

文章编号:1007 - 3701(2009)04 - 0048 - 06

洞庭湖区浅层地下水安全供水研究

皮建高,刘长明,潘 晟

(湖南省地勘局 402 队,长沙 410014)

摘要:应用模糊综合评价方法,选取浓度和毒理性双权重对洞庭湖区浅层地下水进行了环境质量评价,认为湖区浅层地下水主要遭受总铁、锰、pH 值、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、铍、化学耗氧量等污染,基本上没有遭受重金属污染;湖区浅层地下水水质整体较好,以优质水为主,占 39.37%,合格水占 26.04%;不合格水(较差水)占 34.59%。在此基础上,根据不同区域水质的好坏,指出了湖区新农村建设的供水方向,并提出了若干安全供水的措施以供决策参考。

关键词:地下水资源;浅层地下水质量;安全供水;洞庭湖区

中图分类号:P641.8

文献标识码:A

洞庭湖区包括湖南省长沙、岳阳、益阳、常德、株洲及湘潭六市的大部分,共涉及 22 个县(市)、18 个区和 15 个县级国营农林渔场,总面积 39 600 km²,占湖南省总面积的 18.41%。工作区现约有 1892 万人,占全省人口的 29.9%。区内地下水资源十分丰富。目前,农村居民大多直接利用地下水作为生活用水水源,但是区内地下水资源(特别是浅层地下水资源)已遭受不同程度的污染,部分水质较差,不宜直接饮用。而区内农村居民对地下水质量状况并不十分了解,受各种条件限制,只能就地建井取水,饮水不甚安全,因饮用不合格地下水引发的群体性公共卫生事件时有发生。

农村饮水安全问题是关系农村群众切身利益的问题,保障饮水安全,是保障人民生命健康的重要内容之一,中央政府高度重视。实施农村饮水安全工程是党中央、国务院的一项重大决策。按照中央的要求,湖南省计划用 10 年时间解决 1431.4 万农村居民的饮水安全问题,重点解决农民群众饮用

高氟水、高砷水、污染水以及局部地区饮水困难的问题,优先解决血吸虫疫区和农村学校的饮水安全问题,其中洞庭湖区即属于血吸虫疫区,又是污染水分布区,已列入此范畴。

洞庭湖区地下水资源十分丰富,解决农村饮水安全问题,水源不存在问题,主要是地下水质量是否能满足饮用水要求,哪些地段地下水质量较好,可以作为直接饮用水源,哪些地段地下水遭受了污染,污染程度如何,主要污染物是什么,应该进行怎样的处理?这就是洞庭湖区安全供水亟待解决的问题!本文试图从地下水质量现状角度讨论洞庭湖区农村安全供水问题。

1 洞庭湖区含水岩组富水性特征

据已有资料及以往研究成果^{①②③},根据含水层的岩性、结构及分布、彼此间水力联系、隔水层的

收稿日期:2009-08-16

基金项目:湖南省地勘局科研项目“洞庭湖区新农村建设的浅层地下水质量及安全供水研究”(编号:2007002)。

作者简介:皮建高(1961—),男,教授级高级工程师,长期从事水文地质、工程地质及环境地质研究。

① 陈宝顺,等,洞庭湖区水文地质远景区划报告,湖南省地矿局水文二队,1983。

② 皮建高,等,洞庭湖地区地质环境调查及治湖对策研究,湖南省地质矿产厅,1999。

③ 卢庆林,等,湖南省地下水资源评价,湖南省地质研究所,2002。

稳定性特征,洞庭湖区共有四个含水岩组,现将各含水岩组富水性特征简述如下:

I 含水岩组:由第四系全新统的砂、砂质粘土、粘土组成,地层厚度一般 < 10 m,在盆地中部一带 > 20 m,含水层厚为 5 m ±,单井水量一般 < 500 m³/d,局部地段可达 1 000 m³/d 以上。

