

Several Schemes of Efficient Integration of Design and Construction of Modular Changsha Makeshift Hospital Based on EPC Management Thinking

Chen Zhaorong¹, Liao Fei¹, Lv Jiping¹, Cai Zhili¹, Chen Wurong², Su Yunsheng³, Ke Biaozi¹

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

²BGI Genomics Co., Ltd, Shenzhen, China

³College of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai, China

Email address:

245140142@qq.com (Chen Zhaorong)

To cite this article:

Chen Zhaorong, Liao Fei, Lv Jiping, Cai Zhili, Chen Wurong, Su Yunsheng, Ke Biaozi. Several Schemes of Efficient Integration of Design and Construction of Modular Changsha Makeshift Hospital Based on EPC Management Thinking. *Science Discovery*.

Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 528-533. doi: 10.11648/j.sd.20221006.33

Received: November 21, 2022; Accepted: December 22, 2022; Published: December 28, 2022

Abstract: In recent years, the environment of the entire construction industry has undergone subversive changes due to social supply and demand, and the EPC general contract management mode has gradually emerged the top-level design of the industry. Furthermore, the outbreak of COVID-19 in our country at the end of 2019 has lasted for nearly three years, the world's public health security is facing great challenges. This paper discusses the main reasons for the sharp contraction of the construction industry in recent 10 years, and reveals the shortcomings of the construction industry in inter-professional coordination and rapid construction of epidemic prevention and control. In combination with the construction and research of Changsha makeshift Hospital, the research group proposed the architectural design concept of "box-mold combination" to achieve the standardization of architectural design and the modularization of factory production. An integrated design process of architectural design and construction has been established, a team of design and research institute has been specifically set up, and a five-dimensional BIM+ three-part joint review integrated management system has been put forward, which makes up for the shortcomings of single implementation of the general construction contract. At the same time, the modular integral sanitary ware combination and installation process are adopted, and the points for attention in the assembly integral sanitary ware installation are given.

Keywords: EPC General Contracting Management, COVID-19, "Box Mold Combination", Five-Dimensional BIM, Three-Part Joint Review

基于EPC管理思维的模块化长沙方舱医院设计与施工高效融合的若干方案

陈兆荣¹, 廖飞¹, 吕基平¹, 蔡志立¹, 陈戊荣², 苏运升³, 柯标志¹

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同济大学设计创意学院, 上海, 中国

邮箱

245140142@qq.com (陈兆荣)

摘要：近年来整个建筑行业环境受到社会供求量等原因发生颠覆新的变化，EPC总承包管理模式逐步涌现行业顶层设计；加上2019年底我国首先暴发的新冠肺炎疫情已经持续将近三年，世界公共卫生安全面临极大挑战。本文探讨了建筑业近10年来急剧萎缩的主要原因，揭示了建筑业当前在疫情防控在专业间协同和快速建筑的短板；课题组结合长沙方舱医院的建设和研究中提出了“箱模组合”的建筑设计概念，做到建筑设计标准化，工厂制作模块化；建立了建筑设计与施工一体化的设计流程，针对性组建了设计研究院团队，提出了五维BIM+三部会审融合管理制度，弥补了施工总承包单项实施的短板；同时采用了模块一体化整体式卫浴组合和安装工艺，给出了装配式整体卫浴安装的注意事项。

关键词：EPC总承包管理，新冠肺炎疫情，“箱模组合”，五维BIM，三部会审

1. 引言

近年来，建筑业在整个行业环境受到社会供求量和新冠疫情等原因发生了颠覆性的变化。房地产企业在房地产产量逐步趋于饱和的影响下形成了“去弱留强”的新局面，总体需求量急剧萎缩[1]，政府投资的公建项目、新型城镇、棚户区改造等力度相比之下逐步加大，如学校、医院、场馆建筑，造成以传统施工总承包的项目数量减少，而以EPC总承包模式的项目数量逐步加大的新局面。由于传统施工总承包项目在前期方案的决策、主要影响功能和外观性大型设备资源的采购、项目总体造价的控制等主要工作内容和价格控制均掌握在业主手中，同时也包含了整体项目的风险识别和控制，其他各参建方参与较少，基本是按部就班的按图施工，造成施工和设计之间脱节严重。影响了整体项目的进度、成本、质量，甚至影响到了项目整体的品质表现、项目的建设和使用。

