DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263136

·综 述·

手卫生设施感染预防与控制的系统性设计研究进展及多学科路径探讨

解 皓[1],李 洋[1],李 绥[1],张 琪[2]
(1. 东北大学江河建筑学院,辽宁 沈阳 110169; 2. 沈阳市精神卫生中心,辽宁 沈阳 110168)

[摘 要] 手卫生能够有效降低医院获得性感染的风险,手卫生设施设计对医疗建筑中的感染预防与控制工作至关重要,必须兼顾功能性与安全性需要。本文系统探讨医疗建筑中手卫生设施的关键设计要素,以及中国在该领域的设计现状与不足。手卫生设施设计不能依赖单一方面的局部改进,而必须进行系统性优化,方能满足更高标准的感染预防与控制要求。未来手卫生设施设计应坚持以多学科路径为导向,以系统化为指引,重视用户体验,引入仿真模拟技术,并加强抗菌材料的应用。建议本国医疗行业主管部门制定专门的医疗建筑手卫生设施设计指南,构建手卫生设施设计及产品标准化体系,为医疗建筑提供整体手卫生解决方案。

[关 键 词] 手卫生设施;医院感染;预防与控制;医疗建筑;多学科路径;研究进展
[中图分类号] R197.323.4

Research progress and multidisciplinary approach on systematic design of infection prevention and control in hand hygiene facilities

XIE Hao[1], *LI Yang*[1], *LI Sui*[1], *ZHANG Qi*[2] (1. *College of Jiangho Architecture, Northeastern University, Shenyang* 110169, *China*; 2. *Shenyang Mental Health Center, Shenyang* 110168, *China*)

[**Abstract**] Hand hygiene (HH) can effectively reduce the risk of healthcare-associated infection (HAI). The design of HH facilities is crucial for infection prevention and control in medical buildings, and must balance functional and safety requirements. This paper systematically explores the key design elements of HH facilities in medical buildings, as well as the current status and shortcomings of design in this field in China. The design of HH facilities cannot rely solely on local improvements, but must be systematically optimized to meet higher standards for infection prevention and control requirements. The design of future HH facilities should adhere to a multidisciplinary approach, be guided systematically, prioritize user experience, utilize simulation technology, and enhance the application of antimicrobial materials. It is suggested that the regulatory authorities in the medical industry in China develop specialized guidelines for the design of HH facilities in medical buildings, establish a standardized system for HH facility design and products, and provide comprehensive solutions for HH in medical buildings.

[**Key words**] hand hygiene facility; healthcare-associated infection; prevention and control; medical building; multidisciplinary path; research progress

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)指出,手卫生在预防医院获得性感染(healthcare-associated infection, HAI)中发挥关键作用,是感染预防与控制(infection prevention and control, IPC)工作的核心措施之一[1]。全球卫生安全依赖于有效的 IPC 体系,而手卫生是其中不可或缺的组成部分[2]。落实手卫生措施可预防相当比例的感染事件,因此被视为 IPC 体系的基石[3]。当前

[收稿日期] 2025－10－23
[基金项目] 国家自然科学基金面上基金资助项目(52378027)
[作者简介] 解皓(1978－),男(汉族),辽宁省辽阳市人,讲师,主要从事医疗建筑感染控制研究。
[通信作者] 张琪 E-mail:zhangqsy@163.com

医院环境中，多重耐药菌的传播已成为公共安全的重大威胁，显著增加了 IPC 工作的复杂性。然而，手卫生设施的设计问题尚未得到足够关注。不合理的手卫生设施设计可能导致水龙头喷溅及气溶胶污染，同时降低手卫生依从性，从而加剧生物膜相关多重耐药菌的传播风险[4]。

在手卫生设施的设计过程中，需对其位置与布局进行合理选择，并充分考虑水龙头与洗手池的物理特性。这两项关键组件在很大程度上影响着最终的手卫生效果[5]。手卫生设施的设计必须兼顾使用方面的功能性要求与 IPC 方面的安全性要求，不得因任何一方的设计疏漏而导致感染事件发生。设计应重视工程干预，以尽可能阻断生物膜形成，并控制多重耐药菌的传播。手卫生设施设计者还需深入理解使用者的行为模式，并系统掌握水处理技术及相关法规要求。本文基于上述观点，对医疗建筑中手卫生设施的重要设计要素，以及我国当前相关设计的现状与不足进行探讨。

