

# 峨眉山东麓地区水环境质量评价\*

吴勇

(四川联合大学水利系 成都 610065)

游又文

(有色金属总公司成都地质干部学院 成都 610051)

**提 要** 峨眉山东麓地区地表水、地下水主要污染组分为  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{F}^-$ 。本文以水环境背景值为标准,对地表水、地下水进行水环境质量综合评价,并将地下水污染分为三级和七个区,并认为地下水污染是由人为天窗入渗所致。

**关键词** 峨眉山 水环境质量 评价

峨眉山东麓地区西起峨眉山、东至徐塘村一带的洪积扇边缘,涉及高桥、青龙、九里、峨山四乡,地势成台阶状:西部山区,海拔 1 000m 左右,最高万佛顶 3 099m;中部低山丘陵,海拔 500~700m;东部为冲洪积平原,平均海拔约 450m。区内立体气候明显,平原区年降水量 1 593.8mm,山区降水量年均均为 1 958.8mm;全区年均蒸发量为 808mm,年平均气温 3.1~17.2℃。随着旅游业和工农业的发展,人口密度增大,工矿企业也日益增多,使地表水及地下水水质发生巨大改变,甚至受到污染。

区内河流有峨眉河、临江河及杨河,其中临江河及杨河均属源头区,迳流量不大。

## 1 水文地质概况

本区分为山区水文地质地块及平原区水文地质自流盆地两大基本水文地质单元。前者含水层有震旦系至三叠系(Z~T)的碳酸盐岩的裂隙-岩溶含水层及侏罗系(J)的裂隙-孔隙含水层,分布较广,含水层富水性差异较大,地下水以岩溶下降泉及构造裂隙-岩溶上升泉等形式出流;平原区主要含水层有第四系( $Q_4, Q_3, Q_2$ ),其中  $Q_4$  分布于临江河 I 级阶地,二元结构明显,上部为十至几十厘米厚粘土、亚粘土,下部为砂、卵石层,赋水性良好,多为  $\text{HCO}_3-\text{Ca}$  型水; $Q_3$  分布于中主槽古河道中,二元结构较明显,上部粘土层厚 0.5~1.5m,下部砂卵石层,赋水性良好,以  $\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、Mg 为主; $Q_2$  分布较广泛,地貌上为条形垫岗,结构复杂;粘土物质常充填于砂、卵石中,赋水性差,水质以  $\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、Mg 为主,次为  $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4-\text{Ca}$ 、Mg 型。

本区地下水水位埋深 0~8m,一般为 3m,其中文昌宫、上王槽两地埋深较大,埋深较小的地区为吴营岗、徐塘等扇缘地区。

## 2 水环境质量综合评价

### 2.1 污染源

\* 本文资料系 1994~1995 年成都理工学院水工系生产实习队实测,特此致谢。

收稿日期:1997-11-12,改回日期:1997-12-03。

区内主要污染源分为三类:Ⅰ类为工业污染,主要有磷肥厂、铁厂、水泥厂、电冶厂、电石厂、电镀厂的排污;Ⅱ类为农业污染,主要为化肥、农药随农灌退水污染地下水体;Ⅲ类为生活污染.主要为生活用水及人蓄粪便的污染.Ⅰ类沿临江河分布,线状排列、点状排放;Ⅱ、Ⅲ类多为面状分布.

2.2 评价指标的确定

由于现场检测手段限制,未能对有机物、酚、氰类化合物进行分析,因此,本评价选择 $F^-$ 、 $PO_4^{3-}$ (或 $HPO_4^{2-}$ )、 $NO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、硬度作为评价指标.

2.3 地表水水质评价

2.3.1 地表水水质一般特征

区内地表水体主要是临江河、杨河、灌渠及农田,表1为其分析结果.

