

公路桥梁施工中的高墩施工技术探讨

时硕硕

中交一公局海威工程建设有限公司 北京 101100

摘要: 随着交通建设的不断推进,公路桥梁在跨越山谷、河流等复杂地形时,高墩桥梁因其能够适应复杂地形、提供较大跨越能力等优势,得到了越来越广泛的应用。高墩作为公路桥梁的重要支撑结构,其施工质量直接关系到桥梁的整体稳定性、承载能力和使用寿命。但其施工难度远超普通墩柱施工,从技术层面来看,高墩施工涉及复杂的模板体系设计与安装,需要确保模板在高空作业环境下的稳定性和精度,以保证墩身的几何尺寸和垂直度符合设计要求。同时,混凝土浇筑过程中的质量控制难度较大,由于墩身高度较高,混凝土在浇筑过程中容易出现离析、分层等问题,影响混凝土的强度和耐久性。鉴于高墩施工在公路桥梁建设中的重要地位以及其施工的复杂性和高风险性,本文将围绕高墩施工方技术要点展开详细探讨,以期为公路桥梁高墩施工提供有益的技术参考。

关键词: 公路桥梁;高墩施工;模板技术;垂直度控制;安全管理

引言

公路桥梁作为现代交通网络的骨骼系统,其建设重心正从平原地区向地形复杂的山地、峡谷延伸,而随着桥梁跨径与墩高的持续突破,高墩施工已从辅助工序演变为决定工程成败的核心环节。相较于常规桥墩,高墩结构在荷载传递、环境响应等方面呈现显著非线性特征,施工过程中由几何非线性与材料时变效应耦合引发的质量风险,成为制约桥梁全寿命性能的关键瓶颈。当前高墩施工面临三大技术矛盾:首先,传统模板工艺的标准化作业要求与复杂地质条件间的适应性矛盾,尤其在岩溶发育区,地基差异沉降易导致模板体系失稳;其次,高空环境下风致振动、日照梯度温差等动态扰动与施工精度控制的冲突,典型表现为墩身偏位超标引发的应力重分布;再者,工业化建造的效率需求与高空作业安全冗余之间的博弈关系,如何在提升机械化水平的同时构建多重防护体系,仍是行业痛点。因此,深入探讨公路桥梁施工中的高墩施工技术,对于提高桥梁建设质量、保障道路安全畅通具有重要意义。

一、常见高墩施工技术

高墩施工技术是桥梁建设中的关键技术之一,根据不同的工程条件和施工要求,常用的高墩施工技术主要包括滑模施工技术、翻模施工技术和爬模施工技术。以下将对这三种技术进行详细介绍和对比分析。

1.滑模施工技术

在公路桥梁的高墩施工中,滑模施工技术是一种利用液压千斤顶作为动力源,带动模板连续滑升,实现了混凝土浇筑与模板提升的同步进行。这一过程中,混凝土在模板内均匀浇筑,随着模板的上升而逐渐凝固成型,形成了一个连续、平滑的高墩表面。这种施工方式不仅极大地提高了施工速度,还确保了高墩的垂直度和表面平整度,为桥梁的整体稳定性打下了坚实的基础。滑模施工技术的应用,对施工人员的专业素质、施工设备的性能以及现场管理的水平都提出了极高的要求。在施工过程中,施工人员需要密切关注混凝土的凝结时间,精确控制滑升速度,以确保混凝土在模板内的均匀分布和充分凝固。同时,液压系统的稳定性和可靠性也是滑模施工成功的关键所,任何微小的故障或失误都可能导致模板滑升不畅、混凝土表面出现裂纹等质量问题,进而影响到整个桥梁的安全性和使用寿命。

2.翻模施工技术

翻模施工技术作为一种传统而经典的施工方法,在公路桥梁高墩施工中占据了重要地位。其原理是通过分层浇筑混凝土,逐层向上翻升模板,从而完成整个高墩的施工。翻模施工技术具有工艺成熟、操作简单的特点。在施工过程中,施工人员可以根据高墩的变截面特点,灵活调整模板的形状和尺寸,以适应不同的施工需求,这种技术尤其适用于那些截面形状复杂、高度变化较大的高墩施工。与滑模施工技术相比,翻模施工技术虽然

