

泥水平衡顶管在典型砂质土层下的触变泥浆减摩控制技术研究

舒东跃

浙江华展研究设计院股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：触变泥浆减摩控制技术是针对泥水平衡顶管在典型砂质土层下施工过程中的减摩问题进行的研究，触变泥浆减摩控制技术适用于砂质土层下的各类地下管线施工，特别是在施工过程中遇到较大摩阻力的情况下更加有效。该技术可以广泛应用于城市地下排水管道、河道隧道、地铁管线等项目的施工。本文通过实验和理论分析，对该技术的原理、应用优势以及应用方法进行了探讨。结果表明，触变泥浆减摩控制技术在提高施工效率、减小摩阻力、保护环境等方面具有突出的优势，是一种非常有效的施工技术。

关键词：触变泥浆；减摩；控制技术；砂质土层；施工效率

近年来，随着城市化进程的加速和交通基础设施建设的不断推进，地下管线的建设任务愈加繁重。泥水平衡顶管技术作为一种非常重要的地下管线施工方法，广泛应用于各类地质条件下^[1]。然而，在砂质土层下的施工过程中，摩阻力的增大常常成为影响施工效率的重要因素。因此，如何有效控制摩阻力，提高施工效率一直是研究者们亟待解决的问题。

1 泥水平衡顶管技术概述

泥水平衡顶管技术，又称盾构法施工技术，是一种在地下进行隧道掘进的先进工程技术^[2]。它的应用广泛，可以用于城市地铁、交通隧道、排水隧道等各种地下工程的建设。泥水平衡顶管技术的基本原理是通过控制地下水位，利用均衡压力来实现隧道的顶管施工，如图1。在实际施工过程中，首先需要开挖一段小段的管道，并在管道内安装好起始部分的顶管机。随着顶管机的推进，泥浆会从顶部注入管道，通过控制注浆量和注浆压力，使管道内形成一定的水压，从而保持地下的均衡状态。泥水平衡顶管技术的特点之一是施工过程中对地层稳定性的要求较高。因为地层的稳定性直接影响到顶管机的施工进度和质量。当遇到地层较松软或有大量

地下水的情况时，需要采取一系列的支护措施，如注浆加固、钻孔注浆等，以保证施工的安全和顺利进行。泥水平衡顶管技术的应用范围十分广泛。在城市地铁建设中，它可以快速、高效地进行地下隧道的施工，减少对地上交通的干扰，为人们的出行提供更加便捷的方式。在交通隧道建设中，泥水平衡顶管技术的运用，可以避免对地表环境的破坏和污染，提高施工效率，节约人力和物力资源^[3]。在排水隧道的建设中，泥水平衡顶管技术可以确保隧道的密封性和稳定性，有效地解决城市排水问题。泥水平衡顶管技术的发展离不开科学技术的进步和工程实践的积累。通过引入先进的控制技术和设备，例如激光测量仪、液压系统等，使得顶管施工过程更加精确、自动化。然而，我们也要清醒地认识到，泥水平衡顶管技术在应用过程中仍然面临着一些挑战和问题。例如，地下水位的变化、地质条件的复杂性等，都可能对施工过程产生影响。因此，进一步加强对泥水平衡顶管技术的研究和探索，提高施工过程的安全性和稳定性，是当前的重要任务之一^[4]。同时，也要加强对施工人员的培训和技术支持，提高他们的专业素质和工程管理水平。

