



数字建造赋能抗疫医院

——武汉雷神山医院项目设计施工一体化
BIM 应用



摘要

在全国最大规模的新冠病毒肺炎应急医院——武汉雷神山医院的建设中，通过基于 BIM 的装配式工艺、流体仿真技术、智能化管理平台等设计施工一体化应用，助力医院快速建成、安全使用，进一步挖掘 BIM 技术在医疗建筑项目和应急项目中的价值。

一、项目概况

1. 项目简介

武汉雷神山医院建设用地面积达22万平方米，总建筑面积为7.9万平方米，总床位数1500张，可容纳医护人员2300人，开设32个病区，是一个专为收治新冠病毒肺炎重症患者建造的抗疫应急医院，是疫情期间全国投资建设的最大抗疫项目。整个医疗隔离区呈鱼骨状分布，病房采用箱型板房形式；医技楼为钢结构形式。

2. 项目创新性

雷神山医院建设初始，国内疫情肆虐，留给设计人员、施工人员及管理人员的时间极短，如何利用数据流高效的办公，减少设计变更，减少设计错误，降低施工难度，提高施工速度，是建造过程中的重难点，因此，利用BIM技术进行正向设计、深化设计，过程中进行流线模拟，气流模拟，医疗可视化模拟等，极大的提高了设计效率与沟通效率。



图1 雷神山医院鸟瞰图

二、技术应用过程

1. 设计阶段BIM应用

(1) 数字孪生医院

数字孪生是现实世界的实体在虚拟数字世界的镜像，不仅能对现实实体虚拟再现，还能模拟其在现实环境中的行为。



图2 整体鸟瞰模型



图3 整体鸟瞰模型渲染图



图4 整体鸟瞰实景照片

为避免医务人员被感染，隔离医疗区的所有病房均设计为负压病房，病房内的气压低于病房外的气压，外面的新鲜空气可以流进病房，病房内被患者污染过的空气通过专门的通道及时排放到固定的地方。

(2) 医疗建筑标准化设计

根据医疗建筑功能的特点，用BIM技术将医疗建筑中的功能模块进行拆分和标准化设计，将设计转化为成熟的产品，有利于提升设计质量和效率。

如病房区的病房模块、缓冲区模块，医技区的手术室模块、ICU模块、CT室模块等。



图5 CT室模块

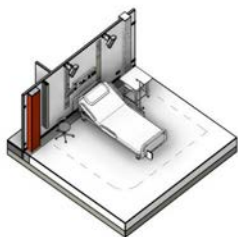


图6 ICU模块



图7 手术室模块



图8 复苏室模块



图9 病房模块

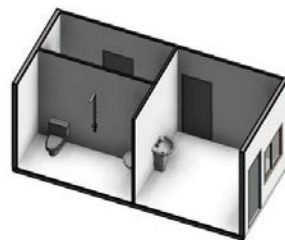


图10 卫生间+缓冲室模块

将大模块拆分成重复率高的小模块，建筑、结构、机电、装修、设备等全专业精细化参数化建模，添加材质、尺寸、设备参数等构件信息。方便同类型医疗建筑的设计提取和复用。

(3) 医护流线漫游动画

雷神山医院主要分为隔离医疗区和医技区。利用BIM技术对医护在具体治疗、生活的封闭过程中进行动线模拟，生成动线图与漫游动画，找出可能出现的最大风险点，及时进行设计优化和方案调整。

2. 施工阶段BIM应用

(1) BIM助力装配式设计、施工

在对隔离医疗区进行功能区划分的过程中，设计人员将其分为护理单元和医技区两种典型区域。其中护理单元均由尺寸规格一致的隔离病区与医护办公区组成，具有典型的标准化模块的特征。考虑到疫情期间的材料供应问题，以及施工环境和施工机械的制约，最大限度的提高建造速度，设计方与施工方一致决定护理单元采用装配式设计和施工，选择轻型模块化钢结构组合房屋（箱式房）结构体系。通过A、B两种型号的箱式房进行组合排布，形成具备3个基础功能的区域模块，并通过对三个基础功能区域模块的合理拼装，构成一个完整的护理单元模块。



图11 装配式设计与模块化组装

(2) 钢结构正向一体化设计

传统钢结构设计模式：建模计算→施工图→加工详图→设计认可→工厂加工。雷神山钢结构设计模式：建立深化设计模型→结构验算/设计认可/详图料表同时完成。

工期紧急，节点设计及优化初衷主要考虑方便制作、运输及安装的因素。由于建筑本身的特殊性，在结构节点设计及优化的过程中，主要的初衷是考虑现材先用、便于制作、快速装运、简化安装等方面因素。

