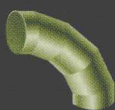


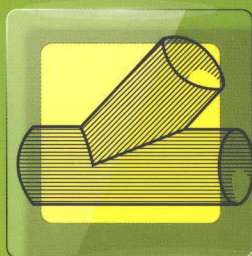
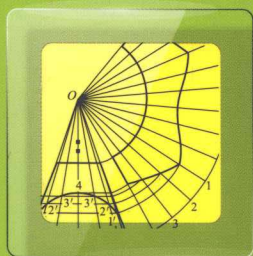
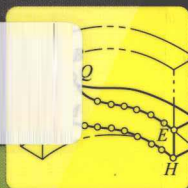
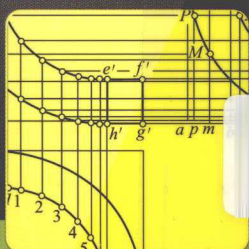
BANJIN ZHANKAI  
JISUAN  
SHIYONG SHOUCHE



# 钣金展开计算 实用手册



金清肃 主 编  
冯 运 副主编



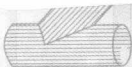
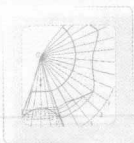
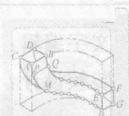
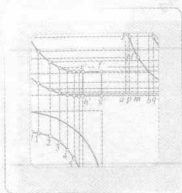
化学工业出版社

BANJIN ZHANKAI  
JISUAN  
SHIYONG SHOUCHE

# 钣金展开计算 实用手册

金肃清 主编

冯运 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

钣金展开计算实用手册/金清肃主编. —北京: 化学工业出版社, 2013. 5  
ISBN 978-7-122-16751-4

I. ①钣… II. ①金… III. ①钣金工-计算方法-技术手册 IV. ①TG936-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 054313 号

---

责任编辑: 贾 娜  
责任校对: 边 涛

文字编辑: 陈 喆  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 7 字数 188 千字  
2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

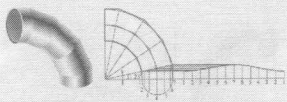
---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究



# FOREWORD 前/言

钣金构件和制品在机械、冶金、石油化工、航空、造船等行业应用非常广泛，其中钣金展开下料是钣金构件和制品生产中的一个重要环节。掌握钣金展开下料方法和操作技能是准确、快速下料的前提，是保证产品质量、降低材料消耗、提高工作效率的关键。

本书根据钣金展开下料实际工作的需要，图文并茂、深入浅出地介绍了钣金展开计算的常用知识。主要内容包括：基础知识、钣金技术基础、钣金展开图的画法、柱面构件的展开计算、锥面构件的展开计算、柱面和锥面结构件的展开计算、型钢结构件的展开计算等。本书通俗易懂，阐述内容简明扼要，注重科学性、先进性和实用性，在归纳常用基础知识之后，选取了具有代表性的构件并对其展开计算过程做了详细介绍，同时列举了生产中的应用实例。本书理论与实践相结合，可为从事钣金设计、加工相关工作的工程技术人员提供帮助，也可供大中专院校相关专业师生学习参考。

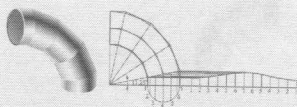
本书由河北科技大学金清肃主编，冯运副主编，刘晓阳和赵小明参与了编写。在本书的编写过程中，参阅了相关文献资料，并得到了石家庄市交通技工学校的高级讲师孙建坤、高嵘同志的大力帮助，在此，一并表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正！

编者

# CONTENTS

# 目/录



## 第1章 基础知识

Page 001

1.1 画图基础	001
1.1.1 制图的基础知识	001
1.1.2 基本形体的投影	013
1.1.3 常用几何图形的画法	031
1.2 常用计算公式	037
1.2.1 常用数学计算公式	038
1.2.2 常用几何图形面积计算公式	043
1.2.3 常用几何图形的体积和表面积计算公式	047
1.2.4 坐标方法和各种曲线方程	071

