

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第5期

Vol.33 No.5

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

区域空气质量模拟中查表法的应用研究	谢旻,王体健,江飞,李树,蔡彦枫,庄炳亮(1409)
长江三角洲地区秸秆露天焚烧大气污染物排放清单及其在空气质量模式中的应用	苏继峰,朱彬,康汉青,王红磊,王体健(1418)
北京及周边城市一元脂肪酸大气颗粒物干沉降通量及来源分析研究	徐小娟,李杏茹,王跃思,刘晨书,潘月鹏,王英锋(1425)
上海大气超细颗粒物和工业纳米颗粒的表征及细胞毒性的比较研究	张睿,吕森林,尚羽,易飞,任晶晶,郝晓洁,安静,吴明红(1431)
青岛市大气PM _{2.5} 元素组成及来源研究	李秀镇,盛立芳,徐华,屈文军(1438)
冬季天津家庭室内空气颗粒物中邻苯二甲酸酯污染研究	王夫美,陈丽,焦姣,张雷波,姬亚芹,白志鹏,张利文,孙增荣,张星梅(1446)
再悬浮装置在大气PM _{2.5} 源谱分析中的应用	段恒轶,钱冉冉,吴水平,印红玲(1452)
黔西南煤燃烧产物微量元素分布特征及富集规律研究	魏晓飞,张国平,李玲,项萌,蔡永兵(1457)
三峡水库不同运行状态下支流澎溪河水-气界面温室气体通量特征初探	蒋滔,郭劲松,李哲,方芳,白镭,刘静(1463)
香溪河库湾夏季温室气体通量及影响因素分析	王亮,肖尚斌,刘德富,陈文重,王雨春,陈小燕,段玉杰(1471)
臭氧浓度升高与土壤湿度对农田土壤微生物呼吸温度敏感性的影响	陈书涛,张勇,胡正华,史艳妹,沈小帅(1476)
托木尔峰青冰滩72号冰川径流水化学特征初步研究	赵爱芳,张明军,李忠勤,王飞腾,王圣杰(1484)
五大连池水溶性有机磷矿化特性的研究	张斌,席北斗,赵越,魏自民,白雪,王曼林(1491)
7条环太湖河流沉积物氮含量沿程分布规律	卢少勇,远野,金相灿,焦伟,吴瑶洁,任德有,周羽化,陈雷(1497)
巢湖十五里河沉积物氮磷形态分布及生物有效性	李如忠,李峰,周爱佳,童芳,钱家忠(1503)
北运河系地表水近10年来水质变化及影响因素分析	郭婧,荆红卫,李金香,李令军(1511)
东莞运河排涝对东江河网水质影响分析	孙磊,毛献忠,黄旻旻(1519)
北京平原区地下水污染源识别与危害性分级	陆燕,何江涛,王俊杰,刘丽雅,张小亮(1526)
地下水曝气修复过程的三维数值模拟	李恒震,胡黎明,王建,武晓峰,刘培斌(1532)
垂向水动力扰动机的蓝藻控制效应数值实验研究	邹锐,周璟,孙永健,嵇晓燕,岳佳,刘永(1540)
新型生物岛栅中污染物去除的微生物机制研究	高明瑜,谢慧君,王文兴(1550)
营养盐水平对念珠藻胞外有机物产生的影响	齐飞,刘晓媛,徐冰冰,黄岳,封莉,张立秋(1556)
水网藻种植水对铜绿微囊藻生长的抑制作用研究	傅海燕,柴天,赵坤,刘智峰,张明真,侯明,许鹏成(1564)
酞酸酯在模拟海河苕草微宇宙中的消减和分布特征	迟杰,杨青(1570)
电子束辐射对铜绿微囊藻毒素产生和释放的抑制作用研究	刘书宇,吴明红,姜钦鹏(1575)
青铜峡灌区典型排水沟水污特征解析	李强坤,胡亚伟,罗良国(1579)
四溴双酚A的辐射降解研究	李杰,徐殿斗,徐刚,马玲玲,吴明红(1587)
污泥基活性炭催化臭氧氧化降解水中微量布洛芬的效能研究	王红娟,齐飞,封莉,张立秋(1591)
高水力负荷对人工湿地处理精养虾塘排水效果的影响	李怀正,章星异,陈卫兵,叶剑峰(1597)
城市污水生物脱氮系统出水经氯胺消毒形成NDMA的影响因素研究	尚晓玲,李咏梅(1604)
利用淀粉基共混物作为反硝化固体碳源的研究	沈志强,吴为中,杨春平,陈佳利,王建龙(1609)
好氧污泥颗粒化过程中Zeta电位与EPS的变化特性	王浩宇,苏本生,黄丹,崔晓姣,竺建荣(1614)
活性污泥对病毒的生物吸附特性	周玉芬,郑祥,雷洋,陈迪(1621)
阴离子型聚丙烯酰胺在离子交换膜上的吸附规律	邓梦洁,于水利,时文歆,衣雪松(1625)
两性修饰膨润土对苯酚的吸附及热力学特征	李婷,孟昭福,张斌(1632)
表面活性剂对苯并[a]芘在黑炭表面吸附解吸的影响	张景环,陈春溶,张玮航,栗桂州(1639)
南京市4个污水处理厂的活性污泥中细菌的分离鉴定和抗生素耐药性分析	葛峰,郭坤,周广灿,张会娟,刘济宁,戴亦军(1646)
焦化废水中苯酚降解菌筛选及其降解性能	陈春,李文英,吴静文,李静(1652)
Xanthobacter flavus DT8降解二噁英的特性研究	金小君,陈东之,朱润晔,陈静,陈建孟(1657)
未开发油气田地地表炔氧化菌空间定量分布	满鹏,齐鸿雁,呼庆,马安周,白志辉,庄国强(1663)
矿化垃圾中氧化甲烷兼性营养菌的筛选与生物特性研究	赵天涛,项锦欣,张丽杰,全学军,赵由才(1670)
长江中游干流及22条支流表层水中多氯联苯的分布特征及其潜在风险	李昆,赵高峰,周怀东,曾敏,廖柏寒,吴正勇,张盼伟,郝红(1676)
典型血吸虫病区表层水中酚类化合物的污染特征及潜在风险	吴正勇,赵高峰,周怀东,李科林,曾敏,李昆,张盼伟,郝红(1682)
闽江福州段沉积物中多环芳烃的空间分布异质性研究	陈卫锋,倪进治,杨红玉,魏然,杨玉盛(1687)
三峡库区蓄水运用期表层沉积物重金属污染及其潜在生态风险评价	王健康,高博,周怀东,陆瑾,王雨春,殷淑华,郝红,袁浩(1693)
典型电器工业区河涌沉积物中重金属的分布和潜在生态风险	邓代永,孙国萍,郭俊,张宏涛,张琴,许政英(1700)
密云水库上游金属矿区土壤中重金属形态分布及风险评价	高彦鑫,冯金国,唐磊,朱先芳,刘文清,李宏兵(1707)
湘西花垣矿区土壤重金属污染及其生物有效性	杨胜香,袁志忠,李朝阳,龙华,唐文杰(1718)
基于GIS的某训练场土壤重金属污染评价	刘玉通,方振东,杨琴,谢朝新,王大勇,毛华军(1725)
土壤质地和湿度对SVE技术修复苯污染土壤的影响	刘少卿,姜林,姚玉君,李艳霞,刘希涛,林春野(1731)
蒙脱土、高岭土和针铁矿对DNA吸附与解吸特征	王慎阳,饶伟,王代长,张亚楠,李腾,唐冰培,杨世杰(1736)
LNAPL在砂质含水层中动态迁移的电阻率法监测试验研究	潘玉英,贾永刚,郭磊,李进军,单红仙(1744)
亚临界水解预处理稻草秸秆制备活性炭及表征	董宇,申哲民,雷阳明,王茜,刘婷婷(1753)
蓝藻好氧堆肥及其氮素损失控制的研究	任云,崔春红,刘奋武,占新华,周立祥(1760)
固定化微生物技术修复PAHs污染土壤的研究进展	钱林波,元妙新,陈宝梁(1767)
《环境科学》征订启事(1483)	《环境科学》征稿简则(1620)
信息	(1490,1496,1586,1743)

