

## 研究简报

## 由二维图像对三维弹体定位的方法研究

侯晓霞 董莉敏 郭建敏

(南京师范大学计算中心, 南京 210024)

崔东明

(华东工学院八系, 南京 210014)

**关键词:** 三维图形, 定位, 脱壳穿甲弹.

## 一、引言

用计算机来定位复杂的三维物体图形, 一直是计算机图形学研究的一个难题, 因为它受各方面因素的影响较大. 常用的定位方法是从图像上获取三维数据, 然后经过作图, 给出物体的空间位置与形状. 从图像上获取三维数据的方法通常有两种<sup>[1]</sup>: 一种方法是由透视投影获得三维数据, 即将图像上的点看作是空间物体对应点经透视投影变换后的象点(要求从不同的观察点拍摄至少两幅图像), 然后经过逆变换, 可求出原物体上点的三维坐标数据. 如文献[2]中介绍的立体测量系统就是利用此方法处理的. 另一种方法是由图像的明暗来获取三维数据. 当照明模型满足朗伯定律时, 利用光源位置不同的三幅正投影图像(这三个光源不应在同一直线上)可以计算出各点的法向矢量, 从而决定出物体的形状.

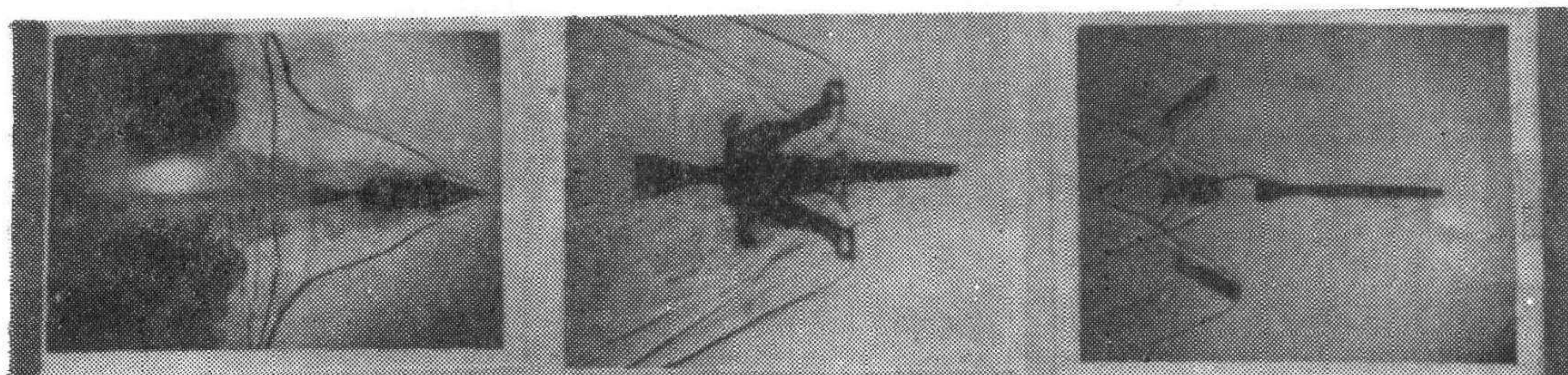
但这两种方法均是对实际拍摄的物体图像进行处理. 当所给出的物体图像是影象(如阴影照片)时, 由于其本身只能看出轮廓, 看不出物体的前后和明暗, 采用上述方法就很难取得预想的效果. 为了由各站观测的两张正交阴影照片确定物体的空间位置, 我们采用了如下的定位方法: 先对同一站观测的两张阴影照片进行图像处理, 取出它们的轮廓线数据, 经坐标变换后, 将其还原在图形方式下. 同时, 将绘制的实物立体图也显示在同一窗口下, 对该图施行各种图形变换, 使其轮廓与由两图像之一获取的轮廓图重合. 改变观察角, 再将该图与另一图像的轮廓图相比较, 经变换后使二者重合. 重复上述过程, 直到选出一组变换参数, 使得该实物立体图的轮廓能同时与由两张正交图像确定的轮廓图重合为止. 这时, 这组变换参数即定量给出物体在该点的空间位置, 经这组变换参数变换后的图形就重现了物体在该时刻的真实空间姿态, 既直观又方便.

