

文章编号: 1001—1749(2006)03—0250—05

# 利用高分辨率影像建立三维虚拟校园

——以“数字成都理工大学”为例

曾涛, 杨武年, 余代俊, 简季, 刘汉湖, 戴晓爱

(成都理工大学 国土资源信息技术与应用国土资源部重点实验室, 成都, 610059)

**摘要:** 以数字化校园工程——“数字成都理工大学”为例, 探讨利用航空影像和数字摄影测量技术, 获取基础空间地理信息的方法及途径。并采用三维建模软件 Cyber City 对建筑物进行三维建模。而对于复杂地物, 采用三维地理信息系统 IMAGIS 软件建立单个模型, 从而实现了成都理工大学校区的三维可视化虚拟重建和漫游。实践证明, 利用数字摄影测量技术和遥感影像, 能够有效地获取大范围区域地表地物的三维信息, 并快速地建立地面模型和三维景观。

**关键词:** 遥感影像; 数字摄影测量; 数字校园; 三维可视化虚拟现实重建; GIS

**中图分类号:** TP 79      **文献标识码:** A

随着世界高新技术领域的突飞猛进, 尤其是与社会信息化相关的技术取得了巨大突破, 加速了全球信息化的进程。数字化、信息化已成为当今国内、外高科技发展的潮流和趋势, 数字地球、数字城市和数字大学等概念, 逐渐被一些学者提出并付诸实施。在国外, “数字城市”研究的起源可以追溯到二十世纪八十年代初。目前, 国外已经有比较成熟的数字城市三维可视化建模软件产品, 如 Multi-Gen Creator、Equipe 等, ESRI 公司的遥感图像处理软件 ERDAS 也扩展了这方面的功能。“数字城市”相关技术已经应用于很多领域, 许多发达国家已经着手“数字社区”和“数字城市”的综合建设实验。在美国大约有五十个城市正在建设“数字城市”; 日本已经建成一批“智能化生活小区”、“数字社区”的示范工程。在国内, 近十多年来, 深圳、北京、海口、济南、广州等城市和国内著名科研院校相继建立了一些专业数据库和应用开发系统, 为“数字城市”的研究积累了大量的经验和数据。清华大学成立了中国第一个“虚拟制造中心”, 分布在清华大学的自动化系、精仪系和机械系, 进行异地协同仿真研究。1999年, 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室成功地解决了构建数字城

市的关键技术: 三维城市模型快速重建, 大范围海量数据动态装载以及多种类型空间数据有效组织和管理等。目前, 深圳、广州、上海、襄樊、常州、苏州等城市已开始进行“数字城市”示范应用研究, “数字江苏”率先于2001年3月拉开帷幕后<sup>[1]</sup>。各个城市建设数字城市的方案不尽一致, 但所需要的关键技术是相同的。总体上讲, 建设数字城市所需的关键技术主要包括: 空间信息技术和空间数据、计算机网络、遥感技术、地理信息系统(GIS)、差分GPS技术、数据库管理技术及可视化和虚拟现实技术等<sup>[2]</sup>。对于数字校园也是一样, 同样需要多种学科技术的支持, 特别是信息学技术的支持, 以便在计算机网络上得以实现。根据参考文献[2], 我们可以将建设数字校园所需的关键技术概括为如下三个方面。

(1) 基础空间信息的获取和建库。

(2) 地理信息系统的建立。

(3) 三维海量信息的表达和传输技术。

其中, 基础空间信息的获取和建库工作是建立数字校园的基础。随着空间数据库的主流技术的发展, 包括应用服务器中间件技术, 建立了大区域的三维分布式空间数据库, 并与传统二维GIS紧密

结合,真三维 GIS 就可以起到真正的作用,我们建立的数码园区和数码城市才能够发挥它的作用<sup>[9-13]</sup>。

本次数字化校园工程——“数字成都理工大学”中建立的基础地理信息和建筑物等地面设施信息数据库就以“3S”技术为信息获取的主要手段,以 2000 年获取的高精度彩色航空像片为主要信息源,采用全数字摄影测量软件 VirtuoZo,在立体像对上进行信息采集提取。其数据采集利用已有的图件和图表等资料,通过扫描仪、键盘等方式实现数字化和矢量化。下面结合数字化校园工程——“数字成都理工大学”项目,对如何利用高分辨率遥感影像,建立三维虚拟校园的方法进行阐述、探讨。

