

核电通风系统施工过程中的BIM技术应用研究

毛艳彬

中国核电工程有限公司 辽宁 葫芦岛 125000

摘要：本文聚焦于核电通风系统施工过程，深入探讨BIM（建筑信息模型）技术在其中的应用。通过分析核电通风系统施工特点与难点，阐述BIM技术在施工准备、设计优化、施工模拟、进度管理、质量管理及运维管理等多个阶段的具体应用方式与优势。研究表明，BIM技术的应用可显著提升核电通风系统施工效率、质量和安全性，为核电工程建设提供有力支持，推动核电行业向智能化、信息化方向发展。

关键词：核电通风系统；BIM技术；施工管理；应用研究

1 引言

核电工程具有技术复杂、安全要求极高、建设周期长等特点，其中通风系统作为保障核电站安全运行的重要组成部分，其施工质量直接关系到核电站内人员安全、设备正常运行以及环境控制。传统的核电通风系统施工管理模式在信息传递、协同工作、可视化等方面存在诸多不足，难以满足现代核电工程建设的高要求。BIM（Building Information Modeling）技术作为一种基于三维数字技术的建筑信息集成与管理方法，通过创建包含建筑项目全生命周期信息的数字化模型，实现了各参与方之间的信息共享与协同工作，为解决核电通风系统施工中的难题提供了新的思路和有效手段。深入研究BIM技术在核电通风系统施工过程中的应用，对于提高核电工程建设质量、保障核电站安全运行具有重要的理论意义和实践价值。

2 核电通风系统施工特点与难点分析

2.1 施工环境复杂

核电通风系统施工通常在核电站厂房内进行，厂房内部空间布局紧凑，设备众多，管线错综复杂。通风管道需要与其他专业管道（如电气、给排水、消防等）相互协调布置，施工空间狭窄，给管道的安装、连接和调试带来了极大困难。同时，核电站对施工环境的洁净度、辐射防护等有严格要求，施工人员需要在特定的防护措施下进行作业，进一步增加了施工难度。

2.2 系统规模庞大

核电通风系统涵盖了多个子系统，包括正常通风系统、事故通风系统、碘风系统等，每个子系统又由众多的通风设备、管道和阀门组成。系统规模庞大，设备数量众多，管道走向复杂，对施工组织和管理提出了极高要求。在施工过程中，需要精确控制各个设备的安装位置、管道的坡度和连接方式，确保系统能够正常运行并

满足设计要求。

2.3 质量要求严格

核电通风系统的质量直接关系到核电站的安全运行。通风管道的密封性、通风设备的性能稳定性以及系统的整体可靠性都必须达到极高的标准。任何一点质量问题都可能导致通风系统失效，进而引发严重的安全事故^[1]。因此，在施工过程中需要严格遵循相关的质量标准和规范，加强质量检验和验收工作，确保每一个环节都符合质量要求。

2.4 施工周期长

核电工程建设周期通常较长，通风系统施工作为其中的一个重要环节，也面临着较长的施工周期。在长时间的施工过程中，可能会受到各种因素的影响，如设计变更、材料供应、设备调试等，导致施工进度延迟。同时，由于施工周期长，施工人员流动性较大，新入职人员对施工工艺和质量要求的熟悉程度可能不足，也会对施工质量产生一定影响。

2.5 协同工作难度大

核电通风系统施工涉及多个专业和多个参与方，包括设计单位、施工单位、监理单位、设备供应商等。各参与方之间需要密切协作，共同完成通风系统的设计、施工和调试工作。然而，在实际项目中，由于信息沟通不畅、职责划分不明确等原因，常常会出现协同工作困难的问题，导致施工过程中的返工、延误等现象频繁发生。

3 BIM 技术在核电通风系统施工中的应用优势

3.1 可视化优势

BIM技术能够将核电通风系统的设计信息以三维模型的形式直观地展示出来，使施工人员可以清晰地看到通风管道的走向、设备的安装位置以及各部件之间的空间关系。通过三维可视化模型，施工人员可以提前发现设计中存在的问题，如管道碰撞、空间不足等，并及时与

设计单位沟通进行调整，避免在施工过程中出现返工现象，提高施工效率和质量。

3.2 协同工作优势

BIM模型作为一个共享的信息平台，为核电通风系统施工的各参与方提供了一个统一的沟通和工作环境。设计单位、施工单位、监理单位等可以通过BIM模型实时共享项目信息，进行协同设计和施工管理。各方可以在模型上进行标注、评论和修改，及时解决施工过程中出现的问题，提高协同工作效率，减少信息传递误差，确保项目顺利进行。