本工程BIM深化设计图纸通过Tekla与AutoCAD软件结合使用进行绘制，Tekla软件主要负责两部分内容，一是按设计资料先行模拟结构实际施工进行计算机建模，二是通过创建的模型匹配和调整加工制作图纸。AutoCAD软件主要负责进行工艺文件绘制、重要信息补充和施工图纸编排等内容。

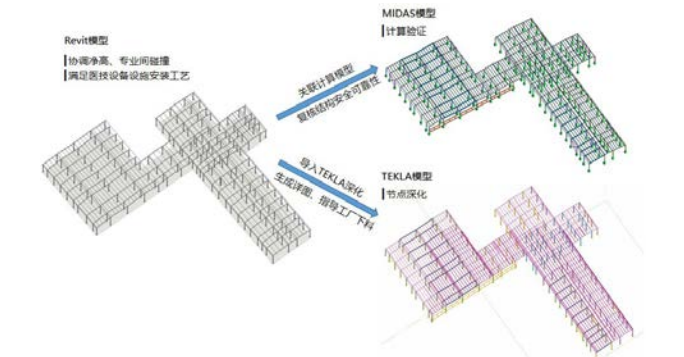


图12 钢结构设计模式

(3) 室外管网跳仓法施工

雷神山医院原设计室外管网布置在每个护理单元之间均有雨、污、废管线，如此施工将造成场内大面积开挖，对于厢房吊装影响极大，严重影响现场进度。因此采用BIM技术进行设计优化，合并多余管道，将管道优化为“隔一设一”，进行室外管网跳仓法施工，减少现场管道开挖、预埋施工工作量，为吊装场地提供充足的保障工作。

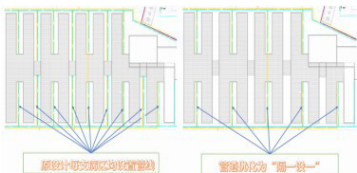


图13 室外管网原设计与优化对比图



图14 室外管网BIM设计优化模型



图15 室外管网现场施工图

原计划进场50台挖掘机、40台推土机、250辆渣土车，经过深化后工程量大大减少，实际进场33台挖掘机、26台推土机、168辆渣土车，机械投入减少1/3。

(4) H型钢基础优化

在施工基础阶段，对结构基础进行优化。通过BIM技术优化基础形式，设计出一种砼条基+钢结构组合式基础，将原全砼基础深化为外部采用全砼基础、内部采用梅花形布置型钢基础，大大简化施工工艺、加快了施工速度，仅此一项就减少混凝土条基22576米（共计3387m³混凝土），减少管道穿孔1036个，减少劳动力投入约200人。



图16 医护休息改建区贝雷架基础效果图



图17 医护休息改建区贝雷架基础实物图

3. BIM创新亮点应用

(1) 负压病房的气流组织和污染物扩散模拟

针对负压病房的气流组织及污染源扩散分析，旨在辅助设计，并对医护人员的安全问题提出建议。结合现场实施特点，制定了四种气流组织方案进行瞬态XFLOW仿真计算。

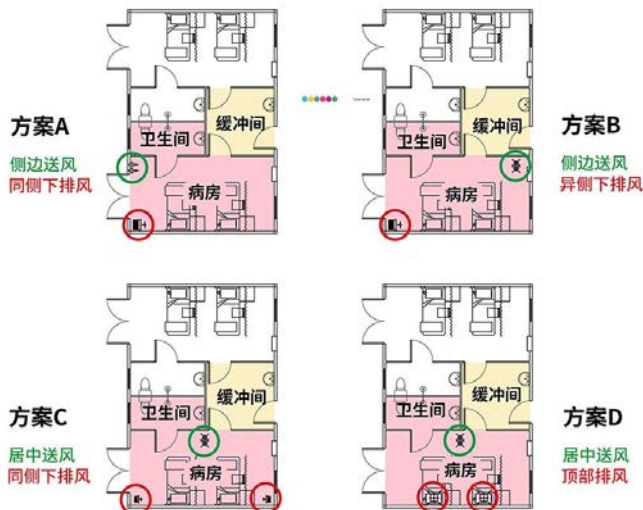


图18 流体仿真方案对比

利用领先的流体仿真技术，对比多个通风系统布置方案，寻找污染物扩散最小的方案，最大程度保护医护人员和防止交叉感染。实现了负压病房气流组织设计由传统的宏观经验设计向精细化数值仿真的蜕变。

