

用单因子和综合指数法评价农村小型集中式供水水质

翟敏¹, 王连顺², 李印龙¹, 谢龙利², 宋爱芹¹, 岳喜同¹

摘要: [目的] 采用单因子评价法及综合指数法评价济宁市农村小型集中式供水水质状况。 [方法] 抽取济宁市 6 个市(县)区, 每个市(县)区按 20:1 抽取, 共 109 个农村小型集中式给水点, 其中 93 个为深井, 16 个为浅井。分别于枯水期(2008 年 4~5 月)、丰水期(2008 年 7~8 月)各采样一次(出厂水、末梢水各一份)进行水质检测, 检测结果分别采用单因子评价法、综合指数法(改进的尼梅罗指数法)进行综合评价。 [结果] 单因子评价: 6 个市(县)区水质超标的指标主要为总硬度、硫酸盐、硝酸盐、菌落总数、总大肠菌群; 综合指数法: 除嘉祥县水质综合评价指数为 0.50(属于 II 类水)外, 其余 5 个市(县)区水质综合评价指数均低于 0.45(属于 I 类水)。 [结论] 单因子评价法结合改进的尼梅罗指数法能够较客观地反映济宁市农村小型集中式供水水质的卫生状况。

关键词: 农村; 饮用水; 小型集中式给水; 水质综合指数

Evaluation on the Quality of Water Supplied by Small Central Rural Facilities with Solitary-factor and Comprehensive Index Method ZHAI Min¹, WANG Lian-shun², LI Yin-long¹, XIE Long-li², SONG Ai-qin¹, YUE Xi-tong¹ (1. Department of Environmental Health, School of Public Health, Jining Medical University, Jining, Shandong 272013, China; 2. Jining Center for Disease Control and Prevention, Jining, Shandong 272000, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the quality of water supplied by small central rural water facility in Jining prefecture with solitary-factor and comprehensive index. [Methods] A total of 109 small central rural water supply facilities in 6 counties were selected; and with water samples in rate of 20:1 from each county, including 93 deep and 16 shallow wells were taken. The samples were collected from both in factory and at peripheral end in dry (April-May 2008) and wet season (July-August 2008). The water quality was evaluated with both solitary-factor and comprehensive index methods (modified Nemerow index). [Results] The indicators exceeded national standard were noticed in total hardness, sulfate, nitrate, or numbers of bacteria and total coliforms in solitary-factor evaluation. Jiaxiang was the only 0.50 (class II) and the others counties were all below 0.45 (class I) in the evaluation with comprehensive indexes. [Conclusion] The modified Nemerow index combined with solitary-factor evaluation methods could objectively reflect the quality of water supplied by small central rural facilities in Jining prefecture.

Key Words: country; drinking water; small central water supply; water quality comprehensive Index

保障农村饮用水安全是改善农村民生、建设社会主义新农村的重要内容。济宁市作为国家重点粮棉基地和能源基地, 随着工农业生产的迅速发展, 水资源供需矛盾、水源污染、水质恶化等问题日益突出。目前对广大农村地区饮用水源、水质监测力度严重不足, 缺乏农村饮水相关基础数据。本项目拟分别采用单因子评价法、综合指数法评价济宁市部分农村小型集中式供水点的水质状况, 为进一步加强农村饮水卫生监督、管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样方法

[基金项目] 山东省济宁市科技局科技发展计划项目(编号: 2007-58)

[作者简介] 翟敏(1967-), 女, 硕士, 副教授; 研究方向: 环境流行病学; E-mail: zmpljyhj@163.com

[作者单位] 1. 济宁医学院公共卫生学院环境卫生学教研室, 山东 济宁 272013; 2. 济宁市疾病预防控制中心, 山东 济宁 272000

按地理位置随机抽取济宁市的嘉祥、曲阜、邹城、梁山、汶上、任城区 6 个市(县)区, 每个市(县)区按 20:1 抽取农村小型集中式给水点, 分别于枯水期(2008 年 4~5 月)、丰水期(2008 年 7~8 月)各采样一次, 每供水点采集出厂水、末梢水水样各一份。

