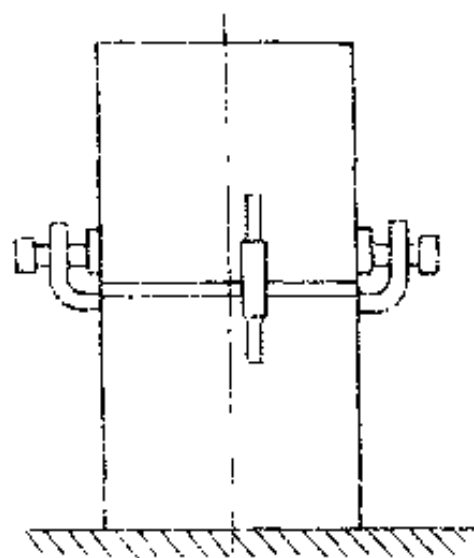


图 8 29 圆筒的立式装配

首先，将圆筒的第一节筒体竖立放在平台上，找好水平后在该筒节上端口处焊上螺旋压马。然后将上一节筒体吊起，利用螺旋压马和松紧螺栓对上、下筒体中心位置进行初步调整。随后再将一根角钢放在上节筒体的上端面中心，并在该处架设一条下端拴有重锤的垂线，用它来对两节圆筒体的中心是否位于一条垂直线上进行检测。直至圆筒中心找正后，再用松紧螺栓夹具拉紧其接口，定位后施点焊固定，即可对筒体进行整体焊接。

(2) 倒装法 将按与结构的工作位置相反的方向进行装配的方法称为倒装。采用倒装法装配的构件，一般考虑下述情况：上部结构大于下部结构而使正装（立装）不易放稳；为构件选择合适的装配基准面；使用装配模具加工制造及使用方便等。

图 8-30 所示的机座便采用了倒装装配方法。装配时是以面板为倒装的基准面，将面板在平台上定位以后，按所划腹板、隔板等位置线，依次安装两块腹板、隔板，最后再用正装方式装上筋板和斜面板，如图 8-31 (a)、(b)。

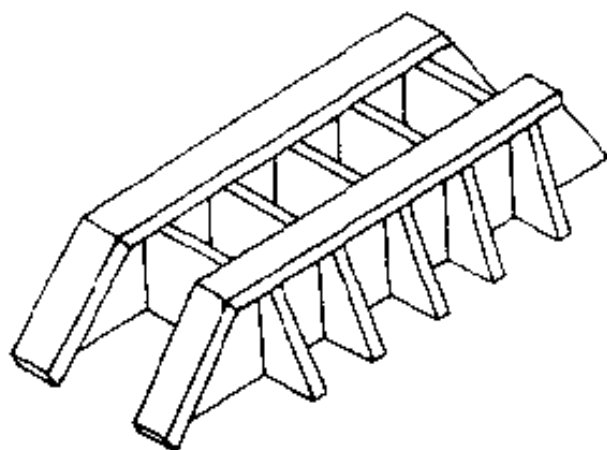


图 8-30 机座

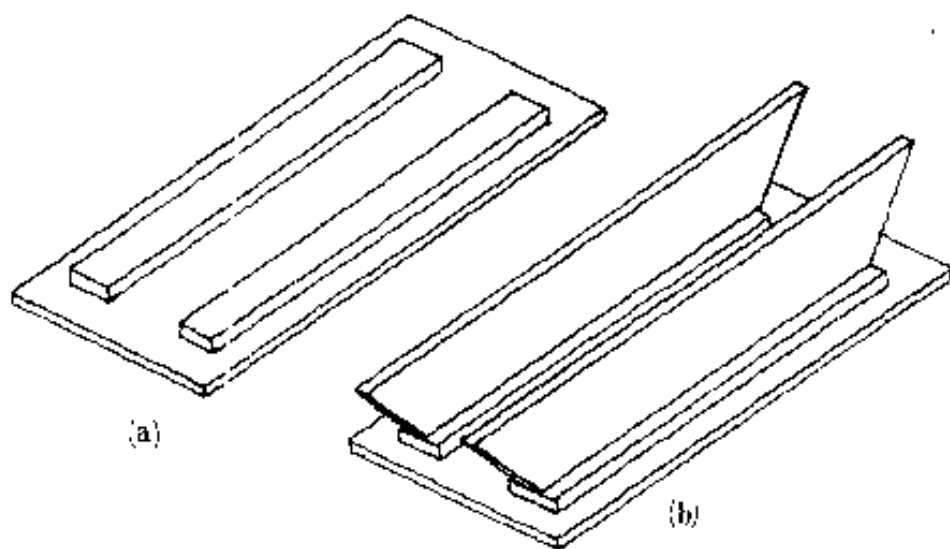


图 8-31 机座的装配

26. 如何进行工字梁的装配?

工字梁是由两块翼板和一块腹板经装配组成的。工字梁的装配方法有两种，一种是挡铁定位装配法，另一种是模具装配法。

(1) 挡铁定位装配 这种装配方法适于工字梁的单件或小批量生产。其装配过程是：

①装配前，应首先将两块翼板和一块腹板矫直、矫平。对由多块钢板拼焊而成的翼板和腹板，则必须将装配处的焊缝磨平，并将其边缘的脏物清除掉，另外，为保证梁的强度，还应注意装配中使焊缝错开，使其距离大于 100 mm。

②将矫正后的翼板平放在平台上，然后划出腹板的位置线。

③按划线位置在两块翼板上分别焊上临时挡铁（挡铁的作用是对腹板的定位与夹紧），如图 8-32（a）所示。

④将腹板吊到翼板上，并使其靠紧挡铁，然后用角尺检测腹板与翼板之间的垂直度，若不垂直，应校正，经检验合

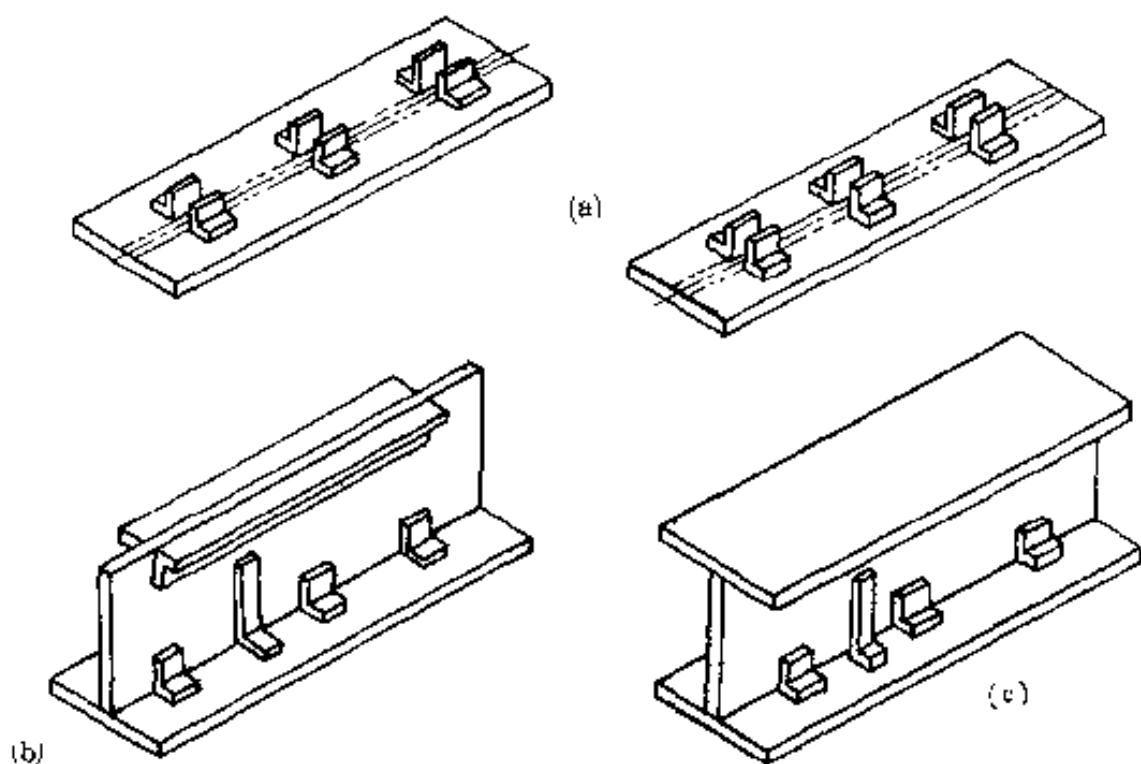


图 8-32 工字梁的挡铁定位装配

格后夹紧并施点焊定位使之固定，组成 T 形梁，如图 8-32 (b) 所示。

⑤再将 T 形梁翻转 180°吊装到另一块翼板上，仍用角尺校验其垂直度，见图 8-32 (c)。校正后施定位焊固定，并逐个拆去临时挡铁，沿缝焊牢，即工字梁的装配过程结束。

(2) 模具装配 模具装配法适用于大批量生产工字梁或 C 字梁的尺寸规格多变，技术要求较高时的情况，见图 8-33 所示。

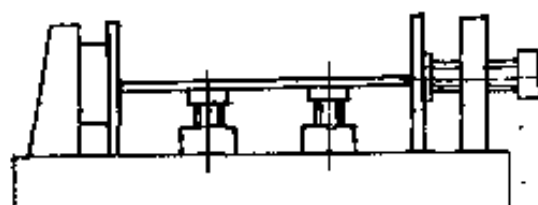


图 8 33 工字梁的模具装配

采用这种方法装配时，应首先将模具上用于支承腹板的螺栓或垫铁的高度位置调整好，然后把翼板垂直放入模具中，再把腹板平放在支承螺栓或垫铁上，最后将另一块翼板放入模具中。夹紧腹板和翼板

后施定位焊固定。对装配完的工字梁进行整体焊接，先焊一侧的焊缝，将工字梁从模具中取出后，再取平焊位置将另一侧的焊缝焊好。至此，完成工字梁的装配。

27. 如何进行圆筒构件的纵缝装配?

一般情况下钢板卷制成圆筒后，其纵向接缝均达不到技术要求，所存在的缺陷通常表现为接缝边缘不平整、间隙过大、歪斜等，而对筒壁较薄、直径较大的圆筒，则会产生因圆筒自重影响导致截面变成椭圆形的现象。这会给圆筒的装配带来困难，也影响接缝的焊接质量。为此，常采用一些通用和专用的夹具进行圆筒构件的纵缝装配，如简易杠杆夹具、螺旋拉紧器、杠杆—螺旋拉紧器及径向推撑器等。

当圆筒为单件或小批量生产时，可采用螺旋拉紧器进行纵缝装配，见图 8-34 所示。具体操作方法是：在圆筒筒身纵向接缝的两边，对应地焊上几对小角钢，角钢上钻有钗孔，将两角钢的孔内穿入螺栓并拧紧螺母，使纵缝间隙得到调节，由此，使得纵缝对接质量达到技术要求。

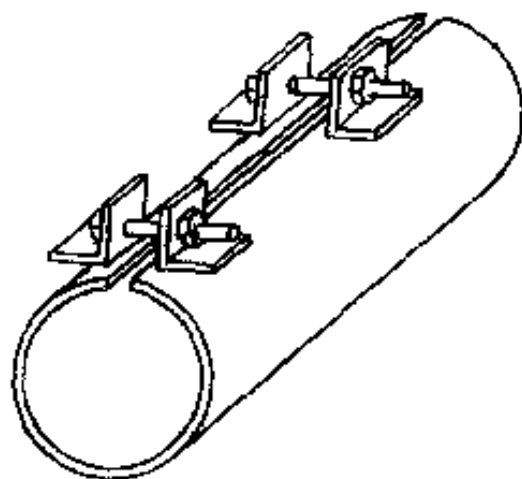


图 8-34 采用螺旋拉紧器进行圆筒的纵缝装配

当圆筒的两对接边缘高低不平时，可在板边缘焊上扣环，然后利用撬杆使板边对正，如图 8-35 (a) 所示。此外，还可以采用简易杠杆对准板边 [见图 8-35 (b)]，或是用楔铁使板边对齐 [见图 8-35 (c)]，使用螺旋压马时，通过调节螺杆的作用，板边不平的现象将得到校正，如图 8-35 (d) 所示。

