



Integrated Technology and Engineering Case of Rapid Construction of Modular Prefabricated Building for Anti-epidemic Medicine

Liao Fei¹, Chen Zhaorong^{1,*}, Chen Wurong², Li Bo³, Zeng Changluo¹, Yin Ye²

¹China Construction Fifth Engineering Bureau the Third Construction Co., Ltd., Changsha, China

²BGI Genomics Co., Ltd, Shenzhen, China

³Shenzhen Construction Engineering Quality and Safety Supervision Station, Shenzhen, China

Email address:

chenzhaorong1987@qq.com (Chen Zhaorong)

*Corresponding author

To cite this article:

Liao Fei, Chen Zhaorong, Chen Wurong, Li Bo, Zeng Changluo, Yin Ye. Integrated Technology and Engineering Case of Rapid Construction of Modular Prefabricated Building for Anti-epidemic Medicine. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 542-552.

doi: 10.11648/j.sd.20221006.35

Received: November 29, 2022; Accepted: December 26, 2022; Published: December 28, 2022

Abstract: With the promotion of urbanization and the development of industrial construction, the construction industry in our country is in a period of rapid development. Modular prefabricated buildings can promote the development of construction industrialization including standardized design, factory production, on-site construction assembly, integrated decoration and construction, and informatization of on-site management. From the end of 2019 to now, the COVID-19 has posed great challenges to world public health security. The research group proposed a holistic solution of the design concepts of modular membrane combination and container mold combination, it is base on the rapid construction integration technology of modular prefabricated building for epidemic prevention and medical treatment. Combined with the construction of air membrane isolation ward and shelter hospital, the concept of five-dimensional BIM is proposed. The design process of integration of architectural design and construction is summarized. The research group has conducted a systematic study on the rapid construction integration technology of modular prefabricated building for epidemic prevention medical treatment, aiming to organically integrate modular prefabricated building, epidemic prevention medical building and other technologies. And through the application of the integrated technology in 3 engineering cases, the overall can meet the requirements of rapid construction of emergency epidemic prevention.

Keywords: Industrial Building, Novel Coronavirus, Modular Assembly, Integration

防疫医疗模块化装配式建筑快速建造集成技术及工程案例

廖飞¹, 陈兆荣^{1*}, 陈戊荣², 李波³, 曾常洛¹, 尹烨²

¹中建五局第三建设有限公司, 长沙, 中国

²深圳华大基因股份有限公司, 深圳, 中国

³深圳市建筑工程质量安全监督总站, 深圳, 中国

邮箱

chenzhaorong1987@qq.com (陈兆荣)

摘要: 随着我国建筑城镇化的推进和工业化建筑的发展, 我国建筑行业正处于高速发展时期, 模块化装配式建筑可促进建筑设计标准化、生产制作工厂化、现场施工装配化、装修施工一体化、现场管理信息化的建筑工业化发展, 从2019

年底至今的新型冠状病毒肺炎疫情令世界公共卫生安全面临极大挑战。课题组在防疫医疗模块化装配式建筑快速建造集成技术提出了“模膜组合”和“箱膜组合”设计概念的整体性解决方案；结合气膜隔离病房和方舱医院的建设，提出了五维BIM概念；总结了建筑设计施工一体化的设计流程。课题组在防疫医疗模块化装配式建筑快速建造集成技术进行了系统研究，旨在将模块化装配式、防疫医疗建筑等多项技术进行有机集成，并通过3个工程案例进行了集成技术的应用，总体上能够满足应急防疫的快速建造要求。

关键词：工业化建筑，新型冠状病毒，模块化装配式，一体化

1. 研究背景

随着我国建筑城镇化的推进和工业化建筑的发展，我国建筑行业正处于高速发展时期[1]。从起初单纯地解决居住需求上升到当今满足生活品质的追求，然而当前国内大部分建筑仍采用的是传统粗放型的建造生产方式，不仅浪费了大量的社会资源，破坏了生态环境；而且影响了建筑的施工质量，触碰了事故频发。基于此，加快建筑业转型升级，实行建筑工业化将势在必行。绿色建筑应运而生，将可持续发展理念与建筑业进行有机结合，建筑工业化作为实现绿色建筑发展的必经途径，也是解决建筑业发展模式粗放问题的保证。模块化装配式建筑是一种由多项功能空间集成模块建造的新型建筑，是顺应建筑业转型升级和“四节一环保”的多专业综合技术和产业集成共同打造的新产物[2, 3]。在2016年国务院办公厅在《关于大力发展装配式建筑的指导意见》明确了装配式建筑的发展方向，是推进供给侧结构性改革和新型城镇化发展的重要举措，有利于节约资源能源、减少施工污染、提升劳动生产效率和质量安全水平；有利于促进建筑业与信息化工业化深度融合、培育新产业新动能、推动化解过剩产能。装配式建筑能在整体策划中能够实现建筑体系化、模数化和数字化，在生产和制造过程中可促进建筑设计标准化、生产制作工厂化、现场施工装配化、装修施工一体化、现场管理信息化的建筑工业化发展[4]。

从2019年底至今的新型冠状病毒肺炎疫情令世界公共卫生安全面临极大挑战。根据美国约翰斯·霍普金斯大学联合国人口基金会的统计数据，截至北京时间2022年6月，全球累计确诊病例达到535,550,000例，累计死亡人数达到6,310,000例[5]。新冠疫情已在全世界范围迅速发展成一起特别重大传染病疫情，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在2020年1月20日对新型冠状病毒感染的肺炎疫情作出重要指示，强调要把人民群众生命安全和身体健康放在第一位，坚决遏制疫情蔓延势头，指出了打赢疫情防控阻击战的前进方向[6, 7]。在整个疫情防控过程中，需进行大量病毒核酸检测以确诊病例、发现疑似病例和监控病人病程发展，同时为防止新型变异病例的发生，还需监测病毒在传播过程中可能发生的变异和其他病原体。为应对全球百年来最大公共卫生危机和不同流行病在人类社会加剧蔓延的危险，加强综合筛查检测常态化建设能力极为重要。在本次疫情防控过程中，我国国家治理体系的制度优势和强大基建能力得到了充分体现，但另一

