引文格式：周志诚,龚惠玲,史晓明,等. 浅谈基础测绘支撑生态修复和国土整治的应用方法[J]. 地理空间信息, 2024, 22(3): 115-119. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2024.03.027

浅谈基础测绘支撑生态修复和国土整治的应用方法

周志诚[1]，龚惠玲[1*]，史晓明[1]，马会强[2]
（1. 湖北省航测遥感院，湖北 武汉 430074；2. 北京威特空间科技有限公司，北京 102627）

摘　要：针对基础测绘在生态修复与国土整治应用中存在的机制不完善、方法不统一、无法高效支撑工程实施与管理等问题，通过检索相关规范资料，并结合具体专题研究，摸清了基础测绘在项目实施与管理全过程的应用方式，分析了多种测绘技术与成果在项目应用中的优劣；统筹新型基础测绘、卫星应用中心、铁塔摄像头、无人机航摄等多种数据源，通过遥感解译、遥感反演、变化发现、BIM 三维设计等技术，构建了不同规格影像、地形级实景三维模型以及多源遥感影像在工程各阶段的高效应用方式，并结合应用需求中的不足，提出了改进建议与应用展望，可为生态修复和国土整治工程的科学管理提供参考。

关键词：基础测绘；生态修复；国土整治；全流程
中图分类号：P205　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）03-0115-05

Brief Discussion on the Application Method of Basic Surveying and Mapping in Support of Ecological Restoration and Territorial Rectification

ZHOU Zhicheng[1], GONG Huiling[1], SHI Xiaoming[1], MA Huiqiang[2]
(1. Hubei Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Wuhan 430074, China;
2. Beijing Vitspace Technology Co., Ltd., Beijing 102627, China)

Abstract: To address the issues of insufficient mechanism, inconsistent methods and inefficient support for project implementation and management in the application of basic surveying and mapping in ecological restoration and territorial rectification, retrieving relevant specifications and materials, combined with specific topic-specific research, we clarified the application of basic surveying and mapping in the entire process of project implementation and management, and analyzed the advantages and disadvantages of various surveying and mapping techniques and results in project applications. Then, we integrated the new basic surveying and mapping, satellite application centers, tower cameras, UAV aerial photography and other data sources, and used remote sensing interpretation and inversion, change detection, BIM 3D design and other technologies to develope efficient application methods for different specifications of images, topographic-level photorealistic 3D models, and multi-source remote sensing images in various stages of the project. We proposed suggestions for improvement and application prospects based on the identified application needs, which could provide a reference for scientific management in ecological restoration and territorial rectification projects.

Key words: basic surveying and mapping, ecological restoration, territorial rectification, entire process

在城市化快速推进和全面小康社会建设的背景下，生态环境保护与经济发展之间的矛盾日益显著，因此生态修复和国土整治成为新时代生态文明建设和国土空间规划的重要环节[1-2]。这些工作不仅关乎生态环境的可持续性，而且对区域经济的健康发展至关重要。基础测绘作为该过程的关键生产要素，其重要性日益凸显[3]。大数据、云计算、移动互联网、人工智能等新一代信息技术与传统的测绘地理信息技术的融合，显著提升了基础测绘的应用范围和效率。基础测绘为湖北省生态修复和国土整治工程提供了基础地理信息数据、空间分析、规划工具[4]以及技术支持；尤其是北斗卫星导航系统的全球组网和遥感卫星影像技术的进步，为生态修复与国土整治提供了强大的技术支持。

1　应用现状

1.1　基础测绘

本文中的基础测绘不仅包含传统测绘技术与成果，还包含新型基础测绘和多源遥感影像的内容。基础测绘是指建立全国统一的测绘基准和测绘系统，进行基础航空摄影，获取基础地理信息的遥感资料，测制和更新国家基本比例尺地图、影像图和数字化产

