

现浇箱梁挂篮悬臂技术在市政桥梁施工中的应用

戴滢

浙江协和建设有限公司

摘要：市政桥梁施工一直是城市建设的重要环节，而现浇箱梁挂篮悬臂技术以其灵活性和高效性成为市政桥梁工程中备受关注的先进施工方法。本文首先介绍现浇箱梁挂篮悬臂技术的定义及其技术原理。其次，重点探讨该技术在市政桥梁施工中的应用，包括挂篮施工、模板施工、混凝土浇筑、预应力张拉施工以及真空压浆及封锚施工等。最后，深入分析现浇箱梁挂篮悬臂技术施工中的质量控制要点，包括现浇箱梁质量控制、挠度值的合理控制以及混凝土养护控制。

关键词：现浇箱梁；挂篮技术；市政桥梁；施工应用；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.071

前言

随着城市交通日益繁忙，传统的施工方式面临着效率低、工期长等问题，亟须创新方法以适应城市化进程的需要。现浇箱梁挂篮悬臂技术正是应运而生的一项先进施工技术，通过挂篮的巧妙设计和悬臂施工的灵活应用，实现箱梁的迅速浇筑，极大地提高施工效率。其独特的技术原理使得市政桥梁的建设能够更加灵活、高效，为城市交通基础设施的发展注入新的动力。通过对这一技术进行深入研究，有望推动城市交通基础设施的建设朝着更为可持续的方向迈进。

一、现浇箱梁挂篮悬臂技术概述

（一）定义

现浇箱梁挂篮悬臂技术是一种先进的桥梁施工方法，通过挂篮技术的悬臂施工原理，旨在实现箱梁的高效、迅速浇筑。该技术的核心在于采用挂篮悬挂、悬臂伸出的方式，促使桥梁箱梁可以在悬挂工作状态下进行现场浇筑，大大提高施工效率和灵活性。在这一技术中，挂篮作为一种悬挂式的施工平台，能够在桥墩之间移动，是桥梁悬浇过程中的主要施工工具，其伸出的部分悬挂在桥墩之间，通过合理的操作和调整，完成箱梁的悬挂浇筑。这一整套工艺的灵活性使得施工过程能够适应箱梁桥梁结构和特殊地理环境，通过挂篮设备的合理运用，可以避免对交通的长时间封闭，最大限度地减少施工对城市正常运行的干扰。

（二）技术原理

现浇箱梁挂篮悬臂技术的核心在于其独特的悬挂和悬臂施工原理，通过合理的工艺流程和设备协同作业，

实现高效、灵活的桥梁箱梁施工。首先，挂篮作为施工平台的关键组成部分，其主要功能是提供一个悬挂式工作平台，使工人和设备能在桥墩之间自由移动。挂篮采用坚固的钢结构，通过导轨系统，实现多层次、多点点位的施工。在施工过程中，挂篮悬臂设备通过精准的操作，确保箱梁的浇筑平整、尺寸准确。在箱梁浇筑过程中，挂篮将工人和设备安全悬挂在空中，悬臂伸出部分则在施工现场完成箱梁的具体施工工序。最后，除了挂篮悬臂的基本原理外，还融合预应力张拉、真空压浆等先进技术。预应力张拉技术可在箱梁浇筑后，通过引入高强度的预应力钢绞线，提升桥梁的承载能力。而真空压浆技术能够在箱梁内部填充浆料，保证混凝土的密实性和耐久性。

二、现浇箱梁挂篮悬臂技术在市政桥梁施工中的应用

（一）挂篮施工

挂篮施工作为现浇箱梁连续悬臂挂篮悬臂技术的重要组成部分，以其独特的悬挂方式和高度灵活的特性，在市政桥梁的施工中发挥着关键作用。应用如下：第一，挂篮作为悬挂平台，其结构创新和设计考虑到市政桥梁的复杂性和多样性。通过采用坚固的钢结构和先进的悬挂系统，实现快速移动和准确定位。第二，悬挂在桥墩之间的挂篮不仅提供稳定的工作平台，还允许工人和设备在施工现场灵活移动。这样利于施工人员能更便捷地进入到需要作业的位置，而不必受到地面条件的限制，加速施工进度。第三，传统的桥梁施工通常需要在施工过程中封闭道路，给交通带来较大的困扰。而采用挂篮施工技术后，施工过程中的阻碍减小，因为挂篮能够悬挂在桥墩之间，避免对道路的长时间封闭。第四，作为悬挂平台，挂篮提供相对稳定和安全的工作环境，工人在高处作业不再受到地面障碍物的限制。同时，挂篮的结构设计和高强度材料的选用保障工人安全，降低高空施工带来的风险^[3]。第五，挂篮施工可实现多工序的联动作业，从而缩短施工周期。在挂篮支持下可以实现一系列工序的连贯施工，如模板安装、混凝土浇筑、预应力张拉等。