3.3 模拟分析优势

利用BIM技术可以对核电通风系统的施工过程进行模拟分析，包括施工进度模拟、施工工艺模拟、通风系统性能模拟等。通过施工进度模拟，可以直观地展示各个施工阶段的时间安排和资源需求，帮助项目管理人员制定合理的施工计划，优化施工流程，提前发现潜在的进度风险并采取相应措施进行防范。施工工艺模拟可以使施工人员提前熟悉施工流程和操作方法，提高施工技能和施工安全性。通风系统性能模拟可以对通风系统的风量、风压、气流组织等参数进行计算和分析，验证系统设计是否合理，为系统的优化和调试提供依据。

3.4 信息集成优势

BIM模型集成了核电通风系统的几何信息、属性信息、施工信息等多方面的数据，形成了一个完整的项目信息数据库。通过BIM模型，可以方便地查询和管理通风系统的各种信息，如设备型号、规格、材质、安装位置、维护记录等。这些信息为项目的施工管理、运维管理提供了有力支持，实现了项目全生命周期的信息共享和管理。

4 BIM技术在核电通风系统施工各阶段的具体应用

4.1 施工准备阶段

4.1.1 三维模型创建

在施工准备阶段，首先需要根据核电通风系统的设计图纸和相关规范要求，创建详细的三维BIM模型。模型应包含通风管道、通风设备、阀门、风口等所有通风系统的组成部分，并准确标注各部件的几何尺寸、材质、型号等属性信息^[2]。通过三维模型的创建，可以直观地展示通风系统的整体布局和细节结构，为后续的施工工作提供准确的参考依据。

4.1.2 碰撞检测与优化设计

利用BIM模型的碰撞检测功能，对通风系统与其他专业管道、设备之间进行碰撞检查。通过自动检测和人工分析相结合的方式，找出设计中存在的碰撞问题，如管道与管道、管道与设备、管道与结构之间的碰撞等。针对检测出的碰撞问题，及时与设计单位沟通进行设计优化，调整管道走向、设备位置等，确保通风系统与其他专业系统之间协调布置，避免在施工过程中出现因碰撞而导致的返工现象。

3.5 施工场地布置模拟

4.1.3 施工场地布置模拟

基于BIM模型，结合施工现场的实际情况，对施工场地进行三维模拟布置。合理安排通风系统施工所需的材料堆放场地、设备加工场地、临时办公设施等的位置，优化施工场地的交通流线，确保施工场地布局合理、紧凑，提高施工场地的利用率和施工效率。同时，通过施工场地布置模拟，可以提前发现场地布置中存在的问题，如场地狭窄、交通拥堵等，并及时进行调整，为施工顺利进行创造良好条件。

4.2 施工过程阶段

4.2.1 施工工艺模拟与交底

针对核电通风系统施工中的关键工序和复杂节点，利用BIM技术进行施工工艺模拟。通过动画演示的方式，直观地展示施工流程、操作方法和质量控制要点，使施工人员能够提前熟悉施工工艺，掌握施工技巧^[3]。在施工前，组织施工人员进行BIM模型交底，将施工工艺模拟视频和相关的技术要求传达给每一位施工人员，确保施工人员严格按照施工工艺要求进行施工，提高施工质量。

4.2.2 施工进度管理

将BIM模型与施工进度计划相结合，建立4D（三维模型+时间）施工进度模拟模型。通过4D模型，可以直观地展示各个施工阶段的时间安排和空间关系，实时监控施工进度情况。项目管理人员可以根据4D模型提供的信息，及时发现施工进度偏差，分析偏差产生的原因，并采取相应的措施进行调整，如增加资源投入、优化施工流程等，确保施工进度按照计划顺利进行。

4.2.3 施工质量管理

利用BIM模型的质量信息管理功能，对核电通风系统施工过程中的质量信息进行实时记录和管理。在模型中关联质量检验计划、检验报告、质量问题整改记录等信息，实现质量信息的可追溯性。施工人员在进行质量检验时，可以通过移动终端设备扫描模型中的构件二维码，获取该构件的质量检验标准和要求，并实时上传检验结果。

4.2.4 施工安全管理

基于BIM模型，结合施工现场的安全管理要求，开展施工安全模拟和分析。通过模拟施工现场可能发生的安全事故场景，如高处坠落、物体打击、触电等，分析事

故发生的原因和可能造成的后果，制定相应的安全防范措施。在施工现场设置安全警示标识时，可以利用BIM模型进行可视化展示，确保安全警示标识设置合理、醒目。同时，通过BIM模型对施工人员进行安全教育培训，提高施工人员的安全意识和自我保护能力，减少安全事故的发生。