方面也暴露了城市流行病防疫的软肋，尤其在公共卫生医疗系统较薄弱的国家，如果没有强大基建能力和紧急调度的协控能力，疫情将会在该国全面失控。针对新冠肺炎的传播速度更快、隐匿性更强、传染性更强的普及特点，国家卫生健康委医政医管局在2022年3月22日的发布会上指出，国务院联防联控机制综合组要求每个省份至少有两到三家方舱医院。即便现在有些地方方舱医院没有建设完成，所提供的建设方案也应能确保在需要启用方舱医院的时候在两天之内建成并且投入使用[8-10]。

传统防疫实验室的建造和负压空调系统实施存在成本高、建造周期长、整体安装和运输难度高、在偏远落后地区难于实施等诸多瓶颈，亟待突破。通过已经建成的方舱医院所表现出来的应急成效可知，在疫情处置过程当中能够发挥非常好的快速收治疫情肺炎感染者的作用，能够污染危险大；加上其检测实验室对气流控制、负压环境、洁净度等还有极为严苛的要求，突发急性感染病原微生物核酸检测时往往需要高级别的生物环境安全要求[11, 12]。课题组在防疫医疗模块化装配式建筑快速建造集成技术进行了系统研究，旨在将模块化装配式、防疫医疗建筑等多项技术进行有机集成，解决以上诸多问题。

2. 快速建造集成技术的主要体性解决方案

2.1. “模膜组合”和“箱膜组合”的设计概念

在传统混凝土建筑中建设隔离区面临主要问题有：存在交叉感染风险、建设周期长、建造成本较高、拆装过程复杂、灵活度较低。基于多年正压充气膜结构建筑的研究成果，结合传染病飞沫气溶胶和排泄物接触传播的特征，课题组利用气膜结构的灵活性和密闭性，融合模块化设计概念，针对性研制了充气膜隔离病房建筑产品，能克服和突破传统病房的局限性。气膜隔离病房采用模块化组合的形式，形成最小空间单元的模块，结合模块化建设提出了“模膜组合”的设计观念。其只需要轻型的设备和普通工人在6-12个小时内完成病房的建设，成本低，还能根据场地无限地拓展；当一个地方的疫情控制妥当，不需要气膜结构病房时还能迅速地收纳通过普通的民用交通工具挪到其他地方，其布置图见图1所示。气膜隔离病房将正压充气膜结构和预制化建造系统结合，确保了整个系统密闭，利用气膜多维受力原理将外膜气压撑起形成空间受力结构，可简化建筑支承的结构[11-14]。

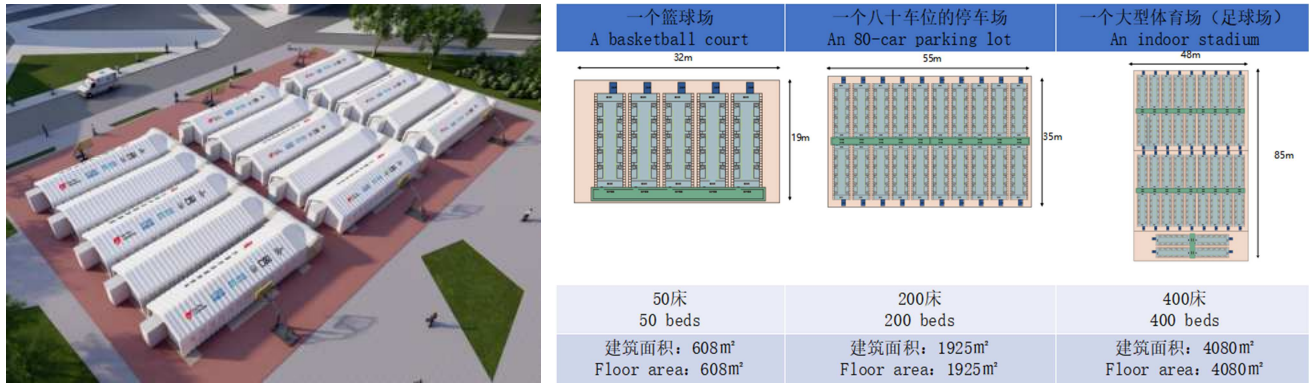


图1 “膜膜组合”布置图。

对于防疫建筑多采用新建式的方舱医院[15-17], 利用了箱式板房作为医疗方舱载体建设而成应急隔离医治医院。标准单元采用3m×6m标准厢体模块进行拼装设计, 以此为模数进行拼装, 结合模块化建设提出了“箱膜组合”的设计观念, 见图2所示。所有病房均采用标准化设计, 机电管线提前在墙体内进行预埋安装, 设计期间可根据设计

图纸按标准模块在工厂进行加工, 以减少传统先设计再施工造成的时间浪费。为使得项目的整体模块化发挥到极致, 解决了卫生间细部卫浴和管线等施工繁琐重难点。在现场可实现直接进行吊装, 不仅在工期上有所保障, 其模块一体化成型的工艺也解决了方舱医院卫生间进行常规铺砖常见的地面渗水对环境造成的污染问题[18, 19]。

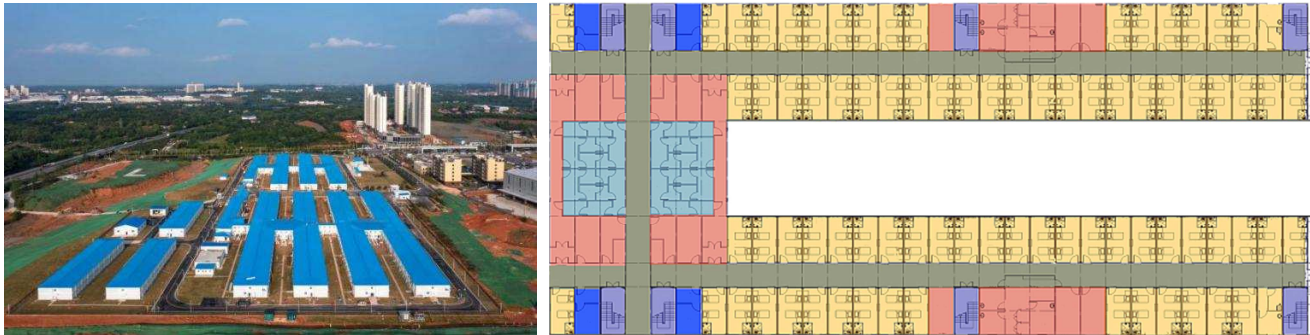


图2 “箱膜组合”布置图。

2.2. 五维BIM概念

传统的建筑工程模式为先设计、后施工, 但防疫医疗建筑受疫情传播速度快的特点其工期紧张, 按传统模式难以满足建设需求。故防疫建筑需要做到三同时, 即边设计, 边施工, 便投入使用的紧张局面。在项目进场期间, 设计施工需同频共振, 确定整体设计方案后现场即开始实施, 采用并行工程理念。

