

复杂地质下大口径顶管施工技术探讨

张向东

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要: 本文探讨了复杂地质条件下大口径顶管施工技术的难点、关键措施及其实际应用。通过分析复杂地质对顶管施工的影响,提出了针对性的技术措施,旨在提高施工效率、保障施工安全、控制施工成本,并为类似工程提供借鉴。

关键词: 复杂地质; 大口径顶管; 施工技术; 注浆减阻; 安全保障

引言

随着城市化进程的加快,地下管线的建设需求日益增长。大口径顶管施工技术作为一种非开挖施工方法,具有施工效率高、对地面交通影响小、环境污染少等优点,在城市市政建设中得到了广泛应用。然而,复杂地质条件给大口径顶管施工带来了诸多挑战,如塌方、涌水、管轴线偏差等。因此,探讨复杂地质下大口径顶管施工技术具有重要意义。

1 复杂地质对顶管施工的影响

1.1 地层多样性

复杂地质条件下,地层多样性极为显著,涵盖了粘土、砂土、砾石、岩石以及各类混合土层等多种类型。这些土层在物理力学性质上存在着巨大的差异,对顶管施工的技术提出了极高的挑战。粘土土层,以其高塑性和粘性著称,顶管在穿越时容易因泥饼的形成而增大顶进阻力,甚至可能导致管道卡滞。砂土和砾石土层则因其松散性,顶管施工时可能遭遇管周土壤流失的风险,进而引发地面塌陷或管道偏移。岩石土层硬度极高,对顶管机的刀具造成严重磨损,同时顶进过程中可能产生的振动和噪音对周边环境构成干扰。混合土层则可能结合了上述多种土层的特性,如部分区域为粘土,部分区域为砂土或岩石,使得施工过程中的技术难题更加复杂多变,需要施工人员具备高度的专业知识和应变能力^[1]。地层多样性的存在要求施工人员在施工前必须进行详尽的地质勘察,准确绘制各土层的分布图,了解各土层的厚度、物理力学性质以及相互之间的交界情况。同时,还需要根据土层特性选择合适的顶管机型号、刀具配置、顶进速度以及施工工艺参数,以确保施工的顺利进行并减少施工风险。

1.2 水文地质影响

地下水位变化、水流速度以及地下水的化学性质等水文地质因素对顶管施工的稳定性和安全性构成了严峻

的挑战。地下水压力的存在是一个不可忽视的因素,它可能导致管道在顶进过程中上浮或下沉,严重影响管道的轴线和高程控制,甚至可能导致管道破裂或接头漏水。在高水位地区或地下水流动速度较快的区域,顶管施工还可能面临泥浆流失、管周土壤冲刷等问题。泥浆平衡系统是顶管施工中的关键组成部分,它通过向管道周围注入泥浆来形成泥浆套,以降低顶进过程中的摩擦阻力。然而,地下水的存在可能改变泥浆的性质,如稀释泥浆、增加泥浆的流动性或改变其化学性质,从而影响泥浆套的形成和效果。此外,地下水的化学性质也可能对顶管施工产生影响。如果地下水含有腐蚀性物质,可能对管道材料造成腐蚀,降低管道的使用寿命。因此,在施工前必须对施工区域的水文地质条件进行详细调查和分析,包括地下水位、水流速度、水质等参数,制定合理的排水和降水措施,确保施工过程中的地下水位控制在合理范围内,并对泥浆平衡系统进行适当的调整和优化,以适应地下水的影响。

1.3 地质灾害风险

在复杂地质条件下,顶管施工过程中可能遭遇塌方、涌水、滑坡、地面沉降等多种地质灾害风险。这些灾害不仅严重威胁施工人员的生命安全,还可能对周边环境造成严重影响,如破坏建筑物、道路、地下管线等设施,甚至可能引发更大的安全事故。塌方是顶管施工中常见的地质灾害之一,通常发生在土层松散、稳定性较差的区域。塌方的发生可能导致管道被埋压、施工设备损坏,甚至可能引发人员伤亡。为了防止塌方的发生,施工人员需要采取一系列的预防措施,如加固土层、降低顶进速度、增加支撑等。涌水则是由于地下水压力过大或土层渗透性较强导致的。涌水的发生可能引发管道上浮、泥浆流失、管周土壤冲刷等问题,严重影响施工的顺利进行。为了应对涌水风险,施工人员需要提前制定排水和降水方案,确保施工过程中的地下水位控制在安全范围内。滑坡和地面沉降则

通常与地层稳定性、地下水位变化、土质疏松等因素有关。滑坡的发生可能导致施工区域的整体失稳,对施工人员和周边环境构成极大威胁。地面沉降则可能影响周边建筑物的稳定性和安全性,甚至可能导致建筑物倒塌。为了预防滑坡和地面沉降的发生,施工人员需要对施工区域进行详细的地质勘察和评估,制定针对性的预防措施和应急预案。

