

水文地质勘察在岩土工程治理中的应用研究

张 军

山东省地矿工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队）山东 济南 250014

摘 要：水文地质勘察作为岩土工程治理的基础环节，对于确保工程安全、优化设计方案及降低施工风险具有重要意义。本文旨在系统探讨水文地质勘察在岩土工程治理中的应用原理、方法、存在的问题及改进措施，以期为工程实践提供理论指导和技术参考。通过深入分析水文地质条件对岩土体性质的影响机制，阐述勘察过程中关键技术的应用策略，强调综合分析与评价的重要性，促进岩土工程治理水平的提升。

关键词：水文地质；岩土工程；勘察；应用

引言

岩土工程治理涉及地基处理、边坡稳定、地下水控制等多个方面，其成效直接受到地质环境，尤其是水文地质条件的深刻影响。水文地质勘察通过查明地下水的分布、动态变化、水质特征及其与岩土体的相互作用，为岩土工程设计、施工及后期维护提供关键数据支持。因此，深入研究水文地质勘察的应用，对于提高岩土工程治理的科学性和有效性至关重要。

1 水文地质勘察的基本内容与目的

1.1 基本内容

水文地质勘察工作深入且细致，涵盖多个关键方面。首先，需精确测量地下水位，包括其深度、动态变化及与地表水的关联。其次，进行水质分析，检测水中各项指标，评估其适用性和潜在影响。接着，识别含水层位置、厚度及分布特征，为水资源开发提供依据。此外，分析地下水流场，明确水流方向、速度及补给排泄关系。同时，进行渗透性测试，了解岩土层的透水性能。最后，综合上述数据，确定水文地质参数，如给水度、渗透系数等，以全面把握区域水文地质条件。

1.2 勘察目的

水文地质勘察的核心目的之一在于深入评估地下水对岩土工程的综合影响。这包括细致分析地下水如何改变岩土体的力学性质，如降低其强度或增加其变形性，进而评估这种变化对地基稳定性及整个施工过程的潜在风险。通过勘察，可以更准确地了解地下水与岩土体之间的相互作用，为工程设计的合理性提供坚实依据。此外，勘察还旨在为工程设计提供科学依据。依据详细的水文地质条件，工程师能够合理确定基础类型，选择最优的支护方案，并规划有效的排水措施，以确保工程的安全与稳定。最后，水文地质勘察还肩负着预测和防范由地下水引发的地质灾害的重任。通过识别和分析地下

水可能导致的滑坡、泥石流等灾害风险，可以提前采取措施，有效降低灾害发生的概率和危害程度。

2 水文地质勘察在岩土工程治理中的关键技术

2.1 地下水位监测技术

在岩土工程治理中，地下水位监测技术作为水文地质勘察的重要组成部分，发挥着至关重要的作用。为了确保监测数据的准确性和连续性，通常采用自动监测系统与人工观测相结合的方式，对地下水位进行长期、实时的跟踪监测。自动监测系统凭借其高精度、高效率的特点，成为现代水文地质勘察中的主流技术。该系统通过安装在井中的水位传感器，实时采集地下水位数据，并通过无线或有线方式传输至数据中心。数据中心对接收到的数据进行处理、分析，形成地下水位动态变化曲线，为工程师提供直观、准确的地下水位变化情况^[1]。自动监测系统不仅能够实时监测地下水位，还能根据预设的阈值进行报警，及时发现并处理可能出现的异常情况。尽管自动监测系统具有诸多优势，但人工观测仍然不可或缺。人工观测可以作为自动监测系统的有效补充，对自动监测数据进行验证和校对，确保数据的准确性。同时，在自动监测系统出现故障或无法覆盖的区域，人工观测能够发挥重要作用，填补数据空白。人工观测通常包括定期巡视、测量井口水位以及记录相关数据等步骤，需要观测人员具备丰富的经验和严谨的态度。通过自动监测系统与人工观测的有机结合，可以实现对地下水位的全面、准确监测，为分析地下水动态、预测地质灾害以及制定岩土工程治理方案提供坚实的数据基础。这种综合监测方式不仅提高了水文地质勘察的效率和准确性，还为岩土工程治理的科学性、合理性提供了有力保障。

2.2 渗透试验与参数估算

在岩土工程治理的深入探索中，准确掌握岩土体的渗透特性是确保工程安全与稳定的关键。为此，我们依

赖于现场渗透试验，特别是抽水试验与注水试验，来精确获取岩土体的渗透系数这一核心参数，为地下水控制设计奠定坚实基础。抽水试验作为常用手段之一，其本质是通过在岩土体中预设抽水井，利用抽水装置抽取地下水，并细致观测井内水位随时间的下降情况。在此过程中，我们记录下抽水流量 Q 、抽水时间 t 以及水位下降值 Δh 等数据。基于这些数据，我们可以运用达西定律的简化形式——抽水试验公式来估算渗透系数 k 。该公式通常表示为：