1　手卫生设施设计关键要素

1.1　*手卫生设施的位置与布局*　洗手设施的位置及可见程度对其使用频率具有显著影响。一项调研[6]发现，当洗手设施设置在距离患者护理区域较远的位置时，医护人员主动完成手部清洁的行为减少，手卫生依从性随距离增加呈下降趋势，距离每增加 1 m，洗手的可能性降低约 10%。另一项研究[7]显示，单纯增加洗手设施数量并不一定能提高手卫生依从性，设施的位置便利性发挥着更为关键的作用，干预后手卫生依从率从 13%提升至 35%。手卫生设施位置选择不当及数量不足是医护人员不遵守手卫生规范的主要原因[8]。

手卫生设施的位置与布局应根据医院内不同科室的风险等级进行差异化设置。有研究[9]显示，重症监护病房（intensive care unit，ICU）中感染事件的发生率最高，19.5%的患者在住院期间至少经历过一次感染事件。然而，经查阅 WHO 及部分发达国家公共卫生机构的相关资料，并未发现针对位置与布局的具体数值标准，原则性指导更为常见。例如，澳大利亚和新西兰公共卫生主管部门通过澳大拉西亚卫生基础设施联盟（Australasian Health Infrastructure Alliance，AHIA）于 2025 年共同发布的卫生设施指南中要求，ICU 的每个单人房间内均应设置一个洗手池；若为开放区域，则每 2～4 个床位单元可共享一个洗手池，具体配置方式应根据科室布局及各床位单元的可达性确定[10]。

了解不同科室的日常工作流程，医护人员、患者及保洁人员的行为习惯，以及手卫生活动的重点区域范围，同样至关重要。有研究[11]显示，病房内洗手池被用于手卫生行为的比率仅为 18.7%。手卫生设施的位置与布局还需考虑保洁人员的操作便利性，因为日常工作的便捷性直接影响设施的清洁效果[12]。针对此类问题，有学者提出了“设计预防”的观点[13]，即从 IPC 的视角出发，设计人员应具备更为全面的系统思维能力。

1.2　*水龙头的飞溅控制*　水龙头的高度及出水角度会影响水流的冲击力。研究[14]表明，不仅水龙头和洗手池的距离及水压会影响污染概率，不同类型水龙头的选择对此也会产生作用，但其中最为关键的因素是洗手池的深度，当深度小于 19 cm 时，飞溅频繁发生。另有研究[15]显示，在水龙头出水口距洗手池高度为 33 cm、水压为 0.1 MPa 的条件下，长颈水龙头较短颈水龙头产生更多且飞溅距离更远的飞溅点，最远飞溅距离可达 100 cm。手部冲洗的充分程度、飞溅水花的大小以及气溶胶的产生量，均受上述因素的影响。

然而，过低的水龙头高度会给手部清洗操作带来不便。加拿大标准协会（Canadian Standards Association，CSA）与设施指导研究所（Facility Guidelines Institute，FGI）曾对水龙头相关设施细节提出具体设计要求。例如，图 1 与图 2 展示了上述机构对水龙头与洗手池底部及边缘之间距离的要求[16]。尽管如此，鹅颈水龙头在医疗建筑中的使用仍存在争议，主要原因在于该类龙头在使用后残留水分较多，具有一定的感染隐患。

此外，当水龙头流出的水流直接冲击排水口时，可能导致污染物飞溅[17]。美国疾病预防控制中心（Centers for Disease Control and Prevention，CDC）与英国国家医疗服务体系（National Health Service，NHS）均建议，水龙头出水口不应正对洗手池排水口，以减少水飞溅及病原体扩散[8, 18]。手卫生设施设计的优化可从调整水龙头高度、出水角度及出水压力等方面进行考虑，并需注意水龙头的类型选择，避免水流直接冲击排水口。

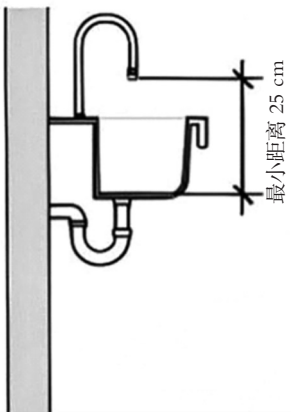


图 1　水龙头与洗手池底部距离[16]

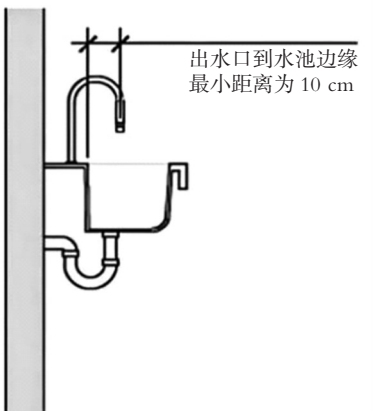


图 2　水龙头与洗手池边缘距离[16]

