

目次 CONTENTS

2018年7月 第4期

01 | 编者的话

02 | 绿色资讯

04 | 特别关注

主题策划

06 | 绿色医院是将人性化和创新性发挥到极致的医院

08 | 绿色医院环境资源的开发整合共享——上海市第一人民医院绿色设计探析 / 汪铮, 陈剑秋

Development and Share of Green Hospital Environment Resource Based on the Case of Shanghai First People Hospital Green Design/Wang Zheng, Chen Jian-qiu

12 | 从绿色医院建筑评价角度思考绿色医院建筑设计 / 燕艳

Thinking on Green Hospital Architectural Design Based on Green Hospital Evaluation System/Yan Yan

16 | 医院门急诊环境空气污染应急处理及空气净化 / 杨成斌, 陆义

Emergency Handling of Hospital Outpatient and Emergency Department Air Pollution and Purification Solution/Yang Cheng-bin, Lu Yi

绿色建筑

19 | 适宜技术在某国际绿色养老建筑的实践 / 李军, 徐洪岩

Appropriate Technologies in an International Green Elderly Real Estate/Li Jun, Xu Hong-yan

21 | 张江中区研发楼室外椭圆生态体施工技术与实践 / 居文彦

Construction of Ellipse Ecologic Body in Zhangjiang Research Building/Ju Wen-yan

25 | 上海某绿色商办建筑运行分析与评估 / 高怡

Operation of a Green Commercial Building in Shanghai/Gao Yi

建筑节能

28 | 某北方城市居住建筑围护结构对建筑能耗影响模拟分析 / 张伟强

Simulation Analysis on Relationship Between Residential Building Envelopment and Energy Consumption in a Northern City/Zhang Wei-qiang

31 | 一种新型节能集热窗结构优化的模拟研究 / 罗聪亮, 罗多, 邓鑫, 余国保, 杨少刚

Optimization Simulation of a New Energy Efficiency and Heat Collect Window/Luo Cong-liang, Luo-duo, Deng Xin, Yu Guo-bao, Yang Shao-gang

35 | 地面电站光伏组件风荷载体型系数的数值模拟研究 / 张超, 罗多, 邓鑫, 余国保

Simulation for Wind Load Shape Coefficient of Ground Power Station PV Module/Zhang Chao, Luo Duo, Deng Xin, Yu Guo-bao

39 | 国内外双层幕墙理论及工程应用调研分析 / 李琳

Survey on China and International Double Certain Wall Technology/Li Lin

绿色设计

- 42 | 复杂大型场馆修复技术探讨 / 刘文君
Renovation Technology for Large Venue/Liu Wen-jun
- 45 | 室内石膏造型天花及线脚的复原修缮研究 / 张斌
Restore and Repair Technologies for Indoor Plaster Ceiling and Molding/Zhang Bin

建筑结构

- 48 | 复合式土压平衡盾构机穿越闽江施工风险管控 / 沈晓忠
Risk Control on Cross Ming River Construction by Soil Pressure Balance Shield/Shen Xiao-zhong
- 51 | 国际标准跳水池给排水设计和施工关键技术 / 于俊
Design and Key Construction Technology of International Standard Diving Pool Drainage System/Yu Jun
- 54 | 三基坑联动施工过程中道路及栈桥形成的关键控制要点 / 周石磊
Road and Trestle Bridge Plan During Three Foundation Ditches Linkage Construction/Zhou Shi-lei
- 57 | 隧道爆破振动与周边建（构）筑物安全控制 / 高杰，刘立慧
Safety Control for Building and Structure Encountering Tunnel Explosion Vibration Nearby/Gao Jie, Liu Li-hui

绿色综述

- 59 | 中美两国环境影响评价流程比较对我国新一轮环评机制改革的启发和思考 / 何华
Thinking on China New Environment Evaluation Mechanism Revolution and Comparison of China and USA Evaluation Procedure/He Hua
- 63 | 上海市标准图集《预制装配式保障性住房套型图》编制研究 / 陈嘉卿
Work on Shanghai Pre-fabricated Social Housing Standard Floor Plan/Chen Jia-qing

施工技术

- 67 | 土压平衡盾构机气压进舱技术的应用 / 易宏
Application of Soil Pressure Balance Shield Compression Technology/Yi Hong
- 69 | 强约束条件下的超高层劲性钢板墙裂缝控制关键施工技术 / 耿涛，徐磊
Crack Control Technology for Stiffened Steel Wall Plate of High Raise Building under High Constraint Condition/Geng Tao, Xu Lei
- 73 | 地铁区间隧道上方地基换填施工技术研究 / 徐国平
Replacement Technology of Foundation over Metro Interval Tunnel/Xu Guo-ping
- 76 | 跳仓法在大体积混凝土施工中的应用 / 马云
Sequence Construction Method in Large Volume Concrete/Ma Yun
- 78 | 质子放射治疗医院项目中关键技术及工程管理的探索 / 纪添成
Key Construction & Management Technologies for Proton Radiation Treatment Hospital Project/Ji Tian-cheng
- 81 | 基底减压释放水浮力在某工程中的运用 / 杜旭
Application of Buoyancy Release Technology Based on Foundation Decompression/Du Xu

目次 CONTENTS

2018年7月 第4期

绿色施工

- 86 | 贵州省绿色建筑关键技术应用分析 / 雷艳, 龚鑑, 杨承东, 杜松
Key Green Building Technologies in Guizhou/Lei Yan, Gong Lei, Yang Cheng-dong, Du Song
- 89 | 沈阳市核心商圈超高层综合体的绿色施工关键技术 / 张勇, 高阔, 岑禹翰
Key Green Construction Technologies for Super High Raise Complex Project in Shenyang Core Trading Area/Zhang Yong, Gao Kuo, Chen Yu-han
- 92 | 施工现场扬尘控制 / 李伟君
Dust Control on the Construction Site/Li Wei-jun
- 95 | 绿色建筑室内自然通风案例分析 / 王凯, 刘泽远, 沈毅
Case Study on Green Building Indoor natural Ventilation/Wang Kai, Liu Ze-yuan, Shen Yi
- 97 | 某超高层建筑的中水系统设计 / 陈春燕
Reclaimed Water System Design in a Super High Raise Building Project/Chen Chun-yan

装配式建筑

- 101 | 装配式建筑浆锚灌浆质量超声检测技术研究 / 王勤, 韩跃文, 童寿兴
Ultrasonic Detection Technology for Element Grouting Connection Quality in Pre-fabricated Building/Wang Qin, Han Yue-wen, Dong Shou-xing
- 105 | 装饰造型模板在 PC 构件生产中的应用 / 倪黎明
Application of Reckli Art Mould in Prefabricated Building/Ni Li-ming

绿色建材

- 108 | 低能耗高耐水石膏复合胶凝材料的开发 / 钱耀丽
Development of Energy Efficiency & High Water Resistance Plaster Cementitious Material/Qian Yao-li
- 112 | 防静电地坪表面电阻清洁方式研究 / 杨志刚
Electric Resistance Cleaning Method for Antistatic Floor Surface/Yang Zhi-gang

经营管理

- 115 | 某公交停车场改建工程投资控制研究 / 何振群
Investment Control in a Bus Parking Lot Renovation Project/He Zhen-qun
- 118 | 施工企业技能人才的培养 / 杨瑾
Technicians Training Program in a Construction Company/Yang Jin
- 121 | 无人机在地铁监护测量中的应用研究 / 李维涛
Application of UAV in Subway Monitoring and Measurement/Li Wei-tao

广告目次

封2 美巢集团
封3 永知春·安心苹果
封底 佐敦
前插1 上海城建置业

前插2 上海誉德动力技术集团
前插3 美意
前插4 万顺股份
前插5 上海美特幕墙



绿色医院是将人性化和创新性发挥到极致的医院

本刊记者 贺玲琳 高佳琪

庄贺铭

庄周第 68 代传人，毕业于同济大学土木工程专业，拥有超过 25 年的建筑工程及设施管理领域从业经验，期间服务于总承包商、业主、工程顾问和设施管理等多个行业角色，现任必维集团大中华区建筑与在役设施事业部总经理。

