

# 美国等发达国家生物监测预警能力的发展现状及启示

郑涛<sup>1</sup>, 叶玲玲<sup>1</sup>, 李晓倩<sup>2</sup>, 田德桥<sup>1</sup>, 程瑾<sup>3</sup>, 祖正虎<sup>1</sup>, 谢英华<sup>1</sup>,  
徐建国<sup>4</sup>, 夏咸柱<sup>5</sup>, 沈倍奋<sup>6</sup>

(1. 中国人民解放军军事医学科学院生物工程研究所, 北京 100071; 2. 中国人民解放军军事医学科学院疾病预防控制所, 北京 100071; 3. 中国人民解放军医学图书馆, 北京 100039; 4. 中国疾病预防控制中心传染病预防控制所, 北京 102206; 5. 中国人民解放军军事医学科学院军事兽医研究所, 长春 130062; 6. 中国人民解放军军事医学科学院基础医学研究所, 北京 100850)

**摘要:** 监测预警是生物安全能力的重要组成。本文通过对美国等发达国家生物监测能力总体情况的研究, 从战略规划制定、体制机制改革、人才与平台建设以及发挥科技支撑作用等方面对加强我国生物监测能力建设提出了建议。

**关键词:** 生物监测; 预警; 生物检测; 生物安全; 能力建设

**中图分类号:** X835 **文献标识码:** A

## Review on Biosurveillance and Early Warning Capabilities in the United States and Other Developed Countries

Zheng Tao<sup>1</sup>, Ye Lingling<sup>1</sup>, Li Xiaoqian<sup>2</sup>, Tian Deqiao<sup>1</sup>, Cheng Jin<sup>3</sup>, Zu Zhenghu<sup>1</sup>, Xie Yinghua<sup>1</sup>,  
Xu Jianguo<sup>4</sup>, Xia Xianzhu<sup>5</sup>, Shen Beifen<sup>6</sup>

(1. Institute of Biotechnology, Academy of Military Medical Sciences, Chinese PLA, Beijing 100071, China; 2. Institute of Disease Control and Prevention, Academy of Military Medical Sciences, Chinese PLA, Beijing, 100071, China; 3. Medical Library of Chinese PLA, Beijing 100039, China; 4. National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 5. Institute of Military Veterinary, Academy of Military Medical Sciences, Chinese PLA, Changchun 130062, China; 6. Institute of Basic Medical Sciences, Academy of Military Medical Sciences, Chinese PLA, Beijing 100850, China)

**Abstract:** Surveillance and early warning are key parts of a country's biosecurity capability. In this paper, we investigate the overall status of US and other countries' research and development regarding their own capability for biosurveillance. We make several recommendations to strengthen biosurveillance capability in China, including strategic-planning formulation, mechanism reform, personnel training, and infrastructure platform construction. In addition, we comment on strengthening the supporting role of science and technology.

**Keywords:** biosurveillance; early warning; biodetection; biosecurity; capability building

收稿日期: 2016-12-15; 修回日期: 2017-02-23

通讯作者: 沈倍奋, 中国人民解放军军事医学科学院基础医学研究所, 研究员, 中国工程院, 院士, 主要研究方向为分子免疫学;

E-mail: shenbf0714@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“国内外生物监测预警能力建设现状及建议”(2014-XY-35)

本刊网址: www.enginsci.cn

进入 21 世纪, 随着国际发展与安全形势的激烈变化, 生物威胁已经成为国际重大的安全威胁之一。中国共产党第十八次全国代表大会以来, 党中央提出安全与发展并重, 高度重视国家安全工作, 并全面布局国家安全体系建设。鉴于我国面临的生物威胁形势, 加强我国生物监测预警能力不仅意义重大, 而且势在必行。生物监测能力建设是复杂工程, 借鉴其他国家的经验和教训可以少走弯路。本文对美国等发达国家生物监测能力发展的总体情况进行了研究, 希望对加强我国生物监测能力建设有所启示。

## 一、监测预警是生物安全能力的重要组成部分

生物安全是指全球化时代国家有效应对生物及生物技术的影响和威胁, 维护和保障自身安全与利益的状态和能力。生物监测预警能力是生物安全的重要组成部分, 不仅是发现险情危情的“哨兵”, 更是应对威胁的第一道“盾牌”, 是实施积极防御的首要依托, 也是国家生物安全能力先进性的重要体现 [1]。