起初启动设计之时课题组就对原方案进行各线条融合, 为便于设计理念转嫁到施工方, 课题组BIM工作延申到方案, 并朝着正向设计的目标前行。针对性的提出了五维BIM管理思维, 是指在建设工程及设施的规划、设计、施工以及运营维护阶段全寿命周期创建和管理建筑信息的全过程, 应用了三维、实施、动态的模型涵盖了几何信息、空间信息、地理信息、各种建筑组件的性质信息及工料信息。五维BIM即在原空间维度x-y-z三维基础上增加了时间和费用维度, 通过全过程的动态工程量等信息的反馈帮助调整整个模型, 使得能够贴着整个项目预期的概算进行控制。

2.3. 建筑设计与施工一体化的设计流程

传统施工总承包项目在前期方案的决策到竣工过程中, 施工总承包项目参与项目的建筑方案讨论甚少, 从规划设计-方案设计-初步设计-施工图设计-现场施工-后期运维, 按部就班的逐一遵循常规过程, 不仅从工期上难于控制, 更从建筑效果上难于落地。工程总承包模式中的总承包作为项目的核心领导者, 统筹着设计、采购和施工等工作同时进行实施。课题组积极贯彻落实工程总承包管理思路, 针对性组建了设计研究院, 其具有250人覆盖建筑、结构、水暖电等不同领域的专业人才。从规划开始介入项目, 发挥各自聪明才智, 并多次内部与原擅长的施工角度深度融合(即三部会审, 内部设计、技术部、商务部联合会审)。针对性的提出了模块化整体式建筑设计与施工一体化设计流程, 见图3所示。在现场实施前的施工图锁定前, 需要举行大规模的BIM+三部会审至少两次, 在评审如有专业细部需要沟通的问题可进行“点对点”对接, 提高效率。建筑设计与施工一体化设计流程图不仅有利用设计和施工之间的融合, 还有助于整体项目的概算控制, 真正做到为项目建设方消除设计、施工、概算等方面的风险, 实则工程总承包起到了“代业主”的主人翁作用。

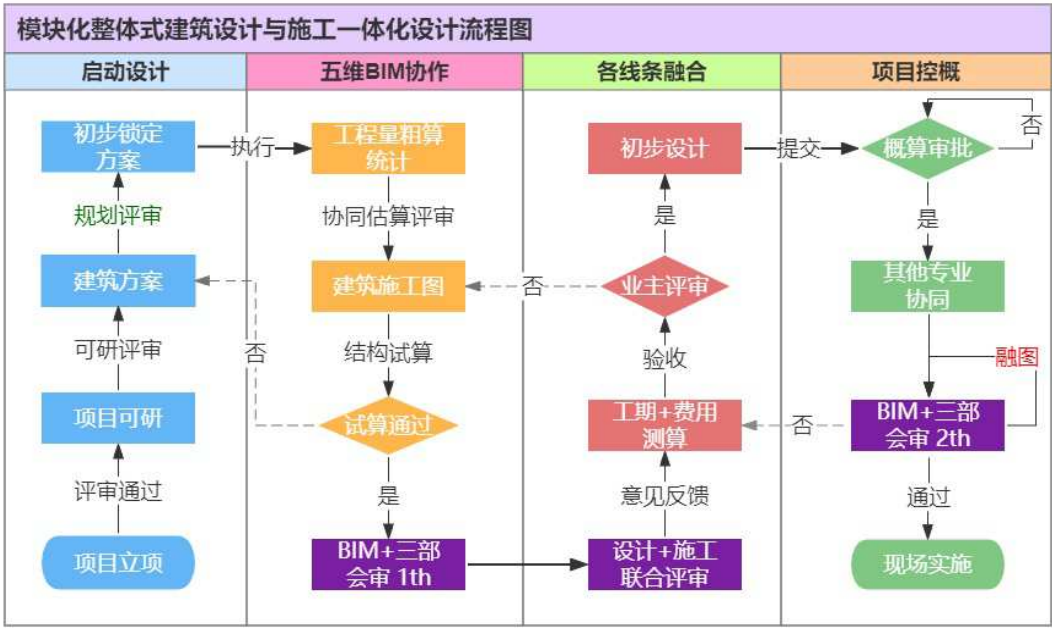


图3 建筑设计与施工一体化设计流程图。

3. 工程案例

3.1. 长沙机场国际航班工作人员集中居住区项目

3.1.1. 工程概况

长沙机场国际航班工作人员集中居住区项目位于长沙县黄花镇3号国际货站北面，货运中心规划用地西南角，西邻机场大道，南接货站进出大道。项目总建筑面积为4773m²，占地面积为13016m²，由8栋2层的集中居住楼、1栋1层的物业管理用房及1层的医疗管理用房组成，共148间集中居住标准间。项目按照“分层级隔离居住”设计，形成封闭式管理、组团进行分离、独立居住区分层级隔离的模式。严格落实了“外防输入、内防反弹”的总体疫情防控措施，在民航系统内建设的首家涉及高风险人员集中居住区。

3.1.2. 快速建造特点

为保障机场防疫医疗建筑及配套应急工程的建设进度，项目采用了EPC管理模式、模块化理念进行了整体设计和施工，选用装配式箱式板房、集成式整体卫浴、成品树脂线性排水沟、塑料成品检查井、装配式成品支架等快速建造施工工艺，通过应用防疫医疗建筑及配套快速建造技术，在20天内完成了15858m²建设用地，148个标准间的建设确保了长沙国际航班工作人员集中居住区这个机场防疫集中居住区的应急入住。

(1) 常规的设计模式和施工管理模式无法满足防疫应急工程的快速建造要求，项目采用EPC模式下设计、采购、施工并行的建造管理，模块化理念的设计与施工，达到了应急工程快速建造完成投入使用的目的。在EPC模式下，形成设计、采购、

