

病原微生物实验室生物安全标准体系框架研究

李晶¹ 陈震¹ 李思思¹ 陆兵² 赵四清² 王荣³ 曹国庆⁴ 王卫⁵ 马春涛⁶
侯雪新⁷ 王衍海⁸ 赵赤鸿¹ 武桂珍⁸

¹中国疾病预防控制中心,北京 102206;²军事科学院军事医学研究院,北京 100091;³中国合格评定国家认可委员会,北京 100062;⁴中国建筑科学研究院,北京 101119;⁵中国医学科学院,北京 100730;⁶中国疾病预防控制中心性病艾滋病预防控制中心,北京 102206;⁷中国疾病预防控制中心传染病预防控制所,北京 102206;⁸中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所,北京 102206

通信作者:赵赤鸿,Email:zhaoch@chinacdc.cn;武桂珍,Email:wugz@ivdc.chinacdc.cn

【摘要】 制定和实施病原微生物实验室生物安全标准是实现病原微生物实验室科学化、效率化、规范化管理和运行的重要手段。本文通过对国内外病原微生物实验室生物安全标准化建设的现状进行分析,提出病原微生物实验室生物安全标准体系框架,主要包含基础标准、管理标准、技术标准和行业应用 4 个部分,为病原微生物实验室生物安全标准化工作提供参考,助力我国生物安全事业的规范发展。

【关键词】 生物安全; 病原微生物实验室; 标准体系; 构建研究

基金项目: 中国疾病预防控制中心科研项目(JY22-3-02)

Research on the framework of biosafety standards for pathogenic microbial laboratories

Li Jing¹, Chen Zhen¹, Li Sisi¹, Lu Bing², Zhao Siqing², Wang Rong³, Cao Guoqing⁴, Wang Wei⁵, Ma Chuntao⁶, Hou Xuexin⁷, Wang Yanhai⁸, Zhao Chihong¹, Wu Guizhen⁸

¹Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; ²Academy of Military Medical Sciences, Academy of Military Sciences, Beijing 100091, China; ³China National Accreditation Service for Conformity Assessment, Beijing 100062, China; ⁴China Academy of Building Research, Beijing 101119, China; ⁵Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China; ⁶National Center for AIDS/STD Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; ⁷National Institute for Infectious Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; ⁸National Institute for Viral Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China
Corresponding authors: Zhao Chihong, Email: zhaoch@chinacdc.cn; Wu Guizhen, Email: wugz@ivdc.chinacdc.cn

【Abstract】 Developing and implementing biosafety standards for pathogenic microbiology laboratories is essential to achieving scientific, efficient, and standardized management and operation. This article analyzes the current standardization construction in biosafety in pathogenic microbiology laboratories domestically and internationally. It proposes a framework for the biosafety standard system of pathogenic microbiology laboratories, which mainly includes four parts: basic standards, management standards, technical standards, and industry applications. It

DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20230627-00401

收稿日期 2023-06-27 本文编辑 万玉立

引用格式:李晶,陈震,李思思,等.病原微生物实验室生物安全标准体系框架研究[J].中华流行病学杂志,2024,45(2):294-299. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20230627-00401.

Li J, Chen Z, Li SS, et al. Research on the framework of biosafety standards for pathogenic microbial laboratories[J]. Chin J Epidemiol, 2024, 45(2):294-299. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20230627-00401.



provides a reference for the standardization work of pathogenic microbiology laboratories and helps to standardize the biosafety industry in China.

【Key words】 Biosafety; Pathogenic microbial laboratory; Standard system; System construction

Fund program: Research Project of Chinese Center for Disease Control and Prevention (JY22-3-02)

病原微生物指能够使人或动物致病的微生物。生物安全实验室则是从事与病原微生物有关的研究、教学、检测、诊断等活动的场所。根据实验室对病原微生物的生物安全防护水平,国内外将实验室分为一、二、三、四级。生物安全一级实验室的防护水平等级最低,四级最高。我国于 20 世纪 80 年代后期建立了第一个生物安全三级实验室,2003 年前,我国约有 10 个生物安全三级实验室,主要分布在生物医学研究机构、医院、大学和企业^[1]。

