

3S技术在水利工程勘察中的应用

李义康

西京学院土木工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2025年9月9日; 录用日期: 2025年9月29日; 发布日期: 2025年10月15日

摘要

本文深入探讨了3S技术(遥感技术RS、全球定位系统GPS和地理信息系统GIS)在水利工程地质环境评估、水文地质勘查、工程布局设计等环节的实践进展。深入解析了3S技术的理论基础,包括数据获取、处理、分析和应用的关键步骤,以及这些技术如何协同工作以提供全面的地理空间信息。在应用现状部分,梳理了国内外水利工程勘察中3S技术的实例,展示了其在解决复杂地质条件、预测潜在风险和优化设计方案方面的显著优势。实例分析涵盖了大坝建设、水资源管理、防洪工程等多个领域,凸显了3S技术的广泛适用性和技术革新带来的显著效益。对3S技术在水利工程勘察中的应用进行了全面评估,指出了其在提高数据精度、降低勘察成本、缩短工期等方面的显著贡献。同时,也对技术的局限性进行了讨论,如数据处理的复杂性、技术更新的快速性以及专业人才的需求等,提出了未来研究和应用的发展方向,包括3S技术与其他信息技术的融合、智能化决策支持系统的发展,以及专业人才的培养与引进。通过深入探讨和实例分析,本文旨在为水利工程勘察领域的实践者和研究者提供一个全面理解3S技术应用现状和前景的平台,推动水利工程勘察工作的数字化、智能化进程,以实现更加科学、高效和可持续的水资源管理。

关键词

3S技术, 水利工程, 数字化, 勘察, 智能化

Application of 3S Technology in Water Resources Engineering Surveying

Yikang Li

School of Civil Engineering, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: September 9, 2025; accepted: September 29, 2025; published: October 15, 2025

Abstract

This article provides a comprehensive exploration of the practical advancements in the application

文章引用: 李义康. 3S技术在水利工程勘察中的应用[J]. 土木工程, 2025, 14(10): 2351-2356.

DOI: 10.12677/hjce.2025.1410253

of 3S technology—which encompasses Remote Sensing (RS), Global Positioning Systems (GPS), and Geographic Information Systems (GIS)—in various aspects of water resources engineering such as geological environmental assessment, hydrogeological exploration, and engineering layout design. The theoretical underpinnings of 3S technology are analyzed in depth, detailing critical steps involved in data acquisition, processing, analysis, and application, along with the collaborative functionality of these technologies to deliver extensive geospatial information. In the section addressing current applications, the paper reviews case studies from both domestic and international water resources projects, demonstrating the significant advantages of 3S technology in tackling complex geological conditions, predicting potential risks, and optimizing design solutions. Case analyses span across dam construction, water resource management, and flood control engineering, highlighting the wide applicability of 3S technology and the substantial benefits of technological innovation. A comprehensive assessment of the use of 3S technology in water resources engineering surveying is presented, noting its significant contributions towards enhancing data precision, reducing survey costs, and shortening project timelines. The limitations of the technology are also discussed, including the complexity of data processing, the rapid pace of technological updates, and the demand for skilled professionals. The article suggests future research and application directions, such as the integration of 3S technology with other information technologies, the development of intelligent decision support systems, and the training and recruitment of specialized personnel. By offering a detailed exploration and case analyses, this article aims to provide practitioners and researchers in the field of water resources engineering with a thorough understanding of the current state and prospects of 3S technology applications. The goal is to promote the digitalization and intelligent advancement of water resources engineering surveying, achieving more scientific, efficient, and sustainable water resource management.

