

暖通系统暂停送风下实验动物设施氨浓度的动态监测与分析

焦青贞, 吴桂华, 唐 雯, 樊 帆, 冯 凯, 杨春响, 乔 建, 邓素芳

(武汉生物制品研究所有限责任公司, 武汉 430207)

[摘要] **目的** 监测空调系统停止送风前、停止送风期间和恢复送风后, 实验动物设施环境中氨浓度的实时变化, 为制定空调系统停机应急预案提供依据和参考。**方法** 以武汉生物制品研究所实验动物室实验动物设施为研究对象, 在设施空调系统由于检修等被动停机和维保主动停机时, 使用氨浓度检测仪监测普通级兔生产设施、SPF级仓鼠生产设施、SPF级豚鼠实验设施的空调系统停机前后设施环境中的氨浓度, 以及恢复送风后氨浓度恢复至日常水平的时间。**结果** 空调系统在2种停机模式下, 不同实验动物设施环境中的氨浓度变化趋势一致, 表现为停机后快速上升, 恢复送风后快速下降。在维保主动停机的情况下, 普通级兔生产设施、SPF级仓鼠生产设施、SPF级豚鼠实验设施中氨浓度最高值分别为9.81 mg/m³、14.27 mg/m³、6.98 mg/m³; 恢复送风后12 min内, 氨浓度均可降至日常水平。在检修等被动长时间停机的情况下, 氨浓度数值与停止送风时长成正相关, 氨浓度随着停机时间的延长不断升高, 3个设施中氨浓度最高值分别出现在停风后88 min (38.06 mg/m³)、停风后40 min (18.43 mg/m³)、停风后34 min (15.61 mg/m³); 在恢复送风后11 min内, 氨浓度可降至日常水平。**结论** 空调系统停机会导致实验动物设施氨浓度快速上升, 氨浓度的上升程度与停止送风时长成正相关。因此, 在由于维修等原因需要进行空调系统应急停机时, 应按照GB 50447—2008《实验动物设施建筑技术规范》要求, 设置备用风机。对于老旧设施, 相关人员需提前做好全面准备, 并制定科学合理的应急预案。

[关键词] 氨浓度; 实验动物设施; 空调系统停止送风; 停止送风时长

[中图分类号] Q95-33 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2025)04-0490-06



Dynamic Monitoring and Analysis of Ammonia Concentration in Laboratory Animal Facilities Under Suspension of Heating Ventilation and Air Conditioning System

JIAO Qingzhen, WU Guihua, TANG Wen, FAN Fan, FENG Kai, YANG Chunxiang, QIAO Jian, DENG Sufang

(Wuhan Institute of Biological Products Co., Ltd., Wuhan 430207, China)

Correspondence to: DENG Sufang (ORCID:0009-0001-3363-3192), E-mail: 907936858@qq.com

[ABSTRACT] **Objective** To monitor the real-time changes in ammonia concentration in the laboratory animal facility environment before, during, and after the air conditioning system stops supplying air, so as to provide a basis and reference for developing emergency plans for the shutdown of the air conditioning system. **Methods** The laboratory animal facilities of the Wuhan Institute of Biological Products were used as the research object. Ammonia concentration detectors were used to monitor ammonia concentration continuously in the environment of conventional rabbit production facility, SPF hamster production facility, and SPF guinea pig experimental facility before and after the passive shutdown due to repairs and active maintenance shutdown of the air conditioning system, as well as the time for the ammonia concentration to return to daily levels after resuming air supply. **Results** Under both shutdown modes of the air conditioning system, the trend of ammonia concentration changes in different laboratory animal facilities was consistent, showing a rapid increase after shutdown and a rapid decrease after resuming air supply. Under active maintenance shutdown, the maximum ammonia concentrations in the conventional rabbit