施工并行，通过设计引导、同步场外制造采购，场内并行施工，缩短工期。

- (2) 基于“箱模组合”的设计理念，优化布置，简化施工流程，同时形成封闭式管理、组团进行分离、独立居住区分层级隔离的模式，达到疫情防控要求同时实现快速施工。以模块化的设计与生产理念为核心，采用装配式箱式板房，该产品以箱体为基本单元。箱体结构采用特殊冷弯镀锌型钢构件，阻燃保温材料，水暖电气、装饰装修以及配套设备，全部在工厂预制完成，将居住区布置、建筑结构按功能拆分为若干独立模块，各模块具备良好的接口，可便捷地输送至应用场景，较大降低了现场建造的难度及时间。
- (3) 采用了一系列预制构件及装配式施工工艺，实现了防疫应急工程的快速建造，且工艺流程简单，易于推广应用。如采用集成式整体卫浴，工厂化预制生产，减少了传统粗放式建设的建筑材料浪费；成品树脂线性排水沟，替代传统的砌砖抹灰或现浇混凝土沟体的方式，挖沟厚度浅、找坡简洁、更易安全施工、装；塑料成品检查井，施工简单易操作，施工速度较砖砌井快。其塑料成品检查井采用新型高分子材料复合而成，使用寿命长，密封性好，且施工不受气候条件影响。

3.1.3. 项目施工流程及实施要点

主要施工流程：居住区模块化设计→施工准备→基础施工→装配式箱式板房现场组装→模块化整体式卫浴搭建→室外雨污管道及塑料成品检查井施工→成品树脂线性排水沟安装→配套设施施工。

主要实施要点：

- (1) 居住区模块化设计

- 1) 从总平面图布局、集中居住单元、标准宿舍模块以及配套设施四个维度对防疫集中居住区进行模块化设计。居住单元模块示意图见图4所示。
- 2) 根据使用用途、规划建筑规模、拟建项目场地环境等进行总平面设计。
- 3) 进行模块化的单元式设计，形成封闭式管理、组团进行分离、独立居住区分层级隔离的模式。
- 4) 充分考虑在极限的工期下，采用“有什么用什么”的设计思路，利用市场上现有的或生产周期短的材料进行方案设计。
- 5) 在设计阶段明确采用模块化、装配式拼装理念，施工过程中实现同步场外工厂制造拼装，场内并行施工，模块化构件进场后直接安装，达到缩短工期的目的。

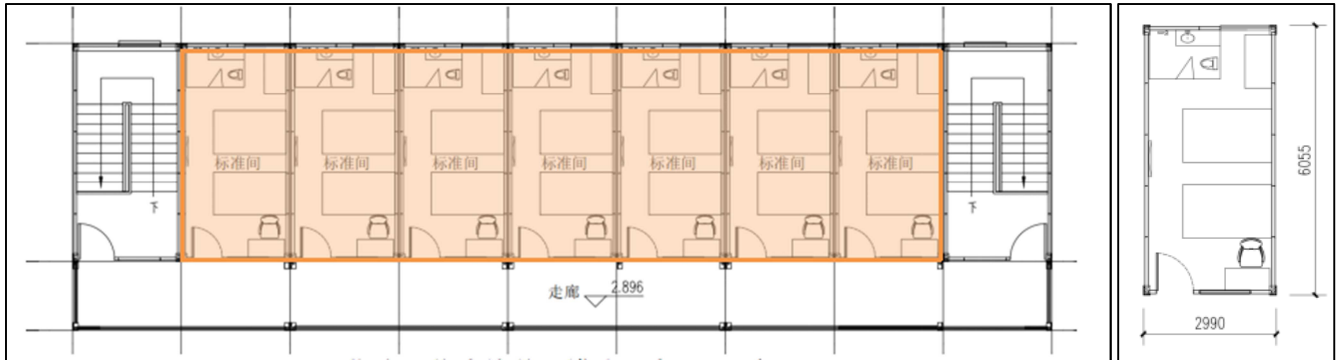


图4 居住单元模块示意图。

(2) 现场施工

根据装配式箱式板房的建筑和结构形式特点，基础采用整体筏板基础。碎石回填至梁底、板底后，再根据边线支设基础梁模板（侧模）。模板采用钢管、木楞、钢筋等固定。装配式箱式板房基础支模示意图见图5所示。

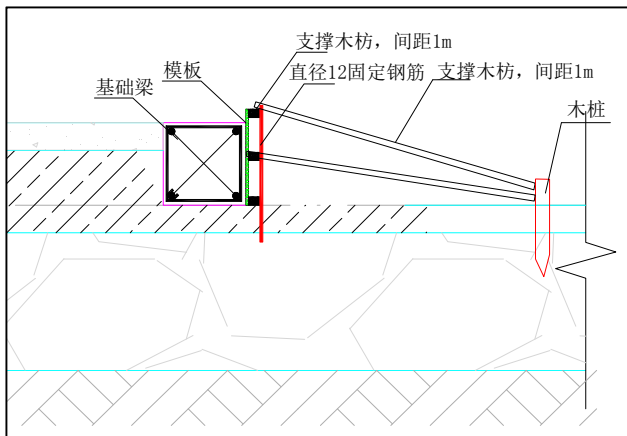


图5 装配式箱式板房基础支模示意图。

采用3m×6m标准箱体模块进行拼装设计，以此为模数进行拼装，所有标准宿舍采用了标准化设计，机电管线提前在墙体内进行预埋安装，设计期间可根据设计图纸按标准模块在工厂进行加工，以减少传统先设计再施工造成的时间浪费。装配式箱式板房框架在工厂拼装完成运至现场，基础强度达到50%后即进行板房框架吊装，框架整体吊装成型后开始墙板组装，施工完成后现场实景图见图6所示。

(3) 室外雨污管道及塑料成品检查井施工

装配式箱式板房组装完成以后开始插入板房周边的室外雨、污管道施工。

雨水、污水检查井采用塑料成品检查井，使用塑料成品检查井替代传统砖砌井，减少砌筑及抹灰作业量，提高安装效率。检查井连接管道有专用井圈，可根据实际情况配置对应管径通道。检查井井圈提前安装，放线确定井点

位置后进行土方开挖，依次进行成品检查井安装、管道安装、接口封堵、回填砂土方回填。



图6 施工完成后现场实景图。



图7 塑料成品检查井及井圈。

成品树脂线性排水沟安装。装配式箱式板房周边雨、污管道施工完成后进行散水、排水沟施工。排水沟设置为明沟排水，材质选用成品树脂线性排水沟。成品树脂线性排水沟替代传统的砌砖抹灰或现浇混凝土沟体的方式，挖沟厚度浅、找坡简洁、更易安全施工、装配式施工时速度快。水沟垫层浇筑后直接拼装成品排水沟，排水沟拼装完成后安装配套尺寸的树脂水沟盖板。