## 二、图像处理与轮廓线数据的获取

由弹道靶道拍摄的正交多站阴影照片反映了高速脱壳穿甲弹的脱壳过程<sup>[3]</sup>. 由于拍



摄对象是高速飞行体（其速度为  $1300\text{--}1800\text{ m/s}$ ），且拍摄背景的环境非常恶劣，如炮口焰的干扰，气流和冲击波的干扰等，使得实际拍摄到的穿甲弹飞行图像往往受到严重干扰，背景噪声很大，出现退化现象。如图 1 所示。



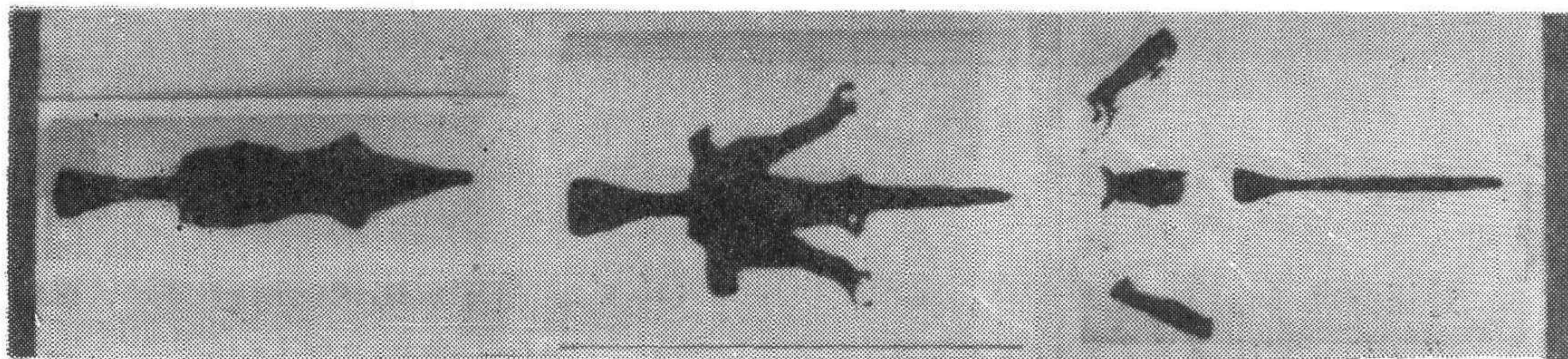
(a) 距炮口 0.37m

(b) 距炮口 1.26m

(c) 距炮口 2.86m

图 1 原始照片

显然，要想准确地从这种受到严重干扰的图像上提取边缘信息是很困难的。为此，我们研究了一个新的非参数迭代分割方法，该方法不需要对图像作任何假设，其分割过程完全是自适应的。经过这样的分割处理，提取出来的轮廓图最大限度地保存了原来的边缘信息，失真很小（处理后的照片见图 2，轮廓图见图 3）。尤其是炮口区的图像，原始照片上的物体几乎全部被气流淹没，经处理后去除了几乎所有的噪声，其轮廓给出了物体的重要特征位置，为以后重现物体在该位置的空间飞行姿态提供了可能。