2000 年前我国病原微生物实验室的建设与管理没有统一标准。我国病原微生物实验室生物安全领域整体基础薄弱,在实验室管理体系、设施/设备、人员、环境、运行维护等方面缺乏标准和指南等规范化文件的现状。如何快速提高我国病原微生物实验室生物安全管理水平,需要哪些关键技术,需要建立怎样的评价体系等,是当时亟需解决的问题。

2004 年《病原微生物实验室生物安全管理条例》颁布至今^[2],国家卫生健康委注重病原微生物生物安全标准化建设工作,围绕该领域已经颁布了近 200 余项标准,初步形成了病原微生物实验室生物安全基础标准与规范,有力推动了该领域的发展。本文梳理和总结国内外病原微生物实验室标准建设情况,分析新形势下病原微生物实验室生物安全标准化面临的新任务、新机遇、新挑战,提出进一步推进标准化建设的路径和举措。

一、病原微生物实验室生物安全标准化现状

1. 国外相关标准发展和现状:WHO 和欧美等国的相关机构,早期以手册或指南的形式提出了病原微生物实验室生物安全管理要求。20 世纪 80 年代发展至今,美国、加拿大、法国、德国、澳大利亚、日本等国家建设了大量生物安全实验室,并以 WHO 的《实验室生物安全手册》(*Laboratory Biosafety Manual*)^[3]、美国 CDC 联合国立卫生研究院出台的《微生物和生物医药实验室生物安全》(*Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, BMBL*)为理论指导^[4],不断发展与完善病原微生物实验室生物安全管理体系^[5]。WHO 于

1983、1993、2004 和 2021 年分别发布了《实验室生物安全手册》的第 1、2、3、4 版。BMBL 目前已更新至第六版,是国际公认比较详细的实验室生物安全操作指南。加拿大公共卫生署对现有的生物安全相关标准和指南进行整合,发布了《加拿大生物安全标准和指南》(*Canadian Biosafety Standards and Guidelines*),并于 2015 年颁布了《加拿大生物安全标准》(第 3 版)[*Canadian Biosafety Standards (3rd edition)*],CBS-3^[6],2016 年颁布了《加拿大生物安全手册》(第 2 版)[*Canadian Biosafety Handbook (2nd ed)*]^[7],也是 CBS-3 的配套文件。

伴随着病原微生物实验室的建设和运行,各国建立了许多实验室生物安全装备的产品生产、使用和评价标准。目前使用的实验室生物安全设备中,产品标准最早可以追溯到 1976 年美国国家卫生基金会制定的标准《II 级(层流)生物安全柜》(NSF/ANSI 49-2008),该标准在 2002 年获得美国国家标准学会的官方认可,成为美国生物安全柜的统一标准,并在 2008 年进行了更新^[8]。澳大利亚、日本、德国、英国、法国等在 1980 年前后也相继发布关于生物安全柜的标准,2000 年前后,澳大利亚和新西兰以及欧盟又发布了多个国家共同适用的生物安全柜标准。

2000 年后,不同国家或地区相继发布了实验室其他防护装置的法规和产品标准,如美国联邦颁布了法规 42 CFR Part 84,对呼吸防护装备加以规定;美国材料与试验协会制定了防护服标准《化学防护服标记的标准操作规程》(ASTM F1301-18)^[9],欧洲标准(EN)中有呼吸防护装置标准《呼吸保护装置全面罩要求、试验和标记》(EN136)^[10]。但对于高等级生物安全实验室专用性强的防护设备,如实验室生命支持系统、化学淋浴设备、动物残体处理设备,目前尚无专门的标准。

2. 我国相关标准发展和现状:总体来说,我国病原微生物实验室生物安全标准制定起步较晚^[11]。20 世纪 90 年代后期,一些专家才开始酝酿和建议制定我国实验室生物安全标准或规范。经原卫生部批准,首先由原中国预防医学科学院承担完成了

行业标准《微生物和生物医学实验室生物安全通用准则》(WS 233-2002),这是我国生物安全领域的一项开创性工作。该标准的现行版本为《病原微生物实验室生物安全通用准则》(WS 233-2017)^[12]。兽医主管部门也于 2010 年发布了《兽医实验室生物安全要求通则》(NY/T 1948-2010)^[13]。

