

云南省元谋县河西、帕郎村改水前后饮用水水质分析

孙双凤¹⁾, 严茂胜¹⁾, 杜昌海²⁾, 宋肖肖¹⁾, 方菁¹⁾, 吴锡南¹⁾

(1) 昆明医学院, 云南昆明 650500; 2) 元谋县疾病预防控制中心, 云南元谋 651300)

[摘要] **目的** 对元谋县河西村、帕郎村实施饮用水改水工程后的饮用水水质进行卫生评价。 **方法** 采集改水后河西村水源水和村头、村中、村尾的末梢水 (8份), 帕郎村水源水和村头、村中、村尾的末梢水 (4份), 共12个水样, 检测微生物指标、毒理指标、感官性和比较。 **结果** (1) 2010年改水后, 仍然存在锰、氟化物、菌落总数、浑浊度等指标超情况; (2) 2010年改水后, 两个村子饮用水中pH值、氯化物、耗氧量、总硬度、硫酸盐、溶解性总固体、氟化物等指标与《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)相比差异有统计学意义($P < 0.01$), 改水后指标均低于国标限值; (3) 主成分分析表明, 化学性因素是影响饮用水水质的主要因素, 综合得分帕郎村高于河西村。 **结论** 河西、帕郎村改水后水质较改水前有了明显改善, 但相比较而言河西村饮用水水质较好, 帕郎村较差。

[关键词] 饮用水改水; 水质检测; 综合评价

[中图分类号] R123.9 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-4706(2012)01-0023-06

Analysis of Drinking Water Quality before and after the Water Improvement Projects in Hexi and Palang Villages of Yuanmou County, Yunnan

SUN Shuang-feng¹⁾, YAN Mao-sheng¹⁾, DU Chang-hai²⁾, SONG Xiao-xiao¹⁾, FANG Jing¹⁾,
WU Xi-nan¹⁾

(1) Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650500; 2) Yuanmou Center for Disease Control and Prevention, Yuanmou Yunnan 651300, China)

[Abstract] **Objective** To assess the drinking water quality in Hexi, and Palang village, Yuanmou county after the drinking water improvement project. **Methods** We collected peripheral water from the End of the village, the Middle of the village, and the start of the village, as the same as the source water, and there were 12 water samples, 8 of which were from Hexi, another 4 were from Palang. We tested 14 parameters including organoleptic and physical parameters, microbiological parameters, toxicological parameters, and general chemical parameters. **Results** (1) After the 2010 water improvement project, manganese, fluoride, total number of colonies and turbidity were still exceeding the GB/T5750-2006 "Standard examination methods for drinking water". (2) The parameters including PH value chloride, oxygen demand, total hardness, sulfate, total dissolved solids, fluoride had statistically significant difference with the GB/T5750-2006 "Standard examination methods for drinking water" ($P < 0.01$), they were all declined after water improvement project; (3) Principal component analysis showed that chemical parameters played an important role in the drinking water quality, comprehensive score of Hexi was lower than Palang village. **Conclusion** The drinking water quality in Hexi and Palang village is markedly improved after the water improvement projects, drinking water quality of Hexi is better

[基金项目] 云南省中青年技术带头人后备人才基金资助项目 (2006PY01-14)

[作者简介] 孙双凤 (1986~), 女, 河南洛阳市人, 在读研究生, 主要从事劳动卫生与环境卫生研究工作。

[通讯作者] 吴锡南. E-mail:wuxinan2010@gmail.com

than Palang village.

[Key words] Drinking water improvement project; Examination for drinking water quality; Comprehensive evaluation

饮用水安全问题关系到人民身体健康、社会稳定,农村的发展、全面建设小康社会和基本实现现代化.联合国千年发展目标(millennium development goals, MDG s)提出“到 2015 年将无法持续获得安全饮用水和卫生设施的人口比例减半”的目标^[1].安全饮用水(Safe Drinking Water)即终生饮用也不会对健康产生明显的危害,即使是最容易受到水源性疾病危害的是婴幼儿、体质衰弱者、生活在不卫生环境中的人们以及老年人,在生命不同阶段人体的敏感程度发生变化时也是如此^[2].

