

·测试与试验·

## 单台经纬仪三维姿态测量及处理方法

郭金虎

(92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

**摘要:**分析了单幅目标图像信息特征,提出了单台经纬仪目标图像的空间三维姿态参数的三种处理方法,具有一定的实际应用价值.

**关键词:**三维姿态;滚转角;螺旋线;正视图;余弦函数

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2009)04-0051-03

## Single Theodolite Three-dimensional Profile Measurement and Treatment Methods

GUO Jin-hu

(92941 Army Unit, Huludao 125000, China)

**Abstract:** The single target image information characteristics are analyzed, three methods of processing three-dimensional image information of the targets from a single theodolite are put forward, it has an important practical application value.

**Key words:** three dimension; roll angle; helix curve; elevation picture; cosine function

采用光电经纬仪、高速摄像机等光测设备对目标进行跟踪拍摄,获取图像,通过对图像特征检测、判读以及事后计算处理可获得目标的运动轨迹、速度和加速度<sup>[1]</sup>以及目标的空间三维姿态参数.

在数据处理中,有 2 种方法可以获得目标三维姿态信息,一种方法是将交汇后的目标首尾两点连接起来作为目标中轴线,以中轴线为处理对象,从而得到姿态信息.这种方法有以下 3 个缺点:(1)由于利用的图像信息很少,所以精度很低;(2)需要进行立体匹配<sup>[1]</sup>,计算复杂,容易误配;(3)当不同经纬仪获得目标的不同部位,如一台获得目标的头部而另一台获得目标的尾部时,这种方法将由于没有对应图像点而完全失效.另一种方法是利用两站或多站图像获得目标三维姿态<sup>[2]</sup>(方向角、俯仰角和滚动角)的方法,这种方法原理简单、测量精度高、对图像质量要求低,但要求至少有两站以上的目标图像.因此,研究用单站图像确定目标的三维姿态具有重

要的实际应用价值.

设光测图像目标为圆柱体,且目标距经纬仪距离较远.在这种应用背景下,可采用平行投影模型,充分利用目标几何形状上的约束条件.以下部分重点分析从单幅图像确定目标三维姿态的几种方法.

### 1 目标圆环椭圆度法

任意空间圆环在摄像机坐标系中对  $x_c y_c$  平面

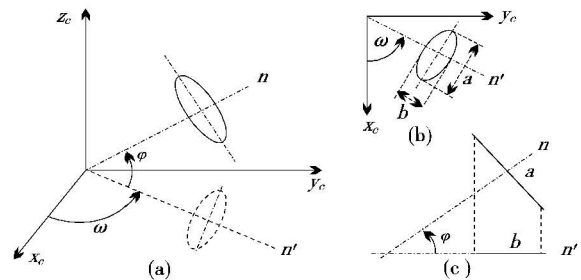


图 1 圆投影图像

收稿日期:2009-06-30

作者简介:郭金虎(1965-),男,湖北仙桃人,高级工程师,主要研究方向为光测数据处理.

平行投影的情况可分为三类<sup>[3]</sup>:空间圆环法线与投影平面垂直时,投影图形为圆;平行时,投影图形为直线;其他情况时,投影图形为椭圆,该椭圆的长轴  $a$  等于空间圆的直径.如图 1a 所示,  $n'$  为空间圆法线  $n$  在  $x_c y_c$  平面的投影,  $n$  和  $n'$  的夹角  $\varphi$  即为高低角,  $n'$  与  $x_c$  轴的夹角  $\omega$  为方位角.  $\omega$  和  $\varphi$  就是空间圆法线在摄像机坐标系中的姿态角.

图 1b 是  $x_c y_c$  平面正视图.根据平行投影关系可知:法线  $n$  的投影  $n'$  和椭圆的长轴垂直,而和短轴重合.因此只要得到投影椭圆的长轴方向就可确定空间圆法线方位角  $\omega$ .图 1c 是  $n' z_c$  平面正视图,高低角  $\varphi$  与投影椭圆的长轴  $a$  和短轴  $b$  满足公式

$$\varphi = \arcsin(b/a) \quad (1)$$

通过提取图像中椭圆的边界点,然后用椭圆曲线拟合的方法得到椭圆长短轴和方向等信息,就可以测量出空间圆法线的方向角  $\omega$  和高低角  $\varphi$ .其中  $\varphi$  的符号二义性可以由其他条件确定.例如对于轴对称目标,根据观测到的是上半椭圆,还是下半椭圆,可确定角度  $\varphi$  的符号取值.

