

实验动物尸体及相关废弃物无害化处置信息化监管系统初探

李勇, 周亮, 何勇, 闫志峰, 王海江

(四川省医学科学院·四川省人民医院实验动物研究所, 成都 610212)

[摘要] 目前我国尚缺乏针对实验动物尸体及相关废弃物的规范化、制度化管理规范, 对其无害化处置过程也未实现有效的监管, 尤其缺少有效的全过程生物安全监管体系。本研究采用计算机网络、全球卫星定位系统、无线通信、地理信息系统等多学科的前沿技术, 初步建立了一种新型的实验动物尸体及相关废弃物无害化处置信息管理系统, 并与生物安全监管紧密结合, 可以实现全程动态跟踪监控。该系统的建立有利于加强对实验动物尸体及相关废弃物的规范化、制度化监管, 促进医疗废物的安全管控, 防止疾病传播, 保护环境, 保障人体健康。

[关键词] 实验动物尸体; 废弃物; 无害化处置; 生物安全; 信息管理系统

[中图分类号] Q95-33; R-332 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2022)02-0122-05

Preliminary Exploration of Information Supervision System for Harmless Disposal of Laboratory Animal Carcasses and Related Wastes

LI Yong, ZHOU Liang, HE Yong, YAN Zhifeng, WANG Haijiang

(Institute of Laboratory Animal Sciences, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610212, China)

Correspondence to: WANG Haijiang, E-mail: 4415898@qq.com

[ABSTRACT] At present, there is still a lack of standardized and institutionalized management of laboratory animal carcasses and related wastes in China, and effective supervision of their harmless disposal process, especially an effective whole-process biosafety supervision system. Using computer networks, global satellite positioning systems, wireless communications, geographic information systems and other multidisciplinary cutting-edge technologies, we preliminarily established an information management system for harmless disposal of laboratory animal carcasses and related wastes, which could be closely combined with biosafety supervision to realize dynamic tracking and monitoring in the whole process. The established system can strengthen the standardization and institutionalization management of experimental animal carcasses and related wastes, promote the safety control of medical waste, prevent the spread of diseases, protect the environment and ensure human health.

[Key words] Laboratory animal carcasses; Wastes; Harmless disposal; Biosafety; Information management system

实验动物是指经人工培育, 对其携带微生物和寄生虫实行控制, 遗传背景明确或者来源清楚, 用于科学研究、教学、生产、检定以及其他科学实验的动物^[1]。实验动物为医药卫生事业的发展 and 人类健康做

出了重大贡献。实验动物尸体是指教学、科研实验中死亡或实验后处死的实验动物, 以及生产、饲养过程中死亡或淘汰的实验动物。废弃物指实验动物生产、饲养和动物实验过程中产生的相关废弃物, 主要包括解剖

[基金项目] 四川省科院所科技成果转化资金项目: 医药实验感染性废弃物无害化处置(2017YSZH0023)

[作者简介] 李勇(1975—), 男, 研究员, 研究方向: 实验动物学。E-mail: tennisli@163.com

[通信作者] 王海江(1976—), 男, 副研究员, 研究方向: 实验动物学。E-mail: 4415898@qq.com

后的血液、组织液及擦拭物、实验耗材和垫料等^[2-3]。对实验动物尸体及相关废弃物进行无害化处置有利于生物安全和环境保护,也符合动物伦理相关要求。

我国目前对实验动物尸体及相关废弃物缺乏规范化、制度化管理,例如:没有针对实验动物尸体及相关废弃物管理的法规;缺乏集中科学处理的设备、场所;实验人员对处理方法鉴定不明,分类不清,生物安全意识淡薄;政府缺少有效的监管与运行体系等^[4]。因此,如何高效、规范、安全地处理实验动物尸体及相关废弃物,已成为制约我国生命科学教学与科研发展的一个重要因素,也直接关系到人民生命健康、环境卫生、食品安全等社会问题。