（二）模板施工

在市政桥梁施工中，模板施工的精准和高效直接影响整体工程的质量和进度。现浇箱梁挂篮悬臂技术中对模板施工的科学设计和精细操作，为市政桥梁建设提供

先进、高效的解决方案。首先，在现浇箱梁挂篮悬臂技术中，模板设计至关重要。保障施工过程中箱梁形状和尺寸的准确性，在安装过程中要考虑精准定位与调整，确保模板与挂篮悬臂设备协同作业。其次，模板施工所使用的材料应具有足够强度和刚度，常见的模板材料包括高强度的木材、金属和复合材料，保证浇筑混凝土时不发生变形。在模板固定方面，要确保模板在浇筑混凝土时不发生位移，以免影响桥梁的几何形状。再次，重视混凝土浇筑，通过模板运用保证混凝土形状与尺寸规整，以此确保市政桥梁结构的稳定性。在浇筑过程中，模板不仅要承受混凝土的重量，还需保证混凝土的均匀流动，防止空鼓和夹渣的产生。最后，一旦混凝土达到一定的设计强度，模板即可拆除^[4]。模板的拆除需要谨慎进行，以免对新浇筑的混凝土产生损害。而在模板维护方面，需要关注定期检查和修复磨损部分，确保模板的使用寿命和施工质量。

（三）混凝土浇筑

混凝土浇筑作为市政桥梁施工的核心环节，直接关系到桥梁结构的牢固性和耐久性。在现浇箱梁挂篮悬臂技术中，通过科学设计、严密控制和高效监测，混凝土浇筑将为市政桥梁的安全运行和可持续发展奠定坚实基础。第一步，混凝土浇筑前，需要进行配合比的科学设计，确保混凝土具有合适的强度和耐久性。考虑到市政桥梁的实际使用环境和荷载条件，合理确定水泥、骨料、砂等原材料的比例，以满足设计要求。第二步，在挂篮悬臂施工中，混凝土浇筑需要按照合理的顺序和层次进行。通常，从悬臂位置开始逐段进行浇筑，保证混凝土的均匀性和整体一致性，同时要避免浇筑过快或过慢，以免产生温度差异和应力集中。第三步，振捣是混凝土浇筑过程中的关键步骤之一。通过振捣，可以有效排除混凝土中的气泡，提高其密实度和强度。在挂篮悬臂技术中，要确保振捣设备的合理使用，避免出现混凝土中的空鼓和夹渣情况。第四步，在挂篮技术中，由于施工的高度和空间限制，需要特别注意防止混凝土表面干裂和温差过大，采取适当的养护措施，例如覆盖湿布或喷水养护。第五步，要确保混凝土浇筑的连续性，防止浇筑过程中的中断，以免引起浇筑接缝处的泌水问题。此外，合理控制混凝土的流动性和黏度也是防止泌水的重要因素^[5]。第六步，在混凝土浇筑过程中要建立现场质量监控体系，通过实时监测混凝土的坍落度、温度、强度等指标，确保施工质量符合设计要求。这样能及时发现问题并解决可能出现的问题，保障市政桥梁的整体质量。

