

水质环境监测中微生物检测技术的应用分析

潘露华*

(开平市深水服务有限公司, 开平 529300)

摘要: 水资源是我国国民经济和社会发展的基础, 水质环境监测对于保障水资源安全和水环境保护具有重要意义。微生物检测技术作为一种快速、准确、灵敏的水质监测手段, 已经在我国水质监测领域得到广泛应用。为了更好地提高微生物检测效果, 提高我国水质环境监测的有效性, 本文将采取文献综述以及实践研究方法对当前常用的微生物检测技术进行分析, 并比较其优缺点, 旨在为我国水质环境保护提供科学依据。

关键词: 水质环境监测; 微生物检测技术; 水质环境保护

Application analysis of microbial detection technology in water quality and environmental monitoring

PAN Lu-Hua*

(Kaiping Shen Shui Service Co., Ltd., Kaiping 529300, China)

ABSTRACT: Water resources are an important foundation for Chinese national economy and social development, and water quality and environmental monitoring are of great significance for ensuring water resource security and water environment protection. Microbial detection technology, as a fast, accurate, and sensitive water quality monitoring method, has been widely applied in the field of water quality monitoring in China. In order to improve the effectiveness of microbial detection and enhance the monitoring of water quality and environment in China, this article will adopt literature review and practical research methods to analyze the commonly used microbial detection technologies and compare their advantages and disadvantages, aiming to provide scientific basis for water quality and environmental protection in China.

KEY WORDS: water quality and environmental monitoring; microbial detection technology; quality environmental protection

0 引言

水质环境监测是保障公共健康和生态安全的关键环节。随着工业化和城市化进程的加快, 水体污染问题日益严重, 水质监测的重要性愈加凸显。根据世界卫生组织 (WHO) 统计, 每年有数百万例疾病和死亡与不安全的饮用水有关。在中国, 水

环境状况同样堪忧。环境保护部发布的《全国环境质量公报》显示, 部分河流、湖泊和地下水体受到不同程度的污染, 其中一些主要水源地甚至存在严重污染问题^[1]。在水质环境监测中, 微生物污染是一个重要的指标。病原微生物如细菌、病毒和原生动物等, 不仅能够直接威胁人体健康, 还可能通过食物链放大其影响。因此, 准确、及时地检测水中微生物的种类和数量,

* 通信作者: 潘露华, 检验工程师, 化验室主任, 研究方向为水质监测与水质分析。E-mail: 442436240@qq.com

*Corresponding author: PAN Lu-Hua, Inspection Engineer, Laboratory Director, Kaiping Shen Shui Service Co., Ltd., Kaiping 529300, China. E-mail: 442436240@qq.com

成为水质监测工作的重中之重。

1 水质环境监测中微生物检测的内容

1.1 微生物群落

微生物群落是水域生态系统的重要组成部分，对水质状况有直接且重要的影响。其构成的多样性与数量的变化，对水体的整体健康状况和生态平衡起着至关重要的调节作用。在水质监测与评估中，微生物群落的检测与分析是一项关键工作，其结果能够提供丰富而深入的关于水体生态环境的信息^[2]。通过深入分析水体中的微生物种群结构、群落组成和数量分布，我们能够更全面地了解水质的营养水平、自净能力以及生物多样性等关键指标。例如，针对水体中细菌、真菌、藻类等微生物的研究，可以揭示水体是否受到有机污染、富营养化等问题的影响。通过对微生物群落的监测，可以及时发现并评估水体环境中的变化与问题，为水资源的保护与管理提供科学依据和技术支持^[3]。

1.2 污染细菌

水质环境监测是评估水体健康状况和污染程度的重要手段，其中微生物检测是关键组成部分之一。随着工业化和城市化进程的加快，水体污染问题日益严重，特别是细菌污染引起了广泛关注。细菌作为水体中的主要污染微生物，不仅影响水体生态系统，还对人类健康构成威胁。在水质环境监测中，常用的细菌检测方法主要包括传统的培养法、分子生物学方法和快速检测技术^[4]。传统的培养法如平板计数法、滤膜法等，通过培养基在适宜条件下生长细菌，从而进行定量分析。这种方法虽然准确，但耗时较长。分子生物学方法如PCR（聚合酶链式反应）、qPCR（定量PCR）等，利用特异性引物扩增细菌的DNA，从而进行快速定量检测。这些方法灵敏度高、特异性强，但需要较高的技术水平和设备。快速检测技术如生物传感器、荧光探针等，通过化学或物理信号的变化来快速检测细菌，具有操作简便、速度快的优点，但在灵敏度和特异性方面可能存在一定局限。例如，在城市饮用水源的监测中，常用平板计数法来检测大肠杆菌和总大肠菌群，这些细菌是水体污染的重要指示菌。通过将水样过滤并培养在特定培养基上，在适宜的温度和时间条件下，细菌会在培养基表面形成可见的菌落，从而可以通过计数菌落数来确定水样中的细菌浓度。此外，近年来，qPCR技术被广泛应用于污染细菌的检测中。例如，检测肠道致病菌如沙门氏菌和志贺氏菌时，利用特异性引物进行qPCR扩增，可以在短时间内获得准确的定量结果。

