

入境特殊物品携带病原微生物检测技术研究进展与应用

周冬根 田洁 曹雪春

宁波国际旅行卫生保健中心（宁波海关口岸门诊部），浙江宁波，315012；

摘要：入境特殊物品，涵盖人体血液组织、疫苗、血清、毒素等生物制品，以及微生物及培养物等，因其来源复杂、成分多样，可能携带各类病原微生物，如病毒、细菌、寄生虫等。这些病原微生物一旦传入境内，可能会导致新发突发传染病大规模传播和流行，对公共卫生安全构成严重潜在威胁。例如，历史上的西班牙流感大流行，就给全球带来了巨大灾难，而其传播途径就可能涉及人员的跨国流动和物品贸易。近年来，随着生物技术的迅猛发展，如基因编辑技术、高通量测序技术等不断革新，病原微生物检测技术取得了令人瞩目的显著进展。这些新技术不仅提高检测的准确度和灵敏度，还大大缩短了检测时间，为入境特殊物品的卫生检疫提供了有力支持，使得海关等部门能够更及时、有效地拦截携带病原微生物的特殊物品，保障国家和人民的健康安全。本文主要对近年来应用于入境特殊物品病原微生物检测的关键技术展开系统整理和论述。

关键词：特殊物品；卫生检疫；微生物检测；入境防控

DOI：10.69979/3029-2808.26.03.092

1 特殊物品的定义和分类

在卫生检疫领域，特殊物品指的是那些由于具有潜在生物风险而需要特别管理的入境特殊物品。根据生物学特性，特殊物品可以分成五个主要的类别，包含微生物、人体组织、人类遗传资源、生物制品以及血液和相关制品。其中，微生物可细分为寄生虫、环保用途微生物和医学相关微生物。医学微生物涵盖了真菌、细菌、病毒、衣原体、支原体等，这类特殊微生物物品的统称特点是对人类健康可能产生影响。而人体组织在本文中并非传统的解剖学概念，而是指来源于人体的各类物质，包括人体细胞、胚胎、器官以及各类分泌物等。人类遗传资源则是指包含人类基因组、基因序列等遗传信息的器官、组织或细胞材料。而生物制品是入境特殊物品的主要类别，通常包含以生物组织、动物毒素或微生物原料，通过免疫学方法或现代生物技术工艺制备的生物制品。血液及相关制品则包含人体全血、血液成分，以及以健康人血液为原料加工的生物活性制剂。而按照具体的用途划分，特殊物品又可以划分为医疗用途特殊用品、环保用微生物制剂、生物标准物质及标准菌株和样品。医疗用途物品主要应用于疾病预防、诊断治疗及相关科学研究。环保微生物制剂则在环境污染治理和生态保护中发挥作用。生物标准物质则主要用于医学试验的对比和质控。标准菌株和样品则为疾病防治相关研发工作提供支持。

2 特殊物品携带病原微生物检测的意义

2.1 阻断外来病原入侵风险

特殊物品来自世界各地且成分复杂，可能包含不同地区的独特病原微生物，其中一些还具有很强的传染和致病能力。如果这些病原体未经有效筛查就传入国内，很可能造成严重的生物安全问题。比如，某些外来病原微生物适应性强、传播迅速，能够很快在本地环境中扩散开来，进而影响当地物种，改变原有的生态平衡。另外，部分病毒可能会感染本地的动植物，造成这些生物数量大幅下降甚至消失，最终影响到整个生态系统的稳定和生活多样性。而通过规范开展实验室检测，就可以在第一时间发现并控制此类潜在威胁，从源头阻断病原微生物的传播，从而为国家生物安全提供有效保障，并维护生态环境和物种安全。

2.2 预防特殊物品相关疾病传播

特殊物品与我们的日常生活和健康保障有密切关系。制药企业采用这些物品生产的药品、医疗器材等产品会被直接用于人体治疗，而科研机构 and 高等院校的部分相关研究成果也会转化到临床实践中使用。假如这类物品携带了病原微生物，在其生产加工、转运和实际应用过程中，就存在病原体通过不同途径传播给接触人员的风险。例如，若某些血液制品被污染，当输入人体后，可能导致输血的病人也发生疾病感染，引发医疗事故，甚至会带来生命危险。另外，部分生物制剂如果遭受细菌污染，使用后也可能造成局部或全身性的感染反应。所以开展针对特殊物品的病原微生物实验室检测工作，能够及时识别并排除此类健康风险，实现对传染病传播

