

BIM 技术在重力墩式码头设计与施工中的应用研究

李俊¹, 唐林富², 陈靖松³

(1. 北部湾港钦州码头有限公司, 广西 钦州港 535008;

2. 广西壮族自治区交通运输工程质量监测鉴定中心, 广西 南宁 530031;

3. 中交第四航务工程局有限公司, 广东 广州 510500)

摘要 本文以钦州港大榄坪港区 4 号、5 号泊位工程一期项目为研究对象, 深入探讨了 BIM (建筑信息模型) 技术在重力墩式码头设计与施工中的应用。研究表明, BIM 技术通过其可视化功能显著降低了沟通成本, 并为项目的精细化管理提供了强有力的技术支持。具体而言, BIM 平台使管理人员能够实时、直观地监控项目现场施工进度, 从而有效提升工作效率。BIM 技术还在解决不同专业领域之间构件冲突方面发挥了重要作用, 有效避免了设计与施工阶段的碰撞问题, 从而减少了返工风险, 节省了施工成本。此外, BIM 模型能够迅速且准确地进行工程量统计, 利用其卓越的特性, 施工进度计划得以清晰可视化模拟, 显著减少了人工统计可能带来的不确定性和误差, 并准确识别潜在风险, 从而实现工程项目的精确控制和高效推进。

关键词 BIM 技术; 重力墩式码头; 钢栈桥设计; 进度管理

中图分类号: TP391; U656.111

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.30.033

0 引言

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 指的是一种高科技技术, 它通过三维建筑结构模型实现工程项目的监理、设施运维、物业管理、数据化制造以及系统化工程管理的各项功能^[1]。BIM 技术在多个方面展现出卓越优势: 可视化、协调性、信息关联性、信息一致性、模拟化、信息完备性, 且具备出色的可出图性能^[2]。BIM 技术有效解决了传统三维建模方法在地质模型精细处理方面的局限, 借助先进的三维建模手段, 达成了地质信息的可视化呈现目标, 清晰地描绘了复杂多变的地质环境。该技术通过对地质模型实施精密的三维化处理, 在设计流程中扮演着至关重要的角色, 显著提升了工作精度。鉴于水运工程以其自身发展规模及行业特性, 相较于其他土建工程, 水运工程呈现出更为复杂的特性。港口项目依托水陆交互的运输设施, 设计时须全面分析地质结构、地貌特点及水文数据等关键因素, 同时, 在设计水工建筑物时, 必须细致考虑其结构体系、外形轮廓以及精确尺寸等因素, 这为定型设计带来了相当大的难度。对于地质条件错综复杂的港口工程项目, 传统三维建模技术在实现地质模型高精度的构建上存在限制, 从而给后续的设计环节造成了诸多阻碍。基于 BIM 技术的

工程管理工作, 可在同一个平台上, 将参与项目的建设单位、设计单位、监理单位、施工单位等统合, 共享同一个工程信息模型, 通过 BIM 技术可使项目可视化得以实现, 并进行精细化建设。本文以钦州港大榄坪港区大榄坪作业区 4 号、5 号泊位工程为研究对象, 对 BIM 技术在重力墩式码头设计与施工中的应用进行了研究。

1 工程概况

钦州港大榄坪港区 4 号、5 号泊位工程一期工程拟建设一座高桩+重力式码头, 上部结构包括现浇圆筒盖板、现浇胸墙、现浇肋梁和现浇面层, 整体结构采用 C40 混凝土, 总混凝土量约为 5 084.09 m³。码头的沉箱上方设置预制盖板及现浇 C40 胸墙, 胸墙的顶部标高为 6.37 m, 底部标高为 3.05 m, 每个沉箱上设置一段砼胸墙, 每段胸墙长度为 10.6 m。为了施工上部结构, 采用钢栈桥平台作为施工通道, 钢栈桥与现浇结构的距离约为 17 m。混凝土浇筑采用混凝土罐车与泵车相结合的泵送方式完成。

2 BIM 模型的创建

此工程项目的建模工作包含多个关键组成部分, 具体包括三维地质建模、地表形态的三维重构、场地

回填的动态模拟、港区开挖的详细设计、基础结构的模型构建以及水工建筑物的结构模型化等。本次主要针对施工过程中的基础结构模型和工艺进行模拟和分析。

3 工程应用

3.1 钢栈桥设计

本文工程涉及的引桥和栈桥桩基为灌注桩,因此需要搭建钢栈桥及钢平台作为施工便道及操作平台。拟建的钢栈桥及钢平台设计需满足多种重型设备的通行与作业要求,包括80 t履带吊、混凝土运输车、平板运输车、混凝土泵车、桩机等大型机械的通行。栈桥的设计考虑到全长搭设,起点设在现有陆域接岸现浇支墩处,经过引桥延伸至栈桥及码头方向,总长度约为680 m。其中,栈桥的主通道部分宽度按8 m进行设置。为了避免栈桥及平台底部受高潮位影响,钢栈桥及钢平台的顶标高设定为+7.0 m,并采用透空式平台结构进行搭设,确保其在潮汐变化中具备良好的通行能力和稳定性^[3]。

