

梅冲水库水质调查方法综述

马梦飞¹, 蔡之伟¹, 刘志文¹, 薛清元¹, 赵景宇¹, 郭艳¹, 王肖明²

¹宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

²安徽省宿州工业学校, 安徽 宿州

收稿日期: 2025年2月27日; 录用日期: 2025年4月10日; 发布日期: 2025年4月28日

摘要

本综述旨在探讨和优化梅冲水库的水质调查方法, 以保障水资源的安全和可持续利用。通过文献综述和现场调研, 系统分析了当前水质监测技术、采样方法及数据分析手段, 并针对梅冲水库的实际情况, 提出了一套综合性的水质调查方案。研究发现, 采用多参数监测仪器与地理信息系统(GIS)集成应用, 能够提高水质数据的精确度和分析效率。本综述还预测了未来水质监测技术的发展趋势, 为梅冲水库及类似水体的水质管理提供了科学依据和技术支持。

关键词

水质调查, 梅冲水库, 监测技术, 数据分析, 环境管理

Survey Methods of Water Quality in Meichong Reservoir

Mengfei Ma¹, Zhiwei Cai¹, Zhiwen Liu¹, Qingyuan Xue¹, Jingyu Zhao¹, Yan Guo¹, Xiaoming Wang²

¹School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

²Suzhou Industrial School of Anhui Province, Suzhou Anhui

Received: Feb. 27th, 2025; accepted: Apr. 10th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

The purpose of this review is to discuss and optimize the methods of water quality investigation in Meichong Reservoir in order to ensure the safety and sustainable utilization of water resources. Through literature review and field investigation, the current water quality monitoring technology,

文章引用: 马梦飞, 蔡之伟, 刘志文, 薛清元, 赵景宇, 郭艳, 王肖明. 梅冲水库水质调查方法综述[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(4): 554-559. DOI: 10.12677/aep.2025.154062

sampling methods and data analysis methods are systematically analyzed, and according to the actual situation of Meichong Reservoir, a comprehensive water quality investigation scheme is put forward. It is found that the integrated application of multi-parameter monitoring instrument and geographic information system (GIS) can improve the accuracy and analysis efficiency of water quality data. This review also predicts the development trend of water quality monitoring technology in the future, and provides scientific basis and technical support for water quality management of Meichong Reservoir and similar water bodies.

Keywords

Water Quality Investigation, Meichong Reservoir, Monitoring Technology, Data Analysis, Environmental Management

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

梅冲水库作为重要的饮用水源地，其水质直接关系到周边居民的生活质量和健康安全。随着工业发展和城市化加速，水体污染问题日益凸显，如何科学、有效地监测和管理水库水质成为亟待解决的问题。本综述围绕梅冲水库的水质状况，综合运用现代水质监测技术和数据分析方法，旨在建立一套高效、准确的水质调查体系，希望能够为水库的环境保护和治理提供方案。

2. 水库的重要意义与概况

梅冲水库主要有五大功能：1) 防洪抗旱，在洪水季节，梅冲水库能有效削减洪峰流量，确保下游地区安全减轻下游洪水压力，保护下游居民和农田免受洪水侵害。同时梅冲水库为周围农田提供灌溉水源，据统计此水库每年的灌溉面积大约 8400 亩土地。2) 水产养殖：水库提供了水产养殖的水面，促进了当地养殖业的发展。3) 旅游开发：梅冲水库及其周边地区已被开发成旅游景点，成为当地居民休闲养生的好去处，并为当地旅游业带来了发展机遇。4) 生态价值：水库对维持当地生态系统平衡、保护生物多样性具有重要作用。水库周边的自然环境为多种野生动植物提供了栖息地。近年来，通过水环境综合治理，梅冲水库的水质得到了明显改善，出水断面水质达到地表水 IV 类标准，对提升当地水环境质量起到了积极作用。5) 社会效益：水库的建设和管理为当地居民提供了就业机会，促进了当地经济发展。同时，水库的水资源为周边居民提供了生活用水，对提高居民生活质量具有重要作用。由于近年来国家大力发展经济所导致的水污染，因而安徽省因水体污染所导致的经济损失大约为 292.1 亿元，占安徽省国民的生产总值的 3.97% [1]，因此此次对梅冲水库的水质分析十分重要，虽不能代表整个安徽的水资源水质状况，但也能是安徽水库水质的一个缩影。

