

玛纳斯河流域中下游平原地区水化学特征及其影响因素

夏梦¹, 马龙², 吉力力·阿不都外力²

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011)

摘要:通过 Piper 三线图示法、系统聚类等方法对玛纳斯河中下游 28 个地表水样品离子化学成分进行了分析,研究了玛纳斯河流域冲积平原的水化学分布特征及影响因素。结果表明:1) 研究区水体样品 pH 值差异较小,但矿化度和各离子组成的差别明显,从淡水到高盐矿化度水均有分布。阳离子浓度 $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$; 阴离子浓度 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 。水样中 K^+ 和 HCO_3^- 的变异系数相对较小, Cl^- 和 Na^+ 变异系数最大。2) 玛纳斯河流域冲积平原地区水化学类型主要有 $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$, $\text{Na}^+-\text{SO}_4^{2-}$, $\text{Ca}^{2+}-\text{SO}_4^{2-}$, Na^+-Cl^- 四种。其中 $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ 型占总水样的 78.6%, 其中仅有 3 个样品为 $\text{Na}^+-\text{SO}_4^{2-}$ 型, 2 个样品为 $\text{Ca}^{2+}-\text{SO}_4^{2-}$ 型, 1 个样品为 Na^+-Cl^- 型。聚类分析的结果表明玛纳斯河流域地表水化学特征表现出较为明显的空间分异性。总体来看, 玛纳斯流域地表水中部分水样的水化学类型改变, 主要是由于水体蒸发强度的差异以及玛纳斯河流域土壤中盐分离子被淋洗, 增加了水体中的盐分离子含量从而导致水化学类型呈现出差异性。

关键词:水文学; 水化学特征; 影响因素; 聚类分析; 玛纳斯河

中图分类号: X142

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)02-0136-05

The Water Chemical Characteristics and Its Influence Factors in Middle and Lower Reaches of Manasi River Basin

XIA Meng¹, MA Long², JILILI · Abuduwaili²

(1. College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: Hydrochemical investigations of 28 surface water samples were conducted in middle and lower reaches of Manas River Basin. In this study, hierarchical clustering method and PIPER diagram were used to analyze the hydrochemical characteristics and its influence factors. The result shows that: 1) the pH of water samples in the study area has little difference, but the differences in total dissolved solids (TDS) and major ion (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- and Cl^-) composition were obviously significant. In this study area, the fresh water and high salinity water distribute here. The order of the average concentrations of major cations in Manas River Basin is $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, and the sequence of concentrations for major anions is $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$. The coefficients of variation of K^+ and HCO_3^- are relative small in water samples, otherwise, the ions (Cl^- and Na^+) have the biggest values among the seven major ions; 2) the surface water of the Manas River Basin belongs to four hydrochemical types ($\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$, $\text{Na}^+-\text{SO}_4^{2-}$, $\text{Ca}^{2+}-\text{SO}_4^{2-}$, Na^+-Cl^-). The $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ type accounts for 78.6% of the total samples, however, there are three water samples with $\text{Na}^+-\text{SO}_4^{2-}$ type, two samples with $\text{Ca}^{2+}-\text{SO}_4^{2-}$ type, and only one sample with Na^+-Cl^- type in this area. The result of hierarchical clustering analysis showed that chemical characteristics in surface water had obvious spatial variability. Overall, the changes of hydrochemical characteristics of Manas River Basin are mainly due to spatial differences of water evaporation and soil salinity leaching into surface water bodies, which induced the differences in hydrochemical types of surface waters.