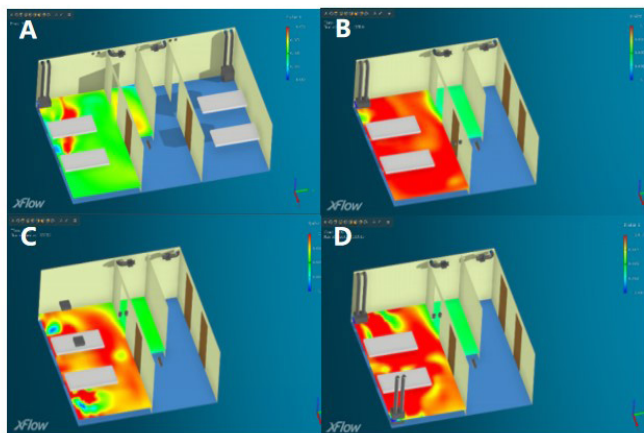


图19 流体仿真方案分析对比

(2) 室外污染物扩散模拟

建立城市级大尺度的流场模型，模拟了病房外废气排放对周边环境的影响，创新性地为传染病医院的选址提供了可量化的设计依据。

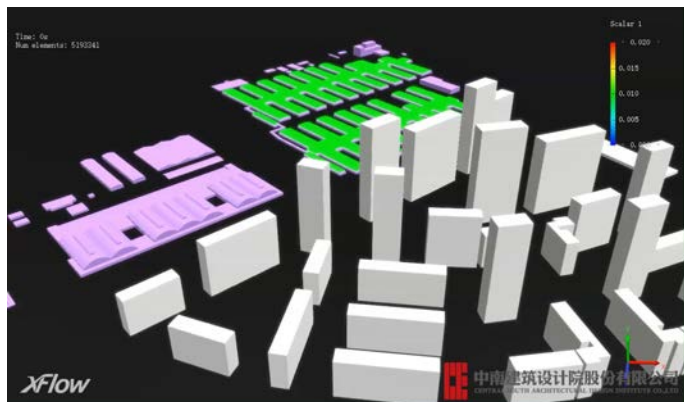


图20 室外污染物模拟

(3) 环境监测平台

自主研发的环境监测平台由BIM模型、仿真软件、互联网技术共同构建，具有响应快、跨地域、不间断、大规模、适应性强等特点。

同时，与清华大学合作进行雷神山医院和多个方舱医院的室内环境监测，通过识别算法、优化通风系统和净化设备运行、优化医院日常运行。

(4) 基于BIM的智能化管理平台

我司在基于BIM与物联网技术方面的研究中，开发了BIM-QR系统。在本工程中深度应用BIM-QR系统，在原料采购、构件生产、构件运输和质量验收全过程实现钢结构信息化管理，提升管理精细度，实现高效建造，确保工程顺利履约。并获得4个平台的软件著作权。



图21 轮式及履带式起重机行走及起重荷载计算系统



图22 基于BIM的智能物流管理系统



图23 应急工程计划管理软件



图24 应急医院维保管理软件平台

三、BIM实践总结

(1) 在面对快速设计、快速建造的场景，BIM技术有着极大的优势，可以超前完成需求响应，打造数字孪生模型，最高效的反映设计成果，及时调整设计文件，使设计高效化；

(2) 在装配式建筑的场景中，BIM技术可以打通设计、生产、施工装配这一整条产业链，形成所见即所得的设计模式，其过程中产生的对接问题，生产误差问题可以得到极大的改善。

作者：



苏章
中建三局一公司



李文建
中建三局一公司



彭飞
中建三局一公司



魏欣
中南建筑设计院



欧特克大视界

咨询热线：400 056 5020

Autodesk、Autodesk 标识是 Autodesk, Inc. 和/或其子公司和/或其关联公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标。所有其他品牌名称、产品名称或者商标均属于其各自的所有者。Autodesk 保留随时调整产品和服务供应、规格以及SRP的权利，恕不另行通知，同时 Autodesk 对于此文档中可能出现的印刷或图形错误以及其他错误不承担任何责任。© 2021 Autodesk, Inc. 保留所有权利 (All rights reserved)。

 **AUTODESK**