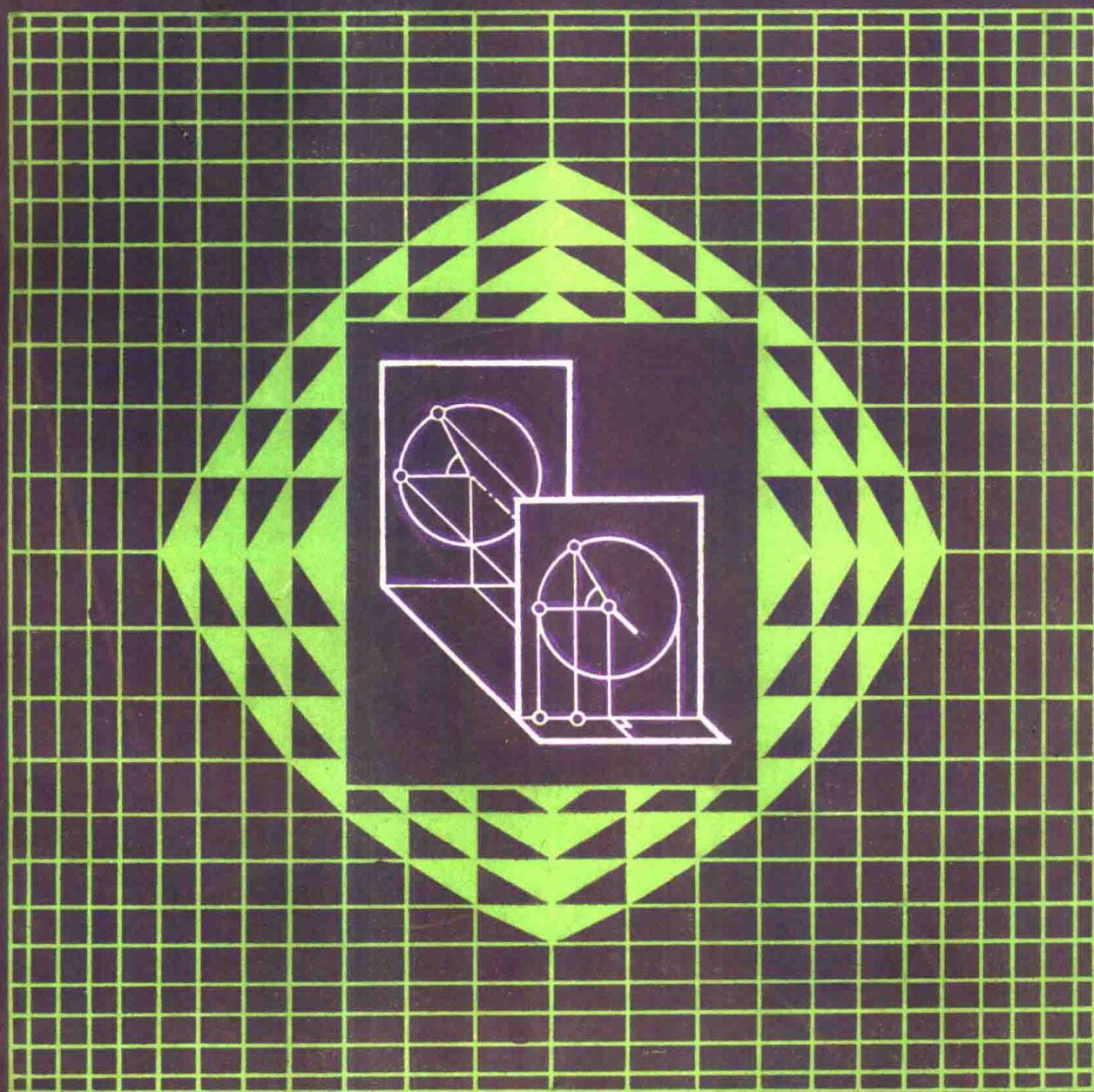


图解与计算 在机械工程中的应用



吉林人民出版社

图解与计算在机械工程中的应用

黄清本 刘文华 薛毅 编著

TUJIE YU JISUAN ZAI JIXIE GONGCHENG ZHONG DE YINGYONG

吉林人民出版社

内 容 简 介

本书应用图解与计算相结合的方法, 简便、准确地解决机械工程中的空间几何问题(实长、实形、角度、距离及轨迹等)。对投影变换理论和空间角度理论作了较系统的介绍。在产品设计、工装设计、机械加工、刀具设计与制造、技术测量和立体表面展开方面, 分析和讨论了应用上述理论解决空间几何问题的方法。

本书可供有关专业工人、工程技术人员及中等、高等工科院校师生参考; 也可作为中等、高等工科院校和工矿企业举办专题讲座的教材及工程图学科研究生的教材。

图解与计算在机械工程中的应用

黄清本 刘文华 薛 毅 编著

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行
长春新华印刷厂附属厂印刷

*

787×1092毫米16开本 20印张 2插页 478,000字

1984年11月第1版 1984年11月第1次印刷

印数: 1—7030册

统一书号: 15091·208 定价: 3.80元

前 言

在机械设计和制造过程中,常会遇到复杂的空间几何问题,如双斜直线的角度和实长、双斜平面的角度和实形、距离、轨迹等。通常均采用近似、试加工等方法解决这些问题。这样,必然导致产品精度差,生产效率低。随着工业生产的发展,要求不断提高经济效益。因此,迫切需要在理论上解决空间几何问题,在实践上提出简洁适用的精确方法。

作者在长期教学实践和深入生产实际过程中,对如何解决空间几何问题进行了研究。近十年来,根据实际需要先后在第一汽车制造厂、第二汽车制造厂等单位和吉林省中等、高等工科院校先后举办了近二十期讲习班和专题讲座。本书是在这个讲稿基础上,并汇集一些生产实例,整理编写而成。

本书特点是,将生产实际中的空间几何问题抽象为几何模型,应用画法几何学中投影变换的理论把空间问题转换到平面上,再利用平面三角学等基础知识导出计算公式。这种形与数相结合的方法保持了图解法简便、清晰的优点,克服了其准确性差的缺点。为查用公式方便起见,还总结了一套角度计算通用公式,分类列入第二章表2-1~表2-6中。此外,本书理论联系实际,兼顾普及与提高,由浅入深地介绍了各种类型实例,并加以详尽地分析和讨论。对于不熟悉画法几何学的读者,应先学习附录——画法几何的一些基本知识,以便于理解本书的各章内容。

