

# 岩溶地质勘察的物探方法技术研究与应用

张子扬 彭振洲

陕西省一三九煤田地质水文地质有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1759

**[摘要]** 本文全面探讨了物探技术在岩溶地质勘察中的应用,并对岩溶地质的概念、分类及其勘探的复杂性进行了深入分析。文章讨论了地震、电磁和电阻率勘探技术在岩溶地质勘察中的具体运用,以及如何将这些技术与地质钻探和地理信息系统(GIS)相结合,以增强对地下结构的分析能力,提升勘探的准确性和效率。研究指出,综合应用多种勘探方法与GIS集成,为岩溶地质勘察提供了强有力的决策支持工具,对促进岩溶区域的资源利用、基础设施建设以及生态保护具有显著的价值。

**[关键词]** 岩溶地质勘察; 物探方法; 技术研究

中图分类号: P641.134 文献标识码: A

## Research and application of geophysical methods and techniques for karst geological prospecting

Ziyang Zhang Zhenzhou Peng

Shaanxi Province 1399 Coalfield Geology and Hydrogeology Co., Ltd

**[Abstract]** In this paper, the application of geophysical exploration technology in karst geological survey is comprehensively discussed, and the concept, classification and complexity of karst geology exploration are deeply analyzed. This paper discusses the application of seismic, electromagnetic and resistivity exploration techniques in karst geological survey, and how to combine these techniques with geological drilling and geographic information system (GIS) to enhance the analysis ability of underground structure and improve the accuracy and efficiency of exploration. It is pointed out that the integrated application of multiple exploration methods and GIS provides a powerful decision-making support tool for karst geological exploration, and has significant value for promoting resource utilization, infrastructure construction and ecological protection in karst areas.

**[Key words]** Karst geological investigation; Geophysical exploration method; Technical research

### 前言

岩溶地质现象,因其独特性,在地下水资源的分布、水质和水文循环中扮演着关键角色。由于岩溶地貌的隐蔽性和水文地质条件的复杂性,传统的勘探技术往往难以实现精确的评估。物探技术,凭借其对地下结构的探测优势,成为了岩溶地质勘察的关键工具。本文的目的在于研究物探技术在岩溶地质勘察中的应用,并探讨其与地质钻探及地理信息系统(GIS)的集成使用,旨在为岩溶区域的持续发展提供科学的支撑。

### 1 岩溶地质勘察概述

#### 1.1 岩溶地质的定义与分类

岩溶地质,也被称为喀斯特地质,涉及在石灰岩、白云岩、石膏岩等可溶解岩石中,地下水长期作用下通过化学溶解、沉积、侵蚀和崩塌等自然地质过程,形成独特的地貌和地质现象。这种地质现象在全球范围内广泛分布,尤其在湿润和半湿润的

气候区域更为普遍。岩溶地质的分类可从地貌形态、水文地质特性和岩石类型等多个维度进行。地貌形态上,岩溶地貌包括溶洞、天坑、石笋、石柱、石幔、石花等多样的地表和地下特征。这些特征不仅具有美学价值,而且是研究地质历史和古环境变化的关键。水文地质特性上,岩溶地质可分为地表岩溶水系统和地下岩溶水系统,前者主要表现为岩溶泉和岩溶河,后者包括岩溶管道和岩溶洞穴中的水流。这些特性对地下水资源的分布、水质和水文循环过程至关重要。岩溶地质的形成和发展是一个受地质构造、岩石成分、气候条件和水文地质等多种因素共同作用的复杂过程。

#### 1.2 岩溶地质勘察的目的与任务

岩溶地质勘察是一项综合性工程,旨在全面掌握岩溶区域的地质构造、岩溶发展状况、水文地质条件以及潜在的岩溶灾害风险。这项工作为后续的基础设施建设、资源开发、生态保

护和城市规划等提供科学依据和决策支持。勘察的主要任务是识别岩溶地貌的特征及其分布,包括地表的岩溶形态,如溶蚀盆地、峰丛、峰林等,以及地下的岩溶洞穴、管道和裂隙等。这些地貌特征对地表水和地下水的流动、储存条件和水质有显著影响。勘察还需评估岩溶水文地质条件,包括岩溶水的补给、流动、排泄特性,以及岩溶含水层的分布、厚度和渗透性。这些水文地质信息对于水资源的合理开发、管理和保护至关重要。同时,勘察还需对岩溶区域的稳定性进行评估,识别可能的岩溶灾害,例如地面塌陷、岩溶涌水和滑坡等,并提出相应的防治措施。这对于保障人民生命财产安全和确保工程安全具有重大意义<sup>[1]</sup>。