为了实现对实验动物尸体及相关废弃物无害化处置的有效监管,本研究团队综合利用计算机网络、全球卫星定位系统、无线通信、地理信息系统等多学科的前沿技术,初步建立了一种可全程动态跟踪监控实验动物尸体及相关废弃物的信息管理系统,以期实现对医药实验过程中所产生各类废弃物进行无害化处置的生物安全监管目标。

1 规范实验动物尸体及相关废弃物的回收和分类流程

实验动物尸体及相关废弃物除动物尸体外,还包括实验动物生产、饲养及动物实验过程中所产生的具有感染性、毒性以及其他危害或潜在危害的废弃物,例如:棉球、棉签、引流棉条、一次性手术衣、纱布及其他各种敷料,一次性卫生用品、一次性实验用品及一次性医疗器械,疾病动物或者受试动物的血液、体液、排泄物及被污染物品,病原体的培养基、标本和菌种,以及实验动物垫料等。废弃物的品种存在多样性,所携带的致病性微生物也存在多样性,因此需要用专用塑料袋进行包装密封,并做好标记,分类存放。其中,具有感染性的实验动物尸体和废弃物,如病原体培养基、标本、菌种等,应消毒灭菌后包装密封于有生物危害标识的专用塑料袋中。一般应设置3种以上颜色的塑料包装袋,便于分类包装,如黄色代表感染性废弃物,黑色代表疑似感染性废弃物,白色代表一般废弃物,如表1所示。废弃物除了用塑料包装袋密封外,还应以贮存桶如带盖的不锈钢桶装载,以便运输^[5]。采用条码技术^[6-7],通过系统软件自动生成条码并打印,然后粘贴到对应的各类实验动物尸体及相关废弃物包装袋上,如图1所示。

表1 实验动物尸体及相关废弃物的分类包装和标识方式

Table 1 Classified packaging and labeling of laboratory animal carcasses and related wastes

种类	包装方式	标识方式
实验动物尸体	黑色塑料包装袋	条码标识
棉球、棉签、引流棉条、纱布及其他各种敷料	黄色塑料包装袋	条码标识
一次性实验用品及一次性医疗器械	黄色塑料包装袋	条码标识
血液、体液、排泄物及污染物品	黄色塑料包装袋	条码标识
病原体的培养基、标本和菌种	黄色塑料包装袋	条码标识
实验动物垫料	白色塑料包装袋	条码标识



图1 废弃物条码示意图

Figure 1 Bar code of waste

2 实验动物尸体及相关废弃物的信息管理系统的的设计

2.1 信息管理系统的的设计内容

采用网际协议的视频监控系统 (internet protocol video surveillance, IPVS) 技术^[8],可通过网络数字摄像机和硬盘录像机对现场各种视频进行实时取证录像,在网络畅通情况下实时上传到云服务器平台。在网络中断情况下,通过现场硬盘录像机进行视频图像存储,待网络恢复后自动补传视频图像 (图2)。具有权限的工作人员可通过信息管理系统实时调阅查看相关视频。