托木尔峰青冰滩 72 号冰川径流水化学特征初步研究

赵爱芳¹, 张明军^{1,2*}, 李忠勤^{1,2}, 王飞腾², 王圣杰¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室, 天山冰川观测试验站, 兰州 730000)

摘要: 利用 2008 年 8 月采集的样品, 分析了托木尔峰青冰滩 72 号冰川径流水化学特征. 结果表明, 72 号冰川水化学类型为 HCO_3^- - Ca^{2+} 型, 其离子浓度顺序为: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$. 主要离子浓度的变化趋势基本相同, 影响河水离子浓度变化的原因主要是冰川表碛覆盖区和冰川侧脊区受到降水等引起的水岩相互作用使可溶性离子融入径流, 而温度条件也是影响河流离子浓度的重要因素. 此外, 流量和离子浓度呈负相关关系. 河水中离子的来源为 3 种类型, 第一类为局地源的离子, 包括 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} ; 第二类为来源比较特殊, 基本不受其它离子影响的 NO_3^- ; 第三类为来源多样的 Ca^{2+} . 岩石及土壤风化作用是控制河水离子变化的主要因素.

关键词: 托木尔峰; 青冰滩 72 号冰川; 水化学; 冰川融水; 离子来源

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)05-1484-07

Hydrochemical Characteristics in the Glacier No. 72 of Qingbingtan, Tomur Peak

ZHAO Ai-fang¹, ZHANG Ming-jun^{1,2}, LI Zhong-qin^{1,2}, WANG Fei-teng², WANG Sheng-jie¹

(1. College of Geography and Environment Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, Tianshan Glaciological Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on the streamwater samples collected at the Glacier No. 72 of Qingbingtan from 1st to 31st August 2008, the hydrochemical characteristics were discussed. The results indicated that the anions and cations in streamwater were dominated by HCO_3^- and Ca^{2+} . The order of major ion concentrations was: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$. The ion concentrations, which was influenced by the precipitation-effected water-rock exchange of ions with the debris cover, as well as the air temperature, varied similarly. Negative correlation was found between discharge of river and ion concentrations. The ions could be subdivided into three types, ① Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- and SO_4^{2-} , which may indicate the local sources; ② NO_3^- and ③ Ca^{2+} with complex sources. Rock and soil weathering was the main factors controlling ion concentration variation in steamwater.

Key words: Tomur Peak; glacier No. 72 of Qingbingtan; hydrochemistry; glacier melt-water; ionic sources

气候变化对径流过程的影响是全球变化研究的重要部分, 在径流对气候变化的响应过程中冰雪径流对气候变化的响应最为敏感^[1]. 在我国西北内陆干旱区, 绿洲赖以生存的水资源主要来源于周围的山地, 而广泛分布于高山区的冰川所形成的径流又是山区水资源的重要组成部分^[2]. 目前, 包括天山在内的中国西部地区都开展了有关冰川径流的研究^[3-18].

