

寒区连续钢箱梁桥施工工艺与关键技术研究

杜鹏 刘满 李晓亮 马永清 唐军

中铁五局集团有限公司城市轨道交通工程分公司 湖南长沙 410001

【摘要】在寒区的特殊环境和极端气候条件影响下，连续钢箱梁桥的施工面临独特的挑战。本论文旨在研究寒区连续钢箱梁桥施工的工艺和关键技术，以确保施工过程中的安全性和稳定性。通过应力和位移监测，分析不同施工阶段的应力和位移变化规律，并提出改进措施和施工控制指标，以优化施工工艺。

【关键词】寒区；钢箱梁；施工技术

1 寒区钢桥施工特点及其关键问题

在寒区进行桥梁施工是一个充满挑战和难点的任务，因为极端的气候条件和地理环境要求施工人员采取特殊的策略和技术。就施工材料和设备方面而言，极寒天气对材料和设备的性能提出更为严格的要求，材料的失效概率和设备的故障概率较常规条件下有明显提高。由于寒区的季节性限制，冬季桥梁施工通常受到诸多因素限制，多数工程需要暂停施工，从而延长工程周期。地基冻结也是寒区桥梁施工的常见问题，这可能导致地基变形和沉降，影响桥梁上部结构施工过程的稳定性。积雪和冰冻河流可能导致桥梁支撑结构的堆积和冰层形成，增加了施工的复杂性。为应对寒区桥梁施工具有独特的特点、挑战和难点，需要施工方采取一系列特殊措施和技术来确保工程的成功完成。有效的规划、管理和合作是应对这些挑战的关键。

特别是对于钢结构桥梁而言，钢材低温冷脆的特性是需要重点考虑的。在较低温度下，钢材的结构和性能会发生变化，使其变得更为脆弱和容易断裂，这一问题主要由以下几个因素导致。首先，低温条件下，钢材的晶格结构会发生显著变化，导致其韧性和延展性降低。这是由于晶格结构的改变限制了位错的运动，使钢材更容易受到应力集中和裂纹扩展的影响。其次，在低温下，钢材更容易通过脆性断裂机制而非塑性变形来破裂，这增加了断裂的风险。最后，由于钢材韧性的降低，应力集中效应更容易导致裂纹的形成和扩展。因此，在设计和工程实践中，必须认真考虑这些问题，并采取适当的措施来减轻钢材低温冷

脆性的影响，以确保结构的可靠性和安全性。除却钢材本身低温冷脆的特性，由于相当一部分的钢桥主梁需要再工厂内进行预制，因此在寒区进行钢桥施工时，还需要考虑材料和设备供应的问题，因为交通受限，运输和供应链管理变得更加复杂。

2 连续钢箱梁桥常见施工工艺及适用性分析

2.1 顶推施工法

顶推施工法是一种用于建造长跨径桥梁的常见施工方法，这种方法能够在施工过程中逐段地推进钢箱梁，将其安装在桥墩上，最终构建出完整的桥梁结构。当完成钢梁段预制并运输至施工现场时，首先使用起重设备将第一个钢梁段吊装到起始桥墩上，并将其精确定位。钢梁段的推进速度要控制得当，以确保安全和稳定。每当新的钢梁段被推进到合适位置后，需要进行精确定位。通过不断地重复推进、定位、连接和固定的步骤，逐段地构建出桥梁上部结构的主体。

2.2 悬臂拼装法

悬臂拼装法是一种用于连续钢箱梁桥的高度工程化的施工方法，依赖于特殊的悬臂机械设备，将梁段逐渐延伸出桥墩一段一段地构建梁体，直至达到设计跨径。在起点和终点之间的桥墩上建立临时支撑结构，通常是钢架或混凝土临时墩台。这些支撑结构将用于悬臂拼装的支撑和临时稳定。从起始段开始，逐渐延伸悬臂，将新的钢梁段与已经安装的钢梁段连接在一起。支撑设备会随着悬臂的延伸不断地调整，以维持整个结构的平衡和稳定。悬臂拼装过程一直持续到主梁达到设计跨径。