梅冲水库坐落于安徽省芜湖市繁昌区梅冲村，是繁昌区在册的小二型水库，水库始建于 1970 年，总库容量 36 万立方米，集水面积约 1.7 平方公里[2]。

3. 水质监测技术

水质监测是确保水资源安全和生态平衡的关键环节。近年来，水质监测领域的研究和技术开发取得了显著进展。

3.1. 传统监测技术

传统的水质监测技术主要包括以下几种：1) 实验室分析：通过采集水样后在实验室进行化学和生物学分析，如测定 pH 值、溶解氧、生化需氧量、化学需氧量、总悬浮固体、重金属含量等实验室分析在水质监测中具有高精度、多参数检测能力和规范性等优点，适用于科研、法律诉讼和对水质要求极高的场景。然而，其时间成本高、费用昂贵、无法实现实时监测等缺点也限制了其在大范围、高频次监测中的应用。因此，实验室分析通常与现场快速检测技术(如传感器、便携式设备)结合使用，以弥补各自的不足，实现更全面、高效的水质监测。2) 现场检测仪器：使用便携式或固定式仪器在现场进行实时监测，如多参数水质分析仪、溶解氧计、浊度计等。3) 生物监测：利用生物体对水质变化的敏感性来评估水质状况，例如水生生物的种类和数量变化生物监测在水质监测中具有独特的优势，特别是在综合评估水质状况、反映长期污染效应和生态相关性方面。然而，其非特异性、响应时间较长和定量分析困难等缺点也限制了其应用范围。因此，生物监测通常与化学分析、物理监测等方法结合使用，以提供更全面、准确的水质评估结果。4) 化学试剂盒：利用特定的化学试剂盒对水样中的特定参数进行快速检测。

3.2. 新兴监测技术

新兴的水质监测技术包括[3]：1) 基于纳米材料的传感器技术：包括电化学传感器、光学传感器等，用于监测特定参数如 pH、溶解氧、重金属、有机污染物等，同时相较于传统的监测技术拥有高灵敏度和选择性的特点。2) 遥感技术：使用卫星或无人机搭载的遥感设备监测大范围水体的水质状况此技术，初期在国外取得更为先进的研究进展，但是随着国内航空航天的技术进步与发展，目前国内遥感技术在水质监测中的应用已经取得了显著进展，尤其是在湖泊、河流、城市水体和海洋的监测中。通过结合多源遥感数据(如卫星、无人机)和先进的反演模型，研究人员能够实现大范围、高精度的水质监测。同时遥感技术也有自己的挑战，如面对小范围水体难以高精度的测量。3) 生物传感器：结合生物学和传感器技术，对水中的微量污染物进行检测。4) 无线传感网络：通过部署多个传感器节点构成网络，实现对水体的长期、连续监测。5) 物联网技术：利用物联网技术实现水质数据的实时采集、传输和分析，同时还具有低成本广覆盖的优点，因此在面对偷排污水可以进行有效的防止，在保证农村饮用水和环境治理有极大帮助[4]。6) 机器学习和人工智能：通过机器学习算法对大量水质数据进行分析，预测水质变化趋势[5]。

3.3. 国内外研究进展

国内：中国在水质监测方面投入了大量资源，研发了多种传感器和监测设备，推动了水质监测技术的发展。国内研究机构和企业也在积极开发基于物联网、大数据和人工智能的水质监测解决方案：1) 国土卫星遥感应用中心构建星地同步观测数据集，研发湖库水质指标反演模型，可监测浮游藻类指数、水色指数等六类指标，产品平均精度达 80%，能反映重点区域湖库水质时空变化。2) 中国科学院长春应用化学研究所提出基于新型显色试剂的水质生物毒性比色检测方法，操作简单、成本低廉、结果可视化，有望推动相关检测仪器及试剂盒开发。3) 专利技术成果：上海佑科仪器仪表有限公司取得“一种水质测定方法、系统、存储介质及电子设备”专利。4) 监测方式创新：如武汉采用“无人机 + 高光谱遥测”方式，可快速获取大面积水质浓度变化数据，配合传统采样和微型自动监测站，实现“水陆空”全方位监控。

国外：1) 标准方法更新：美国水和污水检测标准方法不断修订完善，开始按成分或特性将方法分类，受美国环保署成立及相关法案影响，其水质分析方法不断发展。2) 先进仪器使用：一些发达国家广泛使用等离子发射光谱 - 质谱法等高灵敏度、高精度的仪器设备，可精确测定水中多种痕量和超痕量元素，能快速检测水中的有机污染物。3) 调查手段拓展：如日本在多地开展有机氟化物调查时，除传统检测方

法外,还对地下水、地表水等进行广泛采样监测,以全面掌握水质状况。国际上许多国家在水质监测方面同样取得了重要进展。例如,欧洲和北美国家利用遥感技术和生物传感器进行水质监测。此外,国际上的研究也关注于提高监测技术的灵敏度、选择性和实时性。

4. 研究方法

常见水质评价有以下方法[6]:

- 1) 水环境监测:依据《地表水环境质量评价技术规范》等标准,对水库中的理化指标进行监测,包括 pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、化学需氧量、氨氮、总磷等参数。
- 2) 生境调查:对水库的物理生境进行评估,包括湖岸带稳定性、植被覆盖度、人工干扰强度等,以了解人类活动对水体的影响。
- 3) 水生生物监测:包括底栖动物、浮游植物、浮游动物和大型水生植物的监测。这些生物群落的结构和健康状况可以反映水质和生境条件。
- 4) 营养状态评价:通过监测叶绿素 a、总磷、总氮、透明度和高锰酸盐指数等指标,评估水库的营养状态和富营养化程度。
- 5) 综合评价:常常采用内梅罗指数法,此方法是现阶段最普遍也是最有效的综合污染指数评价方法。但是此方法由于采用了单因子指数法的平均值,导致了该方法所得结果偏于乐观[7]。结合水化学指标、物理生境指标和水生生物指标,通过构建综合评估指数,对水库的水生态环境质量进行综合评估。
- 6) 物评价方法:如多样性指数(如香农-维纳多样性指数)和生物完整性指数(IBM),用于从生物多样性和生物完整性角度评估水环境质量。
- 7) 水质评价:采用单因子评价法,即采用根据评价时段内各指标中类别最高的一项来确定水质类别,或者采用综合指数法,结合多个指标进行评价。

这些方法的组合使用可以提供水库水质状况的全面视图,帮助我们能够更加全面的了解水库的水质。

考虑到梅冲水库的为规模较小但是功能较为多样,并且容易受到多方面污染。因此无法应用单因子指数法它通过将某单项水质指标的实际测量值与评价标准值进行比较来确定水质类别。虽然这种方法简单明了、计算简便,但可能忽略各环境因子对环境的影响,因此不具有全面性,不利于反映水质的整体状况[8]。所以本次实验主要采用主成分分析法细描述本次研究所采用的水质调查方法,[9]包括现场采样,在水库的出水口和入水口还有湖中心的表层中层和深层分别取样,在取得水样后要対水的 1. 常规物理化学指标: pH 值、溶解氧(DO)、电导率、浊度、透明度、水温。2. 营养盐指标: 总磷(TP)、总氮(TN)、氨氮(NH₃-N)、硝酸盐氮(NO₃-N)。3. 有机污染指标: 化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)。4. 微生物指标(如作为饮用水源): 大肠菌群、粪大肠菌群。因为周边没用大型工厂无需对重金属指标进行测量。同时还应该要对水库中的生物和水库周边的污染源进行调查。最后在对结果进行分析并且依据根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)对水库水质进行分类(I 类至 V 类)。

5. 讨论

梅冲水库的水质调查结果显示,近年来通过水环境综合治理,梅冲湖的水质有了明显的改善。出水断面水质 3 项主要污染物(化学需氧量、氨氮、总磷)浓度稳定达到地表水 IV 类标准。这表明水库的水质状况已经得到了有效的改善,但仍需注意的是,IV 类水体在农业和景观用水方面可能仍存在一定的限制。

影响水质的主要因素可能包括: 1) 点源污染: 如工业废水、城市生活污水直接或间接排入水库。2) 面源污染: 如农业面源污染,包括化肥、农药的过量使用和畜禽养殖废水。3) 内源污染: 水库底泥中污染物的释放,尤其是在水体富营养化的情况下。4) 气候变化: 如干旱或洪水等极端气候事件,可能影响

水体的自净能力和污染物的迁移转化。

现有监测方法的有效性评估：现有的监测方法能够稳定地检测出水体中的主要污染物，并达到 IV 类水质标准，说明监测方法是有效的。这些方法能够为水质管理提供科学依据，帮助及时发现和解决问题。

存在的问题及改进建议：1) 监测频率和范围：可能需要增加监测的频率和范围，以更全面地了解水质变化情况，尤其是在雨季和干旱季节。2) 监测指标：除了常规的化学需氧量、氨氮、总磷等指标外，还可以考虑增加对新兴污染物(如药物和个人护理品)的监测。3) 污染源控制：加强对周边工业和生活污水排放的监管，减少污染物的排放。4) 生态修复：通过生态修复措施，如植被恢复、人工湿地建设等，提高水体的自净能力。5) 公众参与：提高公众对水资源保护的意识，鼓励公众参与到水库保护中来。

通过这些措施，可以进一步提升梅冲水库的水质，保护和改善水生态环境。

6. 结论与展望

研究的主要发现：1) 梅冲水库通过水环境综合治理，出水断面水质中的化学需氧量、氨氮、总磷等三项主要污染物浓度已稳定达到地表水 IV 类标准，显示出水质的明显改善。2) 污染源控制：加强对周边工业和生活污水排放的监管，减少污染物的排放，梅冲水库的水质改善与多项环境治理措施有关，包括污水防治、水污管网排查、雨污分流、截断污染源等。3) 水质监测技术的发展，如在线监测系统的创新，提高了水质管理的效率和准确性，实现了水质参数的实时、连续、自动监测。4) 研究显示，水生态治理工程有助于减缓快速城市化对水生态环境的破坏，通过实施大量不同类型水生态治理工程，河网水体中的氨氮、总氮、总磷及大型底栖动物多样性均有显著提升。