收稿日期：2023-12-06。
第一作者简介：周志诚（1974—），本科，正高级工程师，主要从事地理信息和卫星中心管理工作，E-mail：179978287@qq.com。
通信作者：龚惠玲（1997—），硕士研究生，研究方向为摄影测量与遥感影像处理，E-mail：hlgongmake@163.com。

品，建立、更新基础地理信息系统。新型基础测绘是对传统测绘的继承和发扬，具有全球覆盖、海陆兼顾、联动更新、按需服务、开放共享等特征。多源遥感影像是遥感技术的产品，具有多时相、多光谱、多传感器、多平台和多分辨率的特征，同样用于获取基础地理信息的遥感资料。

1.2 生态修复和国土整治

国土空间生态修复是指遵循生态系统演替规律和内在机理，以类生态空间为对象，通过用途管制措施，约束人们对国土空间的利用行为，并对空间格局失衡、资源利用低效、生态功能退化、生态系统受损的国土空间，按照保证生态安全、突出生态功能、兼顾生态景观的次序，以自然恢复为主，进行适度人为引导和修复的活动，以达到提升生态系统质量和稳定性、维护国家生态安全、提供优质生态产品、优化国土空间格局的目标[5]。国土空间生态保护修复项目通过植被恢复、土壤修复、水土修复、生态工程等主要技术手段改善生态环境，保护生物多样性，提高土地资源的可持续利用和经济效益[6]。全域国土综合整治是指在符合国土空间规划的前提下，对一定区域内（整乡镇或部分村庄）的土地进行全域规划、整体设计，采取综合措施，整体推进农用地整理、建设用地整理和乡村生态保护修复的国土综合整治活动，以解决区域内耕地细碎化、土地利用低效和生态环境退化等多维问题[7]。

1.3 基础测绘在生态修复和国土整治中的应用现状

基础测绘在生态修复和国土整治工程中发挥着重要作用，为整个过程提供了基础地理信息数据、空间分析和规划工具以及技术支撑和保障，但仍存在诸多不足。

1）项目立项阶段。生态修复和国土整治项目通常利用1∶10 000地形图与全国国土调查数据进行选址，受其精度限制，易造成选址偏差大的问题；而新型基础测绘的地理实体、卫星应用技术中心的年度亚米级影像、双月2 m级影像以及其他来源的多源遥感影像对现状调查具有重要支撑作用，却很少使用在生态修复和国土整治项目中。

2）项目设计阶段。利用1∶2 000专题地形图进行规划设计，受其内容全面性、准确性和可视效果影响，可能造成设计瑕疵与错误，降低设计质量。实景三维模型能真实、立体地反映区域的时空信息，且具有可量测、精度高等特点，可为最佳的规划设计方案提供设计基础，并将项目设计方案纳入大场景中，能直观分析规划方案和周边环境的协调性。然而，实景三维在数据生产时对计算机硬件要求较高，在数据应用时存在重展示、轻应用等问题，导致其在生态修复和国土整治项目中应用不足。

3）工程实施阶段。生态修复和国土整治项目包括若干项子工程，监测的目标包含长度、高度、面积、方量等定量指标和施工进度、植被类型、物种丰富度等定性内容，监测类型繁多。通过巡视与举证的方法进行隐蔽工程、地下工程和工程进度监测，无法准确地定量统计工程量并提供可靠的追溯资料。

4）竣工验收阶段。竣工验收阶段通过全野外数字测量方法获取竣工图，全面核实竣工图准确性的难度较大，易出现造假情况。

5）工程管护阶段。工程管护阶段依靠传统的人工巡查、拍照举证，工作量大，易遗漏管护目标，无法保证建设工程的长期效益。在项目综合评价中，特别是生态问题的综合评价，大部分采用定性的方式进行描述，没有准确的定量指标。

生态修复和国土整治项目涉及山水林田湖草多个专题，不同的专题领域规划、设计、实施、验收中参考的考核指标不同、计算方式迥异，缺乏完整而系统的量化机制和匹配参照，监测项目质量与完成情况的成果将大打折扣，需要探索不同业务全生命周期各阶段需要的数据情况，包含数据的时效性、精度、质量以及涵盖的多尺度特征指标，进而开展指标分析、数据解译、变化对比，确定项目工程布局、规划设计、动态变化、成效评估等全周期具体情况。

