

水文地质钻探及水文地质钻孔施工实践的研究

李俊飞 石青 王耀忠

中国地质调查局乌鲁木齐自然资源综合调查中心

摘要: 水文地质钻探是地质勘查领域中的重要技术手段之一, 其在水文地质领域的应用对于水资源的合理开发和管理至关重要。基于此, 本论文通过综合研究与分析, 系统探讨了水文地质钻探的基本原理、方法以及其在水文地质钻孔施工实践中的应用。

关键词: 水文地质钻探; 钻孔施工; 水资源; 应用实践

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.04.240

引言

随着全球水资源的日益紧张, 水文地质领域的研究和应用愈发受到重视。水文地质钻探作为一种重要的地质勘查技术手段, 对于水资源的合理开发和管理具有重要意义。通过对地下地质构造和水文地质特征的深入了解, 可以更好地预测地下水资源的分布和流动规律。本论文旨在探讨水文地质钻探的基本原理、方法及其在实际水文地质钻孔施工中的应用实践, 为水资源的科学管理和可持续发展提供理论支持。

一、水文地质钻探的基本原理

水文地质钻探是通过在地表钻取地下岩层和土壤样本, 进行分析和研究, 从而获取有关地下水资源分布、流动状态和水文地质特征的信息。

(一) 岩层分析

通过对钻孔获得的岩芯样本进行详细的地质学和水文地质学特征分析, 可以深入了解地下岩层的性质、组成以及层位分布, 从而对地下水的流动和储存情况产生直接影响。岩层分析能够揭示岩石的渗透性、孔隙度、裂缝情况等关键参数, 这些参数决定了地下水的运移和储存能力。例如, 渗透性较高的岩层可能促进地下水的流动, 而具有高孔隙度的岩层则可能对地下水的储存产生积极影响。岩层的层位分布也会影响地下水的分布格局, 不同层位的水文地质特征会对地下水系统产生复杂影响。岩层分析为水文地质钻探的关键环节, 通过综合分析不同岩层的性质和特征, 有助于更准确地了解地下水的流动规律和储存状况, 为水资源的科学开发和管理提供重要依据。

(二) 水文地质特征分析

水文地质特征分析在水文地质钻探中扮演着不可或缺的角色。通过对岩层和孔隙介质的深入分析, 能够深刻了解地下水的储存情况、渗流特性以及水质状况, 这些信息对于合理规划地下水开采和保护至关重要。通过分析岩层和孔隙介质的特征, 确定地下水储存的条件和潜力。不同类型的岩石和孔隙介质会对地下水的储存产

生不同影响, 理解其特性可以帮助预测地下水资源的分布和储量。同时, 水文地质特征分析还能揭示地下水的渗流特性, 包括渗透性、渗流速度等, 这对于评估地下水的补给和衰竭趋势具有重要意义。水质情况是地下水资源利用的重要指标之一, 通过分析岩层和孔隙介质, 可以了解地下水的水质特征, 包括溶解物质含量、pH值、污染物浓度等。这对于制定合理的地下水开采策略以及保护地下水资源免受污染具有至关重要的意义。

二、水文地质钻探的方法

水文地质钻探作为一项重要的地质勘查技术, 涵盖了多种方法, 包括岩芯取样、水位测量、水样采集等, 这些方法共同为了全面了解地下水系统的情况, 为水资源管理决策提供坚实的科学依据。

(一) 岩芯取样

岩芯取样涉及使用专用钻机或设备, 通过钻孔将地下岩石样本提取到地表, 以便深入了解地下地质条件和地下水环境。这个过程是地质学家、水文地质学家以及环境工程师等专业人士在研究、规划和管理地下水资源时的重要工具。岩芯样本是地下岩石的实物代表, 它们可以提供丰富的信息。通过对岩芯样本进行视觉观察, 可以识别岩石的类型, 比如砂岩、泥岩、花岗岩等。这对于确定地下层序和构造特征至关重要。岩芯也可用于确定岩石的结构, 如层理、节理和断层, 这些信息有助于理解地下地质历史和构造演化。岩芯样本的分析还包括化学成分的研究。通过化学分析, 可以确定岩石中的矿物含量, 这对于了解岩石的特性和性质非常重要。另外, 分析岩芯中的孔隙度可以帮助评估岩石的渗透性, 这对于地下水的流动特性至关重要。渗透性信息有助于预测地下水的分布和流速, 从而支持水资源管理和环境保护。

(二) 水位测量

水位测量是通过在钻孔内测量地下水位高度的变化来深入研究地下水系统的动态情况。这个过程不仅可以帮助了解地下水资源的分布和变化, 还可以为可持续地

下水管理提供宝贵的数据支持。为了更具体地说明其重要性，以一个位于干旱地区的农业社区的案例。这个农业社区在干旱地区生活，依赖地下水来灌溉农田和供应居民饮用水。然而，随着气候变化和人口增长，地下水资源变得越来越宝贵，因此水位测量变得至关重要。通过定期测量地下水位，可以监测地下水位的季节性变化和长期趋势。在干旱季节，由于降水稀少和水需求增加，地下水位可能会下降，而在雨季，由于降水充沛，它可能会上升。这种季节性变化的了解对于决定何时灌溉农田或采取节水措施至关重要，以最大限度地保护地下水资源。通过长期观察地下水位的变化，可以确定地下水资源的可持续性。如果地下水位持续下降，这可能表明地下水开采速度超过了补充速度，存在过度开采的风险。在这种情况下，社区可能需要采取紧急措施，如限制地下水开采量或寻找替代水源，以确保地下水资源的长期可用性。

