

文章编号: 1001-1595(2010)02-0202-05

3Dsurs 系统激光扫描点的理论精度评定

卢秀山^{1,2}, 郑作亚^{1,2,3}, 王冬², 石波²

1. 海岛(礁)测绘技术国家测绘局重点实验室, 山东青岛 266510; 2. 山东科技大学测绘科学与工程学院, 山东青岛 266510; 3. 中国测绘科学研究院大地测量与地球动力学研究所, 北京 100039

Evaluating on Theoretical Accuracy of 3Dsurs System Scanner Point

LU Xiushan^{1,2}, ZHENG Zuoya^{1,2,3}, WANG Dong², SHI Bo²

1. Key Laboratory of Surveying and Mapping Technology on Island and Reef of SBSM, Qingdao 266510, China; 2. Geomatics College, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 3. Institute of Geodesy and Geodynamics, Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China

Abstract: 3Dsurs is a vehicle-borne urban 3D information acquisition & modeling system, the theoretic error resources of 3Dsurs scanner point are analyzed in this paper, including GPS receiver antenna positioning error, vehicle-borne attitude measurement error, coordinate transformation error, and scanner calibration error. We analyzed the theoretical accuracy with error propagation law rigorously, it showed that the scanned point accuracy is up to 10 cm when the distance between 3Dsurs and scanned facade is about 50 m, and is about 20 cm when the distance between 3Dsurs and scanned facade is up to 100 m from large numbers of experiments, it is enough to meet the precision need of mapping with the scale of 1: 2 000.

Key words: 3Dsurs system; vehicle-borne attitude measurement; DGPS; laser scanner; theoretical accuracy

摘要: 从理论上详细分析车载式城市信息采集与 3 维建模系统(3Dsurs 系统)激光扫描点的误差来源, 误差主要包括 GPS 接收机天线定位误差、车载平台姿态测量误差、坐标传递误差和扫描仪标定误差, 利用误差传播定律严密推导系统的误差影响, 分析并评定系统的理论精度。通过理论分析和大量试验计算表明: 当车载系统距离扫描立面为 50 m 左右, 物方扫描点精度在 10 cm 左右, 而距离为 100 m 左右, 物方扫描点精度为 20 cm 左右, 该精度能够满足 1: 2 000 比例尺的测图要求。

关键词: 3Dsurs 系统; 车载平台姿态测量; DGPS; 激光扫描仪; 理论精度

中图分类号: P237 文献标识码: A

基金项目: 国家自然科学基金(40904001); 国家 863 计划(2009AA121405, 2009AA121401); 中国博士后科学基金(20080440048); 国家测绘局重点实验室基金(2009A01)

1 引言

车载式城市信息采集与 3 维建模系统^[1-3] (vehicle-borne urban information acquisition and 3D modeling system, 简称 3Dsurs 系统), 是两项国家“863”课题的阶段性研究成果^[1-3], 是我国自主完成的以大地测量技术、计算机技术、传感技术和控制技术为主要手段, 把全球定位系统、激光扫描仪、数码相机等高新技术集成起来, 与开发出的多源、多技术、多时相信息复合处理软件构成综合、快速、灵活的应用系统。该系统由山东科技大学、武汉大学、中国测绘科学研究院和同济大学联合研制完成。国内也有不少学者在车载 3 维数据的获取与处理方面也进行了较为深入的研究^[4-6], 在扫描仪精度评定^[7]、姿态纠正与精度分

析^[8-12]等方面也有深入研究。对于一个新的系统, 需要进行理论精度分析, 得到系统的精度指标。一个完整的系统主要包括硬件控制和数据处理两大部分, 误差来源于相应的硬件控制系统和数据处理方面, 分为系统误差和偶然误差两类, 硬件控制系统误差主要包括系统(或各传感器)出厂时的精度指标、系统集成误差、外界环境对系统的影响和观测误差等, 数据处理误差主要有计算误差和模型误差等。本文只分析系统的硬件控制误差, 相应数据处理误差另文讨论。

