赵焱,于远光,陈妍,等. 高等级动物生物安全实验室间隙空间的探讨［J］. 中国比较医学杂志, 2026, 36(19): 90-95.
Zhao Y, Yu YG, Chen Y, et al. Discussion on interstitial space in high-level animal biosafety laboratories［J］. Chin J Comp Med, 2026, 36(19): 90-95.
doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2026.19.009

高等级动物生物安全实验室间隙空间的探讨

赵　焱[1*],于远光[1],陈　妍[1],李晓斌[1],郭建宏[1],李　爽[1],冯小明[1],怡建平[2]

(1.中国农业科学院兰州兽医研究所,兰州　730046; 2.中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院,兰州　730070)

【摘要】 高等级动物生物安全实验室包括生物安全三级/四级实验室和动物生物安全三级/四级实验室,属于实验动物实验设施中的屏障环境,主要用于开展高致病性病原微生物的病原体培养和实验动物/实验用动物感染等实验。此类实验室是建设与运行复杂度较高的建筑,配备数量众多的工程技术系统(如送排风系统、高效过滤系统、废水处理系统、残体处理系统),相较于其他类型设施,其建设、运行和维护需要更多空间。间隙空间是为机械电气管道系统预留额外空间的一种设计理念,分为完整间隙空间和部分间隙空间,具有安全性、便捷性和灵活性等优势,采用间隙空间后的生命周期成本更低,收益更长久。

【关键词】 高等级动物生物安全实验室;间隙空间;设计理念
【中图分类号】 Q81;TU244.5;R187　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1671-7856 (2026) 19-0090-06

Discussion on interstitial space in high-level animal biosafety laboratories

ZHAO Yan[1*], YU Yuanguang[1], CHEN Yan[1], LI Xiaobin[1], GUO Jianhong[1], LI Shuang[1], FENG Xiaoming[1], YI Jianping[2]

(1. Lanzhou Veterinary Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730046, China. 2. the 940 Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese People's Liberation Army, Lanzhou 730070)

【Abstract】 High-level animal biosafety laboratories include biosafety level 3/4 laboratories and animal biosafety level 3/4 laboratories, which are barrier environments within experiment facility for laboratory animal. These laboratories are primarily used for experiments of highly pathogenic microorganisms involving pathogen culture and the infection of laboratory animals or experimental animals. Such laboratories are complex facilities to construct and operate, equipping with numerous engineering systems (such as air supply and exhaust systems, high-efficiency filtration systems, wastewater treatment systems, and carcass treatment systems). Compared to other types of facilities, they require more space for construction, operation, and maintenance. Interstitial space is a design concept that reserves additional space for mechanical and electrical pipeline systems and can be categorized as full or partial interstitial space. Its advantages include safety, convenience and flexibility, resulting in lower life-cycle costs and longer-term benefits after utilizing interstitial space.

【Keywords】 high-level animal biosafety laboratories; interstitial space; design concept
Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

[基金项目]甘肃省自然科学基金实验动物专项《高等级动物生物安全实验室管理策略研究》(26JRRA097)。
[作者简介]赵焱(1986—),男,硕士,副研究员,研究方向:生物安全与实验动物。E-mail:zhaoyan@caas.cn

高等级动物生物安全实验室主要用于探索高致病性病原微生物的生物学特性、致病机理、免疫机制以及开发疫苗、药物、诊断试剂等。此类实验室使用的动物包括小鼠、大鼠、地鼠、豚鼠、兔、犬、猴等国标规定的实验动物[1,2]与睡鼠、树鼩、雪貂、牛、马、鹿、骆驼等地标规定或国标/地标未规定的实验动物/实验用动物。此类实验室的设计、建造不仅要考虑病原体特性和动物习性,而且要采纳、统筹特殊建筑的先进设计理念,分析建筑全生命周期成本,实现效益最大化。