1.3　洗手池的几何形状与材料选择　洗手池的设计需符合 IPC 要求，防止水飞溅所引发的感染是其重要目标，而几何形状对此具有显著影响。一项由牛津大学国家卫生研究院（National Institute for Health Research，NIHR）与英国公共卫生署（Public Health England，PHE）合作开展的研究，比较了传统后排水临床洗手池与防飞溅临床洗手池，结果显示后者可显著降低多重耐药菌的传播风险[19]。图 3 展示了其中的主要原因：防飞溅临床洗手池池体中部增加的水翼结构能够引导水流、减少飞溅；增大的洗手池表面积可为飞溅提供更多缓冲空间；洗手池边缘采用的窄边设计可减少池沿上放置物品的行为，从而降低感染风险。上述两种洗手池均未设计溢水口，因为溢水口管道内部难以清洁，其环境有利于生物膜生长。此外，请注意图 1 与图 2 中的设计：靠墙处洗手池的池壁呈垂直状态，池体顶部至底部与水龙头出水口的距离保持一致。尽管有研究[20]认为，加深洗手池深度、使用更大容量的洗手池可提升防飞溅效果，但设计时所需考虑的具体尺度范围仍有待进一步探讨。

另一方面，选择表面光滑、不易滋生微生物且易清洁的材料对洗手池设计至关重要。目前已知的三种作用机制（直接消毒、间接消毒及受体失活）与四类抗菌表面（图案化表面、功能化表面、超湿润表面及智能表面）在降低感染风险方面发挥重要作用，其中部分表面不仅能够抑制微生物黏附，还兼具杀灭功能[21-22]。许多拥有成熟医疗体系的国家在其手卫生设施相关标准或指南中均包含关于洗手池设计的内容。例如，英国 NHS 在过去 20 余年间陆续公布的一系列医疗建筑指南，对此类问题做出了较为全面和详细的说明[8, 23]；加拿大 CSA 与 FGI 也在 10 余年前针对洗手池设计提出了多项具体要求（见表 1）[24]。

近年来，全球公共卫生事件频繁发生，各国对 IPC 理念日益重视，相关工作各环节均朝着精细化方向发展。根据 IPC 需求的差异，对医疗建筑中各科室及功能房间的洗手池在形状、材料、数量等方面进行区别选择，已成为国际共识。图 4 展示了为适配上述要求而区分的三种洗手池类型：A 类型为临床洗手池，用于 ICU、治疗室等需要无菌操作的区域；B 类型为通用员工洗手池，用于住院单元走廊等区域；C 类型为小型医院员工洗手池，用于洗手间等区域[25]。请注意图中洗手池在形状、大小、坡度、适配水龙头、水流及配件等方面的设计细节。



图 3　传统临床洗手池与防飞溅临床洗手池[19]

表 1　洗手池设计的部分要求[24]

类别	设计要求
防飞溅设计	洗手池的设计(如深度、排水管位置)应防止可能污染手部或水龙头的飞溅
飞溅与气溶胶控制	洗手池和出水嘴的设计应尽量减少飞溅和/或气溶胶
水龙头类型	洗手池应配备鹅颈型水龙头
排水孔设计	洗手池排水孔不能使用塞子
承重能力	有肥胖患者住院的病房洗手池应能承受至少 363 kg 向下力(患者有时会倚靠洗手池作为支撑)
材质要求	洗手池应由非多孔材料构成(如陶瓷、搪瓷、釉瓷或 18 号以上规格的不锈钢)
溢流口	不应使用溢流口(消毒困难,会带来不可接受的污染风险)
边缘设计	应具有最小宽度,并且表面向内倾斜(以防止积水和在边缘放置物品)
后挡板范围	后挡板必须延伸至洗手池水平面上方至少 60 cm,下方至少 25 cm
后挡板工艺	后挡板必须无缝,所有边缘必须用防水屏障密封

