

基于无人机倾斜摄影及 Skyline 平台的矿产自然资源 统一确权

侯飞 曹广航 周涛 戚文来

【山东省国土测绘院】

摘要:

传统矿产资源确权通常基于二维影像进行解译,通过人工外业进行自然资源类型、权属状况、关联信息的补充调查。倾斜摄影技术的出现将现实世界转变为倾斜实景三维大数据,人们得以借助实景三维大数据云平台以“上帝视角”观察目标,它提供了常规方式不能给予的多元信息,能有效减轻外业劳动强度,保障人身安全,提高外业核查效率。为响应国家自然资源统一确权三维登记模式探索的号召,本文提出一种基于 Skyline 平台及无人机倾斜摄影技术的矿产资源实景三维登记及管理模式,解决了传统矿产资源登记管理存在抽象、监管难、信息单一、数据库分门别类不统一的问题,并以某市地表矿产资源三维登记管理系统设计与实现为例,阐述了地表矿产资源三维登记模式的优越性,对未来自然资源统一确权三维登记模式探索具有一定的参考价值。

关键词:

矿产自然资源统一确权; 三维登记模式; 倾斜摄影; 实景三维

1 引言

近年来遥感、航空摄影技术被大量用于自然环境监测,同时也为不动产登记提供了基础影像资料,以其宏观性、周期性特点,有着不可比拟的优势,但其主要应用于生产二维现势性数据,难以满足自然资源统一确权三维登记模式需求。采用传统的测绘方法,存在很多弊端,比如测量工作量大、入场难等问题^[1]。倾斜摄影测量三维重建是当前摄影测量与计算机视觉领域的研究热点之一^[2],它将现实世界转变为实景三维大数据,人们得以借助实景三维大数据云平台以“上帝视角”观察目标。国内外不仅大型倾斜航摄系统相继出现^[3],轻小型无人机也逐渐发展成为一种新型的快速获取对地光学影像的平台^[4],它提供了常规遥感、航摄方式不能给予的多元信息。借助于 Skyline 平台,能够将基础地理信息数据、矿产资源登记统计数据、高精度实景三维模型、传统不动产权籍、落宗关联数据、生态红线及国家审批数据等多源数据融合,将自然资源管理延伸至三维空间、历史变化、地上地下等多维度。

2 方法介绍

2.1 传统矿产资源管理与登记模式

传统矿产资源登记管理,采用多个数据库,例如矿产资源储量登记库、储量统计库、储量利用现状调查数据库、探矿权数据库、采矿权数据库等。传统矿产资源登记以最新的正射影像及山东省第三次国土调查成果为基础叠加自然资源专项调查成果、储量数据库导出的矿区范围、储量评审备案文件确定的矿产资源储量估算范围、国家出资探明矿产地清理结备案文件确定的矿产资源储量估算范围、国家出资探明矿产地清理结果认定的矿产地范围、已设探矿权、采矿权、自然保护区范围界线,果认定的矿产地范围、已设探矿权、采矿权、自然保护区范围界线,以及公共管制和特殊保护等资料,制作不低于以及公共管制和特殊保护等资料,制作不低于 1:10000 比例尺工作底比例尺工作底图,通过划分登记单元、外业调查核实、数据入库审核等流程完成登记发薄。其中外业调查核实主要是基于二维影像图,常常存

在指界人员老龄化、矿山难以攀爬、平面影像图边界难以辨识等难点。

2.2 实景三维矿产资源登记管理模式

实景三维矿产资源登记管理模式的开展关键工作主要有倾斜实景三维模型的制作及倾斜实景三维应用展示系统的搭建。现今倾斜摄影系统能够提供比传统虚拟可视化三维模型更加直观真实的实景三维数据，采用仿地飞行等技术手段，保障了实景三维模型精度。调查及指界人员依据直观的实景三维模型即可分辨权属及自然资源类型边界，解决了外业人员翻山越岭，人身安全难以保障等问题，有效降低了劳动强度，而且可以和未来地下三维空间模型延展对接。基于 Skyline 二次开发的三维登记管理平台具有强大的分析、管理功能，将成为未来自然资源统一确权平台的发展趋势。

本文矿山实景三维登记管理系统采用 C/S 架构，由数据服务器和调查登记管理登记系统两部分组成，系统总体构架图如图 1 所示。矿山实景三维登记管理数据服务器使用 Oracle 11G R1+Skyline 平台管理后台数据，采用 JavaScript 进行二次开发。数据源主要包括一：基础地理信息数据，包括数字航空影像数据（DOM）、数字地面高程模型（DEM）以及地名地址、元数据等；二：探明储量的矿产资源调查成果，包括权属、矿产资源储量状况等；三：多源大数据，主要包括倾斜摄影实景三维、LiDar 数据等；四：其它关联信息，主要包括永久基本农田划定成果、生态保护红线成果、城镇开发边界等管制要求或政策性文件。

