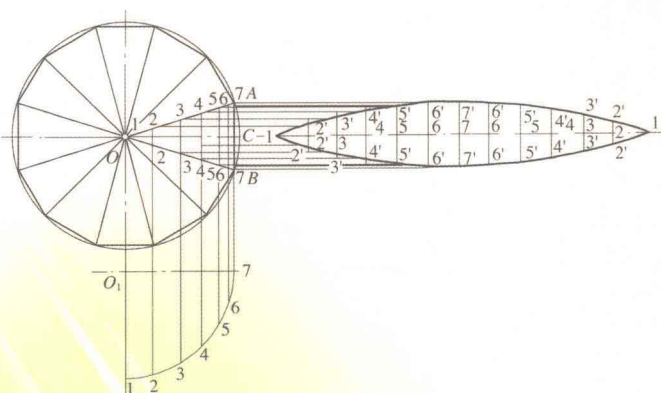


技工现场操作技能问答丛书

BANJINGONG

Xianchang Caozuo Jineng Wenda

○ ○ ○ ○
用得着 弄得懂 学得会 看得明



钣金工

现场操作

技能问答

周宇辉 主编

广东省出版集团

广东科技出版社（全国优秀出版社）

技工现场操作技能问答丛书

钣金工现场操作技能问答

周宇辉 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

广东省出版集团

广东科技出版社

· 广 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

钣金工现场操作技能问答/周宇辉主编. —广州: 广东科技出版社, 2009. 6

(技工现场操作技能问答丛书)

ISBN 978-7-5359-4804-5

I. 钣… II. 周… III. 钣金工—问答 IV. TG38-44

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第008474号

责任编辑: 谢志远 陈毅华

封面设计: 钟优西

版式设计: 毕思索

责任校对: 山林

责任技编: LHZ

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

<http://www.gdstp.com.cn>

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

(南海区狮山科技工业园A区 邮码: 528225)

规 格: 787mm × 1 092mm 1/16 印张14.75 字数300千

版 次: 2009年6月第1版

2009年6月第1次印刷

印 数: 1 ~ 5 000册

定 价: 29.00元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 提 要

本书采用问答的形式系统地介绍了钣金工作人员现场操作中必备的理论知识、基本技能、操作技巧和注意事项等。全书共分3个部分，第一部分介绍钣金工操作的基础知识，第二部分介绍钣金工操作的基本技能，第三部分介绍钣金工操作的实例。

本书深入浅出、图文并茂、直观易懂、实用性强，既适合于广大钣金工技术爱好者自学，又可作为初级、中级钣金工培训教材，还可供相关专业职业技术学校师生阅读与参考。

前 言

钣金技术是国民经济建设中各行业均应用较广的一门技术。尤其是近年来金属材料的产量迅速提高,以钢代木已成为现实。钣金技术不仅在工业建筑中占有重要地位,而且由于轻钢结构的优越性,所以在民用建筑中的应用也得到迅速发展。土木建筑迅速地被钢结构建筑所代替。随着建筑工程的大量实施,建筑安装工程的施工队伍也迅速发展,大批的农民工和再就业人员进入建筑和安装行业,民营的建筑、制造和安装队伍日益增多,使得钣金技术已成为制造和建筑安装行业中的热门技术。

为了帮助广大技术工人,特别是中青年技术工人提高操作技能和技术水平,我们组织编写了《钣金工现场操作技能问答》。

本书是根据《钣金工国家职业标准》的初级、中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写。在编写过程中,坚持以实用为主,力求做到科学性、系统性、直观性,尽可能在有限的篇幅内介绍较多的实用性内容。

《钣金工现场操作技能问答》一书采用问答的形式系统地介绍了钣金工技术员现场操作中必备的理论知识、基本技能、操作技巧和注意事项等。全书共分3个部分,第一部分介绍钣金工操作的基础知识;第二部分介绍钣金工操作的基本技能;第三部分介绍钣金工操作的实例。本书深入浅出、图文并茂、直观易懂、实用性强,既适合广大钣金工技术爱好者自学,又可作为初级、中级钣金工培训教材,还可供相关专业职业技术学院师生阅读与参考。

本书由周宇辉高级工程师主编,参加编写和资料整理工作的还有兰文华、徐峰、张能武、杨光明、楚宜民、马建民、余利、刘述芳、杨波、崔俊等同志。在编写过程中参考了大量的出版物和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心感谢和崇高的敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009年元月

