

地球物理勘查方法在水文地质工程地质中的应用

王智玮 张 颖

四川省第一地质大队 四川 成都 610072

摘 要：本文阐述了地球物理勘查方法在水文地质与工程地质领域的多元应用。通过梳理电法勘探、磁法勘探、地震勘探、放射性勘探及地球物理测井等方法的原理与特性，深入探讨其在地下水资源探测、地下水文环境研究、地下水运动规律分析以及工程地质勘察、地质灾害评估、工程测试与检测等方面的具体应用，为相关领域研究与实践提供参考。

关键词：地球物理勘查；水文地质；工程地质；地下水资源；地质灾害评估

引言：地球物理勘查方法作为地质研究的重要手段，在水文地质与工程地质领域发挥着不可替代的作用。随着社会对水资源合理利用与工程建设安全性的要求不断提高，如何精准探测地下地质结构、评估地质灾害风险、保障工程质量成为关键问题。地球物理勘查方法凭借其独特的物理原理和技术优势，为解决这些问题提供了有力支持。本文将深入探讨地球物理勘查方法在这两个领域的应用。

1 地球物理勘查方法基础

1.1 方法分类

地球物理勘查方法种类繁多，每种方法依据其特有的物理原理应用于不同的地质环境中。电法勘探利用地下岩石和矿体的电性差异进行探测，包括电阻率法、激发极化法等。这类方法适用于寻找金属矿床及地下水调查。磁法勘探基于不同地质体间的磁场差异，通过测量地磁场的变化来识别地质结构或矿物分布，广泛应用于石油天然气勘探以及考古研究。地震勘探则依赖于地震波在不同介质中的传播速度与反射特性，用于揭示地下地质构造，是油气田开发不可或缺的技术之一。放射性勘探关注天然放射性元素的存在与分布，有助于铀矿及其他稀有金属矿产资源的定位。地球物理测井技术主要用于钻孔内，通过测量井壁周围地质体的各种物理性质，为评估储层参数提供关键信息。各类方法的基本原理各具特色。电法勘探依靠电流在地下介质中流动时产生的电场变化，适用于含水层划分和金属矿产勘查。磁法勘探利用铁磁物质对地磁场的影响，适合探测深埋藏的矿体和构造特征。地震勘探借助人工震源激发地震波，并记录其在地下介质中的传播路径，对于复杂地质条件下的油藏描述至关重要。放射性勘探则是通过测量岩石释放的伽马射线强度，常用于放射性矿产的初步筛选。地球物理测井结合多种物理量测量，如自然伽马、

电阻率等，直接获取井下地质信息，为工程地质评价提供依据。

1.2 方法特性对比

在选择合适的地球物理勘查方法时，需综合考虑探测深度、分辨率、成本和操作难度等因素。电法勘探通常具有较好的分辨率，尤其适合浅层地质结构的精细刻画，但其探测深度有限，且受地形影响较大^[1]。相比之下，磁法勘探虽然探测深度较深，但对于非磁性目标体的分辨能力较弱，且容易受到外界干扰。地震勘探以其高精度著称，能穿透数千米的地层，然而设备昂贵，操作复杂，需要专业的技术人员支持。放射性勘探由于主要针对特定类型的矿产，适用范围相对较窄，但在某些特定场景下效果显著。地球物理测井虽局限于钻孔内部，却能提供极为精确的地质数据，对于深入了解井下情况至关重要。在不同水文地质工程地质场景下，这些方法展现出各自的优势与局限性。例如，在地下水系统的探索中，电法勘探凭借其其对含水层的良好响应而被广泛应用；而在寻找深层油气资源时，地震勘探则成为首选工具，尽管成本高昂。磁法勘探在大规模地质构造分析中表现出色，但在细节描绘上略显不足。放射性勘探在特定条件下可用于快速锁定潜在矿点，但并非所有地质背景下都适用。至于地球物理测井，它能够补充其他方法无法触及的信息，特别是在复杂地质条件下，为精准决策提供有力支撑。

2 地球物理勘查方法在水文地质中的应用

2.1 地下水资源探测

电法勘探利用地下介质的导电性差异来探测地下水体的位置和特征。该方法基于电流在不同电阻率的地层中传播时产生的变化，通过测量这些变化可以推断出含水层的存在及其深度。具体操作流程包括布设地面电极网络，然后施加电流并记录电压响应。根据测得的数据