其中， A 为抽水井的影响面积， $\Delta h/\Delta t$ 为水位下降速率。通过这一公式，我们能直观地了解到岩土体对水的透过能力。注水试验则是抽水试验的逆过程，通过向岩土体中注入一定量的水，并监测水位上升情况，同样可以获取用于估算渗透系数的数据。注水试验的数据处理与抽水试验类似，也是基于达西定律或其衍生公式进行。这两种渗透试验不仅提供了直接的渗透系数数据，还全面揭示了岩土体的水文地质特征，如含水层的结构、厚度以及地下水的动态变化等。这些数据对于制定科学的地下水控制策略、评估工程的安全性与稳定性具有不可估量的价值。通过渗透试验与参数估算的有机结合，能够更加精准地指导岩土工程的治理工作，确保工程在复杂的水文地质条件下依然能够保持稳健与持久。同时，这也为地下水资源的合理开发与高效利用提供了有力的科学依据。

2.3 水质分析与评价

在岩土工程治理与地下水管理中，水质分析与评价是不可或缺的一环。为了确保工程的长期稳定性和安全性，必须对地下水进行全面的水质分析，以深入了解其化学特性及其对建筑材料、地下结构物以及周边环境的潜在影响。水质分析的内容广泛而深入，首要关注的是地下水的pH值。这一指标直接反映了水体的酸碱度，对于预测地下水与建筑材料之间的化学反应至关重要^[2]。例如，酸性或碱性的地下水可能会加速混凝土等建筑材料的腐蚀，从而影响结构的稳定性和耐久性。矿化度是另一个重要的水质参数，它表示地下水中溶解的矿物质总量。高矿化度的地下水往往含有较多的溶解性固体，这些固体在地下水流动过程中可能会沉积在管道或结构物表面，形成结垢，影响水流畅通和设备的正常运行。除此之外，对地下水中的离子成分进行细致分析也是必不可少的。特定的离子，如氯离子、硫酸根离子等，对建筑材料具有显著的腐蚀性。它们可能通过渗透、扩散等方式进入建筑材料内部，引发化学反应，导致材料性能下降，甚至造成结构破坏。水质分析的结果不仅为提供

了关于地下水化学特性的详细信息，还帮助评估地下水对建筑材料和地下结构物的潜在腐蚀性，以及其对周边环境的可能影响。这些信息对于制定有效的地下水管理策略、选择合适的建筑材料和防腐措施具有指导意义。

2.4 地下水流数值模拟

在岩土工程治理与地下水管理的实践中，地下水流数值模拟作为一种高效且精确的方法，正逐渐成为预测和规划地下水流动行为的重要工具。通过构建精细的数值模型，能够模拟出地下水流场的真实情况，进而预测在不同工况条件下地下水的流动路径、水量变化以及可能的动态响应。数值模拟的过程首先涉及到对研究区域的详细水文地质条件进行概化，包括地层的分布、含水层的特性、边界条件的设定等。这些概化信息将作为数值模型的基础输入，确保模拟结果的准确性和可靠性。接下来，利用先进的数值模拟软件，如MODFLOW、FEFLOW等，根据概化的水文地质条件建立地下水流数值模型。这些模型能够充分考虑地下水在岩土体中的渗流特性，包括渗透系数、孔隙度以及水流与岩土体之间的相互作用等。通过运行数值模型，可以直观地观察到地下水在岩土体中的流动情况，包括水流的路径、速度以及水量的动态变化。这些信息对于制定科学的排水方案设计至关重要。例如，在隧道工程或基坑开挖中，可以通过数值模拟预测地下水向开挖区域的渗流情况，从而优化排水系统的布置和排水量的设计，确保工程的安全和稳定。此外，地下水流数值模拟还能够帮助评估不同工况条件下地下水的动态响应，如降雨入渗、地下水开采等。通过模拟这些工况下的水流变化，可以及时发现潜在的水文地质问题，为工程的长期运行和管理提供科学依据。地下水流数值模拟在岩土工程治理与地下水管理中发挥着不可替代的作用。它不仅能够为我们提供精确的地下水流预测，还能够为排水方案的设计和优化提供有力的科学依据，确保工程的长期稳定性和安全性。