对于从小就热爱传统文化与现代艺术的庄贺铭而言，进入建筑领域是一件冥冥中注定又水到渠成的事情。他的心里永远都忘不了那个只身去往父亲工作的大山、在母亲工作的医院大院数星星的孩子的影子。他说在做每一个项目的过程中，他更看重与项目各方的“理念相通、文化相通和行为相通”，也正是因为这样，庄贺铭心目中的绿色医院极其强调“极致的人性化和创新性设计”，他希望通过他和他团队的努力，让绿色医院“有点不一样”。

“要跟别人不一样，就要生活的跟别人不一样。要想为客户提供不一样的服务，就要做到敢为人先、勇于创新，必维立足于医护人员的需求，致力于打造一个个性化与创新性并存的医院。”

必维集团 (Bureau Veritas，以下简称“必维”) 始创于 1828 年，是测试、检验、认证和技术咨询领域的佼佼者，通过提供先进、专业的服务来帮助用户应对质量、健康、安全、环保和社会责任方面日益严峻的挑战。必维的可持续发展愿景是鼓励并营造能够改善人们生活质量和在环境和社会方面负责的健康、繁荣环境。

20 世纪后半叶，随着国际绿色医院开始发展，绿色发展的思潮逐渐成

为国际社会的主流，绿色理念、可持续发展思想逐渐由理论变成了各国的行动纲领和计划。2003 年 12 月，美国医疗行业提出了世界上第一个针对医疗建筑的可量化的绿色设计与评价标准。2011 年，中国出台了中国绿色医院建筑评价体系。自此，绿色成为医院建设的关键词。

自 1998 年与欧莱雅合作，必维对其办公大楼进行绿色建筑改造开始，至今在绿建领域已经成长了 20 年。近几年，必维持续以绿色医院咨询作为团队发展重点。在庄贺铭看来，推动“绿色医院”的建设是顺应世界发展潮流的必然趋势。只有立足于医护人员的需求，考虑来往病人及家属的须要，将人性化

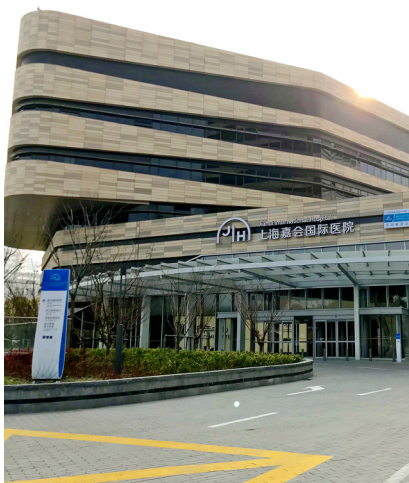
发挥至极致，保障建筑内所有用户的健康才是一家真正的“绿色医院”。

“与企业共同发展，共同打造绿色、智慧、节能、环保、安全的医养环境，在实践过程中完善绿色咨询服务。”

2018 年 1 月，在必维的助力之下，上海首家三级规模综合型国际医院——上海嘉会国际医院正式成为中国大陆首个获得 LEED HC (Health Care) 绿色医疗建筑金级的医疗机构。同年 8 月，武汉亚洲医院这个大体量绿色医院建筑也即将竣工，并将申请国内绿色建筑评价标识和美国 LEED HC 双认证。

LEED HC 是 LEED 旗下针对医院建筑专门研发的评价体系，以医疗建筑的公共健康、安全等指标为评价标准。因建筑高科技、高耗能的复杂特性，LEED HC 成为 LEED 认证中难度颇高的认证体系。对比中美两国绿色建筑认证体系，庄贺铭表示，LEED 针对不同市场开发了不同品类的评价体系，在绿色医院认证这块相对发展更早，而中国的绿色建筑认证中不同建筑种类的认证体系尚在不断开发中。就绿色医院的发展而言，医疗设施保障有所欠缺，管理体系有待进一步加强。

上海嘉会国际医院位于上海市徐



上海嘉会国际医院



武汉亚洲医院

汇区，是上海市为数不多的大体量专业医疗建设项目。在设计建造过程中，上海嘉会国际医院使用低挥发性环保建筑材料，采用世界先进空调系统设计，有效提升了室内与周边的空气质量。同时该建筑通过巧妙的朝向设计和陶土外墙，有效帮助吸收太阳热量。同时上海嘉会国际医院还设有一座高效的中央能源中心和环保物料处理机制，以努力达到环保节能及健康环境的目标。

武汉亚洲医院位于湖北省武汉市经济技术开发区，是一所现代化综合医院，建成后将成为湖北省医疗中心的重要窗口，并遵循“以人为本、以患者为中心”的原则和注重对活动在医院空间内的所有人提供全方位的关怀。该项目注重环保，遵循美国 LEED HC 要求选择医疗产品和材料，优化了医院功能和医疗工艺流程设计，并加强设计的适应性和可持续性，以满足医院病区调整和技术设备发展的需求。

庄贺铭指出，当下世界各国对医疗

的需求缺口非常大，无论是大型、中小型、专科医院亦或医疗中心、养老中心都在追求绿色医院发展。不仅私立医院，公共医院也逐渐加入绿色医院的发展行业中。鉴于中国人口众多、分布密集等特点，中国医院多为大体量建设项目，对其设计建造要求更高。为患者提供良好的室内外治疗、康复环境，为医护人员提供良好的工作环境这是每一家新建或改建医院追求的目标。庄贺铭补充道，“与企业共同发展，共同打造绿色、智慧、节能、环保、安全的医养环境”这一愿望交相辉映的，正是必维“伴您自信前行”的夙愿。

“以用户为基础，构建人性化新型绿色医院。以建筑述理念，打造符合用户要求的一切建筑。”

以往与医院合作建设项目时，多是与建设方单线沟通。必维在承建绿色医院项目后，打破传统，邀请建设方、医护人员、认证人员一起参与设计建造

过程。以医护人员需求为出发点，就病房设计、医疗用品布置、器械摆放位置、科室通道等进行讨论，逐步构建医院基础设施。严格按照国内绿色建筑评价标识和美国 LEED HC 认证标准选购低挥发性环保建筑材料，优化建设布局，结合环保设计，打造绿色建筑基建。充分考虑到医院建筑的特殊性，针对健康医护人员及陪伴家属、患者等不同人群制定防感染措施，为不同病症的患者设计相应需求的病房，完善病房无障碍设施，保障使用建筑的所有人员的安全。

在庄贺铭看来，中国医院的发展在近 50 年都未有多大变化，中国医院应该有更好的条件。他指出，一个好的医院应该是人性化的、有生命力的和充满绿化的建筑，他可以为来往人员提供休闲、交流的空间，缓解情绪。通过打造智能化预约平台，简化就医流程，完善设施服务，加强管理体系，共同构建良性医疗社区。

作为一家拥有百年的国际工程经验和技术数据的积攒的国际化公司，必维拥有超过 300+ 各类专业工程师，参与了 1000+ 项目技术咨询，专业提供各类技术咨询服务。凭借充分的国际化资源优势和对外资医院项目的熟悉，必维集团为绿色医院的投资及建设保驾护航，满足业主对建筑生命全周期从设计、施工到后期运营维护的各项需求。

庄贺铭强调，与客户理念相通，做一个有责任感、前瞻性的企业，是必维始终坚持的理念。就必维在建设绿色医院时的重点，庄贺铭指出，一是要重视与医疗方面专业人士的交流，解决运营的的便利性，提升功能智能化；二是要保障病人的安全性、便利性，注重细节设计。正是因为不断在实践中进行突破，必维得到了多家合作伙伴的青睐，也将继续在绿色医疗推广行业砥砺前行。

绿色医院环境资源的开发整合共享 ——上海市第一人民医院绿色设计探析

Development and Share of Green Hospital Environment
Resource Based on the Case of Shanghai First People Hospital
Green Design