参加本书编写的有:吉林工业大学黄清本(第一、二、三、六章),吉林工业大学刘文华(第四、七、八章及附录),长春第一汽车制造厂薛毅(第五章),吉林工业大学许锡筠(第七章第三节、第四节,并承担全书插图的绘制)。本书由黄清本主编,刘文华负责审核。吉林工业大学陈定恕同志对本书提出了有益的见解,在此深表谢意。

对书中的缺点和错误,敬希广大读者批评指正。

编 著 者

目 录

第一章 投影变换的基本理论及其应用

一、概述	1
二、变换投影面法	2
(一) 变换投影面法的基本概念	2
(二) 变换一次投影面	3
(三) 变换二次投影面	14
(四) 无投影轴作图法	21
三、旋转法	22
(一) 点的旋转	22
(二) 直线的旋转	23
(三) 平面的旋转	27
(四) 不指明轴旋转法	30
四、本章小结	30

第二章 直线及平面的角度和平面角计算公式

一、一般位置直线的角度计算公式	32
(一) 一般位置直线的方向	32
(二) 角度符号	33
(三) 角度的计算公式	33
(四) 怎样在零件图上分析直线的角度	36
二、一般位置平面的角度计算公式	37
(一) 一般位置平面的方向	37
(二) 角度符号	38
(三) 平面的法线	40
(四) 怎样在零件图上分析平面的角度	41
三、应用实例	43
四、平面角的计算公式	52
(一) 平面角的一边为垂直线另一边为一般位置直线	52
(二) 平面角的两边均为平行线	53
(三) 平面角的一边为平行线另一边为一般位置直线	53
(四) 平面角的两边均为一般位置直线	68
五、应用实例	71

第三章 图解与计算在机械加工中的应用

一、车削正棱锥台毛坯圆锥台的计算	73
(一) 车削正四棱锥台毛坯圆锥台的计算	73
(二) 车削正六棱锥台毛坯圆锥台的计算	75
(三) 根据正棱锥台计算圆锥台顶角的通用公式	76

二、铣削双斜面的调整计算	76
(一) 铣削四棱锥台的调整计算	76
(二) 铣削垫块上双斜面的调整计算	78
(三) 铣削与圆锥面相切的平面	84
三、刨削双斜面的调整计算	87
(一) 刨削加强筋板双斜平面调整计算	87
(二) 刨削斜燕尾槽的调整计算	88
(三) 刨削斜燕尾的调整计算	90
四、磨削双斜面的调整计算	92
(一) 磨削燕尾槽中斜镶条的调整计算	92
(二) 磨削斜V形块的调整计算	95
(三) 两相交斜平面一次磨削完成的调整计算	98
(四) 斜槽的磨削调整计算	104
五、镗削双斜孔的调整计算	106
(一) 镗削双斜孔钻套的调整计算	106
(二) 镗削斜座上双斜孔的调整计算	109
第四章 图解与计算在曲面加工中的应用	
一、近似铣削圆弧槽的计算	114
二、椭圆曲线、曲面加工的计算	118
(一) 在普通车床上加工法兰盘端面为椭圆的孔的计算	118
(二) 磨削椭圆冲头的成形砂轮修整方法	119
(三) 椭圆曲线样板的磨削方法及计算	121
三、球面加工中的计算	123
(一) 磨削内球面	123
(二) “旋风头”切削带柄圆球	124
四、单叶回转双曲面的计算	125
(一) 单叶回转双曲面轴承自动调心补偿角度的计算	126
(二) 单叶回转双曲面加工调整计算	129
五、圆柱凸轮的加工计算	133
六、用靠模铣床加工柱面的计算	135
(一) 加工圆柱面的靠模计算	136
(二) 加工长圆柱面的靠模计算	137
七、用范成法铣削正棱柱的计算	139
八、在插床上应用范成法加工凸轮的计算	143
第五章 图解与计算在刀具设计与制造中的应用	
一、刀具设计中的双斜角度计算	149
(一) 成形刀具法向后角计算	149
(二) 具有侧斜角成形刀具法向后角计算	151
二、刀具制造中的工艺调整计算	153
(一) 刃磨刀具的砂轮修整角度计算	153
(二) 磨制齿轮倒角刀的砂轮修整角度计算	154
(三) 磨制中心孔研磨尖的调整计算	156
(四) 刃磨铲刀的调整计算	157

(五) 刃磨刀具压模镶块的调整计算	162
(六) 用双向虎钳铣削车刀的调整计算	169
三、磨制曲线成形刀具的成形砂轮修整法	172
(一) 刃磨圆弧铲刀的成形砂轮修整方法	173
(二) 刃磨渐开线插齿刀的成形砂轮修整方法	175
第六章 图解与计算在测量技术中的应用	
一、双斜平面的角度测量计算	177
(一) 棱边法	177
(二) 圆柱法	178
(三) 辅助角度块规法	178
二、双斜平面的相交尺寸测量计算	182
(一) 圆球法	182
(二) 圆柱法	193
三、平面角的测量计算	202
(一) 压模刀头镶块的测量计算	202
(二) 径向平板牙齿形角的测量计算	204
四、锥度的测量	205
第七章 图解与计算在产品设计及工装设计中的应用	
一、空间曲柄连杆机构的图解与计算	208
(一) 确定连杆长度的一般规则	208
(二) 确定连杆的长度	209
(三) 空间连杆机构中运动要素的图解与计算	212
二、万向联轴节运动要素的图解与计算	222
(一) 万向节角位移的图解与计算	228
(二) 万向节角速度的计算	224
(三) 万向节角加速度的计算	225
三、摆环机构中转角与摆角关系的图解与计算	226
四、双圆盘开沟器开沟宽度的图解与计算	229
五、钻模的设计计算	232
(一) 锥面分布斜孔的工件钻模的设计计算	232
(二) 液压千斤顶外壳上 $Z1/8"$ 螺孔钻孔的钻模设计计算	234
(三) 汽缸盖火花塞孔钻模的设计计算	238
(四) 周向斜孔钻模的设计计算	243
(五) 加工汽车机油泵外壳上 $\phi 12$ 双斜孔钻模的设计计算	245
第八章 图解与计算在立体表面展开中的应用	
一、斜弯管的展开与计算	253
(一) 单向斜弯管的展开与计算	253
(二) 双向斜弯管的展开与计算	257
二、小锥度圆台管的展开与计算	266
三、螺旋面的展开与计算	268
(一) 正螺旋面的展开与计算	268
(二) 锥形螺旋面的展开与计算	270