天山托木尔峰地区是天山地区冰川数量最多, 规模最大的冰川分布区. 然而, 到目前为止, 国内对该区水化学的研究还极为有限, 特别是在南坡还是资料空白区. 因此, 开展托木尔峰地区冰川融水的水化学作用研究意义重大, 不仅有助于人们了解未来气候条件下山区河流水质的变化, 还可以为大气环境和高山生态环境之间的相互作用关系研究做铺垫^[19]. 本研究根据 2008 年 8 月采集的径流样品, 分

析探讨了托木尔峰青冰滩 72 号冰川(72 号冰川)融水径流的水化学特征.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

托木尔峰是天山最高峰, 海拔 7 483.5 m, 位于我国天山西段. 这里不但是天山最大的冰川作用中心, 而且也是世界上著名的山岳冰川区之一, 平均每年山区产生的径流量约为 $63.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中 56% 为冰雪融水^[20]. 托木尔峰冰川作用区主要受西风带

收稿日期: 2011-05-26; 修订日期: 2011-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(41161012); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-10-0019); 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB951003); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-EW-311); 冰冻圈科学国家重点实验室自主研究项目(SKLCS-ZZ-2010-04)

作者简介: 赵爱芳(1987~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为全球变化与冰川化学, E-mail: afzhao2008@126.com

* 通讯联系人, E-mail: mjzhang2004@163.com

的影响,有较高的海拔和较低的温度,雪线 3 900 ~ 4 500 m,降水超过 750 ~ 1 000 mm,该地区的大部分冰川是山谷型冰川。

托木尔峰青冰滩 72 号冰川 (41° 45. 51' N, 79° 54. 43' E, 冰川目录编号 5Y673P72) 位于托木尔峰区的阿克苏地区昆马力克河源头处。根据中国冰川编目,最高处和冰舌末端高度介于海拔 3 560 ~ 5 986 m 之间,平均海拔为 4 200 m,冰川面积 5. 23 km²,冰储量为 0. 398 km³,属于复合型山谷冰川。与天山其它区域典型监测冰川相比,青冰滩 72 号冰川消融强烈,是区域气候、末端海拔、冰川类型、表碛覆盖等因素综合影响的结果^[21]。青冰滩 72 号冰川冰舌区域运动速度存在明显的消融季和非消融季的差异,消融季速度偏大^[22]。

1.2 样品的采集和分析

采样水文断面位于 72 号冰川末端 1. 1 km 处,海拔 3 604 m,如图 1 所示。采样点河水来源以冰川融水补给为主,河床周围分布大量岩石及冰碛物,冰川覆盖度为 61. 5%。采用架设 SWY-20 型月记式自计水位计和水尺测量水位与流量,并在该处设有气象观测点,利用温度、湿度日记钟及标准雨量筒进行温度、湿度及降水量的观测。整个采样期内,每日定时在 14:00 点采集河水样品。全部样品运抵兰州的中国科学院冰冻圈科学国家重点实验室冷库保存,测试分析前置于室温下让其自然融化,采用 Dionex-320 离子色谱仪对 Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Ca²⁺、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺ 进行测定,详细的分析过程及原理见文献[23]。由于测量 HCO₃⁻ 所需样品数量大,而采集的样品量少,所以没有测定样品中该项离子的浓度,所有样品的 HCO₃⁻ 浓度用离子平衡法估算^[24,25]。

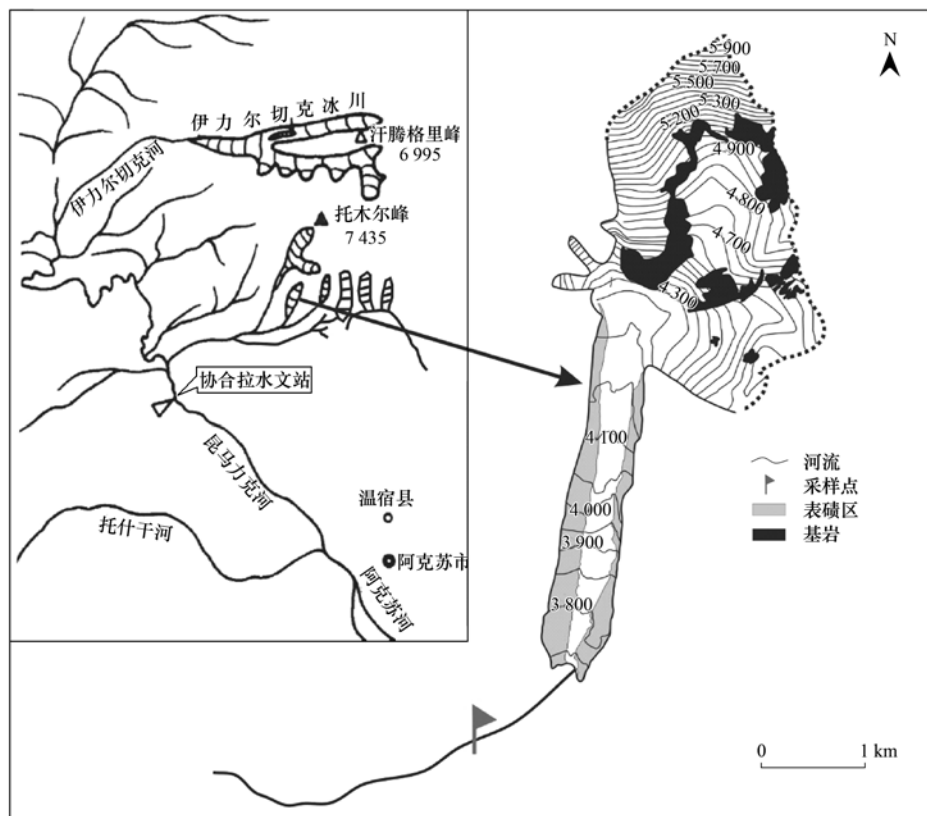


图 1 观测采样点示意

Fig. 1 Sketch map showing the study area

2 结果与讨论

2.1 河水水化学组成

对青冰滩 72 号冰川河水的水化学参数进行统计分析,见表 1。从中可见,阳离子中 Ca²⁺ 是浓度最高的离子,其平均值为 17. 78 mg·L⁻¹; Na⁺ 次之,平均浓度为 8. 26 mg·L⁻¹,且变化不大,标准差为 0. 55