II 含水岩组:由中更新统地层组成,广泛分布于整个盆地,地层厚度为 40 ~ 110 m,由粘土、砂质粘土、砂、砾石组成多个韵律层,含水层厚一般 40 ~ 80 m,单井可采水量盆地边缘 500 m³/d ±,中心地段 2 000 m³/d ±,个别可达 10 000 m³/d。

III 含水岩组:相当于下更新统汨罗组地层,由粘土、砂质粘土、砂砾石组成多个韵律层,含水层厚度一般 20 ~ 60 m,主要分布在盆地的中部和东北部,单井开采水量 500 ~ 2 000 m³/d。

IV 含水岩组:相当于下更新统华田组地层,由粘土、不等粒砂、砾、卵石组成,含水层厚一般 10 ~ 40 m,单井可采水量 1 000 m³/d ±,最大可达 3 700 m³/d,目前开发利用程度较低。

另在湖区周边低丘岗地除分布有松散岩类孔隙水外,尚分布有红层孔隙裂隙水、基岩裂隙水和少量的碳酸盐类岩溶水,地下水整体较贫乏,单井涌水量一般在 10 ~ 200 m³/d。

2 洞庭湖区浅层地下水质量现状

2.1 水质分析样品采集及测试项目

为了评价洞庭湖区浅层地下水质量特征,在洞庭湖区根据地貌单元特征,基本按方格采集水质分析样,其采样密度在平原区基本按 4 × 4 (= 16 km²) km 采集一个水样,在丘陵区基本按 4 × 8 (= 32

km²) km 采集一个水样,在山区基本按 8 × 8 (= 64 km²) km 采集一个水样;在城镇区、名优特农产品区、风景名胜区、自然保护区以及水体严重污染的地区,适当增加 1 ~ 2 个样品。按上述密度,保持样品基本均匀分布,全区共采取 1 720 个水质分析样品。每个样品分析测试项目为 36 项,分别为 pH 值、Eh 值、电导率、钾 (K⁺)、钠 (Na⁺)、钙 (Ca²⁺)、镁 (Mg²⁺)、氯化物 (Cl⁻)、硫酸根 (SO₄²⁻)、重碳酸根 (HCO₃⁻)、碳酸根 (CO₃²⁻)、磷酸根 (PO₄³⁻)、总铁 (TFe)、二价铁 (Fe²⁺)、三价铁 (Fe³⁺)、锰 (Mn)、锶 (Sr)、锌 (Zn)、铜 (Cu)、钼 (Mo)、钴 (Co)、酚类、耗氧量 (COD)、硝酸盐氮 (NO₃ - N)、亚硝酸盐氮 (NO₂ - N)、铵氮 (NH₄ - N)、氟化物 (F)、氰化物 (CN)、汞 (Hg)、砷 (As)、硒 (Se)、镉 (Cd)、六价铬 (Cr⁶⁺)、铅 (Pb)、铍 (Be)、钡 (Ba) 等。

2.2 浅层地下水中的主要污染元素

对 1 720 个浅层地下水样品测试结果进行统计分析 (表 1),发现检出的超标元素共有 14 个,分别为 TFe、Mn、pH 值、NH₄ - N、NO₃ - N、NO₂ - N、Be、COD、As、Zn、Ba、Co、Pb 及 Cd 等,超标率变化于 0.1 ~ 44.7% 之间,其中以 TFe 及 Mn 超标率最高,均在 43% 以上;pH 值次之,超标率为 32%;“三氮”(NH₄ - N、NO₃ - N、NO₂ - N) 超标率居中,为 9.3 ~ 27.4%;As、Zn、Ba、Co、Pb 及 Cd 等重金属元素超标率最低。

由此可见,从污染元素的超标率来看,洞庭湖区浅层地下水中的污染因子主要为 TFe、Mn、PH、NH₄ - N 及 NO₂ - N 等五个因子,其超标率均在 20% 及以上,其次为 NO₃ - N、Be 和 COD 三个因子,超标率在 5% 以上,共计 8 个元素,主要为非金属污染,基本上没有遭受重金属污染。