（四）预应力张拉施工

预应力张拉施工是现浇箱梁挂篮悬臂技术中的重要

环节，通过科学合理的施工流程和严格的质量控制，能够显著提升市政桥梁的结构性能，为城市交通基础设施的可持续发展提供坚实支撑，具体见图1。一是埋设预应力孔道。施工人员应该根据设计要求，在混凝土模板中按设计要求设置预应力孔道，确保孔道的位置和尺寸符合设计要求。同时要在混凝土浇筑前，在孔道内设置导向管，以确保预应力筋能够准确穿过。二是安装预应力筋。将预应力筋逐一穿过导向管，确保筋的末端能够顺利露出，保持预应力筋的布置和间距符合设计要求。在混凝土浇筑前，通过模板设置筋的位置，以确保混凝土包裹筋的要求。三是安装千斤顶。施工人员应根据设计要求，在预应力筋的两端或其他指定位置安装千斤顶，保证千斤顶的位置和数量符合设计要求。四是实施张拉。施工人员需要根据设计要求，逐一使用千斤顶对预应力筋进行张拉，保持对称张拉和两端应保持同步，控制预应力的值和施加速度，锚下张拉控制应力为 $0.75f_{pk}=1395\text{MPa}$ ，防止混凝土裂缝或其他不良现象发生。五是压浆封锚保护。施工人员要在张拉完成后对预应力筋的暴露部分进行压浆，填充孔道和空隙，使用防腐材料包裹预应力筋，增加其防护性能。同时，封锚部分的混凝土应使用高强度、耐久性好的砼，以确保锚固的可靠性。六是进行质量检测。施工人员要进行预应力筋的张拉力测量，确保达到设计要求的预应力；对混凝土进行质量检测，包括强度、密实性等方面的测试；施工人员也要检查压浆和封锚的质量，确保预应力筋的防护措施到位。

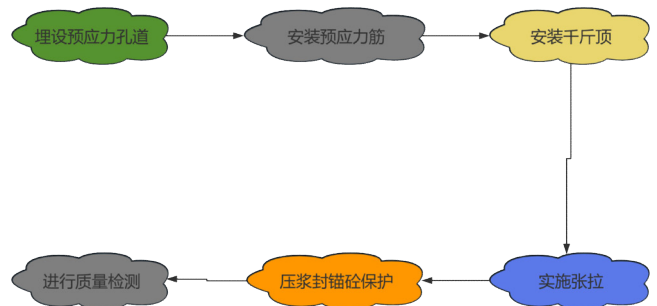


图1 预应力张拉施工流程分析

（五）真空压浆及封锚施工

真空压浆及封锚施工是现浇箱梁挂篮悬臂技术的关键步骤之一，通过引入孔道压浆材料对箱梁孔道进行填充，以提高混凝土的密实性和耐久性。其一，在进行真空压浆及封锚施工前，需要选择合适的预应力孔道压浆材料。这些材料通常是聚合物改性的水泥基浆料，其特性包括高流动性、良好的渗透性以及耐久性。其二，真空压浆施工的流程包括对箱梁预应力孔道进行抽空，然后注入预先配置好的压浆材料。在抽空的情况下，压浆材料能够充分填满预应力孔道空隙，提高其密实性。施

工过程需要严格按照设计要求和厂家规定的流程进行。其三，压浆施工需要使用专用的设备和工具，其中包括预应力真空压浆设备、浆料搅拌机等。这些设备要保持良好的工作状态，确保施工过程中的操作流畅，同时也要注意设备的定期检查和维修。其四，封锚是指在预应力筋的两端或锚固点进行密封和固定，确保预应力能够有效传递到混凝土中。封锚施工通常涉及箱梁端头的处理和封闭，合理封锚施工能防止水分和外部环境的侵蚀，保护预应力筋的使用寿命。其五，完成真空压浆及封锚施工后，需要进行质量检测和监测。包括对压浆材料的充填效果、封锚部位的密封性等进行全面监测，确保施工达到设计要求和规范标准。