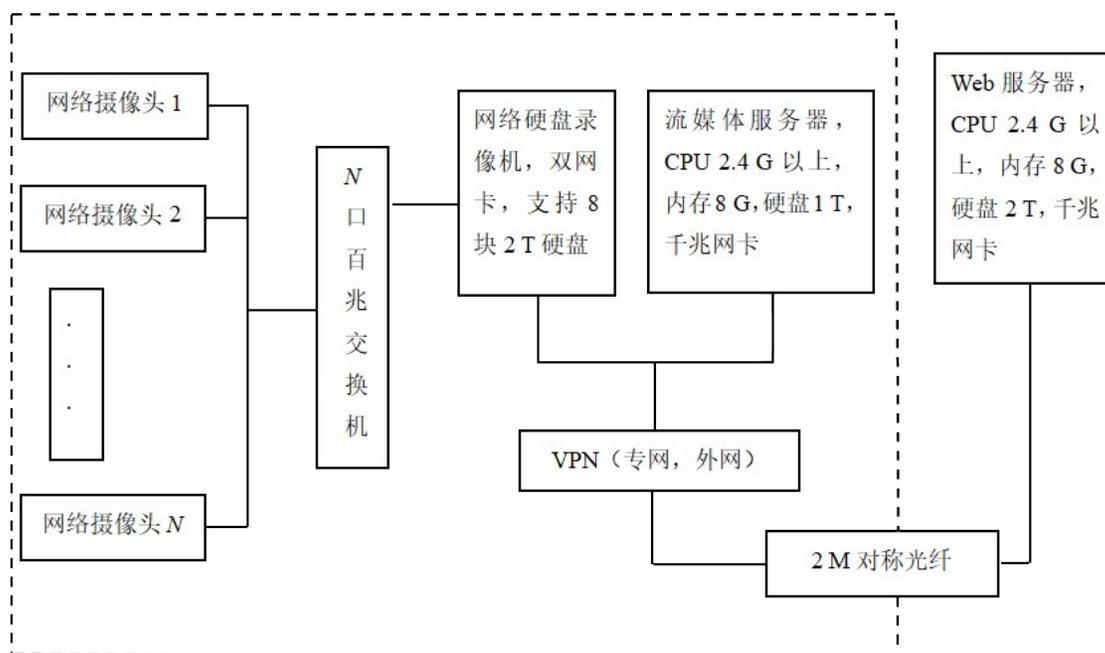
各类实验动物尸体及相关废弃物无害化处置的监管流程包含回收管理、运输过程监管、入库监管、出库监管、处置过程监管、尾气排放监测、废水监测、残留物监测等 (图3)。

2.1.1 回收管理

指定权限的工作人员通过扫描设备对粘贴在废弃物包装上的条码进行扫描识别,录入废弃物名称、种类、收集单位、时间、运输车辆等相关信息。

2.1.2 运输过程监管

用配备隔热保温厢体、制冷机组、车厢内温度记录仪等部件的专用感染性废弃物冷藏车对实验动物尸



注：CPU即中央处理器（central processing unit），VPN即虚拟专用网络（virtual private network）。

图2 实验动物尸体及相关废弃物无害化处置监管系统的结构图

Figure 2 Structure diagram of supervision system for harmless disposal of laboratory animal carcasses and related wastes

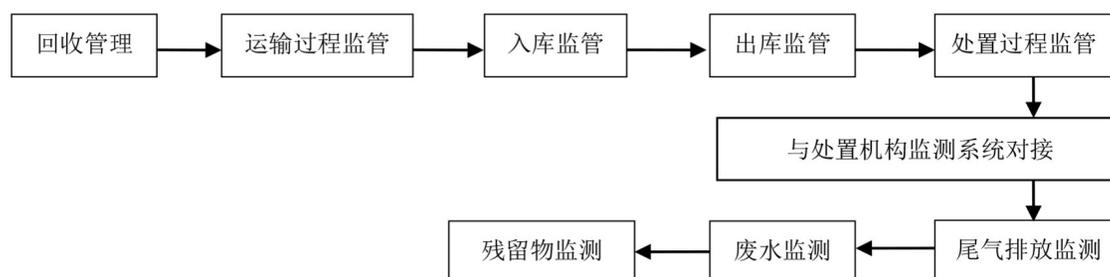


图3 实验动物尸体及相关废弃物无害化处置监管流程图

Figure 3 Flow diagram of harmless disposal supervision of laboratory animal carcasses and related wastes

体及相关废弃物进行全程密封冷藏运输。通过对专用感染性废弃物冷藏车加装GPS的方式，实现对车辆的定位、监控。同时可以调取车辆的历史运行轨迹，做到路线溯源，实现全程监控，保障运输过程中的生物安全。