世界卫生组织 2010 年关于千年发展目标实现情况的统计报告,尽管我国农村地区使用改良饮用水(指可及的安全饮用水^[3])人口比例从 1990 年至 2008 年,由 56%增长到了 82%,我国仍然有 1.7 亿农村人口不能使用安全饮用水.农村改水工程是国家为保护人民健康,防治肠道传染病(如伤寒、副伤寒、痢疾、霍乱、甲型肝炎等)和地方病(地方性氟中毒、地方性甲状腺肿、地方性砷中毒等)而实施的一项民生工程,但是改水的受益率存在着较大的差异.卫生部统计数据显示,部分西部省份的农村改水受益率仍明显低于全国平均水平^[4].

元谋县是云南省水型氟中毒重病区,氟中毒给当地的群众带来了极大的危害,1985 年后在各级政府的支持帮助和当地疾控中心的努力下,对 31 个氟病区(自然村)实施了改水降氟措施.但是,截止 2006 年,由于工程运行成本较高,群众无法承担昂贵的费用;管理不善,没有建立相应的管理机制;设施老化,没有资金更新;设备安全得不到保障,被盗现象时有发生等原因,正常运作的只有 12 个,17 个村子的改水工程报废.2008 年 12 月,生态健康项目元谋点课题组对元谋县河西村和帕郎村的饮用水水质进行检测,结果显示水质较差,氟化物、氯化物和菌落总数均严重超出国家规定的标准限值^[5].为了解河西村、帕郎村 2010 年改水之后饮用水的水质状况,2010 年 8 月,对元谋县河西、帕郎两村采集饮用水水样进行检测,并与 2008 年水质进行比较和评价,为改水工程的效果评价提供依据.

1 对象与方法

1.1 两村饮用水和水源情况及采样点选择

河西村:2006 年,元谋县疾控中心对县内所有村庄进行普查的结果显示,河西村中饮用水氟含量为 1.5 mg/L,属轻病区.该村于 2008 年 6 月完成集中式改水,饮用水源为河边沉井,但是由于资金短缺,不能购买抽水泵,所以一直未使用改水过的饮用水.2010 年 5 月,河西村 90%以上的村民使用了集中式供水,其水源水为村头小河边地下水.

帕郎村:2006 年普查的结果显示,该村饮用水氟含量为 4.4 mg/L,属于重度氟病区,于 1987 年曾改过一次水,但是由于管理不善和资金缺乏等原因,改水失败.2009 年,该村使用重新改过的水源,用上了自来水,其水源为村头地下水.

采样点选择:河西、帕郎村均地形狭长,按照村头、村中、村尾的方位点采样.采集水源水和村头、村中和村尾的末梢水.

1.2 水样采集与保存

采样前按照要求选择采样容器,聚乙烯塑料瓶用 10%盐酸或 10%硝酸浸泡,再依次用自来水和去离子水冲洗,干净包括瓶盖、瓶塞的清洗,之后晾干.现场采样时放自来水数分钟,采集自来水并盖上瓶盖润洗采样瓶 2~3 次,倒出洗瓶水后开始采样,每份水样采集约 400~500 mL,当场进行编号,贴标签于采样容器上.水样采集后,在规定的时间内送到元谋县疾控中心实验室保管,按照要求在 4℃冷藏保存,并贮存于暗处(参照 GB/T 5750.2-2006《生活饮用水标准检验方法-水样的采集与保存》的相关要求进行).

其中河西村采集水样分别为村头、村中、村尾和水源处各 2 份,共 8 份;帕郎村采集水样分别为村头、村中、村尾和水源处各 1 份,共 4 份.总 12 份水样,见图 1、图 2.

1.3 检测指标

依照 GB/T5750-2006《生活饮用水标准检验方法》,检测色度、浑浊度、pH、总硬度、铁、锰、砷、氟化物、硝酸盐氮、氯化物、硫酸盐、耗氧

量、总大肠菌群、细菌总数共 14 项指标。

1.4 评价标准

按照 GB5749-2006 《生活饮用水卫生标准》规定, 检测项目中有 1 项不合格即判为该样品不合格和世界卫生组织 《饮用水水质准则》第 4 版中规定的化学物的特定准则值 (2011 年)。