2 复杂地质下大口径顶管施工的关键措施

2.1 地质结构分析与风险评估

在复杂地质条件下进行大口径顶管施工,地质结构分析与风险评估是施工前至关重要的环节,它直接关系到施工方案的制定、施工过程的安全以及施工质量的保障。首先,应对施工区域的地质结构进行详细而全面的分析。这包括但不限于土层分布、岩石类型、土层的厚度、密度、含水量、透水性等物理性质,以及抗压强度、抗拉强度、抗剪强度等力学特性。通过地质钻探、物探、化探等多种手段,获取准确的地质数据,为后续的施工设计提供可靠的依据。在土层分布方面,需要特别关注软土层、砂土层、砾石层、岩石层等不同土层的交界位置,因为这些位置往往是施工过程中的薄弱环节,易发生土体滑动、塌陷等事故^[2]。对于岩石层,还需要分析其节理、裂隙的发育情况,以及岩石的风化程度,这些都可能影响顶管机的顶进效率和管道的稳定性。其次,在地质结构分析的基础上,应识别潜在的地质风险。这包括滑坡、塌陷、涌水、地面沉降等地质灾害风险,以及地下水位变化、水流速度等水文地质因素对施工的影响。对于每一种潜在风险,都需要评估其发生的可能性、危害程度以及可能造成的后果,为制定预防措施提供依据。针对识别出的地质风险,应提出相应的预防措施。例如,对于滑坡风险,可以采取加固边坡、设置抗滑桩、降低地下水位等措施;对于塌陷风险,可以采取注浆加固、设置支撑结构等措施;对于涌水风险,可以提前制定排水和降水方案,确保施工过程中的地下水位控制在安全范围内;对于地面沉降风险,可以加强地面监测,及时发现并处理沉降情况。此外,还应建立地质风险监测和预警机制。在施工过程中,应持续监测地质条件的变化,如地下水位、土体位移、岩石裂隙的变化等,一旦发现异常情况,应立即采取措施进行处理,确保施工的安全顺利进行。

2.2 顶管机选型与设备配置

在复杂地质条件下进行大口径顶管施工,顶管机的选型与设备配置是确保施工顺利进行的关键环节。首先,根据施工区域的具体地质条件和管径大小,必须精心选择合

适的顶管机型号。大口径顶管施工对顶管机的要求极高,不仅需要具备足够的顶进力以克服地层的阻力,还要有良好的适应性和稳定性,以确保在复杂多变的地质环境中能够稳定工作。例如,在岩石层或硬质土层中,应选择具有强大破碎能力的顶管机;在软土层或高水位地区,则应选择能够有效控制泥水压力和地面沉降的顶管机。除了顶管机本身,大口径顶管施工还需要配置一系列大型和高精度的辅助设备。这些设备对施工的稳定性和可靠性要求极高,任何一点故障都可能导致施工中断甚至安全事故^[3]。因此,在设备配置上必须严格把关,确保所有设备都符合施工要求。泥水平衡系统是顶管施工中的关键设备之一。它通过向管道周围注入泥浆来形成泥浆套,以平衡地层压力和减少摩擦阻力。在大口径顶管施工中,泥水平衡系统的稳定性和控制精度直接关系到施工的安全和质量。因此,必须选择性能可靠、控制精度高的泥水平衡系统,并确保其在施工过程中能够稳定运行。导向系统也是顶管施工中不可或缺的设备。它负责监测和控制管道的顶进方向和高程,确保管道能够按照设计路线准确顶进。在大口径顶管施工中,由于管道直径大、顶进距离长,导向系统的准确性和稳定性尤为重要。因此,应选择具有高精度、高稳定性的导向系统,并定期进行校准和维护,以确保其准确可靠。此外,后座力计算也是顶管施工中的关键环节。后座力是顶管机在顶进过程中产生的反作用力,它需要通过后座设施来传递和分散。在大口径顶管施工中,由于顶进力大、后座设施承受的压力也大,因此必须精确计算后座力,并选择合适的后座设施来确保施工的安全。

