

doi: 10. 6046/zrzyyg. 2022325

引用格式: 黄景金,郭伟立,韦忠扬,等. 自然资源调查监测技术体系研究与实践——以广西壮族自治区为例[J]. 自然资源遥感,2023,35(4):192–200. (Huang J J, Guo W L, Wei Z Y, et al. Research and applications of the technology system for natural resource survey and monitoring: A case study of Guangxi[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, 35(4): 192–200.)

自然资源调查监测技术体系研究与实践 ——以广西壮族自治区为例

黄景金^{1,2}, 郭伟立^{1,2}, 韦忠扬^{1,2}, 唐长增^{1,2}, 潘正强^{1,2}, 任建福^{1,2}

(1. 广西壮族自治区自然资源调查监测院, 南宁 530219; 2. 自然资源部北部湾
经济区自然资源监测评价工程技术创新中心, 南宁 530219)

摘要: 在自然资源调查监测体系提出背景之下,新一代数字技术与调查监测融合发展在自然资源统一调查监测中存在自然资源时空数据保障缺乏协同、自动处理能力业务化应用不足、成果数据精细化管理有待提升、社会化服务和安全保障不足等方面的问题。在现代测量技术和人工智能、大数据、云计算等新一代数字技术的快速发展及其与自然资源调查监测的深度融合背景下,该文基于自然资源统一调查监测体系,提出了自然资源调查监测体系技术框架,开展“天空地人网”协同感知、自然资源时空数据自动化处理、自然资源实体时空数据库构建、调查监测成果数据共享服务和数据安全保障 5 大研究内容。最后,以广西壮族自治区“天空地人网”协同感知网、普适型调查监测数据采集系统研发、自然资源综合监测为例,说明自然资源调查监测技术框架的建设成果。

关键词: 自然资源; 调查监测; 技术框架; 数字化赋能; 精细化管理

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097–034X(2023)04–0192–09

0 引言

自然资源是人类的生存之基、生产之源、生态之本。自然资源调查为自然资源精细化管理提供数据基础,自然资源监测为检验自然资源管理成效提供技术保障^[1]。自然资源部于 2020 年出台的《自然资源调查监测体系构建总体方案》旨在加快建立自然资源统一调查、评价、监测制度,健全自然资源监管体制,切实履行自然资源统一调查监测职责^[2]。由于自然资源的稀缺性、整体性、系统性、区域差异性、动态性和多样性等特点,自然资源调查监测体系构建需要以新一代数字技术作为支撑,将数字化贯穿于调查监测体系的全要素、全流程和全环节之中,没有调查监测体系的数字化,就没有自然资源治理现代化^[3–6]。自然资源调查监测技术体系研究是以现代测量技术和人工智能、大数据、云计算、区块链、5G、物联网等新一代数字技术为手段,建设自然资

源多维立体协同感知、时空数据自动化处理、三维立体时空数据库建设、成果数据共享服务、软硬件和数据安全保障等内容,支撑自然资源调查监测体系的工程业务^[7]。浙江、广东、湖南、广西、重庆等省市在自然资源调查监测系统构建进行了相关探索和研究^[8–14]。

在现代空间信息技术、新一代数字技术与自然资源调查监测业务的交叉融合发展中,空间位置服务、对地观测、影像智能处理、数据安全等方面取得了长足的发展^[15]。我国北斗三号全球卫星导航系统星座于 2020 年 6 月 23 日全面完成部署,并向全球用户提供更加优质、更加完善的时空信息服务^[16]。各类对地观测平台为自然资源调查监测提供多种数据源,如:我国在轨运行的遥感卫星目前超过 200 多颗,光学和雷达卫星的最高地面分辨率均优于 0.5 m,已形成高、中、低空间分辨率合理配置、多种观测技术优化组合的综合高效全球观测和数据获取能力。在新一代数字技术快速发展和与空

收稿日期: 2022–08–10; 修订日期: 2023–06–10

基金项目: 广西重点研发计划“自然资源要素变化实时感知和智能处理关键技术研发与应用示范”(编号: 桂科 AB22080077), 广西科技基地和人才专项项目“顾及季节影响的广西耕地变化检测方法研究”(编号: 桂科 AD20238044), 广西空间信息与测绘重点实验室基金项目“破碎复杂地表覆盖下多源遥感影像变化检测”(编号: 191851011), 广西自然资源调查监测院揭榜挂帅项目“基于自然资源实体统一调查的理论与方法研究”(编号: JBGCS2022009) 共同资助。

第一作者: 黄景金(1988–), 男, 高级工程师, 主要从事自然资源调查监测和遥感影像实时处理。Email: jingjin_huang@tju.edu.cn。

通信作者: 唐长增(1969–), 男, 教授级高级工程师, 主要从事自然资源调查监测和应急测绘等。Email: tcz8959@163.com。

间信息技术加速融合下,形成了以智能定位导航定时(positing navigating timing,PNT)、智能地球观测系统(earth observation system,EOS)和智能无人机(unmanned aerial vehicle,UAV)为主的航天航空传感网,如: Zhou^[17]在 2001 年提出的 Future Intelligent Earth Observing Satellites; 张兵^[18]在 2011 年提出的智能遥感卫星系统; 李德仁^[19]在 2017 年提出的对地观测脑; 杨元喜^[20]在 2021 年提出的智能 PNT。人工智能、大数据、云计算、并行计算等为海量多源调查监测数据处理提供了算法和算力支撑^[21, 22]。基于深度学习的数据智能处理技术成为当前主要手段,其破解了传统遥感图像解译方法主要靠人工判读和半自动化软件解译,效率相对低下,而准入门槛却很高,解译自动化程度低的问题^[23-25]。目前各类多源遥感解译平台通过人工智能技术快速、及时、低成本地从海量的遥感卫星影像中提取地物要素信息,具有精准的影像解译产品生产,自动及并行化数据处理流程,高效处理及快速可视化展示,智能化深度学习框架集成等特点^[26],如: 张继贤等^[23]针对自然资源调查监测的需求,提出了人机协同的自然资源要素智能提取方法,构建了“智能计算后台+智能引擎+人机交互前台”的人机协同解译技术框架。另外,基于人工智能和知识图谱技术,可精准记录长序列调查监测成果数据时间和空间维度属性及其全流程各时相信息的连续性和相关性,实现调查监测成果数据身份管理与认证、多维信息集成化一体化档案式管理、全历程变化监控和管理,使每个成

