

探讨高速铁路连续大跨度连续梁桥悬臂浇筑施工技术

文 / 曹广文 中铁二十一局集团路桥工程有限公司

摘要: 连续大跨度连续梁桥因其抗震性能好、乘坐舒适性好、整体刚度大、变形小、跨径大等优势,被广泛应用于高速铁路建设中。悬臂浇筑施工技术是一种不需搭设支架、节约造价、加快施工进度先进施工方法,已成为高速铁路连续大跨度连续梁桥建设的关键技术。在此背景下,本文概述了悬臂浇筑施工技术,思考了悬臂浇筑施工技术的特点、优势与流程,探究了关键技术问题与施工质量管理,并对具体工程实例进行了分析,旨在为相关技术人员提供书面参考。

关键词: 高速铁路; 连续大跨度; 连续梁桥; 悬臂浇筑施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.065

引言

随着交通网络的不断完善与高速铁路建设的快速推进,以悬臂浇筑施工技术为基础连续大跨度连续梁桥实现了快速发展,并在较短的时间内成为建筑行业的重要组成部分之一。高速铁路桥梁不仅能保证线路运行的平稳性与连续性,保证列车在复杂地形条件下高速行驶,而且能突破区域界限,促进区域经济交流和融合。悬臂浇筑施工技术由于其独特的优势,该技术采用在桥墩两侧设置工作平台,将水泥土混凝土梁分段均匀浇筑至跨中,分段施加预应力,使其适应复杂地形、大跨径要求,在高速铁路连续大跨度连续梁桥建设中得到了广泛的应用。因此,深入研究并应用悬臂浇筑施工技术,能够推动高速铁路桥梁建设的发展,进一步提升高速铁路桥梁工程的经济性与安全性。

一、悬臂浇筑施工技术

(一) 模块制作与挂篮施工

在高速铁路连续大跨度连续梁桥悬臂浇筑施工中,模块制作与挂篮施工是保证施工安全的重要环节。以一座采用(60+100+60)m的预应力混凝土连续梁跨越设计为例,采用悬臂浇筑法施工13个悬臂浇筑节段,最高节段0#块7.85m和直线段4.85m,如图1菱形桁架挂篮示意图所示。在模块制作上,0#块托架由4根工56c工字钢横梁与4片工40c焊接而成,墩顶浇筑64根 $\phi 32$ 精轧钢筋,3cm厚钢板与支架连接,共同承担0#块自重和

施工荷载。挂篮施工采用菱形挂篮结构,主要包括菱形桁架、提升系统、底篮与模板系统、走行锚固系统等4个部分。挂篮安装标高应严格按设计标高执行,并做静载试验,以保证其稳定。悬臂浇筑时,挂篮要对称前移,每次浇筑3-8m后,待混凝土强度达到设计强度后,张拉纵向预应力,再将挂篮前移,继续下一标段施工。为保证施工安全,对挂篮的承载力与稳定性要求很高^[1]。

(二) 钢筋安装与预应力施加

钢筋的安装采用HPB235、HRB335、HRB400等级别,规格范围从6mm至C25不等。钢筋绑扎前,必须清除钢筋表面的锈斑和油污。绑扎钢筋时,应采用铅丝呈梅花状绑扎,保证钢筋间距、数量及保护层厚度等均符合规范及设计要求。梁、板钢筋保护层的厚度应在25mm以上,而钢筋的间距应在200mm以上。对于预应力钢筋,必须采取可靠的加固措施,保证管道在安装过程中不会产生变形。在预应力施加方面,采用双控措施,即以油压表读数为主要检测手段,用预应力筋的伸长量来检验。为保证管桩承载力,应根据设计荷载及地质情况确定预加力值。预应力钢束和粗筋在投入使用前都要进行张拉锚固试验,并测定管道摩阻和喇叭口摩阻等瞬时损失。张拉结束后两天内对管线进行压浆,压浆材料和施工工艺要符合有关规范。例如,从水泥浆搅拌完毕到输送管之间的间隔不得超过四十分钟,以确保桥梁结构的安全性及稳定性^[2]。

