

# 安徽北部农村地区地下水 重金属含量特征及水质评价

王思维<sup>1</sup>, 林曼利<sup>2</sup>, 王 曜<sup>1</sup>, 谢 哲<sup>2</sup>

(1. 宿州学院 环境与测绘工程学院, 安徽 宿州 234000; 2. 宿州学院 资源与土木工程学院, 安徽 宿州 234000)

**[摘 要]** 以安徽北部农村地区地下水为研究对象, 随机采集了 26 个地下水样品, 测试分析 Cd, Cr, Cu, Zn, Pb, Ni 和 Mn 七种重金属, 对其含量特征和水质状况开展研究。结果表明: 1 个采样点的内梅罗污染指数为 0.7719, 出现了轻度的重金属污染; 5 个采样点出现了单项重金属 Mn, Ni 和 Pb 含量超标, 但其综合水质尚可达标; 20 个采样点地下水符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006) 中的Ⅲ类水质标准, 适用于日常生活饮用水水源及工、农业用水。通过对安徽北部农村地下水水质现状的研究, 可为掌握研究区农民饮水安全状况提供参考。

**[关键词]** 地下水; 重金属; 特征; 水质评价; 安徽北部

**[中图分类号]** P641.12 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-1184(2015)06-0018-04

## Content Characteristic and Quality Assessment of Heavy Metals in Groundwater of Rural Areas, North Anhui Province

SI Wei-wang<sup>1</sup>, MAN li-lin<sup>2</sup>, YAO Wang<sup>1</sup>, ZHI Xie<sup>2</sup>

(1. School of environment science and spatial informatics, Suzhou University, Suzhou 234000, China; 2. School of resources & civil engineering, Suzhou University, Suzhou 234000, China)

**Abstract:** This paper takes rural areas in the North Anhui province as the study object, in which twenty-six groundwater samples were randomly collected. To make a detailed analysis of content characteristics, seven kinds of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Zn, Pb, Ni and Mn) were determined, and the water quality was also analyzed. The result shows that, in one sit, the Nemerow Pollution Index of water quality is 0.7719, which belongs to mild heavy metal pollution, and in five sits, the contents of single heavy metal, such as Mn, Ni, and Pb exceed groundwater quality guidelines, however, the comprehensive water quality still can meet national standard; and in twenty sits, the groundwater conforms to the Drinking water health standards (GB5749-2006 Ⅲ), which means it can be directly used as the sources of drinking water, industrial water and agricultural water in people's daily lives.

**Key words:** groundwater; heavy metals; characteristic; water quality assessment; north Anhui province

地下水因其水质优良, 分布广泛, 水质更新速度快, 开采工作简单易行, 已成为人们日常生活青睐的水源地之一。世界上约三分之一的人口是以地下水作为饮用水源的<sup>[1]</sup>, 特别是在农业灌溉中约 80% 的水取自地下<sup>[2]</sup>。但近年来地下水面临水质污染和超采双重问题, 主要原因包括农业的集约化, 化肥农药的不合理使用, 城镇化的不断推进过程中欠佳的基础设施和含水层水量超采等<sup>[3-4]</sup>。在中国, 61% 的城市以地下水作为饮用水源, 在多种污染源作用下, 我国浅层地下水污染严重且污染速度快<sup>[5]</sup>。目前我国地下水污染十分严重, 点源污染不断增加, 非点源污染日渐突出, 水污染加剧的态势尚未得到有效遏制<sup>[6]</sup>。据环保部门调查统计, 我国已有 118 个大中型城市地下水受到了污染, 有近

3.6 亿的农村人口无法喝到健康的符合标准的饮用水<sup>[7]</sup>。水质型缺水已严重阻碍了社会经济的发展, 威胁到了人类的身体健康。对于采煤矿区来说, 煤炭开采活动不仅会对地下水流动产生干扰, 也会对其水质产生一定的影响<sup>[8-11]</sup>。同时由于煤矿企业大多分布在近郊和偏远农村地区, 而地下水恰恰又是这些地区居民的直接饮用水水源。因此, 地下水水质对采煤矿区居民的身体健康至关重要, 应予以高度关注。从研究现状来看, 针对地下水的研究, 目前主要集中于以地下水为饮用水源的城市地区的水质分析与评价<sup>[12-14]</sup>, 而对农村地区地下水水质开展研究的较少<sup>[15-16]</sup>。本文在对安徽北部农村地区地下水中 Cd, Cr, Cu, Zn, Pb, Ni 和 Mn 七种重金属含量特征进行分析的基础上, 利用修正的内梅罗指数法对水质进行了评价, 以期为研究区水资源规划管理和农村居民用水水源

