

doi:10.3969/j.issn.1674-8530.15.0031



武威市集中式饮用水源地水质 空间分异规律

张月珍^{1,2}, 董平国^{1,2}, 李彦荣³, 王天任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; 3. 甘肃省农垦农业研究院, 甘肃 武威 733000)



张月珍

摘要: 基于2013年16个地表地下水源地监测断面水质实测资料,应用系统聚类R型主因子分析法和Ward法对武威市平原区集中式饮用水源地水环境空间分异规律进行研究.结果表明:武威市平原区饮用水源地水质污染存在从北向南逐渐转移的趋势.2013年5月16个地表地下水监测断面水质污染从北边(西渠镇致祥供水站Bb5)向中部(校东桥Aa6、扎子沟Aa7)转移;2013年8月水质污染从中部(三雷镇新陶供水站Bb3、扎子沟Aa7)向南边(上坝水厂Ba5、南营水库Aa5)转移;其中主要污染物指标包括硝酸盐氮、高锰酸盐指数、氯化物、挥发酚、总大肠菌群、硫化物、硒、总硬度8项水质指标.研究结果可以对石羊河流域功能区的划分与该区域饮用水源地水环境综合治理提供依据.

关键词: 饮用水源地;水质;空间分异;R型主因子分析法

中图分类号: S277.9; X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2015)12-1078-07

张月珍,董平国,李彦荣,等.武威市集中式饮用水源地水质空间分异规律[J].排灌机械工程学报,2015,33(12):1078-1084,1104.

ZHANG Yuezhen, DONG Pingguo, LI Yanrong, et al. Spatial variation regulations of water quality for centralized drinking water source in Wuwei City[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering(JDIME), 2015,33(12):1078-1084,1104. (in Chinese)

Spatial variation regulations of water quality for centralized drinking water source in Wuwei City

ZHANG Yuezhen^{1,2}, DONG Pingguo^{1,2}, LI Yanrong³, WANG Tianren²

(1. Key Irrigation Experimental Station in Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000, China; 2. Integrated Service Centre on Water Conservancy Technologies in Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000, China; 3. Gansu State Farms Academy Agricultural Research, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: Based on the measured data of the water quality of 16 monitoring sections in the surface-ground water source in 2013, the hierarchical clustering R-typed factor analysis method and Ward method were used to analyze the spatial heterogeneity laws of the water environment in the centralized drinking water source in the plain terrain of Wuwei City. The results show that the contamination in the drinking water source in the plain terrain of Wuwei City tends to transfer from north to south. The water pollution of 16 monitoring sections in the surface-ground water source in May 2013 tends to transfer from north(Bb5) to middle(Aa6, Aa7). The water pollution in August 2013 tends to transfer from middle(Bb3, Aa7) to south(Ba5, Aa5). The main pollutants include: $\text{NO}_3 - \text{N}$, permanganate index, chloride, volatile penols, total coliform group, sulphide, Se, and total hardness. These data could pro-

收稿日期: 2015-02-25; 网络出版时间: 2015-12-16

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20151216.1724.026.html>

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,山西孝义人,工程师(287478577@qq.com),主要从事农业水土工程规划研究.

李彦荣(1966—),男,甘肃通渭人,研究员(通信作者,gsllryr@163.com),主要从事土壤和水环境的污染与防治研究.

vide the basis for both the division of the functional district and the comprehensive control of the water environment in this area.

Key words: drinking water source; water quality; spatial variation; R-typed factor analysis method

区域水环境由于自身的复杂性、随机变化性以及人类活动的时空非均衡性影响作用导致其水质发生空间分异变化. 因此, 实施区域水环境质量的时空分异性和污染特征进行规律性描述, 将有利于预测区域水环境质量的时空变化态势, 进而将水环境综合评价结果进行补充和验证^[1-3].

饮用水水源地水质变化和环境安全的研究已成为世界各国众多学者关注的热点问题. 20 世纪 70 年代, 在北美和西欧, 大量的研究者将空间信息统计学方法运用到地下水水位预测、迁移扩散参数的估计、分析预测水环境污染浓度中, 此外还被应用到环境质量评价和人类健康风险评价的工作中. 在中国空间信息统计学的理论方法和实际应用均达到了一定的水平, 但将其系统地应用于环境科学领域研究工作的时间还很短, 尤其在水污染防治的研究中应用还比较少.

