

文章编号: 1674-8085(2016)01-0011-04

航空立体像对生成核线影像初探

*陆中祥, 程效军

(同济大学测绘与地理信息学院, 上海 200092)

摘 要: 针对航空立体像对, 在已知其内外方位元素的条件下, 详细推导了基于数字影像几何纠正提取核线生成核线影像的方法。并通过选取若干对同名点, 对生成的核线影像进行实验分析, 证实其在 Y 方向上的视差很小, 从而证明此方法的可行性。

关键词: 摄影测量; 立体像对; 几何纠正; 核线影像

中图分类号: TK124

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2016.01.003

EPIPORLARLINE IMAGES PRODUCTION FROM STEREO IMAGE PAIRS

*LU Zhong-xiang, CHENG Xiao-jun

(Mapping and Geographic Information Institute, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: We focus on producing epiporlarline images based on the aerial stereo image pairs and its inner-exterior orientation elements. Furthermore, we deduce the formula based on geometric correction of image in detail. Finally, we prove that the epiporlarline images' parallax in the vertical direction is very little and conclude that this approach is feasible.

Key words: photogrammetry; stereo pairs; geometric correction; epiporlarline images

摄影测量中, 通过摄影基线与任一物方点所作的平面称为通过此物方点的核面, 核面与影像面的交线即为核线。对于一个立体像对, 那么就称这两条核线为一对同名核线^[1]。

核面与核线是 20 世纪 70 年代初由摄影测量学者 Helava 等提出的概念, 由核线的几何特性可知, 同名点必然位于同名核线上。因此, 利用同名核线的这一特性, 就能将沿 x、y 方向搜索同名点的二维相关问题转化为沿同名核线搜索同名点的一维相关问题^[2]。这样可以减少匹配计算量并提高匹配效率。因此探讨如何根据像片参数直接从立体影像中获取核线影像具有重要应用价值。

核线影像分为三种, 第一种是基于平行于摄影基线水平核线影像; 第二种是平行于地面水平核线影像; 第三种则是倾斜影像直接获取的影像。水平

核线的优点是无论是否垂直摄影, 得到的核线都是水平的, 立体显示效果好, 但结果精度依赖绝对定向。倾斜核线影像具有生成速度快、处理灵活等优点, 但立体显示真实感不强。文献[1,3] 利用基于数字影像几何纠正的方法生成核线影像; 文献[2,4] 根据共面条件的方法制作了核线影像; 文献[5]提出了一种快速生成核线影像的算法; 文献[6]提出了一种夹角模型生成核线影像的算法。文献[7]提出了一种基于有理函数模型的核线生成算法, 研究并实现在该算法下异源高分辨率卫星遥感影像对近似核线生成方法。文献[8]提出了一种基于数据融合的高分辨率彩色核线影像生成方法。本文将在已知航空立体像对内外方位元素的情况下, 综合“水平”及“倾斜”影像的优点, 利用原始倾斜的航空像片直接生成基于平行于摄影基线水平核线影像。

收稿日期: 2015-05-21; 修改日期: 2015-12-11

作者简介: *陆中祥(1990-), 男, 江苏盐城人, 硕士生, 主要从事近景摄影测量与遥感研究(E-mail: lzx2009dn@126.com);

程效军(1964-), 男, 江西乐平人, 教授, 博士, 主要从事近景摄影测量与遥感研究(E-mail: cxj@tongji.edu.cn).

1 航空立体像对生成核线影像

航空立体像对是指从不同角度的相邻两摄影站对同一地区进行拍摄获得的具有重叠区域的两张像片,如图1所示, a_1, a_2 便是一对立体像对。其中, S_1, S_2 为两幅像片的摄影中心, $S_1 S_2$ 构成的直线称之为“摄影基线”;通过摄影基线与地面点A所作的平面称之为“核面”;核面与像片的交线称之为“核线”,即图1中的 l_1, l_2 。