果数据源头可追溯、流向可跟踪、信息可查询,为自然资源精细化管理等提供高效、透明、可信的数据与技术保障。

虽然我国在历史成果数据整合、现状数据保障、“一张网”“一张图”“一平台”建设等方面积累了大量的基础数据、服务平台和技术经验,但与自然资源统一调查监测的需求和目标相比,在数据获取和处理、成果管理、共享应用、安全保障等方面还有一定的差距,主要体现在: 现有多维立体遥感平台相互独立,缺乏协同连通; 数据自动化处理难以满足大规模业务化应用,人海战术的作业模式难以为继; 数据资源的准确性、时效性、多样性还存在较大的差距; 用数据说话、用数据管理和用数据创新的能力不足; 成果数据的安全保障需要全面加强升级。因此,本文从数字化转型的视角,通过提出自然资源调查监测体系技术框架来解决上述问题,并结合地方差异性和实际需求,介绍了广西的实践与探索。

1 自然资源调查监测技术体系总体框架

自然资源调查监测技术体系是一项复杂的系统工程,涉及面广,技术难度大,时间紧迫,需要各行业、各部门进行总体布局、统筹推进、分布实施,其总体框架主要包括自然资源的多维立体协同感知、多源异构数据自动化处理、实体时空数据库建设、成果数据共享服务、安全保障等建设内容和支撑的自然资源调查监测业务(如图 1)。

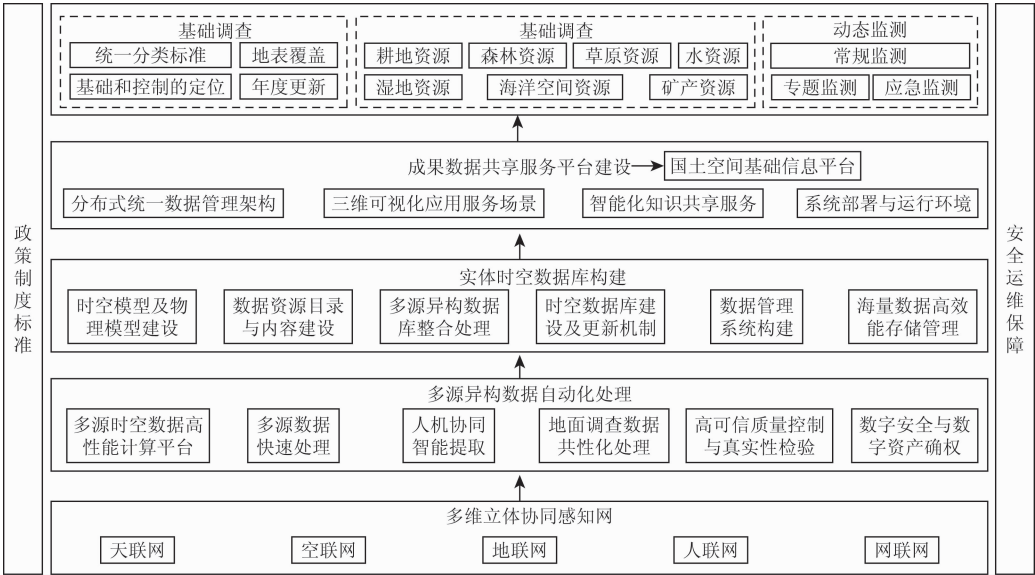


图 1 技术框架

Fig. 1 The technical framework

1.1 多维立体协同感知网构建

自然资源要素广泛分布于陆域海域、地上地下,加上自然资源禀赋的区域差异性和气候多变性,单

一遥感平台难以为所有自然资源调查监测提供数据保障,为此,本文在重新明确各类遥感平台在调查监测中的角色和定位的基础上,提出了面向调查监测

的“天空地人网”协同感知网,如图 2。该感知网共分为 5 层,分别是天联网、空联网、地联网、人联网和网连网,各层网在横向上可独立成网,在纵向上可协同联网,织成一张多维立体、协同联动的感知网,使调查监测数据的获取途径多种多样。

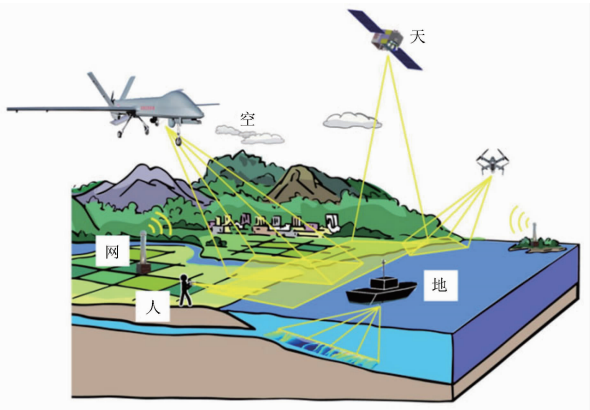


图 2 “天空地人网”协同感知网

Fig. 2 Space – air – land – people – net cooperative awareness networks

天联网是以全球导航定位系统提供的陆海时空位置服务为基础,构建包含光学、多光谱、合成孔径雷达、激光测高和重力等遥感卫星的对地观测网,形成全方位、高精度、高时空分辨率的影像和技术保障能力,实现广域的定期影像覆盖和数据获取,为调查监测提供实时精准的位置服务和宏观区域的遥感数据服务。