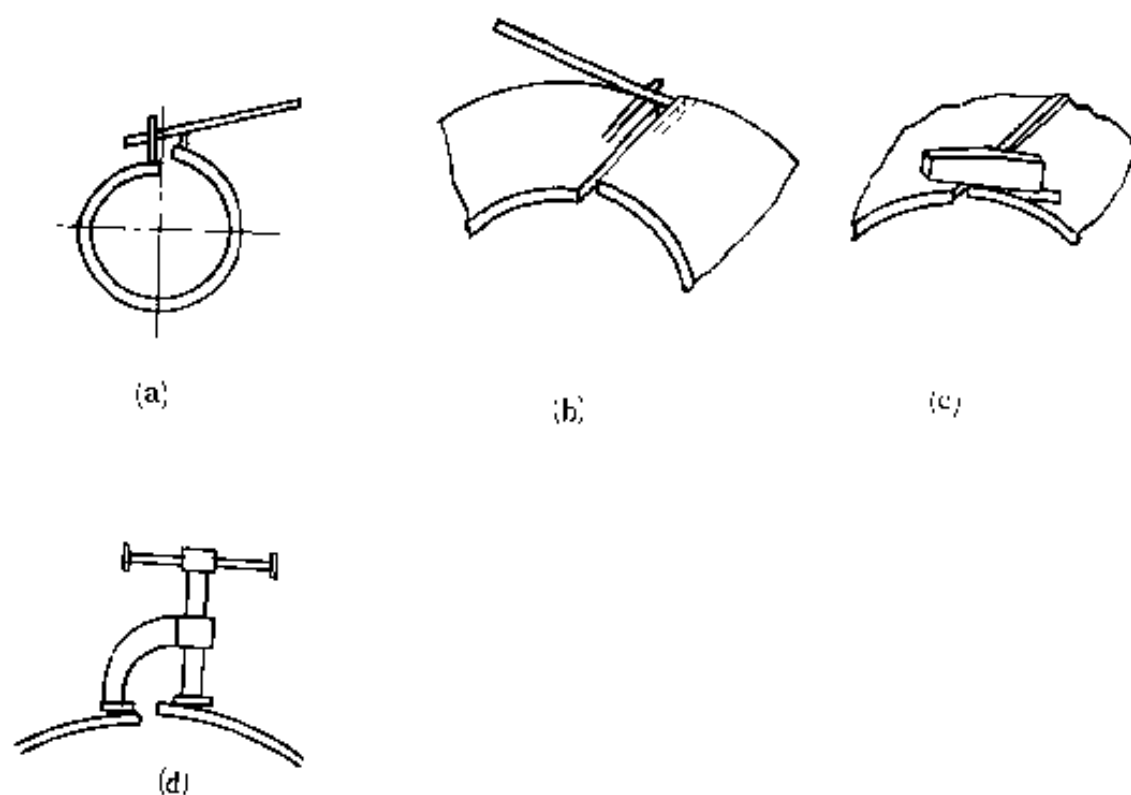


图 8-35 使圆筒板边对齐的方法

当圆筒的边缘产生歪斜时，可将两个相同的杠杆 螺旋拉紧器分别装在圆筒的两端，在其对角线方向上用钢丝绳或螺钉对板边缘的歪斜进行校正。

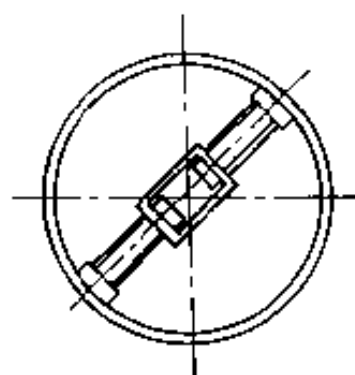


图 8-36 用径向推撑器装配圆筒

当所卷制的薄壁圆筒发生椭圆度缺陷时，可采用径向推撑器对其进行校正，如图 8-36 所示。

28. 如何进行圆筒构件的环缝装配？

当所需圆筒构件较长，且由两节以上单节筒体组合装配而成，或是圆筒两端应装配封头时，在接缝处均有环形焊缝。对圆筒的环形焊缝进行装配，其方法有立装和卧装两种。

(1) 立装 当圆筒的直径较大而长度较短时，为防止筒体因自重产生椭圆变形，多采用立装法进行装配。圆筒立装

时，上、下筒体的对缝形式有对接和搭接两种。

圆筒对接立装时，首先在下节筒体的端面内、外侧，按适当的距离沿圆周焊上临时挡铁，以保证上节圆筒体的准确对接定位。利用一块带孔的连接板，垫放在两筒节的对接缝之间，再向孔内打入圆锥形楔条，以使环缝夹紧并对齐。如图 8-37 (a) 所示，两筒节之间所需要的间隙，可通过连接板的厚度来调整获得。

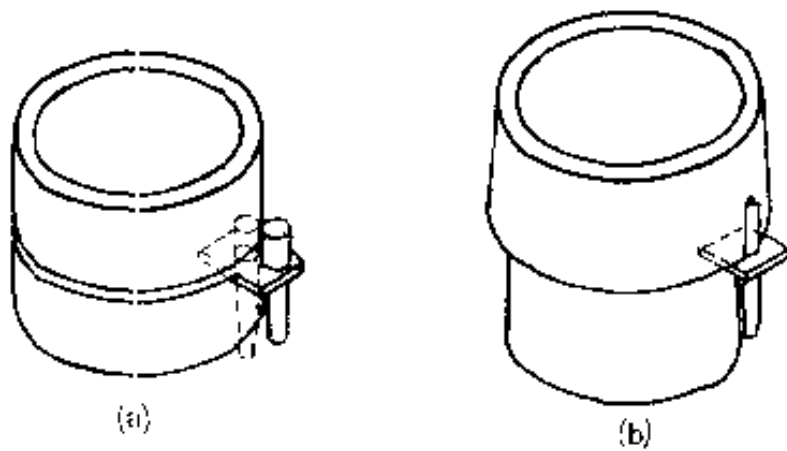


图 8-37 圆筒的环缝立装

(a) 对接立装 (b) 搭接立装

圆筒搭接立装时，应按搭边量在下节筒体外壁圆周画出搭边的尺寸位置线，并隔适当的距离焊上数块带孔的挡铁作定位，将上节筒体吊装到挡铁上，向孔内打入圆锥形楔条，使上、下筒节夹紧，然后可施焊，见图 8-37 (b)。

(2) 卧装 对直径较小、长度较长的圆形筒体，多采用卧装法进行筒体的环缝装配。环缝卧装时，通常是将两节圆筒放置在辊轮架上进行。如图 8-38 (a) 所示。采用辊轮架装配时，为使两节筒体获得较好的同轴度，应保证每个辊轮的直径大小相等，每对辊轮圆心的横向和高低位置应一致。当较细长的圆筒节进行环缝对接时，为防止因筒节自重而产生弯曲，可将两筒节放在由两根刚性较好的圆钢管组成的辊筒

铁，使其与平台上的下口线对准，用直角尺（当工件尺寸很大时，可用线锤）检验瓣片上口边缘位置，使直角尺的垂直边或线锤的锤尖与平台上的上口线对准，再利用支撑角钢临时支撑瓣片，使其定位并对其施焊。依次重复上述方法装配各瓣片，将所有球面瓣片装配好后，还应对封头上口的圆度、是否平齐等情况进行检验和校正，待合乎要求后扣上顶盖进行装配，多瓣球形封头的装配工作结束。

(2) 模具装配 模具装配又称胎夹具装配。这种装配方法一般用在所需装配的多瓣球形封头数量较多的情况。使用胎夹具装配法进行球形封头的装配时，所用的胎夹具有凹形模与凸形模两种。装配凹形模 [见图 8-40 (a)] 是以球形封头的外表面尺寸为基准装配各球面瓣片，装配凸形模 [见图 8-40 (b)] 则是以封头里表面为基准装配球面板。

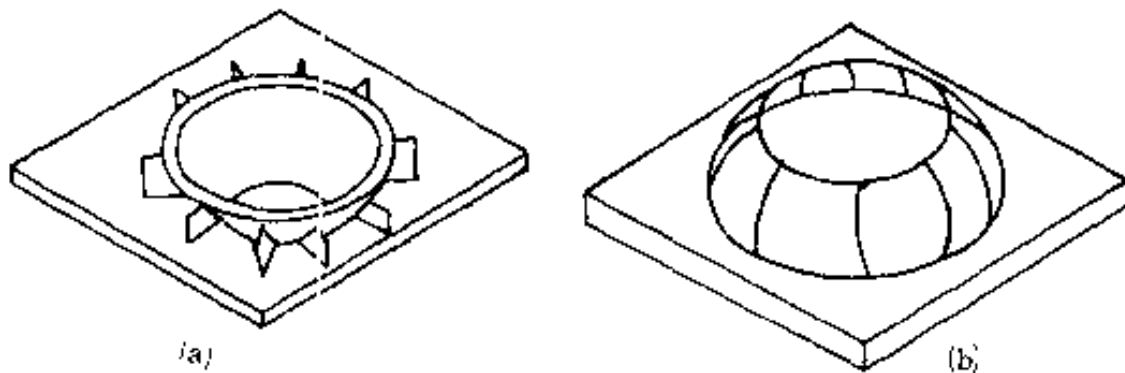


图 8-10 模具装配球形封头

30. 如何进行底座的装配?

各种机械，特别是大型机械，它们的底座均是用钢板组焊而成的，主要结构有面板、立板、隔板、肋板、底板等。下面以电动机底座为例，说明其装配过程。

图 8-41 为电动机底座，它的上部平面比下部大，为使装

配时能具有稳定性，采用倒装法进行装配，其具体操作过程是：

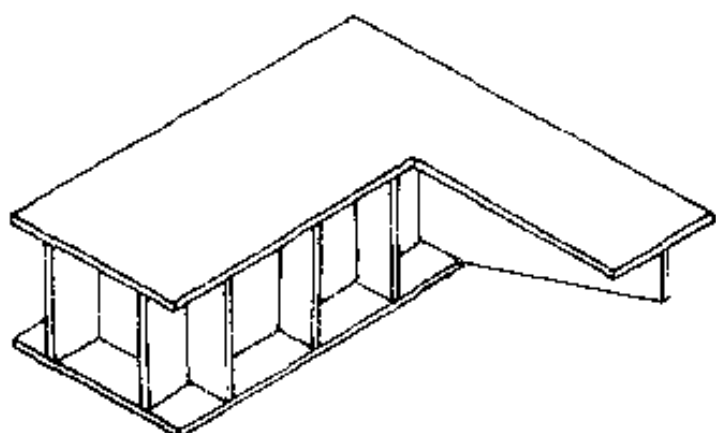
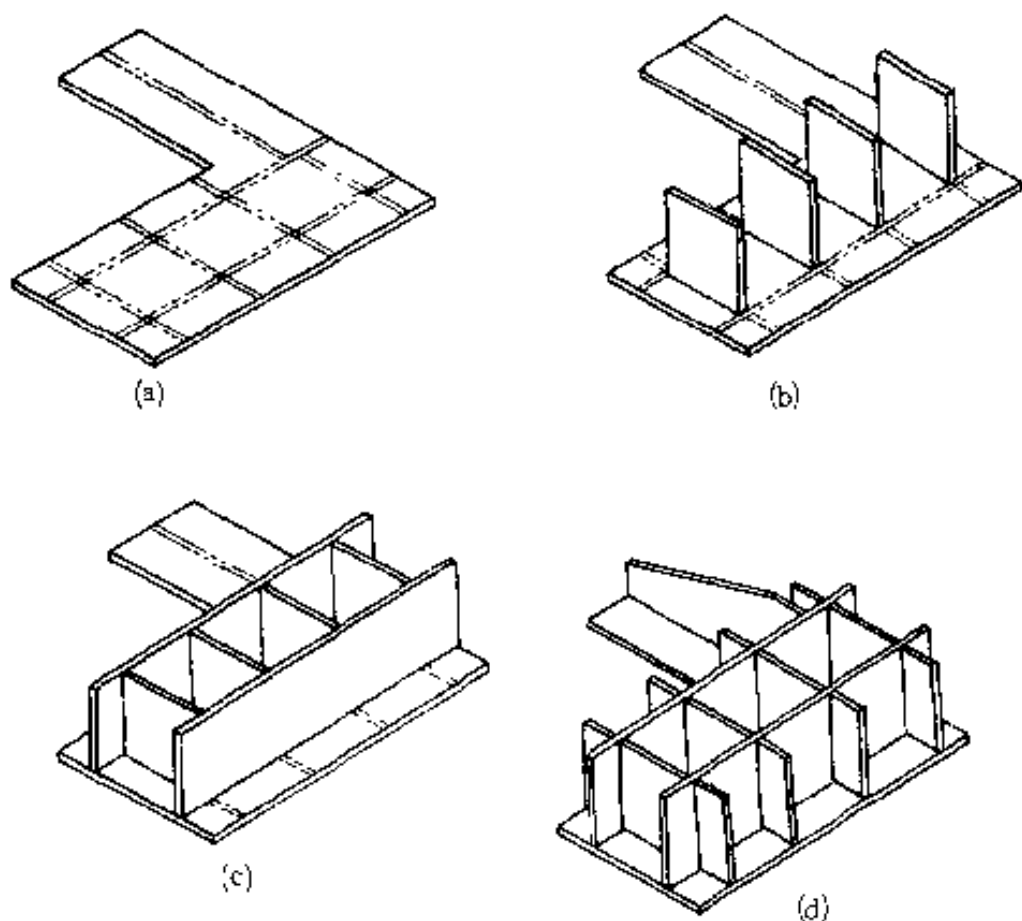


图 8-41 电动机底座结构

- (1) 将面板平放于装配平台上并定好位。
- (2) 在面板上按图样要求，划出立板、隔板及肋板的位置线，并打上样冲印，如图 8-42 (a) 所示。



(3) 按划线位置,先装配隔板,使其与面板保持垂直,用直角尺检验其垂直度,合格后,施定位焊固定,见图 8-42 (b)。

(4) 紧靠隔板装配上两块立板,仍使用直角尺校验其垂直度,并施定位焊固定,如图 8-42 (c) 所示。

(5) 按划线装配肋板,应使其与面板垂直并靠紧立板,用直角尺校验完垂直度后,用定位焊固定,如图 8-42 (d) 所示。

(6) 将底座内腔按技术要求进行焊接,然后装配底板,并施定位焊,最后完成整个底座的焊接。

31. 如何进行箱体制件的装配?

