

基于 LiDAR 数据的 3D 产品生产新技术

吕良寿

(福建省地质测绘院, 福州, 350011)

摘 要 机载 LiDAR 系统作为新技术用于获取高精度、高密度的三维坐标及与其匹配的影像数据, 可快速生产高精度的 3D 产品。以某试验区用 LiDAR 技术获得的数据为例, 介绍应用 POSpac 软件、Terra 软件和 ERDAS 软件的 LPS 模块进行 POS 数据处理、数字高程模型 (DEM)、数字正射影像图 (DOM) 的制作过程, 应用 ImageSatationSSK 系统进行数字地形图 (DLG) 的测图, 并取得了良好的效果。

关键词 DOM DEM DLG 机载 LiDAR 3D 产品

3D 测绘产品生产过程, 包括航空摄影 外业控制网、像控点的测量 空中三角测量加密 DEM 生成、DOM 正射纠正与镶嵌、DLG 的量测与编辑。在这些生产环节中, 外业控制点的测量和 DEM 编辑加工耗时大、成本高、工期长等因素影响阻碍了现代测绘发展。因此, 如何快速获取高精度、高效率 and 低成本航空遥感数据对城市建设和经济发展具有重要的现实意义。

机载 LiDAR 又称机载激光雷达 (激光探测及测距系统的简称)。它可以快速高精度、高密度获取地面影像及其匹配的三维点云坐标数据, 具有 POS 定位技术, 无需 (或少量) 地面控制即可获取像片的外方位元素, 直接用于高精度的 3D 产品生产, 可简化复杂工序, 减少外业测量工作量, 降低成本, 缩短航测成图周期。

1 数据来源

试验区选择福建连江某地面积约 88 km², 测图比例尺 1 : 1000, 测区采用的机载 LiDAR 系统航空遥感数据获取时间为 2008 年 3 月至 4 月。相机幅面为 4k × 4k 彩色 CCD 数码相机, 相机焦距 55 mm; 航摄比例尺 1 : 12000, 航速 240 km/h, 相对航高为 1 200 m; 作业基准面按 10 m 设计, 相机像元地面分辨率为 0.20 m, 航向重叠度 60%; 旁向重叠度 30%, 像片倾斜角均小于 2°, 航摄中飞行旋偏角 6°, 由于气流影响个别旋偏角在 6°~10°。LiDAR 技术参数点云点距 2.0 m, 扫描角 40°, 脉冲频率 22 kHz、衰减系数 0.7。试验区布设连江、长乐 2 个 DGPS 基准站。测区主航线为 22 条 (黑线), 辅助航线为 6 条 (浅线), 如图 1 所示。

收稿日期: 2009-02-11

作者简介: 吕良寿 (1961-), 男, 工程师, 从事航空摄影测量工作。

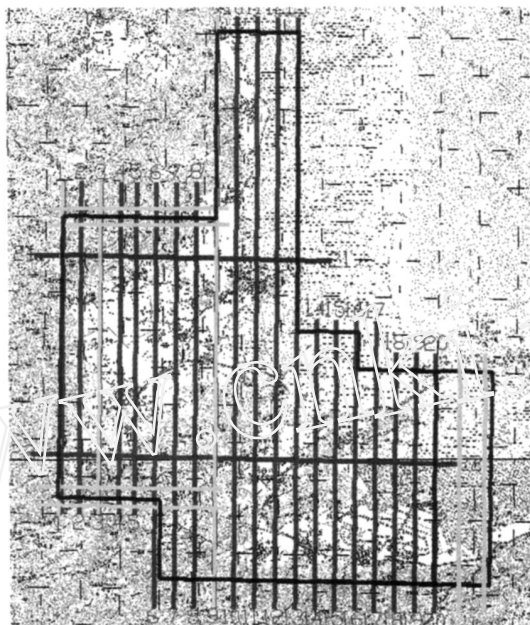


图 1 测区航线图

Fig 1 An aeronautical route chart of the surveyed area

2 DEM 制作流程

采用芬兰 Terrasolid 公司出品的 TerraScan、TerraModeler 软件平台进行激光点云数据处理，去除各种噪声和误差点。最后提交激光点数据，数据格式为 .las，在 ERDAS 软件中生成 DEM。处理过程如图 2 所示。