这种方法适用于小视场远距离拍摄的情况,此时目标成像可以近似看作平行投影.如果目标为圆柱或圆锥形状,可以在目标表面做与目标轴线垂直的圆环特征线(边界线);如果目标的观测面为平面,则可以在该平面上制作圆形标志.从而通过测量此圆形标志的法线方向来获得目标的三维姿态角.

## 2 目标长宽比方法

在摄像机坐标系中,将任意一个空间圆柱体向  $x_c y_c$  平面上作平行投影,则当圆柱体轴线  $n$  与  $x_c y_c$  平面垂直时,投影图形为圆;平行时,投影图形为矩形;其余情况投影图形为一个两端为圆弧线的形体.如图 2a 所示,  $n'$  为圆柱体轴线  $n$  在  $x_c y_c$  平面的投

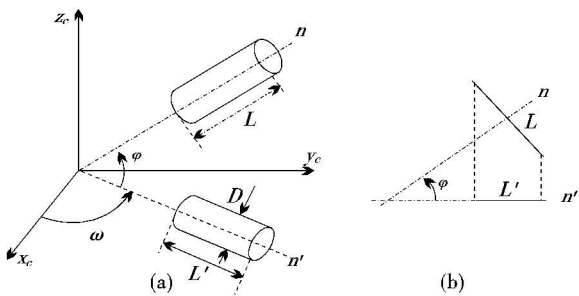


图 2 圆柱体投影图像

影,则  $n$  和  $n'$  的夹角  $\varphi$  即为高低角,  $n'$  与  $x_c$  轴的夹角  $\omega$  为方位角.  $\omega$  和  $\varphi$  就是空间圆柱体轴线在摄像机坐标系中的姿态角.

图 2b 是  $n' z_c$  平面正视图,圆柱体长  $L$  投影后变为  $L'$ ,则可知  $\varphi$  角等于  $L'/L$  的反余弦函数.设  $D$  为目标的直径,  $D_I$  和  $L_I$  分别为图像平面上目标的直径和长度.则  $\varphi$  角等于

$$\varphi = \arccos \frac{L'}{L} = \arccos \frac{L_I D / D_I}{L} = \arccos \frac{L_I / D_I}{L / D} \quad (2)$$

因此只要知道实际目标的长宽比 ( $L/D$ ) 和图像上目标的长宽比 ( $L_I/D_I$ ),就可以得到  $\varphi$  角度的值.此方法也有  $\varphi$  符号取值的二义性问题,同样可以用其他条件确定.例如用观察到的是目标的头部还是尾部来确定.实际目标在全局坐标系下的姿势角,还要考虑摄影系统的光轴角度.

## 3 测量目标滚转角的螺旋线方法

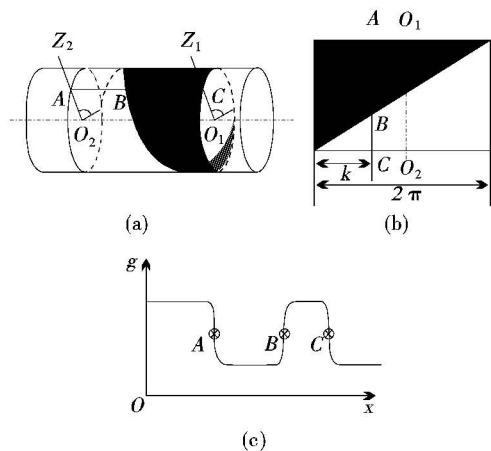


图 3 螺旋线法测滚转角示意图

这种方法要求在圆柱形目标的表面作如图 3a 所示的螺旋线标志,图 3b 为螺旋线的展开图像,图 3c 为投影图像上中轴的灰度分布示意图.滚转角  $k$  定义为中轴线与投影方向线所成的平面和中轴线与螺旋线起始母线所成的平面之间的夹角.