的有效预防和控制,切实保障人民群众的生命健康安全,使公众能够更放心地使用相关医疗产品和服务。

3 入境特殊物品携带病原微生物检测技术研究进展

3.1 基因测序技术

基因测序技术是指测定 DNA 或 RNA 中核苷酸排列顺序的方法,在医学领域和分子生物学领域都是热点研究对象,特别是新一代测序技术,在当今病原微生物检测中占有重要地位。该技术最显著的特点是通量高,能够在较短时间内对大批量 DNA 片段的序列进行测定,单次操作也能获得很可观的测序数据,帮助检测人员全面了解病原体的基因组信息。同时,该技术的灵敏度很高,即便样本中微生物含量很少,也能被有效检出。此外,该技术还具有良好的特异性,能够准确分辨不同种类的病原微生物。在对入境特殊物品开展检测时,其可用于未知病原体筛查和鉴定工作中,当遇到全新的非本土微生物时,该技术便能通过对遗传序列的分析,快速判断其生物类别,为疫情防控决策提供重要依据。以新冠肺炎疫情为例,科研人员便是借助该技术快速完成了新冠病毒的基因组序列测定,从而明确了新冠病毒与 SARS 病毒的亲缘关系,为后续疫苗研制和诊断方法的建立提供了关键依据。通过运用新一代的测序技术,可以及时识别入境特殊物品是否携带新型病毒或细菌,一经发现,便可以立即隔离物品和相关人员,有效阻断病原微生物的传播和扩散。

3.2 聚合酶链式反应(PCR)技术

PCR 是一种经典的病原微生物检测方法,自问世以来,在医学诊断和生物研究等多个领域均有广泛应用,被证实具有检测效率高、灵敏度高、针对性强等特点。在针对入境特殊物品的检验工作中,PCR 技术主要被用于初步筛查各类病毒和细菌。其工作原理是基于 DNA 体外扩增过程,通过对特定 DNA 片段的大量复制,能够在短时间内将单个 DNA 分子扩增到数百万倍,使得原本难以识别的病原体核酸信号能被有效识别。随着技术进步,现在科学家们对包括多重 PCR 和实时荧光定量 PCR 在内的 PCR 技术进行了改良,检测效率和准确性较过去有了显著提升。多重 PCR 技术允许在同一反应体系内使用多对特异性引物,从而同时检测多种病原体,大大缩短了检测时间。例如,在对入境血液样品进行检测时,该技术科一次性检测出是否携带乙肝病毒、丙肝病毒、艾滋病毒等多种病原体,避免了多次检测的繁琐过程。而实时荧光定量 PCR 技术则是通过在 PCR 反应中加入荧光

标记物,实时监测 PCR 扩增过程中荧光信号的变化,从而实现病原微生物定量检测。这种方法不仅提高了检测的灵敏度,还能准确判断样本中病原微生物的含量,为病原体检测提供了更详细的数据支持。

3.3 免疫学检测技术

免疫学检测技术一般被用于医学临床诊断和实验室研究,但在出入境检疫领域中也发挥着重要作用,其中以酶联免疫吸附试验(ELISA)和免疫荧光技术应用最为广泛。这些技术都利用抗原和抗体之间高度专一的结合特性来发挥作用。ELISA 的优势在于操作流程较为简单,检测速度快,且灵敏度良好。在检测入境特殊物品时,ELISA 可通过分析样本中是否含有特定的抗体或抗原,快速判断是否携带某种病原体。例如,人体在感染病毒后会产生对应的及抗体,通过 ELISA 技术检测样本中的抗体,就可以间接判断是否感染过该病毒。同样,检测样本中的抗原也能直接确定是否存在病原微生物。而免疫荧光技术则是在抗体上加入荧光标记,如果抗体与目标病原体结合,就可以通过荧光显微镜观察到。这种方法不仅能够快速确认病原体,还能检测其形态特征和分布状态。在对入境特殊物品进行检验时,免疫学检测技术主要作为初步的快速筛查和鉴别,若发现样本携带有病原体,再选用其他更精准的检测方法进行复核确认。

3.4 生物传感器技术

生物传感器技术是一种新兴病原微生物检测技术,它融了生物学、化学、物理学等多个学科的知识,具有灵敏度高、响应速度快等优点。具体来说,生物传感器就是将生物分子的识别过程转化为物理或化学信号的技术,利用酶、抗体、核酸等生物敏感元件与目标物质发生特异性反应后,由特定的换能器将生物信号转化为可定量处理的电信号或其他信号,从而实现生物分子浓度的快速检测。该方法在医疗健康和环境监测中有非常广泛的应用,比如糖尿病患者日常使用的连续血糖监测仪就是基于生物传感器技术而发展的产品。生物传感器的基本结构包含两个部分:生物识别元件和信号转换器。生物识别元件能够识别特定的病原微生物,而信号转换器则能将生物识别元件与病原体结合后产生的生物信号转化为肉眼可以观察到的电信号或者光信号,从而实现病原体的检测。在入境特殊物品的检测中,生物传感器技术同样可用于快速筛查,同时由于其可重复的特点,因此也能用于入境环境的监测。近年来,由纳米材料制成的生物传感器进一步提升了该技术的

