

基于安全性与效率的管廊箱型外模起吊及运输方法优化

文 / 张业赞 广西柳州市投资控股集团有限公司

摘要: 城市地下综合管廊(或称地下管廊)是集成供水、排水、电力、通讯、燃气等管线的地下通道,能够有效缓解城市地面空间压力,提高管线安全性与维护效率,管廊建设过程中的施工质量和效率直接影响整个项目的稳定运行,管廊箱型外模的结构庞大、重量较大,传统的起吊和运输方式不仅效率较低,而且在安全性和稳定性方面存在诸多问题。本文分析了管廊箱型外模的基本特点,并分析了管廊箱型外模的起吊方法,在此基础上对运输优化改进策略进行分析,为全面提升管廊箱型外模施工效率提供参考性意见。

关键词: 管廊箱型; 外模起吊; 运输方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.001

前言

近年来,随着城市化进程的加快,地下管廊作为一种集成城市基础设施的载体得到了广泛应用。管廊将供水、电力、燃气、通信等多种市政管线集中在地下,不仅便于管理与维护,也提高了城市的土地利用率和美观度。然而,地下管廊的施工过程相对复杂,尤其是在管廊箱型结构外模起吊及运输环节,面临着严峻的安全性和效率性挑战。箱型外模体积大、重量重,且结构特殊,对起吊设备的选择、起吊作业的精准控制、运输过程中模体的稳固性等提出了较高要求。这些因素的存在不仅影响施工的效率,还对施工人员的安全带来了风险。基于安全性与效率的管廊箱型外模起吊及运输方法的优化研究显得尤为重要,优化后的方法需综合考虑模体的重量、结构特点、起吊设备的性能、运输路径的限制等因素,以实现全流程高效、精准、安全的吊装与运输操作。

一、管廊箱型外模的概述

管廊箱型外模是用于城市地下综合管廊施工中的一种重要模板结构。综合管廊作为城市基础设施的重要组成部分,承担着集中敷设电力、电信、供水、供气等各类管线的功能,因其在城市功能运转中的重要性,管廊的建设质量和施工效率尤为关键。在回槽环境中作业时,操作空间狭小、拆卸效率低等问题。该装置主要包括运输轨道、运输车体及其配套的导向轮组、伸缩件、钢绳挂钩和驱动件等关键部分,具有良好的适应性和高效的操作性。在该装置中,运输车体的底部设置有导向轮组,能够平稳地在运输轨道上滚动,确保装置能够在沟槽内顺利运输。导轨系统的设计有效解决了传统人工或机械运输方式的不足,尤其是在管廊回槽等受限空间内,能够灵活适配不同的作业环境,提高了运输过程的安全性和高效性。运输车体顶部的伸缩件具有可调节长度的功能,伸缩端朝向运输轨道并连接有钢绳挂钩,挂钩用于与箱型外模的吊环进行适配连接。通过这种连接方式,可以实现快速而精准的吊装操作,避免了传统

起吊过程中可能出现的偏差或不稳定性。伸缩件与驱动件的连接使得操作更加便捷,驱动件可通过控制伸缩件的伸缩,进一步提高了拆卸的效率,减少了人工操作和作业时间。图1为管廊箱型外模的实物图。



图1 管廊箱型外模

该装置的设计具有显著的优势,首先,能够有效解决管廊回槽环境的空间受限问题,其次,提升了箱型外模拆除的效率,减少了施工时间。通过简化操作流程,增强了施工过程的安全性与便利性,尤其适合在复杂施工环境中使用,具有较高的实用价值和推广前景。

二、传统管廊箱型外模起吊与运输的现状

(一) 传统管廊箱型外模起吊的局限性

传统管廊箱型外模的起吊方法存在多种局限性,传统的起吊方式通常依赖大型吊装设备,例如起重机或塔吊。这些设备不仅体积庞大,而且需要专门的操作人员和特定的场地条件,特别是在狭小的施工空间中,吊装设备的操作更加受限,导致外模起吊效率低下,传统的起吊过程往往耗费较多时间,增加了施工周期,难以满足现代施工对于快速、高效的需求。

由于地下综合管廊的施工环境通常较为复杂,特别

是在城市中心区的地下施工，空间限制和周边管线的分布使得大型吊装设备的操作更加困难。此外，传统的起吊方式还依赖于人工配合，吊装点的设置和外模固定，都需要人工协助完成，这增加了操作的难度，降低了施工效率。在施工过程中，外模的重量会因材料差异、设计调整和浇筑混凝土的厚度变化而变化，传统吊装设备一般缺乏灵活调整吊装力的能力，容易导致外模的摆动或倾斜，对外模的结构稳定性构成威胁，进一步加剧了安全隐患，由于传统起吊方式对现场条件依赖较强，在遇到不利天气条件时，如大风或降雨，起吊作业容易中断，影响工程进度。