## 2 岩溶地质勘察的难点与挑战

### 2.1 岩溶地质的隐性性

岩溶地貌由于其地下隐藏的特性,难以直观观测和测量,这为勘察工作带来了较高的不确定性和风险。岩溶现象的隐蔽性意味着地表的岩溶形态和地下的岩溶结构通常不易直接观察,勘察工作需要依赖间接地质信息和物探技术进行推断。这种隐性性为勘察带来了重大挑战,因为传统的地质勘察技术在岩溶区域往往难以达到预期效果。勘察团队必须综合运用地质调查、钻探、地球物理勘探等多种技术手段,才能更准确地揭示岩溶地质的真实情况。此外,岩溶区域的地质条件复杂多变,同一区域内岩溶的发育程度可能存在较大差异,这进一步增加了勘察的复杂性。

### 2.2 水文地质条件的复杂性

岩溶区域的地下水系统极为复杂,涉及多层含水层、岩溶管道和裂隙等结构,这些结构的存在使得地下水的流动路径、补给和排泄条件难以捉摸。岩溶含水层的高渗透性可能导致地下水迅速流动和交换,这对水资源的评估和管理提出了更高的标准。勘察人员必须精确识别和评估岩溶含水层的分布、厚度和渗透性等特性,这对于地下水资源的合理开发和保护极为关键。同时,岩溶地区的水文地质条件还易受季节性气候变化的影响,例如雨季和旱季地下水位的显著波动,这进一步增加了勘察任务的复杂度。

### 2.3 岩溶灾害的预测与防治

岩溶区域由于其独特的地质构造和水文地质特性,特别容易遭受地面塌陷、岩溶涌水和滑坡等地质灾害。这些灾害不仅威胁到人们的生命财产安全,还可能对工程设施造成重大损害。因此,岩溶地质勘察的一个关键任务是识别潜在的岩溶灾害风险,并提出有效的防治策略。这要求勘察人员不仅要有扎实的地质学知识,还要有丰富的实践经验,能够综合考虑岩溶地区的地质条件、水文地质特征以及地形地貌等要素,以准确预测岩溶灾害的发生概率和影响范围。此外,还需要制定科学的防治措施,包括加强地质监测、改善排水设施、加固地基等,以减少岩溶灾害的风险。

## 3 岩溶地质物探方法技术应用分析

### 3.1 地震勘探在岩溶地质勘察中的应用

地震勘探在岩溶地质勘察中发挥着关键作用,它通过分析地下岩石对地震波的反应来揭示地下结构。这项技术能够高效地探测地下岩溶洞穴、裂隙和破碎带的位置与形状,并评估岩溶发育的程度及其作用的强度。地震波在不同介质中的传播速度差异,允许地震勘探区分岩溶区域的岩石类型,识别岩溶含水层的位置和厚度。此外,地震勘探还可用于工程风险评估,预测地面塌陷和岩溶涌水等潜在问题,为工程设计和施工提供重要数据。环境影响评估也是地震勘探的应用领域,它有助于评估地下水资源的分布和流动情况,支持水资源管理和环境保护工作。在实际操作中,地震勘探技术需要根据岩溶地质的具体条件进行调整,包括选择适当的地震波频率和能量、应用多波多分量技术以提高分辨率,以及利用三维成像技术获取详尽的地下结构信息。总体而言,地震勘探不仅为岩溶地质的研究提供了一种高效的物探方法,还为工程安全施工和环境的可持续发展提供了重要的决策支持。

### 3.2 电磁法勘探在岩溶地质勘察中的应用

电磁法勘探是一种利用地下介质的电磁特性差异来探测地下结构和岩溶特征的技术。通过测量地下介质对发射的电磁信号的响应,这项技术能够有效地识别岩溶含水层的分布和范围,并辅助定位岩溶洞穴的位置。电磁法勘探在评估岩溶地区的水文地质条件方面具有显著优势,例如评估含水层的连通性、渗透性和含水量。此外,它还有助于评估岩溶灾害风险,如地面塌陷和岩溶涌水等。电磁法勘探还被广泛应用于环境监测与保护,如追踪地下水污染和监测岩溶生态系统。在实际勘察中,电磁法勘探技术需要根据岩溶地质的特点进行调整,选择适当的频率和测量方式,以提高勘探效率。地面或航空电磁测量可以被采用,并且与其他物探方法结合使用,以获得更全面的地下结构信息。电磁法勘探为岩溶地区的资源开发、工程建设和环境保护提供了重要的科学依据,是一种高效且不可或缺的物探手段<sup>[2]</sup>。

### 3.3 电阻率法勘探在岩溶地质勘察中的应用

电阻率法勘探是一种通过测量地表电流场来推断地下介质电阻率分布的技术,它能够揭示地下结构和岩溶特征。这项技术能够高效识别地下岩石与含水岩溶洞穴或裂隙之间的电阻率差异,为地下岩溶结构的定位提供关键信息。在评估岩溶地区的水文地质条件方面,电阻率法勘探尤为重要,低电阻率区域通常意味着含水层的存在,而高电阻率区域则可能指示干燥的岩石或岩溶洞穴。电阻率的异常变化对于识别潜在的岩溶灾害风险区域至关重要,它为工程勘察与设计提供了关键的地下结构信息,确保了工程安全。此外,电阻率法勘探也适用于环境监测与保护,能够监测地下水位的变化和地下水污染的扩散。在实际勘察中,需要根据岩溶地质的特点来优化电阻率法勘探技术,选择合适的测量电极配置和电流强度,采用多电极测量技术来提高勘探的分辨率和准确性,并与其他物探方法结合使用,以获得更全面的地下结构信息。