4.3 施工验收与运维阶段

4.3.1 施工验收辅助

在核电通风系统施工完成后，利用BIM模型进行施工验收辅助工作。通过将实际施工情况与BIM模型进行对比，检查通风系统的安装质量是否符合设计要求。例如，检查通风管道的连接是否严密、通风设备的安装位置是否准确、阀门的开启是否灵活等^[4]。同时，利用BIM模型中的质量检验信息，对施工过程中的质量检验记录进行查阅和审核，确保验收工作的全面性和准确性。

4.3.2 运维管理信息集成

将核电通风系统的运维管理信息集成到BIM模型中，形成一个包含设备基本信息、维护记录、运行参数等信息的运维管理数据库。通过BIM模型，运维人员可以方便地查询通风系统的各种信息，了解设备的运行状态和维护历史，制定合理的维护计划。同时，利用BIM模型的可视化功能，运维人员可以快速定位故障设备的位置，提高故障排除效率，保障通风系统的正常运行。

4.3.3 设施更新与改造支持

在核电通风系统的运维过程中，随着设备的使用寿命到期或技术升级的需要，可能需要对部分设施进行更新和改造。BIM模型可以为设施更新与改造提供准确的基础数据和可视化支持。通过在BIM模型上进行模拟分析和方案比选，确定最优的更新改造方案，减少对通风系统正常运行的影响，降低更新改造成本。

5 BIM技术在核电通风系统施工中应用的保障措施

5.1 人才培养与团队建设

BIM技术的应用需要具备专业知识和技能的人才支持。核电企业应加强对BIM技术人才的培养，通过开展内部培训、外部进修、项目实践等方式，提高员工的BIM技术应用水平。同时，组建专业的BIM技术应用团队，团队成员应包括BIM建模人员、BIM应用管理人员、各专业工程师等，明确各成员的职责和分工，加强团队协作，确保BIM技术在核电通风系统施工中的顺利应用。

5.2 标准规范制定

为了规范BIM技术在核电通风系统施工中的应用，核

电企业应制定统一的BIM技术应用标准规范。标准规范应包括BIM模型的创建标准、数据交换标准、协同工作流程标准等方面的内容，确保各参与方在BIM技术应用过程中遵循统一的标准，实现信息的无缝传递和共享。同时，积极推动行业标准的制定和完善，促进BIM技术在核电行业的广泛应用和健康发展。

5.3 软件与硬件支持

选择适合核电通风系统施工特点的BIM软件和硬件设备是保障BIM技术应用效果的关键。核电企业应根据项目需求和自身实际情况，选择功能强大、兼容性好、易于操作的BIM软件，如Revit、Navisworks等。同时，配备高性能的计算机、服务器、移动终端等硬件设备，满足BIM模型的创建、处理和展示需求。此外，还应建立完善的软件和硬件维护管理制度，确保设备的正常运行。

5.4 数据安全与保密

核电通风系统涉及核电站的安全运行，其BIM模型中包含大量的敏感信息。因此，必须加强数据安全与保密管理。建立完善的数据安全管理制度，对BIM模型的访问权限进行严格控制，采用加密技术对数据进行加密存储和传输，防止数据泄露和非法访问。同时，定期对数据进行备份，确保数据的安全性和完整性。

结语

本文深入分析了核电通风系统施工特点与难点，探讨了BIM技术在其中的应用优势与方式。研究表明，BIM技术在施工各阶段均具重要价值，能凭借多种功能解决施工难题，提高效率、质量与安全性，降低成本，为核电工程提供有力支持。展望未来，随着信息技术发展，BIM技术将在核电行业更广泛应用，与物联网等新兴技术深度融合，实现智能化运维管理，同时基于BIM模型的VR和AR技术也将为施工培训和运维管理带来新变革，提升核电行业竞争力。

参考文献

- [1]徐婧.BIM技术在核电管道模块化施工中的应用[D].中北大学,2024.
- [2]贺卫兵,杨尚,王浩丞,等.BIM技术在核电工程信息管理与业务协同中的应用[J].施工技术(中英文),2025,54(02):118-125.
- [3]邱浩.BIM技术在核电施工进度计划中的应用研究[J].中国设备工程,2022,(16):188-190.
- [4]刘虹泽,朱茂林,刘帅.基于BIM技术的核电厂结构模块就位安装[J].设备管理与维修,2023,(23):127-129.