高墩连续梁挂篮悬臂浇筑工序质量控制要点

杨海波

（四川省铁路建设有限公司，四川 成都 610071）

摘 要 高墩连续梁挂篮悬臂浇筑施工是大跨度桥梁建设中广泛应用的施工方法，具有墩高较大、高空作业多、线形控制难度大等工程特点，工序复杂、技术要求高、安全风险大，施工质量直接关系到桥梁结构安全和使用寿命。本文从高墩连续梁工程特点与挂篮悬臂浇筑质量控制要求出发，概述了挂篮构造选型、悬臂浇筑流程、0号块施工、挂篮拼装预压等施工工艺，从钢筋与预应力管道安装、混凝土浇筑养护、预应力张拉压浆、挂篮走行与线形控制等关键工序提出系统质量控制要点，以期为高墩连续梁悬臂浇筑施工质量控制提供参考。

关键词 桥梁施工；高墩连续梁；挂篮；悬臂浇筑；混凝土浇筑

中图分类号：U445 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.28.031

0 引言

随着我国铁路和公路建设向山区延伸，高墩大跨度连续梁桥梁数量不断增加。挂篮悬臂浇筑法因其无需搭设满堂支架、不受地形和水深限制、施工适应性强等优势，成为高墩连续梁施工的主要方法。然而，悬臂浇筑施工工序多、技术复杂，涉及挂篮设计安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑、预应力张拉、挂篮走行等多个环节，任何一道工序质量控制不到位都可能影响梁体结构安全和线形精度，甚至引发安全事故。因此，系统研究高墩连续梁挂篮悬臂浇筑工序质量控制要点，对保障桥梁施工质量和结构安全具有重要的工程意义。

1 高墩连续梁挂篮悬臂浇筑质量控制难点

挂篮悬臂浇筑法的基本原理是利用已浇筑完成的梁段作为承重基础，通过挂篮逐段向跨中方向悬臂浇筑混凝土，每浇筑一个梁段并完成预应力张拉后，挂篮向前移动一个节段，循环往复直至合龙。这种施工方法不需要搭设满堂支架，不受桥下地形和水深限制，特别适合高墩大跨连续梁施工，但也带来了一系列质量控制难点。

梁段线形控制是首要难点。悬臂浇筑过程中，梁体标高受挂篮弹性变形和非弹性变形、混凝土自重、预应力张拉伸长量、温度变化、混凝土收缩徐变等多种因素耦合影响，任何一个因素考虑不周都会导致立模标高偏差，最终影响合龙精度和成桥线形。高墩条件下，墩身的水平位移和压缩变形也会叠加到梁体标高变化中，进一步增加了线形预测的难度。

混凝土浇筑质量控制是另一难点。变截面箱梁钢筋密集、预应力管道纵横交错，腹板与底板交接处、齿板附近等部位混凝土下料和振捣困难，易出现蜂窝、麻面、孔洞等缺陷。

预应力施工质量控制同样不容忽视。悬臂浇筑梁段预应力束数量多、空间曲线复杂，管道定位偏差会导致预应力损失增大，张拉力和伸长量双控不严格则可能出现预应力不足或超张拉，直接影响梁体结构安全。挂篮行走安全管控也是质量控制的重要环节，行走过程中挂篮倾覆、锚固失效、不同步偏载等风险均可能引发安全事故和质量缺陷。这些质量控制难点相互交织，要求施工单位建立覆盖各工序的全过程质量管控体系，确保每个环节都处于受控状态。

2 高墩连续梁挂篮悬臂浇筑施工工艺

2.1 挂篮构造与选型

挂篮是悬臂浇筑施工的关键设备，其性能直接关系到施工安全和质量。菱形桁架式挂篮是目前应用较为广泛的挂篮形式，主要由主桁架、锚固系统、行走系统、底模平台、侧模、内模、工作平台等部分组成。菱形桁架式挂篮具有结构受力明确、自重较轻、刚度较大、行走方便等优点，适用于大跨度连续梁悬臂浇筑施工。挂篮设计承载力按最大梁段重量的1.2倍考虑，主桁架采用型钢焊接组合截面，前后锚固点利用箱梁竖向预应力筋或精轧螺纹钢筋锚固，确保挂篮施工安全。

挂篮选型应综合考虑梁段重量、梁体截面尺寸、施工工期、现场条件等因素，优先选用自重轻、刚度大、

作者简介：杨海波（1986-），男，本科，工程师，研究方向：铁路工程与公路工程。

操作方便、安全可靠的挂篮形式。挂篮加工完成后应进行试拼和荷载试验，确保挂篮性能满足设计要求。

2.2 悬臂浇筑施工流程

挂篮悬臂浇筑施工遵循固定的工艺流程，每个梁段的施工流程为：挂篮就位调整→底模、侧模安装→底板及腹板钢筋绑扎→预应力管道安装→内模安装→顶板钢筋绑扎→混凝土浇筑→养护→拆模→预应力张拉→孔道压浆→挂篮走行→进入下一节段施工。各工序之间衔接紧密，前道工序质量不合格不得进入下道工序，形成闭环质量管理。