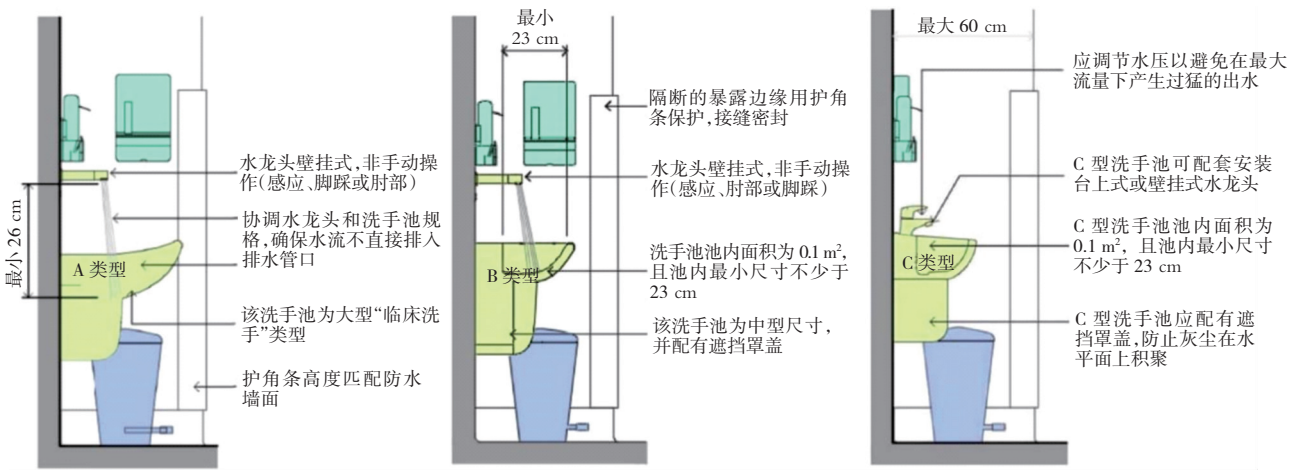


图 4　医疗建筑中的不同类型洗手池[25]

1.4　生物膜的形成与控制　多重耐药菌作为 HAI 的主要病原体,是全球公共卫生领域面临的重要威胁之一。其之所以能在不断被冲刷和消毒的洗手池中持续存在,根本原因在于生物膜的形成,其显著增强了细菌的耐药性。生物膜是手卫生设施水系统中较难治理的一类污染源,其形成与材料表面的粗糙度、形貌、疏水性和环境 pH 等因素有关[26]。成熟的生物膜受水流冲击等因素影响,部分会脱落,通过污染洗手池表面或飞溅至周边环境而引发感染风险。有研究[27]发现,大肠埃希菌进入 P 型存水弯后的第 7 天即可越过弯脖逆流爬升至水池滤网,表明细菌有能力从排水系统深处上移,并在水流冲刷滤网时可飞溅至外围约 76 cm 处,造成二次污染。

与洗手池相比,水龙头出水口更容易观察到生物膜,其污染程度显著高于池体及排水口盖板,检测出的铜绿假单胞菌、真菌及其他环境微生物可扩散至洗手池约 1.2 m 以外的区域[28]。芬兰一项研究[29]对包含感应式与手动式在内的 12 种不同类型水龙头进行了观察,结果显示感应式水龙头有助于手卫生;军团菌存在于供水系统中,水龙头类型对其无直接影响,但水系统中冷热水混合点距出水口的距离与之相关,且正确安装至关重要。然而,新加坡卫生部(Ministry of Health,MOH)在 2024 年修订后的《新建医疗建筑感染预防与控制规范》[30]中提出,不推荐使用感应式水龙头,原因在于流速较低及温度缺乏控制时,感应式水龙头中的橡胶材料可能促进生物膜生长。

洗手池是耐药菌传播的重要媒介,因此,手卫生设施的设计必须考虑生物膜问题。鉴于生物膜的形成始于细菌附着,手卫生设施设计应尽量采用无死角、表面光滑的管道,选用易清洁且不利于生物膜附着的材料与形体,并避免水系统中出现长时间的水

流停滞现象。此外,设计还应注意冷热水混合点的位置及水龙头类型的选择,对水流速度与冷热水温度进行控制,以降低微生物的沉积及活性,且不得在水龙头出水口处设置曝气器等易促进生物膜形成的器件。此外,设计方案应有利于日常监测、清洁与消毒工作的开展[31]。

2 手卫生设施设计协同要素

2.1 用户的行为习惯与设计的人性化 美国医疗保健流行病学协会(Society for Healthcare Epidemiology of America, SHEA)认为,手卫生设施具体位置的选择需符合 WHO 提出的"手卫生五个时刻",即接触患者前、进行清洁或无菌操作前、接触患者体液后、接触患者后,以及接触患者周围环境后[1,3]。然而,在这一过程中,用户的行为习惯往往是被忽略的因素。例如,医疗建筑中感应式水龙头的使用在一定程度上减少了感染风险,但一项研究显示,与常规洗手池上的水龙头相比,使用者对感应式水龙头在感知易用性和使用满意度方面的评价显著偏低,主要原因在于水流强度、温度及感应器控制不佳[32]。该案例提示,手卫生设施的设计应从使用者角度出发,设备的选择或技术的应用需充分考虑大多数使用者的行为习惯和主观体验。