箱体制件的典型结构即为箱形梁。箱形梁主要由两块翼板、两块腹板及若干块肋板等组成,其结构见图 8-43。

(1) 装配前,应分别将翼板、腹板矫直、矫平,如翼板和腹板是由多块钢板拼焊组成的,须将装配处的焊缝磨平,为不使箱形梁的强度降低,在装配时还应保证让焊缝错开一定的距离。

(2) 将翼板平放于装配平台上,并在上面按图纸上所注的尺寸,划出腹板及肋板的位置线,再打上样冲印,如图 8-44 (a) 所示。

(3) 按划线定位肋板的位置,将其装配到翼板上,为保

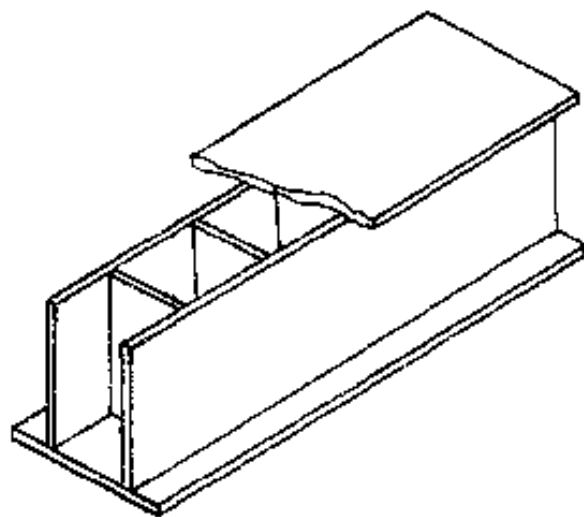


图 8 43 箱形梁结构

证其垂直度，用直角尺校验合格后，再施定位焊固定，然后将角钢或是圆钢放在肋板之间，对其起临时支撑的作用，如图 8-44 (b) 所示。

(4) 紧靠肋板并按线将两块腹板装配于翼板上，再用直角尺检验其垂直度，之后施定位焊固定，如图 8-44 (c) 所示。

(5) 将临时支撑用角钢拆去，对箱形梁内腔进行整体焊接，再把另一块翼板装配上去，施定位焊固定后，进行最后的焊接，即完成箱形梁的装配工作。如图 8-44 (d) 所示。

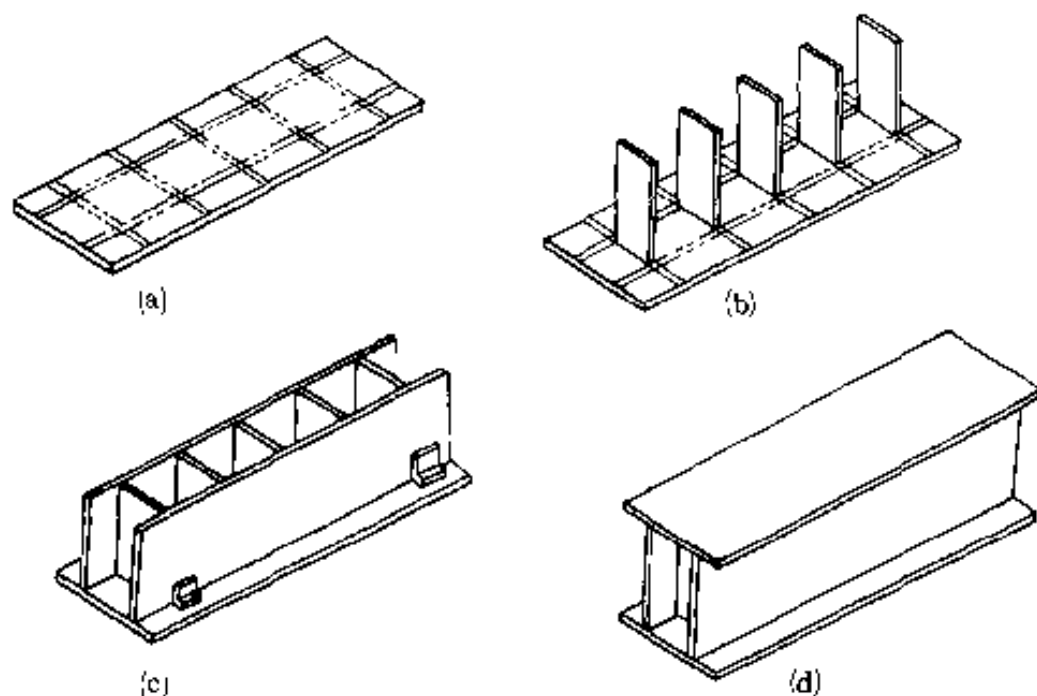


图 8 44 箱形梁的装配过程

32. 什么是部件装配法？它有哪些优点？

(1) 部件装配法 任何一个冷作产品都是由一系列零件和部件所构成的，产品本身则是一个独立的、完整的总体。而部件也可称构件，又是由若干个零件组合而成的一个相对独

立、又比较完整的结构。

在工程中，常常采用分解的办法，将那些大型而又较复杂的产品分为若干个部件，装配时，首先对各部件的装配焊接结束后，再对该产品进行总体装配，将这种装配方法称为部件装配法。

(2) 部件装配法的优点 从工艺角度看，部件装配法主要有以下优点：

①采用部件装配法，即是由集中装配改为分散装配，这样使总装阶段的装配过程简单，工序和时间也大大减少，并使生产周期缩短。因此，这种方法更适于产品的高效和大量生产的要求。

②能够提高生产效率。将产品分解后，使总体装配需要立焊或仰焊的操作，变为平面焊，使高空作业的工作量降低，生产效率得到提高。

③部件装配法的操作简便。划分后的部件，因其体积小，重量轻，所以使得焊接时工件翻转容易；另外，如果焊接后，部件产生变形也便于对其进行矫正。

④能够提高产品质量和产品生产的机械化与半机械化程度。因为采用部件装配法时，更便于零件在装配过程中的准确定位；并且由于采取了一系列减少焊接变形的措施，使构件的焊接残余应力降低；而分散性的装配工作，则有利于装配过程的半机械化和机械化。

33. 部件划分时要注意什么？

采用部件装配法时，应根据产品的复杂程度和实际情况，正确的做好部件的划分，这将对产品的制造工艺和质量的提高有直接的影响，为此，在部件划分时，主要应考虑以下几

方面：

(1) 从产品的形状特点出发，应尽量使所划分的部件，其轮廓形状比较规则而完整。

(2) 相邻部件之间的连接处结构不要太复杂，以便在总体装配时，操作容易和便于对部件的尺寸进行检测和校准。

(3) 按所划分的部件分别装配之后，将各部件按图纸的技术要求所进行产品的总体装配，必须能够保证其产品的质量，使总装后的构件结构满足对该产品的设计要求。

34. 压力容器有什么特点？它们是怎样分类的？

(1) 压力容器的特点 压力容器广泛应用于石油、化工生产中，如各种储罐、反应塔等。从压力容器的结构上看，它具有体积大，壁薄，而直径较壁厚大几十倍，甚至是上百倍。压力容器绝大部分为圆柱形或球形，其中圆柱形压力容器制造比球形容器简单。从压力容器的受力情况看，它除了承受容器内部介质的工作压力外，还受到自身重力和其他附加设备重量的作用，球形容器各点的受力状态均匀分布，各球瓣焊接的焊缝所受到的力也基本一致，所以其强度高。圆柱形容器受力不匀，其纵向（轴向）焊缝的应力为环向（径向）焊缝应力的二倍。

除上述特点外，压力容器还具有耐高温（或低温），耐腐蚀等特点。

(2) 压力容器的分类方法

①按压力容器的设计压力分为低压、中压、高压和超高压四个等级，具体划分为：

a. 低压容器（代号为L）： $0.1 \leq p < 1.6$ MPa；

- b. 中压容器（代号为 M ）： $1.6 \leq p < 10$ MPa；
- c. 高压容器（代号为 H ）： $10 \leq p < 100$ MPa；
- d. 超高压容器（代号为 U ）： $p \geq 100$ MPa。

②按压力容器的设计温度分为低温、常温和高温三种，具体划分标准是：

- a. 低温容器：设计温度 < -20 °C；
- b. 常温容器：设计温度 > -20 °C；
- c. 高温容器：设计温度 > 450 °C。

③按压力容器在生产工艺过程中的作用原理分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器和储存压力容器四种，其作用分别为：

- a. 反应压力容器（代号为 R ）：主要用于完成介质的物理、化学反应，如反应釜、合成塔、煤气发生炉等；
- b. 换热压力容器（代号为 E ）：主要用于完成介质的热交换。如各种换热器、冷却器等；
- c. 分离压力容器（代号为 S ）：主要用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等作用。如分离器、吸收塔、干燥塔等；
- d. 储存压力容器（代号为 C ）：主要用于储存生产中所用的原料气体、液体及液化气体等。如各种形式的储罐。

35. 球罐的结构是怎样的？

球罐与常用的圆筒形储罐相比，具有容积大、用料省、承载能力强等特点，因此在石油、化工、冶金、轻工等行业中得到广泛的应用。球罐的结构形体有多种多样，可根据不同的使用条件来选取不同的结构形式。但无论是哪种结构形式，球罐都是由球体和支柱（又称支座或支承）两大部分构成球

罐的主体,如图 8-45 所示。此外,还有操作平台、扶梯、人孔、接管、液面计、压力计、安全阀等附属设施,有的还根据需要配置了保温、隔热或喷淋管、消防管等。

球壳体一般需要数十片(对于大型球罐来说可以是数百片)球瓣拼装而成。它们分别被称为上、下极顶板,上、下温带板和赤道板。

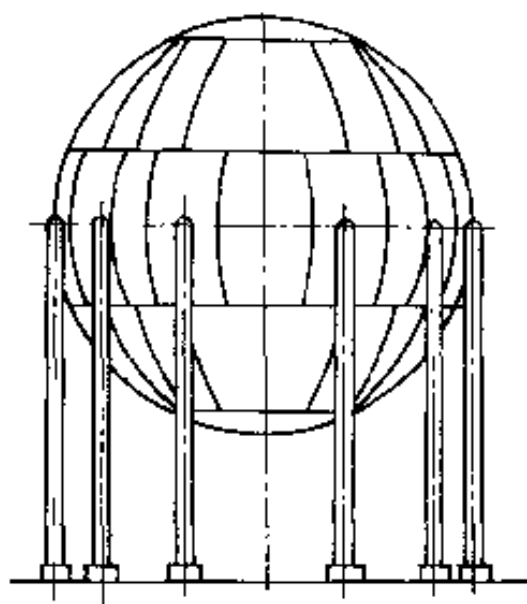


图 8-45 球罐结构示意图

36. 球瓣的制造工艺过程是什么?

球瓣的制造工艺过程包括以下几个步骤:

(1) 瓣片的放样 球壳是不可展曲面,因此不可能将其在平面上精确展开,只能采用近似展开的方法作放样。通常采用的展开放样方法是展开图法和球心角弧长计算法。其中展开图法是按等弧长的原则,利用多级截锥体展开原理进行放样,而球心角弧长计算法则是利用球心角计算弧长值进行瓣片的放样。

(2) 瓣片的下料 制作瓣片所用的钢板,应对其逐张进行超声波探伤检查,以符合超声波探伤标准的要求。瓣片采用一次下料法在平板上进行,一般采用气割操作切割。

(3) 瓣片的成形 球壳板的全部瓣片均是将下料后的钢板,经过压力机的压力加工后达到所需要的形状。其成形的方法,通常采用冷压方法(由水压机或油压机)完成瓣片的成型操作。

(4) 焊接坡口加工 球瓣压制成型后,要加工出焊接坡口,一般采用火焰切割或机械加工方法使其成型。切割后必须用打磨或其他机械方法去除氧化皮。

(5) 瓣片的检查 对已加工成型的瓣片,应根据需要检验以下有关尺寸。

①瓣片曲率检查。采用内侧样板检查时(样板弦长不得小于1m),其具体要求标准是:当瓣片弦长 ≥ 2000 mm时,样板的弦长应 ≥ 2000 mm;当瓣片弦长 < 2000 mm时,样板的弦长应大于或等于瓣片的弦长。另外,样板与瓣片间隙 $e \leq 3$ mm,如图8-46所示。

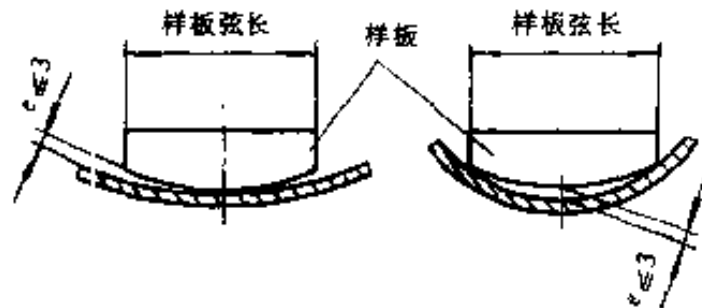


图8-46 球瓣曲率检查

②瓣片几何尺寸检查。瓣片几何尺寸允许偏差为:长度方向弦长允差 $\leq +2.5$ mm;宽度方向弦长允差 $\leq \pm 2$ mm;对角线弦长允差 $\leq \pm 3$ mm;两对角线应在同一平面上。当用两直线对角测量时,两直线的垂直距离允差 ≤ 5 mm,如图8-47所示。

37. 球罐支柱的制造工艺过程是什么?

