

应对生物恐怖袭击的安全保障技术研究

高缨, 耿葵, 韩俊杰, 陈通, 吴友朋

(第二炮兵装备研究院 北京 100085)

摘要: 国际恐怖活动日趋猖獗, 生物恐怖袭击时有发生, 本文通过对生物恐怖袭击的危害特点分析, 对生物恐怖的安全保障技术进行了研究。

关键词: 生物恐怖袭击 安全保障技术

0 前言

生物技术的发展增加了生物威胁。微囊包封技术、DNA 自动排序技术、噬菌体库、发酵增殖微生物或真核细胞载体生产蛋白毒素技术、微生物治虫技术、微生物类型控制技术等技术增加了生物威胁剂的种类, 提高了生物剂的稳定性。生物工程技术、微珠表面哺乳动物细胞培养技术、计算机控制的续流发酵技术、中空纤维技术、超滤分离技术等大量生产技术和装备使生物武器的生产更加简单方便。基因修饰微生物或毒素可任意改造微生物, 增加其毒性、抗药性和环境稳定性, 甚至产生新的病原体; PCR (聚合酶链反应) 与化学方法结合不需要天然微生物就可复制毒素基因; 用基因重组方法制取的嵌合病毒可逃避特定的监测系统, 使原先接种获得的免疫力无效。近年来世界上生物恐怖袭击事件越来越多, 通过对生物恐怖袭击特点的分析, 加强对生物恐怖的监测技术的研究, 进行生物安全监测和早期预警, 对于有效应对生物恐怖具有重要的现实意义。

1 生物恐怖袭击的特点

生物恐怖袭击的历史由来已久, 第二次世界大战期间生物武器也被多次使用, 现代生物袭击威胁事件屡有发生。生物恐怖袭击与爆炸、核放射以及化学袭击相比, 其杀伤性、危害性、突发性、隐蔽性、易获得性更大。

1.1 杀伤性大, 危害长期

目前常规使用的生物战剂约有 32 种, 分为细菌、病毒、立克次体、衣原体、毒素和真菌六类。生物战剂的毒性比现有的化学毒剂高 100-1000 倍, 为烈性传染性致病微生物, 其毒力大, 感染剂量小, 少量病原体侵入人体就可以使人中毒或感染发病。采用气溶胶施放方式杀伤扩散面积大, 受害人群广, 是最直接、最经济、杀伤性最强的攻击方式, 其传播途径多, 污染范围广。携带病原体的人或动物对环境构成极大威胁, 在缺少严密防护、人员密集、卫生条件差的情况下, 很容易传播、蔓延, 引起传染病流行。生物恐怖剂具有生物活性, 在特定条件下某些病原体可长期存活。鼠疫杆菌在阴凉处可存活数周, 鼠疫杆菌和土拉杆菌能长期寄生在某些啮齿类动物身上。1942 年英军在 Gruinard 岛试用了炭疽芽胞杆菌炸弹, 其污染在 44 年之后才被彻底消除。当生物战剂污染区内存在鼠、蚊、蝇、虱、跳蚤、蜘蛛等易感动物和媒介生物, 在条件具备时可能形成新的自然疫源地, 其危害时间可能会长期持续下去。同时在人口密集的地方进行生物恐怖之后, 还将不可避免地造成难以控制的大规模次生危害或次生感染扩散, 并且在地铁、剧院、商场等人口密集的地方发生生物恐怖袭击, 除了对人的肌体造成严重伤害外, 还将对人的心理造成长期伤害, 形成社会范围的精神恐惧。

1.2 隐蔽性强, 突发性强

生物恐怖剂种类繁多, 多为无色、无味的气溶胶或白色粉末, 携带方便, 通常不需要太多的装备和手段就可经多种途径施放在任意地点、任意时间进行突发性的恐怖袭击, 如以气溶胶形式分散在大气中, 以液体形式污染水源, 以昆虫、动物等各种媒介传播, 甚至还可以随手丢弃、置放在不易被发觉的角落等, 各种传播途径在条件适宜的情况下, 都可以造成大范围的污染。且生物恐怖事件制造者往往要采取伪装措施,

加之危险源随着恐怖分子的活动并不固定,因而很难预测。使用生物恐怖剂后,形成杀伤浓度需要一定的发病期,这个时间短的为几个小时,长的为几天,且传统的检测方法时间长,难以在第一时间快速反应、识别,从而错过有效的干预和控制时机,且便于恐怖分子从容地逃离现场,因而备受恐怖分子的青睐。