2004 年中国合格评定国家认可委员会会同有关单位,编制了我国第一部病原微生物实验室生物安全的国家标准《实验室生物安全通用要求》(GB 19489-2004),其现行版本为《实验室生物安全通用要求》(GB19489-2008),该标准规定了风险评估及风险控制、生物安全防护水平等级、实验室设计原则、实验室设施/设备要求、管理要求等内容^[14]。为配套该标准的顺利实施,更好地指导国内生物安全实验室的建设,2004 年中国建筑科学研究院牵头编制了我国第一部关于生物安全实验室建设方面的国家标准《生物安全实验室建筑技术规范》(GB 50346-2004),其现行版本为《生物安全实验室建筑技术规范》(GB 50346-2011),该标准规定了生物安全实验室的设计、建设及检测验收等相关内容,内容涉及建筑各个专业^[15]。

随着国家对生物安全问题的日益重视,多个病原微生物实验室建设与管理相关的标准逐一发布。如不同类型实验室的通用标准:《移动式实验室生物安全要求》(GB/T 27421-2015)、《植物生物安全实验室通用要求》(GB/T 27428-2022);风险管理相关的《病原微生物实验室生物安全风险指南》(RB/T 040-2020)、《风险管理 风险评估技术》(GB/T 27921-2023);组织管理相关的《出入境动物检疫实验室生物安全分级技术要求》(SN/T 2024-2017)、《人类生物样本管理规范》(GB/T 39767-2021);生物安保相关的《实验室应对公共安全事件能力规范》(SN/T 3092-2012)、《生物安全领域反恐防范要求 第 1 部分:高等级病原微生物实验室》(GA 1802.1-2022);信息管理相关的《智能实验室 信息管理系统 功能要求》(GB/T 40343-2021)、《实验室信息管理系统管理规范》(RB/T 028-2020);实验室设备相关的《实验室仪器设备管理指南》(GB/Z 27427-2022)、《生物安全柜》(GB 41918-2022);病原微生物实验室所使用材料相关的《生物样本库质量和能力通用要求》(GB/T 37864-2019)、《实验室生物废弃物管理要求》(SN/T 4835-2017);实验方法相关的《消毒剂实验室杀菌效果检验方法》(GB/T 38502-2020)、《动物检疫实验室生物安全操

作规范》(SN/T 2025-2016)等。上述标准在各行业的生物安全实验室安全运行中发挥了重要作用。

二、病原微生物实验室生物安全标准化需求研究

我国已有的病原微生物实验室生物安全标准经过梳理,基本分为通用标准、基础标准和技术标准。针对已有标准,本研究通过专家评分法,邀请 22 名长期从事实验室操作及管理的高级职称专家,开展了专家咨询。参加调研的专家来自疾控机构、医疗机构、科研院所及高校;其中有 91% 从事实验室生物安全管理,其他从事实验室操作;专家中有 91% 是高级职称,其余为中级职称;学位为硕士或硕士以上的专家约占所调查专家的 77%,其余为学士学位;22 名专家从事实验室操作及管理的工作年限平均为 18 年,最长年限为 37 年;主持或参与制(修)订病原微生物实验室生物安全相关标准,其中主持或参与制(修)订的数量最多为 12 部。咨询结果显示:

1. 现有病原微生物实验室生物安全标准覆盖范围和标准内容不尽完善:咨询结果显示,我国病原微生物实验室生物安全标准的总体完善程度在中等以上水平(表 1),在分项标准的制定方面通用要求、设施/设备方面的标准相对更完善,在风险管理、生物安保和信息管理方面的标准落后于其他方面。

表 1 22 名专家对病原微生物实验室生物安全标准完善程度的评价

评价专家人数	完善程度 ^a	评价专家人数	完善程度 ^a
2	1	4	6
1	2	3	7
1	3	3	8
0	4	2	9
4	5	2	10

注:^a1~10:由非常不完善到非常完善

2. 我国病原微生物实验室生物安全标准建设现状:专家打分结果显示,我国近年在病原微生物实验室生物安全标准的制(修)订方面开展了相应工作,制定了一系列标准,在术语制定、设施、设备、材料、组织管理方面,有半数专家认为做得较好。但在信息管理、应急管理、生物安保等方面有待提高。实际工作中,实验室信息化管理仍然处于起步发展阶段,信息方面的标准数量较少;此外我国病原微生物实验室领域还缺少有关应急管理、人员管理、设施/设备维护的标准。见图 1。

