

# 基于 SWDC-5C 和 Smart3D 的三维建模关键技术研究

于宁 田茂荣 张奇伟 刘建明

山东省国土测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v2i1.88

**[摘要]** 利用倾斜航空摄影测量技术进行实景三维建模是近几年来国内测绘高新技术热点之一,相比于传统的三维建模技术工艺,该技术具有工期短、成本低、范围大、精度高、三维场景真实、建模过程自动化等无可比拟的优势。本文介绍了利用 SWDC-5C 倾斜航摄仪的航摄技术配合 Smart 3D 软件数据处理平台,进行泰山风景区实景三维模型数据生产的应用实例。结果表明,这种方法可以高效、真实地完成实景三维模型数据生产,具有非常好的应用前景。

**[关键词]** 倾斜摄影测量; SWDC-5C; 三维模型

## 引言

倾斜摄影技术是近些年来测绘领域发展起来的一项高新技术。它突破了常规航空摄影只能从垂直角度拍摄获取二维影像的限制,利用多台传感器从不同角度对物体进行多角度数据采集,从而快速、高效地获取丰富的三维地物数据信息,它不仅能够反映真实地物的情况,高精度地获取物方纹理信息,还可通过先进的定位、融合、建模等技术,生成真实的三维信息模型。<sup>[1-3]</sup>

### 1 倾斜摄影技术

倾斜摄影航摄仪通过采用多视角对地面进行观测,获取对应的航空影像,在建立地表模型的过程中,赋予模型更多的地理信息。相比垂直影像,倾斜影像有着显著的优点,它能提供更多视角去观测地物的侧面。倾斜航空摄影有如下特点<sup>[4]</sup>:

1.1 覆盖范围较完整,信息较丰富,相比正摄影像从垂直方向获取垂直影像,倾斜影像能让我们从多个角度观察地物,更加真实全面地反映地物的实际情况,极大地弥补了基于正摄影像在应用上的不足。

1.2 倾斜影像可实现单张影像量测,通过配套软件的应用,可直接基于成果影像进行包括高度、长度、面积、坡度等属性信息的量测<sup>[8]</sup>。

1.3 建筑物侧面纹理可采集,针对各种三维全景的应用,利用航空摄影成图方法具有大规模的特点,加上从倾斜影像批量提取及贴纹理的方式,能够有效的降低城市三维建模成本,提升三维模型场景的真实性。

1.4 影像数据获取速度快,周期短,后处理自动化程度高,有利于数据及时更新。

目前,国内主要有 Microsoft UC0、A3、Leica RCD 30、SWDC-5、AMC580、TOPDC-5 等倾斜航空相机,它们都是采用的一个下视镜头和四种侧视镜头的成像模式。为了尽可能保证下视和侧视获取影像的分辨率一致,下视镜头的焦距较侧视镜头的焦距短。

### 2 SWDC-5C 倾斜航摄仪和 Smart 3D 建模技术

#### 2.1 SWDC-5C 倾斜航摄仪

泰山倾斜航空摄影使用 SWDC-5C 倾斜航摄仪。它是中国

测绘科学研究院下属的北京四维远见公司自主研发的设备,基于其系列产品 SWDC-4C 的技术基础,继承了 SWDC-4C 的所有特点,并进行了技术优化,SWDC-5 数字航空倾斜摄影仪采用下、前、后、左、右五个方向视角的数码相机。该系统的五台相机集成安装于一体,中间一个相机竖直向下,四周四个相机在安装盘上以一定的顺序成 40° 倾斜安装,如图 1 所示。采用多路相机集成控制,及可靠的数据采集,存储技术,同步拍摄采集地面建筑的顶部和侧视纹理。配备的自主研发的飞控系统以及一系列的后处理软件通过特定数据处理软件进行数据处理,可快速获取地物完整准确的影像信息,为数字城市三维建模提供高精度、大比例尺的多视遥感影像<sup>[5-6]</sup>。



图 1 SWDC-5 倾斜航摄仪及其姿态示意图

其主要参数见下表 3-1:

下视主距	50 mm
斜视主距	80 mm
像元大小	6 μm
像幅	8176 X 6132
倾斜相机角度	40°
子相机同步时间	1 毫秒以内
畸变差	< 2 μm
GNSS/IMU	
POS2010, 位置精度 0.05-0.3m, 翻滚角和俯仰角不超过 0.005 deg	

#### 2.2 三维建模软件 Smart 3D 介绍

法国的 Smart 3D 是基于图形运算单元 GPU 的快速三维场景运算软件,它无需人工干预地将连续的影像生成最逼真的实景真三维场景模型。它具有简单、快速、自动建模的特点,具有广泛的数据兼容性和优化的数据输出格式。

### 3 泰山三维数据生产

## Geological mining surveying and mapping

常规三维建模的对象主要是建筑物,数字泰山建模除了建筑物,更多的是泰山山体、植被、道路模型。由于核心区部分属于高山地,平均海拔高度达到 1532.7 米,山体复杂、高差大。本项目采用 SWDC-5 倾斜航摄影进行倾斜影像数据的获取,再利用 Smart 3D 软件进行数据后处理,构建起泰山风景区的实景三维模型。生产实施的工艺流程如图所示:

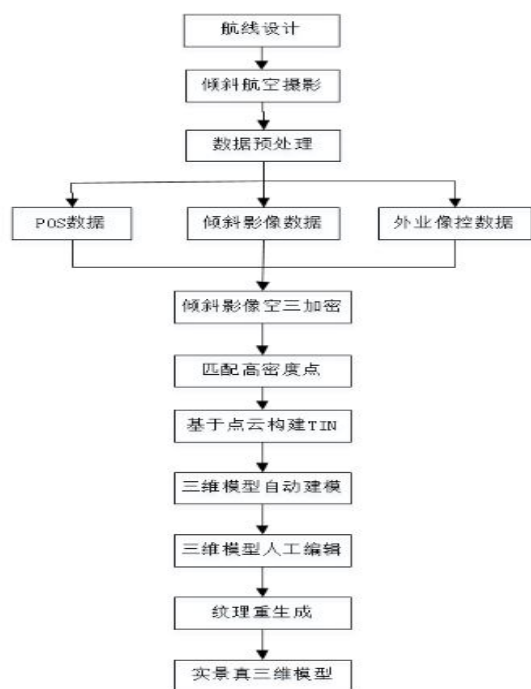


图2 基于倾斜摄影测量技术的实景三维建模总流程图

### 3.1 倾斜航空影像获取、数据预处理阶段

#### 3.1.1 倾斜航空摄影

本次倾斜航空摄影为泰山风景区,摄区面积 13.5 平方千米,摄区地面平均海拔高程 1450 米,设计地面分辨率优于 0.09m,相对航高 759 米,下视航向重叠度为 73%,下视旁向重叠度为 75%,为了满足摄区覆盖,航向边缘覆盖至少超出两条基线,旁向覆盖为超出边界为像幅 50%,摄区航线设计为 13 条,共 372×5 张影像。航线敷设如图 3 所示。

SWDC-5 倾斜航摄影仪带有 POS 系统,设计检校场对本摄区 POS 数据检校,由于摄区高差起伏较大,检校场选在摄区范围外较平坦的泰安城区,采用四条高重叠度的平行航线,每条航线不少于 20 张照片。

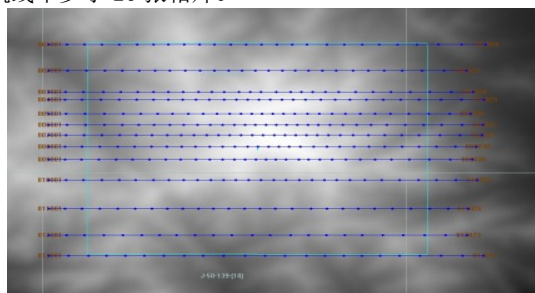


图3 测区航线布设示意图

#### 3.1.2 数据预处理及 POS 数据的解算

本次数字泰山实景三维的生产任务共飞行一个架次,完成泰山约 13.5 平方千米的三维实景的生产。

倾斜航摄影的五个相机分别朝向不同方向,在拍摄瞬间由于角度不一致,必然会造成光线反差、强度等的不一致,这样就会导致同一地物影像在不同相机拍摄时的色彩、明暗程度的差异。最终影响整个三维建模的效果。这就要在影像质量检查阶段和后期拼接阶段对影像进行辐射校正,解决影像色彩差异对三维建模的展示效果的影响。