1.3 生产容易、成本低廉

生物剂的制备不需要严格的生产条件,对纯度的要求也不高,只要具备传染性和伤害性,就可被用于恐怖袭击。其培养设备简单,原料来源广泛,容易获得,便于保存,制造成本低,研制隐蔽性强,几乎在任何地方都可以研制和生产。生物恐怖活动可以选用的生物战剂种类很多,恐怖分子或恐怖集团只要掌握生产战剂的基本知识或得到小量的生物菌种,在适宜的条件下,可以在短时间内大量地生产和繁殖生物战剂,并掌握其进行攻击的方法,特别是针对人群密集的城市、车站、机场、港口等交通枢纽及水源、食物简单易行。联合国军事专家测算出:破坏1平方公里所需要的费用,常规武器为2000美元,核武器为800美元,化学武器为600美元,而使用生物武器的费用只有1美元。在合适的条件下,在一座面积类似华盛顿的城市上空播撒100千克含有炭疽菌的粉末,就可能造成100万至300万人死亡。

2 生物恐怖袭击安全保障技术

面对日趋严峻的生物安全形势,美、英、德、法、日等国家相继组建了国家分级管理的生物防御体系,积极制定和出台相关政策法规,制订系统完整的生物安全保障计划,不断加大经费投入,部署和加强相关科学研究,以提高生物防御能力。

美国历来十分重视生物安全保障工作,自“炭疽粉末”事件后,生物安全保障被提升到前所未有的高度。2002年以来,成立了国土安全部和国家生物防御与对策研究中心,签署了“公共卫生和生物恐怖准备和应对法案”,经费投入超过300亿美元。为了全面加强生物安全保障体系建设,美国制定实施了三个相互关联的生物安全保障计划,构建了国家生物危害监测预警网络化系统:其中生物监测计划(Project BioWatch)主要目标是在全国120个城市使用生物气溶胶监测报警系统对生物恐怖威胁的环境空气进行早期监测、采样和早期预警,检测空气中可能存在的危险生物战剂及烈性病原体,目前已在30多个大城市部署了4000多个大气监测站。生物传感计划(Project BioSense)从2005财年开始支持,该计划旨在缩短从探测危险病原体至做出适当反应的时间,建立起当地、州和联邦部门之间快速实时传输有关数据的能力。生物盾牌计划(Project Bioshield)是一项10年计划,主要目标是针对炭疽杆菌、天花病毒、鼠疫杆菌、肉毒毒素、埃博拉病毒等可能用于生物恐怖的病原体,研发相应的疫苗、药物、诊断与治疗方法,并授权FDA在紧急情况下可批准使用未完成临床试验的新药,并加强药品储备,以提高美国处置生物恐怖的能力。目前,这三个计划和其它生物防御计划已被整合到“21世纪生物安全保障计划”中,美国政府于2004年4月公布了该计划,作为美国应对生物威胁的整体防御规划和国家战略。美国已开展生物危害地形点扩散和线性扩散等多尺度动态预测预警技术的研究,分析危害程度与危害范围,并追踪溯源;同时已在华盛顿机场等4000个生物危害监测站,部署了生物气溶胶监测预警装备。

英国政府十分重视生物恐怖袭击的预防和控制。2003年2月9日,英国政府决定在全国范围内安装生化探测仪,以便在恐怖分子发动生化袭击时能够尽早向公众发出警报。德国于成立了生物战剂信息中心,主要就德国面临的生物战剂袭击的可能性及预防措施等进行评估和研究。德国政府通过了预防生化恐怖袭击的紧急计划,决定增加疫苗的储备,并采取措施,增强生物安全保障的能力。法国在原反恐怖计划外,启动了“生化防毒计划(BIOTOX)”,将用于生物安全的预算增加到1.52亿欧元,计划主要包括加强传染病和其他生物危害事件的监测和预警,加强抗生素和疫苗生产,以及增强对生物危害事件的应急处置和对患者的诊治能力。日本在通过了《政府生化恐怖活动对策基本方针》,加强了对生物、化学制剂的管理力度和警备,强化了相关机构反核化生恐怖能力,新建了六个核化生恐怖活动搜查队,强化了专业药品与疫苗的研究与储备。

