

# 园林三维数字化测绘研究与应用

薛彩霞<sup>1</sup>, 杨威<sup>2</sup>, 张璟<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 苏州科技学院, 江苏 苏州 215011; <sup>2</sup> 苏州市文物保护管理所, 江苏 苏州 215006;

<sup>3</sup> 江苏省基础地理信息中心, 江苏 南京 210013)

**摘要** 运用三维激光扫描技术实现园林三维数字化测绘。以苏州园林为对象, 通过对三维激光扫描技术在园林三维数字测绘中的方法和数据处理过程研究, 实现复杂的古典园林数字化精准测绘, 取得了满意的结果。该应用将会对有效保护我国丰富的园林文化遗产起到重要的作用。

**关键词** 园林 数字化 三维激光扫描 测绘

中图分类号: P208

文献标识码: B

文章编号: 1672-4097(2011)05-0053-03

## 1 引言

苏州古典园林名扬海内外, 是中国造园艺术的典范, 其中拙政园、留园、网师园、环秀山庄等重要园林列入了全国重点文物保护单位的名录, 截至2000年, 有九处苏州古典园林先后被联合国教科文组织世界遗产委员会列入了《世界遗产名录》, 因此, 保护和管理苏州古典园林, 抗衡随着社会的发展众多人力以及自然的破坏已成为苏州保护这些历史文化遗存新的使命。研究和应用地面三维激光扫描测量技术, 获取物体表面的三维信息, 为园林、古建等测绘提供了一种全新的技术手段, 使园林平、立面图的传统测绘方法, 转变为连续自动的获取三维空间数据, 形成空间“点云”数据图, 进行计算机量测和三维立体建模, 实现园林这一复杂空间形态的数字化测绘, 从而大大提高了园林测绘效率和精度, 为园林、古建的保护、管理和修缮等提供了一个崭新的途径。

## 2 三维激光扫描测量技术

三维激光扫描技术主要是通过三维激光扫描仪测量获得激光束从发射到返回所用的时间得到距离观测值, 以及利用精密时钟控制编码器保证激光扫描仪能够同步地测量出每个激光脉冲的横向扫描角度观测值  $\alpha$  和纵向扫描角度观测值  $\theta$ 。三维激光扫描测量使用的是仪器内部坐标系, X 轴在横向扫描面内, Y 轴在横向扫描面内与 X 轴垂直, Z 轴与横向扫描面垂直。由此可得到三维激光脚点坐标的计算公式:

$$\begin{cases} X = S \cos\theta \cos\alpha \\ Y = S \cos\theta \sin\alpha \\ Z = S \sin\theta \end{cases} \quad (1)$$

三维激光扫描测量是对复杂实体或实景目标重建三维数据模型, 通过三维激光扫描测控网布设, 实地扫描, 获取“点云”数据, 对数据后期处理, 获取目标的线、面、体等三维数据, 完成对地貌、地物整体或局部的高精度测量, 实现三维数字化测绘。

## 3 三维激光扫描测量控制网布设

苏州古典园林其构建特点是亭台、楼阁、叠石假山、小桥流水等景观营造。虽面积不大, 但地形、构筑复杂。因此, 应用三维激光扫描数字化测绘, 首先要建立园林首级地面导线控制网, 利用地面控制网, 用全站仪测定靶标控制点的坐标  $(X, Y, H)$ , 靶标控制点用于三维激光扫描测量配准, 其布设要满足自由设站扫描仪在每一个视点上能够测到三个以上的配准控制靶标点, 这样就能够将分块多站扫描获取的地形“点云”数据配准到统一的坐标系下, 如图1所示。

### 3.1 三维激光扫描点云数据采集

三维激光扫描是一项通过高密度的扫描点(点云)来表达和记录被测物体尺寸和形状的技术。点云是三维激光扫描仪扫描结束后通过软件执行后的一种数据保存方式。在三维扫描测量数据采集集中, 通过

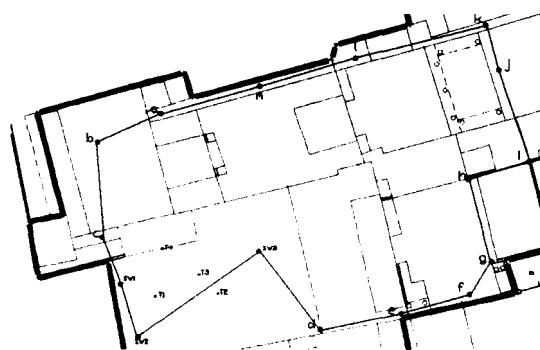


图1 首级导线控制网和靶标点控制网

不同的扫描测量视点,获得其周边 360°全方位的“点云”数据,在这些扫描测量数据中不可避免的会有测量误差,尤其是尖锐边和边界附近的测量数据以及测量数据中的坏点,这些数据点使其周围的曲面偏离其正确原曲面,所以对原始“点云”数据应进行野外预处理,如补测、重测,如图 2 所示。