## 1 “数字成都理工大学”三维虚拟校园基础信息的获取

根据数字化校园工程项目的建设要求,“数字成都理工大学”系统包括:成都理工大学基础地理信息系统数据库、水、电、气管网设施数据库、房地产信息数据库、基础设施数据库以及人事档案数据库等十多个数据库。其中,基础信息数据库是建立数字成都理工大学校园工程的基础和关键。只有建立了完善的基础信息数据库,才能在此基础上开发出不同应用目的的高性能子系统。该数据库建设由成都理工大学国土资源信息技术与应用国土资源部重点实验室承担。基础信息数据库的内容包括:

- (1) 数字地面模型(DEM)。
- (2) 数字正射影像(DOM)。
- (3) 数字线划图(DLG)。
- (4) 三维建筑物模型。

数字理工大学校园工程基础空间数据的采集,包括所有地面和地下基础设施的数据。地下管网主要根据已有的平面图,通过数字化、矢量化采集数据。而获取校园地面基础空间信息的途径很多,总结起来有如下方式。

### 1.1 基于传统测量手段

数字化测图的发展使传统测量手段较简单便捷,但测量的速度和精度受天气等因素影响较大。

### 1.2 图纸数字化

目前数字化软件很多,数字化精度也较高,但只能直接表现平面信息,而高度只是作为属性信息关联于其中。

### 1.3 利用摄影测量技术获取

随着科学技术的发展,计算机和高新技术得到广泛应用,数字摄影测量技术已相当成熟,相应的软件和数字立体摄影测量工作站已得到普及。

第三种方式与前两种相比有如下优点。

- (1) 速度快。
- (2) 采点密度可以人为控制,精度较高。
- (3) 能够直接为 GIS 提供有效可用的三维数据。

考虑到校园面积较大,而已有的校园建筑物平面图精度较低,且时间久远,与现在的校园实际情况有一定的出入,不适合通过数码相机、摄影机摄影、图纸或工程扫描图矢量的方式获取地面空间信息。因此,利用高分辨率影像结合数字摄影测量技术,无疑是最佳的信息提取手段。目前,可以使用的高分辨率影像有遥感卫星图像(如 IKONOS 卫星 1 m 分辨率的全色影像和 4 m 分辨率的多光谱影像、空间分辨率为 0.61 m Quick Bird 遥感卫星影像等)和航空影像。考虑到数字校园三维信息提取和模型建立的方便,在研究中,我们使用了 2000 年 4 月获得的 1:4 000 高精度彩色航空照片(如图 1 所示),通过 VirtuoZo NT 全数字摄影测量软件、PCI 图像处理等软件,把 16 对立体像对进行定向,确立校园的数字地面模型(DEM)和数字正射影像(DOM)。然后,利用数字正射影像,通过地物采集模块进行地物空间位置测绘得到数字线划矢量图(DLG),从而获取建筑物的平面位置和高度等信息。

利用 VirtuoZo NT 全数字摄影测量系统进行数字采集的具体流程如下页图 2 所示。数字摄影测量绝对定向所需要的地面控制点坐标可通过全站仪和 GPS 测量获得,共测得 28 个控制点,满足 16 个立体像对绝对定向的需要。在利用数字正射影像测图中为了保证地物绘制的精度,工作中采用了全站仪进行抽样检查,检查结果符合精度要求<sup>[3-5]</sup>。

## 2 成都理工大学虚拟校园三维模型建立

### 2.1 三维虚拟校园建设思路

如何将成都理工大学真实面貌如实地表现出来,是该项目虚拟现实模块需要解决的一个关键技术问题。解决这个问题大致有如下手段。

- (1) 直接使用 3D 软件,比如 AUTOCAD、



图1 2000年4月获得的1:4000高精度彩色航空像片(1个立体像对)

Fig.1 High-resolution color aéro photographs acquired in April 2000 with a scale of 1:4000 (one stereo pairs)

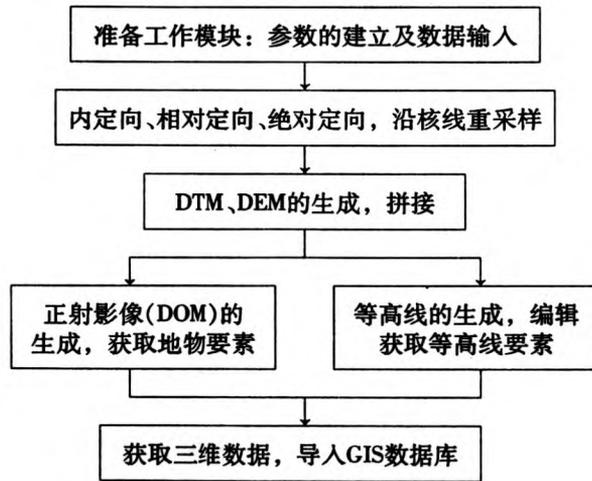


图2 数据采集流程框图

Fig.2 Flow process chart of data acquisition

3DMAX,用它们可以直接做出比较逼真的三维模型。特别是对于那些不规则的建筑物(如拱顶、桥、尖塔、廊厅、路灯等)和自然物(如树木等),能逼真表示其精细结构和材质特征。但建模需要专业级计算机造型能力,生成的三维动画文件只能为用户被动播放,而不能为用户控制观看(如缩放、漫游、旋转等)。对于大范围区域,如果每个模型都这样建立不仅费时,也不实际。