武威市平原区饮用水源地水环境已受到不同程度的污染, 文中依据该区域水环境监测资料建立质量指标体系, 利用系统分析聚类中的 R 型主因子分析法^[4-6], 首先识别和量化区域水环境质量空间变异性, 然后采用 Ward 法进行系统聚类, 建立研究区水环境质量的时空分异模式, 对水环境的污染特征进行空间分类描述. 这对于进一步开展区域水环境的宏观控制与管理, 都具有重要的理论与实际意义^[7-9].

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, 位于 101°49' ~ 104°43'E, 36°09' ~ 36°27'N, 海拔 1 500 ~ 3 200 m, 属于干旱半干旱区. 该区主要包括凉州区和民勤县, 总土地面积 33 249 km², 常住人口为 181.51 万人, 多年平均水资源总量 11.17 亿 m³, 人均占有水资源量不足 700 m³. 近年来, 全市社会经济迅猛发展, 城市建成区逐年扩展, 过度开发和合理利用水资源已造成饮用水水源地水质的严重污染.

武威市平原区水资源包括地下水和地表水, 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. 地下水类型主要是松散岩类孔隙水, 含水层为第四系松散砂砾卵石层和微胶结 - 半胶结的砾岩、砂砾岩.

2 数据来源与方法

研究区地表水饮用水源地包括杂木渠首水厂 Aa1、黄羊水库 Aa2、刘家茨湖水厂 Aa3、西营水库 Aa4、南营水库 Aa5、校东桥 Aa6、扎子沟 Aa7、红崖山水库 Aa8 等 8 个监测断面; 地下水饮用水源地包括蔡旗乡月牙供水站 Bb1、重兴乡红旗供水站 Bb2、三雷镇新陶供水站 Bb3、泉山镇小西供水站 Bb4、西渠镇致祥供水站 Bb5、收成乡上四沟供水站 Bb6、上坝水厂 Ba7、永昌水厂 Ba8 等 8 个监测断面, 具体空间分布见图 1. 由图 1 可比较直观地看出武威市平原区 16 个监测断面的地理位置, 为以后具体划分空间变异区域提供依据.



图 1 水源地监测点位分布图
Fig. 1 Water monitoring points distribution

根据武威市环境监测中心站 2013 年 5 月、8 月地表水、地下水常规水质指标监测数据, 地表水饮用水源地监测断面选取水温、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、氟化物、硒、挥发酚、石油类、阴离子表面活性、硫化物、粪大肠菌群等 16 项水质指标进行分析, 地下水饮用水源地监测断面选取水温、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、硒等 12 项水质指标进行分析.

聚类分析最早应用于生物学的分类,近来已广泛应用于各类学科.文中应用 SPSS 统计分析软件中

的系统聚类 R 型主因子分析法和 Ward 法进行分析计算^[10],具体分析步骤如图 2 所示.

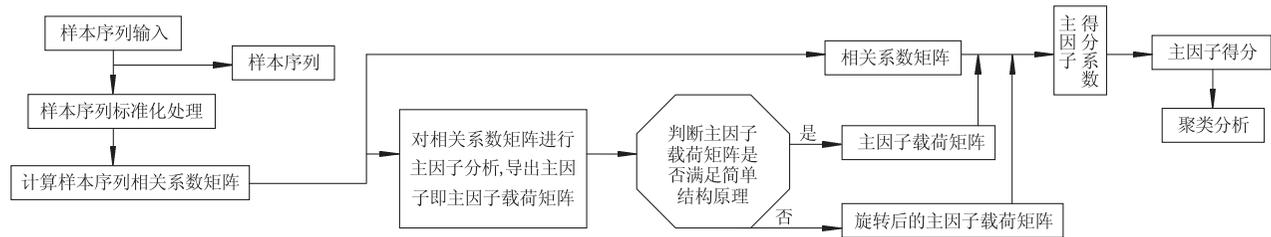


图 2 SPSS 系统空间分异规律分析步骤图

Fig. 2 SPSS system analysis steps of spatial and differential laws

3 计算分析

由于收集调查资料有限,文中对资料中数据较全的 2013 年 5 月和 8 月 8 个地表水和 8 个地下水饮用水水源地水质监测断面进行数据分析,从而了解 2013 年武威市平原区饮用水水源地水质的空间

变化.取 2013 年的 5 月和 8 月分别代表平水期和丰水期.