[第一作者] 焦青贞(1983—),女,硕士,助理研究员,研究方向:实验动物学。E-mail: qingzhenjiao@163.com

[通信作者] 邓素芳(1989—),女,硕士,助理研究员,研究方向:实验动物学。E-mail: 907936858@qq.com。ORCID:0009-0001-3363-3192

production facilities, SPF hamster production facilities, and SPF guinea pig experimental facilities were 9.81 mg/m^3 , 14.27 mg/m^3 , and 6.98 mg/m^3 , respectively. Within 12 minutes after resuming air supply, ammonia concentration could return to normal daily levels. Under passive long-term shutdown, ammonia concentration value was positively correlated with the duration of air supply suspension. As the shutdown duration increased, ammonia concentration continued to increase. The maximum ammonia concentration values in the three facilities occurred at 88 minutes (38.06 mg/m^3), 40 minutes (18.43 mg/m^3), and 34 minutes (15.61 mg/m^3) after air supply suspension, respectively. Within 11 minutes after resuming air supply, ammonia concentration could return to normal daily levels. **Conclusion** Shutdown of the air conditioning system causes a rapid increase in ammonia concentration in laboratory animal facilities, and the rise in ammonia concentration is positively correlated with the duration of air supply suspension. Therefore, when an emergency shutdown of the air-conditioning system is required due to maintenance or other reasons, backup fans should be provided in accordance with the requirements of GB 50447-2008 "Architectural and Technical Code for Laboratory Animal Facilities". Older facilities should make adequate preparations and develop a scientifically sound emergency plan.

[Key words] Ammonia concentration; Laboratory animal facility; Air conditioning system shutdown; Duration of air supply shutdown

实验动物国家标准 GB 14925—2023《实验动物 环境及设施》中规定,实验动物普通环境、屏障环境中氨浓度(即氨气质量浓度)应不高于 14 mg/m^3 [1];通过调节空调系统换气次数、增加垫料更换的频次或调整饲养密度等均可有效地控制氨浓度 [2-3]。有报告指出,正常运行的实验动物生产屏障设施环境的氨浓度为 $5.6 \sim 7.7 \text{ mg/m}^3$ [3],正常运行的 SPF 级大鼠、小鼠动物实验室环境中的氨浓度为 $3.2 \sim 4.5 \text{ mg/m}^3$ [4]。然而,目前对于实验动物设施的空调系统停机后,其饲养环境中氨浓度的变化研究较少。

本研究以武汉生物制品研究所实验动物室实验动物设施为研究对象,在设施空调系统因检修等被动停机和维保主动停机时,监测通风系统停机期间和恢复送风后,普通级兔生产设施、SPF 级仓鼠生产设施、SPF 级豚鼠实验设施环境中氨浓度的实时变化,从而为空调系统维保、检修停机制定合理的停机时长或应急预案提供依据和参考。

1 设施与方法

1.1 实验动物设施

1.1.1 普通级兔生产设施

武汉生物制品研究所实验动物室的普通级兔生产设施 [SCXK (鄂) 2022-0013] 为普通环境,采用组合式空调机组进行机械通风,全新风系统,上送下排,设施进入空气经过初效、中效过滤,动物饲养间日常换气次数不低于 15 次/h。饲养方式为湿式笼养,

兔笼架上方装有水箱,不锈钢兔笼下方约 15 cm 处设计有不锈钢接粪盘,每天定时冲水清理。饲养密度:被测饲养间面积约 200 m^2 ,该饲养间动物生产笼位数为 160 个,每笼位容纳 1~3 只动物;本研究检测时,动物存栏量约 220 只。氨浓度检测在冲水清理粪便后约 2 h 开始,检测期间未进行冲水清理操作。

1.1.2 SPF 级仓鼠生产设施

武汉生物制品研究所实验动物室的 SPF 级仓鼠生产设施 [SCXK (鄂) 2022-0013] 为屏障环境,采用净化空调系统进行机械通风,全新风系统,上送下排,空气经过初效、中效、高效过滤,动物饲养间日常换气次数不低于 18 次/h。饲养方式为开放式平板架饲养,垫料为杨木刨花,定期(一般每周 2~3 次)更换笼盒和垫料。饲养密度:被测饲养间面积约 55 m^2 ,该饲养间的动物笼位数为 600 盒,每生产笼盒容纳 2~5 只动物,每供应笼盒容纳 10 只;本研究检测时,动物存栏量约 1 250 只。

