

医疗机构营业状态下紧邻敏感区域进行局部空间改造的施工难点解析与协同破解

周小龙

中国新兴建设开发有限责任公司，北京市，100039；

摘要：随着医疗设施更新需求的持续增长，医疗机构在持续营业状态下实施局部空间改造已成为行业常态。本文以北京某三甲医院院区改造为研究对象，针对紧邻 ICU、睡眠中心等敏感区域的施工场景，系统分析医疗安全约束、时空冲突、环境干扰三大核心挑战，重点探讨了在实施改造过程中面临的医患安全隔离、噪音粉尘控制和动线交叉管理、新旧机电系统接驳等关键问题。研究构建了“医疗安全防护基线-低干扰施工体系-医患协同网络”三维管理框架，创新性地提出了基于 BIM 技术的逆向建模、负压隔离系统和时空错峰作业等协同解决方案。实践表明，该模式成功将医患投诉率降低 60%。同时因改造机电系统引起的医疗事故风险从 23% 降至 0.3%，环境干扰指标全面达标。研究成果为医疗建筑改造工程提供了可复制的技术范式和管理经验，对提升医疗空间改造效能具有重要参考价值。

关键词：医疗建筑改造；敏感区域施工；机电系统改造；负压隔离；时空协同；BIM 技术

DOI：10.64216/3080-1508.25.06.003

1 引言

1.1 背景与现实意义

医疗建筑是重要的城市公共服务设施。经过几十年的高速发展，我国医疗建筑存量规模不断增大。《2024 年医疗建筑施工环境影响报告》显示，超 70% 的三甲医院医疗改造项目需在正常营业时进行，医院对既有建筑的维修改造能降低医院建筑的能源消耗，提升医务人员的工作环境、病友的就诊体验。且常紧邻对环境参数要求严苛的敏感区域，此类工程需在保障医疗安全和维持诊疗秩序的同时施工，面临医疗安全刚性约束、时空资源冲突和环境干扰控制三重核心挑战。

本研究以某三甲医院改造项目为案例，通过系统化管理创新与技术优化，探索医疗安全与施工效率的协同平衡路径，为同类工程提供参考^[1]。

2 营业状态下紧邻敏感区域施工的核心难点解析

2.1 医疗运行安全与施工质量的双重刚性约束

2.1.1 机电系统改造

老旧医院的机电系统运行超过 20 年，相互之间交错复杂，且经历多次局部改造，在无准确竣工图作为依据的条件下，拆改原有机电系统，在施工过程中若出现误操作，极易引发供氧中断、强弱电故障等医疗应急事

件，由于施工区域紧邻 ICU 重症监护、手术室等敏感功能用房，这类紧急状况不仅导致施工临时停工，更严重威胁医疗运行安全。

新建机电管线穿越非改造区域（如正常使用的 ICU 病房、检验中心、睡眠中心等）的深化设计和施工是难点。

各类无法间断的气体管道、给排水管道、强弱电管线，在施工过程中如何进行系统的新旧接驳、调试是难点。

2.1.2 建筑拆除和结构加固

建筑拆除面临强噪音、扬尘污染及大量渣土外运问题，在医疗运行不间断的大型三甲医院，工程建设与医疗运行交叉影响大，拆除阶段需确保后续施工质量、设计功能布局及医疗运行安全，难度较大。

结构加固工程多涉及框架梁、结构板、框架柱，多数框架梁和结构板的加固会影响改造楼层的上下层，如四层改造因增加楼面荷载需加固三层正常使用的 ICU 病房顶板，导致三层加固区域无法正常运行，故按新增荷载完成结构加固并减少影响区域是难点。

2.2 医患活动与施工作业的空间-时间冲突

2.2.1 空间重叠问题显著

三级甲等医院人员密集场所日均人流量超 12000 人次，主要施工通道、材料运输与医患通行路径重叠率

高达65%。而机电施工中的管线穿越、接驳等作业,进一步挤占了本就紧张的作业空间,使得空间矛盾更为突出。同时要根据医院十四五总体规划,大楼标准层建筑面积有限,改造方案应尽量减少占用现有楼层有限的使用空间,最大程度地提高楼层空间使用效率;在项目实施过程中,因材料运输电梯、楼梯与医患电梯、楼梯共用,37%的医患反馈通行受阻。这种通行秩序的混乱不仅影响患者的就医体验,还直接降低了医疗服务质量与施工协作效率,加剧了医患与施工之间的矛盾。^[2]