3 水文地质勘察面临的挑战与对策

3.1 挑战

3.1.1 复杂地质条件下的勘察难度

在喀斯特地貌、深厚覆盖层等特殊地质区域，水文地质勘察的难度显著增加。喀斯特地貌以其独特的岩溶发育、地形复杂多变而著称，这使得勘察过程中难以准确判断地下水的流向、流速及含水层的分布情况。而深厚覆盖层则可能掩盖了重要的水文地质信息，使得勘察工作如同“盲人摸象”，难以全面掌握地下水的动态特征^[3]。这些复杂地质条件不仅增加了勘察的难度，也提高了数据获取的不确定性。

3.1.2 多因素耦合作用分析

地下水、岩土体、人类活动等多种因素在水文地质环境中相互交织、相互影响，形成了一个复杂的耦合系统。这种耦合作用不仅增加了分析的难度，也要求我们在勘察过程中必须全面考虑各种因素的综合影响。例如，地下水的流动可能受到岩土体渗透性、地形地貌以及人类活动（如抽水、灌溉等）的共同作用，而这些因素的变化又可能反过来影响地下水的动态特征。因此，如何准确分析这些耦合作用，成为水文地质勘察中的一大难题。

3.1.3 勘察结果的时效性

水文地质条件并非一成不变，而是随着时间不断发生变化。这种变化可能源于自然因素（如降雨、蒸发等），也可能源于人类活动（如地下水开采、工程建设等）。因此，勘察结果具有一定的时效性，需要定期更新以反映最新的水文地质状况。然而，在实际操作中，由于勘察工作的复杂性和成本限制，往往难以做到实时更新，这使得勘察结果的时效性成为了一个需要重点关注的问题。

3.2 对策

3.2.1 采用高新技术提高勘察效率和精度

在复杂地质条件下，传统的勘察方法往往难以满足需求。因此，我们应积极引入高新技术，如遥感技术、地球物理勘探技术等，来提高勘察的效率和精度。遥感技术能够利用卫星或无人机获取的遥感影像，对地表特征进行快速、大面积的监测和分析，为勘察工作提供宏观的地质背景信息^[4]。而地球物理勘探技术则可以通过测量地下岩土体的物理性质（如电阻率、磁性等），推断出地下水的分布、含水层的厚度以及岩土体的结构特征，为精细勘察提供有力支持。这些高新技术的应用，不仅能够大大缩短勘察周期，还能显著提高勘察结果的准确性和可靠性。

3.2.2 建立综合评价体系

水文地质勘察涉及地质、水文、环境等多个学科领域，因此我们需要建立综合评价体系，将各学科的知识

和方法有机结合起来，构建综合评价模型。这个模型能够全面反映地下水、岩土体以及人类活动之间的相互作用关系，准确评估水文地质条件对工程建设和生态环境的影响。通过建立综合评价体系，我们可以更加科学地分析勘察数据，提高勘察结果的准确性和可信度，为后续的治理策略制定提供有力依据。

3.2.3 实施动态监测及时调整治理策略

由于水文地质条件的时效性，我们需要建立长期监测机制，对地下水动态、岩土体变化以及人类活动进行持续、实时的监测。通过监测数据的积累和分析，我们可以及时发现水文地质条件的变化趋势和潜在问题，为治理策略的调整提供科学依据。同时，动态监测还能够验证治理效果，为优化治理方案提供反馈信息。通过实施动态监测，我们可以确保治理策略的科学性、有效性和可持续性，保障工程的安全和稳定。

结语

水文地质勘察是岩土工程治理不可或缺的一部分，其准确性和深度直接影响治理效果。通过综合运用现代勘察技术，加强理论与实践的结合，可以有效提升岩土工程治理的科学性和安全性。未来，随着信息技术的进步，智能化、实时监测将成为水文地质勘察的发展方向，为岩土工程治理提供更加精准、高效的决策支持。同时，应重视跨学科合作，深化对水文地质条件与岩土工程相互作用机理的研究，推动岩土工程治理技术的持续创新与发展。

参考文献

- [1]赵学文,陈清秋,于凤鸣.水文地质条件研究在岩土工程地质勘察中的应用[J].冶金与材料,2024,44(05):34-36.
- [2]王慧玲.水文地质在岩土工程勘察中的实施与应用[J].内蒙古煤炭经济,2022,(11):169-171.
- [3]王晓光.水文地质调查在岩土工程勘察中的应用[J].西部探矿工程,2022,34(09):18-19+27.
- [4]徐勇.水文地质在岩土工程勘察中的应用分析[J].中国设备工程,2021,(16):235-236.