## 第2章 钣金技术基础

Page 076

2.1 钣金工技术图	076
2.1.1 钣金零件图	077
2.1.2 钣金结构装配图	079
2.2 钣金常用金属材料及其标记	080
2.2.1 常用板材简介	081
2.2.2 常用型钢简介	084
2.3 钣金常用工艺及图符	087
2.3.1 下料工艺	088
2.3.2 成形工艺	088
2.3.3 装配工艺	088
2.3.4 连接工艺	089

### 第3章 钣金展开图的画法

Page 096

3.1 钣金展开图常用画法	097
3.1.1 平行线展开法	097
3.1.2 放射线展开法	098
3.1.3 三角形展开法	101
3.2 板厚处理和加工余量	102
3.2.1 板厚处理	103
3.2.2 加工余量	109

### 第4章 柱面构件的展开计算

Page 114

4.1 单一柱面构件的展开计算	114
4.1.1 斜截圆柱管	114
4.1.2 斜截四棱柱管	115
4.2 结构件的展开计算	117
4.2.1 等径圆管任意角度弯头	117
4.2.2 工业三通圆管的展开计算	118
4.2.3 圆管和矩形管构成的T形三通的展开	123
4.2.4 两矩形管斜接构成的三通结构件的展开	128

### 第5章 锥面构件的展开计算

Page 139

5.1 单一锥面构件的展开计算	139
5.1.1 正圆锥台	139
5.1.2 斜截正圆锥管	141
5.1.3 正棱锥的展开计算	144
5.1.4 截头正四棱锥	147
5.2 锥面结构件的展开计算	152
5.2.1 正棱锥相交结构件的展开计算	152
5.2.2 正圆锥相交结构件的展开计算	154
5.2.3 正棱锥与正圆锥相交结构件的展开计算	156

**第6章 柱面和锥面结构件的展开计算****Page 162**

6.1 正四棱锥斜接正四棱柱结构件的展开	162
6.2 正圆锥与圆柱管 90°弯头的展开	169
6.3 正圆锥和圆管轴线垂直相交结构件的展开	172
6.4 圆管斜接正圆锥的结构件展开	173
6.5 圆管与正四棱锥构成的 T形三通结构件的展开	176
6.6 圆管斜插正四棱锥结构件的展开	180

**第7章 型钢结构件的展开计算****Page 181**

7.1 型钢结构件识图要领和注意事项	181
7.2 简单型钢零件的展开计算	183
7.3 型钢结构件的展开计算	203
7.3.1 角钢结构件的展开计算	203
7.3.2 槽钢结构件的展开计算	212

**参考文献****Page 217**

# 第1章

## 基础知识

钣金件在展开前，要先准确地识图，正确地了解钣金件的特点；在展开计算过程中，要涉及一些数学公式的使用和推导；在绘制展开图时，常常要碰到各种几何图形的画法。这些都是与钣金展开计算有关的基础知识，掌握这些基础知识是计算和绘制展开图的前提。

### 1.1 画图基础

图样是工程上用来进行信息交流的工具，钣金零件形状的定义是通过图样来表达的。钣金件展开时，计算公式的推导也往往是以其投影图为基础，为了使识图者能准确、快速地识图，同时使初学者能较快地培养起对图样的空间分析能力和想象力，本节将介绍画图的基础知识。

#### 1.1.1 制图的基础知识

##### 1.1.1.1 三视图的形成与投影规律

机械制图中常用的对空间立体投影的方法是平行投影法中的正投影法。投影法是投射射线通过物体，向选定的面投射，并在该面上得到物体图形的方法。如图 1-1 所示，根据投影法得到的物体图形称为投影。投影法中得到物体投影的面称为投影面。所有投影的起源点称为投射中心。发自投影中心且通过被投射物体上的各点的直线称为投射射线。投射射线交于一点的投影法称为中心投影法，如图 1-1 (a) 所示；投射射线相互平行的称为平行线投影法。在平行线投影法