## 4 岩溶地质物探方法技术的综合应用

#### 4.1 多方法综合勘探技术

多方法综合勘探技术在岩溶地质勘察中扮演着核心角色,它通过整合地震勘探、电磁法勘探、电阻率法勘探等多种物探技术,以弥补单一技术在数据收集和解释上的局限性。地震勘探通过分析地下岩石对地震波的反应来揭示岩石的物理特性和结构特征。电磁法勘探利用地下介质对电磁场的响应来探测岩溶含水层的电导率特性。电阻率法勘探则通过测量地下介质的电阻率来区分不同岩石的电性差异,为岩溶地区的水文地质条件和岩溶发育程度提供关键信息。这种综合数据分析能够提升地下结构解释的精确度,通过优势互补,每种方法的不足得到克服,整体勘探的覆盖面和分辨率得到增强。在实际勘察中,可以根据岩溶地质的具体条件和勘探目标,优化物探方法的选择和应用顺序。例如,可以先通过地震勘探确定岩溶洞穴的位置,然后利用电阻率法勘探来评估洞穴周围的水文地质条件。多方法综合勘探技术不仅提高了勘探效率,降低了时间和成本,还为岩溶地区的资源开发、工程建设和环境保护提供了坚实的科学基础。它是一种全面、高效、准确的勘探手段,为岩溶地质勘察提供了强有力的支持。

#### 4.2 物探与地质钻探的结合应用

物探与地质钻探的结合在岩溶地质勘察中是一种高效且精确的策略,它充分发挥了物探技术的广域覆盖优势和钻探的直接取样能力。物探技术,如地震勘探、电磁法勘探和电阻率法勘探等,能够迅速提供地下结构的初步信息。地质钻探则通过实际取样来验证物探数据,确保地下结构解释的精确性。这种结合不仅提升了勘探的准确性,特别是在识别岩溶洞穴、裂隙和含水层等复杂地质特征时,还有助于精确评估岩溶地区的工程风险,如地面塌陷和岩溶涌水,从而制定有效的风险管理措施。此外,结合物探和钻探的结果可以优化勘探设计,减少不必要的钻探,节约时间和成本。物探数据和钻探数据可以共同输入到地理信息系统(GIS)中,构建三维地质模型,为地质工程师和决策者提供直观的地下结构视图。这种综合应用还有助于评估岩溶地区的环境影响,包括地下水资源的分布和水质状况,对水资源管理和环境保护至关重要<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 物探方法与地理信息系统(GIS)的集成应用

物探方法与地理信息系统(GIS)的集成应用是岩溶地质勘察领域的一项创新技术手段,它通过结合地球物理勘探数据与地理空间分析,显著提高了地下结构分析的精确度和效率。GIS作为一个功能强大的数据管理平台,能够整合地震波速度、电阻率、电磁特性等物探数据,并与地质图、地形图、水文地质信息等其他数据集进行融合。这种集成使得构建三维地质模型成为可能,直观地展示地下岩溶结构、含水层分布和裂隙网络,为地质工程师提供多角度的地下视图,帮助他们更深入地理解地下结构。GIS的空间分析工具能够进一步深入分析物探数据,识别地下结构的分布特征和变化趋势,辅助地质学家解释岩溶地质发育规律,预测岩溶灾害风险区域,评估地下水资源潜力。此外,GIS集成的物探数据还能辅助工程规划和设计,提供关键的地下结构信息,帮助规避潜在的岩溶风险区域。在环境监测和评估方面,GIS通过监测地下水位变化、流向和污染物扩散,辅助制定水资源管理和环境保护策略。

#### 5 结语

通过本文的研究,我们清晰地认识到物探方法技术在岩溶地质勘察中的重要性。多方法综合勘探技术的应用,结合地质钻探和地理信息系统(GIS)的集成,不仅提升了地下结构分析的准确性,还为岩溶地区的资源开发、工程建设和环境保护提供了坚实的科学基础。随着技术的持续进步和创新,物探方法技术在未来的岩溶地质勘察中将扮演更加关键的角色,为推动岩溶地区的可持续发展提供重要支持。

#### [参考文献]

- [1]孙柏青.综合物探方法在岩溶塌陷地质灾害勘察中的应用分析研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022,33(34):534-535.
- [2]郭海峰,王中荣,王晨.综合物探技术在岩溶勘察中的应用[J].河北电力技术,2019,33(334):008-009.
- [3]义江张.综合物探技术在隧道基底岩溶探测中的应用[J].城市建设理论研究:电子版,2016,341(16):65-66.

#### 作者简介:

张子扬(1988--),汉族,河南省宝丰县人,学士学位,物探工程师,从事煤田地球物理测井研究。