

黄河源区水域离子特征分析

卜庆伟¹ 郝芳华¹ 陈利群²

(1. 北京师范大学环境学院 北京 100875 ;
2. 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 运用数理统计方法对源区水样、土样的离子质量浓度进行分析 ,确定源区离子变化特征。离子的典型变化通过趋势图加以表现 ,具体说明当地气候条件、岩石、土壤以及水文特征对于源区干流离子质量浓度的影响 ,为源区水资源的保护提供依据。分析结果表明 :源区作为黄河产水区 ,由于受到人类影响相对较小 ,水质较好。干流中离子质量浓度的变化主要是受当地气候、支流、土样以及水体水文特征的影响。

关键词 黄河源区 ;数理统计方法 ;离子特征 ;影响因素

中图分类号 :X522 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2004)06-0040-06

黄河流域天然径流量多年平均为 580 亿 m³ ,是我国西北、华北地区工农业生产和人民生活的重要水源。近年来 ,黄河流域以及下游地区农业生产的发展和人口增长 ,导致水资源的供需矛盾日益突出 ,同时出现严重的断流现象 ,断流时间越来越长 ,频率越来越高^[1]。同时 ,黄河流域水质的恶化日益严重。夏星辉等通过对黄河水系 44 个监测点资料的整理发现 :其中 30 个站点河水离子总量有显著上升趋势 ,同时他们从灌溉用水的角度对水质变化加以分析^[2]。过常龄依据 69 个监测站的数据对黄河流域的河水化学特征进行分析发现 :黄河流域天然水质成分复杂 ,矿化度变化幅度大 ,河水硬度及主要离子等化学特性与自然条件、水、热分布基本一致^[3]。

兰州以上区域多年平均天然径流量为 324.8 亿 m³ ,占整个黄河流域水资源量的 56% ,是黄河流域的主要产水区。特殊的地理位置决定了河流域形成的特殊水资源子系统^[4]。近年来 ,人类活动的增加、气候的变化导致了径流的减少 ,同时社会经济的发展 ,水需求增加 ,黄河源区面临着严重的水资源危机。因此 ,对此区域的水质特点及离子质量浓度变化的研究意义重大。

1 数据来源及方法

进行本研究的数据主要来源于 2003 年 8 月课题组考察期间采集的水样和土样 ,根据干、支流上不同的控制点 ,总共采集了 18 个水样、22 个土样 ,采

样点见图 1。

根据采样的要求 ,采用高压低密度聚乙烯塑料瓶 ,每个采样点取 3 瓶水样 ,用 0.45 μm 孔径滤料过滤水样 ,在其中的 2 瓶中分别加入硝酸和硫酸酸化 ,保证酸化的水样 pH 值达到 2 后保存。取典型土地利用类型的土样 ,放在阴凉处自然风干 ,然后研磨成 20 目和 100 目的土样 ,用高压罐硝化。用电感耦合等离子体原子发射光谱测出土样和水样中的金属阳离子 ,用离子色谱测出水体中主要的阴离子。



图 1 研究区的采样点

2 源区阴、阳离子特征的统计分析

源区取样点样品的离子质量浓度变化具有离散性 ,不能确定分布函数 ,同时对于随机的参数不需要了解其全部性质 ,只需要对其主要的特征进行分析

基金项目 国家重点基础研究发展规划(973)项目(G1999043601)
作者简介 :卜庆伟(1980—)男 ,山东泰安人 ,硕士研究生 ,从事水资源、水环境及环境影响评价的研究。

就足够 ,如多点的平均质量浓度、不同取样点离子质量浓度变化的稳定程度等。因此 本次对于源区阴、阳离子质量浓度进行统计分析时选取的参数为 :标准误差 δ ,数学期望 E 以及变差系数 C_v ^[5]。

