

# 长距离 JPCCP 顶管施工技术与要点分析

## ——以巢湖市长江供水工程应用为例

文 / 夏海涛 巢湖市重点工程建设管理中心

**摘要：**JPCCP 顶管作为一种高性能的管道材料，因其具有高强度、耐腐蚀、寿命长等特点，在长距离顶管工程中更是占据了重要地位。本文以巢湖市长江供水工程为例，简要分析长距离 JPCCP 顶管施工工艺，并以长距离 JPCCP 顶管施工质量控制措施作为切入点，以此来加强长距离 JPCCP 顶管施工技术的探析应用，使其发挥出应有的作用和价值，旨在为相关项目和人员提供参考。

**关键词：**JPCCP 顶管；施工技术；长距离

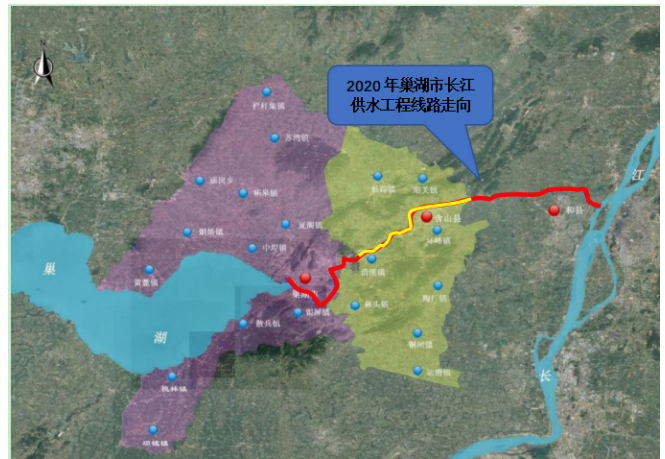
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.012

### 引言

随着城市化进程的加快和基础设施建设的不断推进，长距离顶管技术因其施工效率高、对环境影响小等优势，在各类供水、排水等管道工程中得到了广泛应用。因此加强长距离 JPCCP 顶管施工技术的应用，不仅为工程本身提供了坚实的技术保障，也为同类工程提供了宝贵的经验和借鉴。JPCCP 管是一种新型复合顶管，它结合了预应力钢筋混凝土与非预应力钢筋混凝土的优点，适用于高埋深、高工压、大直径的供排水项目。这种管材的压力等级可以达到 2.1MPa，直径最大可做到 4 米。JPCCP 管在管线穿越河道、公路、铁路等重要设施时表现出色，因此被广泛应用于供水、排水、原水输送、雨水调蓄、电力管廊、污水处理厂联网调度等多个领域。

### 一、工程概况

该项目输水管道起于长江干流取水口处，途经马鞍山市和县、含山县，终点为巢湖市三水厂，总取水规模为 48 万立方米 / 天，输水路线总长度约 77.8 公里。工程采用岸边固定泵站自长江干流取水，铺设埋地管道、中间设一级加压泵站，输水管材主要采用预应力钢筒混凝土管（PCCP），穿越河道、公路和地质条件较差的地段采用钢管（SP）。主要施工内容为管道工程以及全线（K0+000—K77+865.120）智慧管理运行系统（安全监测、阴极保护、运行管理调度自动化系统、水质监测、管网检漏）等。该项目顶进距离最大达 672 米，地质情况复杂，在原顶管机基础上，改进研发了一种在复杂地质中掘进的切削刀盘和一种顶管夹缝清理装置，在正常切削岩土顶进工作的同时，清理顶管机机身和土壁夹缝之间的浮渣和碎石，减小管道顶进摩阻力，管材采用较新颖的 JPCCP 管，整体为柔性连接，不仅工艺较简单，还有一定的抗不均匀沉降和良好的密封性能。