mg·L⁻¹; 其次为 Mg²⁺ 和 K⁺,且二者变化不大,标准差分别为 0. 45 mg·L⁻¹ 和 1. 51 mg·L⁻¹; NH₄⁺ 浓度最小,平均浓度仅为 1. 67 mg·L⁻¹,有一些样品的浓度低于仪器检测的下限。检测的阴离子中,HCO₃⁻ 浓度最高,平均浓度为 60. 35 mg·L⁻¹; SO₄²⁻ 浓度次之,平均为 26. 88 mg·L⁻¹,且在所分析的离子中变

化最大,标准差为 12.78 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 其次为 Cl^{-} 和 NO_3^{-} , NO_3^{-} 最小,平均浓度为 6.96 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 按照前苏联学者舒卡列夫水化学类型划分方法^[26],河水离

子为 HCO_3^{-} - Ca^{2+} 型,主要离子浓度顺序为: $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^{-} > \text{Na}^{+} > \text{NO}_3^{-} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{NH}_4^{+}$.

表 1 各种离子浓度及电导率(EC) 统计信息/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Table 1 Statistic information of ion concentration and electric conductivity/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项目	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	Na^{+}	NH_4^{+}	K^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	EC ¹⁾
最大值	33.54	11.12	78.68	84.92	17.48	5.02	9.55	17.71	44.39	0.45
最小值	1.93	2.14	9.67	31.25	1.47	0.05	1.74	2.78	11.52	0.11
平均值	11.61	6.96	26.88	60.35	8.26	1.67	5.09	6.32	17.78	0.22

1) EC 的单位是: $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$

2.2 径流中各种离子的变化规律

2.2.1 主要离子相互关系

表 2 为河流主要离子的相关系数. 从中可见, Cl^{-} 与 Na^{+} 相关性最高, 为 0.89, 与 K^{+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 的正相关显著, 相关系数分别为 0.76、0.70 和 0.68. SO_4^{2-} 与 Mg^{2+} 的相关程度很高, 相关系数为 0.86, 与其他离子相关性较低. HCO_3^{-} 与 Na^{+} 、 K^{+} 相关性较高, 相关系数分别为 0.66 和 0.61, 与其他离子相关性较低. NO_3^{-} 与各离子相关性较差, 说明 NO_3^{-} 与其他离子来源不同, 其主要来源不仅有冰雪

中沉积的 NO_3^{-} , 还可能来源于土壤中微生物的硝化作用和人类活动所产生的 NO_3^{-} . Ca^{2+} 是阳离子中含量最高的, 但从相关系数看, Ca^{2+} 并未表现出与某离子的相关性很高的特点, 与其相关性最好的 Mg^{2+} 相关系数仅为 0.68, 与其它大多数离子的相关系数介于 0.32 和 0.62 之间, 这一特点说明, Ca^{2+} 的来源比较广泛. 因此, 根据各离子间的相关系数特点, 将它们分为 3 组, 组 1: 相关性较好的 Cl^{-} 、 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} 、 Na^{+} 、 K^{+} 和 Mg^{2+} ; 组 2: 基本不受其它离子影响的 NO_3^{-} ; 组 3: 有多种来源的 Ca^{2+} .

表 2 各离子浓度及电导率的相关系数矩阵¹⁾ ($N=31$)

Table 2 Correlation matrix of concentrations of the major ions and electric conductivity ($N=31$)

	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}	Na^{+}	K^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	EC
Cl^{-}									
NO_3^{-}	0.26								
SO_4^{2-}	0.68 **	0.24							
HCO_3^{-}	0.33	-0.49	0.10						
Na^{+}	0.89 **	0.13	0.54 **	0.66 **					
K^{+}	0.76 **	0.20	0.40 *	0.61 **	0.88 **				
Mg^{2+}	0.70 **	0.25	0.86 **	0.32	0.67 **	0.50 **			
Ca^{2+}	0.62 **	0.46 *	0.44 *	0.02	0.46 *	0.32	0.68 **		
EC	0.51 **	0.16	0.45 **	0.39 *	0.57 **	0.47 **	0.65 **	0.44 *	

1) ** 表示在 0.01 置信度下显著相关, * 表示在 0.05 置信度下显著相关

2.2.2 径流中离子浓度的变化特征

已有研究表明, 在我国冰川分布区, 内流河主要以积雪和冰川融水补给为主, 内流河河水化学成分的日际和月际变化与河水流量变化具有显著的关系^[27]. 图 2 为 2008 年 8 月采样期间, 河水中总离子浓度、气温、降水和流量的变化过程. 总体看来, 主要离子浓度的变化趋势基本相同, 期间主要离子共出现 6 次高值, 如图 2 所示 (P1 ~ P6). 在采样期内, 8 月 19 日之前有连续降水. 大气降水是可溶物质含量最低的水体之一, 故当河流有较多的降水补给时, 因降水的稀释作用, 河水离子总量与相应的区域降水量存在负相关关系^[28]; 而另一方面, 降水增加, 河

