

# Discussion on Hydrogeological and Engineering Geological Investigation Techniques in Complex Geological Environments

Helong Xin Yalong Hu Lilong Hou

Shanxi Third Geological Engineering Investigation Institute, Jinzhong, Shanxi, 030620, China

## Abstract

With the advancement of modern engineering construction and resource development activities, hydrogeological and engineering geological exploration technologies in complex geological environments have gradually become the key factors determining the success or failure of engineering projects. The complexity of the geological environment is usually accompanied by various uncertainties, which poses severe challenges to hydrogeological and engineering geological exploration work. This paper mainly discusses the application status and development direction of hydrogeological and engineering geological exploration technologies in complex geological environments, with a focus on analyzing common hydrogeological and engineering geological problems in complex geological environments and the optimization paths of related exploration technologies. By comprehensively applying modern exploration technology means, such as geological radar, geophysical exploration technology, drilling technology, remote sensing technology, etc., this paper proposes some innovative schemes to improve the accuracy and efficiency of exploration, aiming to provide theoretical guidance and technical support for future hydrogeological and engineering geological exploration in complex geological environments.

## Keywords

Complex geological environment Hydrogeology Engineering Geology Exploration technology Technological innovation

## 复杂地质环境下水文地质与工程地质勘察技术探讨

辛贺龙 胡亚龙 侯丽龙

山西省第三地质工程勘察院, 中国·山西 晋中 030620

## 摘要

随着现代化工程建设和资源开发活动的推进, 复杂地质环境下的水文地质与工程地质勘察技术逐渐成为决定工程项目成败的关键因素。地质环境的复杂性通常伴随着多种不确定性, 这使得水文地质与工程地质勘察工作面临着严峻的挑战。本文主要探讨了复杂地质环境中水文地质与工程地质勘察技术的应用现状及其发展方向, 重点分析了在复杂地质环境中常见的水文与工程地质问题以及相关勘察技术的优化路径。通过综合运用现代勘察技术手段, 如地质雷达、物探技术、钻探技术、遥感技术等, 本文提出了一些提升勘察精度和效率的创新方案, 旨在为未来在复杂地质环境中开展水文地质与工程地质勘察提供理论指导和技术支持。

## 关键词

复杂地质环境; 水文地质; 工程地质; 勘察技术; 技术创新

## 1 引言

随着我国基础设施建设步伐的加快, 越来越多的工程项目面临复杂的地质环境, 包括复杂的地下水条件、地形地貌的多变性及地层结构的不规则性等。这些因素不仅对工程的安全性和可行性提出了更高的要求, 也对水文地质与工程地质勘察提出了更为严峻的挑战。

水文地质勘察主要关注地下水的分布、流动以及与地质结构的关系; 工程地质勘察则着重于评估土壤、岩石等地质介质的物理力学性质及其对工程建设的影响。对于复杂地

质环境中的水文地质与工程地质问题, 传统的勘察方法已难以应对新的需求, 因此, 如何采用新技术来提高勘察精度和工作效率, 成为当前亟待解决的问题。

本文旨在探讨复杂地质环境下水文地质与工程地质勘察技术的应用现状, 分析存在的问题, 并提出可能的解决对策。通过对国内外相关领域的研究与实践经验进行总结, 本文希望为在复杂地质环境中的勘察工作提供理论支持和技术指导。

## 2 复杂地质环境的特征与挑战

### 2.1 复杂地质环境的定义

复杂地质环境通常是指具有不规则的地层分布、地质构造复杂、地下水条件特殊或自然灾害频发的地区。这些环

【作者简介】辛贺龙(1989-), 男, 本科, 工程师, 从事水工环地质研究。

境可能包括断层、褶皱、岩溶、滑坡、泥石流等地质现象。不同地区的地质环境差异较大，导致工程项目在规划与建设过程中面临的地质风险不同，因此，在这些地区进行水文地质与工程地质勘察时，需要面对更为复杂的地质条件。

复杂地质环境的特点使得传统的勘察方法常常无法准确提供所需的地下信息。尤其是在地下水、土壤与岩石性质不均匀的情况下，传统勘察方法容易导致误差较大，从而影响工程的安全性及稳定性。

## 2.2 水文地质与工程地质问题的相互关系

水文地质与工程地质问题密切相关，在复杂地质环境下尤其如此。例如，地下水的存在与流动对土壤和岩石的物理力学性质有重要影响，进而影响工程的基础稳定性。岩土体的透水性、地下水位的变化、岩层的连续性等因素，都可能在工程建设中带来潜在的风险。水文地质勘察和工程地质勘察的工作内容具有交叉性，二者必须相互配合，才能全面评估复杂地质环境下的工程建设条件。