空联网是通过利用搭载各类专业探测器的有人机、无人机、浮空器等航空飞行平台,组网构建航空传感网,与天联网互为补充,实现局部区域和重点要素的调查监测,提供空间分辨率更高、时效性更强、机动灵活更好、现状信息更丰富的数据保障。

地联网是主要包括地面观测网和海洋信息观测网,覆盖地表、地下、水面、水下、海面、海底等陆海全域。其中,地面观测网主要利用车载测量、移动终端、观测台站、专项装备以及定点观测传感网构建陆域信息采集网;海洋信息观测网主要利用海洋站、海上固定平台、岸基雷达以及海底观测系统构建海洋信息采集网。通过地联网,借助测量工具、检验检测仪器、照相机/摄像机等设备,利用实地调查、样点监测、定点观测等模式,为更小尺度区域和重点要素的调查监测提供精细化的现状数据保障。

人联网的提出是基于“调查监测为人民、调查监测靠人民”的思路,把每个与调查监测相关的人员都当成传感器,连接起来构成网。不管是专业队伍、乡村干部、村民,还是志愿者地理信息和众包测

绘,发挥其在调查监测现状数据采集中强时效性和低成本的优势,特别是基层人员具备第一时间发现自然资源变化的独特优势。通过为基层人员提供普适型工具手段和激励机制,就可以为调查监测提供主动精准的数据服务。

网联网是以通信网为基础,通过互联网将人与人连接,通过物联网将人与物连接,利用“互联网 +”等手段,有效集成各类平台和传感器,协同获取自然资源的位置、数量、质量、生态等时空数据,提高调查监测现状数据的保障能力。另外,网联网又可理解为天联网、空联网、地联网、人联网在纵向上组成网络,织成一张“天空地人网”协同感知网,实现对自然资源全要素、陆海全域、全业务流程、全生命周期、全数字化技术手段的调查监测。

基于“互联网 +”思维研发,研发开放式的多维立体协同感知平台,将各类平台和传感器按照有序、主动、连通的组织模式,形成一个各类遥感平台互连互通、任务执行公开透明、社会公众共同参与、数据主动共享的服务平台。通过该平台来创新调查监测设备的在线共享、数据的协同采集机制、成果的汇交和共享,有利于提高各平台和传感器的使用效率,提升数据采集的精准性和时效性,提升应急响应能力,同时,避免数据重复采集、降低数据采集成本。

1.2 多源异构数据自动化处理

“天空地人网”协同感知网为调查监测提供了海量多源异构的“算料”保障,但基于单一计算平台、单一算法模型、传统质检方法,已难以支撑自然资源精细化管理需要和社会大众多样化需求。针对调查监测中海量多源时空数据,充分利用云存储、高性能计算、人工智能等新技术,构建以“算法为基础、知识为引导、服务计算为支撑”的多源时空数据自动化处理体系^[7],实现调查监测底图快速生产、自然资源要素自动分类和变化智能提取、“互联网 +”内外协同处理、统一数据质量检查和真实性验证等。

1) 高性能计算平台建设。构建满足多样化业务存储、计算和服务需求的高性能计算平台(包括物理层、系统层、数据层、算法层、服务层等),实现数据资源的按需利用、算法模型的动态封装与组合、业务流程的动态编排与实时监控、多元时空数据的并行处理、处理结果的动态推送,满足多源时空数据快速处理需求。

2) 多源时空数据自动化处理体系建立。基于高性能计算平台,建立包括多源时空数据的自动清洗和同化、二维和三维高精度底图的快速制作、地表

要素的自动分类和变化发现的智能提取等功能的处理模块,破解传统基于人海战术的数据处理困境,实现时空数据处理的流程化、模块化和自动化,为调查监测提供统一、快速、可靠的工作底图 and 变化数据。

3) 内外业数据协同处理。构建内业与内业、内业与外业、外业与外业的在线协同作业场景,实现内业数据的实时共享、内外网数据双向快速交互、业务数据与实时现状数据的叠加分析、基于实时现状数据的目标智能识别、普惠型外业数据采集及其轨迹透明留痕、文本表格数据快速处理等,为调查监测提供低成本、快速灵活、可靠的技术手段。

4) 质量控制方法建立。围绕数据多样性、流程复杂性以及人为因素等质量问题产生的根源,建立基于知识图谱的质量控制方法,为具体的调查监测业务提供实时、准确、可靠的质量信息与质量预警服务,确保调查监测成果数据的质量。

1.3 自然资源实体时空数据库建设

以自然资源实体为载体,研究自然资源实体的分层分类标准体系,以满足自然资源管理共性需要的最小管理单元为基本实体,按照统一的数据物理模型、标准规范,按照逻辑统一、物理分散的思路,整合土地、森林、测绘等历史成果数据,与农业、住建、统计等部门数据互联互通,加上互联网、物联网数据,形成地上地下、陆海相连、集成融合的自然资源实体时空数据库。同时建立实体时空数据库管理系统和联动更新机制,实现对时空数据库的统一管理、联动更新、按需服务。通过构建一个覆盖全面、统一空间基底的调查监测数据库和管理系统,对自然资源实体数据进行统一管理和维护,建立实体与部门标准和分析评价模型的映射关系,实现“一库多能、按需组装”,全面掌握各类自然资源状况,实现自然资源精细化管控,提高数据共享和应用水平。同时,为自然资源知识图谱构建和知识服务提供实体数据库支撑。自然资源时空数据库建设包括数据库设计、数据集成建库、管理系统研发以及机制建设等内容。

