

# 水环境中贾第鞭毛虫和隐孢子虫检测方法的 研究进展

崔艳梅, 王云霞, 段效辉\*, 刘宁, 徐丽英, 徐娟

(烟台出入境检验检疫局, 烟台 264000)

**摘要:** 水环境中的病原微生物是一个重要的公共卫生问题。贾第鞭毛虫和隐孢子虫是世界上最主要的2种能导致人体腹泻的寄生虫, 具有潜伏期长、个体小、致病性强且容易暴发流行的特点, 对公共卫生安全造成严重威胁。预防其暴发的关键就是通过优化水处理的工艺来确保饮用水的安全, 但由于供水系统极易遭受各种形式的二次污染, 依然存在着不能完全去除的风险。自新的生活饮用水卫生标准实施以来, 我国对水源水和饮用水的相关调查和监测逐渐增多, 贾第鞭毛虫和隐孢子虫时常被检出。本文就近年来对水环境中贾第鞭毛虫和隐孢子虫的检测技术进展情况进行综述, 并针对现行的国标检测方法提出影响因素分析及质量控制方法。随着免疫学和现代分子生物学的不断发展, 新的检测技术不断涌现, 并具有良好的应用前景。

**关键词:** 贾第鞭毛虫; 隐孢子虫; 水环境

## Research progress of detection methods of *Giardialamblia* and *Cryptosporidium* in the water environment

CUI Yan-Mei\*, WANG Yun-Xia, DUAN Xiao-Hui\*, LIU-Ning, XU Li-Ying, XU Juan

(Yantai Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Yantai 264000, China)

**ABSTRACT:** The pathogenic microorganism in water environment is a major public health problem. *Giardialamblia* and *Cryptosporidium* are the most popular parasites in the world which can cause human diarrhea, with the characteristics of long incubation period, small individual, powerful pathogenicity and easy to outbreak, and give rise to a serious threat to public health security. The key to prevent the outbreak is to ensure the safety of drinking water by optimizing the process of water treatment, but there is still a risk that can not be completely removed because water supply system is very easy to suffer from all kinds of secondary pollution. Since new drinking water sanitary standard has practiced, the investigation and monitoring of water source water and drinking water gradually increased in our country, *Giardialamblia* and *Cryptosporidium* are still often detected. The article reviewed the detection technology progress of *Giardia* and *Cryptosporidium* in the water environment in recent years, and put forward to some influencing factors and quality control methods for the current detection methods of GB. With the continuous development of immunology and modern molecular biology, new detection technologies are proposed, and have good prospects.

基金项目: 质检总局科技计划项目(2015IK195, 2015IK200)、山东检验检疫局科技计划项目(SK201419)。

**Fund:** Supported by the Scientific and Technological Project of the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2015IK195, 2015IK200) and the Scientific and Technological Project of Shandong Exit-Entry Inspection and Quarantine Bureau (SK201419)

\*通讯作者: 段效辉, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: xiaohuiduan@126.com

\*Corresponding author: DUAN Xiao-Hui, Senior Engineer, Yantai Exit-Entry Inspection and Quarantine Bureau, No.59 Xinhaiyang Road, Zhifu Zone, Yantai 264000, China. E-mail: xiaohuiduan@126.com

**KEY WORDS:** *Giardia lamblia*; *Cryptosporidium*; water environment

## 1 引言

贾第鞭毛虫 (*Giardia lamblia*) 和隐孢子虫 (*Cryptosporidium*) 是一类寄生于人和动物体内的肠道原虫 (以下简称“两虫”), 会引起人类腹泻疾病, 分别称为贾第鞭毛虫病和隐孢子虫病, 是最常见的非病毒性传染病之一, 其发病率在因寄生虫所导致的腹泻中排名最高<sup>[1]</sup>。水环境中贾第鞭毛虫和隐孢子虫污染是普遍的, 尤其是当地表水受生活污水或农业污水污染的情况下更为严重<sup>[2]</sup>。地表水常作为饮用水源, 因此其中的贾第鞭毛虫包囊和隐孢子虫卵囊的污染成为了倍受关注的介水传播生物危险因素之一<sup>[3-8]</sup>。

