引文格式：张建海,朱涛,谢明昊 ,等. 创新技术在自然资源日常调查监测中的应用与发展[J]. 地理空间信息, 2024, 22(11): 78-82. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2024.11.015

创新技术在自然资源日常调查监测中的应用与发展

张建海[1]，朱　涛[2]，谢明昊[1]，马　力[2]，孙巧玲[2]
（1. 宁夏自然资源勘测调查院，宁夏 银川 750000；2. 北京吉威数源信息技术有限公司，北京 100043）

摘　要：自然资源是地球赋予人类的重要资产，对人类的生存和发展具有不可替代的作用。快速、全面地掌握真实、准确的自然资源底图底数，了解自然资源的分布、数量、质量和变化情况，对于自然资源精细化管理具有重要意义。立足构建自然资源统一调查监测体系，围绕自然资源日常调查监测，进行相关技术研究与创新，着力“快、准、全”掌握自然资源动态变化，采用单监测图斑构建长时序变化信息库，提升各类问题“早发现、可追溯”的能力，探讨创新技术在自然资源调查中的发展趋势以及在数据处理、业务管理和应用方面的潜力。

关键词：自然资源；日常调查监测；单监测图斑管理；资源分布与变化情况
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）11-0078-05

Application and Development of Innovative Technologies in Daily Investigation and Monitoring of Natural Resources

ZHANG Jianhai[1], ZHU Tao[2], XIE Minghao[1], MA Li[2], SUN Qiaoling[2]
(1. Ningxia Natural Resources Survey Institute, Yinchuan 750000, China;
2. Beijing Jiwei Shuyuan Information Technology Co., Ltd., Beijing 100043, China)

Abstract: Natural resources are important assets bestowed upon humanity by the Earth, playing an irreplaceable role in human survival and development. Grasping the real and accurate natural resource base map quickly and comprehensively, and understanding the distribution, quantity, quality and changes of natural resources, is of great significance for the refined management of natural resources. Based on the construction of a unified investigation and monitoring system for natural resources, we focused on the daily investigation and monitoring of natural resources, and conducted relevant technical research and innovation. We strived to grasp the dynamic changes of natural resources in a “fast, accurate and comprehensive” manner, used single monitoring spot to build a long-term change information database to enhance the ability to “detect and trace” various problems early, and explored the development trend of innovative technologies in natural resource investigation and their potential in data processing, business management and application.

Key words: natural resource, daily investigation and monitoring, single monitoring spot management, resource distribution and change

自然资源日常调查监测是指通过定期或连续的调查、监测和分析，获取自然资源的分布、数量、质量等信息，以及对资源利用状况和环境影响进行评价的过程。新中国成立后，我国开展了第一次全国性的土地调查，主要查清了全国土地资源状况，摸清了我国土地资源家底。2006年国务院发文启动了第二次全国土地调查，旨在全面查清全国土地利用状况，掌握真实的土地基础数据，建立和完善土地调查、统计和登记制度，并在随后的各年度开展土地利用变更调查，将土地利用现状更新至最新时点。2017年10月部署开展了第三次全国国土调查（以下简称三调），目的是全面查清当前全国土地利用状况，掌握真实准确的土地基础数据，健全土地调查、监测和统计制度，强化土地资源信息社会化服务，满足经济社会发展和国土资源管理工作需要，也是党和国家机构改革后统一开展的自然资源基础调查[1]。三调采用了智能遥感技术、GIS技术、“互联网+”、大数据等更先进的技术手段和方法，获取了更准确、全面的土地利用信息。随着人类对自然资源的依赖程度不断增加，自然资源的管理和保护变得越来越重要。为实现自然资源的可持续利用，需要开展常态化的调查监测，及时掌握资源的数量、质量和变化情况。近年来，新技术的不断发展为自然资源常态化调查监测提供了新手段和新方法。本文以宁夏回族自治区为研究区，通过对新技术

收稿日期：2024-04-10。
第一作者简介：张建海（1984—），硕士研究生学位，工程师，主要从事自然资源调查监测评价工作，E-mail：zjhs3264@163.com。

在自然资源常态化调查监测中的应用与发展的研究与实践，全面查清各类自然资源的分布状况，形成一套全面、完善、权威的自然资源管理基础数据，为自然资源治理体系和治理能力现代化提供参考[2]。