2 研究思路

结合基础测绘在生态修复和国土整治中的应用现状，针对现有应用方式不能高效支撑工程全过程实施与管理的问题，本文通过查询文献全面了解了基础测绘的应用功能，提出了优化应用方式；选取当前重点业务方向在工程立项、规划设计、实施监管、竣工验收、后期管护、综合评价等全生命周期工作方面的应用，验证优化应用方式的实际效果，并结合研究过程中的不足提出建议。

3 基础测绘在生态修复和国土整治全过程中的应用

基础测绘在生态修复和国土整治中的应用框架见图1。

3.1 在工程立项阶段的应用

生态修复和国土整治项目的立项阶段是一个多维度、高复杂性的过程，涉及项目选址、可行性分析以

及资料收集、现状调查、需求分析、资金预算和效益评估等关键内容。该阶段遥感影像作为基本数据源，对于土地利用现状解译和生态问题识别具有重要作用。通过结合多源遥感影像、多样化模型和样地调查，可深入分析土壤覆盖、净初级生产力、植被覆盖度、水体质量和生物多样性等要素，有效识别水土流失、流域水质下降、生物多样性降低等区域性生态问题[8]。目前生态修复对象已从单一要素转向多要素的自然地理单元。遥感影像的全天候、全覆盖特性，在广域生态问题识别中展现出快速、高效的优势，克服了传统调查高成本、低效率的问题。在生态修复工程建设中，通常采用高于 1 m 分辨率的卫星影像辅助现状调查。对于全域国土综合整治项目，更常使用高于 0.2 m 分辨率的航飞影像和地形级实景三维模型进行立项辅助。影像精度对项目选址的准确性至关重要，精度不足可能导致选址偏差、边界不准确，影响工程量和资金预算评估，甚至导致后期规划设计的数据偏差，使立项失败。因此，将高清正射影像、地形级实景三维模型和其他衍生产品应用于项目选址，不仅可提高选址精度，还可避免测绘数据的重复建设，提升项目的整体效率和可行性。

