

文章编号: 1005-0523(2010)06-0052-07

基于 VB、Matlab 的交通事故现场勘查摄影测量系统的开发与应用

许海华, 肖文颖

(广东科学技术职业学院 机械与电子工程学院, 广东 珠海 519090)

摘要: 发生交通事故后, 如何快速、准确地记录事故现场, 目前尚未得到妥善解决。将摄影测量理论应用于交通事故现场勘查, 运用 VB 和 Matlab 编程软件开发了交通事故现场勘查测量管理系统, 并模拟了事故现场, 将实际的测量值与使用交通事故现场勘查测量管理系统所计算的理论值相比较, 误差较小, 表明该系统具有一定的实用性。

关 键 词: 交通事故; 摄影测量; 系统

中图分类号: U492

文献标识码: A

汽车的发明使人类的交通运输发生了革命性的变化, 汽车为现代社会提供了便利、方便的交通运输工具, 缩短了人们交往的距离和交通运输过程在路上的相对时间^[1]。但是, 汽车在推动人类社会进步的同时, 也对现代社会产生负面效应, 交通事故就是其中之一^[2]。如何快速、准确地记录事故现场, 及时疏散交通, 则是一个目前尚未得到妥善解决的问题^[3]。

目前, 公安交通管理部门在交通事故现场的勘查测量工作中存在着以下急需解决的问题: 自动化程度不高、人为因素难以避免、事故现场资料存储、建档和检索有一定困难、现场勘查受天气和时间(尤其是夜间)制约很大、现场立体再现和现场恢复困难、测量数据精度较低等^[4]。在事故现场调查方面却仍旧采用了传统的托记录方式。事故发生后, 交通警察总是以最快的速度赶赴现场, 却仍旧不得不花费很长的时间用皮尺丈量现场有关的距离, 如车轮与马路边线固定地物点之间的距离、汽车之间的距离、刹车痕迹长度、现场抛洒物间的距离等, 并描述客体变形的程度, 描绘碰撞碎片的分布位置, 由此编制现场平面示意图, 做出事故调查结论^[5]。不难想象, 这是件既费时又费力的工作, 并且由于期望尽快地清理现场、救治伤员、疏散交通, 交警总是尽可能快地完成上述工作, 这种工作上的紧张感又必定会影响现场记录结果的准确程度。很多时候, 处理交通事故所带来的损失甚至超过事故本身的损失。

交通事故现场的立体摄影测量, 作为先进的量测手段, 具有现场测量速度快、精度高、可进行事故现场三维再现等特点^[6]。交通事故现场测绘勘查系统的运用, 能大幅度减轻交通事故现场勘查的劳动强度, 从而提高了勘查的准确性和效率, 促进交通事故现场勘查工作向科学化迈进。

为了解决以上问题, 作者研制开发了一套交通事故现场勘查摄影测量管理系统软件, 以辅助公安办案人员迅速正确地作出现场勘查资料, 有利于提高交通事故勘查工作的效率和准确性。

1 摄影测量基本原理^[7-9]

为了确定空间点在摄影机中的成像模型, 首先确定摄像机几何坐标系, 如图 1 所示, 系统由 4 个坐标系构成, 即平面坐标系 $o-xy$, 像空间坐标系 $S-xyz$, 图像空间辅助坐标系(摄像站点坐标系) $S-XYZ$, 外

收稿日期: 2010-09-20

基金项目: 四川省重点攻关项目(交通事故车辆安全性能技术鉴定规范研究 NO 0423195)

作者简介: 许海华(1978—), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为汽车安全技术、汽车整形技术。

部空间坐标系 $O_m-X_mY_mZ_m$ 。

摄像机处于空间任意位置拍摄图像时,空间任一物体点在成像平面上的关系如图1所示。其中, M 是任一地面目标点,其物方空间坐标为 (X,Y,Z) , m 是 M 点在相片上的成像,相应的像空间坐标和像空间辅助坐标分别为 $(x,y,-f)$ 和 (X_m,Y_m,Z_m) 。由摄影成像的几何关系可以得出,成像时 S,m,M 3点位于一条直线上,由此可得关系

即

$$\frac{X_m}{X-X_0}=\frac{Y_m}{Y-Y_0}=\frac{Z_m}{Z-Z_0}=\frac{C}{C} \\ X_m=C(X-X_0), Y_m=C(Y-Y_0), Z_m=C(Z-Z_0) \tag{1}$$