绘制电阻率剖面图,识别出低电阻率区域,这些区域往往对应于含水量较高的地层。这种方法特别适合用于寻找浅层地下水,因为其分辨率较高,能够准确反映地表以下几十米范围内的地质结构。地震勘探借助人工震源产生地震波,并通过接收器捕捉这些波在地下介质中的反射和折射情况。由于地下水流动通道通常伴随着特定的地质结构,如裂缝或孔隙系统,这些结构会对地震波产生独特的影响。通过对地震波形的分析,可以识别出这些特殊的地质特征,进而推测出地下水流动路径和储水构造。地震勘探不仅能够提供关于地下地质结构的详细信息,还能帮助理解地下水如何在复杂的地质环境中迁移。除了电法和地震勘探外,磁法勘探和放射性勘探也在一定程度上支持地下水探测工作。磁法勘探虽然主要用于金属矿产资源的定位,但在某些情况下,也能为识别富含铁质矿物的地层提供线索,间接有助于了解地下水环境。放射性勘探则通过检测岩石中天然放射性元素的浓度,帮助区分不同的地质单元,对于那些含有特定矿物质影响地下水化学性质的研究具有重要意义。地球物理测井技术直接应用于钻孔内部,提供详细的井壁周围地质信息,是验证其他地球物理方法结果的重要手段。

2.2 地下水文环境研究

地下水文环境研究是了解地下水分布、运动规律及水质状况的重要手段。电法勘探技术,凭借其对于电导率差异的敏锐感知,在划分咸淡水界面方面展现出独特优势^[2]。不同含盐量的地下水,其电导率特性各不相同,利用这一特性,通过精确测量地下水体的电导率,便能清晰勾勒出咸淡水的分布轮廓,绘制出详尽的咸淡水分布图,为地下水资源的合理开发利用提供科学依据。地震勘探技术则专注于地下水位变化的监测。地下水位变动会引起地下介质弹性参数的相应调整,进而影响地震波的传播特性。通过连续不断地采集地震数据,并进行深入分析,能够捕捉到这些细微变化,实现对地下水位动态的长期、精准监控,为防洪减灾、水资源调配等提供有力支持。电法勘探在评估水质方面同样功不可没。通过分析电导率的变化,可以间接反映地下水的化学成分,高电导率区域往往预示着高浓度的溶解固体,这可能是地下水受到污染的预警信号。而地震勘探则侧重于揭示地下水与地表水之间的复杂联系,地表水与地下水的相互补给、转换,都会引起地下介质特性的改变,这些变化通过地震波的传播特性得以捕捉,进而揭示两者间的相互作用模式,为水资源的综合管理提供重要参考。

2.3 地下水运动规律分析

为了测定地下水流速和流向,可以结合使用多种地

球物理勘查方法。例如,利用示踪剂配合电法勘探,通过追踪示踪剂在地下水流动中的移动轨迹,可以估算流速和方向。此外,热红外遥感技术也显示出潜力,因为它能检测到由地下水流动引起的局部温度异常。至于补给排泄条件的调查,则需要综合考虑地形地貌、土壤类型等因素,以及采用适当的地球物理方法进行补充验证。比如,通过电法勘探确定含水层边界,结合地形分析判断补给区和排泄区的大致位置。深入了解地下水运动规律对于科学管理和保护水资源至关重要。准确掌握地下水的流动方向、速度以及补给排泄条件,有助于优化水资源配置,预防过度开采导致的环境问题。例如,在干旱地区,合理规划灌溉用水,确保农业可持续发展;在城市化进程中,有效防止地下水污染,保障居民饮用水安全。通过地球物理勘查方法获得的数据,还可以为建立精准的地下水模型提供基础资料,这对于预测气候变化对水资源的影响、制定长远的水资源管理计划具有不可替代的价值。总之,运用先进的地球物理勘查技术深入探究地下水系统的奥秘,不仅是科学研究的重要组成部分,也是实现水资源可持续利用的关键步骤。

3 地球物理勘查方法在工程地质中的应用

3.1 工程地质勘察

地球物理勘查方法为工程地质勘察提供了强有力的技术支持,特别是在探测覆盖层厚度、基岩风化带分布以及隐伏构造等方面。电法勘探通过测量地下介质的电阻率差异来识别不同地层特性,从而帮助确定覆盖层厚度和基岩界面位置^[3]。这种技术对于确保基础工程的安全性尤为重要,因为它可以准确描绘出松散沉积物与坚硬基岩之间的边界。地震勘探则利用人工震源产生的地震波传播特性,揭示深部地质结构,如断层、褶皱等地质构造,这对于全面了解项目区域内的地质条件至关重要。例如,在规划大型基础设施建设时,地震勘探能够提供关于地下地质结构的详细信息,帮助工程师避免选择位于不稳定地质构造上的施工地点。此外,地震勘探还能有效识别隐伏构造,提前预警潜在地质风险,为工程设计提供科学依据。这些方法不仅用于评估工程地质条件,还对预测工程建设中可能遇到的问题具有重要作用。例如,掌握基岩风化程度及其分布情况有助于防止因忽视软弱地层而导致的基础不稳定问题。通过结合电法和地震勘探技术,可以精确绘制出基岩风化带的范围,确保施工过程中的安全性。探测隐伏构造可以帮助提前识别潜在地质风险,如活动断层或溶洞,从而减少施工过程中的不确定性,保障工程顺利进行。