目 录

第一部分 钣金工操作基础知识

1. 投影法有哪些分类?	(1)
2. 线段和平面形如何投影?	(1)
3. 三视图如何形成, 投影规律是什么?	(3)
4. 画物体三视图有哪些步骤?	(5)
5. 什么是正投影, 正投影有哪些特性?	(6)
6. 直线和角如何作图, 操作要点是什么?	(8)
7. 如何作垂直线?	(10)
8. 如何作已知角及角平分线?	(12)
9. 圆如何等份, 正多边形如何作图, 操作要点是什么?	(14)
10. 圆弧、椭圆如何作图, 有哪些操作要点?	(17)
11. 曲线如何作图, 有哪些操作要点?	(20)
12. 什么是圆锥的形成、投影, 怎样在圆锥表面取点?	(23)
13. 什么是圆球的形成、投影, 怎样在圆球表面取点?	(24)
14. 对打歪的样冲眼, 应如何校正?	(24)
15. 圆弧与直线、圆弧与圆弧应怎样光滑连接?	(25)
16. 怎样画特大半径的圆弧?	(26)
17. 什么叫备料, 备料包括哪些内容?	(26)
18. 什么叫冷作硬化, 怎样消除冷作硬化?	(27)
19. 铝合金工件怎样退火?	(27)
20. 什么是淬火, 有哪些作用?	(27)
21. 什么是回火, 有哪些作用?	(28)
22. 什么叫退火, 退火的目的何在?	(28)
23. 什么是合金钢, 合金钢有哪些特点?	(28)
24. 铝有哪些主要性能, 常用的铝合金有哪些?	(29)

第二部分 钣金工操作基本技能

1. 钣金放样时常用量具和工具有哪些?	(30)
2. 常用的扳手有哪些种类, 如何正确使用?	(30)
3. 联合冲剪机的用途和使用方法有哪些?	(31)
4. 常用的机械设备有哪些?	(31)
5. 常用手动剪切设备有哪些?	(35)
6. 冷作常用的工具有哪些, 用途是什么?	(36)
7. 折板机操作过程要点是什么?	(39)

8. 钻床分哪几类, 各由哪些部分组成?	(40)
9. 什么叫放样, 什么叫展开画法?	(42)
10. 作展开图有哪3种基本方法?	(43)
11. 多面体画法的展开实例	(45)
12. 换面法的应用举例	(54)
13. 切平面的应用实例	(58)
14. 圆柱的正等测图画法实例	(60)
15. 圆管的斜二测图画法实例	(60)
16. 怎样求出一般位置直线段的实长?	(61)
17. 如何用平行线法和放射线法求作不可展曲面的展开图?	(61)
18. 形体相贯线如何求作, 有哪些步骤?	(65)
19. 相贯体展开实例	(66)
20. 求作多形体相贯线实例	(72)
21. 螺旋线如何形成?	(76)
22. 什么是过渡体?	(79)
23. 怎样作交线, 有哪些方法?	(79)
24. 求平面的实形实例	(84)
25. 曲面制件如何展开, 板厚如何处理?	(87)
26. 平面制件板厚如何处理?	(88)
27. 多面形体制件的板厚如何处理?	(90)
28. 在何种情况下两曲面的结合线为平面曲线?	(90)
29. 设计钣金构件的形状时应注意哪些问题?	(93)
30. 什么是接口曲面, 常见的接口形式有哪几种?	(93)
31. 常用下料方法有哪些? 如何选择?	(94)
32. 剪切有哪几种方法?	(96)
33. 剪切工艺有哪些要点?	(97)
34. 降低冲裁力有哪些方法?	(98)
35. 冲裁件常见缺陷有哪些, 如何改进?	(98)
36. 弯曲件常见缺陷有哪些, 有哪些消除方法?	(99)
37. 如何热矫, 有哪些注意事项?	(100)
38. 手工矫正有哪些方法?	(102)
39. 怎样正确使用划针, 要注意哪些事项?	(104)
40. 手工弯曲如何操作?	(104)
41. 常用的咬缝形式有哪些, 手工咬缝的操作步骤有哪些?	(105)
42. 手工气割工艺前有哪些准备, 如何操作?	(107)
43. 钻孔有哪些方法, 钻孔时如何冷却和润滑?	(107)
44. 坡口的形式有哪些, 如何开坡口?	(108)
45. 手工如何拱曲?	(110)
46. 卷边如何操作?	(110)