2.2.2 时间交叉问题

诊疗高峰期(手术8:00-12:00、探视15:00-19:00)、以及作为国内知名睡眠诊疗示范单位的睡眠医学科受其诊疗规律约束的每日5个时间段(共计150分钟),均与常规施工时段高度冲突,这直接导致机电有效作业时间被压缩至每日仅4-6小时。

2.3 环境干扰与医患体验的矛盾激化

2.3.1 扬尘与噪音超标问题突出

施工区域PM10浓度达0.5mg/m³,远超医疗区域0.05mg/m³标准;冲击钻作业噪音峰值110分贝,远超病房区域50分贝限值,机电施工的破碎、切割等是主要污染源,显著干扰医疗环境。

2.3.2 污染扩散风险

医疗区域对环境参数要求严格,ICU设备温湿度波动需 $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$,睡眠监测中心噪音耐受阈值低于30分贝,施工扬尘或使院内感染风险升3-5倍。机电施工中老旧管线拆改噪音(风镐 ≥ 100 分贝)、新建管线穿越振动直接冲击环境参数,改造需同时满足《建筑结构加固规范》与《医疗织物消毒规范》。

3 协同管理策略:基于医疗改造项目的实践创新

3.1 前期规划协同:构建医疗安全防护基线

3.1.1 三维需求调研机制

医疗建筑更新改造需要基于改造内容和目标确定相应的改造策略,借鉴国内医院改造经验,为保证在不停诊状态下实施改造并达到改造目标,采用如下设计思路:充分踏勘现场和收集资料,对大楼现状进行详细的调查和分析评估^[3]。并项目开工前联合院方使用科室、基建处、总务处、保卫处、信息以及感控部门进行深度沟通开展“医疗需求-施工影响-防护标准”三维调研,形

成《敏感区域施工边界手册》。例如,针对睡眠监测中心,明确施工噪音日间 ≤ 40 分贝、夜间 ≤ 30 分贝的控制目标,并划定3米范围的“振动隔离带”等标准,为机电施工划定“安全红线”。

3.1.2 全要素现场勘查

需突破设计图纸局限开展隐蔽工程排查:原有机电系统建成于90年代,管线布局交错复杂,且历经多次局部改造,无准确竣工图可依。因此拆改原系统时,需以非改造区域医疗运行安全为前提;针对新建机电管线穿越正常使用的ICU病房、检验中心、睡眠中心等非改造区域的情况,需专项开展深化设计与精细化施工;同时,对于各类不可间断的气体管道、给排水管道及强弱电管线,需实现系统新旧接驳与调试的无缝衔接^[4]。

3.2 技术创新-工艺协同:打造低干扰施工体系

3.2.1 负压隔离系统

项目施工首次将物理隔离与环境管控技术使用在医疗建筑改造工程中“轻质防火隔墙+密封胶条+负压风机”的三级隔离方案:围挡高度达2.5米,接缝处用医用密封胶密封,通风口设置高效过滤器(过滤效率 $\geq 99.97\%$),使施工区域形成-5Pa的负压环境,实现定向气流控制,使施工区域成为“污染物收集区”而非扩散源,从根本上杜绝了粉尘外溢至ICU、睡眠中心、妇产科等敏感区域的风险,较传统敞口施工降低院内感染潜在风险达90%以上。

3.2.2 低干扰工艺

医疗建筑施工中,通过选用液压破碎锤替代传统风镐降低声源强度25分贝以上,关键工序结合湿式切割工艺与可移动声屏障,将边界噪音控制在55分贝以内,满足超敏感区域要求,减少患者投诉率60%以上,且该工艺为首次应用于医疗建筑施工。

3.2.3 机电专项技术

新建管线穿越时,采用微型顶管、免焊接接驳技术,搭配医用密封处理和过滤效率 $\geq 99.97\%$ 的高效过滤装置,构建严密防护体系,实现“零污染侵入”,阻隔污染物进入医疗区域;针对不间断接驳,设置2.5米高临时负压围挡,配备30分钟应急发电系统和72小时纯水储备设施,形成全方位保障机制,保障“医疗零中断”,确保施工期间医疗服务持续稳定运行。

3.3 时空协同机制:精准错峰作业

时空错峰作业机制以“精准避峰、科学限工”为核

心,其“三避三限”中的精准避峰严格参照睡眠医学科每日停工时段及通用诊疗规律,避开核心诊疗高峰(常规诊疗、探视、夜间休息时段),优先保障医患所需安静环境。避开相关峰期后,机电作业被压缩至非核心时段,有效缓解了空间-时间冲突压力,实现施工与医疗活动的协同推进。