中，投射线垂直于投影面的投影称为正投影法，如图 1-1(b) 所示。

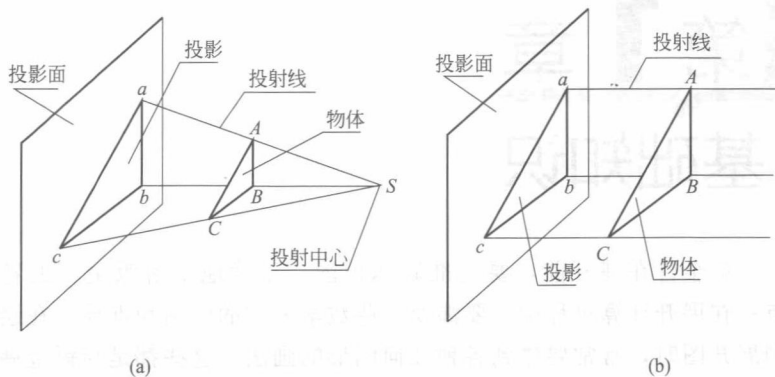


图 1-1 投影法

### (1) 三视图的形成

三个相互垂直的投影面即正投影面、水平面和侧投影面，分别用  $V$ 、 $H$ 、 $W$  表示，两个投影面的交线分别用  $OX$ 、 $OY$ 、 $OZ$  表示， $V$ 、 $H$ 、 $W$  三个投影面和  $OX$ 、 $OY$ 、 $OZ$  三根投影轴构成了正投影体系。投影时将物体放置在三投影体系中，按正投影法分别向三个投影面投影，即可得到物体的正面投影、水平投影和侧面投影，如图 1-2(a) 所示，这是机械工业中常用的投影法。把  $H$ 、 $W$

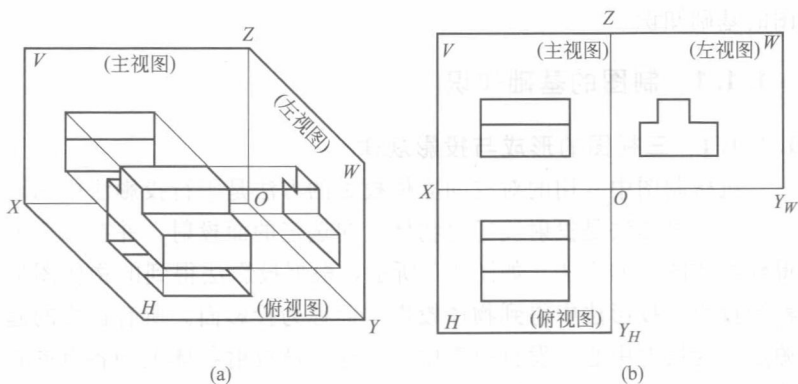


图 1-2 三视图的形成

投影面旋转到与  $V$  投影面共面, 获得处于同一平面的形体的三视图, 就能完全、唯一地确定该形体的空间形状。如图 1-2 (b) 所示, 物体在  $V$  投影面的投影称为主视图, 在  $H$  投影面的投影称为俯视图, 在  $W$  投影面的投影称为左视图。从三视图中可以看出, 每个视图表示物体一个方向的形状和两个方向的尺寸。

## (2) 三视图的投影规律

三视图的投影规律是指同一形体的三个视图之间内在的必然联系。本书约定  $OX$  代表物体的长度方向,  $OY$  代表物体的宽度方向,  $OZ$  代表物体的高度方向, 则形体的主视图反映物体的长和高, 俯视图反映物体的长和宽, 左视图反映物体的宽和高。同一物体在相应两个视图中反映的长、宽、高必然相等, 如图 1-3 所示。因此, 三视图之间必然存在下面的投影规律: 主、俯视图长对正, 简称长对正; 主、左视图高平齐, 简称高平齐; 俯、左视图宽相等, 简称宽相等。