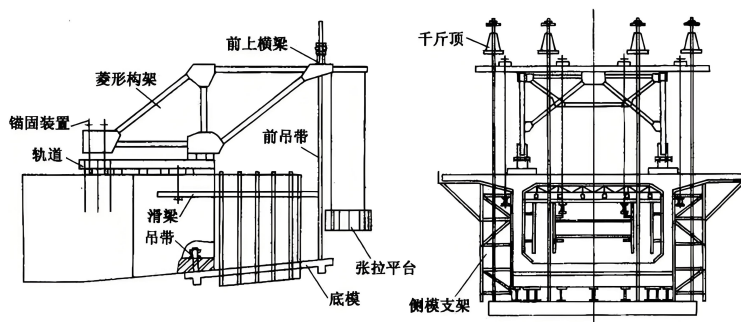


图1 菱形桁架挂篮示意图

(三) 混凝土浇筑与线形控制

采用悬臂浇筑施工技术进行高速铁路连续大跨度连续

梁桥,混凝土浇筑与线形控制也是保证施工质量的关键环节,如图2预应力混凝土桥梁悬臂浇筑的线形控制示意图

所示。混凝土浇筑时，混凝土自由倾倒高度要严格控制，不能超过 2m，超过 3m 应采取有效措施，如串筒等。混凝土浇筑应分阶段、分层、连续浇筑，根据结构特点和钢筋的密集程度，每层混凝土的浇筑高度一般控制在 50cm 以内。振捣器插入点按梅花形均匀布置，振捣时间以混凝土表面出现浮浆、无气泡、不下沉为宜。在线形控制上，对

挂篮进行精确的测量与调整，保证挂篮的位置与姿态符合设计要求。以某高速铁路桥梁工程为例，采用 75+130+75m 三跨变高预应力混凝土连续箱梁，通过先进的检测技术及自动化控制系统，实现悬臂浇筑施工的精确控制。同时，为保证混凝土浇筑设备、悬臂吊模支撑、吊装等作业的顺利完成，需要预留好梁底板与顶板孔洞。

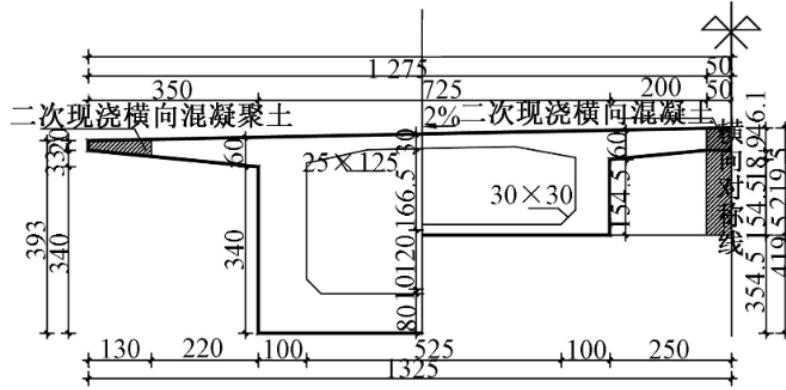


图 2 预应力混凝土桥梁悬臂浇筑的线形控制示意图

二、悬臂浇筑施工技术特点与优势

连续作业、高效率是悬臂浇筑施工技术最显著的特点之一，该工艺采用分段浇筑、分段施工的方法，保证连续高效的施工。在施工过程中，不需设置多条施工缝，缩短施工工期，并降低工程造价，从而提高施工效率。采用悬臂浇筑施工技术，使各施工环节紧密衔接，减少资源闲置。由于施工缝具有连续性、整体性等特点，可避免因施工缝处理不当而引起的质量隐患，提高整个工程的可靠性与安全性，为项目顺利实施与交付提供有力保证。悬臂浇筑施工技术对复杂地形、地质条件有很强的适应能力，不管是在山区，河流，还是在繁华的城市，只要能建立起稳定的支撑体系，悬臂浇筑就能顺利完成，这就极大地拓宽了建筑的适用范围。在精度控制方面，悬臂浇筑技术已经达到了相当高的水准。采用先进的量测设备及精密的施工计算，可保证各节段浇筑精确到位，有效避免施工误差累积，确保结构的稳定性与安全性^[3]。