汪 铮, 陈剑秋 [同济大学设计研究院(集团)有限公司, 上海 200092]

摘要: 近 10 年中国绿色建筑全面蓬勃发展, 绿色建筑“四节一环保”的概念已经为民众所认知。但作为资源消耗大、环境需求多的医院建筑而言, 绿色设计探研还在跋涉之路上。结合绿色医院建筑评价要求, 聚焦环境资源利用之道, 以上海市第一人民医院绿色设计实践为例, 分析了城市背景下, 医院建筑如何实现对环境资源高效率的开发整合共享, 创建与环境资源互动友好的绿色医院。

关键词: 绿色医院; 环境资源; 开发; 整合; 共享

中图分类号: TU23 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-814X(2018)04-0008-04

1 医院建筑发展特点

1.1 建筑特点

对比一般常规公共建筑, 医院建筑是对资源需求多、消耗大的一类建筑类型。具体体现在外部场地、内部空间、环境资源、医用资源多方面, 典型表征描述如下。

- (1) 医院常位于中心地段, 用地范围有限。
- (2) 医院建筑及设备能耗大, 病房急诊区均需 24 h 运行。
- (3) 医院体量较大, 内部空间较多闭塞。
- (4) 医院功能模块多, 内外流线复杂。
- (5) 医院污染物种类多, 处理标准严格。
- (6) 医院人流量大, 对室内舒适健康度有特定需求。

1.2 发展趋势

基于绿色健康的发展背景, 针对医院建筑特点, 我国于 2015 年颁布了 GB/T51153—2015《绿色医院建筑评价标准》, 规定“绿色医院建筑是指在医院建筑的全寿命周期内以及保证医疗流程的前提下, 最大限度地节约资源(节地、节能、节水、节材)、保护环境和减少污染, 为病人和医护人员提供健康、适用和高效的使用空间, 与自然和谐共生的医院建筑。”可见, 环境与资源是绿色医院的核心关注点。

2 绿色医院设计实践

结合上海市第一人民医院“住院医疗综合大楼”项目实践, 探析医院建筑如何通过规划及建筑设计手段, 在既有街区中实现对环境资源的“开发—整合—共享”, 创建绿色医院。

2.1 项目概况

上海市第一人民医院是全国建院较早、规模较大的西医综合性医院。现整个院区用地东起九龙路, 西至吴淞路, 南邻海宁路, 北侧为哈尔滨路。地块中部的武进路是新老两个院区的分隔界面。其北侧新地块上的住院医疗综合大楼于 2017 年建成并投入使用(下文简称“住院大楼”)。图 1 为住院大楼院区总体区位图。



图 1 院区总体区位图

住院大楼项目由 1 幢 15 层主楼、1 幢 4 层辅楼（旧建筑改造）及连廊、连接体构成。功能包含急诊急救中心、手术中心、门诊体检中心、住院中心及相关诊疗辅助等。现已获得绿色建筑设计评价标识二星级。住院大楼技术经济指标如表 1 所示。

表 1 住院大楼技术经济指标

项 目		指 标	
总建筑面积		48 129.8 m ²	
其中	地上新建	28 727.9 m ²	
	地上保留	5 902.8 m ²	
	地下新建	13 499.0 m ²	
建筑高度			
其中	主楼（A 楼）	61.6 m	15 层
	辅楼（B 楼）	22.4 m	5 层
床位数	300 床		

设计团队在充分分析周边场地资源及自身功能需求后，因地制宜制定了一套“简单高效适宜实用”的绿色技术体系。

2.2 集约整合用地

2.2.1 发展需求

现有城市中心区土地极为稀缺，如何打破单位和功能的界限、有效利用稀缺土地资源，是当下医院建筑亟需思考和解决的问题。

2.2.2 设计策略

第一人民医院老院区位于土地资源极其紧张的中心城区，故本项目采取了城市更新策略，即在有限的用地中整合周边资源。

(1) 激活武进路北侧新地块：新建“住院大楼”（图 2 中浅绿色部分）、改建原“虹口中学”（图 2 中橙色部分）。

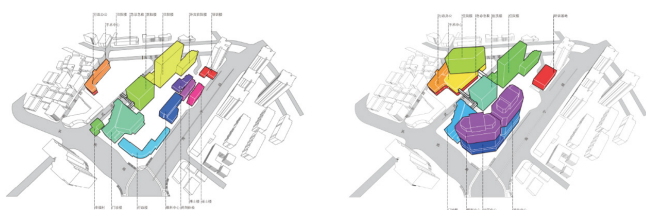


图 2 第一人民医院原状及建成总体布局

(2) 盘整武进路南侧老地块：拆除“行政楼”、改建“门诊楼”、扩建“医技楼”、拟新建“眼科中心”。

(3) 架构一体化交通体系：通过建筑内部的竖向及水平交通、地上及地下跨街交通，形成新老院区内部贯通流线。通过跨街连廊、内院连廊、贯通管沟、重置分区，实现了人流、车流、物流、信息流的统筹规划，南北院区的人员交通、医疗用品、废弃物系统均实现了连通整合共享。

本项目在有限的场地空间内合理布局，容积率达到 3.0。

最终实现了老院区空间扩展，赋予了新院区建筑活力，形成南北整体持续滚动发展态势。

2.2.3 绿色建筑评价

4.2.1 合理开发利用土地，在保证功能和环境要求的前提下节约土地。计 18 分。

2.3 利用既有建筑

2.3.1 发展需求

城市更新发展的进程中，对现有建筑进行加建、改造利用而非简单粗暴地拆除重建，一方面有利于保持城市实体环境以及建筑本身的历史文化的延续性；另一方面，可以解决仅靠旧建筑地上空间加建无法满足新建工程功能要求的问题。同时，又大量节约了建材、减少了拆除过程中废弃物的排放。因此，合理利用旧建筑同时拓展新建建筑是城市发展背景下的一举多得的整合举措。

2.3.2 设计策略

住院大楼项目保留了原虹口高级中学这一 1940 年建造具有历史价值的建筑，结合需要新建的建筑体量，对其进行改造更新及整合利用。旧建筑改造前立面与改造后立面的对比如图 3 所示。



图 3 旧建筑改造前立面与改造后立面的对比

改造前，项目组对历史资料、建筑现状、同时期同类型建筑进行了深入调研，制定以下保护修缮方案。

(1) 结构加固。保留老建筑的主体结构，拆除木楼板和门窗及部分填充墙，继而对其结构进行加固，使其满足医疗建筑的荷载和抗震规范要求。

(2) 功能重置。改造后的建筑，一层功能为急诊诊室、成人输液，住院辅助办公等。同时在新建建筑和保留建筑之间设置了连接体，兼作为急诊大厅。二层设置教室、教研室、多功能厅等。三层四层为南北院区共用的职能部门办公室。增设两部垂直交通电梯。

(3) 立面传承。立面风格为简化的三段式结构。基座段为水刷石墙面，中段和上段为水泥砂浆斧剁技法制成的较粗犷墙面。三段之间设置水泥粉刷线脚，其中底层线脚水平贯通突出。

(4) 材料修复。通过先进的清洗手段，去除掉近期后加

涂料等与建筑风貌相悖的装饰材料，恢复出立面材质的本来面目；对有残缺风化或损坏的部分，则进行粉刷修补。

这种保护性更新手法激活了既有建筑的底蕴，赋予了新建建筑的内涵，大幅减少了资源消耗及碳排放。

2.3.3 绿色建筑评价

10.2.2 合理选用废弃场地进行建设，充分利用尚可使用的旧建筑，并纳入规划项目。创新项记 1 分。

2.4 共享公共空间

2.4.1 发展需求

医院建筑需要借助共享公共空间的开放，以实现向内利用外部资源、向外共享内部资源的目标，从而解决交通组织、优化室内环境，提升心理健康。

2.4.2 设计策略

住院大楼项目以建造开放式医院为理念。通过设置兼具私密性与自然感的公共广场、花园式屋顶并共享于患者，使其成为患者可见可达可用的活动空间。

(1) 公共广场。在建筑西侧设置急诊人出入口及广场，东侧设置住院人出入口及广场。两个广场之间阻而不隔，还结合转弯路径设置了绿化景观。解决人流车流交通问题的同时，给就诊病人以亲切舒适健康的环境感受。公共广场布置图如图 4 所示。