良好的手卫生设施设计必须考虑人性化问题,但该领域与 IPC 相关的研究在许多方面仍属空白。以洗手池的高度选择为例,不同国家手卫生设施的安装高度通常存在差异,并与本国国民体型数据相关。然而,安装高度与 HAI 之间的关联尚不明确。通过对近年文献的检索,未发现关于此类问题的高质量研究或实验,相关决策似乎并非依赖于 IPC 方面的证据。此外,视觉指引是人性化设计中的另一项重要内容,色彩与标识等方面的良好设计可给予医护人员持续的暗示与提醒,提升手卫生依从性[33]。然而,随着时间推移,人们逐渐习惯于这类设计,从而减少预期行为的发生[34]。人性化问题涉及功能、舒适、安全等多个维度,较为复杂,手卫生设施设计者应对此予以足够重视。

2.2 水处理技术与消毒方案 手卫生设施中的水系统是多重耐药菌滋生的温床,可能造成严重的感染事件,因此有必要采用先进的水处理与消毒技术管控生物膜的滋生。由于洗手池生物膜问题的复杂性,单一控制措施效果有限,需要从消毒、设计及人员行为等多方面进行综合干预。近年来出现了一些尝试将多种消毒功能整合于一体的手卫生设施设计。有研究者将臭氧技术与紫外灯及气溶胶控制罩相结合,发现可显著降低 P 型存水弯周围及附近环境中的细菌和真菌数量[35]。另一项研究[36]评估了热力与化学干预对多重耐药菌污染洗手池的消毒效果,结果显示重复进行热力或化学消毒并未带来额外益处,而定期更换存水弯可有效去除洗手池中的多重耐药菌。

由于目前的消毒措施存在一定局限性,部分研究者将关注点转向手卫生设施设计,期望从源头进行预防,尽可能阻止生物膜形成与多重耐药菌传播。有研究[37]表明,即使集成消毒技术的洗手池在杀菌能力方面未达预期,其凭借优化后的防飞溅结构仍能有效阻止感染事件的发生。将消毒技术与形态构建的优势相结合是手卫生设施设计的发展方向,两者的协同应用可获得更好的 IPC 效果。抗生物膜材料的研发与应用以及排水系统的改造与设计也应作为重点。在涉及此类问题时,日常清洁与消毒工作仍需得到重视。当常规消毒难以达到 IPC 控制目标时,应寻找更为有效的方法进行干预。

2.3 卫生法规、医疗建筑规范与跨学科协作 手卫生设施是预防 HAI 的关键环节,传统的设计理念与滞后的建筑规范使得 IPC 工作难以进一步有效开展,尤其是在预防多重耐药菌传播方面。设计和技术层面的干预措施必须有制度方面的支持,卫生法规能为手卫生设施设计提供指引,医疗建筑规范则将这些指引转化为具体的工程标准。手卫生设施设计在空间布局、材料选择、设施配置等多方面均需依据上述两者进行考量,其内容是循证设计的基础。部分发达国家已针对手卫生设施制定了相应指南,其中与设计相关的参数均基于已有科研成果。随着新材料与新技术的开发应用、被动清洁向主动防御的转型,IPC 理念在不断更新与进步,卫生法规与医疗建筑规范的内容也应与时俱进。

在医疗建筑的规划、设计与建造过程中,手卫生设施设计的复杂程度远超预期。这项任务专业性很强,单靠某一学科无法解决设计过程中所遇到的各类问题。其超越了传统的设计模式,需要设计者整合不同学科的知识,与跨学科团队共同协作,方能最大限度地降低感染风险,打造出更为安全的医疗环境[38]。这一过程可能出现学科间的冲突,但可通过构建更高层面的共同 IPC 目标来解决。基于循证设计,组织建筑师、IPC 专家、临床医护人员等利益相关者共同参与,进行跨学科协作,才能确保手卫生

设施设计满足使用上的功能性要求与法规上的安全性要求，这是手卫生设施设计未来发展的必由之路。

3 我国医疗建筑手卫生设施设计现状与不足

3.1 规范或标准层面 我国在医疗建筑 IPC 工作方面已经建立起法规制度层面的基本框架，但具体到手卫生设施问题，目前尚无专门的文件予以阐述，相关要求分散于建筑、医疗、消毒等多个不同领域的规范或标准中。例如《传染病医院建筑设计规范》《综合医院建筑设计标准》《医务人员手卫生规范》《医院消毒卫生标准》及《医院隔离技术标准》等。不同规范或标准中存在内容重复之处，但各自侧重点有所不同。由于与手卫生设施相关的内容繁多而分散，且部分内容已难以反映出该领域的最新发展，医疗机构的管理者及手卫生设施设计人员若想充分理解与掌握相关规定，需克服相当多的障碍。