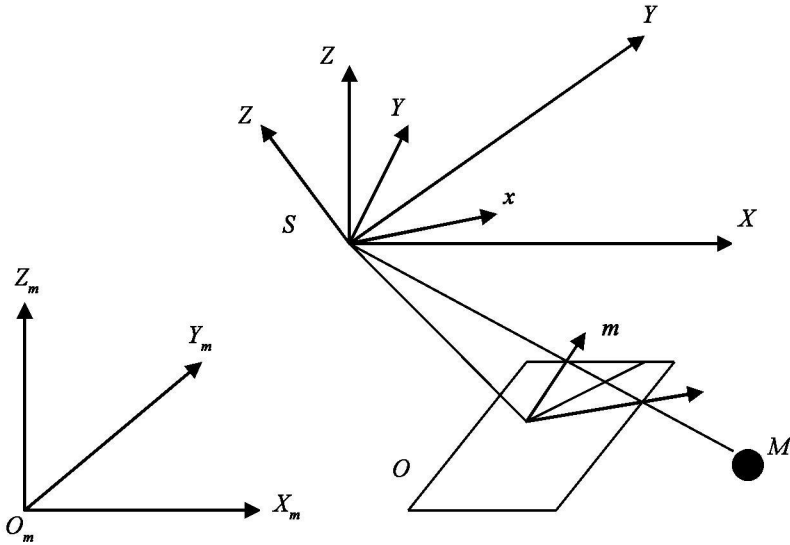


图1 摄像机测坐标系统及成像关系

式中: C 为比例常数。而根据正交变换关系,像空间坐标与像空间辅助坐标间的关系可表示为

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ -f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} \tag{2}$$

式中: $a_{ij}(i,j=0,1,2)$ 为变换系数。展开式(2),代入式(1),并考虑像主点的坐标 (x_0,y_0) (相片的内方位元素)的影响,可得

$$x-x_0=-f\frac{a_{00}(X-X_0)+a_{01}(Y-Y_0)+a_{02}(Z-Z_0)}{a_{20}(X-X_0)+a_{21}(Y-Y_0)+a_{22}(Z-Z_0)} \tag{3}$$

$$y-y_0=-f\frac{a_{10}(X-X_0)+a_{11}(Y-Y_0)+a_{12}(Z-Z_0)}{a_{20}(X-X_0)+a_{21}(Y-Y_0)+a_{22}(Z-Z_0)} \tag{4}$$

由式(3),(4)可见,如果已知式中的各个系数,可求得图像点 (x_i,y_i,z_i) 和空间点 (X_i,Y_i,Z_i) 间的变换关系,这些系数主要包括摄像机内方位元素 (x_0,y_0,f) ,摄站点坐标和 (X_0,Y_0,Z_0) 与摄像机摄影姿态有关的外方位元素系数 a_{ij} 。而这两个关系式是关于以上各系数的非线性关系式,要求得个系数,就要采用泰勒级数将该式线性化,从而构成误差方程组,然后代入估计初值,以各系数的变化量作为控制条件进行迭带计算,求得各系数的优化近似解,这种解法的可能性和所需的迭代次数与初始估计值和所求真值得接近程度有关,有时还可能产生病态方程,无法求得优化解。

为此,根据解析摄影测量中的共线方程解法,推导出用摄影机进行摄影测量求解的线性模型,即

中国知网 <https://www.cnki.net>

$$x\frac{L_1X+L_2Y+L_3Z+L_4}{L_9X+L_{10}Y+L_{11}Z+1}=0 \tag{5}$$

$$y + \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} = 0 \quad (6)$$

式中: (x, y) 为像点的图像平面坐标; (X, Y, Z) 为空间点的物方空间坐标; $L_i (i=1, 2, \dots, 11)$ 为包含摄像机内外方位元素的变换系数。

在进行计算时, 上式可变换为如下所示的形式, 即

$$x + L_1 x + L_2 Y + L_3 Z + L_4 + L_9 xX + L_{10} xY + L_{11} xZ = 0 \quad (7)$$

$$y + L_5 x + L_6 Y + L_7 Z + L_8 + L_9 yX + L_{10} yY + L_{11} yZ = 0 \quad (8)$$