3.3.1 科学限工

运输限 20:00-22:00 用专用电梯,重型作业每日 ≤ 3 小时,垃圾清运单次 ≤ 30 分钟,减少对医疗活动的干扰。创新时空双维度协同机制,时间上按科室诊疗高峰动态调整作业窗口,空间上通过 BIM 优化实现材料运输与医疗动线立体分流。此举使施工对医患动线干扰降 60%,环境干扰时长缩 45%以上,门诊等候 ≤ 15 分钟,混凝土养护达标 100%,机电对 ICU 等敏感区域干扰 ≤ 3 分贝,实现医疗与施工双向协同,为营业期医疗改造提供可量化的时空管理范式^[5]。

3.4 医患协同:构建共情式沟通网络

3.4.1 动态反馈与安抚机制

医患沟通专项小组,建立常态化走访机制,每周三次深入非改造区域科室收集施工噪音、通行干扰等反馈,设“24 小时快速响应通道”,确保诉求及时受理、方案 24 小时内落地。为降噪音,向患者发放降噪值 ≥ 25 分贝的定制耳塞及医疗科普手册;在重点敏感科室设“施工进度公示栏”,动态更新信息以增强医患知情权与参与感。针对特殊科室患者,安排专属引导员,通过“专人陪同+能导航标识”调整就医路线,减少通行与施工区域交叉干扰^[5]。

3.4.2 应急协同预案

围绕施工可能引发的停水、停电等突发风险,制定“医疗优先”级应急响应流程:为 ICU 等高依赖科室配备可快速启动的 30 分钟应急发电设备,保障电力中断无缝衔接;储备 72 小时医用纯水储备罐,确保停水时医疗用水稳定。建立院方-施工方联合应急体系,每月 1 次实战化演练,模拟突发场景,将响应时间压缩至 ≤ 5 分钟,以“预演-实战-复盘”闭环管理筑牢医疗安全底线。^[6]

3.5 质量-成本协同:医疗功能适配型管控

3.5.1 深化设计前置与关键节点验收

为确保其他楼层病区运营安全,阶段改造中部分管道无法拆除,增大了机电安装难度。通过 BIM 系统进行施工模拟,直观分析重点难点区域,为现场施工提供引导,避免了管线碰撞造成的返工问题。对机电管线、医用气体管道等进行全维度碰撞检测与优化排布,系统解决综合布线、吊顶标高、管线碰撞等问题。

关键节点验收引入院方感控部门深度参与,构建“施工方自检+监理复检+医疗专业联检”的三级验收体系,保障施工质量与医疗功能需求精准适配,为后期医疗设备稳定运行筑牢基础^[6]。

4 结论与展望

本研究构建“空间隔离-时间错峰-技术适配-情感协同”四维协同管理体系,验证了“医疗优先”改造模式在医疗机构营业时施工的可行性,能解决医疗安全与施工效率矛盾,提升工程质量,具体通过负压隔离系统、时空错峰机制、BIM 技术及共情式沟通网络实现。

未来建议从三方面深化:1. 智能化监测,建基于 BIM 与物联网的实时监控预警系统;2. 工业化建造,推广模块化机电预制技术;3. 标准化管理,建医疗改造工程数据库,形成标准工艺和流程。

持续创新可推动医疗建筑改造向“智慧化管控、精准化作业、绿色化建造”转型,研究成果为医疗设施更新提供可复制推广的样本,对提升我国医疗建筑改造水平意义重大。

参考文献

- [1] 彭钟, 浅谈医院维修改造工程施工的项目管理, 中国设备工程, 2022 (07): 77-78
- [2] 何芸, 医院基础设施应急改造施工管理实践, 南北桥, 2023 (10): 85-87;
- [3] 万莉军, 张坛, 李韦, 大型医疗建筑不停诊改造设计难点及对策, 华中建筑, 2022 (12) 48-51;
- [4] 王蕾, 张羽翔, 刍议医院老门诊楼局部改造实践, 卫生经营管理, 2022, (18): 37-40
- [5] 王朝军, 城市更新背景下狭小场地施工管理的协同优化研究—基于某医院改造项目的实证分析, 建筑工程与设计, 2025 (07):
- [6] 沈宇昕, 医院老旧病房楼边运营边改造的实践分析, 中国医院建筑与装备, 2023 (10): 79-83;