

自然资源“天空地网”综合监测体系构建探索与实践

董胜光^{1,2}, 肖海^{1,2}, 唐芝青^{1,2}, 彭能舜^{1,2}, 屈伟军^{1,2}

(1. 湖南省第二测绘院, 湖南 长沙 410009; 2. 自然资源部南方丘陵区
自然资源监测监管重点实验室, 湖南 长沙 410009)

摘要: 依托湖南省承担的“自然资源遥感综合监测”专题试点工作, 围绕自然资源管理需求, 探索确定了涵盖基础监测和专项监测的遥感综合监测内容指标体系。设计了遥感综合监测技术路线, 包括支撑系统研发和配套制度建设情况, 以及基于多源数据协同获取、遥感数据快速处理、遥感信息智能提取、现场调查核实、监测成果应用服务的业务运行框架, 基本建成集卫星遥感、铁塔视频、低空航摄、实地调查等多元技术于一体的“天空地网”自然资源综合监测业务体系。

关键词: 自然资源调查; 综合监测业务体系; 卫星遥感; 铁塔视频; 湖南省

中图分类号: X37; P962

文献标志码: B

文章编号: 1006-2009(2023)06-0005-05

Exploration and Practice on the Construction of “Sky-Space-Earth-Network” Comprehensive Monitoring System for Natural Resources

DONG Sheng-guang^{1,2}, XIAO Hai^{1,2}, TANG Zhi-qing^{1,2}, PENG Neng-shun^{1,2}, QU Wei-jun^{1,2}

(1. *The Second Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha, Hunan 410009, China*;
2. *Key Laboratory of Natural Resources Monitoring and Supervision in Southern Hilly Region, Ministry of
Natural Resources, Changsha, Hunan 410009, China*)

Abstract: A remote sensing comprehensive monitoring index system covering basic monitoring and special monitoring was explored and established according to the pilot work of “Remote sensing comprehensive monitoring of natural resources” undertaken by Hunan Province and the needs of natural resource management. The technical route of remote sensing comprehensive monitoring was designed, including support system development and support system construction, as well as a business operation framework based on collaborative acquisition of multi-source data, rapid processing of remote sensing data, intelligent extraction of remote sensing information, on-site investigation and verification, and application services of monitoring results. A “Sky-Space-Earth-Network” comprehensive monitoring business system for natural resources was basically established, integrating satellite remote sensing, tower video, low altitude aerial photography, on-site investigation and other multiple technologies.

Key words: Natural resource survey; Comprehensive monitoring business system; Satellite remote sensing; Tower video; Hunan Province

新一轮机构改革后, 自然资源部门履行“两统一”职责, 迫切需要从技术和机制上全面重构调查监测业务体系, 推进长期以来单一的国土资源调查监测向统一、综合的自然资源调查监测转型升级。2020年初, 自然资源部印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》, 明确综合应用现代测绘地理信息技术和新一代信息技术, 构建集“天空地网”于

收稿日期: 2022-11-24; 修订日期: 2023-08-28

基金项目: 湖南省自然资源科技计划“遥感影像智能解译关键技术研究与应”基金资助项目(2021-05); 湖南省自然资源科技计划“超大体量自然资源调查监测时空数据统计分析技术框架研究”基金资助项目(20230157DJ)

作者简介: 董胜光(1985—), 男, 江西乐安人, 高级工程师, 博士, 主要从事自然资源调查监测与卫星遥感技术研究和工程实践工作。

一体的自然资源调查监测技术体系。为规范和引导体系构建,系统解决目前分散调查监测工作存在的内容有交叉、标准不一致、技术单一、自动化和协同化程度不高等问题,设计和构建标准统一、手段智能、业务联通、先进实用的自然资源调查监测技术体系,自然资源部依据总体方案组织编写了《自然资源调查监测技术体系总体设计方案(试行)》,并在全国范围选取部分典型省市开展试点,验证顶层设计的科学性和可行性,实现技术研发向工程应用转化^[1-2]。湖南省承担了“自然资源遥感综合监测”专题试点工作,立足国家总体设计方案,以推进全省自然资源“1+N”卫星监测为抓手,与遥感影像统筹、国土变更调查等重点工作的协同推进,集成应用卫星遥感、铁塔视频、低空航摄、实地调查等多元技术手段,以及大数据、人工智能、云计算等信息技术,探索构建“天空地网”一体化的自然资源遥感综合监测工程化业务体系,支撑自然资源治理能力全面提升。

