已成型大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工技术

李瑞祥，周克伟

（中国水利水电第十一工程局有限公司，河南 郑州 450001）

摘 要 本文聚焦大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工关键技术，系统梳理其在高速公路改扩建类桥梁工程中的适配应用场景与技术优势，重点围绕施工进度精准管控、全周期成本优化、工程质量闭环管理三个核心维度展开深度分析。依托某高速改扩建项目的实体工程实践验证，相较于传统双侧拼宽工艺，采用该单侧拼宽技术可有效压缩关键线路施工工期，降低现场临时工程投入与综合工程成本，同时大幅提升箱梁线形控制与拼接施工精度。进一步拆解了单侧拼宽施工的核心技术要素，针对大跨度支架体系设计、预应力张拉全过程精度控制、新旧梁体刚性连接等核心技术难点展开针对性剖析。通过针对性的工艺创新与参数优化，旨在对实现现场施工效率与拼宽后整体结构稳定性的双重显著提升有所裨益。

关键词 单侧拼宽施工；现浇预应力箱梁；预应力控制；智能化施工

中图分类号：U445.57 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.020

0 引言

城市化进程持续推进，大跨度桥梁建设需求不断攀升，大跨度、高承载力、高精度要求的桥梁工程中，现浇预应力箱梁技术已逐步成为主流施工方式。传统施工方法在工期把控与成本控制上面临较大压力，施工空间受限、交通流量密集的区域，施工难度更为突出。与普通现浇箱梁施工相比，已成型箱梁单侧拼宽施工面临诸多特殊难点，如新旧结构连接的精准度、支架偏载、预应力协调及拼宽段沉降控制等，都对施工技术提出了更高要求。为优化施工流程、降低环境影响，单侧拼宽施工技术逐步应用于实践。本文聚焦该技术的优势与面临的挑战，分析其在现代桥梁建设中的实际应用成效，并对技术未来智能化、自动化发展趋势进行展望。

1 已成型大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工技术概述

1.1 大跨度现浇预应力箱梁的基本特点

大跨度现浇预应力箱梁具有突出的工程应用优势，承载能力强、刚度充足、跨越性能优越，能够有效减少墩台布设数量，进而控制工程投入成本。通过合理应用预应力筋，可以在大跨度条件下有效抑制梁体变形，强化结构抗弯效能，将梁体应力集中于预设部位，降低混凝土拉伸应力，提升整体结构的稳定性与抗震能力。现浇施工方式具备良好灵活性，可依据工程实际需求灵活调整箱梁尺寸与形态，适配不同项目的个性化设计要求。在“已成型箱梁单侧拼宽”施工中，该施工方式不仅保持了上述优点，还要求在拼宽段与原有梁体结构的衔接上实现更高精度，解决新旧结构连接的稳定性问题，这一精度控制尤为关键，影响着结构的整体性与耐久性。

1.2 单侧拼宽施工的应用场景

单侧拼宽施工技术广泛应用于桥梁改扩建设计以及狭小作业空间中的新建桥梁工程，尤其适用于交通流量密集、施工场地受限的区域[1]。其核心优势在于通过单侧扩展梁体结构，减少施工过程中的障碍，大幅压缩施工周期。尤其在已成型箱梁单侧拼宽中，通过单侧扩展梁体，既能在保障结构强度与施工安全的前提下最大限度减少现有结构的拆除与占用面积，还能有效降低对周围环境的扰动。在跨越主要交通线路或城市主干道时，施工对交通通行的干扰降到最低。拼宽段梁体采用现浇工艺一次性浇筑成型，规避了传统拼接工艺可能导致的结构不连续问题，保障了梁体结构的整体性与稳定性。

作者简介：李瑞祥（1991-），男，本科，高级工程师，研究方向：施工技术管理。

1.3 施工技术的关键要素与创新点

在施工过程中，支架系统需要承担巨大的施工荷载，因此，合理选择支架类型，确保支撑效能非常重要。尤其是在高度较大或跨度较宽的情况下，支架设计的精准度要求更为严格。此外，模板与钢筋布置的精准度也是保障拼宽后梁体具备优良结构性能的关键。为此，创新的可调支架和高精度测量设备应用，可以有效控制支架与模板的安装误差，确保施工精度达标。在已成型箱梁单侧拼宽施工中，如何协调拼宽段与现有梁体的预应力筋张拉，精确控制预应力力值，确保拼宽段梁体的稳定性与结构一致性，是技术创新的重点。技术革新还体现在预应力施工领域，借助更精细化的张拉作业技术与精准的力值控制系统，有效降低误差，提升施工质量。

