



# Several Innovative Schemes for the Construction of Quarantine Ward in Modular Perspective

Lv Jiping<sup>1</sup>, Chen Zhaorong<sup>1,\*</sup>, Li Bo<sup>2</sup>, Chen Wurong<sup>3</sup>, Xu Yong<sup>4</sup>, Wu Congxiao<sup>4</sup>, Chen Hongtao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>China Construction Fifth Engineering Bureau the Third Construction Co., Ltd., Changsha, China

<sup>2</sup>Shenzhen Construction Engineering Quality and Safety Supervision Station, Shenzhen, China

<sup>3</sup>BGI Genomics Co., Ltd, Shenzhen, China

<sup>4</sup>College of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou, China

## Email address:

chenzhaorong1987@qq.com (Chen Zhaorong)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Lv Jiping, Chen Zhaorong, Li Bo, Chen Wurong, Xu Yong, Wu Congxiao, Chen Hongtao. Several Innovative Schemes for the Construction of Quarantine Ward in Modular Perspective. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 534-541. doi: 10.11648/j.sd.20221006.34

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

**Abstract:** The outbreak of the novel coronavirus pneumonia at the end of 2019 has posed a great challenge to the world's public health security. According to the statistics of covid-19 released by the WHO, the global epidemic has accumulated more than 500 million infections and more than 6.2 million deaths. Through the related construction and research of the isolation ward, this paper puts forward the integral solution of membrane isolation ward and shelter hospital. Combined with the construction of membrane isolation ward and shelter hospital, the design concepts of "modular membrane combination" and "container-membrane combination" were proposed. Through the membrane integration technology, the overall solution of the membrane isolation ward made it happen that the construction of the ward within 6-12 hours, It can be expanded infinitely according to the site, and it can meet the emergency needs; Through the integration technology of shelter hospital, the construction technology of packing containers for shelter hospital was summarized, and the speed target of completing the drawing design in 24 hours, the construction of temporary facilities in 36 hours, and the completion of the total time of 28 days were achieved. It is of great significance for improving the rapid construction capacity of emergency disaster prevention and epidemic prevention space products, improving the global emergency space reserve and deployment system, and building a global response system for major human epidemics and building a healthy community with a shared future for mankind.

**Keywords:** Novel Coronavirus, Isolation Ward, Solution, "Modular Membrane Combination", "Container Membrane Combination"

## 关于模块化视角下的防疫隔离病房建筑若干创新方案

吕基平<sup>1</sup>, 陈兆荣<sup>1\*</sup>, 李波<sup>2</sup>, 陈戊荣<sup>3</sup>, 许勇<sup>4</sup>, 吴从晓<sup>4</sup>, 陈洪涛<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中建五局第三建设有限公司, 长沙, 中国

<sup>2</sup>深圳市建筑工程质量安全监督总站, 深圳, 中国

<sup>3</sup>深圳华大基因股份有限公司, 深圳, 中国

<sup>4</sup>广州大学土木工程学院, 广州, 中国

## 邮箱

chenzhaorong1987@qq.com (陈兆荣)

**摘要：**在2019年底爆发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，据世界卫生组织发布的新冠疫情统计数据显示，全球疫情累计超5亿例感染，累计死亡超620万人。本文通过隔离病房的相关建设和研究，提出了气膜隔离病房和方舱医院的整体性解决方案；结合气膜隔离病房和方舱医院的建设，提出了“模膜组合”和“箱膜组合”的设计概念；通过气膜集成技术，气膜隔离病房整体性解决方案能够达到在6-12小时内完成病房的建设，可根据场地无限拓展的效果，实现应急需求；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。其对提升应急防灾防疫空间产品的快速建造能力、完善应急空间全球储备及调配体系对于打造全球人类重大疫情灾情应对体系、对共建人类命运健康共同体具有重大意义。

**关键词：**新型冠状病毒，隔离病房，解决方案，“模膜组合”，“箱膜组合”

## 1. 引言

在2019年底爆发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[1]，累计死亡人数达到6,310,000例。据此考虑，按全球人口约79亿4560万计算（2022年），全球新冠疫情平均每15人中有1人确诊新冠，其中新冠确诊人数超千万的国家有12个。新冠疫情影响已在全球范围迅速发展成一起特别重大传染病疫情[2]，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。

