

# 农村饮用水源地水质评价方法优化

丁鹏飞 陈燕朋 薛飞  
山东省济南生态环境监测中心  
DOI:10.12238/eep.v8i4.2651

**[摘要]** 本项目以农村饮用水源地为研究对象,针对我国农村水源污染来源多样、水质波动大、监测难度大等特点,对传统评估方法在指标体系、评估模型和数据处理上的不足进行深入剖析。通过构建因地制宜且动态更新的评价指标体系,引入多元统计分析、模糊数学及人工神经网络等先进评价模型,结合大数据与GIS技术强化数据处理分析,完善监测网络与质量控制体系,提出系统性优化策略,旨在提高我国农村饮用水源地水质评估的科学性和精准性,并且为保障我国农村居民饮水安全提供技术支撑。

**[关键词]** 农村饮用水源地; 水质评价; 方法优化; 监测网络; 大数据技术

中图分类号: TU991.21 文献标识码: A

## Optimization of Water Quality Assessment Methods for Rural Drinking Water Sources

Pengfei Ding Yanpeng Chen Fei Xue

Jinan Ecological Environment Monitoring Center, Shandong Province

**[Abstract]** This study focuses on rural drinking water sources in China, addressing challenges such as diverse pollution sources, significant water quality fluctuations, and difficulties in monitoring. It critically analyzes the limitations of traditional assessment methods in terms of indicator systems, evaluation models, and data processing. By establishing a location-specific and dynamically updated evaluation index system, integrating advanced assessment models (e.g., multivariate statistical analysis, fuzzy mathematics, and artificial neural networks), and enhancing data processing with big data and GIS technologies, this research proposes systematic optimization strategies. These improvements aim to enhance the scientific rigor and accuracy of water quality assessment for rural drinking water sources, providing technical support to safeguard drinking water safety for rural residents.

**[Key words]** rural drinking water sources; water quality assessment; method optimization; monitoring network; big data technology

## 引言

农村饮用水安全是乡村振兴战略实施与农村居民健康生活的重要保障,而饮用水质量的高低直接关系到饮用水质量的高低。近年来,随着我国农村工业化和城市化进程的不断加快,农业生产的集约化程度不断提高,我国农村饮用水水源地面临着农业面源、生活污水和工业废弃物的双重压力。传统的水环境质量评估方法由于没有考虑到乡村地区特有的污染特性,很难准确地反映出水源地的实际情况,难以以为水源地保护和污染治理提供有效的决策依据。在这一背景下,完善农村饮用水水源地水质评估方法,建立科学、高效的评价体系,对于保障我国农村饮水安全,促进农村生态环境的可持续发展,具有十分重要的意义。

## 1 农村饮用水源地水质特点及传统评价方法的局限性

### 1.1 农村饮用水源地水质特点

农村饮用水水源地类型较多,主要有河流,湖泊,水库和地下水。相对于城市饮用水水源,农村饮用水水源地受到自然环境及人类活动的影响更大,表现出如下特征:污染来源复杂,我国农村农业生产中大量使用农药、化肥,畜禽养殖废弃物随意排放,农村生活污水及生活垃圾乱排,已成为我国农村饮用水水源地主要污染源<sup>[1]</sup>。另外,在一些农村地区,存在着小规模的工业企业,其生产废水、废物随意排放,给水源地带来一定的危害。水环境质量变化大,受季节性降雨和农业生产活动的季节性影响,我国农村饮用水水源地水质存在明显的季节性差异。如在雨季,地表径流携带大量污染物进入水源地,引起水质恶化;但是,旱季的时候,水源地的水量减少,污染物的含量也增加。水质监测难度大,我国农村饮用水水源地分布较为分散,部分地处偏远,交通不便,给水质监测带来很大困难。同时,由于农村地区缺乏

专业的水质监测设备及技术人员,很难全面、及时地监测水源地的水质。

### 1.2 传统评价方法的局限性

评价指标体系不够完善,传统的农村饮用水水源地评价方法多以城市饮用水水源地为参照,未充分考虑农村饮用水水质特征及污染现状<sup>[2]</sup>。然而,传统的评价指标体系很少涉及到农村普遍存在的农药残留和畜禽养殖污染等指标,因此,评价结果并不能真实地反映农村饮用水水源地的水质状况。评价模式单一,传统评价方法多采用单一因素评价方法,如单一因素评价法和综合污染指数法。这三种模型在处理复杂的水质资料时都有其局限性。单因素评价方法仅从最坏的方面进行评价,忽视其它指标的综合作用;综合污染指数法虽然综合考虑多个指标,但是其权重的确定不够科学,很难准确地反映各指标的实际影响程度。数据处理能力不足,随着水质监测技术水平的不断提高,获取的水质数据量越来越大,数据种类也越来越多。传统的水质评估方法由于数据处理与分析能力有限,难以有效地处理与挖掘海量复杂数据,无法充分利用数据中所蕴含的信息,从而影响水质评估的精度与时效性。