生物监测预警既是技术、装备与信息系统高度融合的设施体系, 也是检测、监测与预警等高度关联的功能体系。生物检测是生物监测的重要基础, 主要包括形态学检测、理化检测、免疫学检测和核酸检测等基本方法。近年来, 这些方法与物理、化学、信息以及先进制造领域等结合而发展起来的物质谱、生物传感器、生物芯片等生物检测技术及装备, 丰富了生物检测手段, 推动了生物检测装备的发展, 提高了生物检测水平。生物监测主要包括病例监测、实验室网络监测、环境监测、症状监测以及事件监测等。生物检测和生物监测各有不同的特点和适用环境, 但生物检测是关键共性技术的基础。另外, 随着计算机与信息技术等的快速发展, 当前生物监测的信息化特征日益突出。目前, 已经从数据信息的收集、传输与汇总功能开始转变为集全谱监测、信息集成、数学建模、数据挖掘、风险评估与态势预警等多功能为一体的综合监测预警功能, 并且日益成为生物事件应急管理 with 辅助决策综合信息平台的重要组成部分。

生物监测系统必须兼备准确性、敏感性和及时性等基本特征, 而且实践中往往需要多种方法

的综合使用。上述的生物检测、监测与预警能力之间具有很强的内在联系, 在很多情况下很难截然分开, 且往往并行发挥作用, 所以, 我们认为在国家生物监测能力建设上可以把它们统一起来, 统称为监测预警。

## 二、国外生物监测的发展现状与趋势

### (一) 纳入国家安全战略

美国颁布的与生物安全相关的战略与法令很多, 尤其 2001 年炭疽事件发生之后, 发布了《国家生物防御战略》《应对生物威胁国家战略》和《生物监测国家战略》等多个生物安全国家战略。2013 年 6 月, 美国发布的《国家生物监测科学和技术路线图》聚焦于全面加强和升级国家生物监测预警体系, 标志着美国完成了加强生物安全能力建设的国家综合战略部署 [2]。英国、法国、德国和俄罗斯等国也陆续制定了防御生物威胁的战略规划或计划。

### (二) 研制多种生物战剂监测装备

生物监测装备主要是随着生物武器防御而发展起来的。近年来由于生物恐怖防御的需要, 美国加快了生物监测装备系统的发展, 主要包括联合生物战剂识别与诊断系统 (JBAIDS)、M31 生物综合监测系统 (BIDS)、M93 核生化侦察系统等 [3]。另外, 英国开发了集成生物检测系统 (IBDS) 和海洋生物检测系统 (MBDS), 法国研制了生物警报监测器 (MAB), 德国研制了分析处理和特异性识别系统 (APSYS) 等。美国等发达国家生物剂侦检装备研发的特点和趋势主要体现在 4 个方面: 一是注重技术发展, 确保装备高效灵敏; 二是重视模块化设计, 集成使用发挥整体优势; 三是减轻后勤支持负担, 提升装备保障水平; 四是强调集成整合, 提高信息化网络保障水平。

### (三) 建立多种国家性生物监测系统

国家性生物监测主要包括病例监测、实验室网络监测、环境监测、症状监测以及事件监测等, 被动监测和主动监测相结合, 面向境内和境外任务区。典型系统如美国建立运行的多层次、多部门、多功能、全国性的高度网络化的生物威胁实验室应对网

络(LRN)、美国实施的生物监测(BioWatch)计划和生物传感(BioSense)计划以及美军症状监测系统(ESSENCE),另外还有法国位于法属圭亚那的流行病监测项目(2SE FAG系统)、英军疾病和症状远程监视原型系统(PRISM)、澳大利亚哨点实践研究网络(ASPREN)、加拿大全球公共卫生情报网络(GPHIN)等[4~7]。近年来,美国等西方发达国家在继续完善被动监测系统的基础上,主要发展主动监测系统。

#### (四) 发展监测预警网络体系

信息系统是生物威胁监测能力的重要基础。在信息系统建设方面,美国最为发达,体现出国家统筹与部门主动相结合的特点,但也暴露出重复建设的问题。2005年,美国6个联邦机构已建立和研发的应对生物威胁的信息系统共有72个,涉及生物威胁的所有政府部门都建立了多种信息系统,多数信息系统已实现了有效沟通和联系,形成了密集的监测预警信息系统;另外,还有一些正在论证或研究的系统,其目的主要是为了更好地支持联邦机构对于公共卫生突发事件的准备、反应、加强信息沟通及联络的能力。如美国卫生部牵头的国家环境公共卫生监控网络(NEPHTN),国防部牵头的疫情暴发监测系统(EOS)和生物威胁预警系统(Bio-ALIRT),以及能源部牵头的反生物和化学恐怖技术支持项目(PROTECT)等[8~10]。