新冠肺炎作为一种新型急性传染病，具有传染性强、流行性快、致死率高等特点，在本次疫情防控过程中，暴露了全球在疾病预防阶段存在的一些问题，各国需要针对这次疫情应对中暴露出来的短板和不足，提高处理急难险重的任务能力。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[3, 4]。新冠疫情爆发后，我国火神山、雷神山防疫医院[4, 5]的快速建设，一方面凸显了中国基建能力，但是另一方面也暴露了城市流行病防疫的软肋。病毒一旦爆发，如果没有强大基建能力和紧急调度的协控能力，那疫情将会在该国全面失控，尤其是卫生医疗系统较薄弱的国家。提高收治传染病患者的峰值能力对于国家来说，是重大的公共卫生挑战。

本文通过防疫隔离病房建筑的研究，对提升应急防灾防疫空间产品的快速建造能力、完善应急空间全球储备及调配体系对于打造全球人类重大疫情灾情应对体系、对共建人类命运健康共同体具有重大意义。

## 2. 模块化气膜隔离病房整体性解决方案

### 2.1. 研究背景

在2020年初，面对新冠疫情突然爆发的情况，需要在极短时间内快速搭建大量的隔离病房，并且能机动性地响

应不同国家、不同地形的特殊需求，急需一种能够随时打包储备、具有高灵活度的病房建筑结构[6, 7]。中国乃至全球需要从整体系统角度考虑在不同地区能够方便储备，可灵活、快速应对疫情的整体性解决方案。

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。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的时候，还能迅速地收纳通过普通的民用交通工具挪到其他地方，见图1所示。



图1 气膜病房实体示意图。

## 2.2. 气膜材料的优势

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。气膜建筑主要采用高分子膜材料夹网布[8],具有易成型、防风雨、防潮湿、抗紫外线、阻燃的特点,并用热合技术确保了封闭性。使用环境满足不同地区的环境条件,室内与室外均适用。能够实现抗风等级:7级(极限9级);耐温: $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ ;最大积雪载荷 $45\text{kg}/\text{m}^2$ ;阻燃性能等级:B1(B-S1);抗紫外线等级:灰级等级4。长期在室内放置可使用2年,打包回收后可重复利用20次。

## 2.3. “模膜组合”新概念

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,包括:气膜病房单元、气膜走廊单元、防雨件和厕所。充气膜病房单元用于限定出病房空间,充气膜外墙可以构造为双层充气膜结构,通过在双层膜结构之间充入气体,充气膜外墙能够形成具有支撑功能的气柱或气墙。并且充气膜外墙经折叠、打包后尺寸较小,便于将充气膜外墙运输到其它地点,在疫情结束、不需要使用隔离病房搭建系统后,抽出气体的充气膜外墙也便于收纳、存放,气膜病房搭建系统如图2所示。

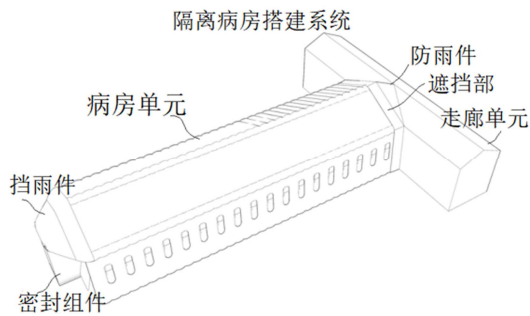


图2 气膜病房搭建系统。

对于建筑功能布局,气膜病房单元和充气膜走廊单元邻接,且在充气膜病房单元和充气膜走廊单元邻接处的至少一部分形成邻接空间,邻接空间适于连通病房空间和走

廊通道,防雨件用于遮挡邻接空间。由此,通过在充气膜病房单元和充气膜走廊单元的邻接处设置防雨件,防雨件可以防止雨水渗入邻接空间中,可以避免雨水通过邻接空间进入病房空间,可保证病房空间的清洁卫生要求,降低了相关人员患病风险。遮挡部和连接部均构造为环形,遮挡部适于套设于设有连接部的充气膜病房单元或充气膜走廊单元外部,气膜病房单元与充气膜走廊单元分离时的示意图如图3所示。