1.1.3 SPF 级豚鼠实验设施

武汉生物制品研究所实验动物室的 SPF 级豚鼠实验设施 [SYXK (鄂) 2023-0099] 为屏障环境,采用净化空调系统进行机械通风,全新风系统,上送下排,空气经过初效、中效、高效过滤,动物饲养间日常换气次数不低于 18 次/h。饲养方式为开放式平板架饲养,垫料为杨木刨花,定期(一般每周 3 次)更换笼盒和垫料。饲养密度:被测饲养间面积约 19 m^2 ,该饲养间动物笼位数为 60 盒,每盒平均有 2~4 只动物;

本研究检测期间动物存栏量为90~120只。

在整个实验期间,各实验动物设施的空调系统、换气次数、更换笼盒和垫料的频次、监测点位等均未发生变化。

1.2 检测仪器与方法

氨浓度检测仪(型号GT903-F-NH3)为深圳市科尔诺电子科技有限公司产品,检测精度为0.01 mg/m³,设备在校验有效期内(校准证书编号LNDC-C-2312010207)。

设置仪器的检测模式为定时检测模式,一次取样时间为300 s,两次取样间隔时间为60 s,即每隔6 min生成1个实时检测数据。2种停机模式下均采用此检测模式,停机前将氨浓度检测仪置于动物饲养室中央,每次放同一点位,测点距离地面高度为1.2 m,距离墙壁不小于0.5 m,且避开通风口、通风道等。

1.3 检测频次

主动停机期间的检测:空调系统停机时,对普通级兔生产设施、SPF级仓鼠生产设施、SPF级豚鼠实验设施进行检测,每个设施分别收集3次监测数据。此外,上述3个设施的空调系统因为检修进行

了被动停机,各有一次超过30 min的长时间停机,停机前后以及恢复送风前后,笔者对各设施的氨浓度进行了检测,每个设施均采集了1次监测数据。

1.4 结果分析

在2种停机模式下,每次检测结束后取出氨浓度检测仪,导出检测数据,并通过Excel 2021整理和分析数据。

2 结果

2.1 不同实验动物设施空调系统主动停机前后氨浓度监测结果

根据本研究设计主动停机40 min内的氨浓度实时监测数据(具体结果见表1),普通级兔生产设施、SPF级仓鼠生产设施、SPF级豚鼠实验设施在空调系统停机后,各设施氨浓度的变化趋势一致:停止送风后,各设施氨浓度均快速升高,最高值分别为9.81、14.27、6.98 mg/m³;在空调系统恢复送风后,各设施氨浓度均快速降低;在恢复送风后12 min内降至停止送风前水平。

表1 不同实验动物设施空调系统主动停机前后氨浓度动态监测值

Table 1 Dynamic monitoring values of ammonia concentration before and after active shutdown of air conditioning systems in different laboratory animal facilities

时间 轴/min Time axis/min	普通级兔生产设施的 氨浓度/(mg·m ⁻³)			SPF级仓鼠生产设施的 氨浓度/(mg·m ⁻³)			SPF级豚鼠实验设施的 氨浓度/(mg·m ⁻³)			氨浓度的标准 上限/(mg·m ⁻³)
	Ammonia concentration in conventional rabbit production facility/(mg·m ⁻³)			Ammonia concentration in SPF hamster production facility/(mg·m ⁻³)			Ammonia concentration in SPF guinea pig experimental facility/ (mg·m ⁻³)			Standard upper limit of ammonia concentration/ (mg·m ⁻³)
	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	concentration/ (mg·m ⁻³)
	First time	Second time	Third time	First time	Second time	Third time	First time	Second time	Third time	
0	0.81	1.73	3.33 [△]	2.71	1.79	—	0.97	1.11	1.62	14
6	2.25 [△]	4.32 [△]	3.69	3.61 [△]	5.63 [△]	4.91 [△]	1.04	1.07	4.43 [△]	14
12	4.57	7.72	5.48	7.68	10.92	8.81	1.04	1.00	4.73	14
18	8.04	7.78	5.89	10.85	7.72	10.76	1.64 [△]	2.67 [△]	1.21 [▽]	14
24	9.81	0.05 [▽]	4.17 [▽]	14.27	2.85 [▽]	8.86 [▽]	3.98	6.98	0.82	14
30	3.16 [▽]	0	3.51	13.41	1.92	2.00	1.58 [▽]	3.69 [▽]	1.12	14
36	0.44	—	3.10	3.04 [▽]	1.95	1.22	1.05	1.02	1.08	14