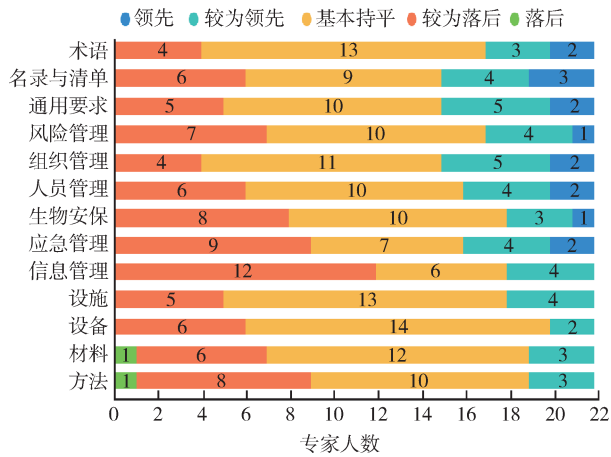


图1 我国病原微生物实验室生物安全标准建设的专家评价情况

3. 我国病原微生物实验室生物安全标准体系顶层规划不足:对于目前的状况,大多数专家认为在本领域内缺少病原微生物实验室生物安全标准化技术委员会,顶层规划设计不足,在此情况下,申请国家标准、行业标准难度较大,缺少对已发布标准执行的监督与评价,使得标准的使用者和制定者之间的沟通不畅,不能促进标准制(修)订的良性循环。见表2。

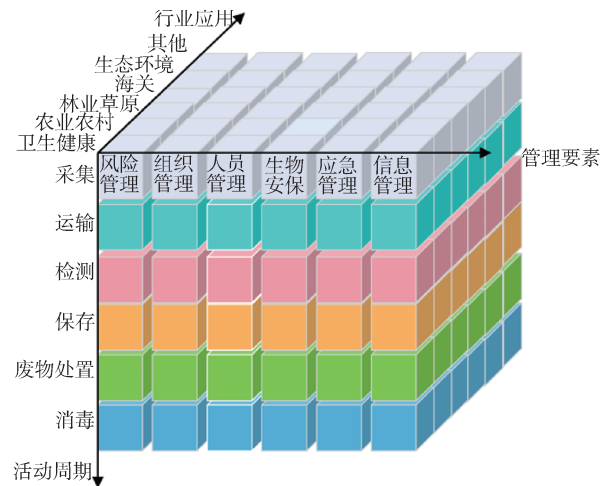
表2 病原微生物实验室生物安全标准制(修)订问题的主要原因

目前主要困难	评价专家人数	百分比 (%)
缺少病原微生物实验室生物安全标准化技术委员会	18	81.82
申请国家标准、行业标准难度较大	17	77.27
顶层规划设计不足	14	63.64
专项资金不足	12	54.55
缺少对已发布标准执行的监督与评价	11	50.00
重视程度不够	8	36.36
其他(菌毒种保藏方面有原则要求,但是缺少配套政策)	1	4.55

三、病原微生物实验室生物安全标准体系构建

1. 病原微生物实验室生物安全标准体系框架:实验室生物安全指实验室的生物安全条件和状态不低于容许水平,可避免实验室人员、来访人员、社区及环境受到不可接受的损害,符合相关法规、标准等对实验室生物安全责任的要求。围绕该目标,基于已经建立和梳理的各项标准,病原微生物实验室生物安全标准体系框架包括行业应用、管理要素和活动周期等3个维度对体系所涉及到的要素、设施、设备、材料等内容,主要用于明确病原微生物实验室生物安全标准体系的涵盖范围和对象。病原