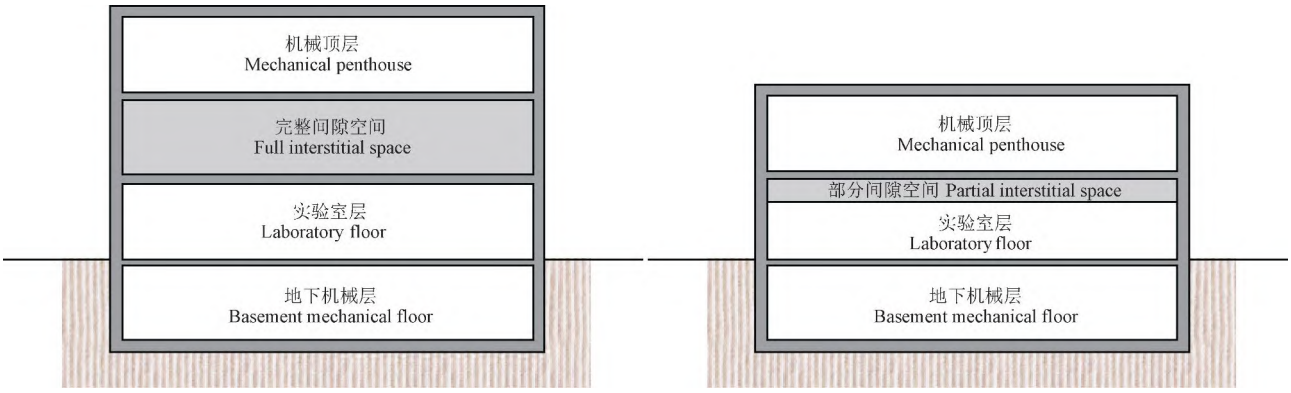
间隙空间(interstitial space)/间隙机械空间(interstitial mechanical space)是建筑内部专门用于布设送排风、给排水、强弱电、制冷热等机械电气管道(mechanical, electrical, and plumbing, MEP)系统的专用空间,是服务于建筑运行与管线整合的“隐形支撑空间”,其目的是减少因改造与维修作业时人员进入生产、实验等区域的频次,避免干扰施工区域上下或比邻的厂房、实验室内的正常工作。该设计理念于上世纪六十年代提出,已被广泛应用于医疗机构、数据机房、高层酒店、工业厂房等设施[3];随着实验室建筑技术不断发展,有些未采用间隙空间设计的实验室逐步被停用或改造,采用间隙空间设计的实验室逐渐增多。将间隙空间设计理念纳入高等级动物生物安全实验室的建筑构造设计中,可实现实验区域与维护区域的分隔,避免在贵重仪器设备上方或周边使用各种工具或梯子,进而减少并尽可能降低运维人员进入实验区域带来的潜在感染风险[4,5]。

1　间隙空间的分类解析

间隙空间通常分为两类(图 1):第一类指完整间隙空间(full interstitial space),又称间隙楼层(interstitial floor),是额外设置的全高可步行楼层,用于容纳实验室下方或上方的所有机械设备和系统;第二类指部分间隙空间(partial interstitial space),亦称间隙空间(interstitial space),是吊顶上方至上楼板之间的空间,占据实验楼层的一部分顶部区域,用于布设机械设备管道[6,7]。按照国内建筑的楼地面结构也可分为两类:一类是有承重结构层的楼层,专为布设各种设备和管道且供运维人员进入开展作业,称为管道层或设备层;另一类是布设设备管道的吊顶或顶棚空间,无独立承重结构层,不属于管道层或设备层,称为技术夹层或设备管道夹层[8-10]。