1 监测内容与周期

自然资源遥感综合监测内容包括基础监测(“1”)和专项监测(“N”)。基础监测是对全省全覆盖全要素地表变化情况进行监测,动态掌握国土利用变化,主要工作内容是提取全省变化图斑,并采用多种方式现场核实。专项监测基于基础监测形成的变化图斑等成果,监测内容根据管理需求不断拓展,包括月清“三地两矿”(集约节约用地、监测变化耕地、违法违规用地、矿业秩序监管、矿业绿色发展)监测,生态修复监测,重要河湖监测,林草湿综合监测,耕地种植监测,以及城市国土空间监测。其中,月清“三地两矿”监测以月度为周期,监测内容包括违法用地、耕地数量(含永久基本农田)、农民建房、新增耕地后期管护、非法露天采矿、生态保护红线和城镇开发边界;生态修复监测以季度为周期,监测内容包括历史遗留矿山修复和在建生产矿山修复;重要河湖监测以季度为周期,监测内容包括河湖“四乱”问题和水华蓝藻;林草湿综合监测以半年为周期,监测内容包括林草、植树造林和湿地保护;耕地种植监测以年度为周期,监测内容包括水稻种植面积和油菜种植面积^[3-6];城市国土空间监测以年度为周期。通过“1+N”模式,基础监测与国土利用变更和地理国情监测协同一体完成,基础监测成果在各专项监测工作中得到

共享应用,形成了基础监测与专项监测协同的工程化模式。

2 支撑系统研发

2.1 卫星遥感影像云服务系统(“卫星云遥”)

为实现全省卫星影像高效获取、处理与应用服务,全面支撑遥感综合监测体系,研发“卫星云遥”系统([https://www. img. net/](https://www.img.net/))。系统具有数据需求在线申报、影像自动传输、自动化在线处理、多时相遥感在线云服务、基于气象云图的卫星轨道预测、在线影像目录展示等功能,可以有效支撑全球主流遥感卫星轨道资源的仿真预测,并对其进行细粒度统筹调度拍摄,实现中国资源卫星应用中心、各省市自然资源卫星应用技术中心、商业卫星中心等多条链路数据从获取、传输、正射处理到在线服务发布仅耗时10 min^[7-8]。

2.2 遥感影像智能解译系统(“智多星”)

基于人工智能算法,研发“智多星”系统,同时选用Unet、ResNet、孪生模型等多种深度学习网络模型开展变化图斑提取,对结果取并集,弥补了单一网络模型的局限性,提升了图斑智能提取的查全率,解决了遥感变化图斑智能提取工程化应用的技术难点。系统同时支持基于卫星遥感影像的变化图斑智能提取和典型地物识别,以及基于铁塔视频的疑似违法行为目标识别,改变了传统的人工作业模式,查全率稳定超过80%,工作效率提升3倍以上。

2.3 图斑快速筛选与编辑系统(“核图宝”)

研发基于BS架构的“核图宝”,将变化图斑边界编辑修正、属性赋值、检查等工作迁移至“浏览器”端,作业人员无须安装任务软件,节省了海量数据拷贝流转耗费的时间,避免了人工寻找变化图斑位置、两期影像卷帘切换等操作。将成果数据标准植入软件体系,支持多人在线同时作业,以简单快捷的操作方式实现变化图斑真伪的快速确认和自动快速跳转显示,以及数据成果的自动汇聚入库,并按时间、行政区、多级地类统计汇总。

2.4 图斑信息下发乡镇村组系统(“图斑快递”)

为充分利用基层的人员和地理优势,及时便捷地对监测图斑进行信息核实与反馈,把违法行为发现在初始时间、制止在萌芽状态,研发“图斑快递”系统,构建省地多级协同高效的自然资源监管新模式。系统具有实时统计、监测图斑查看、人员管理、

手机操作步骤查看、监测图斑下发等功能,可实时统计已推送图斑个数和已核实图斑个数,详细查看图斑的具体信息。系统实现了短信、微信和地理信息集成,可以直接根据短信链接地址进入图斑,所有信息反馈均可在小程序内“一站式”完成,解决了从图斑到基层的“最后一公里”问题。

2.5 自然资源调查监测指挥中心平台(“智慧大脑”)