三、现浇箱梁挂篮悬臂施工技术质量控制要点分析

（一）现浇箱梁质量控制

在现浇箱梁挂篮悬臂技术施工中，箱梁作为施工的重要组成部分，其质量直接影响到整体工程的安全性和可持续性。以下是现浇箱梁质量控制的要点：第一，确保现浇箱梁所使用的混凝土原材料符合设计要求和相应的国家标准。关注混凝土的配合比、强度等性能指标，以及骨料的选用和质量。第二，模板的制作对现浇箱梁的成型质量至关重要，应该确保模板的几何形状、尺寸精准，表面光滑，保障现浇箱梁的准确性和表面质量。第三，如果现浇箱梁采用了预应力技术，需要确保预应力筋的布置符合设计要求。尤其是在张拉过程中要保证预应力筋的均匀受力，避免出现裂缝和变形。第四，进行表面修补和清理，确保梁体表面平整、无裂缝，并采取涂层等措施，提高防护性能。第五，进行现浇箱梁的尺寸和几何检测，特别关注梁体的直线度、平直度、垂直度等几何参数，确保其符合设计要求。第六，建立现浇箱梁的质量档案，记录关键工艺参数、质量检测数据和施工过程中的关键节点，有助于质量追溯和后期维护管理。通过综合考虑上述要点，可以有效控制箱梁的质量，保障其在现浇箱梁悬臂挂篮技术施工中的可靠性和稳定性。

（二）合理控制挠度值

在现浇箱梁挂篮悬臂施工中，合理控制挠度值是确保桥梁结构稳定性和使用安全的关键因素。分析如下：首先，确保挠度值的控制符合设计规范和标准。桥梁设计中通常会规定挠度极限，确保在使用阶段不会影响结构的正常运行，所以要根据桥梁用途、跨径、荷载等因素综合设计挠度值。其次，在设计和施工过程中要考虑桥梁结构的整体刚度，采用合适的梁型、支座形式和预应力等手段，以提高结构的整体刚度，从而减小挠度。同时，在悬臂施工过程中，通过实时监测悬臂段的挠度情况，及时发现异常情况并进行调整，具体包括调整设

计预抬标高、优化悬臂工艺等手段。再次，在施工中要考虑施工阶段的荷载变化，以及最终使用阶段可能承受的常驻荷载和变动荷载，合理的设计和控制挠度值需要综合考虑各种荷载条件。最后，挠度的控制不能仅仅追求数值的小，更需要考虑结构的整体安全性。在挠度的设计和控制中要综合考虑结构的承载能力、变形能力和使用安全性，确保结构不仅满足设计要求，还要在实际使用中具有足够的安全性。

（三）混凝土养护控制

混凝土养护是现浇箱梁挂篮悬臂技术施工中至关重要的环节，充分的养护措施能保障混凝土的强度发展和耐久性。分析如下：一是根据混凝土的配合比、气温、湿度等因素，合理设定养护时间，确保混凝土在养护期内达到设计要求的强度。二是在养护期间合理控制养护环境的温度，避免过高或过低的温度对混凝土强度和耐久性的影响。三是采用喷水、覆盖湿布等方式保持混凝土表面的湿润，防止水分过早蒸发，确保混凝土的养护效果。四是在一些特殊情况下考虑使用养护剂来提高养护效果。养护剂能够形成一层薄膜覆盖在混凝土表面，减缓水分的蒸发，提高混凝土的养护效果。五是建立混凝土养护的详细记录，包括养护开始时间、养护温度、湿度、养护剂的使用情况等。同时需要在满足结束养护标准的前提下及时停止养护，以便后续施工能够顺利进行。

结论

在现浇箱梁挂篮悬臂技术施工中，对现浇箱梁质量、挠度值控制和混凝土养护进行有效的质量控制是确保市政桥梁结构安全、耐久的关键步骤。通过对现浇箱梁质量的全面控制，包括材料选用、模板制作、预应力筋设置、混凝土浇筑等方面的严格管理，可确保现浇箱梁在施工中具备良好的基础性能。通过对上述关键环节的科学管理和有效控制，保证现浇箱梁挂篮悬臂技术在市政桥梁施工中顺利进行。

参考文献

- [1] 宋安庆. 探讨桥梁工程中悬臂现浇箱梁挂篮法施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(27): 148-150.
- [2] 郝玉龙. 市政桥梁预应力现浇箱梁挂篮悬臂施工技术的应用[J]. 大众标准化, 2023(06): 142-144.
- [3] 贺军政. 市政桥梁预应力现浇箱梁挂篮悬臂施工技术[J]. 交通世界, 2022(07): 20-21.
- [4] 邢磊. 挂篮技术在特大桥现浇箱梁施工中的应用[J]. 城市建筑, 2020, 17(20): 163-164.
- [5] 范宏林. 探讨桥梁工程中悬臂现浇箱梁挂篮法施工技术[J]. 智能城市, 2020, 6(09): 217-218.