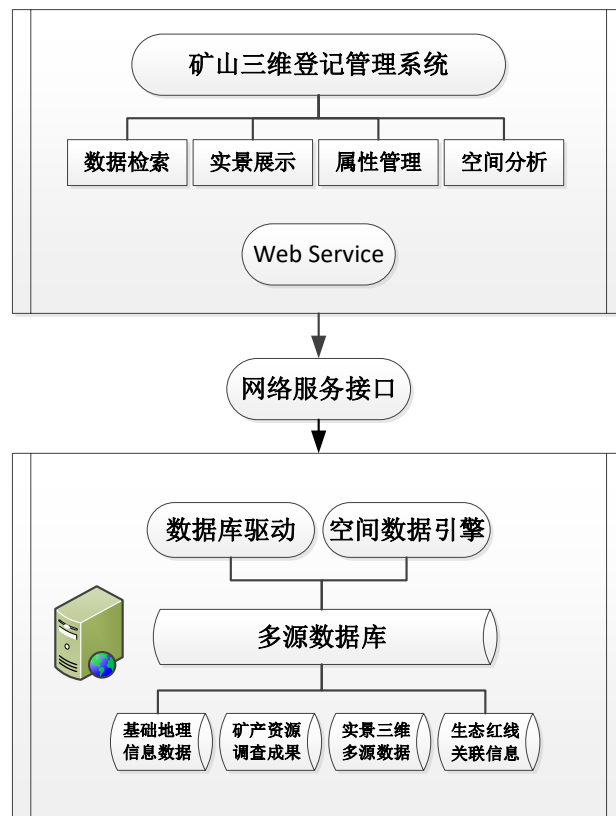


图 1 系统总体构架

Fig. 1: Overall framework of the system

3 应用实例

3.1 精度分析

本文利用飞马 D2000 倾斜摄影无人机，采用仿地飞行，参考文献^[5-7]航飞方案，获取了

某市地表矿产资源调查区 1.5cm 分辨率倾斜影像, 参考登记单元范围利用 ContextCapture 自动化建模技术并融合多源大数据制作地表矿产资源实景三维模型。参考文献^[8]对模型进行了质量检查, 并利用莱卡免棱镜全站仪实测了共计 44 个矿产资源区地物特征点与实景三维解析同名点进行了精度比对, 如下表 1 所示:

表 1 实景三维测图精度统计表

Table 1 Precision Statistics of Real scene 3D

序号	X 检 (m)	Y 检 (m)	X 图 (m)	Y 图 (m)	$\Delta X(\text{CM})$	$\Delta Y(\text{CM})$
1	***7862.232	***036.439	***7862.233	***036.448	-0.1	-0.9
2	***7861.792	***036.446	***7861.783	***036.420	0.9	2.6
3	***7863.685	***054.881	***7863.645	***054.860	4	2.1
4	***7859.028	***001.554	***7858.997	***001.569	3.1	-1.5
5	***7855.084	***972.162	***7855.093	***972.185	-0.9	-2.3
6	***7856.028	***972.049	***7855.979	***972.052	4.9	-0.3
7	***7866.55	***970.762	***7866.562	***970.759	-1.2	0.3
8	***7859.322	***005.164	***7859.317	***005.175	0.5	-1.1
9	***7874.062	***976.668	***7874.036	***976.658	2.6	1
					
44	***7969.464	***921.523	***7969.5	***921.537	-3.6	-1.4

点位平面中误差 $\pm 4.8\text{cm}$

注: X 检、Y 检为全站仪实测坐标, X 图、Y 图为实景三维解析坐标, ΔX 、 ΔY 为两种坐标偏差值。

分析表明本文倾斜实景三维的成图精度, 远远满足矿产自然资源确权精度需求 (图解法获取相邻界址点的间距误差不大于图上 0.3 mm, 图上允许误差 0.6 mm, 实测法界址点相对于临近控制点的点位中误差和相邻界址点的间距误差不大于 $\pm 10\text{ cm}$, 允许误差不大于 $\pm 20\text{ cm}$ 的要求), 本文通过精度检测验证了倾斜实景三维的承载精度以及三维登记管理模式的可行性^[9-11]。