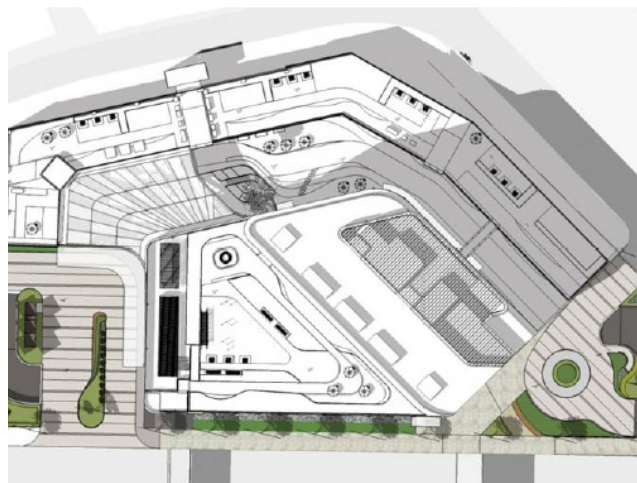


图 4 公共广场布置图

(2) 花园屋顶。在 A 楼裙房屋顶及 B 楼屋顶均设置了组合式屋顶绿化。A 楼绿化面积 641.24 m²，B 楼绿化面积 459.50 m²，合计占屋顶可绿化面积的 52.25%。

灌木与草坪结合种植，草坪间设置线性木栈道及点状休憩单元，同期规划了屋顶咖啡。系列措施体现出新型医院对健康环境、愉悦精神的设计追求。屋顶绿化实景图如图 5 所示。



图 5 屋顶绿化实景图

2.4.3 评价条文

8.2.13 医院设计中考虑人性化设计因素，公共场所设有专门的休憩空间，充分利用连廊、架空层、上人屋面等设置公共步行通道、公共活动空间、公共开放空间，宜考虑全天候的使用需求。记 5 分。

2.5 优化室内光环境

2.5.1 发展需求

医院的服务对象与办公楼、酒店、商场等公共建筑有所不同，不仅包括患者和伤员，还包括处于特定生理状态的健康人（如孕妇、产妇、新生儿）、完全健康的人（如体检、保健人员）以及处于健康状态的医护人员。因此，对室内光环境的优化即是对生存环境的优化，光照充沛的室内环境能有效调节医生和患者情绪、促进病员身体康复。

2.5.2 设计策略

住院大楼项目以建造健康医院为理念。设计师并未单纯追求建筑面积的最大“实用化”，而是将室内外空间功能与室内健康舒适并重整体设计。搭建开放式下沉庭院、共享阳光中庭，共同构成建筑这一生命体的“呼吸”系统，为患者提供了健康舒适的就诊环境。

(1) 开放内院及下沉庭院。住院大楼 A、B 新老建筑之间是一个带状开放内院，既能便捷联通内外，又能给予医院内部人流相对私密的静谧空间。内院中的下沉庭院，丰富了庭院空间及景致，同时也是建筑外人流进入地下一层的入口。

基于自身功能和结构需要，住院大楼项目对地下空间进行了合理利用。地下一层布置有影像科检查、核医学科检查类重要的功能用房。传统中黑暗闭塞的地下空间，得益于下沉广场的精妙设计，却获得了优越的自然采光及通

风条件。经模拟测算，地下一层候诊区域的平均采光系数达到了 1.4%，整个地下室 5.4% 的区域的采光系数达到了 0.5%。下沉庭院实景图如图 6 所示。

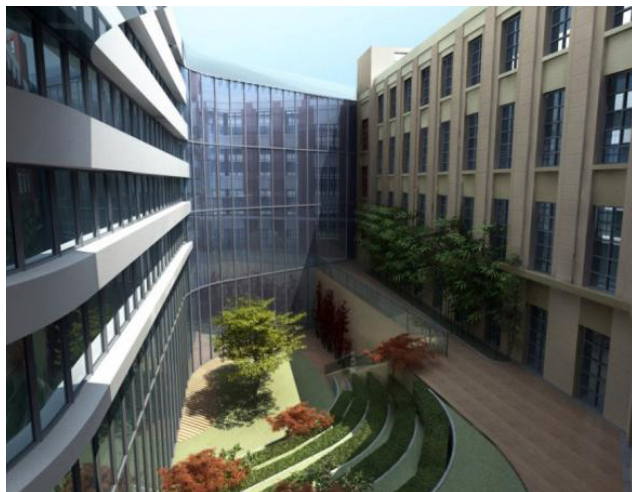


图 6 下沉庭院实景图

(2) 共享中庭。住院大楼 A、B 新老建筑之间的连接体被设计为一个 3 层通高的中庭，围绕中庭布置急诊各科室、服务台及具有流线感的楼梯设置于大厅中央醒目之处，顺畅引导人流到达地下一层检查单元。就诊者身处于窗明几净空气清新的大厅内，既可仰望上部开阔天窗，又可俯观下沉庭院园景。宽敞明净的环境、柔和明净的色彩完全改善了传统医院拥杂闭塞的就诊感受。共享中庭实景图如图 7 所示。



图 7 共享中庭实景图

2.5.3 评价条文

8.2.4 病房、诊室等房间可获得良好的室外景观。记 8 分。

8.2.5 采用合理措施，改善室内或地下空间的自然采光效果。记 8 分。

3 结语

一栋建筑的建造，不应仅满足自我功能的需求，也需实现与周边资源的互动，更应体现出对整个环境的尊重。海纳百川，有容则大。在历史的背景下，用开发整合共享的思维去考量医院建筑的功能形式及城市关系，才是创建真正可持续发展绿色医院的可行之道。

收稿日期：2018-05-23

作者简介：汪铮，现供职于同济大学设计研究院（集团）有限公司。主要研究方向为绿色建筑设计和建筑节能。**作者通信地址：**上海市杨浦区四平路 1230 号，邮编：200092。

从绿色医院建筑评价角度思考绿色医院建筑设计

Thinking on Green Hospital Architectural Design Based on Green Hospital Evaluation System

燕 艳(上海建筑设计研究院有限公司, 上海 200041)

摘要: 随着绿色建筑不断发展,我国绿色建筑评价标准体系正在不断完善。通过对比几个对医院建筑评价实践最有影响的标准,从评价标准的角度对绿色医院建筑设计的关键点进行了思考。并且梳理了相关适用技术,希冀为今后绿色医院建筑设计提供参考。

关键词: 医院建筑; 评价标准; 绿色设计

中图分类号: TU202 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-814X(2018)04-0012-04

1 绿色医院建筑认证现状

自国家标准 GB 50378—2006《绿色建筑评价标准》发布以来,越来越多的人开始关注绿色建筑。其中医院建筑属于功能复杂的能耗大户,随着政府的推行和市场的普遍认可,医院建筑认证项目逐渐增多。

截至 2016 年底,有 92 个医院项目通过了绿色建筑认证。绿色医院建筑认证数量年度统计如图 1 所示。

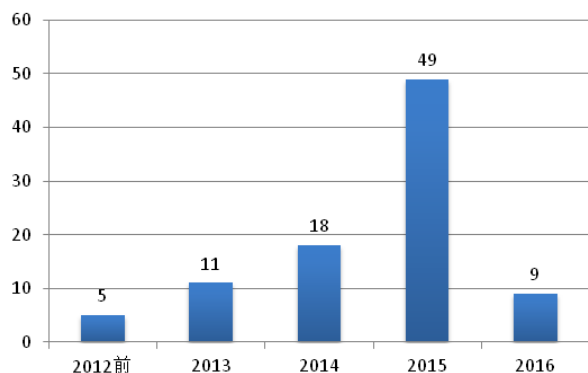


图 1 绿色医院建筑认证数量年度统计

由图 1 可知,医院类建筑的绿色认证起步较晚。从 2010 年开始,呈逐年递增趋势,尤其是 2015 年,认证数量占到了总数的 1/2。可见医院建设方对建设绿色医院的需求于近几年明显增加,绿色医院已成为医院建设的重要发展方向。2016 年认证数量减少,究其原因,一是因为新老评价标准的交替,部分项目提前于 2015 年申报;二是因为政府的大力推广,将绿色建筑设计审查纳入常规设计图纸审查,