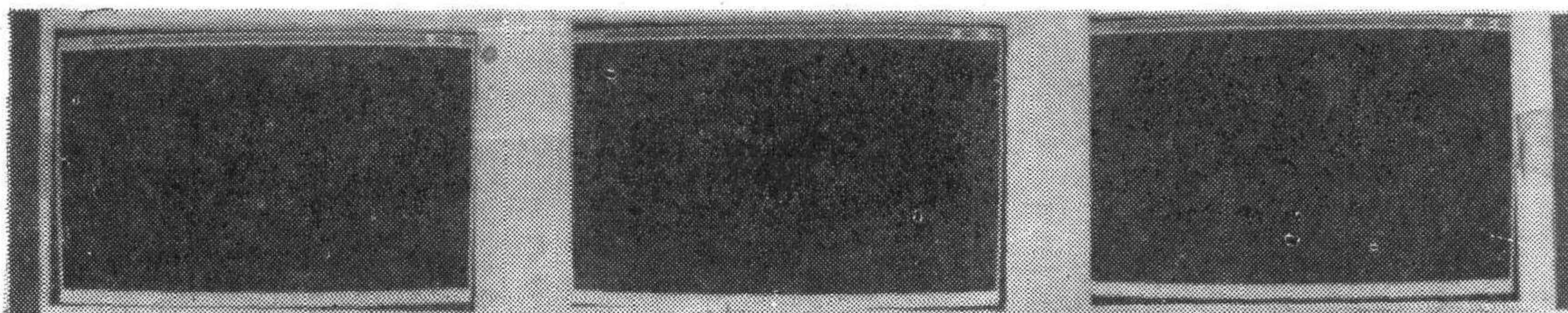


a) 距炮口 0.37m

b) 距炮口 1.26m

c) 距炮口 2.86m

图 2 处理后的照片



a) 距炮口 0.37m

b) 距炮口 1.26m

c) 距炮口 2.86m

图 3 轮廓图

如何获取轮廓线数据，是使得该图像轮廓能在图形方式下重现的关键。本文采用如下方式：通过对整幅图像自上而下，自左而右的扫描，将轮廓线数据全部自动写入一个数据文件。在这种方式下，扫描是根据轮廓线的灰度值进行的，每找到一个点后，再判断其



上下左右等八个方向上的点是否轮廓点,若是则跟踪下去。每读一个点的数据后,将其灰度值改为 0,以防止二次读入。经过这样的扫描,即可将所有轮廓线数据取出。

### 三、坐标变换与三维立体图形的重现

从图像轮廓线上取得的数据是由屏幕坐标组成的,而屏幕坐标系与实际绘制的物体三维图形坐标系不同。如何将这两组坐标联系起来,是决定能否在同一窗口同一状态下显示比较这两种图形的关键。

图像轮廓线数据取自图像方式,而图像的输入对照片的放置不作要求,它可以成任意角度。而我们绘制的实物图是以弹尾中心为坐标原点,弹体轴线与  $x$  轴重合的。因此,首先要解决如何把图像轮廓数据变换成弹体坐标系下的实物坐标(如图 4 所示)。