表1 地表水化学成分分析结果 (mg/L)

采样位置	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$NH_4^+$	$NO_3^-$	$NO_2^-$	$PO_4^{3-}$	$F^-$	硬度	时间
临江河上游张沟	2.84	21.13	0.03	10.0	0.02	0.08	0.10	129.90	1995.9
临江河中段南桥	4.25	63.40	<0.02	7.0	0.002	0.04	0.20	191.75	1995.9
临江河中段龙凤桥	5.67	61.48	0.02	10.0	0.02	0.06	0.16	226.78	1995.9
杨河上王槽段	3.35	34.58	0	11.2	0.036	0.44	0.45	190.12	1995.9
水井二队渠水	6.39	65.30	未分析	未分析	未分析	125.75	0.08	214.2	1994.9

对于临江河而言,从张沟 $\xrightarrow{12km}$ 高桥 $\xrightarrow{6km}$ 龙凤桥,所有组分都有增高趋势,其中矿化度从162.28mg/L  $\rightarrow$  229.69mg/L  $\rightarrow$  272.08mg/L,其硬度从129.90mg/L  $\rightarrow$  191.75mg/L  $\rightarrow$  226.78mg/L,表明地表水在不断与流经区的岩土相互作用中获得组分,从水质结果可以看出,该区河水水质良好,符合GB3838—88的Ⅰ类水标准,但渠水的 $PO_4^{3-}$ 超标,这是典型农业污染和生活污染的综合结果.

2.3.2 水质评价

从上分析可以看出,地表水质量仍然是良好的,如何对其进行评价,才能正确反映水质状况?我们采用背景值分析方法进行.选取张沟水作为背景值即 $C_0$ ,按公式

$$P_i=C_i/C_0$$
(1)

进行计算,式中 $P_i$ 为污染指数; $C_i$ 为评价指标; $C_0$ 为背景指标.

然后计算出每个指标的归一化权重,归一化权重计算按式(2)进行

$$W_i=[1/|C_{i标准}-C_0|]/\sum[1/|C_{i标准}-C_0|]$$
(2)

式中 $C_{i标准}$ 为地表水标准GB3838—88中的Ⅰ类水各指标的限值; $C_0$ 是背景值; $W_i$ 为某一指标的权重.

表2为地表水地下水归一化值的权重值.

表2 地表水地下水归一化权重

Table 2 Merging into one weighing of surface water and groundwaler

指标	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	$NO_3^-$	$P_4^{3-}$	$F^-$	总硬度
权重 $W_i$	0.0006	0.0007	0.0044	0.716	0.1853	0.093

然后按(3)式计算污染指数  $P_i$

$$P_i = \sum P_i \cdot W_i$$

式中  $P_i$  是地表水综合污染指数;  $P_i$  为单指标污染指数;  $W_i$  为该指标的归一化权重.

根据(1)、(3)式,可以计算出样本的污染指数,当某一指标  $C_i < C_0$  时,则取  $P_i = 1$ . 表 3 为地表水污染指数计算结果,从表中可以看出,河水的主要污染种类为  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{F}^-$ ,而引起地表水硬质升高,说明有变坏趋势. 渠水污染结合指数高达 33.7,其主要污染物为  $\text{PO}_4^{3-}$ ,表明渠水受生活洗涤用品污染是严重的.

表 3 地表水污染指数表

Table 3 Pollution index of Surface Water

采样位置	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{F}^-$	硬度	$P_i$
临江河中段高桥	1.46	3.00	1.00	1.00	2.00	1.48	1.23
临江河中段龙凤桥	2.00	2.91	1.00	1.00	1.60	1.75	1.18
杨河上未槽段	1.25	1.64	1.12	5.5	4.50	1.19	4.89
渠水	2.25	3.09	—	45.56	4.00	1.19	33.37

2.4 浅层地下水质量变化评价

2.4.1 浅层地下水水质特征

浅层地下水均为洪积扇中的第一层水. 主要为潜水,少部分为上层滞水. 表 4 为地下水成分分析结果,从表中可以看出,地下水中主要污染组分仍为  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{F}^-$ ,部分井点  $\text{NO}_3^-$  含量较高,但总的污染程度都较轻.(表中未列出  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{F}^-$  较低的样品). 浅层地下水以  $\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$  为主,少数为  $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$  型水.