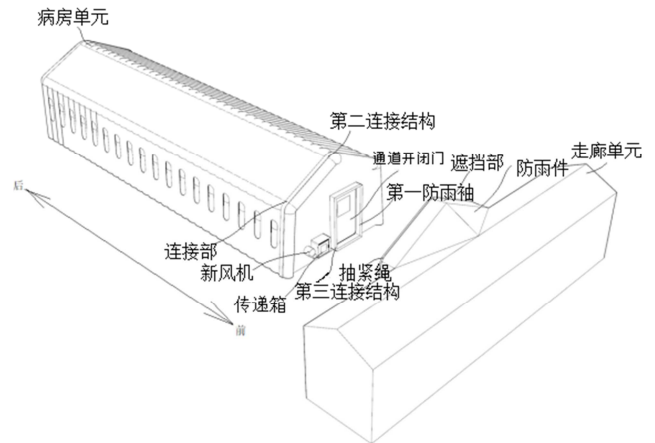


图3 气膜病房单元与充气膜走廊单元分离时的示意图。

## 2.4. 灵活组合布局

结合气膜结构快速建造的特性,气膜建筑作为临时性防疫隔离病房,可以单独设置也可以成组设置。可组装成不同大小及形状,以适应不同基地,充分体现了模块化设计概念。病房组群由集中的空调及空气处理系统以及密闭的人行通道连接在一起,形成类肺泡的结构,可适应不同的基地。隔离病房搭建系统可以包括:一个充气膜走廊单元和一排充气膜病房单元(一排充气膜病房单元可以包括多个充气膜病房单元),一排充气膜病房单元的多个充气膜病房单元可以依次排列于充气膜走廊单元同一侧,该隔离病房搭建系统可以搭建于狭长的场地,隔离病房搭建系统可以适应场地环境较差的情况,灵活化组合形式示意图如图4所示。

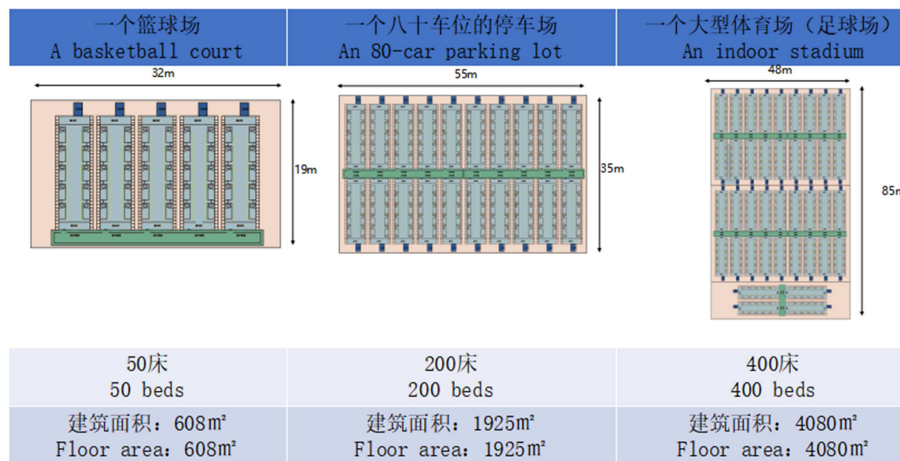


图4 灵活化组合形式示意图。



2.5. 新风系统保证清新空气

在隔离病房空间设置有抽风机，抽风机可以设置于病房空间内，抽风机可以用于将病房空间内的空气抽出至外界环境。也就是说，隔离病房搭建系统可以单向通风，隔离病房搭建系统中空气的流动路线可以为：外界环境-充气膜走廊单元上的进出口-走廊通道-新风机-病房空间-抽风机-外界环境，由此，通过新风机和抽风机配合以更新病房空间内的空气，可以使病房空间内的空气保持清新，可以减少病房空间内的异味，可以防止带有致病病菌的空气在病房空间内积聚。