Keywords: hydrology; hydrochemical characteristics; influencing factors; hierarchical cluster analysis; Manas River

收稿日期: 2014-06-08

修回日期: 2014-07-24

资助项目: 中国科学院西部之光(XBBS2011106); 国家自然科学基金(41471173)

第一作者: 夏梦(1990—), 女(回族), 新疆乌鲁木齐人, 硕士研究生, 从事干旱区湖泊资源与环境研究。E-mail: xiamgyh@sina.com

通信作者: 吉力力·阿不都外力(1964—), 男(维吾尔族), 新疆拜城县人, 研究员, 博士, 主要从事地理生态学方面的研究。E-mail: jilil@ms.xjb.ac.cn

玛纳斯河流域是新疆开垦最大最早的人工绿洲。近年来,由于玛纳斯河流域人口剧增,加之水土资源的不合理开发利用,流域内出现了水质恶化,土地盐碱化等一系列环境问题,严重影响了流域生态与环境的保护,直接关系到流域的可持续发展。目前对玛纳斯河流域环境的研究,集中于对流域的气候变化^[1-3],水系的变迁^[4]、水资源利用^[5-8]、土地利用及覆被变化^[9-10],以及土壤盐碱地类型^[11]、土壤盐分^[12]、养分的空间分布格局及影响因素^[13]等方面。而水分作为流域地球化学循环的纽带,在大气圈、岩石圈、土壤圈的物质、能量、信息的交换过程中扮演着重要的角色。水体与周围环境相互作用的结果导致水化学特征发生一系列的变化^[14],水化学特征因此被认为是良好的“示踪剂”,记录着水体的形成、转化和运移^[15]。研究流域水化学特征的分布和差异不仅对揭示区域水岩相互作用的历史,而且对评价当前水化学状态,合理利用和保护水资源都具有重要的意义。本文以玛纳斯河流域中下游平原地区水体为研究对象,运用水化学分析方法,系统分析流域内水化学特征及其影响因素,以其为玛纳斯河流域水资源的开发利用提供借鉴。

1 研究区概况

玛纳斯河流域地处天山北麓中段准噶尔盆地南缘,是北疆重要的粮棉基地,流域面积 3.35 万 km²^[16]。自东向西包括塔西河、玛纳斯河、宁家河、金沟河和巴音沟河等 5 条主要河流,其中玛纳斯河水量最大、流程最长,全长 400 km,年平均径流量 12.8 亿 m³,主要依靠冰川融水和地下潜流补给。行政区划上包括玛纳斯县、沙湾县、石河子垦区以及克拉玛依部分地区^[9]。流域内地貌类型多样,地势由东南向西北倾斜,依次为冲积洪积扇、冲积平原和干三角洲。流域属典型的大陆性干旱气候,年平均气温 6.6℃;降水量由南向北逐渐递减,靠近沙漠边缘降水量仅 117 mm;流域蒸发量随海拔的降低而增加,越靠近沙漠边缘蒸发量越大^[17]。

2 研究方法

2012 年 9 月在玛纳斯河流域冲积平原地带采集水样 28 个,各采样点地理信息见表 1。分别对 pH、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻、Cl⁻和矿化度(TDS)等主要离子和化学成分进行分析。pH 值用 PHS-2C 型酸度计测定;Mg²⁺和 Ca²⁺用 EDTA 络合滴定法测定;Na⁺和 K⁺用 6410 火焰光度计测定;HCO₃⁻和 CO₃²⁻用双指示剂中和法测定;SO₄²⁻用 EDTA 间接滴定法测定;Cl⁻用 AgNO₃ 滴

定法测定。测定的具体方法参照参考文献^[18]。样品的分析测试工作在中国科学院生态与地理研究所分析测试中心完成。对水样水化学类型分布特征采用水文水化学分析软件 AquaChem V. 4.0 绘制 Piper 三线图进行概括性的总体分析。Piper 三线图是 Piper^[19]在 1944 年提出的,由两个等边三角形和一个等边平行四边形组成,左边等边三角形表示阳离子当量浓度百分含量,右边等边三角形表示阴离子当量浓度百分含量。在水化学类型总体分布的基础上,采用 SPSS 21.0 统计软件进行聚类分析,更细致的探讨相同水化学类型不同样品间的离子组合特征差异性。聚类方法采用组内联接法,以 Pearson 相关性作为度量标准。由于数据的量纲相同,数量级相差不大,所以未对数据进行标准化处理。聚类分析法使离子组合特征相近的水样聚为一类,因此更好地展示了水样水化学的分布特征。