3.2 4D、5D模拟

在BIM 5D软件中,通过将详细进度计划与模型构件进行关联,能够实现4D施工模拟,进一步优化施工过程中的管理和控制。在4D施工模拟过程中,工程师可以直观地发现潜在隐患和问题,并将这些问题反馈给进度编制软件,以便实时优化施工进度计划。这一过程相较于传统二维图纸,具有更强的直观性和可操作性,能够大大提高施工图的审核效率。尽管工程师通过二维图纸可以发现设计错误,但这一过程通常需要花费大量时间。而通过在BIM系统中建立三维模型,可以迅速且直观地识别设计中的不合理之处。

3.2.1 辅助桩施打

辅助桩通过半挂车从堆放场运至施工现场,并由履带吊吊起,利用振动锤进行打设。水中辅助桩施工定位依赖于导向架,因此,在施打水中辅助桩之前,需要先制作并安装导向架。导向架采用贝雷架制作,总长9 m,纵向由三片贝雷架拼接而成,横向由两片贝雷架拼接并通过花架连接。限位装置使用16#槽钢制作,竖向分别在贝雷架顶部布置两层槽钢,上层布置于上层桁架顶面,下层布置于下层桁架顶面,槽钢槽口朝下与贝雷架焊接连接。焊接完成后的槽钢形成一个内切圆半径为0.35 m的正方形结构。在导向架与已完成的钢便桥贝雷架连接后,形成一悬臂梁。

水中辅助桩的打设过程依托已施工完成的钢便桥作为施工平台,吊车就位后,钢丝绳通过工字钢将吊

车与平台连接,确保其稳固可靠。随后,辅助桩通过平板运输车运输至吊车工作半径范围内,进行接长焊接。吊车将辅助桩吊起,并垂直放置在导向架内。接着,吊机吊起振动锤和夹具,夹住桩体并开始压锤,通过辅助桩和打桩锤的重量将桩压入土层。复测桩位和倾斜度偏差,确保其符合要求后,开始振动下沉。每排辅助桩搭设完成后,导向架拆除,并待下一排辅助桩施工时重新拼接。在吊车就位后,进行定位操作,利用振动锤夹具将辅助桩稳固夹持,精确放置至导向架预设位置^[4]。

3.2.2 安装贝雷梁

贝雷片采用标准型,尺寸为3 m长、1.5 m高。在场地内,贝雷主梁的组装过程始于在铺设了枕木作为支撑的地面上,通过吊车将各个贝雷片逐一吊起,并使用桁架连接销将这些贝雷片依次连接,形成延伸的结构单元。接下来,使用螺栓将竖向和水平支撑架与贝雷主梁连接,从而将整个结构整合为稳固的一体。确保贝雷接头的每一处均有支撑架配置,以保证接头处的稳定性。为了增强梁体的刚度和稳定性,采用了贝雷与支撑架之间的错位接头联结技术。这一技术有效降低了因桁架接头变形可能引发的主梁位移风险,进一步提升了结构的抗变形能力。所有桁架连接处的螺栓和螺帽需要严格按照规定的扭矩标准进行紧固,确保连接牢固。同时,在螺栓和螺帽上涂抹润滑黄油后,桁架销需准确穿插,以保证连接的顺畅和稳固性。贝雷梁安装示意图如图1所示。