3.1 2013 年 5 月水质空间分异规律分析

通过对 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面水质数据计算,可以得出 12 项水质指标的相关系数矩阵(见表 1)及它们的所有特征值、方差贡献率和累计贡献率(见表 2).

表 1 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的相关系数矩阵

Tab. 1 Correlation coefficient matrix about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in May 2013

指标	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	硒
水温	1	0.511	-0.562	0.088	0.585	0.304	-0.200	0.313	-0.191	-0.251	-0.500	-0.833
pH	0.511	1	-0.693	-0.019	0.264	-0.087	-0.090	0.092	-0.788	-0.823	-0.963	-0.763
总硬度	-0.562	-0.693	1	0.032	-0.322	0.506	0.209	-0.276	0.355	0.493	0.564	0.497
硫酸盐	0.088	-0.019	0.032	1	-0.152	0.504	0.666	0.054	-0.299	-0.352	-0.052	-0.097
氯化物	0.585	0.264	-0.322	-0.152	1	0.131	-0.621	0.487	0.297	0.177	-0.173	-0.222
高锰酸盐指数	0.304	-0.087	0.506	0.504	0.131	1	0.366	-0.107	-0.122	-0.059	-0.092	-0.326
氨氮	-0.200	-0.090	0.209	0.666	-0.621	0.366	1	-0.678	-0.461	-0.475	-0.097	-0.054
氟化物	0.313	0.092	-0.276	0.054	0.487	-0.107	-0.678	1	0.273	0.280	0.108	-0.045
总大肠菌群	-0.191	-0.788	0.355	-0.299	0.297	-0.122	-0.461	0.273	1	0.969	0.868	0.647
挥发酚	-0.251	-0.823	0.493	-0.352	0.177	-0.059	-0.475	0.280	0.969	1	0.888	0.636
硝酸盐氮	-0.500	-0.963	0.564	-0.052	-0.173	-0.092	-0.097	0.108	0.868	0.888	1	0.804
硒	-0.833	-0.763	0.497	-0.097	-0.222	-0.326	-0.054	-0.045	0.647	0.636	0.804	1

表 2 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标相关系数矩阵特征值、贡献率、累计贡献率

Tab. 2 Correlation coefficient matrix eigenvalue, contribution rate, and cumulative contribution rate about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in May 2013

成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	5.060	42.168	42.168
2	3.139	26.161	68.329
3	1.809	15.078	83.407
4	0.965	8.039	91.446
5	0.581	4.843	96.289
6	0.431	3.589	99.878
7	0.015	0.122	100.000
8	3.170×10^{-16}	2.640×10^{-15}	100.000
9	1.730×10^{-16}	1.440×10^{-15}	100.000
10	1.590×10^{-17}	1.330×10^{-16}	100.000
11	-4.880×10^{-17}	-4.060×10^{-16}	100.000
12	-2.310×10^{-16}	-1.920×10^{-15}	100.000

由表 2 可以看出前 3 个因子的方差累积贡献率达到 80% 以上,故选取前 3 个因子作为主因子,并对初始主因子载荷矩阵进行方差极大化正交旋转,得到最终方差极大化旋转因子载荷矩阵因子(见表 3),选取载荷矩阵中载荷绝对值较大(≥ 0.65)的为代表,将 12 项水质指标归为 3 个主因子,每个主因子由多项水质指标组合而成.主因子 1 的特征值为 5.06,贡献率为 42.168%,是最突出的一个综合因子,主要集中了硝酸盐氮、pH、挥发酚、总大肠菌群、硒、总硬度 6 项水质指标;主因子 2 的特征值为 3.139,贡献率为 26.161%,包括了氯化物、氨氮、氟化物、水温 4 项水质指标;主因子 3 的特征值为 1.809,贡献率为 15.078%,包括高锰酸盐指数和硫酸盐 2 项水质指标^[11-12].