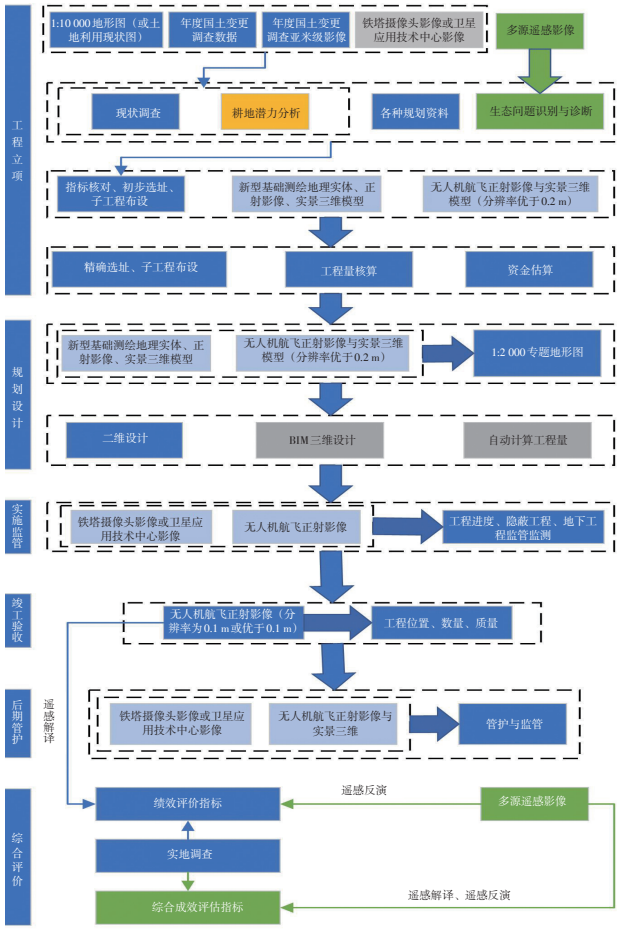


图 1　基础测绘在生态修复和国土整治中的应用框架图

3.2　在规划设计阶段的应用

生态修复和国土整治的规划设计包含总体规划、子项目设计、工程量核算、资金预算、效益预估等。目前该领域的规划设计工作主要基于数字线划图采用传统计算机辅助方法制作二维图件。然而，通过二维地图描述复杂的三维现实环境，导致展示成果与实际地表环境存在明显差异，难以满足目前对三维立体空间信息查询与展示服务的需求。因此，该方法在辅助规划设计的质量、精度和效果上不可避免地受到限制。基于新型基础测绘成果的规划设计能更好地满足精细化设计需求，还能将地理实体应用于设计中。地理实体比一般基础地理信息数据具有更高的应用深度、广度和用户粘度，因而能更精确地满足项目设计需求。基于 BIM 三维设计技术的规划设计，通过数字信息仿真模拟构筑物的真实状态，包括三维几何形状和构筑物材料、性能、价格、重量、位置等其他特征，能显著提高效率、降低风险，以支持项目全生命周期的建设和运营管理。

然而，现阶段尽管高精细三维模型能为项目规划设计提供直观的视觉辅助，但在统计、分析、监管等业务应用方面尚未广泛应用。此外，专门针对生态修复和国土整治规划设计的三维软件也相对缺乏，无法满足平整土方量计算、水文分析、道路分析、土地利用结构调整分析等功能需求。因此，开发和应用专业的三维软件以及提高三维模型在各业务领域的应用广度和深度，对于提高规划设计的效率和质量至关重要。三维模型上规划效果示意图（图 2）为参与者提供了规划效果的预演，使参与者能轻松发现左图水系不连通的缺陷，为优化设计与科学决策提供参考。



图 2　三维模型上规划效果示意图

3.3　在实施监管阶段的应用

在生态修复和国土整治项目实施过程中，基础测绘在监测关键节点和里程碑阶段发挥着重要作用。通过定期获取的影像数据可监测工程建设的进展，包括工程量和质量，以评估整体进度并确保工程按计划完成。特别是对地下工程和隐蔽工程的监测至关重要。由于生态修复与国土整治项目的规模庞大且复杂，准确评估项目进度以及进行细致的进度管理与资金拨付

管理极具挑战。地下工程和隐蔽工程的监管验收尤为困难，后期仅能通过局部建设情况判断整体状态。因此，定期利用基础测绘影像进行监管在整个项目实施过程中至关重要。

项目实施阶段的监管通常通过铁塔摄像头、卫星应用中心影像和无人机摄影测量3种方式实现。铁塔摄像头能监测广泛地面信息，为项目提供数据，但目前未实现数据共享。卫星应用中心接收高频遥感影像，利用变化发现技术，定时监测工程量变化，从而掌握工程进度。无人机摄影测量在关键时刻用于对项目区进行详细测量，获取正射影像图，并通过遥感解译统计工程量，确保监管的准确性和及时性。这些技术的应用不仅提高了项目监管的效率和准确性，还有助于管理者更好地了解和评估工程进度，确保项目的顺利进行和高质量完工。

3.4 在竣工验收阶段的应用

生态修复和国土整治项目的竣工验收阶段是核实建设工程数量、规格、质量以及与规划设计资料一致性的关键环节，目的是出具详尽的竣工验收报告。该阶段通常分为子项目验收和整体工程验收两个层面，子项目验收依据相关规定、标准规范、工程实施方案等，对工程建设内容与质量、资金使用、生态保护措施及其效果、后期管护和监测措施等进行评估，成果为子项目竣工验收表和验收意见；整体工程验收则基于子项目验收成果、生态保护评估报告和监测数据等，综合评估项目的合法合规性、目标完成情况、绩效目标、生态修复成就和适应性管理，成果为工程整体验收表、报告和验收意见。

