

# 工程地质钻探中的钻孔技术探析

梁广金

青岛地矿岩土工程有限公司 山东 青岛 266000

**摘要：**工程地质钻探中的钻孔技术旨在获取地质资料和岩土层的物理、力学、化学参数，为工程建设提供重要数据参考。钻孔技术根据破碎岩土的方法可分为冲击钻探、回转钻探等多种类型。通过合理选择钻探设备和优化钻探方法，可提高钻探效率和质量。钻孔技术的应用范围广泛，不仅可用于矿产资源勘探，还可为地质灾害防治和环境保护提供基础数据支持。

**关键词：**工程地质钻探；钻孔技术；实践应用

引言：工程地质钻探作为获取地下地质信息的重要手段，在各类工程建设中扮演着至关重要的角色。钻孔技术作为钻探过程中的核心环节，其应用效果直接影响到地质资料的准确性和勘探成本的高低。随着科技的不断进步和工程需求的日益多样化，钻孔技术也在不断发展和完善。本文旨在全面探析工程地质钻探中的钻孔技术，包括其基本原理、分类、应用实践以及面临的挑战与应对措施，以期对相关领域的研究和实践提供有益的参考和借鉴。

## 1 工程地质钻探基础

### 1.1 钻探的基本概念与原理

(1) 钻探的定义与目的。钻探，是一种利用机械设备或工具，在岩（土）层中钻孔，并取出岩（土）芯（样）以了解地质情况的手段。其主要目的是获取地下准确的地质资料，了解与工程相关的地质和水文地质问题，为工程设计、施工提供科学依据。通过钻探，可以直观地观察到地下的岩土层结构、岩石性质、地下水情况等信息，从而确保工程的稳定性和安全性。(2) 岩芯钻探与钻进方法概述。岩芯钻探是钻探的一种重要形式，它要求在钻进过程中保留孔底的岩芯，以便通过岩芯来了解地下的地质和矿产情况。钻进方法则包括旋转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进等多种方式，这些方法的选择主要取决于地质条件、钻孔深度和工程要求。

### 1.2 钻孔技术分类

钻孔技术根据不同的分类标准可以划分为多种类型。按冲洗液循环方式，可以分为正循环钻进和反循环钻进等；按是否取心，可以分为取心钻进和全面钻进；此外，还有一些特殊的钻探方法，如绳索取心、定向钻探、潜孔锤钻进、跟管钻进、中心取样钻进和井底动力钻进等。这些方法的选择和应用，需要根据具体的工程需求和地质条件来确定。

### 1.3 钻孔结构与要素

(1) 钻孔空间三要素：孔深、顶角、方位角。钻孔的空间位置由孔深、顶角和方位角三个要素确定。孔深是指钻孔从地表到孔底的垂直距离；顶角是钻孔轴线与地表水平面的夹角，反映了钻孔的倾斜程度；方位角则是钻孔轴线在水平面上的投影与磁北方向的夹角，用于确定钻孔的方位。(2) 钻孔结构的组成与变化。钻孔结构是指从开孔到孔底的整个钻孔过程中，孔身口径的变化情况。它包括钻孔的直径、换径次数、下套管层数、管径、长度、换径深度以及套管底部止水封固方法等多个方面。钻孔结构的选择和设计，需要根据地质条件、钻孔深度、钻孔目的和工程要求等多种因素综合考虑。在钻探过程中，随着地质条件的变化和工程需求的调整，钻孔结构也可能需要进行相应的调整和优化。

## 2 工程地质钻探中的常用钻孔技术

### 2.1 回转钻探技术

(1) 技术原理与特点。回转钻探技术主要依赖钻具的回转运动来破碎岩层，实现钻进。这种技术通常使用各种类型的钻头，如硬质合金钻头、金刚石钻头等，根据岩层的硬度选择合适的钻头材料。在钻进过程中，钻杆带动钻头旋转，同时施加一定的轴向压力，使钻头切削或研磨岩层。回转钻探技术的特点在于其钻进效率高、取心质量好，尤其适用于中硬至硬岩层<sup>[1]</sup>。(2) 适用范围与优势。回转钻探技术广泛应用于各种地层，尤其在中硬岩层中表现出色。其优势在于钻进速度快，能够大幅度提高勘探效率；同时，取心质量好，有利于后续的地质分析。此外，回转钻探技术的设备相对简单，易于操作和维护，降低了勘探成本。

### 2.2 冲击钻探技术

(1) 技术原理与特点。冲击钻探技术利用冲击锥运动的动能产生冲击作用，破碎岩层实现钻进。这种技术

通常通过重力、气动或液动等方式提供动力,使冲击锥产生高速冲击,将冲击力传递给钻头,从而破碎岩层。冲击钻探技术的特点在于适用范围广,尤其适用于松散地层和破碎带。同时,冲击钻探对设备的要求相对较低,易于在复杂环境中实施。(2)适用范围与限制。冲击钻探技术适用于卵砾石层、破碎带、风化基岩等松散或易碎地层。在这些地层中,冲击钻探的钻进效率较高,且能够较好地保持钻孔的稳定性。然而,冲击钻探技术也存在一些限制。例如,在硬岩地层中,由于岩层的硬度较高,冲击钻探的钻进效率会显著降低;此外,冲击钻探过程中产生的噪声和振动也可能对周围环境造成一定影响。