表 3 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的方差极大化旋转主因子载荷矩阵因子

Tab.3 Rotated principal factor loading matrix of the maximizing variance about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in May 2013

监测指标	1	2	3
硝酸盐氮	0.966	-0.033	-0.052
pH	-0.956	0.164	-0.118
挥发酚	0.915	0.337	-0.147
总大肠菌群	0.876	0.385	-0.169
硒	0.820	-0.297	-0.302
总硬度	0.703	-0.314	0.385
氯化物	-0.085	0.875	0.015
氨氮	-0.153	-0.758	0.562
氟化物	0.075	0.745	-0.112
水温	-0.535	0.685	0.301
高锰酸盐指数	0.033	0.108	0.941
盐指数	0.578	0.744	0.241
硫酸盐	-0.116	-0.191	0.743

利用表 3 和因子得分公式,求得 8 个监测点在 3 个主因子上的得分值 F (见表 4),它能够反映水环境污染的空间分布状况和程度。

表 4 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的主因子得分值

Tab.4 Score values of main factor about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in May 2013

监测点	F1	F2	F3
三雷镇新陶供水站	1.356 39	-0.765 19	-1.238 82
泉山镇小西供水站	0.561 45	1.183 05	-0.068 05
西渠镇致祥供水站	0.873 64	0.875 91	1.340 57
收成乡上四沟供水站	0.633 80	-0.033 48	-0.585 02
上坝水厂	-0.576 82	-1.672 19	0.010 06
永昌水厂	-0.302 07	-0.824 05	1.638 72
蔡旗乡月牙供水站	-1.189 48	0.556 97	-0.419 11
重兴乡红旗供水站	-1.356 91	0.678 98	-0.678 34

根据主因子得分得出如图 3 所示的聚类分析的谱系图,其中纵轴方向的数值表示测点(站位)号;横轴表示测点的聚类距离水平值 y 。根据聚类谱系图并考虑区域空间单元的共轴性质和实际情况,将研究区域的 8 个站点划分为 3 个空间变化亚类(分别命名为亚类 A,B,C,见表 5)。

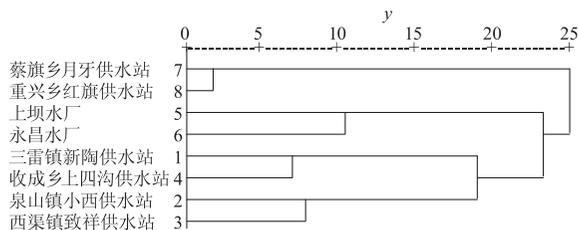


图 3 2013 年 5 月地下水水质聚类谱系结构关系图
Fig.3 Clustering hierarchical structure diagram of groundwater quality in May 2013

表 5 2013 年 5 月 8 个地下水监测断面测点聚类分析结果
Tab.5 Measuring point results of cluster analysis about 8 monitoring sections of groundwater quality in May 2013

类别	测点	出现高值主因子	主要污染指标	污染状况
A	7,8	1	硝酸盐氮、pH、挥发酚、总大肠菌群、硒、总硬度	轻度污染
B	5,6	2,3	氯化物、氨氮、氟化物、水温、高锰酸盐指数、硫酸盐	中度污染
C	1,2,3,4	1,2,3	硝酸盐氮、pH、挥发酚、总大肠菌群、硒、总硬度、氯化物、氨氮、氟化物、水温、高锰酸盐指数、硫酸盐	严重污染

由表 5 和图 3 可知,1-三雷镇新陶供水站、2-泉山镇小西供水站、3-西渠镇致祥供水站、4-收成乡上四沟供水站水质处于严重污染;5-上坝水厂、6-永昌水厂水质处于中度污染;7-蔡旗乡月牙供水站、8-重兴乡红旗供水站水质处于轻度污染。其中共同主要污染水质指标为硝酸盐氮、氯化物、硒、高锰酸盐指数、硫酸盐、总大肠菌群等。

同样,2013 年 5 月 8 个地表水饮用水水源地监测断面 16 项水质指标的聚类谱系结构图如图 4 所示,聚类分析结果如表 6 所示。

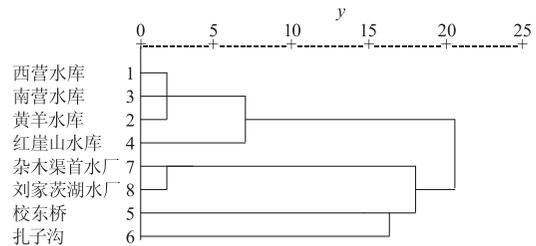


图 4 2013 年 5 月地表水水质聚类谱系结构关系图
Fig.4 Clustering hierarchical structure diagram of surface water quality in May 2013