1.5 统计学分析

对于描述性统计学分析, 各个指标采用中值和标准差的形式, 之后选择单样本 *t* 检验、秩和检验等方法。

主成分分析应用多种指标描述水质, 能较好地反应水质的总体状况, 分析结果能较可靠地接近实际情况, 故此次水质分析综合评价采用主成分分析方法。

2 结果

2.1 2010 年 8 月检测水质总体情况

检测生活饮用水样 12 份, 合格的 0 份。其中 1 项指标不合格的 7 份 (占 58.33%), 2 项指标不合格的 1 份 (占 8.33%), 3 项指标不合格的 4 份 (占 33.33%)。12 份水样, pH 值、色度、硝酸盐、氯化物、铁、总硬度、硫酸盐、砷、溶解性总固体、耗氧量均合格。微生物污染仍然是影响农村饮

用水水质的重要原因, 见表 1。



图 1 河西村采样点

Fig. 1 The sampling point in Hexi village



图 2 帕郎村采样点

Fig. 2 The sampling point in Palang village

注: 图中标出数值为氟含量值, 标红部分为超出国家标准 1 mg/L。

表 1 饮用水水质指标检测情况 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 Outcome of the drinking water test ($\bar{x} \pm s$)

检测项目	份数	M ± Q	国标限值	超标率 (%)
锰 (mg/L)	12	0.058 ± 0.043	0.1	8.33
氟化物 (mg/L)	12	0.955 ± 0.030	1.0	33.33
菌落总数 (CFU/mL)	12	560.0 ± 665.0	100	100
浑浊度 (NTU)	12	0.765 ± 0.975	3	33.33

注: 浑浊度在水源与净水技术条件限制时按照散射浑浊度单位 NTU, 限值为 3。

2.2 改水前和改水后的水质与《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 比较、两村子之间的比较

从感官性状指标、一般化学指标、毒理指标、微生物指标 4 个方面, 对河西村、帕郎村改水前和改水后的水质与《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) (以下简称“国标”) 中规定的限值进行比较, 并对改水前后两个村子的指标进行比较。

2.2.1 感官性状指标, 色度 经 *t* 检验, 改水前, 河西村饮用水中色度与国标相比差异有统计学意

义 ($P < 0.05$), 色度高于国标限值, 而帕郎村该指标则与国标比较无统计学意义 ($P > 0.05$); 改水后, 两村该指标均为 5, 在国标范围 (15) 之内, 见表 2。改水前村民反映井水颜色不稳定, 有时清澈, 有时呈现黄色浑浊。经过改水, 两村的饮用水色度均有所下降, 且在国标范围内。

2.2.2 浑浊度 改水前, 两村饮用水中浑浊度均低于国标, 改水后, 河西村该指标与国标相比具有统计学意义 ($P < 0.05$), 且低于国标限值, 而帕郎村该指标与国标相比则无统计学意义 ($P > 0.05$)。改水后两村该指标相比具有统计学意义

($P < 0.05$), 见表 2, 帕郎村饮用水中浑浊度明显高于河西村. 饮用水中浑浊度的来源可能是地下水中存在的无机颗粒物, 也可能是输配水系统中生物膜的脱落, 降低浑浊度对去除某些有害物质、细菌、病毒, 确保供水安全等方面都有积极作用, 因此应引起足够的重视.

2.2.3 一般化学指标 改水后, 河西村和帕郎村饮用水中氯化物的含量与国标相比, 均具有统计学意义 ($P < 0.05$), 氯化物的含量明显降低. 改水之前和改水之后, 河西村和帕郎村饮用水中氯化物的含量相比较均具有统计学意义, 河西村的高于帕郎村; 改水后, 两村饮用水的 pH 值与国标相比有统计学意义 ($P < 0.05$), 均在国标范围之内; 改水后, 耗氧量、锰、铁、总硬度、硫酸盐、溶解性总固体等与国标相比均有统计学意义 ($P < 0.05$), 且均在国标范围以内, 说明这些指标的含量低于国标限值. 两村比较, 总硬度、硫酸盐、溶解性总固体等指标均具有统计学意义 ($P < 0.05$), 河西村的饮用水中总硬度、硫酸盐、溶解性总固体的含量均高于帕郎村, 改水前, 河西村饮用水中总硬度、溶解性总固体即高于帕郎村, 但改水之后, 两个村子之间比较则无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2. 当饮用水中氯化物、硫酸盐、总硬度、溶解性总固体超标严重时, 会引起饮用水水质苦咸, 除了口感变差之外, 长期饮用苦咸水会引起高血压、心血管等方面的疾病, 给村民的身心带来严重影响. 改水后, 影响饮用水苦咸的因素均有所下降, 显示出改水后的水质优于改水前.