污染细菌的检测一方面可以及时发现和预警水体污染事件，保障公共卫生安全。特别是在饮用水监测中，通过对指示菌的检测，可以评估水质状况，确保供水安全^[5]。另一方面，细菌检测可以为水污染治理提供科学依据，帮助相关部门制定有效

的治理措施对于提高水质环境监测水平，保障人类健康和生态环境具有重要的现实意义。

1.3 毒理监测

水质环境监测是保障水源安全和公共健康的重要手段。在水质监测中，微生物检测是关键环节之一，因为水体中的微生物可以直接影响水质和人体健康。毒理监测是微生物检测的重要内容，主要关注水体中可能存在的有毒有害物质及其对生物和人体的潜在危害^[6]。毒理监测的毒素种类繁多，主要包括有机毒素（如农药、杀虫剂、除草剂、工业有机污染物等）、无机毒素（如重金属、氰化物、硫化物等）、微生物毒素（如藻类毒素、细菌毒素等）。在进行毒理监测过程中，首先，需要在不同水体（如河流、湖泊、地下水等）和不同时间段采集水样，以获取具有代表性的样品。其次，对水样进行过滤、富集、浓缩等预处理，去除干扰物质，提高检测灵敏度。再者，采用各种检测方法，如色谱分析（气相色谱、液相色谱）、质谱分析（质谱联用技术）、生物检测（生物传感器、酶联免疫吸附测定等）等，对水样中的毒素进行定性和定量分析^[7]。此外，将检测数据与相关标准进行比较，评估水质状况，发现潜在的毒性风险。

通过监测水体中的毒素含量，不但能够确保饮用水符合安全标准，防止中毒事件发生。而且监测水体毒素有助于评估和控制水体污染，保护生态系统的健康和稳定。此外，还能够及时发现和控制水体中的有毒物质，预防因水污染引发的公共卫生事件，因此在水质环境监测中的意义重大。

2 水质环境监测中微生物检测技术的应用

2.1 PCR技术

聚合酶链式反应（PCR）技术是一种体外迅速扩增特定DNA片段的技术。该技术利用DNA聚合酶在特定温度下复制DNA片段的特性，通过循环反应使目标DNA片段快速增加。该技术具有高度的特异性和灵敏度，能够在极低浓度的微生物DNA中进行检测^[8]。PCR技术广泛应用于检测水中的潜在病原微生物，例如细菌和病毒等。通过设计特定的引物序列，PCR技术可以高效、精准地放大水中微生物的DNA片段，随后通过核酸杂交或测序分析，判断水样中是否携带目标微生物。近年来，随着实时荧光定量PCR技术的问世，微生物检测水平得到进一步提升，为水质监测提供了更为可靠和高效的手段。PCR技术的应用还延伸到环境微生物生态学领域，通过对水体中微生物群落结构的分析，揭示了微生物在水环境中的种群组成和时空分布规律，为深入理解水生生态系统的运行机制提供了重要依据。同时，PCR技术还被广泛应用于医学诊断、食品安全监测等领域，发挥着不可替代的作用。

2.2 生物传感技术

生物传感技术是一项技术领域，以生物识别元件为基础，

通过特异性识别反应和信号转换器,将生物识别反应转换为可检测的信号。甲烷和乙醇生物传感器是该技术的重要应用之一,能够为监测人员提供有效的监测数据。此外,在水质微生物检测领域,生物传感技术具备快速、灵敏、易于自动化等诸多优点。研究者已经成功利用生物传感技术检测水中的病原微生物,其中包括大肠杆菌、军团菌等。在水中有机污染物和重金属离子的检测方面,生物传感技术也具备广泛的应用潜力^[9]。其核心优势在于其对微生物和化学物质的高度敏感性和选择性,使其成为水质监测领域的重要工具。未来,随着生物传感技术的不断发展和完善,其在环境监测和水质保护方面的应用前景将更加广阔。通过不断的研究和创新,生物传感技术有望为解决环境污染和水资源管理等重大问题提供更有效的技术手段和解决方案。

