

“适应大跨度变截面隧道组合式浇筑台车 制备关键技术及应用研究”

成果登记公示信息

成果名称:	适应大跨度变截面隧道组合式浇筑台车制备关键技术及应用研究
完成单位:	广东省水利水电第三工程局有限公司,仲恺农业工程学院,广州市市政工程机械施工有限公司,广东宏茂建设管理有限公司,中核华泰建设有限公司,广东辉固材料科技有限公司
完成人员:	钟正勇,杨永民,吕凯,黄国天,李海波,张颢晖,陈旭凤,杨智诚,张玉杰,吴峥斌,陆文胜,谢运斌,李小鹏,张力文,刘晓飞,丘志平,朱海江
研究起止日期:	2023-10-16 至 2025-12-16
成果应用行业:	建筑业
高新技术领域:	环境保护
评价单位:	广东省土木建筑学会
评价日期:	2025-12-23
成果简介:	<p>一、技术背景</p> <p>本项目在常规的钢模台车的基础上,通过结构优化和仿真分析,研制适用于大跨度及变截面隧道的组合式浇筑台车系列装备,提升台车的施工效率、施工质量以及曲线段施工的适应能力。同时,围绕隧道快速施工需求,提出配套的施工工法技术,并开展衬砌内部脱空及注浆质量的声谱无损检测方法研究,构建施工与质量监测一体化的技术体系,并通过工程示范验证装备的安全性、可靠性以及经济效益,最终形成一套适用于大跨度变截面隧道的组合式浇筑台车制备技术、施工技术、检测技术以及应用分析。本项目的实施可为同类型的工程设计、施工及验收提供技术支撑,并将促进浇筑台车装备的标准化、系列化与产业化发展,对提升隧道工程建设质量和经济效益具有重要意义。</p> <p>二、项目研究内容</p> <p>本项目围绕大跨度变截面隧道混凝土衬砌施工对装备的适应性、施工效率和质量保障的需求,针对传统钢模台车断面适应能力不足、装拆模效率低及衬砌质量监测缺失等问题,开展组合式浇筑台车模块化结构设计及关键部件制备技术研究,形成适用于不同断面和曲线段施工的台车装备体系。同时,研究衬砌内部脱空声谱无损检测技术和装备工程应用效益分析,构建施工与质量监测一体化的成套技术方案。具体研究内容包括:</p> <p>(1)组合式混凝土浇筑台车模块化设计与重要部件制备技术。针对传统钢模台车断面适应性不足与装拆模效率低等工程问题,设计了由中间节和两侧台车组合的模块化结构,通过优化顶模板、侧模板、框架系统、行走系统及液压装拆模系统,实现了台车在不同断面形式间的快速适配;通过荷载分析进行关键部件力学核算,确保设备能够满足施工需要;优化装拆模机构,提高了台车在施工中的适应能力与作业效率;最终完成整机集成与制备,台车装备在工程现场应用中结构性能可靠,同时有效提高了施工效率,为大跨度变截面隧道施工机械化提供了有效支撑。</p> <p>(2)曲线段可变式钢模台车模板系统力学性能分析。针对曲线段隧道衬砌在成型质量与结构受力方面的特殊需求,以曲线段可变式钢模台车为研究对象开展</p>

可调拱梁结构设计与性能优化研究，建立有限元模型，并利用 ANSYS 软件对模板系统在不同曲率半径、最大跨度及关键施工荷载条件下的强度、刚度和稳定性进行分析评价，验证台车结构在复杂工况下的安全性。

(3) 基于声谱分析的隧道衬砌脱空无损检测研究。针对隧道衬砌内部脱空与注浆质量难以有效检测的问题，基于声波传播特性，改进磁致伸缩换能器与压电陶瓷换能器，并搭建声波检测系统；设计制造了含脱空缺陷的局部模型，并获取典型脱空工况下衬砌结构的声信号数据；通过傅里叶变换等方法提取信号特征参数，并形成可区分正常与脱空衬砌结构的识别方法；提出现场检测应用流程，实现衬砌脱空程度与注浆密实度的精准检测与量化评价。

(4) 组合式钢模台车工程应用及经济效益分析。在茂名奥体大道隧道工程种开展组合式早拆混凝土浇筑台车的现场应用研究，同时，在人力成本效益、材料成本效益、设备租赁成本效益以及工期缩短效益等方面与传统隧道混凝土浇筑施工方式开展对比分析，为组合式钢模台车的推广提供工程经验与经济合理性依据。

三、研究方法

本项目研发工作涵盖装备研制、力学性能分析、衬砌质量无损检测以及工程应用分析等多个方面，在项目开展过程中依据不同的研究内容采用了不同研究方法。在装备研制方面，针对隧道断面与实际施工需求开展组合式钢模台车的模块化结构设计，并对关键部件进行力学核算与验证；在结构性能研究方面，针对不同典型工况构建有限元模型，开展模板系统的强度、刚度与稳定性评价，明确结构参数对屈曲载荷的影响规律，并为模板系统轻量化优化提供理论支撑；在衬砌质量无损检测方面，通过搭建声波检测系统开展模型试验，结合频谱分析方法提取典型脱空工况下的声信号特征，构建无损脱空识别方法；在工程验证方面，通过茂名奥体大道工程施工验证技术可靠性，结合经济效益分析，为后续规模化推广提供依据。

四、成果的创新点

本项目针对大跨度变截面隧道组合式浇筑台车进行了研究，取得的主要创新成果如下：

(1) 设置组合式浇筑台车结构，通过标准模块组合适配多高度及多长度隧道断面，利用伸缩杆件与加宽块设计实现多种尺寸规格灵活调整的隧道施工装备，解决大跨度矩形隧道及渐变段施工难题。

(2) 通过固定三角形块、可调丝杠与连接销轴的组合，实现 1/2 拱与 1/4 拱的灵活切换，适配 40-60m 曲率半径的曲线段施工，可快速满足隧道拱形、跨度的动态调整需求。

(3) 通过改进磁致伸缩换能器与压电陶瓷换能器，提出基于声谱分析的无损隧道衬砌隐蔽性缺陷检测技术，实现衬砌脱空高度精准识别与注浆密实度实时监测。