

# 基于BIM技术的海洋平台管道设计与施工优化

李 丹

天津北海油人力资源咨询服务有限公司 天津 300450

**摘 要：**随着海洋资源的不断开发，海洋平台作为海洋工程的重要设施，其管道系统的设计与施工显得尤为重要。海洋平台管道系统复杂且安全性要求高，传统设计与施工方法已难以满足当前高效、安全的建设需求。BIM技术作为一种先进的数字化管理工具，其在海洋平台管道设计与施工优化中的应用逐渐受到关注。BIM技术能够构建三维信息模型，实现多专业协同设计、施工模拟等功能，有效提高设计质量和施工效率。本文将探讨BIM技术在海洋平台管道设计与施工中的应用与优化策略，以期为海洋工程建设提供新的思路和方法。

**关键词：**BIM技术；海洋平台；管道设计；施工优化

## 1 BIM 技术基础与海洋平台管道设计特点

### 1.1 BIM技术概述

建筑信息模型（BuildingInformationModeling，简称BIM）是一种基于数字化三维模型的集成化管理方法，它不仅包含建筑工程对象的几何信息、物理信息，还整合了项目全生命周期的进度、成本、资源等信息。BIM技术的核心在于构建三维信息模型，该模型可实现多专业协同设计、施工模拟、运营维护等功能，通过信息的实时共享与交互，打破各参与方之间的信息壁垒。BIM技术具有三维可视化、信息集成性、协同性、模拟性和优化性等显著特点。三维可视化使设计成果以直观的三维图形呈现，便于设计人员、施工人员及业主更清晰地理解设计意图；信息集成性将建筑工程全生命周期的各类信息集中于同一模型，实现数据的高效管理与利用；协同性支持多专业、多参与方在同一平台上协同工作，提升项目整体效率；模拟性可对施工过程、设备运行等进行模拟分析，提前发现潜在问题；优化性则基于模型信息和模拟结果，对设计和施工方案进行优化，实现资源的合理配置。

### 1.2 海洋平台管道设计特点

海洋平台管道系统是海洋工程的重要组成部分，具有复杂性高、安全性要求严格、空间受限等特点。海洋平台管道系统涉及油气输送、给排水、消防、通风等多个专业领域，管道种类繁多，包括工艺管道、公用工程管道等，各管道系统相互关联，设计时需综合考虑流体特性、压力等级、温度条件等多种因素。由于海洋环境恶劣，管道长期承受风浪、腐蚀、地震等自然因素影响，因此对管道的安全性要求极高。设计过程中需严格遵循相关规范和标准，确保管道在复杂海洋环境下具备足够的强度、稳定性和耐腐蚀性。同时，海洋平台空间

有限，管道布置需充分考虑设备安装、人员操作和维护空间，合理利用有限空间，避免管道与设备、结构构件之间的冲突<sup>[1]</sup>。另外，海洋平台建设成本高昂，施工难度大，一旦出现设计或施工问题，返工成本巨大，因此要求管道设计必须精准、高效。

## 2 基于 BIM 技术的海洋平台管道设计优化

### 2.1 管道模型构建

在海洋平台管道设计中，基于BIM技术构建管道模型是设计优化的基础。首先，设计人员利用专业BIM软件，如AutoCADPlant3D、AVEVAE3D等，根据设计图纸和相关参数，建立三维管道模型。在建模过程中，需准确录入管道的规格、材质、连接方式等信息，同时将管道与海洋平台的结构、设备等模型进行整合，形成完整的海洋平台三维信息模型。通过BIM模型，设计人员可以从不同角度、不同比例观察管道系统的空间布局，直观地了解管道走向、分支连接情况，及时发现设计中的不合理之处。例如，在某大型海洋石油平台管道设计中，利用BIM技术构建模型后，发现部分工艺管道与平台立柱的空间距离过近，存在安装和维护困难的问题，设计人员及时调整了管道走向，优化了设计方案。

### 2.2 碰撞检测与避免

碰撞检测是BIM技术在海洋平台管道设计优化中至关重要的应用环节。海洋平台管道系统错综复杂，管道与管道之间、管道与结构构件、设备之间极易发生碰撞冲突。一旦出现碰撞问题，不仅会影响施工进度，还可能增加成本，甚至危及平台的安全运行。利用BIM软件强大的碰撞检测功能，能够对三维管道模型进行全面且细致的检测。它可以快速准确地识别出潜在的碰撞点，并以直观的方式呈现给设计人员。检测出碰撞问题后，设计人员需要根据碰撞的类型和严重程度，制定出切实可行

