

# 国土资源调查与监测技术进展及规划

吕国斌<sup>1,2</sup>, 赵剑<sup>1,2\*</sup>

1. 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150000  
2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150000

**摘要:** 本文回顾了国土资源调查与监测技术的发展历程, 从早期实地测量、野外调查到“3S”技术的应用, 再到新兴技术如高光谱遥感、激光雷达等的兴起。分析了遥感技术、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等在国土资源管理中的应用成效, 并探讨了无人机、大数据、物联网等新兴技术的应用。同时, 指出了当前技术发展面临的挑战, 如技术瓶颈、资金与人才短缺、管理与协作问题。之后展望了未来技术发展趋势, 提出构建一体化调查监测体系和加强国际合作的规划方向。

**关键词:** 国土资源调查; 监测技术; 3S技术; 技术挑战; 一体化监测体系

## Progress and Planning of Land and Resources Survey and Monitoring Technology

Lv Guobin<sup>1,2</sup>, Zhao Jian<sup>1,2\*</sup>

1. Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center of China Geological Survey, Harbin, Heilongjiang 150000  
2. Harbin Black Soil Earth Critical Zone Field Scientific Observation and Research Station, Ministry of Natural Resources, Harbin, Heilongjiang 150000

**Abstract:** This article reviews the development process of land and resources survey and monitoring technology, from early field measurements and surveys to the application of "3S" technology, and then to the rise of emerging technologies such as hyperspectral remote sensing and lidar. It analyzes the application effectiveness of remote sensing technology, Geographic Information Systems (GIS), and Global Positioning Systems (GPS) in land and resource management, and explores the application of emerging technologies such as drones, big data, and the Internet of Things. At the same time, it points out the challenges faced by current technological development, such as technological bottlenecks, shortages of funds and talent, and management and collaboration issues. Afterwards, it looks forward to future technology development trends and proposes a planning direction for building an integrated survey and monitoring system and strengthening international cooperation.

**Keywords:** land and resources survey; monitoring technology; 3S technology; technical challenges; integrated monitoring system

## 引言

国土资源是国家发展的基石, 覆盖土地、矿产、海洋等关键领域, 其合理利用与保护对国家可持续发展至关重要。面对人口增长、经济快速发展及城市化挑战, 国土资源面临资源短缺、环境污染等问题。为确保可持续利用, 需依赖先进的调查与监测技术, 以全面、精确、及时地掌握资源状况, 支撑科学决策。技术从传统测量至AI, 提高了国土资源调查的效率与精度, 实现了管理智能化。

## 一、国土资源调查与监测技术发展历程

### (一) 早期技术手段

在国土资源调查与监测技术的早期发展阶段, 主要依靠传统的实地测量、野外调查和航空摄影测量等技术手段。这些方法在资源勘查与管理中发挥了关键作用, 但同时也暴露出不少局限

性。实地测量通过经纬仪、水准仪、全站仪等仪器, 对土地边界、地形地貌等进行直接测量, 虽然数据准确可靠, 但耗费大量人力、物力和时间, 且在复杂地形区域难以开展<sup>[1]</sup>。野外调查则通过实地走访、观察、采样等方式收集国土资源信息, 虽然能获取第一手资料, 但效率低下, 且受调查人员主观因素影响。航空摄影测量技术提高了调查效率和覆盖范围, 但影像分辨率有限, 受

依托单位: 中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心。依托项目: 全国国土变更调查国家级外业核查(哈尔滨中心), 项目编号: DD20230517; 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150086。