(2) 使用计算机立体视觉技术。但目前计算机视觉应用还主要局限于二维图像的处理与识别,而在三维视觉方面的应用还有些困难<sup>[6,7]</sup>。

(3) 利用数字摄影测量技术进行三维建模。采用这种方法主要是建模速度快、自动化程度高、适合于大范围区域建模;现势性较好,易于更新;而且信息丰富,不仅可以从航空遥感影像中提取地面景观目标的三维坐标,同时还能获取地面景观的纹理等优点<sup>[8]</sup>。考虑到用数字摄影测量技术进行三维建模的诸多优点,数字成都理工大学三维景观的建立,就是采用以这种方法作为地表和规则建筑物的重建,并辅以 3DMAX 和 IMAGIS 软件对室内和复杂建筑物建模的技术路线,实现数字校园三维虚拟重建。

## 2.2 成都理工大学三维虚拟校园建设

从本质而言,三维建模应该由几何建模(geometrical modeling)与纹理建模(texture mapping)两部分组成,它由正射影像+DEM构成三维地形表面和房屋的几何模型+纹理构成三维建筑物,以及三维的植被(森林)与其它地物所组成<sup>[9]</sup>。

在VirtuoZoNT数字摄影测量系统上面进行数据采集处理以后,我们获得了影像数字产品:DTM(数字地面模型)、DEM(数字高程模型)和DOM(数字正射影像)。并在数字正射影像上对规则建筑物进行测量,生成了DLG(数字线划图)和建筑物的XYZ文件。此时建立三维模型的准备数据已经形成,这些数据将直接被导入虚拟现实建模软件Cyber City中进行建模。根据DEM重建逼真的地形表面形态,再叠加正射影像数据,就生成了真实感很强的地表虚拟景观。

对于地面建筑物,Cyber City软件可以自动将模型提取生成,并根据正射影像,将提取部分建筑物侧面及全部的房顶纹理,并粘贴到相应的建筑物上。但软件自动提取的建筑物侧面纹理很粗糙,此时看到的建筑物并不是很美观,所以大部分建筑物侧面纹理还需要用数码相机拍摄,或用数码相机在实地采集建筑物外景纹理素材,并用Photoshop软件处理,在Cyber City环境中重新粘贴纹理,这样就建立了成都理工大学虚拟校园三维模型(如图3所示)。

为了更美观地把成都理工大学的面貌展示出来,还需把难以从航片上获取的复杂地物(如廊厅、雕塑、凉亭、路灯、塔型建筑物)和自然物(如树木等)建立起来。对于这些复杂地物,我们采用了三维可视化地理信息系统IMAGIS软件,方便、快速地把路灯、廊厅等单个模型建立起来。对树的建立,我们采用了纹理建模方式,通过透明度的调整即可实现其三维效果。图4(见下页)就是加入复杂地物模型修饰后的数字理工校园景观。

建成后的三维数字校园具有强大的三维交互功能,用户在虚拟校园中可以自主行动进行浏览,体验场景的真实感,这种方式消除了描述性文字或图片交流上的障碍。

## 3 结语

通过作者在本文中的探讨研究和项目的建设,证明了航空影像是数字园区基础地理信息和建筑物重建的主要数据源,特别是数字摄影测量技术为三维数据的获取,提供了经济、快捷的方法。基于航空像片和数字摄影测量技术,能够快速有效地获取地表和地物的三维信息。这些三维数据可以直接或经过格式转换,导入建模软件中进行三维建模,较快地实现数字城市或数字园区的三维虚拟现实建设。尤其对没有进行二维平面数据生产的地区,进行快速三维重现这种方法最为有效。数字



图3 数字成都理工大学三维虚拟校园(部分景观)

