

盾构始发施工技术研究

刘 涛

中交隧道工程局有限公司 江苏 南京 211100

摘 要：随着城市地下空间开发需求激增，盾构法凭借高效、安全等优势广泛应用。本文聚焦盾构始发施工技术展开研究。首先阐述盾构始发施工前准备工作，涵盖工程概况与地质勘察、施工方案制定以及设备材料准备。接着详细剖析关键施工技术，包括端头加固及降水、始发基座安装加固、反力架支撑系统安装、洞门密封装置安装和掘进施工参数控制等技术要点。因此探讨其发展趋势，涉及智能化、绿色化、大型化等方面，旨在为盾构始发施工提供全面且深入的技术参考，推动该领域技术发展与应用。

关键词：盾构始发；施工技术；发展趋势

引言：在地下工程领域，盾构法凭借高效、安全等优势得到广泛应用，而盾构始发作为整个施工过程的关键环节，其施工质量与安全直接影响后续工程进展。盾构始发面临复杂地质条件、施工空间受限等诸多挑战，一旦出现问题，可能引发地面沉降、洞门涌水等严重后果。因此，深入研究盾构始发施工技术至关重要。将系统梳理盾构始发施工前的各项准备工作，深入剖析关键施工技术要点，并探讨其未来发展趋势，为提升盾构始发施工水平提供理论支持与实践指导。

1 盾构始发施工前的准备工作

1.1 工程概况与地质勘察

工程概况是盾构始发施工的基础指引。需明确工程的线路走向、长度、埋深等基本信息，确定施工范围与周边环境的关系，比如临近建筑物、地下管线分布情况等，这有助于提前规划施工影响范围，制定相应保护措施。地质勘察则是重中之重，通过钻探、物探等手段，精确掌握施工区域的地层结构、岩土性质、地下水状况等。不同地质条件对盾构施工影响巨大，如软土层可能导致盾构机姿态控制困难，含水层易引发涌水事故。详细准确的地质资料能为后续施工方案制定、设备选型提供可靠依据，确保盾构始发能针对不同地质特点，采取合理有效的施工技术和安全措施，保障施工的顺利进行。

1.2 施工方案制定

施工方案制定是盾构始发施工的核心规划环节。要综合考虑工程概况与地质勘察结果，结合工期要求、技术力量、设备条件等因素。明确盾构机的选型与配置，根据地质特点选择合适类型和尺寸的盾构机，确保其适应地层并高效掘进。规划始发井的布局与结构，合理安排设备摆放、材料堆放和人员操作空间。制定详细的施工程序，包括端头加固、基座安装、反力架设置等步骤

的先后顺序和时间节点。同时，制定应急预案，针对可能出现的洞门涌水、地面沉降等突发情况，提前制定应对措施，确保在遇到问题时能迅速响应，保障施工安全和进度。

1.3 施工设备与材料准备

施工设备与材料准备是盾构始发施工的物质保障。对于设备，盾构机是核心，需提前调试确保其性能良好，包括刀盘转速、推进系统、出土系统等。同时配备起重机、运输车等辅助设备，用于盾构机的吊装、运输和材料搬运。材料方面，端头加固所需的注浆材料、钢筋等要准备充足，保证加固质量。洞门密封装置的材料要符合密封要求，防止地下水渗漏。此外，还需准备各类施工用管材、电线电缆等。在准备过程中，要严格控制设备和材料的质量，进行检验和试验，确保其性能达标，避免因设备故障或材料问题影响施工进度和质量^[1]。

2 盾构始发关键施工技术

2.1 端头加固及降水技术

盾构始发阶段，端头加固与降水技术是保障施工安全、控制工程风险的核心要点，对盾构机顺利进出洞起着决定性作用。端头加固方面，其核心目的在于提升端头土体的稳定性与承载能力。盾构始发时，端头区域土体面临盾构机推力、刀盘切削扰动以及地下水压力等多重作用。若土体强度不够、结构松散，极易引发坍塌、渗水等严重问题。旋喷桩加固是常用手段之一，通过高压喷射水泥浆液，让土体与浆液充分融合，形成高强度桩体，增强土体抗剪强度和抗渗性能。搅拌桩加固也不可或缺，它借助机械将固化剂与地基土强制搅拌，改善土体物理力学性质，使土体成为具有整体性的结构体，有效抵御外部作用力。降水技术同样关键。在地下水位较高的区域，若不进行降水处理，地下水会削弱土体强

度,增加洞门涌水、流砂等灾害发生的风险。采用井点降水方式,能在基坑周围合理布置井点管,通过抽吸作用降低地下水位,减少土体含水量,提高土体有效应力。深井降水则适用于降水深度较大的情况,可更有效地控制地下水位,为施工创造干燥环境。端头加固与降水技术的有效实施,能显著增强端头区域地质条件的稳定性,为盾构始发提供可靠保障,确保施工过程安全、高效推进。