球罐支柱又称支座,是球罐中用来支承自身重量和所贮存物料重量的结构部件。支座的结构形式,有柱式支座和裙式支座两大类。其中,柱式支承中的赤道正切式支柱应用得

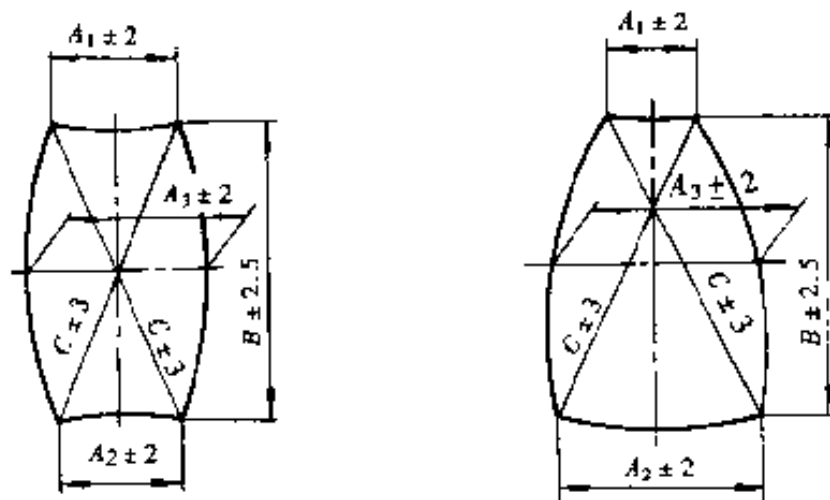


图 8-47 球瓣几何尺寸检查

较为普遍。

赤道正切式支柱的形式大多为管状，小型球罐一般采用钢管制作而成，大型球罐的支柱则是由钢板卷制的，但应尽量减少其环缝的数量。支柱可分段制造，但与球壳瓣片连接段的长度应不小于支柱总长的三分之一。

制造球罐支柱时，一般先将管状支柱卷制成形，再画线切割与球面相交的切口。画线时可根据两立体表面相贯线的绘图原理，以管子外壁为基准来进行。切割切口时，为防止冷加工出现回弹，必须对支柱端部进行退火处理。完成切口后，可对支柱与球体焊接组装。为保证焊接质量和焊后的精度检验及变形校正，支柱与球体间的焊接应在制造厂完成。

38. 球罐部件装配有哪些方法？它们各适用于什么情况？

将冷压成形的瓣片及其附属配件装配成球形容器过程称为球罐的装配。装配球罐的方法有多种，较为常用的有半球法、分带法和分瓣装配法。其中，半球法与分带法最为常用。

(1) 半球法 采用该方法装配球罐时，将球形瓣片放在

平台上，装配成两个半球，然后再将两个半球拼装成整球。这种方法适用于中小型球罐的安装。

(2) 分带法 此法是将球瓣在平台上进行组装、焊接成球罐的各环带，然后再将各环带组装成球罐。分带装配法一般适用于中小型球罐的安装，因为整个环带的吊装需要有足够大的起重能力，球罐尺寸大，所需起重力就越大；另外如吊装的环带直径过大，其刚度将会显得不足，会影响球罐的环缝装配质量。

39. 球罐的总体装配方法有哪几种？它们的装配过程如何？

球罐的总体装配方法是指在球罐的基础上，将球壳板（单个瓣片或组片）用工夹具逐个组装成整体球，然后进行焊接的方法。这种方法既适于大、中、小型球罐的安装，也适于不同形式瓣片的装配。总体装配法一般从支柱起始安装，并将支柱的基础作为基准，同时利用支柱作部分支承用，这有利于球体的定位，且稳定性好。

总体装配法有三种形式，即分瓣装配法，分带装配法的总体装配及半球法的总体装配。它们的装配过程分别为：

(1) 分瓣装配法 这种方法是将单张瓣片或多张瓣片不通过分带组装，而是直接吊装组成整体球的装配方法。采用此方法进行球罐装配时，通常是以赤道带为基准，即先安装赤道带的单张瓣片，然后对称吊装温带瓣片，最后吊装上极顶和下极顶。由于是单瓣片组装球罐，所以需要的起吊能力和安装场地不大，且组装速度快，精度高。

(2) 分带装配法的总体装配 分带装配法是在地面平台上按赤道带，上、下温带，上、下极顶等各带板分别组焊成

环带，然后将各环带组装成球的方法。采用这种方法时，一般是从下半球开始吊装好一个环带，焊好环缝，按顺序依次吊装拼焊各带成整球。通常将上极板与上温带和下极板与下温带在平台上分别组焊，再按序吊装。

(3) 半球法的总体装配 采用此法装配时，先应将球罐圆周位置的立柱安装好，然后吊装上半球和下半球，其具体装配过程与分带法的总体装配类似。

40. 装配球罐时需要哪些设备和工具？其作用是什么？

装配球罐时所需要的常用设备和工具包括：

(1) 起重设备 起重设备是在球罐装配过程中所需的重要设备之一。较为常用的有汽车起重机和桅杆，或是多机种配合使用。

桅杆的起重能力强，所以当中、小型球罐采用分带法和半球法装配时，均使用桅杆。而汽车起重机因其机动性好、便于较远距离操作、提升高度大、起吊及转动灵活等特点，所以广泛用于大型球罐的吊装设备。

(2) 中心柱 中心柱是装配球罐的一种较重要的设施。其主要作用是借助钢丝绳或型钢来拖拉装拼和固定球瓣片或上、下温带板及上、下极顶板。

(3) 工夹具 工夹具是球罐装配中必不可少的重要工具，其主要作用是能使相邻球瓣的连接安全可靠，同时还可以对相邻球瓣之间的错边量及间隙进行调整。球罐装配的专用夹具，如图 8-48 所示。这种夹具即能用来调整装配球罐的纵环缝间隙和错边量，还可起到加固焊缝、减少焊接变形的作用。

(4) 脚手架 脚手架是球罐装配焊接中的一项设施，它是从安装、焊接到检验全部工程高空作业时操作人员的主要

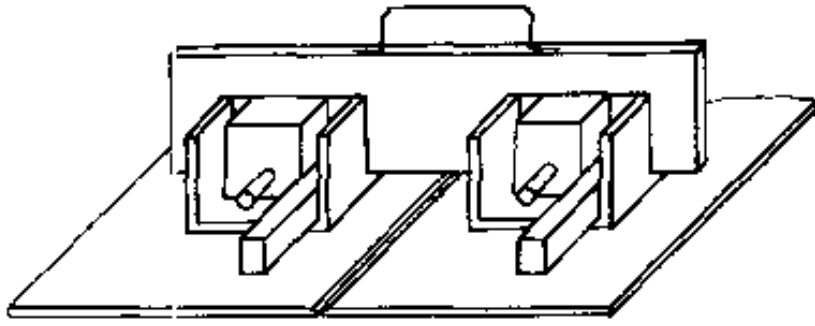


图 8-48 球罐装配的专用夹具

工作位置。所以脚手架搭设是否合理对作业条件、安全生产及装配速度等都有重要影响。常见的脚手架有：

①梯形脚手架。其特点是结构简单、分布均匀、操作方便且上下攀登安全，如图 8-49 所示。

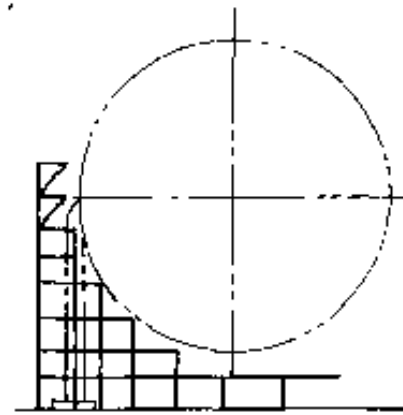


图 8-49 梯形脚手架

②三角脚手架。在使用时，常将其设置在赤道内、外壁上，上半球装配时设于外壁，下半球装配则设于内壁，如图 8-50 所示。

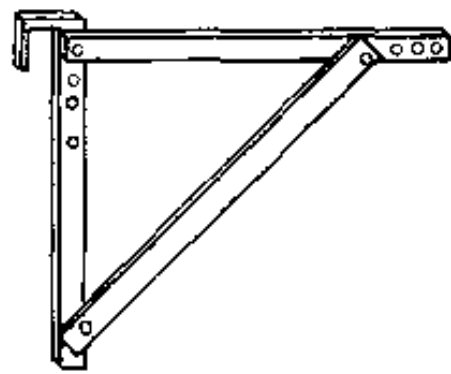


图 8-50 三角脚手架

③伞形脚手架。它是借助于装配用的中心柱所架设的一种设施。除通常的作用外，这种脚手架在球瓣装配过程中还可起到支承和固定上温带（或上极顶板）球瓣的作用。

41. 对球瓣的焊接有哪些具体要求？

球罐的焊接与其他制件的焊接有所不同，因球罐是由多块瓣片经组装形成的，所以其焊接是在全位置上进行。此外

球体壁较厚，需要在预热条件下长时间的连续焊接，不仅工作环境差、劳动强度大，而且对球罐的焊接质量要求也很高。

球罐所用材料主要是碳钢及低合金高强度钢，由于这两种材料的可焊性能较差，焊接时极容易在焊缝接头处产生冷裂纹，由此导致球罐发生脆性断裂而突然破坏。为了保证获得合格的球罐，对其焊接提出以下要求：

(1) 做好焊前准备工作 焊前准备工作包括：

①焊工 焊接工艺是由焊工实施的，进行球罐焊接的焊工必须经过严格的技术培训，经严格考试合格后，持有专门的合格证，才能进行球罐的焊接。

②焊条 焊条在使用前应进行烘干，焊工随身携带的保温筒应能容纳 5kg 左右的焊条，焊条在保温筒内存放不可超过 4 小时，即应在 4 小时内将筒内焊条用完，否则应按原烘干要求重新干燥，但重复干燥的次数不得超过三次。

③清根 对双面对接焊缝，单侧焊接后要进行背面清根。即用碳弧气刨来清除焊道上未焊透、夹渣等缺陷，然后用砂轮机修整刨槽，磨去碳刨时的硬化层。清根后的坡口形状、宽窄应一致，且应修磨光滑。此外，还应用着色探伤检验其表面有无裂纹，合格后才允许继续焊接。

(2) 焊接

①焊接方法及焊接次序 球瓣对接焊缝，第一层以后退法焊接，从第二层以后使用前进法焊接。应采取对称均匀的焊接方法和先焊纵缝后焊环缝的焊接顺序。

②球体预热 预热是指施焊前，将焊接工件加热到比环境温度更高的某一温度，并在此温度下进行焊接。预热的目的，是为了防止由于焊缝冷却过快而产生微裂纹。预热温度一般控制在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

③焊后回火 球罐焊接后，应立即进行回火处理。其目的是促进焊缝中氢的扩散，防止焊件裂纹的产生。回火处理的温度为 $80^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，需保温 $15\sim 30\text{ min}$ 。

42. 如何进行球罐的水压试验和气密性试验？

(1) 水压试验 球罐的水压试验是对其设计、制造及安装焊接质量的综合性检验，以确保球罐能承受设计压力，不产生漏泄。水压试验压力一般取球罐设计压力的 1.5 倍，以顶部压力表的读数为准。水压试验用水应采用经离子交换后的水源，且水温要高于 16°C 。试验时，水应从下部注入球罐。灌满水后，缓慢升压，升压速度应控制在每小时 0.3 MPa 以下，当升压到 0.3 MPa 时，检查各法兰连接处有无泄漏，如存在泄漏应及时处理。当压力升至球罐的设计压力后，要停止升压，对所有焊缝进行全面检查。其重点是检查各接管的焊缝及支柱和赤道带板之间的角焊缝。稳压 $15\sim 20\text{ min}$ 后，再缓慢升压到试验压力。稳压 $20\sim 30\text{ min}$ ，对球罐上所有焊缝及接管法兰做全面检查，不允许出现冒汗、泄漏以及压力表压力下降现象。卸压时，应先将压力降至设计压力；稳压 10 min 后进行全面检查。然后再将压力降至常压，所需时间不得少于压力由常压升至试验压力所需时间的一半。

水压试验时，会使球罐重量急剧增加，而导致基础下沉。一般情况下规定两相邻支柱的沉降差不能超过两相邻支柱中心间距的 $\frac{1}{1000}$ 。如其沉降差较大应停止充水，待基础的沉降自行调整到符合图纸的技术要求后再缓慢进水。为了使基础的沉降缓慢而稳定，当充水量达到球罐容积的 50% ， 75% ， 100% 时均要保持 $8\sim 12$ 小时进行观察。

(2) 气密性试验 球罐经水压试验合格后，还要进行气密性试验，其目的是确保球罐的所有焊缝及接管法兰连接处在设计压力下具有可靠的严密性。气密性试验压力，一般取设计压力的 1.05~1.10 倍。气密性试验时，升压速度应缓慢均匀，控制在每小时 0.2MPa 以下。当压力升至试验压力的一半时应停止升压，检查所有接管法兰处有无泄漏，如无泄漏将继续缓慢升压直至试验压力。稳压 15min，检查压力表是否有降压，再用肥皂水涂刷所有焊缝和接管法兰处，检查是否有泄漏。经检查合格后降压，降压速度应控制在每小时 1.0~1.5MPa。

九、电气常识

1. 什么是交流电和直流电？各有哪些用途？

在电路中，电流的方向和大小随时间按周期性变化的电流叫交流电。因为目前常用的交流电是随时间按正弦曲线规律变化，所以又称为正弦交流电。

正弦交流电是由交流发电机利用电磁感应原理产生的。发电机的磁极制成适当的形状，以保证交流电的正弦变化规律。交流电在每秒钟内周期变化的次数称为交流电的频率，用符号 f 表示，单位是赫兹 (Hz)，我国工业用电的频率为 50Hz。交流电每变化一个循环所需要的时间称为交流电的周期，用符号 T 表示，单位是秒 (s)。频率与周期的关系是：

$$f = \frac{1}{T}, T = \frac{1}{f}$$

因为交流电压和电流的大小随时间不断变化，所以，为计算方便，常用有效值表示。如果交流电流和某一数值的直流电流通过相同的电阻，并在相同时间内产生相同的热量，则该直流电流的数值就规定为交流电流的有效值。实际应用中所说的交流电电压和电流的大小一般都指的是有效值。

交流电在生产 and 生活中有着广泛的应用，如交流电动机、照明等。

在电路中，电流的方向不随时间发生变化的电流叫直流

电。干电池、蓄电池和直流发电机是常见的直流电源。

直流电常用于电镀、电解、电子仪器、蓄电池充电、电车等方面。

2. 什么叫三相交流电和单相交流电？

三相交流电是由三相交流发电机产生的。发电机的定子中嵌有三组线圈，每组线圈的尺寸和匝数都相同，但在空间位置上相互间隔 120° 。当发电机转子在外力作用下转动时，在旋转磁场的作用下，定子的三组线圈便产生频率和最大值相同的感应电压和电流。但三组线圈中的电压和电流达到最大值的时间有先后之差，这个差别称为相位差，为 120° 。我们把它称为三相交流电。

三组线圈又叫做三相绕组，它们的始端分别用三根导线引出，形成了三相交流电的三根火线。三相绕组的末端接在一起，由一根导线引出，形成了三相交流电的零线。如将零线与大地相接，则称为地线。