## 2 危害和流行特征

### 2.1 危害

贾第鞭毛虫主要寄生于人和某些哺乳动物的小肠, 任何年龄人群均可感染, 儿童、老年、体弱和免疫功能缺陷者尤其容易感染<sup>[9]</sup>。贾第鞭毛虫经繁殖后形成孢囊并随粪便排出体外, 人或动物摄入被活的孢囊污染的饮用水或食物而被感染, 引起以腹泻和消化不良为主要症状的贾第鞭毛虫病。贾第鞭毛虫以孢囊的形态存在于水中, 大小约 8~10  $\mu\text{m}$ 。孢囊在 25  $^{\circ}\text{C}$  的水中可保持感染性 2 周, 而在 4  $^{\circ}\text{C}$  水中可保持感染性长达 11 周之久, 贾第鞭毛虫对人体的致病剂量为 10~25 个活孢囊<sup>[10,11]</sup>。

隐孢子虫是一种专性细胞内寄生虫, 为人畜共患寄生虫病, 可通过污染水源、食物、接触动物等多种途径而受到感染<sup>[12]</sup>, 可感染包括人在内的 170 余种脊椎动物, 以感染性的卵囊形式随宿主粪便排出体外, 人或动物摄入受隐孢子虫污染的水或食物而感染隐孢子虫病, 表现为反胃、腹泻和痉挛等。处于感染阶段的卵囊在水环境中为生物学上的潜伏期, 它不进行自我复制及增殖, 能抵抗饮用水常用消毒剂, 在水和土壤中可存活数月, 在 4  $^{\circ}\text{C}$  水中甚至可存活 1 年之久。隐孢子虫卵囊直径 4~6  $\mu\text{m}$ , 致病剂量为 10 个活卵囊<sup>[13]</sup>。

### 2.2 流行特征

贾第鞭毛虫病流行遍布全世界, 以热带和亚热带为最多, 发展中国家感染人数约为 2.5 亿; 在中国分布也很广泛, 各地感染率在 0.48%~10% 之间, 夏秋季节发病率较高<sup>[14]</sup>。贾第鞭毛虫的流行爆发与当地的经济及社会发展水平、受教育的程度、生活方式及卫生意识等有密切的关系。据世界卫生组织估计, 全世界人群贾第鞭毛虫感染率为 1%~30%, 其中儿童感染率最高, 因此该寄生虫原虫已经被世界卫生组织列为危害人类身体健康的重要寄生虫之一<sup>[15]</sup>。

隐孢子虫病呈世界性分布, 迄今已有 74 个国家、至少 300 个地区有报道, 各地感染率高低不一, 一般发达国家或地区感染率低于发展中国家或地区。在腹泻患者中, 欧洲、北美洲隐孢子虫检出率为 0.6%~20%, 亚洲、大洋洲、非洲和中南美洲检出率为 3%~32%<sup>[16]</sup>。很多报道认为, 隐孢子虫的发病率与当地的空肠弯曲菌、沙门氏菌、志贺氏菌、致病性大肠杆菌和贾第鞭毛虫相近, 在寄生虫性腹泻中占首位<sup>[16]</sup>。美国一项统计表明, 1971~1994 年间美国共有 740 宗由水引起的流行病爆发, 20% 被确定由原虫引起, 而这其中的住院患者中有 80% 是由贾第鞭毛虫或隐孢子虫致病的, 共导致 89 人死亡<sup>[17-19]</sup>。我国于 1987 年在南京市区首次发现了人体感染隐孢子虫病的病例<sup>[20]</sup>, 之后在江苏、重庆、安徽、内蒙、福建、山东和湖南都曾有关病例的报道<sup>[21]</sup>。

## 3 两虫在水环境中的存在水平及控制方法

### 3.1 两虫在水环境中的存在水平

贾第鞭毛虫与隐孢子虫作为原虫类寄生虫, 广泛存在于自然界尤其是各类水体中, 二者在水环境中存活期和潜伏期均较长, 体积小, 一旦污染饮用水, 引起发病或流行的可能性较大<sup>[22,23]</sup>。饮用水中的“两虫”主要是由于水源受到污染, 特别是受到水源区域内生活污水或养殖场、农场、牧场和屠宰场等排放污水的污染<sup>[24]</sup>。