表 1 采样点地理信息

编号	地点	纬度/(°)	经度/(°)	高程/m
Z01	玛河电厂路边渠水	44.32114	86.18201	463
Z02	玛纳斯河水	44.08145	86.05016	744
Z03	肯斯瓦特站水	43.98143	85.95663	849
Z04	洪沟河小桥水	43.98624	85.7479	980
Z05	宁家河水库水	44.20851	85.77606	657
Z06	西岸大渠水	44.48189	85.97412	385
Z07	下游水渠水	44.83065	85.49787	332
Z08	下游沙干渠水	44.90472	85.27205	317
Z09	下游水渠水	44.73659	85.5793	351
Z10	下游水渠水	44.6534	85.56976	367
Z11	西岸大渠水	44.60833	85.70869	376
Z12	安集海水渠水	44.43374	85.66002	440
Z13	蘑菇湖水库水	44.48897	85.91284	385
Z14	玛河大桥水	44.3046	86.13533	489
Z15	玛纳斯河入库口水	44.37657	86.12221	420
Z16	西岸大渠水	44.4508	86.11872	387
Z17	夹河子水库水	44.45786	86.13227	400
Z18	玛河河道水	44.47018	86.08985	380
Z19	146 团大桥渠水	44.58333	86.06713	365
Z20	中部地区湖水	44.44779	86.16208	405
Z21	中部水库水	44.43309	86.18951	413
Z22	玛河渠首水	44.14119	86.11314	730
Z23	金沟河入库口水	44.39929	85.76932	429
Z24	柳树沟水库水	44.40901	85.78688	424
Z25	柳树沟水库出口水	44.41178	85.80623	418
Z26	金沟河大桥水	44.31906	85.62447	532
Z27	安集海大桥水	44.3314	85.3886	646
Z28	安集海水库水	44.3842	85.50525	455

注:全部水样中除了 Z07,Z08,Z09,Z10,Z11,Z19 为位于下游的水样外,其余均为位于中游的水样。

3 结果与分析

3.1 主要水化学特征

研究区水样的水化学参数统计特征见表 2。研究区水样 pH 值为 7.19~7.92,平均值为 7.66。矿化度为 0.19~11.63 g/L,平均值为 1.09 g/L。研究区水体样品 pH 值差异较小,但矿化度差别明显,从淡水到高盐矿化度水均有分布。各样品间离子浓度差异较大,阳离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 质量浓度分别介于 0.03~0.44 g/L,0.004~0.42 g/L,0.006~2.97 g/L 和 0.003~0.02 g/L,平均浓度分别为 0.07,

0.04,0.22,0.005 g/L;水体阴离子 HCO_3^{-} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 质量浓度分别介于 0.09~0.41 g/L,0.007~3.11 g/L 和 0.02~4.57 g/L,平均浓度为 0.14,0.24 和 0.34 g/L。阳离子浓度 $\text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+}$;阴离子浓度 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^{-} > \text{HCO}_3^{-}$ 。各离子变异系数^[20]差异较大。水体中 K^{+} 和 HCO_3^{-} 的浓度变异系数相对较小,反映它们在水中含量相对稳定。 Cl^{-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} 的浓度变异系数相对较大,其中 Cl^{-} 和 Na^{+} 分别为阴离子和阳离子中变异系数最大的离子,表明其在水中含量离散程度较大。