可以用矩阵的形式表示为

$$AX - l = 0 \quad (9)$$

式中: 空间任意一点 (X_i, Y_i, Z_i) 及成像点 (x_i, y_i) 间构成的 2 个方程为

$$A = \begin{bmatrix} X_i & Y_i & Z_i & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_i X_i & x_i Y_i & x_i Z_i \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_i & Y_i & Z_i & 1 & y_i X_i & y_i Y_i & y_i Z_i \end{bmatrix}$$

$$X = [L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4 \quad L_5 \quad L_6 \quad L_7 \quad L_8 \quad L_9 \quad L_{10} \quad L_{11}]^T$$

$$l = \begin{bmatrix} -x_i \\ -y_i \end{bmatrix}$$

当物方空间坐标是由已知三维控制场给定时, 即可由测得的图像坐标求得以上各个未知系数, 从而完成摄像机的标定。上式中有 11 个未知数, 所以, 至少需要 6 个标定点构成过约束方程组。

在应用 CCD 摄像机进行摄影测量的场合, 由于 CCD 各像元的位置是固定不变的, 即像元间存在极好的几何稳定性, 所以, 在采用摄像机进行标定、量测时, 主要考虑镜头畸变等方面因素来提高量测精度。

根据物体成像的光学原理和赛德耳(SEIDEL)像差理论, 采用二维分量表示的对称性镜头畸变为

$$e_x = xkr^2 \quad (10)$$

$$e_y = ykr^2 \quad (11)$$

式中: k 为对称性镜头畸变常数; $r^2 = x^2 + y^2$ 。

考虑成像系统的误差, 可以将式(5), (6)整理及线性化, 建立包含成像系统误差在内的摄影测量模型

$$xkr^2 + x + L_1 x + L_2 Y + L_3 Z + L_4 + L_9 xX + L_{10} xY + L_{11} xZ = 0 \quad (12)$$

$$ykr^2 + y + L_5 x + L_6 Y + L_7 Z + L_8 + L_9 yX + L_{10} yY + L_{11} yZ = 0 \quad (13)$$

与对式(7)和(8)的解法一样, 可以用矩阵的形式表示上式, 只是此处有 12 个未知数(包括常数 k)。用矩阵同样可表示为

$$AX - l = 0$$

其中:

$$A = \begin{bmatrix} X_i & Y_i & Z_i & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_i X_i & x_i Y_i & x_i Z_i & x_i r_i^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_i & Y_i & Z_i & 1 & y_i X_i & y_i Y_i & y_i Z_i & y_i r_i^2 \end{bmatrix}$$

$$X = [L_1 \quad L_2 \quad L_3 \quad L_4 \quad L_5 \quad L_6 \quad L_7 \quad L_8 \quad L_9 \quad L_{10} \quad L_{11} \quad k]^T$$

$$l = \begin{bmatrix} -x_i \\ -y_i \end{bmatrix}$$

将 $AX - l = 0$ 的解代入方程(12), (13), 再把所求点的照片像素坐标 (x_i, y_i) 也代入方程(12), (13)。这样就可以得到含有 $[X_i, Y_i, Z_i]$ 3 个未知数的两个方程。

通过上面的原理, 我们可以知道能够求出未知空间点坐标的基本条件为, 6 个标定点在两张图片上的总共 12 个像点坐标。这样我们就可以得到含有 3 个未知数的四个方程组, 从而求出未知空间点的坐标。

2 交通事故现场勘查摄影测量系统设计

中国知网 <https://www.cnki.net>

根据摄影测量原理, 进行摄影测量系统的设计。采用 VB 和 MATLAB 编程软件编写, VB 部分实现的

主要是界面功能, 便于取得 MATLAB 计算过需要的数据, 由于 MATLAB 在矩阵计算方面具有强大的功能, 所以程序的主体计算部分由 MATLAB 编写。系统程序流程如图 2 所示。程序界面:

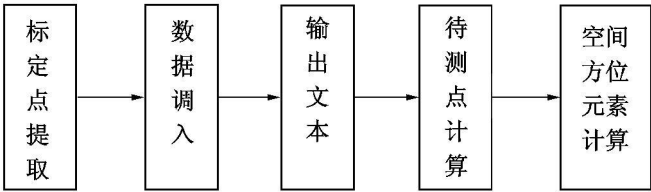


图 2 程序流程图

(1) 主界面

运行该软件, 出现的第一个窗口为主界面, 界面简单清晰, 窗体上设置一个密码安全措施, 在文本框中输入正确的密码即可进入数据调入窗体。如图 3 所示。

(2) 数据调入

该窗体调入的数据为标定点的数据, 数据的来源为 VB 拖动图片程序以及提前测量好的标定点的空间坐标。由于计算程序在 Matlab 中运行计算, 所以输出的只是文本数据由 Matlab 调入进行计算。如图 4 所示。