加拿大曾对 66 家生活饮用水进行检测, 结果显示有 81% 检出贾第鞭毛虫, 87% 检出隐孢子虫<sup>[25]</sup>。美国于 2003~2005 年报告的隐孢子虫病监测结果显示, 2003~2005 年, 美国国内共报告隐孢子虫病病例总数分别为 3505、3911 和 8269 个, 所有地区均有, 其中以北部地区居多; 2005 年病例增多主要与一次大规模娱乐用水引起的暴发有关<sup>[26]</sup>。特异年龄病例的季节性高峰与夏季休闲娱乐用水一致, 可能反映了青少年儿童于夏季在湖泊、河流、游泳池及水上公园等集体游泳活动的增加。有人对美国巴尔的摩市郊外钓鱼者暴露隐孢子虫的潜在危险进行评估, 发现平均每 10 名钓鱼者中有 1~8 名被感染<sup>[27]</sup>。

近年来, 国内对水环境中“两虫”的检测报道依然较少。2010 年上海市饮用水和环境水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫污染状况调查<sup>[28]</sup>显示: 在所采集的上海市 16 个区出厂水、管网水和小区直饮水等水样 156 份中, 均未检出隐孢子虫卵囊和贾第鞭毛虫孢囊; 在所采集的 5 个区自来水厂水源水、黄浦江水、动物饲养场周边河水、污水处理厂出水和生活污水等水样 70 份中, 隐孢子虫卵囊检出率分别为 6.7%、8.0%、46.7%、11.1% 和 16.7%, 贾第鞭毛虫孢囊检出率分别为 6.7%、12.0%、40.0%、22.2% 和 33.3%, 隐孢子虫卵囊总检出率为 17.1%, 贾第鞭毛虫孢囊总检出率为

20.0%。2014 年对南方地区农村集中式供水水源隐孢子虫与贾第鞭毛虫调查<sup>[29]</sup>显示: 所调查的水源水中隐孢子虫卵囊与贾第鞭毛虫孢囊检出率分别为 23.33%和 33.33%。2014 年江苏省典型地区水源水及饮用水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫污染现状及分析<sup>[30]</sup>显示: 所有 222 份样本中有 7 份为阳性样本, 其中隐孢子虫的检出率为 0.5%, 贾第鞭毛虫的检出率为 2.7%。

### 3.2 “两虫”在水环境中的控制方法

目前, 预防“两虫”病爆发的关键就是确保饮用水的安全。通过水处理工艺来去除原水中绝大部分的“两虫”, 这些工艺主要包括预氧化、絮凝、沉淀、过滤和气浮等常规水处理工艺和膜分离工艺。但经过这些常规工艺后, 依然存在着不能完全去除“两虫”的风险。而最后一道消毒工艺中的常规氯消毒剂也不能有效灭活“两虫”<sup>[31]</sup>, 还要借助于其他灭活方法, 目前主要有物理方法和化学方法 2 种。

#### 3.2.1 物理去除或灭活

使用反渗透、超滤、纳滤等过滤方式可去除水中绝大部分“两虫”<sup>[32]</sup>, 微滤和纳滤膜的孔径比“两虫”小一个数量级, 可以有效拦截孢囊和卵囊。有研究表明<sup>[33]</sup>, 微滤和超滤对贾第鞭毛虫孢囊和隐孢子虫卵囊的去除率可达 4~6 个对数级。紫外线能损伤和破坏细胞内的核酸从而灭活“两虫”, 研究者对中压紫外灯和低压紫外灯在不同照射剂量下进行了研究<sup>[34]</sup>, 结果显示对水样中的“两虫”灭活率为 1.0~5.4 个对数级。

#### 3.2.2 化学灭活

Korich 等<sup>[35]</sup>用臭氧、二氧化氯、氯和氯胺等对隐孢子虫进行灭活实验, 结果表明臭氧效果最佳, 二氧化氯次之, 氯和氯胺则最差。采用多种消毒剂联合使用, 通过它们之间的协同作用, 可达到较高的灭活率, 例如臭氧对“两虫”的灭活具有明显作用, 但所需要的添加量很高, 而利用氯和臭氧之间的协同作用会对“两虫”的去除效率大大提高<sup>[36,37]</sup>。

## 4 饮用水中“两虫”定量检测方法的质量控制

1984 年美国给水行业最先开始检测贾第鞭毛虫和隐孢子虫, 采用了硫酸锌-罗果氏碘法<sup>[38]</sup>。目前比较先进的分析检测手段主要有 ICR 法、EPA1623 法<sup>[39]</sup>、聚合酶链反应、反转录 PCR、嵌套 PCR、荧光杂交及流式细胞技术等。免疫荧光技术<sup>[40]</sup>对水中“两虫”的检测已经成为目前国际上通用的标准方法, 余素华等<sup>[41]</sup>采用滤囊过滤、振荡洗脱、离心浓缩、免疫磁珠分离、荧光染色和微干涉相衬镜检计数等技术检测水体中贾第鞭毛虫孢囊和隐孢子虫卵囊, 结果显示方法加标回收率 > 35.0%, 相对标准偏差 ≤ 13.0%。