2 3Dsurs 系统

3Dsurs 系统主要将三个 GPS 接收机天线、一台激光扫描仪、一个 CCD 相机集成在一个运动的车载平台上。核心思想是: 将 GPS 天线按三角

位置安置在车上,用以确定系统的位置、移动速度和姿态,省略了数据采集前的控制测量工作;将汽车的行驶作为数据采集的运动维,2 维激光扫描仪在汽车运动的垂直面对物方进行扫描,构造 3 维数据采集系统,然后利用 CCD 相机获取物方的纹理影像。在引入 GPS 空间定位/定姿数据、激光扫描数据和影像数据的基础上,利用空间的起算数据,解算出基于起算数据的空间 3 维模型点云坐标,再建立物方真实 3 维可视化模型,系统构成如图 1 所示。

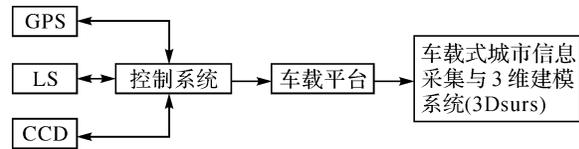


图 1 3Dsurs 系统构成

Fig.1 Structure of 3Dsurs system

3 系统理论精度分析

3.1 坐标系统传递

坐标系统传递基本思想是:首先通过 GPS 差分技术,提供动态、高精度车载平台的 3 维姿态数据和主天线位置,构成车载平台坐标系统。系统以车载平台上三个天线间的固定基线为条件对基线向量进行条件平差,获得较高精度的姿态参数。不考虑材料伸缩,认为扫描仪与车载平台为刚体连接,然后将扫描仪安置于车载平台坐标系中,定义:横轴为 X 轴(第一轴),纵轴为 Y 轴(第二轴),垂直轴为 Z 轴(第三轴),构成扫描仪坐标系统。根据扫描仪坐标和 GPS 天线坐标的位置关系,将空间整合得到的扫描点在车载平台坐标系下的坐标 (x, y, z) 经过旋转变换,得到姿态改正后的坐标,然后根据 GPS 提供的扫描仪中心坐标进行平移,就可以得到扫描点在西安 80 坐标系下的坐标 (x', y', z') ,从而完成地理坐标信息的传递,如图 2 所示。

3.2 系统理论精度分析

在不考虑扫描仪数据处理误差的情况下,3Dsurs 系统的理论误差主要包车载平台姿态测量误差、车载平台坐标系到扫描仪坐标系的坐标传递误差和扫描仪标定误差。集成系统的时间连接到 GPS 接收机上,以 GPS 接收机时间为基准。因此,时间同步误差忽略不计。

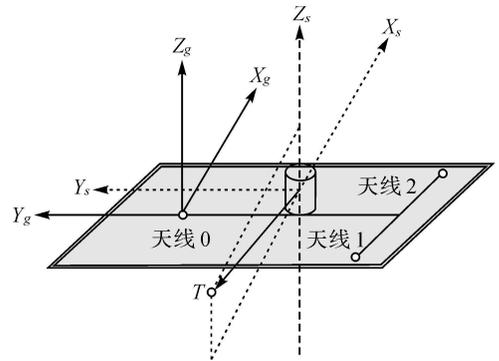


图 2 车载平台坐标系

Fig.2 Coordinate system of vehicle-borne platform

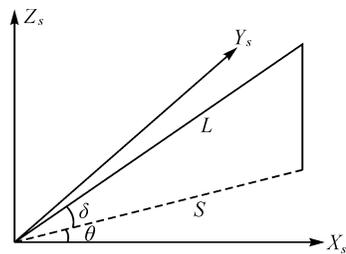


图 3 物方激光扫描几何关系

Fig.3 Geometric relationship of object laser scanning

3.2.1 车载平台姿态测量误差

车载平台坐标系定义为:原点为车载平台主接收机天线的位置,前进方向为 Y 轴正方向,且与建筑物面基本平行, X 轴垂直指向建筑物侧面, Z 轴指向与车载平台垂直向上的方向,构成右手坐标系。令 L 为扫描仪激光发射中心至物方扫描点的距离; θ 为车载平台与物方不平行,偏离行驶方向的航向偏角; δ 为车载平台的滚动角。理论上,由于在行驶过程中道路不平引起的车载平台俯仰角变化也会引起激光扫描物方点位的变化,但由于车载平台行驶速度很慢(大约 $1 \sim 2 \text{ m/s}$),而激光扫描频率为每秒扫 40 线,每线上扫 220 个激光测距点。因此,车载平台俯仰引起的变化对扫描点的影响非常小,忽略不计。由此,从图 3 可以得到扫描点在扫描仪坐标系下的坐标为

$$\left. \begin{aligned} x &= L \cos \delta \cos \theta \\ y &= L \cos \delta \sin \theta \\ z &= L \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

