

以模糊数学和综合指数法评价地下水环境质量

——以滇东高原南缘某选矿厂周围为例

李晨晨¹, 徐世光^{1,2*}, 范柱国¹, 董懋³ (1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南昆明 650093; 2. 云南地矿工程勘察集团公司, 云南昆明 650011; 3. 中国建筑材料工业地质勘查中心云南总队, 云南昆明 650118)

摘要 [目的]采用模糊数学法和综合指数法,评价薄竹镇某选矿厂周围地下水环境质量状况。[方法]根据薄竹镇某选矿厂所在区域的水文地质特征及厂区和下游监测孔的水质实测资料,选取19项评价因子,依据国家《地下水环境质量标准》,采用模糊数学和综合指数评价的方法对比分析该选矿厂周边地下水环境质量。[结果]该厂区内地下水已经受到污染,其环境质量较差。[结论]该研究为政府相关部门对该选矿厂重金属处理方案的制定提供了一定的科学依据。

关键词 选矿厂;地下水;环境质量;模糊数学;综合评价

中图分类号 S181.3;P641;X824 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-162-02

Evaluation of Groundwater Environmental Quality of a Dressing Plant in Bozhu Town by Fuzzy Mathematics and Comprehensive Index Method

LI Chen-chen¹, XU Shi-guang^{1,2*}, FAN Zhu-guo¹ et al (1. College of Land Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650093; 2. Yunnan Bureau of Geology and Mineral, Kunming, Yunnan 650011)

Abstract [Objective] The aim was to assess the groundwater environmental quality of a dressing plant in Bozhu Town by fuzzy mathematics and comprehensive index method. [Method] Based the hydrogeological characteristics of a dressing plant in Bozhu Town and the monitoring data of groundwater in the plant and drillings in the lower reaches, 19 evaluation factors were chosen, and the environmental quality of the groundwater in this area was assessed by the method of fuzzy mathematics and comprehensive index evaluation according to the national *Groundwater Environment Quality Standard*. [Result] The groundwater of the dressing plant was polluted, and the environmental quality was worse. [Conclusion] The research could provide scientific basis for the establishment of treatment scheme of heavy metals in this dressing plant.

Key words Dressing plant; Groundwater; Environmental quality; Fuzzy mathematics; Comparative analysis

地下水作为重要的供水水源,其水质的好坏至关重要。天然状态下,地下水具有一定的自净能力,人为活动或者地质成矿作用会使得地下水中的平衡遭到破坏。进行地下水质量评价可有效地了解该地区目前的地下水质量现状,为合理地开发和利用地下水资源,防止地下水污染,保障附近居民身体健康等提供了一定的指导作用。薄竹镇某铁锰选矿厂位于一岩溶洼地内,且其尾矿堆放在岩溶洼地内,并无任何防渗措施。笔者采用模糊数学法和综合指数评价的方法,对该选矿厂周边地下水的状况进行评价,为政府制定该选矿厂下一步的重金属治理实施方案提供一定的依据。

1 研究区概况

薄竹镇位于滇东高原南缘,属构造侵蚀、溶蚀山地及峰丛洼地地形,区内出露三叠系飞仙关组粉砂岩、永宁镇组泥灰岩、个旧组灰岩、白云岩,含水层组类型包括基岩裂隙水和碳酸盐岩类裂隙溶洞水。该选矿厂位于一山间岩溶洼地处,四周环山,植被较为发育,西侧山坡上种植有玉米、水稻等作物,南侧和北侧山坡上见有深灰色石芽发育,东侧为一采石场。该点出露地层为 T₂g 中三叠统个旧组灰岩,含水层组类型为碳酸盐岩类裂隙溶洞水,地层富水性强。其选矿设备放置于公路西侧山坡上,产生的矿渣公路边和洼地底部,并无任何防渗措施。洼地长轴 175°,长约 90 m,宽约 40 m,深约 8

m,洼地底部废水深约 2 m。第一堆矿渣剖面呈直角三角形,体积为 3.5×2.5×2.0 m³,堆放于洗矿池下部;第二堆矿渣在第一堆矿渣的 330°方向,长约 4 m,宽约 2 m,沿山坡堆放,山坡坡度为 41°;第三堆矿渣呈锥形堆放于公路边,矿渣长 18.6 m,高 5 m,宽 6 m。

