

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.01.016

2013 年武威市集中式饮用水源地水质综合评价

张月珍¹,董平国²

(1. 甘肃省武威市中心灌溉试验站,甘肃 武威 733000; 2. 甘肃省武威市水利技术综合服务中心,甘肃 武威 733000)

摘要:采用水质单项组分综合评价、综合污染指数评价及综合营养状态指数评价方法,对 2013 年武威市平原区集中式地表水地下水饮用水源地水质监测数据进行综合评价。结果表明,地下水饮用水源地 4 个监测断面水质良好。地表水饮用水源地中西营水库、黄羊水库、南营水库、扎子沟 4 个监测断面 4 个季度水质较清洁;红崖山水库 4 个季度水质轻污染;校东桥前 3 个季度水质处于重污染,第 4 季度水质为中污染。南营水库、红崖山水库、西营水库和黄羊水库 4 个监测断面 4 个季度营养状态均属于贫营养。根据水质综合评价结果,提出了平原区饮用水水源地的污染防治对策,旨在为石羊河流域饮用水源地的保护和相关研究工作提供借鉴。

关键词:饮用水源地;水质;综合评价;平原区;武威市

中图分类号:X824 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2016)01-0091-06

Comprehensive evaluation of water quality in centralized drinking water source in Wuwei City in 2013

ZHANG Yuezhen¹, DONG Pingguo²

(1. Key Irrigation Experimental Station in Wuwei City, Wuwei 733000, China;
2. Integrated Service Centre on Water Conservancy Technologies in Wuwei City, Wuwei 733000, China)

Abstract: Based on the combination of three evaluation methods, namely, the single constituent comprehensive evaluation method, the comprehensive contamination index method and comprehensive trophic status index method, the water quality monitoring data of centralized surface and ground potable water resources were comprehensively evaluated in plain terrain of Wuwei City in 2013. The results showed that ground water quality in the 4 monitoring sections were good; Surface water quality in the 4 monitoring sections of Xiying Reservoir, Huangyang Reservoir, Nanying Reservoir and Zhazigou during 4 quarters were fairly acceptable; The water quality in Redcliffe Mountain Reservoir was moderate; The water quality during the first three quarters in Xiaodongqiao were seriously contaminated, while in the last quarter in the region water quality was in moderate pollution. The comprehensive trophic statuses of the 4 monitoring sections of Nanying Reservoir, Redcliffe Mountain Reservoir, Xiying Reservoir and Huangyang Reservoir in 4 quarters were all poor. According to the evaluations, pollution prevention and control countermeasures of drinking water resources in plain terrain were proposed, which provides basis for drinking water protection and related research work in Shiyang River basin.

Key words: drinking water source; water quality; comprehensive evaluation; plains; Wuwei City

1 研究区概况

石羊河流域的武威市平原区,地处甘肃西部河

西走廊东端,祁连山北麓、腾格里大漠南缘,海拔 1 500 ~ 3 200 m,气候干燥,水资源常年匮乏。截至 2012 年,全市总土地面积 33 249 km²,常住人口为

基金项目:甘肃省科技支撑计划项目(1304FKCH102)
作者简介:张月珍(1984—),女,工程师,硕士,主要从事农业水土资源规划与管理。E-mail:287478577@qq.com
通信作者:董平国,高级工程师。E-mail:549441286@qq.com

181.51 万人,农村人口 163.01 万人,饮水安全和基本安全人口 77.73 万人,饮水不安全人口 85.28 万人,饮水不安全人口占全市总人口的 44.6%。因此,饮用水源地水质和环境安全问题成为本地区研究重点。笔者采用武威市环境监测中心站 2013 年常规监测数据,对武威市集中式饮用水源地地表水、地下水水质进行分析和评价,旨在为石羊河流域饮用水源地的划分和综合治理^[1-2]等相关研究工作提供依据。

武威市平原区地下水主要由金塔河灌区河水、红崖山水库及渠系水的入渗补给,其次由农灌水回渗及降水和凝结水入渗补给,地表水主要由大气降水和冰川融雪补给。地下水饮用水源地有三雷镇新陶供水站、泉山镇小西供水站、重兴乡红旗供水站、西渠镇致祥供水站和收成乡上四沟供水站,地表水饮用水源地有西营水库、黄羊水库、南营水库、校东桥、红崖山水库和扎子沟。各饮用水源地基本情况见表 1。