#### (五) 整合监测预警信息系统

2013年6月,美国发布了《国家生物监测科学与技术路线图》(以下简称《路线图》),它是配合2012年7月发布的《生物监测国家战略》的科技实施计划,是美国升级打造立足国内、放眼全球的新型生物威胁监测体系的重要战略举措[1]。《路线图》对美国联邦政府机构和部门已有项目计划进行了梳理,确定了后续发展的重点,包括美国国家生物监测整合系统(NBIS)、国家生态观测网络(NEON)、国家动物健康监控系统(NAHMS)、野生动物和人类病原体扩散全球监测网、国防部下一代诊断系统(NGDS)、国防部社区流行病早期报告电子监测系统(ESSENCE)、国防部生物检测“生态系统”计划等。《路线图》试图克服重复建设的弊端,重点加强部门间的合作,促进数据交换融合,增强信息

数据整合处理能力,创新发展不同系统间的信息数据集成与分析预警能力。

#### (六) 发挥监测预警管理平台中枢作用

生物监测信息数据只有经过分析才能发挥其应有的作用。检测鉴别是生物监测的“触角”,信息数据的传输系统是生物监测的“神经网络”,而数据的加工处理与应用是生物监测的“神经中枢”,监测预警平台则是神经中枢的最重要实体的体现,是发挥监测预警作用的信息中枢和实施生物事件应急管理的关键依托。美国等西方发达国家在该领域遥遥领先,他们研制的多个生物监测预警系统管理平台已经投入使用,并且仍在不断发展完善,代表着生物威胁应急管理综合指挥管理平台建设的发展趋势,包括HPAC、EpiSimS、BioWar、GLEaMviz、NARAC、ARGOS等系统平台[11~13]。这些系统平台基本都是军方或安全机构主导研制的,技术敏感性高,是西方国家对我国实施封锁的重要技术。

总之,以美国为首的发达国家通过国家统筹规划,实施军民分工合作,充分发挥科技支撑作用,已经建立了先进的国家生物监测体系,在应对生物威胁方面发挥了重要作用。

### 三、发达国家生物监测能力建设对我们的启示

我国生物安全能力总体落后,与发达国家的先进水平相比差距明显,在生物威胁的信息获取、综合分析及预警应用方面差距更大,这种局面与我们国家的安全需求很不适应。生物监测能力建设涉及多个行业,面临诸多科学技术挑战,工作头绪多,经费需求大,时间周期长,任务极其艰巨。他山之石可以攻玉,美国等国家生物监测能力建设的总体部署与实施的经验和教训,应该对我们有所启示。

#### (一) 做好顶层设计是前提

把监测预警能力建设纳入国家生物安全发展总体规划。建立统筹管理制度,做好顶层设计,自上而下统筹规划,有计划地加快发展生物检测、监测和预警技术及其应用。设立科技专项,选择优势科研机构和生产制造企业,强强联合,形成有利于技术产品研究、制造、试验、部署以及升级发展和能

力建设的链条。建立技术标准规范,克服各自为政和多头重复研究现象,有计划、有侧重地加快我国生物监测预警能力建设。

## (二) 实施统筹管理是关键

建立完善的信息共享制度,在确保安全和保密的前提下,加强数据开放性,建立数据采集、数据传送、数据应用和数据应用的通畅链条。建立技术标准规范,克服数据不规范、不完整、不兼容等现象,建设数据共享的高速路。建立各部门联合机制,克服各自为政的数据孤岛、互不匹配的数据碎片化、数据多但利用少等现象,建设数据池,节约成本。分别依托军事医学科学院和中国疾病预防控制中心,建立军队和地方两个国家级生物安全监测预警综合平台,协调发展,发挥统筹引领作用。

## (三) 完善网络体系是基础

实施三维监测战略,发展建设海外监测、国境监测和国内监测等三层监测预警网。重视海外生物威胁动态追踪分析,发展海外监测哨点以及加强国际合作;通过加强边境地区的疫情监测以及海关检疫系统的“门卫”作用,有效增强国境监测能力;发展新型监测系统,进一步细化国内生物监测网格,建立不同系统间的数据共享机制。