巢湖市长江供水工程线路走向示意图

## 二、长距离 JPCCP 顶管施工工艺

### （一）顶进施工工序

在整个顶进过程中，需持续监测顶进轴线与高程，确保管道按预设轨迹前进，同时合理调配触变泥浆，以减少管道与土壤间的摩擦阻力，提高顶进效率。随着管道的深入，中继间设备适时启动，通过传递顶力，有效克服长距离顶进中的阻力问题。此外，顶进过程中还需密切关注地面变形情况，通过调整顶进参数，如顶进速度和压力，来减小对周边环境的影响。这一系列工序紧密相连，共同构成了长距离 JPCCP 顶管施工的核心工艺，它不仅要求施工人员具备高超的技术水平，还需借助先进的测控技术和设备，以确保施工过程的精确性和安全性，为工程的顺利完成奠定坚实基础。

### （二）顶进测控技术

长距离 JPCCP 顶管施工工艺中的顶进测控技术是确保施工精度与安全性的关键环节<sup>[1]</sup>。该技术涵盖了从施工测量到参数控制的全方位监测，通过高精度测量仪器实时跟踪顶管机头与管道的顶进轨迹，确保管道按预定轴线与高程精准推进。同时，结合自动化测控系统，对顶进过程中的关键参数如顶进速度、顶进力、管道偏斜

度等进行实时监测与调整,以及时发现和纠正施工偏差。此外,顶进测控技术还包括地面变形的持续监测,通过布置的变形观测点,精确捕捉施工对周边环境的影响,为调整施工方案提供科学依据。

### (三) 中继间的设置与运行

中继间作为顶进过程中的接力装置,其合理布置与高效运行对于克服长距离顶进中的阻力、保持顶进速度至关重要。在施工中,根据管道长度、地质条件及顶进力需求,精心设计中继间的数量、位置及结构形式,确保其在顶进过程中能够稳定传递顶力,有效分担主顶机的负荷。同时,中继间的启动与停止需与顶进进程紧密配合,通过精确控制其顶进与回缩时序,实现顶进力的平稳过渡,避免管道受力不均导致的偏斜或损坏。此外,中继间的维护保养与故障排查也是施工过程中的重要环节,确保其始终处于良好工作状态,为长距离 JPCCP 顶管施工的连续性和稳定性提供坚实保障。

## 三、长距离 JPCCP 顶管施工质量控制措施

### (一) 施工线路复勘

在正式施工前,施工团队组织专业队伍,采用先进的地下管线探测仪器,对施工线路沿线的地下管线、构筑物及其他潜在障碍物进行全面而细致的复勘<sup>[2]</sup>。这一过程不仅要求探测仪器具备高精度和高灵敏度,能够准确识别出地下管线的材质、埋深、走向及具体位置,还需结合地质勘察资料,对施工区域的地质构造、土层分布、地下水位等地质条件进行综合分析,为施工方案的制定提供详实可靠的数据支持。

在复勘过程中,需特别注意识别并标记出可能影响顶管施工的关键节点,如地下管线密集区、软弱土层、不良地质体等,针对这些潜在风险点,制定专项的应对措施和施工方案,确保施工过程中的安全性和可控性。同时,复勘结果还需与原始设计资料进行对比,验证施工线路的合理性和可行性,对于设计中未充分考虑或实际情况与设计不符的部分,应及时与设计单位沟通,调整设计方案,确保施工线路既符合工程要求,又能有效避开施工风险。

此外,施工线路复勘还需考虑施工期间对周边环境的影响,特别是地面交通、居民生活、既有建筑的安全与稳定。通过复勘,合理规划施工期间的交通导行方案,设置必要的警示标志和围挡设施,减少对周边环境的干扰和破坏。同时,对于施工可能引发的地面沉降、振动等环境问题,需提前进行风险评估,制定针对性的监测和防控措施,确保施工活动对周边环境的影响控制在可接受范围内。

### (二) 合理配置触变泥浆

触变泥浆作为一种特殊的混合液,在顶管施工中扮演着至关重要的角色,它不仅能够减小管道与周围土体

之间的摩擦阻力,提高顶进效率,还能在管道周围形成稳定的泥浆套,对土体起到支护作用,平衡土压力,防止地面沉降<sup>[3]</sup>。为此需要根据工程实际情况和地质条件,选择合适的膨润土、水和掺合剂等原材料,并按照一定的比例进行混合。在混合过程中,需要严格控制原材料的配比和搅拌工艺,确保泥浆的流变性能满足施工要求。同时,为了增强触变泥浆的固结效果,可以在泥浆中掺入适量的凝固剂,如石灰膏等。