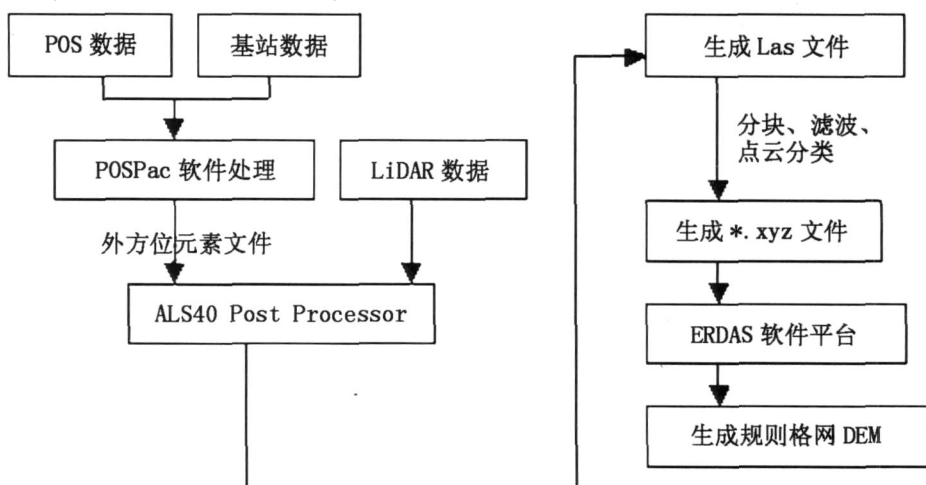


图 2 LiDAR 点处理工艺流程图

Fig 2 A flowchart of the treating process of the LiDAR spots

2.1 POS 数据处理

POS 技术是采用动态差分 GPS (即 DGPS) 和惯性测量装置 IMU 获得高精度的传感器外方位元素。在 POSpac 中从原始的 POS 数据中提取出 GPS 数据、IMU 数据和辅助传感器数据; 然后和地面站 DGPS 数据进行差分拟合得到曝光瞬间摄影机中心精确的 GPS 定位坐标; 最后对 IMU 数据、辅助传感器数据和精确的 GPS 定位数据进行解算, 得到精确的 6 个外方位元素, 从而大大减少乃至无需地面控制点即可直接进行航空影像的空间地理定位, 是航空影像应用快速、便捷的先进技术手段^[1]。POS 数据处理包含获取 WGS84 大地坐标, 再由 WGS84 三维大地坐标换算为 80 西安二维大地坐标, 这样可满足航测内业空三加密作业数学基础。

2.2 激光点云分类

LiDAR 系统获得的初始数据, 不仅包括地面上的所有地物, 如建筑物、植被、水、道路及道路上的汽车等 DSM 地表模型, 称为“全部层”。将 LiDAR 数据应用于各领域之前, 要对 LiDAR 进行非地面点的过滤处理。LiDAR 软件根据脉冲点的高程值分成八个高差段, 并赋予不同颜色值渲染成三角网, 由此生成的 LiDAR 影像具有非常明显的彩色三维立体效果 (图 3)。在 TerTaScan 中将点云数据分类, 剔除明显的噪声, 将离散的 LiDAR 数据点划