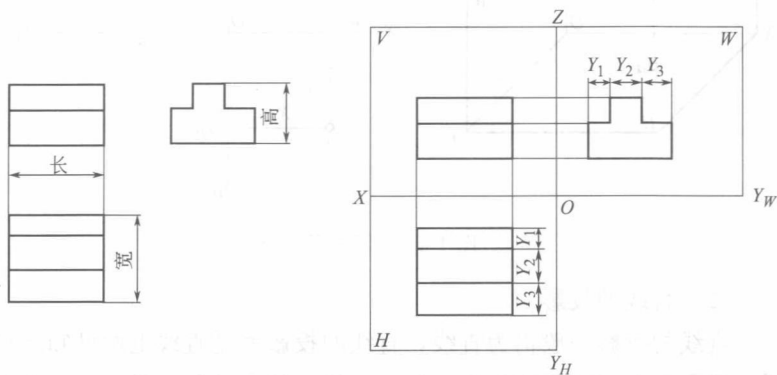


图 1-3 三视图的投影规律

### 1.1.1.2 点、直线和平面的投影

物体由各种表面组成, 表面是由线组成的, 而线又是由一个点的点组成的, 为了正确表达物体的形状和各部分的相互关系, 就必须先研究点、线、面的投影和空间相互关系。

## (1) 点的投影

空间任意位置的点  $A(x, y, z)$  在  $V$ 、 $H$ 、 $W$  面上的投影分别为  $a'$ 、 $a$ 、 $a''$ 。如图 1-4 所示, 根据正投影的性质,  $Aa' \perp V$ 、 $Aa \perp H$ 、 $Aa'' \perp W$ 。由三视图的投影规律可知: 点  $A$  在  $V$ 、 $H$  投影面上的投影连线垂直于  $OX$  轴, 即  $a'a \perp OX$ ,  $a'a$  到原点的距离  $Oa_x$  反映点  $A$  的  $X$  坐标, 即  $a'a_z = aa_{y_H} = Aa'' = x$ , 体现主、俯视图长对正; 点  $A$  在  $V$ 、 $W$  投影面上的投影连线垂直于  $OZ$  轴, 即  $a'a'' \perp OZ$ ;  $a'a''$  到原点的距离  $Oa_z$  反映点  $A$  的  $Z$  坐标, 即  $a'a_x = a''a_{y_W} = Aa = z$ , 体现主、左视图高平齐; 点  $A$  在  $H$  投影面上的投影  $a$  到  $OX$  轴的距离等于点  $A$  在  $W$  投影面上的投影  $a''$  到  $OZ$  轴的距离, 即  $aa_x = a''a_z = Aa' = y$ , 都反映点  $A$  的  $Y$  坐标, 体现俯、左视图宽相等。