Keywords

3S Technology, Water Resources Engineering, Digitalization, Surveying, Intelligence

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

3S 技术是遥感(RS)、地理信息系统(GIS)及全球定位系统(GPS)的统称,是空间技术、传感器技术、卫星定位、导航技术、计算机技术和通讯技术相结合,多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。遥感技术提供信息源,是 3S 技术的基础;遥感信息的精确定位必须依靠 GPS 技术;而所提取的各种信息进行管理和分析得依靠 GIS 技术。由于我国经济的飞速发展,工程勘探深度不断加大、勘探分辨率(精度)要求不断提高,许多传统的地球物理方法及技术已无法满足现代工程建设的需要。3S 技术的出现以及在水利工程地质勘察中的应用,极大地带动了我国水利水电工程勘察业的飞速发展[1][2]。

遥感技术(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)以其远程、实时、高精度的特点,有效弥补了传统方法的不足。它们能够快速获取大量地理空间数据,通过数据处理和分析,为水利工程的地质环境评估、水文地质勘查、工程布局设计提供准确的信息支持[3]。通过 3S 技术的协同工作,可以实现空间信息的无缝对接,提高数据精度,降低勘察成本,缩短工期,从而提高整个工程项目的经济效益和社会效益。

当前,关于 3S 技术在水利工程勘察应用的相关研究,虽已梳理技术应用场景,但存在显著局限:多

聚焦单一技术的独立应用，未系统解析 RS、GPS、GIS 三者的协同机制与集成价值；这些不足导致现有综述文章难以给实践提供精准指导，本文对不同文献的观点进行比较和评述，识别出研究中的知识空白、技术瓶颈及未来最具潜力的研究方向，对实践具有一定指导价值。

2. 3S 技术在水利工程勘察中的应用现状

2.1. 3S 技术的国内应用

在中国，3S 技术在水利工程勘察中的应用已取得了显著的成果，为工程的高效、精确和安全奠定了坚实基础，但不同文献的研究侧重点存在显著差异，且整体呈现单一技术应用成熟、多技术集成不足的特点。刘新希[4]在研究中指出，3S 信息技术，包括遥感技术(RS)、全球定位系统(GPS)地理信息系统(GIS)以及网络技术，正逐渐改变水利水电工程地质勘测的格局，通过提高数据获取的精度和范围，帮助降低外业工作量，进而显著提升地质勘测的整体效率。

众多水利工程实践已经证明了 3S 技术的实用性，GPS 技术[5]作为全球定位系统，其精度和实时性在地形测绘、工程定位以及变形监测中发挥了关键作用，特别是在大坝建设和水资源管理中，可以精确测量建筑物的位移，保障工程安全。遥感技术 RS 的应用，如在地质构造稳定性勘测中，通过分析遥感图像准确识别断层活动和地质结构，确保了工程构造的稳定性。同时，通过遥感数据，可以有效识别渗漏易发区，降低工程渗漏风险[6]。

GIS 技术作为信息整合平台，不仅提供数据管理和制图功能，还支持空间分析和可视化，便于决策者理解复杂的空间关系，进行水资源管理、防洪规划等。GIS 可以生成直观的地形图和水文图，为工程规划提供直接依据[7]。在某种程度上，GIS 技术的应用使得工程设计更加精细化，有助于优化工程布局和水资源分配[8]。

随着科技的不断发展，3S 技术在水利工程勘察中的应用已不再局限于单一技术的使用，而是更多地表现为技术的集成。黄会妙[9]提到，遥感技术和 GIS 技术的结合能够提高工程地质勘测的精度和效率，为水利工程提供更加可靠的基础信息。同时，三维勘测设计技术，如多数据融合技术，结合遥感和 GIS，进一步提升了设计效率和表现效果，为水利水电工程提供了更为直观和详尽的地理空间信息[10]。

3S 技术在国内水利工程勘察中的应用现状展现出强大的潜力和广阔的应用前景，不仅提高了勘察精度，降低了成本，还推动了水利工程行业的数字化和智能化进程，为水资源管理的可持续性和高效性提供了强有力的技术保障。然而，尽管 3S 技术在国内水利勘察中的应用取得了显著进步，但仍面临一些挑战，如技术更新迅速、数据处理复杂以及对专业人才需求的增加。因此，未来的研究和应用趋势将更多地聚焦于 3S 技术与其他信息技术的融合，如数字孪生技术，以及智能化决策支持系统的开发[11]。