47. 夹丝卷边的操作过程是怎样的?	(111)
48. 拉形有哪些工艺方法?	(111)
49. 磨削有哪些方法?	(112)
50. 放边有哪些方法, 收边如何操作?	(112)
51. 压弯的一般工艺有哪些?	(113)
52. 滚弯工艺有哪些方法?	(114)
53. 拉深件常见缺陷是什么, 有哪些解决方法?	(115)
54. 如何确定铆钉直径、长度和钉孔直径?	(119)
55. 各种焊接方法、基本原理和用途是什么?	(120)
56. 手工电弧焊如何操作?	(123)
57. 气焊是如何操作的?	(124)
58. 焊接时怎样引弧?	(125)
59. 防止和减少焊接变形的有哪些方法?	(125)
60. 手工气割有哪些操作要领?	(127)
61. 钎焊常用搭接形式有哪些, 搭接间隙是如何确定的?	(127)
62. 钎焊是如何进行操作的?	(128)
63. 切割面的缺陷与起因是什么?	(128)
64. 点焊机的工作原理是什么, 影响焊点强度的因素有哪些?	(129)
65. 二氧化碳气体保护焊的焊接缺陷是什么, 如何防止?	(130)
66. 钨极氩弧焊有哪些工艺缺陷, 如何防止?	(131)
67. 气焊有哪些缺陷, 有哪些防止方法?	(132)
68. 铆接质量如何检验?	(133)
69. 铆接缺陷的产生原因是什么, 如何预防?	(134)
70. 常压构件的胀接如何操作?	(135)
71. 胀管缺陷名称是什么, 产生原因是什么, 如何预防?	(136)
72. 胶接工艺过程是什么?	(137)
73. 常规螺纹连接工艺是什么?	(137)
74. 黏接有哪些优点和缺点, 有哪些安全事项?	(138)
75. 什么是装配基准面, 如何选择?	(139)
76. 装配如何定位, 夹紧方法是什么?	(139)
77. 装配步骤有哪些?	(139)
78. 典型结构有哪些装配方法?	(140)
79. 装配时定位焊的要求有哪些?	(141)
80. 冷作钣金件装配精度如何确定?	(142)

第三部分 钣金工操作综合实例

1. 两节弯管的展开实例	(145)
2. 两节直角弯头的展开实例	(146)
3. 圆管90°弯头的展开实例	(148)
4. 等径圆管直交构件的展开实例	(149)

5. 等径圆管斜交构件的展开实例	(149)
6. 异径圆管直交三通管的展开实例	(150)
7. 正圆锥管底部斜截的展开实例	(151)
8. 渐变三通圆管的展开实例	(152)
9. 方锥管正交圆管的展开实例	(152)
10. 矩形管斜交圆管展开实例	(153)
11. 上口倾斜的圆圆接头的展开实例	(154)
12. 马蹄形管接头的展开实例	(155)
13. 不等径管接头制件的展开实例	(156)
14. 裤形等径圆柱三通管制件的展开实例	(157)
15. 等径直圆管相交构件的展开实例	(158)
16. 不等径直圆管相交构件的展开实例	(161)
17. Y形三通、弯管、斜三通组合体制件的综合作图与展开实例	(161)
18. 圆锥面构件的展开实例	(163)
19. 角钢内弯90° 圆角构件的展开实例	(170)
20. 角钢内弯成带圆角的矩形框架展开实例	(170)
21. 不可展曲面制件展开实例	(170)
22. 角钢的内弯折实例	(175)
23. 角钢的外弯折实例	(178)
24. 槽钢下料实例	(179)
25. 带补料的等径正交三通管展开实例	(181)
26. 工字钢的切角	(183)
27. 槽钢大面弯折90° 圆角下料实例	(183)
28. 槽钢大面组对圆角矩形框下料实例	(184)
29. 圆管和圆锥管水平相交的相贯线求法实例	(185)
30. 各种形体及组合件的板厚处理实例	(185)
31. 法兰的制作实例	(190)
32. 漏斗的制作实例	(192)
33. 铅桶的制作实例	(194)
34. 弯头的制作实例	(197)
35. 矩形角钢框制作实例	(200)
36. 角钢圈的制作实例	(201)
37. 多层结构容器的制作实例	(202)
38. 单层结构容器的组装实例	(205)
39. 储罐类结构的组装实例	(209)
40. 支架的冷制作实例	(212)
41. 支座的冷制作实例	(214)
42. 横梁的冷制作实例	(216)
43. 压力容器的冷制作实例	(220)
参考文献	(226)

- [见图1-3 (a)]。
- 2) AB 线段倾斜于投影面 (H)， AB 在 H 面投影 ab ，比空间 AB 线段缩短，即 $ab=Ab\cos\alpha$ [见图1-3 (b)]。
- 3) AB 线段垂直于投影面 (H)， AB 线段在 H 面投影积聚为点 $a(b)$ (过端点 A ， B 引垂线与自身 AB 重合)，在 AB 上任意一点投影都与 $a(b)$ 相重合 [见图1-3 (c)]。