2 评价因子及其标准的确定

2.1 评价因子的选择 为了较为全面地监测该选矿厂对周围地下水的影响,在其所在洼地内呈“十”字状布设 5 个监测孔(ZK01~ZK05),在洼地长轴方向的下游布设 1 个监测孔(ZK06),各监测孔自孔口至基岩以下 10 m 均下套管隔水,尽量避免雨天矿渣的溶滤水从钻孔直接汇入污染地下水。对每个钻孔均做抽水试验,并采集地下水样,对 pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、汞、铅、挥发性酚类、阴离子合成洗涤剂、硝酸盐、氨氮、氟化物、氰化物、砷、硒、镉、铬(六价)、铅等指标进行测定。由于氰化物、挥发性酚类低于检出限,因此不列入评价范围,选取总硬度、亚硝酸盐、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、汞、阴离子合成洗涤剂、硝酸盐、氨氮、氟化物、氰化物、砷、硒、镉、铅、铬(六价)、铅等作为评价因子。

2.2 评价标准的确定 依据《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-93)^[1](表 1),分别采用模糊综合评价方法和综合指数法对各泉点的水质进行分析评价。

3 评价方法

3.1 综合质量评价法 依据《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-93),以地下水水质调查分析资料或水质监测资料为基础,对地下水质量进行单项评价和综合评价。

作者简介 李晨晨(1990-),女,河南漯河人,博士研究生,研究方向:水文地质与工程地质。*通讯作者,教授级高级工程师,博士生导师,从事水文地质、工程地质的教学和科研工作。

收稿日期 2015-11-23

表 1 地下水环境质量分类标准

mg/L

指标	等级				
	I	II	III	IV	V
总硬度	≤150	≤300	≤450	≤550	>550
溶解性总固体	≤300	≤500	≤1 000	≤2 000	>2 000
硫酸盐	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
氯化物	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
铁	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤1.5	>1.5
锰	≤0.05	≤0.05	≤0.1	≤1	>1
铜	≤0.01	≤0.05	≤1	≤1.5	>1.5
锌	≤0.05	≤0.5	≤1	≤5	>5
汞	≤0.000 05	≤0.000 05	≤0.001	≤0.001	>0.001
阴离子合成洗涤剂	不得检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
铅	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1
硝酸盐	≤2	≤5	≤20	≤30	>30
氨氮	≤0.02	≤0.02	≤0.2	≤0.5	>0.5
氟化物	≤1	≤1	≤1	≤2	>2
亚硝酸盐	≤0.001	≤0.01	≤0.02	≤0.1	>0.1
砷	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.05	>0.05
硒	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
镉	≤0.000 1	≤0.001	≤0.01	≤0.01	>0.01
铬	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1

3.1.1 单项污染指数评价。首先进行单项组分评价,将各评价因子按《地下水环境质量标准》中 I~V 类标准,对所评价因子划分所属类别,并遵循不同类别标准相同时从优不从劣的原则。

3.1.2 综合指数评价。综合评分值 F 计算公式为:

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}} \quad (1)$$

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \quad (2)$$

式中, F_i 为各单项组分评分值,质量类别分别为 I、II、III、IV、V 时, F_i 分别为 0、1、3、6、10; \bar{F} 为各单项组分评分值 F_i 的平均值; F_{\max} 为单项组分评分值 F_i 中的最大值; n 为单项组分的总项数。根据 F 值,将地下水质量级别划分为优良 (< 0.80)、良好 (0.80~2.50)、较好 (2.50~4.25)、较差 (4.25~7.20)、极差 (≥ 7.20)。

3.2 模糊数学法 模糊综合评价法考虑了水质界限的模糊性,通过函数关系,将反映各种水质污染问题的实测值转化为反映水质质量优劣程度的质量值。相对传统的综合指数法而言,该方法计算原理清晰,尽量减小了人为因素的影响,评价结果较为合理,得到了越来越广泛的应用^[2-3]。模糊数学法是利用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素或主要因素,对其所做的综合评价。其具体步骤如下:①建立水质评价因子集合及等级集合;②建立单因子评价矩阵;③确定各因素权重;④建立水质评价模型,计算评价结果^[4-8]。