选取标准误差 δ 可以确定随机取值对于数学期望的偏差 ,

$$\delta = \sqrt{E[(\xi - E(\xi))^2]} \qquad C_v = \frac{\delta}{E}$$

式中 : ξ 为样本数据 ; E 表征多样品所有取值的平均值 ; C_v 表征样品取值的稳定程度。

原始数据的统计特征分析结果见表 1。

通过表 1 发现 :对于水样、土样含量最多的集中

离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} ,其中的阳离子在水样中和土样中 C_v 值均较小 ,大多在 0.5 以下 ,表现出较大的稳定度 ,阴离子则表现出较大的不稳定性 ,主要原因在于土壤溶质以及湖泊区域的盐平衡变化。土样 Ca^{2+} 的 C_v 值较大 ,主要在于地质条件中的化学反应导致的溶解和沉积。对于样品中含量较少的离子 水样阳离子中 Pb^{2+} 、 Co^+ ,土样阳离子中 Ni^{2+} 、 Cr^{6+} 的 C_v 值较大的原因 ,是在数理统计过程中对缺失数值取零值加以替代 ,进而影响 E 和 C_v 值。土样阳离子中 Pb^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Fe^{3+} 的 C_v 值较小的主要原因在于离子本身含量较少 ,化学特性相对稳定 ,不容易在环境要素中发生迁移转化。

表 1 样品阴、阳离子统计特征值

离子	生活饮用水 卫生标准	水 样						土 样		
		干流			支流			δ	E	C_v
		δ	E	C_v	δ	E	C_v			
As^{3+}	0.05	0.86×10^{-2}	1.36×10^{-2}	0.63	0.69×10^{-1}	3.60×10^{-2}	1.93	18.20	25.94	0.70
Sb^{3+}	0.10	0.11×10^{-2}	0.57×10^{-3}	1.93	0.19×10^{-2}	0.08×10^{-2}	2.31	10.95	33.49	0.32
Pb^{2+}	0.05	0.16×10^{-3}	5.56×10^{-5}	2.83	0.14×10^{-2}	0.07×10^{-2}	2.03	5.54	30.65	0.18
Ba^{2+}		0.15	0.13	1.14	0.22×10^{-1}	5.30×10^{-2}	0.42	52.08	333.06	0.16
Ti^{2+}		1.40×10^{-2}	1.20×10^{-2}	1.18	0.02	1.40×10^{-2}	1.45	550.89	3271.70	0.17
Se^{4+}	0.01	0.39×10^{-2}	0.31×10^{-2}	1.27	0.24×10^{-2}	0.15×10^{-2}	1.58	9.04	28.56	0.32
P^{3+}		0.21	0.14	1.53	0.49×10^{-1}	5.20×10^{-2}	0.97	128.07	606.55	0.21
Ni^{2+}		0.20×10^{-2}	0.19×10^{-2}	1.03	0.25×10^{-2}	0.19×10^{-2}	1.29	421.86	149.30	2.83
Fe^{5+}	0.30	1.71	1.29	1.32	1.85	1.39	1.33	3554.20	22290.00	0.16
V^{5+}		0.90×10^{-2}	1.40×10^{-2}	0.67	7.90×10^{-2}	2.90×10^{-2}	2.76	12.50	53.75	0.23
Al^{5+}	0.10	0.88	0.84	1.04	0.82	0.79	1.03	11848.93	33560.91	0.35
Zn^{2+}	1.00	0.19	0.15	1.29	0.18	0.15	1.18	14.08	61.60	0.23
Co^+		0.08×10^{-2}	0.03×10^{-2}	2.83	0.25×10^{-2}	0.11×10^{-2}	2.19	2.87	12.11	0.24
B^{3+}		0.11	0.12	0.87	0.11	9.80×10^{-2}	1.15	1.10	-7.49	-0.15
Cr^{6+}	0.05	0.15×10^{-2}	0.08×10^{-2}	1.89	0.98×10^{-3}	0.49×10^{-3}	2.00	1038.37	273.80	3.79
Sr^{2+}		0.12	0.45	0.27	0.49	0.43	1.13	86.59	186.47	0.46
Cd^{2+}	0.01	0.02×10^{-2}	0.01×10^{-2}	2.00	0.22×10^{-3}	0.13×10^{-3}	1.69	0.09	0.35	0.27
Mn^{2+}	0.10	0.11	0.09	1.10	0.07	0.06	1.15	86.77	487.99	0.18
Cu^{2+}	1.00	0.14×10^{-2}	0.09×10^{-2}	1.45	0.07×10^{-2}	0.04×10^{-2}	1.88	5.77	18.32	0.32
Li^+		1.80×10^{-2}	2.40×10^{-2}	0.73	7.90×10^{-2}	0.05	1.58	6.95	36.08	0.19
Mg^{2+}		6.61	18.49	0.36	52.03	27.29	1.91	3066.59	5557.40	0.55
K^+		0.59	7.90	0.07	4.25	8.65	0.49	2359.60	16423.00	0.14
Ca^{2+}		18.73	49.42	0.38	30.80	52.17	0.59	21529.14	34376.00	0.63
Na^+	0.30	14.21	25.94	0.55	27.56	19.61	1.41	2072.40	12890.00	0.16
F^-		1.45	0.93	1.56	0.70	0.61	1.17	3.18	4.66	0.68
Cl^-	250.00	40.96	49.66	0.82	15.04	11.91	1.29	1067.98	444.35	3.62
NO_2^-		0.55	0.33	1.64	2.50×10^{-2}	1.90×10^{-2}	1.28	13.29	8.86	1.50
NO_3^-		58.11	28.71	2.02	14.39	11.25	1.28	243.23	125.11	1.94
SO_4^{2-}	250.00	58.54	54.73	1.07				1884.15	603.28	3.12
PO_4^{3-}		2.50×10^{-2}	1.71×10^{-2}	1.49	16.76	15.95	1.05	12.36	5.61	2.20