部分项目不再申请标识认证了。

由图 2 可知,从认证星级来看,超过 1/2 的绿色医院建筑将目标定位在二星级,三星级项目仅有 11 个,占比 12%,表明医院建设高星级建筑仍有一定的难度。有 5 个项目获得了评价标识的认证,占比仅 5.4%。下一步工作重点是落地绿色设计,将“绿色”从设计阶段延伸到建筑全生命周期。

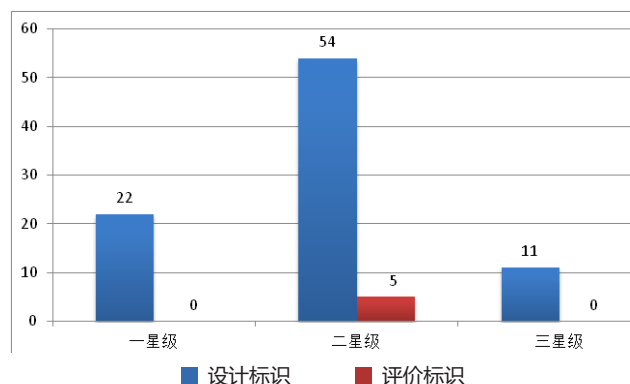


图 2 绿色医院建筑认证数量星级统计

2 绿色医院建筑评价标准发展

自我国第一本绿色建筑评价标准 GB 50378—2006 颁布后,从 2010 年开始,国家相关部门和医疗行业协会对绿色医院的评价标准分别进行了探索。

2011 年 7 月,CSUS/GB C2—2011《绿色医院建筑评价标准》发布。其评价指标由规划、建筑、设备及系统、环境与环境保护(室外 & 室内)、运行管理 5 类组成。该标准充

分结合国内的医院设计规范，涵盖医院设计中需要注意的安全、卫生、环境等特殊要求，较全面的体现了绿色医院建筑的功能特点，并与国内相关设计规范有很好的衔接。但不足之处在于，评价指标多为定性要求，故自发布以来，仅作为评价绿色医院项目的参考。

2011年8月，《绿色医院建筑评价技术细则》（以下简称“细则”）完成了报批稿。细则结合医院特点，增加了节能、节材及室内环境质量章节的评价指标，体现了对医院设备节能、材料安全、人性化设计的评价，但对医院建筑的总体规划及室外环境方面的改进不多。

2015年1月，GB/T 50378—2014《绿色建筑评价标准》颁布实施，该标准从评价方法、评价内容、评价指标上都进行了重大调整，此后以此本标准为基础。该标准针对不同类型建筑，开展了不同类别建筑的绿色建筑评价标准编制工作。

2015年12月，GB/T 51153—2015《绿色医院建筑评价标准》发布。新标准借鉴了国内外相关标准及评价体系，突出了医院建筑的特性，在满足医院建筑功能需求的基础上，有针对性的对绿色医院建筑提出定性和定量相结合、可操作性强的评价标准，以便指导医院建筑的设计、建造以及运营全过程。对比前几版本的标准，该标准更加科学合理，评价指标体系更加完善。

3 不同评价标准的对比

本文主要研究对象为对绿色医院建筑评价实践上最有影响的4个标准，即：GB 50378—2006、CSUS/GB C2—2011、GB/T 50378—2014、GB/T 51153—2015，并对这4个标准进行对比。

3.1 基本情况对比

表1为4个标准基本情况对比情况。
由表1可知，通过各界人士的努力，对绿色医院建筑的评价逐渐由定性向定量评价深化，并且向专类标准转变。我国医院建筑的评价标准从无到有，再到量身打造，适用性和可操作性不断增强，可以有效的指导建筑设计。

表 1 4 个标准基本情况对比

标准名称	标准类型	评级方法	是否针对医院	定性或定量
GB 50378—2006	国家标准	条数	否	定性为主
CSUS/GB C2—2011	行业标准	条数	是	定性为主
GB/T 50378—2014	国家标准	打分	否	定量为主
GB/T 51153—2015	国家标准	打分	是	定量为主

3.2 各章节权重对比（设计标识）

表2为4个标准各章节评分权重对比情况。
由表2可知，我国绿色建筑评价标准由不分权重的条数达标法向有权重体系的打分方法转变，并且在节能和室内环境章节权重有所提高。此举意味着对医院建筑而言，节能和室内环境设计更为重要。

表 2 标准各章节评分权重对比

标准名称	节地与室外环境/场地优化与土地合理利用	节能与能源利用	节水与水资源利用	节材与材料资源利用	室内环境质量
GB 50378—2006					
CSUS/GB C2—2011					
GB/T 50378—2014	0.16	0.28	0.18	0.19	0.19
GB/T 51153—2015	0.15	0.30	0.15	0.15	0.25

3.3 评价内容的变化（设计标识）

最新的GB/T 51153—2015针对医院建筑的特点，增减了一些内容，也对一些指标的评分方式进行了调整。表3为评价内容的变化（设计标识）的对比情况。

由表3可知，GB/T 51153—2015新增了一些条文，也有一些条文针对医院建筑的特点，进行了评分方式地修改。如电耗分区计量由评分项调整为控制项，利用空气源热泵可根据使用比例得分，能耗降低增加了以费用为衡量指标，雨水回用根据利用比例得分，建筑构件隔声、室内背景噪声取消了达到规范高低限制的平均值得分档，可调节遮阳对不同朝向的面积权重不同等等。经调整的部分条文要求有所提高或降低，但都更符合医院建筑的特点，更加适用于医院建筑，也对绿色医院建筑设计的指导更加科学。

表 3 GB/T 51153—2015 对比 GB/T 50378—2014 分析

分 项	新增评价内容	评分方式的调整内容
场地优化与土地合理利用	医疗污染排放，床均用地面积，地下空间的引导标志和无障碍设施，地下空间的联通，综合医院的规划布局 and 合理分区，候车设施，急救车绿色通道	避免玻璃幕墙光污染，场地环境噪声，遮荫面积，公共交通距离
节能与能源利用	设备调试，大型医疗设备单独计量	能耗计量，围护结构热工性能，系统输配能耗，设备能效指标，照明功率密度值，设备节能运行，可再生能源及空气源热泵利用，能耗或能耗费用降低

(续表 3)

分 项	新增评价内容	评分方式的调整内容
节水与水资源利用	优质杂排水收集利用	非传统水源利用, 浴室、卫生间用水计量
节材与材料资源利用	室内装修材料耐用性	预拌砂浆, 土建与装修一体化, 资源消耗和环境影响小的结构体系或建造方式
室内环境质量	导向标识, 净化过滤设备, 废气排放系统, 新风系统过滤净化设施, 就诊流程优化, 人性化设计, 室内色彩运用	新风量可调节, 室内背景噪声, 建筑构件隔声, 采光系数, 视野, 室内空气质量监控, 室内热环境可控性, 可调节遮阳
创新项	节能调试, 冷却水补水采用非传统水源, 物流细分	空调节能

3.4 项目案例自评

上海某医院项目, 占地面积 54 092 m², 绿地率 35%, 建筑面积 95 292 m², 包括医疗综合楼、地下室和危险品库、科研楼、行政楼、生活保障楼等建筑, 总床位数 600 床。