**[收稿日期]** 2015-08-17

**[基金项目]** 安徽省高校自然科学基金项目(KJ2013B291)、国家级大学生创新创业训练计划项目(201410379008)、宿州区域发展协同创新中心青年人才培养开放课题(2014SZXTQP10)和宿州学院第八届大学生科研项目(KYLXLKZD14-05)共同资助。

**[作者简介]** 王思维(1991-), 男, 安徽淮南人, 主攻方向: 环境监测。

**[通讯作者]** 林曼利(1984-), 女, 安徽宿州人, 助教, 主要从事环境水文地球化学研究工作。

地的选择提供参考。

# 1 研究区概况

皖北地区地处淮河及其以北地区,位于 E114°55′~118°10′,N32°25′~34°35′之间,为黄淮海平原南端。北部临山东、江苏、河南三省,地辖淮南、蚌埠、阜阳、亳州、宿州,淮北六个地级市,区域总面积为 64 154 km<sup>2</sup>,国土面积约占安徽省总量的 1/3,人口 3 100 万,约占安徽省的 1/2<sup>[17]</sup>,其中农村人口约为 1 900 万<sup>[18]</sup>。区域内主要为暖温带季风气候,大部分地区年降水量小于 800 mm,气候较为干旱。本区域内煤炭资源丰富,煤种齐全,全省含煤面积 1.8 万 km<sup>2</sup>,占全省总面积的 13%。区域内有淮南矿业、淮北矿业、国投新集和皖北煤电等安徽四大煤炭企业,主要重工业为煤炭的开采及其相关产业,是我国重要的煤炭生产和发电基地之一。

# 2 样品采集与测试

## 2.1 样品采集

本次研究共采集 26 个农村地下水样品,采样时间集中安排在 2013 年 5 月。采样方法为随机采样,一般从压水井直接取样,采样深度在 15~200 m 之间,采样点的分布如图 1 所示。取样时先抽洗 5 min,之后用聚乙烯塑料瓶润洗 3 次,采样容量为 1 000 ml,装满密封后,于 24 h 内带回实验室进行处理。

## 2.2 指标测试

水样的 T、pH、总溶解性固体(TDS)和电导率(Ec)在各

采样点现场测试,其中 pH 由便携式 pH 计(Bante220 型)测定,T、TDS 和 Ec 由水质检测笔(HM,COM-100)测定。样品带回实验室后,经 0.45 μm 孔径滤膜过滤,加入优级纯 HNO<sub>3</sub> 调 pH≤2,处理后的样品储存于 4℃ 冷藏备用。重金属采用原子吸收分光光度计(普析,TAS-990FG)测定,其中 Mn、Zn 和 Ni 采用火焰法,Cd、Cr、Cu 和 Pb 采用石墨炉法,定量方法采用外标法。