根据 GB/T 14848—93《地下水质量标准》,城市集中式地下水饮用水源水质每月基本监测项目为 24 项,水质评价执行本标准中Ⅲ类标准,评价方法采用单项组分及综合评价法;根据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,地表水饮用水源水质基本监测项目也为 24 项,水质评价执行本标准中Ⅲ类标准,评价方法采用综合污染指数法,同时采用综合营养状态指数法评价湖库型水源地的富营养化程度。

2 地下水饮用水源地水质评价与结果分析

2.1 评价因子

地下水饮用水源地水质评价因子共计 24 项,包

括水温、pH、总硬度、硫酸盐、氯化物、高锰酸盐指数、氨氮、氟化物、总大肠菌群、挥发酚、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、铁、锰、铜、锌、阴离子洗涤剂、氰化物、汞、硒、砷、镉、六价铬和铅。

2.2 评价方法

地下水质量单项组分评价,按地下水质量评价标准所列分类指标划分为 5 类,代号与类别代号相同,不同类别标准值相同时,从优不从劣。具体单项组分评价分值标准^[4-5]见表 2。

表 2 单项组分评价分值 F_i

类别	I	II	III	IV	V
F_i	0	1	3	6	10

根据各单项划分组分所属质量类别,确定单项组分评价分值 F_i ,按式(1)和式(2)计算综合评价分值 F 。

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{\max}^2}{2}} \tag{1}$$

其中

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i \tag{2}$$

式中: $\bar{F}$ 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 为项数。

根据 F 值划分地下水质量级别^[6-7],见表 3。

表 3 综合评价级别

级别	优良	良好	较好	较差	极差
F	<0.80	0.80~2.50	2.50~4.25	4.25~7.20	>7.20

2.3 评价结果

经过计算,得到各监测断面的单项组分综合评价分值 F 及地下水质量综合评价级别,见表 4 及图 1。

表 1 武威市平原区集中式饮用水水源地监测点位

监测断面	具体位置	水源类别	基本情况	保护区
西营水库	西营镇陈鲁村二组	地表水	设计日供水能力 1.03 万 m ³ ,受益人口 9.7 万人。水厂取水口位于西营镇二沟村四组距水厂 4 km,取水口 1 km ² 范围内为农田,无污染源	一级保护区水域范围为取水口半径 300m。二级保护区范围为一级保护区边界外的全部水域
南营水库	新华乡穿城村七组	地表水	设计日供水能力 0.03 万 m ³ ,受益人口 0.34 万人。区周围 1 km ² 无污染源	
黄羊水库	黄羊镇峡沟村三组	地表水	设计日供水能力 0.98 万 m ³ ,受益人口 8.2 万人。水厂取水口位于渠首上游天桥支隧洞出口处,距水厂 8 km,四周 1 km ² 内无污染源	
校东桥	羊下坝镇校东村	地表水	设计日供水能力 0.01 万 m ³ ,受益人口 0.14 万人。区周围 1 km ² 无污染源	
扎子沟	重兴乡扎子沟村	地表水	设计日供水能力 0.022 万 m ³ ,受益人口 0.26 万人。区周围 1 km ² 无污染源	
红崖山水库	民勤县	地表水	水库总库容量 1.27 亿 m ³ ,控制流域面积 13400 km ² ,设计灌溉面积 6 万 hm ²	地下饮用水水源一级保护区半径取 30m。二级保护区范围为一级保护区外 300 m
三雷镇新陶供水站	三雷镇新陶学校	地下水	建设水源井 1 眼,井深为 300 m,设计日供水能力 0.095 6 万 m ³ ,受益人口 0.994 4 万人。供水站四周为农田村庄,无污染源	
泉山镇小西供水站	泉山镇小西村九社	地下水	建设水源井 1 眼,井深为 300 m,设计日供水能力 0.859 万 m ³ ,受益人口 0.890 5 万人。供水站向东 50 m 为民湖公路,向北 160 m 以外为小西新农村点,四周 100 m 范围内为村庄,无污染源	
重兴乡红旗供水站	重兴乡红旗村十一组	地下水	建设水源井 1 眼,井深为 300 米,设计日供水能力 0.021 万 m ³ ,受益人口 0.154 7 万人。水源井四周 50 m 范围内为农田,无污染源	
西渠镇致祥供水站	西渠镇致祥村城村七组	地下水	建设水源井 1 眼,井深为 300 m,设计日供水能力 0.088 4 万 m ³ ,受益人口 0.4571 万人。周围 1 km ² 无污染源	
收成乡上四沟供水站	收成乡兴隆二社	地下水	建设水源井 1 眼,井深为 300 m,设计日供水能力 0.135 6 万 m ³ ,受益人口 0.890 3 万人。四周 50 m 范围内为村庄,无污染源	