表 6 2013 年 5 月 8 个地表水监测断面测点聚类分析结果
Tab.6 Measuring point results of cluster analysis about 8 monitoring sections of surface water quality in May 2013

类别	测点	出现高值主因子	主要污染指标	污染状况
A	1,2,3,4			较清洁
B	7,8	1,2	阴离子表面活性、高锰酸盐指数、硫化物、生化需氧量、粪大肠菌群、化学需氧量、硒、氨氮、pH、总氮、溶解氧、总磷、石油类、氟化物、水温	中度污染
C	5,6	1,2,3	阴离子表面活性、高锰酸盐指数、硫化物、生化需氧量、粪大肠菌群、化学需氧量、硒、氨氮、pH、总氮、溶解氧、总磷、石油类、氟化物、水温、挥发酚	严重污染

由表 4 和图 6 可知,5-校东桥、6-扎子沟水质处于严重污染;7-杂木渠首水厂、8-刘家茨湖水厂

水质处于中度污染;1-西营水库、2-黄羊水库、3-南营水库、4-红崖山水库水质处于较清洁.其中共同主要污染指标为高锰酸盐指数、硫化物、生化需氧量、硒、氨氮、氯化物、石油类等.

综合表 5, 6, 为了更直观地判断出区域水质空间分布特点, 2013 年 5 月地表水、地下水饮用水源地水质污染空间变化情况分析结果如图 5 所示.



图 5 2013 年 5 月水质空间分异分析结果图
Fig. 5 Spatial differentiation analysis results of water quality in May 2013

由图 5 可以看出, 武威市平原区集中式饮用水源

地污染状况为北方向严重污染, 越往南污染逐渐减弱, 水质颜色由深蓝色逐渐变浅蓝色.

3.2 2013 年 8 月水质空间分异规律分析

通过对 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面水质数据计算, 可以得出 12 项水质指标的相关系数矩阵 (见表 7) 及它们的所有特征值、方差贡献率和累计贡献率 (见表 8). 由表 8 可以看出前 4 个因子的方差累积贡献率达到 90% 以上, 故选取前 4 个因子作为主因子^[13-14].

通过方差极大化旋转因子载荷矩阵因子 (见表 9), 可以将 12 项水质指标归为 4 个主因子, 主因子 1 的特征值为 5.609, 贡献率为 46.742%, 为最突出的一个综合因子, 主要集中了挥发酚、总大肠菌群、pH、硝酸盐氮、硒、总硬度 6 项水质指标; 主因子 2 的特征值为 2.520, 贡献率为 20.997%, 包括了氨氮和氟化物 2 项水质指标; 主因子 3 的特征值为 1.967, 贡献率为 16.393%, 包括硫酸盐和氯化物 2 项水质指标; 主因子 4 的特征值为 1.066, 贡献率为 8.883%, 包括高锰酸盐指数和水温 2 项水质指标.

表 7 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的相关系数矩阵

Tab. 7 Correlation coefficient matrix about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in August 2013

	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	硒
水温	1	0.604	-0.382	0.143	-0.303	-0.676	0.153	0.320	-0.600	-0.642	-0.482	-0.614
pH	0.604	1	-0.543	0.466	0.225	-0.383	-0.091	0.744	-0.814	-0.834	-0.821	-0.872
总硬度	-0.382	-0.543	1	0.214	0.260	0.324	-0.060	-0.288	0.43	0.501	0.675	0.225
硫酸盐	0.143	0.466	0.214	1	0.570	-0.059	0.051	0.317	-0.409	-0.425	0.097	-0.388
氯化物	-0.303	0.225	0.260	0.570	1	0.150	-0.384	0.404	0.098	0.056	0.021	-0.069
高锰酸盐指数	-0.676	-0.383	0.324	-0.059	0.150	1	0.499	-0.613	0.021	0.073	0.321	0.356
氨氮	0.153	-0.091	-0.060	0.051	-0.384	0.499	1	-0.720	-0.459	-0.465	0.225	0.148
氟化物	0.320	0.744	-0.288	0.317	0.404	-0.613	-0.720	1	-0.253	-0.259	-0.683	-0.702
总大肠菌群	-0.600	-0.814	0.430	-0.409	0.098	0.021	-0.459	-0.253	1	0.988	0.621	0.771
挥发酚	-0.642	-0.834	0.501	-0.425	0.056	0.073	-0.465	-0.259	0.988	1	0.617	0.726
硝酸盐氮	-0.482	-0.821	0.675	0.097	0.021	0.321	0.225	-0.683	0.621	0.617	1	0.764
硒	-0.614	-0.872	0.225	-0.388	-0.069	0.356	0.148	-0.702	0.771	0.726	0.764	1