注:时间轴刻度0表示采集到第一个数据的时间点;—表示该时间轴刻度点没有采集数据。[△]代表关机状态点,[▽]代表开机状态点。

Note: The time axis scale 0 indicates the time point at which the first data was collected; — indicates that no data was collected for the time axis scale point. [△] represents the shutdown point, [▽] represents the startup point.

2.2 不同实验动物设施空调系统检修被动停机前后氨浓度监测结果

根据因检修被动停机前后(从停风前2 min到停风后88 min,再到送风后11 min)氨浓度实时监测

数据(具体结果见表2)显示,SPF级仓鼠生产设施、SPF级豚鼠实验设施、普通级兔生产设施在空调系统因检修停止送风后初期,氨浓度快速升高,之后则非常缓慢地上升,氨浓度数值与停止送风时

长成正相关。随着停机时间的延长，氨浓度不断升高，最高值分别出现在停风后 34 min（15.61 mg/m³）、停风后 40 min（18.43 mg/m³）、停风后 88 min（38.06 mg/m³）；在空调系统恢复送风后，各设施氨浓度均快速下降，在恢复送风后 11 min 内降至停止送风前水平。

表 2 不同实验动物设施空调系统检修被动停机前后氨浓度动态监测值

Table 2 Dynamic monitoring values of ammonia concentration before and after passive shutdown due to repairs of air conditioning systems in different laboratory animal facilities

时间轴/min Time axis/min	氨浓度/(mg·m ⁻³) Ammonia concentration/(mg·m ⁻³)			标准上限 Standard upper limit
	SPF 级仓鼠生产设施 SPF hamster production facility	SPF 级豚鼠实验设施 SPF guinea pig experimental facility	普通级兔生产设施 Conventional rabbit production facility	
停风前 2 min 2 min before air supply stops	—	—	1.81	14.00
停风后 4 min 4 min after air supply stops	2.15	—	2.14	14.00
停风后 10 min 10 min after air supply stops	4.83	3.73	4.14	14.00
停风后 16 min 16 min after air supply stops	8.55	8.23	8.07	14.00
停风后 22 min 22 min after air supply stops	11.35	10.59	11.94	14.00
停风后 28 min 28 min after air supply stops	13.70	14.05	16.04	14.00
停风后 34 min 34 min after air supply stops	15.61	16.52	19.42	14.00
停风后 40 min 40 min after air supply stops	—	18.43	22.97	14.00
停风后 46 min 46 min after air supply stops	—	—	25.98	14.00
停风后 52 min 52 min after air supply stops	—	—	28.88	14.00
停风后 58 min 58 min after air supply stops	—	—	31.75	14.00
停风后 64 min 64 min after air supply stops	—	—	33.93	14.00
停风后 70 min 70 min after air supply stops	—	—	35.00	14.00
停风后 76 min 76 min after air supply stops	—	—	36.22	14.00
停风后 82 min 82 min after air supply stops	—	—	36.92	14.00
停风后 88 min 88 min after air supply stops	—	—	38.06	14.00
送风后 5 min 5 min after air supply resumes	5.56	10.61	7.27	14.00
送风后 11 min 11 min after air supply resumes	2.01	0.98	0	14.00

注：—表示该时间点对应设施内空调系统未停机，没有监测数据。
Note: — indicates that the air conditioning system in the corresponding facility has not stopped at this time point, and there is no monitoring data.