将干、支流离子平均质量浓度与国家生活饮用水标准相对照发现 除 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Na^{+} 离子超标外 , 其余离子(国家标准有要求的离子)的质量浓度均符合饮用水卫生标准 ,说明黄河源区作为黄河产水区 , 受到人类活动影响较少 水质没有受到较大污染 ,很大程度满足饮用要求 ,而 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Na^{+} 超标与当地的土质有很大关系。

3 干流离子特征变化分析

3.1 黄河源区干流主要离子特征及变化

Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 是天然水中含量最多的 8 种离子 ,本次水样由于条件的限制 ,未能对 HCO_3^{-} 、 CO_3^{2-} 进行测定 ,只对其它的 6 种离子进行了分析。分析土样、支流中相应离子的变化 ,确定其变化特征及影响因素。

根据水样化验的结果 ,点绘了黄河上游各个采样点的阴、阳离子图。由图 2 可以看出 ,主要阳离子质量浓度的变化可以分为两部分 ,黄河沿水文站以上 ,阳离子质量浓度沿河向下游增加 ,龙羊峡水库以后 ,阳离子质量浓度总量沿河又有一个增加的趋势。在黄河沿以上的河流水质组分中 ,4 种主要的阳离子其含量为 $\text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+}$,而在其它几个站点 ,其阳离子质量浓度都是 Ca^{2+} 离子含量最大。监测的阴离子质量浓度在黄河沿以上也是沿河道向下游增加的 ,在黄河沿水文站达到最大值(见图 3)。