系统集成多元监测手段,实现“一站”协同综合感知、“一网”串联集成系统、“一屏”全程指挥调度、“一体”实时有机耦合、“一键”智慧统计分析,开展“智慧大脑”建设。平台具有感知、互联、调度、应用、管理、分析等 6 大功能模块,将“卫星云遥”“智多星”“核图宝”“图斑快递”“国土调查云”等业务系统从底层全面串联集成,实现卫星遥感、无人机航测、铁塔视频、外业调查等多源数据集成获取,以及“天空地网”一体化的监测格局;实现全流程、实时化、互动式监控指挥调度,将“单位-人员-数据”耦合成一个有机整体,实时掌握每个工作人员的动态;实现数据获取与处理、变化信息提取、外业调查核查、任务清单制定、任务处置跟踪等工作全链条串联,推进省市县三级业务协同;实现基于大数据驱动的自然资源信息挖掘和智能决策分析,形成面向管理服务的辅助决策信息;实现“横向到边、纵向到底”的多端应用互联,将监测成果及时分类推送给耕地保护、执法督查、用途管制等部门,全面服务支撑自然资源和其他相关部门^[9-10]。

3 配套制度建设

为保障自然资源遥感综合监测体系高效运转,出台遥感影像统筹、耕地动态监测占补平衡、月清“三地两矿”和“一举多用”等制度,推进机制与技术相融合,破解综合监测中的难点和堵点问题。

3.1 遥感影像统筹机制

以省长令的形式颁布《湖南省地理空间数据管理办法》(省人民政府令第 281 号),明确全省各行业遥感影像数据采集、处理和分发服务全部归口省自然资源厅。为规范全省遥感影像管理,解决重复采购、重复生产、覆盖不全等问题,由省自然资源厅、省发展和改革委员会和省财政厅共同印发《湖南省遥感影像数据统筹共享管理办法》(湘自然资规〔2020〕2 号),实行全省遥感影像的统一采购、统

一处理、统一质检、成果共享,实现遥感影像数据统筹管理。

3.2 耕地动态监测占补平衡制度

为确保遥感监测成果落地见效,建立耕地动态监测占补平衡制度,出台《湖南省动态监测耕地占补平衡工作方案》《关于动态监测扣减冻结补充耕地指标有关事项的通知》(湘自然资办发〔2021〕19 号)等文件,对监测发现的农村村民建房、农村道路、公共服务设施、农村灌溉设施等情形扣减补充耕地指标。

3.3 月清“三地两矿”制度

基于遥感监测成果,印发《关于进一步加强月清“三地两矿”工作的通知》《月清“三地两矿”工作指南》等文件,聚焦“三地两矿”,每月交办任务,每月调度督办,推动月清月结。每月形成新增批而未供土地、闲置土地、耕地减少、违法用地、农民乱占耕地建房、占用生态保护红线、非法露天采矿等任务清单,以正式文件的形式下达市县局,其中违法违规情节较重、整改难度较大或需要多部门协同推进的重点问题另行函告市县人民政府。

3.4 “一举多用”机制

结合自然资源统一调查监测要求,印发《基础监测外业核查工作指南》《湖南省国土变更调查举证细则(试行)》,要求核查成果不仅满足基础监测需求,同时适用于专项监测,实现“一举多用”,避免重复举证。

4 业务运行框架

自然资源遥感综合监测主要基于卫星遥感影像统筹成果开展,同时结合铁塔视频、互联网 POI 等数据,在各自主研发系统平台的协同支撑下,遵循“变化全发现、问题全核实、任务全交办”的工作思路^[11],具体业务运行流程见图 1。

4.1 多源数据协同获取

通过“卫星云遥”的卫星轨道预测和协同调度功能,实现过境卫星轨道预测、实时气象条件判断、拍摄任务协同规划、多星联合拍摄,有效利用全省各地卫星影像数据获取的窗口期,统筹获取光学、雷达、高光谱等多源卫星影像;按照“统一基站规划、统一软件平台、统一监测内容、统一技术路线、统一工作机制、统一整体推进”的思路,统筹获取全省铁塔视频数据;通过业务数据上报备案系统,及时收集整理全省各市区自然资源部门提供的