3 讨论

GB 50447—2008《实验动物设施建筑技术规范》中要求，屏障环境设施的动物生产区（动物实验区），

应设置备用的送风机和排风机^[5]。本文应用的实验动物设施均为双走廊，且均设置了备用送风机和排风机。然而，在检修或意外故障等情况下，这些设施可能会发生应急停机。停机会导致设施内的环境温度升高，

湿度失控, 压差梯度消失等环境参数的变化^[6]。基于环境变化对动物有潜在危害的考量, 本文选择了检测氨浓度指标, 以反映设施中有害气体浓度上升的情况, 旨在为相似场景下的应急管理提供参考。

空调系统是实验动物设施运行和管理的核心^[7], 通常采用全进全排的送风模式, 为实验动物提供适宜的送风和新风量^[8-9]; 同时通过合理的送排风管理, 确保实验动物设施换气次数符合标准^[10-11], 以保证动物舒适的生活环境和动物健康^[12]。本研究所检测的实验动物设施空调系统均为全新风系统, 上送下排, 且在日常运行中均保证合理的换气次数, 其中送风机和排风机按一主一备配置。在设施空调系统由于检修等被动停机和维保主动停机时, 对停机前后的实验动物生产和实验设施氨浓度进行监测。结果表明, 其变化趋势均为停机后氨浓度快速上升, 恢复送风后氨浓度快速下降, 在不同实验动物品种的设施中变化趋势一致; 空调系统较长时间停机后, 各设施氨浓度水平随着停机时间的延长, 表现为快速上升后缓慢上升, 氨浓度上升程度与停止送风时长成正相关, 2种停风方式下恢复送风后12 min内氨浓度均可降至日常水平。

在实验动物设施环境中, 除换气次数外, 影响氨浓度的重要因素还包括垫料的选择、使用以及更换频率^[13-15]。本研究使用杨木刨花垫料, 且要求含尘量在1%以内, 48 h吸水率大于150%, 使用前经过湿热高压灭菌处理^[16]。在SPF级仓鼠生产设施第一次停止送风的监测结果中, 氨浓度最高值为14.27 mg/m³, 超过了标准上限14 mg/m³, 这可能与设施内更换动物笼盒(包括垫料)的数量或停止送风时长有关, 提示在空调系统停机前可通过全部更换笼盒和垫料的方式来保持较低的氨浓度水平, 以降低设施内微生物负载; 同时建议将停机时长控制在30 min内, 以最大程度降低停机后氨浓度超过标准的风险和其他污染问题。此外, 根据日常工作经验, 笔者发现动物饲养密度、动物饲养方式、动物品种、动物体重等, 均会影响实验动物设施环境内的氨浓度水平。

因此, 当空调系统停机时, 建议建立合适的停机预案和(或)应急预案, 包括且不限于更换动物笼盒和垫料、调整动物饲养密度、设施内不进行操作和人员活动、与外界相通的出入口门不能开启且均喷洒消毒剂、出入口缓冲间宜打开紫外线灯、限制停机时长等, 以最大程度降低通风系统停机后对动物设施环境参数的影响, 尽量减少对动物福利、动物健康和实验

结果的影响^[17-19]。

需要说明, 本研究收集了本设施2022—2024年发生的停机监测数据, 但在研究设计上有所欠缺。例如, 仅选择氨浓度作为单一环境检测指标, 并对该指标仅检测一个点位, 这些不足都可能使本研究结论产生偏倚。除此之外, 温湿度、洁净度等其他环境指标及其对动物健康和质量的影响, 也需要进一步检测或研究。

[作者贡献 Author Contribution]

焦青贞负责策划实验、策划数据分析、撰写和修改文章;
吴桂华负责检测仪器的使用管理、整理数据;
唐雯负责收集SPF级仓鼠生产设施的数据;
樊帆负责收集普通级兔生产设施的数据;
冯凯负责检测仪器的计量管理等、收集SPF级豚鼠实验设施的数据;
杨春响负责收集SPF级豚鼠实验设施的数据;
乔建负责提供设施的使用资源和审核文章设施内容;
邓素芳负责提供人力和组织资源、监督指导和审核文章。

[利益声明 Declaration of Interest]