不仅如此,在顶进施工过程中,触变泥浆的压注也是一个重要的环节。需要根据顶进速度和土质情况,合理调整注浆压力和注浆量,确保泥浆能够均匀、连续地注入管道与土体之间的间隙中。此外,还需要定期对注浆设备进行维护和检查,确保其正常运行和注浆效果的稳定性。

值得注意的是,触变泥浆的配置和使用还需考虑环保和可持续性。在选择原材料和制定配比方案时,应尽量选用环保型材料和低污染工艺,减少施工对周边环境的影响。同时,在施工结束后,需要对触变泥浆进行妥善处理,避免造成土壤和水体的污染。因此,合理配置触变泥浆对于长距离 JPCCP 顶管施工的质量控制具有至关重要的作用。

### (三) 管道接口质量控制

在长距离 JPCCP 顶管施工质量控制中,管道接口的质量控制是确保工程质量和管道长期稳定运行的关键环节,尤其在巢湖市长江供水工程中得到了充分的体现和实践<sup>[4]</sup>。巢湖市长江供水工程作为合肥市大建设项目及安徽省重点民生工程之一,其管道接口的质量控制直接关系到整个供水系统的安全性、可靠性和长久性。

在巢湖市长江供水工程的长距离 JPCCP 顶管施工中,管道接口的质量控制主要包括以下几个方面。首先,在管材的选择上,采用了高质量的 JPCCP 管材,其钢管混凝土管芯与高强预应力钢丝的组合结构,为管道提供了卓越的抗压强度和抗渗性能。同时,在管材进场前,对其进行了严格的外观质量检查和物理力学性能测试,确保管材的尺寸规格、抗压强度、抗渗性能等指标均符合设计要求。

其次,在管道接口的连接过程中,采用了承插式连接方式,并选用了质量合格的橡胶密封圈作为密封部件。在连接前,对管材的承口和插口进行了仔细的清理,去除了灰尘、杂物等,确保了连接部位的清洁度。同时,在插口处涂抹了专用的润滑剂,以减少插入过程中的摩擦力,避免损伤橡胶密封圈。在插入管材时,严格控制了插口插入承口的深度,确保了连接部位的紧密性和密封性。

此外,在管道接口的质量控制中,还注重了施工过程中的实时监测和检查。利用激光导向系统、全站仪等先进设备,对管材的顶进过程进行了实时监测,及时发

现并处理了可能出现的偏移、倾斜等问题。在管道连接完成后,进行了严格的压力测试,通过向管道内充入一定压力的介质,观察压力变化情况,检查了管材连接部位是否有渗漏,确保了连接质量的可靠性。正因为如此,巢湖市长江供水工程在长距离 JPCCP 顶管施工中,通过严格的管材选择、精细的连接工艺、先进的实时监测技术和严格的质量检查措施,确保了管道接口的质量,为整个供水系统的安全性和可靠性提供了有力保障。这些质量控制措施和实践经验,不仅为巢湖市长江供水工程的成功实施奠定了坚实基础,也为同类工程提供了宝贵的借鉴和参考。

#### (四) 地面变形监测

施工前的设备与管材检查,旨在预防潜在的质量问题 and 安全隐患,为后续施工的顺利进行奠定坚实基础<sup>[5]</sup>。对于设备而言,检查内容涵盖顶管机、中继间、注浆系统、测量仪器及监控设备等关键组件。顶管机作为施工的核心设备,其性能状态直接影响到顶进的效率和管道的精度,因此需对顶管机的动力系统、传动系统、控制系统及刀具磨损情况进行全面检查,确保其处于最佳工作状态。中继间作为顶进过程中的接力装置,其稳定性和可靠性同样至关重要,需检查中继间的结构完整性、液压系统及密封性能,确保其在顶进过程中能够稳定传递顶力。注浆系统、测量仪器及监控设备等也需经过严格检查,确保注浆效果、测量精度及施工安全监控的可靠性。