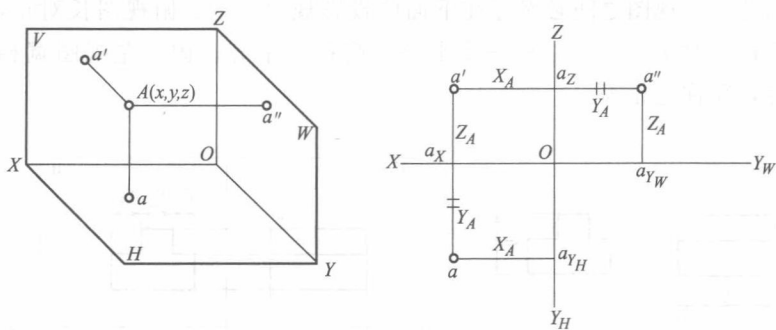


图 1-4 点的投影

## (2) 直线的投影

直线的投影一般仍为直线, 直线的投影就是直线上两已知点在同一投影面上的投影的连线。属于直线上的点的各面投影必定在直线的各面投影线上, 如图 1-5 所示。

根据直线在空间的位置不同, 将直线分为一般位置直线、投影面平行线、投影面垂直线三种, 后两种为特殊位置直线, 下面分别讨论其特性。

① 一般位置直线的投影特性 一般位置直线的三面投影都倾

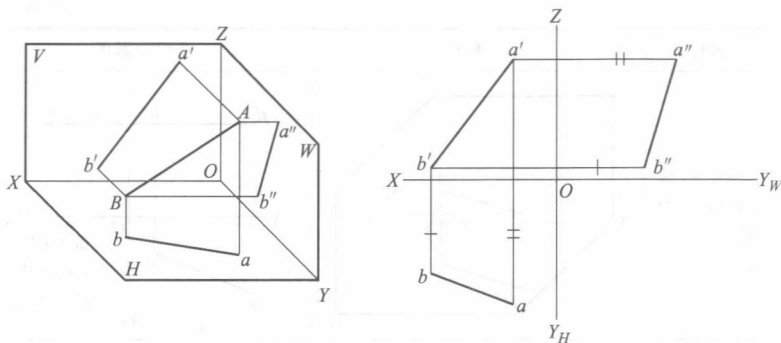


图 1-5 一般直线的投影

斜于投影轴，三面投影都不反映直线段的实长，且三面投影与投影轴的夹角均不反映直线对投影面倾角的真实大小，如图 1-5 所示。

② 投影面平行线的投影特性 只平行于一个投影面而与另外两个投影面都倾斜的直线称为投影面平行线。直线在其所平行的投影面的投影反映该直线段的实长，该投影与投影轴的夹角分别反映直线与其他两个投影面倾角的真实大小，具有实形性；在其他两个投影面上的投影都短于实长，且平行于相应的投影轴。表 1-1 为投影面平行线的投影特性。

表 1-1 投影面平行线的投影特性

名称	立体图	三面投影图
正平线 (平行于 V 面)		<p> <math>a'b' = AB</math>  <math>ab // OX</math>  <math>a''b'' // OZ</math> </p>

续表

名称	立体图	三面投影图
水平线 (平行于H面)		
侧平线 (平行于W面)		

③ 投影面垂直线的投影特性 垂直于一个投影面而平行于其他两个投影面的直线称为投影面的垂直线。直线在与其垂直的投影面的投影积聚为一点，具有积聚性；其余两面投影分别垂直于相应的投影轴，且反映直线段的实长，具有实形性。表 1-2 为投影面垂直线的投影特性。

表 1-2 投影面垂直线的投影特性

名称	立体图	三面投影图
正垂线 (垂直于V面)		

续表

名称	立体图	三面投影图
铅垂线 (垂直于 $H$ 面)		<p> <math>ab</math>积聚为一点  <math>a'b' \perp OX</math>  <math>a''b'' \perp OY_W</math>  <math>a'b' = a''b'' = AB</math> </p>
侧垂线 (垂直于 $W$ 面)		<p> <math>a''b''</math>积聚为一点  <math>a'b' \perp OZ</math>  <math>ab \perp OY_H</math>  <math>ab = a'b' = AB</math> </p>

### (3) 求空间直线段的实长

在展开图中,所有的图线都是对应物体表面相应部分的实长线。而这些线在一些物体的视图中,往往不反映实际长度,例如上面介绍直线的投影时提到的一般位置的直线,在很多情况下,如果不解决求实长的问题,那么物体的展开图是不可能画出来的。因此,求直线段实长是展开下料工作的重要一环。下面就来讨论求直线段实长的方法。

直线段是否反映实长可依据直线段的投影特性来识别。

**投影面平行线:**当直线段平行于某一投影面时,则该线在所平行的投影面上的投影反映实长。

**投影面垂直线:**在三视图中,当直线段垂直于某一投影面时,则它必平行于另两投影面,因此,该线在另两投影面上的投影均反映实长。

一般位置的直线段：一般位置直线段倾斜于各投影面，在各视图平面上都不反映实长。求这类直线段实长有很多种方法，这里着重介绍三种常用的方法：旋转法、直角三角形法和更换投影面法。

