

## 专论——医学装备与信息化技术在疫情防控中的效用

**编者按：**在本次新型冠状病毒肺炎疫情防控当中，为了实现疫情防控的“六不出门”，需要对原有诊疗设施进行改造或者选址进行应急隔离病房建设，增加发热门诊影像学检查设备配置。同时，在建设过程中，从医工视角出发，结合应急隔离病房的功能设计，融入远程医疗技术的应用，在保证医疗安全的前提下，尽量减少与患者的接触，防范交叉感染。课题组承担的国家科技部的医学装备技术相关研究项目，对应急条件下相关设施设计、设备配置与远程医疗技术的应用提出了规划建议方案，发挥医工结合优势，推动医疗设施与设备资源配置整合与共享，为临床提供疫情防控诊疗解决方案，做好疫情防控整体保障服务工作。

栏目主编：李斌



教授级高级工程师，上海交通大学硕士生导师，上海健康医学院附属第六人民医院东院副院长。长期从事磁共振成像技术、医学影像技术、工业互联网技术和医疗设备管理等方面研究，在医疗器械技术评价、技术进化与成熟度评价、物联网技术应用等领域开展了持续研究，目前担任中华医学会医学工程专业委员会主任委员、中国医师协会临床工程师分会副主任委员、上海市医疗设备器械管理质量控制中心主任、上海医院协会医学装备管理专业委员会主任委员、上海市生物医学工程学会临床医学工程分会候任主任委员等。主编、副主编人民卫生出版社统编教材各1册，副主编专业教材、著作4本，参编著教材和著作4本，近5年发表各类专业论文21篇。承担多项上海科学技术委员会、卫健委医院管理研究所、上海市申康医院发展中心、上海医院协会等课题项目。主持科技部重点研发项目课题2项，参与2项。在研科技部国家重点研发“大数据分析战略规划支撑应用研究”课题1项。

# 应急留观病房规范化设计与医学装备配置研究

徐峻<sup>a</sup>，季智勇<sup>b</sup>，付向晖<sup>a</sup>，李斌<sup>b</sup>

上海健康医学院附属第六人民医院东院 a. 基建办公室 b. 医学装备处，上海 201306

**[摘要]** 目的 为做好新型冠状病毒肺炎疫情防控，建设应急发热门诊留观病区，满足“六不出门”诊疗原则。方法 在疫情防控期间快速反应，优化选址、设计、感控流线布局、工程施工和项目管理等，科学规划，医工结合，高效实施。结果 通过20天的高效施工，建成了包括挂号、检验、检查、取药、治疗等在发热门诊内“一门式”完成的、功能完备的发热隔离病区。结论 应急发热门诊留观病区的建成，有效缓解了疫情防控、筛查诊治新冠疑似病人的收治压力。

**[关键词]** 新型冠状病毒肺炎；应急留观病房；隔离病区；医学装备配置

## Study on Standardized Design and Medical Equipment Configuration of Emergency Observation Wards

XU Jun<sup>a</sup>, JI Zhiyong<sup>b</sup>, FU Xianghui<sup>a</sup>, Li Bin<sup>b</sup>

a. Infrastructure office; b. Department of Medical Equipment, Shanghai Sixth People's Hospital East Affiliated to Shanghai University of Medicine & Health Sciences, Shanghai 201306, China

**Abstract:** Objective In order to do a good job of prevention and control of the new type of coronavirus disease 2019, an emergency fever diagnosis and observation ward was established to meet the “Six-no-go” diagnosis and treatment principle of infectious diseases. Methods Quickly respond was performed during epidemic prevention and control firstly. Then, scientific planning, integration of medical and industrial, and efficient implementation was conducted on optimizing site selection, design, layout of sensing and control flow lines, engineering construction and project management, and so on. Results Through 20 days of efficient construction, a fully functional isolation ward for fever was built, including registration, inspection, inspection, medicine collection and treatment, which was completed in the fever clinic “one door”. Conclusion The completion of the emergency fever diagnosis and observation ward has effectively alleviated the pressure of epidemic prevention and control, screening and treatment of suspected patients in the new crown.