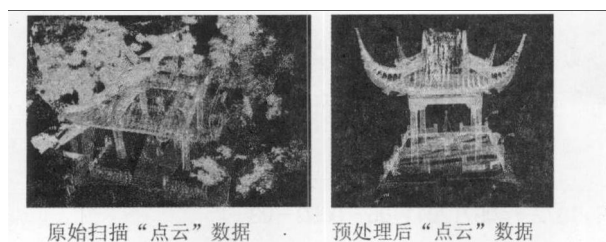


图 2 原始“点云”数据预处理

### 3.2 三维激光扫描点云配准

在园林测绘中所获得的原始“点云”数据是在多个不同坐标系(测站)下扫描测量得到的分块点云集合。分站扫描得到的任一“点云”数据集合中,扫描点间的相对位置关系是正确的,为使不同测站“点云”数据集间的相对位置关系一致,需将分块多站扫描获取的“点云”数据统一配准到同一工程测量坐标系下。其坐标转换公式为:

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中,  $(X_i, Y_i, Z_i)$  为靶心点在全站仪测量坐标系下坐标,  $X_s, Y_s, Z_s$  为靶心点在扫描仪坐标下的坐标,  $\lambda$  为模型缩放比例因子,  $a_1, b_1, \dots, c_3$  为坐标轴系 3 个旋转角的方向余弦,  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  为坐标原点的平移量。

通过坐标转换,各测站扫描的“点云”数据配准到同一坐标系下,拼接成为完整的 360 度三维空间点云模型,如图 3 所示。

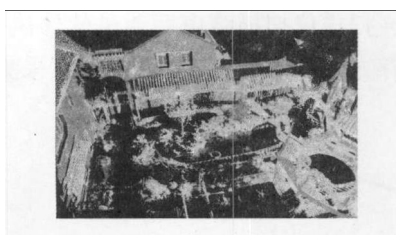


图 3 配准转换后“点云”数据图

### 3.3 三维激光扫描“点云”数据滤波

三维激光扫描测量所获得的点云数据,包含了所有被测物空间信息,因此,对一些不需要的地物信息需要滤波去噪声,如建筑物前的树木、临时堆放物等遮挡物,激光穿过透射物体如建筑物表面玻

璃等,会在建筑物表面形成冗余数据,这些冗余数据是无效的,同时会增加计算机内存,降低数据处理效率。滤波、去噪,剔除冗余数据可通过人工处理,也可通过后处理软件设置视点与被扫物体距离阈值删除噪声,消除和降低噪声“点云”对有效信息的干扰,提高提取地物、地貌表面特征点的有效性和正确性。

## 4 园林地物、地貌测绘

### 4.1 地物、地貌“点云”数据特征点提取

为了准确测绘园林的地物、地貌,需要正确的在“点云”上提取特征点信息。经过点云数据预处理,分站扫描点云数据的坐标配准转换,整体“点云”数据滤波去噪,即可对“点云”数据进行拟合处理,处理可利用自动分段处理功能、抽取功能、TIN 模型构建功能,使点云数据模型化,由模型生成断面图(立面图)、投影图(平面图)、等值线图(等高线图),并将模型以 CAD 的格式输出,分别存储成不同的块文件,得到地形、地物平面、立面三维“点云”特征数据。

### 4.2 园林数字化三维测绘

#### 4.2.1 平面、立面图测绘

将提取得到地形、地物平面“点云”数据文件导入 AutoCAD 进行图形编辑,对导入所得到的“点云”数据模型,利用软件系统图形编辑处理功能,进一步提取地形、地物特征点,对地形线、建筑物、构筑物的进行数字化测绘,同时加入点状、线状、面状地物、地形符号编辑成图,如图 4 所示。

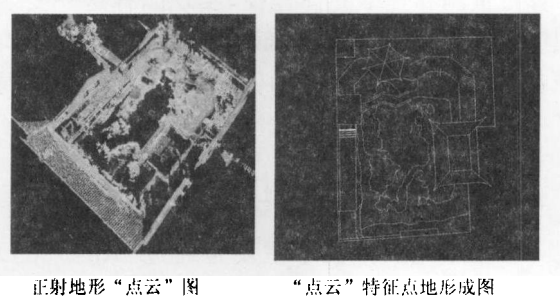


图 4 园林平面地形测绘

对导入的立面数据文件,利用软件系统图形编辑处理功能,对地形线、构筑物、建筑物的细部特征点进一步提取,进行量测成图,如图 5 所示。

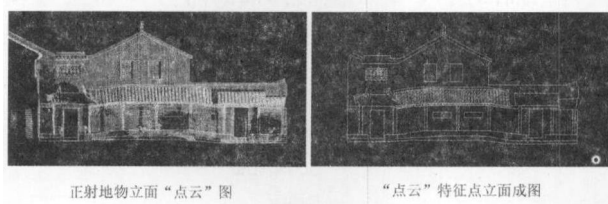


图 5 园林亭、台、楼阁组合立面测绘

由于园林立面形态相对于一般建筑物、构筑物立面组合更加复杂,需要根据其园林营造建筑特点、风格,对“点云”图进行编辑绘制,如园林中的亭、台、楼阁等立面细部,对一些窗体、门格和墙体砖雕、石雕装饰,其对称性好的,可根据实际几何形态设计比例图例符号,进行“面域”编绘,如图 6 所示。