① 旋转法 当直线段平行于某一投影面时，则该线在所平行的投影面上的投影反映实长。旋转法就是利用这一原理，将一般位置线段旋转到与某一投影面平行，则可找到实长线求得其长。

如图 1-6(a) 所示， $AB$  线段是一般位置的直线段，以  $Aa$  为轴将  $AB$  旋转到平行于  $V$  投影面的位置  $AC$ ，这时  $AB$  线段在  $H$  面上的投影  $ab$  转到  $ac$ ，而  $AC$  线段在  $V$  面上的投影  $a'c'$  则为  $AB$  线段的实长线。

在平面图上画出实长的步骤如图 1-6(b) 所示。在  $H$  面投影  $ab$  线以  $a$  为圆心、 $ab$  为半径画弧，与过  $a$  点、与  $OX$  平行的线交于  $c$ ；由  $c$  向  $V$  面作投影交过  $b'$  点与  $OX$  轴平行的线于  $c'$ ；连接  $a'c'$  即为  $AB$  线的实长线。

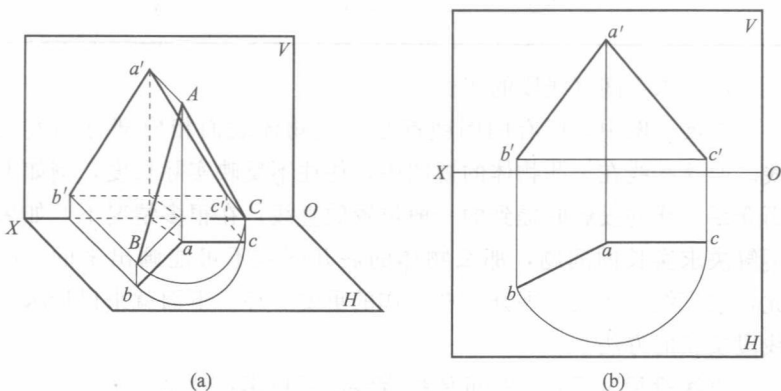


图 1-6 旋转法求实长线

旋转法应用非常广泛，在作一些物体的展开图时，经常应用旋转法求素线的实长。

② 直角三角形法 直角三角形法就是将一般位置直线段在某个投影面上的投影作为直角三角形的底边，用其另一投影两个端点

的坐标差作为对边，作一直角三角形。此直角三角形的斜边反映一般位置直线段的实长。

如图 1-7(a) 所示，在直角三角形  $ABC$  中，斜边  $AB$  为一般位置的直线，底边  $AC$  等于线段  $AB$  的水平投影  $ab$ ， $BC$  等于线段  $AB$  两端点的  $Z$  坐标之差 ( $\Delta Z = Z_B - Z_A$ )，也就是  $AB$  在  $V$  面投影  $a'b'$  两端点到投影轴  $OX$  的距离之差。