目前, 我国关于“两虫”的调查多为门诊腹泻病人, 而对环境和生活饮用水污染状况的调查数据甚少, 其重要原因就是“两虫”定量检测方法的限制。我国 2007 年实施的《生活饮用水卫生标准》<sup>[42]</sup>中新规定了“两虫”的卫生限量

值为 < 1 个/10 L, 方法的加标回收率需 ≥ 10%, 实验主要分为富集浓缩、免疫磁分离和染色计数 3 个阶段。蔡炯等<sup>[43]</sup>对实验各阶段的平均加标回收率研究显示, 贾第鞭毛虫回收率依次为 50%、80%和 97%; 隐孢子虫回收率依次为 52%、88%和 95%。为确保检测结果的可靠性, 要求对定量检测生活饮用水中“两虫”的方法进行严格的质量控制。

### 4.1 富集浓缩阶段的影响因素及质量控制

富集浓缩是实验过程中损失最多的阶段<sup>[44,45]</sup>, 此阶段主要受 2 个因素的影响: 一是滤囊和淘洗振荡器的性能参数, 滤囊是水样富集的关键耗材, 应注意其技术参数的选择, 滤囊的有效过滤面积会影响采样体积, 滤囊孔径 1 μm 才可保证孢囊和卵囊被完全截留; 二是实验者的熟练操作程度, 弃去上清液时如有残留会影响免疫磁珠与抗原的结合, 离心弃上清时应适当加大离心力和延长离心时间<sup>[46]</sup>, 上清液应尽可能吸干净。

### 4.2 免疫磁分离阶段的影响因素及质量控制

免疫磁分离阶段有 3 个主要影响因素: 一是免疫磁分离试剂盒的质量, 目前提供的商品试剂均为进口试剂, 免疫磁珠和免疫荧光染液有效期只有 1 年, 保存过久会失效, 质控标样有效期只有 3 个月, 保存过久其形态和染色会发生变化, 导致回收率的降低, 因此实验室应注意试剂的时效, 避免使用过期试剂, 而且需要置于 2~8 °C 避光保存, 绝对不能将试剂冷冻。免疫磁分离试剂在静置保存后磁珠会沉淀至瓶底, 实验时应先将其放至室温, 轻柔涡旋混合均匀后再使用; 二是免疫磁浓缩器的性能参数, 应保证其性能参数达到实验所需的要求<sup>[47]</sup>; 三是实验者的熟练操作程度, 磁珠收集时振荡应轻柔, 最后应集聚成一点并将残液完全清除。

### 4.3 染色计数阶段的影响因素及质量控制

染色计数阶段主要受 2 个因素的影响: 一是免疫荧光染液和 DAPI 染液的质量, DAPI 染液极不稳定, 应临用现配, 在染色培养时应保证样片在黑暗潮湿的环境中进行, 在检测样品的同时还应进行阳性对照和阴性对照的染色观察; 二是实验者的计数误差, 在显微镜下计数时, 应采用“弓”形观察全井, 如果水样背景干扰比较严重, 在蓝色荧光(450~480 nm)观察到孢囊和卵囊壁发出苹果绿荧光时可用紫外荧光(330~385 nm)观察其内是否有亮蓝色的核, 还可用相差干涉 DIC 观察孢囊和卵囊的立体形态和内部结构, 3 种条件下有 2 个同时是阳性即判断为阳性, 这样可排除假阳性结果, 对同一样品可采取一人多次计数和多人同时计数以减少人为误差。