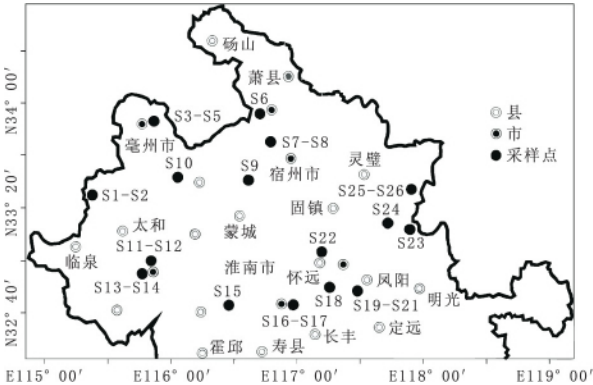


图 1 安徽北部地区农村地下水采样点分布图

# 3 结果与讨论

## 3.1 重金属含量特征

经过检测,各采样点的重金属含量实测数据分析结果列于表 1。

表 1 重金属含量测试数据分析							mg/L
指标	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr
最大值	0.248 0	1.089 2	0.020 8	0.014 7	0.002 9	0.116 8	0.008 7
最小值	0.001 0	0.002 6	0	0.000 9	0	0.000 6	0.000 1
均值	0.034 6	0.051 9	0.003 0	0.002 4	0.000 5	0.011 8	0.001 0
标准差	0.054 8	0.207 7	0.004 9	0.002 8	0.000 7	0.026 8	0.002 0
GB5749-2006(Ⅲ)	≤0.1	≤1	≤1	≤0.01	≤0.005	≤0.02	≤0.05
超标率(%)	11.54	3.85	0	3.85	0	15.39	0

由表 1 可知,研究区地下水中 Mn 的含量范围为:0.001 0~0.248 0 mg/L,Zn 的含量范围为:0.002 6~1.089 2 mg/L,Cu 的含量范围为:0~0.020 8 mg/L,Pb 的含量范围为:0.000 9~0.014 7 mg/L,Cd 的含量为:0~0.002 9 mg/L,Ni 的含量范围为:0.000 6~0.116 8 mg/L,Cr 的含量为:0.000 1~0.008 7 mg/L。七种检测指标含量均值大小为:Zn>Mn>Ni>Cu>Pb>Cr>Cd。刘进<sup>[19]</sup>于 2008-2009 年在淮北平原采集了 151 个浅层地下水水样,并对其进行重金属含量测定,其结果表明重金属均值大小顺序为 Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cd,除 Ni 的含量大小与本研究有一定差异外,其他含量特征与本文研究结果一致;林曼利等<sup>[20]</sup>于 2012 年在皖北四个矿区采集了 59 个水样,进行重金属的测定,结果表明,重金属均值大小顺序为 Zn>Ni>Pb>Cu>Cr>Cd,除 Pb 和 Cu 的含量大小存在一定的差异,其他含量与本文研究结果一致。结合前人的研究成果可以得出,安徽北部地下水中,Zn、Mn 和 Ni 的含量一般较大,而 Cr 和 Cd 的均值则相对较小。

所测样品中 Mn 最大浓度为 0.248 0 mg/L,是《生活饮用

水卫生标准》GB5749-2006 中Ⅲ类水质标准值(0.1 mg/L)的 2.48 倍。许光泉等<sup>[21]</sup>于 2008 年对安徽淮北平原浅层地下水水质特征进行了分析研究,结果表明浅层地下水中 Mn 含量为 0.01~1.05 mg/L,最大含量超出 GB5749-2006 中Ⅲ类水质标准值的 10 倍;周锴锷等<sup>[22]</sup>在 2013 年对淮河流域平原区浅层地下水 Mn 的分析研究中表明埋深 0~50 m 地下水中,重金属 Mn 的含量为 0.1~1.94 mg/L,最大含量是 GB5749-2006 中Ⅲ类水质标准值 0.1 mg/L 的 19.4 倍。综合对比,本文研究结果与前人研究结论基本一致。水中 Ni 最大浓度值为 0.116 8 mg/L,是生活饮用水标准值的 5.84 倍,超标含量较高。刘进<sup>[19]</sup>研究表明淮北平原地下水中 Ni 的最大浓度为 0.050 5 mg/L,是生活饮用水标准值的 2.5 倍,也与本文研究结果一致。Zn 最大浓度为 1.089 2 mg/L,是生活饮用水标准值的 1.089 2 倍;Pb 最大浓度为 0.014 7 mg/L,是生活饮用水标准值的 1.47 倍;Cu、Cd 和 Cr 的最大浓度分别为 0.020 8 mg/L、0.002 9 mg/L 和 0.008 7 mg/L。通过对比可以得出,研究区地下水中 Mn 和 Ni 的浓度高,超标量较