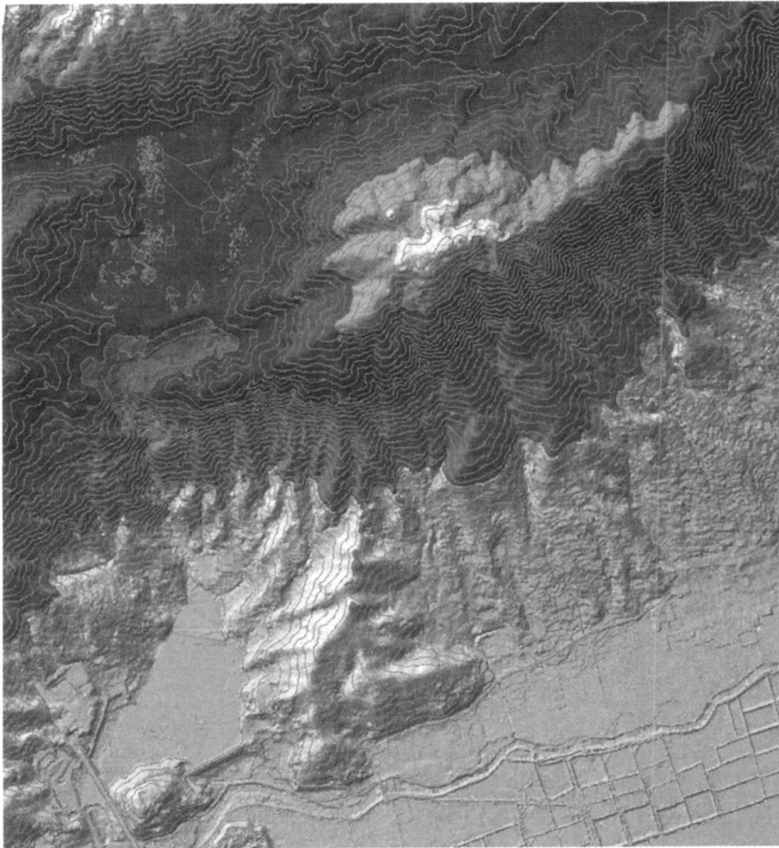


图 3 DEM 数据渲染图

Fig 3 A coloured chart of the DEM digital information

分出地面点和非地面点，并分离两类数据。滤波方法有基于 TIN 的逐步加密滤波方法、基于斜坡的自适应滤波方法和选权迭代法^[2,3]。

2.3 DEM 生成

地面高程数据（或称“地面分层”），仅提取地表裸露点，由完整地块的地表裸露点三维数据构成地面高程模型（DEM）。经过点云分类处理剔除非地表点并归类后，剩余的 LiDAR 数据均属地面点数据，通过 ERDA 软件平台生成高精度的规则格网 DEM 产品，按 1:1000 比例尺格网间距设计为 1 m × 1 m。

3 DOM 数据处理

LiDAR 航空影像片的前期处理和利用 LPS 制作正射影像的流程如图 4 所示。

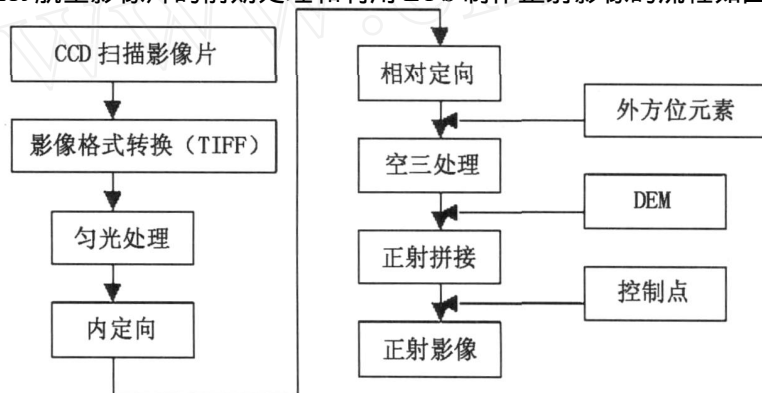


图 4 DOM 数据处理流程图

Fig. 4 A technological flow chart of the DOM data processing

3.1 数据前期处理

原始影像为 12bit，且为 JPE 格式，现有的软件不能处理 12bit 影像数据，所以要转换成 8bit 后期处理软件能够识别的 TIF 格式。然后再用 Photoshop 对所有航片进行匀光处理，使其色调均匀、反差统一。

相邻图像由于辐射水平差异导致同名影像在相邻图像上的亮度值不一致，因此，相邻图像不仅要保证几何接边，还应保证灰度和色调接边。匀色处理在 Photoshop 中对拼接的航片进行影像的色调调整，保持图像色调的总体平衡，使镶嵌后的图像色调过渡自然，反差适中，无明显的拼接缝线，确保图面美观。

3.2 LPS 制作正射影像图

3.2.1 新建工程文件并设置参数

在 ERDAS 中的 LPS 模块下进行正射操作，首先创建一个工程文件，然后在该文件下进行各项工作。工程文件包含了研究区域内所有图像、摄影机参数、地面控制点左边及相关信息。由于所采用的数据是 CCD 影像，所以需要设置相机模型为 digital camera。然后设置工程文件的地图投影参数和相机模型参数。该测区采用的是 DSS 相机，有一个包含其参数的文件，将其导入即可定义摄影机类型，内方位元素数据中有说明，外方位元素则在