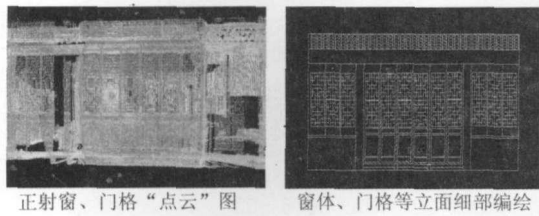


图 6 园林古建窗、门立面精细测绘

#### 4.2.2 纹理映射测绘

园林中古建筑的外观一般比较复杂,仅仅在点云上简单的通过眼睛的观察找出特征点、线有时是非常困难的,此时可以将 CCD 得到的 2D 真彩色图像映射到三维扫描仪得到的 3D 灰度图上。设点云中 A 点的扫描基站空间坐标为  $(X, Y, Z)$ , 而对应的数字影像上同名点  $a$  的像面坐标为  $(x, y)$ , 则从三维“点云”模型到二维数字影像直接映射关系表示为:

$$\begin{bmatrix} xw & yw & w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} uq & uq & q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & d & g \\ b & e & h \\ c & f & i \end{bmatrix} \quad (3)$$

在纹理映射后,参照坐标系转换的方法将三维模型转换为正视立面模型,进行切片,结合点云数据模型,对建筑物立面进行多角度分析,找出建筑物轮廓信息与“点云”数据模型关系,提取其边界特征点、线、面,测绘其立面图,如图 7 所示。

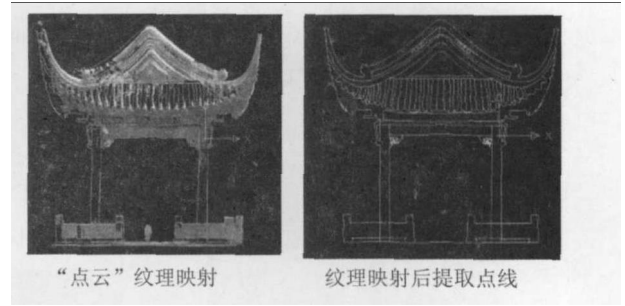


图 7 纹理映射后提取边界轮廓信息

## 5 结束语

通过采用三维激光扫描测量技术,对苏州园林进行测绘控制网的布设、自定义坐标系和工程坐标系之间的配准,园林“点云”数据的采集、拼接、处理等过程和方法的研究应用,可以看到与传统园林测量方法相比,三维激光扫描测量技术具有高精度、高密度、高效率的优点,其在古典园林测绘中,相比传统的手工测绘、全站仪数字测图等方法,明显降低了工作难度和工作量,为古典园林数字化测绘开辟了新的途径。

### 参考文献

- 1 李清泉,等著. 三维空间数据的实时获取、建模和可视化 [M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.
- 2 梅文胜,等. 基于地面三维激光扫描的精细地形测绘[J]. 测绘通报, 2010(1):53-56.
- 3 吴静,等. 基于三维激光扫描数据的建筑物三维建模[J]. 测绘工程, 2007,16(5):57-60.
- 4 李必军,等. 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,2003, 28(1):64-60.
- 5 黄磊,等. 基于激光扫描仪数据的建筑物立面特征信息提取[J]. 测绘科学,2006,31(6):141-142.

## Research and Application of Three-Dimensional Digital Surveying and Mapping of Garden

XUE Cai-xia<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Suzhou University of Science & Technology, Suzhou Jiangsu 215011, China;

<sup>2</sup> Suzhou Urban Heritage Conservation Management, Suzhou Jiangsu 215006, China

<sup>3</sup> Jiangsu Fundamental Geomatics Center; Nanjing Jiangsu 210013, China)

**Abstract** The three-dimensional digital surveying and mapping of garden has been realized by three-dimensional laser scanning technology. Taken Suzhou gardens for an example, by studying the methods and data processing of three-dimensional digital surveying and mapping in the gardens with three-dimensional laser scanning technology, the precise digital mappings of the complex and classical gardens have been realized and achieved satisfactory results. Such an application will play an important role in protecting our rich cultural heritage of gardens effectively.

**Key words** gardens; digitization; 3D laser scanning; surveying and mapping