

# 公路盾构隧道智能建造技术的应用

汪 洋

中交隧道工程局有限公司 江苏南京 210000

**摘 要:** 在现阶段,我国公路盾构隧道智能化建设仍然是在不断发展的阶段,并且相关的理论知识和技术框架尚处于不完善的状态。为推动技术体系朝着更加成熟和高效的方向发展,所以必须构建一个全面且系统的技术体系和标准规程。在盾构隧道建设中使用智能化技术,不仅应集中考虑在施工过程中进行智能化的操作,还应确保该技术贯穿于隧道的整个生命周期管理当中。将智能技术和全生命周期的管理观念结合,能为隧道施工带来效益、安全和环保,并进一步激励我国公路盾构隧道建设领域的持续进步与壮大。

**关键词:** 公路;盾构隧道;智能建造;BIM;全生命周期

## 引言

随着科技的不断进步,我国的公路隧道建设正在迎来一个史无前例的发展机会。在当前时代的大环境下,盾构施工方法,逐步发展成提高施工机械化水平的重要技术手段。利用盾构法施工,不仅可以显著地提升施工的效率,还能确保建设流程的安全性,从而助力中国公路隧道的建设走向更高质量和更智慧化的方向。

## 1 公路盾构隧道智能建造技术特点

公路盾构隧道的施工是一个极其复杂的工作,在施工过程中每一项的操作都很重要,不仅要细致还要确保精确度,在公路盾构隧道的施工过程中,地质资料的作用不能忽视,每一项的操作都依赖于它。这主要是因为地质的状况直接决定了隧道的稳定和安全。施工开始之前,进行地质环境的深度探查和研究是非常必要的,这样能够获得关于地层的构造、岩石的性质和地下水状态等多个方面的准确资料。这些数据不仅对隧道设计提供了关键参考,而且还可以预测在施工中可能对生态系统造成的潜在影响。考虑到盾构隧道的性质特点,其断面的相对大小使得控制施工中地层变形的任务特别具有挑战性。尤其在一些独特的地质条件,例如软土地层、含水层等,地层的稳定与变形管理成为了需要格外注意的问题。因此,这对施工团队提出了一个要求,那就是他们必须具备出色的技能和职业素养,有能力根据实际的状况适当调整施工计划,以确保隧道施工的安全性和工程质量。在当前隧道建设环境下,建筑信息模型(BIM)技术正在逐渐得到越来越广泛的应用。BIM技术具备对高精度模型整体设计的能力,它使得图像的自动排列、生产及组装变得智能,从而在施工过程中极大地增强了精度和效率。尤其在进行公路盾构隧道施工时,应用BIM的正向设计方法可以大幅度提升设计水平,同时也能降低施工阶段所出现的施工误差和重新施工的机率。此外,随着智能建造技术的进步,公路盾构隧道施工领域开始使用的智能化设备和相关软件也随之增多。这些设备与软件可以按照规定的执行计划,自动地处理一系列的复杂工程活动,比如进行盾构掘进、管片拼装以及物料运输等任务。不仅显著提升了施工的效益,还能够显著地减少因为人为错误而引发的施工质量偏差问题。在隧道的日常维护中,三维可视化信息模型起着非常重要的作用。利用这一模型,隧道的管理层能够直接获得隧道的总体状态和各个部分的详细情况,进而制订出更为精确的保养与维护计划。

## 2 智能建造关键技术

### 2.1 智能化勘测

隧道建设前的地质勘察是至关重要的环节,主要是依靠人工操作来进行的,这不仅会导致工作量的增多,且执行效率低,不能够

全方位且精确地了解地质情况。但是随着智能建造技术的出现,这一问题已经得到了切实的解决。智能建造技术在应用的过程当中,首先会根据场地的实际条件和特点来确定具体的勘察方案,这个方案不仅会考虑到地质的结构,岩土的性质,同时还会对地下水的分布,地质的构造特征等一些相关因素进行充分的考虑,根据勘察到的数据,能够建立起一个准确反映地质与岩土特征的三维模型,该模型不仅能够为隧道的设计和建设提供基础的数据支持,同时,还可以以三维可视化的方式呈现出地质的情况,这有助于设计师和施工人员更直接地把握地质状况,从而在隧道的建设过程中作出科学的决策。在智能建造领域,无人机、智能钻探设备、自动化检测仪器及实时监控系统等一系列先进的设备和系统都在地质勘察过程中得到了广泛的应用,这些系统和设备能够实现空天地一体化的全方位勘测。