1.2 检测指标与方法

检测指标包括: 感官性状和一般化学指标[色度、浑浊度、pH、溶解性总固体(TDS)、总硬度、耗氧量、硫酸盐等]; 毒理学指标(砷、氟化物、硝酸盐); 微生物学指标(菌落总数、总大肠菌群等)。各指标均按《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750—2006)^[1]进行检测。

1.3 评价标准与方法

依据《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)^[2]所规定的小型集中式供水和分散式供水的部分水质指标及限值和《地下水质量标准》(GB/T 14848—93)^[3]中部分指标进行评价。水质单因子评价: 计算各指标超标率; 水质综合指数评价: 采用改进的尼梅罗指数法^[4-6]。

1.3.1 评价因子权重值 (W_i) 的计算 首先将各种评价因子 S_i 的限值标准按由小到大的顺序排列 ($S_1, S_2, \dots, S_n$), 并将其最大值 $S_{\max}$ 与 S_i 比较; 令 R_i 表示第 i 种污染因子的相关性比值, 则 $R_i = S_{\max}/S_i$, 令 $W_i = R_i / \sum_{i=1}^n R_i$, 式中: W_i 为第 i 种评价因子的权重值 (表 1)。

表 1 农村小型集中式供水 W_i		
评价因子	水质标准 (mg/L)	W_i
砷	≤ 0.05	0.7036
锰	≤ 0.3	0.1173
铁	≤ 0.5	0.0704
氨氮	≤ 0.5	0.0704
氟化物	≤ 1.2	0.0293
化学耗氧量 (COD _{Mn})*	≤ 5	7.04×10^{-3}
硝酸盐 (以 N 计)	≤ 20	1.76×10^{-3}
氯化物	≤ 300	1.17×10^{-4}
硫酸盐	≤ 300	1.17×10^{-4}
总硬度	≤ 550	6.40×10^{-5}
溶解性总固体	≤ 1500	2.35×10^{-5}

[注]*: 由高锰酸钾 (KMnO₄) 法测得, 以 O₂ 计。

1.3.2 改进的尼梅罗综合指数 (P') 的计算

计算公式 $P'_j = \sqrt{(F'^2_{\max} + \bar{F}^2)/2}$; $F'_{\max} = (F_{\max} + F_w)/2$; $F_{\max} = \max\{c_i/s_{ij}\}$; $\bar{F} = (\sum_{i=1}^n c_i/s_{ij})/n$ 。

其中 $i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, m$; 式中: P'_j 为第 j 种用途的改进的尼梅罗综合指数; c_i 为第 i 种评价因子的实测浓度; s_{ij} 为第 i 种评价因子 j 种用途的标准限值; F_w 为权重值最大的

评价因子的 c_i 与 s_{ij} 比值。

1.3.3 水质等级划分 从《地下水质量标准》中选择与待评价水体相同的评价因子, 采用与计算改进的尼梅罗综合指数相同的计算方法, 计算地下水质量标准中各类水相应的改进的尼梅罗综合指数, 根据这些综合指数以及各类水的类型, 确定水质等级。地下水质量划分为 5 类: I 类, 主要反映地下水化学组分的天然低背景含量; II 类, 主要反映地下水化学组分的天然背景含量; III 类, 以人体健康基准值为依据, 主要适用于集中式生活饮用水水源及工、农业生产用水; IV 类, 以农业和工业生产用水要求为依据, 除适用于农业和部分工业生产用水外, 适当处理后可作生活饮用水; V 类, 不宜饮用, 其他用途可根据使用目的选用。I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类水质对应改进的尼梅罗指数分别为 $P' < 0.45$ 、 $0.45 \leq P' < 0.56$ 、 $0.56 \leq P' < 1$ 、 $1 \leq P' < 4.38$ 、 $P' \geq 4.38$ 。

1.4 统计分析

采用 SPSS 13.0 统计软件建立数据库, 并进行数据分析。

2 结果

2.1 基本情况

本次调查随机抽取济宁市的 6 个市 (县) 区共 109 个农村小型集中式给水点, 水源均为地下水。其中, 深井 93 个, 浅井 16 个, 分别占 85%、15%。