## (四) 加强科技创新是核心

重视新型和人工病原体发现检测技术研究。加强新发和外来烈性病原体、耐药病原体、基因修饰病原体及人工合成病原体等综合风险评估研究,提高新发和未知来源的生物威胁识别和溯源能力。

重视重大生物安全事件发生、发展动力学研究。有针对性地开展重要病原微生物气溶胶在军事要地、重点城市、经济发达地区等不同环境下的扩散动力学以及规律研究,发展生物威胁态势预测能力。

重视现场快速检测技术研究。加快开展有害生物现场快速检测技术与装备研究,满足不同环境用户的需要。该领域的技术装备应用面广,市场容量大,因此也是生物防御产业的重点领域。

重视有害生物识别及溯源技术研究。加强基于生物学、物理学和化学方法的重要危害生物分子标识识别及来源追踪技术研究,为生物威胁的来源追踪和生物事件的应急防控提供支持。

重视生物安全实时监测技术研究。加强我国重要战略地区与目标的动植物和微生物的种群特征、环境适应性、遗传信息等本底特征数据库建设,加强生物威胁预警的信息获取数字化、信息传输网络化、信息处理高效化和信息分发自动化等技术研究,发展实时在线监测预警系统,提高维护日常安全能力。

重视生物安全大数据挖掘和信息整合技术研究。发挥多学科交叉优势,组织优势单位开展创新研究,提高生物安全监测数据的整合与转换技术,监测数据的筛选与甄别技术,监测数据信息实时获取、整合与分析技术,生物安全相关大数据采集、挖掘和分析技术等。

## 致谢

参加本咨询项目的专家还有很多,因篇幅所限未能一一列出,在此对他们热心指导和专业建议表示感谢。

## 参考文献

- [1] 郑涛. 生物安全学 [M]. 北京: 科学出版社, 2014.  
Zheng T. Biosecurity [M]. Beijing: China Science Publishing and Media Ltd., 2014.
- [2] The White House. National biosurveillance science and technology roadmap [EB/OL]. (2013-06) [2016-11-15]. [https://www.obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/biosurveillance\\_roadmap\\_2013.pdf](https://www.obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/biosurveillance_roadmap_2013.pdf).
- [3] Homeland Security Research Corp. Bio-terror & infectious disease outbreak: Detection technologies and global markets [EB/OL]. (2012-03-26) [2016-11-15]. <https://www.giiresearch.com/report/hom234938-bio-terror-infectious-disease-outbreak-detection.html>.
- [4] Morris S A, Kellogg R, Perry S, et al. Detecting bio-threat agents: The laboratory response network [J]. *Asm News*, 2003, 69(9): 433-437.
- [5] Loonsk J W. BioSense: A national initiative for early detection and quantification of public health emergencies [J]. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2004, 53(suppl.): 53-55.
- [6] Jefferson H, Dupuy B, Chaudet H, et al. Evaluation of a syndromic surveillance for the early detection of outbreaks among military personnel in a tropic country [J]. *Journal of Public Health*, 2008, 30(4): 375-383.
- [7] Mykhalovskiy E, Weir L. The global public health intelligence network and early warning outbreak detection: A Canadian contribution to global public health [J]. *Canadian Journal of Public Health*, 2006, 97(1): 42-44.
- [8] Siegrist D, Pavlin J. Bio-ALIRT biosurveillance detection algorithm evaluation [J]. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2004, 53(suppl.): 152-158.

- [9] Franco C. Billions for biodefense: Federal agency biodefense funding, FY2008—FY2009 [J]. *Biosecurity and Bioterrorism Biodefense Strategy Practice and Science*, 2008, 6(2): 131–146.
- [10] Franco C. Billions for biodefense: Federal agency biodefense funding, FY2009—FY2010 [J]. *Biosecurity and Bioterrorism Biodefense Strategy Practice and Science*, 2009, 7(3): 291–309.
- [11] Carley K M, Fridsma D B, Casman E, et al. BioWar: Scalable agent-based model of bioattacks [J]. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 2006, 36(2): 252–265.
- [12] Jefferson H, Dupuy B, Chaudet H, et al. Evaluation of a syndromic surveillance for the early detection of outbreaks among military personnel in a tropic country [J]. *Journal of Public Health*, 2008, 30(4): 375–383.
- [13] Jones J H, Salathe M. Early Assessment of anxiety and behavioral response to novel swine-origin influenza A(H1N1) [J]. *PLoS One*, 2009(4): e8032.