## 2.3 复杂地质环境勘察的难点

在复杂地质环境中，水文地质与工程地质勘察的难点主要体现在以下几个方面：一是地下水的流动方向和流速难以准确预测；二是地下地层的性质复杂，难以通过传统的钻探技术获取详细的地质信息；三是地质灾害的风险评估困难，尤其是在滑坡、岩溶等地质灾害易发区；四是勘察成本高且周期长。以上问题使得在复杂地质环境下开展勘察工作更加复杂和高风险。

# 3 复杂地质环境中的水文地质与工程地质勘察技术

## 3.1 传统勘察方法的局限性

传统的水文地质与工程地质勘察方法通常依赖于钻探、地质剖面分析以及水文试验等。这些方法虽然在一定程度上能够提供较为可靠的地质信息，但它们存在以下几个局限性：

**钻探深度有限：**钻探技术的深度和精度受设备和技术限制，往往难以全面获取地下深部的地质信息，尤其是在较复杂的地质环境下，难以完全揭示地下岩层和水文条件。

**时间与成本消耗大：**传统的钻探和地质勘察工作周期长，尤其是在复杂的地质条件下，勘察工作可能需要较长时间才能完成，导致成本大幅上升。

**数据解读困难：**传统的地质数据分析往往依赖人工解读，缺乏现代化的综合分析手段，容易出现误差或信息遗漏。

## 3.2 现代勘察技术的发展与应用

随着科技的发展，现代水文地质与工程地质勘察技术不断推陈出新。以下是几种在复杂地质环境中应用较为广泛的技术：

**地质雷达与物探技术：**地质雷达（GPR）可以通过高频电磁波探测地下结构，尤其适用于揭示地下水流动、断层

等信息。在复杂地质环境中，物探技术如电阻率成像、地震反射勘探等能够帮助分析地下水的流动和岩土层的分布，为勘察提供精确的数据支持。

**遥感技术：**遥感技术可以通过卫星影像、航空摄影等手段，提供大范围的地质环境信息。遥感技术具有获取速度快、覆盖范围广等优点，能够帮助勘察人员了解区域性地质特征，尤其是在大范围的勘察工作中起到了重要作用。

**水文与土工试验：**通过现场水文试验和土工试验，可以获得地下水位、流速以及土壤的力学性质等重要信息，这对于评估工程地质环境至关重要。现代化的设备和技术手段提高了测试精度，并使得试验的效率得到了显著提升。

**数值模拟与三维建模技术：**通过数值模拟和三维建模技术，可以在计算机上建立复杂地质环境的模型，预测地下水流动、岩土力学变化以及地质灾害发生的可能性。这种技术可以显著提高勘察的精度，降低风险，并为工程设计提供科学依据。

## 3.3 新型勘察技术的优势与发展趋势

新型勘察技术的应用使得在复杂地质环境中的勘察工作更加高效、精确。例如，通过综合运用地质雷达与物探技术，能够对地下复杂的地层进行全方位的扫描，精准分析地质结构的变化。此外，遥感技术与数值模拟技术的结合，可以有效克服传统勘察方法的局限，提供更全面、更细致的地下信息。这些技术的不断发展和创新将为未来复杂地质环境中的水文地质与工程地质勘察提供强有力的支持。

### 3.3.1 技术成本与设备投入

尽管现代勘察技术的引入显著提高了水文地质与工程地质勘察的精度和效率，但其较高的技术成本和设备投入仍然是很多项目面临的关键挑战。高精度的地质雷达、遥感设备、物探仪器、数值模拟软件等现代勘察设备通常价格昂贵，并且需要较高的投资和长期维护。尤其在一些地方政府预算有限或项目资金紧张的情况下，技术的投入常常面临困难。此外，这些先进技术设备往往需要专业的操作人员，而这些技术人员的培训和持续更新也是一项不小的支出。

这种高成本的技术投入在短期内可能无法产生显著的经济效益，尤其是在一些较小的项目或预算较为紧张的情况下，投资回报率难以量化，往往使得企业或政府单位对于采用新技术持谨慎态度。然而，现代勘察技术的高精度和高效率可以显著减少后期施工阶段的潜在风险，减少因地质条件不明而产生的安全事故和项目延误。因此，虽然初期投资较大，但从长远来看，这些高精度设备和技术的应用对于提高工程的安全性、稳定性和经济性有着不可忽视的作用。

为了解决这一问题，相关单位应在项目初期预算阶段合理规划技术投入，尽可能在技术选择上采取性价比高的设备，采用分阶段投资的方式，逐步引入新技术和设备。通过与科研机构、高校等合作，引入更多的低成本、高效能的技术，探索技术共享与外包服务的可能性，也有助于缓解高成