POSPac 软件解算的 txt 文件中。

3.2.2 正射纠正

设置 DEM 的来源为 LiDAR 数据生成的 DEM 文件, 然后加入要做正射的影像。

3.2.3 正射镶嵌拼接

LPS 中有一个 mosaic image 模块, 点击它并设置高程来源为 DTM file。然后选择加入的图像为显示状态, 并选择 weight seamline。然后对拼接线进行修改, 最后输出图像, 在 ERDAS 下进行裁剪并出图。需要注意的是拼接线应绕开居民区。因为每张影像拍摄的时间、角度不同, 像对之间房屋及树木阴影的方向也不尽相同, 此时拼接线较明显。如果拼接处无法避开居民区, 则拼接线最好选择从街道、河流中间穿过, 应尽量避免阴影处。镶嵌成图时, 尽量沿线状地物影像变换处画镶嵌线, 避免穿越房屋、地块、变形地物等, 注意影像间的重叠关系。增加结点时应考虑在开阔区域, 如此镶嵌线容易编辑。还应注意是否满足成图范围, 再逐幅裁切。

3.2.4 图廓整饰和影像地图输出

正射影像生成并且精度评定合格后, 根据需要裁切, 利用 ERDAS9.0 输出 TIFF 文件, 在 PhotoShop 下进行灰度处理, 使灰度基本一致, 再输入到 ERDAS 中, 镶嵌生成一整幅 DOM, 然后根据 1:1000 图幅的坐标, 按坐标裁切, 生成图幅正射影像 DOM。添加比例尺、图名、制作单位等信息, 系统叠加后生成 TIFF 格式的该图幅影像地图 (图 5)。

4 DLG 的量测

采用美国 InterGraph 公司出品 ImageSatation SSK 数字航空摄影系统, 经空三加密后, 直接转入 1:1000 地形图数字测图工序。通过全数字航空摄影测量方法, 获取相应精度地形图要素, 由计算机矢量化点、线、面要素构成, 地形要素具有分类与属性编码的信息 (图 6)。数字线划图生产流程见图 7。

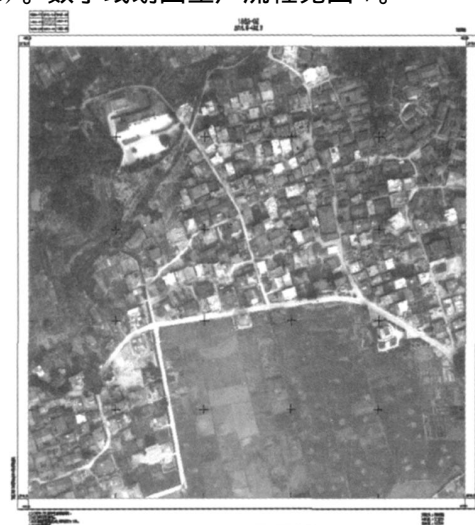


图 5 正射影像图

Fig 5 A digital orthophoto map



图 6 数字线划图

Fig 6 A digital line graphic

4.1 地物量测

在立体模型下对各种地物、地貌进行施测, 主要是道路、零散建筑物、独立地物、管线、水系、田埂、坎、地类界等要素, 测其平面位置按立体模型中的影像立体切准, 其原则为外业定性、内业定位。

4.2 地貌量测

以等高线为主, 配合各种符号和高程注记。基于 LIDAR 激光点云文件提取的地面层 DEM 数据, 导入到 Image Satation TerraModeler 模块自动生成地形等高线, 套入立体模型下剔除粗差以及不合理处的修测后, 进行圆滑等编辑; 森林密集覆盖区、阴影、云影、影像灰白不清晰处, 根据整体地貌走势修测曲线, 草绘曲线, 使其尽量合理。高程注记点利用 LIDAR 激光点文件直接提取。

4.3 外业调绘

主要是对道路、独立地物、管线、水系、植被等进行定性, 零散房屋外业逐一调绘, 描绘房屋以墙基为准, 屋檐宽度大于图上 0.4 mm 时应进行屋檐改正。同时对地理及自然名称进行调注。