所有作者均声明本文不存在利益冲突。

[参考文献 References]

- [1] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 实验动物 环境及设施: GB 14925—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Laboratory animal — Environment and housing facilities: GB 14925-2023[S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.
- [2] 顾逸, 施美莲. 简易屏障设施饲养环境中氨浓度变化观察[J]. 上海实验动物科学, 1993, 13(2):91-92.
GU Y, SHI M L. Observation on the change of ammonia concentration in the feeding environment of simple barrier facilities[J]. Shanghai Exp Lab Anim Sci, 1993, 13(2):91-92.
- [3] 张鑫, 李萌, 王金恒. 实验动物生产设施动态环境指标测定与数据分析[J]. 中国药事, 2012, 26(8): 859-861. DOI: 10.16153/j.1002-7777.2012.08.001.
ZHANG X, LI M, WANG J H. Determination and data analysis of dynamic environment indicators of the laboratory animal breeding facility[J]. Chin Pharm Aff, 2012, 26(8):859-861. DOI: 10.16153/j.1002-7777.2012.08.001.
- [4] 陈清华. 运行中SPF级动物实验室环境指标的监测与分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15):7872-787. DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2010.15.011.
CHEN Q H. Monitoring and analysis of SPF animals laboratory environment index[J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(15):7872-787. DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2010.15.011.
- [5] 住房和城乡建设部, 国家质量监督检验检疫总局. 实验动物设施建筑技术规范: GB 50447—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development, General Administration of Quality Supervision, Inspection and