## 5 国内外关于饮用水中“两虫”定量检测方法的研究现状

近年来, 国内外一些专业人员已经着手针对这些技

术难题进行研究,取得了一定的突破性进展,值得深入学习和借鉴。日本建立了包括膜过滤、丙酮溶解、密度梯度分离及免疫荧光检测等关键步骤的饮用水中“两虫”检测方法<sup>[48]</sup>,该方法大大降低了“两虫”的检测成本,具有很好的应用前景。我国陈智敏等<sup>[49]</sup>利用乙酸乙酯去除有机杂质以提高纯化效果,利用氨基磺酸消除絮凝剂的影响以提高“两虫”回收率,建立了应用于再生水的“两虫”检测方法。周美芝等<sup>[50]</sup>利用碳酸钙沉淀可有效实现水中“两虫”的富集,应用 Percoll-蔗糖密度梯度离心可显著降低分析成本,对混浊的水源水中“两虫”的检测有很大帮助。

## 6 问题与展望

尽管可以采取多种措施来灭活水环境中的“两虫”,但由于我国小型集中供水水厂数量多、供水设施不完善等原因,导致“两虫”的污染风险增高,需要加强监测。新版《生活饮用水标准》实施以来,由于水环境中“两虫”浓度可能非常低,必须进行浓缩和富集使其达到一个浓度级数才能进行有效地测定,并且需要复杂的分离、提取、鉴别过程;同时免疫荧光法要预先充分准备好与不同靶抗原对应的特异荧光抗体,实验室必须备有荧光显微镜等设备,对操作人员的操作水平要求也很高,这些都导致检测成本高、周期长且回收率低,极易出现假阴性结果等问题。加之“两虫”为非必选微生物检测项目,所以相对于其他微生物项目,“两虫”的检测开展较少。

当前国内的自来水厂通常采用与病原微生物的含量密切相关的替代检测指标来监测水质,在水处理工艺流程中,一般多采用对滤后水浊度进行监控<sup>[51]</sup>。但是,已有相关资料表明<sup>[52]</sup>,将浊度作为卫生安全性指标是不够可靠的,因此研究适合我国国内广大供水企业采用的相对成本较低并可可靠的“两虫”检测方法,对保障我国供水水质安全具有重要的意义。

## 参考文献

- [1] 蔡炯. 介水蓝氏贾第鞭毛虫和隐孢子虫感染的流行现状及控制[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15(11): 1401-1402.  
Cai J. The epidemic situation and control of *Giardia lamblia* Stiles and *Cryptosporidium* infection [J]. Chin J Health Lab Technol, 2005, 15(11): 1401-1402.
- [2] Bukhari Z, Smith HV, Sykes N, et al. The occurrence of *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardia* cysts in sewerage influents and effluents from treatment plants in England [J]. Water Sci Technol, 1997, 35(11-12): 385-390.
- [3] Rose JB, Farrah SR, Harwood VJ, et al. Reduction of pathogens indicator bacteria and alternative indicators by wastewater treatment and reclamation processes [R]. Water Environment Research Foundation Final Report, 2004.
- [4] 宋宏, 钟赛贤, 余淑苑, 等. 饮用水中肠贾第鞭毛虫和隐孢子虫卫生标准的研究[J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(6): 417-419.  
Song H, Zhong SX, Yu SY, et al. Study on *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water [J]. J Environ Health, 2004, 21(6): 417-419.
- [5] Bastos RKX, Heller L, Vieira MBM. *Giardia* sp. Cysts and *Cryptosporidium* Spp. oocysts dynamics in southeast Brazil: occurrence in surface water and removal in water treatment processes [J]. Water Supply, 2004, 4(2): 15-22.
- [6] Masago Y, Oguma K, Katayama H. *Cryptosporidium* monitoring system at a water treatment plant, based on waterborne risk assessment [J]. Water Sci Technol, 2004, 50(1): 293-299.
- [7] Hashimoto A, Kunikane S, Hirata T. Prevalence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the drinking water supply in Japan [J]. Water Res, 2002, 36(3): 519-526.
- [8] Hsu BM, Huang CP, Hsu CL, et al. Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in the Kau-ping river and its watershed in Southern Taiwan [J]. Water Res, 1999, 33(11): 2701-2707.
- [9] 郑历, 胡光春, 单晓英. 生活饮用水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫的研究[J]. 预防医学论坛, 2008, 14(12): 1163-1166.  
Zheng L, Hu GC, Shan XY. Study on *Giardia* and *Cryptosporidium* in life drinking water [J]. Prev Med Trib, 2008, 14(12): 1163-1166.
- [10] Meinhardt PL, Casemore PP, Miller KB. Epidemiologic aspect of human *Cryptosporidiosis* and the role of waterborne transmission [J]. Epidemiol Rev, 1996, 18: 118-123.
- [11] Wolfe MS. *Giardiasis* [J]. Clin Microbiol Rev, 1992, 5(1): 93-100.
- [12] 张荣, 王丽, 孙伯寅. 饮用水隐孢子虫污染与感染研究现状分析[J]. 环境卫生学杂志, 2013, 3(16): 571-574.  
Zhang R, Wang L, Sun BY. Current Status of *Cryptosporidium* contamination in drinking water and human infection [J]. J Environ Hyg, 2013, 3(16): 571-574.
- [13] Kothary MH, Babu US. Infective dose of foodborne pathogens in volunteers: A review [J]. J Food Saf, 2001, 21(1): 49-73.
- [14] 卫茹, 田喜凤, 阎静波, 等. 蓝氏贾第鞭毛虫感染的免疫学诊断方法[J]. 世界华人消化杂志, 2006, 14(16): 3487-3492.  
Wei R, Tian XF, Yan JB, et al. Immunological diagnosis of *Giardia Lamblia* infection [J]. World Chin J Dig, 2006, 14(16): 3487-3492.
- [15] 邓明俊, 肖西志, 孙涛, 等. 蓝氏贾第鞭毛虫检测技术研究进展[J]. 动物医学进展, 2012, 33(12): 168-173.  
Deng MJ, Xiao XZ, Sun T, et al. Progress on detection methods for *Giardia lamblia* [J]. Prog Vet Med, 2012, 33(12): 168-173.
- [16] 陈兴保. 现代寄生虫病学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2002.  
Chen XB. Modern parasitic diseases [M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2002.
- [17] Craun GF, Hubbs SA, Floyd Frost F, et al. Waterborne outbreaks of *Cryptosporidiosis* [J]. AWWA, 1998, 90(9): 81-91.
- [18] Mackenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, et al. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water-supply [J]. New Eng J Med, 1994, 331(3): 161-167.
- [19] Solo Gabriele H, Neumeister S. US outbreaks of *Cryptosporidiosis* [J]. J Am Water Works Assoc, 1996, 88(9): 76-86.
- [20] 韩范, 谭渭仙, 周性兰. 南京地区人体隐孢子虫病2例报告[J]. 江苏医药, 1987, 13: 692.  
Han F, Tan WX, Zhou XL. 2 reports of *Cryptosporidiosis* in Nanjing [J]. Jiangsu Med J, 1987, 13: 692.
- [21] 蔡茹, 李朝品, 王健, 等. 淮南地区腹泻患者隐孢子虫感染的调查[J].