对各个变量求偏导数,泰勒级数展开取至一次项,忽略二次项及以上项,线性化后可得

$$\left. \begin{aligned} dx &= \cos \delta \cos \theta dL - L \sin \delta \cos \theta \frac{d\delta}{\rho} - \\ &\quad L \cos \delta \sin \theta \frac{d\theta}{\rho} \\ dy &= \cos \delta \sin \theta dL - L \sin \delta \sin \theta \frac{d\delta}{\rho} + \\ &\quad L \cos \delta \cos \theta \frac{d\theta}{\rho} \\ dz &= \sin \delta dL + L \cos \delta \frac{d\delta}{\rho} \end{aligned} \right\} (2)$$

其中, $\rho = 206265''$ 为弧度与秒之间的转换常数。

定义由车载平台姿态测量引起扫描点三个方向误差分别为 m_{xc} 、 m_{yc} 和 m_{zc} , 根据误差传播定律, 可以得到

$$\left. \begin{aligned} m_{xc}^2 &= (\cos \theta \cos \delta)^2 m_L^2 + (L \cos \theta \sin \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + \\ &\quad (L \sin \theta \cos \delta)^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \\ m_{yc}^2 &= (\sin \theta \cos \delta)^2 m_L^2 + (L \sin \theta \sin \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + \\ &\quad (L \cos \theta \cos \delta)^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \\ m_{zc}^2 &= (\sin \delta)^2 m_L^2 + (L \cos \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} \end{aligned} \right\} (3)$$

上式即为车载平台姿态测量引起的扫描点的三个方向坐标偶然误差。激光测距精度在距离上为 2~3 cm, 但对点位的影响甚小, 忽略不计。因此, 式(3)可进一步简化为

$$\left. \begin{aligned} m_{xc}^2 &= (L \cos \theta \sin \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + (L \sin \theta \cos \delta)^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \\ m_{yc}^2 &= (L \sin \theta \sin \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + (L \cos \theta \cos \delta)^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} \\ m_{zc}^2 &= (L \cos \delta)^2 \frac{m_\delta^2}{\rho^2} \end{aligned} \right\} (4)$$

所以, 由车载平台姿态测量引起的扫描点偶然误差为

$$\begin{aligned} m_{pc}^2 &= m_{xc}^2 + m_{yc}^2 + m_{zc}^2 = \\ &= [(L \sin \delta)^2 + (L \cos \delta)^2] \frac{m_\delta^2}{\rho^2} + (L \cos \delta)^2 \frac{m_\theta^2}{\rho^2} = \\ &= \frac{L^2}{\rho^2} (m_\delta^2 + \cos^2 \delta \cdot m_\theta^2) \end{aligned} \quad (5)$$

从式(5)可以看出, 车载平台姿态测量引起的扫描点误差与扫描仪至物方的距离成正比, 距离越远误差越大。因此, 为保证扫描点的精度, 应该考虑车载平台到物方扫描点的距离不宜过大。且从式中可以看出, 在航向角测角误差确定的情况下, 扫描点精度与车载平台航向角的大小无关。

3.2.2 坐标传递误差

坐标传递误差是指车载平台坐标系到扫描仪坐标系传递过程中引起的误差, 主要包括 GPS 接收机天线定位误差和坐标系间传递误差, 两坐标系间采用 ΔX_s 、 ΔY_s 、 ΔZ_s 、 φ 、 ω 、 ε 和 κ 参数进行传递。其中, ΔX_s 、 ΔY_s 和 ΔZ_s 为坐标原点平移参数, φ 、 ω 和 κ 分别为 X 、 Y 和 Z 方向旋转参数, κ 为两系统间的尺度比, 令 $\kappa = 1$ 。根据不同空间大地直角坐标系的转换公式, 可得

$$\left. \begin{aligned} X_{LS} &= \Delta X_s + X_{GPS} + \kappa Y_{GPS} - \omega Z_{GPS} \\ Y_{LS} &= \Delta Y_s + Y_{GPS} - \kappa X_{GPS} + \varphi Z_{GPS} \\ Z_{LS} &= \Delta Z_s + Z_{GPS} + \omega X_{GPS} - \varphi Y_{GPS} \end{aligned} \right\} (6)$$