从表 4 可以看出,5 个监测断面 2013 年每个季度的 F 值均在 2.0 ~ 2.50,年 F 平均值均在 0.80 ~ 2.50 之间,根据表 3 可知,5 个监测断面地下水质量综合评价级别都为良好,说明 5 个监测断面地下水环境基本没有被污染,水质较好。从图 1 可以看出,西渠镇致祥供水站 2013 年各季度 F 值没有升降变化;三雷镇新陶供水站、重兴乡红旗供水站、收成乡上四沟供水站等 3 个监测断面 2013 年各季度 F 值先降后升;泉山镇小西供水站 2013 年各季度 F 值先升后降。

表 4 各监测断面单项组分评分 F 值及综合评价结果

地区	日期	F 值	年 F 平均值	综合评价级别
三雷镇新陶供水站	2013-03-07	2.17	2.16	良好
	2013-06-07	2.17		
	2013-09-06	2.15		
	2013-12-02	2.16		
泉山镇小西供水站	2013-03-02	2.16	2.17	良好
	2013-06-07	2.17		
	2013-09-06	2.17		
	2013-12-02	2.16		
重兴乡红旗供水站	2013-03-02	2.15	2.14	良好
	2013-06-07	2.13		
	2013-09-06	2.13		
	2013-12-02	2.15		
西渠镇致祥供水站	2013-03-07	2.18	2.18	良好
	2013-06-07	2.18		
	2013-09-06	2.18		
	2013-12-02	2.18		
收成乡上四沟供水站	2013-03-07	2.18	2.17	良好
	2013-06-07	2.16		
	2013-09-06	2.17		
	2013-12-02	2.18		

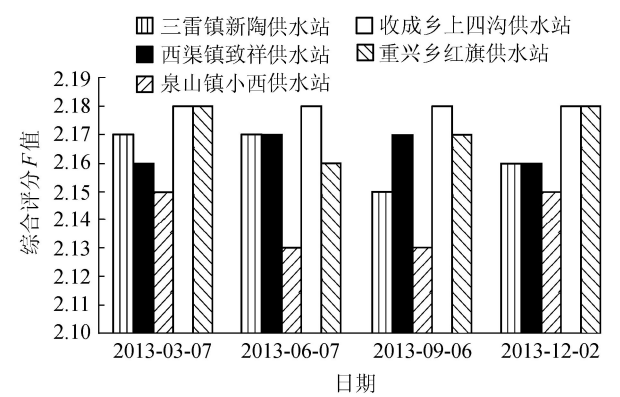


图 1 2013 年各个监测断面综合评分 F 值季度变化情况

3 地表水饮用水源地水质评价与评价结果分析

3.1 综合污染指数评价

3.1.1 评价因子

地表水饮用水源地水质评价因子共计 24 项,包括水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、生

化需氧量、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性、硫化物和粪大肠菌群。

3.1.2 评价方法

本文使用的是简单综合污染指数法^[8]。简单综合污染指数法实质上为各项评价因子标准指数加和的算术平均值,计算公式为

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i \tag{3}$$

其中

$$s_i = \frac{\rho_i}{\rho_0} \tag{4}$$

式中: p 为综合污染指数; s_i 为第 i 种污染物的标准指数; ρ_i 为第 i 种污染物实测平均质量浓度,mg/L; ρ_0 为第 i 种污染物评价标准质量浓度值,mg/L。

根据式(3)和式(4)计算出各监测点综合污染指数,依据表 5 对水质污染程度分级。

表 5 水质污染程度分级

p	级别	p	级别
≤ 0.20	清洁	0.71 ~ 1.00	中污染
0.21 ~ 0.40	较清洁	1.01 ~ 2.00	重污染
0.41 ~ 0.70	轻污染	>2.0	严重污染