病房设置气流组织形式为上送下排的新风系统，采用非单向气流形式。同时利用气膜本身结构设置送风管道，用聚氨酯软管连接排风口和新风机。通过新风系统，形成内部空气上侧送风下侧排风，保证垂直距离，防止内部气流短路。考虑到负压隔离病房及相关房间对于空气洁净度的要求较高，根据相关设计规范的要求，送排风机都设置了HEPA高效过滤器[9, 10]，并且在气体排出环境前做消杀工作，防止病毒传播。气膜病房采用的新风机的滤网由三层滤网组成，以确保实验室空气的高效过滤。第一层滤网初效过滤灰尘大颗粒物毛发等，能够有效过滤净化空气，过滤等级为G4；第二层滤网除异味除湿细菌雾霾甲醛等；第三层滤网高效HEPA可高效过滤过滤去除PM2.5雾霾杀菌等，过滤等级为H12。经试验检测，整套新风空气处理系统的净化效率大于0.1um，99.5%。新风系统可实现室内各区域的正负压转换，通过控制新风机的进出风风量和智能自动风阀，根据送风量低于排风量即可实现负压空间的工作原理，使病房不同功能区形成气压差，便可实现负压，走廊空气压力值>缓冲区的空气压力值>病房压力值>卫生间压力值，保证污染空气往低压的方向走。

3. 模块化方舱医院整体性解决方案

3.1. 研究背景

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[11, 12]，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[13, 14]。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。

3.2. 湖南省长沙市方舱医院项目概况

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）。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。设置有医护生活区与办公区、隔离单元、医技用房（含移动DR、方舱CT、中心检验室、成品PCR、成品CT、B超室等医技用房）、供气中心、医废垃圾处理和雨污水收集系统等医用功能。医院严格按照“洁污分区，洁污分流”等要求进行设计[15]。长沙市方舱医院是长沙市委、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，见图5所示。



图5 长沙市方舱医院现场航拍图。

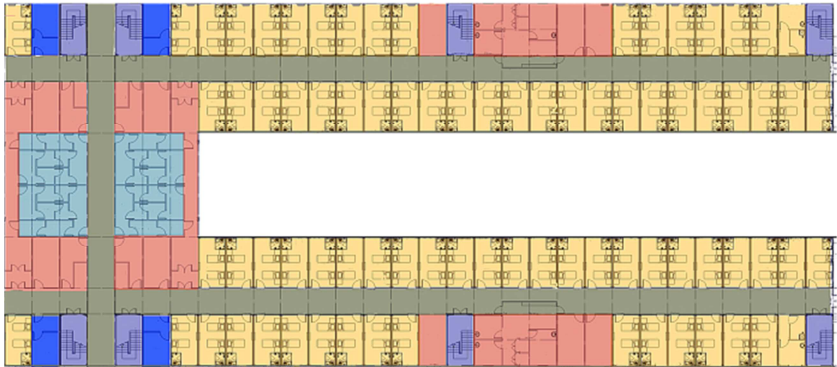


图6 标准层布置示意图。

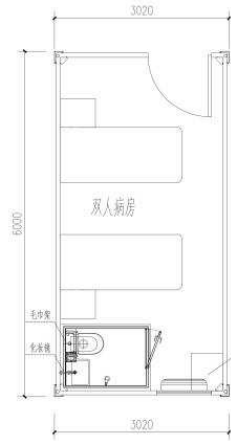


图7 标准单元示意图。

### 3.3. “箱膜组合”新概念

项目采用了新建式方舱医院概念，利用箱式板房作为医疗方舱载体建设而成应急隔离医院。标准单元采用3m×6m标准厢体模块进行拼装设计，平面图见图6所示，标准单元示意图见图7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。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。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。

### 3.4. 方舱医院打包箱构造简单

#### (1) 打包箱模块化

“快拼式模块打包箱”是在出口型的集装箱房基础上演变过来的[16-18]，它跟集装箱房较大的区别在于框架链接形式不同，快拼式模块打包箱是通过紧固螺丝连接立柱和顶底梁的，而集装箱房是通过焊接来连接立柱和顶底梁的，减少了焊缝准备和检测时间。所以拼装模块打包箱的时间快于集装箱房，在坚固和防水方面集装箱房略胜一筹。经过对箱式房材料的优化设计，逐步适合我国项目的工程建设，见图8-9所示。