随着上世纪90年代开始FIDIC“银皮书”的出版[2]，EPC总承包管理模式应运而生。即业主将工程全权委托给总承包，其为业主提供一站式全过程服务并承担项目大部分风险，也称为交钥匙工程。即设计、采购、施工（Engineering & Procurement & Construction，EPC工程总承包管理）总承包模式是中国企业承包（国际）项目最主要的业务模式之一。据不完全统计，在2016年中国“一带一路”沿线国家签订合同金额达1260亿美元，其中以EPC总承包模式承揽的项目超过40%，在其他专业性极强的电力、化工、石油投资大、风险高、技术复杂的项目除外[3]。总承包作为项目建设的核心领导者，统筹着设计、采购和施工等工作同时进行实施。对于大多数EPC项目的开发和实施在很大程度上面临着高度复杂和动态变化的难预见性风险，再加上项目环境和社会环境的熟悉程度不够、EPC项目管理各专业融合不深，使得大多风险更具复杂性。此时，对EPC总承包企业而言，如何通过加强与利益相关方的合作，加强自身综合能力建设来应对各类风险，提高风险管理和应对的效率、提升项目整体绩效，始终是一个需要完善的课题。

为及时应对2019年底我国首先暴发的新冠肺炎疫情，课题组在长沙方舱医院建设中的设计与施工高效融合中探索了建筑业当前在疫情防控在专业间协同和快速建筑的短板，研究建筑设计标准化，工厂制作模块化的新型建筑方向，为设计与施工高效融合提供可借鉴的社会意义。

2. 新冠肺炎疫情现状

在2019年底我国首先暴发的新冠肺炎疫情已经持续将近三年，世界公共卫生安全面临极大挑战[4-6]。世界卫生组织2022年11月公布的数据显示，全球疫情累计超6.33亿人，死亡超659万例。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[7, 8]。核酸检测作为新冠病毒检测的“金指标”，可快速筛查出感染者，通过采取隔离和治疗措施，快速实现“清零”目标；新冠肺炎九大症状的临床表现主要为乏力、发热、鼻塞、流涕、咽干、咳嗽、咳痰、头痛、周身肌肉酸痛，甚至出现无症状临床表现等，随着新冠肺炎病例临床的普及，另一个信号表征为疫情防控病房的需求量极大。其中在诸多新冠疫情中奥密克戎的传染力较为强大，在起初的两个半月时间里，全球已记录了1.3亿确诊感染病例，已有50万人因感染新冠而死亡，奥密克戎到感染峰值的用时更短示意图1所示。

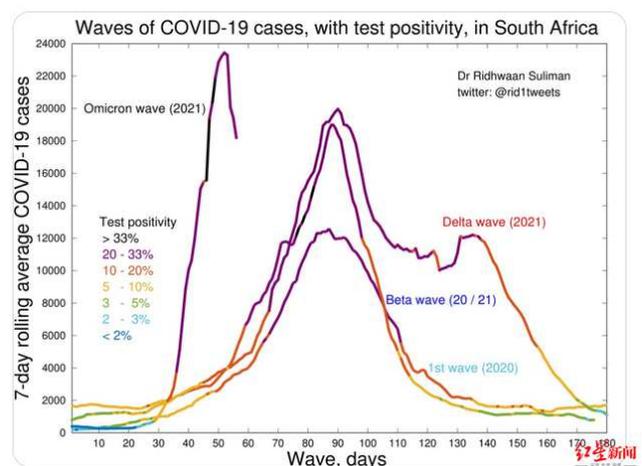


图1 奥密克戎到感染峰值的用时更短示意图。

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[9]，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。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。

在本次疫情防控过程中，我国治理体系的制度优势和强大基础的建造能力得到了充分肯定和体现，但同时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落后的国家，如果没有强大基建能力和紧急调度的协控支撑能力，疫情将可能会在该国全面失控。在疫情防控过程中，需进行大量病毒核酸检测便于确诊病例、发现疑似病例和监控病人病程发展，可供医生进一步研究和指导肺炎病毒的医治。传统实验室无法实现完全密闭，需要具备构造复杂的负压系统，但大部分临床检测实验室在短时间内落成后其硬件条件差，甚至基本的生物安全很难满足。简言之，传统实验室的建造成本和负压空调系统实施成本高、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现便捷式等诸多瓶颈，亟待突破。