1　研究区概况与研究方法

1.1　研究区概况

宁夏回族自治区（以下简称宁夏）位于我国西北部黄河中上游地区，属于北部防沙带、丝绸之路生态防护带和黄土高原—川滇修复带“三带”交汇点，是黄河水沙调节、水源涵养、水土保持的关键地带，在全国生态安全战略格局中具有重要地位。宁夏总面积为6.64万km^2，截至2022年末，辖区耕地资源为1 805.85万亩，约67%分布在中部干旱带和南部山区；林地资源为1 473.29万亩，约44%分布在年降水量400 mm（含400 mm）以上的地区；草原资源为2 985.38万亩（来源于宁夏回族自治区自然资源厅《宁夏统计年鉴–2022》），主要分布于中部干旱带和南部山区；水资源量为8.924亿m^3（来源于宁夏回族自治区水利厅《2022年宁夏水资源公报》），大多分布在北部引黄灌区；自然资源总体显现分布不均、生态脆弱的特性。

特殊的地理条件需要强化自然资源源头保护，开展自然资源统一调查监测技术探索研究，是强化自然资源监测监管的有效手段。本文基于宁夏三调成果，全面细化和完善自然资源基础数据，查清森林、草原、水、湿地、沙漠等各类自然资源范围边界和基本属性以及全区20年以来城市发展规模变化情况；通过数据整合、补充调查等方式明确各类资源专题调查属性，统筹更新自然资源管理图层，构建自然资源分层模型，形成一张遥感影像支撑、类别认定一致、要素全局覆盖、边界互无冲突的自然资源调查底图，摸清土地、矿产、森林、草原、水、湿地等各类自然资源家底；结合自然资源日常调查监测工作需要，聚焦短板问题研究，系统性重构自然资源调查监测的任务和工作方法，推进调查监测技术融合与创新，形成自然资源调查监测的顶层设计，保障年度任务顺利完成的同时夯实自然资源管理的数据基础[3]。

1.2　研究难点

在“无统一标准、无先例可循”的条件下，宁夏大力推进了自然资源全域全要素调查监测工作，先行开展自然资源调查监测体系的探索研究，在实施过程和成果应用上存在较多难点。

1）自然资源分类体系不完善。自然资源分类标准制定采用“继承、衔接、创新”的方式，为便于与国土空间规划用途分类、土地利用现状分类等不同分类的相互转换，做了较多调整，对不同专题分类矛盾的情况进行了取舍，与国家后续发布以三调为基础开展的各类专项调查监测而制定的分类体系存在不适宜。在推进构建统一自然资源调查监测体系要求下，仍需要开展自然资源分类等标准研究[4–5]。

2）缺乏基于一张本底开展统一监测方面的研究[6]。自然资源调查监测存在相同监测内容不同监测标准，监测指标相互交叉、相互矛盾的问题。不同业务采用的遥感影像底图和工作底图不统一，导致监测图斑分辨率、边界精度、代表含义等内容存在差异，直接影响自然资源调查监测工作的质量和监测数据复用性[7]。业务间监测数据需要进行对比分析、整合处理甚至重新采集，导致监测数据的重复采编，降低了数据共享与利用价值[8]。

3）自然资源数据可追溯性差。宁夏自然资源调查监测以国家年度变更任务为重心，对更新成果的管理重视程度较高，虽存储了自然资源动态变化的关键信息监测数据，但只作为过程数据零散存储，缺乏有效管理和时序管理，无法追溯自然资源在不同时点的状态和变化[9–10]。

因此，如何快速掌握自然资源的动态变化，及时发现自然资源管理中潜在的风险和问题，快速为政策制定和决策提供支持，仍需进一步开展自然资源调查统一调查监测规范化、标准化和系统化研究。

1.3　研究方法

立足宁夏自然资源调查工作中存在的难点，本文在收集整理分析现有各类资源调查规程、资料和成果的基础上，研究编制了宁夏自然资源调查监测技术细则、分类标准和数据库标准；按照自然资源统一调查监测思路，以国家自然资源调查监测技术体系顶层设计为指导，结合地方实际开展技术流程表达、整合分析与优化重构等设计研究。