2.2.2 毒理学指标 改水后, 两村的氟化物指标与国标限值相比具有统计学意义 ($P < 0.05$), 其中河西村的低于国标限值, 而帕郎村的则仍然高于国标限值 (最高为 1.31 mg/L). 两村改水后氟化物相比较具有统计学意义, 帕郎村饮水中氟化物的含量高于河西村. 河西村和帕郎村在改水之前均为氟含量较高的村子, 河西村水源水为河边地下水, 其氟含量大大降低, 在一定程度上改善了水质. 帕郎村饮用水中氟含量尽管较之前有所下降, 但仍然高于国标, 需要引起足够重视, 实施价格低廉、方便可行的降氟措施成为当务之急.

改水后, 两村饮水中硝酸盐的含量与国标相比, 均具有统计学意义 ($P < 0.05$), 河西村的高于国标限值; 而帕郎村的则低于国标限值, 两村改水前硝酸盐的含量无统计学意义 ($P > 0.05$), 但改水后两村之间具有统计学意义 ($P < 0.05$), 河西村的高于帕郎村. 硝酸盐含量超标是增加婴幼儿患高铁血红蛋白血症的风险因素, 河西村的硝酸盐含量依

然超标.

饮用水中的砷改水前后及村村比较则无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2. 河西村与帕郎村的砷均未超过国家规定的限值. 饮用水中砷是影响人类健康的重要因素, 砷含量是选择饮用水水源的重要依据之一.

2.2.4 微生物指标 菌落总数: 改水后, 河西村与国标限值相比具有统计学意义 ($P < 0.05$), 帕郎村则无统计学意义, 但是 12 份水样均超过国家标准, 检出值为 $140 \sim 3\,600 \text{ CFU/mL}$, 超标严重; 改水后, 两村比较则无统计学差异. 改水后, 尽管饮用水中微生物指标有所下降, 但仍然高于健康的标准, 对饮用水进行定期的消毒和维护才能保证群众能喝上安全的饮用水, 见表 2.

2.3 改水后, 两村饮用水水质的综合评价分析

选取此次检测的饮用水 12 项指标: pH 值、硝酸盐 N、氯化物、耗氧量、锰、铁、氟化物、菌落总数、总硬度、浑浊度、硫酸盐、溶解性总固体, 由于 14 项指标中感官性状的色度已在国标范围内, 且为一常量, 毒理指标中的砷亦为常量 (0.01 mg/L), 在主成分分析中对饮用水水质的综合分析并不产生贡献率, 故不在选取的指标范围内. 利用主成分分析法^[6]对两个村子的饮用水卫生现状进行综合评价.

根据 SPSS 统计分析结果, 第一主成分主要受氯化物、总硬度、硫酸盐、硝酸盐、溶解性总固体、氟化物、pH 值、浑浊度的影响, 第二主成分主要受铁和菌落总数的影响, 第三主成分主要受到耗氧量的影响. 由统计的结果可知, 化学性因素是影响两村饮用水水质的重要方面.

帕郎村的综合得分较河西村高, 按照得分越大者, 受污染越重, 水质越差, 可知帕郎村饮用水水质较差, 河西村水质优于帕郎村, 见表 3.

2.4 与世界卫生组织《饮用水水质准则》第 4 版相关指标比较

根据综合评分得知, 影响水质的主要因素存在于氯化物、氟化物、硝酸盐、pH, 硬度、硫酸盐、溶解性总固体等化学性问题, 《饮用水水质准则》第 4 版 (以下简称《标准》) 中对砷的特定准则值为 0.01 mg/L , 与我国国标一致, 此次水质监测, 砷含量均在准则值范围之内; 氟化物的标准为 1.5 mg/L , 高于人工氟化水供应系统推荐的浓度 (通常是 $0.5 \sim 1.0 \text{ mg/L}$) 在饮用水氟化物自然水平高的区域, 利用现有的技术, 在某些情况下, 很难达到准则值. 此次监测, 河西、帕郎村的氟化物尽管高于我们国家标准, 但是却在《标准》范围之内, 仍然