三相交流电在生产中有着广泛的应用，车间里大部分机床电机都采用三相交流电，其线电压为 $380V$ 。

由任一根火线与零线形成的电路，构成单相交流电路。单相交流电常用于照明和某些电动工具，其相电压为 $220V$ 。

3. 什么叫导体、绝缘体和半导体？

物体按导电性能的强弱可分为导体、绝缘体和半导体。易于导电的物体称为导体，如银、铜、铝等金属都是良好的导体，它们常被作为电器触点和电线、电缆的材料；不易于导电的物体称为绝缘体，如橡胶、玻璃、云母、陶瓷和塑料等都是绝缘体，电线的外皮、开关的基座和电器的外壳等都

由绝缘体制成；另外还有一种物体的导电能力介于导体和绝缘体之间，称为半导体，如锗、硅、硒等材料都属于半导体。半导体的导电性能随温度变化、光照变化和掺入杂质而发生显著变化。当温度升高、光照加强和适当地掺入微量杂质后，半导体的导电能力会大大增强。利用这种特性，可以制造出热敏电阻、光敏电阻、晶体管等各种电子元器件。

4. 什么是电路？什么叫断路、通路和短路？

电路是电流通过的路径，它一般是用导线把电源、开关和负载等部分连接起来所构成的回路。电路常用电路图来表示，图中所采用的符号应符合有关国家标准的规定。图 9-1 是一种最简单的电路图，图中 E 表示直流电源，K 表示开关，负载为照明灯。

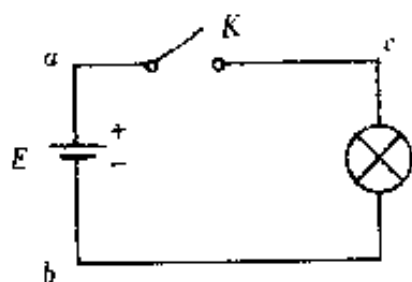


图 9-1 电路图

电路的状态有断路、通路和短路三种情况。在图 9-1 中，若开关接通使电路闭合，电流从电源正极经开关、负载流入电源负极，灯泡发亮，这种状态叫做通路；若开关或电路中某处断开，电路中没有电流通过，灯泡不亮，这种状态叫做断路；若电路中某一部分的两端被导体直接连通，电流通过导体直接流过，这种状态称为短路，比如图中 a 、 b 间被导线直接联通，称电源短路。 b 、 c 间被导线直接联通，称负载短

路。 a 、 c 间则称开关短路。短路时会损坏电源和导线，甚至造成事故。

5. 什么是电流、电压和电阻？它们间有何关系？

世界上一切物质都由分子组成，分子又由原子组成，原子是由原子核和围绕它运动的电子构成的。由于原子核所带正电荷与电子所带负电荷数量相等，原子对外不显电性。在某种条件下，物体若失去电子，便带有正电荷；若获得电子，便带有负电荷。

电荷的周围存在有电场，物体中的电荷在电场力的作用下有规则的定向运动称为电流。规定以正电荷运动的方向为电流的正方向。电流的大小以单位时间内通过导体横截面电荷量的多少来度量，用电流强度“ I ”表示。电流强度的实用单位是安培，简称安，用字母 A 表示。根据需要，还可用毫安（ mA ）、微安（ μA ）为单位。

$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

电路中要有电流，必须使电路两端有电位差，这样才能使电荷从高电位流向低电位。电路中任意两点间的电位差称为这两点间的电压。电压通常用符号“ U ”表示，单位是伏特，简称伏，用字母 V 表示，小的电压还可用毫伏（ mV ）、微伏（ μV ）为单位，大的电压可用千伏（ kV ）为单位。

$$1kV = 10^3 V = 10^6 mV = 10^{12} \mu V$$

电路中的电压是由电源来维持的，衡量电源维持电压能力的物理量称为电动势，用符号“ E ”表示。它的单位与电压相同。

导体内部电流流动时所受到的阻力称为电阻。电阻用符号“ R ”表示，单位是欧姆，简称欧，用字母 Ω 表示。实际中

还常以千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$) 为单位。

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

电路中电流、电压与电阻间的相互关系是由欧姆定律来表达的。即：一段电路中的电流强度与这段电路上的电压成正比，与这段电路的电阻成反比。用公式表示为：

$$I = \frac{U}{R}; U = I \cdot R; R = \frac{U}{I}$$

[例] 220 伏、40 瓦的白炽灯点燃时，通过灯丝的电流是 0.182 安，求灯丝的热态电阻。

[解] 根据欧姆定律：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.182} = 1209 (\Omega)$$

即灯丝的热态电阻为 1209 (Ω)。

6. 什么是电动率？如何计算？

电流可以使电灯发光、电炉发热、电动机旋转、实现电能和光、热、机械等形式能量的转换，这表明电流做了功。我们把电能在单位时间里所做的功叫做电功率，用符号“P”表示。电功率的单位是瓦特，简称瓦，用字母 W 表示。常用的功率单位还有千瓦 (kW)、马力 (ch) 等。

$$1 kW = 1000 W = 1.36ch$$

在直流电路中， $P = U \cdot I$

在三相交流电路中， $P = \sqrt{3}U \cdot I \cdot \cos\varphi$

式中，U —— 电压，单位为 V；

I —— 电流，单位为 A；

$\cos\varphi$ —— 功率因数。

7. 什么是三相负载的星形连接和三角形连接？

实际生产中，有些负载是三相的，如三相电动机等，这

种负载在三相电路中有星形连接（简记为Y接）和三角形连接（简记为 Δ 接）两种不同形式，如图9-2。图中三相交流电源的三根火线记为A、B、C，三相负载的阻抗用Z表示。

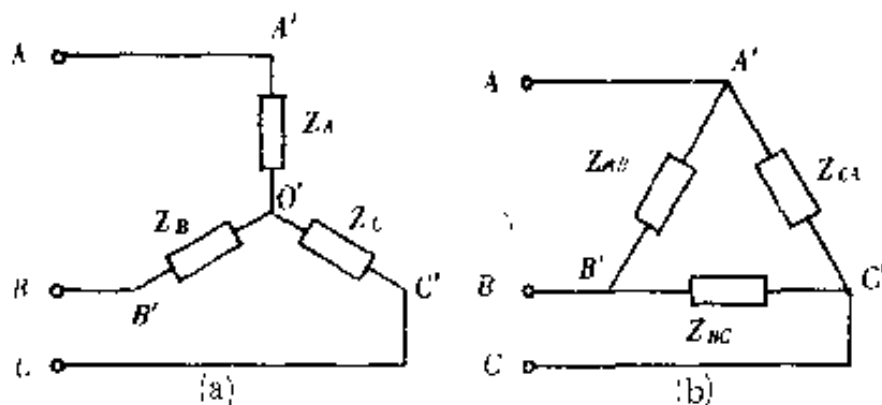


图9-2 三相负载的星形连接和三角形连接

星形连接 [图9-2 (a)] 时，三相负载的末端（或首端）连接在一起，它们的另一端接到三相电源上。这时，负载各相的电压等于电源的相电压；三角形连接 [图9-2 (b)] 时，三相负载的首末端依次相接，再把三个连接点接到三相电源上。这时，负载各相的电压等于电源的线电压。

确定接线方式的原则是，使负载正常工作时，所承受的电源电压等于它的额定电压。如对于220/380伏额定电压、 Δ/Y 接法的电动机，当地区线电压为220伏时，应采用 Δ 接；当地区线电压为380伏时，应采用Y接，以保证电动机的每项绕组承受220伏的电压。

8. 如何划分高压、低压和安全电压？

一般把对地电压在250伏以上的电压称为高压，250伏以下的电压称为低压。两导线间电压在36伏以下时为安全电压。

9. 远距离送电为什么采用高压送电的方式?

远距离输送电能，当输送功率一定时，采用的电压越高，则电流越小，这样，可以减小输电线导线的横截面积，降低输电费用，同时降低电流后还可减少线路上的功率损耗。所以远距离送电都采用高压送电的方式。

10. 什么叫电磁铁？有什么用途？

电磁铁是一种把电磁能转换为机械能的电器元件，用来控制某些机械、装置，以完成规定的动作要求。

图 9-3 是一种常用电磁铁的结构示意图，它主要由激磁线圈和导磁体（铁芯和衔铁）两部分组成。当电流通过线圈时，线圈产生的磁场使铁芯磁化，在导磁体构成的磁路中便有磁通 Φ 流过，在磁通作用下，铁芯便吸动衔铁，产生需要的动作。可见，电磁铁的工作过程是一个由电能转换为磁能，再由磁能转换为机械能的过程。

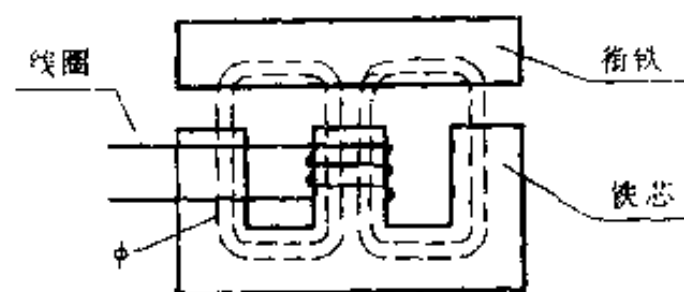


图 9-3 电磁铁结构示意图

电磁铁的种类是多种多样的。按使用电源种类，可分为直流电磁铁和交流电磁铁；按衔铁的运动方式，可分为直动式和转动式；按连接方式可分为并联电磁铁和串联电磁铁；同时磁铁又有条形、U形、E形等多种式样。

电磁铁有着广泛的用途。如在接触器、继电器、电磁阀中，电磁铁作为电磁系统的一个部件，起着主要作用。另外，它也可以独立组成电器产品，如牵引电磁铁、制动电磁铁、电磁吊、电磁工作台等等。

11. 什么叫电磁感应现象？

利用磁场使导体中产生电流的现象叫做电磁感应现象，具体可由下面两种情况来说明。

在图 9-4 (a) 中，导体 AB 位在一个均匀的磁场里，并通过检流计闭合。当把导体 AB 左右移动时，检流计的指针会发生偏转，说明导体中有电流流过，而电流的方向和大小与导体的有效长度、运动方向和速度以及磁场的方向和强度有关。所以，当导体作切割磁力线运动时会产生感应电动势。

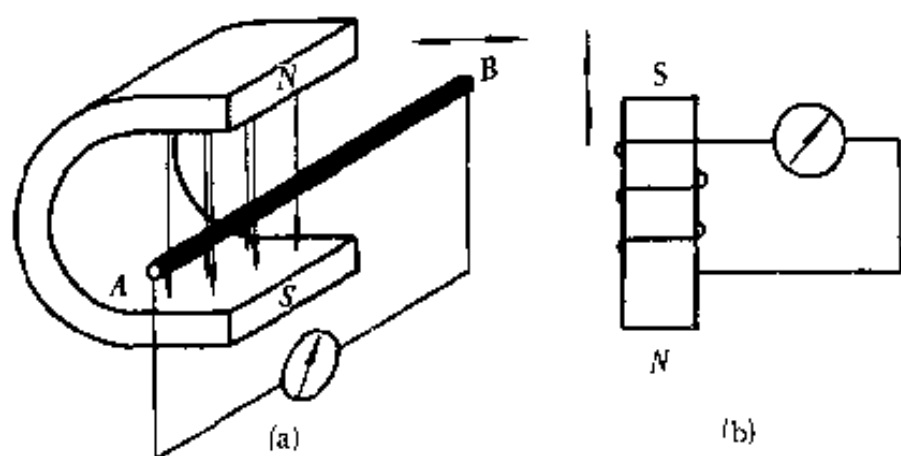


图 9-4 电磁感应现象

在图 9-4 (b) 中，线圈与检流计构成闭合回路。当把一磁铁棒插入线圈时，检流计显示线圈中有电流流过。磁铁静止时，电流也消失了。当把磁铁棒拔出线圈时，检流计又显示出电流，但电流方向与前者相反。这说明，当通过导体的磁场强度发生变化时，也会产生感应电动势。

实际中，发电机、变压器等设备都是利用电磁感应的原理制造的。

12. 变压器有什么用途？常分为哪几类？

变压器是利用电磁感应原理制成的改变交流电压，传递电能的电气设备。变压器的闭合铁芯作为磁路联系着原、副两个线圈绕组，如图 9-5 所示，原绕组与交流电源相连，副绕组与负载相接。当原绕组通电后，电压 U_1 变化为频率相同的副绕组输出电压 U_2 。选择原、副绕组间合适的匝数比，就能获得所需的电压值。

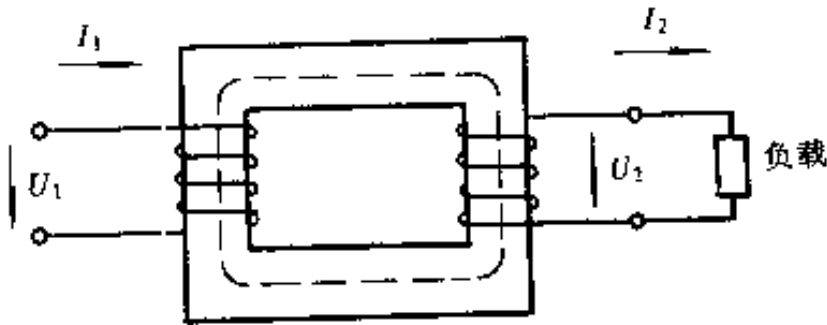


图 9-5 变压器原理示意图

变压器在生产 and 生活中应用广泛。在电力系统中，发电机输出的端电压需经变压器升压后进行高压送电，以减少线路损耗；而在用户端，考虑绝缘和安全，用电设备的电压不宜太高，这时又要用变压器进行降压，以供用户使用。

变压器的种类很多，可按用途、结构、相数、冷却方式和冷却介质等来划分。变压器按用途主要分为电力变压器和特种变压器两大类。电力变压器是指用于输配电系统中的升、降压变压器；特种变压器用于根据一些特殊要求来提供某种电源或其他用途，比如焊接变压器、整流变压器、电炉变压器、仪表用互感器等都属于这一类。