4 评价结果与分析

4.1 超标现象 依据《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-93),ZK01 水样中总硬度、硫酸盐、氨氮、锰浓度严重超标,

低于 V 类水标准值,溶解性总固体、亚硝酸盐浓度低于 IV 类水标准值;ZK02 水样中锰、亚硝酸盐超标,总硬度低于 IV 类水标准值;ZK03 水样中总硬度、硫酸盐、氨氮浓度超标;ZK04 水样中硫酸盐、氟化物严重超标;ZK05 水样中总硬度、硫酸盐、氨氮、氟化物、锰严重超标,低于 V 类水标准值;ZK06 水样中亚硝酸盐严重超标,其余检测项目均达到 III 类及以上地下水标准要求。

4.2 地下水环境质量状况 依据环境质量评价中的模糊综合评价中常使用的加权平均型模型,在 19 种因子的共同作用下,确定水质级别的隶属度,依据最大隶属度原则得到模糊综合评价的结果。为了增强模糊数学法的实用性和可比性,采用综合指数法对研究区的水质进行了分析比较。由表 2 可知,该选矿厂所在洼地周围地下水已经受到了严重污染,整体质量较差~极差,模糊数学法评价洼地内地下水水质仅为 III~V 类水,综合指数法评价其地下水环境质量为较差~极差;洼地下游的监测孔地下水水质用模糊数学法评价结果为 I 类水,综合指数法评价结果为较差,相对洼地内监测孔的水质较好,说明该选矿厂的废渣已经严重污染了其所在区域的地下水,其污染羽逐渐向下游扩展,下游的地下水水质已经有所污染。对比以上两种评价方法的评价结果,可以看出模糊数学法得出的结果相对较好,综合指数法单项组分各类别之间的取值偏差较大,提高了超标单项组分的分值。而模糊数学法运用最大隶属度原则和加权平均法,具有较强的综合性,在一定程度上避免了综合指数法的不合理性;综合指数法可以较为明确地突出超标因子的状况。在进行地下水质量综合评价时,将二者综合考虑,可增强评价结果的合理性,最大限度地减小人为误差。

(下转第 166 页)

藻类具有富集重金属的作用,但是直到20世纪80年代,人们才展开了藻类在环境领域中的应用研究,但这些研究更多的集中在理论方面,往往侧重于机理的研究,实际的应用研究较少。这些研究更多的集中在国外,国内的研究只是近几年才刚刚开始^[13]。自20世纪90年代以来,美、俄、日等采用生物吸附法处理电镀污水已取得成效,并开始在工业上初步应用。

在广阔的海洋中有着丰富的藻类资源,包括多种海藻及海洋微藻。对于海洋资源丰富的国家和地区,发展海洋生物吸附技术并应用于环境领域,具有十分广阔的前景,开展这一技术的研究必将为人类对环境的治理及保护提供新的思路。对于我国而言,我国具有很长的海岸线,藻类资源尤其丰富,充分地开展藻类生物吸附的研究,实现环境污染治理方面的生物新技术尤其占优势,我国应充分抓住这一优势。对藻类吸附及回收工业废水重金属的研究,不仅具有理论意义,而且还有广泛的应用前景,此方面的深入研究无疑具有很高的经济价值和社会效益。

参考文献

- [1] GADD G M. Biotechnology [M]. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1988:401-433.
 [2] 黄瑞光. 21世纪电镀废水治理的发展趋势[J]. 电镀与精饰, 2000, 22(3):1-2.