- 热带病与寄生虫学, 2003, 1(1): 26-28.
- Cai R, Li CP, Wang J, *et al.* An epidemiological survey of *Cryptosporidiosis* with diarrhea in Huainan area [J]. *J Trop Dis Parasitol*, 2003, 1(1): 26-28.
- [22] Olson ME, Goh J, Phillips M, *et al.* *Giardia* cyst and *Cryptosporidium* oocyst survival in water, soil and cattle feces [J]. *J Environ Qual*, 1999, 28(6): 1991-1996.
- [23] Robertson LJ, Forberg T, Gjerde BK. *Giardia* cysts in sewage influent in Bergen, Norway 15-23 months after an extensive water borne outbreak of Giardiasis [J]. *J Appl Microbiol*, 2008, 104(4): 1147-1152.
- [24] 崔福义, 左金龙, 赵志伟, 等. 饮用水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(9): 1487-1491.
- Cui FY, Zuo JL, Zhao ZW, *et al.* Review of *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water [J]. *J Harbin Inst Technol*, 2006, 38(9): 1487-1491.
- [25] 张致一, 李闻, 于凌琪, 等. 天津和沈阳地区末梢水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫调查[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(1): 52-53.
- Zhang ZY, Li W, Yu LQ, *et al.* Investigation of *Giardia lamblia* and *Cryptosporidium parvum* in drinking water in Tianjin and Shenyang [J]. *J Environ Health*, 2009, 26(1): 52-53.
- [26] Yoder JS, Beach MJ. *Cryptosporidiosis* surveillance-United States, 2003-2005 [J]. *MMWR Surveill Summ*, 2007, 56(7): 1-10.
- [27] Roberts JD, Silbergeld EK, Graczyk T. A probabilistic risk assessment of *Cryptosporidium* exposure among Baltimore urban anglers [J]. *J Toxicol Environ Health A*, 2007, 70(18): 1568-1576.
- [28] 张小萍, 何艳燕, 朱倩, 等. 上海市饮用水和环境水中隐孢子虫和蓝氏贾第鞭毛虫污染状况调查[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2010, 28(6): 435-437.
- Zhang XP, He YY, Zhu Q, *et al.* Investigation on contamination of *Cryptosporidium* and *Giardia* in drinking water and environmental water in Shanghai [J]. *Chin J Parasitol Parasit Dis*, 2010, 28(6): 435-437.
- [29] 孙伯寅, 夏云婷, 陈小岳, 等. 南方地区农村集中式供水水源隐孢子虫与贾第鞭毛虫调查[J]. 公共卫生与预防医学, 2014, 25(4): 11-13.
- Sun BY, Xia YT, Chen XY, *et al.* Survey on *Cryptosporidium* and *Giardia* in rural central water supply of Southern China [J]. *J Public Health Prev Med*, 2014, 25(4): 11-13.
- [30] 郑浩, 于洋, 费娟, 等. 江苏省典型地区水源水及饮用水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫污染现状及分析[J]. 环境卫生学杂志, 2014, 4(6): 535-537.
- Zheng H, Yu Y, Fei J, *et al.* Investigation on *Cryptosporidium* and *Giardia* contamination in source water and drinking water in Jiangsu province [J]. *J Environ Hyg*, 2014, 4(6): 535-537.
- [31] 李青松, 高乃云, 陈目光, 等. 贾第鞭毛虫病及其水媒传播控制[J]. 中国给水排水, 2007, 23(2): 5-8.
- Li QS, Gao NY, Chen MG, *et al.* Giardiasis and its water-borne transmission control [J]. *China Water Wastewater*, 2007, 23(2): 5-8.
- [32] 张会宁, 于鑫, 魏博, 等. 隐孢子虫和贾第鞭毛虫的危害及其控制技术[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(12): 135-140.
- Zhang HN, Yu X, Wei B, *et al.* Hazards of *Cryptosporidium* and *Giardia* and its control technology [J]. *Environ Sci Technol*, 2011, 34(12): 135-140.
- [33] Jacangelo JG, Rhodes TR, Watson M. Role of membrane technology in drinking water treatment in the United States [J]. *Desalination*, 1997, 113: 119-127.
- [34] Cotton CA, Owen DM, Cline GC, *et al.* UV disinfection costs for inactivating *Cryptosporidium* [J]. *J Am Water Works Assoc*, 2001, 93(6): 82-94.
- [35] Korich DG, Mead JR, Madore MS, *et al.* Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1990, 56(5): 1423-1428.
- [36] Driedger AM, Rennecker JL, Marinas BJ. Sequential inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts with ozone and free chlorine [J]. *Water Res*, 2000, 34(14): 3591-3597.
- [37] Rennecker JL, Corona Vasquez B, Driedger AM, *et al.* Synergism in sequential disinfection of *Cryptosporidium parvum* [J]. *Water Sci Technol*, 2000, 41(7): 47-52.
- [38] Mark WL, William DN. *Giardia* and *cryptosporidium* in raw and finished water [J]. *JAWWA*, 1995, 87(9): 54-61.
- [39] USEPA. Method 1623: *Cryptosporidium* in water by filtration/IMS/FA. EPA-821-r-99-006 [S].
- [40] 冯玫, 石金涛, 刘璇. 水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫的检测[J]. 净水技术, 2012, 31(2): 63-93.
- Feng M, Shi JT, Liu X. Detection of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water [J]. *Water Purific Technol*, 2012, 31(2): 63-93.
- [41] 余素华, 陈贻球, 严锦玲. 免疫荧光法测定水中贾第鞭毛虫孢囊和隐孢子虫卵囊[J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(1): 33-35.
- Yu SH, Chen YQ, Yan JL. The determination of *Giardia* theca and *Cryptosporidium* capsule in water by immuno-fluorescence method [J]. *Adm Tech Environ Monit*, 2009, 21(1): 33-35.
- [42] GB/T5750-2006. 生活饮用水标准检验方法[S].
- GB/T5750-2006. Standard examination methods for drinking water-General principles [S].
- [43] 蔡炯, 胡小为, 杜慧兰, 等. 生活饮用水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫定量检测的质量控制[J]. 现代预防医学, 2009, 36(3): 526-537.
- Cai J, Hu XW, Du HL, *et al.* Quality control of detection of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water by filtration/IMS/FA [J]. *Mod Prev Med*, 2009, 36(3): 526-537.
- [44] Hu JY, Feng YY, Ong SL, *et al.* improvement of recoveries for the determination of protozoa *Cryptosporidium* and *Giardia* in water using method 1623 [J]. *J Microbiol Methods*, 2004, 58: 321-325.
- [45] Rochelle PA, Leon RD, Johnson A. Evaluation of immunomagnetic separation for recovery of infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts from environmental samples [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65: 841-845.
- [46] 张彤, 胡洪营, 宗祖胜. 污水再生处理系统中隐孢子虫和贾第鞭毛虫检测方法的优化[J]. 环境科学, 2006, 27(12): 2547-2552.
- Zhang T, Hu HY, Zong ZS. Improvement of method for detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in waste water reuse system [J]. *Environ Sci*, 2006, 27(12): 2547-2552.
- [47] 张彤, 胡洪营, 宗祖胜. 免疫磁性分离法检测水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫的影响因素[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(1): 56-58.
- Zhang T, Hu HY, Zong ZS. Factors Affecting the determination of *Cryptosporidium* and *Giardia* in water samples by immunomagnetic separation [J]. *J Environ Health*, 2007, 24(1): 56-58.
- [48] Atsushi H, Shoichi K, Tsuyoshi H. Prevalence of *Cryptosporidium* Oocysts and *Giardia* cysts in the drinking water supply in Japan [J]. *Water Res*, 2002, 36(13): 519-526.
- [49] 陈智敏, 张昱, 杨敏, 等. 密度梯度分离/免疫荧光技术检测再生水中