大,Zn 和 Pb 超标量相对较小,而 Cu、Cd 和 Cr 则均未超标。

在七种检测指标中,Mn、Zn 和 Ni 三种重金属标准差较大,表明三种重金属物质的离散程度比较大,说明可能受到了点源的扰动;而 Cu、Pb、Cd、Cr 四种重金属物质标准差较小,表明四种金属物质的离散程度较小,差异不大,说明可能主要源自自然环境赋存或者受到了面源扰动<sup>[23-24]</sup>。在七种检测指标中,Ni、Mn、Zn 和 Pb 四种重金属都有在不同的采样点中的含量超过了标准值,超标率分别为 15.39%、11.54%、3.85% 和 3.85%,而 Cu、Cd 和 Cr 三种重金属超标率均为 0。桂和荣等<sup>[25]</sup>于 2002 年对淮南市浅层地下水中的重金属进行分析研究,其结果表明 Cu、Zn、Pb、Hg、Cr 和 Cd 六种重金属中仅 Pb 超标,超标率为 1.33%,与本次研究所得出的 Cu、Cd、Cr 超标率为 0 和 Pb 的超标率为 3.85% 的结论比较一致,说明安徽北部地区已经有了部分地区开始出现 Pb 污染的状况。Mn 和 Ni 超标率较高,超标率分别为 11.54% 和 15.39%。何晓文等<sup>[26]</sup>于 2011 年对淮南矿区浅层地下水开展了水质分析与评价研究,结果表明 Mn 和 Ni 也有超标现象,其中二者超标率分别为 46.92% 和 3.85%。针对安徽北部农村地下水 26 个采样点中共有 5 个采样点检测出重金属含量超出标准值,总体超标率为 19.23%。

3.2 重金属污染评价

在本次研究,主要考虑的是地下水是否可以作为农村居民直接饮用水水源,因此在进行农村地下水重金属水质评价时,选用《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 Ⅲ类水质标准作为本次水质评价的标准。在水质评价中,评价方法有很多,通常根据不同的评价指标和评价因子的数量等因素来确定具体的评价方法。就总体而言,在水质评价中常用的评价方法主要有单因子指数法,模糊综合法,内梅罗指数法及修正后的内梅罗指数法等。其中,单因子指数法能够直观清晰的反映出影响水质的污染因子,同时可以对单个独立指标进行灵活的评价,但是评价等级会受到高浓度指标对的影响,从而无法良好地对研究区的水质进行综合评判,故在水质评价中存在一定的缺陷<sup>[27]</sup>。模糊综合法通过构造合适的隶属函数,通过数学运算的方法来反映水质界限的模糊性,更能够客观地反映水质的真实性和污染状况,但构造隶属函数和权重矩阵时,方法难以构造,数学计算量大且繁琐<sup>[28]</sup>。内梅罗指数法是一种突出最大值的计权型多因子环境质量指数法,考虑了污染较为严重的因子,又在数学加权计算的运算过程中避免了人为主观因素对权重系数的影响,是一种应用广泛的水质评价方法<sup>[29]</sup>。本文在对研究区的水质评价中,采用了应用广泛的内梅罗指数评价方法。为了在计算过程中避免传统的内梅罗指数法中过大污染因子和各污染因子对人体危害不同的权重对水质评价的影响,故采用了修正后的内梅罗指数法对研究区展开水质评价。

传统内梅罗指数的计算方法如下所示:

$$L_{ij} = C_i / C_{oi} \tag{1}$$
$$P' = \sqrt{\frac{C_{imax}^2 + C_{平均}^2}{2}} \tag{2}$$

式(1)和式(2)中: $L_{ij}$ 表示实测浓度与标准浓度之比; $C_i$ 表示第*i*种污染物的实测浓度,mg/L; $C_{oi}$ 表示第*i*种污染物第*j*种评价等级标准,mg/L; $C_{imax}$ 表示多种污染物因子中的最大浓度,mg/L; $C_{平均}$ 为多种污染物因子的平均浓度,mg/L; $P'$ 为