水补给来自大气降水形成径流量增加, 可导致冰川表碛和侧碛侵蚀增强及河流水岩相互作用的增大, 从而导致河水离子浓度增大. 对降水量与离子浓度进行相关性分析的结果表明, 降水量与总离子浓度的相关性系数为 0.34, 与 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 的相关性系数最大, 分别为 0.38 和 0.32, 与 Ca^{2+} 相关性系数最小, 仅为 0.05, 但也都呈现正相关性. 由此可见, 研究区降水对河水离子浓度存在影响, 同时也说明影响河水离子浓度变化主要是冰川表碛覆盖区和冰川侧脊区受到降水等引起的水岩相互作用使可溶性离子大量融入径流. 高值 P2、P3、P4 均是由大气降水引起的, 而 8 月 7 日出现的总离子浓度最高值 P1,

则是由于在 8 月 5 日下午出现强沙尘天气,8 月 6 日全天有浮沉的影响。

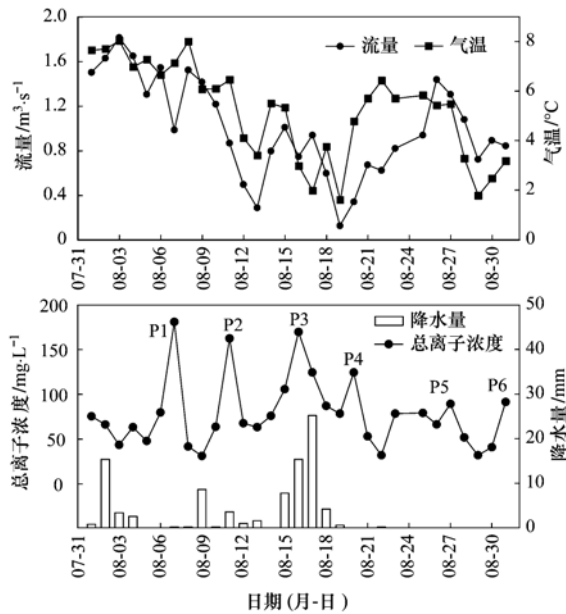


图2 采样点 2008 年 8 月间总离子浓度、气温、降水和流量的变化过程

Fig. 2 Variations of concentrations of the major ions, temperature, precipitation and runoff in August 2008

从图 2 中还可以看出,降水增加,气温相应降低,19 日之后无降水则气温相应升高. 对气温和径流量进行相关性分析,径流量与温度表现为正相关关系,相关系数为 0.686,并通过了 Sig. =0.01 的显著性检验. 对径流量与总离子浓度进行相关性分析,其相关系数为 -0.233. 赵华标^[29]、高坛光^[30]等认为,径流量增大的同时,流速增大,水体与河床接触时间相对较短,土壤及岩石中可溶盐溶于水中的也相对较少; 流量增大,冰雪融水对可溶盐含量的稀释作用加强,均导致了离子含量的降低. 离子浓度高值 P5、P6 是降水减少持续晴天时,总离子浓度随气温和径流量的变化而变化产生的,气温升高,河水主要补给来源于冰川融水,降水引起的土壤侵蚀和水岩相互作用变弱,从而导致河水离子浓度整体降低. 可见,气温影响下的冰川消融量的大小是水化学时间变化的重要因素. 对 NO₃⁻ 来说,除了具有上述 6 次高值外,浓度还出现了一些次高值,这一现象也证明了 NO₃⁻ 的来源比较特殊. 有研究表明雪冰中 NO₃⁻ 的可能性来源包括太阳活动、陆源粉尘、闪电等自然源以及其他人类源^[31].

2.3 水化学组成离子来源分析及影响因素分析

岩石和土壤的风化分解、部分大气输入和人类

输入是天然水体中的可溶性离子主要来源,通常采用 Gibbs 图式来确定离子主要来源^[32,33]. Gibbs 图可以较直观地分析各类河流的化学组成、形成原因及彼此之间的关系,是定性地判断区域岩石、大气降水及蒸发-浓缩作用等对河流水化学影响的一种重要手段. 我国河流研究中已普遍使用此方法,在冰川融水为补给的河流水化学研究中也应用^[25,30,34]

图 3 的纵坐标为对数坐标,为河水中溶解性固体总量,横坐标为普通坐标,为河水中阳离子 Na⁺/(Na⁺ + Ca²⁺)或阴离子 Cl⁻/(Cl⁻ + HCO₃⁻)的比值. 在图 3 中,一些低矿化度的河水(离子总量为 10 mg·L⁻¹左右)具有较高的 Na⁺/(Na⁺ + Ca²⁺)比值或 Cl⁻/(Cl⁻ + HCO₃⁻)比值(接近于 1),代表此种河水的点分布在图的右下角; 溶解性固体含量中等的河流(离子总量为 70 ~ 300 mg·L⁻¹)具有较低的 Na⁺/(Na⁺ + Ca²⁺)比值或 Cl⁻/(Cl⁻ + HCO₃⁻)比值(<0.5),代表此种河水的点分布在图的中部左侧; 溶解性固体含量最高的河流(如干旱区的河流)又具有较高的 Na⁺/(Na⁺ + Ca²⁺)比值或 Cl⁻/(Cl⁻ + HCO₃⁻)比值(接近于 1),代表此种河水的点分布在图的右上角. Gibbs 认为,上述第 1 种情形反映了该区域大气降水的性质; 第 2 种情形反映了岩石组分对河水的影响; 第 3 种情形反映了干旱地区蒸发浓缩作用对河水的影响^[35].

从图 3 中可以看到 72 号冰川的水化学资料点落于图的左侧中部,Na⁺/(Na⁺ + Ca²⁺)比值在 0.1 ~ 0.6 范围之间,Cl⁻/(Cl⁻ + HCO₃⁻)比值在 0.05 ~ 0.4 之间,TDS 在 50 ~ 300 mg·L⁻¹之间,就整体而言符合第 2 种情形,即处于风化作用控制区,说明 72 号冰川作用区河流中离子主要来源于水岩作用过程.