4.4 精度评价

测区共 352 幅图, 抽查 61 幅线划图, 利用全站仪野外实地打点检查, 共测量 1 698 点, 平面最大误差 0.7 m, 最小误差 0.005 m, 高程最大误差 0.969 m, 最小误差 0.001 m, 平面整体点位中误差为 ± 0.249 m, 平地高程整体中误差为 ± 0.12 m, 山地整体高程中误差为 ± 0.326 m。符合 1:1000 制图的要求。由此表明, 利用 LiDAR 技术在航摄为 1:12000 的情况下获取的数据处理结果满足 1:1000 成图精度要求。

5 结语

(1) 机载 LiDAR 系统可以获得高精度、高密度点的地形表面三维空间坐标数据, 同步获取相匹配的彩色数码影像, 自动获取高精度的外方位元素。而传统的航摄只能获取胶片或数码影像。

(2) 机载 LIDAR 系统由于有动态差分 GPS 接收机 (用于扫描投影中心的空间位置) 及姿态测量装置 IMU (测量扫描装置主光轴的空间姿态参数), 从而能够大大减少乃至无需地面控制点直接进行数码影像的空间地理定位。

(3) 由于应用高密度的地形地表模型 (DSM) 数字高程模型 (DEM) 数据 自动生成 DLG 等高线及提取高程点的工艺流程技术, 大大提高成图精度, 消除了由于人眼视差所造成高程误差, 降低了测绘等高线的劳动强度, 提升成图速度。

(4) 利用 LiDAR 数据代替传统航片进行 3D 产品的生产是一种趋势, 它可实现快速、

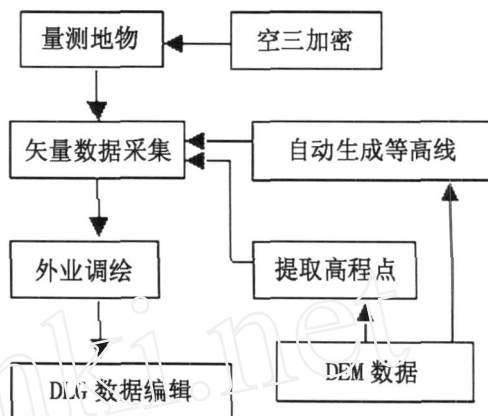


图 7 DLG 生产工艺流程图

Fig 7 A flow chart of the DLG production process

高精度的 3D 产品生产, 大大加快了数据的获取与处理速度, 有效地降低生产成本、缩短工期、提高科技效益和经济效益, 是批量生产 3D 产品新技术工艺, 值得推广应用。

(5) 机载 LiDAR 系统是一种主动式空对地观测系统, 是一种新型、高效以及快速的三维空间数据获取技术, 不受气候条件限制, 具有很大的发展潜力。可应用高速公路、铁路航测、城市测量、工程勘测设计、电力线路勘测设计、数字城市三维构建、国土资源调查、森林管理、海岸线保护、防灾减灾预报等领域。

本文在写作过程中承蒙张书煌教授级高级工程师的悉心指导, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 郭大海, 吴立新, 王建超等. 机载 POS 系统对地定位方法初探. 国土资源遥感, 2004, (2)
- 2 余洁, 张国宁, 秦昆等. LiDAR 数据的过滤方法探讨. 地理空间信息, 2006, 4 (8)
- 3 郑金水. LiDAR 技术及其应用. 科技信息, 2007, 6

A New Technique of Manufacturing 3D Products Based Upon the LiDAR Digital Information

Lu Liangshou

(Fujian Institute of Geological Survey and Drawing, Fuzhou, 350011)

Abstract

The airborne LiDAR system can be used in acquiring the high precision and high density three dimensional coordinate and the suited image digital information and is a new technique of manufacturing quickly high - precision 3D products. Take an example of acquiring the digital information by the LiDAR technique in an experimental area. The paper presents the manufacturing process of the POS data processing, digital elevation model (DEM) and digital orthograph map (DOM) by the POSpac software, the Terra software and the LPS module of the ERDAS software and the mapping process of the digital line graphic (DLG) by the ImageSatationSSK system, which have obtained a better result in a practical application.

Keywords digital orthograph map, digital elevation model, digital line graphic, airborne LiDAR system, 3D product