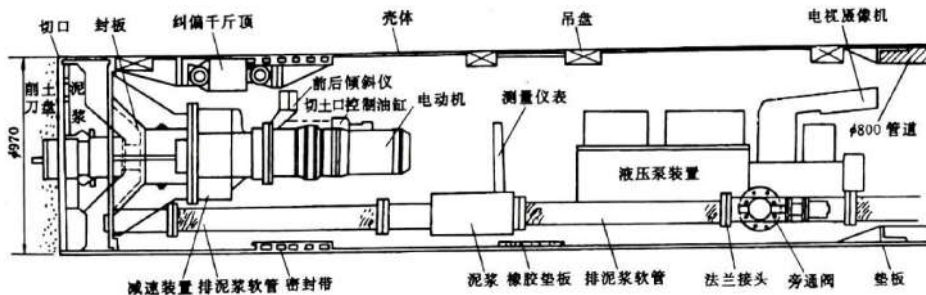


图1 泥水平衡顶管技术

2 应用领域和优势

泥水平衡顶管技术是一种先进而高效的地下工程施工技术，广泛应用于城市地铁、隧道、输水管道等领域。在城市地铁建设中，泥水平衡顶管技术被广泛应用于地铁隧道的开挖和支护工程。传统的开挖方式往往会造造成地表沉降、地面塌陷等问题，对城市的地基工程和生态环境带来负面影响。而泥水平衡顶管技术则能够有效地控制地下水位，保持土体稳定，最大限度地减少地表沉降和地面塌陷的风险^[5]。另外，泥水平衡顶管技术在输水管道建设中也具有重要作用。对于长距离输水管道的施工，传统的开挖和铺设方式常常会因为工程难度大、地质条件复杂等问题而遇到困难。而采用泥水平衡顶管技术，则可以通过管道的推进和同时注入泥浆，达到无需开挖整个地表的目的，大大缩短了施工周期，提高了工程效率。泥水平衡顶管技术的优势主要体现在以下几个方面：第一，它能够减少对地表的影响。透过泥水平衡顶管技术，地下工程的施工过程可以在地表上较少留下痕迹，避免了传统开挖方式所带来的大规模地表破坏和沉降问题。这对于城市地区尤其重要，可以保护城市的生态环境和地基工程的稳定性。第二，它具备较高的施工效率。泥水平衡顶管技术结合了推进和注浆的工艺，能够在较短的时间内完成地下工程的施工，减少了施工周期。同时，由于泥水平衡顶管技术能够保持土体的稳定，减少施工难度，提高了工程的施工效率。第三，泥水平衡顶管技术还能够适应不同地质条件。通过合理调整泥浆的密度和注浆压力，可以适应不同地层的条件，保持土体的稳定。这使得泥水平衡顶管技术在复杂地质条件下的施工过程中具备较高的适应性和灵活性。第四，泥水平衡顶管技术的安全性较高。由于能够控制土体与水压的平衡，泥水平衡顶管技术能够保持土体的稳定，减少地下工程中因地质条件不稳定而带来的风险。

3 典型砂质土层下的触变泥浆减摩控制技术

3.1 触变泥浆的特性和作用机理

触变泥浆作为一种特殊的工程材料，广泛应用于地质工程领域的砂质土层处理中。触变泥浆以其独特的特性和强大的作用机理，为砂质土层的加固和稳定提供了重要的保障。触变泥浆的特性主要体现在其流变学性质上。正常情况下，触变泥浆具有较低的黏度和较高的流变指数，这使得其在流动时具备良好的可塑性和变形能力。然而，当触变泥浆受到剪切力的作用时，其流变性质会发生显著变化^[6]。此时，触变泥浆表现出较高的黏度和较低的流变指数，呈现出像固体一样的强度和抗剪切

能力。这种特性使得触变泥浆能够有效地抵抗土体的剪切应力，减少砂质土层中的内摩擦，从而实现减摩的目的。触变泥浆的作用机理主要体现在其与砂质土层的相互作用过程中。当触变泥浆注入砂质土层时，由于其自身的黏性和可塑性，能够填充土层中的空隙和孔隙，形成一种致密的固体结构，增加了土体的整体强度和稳定性。同时，触变泥浆的黏性和变形能力使得其能够与土体紧密结合，形成一种“包裹”或“涂覆”的效果，阻碍土层颗粒间的相互摩擦和移动，从而减少了土层的内摩擦力。此外，触变泥浆还能吸附和包裹住土颗粒表面的水分子，减少土颗粒间的粘聚力，进一步降低了土体的内摩擦，实现了减摩的效果。合格土层具体情况如下：

表1 合格土层具体情况

| 土层名称 | 底层标高 | 含水量W (%) | 孔隙比e |
|------|-------|----------|------|
| 填土 | 3.53 | 34.6 | 1.08 |
| 冲填土 | -5.17 | 17 | 10.3 |