为进一步确定各种离子的可能性来源,笔者应用主成分分析对这些离子进行了分析,如表 3 所示.

表 3 各离子与电导率的因子载荷

Table 3 Factor loadings of the ions and electric conductivity		
变量	因子 1	因子 2
Cl ⁻	0.912	0.017
NO ₃ ⁻	0.236	0.669
SO ₄ ²⁻	0.740	0.070
Na ⁺	0.924	-0.268
NH ₄ ⁺	0.485	-0.836
K ⁺	0.798	-0.341
Mg ²⁺	0.870	0.200
Ca ²⁺	0.669	0.683
HCO ₃ ⁻	0.635	0.109
EC	0.702	0.098
特征值	4.769	1.858
解释的方差量/%	53.0	20.6

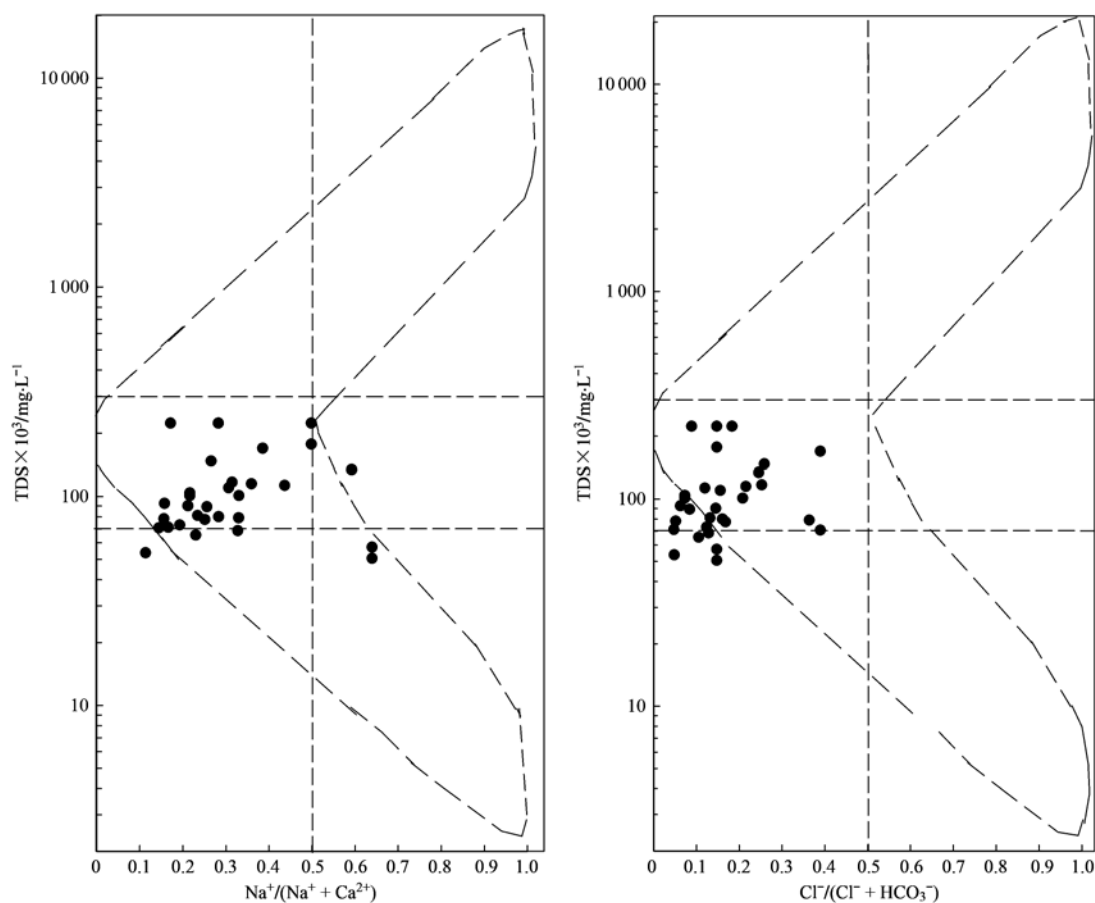


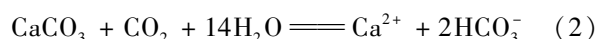
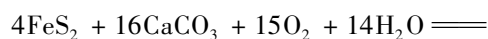
图3 72号冰川融水 Gibbs 图

Fig. 3 Gibbs diagram of meltwater in Glacier No. 72

结果表明,在组1中 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 和 Mg^{2+} 在第一主成分中所占贡献率较高,因此,第一主成分可能反映的是局地源的物质.第一主成分中,除了组1离子外, Ca^{2+} 的因子载荷也较大,为0.621,但同时, Ca^{2+} 在第二主成分中所占的因子载荷也较大,为0.668,因此,可以推断 Ca^{2+} 的影响因素很多,来源比较复杂,这与根据离子之间相关系数得到的结果相一致.第二主成分中,除 Ca^{2+} 外,因子载荷最大的为 NO_3^- ,除这2种离子外,其它离子所占的载荷均较少,这也说明 NO_3^- 的来源与其它离子明显不同.