#### (2) 打包箱打包箱的主要特点

模块打包式箱房除了运输快捷，安装方便，并且重复使用性高，基本使用年限为25年，可支持拆卸安装6-8次。打包式箱房可作为办公，住宿，餐厅，卫浴，以及组合大空间使用，可满足建筑工地营房，野外作业营房，抢险救灾安置用房，各类商业用房等需求。打包箱采取“模块化设计”+“工厂预制”+“现场安装”模式，现场施工过程中基本不产生建筑垃圾，亦可推进节能环保的目标。它的特点是运输安装方便，外观漂亮、大气，绿色环保，节省人工，灵活多变，具有很强的抗震、抗变形能力，密封性能好。

项目拆迁后，不会遗留建筑垃圾，可重复利用，转场零损耗，零环境压力。



图8 打包箱房结构框架。



图9 模块打包箱构造图。



(3) 模块打包箱材料

箱房墙面采用75mm玻璃丝绵，高密度标准，隔热保温，降噪防火，并且在拼箱的连接处加添密封条，实现了很好的空气密封性。且可沿着主轴线两个方向结合场地无限扩展，并可随建设需要随意调整布置。墙板连接采用“S”型插口，该型式有利于杜绝冷桥效应，将墙面形成一个整体来提高室内保温隔热效果。并且墙板采用地板含2mm防潮膜上敷防火玻镁板，有利于避免极寒天气和室内潮湿的效果。屋顶采用镀锌彩涂卷压型板及保温棉和集成吊顶，墙板和顶板采用双面彩钢板带中间岩棉保温层。框架型材采用热镀锌钢板碾压成型，顶梁自带排水沟和专用排水管，可避免房屋的漏水隐患。

3.5. 方舱医院打包箱的施工工艺

(1) 利用可折叠、易运输的特性

针对防疫建筑，如工期特别紧，没有在现场组装打包箱房的时间，也可以采用折叠式箱式板房。折叠式箱式板房与打包箱房整箱基本相同，相对于组装好后的打包箱房整箱运输，因其采用折叠设计，单体模块箱打包后仅占原有箱1/4的体积，折叠示意图见图10所示。在运输和仓储的

过程中大大的节约了空间，从而降低了运输和仓储的费用。在进场之后通过形式多样的手动、电动、机械等多种操作方式将折叠撑开，3-5分钟内便可轻松搭建一套房子，无需现场施工，大大降低了人力与时间成本，施工安全风险。

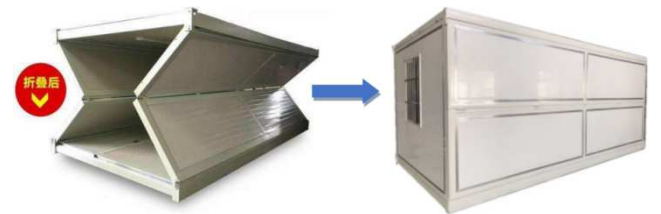


图10 打包箱房总体施工顺序流程图。

(2) 运输及快拼箱堆场

装配式箱房一般有散件打包运输和整箱运输两种方式。在运输上既可通过整箱运输到场即用；又可整体打包运输，在现场展开和安装。单体模块箱打包后仅占原有箱1/4的体积，在运输和仓储的过程中节约了空间，从而降低了运输和仓储的费用和风险，打包箱房运输与吊装见图11所示。



图11 打包箱房运输与吊装。

由于装配式箱房的特点，采取散件运输与拼装好后整箱运输相比，单位体量采取整箱运输的需要运输车次至少是散件运输车次的3倍以上，运输费用大增。近距离运输根据需要确定整箱或散件打包，一般来说整箱运输成本较散件打包运输要高；采用何种运输方式，与项目现场堆放场地和进度要求有关，打包箱房总体施工顺序见图12所示。

