

地球物理勘探在工程地质勘察中的应用

刘沛岩

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

摘要：地球物理勘探通过测量和分析地球物理场（如地震波场、电磁场、重力场和磁场）的变化来探测地下地质结构。本文详细阐述了重力勘探、磁法勘探、电法勘探（包括电阻率法、充电法、自然电场法）、地震勘探（反射波法、折射波法）以及放射性勘探等多种技术的原理、优势和应用场景。这些技术为工程地质勘察提供了丰富的地下地质信息，有助于工程师们科学制定工程方案，确保工程的安全与稳定。

关键词：地球物理勘探；工程地质勘察；应用

引言：地球物理勘探作为地质科学的重要分支，以其独特的勘探原理和广泛的应用领域，在地质勘探、油气勘探、工程勘察等方面发挥着重要作用。本文旨在深入探讨地球物理勘探的基本原理，并分析其在工程地质勘察中的应用及存在的不足；通过详细介绍多种地球物理勘探技术，如重力勘探、磁法勘探、电法勘探、地震勘探和放射性勘探，本文旨在为工程师们提供一套全面、系统的地球物理勘探方法体系，以助力他们更加科学地开展工程地质勘察工作。

1 地球物理勘探的基本原理

地球物理勘探原理基于物理学的基本原理，通过测量和分析地球物理场的变化来探测地下地质结构。（1）地震波场是地球物理勘探中最常用的场，地震波由人工激发或天然地震产生，通过地下介质传播，地震波在不同介质中传播的速度、振幅和频率等参数会发生变化，这些变化反映了地下介质的物理性质。（2）电磁场是另一种重要的地球物理场。地下物质对电磁场具有特定的响应，如电导率或电阻率的变化；通过测量地下物质的电磁特性，可以推断地下地质结构，电磁勘探技术利用人工或天然电磁场在地下的分布规律，通过观测电磁场的变化来探测地下地质结构^[1]。（3）重力场和磁场也是地球物理勘探中常用的场。重力场的变化反映了地下物质的密度分布，通过测量重力加速度的变化可以推断地下地质结构，磁场的变化则反映了地下物质的磁性特性，通过测量地磁场的变化可以推断地下磁性地质体的分布。

2 地球物理勘探在工程地质勘察中的存在的不足

2.1 地表条件限制

地表条件作为地球物理勘探的基础，其复杂性和多样性对勘探效果构成了显著挑战，在植被覆盖茂密的区域，如热带雨林或森林地带，树木和植被层不仅密集而

且具有吸收和散射勘探信号的能力。这种吸收和散射作用会导致信号强度在传播过程中显著减弱，甚至改变信号的传播路径，从而使得接收到的数据偏离真实情况，影响勘探结果的准确性和可靠性了；此外，地形起伏也是地表条件中的一个重要因素。在山区或丘陵地带，地形的剧烈变化不仅增加了勘探设备布置和操作的难度，还可能导致设备无法稳定放置，进而影响信号的发射和接收质量。

2.2 天气条件

天气条件作为自然界中不可控的因素，对地球物理勘探的效果同样具有重要影响，降雨是其中最为常见的天气现象，降雨会导致地表湿度显著增加，这对于电阻率法等依赖地表电性差异进行勘探的方法来说，是一个严峻的挑战。湿度的变化会直接影响地表电阻率的分布，从而改变勘探信号的传播特性，使得测量结果的准确性大打折扣。此外，雷电活动也是天气条件中对地球物理勘探产生不利影响的重要因素，雷电活动会产生强烈的电磁干扰，这种干扰会叠加在勘探信号上，使得接收到的数据质量下降，甚至无法有效识别有用的勘探信息。风力过大也会对勘探设备的稳定性和测量精度产生影响，特别是在需要高精度定位或长时间测量的场合下，风力的影响尤为显著。

2.3 跨学科协作不足

地球物理勘探作为一门综合性的学科，其成功实施需要地质学、物理学、数学等多个领域知识的综合运用。然而，在实际工作中，不同学科之间的协作往往存在不足，地质学家可能更加关注地质构造和地层分布等地质学方面的问题，而物理学家则更侧重于勘探信号的传播和接收机制等物理学方面的问题。这种学科间的隔阂和差异可能导致在勘探方案的设计、数据的采集和解释过程中出现沟通不畅或理解偏差的情况，这种沟通不

畅和理解偏差不仅会影响勘探工作的整体效果，还可能导致资源的浪费和勘探成本的增加。目前，很多勘探团队中缺乏既懂地质学又懂物理学的复合型人才，同时缺乏有效的协作机制和平台来促进不同学科之间的交流与合作。