内梅罗指数。

修正的内梅罗指数计算公式主要包括污染因子权重值的计算,加权平均的计算和修正后的内梅罗指数计算,其计算公式分别见式(3)、式(4)和式(5)。在计算过程中,首先根据研究区地下水的用途判断地下水的质量标准等级,将污染物因子的排放标准值  $I_i$  按从大到小的顺序进行排列,将  $I_{imax}$  与  $I_i$  的比值作为第*i*种污染物在评价方法中的相关性比值。式(3)~式(5)中, $W_i$ 为第*i*种污染因子的权重值, $I_{imax}$ 为污染因子中的最大值, $I_i$ 为污染因子中的标准值, $n$ 表示污染因子个数, $P$ 表示修正后的内梅罗指数。其计算方法<sup>[30-33]</sup>如下:

$$W_i = \frac{I_{imax} / I_i}{\sum_{i=1}^n I_{imax} / I_i} \tag{3}$$
$$C_{加权平均} = \sum_{i=1}^n (L_{ij} \times W_i) / n \tag{4}$$
$$P = \sqrt{\frac{C_{imax}^2 + C_{加权平均}^2}{2}} \tag{5}$$

本文评价指标选用《生活饮用水卫生标准》GB5749-2006 中Ⅲ类水质标准为基础划分污染等级,利用上式,计算得出修正后的内梅罗指数的地下水评价分级标准见表 2。

表 2 地下水评价分级标准

级别	I	II	III	IV	V
标准	0.624	0.739	1	7.280	11.07
污染等级描述	清洁	较清洁	轻污染	中度污染	严重污染

根据实验检测数据、水质等级标准和评价模型计算得到的结果( $L_{ij}$ 、 $W_i$ 、 $C_{imax}$ 、 $C_{加权平均}$ 和  $P$ ) 列于表 3。

由表 3 可知,通过  $L_{ij}$  值发现,研究区内的采样点中 S1、S2、S3、S6 和 S10 等五地检测出了单项重金属指标超出饮用水Ⅲ类水卫生标准,分别是 Mn、Zn、Pb 和 Ni 四中重金属元素,尚未对地下水综合水质造成影响,其中以重金属 Mn、Ni 和 Pb 表现较为明显,如 S6 中重金属 Mn 实测浓度是标准值的 2.48 倍,S2 中重金属 Ni 实测浓度是标准值的 3.43 倍,S10 中重金属 Pb 实测浓度是标准值的 1.47 倍。采样点 S15 的  $P=0.7719$ ,在  $0.739 < P \leq 1$  之间,说明该地区地下水水质已经受到了重金属的轻度污染,地下水可能已经不可以再直接作为饮用水水源。研究区内其他 25 个地下水采样点的  $P$  均小于 0.624,水质状况为清洁,地下水水质总体未出现重金属污染,尚且可以继续直接作为饮用水水源,但研究区水质问题应予以重视。

4 结语

- (1) 与《生活饮用水卫生标准》Ⅲ类水质标准值相比,安徽北部农村地区地下水重金属元素中,Mn、Zn、Ni 和 Pb 四种重金属出现超标现象,超标率分别为 11.54%、3.85%、3.85% 和 15.39%,而 Cu、Cd 和 Cr 三种重金属均未超标。
- (2) 根据水质评价结果,研究区大部分农村地下水水质较好,可直接作为居民生活饮用水水源,但个别采样点地下水水质已受到了重金属的影响,采样点 S15( 皖阜阳市颍上县双集) 的内梅罗污染指数  $P=0.7710$ ,水质评价结果为轻度污染。
- (3) 地下水水质事关广大农村居民饮水健康,有关部门