1.4 成果数据共享服务平台建设

以自然资源实体时空数据库为支撑,建成部门联动、开放共享、安全高效的分布式调查监测成果数据共享服务平台,作为国土空间基础信息平台的子平台,为自然资源确权登记、国土空间规划、国土空间用途管制、耕地保护、生态保护修复、执法监督等业务提供“数据-信息-知识”服务。调查监测成果数据共享服务的核心是“连通用化”,即把成果数

据共享服务平台与其他系统平台(包括内网、政务网和互联网的系统平台)“连”起来,能“连”则“连”,应“连”尽“连”;在“连”的基础上,系统平台间要“通”数据、“通”业务、“通”价值;共享服务的核心是各级用户基于系统平台“用”数据、“用”服务;共享服务的目的是“化”成数据资产的增值、“化”成用户的治理能力。通过调查监测成果数据在部门应用和社会服务中的共享应用,提升用数据说话、用数据管理和用数据创新的服务能力,推动自然资源治理体系和治理能力的现代化,服务美丽中国建设和经济社会高质量发展。调查监测成果数据共享服务平台建设内容主要包括平台架构构建、平台服务功能建设、系统部署与运行环境建设等。

1.5 安全保障体系建设

数据安全保障体系建设涉及数据的采集、传输、存储、处理、交换、销毁等过程,是一个复杂、艰巨的系统工程,绝非仅靠一些信息安全技术标准和措施就能妥善解决。必须探究数据安全的本质,站在战略和全局的高度考虑现实问题,做好数据安全的顶层设计,加强关键数据基础设施安全保护,强化关键数据资源保护能力,增强数据安全预警和溯源能力等。安全保障体系建设主要包括基础设施安全、网络通信安全、软硬件平台国产化、数据安全、监测预警与应急处置等内容。

2 支撑业务

自然资源调查监测体系技术框架目的是支撑具体的调查监测业务,即自然资源基础调查、专项调查、动态监测(包括常规监测、专题监测和应急监测)。基础调查是对自然资源共性特征开展的调查,专项调查指为自然资源的特性或特定需要开展的专业性调查。基础调查和专项调查相结合,共同描述自然资源总体情况。动态监测是在基础调查和专项调查形成的自然资源本底数据基础上,掌握自然资源自身变化及人类活动引起的变化情况的一项工作,实现“早发现、早制止、严打击”的监管目标。调查监测成果在履行相关的审核程序后,可作为统一对外发布和地方考核依据的法定权威数据^[2]。

基础调查属于重大的国情国力调查,其成果作为专项调查和动态监测的本底数据。为确保基础调查成果的统一性、可靠性和权威性,在自然资源分类标准基础上,依托“天空地人网”协同感知网、自然资源时空数据自动化处理体系、自然资源实体时空

数据库、调查监测成果数据共享服务平台和数据安全保障体系的 5 大建设内容,实现航天航空遥感影像统筹、调查工作底图快速制作与分发、基于人工智能和人机交互的要素自动分类和变化智能提取、基于“互联网+”的外业举证和数据真实性检验、基于大数据和知识图谱的产品质量检查、基于自然资源实体的成果数据管理、更新和共享等,逐步形成一套涵盖基础调查全部工作内容、流程清晰、指标明确、方法先进、能有效指导基础调查任务实施的系列工程性技术与方法。

专项调查是针对各类自然资源的特性、精细化管理和宏观决策的需求,在自然资源分类标准体系框架下和基础调查成果基础上,查清各类自然资源的数量、质量、结构、生态功能以及相关人文地理等多维度信息。由于专项调查突出“专题性、深入性”,其对 5 大建设成果的利用方式各不相同。例如:在基础调查确定耕地范围内,由“天空地人网”协同感知为耕地类型、种植体系、气候条件、地形条件、土壤属性、耕作系统、健康状况等调查提供数据保障和技术支撑,基于耕地资源实体实现耕地成果数据的整合、管理和更新,基于大数据和知识图谱实现耕地资源的数量变化、质量等级、健康水平、产能状况等评价分析,掌握耕地资源数量、质量、生态基础状况,最终形成涵盖专业性调查内容、流程清晰、指标明确、方法实用、先进且工程化的技术方法与流程。

动态监测是在基础调查和专项调查成果基础上,通过对自然资源调查监测技术体系建设成果的综合运用,掌握自然资源自身季节性、周期性、突发性变化以及人类各种活动引起各种变化情况的一项工作,直接服务于自然资源精细化管理,是实现“早发现、早制止、严打击”的技术保障。常规监测是对基础调查定期开展全覆盖动态遥感监测,及时掌握自然资源年度变化等信息。按照国家统一标准,统筹利用现有资料,利用最新卫星遥感影像,制作正射影像图,提取地类变化信息,结合有关专项监测及自然资源管理成果,开展实地调查举证,全面掌握自然资源的地类、面积、属性及相关要素等信息的年度变化情况,更新基础调查数据库。专题监测是对自然资源的重点要素和重点区域的自然资源特征指标进行动态跟踪,及时掌握监测对象的分布、数量、质量等变化情况。依托技术体系,重点解决专题监测的多类型监测底图快速生产、样本库快速建立、变化图斑快速提取和质量检查、时空数据库更新和对外共享。应急监测是针对突发事件开展的快速监测工

程,第一时间获取事发地事发前、事发时和事发后的影像数据、视频数据和地理信息数据等资料,为应急指挥、快速救援、灾后重建等提供基础数据保障。依托技术体系,重点解决空域快速申请,监测装备快速调动,监测数据实时回传、快速处理和灾情自动解译。此外,建设一套强有力可执行的响应机制,做到第一时间启动应急监测任务。