施工周期较长,但成本更低,且能够适应变截面高墩的施工需求。与爬模施工技术相比,翻模施工技术的初期投入成本较低,但施工精度和稳定性可能略逊一筹。因此,在选择高墩施工技术时,需要根据具体的工程条件和施工要求进行综合考虑。

3.爬模施工技术

爬模施工技术通过模板与爬升架的结合,利用锚固装置实现整体爬升,在浇筑混凝土的过程中,模板随着爬升架的爬升而逐渐上升,形成一个连续、稳定的施工过程。这种技术特别适用于超高墩(80m以上)的施工,能够有效应对高空作业的挑战,保证施工质量^[1]。在公路桥梁施工中,爬模施工技术得到了广泛的应用,特别是在一些超高墩、大跨径桥梁的建设中,爬模施工技术凭借其独特的优势,成为首选的施工方法。

二、高墩施工技术的控制要点

1.垂直度控制

垂直度控制是高墩施工中的核心环节,直接关系到桥梁结构的安全性和稳定性,为了确保高墩的垂直度达到设计要求,施工中可采用全站仪+激光铅垂仪双控法。全站仪作为一种高精度的测量仪器,能够精确测量墩身各节段的三维坐标,为垂直度控制提供了准确的数据支持。在施工过程中,通过全站仪对墩身进行实时监测,可以及时发现并调整偏差,确保每节段的测量偏差不超过 $H/3000$ (H为墩高)^[2]。然而,仅仅依靠全站仪的测量控制还不足以完全保证高墩的垂直度。由于高墩在施工过程中会受到风荷载、日照温差等多种因素的影响,这些因素会导致墩身发生微小的变形和偏移。为了抵消这些外部因素引起的变形,施工团队在墩身设计中预先设置了合理的预偏量。预偏量的设置基于精确的计算和丰富的施工经验,旨在使墩身在受到外部因素作用时,能够按照预定的方向发生偏移,从而保持整体的垂直度和线形。在实施垂直度控制的过程中,施工团队还需密切关注天气变化、材料性能、施工工艺等多方面因素,特别是在风荷载较大或日照温差较大的情况下,需加强监测和调整力度,确保垂直度控制的有效性。同时,定期对全站仪和激光铅垂仪进行校准和维护,也是保证测量精度和垂直度控制效果的重要措施。

2.混凝土质量控制

(1) 优化配合比设计

在混凝土配合比的设计过程中,施工人员需要充分考虑了工程的具体需求、原材料的性能特点以及施工条

件等因素。为了有效控制混凝土的初凝时间,减少冷缝的产生,施工人员特别掺入了适量的缓凝剂。缓凝剂的作用在于延缓水泥的水化反应速度,从而延长混凝土的初凝时间,为施工提供了更充足的操作时间,这样一来,即便是在大体积混凝土或复杂结构的浇筑过程中,也能有效避免因浇筑速度跟不上初凝速度而产生的冷缝问题。同时,优化配合比设计还确保了混凝土的工作性能,如和易性、坍落度等,使得混凝土易于振捣密实,提高了混凝土结构的整体质量。

(2) 采用分层浇筑方法

公路桥梁施工中的高墩施工,为了确保墩身的稳定性和耐久性,普遍采用了分层浇筑方法,分层浇筑的过程中,每一层混凝土的浇筑都是对前一层的有效支撑和延续。过厚的浇筑层可能会导致混凝土内部温度应力集中,增加开裂的风险;而过薄的浇筑层则可能影响施工效率,增加浇筑次数和模板周转次数,从而提高工程成本。因此,将浇筑厚度控制在30~50cm之间,既能保证混凝土的均匀性和密实性,又能确保施工的高效性和经济性^[3]。同时,为了进一步提高混凝土的密实度和强度,施工人员在振捣过程中采用了插入式振捣器与附着式振捣器相结合的方式,插入式振捣器通过直接插入混凝土内部,对混凝土进行高效振捣,有效排除气泡和多余水分,提高混凝土的密实度。而附着式振捣器则固定在模板外侧,通过振动模板将能量传递给混凝土,促进混凝土的均匀分布和密实。这种振捣方式的结合使用,充分发挥了插入式振捣器和附着式振捣器的各自优势。插入式振捣器能够深入混凝土内部进行振捣,确保混凝土内部的密实;而附着式振捣器则能够从外部对混凝土进行整体振动,增强混凝土的均匀性和整体性。两者相辅相成,共同提高了混凝土的浇筑质量。