2.2 各市 (县) 区丰水期、枯水期水质单因子评价

各市 (县) 区超标率较高的指标: 嘉祥县、梁山县为总硬度、硫酸盐; 曲阜市和邹城市为硝酸盐、总大肠菌群; 汶上县为硝酸盐; 任城区为铁、菌落总数、总大肠菌群 (表 2)。

表 2 各市 (县) 区丰水期、枯水期水质各指标超标情况 [超标水井数 / 超标率 (n%)]												
指标	嘉祥县 (30*)		梁山县 (38*)		曲阜市 (10*)		汶上县 (9*)		邹城市 (12*)		任城区 (10*)	
	枯水	丰水	枯水	丰水	枯水	丰水	枯水	丰水	枯水	丰水	枯水	丰水
色度	1/3.3	1/3.3	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
浑浊度	3/10.0	1/3.3	3/7.9	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	1/10.0
总硬度	12/40.0 [△]	10/33.3 [△]	6/15.8 [△]	5/13.2 [△]	1/10.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
铁	1/3.3	2/6.7	1/2.6	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	5/50.0 [△]	4/40.0 [△]
锰	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
硫酸盐	12/40.0 [△]	9/30.0 [△]	14/36.8 [△]	4/10.5 [△]	1/10.0	1/10.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	1/10.0	0/0.0
氯化物	0/0.0	0/0.0	3/7.9	3/7.9	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
溶解性固体	0/0.0	2/6.7	1/2.6	2/5.3	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
化学耗氧量	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
氨氮	0/0.0	0/0.0	1/2.6	1/2.6	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
砷	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
氟化物	1/3.3	1/3.3	3/7.9	1/2.6	0/0.0	0/0.0	1/11.1	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0
硝酸盐	0/0.0	3/10.0	0/0.0	2/5.3	1/10.0 [△]	3/30.0 [△]	1/11.1 [△]	1/11.1 [△]	3/25.0 [△]	4/33.3 [△]	0/0.0	0/0.0
菌落总数	1/3.3	0/0.0	0/0.0	1/2.6	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	4/33.3	3/30.0 [△]	2/20.0 [△]
总大肠菌群	1/3.3	0/0.0	0/0.0	0/0.0	1/10.0 [△]	2/20.0 [△]	0/0.0	0/0.0	3/25.0 [△]	3/25.0 [△]	3/30.0 [△]	1/10.0 [△]
耐热大肠菌	1/3.3	0/0.0	0/0.0	0/0.0	1/10.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	0/0.0	2/16.7	3/30.0	0/0.0

[注]*: 分别代表各市 (县) 区抽取水井样本数; [△]: 超标率较高的指标。

2.3 各市 (县) 区农村小型集中式供水水质综合评价

嘉祥县水质改进的尼梅罗综合指数分别为 0.50, 属于 II 类

水; 其余市 (县) 区水质综合指数 P' 均 < 0.45 , 属于 I 类水, 见表 3。

表3 各市(县)区小型集中式供水水质综合评价结果(中位数, mg/L)

辖区	As	Mn	Fe	氨氮	F ⁻	COD _{Mn} *	硝酸盐氮	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	总硬度	TDS	F' _{max}	$\bar{F}$	P'	级别
嘉祥	0.001	0.009	0.06	0.01	0.555	0.560	4.235	110.60	228.35	507.40	851.50	0.57	0.42	0.50	II
曲阜	0.001	0.006	0.03	0.01	0.465	0.530	8.195	31.00	48.70	241.70	358.00	0.27	0.23	0.25	I
汶上	0.001	0.008	0.04	0.01	0.415	0.455	2.740	9.85	37.55	179.20	251.00	0.21	0.16	0.19	I
邹城	0.005	0.025	0.05	0.01	0.440	1.900	15.000	39.50	81.80	271.00	554.00	0.43	0.37	0.40	I
梁山	0.001	0.028	0.09	0.01	0.735	0.750	0.100	109.90	202.05	360.80	767.50	0.41	0.40	0.41	I
任城	0.001	0.010	0.05	0.01	0.545	0.630	0.100	104.75	179.60	352.55	670.00	0.40	0.33	0.37	I