（三）水样采集

水样采集是通过在地下钻孔内采集地下水样本来进行的，这些样本随后会经过详尽的实验室分析，以获取关键水质指标的数据，例如溶解物质浓度、离子含量、pH值等等。这些数据对于评估地下水的适用性以及水质健康状况至关重要。考虑一个地下水资源管理项目，位于一个工业区附近。工业活动可能会释放化学物质到地下水中，对水质造成潜在威胁。通过定期进行水样采集，并分析水样中的化学物质含量，可以监测到是否存在潜在的污染问题。如果某个化学物质的浓度超出了安全标准，那么这可能需要进一步的调查和采取适当的措施来减轻污染风险。这可以包括改变工业活动的做法，修复地下污染源，或制定更严格的环境法规。另一个例子是农业地区的地下水质量评估。农药和肥料的使用可能会导致地下水中的污染物浓度升高。通过水样采集，可以监测水中的农药残留和营养物质含量。这有助于农民和水资源管理者了解是否需要调整农业实践，以减少对地下水的不良影响，并确保水资源的可持续利用。

三、水文地质钻孔施工实践及应用

水文地质钻孔施工是将水文地质钻探技术应用于实际地质环境中的过程。在施工过程中，需要根据地质条件选择合适的钻孔类型和施工方法，以确保钻孔的质量和效果。

（一）钻孔类型选择在水文地质钻探中具有关键作用

钻孔类型的选择需综合考虑地质条件、数据获取方式以及施工难度等因素，以确保钻孔工作能够最大限度地满足研究需求和取样目标。

1. 地质条件

不同地质条件对于选择合适的钻孔类型具有显著的影响，在复杂的岩性地区，地下岩层可能呈现多种不同类型的矿物质和结构。选择正确的钻孔类型变得至关重要，因为错误的选择可能导致钻孔难以进行或无法达到预期的结果。当地层中存在多个断层时，立式钻孔可能会受到阻碍，因为断层会阻挡钻头的前进，难以穿越不同的地层。这种情况下，斜井可能更为合适。斜井是一种可在地下多个方向上穿越不同地层的钻孔方式。通过斜井，地质学家可以更全面地获取地下岩层的信息，包括矿物成分、岩石类型和地层的结构。这对于解决地质复杂性所带来的挑战至关重要。例如，想象一个地区存在多个岩层之间的复杂界面，使用立式钻孔可能只提供了有限的信息，而斜井可以帮助我们更好地理解地下地质结构，为采矿或工程设计提供更可靠的数据。然而，当地层相对均质，没有明显的断层或复杂结构时，选择立式钻孔可能更为方便和高效。立式钻孔通常比斜井更容易操作，可以满足基本的取样需求，而不需要额外的工程复杂性。

2. 数据获取方式

水平钻孔是一种用于获取特定地层水平方向上详细信息的地质勘探方法，这种方法在许多领域都有广泛的应用，其中一个典型的应用是地下水资源调查项目。水平钻孔被用来深入研究地下水层的微观特征，如渗透率和水质分布。地下水是人类生活和工业活动中不可或缺的资源之一，然而地下水的分布和质量在地下地质中可能会出现显著的变化。为了更好地了解这些地下水层的特性，水平钻孔成为一种强大的工具。考虑一个地下水资源调查项目，该项目旨在评估某个地区的地下水资源潜力及其可持续性。通过进行水平钻孔，地质学家和水资源专家可以在特定深度水平上获取更详细的数据。例如，他们可以钻探到地下水层的特定深度，并测量该深度处的水质参数，如pH值、溶解氧含量和污染物浓度。这些数据对于确定地下水的适用性以及可能存在的水质问题至关重要。水平钻孔还允许研究者研究地下水层的渗透率，通过测量不同深度处的渗透率，可以确定地下水在不同地层中的流动速度和方向。这有助于建立地下水流模型，预测地下水的流动路径和时间。

3. 施工难度

选择钻孔类型时，施工难度是一个至关重要的考虑因素。不同的钻孔类型具有不同的技术难度和操作要求，要仔细评估以确保工程的成功进行。斜井是一种常见的钻孔类型，但在技术上可能较为复杂，通常需要特殊的设备和高水平的技术支持。斜井的施工可能涉及控

制钻头的方向和倾斜度，这需要高度的精确性和经验。虽然斜井可以提供高质量的地下数据，但它们的施工难度较大，需要更多的资源和时间。相比之下，立式钻孔的施工难度较低，更容易操作。立式钻孔通常只需要直线下降的操作，不需要复杂的方向控制。这使得立式钻孔适用于一些相对简单的地下勘探任务。虽然数据质量可能不如斜井高，但在某些情况下，立式钻孔可以提供足够的信息来满足项目的需求。在选择钻孔类型时，需要权衡数据质量和施工难度之间的平衡。如果项目要求高质量的地下数据，并且有足够的资源和技术支持，那么斜井可能是一个合适的选择。然而，如果施工时间和成本是关键因素，那么立式钻孔可能更为实际和经济。