四、膨胀节的展开与计算	271
五、球面的近似展开与计算	273
六、凸面五角星的展开与计算	278
(一) 凸面五角星底板的计算与画线	278
(二) 凸面五角星三角形面板的尺寸计算	279
(三) 凸面五角星表面三角形厚板的边缘倾斜角度计算	280
七、卡角样板的计算	284
(一) 上口斜截方锥管的卡角样板计算	284
(二) 直角换向方形倾斜漏斗的卡角样板计算	289
附录 画法几何的一些基本知识	
一、三面视图及其投影规律	299
二、点的投影	300
三、直线的投影	301
四、直角投影定理	303
五、平面的投影	304
六、点、直线、平面的相对位置	307
七、曲线与曲面	309

第一章

投影变换的基本理论及其应用

本章介绍投影变换的基本理论及其与计算结合的方法；并通过若干实例来说明如何应用这种方法解决实际问题。

一、概 述

图 1-1 所示零件上的平面 Q 的位置相对于基本投影面都不平行；因此，平面 Q 在主视图（ V 面上的投影）、左视图（ W 面上的投影）、俯视图（ H 面上的投影）上均不反映实形。

图 1-2 所示零件上的平面 $ABCD$ 与平面 $CDEF$ 的夹角在基本投影面上不能反映出来。

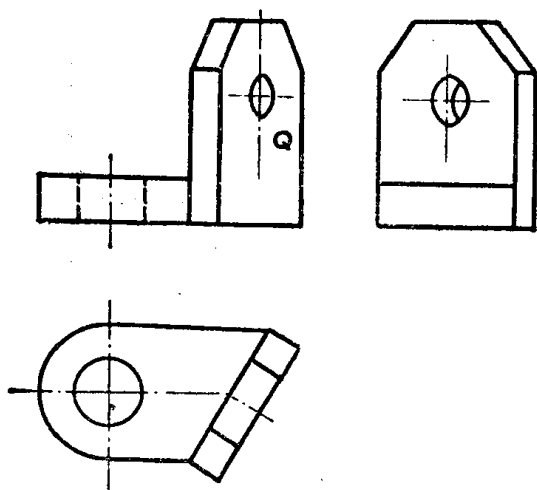


图 1-1 连接板的三面视图

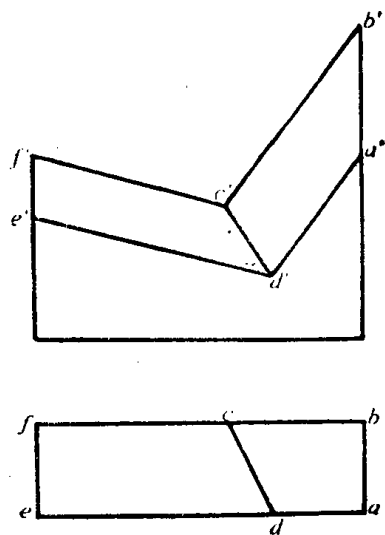


图 1-2 零件的两面视图

可采用投影变换的方法，求出图 1-1 所示平面 Q 的实形和图 1-2 所示平面 $ABCD$ 与平面 $CDEF$ 的夹角。凡线段的实长、平面的实形、几何元素之间的真实夹角和距离等问题，在基本投影面上不能直接反映时，都可用投影变换的方法来解决。

常用的投影变换方法有两种：变换投影面法（简称换面法）和旋转法。下面分别讨论之。

二、变换投影面法

(一) 变换投影面法的基本概念

变换投影面法，就是使空间几何元素的位置保持不动，设立新的投影面，使空间几何元素对新投影面的位置处于解题所需要的位置；然后，找出其在新投影面上的投影。这种方法称为变换投影面法。

图 1-3 所示的连接板，其上的平面 Q 不平行于基本投影面，因此，它在 V 面上的投影（主视图）和 H 面上的投影（俯视图）都不能反映平面 Q 的真实形状。现设新投影面 P_1 ，使它与平面 Q 平行（因平面 Q 垂直 H 面，所以 P_1 面与 H 面保持了垂直关系），应用正投影法将平面 Q 向 P_1 面投影，则平面 Q 在 P_1 面上的投影（斜视图）就反映了平面 Q 的真实形状。图 1-3 (b) 表示将投影面展开，使 V 、 H 、 P_1 处于同一平面后的情况。

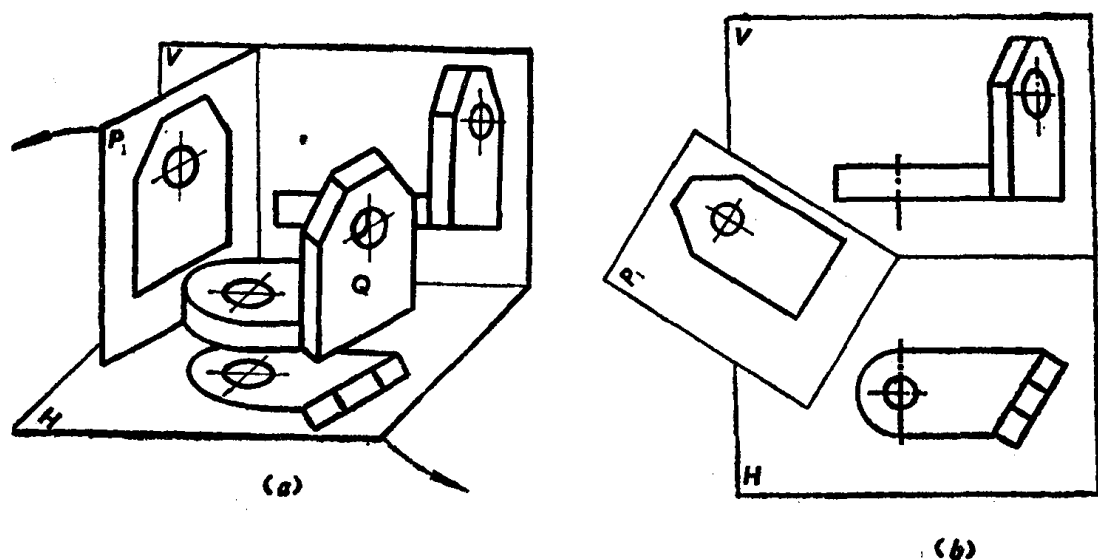


图 1-3 变换投影面法

如上所述，新投影面的选择应符合以下两个条件：

- I. 新投影面必须处于解题所需要的位置。
- II. 新投影面必须垂直于某一个原有的投影面，与它组成一个新的相互垂直的两投影面体系，这样就可用正投影法进行作图。