[注]*: 由高锰酸钾法测得, 以 O₂ 计。

3 讨论

近年来, 国内外水环境质量评价方法的研究应用很多, 主要包括指数评价法、人工神经网络(ANNs)评价法、模糊综合评判法、灰色聚类法、地理信息系统(GIS)的应用等^[7-8], 其中指数评价法可分为单因子指数法和水质综合指数法。目前, 许多研究仅采用单因子评价方法(合格率)评价农村饮用水水质状况^[9-10], 单因子评价只能代表一种污染物对水质污染的程度, 不能反映水质整体污染程度。而综合指数法可对整体水质做出定量描述, 反映水体污染的性质和程度, 其中改进的尼梅罗综合指数法是当前国内外进行水质综合评价最常用的方法之一。它以国家最新水环境质量标准划分水质等级, 等级的划分可随着标准的改变而改变, 同时待评价水样水质所采用的尼梅罗指数计算方法与划分等级时各类标准水体尼梅罗指数计算方法及基准相同, 具有统一性, 并且它还考虑了水体中危害性最大的污染因子对水质的影响^[4-6]。

本项目尝试用改进的尼梅罗指数法评价济宁市6个市(县)区农村小型集中式供水水质状况。结果表明, 仅嘉祥县水质属于II类水, 其余5个市(县)区水质属于I类水, 说明济宁市农村小型集中式供水站水质总体符合我国《地下水质量标准》。但此指数未计算微生物学指标, 因此应结合单因子超标率进行综合分析, 本次结果反映出某些市(县)区水质的硫酸盐、总硬度、硝酸盐和微生物学指标超标率较高。因此, 某些市(县)区农村饮用水除因地质结构影响所致生物地球化学性问题, 饮水微生物污染也是影响济宁农村饮水水质的突出问题, 这与农村地区环境污染, 尤其是小型集中式供水点水质净化、消毒率低密切相关。故据此建议当地有关部门应重视农村饮水安全问题, 逐步建立并完善农村饮水监测、监督体系, 及时、及早发

现隐患, 采取有效措施, 切实保障农村人群的饮水安全卫生。

参考文献:

- [1] 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所. GB/T 5750—2006 生活饮用水标准检验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [2] 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所. GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 中华人民共和国地质矿产部. GB/T 14848-93 地下水质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [4] 于福荣, 卢文喜, 卞玉梅, 等. 改进的尼梅罗污染指数法在黄龙工业园水质评价中的应用[J]. 世界地质, 2008, 27(1): 59-62.
- [5] 谷朝君, 潘颖, 潘明杰. 内梅罗指数法在地下水水质评价中的应用及存在问题[J]. 环境保护科学, 2002, 28(1): 45-47.
- [6] 马成有, 曹剑锋, 姜纪沂, 等. 改进的尼梅罗污染指数法及其应用——以磐石市地下水环境质量评价为例[J]. 水资源保护, 2006, 22(4): 53-55.
- [7] 王文强. 地下水水质评价方法浅析[J]. 地下水, 2007, 29(6): 37-39.
- [8] 王梦. 水环境质量评价中几种方法的比较[J]. 渤海大学学报: 自然科学版, 2008, 29(1): 34-37.
- [9] 陈国忠, 林在生, 赖善榕, 等. 福建省农村饮用水现状调查[J]. 中国公共卫生, 2008, 24(3): 364-366.
- [10] 吴振宇, 江启成, 徐业林, 等. 安徽省农村生活饮用水现状调查分析[J]. 疾病控制杂志, 2006, 10(5): 528-530.

(收稿日期: 2009-06-18)

(英文编审: 薛寿征; 编辑: 郭薇薇; 校对: 洪琪)

【告知栏】

本刊拟加入《中国学术期刊网络出版总库》学术不端文献检测系统的声明

为提高学术期刊编辑部和科研项目管理机构辨别学术不端文献的能力, 强化对学术不端行为的有效打击力度, 中国学术期刊电子杂志社和同方知网技术有限公司联合开发了“学术不端文献检测系统”(简称 AMLC), 本刊拟加入该检测系统, 特此声明。

《环境与职业医学》杂志
2010 年 5 月 10 日