微生物生物安全标准体系见图2。



注:管理要素指病原微生物实验室建设和运行过程中所需要管理的内容;行业应用指所有建设了病原微生物实验室的行业;活动周期覆盖病原微生物实验室活动的全过程

图2 病原微生物实验室生物安全标准体系及应用

2. 病原微生物实验室生物安全标准体系框架:标准体系框架是一定范围内的标准按其内在联系形成的科学的有机整体^[7-8]。经梳理目前已建立的标准,结合专家咨询意见形成病原微生物实验室生物安全标准体系框架,包含了病原微生物实验室生物安全标准体系的基本组成单元,具体有基础标准、管理标准、技术标准、行业应用4个部分。见图3。

(1)基础标准:包括术语、名录与清单、通用要求3个部分,主要用于统一病原微生物实验室生物安全相关概念,解决基础关键问题。

(2)管理标准:包括风险管理、组织管理、人员管理、生物安保、应急管理、信息管理6个部分。

(3)技术标准:包括设施、设备、材料和方法4个部分,涉及病原微生物实验室运行过程中的各个方面。

(4)行业应用:主要包括了卫生健康、农业农村、林业草原、海关、生态环境、其他6个部分。这些行业领域均建设了大量病原微生物实验室,其正常运行与生物安全息息相关。

四、标准体系建设策略

1. 成立病原微生物实验室生物安全标准专业委员会,牵头制定病原微生物实验室生物安全相关标准。《中华人民共和国生物安全法》第十九条规定“国家建立生物安全标准制度。国务院标准化主管部门和国务院其他有关部门根据职责分工,制定和完善生物安全领域相关标准。”和第四十二条规定