对于全域国土综合整治项目，验收流程与生态修复类似，但其核心内容围绕乡村振兴，涉及项目区农户的直接利益。验收标准包括产业优化融合、群众满意度等因素，且后期管护同样重要。在项目竣工阶段，传统的纯野外数字测量方法存在效率低、成本高、数据不全面等问题，已逐渐被无人机技术所替代。无人机遥感影像及其解译提高了获取项目竣工现状、制作竣工图和分析工程竣工情况等方面的效率和准确性，还能有效识别潜在的造假情况，为科学监管工程建设提供支持。某项目规划工程与竣工后影像对比图见图3，不仅能快速发现规划与竣工的不同之处，还能一图多用，作为工程验收的凭证。

3.5 在后期管护阶段的应用

在生态修复和国土整治项目的后期管护阶段，管护监管对象包括根据管护协议约定的建设工程全部或



图3 某项目规划工程与竣工后影像对比图

部分内容，如植被、土壤、水源、生物多样性、耕地、道路和沟渠等。目前，这些项目的管护通常依赖人工巡查和照片记录来判定工程的当前状态，并针对巡查发现的问题进行后续的管护工作，该方法工作量大，且易受地形和天气条件限制，导致调查结果不全面、管护措施不彻底等问题。因此，可以采用铁塔摄像头、卫星应用中心和无人机摄影测量等与实施过程中监测相似的技术对项目区进行全面监测，通过智能识别、变化发现和遥感解译技术可以准确掌握管护工程的实际状况，从而为后期的管护工作提供明确的方向和支持。这些先进技术的应用不仅提高了管护工作的效率和准确性，还能确保生态修复和国土整治项目持续、有效地得到维护和管理。

3.6 在综合评价阶段的应用

生态修复和国土整治项目的综合评价主要涵盖项目建设情况的绩效评价和建设工程对项目区域效益提升的综合成效评估两个方面。这些评价指标源自相关国家和省级的规范和技术指南，如《生态保护修复成效评估技术指南（试行）》[9]《国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程》[6]《湖北省全域国土综合整治项目管理办法》[10]。

在生态修复与国土整治项目的绩效评价中，由于评估指标众多、数据量大、空间跨度宽、涉及领域广，传统的野外调绘方法无法满足需求，且项目综合成效评估中的预期效益也是评价的重要依据，存在类似的挑战。面对这些挑战，多源遥感影像的应用显得尤为关键。通过解译与反演重要生态系统面积、生态廊道、植被覆盖度[11]和“三区”空间优化等生态修复和国土整治综合评价指标可以有效获取所需的评价指标值。对于环境质量、固碳[12]等定性指标，遥感反演技术能提供定量表达。遥感影像提供的现势性强、范围广、分辨率高的土地覆盖信息以及遥感反演技术的应用，大大提高了获取广域评价指标值的效率，可满足目前生态修复和国土整治综合评价的需求。

4 结 语

本文全面探讨了基础测绘在生态修复和国土整治全过程中的支撑作用，并建立了相应的知识体系。基础测绘技术不仅为生态修复和国土整治项目提供了坚实的数据支持，而且通过高级数据处理和分析技术，极大地提升了项目管理效率。

1）基础测绘支撑生态修复和国土整治项目全过程实施与管理。利用基础测绘技术与成果，为工程建设的进度、质量、资金等管理提供详实、直观可视的基础数据支撑，能实时跟进项目的实际开展情况，严控进度合格后进行资金拨付情况，对项目实施进行全方位监管。

2）基础测绘支撑生态修复和国土整治长效管护评估。基于基础测绘成果，结合影像识别、遥感反演等技术，在综合成效评估规定的时间节点，快速识别处理成效评估指标值，为科学评价生态修复和国土整治项目综合成效提供技术支撑。

基础测绘在生态修复和国土整治中还应在以下方面加强应用：①加快研发专业的生态修复和国土整治规划设计三维软件，实现工程量的精确计算和工程进度的准确预演，为自动施工奠定基础，为工程的高质高效推进提供平台；②充分利用现代化信息技术对项目进行全程监测管理，实时了解工程位置、数量、质量等情况，准确掌握项目进度，实现工程全流程全方位智能监管，提升自然资源监管工作的效率和治理能力。

参考文献

[1] 山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行):自然资办发[2020]38号[S].