表 2 各水样水化学指标值及统计特征

样品	pH	指标值/(g·L ⁻¹)							
		矿化度	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}
Z01	7.84	0.203	0.107	0.009	0.030	0.031	0.009	0.006	0.003
Z02	7.83	0.214	0.108	0.011	0.031	0.027	0.013	0.006	0.003
Z03	7.92	0.215	0.105	0.012	0.028	0.033	0.008	0.006	0.003
Z04	7.61	2.123	0.325	0.318	0.813	0.210	0.060	0.360	0.006
Z05	7.44	0.687	0.145	0.078	0.230	0.078	0.018	0.089	0.006
Z06	7.73	0.272	0.124	0.014	0.048	0.028	0.017	0.013	0.004
Z07	7.89	11.626	0.412	2.698	4.568	0.290	0.415	2.969	0.014
Z08	7.81	0.412	0.145	0.048	0.082	0.043	0.017	0.041	0.005
Z09	7.70	0.388	0.135	0.046	0.079	0.035	0.019	0.040	0.005
Z10	7.61	0.389	0.148	0.048	0.070	0.031	0.024	0.038	0.005
Z11	7.48	0.455	0.169	0.048	0.102	0.064	0.012	0.045	0.006
Z12	7.88	0.197	0.105	0.009	0.025	0.027	0.006	0.013	0.004
Z13	7.20	0.562	0.145	0.099	0.144	0.051	0.020	0.089	0.006
Z14	7.78	0.217	0.104	0.012	0.033	0.031	0.009	0.008	0.004
Z15	7.75	0.222	0.113	0.011	0.033	0.030	0.011	0.008	0.004
Z16	7.73	0.224	0.109	0.018	0.025	0.027	0.012	0.008	0.004
Z17	7.76	0.220	0.099	0.018	0.033	0.033	0.007	0.011	0.003
Z18	7.69	0.504	0.208	0.037	0.102	0.056	0.021	0.046	0.004
Z19	7.33	9.348	0.255	3.106	2.746	0.440	0.329	2.288	0.017
Z20	7.50	0.288	0.086	0.025	0.097	0.040	0.013	0.022	0.004
Z21	7.62	0.310	0.119	0.028	0.058	0.036	0.015	0.019	0.003
Z22	7.85	0.222	0.104	0.009	0.038	0.030	0.011	0.007	0.003
Z23	7.72	0.217	0.113	0.014	0.020	0.030	0.006	0.013	0.006
Z24	7.29	0.233	0.116	0.016	0.035	0.037	0.005	0.015	0.004
Z25	7.19	0.235	0.111	0.016	0.043	0.038	0.006	0.016	0.004
Z26	7.71	0.190	0.097	0.014	0.015	0.027	0.005	0.009	0.006
Z27	7.75	0.220	0.115	0.007	0.026	0.031	0.004	0.014	0.006
Z28	7.83	0.200	0.099	0.012	0.021	0.028	0.004	0.013	0.004
最大值	7.92	11.63	0.41	3.11	4.57	0.44	0.42	2.97	0.02
最小值	7.19	0.19	0.09	0.007	0.02	0.03	0.004	0.006	0.003
平均值	7.66	1.09	0.14	0.24	0.34	0.07	0.04	0.22	0.005
标准差	0.21	2.70	0.07	0.76	0.98	0.09	0.10	0.69	0.003
变异系数/%	2.7	246.8	51.4	312.0	286.6	140.6	243.6	310.7	60.0

3.2 水化学离子组合特征及其影响因素

Piper 三线图用于分析水体的水化学类型及水化

学成分的演化规律具有很强的优势^[21]。故本文采用 Piper 三线图对研究区水样进行水化学类型分析(图

1)。研究区水化学类型主要有 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$, $\text{Na}^+\text{-SO}_4^{2-}$, $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$, $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ 四种类型。大部分样品都属于 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型, 占总水样的 78.6%; 3 个样品(Z04, Z07, Z13)属于 $\text{Na}^+\text{-SO}_4^{2-}$ 型, 占总水样的 10.7%; 2 个样品(Z20, Z05)属于 $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$ 型, 占总水样的 7.1%; 1 个样品(Z19)属于 $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ 型, 占总水样的 3.6%。总体看来, 研究区大部分水体样品的水化学类型呈集中趋势, 属于 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型, 少数样品可能由于受到多种因素影响水化学类型产生差异。