**Key words:** coronavirus disease 2019; emergency observation ward; isolation ward; medical equipment configuration

[中图分类号] R473.5; R197.39

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2020.00.000

[文章编号] 1674-1633(2020)00-0000-00

## 引言

2019年12月以来,新型冠状病毒引发的肺炎疫情蔓延全国以及境外多个国家,该病主要经呼吸道飞沫和密切接触传播,已经作为急性呼吸道传染病纳入法定乙类传染病,并按照甲类传染病管理<sup>[1]</sup>。2020年2月10日,国家卫健委和住建部发布《关于印发新型冠状病毒肺炎应急救治设施设计导则(试行)的通知》,要求各地精准调配医疗资源,调整现有医疗设施功能,通过院区功能调整、设施改造等多种方式,全力保障疫情救治需要<sup>[2]</sup>。2月28日,世卫组织将新型冠状病毒肺炎(Coronavirus Disease 2019, COVID-19)全球风险级别提高到“非常高”,同时提出控制疫情的关键是阻断病毒传播链条,需要采取强有力的行动设施尽早发现病例、对病人进行隔离和护理、追踪密切接触者<sup>[3]</sup>。这其中大部分病例都可以追溯传播轨迹或是聚集性病例。疑似及确诊病例应在具备有效隔离条件和防护条件的定点医院进行隔离治疗,疑似病例应单人单间隔离治疗。因此,全国大多数定点医院均在加大临时隔离病房的建设。

## 1 应急建设的必要性

根据新型冠状病毒的传播和发病特点,隔离病区在医院内部进行改扩建,首先考虑的是把发热患者和去过疫区的人员诊疗流线控制在相对独立的区域内,与其它日常诊疗流线严格分开。按照“六不出门”原则,建设专门的隔离病区,内设完整的预检、挂号收费、检验、检查、取药、治疗等功能<sup>[4]</sup>。

随着疫情的发展,国家卫生健康委员会2020年2月4日发布的《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)》<sup>[5]</sup>中,将胸部影像学特征作为COVID-19临床诊断标准之一。目前,CT已经成为COVID-19筛查与诊断的重要手段,而一般除传染病专科医院外的综合性医院大多没有专门的针对COVID-19的筛查的专用CT设备,无法做好和日常诊疗分开,具有发生院内感染的潜在风险,因此为确保疫情防控安全,应急建设新增用于新冠肺炎筛查的专用CT机房和留观病房的必要性凸现,成为医院防控工作的重要防线。

## 2 主体建设设计

### 2.1 选址

根据行业规范<sup>[6-8]</sup>,医院传染病区需要与周边其他建筑保持20 m以上距离,由于院内没有合适的用于快速改造的建筑,只能在原发热门诊相邻的绿地选址,利用原有的发

热门诊专用污水处理管道和消毒池,接入医院二级污水生化处理站。地方三面临路,方便设置病人入口、医护通道和污物出口,除CT需要专线供电,必须建设从高压变电站接出供电专线外,其他冷热水、弱电、氧气等都从相邻的发热门诊引出,减少了配套工程和基坑开挖,也减少了工程风险,方便快速施工,为疫情防控赢得时间。

### 2.2 建筑主体设计

受场地限制,整个建筑占地24 m×15 m,考虑到土地集约化使用和临时建筑规范要求,主体建筑设计为两层,一层进出口多按骑楼走廊布置。为了快速搭建建筑主体结构,选择常用于临时建筑的3 m×3 m×6 m的金属集装箱房,与单间病房面积相近,此类建筑结构单元模块化,独立受力可叠放,具有良好的抗变形能力,方便快速施工。

由于我院应急隔离病房规模较小,建筑结构自重轻,按照功能设计需要搭建两层共计28间,同时考虑上海临港地区风大湿度大,在外围加做了一圈轻钢结构进行加固,兼做病区外走廊和污物通道。按照隔离病房独立通风设计,在屋顶设有大量风管风机,容易漏水,因此除建筑层间和箱体间采用卷材粘贴密封外,另外加装钢制坡屋顶进行有组织排水,以提高防水性能。

一层地板现浇钢筋砼均匀受力防水,按照CT机房安装要求,CT机安装基础采用现浇自流平处理,按照放射防护要求,放射机房箱体采用结构外包防护铅板设计。生态环境部明确应急机房在满足辐射安全和防护标准的前提下暂可豁免办理环境影响评价和辐射安全许可,但后续要继续使用,就需要办理环评等相关手续,因此,在机房建设时也要充分予以考虑。主体建筑外观图,见图1。



图1 主体建筑外观图

### 2.3 建筑功能布局

按照COVID-19诊疗方案,遵循接诊→检查→治疗兼COVID-19留观→确诊后转运至定点收治医院整个工作流程安排房间布局。

本项目建设的主要目标是增加配置发热门诊专用检查CT和DR,配置中央监护系统、呼吸机等具有远程医疗功能的设备,符合发热门诊建设规范中的隔离留观病房等,通过建筑功能分区严格把人流、物流的清洁与污染的流程和路线相互分开,互不交叉。