2.3 酶免疫技术

酶免疫技术(Enzyme Immunoassay, EIA)是一种利用生物体内特定分子间相互作用的方法,通过酶标记的抗体对待测物质进行检测的技术。该技术的应用领域广泛,其中包括了对水资源中各种污染物质的筛查与监测。酶免疫检测技术的原理基于抗原与抗体之间的特异性反应,其核心在于利用已知的抗体与目标物质结合后,再通过酶标记的抗体来实现对目标物质的定量检测^[10]。在水质监测中,酶免疫技术因其高灵敏度、高特异性以及操作简便等优点而备受青睐。

在应用该项技术过程中,第一,需要将水样过滤、离心或其他方法去除杂质,得到澄清的样品溶液。第二,将已知抗原(或抗体)溶液加入ELISA板的孔中,经过孵育后,抗原(或抗体)会吸附在孔壁上,然后用洗涤液洗去未结合的物质。

第三,加入封闭液(如牛血清白蛋白BSA),封闭未被抗原(或抗体)占据的孔壁,以减少非特异性结合。第四,将待测水样加入孔中,抗原(或抗体)与孔壁上的抗体(或抗原)结合。第五,加入酶标记的二抗(针对初始抗体的抗体),二抗与初始抗原-抗体复合物结合。第六,用洗涤液多次洗涤孔板,去除未结合的酶标二抗,确保只剩下结合了的酶标二抗。第七,加入酶的底物(如TMB),在酶的催化下底物发生显色反应。第八,加入终止液(如硫酸),终止显色反应,使颜色变化稳定。第九,用酶标仪检测每孔的吸光度或荧光强度,通过标准曲线计算样品中目标分子的浓度。酶免疫技术具有灵敏度高、特异性强、操作简便等优点,但可能受到环境因素(如温度、pH值)和样本复杂性的影响,因此在实际应用中需注意优化实验条件^[11]。

3 水质环境监测中微生物检测质量控制措施

3.1 样品采集的质量控制

在水质环境监测领域,确保微生物检测的精确性与可靠性

至关重要。为保障检测结果的准确性,需对样品采集过程实施严格的质量控制措施。所以首先必须要做好采样计划工作,要求工作人员能够将水环境情况、监测目的、微生物污染情况等因素考虑在内,保证采样的全面性与针对性。在确定采样点过程中务必要能够确保其代表监测范围中的水质情况,并且结合监测要求以及水体情况来确定采样频率,保证实际采集样品较具代表性与有效性^[12]。其次,需要做好采样设备与工具的定期维护与校准,保证工具设备的正常使用,保证采集样品的准确与可靠。再者,需要科学保存并运输样品。因为微生物类型各异其对于存储的条件要求也有所差别,所以要求工作人员将样品采集完毕后,需要做好其保存工作,将目标微生物的特点还有运输时间以及距离等情况考虑在内,来做好样品的存储与运输工作,避免在运输环节样品出现降解或污染的情况,保证实际检测结果的真实与可靠。

3.2 实验室检测质量控制

确保微生物检测结果的准确性是实验室检测质量控制的首要任务,其关键环节包括实验室资质认定、人员素质、仪器设备与管理、标准品与试剂、方法与规程等方面。首先,实验室资质认定是保障检测结果可信度的基石,需确保实验室具备相应的资质认证,严格遵守国家和行业标准,以确保其具备开展微生物检测的能力和资格。其次,加强实验室人员的专业技术培训至关重要,通过提升其业务水平和工作能力,进一步保证检测结果的准确性和可靠性。所以可以定期对实验室技术人员进行安全操作规范、实验提取、分析以及质量管控等方面知识的培训,提高其实验操作的规范性以及熟练程度。再者,需要做好检验、维护与升级实验室设备仪器工作,构建起健全的设备管控体制,明确设备的使用、修理、维护、保养与报废等工作规程,保证使用的规范性与合理性^[13]。此外,所选用标准品务必要具有相应合格证书,所选用实际也必须是品质可靠,保证检验结果的可靠与准确。最后,所使用的检测技术与方法务必要通过验证,工作人员需要切实根据相应要求与规程来实施操作,保证检测结果的真实与可靠。

3.3 样品检测过程质量控制

样品检测过程质量控制,对于确保微生物检测结果的可靠性至关重要。首先,须遵循标准操作流程,明确各个环节的操作标准与指南,并且做好该操作流程的定期审核与更新,保证其与行业最近标准相符。其次,做好内部质量控制。一方面要开展空白试验,将空白样品添加到检测环节,检测是否有任何外部污染或干扰;一方面要做好平行样检测,对相同样品进行重合检测,从而对检测结果是否一致与可重复进行评估;另一方面还要合理对比已知标准或是其他实验室方法,保证检测方法的可靠与一致^[14]。再者,强化外部质量验证。可以采取参加认证实验室网络等质量验证活动或是定期参加国家食品安全监

