

## 不同地层下钻探施工的物理特性分析

杨新江

新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第八地质大队, 新疆 阿克苏 843000

**[摘要]**随着我国基础设施建设的快速发展, 钻探施工在城市建设、矿产资源开发和地质勘查等领域的应用日益广泛。然而, 由于地层种类繁多, 物理特性差异显著, 导致钻探施工面临诸多挑战。不同地层的密度、强度、渗透性等物理特性直接影响钻探速度、井壁稳定性及设备磨损等关键因素。我国在钻探施工中尚存在对地层特性研究不足、技术应用不均衡等问题, 导致施工效率低下和安全隐患增多。因此, 深入分析不同地层的物理特性, 研究其对钻探施工的影响, 能够为工程施工提供重要的理论依据与实践指导。

**[关键词]**地层特点; 钻探施工; 物理特性

DOI: 10.33142/nsr.v1i3.14935

中图分类号: P631.813

文献标识码: A

### Physical Characteristics Analysis of Drilling Construction in Different Strata

YANG Xinjiang

The Eighth Geological Brigade of Xinjiang Geology and Mineral Exploration and Development Bureau, Aksu, Xinjiang, 843000, China

**Abstract:** With the rapid development of infrastructure construction in China, drilling construction is increasingly widely used in urban construction, mineral resource development, and geological exploration. However, due to the diverse types of strata and significant differences in physical properties, drilling construction faces many challenges. The physical characteristics such as density, strength, and permeability of different strata directly affect key factors such as drilling speed, wellbore stability, and equipment wear. There are still problems in drilling construction in China, such as insufficient research on geological characteristics and uneven application of technology, resulting in low construction efficiency and increased safety hazards. Therefore, in-depth analysis of the physical characteristics of different strata and their impact on drilling construction can provide important theoretical basis and practical guidance for engineering construction.

**Keywords:** stratigraphic characteristics; drilling construction; physical characteristics

在现代工程建设与资源开发中, 钻探施工作为获取地下信息与资源的关键技术, 其重要性日益突出。随着城市化的迅速推进及基础设施建设的不断扩大, 地层钻探的作用愈发显著。不同地层的物理特性, 包括密度、强度及渗透性等, 显然对钻探过程产生了重要影响。这些特性直接关系到多个因素, 如钻探速度、井壁稳定性及钻头磨损, 从而对整个施工的安全性及经济性产生深远的影响。因此, 深入探讨不同地层的物理特性及其对钻探施工的影响, 将为优化施工方案提供强有力的支持, 提升施工效率, 降低工程成本, 确保作业安全。在钻探过程中, 地层特性在选择适宜的钻头、钻探液配方及施工设备类型方面发挥着关键作用。井壁坍塌的风险, 尤其在软弱地层中, 往往较高; 而在坚硬岩石层中, 钻头的磨损可能加速。由此可见, 制定针对不同地层特性的施工方案显得尤为重要。通过研究地层的物理特性, 工程师能够获得必要的理论依据, 从而在实际操作中做出科学合理的决策。同时, 借助先进的检测手段进行精确评估地层特性, 有望显著提高钻探施工的成功率。

### 1 不同地层的物理特性

#### 1.1 地层类型

在钻探施工过程中, 不同地层的物理特性直接影响着

施工难度与方案选择。一般来说, 地层类型可分为松散层、岩石层、软弱层及复合层等。松散层主要包括砂土、砾石及黏土等, 这类地层的密度和强度相对较低, 渗透性却较强。稳定性差的特性使其在钻探时容易出现塌方或流沙现象。岩石层则由花岗岩、砂岩、石灰岩等坚硬岩石组成, 具有较高的密度和强度, 稳定性良好。然而, 在钻探过程中, 钻头磨损问题较为严重, 施工难度因此增加。软弱层通常指膨胀土、黄土等具有一定塑性的土层, 其特征在于密度和强度较低。遇水后, 膨胀或沉降的现象使得对钻探设备的要求提高, 适当的支护措施因此显得尤为重要, 以确保钻孔的稳定。复合层则由多种不同地层混合而成, 其物理性质较为复杂, 常常展现出多种地层的特征。在钻探过程中, 应根据具体情况灵活调整工艺参数, 以应对可能出现的突发问题。