项目在 2015 年完成施工图设计, 采用的主要绿色技术有: 屋顶绿化、透水地面、围护结构热工性能提高、各朝向窗墙比 < 0.5、外窗可开启面积 30% 以上、空调系统合理选型、空调分区、水系统变频、溶液调湿热回收机组、过渡季节可调新风比、雨水回用、节水灌溉、水表分项计量、能耗分项计量、太阳能热水系统、CO₂ 监控系统、智能照明、设备自动控制等。

通过对 GB/T 50378—2014 和 GB/T 51153—2015 进行项目自评估, 得分分别为 62.6 和 61.1, 均可以达到绿色二星级设计要求。

3.5 对比结果分析

每一版绿色建筑评价标准的更新都是一场从评价方法、评价内容整体到系统的革命。曾经用 2006 版标准认证的医院建筑很难达到新标准体系下原有星级的认证。GB/T 51153—2015、GB/T 50378—2014 两者比较而言, 难度并未增加很多, 但评价体系更加全面和细致, 更符合医院建筑的特点, 也更能显示医院建筑设计的绿色程度。

4 绿色医院建筑设计思考

绿色医院建筑评价标准虽然是后评价, 但依然可以从中得到很多启发, 尤其历经 10 年多时间, 标准不断进行了更新。通过对评价标准的比较, 对绿色医院建筑设计的关键点进行了思考, 并梳理了相关适用技术。

(1) 绿色医院首先要针对医院特性, 将医院建筑功能上

的绿色设计放在首位。

(2) 节能仍是权重最高的部分, 设计时可采用被动加主动的节能技术策略。

(3) 医院建筑室内环境质量的评价权重增加, 设计时要注重提升室内环境质量。

4.1 规划布局、建筑设计考虑医院建筑特性

(1) 采用合理的床均用地面积, 节约土地。医院建筑规划布局时, 既要考虑节约土地, 又要兼顾未来的发展, 以满足功能需求和环境需求为前提, 设计适宜的床均用地面积和容积率, 充分利用地下空间。同时考虑可持续发展, 通过科学的规划, 合理布局, 实现医疗综合项目的有机生长。

(2) 优化建筑布局。医院项目往往是综合项目, 一般包括医技、住院、科研、实验、行政、生活保障等功能。布局时要综合考虑不同功能和特点, 进行科学规划、合理分区。病房楼需满足日照要求, 最大化自然采光; 传染病院、传染科病房、焚烧炉等布局在常年主导风向的下风向, 并设置足够的防护距离。

同时, 医院是给病患提供康复环境的场所, 总体布局时还应尽量考虑设计室外共享空间, 为病人营造接近自然的舒适环境。对于严寒和寒冷的多风地区, 急救部的出入口设计要考虑到寒风对病人的次生伤害, 可采用急救车入室设计或设置避风半开放门廊。

(3) 优化诊疗流程。医院建筑功能复杂、特殊, 在平面设计时应根据就诊流程, 合理布局。可采用动静分区、引导分流、增加楼层收费窗口等方法减少人员拥堵或穿梭次数, 避免交叉感染, 给病患创造更加流畅、便捷的就医空间。

4.2 节约能源

(1) 采用被动式技术措施。优化建筑单体设计, 控制各朝向窗墙比在 0.5 以下。提高围护结构热工性能, 达到建筑的供暖和空调全年计算负荷比参照建筑减少 5%~10%。根据不同朝向和房间功能, 合理设置可调节外遮阳, 重点考虑东西向及屋顶, 使得外窗和幕墙透明部分中, 有可控遮阳调节措施的面积比例至少达到 25% 以上。

(2) 计量建筑能耗。除分项计量外, 医院电耗按照功能区域分区、分项计量。分区计量可分为门诊、急诊、医技、住院、科研、生活区等, 鼓励细分到科室。分区计量有利于促进进行节能, 运用医院管理手段, 节约医院使用耗电量。

除了电耗以外, 消耗的其他能源也要进行分项计量, 包括生活热水、空调冷热量等。

(3) 安装节能设备系统。选用高效的建筑设备。主要建筑用能设备, 锅炉、冷热源机组, 变压器, 水泵、风机、电

机等,采用节能产品。并且考虑节能运行,如空调系统自动控制,照明分区、照度调节,电梯节能运行等。

(4) 减少输配系统能耗。建筑设计时,尽量使变配电室、锅炉房、空调机房和空调冷站等靠近负荷中心,控制多联机的室外机至室内机的制冷剂管线长度,以节省水系统、蒸汽、制冷剂、电气线路或管网输配系统能耗。

(5) 照明节能。在满足室内照度设计标准的前提下,至少建筑面积的 70% 以上的室内照明功率密度值按照现行国家标准 GB 50034—2013《建筑照明设计标准》的目标值设计。

(6) 利用可再生能源/空气源热泵。根据当地气候条件,合理采用可再生能源。太阳能热水系统使用率最高,设计日太阳能热利用相当于占生活热水耗水量的 10% 以上。或在不能利用锅炉或市政热力提供生活热水时,采用空气源热泵制热量占生活热水耗热量的 50% 以上。

4.3 提高室内环境质量

医院建筑首要任务是为患者提供良好的诊疗、护理的环境,保障健康、防止交叉感染,因此医院更要注重室内环境质量。不仅要能满足医疗用房的功能需要,还要进一步创造适合患者心理、生理特点的就医环境。

4.3.1 室内声环境

按照 GB 50118—2010《民用建筑隔声设计规范》中高要求标准设计,需经过声学计算确定建筑构件材料和构造。值得注意的是,一般医院病房及走廊楼板的常规设计往往不能达到较好的撞击声隔声效果,可以采用至少 3 mm 厚以上的橡胶地板、PVC 地板、聚氨酯地板等弹性地板,或设置减振隔声板改善。根据 08J931《建筑隔声与吸声构造》,采用 40 mm 配筋混凝土+5 mm 减振隔声板、+100 mm 钢筋混凝土楼板,楼板的计权规范化撞击声压级为 59 dB,可达到高要求标准。

4.3.2 室内光环境和视野

根据不同功能房间工作环境需求,对需要采光和通风的房间,如门急诊区域,布局时可以较为松散,以争取更多的外墙面。而医技部门区域,可将等候区、医生办公室等置于建筑外侧,将不需要采光的手术室等置于内部。病房因有日照时间要求,一般置于护理单元南侧。设计中庭、采光井、反光板、集光导光设备等增加室内天然光,达到 60% 以上主要功能空间采光系数,满足国家标准,75% 以上的病房、诊室等房间可获得良好的室外景观,给病人创造良好的康复环境。

4.3.3 室内热湿环境

重点关注外墙、屋面、楼板的节点设计和特殊热桥部位,

防止围护结构内表面结露、发霉。关注人员舒适度,通过外窗、遮阳以及空调系统的设计,加强室内热环境的可控性。实现病房、诊室、候诊空间的使用者可自主控制开窗、遮阳,并对空调末端进行开关、风速、温度的自主调节的目标。

4.3.4 室内空气品质

安全性为第一要素。设置可靠的废气排放系统,避免出现医疗废气污染,危害医护人员和病人的健康。其次要控制空调系统污染,减少空调回风管的含菌量,此要求可通过在回风口设置低阻力、高效率的净化过滤设备来实现。

在门诊楼、住院楼中人员密度较高的区域设置室内空气质量监控系统,对室内的 CO₂ 浓度进行数据采集、分析,并与新风联动。对室内污染物(甲醛、颗粒物等)浓度超标实时报警。在病房、门诊等人员经常停留的区域,设置 PM2.5 净化装置、甲醛净化装置等空气处理措施,以进一步提高空气品质。

4.3.5 人性化设计

设置系统化、标准化的导向标识,以增加空间布局的识别性,优化就诊流程。

利用连廊、架空层、上人屋面等,设计公共活动空间、公共开放空间。在医院建筑室内色彩的设计中,要充分考虑病人的心理和生理效应,以及不干扰医生正确判断为原则,一般大面积的色彩倾向淡雅,高明度、低彩度的调和色。