完整间隙空间是两个楼层之间的结构楼层,是实验建筑内改造与运维最灵活、最佳的解决方案[7]。此楼层高度必须满足相关规范要求(如上下设备层净高不宜低于 2.2 m[11]),同时层高不宜过高以利于节能,其空间宽敞,运维人员完全可以直立通行,并且可以自由移动各种工作推车(如消毒机、云梯维修车、检测设备推车)开展作业。当通风大系统消毒时,运维人员无需进入实验室,可直接将消毒机推送至该楼层,连接管道进行大循环消毒,降低了运维人员进入核心工作间的感染风险,安全性更高[12]。由于该楼层具备充足空间和承重条件,可设置大量设备(如水桶、消毒剂罐、电箱、不间断电源、二氧化碳气瓶、空气压缩机、紧急支援气罐、高效空气过滤器);也可根据科研需求的变化随时变更管道或更新设备,亦能够结合国家战略任务,随时利用预留空间加装生物安全四级设备,实现实验室由三级升至四级[12]。与上管道层类似,下管道层位于实验楼层核心工作间与底层核心工作间(如活毒废水处理间、动物残体处理间)之间,通常用于布设底层核心工作间的高效过滤器、活毒废水管道等。

部分间隙空间是两个楼层之间的非结构楼层,通常是实验楼层顶部仅用金属框架搭建的平台夹层,无结构楼板,空间狭小但应满足 MEP 系统布设需求。有些夹层是不可上人的轻质吊顶[8],因防护区内顶棚上不得设置检修口[11],故此类实验室的数量已减少;有些夹层具备上人条件[8],某些早期的动物生物安全三级实验室由普通实验楼宇改造而成,夹层层高有限,人员难以直立步行,需弯腰、匍匐行进,检修通道(俗称“猫道”(catwalk))通常设置在走廊上方,后期新建实验室的夹层层高满足相关规范要求(如实验区层高不宜小于 4.2 m,室内净高不宜低于 2.4 m[8])。为保证结构安全性而荷载适配[2,11],此夹层通常只用于布设 MEP 系统等,例如,实验区给水干管宜敷设在技术夹层内以便于检修[8];给水排水干管、气体管道的干管应敷设在技术夹层内[11]。早期改造实验室(甲)的吊顶上方夹层承重能力有



注:左图为一栋拥有完整间隙空间的楼宇,承重结构层位于各楼层之间,完整间隙空间是一个单独的楼层;右图为一栋拥有部分间隙空间的楼宇,承重结构层位于各楼层之间,部分间隙空间是实验室层上方的空间。

图 1 两类间隙空间

Note. The left picture shows a building with full interstitial space, the load-bearing structural floor is located between each floor, full interstitial space is a separate floor. The right picture shows a building with partial interstitial space, the load-bearing structural floor is located between each floor, partial interstitial space is the space atop the laboratory floor.

Figure 1 Two types of interstitial space

限,只能采用定制高效空气过滤器,将其设置在核心工作间的地面;新加坡南洋理工大学生命科学生物安全三级实验室将二氧化碳气瓶置于气闸室,通过墙体导管与核心工作间的培养箱相连[13]。

2 间隙空间的优势

2.1 安全性

高等级动物生物安全实验室的第一宗旨是安全,未采用间隙空间设计的实验室的生物风险点多于采用该设计的实验室。早期改造实验室(乙)将气瓶设置在核心工作间,每次更换气瓶时都须严格消毒,避免病原体随气瓶及其推车被移出实验室;早期改造实验室(丙)将双扉高压灭菌器的主体安装在生物风险高的一侧,设备检修时避免病原体随维修设备和工具被带出实验室,若灭菌器未经消毒即进行紧急抢修,可能存在病原体由通气/水管道泄漏的风险;早期改造实验室(甲)将高效空气过滤器设置在核心工作间且仅配置机械压差表,中控室电脑尚未集成高效空气过滤器电子压差监测功能,当多日无人进入核心工作间时(如结核分枝杆菌培养周期长),难以及时发现高效空气过滤器的堵塞、泄漏等隐患。由于核心工作间空间条件有限,运维时常需要架设梯子、使用电器设备,磕碰损坏科研仪器、造成感染动物饲养笼盒破损等意外时有发生。实验/实验用动物本身行为特性(如猪拱地、牛蹭墙、鹿攻击)会威胁动物房内设备安全,同时设备运行噪音也干扰着动物。采用间隙空间设计后,上述各类生物风险点明显减少,实验室的安全性显著提升。