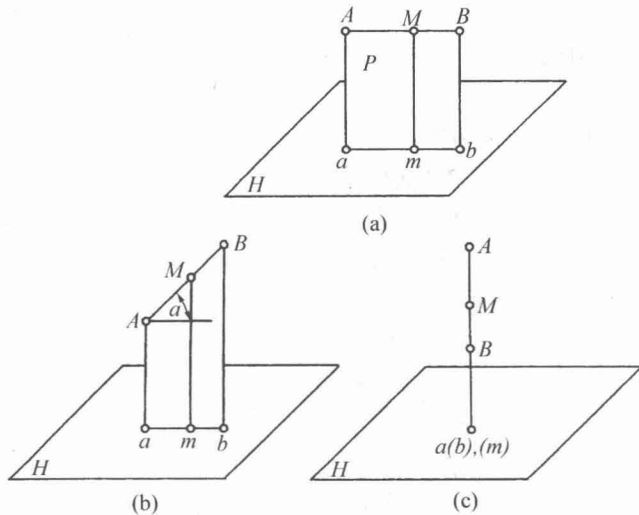


图1-3 线段的正投影

综合上述3种空间位置线段投影有3个特点：①线段平行投影面，投影反映真实长度 (简称实长)；②线段倾斜影面，投影变短 (短于实长)；③线段垂直投影面，投影积聚成为一个点。

(2) 平面形的正投影

平面是无限大的，这里所指平面形是指平面有限部分，即平面形。平面形对投影面有：平行、倾斜、垂直3种情况。其投影有如下3种不同情况。

- 1) 平面形Ⅰ平行于投影面 (V)，平面形Ⅰ在该投影面上的投影为线框 $1'$ ，与该平面形Ⅰ全等。平面形各边、线都是实长 [见图1-4 (a)]。
- 2) 平面形Ⅱ垂直于水平投影面，平面形Ⅱ在该投影面投影为一直线。在平面上任何点、线，在该面投影都重合在该直线 $2'$ 上，称为投影积聚性 [见图1-4 (b)]。
- 3) 平面形Ⅲ倾斜于投影面 (V)，平面形Ⅲ在该投影面投影线框 $3'$ 比原平面形缩小 (平面形上某些边投影缩小)，称为原平面形的类似形 [见图1-4 (c)]。

综合上述3种空间位置，平面投影有3个特点：①平面形平行投影面，投影成为真实形 (简称实形)；②平面形倾斜投影面，投影成为类似形；③平面形垂直投影面，投影积聚为线段。

(3) 线段和平面形的投影特性

根据上述，可归纳出线段和平面形在不同位置时的投影特性：

- 1) 真实性。当空间平面形 (或线段) 与投影面平行时，其投影反映实形 (或实长)，而且几何关系 (平行、垂直、角度) 也保持不变，这种投影性质称为真实性或全等性。它体现了平行投影具有度量性好的优点，便于画图、读图、注尺寸，以及用图解法求实形、

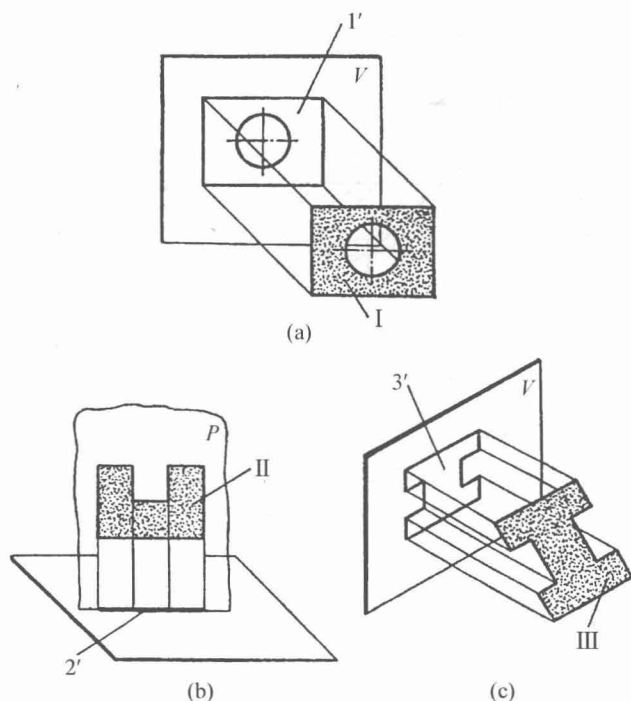


图1-4 平面形的投影

实长等。

2) 积聚性。当平面形(或线段)垂直投影面时,在该投影面上的投影就积聚成为一段直线(或一个点),这种投影特性称为积聚性。积聚性虽然不显示空间线段和平面形的实长或实形,但可表示位置关系,还可利用它使图示和图解简化。

3) 类似性。当平面形倾斜于投影面时,这个平面形的投影成为一个与它既不全等、也不相似的类似形,这个投影特性叫做类似性。类似性反映了平面形斜置时,其投影仍保持原形的边数和平行性。由于类似形的上述特点,也便于绘图和读图。

3. 三视图如何形成,投影规律是什么?