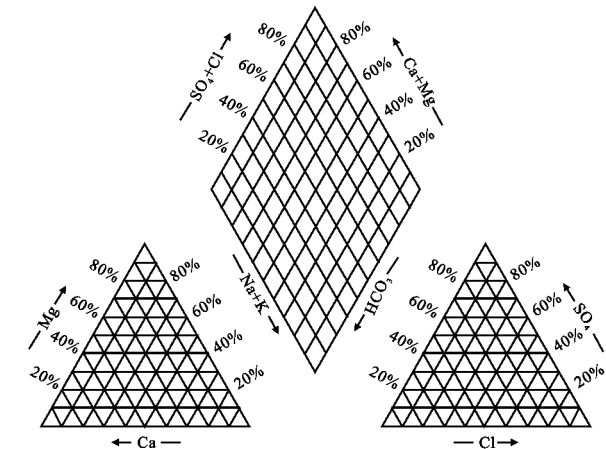


图 1 研究区水化学类型 Piper 图

为了进一步探讨本研究区水体样品中离子浓度组合特征差异, 将 28 个样品的 7 种离子作为变量进行系统聚类分析^[22](图 2)。聚类分析的结果与 Piper 图分类结果一致, 在 Piper 图中为 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型的水样具有相同的离子组合特征, 但是聚类分析更能直观的反映玛纳斯河流域水体中离子浓度更细微的差异。属于 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型的水样中, 位于玛纳斯河流域中游的大部分水样(簇 C1)具有不同于下游水样(Z08, Z09, Z10, Z11)的水化学组合特征。将大多数位于中游的水样(簇 C1)和位于下游的水样(Z08, Z09, Z10, Z11)7 种离子浓度平均含量进行对比发现(表 3), 相对于簇 C1 而言, 位于下游的水样各个离子平均质量浓度都有所增加, 其中 Cl^- 和 Na^+ 的平均质量浓度相对增加较高, 增加量均高于簇 C1 中相对应的离子平均质量浓度 400% 和 300%, 而其余离子的平均质量浓度相对增加较少。表明了水体从中游到下游 Cl^- 和 Na^+ 的质量浓度有增高的趋势, 这一结果显示由于水体蒸发等因素造成水化学组成的空间分异性。另外, 从聚类图中也可以看到, 位于中游的水样玛纳斯河水 Z18 和中部水库水 Z21 具有与下游水样(Z08, Z09, Z10, Z11)相同的离子组合特征(簇 C2), 表明了 Z18 和 Z21 中的 Cl^- 和 Na^+ 质量浓度较其它中游样品(簇 C1)高, 反映了可能受到中部种植灌溉洗盐水的影响较大。