13. 三相异步电动机由哪些零部件组成？铭牌上包括哪些内容？

三相异步电动机主要由定子和转子两大部件和一些附件组成。定子主要包括机座、定子铁芯和定子绕组。转子上主要包括转轴、轴承、转子铁芯和转子绕组。其他还有如端盖、风扇、风扇罩、接线盒等一些零件。

电动机的铭牌上记载着电动机的性能以及一些必要的规格，一般应包括下列内容：

- (1) 电动机名称。
- (2) 制造厂名。
- (3) 电动机型号 用以说明电动机类型、性能特点、结构特点、用途特点和设计序号等。
- (4) 接线方法 指定子绕组的接线方式是 Δ 接还是Y接。
- (5) 绝缘等级 指所用绝缘材料的耐热等级。
- (6) 工作制度 指电动机允许连续使用的时间，有连续、短时和断续三种制度。
- (7) 额定频率 指电动机所用电源的频率。
- (8) 额定功率 指额定运行状态下转轴输出的机械功率。
- (9) 额定电压 指电动机在额定运行时的线端电压。
- (10) 额定电流 指电动机在额定运行时的线端电流。
- (11) 额定转速 指电动机转轴在额定运行时的转速。
- (12) 重量。
- (13) 出厂日期。
- (14) 产品编号。

14. 三相异步电动机的工作原理是什么？

当异步电动机的定子绕组中通入三相交流电流时，在空间产生旋转磁场，静止的转子绕组导体切割旋转磁场的磁力线，产生感应电动势。由于转子绕组是闭合的，所以感应电动势在转子绕组中产生电流，这一电流与定子磁场相互作用，使转子绕组受到圆周方向的电磁力并形成电磁转矩，转子旋转。

异步电动机的实际转速 n 总是低于旋转磁场的同步转速 n_1 ，以使转子绕组与旋转磁场间有相对运动，切割磁力线，这便是“异步”电动机名称的由来。通常用转差率 S 表示电动机转速 n 与旋转磁场同步转速 n_1 间的相差程度，即 $S = \frac{n_1 - n}{n_1}$ 。

异步电动机一般在额定负载时， S 值在 1~6% 之间；空载时，在 0.05~0.5% 之间。

15. 三相异步电动机的磁极对数与转速有什么关系？

三相异步电动机的磁极对数 p 与旋转磁场同步转速 n_1 的关系由下式确定：

$$n_1 = \frac{60 \times f}{p}$$

式中： f 为电源频率，单位为赫； n_1 的单位为转/分。

电动机的实际转速 n 略小于旋转磁场同步转速 n_1 。当 f 为 50 赫时，有关参数如表 9-1。

表 9-1 异步电动机转速与磁极的关系

极 数	2	4	6	8
磁极对数	1	2	3	4
同步转速 n_1 (转/分)	3000	1500	1000	750
实际转速 n (转/分)	≈ 2900	≈ 1450	≈ 960	≈ 730

16. 使用三相异步电动机有哪些注意事项?

(1) 应根据负载的大小、转速要求、工作环境等因素,合理地选择电动机,使其安全、经济、可靠地运行。

(2) 电动机应装在防止雨淋、潮湿、日晒,且通风散热条件好和便于操作的地点。

(3) 电动机外壳必需良好接地,以免发生触电事故。

(4) 在电动机和电源间应采用正确的接线方式,为此,接线前应搞清电源电压和电动机的额定电压。

(5) 对于较大功率的电动机,应采用降压方式启动,以减小电网电压的波动和延长电机的使用寿命。

(6) 电动机运行过程中,应对其温升、气味、振动和声音进行有效的监视,以便对故障及时发现、及时处理。

(7) 为防止电动机过热烧毁,应避免电动机的频繁启动。

(8) 要注意电动机的日常维护和定期维修。

17. 什么叫熔断器? 熔断器的规格为什么必须按要求选用?

熔断器是在低压电路中广泛使用的一种保护电器。当电路中发生短路或严重过载时,熔丝因过热而熔断,自动将电路断开,从而起到保护的作用。熔丝的材料常用电阻率较高、

易熔化的合金（如铅锡合金）或用断面面积很小的良好导体（如铜、银）制成。

熔断器的规格应严格按线路中的极限工作电流进行选择。规格过小会造成熔丝的经常熔断，影响设备的正常工作；规格过大则起不到有效的保护作用，甚至造成生产事故。随便用一段导线来代替熔断器的违章作法是非常危险和不允许的。

18. 什么是保护接地和保护接零？有什么作用？

保护接地就是电气设备在正常情况下，把不带电的金属外壳、框架等部分与接地体之间可靠地连接起来，以保护人体的安全。若外壳没有接地，当电气设备绝缘损坏时，外壳就带电，人体触及时，电流会通过人体造成触电。若外壳已经接地，电流同时沿着接地线和人体两条通路通过，由于人体电阻为 1000 欧左右，而接地电阻一般不大于 4 欧，因而流经人体的电流几乎为零，这样就避免了触电的危险。保护接地适用于中线不接地的低压系统。

在中线接地的低压系统中，把电气设备正常不带电的金属外壳、框架等部分与系统中线相连接，接触电阻不得大于 4 欧，这种连接称为保护接零。当外壳带电时，电流通过接零线形成的闭合通路，成为单相短路而使保护装置迅速动作切断电源，从而避免人体触电的危险。因为相线和零线间的短路阻抗小，短路电流大，保护装置动作灵敏，所以实用中保护接零较保护接地具有更好的保护性能。

19. 设备中常用的接触器和继电器有哪几种？起什么作用？

接触器是电气设备中最主要的控制电器之一，它适合于频繁操作和远距离控制，常用来通断电动机的主电路及控制电路。接触器的种类很多，按其工作性质可分为交流和直流两类。

接触器主要由电磁铁和触头两部分组成，其中触头部分分为主触头和辅助触头，主触头额定电流大，用于接通或关断设备的主电路；辅助触头额定电流较小，常接在控制电路中，辅助触头根据接触器断电时的状态又分为若干对常开触头和常闭触头，以适应控制电路的不同需要。接触器触头的动作是靠与其连接的电磁铁衔铁的闭合和复位来实现的。

继电器也是一种接通或关断电路的电器，它主要用在电气设备的控制电路中。继电器的种类很多，促使继电器动作的物理量也各不相同，它们可以是电压、电流等电量，也可以是温度、速度、压力等非电量。电气设备中常用的继电器有：

(1) 过流继电器 用于电气设备或电路出现故障时的过电流保护。

(2) 中间继电器 用于接通或关断各种控制电器的电磁线圈，或将信号同时供给几个有关控制元件。有时也用它来直接启动电流不超过 5A 的小电动机。

(3) 时间继电器 用于从收到电信号至触点动作需要延时的场合。

(4) 热继电器 利用电流通过电阻丝发生的热效应来切断电路，常用于交流电动机的过载保护。

20. 设备中常用的开关有哪几种?

(1) 胶盖闸刀开关 用于一般电器设备和照明回路的控制开关; 二极胶盖闸刀开关适当降低容量使用时, 也可作为小型感应电动机手动不频繁直接起动开关。

(2) 组合开关 用于电源引入开关或作为控制三相异步电动机的直接起动、停止、换向、变速之用, 并可用作自动电路的控制。

(3) 负载开关 又称铁壳开关。用于手动不频繁通、断的负载电路, 具有过载和短路保护。开关盖上有机械连锁装置, 保证合闸时不能开盖、开盖时不能合闸, 使用比较安全。

(4) 自动空气开关 当发生短路或过负荷时, 能自动切断电源, 多用于变压器低压侧的总开关或电动机的电源开关及自动保护装置。

(5) 按钮开关 用于低压设备的控制电路的开启、关闭及控制。

(6) 行程开关 是一种利用机械运动件的碰撞而动作, 把机械信号转变为电器信号的限位电器元件, 用于程序控制、限位及安全保护作用。

21. 异步电动机的常见故障及产生原因有哪些?

异步电动机的常见故障及产生的可能原因见表 9-2。

表 9-2 异步电动机的常见故障及产生原因

故障现象	故障可能原因
(1) 不能起动, 而且无任何声音	① 保险丝熔断 ② 电源未接通 ③ 起动器掉闸
(2) 不能起动, 但有嗡嗡的响声	① 电动机有一相未通电 ② 定子与转子间的气隙不正常, 使定子与转子相碰 ③ 轴承损坏 ④ 传动系统被卡住
(3) 启动时熔断器立即熔断	① 定子绕组一相接反 ② 定子绕组相间短路 ③ 定子绕组通地 ④ 轴承损坏或机械卡死 ⑤ 启动时误操作
(4) 启动后转速低于额定值	① 电源电压过低 ② 将 Δ 接的电动机接成 Y 接 ③ 定子绕组短路 ④ 转子的短路环、笼条断裂或开焊 ⑤ 绕线式转子一相断路 ⑥ 负载过大
(5) 温度过高, 但电流没有超过额定值	① 环境温度过高 ② 电机风道堵塞 ③ 电机污物太多影响散热

(续)

故障现象	故障可能原因
(6) 温度过高, 且电流增大	①负载过大 ②电源电压过高或过低 ③两相运转 ④定子绕组相间或匝间短路 ⑤定子绕组通地 ⑥定子绕组接线有误
(7) 运转时声音不正常	①定子与转子相擦 ②风扇叶片碰壳 ③转子擦绝缘纸 ④轴承损坏或严重缺油 ⑤单相运行
(8) 电动机振动过大	①电动机固定不稳 ②轴头弯曲 ③转子不平衡 ④皮带轮或联轴器不平衡 ⑤与联轴器后端机械不同轴 ⑥单相运行
(9) 轴承过热	①轴承损坏 ②轴承与轴配合过松或过紧 ③轴承与端盖配合过松或过紧 ④传动皮带过紧或联轴器安装不合适 ⑤轴弯 ⑥端盖松动或未装平 ⑦润滑油过多或过少、油质不好
(10) 外壳带电	①电源线与地线接错 ②电动机绕组受潮、绝缘老化或引出线碰壳

22. 电气照明中常用哪些电光源?

(1) 白炽灯 白炽灯就是平常所讲的灯泡, 它的发光效率很低。从灯口上看有插口式和螺口式两种。对于一般室内、外照明可选用额定电压为 220 伏的白炽灯; 在触电危险性较大的场所或手提式照明灯, 应选用额定电压为 36 伏及以下的安全电压白炽灯; 特别潮湿和易爆场所, 应选用额定电压为 12 伏的防水和防爆白炽灯。

(2) 日光灯 也称为荧光灯, 是气体放电灯的一种。日光灯的发光效率一般是同样瓦数白炽灯的三倍左右, 寿命也要高其一倍以上。缺点是线路复杂、功率因数低、可靠性稍差。为延长使用寿命, 日光灯在使用时不宜频繁启动。

(3) 高压水银灯 灯内充有 202~505 KPa 的汞蒸气, 也称高压汞灯。高压水银灯发光效率高、用电省、耐震耐热性好, 但启动时间较长, 约需 5 分钟左右。关闭后不能立即点燃, 需间断 8~10 分钟, 待温度下降、气压降低后, 才可再点燃。镇流式高压水银灯必须配用镇流器; 而自镇式的则可直接旋入灯头使用。

(4) 碘钨灯 碘钨灯灯管由石英玻璃制成, 灯管内除充入氩气外, 还放入适量纯碘。碘钨灯的优点是体积很小而功率很大, 寿命也较长。缺点是表面温度太高。碘钨灯在使用时, 灯管必须严格保持在水平位置, 若有偏离, 会导致灯管损坏。

23. 白炽灯、日光灯的常见故障和产生原因有哪些?

白炽灯的常见故障和产生原因见表 9-3。日光灯的常见故障和产生原因见表 9-4。

表 9 3 白炽灯照明的常见故障和产生原因

故障现象	故障可能原因
(1) 灯泡不亮	1) 电源没电或保险丝熔断 2) 开关接触不良 3) 灯头断线或螺口灯头内弹簧片太低 4) 螺口灯泡没有拧紧 5) 灯丝烧断或灯口松动造成灯泡漏气
(2) 灯光忽亮忽暗或一亮一灭	1) 灯头或开关接线松动 2) 保险丝接触不良 3) 灯丝若通若断 4) 电源电压波动
(3) 灯泡发强烈白光	1) 部分灯丝短路 (搭丝) 2) 电源电压高于灯泡的额定电压
(4) 灯光暗淡	1) 灯泡使用日久, 灯丝老化变细; 玻璃壳内壁沉积物过多 2) 电源电压过低或线路过长 3) 线路漏电

表 9 4 日光灯照明的常见故障及产生原因

故障现象	故障可能原因
(1) 不能启动或启动困难	① 电源电压低 ② 气温太低, 管中水银不蒸发 ③ 灯丝烧断或灯管漏气 ④ 起辉器失灵 ⑤ 日光灯接线错误或接触不良

(续)

故障现象	故障可能原因
(2) 灯光抖动或闪烁	①个别新灯管初次点燃时发生闪耀 ②起辉器损坏或动、静片时断时合 ③镇流器配用不合适 ④电源电压偏低 ⑤气温过低 ⑥线路中某处接触不良
(3) 灯管两头变黑或有黑斑	①灯管使用过度 ②起辉器中动、静片常闭 ③电压过高 ④镇流器配用不合适
(4) 出现不正常响声	①镇流器铁芯片未夹紧 ②线路电压过高 ③镇流器过载或匝间短路 ④起辉器不良引起开启杂声

24. 电对人体的伤害有哪两种类型？触电事故是怎样发生的？

电对人体的伤害可分为两种类型，即电击和电伤。电击是电流通过人体内部，影响到呼吸、心血管和神经系统，使人体内部组织被破坏，以至造成死亡。电伤则主要是电对人体表面造成局部伤害，如电弧灼伤等。通常所讲的触电大都是指电击伤害事故。

触电事故的发生一般有两种情况，即单相触电和两相触电。单相触电是指人体的某一部位触及到三相电源线中的任

意一根火线，电流经过人体流入大地而造成的触电伤害；两相触电是指在人体与大地绝缘的情况下，人体同时接触到两根不同的火线，电流由一根火线流经人体到另一根火线，形成闭合回路，两相触电由于人体所承受的电压和电流都高于单相触电，所以是更危险的。