表 2 改水前后河西村、帕郎村饮用水 14 项指标的比较结果 (M ± Q)

Tab. 2 Comparison of 14 parameters in the drinking water before and after the drinking-water improvement project (M ± Q)

指 标	国标	河西村		帕郎村	
		改水前 (n = 22)	改水后 (n = 8)	改水前 (n = 13)	改水后 (n = 4)
感官性状					
色度 (度)	15	12.5 ± 5.0*	5	15 ± 7.50	5
浑浊度 (NTU)	3	0.505 ± 0.74	0.765 ± 0.975**	0.83 ± 1.26	4.585 ± 3.918 [▲]
一般化学指标					
PH	6.5 ~ 8.5	8.00 ± 0.00	7.78 ± 0.13**	7.95 ± 1.00	8.06 ± 0.198** ^{▲▲}
氯化物 (mg/L)	250	405.0 ± 397.38	33.75 ± 1.15**	132.5 ± 222.25 ^{▲▲}	13.00 ± 0.90** ^{▲▲}
耗氧量	3	1.05 ± 0.70	1.68 ± 0.82*	1.4 ± 0.85 [▲]	2.13 ± 0.093**
锰 (mg/L)	0.1	0.000 ± 0.000	0.058 0 ± 0.043*	0 ± 0.12	0.047 5 ± 0.016**
铁 (mg/L)	0.3	0.000 ± 0.000	0.099 5 ± 0.036**	0 ± 0	0.036 5 ± 0.141*
总硬度 (mg/L)	450	312.3 ± 79.5	335.3 ± 19.500**	240.2 ± 138.1	191.2 ± 9.000** ^{▲▲}
硫酸盐 (mg/L)	250	235.013 ± 217.45	91.000 ± 20.500**	72.585 5 ± 89.08 ^{▲▲}	22 ± 12.5** ^{▲▲}
溶解性总固体(mg/L)	100 0	1 193.50 ± 593.50	415.500 ± 31.50**	648 ± 537 [▲]	267.5 ± 22.75** ^{▲▲}
毒理指标					
砷 (mg/L)	0.01	0.00 ± 0.01	0.01	0.00 ± 0.01	0.01
氟化物 (mg/L)	1	2.75 ± 2.65	0.955 ± 0.030**	3.50 ± 4.20	1.29 ± 0.042** ^{▲▲}
硝酸盐 (mg/L)	10	4.1 ± 8.15	14.900 ± 1.975*	3.70 ± 10.40	0.50 ± 0.075** ^{▲▲}
微生物指标					
菌落总数	100	1 300 ± 2 100	560 ± 665*	1 100 ± 1 980	640 ± 360

与国标限值相比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 两个村子比较, [▲] $P < 0.05$, ^{▲▲} $P < 0.01$; 浑浊度 (散射浑浊度单位) /NTU 在水源与净水技术条件限制时为 3, 考虑到两个村子的实际情况, 采用 3 这个限值。

表 3 两村饮用水水质综合得分

Tab. 3 Comprehensive scores of the drink-water quality in the two villages

村 名	F1	F2	F3	综合得分
河西村	3.123	-0.148	-0.007	2.232
帕郎村	-3.349*	0.569	0.110	-2.681

* 经正态性检验, 为非正态分布, 取中值。

要考虑通过其他途径摄入氟和日常摄入的水量; 两村锰含量的值均在《标准》范围之内, 我国国标规定, 饮用水中锰的含量不能超过 0.1 mg/L; 值得注意的是, 硝酸盐的含量, 我国标准中规定为 10 mg/L (地下水源限制时为 20 mg/L), 而《标准》在短时间暴露情况下为 50 mg/L, 这是基于人工喂养的婴儿中出现高铁血红蛋白血症。由于硝酸盐的准则值是针对一组特殊和易受损伤的亚人群 (即人工喂养的婴儿), 因此, 该准则值对年龄大一些的儿童和成年人来说则远远高于保护水平。未设置特定准则值的指标, 其理由是在饮用水中的浓度大大低于可引起毒性反应的浓度。