3 广西的探索

3.1 广西“天空地人网”协同感知网构建

为解决广西壮族自治区(下文简称广西)雨热同期、多云多雾影响卫星遥感影像数据的及时获取,广西借鉴“互联网+”思维,基于云环境 TCV(terminal cloud virtual)软件系统架构,研发了“天空地人网”协同感知平台。平台以 Web 平台为主,智能手机终端 APP 为辅,以最新的 HTML5 并基于 CSS3.0 及以上版本的相关特性进行前端显示构建,实现 Web 浏览器云端访问和云端管理。在服务器端,硬件配置应满足多核心、高频率、大内存的要求,操作系统采用 Linux 和 Windows Server 系统,运行软件有 Mysql 数据库、Redis 服务、PHP 应用、NodeJS 应用等软件环境支撑。

平台可接入有人机、无人机、全球导航定位系统(global navigation satellite system,GNSS)定位仪、地面监测车、摄像头智能手机终端,还可以接入技术人员、乡村干部、村民等人员,未来可扩展接入卫星实时轨迹和加载卫星影像范围,从而实现各类传感器在一个平台上汇聚、连通、交互。将时空数据采集任务在平台上发布,在线注册用户均可参与任务抢单(特殊任务可指定用户完成),用户根据任务的具体要求(如:精度要求、完成时限、成果提交方式、质量要求等)来完成。同时,平台确保任务全流程、全环节可视化、透明化。

平台自 2021 年 1 月上线以来(图 3),截至 2022 年 4 月,在全国先后接入各类传感器 8 700 多台,发布任务数超过 70 000 个,无人机获取面积超过 90 000 km²,平台成果用于中央环保督察、省际省内应急测绘演练、重大项目监测监管、自然资源综合监测等,取得了良好成果。平台创新了数据采集硬件装备在线共享模式、自然资源应急监测协同机制、航空摄影测量生产组织模式和数据成果汇交机制等,提高了硬件装备利用率,提升了应急监测响应能力,避免了时空数据重复采集,更降低了时空数据采集成本。

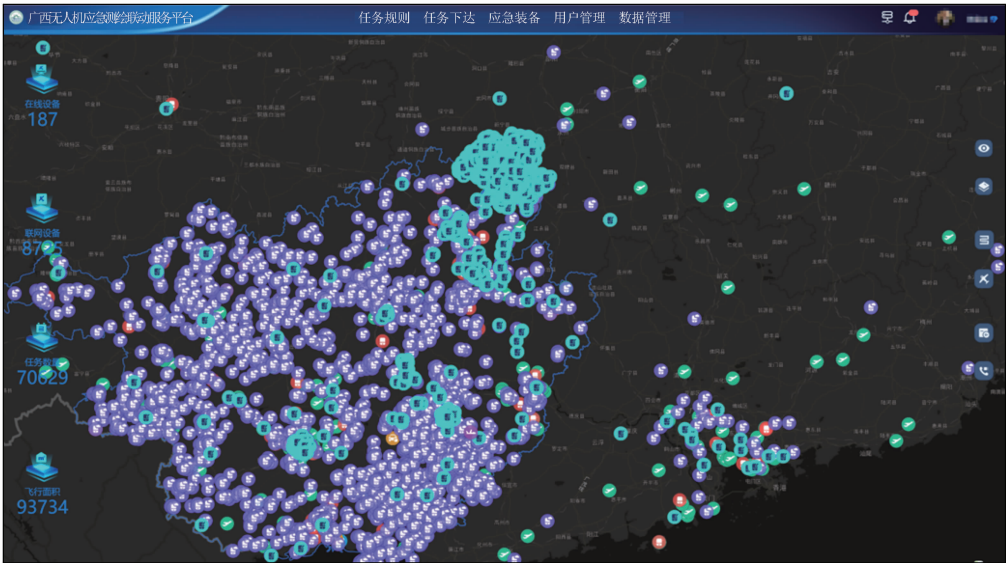


图 3 协同感知平台界面

Fig. 3 Interface of cooperative awareness platform

3.2 普适型调查监测数据采集系统研发

传统调查监测数据采集工作更多是依赖专业技术人员开展,其特点是擅于操作专用设备、数据成果质量有保障、经费投入大等,但也存在数据采集的时效性差和机动灵活性不足等问题。为充分发挥乡村干部、村民等基层人员在自然资源数据采集中机动灵活、低成本的优势,研发了面向基层人员的普适型调查监测数据采集系统。该系统硬件和软件模块分

别为全站型 GNSS 定位仪和乡村绘 APP(图 4)。其中,全站型 GNSS 定位仪可实现全站仪的三维坐标测量功能,专业参数免设置,操作简单快捷,仪器成本低;乡村绘 APP 可实时连通各类 GNSS 定位仪(实现边测量边绘图)、内置专业成图工具(满足大比例成图要求)、操作界面简单明了(达到免培训目的)、可与协同感知平台有机融合(及时掌握进展状态)。