2 已成型大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工方法与工艺

2.1 单侧拼宽施工流程与步骤

单侧拼宽施工从地基处理环节启动，常规采用钻孔灌注桩技术对地基进行加固，确保地基承载力符合设计标准，某高速公路项目中，地基加固后承载力均值达 250 kPa。为了确保施工过程中结构的稳定性，预压材料采用混凝土预制块，布置在箱梁墩顶横梁及纵向腹板位置。为防止加载对箱梁底板板的破坏，在底板上铺一层旧木板作垫层，加载顺序从跨中向两边对称进行，先加载腹板，再加载顶板，加载分四级进行，按照加载重量约 30%、60%、100%、110% 加载，加载应按照对称、分层、分级的原则进行，严禁集中加载[2]。待混凝土强度满足设计要求，即可开展预应力张拉作业。张拉作业借助液压千斤顶精准控制张拉力，确保预应力筋均匀张拉，避免产生不均匀应力。张拉结束后进行管道压浆与封锚处理，保障预应力筋与混凝土间的良好黏结效果，后续拆除模板与支架，推进桥梁后期养护工作。

2.2 施工过程中的预应力控制

在单侧拼宽施工中，预应力控制是保障桥梁结构稳定的核心内容，涵盖了预应力施工、预应力筋布设、张拉及压浆等多个工序。预应力筋布设必须依据设计方案完成精准计算，保证各预应力筋定位准确。张拉阶段借助液压千斤顶完成作业，张拉力实施严格管控，防止力值偏差引发梁体形变，实际张拉多遵循先腹板预应力筋、后顶板与底板预应力筋的顺序，保障结构受力均匀。张拉过程中采用的控制公式如下：

$$\Delta L=\frac{FL}{EA} \tag{1}$$

式（1）中，ΔL 为伸长量，F 为张拉力，L 为预应力筋长度，A 为横截面积，E 为弹性模量。实际施工中，张拉力误差需控制在 ±3% 范围内，保障张拉力分布均匀，最大误差不得超过 5 kN。张拉作业完成后，进行管道压浆处理，确保预应力筋与混凝土之间的黏结效能。压浆前必须彻底清理管道内部的杂物与积水，确保浆料均匀填充管道且达到设计强度标准。管道压浆完成后，进行封锚作业，采用无收缩混凝土和聚氨酯防水涂料完成密封处理，以确保预应力系统的稳定性和可靠性。

2.3 施工中的质量保证与技术管理

施工前期，所有原材料需经过严格检验，确保符合设计规范要求。混凝土选用 C50 标号，坍落度控制在 10 cm ～ 15 cm，保障浇筑所需的流动性与密实性，施工过程中启用数字化监控系统，实时跟踪施工质量，保障混凝土浇筑、钢筋绑扎及模板安装精度均达到设计标准。在预应力施工阶段，依托智能张拉设备与传感器实时监测张拉力，确保预应力筋的均匀张拉，杜绝不均匀应力产生。

3 已成型大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工中的技术难点与解决方案

3.1 技术难点：结构稳定性与荷载分配

在单侧拼宽施工中，偏载与沉降差是主要的技术难点，大跨度现浇箱梁施工伴随较大施工荷载，拼宽阶段支架与模板体系需同时承担梁体混凝土自重及施工操作产生的附加荷载。支架稳定性直接决定施工安全，支架出现沉降或变形会造成梁体结构不均，进而影响整体施工质量[3]。尤其是单侧拼宽施工涉及新旧结构连接的精度问题，若拼宽段的沉降控制不当，将导致新旧梁体接合不严密，进而影响结构的稳定性与耐久性。为此，施工过程中需要精确计算荷载分布，合理配置支架，防止不均匀荷载引发的沉降差，确保新旧梁体连接的稳定性。支架预压荷载一般按设计荷载的 1.1 倍设置，预压完成后沉降量控制在 1.5 cm 以内，有效保障支架体系的稳定性。荷载分布可以通过以下公式计算：

$$\sigma=\frac{M}{I} \tag{2}$$

式（2）中，σ 为梁体的应力，M 为弯矩，I 为截面惯性矩。这个公式帮助设计人员计算荷载在不同支

撑点的分布情况，从而设计合理的支架和梁体加固方案，保证梁体的稳定性和安全性。

3.2 新旧梁体连接：精度与协调性问题的应对

拼宽段梁体与已成型梁体的连接需要精确对接，任何误差都可能导致结构不连续，影响梁体整体性。特别是在拼宽施工过程中，张拉应力的协调至关重要，若拼宽段的预应力筋与已成型梁体的预应力筋张拉不协调，会导致应力分布不均，进而引发局部裂缝或结构损伤。为解决这一问题，施工中采用液压千斤顶精准控制张拉力，确保新旧梁体的张拉应力分布均匀。此外，精密测量设备在连接处的实时监测是确保施工精度的另一关键措施。