从式(6)可以看出, 坐标传递误差主要由 GPS 接收机天线定位和六个传递参数有关, 定义为 m_{xT} 、 m_{yT} 和 m_{zT} , 则对扫描点引起的误差为

$$\left. \begin{aligned} m_{xT}^2 &= m_{\Delta X}^2 + m_{XG}^2 + m_{\kappa Y}^2 + \kappa m_{YG}^2 + \\ &\quad m_{\omega Z}^2 + \omega m_{ZG}^2 \\ m_{yT}^2 &= m_{\Delta Y}^2 + \kappa m_{XG}^2 + m_{\kappa X}^2 + m_{YG}^2 + \\ &\quad m_{\varphi Z}^2 + \varphi m_{ZG}^2 \\ m_{zT}^2 &= m_{\Delta Z}^2 + m_{\omega X}^2 + \omega m_{XG}^2 + m_{\varphi Y}^2 + \\ &\quad \varphi m_{YG}^2 + m_{ZG}^2 \end{aligned} \right\} (7)$$

不考虑坐标系间传递的参数解算带来的误差, 则式(7)可简化为

$$\left. \begin{aligned} m_{xT}^2 &= m_{XG}^2 + \kappa m_{YG}^2 + \omega m_{ZG}^2 \\ m_{yT}^2 &= \kappa m_{XG}^2 + m_{YG}^2 + \varphi m_{ZG}^2 \\ m_{zT}^2 &= \omega m_{XG}^2 + \varphi m_{YG}^2 + m_{ZG}^2 \end{aligned} \right\} (8)$$

因此, 由车载平台坐标系到扫描仪坐标系的坐标传递引起的点位误差为

$$m_{pT}^2 = m_{xT}^2 + m_{yT}^2 + m_{zT}^2 \quad (9)$$

3.2.3 扫描仪系统标定误差

扫描仪的精度指标(标定误差)由生产厂家提供, 令扫描仪精度指标在扫描方向指标为 m_α , 在与扫描方向垂直, 与车载航向一致的方向指标为 m_β , 距离方向指标为 m_{Ls} , 令扫描仪在空间直角坐标下的系统标定精度为 m_{xI} 、 m_{yI} 、 m_{zI} , 则有

$$\left. \begin{aligned} m_{xI}^2 &= (\cos \alpha \cos \beta)^2 m_{Ls}^2 + (L_s \cos \alpha \sin \beta)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} + \\ &\quad (L_s \sin \alpha \cos \beta)^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \\ m_{yI}^2 &= (\sin \alpha \cos \beta)^2 m_{Ls}^2 + (L_s \sin \alpha \sin \beta)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} + \\ &\quad (L_s \cos \alpha \cos \beta)^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \\ m_{zI}^2 &= (\sin \beta)^2 m_{Ls}^2 + (L_s \cos \beta)^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \end{aligned} \right\} (10)$$

因此, 由扫描仪系统标定引起的误差为

$$m_{pl}^2 = m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 \quad (11)$$

3.2.4 综合误差

由上述车载平台姿态测量误差、坐标传递误差和系统标定误差构成的平面误差为

$$m_H^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (12)$$

高程误差为

$$m_V^2 = m_z^2 \quad (13)$$

点位误差为

$$m_P^2 = m_H^2 + m_V^2 = m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 \quad (14)$$

