

生态保护视角下森林钢结构廊桥的低造价施工技术研究

文 / 粟忠民 深圳市光明区建筑工务署

摘要：低造价施工技术在森林钢结构廊桥建设中的应用，有助于减少资源浪费和环境污染，推动建筑业的可持续发展。因此，研究生态保护视角下森林钢结构廊桥的低造价施工技术，通过引入桥面吊装设备以减少施工对环境的影响。具体而言，采用分段吊装策略，将连续梁结构拆解为简支梁单元进行独立吊装，并在预设位置进行刚接，确保结构的完整性和稳定性。在铺设临时支撑时，充分考虑地形复杂性与生态敏感性，采用多种垫梁形式以适应不同地面条件，确保施工过程中的结构稳定与生态保护。针对廊桥主梁的拼装与吊装作业，优化施工方案，减少大型吊装设备的使用频率，安全高效地完成主梁的安装。工程结果表明，在森林钢结构廊桥建设中，低造价施工技术有效降低了碳排放量与造价成本，实现了经济效益与生态效益的双重提升。

关键词：生态保护视角；森林钢结构；廊桥施工；低造价施工技术；钢结构工程

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.072

引言

随着全球对环境保护和可持续发展的关注度不断提高，建筑行业，尤其是桥梁建设领域，面临着日益严峻的生态挑战。传统的桥梁建设往往伴随着大量的资源消耗和环境污染，这与当前倡导的绿色施工理念背道而驰。森林钢结构廊桥作为一种新型桥梁形式，以其独特的结构美感和良好的生态适应性，逐渐成为现代城市交通建设和生态旅游开发中的重要选择。然而，如何在保护生态环境的前提下，实现森林钢结构廊桥的低造价施工，是当前亟待解决的关键问题。

当前，森林钢结构廊桥的施工面临着诸多挑战。一方面，森林环境的复杂性和敏感性要求施工过程中必须最大限度地减少对生态环境的破坏。另一方面，钢结构廊桥的施工涉及大量的材料运输、现场拼装和焊接作业，这些环节往往成本高昂且难以控制。因此，如何在生态保护视角下，探索出一套适用于森林钢结构廊桥的低造价施工技术，成为当前研究的重要课题^[1]。

针对上述挑战，本文将深入探讨森林钢结构廊桥的低造价施工技术。通过典型案例的分析，提炼出一套适用于森林钢结构廊桥的低造价施工技术方案。本文的创新点主要体现在以下几个方面：一是提出了基于生态保护的森林钢结构廊桥设计理念，强调在施工过程中要充分考虑对生态环境的影响，并采取相应的保护措施；二是探索了一套低造价的施工技术方案^[2]。

一、工程概况

本工程位于深圳市光明区碧眼水库附近。项目的东西方向分别于新城公园和光明森林公园紧密相接，处于城市边缘山区，山峦起伏，绿树成荫，路况较为复杂等。红桥总长 3.5km，桥宽 5m，柱跨 15m，场地标高从 +29m ~ +130m，设计形式：下部基础桩基加承台形式，桥墩为钢管柱，上部钢结构支架为梁体，混凝土面板为路面。

二、分段吊装——不同环境采用不同的吊装方式

在部分森林茂密区域钢结构廊桥吊装时，首要考虑

的是减轻对环境的影响，为此，引入桥面吊吊装设备。此设备在作业过程中可以大幅削减对森林的破坏以及产生尾气排放，为森林生态提供保护屏障。

在吊装技术的选择上，分以段吊装策略为主。面对结构尺寸与地理位置带来的挑战，采用“自行式桥面吊”的吊装技术，在红桥栈道上部设置轨道作为平台，轨道上部开行运输小车和桥面吊机，运输小车来回接驳运输构件，桥面吊机吊装构件，考虑桥面吊吊重与结构安全，实现钢箱梁节段的定位与组装^[3]。