应合理规划农村饮用水工程建设 ,建立健全地下水动态监测 全。  
体系 ,严格管理乡镇企业排污 ,保证农村居民饮用水水质安

表 3 修正的内梅罗指数计算结果

样品 编号	L <sub>ij</sub>							C <sub>imax</sub>	C <sub>加权平均</sub>	P
	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Cr			
	0.212 8	0.093 4	0.001 8	0.126 4	0.049 6	0.501 2	0.014 9			
S1	1.210	0.002 6	0.013 6	0.658 6	0.367 4	2.745 6	0.087 2	0.121 0	0.276 1	0.195 2
S2	1.260	0.013 2	0.013 5	0.548 8	0.423 4	3.433 6	0.071 1	0.126 0	0.333 2	0.228 4
S3	0.320 0	0.002 6	0.000 5	0.196 6	0.106 4	1.094 3	0.001 3	0.032 0	0.111 4	0.069 2
S4	0.230 0	0.007 1	0.002 4	0.136 5	0.055 6	0.027 9	0.001 3	0.023 0	0.010 3	0.018 3
S5	0.620 0	0.002 6	0.003 9	0.238 7	0.083 4	0.027 9	0.001 3	0.062 0	0.017 7	0.047 5
S6	2.480	0.004 1	0.000 2	0.132 4	0.010 2	0.027 9	0.001 3	0.248 0	0.026 6	0.184 2
S7	0.041 0	0.004 1	0.001 2	0.134 1	0.092	0.131 1	0.001 3	0.004 1	0.017 9	0.010 2
S8	0.030 0	0.013 2	0.001 2	0.119 1	0.057 2	0.165 5	0.001 3	0.013 2	0.020 0	0.014 4
S9	0.630 0	0.013 2	0.003 5	0.318 3	0.230 2	0.853 5	0.001 3	0.063 0	0.093 5	0.076 4
S10	0.014 0	0.007 1	0.020 8	1.472 9	0.577 8	5.841 6	0.173 2	0.116 8	0.574 3	0.328 6
S11	0.070 0	0.008 6	0.000 2	0.093 4	0.024	0.027 9	0.009 4	0.008 6	0.007 1	0.007 5
S12	0.041 0	0.002 6	0.000 2	0.116 1	0.009 4	0.027 9	0.001 3	0.004 1	0.007 8	0.004 8
S13	0.010 0	0.011 6	0.003 4	0.098 9	0.006 8	0.027 9	0.001 3	0.011 6	0.006 9	0.008 8
S14	0.020 0	0.004 1	0.000 4	0.280 1	0.024 2	0.027 9	0.033 6	0.004 1	0.015 0	0.006 3
S15	0.750 0	1.089 2	0.000 7	0.141 6	0.113 4	0.440 7	0.017 5	1.089 2	0.050 8	0.771 9
S16	0.140 0	0.011 6	0.002 2	0.135 9	0.045	0.027 9	0.004	0.014	0.009 6	0.011 8
S17	0.110 0	0.041 9	0.001 7	0.142 8	0.006 8	0.027 9	0.001 3	0.041 9	0.009 5	0.030 2
S18	0.050 0	0.013 2	0.002 2	0.225 1	0.039 4	0.199 9	0.001 3	0.013 2	0.027 7	0.017 1
S19	0.068 0	0.002 6	0.000 5	0.115 1	0.019 4	0.027 9	0.004	0.006 8	0.008	0.006 6
S20	0.080 0	0.013 2	0.000 7	0.147	0.034 6	0.027 9	0.001 3	0.013 2	0.009 6	0.010 7
S21	0.050 0	0.008 6	0.001 2	0.104 6	0.020 8	0.027 9	0.071 1	0.008 6	0.007 5	0.007 4
S22	0.190 0	0.011 6	0.001 5	0.123 4	0.051 4	0.027 9	0.001 3	0.019 0	0.009 4	0.015 4
S23	0.229 0	0.038 9	0.000 7	0.134	0.017 2	0.027 9	0.004	0.038 9	0.010 1	0.028 8
S24	0.250 0	0.011 6	0	0.112 3	0.022 4	0.027 9	0.006 7	0.025 0	0.009 3	0.019 6
S25	0.041 0	0.008 6	0.000 5	0.112 2	0.026 6	0.027 9	0.001 3	0.008 6	0.007 7	0.007 3
S26	0.060 0	0.002 6	0.000 7	0.133 4	0.040 2	0.027 9	0.001 3	0.006	0.008 9	0.006 3

参考文献

[1]Bahar MM , Reza MS. Hydrochemical characteristics and quality assessment of shallow groundwater in a coastal area of Southwest Bangladesh[J]. Environmental Earth Sciences , 2010 , 61( 5) : 1065 – 1073.

[2]Shaki AA , Adeloye AJ. Evaluation of quantity and quality of irrigation water at Gadowa irrigation project in Murzuq basin , southwest Libya[J]. Agricultural Water Management , 2006 , 84( 1 – 2) : 193 – 201.

[3]Champidi P , Stamatis G , Zagana E. Groundwater quality assessment and geogenic and anthropogenic effect estimation in Erasinós Basin ( E. Attica) [J]. European Water , 2011 , 33: 11 – 27.