的解决方案。对于管道与管道之间的碰撞，有多种解决途径。可以通过调整管道走向，让管道避开碰撞区域；也可以改变管径，使管道能够更合理地布置；还可以优化连接方式，以适应新的布局要求。而对于管道与结构构件、设备的碰撞，则需要综合考虑多方面的因素，包括结构安全、设备功能以及管道布置要求等，进行合理调整。例如，在某海洋天然气平台设计中，通过BIM碰撞检测发现消防管道与平台上的压缩机设备发生了碰撞。设计人员经过深入分析和权衡，重新规划了消防管道的路径，在确保满足消防规范要求的前提下，成功避免了碰撞问题，保障了设计方案的可行性和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 布置优化与空间利用

BIM技术为海洋平台管道的布置优化提供有力支持，能够显著提高空间利用率。基于三维模型，设计人员可以对管道布置方案进行多方案比选。他们需要综合考虑众多因素，如管道的流体性能，确保流体在管道内能够顺畅流动，减少能量损失；施工便利性，便于施工人员进行安装和操作；维护空间，为后续的管道维护和检修预留足够的空间。通过综合评估这些因素，选择出最优的布置方案。利用BIM模型的可视化功能，设计人员能够直观地评估管道布置对平台空间的影响。他们可以清晰地看到管道在平台上的分布情况，合理规划管道走向，避免管道占用过多空间，从而为设备安装、人员操作和维护预留出充足的空间。在管道布置优化过程中，还可以紧密结合海洋平台的实际使用需求，对管道进行分层、分区布置。例如，将高温、高压管道与普通管道分开布置，这样可以减少它们之间的相互影响，提高管道系统的安全性和稳定性；将公用工程管道集中布置，便于进行统一管理和维护。通过BIM技术实现的管道布置优化，在某海上风电平台项目中取得了显著成效，使平台空间利用率提高15%，同时降低施工难度和成本，为项目的顺利实施和长期运行奠定坚实基础。

## 3 基于 BIM 技术的海洋平台管道施工优化

### 3.1 施工方案模拟与优化

在海洋平台管道施工筹备阶段，运用BIM技术开展施工方案模拟具有不可估量的价值。传统施工方案制定往往依赖二维图纸和经验判断，难以全面预见施工过程中的潜在问题。而BIM技术能够将施工进度计划与三维管道模型深度融合，构建出4D施工模拟模型（3D模型+时间维度）。通过这一模型，施工过程中的各工序先后顺序、施工进度推进情况以及资源使用状况得以直观呈现。在模拟过程中，专业人员可以像观看“施工电影”一样，详细观察每个施工环节。例如，对于管道焊接

工序，能清晰看到焊接人员在不同时间点的作业位置、所需焊接材料的供应情况以及焊接设备的调配安排。同时，借助BIM的模拟分析能力，可深入评估施工方案的可行性和合理性。它能够精准分析施工过程中可能面临的各种风险，像高空作业安全风险、大型设备吊装风险等。以高空作业为例，BIM模拟可以精确计算出作业人员在不同高度的停留时间、作业范围以及周边环境对作业的影响。在某海洋平台管道安装施工模拟案例中，通过BIM技术发现了潜在的安全隐患。部分管道安装需要进行高空作业，且作业空间极为狭小，施工人员操作难度大，存在较大坠落和碰撞风险。针对这一问题，项目团队对施工方案进行了优化。采用模块化安装方式，将原本需要在高空进行的复杂安装工作分解为多个地面模块，在地面完成组装和调试后，再整体吊装至指定位置。这种方式不仅降低施工风险，还大大提高施工效率，减少高空作业时间和人力投入。

### 3.2 施工设备选择与优化

BIM技术为海洋平台管道施工设备的选择与优化提供了坚实的数据支撑和科学依据。在海洋平台管道施工中，施工设备的合理选择直接关系到施工进度、质量和成本。传统的设备选型往往缺乏精准的数据分析，容易导致设备选型过大造成资源浪费，或选型过小无法满足施工需求。借助BIM技术，根据管道模型中的详细信息，如管道规格、重量、安装位置等，结合施工方案和现场实际条件，利用专业的BIM软件能够进行精确的施工设备选型计算。以管道吊装为例，BIM软件可以综合考虑管道的重量、吊装高度、吊装半径以及现场的风力、海况等因素，通过内置的算法和数据库，推荐出最合适的起重机型号和规格。同时，根据管道焊接工艺要求，软件还能准确匹配相应的焊接设备，确保焊接质量和效率。另外，BIM模型还可对施工设备的操作空间和移动路径进行模拟。在模拟过程中，可以直观地看到设备在施工现场的运行轨迹，检查设备周围是否有足够的空间进行操作，以及是否会与管道、结构构件等发生碰撞<sup>[3]</sup>。在某海洋平台管道施工中，通过BIM技术对施工设备选型和布置方案进行优化，取得显著成效，施工设备的使用效率提高20%，设备闲置时间大幅减少。这不仅降低设备租赁成本，还提高施工的整体效率，确保了项目能够按时、高质量完成。