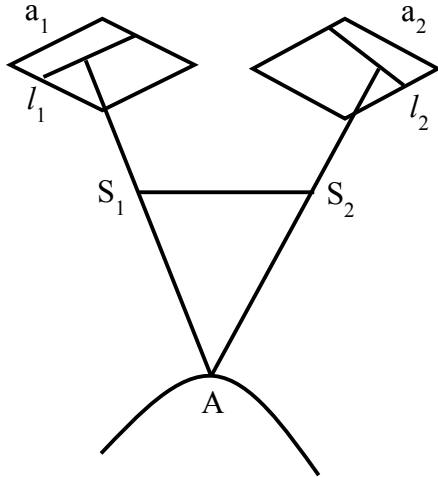


图1 核面与核线

Fig.1 Epipolar plane and epipolarline

1.1 原理

在倾斜的像片上,各核线是不平行的,它们相交于核点,如图2所示,只有当像片“水平”时,各核线才相互平行,这里的“水平”是指像片平行于摄影基线。因此,当图像被纠正到“水平”位置时,即可得到按核线分布的核线影像。

1.2 解析关系推导

图2中, S_1, S_2 为两幅像片的摄影中心, $S_1 S_2$ 为摄影基线,坐标系 $S_1-u_1 v_1 w_1$ 和坐标系 $S_2-u_2 v_2 w_2$ 分别为两像片对应的像空间辅助坐标系。

在倾斜的像片上,各核线是不平行的,它们相交于核点(摄影基线与像片的交点)。只有在摄影基线和像片平行的情况下,核线才相互平行的。基于这点考虑,可将两幅原始图像通过空间旋转,使之与摄影基线 $S_1 S_2$ 平行,得到两幅新的图像,也就是所需生成的“核线影像”P和P'。

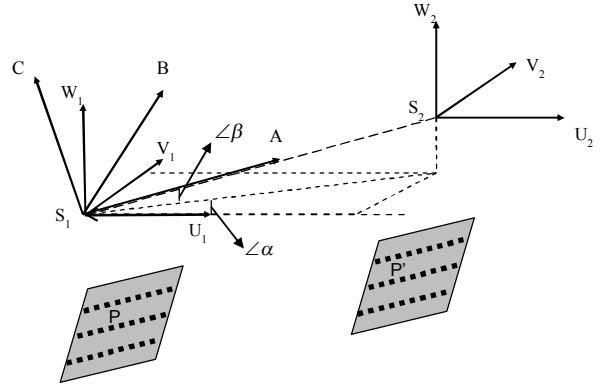


图2 倾斜图像旋转至“水平”

Fig.2 Rotate oblique images to be horizontal

首先,将坐标系 $S_1-u_1 v_1 w_1$ 和坐标系 $S_2-u_2 v_2 w_2$ 通过空间旋转使 u_1 轴和 u_2 轴都与摄影基线 $S_1 S_2$ 平行。步骤如下:

将 $S_1-u_1 v_1 w_1$ 绕 w 轴旋转角 α ;再将得到的新坐标系绕 v 轴旋转角 β 。得到新的坐标系为 S_1-ABC 。那么,同一点在坐标系 $S_1-u_1 v_1 w_1$ 和坐标系 S_1-ABC 中的坐标对应关系为:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = R_A \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} \quad (1)$$

由于要制作的“核线影像”的两幅图像均平行于摄影基线,所以有如下转换关系(左像片):

$$\begin{bmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \\ C_1 \end{bmatrix} = R_A^{-1} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} = R_A^{-1} R_1 \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中: $\begin{bmatrix} x'_1 \\ y'_1 \\ -f \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -f \end{bmatrix}$ 分别为目标图像和原始图像的坐标,

$$\vec{B} = S_1 S_2 = (X_{S_2} - X_{S_1}, Y_{S_2} - Y_{S_1}, Z_{S_2} - Z_{S_1})$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{Y_{S_2} - Y_{S_1}}{X_{S_2} - X_{S_1}} \right)$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{Z_{S_2} - Z_{S_1}}{|\vec{B}|} \right)$$

$$R_1 = R_{\varphi_1} R_{\omega_1} R_{\kappa_1} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_1 & 0 & -\sin \varphi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi_1 & 0 & \cos \varphi_1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_1 & -\sin \omega_1 \\ 0 & \sin \omega_1 & \cos \omega_1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$R_A = R_\alpha * R_\beta = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