所有房间的通风系统的由洁向污、排水处理由内向外展开。医务人员按清洁区→半污染区→污染区的工作流程

收稿日期:2020-03-13

基金项目:科技部重点研发计划(2019YFC0121805)。

通信作者:李斌,教授级高级工程师,上海交通大学硕士生导师,主要研究方向为临床医学工程与医学装备管理。

通信邮箱:libin2001@hotmail.com

布置工作区域,医务人员及病患者应分别使用不同通道。医务人员使用医务人员工作走廊(清洁区)及病区内走廊(半污染区),连接区域设缓冲间,内有流动水洗手设施,患者通过外围走廊(污染通道)进入病房。

一层设专用CT和DR机房和其他医疗辅助用房,包括候诊、强弱电机房、医护值班室、库房、生活区、吸引机房、生活污物暂存等,如图2所示,设有专门的医生通道、病人通道、污物通道等<sup>[9]</sup>。二楼设病房区、治疗室、护士站,如图3所示,中间走廊为医生通道,两侧为病房,病房每间都有出口与污物通道连通。病房内设独立新风送风、排风口、空调、设备带、监控、烟感、整体浴室、传递窗等。一二楼之间设医护通道楼梯,进入一楼一次更衣,上二楼进入病区前是二次更衣缓冲区<sup>[10]</sup>。楼顶设坡屋顶,防水隔热兼做设备层。

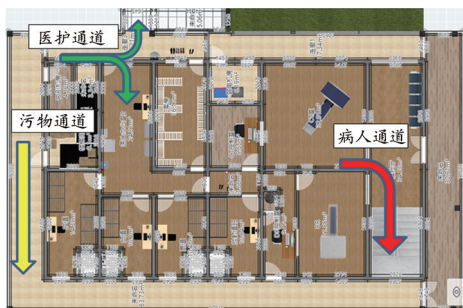


图2 一层功能分区布局图

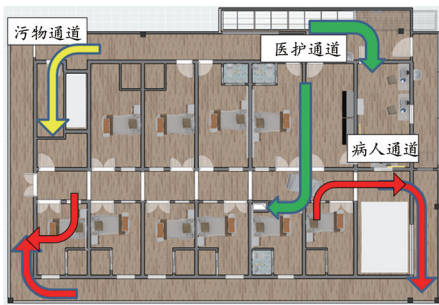


图3 二层功能分区布局图

### 3 功能主体设计

#### 3.1 应急隔离留观病房内功能配置

按照疫情防控要求,留观患者主要为疑似和疫区经历的医学留观病人,一旦确诊就要转运至定点收治医院,疑似排除后监测体温正常后即可转出,因此病房全部采用单人间,各相关系统也完全独立,杜绝院内感染可能。

(1) 治疗设施。病房床头设有中心供氧、中心吸引、压缩空气、病人呼叫系统、对讲系统等设备带,病房内配置有中央监护系统及输液泵、注射泵等医疗设备,抢救室还配有除颤仪、呼吸机、心肺复苏机等抢救设备<sup>[11]</sup>。

(2) 传递窗。医务人员走廊与各病房间设双门互锁密闭传递窗,用于为患者传递食物、饮料、生活物品、药物等。为防止交叉感染,每个传递窗内专门设置有紫外线灯用于

杀菌消毒。

(3) 气流组织。气流组织设计是降低空气污染隐患的重要举措,合理的新风系统可以有效地控制污染物的扩散和对人员的危害,采用独立分体式空调用于温度调节,空调系统合理加大新风比,用上送下回的方式,如图4所示,在密闭的室内一侧上方送入新风,再从另一侧下方向室外排出,在室内会形成“新风流动场”<sup>[12]</sup>,保证空气在各区之间形成合理的定向流动,使污染物控制在污染区之内,满足室内新风换气的需要,有效降低室内病菌浓度,保证清洁区不受污染。

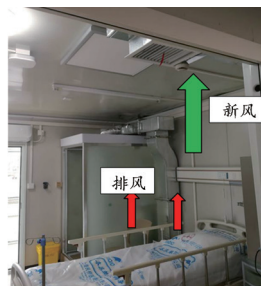


图4 气流组织气流图

(4) 信息接入。信息接入为远程医疗的建设奠定了基础,远程医疗技术在传染病疫情防治中的使用可以减少医生与传染病患者的直接接触,极大地提高医护人员的工作效率,例如,呼吸机远程联机系统、远程输注系统等。