在安装钢结构廊桥的实践过程中，运用分段安装策略。将原本连续的梁结构巧妙地拆解为若干个简支梁单元，每个单元都具备独立的吊装条件，简化吊装作业的难度。

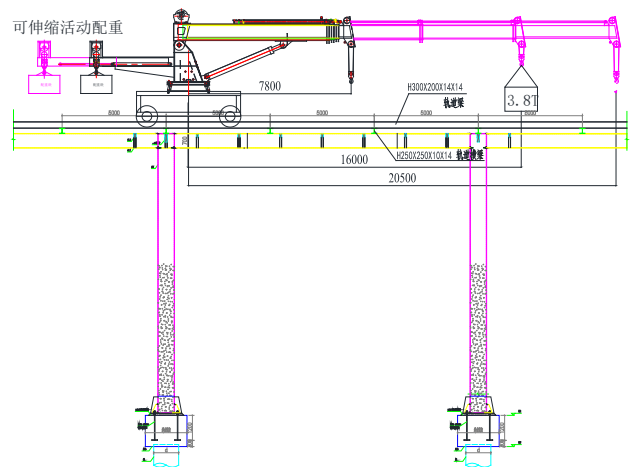


图1 自行式桥面吊机

在吊装过程中，利用选择的吊装设备，分别吊装至预设的指定位置。在吊装到位后，进行刚接作业。刚接是连接两个或多个简支梁单元的关键步骤。采用连接技术和材料，进行刚接，从而形成一个完整的、连续的结构体系。

通过分段安装策略，将原本复杂的连续梁结构拆解

为若干个简支梁单元进行独立吊装，并在预设位置进行刚接，从而形成一个结构完整、稳定可靠的钢结构廊桥。

三、生态友好型临时支撑设置

在森林钢结构廊桥的建设过程中，传统临时支撑方式在实施过程中往往伴随着大量的土方开挖与植被破坏，对生态环境造成了不容忽视的不利影响。鉴于此，本工程在设置临时支撑时，全面融入了生态保护的理念，采用生态友好型临时支撑技术，力求在保障施工安全与结构稳定的同时，最大限度地减少对生态环境的破坏。

为实现这一目标，首先进行选址优化与生态评估工作。在支撑点选址过程中，项目团队进行了详尽的现场勘查，精心规划路线，力求避开生态敏感区域和植被茂密地带，转而选择对生态环境影响较小的区域作为支撑点^[4]。同时，对选定的支撑点进行了全面的生态评估，深入分析其对周边生态环境可能产生的影响，并据此制定了切实可行的生态保护措施。在支撑结构设计方面，注重模块化与轻量化原则。模块化设计使得支撑结构便于快速安装与拆卸，有效减少了施工过程中的土方开挖量。支撑结构由标准节段精心组合而成，可根据实际施工需求进行灵活调整。同时，选用轻质高强材料作为支撑结构的主要材料，不仅减轻了支撑结构的自重，降低了对地基的压力，还减少了对地下结构的潜在影响。

在施工过程中，采取一系列生态保护措施。在支撑点周围设置了坚固的围挡，有效防止了施工过程中的土石散落对周边植被的破坏。施工结束后，及时清理现场，对受损的植被进行了补种与恢复，努力恢复施工区域的生态平衡。此外，在支撑点下方设置完善的排水系统，防止雨水冲刷导致水土流失，并对开挖的土方进行了合理堆放与覆盖，有效减少了扬尘污染。同时，施工期间尽量避免夜间作业，以减少光污染和噪音对野生动物栖

息的干扰，一旦发现野生动物，立即停止施工并采取保护措施。为确保支撑结构的稳定性和安全性，采用高精度测量仪器进行支撑点定位与支撑结构安装，实现了精准施工。在支撑结构使用过程中，还设置多个监测点，对支撑结构的变形、沉降等进行实时监测，以便及时发现并处理潜在的安全隐患。

施工结束后，按照预先制定的拆除方案有序拆除支撑结构，避免因拆除不当而对周边环境造成的二次破坏。随后，对拆除后的支撑点进行全面的生态修复工作，包括植被恢复、土地平整等措施，努力使施工区域尽快恢复原有的生态环境。

四、廊桥主梁拼装与吊装作业

在钢结构廊桥的建设过程中，廊桥主梁的拼装与吊装作业是整个工程的核心环节，其质量与效率直接关系到工程的结构安全及整体施工进度。为应对森林地区复杂多变的地形条件，同时贯彻生态保护理念并实现低价施工目标，本工程采用拼装与吊装技术。