表 1 洞庭湖区浅层地下水主要污染元素组合特征表
Table 1 Major contaminants analysis results of the shallow groundwater in Dongting Lake area

元素名称	TFe	Mn	p ^H	NH ₄ - N	NO ₂ - N	NO ₃ - N	Be	COD	As	Zn	Ba	F	Co	Pb	Cd
超标个数	769	754	552	471	339	160	131	97	12	5	4	2	2	1	1
超标率%	44.7	43.8	32.1	27.4	19.7	9.3	7.6	5.6	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

从单元素含量来看,超标 10 倍 (以三级水为标准,相当于饮用水标准) 以上元素共有 6 个,分别为 NO₂ - N、NH₄ - N、Mn、TFe、Be 及 NO₃ - N。超标

倍数最大的为 NO₂ - N,其样品含量为 22.32 mg/L,超标 1116 倍;排在第二的为 NH₄ - N,其样品含量 164 mg/L,超标 820 倍;TFe、Mn 的最大超

标倍数分别为 155 倍和 177 倍(表 2)。

2.3 浅层地下水质量现状

选用模糊综合评价方法^[1],采用浓度和毒理性双权重,运用因子分析法^[2]从 34 个分析项目中选取了 pH 值、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、TFe、Mn、Cu、Zn、Mo、Co、酚类、COD、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2 - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 、F、CN、Hg、As、Se、Cd、 Cr^{6+} 、Pb、Be、Ba 等 24 个污染物因子作为评价指标集,对照国标《地下水质量标准》(GB/T14848-93)中的评价标准^[3],对湖区浅层地下水质量进行系统评价。

依照《地下水质量标准》(GB/T14848-93)^[3],首先将洞庭湖区浅层地下水划分为 1~5 类,再根据新农村供水的要求,将其中的一、二类水归并为一大类,统称为“优质地下水”,将其中的三类水称为“合格水”,将四、五类水归并为一大类统称为“不合格水”,或称为“较差水”。其中:优质地下水基本未遭受污染,可以直接饮用;合格水可能局部遭受少量元素的污染,但可以直接饮用或稍加处理即可饮用,而不合格水则可能普遍遭受污染,而且污染元素数量较多,必须加以处理才能饮用。

表 2 洞庭湖区浅层地下水主要化学元素含量特征统计表

Table 2 Statistics of major contaminants of shallow groundwater in Dongting Lake area

指标	$\text{NO}_2 - \text{N}$	$\text{NH}_4 - \text{N}$	Mn	TFe	Be	$\text{NO}_3 - \text{N}$
三级水标准	0.02	0.2	0.1	0.3	0.0002	20
最大值(mg/L)	22.32	164	17.75	46.5	0.016	215
最大超标倍数	1116	820	177.5	155	80.0	10.8
平均超标倍数	2.7	7.3	3.9	7.1	0.7	0.4
平均值(mg/L)	0.054	1.453	0.389	2.129	0.00015	7.373

按上述方法,采用计算机编程进行地下水质量评价,根据水质评价结果统计,洞庭湖区浅层地下水中优质水分布区面积为 14 559.60 km^2 ,占全区总面积的 39.37%,其中一类水占 16.76%,二类水占 22.61%;合格水分布区面积为 9 627.88 km^2 ,占全区总面积的 26.04%;不合格水(较差水)分布区面积为 12 792.57 km^2 ,占全区总面积占 34.59%(表 3)。由表 3 可知,洞庭湖区浅层地下水中约有三分之一左右为不合格水(较差水),有近三分之二达到合格水标准以上,其中有近五分之二为优质地下水。

3 洞庭湖区新农村安全供水方向分析

3.1 新农村安全供水方向的确定

(1)洞庭湖区地下水资源丰富,特别是浅层地下水,分布广、埋藏浅,地下水变化相对较稳定,取水容易,成本相对较低,宜优先作为新农村供水水源。

(2)根据地下水水质标准,合格水的标准对应

于生活饮用水标准,因此,首选洞庭湖区的合格水及优质水分布区作为新农村安全供水的取水方向,在这些地段可以寻找到可供直接开发利用的浅层地下水。

(3)在不合格水分布区,浅层地下水普遍遭受不同程度的污染,且污染元素较多,不能直接作为供水水源。在这些地段,新农村安全供水的解决途径主要有:

①根据浅层地下水中的污染元素及污染程度,有选择的采取一定的处理方法^[4-5]对浅层地下水进行处理,使其达到饮用水标准,供应居民饮用。

②开发利用深层地下水,其成本相对较高,且还必须开展相应的水文地质勘查工作。

③在直接利用地表水,并辅以水处理措施。

3.2 新农村安全供水分区

按照洞庭湖区浅层地下水质量现状,将优质水分布区作为安全供水适宜区,将合格水分布区作为安全供水基本适宜区,将不合格水(较差水)分布区作为安全供水不适宜区(图 1)。

3.2.1 以优质水为主安全供水适宜区

表 3 浅层地下水水质分级特征统计表

Table 3 Statistics of quality classification of shallow groundwater in Dongting Lake area

水质 分类	优质水		合格水	不合格水(较差水)		总和
	一类水	二类水	三类水	四类水	五类水	
面积 (km ²)	6 197.39	8 362.21	9 627.88	6 963.58	5 828.99	36 980.0
	14 559.60			12 792.57		
占总面的百分比 (%)	16.76	22.61	26.04	18.83	15.76	100.00
	39.37			34.59		

注:该值为湖区总面积(39 600 km²)扣除大片水域面积后的数据。

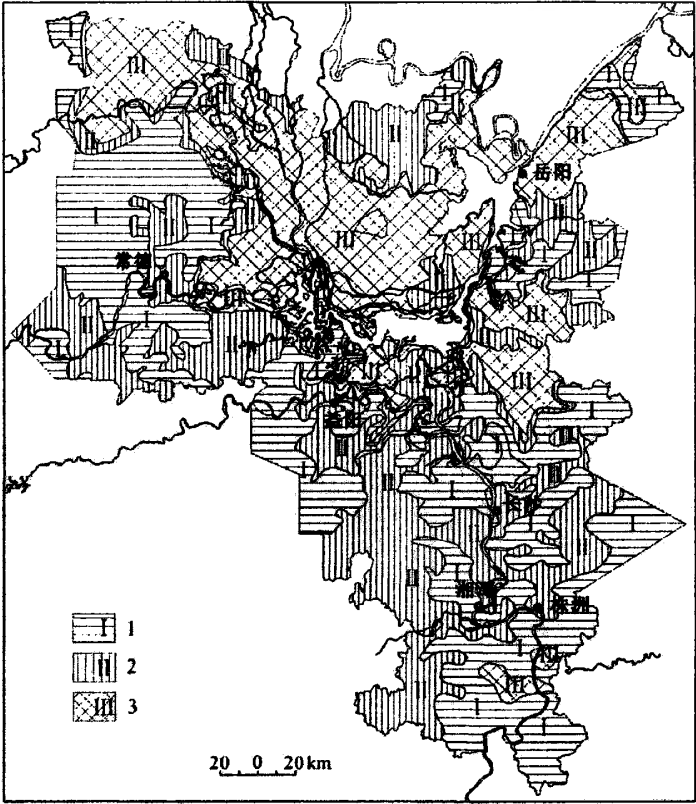


图 1 洞庭湖区浅层地下水安全供水方向分析图

Fig. 1 The map showing different quality shallow groundwater distribution in Dongting Lake area

1. 以优质水为主安全供水适宜区;2. 以合格水为主安全供水基本适宜区;3. 较差水为主安全供水不适宜区

本区对应于优质地下水分布区,这些地段具体分布于长沙市中部的乌山镇 - 霞凝 - 福临 - 金井一带,西部煤炭坝、偕乐桥、银田镇等地,西北部乔口 - 东城镇以及东部的黄花、江背 - 柞冲镇等地;岳阳市西北部的许市、三封寺,东北部的羊楼司 - 定湖及源潭镇等地,中东部的鹿角 - 麻塘、公田等地以及东南部的南湖洲、高家坊 - 樟树港一带;常德市西部的修梅 - 四星岗 - 河伏 - 草坪