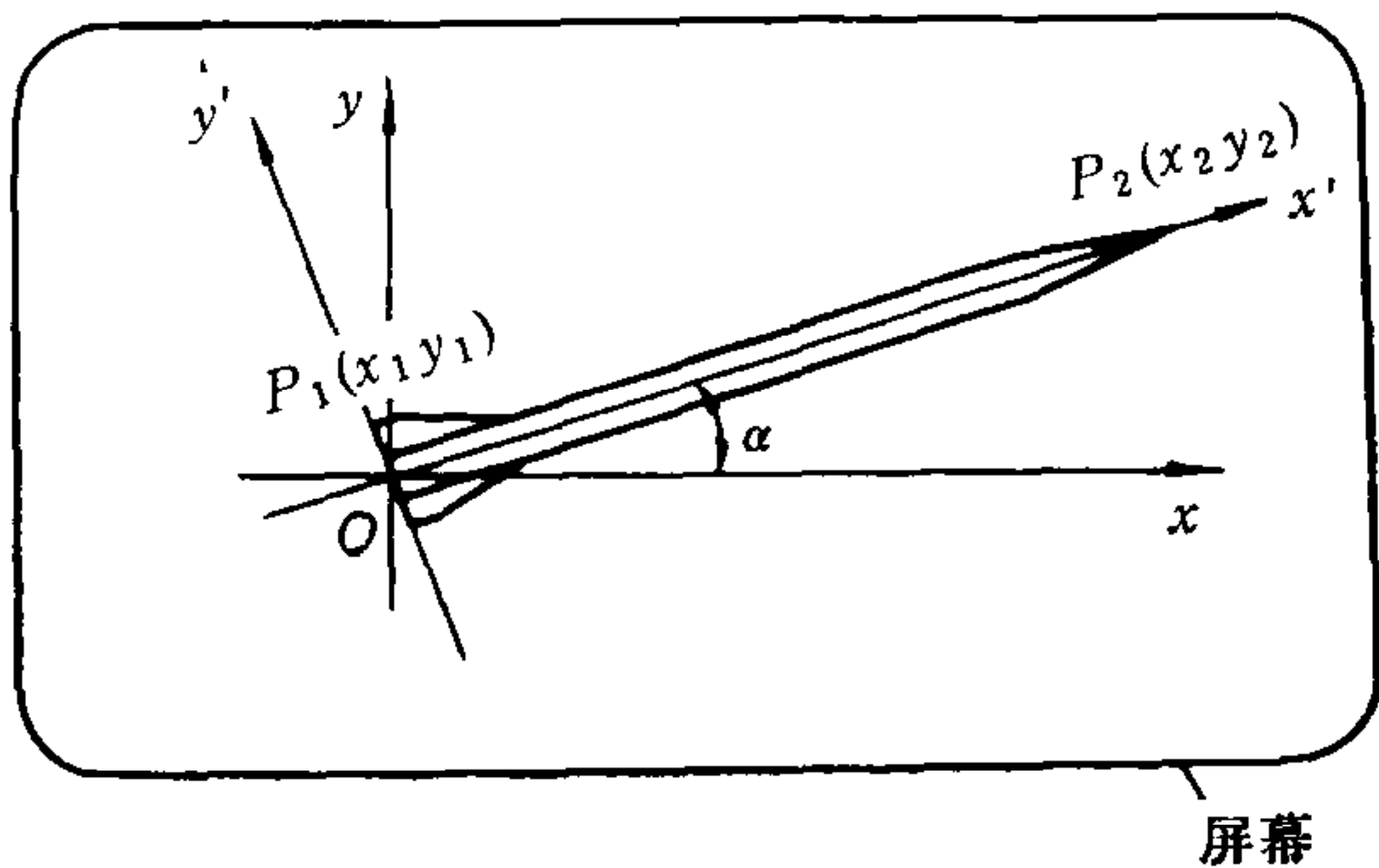


图 4 坐标变换示意图

对任意点  $(x, y)$ , 先经平移、旋转变换得到  $(x', y')$ , 再经过比例变换, 变成实物坐标  $(x'', y'')$ , 其中  $A$  为实物长度:

$$\left. \begin{aligned} x'' &= \frac{x'}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} / A} \\ y'' &= \frac{y'}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} / A} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

另外,在绘制实物图时,经过了透视投影变换。根据该变换的原理,观察点  $(\rho, \theta, \varphi)$  与投影面的距离  $d$  直接影响到三维图形的显示<sup>[1]</sup>。因此,为了使轮廓图能在同一观察点下与实物图重合,必须再对其进行透视投影变换后的比例变换。比例系数为:

$$s = \frac{\sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2}}{A}$$

其中  $(x'_1, y'_1)$  和  $(x'_2, y'_2)$  分别为弹尾中心点和弹尖经透视投影变换后的坐标。将此比例系数作用于(1)式,得到:



$$\left. \begin{aligned} x''' &= x'' \cdot s \\ y''' &= y'' \cdot s \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

用此变换后的坐标绘制的轮廓图与实物图得到了很好的吻合。

如前所述, 由弹道靶道给出的正交多站阴影照片描述的是高速脱壳穿甲弹脱壳的全过程。该过程是一个动态过程, 弹托的分离是一种无规则的动态分离。由初始的三个(或四个)弹托紧包住弹体到逐渐脱开, 直到全部分离, 只有 12 张照片给出的六个瞬态位置。而在每一个位置上, 弹体偏离中心多少, 每一弹托的空间位置如何, 几个弹托的分离是否平衡等都是我们需要研究的。为了准确地描述这些现象, 真实地反映其空间位置, 在绘制该物体的三维立体图时, 我们将弹体与每一个弹托都视为独立图形, 尤其是弹托, 使它们能分别进行各自的三维坐标变换。坐标系的建立如图 5。