三、悬臂浇筑施工工艺流程

如图 3 悬臂浇筑施工工艺流程图所示，悬臂浇筑施工技术的流程可以概括如下：先进行支架搭设及预压，以保证支架体系的稳定与承载力。在此基础上设置临时支墩，为后续挂篮及混凝土浇筑工作提供支撑。然后在桥墩顶部浇筑混凝土，形成稳定的支护结构。同时，为保证挂篮安全可靠，安装挂篮系统并做荷载试验。再将挂篮系统安装到位，为悬臂浇筑做准备。在施工过程中，将不需要的支架部分逐步拆除，腾出空间给后续施工。在完成边跨部分合拢后，保证两边结构的衔接。最后对中跨部分进行合拢，使整座桥成为连续梁。为保证工程质量与施工安全，必须在施工全过程中进行质量检测和

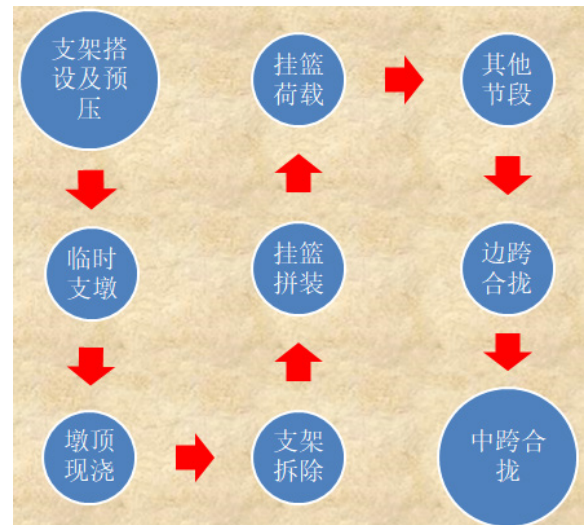


图 3 悬臂浇筑施工工艺流程图

四、关键技术问题与施工质量管理

(一) 关键技术问题

采用悬臂浇筑施工技术进行高速铁路连续大跨度连续梁桥施工，需要解决的主要技术问题如下：首先，要精确地测量混凝土的弹性模量和密度。现场施工的混凝土弹性模量可能与设计值有一定的差别，因此必须进行现场实测，然后将实测结果应用到模型中。同时，不同密度值的混凝土会对结构自重产生影响，从而对结构的内力与变形产生影响，这些都需要现场测试才能确定。其次，准确控制立模标高。立模标高直接关系到混凝土梁段浇筑后的标高，如果立模标高控制不当，将导致梁段间的线形不平顺，与设计线形不符。最后，预应力钢束张拉的技术控制。在连续梁桥中，张拉预应力钢束对结构的内力和位移都有较大影响。影响预应力钢束张拉误差的因素有很多，如波形管位置偏差、管间摩擦力、

锚碇设备、施工人员不熟悉张拉设备或操作不当等，均需加以注意^[5]。

(二) 施工质量管理

针对高速铁路连续大跨度连续梁桥悬臂浇筑施工中的关键技术问题，提出严格的施工质量控制措施，以保证工程的质量与安全。具体管理措施如下：

第一，要加强对原材料的质量管理。混凝土是连续梁桥的主体材料，其质量的好坏直接关系到桥梁的耐久性与安全性。因此，在混凝土配合比设计时，必须对其进行严格的配合比，以保证其强度、模量、密度等各项性能指标达到设计要求。施工前，应对进场原材料，包括水泥、砂石、掺合料等进行严格检查，以保证其质量达到相关标准。同时，要定期抽样检验混凝土，及时发现和处理出现的质量问题。另外，对关键材料如预应力钢束也要进行严格的质量检查，以保证结构的稳定性与可靠性。

第二，要健全施工质量管理体系。在悬臂浇筑施工过程中，应建立一套完整的质量管理体系，明确各个工序的质量标准及检测方法。在施工过程中，对立模标高控制和预应力钢束张拉等关键工序要进行旁站监督，保证施工人员按规范操作。同时，要加强对施工过程的监测与记录，及时发现并纠正施工过程中出现的偏差。对生产过程中出现的质量问题要及时分析、解决，避免问题扩大。定期对施工过程进行质量评价，总结经验教训，不断提高施工质量管理水平。