3.1.3 评价结果

由于各个监测断面的水温数据不全,所以计算时水质指标只取了 23 项,即 n 取 23。经过计算,得到各监测断面的综合污染指数 p 值及地表水质量污染程度级别,见表 6 及图 2。从表 6 可以看出,西营水库、黄羊水库、南营水库、扎子沟 4 个监测断面 2013 年每个季度的 p 值均在 0.21 ~ 0.40 之间,根据表 5 可知这 4 个监测断面水质级别为较清洁;红崖山水库 2013 年每个季度的 p 值均在 0.41 ~ 0.70 之间,水质级别为轻污染;校东桥 2013 年第 1 ~ 3 季度的 p 值均在 1.01 ~ 2.00 之间,第 4 季度的 p 值为 0.9,根据表 5 可知校东桥 2013 年第 1 ~ 3 季度水质级别为重污染,第 4 季度水质级别为中污染,说明西营水库、黄羊水库、南营水库、扎子沟 4 个监测断面地表水环境基本没有被污染,水质较好;红崖山水库地表水环境有一定污染,水质一般;校东桥地表水环境污染严重,水质较差。从图 2 可以看出,西营水库、南营水库、黄羊水库、扎子沟等 4 个监测断面 2013 年各季度综合污染指数曲线基本重合,并呈稳步下降趋势,红崖山水库也一样,说明这 5 个监测断面各季度污染变化情况基本一致;校东桥 2013 年各季度综合污染指数先升后降,第三季度达到高峰,处于重污染状态。

表 6 各个监测断面综合污染指数及水质污染级别评价结果

监测断面	日期	$\sum_{i=1}^n s_i$	n	p	污染级别
西营水库	2013-03-07	8.64	23	0.38	较清洁
	2013-06-08	8.13	23	0.35	较清洁
	2013-09-06	7.35	23	0.32	较清洁
	2013-12-02	7.30	23	0.32	较清洁
黄羊水库	2013-03-07	8.8	23	0.38	较清洁
	2013-06-08	7.87	23	0.34	较清洁
	2013-09-06	7.08	23	0.31	较清洁
	2013-12-02	6.14	23	0.27	较清洁
扎子沟	2013-03-06	8.64	23	0.38	较清洁
	2013-06-07	8.13	23	0.35	较清洁
	2013-09-05	7.35	23	0.32	较清洁
	2013-12-02	7.30	23	0.32	较清洁
南营水库	2013-03-07	8.52	23	0.37	较清洁
	2013-06-08	7.79	23	0.34	较清洁
	2013-09-06	6.96	23	0.30	较清洁
	2013-12-02	7.02	23	0.31	较清洁
校东桥	2013-03-06	32.01	23	1.39	重污染
	2013-06-07	33.59	23	1.46	重污染
	2013-09-05	36.72	23	1.60	重污染
	2013-12-02	20.64	23	0.90	中污染
红崖山水库	2013-03-06	13.29	23	0.58	轻污染
	2013-06-07	12.54	23	0.55	轻污染
	2013-09-05	12.18	23	0.53	轻污染
	2013-12-02	12.23	23	0.53	轻污染

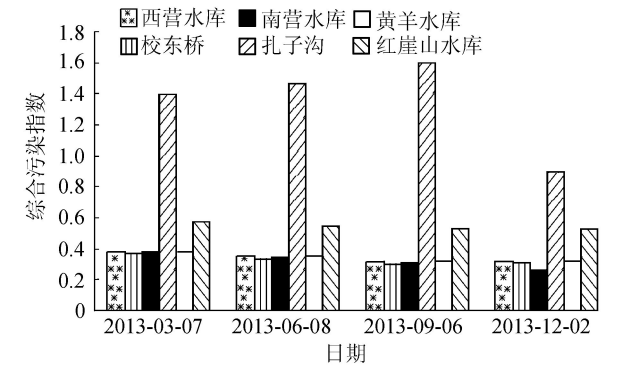


图 2 2013 年各个监测断面综合污染指数季度变化情况

3.2 综合营养状态指数评价

3.2.1 评价因子

根据《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定》,选取 Chl-a、TP、TN、COD_{Mn} 和 SD 作为地表水饮用水源地水库富营养化评价因子。

3.2.1 评价方法

综合营养状态指数^[9-10]采用卡尔森指数方法进行计算,计算公式为

$$T_{Ll}(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j T_{Ll}(j) \tag{5}$$

式中: $T_{Ll}(\sum)$ 为综合营养状态指数; W_j 为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重; $T_{Ll}(j)$ 为代表第 j 种参数的营养状态指数。