指定权限的工作人员将运输所需要的资料录入到系统中，并形成相关记录，同时将司机和车辆进行绑定。工作人员还可将封装好的动物尸体拍照，在系统中生成相关档案并留存；同时在进行装袋等操作时全程通过视频监控手段录像，以达到运输过程的全程监管。

2.1.3 出入库监管

指定权限的工作人员通过扫描设备进行出入库操作，并生成相关的出入库记录单据，单据中可体现出入库人员、出入库对象、数量、出入库时间等信息。在出入库过程中，采用视频监控手段进行录像或拍照，并保存视频、图片等证据。

2.1.4 处置过程监管

按照《实验动物 环境及设施》(GB14925-2010)、《实验室生物安全通用要求》(GB19489-2008)标准，对未使用过或仅用作常规科研、检定、检验、教学的实验动物尸体及废弃物，可交由具备《动物防疫条件

合格证》等相关资质的单位,按规定进行集中无害化处置;而接受病原体感染、染毒和放射性实验的实验动物尸体和废弃物,须先行高压灭菌后,再交由具备《危险废物经营许可证》资质且核准经营危险废物处理类别相符的单位集中处置。处置方式采用焚烧法^[9-10],即通过氧化燃烧的方法杀灭病原微生物,将动物尸体及相关废弃物化为灰渣。

指定权限的工作人员通过扫描设备进行销毁操作,并生成相关的销毁记录单据。在整个处置过程中,将重点采用视频监控手段进行全程录像。处置完成后,保存视频资料,并把处置信息传入信息管理系统,以便查阅实验动物尸体及相关废弃物处置情况。

2.1.5 尾气、废水、残留物监测

由于实验动物尸体及相关废弃物处置过程中会产生大量的三废,即废气、废水和固废(残留物),其中含有多种有毒有害物质,若处理不当或未达标而排放,会对环境造成危害,破坏生态环境平衡,影响人体健康。

本系统预留有与无害化处置机构自身的监测系统对接的端口,可共享监测系统中采用高灵敏度的传感器采集的尾气、废水等数据信息。残留物经检验合格后可作为土壤添加剂或肥料,也可作填埋处理;处置过程中需进行详细记录,包括处置单位、时间、数量等信息,并采用视频监控手段全程录像。

2.2 信息管理系统的特点

(1) 创新性:利用计算机网络、条码、卫星定位等技术,可实现实验动物尸体及相关废弃物无害化处置全过程的动态监控。(2) 可查性:实验动物尸体及相关废弃物的分类回收、贮存、运输、处置等过程都可以实时录像或拍照,资料可存档,并可随时查阅。(3) 专人负责,杜绝管理漏洞,确保生物安全。

3 思考及讨论

随着医药产业的不断发展,产、学、研过程中产生的各种医药实验废弃物越来越多。然而在高校、研究机构等实验动物频繁使用单位,“重教学科研、轻安全管理”的问题屡见不鲜。比如,生物安全意识欠缺、管理机制落后、实验动物尸体及相关废弃物的有效处理长期被忽视,由此频发实验室生物安全事故,引起社会的广泛关注^[11-13]。实验废弃物的非科学处理主要包含以下几点:(1) 缺乏对实验动物尸体及相关废弃

物的分类回收处理流程的有效监管;(2) 废弃物的生物安全危害等级无法得到有效评估;(3) 无害化处置机构的软硬件建设相对滞后,无害化处置机构忽视实验动物尸体及相关废弃物的潜在生物安全风险。针对以上问题,我国于2020年颁布了《中华人民共和国生物安全法》,并于2021年4月15日起施行,明确生物安全是国家安全的重要组成部分,加强动物防疫,防止动物源性传染病传播是人民健康、社会安定、国家利益的重要保证。因此,无害化处置技术和监管体系应该同步跟上时代的步伐,落实在医疗废物的收集、运送、贮存、处置以及监督管理等活动中。