3 在工程地质勘察中地球物理勘探的应用

3.1 重力勘探技术应用

重力勘探技术作为地球物理勘探领域中的一项核心技术，其重要性不言而喻，该技术通过高精度仪器对地球重力场进行精密测量，捕捉并分析重力场的微小变化，进而间接推断出地下地质结构的分布特征与规律。在工程地质勘察中，重力勘探技术的应用尤为关键。专业技术人员根据地质勘察需求，精心布置一系列重力测点，利用先进的重力测量设备准确测量出每个测点的重力加速度值^[2]。这些宝贵的数据，结合详尽的地质资料和复杂的数学模型，经过专业处理与分析，最终能够绘制出详尽且准确的重力异常图，这张图不仅直观地展示了地下岩体的密度分布情况，更重要的是，它揭示了那些隐藏于地表之下、难以直接观测的地质构造，如断层、岩性变化带等关键信息。对于工程师而言，重力勘探技术无疑是大范围区域地质调查的有力工具，也是深部地质结构探测的宝贵手段，它能够帮助工程师全面评估地基的稳定性，准确预测地质灾害的风险，并据此优化工程设计方案，确保工程的安全与稳定，为工程建设提供坚实的技术支撑。

3.2 磁法勘探技术应用

磁法勘探技术作为工程地质勘察中的一项重要手段，凭借其独特的地球磁场测量能力，在探测地下复杂地质情况方面展现出了非凡的潜力。这项技术巧妙地利用了地下岩石、矿物之间磁性差异所产生的微弱磁场信号，通过精密的磁力仪进行准确测量，这些看似微不足道的磁场变化，实则蕴含着丰富的地质信息，犹如一扇通往地下世界的神秘窗口。在勘察过程中，工程师们精心布置测点，利用磁力仪精确捕捉地面磁场的强度和方向变化；通过对这些数据的深入分析，他们能够揭示出地下磁性体的分布特征，如磁铁矿、磁性岩层等，这些磁性体往往与特定的地质构造或岩性变化紧密相连，成为识别地下结构的关键线索。结合详细的地质背景和专业的磁异常解释，工程师们能够绘制出直观的磁异常图，这张图不仅展示了地下磁性体的空间分布，更揭示了断层、岩浆岩侵入体等重要的地质结构信息。磁法勘探技术的操作简便、成本较低，且能够在短时间内获取大量的地质信息。因此成为了初步地质勘察阶段的首选

方法，它不仅为后续详细勘察提供了宝贵的线索和数据支持，更为工程师们科学决策、优化设计奠定了坚实的基础，助力工程建设更加安全、高效地进行。

3.3 电法勘探技术应用

3.3.1 电阻率法

电阻率法作为电法勘探技术的核心，以其简洁高效的原理，在地质勘探领域发挥着重要作用。该方法通过向地下供电，并利用专业的电测设备精确测量地下不同位置的电位差，依据欧姆定律，工程师们能够计算出各测量点的电阻率，进而描绘出地下电阻率的分布图。由于不同岩土体具有显著的电阻率差异，电阻率法因此成为了划分地层、查明地下水位以及确定岩溶发育带等地质任务的得力助手。例如，当地下某区域呈现出高电阻率时，往往预示着该区域为坚硬的岩石或干燥的土层；相反，低电阻率区域则可能暗示着含水量丰富的土层或富含导电矿物的地层。这种电阻率的差异，为工程师们提供了宝贵的地下地质信息，使他们能够更加科学地制定工程方案，确保工程的安全与稳定。

3.3.2 充电法

充电法凭借其独特的电场分布特性测量原理，在电法勘探技术中独树一帜；这一技术的核心在于，通过向地下良导体施加电荷，并观测由此产生的电场分布变化，从而精确描绘出地下管线的形状、大小和延伸情况。在实际工程地质勘察中，充电法展现出了无可比拟的优势，工程师们只需将电极置于疑似地下管线附近的良导体上，并使其充电，随后利用专业的电场测量设备，便能捕捉到电场分布的微妙变化^[3]。这些变化如同地下管线的“指纹”，通过细致的分析和解读，工程师们能够准确勾勒出地下管线的走向和位置，无论是金属管道还是电缆，都无所遁形。充电法的操作简便性也是其受欢迎的原因，相比其他勘探方法，充电法无需复杂的设备或繁琐的操作流程，只需简单的电极布置和电场测量，便能迅速获取地下管线的信息。

3.3.3 自然电场法

自然电场法作为一种创新的地质勘探方法，以其独特的勘探方式和对天然电场的巧妙利用，为地下水资源的开发和保护开辟了新的途径。自然界中存在着各种天然电场，它们可能由氧化还原反应、地下水流动等多种自然过程产生，这些电场如同地下的“信息库”，蕴含着丰富的地质信息。工程师们通过专业的测量设备，能够捕捉到这些微弱但宝贵的电场信号，并通过深入的分析和研究，揭示出地下地质体的电性特征，自然电场法的独特之处在于，它不需要人工激发电场，而是直接