类似地，右像片也有这样的关系：

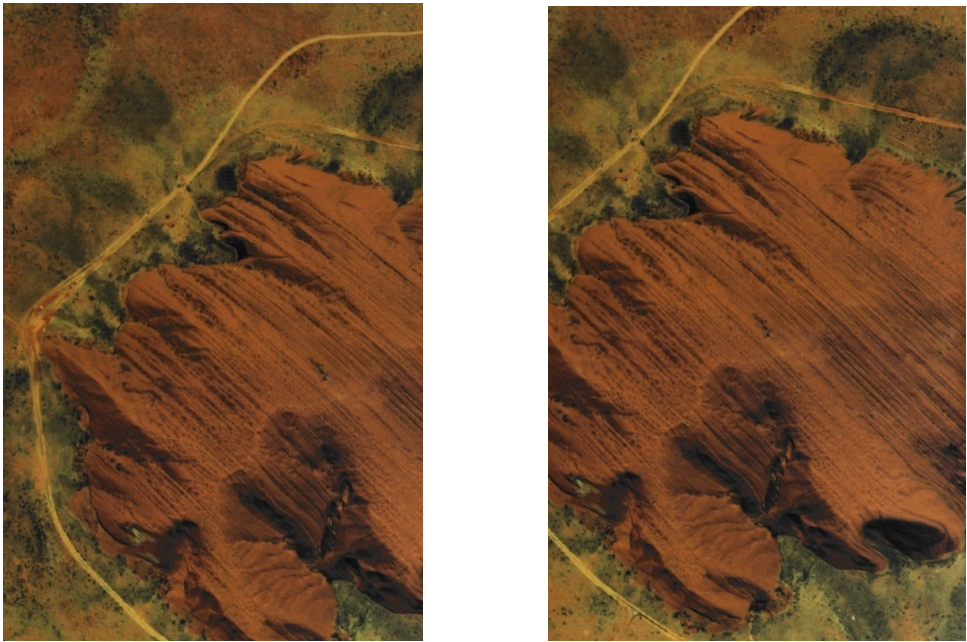
$$\begin{bmatrix} x_2' \\ y_2' \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2 \\ B_2 \\ C_2 \end{bmatrix} = R_A^{-1} \begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} = R_A^{-1} R_2 \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -f \end{bmatrix} \tag{3}$$

当目标图像的 y' 值取常数时，即代表一条核线。

2 实验分析

2.1 原始数据

如图 3 所示，原始影像为某地区一对 1024×1560 的航空像片，摄影参数如表 1 所示。图 3(a)为纠正前左影像，图 3(b)为纠正前右影像。



(a) 纠正前左影像 (b) 纠正前右影像

图 3 航空立体像对原始影像
Fig.3 Original aerial stereo image pairs

表 1 为已知的外方位元素。其中角度的单位为 弧度，坐标的单位为米；内方位元素主距 $f=4166.7$ ，单位为像素。

表 1 原始影像外方位元素
Table 1 Original images' exterior orientation elements

左影像外方位元素	$\varphi_1=0.010157816$ $X_{S1}=2240$	$\omega_1=0.021118484$ $Y_{S1}=2002$	$\kappa_1=0.002303835$ $Z_{S1}=8000$
右影像外方位元素	$\varphi_1=-0.001448623$ $X_{S2}=2740$	$\omega_2=-0.005427974$ $Y_{S2}=2002$	$K_2=-0.022671827$ $Z_{S2}=8000$