如图 1-3 所示的情况只需设立一个新投影面，称为一次换面法。如果遇到复杂的空间情况，当设立一个新投影面不能解决问题时，则还需要再设立一个新投影面，称为二次换面法。有时，还需采用三次换面法、四次换面法……。

在应用换面法解题时，为作图简便，常将机件上的点、线、面抽象出来或将机件简化为点、直线来研究。因此，下面分别讨论点、直线、平面等在换面法中的基本作图方法及应用实例。

(二) 变换一次投影面

1. 点的一次变换

现研究图 1-4 所示的点 A 在 V 、 H 、 P_1 面上的投影 a' 、 a 、 a_1 之间的关系。

已知：点 A 在原体系 $\frac{V}{H}$ 中的投影 a' 和 a 。设新投影面 P_1 垂直于 H 面， P_1 面与 H 面组成了新投影面体系 $\frac{P_1}{H}$ ，该两平面的交线称为新投影轴 X_1 。

求作：点 A 在 P_1 面上的新投影 a_1 。

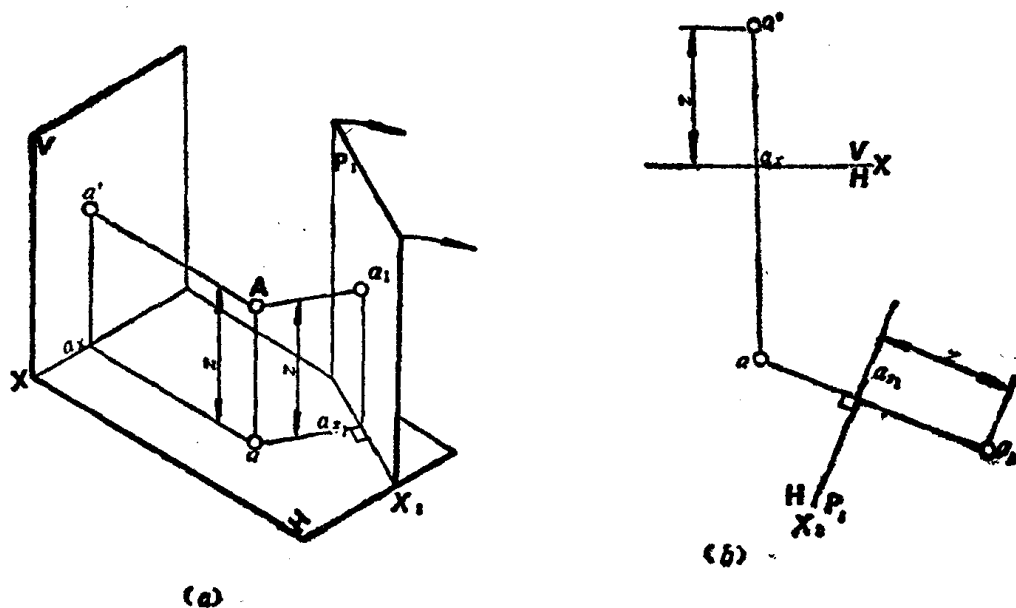


图 1-4 点的一次变换

图 1-4 所示的 $\frac{P_1}{H}$ 体系为相互垂直的两投影面体系。点 A 在 P_1 面上的投影 a_1 是由正投影法（过点 A 引垂直于 P_1 面的投射射线 Aa_1 ）得到的。因此，当 P_1 面绕 X_1 轴旋转到与 H 面在同一平面时， a 与 a_1 的投影连线必垂直于 X_1 轴（见图 1-4 (b)）。

再由图 1-4 (a) 分析其空间情况可知：线段 $a_1a_{x_1}$ 与 $a'a_x$ 均等于空间点 A 到 H 面的距离 Aa （即点 A 的 Z 坐标）。因此，在投影图上 $a_1a_{x_1} = a'a_x$ （见图 1-4 (b)）。

根据上述分析，点的一次变换的作图步骤如下（见图 1-4 (b)）：

- I. 作新投影轴 X_1 （轴 X_1 与点 a 的距离可以任意定）。
- II. 过点 a 作新投影轴 X_1 的垂线，交轴 X_1 于点 a_{x_1} 。
- III. 在垂线 aa_{x_1} 的延长线上截取 $a_1a_{x_1} = a'a_x$ ，得点 a_1 （即点 A 在 P_1 面上的投影）。

当新投影面 P_1 垂直于 V 面时，它的基本原理不变。图 1-5 表示已知点 A 在 V 、 H 、 W 面上的投影 a' 、 a 和 a'' 。设新投影面 P_1 垂直于 V 面，作点 A 在 P_1 面上的投影 a_1 。