### 2.2 数字化规划与设计

#### 2.2.1 盾构隧道数字化设计技术

数字仿真设计技术是一种比较先进的设计工具,它能够针对特定的环境和需求,利用自身丰富的知识和数据,以智能化的方式生产出设计方案。数字仿真设计技术的优势在于它能够迅速地适应复杂的设计环境,并能够根据具体的环境情况设计出相对应的解决方案。

#### 2.2.2 盾构隧道数字化设计内容

基于BIM的隧道数字仿真设计涵盖了多个关键步骤,这些步骤共同构成了设计的全流程。(1)设计前的准备工作:收集和整理基础资料,如三维地形数据、地质模型、水文地质信息、相关规范要求以及业主的具体需求。(2)设计路线的初步确定:需要综合考虑地形、地质等多种因素,进行平面的路线选择和纵断面的设计。这一步是隧道设计的基石,它决定了隧道的基本走向和布局。(3)结构的智能设计:这一阶段的核心在于,通过智能算法匹配地形地质条件,形成适用的结构模板,并在此基础上建立起隧道的BIM结构模型。这一步骤充分利用了BIM技术的优势,实现了设计的精细化和可视化。在设计过程中,还需要对设计的细节和特殊区域进行结构优化。对隧道断面的调整、支护结构的选择等,以确保隧道的安全性和稳定性。(4)仿真计算环节。这一阶段涉及结构力学分析、注浆效果模拟、抗渗性能测试、地面沉降预测以及对突发事件(如地震、洪水等)的模拟。通过这些仿真计算,可以在设计阶段就预测并优化隧道的性能表现。(5)在完成仿真计算后,还需要进行全生命周期的需求检验。这一步骤旨在验证设计的可行性和可靠性,确保隧道在全生命周期内都能满足安全和运营的要求。(6)数字化

交付。将设计方案以数字化的形式上传至云平台,供项目各方(如施工方、监理方等)远程访问和使用,不仅提高了沟通的效率和准确性,还为后续的施工管理和运维提供了便捷的信息支持。

### 2.3 盾构隧道智能化施工

#### 2.3.1 盾构掘进施工

城市化不断发展导致地下空间开发和利用越来越活跃,这特别明显在公路盾构隧道的施工过程中。由于城市地下的多种环境及其内部的复杂度,盾构隧道的线形设计经常变得非常繁琐,这无疑对施工环境构成了前所未遇的考验。此外,在建造阶段还存在空间、地质环境和环境维护等多个复杂因素的限制。但是,随着科技飞速进展,盾构法施工正在逐渐走向智能化。如今,施工团队能够基于试掘进过程中收集的各种数据进行详尽的研究,以便科学地设置施工相关的参数。这种变革代表了建筑实践不再仅是基于经验,而是越来越看重准确的数据评估。在盾构掘进操作中,施工团队必须融合地质勘察的数据、环境质量评价报告等资讯,为后续的掘进提供稳固支撑。与此同时,掘进过程中生成的实时反馈信息是进行施工参数优化的重要因素。利用这些数据,施工人员能迅速掌握隧道和地层的变化情况,进一步微调盾构机推力、扭矩、方向和其他相关参数,以保证整体施工过程能够安全稳定地进行。此外,引进智能控制系统为施工计划带来了翻天覆地的变化和完善。该系统具有综合多个数据源的能力,并能采用先进的计算技巧对隧道施工过程进行模拟和预测,从而辅助施工团队制订更加经济有效的施工方案。这样的操作不仅加快了施工的效率,同时也大幅度地降低了施工的成本。

#### 2.3.2 盾构管片预制、运输及拼装

科技的不断发展和人工智能技术的普遍应用导致了管片预制、抓取、拼装等各个环节经历了巨大的改变。这类前沿技术助推了流程自动化,大幅度提高了工作的效率,降低了工作人员的劳动量。例如管片拼装技术,这种技术革新格外突出,大量的全球研究机构和企业正全力投入研发活动,力求在智能化管片拼装技术上取得突破。在此,德国的 WIRTH 公司与海瑞克公司表现尤为出色,在该技术领域,它们通过持续的研发和技术创新,已经在智能化管片拼装技术上获得了明显进展。他们所取得的技术进步不仅增强了拼装的准确性和效率,更是在施工的各个阶段,增强了整体的安全和稳定性。我国的学者在这一领域也展示了他们的出色研发能力。他们深入研究和改良了智能管片拼接技术,这一改革是基于国内具体的施工环境和所需条件,并已取得了引人注目的科研成果。这些技术成果为中国本土的盾构隧道建设提供了坚实的技术基础,同时也推动了该行业的持续壮大和创新。