2.3 0号块施工

0号块作为连续梁悬臂浇筑施工的关键初始节点，位于桥墩顶部区域，既是后续节段施工的前提基础，又是确保工程质量的核心控制要素。该构件因结构高度较大、截面形式多样以及内部钢筋和预应力管道密集分布等特点，在混凝土浇筑过程中面临诸多技术难题，包括体积庞大且工艺复杂等问题。通常采用托架法进行0号块的施工，首先在墩身部位预埋牛腿并搭建型钢托架形成作业平台；随后实施静载预压试验，以此消除非线性效应的影响，并精确获取结构弹性沉降参数[1]。

0号块钢筋绑扎应严格按设计图纸施工，注意钢筋间距、保护层厚度、接头位置等质量要求，预应力管道定位要准确，采用定位钢筋固定管道位置，避免管道移位或变形。0号块混凝土方量大，宜采用分层浇筑、分层振捣的方法，每层厚度不超过30 cm，注意腹板与底板交接处、预应力管道密集处等部位的振捣密实，避免出现蜂窝麻面。同时混凝土浇筑完成后及时养护。

2.4 挂篮拼装与预压

挂篮拼装在0号块顶板上进行，拼装前应对0号块混凝土强度、预埋件位置、锚固系统进行检查，确认满足挂篮拼装条件。拼装过程中应严格按照挂篮设计图纸和操作规程施工，各连接螺栓、销轴安装到位，锚固系统牢固可靠，安全防护设施同步安装。

挂篮拼装完成后必须进行预压试验，预压荷载按最大梁段重量的1.1倍考虑，采用沙袋或水箱分级加载，预压加载分级及观测要求如表1所示。

表1 挂篮预压加载分级及观测要求表

加载级别	加载比例	持荷时间	观测内容	合格标准
第一级	50%	30 min	主桁架变形、底模挠度	变形均匀、无异常
第二级	80%	30 min	锚固系统、节点连接	锚固可靠、节点无松动
第三级	100%	60 min	整体变形、焊缝检查	总变形在设计允许范围
第四级	110%	120 min	最大变形、结构安全	无塑性变形、结构安全
卸载	0%	30 min	残余变形测量	残余变形为非弹性变形

3 高墩连续梁挂蓝悬臂浇筑工序质量控制要点

3.1 钢筋与预应力管道安装质量控制

原材料进场时要认真核对质量认证文件，按照现行国家标准或者行业标准进行力学性能检验，检验合格后方可使用。钢筋加工宜在专业化的预制场统一进行。绑扎作业应按照自下而上的顺序依次进行，即先底板、再腹板、后顶板，综合使用间距控制、排列规范、保护层厚度等关键指标，使用标准化混凝土垫块实现精准定位；分布形式建议采用均匀的“梅花型”网格布局。

在钢筋工程中，为了提高接头质量以及分布均匀性，建议优先采用机械连接或者焊接工艺，并且按照错位布置原则。预应力管道安装作业必须按照设计规范准确确定位置参数，用定位钢筋准确固定；接头处易产生渗漏风险，推荐使用专用配件并采用胶带密封技术防护。正式浇筑前要对管道体系进行全方位检测，可以利用临时支撑来提高整体稳定性，在混凝土施工过程中还要指派专人对管道进行监测，及时处理出现的位移问题[2]。

3.2 混凝土浇筑与养护质量控制

悬臂浇筑法的关键工序之一就是混凝土浇筑，混凝土浇筑工艺水平的好坏直接影响结构件的整体性能。为了保证工程品质达到预期目标，选用高性能混凝土材料，通过试验确定最佳配合比参数，满足力学性能、弹性模量、耐久性等各方面技术要求。实际施工时应采用专业化拌和站集中制备，用罐车运输，采用泵送技术精确注入模板内；同时加强现场对骨料比例控制和搅拌时间的管理，保证浇筑成果具有良好的一致性、可靠性，具体见表2。