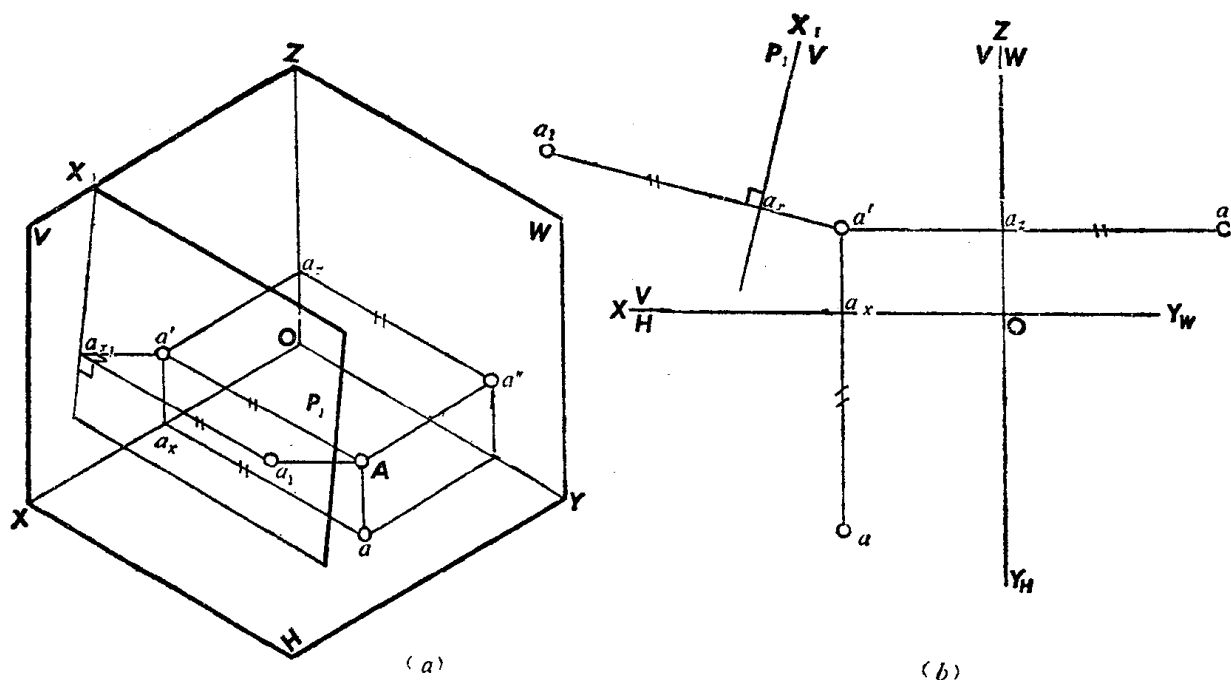


图 1-5 点的一次变换

由图 1-5 可知：点 A 在 V、H、W、 P_1 面上的投影 a' 、 a 、 a'' 、 a_1 之间存在如下关系：

I. $a'a_1 \perp X_1$ 。

II. $a_1a_{x_1} = aa_x = a''a_z$ 。

其作图步骤与图 1-4 (b) 类同。

综上所述，点的投影变换规律可归纳为：

I. 在新的两投影面体系中，点的新投影与它相关的原投影的连线必垂直于新投影轴。

II. 点的新投影到新投影轴的距离，等于隔一个投影面上该点的投影到投影轴的距离。简称为“隔面量取”。

2. 直线的一次变换

直线是由两点决定的。因此，当直线变换时，只要将直线上任意两点进行变换，即可求得直线的新投影。

(1) 将基本投影面的平行线变换为新投影面的垂直线

图 1-6 所示为将正平线 AB 变换成新投影面的垂直线。因直线 AB 平行于 V 面，若设一新投影面 P_1 与直线 AB 垂直，则 P_1 面必亦垂直于 V 面。这样，所设的 P_1 面符合新投影面的选择条件。

作图步骤如下（见图 1-6 (b)）：

I. 作新投影轴 $X_1 \perp a'b'$ （在新体系 $\frac{P_1}{V}$ 中，因直线平行于 V 面，而 P_1 面同时垂直于直线 AB 和 V 面，所以新投影轴 X_1 必垂直于 $a'b'$ ）。

II. 按点的变换规律，分别作出 A、B 两点在 P_1 面上的投影 a_1 、 b_1 。因 $aa_x = bb_x$ ，所以 a_1 和 b_1 重影成一点 a_1b_1 （即直线 AB 在新投影面上的投影积聚成点）。

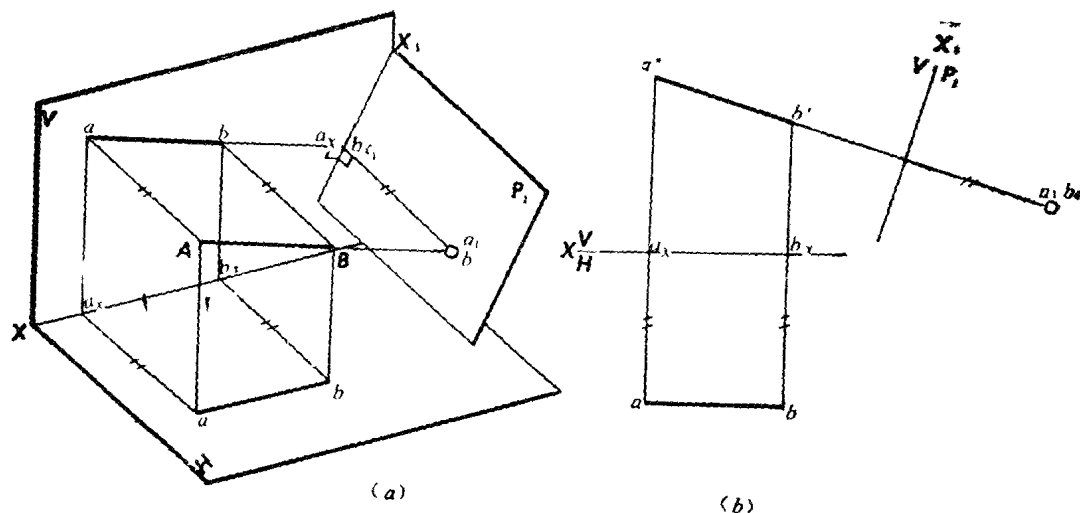


图 1-6 正平线变换为垂直线

图 1-7 为将水平线变换成垂直线。设新投影面 P_1 与直线 AB 垂直 (P_1 面必亦垂直于 H 面)。此时, 直线 AB 在 P_1 面上的投影积聚成一点。作图步骤与图 1-6 (b) 类同。