表 8 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标相关系数矩阵特征值、贡献率、累计贡献率

Tab. 8 Correlation coefficient matrix eigenvalue, contribution rate, and cumulative contribution rate about 12 indexes of 8 monitoring section of groundwater quality in August 2013

成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	5.609	46.742	46.742
2	2.520	20.997	67.739
3	1.967	16.393	84.132
4	1.066	8.883	93.014
5	0.582	4.849	97.863
6	0.235	1.955	99.818
7	0.022	0.182	100.000
8	2.330×10^{-16}	1.940×10^{-15}	100.000
9	1.980×10^{-16}	1.650×10^{-15}	100.000
10	-2.170×10^{-17}	-1.810×10^{-16}	100.000
11	-1.240×10^{-16}	-1.030×10^{-15}	100.000
12	-2.960×10^{-16}	-2.470×10^{-15}	100.000

表 9 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的方差极大化旋转主因子载荷矩阵因子

Tab. 9 Rotated principal factor loading matrix of the maximizing variance about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in August 2013

监测指标	1	2	3	4
挥发酚	0.937	-0.283	-0.134	0.145
总大肠菌群	0.933	-0.294	-0.139	0.120
pH	-0.921	-0.289	0.164	-0.187
硝酸盐氮	0.827	0.400	0.347	0.065
硒	0.798	0.255	-0.213	0.300
总硬度	0.612	0.102	0.597	0.084
氨氮	-0.213	0.963	0.003	0.090
氟化物	-0.474	-0.830	0.151	-0.221
硫酸盐	-0.311	-0.018	0.900	-0.061
氯化物	-0.049	-0.496	0.648	0.439
高锰酸盐指数	0.093	0.478	0.085	0.847
水温	-0.531	0.097	-0.023	-0.797

利用表 9 和因子得分公式,求得 8 个监测点在 4 个主因子上的得分值,如表 10 所示. 根据主因子得分得出聚类分析的谱系图如图 6 所示. 将研究区域的 8 个站点划分为 3 个空间变化亚类(分别命名为亚类 A,B,C,见表 11).

表 10 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面 12 项水质指标的主因子得分值

Tab. 10 Score values of main factor about 12 indexes of 8 monitoring sections of groundwater quality in August 2013

监测点	F1	F2	F3	F4
三雷镇新陶供水站	1.309 05	0.032 90	0.044 18	-1.952 43
泉山镇小西供水站	0.779 23	-0.564 46	-0.456 67	0.674 87
西渠镇致祥供水站	0.659 34	-0.447 57	0.426 33	1.389 95
收成乡上四沟供水站	0.758 03	-0.080 25	-0.516 24	0.430 35
上坝水厂	-0.259 71	1.623 62	1.753 77	0.159 79
永昌水厂	-0.840 39	1.385 88	-1.769 55	0.037 33
蔡旗乡月牙供水站	-1.240 24	-0.887 83	0.261 04	0.026 78
重兴乡红旗供水站	-1.165 32	-1.062 30	0.257 13	-0.766 64

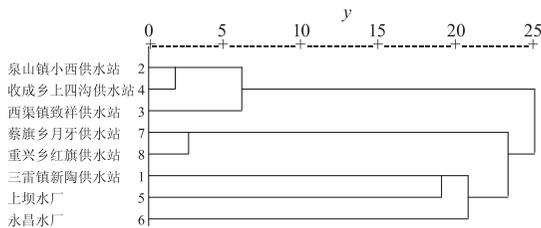


图 6 2013 年 8 月地下水水质聚类谱系结构关系图
Fig. 6 Clustering hierarchical structure diagram of groundwater quality in August 2013

表 11 2013 年 8 月 8 个地下水监测断面测点聚类分析结果
Tab. 11 Measuring point results of cluster analysis about 8 monitoring sections of groundwater quality in August 2013