### 2.3 冲击回转钻探技术

(1)结合回转与冲击的优点。冲击回转钻探技术结合了回转钻探和冲击钻探的优点,既具有回转钻探的钻进效率高、取心质量好的特点,又具有冲击钻探的适用范围广的优势。在钻进过程中,冲击回转钻探技术通过潜孔冲击器提供高频冲击能量,同时钻杆带动钻头旋转,使钻头在冲击和回转的作用下共同破碎岩层。这种技术能够显著提高硬岩层的钻进速度,减少钻孔弯曲程度,降低钻探成本。(2)适用范围与效果。冲击回转钻探技术适用于各种软硬不同的地层,尤其在硬岩地层中表现出色。在实际应用中,冲击回转钻探技术能够大幅度提高钻进效率,缩短勘探周期;同时,取心质量好,有利于后续的地质分析。此外,该技术还能够减少钻孔弯曲程度,提高钻孔质量,降低钻探成本<sup>[2]</sup>。

### 2.4 振动钻探技术

(1)技术原理与操作方式。振动钻探技术利用机械动力产生的振动力,通过连接杆及钻具传到钻头周围的土层或岩层中。这种技术通过高频振动作用使土层或岩层产生松动和破碎,从而实现钻进。在操作时,振动钻探设备通常安装在钻架上,通过调整振动频率和振幅来控制钻进速度和效果。振动钻探技术的特点在于对设备的要求相对较低,易于在复杂环境中实施;同时,振动作用能够减少钻孔的摩擦阻力,提高钻进效率<sup>[3]</sup>。(2)在特定条件下的应用效果。振动钻探技术在特定条件下表现出良好的应用效果。例如,在软土地层或松散岩层中,振动钻探能够利用高频振动作用使土层或岩层产生松动和破碎,从而提高钻进效率;在冻土地区,振动钻探能够利用振动作用破碎冻土,实现有效钻进。然而,需要注意的是,在硬岩地层中,振动钻探的钻进效率会显著降低;此外,振动钻探过程中产生的振动也可能对周围环境造成一定影响。因此,在实际应用中,需要根

据具体地层条件和勘探需求来选择合适的钻探技术。

## 3 钻孔技术在工程地质勘探中的实践应用

### 3.1 不同地质条件下的钻孔技术应用

(1)坚硬岩石地层中的钻孔技术选择。面对坚硬岩石地层,金刚石钻进技术因其高效、耐用的特点成为首选。金刚石钻头具有高硬度,能在岩石中保持长时间稳定钻进,确保取心质量。此外,采用合适的钻进参数,如钻压、转速和冲洗液流量,进一步优化钻进效果。在特别坚硬或复杂地层,还可结合冲击回转钻进技术,通过高频冲击和旋转的双重作用,提高破碎岩石的效率。

(2)软弱地层与断层破碎带的钻孔策略。在软弱地层和断层破碎带,钻孔作业面临塌孔、漏浆等挑战。此时,跟管钻进技术因其能有效保护孔壁、防止塌孔而备受青睐。通过同步下入套管和钻进,确保孔壁稳定。对于断层破碎带,还需特别注意泥浆性能和钻进参数的调整,使用低固相、高粘度的泥浆,减少冲洗液对孔壁的冲刷,同时采用低转速、低钻压策略,维持孔壁稳定。

### 3.2 钻孔技术在工程地质勘探中的案例分析

(1)建筑工程地质勘探应用实例。在某高层建筑工程地质勘探中,由于场地位于复杂地质构造区,需要详细了解地下岩层的分布和性质。经过综合分析,选择了冲击回转钻进技术进行勘探。通过合理布置钻孔位置、调整钻进参数和取心方式,成功获取了地下岩层的详细信息,为工程设计和施工提供了可靠依据。(2)水利工程地质勘探中的钻探技术实践。在某大型水利工程的坝址选择过程中,需要对坝址区进行详细的地质勘探。由于坝址区地形复杂、岩层多变,采用了多种钻探技术进行综合勘探。其中,金刚石钻进技术用于硬岩地层的钻进,冲击钻进技术用于松散地层的勘探,而振动钻进技术则用于特殊地层的勘探。通过综合应用这些钻探技术,成功揭示了坝址区的地质构造和岩层分布,为坝址的选择和设计提供了科学依据<sup>[4]</sup>。