(3) 注重养护质量

在养护过程中,施工人员可采取阶段覆盖土工布并喷淋保湿的措施,这一养护方法结合了物理覆盖与水分保持的双重效果,为高墩提供了良好的养护环境。土工布作为一种透水性良好的材料,被紧密地覆盖在刚浇筑完成的高墩表面,它不仅能够有效地阻挡外界的风干和日晒,减少混凝土表面的水分蒸发,还能在一定程度上吸收和分散混凝土内部释放的热量,降低内外温差,从而减小因温度应力导致的开裂风险。同时,结合土工布的覆盖,施工人员还实施了定期喷淋保湿的操作,通过专业的喷淋设备,施工人员向土工布表面均匀喷洒适量

的水分，确保混凝土表面始终保持湿润状态。该方法不仅补充了因蒸发而损失的水分，还有助于混凝土内部的水化反应充分进行，提高混凝土的强度和耐久性。

3. 模板体系优化

公路桥梁高墩施工中，钢模板作为主要的模板材料，其刚度的选择至关重要。钢模板的刚度需满足侧压力的要求，这是保证模板在混凝土浇筑过程中不变形、不漏浆的基础。以计算示例 $P = \gamma H + 4.0$ 为例，其中 P 代表模板所需承受的侧压力， γ 为混凝土的容重， H 为浇筑高度，该公式简明地表达了模板侧压力与混凝土容重和浇筑高度的关系。在实际施工中，施工人员需要根据具体的混凝土容重和预计的浇筑高度，计算出模板所需的最小刚度，以确保模板在承受侧压力时不会发生变形^[4]。为了满足这一要求，施工人员在选择钢模板时，不仅要考虑其材料的厚度和强度，还要结合具体的施工条件进行精心设计，确保钢模板在承受侧压力时保持足够的刚度和稳定性，为混凝土浇筑提供坚实的支撑。此外，模板体系的优化还体现在接缝处理上，接缝处是模板体系中最容易出现漏浆的部位，如果处理不当，不仅会影响混凝土的外观质量，还可能对结构的安全性造成潜在威胁。在施工中，施工人员可采用双面胶带对接缝进行密封处理，双面胶带具有良好的粘性和密封性，能够有效防止混凝土在浇筑过程中从接缝处渗出，保证混凝土的外观平整和结构的完整性。

4. 稳定性保障措施

在高墩施工过程中，为了有效抵抗风荷载和施工偏载，必须设置稳固的临时支撑体系。这主要包括缆风绳和钢管支架的设置。缆风绳作为一种柔性支撑结构，能够通过其张拉力对高墩形成稳定的侧向支撑，通过合理布置缆风绳的数量、方向和角度，可以确保高墩在风荷

载作用下保持稳定的姿态。同时，缆风绳的安装和调整也相对简便，能够适应不同施工阶段的需求。钢管支架则是一种刚性支撑结构，它能够为高墩提供更为直接的竖向和侧向支撑。钢管支架的设计需要充分考虑高墩的高度、截面尺寸和施工荷载等因素，确保其具有足够的刚度和强度，在施工过程中，还需要对钢管支架进行定期检查和维护，确保其处于良好的工作状态。通过缆风绳和钢管支架的联合使用，可以形成一套完整的临时支撑体系，为高墩施工提供稳定可靠的支撑。

结束语

公路桥梁高墩施工是一项复杂的系统工程，涉及多个施工环节和多种施工技术。在实际施工中，应根据高墩的结构形式、现场施工环境、工期要求等因素，选择合适的施工方法，并严格按照施工规范和设计要求进行施工。同时，要加强施工过程中的安全管理和质量控制，确保高墩的施工质量和施工安全。通过不断的研究和实践，进一步优化高墩施工技术，提高施工效率和质量，为我国公路桥梁建设的发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 杨孟江. 高速公路桥梁施工中的高墩施工技术探讨[J]. 城市情报, 2023(11): 157-159.
- [2] 刘亚鹏. 高速公路桥梁施工中的高墩的施工技术要点探讨[J]. 智能城市应用, 2025, 8(1): 47-49.
- [3] 关晓旭. 高速公路桥梁工程墩柱盖梁施工技术探析[J]. 低碳世界, 2025, 15(1): 133-135.
- [4] 李洋, 张文文. 高速公路桥梁工程中薄壁空心墩施工技术[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(1): 042-045.