通讯作者: 赵剑, 邮箱: 57006630qq.com

天气影响较大，成本也较高。

## （二）技术革新阶段

在20世纪末至21世纪初，随着“3S”技术的兴起，国土资源调查与监测技术迈入了全新的发展阶段。3S技术，是遥感技术（RS）、地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）的统称，涉及当前多个领域的新型技术，如传感器、计算机、空间、通信、导航以及卫星定位等技术类型，是多种技术的集合体。3S技术属于现代信息技术，通过对多种技术的高度集成，实现对空间信息的采集、分析、管理、传播及应用<sup>[2]</sup>。遥感技术通过传感器从远距离获取地物的电磁波信息，能够识别地物的类型、分布和变化，为土地利用调查和地质勘查提供了快速、准确的数据支持。全球定位系统则利用卫星导航，实现了目标物体三维坐标的实时、精确确定，广泛应用于野外调查和土地测绘，确保了数据的精确性。地理信息系统则作为一种强大的计算机系统，能够整合和管理地理空间数据，通过空间分析和数据建模，对国土资源的分布和利用状况进行深入分析。“3S”技术集成提升了国土资源调查监测的全覆盖、实时性和精度，成为关键的技术支撑。

随着“3S”技术推进国土资源调查，新兴技术如高光谱遥感、激光雷达、航空地球物理勘查和卫星重力探测等，为调查提供了更高精度和多样性的工具。高光谱遥感提升了地物识别精度，尤其在地质矿产和生态环境监测中至关重要。激光雷达技术精确获取三维信息，提高了地形测绘和森林资源调查的效率。航空地球物理勘查快速揭示了地下资源，而卫星重力探测则从宏观角度提供了地球深部结构和资源分布的重要数据。这些技术的应用，为资源勘探和地质研究开辟了新视野。

## 二、现有技术手段及其应用成效

### （一）遥感技术应用

多光谱遥感技术通过分析不同波段的地物信息，广泛应用于土地利用和植被监测，但受限于波段数量和光谱分辨率。高光谱遥感则提供更精细的光谱信息，适用于矿物、植被、土壤的精确识别，尽管数据处理复杂、成本较高。实际工作中，多光谱与高光谱遥感技术互补使用，以提升调查精度和效率<sup>[3]</sup>。雷达遥感技术利用电磁波反射，具备全天时、全天候观测能力，穿透力强，适用于地质灾害和城市沉降监测。尽管其影像解译复杂，成本高，但技术进步为其在国土资源调查中的应用开辟了广阔前景。

### （二）地理信息系统（GIS）应用

地理信息系统（GIS）在国土资源管理中扮演着至关重要的角色，它通过强大的数据库构建和空间分析能力，为国土资源的科学规划、合理利用和有效保护提供了技术支持。GIS技术将地形地貌、土地利用类型、土壤性质等国土资源数据进行数字化采集和整合，构建空间数据库，并通过图层叠加、组合和分析，揭示资源内在联系和规律。在土地利用规划中，GIS整合多源信息，利用空间分析工具进行土地适宜性评价，确定不同区域的土地利用方式，为规划提供科学依据。它还能模拟和比较规划方案，评估影响，筛选最优方案，实现土地资源合理配置。GIS技术还广泛应用

于矿产资源管理、地质灾害预警、执法监察等领域，为国土资源精细化管理和高效利用提供技术保障，推动国土资源管理的信息化、科学化和现代化进程。

### （三）全球定位系统（GPS）应用

全球定位系统（GPS）基于卫星导航，为国土资源调查提供了高精度的定位和导航，显著提升了调查效率和精度。GPS系统由空间卫星群、地面监控系统 and 用户设备组成，通过接收卫星信号，用户设备计算出地面点的三维坐标，实现精确定位<sup>[4]</sup>。在野外地质调查中，GPS帮助地质人员在复杂地形中快速定位，记录调查点坐标，结合地质信息，为地质分析和资源勘查提供准确数据。土地测绘方面，GPS确定土地边界，绘制地籍图，解决权属纠纷，为土地管理提供依据。在土地开发整理中，GPS技术用于地形测量和土方量计算，生成数字高程模型，为工程规划和预算提供数据支持，保障土地资源的合理利用和管理。

### （四）其他技术应用

无人机、大数据、物联网等新兴技术在国土资源调查与监测中的应用，为资源管理提供了新的手段和方法，显著提升了工作的效率和精度。无人机凭借其灵活性、高分辨率和成本效益，能够快速获取小区域内的土地利用现状信息，监测矿山地质环境，为土地利用监管和矿产资源管理提供支持。大数据技术则通过其强大的数据存储、管理和分析能力，整合多源异构数据，挖掘资源数据中的规律和趋势，为规划和管理决策提供科学依据<sup>[5]</sup>。物联网技术通过实时感知和动态监测，实现了土地、矿产、水资源的精细化管理和智能控制。