（二）传统管廊箱型外模起吊存在的问题

传统的管廊箱型外模起吊方法在实践中暴露出多个问题，主要表现在安全隐患多、起吊效率低和操作协调性差等方面，安全问题是传统起吊方式中较为突出的问题。传统的起吊方法通常依赖于多个吊点的同步操作，但在实际操作中，往往难以保证各个吊点的平衡，导致外模在起吊过程中出现倾斜或摆动现象，不平衡容易对施工人员造成伤害，也增加了外模碰撞其他设备或设施的风险，特别是在施工空间狭小的情况下，危险性进一步增加。

传统的起吊过程耗时较长，尤其是在外模安装和拆卸过程中，需要频繁使用吊装设备进行移动和调节。由于操作程序复杂且对精确度要求高，通常需要较多的人工参与，不仅增加了人力成本，还延长了施工周期，传统的起吊设备体积庞大，无法灵活适应施工现场的实际情况，导致在空间有限的地下施工场地中操作效率大幅降低。在实际施工中，受人员技术水平和沟通效率的影响，操作过程中的协调性难以完全达到理想状态，在吊装过程中因为沟通不畅导致操作不同步，进一步加剧了安全隐患。

三、管廊箱型外模起吊的优化方法

（一）应用新型吊装设备

传统的起吊设备通常是基于单一的大型吊机，虽然能够满足基本的吊装需求，但存在设备笨重、起吊范围受限的问题。新型吊装设备包括智能起重机、可调式起吊吊架和履带式起吊设备等，它们具有更灵活的操作性，更适应复杂环境下的施工需求。新型吊装设备在操作过程中还能够减少对人工的依赖，特别是智能化起吊设备可以通过远程控制系统进行操作，避免操作人员进入危险区域，降低了施工现场的安全风险。新型吊装设备在应用中不仅提升了施工效率，还通过更精细的控制手段减少了意外事故的发生，新型设备的耐用性和操作简便性也大大降低了维护成本和人力成本。

（二）改进吊装支撑结构

传统的吊装支撑结构通常存在着受力分布不均匀的

问题，导致外模在吊装过程中容易发生倾斜或晃动。为了优化起吊过程，改进吊装支撑结构是必要的。可以通过增加吊点的数量和合理布置吊点的位置来改善支撑结构的稳定性。例如，采用多点吊装结构，通过均匀分布吊点，使外模在吊装时的受力更加均匀，减少了单点受力集中带来的变形和安全隐患，合理的吊点布置能够有效控制外模的平衡，避免因吊装力不均造成的结构倾斜。

在材料选择上，可以选用高强度的轻质合金或复合材料，增强吊装支撑的承载能力和抗变形性能。这些材料的应用不仅能够减轻吊装设备的负荷，还能保证外模的结构完整性。此外，还可以引入可调式吊点设计，使吊点的距离和高度能够根据外模的形状和重量进行动态调整。这样的设计能够更好地适应不同形态和尺寸的外模，提升支撑结构的适应性和灵活性，通过改进吊装支撑结构，不仅可以提升起吊的稳定性和安全性，还能进一步优化起吊效率，适应更多复杂的施工需求。

（三）使用防摆装置和稳定系统

在起吊过程中，外模的摆动是一个常见问题，容易对施工人员和周围设备造成威胁。为了解决这一问题，使用防摆装置和稳定系统可以有效控制外模在起吊过程中的晃动情况。防摆装置通常包括防摆杆、液压稳定器和减震系统等，可以在起吊过程中减少外模的摆动幅度，保证吊装过程的稳定性。防摆杆可以限制外模的横向移动，而液压稳定器则能够通过液压调节对抗吊装过程中产生的摆动力，从而实现外模的自动平衡。减震系统则能够缓解由于外界环境或吊装设备引起的震动，有效提高了起吊过程的稳定性。

（四）引入 BIM 技术进行仿真和优化

在管廊箱型外模的起吊优化中，BIM（建筑信息模型）技术的引入使得吊装过程的仿真和优化成为可能。基于BIM技术的应用，施工团队可以在起吊实际操作之前在虚拟环境中对吊装过程进行全面的仿真和测试。利用BIM技术，可以对外模的重量分布、受力情况、吊点位置等参数进行详细分析，模拟真实的吊装环境，以确保每一个环节的安全和高效。

BIM技术的仿真功能可以帮助施工团队提前发现起吊过程中存在的结构性问题和操作难点，为选择合适的吊装设备和吊装方案提供了科学的数据支持。例如，可以利用BIM进行力学分析，验证吊装支撑结构和防摆装置的效果，确保在吊装过程中外模能够保持平衡和稳定。通过BIM模型，还可以规划出最优的吊装路径，避免与周围建筑结构的碰撞，提高吊装过程的精确性。此外，BIM技术还可以作为施工记录的工具，将实际操作过程中产生的数据与模型进行对比，便于后续的施工改进和技术积累。BIM的三维可视化功能可以帮助现场施

工人员更直观地了解每一步吊装流程，提高沟通效率和协作性，BIM技术在吊装仿真和优化中的应用，使得吊装作业更加安全、精确，同时为未来类似项目提供了宝贵的技术经验和参考。