#### 1.2 各地层的关键物理特性(密度、强度、渗透性等)

在钻探施工中, 不同地层的物理特性直接影响着施工的各个环节, 其中密度、强度及渗透性被认为是关键因素。地层的密度反映了质量与体积之间的关系, 通常情况下, 密度越高, 结构越致密。例如, 岩石层在钻探时会产生较大的阻力, 因此通常需要更强的设备进行支持。相比之下, 密度较低的松散层则显得较为疏松, 尽管钻进阻力较小,

但因其稳定性差,容易发生塌方,额外的支护措施必不可少。地层的强度决定了其抗压能力以及对钻探压力的抵抗性能,岩石层的强度较高,这使得在钻探过程中孔壁相对稳定,然而,这也会导致钻具的磨损增加。相对而言,软土层和黏土层的强度较低,遇水后变形或膨胀的可能性较大,从而易造成孔壁坍塌,这要求在施工过程中严格控制水分及钻探液浓度,以维持其稳定<sup>[1]</sup>。渗透性是影响钻探液流动及保持状况的重要因素,砂层、砾石层等因其较高的渗透性,容易导致钻探液流失,从而影响孔壁的稳定性;相比之下,黏土层及某些岩石层的渗透性较低,有助于钻探液的保持。然而,含水量较高的软弱层在钻探过程中可能会突发涌水,带来额外的施工风险。

## 2 地层特性对钻探施工的影响

### 2.1 地层特性对钻探速度的影响

地层特性对钻探速度的影响显著,不同的密度、强度及组成成分会导致钻进效率的明显差异。在密度较低且结构松散的地层中,例如砂土层或松软土层,钻探速度通常较快。这主要是因为材料易于被破碎,钻具面临的阻力相对较小,施工过程相对顺利。相比之下,在岩石层或致密黏土层中,由于其高密度与强度特性,钻具需要施加更大的压力才能穿透,从而导致钻进速度显著降低,钻头的磨损也加剧,影响了整体施工效率。此外,地层的均匀性同样是影响钻探速度的重要因素。在均匀性较高的地层中,钻探阻力变化较小,速度相对稳定;而在不均匀地层中,钻头频繁遇到不同硬度的材料,造成钻进速度波动,使施工进度难以预测。同时,由于渗透性较高的砂砾层会导致钻探液流失,增加摩擦阻力,从而间接影响钻探速度。

### 2.2 地层特性对钻头磨损的影响

地层特性显著影响钻头的磨损情况,其中硬度、密度及均匀性等因素直接决定了钻头的使用寿命与磨损速率。在高密度及高硬度的岩石层中,如花岗岩或砂岩,钻头在钻探过程中受到较大的摩擦与冲击,结果导致磨损严重,切削刃部位容易出现钝化或损坏。这一现象缩短了使用周期,并增加了更换频率及施工成本。相比之下,尽管松散层及软弱层(如砂土层与黏土层)对钻头的磨损较轻,且钻探阻力较小,这些地层中仍可能夹杂大量砂砾颗粒,进而在钻进时加剧钻头表面的磨损。在不均匀地层中,钻头在切削过程中频繁遇到硬度变化的材料,结果导致冲击性磨损加剧,给整体结构的稳定性带来较大威胁。此外,由于渗透性较高的地层可能导致钻探液流失,钻头的冷却与润滑效果随之削弱,加速了磨损的进程。

### 2.3 地层特性对井壁稳定性的影响

地层特性对井壁稳定性显著影响,主要体现在地层类型、强度、湿度及渗透性等多个方面。地层类型直接关系到其承载能力与抗剪强度,其中,岩石层因其高强度与致密性,通常能够提供良好的井壁稳定性。相比之下,松散层,如砂土层与砾石层,由于颗粒间隙较大且结构松散,在钻探过程中

易导致孔壁坍塌,从而影响井壁的完整性。此外,湿度与渗透性同样发挥着关键作用。含水量较高的软弱层(如膨胀土或饱和黏土)在受压时易发生变形,进而导致孔壁失稳。与此同时,渗透性较强的地层可能导致钻探液流失,这一现象降低了井壁周围的水压力,最终使井壁的承载能力下降。