(5) 视频监控。每间内设高清视频监控摄像头,通过信息接入系统和中央监控系统一起引至护士站和医生办公室,方便医生护士远程监护病人的身体状态和生命体征,并对设备参数进行调控。

#### 3.2 应急隔离留观病房辅助工程配置

(1) 排水系统。医院的排水系统,比较复杂,除了供水外,其他都属于污废水,如洗手、污洗、空调冷凝水等。2020年2月10日,国家卫健委和住建部发布《关于印发新型冠状病毒肺炎应急救治设施设计导则(试行)的通知》<sup>[13]</sup>,对污水、医疗废物的收集和处理作了非常明确的规定,消毒池在设计建设阶段需要考虑水质取样口<sup>[14]</sup>。医院污水总管就近接入发热门诊现有的专用消毒池,并设置水质取样口,处理后排放至二级污水生化处理站。

(2) 排气系统。三层设备间主要设置风机风管,南侧上风处布置新风机和与室外相连的新风口,北侧布置排风机和与室外相连的排风口、污水管道通气口、吸引排气口等,风机风量要进行合理的控制,避免风机运行噪音和振动对病房人员的影响,并保证气流从半污染区→污染区方向流动,使得整个房间形成良好的定向气流,排气系统可以有效及时排除病房内污染气体。

(3) 设施维护检修通道。由时间比较紧,考虑到周边有污水总管可以利用,为缩短总工期,采取了抬高地面,全部采用了同层侧排水的方式。侧排水由于把管都接到室



外,既方便安装施工又方便后续的维护,采用明管施工,方便施工质量检测和后期维护,大大减少了污染环境的可能。室内外给排水、风系统、医用气体、强弱电检修阀门、井道和开关设在工作人员的清洁区内或室外。

(4)门禁系统。医疗流程设置出入口控制系统,对病房的医患通道、污染与洁净区域进行管理,保证医护人员通道和患者通道绝对隔离分开。门禁与消防报警联动,在火警紧急发生时能够解除门吸动作,符合消防规范安全要求。

## 4 医疗设备配置

### 4.1 CT

国家卫生健康委员会已将CT检查纳入第五版《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案》,COVID-19早期患者影像特征不典型,易遗漏,常规厚层CT轴位扫描常常不能明确显示病变,患者还需要多次复查,这些特点都对CT设备本身的低剂量成像技术、图像质量、扫描速度及分辨率都提出了更高的要求。结合国家大型医用设备配置管理办法,64排以下CT配置无须申请配置许可,因此,在应急状态下,应将64排以下CT作为首选机型。在对COVID-19实施CT检查时首选容积CT扫描,采用锐利算法重建,可以采用较大螺距以减少扫描时间,同时减轻患者呼吸运动伪影<sup>[15]</sup>。

目前在售16排及以上CT均能满足需求,机房区域按照“三区两通道”设置污染区、半污染区、清洁区,区分医护通道与患者通道<sup>[16]</sup>;其次,最好具有隔室操作功能,预先完成患者信息登记,避免技术员直接接触患者的任何物品,在保证安全的前提下,技术员在隔室的CT操作台面远程扫描控制器移动检查床,实现精准化定位隔室操作的,避免医护人员与患者之间发生交叉感染<sup>[17-18]</sup>。考虑到疫情过后日常使用,建议考虑球管热容量在3.5M以上、宽体探测器系列CT,以满足增强检查需求。

### 4.2 DR

DR技术要求相对简单,因为是应急建设机房,在选型上首选落地式双床双板机型,图像后处理系统与控制系统集成,应当具有自动化操作系统,在拍摄胸片时,平板探测器、球管应具有自动跟踪功能,方便技师操作。DR专用机房也要跟CT专用机房一样进行严格的消毒处理<sup>[19]</sup>,且具备无线隔室遥控功能更优,无线遥控控制操作最大限度地减少医护人员与肺炎患者或者疑似患者的接触,降低了技术员感染的风险。

### 4.3 中央监护系统

中央监护系统技术比较成熟,部署时可优先选择无线组网方式,方便快速搭建监护网络。需要注意的是,各家中央监护系统可选择的接入点数、数据存储时间有区别,有些可以双向操作,在中央控制站也能进行远程操作,方便对患者生命信息进行监护,有些产品不具备