在构件分段与预制环节，严格按照设计要求及吊装设备的承载能力，将廊桥主梁科学合理地划分为多个独立段，并在工厂内完成预制加工。值得一提的是，在预制过程中特别选用环保材料，旨在从源头上减少现场加工量，进而降低施工过程中的噪音与粉尘排放，体现生态保护理念。

拼装流程上，制定详尽的操作规范。构件运抵现场后，按照既定的拼装顺序进行有序摆放，并利用临时支撑架进行稳固固定。借助高精度测量仪器，对构件位置进行精确调整，以确保拼装精度符合设计要求。在拼装过程中，采用临时连接件进行临时固定，待整体拼装完成后，再进行永久性焊接作业。临时支撑架如图2所示。

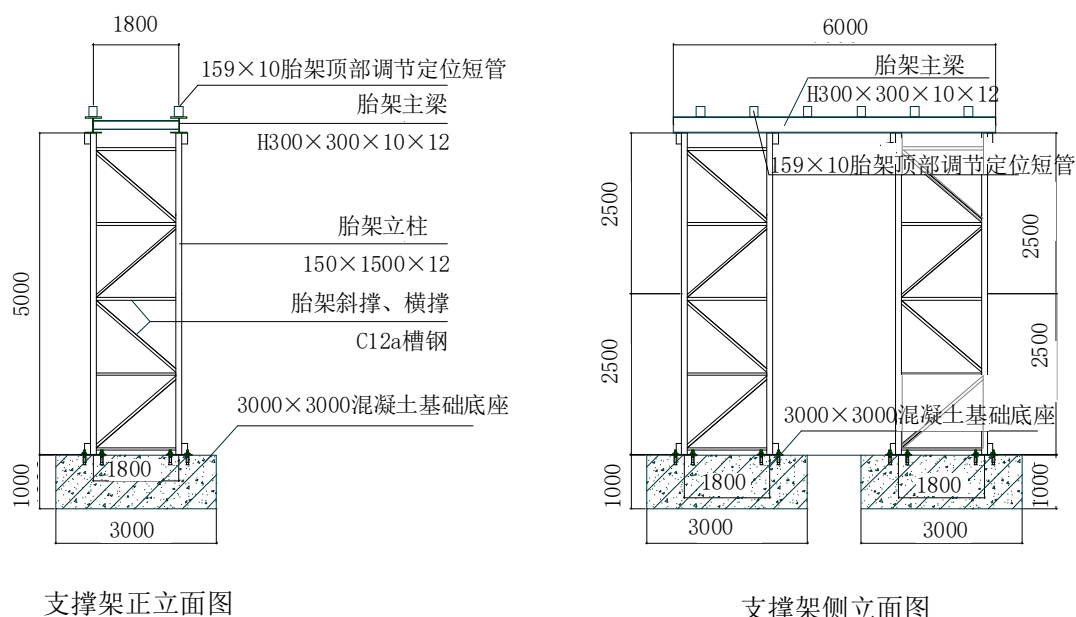


图2 临时支撑架示意图

进入吊装作业阶段，根据森林地区的特殊地形条件与生态保护需求，选用自行式桥面吊机作为主要吊装设备。该设备凭借其卓越的适应性与灵活性，能够在复杂地形中自如移动，且对地面破坏极小，充分满足了我们的施工要求。

在吊装工艺方面，采用分段吊装策略。每段主梁在吊装前，均会进行详尽的荷载分析与工况验算，以确保吊装过程的安全性。吊装过程中，充分利用桥面吊机的

行走与起吊功能，对主梁位置进行精确控制，有效避免了对周围环境的破坏。主梁就位后，立即进行临时固定处理，确保结构稳定，随后再进行永久性连接与焊接作业，最终完成廊桥结构整体安装。