四、管廊箱型外模运输的优化策略

（一）改进运输支架结构设计

运输支架结构的合理性是保证外模安全运输的基础，特别是针对管廊箱型外模体积大、重量重的特点，传统支架设计一般缺乏灵活性，难以适应不规则路况，导致运输时易发生晃动或倾斜，增加了事故风险。为此，可优化支架结构的设计，使其更符合运输需求。

首先，可以采用模块化、可调节的支架设计，以适应不同尺寸和重量的外模，并便于在不同路况下快速调整，可利用液压系统调节支架的高度和角度，以保证运输过程中外模始终保持稳定状态。同时，在支架的材料选择上，可采用高强度、轻质材料，如铝合金复合材料，这种材料既能承受较大压力，又能降低自重，减少运输设备的负担。

（二）引入运输智能监控系统

随着物联网技术的发展，将智能监控系统应用于外模运输中可以实现实时监测与数据采集，提升运输的安全性和可控性。运输智能监控系统主要通过传感器和GPS设备来实时监控外模的状态、位置和环境变化，确保运输过程中出现异常情况能够及时发现并处理。

需要在外模支架或车辆上安装倾角传感器、振动传感器和定位系统，以便实时监测外模在运输过程中的倾斜角度、震动幅度和位置信息。一旦监控系统检测到运输车辆在急转弯、路况颠簸或外模偏移等异常状况，系统会自动报警并向操作人员发送警告信息。

（三）采用柔性保护材料和减震装置

为了降低运输过程中外模因震动或冲击而造成的损耗，采用柔性保护材料和减震装置是提高运输稳定性的有效手段。柔性保护材料，如泡沫垫、橡胶垫等，能够缓冲运输过程中的震动，避免外模与支架直接接触导致的磨损和碰撞。减震装置则能够缓解因路面颠簸产生的冲击。

在实际应用中，可以在外模的接触面铺设厚度适中的柔性保护材料，并在运输支架和车体连接部位安装液压减震系统或空气弹簧减震器。这种设计可以有效吸收由路面不平引起的震动，避免外模因剧烈震动导致的结构性损伤。

（四）构建模块化运输方案

模块化运输方案的构建旨在通过标准化和可重复的运输单元，使得外模的运输更加灵活、高效。这种方案不仅适合大型项目的长距离运输，也适合需要多次往返的短途运输场景。模块化方案的核心在于将运输过程划

分为若干标准化模块，使各个模块能够根据运输需求进行灵活组合，从而提高运输效率。

一方面，模块化方案可以从装载、支撑和固定等方面进行设计。装载模块化即对外模的支撑和固定部分进行标准化设计，使其能够快速装卸并适应不同的运输车辆。支撑模块则采用可拆卸、可调节的结构，以便于根据运输需求调节支撑位置和角度，确保外模始终保持稳定。固定模块则通过标准化的连接器或卡扣系统实现快速连接，减少运输准备时间。另一方面，构建模块化运输方案不仅提高了运输的灵活性，还能够显著提升装卸效率，减少运输成本。模块化方案适用于各类管廊箱型外模的运输需求，尤其在大型项目中，通过快速装卸和标准化作业，能有效提高施工进度和资源利用效率。

结语

综上所述，本文从管廊箱型外模运输以及起吊的安全性与效率角度入手，全面分析了传统方法的局限和存在的问题，并提出了针对性改进方案，针对性引入新型吊装设备、改进吊装支撑结构、使用防摆装置和稳定系统，以及应用BIM技术仿真优化，提高了起吊过程的安全性和可控性。同时，本文还提出了运输环节的多项优化策略，包括改进支架结构设计、引入运输智能监控系统、采用柔性保护材料和减震装置，以及构建模块化运输方案，以提升外模在运输中的稳定性、降低振动损害的风险、并确保实时监控，进一步保证运输过程的稳定与安全性。本文所提出的优化策略为管廊箱型外模的起吊与运输提供了有效的技术支撑，不仅提高了施工安全性和效率，也为未来管廊建设项目的标准化、智能化发展提供了实践参考和理论指导。

参考文献

- [1] 陈家焯, 曹鉴思, 吴宝荣. BIM技术在综合管廊工程模数化模具中的应用[J]. 特种结构, 2023, 40(01): 110-115.
- [2] 陈家焯, 陆青夏. 模数化模具施工工艺在综合管廊工程的应用[C]//《施工技术》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2022年全国土木工程施工技术交流会论文集(中册). 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司; 海门市帕源路桥建设有限公司, 2022: 4.
- [3] 娄彩红. 综合管廊穿行式钢模台车施工技术的研究与应用[J]. 中国高新科技, 2022, (24): 34-36+51.
- [4] 李旭升, 孙佳宁. 地下综合管廊侧墙预铺防水施工创新技术[J]. 建筑工人, 2022, 43(12): 40-44.
- [5] 冯金涛. 太原市晋源东区纬三段综合管廊工程模板台车施工技术分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(21): 97-99.