本压力。此外,国家和地方政府应出台相关政策,提供财政补贴或税收优惠,鼓励更多的企业和项目采用先进的勘察技术,促进技术普及和应用的同时,降低成本压力。

### 3.3.2 数据处理与分析难度

随着现代勘察技术的快速发展,产生的数据量也日益庞大,如何从这些复杂数据中提取出有价值的信息,成为了当前勘察工作中的一大挑战。地质雷达、遥感设备、物探仪器等现代化勘察工具所获取的数据通常包含大量的原始信息,这些信息的精确分析和解读需要强大的数据处理能力。数据不仅量大且种类繁多,涉及到地下水流动、土壤和岩石的力学性质、地下结构的三维空间分布等多个维度的信息。传统的手工分析方法已经难以满足当今勘察领域对精度和速度的要求。

现代勘察工作中,数据处理与分析的难度要求勘察人员具备较强的专业素养和技术能力。除了地质学和工程学的基本知识外,操作人员还需要掌握计算机技术、地理信息系统(GIS)、遥感数据处理、数值模拟等技术,这对于勘察人员的综合素质提出了更高的要求。数据的多维性和复杂性意味着勘察人员不仅要对数据进行基础的分析,还需要使用先进的分析工具,如机器学习算法、人工智能技术等,来提高数据分析的效率和准确性。跨学科的合作在这一过程中显得尤为重要,地质专家、遥感专家、计算机技术人员等多方力量的协同合作能够有效提升数据分析的精度与速度。

在实际操作中,针对数据分析难度较大的问题,可以采用自动化的数据处理系统,通过建立数据分析平台,优化数据处理流程,提高数据的处理效率。

### 3.3.3 技术人员的培训与技术普及

高效的勘察工作离不开高素质的技术人员,然而,现有的勘察人员普遍缺乏对新兴技术的深入了解和操作经验,这在一定程度上制约了技术的有效应用。现代水文地质与工程地质勘察中,许多新兴技术如地质雷达、物探技术、遥感技术、数值模拟等需要经过专门的技术培训才能够熟练操作。尽管这些技术能够提高勘察精度和效率,但由于其设备和操作复杂性,很多技术人员对于这些新兴技术的掌握仍不完全,导致其潜力未能充分发挥。

目前,国内的勘察技术培训体系尚不完善,大部分勘察人员的技术培训主要依赖于企业内部的经验积累和零散的培训课程。由于技术更新较快,勘察人员往往无法跟上新

技术发展的步伐,造成技术的落后和应用上的困难。加强对勘察人员,尤其是技术人员的培训显得尤为重要。技术培训应注重理论与实践相结合,既要提高勘察人员的技术操作能力,也要培养他们分析和解决实际问题的能力。同时,行业协会和相关机构可以组织定期的技术研讨会和交流活动,促进技术经验的分享和创新思路的交流,增强行业整体技术水平。

在新技术普及方面,企业应当加强与高校、科研院所的合作,结合最新的研究成果,建立常态化的技术交流机制,推动新技术的推广应用。同时,政府和行业监管部门也应加大对技术普及的支持力度,提供技术补贴或优惠政策,鼓励更多的勘察项目使用新型设备和技术。通过多层次、多维度的技术培训和推广,能够有效提升勘察人员的技能水平,并促进新技术在勘察领域的广泛应用。

## 4 结语

复杂地质环境下的水文地质与工程地质勘察是一个高度技术化且具有挑战性的领域,尤其是在面对复杂的地下水、岩土介质等不确定因素时,勘察技术的应用显得尤为重要。尽管现代化勘察技术在提高精度和效率方面取得了显著进展,但高昂的技术成本、庞大的数据处理需求和技术人员的培训等问题依然需要解决。通过合理规划技术投入、优化数据处理流程以及加强技术人员的培训,能够有效克服这些挑战,提升勘察工作的整体水平。

未来,随着技术的不断进步和创新,复杂地质环境下的水文地质与工程地质勘察工作将更加高效、精确。新技术的普及和应用将不断推动行业的发展,为工程项目提供更加可靠的数据支持,保障工程的安全性、稳定性和可持续性。

## 参考文献

- [1] 黄思晃.遥感技术在国外用于地质找矿工作的动态[J].中国地质,1983,(01):27-30.
- [2] 戴广秀.环境评价和开发的工程地质研究——第四届国际工程地质大会专题综述之一[J].水文地质工程地质,1983,(04):31-35.
- [3] 陈复钧,林枚.水文地质调查中热红外技术的应用[J].勘察科学技术,1984,(02):1-7.
- [4] 谭周地.环境工程地质学展望[J].世界地质,1985,(02):1-7.
- [5] 张宗祜.第四纪地质研究在水文地质工程地质工作中的意义[J].海洋地质与第四纪地质,1987,(04):1-5.DOI:10.16562/j.cnki.0256-1492.1987.04.001.