Gibbs图已经说明影响本区地表水水化学性质的主要过程是岩石的风化,取样点河床周围分布大量岩石及冰碛物,这些物质主要来自周围山区的花岗岩、闪长岩、片麻岩、砂岩及页岩等硅质结晶片岩,并有大量的黑云母花岗岩,主要组成矿物为长石、石英、黑白云母等,这些矿物富含Na、Mg、Si、S、C等元素^[36].花岗岩与含铁矿物在弱酸性环境下发生水化学反应,经过水岩离子交换过程和化学反应导致控

制断面径流中各离子浓度远高于大气降水:



Ca^{2+} 和 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 是阴阳离子中含量最高的离子,但相关系数不高,说明其具有一定的相关性,同时还受到其他因素的影响.由相关性分析已知, Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 的相关系数较高,且研究期内出现了明显的沙尘天气,而 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 被广泛地认为与粉尘有关^[37,38],因此粉尘输入可能对径流中 Ca^{2+} 有一定影响.

在Gibbs的模型之中,并没有考虑到积雪和冰川融水对径流的影响.冰川积累区雪坑中离子淋溶以及冰川消融区新降雪和老冰融化以后形成的冰川融水的化学性质影响着径流的化学性质.表4中可以看出,河水中的离子浓度(c_r)远高于冰川区雪坑离子的浓度(c_g),在以冰川补给为主的河流,气温是影响河水化学组成的重要因素,气温降低时,低浓度的冰川融水减少,从而河流流量减少,流速变慢,水-岩接触时间长,离子含量增加.

表 4 青冰滩 72 号冰川河水与冰川积累区雪坑
化学离子比值(c_r/c_g)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Table 4 Concentration ratio of ions in riverwater and snowpit at
accumulation zone in Glacier No. 72/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

雪坑	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
新雪	42.2	187.1	9.9	11.0	40.2	49.0	89.9
老雪	79.4	33.1	5.5	13.1	28.6	13.5	79.4

3 结论

(1)河水离子以 HCO_3^- - Ca^{2+} 型,主要离子浓度顺序为: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$,其平均浓度分别为 60.35、26.88、17.78、11.61、8.26、6.96、6.32、5.09、1.67 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

(2)径流中主要离子浓度的变化趋势基本相同,除 NO_3^- 、 Ca^{2+} 以外其他离子正相关显著。降水量与离子浓度正相关显著,由降水等引起的冰川表碛覆盖区和冰川侧脊区的水岩相互作用使大量可溶性离子进入径流而影响河水离子浓度变化,同时温度条件也是影响河流离子浓度的重要因素。此外,流量和离子浓度呈负相关关系。

(3)河水中离子的来源为三种类型,第一类局地源的离子, Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} ;第二类为来源比较特殊,基本不受其它离子影响的 NO_3^- ;第三类为来源多样的 Ca^{2+} 。

(4)对河水中离子来源的初步分析得出,控制河水离子变化的主要因素为岩石及土壤风化作用(水-岩交换过程),冰川融水作用不容忽视。

致谢:本研究所使用资料是青冰滩 72 号冰川考察队全体队员艰辛工作的结果,在此对参加此项工作的所有人员深表感谢。

参考文献:

[1] Watson R, Zinyowera M. Impacts adaptation and mitigation of climate change scientific technical anal uses [M]. Climate Change Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 248-249.

[2] 叶佰生, 韩添丁, 丁永建. 西北地区冰川径流变化的某些特征 [J]. 冰川冻土, 1999, 21(1): 54-58.

[3] 张文敬, 王平. 南迦巴瓦峰地区冰川冰、雪、水的地球化学特征 [J]. 山地研究, 1984, 2(3): 155-164.

[4] 皇翠兰, 蒲健辰. 西大滩煤矿冰川区冰川冰、雪和河水的阳离子特征 [J]. 冰川冻土, 1995, 17(3): 283-288.

[5] 盛文坤, 王宁练, 蒲健辰. 唐古拉山冬克玛底冰川作用区的水化学特征 [J]. 冰川冻土, 1996, 18(3): 235-243.

[6] 秦翔, 秦大河, 皇翠兰, 等. 珠穆朗玛峰北坡绒布冰川区水体的化学特征 [J]. 环境科学, 1999, 20(1): 1-6.

[7] 蒲健辰, 王平, 皇翠兰. 长江江源地区冰川冰、雪、水的化学特征 [J]. 环境科学, 1988, 9(4): 14-19.

[8] 任贾文. 祁连山党河南山扎子沟 29 号冰川区雪、降水和地表水化学特征研究 [J]. 冰川冻土, 1999, 21(2): 151-154.

[9] 马金珠, 李相虎, 黄天明, 等. 石羊河流域水化学演化与地下水补给特征 [J]. 资源科学, 2005, 27(3): 117-122.

[10] 何元庆, 庞洪喜, 卢爱刚, 等. 中国西部不同类型冰川区积雪及其融水径流中稳定同位素比率的时空变化及其气候效应 [J]. 冰川冻土, 2006, 28(1): 22-28.

[11] 骆鸿珍. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川的水化学特征 [J]. 冰川冻土, 1983, 5(2): 55-64.

[12] 刘风景, 杨大庆, Williams M. 天山乌鲁木齐河融雪径流的“离子脉冲”现象初探 [J]. 科学通报, 1997, 42(4): 417-419.

[13] 李翠林, 侯书贵, 秦大河. 天山乌鲁木齐河源径流水化学空间差异及其控制因素 [J]. 冰川冻土, 2003, 25(1): 72-76.

[14] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银, 等. 托木尔峰南坡冰川水文特征及其对径流的影响分析 [J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 570-575.

[15] 金爽, 张明军, 李忠勤, 等. 托木尔峰青冰滩 72 号冰川水文气象特征初步分析 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8587-8589.

[16] 王建, 丁永建, 徐君利, 等. 西天山科其喀尔冰川消融径流的水化学分析 [J]. 环境科学, 2006, 27(7): 1305-1311.

[17] 刘腊山, 任贾文, 秦大河. 珠穆朗玛峰绒布河源区河水化学特征 [J]. 环境科学, 2000, 21(5), 59-63.