使用 SWDC-5C 航摄系统支持软件下载图像和数据检查,生成 TIFF 图像,使用 Internet explorer 和 Inpho 软件进行检校场的解算和 POS 数据的解算,获取准确的相机内方位元素和每张影像的精确外方位元素,将所有影像纳入到统一坐标系统中。

#### 3.2 空中三角测量<sup>[5-8]</sup>

a 数据准备根据摄区范围选择影像,整理解算完成的 POS 数据;分析相机文件,获取航摄影的相机焦距、像素,四个倾斜相机与下视相机的相对位置关系;根据航摄飞行方向对影像进行相应的旋转;建立金字塔,对原始扫描影像进行压缩处理,提高运算速度。

b 在 Smart 3D 软件中创建工程,将预处理得到的倾斜影像、POS 数据、以及外业像控成果导入工程。

c 影像自动匹配 首先提取特征点,对提取的特征点采用多视匹配和密集匹配的方式进行同名点匹配(由粗到细的匹配策略)。泰山高差大、山体多,在匹配过程中会出现由于阴影遮挡造成的连接点不够的情况,对于这样的情况,采取反复增加此处的特征点,重新匹配。

d 相对空三解算 达到相对定向连接点上下视差中误差为 1/3 像素,连接点上下视差残差为 2/3 像素。

e 绝对空三解算 在相对空三完成后,结合外业控制点,在立体显示环境下精确测量控制点。经过区域网平差的优化,获取每一幅影像精确的外方位元素。

#### 3.3 泰山三维模型的生成

##### 3.3.1 三维重建

经过空三加密后获得了地表高密度的点云数据,对点云数据进行切块分割,按照设置的优先级对分割区域的区块内的密集点云构建 TIN 三角网(图 4),并生成带白膜的三维模型(图 5)<sup>[9]</sup>。

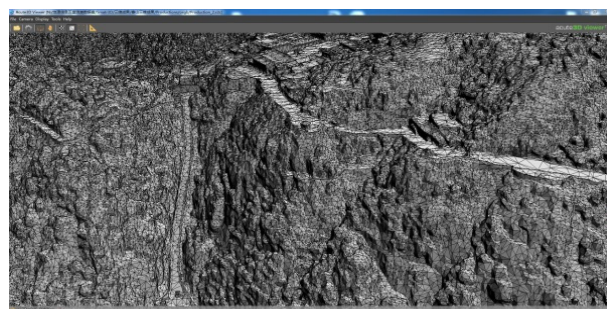


图4 利用密集点云构建 TIN 三角网

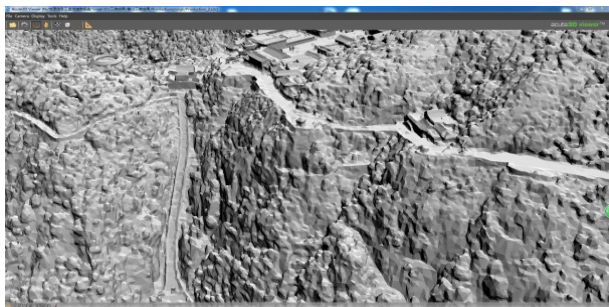


图5 基于 TIN 三角网的白膜模型

对形成的三维模型赋予纹理 由于所有纹理影像均具有精确定位信息,将纹理影像与三维 TIN 模型进行配准,从而自动快速将影像赋予白膜模型的相应位置(图 6),输出逼真的三维实景模型<sup>[10]</sup>。