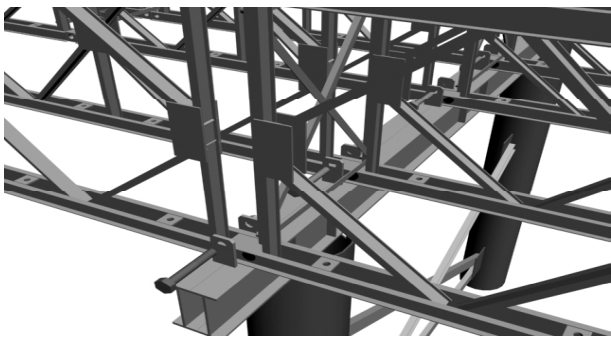


图1 贝雷梁安装示意图

3.2.3 铺设桥面横梁

贝雷梁安装完成后,按照设计要求布置工字钢横梁。通过U型铁件将工字钢与贝雷片牢固连接,确保连接稳定,防止滑移。图2为分配梁安装示意图。

3.2.4 桥面板铺设

工字钢横梁安装完成后,按照设计要求进行桥面板的铺设。图3为面板安装示意图。

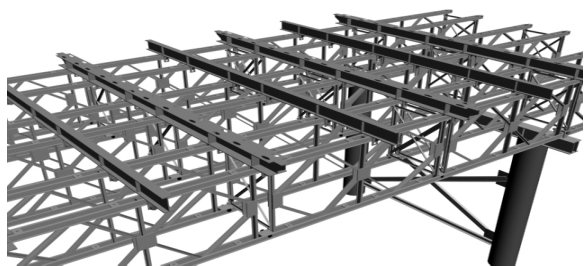


图 2 分配梁安装示意图

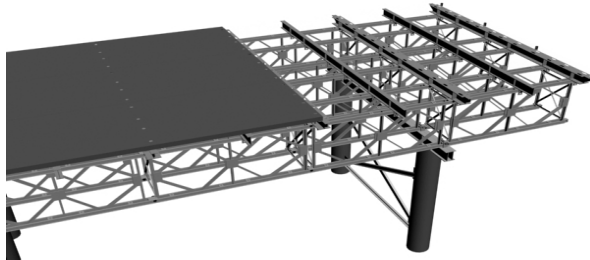


图 3 面板安装示意图

3.2.5 附属设施施工

主跨便桥结构竣工后,随即着手部署附属设施,包括便桥栏杆、照明系统以及安全警示标识等。在栏杆系统的设计上,采用三层防护设计,以增强安全冗余。每隔两米配置一根竖向支撑,支撑穿透桥面钢板,通过精密焊接技术牢固固定于横向分配梁结构上,从而确保栏杆系统的稳固性和可靠性。此外,栏杆上还设有航道警示灯和夜间行走路灯,以提供夜间通行安全保障。

3.2.6 安装桩顶横梁

通过对横梁、架桥机等设备进行建模,完成预制梁架设工艺分析。调试后,架桥机停放于喂梁位,前支腿、中托和后支腿支撑到位。两台起重天车同时就位,准备吊梁。运梁车将预制梁送至起重天车下方,前吊点对准前起重天车,前起重天车吊起梁并前移至后吊点,后起重天车吊起完成整片梁的吊装。吊装完成后,运梁车开出。在梁体移至安装位置后,进行纵向和横向调整,确保与预定落梁位精确对接。调整完成后,收起后支腿,架桥机沿轨道移动至下一梁位,支起后支腿,继续横向架梁作业。完成后,按程序进行过孔,为下一跨梁架设做好准备。

3.3 进度管理

基于详细施工进度计划、三维建筑信息模型,创建 4D 模拟动画。实现 4D 施工模拟的必要条件之一是施工详细进度计划。在 BIM 技术平台中,结合详细的进度计划,利用三维可视化环境展示各个工序的构建过程。该平台能够详细分解各项工序,帮助识别不同工序间的衔接空隙,从空间角度减少工序间的等待时

间,加速整体进度。通过对关键工序进行空间分析,管理人员可以发现进度瓶颈,并采取相应措施,从而提高关键工序的施工效率。通过 BIM 平台,项目管理人员可实时监控施工进度,及时发现、分析并解决问题,提高项目管理的精准度和响应速度。

3.4 提高施工安全管理效率

通过将现场监控系统与 BIM 系统实现信息化对接,能够在 BIM 平台中实时监控施工现场的动态,提供高效便捷的安全管理服务。监控探头拍摄的画面可通过 BIM 系统查看,系统能够准确定位现场人员和设备的位置,及时捕捉并记录违章行为。该系统的集成显著提高了施工安全管理的效率。施工人员可通过 BIM 系统即时上传现场的安全质量信息,确保项目管理人员能够实时、准确地发出指令。指令的执行情况可以通过系统进行跟踪和查询,提升了工程管理的透明度和响应速度,从而加强了施工现场的安全管理^[5]。

4 结论

1. BIM 技术的可视化功能能够显著降低沟通成本,为工程项目提供精细化管理的技术支持。通过 BIM 平台,管理人员可以实时监控项目现场的施工进度,从而提升决策效率和施工组织的整体效率。

2. BIM 技术在安全监督和质量检查中的应用,可以有效提升监管效能,及时发现潜在风险,降低施工过程中的安全事故和质量问题的发生率,进而节省相应的管理成本。

3. 利用 BIM 技术的卓越特性,施工进度计划可以进行精准的可视化模拟。这一过程显著减少了传统人工统计中的不确定性和误差,能够提前对进度进行评估,并精确识别潜在风险,从而帮助施工技术人员科学优化施工方案,确保项目按时按质完成。

参考文献:

- [1] 余萌,马向南.基于 BIM 的道路线形设计及安全评价方法探讨[J].城市道桥与防洪,2020(05):43-45.
- [2] 孙建诚,蒋浩鹏,朱双晗.基于 BIM 技术的三维公路模型设计探讨[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2019,38(01):30-34.
- [3] 梁涛.BIM 技术在施工现场总平面布置中的应用[J].科学与信息化,2018(04):9-10.
- [4] 曹祎楠.融合 BIM 与 GIS 的三维空间数据可视化研究[D].北京:北京建筑大学,2020.
- [5] 赵彬,谢尚英,何畏.桥梁工程 BIM 2020 年度研究进展[J].土木与环境工程学报(中英文),2021,43(S1):228-233.