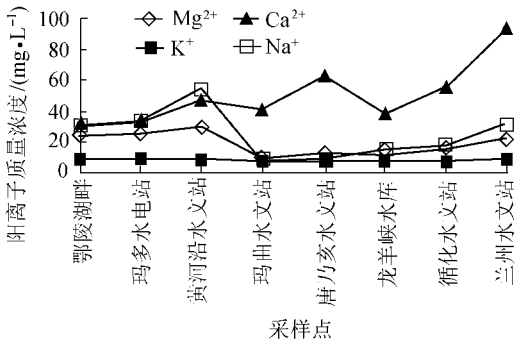


图 2 源区干流主要阳离子质量浓度

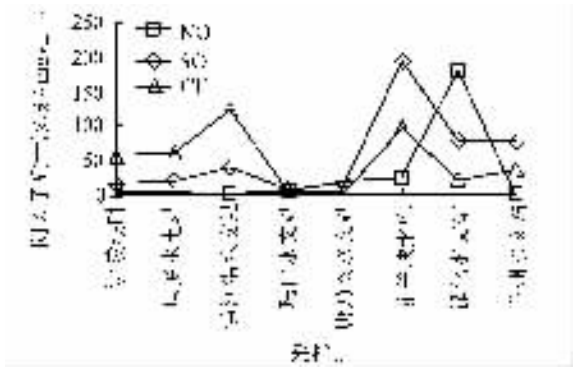


图 3 源区干流主要阴离子质量浓度

3.2 黄河源区干流其他离子特征及变化

除了分析干流中的主要离子 ,还应对样品中其他离子的质量浓度变化特征进行分析 ,这样从更广泛的角度来确定河流中离子质量浓度变化的影响因素。

综合分析图 4 ~ 10 可以发现 :干流 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 含量在各监测点都很低 ,同时存在很多空缺点 ,在玛曲水文站测定有值 ,并沿河增加 ,经过龙羊峡水库后无值 ,并在兰州水文站重新出现。干流 V^{3+} 从玛多水文站沿河增加 ,在黄河沿水文站达到最大后大幅度减少 ,经过龙羊峡水库后无值。干流中的 P^{3+} 、 Mn^{2+} 在唐乃亥水文站之前沿河变化相对稳定 ,沿河流增加 ,只是在龙羊峡水库后有所减少 , P^{3+} 甚至出现无值 ,而后在兰州水文站各离子质量浓度出现极大值。 B^{3+} 在经过黄河沿水文站以后显著减少 ,而后沿河稳定富集 ,在兰州水文站达到最大值。干流中的 Ti^{2+} 和 Ni^{2+} 在唐乃亥水文站以前沿河增加 ,到达龙