类别	测点	出现高值主因子	主要污染指标	污染状况
A	2,3,4	1,4	挥发酚、总大肠菌群、pH、硝酸盐氮、硒、总硬度、高锰酸盐指数、水温	轻度污染
B	7,8	1,2,4	挥发酚、总大肠菌群、pH、硝酸盐氮、硒、总硬度、高锰酸盐指数、水温、氨氮、氟化物	中度污染
C	1,5,6	1,2,3,4	挥发酚、总大肠菌群、pH、硝酸盐氮、硒、总硬度、高锰酸盐指数、水温、氨氮、氟化物、硫酸盐、氯化物	严重污染

由表 11 和图 6 可知,1 - 三雷镇新陶供水站、5 - 上坝水厂、6 - 永昌水厂水质处于严重污染;7 - 蔡旗乡月牙供水站、8 - 重兴乡红旗供水站水质处于中度污染. 2 - 泉山镇小西供水站、3 - 西渠镇致祥供水站、4 - 收成乡上四沟供水站水质处于轻度污染. 其中共同主要污染水质指标为挥发酚、总大肠菌群、pH、硝酸盐氮、氯化物、硒、高锰酸盐指数、总硬度等.

同样,2013 年 8 月 8 个地表水饮用水水源地监

测断面 16 项水质指标的聚类谱系结构图如图 7 所示,聚类分析结果如表 12 所示.

表 12 2013 年 8 月 8 个地表水监测断面测点聚类分析结果
Tab. 12 Measuring point results of cluster analysis about 8 monitoring sections of surface water quality in August 2013

类别	测点	出现高值主因子	主要污染指标	污染状况
A	1,2,3	3	挥发酚、溶解氧、pH、氟化物、水温	轻度污染
B	7,8	1,3	化学需氧量、阴离子表面活性剂、硫化物、硒、高锰酸盐指数、生化需氧量、挥发酚、溶解氧、pH、氟化物、水温	中度污染
C	4,5,6	1,2,3	化学需氧量、阴离子表面活性剂、硫化物、硒、高锰酸盐指数、生化需氧量、挥发酚、溶解氧、pH、氟化物、水温、石油类、总磷、总氮、氨氮、粪大肠菌群	严重污染

由表 12 和图 7 可知,4 - 红崖山水库、5 - 校东桥、6 - 扎子沟水质处于严重污染;7 - 杂木渠首水厂、8 - 刘家茨湖水厂水质处于中度污染;1 - 西营水库、2 - 黄羊水库、3 - 南营水库水质处于轻度污染. 其中共同主要污染指标为挥发酚、溶解氧、高锰酸盐指数、硫化物、生化需氧量、硒、氨氮、氯化物、石油类等.

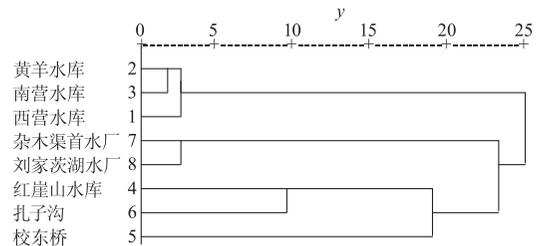


图 7 2013 年 8 月地表水水质聚类谱系结构关系图
Fig. 7 Clustering hierarchical structure diagram of surface water quality in August 2013

综合表 11,12,为了更直观地判断出区域水质空间分布特点,2013 年 8 月地表水、地下水饮用水源地水质污染空间变化情况分析结果如图 8 所示.

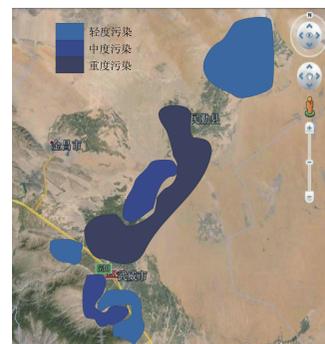


图 8 2013 年 8 月水质空间分异分析结果图
Fig. 8 Spatial differentiation analysis results of water quality in August 2013

由图可以看出,武威市平原区集中式饮用水源地污染状况为北部方向轻度污染,中部方向严重污染,越往南污染逐渐增强。

4 结 论

1) 运用R型主因子分析法和Ward聚类分析法对该流域地下水地表水监测断面的水质进行空间分异规律分析,得知这两种分析方法能科学合理、简单直观地推出该区域水环境存在显著的空间分异性,并将区域水质空间分为四大类,即较清洁空间区域、轻度污染空间区域、中度污染空间区域和严重污染空间区域。