## 2 农村饮用水源地水质评价方法优化策略

### 2.1 构建科学合理的评价指标体系

因地制宜筛选指标,在构建农村饮用水水源地环境质量评价指标体系时,要充分考虑不同区域水源类型、周边环境及主要污染源等因素,因地制宜地选取评价指标<sup>[3]</sup>。在农村地区,水源为地表水的地区,若周边农田面积较大,需重点监测农药残留(有机磷、有机氯、拟除虫菊酯类农药等)、氮磷营养盐(氨氮、总磷、COD、BOD)等;如果周围有畜禽养殖场,还要增加粪便大肠菌群,蛔虫卵,抗生素残留。农村地区地下水污染具有隐蔽性、长期性等特点,需要加强对农村地下水重金属(Pb、Hg、Cd、Cr等)、氟、硝酸盐、亚硝酸盐等进行监测。在此基础上,结合当地实际情况,适当增加区域内地方性污染物等特征性污染物指标,使评价指标能够全面、准确地反映水源地环境质量。指标体系的动态更新,农村饮用水水源地水质存在着随时间、环境变化而变化的特点,需要建立一套动态更新的水质评价指标体系。定期开展农村饮用水水源地水质调查与分析,并结合最新研究成果与实际监测结果,对评价指标进行修正与完善。如新农药、新兽药的研制与使用,应及时纳入监测与评估;对新发现的可能对人类健康造成潜在危害的污染物,应尽快补充到指标体系中去。在此基础上,结合水环境变化趋势及防治重点,对各项指标进行合理的权重调整,保证评价指标的科学性与有效性。

### 2.2 选择合适的评价模型

多元统计分析模型,主成分分析(PCA)和聚类分析(CA)等多元统计分析方法能够有效处理多个变量之间的复杂关系,对农村饮用水源地的复杂水质数据进行综合分析<sup>[4]</sup>。将多个相互关联的水质指标转换成少量不相关的主成分,使其能较好地反映水质状况,降低数据冗余,提高评估效率。例如,在对某一地区多

个农村饮用水水源地水质数据分析中,采用主成分分析方法,可将众多水质指标简化为少数主成分,快速判别各水源地水质变化的主要影响因子及差异。聚类分析可依据水质指标的相似程度对水源地进行分类,将具有相近水质特性的水源归为一类,从而发现不同水源地的水质特征及污染规律,从而为水源地分类管理、针对性治理提供依据。模糊数学评价模型,针对目前水质评价中存在的等级划分界限不清、污染对水质影响程度界定不清等模糊性问题,本项目拟采用模糊数学方法对这些不确定信息进行处理。模糊综合评判法是一种常用的模糊综合评判方法,它是一种利用模糊关联度矩阵来确定各个评价指标的权重来综合评判水质的方法。在确定权重时,可与层次分析法(AHP)相结合,把一个复杂的问题分解成若干层,用成对比较来确定各个指标的相对重要度,这样就能更科学地确定权重。模糊综合评价方法能更准确地反映水质实际情况,避免传统评价方法因边界划分过于绝对所引起的结果偏倚。以某农村饮用水水源地为例,采用模糊综合评判方法,能更合理地确定各等级水质的隶属度,从而提高评价结果的客观性和准确性。人工神经网络具有强大的非线性映射能力和自学习能力,能够对复杂的水质数据进行准确的模拟和预测。BP神经网络是目前应用最为广泛的人工神经网络模型之一,它由输入层、隐藏层、输出层三个层次构成。在实际应用中,利用BP神经网络对水质进行实时监测,并将其输入训练好的BP神经网络模型,就可以快速得到水质评价结果。人工神经网络模型不仅能准确评估当前水质状况,而且能预测未来水质变化趋势,为水源地管理与决策提供前瞻性支撑。例如,通过对某农村饮用水源地历史水质数据的训练,BP神经网络模型可以预测在不同季节、不同污染情况下的水质变化,以便相关部门提前采取应对措施。