图 3 程序主界面



图 4 标定点数据调入界面

(3) 计算输出

这个窗体是在 Matlab 中输入待测点像素坐标, 由 Matlab 计算出空间坐标而设计。同时也可以将已经计算出的空间坐标以文本的形式输出, 为 Matlab 计算肇事车辆定位元素提供数据。计算输出窗口如图 5 所示。

3 系统应用

3.1 室内模拟试验

实验设备: 镶有黑白相间格子的长方体标定物 1 个(如图 6), 卷尺, 电脑 1 台, 500 万像素数码相机 1 部, 桌子 1 张。

(1) 试验目的。模拟事故现场, 对现场测量得到的客观数据与用开发的系统软件计算的结果做比较, 分析其可行性。

(2) 实验方法。模拟事故现场, 把桌子当成事故车辆, 桌子的长宽高当作车辆的外形尺寸, 桌子到某一边缘的距离作为事故车辆与马路边缘的距离。让桌子倾斜一定角度以模拟翻车事故车辆。图 7 表示事故车辆没有翻车的形态, 图 8 表示事故车辆翻车的形态。

合理摆放标定物,如果一次摆放标定物不能计算所有需要测量的因素,则可以再次摆放标定物,直到可以测出全部元素。如图 7 所示 4 个箭头表示的为桌子 4 个角(1,2,3,4)到边缘的距离。图 8 所示测量 4 个桌子角(1,2,3,4)到地面的距离。通过对这些因素的确定就可以确定桌子的方位和尺寸了。

用数码相机照相,两张相片的照相角度尽量要大。计算分析,现场需要测量的因素为点的坐标和点与点之间的距离,以及点到直线的距离。知道点的坐标可以求出直线的空间坐标方程,这样就可以很方便的计算出点到直线的距离。



图 5 计算输出界面

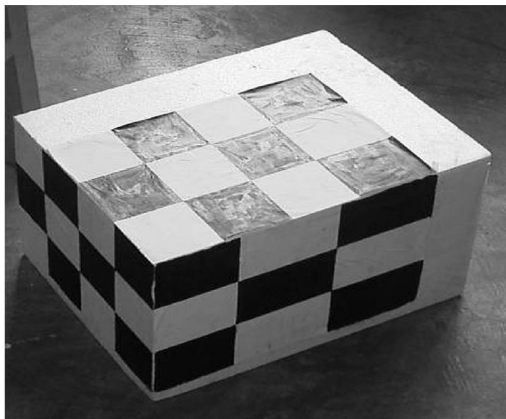


图 6 长方体标定物

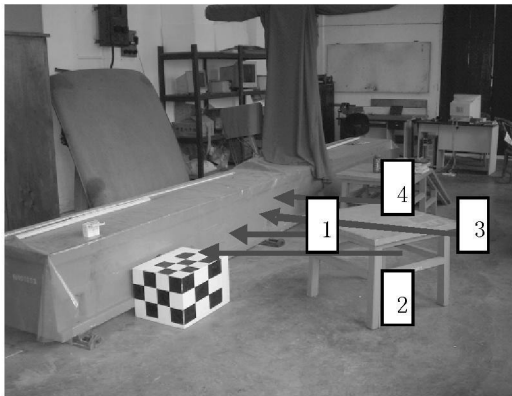


图 7 模拟事故车辆未翻车状态



图 8 模拟事故车辆翻车状态

(3) 实验结果。由图 7 计算模拟事故车辆未翻车状态,桌子角至某一固定边缘的距离实际测量与开发的系统计算的理论距离进行比较,结果见表 1 所示。

由图 8 计算模拟事故车辆翻车状态,桌角至地面的距离测量值与计算值比较,桌子角至某一固定边缘的距离实际测量与开发的系统计算的理论距离进行比较,结果见表 2 所示。

表 1 事故车辆未翻车状态测量值与理论计算值比较

测量部位	实际距离/cm	理论距离/cm
桌子角 1	79	77
桌子角 2	145	146
桌子角 3	181	180
桌子角 4	116	118

表 2 事故车辆翻车状态测量值与理论计算值比较

测量部位	实际距离/cm	理论距离/cm
桌子角 1	91	89
桌子角 2	148	150
桌子角 3	192	191
桌子角 4	137	136
桌子高 1	49	50
桌子高 2	50	51
桌子高 3	79	78
桌子高 4	79	78