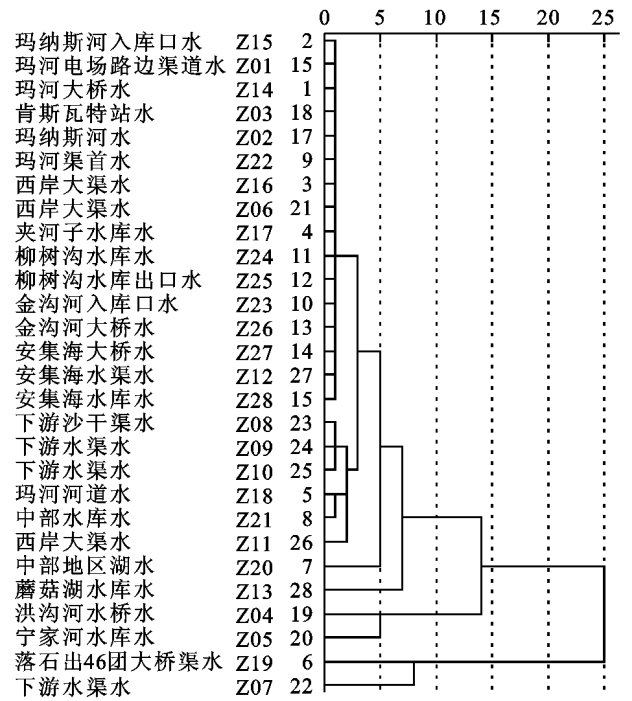


图 2 玛纳斯河流域地表水化学组成系统聚类树状图

在 Piper 图中水化学类型不同于 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型的六个水样(Z04, Z07, Z13, Z20, Z05, Z19), 在系统聚类图中也体现出了不同于其它玛纳斯河流域地表水样品的显著差异。其中, 下游水渠水 Z07 和 146 团大桥渠水 Z19 的离子组合特征差异性最大(簇 A), 明显不同于其余所有样品。而 Z04, Z13, Z20, Z05 的离子组合特征也表现出了较 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型水样(簇 C)的显著不同。现将六个水样(Z04, Z07, Z13, Z20, Z05, Z19)与 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型水样(簇 C)的离子组合特征进行对比, 并且将六个水样中属于中游的水样(Z04, Z13, Z20, Z05)和属于下游的水样(Z07, Z19)的离子组合特征进行对比(表 3)。由表 3 可知, 簇 C 中的 HCO_3^- 和 Ca^{2+} 为阴离子和阳离子中质量浓度最大的离子, 分别占离子总量的 47.2% 和 11.8%。相比于簇 C, 六个水样(Z04, Z07, Z13, Z20, Z05, Z19)的各个离子平均质量浓度均有增加, 其中 Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ 离子浓度相对增加较大, 分别高出簇 C 相对应离子含量 5 200%, 2 760%, 1 300%, 4 750%。表明了相对于 $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型水样(簇 C)这六个水样(Z04, Z07, Z13, Z20, Z05, Z19)的盐离子含量显著增加。同时, 将六个水样中属于中游的水样(Z04, Z13, Z20, Z05)和属于下游的水样(Z07, Z19)进行对比发现, 下游的水样各个离子质量浓度平均值均高于中游的水样, Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ 离子浓度相对增加较大, 其中 Cl^- 和 Na^+ 分别为阴离子和阳离子中质量浓度增加最大的离子, 分别高出中游的水样相对应离子质量浓度 2 138.5% 和 1 778.6%。表明了盐

分离离子在下游地区大量聚积的现象。总的来说,造成这六个水样(Z04,Z07,Z13,Z20,Z05,Z19)与其余水样之间,以及这六个水样中属于中游水样和属于下游水样之间的离子组合特征差异的原因,主要是由于玛纳斯河流域,常年受种植、灌溉等的影响,土壤中的一部分盐分被淋洗掉,而淋洗掉的盐分部分通过排水系统进入水体中,带走了土壤中的部分可溶性离子,随洗盐水进入地表水体中,致使水化学组分产生差异。另外,玛纳斯河流域中下游地区的蒸发差异也是造成部分水样水化学组分差异性的原因。

表 3 各样品组合离子含量特征 g/L

组合	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
C ₁	0.11	0.01	0.03	0.03	0.008	0.01	0.004
C ₂	0.15	0.05	0.08	0.04	0.02	0.04	0.005
C	0.12	0.02	0.05	0.03	0.01	0.02	0.004
M	0.23	1.06	1.43	0.19	0.14	0.97	0.009
M ₁	0.18	0.13	0.32	0.10	0.03	0.14	0.006
M ₂	0.34	2.91	3.66	0.37	0.38	2.63	0.02

注: C₁ 代表 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型水样中属于中游的水样, 亦即簇 C₁; C₂ 代表 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型水样中属于下游的水样 (Z08, Z09, Z10, Z11); C 代表 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型水样, 亦即簇 C; M 代表六个水样 (Z04, Z07, Z13, Z20, Z05, Z19); M₁ 代表 (Z04, Z13, Z20, Z05); M₂ 代表 (Z07, Z19)

4 结论

通过对玛纳斯河流域中下游平原地区的水化学特征分析得出以下几点认识:

1) 研究区水样矿化度变化范围在 0.19~11.63 g/L 之间, 平均值为 1.09 g/L。阳离子浓度 Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺; 阴离子浓度 SO₄²⁻ > Cl⁻ > HCO₃⁻。水样中 K⁺ 和 HCO₃⁻ 的变异系数相对较小, 反映它们在水中含量相对稳定。Cl⁻ 和 Na⁺ 分别为水体阴离子和阳离子中变异系数最大的离子, 表明其在水中含量离散程度较大。

2) 玛纳斯河流域中下游平原地区水化学类型主要有 Ca²⁺-HCO₃⁻, Na⁺-SO₄²⁻, Ca²⁺-SO₄²⁻, Na⁺-Cl⁻ 四种类型。大部分水样都属于 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型, 占总水样的 78.6%; Na⁺-SO₄²⁻ 型占总水样的 10.7%; Ca²⁺-SO₄²⁻ 型占总水样的 7.1%; Na⁺-Cl⁻ 型占总水样的 3.6%。