目前,无害化处置机构多将着眼点放在处置环节,忽视了废弃物的交接、运输及贮存环节,而部分公共生物安全事故的发生恰恰就始于交接、运输及贮存环节中的漏洞,对这三个环节的监管往往没有得到应有的重视。有学者在对浙江省实验动物行政许可单位的调研中发现,部分单位没有详实的废弃物交接记录,应急预案仅侧重于停水停电、设备故障、动物感染等情况^[14]。由于缺乏对交接和转运流程的有效监管,当发生废弃物丢失的情况时,根本无从追溯废弃物下落,使得应急预案成为一纸空文。规范做好实验动物尸体及相关废弃物的分类回收、贮存、标识、预处理,完善交接手续,加强监管等已成为各实验动物相关单位的共识^[15]。

在近年来重大疫病暴发的情况下,从国民生命健康、国家生态安全、经济社会可持续稳步发展的角度出发,组织协调有关力量,开展实验动物相关生物安全防控工作,建立生物安全监测和预警体系,已迫在眉睫^[16]。无害化处置机构必须承担起自身的社会责任,带动行业形成全流程监管体系,为保障生物安全贡献一份力量。

本文阐述了实验动物尸体及相关废弃物信息管理系统的设计思路及预期效果,但目前仍处于研究开发阶段。例如,该系统尚未实现与无害化处置机构监测系统的对接,不能做到信息共享,无法实时了解处置过程中尾气、废水等指标的排放情况;整个系统的运行效果有待观察;还存在单位间沟通衔接不力、信息资源涉及保密等问题,都需要逐步解决。我们相信随着信息管理系统应用于实验动物尸体及相关废弃物无害化处置过程,将进一步完善整条无害化处置产业链的监督管理体系,从而明显提高实验动物尸体及相关废弃物的无害化处置效率,有力保障全过程生物安全。

[作者贡献]

李勇：主持研究，撰写文章；
周亮：提出方案及实施，修改文章；
何勇、闫志峰：共同讨论方案及实施；
王海江：指导方案的实施，审核及修改文章。

[利益声明] 所有作者均声明本文不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 秦川, 谭毅. 医学实验动物学[M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [2] 江涛, 郭姣, 张锦红, 等. 浅谈我院实验动物尸体、废弃物无害化处理的经验[J]. 实验动物科学, 2009, 26(1): 65-66, 69. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6179.2009.01.020.
- [3] 张紫娟, 杜彩霞, 刘沛霖. 我院机能实验室废弃物无害化处理原则与方法[J]. 中医药管理杂志, 2014, 22(3): 466-467. DOI: 10.16690/j.cnki.1007-9203.2014.03.113.
- [4] 周亮, 闫志峰, 李勇, 等. 实验动物尸体无害化处置现状分析[J]. 四川解剖学杂志, 2020, 28(1): 198-200. DOI: 10.3969/j.issn.1005-1457.2020.01.096.
- [5] 翁顺太, 郑立锋, 蔡武卫, 等. 实验动物的废弃物管理[J]. 海峡预防医学杂志, 2007, 13(6): 106-107. DOI: 10.3969/j.issn.1007-2705.2007.06.078.
- [6] 姬飞飞. 条码识别技术及其应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
- [7] 张进香. 探究条码技术在医院档案管理中的应用[J]. 办公室业