在未采用间隙空间设计的实验室,运维人员的感染风险高于采用该设计的实验室。在未设置间隙空间的实验室,一旦核心工作间发生设备故障,运维人员必须进入其中才能排查、解决故障;而在设置间隙空间的实验室,运维人员只需进入管道层或夹层就能工作(如新加坡南洋理工大学生命科学生物安全三级实验室[13]、中国科学院武汉国家生物安全实验室[14]、日本长崎大学感染症研究中心高度安全实验设施(生物安全四级实验室)[15]的基本构想即是如此);前者的运维人员进入核心工作间的频率更高,感染病原体的风险随之上升。运维人员在核心工作间进行维修时,由于维修工作并非总是站立位,经常需要下蹲、俯身、翻越等,这些动作会影响个体防护装备的防护效果(如口罩或面罩移位、手套从防护服脱开、防护服刮破),从而增加了实验室获得性感染的概率。由于某些设备故障的维修难度较大、复杂程度高,本实验室的运维人员无法完成维修任务,需要联系设备售后服务,售后工程师

进入核心工作间前,需完成本底血清留存、身体健康体检、生物安全培训等一系列准备工作,整套安全流程耗费数天;若设备设置在间隙空间,将会极大简化管理流程。

2.2　便捷性

未采用间隙空间设计的实验室的维修难度与维修时间均高于采用该设计的实验室。进入防护区的运维人员都必须穿戴个体防护装备(如防护服、防护口罩、防护手套、正压防护头罩、正压防护服),防范人员发生实验室获得性感染。虽然个体防护装备为运维人员提供了保护,但也对行走、操作等动作造成限制,例如,佩戴双层防护手套不便握持工具、正压防护头罩容易影响视线、正压防护服难以进入狭小空间维修。进入防护区维修作业必须严格遵守实验室相关管理规定,包括个体防护装备穿脱、强制淋浴、化学淋浴、不接触易感动物的隔离期等,上述要求会在维修任务之外增加运维人员的工作时长。采用间隙空间设计后,运维人员不必进入防护区即可维修大部分设备,使维修工作(尤其是预防性维护[16])便捷、高效,运维人员可管控更大的建筑面积[6]。

在未采用间隙空间设计的实验室,各方工作协调也更为复杂。早期改造实验室(甲)将高效空气过滤器设置在核心工作间且无足够空间设置备用高效空气过滤器,当正在开展一批动物感染实验(有些实验/实验用动物成本高达数十万甚至上百万,有些野生动物价值难以估量)而过滤器终阻力突然达到初阻力数倍、需更换滤芯时,运维人员很难协调实验人员终止实验,只能等实验周期结束后才能更换;若高效空气过滤器设置在夹层或管道层,当发生类似意外时,运维人员无需与实验人员协调实验进度,可立即将运转风机切换至备用风机,关闭过滤器故障所在管道两端的生物密闭阀,消毒该段管道后即可更换滤芯,全程不会干扰实验。高等级动物生物安全实验室经常会发生比更换滤芯更紧要的设备故障,进而产生保证实验进度与保障生物安全之间的冲突,间隙空间的使用大幅减少了此类冲突的发生。