4 系统理论精度评定

在上述系统理论误差分析和公式推导基础上, 对 3Dsurs 系统进行试验分析, 根据多组试验结果, 分别选取滚动角、俯仰角和航向角中误差的中位数, 代入偶然误差公式。试验时, 车载系统静止情况下进行车载平台滚动角、俯仰角和航向角精度实验, 得到三个姿态角重复测量精度(表 1 中姿态误差); 并同时多个距离上进行扫描实验, 得到沿扫描方向的距离重复测量精度的平均值(表 1 中扫描误差); 对扫描仪与 GPS 之间空间位置关系实施多次标定实验, 计算出扫描仪坐标系与平台坐标系之间六个转换参数, 得到三个角元素的内精度(表 1 中标定误差)。选取系统最新标定的标定误差, 即标定的滚动角、俯仰角和航向角中误差(表 1), 代入系统误差公式; 扫描误差采用多组试验结果的数据, 选取三个高度角和两个距离, 分别计算航向误差、平面误差、高度误差和点位误差。结果见表 2。

表 1 标定、姿态和扫描误差

Tab. 1 Error of calibration, attitude measurement and scanning

	滚动角	俯仰角	航向角	激光扫描
姿态误差(实验)/rad	0.0021	0.0020	0.0004	
标定误差/rad	0.00012	0.00005	0.00005	
扫描误差(实验)/m				0.02

表 2 系统误差统计

Tab. 2 The statistics of systematic error / m

距离	倾角	航向误差	水平位置误差	高程误差	点位误差
0	0.0202	0.0347	0.1052	0.1108	
50	10	0.0264	0.0420	0.1039	0.1121
	20	0.0392	0.0588	0.0997	0.1157
100	0	0.0403	0.0492	0.2103	0.2160
	10	0.0528	0.0694	0.2074	0.2187
	20	0.0783	0.1089	0.1983	0.2262

表 2 中分别为系统可达到的航向精度、水平点位精度、高程精度和点位精度。从表中可以看出, 当车载系统离扫描立面距离为 50 m 左右, 物方扫描点位精度能达到 10 cm 左右, 而距离为 100 m 左右, 物方扫描点位精度达到 20 cm 左右。

5 结论

本文主要从硬件控制误差分析 3Dsurs 系统在不考虑数据处理误差情况下, 理论上能达到什么精度? 通过对本系统的理论误差推导和大量试验分析, 认为该系统的系统误差主要包括 GPS 接收机天线定位误差、车载平台姿态测量误差、坐标传递误差和扫描仪标定误差, 得出了该系统系统误差模型和精度指标。通过理论分析和大量试验计算表明获得的点位精度能够满足 1: 2000 比例尺的测图要求。

参考文献:

- [1] LU Xiushan, LI Qingquan, FENG Wenhao, et al. Vehicle borne Urban Information Acquisition and 3D Modeling System [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2003, 36(3): 76-80. (卢秀山, 李清泉, 冯文灏, 等. 车载式城市信息采集与三维建模系统[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2003, 36(3): 76-80.)
- [2] LI Bijun, FANG Zhixiang, REN Juan. Extraction of Buildings Feature from Laser Scanning Data [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(1): 65-70. (李必军, 方志祥, 任娟. 从激光扫描数据中进行建筑物特征提取研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(1): 65-70.)
- [3] LI Bijun, LI Qingquan. Integrated Sensors for Automatic Data Acquisition [C] // Proceedings of the Videometrics VII Conference at IS & T/ SPIE's Electronic Imaging. Santa Clara: SPIE, 2003: 253-261.
- [4] WEI Bo, ZHANG Aiwu, LI Yougang, et al. Design and Implementation of a Vehicle-borne System of 3D Data Acquisition and Processing [C] // Proceedings of the 2nd International Symposium on Stereoscopic Image and Application. Tianjin: [s. n.], 2007. (魏波, 张爱武, 李佑钢, 等. 车载三维数据获取与处理系统设计与实现[C] // 第二届立体图像技术及其应用(国际)研讨会论文集. 天津: [s. n.], 2007.)
- [5] DI Caiyun, YE Zetian, JI Yi, et al. City 3D Information Acquisition [J]. Geospatial Information, 2007, 5(5): 58-61. (狄彩云, 叶泽田, 冀翼, 等. 城市空间三维数据信息获取技术[J]. 地理空间信息, 2007, 5(5): 58-61.)
- [6] WANG Guibin. Data Acquisition and Processing of a Vehicle-borne System [D]. Beijing: Capital Normal University, 2007. (王贵宾. 车载激光三维信息采集与数据处理[D]. 北

京:首都师范大学,2007.)