## 3 钻探施工技术分析

### 3.1 钻探施工流程

钻探施工流程是一个系统性过程,通常可分为准备阶段、钻探阶段及完工阶段。在准备阶段,现场勘查与地质调查需进行,以全面了解地层特性及潜在风险,从而制定合理的施工方案。同时,对钻探设备的检查与维护亦不可忽视,确保其保持在良好的工作状态。进入钻探阶段后,依据制定的方案,施工团队选择合适的钻探技术与设备,正式开始钻探作业。此阶段一般包括钻井平台的设立、钻具的安装及钻探液的注入等步骤。钻探液不仅提供润滑与冷却功能,还能有效控制井壁的稳定性,防止发生塌方<sup>[2]</sup>。在整个钻探过程中,钻探参数(如钻进速度、钻头负荷及液体流动情况)的实时监测至关重要,以便根据实际情况及时调整操作。此外,对在钻进过程中获得的岩土样本的分析也不可或缺,以深入评估地层特性。在完工阶段,施工团队将对钻孔进行清理,以确保井壁整洁稳定,随后进行必要的封孔与保护工作。

### 3.2 钻探设备及工具选择

在钻探施工中,设备及工具的选择对施工效率与安全性具有重要影响。根据地层的特性,如硬度、密度与渗透性,适宜的钻探设备需被选用。对于坚硬的岩石层,高功率旋转钻机及耐磨钻头通常被采用,以确保有效穿透地层,减少钻头的磨损。在软弱地层中,轻型钻机与专用液压设备更为合适,以减轻对孔壁的压力,防止塌方。此外,钻探工具的类型应依据具体施工需求进行选择。在坚硬地层中,三牙轮钻头能提高钻进效率,而在松散土层中,刮刀钻头或气动钻头更能有效排除切屑并保持井壁稳定。钻探液的配方及其输送系统亦为设备选择的重要组成部分。合适的钻探液不仅能有效冷却钻头,润滑钻具,还能控制井壁的稳定性,因此在选择钻探设备时,还需综合考虑与钻探液系统的配合。

### 3.3 钻探液配方及作用

在钻探施工中,钻探液的作用至关重要,其合理配方设计直接关系到施工效率及井壁的稳定性。根据地层特性、钻探深度及施工环境,钻探液的配方通常需进行适当调整。常见的钻探液类型包括水基、油基及气泡钻探液,其中水基钻探液因经济性及良好的流动性而被广泛使用。其配方一般由水、黏土、加重剂及其他助剂组成,以增加粘度与密度,从而形成有效的润滑层,降低钻头与地层之间的摩擦,减少磨损。钻探液的主要功能包括冷却钻头,以减少热量积聚;携带切屑,确保切屑有效排出,防止孔道堵塞;提供孔壁支撑,以避免井壁坍塌;以及根据地层渗透性调整液体流动性,保持适当压力以增强井壁的稳定性。此外,添加剂如抑制剂及抗沉降剂能改善液体性能,使其更适应不同地层条件。

## 4 不同地层的钻探优化方案

### 4.1 针对松散层的施工方案

针对松散层的钻探施工方案,应充分考虑其结构特征及潜在风险,以确保施工顺利进行并维护井壁的稳定。松散层通常包括砂土、砾石及其他颗粒状土壤,其特性表现为低密度及高渗透性,容易导致井壁坍塌和液体流失。因此,在施工前,充分的地质勘查是必需的,以明确松散层的深度、分布及含水状况,从而制定科学合理的钻探策略。在选择钻探设备时,轻型钻机的采用是建议的,这样能够减小对孔壁的压强,从而降低坍塌的风险。同时,针对松散层特性,合适的钻头应被选择,例如刮刀钻头或气动钻头,这类工具能够有效破碎和清除土壤,减小切削阻力。钻探液的配方也极为关键,推荐使用高粘度的水基钻探液,以提升流动性与润滑效果,降低磨损,并通过其胶体特性帮助稳定井壁,防止砂土流动及坍塌。施工过程中,钻探参数的实时监测是至关重要的,包括钻进速度、钻头负荷及液体流动情况,以确保施工条件始终处于安全范围内。为应对可能发生的井壁坍塌,适当的支撑措施应被设置,例如在关键深度使用钢管或其他支撑材料进行加固,以确保井壁的稳定<sup>[3]</sup>。此外,定期抽取岩土样本进行分析也是建议的,及时了解松散层的变化,从而调整钻探策略。