2.1 生物危害监测报警技术

随着科学技术的不断发展,未来国内恐怖势力使用生物恐怖等大规模杀伤性手段,以最小代价造成最大影响的危险趋势不可低估。对于防止生物恐怖的扩散,早期监测预警与及时准确的识别是掌握主动的决定性因素,可以为快速应对突发生物恐怖事件和疫情传播防控,提供决策支持和技术保障。

从生物监测技术的发展历史来看, 2001 年以前国外生物危害监测预警技术主要以军事用途为主, 其目的是在发现生物武器攻击的征兆后, 被动地检测和识别生物战剂的种类, 为人员防护和消除污染提供决策依据, 使用的检测技术是传统的细菌培养或 PCR 技术, 基本的方式是移动实验室形式; 侦检技术主要采用的是生物传感器技术, 基础是各类生物传感器的应用, 如酶传感器、抗原抗体和受体传感器和基因传感器, 通过离子迁移率谱法、质谱法、色谱法、电化学池法仪器进行侦检。2002 年以后, 生物监测技术的发展目标转向以生物安全为主。生物监测的核心和关键技术主要是利用生物大容量气溶胶粒子虚拟撞击浓缩分离技术、气溶胶粒子空气动力学直径测量技术、壳流包裹粒子排队加速技术、激光诱发生物粒子固有特征物质发光技术、生物物理技术、生物免疫技术和智能化识别传感技术等技术, 直接对大气中气溶胶进行监测, 连续、实时、在线地分析气溶胶粒子的生物学特征, 在几分钟内可发出预警信号。鉴于可吸入活性生物粒子的粒径在 $1\ \mu\text{m}$ - $10\ \mu\text{m}$ 范围内, 在采样后, 将被浓缩分离过的 $1\ \mu\text{m}$ - $10\ \mu\text{m}$ 气溶胶粒子进行加速, 分散成单个粒子束, 并以层流的形式通过光学检验区。在光学检验区通过的单粒子, 依次经红光激光和紫光激光照射。红光经多组透镜处理分成双波峰, 通过测定待测粒子经过双波峰的时间差, 可得出粒子的飞行时间, 从而计算出其空气动力学粒径和粒子数。具有很强能量的紫外光照射到生物粒子上时, 特定波长的紫外光会激发出生物粒子本身所具有的生命分子(如 NA(P)DH 等)发出特定荧光, 通过检测其荧光强度, 可以确定生物粒子的数量, 判别是否有生物粒子的异常变化。

生物气溶胶的检测技术经历了三个阶段: 传统的离线检测→无生物学特异性在线检测→生物学特异性在线检测。在生物危害生物学特异性快速在线监测检测技术领域, 美国、欧盟的技术处于国际领先水平。许多装备的研发模式基本上都是先从大型、复杂、定点、车载开始, 随着技术的发展和不断创新, 进行高度的集成和优化, 最终实现装备的小型化, 直至便携或手持。检测采用免疫胶体金技术(immunogold labelling technique), 通过在还原剂存在情况下, 氯金酸被还原析出纳米级的金颗粒, 形成带负电的疏水胶溶液, 在静电作用而成为稳定的胶体状态。蛋白质等被吸附到胶体金颗粒表面形成包被而被胶体金标记, 于显微镜下可见黑褐色颗粒。当这些标记物在相应的配体处大量聚集时, 肉眼可见红色或粉红色斑点, 因而可用于定性或半定量的快速免疫检测。目前在微生物学检验中常用的是快速免疫金渗透法和免疫层析法。

2.2 生物洗消防护技术

用于生物危害洗消的是各种消毒剂, 所涉及的技术主要是常用的物理或化学方法, 如气溶胶技术、环氧乙烷消毒技术、高压消毒技术等, 目前催化消毒是发展的关键技术。随着新的生物战剂的出现, 对洗消剂的要求也越来越高, 因而研究多用途、低腐蚀、无污染且具有快速反应能力的洗消剂是洗消剂研究发展的主要趋势。生物酶催化、过氧化物消毒剂、纳米金属氧化物和自动消毒涂料技术都具有实用潜力。