2.2. 3S 技术的国外应用

在全球范围内，3S 技术在水利工程勘察中的应用同样展示出显著的潜力和创新点。国外的水利工程勘察项目普遍采用 3S 技术，以提升工作效率、降低风险以及优化设计方案。GPS 在水利水电工程地质勘察测量中的应用有助于提高勘探地区总体性调控和质量控制，从而减少工作时间、提高准确度，这一观点在袁虎[12]的研究中得到强调。美国的水电项目广泛采用 GPS 进行精确的地形测绘和变形监测，以确保大坝建设和水资源管理的安全性。

RS 作为地质勘测的先进手段，在国外的水利水电工程中也得到了广泛应用。其广泛的应用范围包括填土、选址、选线，能够提供丰富的地貌、地质构造和水文信息，减少野外作业，提高工作效率。符志勇[13]在其论文中指出，遥感技术的多维度、多波段、多时段观测能力，使得它在江河流域治理中能有效预测并预报水情，减少灾害发生频率。

GIS 在国外的水利工程中被广泛用于信息管理、制图输出以及空间分析，尤其在规划和水文环境评估中起到了关键作用。它支持复杂空间关系的理解，促进水利工程的高效设计。邓晓军[14]的研究中显示，GIS 技术的进步极大地提升了水利水电工程的规划精度，确保了规划的准确性，为水资源管理提供了有力支持。

国外的水利工程也积极引入了物探技术，如 CT 地球物理层析成像技术和浅层地质反射法。这些技术通过判断岩体的波速值来评估地质结构，显著提高了勘测工作的效率和准确度。张宏卫[15]的研究中强调了这些技术在地质勘查中的作用，它们为准确的地质评价和施工方案设计提供了数据基础。

国外的水利水电项目往往将这些技术集成，形成高效的数据采集、处理和分析系统。遥感和 GIS 技术的结合能够提高地质勘查的精度和效率，为水利工程提供更为详尽的地理空间信息[16][17]。三维勘测设计技术，如多数据融合技术，结合遥感和 GIS，进一步提升了设计效率和表现效果，为水利水电工程提供了更为直观和详尽的地理空间信息。

然而，尽管 3S 技术在外国水利工程勘察中的应用取得了显著成就，但技术的不断发展和更新也带来了挑战，如数据处理复杂性、技术的快速更新以及对专业人才的需求。未来的研究和应用趋势将更加注重技术的融合，如利用数字孪生技术提升数据集成和智能决策支持[11]，同时，培养和引进更多专业人才，以确保 3S 技术在水利工程勘察中的持续创新和应用深化。

国外的 3S 技术在水利工程勘察中的应用实例证明了其在提高数据精度、降低勘察成本和缩短工期方面的显著贡献。这些创新方法和实践为全球水利工程勘察提供了宝贵的借鉴，推动了整个行业的进步和数字化、智能化的转型，确保了水资源管理的可持续性和高效性。

2.3. 3S 技术应用的比较与分析

国内外 3S 技术在水利工程勘察中的应用尽管均取得了显著的进步，但在具体应用策略、技术融合程度以及对技术依赖的深度上存在一些差异。在国内，3S 技术在水利工程勘察中的应用更多体现在技术的独立使用，如 GPS 在地形测绘和变形监测中的应用，遥感技术在地质构造稳定性分析中的应用，以及 GIS 在信息管理和空间分析中的应用[18]。然而，随着科技的集成趋势，国内也开始推广 3S 技术的集成应用，如黄会妙[9]所提出的遥感和 GIS 技术的结合，以提高工程地质勘测的精度和效率。同时，三维勘测设计技术，如多数据融合技术，也正在提升设计效率和表现效果[15]。

在国际上，3S 技术在水利工程勘察中的应用更为成熟，技术融合程度较高。国外的水利工程勘察项目通常将这些技术无缝地结合在一起，形成高效的数据采集、处理和分析系统[19]，如 RS 和 GIS 的集成，以及三维设计技术的应用。RS 在国内外均被广泛用于地质构造和水文信息的获取，不过国外的实践更多地结合了其他先进技术，如 CT 地球物理层析成像技术和浅层地质反射法[20]，进一步提高了数据的准确性和勘察的效率。