3. 模块化方舱医院设计与施工高效融合的若干方案

3.1. 工程概况

湖南省长沙市方舱医院项目位于长沙市开福区开福大道与绕城高速西南角，占地面积约110000m²，建筑面积约48000m²，航拍图见图2所示。配置了2450个床位，其中含应急病房床位60床。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）。北侧设置工作人员生活区，南侧设置隔离病房区。隔离病房设置14栋轻症隔离病房，1栋应急病房。



图2 长沙市方舱医院现场航拍图。

方舱医院是疫情期间作为防疫医疗建筑建设的重要载体之一[10, 11]。主要为新建式方舱医院，其最初的设计概念是一种可以快速部署的野外移动医疗平台，以医疗方舱为主要载体，综合性的集成了医疗与医技的保障功能。方舱医院的组成部分一般包括病房单元、医疗功能单元、技术保障单元等，是一种可用模块化的防疫医疗建筑[12, 13]，具有内外科处置、紧急救治、临床检验

等多功能特点和容易运输、建造简单、安全高效等调配目标。防疫医疗建筑的快速建造并投入使用，能及时解决患者的检测和收治工作，有效缓解现有传染病医院的压力，减少交叉感染的风险，体现了我国面对疫情“以人为本，生命至上”的防疫理念。

3.2. “箱模组合”的建筑设计概念

为保障机场防疫医疗建筑及配套应急工程建设进度，项目采用EPC总承包管理思维。模块化理念进行设计和施工，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，二十天完成项目建设，确保了机场防疫集中居住区投入使用。本项目采用了模块化、标准化模块化的箱体拼装而成，即针对性的提出了“箱模组合”的设计概念，做到建筑设计标准化，工厂制作模块化，将清洁区、半污染区、污染区三区和隔离病房、医护工作区、医疗功能单元等完全做成标准单元，并尽量合并同类项，使得单元数量最小，采用基本单位尺寸为3mx6m的标准箱体[14, 15]。

项目采用的装配式箱式板房[16, 17]，见图3-6所示，以箱体为基本单元，箱体结构采用特殊冷弯镀锌型钢结构件，主要为阻燃保温材料。包含水暖电气、装饰装修以及配套等设备。全部在工厂根据建筑设计模块化要求预制完成，无需在运输过程进行二次加工，亦无需在现场进行材料加工作业。在现场能够达到组装或者整体吊装落位即可使用，也可通过水平及纵横不同的方向要求，组合成更大的使用空间。箱式板房主体为箱体活动板房结构，屋面为钢结构+0.5mm厚压型钢板瓦。结构设计使用年限为5年，屋面及墙面压型钢板5年，能够满足当前承载力、抗风压和防火要求。

装配式箱式板房结构简单，具备安装便捷，搬迁便利，周转次数多。因该产品拆装基本无损，无建筑垃圾，具有预制化、灵活性、节能环保等特点，被称为新型“绿色建筑”。其主要施工流程为：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。