3.2. 长沙方舱医院（仲景医院）

3.2.1. 工程概况

长沙方舱医院（仲景医院）是长沙市委、市政府根据国家疫情防控总体部署而建设的应急抢险救灾工程，也是长沙奋力实施“强省会”战略的民生工程。项目占地面积11.37万 m^2 ，建筑面积4.8万 m^2 ，长沙市仲景医院总床位为2320个，标准隔离单元超过1150个，见图8所示，使用年限5年。

2022年3月，在国家卫生健康委医政医管局的指示要求下，加上长沙出现零星新冠病毒感染者具有特殊可施工的窗口期，长沙市卫健委组织启动方舱医院建设。随着卫健委等建设要求的提升，定位提升为“轻症隔离，中症救治，重症转移”的重点隔离点，设计时严格按照“医患分区”进行构思，结合卫生安全等级划分为“三区两通道”（三区为清洁区、半污染区、污染区；两通道为医务通道和患者通道）。见图8所示。通过方舱医院集成技术，总结了方舱医院打包箱的施工工艺，实现了24小时完成图纸设计、36小时完成临时设施搭建，总历时28天完成竣工的方舱速度目标。

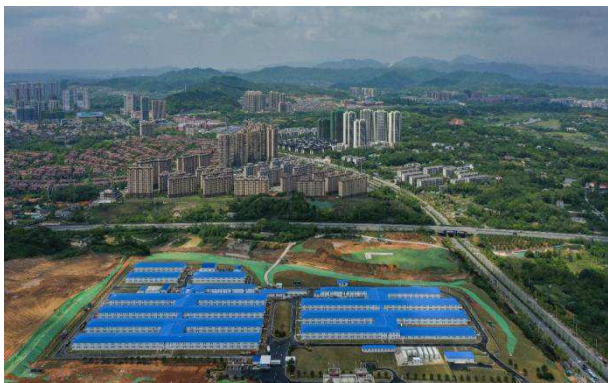


图8 项目全景图。

3.2.2. 建筑设计与施工一体化

(1) 基本设计原则

项目特点决定了项目建设要与“时间赛跑”，总体体量的规模大，对设计与施工相协同的项目组织是一个巨大的考验。考虑隔离医院特点，借鉴国内近两年对防疫医院建设经验，设计之初即确定了采用装配式工业化技术的设计思路，对规划竖向设计与医疗流线进行优化以适应装配式施工特点。

(2) 规划与建筑设计

建设用地场地高差大，根据现状地形特点，以最少土方工程量为目的，结合总平面交通将地块分为两个大的场平标高来设计。考虑到模块化快速建造的特点，分别将两个区内的隔离单元标高设计为统一标高，以防止基础标高变化带来的模块建造误差带来的问题。总平面中建筑间间距、与道路间距、与围墙间距有意识加大尺度，尽可能为将来道路、管线、建筑安装等工种同时施工提供工作面。总图在竖向设计尽可能避免挡土墙的布置，以放坡的形式消化高差，加快施工进度。

隔离用房采用3×6m箱式板房单元尺寸进行布局。每个隔离用房、楼梯间等采用标准箱，走廊采用3×6m走廊箱进行组合，每个单元间间距为12m，顺应走廊箱6m模数的尺度关系。医护办公室、物资库、卫生间、卫生通过系统等优先结合模块模数。轻症隔离单元平面布置统一，为分区同时拼装提供样板与条件，减少管理成本与时间。

(3) 道路与景观硬化路面规划

在几万平内场地内进行同步施工，施工道路组织非常关键。规划中部分道路与景观同步考虑施工道路与工作面的交通组织，在A、B两区间绿化带布置的施工道路即为院区内的规划道路，见图9所示，在A区中央设置的内院采用硬化景观即方便施工过程中施工道路的组织。



图9 项目场内效果图。

(4) 五维BIM数字设计

防疫医院设计中需要设置有雨水回收与污水处理设施，场地大，综合管线复杂。本项目在总图与综合管网设计过程开展BIM正向设计，成功解决复杂综合管网碰撞难题，见图10-11所示。