1）监测图斑获取。通过两期遥感影像智能解译提取监测图斑，基于基期国土变更数据库与新时相遥感影像比对提取监测图斑，同步汇集各业务部门监测图斑，作为日常调查监测图斑来源。

2）调查底图处理。按照数据库标准对各类监测图斑进行结构升级，同步完善基础与专题属性，叠加遥感影像、行政区边界、地类图斑等制作外业调查底图。

3）外业调查举证。利用自然资源调查云平台，按照各类图斑调查举证要求，实地开展外业调查举证工作，补充完善各类图斑的基础与专项现状属性。

4）变化信息库建设。将变化信息库设计为监测图斑、变化图斑、时序图斑3层，监测图斑层存储最初变化信息提取图斑，变化图斑层存储经过内外业调查的现状图斑，时序图斑层存储经多频次监测且空间相交的历史监测图斑。为方便不同类型、层级监测图斑的管理，增加了更新类型、更新层级等属性，可灵活进行定制组合，满足不同统计分析需求。

5）将变化信息库变化图斑层与国家年末下发的监测图斑进行对比分析，查找可复用的监测图斑，进行高效复用。分析总结与国家下发监测图斑的差异，逐步与国家监测内容相一致，提升宁夏自主开展自然资源日常调查监测的工作成效。

2 创新技术思路与方法

2.1 基于深度学习的智能遥感图斑监测

内业信息提取是自然资源调查监测工作的基础。内业信息提取技术的提高不仅能减少外业实地调查中的人力物力投入，还能进一步保证整体工作的效率和质量[11-12]。新形势和新要求下，各类自然资源管理业务对调查监测的精度要求更高、频次要求更密，充分应用人工智能技术，利用多光谱、高光谱等影像数据，基于统一的监测指标体系与监测分类体系，开展智能化遥感自动变化检测和变化信息提取，从而避免人工判定带来的主观性差异，实现自然资源调查监测技术应用的新突破[13-14]。本文按照宁夏自然资源监测分类，在已有检测模型的基础上，增加监测目标样本，通过对预处理后的遥感影像数据集进行训练优化模型，构建宁夏自然资源变化信息提取模型（图1）；输入基期和监测期影像，通过对象提取主干网络对监测期遥感影像进行降维采样，获取若干大小不同的特征图，利用并行多头注意力模块对特征图进行特征融合，获取不同尺度的融合图，并采用多尺度特征聚合对不同尺度的融合特征图进行分类检测，获取目标监测结果；在半监督学习网络中利用训练数据中有类标签样本和无类标签样本进行训练，预测训练数据中无类标签样本的类标签，使模型不再强依赖数据标注质量；利用高召回率分支损失计算模型正例样本识别能力，利用高正率损失计算解译图斑的精准度，且双分支不共享参数，保证了“查全正检”的平衡。

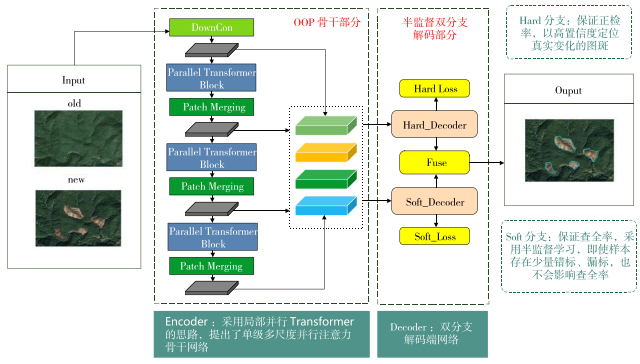


图1 变化信息提取模型结构

1）并行多头注意力模块（PTB）。通过式（1）实现跨层级学习语义信息，从而加快网络前期的收敛，使模型同时兼顾局部特征和长距离依赖，提升遥感影像的多类分割精度。

$$\mathrm{PTB}(x)=\beta\sum_{i=1}^{m}\mathrm{Att}_i[\mathrm{MLP}(\mathrm{PRM}(x))]+\alpha\times\mathrm{PRM}(x)+x \tag{1}$$