- [7] WANG Dong, LU Xiushan, ZHANG Zhanjie. Precision Evaluation of RIEGL LMS-Q140i-80 Laser Scanner[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(5): 115-116. (王冬, 卢秀山, 张占杰. RIEGL LMS-Q140i-80 激光扫描仪精度评定[J]. 测绘科学, 2006, 31(5): 115-116.)
- [8] WANG Jian, JIN Fengxiang, LU Xiushan. Attitude Rectification of Laser Scanner Working Platform in 3Dsurs [J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(17): 174-176. (王健, 靳奉祥, 卢秀山. 3Dsurs 中激光扫描仪工作平台的姿态纠正[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(17): 174-176.)
- [9] ZHANG Jin, HAN Xiaodong, CHEN Yijin, et al. A Method to Improve the Accuracy of GPS Attitude Determination Using the Fixed Lengths as the Condition[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(3): 39-40. (张静, 韩晓冬, 陈宜金, 等. 以固定长度为条件提高 GPS 测姿精度的方法[J]. 测绘科学, 2006, 31(3): 39-40.)
- [10] WANG Dong, LU Xiushan, LIU Fengying. Attitude Precision Analysis of 3Dsurs[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(3): 15-16. (王冬, 卢秀山, 刘凤英. 3Dsurs 系统姿态精度分析[J]. 测绘科学, 2008, 33(3):

15-16.)

- [11] HAN Xiaodong, ZHANG Jing. The GPS Attitude Determination for Vehicle Carried Platform[J]. Engineering Investigation, 2004(2): 45-48. (韩晓冬, 张静. 车载平台 GPS 姿态测量[J]. 工程勘察, 2004(2): 45-48.)
- [12] ZHANG Jing. Study of Attitude and Antenna Location Determination of Vehicle-borne Platform [D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2005. (张静. 车载平台姿态及天线位置确定技术研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2005.)

(责任编辑:雷秀丽)

收稿日期: 2008-08-04

修回日期: 2009-09-26

第一作者简介: 卢秀山(1961—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事“3S”集成技术、卫星大地测量和现代测量数据处理的研究和教学工作。

First author: LU Xiushan (1961—), male, PhD, professor, PhD supervisor, major in 3S integration technology, satellite geodesy and modern data processing.

E-mail: xiushanl@vip.sina.com

《测绘学报》文后参考文献著录规范

文后参考文献中文文献用双语标注, 英文每个实词首字母大写。参考文献著录项目包括: 作者. 标题. 文献出处或电子文献的可获得地址[文献类型及载体类型标识]. 出版地: 出版者, 出版年. 文献起止页码. {文献标准编号(标准号、专利号……)}

参考文献类型标识: M——专著, A——析出文献, C——论文集, N——报纸文章, J——期刊, D——学位论文, R——报告, S——标准, P——专利, [DB/OL]——联机网上数据库, [DB/MT]——磁带数据库, [M/CD]——光盘图书, [CP/DK]——磁盘软件, [J/OL]——网上期刊, [EB/OL]——网上电子公告

例:

- [1] HUANG Yu-xia, CHEN Chang-song, HE Jian-bang. On Implement and Reality of GIS Interoperability[J]. Geographical Research, 1999, 18(1): 105-112. (黄裕霞, 陈常松, 何建邦. GIS 互操作的实现途径评述[J]. 地理研究, 1999, 18(1): 105-112.)
- [2] CHENG Shu-peng. Earth System Science: Evolvment of China, Prospect in Century[M]. Beijing: Chinese Science Technology Press, 1998. 4-5. (陈述彭. 地球系统科学: 中国进展. 世纪展望[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1998. 4-5.)
- [3] MOTAKIS I, ZANIOLO C. Composite Temporal Events in Active Database: a Formal Semantics [A]. CLIFFORD J, TUZHILIN A. Recent Advances in Temporal Databases[C]. New York: Springer-Verlag, 1995. 332-351. (外国人名按西方惯例, 但是采用全大写)
- [4] SOONG T T, et al. Recent Advances in Research on Applications of Passive Energy Dissipations Systems[EB/OL]. <http://www.cajcd.edu.au/pub/wml.txt/980810-2.html>, 1998-08-16.