对未来梅冲水库水质监测和管理的建议：1) 持续监测：继续对梅冲水库的水质进行定期监测，确保水质稳定达到 IV 类标准。继续执行和加强现有的水污染防治措施，如污水防治和污染源控制，确保水质持续改善。2) 利用现代水质监测技术，如在线监测系统，实现对梅冲水库水质的实时监控，以便及时发现并解决问题。3) 加强公众参与和环境教育，提高公众对水资源保护的意识，促进公众参与水质保护活动。4) 结合城市化管理，进行综合规划，保证梅冲湖水库保护没有盲区，不留死角，使之规模化、制度化、常态化。5) 推动跨部门合作，确保水资源管理、城市规划和环境保护等部门之间的协调一致，共同推进水质保护工作。6) 生态修复：通过生态修复措施，如植被恢复、人工湿地建设等，提高水体的自净能力。

预测水质监测技术的未来发展方向：1) 人工神经网络通过模拟大脑神经网络处理、记忆信息的方式进行信息处理。每个神经元接收来自其他神经元的输入，将它们乘以分配的权重，将它们相加，然后将总和传递给一个或多个神经元。一些人工神经元可能在将输出传递给下一个变量之前将激活函数应用于输出，将来可能会运用在水质检测方向[10]。2) 智能化和自动化：随着物联网、大数据、人工智能等技术的发展，水质监测将更加智能化和自动化，提高监测的准确性和效率，或利用传感器和原位探测技术实现对水质指标的实时监测和分析。3) 多源数据融合分析：未来的水质监测将更加注重多源数据的融合分析，以提供更全面的水质状况分析和更科学的决策支持。4) 无人化监测：无人监测站和无人机搭载的监测设备将覆盖更广泛的区域，提高监测频率和精度。5) 公众参与：公民科学项目将促进数据共享，增强社区对水质保护的意识和行动，推动公众参与水质监测和管理。6) 市场化运作：探索市场化运作模式，引入社会服务，提高监测体系的高效化、精细化和现代化。7) 科研合作：加强与科研机构的合作，挖掘序列数据的内在价值，为政府提供技术服务。8) 综合监测：加强水文、水质、水生态的综合监测能力，形成全要素水文监测体系，以满足水文监测现代化的需求。

基金项目

本文受到国家级大学生创新创业训练计划项目：基于 BP 神经网络对宿州市萧县永垵水库水质评价

(202410379061); 安徽省大学生创新创业训练计划项目(S202410379173); 宿州学院大学生创新创业训练计划项目(编号: ZCXM24-39 和 ZCXM24-40); 宿州学院教师应用能力发展工作站(编号: 2020XJYY08); 宿州学院“水文地质实验实训中心”(编号: szxy2022sxzx01)的支持。

参考文献

- [1] 贾景梅. 安徽省水污染经济损失估算分析[J]. 现代商贸工业, 2009, 21(19): 99-100.
- [2] 安徽省芜湖市繁昌区人民政府. 美丽乡村梅冲[EB/OL].
<https://www.fanchang.gov.cn/mlfc/ssfc/jdhry/12083557.html>, 2022-11-10.
- [3] 罗华坊. 无人机高光谱技术在水质监测中的应用研究[J]. 价值工程, 2023, 42(25): 128-130.
- [4] 王巍淞, 马巧梅, 申连雄. 基于物联网的农村饮用水水质监测系统的设计[J]. 科学技术创新, 2022(27): 51-55.
- [5] 侯德. 两种机器学习算法在水质预测中的应用[J]. 环境污染与防治, 2024, 46(11): 1596-1600+1607.
- [6] 叶国平, 叶金磊, 徐先强, 何世力. 供水型水库水质评价方法分析[J]. 资源节约与环保, 2024(2): 90-95.
- [7] 曾永, 樊引琴, 王丽伟, 刁立芳, 李娅. 水质模糊综合评价法与单因子指数评价法比较[J]. 人民黄河, 2007, 29(2): 45-65.
- [8] 冯华. 浅谈水质评价方法[J]. 水利科技与经济, 2014, 20(3): 15-16.
- [9] 姜明岑, 王业耀, 姚志鹏, 刘廷良, 孙宗光, 杨琦. 地表水环境质量综合评价方法研究与应用进展[J]. 中国环境监测, 2016, 32(4): 1-6.
- [10] 嵇晓燕, 王姗姗, 杨凯, 李文攀, 姚志鹏, 解鑫, 陈亚男. 长江水环境质量监测网络运行体系初步构建[J]. 环境监测管理与技术, 2022, 34(5): 1-5.