在有关手卫生设施的内容中，概括性描述较为常见，缺乏细节性指引，仅有少数要求相对具体。例如，2023 年 8 月 20 日发布的《碳青霉烯类耐药肠杆菌预防与控制标准》考虑到防飞溅要求，规定洗手池设计深度不小于 19 cm，宽度不小于 60 cm[39]；2025 年 7 月 30 日发布的《新生儿病区医院感染预防与控制标准》提出洗手池应不溅水、不积水，且距离病床、清洁用品存放处或柜台不小于 1 m[40]。然而，出于 IPC 考虑，洗手池究竟应如何设计？水龙头应如何选择？水流与水温应如何考量？水龙头应如何与洗手池相匹配？有无最佳案例指引？众多类似问题均难以从当前的规范或标准中获得工程设计方面系统而具体的指导意见。

3.2 学术研究层面 我国关于医疗建筑手卫生设施的研究较为丰富，一般与手卫生依从性、手卫生监测、手卫生培训等内容相关。许多此类研究围绕医护人员或患者开展，且其中一部分仅停留在问题描述层面。相比之下，针对手卫生设施设计的研究较少，鲜有学者深入分析和探究医疗建筑中不同科室或使用场景下水龙头类型的选择、洗手池结构形状的优化、表面及管道材料的选用等问题。此外，排水口位置及其组件、水龙头类型及开关方式、水龙头的位置及角度等问题也常被忽视，陶瓷、不锈钢、复合树脂材料、新型抗菌材料等的适用场景也需进一步探索。另有一部分研究与手卫生设施消毒相关，但关于水系统的研究仍不够充分。

本土科研数据的积累有助于我国相关规范或标准的修订与完善，并可用于评估国外指南部分内容在我国的适用情况。手卫生设施设计不能仅被视为建筑或工程方面的问题，其本质是 IPC，应放弃孤立参数的考量，转向系统性优化。目前，能综合考虑本文所探讨的各项设计要素，进而提出完整具体解决方案的研究较为少见，这在一定程度上说明手卫生设施设计并非现阶段学术研究关注的重点。手卫生设施设计与 IPC 工作之间缺少能够真正建立两者联系的高质量实证研究。不同学科间的壁垒是造成这一现象的重要原因。未来的研究者不仅需要从建筑、材料、流行病学、微生物学等多个不同学科角度出发审视设计的每一个细节，还要具备跨学科协作与系统整合的能力。

4 结语与展望

医疗建筑中的手卫生设施是 IPC 工作的重点内容，手卫生设施设计涉及不同学科领域，是一项高度专业化的工作。行业与学界应就此问题形成共识：必须进行系统性优化方能满足更高标准的 IPC 要求，多学科路径是未来手卫生设施设计应坚持的方向。我国医疗行业主管部门可牵头组织相关学科领域的专家与学者，共同制定一份专门针对医疗建筑手卫生设施的设计指南。通过该指南的制定，引导手卫生设施设计未来朝着系统性优化的方向发展。该指南应包括但不限于本文所讨论的各项手卫生设施设计要素，内容应尽量避免概括性描述，提供具体的设计细节、详细的解释说明以及可作为参考的优秀案例图集，并定期对指南内容进行更新。我国医疗行业主管部门应在政策与资金方面鼓励多学科协作，整合建筑、医疗、给排水、材料等行业的力量，构建手卫生设施设计及产品标准化体系，为医疗建筑提供整体手卫生解决方案。

本文未对手卫生设施中的干手设施和手消毒剂等进行探讨，未来可在此方面开展后续工作。更广泛地看，当前手卫生设施设计领域存在较多的研究空白。例如，缺乏严谨的实证研究量化本文所涉及的部分参数及跨学科协作对 HAI 的影响；缺少可跨学科搭建手卫生设施设计框架的高质量系统性综述等。若能针对上述空白展开研究，将对相关指南的制定与设计实践产生重大影响。

作者贡献声明：解皓负责文献检索、资料整理及论文撰写；李洋、李绥负责对文章的知识性内容进行

审阅:张琪负责行政及材料支持。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] World Health Organization. WHO guidelines on hand hygiene in health care[EB/OL]. (2009-01-15)[2025-10-01]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241597906.

[2] de Kraker MEA, Tartari E, Tomczyk S, et al. Implementation of hand hygiene in health-care facilities: results from the WHO hand hygiene self-assessment framework global survey 2019[J]. Lancet Infect Dis, 2022, 22(6): 835-844.

[3] Glowicz JB, Landon E, Sickbert-Bennett EE, et al. SHEA/IDSA/APIC practice recommendation: strategies to prevent healthcare-associated infections through hand hygiene: 2022 update[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44(3): 355-376.

