

水样中大肠菌群滤膜法检测条件优化研究

王璞玉

北京市地质环境监测所，城市地下水安全防控技术创新基地，北京 100195

DOI:10.61369/EAE.2026010016

摘要： 大肠菌群系水体微生物污染程度的核心指示菌，滤膜法凭借检测精度优良、操作流程简便的特质，在水样大肠菌群检测实践中占据广泛应用地位。传统滤膜法检测条件却存在参数设定欠缺精准度的弊端，极易造成检测结果重现性欠佳、精准度有所缺失。针对水样预处理手段、滤膜抽滤压力、培养温湿度及时长等核心检测要素开展系统性优化试验，筛选适配各类水样的最优检测参数搭配。优化后的滤膜法切实增强检测结果的稳定性与可信用度，为水质微生物安全监测筑牢科学高效的技术根基，赋予水质评价工作重要的实践指导价值。

关键词： 大肠菌群；滤膜法；水样检测；条件优化；水质监测

Optimization of Detection Conditions of Coliform Bacteria in Water Samples by Filter Membrane Method

Wang Puyu

Beijing Geological Environment Monitoring Institute Urban Groundwater Safety Prevention and Control Technology Innovation Base, Beijing 100195

Abstract： Coliform group is the core indicator of microbial pollution in water. With the characteristics of excellent detection accuracy and simple operation process, membrane filtration method has been widely used in the detection of coliform group in water samples. However, the traditional filter membrane method has the disadvantage of lack of accuracy in parameter setting, which easily leads to poor reproducibility and lack of accuracy of detection results. Systematic optimization tests were carried out for the core detection elements such as water sample pretreatment means, filtration pressure of filter membrane, temperature and humidity of culture and time, so as to screen the optimal detection parameters for various water samples. The optimized filter membrane method effectively enhances the stability and credibility of the test results, lays a scientific and efficient technical foundation for microbial safety monitoring of water quality, and gives important practical guiding value to water quality evaluation.

Keywords： coliform bacteria; filter membrane method; water sample testing; conditional optimization; water quality monitoring

引言

水质安全与公众健康存在紧密关联。粪大肠菌群除了一些正常的、有益的菌群外，在一些胃肠道感染患者的粪便中也会存在大量的对人体有毒有害的大肠杆菌病原菌，例如沙门氏菌、伤寒杆菌、霍乱弧菌等，通过粪口传播引起肠胃炎、痢疾等肠道疾病。水体病原微生物污染的核心指示指标检测精准度直接关联水质评价的严谨性。滤膜法依托操作简捷、分离效能优异的特性成为主流检测手段。水样基质、抽滤参数等因素的干扰易致使检测数据可比性偏弱。现有研究尚未形成体系化优化路径，滤膜法检测条件的系统优化与标准化流程构建，对提升水质监测效能、筑牢水质安全防线具备关键价值。

一、检测条件现存问题与影响因素分析

(一) 水样预处理方式对检测结果的干扰

水样浊度、悬浮物含量等基质特性直接关联滤膜法大肠菌群检测精准度^[1]。未预处理高浊度水样内悬浮物易堵塞滤膜孔隙，

阻碍大肠菌群有效截留，致使目标菌群难以充分附着滤膜表面，干扰后续培养计数流程。水样中部分杂质还会与大肠菌群产生竞争性吸附，抑制菌群生长繁殖，造成最终检测数值偏低，无法客观呈现水样实际污染状态。各类水样基质差异显著，生活污水、工业废水、地表水等成分复杂程度各不相同，预处理要求也存在

作者简介：王璞玉（1993.09-），女，汉族，山西大同人，职称：中级，学历：硕士，研究方向：水质检测分析，单位：北京市地质环境监测所。

明显区别，统一预处理方式难以适配各类水样检测需求，这也是造成检测结果重复性欠佳的关键因素。

（二）滤膜抽滤压力的不合理设置

抽滤压力是滤膜法检测环节的核心操作参数，压力区间把控失当会对检测结果形成显著负面影响。压力过高会加快水流穿行速率，大肠菌群尚未充分吸附于滤膜表面便被冲刷流失，直接削弱滤膜对目标菌群的截留效能。过高压力还会引发滤膜形变，其孔隙结构遭受不可逆破坏，菌群附着效果因此进一步劣化。压力过低则会让水样过滤速率大幅放缓，检测效能跌至无法满足大批量水样检测需求的水平。低压环境下水样中的悬浮物极易在滤膜表面堆积凝结，形成致密紧实的滤饼层，这一结构会阻碍氧气与营养物质的有效传递，大肠菌群正常生长繁殖进程随之受到抑制，最终培养所得菌落数量远低于实际值，检测结果精准度大大降低。实际检测工作中抽滤压力的设定大多依托操作人员的过往实践经验，统一规范的行业标准始终处于缺位状态，这正是不同批次检测数据出现大幅波动的核心诱因。