[2] 自然资源部关于开展全域土地综合整治试点工作的通知:自然资办发[2019]194号[S].

[3] 王瑞幺,严荣华,肖建华,等. 国家新型基础测绘体系建设试点的进展与思考[J]. 地理空间信息,2023,21(7):1-6

[4] 吴迪,汪建光. 基础测绘转型升级融入自然资源管理的思考[J]. 地理空间信息,2022,20(4):44-47

[5] 肖武,阮琳琳,岳文泽,等. 面向国土空间生态保护修复的多尺度成效评估体系构建[J]. 应用生态学报,2023,34(9):2 566-2 574

[6] 国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程:TD/T 1068-2022 [S].

[7] 何佑勇,徐汉梁,虞舟鲁,等. “千万工程”视角下的全域土地综合整治内涵与机制研究:基于浙江省全域土地综合整治的实践[J]. 浙江农业学报,2023,35(12):2 988-2 998

[8] 单薇,金晓斌,孟宪素,等. 基于多源遥感数据的土地整治生态环境质量动态监测[J]. 农业工程学报,2019,35(1):234-242

[9] 生态保护修复成效评估技术指南(试行): HJ 1272-2022[S].

[10] 省全域国土综合整治领导小组办公室关于印发《湖北省全域国土综合整治项目管理办法》等三项制度的通知:鄂土整办函[2023]6号[S].

[11] 王瑞璠,魏倪彬,张仓皓,等. 南方丘陵区林下植被覆盖度无人机多角度遥感测量[J]. 生态环境学报,2021,30(12):2 294-2 302

[12] 曾攀儒,张福平,冯起,等. 祁连山地区不同植被生态系统固碳价值量估算及时空演变分析[J]. 冰川冻土,2019,41(6):1 348-1 358

(上接第75页)

[11] 曹博文,杨现坤,邱俊良. 基于Google Earth Engine的遥感大数据分析研究进展与应用[J]. 地理空间信息,2021,19(4):13-19

[12] Jiang W,Ni Y,Pang Z,et al. An Effective Water Body Extraction Method with New Water Index for Sentinel-2 Imagery [J]. Water,2021,13(12):236-242

[13] 荆文龙,冯敏,杨雅萍. 一种NCEP/NCAR再分析气温数据的统计降尺度方法[J]. 地球信息科学学报,2013,15(6):819-828

[14] Mcfeeters S K. Using the Normalized Difference Water Index(NDWI) Within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach[J]. Remote Sensing,2013,5(7):3 544-3 561

[15] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报,2005,9(5):589-595

[16] Bian Y,Gong Y,Ma G,et al. Research on Water Edge Extraction in Islands from GF-2 Remote Sensing Image Based on GA Method[J]. Journal of Information Processing Systems,2021,17(5):947-959

[17] 齐丽娜,张博,王战凯. 最大类间方差法在图像处理中的应用[J]. 无线电工程,2006,36(7):25-26

[18] Wu G P,Liu Y B. Capturing Variations in Inundation with Satellite Remote Sensing in a Morphologically Complex, Large Lake[J]. Journal of Hydrology,2015,523:14-23

[19] Yang X C,Qin Q M,Yesou H,et al. Monthly Estimation of the Surface Water Extent in France at a 10 m Resolution Using Sentinel-2 Data[J]. Remote Sensing of Environment,2020,244:369-375

[20] Song L,Song C,Luo S,et al. Refining and Densifying the Water Inundation Area and Storage Estimates of Poyang Lake by Integrating Sentinel-1/2 and Bathymetry Data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2021,105:475-481