[4] Lv Y, Xiang Q, Jin YZ, et al. Faucet aerators as a reservoir for carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*: a healthcare-associated infection outbreak in a neurosurgical intensive care unit[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2019, 8(1): 205.

[5] Kotay SM, Donlan RM, Ganim C, et al. Droplet- rather than aerosol-mediated dispersion is the primary mechanism of bacterial transmission from contaminated hand-washing sink traps [J]. Appl Environ Microbiol, 2019, 85(2): e01997-18.

[6] Deyneko A, Cordeiro F, Berlin L, et al. Impact of sink location on hand hygiene compliance after care of patients with *Clostridium difficile* infection: a cross-sectional study[J]. BMC Infect Dis, 2016, 16: 203.

[7] Zellmer C, Blakney R, Van Hoof S, et al. Impact of sink location on hand hygiene compliance for *Clostridium difficile* infection[J]. Am J Infect Control, 2015, 43(4): 387-389.

[8] NHS. Health building note 00-09: infection control in the built environment[EB/OL]. (2024-01-30)[2025-10-20]. https://www.england.nhs.uk/publication/infection-control-in-the-built-environment-hbn-00-09/.

[9] Kingston L, O'Connell NH, Dunne CP. Hand hygiene-related clinical trials reported since 2010: a systematic review[J]. J Hosp Infect, 2016, 92(4): 309-320.

[10] Australasian Health Infrastructure Alliance. Australasian health facility guidelines: part D - infection prevention and control [EB/OL]. [2025-10-20]. https://healthfacilityguidelines.com.au/sites/default/files/Part%20D_8_Final%20April%202025%20for%20publication%20-%20Updated.pdf.

[11] Grabowski M, Lobo JM, Gunnell B, et al. Characterizations of handwashing sink activities in a single hospital medical intensive care unit[J]. J Hosp Infect, 2018, 100(3): e115-e122.

[12] Patterson ES, Murray J, Park S, et al. Barriers to infection control due to hospital patient room factors: a secondary analysis of focus group and interview transcripts[J]. Proc Hum Fact Ergon Soc Annu Meet, 2014, 58(1): 1266-1270.

[13] Olmsted RN. Prevention by design: construction and renovation of health care facilities for patient safety and infection prevention[J]. Infect Dis Clin North Am, 2016, 30(3): 713-28.

[14] Gestrich SA, Jencson AL, Cadnum JL, et al. A multicenter investigation to characterize the risk for pathogen transmission from healthcare facility sinks[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018, 39(12): 1467-1469.

[15] Tian FY, Wang XY, Meng HP, et al. Investigation on the contaminate of hand washing activities on the surface of environmental objects in intensive care unit[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 15431.

[16] Alberta Health Services. Infection prevention and control healthcare facility design requirements[EB/OL]. (2021-10)[2025-10-20]. https://www.albertahealthservices.ca/assets/healthinfo/ipc/hi-ipc-hcf-design.pdf.

[17] Pirzadian J, Souhoka T, Herweijer M, et al. Impact of sink design on bacterial transmission from hospital sink drains to the surrounding sink environment tested using a fluorescent marker[J]. J Hosp Infect, 2022, 127: 39-43.

[18] U. S. Centers for Disease Control and Prevention. Considerations for reducing risk: water in healthcare facilities [EB/OL]. [2025-10-20]. https://www.cdc.gov/healthcare-associated-infections/php/toolkit/water-management.html.

[19] Aranega-Bou P, Cornbill C, Verlander NQ, et al. A splash-reducing clinical handwash basin reduces droplet-mediated dispersal from a sink contaminated with gram-negative bacteria in a laboratory model system[J]. J Hosp Infect, 2021, 114: 171-174.

[20] Schinas G, Polyzou E, Spernovasilis N, et al. Preventing multidrug-resistant bacterial transmission in the intensive care unit with a comprehensive approach: a policymaking manual[J]. Antibiotics (Basel), 2023, 12(8): 1255.

[21] Mahanta U, Khandelwal M, Deshpande AS. Antimicrobial surfaces: a review of synthetic approaches, applicability and outlook[J]. J Mater Sci, 2021, 56(32): 17915-17941.

[22] Sun ZQ, Ostrikov K. Future antiviral surfaces: lessons from COVID-19 pandemic[J]. Sustainable Mater Technol, 2020, 25: e00203.

[23] U. K. Department of Health. Health building note 00-10 part C sanitary assemblies[EB/OL]. (2013-03-20)[2025-10-20]. https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=DH&DocId=303397.