- 隐孢子虫和贾第鞭毛虫[J]. 环境工程学报, 2011, 5(5): 982-986.
- Chen ZM, Zhang Y, Yang M, *et al.* Detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in reclaimed wastewater systems using immunofluorescence assay and density gradient separation [J]. *Chin J Environ Eng*, 2011, 5(5): 982-986.
- [50] 周美芝, 于建伟, 安伟, 等. 碳酸钙沉淀法检测混浊原水中“两虫”的研究[J]. 中国给水排水, 2013, 29(7): 37-40.
- Zhou MZ, Yu JW, An W, *et al.* Detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in turbid source water by calcium carbonate precipitation method [J]. *China Water & Wastewater*, 2013, 29(7): 37-40.
- [51] 孟明群, 蒋增辉, 陈国光. 上海市区原水及自来水中两虫分布调查[J]. 给水排水, 2006, 21(12): 32-34.
- Meng MQ, Jiang ZH, Chen GG. Investigation on distribution of *Cryptosporidium* and *Giardia* in tap & raw water in Shanghai proper [J]. *China Water & Wastewater*, 2006, 21(12): 32-34.
- [52] Bukhari Z, Mccuin RM, Fricker CR, *et al.* Immunomagnetic separation of *Cryptosporidium parvum* from source water samples of various turbidities [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1998, 64:4495-4499.