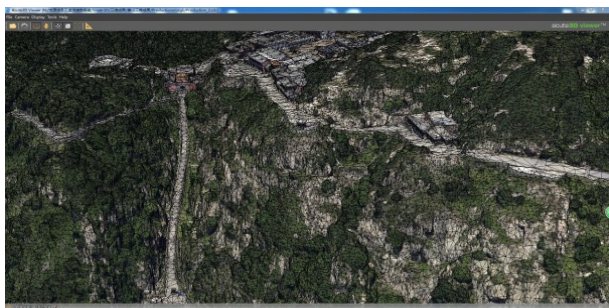


图6 赋予影像信息的三维模型

### 3.3.2 模型修复与编辑

由于数据获取过程中受飞行平台的影响或者后处理软件算法的原因,在全自动实景三维建模过程中,模型会出现纹理变形、纹理不均匀、悬浮物漂浮等一些影响模型效果的问题。为了达到精细化模型的效果,可以利用第三方软件 3D Max 等,结合空三加密成果和初始的三维模型,对生成的原始模型进行编辑,对明显缺陷的区域进行修复工作。

### 3.3.3 泰山风景区实景三维模型生成

将修复完善后的实景三维模型在 Smart 3D 软件中,对寺庙、镂空、数目等具有定位信息的地物贴纹理编辑,完成后,生产出全要素的泰山风景区实景三维模型(图 7)。

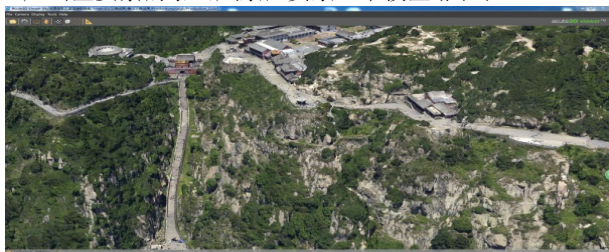


图7 泰山风景区实景三维模型

## 4 结束语

SWDC-5C 倾斜航摄仪和 Smart3D 的三维建模技术在本次项目中较好的完成倾斜影像获取的任务。与传统三维实景建模相比,自动化程度高、周期短,进一步提高了倾斜摄影测量技术在实景三维建模中的效率。利用 SWDC-5C 倾斜航摄仪获取的影像层次分明、细节丰富,很好地实现了对泰山风景区旅游景观的实景还原,具有立体逼真的效果。会对泰山风景区的宣传起到一定的推动效果,促进泰安智慧旅游业的发展。

由于飞行高度、地物遮挡等原因,自动化得到的三维模型成果会存在遮挡、细节纹理不清晰的问题,除了人工干预的方式进行部分修补外,可以考虑利用无人机辅助倾斜摄影,以取得更好的全自动化模型效果。另外,三维模型的精度山上和地表的精度有差异,随着我们对三维模型应用的推广,三维模型的不同位置精度的控制需要进一步的研究。

### [参考文献]

- [1]李镇洲,张学之.基于倾斜摄影技术快速建立城市三维模型研究[J].测绘空间与地理信息,2012,35(4):117-119.
- [2]黄健,王继.多视角影像自动化实景三维建模的生产与应用[J].测绘通报,2016,(4):75-78.
- [3]周晓敏,孟晓林,张雪萍.倾斜摄影测量的城市真三维模型构建方法[J].测绘科学,2016,41(9):159-163.
- [4]李福安,吴晓明,路玲玲.SWDC-5 倾斜摄影技术及其在国内的应用分析[J].现代测绘,2014,37(6):12-14.
- [5]张骥,高钊,陈容.基于 LeicaRCD30 倾斜航摄仪和 Smart3D 技术快速进行城市三维实景生产[J].测绘技术装备,2014,(3):61-63.
- [6]赵淑玲.倾斜摄影技术在山国家地质公园实景三维建模中的应用[J].地球,2015,(8):172-182.
- [7]张平,刘怡,蒋红兵.基于倾斜摄影测量技术的“数字资阳”三维建模及精度评定[J].测绘工程,2014,37(3):115-118.
- [8]陈兴芳,马明霞,张海欢,等.基于倾斜摄影测量技术的高原地区三维城市建模研究[J].测绘与空间地理信息,2016,39(08):149-152.
- [9]孙宏伟.基于倾斜摄影测量的三维数字城市建模[J].现代测绘,2014,37(1):18-21.
- [10]钟耀武,华建新,段佳.基于 AMC580 多视角航空摄影系统的快速真三维数据生产与应用初探[J].国土资源导刊,2014,(05):149-152.

### 作者简介:

于宁,(1988--),河南开封人,工程师,主要从事航空摄影测量工作。