（三）培养环境参数的适配性不足

培养温度与时长作为调控大肠菌群增殖发育的核心环境条件，直接关联菌落的萌生成型与计数结论。大肠菌群适配的增殖温度区间集中在36℃左右，温度超出适宜范围会加快菌群代谢进程，致使部分耐热性较弱的菌株凋亡，造成菌落数量缩减。温度低于适宜区间则会延缓菌群增殖速率，拉长培养周期，让菌落呈现非典型形态，给精准计数带来阻碍。培养时长把控同样关键，时长不足会导致菌落未完全发育，极易出现计数疏漏；时长超出标准则会引发部分菌落交融，形成片状群落结构，无法清晰甄别独立菌落，造成计数结果虚高。不同水源水样中的大肠菌群菌株存在固有差异，对培养环境的适应能力也各有不同，采用单一固定的培养温度与时长，难以满足各类菌株的生长需求，进而对检测结果的精准性与可信度产生不良影响。

二、检测条件优化方案的设计与实施

（一）差异化水样预处理流程的构建

粪大肠菌群是总大肠菌群中的一部分，属于革兰氏阴性无芽孢杆菌，具有需氧和兼性厌氧特性，可以在44.5℃温度之下生长并发酵乳糖产酸产气的耐热菌群，其主要来源于粪便中。立足不同类型水样的基质特性差异，关联其对滤膜法检测的干扰强度，搭建靶向性的差异化预处理流程^[9]。高浊度、高悬浮物含量的工业废水和生活污水基质繁杂易堵塞滤膜、干扰菌群截留，采用静置沉淀结合梯度稀释的预处理方式，先将水样放入无菌容器静置恰当时长，让大部分悬浮颗粒物充分沉降，再精准抽取上清液开展梯度稀释，切实降低水样基质浓度，减轻悬浮物对滤膜孔隙的堵塞效应。低浊度的地表水和地下水杂质含量少、目标菌群浓度偏低，采用直接过滤结合无菌水冲洗的方式，既能清除水样中的微小杂质，又可规避过度稀释造成目标菌群浓度过低而干扰计数精准性。整个预处理过程中严控稀释倍数精准度与各步骤操作时长，保障不同处理组的试验条件高度统一，最大限度消减人为操

作误差对后续检测结果的干扰。系统对比不同预处理方式下的菌落计数结果，筛选适配各类水样的最优预处理方案，为后续抽滤、培养等检测条件的优化夯实稳固根基。

（二）抽滤压力参数的精准调控

抽滤压力作为滤膜法检测大肠菌群过程中的关键操作参数，其设置直接影响目标菌的截留效果与检测结果的可靠性。为克服传统经验式调压带来的不确定性，研究通过构建覆盖低、中、高范围的压力梯度体系，系统考察不同压力条件下滤膜对大肠菌群的捕获能力。整个试验严格遵循单一变量原则，确保水样性质、预处理方式及后续培养条件完全一致，仅将抽滤压力作为唯一变量进行调控，从而准确识别其与菌落计数之间的内在关联。在操作过程中，不仅关注过滤效率，更注重压力对滤膜结构完整性及菌体附着状态的潜在影响。通过初步筛选获得截留效率较高的压力区间后，进一步缩小梯度间隔，实施多轮重复验证，以锁定最优压力点。同时，兼顾实际检测场景中通过对量和时效的需求，在保证截留效能达标的基础上，优化抽滤流程的节奏与操作顺序，提升整体检测效率。此外，考虑到常用滤膜孔径存在差异，研究同步开展了不同滤膜类型与抽滤压力的匹配性测试，明确各类滤膜在特定压力下的性能表现，最终形成一套具有普适性且可操作性强的标准化抽滤压力规范，从根本上减少因压力不当造成的菌体流失或滤膜损伤，显著增强检测结果的稳定性与重现性。

（三）培养温度与时间的协同优化

在滤膜法检测大肠菌群过程中，培养环节的温度与时间并非孤立参数，而是相互耦合、共同作用于菌群生长的关键因子^[9]。为突破传统固定温时条件带来的局限性，研究采用正交试验设计，系统构建多组温度与时间的组合方案，重点考察二者协同作用对菌落发育的影响机制。试验严格控制其他变量一致，聚焦观察菌落在不同培养条件下的形态清晰度、边缘完整性及分布独立性等表征指标，以此判断其是否利于准确计数。基于大肠菌群的生理特性，首先锁定其适宜增殖的温度范围，在此区间内进一步精细调节培养时长，避免因时间不足导致菌落未显影或因过度培养引发菌落融合。同时，考虑到不同水源中大肠菌群可能存在菌株多样性，研究还引入特异性培养思路，针对地表水、地下水及污水等典型水样，分别验证最优温时组合的适配性，确保各类样本中的目标菌均能充分表达其生长潜能，形成典型、可辨、可计数的菌落特征。该协同优化策略有效提升了检测结果的一致性与判读可靠性，为滤膜法在复杂水质场景下的精准应用提供了关键支撑。