### 3.3 施工过程中的碰撞检测与应对

在海洋平台管道施工过程中，尽管前期进行了精心的设计和模拟，但由于现场实际情况复杂多变，与设计模型可能存在一定差异，碰撞问题仍有可能发生。传统

的碰撞检测方式往往是在施工过程中发现问题后才进行解决,容易导致施工延误、成本增加甚至安全事故。而利用BIM技术进行施工过程中的实时碰撞检测,能够及时发现问题并采取有效的应对措施。施工人员配备移动终端设备,在施工现场将实际情况与BIM模型进行实时对比。一旦发现碰撞或偏差,可立即通过移动设备将相关信息上传至BIM管理平台。平台能够迅速整合各方信息,项目管理人员根据反馈情况,及时组织设计、施工等相关人员进行深入分析。对于轻微的碰撞问题,如管道与小型支架的轻微干涉,施工人员可在现场直接进行调整,如移动支架位置或对管道进行微小修改。

然而,对于较为复杂的问题,则需要重新优化设计方案或施工方案。例如,在某海洋平台管道安装过程中,施工人员发现实际到货的管道配件尺寸与设计模型存在偏差,这可能导致安装时与其他管道或设备发生严重碰撞。通过BIM平台及时反馈问题后,设计人员迅速展开分析,重新调整设计方案,对管道布局 and 连接方式进行了优化。这一举措避免了施工延误和因返工带来的成本增加,确保了施工的顺利进行。BIM技术的实时碰撞检测与应对机制,为海洋平台管道施工的安全、高效推进提供有力保障。

## 4 案例分析

### 4.1 案例项目概况

选取某大型深海石油开采平台项目作为案例研究对象。该平台主要用于深海石油的开采、处理和储存,其管道系统复杂,包括原油输送管道、天然气输送管道、注水管道、消防管道等多个子系统。平台建设规模大,施工环境恶劣,对管道设计和施工的精度、安全性和效率要求极高。

### 4.2 BIM技术在案例项目中的应用过程

在设计阶段,设计团队利用AVEVAE3D软件构建了海洋平台管道的三维信息模型,将管道系统与平台结构、设备模型进行整合。通过碰撞检测,共发现管道与结构构件、设备之间的碰撞点230余处,管道与管道之间的碰撞点80余处。针对这些问题,设计团队对管道布置方案进行了多次优化调整,确保了设计方案的准确性和

可行性。在施工阶段,施工单位基于BIM模型进行施工方案模拟,制定了详细的施工进度计划和资源配置方案。利用BIM技术优化施工设备选型,选择了合适的起重机、焊接设备等<sup>[4]</sup>。在施工过程中,通过实时碰撞检测,及时发现并解决了因现场施工误差导致的管道碰撞问题15起,有效保障了施工进度和质量。

### 4.3 应用效果分析

通过BIM技术在该项目中的应用,取得了显著的效果。在设计方面,减少了因设计错误导致的施工返工,设计变更次数相比传统设计方式减少40%,缩短设计周期。在施工方面,施工效率提高25%,施工成本降低18%,同时施工安全事故发生率显著下降。BIM技术的应用实现了海洋平台管道设计与施工的精细化管理,为项目的顺利实施提供有力保障。

## 结束语

BIM技术在海洋平台管道设计与施工优化中具有重要的应用价值。通过BIM技术实现的管道设计优化和施工优化,能够有效解决海洋平台管道工程中的复杂问题,提高设计质量和施工效率,降低施工风险和成本。随着BIM技术的不断发展和完善,其在海洋平台工程建设领域的应用将更加深入和广泛。未来,应进一步加强BIM技术与海洋工程专业的融合,开发适用于海洋平台工程的BIM应用功能和标准,推动海洋平台工程建设向智能化、高效化方向发展。

## 参考文献

- [1]付明明,仲光华,王逢军,等.海洋石油平台管道布置设计分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(22):104-106.
- [2]张宝.海洋石油平台天然气压缩机脉动消减技术分析[J].石化技术,2023,30(08):68-70.
- [3]刘吉飞,雷俊杰,纪志远,等.海洋石油平台注水系统往复泵管道振动分析[J].化工机械,2023,50(02):256-259+277.
- [4]刘翔宇,陈峰,赵宇.基于三维设计的海洋石油平台结构优化方法研究[J].计算机工程与应用,2022,55(4):1-6.