从表2的数据分析可知，混凝土浇筑作业应按从挂篮前端到后端分层施工。实际操作时，优先使用插入式振捣器，使振捣棒深入底层5 cm～10 cm，保证

表 2 悬臂浇筑梁段混凝土浇筑及养护控制要点表

控制环节	控制要点	技术要求	检验方法
混凝土拌和	原材料计量、拌和时间	计量偏差≤ ±2%，拌和时间≥ 90 s	拌和站记录、抽查
混凝土运输	运输时间、和易性	运输时间≤ 60 min，无离析泌水	现场目测、坍落度测试
混凝土浇筑	分层厚度、浇筑顺序	分层厚≤ 30 cm，从前端向后端浇筑	现场旁站、尺量检查
混凝土振捣	振捣方式、振捣时间	插入式振捣，每点 20 s ～ 30 s，无漏振	现场旁站检查
混凝土养护	养护方式、养护时间	土工布覆盖洒水，养护≥ 14 天	现场检查、养护记录
温度控制	入模温度、内外温差	入模温度 5 ℃～ 30 ℃，内外温差≤ 25 ℃	温度计测量、温度记录

混凝土内部密实。为了降低早期收缩裂缝的风险，在浇筑完成后应及时进行表面处理，在初步固化期间完成两次抹平工序。养护环节需要依靠土工膜覆盖加周期性洒水保湿等手段来提高防护效果，保证材料性能稳定[3]。

3.3 预应力张拉与压浆质量控制

预应力张拉工序对桥梁结构受力特性、稳定性影响较大。施工前应对千斤顶、油压表进行校准，制定合理的施工技术保障措施，校准周期为一个月或者累计张拉次数达到 200 次时重新校准一次。本工序采用双控方式，主要依靠张拉力参数进行精确控制，同时将伸长量作为辅助监测指标。

预应力张拉施工要严格按照设计规范执行，遵循对称性、分级制、交替式操作原则。首先进行纵向预应力筋张拉，然后依次进行横向和竖向预应力束张拉，从而降低梁体承受集中荷载的风险。整个张拉过程要采用匀速渐进的方式逐步加载，在达到目标控制应力值后保持5 min的恒载状态，保证预应力传递的有效性、可靠性，完工后应及时检测断丝、滑移情况[4]。

3.4 挂篮走行与线形控制

挂篮走行是悬臂浇筑施工中安全风险较大的工序，必须严格控制走行安全。挂篮走行应在本梁段预应力张拉和压浆完成、压浆强度达到设计要求后进行，走行前检查轨道铺设、锚固系统、走行装置、后锚点等，确认安全可靠后方可走行。走行过程中 T 构两侧挂篮同步对称走行，走行速度缓慢均匀，设专人指挥和观察，发现异常立即停止。挂篮走行到位后及时安装后锚固，检查挂篮位置和标高，调整至设计位置后固定牢靠[5]。

线形控制是悬臂浇筑施工质量控制的重要内容，直接关系到合龙精度和桥梁外观线形。应建立专业线形监控体系，每个梁段施工前根据挂篮变形、混凝土自重、预应力张拉、温度变化、收缩徐变等因素计算立模标高，施工过程中实测各阶段梁段标高，与理论值对比分析，及时调整后续梁段立模标高。温度对线形测量影响较大，应在每天清晨温度稳定时进行标高测量，避免温度变化导致测量误差。合龙前应对 T 构两侧标高和轴线进行精确测量，根据实际偏差调整合龙段施工方案，确保合龙精度满足设计和规范要求。

4 结束语

高墩连续梁挂篮悬臂浇筑施工质量控制是一项系统性工作，需要从挂篮设备、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程、线形监控等多环节协同发力，严格执行各工序质量标准和操作规程，才能确保梁体结构安全和线形精度。本文从高墩连续梁工程特点与质量控制要求出发，系统梳理了挂篮构造选型、悬臂浇筑流程、0 号块施工、挂篮拼装预压等施工工艺，提出了钢筋与预应力管道安装、混凝土浇筑养护、预应力张拉压浆、挂篮走行与线形控制等关键工序的质量控制要点。未来可进一步探索基于 BIM 技术的悬臂浇筑施工全过程信息化管理，推动桥梁工程高质量发展。

参考文献：

[1] 赵威 . 桥梁连续梁挂篮浇筑施工线形控制技术应用研究 [J]. 现代工程科技 ,2026,05(14):105-108.
[2] 王培剑 . 大跨径连续刚构桥悬浇施工工艺及质控措施 [J]. 交通世界 ,2026(21):87-89.
[3] 张学峰 . 大跨径连续箱梁挂篮拼装—预压—前移施工关键技术探讨 [J]. 工程技术研究 ,2026,11(14):88-90.
[4] 张涛 . 连续梁桥挂篮悬臂施工线形控制与施工精度研究 [J]. 交通科技与管理 ,2026,07(14):140-142.
[5] 齐杰 . 悬臂浇筑施工技术在大跨径连续梁桥中的应用分析 [J]. 工程建设与设计 ,2026(13):190-192.