2.3　灵活性

间隙空间设计是复杂实验设施的最佳解决方案,最显著的优势是灵活性[6,17]。高等级动物生物安全实验室属于动态的长期投资项目,必须具备适应需求变化的能力,以免设施过早淘汰,依托间隙空间,实验室可根据研究、检测等工作内容变化而完成重新配置,在不破坏建筑整体构造的前提下增设相关设备、管道、线路等,进而节省施工时间和经费。由于间隙空间能够形成模块化的实验室空间,模块之间可以根据实验需求灵活切换,从而实现良好的长期效益,该效益的提升在大型建筑项目上尤为明显。不同体型动物的动物房会根据其物种的生长习性、繁殖方式、福利伦理、生物安全等进行改造、调配,满足各类动物感染实验条件。运维人员可以在间隙空间内完成实验室各系统的检修和维护,无需进入动物房作业,既不会造成鹿等实验/实验用动物应激惊吓,也不会干扰动物感染实验的进度。

3　全生命周期成本

当高等级动物生物安全实验室有多个设计方案可选取时,应当开展全生命周期成本研究,分析建设成本与运行成本的关系,综合考虑后选择合理的设计方案[12]。两种间隙空间的使用均增加了初始建造成本,部分间隙空间一般仅增设金属框架等构件,初始建造成本增幅较小;完整间隙空间则需要增加承重结构层,不仅提升总建筑高度,而且增大总建筑面积,初始建造成本增幅较大,主要增量成本来自钢筋和混凝土。但可选用性能要求稍低的玻璃或围护材料以节省建筑表面积成本,也可在非关键区域使用轻质混凝土板或复合材料楼板以降低各结构层成本。各管道的长度随相关夹层/楼层的高度增加而延长,该情况会造成管道输送效率下降,但管道布局的优化(如减少弯管、接头)又能够补偿并提升输送效率。此外,当采用间隙空间后,原本布置在核心工作间、需要耐受消毒剂腐蚀的构件(如耐蚀的不锈钢管、焊接接头)转移至间隙空间内,其材质便可选用更便宜的材料[18]。需要注意的是,不同国家的初始建造成本存在差异,受本国货币全球购买力、各类材料当地比价等多重因素影响。

间隙空间的使用为运维人员提供了优良的检修通道、高效的维修流程、长期的改造便利,同

时为实验人员营造了安全的实验环境,保障实验周期连续开展。上述优势显著降低了后期的运行、维修和改造成本,长期积累的综合效益能够覆盖甚至超过初始建造成本的增量投入,最终降低建筑全生命周期成本。对于规模较小的实验室,采用部分间隙空间收益显著,所获得的维修便捷优势远超于初始建造增加的成本;对于规模较大的实验室更适合采用完整间隙空间,后期维护、改造等环节都将持续受益,尽可能减少设施停机时间对大型实验室而言至关重要[4,19]。

4 建筑面积计算方法

国内外针对间隙空间存在不同的建筑面积计算方法。我国国标 GB/T 50353—2013《建筑工程建筑面积计算规范》[9]第 3.0.26 条规定:建筑物内的设备层、管道层等具备结构层的楼层,结构层高 2.20 m 及以上应计算全面积;结构层高 2.20 m 以下应计算 1/2 面积。设备管道夹层无结构层,不计算建筑面积。《Guidelines for Laboratory Design: Health, Safety, and Environmental Considerations》[7](2013 年第 4 版)提出,间隙空间面积不计入总建筑面积,间隙楼层按照建筑规范以 50%计入总建筑面积。

5 讨论

不同高等级动物生物安全实验室对应医药人口健康、动物卫生、检验检疫、生态环境等差异化领域需求[20],其建筑构造设计不尽相同,例如,有些实验室可达 5 层,设有三四十间核心工作间,既可依托生物安全柜、独立通风笼具等首要封控设备开展病原体培养、小动物感染等实验,又可通过首要封控房间完成大动物感染等实验;而有些实验室 2~3 层,只有几间核心工作间,仅可开展依托首要封控设备的实验。由此可见,高等级动物生物安全实验室的建筑设计并没有统一固定的方案。当设计高等级动物生物安全实验室时,为便于前期的建造、日常的维护和将来的改造,可根据实验需求、建筑规模等合理选配间隙空间形式。该设计理念可从工程设计层面解决 GB 50346—2011《生物安全实验室建筑技术规范》条文说明中指出的行业痛点,即目前国内多数已建成实验室因未预留设备层空间而普遍存在设备维护和管理困难的问题,更能从设计与管理理念层面系统性规避安全隐患、降低生物安全风险。