防护的关键技术主要有通风滤毒、正压技术和材料技术等, 正压技术是集体防护装备的关键。防护服、面具、手套和防护帐篷的关键技术是材料技术, 在使用丁基胶布等传统材料外, 发展高氟离子交换聚合物材料、复合植绒材料的新型材料是发展的方向。随着生物技术的发展, 生物材料技术在防护装备方面也将得到应用。此外, 纳米材料技术也可能为防护装备的发展提供新的契机。

2.3 生物预警和评估技术

通过基础信息支撑技术平台, 开发对异常的发病情况的识别的轻型流行病学高级识别与应急系统; 采用人工智能技术开发人群实时健康监测系统, 在对一定时期内不同病人的相关数据进行整合的基础上, 当出现异常变化时, 与一般人群发病和相关卫生标准进行比较、分析, 从而对疾病流行或受到生物恐怖袭击的可能性进行推测; 研制生物监测、分析、反馈、评估与反应系统, 缩短监测和判断时间。

对于生物危害评估, 目前对气溶胶施放方式研究较多, 如美农业部、美国航空和航天管理局以及美军共同开发出 AGDISP (版本 8.08) 系统, 通过预测空中喷洒物质的运行轨迹, 包括其平均位置及涡流引起其位置的变化, 对污染范围进行预测。美能源部和橡树岭联合大学等共同研发了多种用于描述生物气溶胶在大气中扩散的计算机模型, 并对引起炭疽、鼠疫、天花等重要生物战剂不同播散方式的危害评估从不同角度出发建立了一些模型, 但都缺乏系统的整合与应用。Glenn 等建立了描述信件传播炭疽的转移矩阵数学模型。该模型主要通过估计在邮寄过程中带菌信件所造成的二次、乃至三次或多次污染的信件数量和污染程度, 根据收信者的年龄、接收信件的概率和炭疽对不同年龄人群的致病剂量, 来估计由此造成的发病

人数等。

将已有的 C⁴I 系统与疾病监测和流行病学侦察融合, 建立 C⁴ISR 系统, 可快速掌握危害程度, 确保快速有效做出反应, 并提供应急处置对策, 将突发生物事件危害程度降到最低限度。

2.4 生物危害及其防护支撑技术

生物事件危害评估需要对多种类数据进行分析综合, 对多源相关数据、异构数据源的集成分析是研究热点与难点。当前主要的集成方法有 ODBC 方法、传统的模式集成方法、通用数据访问结构法、基于视图技术、DCOM/CORBA 技术、以及 XML 技术等, 其中基于 XML 技术是目前较实用的集成方法之一。

随着计算机技术的发展, 特别是分布式人工智能领域的研究进展, 智能体 (Agent) 以及多智能体 (Multi-Agent) 技术已经成为解决现实世界疾病传播与控制、生物安全等复杂问题的一个重要的解决方案。智能体是一个置身于具体环境中的自主系统, 为达到自己的计划和目标, 可感知环境中的信息并对其做出适当反应, 并且对将来有一定的预测, 并可指导实施动作以减少危害。多智能体系统 (Multi-agent system, MAS) 是由多个 Agent 的松散耦合而成的大型复杂系统, 这些 Agent 通过相互间的通信以及对环境的改变达到相互影响的目的, 通过它们的相互作用以解决单一 Agent 的能力和知识所不能处理的复杂问题。MAS 能较好体现人类社会智能, 更加适合复杂、开放、动态的环境, 适合对人类社会系统突发事件进行模拟。另外, 虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 技术可将人类生活的现实地理环境通过计算机构造的三维的“虚拟环境”真实地表现出来。将智能体技术与虚拟现实技术结合, 可以将人类社会行为在三维虚拟环境中以三维动态的形式表达, 模拟人与人、人与环境的交互, 从微观表达方面对人类社会系统进行模拟。对公共卫生、城市交通、突发事件、经济贸易等复杂人类社会过程实现三维可视化模拟, 并采用统计分析等方法对其特征规律进行研究, 当智能体达到一定数量后, 由微观个体行为的相互作用将会产生复杂系统的涌现特征, 将为研究生物安全复杂性提供一个可能的解决方案。

3 结束语

生物恐怖袭击的威胁日趋严重, 其难以有效防备, 为减小其危害程度, 必须在事件发生前进行有效的监测和事后及时有效的应急处置。积极开展生物恐怖袭击安全保障技术研究, 构建监测报警、评估、处置一体化的全方位保障系统, 对于提高生物恐怖的危害应对能力具有十分重要的意义。