在正投影制图时,假设人的视线为投影线,把看见的轮廓线用粗实线表示,看不见的轮廓线用虚线表示,这样在投影面上所得到的投影图称为视图。但仅有一个视图是无法完全表达出物体的形状和大小,必须从不同的方向进行投影,才能完整地反映出物体的真实形状和大小。不同方向投影的视图均叫做基本视图。在常见的工程图中一般采用3个视图来表达工件的形状。当3个视图还不能表达清楚时可适当增加基本视图或用其他视图来进行表达。

为了表达物体的形状,通常采用互相垂直的3个投影面,建立一个三面投影体系。如图1-5所示,正立位置的投影面称为正投影面,用 V 表示。水平位置的投影面称为水平投影面,用 H 表示。侧立位置的投影面称为侧投影面,用 W 表示。两投影面的交线称为投影轴。正投影 V 面和水平投影 H 面的交线称为 X 轴。水平投影 H 面与侧投影 W 面的交线称为 Y 轴。正投影 V 面与侧投影 W 面的交线称为 Z 轴。三轴的交点称为原点,用 O 表示。然后在三

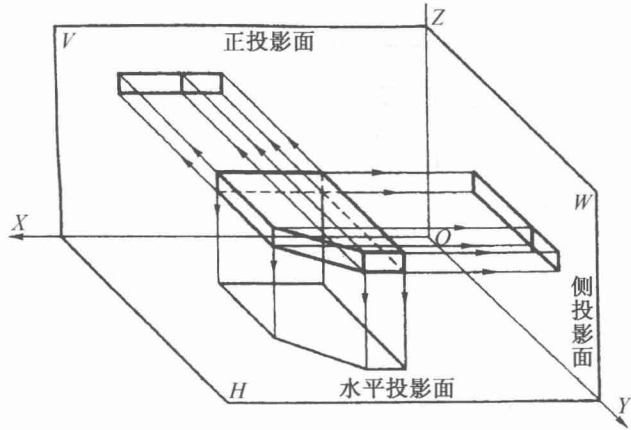


图1-5 投影面体系

投影面体系中，用正投影的方法，分别得到物体的3个投影，这3个投影图即是物体的三视图。

为了画图的方便，必须把互相垂直的3个投影面展成一个平面，展开时规定V面保持不动，见图1-6（a）所示，H面按箭头方向向下旋转90°，将W面向左旋转90°后和V面重合如图1-6（b）所示，得到物体在一个平面上表示的三视图。V面称为主视图，H面称为俯视图，W面称为左视图。国家标准《机械制图》中规定按图1-6（c）所示相对位置配置视图时一律不注视图的名称。

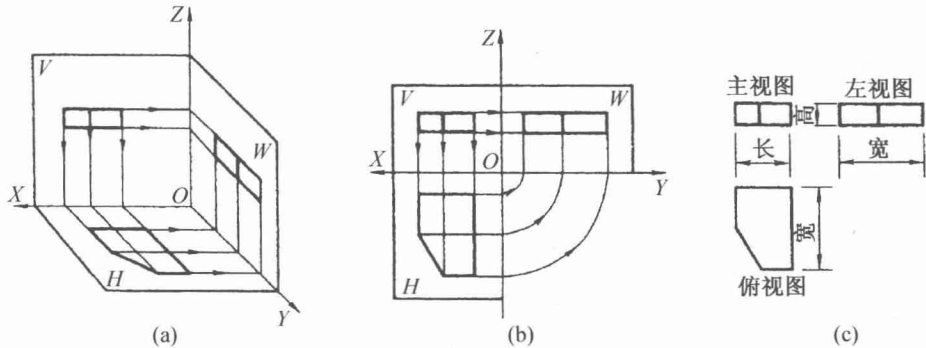


图1-6 三视图的形成

三视图的3个视图在尺寸上是彼此关联的，而且是有一定规律的，所以识读三视图时应以这些规律为依据，找出3个视图中相对应的部分才能正确地想象出物体的结构形状。

从图1-6三视图的形成中可以看出，主视图反映了物体的高度和长度；俯视图反映了物体的宽度和长度；左视图反映了物体的高度和宽度。也就可以看出，物体的高度由主视图、侧视图同时反映，长度由主视图、俯视图同时反映，宽度由俯视图、侧视图同时反映出来，由此就可得出物体三视图的投影规律：

主视图与俯视图长对正；主视图与左视图高平齐；俯视图与左视图宽相等。

简单记忆可以说：长对正，高平齐，宽相等。而且在三视图中不仅整个物体要符合这个投影规律，就是物体上每个组成部分在三视图中都要符合上述投影规律。

4. 画物体三视图有哪些步骤?