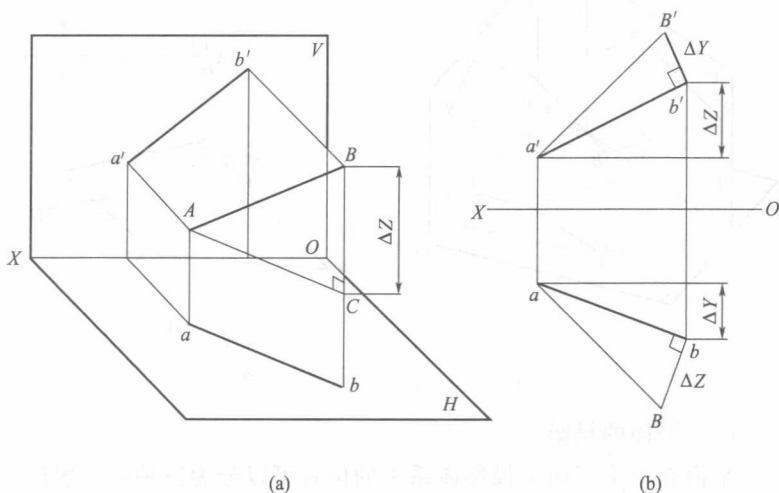


图 1-7 直角三角形法求实长线

直角三角形法的作图步骤如图 1-7(b) 所示。在  $H$  投影面中，过  $b$  点作  $ab$  的垂线  $bB$ ，长度等于  $V$  投影面上的  $\Delta Z$ 。连接  $a$ 、 $B$ ，则  $aB$  就是线段  $AB$  的实长线。同理，也可在  $V$  投影面中以  $a'b'$  为一直角边，以  $\Delta Y$  为另一直角边作三角形，斜边  $a'B'$  即为线段  $AB$  的实长线。

③ 更换投影面法 更换投影面法就是在空间坐标系内，再设一个平面，使一般位置的直线段与之平行，则直线段在所设平面上的投影反映实长。如图 1-8(a) 所示，所设平面  $V'$  既平行于直线  $AB$  又垂直于  $H$  面，在新投影  $V'-H$  体系中， $AB$  线段平行于  $V'$  面，则在  $V'$  面上的投影  $a''b''$  反映实长。



如图 1-8(b) 所示为更换投影面的作图方法。在  $V-H$  投影体系  $ab$  线的一侧画出新的投影轴  $O'X'$ ，使  $O'X' \parallel ab$ ；根据投影规律使  $a''$ 、 $b''$  点到  $O'X'$  的距离分别等于  $a'$ 、 $b'$  点到  $OX$  轴的距离；连接  $a''$ 、 $b''$  两点，则  $a''b''$  即为  $AB$  线段的实长线。

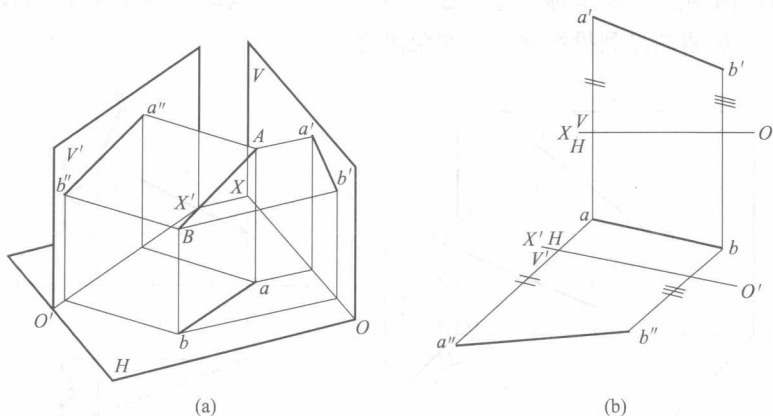


图 1-8 更换投影面法求实长线

#### (4) 平面的投影

平面在一个三面正投影体系中的位置可以分为三种：一般位置平面、投影面平行面、投影面垂直面。投影面垂直面和投影面平行面都属于特殊位置平面。

① 一般位置平面的投影特性 对三个投影面皆倾斜的平面称为一般位置平面。其三面投影都是缩小了的平面的类似形，且三面投影都不直接反映平面对  $H$ 、 $V$ 、 $W$  投影面倾角的真实大小，如图 1-9 所示。

② 投影面平行面的投影特性 平行于一个投影面的平面称为投影面平行面。根据所平行的投影面不同，平行面又分为正平面（平行于  $V$  投影面）、水平面（平行于  $H$  投影面）、侧平面（平行于  $W$  投影面）。平面在所平行的投影面上的投影反映该平面的实形，具有实形性，其余两面投影都积聚为直线，且平行相应的投影轴。表 1-3 为投影面平行面的投影特性。