

基于 BIM 技术的港口装卸设备智能化设计与管理

李文龙

中交一航局安装工程有限公司, 天津 300457

摘要： 随着我国口岸的迅速发展，码头装卸设备在数量、种类、功能等方面都得到了极大的提高。港口装卸设备是港口生产的关键部件，其高效、安全的运行对于提升港口运营效率、节约能源有着十分重要的意义。而将 BIM 技术引入到传统的装卸设备中，能够使港口装卸设备的管理更加智能化，从而提升港口的作业效率，减少能源消耗，降低成本。本文将 BIM 技术、智能制造技术、大数据技术相结合，构建一种以 BIM 技术为基础的智能设计和管理系统，使之达到“数字化、信息化、智能化”的目的。

关键词： BIM 技术；港口；装卸设备；智能化

Intelligent Design And Management Of Port Loading And Unloading Equipment Based On BIM Technology

Li Wenlong

INSTALLATION ENGINEERING CO.,LTD OF CCCC FIRST HARBOR ENGINEERING CO.,LTD, Tianjin 300457

Abstract： With the rapid development of China's ports, the quantity, type and function of wharf loading and unloading equipment have been greatly improved. Port loading and unloading equipment is the key component of port production, and its efficient and safe operation is of great significance for improving the port operation efficiency and saving energy. The introduction of BIM technology into the traditional loading and unloading equipment can make the management of the port loading and unloading equipment more intelligent, so as to improve the operation efficiency of the port, reduce the energy consumption and reduce the cost. This paper combines BIM technology, intelligent manufacturing technology and big data technology to build an intelligent design and management system based on BIM technology, so that it can achieve the purpose of "digitalization, information and intelligence".

Key words： BIM technology; port; loading and unloading equipment; intelligent

一、引言

在全球经济一体化进程不断加快的背景下，港口作为供应链中的关键环节，对一国经济的发展具有举足轻重的意义。而码头装卸设备是码头的核心部件，其设计的好坏和管理的好坏，将会对整个码头的运作效率产生很大的影响。

二、结合 BIM 技术发展港口装卸设备智能化必要性

(一) 提高装卸效率

传统的港口设备设计多采用平面图的方法，无法将设计方案与设备的关联表达出来，从而影响设备的性能及使用效率。实际港口装卸设备因其本身的特性，在进行设计时，应充分考虑其所处位置的局限性。例如，集装箱码头多为堆型布局，且对场地环境及排水条件有较好的需求，致使其平面布局与场地边界存在着互相制约的关系。堆场设计中，往往要同时兼顾场地和堆场的平面位置，这给场地有限的堆场带来了很大的困难。另外，在对集装箱码头进行设计时，还应充分考虑堆场空间和箱形尺寸的影响。例如，某大型煤炭码头，因其堆场位置有限，在实际生产中很难按设计要求完成装卸工作。所以进行港口机械装备性能分析时，需要针对不

同的工作状态，对其进行有效的动态分析，以装备布局参数为输入变量，将其与输出变量相对应，利用模型模拟方法，对各项性能指标进行求解。在此基础上，利用 MATLAB 软件编制程序，在有限元法的基础上，对设备布置进行了优化，以达到节约投资，提高生产能力，减少能源消耗的目的^[1]。

(二) 提升安全性

传统的港口装卸设备设计多依据图纸进行，缺少对其进行三维仿真，因此，在实际操作中，由于操作错误、设备损毁等原因，造成了大量的事故^[2]。而采用 BIM 技术构建的智能码头装卸设备管理系统，能够对其进行 3D 仿真，并与其进行仿真，从而达到安全监控的目的。比如在设备设计阶段，可以采用 BIM 技术对其进行建模，并将其与设备设计图进行比较^[3]。在制造阶段，即建造之前或者建造的时候，对模型进行测试与评价，能够及时地发现问题，并加以改进。当突发事件发生时，根据所建立的三维模型，可以对事故原因进行分析，并对应急处置方案进行仿真。据此明确运用 BIM 技术对码头装卸设备进行智能化管理，对提高其安全水平具有重要意义。

除此还有一点能够体现 BIM 技术对于安全性的保障效果，即运用到码头装卸设备中，能够有效降低设备的故障率。在传统的港口装卸设备设计中，一般都是依据图纸来进行，缺少与其进行

* 作者简介：李文龙，男，出生于 1988 年 11 月 9 日，籍贯（陕西省渭南市富平县人），本科，职称工程师，民族汉，从事建筑工程，机电设备安装等相关工作。

三维建模的互动。BIM软件具备强大的3D可视化能力及可视化建模能力，可将其引入BIM系统，实现无实体环境下的三维模型与数据信息的可视化显示。通过与码头作业装备的3D建模相结合，可以有效地降低码头作业设备的失效几率^[4]。