25. 产生电气火灾和爆炸的原因是什么？

电流、电火花、电弧接触到易燃易爆物质所造成的火灾或爆炸，称为电气火灾和爆炸。

用电场所存在的煤、油、油漆、木材、纸或粉尘纤维爆炸混合物、化学气体爆炸混合物等都是易燃易爆物质，它们接触到火源或强电流的高温作用，都可能造成火灾或爆炸事故。

电气设备产生电火花、电弧或电流过热，主要有以下几种情况：

- (1) 电气设备载流部分过电流引起过热高温。
- (2) 电气设备绝缘损坏或接线错误等原因造成的电气短路，引起的电弧。
- (3) 开关切合产生的电弧；运行中的电机电刷与整流子间产生的火花及电弧。
- (4) 电气设备导线断线接地产生的火花或电弧。
- (5) 电焊操作产生的火花和电弧。
- (6) 导线接点松动所产生的火花。
- (7) 静电感应所产生的电火花。

主要参考文献

- [1] 《钣金展开技术手册》，侯文贵等，北京出版社，1992年
- [2] 《机械工程材料实用手册》，方昆凡等，东北大学出版社，1993年
- [3] 《画法几何及机械制图》，徐炳松等，高等教育出版社，1985年
- [4] 《画法几何与工程制图》，吴自通，东北大学出版社，1993年
- [5] 《实用展开技术》，张肇铭，天津科学技术出版社，1982年
- [6] 《钢结构变形火焰矫正》，付永柏等，机械工业出版社，1996年
- [7] 《钣金工艺学（初、中、高级）》，张帆等，机械工业出版社，1988年
- [8] 《冲压工艺学》，肖景荣等，机械工业出版社，1990年
- [9] 《冷冲压技术问答》，彭建声，机械工业出版社，1981年
- [10] 《锻造与冲压工艺学》，王允禧，冶金工业出版社，1994年
- [11] 《焊接概论》，薛迪甘，机械工业出版社，1995年
- [12] 《钣金冲压工艺手册》，梁炳文，国防工业出版社，1989年
- [13] 《电工手册》，电工手册编写组，上海科学技术出版社，1978年
- [14] 《金属热处理问答》，朱沅浦等，机械工业出版社，1993年
- [15] 《金属材料及热处理》，倪振尧等，中国矿业大学出版社，1991年

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 钣金实用技术问答

作者 =

页数 = 5 3 6

SS号 = 1 0 1 0 9 1 8 8

出版日期 =

封面页
书名页
版权页
前言页
目录页

一、基础知识

- 1 . 怎样等分直线段？
- 2 . 怎样按给定比例划分直线段？
- 3 . 怎样作与已知直线成确定距离的平行线？
- 4 . 如何等分角度？
- 5 . 等分圆周的作图方法有哪些？
- 6 . 怎样根据已知条件作正多边形？
- 7 . 怎样根据已知条件作三角形？
- 8 . 怎样根据已知条件作圆？
- 9 . 弓形的几何关系是什么？
- 10 . 怎样根据弦长和弓高作大半径圆弧？
- 11 . 怎样根据已知条件作圆的切线？
- 12 . 什么叫圆弧连接？
- 13 . 怎样用已知半径的圆弧连接两直线？
- 14 . 怎样用已知半径的圆弧连接直线和圆弧？
- 15 . 怎样用已知半径的圆弧连接两圆弧？
- 16 . 试述椭圆的作图方法
- 17 . 怎样把圆和圆弧展成直线？
- 18 . 怎样把平面曲线展成直线？
- 19 . 怎样把空间曲线展成直线？
- 20 . 什么是正投影？正投影有哪些特性？
- 21 . 什么是三视图？三个视图间有什么联系规律？
- 22 . 点的三面投影有哪些投影规律？
- 23 . 直线的投影及其投影规律是什么？
- 24 . 两直线处于不同相对位置时有哪些投影规律？
- 25 . 平面的投影及其投影规律是什么？
- 26 . 如何在平面上确定点和直线的位置？
- 27 . 直线与平面平行、平面与平面平行时有哪些投影特性？
- 28 . 怎样求作直线与平面的交点？
- 29 . 怎样求作平面与平面的交线？
- 30 . 什么是投影变换？其用途有哪些？
- 31 . 如何进行点的投影变换？
- 32 . 怎样在投影中求作直线的实长？
- 33 . 怎样在投影图中求作平面的实形？
- 34 . 怎样在投影图中求作两平面的夹角？
- 35 . 圆的投影如何作图？
- 36 . 什么是圆柱螺旋线？怎样作其投影和展开图？
- 37 . 什么是圆锥螺旋线？怎样作其投影和展开图？
- 38 . 曲面是怎样形成和分类的？

- 39 . 什么是圆柱的形成、投影？怎样在圆柱表面取点？
- 40 . 什么是椭圆柱的形成、投影？怎样在椭圆柱表面取点？
- 41 . 什么是圆锥的形成、投影？怎样在圆锥表面取点？
- 42 . 什么是椭圆锥的形成、投影？怎样在椭圆锥表面取点？
- 43 . 什么是圆球的形成、投影？怎样在圆球表面取点？
- 44 . 什么是椭球面的形成和投影？
- 45 . 什么是圆环的形成、投影？怎样在圆环表面取点？
- 46 . 什么是柱状面？
- 47 . 什么是锥状面？
- 48 . 什么是正螺旋面？
- 49 . 什么是斜螺旋面？
- 50 . 什么是切线曲面？
- 51 . 什么是变线曲面？
- 52 . 什么是可展曲面和不可展曲面？
- 53 . 什么叫比例？
- 54 . 图纸上的图线有哪些种类和作用？
- 55 . 什么是剖视图？
- 56 . 剖视图的种类和作用有哪些？
- 57 . 什么是剖面图？
- 58 . 什么是零件图？零件图中包括哪些内容？
- 59 . 什么是装配图？装配图中包括哪些内容？
- 60 . 焊缝在图纸上是怎样表示的？
- 61 . 什么是金属材料？什么是金属材料的力学性能和工艺性能？
- 62 . 什么是金属材料的强度？如何重量？
- 63 . 什么是材料的硬度？如何衡量？
- 64 . 什么是材料的塑性？如何衡量？
- 65 . 什么是材料的韧性？如何衡量？
- 66 . 什么是金属的疲劳和金属材料的抗疲劳性能？
- 67 . 什么是钢？钢是如何分类的？
- 68 . 普通碳素结构钢和优质碳素结构钢各有什么特点？
- 69 . 什么是合金钢？合金钢有哪些特点
- 70 . 合金钢按用途不同分为哪几类？
- 71 . 什么是不锈钢？
- 72 . 怎样理解钢号的含意？
- 73 . 什么是铸铁？铸铁是如何分类的？
- 74 . 常用的有色金属材料有哪些？
- 75 . 铝有哪些主要性能？常用的铝合金有哪些？
- 76 . 铜有哪些主要性能？常用的铜合金有哪些？
- 77 . 什么是金属的热处理？常用的热处理方法有哪些？
- 78 . 什么是退火？有哪些作用？
- 79 . 什么是正火？有哪些作用？
- 80 . 什么是淬火？有哪些作用？
- 81 . 什么是回火？有哪些作用？
- 82 . 什么是调质？有哪些作用？

- 8 3 . 钢的表面热处理什么作用？分哪几种？
- 8 4 . 什么是渗碳处理？
- 8 5 . 什么是氮化处理？
- 8 6 . 什么是多元共渗？

二、钣金展开

- 1 . 什么叫展开？什么叫放样？
- 2 . 绘制展开图的基本方法有哪些？
- 3 . 如何用平行线法绘制展开图？
- 4 . 如何用放射线法绘制展开图？
- 5 . 如何用三角线法绘制展开图？
- 6 . 什么是结合线？结合线具有哪些性质？
- 7 . 常用的平面与曲面的结合线有哪些种？
- 8 . 怎样用辅助素线法求结合线？
- 9 . 怎样用辅助平面法求结合线？
- 1 0 . 怎样用辅助球面法求结合线？
- 1 1 . 在何种情况下两曲面的结合线为平面曲线？
- 1 2 . 设计钣金构件的形状时应注意哪些问题？
- 1 3 . 常用的连接管有哪些种？
- 1 4 . 常用的弯管有哪些种？
- 1 5 . 常用的异形接头有哪些种？
- 1 6 . 蛇形管是怎样展开的？
- 1 7 . 什么是钣金展开的板厚处理？
- 1 8 . 如何进行平板构件的板厚处理？
- 1 9 . 如何进行曲面板构件的板厚处理？
- 2 0 . 什么是接口曲面？常见的接口形式有哪几种？
- 2 1 . 如何进行圆柱管、圆锥管与平板结合时的板厚处理？
- 2 2 . 如何进行结合线为平面曲线的对接接口的板厚处理？
- 2 3 . 如何进行曲面管与曲面板结合时的板厚处理？
- 2 4 . 构件接口处铲坡口时如何进行板厚处理？
- 2 5 . 什么是钣金展开的计算方法？
- 2 6 . 如何进行钣金展开的程序设计？
- 2 7 . 如何绘制上口斜截矩形管的展开图？
- 2 8 . 如何绘制下口斜截方锥管的展开图？
- 2 9 . 如何作两节矩形口漏斗的展开图？
- 3 0 . 如何作斜口圆柱管的展开图？
- 3 1 . 如何作平行圆口椭圆柱管的展开图？
- 3 2 . 如何作截头圆锥管的展开图？
- 3 3 . 如何作斜截圆锥管的展开图？
- 3 4 . 如何作三节直角圆柱弯管的展开图？
- 3 5 . 如何作三节任意角圆锥弯管的展开图？
- 3 6 . 如何作圆柱圆锥弯管的展开图？
- 3 7 . 如何作等径斜交圆柱三通管的展开图？
- 3 8 . 如何作斜交圆锥三通管的展开图？
- 3 9 . 如何作三节异径双向圆柱圆锥三通管的展开图？

- 40 . 如何作四椭圆锥爪形五通管的展开图？
- 41 . 怎样作三节等径蛇形管的展开图？
- 42 . 如何绘制五节等径蛇形三通管的展开图？
- 43 . 如何作带圆角的方形连接管的展开图？
- 44 . 如何作两节拱形弯管的展开图？
- 45 . 如何作三节直角长圆一圆弯管的展开图？
- 46 . 如何作两侧拱形底方形三通管的展开图？
- 47 . 如何作带补料的等径三通管的展开图？
- 48 . 如何作带补料的等径正交三通管的展开图？
- 49 . 如何作矩形口 S 形连接管的展开图？
- 50 . 如何作矩形口弧面弯管的展开图？
- 51 . 如何作裤形弧面三通管的展开图？
- 52 . 如何作圆顶矩形底接头的展开图？
- 53 . 如何作圆顶矩形斜底接头的展开图？
- 54 . 如何作圆顶两方底裤形三通管的展开图？
- 55 . 如何作圆斜顶圆底接头的展开图？
- 56 . 如何作两节圆顶椭圆底弯管的展开图？
- 57 . 如何作圆柱管直交矩形锥管的展开图？
- 58 . 如何作方柱管直交圆锥管的展开图？
- 59 . 如何作圆柱管正交顶圆底方连接管的展开图？
- 60 . 如何作异径斜交三通管的展开图？
- 61 . 如何作圆锥圆柱正交三通管的展开图？
- 62 . 如何作两圆锥管斜交三通管的展开图？
- 63 . 如何作同轴两圆柱面截断的正螺旋面的展开图？
- 64 . 如何作同轴两圆锥面截断的正螺旋面的展开图？
- 65 . 如何作斜螺旋面的展开图？
- 66 . 如何作变截面 180° 螺旋管的展开图？
- 67 . 如何作半球封头的展开图？
- 68 . 如何作球罐的展开图？
- 69 . 如何计算封头的展开直径？
- 70 . 如何作角钢折角内弯的展开料图？
- 71 . 如何作角钢圆角内弯的展开料图？
- 72 . 如何计算角钢圆弧弯折的展开料长度？
- 73 . 如何计算角钢圈的展开料长度？

三、常用量具、工具与设备

- 1 . 钢尺有哪些用途和种类？
- 2 . 卡钳有哪些种类和用途？
- 3 . 游标卡尺的结构和用途有哪些？
- 4 . 钣金放样时常用哪些量具和工具？
- 5 . 钣金工常用的锤子有哪些形式？如何使用？
- 6 . 钣金工常用的凿子有哪些种类？
- 7 . 钣金工常用的手剪刀有哪些种类？
- 8 . 锉刀的构造和分类是怎样的？如何选用？
- 9 . 常用的手锯条有哪几种？怎样选用？

- 10 . 常用的扳手有哪些种类？如何正确使用？
- 11 . 什么是丝锥和板牙？
- 12 . 什么是风枪？
- 13 . 什么是手提式砂轮机？如何使用？
- 14 . 常用的钻头有哪几种？
- 15 . 砂轮锯有哪些规格？
- 16 . 剪板机的用途和规格有哪些？
- 17 . 联合冲剪机的用途和使用方法有哪些？
- 18 . 圆盘剪切机的用途和结构是什么？
- 19 . 振动剪床的用途和使用方法有哪些？
- 20 . 卷板机有哪些用途、种类、如何正确使用？
- 21 . 多辊板料校平机的用途和使用方法有哪些？
- 22 . 什么是型钢矫正机？
- 23 . 曲柄压力机有哪些用途、种类、其工作原理是什么？
- 24 . 液压式压力机有哪些用途、种类和特点？