[24] Provincial Hand Hygiene Working Group. Best practices for hand hygiene facilities & infrastructure in healthcare settings [EB/OL]. [2025-10-20]. https://picnet.ca/wp-content/uploads/BC_BestPracticesForHandHygiene_Appendix5_2013.pdf.

[25] Tahpi. International health facility guidelines[EB/OL].

[2025-10-20]. https://www.healthfacilityguidelines.com/ViewPDF/ViewIndexPDF/iHFG_part_d_complete.

[26] 申锴，高飞，黄须强，等. 水中构筑物表面生物膜形成物理化学过程[J]. 生物化学与生物物理进展，2024，51(1)：145-157.
Shen K，Gao F，Huang XQ，et al. Physicochemical processes of biofilm formation on the surface of structures in water[J]. Progress in Biochemistry and Biophysics，2024，51(1)：145-157.

[27] Kotay S，Chai WD，Guilford W，et al. Spread from the sink to the patient：*in situ* study using green fluorescent protein (GFP)-expressing *Escherichia coli* to model bacterial dispersion from hand-washing sink-trap reservoirs[J]. Appl Environ Microbiol，2017，83(8)：e03327-16.

[28] VanderElzen K，Zhen H，Shuman E，et al. The hidden truth in the faucets：a quality improvement project and splash study of hospital sinks[J]. Am J Infect Control，2019，47(6)：S26.

[29] Mäkinen R，Miettinen IT，Pitkänen T，et al. Manual faucets induce more biofilms than electronic faucets[J]. Can J Microbiol，2013，59(6)：407-412.

[30] Ministry of Health Singapore. Infection prevention and control specifications for new healthcare buildings [EB/OL]. [2025-10-20]. https://isomer-user-content.by.gov.sg/95/c7178b19-8b8f-494c-ad45-cbe5fbcb7232/infection-prevention-and-control-specifications-for-new-buildings-revised-2024.

[31] VanderElzen K，Thompson K，Valyko A，et al. Lessons learned from *Legionella* in the water of an ambulatory care center[J]. Am J Infect Control，2019，47(6)：S26-S27.

[32] Dawson CH，Mackrill JB，Cain R. Assessing user acceptance towards automated and conventional sink use for hand decontamination using the technology acceptance model[J]. Ergonomics，2017，60(12)：1621-1633.

[33] VanSteelandt A，Conly J，Ghali W，et al. Implications of design on infection prevention and control practice in a novel hospital unit：the Medical Ward of the 21st Century[J]. Anthropol Med，2015，22(2)：149-161.

[34] Lotfinejad N，Peters A，Tartari E，et al. Hand hygiene in health care：20 years of ongoing advances and perspectives[J]. Lancet Infect Dis，2021，21(8)：e209-e221.

[35] Cole K，Talmadge JE. Mitigation of microbial contamination from waste water and aerosolization by sink design[J]. J Hosp Infect，2019，103(2)：193-199.

[36] Catho G，Cave C，Grant R，et al. Controlling the hospital aquatic reservoir of multidrug-resistant organisms：a cross-sectional study followed by a nested randomized trial of sink decontamination[J]. Clin Microbiol Infect，2024，30(8)：1049-1054.

[37] Cooper J，Himaras Y，Wong T，et al. Evaluation of a new sink design incorporating ozonated water[J]. J Hosp Infect，2020，104(4)：497-502.

[38] Patel K，Schmidtke KA，Taj U，et al. Co-designing theoretically informed，conceptual prototypes for interventions to increase hand hygiene in hospital settings：a case study[J]. Des Health，2021，5(3)：313-329.

[39] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 碳青霉烯类耐药肠杆菌预防与控制标准：WS/T 826—2023[S]. 北京：中国标准出版社，2023.
National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for infection prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacterales*：WS/T 826-2023[S]. Beijing：Standards Press of China，2023.

[40] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新生儿病区医院感染预防与控制标准：WS/T 859-2025[S]. 北京：中国标准出版社，2025.
National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for prevention and control of healthcare associated infection in neonatal ward：WS/T 859-2025[S]. Beijing：Standards Press of China，2025.

（本文编辑：陈玉华）

本文引用格式：解皓，李洋，李绥，等. 手卫生设施感染预防与控制的系统性设计研究进展及多学科路径探讨[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(7)：1092-1099. DOI：10.12138/j.issn.1671-9638.20263136.

Cite this article as：XIE Hao，LI Yang，LI Sui，et al. Research progress and multidisciplinary approach on systematic design of infection prevention and control in hand hygiene facilities[J]. Chin J Infect Control，2026，25(7)：1092-1099. DOI：10.12138/j.issn.1671-9638.20263136.