

现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工技术

郑斌文

(四川公路桥梁建设集团有限公司机械化施工分公司, 四川 成都 610000)

摘 要 现浇钢筋混凝土连续箱梁因结构稳固、适应性强以及较长使用寿命成为桥梁工程中的常见选择。预应力技术能够增强梁体抗弯、抗剪能力, 改善受力性能并延长使用寿命。预应力施加过程中应合理规划操作, 其张拉顺序、应力分布及施工工艺决定整体工程质量与安全性。本文探讨了现浇钢筋混凝土连续箱梁预应力施工技术实施要点, 重点分析了在施工过程中涉及的张拉技术、应力监控手段、施工精度控制等方面的创新方法, 以期提升结构性能及施工效率提供参考。

关键词 现浇钢筋混凝土连续箱梁; 预应力施工技术; 模板施工; 钢筋加工

中图分类号: TU755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.12.016

0 引言

现浇钢筋混凝土连续箱梁作为现代桥梁工程的重要组成部分, 能够确保箱梁结构稳定性及承载能力, 是现代桥梁工程实施的关键。引入预应力技术优化梁体受力状态, 能够提升其性能, 在延长使用年限及抗裂性能方面展现出独特优势。预应力施工过程中涉及控制张拉力、施工精度及应力分布等技术难题, 需精细化操作才能最大程度发挥预应力效用。这一问题中, 施工过程中施加高效精准预应力已成为当下研究实践的核心方向。

1 现浇钢筋混凝土连续箱梁的设计与施工特性

在设计上, 由于连续箱梁通常具有较大跨度及复杂结构形式, 采用钢筋混凝土材料能够保证结构强度及稳定性。箱梁纵向长度及横截面在实际设计中需考虑车辆荷载、温度变化、风力等多方面因素影响。现浇钢筋混凝土连续箱梁施工过程复杂且精细, 涉及搭设模具、绑扎钢筋、混凝土浇筑等多个环节。混凝土浇筑也需控制高度精准, 过快或过慢都会对最终结构产生影响。混凝土浇筑后需进行合理养护, 确保其稳定强度及硬化过程, 避免因外界温度或湿度变化而造成结构裂缝。

2 现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工措施

2.1 场地准备与地基强化措施

地基承载能力直接影响整个结构的稳定性, 预应力施工技术在此过程中需优化梁体变形特性及抗力分布。土壤密实度、湿度等因素对地基承载力有重要影响, 在桥梁建设中, 预应力技术能精确控制预拉力, 抵消部分不均匀沉降及变形。在现浇钢筋混凝土连续箱梁

设计及施工中, 预应力技术合理配置钢筋能缓解地基不均匀沉降所带来的应力集中现象, 让结构在长期荷载下保持稳定。预应力施工技术结合钢筋混凝土的物理特性, 得以优化施工中的应力分布, 使得梁体的受力更加均匀^[1]。预应力施加后钢筋及混凝土之间协同作用使得结构在使用过程中更加稳定, 能够应对外部荷载或环境变化所带来的压力。

例如: 在现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工中, 可以采用硬化场地及支架预压方式, 施工团队在硬化场地准备过程中, 依照预设标高, 用粘性土填充整个预制场范围, 这一基础性工作为后续施工打下坚实的地基基础。粘性土作为主要填料, 在填充至目标标高后, 充分应用推土机进行平整, 以保证场地均匀性及平整度。推土机将填料推至设计标高后, 采用振动压路机进行碾压, 借助多次碾压, 使场地达到所需的密实度, 为预应力施工创造条件。密实场地基础在后期承载能力测试中, 能分散预应力施加时的集中应力, 避免因场地软弱导致沉降变形。接下来, 施工人员铺设 10 cm 厚的级配砂砾垫层, 在砂砾垫层之上浇筑 C20 混凝土硬化地面。砂砾层可以增强地面稳定性, 确保后续混凝土均匀受力, 同时, 硬化地面为后续设备安装及施工作业提供强有力的支撑。合理进行砂砾层施工能够隔离地面及混凝土之间的直接接触, 避免湿气对混凝土结构造成负面影响, 从而确保结构长期稳定性。

除此之外, 支架预压过程中, 施工人员对已安装的支架进行预压试验。此过程核心在于检验地基承载能力及支架稳定性。预压试验是根据支架尺寸及支撑要求, 在每跨的 $L/2$ 、 $L/4$ 以及墩部的关键位置设置多

个观测点，精确掌握地基及支架受力后的变形情况。试验阶段，施工团队持续监测预压过程中地基及支架的综合变形情况，记录数据并进行详细分析，确保支架及地基的适应性及安全性。整个场地准备地基强化过程中，施工人员以精准的施工步骤确保预应力施工中地基稳定性。施工方法中每一步，都紧密依托科学的地基力学理论，严格执行现场管理标准及规范要求，确保施工过程中每一环节都达到设计要求。合理应用机械设备材料，施工人员能够确保场地压实度及硬化地面强度，为连续箱梁的预应力施工提供坚实物理基础。预压过程则确保支架在长期负载作用下的稳定性，避免由于地基不均匀沉降或支架不稳定造成施工风险。采用严密观测及数据分析，施工人员能对支架变形情况进行准确预测，从而实现有效工程调整。