四、钢材与钢结构件的矫正

- 1 . 钢材是怎样分类的？
- 2 . 钢板分为哪几种？各有什么用途？
- 3 . 常用的镀膜薄钢板有哪两个品种？
- 4 . 钢管有哪些品种？各用于什么场合？
- 5 . 型钢是怎样分类和标记的？
- 6 . 什么是线材？有什么用途？
- 7 . 引起钢材变形的原因是什么？
- 8 . 钢材变形矫正的基本方法有哪几种？
- 9 . 冷作矫正有哪些具体方法？
- 10 . 加热矫正有哪些具体方法？
- 11 . 局部加热矫正的加热区有几种形状？各有什么特点？
- 12 . 局部加热矫正时应注意什么？
- 13 . 钢板变形的机械矫正有哪些方法？
- 14 . 钢板变形的手工矫正方法是什么？
- 15 . 钢板变形的局部加热矫正有哪些方法？
- 16 . 扁钢变形有哪几种形式？如何矫正？
- 17 . 角钢变形有哪几种形式？如何矫正？
- 18 . 槽钢变形有哪几种形式？如何矫正？
- 19 . 怎样矫正工字钢的变形？
- 20 . 钢结构件变形是由哪些原因造成的？
- 21 . 什么是钢结构件的焊接变形？
- 22 . 矫正钢结构件的要领是什么？
- 23 . 如何进行钢结构件中薄板的矫正？
- 24 . 如何矫正 T 型梁构件？

五、冲压加工

- 1 . 什么是冲压加工？其特点有哪些？
- 2 . 冲压加工包括哪些基本工序？
- 3 . 冲压加工对金属材料有哪些要求？

- 4 . 什么是冲压件的工艺性？
- 5 . 什么是冲裁？冲裁时板料的分离过程是怎样的？
- 6 . 什么是排样？排样有哪几种方法？
- 7 . 排样时如何确定搭边和边距的大小？
- 8 . 冲裁模有哪几种类型？
- 9 . 怎样计算冲裁力？
- 10 . 降低冲裁力的方法有哪些？
- 11 . 模具间隙对冲裁加工有什么影响？
- 12 . 怎样确定冲裁模的合理间隙？
- 13 . 确定凸、凹模刃口尺寸的原则是什么？
- 14 . 怎样计算材料的利用率？提高材料利用率的措施有哪些？
- 15 . 冲裁件产生毛刺的原因是什么？怎样预防？
- 16 . 冲裁件的外缘与内孔不准确是何原因？
- 17 . 什么是剪切？剪切加工对钢材质量有什么影响？
- 18 . 怎样在斜口剪床上进行剪切？
- 19 . 怎样在龙门剪床上进行剪切？
- 20 . 什么是圆盘剪切机？
- 21 . 什么是拉深？拉深加工适用于哪些零件？
- 22 . 拉深时材料的变形过程是怎样的？
- 23 . 什么是拉深系数？
- 24 . 影响拉深系数的因素有哪些？
- 25 . 怎样计算压边力和拉伸力？
- 26 . 如何确定回转体拉深件的毛坯尺寸？
- 27 . 圆筒拉深件可能出现哪些质量问题？如何防止？
- 28 . 什么是变薄拉深？
- 29 . 设计拉深件时应注意什么？
- 30 . 冲模有哪几种类型？
- 31 . 冲模常具有哪几部分基本结构？
- 32 . 冲模设计时应准备哪些技术资料？
- 33 . 冲模设计可分为哪几个基本步骤？
- 34 . 设计冲模时应了解压力机的哪些技术参数？
- 35 . 怎样确定冲模的闭合高度？
- 36 . 什么是冲模的压力中心？与冲模设计有什么关系？
- 37 . 怎样确定冲模的压力中心？
- 38 . 怎样选用冲模工作部分的材料？
- 39 . 使用冲模时应注意哪些问题？
- 40 . 怎样保管冲模？
- 41 . 什么是聚氨酯橡胶冲裁？
- 42 . 什么是锌基合金模冲裁？
- 43 . 什么是组合模具冲压技术？
- 44 . 什么是电水成形？
- 45 . 什么是电磁成形？
- 46 . 确定冲压工序间半成品形状和尺寸时应注意什么？
- 47 . 什么叫作冲压工艺规程？合理的冲压工艺规程应满足哪些要

求？

- 48 . 冲压生产的机械化和自动化需要哪些条件？
- 49 . 冲压工冲压生产时，应注意什么？
- 50 . 怎样在冲压加工中做到安全生产？

六、弯曲成形

- 1 . 什么是弯曲成形？
- 2 . 什么是压弯？压弯时坯料的弯曲过程是怎样的？
- 3 . 压弯时如何进行弯曲力的计算？
- 4 . 什么是最小相对弯曲半径？它受哪些因素的影响？
- 5 . 什么是弯曲时的回弹？它受哪些因素的影响？
- 6 . 如何计算弯曲回弹值？
- 7 . 怎样减少弯曲零件的回弹？
- 8 . 什么是弯曲时材料的应变中性层？如何确定应变中性层的位置

？

- 9 . 如何计算变曲件的展开长度？
- 10 . 板料压弯时对弯曲件的工艺要求有哪些？
- 11 . 如何对压弯件进行修形及矫正？
- 12 . 如何确定压弯凸、凹模圆角半径及凸、凹模间隙？
- 13 . 压弯模的基本结构是什么？
- 14 . 压弯模设计时应注意哪些问题？
- 15 . 什么是滚弯？如何滚弯成形？
- 16 . 滚弯圆筒形工件时应注意哪些问题？
- 17 . 滚弯圆锥形工件的常用方法有哪些？
- 18 . 怎样解决滚弯工件过程中产生的直头？
- 19 . 如何进行滚弯工件的对接？
- 20 . 型钢弯曲时的变形有哪些特点？
- 21 . 如何用手工方法弯曲型钢？
- 22 . 如何用滚弯方法弯曲型钢？
- 23 . 如何用压弯方法弯曲型钢？
- 24 . 什么叫回弯？如何进行型钢的回弯？
- 25 . 什么是拉弯？为何拉弯的回弹量要比普通弯曲方法的回弹量

小？

- 26 . 如何进行型钢的拉弯？
- 27 . 管材弯曲时的弯曲变形有何特点？
- 28 . 如何进行手工热弯管材？
- 29 . 如何进行机械弯管？
- 30 . 什么是有芯弯管？其工作原理是什么？
- 31 . 什么是无芯弯管？其工作原理是什么？
- 32 . 什么是挤压弯管？它有哪些特点？
- 33 . 什么是手工弯曲？手工弯曲典型零件的方法有哪些？
- 34 . 什么是咬缝？如何确定咬缝余量？
- 35 . 卧式单咬缝的制作过程是什么？
- 36 . 什么是卷边？有哪些形式？
- 37 . 夹丝卷边的操作过程是怎样的？

- 38 . 什么是爆炸成形？
- 39 . 什么是金属超塑性成形？

七、铆接与焊接

- 1 . 什么是铆接？铆接有哪些种类与形式？
- 2 . 铆钉有哪些种类与用途？
- 3 . 铆钉的排列具有哪些形式和基本参数？
- 4 . 如何确定铆钉直径、长度和钉孔直径？
- 5 . 什么是冷铆？
- 6 . 什么是热铆？热铆具有哪些基本操作？
- 7 . 铆接操作时产生缺陷的种类和原因有哪些？
- 8 . 怎样检验铆接质量？
- 9 . 怎样拆除有缺陷的铆钉？
- 10 . 影响铆接强度的因素有哪些？
- 11 . 怎样计算铆钉所受的剪切力和挤压力？
- 12 . 怎样进行铆接件的强度计算？
- 13 . 什么是拉铆？
- 14 . 铆接的结构设计中应注意哪些？
- 16 . 交流电焊机有哪些种类？工作原理是什么？
- 17 . 什么是直流电焊机？使用时为什么要注意极性的选择？
- 18 . 手工电弧焊的过程是怎样的？
- 19 . 焊条的构造和分类是怎样的？
- 20 . 怎样合理地选用焊条？
- 21 . 如何选取焊接电流的大小？
- 22 . 焊接时怎样引弧？
- 23 . 焊接时焊条有几种运动方法？
- 24 . 焊缝的连接有哪几种？
- 25 . 如何进行焊缝的收尾？
- 26 . 焊接接头和坡口有哪些形式？
- 27 . 焊接不同位置焊缝时应主要注意什么？
- 28 . 什么是定位焊？
- 29 . 电弧焊接可能产生哪些缺陷？是什么原因造成的？
- 30 . 如何进行焊缝的检验？
- 31 . 手工电弧焊操作时应注意哪些安全事项？
- 32 . 什么是气焊和气割？
- 33 . 气焊和气割时使用哪些设备和工具？
- 34 . 如何进行焊接火焰的点燃、熄灭和调节？
- 35 . 气焊操作有哪些基本技术？
- 36 . 气割前应进行哪些准备工作？
- 37 . 气割具有哪些主要的工艺规范？
- 38 . 气割的过程是什么？
- 39 . 手工气割具有哪些基本操作？
- 40 . 机械气割及其所用设备有哪些？
- 41 . 气焊和气割时有哪些主要的安全技术？
- 42 . 什么是钎焊？钎焊分为哪几种？

- 4 3 . 钎焊时如何选用钎料？
- 4 4 . 钎焊时为什么要使用钎剂？
- 4 5 . 气体火焰钎焊有哪些操作工艺？
- 4 6 . 烙铁钎焊时对其温度有什么要求？
- 4 7 . 焊件焊接后为什么会发生变形？
- 4 8 . 焊接变形有哪些基本形式？
- 4 9 . 怎样预留焊接件尺寸的工艺余量？
- 5 0 . 防止和减少焊接变形的的方法有哪些？
- 5 1 . 焊接时为什么要注意焊接顺序？
- 5 2 . 怎样进行焊接接头的强度计算？
- 5 3 . 怎样提高焊接的疲劳强度？
- 5 4 . 什么是等离子弧切割？
- 5 5 . 什么是气体保护电焊？

八、装配

- 1 . 什么是部件装配和总体装配？
- 2 . 装配过程的三个基本要素是什么？
- 3 . 什么是六点定位规则？
- 4 . 矩形零件的定位原理是什么？
- 5 . 圆柱形零件的定位原理是什么？
- 6 . 什么是基准？基准是怎样分类的？
- 7 . 什么是装配基准面？如何选择？
- 8 . 装配中常用的度量基准有哪些？
- 9 . 装配中常用的工具和夹具有哪些？
- 1 0 . 线锤有什么用途？如何使用？
- 1 1 . 如何用水平软管测量的构件的水平度？
- 1 2 . 经纬仪有哪些用途？如何使用？
- 1 3 . 什么是水平尺？如何使用？
- 1 4 . 装配中常用的螺旋夹具有哪些？它们起何作用？
- 1 5 . 杠杆夹具、楔条夹具和偏心夹具的夹紧原理什么？
- 1 6 . 什么是气动夹具和液压夹具？各有哪些特点？
- 1 7 . 金属结构件的装配有哪些特点？
- 1 8 . 金属结构件在装配前应做好哪些准备工作？
- 1 9 . 装配中常用的装配平台有哪几种类型？
- 2 0 . 装配中零件的常用定位方法有哪些？
- 2 1 . 什么是划线装配法？
- 2 2 . 什么是仿形装配法？
- 2 3 . 什么是模具装配法？
- 2 4 . 什么是平放装配法？
- 2 5 . 什么是立装法和倒装法？
- 2 6 . 如何进行工字梁的装配？
- 2 7 . 如何进行圆筒构件的纵缝装配？
- 2 8 . 如何进行圆筒构件的环缝装配？
- 2 9 . 如何进行多瓣球形封头的装配？
- 3 0 . 如何进行底座的装配？

- 3 1 . 如何进行箱体制件的装配？
- 3 2 . 什么是部件装配法？它有哪些优点？
- 3 3 . 部件划分时要注意什么？
- 3 4 . 压力容器有什么特点？它们是怎样分类的？
- 3 5 . 球罐的结构是怎样的？
- 3 6 . 球瓣的制造工艺过程是什么？
- 3 7 . 球罐支柱的制造工艺过程是什么？
- 3 8 . 球罐部件装配有哪些方法？它们各适用于什么情况？
- 3 9 . 球罐的总体装配方法有哪几种？它们的装配过程如何？
- 4 0 . 装配球罐时需要哪些设备和工具？其作用是什么？
- 4 1 . 对球瓣的焊接有哪些具体要求？
- 4 2 . 如何进行球罐的水压试验和气密性试验？

九、电气常识

- 1 . 什么是交流电和直流电？各有哪些用途？
- 2 . 什么叫三相交流电和单相交流电？
- 3 . 什么叫导体、绝缘体和半导体？
- 4 . 什么是电路？什么叫断路、通路和短路？
- 5 . 什么是电流、电压和电阻？它们间有何关系？
- 6 . 什么是电功率？如何计算？
- 7 . 什么是三相负载的星形连接和三角形连接？
- 8 . 如何划分高压、低压和安全电压？
- 9 . 远距离送电为什么采用高压送电的方式？
- 1 0 . 什么叫电磁铁？有什么用途？
- 1 1 . 什么叫电磁感应现象？
- 1 2 . 变压器有什么用途？常分为哪几类？
- 1 3 . 三相异步电动机由哪些零部件组成？铭牌上包括哪些内容？
- 1 4 . 三相异步电动机的工作原理是什么？
- 1 5 . 三相异步电动机的磁极对数与转速有什么关系？
- 1 6 . 使用三相异步电动机有哪些注意事项？
- 1 7 . 什么叫熔断器？熔断器的规格为什么必须按要求选用？
- 1 8 . 什么是保护接地和保护接零？有什么作用？
- 1 9 . 设备中常用的接触器和继电器有哪几种？起什么作用？
- 2 0 . 设备中常用的开关有哪几种？
- 2 1 . 异步电动机的常见故障及产生原因有哪些？
- 2 2 . 电气照明中常用哪些电光源？
- 2 3 . 白炽灯、日光灯的常见故障和产生原因有哪些？
- 2 4 . 电对人体的伤害有哪两种类型？触电事故是怎样发生的？
- 2 5 . 产生电气火灾和爆炸的原因是什么

附录页