五、实验结果与分析

在本次森林钢结构廊桥的低造价施工中，积极践行生态保护理念，通过优化施工技术和采用环保措施，有效降低碳排放量与造价成本，结果如下所示：

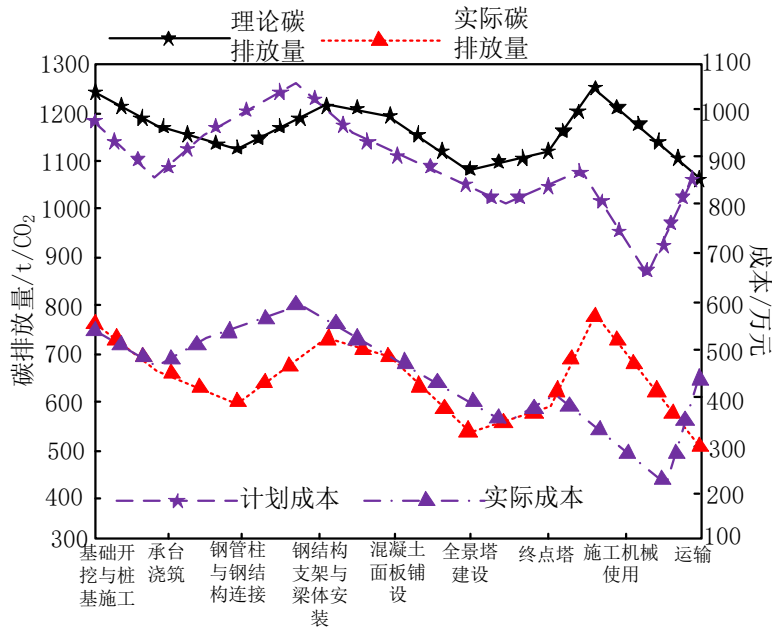


图3 各阶段碳排放量与造价成本

(一) 各阶段碳排放量

从图中数据可以看出，在各个施工阶段，低造价施工的碳排放量均明显低于理论施工值。特别是在基础开挖与桩基施工、承台浇筑、钢管柱与钢结构连接、钢结构支架与梁体安装、混凝土面板铺设等关键阶段，低造价施工通过优化设计和施工工艺，显著减少了碳排放。这充分证明了施工技术生态保护理念的有效性和可行性。

(二) 各阶段造价成本

从图中可以看出，在各个施工阶段，低造价施工的造价成本均明显低于计划施工造价成本。在基础开挖与桩基施工、承台浇筑、钢管柱与钢结构连接等关键阶段，低造价施工通过优化设计方案、选用经济适用的施工工艺，有效降低了造价成本。特别是在钢结构支架与梁体安装、混凝土面板铺设等施工阶段，低造价施工的优势更为突出，成本节约效果显著，实现整体造价的有效控制。

综上所述，低造价施工技术在森林钢结构廊桥工程中具有显著的成本优势，不仅能够提高经济效益，还有助于推动绿色建筑和可持续发展。

结语

本森林钢结构廊桥项目位于深圳市光明区，毗邻自然水域与交通枢纽，地理位置独特且生态环境敏感。项目通过精心设计的廊桥结构，巧妙融合自然景观与现代工程技术，展现了人与自然和谐共生的设计理念。在施

工策略上，本文采取分段吊装与优化施工方案的创新方法，有效应对了复杂地形与环保要求的双重挑战。桥面吊装设备的应用显著降低了施工过程中的生态破坏，保护了森林生态的完整性。同时，分段吊装策略简化了施工难度，提高了施工效率。在设置临时支撑方面，充分考虑了地形复杂性与廊桥构件的重量，采用多种形式的临时支撑系统，既保障了施工安全，又最小化了对生态环境的干扰。廊桥主梁的优化施工方案成功减少了大型吊装设备的使用频率，降低了施工成本，同时维护了生态平衡。展望未来，本项目的成功实施不仅为森林钢结构廊桥的施工提供了宝贵的经验，也为人类与自然环境的和谐共生贡献了更多智慧与力量。

参考文献

- [1] 杨元海, 王斌, 黄卿维. 采用PF-UHPC制备钢混组合梁桥面板施工关键技术[J]. 公路交通科技, 2024, 41(4): 120-131.
- [2] 雷鸣, 徐平安. 复杂海域深水栈桥施工关键技术[J]. 铁道建筑, 2024, 64(10): 88-93.
- [3] 李书兵, 卢皓, 郭仲溪. 大跨梁桁组合结构高铁斜拉桥主梁施工方案比选[J]. 世界桥梁, 2024, 52(4): 48-53.
- [4] 杨律磊, 张谨, 谈丽华, 等. 苏州国际会议酒店大跨度高位钢连廊结构设计[J]. 建筑结构, 2022, 52(20): 112-119+59.