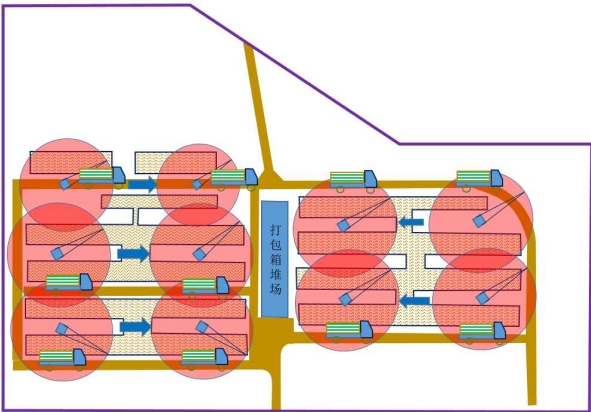


图12 打包箱房总体施工顺序示意图。

如采用现场拼装形式，如要满足进度要求，同时进场的厢房材料必然多，板房材料占用堆场非常大。现场场地往往不足，施工过程中容易出现现场施工混乱。提出解决办法：

- (1) 在进行施工总平面图策划中提前规划好进场道路和堆场位置，厢房材料根据施工进度和现场堆放场地分批次进场。考虑到场地紧张，厢房材料应随来随吊至拼装栋号。总体拼装施工顺序以从两侧向中间的方向推进。防疫建筑在中间位置一般会设置中心隔离岛，一般超过30m宽，可作为材料堆场，便于装卸和转运，堆场以不影响现场施工道路运输通畅为前提。
- (2) 若厂家在本地，材料运输距离较近，在现场堆场场地紧张时可以根据现场实际情况，安排部分厢房在工厂内拼装好后整体运输至工地。采用整体吊装现场应保障运输道路通畅及吊车位置足够，做好现场场地协调工作。
- (3) 如厂家距离远现场也受场地限制没有场地堆放材料或者工期要求非常短现场拼装难以保障进度，也可采取在项目周边不远处租赁场地，在租赁场