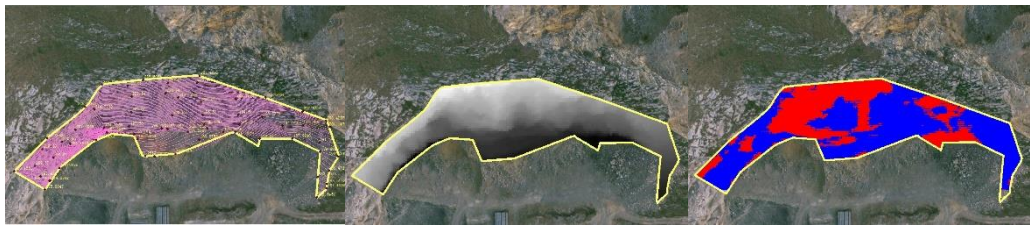
3.2 功能介绍

本文矿产资源三维登记管理调查系统, 基于 Skyline 平台采用 JavaScript 进行开发。不仅可以基于两期实景三维模型数据进行变化监测, 而且兼容早期 DLG、DEM 等数据, 为多源数据的融合分析提供了可行性平台。主要功能包括矿产资源登记管理、查询检索、空间量测、统计汇总、立面及剖面分析、淹没分析、开采动态监测等功能, 如下图 2、3、4 所示。



图 2 某地表矿产高精度实景三维模型

Fig.2 High precision real scene 3D model of a mountain

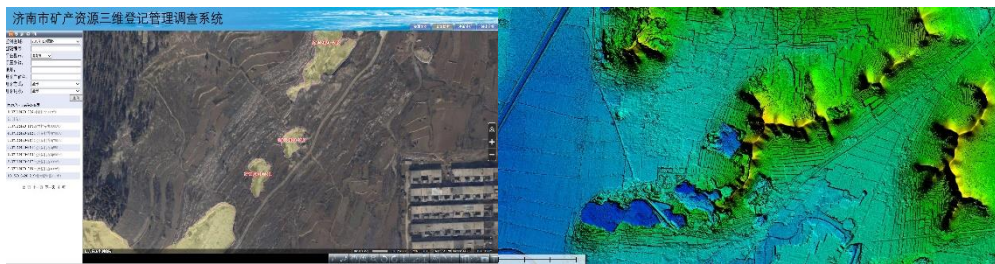


(a) 2016 年 DLG-DEM (b) 2020 年实景三维点云 DEM (c) 2020-2016 矿产方量变化

注：图 (c) 中红色区域为开采部分，蓝色区域为填充区域，上表统计量为矿产资源减少数量。

图 3 矿产资源方量分析

Fig.3 Volume analysis of mineral resources



(a) 查询检索

(b) 高精度 DEM 图层



(c) 空间量测

(d) 立面分析



(e) 剖面分析

(f) 透视分析

图4 基于 Skyline 的实景三维矿山登记管理调查系统

Fig.4 Mine Geological Environment Investigation System based on 3D Realistic Terrain Scene and Skyline

4 结论

本文矿产资源三维登记管理系统依托高精倾斜实景三维数据，基于 Skyline 平台，通过二次开发，实现了多源数据数据融合^[12-13]，建立了地表矿产资源调查、登记、管理等“多策合一”的三维平台，革新了传统地表矿产资源登记管理模式，改变了“巧妇难为无米之炊”的窘境。但目前地下、油气等矿产资源的三维登记模式仍有待探索，相信通过历史数据资料、SLAM 等多源数据融合，能有效实现矿产资源的无缝登记和监管，同时随着倾斜摄影技术的深入发展，也将为“透视山东”建设提供强有力技术支撑^[14]。自然资源统一确权涉水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等多源数据，面临数据混杂、时相、数据优化整合不同步等诸多问题，如何规范统一多源数据，构建数据“云大脑”，基于后台多样算子调用服务的形式，构建“AI 智能”三维登记管理系统将是未来三维登记模式探索的方向。

参考文献:

- [1]朱国强.无人机高精度倾斜摄影技术在地籍测量工作中的可用性探讨[J].科技与创新,2019(12):45-47.
ZHU Guoqiang, Usability of UAV High Precision Tilt Photography in Cadastral Survey [J].Science and Technology ,2019(12):45-47.
- [2]肖雄武.具备结构感知功能的倾斜摄影测量场景三维重建[J].测绘学报,2019,48(06):802.
XIAOXiongwu, Oblique photogrammetry based scene 3D reconstruction with structure sensing functions[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinic,2019,48(06):802.
- [3]范攀峰,李露露.基于 Smart3D 的低空无人机倾斜摄影实景三维建模研究[J].测绘通报,2017(S2):77-81.
FAN Panfeng, LI Lulu, A Three-dimensional Modeling Study Based on the Technique of Low-altitude UAV Oblique Photogrammetry and Smart3D Software[J].Bulletin of Surveying and Mapping,2017(S2):77-81.
- [4]林勇,李旭涛,吴崧源,李剑霖,甘锦潘,陈有博,蔡小霞,苏世萍.固定翼无人机优于 2cm 航测在地形测量中的应用[J/OL].测绘科学:1-15[2019-07-22].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4415.p.20190624.0831.005.html>.
LIN Yong, LI Xutao, WU Songyuan, LI Jianlin, GAN Jinpan, CHEN Youbo, CAI Xiaoxia, SU Shiping, Application of tilt photogrammetry with fixed-wing UAV better than 2 cm resolution in topographic survey[J/OL]. Science of Surveying and mapping: 1-15[2019-22]07-.<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4415.p.20190624.0831.005.html>.
- [5]曹洪涛,高伟,张海峰,张亮.无人机倾斜摄影分辨率建模与分析[J].地理空间信息, 2019,17(01):14-15.
CAO Hongtao,GaoWei,ZHANG Haifeng,ZHANG Liang, Resolution Modeling and Analysis of Unmanned Aerial Vehicle Tilt Photograph[J].GEOSPATIAL INFORMATION, 2019,17(01):14-15.
- [6]曾令权.基于无人机倾斜摄影实景三维建模研究[J].测绘标准化,2019,35(02):21-24.
ZENG Lingquan, Three-dimensional Modeling Based on Oblique Photography by UAV[J]. Standardization of Surveying and Mapping, 2019,35(02):21-24.
- [7]王柳,黄鹤,李若鹏,赵冬旭.消费级无人机倾斜影像采集关键技术研究[J].测绘通报,2017(S1):41-45.
WANG Liu, HUANG He, LI Ruopeng, ZHAO Dongxu, Study on Key Technology of Oblique Image Acquisition for Consumer Unmanned Aerial Vehicle[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2017(S1):41-45.
- [8]刘增良,陈思,陈品祥.城市倾斜摄影实景三维模型数据质量检查方法研究与实践[J].测绘通报,2019(02):108-112.
- [9]任诚,高利敏,冯耀楼,张望.基于无人机倾斜摄影的建筑物三维建模尝试[J].测绘通报, 2019(02):161-164.
REN Cheng, GAO Limin, FENG Yaolou, ZHANG Wang, An attempt of building 3D modeling based on UAV tilt photography[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2019(02):161-164.
- [10]孙亮,马超.消费级无人机倾斜摄影测量技术在实景建模中的应用[J].价值工程,2019(19):259-262.
SUN Liang,MA Chao, Application of Tilt Photogrammetry Technology of Consumer UAV in Scene Modeling[J]. Value Engineering, 2019(19):259-262.
- [11]孔振,刘召芹,高云军,万文辉.消费级无人机在大比例尺测图中应用与精度评价[J].测绘工程,2016,25(12):55-60.
KONGZHen, LIUZHaoqin, GAOYunjun, WANWenhui, Application and precision evaluation of consumer UAV to large scale mapping[J]. Engineering of Surveying and Mapping , 2016,25(12):55-60.
- [12]项小伟,胡海峰,廉旭刚.地面像片及低空环拍辅助倾斜摄影三维精细化重建[J].中国矿业,2019,28(S1):88-92.
XIANG Xiaowei,HU Haifeng,LIAN Xugang, Grund photo and low-altitude ring-shooting assisted tilt photography 3D refinement reconstruction[J].CHINA MINING MAGAZINE, 2019,28(S1):88-92.

[13]张小宏,马立华,陈丰田,韦树刚,王娜.基于多源数据融合的高精细实景三维建模技术[J].测绘工程,2019,28(04):68-71.

ZHANG Xiaohong,MALihua,CHENFengtian,WEIShugang,WANGNa, High precision real-world 3D modeling technology based on multi-source data fusion[J]. Engineering of Surveying and Mapping,2019,28(04):68-71.

[14]孙杰,谢文寒,白瑞杰.无人机倾斜摄影技术研究与应用[J].测绘科学,2019,44(06):145-150.

SUN Jie,XIE Wenhan,BAIRuijie, UAV oblique photogrammetric system and its application[J].Science of Surveying and mapping,2019,44(06):145-150.