### 2.3 加强数据处理与分析

大数据技术应用,利用大数据技术对农村饮用水源地的海量水质监测数据进行高效处理和深度挖掘。通过建立农村饮用水源地水质大数据平台,整合不同地区、不同时间、不同类型的水质监测数据,包括常规监测数据、在线监测数据、应急监测数据等,以及相关的环境数据,如气象数据、土地利用数据、污染源数据等。运用大数据分析算法,如数据聚类、关联分析、时间序列分析等,对数据进行处理和分析,挖掘数据背后隐藏的规律和信息。例如,通过对水质数据进行时间、空间上的分析,可以确定水环境污染易发区时段,从而确定污染防治的关键方向;在此基础上,利用相关性分析方法,找出水质指标与其它环境因子间的潜在联系,为分析水质变化的成因提供基础。同时,借助大数据技术,对水质数据进行实时监测与预警,一旦发现异常情况,及时发布预警信息,使相关部门能够及时采取措施,保障饮用水安全。地理信息系统(GIS)融合,地理信息系统(GIS)与水质评价技术相结合,可以直观地反映水源地的地理位置、周边环境及水质状况。利用地理信息系统可实现水质监测数据和地理空间信息的关联,绘制出水质特征图,如污染物浓度分布图、水质等级分布图等。利用地理信息系统平台,管理者可以对水源地整

体水质状况有一个直观的认识,并能迅速定位出有问题的区域,并对水源地周围的污染源进行分析。例如,利用地理信息系统可直观地显示污染源与水源地的距离、相对位置及扩散路径,为水源地保护与管理提供科学可视化的决策依据。同时,利用地理信息系统实现水质监测数据的动态更新与可视化查询,便于管理者了解水质的变化。

#### 2.4 完善监测网络与质量控制

优化监测站点布局,针对我国农村饮用水水源地的分布特征、地形地貌及水质条件,对监测点进行科学、合理的规划与优化。在水源地的取水口、进水口和出水口等重点部位,以及农田周边、畜禽养殖区、工业企业聚集区等高风险地区,增加监测点,保证水质信息的全面及时获取<sup>[5]</sup>。通过网格化监测,把水源地划分成网格状,在每个栅格上布置监测点,实现对水源地的精细监测。在此基础上,将在线监测与流动监测技术相结合,构建立体监测网络,提高监测的时效性与准确性。如在重要水源地设置在线监测装置,对水质指标进行实时监测;在偏远地区或有临时性监测需求的地区,可通过流动监测设备实现快速监测,及时掌握水质变化情况。强化监测质量控制,为保证数据准确可靠,应建立一套严格的质量管理制度。在采集过程中,严格按照要求操作,保证采集到的样品具有代表性;在样品的运输、贮存过程中,应采取有效措施,防止样品被污染、变质。在实验室分析环节,定期校准、维修监控仪器,保证仪器性能稳定;通过标样、平行样品分析和加标回收等质量控制方法,严格控制分析过程。加强对监测人员的培训与管理,定期组织监测人员参加业务培训、技术交流等,不断提高队伍的业务素质和业务水平。建立监测资料审核制度,严格审核资料,保证资料真实准确。

### 3 结语

本文在分析农村饮用水源地水质特性及传统评价方法存在的缺陷的基础上,提出一系列的优化对策。包括建立科学、合理的评价指标体系,使农村饮用水源地水质得到较全面的评价;选取适当的评价模型,使水质评价更加准确、科学;加强资料的处理和分析,使资料中的信息得到充分的利用;完善监测网络,完善监测质量,保证监测数据可靠;通过实例分析,证明该方法能更好地反映农村饮用水源地的实际水质状况,为水源地保护与管理提供有效支撑。

### 参考文献

- [1]邢昱,张兰真,陈珂,等.我国农村饮用水源地环境质量评价[J].乡村科技,2016(36):30-31.
- [2]陈生科,万玉,杨明姣,等.贵阳某农村饮用水源地水环境健康风险评价[J].生态与农村环境学报,2017,33(5):403-408.
- [3]郭进.农村环境质量监测及千吨万人饮用水源地水质监测中的相关问题探讨[J].商品与质量,2021(10):226,228.
- [4]杨元青.泰安市农村饮用水水源地的水质评价及改善对策[D].山东:山东农业大学,2008.
- [5]伊璇,孙安帅,宿立明,等.基于BP神经网络的农村饮用水源地水质评价[J].水利经济,2011,29(5):65-67.

### 作者简介:

丁鹏飞(1991--)女,汉族,山东省日照市人,山东省济南生态环境监测中心,研究生,工程师,研究方向:环境监测。

陈燕朋(1988--)男,汉族,山东省济宁市人,山东省济南生态环境监测中心,大学本科,工程师,研究方向:环境监测。

薛飞(1989--)女,汉族,山东省济南市人,研究生,高级工程师,研究方向:环境监测。