第三，加强对施工人员的培训，加强技术交底。施工人员是施工质量的直接保证，施工前应加强专业技术

培训与安全教育，提高操作技能，增强安全意识。对施工中的重点、难点问题，要做详细的技术交底，使施工人员明白施工要求及注意事项。在施工过程中，要定期组织施工人员进行技术交流与学习，交流施工经验与技术，共同提高工程质量。建立激励机制，表彰、奖励优秀的施工人员，激发其工作热情与创造性，进而提高大跨度连续梁桥的施工质量与安全。

五、工程实例分析

在高速铁路建设中，连续大跨度连续梁桥的悬臂浇筑施工技术已被广泛采用。以某高速铁路的一座160m主跨大跨预应力混凝土连续刚构桥为例，对该技术的应用进行具体的分析。该桥所处地形复杂，跨越河流与既有公路，对桥梁的强度与稳定性提出了更高的要求，同时要尽可能减少对周边环境的影响。为满足上述要求，设计团队决定采用悬臂浇筑法进行桥梁主体结构的施工，该方法无需采用大型临时支撑就可逐步建造桥梁，减少对下游交通及水文状况的影响。在施工初期，先在墩顶支设固定端，再安装挂篮系统。挂篮架是一种特制的移动模架，每次浇筑完毕后，可向前推进至下一节墩位。然后分段浇筑混凝土，每一节结束后，用张拉预应力筋保证新老混凝土的连接牢固。随着节段数量的增加，该桥逐渐向两侧扩展，直至最后两个节段合拢，构成整桥结构。该工程实例表明，如何在复杂条件下的高速铁路桥梁建设中，成功运用悬臂浇筑技术。该方法既能提高施工效率，又能保证施工质量，将环境、社会影响降到最低，悬臂浇筑施工技术因其灵活性强、适应性强等优势，已成为同类工程的首选方案^[6]。（如表4）。

表4 该项目具体施工细节分析表

项目阶段	具体步骤	详细说明	关键技术与设备	目的与效果
前期准备	桥墩顶部设置固定端	在选定桥墩顶部位置进行固定端的安装与加固	固定端安装设备	为后续挂篮系统安装及混凝土浇筑提供稳定基础
施工过程	分段浇筑混凝土	按照设计节段，逐步进行混凝土的浇筑	混凝土搅拌车、泵车、振捣设备	逐步构建桥梁主体，确保每节段质量
特殊处理	跨河流与道路施工	针对复杂地形，采取特殊措施确保施工安全与环境保护	防水、防漏、环保设施	减少对河流与既有道路的影响，保障施工安全
后期工作	预应力筋调整与检测	对全桥预应力筋进行最终调整与检测	预应力筋检测设备	确保预应力筋的张力与设计要求一致，保障桥梁安全

结语

综上所述，悬臂浇筑施工技术以其特有的技术特点和显著优势，在高速铁路连续大跨度连续梁桥建设中具有不可替代的作用。通过对其施工技术、特点、优点、流程、关键技术问题与施工质量管理等方面的深入讨论，不难发现，这一技术的广泛应用，不仅能够提高桥梁施工的质量与效率，还为促进我国高速铁路建设事业的可持续发展打下了良好的基础。未来，随着技术的不断进步与创新，悬臂浇筑技术将会得到更广泛的应用，为建设更加安全、高效、便捷的高速公路网络贡献力量，促进我国交通运输体系的进一步完善与升级。

参考文献

[1] 贺飞, 王磊, 徐世超. 基于挂篮悬臂浇筑的高铁

大跨度连续梁桥施工监控研究[J]. 工程建设与设计, 2024, (18): 98-100.

[2] 许国昌. 大跨度连续梁桥挂篮悬臂浇筑设计与施工[J]. 工程技术研究, 2024, 9(07): 173-175.

[3] 韦苏斌. 大跨度连续梁桥挂篮悬臂浇筑设计及施工技术研究[J]. 企业科技与发展, 2023, (10): 62-65.

[4] 王宏志. 城际铁路大跨度连续梁桥上跨高速公路挂篮悬臂施工安全控制技术研究[J]. 工程与建设, 2023, 37(02): 695-698.

[5] 王建亮. 高速铁路大跨度连续梁桥悬臂施工质量控制研究[J]. 四川水泥, 2022, (08): 257-258+261.

[6] 吴云香, 王龙伟. 悬臂浇筑大跨度预应力混凝土连续梁桥施工控制的研究[J]. 四川水泥, 2020, (05): 20.