3.2 减摩控制的重要性的目标

减摩控制是在工程施工中使用的一种技术手段，旨在减少或消除由于土层摩擦力带来的不良影响。在典型的砂质土层下，即使表面上看起来很平滑的地层，内部也往往存在着一定的摩擦现象。砂质土层的摩擦力常常是由于土粒之间的接触产生的，而减摩控制技术能够通过添加适当的物料或改变土层的物理性质来减少土粒之间的接触面积和接触力，从而降低摩擦力的大小。这对于需要施工的工程而言，可以大大减少作业的难度和时间，提高施工效率。减摩控制技术能够提高工程结构的稳定性。在土质较松散的地区进行基础施工时，由于摩擦力较大，可能会导致基础的沉降不均匀或基础下沉，进而引发建筑物的倾斜或破坏。而通过减摩控制技术，可以有效地减少摩擦力，提高工程结构的稳定性和安全性。减摩控制技术的目标在于实现对土层摩擦力的控制和调节^[7]。具体而言，其目标可以总结为以下几个方面：第一，减摩控制技术的目标是减少土层摩擦力对施工带来的障碍。通过降低土粒之间的接触面积和接触力，可以减少土层的摩擦阻力，从而使施工过程更加顺利。这对于需要进行大规模土方开挖、基础施工等工程而言，尤为重要。第二，减摩控制技术的目标是提高工程结构的稳定性和安全性。通过控制和调节土层摩擦力的大小，可以减少工程结构的不稳定因素，提高工程的承载能力和耐久性，从而确保工程的安全运行。第三，减摩控制技术的目标还包括提高工程的经济性和可持续性。通过减少施工的难度和时间，提高施工效率，可以降低工程的成本。

3.3 减摩控制技术的方法和手段

减摩控制在地下工程领域中扮演着至关重要的角色，尤其是在典型砂质土层下的施工过程中。这些土层通常具有高含水量和较大颗粒粒径的特点，导致其具有较高的黏聚力和内摩擦角，使得在钻探和注浆作业中摩阻力较大，给施工带来了困扰。因此，为了有效降低施工阻力并提高工程质量，研究和应用减摩控制技术成为了当前工程领域的热点之一。在典型砂质土层下的触变泥浆减摩控制技术中，方法和手段主要包括以下几个方面：第一，选择适当的泥浆材料是非常关键的一步。触变泥浆作为减摩控制技术的主要载体，其性能直接影响到施工效果。为了降低摩阻力，提高泥浆的润湿性和润滑性是必不可少的。因此，在选择泥浆材料时，需要考虑其粘度、黏度、流变性能等关键指标，并通过调整成分比例和加入适量的添加剂来实现泥浆材料的优化。第二，合理控制注入泥浆的浓度。过高或过低的浓度都会对施工过程产生不利影响。过高的浓度会增加泥浆的黏稠度，使得注浆困难，并可能引发井漏等安全隐患；而过低的浓度则无法达到减摩效果。因此，在实际施工中，需要通过实验和经验总结，确定合理的浓度范围，并进行精确调控。第三，采用合理的注浆方式也是减摩控制技术的重要手段之一。常见的注浆方式主要包括预注浆和追加注浆两种。预注浆是指在正式施工前通过注入一定浓度的泥浆来改变土层的力学性质，减少摩阻力。而追加注浆则是指在施工过程中不断地进行泥浆的注入，以维持较低的承载能力和黏聚力。第四，注浆过程中的压力控制也是至关重要的一环。过高的注浆压力会导致土层的破坏和沉降，而过低的注浆压力则无法达

到减摩的效果。第五，及时监测和评估减摩效果也是不可忽视的。通过采用适当的监测仪器和方法，对土层的力学性质和摩阻力进行实时监测和评估，可以及时发现问题并采取相应的调整措施，确保减摩控制技术的有效实施。

结语

触变泥浆减摩控制技术作为一种有效的地下管线施工技术，具有显著的优势。它可以提高施工效率，保护环境，减少工艺事故的发生。然而，随着技术的不断发展，触变泥浆减摩控制技术还需要进一步完善和优化。人们需要加强研究，提高技术水平，更好地应用该技术，为城市化进程的推进做出更大的贡献。

参考文献

- [1]侯淑鸿. 泥水平衡顶管下穿公路施工技术分析研究[J]. 低温建筑技术,2023,45(2):163-166.
- [2]路平. 清水河流域城乡供水工程中泥水平衡顶管技术分析[J]. 散装水泥,2023(4):162-164,167.
- [3]刘孙沅,杨豪. 喀斯特地貌岩溶破碎长距离泥水平衡顶管施工技术[J]. 中国水运,2023,23(10):158-160.
- [4]金胜国,尚汉国,陈冬. 泥水平衡顶管施工监理要点分析[J]. 低碳世界,2023,13(2):97-99.
- [5]罗利,胡中华,王佳林. 长距离大管径泥水平衡机械顶管技术研究——以毛家湾干管工程为例[J]. 科技和产业,2023,23(6):198-202.
- [6]蒋建辉. 泥水平衡法顶管施工技术在市政路桥施工中的应用[J]. 工程技术研究,2023,8(11):205-207.
- [7]徐俊,吴贤龙. 泥水平衡顶管施工计算及地面沉降控制[J]. 数码精品世界,2023(9):530-532.