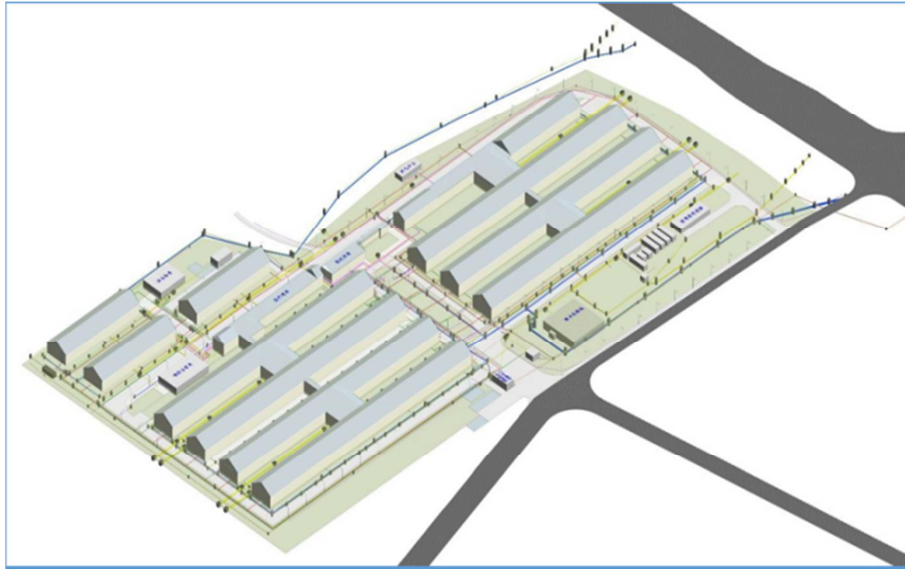


图10 长沙仲景医院BIM总图。

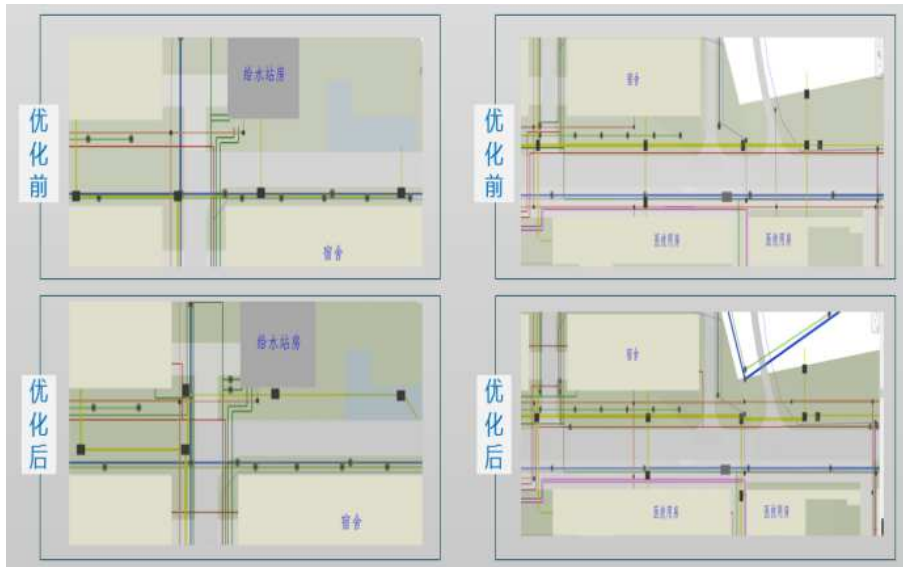


图11 管线碰撞优化对比图。

3.2.3. 工厂化生产

(1) 快拼箱生产

基于模块化装配式建筑的快拼式集装箱活动房也叫快拼箱，是在出口型的集装箱房屋基础上演变过来的。作为模块化装配式建筑，工厂按照统一标准定型设计、生产、预拼装，然后运送到现场，再以机械化的方式装配成房屋。依托快拼箱拆装方便，性能优越，稳定牢固，防震性能好，防水防火防腐，重量轻。房屋为整体结构，内有框架，墙体为彩钢复合板，可整体迁移，其寿命可达20年。拼装箱框架包括有顶梁4根、底梁4根、立柱4根、角头8个这些为一套、全套无需焊接，全部车马螺丝连接。

(2) 集成卫浴生产

集成卫浴以“工厂预制、现场安装”为核心理念，将卫生间的结构“拆解”为不同模块，采用定制化、工厂化预制

生产的“防水+装饰”一体成型的底盘，以及“维护+装饰”一体的壁板和顶板，彻底实现“管线分离”，采用“高强龙骨+卡扣式”工艺在工地现场进行全干法拼装，呈现远超传统现场作业的效率 and 品质，并系统集成镜柜、地柜、马桶、淋浴屏、花洒、龙头等各种配套部品。集成卫浴根据项目所提供的参数要求，所有部件均在工厂预制完成，使用高精密设备实现工业化生产，品质稳定可靠。

(3) “中建奇配”产品生产

项目采用“中建奇配”装配式机电技术，助力快速建造。其中项目C区给水站房采用了“中建奇配”一体化给水泵房，将水泵、稳压器、水泵进出口管线及阀门、控制箱及线缆等在工厂预制并安装至便携式箱体中，运送至现场后只需一天就完成安装、通水，缩短现场工期；同时，“中建奇配”一体化给水泵房可对自来水二次增压，能够保障项目的生活用水，见图12所示。

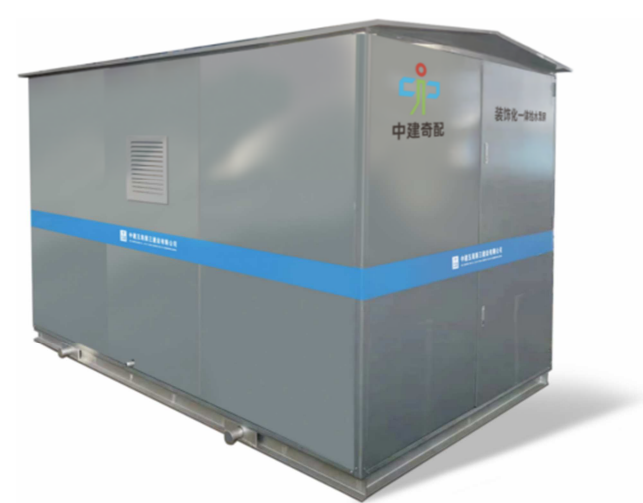


图12 一体化给水泵组示意图。

3.2.4. 机械化施工

(1) 快拼箱施工。长沙市方舱医院2000多套快拼箱更加符合国家绿色环保发展的需要，工人容易

安装，一般的工人都可以安装，不用懂集装箱焊接技术，快拼箱的材料都是螺栓链接的，同时组装快速，是名副其实的快速组装房屋。而快拼箱搭设完成后，可直接安装家具，无需另行进行装修装修作业。主要工艺流程如图13所示。

(2) 中建奇配施工。2400余套“中建奇配”系列支架有效保障项目机电安装施工材料供应，为项目水电风管道及桥架风管提供支撑作用。“中建奇配”系列支架采用U型钢及相关连接件组装而成，在工厂提前预制，现场直接采用连接件固定管道，无需焊接，消除了因动火产生的安全隐患，实现项目现场“零焊接”，同时安装速度是传统支架的5倍，大幅提高了工作效率。其施工工艺为：1) 成品支架施工工艺：放线定位→开孔→安装螺母→支架安装；一体化给水泵房施工工艺：水泵安装→稳压罐安装→水泵进出口管线及阀门安装→控制箱安装→线缆敷设→水箱安装→管道安装。