(4) 结果分析。上面的数据基本反映了交通事故现场事故车辆方位和角度, 计算结果精确到厘米级也反映了交通事故手工测量的精度。但是由于试验的场地比较的狭窄, 所以和现实的交通事故现场还是有一定差别, 不能够完全反映实际情况。

3.2 实况模拟试验

实验设备: 标定物, 500 万像素数码相机 1 台, 电脑, 卷尺, 汽车 1 辆

试验目的和意义: 模拟现场交通事故现场勘查测量的实际情况, 进行现场实际参数的测量, 证明该系统的实用性。

试验过程:

(1) 找一条道路模拟事故现场, 把车以一定角度停在马路的某处。模拟现场如图 9、图 10 所示;



图 9 模拟事故现场 1



图 10 模拟事故现场 2

(2) 确定所需要测定参数, 主要参数有前后车轮到马路边缘的距离(如图 9 所示), 车头标志牌到马路边缘的距离(如图 10 所示);

(3) 从不同角度拍摄相片, 所拍摄相片要可以确定所有参数;

(4) 用卷尺测量各参数数据, 精确到厘米;

(5) 计算摄影测量结果与实际结果对照。实验结果如表 3 所示。

表 3 测量值与理论计算值比较

测量位置	卷尺测量距离/cm	摄影测量距离/cm
汽车前轮与马路边缘距离	310	316
汽车后轮与马路边缘距离	187	191
标志牌与马路边缘的距离	394	401

本试验模拟了交通事故现场勘查的摄影测量, 为把摄影测量推广到交通事故勘察中奠定了基础。实验模拟的事故现场比较简单, 实际中会有更复杂的事故现场, 需要测量的参数也比较多, 为了可以实际得到运用, 本系统还需要进一步的结合实际情况进行开发。

4 结语

摄影测量理论不仅可以应用于道路交通事故现场勘查中, 也可以用于其它方面, 比如: 机械零件的测绘、刑事犯罪现场拍摄和三维摄影绘图等项目的研究^[10]。本文利用 VB 和 Matlab 编程软件开发了摄影测量的交通事故现场勘查管理系统, 并通过试验分析了该系统存在一定的实用性。但还有许多需要改进和继续研究的地方, 如果采用更精确的算法和更标准的标定物, 计算精度会得到进一步的提高。在程序的界面设计方面, 计算并没有完全智能化, 需进一步改进程序设计。

参考文献:

- [1] 许洪国. 汽车交通安全技术发展与趋势[J]. 北京: 中国安全科学学报, 1999(1): 12-14.
- [2] 许洪国, 李显生, 任有等. 汽车交通事故技术鉴定: 21 世纪的知识型新职业[J]. 公路交通科技, 2000, 17(2): 60-63.
- [3] 郑安文. 我国高速公路交通事故的基本特点与预防对策[J]. 公路交通科技, 2002, 4(19): 109-112.
- [4] 许洪国. 交通事故分析与处理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003: 12-16.
- [5] 詹总谦, 张剑清. 数字摄影测量在交通事故现场勘查中的应用[J]. 公路交通科技, 2006, 23(1): 147-150.
- [6] 丁正林, 龚标, 郑煜, 等. 道路交通事故现场勘查技术的研究[J]. 中国人民公安大学学报: 自然科学版, 2005(1): 92-97.
- [7] 王丰元, 王仁德, 杜守旭. 道路交通事故现场摄影测量原理与模型试验[J]. 中国公路学报, 2001, 14(1): 100-103.
- [8] 王世俊. 摄影测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1995: 153-174.
- [9] BORN M, WOLF E. 光学原理[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 215-253.
- [10] 金为铄. 摄影测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000.

Development and Application of Photogrammetry System in Traffic Accident Scene Investigation Based on VB and Matlab

Xu Haihua, Xiao Wenyong

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Guangdong Institute of Science and Technology, Zhuhai 519090, China)

Abstract: How to record the scene quickly and accurately after the traffic accident has not yet been properly solved. With photogrammetry applied in accident scene investigation, this article uses the programming software of VB and Matlab to develop management system of the accident scene. The accident scene is simulated to compare the actual measured value with the theoretical value. The relatively few errors show feasibility of the system.

Key words: traffic accidents; photogrammetry; system

(责任编辑 王建华)