测质量评价等行业组织或政府机构组织的比赛和评估活动，并根据实际所得的反馈数据来对实验室的监测以及质量管控能力进行优化。

3.4 科学评价检测结果

在评价检测结果过程中，要求工作人员能够将多方面因素都进行考量，保证实际评估结果的准确与可靠。具体可由如下几方面着手进行：第一，需要系统统计并分析实际检测数据，从而得到一个较为合理的结论。在实际分析过程中需要将数据的分布、变动还有可能出现的异常值都考虑在内，采取统计的方式来水质微生物污染的情况进行归纳与总结，给后面评价工作的开展提供有效的数据参考。第二，应当要选用适宜的评价指标来对水质微生物污染情况进行综合评估，通常可以采用超标率、合格率等指标，以在多方面将实际污染程度反映出来，提高评价结果的客观性^[15]。第三，需要比较实际检测结果和其他实验室数据以及历史数据，将水质微生物污染的变化规律与趋势分析出来，帮助工作人员更好地发现存在的问题，为后期监管工作的开展提供参考。第四，应当要联合实际监测数据与评价指标来合理评估水质微生物污染的风险，将不同类型指标结果全面考量在内，并系统、客观的分析潜在的风险，从而给企业与政府提供可靠的决策参考，有助于制定相应的管理和治理措施，从而保障水质安全。

4 结束语

综上所述，本文详细探讨了微生物检测技术在水质环境监测中的重要应用及其技术优势。通过分析当前主流的微生物检测方法，如PCR技术、生物传感技术和酶免疫技术，我们明确了这些方法在水质监测中的实际应用价值和局限性。同时，研究表明，微生物检测技术不仅能够提供精确的水质污染信息，还能有效识别水体中的潜在病原体，从而为水质管理和污染控制提供可靠的科学依据。未来，随着技术的不断进步，微生物检测技术有望在灵敏度、准确性和检测速度方面取得更大突破，进一步提升水质监测的效率和效果。此外，加强多学科合作和技术集成，开发更加高效、便捷的微生物检测工具，将是未来研究的重要方向。

参考文献

- [1] 张琳琳. 微生物检测技术在水质环境监测中的应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023, (11): 000.
- [2] 蔡竹青. 水质监测中的常用微生物检测技术及控制要点探析[J]. 农业科技与发展, 2022, 44: 109-110.
- [3] 郇怀秀. 微生物检测技术在水质环境监测中应用的质量控制[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(04): 51-53.
- [4] 程明锋, 赵立立. 微生物检测技术在水质监测中的应用研究[J]. 中国资源综合利用, 2023, (11): 65-68.
- [5] 贺莉明. 水质环境监测中微生物检测技术及其质量控制研究[J]. 山西化工, 2023, 43(02): 194-195.
- [6] 翟文超, 邱娟娟, 吴浩. 水污染处理中微生物检测技术的应用研究[J]. 清洗世界, 2023, 39(02): 80-82.
- [7] 牛毛毛. 探析微生物检测技术在水质环境监测中应用与质量控制措施[J]. 自然科学, 2023, (04): 4.
- [8] 舒高林. 微生物检测技术在生活饮用水检验中的应用研究[J]. 现代食品, 2023, (20): 97-99.
- [9] 翟文超, 邱娟娟, 吴浩. 水污染处理中微生物检测技术的应用研究[J]. 清洗世界, 2023, 39(02): 80-82.
- [10] 高敏, 周伟伟. 微生物检测技术在生活饮用水检验中的应用效果研究[J]. 食品安全导刊, 2023, (11): 83-85.
- [11] 褚继菊. 水质监测中的常用微生物检测技术及控制要点探析[J]. 地下水, 2022, (03): 44.
- [12] 韩金龙, 闵武琼, 叶富饶, 等. 微生物快速检测技术研究进展[J]. 粮食流通技术, 2022, (08): 28.
- [13] 钟华. 试论环境生态质量检测中的微生物检测[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(01): 188-190.
- [14] 肖霄. 快速检验技术在微生物检验中的效果[J]. 中国医药指南, 2022, (06): 20.
- [15] 李安琪. 水质环境监测中微生物检测技术研究[J]. 清洗世界, 2023, (10): 150-153.

作者简介

潘露华，检验工程师，化验室主任，研究方向为水质监测与水质分析。