间隙空间具有物理隔离功能,在常规建筑中发挥着隔火、防火的作用[21];在高等级动物生物安全实验室中,该物理隔离特性更为关键,是实现物理封控病原体的重要构件。根据病原体危害程度、实验室类型和防护水平,有的实验室将间隙空间与安保措施结合发挥封控作用,有的实验室通过间隙空间与负压定向气流协同作用,构建完善的封控体系。设计间隙空间时,需重点把控间隙空间与核心工作间、防护区、实验区的空间比邻关系及气密性能差异等,这是高等级动物生物安全实验室区别于其他建筑的重要特征,也是界定实验室消毒灭菌范围的关键要素[4,22,23]。由于上/下管道层或夹层有人员和设备的通行需求,故通道区域应尽量规避影响通行的反梁结构;水电管线应分区布设或相互隔离,不间断电源设备应远离水箱、水管等。由于大动物尸体解剖间需吊装动物残体并对接残体处理设备,其层高要求高于普通动物房,同时需注意协调两者的间隙空间布局。综上所述,间隙空间是高等级动物生物安全实验室的管线维护中枢,兼顾建筑功能、空间美学与运维便利,是规避生物隐患、保障高效运行的优良设计理念,因此,建议在生物安全设施与实验动物设施等相关规范标准中斟酌应用。

参考文献:

[1] GB 14922—2022 实验动物 微生物、寄生虫学等级及监测[S].
GB 14922—2022 Laboratory animal—Microbiological and parasitical standards and monitoring [S].

[2] GB 14925—2023 实验动物 环境及设施[S].
GB 14925—2023 Laboratory animal—Environment and housing facilities [S].

[3] Adams A. Healthcare architecture in an era of radical transformation by Stephen Verderber; David J. Fine [J]. J Soc Archit Hist, 2000, 59(4): 556-557.

[4] National Institutes of Health. Interstitial spaces in laboratory buildings [R/OL]. 2023-12-15. https://orf.od.nih.gov/TechnicalResources/Documents/News%20to%20Use%20PDF%20Files/2023%20NTU/Interstitial%20Spaces%20in%20Laboratory%20Buildings-%20December%

202023%20NTU_508. pdf#:~:text=An%20interstitial%20space%20with%20a%20waterproofed%2C%20walkable%20floor,thus%20greatly%20reducing%20maintenance%20interference%20with%20research%20operations.

[5] Carbasho T. Lessons learned from past animal facility projects informed new heart institute at the university of south florida [EB/OL]. (2022-9-21)[2025-12-24]. https://www.tradelineinc.com/reports/2022-9/lessons-learned-past-animal-facility-projects-informed-new-heart-institute.

[6] Hessler J R, Lehner N D. Planning and Designing Research Animal Facilities [M]. San Diego: Academic Press, 2009: 129-133.

[7] DiBerardinis L J, Baum J S, First M W, et al. Guidelines for laboratory design: Health, safety, and environmental considerations [M]. 4th ed. Wiley, 2013: 39-42.

[8] GB 50447—2008 实验动物设施建筑技术规范 [S].
GB 50447—2008 Architectural and technical code for laboratory animal facility [S].

[9] GB/T 50353—2013 建筑工程建筑面积计算规范 [S].
GB/T 50353—2013 Calculation code for construction area of building [S].