### 3 存在问题及发展方向

#### 3.1 存在问题

在国内,对于盾构隧道的智能化技术研究已经非常活跃,但其实际应用性仍有待加强。信息在完整的生命周期内交换不是很流畅,各数据之间的连接和交互效率相对较低。因为缺乏一个完善的信息技术管理体系,数据收集、处理以及应用领域都遭受了相当大的影响。这种状况不只是制约对数据的充分利用,同时也妨碍了智能技术的深入进步。在外业的勘察中,我们也注意到数据库设计上的某些缺陷。现在,众多的勘察数据仍散布在众多独立系统中,它们并未组成统一的数据平台。这种情况使各个系统之间的数据交互变得极为困难,不仅导致工作效率大大降低,同时也造成了大量资源的不必要浪费。且勘察的内外业尚未完全融合,也导致了数据处理的复杂度进一步提升。虽然 BIM 技术在盾构隧道项目中已

展示出一定程度的应用和拓展,但它目前还面临一些技术瓶颈和挑战。这主要是因为 BIM 技术目前还没有达到更大层次的功能融合,且还没有与大数据技术实现深层次的整合。如果 BIM 技术能突破现存的制约因素,它将在盾构隧道建设中扮演更为关键的角色。因此,今后必须加大技术开发力度,进行创新,以便更好地提高盾构隧道智能技术的实用性和整体应用效益。

#### 3.2 发展方向

首先,在地质勘察的领域中,一次深层次的科技革命正在展开,它正在向更为综合和智能的趋势持续推进。此次变化得益于多种先进技术的出现和实施,这包括四维时空信息可视化、云地理信息系统、大数据智能感知挖掘技术、人工智能与视觉识别的结合,还有互联网和虚拟现实技术的结合等。通过应用这类新的技术,我们在地质勘察上实现了效率与精确度的显著增强,为未来的盾构隧道设计和实施过程提供了更加精确的地质信息。在盾构隧道的设计过程中,随技术进步,设计和建模的步骤也越来越趋向智能化。通过使用可视化编程工具,设计团队可以更为有效地建立精确的盾构隧道模型,进一步增强设计的效率和准确性。通过应用先进的传感器、控制系统和算法,实现盾构机的自主掘进和精准定位。这可以大大提高施工效率,减少人工操作的误差和风险。盾构智能建造还包括对施工过程进行实时监测和预警。通过采集盾构机的工作状态、地质环境等数据,利用大数据分析和人工智能技术进行处理,可以及时发现潜在的安全隐患,并采取相应的措施进行预警和应对。通过构建盾构机施工的内部管理系统,实现施工过程的信息化和智能化。这包括对施工进度、质量、成本等方面的全面管理,以及与其他施工设备和系统的协同工作。

### 4 结束语

科技的不断进步强有力地促进了公路盾构隧道智能化施工技术的应用,显著地提高了施工的效率 and 整体工程品质。然而,必须清醒地认识到一点:即便我国在公路盾构隧道智能建造方面已经取得相当多的进步,但仍面临系统化和实用化的挑战,需要进一步加强技术研究和开发,并深化理论与实践之间的紧密联系,以实现技术的全面进步和实际应用效果的显著提升。

#### 参考文献:

- [1]王俊英,陈馈,张兵.盾构智能建造新技术与展望[J].施工技术(中英文),2023,52(17):1-6.
- [2]陈湘生,喻益亮,包小华,等.基于韧性理论的盾构隧道智能建造[J].现代隧道技术,2022(001):059.
- [3]陈湘生,李克,包小华,等.城市盾构隧道数字化智能建造发展概述[J].应用基础与工程科学学报,2021,29(5):18.
- [4]陈亚军,王灏,吕涛,周艳文,徐志柏,刘珍,龙彪,王文.长沙万家丽电力盾构隧道工程施工阶段 BIM 技术应用[C]//第七届 BIM 技术国际交流会——智能建造与建筑工业化创新发展.0[2024-05-09].
- [5]周文波,吴惠明,赵晓霞.国产盾构在轨道交通区间隧道施工中的应用[J].工程机械,2006.DOI:CNKI:SUN:GCJA.0.2006-07-005.
- [6]陈丹,刘喆,刘建友,等.铁路盾构隧道智能建造技术现状与展望[J].隧道建设(中英文),2021,41(6):10.DOI:10.3973/j.issn.2096-4498.2021.06.004.
- [7]李力,孙雅飞,赵振伟,等.铁路盾构隧道智能建造的勘察技术及其智能化分级方法[J].水利水电技术(中英文),2023,54(S01):214-218.