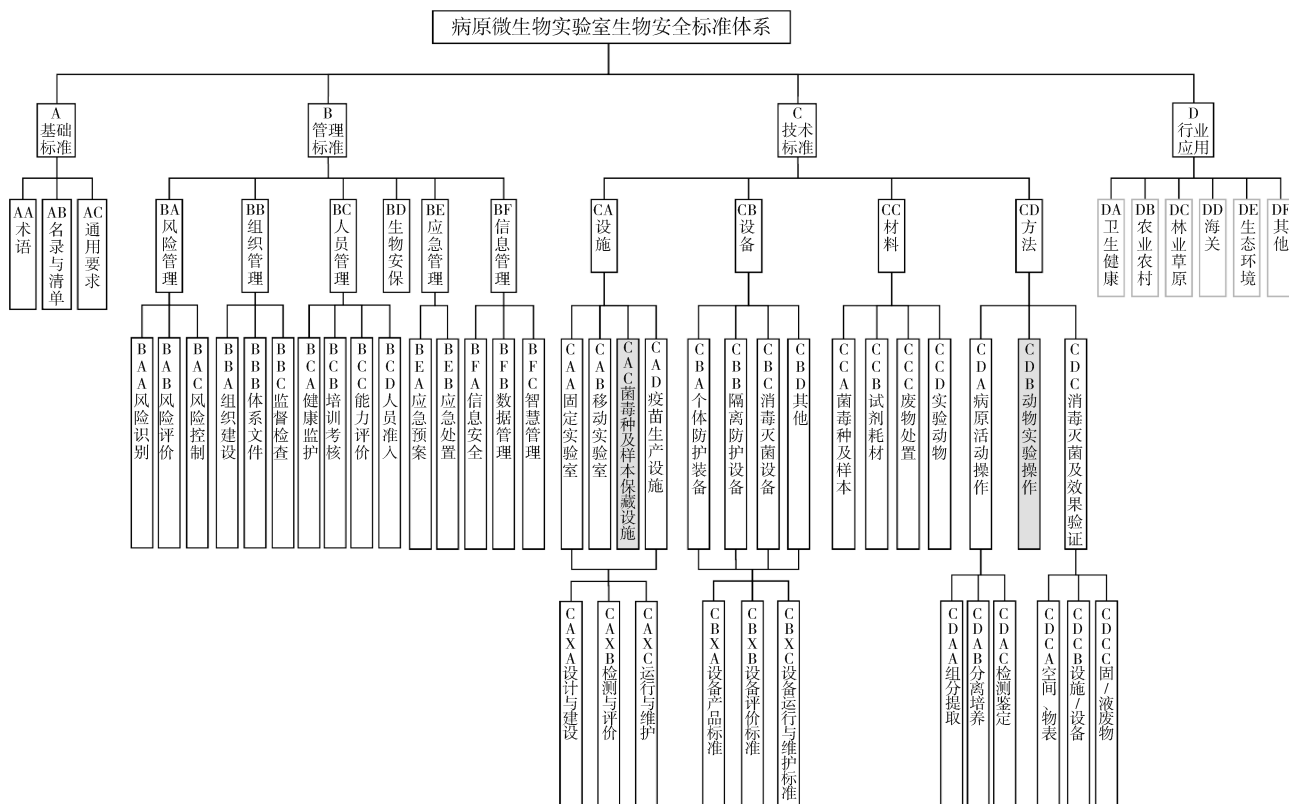


图3 病原微生物实验室生物安全标准体系框架

“国家加强对病原微生物实验室生物安全的管理，制定统一的实验室生物安全标准。病原微生物实验室应当符合生物安全国家标准和要求。”《中华人民共和国生物安全法》和《病原微生物实验室生物安全管理条例》指导全国设立了病原微生物实验室的疾控机构、医疗机构、科研院所和企业等进一步做好病原微生物实验室生物安全管理工作，但国内尚未成立相关标准委员会，在已有的标准委员会框架下成立病原微生物实验室生物安全标准专业委员会，将会全面推动该领域标准的制(修)订工作。

2. 进一步完善病原微生物实验室生物安全标准体系:《中华人民共和国生物安全法》的适用范围,主要包括8个方面(含病原微生物实验室生物安全管理)。可依据该法,对现有标准进行梳理,并结合近年传染病的防控形势和病原微生物实验室的建设与发展,针对细菌、病毒、真菌、寄生虫等病原微生物实验室的风险评估、生物安全与安保、病原微生物的实验活动、设施/设备等,强化顶层设计及统筹规划,提高标准体系的系统性和可操作性,持续完善病原微生物实验室生物安全标准体系,保障实验室生物安全,为传染病防控提供技术支持与保障。

3. 推动病原微生物实验室生物安全相关标准

的规范管理:要进一步规范标准制(修)订的过程管理。根据标准管理的相关规定,强制性国家标准的制定项目从计划下达到报送报批稿的期限不得超过24个月,修订项目一般不得超过18个月。推荐性国家标准修订项目和采用国际标准项目完成周期(从下达计划到完成报批)原则上不超过16个月,其他标准项目完成周期原则上不超过18个月^[16]。目前部分国家标准、行业标准较难申请,且制(修)订周期长。建议依照国家标准化管理委员会的管理要求,推动标准的申请、制(修)订和发布过程。同时建立标准实施情况分析报告制度等标准评价机制,在标准生效后,实施信息反馈和评估机制,根据反馈和评估情况对标准进行复审,通过完善的评价过程促进标准制(修)订的及时性和科学性。

当前我国病原微生物实验室生物安全标准正在逐步制定和完善中,存在部分标准滞后、缺乏等问题^[17]。本文通过分析国内外病原微生物实验室生物安全标准化现状和趋势,并经过相关专家咨询和研讨,最后提出结构合理、层次分明的病原微生物实验室生物安全标准体系框架,主要包含基础标准、管理标准、技术标准、行业应用4个部分^[18-20]。病原微生物实验室生物安全标准体系框架在实施