2.3 吊装施工法

吊装施工法是一种常用于建造桥梁的方法，完场钢梁预制和前期准备工作后，将吊装设备安装在适当位置，以便能够覆盖整个吊装范围。吊装设备的选择和配置应该满足桥梁的重量和尺寸要求。确保吊装设备和连接装置都处于良好状态。使用吊装设备将钢梁段从地面或临时支撑位置吊装到桥墩上。这通常需要高度的精确度和协调。当钢梁段被吊装到合适位置时，确保它与桥墩和既有的钢梁段连接紧密，符合设计要求。通过不断地重复吊装、定位、连接和固定的步骤，最终完成钢箱梁桥的施工过程。

3 工程概况及施工工艺对比

3.1 工程概况

铁科高速在五常市规划区北侧布线，在河东村和铁西村之间经过，随着嘉临公路五常过境段公路的建成，五常西互通将吉黑高速、铁科高速、嘉临公路及五通公路连接起来。本文所依托工程为AK0+196.61匝道桥，汽车荷载等级为公路—I级，设计基准期为100年。设计安全等级为一级，环境类别为II类。路线于AK0+192.655跨越主线，路线与主线交角 71.4° 。桥梁上部结构采用46+60+46m连续钢箱梁，桥梁全长160.92m，桥宽16.5m。下部采用柱式桥墩、肋板式桥台，钻孔桩基础，桩基按摩擦桩设计。

3.2 钢箱梁常见施工方法对比

对于钢箱梁桥而言，顶推施工法能够有效减少中间支撑的需求，适用于跨越较长距离的桥梁。由于施工主要在桥梁两侧进行，不会对桥下的交通造成严重干扰。从地形条件的适用性来看，顶推施工可适应与包括山区和水域在内的不同地形。顶推施工法也具有其局限性。一方面，顶推设备通常庞大且昂贵，需要专业操作人员；另一方面，顶推施工法高成本和复杂性使得顶推施工在短跨度桥梁上不够经济。悬臂拼装法同样适用于大跨度桥梁的施工，能够满足多数连续梁桥的设计要求。此外可以悬臂拼装法具有较好的可预测性，能够控制施工进度，有助于项目的计划和管理。然而从地形条件角度出发，悬臂拼装法具有有限适用性，并非所有桥梁项目都适合悬臂拼装法，尤其是在地形复杂或限制空间的情况下。在钢箱梁建设过程中应用

吊装施工法能够在很大程度上整合以上两种施工方法的优点。除此之外，吊装施工允许梁段的精确定位，相比以上两种施工方法能够提高桥梁施工准确度和质量。对比上述施工方法特点后，结合本项目依托工程的实际条件，选择吊装施工法中的分段吊装法进行施工，该方法能够很好地发挥以下优点。