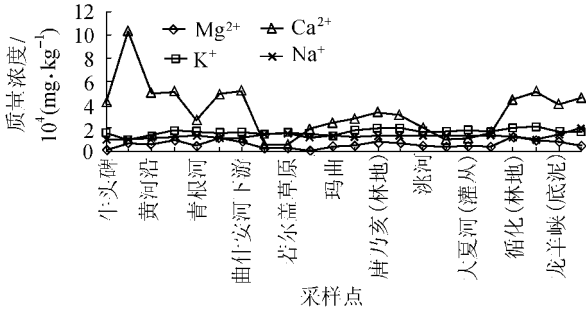


图 4 土样 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 和 Mg^{2+} 质量浓度

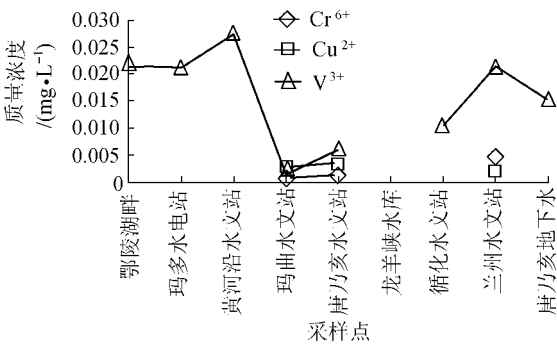


图 5 干流 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 、 V^{3+} 质量浓度

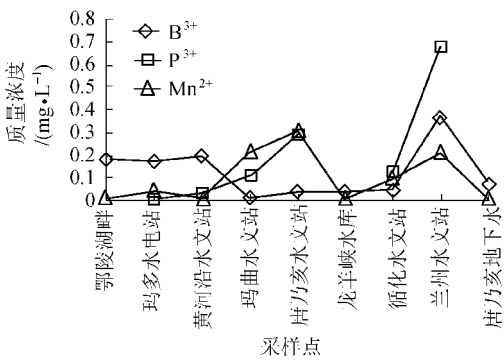


图 6 干流 B^{3+} 、 P^{3+} 、 Mn^{2+} 质量浓度

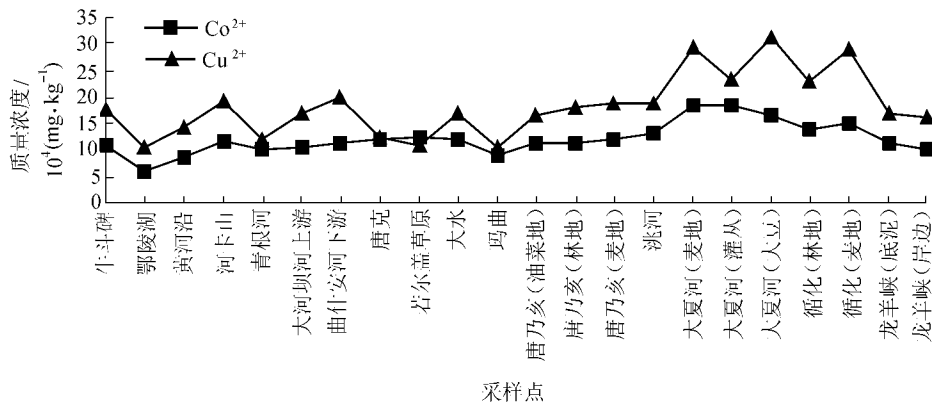


图7 土壤 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 质量浓度

羊峡水库后出现最小值(Ni^{2+} 无值),随后沿河流逐渐富集,质量浓度增加,在兰州水文站达到最大值。

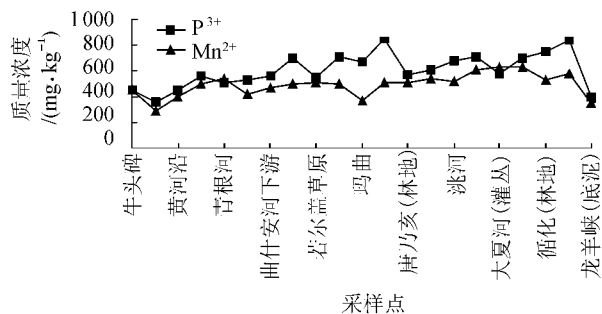


图8 土壤 P^{3+} 、 Mn^{2+} 质量浓度

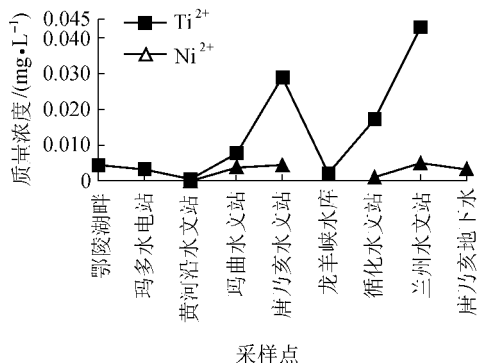


图9 干流 Ti^{2+} 、 Ni^{2+} 质量浓度

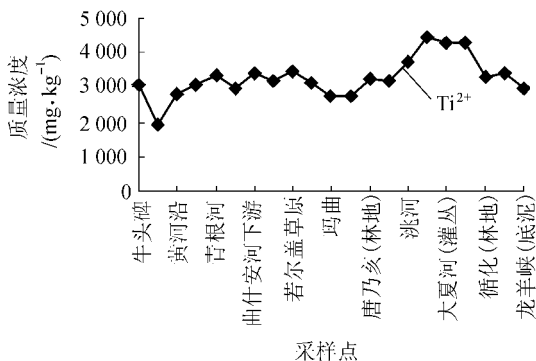


图10 土壤 Ti^{2+} 质量浓度

3.3 黄河源区干流离子含量变化分析

分析黄河源区干流中阴、阳离子质量浓度变化趋势图可以发现:不同离子在不同取样点浓度变化

的影响因素很多,主要包括气候条件、河流经过的岩石、土壤成分以及水体的水文特征。

3.3.1 气候条件对干流溶质浓度的影响

气候条件是间接影响天然水溶质成分的最重要、最复杂的因素,对陆地地表水溶质成分的地理分异起着巨大的作用。在不同的气候条件下,发育着不同地球化学风化壳和土壤,当水与其相接触时,从中获取的溶质种类和数量是不同的。另外,在不同的气候条件下,降水量、蒸发量和地表径流量不同,使水中的溶质成分也不同。如在降水量和地表径流量少而蒸发量大的干旱地区,地表水和地下水蒸发浓缩,使水中的溶解性固体总量增加,反之,则使水中的溶解性固体总量减少。