双向操作功能。

### 4.4 呼吸支持类设备

COVID-19的治疗目前尚未有特效药物,更多采取的是对症支持疗法,其中呼吸支持是重要的对症治疗措施,因此,呼吸机是患者抢救必备医疗设备。呼吸湿化治疗仪具有加温加湿功能,氧流量可调节,除维持正常的生理指标外,有一定的减轻炎性渗出及修复缺氧损害作用。无创呼吸机一般在患者能够配合的前提下使用。有创呼吸机自动化程度高,自身监测功能强,可根据患者的病情和呼吸生理改变提供合适的氧浓度和治疗参数,有多种通气模式和不同的气道压力水平能够满足临床各种治疗需求,尤其适用于重症呼吸衰竭的抢救。应用呼吸机抢救患者需要投入更多的医护人力,现有高端呼吸机具有远程监控系统,方便可实现设备互联与远程操作。

## 5 主体建设

快速建设应急隔离病区是一个系统工程,明确功能布局需要包括医疗、护理、影像、院感、医学装备、后勤管理等多部门共同参与<sup>[20]</sup>。因为建设项目紧急,前期论证时间较短,整个项目的规划、设计、施工、开办、试运行是交叉在一起并行进行,需要各部门通力协作,边施工边整改,虽然经受时间紧、劳力和材料资源匮乏等多重不利因素<sup>[21]</sup>,仅用20d时间建成应急留观病房,完成设备安装,交付使用,满足疫情防控需求。主体建设进展图,见图5。

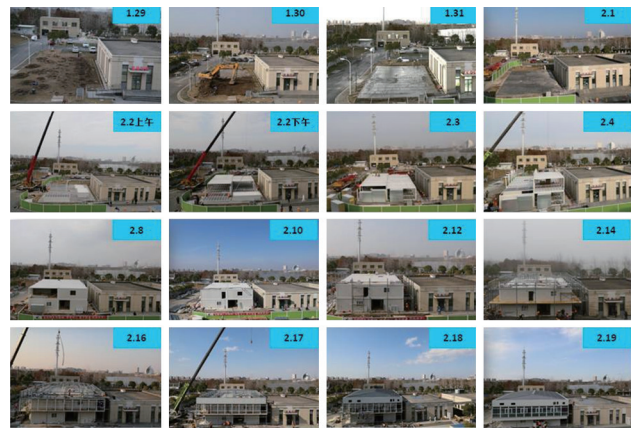


图5 主体建设进展图

## 6 讨论

疫情防控期间,应急建设留观病房,需要结合长期使用需求进行系统规划,需要完全符合感控要求和医学装备配置特殊需求,还要考虑到特定条件下部分需求不明朗或者需求未能及时提出,受限于材料、施工工艺等,各项需求难以完全实现,建设方案和实施过程会遇到很多挑战。

(1)集约化设计与合理化功能布局。疫情防控中,原有发热门诊达不到传染病“六不出门”要求,必须尽快对

原有设施进行改造,时间就是生命,在原发热门诊不能停诊的情况下,在其周边合适场地,利用现成的金属集装箱房进行应急隔离病房建设就成为首选项。本案例实践证明,集约化利用院内土地资源,建设成了二层的集装箱板房,一楼用于放射影像机房并配备了专用CT设备,二楼设立了分区合理、功能完备的10间隔离病房,并配备各类远程医疗装备,基本满足传染病疫情防控和患者诊疗的需要。

(2) 同步完善功能需求与医学装备配置。由于是应急设计,建设初期功能需求不完善,需要按照施工节点要求及时协调各部门对项目功能和需求进行明确,排好施工时间节点,杜绝因需求不清或者反复调整,造成局部返工或者无效劳动,造成施工进度延迟。由于本建筑需要配置各类诊疗装备,往往对装备环境和安装条件有特殊要求,如CT机房需要屏蔽防护和专线供电,需要同步开展医学装备市场调研与实施紧急采购,需要尽快落实设备选型,才能进行配套机房设计与配电系统、土建和铅板防护工程。

(3) 多部门协同化作战与交叉施工安装。本项目启动恰逢春节,又在疫情防控特定时期,受到时间紧、任务重、人力不足等多重不利条件叠加影响,为了按时完成任务,建设方与施工方通力协作,多方协调,做好预案,采用多种备选方案,在项目建设基本成形时各部门协同作战,交叉施工,医学工程部门协调各类诊断与治疗类设备进场安装,计算机部门安排信息系统集成,后勤、消防和安保系统也需要同步进行施工,最终通过20d奋战,建成了发热门诊隔离病房并全面投入使用。