式中，α 和 β 分别为模型内可调节的超参数，默认为0.9和0.1，为尺度的级数。

2）金字塔卷积模块（PRM）。为降低整体计算复杂度，依据式（2）将原始影像按一定规则生成由细到粗不同分辨率的影像集，确保其计算量与标准卷积相当。

$$[x_1,x_2,\ldots,x_n]=\mathrm{PRM}(x) \tag{2}$$

3）高召回率分支损失（SoftLoss）。通过式（3）计算模型成功找到的正例占实际所有正例的比例，提供了一个关于模型“查全”的度量，反映模型对正例的识别能力。

$$\mathrm{SoftLoss}=\underbrace{\frac{P\cap T}{T}}_{SL_1}+\underbrace{\lambda\sum_{i=1}^{w}\mathrm{dice_loss}_m(P,T)}_{SL_2} \tag{3}$$

式中，SL_1 保证了图斑“查全”，缓解了漏标和误标情况；SL_2 为多窗口损失，解决了遥感影像上极小目标的提取。

4）高正确率分支损失（HardLoss）。通过式（4）计算模型成功预测正确的样本数与预测总样本数的比例，提供了一个关于模型“精度”的衡量，反映模型预测结果与真实结果的一致性。

$$\mathrm{HardLoss}=\underbrace{\sum_{i=1}^{w}\mathrm{dice_loss}_m(P,T)}_{HL_1}+\underbrace{\lambda\times\mathrm{CE}(P,T)}_{HL_2} \tag{4}$$

式中，HL_1 保证了图斑“正检”，缓解正负样本的不均衡和小目标漏提；HL_2 保证了图斑的完整性和连通性。

2.2 基于变化信息库实现监测图斑管理

采用单个监测图斑全生命周期管理模式，构建自

然资源调查监测变化信息库（图2），通过赋予监测图斑唯一编码，精准记录图斑的时空属性，支撑图斑数据身份的唯一认证。利用变化信息数据历史存档与调阅机制，全面记录图斑在不同时点上扩大、缩小、合并、拆分等几何和属性变化情况；并对图斑在不同时点上几何或属性变化情况构建时空相关模型，使得变化图斑源头可追溯、流向可跟踪、信息可查询[15]，解决以往按时点集中开展调查导致的国土空间利用数据现势性不足和更新过程较难复盘的问题。利用变化信息库对变化图斑在季度或月度的时空特征、属性状态和处置状况进行追溯分析，从而简化图斑变更过程、减少图斑破碎化、提升核查效率，实现自然资源日常变更调查汇总统计分析的技术突破。

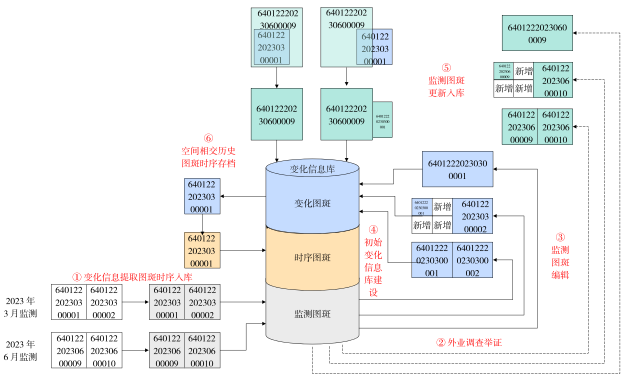


图2　变化信息库建设方法

2.3　基于日常变更图斑快速抽取年末库

收集国家下发监测图斑、各业务部门监测图斑、遥感智能解译图斑，按照宁夏变化信息库数据标准进行结构升级，开展实地调查举证，补充完善各类监测图斑的基础与专项属性。遵循变化信息库的建设逻辑，对不同时点的日常监测图斑进行更新，并对不同类型、层级的监测图斑增加更新类型、更新层级等属性，实现数据的灵活定制组合，满足不同成果和统计分析的需求。在优化作业软件和数据库管理系统的基础上，可直接利用变化信息库监测图斑层，结合基期国土变更成果，快速生成更新过程层和日常调查监测成果；再将最后一季度日常调查监测库（或变化信息库监测图斑层）与国家年末下发的监测图斑进行对比分析，查找可复用的监测图斑，进行高效复用，降低年末国土变更工作量[16]。同时，基于分析结果，总结日常调查监测图斑与国家下发监测图斑的差异，进一步优化工作路线与重心，逐步趋近国家监测内容，提高宁夏自主监测的工作成效。年末基于日常调查监测库中监测图斑属性组合与关联规则，抽取不同业务的变更数据，快速生成宁夏日常调查监测库、国家国土变更调查库。根据宁夏自然资源日常调查监测与国土年度变更工作衔接的要求，重构调查监测技术路线与工作机制，串联从监测图斑生产至抽取的全流程（图3）。