## 三、当前面临的挑战与问题

### （一）技术瓶颈

虽然国土资源调查与监测技术已取得显著进展，但数据精度和分辨率的局限性仍然制约着我们对资源的精确理解和有效管理。低分辨率的遥感影像在土地利用调查中难以准确辨识小块土地，容易造成地界和类型判定的误差，从而影响规划的科学性。数据的更新滞后和精度不足同样制约了地质勘查的效率和准确性，增加了资源开发的潜在风险。此外，对于海量数据的处理能力不足，也限制了调查的效率和成果质量，特别是在地质灾害监测和土地资源管理方面，它影响了实时监控和规划的科学性。这些技术难题迫切需要通过技术创新和改进来克服。

### （二）资金与人才短缺

资金投入不足和专业人才匮乏是当前国土资源调查与监测技术发展面临的主要挑战，这些问题严重制约了技术的进步和应用推广，进而影响了国土资源管理的效率和质量。在资金方面，由于投入有限，技术装备更新滞后，无法引进先进的调查监测设备和技术，导致数据采集的覆盖范围和频率受限，影响数据的时效性和准确性，从而制约了管理决策的科学性和及时性。在人才方面，跨学科知识和专业技能的复合型人才缺乏，现有从业人员对新技术的掌握和应用能力不足，使得新兴技术如大数据分析、人工智能在国土资源领域的应用效果不佳，无法充分挖掘数据价

值,提供精准的决策支持<sup>[6]</sup>。因此,资金和人才短缺已成为限制国土资源调查与监测技术发展的关键因素,需要政府、企业和社会各方共同努力,加大资金支持,强化人才培养和引进,为技术创新发展提供保障,推动国土资源管理事业的可持续发展。

### (三) 管理与协作问题

国土资源调查与监测工作涉及多部门、多领域,亟需协同配合与高效管理,但当前管理体制和协作机制存在的问题正影响着技术的有效应用和工作开展。部门间职责划分不清晰、协调不顺畅,导致职能重叠或空白,工作效率和资源利用效率降低,如土地与水利部门在湿地资源调查中的不一致性,影响了数据的统一和资源的管理。地区间管理政策和标准差异,阻碍了跨区域工作的数据整合与共享,不利于全国统一管理体系的形成<sup>[7]</sup>。协作机制方面,跨部门、跨专业的合作不紧密,信息共享不充分,技术交流有限,限制了新技术、新方法的应用,如地质灾害监测中各部门数据技术的整合不足,影响了预警的准确性和决策支持的质量。

## 四、未来技术发展趋势与规划方向

### (一) 技术创新展望

人工智能和机器学习技术通过深度学习优化了国土资源调查与监测,实现了数据的自动分类和特征提取,提高了工作效率和准确性。卷积神经网络(CNN)等深度学习技术超越了传统遥感影像分类方法,自动识别复杂土地覆盖类型,实现了精准监测和实时变化追踪,加强了资源数据的精细化处理。这些技术在地质勘查、生态监测和执法监察等领域的应用,正推动国土资源管理向智能化和自动化迈进。量子技术,利用量子纠缠、叠加和隧穿等特性,为遥感领域带来革命性潜力。它能提升遥感成像分辨率和穿透力,实现超分辨率成像和多模态数据分析,从而更精准地探测国土资源信息。在矿产勘查和土地利用监测中,量子遥感技术提高探测精度,降低成本和风险<sup>[8]</sup>。尽管面临技术和工程挑战,但其发展前景预示着资源调查技术的新突破,助力国家资源安全和可持续发展。