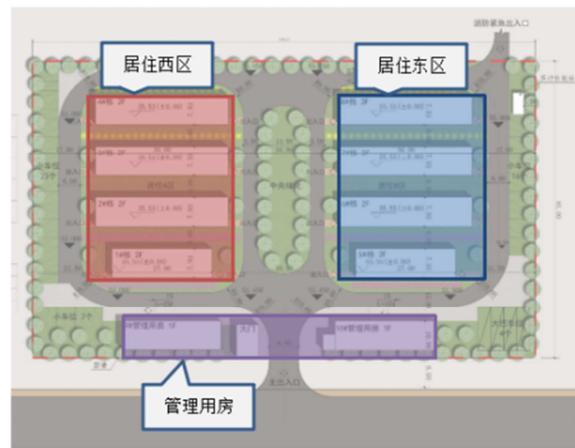


图3 模块化设计的总平面图布局。



图4 “一”字形集中居住单元模块示意图。

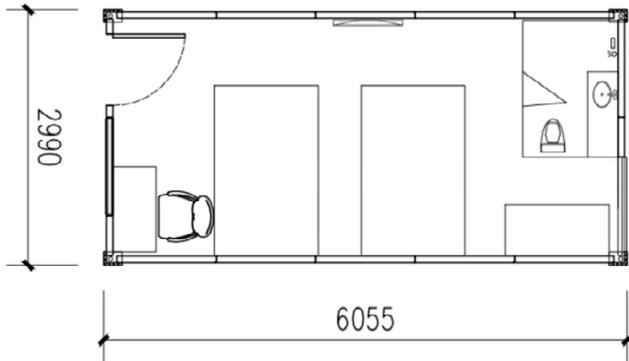


图5 标准宿舍模块基本单位示意图。



图6 卫浴模块基本单位示意图。

3.3. 建筑设计与施工一体化的设计流程

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，边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，通过设计驻场，构建一体化管理与沟通平台，制定“设计引导，源头把控，统筹协调，集中管理”的设计施工一体化管理原则，设计指导辅助现场施工，及时解决问题。

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。课题组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[18-20]，见图7所示。

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。

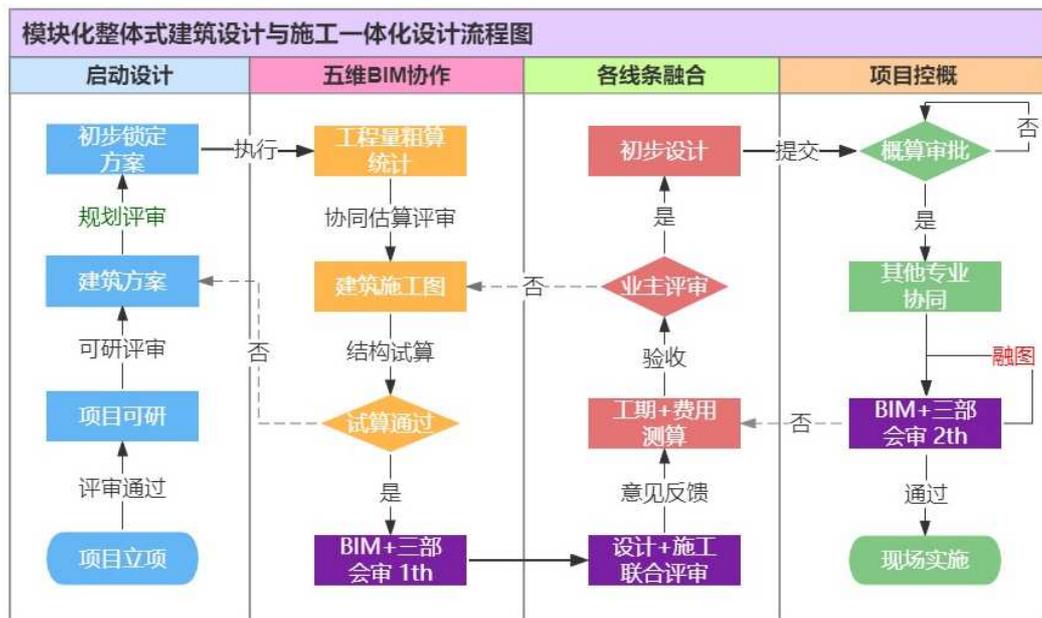


图7 建筑设计与施工一体化设计流程图。

深度融合的另一个重要举措提出了三部会审的管理制度，即内部设计、技术部、商务部联合会审的过程。在此内部设计重点解读设计概念方案和设计理念，将设计想法全部交底给其他部门；技术部重点在研究项目的重难点，降低项目的高危作业和为施工的便利性提供主要支撑，过程中提出的疑难问题首先通过设计角度进行处理，在不影响建筑施工功能和品质效果的前提下，调整设计做法，做到从源头中剔除危险和支撑施工重难点；商务部重点对过程中的市场材料可采购性、运输便利条件和市场价格进行及时信息补给给课题组。

结合图7内容可知，特别指出的是在结构专业试算通过之时，将组织大型的BIM+三部会审评审会，旨在将BIM模型制作中反馈出来的需要解决的问题，如尺寸净空、视角舒适度、路线体验感等，和三部各线条的初审意见一起组织召开评审会，贴着项目的原始目标进行查漏补缺，做到精益求精，为项目的整体建造过程的建设