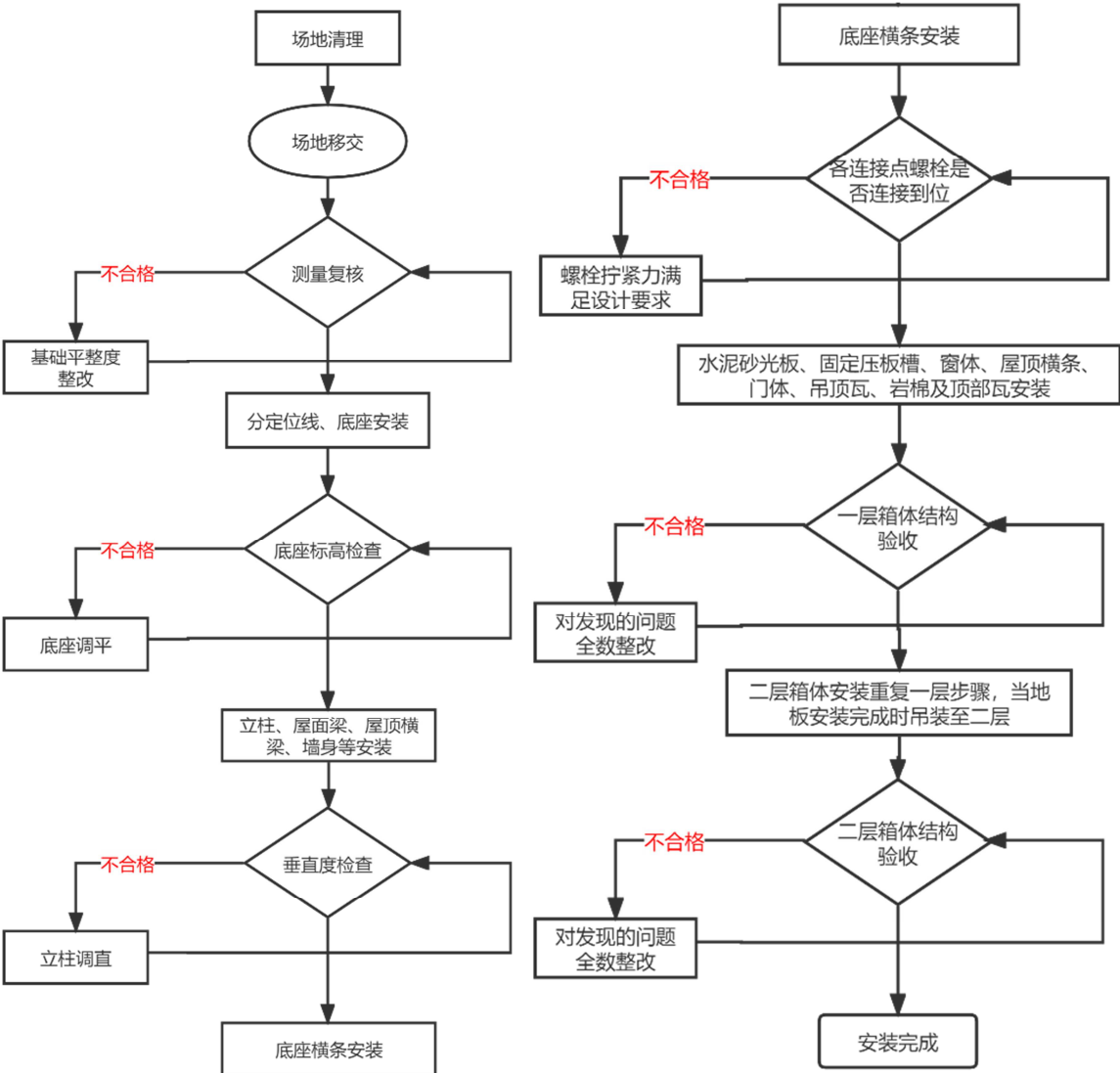


图13 工艺流程示意图。

3.3. 香港落马洲河套项目（应急医院）

3.3.1. 工程概况

香港落马洲河套项目（应急医院）为应急抢险救灾工程，位于香港落马洲口岸约1km的河套区域，西临深圳河，与深圳皇岗口岸隔河相望。项目包含应急医院，生活宿舍、方舱医院三个功能区（包括2栋应急医院，42栋方舱、44栋宿舍和30栋配套用房）。占地面积489757.58m²，总建筑面积283090.67m²，建筑高度最高7.00m，无地下室。建筑单体除厨房、高位水箱和仓库为钢框架结构外，其他均为集装箱体结构。项目建成后可同时提供1000床隔离病床，10000床的隔离方舱和3500间后勤宿舍。见图14所示。



图14 项目功能区分布图。

3.3.2. 快速建造应用筹备

本项目是应急医院项目，对工期要求高，属于快速建造类项目。在项目筹备初期，根据公司快速建造经验，立即形成快速建造体系，参照公司快速建造技术应用清单，进行模块化分析、准备。

图纸深化。准备阶段重深化，通过五维BIM的原理进行建模优化排布原则，持续深化，项目管线排布统一化、专业化，缩减后期返工维修费用，一次成优，界面美观。

图纸会审。在技术准备阶段，图纸会审必不可少，是保证后期技术工作的条件。配置有经验的水暖、电气专业工程师，认真审查图纸，各专业互相交流补充，做到设计漏项、管线冲突、不便于施工等问题不漏一处。

设备基础深化。项目功能性要求较高，功能性区域设备较多，空间有限，合理的设备基础布置是保证快速建造的难点。联合施工区域内各单位，统一布置设备基础，按照“常规设备避让工艺设备，普通区设备避让工艺区设备”的原则，在保证足够空间的前提下，逐步有序调整。

3.3.3. 快速建造应用落地

中建奇配快速建造运用准备完毕，就到了现场真正“亮剑”的时刻了，如何有效的实现中建奇配快速建造，是发挥团队团结协作，勇于争先的时候，严格按照准备阶段计划部署，统一调配，服从指令。

预制成品实现快速建造，对于架空层支架安装，在箱体支墩吊装完成后，根据深化图纸进行放线、确定支架点位，选择不同类型支架，按照“横平竖直”和“等间距”原则，有序安装完成。节省支架加工时间、人力，为后续施工提供有效工期。对于走道支架安装，走道支架分为“葡萄架”型和“T”型加固支架，在应急医院走道采用“葡萄架”型，宿舍走道采用“T”型加固支架，待箱体走道工作面出来，第一时间安排人员进行安装，在现场同样省去了大量的加工时间和人力。

材料优化助力履约。材料的合理优化，既有效控制项目成本，又节省部分工序，助力完美履约。快速建造，对工期要求严格，在复杂的材料库里，尽可能进行合理优化，节省安装步骤，减少劳动力，缩短工期。

镀锌钢管（DN≥65）。现场利用出厂即为内外涂塑，两端压槽完成的镀锌钢管，有效节省了现场涂塑、压槽的时间和人力，在加工场地有限的情况下，完美实现了进场即可安装的条件，为进度和工期做出了不可磨灭的贡献。见图15所示。