以 Chl-a 作为基准参数,则第 j 种参数的归一化

相关权重计算公式为

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \tag{6}$$

式中: r_{ij} 为第 j 种参数与基准参数 Chl-a 的相关参数; m 为评价参数的个数。

中国湖泊的 Chl-a 与其他参数之间的相关关系 r_{ij} 、 r_{ij}^2 和 W_j 见表 7。

表 7 中国湖泊(水库)部分参数与 Chl-a 的相关关系

r_{ij} 、 r_{ij}^2 和 W_j 值			
参数	r_{ij}	r_{ij}^2	W_j
Chl-a	1	1	0.2663
TP	0.84	0.7056	0.1879
TN	0.82	0.6724	0.1790
SD	-0.83	0.6889	0.1834
COD _{Mn}	0.83	0.6889	0.1834

营养状态指数计算公式为

$$T_{Ll}(\text{Chl-a}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \rho(\text{Chl-a})) \tag{7}$$

$$T_{Ll}(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \rho(\text{TP})) \tag{8}$$

$$T_{Ll}(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \rho(\text{TN})) \tag{9}$$

$$T_{Ll}(\text{SD}) = 10(5.118 - 1.94 \ln f(\text{SD})) \tag{10}$$

$$T_{Ll}(\text{COD}_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \rho(\text{COD}_{Mn})) \tag{11}$$

式中: $\rho(\text{Chl-a})$ 、 $\rho(\text{TP})$ 、 $\rho(\text{TN})$ 、 $\rho(\text{COD}_{Mn})$ 分别为评价因子 Chl-a、TP、TN 和 COD_{Mn} 的质量浓度; $f(\text{SD})$ 为透明度值。

采用 0~100 之间的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级,营养状态分级标准见表 8。

表 8 湖泊(水库)富营养化评分与分类标准

综合营养状态指数 评分值 $T_{Ll}(\sum)$	营养状态分级	定性评价
0~30	贫营养	优
30~50	中营养	良好
50~60	轻度富营养	轻度污染
60~70	中度富营养	中度污染
70~100	重度富营养	重度污染

3.2.3 评价结果

南营水库、红崖山水库、西营水库、黄羊水库 4 个监测断面的综合营养状态指数及营养状态级别见表 9 及图 3。从表 9 可以看出,4 个监测断面 2013 年每个季度的综合营养状态指数均小于 30,根据表 8 营养状态分类标准,可知 4 个监测断面营养状态均属于贫营养,说明 4 个监测断面基本没有受到污染,水质较优。从图 3 可以看出,红崖山水库 2013 年各季度综合营养状态指数高于其他 3 个监测断面,没有明显升降趋势。

表 9 各个监测断面综合营养状态指数及富营养化状态综合评价结果

断面	采样时间	$\rho(\text{Chl-a})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	SD 值/m	综合营养状态指数	营养级别
南营水库	2013-03-07	0.001	0.022	0.141	0.693	0.65	6	贫营养
	2013-06-08	0.001	0.023	0.128	0.660	0.90	4	贫营养
	2013-09-06	0.002	0.022	0.130	0.645	0.80	7	贫营养
	2013-12-02	0.002	0.024	0.162	0.741	0.80	8	贫营养
红崖山水库	2013-03-06	0.02	0.043	0.338	1.890	0.75	24	贫营养
	2013-06-07	0.021	0.048	0.288	1.470	0.75	22	贫营养
	2013-09-05	0.018	0.049	0.271	1.800	0.60	24	贫营养
	2013-12-02	0.01	0.049	0.370	2.500	0.60	24	贫营养
西营水库	2013-03-07	0.003	0.029	0.170	0.715	0.70	10	贫营养
	2013-06-08	0.003	0.030	0.150	0.810	0.85	10	贫营养
	2013-09-06	0.001	0.029	0.165	0.759	0.75	7	贫营养
	2013-12-02	0.001	0.030	0.194	0.901	0.70	9	贫营养
黄羊水库	2013-03-07	0.002	0.026	0.184	0.885	0.70	10	贫营养
	2013-06-08	0.002	0.028	0.147	0.770	0.85	8	贫营养
	2013-09-06	0.002	0.027	0.171	0.728	0.75	9	贫营养
	2013-12-02	0.001	0.029	0.181	0.822	0.75	8	贫营养