黄河源区由于离孟加拉湾较近,受西南季风影响较明显,同时地形由东南向西北升高,有利于气流的抬升,使这里的降水量较多。分布规律大致为由东南向西北递减。唐乃亥至久治之间的降水量249.8~748.0 mm,河南—大武—杂多一线以南绝大部分在500 mm以上,为降水高值区,沱沱河—五道梁—玛多—兴海一带在300 mm左右,为低值区。

玛多以上地区干旱少雨,有利于可熔岩在土壤中的积累,即使少量径流可溶解大量盐分,河水的离子总量大,玛曲以下地区,黑河和白河流域,气候十分湿润,土壤、岩石常年处在淋溶作用下,可溶盐分难以积累,河水离子总量低,因此在黄河流域黄河沿以上区域的河流中离子总量高。

图5中干流中的 V^{3+} 、图6中的 B^{3+} 在黄河沿水文站前沿河流富集,在下游的玛曲水文站突然减少,同时土壤中对应的离子质量浓度变化相对不大,则其变化主要是当地年平均降水量大导致的。

3.3.2 岩石、土壤对干流溶质浓度的影响

不同岩石对天然水的溶质成分的影响很不相同。有些岩石中的矿物较易溶于水,当陆地水经过这些矿物的岩石时,能够获得大量的离子。曲什安河的阳离子含量高,主要是由于曲什安河发源于玛

卿岗日山,玛卿岗日有现代冰川,夏季的径流主要是冰川融化形成的径流,融雪径流携带了大量的金属阳离子,致使水中的 Mg^{2+} 的质量浓度大于 Ca^{2+} 的质量浓度。

水渗透过土壤时,淋溶其中的可溶性物质,使水中的离子含量和有机质含量增加。当水与土壤接触时,水从土壤中获得成分和获得量取决于土壤的性质。水渗过强烈淋溶的土壤,如红壤、砖红壤和灰化土时,获得的离子数量很少,如果水渗透过含有大量盐基的土壤(如栗钙土、棕钙土、荒漠土和盐渍土)时,获得大量的盐基离子。通过图4可以发现,唐克和若尔盖草原土样的 Ca^{2+} 质量浓度低,而与之位置较近的玛曲水文站水样中测到的 Ca^{2+} 质量浓度同样不高。分析水库附近的土样表明, Cl^- 质量浓度达到了 7.7 mg/kg , SO_4^{2-} 质量浓度达到了 99.1 mg/kg , NO_3^- 的质量浓度达到了 0.63 mg/kg ,该质量浓度远远大于其它土样相应的离子质量浓度,龙羊峡水库的水中阴离子质量浓度异常升高主要是由于土壤输入离子富集造成的。

从图5~10可以看出:干流中的 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 质量浓度很低,很多取样点的值不能获得,其变化趋势图中存在很多的空缺点,但两者同时在玛曲水文站出现相对较高的值, P^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Ti^{2+} 在兰州水文站浓度的增加则与相对应的离子在土样中质量浓度的变化趋势一致,说明水样中离子质量浓度的增加是土样中相应离子的迁移导致的。

3.3.3 水体水文特征对于干流溶质浓度的影响

各类水体(河流、湖泊、地下水)的水文特征对天然水溶质成分的形成有重要的影响。在河流中,河水主要与侵蚀基面以上的洗蚀良好的岩石接触,河水流迅速更替,河水与河床中土石作用很短,与河流相比,湖泊的水体交换缓慢。研究表明,即使湖泊所在地区的气候条件及地球化学条件与河流相似,但两者的化学组分也存在明显的区别。源区素有千湖之称,湖泊众多。在本次采样中,采取了鄂陵湖和龙羊峡水库的水样及底泥来分析湖泊对河流水溶质成分的影响。