镇一带,以及南部及北部零星地段;益阳市的中部及南部赤山岛 - 三眼塘 - 新桥河 - 新市渡 - 欧江岔一带以及北部零星地段;株洲市北部的北关 - 群丰镇一带以及南部的淦田 - 朱亭一带;湘潭市北部的鹤岭镇 - 湘潭市岳塘区及南部的梅林桥 - 中路铺 - 茶恩寺一带,西部的零星地段等。

3.2.2 以合格水为主安全供水基本适宜区

本区基本对应于合格地下水分布区,包括长沙

市西部的夏铎铺 - 东湖塘 - 莲花镇一带以及东部的果园、北圣 - 镇头、浏阳市城关等地;岳阳市西部的梅田湖 - 三封寺镇一带,东北部的江南 - 聂市镇,东部的公田 - 桃林寺,南部的洞庭围、湘阴县城关镇、白水镇、汨罗城关镇等地;常德市北部盐井 - 黄山头、官渡桥 - 张公庙 - 保和堤,南部的陬市 - 沧港 - 岩汪湖镇、山阳港 - 桃花源镇,黄土店 - 崔家桥等地;益阳市北部鹿湖 - 泗湖山、中部迎风桥 - 兰溪、中部的衡龙桥 - 兰镇及南部的桃江县城 - 灰山港 - 衡龙桥等地;株洲市北部龙头铺、中部雷打石、三门镇及南部的朱亭以南等地以及湘潭市中部及西部的云湖桥 - 石潭 - 青山桥等地。

3.2.3 以不合格水(较差水)为主安全供水不适宜区

本区与不合格浅层地下水分布区基本对应,包括长沙的宁乡县城关、花明楼、坪塘镇、长沙市城区东部及永安镇等零星地区,岳阳市西部的鲇鱼须、宋家咀、北景港以北,及北部的广兴州 - 岳阳市城区 - 路口镇一带以及东南部的临资口 - 桃林寺一带;常德市北部和东部的王家厂 - 梦溪 - 大鲸港 - 西港 - 牛鼻滩一带;益阳市北部地区的南县城关 - 三仙湖 - 阳罗 - 共华 - 沙头 - 兰溪一带;株洲市的株洲市城区、株洲县城关、三门镇及朱亭以南等零星地以及湘潭市的姜畲、湘潭县城关、潭家山、射埠镇以西等零星地。

4 安全供水措施及建议

(1)因地制宜选择优质或合格的浅层地下水作为供水水源:依据洞庭湖区新农村安全供水方向分析结论,因地制宜地选择优质地下水或合格的地下水作为供水水源,以集中开采形式开发利用浅层地下水;对于不合格的地下水,尤其是重金属污染较严重地区的地下水,应尽量避免直接采用。

(2)合理选择水处理方法,充分利用地下水资源:在不合格水分布地区,根据不同的地下水污染(或超标)特点,选择不同的水处理方法,对地下水水质进行处理,如对 pH 值偏酸性地区,可以选择用碱性石灰材料中和处理方法;对于湖区铁质地下水

分布区,采用对地下水进行曝气、锰砂吸附等处理方法。

(3)大力宣传地下水地球化学和卫生知识,科学调整食品结构及饮食习惯:地下水地球化学环境一般相对稳定,其地球化学性质基本固定,各级政府应大力宣传地下水已有研究成果,让农村居民掌握简单的卫生常识,通过科学合理的食品结构及饮食习惯,调节人体化学“环境”,如对 pH 值偏酸性地区,在日常的食品中适量加入偏碱性的食品;而对 pH 值偏碱性地区,在日常的食品中适量加入偏酸性的食品等。