2) 综合地表水、地下水饮用水水源地水质监测数据空间分异分析结果,武威市平原区集中式饮用水源地污染状况有从北向南逐渐转移的趋势,水质污染严重的区域具体集中在地下水饮用水源地的三雷镇新陶供水站、泉山镇小西供水站、西渠镇致祥供水站、收成乡上四沟供水站、上坝水厂和永昌水厂等监测断面以及地表水饮用水源地的校东桥、扎子沟和红崖山水库等监测断面,这些严重污染空间区域的主要污染物质包括硝酸盐氮、高锰酸盐指数、氯化物、挥发酚、总大肠菌群、硫化物、硒、总硬度等水质指标。

3) 文中研究结果进一步证明了武威市平原区饮用水源地水质污染存在逐年转移的趋势,需要进一步加强入河排污口监督监测,提高污染防治能力。同时,积极预防也要与科学治理相结合,加强水环境保护,制订合理的水质目标和相应的地方水环境质量标准,使水资源治理更加有效。

参考文献 (References)

- [1] 夏军. 区域水环境及生态环境质量评价[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1999:99-121.
- [2] 陈上及. 中国近海海洋水文气候区划[J]. 海洋学报,1995,17(2):1-11.
CHEN Shangji. Hydrology and climate zoning in China offshore Marine[J]. Acta oceanologica sinica,1995,17(2):1-11. (in Chinese)
- [3] 徐海量,宋郁东,陈亚宁,等. 应用因子分析研究塔里木河下游生态环境的退化[J]. 干旱区地理,2005,28(1):21-25.
XU Hailiang, SONG Yudong, CHEN Yaning, et al. Research of ecological environment degradation in the tarim river downstream about application of factor analysis [J]. The arid geography, 2005,28(1):21-25. (in Chinese)
- [4] 方开泰,潘恩沛. 聚类分析[M]. 北京:地质出版社,1982:60-69.
- [5] 耿福明,薛联青,陆桂华. 饮用水水质健康危害的风险度评价[J]. 水利学报,2006,37(10):1242-1245.
GENG Fuming, XUE Lianqing, LU Guihua. Risk evaluation of the water quality of drinking water source health hazard[J]. Journal of hydraulic engineering, 2006,37(10):1242-1245. (in Chinese)
- [6] 刘春玲,曹东平,韩京龙,等. 延边州地下水环境质量空间变异性分析[J]. 水资源保护,2007,23(1):63-67.
LIU Chunling, CAO Dongping, HAN Jinglong, et al. Spatial variability of groundwater environmental quality in Yanbian State[J]. Water conservation, 2007,23(1):63-67. (in Chinese)
- [7] 陈淑芬,刘连江,张茜雯. 济南城区不同下垫面雨水径流水质变化规律研究[J]. 山东建筑大学学报,2012,27(1):80-83.
CHEN Shufen, LIU Lianjiang, ZHANG Qianwen. Research on changing rules of storm runoff water quality in different underlying surface Jinan urban area[J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2012,27(1):80-83. (in Chinese)
- [8] 刘瑞民,王学军,郑一,等. 地统计学在太湖水质研究中的应用[J]. 环境科学学报,2002,22(2):209-212.
LIU Ruimin, WANG Xuejun, ZHENG Yi, et al. The application of statistics in the Taihu lake water quality research[J]. Journal of environmental science, 2002,22(2):209-212. (in Chinese)
- [9] 朱党生,张建永,史晓新. 城市饮用水水源地安全评价(II):全国评价[J]. 水利学报,2010,41(8):914-920.
ZHU Dangsheng, ZHANG Jianyong, SHI Xiaoxin. Security assessment of urban drinking water sources II. security assessment for cities in China[J]. Journal of hydraulic engineering, 2010,41(8):914-920. (in Chinese)
- [10] 朱琳,聂红涛,陶建华. 渤海湾天津近岸海域水环境空间变异分析[J]. 海洋学报,2007,29(6):134-140.
ZHU Lin, NIE Hongtao, TAO Jianhua. The spatial variation analysis on the water environment of Tianjin near-shore waters in the Bohai Gulf in China[J]. Acta oceanologica sinica, 2007,29(6):134-140. (in Chinese)