### (二) 规划策略与重点

构建一体化调查监测体系是国土资源调查与监测技术发展的

关键方向,目的在于消除部门间的隔阂,整合资源,实现对国土资源的全面、系统、精准监测,提升资源管理的科学性和有效性。在构建过程中,应遵循综合性、系统性、标准化和动态性原则,将土地、矿产、海洋、森林、草原等资源纳入统一框架,运用多种技术手段全面获取信息,形成完整、有序的系统,制定统一标准和规范,建立动态监测机制<sup>[9]</sup>。实施路径包括制定统一调查指标体系、整合优化技术方法、建立数据管理与分析平台、加强部门协作,以实现调查监测的规范化、标准化和信息化,提高管理精细化水平,支撑生态文明建设和可持续发展,确保资源合理开发与有效保护,推动经济社会与生态环境的协调发展。

在全球经济一体化和资源环境问题日益严峻的背景下,加强国土资源调查与监测技术的国际合作与交流显得尤为重要。国土资源问题的全球性特征,如气候变化对资源的影响、跨国界地质灾害防治、全球矿产资源分布等,要求各国通过合作与交流共同应对。国际合作不仅能促进技术创新,还能提升我国在该领域的技术水平和国际影响力。重点合作领域包括全球气候变化对国土资源影响的研究、先进调查监测技术研发应用,以及国土资源管理经验与政策的交流互鉴<sup>[10]</sup>。例如,建立数据共享平台、开展联合科研项目、加强技术交流与培训、参与国际气候谈判等,这些合作有助于为我国国土资源的可持续利用和全球资源环境保护作出贡献,推动形成公平合理的全球治理格局。

## 五、结束语

本研究详尽梳理了国土资源调查监测技术的演进,从传统手段到“3S”技术,再到无人机、大数据、物联网等新技术的引入,技术进步显著提升了调查精度和效率。尽管存在数据精度、处理能力、资金和人才等挑战,未来人工智能和机器学习的融合将驱动技术创新,一体化监测体系与国际合作是关键。这些进展将促进国土资源管理的精准化、智能化,保障资源安全,推动经济社会与环境的和谐发展。面对挑战,持续投入和创新将助力国土资源管理事业攀登新高峰,为全球可持续发展贡献力量。

## 参考文献

- [1] 周静利,姚瑶,潘涛. 测绘技术在自然资源管理中应用及问题分析[J]. 西部资源, 2022,(01):85-86+89.DOI:10.16631/j.cnki.cn15-1331/p.2022.01.043.
- [2] 陈国忠. 利用3S技术完成的国土调查成果在自然资源管理中的应用分析[J]. 河南科技, 2021,40(18):150-152.
- [3] 管仁利,卢威志,戚业菲,等. 空地一体自然资源调查监测技术在第三次国土调查中的研究与应用[J]. 山东国土资源, 2022,38(11):71-74.
- [4] 苗前军,姚艳霞. 自然资源统一调查监测的赋能与升维[J]. 测绘科学, 2022,47(08):1-8.DOI:10.16251/j.cnki.1009-2307.2022.08.001.
- [5] 吴恒,罗春林,朱丽艳,等. 基于土地利用调查成果的草原资源监测技术研究[J]. 安徽农业科学, 2021,49(20):80-83.
- [6] 霍重庆. 面向第三次国土调查的3S技术应用研究[J]. 科技创新导报, 2020,17(12):24-25.DOI:10.16660/j.cnki.1674-098X.2020.12.024.
- [7] 谢武强. 卫星遥感技术在国土资源调查中的应用[J]. 工程技术研究, 2020,5(02):40-41.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.02.019.
- [8] 刘振宇. 基础性地理国情监测的生产实践与应用思考[J]. 中国高科技, 2020,(01):106-107.DOI:10.13535/j.cnki.10-1507/n.2020.01.039.
- [9] 曹伏天,刘朝功. 基于地理国情监测数据开展第三次全国国土调查督察的技术研究[J]. 自然资源信息化, 2022,(01):59-64.
- [10] 陈海鹏,张莉,李森,等. 自然资源调查监测地表覆盖成果质检关键技术探讨[J]. 测绘通报, 2022,(01):96-99.DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2022.0017.