- [3] 管涛. 我国电镀工业的现状[J]. 金属世界, 2005(1):8-9.
 [4] 居华, 吴蔚, 周怡. 浅谈电镀生产技术与环境[J]. 污染防治技术, 2006, 19(4):72-73.
 [5] 《电镀行业污染物排放标准》编制组. 《电镀行业污染物排放标准(征求意见稿)》编制说明[Z]. 2005:15.
 [6] 曾睿, 王熙. 生物法处理电镀废水技术的研究进展[J]. 涂料涂装与电镀, 2006, 4(3):38.
 [7] TRUJILLO E M. Mat hematically modeling the removal of heavy metals from a waste water using immobilized biomass[J]. Environ Sci Technol, 1991, 25:1559-1565.
 [8] 陈勇生, 孙启俊, 陈钧, 等. 重金属的生物吸附技术研究[J]. 环境科学进展, 1997, 5(6):34-35.
 [9] 李志勇, 郭祁远, 李琳, 等. 利用藻类去除与回收工业废水中的金属[J]. 重庆环境科学, 1997(12):27-30.
 [10] 杨芬. 藻类对重金属的生物吸附技术研究及其进展[J]. 曲阜师范学院学报, 2002, 21(3):47.
 [11] DAVIS T A, VOLESKY B, MUCCIB A. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae [J]. Water research, 2003, 38, 7(18):4311-4330.
 [12] 咎逢宇, 赵秀兰. 生物吸附剂及其吸附性能研究进展[J]. 青海环境, 2004, 14(1):15.
 [13] 王宪, 徐鲁荣, 陈丽丹, 等. 海藻生物吸附金属离子技术的特点和功能[J]. 台湾海峡, 2003, 22(1):121-122.
 [14] 茹炳根, 曾文炉等. 转金属硫蛋白(Mtallothionein)基因微藻的研究[C]//焦炳华, 方旭东, 缪辉南. 中国海洋生化学术会议论文集, 中国生物化学与分子生物学会, 2005:7-16.
 [15] 陈思嘉, 郑文杰, 杨芳. 蓝藻对重金属的生物吸附研究进展[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(4):104.
 [16] 何金兰. 鱼腥藻对某些金属离子的吸附效应研究(I)[J]. 岩矿测试, 1992, 11(3):225.

(上接第163页)

表2 模糊数学法及综合指数法评价结果

水样编号	模糊数学法					评价结果	综合指数法	
	隶属函数						F值	评价结果
	I	II	III	IV	V			
ZK01	0.046	0.028	0.021	0.052	0.853	V	7.36	极差
ZK02	0.200	0.276	0.384	0.140	0	III	7.13	较差
ZK03	0.159	0.121	0.419	0.300	0	III	4.32	较差
ZK04	0.177	0.220	0.135	0.129	0.339	V	7.12	较差
ZK05	0.014	0.018	0.021	0.026	0.921	V	7.39	极差
ZK06	0.281	0.266	0.196	0.257	0	I	4.28	较差

5 结论

采用模糊数学法和综合指数法,评价薄竹镇某选矿厂所在洼地的地下水环境质量,结果表明,该区地下水已经受到了严重污染。若这些矿渣一直堆放于此,矿渣中的重金属元素随溶滤作用下渗,进入地下水,严重影响该区域的地下水环境质量。因此,建议政府相关部门对该选矿厂制定专项污染治理实施方案进行治理。

参考文献

- [1] 国家技术监督局. 地下水质量标准:GB/T14848-93[S]. 北京:中国标准出版社,1993.

- [2] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津:天津科技出版社,1983.
 [3] 王金保, 李媛媛. 模糊综合评价方法在鄱阳湖水质评价中的应用[J]. 上海环境科学, 2007, 26(5):215-218.
 [4] 曾永, 樊引琴, 王丽伟, 等. 水质模糊综合评价方法与单因子指数评价法比较[J]. 人民黄河, 2007, 29(2):64-65.
 [5] 周沛洁, 李峰, 李保珠, 等. 模糊数学法在深部矿坑水环境质量评价中的应用[J]. 环境保护科学, 2012, 38(2):86-89.
 [6] 谈恒文, 张子军, 安丰芹. 日照市东港区地下水环境质量现状评价[J]. 地球学报, 2005, 26(2):173-177.
 [7] 沈继红, 付肖燕, 赵玉新. 模糊综合评估模型的改进[J]. 模糊系统与数学, 2011, 25(3):127-132.
 [8] 常明庆, 王平, 李娟, 等. 地下水环境质量评价常用方法对比分析[J]. 人民黄河, 2010, 32(4):74-76.