测量滚转角  $k$  的方法为:首先提取圆柱形目标的 2 条边界,然后利用 2 条边界线来确定目标的中轴线,最后确定目标中轴线上螺旋线边缘点 A、B、C 的位置.由此可以得到圆柱体目标螺旋线标志起始位置相对于过摄影系统光心和目标中轴线的平面

的滚转角  $k$  为

$$k = 2\pi \overline{AB}/\overline{AC} \quad (3)$$

目标相对于其他平面的滚转角可以通过目标中轴线的姿态角和摄影系统光轴的姿态角进行转换得到。

## 4 结 论

进行了典型航路试验测试,5 台光测经纬仪从不同的观测角度清楚地记录目标全航路图像,先用多站图像的处理方法较精确地计算出目标的三维姿态参数<sup>[3]</sup>,以此作为真值.然后分别根据不同光测经纬仪的图像特征选取相应的单站计算方法进行计算,用 3 种方法计算结果分别和真值进行比对,基本

都在 60 角秒以内,而真值的精度范围为  $\pm 0.5^\circ$ ,从比对结果看,3 种处理方法完全满足数据处理要求.因此,通过单站的光测图像是完全可以确定目标空间的三维姿态的,且具有较好的灵活性和实用性。

## 参考文献

- [1] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [2] 于起峰, 孙祥一, 陈国军. 用光测法测量空间目标三维姿态[J]. 国防科技大学学报, 2000, 22(2): 15 - 19.
- [3] T A Murat. 数字视频处理(Digital video processing 影印版). 北京:清华大学出版社, 1998.

(上接第 28 页)

在杂波环境下的目标跟踪,假定观测量数  $m_{k_1}$  比目标数

目  $T$  大,第二,假设  $m_{k_1}$  比  $S_T$  和  $S_i$  大很多,并且传感器不能提供所有目标的状态数据,即  $S_T > S_i$ .

表 1 MSJPDA 串行、并行计算复杂度的比较

过程	并行 MSJPDA	串行 MSJPDA
门过程	$O(T \cdot S_T^2 \sum_{i=1}^{N_s} m_{k_1} S_i)$	$O(T \cdot S_T^2 \sum_{i=1}^{N_s} m_{k_1} S_i)$
互联概率	$O(T \cdot 2^{T-1} \sum_{i=0}^{N_s} m_{k_1} (m_{k_1} - 1))$	$O(T \cdot 2^{T-1} \sum_{i=0}^{N_s} m_{k_1} (m_{k_1} - 1))$
状态估计	$O(T \cdot \sum_{i=1}^{N_s} m_{k_1} S_i)$	$O(T \cdot \sum_{i=1}^{N_s} m_{k_1} S_i)$
状态协方差	$O(T \frac{N_s}{2} \cdot 2^{N_s} \cdot S_T^2 \cdot \max_{1 \leq i \leq N_s} (S_i) + T(s_T^2 + N_s - 1) \prod_{i=1}^{N_s} (m_{k_1} + 1))$	$O(T \cdot \sum_{i=1}^{N_s} m_{k_1} S_i^2)$

从表 1 可以看出,2 种算法中“门过程”和“状态估计”的计算量随传感器数  $N_s$  和传感器的回波数  $m_{k_1}$  线性增加.在“互联概率”的计算过程中,2 种处理结构的计算量随  $N_s$  和  $m_{k_1}^2$  线性增加.串行结构中“协方差更新过程”的计算量随  $N_s$  和  $m_{k_1}$  线性增加;在并行实现中,其计算量随  $N_s$  呈指数规律增加,随  $m_{k_1}$  呈多项式规律增加.因此,当传感器数和回波数增加时,串行处理结构较并行结构在计算量上更优。

## 4 结 论

通过对传感器联合概率互联法的初步分析,针对 JPDA 算法中确认矩阵拆分运算呈指数级爆炸的缺点,探讨了一种近似的 JPDA 方法,该方法用近似聚矩阵代替确认矩阵进行互联矩阵的拆分,从而降低了拆分矩阵的规模及算法的复杂度,使 JPDA 算

法适应密集目标实时跟踪的需要.同时对 MSJPDA 串联和并联 2 种算法的复杂度进行了分析比较,从表 1 中结果看出,当传感器数和回波数增加时,串行处理结构较并行结构在计算量上更优。

## 参考文献

- [1] 刘同明, 夏祖勋, 解洪成. 数据融合技术及其应用[M]. 北京:国防工业出版社, 1998.
- [2] 陈勇, 刘福生, 卓新元. 杂波环境下多目标数据关联的快速算法[J]. 国防科技大学学报, 1995, (12): 13 - 19.
- [3] 程洪伟, 周一宇, 孙仲康. 快速 JPDA 算法的递归和并行实现[J]. 系统工程与电子技术, 1999, (4).
- [4] 胡士强, 张天桥. 基于雷达和光电传感器的融合跟踪[J]. 系统工程与电子技术, 2002, (8).
- [5] 何友, 王国宏, 陆大维, 等. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2000.