（三）优化资源配置

在传统的港口装卸设备设计中，由于缺乏信息化手段，很难对其进行实时监控，而通过BIM技术能够实现对码头装卸设备的实时监控。在港口装卸设备设计与生产管理中引入BIM技术，可实现港口装卸设备资源的最优配置，提高作业效率，减少能源消耗和浪费。将BIM技术引入到传统的码头装卸设备中，能有效地提高码头的作业效率^[9]。

（1）设计阶段，利用BIM对设计方案进行仿真，并将各项参数导入软件，实现对装卸设备作业的仿真，并且通过仿真分析，找出了该装置在使用中出现的各类问题，并对其进行了改进与优化。（2）建设过程中，运用BIM技术，实现了建设项目的信息化。（3）在施工过程中，采用BIM技术实现了现场环境和施工进度实时监控。运用BIM技术，通过对工程项目实施全过程的模拟与分析，能找出项目实施中出现的各类问题，从而对施工计划进行相应的调整与完善，从而最大限度地降低工程建设中由于设计不合理而带来的经济损失。

（四）促进产业升级

BIM技术的快速发展与成熟，将BIM技术应用于港口装卸设备的智能管理中，能够在设计、生产、管理等各个环节实现信息的共享和协作，提升码头的智能化管理水平。对港口装卸设施进行智能管理，既能提高作业效率，又能减少能源消耗，还能通过数据分析和优化配置，达到智能化的目的。通过对其进行智能管理，可以有效地提高码头作业的效率、安全、节约能源、降低费用。

三、BIM技术在港口装卸设备中的应用

（一）三维可视化模型创建

在三维可视化造型软件中，对港口装卸设备进行了三维建模，分为总体外形模型和局部细部模型两部分。其中，在建立设备总体外形模型时，应充分考虑设备的位置、起重能力、高度和角度等因素；在建立装备的部分细部模型时，要考虑到装备的外部尺寸、结构尺寸以及工艺参数等因素。

（二）碰撞检测与优化

由于装置布局的复杂，各装置在作业时极易相互碰撞。利用碰撞探测技术，可以及时地发现潜在的碰撞危险，从而有效地防止交通事故的发生。传统的点对点式碰撞检测方式存在低效、缺乏直观性，BIM通过三维可视化建模、拓扑关系建模、模型优化等手段，能够在3D可视化环境下对设备之间的位置关系进行分析与仿真，从而实现设备之间的碰撞检测。比如，运用BIM技术中的智能优化函数，可以调整设备之间的位置关系，调整角度，优化布局，达到最优布局。

（三）三维管线综合

基于BIM的管道综合是BIM的另一个重要应用，它能在三维

空间内对管道进行全面而直观的规划设计，更符合设计要求，便于施工和安装。管道系统的三维布局是设计者必须解决的问题，因为在管道系统的三维空间中进行综合，不但可以极大地提高生产率，还可以减少工作量，节约材料。

三维管道综合主要由管道定位、管线布置、管线开挖、管线支撑、支墩布置、管架布置、管沟回填等几个部分组成。运用BIM技术对管道进行三维综合，能较早地发现管道的位置与实际状况有无偏差，从而有效地避免了工程中的返工。

（四）三维设备模型轻量化处理

将BIM技术运用到码头装卸设备中，既能在设计阶段精确地表示设计意图，又能对设计方案进行优化。运用BIM技术，可使码头装卸设备的3D建模更加轻量化，从而提升其在工程建设中的适用性。利用该模型，不仅可以提高码头装卸设备的3D建模技术，而且可以大大降低工程建设中对计算机资源的占用。针对码头作业环境和工作条件等因素，提出基于UML的船舶结构轻量化设计方法，通过轻量化的造型语言，实现模型的轻量化，可有效降低3D模型中的冗余数据，提升其在工程建设中的应用效果。

四、基于BIM技术的港口装卸设备智能化设计与管理建议

（一）设备模型的建立

传统的港口装卸设备设计方法存在设计周期长、效率低、模型质量差等问题，且难以在设计阶段对其进行全面描述，严重影响设计质量。建立一个以BIM为基础的智能码头装卸装备设计系统，具有重要的理论意义和应用价值^[6]。其中系统包括模型的管理，模型的输出，模型的冲突检测，其中模型管理模块实现了对码头装卸设备的参数化建模；模型输出模块实现了模型的几何信息、设备信息和设备信息的输出；冲突探测模块主要是对模型中是否存在冲突点进行检测。

（二）协同设计

协同设计就是把CAD中的2D图转化为3D模型，并在此基础上对3D模型进行修改，以达到2D向3D转化的目的。设计中应针对具体的应用需求，选取适合的协作平台。当前使用最多的是Autodesk Revit, InfoWorks, Bentley, Midas Smith等。