在管材方面,JPCCP 管材作为顶管施工的主要材料,其质量直接关系到管道的强度和耐久性。在管材进场前,需对其外观质量、尺寸规格、物理力学性能及防腐涂层等进行全面检查。外观检查需确保管材表面无裂纹、无锈蚀、无气泡等缺陷;尺寸规格检查需确保管材的直径、壁厚、长度等符合设计要求;物理力学性能检查需通过实验室测试,验证管材的抗压强度、抗渗性能等关键指标;防腐涂层检查则需确保涂层均匀、无脱落、无破损,以有效延长管道的使用寿命。

因此,长距离 JPCCP 顶管施工中的设备与管材检查是一项系统性、专业性的工作,需由经验丰富的专业人员执行,并严格按照相关标准和规范进行。通过全面、细致的检查,及时发现并处理潜在的质量问题 and 安全隐患,为施工质量和工程安全提供有力保障,确保长距离顶管施工的顺利进行和管道的长期稳定运行。

#### (五) 设备与管材检查

长距离 JPCCP 顶管施工质量控制的首要任务在于设备与管材的严格检查,这是确保整个工程顺利进行和管道长期稳定运行的基础。在施工准备阶段,需对顶管机、中继间、注浆泵、测量仪器等关键设备进行全面的性能检查与维护,确保顶管机动力强劲、传动系统稳定、控制系统精准,中继间结构完整、液压系统可靠、密封性

良好,注浆泵注浆均匀、压力稳定,测量仪器精度达标、数据准确,从而保障施工过程中的顶进效率、管道精度及施工安全。

同时,对于 JPCCP 管材的检查同样不容忽视。作为顶管施工的主体材料,管材的质量直接关系到管道的强度和耐久性。在管材进场前,需对其外观质量、尺寸规格、物理力学性能及防腐涂层等进行严格检验。外观检查需确保管材表面平整光滑、无裂纹、无锈蚀、无气泡等缺陷;尺寸规格检查需验证管材的直径、壁厚、长度等参数是否符合设计要求;物理力学性能检查则需通过实验室测试,验证管材的抗压强度、抗渗性能等关键指标是否达标;防腐涂层检查则需确保涂层均匀、无脱落、无破损,以有效抵御地下环境的侵蚀,延长管道的使用寿命。

此外,设备与管材的检查还需注重其来源的可靠性。应选择信誉良好、生产经验丰富的供应商,确保设备与管材的质量符合相关标准和规范。在检查过程中,还需建立完善的记录制度,详细记录检查时间、检查人员、检查内容、检查结果及处理措施等信息,为后续施工的质量追溯和责任追究提供依据。

正因为如此,长距离 JPCCP 顶管施工中的设备与管材检查是一项系统性、专业性的工作,需由经验丰富的专业人员执行,并严格按照相关标准和规范进行。通过全面、细致的检查,及时发现并处理潜在的质量问题 and 安全隐患,为施工质量和工程安全提供有力保障,确保长距离顶管施工的顺利进行和管道的长期稳定运行。

#### 结语

综上所述,长距离 JPCCP 顶管施工技术在巢湖市长江供水工程中的应用取得了显著成效,展现了其在长距离供水管道工程中的广阔应用前景。期待在未来的工程中,该技术能够继续发挥重要作用,为城市基础设施建设供水安全提供更加可靠的技术保障。

#### 参考文献

- [1] 李彬,李奕君,黄鹏飞等.市政给排水工程的长距离顶管施工技术分析[J].科技资讯,2024,22(11):177-179.
- [2] 赵大铺,王利.对市政给排水施工中长距离顶管施工技术的分析[J].科技资讯,2024,22(18):127-129.
- [3] 肖雷.长距离顶管施工技术在市政给排水施工中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(1):0154-0157.
- [4] 芦佳佳.市政给排水施工中长距离顶管施工技术的运用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(10):0095-0098.
- [5] 周杰.顶管技术在长距离岩石段施工中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(2):0174-0177.