2.2 实验结果

利用公式(2)和公式(3)分别对原始像对的左影

像和右影像进行几何纠正，得到的结果如图 4 所示，图 4(a)为纠正后左影像，图 4(b)为纠正后右影像。

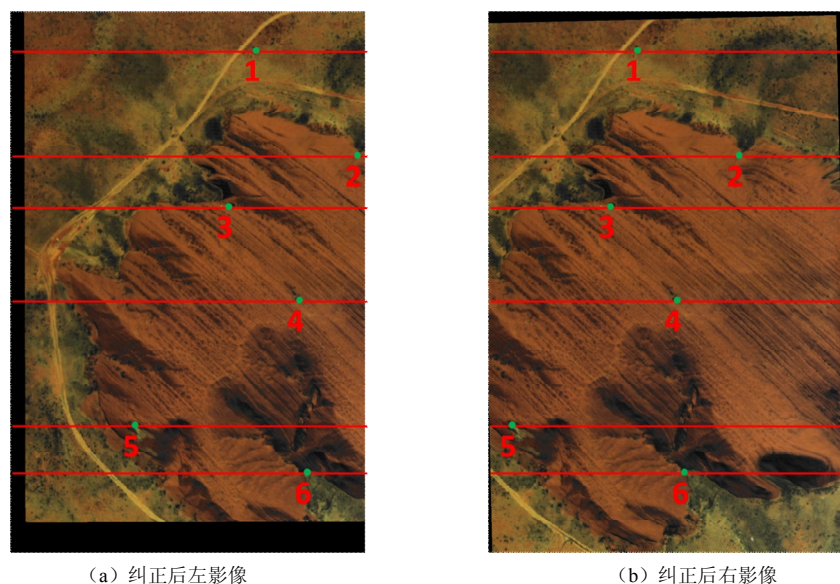


图4 经过几何纠正得到的核线影像

Fig.4 Geometric corrected aerial stereo image pairs

表2 为立体像对纠正前、后同名点像素 Y 方向视差对比表。

表2 核线影像同名点像素 Y 方向视差对比

Table 2 Images' parallax in the vertical direction

点号	原始坐标 (左-右)	纠正后坐标 (左-右)	原始 Y 方向像素差	纠正后 Y 方向像素差
1	左 (153.2, 576)	左 (193.2, 666.4)	-115	-0.8
	右 (-61.4, 691)	右 (-83.8, 667.2)		
2	左 (449.2, 275.6)	左 (491, 365.4)	-108.8	-1
	右 (227.2, 384.4)	右 (212.2, 366.4)		
3	左 (94.4, 137)	左 (137.4, 225.2)	-114	-0.6
	右 (-135.6, 251)	右 (-146.6, 225.8)		
4	左 (277.4, -141)	左 (319.8, -52.8)	-110	-0.2
	右 (32, -31)	右 (27, -52.6)		
5	左 (-198, -504.8)	左 (-154.8, -417.2)	-121.4	-0.2
	右 (-444, -383.4)	右 (-441.2, -417)		
6	左 (291.4, -632.4)	左 (333.8, -543.8)	-111.4	-0.8
	右 (49.2, -521)	右 (55.4, -543)		

从表2可以发现,原始的立体像对左右像片的同名点坐标 y 差量均比较大,在经过实验的处理过后,左右像片同名点的坐标 y 差量大幅减小至1个像素内,说明这种方法切实可行。

3 结语

摄影测量中立体测图的关键是要寻找同名像点在左右像片上的位置,确定同名核线可以大大减小寻找同名点的工作量。本文从倾斜影像产生的原因出发,在已知原始影像内外方位元素的条件下,将原始倾斜影像的像点逐个映射至地面,再映射到水平影像,得到所需制作的核线影像。进而提出了一种直接从倾斜影像获取核线影像的方法,并通过实验验证了其可行性。在航空摄影测量应用日趋广泛的今天,只要在获取航空影像的同时获得影像的定向参数,即可在立体测图时对原始立体像对进行灰度重采样生成核线影像,从而为立体观测和影像

同名点匹配打下坚实基础。

参考文献:

- [1] 徐效波,吴华玲,孙海燕. 数字摄影中的核线影像算法研究[J]. 地理空间信息,2006,4(5):42-44.
- [2] 黄艳. 从倾斜影像上获取核线影像的方法[J]. 科技资讯,2009(13):42-42.
- [3] 李华光,陈鹰. 基于数字纠正的核线影像生成方法[J]. 山东建筑工程学院学报,2005,19(4): 45-48.
- [4] 袁修孝,吴珍丽. 基于 POS 数据的核线影像生成方法[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2008,33(6):560-564.
- [5] 耿则勋. 影像匹配中核线影像的快速生成算法[J]. 测绘学院学报,2000,17(3):177-178.
- [6] 李冰,耿则勋,魏小峰,等. 直接沿方向纠正核线影像快速算法[J]. 测绘科学技术学报,2011,28(2):134-137.
- [7] 戴激光,贾永红,宋伟东,等. 一种异源高分辨率卫星遥感影像近似核线生成算法[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2013,38(6):661-664.
- [8] 贾永红,祝梦花,刁永洲,等. 资源三号卫星数据融合的核线影像生成[J]. 应用科学学报,2014,32(1):79-84.