实际在进行港口装卸设备的协同设计时，应充分考虑到模型的完备性和模型信息的一致性。这就意味着，工程人员必须确定，他们建立的模型中包括了所需的全部资料，而且这种资料是准确完整的。比如在使用装船机、卸船机、堆料机、取料机等设备时，设计者需要清楚地了解需要向哪个部门提供什么数据，因此需要将各种有关的数据存入模型中，这样才能确保项目的顺利完成。不过，在此之前，他必须先检查一下模型中的一切。若有疏漏或不完善之处，则应立即加以修正，以确保模式之完整性。而在确保了模型的完备性与一致性后，就可以继续进行下一个步骤。例如，为了确保生产效率，可以将这些数据输入设备管理系统，并对其进行相应的功能设计。因此，协同设计也能有效地提高项目的管理效率和工作条件^[7]。

（三）仿真模拟

仿真模拟就是通过对该装置进行三维建模，对该装置的工作状况、功能用途进行仿真分析，找出设计中的不足之处。通过对装备性能进行仿真，能够有效地解决装备服役中存在的各类问题，降低装备失效的概率。但仿真模拟是一项精细的技术与研究手段，其复杂性已超过一般的应用技术，其既涉及到对物理体系或器件的深入建模，也涉及到数据分析的集成，需要采集、处理和分析数据，保证模型的精度，并把结果转化为可供仿真的参数。同时本次应用还需要对整个系统的性能进行全面的仿真，包括从设备的工作状态到功能的真实使用情况，并在虚拟环境中进行再现与评价。通过仿真验证，可以对系统的设计方案进行合理、可行的检查，保证所设计的产品达到了预定的要求，或根据需要对其进行相应的调整和优化。

（四）设备信息管理

传统的设备管理方式是以纸张形式进行的，这样既不能达到实时的信息共享，又要加大手工录入的工作量，影响工作效率。在此基础上，建立一套以 BIM 为基础的港口码头装卸设备信息管理系统，以期实现码头机械结构设计信息的实时更新和维护，为以后的数据分析创造了方便的条件。由于模型中包含了各部件的设计信息，所以如何设定部件的属性也是一个很重要的问题。在设计资料方面，可针对不同的器材类别，以及针对器材的特定规格来选取。另外，本还可以对设计中出现的不正确和遗漏的信息进行自动识别和分析。而当管理员在系统的后台进行数据输入之后，可以通过对数据库的检索，知道各种设备的设计和图纸状况。

（五）智能化监控

港口装卸设备的智能监测分为两个部分：一个是设备自身的智能，另一个是管理的智能^[9]。就设备自身的智能而言，一是采用 BIM 技术，对煤堆场、煤筒仓、粮食筒仓等设备进行 3D 建模，并将其信息可视化。二是通过对设备进行远程数据采集，对其运行状态、故障等信息进行分析处理。就管理的智能而言，采用物联网技术，将港口机械在装卸作业过程中的各种信息如位置信息、运动状态信息、环境信息、健康信息、人员信息等全部接入到监控中心，并通过大屏幕和电脑终端进行集中管理。虽然目前已有的一些监测平台能够实现对港口机械的监测，但是这些监测平台仅能做到设备的智能监测而不能做到管理的智能监测，所以要想实现对港口机械的智能化监测与管理，需要建立一个集成化的监测管理平台^[10]。

结语

港口装卸设备在使用过程中会出现各种各样的意外状况，因此，其安全运营受到了广泛的重视。在发生意外情况时，码头装卸设施的紧急刹车及应急处置对减少人员伤亡和减少财产损失具有重要意义。而在设计、生产、管理等方面，若仍沿用以往的经验模式，既费时费力，又给生产管理带来很大困难。但 BIM 技术的运用，能够在模拟、分析、优化设备的工作状态后，达到对设备的实时监控与监控，从而提升港口的作业效率与安全水平。本文就相关方面进行了分析讨论，期望能为相关人员提供参考建议。

参考文献

- [1] 王杰, 范志旺, 李权锋. BIM 技术在深圳某港口道路与堆场工程施工中的应用 [J]. 四川建材, 2023, 49(07): 169-171.
- [2] 许益益. BIM 技术在港口基础设施维修管理中的应用探索 [J]. 建筑施工, 2021, 43(09): 1905-1906
- [3] 毛异乡. 港口装卸设备技术状态的监测 [J]. 科学咨询 (科技·管理), 2019, (08): 53.
- [4] 刘杰. 港口装卸设备针对性维修体制分析 [J]. 科技风, 2020, (13): 157.
- [5] 王坤. 港口装卸设备技术创新及管理策略研究 [J]. 科技创新与应用, 2021, 11(32): 117-120.
- [6] 季立强, 李全明. 港口装卸设备安全问题分析和措施 [J]. 港口科技, 2022, (04): 24-25+36.
- [7] 徐承军, 朱卓, 王琨. 大场景下港口装卸设备点云的聚类识别算法研究 [J]. 武汉理工大学学报, 2022, 44(09): 89-94.
- [8] 李伟. H 港口装卸设备管理优化研究 [D]. 燕山大学, 2022.
- [9] 闫学明. 港口装卸设备溜槽结构改进 [J]. 港口装卸, 2023, (06): 18+22.
- [10] 韩坤, 于万春, 吕箫, 等. BIM 设备管理系统 [J]. 港口科技, 2022, (12): 39-42.