初学画物体三视图时,设想将物体正放在3个投影面体系中,按人→物→视图(投影面)的关系,从前往后看,从上往下看,从左往右看,并把视线模拟为互相平行、垂直于各自投影面,分别向3个投影面投射,想象3个视图形状。此外,还可通过分析物体各面、线对投影面的位置及投影特性。例如面I平行于V面、线AB垂直于V面,V面投影为线框1'和点a'(b'),达到进一步理解视图的形成,见图1-7所示。

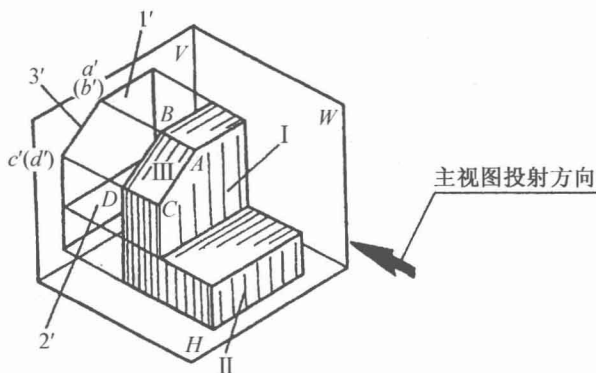
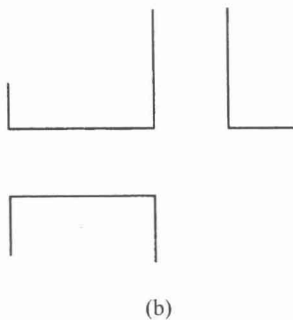
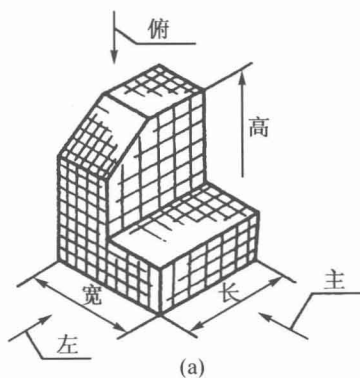


图1-7 画物体三视图的投影分析

画物体三视图时,应选择主视图的投射方向。主视图要反映物体形状特征。当主视图投射方向确定后,俯、左视图投射方向也随之确定,即物体保持不动(不能翻转)。

由模型画三视图,每个尺寸只能测量一次,作图时应保持“长对正、高平齐、宽相等”的三等关系。其作图步骤见图1-8所示。

- 1) 确定物体的投射方向,想象3个视图的形状[见图1-8(a)]。
- 2) 画3个视图的作图基准线[见图1-8(b)]。
- 3) 一般先画主视图。根据长、高尺寸确定图形大小[见图1-8(c)]。
- 4) 作俯视图。过主视图引垂直线,确保“主、俯长对正”以及宽度尺寸作图[见图1-8(d)]。
- 5) 作左视图,过主视图引水平线,确保“主、左高平齐”;借助等份规或45°辅助线实现“俯、左宽相等”[见图1-8(e)]。
- 6) 核对三视图底稿图,确定无误后,擦掉作图线,描粗加深视图的图线,完成三视图[见图1-8(f)]。



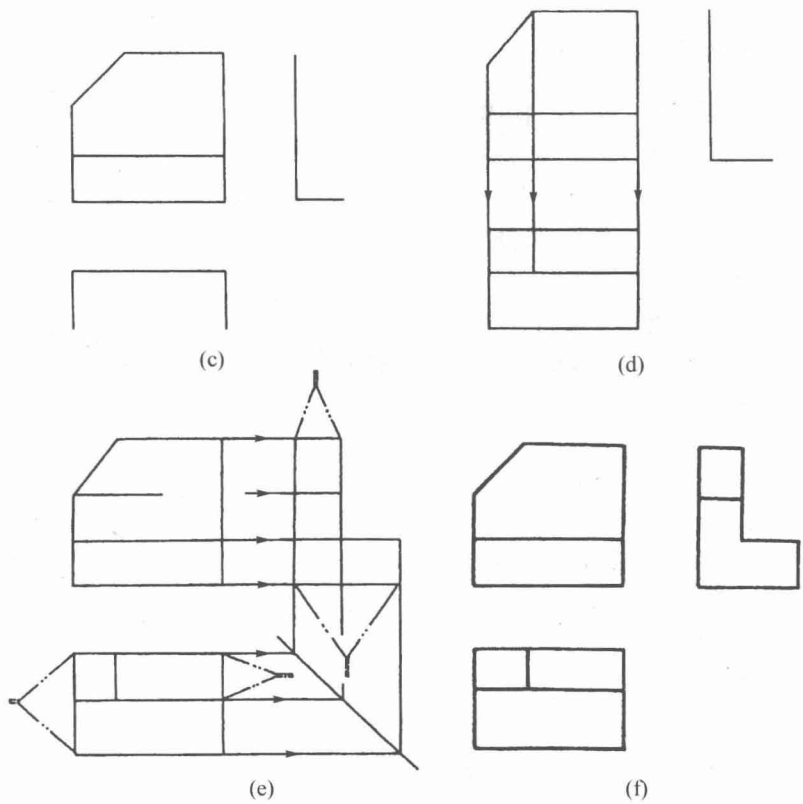


图1-8 画物体三视图的步骤

5. 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1-9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。