2.2 模板施工与精准安装检测

在现浇钢筋混凝土连续箱梁施工中，模板施工不单是一个物理的支撑过程，更要求施工人员对模板安装进行全程精细管理及精准测量。模板安装过程中，施工人员必须严谨检查每一个连接点稳固性及模板平整度，确保在混凝土浇筑过程中不会发生形变、位移或扭曲，避免影响最终结构形态及力学性能。若模板位置、尺寸或形态偏差过大，可能导致后续施工中的不合格问题（如表 1 所示）。因此，模板每一项关键技术参数都需严格符合设计要求，任何微小偏差都可能导致工程质量无法得到保障，甚至影响到施工后的使用寿命^[2]。对于现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工，模板安装精度直接影响到钢筋及混凝土协调性，进而决定预应力施加效果。

例如：在现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工中，可以采用钢筋绑扎及预应力筋安装方式，在模板施工阶段，施工人员在模板安装阶段采用精密定位技术，确保模板位置及设计图纸误差不超过 1 mm，并利用全站仪以及激光水平仪进行高精度定位，确保模板在每个

接触面上的尺寸公差控制在 ± 2 mm 以内。钢筋绑扎过程严格按照施工图要求进行，钢筋直径及规格严格按设计要求选取，主筋直径为 $\Phi 32$ mm，箍筋为 $\Phi 12$ mm，并且每米钢筋的误差控制在 ± 5 mm 以内。在预应力筋安装过程中，施工人员运用预留孔道将预应力筋精确穿入，孔道的中心线偏差控制在 2 mm 范围内，确保每根预应力筋的铺设位置跟设计图纸完全一致。预应力筋张拉力度需严格按照设计要求进行，采用张拉机进行张拉，张拉力一般为 1 500 kN，张拉精度应控制在 $\pm 2\%$ 以内。经过多次精密测量核对后，施工人员将进一步利用激光测距仪对每一处节点进行检查，确保结构形状及尺寸符合设计要求。

在模板施工与钢筋绑扎完成后，施工人员继续利用高精度的检测仪器对已安装的预应力筋进行实时监控，确保其位置不发生任何误差。利用水平仪、激光测距仪等工具，施工团队对各个接头、节点以及安装部位进行逐项核对。精准操作每一个环节，为后续预应力施加提供必要条件。此外，对预应力筋的张拉过程进行实时监控，确保预应力筋的张拉力度达到设计要求，使得钢筋混凝土结构在受力情况下达到最佳的力学状态。每一环节操作都严格按照规范要求进行，模板施工及钢筋绑扎密切配合，确保现浇钢筋混凝土连续箱梁的结构性能。

2.3 钢筋加工与精确定位安装

在现浇钢筋混凝土连续箱梁预应力施工过程中，钢筋加工及安装关系到梁体强度与稳定性，直接影响预应力的施加效果。在这一过程中，精确控制每根钢筋形状、尺寸、位置及布置是实现结构设计要求的关键。特别是在预应力施工中，钢筋定位及安装直接影响后续张拉过程及梁体的长期性能^[3]。梁体每根钢筋，重点是预应力筋，都应严格按照设计图纸要求进行加工，任何偏差都可能影响整体结构受力状态及安全性。钢筋加工精度是影响施工质量的首要因素，特别是当涉

表 1 模板施工与精准安装检测

项目	内容	具体要求	检测方法
模板安装	安装模板，确保其位置和形状符合设计要求	模板接缝严密，模板安装牢固，确保无位移	精密测量工具检测模板的位置和形状，确保符合设计要求
钢筋绑扎	钢筋的绑扎与固定	钢筋位置准确、数量符合设计要求，特别是预应力筋的布置和固定	使用钢筋定位架及测量仪器检测钢筋位置，确保钢筋固定无误
预应力筋布置	预应力筋的安装	预应力筋位置、数量、固定方式与设计一致	使用激光水平仪、钢尺等精密工具进行定位，确保预应力筋固定准确
精度检测	对模板、钢筋和预应力筋的布置进行精度检测	模板、钢筋、预应力筋位置误差控制在设计容差范围内	使用全站仪、激光测距仪等工具进行精度检查