3 讨论

本课题组在 2008 年水质分析中发现, 河西和帕郎均存在着氟化物、氯化物和菌落总数超标的情

况, 其中河西村菌落总数超标率高达 81.82%, 帕郎村的则为 69.23%, 说明饮用水中受细菌污染的可能性较大。在综合各项指标之后发现, 河西村和帕郎村的水质较差。

改水后, 河西村的氟化物含量降至国标以下。由于水源条件的限制, 帕郎村氟化物含量虽然有所降低, 但依然高于国标值 (最高值达 1.31 mg/L), 这在一定程度上依然威胁着村民的健康。

微生物指标中菌落总数超标, 农村饮用水超标的主要因素是微生物指标超标, 饮水中因细菌总数和总大肠菌群所引起的水质超标率为 25.92%; 集中式供水中有消毒设备的仅占 29.18%, 分散式供水均直接采用原水^[7]。细菌总数的变化受很多因素的影响, 如温度、湿度等, 以及采样、检测等过程中均会受到影响。尽管菌落总数较国标仍存在超标, 但是相对于 2008 年未改水前, 已经有了明显的下降。根据元谋县疾病预防控制中心的检测表

明, 在丰水期和枯水期, 帕郎村在 2010 年 3 月, 水源水和末梢水中菌落总数分别为 120 (CFU/mL) 和 140 CFU/mL; 而在 2010 年 8 月检测中, 水源水和末梢水菌落总数分别为 180 CFU/mL 和 160 CFU/mL, 这表明, 菌落总数会受到季节影响, 温度亦是其影响因素之一, 这与其他一些研究的结果一致. 另外, 农村饮用水缺乏必要的消毒设施也是其中重要的因素之一. 在检测过程中同样存在一些局限性和不确定性 (如并未使用培养法等对细菌种类进行分类).

为探明可能引起饮用水中细菌超标的原因, 课题组在两村使用观察法和问卷调查等方法进行研究, 发现生活污水、牲畜粪便、垃圾等都未得到合理的处理, 这些环境卫生问题也会对饮用水的安全造成一定的影响^[8]. 为减少微生物对饮用水的不良影响, 应在从水源到使用者整个过程中应用多种方法来防止污染或减轻污染程度, 避免其危害人体健康. 这就包括了保护水源、对水源水进行适当的处理, 对于管网的维护等方面. 建议在进行调查研究的过程中, 可以通过健康教育、宣传资料、知识墙报、培训班等各种形式对村民普及环境保护和饮用水工程保护方面的知识.

保证饮用水安全的最好办法在于预防. 从选择饮用水水源, 到供水到各家各户每个环节都需要有较强的预防意识. 这就需要多部门、各方面的协调. 目前在农村成立用水户协会, 保证农民吃上放心水, 并且能够提高其维护用水设施的积极性, 在

一定程度上讲是一种很好的做法. 然而, 对饮用水的水质检测应该是个长期的、连续的过程, 而不是短期的被动性的过程.

[参考文献]

- [1] UNDP. Millennium Development goals, MDGs. Ensure e - nvironmental sustainability [EB/OL]. [2011-06-30]. <http://www.beta.undp.org/undp/en/home/mdgoverview.html>.
- [2] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality [EB/OL]. [2011-06-24]. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/
- [3] 联合国. 千年发展目标报告 [EB/OL]. [2011-05-25]. <http://www.un.org/chinese/millenniumgoals/>
- [4] 联合国. 中国实施千年发展目标进展情况报告 [EB/OL]. [2011-04-06]. <http://www.un.org/chinese/millenniumgoals/-china08/>
- [5] 严茂胜, 杜昌海, 宋肖肖, 等. 元谋县生活饮用水现状调查 [J]. 昆明医学院学报, 2009, (8): 150 - 153.
- [6] 黄明强, 刘书丽, 梁庆生. 主要成分分析法在农村生活饮用水水质综合评价中的应用 [J]. 现代预诊医学, 2009, 4(36): 653 - 657.
- [7] 黄东平. 吉林省昌邑区农村生活水水质监测与分析 [D]. 吉林: 吉林大学公共卫生学院, 2009.
- [8] 冷福娟, 刘贵杉, 段光焕, 等. 2009年云南省农村生活饮用水水质调查 [J]. 环境与健康杂志, 2010, 7(27): 643.

(2011-11-14 收稿)