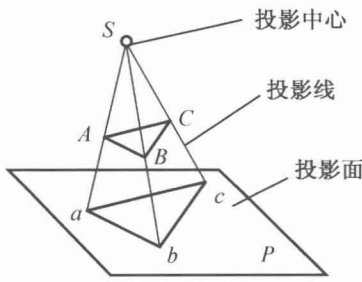


图1-9 投影概念

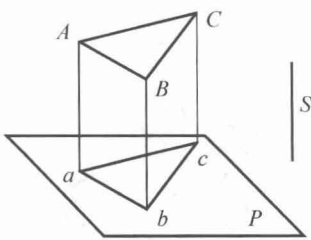


图1-10 正投影

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1-10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1-11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1-11所示, K 点在 AB 线上, 则 k 在 ab 上, 且有 $\frac{AK}{KB} = \frac{ak}{kb}$ 。

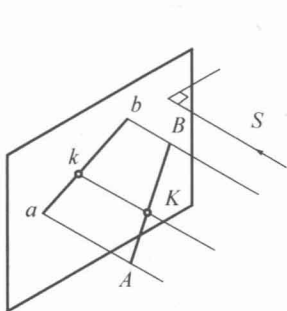


图1-11 直线的投影

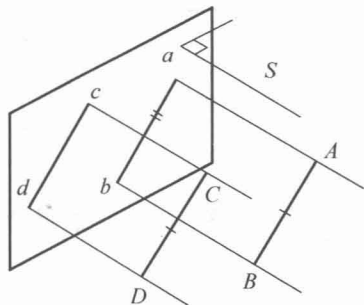


图1-12 平行两直线的投影

3) 空间互相平行的两直线, 其投影也一定互相平行。如图1-12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1-13所示。

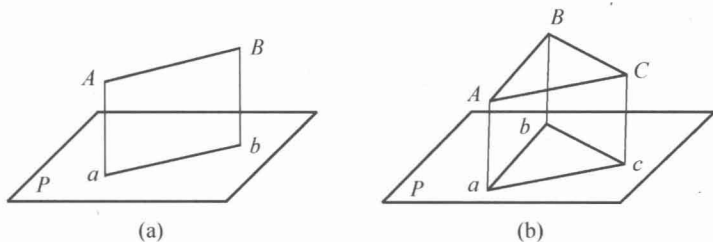


图1-13 正投影的真实性

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1-14所示。

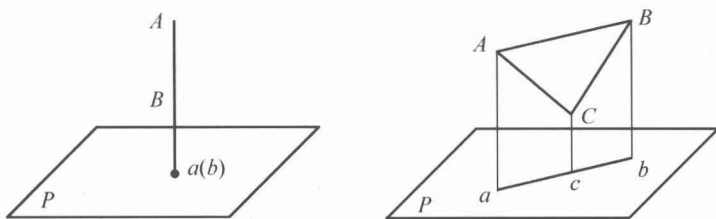


图1-14 正投影的积聚性

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的类似形。这个性质叫做正投影的类似性。如图1-15所示。