2.2 始发基座安装及加固技术

始发基座是盾构机始发时的重要支撑结构,其安装与加固质量直接影响盾构机始发姿态和施工安全,因此必须严格把控相关技术要点。在安装方面,首先要精准确定始发基座的位置。依据设计图纸和现场测量数据,结合盾构机的尺寸和始发要求,将基座中心线与隧道设计轴线精确对齐,确保盾构机始发时能沿着预定方向前进。安装过程中,要保证基座各部件连接牢固,采用高强度螺栓进行紧固,并检查连接部位的平整度和垂直度,避免出现松动或偏移现象。同时,合理调整基座的高度和坡度,使其与盾构机的姿态相匹配,为盾构机提供稳定的支撑平台。加固环节同样不容忽视。为增强始发基座的稳定性,可在基座底部设置混凝土基础,通过增大基座与地面的接触面积和摩擦力,提高其抗倾覆能力。在基座两侧和前端,采用型钢或钢筋混凝土进行加固,形成稳定的支撑框架,防止基座在盾构机推力作用下发生变形或位移。此外,还可通过预埋锚栓等方式,将基座与周围结构牢固连接,进一步增强其整体性。

2.3 反力架支撑系统安装技术

反力架支撑系统是盾构始发时为盾构机提供反作用力的关键装置,其安装质量关乎盾构机能否顺利始发以及整个施工过程的安全与稳定,因此必须严格按照技术要求进行安装。在安装准备阶段,要依据设计图纸和现场实际情况,精确测量并确定反力架的安装位置。对安装场地进行平整和清理,确保地面坚实、平整,无杂物和障碍物,为反力架的安装提供良好的基础条件。同时,准备好所需的安装设备和工具,如起重机、电焊机、扳手等,并对设备进行调试和检查,保证其性能良好。安装过程中,先将反力架的各个部件运输到指定位置,并按照安装顺序进行组装。使用起重机将反力架的主架体缓慢吊起,准确就位后,通过螺栓或焊接的方式将其与预埋件牢固连接。在安装斜撑和水平支撑时,要确保其位置准确、连接牢固,调整好支撑的角度和长度,使反力架形成一个稳定的支撑结构。安装完成后,要进行全面的检查和调试。检查各个连接部位是否紧

固,有无松动现象;测量反力架的垂直度和水平度,确保其符合设计要求。对反力架进行预压试验,模拟盾构机始发时的受力情况,检验反力架的稳定性和承载能力,发现问题及时进行调整和处理。通过规范的安装技术,能保证反力架支撑系统可靠运行,为盾构始发提供稳定的反力支持^[2]。

2.4 洞门密封装置安装技术

洞门密封装置是盾构始发与接收时防止地下水、土体涌入隧道的关键设施,其安装质量直接影响施工安全与进度,需严格遵循技术规范操作。安装前,要依据设计要求精心准备密封材料与配件,仔细检查其规格、型号及质量,确保无损坏、变形等问题。同时,对洞门周边土体进行清理,去除杂物、浮土,保证洞门表面平整、干净,为密封装置安装创造良好条件。安装时,先安装洞门钢环。通过精确测量定位,将钢环准确固定在洞门位置,采用焊接或螺栓连接方式确保其与洞门结构连接牢固,焊接要保证焊缝饱满、无气孔,螺栓连接需拧紧到位。随后安装密封装置主体。将密封橡胶板、压板等部件依次安装到钢环上,橡胶板要平整贴合钢环,避免出现褶皱、扭曲。压板安装要均匀用力,通过螺栓将橡胶板紧密压在钢环上,形成有效的密封结构。对于特殊部位,如转角处,要根据实际情况进行裁剪和安装,确保密封严密。安装完成后,进行全面检查与调试。检查各部件连接是否牢固,密封橡胶板是否完好无损、密封效果是否良好。可进行注水或充气试验,检验密封装置的防水性能,发现问题及时整改,确保洞门密封装置在盾构始发时能发挥可靠的密封作用。

2.5 掘进施工参数控制技术

在盾构掘进过程中,精准控制施工参数是保障工程安全、高效推进以及确保成洞质量的核心要点。推进速度是关键参数之一。它需根据地质条件灵活调整,在软土地层中,推进过快易导致土体扰动过大,引发地面沉降;而在硬岩地层,推进过慢则可能使刀盘磨损加剧,增加施工成本。通常通过实时监测土压平衡和地表沉降情况,将推进速度控制在合理范围内,实现平稳掘进。土压平衡控制同样不容忽视。维持合适的土仓压力,能有效防止地层坍塌和地表隆起。操作人员需依据地层土质、地下水情况以及掘进速度,精确调节螺旋输送机的转速和排土量,使土仓压力与地层水土压力相平衡,确保开挖面稳定。刀盘扭矩和推力也需密切关注。刀盘扭矩反映刀盘切削土体的阻力大小,推力则是克服地层阻力的关键力量。根据地质变化,合理调整二者数值,避免因扭矩过大损坏刀盘或推力不足导致掘进困难。此