### 3.3 钻孔过程中的观测与记录

(1)钻进过程中的地质信息观测。在钻进过程中,需要对地质信息进行实时观测。包括岩层的颜色、成分、结构、节理、裂隙等特征,以及钻孔过程中的钻压、转速、冲洗液流量等参数。这些信息对于判断地下岩层的性质、预测钻进过程中可能出现的问题具有重要价值。(2)钻孔数据的记录与整理。钻孔数据的记录与整理是工程地质勘探工作的重要组成部分。需要对钻进过程中的地质信息、钻孔参数、取心质量等进行详细记录,并整理成钻孔柱状图、地质剖面图等图件。这些图件能够直观地展示地下岩层的分布和性质,为工程设计

和施工提供可靠依据。同时, 钻孔数据的记录与整理也有助于后续的地质分析和研究工作。

#### 4 钻孔技术面临的挑战与应对措施

##### 4.1 钻孔技术的局限性

(1) 复杂地质条件下的技术难题。在钻探作业中, 复杂地质条件往往成为技术难题的主要来源。如遇到卵石层、岩溶发育岩层以及裂隙发育的岩层, 不仅钻孔难度大幅增加, 还可能出现钻孔形状不规则、扩孔率较高等问题。此外, 在岩层不均匀的情况下, 还面临斜孔或卡钻的风险。这类地质条件要求钻探设备具有更高的适应性和稳定性, 同时, 钻探工艺也需要更加精细和灵活。(2) 钻进深度与精度的限制。随着钻探深度的增加, 岩石的硬度和强度也随之增大, 钻进难度显著提升。同时, 深部地层的温度和压力也对钻探工具和钻孔安全构成威胁。此外, 由于钻头结构上的固有局限, 钻孔的加工精度通常难以达到高精度要求, 表面粗糙度也相对较高。这些限制不仅影响了钻探效率, 也增加了钻探成本。

##### 4.2 提高钻孔技术效率与质量的策略

(1) 选用合适的钻探设备与工艺。针对复杂地质条件和钻进深度与精度的限制, 选用合适的钻探设备与工艺至关重要。例如, 在硬岩地层中, 可采用金刚石钻头进行钻进, 以提高钻进效率和取心质量; 在软弱地层中, 则可选择旋转钻机或潜孔锤钻机, 以减小对孔壁的扰动。同时, 根据地层特点选择合适的钻探工艺, 如冲击回转钻进、跟管钻进等, 以提高钻探作业的灵活性和适应性。(2) 加强技术培训与现场管理。加强钻探人员的技能培训和现场管理是提高钻孔技术效率与质量的关键。通过定期培训, 提升钻探人员的操作水平和专业知识, 使其能够熟练掌握各种钻探设备和工艺。同时, 加强现场管理, 确保钻探作业的安全、有序进行。通过实时监测和数据分析, 及时发现并解决问题, 提高钻探作业的效率 and 稳定性。

##### 4.3 钻孔事故的预防与处理

(1) 常见钻孔事故类型及原因。钻孔事故类型多样, 包括坍孔、卡钻、掉钻等。这些事故的发生往往与地层条件、钻探设备状态、钻探工艺以及钻探人员的操作水平等因素有关。例如, 坍孔可能由于孔内静水压力不足、泥浆稠度不够或操作不当导致; 卡钻则可能由于钻头磨损严重、孔形不规则或遇到障碍物等原因造成。

(2) 事故预防措施与应急处理方案。为预防钻孔事故的发生, 应加强对地层条件的了解和分析, 选择合适的钻探设备和工艺; 同时, 定期对钻探设备进行维护和保养, 确保其处于良好状态。此外, 还应制定完善的应急处理方案, 一旦发生事故能够迅速响应并采取有效措施进行处理。例如, 在发生坍孔事故时, 应立即停止钻进并回填黏土以加固孔壁; 在发生卡钻事故时, 可尝试松动钢丝绳或采用其他方法解救钻头。通过有效的预防措施和应急处理方案, 最大限度地降低钻孔事故对钻探作业的影响。

#### 结束语

综上所述, 工程地质钻探中的钻孔技术是一项复杂而精细的工程实践, 其技术选择与应用需紧密结合具体地质条件和工程需求。通过不断的技术革新与实践经验的积累, 钻孔技术已取得了长足的进展。未来, 随着新型钻探设备、工艺及智能化技术的不断涌现, 钻孔技术将进一步提升其效率、精度与安全性。本文的探析仅为引玉之砖, 期待更多专业人士的关注与深入研究, 共同推动工程地质钻探技术的蓬勃发展。

#### 参考文献

- [1]刘文雅,王大伟.工程地质钻探中的钻孔技术探析[J].世界有色金属,2021,(11):133-134.
- [2]陈刚,高巧.工程地质钻探过程中钻孔技术的应用分析[J].内江科技,2020,(09):92-93.
- [3]倪春天.论工程地质钻探过程中钻孔技术的应用[J].中外企业家,2021,(06):60-61.
- [4]赵兴考.工程地质钻探中钻孔技术分析[J].环球市场信息导报,2021,(11):138-139.