三、优化方案的验证与应用效果评估

（一）不同类型水样的检测结果对比验证

为全面检验检测条件优化的实际成效，需在多样化的水样基质中开展系统性对比验证。不同来源的水样因其物理化学特性及微生物组成存在显著差异，对检测方法的适应性提出不同要求。生活污水和工业废水通常含有较高浓度的悬浮物与有机杂质，易干扰滤膜截留效果；而地表水和地下水虽浊度较低，但目标菌浓

度可能偏低，对检测灵敏度构成挑战。通过在统一规范下对各类水样分别采用优化前后的方法进行平行检测，可直观反映方法改进在真实复杂环境中的表现。验证过程中，注重设置充分的平行样本以控制随机误差，并严格保持操作一致性，确保结果可比。实践表明，经条件优化后的检测流程在各类水样中均展现出更稳定的响应性能，尤其在高浊度或成分复杂的样品中，有效缓解了因滤膜堵塞或菌体损失导致的低估问题。同时，平行样之间的结果一致性明显增强，说明方法重复性得到实质性改善。这种跨类型水样的稳健表现，不仅印证了优化策略的普适性，也体现出其在真实监测场景中对水质污染状况更真实、可靠的反映能力，为水质安全评估提供了更具代表性的技术支撑^[4]。

（二）检测效率与操作便捷性的评估

检测效率与操作便捷性是衡量水质微生物检测方法实用价值的重要维度。在实际应用中，传统滤膜法常因流程繁琐、参数模糊而延长检测周期，且高度依赖操作人员的个体经验，易引入人为偏差。优化后的检测体系通过整合关键环节，显著提升了整体运行效能。一方面，对水样预处理和抽滤步骤进行合理简化，去除不必要的重复操作，在确保目标菌有效截留的前提下加快样品通量；另一方面，基于对培养条件的科学调控，避免了因温时设置不当导致的重复培养或结果误判，从而有效压缩了从采样到出结果的全过程时间。在操作层面，标准化的操作规程替代了以往凭经验判断的做法，使各步骤更具可复制性和可控性。即使是经验较少的技术人员，也能在简短培训后准确执行全流程，大幅降低因操作不规范引发的误差风险。这种以流程精炼、参数明确、指引清晰为特征的改进，不仅提高了实验室日常检测的响应速

度，也增强了方法在基层或高负荷检测场景中的适应能力，体现出良好的推广潜力和现实应用优势^[5]。

（三）优化方案的应用前景与推广价值分析

结合水质监测工作的实际诉求，分析优化方案的应用前景与推广价值。优化后滤膜法检测条件更具靶向性与适配效能，能够契合不同类型水样的检测诉求，为水质微生物安全监测提供科学高效的技术支撑。该方案可广泛应用于环境监测站、水质检测实验室、污水处理厂等机构的水样检测工作，增强水质评价的科学性与精准性。优化后标准化操作流程便于在不同实验室之间推广落地，提升实验室间检测数据的可比属性，为水质监测数据的共享与统一筑牢根基。伴随水质监测技术的持续发展，该优化方案还可与自动化检测设备深度融合，进一步提升检测效率与智能化层级，推动水质微生物监测工作迈向规范化、标准化发展轨道。

四、结语

水样大肠菌群滤膜法检测条件优化，聚焦传统手段重现性欠佳、精准度不足等弊端，从水样预处理、抽滤压力、培养环境等核心环节切入，搭建体系化改良方案。依托差异化预处理、精细化抽滤管控及协同化培养改良，强化检测结果稳定性与可信度，兼顾检测效能与操作简便性，适配各类水样检测需求，为水质微生物安全监测筑牢技术支撑。后续可结合不同地域水样特质深化优化，完善标准化体系，推动与自动化技术深度融合，实现检测智能化高效化发展，夯实水质安全保障基础。

参考文献

- [1] 刘招椿. 滤膜快速法检测粪大肠菌群的检测研究 [J]. 化学工程与装备, 2024, (12): 122-124.
- [2] 遯南南, 石近森, 褚福敏, 等. 水中耐热大肠菌群滤膜检测法优化 [J]. 中国给水排水, 2021, 37(12): 164-168.
- [3] 张琦, 曹新垠, 尹宝国, 等. 水中总大肠菌群滤膜检测法影响因素 [J]. 城镇供水, 2024, (03): 43-48.
- [4] 王静, 刘溪南, 郭林水. 生活饮用水及其水源水中总大肠菌群的测定: 滤膜法与光度法的比较 [J]. 中外食品工业, 2024, (05): 41-44.
- [5] 王璞玉. 温度、时间对不同方法检测地下水中总大肠菌群的影响 [J]. 城市地质, 2023, 18(04): 113-118.