[10] 上海市规划和自然资源局. 上海市建筑面积计算规划管理规定 [EB/OL]. (2021-9-30)[2025-12-24]. https://ghzyj.sh.gov.cn/zcfg-cxgh/20211019/146691b797364f4288d7945446adc057.html.
Shanghai Municipal Bureau of Planning and Natural Resources. Regulations on planning and management of building area calculation in Shanghai [EB/OL]. (2021-9-29)[2025-12-24]. https://ghzyj.sh.gov.cn/zcfg-cxgh/20211019/146691b797364f4288d7945446adc057.html.

[11] GB 50346—2011 生物安全实验室建筑技术规范 [S].
GB 50346—2011 Architectural and technical code for biosafety laboratories [S].

[12] 赵焱. 生物安全三级实验室通风空调系统联动调试的工程探讨 [J]. 洁净与空调技术, 2020, 27(2): 119-122.
Zhao Y. Engineering discussion on the simultaneous debugging of ventilation and air conditioning system in biosafety level 3 laboratory [J]. Contam Control Air Cond Technol, 2020, 27(2): 119-122.

[13] Tun T, Sadler K, Tam J P. Implementation of a biosafety level 3 (BSL-3) facility in Singapore: requirements, work practices, and procedures [J]. Appl Biosaf, 2006, 11(1): 15-23.

[14] 王业飞, 王大洲. 武汉国家生物安全实验室建设的历史考察 [J]. 中国科技史杂志, 2020, 41(1): 10-21.
Wang Y F, Wang D Z. A historical review of the approval, construction and operation of the Wuhan national biosafety laboratory project [J]. Chin J Hist Sci Technol, 2020, 41(1): 10-21.

[15] Nagasaki University. Basic concept for the implementation of the high safety laboratory (BSL-4) in the infectious disease research center of Nagasaki University [EB/OL]. (2017-9)[2026-4-20]. https://www.ccpid.nagasaki-u.ac.jp/wp-content/uploads/2022/07/BSL-4_kihonkoso.pdf.

[16] Paden S, Smith S, Solanki T. The importance of quality infrastructure in lab facility design: part 1 [EB/OL]. (2026-1-24)[2026-4-20]. https://www.labdesignnews.com/content/the-importance-of-quality-infrastructure-in-lab-facility-design-part-1.

[17] Thalji F T. The planning and design of science and technology parks [D]. Jordan: The University of Jordan, 2005: 119-120.

[18] Hixson Architecture, Engineering, Interiors. The value of accessible interstitial spaces [EB/OL]. (2024-10)[2026-4-20]. https://hixson-inc.com/wp-content/uploads/2024/10/FE_2024_October_Valueof_Interstitial_Spaces_1024.pdf.

[19] Vondrak S L, Riley D R. Interstitial space design in modern laboratories [J]. J Archit Eng, 2005, 11(2): 60-70.

[20] 国家发展改革委, 科技部. 高级别生物安全实验室体系建设规划(2016-2025 年)[EB/OL]. (2016-12-30)[2025-12-24]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/201612/t20161220_962213_ext.html.
National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology. Construction plan for high level biosafety laboratory system (2016-2025) [EB/OL]. (2016-12-30)[2025-12-24]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/201612/t20161220_962213_ext.html.

[21] Lawson J R, Braun E, Delauter L, et al. Fire performance of an interstitial space construction system [EB/OL]. (1995-02-01)[2025-11-14]. https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir5560.pdf.

[22] Henneman J R, McQuade E A, Sullivan R R, et al. Analysis of range and use of a hybrid hydrogen peroxide system for biosafety level 3 and animal biosafety level 3 agriculture laboratory decontamination [J]. Appl Biosaf, 2022, 27(1): 7-14.

[23] University of California. Biosafety level 3 (BSL-3) laboratory design standards [EB/OL]. (2025-04-01)[2025-11-26]. https://www.ucop.edu/safety-and-loss-prevention/_files/hcloc/uc-bsl3-design-standards-final.pdf.

〔收稿日期〕2026-04-09