GIS 在国外的应用尤其突出，不仅用于信息管理和制图，而且在规划和水文环境评估中起到了关键的决策支持作用[21]，这与国内的侧重于数据管理和制图有所不同。此外，国外在物探技术，如钻孔彩色电视技术和物探技术的应用上也相对成熟，这些技术能够更准确地判断地质结构和属性，提高野外勘测的精度[22]。

总体而言，国内外 3S 技术在水利工程勘察中的应用都致力于提升数据精度、降低勘察成本和缩短工期，但国外在技术的融合、创新以及与物探技术的结合上更为深入。在国内，随着科技的发展和对 3S 技术认识的深化，未来将更可能看到 3S 技术与其他信息技术，如数字孪生技术[11]的深入融合，以及对专业人才的培养和引进，以适应技术快速更新的需求，推动水利工程勘察的智能化进程[23]。

值得注意的是，无论国内外，3S 技术在水利工程勘察中的应用都面临着数据处理复杂性、技术更新

快速以及对专业人才需求增加的挑战[24]。因此,未来的研究和应用将聚焦于技术的持续创新,如利用最新科技提升数据处理能力,开发智能化决策支持系统,以及构建有效的专业人才培养体系,以确保 3S 技术在水利工程勘察中的应用能够持续优化和深化,促进整个行业的现代化和可持续发展。

3. 3S 技术应用于水利工程地质勘测中的发展趋势

3S 系统具有优良的性能,应用前景很好。但目前大部分水利工作人员对 3S 技术了解的不够全面,3S 技术的效益也没有充分表现出来。实现 3S 技术的标准化、集成化、网络化与智能化将能解决这一难题[1]。

1) 标准化。针对 3S 数据来源杂、格式异的问题,构建全流程标准体系。数据层面,统一 RS 影像参数、GPS 坐标系统、GIS 数据分类规则;技术层面,规范数据预处理算法与交换接口;应用层面,明确不同规模工程的技术精度与成果输出标准,解决数据互通难题。

2) 集成化。打破技术壁垒,形成“数据-分析-决策”闭环。RS 获取宏观地质水文信息,GPS 定位关键点位,二者数据导入 GIS 实现深度分析。针对基层管理,侧重 GPS 与 GIS 实时集成监控施工;面向高层决策,强化 RS 与 GIS 融合支撑规划布局。

3) 网络化。依托水利云平台,搭建四级共享应用网络。实现跨层级数据汇聚,支撑跨区域工程;提供远程技术资源调度,弥补基层能力短板,同时通过权限管理,平衡数据共享与安全。

4) 智能化。引入 AI 与大数据,提升全流程自动化水平。用深度学习自动解译 RS 影像,依托 GIS 构建风险关联模型,结合 BIM 实现工程设计智能优化,推动决策从“经验依赖”转向“数据驱动”。

综上所述,数字化是当今水利科技发展的必然趋势。随着遥感、卫星及雷达等技术和地理信息系统的发展完善,毫无疑问,3S 技术是实现水利工程勘测、建设和管理全面数字化的重要技术基础。

4. 总结

本文详细探讨了 3S 技术——遥感技术(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)在水利工程勘察中的实际运用,揭示了这些现代信息技术对于提高勘察精度、降低成本和缩短工期的显著贡献。文章从理论框架出发,深入剖析了 3S 技术的原理,然后通过国内外应用现状的对比分析,展示了 3S 技术在实际工程中的广泛应用和集成发展趋势。

在国内外水利工程勘察中,3S 技术已经取得了显著的成果,尤其是在地形测绘、工程定位、变形监测、地质环境评估和水资源管理等方面发挥了关键作用。然而,尽管 3S 技术的应用取得了突破性进展,但仍存在一些挑战,如数据处理复杂性、技术更新快速以及对专业人才的高要求。这些挑战要求研究者和实践者不断探索新技术和方法,以提升 3S 技术的性能,并促进其在水利工程领域的深度应用。

未来的研究和应用方向应着重于 3S 技术与其他信息技术的融合,如数字孪生技术,以构建更加智能的决策支持系统。通过数据集成和实时监控,这些系统将提供更为精确的预测和决策依据,助力水利工程的精细化管理。此外,随着大数据和人工智能的发展,深度学习和机器学习算法在 3S 数据处理和分析中的应用也将成为研究热点,以解决数据处理复杂性和高精度分析的问题。