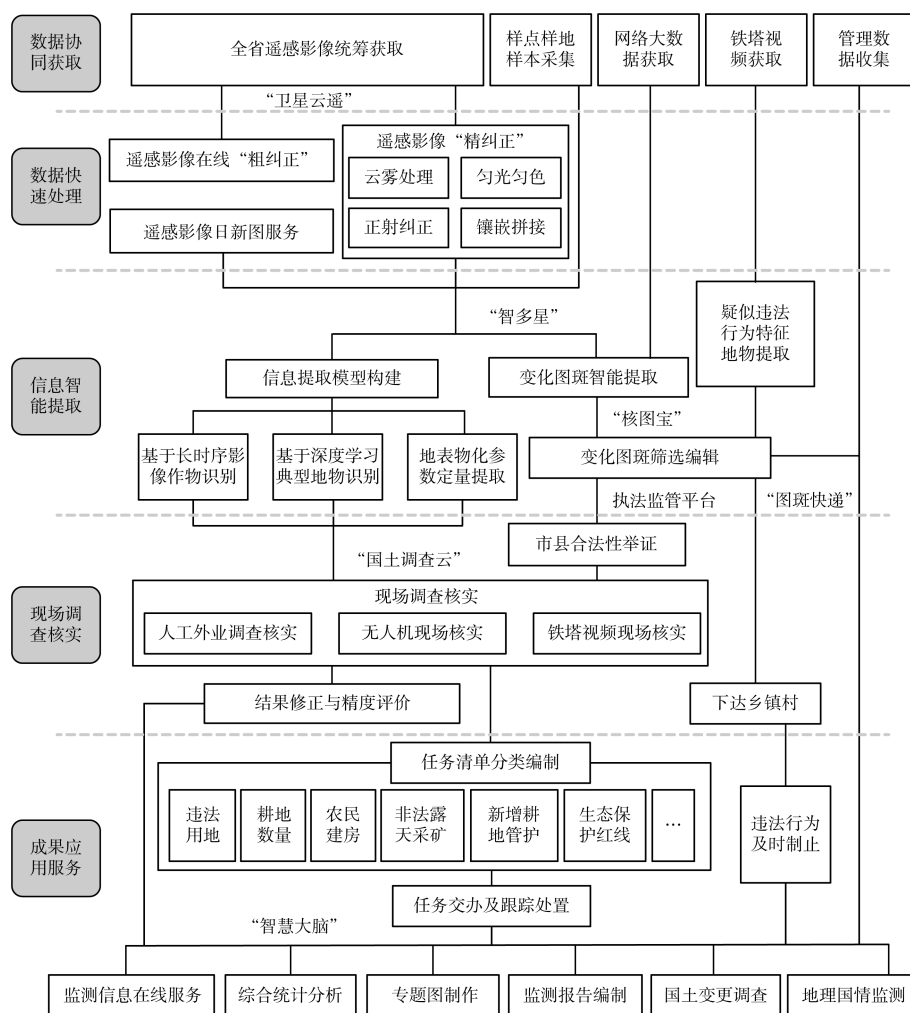


图 1 业务运行流程

Fig. 1 Overall business operation process

临时用地、农用地转用(包括集体建设用地)审批资料,以及已备案的设施农用地矢量数据和相关资料;通过网络爬虫技术,获取 POI 等互联网大数据。遥感综合监测采取卫星定期监测和铁塔视频实时监测相结合的模式,铁塔视频监测主要聚焦集中连片耕地、工业园区、矿区等重点区域。

4.2 遥感数据快速处理

采用地理成像加速器(GXL)技术,通过云控制模式,对卫星遥感影像在线实时正射纠正,形成“粗纠正”正射影像产品,满足对时效性要求较高的遥感监测需求;采用离线处理模式,对遥感影像进行波段融合、匀光匀色、几何纠正、镶嵌拼接等处理,形成符合规范要求的正射影像图,满足对绝对定位精度要求较高的遥感监测需求。

4.3 遥感信息智能提取

基于光学卫星遥感影像提取的监测信息,推进多源感知技术手段协同综合应用。应用光学遥感影像和雷达卫星影像进行变化图斑提取,开展水稻、油菜、洪涝灾害等监测,有效保障监测成果的时效性和完整性;应用卫星遥感和铁塔视频发现的变化信息,解决南方地区卫星遥感影像易受云雨天气影响的难题。

具体的信息智能提取方式包括:①卫星遥感变化图斑提取。建立全省典型地类样本库,采用前后时相卫星遥感影像比对的方式,智能提取地类发生变化图斑,套合管理数据删除合法变化图斑,并对照卫星遥感影像,采用人机交互模式,在“核图宝”中对疑似违法图斑边界进行编辑修正。②铁塔视频变化图斑提取。对永久基本农田、矿区等重要区域划定电子围栏,基于人工智能算法,自动识别提

取电子围栏区域内的挖掘机、施工围挡等设施,发现疑似违法线索在三维场景下的位置后,与视频数据联动,圈绘疑似违法图斑范围。③典型地物识别和地表物化参数反演。结合样点样方数据、地物影像特征和遥感机理,构建遥感信息提取模型,从多时相、多源遥感影像上提取光谱、纹理和结构等特征信息,作为输入参数,基于相应的遥感信息提取模型,实现典型地物识别和地表物化参数定量反演。