和使用提供增值服务。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。

3.4. 模块一体化整体式卫浴组合和安装工艺

本项目采用3m*6m标准厢体模块进行拼装设计，见图8所示。以此为模数进行拼装，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。

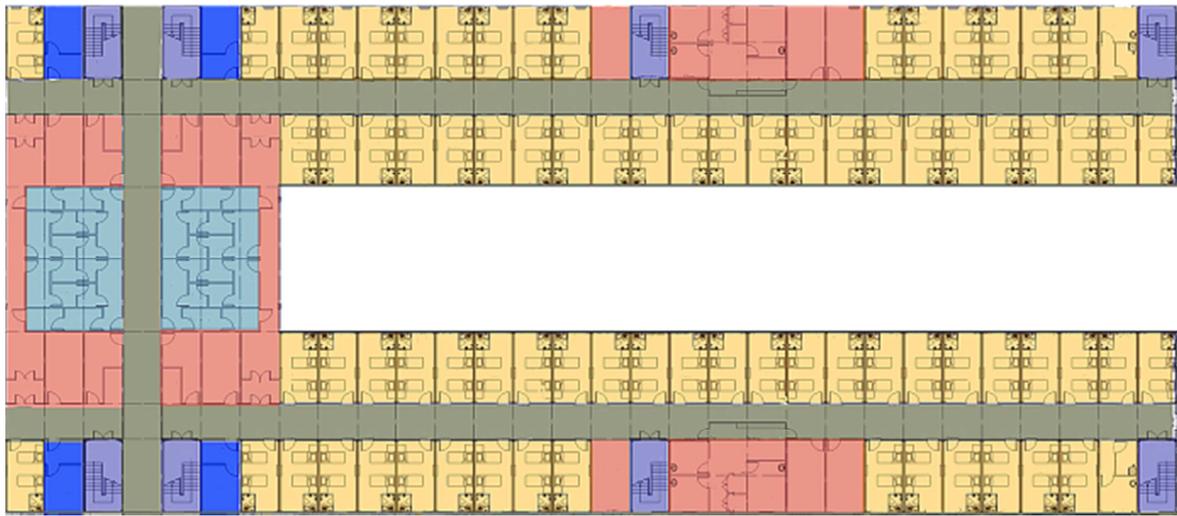


图8 标准层布置示意图。

为使得项目的整体模块化发挥到极致，解决卫生间细部卫浴和管线等施工繁琐重难点，课题组针对性的利用装配式卫生间，见图9所示。即卫生间采用一体化整体式卫浴，在工厂一体化成型，流水线加工。现场直接进行吊装。不仅在工期上有所保障，其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。

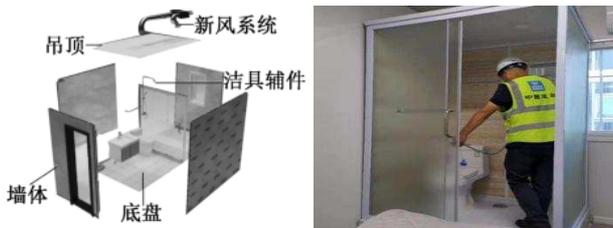


图9 整体式卫浴室安装。

按设计要求确定防水盘标高，再装防水盘，连接排水管→装壁板，连接管线→装顶板，连接电气设备→安

装门、窗套等收口→安装内部洁具及功能配件→清洁、自检、报验和成品保护。装配式整体卫浴安装注意事项：

防水盘：①底盘模板定位开孔，防水盘地漏及排污法兰连接安装；②底盘的高度及水平位置应调整到位，底盘应完全落实、水平稳固、无异响现象。排水管：①预留排水管的位置和标高应准确，排水应通畅；②排水管与预留管道的连接部位应密封处理。给水管：①当给水管接头采用热熔连接时应保证所熔接的接头质量；②给水管道安装完成后，应进行打压试验。壁板：①应按设计要求预先在壁板上开好各管道接头的安装孔；②板拼接处应表面平整、缝隙均匀；③安装过程中应避免壁板表面变形和损伤。顶板：顶板安装应保证顶板与顶板、顶板与壁板安装平整、缝隙均匀。