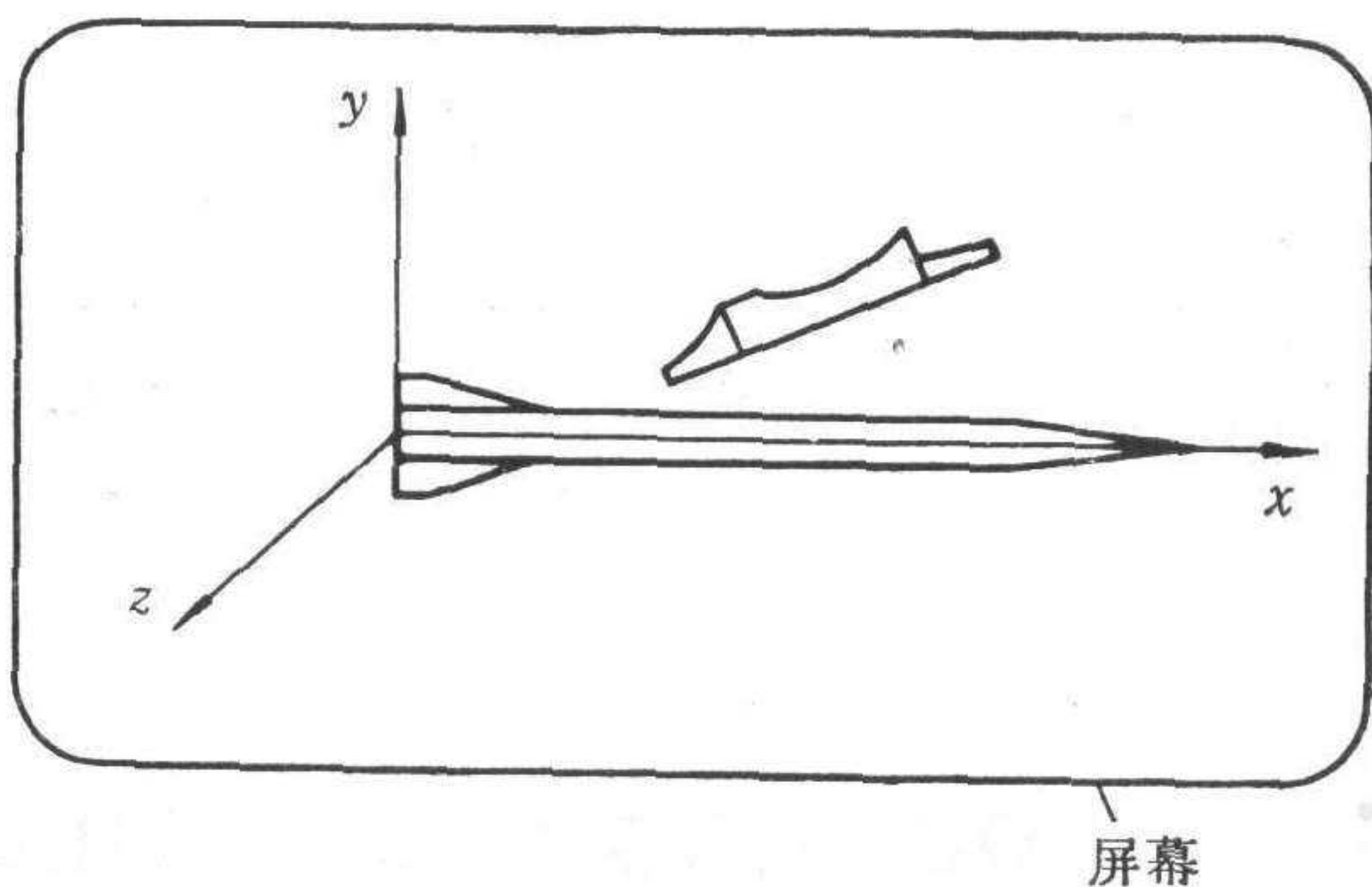


图 5 坐标系的建立

实际计算时, 以每一个弹托为基本图形, 分别施以平移变换  $T_1$ , 绕  $x, y, z$  轴的旋转变换  $T_2, T_3, T_4$ , 再进行前述的透视投影变换, 结果得到了满意的三维立体图。由于对每一个基本图形实现了全方位的变换(即绕三个坐标轴的旋转和平移), 因此, 在将其与图