综上所述可知: 当新投影面选定后, 作图的关键是先画出新投影轴。要将基本投影面的平行线变换为新投影面的垂直线, 新投影轴必与反映该直线实长的投影垂直。

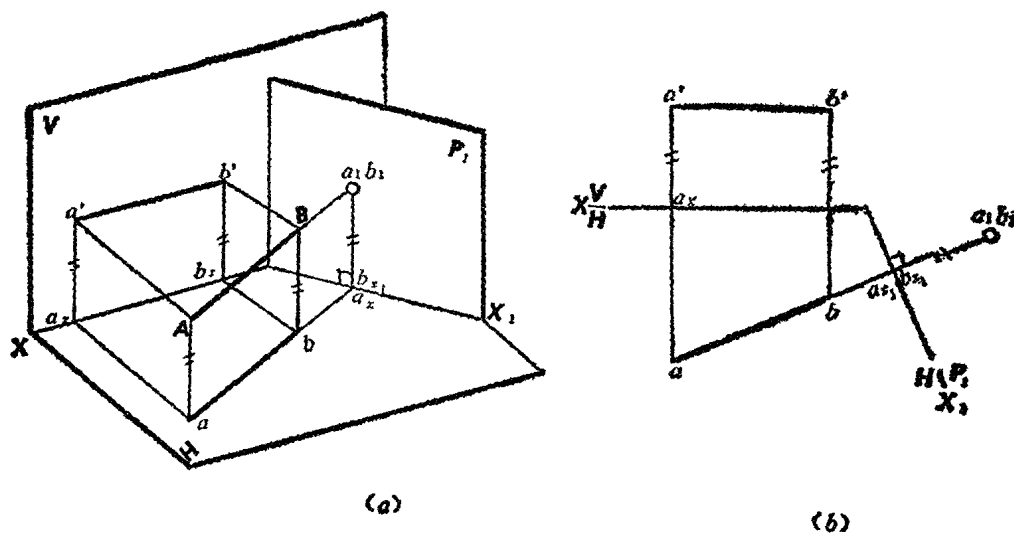


图 1-7 水平线变换为垂直线

(2) 将一般位置直线变换为新投影面的平行线

当一般位置直线变换成新投影面的平行线时, 就可在新投影面上得到线段的实长和直线对基本投影面的真实夹角。

图 1-8 所示直线 AB 为一般位置直线。为了求出 AB 的实长和对 H 面的真实夹角, 选择新投影面 P_1 平行于直线 AB , 且垂直于 H 面。这样, 直线 AB 在 P_1 面上的投影 a_1b_1 即反映直线 AB 的实长, a_1b_1 与 X_1 轴的夹角, 反映直线 AB 对 H 面的真实夹角 α (所谓直线对投影

面的真实夹角,是指直线与它在该面上投影之间的夹角)。

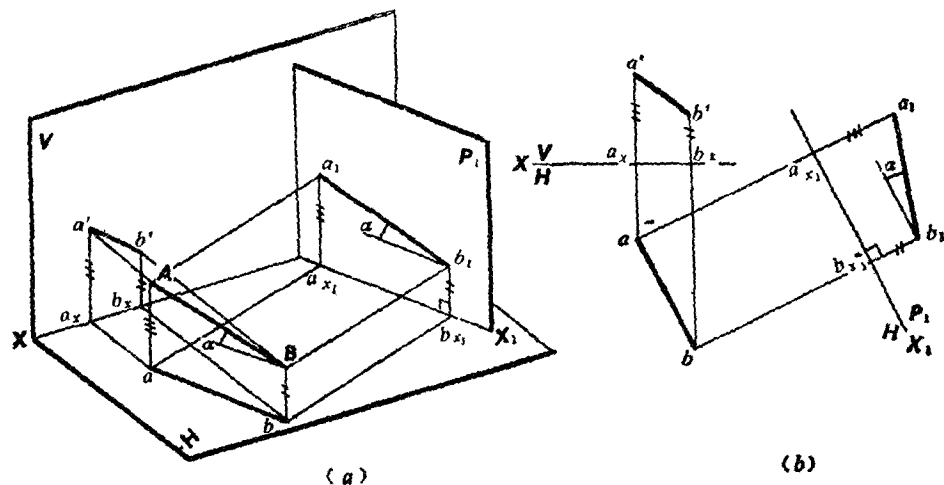


图 1-8 一般位置直线变换为平行线

作图步骤如下 (见图 1-8 (b)):

I. 作新投影轴 $X_1 \parallel ab$ (在 $\frac{P_1}{H}$ 体系中, 直线 AB 为 P_1 面的平行线, 因此, 轴 X_1 必与直线在 H 面的投影 ab 平行)。

II. 分别作出 A 、 B 两点在 P_1 面上的投影 a_1 、 b_1 。

III. a_1 和 b_1 的连线 a_1b_1 即为直线 AB 的实长; a_1b_1 与 X_1 轴的夹角 α 为直线 AB 对 H 面的真实夹角。

如果要求出直线 AB 对 V 面的真实夹角 β , 应选择新投影面 P_1 平行于直线 AB , 且垂直于 V 面。其作图方法见图 1-9 (b)

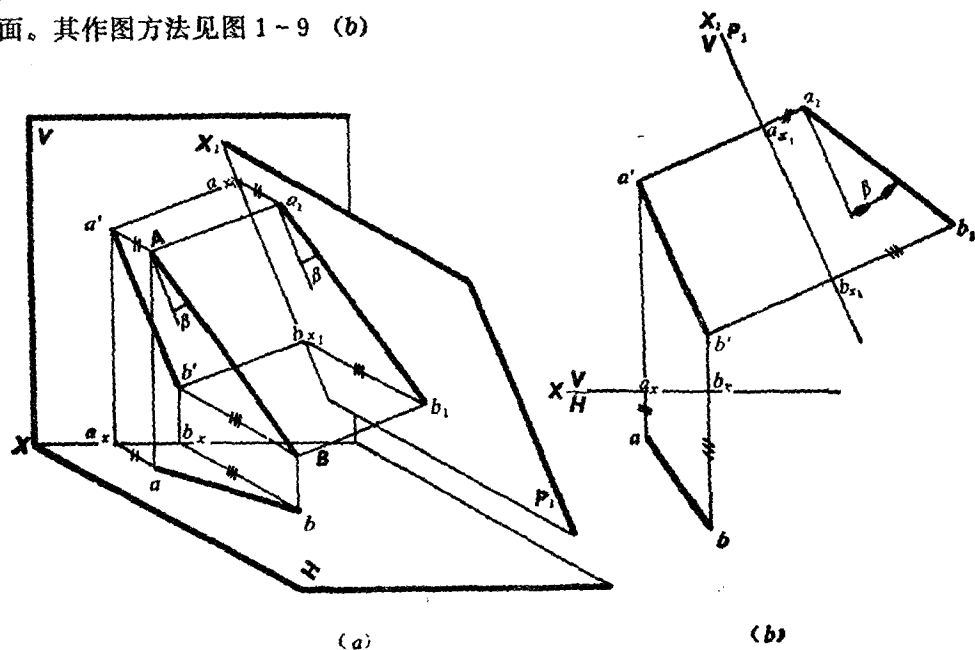


图 1-9 一般位置直线变换为平行线

若需求出直线 AB 对 W 面的真实夹角 γ ，应选新投影面 P_1 平行于直线 AB ，且垂直于 W 面。其作图方法见图1-10。

综上所述，为将一般位置直线变换成新投影面的平行线，所设新投影面必须平行于该直线且垂直于原体系中某一投影面。则新投影轴必与直线在新投影面所垂直的那个投影面上的投影平行。