地拼装好后再整箱运至项目整体吊装。可极大的加快施工进度。

模块打包箱安装的主要施工工艺，见图13所示。

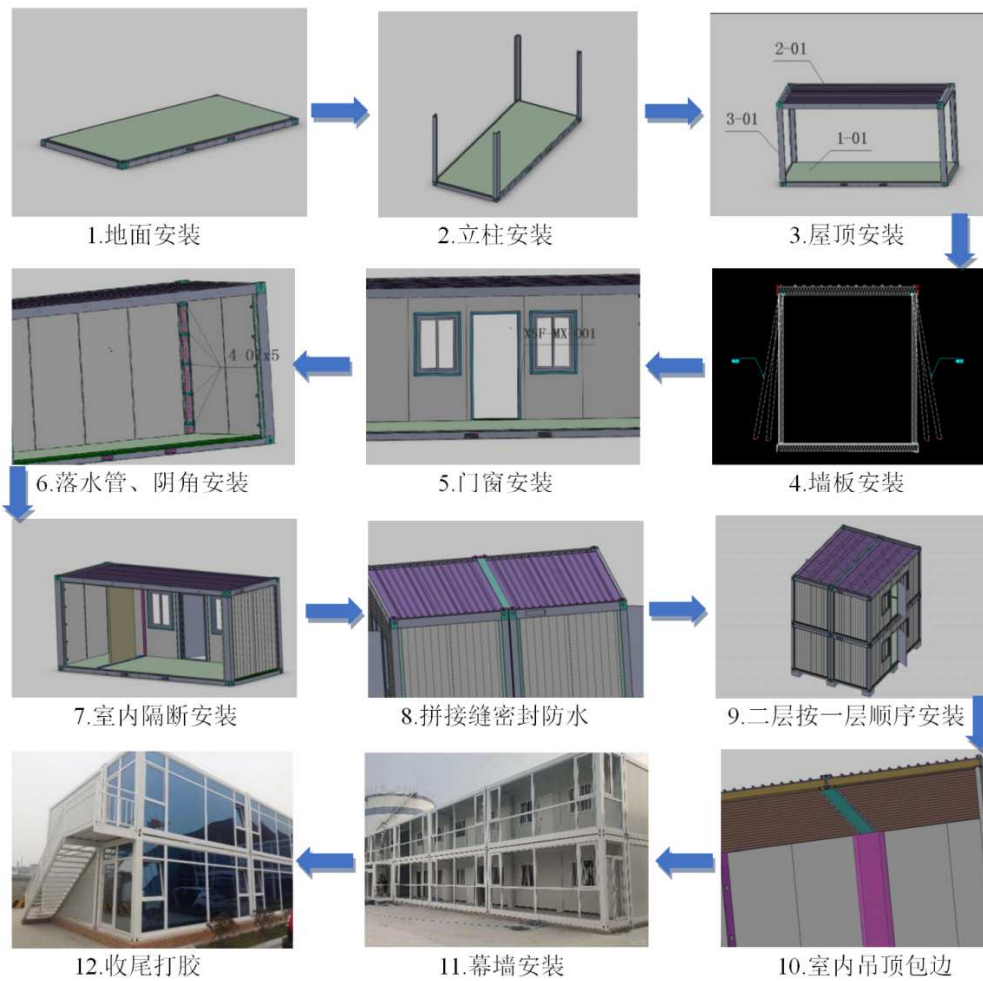


图13 打包箱房总体施工顺序流程图。

## 4. 结论

在2019年底爆发的新型冠状病毒肺炎疫情截至北京时间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，令世界公共卫生安全面临极大挑战。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。本文通过隔离病房的相关研究，形成了主要以下结论。

- (1) 提出了模块化气膜隔离病房和方舱医院的整体性解决方案；
- (2) 结合气膜隔离病房和方舱医院的建设，提出了“膜组合”和“箱膜组合”的设计概念；
- (3) 通过气膜集成技术，气膜隔离病房整体性解决方案能够达到在6-12小时内完成病房的建设，成本低，可根据场地无限拓展的效果，实现应急需求；

- (4) 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、5天完成第一个底板浇筑，总历时28天完成竣工的方舱速度目标。

## 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] 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.
- [2] 吴俊. 新型冠状病毒肺炎疫情期间医院人力资源调配策略[J]. 现代医院, 2022, 22 (05): 742-744.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 张瑶, 郭建英, 郝婉婷. 火神山医院COVID-19患者心理应激障碍全流程系统心理调适效果追踪研究 [J]. 空军军医大学学报, 2022, 43 (06): 604-607.

[6] 宋新华, 梁凤英, 许封菁, 刘艳平, 王志鹏, 陈万生. 火神山医院新冠肺炎预防经典方中12种主成分的含量测定 [J]. 海军医学杂志, 2022, 43 (02): 166-171.

[7] 周凤玲, 王家露, 刘申申, 董玉梅. 隔离病房新型冠状病毒Delta毒株污染状况调查 [J]. 中华医院感染学杂志, 2022, (24): 3814-3817.

[8] 桑振华, 马晓明, 杨建朝. 智能发热门诊隔离楼信息化建设探讨 [J]. 中国数字医学, 2022, 17 (10): 97-99.

[9] GB/T 40260-2021, 高分子膜材料气体渗透性能测试方法 [S].

[10] 孙宗科, 毛怡心, 丁培, 郑萍, 武利平. 大气污染期间室内空气微生物多样性分析 [J]. 环境与健康杂志, 2020, 37 (04): 283-286+376.

[11] 杜丽雯. 生物安全柜高效过滤器完整性测试与分析 [J]. 中国设备工程, 2020, (04): 146-148.

[12] 陈戊荣, 陈兆荣, 苏运升, 李雯琪, 尹烨, 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.

[13] 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.

[14] 许志远, 孙烨柯, 薛张华, 金永春, 孙旭珺, 徐云华. 方舱医院医疗队后勤管理实践与思考 [J]. 现代医院, 2022, 22 (11): 1759-1760+1765.

[15] 单志勇, 黄利民, 胡万强, 季田松. 方舱医院使用功能验收工作探讨 [J]. 中国医院建筑与装备, 2022, 23 (11): 50-52.

[16] 苏巧梅. 医院中心消毒供应部设计 [J]. 中国医院建筑与装备, 2011, 12 (11): 58-60.

[17] 李春田, 温小勇, 帅云静, 徐风波, 徐海涛, 林岳骞, 余小东, 潘智坚, 刘威, 高鹏, 刘波. 模块化钢结构建筑在传染病应急医院中的应用 [J]. 建筑节能 (中英文), 2021, 49 (07): 133-139.

[18] 赵世龙. 基于半刚性节点的打包箱式模块抗震性能研究 [D]. 天津大学, 2020.

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。