外,注浆参数的控制对成洞质量影响显著。注浆压力、注浆量和注浆时机需精准把握,确保浆液充分填充盾尾空隙,形成有效的支护结构,防止地层变形和地下水渗漏。通过综合控制各项掘进施工参数,可实现盾构掘进的优质、高效与安全。

3 盾构始发施工技术的发展趋势

3.1 智能化发展趋势

盾构始发施工正深度融入智能化浪潮。借助人工智能算法,盾构机可实时分析地质数据,自动调整掘进参数,如推进速度、刀盘转速及土压平衡值,实现掘进过程的动态优化,大幅提升施工精度与效率。多传感器融合技术使设备具备“感知-决策-执行”一体化能力,能精准识别前方障碍物、地质突变等风险,并自动触发避障或加固措施,降低事故率。数字孪生技术的应用,让工程师可在虚拟空间中构建施工模型,模拟不同地质条件下的掘进效果,提前优化方案,减少现场调试时间。远程运维系统通过5G或物联网技术,实现设备状态实时监控与故障预警,技术专家可远程诊断问题并指导维修,缩短停机时间。未来,随着机器学习技术的突破,盾构机有望实现全流程自主掘进,人工干预仅限于异常情况处理,推动施工向无人化、高效化方向演进^[3]。

3.2 绿色化发展趋势

盾构始发施工正加速向绿色化转型,环保与节能理念贯穿全流程。在设备设计层面,通过优化动力系统、采用高效节能电机及变频控制技术,显著降低能耗,减少碳排放。同时,环保材料的应用成为关键,如可降解密封件、低摩擦涂层等,既延长设备寿命,又减少施工过程中的有害物质释放。施工过程中,渣土处理技术持续革新,通过分级筛分、资源化利用,将废弃物转化为再生骨料或填充材料,实现“零排放”目标。泥浆循环系统则采用高效过滤与净化技术,减少水资源消耗与污染。此外,低噪音刀盘、减震装置的普及,有效降低了施工对周边环境的影响。未来,绿色化将进一步向全产业链延伸,从原材料采购到设备回收再制造,形成闭环经济模式。企业通过技术创新与绿色管理,不仅满足市场对环保施工的需求,更在竞争中占据先机,推动行业向可持续发展方向迈进。

3.3 大型化发展趋势

盾构始发施工正朝着大型化方向稳步迈进,以适应更复杂、规模更大的工程建设需求。随着技术不断突破,盾构机的直径持续增大,超大直径盾构机(直径超15米)已成为应对长距离、大埋深隧道工程的主力装备。其强大的掘进能力可一次性穿越复杂地质层,减少分段施工带来的接缝风险,提升隧道整体结构稳定性与防水性能。大型化盾构机在动力系统、刀盘设计、渣土运输等关键环节实现全面升级,配备高功率驱动装置与耐磨刀盘,能高效破碎硬岩或软土,同时优化渣土输送流程,避免堵塞,确保连续作业。此外,模块化设计使设备可根据地质条件灵活调整组件,提升适应性。未来,随着材料科学与控制技术的进步,更大直径、更高压力耐受能力的盾构机将涌现,推动海底隧道、城市地下综合管廊等超级工程向更深、更长领域拓展,重塑基础设施建设格局^[4]。

结束语

盾构始发施工技术作为现代隧道工程的核心支撑,其持续创新与发展深刻影响着基础设施建设的效率与质量。从智能化控制到绿色化实践,从大型化装备突破到全生命周期服务延伸,技术演进始终围绕“安全、高效、环保”三大核心目标展开。未来,随着人工智能、物联网与新材料技术的深度融合,盾构施工将进一步突破地质条件限制,实现更精准的掘进控制与更低的资源消耗。行业需持续聚焦技术迭代与模式创新,推动产学研协同,以应对超长距离、复杂地质等挑战,为全球地下空间开发提供更可靠的技术解决方案。

参考文献

- [1]王润斌.软弱地层盾构始发施工技术研究[J].建筑技术,2024,55(14):1746-1749.
- [2]王康.粉质土层中盾构始发施工技术研究[J].现代交通技术,2024,21(3):77-81
- [3]宋之勇.淤泥质土层浅埋盾构始发施工技术研究[J].工程技术研究,2020,5(21):87-88.
- [4]张捷,陆帅.盾构设备分体始发施工技术研究[J].工程机械,2024,55(5):123-127.