Fig.3 The 3D-visualization landscape of digital Chengdu University of Technology

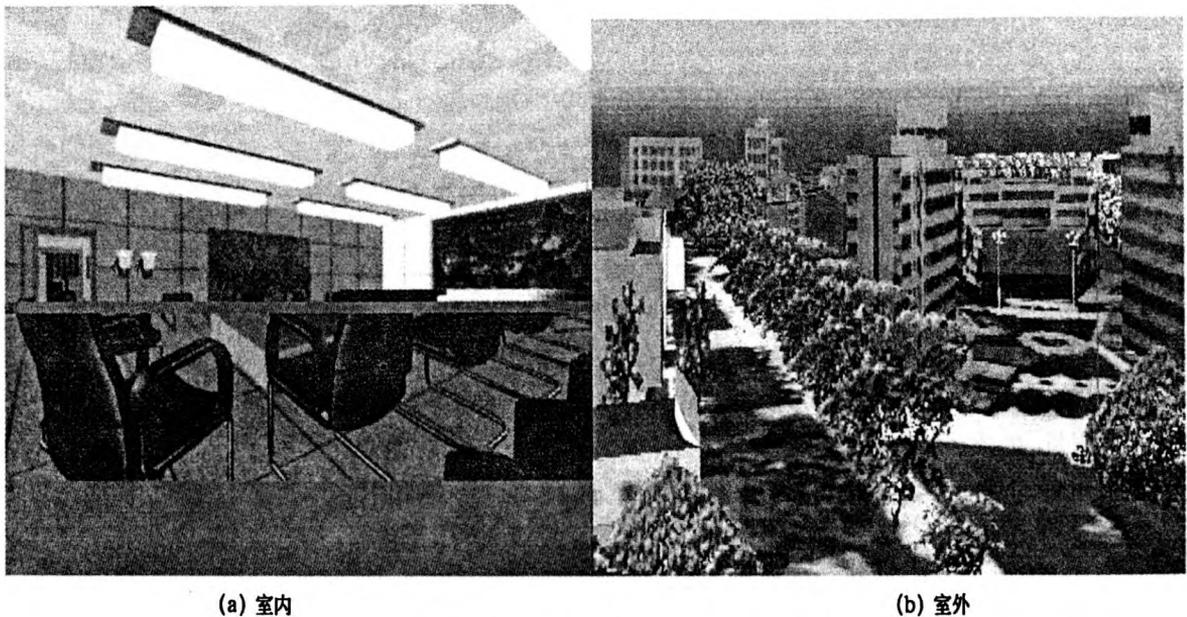


图4 加入复杂模型修饰后的数字校园景观

Fig. 4 The landscapes of digital campus modified by complex three-dimensional models ((a) - indoor; (b) - outdoor)

校园或数字园区三维模型的建立,只是数字城市中城市建模的一小部分。随着房屋几何建模的半自动化,利用“单、多张影像”进行建筑物的三维重建,房屋墙面纹理影射的半自动化及房屋墙面纹理遮挡分析、数据压缩等问题的解决,才能使三维建模获得迅速发展。这势必会给以后的数字校园或数字城市的建设,带来更多的解决方案和途径。并且,我们进行三维虚拟建模的目的,并不仅仅是为了浏览,建模的结果必须与GIS系统相连接,赋予其查询、分析等功能。

#### 参考文献:

- [1] 顾朝林,段学军. 论“数字城市”及其三维再现关键技术[J]. 地理研究,2002,(1):14.
- [2] 李德仁,朱庆. 数码城市:概念、技术支撑和典型应用[J]. 武汉测绘科技大学学报,2000,(4):283.
- [3] 杨武年,濮国梁. 数字化校园工程——数字成都理工大学[A],中国测绘学会编:地理空间信息技术与应用-中国科协2002年学术年会测绘论文集[C],成都:成都地图出版社,2002.

- [4] 闵世平,李成名,印洁. 空间三维数据获取方法初探[J]. 测绘通报,2003,(11):17.
- [5] 适普软件有限公司. 全数字化摄影测量系统 VirtuoZoNT 使用手册[M]. 1999.
- [6] 朱述龙,张占睦. 遥感图像获取与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [7] Kenneth R Castle man. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,1998.
- [8] 曾润国,袁志锋. 数码校园 GIS 中的三维建模[J]. 工程勘察,2002,(3):47
- [9] 张祖勋,张剑清. 城市建模的途径与关键技术[J]. 世界科技研究与发展,2003,(3):23.
- [10] 龚健雅. 当代地理信息系统进展综述[J]. 测绘与空间地理信息,2004,(1):5.
- [11] 张祖勋. 数字摄影测量的发展与展望[J]. 地理信息世界,2004,(3):1.

作者简介:曾涛(1977-),女,硕士。2000年毕业于武汉测绘科技大学测量工程专业,从事测绘工程教学工作。