(1) 环境适应能力强，能够灵活地处理施工中的难点，减少恶劣环境的影响。

(2) 施工效率高。现场所有的构件平面布置并进行科学分类，泄流条件较好，不会造成钢箱梁节段存储的损坏，有利于提高吊装的效率。

(3) 分段吊装法安全性高。使用分段吊装可以有效减少各节段钢箱梁在吊装过程中水平碰撞等中间部分，减少施工安全隐患，保证了安装施工的稳定性。

4 寒区钢箱梁桥施工监控优化措施及创新点

4.1 寒区钢箱梁施工优化措施

在寒区采用吊装施工法进行连续钢箱梁桥施工，位移和应力的准确测量对于监控桥梁线形至关重要。首先，应在桥梁关键部位布置高精度位移传感器和应力传感器，以实时监测钢箱梁的位移和应力。其次，应采用专业的数据采集系统，以实现自动化数据记录和远程监控。这包括数据采集设备的选型、数据传输通道的可靠性、数据存储和分析系统的建立等方面，以确保实时数据的及时性和完整性。此外，针对寒冷条件，需要考虑温度对钢材性能的影响。因此，应采用适当的温度补偿方法，以校正温度变化对位移和应力测量的影响，以确保数据的准确性。在监控过程中，要建立明确的数据分析和处理流程，包括异常数据的识别、报警机制的设定以及必要的应对措施。异常数据可能表明潜在问题，需要及时处理以确保施工的安全性和桥梁线形的准确性。最后，监控过程应确保数据的可追溯性和合规性。通过合规的传感器布置、数据采集系统的建立、温度补偿、数据分析，可以有效监控寒区连续钢箱梁桥吊装施工的位移和应力，确保桥梁线形的准确性和施工的安全性，这是高标准和高质量工程实施的基础。

4.2 无人机技术在寒区钢箱梁施工监控中的应用

在寒区采用吊装施工法进行连续钢箱梁桥施工，结合无人机技术，我们可以进一步探索创新点和优化措施，以满足工程实践的要求。首先，无人机可以配备先进的传感器，如激光测距仪和多光谱相机，用于检测桥梁结构的微小变形和表面缺陷。通过比对实际数据与设计模型的偏差，可以及早发现潜在的问题，并采取纠正措施。这些传感器还可以实现自动化的结构监测，提供高精度的变形和形状测量数据，有助于确保桥梁线形的准确性。其次，使用无人机进行三维建模和点云扫描，可以创建高度精确的桥梁模型。这些模型可以用于比对实际施工进度与计划进度，以及检查构件的几何形状。此外，它们还可以用于进行有限元分析，评估结构的强度和稳定性，进一步提高监控的精确性和可靠性。

另一个创新点是利用无人机的通信中继功能，提高遥感数据的传输效率和覆盖范围。这可以通过搭建无人机通信网或使用卫星通信链接，确保监控数据能够迅速传输到监控中心，即使在偏远寒区也能实现远程监控。此外，无人机还可用于施工过程的实时协调和规划。它们可以生成施工进度图，指导吊装操作的时机，确保不同施工阶段的顺利衔接。同时，无人机可以协助规划施工设备的布置，以最大程度地减少寒冷环境对施工的影响，从而提高效率和安全性。通过综合利用无人机技术，包括传感器、三维建

模、通信中继、协调规划和数据管理，可以在寒区连续钢箱梁桥施工监控中实现更高水平的创新和优化，以提高工程的安全性、质量和效率。

5 结语

在寒区桥梁建设，特别是钢桥建设中，一定要充分考虑寒区环境特点，为可能出现的各类工程难题做好准备。针对不同的地形条件条件、桥梁跨径和场地条件，必须结合寒区特色，充分对比各类施工工艺之间的优劣，依据实际建设情况选择同时兼顾安全性、适用性和经济性的施工工艺。最后，为确保施工精度，有必要对施工过程进行监控，在信息技术快速发展的趋势下，可以将一些创新性的手段应用于施工监控中，以提高桥梁的施工质量并保证安全性。

参考文献:

- [1] 黄伟修, 邱宇龙, 管峰等. 浅析寒区单索面多塔矮塔斜拉桥施工安全保障[J]. 工程建设标准化, 2021(S1): 68-69+90.
- [2] 张建龙, 骆佐龙, 董峰辉等. 高风速区钢箱梁桥施工过程抗风稳定性分析[J]. 科技导报, 2015, 33(01): 75-80.
- [3] 张彩霞, 郑秀梅, 赵莹莹等. 钢结构在寒区的脆性破坏与保护[J]. 科学咨询(科技·管理), 2011(09): 75-76.
- [5] 李梦琪. 寒区钢桥面沥青混凝土铺装方案探讨[J]. 北方交通, 2019(09): 40-42.