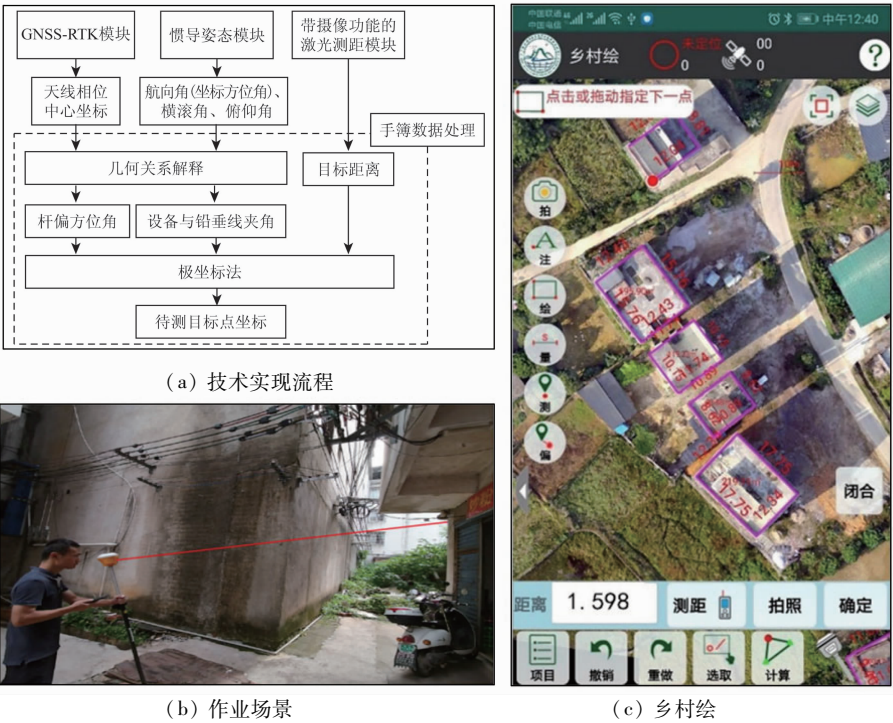


图 4 普适型调查监测数据采集系统

Fig. 4 Universal survey and monitoring data acquisition system

全站型 GNSS 定位仪是基于惯导 RTK 和激光测距的组合。在测量位置可达、GNSS 信号良好的场景下,全站型 GNSS 定位仪发挥传统 GNSS 接收机优势;在测量位置难以到达或 GNSS 信息弱的场景

下,全站型 GNSS 定位仪发挥全站仪的坐标测量优势。2 种优势有机组合,加上仪器测量精度高、性能稳定、操作简便、成本低等,可用于调查监测中变化图斑的空间位置信息采集。

乡村绘 APP 将调查监测的外业数据采集工作分为“测、量、绘、注、拍”5 个子模块,即“测”是连接 GNSS 定位仪等设备,完成空间位置三维坐标的测量;“量”记录激光测距仪等工具量取调查要素的长度尺寸;“绘”可依据影像底图便捷绘制各类边界线,还可以与实地测量进行绘制,可满足点、线、面的绘制,同时包含距离交会、延伸计算、等分计算等辅助功能;“注”是对现场地物的类型、权属信息等信息的记录,同时可定制属性标注表格;“拍”是拍摄自然资源现状、权属资料、房屋纹理等照片,并可将照片与图形进行挂接。还可以用乡村绘 APP 开展自然资源产品的质检工作。截止 2021 年 12 月 26 日,乡村绘 APP 共注册人数约 4 000 人,已在广西阳朔、全州、资源、恭城等地推广使用,仅用 30 余天完成了权属调查超过 28 万宗,单日最高完成调查量达 1.3 万宗,产生了显著的经济和社会效益。

3.3 自然资源综合监测

为加快建立自然资源统一调查、评价、监测制度,广西围绕自然资源“十四五”规划和当前重点工作,对行政管辖范围各类合法和非法变化图斑进行综合监测,其技术路线如图 5 所示。广西自然资源综合监测是在第三次国土调查及最新年度变更调

查成果的基础上,建立面向综合监测的“天空地人网”协同感知网,运用人工智能等新一代数字技术快速提取自然资源变化图斑,建立自然资源实体时空数据库,叠加与实体相关的各类历史调查监测数据和最新业务专题数据,准确反映图斑的历史变化情况和变化趋势,定期开展综合监测监管分析评价。通过研发自然资源综合监测平台,实现各类基础数据、监测数据、实地核查数据的互联互通,以及各监测监管环节的处置信息交互流转,实现监测图斑的全流程信息化监管。另外,综合监测成果数据通过平台同步应用于地理国情监测、年度变更、卫片执法、基础测绘更新等各项工作。在数据安全保障方面,通过单向光闸实现内外网数据的流通,通过使用明暗水印、防伪加密实现数据防篡改和溯源。

截至 2021 年 12 月底,通过“天空地人网”协同感知网基本实现了广西全区优于 3 m 卫星遥感影像季度覆盖,优于 1 m 卫星遥感影像年度覆盖,为全域变化图斑发现提供了基础数据保障。针对重点监测区域,利用广西无人机应急测绘联动服务平台统筹获取优于 0.2 m 航空遥感影像(含彩虹-4 无人机航摄影像) $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。以“AI + 人机交互”的方式,共提取变化图斑 7.9 万个,叠加历史数据和最新业务数据,共发现疑似问题图斑并下发市县处理约 1.2 万个,为实现“早发现、早制止”的监测监管目标提供了重要保障,有力地支撑了自然资源监管和自然资源治理能力提升。

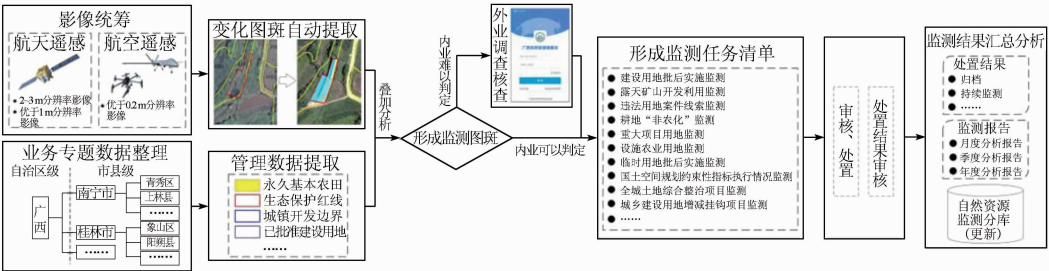


图 5 自然资源综合监测技术路线

Fig. 5 Technical route of comprehensive monitoring of natural resources

4 结论

本文分析了现代空间信息技术与新一代数字技术对自然资源统一调查监测支撑作用,为解决自然资源时空数据保障缺乏协同、多源异构时空数据处理自动化和成果数据精细化管理有待提升、社会化服务和安全保障不足等方面的问题,结合广西的思考和探索,得出以下结论:

1) 提出构建基于“互联网 +”的“天空地人网”

协同感知网,发挥各类平台和传感器在各项调查、监测工作的优势,实现现状数据采集的高效协同、主动灵活和低成本。

2) 提出多维立体时空数据自动处理流程方法,实现调查监测底图快速生产、自然资源要素自动分类和变化智能提取、“互联网 +”内外协同处理等。

3) 提出建设基于自然资源实体的时空数据库,以自然资源实体为载体,在三维底座基础上,汇聚和整合各类时序化的矢量数据、照片数据和管理数据。

4) 提出建设面向“连通用化”的调查监测成果

数据共享服务平台,依次实现用数据说话、用数据管理和用数据创新。

5)提出从基础设施安全、网络通信安全、软硬件平台安全等方面的建设来保障数据安全。

6)以广西“天空地人网”协同感知网构建、普适型调查监测设备、自然资源综合监测等应用为例,阐述自然资源调查监测体系技术框架的建设成果。

参考文献(References):

[1] 自然资源部测绘发展研究中心. 构建新时代自然资源管理高质量发展质检保障体系[EB/OL]. (2019-04-01)[2023-06-10]. <https://www.drcmnr.com/zkyj/2103.jhtml>.
Development Research Center on Surveying and Mapping of Ministry of Natural Resources of China. Establish a quality control system for natural resources management in the new era[EB/OL]. (2019-04-01)[2023-06-10]. <https://www.drcmnr.com/zkyj/2103.jhtml>.

[2] 自然资源部. 自然资源调查监测体系构建总体方案[Z]. 2020: 1-25.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Scheme for the construction of natural resources investigation and monitoring system[Z]. 2020:1-25.

[3] 自然资源部. 2020年自然资源部网络安全与信息化工作要点[Z]. 2020:1-7.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Key points of work on network security and informatization of Ministry of Natural Resources in 2020[Z]. 2020:1-7.

[4] 李建成. 数字改变世界[J]. 中国建设信息化, 2019(23): 44-45.
Li J C. Digital changes the world[J]. Informatization of China Construction. 2019(23): 44-45.

[5] 谷树忠, 吴太平. 中国新时代自然资源治理体系的理论构想[J]. 自然资源学报, 2020, 35(8): 1802-1816.
Gu S Z, Wu T P. On China's governance system for natural resources in the New Era[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(8): 1802-1816.

[6] 关凤峻, 刘连和, 刘建伟, 等. 系统推进自然生态保护和治理能力建设——《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》专家笔谈[J]. 自然资源学报, 2021, 36(2): 290-299.
Guan F J, Liu L H, Liu J W, et al. Systematically promoting the construction of natural ecological protection and governance capacity: Experts comments on Master Plan for Major Projects of National Important Ecosystem Protection and Restoration (2021—2035)[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(2): 290-299.

[7] 自然资源部. 自然资源调查监测技术体系总体设计方案(试行)[Z]. 2022: 1-62.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. General design scheme for the construction of natural resources investigation and monitoring technology system (trial) [Z]. 2022: 1-62.

[8] 广东省自然资源厅. 广东省自然资源调查监测体系构建实施方案[Z]. 2020: 1-24.
Department of Natural Resources of Guangdong Province. Imple-

mentation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Guangdong Province[Z]. 2020: 1-24.

[9] 广西壮族自治区自然资源厅. 广西自然资源调查监测体系构建实施方案[Z]. 2021: 1-32.
Department of Natural Resources of Guangxi Province. Implementation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Guangxi Province[Z]. 2021: 1-32.

[10] 黄景金, 唐长增, 李毅, 等. 广西自然资源调查监测体系构建[J]. 国土资源遥感, 2020, 32(2): 154-161. doi: 10.6046/gtzyyg. 2020. 02. 20.
Huang J J, Tang C Z, Li Y, et al. System construction for survey and monitoring of natural resources in Guangxi[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(2): 154-161. doi: 10.6046/gtzyyg. 2020. 02. 20.

[11] 宁夏回族自治区自然资源厅. 宁夏回族自治区自然资源调查监测实施方案[Z]. 2021: 2-22.
Department of Natural Resources of Ningxia Province. Implementation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Ningxia Province[Z]. 2021: 2-22

[12] 四川省自然资源厅, 四川省生态环境厅, 四川省交通运输厅, 等. 四川省自然资源调查监测体系构建实施方案[Z]. 2020: 1-16.
Department of Natural Resources of Sichuan Province, Department of Ecology and Environment of Sichuan Province, Department of Transportation of Sichuan Province, et al. Implementation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Sichuan Province[Z]. 2020: 1-16.

[13] 浙江省自然资源厅. 浙江省自然资源调查监测体系构建实施方案[Z]. 2021: 1-20.
Department of Natural Resources of Zhejiang Province. Implementation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Zhejiang Province[Z]. 2020: 1-20.

[14] 重庆市规划和自然资源局. 重庆市自然资源调查监测体系构建实施方案[Z]. 2020: 1-15.
Chongqing Planning and Natural Resources Bureau. Implementation plan for the construction of natural resources investigation and monitoring system of Chongqing[Z]. 2020: 1-15.

