

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.09.014

空情导引中视差修正技术

张青苗¹, 赵勇², 常真瑜³

(1. 防空兵学院研究生 16 队, 郑州 450052; 2. 防空兵学院科研部, 郑州 450052;
3. 辽宁陆军预备役高射炮兵第二师第二团, 辽宁 大连 116103)

摘要: 为了提高武器系统的快速反应能力, 扩展其战场感知空间以增长预警时间, 对我军防空兵空情导引中的视差修正方法进行研究。根据视差修正的实现过程, 分别基于对瞄定位、间接定位、地图定位和卫星定位 4 种方法对视差进行修正, 并从实施的简易程度、适用范围以及测量精度等讨论了各自的优缺点。该研究为我军防空兵武器装备在空情导引中的视差修正提供了理论指导, 对提高空情导引的精度有着积极的意义。

关键词: 空情导引; 相对定位; 视差修正
中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Parallax Rectification Technology in Air Information Guidance

Zhang Qingmiao¹, Zhao Yong², Chang Zhenyu³

(1. No. 16 Brigade of Postgraduate, Air Defense Force Academy, Zhengzhou 450052, China;
2. Dept. of Scientific Research, Air Defense Forces Academy, Zhengzhou 450052, China;
3. No. 2 Corps, No. 2 Reserve Anti-Aircraft Division of Liaoning, Dalian 116103, China)

Abstract: In order to improve the rapid response of the weapon and expand its battlefield apperception to increase the early-warning time, researches are made on the parallax rectification methods in air guiding of demostic air defense forces. According to the realization process of parallax rectification, studies are made on 4 methods, such as collimation position, indirect position, map position and satellite position. Moreover, the advantages and disadvantages of these methods are discussed from the perspective of facility degree, applying scope and measure precision. The research provides theory guidance for the parallax rectification in air information lead of weapon equipment, and also has an active significance to improve the precision of air guiding.

Key words: air information guidance; relative position; parallax rectification

0 引言

现代战场具有态势变化快、作战空间大的特点, 因此, 在作战过程中, 把远方侦察、探测系统获取的战场信息实时地传给武器系统, 可以扩展武器系统的战场感知空间, 增长预警时间。同时, 武器系统可以在跟踪范围内直接捕捉并跟踪目标, 提高了其快速反应能力。由于各武器装备配备位置的不同, 要想实现这一目标, 必须进行准确的视差修正^[1]。因此, 笔者对空情导引中的视差修正技术进行研究。

1 问题描述

在空情导引过程中, 是以目标坐标测定器(指各种搜索、探测装备)所在位置为准, 测量目标当前坐标后传给武器终端的, 但目标坐标测定器、武器终端并不在同一点上, 具有一定的配置间隔^[2]。如图 1 所示, 如不进行视差修正, 武器终端接受目标坐标测定器的目标坐标时, 将射向 M' 点, 产生 $\overline{MM'}$ 一

段偏差量, 此偏差量与目标坐标测定器与武器终端所在阵地距离相等^[3]。

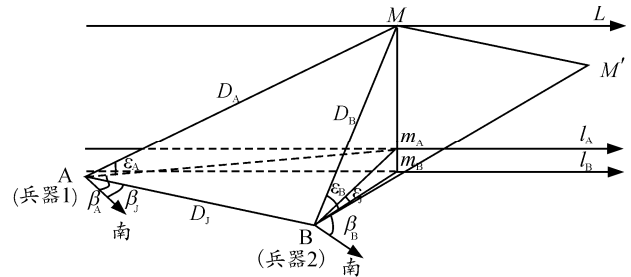


图 1 视差修正原理图

视差修正就是将在目标坐标测定器处所测得的目标坐标 $(D_A, \epsilon_A, \beta_A)$ 转换为目标相对于武器终端处的坐标值 $(D_B, \epsilon_B, \beta_B)$ 。显然, 准确判定各武器装备之间的相对位置坐标, 计算出相互之间的基线诸元 $(D_j, \epsilon_j, \beta_j)$, 是实施精确视差修正的前提。同时, 其视差修正方法也因相对定位方法而异。在文中的研究中, 都以正南为方位角的 0° 。

收稿日期: 2012-04-09; 修回日期: 2012-05-11

作者简介: 张青苗(1985—), 男, 江西人, 在读硕士, 技师, 从事防空兵技术装备作战运用研究。

2 基于对瞄定位进行视差修正的方法

若装备之间能够互见, 则可采用相互对瞄的方法来实现, 利用所测得的基线方位角、基线高低角和基线距离等信息, 实施视差修正。此种方法测量误差小, 精度较高, 简单方便, 但应用前提是两装备要通视, 因此受到配置间隔、地形地物的严重制约。下面介绍这种方法的具体实施:

如图 1, 若已知目标 M 在兵器 1(A) 处的球坐标为 $(D_A, \varepsilon_A, \beta_A)$, 兵器 2(B) 相对于兵器 1(A) 的基线诸元为 $(D_j, \varepsilon_j, \beta_j)$, 其中, D_j 为兵器 2 相对于兵器 1 为基线距离, 可由激光测量或人工测量获得; ε_j , β_j 为兵器 2 相对于兵器 1 的基线高低角和基线方位角, 可由方向盘测得。下面计算目标相对于兵器 2 的位置坐标 $(D_B, \varepsilon_B, \beta_B)$ 。在空情导引过程中, 探测器探测的目标坐标一般为球坐标, 而在坐标转换的计算过程中, 为了计算简便, 常采用直角坐标系。

由球形坐标与直角坐标的转换公式, 可得目标 M 在 A 处的直角坐标为:

$$\begin{cases} x_A = D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \sin \beta_A \\ y_A = D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \cos \beta_A \\ z_A = D_A \cdot \sin \varepsilon_A \end{cases} \quad (1)$$

将基线诸元转换为直角坐标:

$$\begin{cases} D_{j_x} = D_j \cos \varepsilon_j \cdot \sin \beta_j \\ D_{j_y} = D_j \cos \varepsilon_j \cdot \cos \beta_j \\ D_{j_z} = D_j \cdot \sin \varepsilon_j \end{cases} \quad (2)$$

则目标相对于兵器 2 的直角坐标为:

$$\begin{cases} x_B = x_A - D_{j_x} = D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \sin \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \sin \beta_j \\ y_B = y_A - D_{j_y} = D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \cos \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \cos \beta_j \\ z_B = z_A - D_{j_z} = D_A \cdot \sin \varepsilon_A - D_j \cdot \sin \varepsilon_j \end{cases} \quad (3)$$

根据球形坐标与直角坐标的转换公式, 可得目标相对于兵器 2 的位置坐标 $(D_B, \varepsilon_B, \beta_B)$ 为:

$$\begin{cases} D_B = \sqrt{x_B^2 + y_B^2 + z_B^2} = \sqrt{(D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \sin \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \sin \beta_j)^2 + (D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \cos \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \cos \beta_j)^2 + (D_A \cdot \sin \varepsilon_A - D_j \cdot \sin \varepsilon_j)^2} \\ \varepsilon_B = \arcsin \frac{z_B}{\sqrt{x_B^2 + y_B^2 + z_B^2}} = \frac{D_A \cdot \sin \varepsilon_A - D_j \cdot \sin \varepsilon_j}{D_B} \\ \beta_B = \arctan \frac{x_B}{y_B} = \frac{D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \sin \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \sin \beta_j}{D_A \cdot \cos \varepsilon_A \cdot \cos \beta_A - D_j \cos \varepsilon_j \cdot \cos \beta_j} \end{cases} \quad (4)$$

3 基于间接定位进行视差修正的方法

当两导引装备在相互不通视的情况下, 可采取通过寻找第 3 点间接地进行定位, 进而完成视差修正。用该方法在定位定向时, 在相互 2 个装备均可看见的地方选取一独立明显地物进行远点标定, 或者通过架设方向盘、经纬仪进行标定, 进行相对地定向, 同时应用测距仪或经纬仪测距进行相对定位, 再通过计算求取基线诸元而进行视差修正。此时, 其基线诸元不能直接测得, 需要通过计算得到, 具体方法可见参考文献[4]。

4 基于地图定位进行视差修正的方法

采用该方法时, 在地图上标出各个装备的位置, 从图中测量出各个装备之间的相对位置。该方法简单易行, 但前提条件是各装备的坐标是已知的, 且由地图得到的数据存在的误差应在允许范围之内。

在测量 2 个装备的相互位置时, 一般是测量相互之间的水平距离、方位角和高度差, 之后便可通过相关计算, 将目标相对于导引装备的位置坐标转换为相对于被导引装备的坐标^[5]。其中, 两装备的水平距离可用直尺在地图上直接进行测量, 然后由比例尺计算出实际距离 d_j ; 由量角器直接在地图上量出基线方位角 β_j ; 由等高线获得导引装备和被导引装备的高度, 进而得到它们的高度差 h 。由此可得到被导引装备相对于导引装备的基线诸元为 $(d_j \cos \beta_j, d_j \sin \beta_j, h)$, 即公式 (2) 中的 $(D_{j_x}, D_{j_y}, D_{j_z})$ 再根据公式 (1)~(4), 便可以得到目标相对于被导引装备的球坐标。