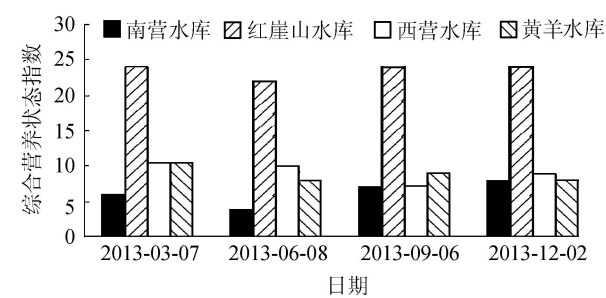


图 3 2013 年各个监测断面综合营养状态指数季度变化情况

4 污染防治对策

水质综合评价结果表明,目前该区域饮用水水质呈恶化趋势,需要采取相应的污染防治对策^[11-12]: ①通过农村面源污染专项整治行动,控制上游区污染,确保水质好转。②改变以往的农业发展模式,发展高效生态节水农业。③采用物理隔离或生物隔离与水源周边生态屏障建设的方式,对饮用水水源一级保护区进行隔离防护。④栽种高等水生植物,由植物吸收水中的氮磷等营养物质,削减污染。⑤对水源地一级保护区和二级保护区范围内的居民实施生态移民工程,消除最近距离的人为污染源。⑥建立饮用水水源水质自动监测与预警系统。

5 结 论

- a. 运用单项组分及综合评分法对地下水饮用水源地 4 个监测断面水质进行综合评价,可知 4 个监测断面的 F 值均在 2 ~ 2.5,水质均良好,说明地下饮用水源地水质良好且稳定,基本没有被污染。
- b. 运用综合污染指数对地表水饮用水源地 6 个监测断面水质进行综合评价,可知西营水库、黄羊

水库、南营水库、扎子沟等断面的 p 值均在 0.21 ~ 0.40 之间,水质较清洁;红崖山水库的 p 值均在 0.41 ~ 0.70 之间,水质处为轻污染;校东桥 2013 年前 3 季度的 p 值均在 1.01 ~ 2.0 之间,水质处于重污染,第 4 季度的 p 值为 0.9,水质为中污染。

c. 运用综合营养状态指数对地表水饮用水源地 4 个水库监测断面 5 项水质指标进行评价,得出南营水库、红崖山水库、西营水库和黄羊水库综合营养状态指数均小于 30,营养状态均属于贫营养,说明武威市平原区地表水饮用水源地没有受到污染,水质较优。

d. 武威市平原区水质逐步变好的主要原因是武威市污水处理厂已投入使用,污染物排放总量相对减少。但也存在一些污染,需要进一步加强污染治理工程建设,提高污染防治能力,为石羊河流域综合治理提供基础保障。

参考文献:

[1] 许桃香,韩永翔,刘芬民. 石羊河中下游绿洲水资源现状分析与对策研究[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(5): 174-178. (XU Taoxiang, HAN Yongxiang, LIU Fenmin. Present situation analysis and countermeasure research of water resources in the middle and lower reaches of Shiyang River Oasis [J]. Resources and Environment in Arid Areas, 2013,27(5): 174-178. (in Chinese))

[2] 张鹏,侯慧敏,马金珠. 石羊河流域水资源总量控制现状分析[J]. 节水灌溉,2013,49(6): 46-50. (ZHANG Peng, HOU Huimin, MA Jinzhu. Total amount control present situation analysis of water resources in Shiyang River Basin [J]. Water-saving Irrigation, 2013,49(6): 46-50. (in Chinese))