[15] 陈军, 刘万增, 武昊, 等. 智能化测绘的基本问题与发展方向[J]. 测绘学报, 2021, 50(8): 995-1005.
Chen J, Liu W Z, Wu H, et al. Smart surveying and mapping: Fundamental issues and research agenda[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2021, 50(8): 995-1005.

[16] 余建斌, 吴月辉, 温腾. 北斗三号全球卫星导航系统星座部署全面完成[N]. 人民日报, 2020-06-24(1).
Yu J B, Wu Y H, Wen T. The deployment of the Beidou-3 Global navigation satellite system constellation was completed half a year ahead of schedule[N]. The People's Daily, 2020-06-24(1).

[17] Zhou G Q Architecture of future intelligent earth observing satellites (FIEOS) in 2010 and beyond[R]. National Aeronautics and Space Administration Institute of Advanced Concepts, 2001.

[18] 张兵. 智能遥感卫星系统[J]. 遥感学报, 2011, 15(3): 415-431.
Zhang B. Intelligent remote sensing satellite system[J]. Journal of Remote Sensing, 2011, 15(3): 415-431.

[19] 李德仁, 王密, 沈欣, 等. 从对地观测卫星到对地观测脑[J].

武汉大学学报(信息科学版),2017,42(2):143-149.

Li D R,Wang M,Shen X,et al. From earth observation satellite to earth observation brain[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University,2017,42(2):143-149.

[20] 杨元喜,杨 诚,任 夏. PNT 智能服务[J]. 测绘学报,2021,50(8):1006-1012.

Yang Y X,Yang C,Ren X. PNT intelligent services[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1006-1012.

[21] 张广运,张荣庭,戴琼海,等. 测绘地理信息与人工智能 2.0 融合发展的方向[J]. 测绘学报,2021,50(8):1096-1108.

Zhang G Y,Zhang R T,Dai Q H,et al. The direction of integration surveying and mapping geographic information and artificial intelligence 2.0[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1096-1108.

[22] 王占宏,白 穆,李宏建. 地理空间大数据服务自然资源调查监测的方向分析[J]. 地理信息世界,2019,26(1):1-5.

Wang Z H,Bai M,Li H J. Direction analysis on service for natural resource investigation and monitoring using geospatial big data[J]. Geomatics World,2019,26(1):1-5.

[23] 张继贤,李海涛,顾海燕,等. 人机协同的自然资源要素智能提取方法[J]. 测绘学报,2021,50(8):1023-1032.

Zhang J X,Li H T,Gu H Y,et al. Study on man-machine collaborative intelligent extraction for natural resource features[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1023-1032.

[24] 陶 超,阴紫薇,朱 庆,等. 遥感影像智能解译:从监督学习到自监督学习[J]. 测绘学报,2021,50(8):1122-1134.

Tao C,Yin Z W,Zhu Q,et al. Remote sensing image intelligent interpretation:From supervised learning to self-supervised learning[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1122-1134.

[25] 张永军,万 一,史文中,等. 多源卫星影像的摄影测量遥感智能处理技术框架与初步实践[J]. 测绘学报,2021,50(8):1068-1083.

Zhang Y J,Wan Y,Shi W Z,et al. Technical framework and preliminary practices of photogrammetric remote sensing intelligent processing of multi-source satellite images[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1068-1083.

[26] 龚健雅,许 越,胡翔云,等. 遥感影像智能解译样本库现状与研究[J]. 测绘学报,2021,50(8):1013-1022.

Gong J Y,Xu Y,Hu X Y,et al. Status analysis and research of sample database for intelligent interpretation of remote sensing image[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2021,50(8):1013-1022.

[27] 刘彦松,夏 琦,李 柱,等. 基于区块链的链上数据安全共享体系研究[J]. 大数据,2020,6(5):92-105.

Liu Y S,Xia Q,Li Z,et al. Research on secure data sharing system based on blockchain[J]. Big Data Research,2020,6(5):92-105.

Research and applications of the technology system for natural resource survey and monitoring:A case study of Guangxi

HUANG Jingjin^{1,2}, GUO Weili^{1,2}, WEI Zhongyang^{1,2}, TANG Changzeng^{1,2}, PAN Zhengqiang^{1,2}, REN Jianfu^{1,2}

(1. Guangxi Insititute of Natural Resources Survey and Monitoring, Nanning 530219, China; 2. Technology Innovation Center for Natural Resources Monitoring and Evaluation of Beibu Gulf Economic Zone, Ministry of Natural Resources, Nanning 530219, China)

Abstract: It has been proposed to develop natural resource survey and monitoring systems. Under this background, the integration of the new generation of digital technologies and the survey and monitoring is suffering from the following problems in the unified natural resource survey and monitoring: the lack of collaboration among spatio-temporal data on natural resources, the inadequate automation of data processing, the limited level of refined management of achievements, and inadequate social services and data security. In the context of the rapid development of modern survey technologies and new-generation digital technologies such as artificial intelligence, big data, and cloud computing, as well as their in-depth combination with natural resources survey and monitoring, this study proposed a technical framework of the unified natural resource survey and monitoring system. Accordingly, this study conducted research on five aspects: air-space-land-people-network collaborative perception, the automatic processing of spatio-temporal data on natural resources, the construction of spatio-temporal database of natural resource entities, the sharing service of survey and monitoring achievements, and data security. Finally, with the air-space-land-people-network collaborative perception network, the R&D of a universal survey and monitoring data acquisition system, and the comprehensive monitoring of natural resources in Guangxi Province as examples, this study introduced the achievements made in the construction of the technical framework of the natural resources survey and monitoring system.

Keywords: natural resources; survey and monitoring; technical framework; digital empowerment; refined management