4.4 现场调查核实

采用专业技术人员外业调查核实、无人机航拍、铁塔视频等方式,对内业提取的遥感信息进行有针对性的现场核实。基于卫星遥感和铁塔视频自动提取的变化图斑,优先采用铁塔视频系统的放大、调焦、旋转等功能进行多角度核实,再安排专业技术人员现场调查核实。对于大面积图斑及技术人员难以到达现场位置的图斑,采用无人机航拍的方式开展外业核实。专业技术人员外业调查核实主要通过“国土调查云”,调查核实监测图斑的变化类型、面积数量和边界范围,以及闲置土地和违法用地情况(包括是否占用耕地和永久基本农田、违法性质等),现场拍摄上传举证照片和视频,并分类确定违法用地、耕地数量、农民建房、非法露天采矿、生态保护红线等不同类型的变化图斑清单。

4.5 监测成果应用服务

根据外业调查核实情况和地方合法性举证结果,套合相关业务管理数据,结合图斑类型及问题严重程度和整改恢复难度,按照违法用地、耕地数量减少、违规农民建房、非法露天采矿、生态保护红线内变化等情形,分别形成立行立改、纳入任务、函告政府3类问题清单,并开展综合统计分析、专题图件制作、监测报告编制。依托“图斑快递”“智慧大脑”等系统,为省级和市县自然资源管理提供应用服务。一方面,通过“图斑快递”系统,在专业技术人员现场调查核实前,分批次第一时间将疑似违法建设、疑似占用耕地的监测图斑推送至乡镇、村工作人员手机端,由基层工作人员根据短信提醒前往图斑现场,并拍摄上传现场照片,及时制止相关违法行为;另一方面,通过“智慧大脑”,在数据底层串联集成“卫星云遥”“智多星”“图斑快递”等分散的子系统,将各环节关键指标实时动态集中上屏,实现遥感综合监测全过程控制及各类监测信息

的“一站式”全过程闭环管理和在线服务,并协同开展国土利用变更调查和地理国情监测工作。

5 结语

通过探索与实践,基本建成集“天空地网”于一体的自然资源综合监测业务体系,监测内容不断拓展,监测对象涵盖山水林田湖草等不同类型的自然资源要素,形成了基础监测与专项监测协同的工程化模式,完善了自然资源监测监管体系,对耕地“非粮化”、耕地“非农化”、破坏自然生态系统等违法违规行为形成了震慑。系统运行以来,自然资源管理秩序持续向好发展,每年度违法用地面积降幅超过40%,耕地减少面积降幅超过50%,农民建房占用耕地面积降幅超过70%,为湖南省自然资源治理能力现代化和生态文明建设提供了有力支撑。

[参考文献]

- [1] 陈军,武昊,张继贤,等. 自然资源调查监测技术体系构建的方向与任务[J]. 地理学报,2022,77(5):1041-1055.
- [2] 尤淑撑,何芸. 自然资源遥感监测体系建设现状与发展展望[J]. 无线电工程,2020,50(5):343-348.
- [3] 杨海菊,闭馨月. 广西典型自然保护区监管天地一体化技术应用探究[J]. 环境监测管理与技术,2020,32(3):59-62.
- [4] 王远超,彭毅,刘晓煌,等. 全国自然资源要素综合观测体系建设需求及发展动态[J]. 中国地质调查,2021,8(2):47-54.
- [5] 张贺,王绍强,王梁,等. 自然资源要素综合观测指标体系探讨[J]. 资源科学,2020,42(10):1883-1899.
- [6] SONG W, SONG W, GU H, et al. Progress in the remote sensing monitoring of the ecological environment in mining areas[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(6):1846-1854.
- [7] 谢优平,董胜光,肖祥红. 河湖“四乱”问题遥感监测体系构建探讨与实践[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(9):72-75.
- [8] 吴园玲,赵焕,贾兴,等. 基于遥感方法的巢湖水华月平均强度评价方法研究[J]. 环境监测管理与技术,2019,31(6):33-36.
- [9] 郭涛,王思,刘泳伶,等. 基于遥感云计算的自然资源动态监测研究[J]. 中国农业信息,2021,33(5):32-41.
- [10] 陈根良,郭双仁,全思湘,等. 湖南省自然资源调查监测体系构建[J]. 测绘通报,2021(6):139-142.
- [11] 张毅. 覆盖“天空地海”的自然资源智能感知监测监管体系建设的构想——以江苏省为例[J]. 国土资源信息化,2021(6):7-14.

本栏目编辑 姚朝英