例1-1 图1-11 为某型号插秧机牵引杆部件中与牵引杆有关部分的简图。现需求牵引杆轴线的长度 L （见图1-12）。

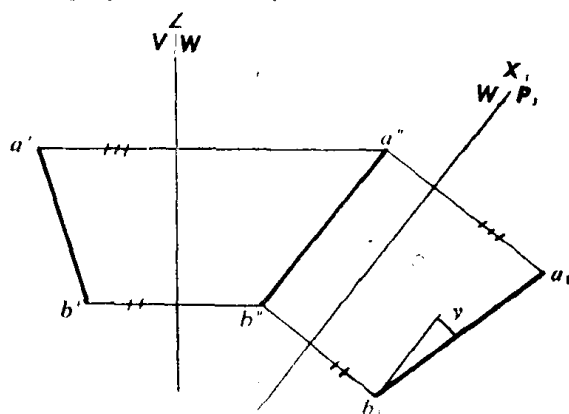


图1-10 一般位置直线变换为平行线

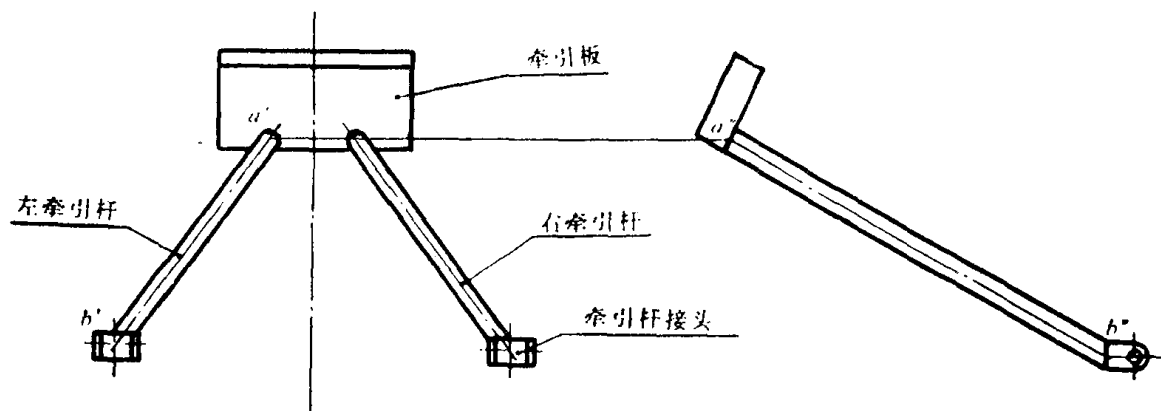


图1-11

I. 分析

由图1-11可知，牵引杆的轴线为一般位置直线。因此，只要把它变换成新投影面的平行线，即可求得其实长。

II. 图解

为便于解题，牵引杆轴线用直线 AB 表示。

图1-13表示已知一般位置直线 AB （代表牵引杆的轴线）的两投影 $a'b'$ 和 $a''b''$ 。设新投影面 P_1 与直线 AB 平行且垂直于 V 面。作直线 AB 在 P_1 面上的投影 a_1b_1 。量取 a_1b_1 的长度即为 AB 的实长。

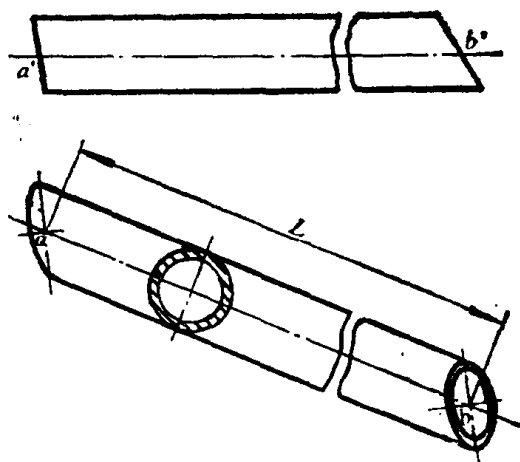


图1-12 牵引杆零件简图

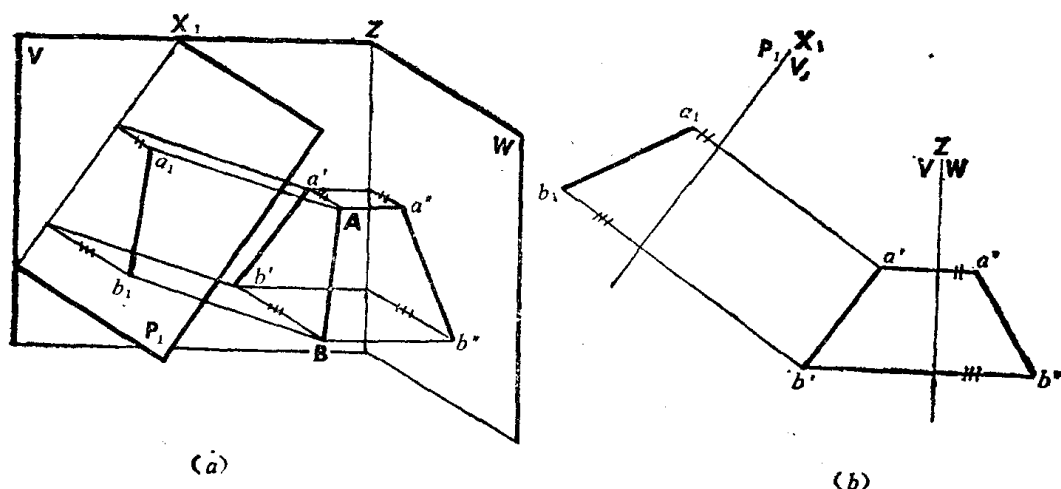


图1-13 求直线AB的实长

上面所求直线AB的实长，是通过作图直接由图中量取而得。这种方法称为图解法。用投影变换作为图解工具，其优点是解题简便，而且分析问题思路清楚，不足的是准确性差。当要求准确时，可用图解与计算结合的方法求解。即在图解的基础上根据投影关系推导出计算公式，然后进行计算。