灵敏度和稳定性, 纳米材料具有独特的物理和化学性质, 不仅具有巨大比表面积, 还有良好的生物相容性, 能够有效提升检测的灵敏度与结果稳定性。例如, 采用纳米金颗粒作为信号放大器的生物传感器, 可以检测到样本表明浓度极低的病原微生物。此外还有一种基于微流控原理的生物传感器, 能够将样本的前处理、反应和检测等多个步骤集中到一块芯片上, 不仅具有鉴定功能, 还能对不同病原菌进行分离。这种技术所需样品量部、分析速度快, 且设备小巧, 非常适合在岸口等现场环境下使用, 能够及时发现并控制可能携带病原体的特殊物品, 从而维护公共卫生安全。

4 入境特殊物品携带病原微生物检测技术的应用现状和面临的困境

4.1 特殊物品微生物实验室检测技术能力不足

尽管上文列举了很多前沿的微生物实验室检测技术, 然而在检测能力方面, 并非所有实验室都有先进的设备和技术支持。在检测能力方面, 现有的很多实验室设备和技术难以全面应对入境物品中复杂的微生物, 这些物品来自于世界各地, 可能写到种类、特性各异的微生物, 包括部分在本土都十分罕见的病原体。但当前常规的检测技术在灵敏度和检测覆盖范围上仍显不足, 例如对于某些形成特殊生物膜结构或处于低代谢状态的微生物, 常见的检测方法很难发挥作用, 可能导致漏检风险。

4.2 资源配置不均

在资源配置方面, 存在分布不均和结构不合理的情况, 目前大型口岸实验室普遍处于高负荷工作状态, 而部分中小型口岸则可能因设备不足、专业力量薄弱等情况, 难以独立完成复杂的检测任务, 结果就是大型口岸实验室承担了相当一部分的检测任务, 而小型口岸空有人力却无法发挥作用。同时外送样本也会增加时间成本, 并可能在运输过程中影响了样本的质量。

4.3 缺乏统一的操作标准和规范

目前入境特殊物品携带病原微生物检测尚未形成统一的检测技术规范, 不同口岸地区的操作标准和检测规范存在明显差异。更重要的是, 在国际范围内, 不同国家的微生物检测要求和方法也存在差异, 这就导致在样本采集、保存、运送和检测方法选择等方面, 难以形成明确和统一的执行标准。使得不同实验室的检测结果可比性不强, 给监管部门的风险评估和决策带来困难。

5 结语

入境特殊物品病原微生物实验室检测技术, 在守护公共卫生安全中扮演着至关重要的角色。由于入境特殊物品成分复杂、且可能携带多种潜在的病原微生物, 一旦传入境内, 极有可能引发大规模传播和流行, 引发重大公共卫生问题。而有效的实验室检测技术, 能够帮助有关部门及时识别出潜在的病原风险, 从而拦截相关物品, 防止疫情传播。未来, 随着生物技术的不断发展, 入境特殊物品病原微生物的实验室检测水平也将得到进一步提升, 检测方法会更加快速且更准确, 并增强对各类病原体的鉴别能力。同时在智能化高速发展的今天, 自动化检测设备将会得到更广泛的应用, 有助于提升工作效率并减少人工操作带来的误差。可以预见, 在检测技术持续更新下, 入境特殊物品病原微生物检测体系将更加完善, 为维护公共卫生安全提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 施唯, 李思思, 李晶, 等. 病原微生物实验室生物安全监管评价指标体系构建[J]. 中国公共卫生, 2025, 41(08): 897-901.
- [2] 吴东林, 王慧, 王乔, 等. 病原微生物实验室风险应对及关注问题的探讨[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(11): 1421-1424.
- [3] 翁绳凤, 李晓燕, 张翼. 加强病原微生物实验室生物安全教育及风险评估[J]. 中国老年保健医学, 2023, 21(05): 132-134.
- [4] 周慧杰. 新形势下高校病原微生物实验室安全管理探索——评《食品安全与病原微生物防控研究》[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(01): 236.
- [5] 徐忆琳, 符丽媛, 翁贇琦, 等. 入境高风险特殊物品全链条管理模式研究[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2022, 22(04): 338-342.
- [6] 龚梦洁. 疫情背景下海关监管特殊物品的困境与对策研究[D]. 南京农业大学, 2022.
- [7] 娄家怡, 蒋雨哲, 吕沁风, 等. 浙江口岸出入境生物医药特殊物品风险评估工作现状分析[J]. 口岸卫生控制, 2021, 26(06): 30-33.
- [8] 王红. 出入境高风险特殊物品中主要病原微生物和毒素的实验室检测技术研究. 山西省, 山西国际旅行社卫生保健中心(太原海关口岸门诊部), 2021-03-17.

项目名称: 国家十四五重点研发计划; 项目编号: (2023YFC2605804)