(责任编辑: 姚菲)

### 作者简介



崔艳梅, 助理工程师, 主要研究方向为食品安全检测。  
E-mail: xiaolongnvhappy@126.com

## “农药残留检测技术与风险评估”专题征稿函

农业产业化发展越来越依赖于现代农药的使用。农药使用为农产品生产、产量增长提供保障, 而不合理使用导致农产品中的农药残留超标, 影响消费者食用安全和污染环境。农药残留超标也影响农产品的贸易, 世界各国对各种农副产品中农药残留都做制定了越来越严格的限量标准。

鉴于此, 本刊特别策划了“农药残留检测技术与风险评估”专题, 由中国农业大学潘灿平教授担任专题主编。专题将围绕(1)食品中农药残留检测的前处理技术; (2)食品中农药残留快速检测方法、残留的分布规律与减低措施; (3)残留危害的风险评估、农药田间规范残留试验结果; (4)残留检测的规范化采样和检测不确定度研究; (5)农药残留和环境和作物中的迁移、代谢和转化规律; (6)食品加工过程中农药残留的质与量的变化; (7)国际农药残留标准制定与限量标准的协调一致等多方面展开讨论, 计划在 2016 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 潘灿平教授和主编吴永宁研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2016 年 5 月 30 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

Email: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部  
编辑 金延秋  
18701528611  
010-56054862