利用自然界中存在的电场进行勘探。这种方法不仅节省了能源和成本，还减少了对地下环境的干扰；通过测量和分析自然电场的变化，工程师们能够准确识别出地下水通道的位置和走向，确定地下水与地表水的补给关系，甚至还能揭示出地下岩层的分布和构造特征，这些信息对于地下水资源的合理开发、地质灾害的预测和防治以及工程设计和施工都具有重要的意义。

3.4 地震勘探技术应用

3.4.1 反射波法

反射波法，又称回声测深法，其原理在于利用人工激发的地震波在地下不同地层界面上产生的反射现象。当地震波遇到地层界面时，部分能量会被反射回来，形成反射波；通过专业的地震勘探设备接收这些反射波信号，并对其时间、振幅、频率等特征进行细致的分析，工程师们能够推断出地下地层的结构和性质。在实际应用中，反射波法展现出了强大的勘探能力，它可以用于查明深部地质构造，如断层、褶皱等，为地质研究提供宝贵资料。并且，它还能确定基岩面的埋深，为工程建设提供基础数据；此外，通过划分地层，反射波法还能帮助工程师们了解地下岩层的分布和厚度，为油气勘探、矿产资源开发等提供有力支持。反射波法的广泛应用，不仅提高了地质勘探的效率和准确性，也为人类探索地球内部的奥秘提供了新的途径。

3.4.2 折射波法

折射波法，则是另一种具有独特优势的地震勘探方法，其原理在于，当地震波从高速介质进入低速介质时，会发生折射现象，即地震波的传播方向会发生改变。通过研究折射波的传播时间和路径，工程师们能够确定不同地层的速度和厚度，从而揭示出地下的地质结构。折射波法在探测覆盖层厚度方面具有显著优势。在地质勘探中，覆盖层通常指的是地表附近的土层或岩层，其厚度和性质对于工程建设和油气勘探等具有重要意义；通过折射波法，工程师们可以准确地测量出覆盖层的厚度，为后续的工程设计和施工提供可靠的基础数据。此外，折射波法还能用于确定地下低速层的位置和性质，低速层可能由软土、淤泥质土等软弱地层组成，对于建筑物的稳定性和安全性构成潜在威胁；通过折射波法的探测，工程师们可以及时发现并处理这些潜在的

地质问题，确保工程的安全进行。

3.5 射性勘探技术应用

放射性勘探技术，以其独树一帜的放射性元素探测本领，在工程地质勘察领域内大放异彩，展现出了无可替代的独特优势。这项技术巧妙地利用了地下岩石、矿物中放射性元素衰变时释放出的射线强度，如铀、钍、钾等元素的特征射线，作为揭示地下世界秘密的钥匙，这些放射性元素的分布并非杂乱无章，而是与特定的地质构造或岩性变化紧密相连，成为了工程师们识别地下结构的宝贵线索^[4]。在工程实践中，放射性勘探技术的威力得到了充分展现，工程师们利用这一技术，能够精确绘制出放射性异常图，这张图就像是一幅地下的“藏宝图”，直观地展示了地下放射性元素的富集区域或异常带。这些异常区域往往与重要的地质构造如断层、放射性矿化带等紧密相关，对于评估地质灾害风险、探寻放射性矿产资源以及优化工程设计方案具有举足轻重的意义；放射性勘探技术的独特之处在于，它能够提供其他勘探方法难以触及的地质信息，为工程师们构建了一个更加全面、深入的地质数据框架。

结语：综上所述，地球物理勘探技术以其独特的勘探原理和广泛的应用领域，在工程地质勘察中发挥着不可替代的作用。通过测量和分析地球物理场的变化，工程师们能够揭示出地下地质结构的奥秘，为工程建设提供宝贵的基础数据；然而，地球物理勘探也面临着地表条件、天气条件以及跨学科协作等方面的挑战。因此，在未来的发展中，我们需要不断加强技术研发，提高勘探精度和效率；相信在不久的将来，地球物理勘探技术将在更多领域展现出其巨大的潜力和价值。

参考文献

- [1]杜恒.地球物理勘探在工程地质勘察中的应用[J].河南科技,2021(31):136-138.
- [2]王超.浅谈地球物理勘探在工程地质勘察中的应用[J].中国金属通报,2021(21):110-111.
- [3]陶柳.地球物理勘探在工程地质勘察中的应用研究[J].中国金属通报,2020(9):160-161.
- [4]谢金伟.地球物理勘探在工程地质勘察中的应用[J].工程技术研究,2019(7):74-75.