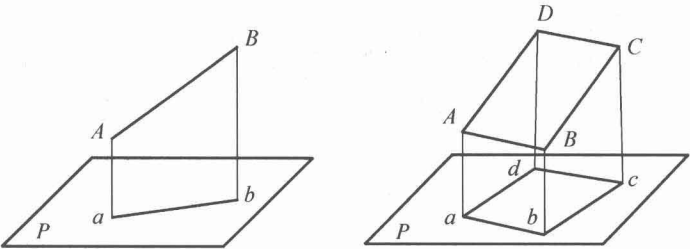


图1-15 正投影的类似性

6. 直线和角如何作图，操作要点是什么？

直线和角的画法见表1-1。

表1-1 直线和角的画法

名 称	作图条件与要求	图 形	操 作 要 点
平行线的 画法	作 $\overline{ab}$ 的平行线，相距为 S		1) 在 $\overline{ab}$ 线上分别任取两点为圆心，以 S 长为半径，作两圆弧 2) 作两圆弧的切线 $\overline{cd}$ ，则 $\overline{cd} \parallel \overline{ab}$
	过 p 点作 $\overline{ab}$ 的平行线		1) 以已知点 p 为圆心，取 R_1 （大于 p 点到 $\overline{ab}$ 的距离）为半径画弧交 $\overline{ab}$ 于 e 2) 以 e 为圆心、 R_1 为半径画弧交 $\overline{ab}$ 于 f 3) 以 e 为圆心，取 $R_2 = \overline{fp}$ 为半径画弧交于 g ，过 p ， g 两点作 $\overline{cd}$ ，则 $\overline{cd} \parallel \overline{ab}$
垂线的画 法	作过 $\overline{ab}$ 上定点 p 的垂线		1) 以 p 为圆心，任取适当 R_1 为半径画弧交 $\overline{ab}$ 于 c ， d 点 2) 分别以 c ， d 点为圆心，取 R_2 （ $>R_1$ ）为半径画弧得交点 e ，连接 $\overline{ep}$ ，则 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$
	作过 $\overline{ab}$ 外，任意点 p 的垂线		1) 以 p 为圆心，任取适当 R_1 为半径画弧，交 $\overline{ab}$ 于 c ， d 点 2) 分别以 c ， d 点为圆心，取 R_2 为半径画弧得交点 e ，连接 $\overline{ep}$ ，则 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$
	作过 $\overline{ab}$ endpoint 外定点 p 的垂线		1) 以 p 作一条倾斜线交 $\overline{ab}$ 于 c ，取点 $\overline{cp}$ 中点 O 2) 以 O 为圆心，取 $R = \overline{cO}$ 为半径画弧交 $\overline{ab}$ 于 d 点，连接 $\overline{dp}$ ，则 $\overline{dp} \perp \overline{ab}$
	作过 $\overline{ab}$ 的端点 b 的垂线		1) 任取线外一点 O ，并以 O 为圆心，取 $R = \overline{Ob}$ 为半径画圆交 $\overline{ab}$ 于 c 点 2) 连接 $\overline{cO}$ 并延长，交圆于 d 点，连接 $\overline{bd}$ ，则 $\overline{bd} \perp \overline{ab}$

续表

名称	作图条件与要求	图 形	操作要点
垂直线的画法	作过 $\overline{ab}$ 的端点 b , 用3:4:5比例法作垂线		1) 在 $\overline{ab}$ 上取适当之长为半径 L , 然后以 b 为顶点量取 $bd=4L$ 2) 以 d, b 为顶点, 分别量取以 $5L, 3L$ 长作半径交弧得 c 点, 连接 $\overline{bc}$, 则 $\overline{bc} \perp \overline{ab}$
线段的等份	作 $\overline{ab}$ 的二等份		1) 分别以 a, b 为圆心, 任取 $R(>\frac{1}{2}\overline{ab})$ 为半径画弧, 得点 c, d 两点 2) 连接 $\overline{cd}$ 并与 $\overline{ab}$ 交于 e , 则 $ce=be$, 即 $\overline{cd} \perp$ 平分 $\overline{ab}$
	作 $\overline{ab}$ 的任意等份(本例为5分)		1) 过 a 作倾斜线 $\overline{ac}$, 以适当长在 $\overline{ac}$ 上截取五等份, 得1, 2, 3, 4, 5各点 2) 连接 $b, 5$ 两点, 过 $\overline{ac}$ 线上4, 3, 2, 1各点, 分别作 $b5$ 的平行线交 $\overline{ab}$ 于4', 3', 2', 1'各点, 即把 ab 五等份
角度的等份	$\angle abc$ 的二等份		1) 以 b 为圆心, 适当长 R_1 为半径, 画弧交角的两边于1, 2两点 2) 分别以1, 2两点为圆心, 任意长 $R_2(>\frac{1}{2}1-2\text{距离})$ 为半径相交于 d 点 3) 连接 $\overline{bd}$, 则 $\overline{bd}$ 即为 $\angle abc$ 的角平分线
	作无顶点角的角平分线		1) 取适当长 R_1 为半径, 作 $\overline{ab}$ 和 $\overline{cd}$ 的平行线交于 m 点 2) 以 m 为圆心, 适当和 R_2 为半径画弧交两平行线于1, 2两点 3) 以1, 2两点为圆心, 适当长 R_3 为半径画弧交于 n 点 4) 连接 $\overline{mn}$, 则 $\overline{mn}$ 即为 $\overline{ab}$ 和 $\overline{cd}$ 两角边的角平分线
	90°角 $\angle abc$ 的三等份		1) 以 b 为圆心, 任意长 R 为半径画弧, 交两直角边于1, 2两点 2) 分别以1, 2点为圆心, 用同样 R 为半径画弧得3, 4点 3) 连接 $b3, b4$ 即为三等份90°角
	$\angle abc$ 的三等份		1) 以 b 为圆心, 适当长 R 为半径画弧交角边于1, 2两点 2) 将 $\overline{12}$ 用量规截取三等份为3, 4两点 3) 连接 $b3, b4$ 即为三等份 $\angle abc$