湖泊区盐分平衡模式:

$$S_{支} + S_{雨} + S_{潜} = S_{排} + S_{风} + S_{渗} + S_{沉}$$

式中: $S_{支}$ 为支流带来的盐分; $S_{雨}$ 为雨水带来的盐分; $S_{潜}$ 为地下水带来的盐分; $S_{排}$ 为湖泊出口径流带走的盐分; $S_{风}$ 为被风吹走的盐分; $S_{渗}$ 为渗漏水带走的盐分; $S_{沉}$ 为沉淀出的盐分。

对于湖水化学成分形成起主导作用的是 $S_{支}$ 和 $S_{排}$ 之间的对比关系。鄂陵湖为黄河源头的的一个湖

泊,支流带来的盐分很少, $S_{排}$ 也很少,气候干燥少雨,因此 $S_{沉}$ 逐渐增大,底泥的盐分含量很高(SO_4^{2-} 和 NO_3^- 都超过了 1.2 mg/kg)。唐乃亥水文站为龙羊峡水库的入口控制站,循化水文站为龙羊峡水库出口后的水文站,龙羊峡水库出口和循化水文站之间不经过任何水库的调节,因此,可以直接应用湖泊区的盐分平衡模式。循化水文站的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 远小于龙羊峡水库的相应的离子质量浓度,这说明了水库能够调节水中溶质的浓度。

同样,图5、6、9中的 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 、 V^{3+} 、 P^{5+} 、 Mn^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Ti^{2+} 质量浓度取值在龙羊峡水库水样的消失或突然减少也是由于水库本身的调节作用、离子与底泥相互作用导致的。

4 结 论

通过对取样值进行数理统计分析发现:对于含量最多的阳离子在水样中和土样中都表现出较大的稳定度, C_v 值相对较小,大多在0.5以下。土样 Ca^{2+} 的 C_v 值较大主要在于地质条件中的化学反应导致的溶解和沉积。阴离子表现出较大的不稳定性,主要原因在于土壤溶质以及湖泊区域的盐分平衡变化。对于样品中含量较少的离子:水样阳离子中 Pb^{2+} 、 Co^{+} ,土样中 Ni^{2+} 、 Cr^{6+} 的 C_v 值较大原因在于测量精度导致的数值缺失在统计过程中进行了处理的结果。而土样阳离子中的 Pb^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Fe^{3+} 等的 C_v 值较小主要原因在于这些离子本身含量较少、化学特性相对稳定、不容易在环境要素中发生迁移转化。

通过对源区干流、支流离子质量浓度与国家饮用水卫生标准的对照可以看到:除 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Na^{+} 离子超标外,其余离子(国家标准有要求的离子)的浓度均符合饮用水卫生标准,说明黄河源区作为黄河产水区,受到人类活动影响较少,水质没有受到较大污染,很大程度满足饮用水要求。

对黄河源区干流中离子质量浓度变化特征进行分析,确定了自然条件、土壤岩石类型以及水文特征对于水体离子质量浓度变化的影响,从中发现:干旱少雨的玛多以上区域,由于可熔岩在土壤中的积累,少量径流可溶解大量盐分,河水的离子总量大,玛曲以下,黑河和白河流域,由于气候十分湿润,土壤、岩石常年处于淋溶作用下,可溶盐分难以积累,河水离子总量低。

岩石、土壤对天然水的溶质成分的影响很不相同。有些岩石、土壤中的矿物较易溶于水,能给水以大量的离子,当陆地水经过这些矿物的岩石和土壤时,能够获得大量的离子。

各类水体的水文特征对于天然水溶质成分的形成也有重要的影响。循化水文站的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 远小于龙羊峡水库的相应的离子质量浓度,说明了水库能够调节水中溶质的浓度。同样,干流中的 Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 、 V^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Ti^{2+} 等在龙羊峡水库的消失和减少也是由于水库本身的调节作用,即离子与底泥相互作用导致的。