Ⅱ. 计算直线AB的实长（参见图1-14）

已知图1-14所示的 H 、 l 和 α 角。求直线AB的实长(a_1b_1)。

由直角三角形 a_1b_1e 可知

$$a_1b_1 = \sqrt{(a_1e)^2 + (b_1e)^2} \quad (1)$$

由直角三角形 $a'b'f$ 可知

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

$$\because a'b' = a_1e$$

$$\therefore a_1e = \sqrt{l^2 + H^2} \quad (2)$$

由直角三角形 $a''b''g$ 可知

$$b''g = H \tan \alpha$$

$$\because b''g = b_1e$$

$$\therefore b_1e = H \tan \alpha \quad (3)$$

将(2)、(3)代入(1)得

$$a_1b_1 = \sqrt{l^2 + H^2 + (H \tan \alpha)^2} = \sqrt{l^2 + \left(\frac{H}{\cos \alpha}\right)^2} \quad (4)$$

根据已知的 H 、 l 和 α 角，则可按公式(4)计算 a_1b_1 （直线AB的实长）。

3. 平面的一次变换

平面的变换，只要将决定平面的一组几何元素进行变换，即可求得平面的新投影。

(1) 将基本投影面的垂直面变换为新投影面的平行面

将垂直面变换成新投影面的平行面，可求得平面的实形。

图1-15所示为一个以三角形 ABC 表示的垂直于 H 面的平面。现要求将它变换成新投影面的平行面，以便求其实形。

图1-15中，设新投影面 P_1 与平面 ABC 平行（ P_1 面必垂直于 H 面）。

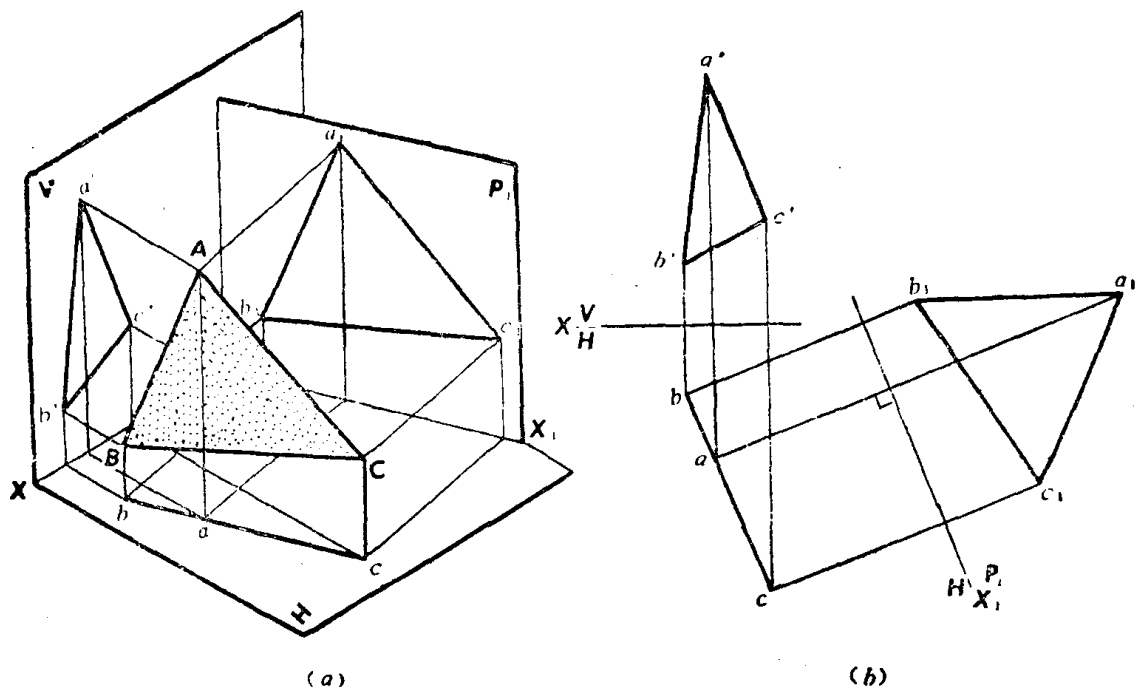


图 1-15 垂直面变换为平行面

作图步骤如下（见图1-15 (b)）：

I. 作新投影轴 $X_1 \parallel bac$ （新投影轴与平面具有积聚的投影平行）。

II. 求出点 A 、 B 、 C 在 P_1 面上的投影 a_1 、 b_1 、 c_1 。 $\triangle a_1b_1c_1$ 即为平面 ABC 的实形。

例1-2 图1-16为一成形刨刀，已知前角 γ 、后角 β 和侧面投影角 α （即被加工工件的齿形角）。求刀具前面的样板设计角度 α_1 。

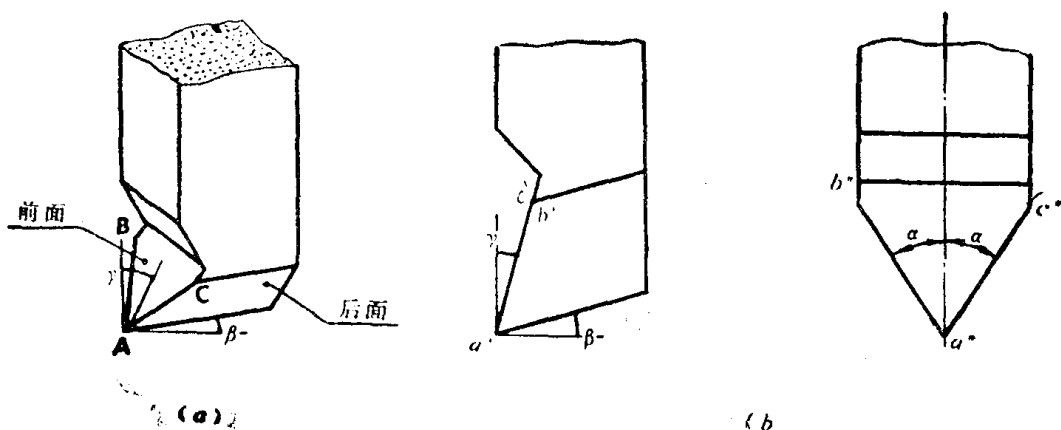


图1-16 成形刨刀的简图