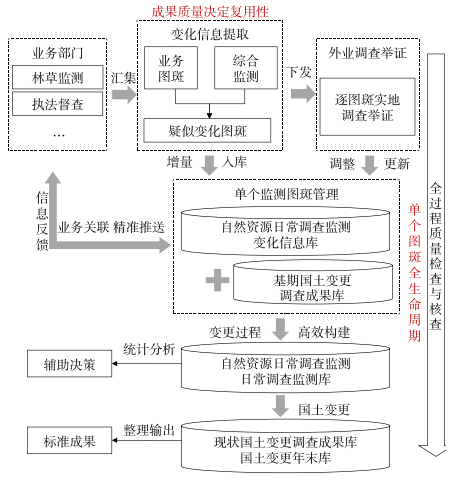


图3　日常变更库抽取年末库

3　应用成效

本文采用的单个监测图斑全生命周期管理模式构建变化信息库技术，实现了调查监测成果的快速统计分析，及时向各业务部门精准推送，打破了历年只能年末或次年采用国土年度变更调查成果数据库统计分析和共享的应用模式。通过统一管理监测图斑，建立长时序监测图斑管理工作机制，横向衔接相关业务部门调查监测任务，纵向串联自治区、市、县调查监测任务，构建了“平行联动、上下联动”的调查监测响应模式，推动了自然资源常态化调查监测工作协同和数据成果部门间的共享应用。

1）遥感智能解译，监测图斑提取更高效。通过建立解译样本库，快速完成两期影像变化区域的监测。遥感智能解译能支撑自然资源日常调查监测任务，经比对，其用时仅为人工内业信息提取的1/5。

2）构建变化信息库，更高效地掌握自然资源动态变化情况。传统自然资源管理采用分期调查成果进行比对分析，数据量大（百万级），严重影响数据处理效率，难以实现动态图斑的即时性统计分析。新技术应用下，不同时点的调查监测成果可直接利用变化信息库存储的监测图斑开展统计分析，数据量小（万级），能快速获得分析结果，聚焦核心变化图斑，高效地为日常自然资源管理提供科学的数据支撑。

3）多期多业务监测图斑，实现多期监测图斑的生命周期管理。对每个监测图斑建立详细的信息记录，包括监测图斑来源、时间、地类和变更情况信息；并按照变化信息库的建设要求，对年度内各季度

监测图斑、年际间监测图斑进行整理，完整记录同空间监测图斑从提取到消亡的过程，可随时追溯各监测期间的资源动态变化，基于底版数据可快速形成各时点的监测结果。

4 结 语

针对宁夏自然资源生态本底与变化调查监测工作中作业效率低、机制不顺畅、过程难复盘等问题，本文采用基于深度学习的智能遥感图斑监测、利用变化信息库实现监测图斑管理、利用日常变更图斑快速抽取年末库等技术方法，聚焦自然资源管理新需求，重构了自然资源日常调查监测技术路线，解决了监测图斑提取效率低、管理零散和不连续、调查监测成果统计分析耗时以及与国土年度变更调查脱节的问题。新技术在宁夏自然资源日常调查监测中的应用可有效提高工作效率和数据准确性，但仍面临遥感影像智能解译图斑正确率不高、监测类型不全以及作业软件和管理系统功能配套不完善等不足。为满足新时期自然资源管理要求，着眼调查监测工作的长远发展，需进一步探索空间信息、人工智能、大数据等先进技术，并付之于工程化应用实践，以推进自然资源调查监测评价体系建设现代化进程。