本文在样本的采集过程中,得到了刘昌明院士、中国科学院地理所张士锋副研究员、黄河水利委员会上游局鲁承阳总工、黄河水利委员会西宁勘测局卢寿德局长、黄河水利委员会刘九玉高工、宋作庭、于建平的大力帮助;在样本的处理过程中,北京师范大学的刘虹老师和张平老师提供了很大的帮

助,感谢北京师范大学何孟尝老师的指导,邓焕哲的帮助。

参考文献：

[1] 吴丽娜,王红瑞,郝芳华,等. 黄河流域水资源管理中的问题与对策[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 56~61.
[2] 陈静生,夏星辉. 近30年来黄河水质变化趋势及原因分析[J]. 环境化学, 2000, 19(2): 97~102.
[3] 陈静生,夏星辉. 我国河流化学研究进展[J]. 地理科学, 1999, 19(4): 290~294.
[4] 陶希东,石塔基,李鸣骥. 西北干旱区水资源利用与生态环境重建研究[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 18~22.
[5] 王俊德. 水文统计[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992. 99~100.

(收稿日期 2004-05-19 编辑 舒建)

(上接第36页)直接污染河道水体;③调蓄滞蓄水量可以作为农业生产用水和引清调水水源;④营造水景观,为城乡居民休养生息、美化环境提供良好条件。

在水资源保护中,人工湖泊(或湿地)的自然净化治污原理相当于自然氧化塘。因上海市一部分区(县)水域水面率不足(甚至严重不足),由此对化肥、农药等引起的农业面污染源自然缓冲和调节净化能力不足,水体富营养化严重,加之生活或工业点污染源不断的侵入,部分河道因堵塞而流动不畅,致使原有河网水系水质不断恶化,并出现黑臭现象。若采用人工湖泊,尤其是人工湿地系统,将通过其中的自然生态系统吸纳面污染源和点污染源中的污染物质,达到治理、改善水环境的目的。

另外,人工湖泊(或湿地)的自然净化治污技术还可以和水上浮床植栽治污技术结合,更有效地解决面源污染。

4 关于水景观体系的几点建议

a. 鉴于人工湖泊(湿地)在防洪除涝中的滞蓄纳涝、调蓄调水作用,建议在区域水务规划中,尤其在上海等地属平原性感潮河网的地区,适度增加人工湖泊(湿地)密度,有条件的地方可以推广“退耕(渔)建湖”或“退圩建湖”措施,遏制河道数量和水面率因土地开发利用而下降的趋势。另外,结合上海市郊区绿化用地规划及林地水面率要求(15%~20%),建议有条件的区(县)可以通过“退耕建林”工作,使两者结合,更有利于保障水安全。

b. 如前文所述,水环境治理和保护需要人工湖泊和湿地系统,而上海国际化大都市飞速发展的形势,迫切要求对水景观体系实施规模建设,且这一体系又离不开人工湖泊(含绿化植栽)和湿地系统,因此建议结合水安全保障、水环境治理和景观水系的需要综合考虑,争取起到“共赢”效果。

c. 建议景观水系规划围绕“挖湖引清蓄水、河湖植绿养水、水绿相映成景、人景和谐共融”的主体思想开展工作,坚持“沟通水系、调活水体、改善水质、营造水景”的方针,全面规划,统筹兼顾,不断营造区域安全、优美的创业、旅游和人居环境。

d. 建议在区域景观水系规划与建设中加大投、融资新体制探索力度。投、融资体制的健全可以大大加快水景观体系的建设步伐,使之走上良性滚动发展轨道,促进水务事业的全面、综合和健康发展。

参考文献：

[1] 段文忠. 河道治理与防洪工程[M]. 武汉: 湖北科学出版社, 2000. 62~83.
[2] 雷声隆. 排涝工程[M]. 武汉: 湖北科学出版社, 2000. 46~53.
[3] 刘天齐. 区域环境规划方法指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 105~124.
[4] 董先军. 生态城市论[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2002. 67~83.
[5] 宋祥甫. 水面无土栽墙[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001. 51~60.

(收稿日期 2003-09-04 编辑 徐娟)