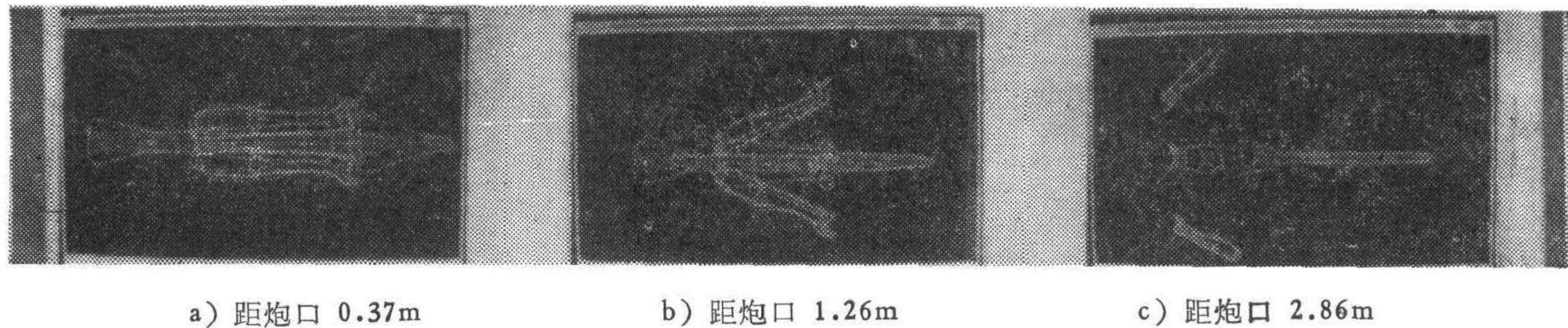


图 6 两图形的吻合情况

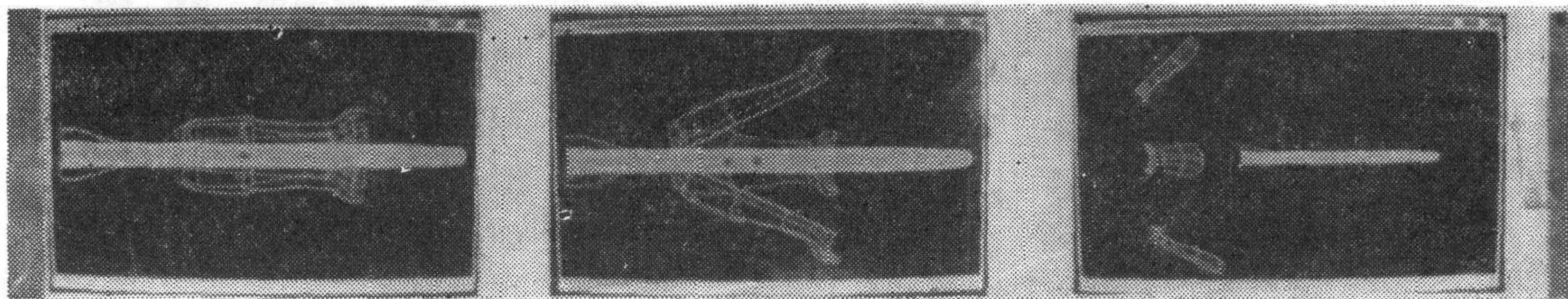


图 7 重现的图形



象轮廓图相比较时,保证可以通过调试各种变换参数,使两者得到很好的吻合.调试结果见图6(其中绿色线为图象轮廓线).图7给出了利用上述定位方法重现的脱壳穿甲弹的空间姿态.同时,各弹托调试参数定量给出了它们在空间的准确位置,为以后的研究打下基础.

## 四、结 束 语

利用上述方法,我们在 AP 0110 机上对由弹道靶道给出的正交多站阴影照片进行了处理,重现了高速脱壳穿甲弹脱壳全过程的三维立体图形,并给出了它每个脱壳瞬间的真实空间位置(包括近炮口区),既可定性又可定量.实验证明:上述方法是可行的,效果也是很满意的.

## 参 考 文 献

- [1] 金廷赞,《计算机图形学》,浙江大学出版社,1988.
- [2] Wu C. K., Wang D. Q., Bajcsig R. K., Nate Acquiring 3-D Spatial Data of a Real Object, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28,(1984), 126—133,.
- [3] 崔东明等,《IB-12 中间弹道靶道及其应用》,弹道学报,(1991),(1),11—18.

## METHOD OF LOCATING PROJECTILE IN 3D SPACE VIA 2D IMAGES

HOU XIAOXIA DONG LIMIN GUO JIANMIN  
(Centre of Computer, Nanjing Normal University)  
CUI DONGMING  
(Dept. 8, East China Institute of Technology)

**Key words:** 3D Graph; location; armour-piercing Sabot Discard Projectile.

(上接第 512 页)

黄俊钦	黄圣国	黄泰翼	阎醒民	阎平凡	曹晋华	曹曙光	崔保民	龚 伟
龚 俭	韩志刚	韩曾晋	韩正之	韩京清	韩慧君	韩文秀	舒迪前	舒 煌
程 侃	程 一	程民德	程 鹏	程 勉	程 虎	傅佩琛	蒋慰孙	曾 南
疏松桂	葛成辉	彭群生	彭商贤	谢绪凯	谢惠民	谢新民	谢胜利	裘聿皇
解学书	雷渊超	虞润禄	雍炯敏	褚家晋	熊光楞	廖炯生	廖晓昕	谭维康
谭 民	翟寿德	蔡自兴	蔡季冰	蔡鹤皋	蔡茂诚	缪尔康	滕云鹤	潘士先
潘 弘	薛劲松	薛景瑄	戴汝为	戴冠中	戴 矩	魏湘曙		