表 4 地下水水质简表 (mg/L)

Table 4 Content of groundwater(mg/L)

地点	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{F}^-$	硬度	pH	水型
福田	16.38	56.97	22.05	12.05	42.27	252.18	0.24	0.50	232.99	7.20	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
余村	9.38	79.10	26.65	10.64	82.61	239.88	0.06	1.0	307.20	8.05	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
万槽	7.06	79.26	24.05	9.93	65.32	285.40	0.32	0.10	296.90	7.11	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
中王槽	11.73	90.80	28.10	11.34	59.60	383.30	0.02	0.56	342.20	7.30	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
杨村	12.28	97.43	26.05	15.60	74.54	332.14	0.40	0.22	350.48	7.10	$\text{HCO}_3-\text{Mg}$ 、 $\text{Mg}$
中王槽	12.67	81.74	32.56	11.34	42.27	356.75	0.12	0.70	338.12	6.73	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
四方碑	11.29	81.74	27.55	37.58	78.77	227.58	0.60	0.22	317.50	6.58	$\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
慧邻寺	24.75	88.34	32.56	15.60	78.77	350.60	0.40	0.50	354.58	6.98	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
龙月街	20.31	102.38	43.58	21.98	90.27	394.88	1.80	0.34	435.00	7.00	$\text{HCO}_3-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$
文昌宫	7.55	76.78	22.54	8.51	59.56	282.94	1.00	1.10	269.53	7.10	$\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4-\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$

2.4.2 地下水质量综合评价

1. 单因素评价

根据污染程度较轻的特点,选择  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{F}^-$  作为评价因素. 采用数理统计方法进行单因素评价,其计算公式如下

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{4}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{5}$$

根据式(4)、(5)计算结果用原始样本对比,当  $x_i < \bar{x} + \delta$  时,未污染或轻污染; $\bar{x} + 2\delta < x_i < \bar{x} + 3\delta$  时,中污染; $x_i > \bar{x} + 3\delta$  时,重污染. 计算过程中以福田的地下水(埋深较大的样本)作为参照值,同时,对大于参照值 10 倍以上的明显污染点不参与平均值计算,其计算结果见表 5. 根据表 5 结果,将浅层地下水受污染的水点列于表 6.

表 5 单指标平均值及污染级值  
Table 5 Average and pollution grade value of single element

计算因子	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F <sup>-</sup>
平均值( $\bar{x}$ )	0.04	15.04	0.006	0.17	0.31
方差( $\sigma$ )	0.036	9.868	0.005	0.15	0.29
$\bar{x} + 3\sigma$	0.15	44.6	0.02	0.64	1.19
$\bar{x} + 2\sigma$	0.11	34.8	0.014	0.48	0.90
$\bar{x} + \sigma$	0.076	24.9	0.009	0.33	0.60

表 6 地下水污染程度表

Table 6 Class and grade of ground water pollution

地 点	地 层	污染组分	污染等级
福 田	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 次之	Ⅲ
余 村	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	F <sup>-</sup>	Ⅰ
杨 村	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ⅰ
中王槽	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	F <sup>-</sup>	Ⅰ
四方碑	Q <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ⅰ
慧邻寺	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ⅰ
文昌宫	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ; F <sup>-</sup> 次之	Ⅲ
龙目街	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ; F <sup>-</sup> 次之	Ⅲ
林 村	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ⅰ
水井村	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	F <sup>-</sup>	Ⅰ
朱 村	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ⅰ
火烧岗	Q <sub>3</sub> <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ⅰ

2. 多因素综合指数法  
根据表 4 分析资料,按公式(1)、(3)计算,其结果列于表 7.

对比表 6 和表 7 可以看出,两种方法分析结果均表明文昌宫、龙目街一带污染较重,均以 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 污染为主, F<sup>-</sup> 次之. 而多因素方法还将四方碑归于重污染区,将福田归于中污染区. 从调查结果分析,第二种方法更符合实际情况,其原因在于重污染区地下水表层覆盖层均较薄,且人为破坏相对严重些. 同时,1994 年资料显示文昌宫一带污染指数为 9.5,高桥为 5.44,说明高桥至文昌宫一带地下水污染有一定历史,应予以重视.