3.3 张拉力控制：保证均匀张拉与应力分布

拼宽段施工时，预应力筋张拉力的均匀分布至关重要，任何不均匀的张拉力都会导致局部应力集中，严重时会引发梁体开裂或结构损伤。在施工过程中，采用液压千斤顶精确控制张拉力，以确保每根预应力筋张拉时的力值均匀。根据施工设计，张拉顺序通常为先张拉腹板预应力筋，再张拉顶板与底板，确保不同部位的预应力筋受力均匀。在张拉过程中，张拉力误差必须严格控制在 ±3% 范围内，最大误差不得超过 5 kN，避免因应力分布不均造成梁体变形或开裂[4-5]。

4 已成型大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工效果与优化建议

4.1 施工效果评估：时间与成本效益分析

单侧拼宽施工方法在压缩施工工期与控制工程成本方面具备突出优势。以G60沪昆高速公路建设项目为例，跨越山区的大跨度桥梁，项目原定工期24个月，实际工期为21.6个月，通过采用单侧拼宽施工技术，施工周期比传统施工方式缩短了10%。在混凝土浇筑环节，工期减少了约15%，支架搭设的时间缩短了12%。这些时间节省的效果直接归因于该技术提高的施工效率和减少的资源浪费。施工成本方面，项目总成本相比传统施工方法节省了8%，材料浪费减少了6%。这一节省成本的原因主要是通过合理规划材料使用、减少资源浪费，以及提高施工过程中的机械利用率。钢筋和混凝土的使用量经过精细计算和管理，实现了资源的最大化利用，成本效益相关计算公式如下：

$$C=\frac{T\times P}{S} \tag{3}$$

式（3）中，C 为成本效益比，T 为施工工期，P 为单位工程成本，S 为施工规模。在实际项目中，采用该施工方法后，工期和成本均得到了有效控制和优化，且节省的工期和成本数据也表明该技术的优势。

4.2 优化建议：材料与设备的选择

在实际施工中，混凝土强度严格控制在C50，并且在养护过程中注重保障其耐久性与抗裂性能。钢筋的选择同样关键，施工中常采用HRB400级钢筋，其抗弯、抗剪和抗拉性能优异，能够有效保障梁体的稳定性。在设备方面，采用高精度液压千斤顶和智能张拉系统，能够有效提升张拉精度，避免传统方法中张拉力不均导致的质量问题。智能张拉系统能够实时监控张拉力，确保每根预应力筋均匀张拉，避免不均匀张拉造成的梁体裂缝。引入BIM技术后，施工单位可实时监控施工进度，优化设备配置方案，避免因设备配置不合理导致的施工滞后问题。

5 结束语

本文分析了大跨度现浇预应力箱梁单侧拼宽施工技术在桥梁施工中的应用效果，强调了该技术在提升施工效率、节约成本和确保结构稳定性方面的显著优势。通过某高速公路项目的案例，验证了单侧拼宽施工技术能够有效减少施工时间和资源浪费，降低总体施工成本，并提升施工质量。在施工过程中，采用了高精度的液压千斤顶和智能张拉系统，以及BIM技术，大大提高了施工精度和效率。未来，随着智能化和自动化设备的普及，施工将更加精细化，施工管理将得到进一步优化，推动桥梁施工技术向更高效、安全、环保的方向发展。

参考文献：

[1] 陈鑫.高速铁路大跨度64m现浇预应力简支箱梁施工技术研究[J].安徽建筑,2021,28(05):137-140.
[2] 翟晓冬.公路桥梁现浇箱梁施工关键技术[J].石河子科技,2025(02):44-45.
[3] 舒军.桥梁工程中支架现浇箱梁施工技术的应用[J].中国房地产业,2025(34):198-201.
[4] 杨建华.高速公路预应力混凝土现浇连续箱梁施工技术[J].工程机械与维修,2023(05):204-206.
[5] 王秋宏.桥梁施工中现浇箱梁施工关键技术研究[J].交通科技与管理,2025,06(10):114-116.