5 结语

当前,绿色医院已成为医院建设的重要发展方向。本文回顾了我国绿色医院建筑认证的现状和评价标准的发展历程,由其发展可见现行的 GB/T 51153—2015 评价体系、评价内容都更加贴合医院建筑特点,更加科学。评价标准的演变表明,绿色医院建筑设计要结合医院建筑的特点,将医院建筑功能上的绿色设计放在首位,注重节约能源和提升室内环境质量,设计环境友好的、节约的、健康舒适的绿色医院建筑。并且梳理了相关适用技术,希冀为今后绿色医院建筑设计提供参考。

收稿日期:2018-05-25

作者简介:燕艳,现供职于上海建筑设计研究院有限公司建筑研究中心。作者通信地址:上海市石门二路 258 号 13 楼,邮编 200041。

医院门急诊环境空气污染应急处理及空气净化

Emergency Handling of Hospital Outpatient and Emergency Department Air Pollution and Purification Solution

杨成斌, 陆 义 (天津大学建筑设计研究院, 天津 300073)

摘要: 大型综合医院建筑布局复杂, 功能科室多, 易感人群高度集中, 多种病源并存。门急诊科室是疾病传染的重灾区, 尤其在呼吸道传染病流行 (流感) 期间, 门急诊超负荷运转, 患者和陪同人员大量增加, 室内空气中含有大量的流感病毒和气体污染物及微生物污染物。高能离子净化系统应用于门急诊空气处理与净化中, 对消除和降低流感病毒和污染物的浓度, 隔断病毒和污染物的二次传播至关重要。该净化系统在节能、节费、不影响工作的前提下极大的改善了医院门急诊的空气品质, 具有良好的社会效益, 满足了人们对美好就医环境的愿望。

关键词: 医院建设; 空气污染; 医院感染; 高能离子净化

中图分类号: TU83 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-814X(2018)04-0016-03

1 医院门急诊空气污染的探讨

1.1 门急诊存在的主要空气质量问题

(1) 医院感染。随着国家经济持续快速发展以及政府对民生问题的高度重视, 我国的医院建设处在高速发展阶段, 大型综合医院越来越多, 单体规模越来越大。图 1 为医院感染部位构成比。

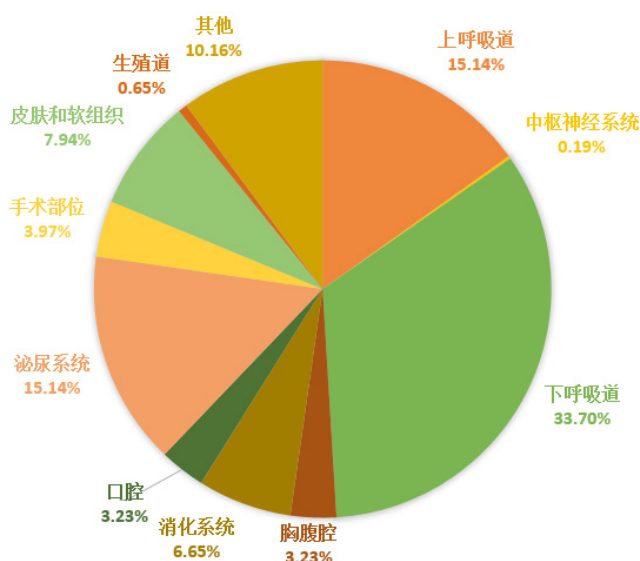


图 1 医院感染部位构成比

大型综合医院建筑布局复杂, 特殊功能科室多, 无外围护结构的内部区域多, 医疗场所中易感人群高度集中。多种病源并存是造成医院感染的主要原因。

(2) 门急诊空气流通差、人员拥挤, 导致细菌浓度超标。

(3) 因废弃物排放不畅及装饰材料和家具等污染, 存在难闻气味, 有毒有害气体浓度超标。

(4) 医院空调系统的设计仍沿用了传统舒适性空调系统的设计理念, 不能满足医院空气环境的特殊性要求, 使得易感人员对室内空气质量体验感官差, 空调系统自生性污染源量大、面广且难以消除。

(5) 消除和降低空气污染源的影响, 改善门急诊空气质量品质, 使空调系统达到控制污染、保障医疗、提高室内舒适度是当前急需解决的问题。

(6) 治理空气污染, 不能只把目光停留在室外, 应更加重视室内污染的治理。因为人 80% 的时间都在室内, 室内空气污染造成的危害比室外造成的污染严重更多。人需要呼吸空气以维持生命, 一个成人每天呼吸大约 2 万多次, 吸入空气达 $15 \sim 20 \text{ m}^3$, 被污染了的空气对人体健康有直接的影响。况且, 医院门急诊的空气污染尤为重要, 必须加强医院门急诊的空气净化处理, 筑牢医院感染传播的防火墙。

1.2 空气污染原因

(1) 门急诊病人多 (三级甲等医院每天接诊量高达几千人)、看病耗时长 (一般为 $120 \sim 150 \text{ min}$ 左右)。

(2) 住院病人和门诊病人以各种方式排出的病原体。

(3) 各种化验、实验室等排出的有害废气。

(4) 装饰材料产生的有毒有害气体 (甲醛的释放期可长达 $3 \sim 15 \text{ a}$)。

(5) 空调系统本身带来的污染。

1.3 室内空气中的主要污染物

(1) 气体污染物： SO_2 、 CO 、 NO_x 、 NH_3 、甲醛、TVOC等有毒有害气体。当通风条件不良和空调系统欠佳时，气体污染物会在室内积聚，浓度升高，造成空气污染和疾病的传播。

(2) 微生物污染物源于人员流动和活动的散布、人员咳嗽和皮肤脱落、卫生清扫导致扬尘、机械性气溶胶散布（人员咳嗽、清洗污物、倾倒体液、化验室）、细菌病毒和尘螨等来源于死或活的有机体、空调冷凝水军团菌污染，室内潮湿的地方产生真菌，真菌在大量繁殖过程中散发出特殊的臭味，使空气质量进一步下降。

(3) 微生物污染物的传播。细菌、病毒、螨虫等微生物污染物主要依附在气溶胶和尘埃二种载体上。气溶胶是直径 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 的细小悬浮颗粒，可以在不流动的空气中漂浮很长时间，被吸入后可直接进入肺深部的肺泡处且不可逆。流感病毒、肺炎支原体、肺炎球菌、流感嗜血杆菌等都通过此类途径感染人体。尘埃是在空气中漂浮的直径在 $100 \mu\text{m}$ 以下的细小物体，细菌、病毒、螨虫等吸附在上面，主要危害是引起皮肤感染和呼吸道的过敏反应。

1.4 空气污染的直接结果

(1) 在呼吸道传染病流行期间，通过飞沫和被污染的尘埃及气溶胶可导致疾病的迅速传播。目前呼吸道感染是国内医院感染部位之首，其比例达到 $30 \sim 45\%$ ，世卫组织报告指出，当细菌总数为 $700 \sim 800 \text{ cfu/m}^3$ 时，空气传染的危险性明显增加，感染率显著增高，细菌总数 $< 180 \text{ cfu/m}^3$ 时，感染的危险性小。

(2) 空气污染的直接结果是呼吸道感染。如何应对和解决在呼吸道传染病流行期间的门急诊室内空气质量，减少由于空气污染造成的二次感染；在非呼吸道传染病流行期间门急诊室内空气质量的提升（除味），是当前通风空调系统急需解决的问题。

2 医院门急诊空气污染应急处理及空气品质改善

2.1 当前常用的空气净化系统

(1) 新风进风常用净化系统（净化室外新风）：为高效过滤器、活性炭吸附、静电除尘、光催化、紫外线杀菌消毒等被动式净化系统。

(2) 室内空气常用净化系统：臭氧、纳米级二氧化钛空气杀菌器（光触媒）、低温等离子净化、高能离子净化等主

动式净化系统。

(3) 高效率空气微粒滤芯过滤器：国际公认的一种最好的高效滤材。最初高效过滤器应用于核能研究防护，现在大量应用于精密实验室、医药生产、原子研究和医院外科手术等需要高洁净度的场所。高效过滤器能耗及运行成本高（风阻高，风机功率大），维护工作量大（需经常更换空气微粒滤芯），应慎重考虑在门急诊空调系统中的应用。