- Quarantine of China. Architectural and technical code for laboratory animal facility: GB 50447-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [6] 张凤梅, 刘进, 韩志刚, 等. 实验动物屏障设施智能化应急电源系统的应用探索[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(1):214-216. DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2022.01.04.
ZHANG F M, LIU J, HAN Z G, et al. Exploration on application of intelligent emergency power supply system for laboratory animal barrier facilities[J]. Exp Technol Manag, 2022, 39(1):214-216. DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2022.01.04.
- [7] 袁凤刚, 庄明, 郝艳玲, 等. 开放性实验动物中心屏障系统的运行管理探讨[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2013, 34(23):3534-3536. DOI: CNKI:SUN:QQHB.0.2013-23-067.
YUAN F G, ZHUANG M, HAO Y L, et al. Discussion on management of open animal experiment barrier facilities[J]. J Qiqihar Univ Med, 2013, 34(23): 3534-3536. DOI: CNKI: SUN: QQHB.0.2013-23-067.
- [8] 王禄增, 李华, 王捷, 等. 通风、温度、湿度对实验动物福利的影响及控制[J]. 中国比较医学杂志, 2004, 14(4):234-236. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2004.04.010.
WANG L Z, LI H, WANG J, et al. Influence and control of ventilation, temperature and humidity on the welfare of experimental animals[J]. Chin J Comp Med, 2004, 14(4): 234-236. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2004.04.010.
- [9] 何婧, 沈晋明, 汪亚兵. 实验动物房环境特点与空调设计[J]. 洁净与空调技术, 2003(1):32-37. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3298.2003.01.006.
HE J, SHEN J M, WANG Y B. The environment characteristics of experimental animal room and its AC design[J]. Contam Contr Air Cond Technol, 2003(1): 32-37. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3298.2003.01.006.
- [10] 解茜, 王燕平, 狄彦强. 气流组织形式对实验动物设施内氨气浓度的影响[J]. 洁净与空调技术, 2009(1):80-83. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3298.2009.01.022.
XIE Q, WANG Y P, DI Y Q. The study of the air distribution for the experimental animal establishment which influence the ammonia concentration[J]. Contam Contr Air Cond Technol, 2009(1):80-83. DOI: 10.3969/j.issn.1005-3298.2009.01.022.
- [11] 唐飏, 刘泽华, 蒋新波, 等. SPF级实验动物房空调风系统节能优化研究: 最佳换气次数探讨[J]. 建筑热能通风空调, 2007, 26(4): 80-85. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0344.2007.04.022.
TANG B, LIU Z H, JIANG X B, et al. Energy-conservation and optimization study of SPF laboratory animal room air system in air conditioning: discussion on the best air change rates[J]. Build Energy Environ, 2007, 26(4): 80-85. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0344.2007.04.022.
- [12] 马驰, 林玲, 王学东, 等. 医院实验动物屏障系统改造设计与建设[J]. 中国现代教育装备, 2017(21):9-11. DOI: 10.13492/j.cnki.cmee.2017.21.003.
MA C, LIN L, WANG X D, et al. Discussion on the design and construction of laboratory animal barrier system in hospital [J]. China Mod Educ Equip, 2017(21):9-11. DOI: 10.13492/j.cnki.cmee.2017.21.003.
- [13] 李保文, 梁春南, 黎绍明. 玉米芯垫料替代刨花垫料后动物的换窝频度[J]. 实验动物科学, 2009, 26(4):65-68. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6179.2009.04.018.
LI B W, LIANG C N, LI S M. A scientific bedding-changing procedure by replacing wood-shavings with corn cob[J]. Lab Anim Sci, 2009, 26(4): 65-68. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6179.2009.04.018.
- [14] 郭健, 郑振辉. 应用以玉米芯为原料的清洁实验动物垫料饲养动物实验报告[J]. 北京实验动物科学, 1992, 9(3):28-29, 54.
GUO J, ZHENG Z H. Experimental report on feeding animals with clean experimental animal bedding using corn cob as raw material[J]. Lab Anim Sci, 1992, 9(3):28-29, 54.
- [15] BURN C C, MASON G J. Absorbencies of six different rodent beddings: commercially advertised absorbencies are potentially misleading[J]. Lab Anim, 2005, 39(1): 68-74. DOI: 10.1258/002367705288659.
- [16] 河北省质量技术监督局. 实验动物 垫料: DB13/T 2547—2017[S/OL].[2024-08-30]. <https://www.lascn.net/uploadfiles/zlbz/2018/1/201801091519458653.pdf>.
Hebei Provincial Administration of Quality and Technical Supervision. Experimental animal bedding: DB13/T 2547-2017 [S/OL]. [2024-08-30]. <https://www.lascn.net/uploadfiles/zlbz/2018/1/201801091519458653.pdf>.
- [17] 龚光彩, 贺习之, 陈盟君, 等. 屏障环境中IVC小鼠饲养微环境控制方法研究[J]. 制冷学报, 2022, 43(6):90-99. DOI: 10.3969/j.issn.0253-4339.2022.06.090.
GONG G C, HE X Z, CHEN M J, et al. Research on the control method of feeding microenvironment of individually ventilated mouse cages in barrier environment[J]. J Refrig, 2022, 43(6):90-99. DOI: 10.3969/j.issn.0253-4339.2022.06.090.
- [18] 李学勇. 实验动物设施运行管理指南[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
LI X Y. Guidelines for operation and management of experimental animal facilities[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [19] 孙洪计, 沙蕊, 李祥子. SPF级实验动物屏障环境设施技术指标的检测及分析[J]. 包头医学院学报, 2023, 39(4):56-61. DOI: 10.16833/j.cnki.jbmc.2023.04.01.
SUN H J, SHA R, LI X Z. Detection and analysis of technical indicators of SPF laboratory animal barrier environmental facilities[J]. J Baotou Med Coll, 2023, 39(4): 56-61. DOI: 10.16833/j.cnki.jbmc.2023.04.01.

(收稿日期:2024-08-30 修回日期:2024-12-15)

(本文编辑:丁宇菁)

【引用本文】

焦青贞, 吴桂华, 唐雯, 等. 暖通系统暂停送风下实验动物设施氨浓度的动态监测与分析[J]. 实验动物与比较医学, 2025, 45(4): 490-495. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.130.
JIAO Q Z, WU G H, TANG W, et al. Dynamic monitoring and analysis of ammonia concentration in laboratory animal facilities under suspension of heating ventilation and air conditioning system[J]. Lab Anim Comp Med, 2025, 45(4): 490-495. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.130.