### 4.2 针对岩石层的施工方案

针对岩石层的钻探施工方案,充分考虑其高强度与致密性特点是必要的,以制定科学合理的施工策略,确保施工效率与安全。岩石层通常表现出较高的硬度及抗压强度,常见类型如花岗岩、石灰岩及砂岩等。在选择钻探设备时,高功率旋转钻机及耐磨性强的钻头应被优先选用,例如三牙轮钻头或金刚石钻头,这类工具能够有效满足岩石切削的需求,从而确保快速钻进并延长使用寿命。在钻探液的配方方面,重质钻探液的采用通常是必要的,以增强其密度与润滑性能,降低钻头磨损并提高钻探效率。重质钻探液不仅有助于控制井壁的稳定,减少坍塌风险,同时也能有效排出切屑,防止堵孔。此外,根据岩石层特性,适量添加抑制剂与抗沉降剂是重要的,以提升钻探液的流动性及携带能力,确保在高压条件下维持良好的工作性能。施工过程中,实时监测钻探参数如钻进速度、扭矩及泵压至关重要,确保钻探操作的安全与有效。在遇到硬度变化显著的岩石层时,及时调整钻进策略是应采取的措施,包括降低钻进速度及减轻钻头负荷,以防止其破损或失效。同时,建议在施工现场建立应急预案,以应对可能发生的安全事故,如设备故障或井壁失稳等,确保施工人员的安全与工程的顺利进行。

### 4.3 针对软弱地层的施工方案

针对软弱地层的钻探施工方案,其首要目标是提高井

壁的稳定以及控制施工风险。软弱地层通常包括黏土、淤泥与松散砂土,在钻探过程中,流动、坍塌或井壁变形等问题容易出现。因此,施工前需进行详细的地质勘查,以评估地层的水分含量、塑性与承载能力,为后续施工方案提供科学依据。在设备选择上,轻型钻机的采用被建议,以减少对井壁的压力,从而降低坍塌风险。同时,适合软弱地层的钻头,如刮刀钻头或双管钻头,能够有效减少土体切削的阻力,确保钻探过程的顺利进行。针对软弱地层的特性,钻探液的配方设计尤为重要。推荐使用高粘度的水基钻探液,以增强流动性与支撑能力。这种钻探液在孔壁上形成保护膜,能够有效阻止地层水分的渗入,降低孔壁的水流动性,从而减缓坍塌风险。在施工过程中,实施分阶段的钻探方法是必要的,以逐步加深孔深,并及时评估每个阶段的钻探情况<sup>[4]</sup>。实时监测钻进速度、泵压及井液回流情况至关重要,以便及时调整施工参数,确保施工的稳定。如果井壁松动或坍塌迹象出现,迅速采取加固措施如注入水泥浆或使用固化剂以提高孔壁强度是必需的。此外,施工现场应配备专业监测设备,以及时记录地层变化,确保施工的安全与高效。

## 5 结语

本研究对不同地层下钻探施工的物理特性进行了全面分析,重点探讨了地层密度、强度及渗透性等因素对钻探过程深远的影响。这些物理特性不仅决定了施工的效率与安全性,同时也与工程的经济性息息相关。通过深入理解各类地层特性,施工方案的优化得以更有效地指导,合适的钻探技术与设备得以选择,从而降低施工风险并提升作业质量。展望未来,随着科学技术的不断进步及工程管理水平的提升,钻探施工将趋向更加精细化与智能化。进一步的研究将集中于探索新材料、新技术及新方法,以应对日益复杂的地层条件。通过持续的创新与实践,必将推动我国钻探施工技术的发展,为可持续基础设施建设提供强有力的支撑。

### [参考文献]

- [1] 贾文忠. 矿产勘察钻探中不同地层钻进方式分析[J]. 中国资源综合利用, 2017, 35(4): 53-56.
- [2] 刘曼. 破碎地层钻探施工技术浅析[J]. 世界有色金属, 2018(11): 202-203.
- [3] 徐勇. 钻探施工技术在复杂地层中的应用[J]. 世界有色金属, 2018(14): 214-215.
- [4] 张卫东. 复杂地层钻探安全影响因素与防范对策[J]. 冶金管理, 2023(9): 85-87.

作者简介: 杨新江(1982.6—), 毕业院校: 长安大学, 所学专业: 资源勘查工程, 当前就单位: 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第八地质大队, 职务: 钻探工程部经理, 职称级别: 探矿工程副高级工程师。