疫情防控形势下,通过各专业条线通力协作,医工结合、快速反应、系统规划和协同作战,在尽可能短时间内,基本建成一个流线清晰、功能基本完备、符合传染病防治“六不出门”要求的应急留观病房,并形成规范化、标准化、具有可操作性,具有一定参考价值的应急发热门诊隔离病房建设模板,为今后类似COVID-19此类的疫情防控提供相应解决方案。

#### [参考文献]

- [1] 新华网.世卫组织将新冠肺炎疫情全球风险级别上调至“非常高”[EB/OL].(2020-02-29)[2020-03-01].[http://www.xinhuanet.com//2020-02/29/c\\_1125641411.htm](http://www.xinhuanet.com//2020-02/29/c_1125641411.htm).
- [2] 吴亚楠,贾海军,张伟,等.隔离病房污染物排出有效性分析[J].计算机仿真,2017,(4):235-240.
- [3] 国家卫生健康委办公厅.国家中医药管理局办公室.关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)的通知[EB/OL].(2020-02-18)[2020-03-01].[http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/19/content\\_5480948.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/19/content_5480948.htm).
- [4] 人民网.上海五建争分夺秒战疫情20天建成发热门诊隔离病房[EB/OL].(2020-02-29)[2020-03-01].<http://sh.people.com.cn/n2/2020/0229/c134768-33839552.html>
- [5] 国家卫生健康委办公厅.国家中医药管理局办公室印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第五版)的通知[EB/OL].(2020-02-04)[2020-03-01].[http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/05/content\\_5474791.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/05/content_5474791.htm).
- [6] GB50849-2014,传染病医院建筑设计规范[S].
- [7] GBT 35428-2017,医院负压隔离病房环境控制要求[S].
- [8] GB 51039-2014,综合医院建筑设计规范[S].
- [9] 生态环境部.关于做好新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控中医疗机构辐射安全监管服务保障工作的通知[EB/OL].(2020-02-03)[2020-03-13].[http://www.xinhuanet.com//energy/2020-02/03/c\\_1125524797.htm](http://www.xinhuanet.com//energy/2020-02/03/c_1125524797.htm).
- [10] 中华医学会放射学分会.新型冠状病毒感染的肺炎的放射学诊断[J].中华放射学杂志,2020,54(00):E001.
- [11] 胡永兵,肖艺水,胡孟泉,等.远程心电监护在心律失常中的应用[J].数理医药学杂志,2019,32(7):1074.
- [12] 龙洋波,邢哲理,温旭怡,等.可正负压切换隔离病房通风空调设计探析[J].制冷与空调(四川),2019,33(1):48-52.
- [13] 国家卫生健康委办公厅,住房和城乡建设部办公厅.关于印发新型冠状病毒肺炎应急救治设施设计导则(试行)的通知[EB/OL].(2020-02-08)[2020-03-01].[http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/11/content\\_5477301.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/11/content_5477301.htm).
- [14] 任理军.应急救治设施不能忽视污水安全排放[N].中国环境报,2020-02-17(003).
- [15] 魏梦绮,李娜,石明国,等.MPR重建技术在早期2019冠状病毒病患者CT诊断中的应用价值[J].中国医疗设备,2020,35(00):E001.
- [16] 杨帆.医院特殊功能用房的设计要点分析[J].建筑技术开发,2018,(9):24-25.
- [17] 华婷,李励,沈永菊,等.新型冠状病毒感染防控背景下专用计算机断层扫描机房设置的经验浅谈[J/OL].上海医学,2020,1-6 [2020-03-01].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1366.R.20200219.1459.002.html>.
- [18] 晁勇,帅万钧,苏卫华,等.CT方舱CT选型及舱内布局研究[J].中国医疗设备,2014,29(5):17-19.
- [19] 魏秋华,任哲.2019新型冠状病毒感染的肺炎疫源地消毒措施[J/OL].中国消毒学杂志,2020,(1):1-4[2020-02-17].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2672.R.20200129.1824.002.html>.
- [20] 侯立萍.瑞典马尔默斯科纳大学急救和传染病中心隔离病房与城市关系[J].建筑知识,2016,109-114.
- [21] 多琦,叶茂,王心璐.郊区公立医院应急管理评价指标体系[J/OL].解放军医院管理杂志,2019,(12):1136-1139[2020-02-14].<https://doi.org/10.16770/J.cnki.1008-9985.2019.12.011>.