在专业人才的培养方面,应当加强多学科交叉教育,培养既懂 3S 技术又熟悉水利工程的专业人才,以应对技术快速更新和应用需求。同时,政策层面应鼓励学术界和产业界的紧密合作,推动研究成果的快速转化,以实际工程需求为导向,促进 3S 技术在水利工程领域的不断创新和发展。

本文不仅梳理了 3S 技术的理论基础和实际应用,也指出了当前面临的问题和未来研究的方向。通过持续的技术创新和人才培养,3S 技术将在水利工程勘察中发挥越来越重要的作用,为水资源的合理利用和保护、工程的高效管理以及环境的可持续发展提供强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 吴江南, 王根英. 浅谈 3S 技术在水利工程地质勘测中的应用与发展[J]. 科技资讯, 2010(17): 68.
- [2] 王晓峰. 3S 技术在景观生态研究中的作用和意义[J]. 黑龙江环境通报, 2012, 36(1): 4-6.
- [3] 颜昊. 遥感技术在水利水电工程地质勘查中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(1): 120-122.
- [4] 刘新希. 地质勘测方法与技术在水利水电工程的应用[J]. 资源信息与工程, 2016, 31(5): 167-168.
- [5] 宋国才, 王文彬. 地质勘测方法与技术在水利水电工程中的应用[J]. 河南科技, 2021, 40(29): 69-71.
- [6] 刘新. 水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J]. 大众标准化, 2021(9): 33-35.
- [7] 刘秧, 孟希. 新形势下水工环地质勘察技术及其应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(4): 113-115.
- [8] 刘洋. 水工环地质勘察及遥感技术在地质工作中的应用[J]. 新疆有色金属, 2024, 47(2): 11-12.
- [9] 黄会妙. 水利工程中工程地质和水文地质勘测方法研究[J]. 水利科技与经济, 2024, 30(2): 45-50.
- [10] 万云辉, 李小帅, 钱富运. 三维勘测设计技术在水利水电工程中的应用研究[J]. 长江科学院院报, 2015, 32(7): 137-142.
- [11] 罗旺, 周韩宝. 数字孪生技术在水利水电工程地质的应用[J]. 江苏水利, 2022(S2): 90-92.
- [12] 袁虎. 对于水利水电工程勘测设计方法的分析[J]. 科技资讯, 2017, 15(24): 76-77.
- [13] 符志勇. 基于遥感技术下的水利工程建设[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(18): 64+96.
- [14] 邓晓军. 简析水利水电工程地质勘测的主要方法[J]. 四川水泥, 2017(10): 286.
- [15] 张宏卫. 遥感技术在水利工程地质勘测中的应用——评《水利工程地质学原理》[J]. 人民黄河, 2023, 45(3): 168.
- [16] 夏峰. 水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J]. 黑龙江水利科技, 2014, 42(6): 181-182.
- [17] 徐伟伟. 水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J]. 科技创新与应用, 2012(27): 211.
- [18] 张乔军, 李长江. 水利水电工程地质勘测方法与技术应用[J]. 建材与装饰, 2018(38): 287-288.
- [19] 范晓宇. 浅谈水利水电工程的水文地质勘察策略[J]. 科技与企业, 2013(24): 238.
- [20] 杜明海. 水利水电工程地质勘测方法与应用技术分析[J]. 建材与装饰, 2017(40): 255-256.
- [21] 袁媛. 遥感技术在水利水电工程地质勘查中的应用探究[J]. 陕西水利, 2018(z1): 188-189.
- [22] 陈成林. 水利水电工程的水文地质勘察策略[J]. 西部资源, 2020(5): 118-120.
- [23] 李华剑. 水利水电工程的水文地质勘察策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(18): 184.
- [24] 王建付, 张军辉, 王丹. 水利水电工程勘测对于遥感技术的应用[J]. 信息与电脑(理论版), 2015(6): 32-33.