参考文献

[1] 吴凤敏,胡艳,陈静,等. 自然资源调查监测的历史、现状与未来[J]. 测绘与空间地理信息,2019,42(10):42-44

[2] 崔巍. 对自然资源调查与监测的辨析和认识[J]. 现代测绘,2019,42(4):17-22

[3] 张建海,马国庆,吕勇洪,等. 宁夏自然资源全域全要素调查探索与实践[J]. 地理空间信息,2023,21(4):99-102

[4] 陈军,王东华,武昊,等. 自然资源统一调查监测技术体系构建试点设计与进展[J]. 地理信息世界,2022,29(5):4-5

[5] 周俊超,代荫,刘智华. 基于自然资源调查监测现状的统一体系构建研究[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(12):51-53

[6] 叶远智,张朝忙,邓轶,等. 我国自然资源、自然资源资产监测发展现状及问题分析[J]. 测绘通报,2019(10):23-29

[7] 张定祥,季宏伟. 构建全国自然资源统一调查监测技术体系探讨[C]//自然资源管理改革与国土空间规划:2018年中国土地学会学术年会论文集,2018

[8] 王硕,周夏,张月,等. 人工智能时代自然资源调查监测技术的发展与挑战[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(10):146-149

[9] 李倩. 我国将构建自然资源统一调查监测体系[J]. 国土资源,2018(8):14-15

[10] 自然资源部. 自然资源部关于印发《自然资源调查监测体系构建总体方案》的通知[J]. 自然资源通讯,2020(2):13-22

[11] 张志刚,李明,温晖,等. 遥感技术在自然资源调查监测中的应用[J]. 农业科技与装备,2022(2):12-13

[12] 黄露,王爱华,陈君,等. 国产卫星遥感技术在自然资源调查监测中的应用[J]. 地理空间信息,2020,18(5):73-75

[13] 童庆禧,孟庆岩,杨杭. 遥感技术发展历程与未来展望[J]. 城市与减灾,2018(6):2-11

[14] 陈玲,贾佳,王海庆. 高分遥感在自然资源调查中的应用综述[J]. 国土资源遥感,2019,31(1):1-7

[15] 严竞新,殷小庆,陈骏,等. 自然资源调查与监测标准现状分析[J]. 测绘标准化,2019,35(4):1-4

[16] 张元杰,刘建军,高鉴. 自然资源调查监测数据库建设探讨与实践[J]. 北京测绘,2022,36(5):590-594

（上接第65页）

[2] 陈柯勋,邱伟. 一种基于改进卡尔曼滤波的GPS/BDS/SINS深组合定位算法[J]. 太原理工大学学报,2020,51(3):446-450

[3] 肖烈军,包雯静,高庆吉. 基于CPS架构的旋翼无人机组合定位建模研究[J]. 计算机工程与应用,2021,57(21):287-294

[4] 陈佩文,余学祥,张浩. GPS/BDS粒子群优化算法紧组合定位方法及精度分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2021,44(1):107-111

[5] 张高舰,赵齐乐,陶钧,等. GPS/BDS三频信号频间时钟偏差估计与定位验证[J]. 测绘通报,2022(12):102-109

[6] 王剑,孙凯悦,姜维,等. 基于GPS/BDS组合的网络RTK列车定位方法研究[J]. 铁道学报,2023,45(2):75-83

[7] 马虹. 基于5G的视觉辅助BDS移动机器人融合定位算法[J]. 计算机科学,2020,47(增刊1):631-633

[8] 王楚扬,秘金钟,李勇熹,等. BDS-3/GPS/Galileo组合动态差分定位算法研究[J]. 测绘科学,2022,47(2):16-22

[9] 王阿昊,陈俊平,张益泽,等. 基于分区综合改正数的北斗卫星导航系统和GPS组合的动态精密单点定位[J]. 同济大学学报(自然科学版),2020,48(3):447-455

[10] 曹多明,成英燕,常春涛,等. BDS不同卫星选择对相对定位精度的影响研究[J]. 测绘科学,2022,47(1):15-23

[11] 高扬,夏洪垚,许豪,等. 基于GPS与地图匹配的移动机器人定位方法[J]. 机床与液压,2021,49(3):1-5

[12] 杨兴华,高成发,王志斌,等. BDS-3四频组合精密单点定位方法比较及结果分析[J]. 测绘工程,2022,31(5):33-40