[3] 韩芹芹,杨永红. 2007—2013 年乌鲁木齐市集中式饮用

- 水源地质质变化趋势分析及对策建议[J]. 干旱环境监测, 2014, 28 (3): 97-103. (HAN Qinqin, YANG Yonghong. Analysis and suggestion on water quality monitoring data of centralized drinking water source in Urumqi City of 2007 to 2013 [J]. Arid Environmental Monitoring, 2014, 28(3): 97-103. (in Chinese))
- [4] GB/T 14848—93 地下水质量标准[S].
- [5] 袁辉. 石羊河干流水功能区水质变化趋势分析[J]. 甘肃水利水电技术, 2014, 50 (6): 5-7. (YUAN Hui. Changing trend analysis of water quality in the water function areas of Shiyang River trunk stream [J]. Gansu Water Resources and Hydropower Technology, 2014, 50 (6): 5-7. (in Chinese))
- [6] MA Fangbing, LI Chunhui, WANG Xuan. A bayesian method for comprehensive water quality evaluation of the Danjiangkou Reservoir water source area, for the middle route of the South-to-North Water Diversion Project in China [J]. Frontiers of Earth Science, 2014, 8(2): 242-250.
- [7] FULAZZAKY M A. Water quality evaluation system to assess the status and the suitability of the Citarum River water to different uses[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 168 (1): 669-684.
- [8] 吕丽霞. 石羊河流域地表水水质评价分析[J]. 甘肃水利水电技术, 2013, 49 (6): 4-6. (LYU Lixia. Surface water quality evaluation in Shiyang River Basin [J]. Gansu Water Resources and Hydropower Technology, 2013, 49 (6): 4-6. (in Chinese))
- [9] 王方园, 张树云, 洪华娉, 等. 乡镇集中式饮用水水源地水质监测与评价[J]. 供水技术, 2011, 5 (6): 1-5. (WANG Fangyuan, ZHANG Shuyun, HONG Huachang, et al. Monitoring and evaluation of water quality for centralized village and town water source area [J]. Water Technology, 2011, 5(6): 1-5. (in Chinese))
- [10] 王鹤扬. 综合营养状态指数法在陶然亭湖富营养化评价中的应用[J]. 环境科学与管理, 2012, 37 (9): 188-194. (WANG Heyang. Application of comprehensive eutrophication state index in evaluation in Taoranting Lake [J]. Environmental Science and Management, 2012, 37 (9): 188-194. (in Chinese))
- [11] 季定民, 张勃, 黄淑玲, 等. 宿州市沱河段水质时间变化及影响因素研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33 (6): 308-312. (JI Dingmin, ZHANG Bo, HUANG Shuling, et al. Time variation and influence factors of water quality of Tuohe River Section in Suzhou City [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2013, 33 (6): 308-312. (in Chinese))
- [12] 朱元生. 水资源可持续发展的道路[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35 (1): 54-56. (ZHU Yuansheng. The road of sustainable development of water resources [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35(1): 54-56. (in Chinese))

(收稿日期: 2015-05-05 编辑: 彭桃英)

(上接第 90 页)

- [15] BROWN R M, MCLELLAND N I, DEININGER R A, et al. A water quality index-crashing the psychological barrier [J]. Indicators of Environmental Quality, 1972 (1): 173-182.
- [16] PRATI L, PAVANELLO R, PESARIN F. Assessment of surface water quality by a single index of pollution [J]. Journal of Water Resources, 1971, 5 (9): 741-751.
- [17] NEMEROW N L. Scientific stream pollution analysis [M]. Washington D C: Scripta Book Co, 1974: 210-231.
- [18] STEINHART C E, SCHIEROW L J, CHESTERS G. A review of water quality and related indices [M]. Wisconsin: Water Resources Center, University of Wisconsin, 1981: 65-71.
- [19] ROCCHINI R, SWAIN L G. The British Columbia water quality index [M]. Victoria: Water Quality Branch, EP Department, B. C., Ministry of Environment, 1995: 13.
- [20] Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian environmental quality guidelines for the protection of aquatic life [M]. Winnipeg, Canada: CCME, 2001: 36-37.
- [21] Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Canadian environmental sustainability indicators, freshwater quality indicator: data sources and methods [EB/OL]. [2001-12-30] <http://www.statcan.ca/bsolc/english/bsolc?catno=16-256-XIE#formatdisp>.
- 2007.
- [22] HURLEY T, SADIQ R, MAZUMDER A. Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality [J]. Water Research, 2012, 46 (11): 3544-3552.
- [23] RICKWOOD C J, CARR G M. Development and sensitivity analysis of a global drinking water quality index [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2009, 156 (1/4): 73-90.
- [24] CUDE C. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness [J]. Journal of the American Water Resources Assessment, 2001, 37 (1): 125-137.
- [25] SARGAONKAR A, DESHPANDE V. Development of an overall index of pollution for surface water based on a general classification scheme in Indian context [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2003, 89 (1): 43-67.
- [26] BHARGAVA D S. Use of a water quality index for river classification and zoning of the Ganga River [J]. Environmental Pollution (Series B), 1983, 6 (1): 51-67.
- [27] LUMB A, SHARMA T C, BIBEALULT J F, et al. A comparative study of USA and Canadian water quality index models [J]. Water Quality Exposure and Health, 2011, 3 (3): 203-216.

(收稿日期: 2015-02-28 编辑: 彭桃英)