及高精度预应力筋时^[4]。这些预应力筋在安装时需要穿越多个孔道并进行固定,任何微小误差都可能导致力的分布不均或张拉时出现偏移,从而影响整体受力平衡。

例如:在现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工中,可以采用绑扎钢束定位筋及波纹管固定的方式。在施工过程中,施工团队依据每根钢束的尺寸与张拉要求,在钢筋框架上对每个钢筋位置进行精准定位。普通钢筋框架绑扎完毕后,依据设计图纸对钢束的坐标进行精确测量并在骨架的箍筋上划线标记,随后运用点焊方法将定位筋固定。接着,在定位筋上绑扎跟钢束相连接的导向筋,确保每根预应力钢束都处于理想位置,避免在后期混凝土浇筑时出现偏移变形。借助这种精准钢筋绑扎及定位方法,施工人员可以保证结构力学性能前提下,实现更为精准预应力传递及结构稳定性。

此外,精确安装钢筋不局限于钢束绑扎,固定波纹管同样需要在施工中精细操作。施工人员根据设计要求固定波纹管,避免其在浇筑混凝土过程中发生位移。直线段的波纹管,每 100 cm 配置一个固定装置,而在曲线段上,则依据施工条件加密固定点,每 50 cm 就有一个新的固定点。此外,波纹管接头部位密封性要求极为严格,施工团队采取密封措施,确保接头处的密封性,防止漏浆现象的发生。在这种精确施工控制下,波纹管通道位置得以准确保持,从而保证预应力筋在混凝土浇筑及后期张拉过程中,能均匀传递预应力,确保结构稳定性。所有施工步骤均在严格质量标准下进行,施工误差控制在 ± 5 mm 以内,良好结合混凝土及预应力筋,为后续结构使用提供坚实基础。

2.4 预应力系统布局与关键节点把控

在现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工中,预应力系统运用合理钢筋布置及精准的张拉工艺,将外部荷载转化为内部应力,能提高结构承载力及抗变形能力。在连续箱梁施工过程中,布置预应力钢束需要紧密配合梁体受力特点,合理分配各段预应力筋的配置、数量、张拉顺序及力值,直接影响到箱梁使用寿命及结构整体稳定性。合理预应力布局能够减少结构挠度及裂缝,确保结构在长期荷载作用下依然具备足够强度^[5]。

在现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工中,可以采用布置预应力系统及支座。施工过程中,施工人员依据设计要求进行精确布置预应力筋,考虑跨度、荷载及交通需求等因素。例如:某桥梁的跨度达到 45 m,每联桥墩采用 10 个支座,箱梁顶板宽度 3.0 m,底板

宽度 2.5 m,翼板厚度 30 cm,腹板厚度 20 cm。钢束布局需要保证每个位置预应力束能够均匀传递结构荷载,特别是在后张法施工中,钢束必须借助预埋的金属波纹管成孔,确保钢束锚固面垂直于钢束方向,从而有效避免应力集中。此外,布置预应力筋要求每个横向钢筋及纵向钢束组合能适应设计所需的力学要求,顶板、底板及翼板分别布置横向或纵向预应力束,确保力学性能的平衡稳定。

在布置支座的时候施工团队依设计要求将纵向固定支座设置在每联桥墩位置,若纵向水平力超出支座承载能力,还需采用多个纵向固定支座进行补充,且每个墩台位横向支座必须设置完备,保障结构整体稳定性。在预应力钢束的张拉过程中,控制张拉力尤为严格,采用张拉力及引伸量双控方式进行操作。在某桥梁中,张拉时控制张拉力的偏差范围在 $\pm 6\%$ 之内,实际伸长量需跟理论值保持一致,从而确保结构稳定性及预期变形。在压浆及封锚阶段,施工人员可采用低压均匀压浆方式,将水泥浆压入预应力孔道,以确保孔道充盈并排除任何空隙,防止水泥浆泌水及漏浆现象。在此过程中,压浆压力通常控制在 0.2 ~ 0.4 MPa,确保水泥浆的充分饱和,避免长期使用中的孔道腐蚀。

3 结束语

现浇钢筋混凝土连续箱梁的预应力施工技术作为现代桥梁工程重要组成部分,已成为桥梁建设领域中不可或缺的技术手段。其有效的预应力施工方案能提升结构承载能力,在保障施工安全质量同时,推动桥梁工程可持续发展。未来工程建设中,对施工过程全面控制及精确调度,能进一步提高施工效率质量,实现更高层次的工程精度。在新技术日新月异发展背景下,预应力施工技术必将继续演变,以满足日益复杂的桥梁建设需求。

参考文献:

- [1] 邱杰. 现浇混凝土连续箱梁后张法预应力张拉施工技术[J]. 汽车周刊, 2025(03):105-107.
- [2] 范冀哲. 公路双层预应力钢筋混凝土现浇箱梁桥施工技术[J]. 工程机械与维修, 2024(06):133-135.
- [3] 周磊. 支架现浇预应力混凝土连续箱梁施工关键技术[J]. 设备管理与维修, 2024(10):187-190.
- [4] 李旭鹏. 现浇预应力混凝土连续箱梁施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2024(08):103-105.
- [5] 曾贞. 现浇预应力钢筋混凝土连续箱梁桥梁施工技术[J]. 运输经理世界, 2024(12):106-108.