（二）施工方法选择

在进行钻孔施工时，可以根据地质条件、孔深要求以及施工设备等因素，选择合适的施工方法，以确保钻孔工作的顺利进行和取样质量的高效保证。

1. 旋挖钻探

旋挖钻探是一种广泛应用的水文地质钻孔施工方法。它适用于一定深度的土壤和软岩地质条件下的钻孔作业。该方法通过旋转钻具，实现对地下地质情况的探测，同时将岩屑等物料带出钻孔口。旋挖钻探方法具有以下特点：在土壤和软岩地质中，旋挖钻探能够高效穿越地层，获取较为准确的地质信息。通过控制钻具的旋转速度和下压力，可以适应不同地层的钻进需求。由于旋挖钻探操作相对简单，技术要求不高，在一些常规的地质条件下，能够迅速完成钻孔作业，满足研究和工程的需要。在较硬的岩性地层中，旋挖钻探的效率可能较低，由于硬岩具有较强的抗磨性，钻具在硬岩中的钻进速度会受到一定的限制，从而影响施工效率。此时，可能需要考虑选择其他施工方法，如冲击钻探或振动钻探，以克服硬岩带来的难题。举例来说，在进行城市地质勘察时，常常会遇到软土层和松散砂砾层，此时旋挖钻探是一种有效的施工方法。通过旋挖钻探，能够相对轻松地穿越这些松软地层，获取地下地质和水文信息。

2. 冲击钻探

冲击钻探是通过冲击力将钻头穿透地层，以实现取样和地质信息获取。冲击钻探适用于较坚硬的岩性地层，如花岗岩、片麻岩等。在这些地层中，普通的旋挖钻探可能效率较低，而冲击钻探则能够更快速地穿越坚硬的地质层，获取所需数据。该方法具有较强的穿透能力，可以在较短的时间内钻进较深的孔深，提供更深入的地下地质信息。这对于需要深入了解地下构造和岩性分布的研究非常有利。举例来说，在进行地质灾害研究时，常常需要了解坚硬岩层的地下情况。此时，冲击钻

探是一种可行的施工方法。通过冲击钻探，能够迅速穿越坚硬岩层，获取岩性和地下构造的信息，为地质灾害预测和防治提供科学依据。由于冲击钻探涉及冲击力的作用，钻探过程相对激烈，需要特别注意钻孔的稳定性。在操作过程中，必须采取适当的支护措施，以防止钻孔坍塌或失稳。同时，冲击钻探在取样的完整性方面也需要注意。由于冲击力的作用，取样时可能出现碎屑的情况，影响取样的完整性。在进行冲击钻探取样时，需要选择合适的钻头和采样工具，以确保获得具有代表性的样本。

（三）钻孔稳定性控制

钻孔的稳定性直接影响到钻孔的施工质量和取样效果，因此必须采取一系列措施来确保钻孔的稳定性。钻孔施工过程中需要选择合适的钻头和钻具。不同地层的钻进特点不同，钻头的类型和结构应根据地层情况进行选择，以确保能够有效地穿越地层，并减少对地层的破坏。钻具的质量和耐久性也影响着钻孔的稳定性，需确保钻具的正常工作状态。施工过程中需要注意控制下压力和旋转速度。过大的下压力和旋转速度可能会造成钻头过度磨损，加剧地层破坏，甚至导致钻孔坍塌。在操作时要根据实际情况适度调整下压力和旋转速度，保持钻进的平稳和均匀。对于一些特殊地质情况，如松散的砂土层或软弱的黏土层，可能需要进行钻孔壁的支护，以防止钻孔坍塌。可以采用套管、钻孔液等方法来增强钻孔的稳定性，确保取样的完整性和准确性。

结语

水文地质钻探及水文地质钻孔施工实践作为一项重要的地质勘查技术，在水资源管理和可持续发展中发挥着重要作用。通过深入探讨其基本原理、方法和应用实践，可以更好地认识和理解地下水资源的分布和特征，为科学合理地开发和管理水资源提供有力支持。在未来的研究中，还需进一步深化水文地质钻探技术，提高钻孔施工效率和质量，以满足日益增长的水资源需求。

参考文献

- [1] 杨振华. 浅议矿区水文地质钻探工作[J]. 冶金管理, 2020(03): 160+162.
- [2] 侯伟, 张文强, 仲伟婉等. 水文地质钻探及水文地质钻孔施工实践的研究[J]. 世界有色金属, 2019(15): 236+238.
- [3] 李志雨, 贺光海, 李斌. 浅谈多通道监测井技术在水文地质钻探施工中的工艺及注意事项[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(09): 128.
- [4] 杨国红. 水文地质钻探及水文地质钻孔施工实践的探讨[J]. 科学之友, 2013(04): 20-21.