[4]Murkute YA. Hydrogeochemical characterization and quality assessment of groundwater around Umrer coal mine area Nagpur District , Maharashtra , India [J]. Environmental Earth Sciences , 2014 , 72 ( 10) : 4059 – 4073.

[5]中华人民共和国环境保护部. 2013 中国环境状况公报 [EB/OL]. [2015 – 04 – 14]. 7http: //jcs. mep. gov. cn/hjzl/zkgb/2013zkgb/

[6]王浩 , 王建华. 中国水资源与可持续发展 [J]. 中国科学院院刊. 2012 , 27( 3) : 352 – 358 , 331.

[7]林菁. 浅析我国地下水资源保护与管理 [J]. 科技创新与应用. 2014 , 18: 107 – 107.

[8]范克松. 分析煤矿开采对地下水资源的影响 [J]. 内蒙古煤炭经济. 2014 , 03: 34 – 35.

( 下转第 49 页)

井水有了深刻的认识,要通过市场经济行为引导企业,积极利用矿井水,将来为矿井水推广利用提供借鉴。

## 5.2 经济效益

工程效益明显,矿井水利用的直接效益主要体现在供水工程投资的节省。从一次性工程投资分析,建设一个年供水200万 $\text{m}^3$ 的中型水利工程需要投资1.5亿元,而同样供水能力的矿井水源建设投资最多需要0.800亿元,至少节省0.700亿元。

用水户节约水费,建筑行业使用矿井水,水费自然会比自来水水费要低,这样就能大大减少用水户的水费。棚户区改造项目一年可节约水费380万元。

增加了煤炭企业的经济效益,解决了矿井下采煤安全问题。促进了煤炭企业快速发展,降低了生产成本,增加了煤炭企业的经济效益。洗煤厂一年可节约水费50万元。

## 5.3 生态效益

矿井水利用将减少地表水资源的消耗,节约用水,提高水环境质量。同时,对未来恢复水体的生物生态圈的良性循环有巨大的推动作用。控制其对水环境质量产生的直接影响,从而也就会使水体被破坏的生态系统和功能得到一定的修复。

取用矿井水解决了水资源再利用问题,保护了地下水水源。矿井水综合处理改造后改善了矿区生产生活条件推动了矿区的经济发展,对促进矿区物质文明和精神文明建设,提高人民生活水平,改善生态环境等方面,有着显著的作用。

# 6 矿井水利用示范规划

## 6.1 矿井水利用方向

矿井水利用以提高水资源利用效率为主要目的,重点发

(上接第21页)

- [9]王庆国. 浅谈矿山开采对地下水资源的影响[J]. 赤子(上中旬). 2014, 11: 309.
- [10]何纯田. 浅析煤矿开采对地下水的影响[J]. 资源节约与环保. 2013, 07: 293.
- [11]李恩来, 李晶, 余洋, 等. 济宁市煤矿开采诱发的水环境问题探讨[J]. 金属矿山. 2013, 05: 139-143.
- [12]郭宁. 山西晋城市地下水水质现状分析[J]. 科技与创新. 2014, 18: 152-153.
- [13]张爽娜. 衡水市浅层地下水水质评价及污染分析[J]. 地下水. 2014, 04: 103-104.
- [14]张海鹏. 北京地区地下水环境容量及污染防治初探[A]. 中国水利学会. 中国水利学会2014学术年会论文集(下册)[C]. 中国水利学会 02014: 5.
- [15]陶珍生, 杨珂玲. 湖北地下水农村面源污染防治对策研究[J]. 云南行政学院学报. 2014, 05: 130-132.
- [16]杨艺, 王瑞卿, 宋晓维. 农村地下水污染现状危害及防治对策[J]. 环境保护. 2014, 15: 34-36.
- [17]wq684220. 360 百科[EB/OL]. <http://baike.so.com/doc/6011115.html>, 2013-06-16/2014-12-12.
- [18]中国行业咨询网[EB/OL]. <http://www.china-consulting.cn/news/20130403/s85818.html>.
- [19]刘进. 安徽淮北平原浅层地下水地球化学特征研究[D]. 安徽理工大学. 2010.
- [20]林曼利, 桂和荣, 彭位华, 等. 典型矿区深层地下水重金属含量特征及健康风险评价——以皖北矿区为例[J]. 地球学报. 2014, 05: 589-598.