- 务, 2021(1): 191-192. DOI: 10.3969/j.issn.1004-647X.2021.01.091.
- [8] 高治力. IP 视频监控系统中误码掩盖技术的研究与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.
- [9] 杨立国, 李传友, 熊波, 等. 动物尸体无害化处理技术应用分析[J]. 农机科技推广, 2014(7): 36-38.
- [10] 张阔, 田枫, 康爱君, 等. 2016年北京地区实验动物废弃物处理方法的调查与分析[J]. 中国比较医学杂志, 2017, 27(11): 60-63. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2017.11.012.
- [11] 罗银珠, 闽凡贵, 王静, 等. 病原微生物防控在实验动物设施管理与生物安全控制中的作用探讨[J]. 实验动物与比较医学, 2021, 41(5): 443-449. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2020.219.
- [12] 宋国英, 许燕, 朱美霖, 等. 医学院校实验动物及实验室安全培训的实践探索[J]. 实验动物与比较医学, 2021, 41(5): 450-454. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2021.010.
- [13] 董智强, 罗雷, 王玉林, 等. 广州市某高校动物实验室生物安全事件的调查与分析[J]. 医学动物防制, 2010, 26(1): 14-15, 18.
- [14] 胡慧颖, 柯贤福, 施张奎, 等. 浙江省实验动物行政许可单位管理现状及分析[J]. 中国比较医学杂志, 2013, 23(5): 67-69. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7856.2013.05.016.
- [15] 张惠芹, 周骥平, 何朝龙, 等. 实验动物尸体处理系统的建立与运行管理[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(6): 251-254. DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2017.06.063.
- [16] 钱军, 孙玉成. 实验动物与生物安全[J]. 中国比较医学杂志, 2011, 21(S1): 15-19, 12.

(收稿日期: 2021-04-02 修回日期: 2021-11-16)

(本文编辑: 富群华, 张俊彦, 赵宇朋)

《中华人民共和国生物安全法》：生物技术研究、开发与应用安全

《中华人民共和国生物安全法》由中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十二次会议于2020年10月17日通过，自2021年4月15日起施行。

第四章 生物技术研究、开发与应用安全

第三十四条 国家加强对生物技术研究、开发与应用活动的安全管理，禁止从事危及公众健康、损害生物资源、破坏生态系统和生物多样性等危害生物安全的生物技术研究、开发与应用活动。从事生物技术研究、开发与应用活动，应当符合伦理原则。

第三十五条 从事生物技术研究、开发与应用活动的单位应当对本单位生物技术研究、开发与应用的安全负责，采取生物安全风险防控措施，制定生物安全培训、跟踪检查、定期报告等工作制度，强化过程管理。

第三十六条 国家对生物技术研究、开发活动实行分类管理。根据对公众健康、工业农业、生态环境等造成危害的风险程度，将生物技术研究、开发活动分为高风险、中风险、低风险三类。生物技术研究、开发活动风险分类标准及名录由国务院科学技术、卫生健康、农业农村等主管部门根据职责分工，会同国务院其他有关部门制定、调整并公布。

第三十七条 从事生物技术研究、开发活动，应当遵守国家生物技术研究开发安全管理规范。从事生物技术研究、开发活动，应当进行风险类别判断，密切关注风险变化，及时采取应对措施。

第三十八条 从事高风险、中风险生物技术研究、开发活动，应当由在我国境内依法成立的法人组织进行，并依法取得批准或者进行备案。从事高风险、中风险生物技术研究、开发活动，应当进行风险评估，制定风险防控计划和生物安全事件应急预案，降低研究、开发活动实施的风险。

第三十九条 国家对涉及生物安全的重要设备和特殊生物因子实行追溯管理。购买或者引进列入管控清单的重要设备和特殊生物因子，应当进行登记，确保可追溯，并报国务院有关部门备案。个人不得购买或者持有列入管控清单的重要设备和特殊生物因子。

第四十条 从事生物医学新技术临床研究，应当通过伦理审查，并在具备相应条件的医疗机构内进行；进行人体临床研究操作的，应当由符合相应条件的卫生专业技术人员执行。

第四十一条 国务院有关部门依法对生物技术应用活动进行跟踪评估，发现存在生物安全风险的，应当及时采取有效补救和管控措施。

(《实验动物与比较医学》编辑部摘录)