(4)加强社会监督力度和环境执法力度,对工矿企业三废排放、农药化肥生产及时进行监测,防止人为污染地下水。

5 结论

(1)洞庭湖区浅层地下水遭受局部污染,主要污染因子有总铁(TFe)、锰(Mn)、pH 值、氨氮($\text{NH}_4 - \text{N}$)、亚硝酸盐氮($\text{NO}_2 - \text{N}$)、硝酸盐氮($\text{NO}_3 - \text{N}$)、铍(Be)、化学耗氧量(COD)等 8 项,以非金属污染为主,基本没有遭受重金属污染。因而,浅层地下水水质整体以优质水为主,占 39.37%,合格水占 26.04%;不合格水(较差水)占 34.59%。湖区新农村安全供水可首选广泛分布的优质水及合格水作为供水水源。

(2)在洞庭湖区浅层地下水不合格水分布区,因浅层地下水不能直接作为供水水源,其解决途径一是进行水质处理,二是开发利用深层地下水,三是直接利用地表水,并辅以水处理措施。

(3)考虑洞庭湖区浅层地下水污染元素组合特征,在区内开发利用地下水时,除了应采用合适的水处理方法外,还可以辅以科学调整食品结构及饮食习惯等措施。

参考文献:

- [1]张俊福,邓本让,朱玉仙,等.应用模糊数学[M].北京:地质出版社,1988.
- [2]沈照理,朱宛华,钟佐荣.水文地球化学基础[M].北京:地质出版社,1993,136—141.

[3] GB/T 14848-93, 地下水质量标准[S].

[5] 罗泽娇, 靳孟贵. 地下水三氯污染的研究进展[J], 水文

[4] 赵林, 王榕树, 林学. 地下水中氮的表现形式及其污染的

地质工程地质, 2004, 29(4): 65—69.

微生物控制[J]. 环境科学学报, 1999, 19(4): 433—447.

The Security of Shallow Groundwater Supply for Drinking in Dongting Lake Area

PI Jian - gao, LIU Chang - ming, PAN Sheng

(Team 402, Hunan Geology and Mineral Resources Exploration and Development Bureau, Changsha 410014, China)

Abstract: The main contaminates concentration and toxicity of shallow groundwater in Dongting Lake area (DLA) is evaluated by using fuzzy comprehensive evaluation method. The results shows that the main contaminates are total iron, manganese, pH, ammonian, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, beryllium and chemical oxygen demand (COD), however, the heavy metal pollution is not found. In statistics, the quality of whole shallow groundwater in DLA is not too bad: high quality and qualified water account for 39.37% and 26.04%, respectively, while the unqualified water only accounts for 34.59%. The water supply for new rural construction is designed by considering the different water quality in different area in DLA, and some suggestion for security water supply are provided.

Key words: groundwater resources; shallow groundwater quality; security of water supply; Dongting Lake area

(上接第36页)

Ore - forming Characteristics and Prospecting Potential of Copper - lead - zinc Polymetallic Deposits in Dangxiong - Jiali Belt, Tibet

LU Xian - he¹, WANG Ya - ping¹, CHEN Jun - kui¹, WANG Feng - shou¹, GAO Ting - chen¹,
HU Xiao - chuan², CHENG Xing - guo²

(1. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450051, Henan, China; 2. Henan Team
of Geological Survey, Zhengzhou 450051, Henna, China)

Abstract: Dangxiong - Jiali belt is situated in the north of Neopaleozoic - Mesozoic Gangdese - Himalaya zone beyond north margin of Gondwana land, belong to north part of Yaluzangbu river copper polymetallic belt. Skarn - type lead - zinc polymetallic and hydrothermal - type zinc - Silver polymetallic deposits are the two dominating deposit type in this metallogenical favorable zone. The copper - lead - zinc polymetallic deposits and polymetallic geochemical anomaly are oriented east to west along Namucuo - Jiali fault. Dangxiong - Jiali belt maybe become an important copper - lead - zinc - silver polymetallic zone through farther geologic prospecting owe to its favorable geography prevalence and underground resources potential.

Key words: copper - lead - zinc polymetallic deposits; ore - forming characteristics; prospecting potential; Dangxiong - Jiali belt; Tibet