采用该方法测量相互 2 个装备的位置坐标时, 由于地图本身的误差和人工测量误差, 会影响相对定位的精度, 下面进行简单地讨论。

若笔者采用的地图比例尺为 1:50 000, 设测量水平距离时误差为 1 mm, 用量角器量角度的误差 $\Delta\beta$ 为 1° , 由等高线估计高度的误差 Δh 一般比较小, 相对于前两项, 可忽略不计。则可计算出真实水平距离误差 Δd 为 50 m, 若两装备的相互距离 D (注: 在文中, 水平距离用 d 表示, 所以斜距离用 D 表示) 为 5 km, 则两装备的距离误差为

$$\Delta D = \sqrt{\Delta d^2 + (2D \frac{\Delta\beta}{180^\circ})^2 + \Delta h^2} \approx 75 \quad (5)$$

可见, 由于测量误差带来的影响, 对相对定位的精度影响比较大, 进而会给视差修正带来较大的

误差。

5 基于卫星定位进行视差修正的方法

利用人造地球卫星进行定位，称为卫星定位。目前世界上共有 5 套卫星导航定位系统，包括已经投入运行的美国的 GPS 全球定位系统、俄罗斯的 GLONASS 定位系统以及我国的“北斗一号”区域卫星导航定位系统，正在建设中的有欧共体的伽利略系统和我国的“北斗二号”卫星导航定位系统。

由于卫星定位系统可以实现全天候、连续、实时的三维导航定位，且有观测简便、实时性优异、功能丰富、抗干扰性能良好、保密性极强等特点，在军事上获得了广泛的应用。近年来，我军新研制的防空兵武器系统中都装备有卫星定位系统^[6]，因此，可以利用卫星定位进行视差修正。

如图 1 所示：若已知兵器 1(A)的大地坐标为 (B_A, L_A, H_A) ，兵器 2(B)的大地坐标为 (B_B, L_B, H_B) ，则目标 M 在兵器 2(B)处的位置坐标 $(D_B, \beta_B, \epsilon_B)$ 可通过下列公式变换求得：

根据大地坐标与地心直角坐标的变换公式，可得兵器 1(A)的地心直角坐标 (X_A, Y_A, Z_A) 为

$$\begin{cases} X_A = (N + H_A) \cos B_A \cos L_A \\ Y_A = (N + H_A) \cos B_A \sin L_A \\ Z_A = [N(1 - e^2) + H_A] \sin B_A \end{cases} \quad (6)$$

式中 N 为椭球的卯酉圈曲率半径。

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (7)$$

式中 e 为椭球的第一偏心率：

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 6.694\ 38 \times 10^{-3} \quad (8)$$

其中 a 、 b 分别为地球的长、短半径。

同理可得兵器 2(B)的地心直角坐标 (X_B, Y_B, Z_B) 。

从兵器 2(B)到兵器 1(A)的基线向量为

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} \quad (9)$$

将其等效地表达在兵器 1(A)处的站心直角坐标

系中，其变换关系为

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin L_A & \cos L_A & 0 \\ -\sin B_A \cos L_A & -\sin B_A \sin L_A & \cos B_A \\ \cos B_A \cos L_A & \cos B_A \sin L_A & \sin B_A \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (10)$$

由于在站心直角坐标系中， y 轴以正北为正；而在本地直角坐标系中， y 轴以正南为正^[7]。

则兵器 2(B)相对于兵器 1(A)的基线诸元 (x_j, y_j, z_j) 在本地直角坐标系中可表示为

$$\begin{cases} x_j = \Delta x \\ y_j = -\Delta y \\ z_j = \Delta z \end{cases} \quad (11)$$

此即公式 (2) 中的 $(D_{j_x}, D_{j_y}, D_{j_z})$ ，因此，根据公式 (1)~(4)，便可以得到目标相对于被导引装备的球坐标。

6 总结

在上述几种方法中，基于对瞄式定位与间接定位进行视差修正的方法精度较高，但容易受到通视环境的影响，具有很大的局限性；基于地图定位进行视差修正的方法不受通视环境的影响，但精度较低；而基于卫星定位进行视差修正的方法可全天候实施，且操作简便易行，特别是随着我国“北斗二号”卫星定位系统的逐步投入使用，该方法将会得到更加广泛地应用。

参考文献：

- [1] 魏云升, 郭治, 王校会. 火力与指挥控制[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2003.
- [2] 孙彪. 基于单目视觉的运动目标跟踪定位[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(4): 85.
- [3] 王新富. 防空兵射击学[M]. 郑州: 防空兵指挥学院, 2004.
- [4] 刘永鸿, 张文红. 一种防空兵器间接定位方法及其应用[J]. 射击学报, 2010(4): 47-48.
- [5] 刘钰英, 尚朝轩, 韩壮志. 坐标转换在雷达组网中的应用[J]. 微计算机信息, 2005, 21(12): 104-105.
- [6] 杨健. 陆用定位导航技术在地面防空武器装备中的应用[J]. 地面防空武器, 2005(4): 33-36.
- [7] 张青苗, 何宝福, 赵勇. 坐标转换在空情导引中的应用[J]. 防空兵指挥学院学报, 2011, 28(5): 53-55.