展工业用水、扩大市政用水、增加生态环境、农业灌溉用水。水行政主管部门要依法按照取水许可条例办理取水申请,鼓励使用矿井水源替代部分工业、生态、市政、农业用水。

## 6.2 重点工程

一是矿井水工程建设。重点是西安矿一井旧巷道地下水处理工程,拟建梯级提水泵站一座,处理能力7000 $\text{m}^3/\text{d}$ 的净水处理站一座,1000 $\text{m}^3$ 调节水池一座,送水泵房一座。

二是辽源国家矿山湿地矿井水引水工程。辽源国家矿山湿地公园总投资20亿元,总面积17.65 $\text{km}^2$ ,共划分为矿业文化中心休闲区、湿地生态区、矿山地质博物馆区等18个功能区。本工程的供水水源来自矿井水、市政管网、大气降水。

# 7 结语

辽源市矿井水利用目前尚处在起步阶段,一是需要在政策上给予一定的支持,加大政策与法律法规的力度;二是合理确定矿井水价格,处理好传统水价、矿井水水价、水资源费的关系。三是采取措施强制使用矿井水,工业企业在规划布局选址、新建时要优先考虑使用矿井水;四是按照基本建设程序做好前期工作,加快矿井水输水管道系统和处理设施建设。通过矿井水开发利用示范,将会提高水资源利用效率,有利于促进经济社会可持续发展。

## 参考文献

- [1]辽源市人民政府. 辽源市节水型社会建设规划. 2009.
- [2]辽源市水资源管理办公室. 辽源市非常规水源利用现状调查评价及管理政策制定. 2010.
- [3]辽源市水资源管理办公室. 辽源市矿井水利用示范报告. 2013.
- [21]许光泉, 王伟宁. 安徽淮北平原浅层地下水水质特征分析[J]. 水文地质工程地质. 2010, 03: 12-16.
- [22]周锴锴, 王赫生, 龚建师, 等. 淮河流域平原区浅层地下水铁锰分布特征及成因浅析[J]. 资源调查与环境. 2014, 02: 147-151.
- [23]胡鹏飞, 何太蓉, 金慧芳, 等. 长寿湖表层沉积物中磷的赋存形态及生物有效性分析[J]. 生态环境学报. 2012, 01: 9-12.
- [24]李忠义, 张超兰, 邓超冰, 等. 铅锌矿区农田土壤重金属有效态空间分布及其影响因子分析[J]. 生态环境学报. 2009, 05: 1772-1776.
- [25]桂和荣, 胡友彪, 宋晓梅, 等. 矿业城市浅层地下水资源研究[M]. 北京: 煤炭工业出版社. 2002: 91.
- [26]何晓文, 许光泉, 王伟宁, 等. 浅层地下水重金属元素的富集特征研究[J]. 环境工程学报. 2011, 5(2): 322-326.
- [27]苏耀明, 苏小四. 地下水水质评价的现状与展望[J]. 水资源保护. 2007, 23(2): 4-9.
- [28]张新钰, 辛宝东, 刘文臣, 等. 三种地下水水质评价方法的对比分析[J]. 水资源与水工程学报. 2011, 22(3): 113-118.
- [29]关云鹏. 利用内梅罗指数法模型评价地下水水质的探讨[J]. 山西水利科技. 2012, 01: 81-84.
- [30]何增辉. 修正内梅罗污染指数法在水源地环境质量评价中的应用[J]. 广东化工. 2011, 07: 141-143.
- [31]李亚松, 张兆吉, 费宇红, 等. 内梅罗指数评价法的修正及其应用[J]. 水资源保护. 2009, 06: 48-50.
- [32]闫欣荣. 修正的内梅罗指数法及其在城市地下水饮用水源地水质评价中的应用[J]. 地下水. 2010, 01: 6-7.
- [33]丁雪卿. 改进的内梅罗污染指数法在集中式饮用水源地环境质量评价中的应用[J]. 四川环境. 2010, 02: 47-51.