图15 优化后的镀锌钢管现场安装实景图。

不锈钢管（DN>80）。设计为卡箍连接，现场采用符合要求，两端压槽完毕的成品，刚进场就具备了搬运、快速拼装的条件，完美实现了快速建造。见图16所示。

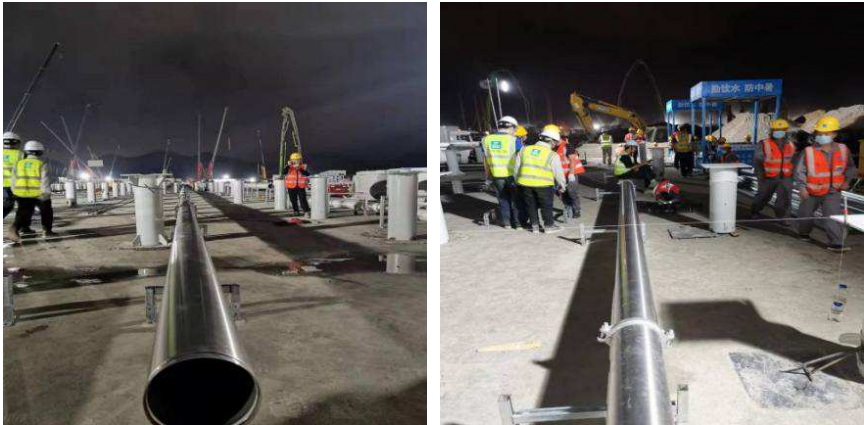


图16 优化后的不锈钢管现场安装实景图。

镀锌桥架。镀锌桥架改为4米/根，减少了一半的连接片安装，在现场桥架安装阶段，节省了人力和工期约50%，且有效的保证了桥架的水平度和垂直度。尤其在18标段，实现了快速响应工期。见图17所示。



图17 优化后的桥架现场安装实景图。

4. 结论

随着我国建筑城镇化的推进和工业化建筑的发展，我国建筑行业正处于高速发展时期。装配式建筑能在整体策划中能够实现建筑体系化、模数化和数字化，在生产和制造过程中可促进建筑设计标准化、生产制作工厂化、现场施工装配化、装修施工一体化、现场管理信息化的建筑工业化发展。从2019年底至今的新型冠状病毒肺炎疫情令世界公共卫生安全面临极大挑战。课题组在防疫医疗模块化装配式建筑快速建造集成技术进行了系统研究，旨在将模块化装配式、防疫医疗建筑等多项技术进行有机集成，形成了以下主要结论：

- (1) 提出了模膜组合”和“箱膜组合”设计概念的整体性解决方案；
- (2) 结合气膜隔离病房和方舱医院的建设，提出了五维BIM概念，即在原空间维度x-y-z三维基础上增加了时间和费用维度；

- (3) 总结了建筑设计与施工一体化的设计流程，有助于整体项目的概算控制，真正做到为项目建设方消除设计、施工、概算等方面的风险。
- (4) 并通过3个工程案例进行了集成技术的应用，总体上能够满足应急防疫的快速建造要求。

致谢

中建集团科研项目《防疫医疗建筑及配套快速建造技术集成》(cscec5b-2020-11)。

参考文献

[1] 王华, 沙皓月. 建筑工业化发展的多群体演化博弈与仿真研究 [J]. 工程管理学报, 2022, 36 (05): 7-12.

[2] 杨青清. 装配式建筑的多样化设计策略研究 [D]. 重庆大学, 2021.

- [3] 方丽, 张余力. 建筑工业化的城镇住宅建造设计 [J]. 建筑结构, 2020, 50 (22): 173.
- [4] 王俊, 赵基达, 胡宗羽. 我国建筑工业化发展现状与思考 [J]. 土木工程学报, 2016, 49 (05): 1-8.
- [5] COVID-19 Dashboard [EB/OL]. the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU). <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>, 2021.
- [6] 苏运升, 陈戊荣, 陈兆荣, 程希寒. 应急防疫气膜系统设计研究与实践 [J]. 装饰, 2022, (08): 12-16.
- [7] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹烨, 李若羽. 超短临时建筑核酸检测实验室设计若干技术研究 [J]. 建筑结构, 2022, 52 (S1): 704-708.
- [8] 甘金芳, 刘妙娜. 浅谈中央援港应急医院药房筹建及管理 [J]. 今日药学: 1-7.
- [9] 陈兵, 刘效辉, 赵林, 李龙军, 顾安曼, 伊洪莉, 闫根全, 刘可可. 2022年上海市某方舱医院收治的3054例新冠轻型/无症状感染者病例的流行病学特征 [J]. 中华医院感染学杂志, 2022, (24): 3681-3686.
- [10] 张方琪, 刘海潮, 屈磊, 杨亚伟, 翁雁鸣, 方瑶. 上海会展中心方舱医院新型冠状病毒奥密克戎变异株感染者临床分析 [J]. 中国热带医学: 1-8.
- [11] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹烨, 温丽娟, 李若羽, 陈唯军. 核酸检测实验室建筑关键技术发展研究 [A]. 《施工技术 (中英文)》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司. 2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集 (下册) [C]. 《施工技术 (中英文)》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司: 施工技术编辑部, 2022: 628-632.
- [12] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹烨, 温丽娟, 李若羽, 陈唯军. 气膜性建筑结构核酸检测实验室的创新设计研究 [J]. 建筑结构, 2022, 52 (S1): 698-703
- [13] 陈兆荣, 蔡志立, 白忠奎. 高层建筑转换层满跨墙下梁柱受力性能研究及工程案例 [J]. 建筑结构, 2021, 51 (S2): 122-128.
- [14] 陈兆荣, 潘东辉, 魏春玲, 刘波, 徐新星. 高层建筑框筒结构层受剪承载力计算方法研究 [J]. 华南地震, 2018, 38 (01): 120-124.
- [15] 刘珊, 王贵峰. 提升边境口岸网络覆盖能力 为方舱医院新建4G、5G基站 黑龙江通信业全力做好绥芬河口岸及方舱医院疫情防控通信保障 [J]. 通信管理与技术, 2020, (02): 4-5.
- [16] 王炳南, 程正祥. 方舱医院发展与研究展望 [J]. 医疗卫生装备, 2012, 33 (01): 92-93+96.
- [17] 谭树林, 刘亚军, 孙景工. 应急医学救援方舱医院装备研究进展 [J]. 医疗卫生装备, 2011, 32 (09): 78-79+85.
- [18] 何俊翹, 赵鸿彬, 吴建良. 装配式管廊接缝渗水监测技术研究 [J]. 广州建筑, 2021, 49 (06): 14-17.
- [19] 欧阳志鹏, 孙彬, 王霓, 吴明娅. 装配式结构混凝土结合面抗渗性能试验研究 [J]. 建筑结构, 2020, 50 (09): 21-25+31.

作者简介

陈兆荣, 工学硕士, 高级工程师, 主要从事复杂建筑结构分析及工程建设工作。