4. 结论

在2019年底我国首先暴发的新冠肺炎疫情已经持续将近三年，世界公共卫生安全面临极大挑战。世界卫生

组织2022年11月公布的数据显示，全球疫情累计超6.33亿人，死亡超659万例。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。课题组在长沙方舱医院建设中的设计与施工高效融合中形成了以下主要结论：

- (1) 探讨了建筑业近年来受到社会供求量和疫情等原因形成了需求量急剧萎缩的原因，企业需要朝着工程总承包等方向进行转型升级；揭示了建筑业当前在疫情防控在专业间协同和快速建筑的短板。
- (2) 提出了“箱模组合”的建筑设计概念，做到建筑设计标准化，工厂制作模块化。
- (3) 建立了建筑设计与施工一体化的设计流程，针对性组建了设计研究院团队，提出了五维BIM+三部会审融合管理制度，弥补了施工总承包单项实施的短板。
- (4) 采用了模块一体化整体式卫浴组合和安装工艺，给出了装配式整体卫浴安装注意事项。

基金项目

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] 陆秋琴, 竹嘉欣, 黄光球. 建筑企业绿色化发展影响因素研究 [J]. 经营与管理: 1-19.
- [2] 魏保平. FIDIC银皮书与我国新版工程总承包合同示范文本的索赔管理比较研究 [J]. 建筑经济, 2022, 43 (S1): 674-678.
- [3] 刘俊颖. 国际工程EPC项目风险管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [4] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹焯, 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.
- [5] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹焯, 李若羽. 充气膜结构病毒检测实验室建造全过程工程实践 [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: 820-823.
- [6] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹焯, 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.
- [7] 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.
- [8] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹焯, 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.
- [9] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹焯, 李若羽. 快速建造下的科技抗疫气膜版火眼实验室工程化标准式研究 [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: 617-622.
- [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] 梁东, 刘洁. 方舱医院给排水设计要点 [J]. 重庆建筑, 2022, 21 (10): 13-15.
- [12] Li Wenqi, Chen Wurong, Chen Zhaorong, Su Yunsheng, Cai Zhili, Yin Ye, Li Ruoyu. The Building Structure of the New Crown Nucleic Acid Testing Laboratory Was Quickly Constructed Several Program Studies [J]. Science Discovery, 2022, 10 (4).
- [13] Chen Wurong, Su Yunsheng, Chen Zhaorong, Li Wenqi, Yin Ye, Wen Lijuan, Li Ruoyu, Chen Weijun. Innovative Practice of Key Technologies in Nucleic Acid Detection Laboratory of Gas Membrane Building Structure [J]. Science Discovery, 2022, 10 (1).
- [14] Cai Zhili, Zhang Jichao, Chen Zhaorong, Chen Wurong, Ke Biaozi, Zeng Changluo. Exploration on the Integration of Integrated Design and Construction of Prefabricated Assembly from the Perspective of EPC Management [J]. Science Discovery, 2022, 10 (4).
- [15] Chen Zhaorong, Cai Zhili, Zeng Changluo, Bai Zhongkui, Du Shishuai. Seismic Isolation Technology Based on Green Building in Prefabricated Assembly Research Application in Structure [J]. Science Discovery, 2021, 9 (6).
- [16] 隋岩鹏, 陈英杰. 装配式轻钢结构活动板房在武汉火神山医院建设中的应用 [J]. 建筑经济, 2020, 41 (07): 118-120.
- [17] 袁理明, 侯国求, 罗海兵, 武永光. 武汉雷神山医院结构设计 [J]. 建筑结构, 2020, 50 (08): 1-8.
- [18] 设计施工一体化是企业数智化转型的核心引擎 [J]. 中国建设信息化, 2022, (20): 22-23.
- [19] 刘书鹏, 黎伟财, 叶浩, 郑昊. 装配式混凝土建筑全过程设计和审查管理的要点分析 [J]. 建筑结构, 2022, 52 (S1): 1702-1706.
- [20] 陈立. 钢结构幕墙一体化设计施工技术 [J]. 建筑施工, 2021, 43 (09): 1801-1803.

作者简介

陈兆荣，工学硕士，高级工程师，主要从事高层建筑复杂结构分析及工程实践工作。