表 7 1995 年地下水污染指数

Table 7 Pollution index of ground water in 1995

地点	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	F <sup>-</sup>	总硬度	∑	水质分级
福 田	1.48	1.74	1.31	2.08	1.23	1	1.82	Ⅲ
余 村	1	1.47	1	1	3.2	1	1.42	Ⅰ
万 槽	1	1.16	1	1.33	1	1	1.24	Ⅰ
上王槽	1	1.06	1	1	1.81	1.05	1.16	Ⅰ
杨 村	1	1.33	1	1.67	1	1.07	1.49	Ⅰ
中王槽	1		1	1	2.26	1.03	1.24	Ⅰ
四方碑	2.13	1.40	1.57	2.5	1	1	2.08	Ⅲ
慧邻寺	1	1.40	1.31	1	1.61	1.08	1.60	Ⅰ
龙目街	1.24	1.61	2.23	7.5	1.10	1.33	5.71	Ⅲ
文昌宫	1	1.06	1	4.17	3.55	1	3.74	Ⅲ

据表 7 计算结果,参照表 6,将 PI<2 划为轻污染,PI 在 2~3 划为中污染,PI>3 划为较重污染,并将本区进行地下水环境质量分区,即Ⅰ区,轻污染或无污染区,研究区内大部分地区属于该类;Ⅱ区,中污染区,包括福田区、杨村区,慧邻寺区;Ⅲ区,较重污染区,包括四方碑区,文昌宫区,龙目街区(图 1).

3 结 语

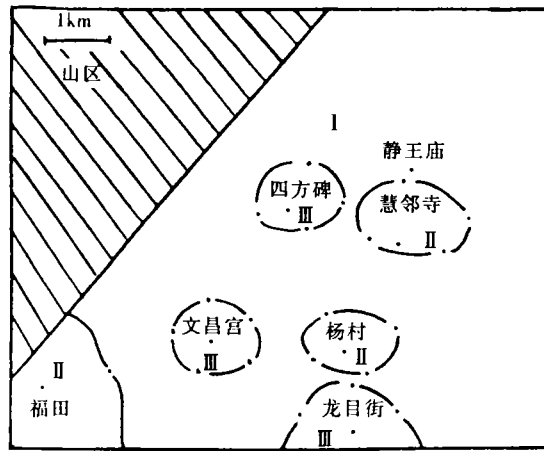
1. 峨眉山东麓地区水环境质量评价结果表明,无论地表水还是地下水都存在一定程

度污染,其污染组分主要为  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{F}^-$ 。

2. 地下水质量分区表明在文昌宫、四方碑、龙目街等地地表水入渗条件较好,与该区的地下水覆盖层厚度较浅有关,同时这些地区人为开挖相对严重,从而形成天窗,应注意保护地下水天然保护层的工作。

### 参 考 文 献

- [1] 吴勇,钟伟林,覃建雄. 峨眉山东麓地区浅层地下水无机络合物研究. 地质灾害与环境保护 1996,7(3):56~63.
- [2] 沈照理等. 水文地质学. 北京:科学出版社, 1985,678~684.
- [3] 刘培桐. 环境学概论. 北京:高等教育出版社, 1985,176~196.



I — 轻或无污染区 II — 中污染区 III — 较重污染区

图 1 研究区浅层地下水质量分区图

Fig. 1 The Zonation of shallow groundwater quality

## EVALUATION OF CHANGES OF WATER ENVIRONMENT QUALITY AT THE EASTERN FOOT OF EMEI MOUNTAIN

Wu Yong

(Sichuan Union University, department of water Conservancy Chengdu 610065)

You Youwen

(Chengdu College of Geology and Cadre of General Company of Nonferrous Metal Chengdu 610051)

### Abstract

They are essential Pollution Components that  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{F}^-$  in Surface water and groundwater at the eastern foot of Emei Mountain by reaserching. It is water harden that changes of water qualtty indicatrix. Surface water pollution is slight, but groundwater pollution is serious and widespread. Evaluation of composite index of water is made by background value of water environment, and three grade of groundwater and seven areas are divided. It is result that groundwater pollution by groundwater cover strata is destroyed and forms in filtration roof window. Simultaneously, it is long time that groundwater pollution with historic material.

**Key words** environment quality of water, evaluation, Emei mountain