3) 聚类分析的结果表明玛纳斯河流域地表水特征具有明显的空间分异性。同属 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型的水样, 从中游到下游 Cl⁻ 和 Na⁺ 有增加的趋势, 显示出由于水体蒸发等因素造成水化学组成的空间分异性。另外同属 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型水样中, 部分属于中游的水样与属于下游的水样具有相同的离子组合特征, 表明

这部分中游水样受到灌溉洗盐水的影响较大。而其他类型水样具有明显不同于 Ca²⁺-HCO₃⁻ 型水样的离子组合特征, 究其原因主要是由于玛纳斯河流域部分地区受到种植灌溉等因素的影响, 使得土壤中的部分盐分离离子被淋洗掉而进入水体中, 从而增加了水体中的盐分离离子含量, 再加之玛纳斯河流域中下游地区的蒸发差异, 最终导致部分水样水化学组成的差异。

参考文献:

- [1] 凌红波, 徐海量, 张青青, 等. 1956—2007 年新疆玛纳斯河流域气候变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2011, 33(1): 64-71.
- [2] 唐湘玲, 魏文寿. 玛纳斯河流域气候变化对径流变化的影响[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2006, 23(6): 730-734.
- [3] 南峰, 李有利, 史兴民. 新疆玛纳斯河水量波动与气候变化之间的关系[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 59-61.
- [4] Yuan Y, Shao X, Wei W, et al. The potential to reconstruct Manasi River streamflow in the northern Tien Shan Mountains (NW China)[J]. Tree-Ring Research, 2007, 63(2): 81-93.
- [5] 刘志明, 刘少玉, 陈德华, 等. 新疆玛纳斯河流域平原区水资源组成和水循环[J]. 水利学报, 2006, 37(9): 1102-1107.
- [6] 何新林, 郭生练. 气候变化对新疆玛纳斯河流域水文水资源的影响[J]. 水科学进展, 1998, 9(1): 77-83.
- [7] 范文波, 周宏飞, 李俊峰. 玛纳斯河流域生态需水量估算[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 242-245.
- [8] 李志忠, 韩洪凌. 天山北麓的水资源利用与绿洲稳定性: 以玛纳斯河流域为例[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(8): 1392-142.
- [9] Li Y L, Qao M, Yang X L, et al. Analysis on land use/cover change and landscape fragmentation in typical watershed of arid zone in last 30 years: a case of Manasi river watershed, xinjiang[J]. Journal of Desert Research, 2008, 28(6): 1050-1057.
- [10] 程维明, 周成虎, 刘海江, 等. 玛纳斯河流域 50 年绿洲扩张及生态环境演变研究[J]. 中国科学: D 辑, 2006, 35(11): 1074-1086.
- [11] 阿不都外力·吉力力·买买提阿依古丽, 唐杨. 玛纳斯河流域绿洲土壤春季盐渍化研究[J]. 干旱区研究, 2013, 30(2): 189-195.
- [12] 唐杨, 吉力力, 刘东伟, 等. 基于微地形和土地覆被的土壤水分空间变异性: 以玛纳斯河流域绿洲为例[J]. 干旱区研究, 2011, 28(2): 222-228.
- [13] 买买提阿依古丽, 阿不都外力吉力力, 葛拥晓. 玛纳斯河流域绿洲土壤养分空间变异特征与格局[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(9): 153-159.

虽在评价指标选取方面做出了较为全面的分析,但城镇化和生态安全等要求也会对高标准基本农田建设时序和布局产生影响,受条件的限制,本文未在此方面做出分析,今后要加强城镇化和生态安全方面的研究,使高标准基本农田建设评价体系更加完善,生态更加安全。

参考文献:

- [1] 张丽茜,赵国存,吴荣涛.对《高标准基本农田建设标准》的解读与建议[J].农学学报,2013,3(5):62-65.
- [2] 李少帅,郎文聚.高标准基本农田建设存在的问题及对策[J].资源与产业,2012,14(3):189-193.
- [3] 王新盼,姜广辉,张瑞娟,等.高标准基本农田建设区域划定方法[J].农业工程学报,2013,29(10):241-250.
- [4] 沈明,苏少青,陈飞香,等.广东省高标准基本农田建设重点区域划定[J].安徽农业科学,2012,40(20):10728-10730.
- [5] 李涛,廖和平,杨伟,等.大都市边缘区高标准基本农田潜力评价及建设模式研究:以重庆市渝北区为例[J].西南师范大学学报:自然科学版,2013,38(5):109-114.
- [6] 冯锐,吴克宁,王倩.四川省中江县高标准基本农田建设时序与模式分区[J].农业工程学报,2012,28(22):243-251.
- [7] 杨伟,谢德体,廖和平,等.基于高标准基本农田建设模式的农用地整治潜力分析[J].农业工程学报,2013,29(7):219-229.
- [8] 朱连奇,钱乐祥,刘静玉,等.山区农业土地利用模式的设计[J].地理研究,2004,23(4):479-486.
- [9] 潘瑜春,刘巧芹,陆洲,等.基于农用地分等的区域耕地整理规划[J].农业工程学报,2009,25(2):260-266.
- [10] 涂建军,卢德彬.基于GIS与耕地质量组合评价模型划定基本农田整备区[J].农业工程学报,2012,28(2):234-238.
- [11] 金贵,王占岐,胡学东,等.基于模糊证据权模型的青藏高原区土地适宜性评价[J].农业工程学报,2013,29(18):241-250.
- [12] 杨俊,王占岐,邹利林,等.基于村尺度的山区农村居民点用地现状及其整理时序研究[J].经济地理,2013,33(5):150-157.
- [13] 王建英,李江风,邹利林.基于生物多样性保护的耕地入选基本农田布局[J].水土保持研究,2013,20(1):235-239.
- [14] 唐平英,黄丽霞.基于GIS的永久性基本农田划定:以中方县为例[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2013,10(1):61-67.
- [15] 周尚意,朱阿兴,邱维理,等.基于GIS的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J].农业工程学报,2008,24(7):72-77.
- [16] 邹敏,吴泉源,逢杰武.基于DEM的龙口市土地利用空间格局与时空变化研究[J].测绘科学,2008,32(6):173-175.
- [17] 汤思阳,雷国平,张慧,等.基于耕地质量评价的基本农田划定方法[J].水土保持研究,2013,20(1):173-176.
- [18] 钱钢,徐泽水.三种基于理想点的不确定多属性决策优化模型[J].系统工程与电子技术,2004,25(5):517-519.
- [19] 陈沅江,尹进.基于AHP-TOPSIS的采矿方法优化[J].科技导报,2013,31(7):57-60.
- [20] 罗君君.基于熵权的公路建设项目排序多目标决策分析[J].华中科技大学学报:城市科学版,2006,23(3):62-64.

(上接第140页)

- [14] Markich S J, Brown P L. Relative importance of natural and anthropogenic influences on the fresh surface water chemistry of the Hawkesbury-Nepean River, south-eastern Australia[J]. Science of the Total Environment, 1998, 217(3):201-230.
- [15] Winter T C. Recent advances in understanding the interaction of groundwater and surface water [J]. Reviews of Geophysics, 1995, 33(S2):985-994.
- [16] 禹朴家,徐海量,乔木,等.玛纳斯河流域土壤类型空间分布格局分析[J].土壤学报,2010,47(6):1050-1059.
- [17] 吉力力.阿不都外力.干旱区湖泊与盐尘暴[M].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [18] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.生活饮用水标准检验方法[S].GB/T 5750.1—2006.
- [19] Piper A M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses[J]. Eos, Transactions American Geophysical Union, 1944, 25(6):914-928.
- [20] 王文森.变异系数:一个衡量离散程度简单而有用的统计指标[J].中国统计,2007(6):41-42.
- [21] Karmegam U, Chidambaram S, Prasanna M V, et al. A study on the mixing proportion in groundwater samples by using Piper diagram and Phreeqc model[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2011, 30(4):490-495.
- [22] 吴喜之.统计学:从数据到结论[M].北京:中国统计出版社,2004.