3.2 地质灾害评估

地球物理勘查方法在地质灾害评估领域发挥着不可替代的作用,特别是在评估滑坡、泥石流、地面沉降等地质灾害风险方面。电法勘探通过监测土壤电阻率的变化,可以发现地下水位上升导致的地层饱和现象,这是诱发滑坡的一个重要因素。当土壤含水量增加时,其电阻率通常会下降,这为滑坡预警提供了重要线索。地震勘探则能揭示地下结构的不连续性,如裂缝发育区,这通常是泥石流形成的前兆之一。通过对地震波传播特性的分析,可以识别出地下结构中的薄弱环节,从而为泥石流灾害的风险评估提供科学依据。磁法勘探有时也被用来检测地表以下的异常磁信号,这些信号可能指示了某些地质灾害隐患点的存在,特别是那些含有特定矿物质的地区,可能影响地质稳定性。这些方法为地质灾害的预警和防治提供了科学依据。例如,在易发生滑坡的地区,定期使用电法勘探监测土壤湿度变化,可以及时发现潜在的滑坡迹象,并采取相应措施加以防范^[4]。地震勘探提供的地下结构图像,有助于制定合理的减灾策略,比如加固不稳定边坡或规划安全疏散路线。磁法勘探结果可用于指导灾害隐患点的定位,以便实施针对性更强的预防措施。通过综合利用各种地球物理勘查方法,可以建立一套完整的地质灾害监测体系,提高灾害预警的准确性,最大限度地减少地质灾害带来的损失。

3.3 工程测试与检测

在工程测试与检测方面,地球物理勘查方法展现出独特优势。土壤电阻率测试是评估土体含水量、孔隙度等物理性质的有效手段,对于判断地基承载能力具有重要意义。这一测试通常结合电法勘探技术完成,通过对土壤电阻率的测量,可以间接了解土壤的力学性能,从而指导基础工程施工。例如,在规划建筑基础时,了解土壤的电阻率有助于选择合适的地基处理方法,确保建筑物的稳定性和安全性。地震勘探在岩体质量检测中也大有用武之地。通过分析地震波在岩石中的传播速度和衰减规律,可以评估岩体的完整性和强度,确保隧道开挖或边坡稳定的安全性。这种方法能够提供关于岩体内部结构的重要信息,帮助工程师识别潜在的薄弱区域,

制定相应的加固措施。混凝土质量检测则是建筑结构安全的关键环节之一。利用超声波检测技术,可以检查混凝土内部是否存在空洞、裂缝等缺陷。这种方法基于超声波在材料中的传播特性,当遇到不同密度或弹性模量的介质时,声波会发生反射或折射,通过接收并分析这些信号,能够准确判断混凝土的质量状况。在桥梁、高楼大厦等大型建筑工程中,这种无损检测技术尤为重要,可以在不影响结构正常使用的情况下,及时发现并修复潜在问题,保障建筑物长期稳定运行。其他地球物理勘查技术也在工程测试与检测中得到广泛应用。例如,地质雷达(GPR)可以用于探测地下管线、空洞以及其他隐蔽结构,为城市基础设施维护提供支持。放射性测井技术则常用于钻孔内,直接获取井壁周围地质信息,为工程地质评价提供依据。这些方法共同作用,确保工程建设质量和安全性,为项目的成功实施奠定坚实基础。

结束语

地球物理勘查方法在水文地质工程地质领域的应用成效显著。在水文地质方面,助力地下水探测、环境研究及运动规律分析;在工程地质领域,为勘察、灾害评估和测试检测提供关键技术支撑。未来,随着技术的持续进步与创新,该方法将更加精准高效。相信在不断探索与应用中,地球物理勘查方法将为地质科学服务社会发展做出更大贡献,助力各领域实现可持续发展。

参考文献

- [1]肖旸.浅谈地球物理方法在矿山水文地质中的应用[J].世界有色金属,2021,(19):121-122.
- [2]马若琪.地球物理测井在矿山水文地质勘查中的应用研究[J].中国金属通报,2021,(03):233-234.
- [3]万之璋.地球物理勘查新技术在复杂地质勘查中的应用研究[J].西部资源,2022,(04):90-92.
- [4]王明,吴照国.地球物理勘查技术在复杂地质勘查中的应用探究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(05):102-104.