(4) 活性炭吸附：处理有机废气和臭味的一种净化材料。活性炭吸附是去除微生物污染物质的有效措施。活性炭需要定期更换与再生，阻力大（约为 $600 \sim 900 \text{ Pa}$ ）、能耗高，活性炭每年需更换 $2 \sim 3$ 次。

(5) 静电除尘：主要是利用高压静电场形成电晕，在电晕区里有自由电子和离子逸出，带电粒子在运动中不断地碰撞和吸附到尘埃颗粒上。从而使灰尘带上电荷，荷电后的粉尘等微粒在电场力作用下就会沉积并滑落。除去空气中的颗粒物和尘埃等，达到使空气洁净的目的。其风阻小但对较大颗粒和纤维捕集效果差，会引起放电结果，且清洗麻烦费时，易产生臭氧，造成二次污染。

(6) 光催化（光触媒）。在紫外光照射下，在室温条件下就能将许多有机污染物氧化成无毒无害的 CO_2 和 H_2O 。在紫外光照射下 TiO_2 （二氧化钛）光降解氯代物、醛类、酮类、醇类、芳香族化合物以及其他无机有害气体 CO 、 NO_x ，同时还具有杀灭微生物的功能。光触媒必须依靠太阳光中紫外线的照射才能产生作用，使用紫外线灯容易损坏，更换频繁，紫外线对人体、塑料有伤害。

(7) 臭氧。臭氧分子由3个氧原子组成（ O_3 ），化学性质极不稳定。遇到空气中的还原性的气体污染物时， O_3 中的活性氧原子会迅速与其反应，从而产生净化作用。臭氧是一种高效的消毒剂，国家对空气净化器臭氧释放量有强制性安全要求。臭氧浓度达到 0.10 ppm 以上时，可以起到杀菌、除异味的作用，达到 0.15 ppm 以上后，臭氧本身就会发出浓烈的恶臭，且其使用环境不能超过 30°C ，否则可能致癌。

(8) 高能离子净化。空气通过高能离子空气净化装置，在电场的作用下，使其中的氧分子失去或得到一个电子而形成一种过渡状态的氧离子。空气中 $18\% \sim 22\%$ 的氧分子荷电后形成氧离子，在短时间内与空气中的流感病毒、肺炎支原体、肺炎球菌、流感嗜血杆菌等接触，开环断链破坏其分子化学键，将他们分解成对人体无害的稳定的小分子化合物。

他们与空气中尘埃粒子及微粒碰撞，使微粒电产生聚合作用，形成较大颗粒靠自身重力沉降下来，达到净化目的。

与室内静电发生作用，中和相反极性的静电荷，同时有效地破坏空气中细菌生存的环境，降低室内细菌浓度，世界卫生组织在一份报告中指出：健康空气的标准应该是离子量

500 ~ 1 000 个 /cm³。

利用空调系统持续送出的高能离子对流感病毒、肺炎支原体、肺炎球菌、流感嗜血杆菌、甲醛、苯、总有机物 (TVOC) 等有害物开环断链打开分子化学键, 进行不断的压制和分解使得污染物被消灭在萌芽中, 消除呼吸道传染病的传播途径和改善空气品质, 离子净化装置具有体积小、阻力小 (< 50 Pa)、能耗低 (每组功率 < 50 W)、后期维护简单等特点。

(9) 通过对当前常用的空气净化系统的比较分析, 采用进口高能离子净化系统作为医院门急诊空气污染应急处理系统及空气品质改善系统较为有利。通过该系统的主动式净化处理模式, 可将门急诊产生的污染物消灭在萌芽中, 阻断了病毒的传播, 为控制呼吸道流感的大规模二次传播创造了必要条件。通过高能离子净化系统的介入, 改善了室内的空气质量, 提高了医院的社会效益。

2.2 医院门急诊空气污染应急处理系统及空气品质改善系统

(1) 医院门急诊室内空气质量整体提升系统。由于医院门急诊的空调系统均在运行和使用中, 因此医院门急诊空气质量提升改造应综合考虑现场实际情况和改造效果的协调统一。有条件时也可全面改造, 更换空调送风系统的组合式空气处理机组、送风道、送风口等。医院送风系统局部净化改造示意图如图 2 所示。

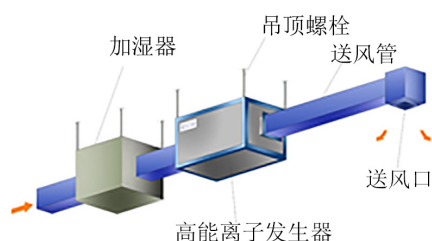


图 2 医院送风系统局部净化改造示意图

(2) 非应急状态下门急诊空气改善系统。通过空调系统的提升改造, 改善门急诊的室内空气质量, 提高患者就医环境的舒适度, 解决现存的门急诊室内空气污浊、异味、污染物超标等问题。具体改造方案如下。① 进风系统: 增加高效过滤器解决室外污浊空气 (主要是 PM_{2.5}) 对室内空气和净化设备的影响; ② 送风系统: 更换组合式空气处理机组内的送风机, 增加 20 ~ 25% 的风量, 提高送风机风压克服增加的风阻 (增加 20 ~ 25% 的风量在应急状态下使用), 风机设变频控制, 根据室内空气质量 and 门急诊人流状态调节送风量, 做到节能运行; ③ 净化系统: 增加高能离子净化段 (段长约为 500 mm, 若机房尺寸紧张也可加在风管上); ④ 增加相应的检测系统和自控系统, 调整供电系统。医院送风系统的净化机组如图 3 所示。



图 3 医院送风系统的净化机组

(3) 门急诊空气污染应急处理系统。呼吸道传染病流行 (流感) 期间, 此时门急诊超负荷运转, 患者和陪同人员增加, 室内空气中含有大量的流感病毒和气体污染物及微生物污染物, 开启门急诊空气污染应急处理系统, 消除和降低流感病毒和污染物的浓度 (控制细菌总数低于 180 cfu/m³ 时, 感染的危险性小), 隔断病毒和污染物的二次传播, 具体改造方案如下。① 门急诊区域空气品质的整体改善和提高: 调节组合式空气处理机组的变频控制系统, 加大送风量, 调节高能离子净化系统的离子数量, 改善提高门急诊区域的空气品质。② 重点部位的应急处理系统: 在分诊区、候诊区、输液区、抢救区等污染重点区域增加吊顶式高能离子净化机组对重点部位进行局部处理, 机组吊装于室内吊顶内, 引入部分新风和回风混合后送入重点区域, 检测室内的空气品质以调整离子数量, 消除和降低重点区域的流感病毒和污染物的浓度, 隔断病毒和污染物的二次传播, 使空气品质满足要求。③ 增加相应的检测系统和自控系统。

(4) 医护人员环境改善系统。为提高和改善医护人员工作区域的空气品质, 增设诊室和护士站的高能离子净化系统, 改善医护人员的工作环境, 保护医护人员的身心健康。

3 结语

针对大型综合医院建筑布局复杂、特殊功能科室多、易感人群高度集中、多种病源并存的现象, 分析造成医院感染和空气污染的主要原因, 探讨多种空气净化系统对空气污染的处理效果及应用范围。提出高能离子净化系统对空气污染的处理路径, 给出在呼吸道传染病流行 (流感) 期间门急诊的应急空气处理方案。在节能、节费、不影响工作的前提下最大化的改善医院门急诊的空气品质, 具有很好的社会效益, 满足了人们对美好就医环境的愿望。

收稿日期: 2018-05-20

作者简介: 杨成斌, 高级工程师, 能源中心主任, 副总工, 现供职于天津大学建筑设计研究院。主要研究方向为暖通和能源设计。作者通信地址: 天津市南开区鞍山西道 192 号 804 室。邮编: 300073。