2.3 注浆减阻技术

注浆减阻技术是大口径顶管施工中的一项关键措施,对于提高施工效率、确保施工顺利进行具有重要意义。在顶管施工过程中,由于管道与周围土层的直接接触,会产生较大的摩擦阻力,这不仅增加了施工难度,还可能对管道造成损伤。为了有效解决这一问题,注浆减阻技术应运而生。该技术通过在管道周围注入触变泥浆,形成一层均匀的泥浆套。这层泥浆套能够有效隔离管道与周围土层的直接接触,从而减少摩擦阻力,使管道在顶进过程中更加顺畅。泥浆的配制是注浆减阻技术中的核心环节,它需要根据施工区域的土质条件进行精心选择。不同的土质对泥浆的粘度、密度、流动性等参数有着不同的要求,因此,在配制泥浆时,必须充分考虑土质特性,确保泥浆能够适应施工环境,发挥最佳的减阻效果。同时,注浆压力和注浆量的控制也是注浆减阻技术中不可忽视的环节。注浆压力过大可能导致泥浆渗透过远,影响周围土层的稳定性;而注浆量不足则无

法形成完整的泥浆套,无法有效降低摩擦阻力。因此,在施工过程中,必须严格控制注浆压力和注浆量,确保泥浆套的形成既符合施工要求,又不会对周围环境造成不良影响。

2.4 施工监测与纠偏

施工监测在顶管施工中占据着举足轻重的地位,它是保障施工质量和安全的关键环节。在顶管推进的过程中,必须实时监测管道的水平和垂直偏差,这是确保管道能够按照设计轴线准确顶进的基础。为此,施工现场会配备高精度的测量仪器,如激光导向系统、全站仪等,对管道的顶进轨迹进行持续、精确的监测。同时,土压力和地下水位的监测也是不可忽视的。土压力的变化可能预示着地质条件的异常或施工操作的不当,而地下水位的波动则可能影响泥浆套的形成和稳定,进而对管道的顶进造成干扰。因此,施工过程中必须密切关注这些关键参数的变化,及时采取措施进行调整和控制。一旦发现管道出现偏差或土压力、地下水位等参数出现异常,施工团队应立即启动纠偏程序^[4]。对于管道的偏差,可以通过调整顶管机的推进方向、优化泥浆的注入量和压力等方式进行纠正。纠偏操作必须谨慎进行,以避免对管道和周围土层造成不必要的损伤。在采取纠偏措施后,施工团队还需继续加强监测,确保纠偏效果得到有效巩固,管道能够稳定地沿设计轴线顶进。同时,对于纠偏过程中出现的任何异常情况,都应及时记录并分析,为后续的施工提供有益的参考和借鉴。

2.5 安全保障措施

在复杂地质条件下进行大口径顶管施工,由于地质环境的复杂性和施工操作的难度,存在较高的安全风险。为了确保施工人员和设备的安全,必须制定一系列详细且严格的安全操作规程和应急预案。首先,安全操作规程是施工安全的基石。它应涵盖施工的全过程,包括顶管机的操作、泥浆的配制与注入、管道的顶进与纠偏、施工监测等各个环节。操作规程应明确每个步骤的具体操作方法、安全注意事项以及可能遇到的风险和应对措施。施工人员必须严格遵守操作规程,不得随意变

更操作程序,以确保施工的安全顺利进行。其次,应急预案是应对突发情况的重要保障。在施工过程中,可能会遇到各种预料之外的情况,如地质条件的突然变化、设备的故障、人员的意外受伤等^[5]。因此,必须提前制定应急预案,明确应急响应的流程、责任人和应急措施。一旦发生紧急情况,应立即启动应急预案,迅速有效地进行处置,最大限度地减少损失。同时,对施工人员进行安全教育和培训也是至关重要的。施工人员是施工安全的直接责任人,他们的安全意识和自我保护能力直接关系到施工的安全。因此,必须定期对施工人员进行安全教育和培训,使他们了解施工过程中的安全风险、操作规程和应急措施,提高他们的安全意识和自我保护能力。此外,还应加强施工现场的安全管理。施工现场应设置明显的安全警示标志,确保施工人员能够清晰地识别安全风险。同时,应定期对施工现场进行安全检查,及时发现并消除安全隐患。对于违反安全规定的行为,应严肃处理,以儆效尤。

结束语

复杂地质条件下的大口径顶管施工技术面临诸多挑战,但通过采取针对性的技术措施和实际应用,可以有效提高施工效率、保障施工安全、控制施工成本。未来,随着技术的不断进步和应用经验的积累,大口径顶管施工技术将在更多领域得到广泛应用,为城市地下管线的建设和发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]钟铃,陈登峰.浅析顶管穿越高速公路设计及施工中的关键控制要素[J].建材与装饰,2019(13):244-245.
- [2]张朝彪.近距离两沉井施工与成排顶管穿越铁路及运河的建造技术[J].建筑施工,2019,41(2):298-300.
- [3]杨恺.复杂地质条件下顶管施工效率及影响因素研究[J].人民长江,2019,50(10):171-174.
- [4]季翔.论顶管技术在市政截污管道施工中的实践经验[J].基层建设,2016
- [5]邹颖、秦进华.论大型顶管施工要点及注意事项[J].建筑工程技术与设计,2015