时, 仍应紧密结合各领域技术研发的优势和经验, 鼓励专业机构和人员参与并推动国际、国家、行业、地方、团体和企业标准起草工作, 建立标准化与病原微生物实验室生物安全协同发展的机制, 以更好引领和推动病原微生物实验室的建设、管理和运行, 为保障生物安全和国家安全做好支撑作用。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 李晶、陈震: 数据分析、文章撰写; 李思思: 数据收集; 陆兵、赵四清、王荣、曹国庆、王卫、马春涛、侯雪新、王衍海: 标准体系框架编制、论文修改; 赵赤鸿、武桂珍: 研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] 陆兵, 李京京, 程洪亮, 等. 我国生物安全实验室建设和管理现状[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(1):192-196. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2012.01.055.
Lu B, Li JJ, Cheng HL, et al. Construction and administration status of biosafety laboratory in China[J]. Res Explor Lab, 2012, 31(1): 192-196. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2012.01.055.
- [2] 国务院. 病原微生物实验室生物安全管理条例[EB/OL]. (2016-02-06)[2023-05-25]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1597326857184163070>.
- [3] WHO. Laboratory Biosafety Manual [M/OL]. 4th ed. (2020-12-21) [2023-06-20]. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/337956/9789240011311-eng.pdf?sequence=1>.
- [4] Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories[M/OL]. 6th ed. (2020-06) [2023-06-20]. https://www.cdc.gov/labs/pdf/SF_19_308133-A_BMBL6_00-BOOK-WEB-final-3.pdf.
- [5] Tongji University. Report on the construction and development of biosafety laboratory[M]. Beijing: Science Press, 2021.
- [6] Government of Canada. Canadian Biosafety Standard[M/OL]. 3rd ed. (2022-11-24) [2023-06-20]. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/cbsg-nldcb/cbs-ncb/assets/pdf/canadian-biosafety-standard-third-edition.pdf>.
- [7] Government of Canada. Canadian Biosafety Handbook[M/OL]. 2nd ed. (2016-05-26) [2023-06-20]. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/migration/cbsg-nldcb/cbh-gcb/assets/pdf/cbh-gcb-eng.pdf>.
- [8] NSF International. NSF/ANSI 49-2008 Biosafety cabinetry: design, construction, performance, and field certification [S]. USA: NSF International, 2008.
- [9] ASTM International. ASTM F1301-18 Standard practice for labeling chemical protective clothing[S]. USA: ASTM International, 2018.
- [10] BS EN 136:1998 Respiratory protective devices-Full face masks-Requirements, testing, marking[S]. Europe: European Committee for Standardization, 1998.
- [11] 中国疾病预防控制中心. 高等级生物安全实验室防护设备现状与发展[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022:3. Chinese Center for Disease Control and Prevention. The current situation and development of protective equipment in high-level biosafety laboratories[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022:3.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS 233-2017 病原微生物实验室生物安全通用准则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. National Health and Family Planning Commission of PRC. WS 233-2017 General biosafety standard for causative bacteria laboratories[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 1948-2010 兽医实验室生物安全要求通则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2010. Ministry of Agriculture of the PRC. NY/T 1948-2010 General biosafety standard for veterinary laboratory[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2010.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 19489-2008 实验室生物安全通用要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 19489-2008 Laboratories-General requirements for biosafety[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50346-2011 生物安全实验室建筑技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB 50346-2011 Architectural and technical code for biosafety laboratories[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [16] 国家标准化管理委员会. 国家标准化管理委员会关于印发《2023 年国家标准立项指南》的通知[EB/OL]. (2023-03-16). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-02/21/content_5742536.htm?eqid=9cf1ba190008eec40000000264589709.
- [17] 裴杰, 王秋灵, 薛庆节, 等. 实验室生物安全发展现状分析[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(9): 289-292. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2019.09.064. Pei J, Wang QL, Xue QJ, et al. Analysis of status of biosafety in laboratory[J]. Res Explor Lab, 2019, 38(9): 289-292. DOI:10.3969/j.issn.1006-7167.2019.09.064.
- [18] 国家认证认可监督管理委员会. RB/T 028-2020 实验室信息管理系统管理规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020. Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China. RB/T 028-2020 Management specification for laboratory information management systems[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [19] 薛鲁宁, 李莉, 张栩赫, 等. 智慧管网技术标准体系架构探索[J]. 中国标准化, 2023 (6): 50-57. DOI: 10.3969/j.issn.1002-5944.2023.06.005. Xue LN, Li L, Zhang XH, et al. Exploration of the framework of the technical standards system on intelligent pipeline network[J]. China Standard, 2023 (6): 50-57. DOI:10.3969/j.issn.1002-5944.2023.06.005.
- [20] 韩丽, 何宏宏, 李瑞琪. 智能制造标准化研究[J]. 中国标准化, 2023 (6): 38-41. DOI: 10.3969/j.issn.1002-5944.2023.06.002. Han L, He HH, Li RQ. Research on the standardization of intelligent manufacturing[J]. China Standard, 2023 (6): 38-41. DOI:10.3969/j.issn.1002-5944.2023.06.002.