[18] 黄衍初, 单孝全, 金龙珠, 等. 南迦巴瓦峰地区水的环境背景值研究 [J]. 环境科学, 1986, 7(6): 57-64.

[19] 刘风景, Williams M, 程国栋, 等. 天山乌鲁木齐河融雪和河川径流的水文化学过程 [J]. 冰川冻土, 1999, 21(3): 213-219.

[20] 苏珍, 宋国平, 王立伦, 等. 托木尔峰地区的现代冰川 [A]. 见: 天山托木尔峰地区的冰川与气象 [C]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985. 32-88.

[21] 王璞玉, 李忠勤, 曹敏, 等. 近 45 年来托木尔峰青冰滩 72 号冰川变化特征 [J]. 地理科学, 2010, 30(6): 962-967.

[22] 曹敏, 李忠勤, 李慧林. 天山托木尔峰地区青冰滩 72 号冰川表面运动速度特征研究 [J]. 冰川冻土, 2011, 33(1): 21-29.

[23] 赵中平, 李忠勤. 离子色谱法测定大气气溶胶中的可溶性离子 [J]. 现代科学仪器, 2004, (5): 46-49.

[24] 鞠建廷, 朱立平, 汪勇, 等. 藏南普莫雍错流域水体离子组成与空间分布及其环境意义 [J]. 湖泊研究, 2008, 20(5): 591-599.

[25] 王君波, 朱立平, 鞠建廷, 等. 西藏纳木错东部湖水及入湖河流水化学特征初步研究 [J]. 地理科学, 2009, 29(2): 288-293.

[26] Brown G H. Glacier meltwater hydrochemistry [J]. Applied Geochemistry, 2002, 17(7): 855-883.

[27] 盛文坤, 朱守森. 天山乌鲁木齐河中上游的水化学特征 [J]. 环境科学, 1987, 8(4): 12-18.

[28] 张利田, 陈静生. 我国河水主要离子组成与区域自然条件的关系 [J]. 地理科学, 2000, 20(3): 236-240.

[29] 赵华标, 姚檀栋, 徐柏青. 慕士塔格卡尔塔马克冰川作用区

- 的水文与水化学特征[J]. 冰川冻土, 2006, **28**(2): 269-275.
- [30] 高坛光, 康世昌, 张强弓, 等. 青藏高原纳木错流域河水主要离子化学特征及来源[J]. 环境科学, 2008, **29**(11): 3009-3016.
- [31] 王圣杰, 张明军, 王飞腾, 等. 雪冰中 NO_3^- 浓度记录的研究进展[J]. 冰川冻土, 2010, **32**(6): 1162-1169.
- [32] Lasaga A C, Soler J M, Ganor J, *et al.* Chemical weathering rate laws and global geochemical cycles [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1994, **58**(10): 2361-2386.
- [33] Gibbs R J. Mechanisms controlling world water chemistry[J]. *Science*, 1970, **170**(3962): 1088-1090.
- [34] 武小波, 李全莲, 宋高举, 等. 祁连山七一冰川融水化学组成及演化特征[J]. 环境科学, 2008, **29**(3): 613-618.
- [35] 夏星辉, 张利田, 陈静生. 岩性和气候条件对长江水系河水主要离子化学的影响[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2000, **36**(2): 246-252.
- [36] 中国科学院登山科学考察队. 天山托木尔峰地区的冰川与气象[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985. 143-156.
- [37] 董志文, 李忠勤, 王飞腾, 等. 天山乌鲁木齐河源冰川积雪内不溶粉尘特征: 沙尘与非沙尘活动季节的比较[J]. 环境科学, 2009, **30**(6): 1817-1825.
- [38] Wang F T, Li Z Q, You X N, *et al.* Seasonal evolution of aerosol stratigraphy in ürümqi glacier No. 1 percolation zone, eastern Tien Shan, China[J]. *Annals of Glaciology*, 2006, **43**(1): 245-249.

《环境科学》编辑部关于启用编辑信息管理系统公告

《环境科学》编辑部已经开通本刊网站并启用编辑信息管理系统(网站地址:<http://www.hjcx.ac.cn>). 该系统能实现在线投稿、在线审稿、期刊浏览检索等功能,欢迎广大作者、读者和审稿专家使用. 目前我刊所有来稿都通过网站编辑信息管理系统进行. 作者使用编辑信息管理系统投稿时请先进行注册,注册完毕后以作者身份登录,按照页面上给出的提示投稿即可. 如果您在使用过程中有问题,请及时与我刊编辑部联系.

邮政地址:北京市海淀区双清路18号《环境科学》编辑部

邮 编:100085

电 话:010-62941102, 010-62849343

传 真:010-62849343

E-mail:hjcx@rcees.ac.cn

网 址:www.hjcx.ac.cn

CONTENTS

Using Look-up Table Method in the Simulation of Regional Atmospheric Environment	XIE Min, WANG Ti-jian, JIANG Fei, <i>et al.</i> (1409)
Applications of Pollutants Released from Crop Residues at Open Burning in Yangtze River Delta Region in Air Quality Model	SU Ji-feng, ZHU Bin, KANG Han-qing, <i>et al.</i> (1418)
Atmospheric Dry Deposition Flux and Sources of Monocarboxylic Acids in Beijing and Surrounding Cities	XU Xiao-juan, LI Xing-ru, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (1425)
Comparison of Physicochemical Characterization of Shanghai Ambient Ultrafine Particles and Engineered Nano Particles and Their Cytotoxicity	 ZHANG Rui, LÜ Sen-lin, SHANG Yu, <i>et al.</i> (1431)
Element Compositions and Source of PM _{2.5} Aerosols in Qingdao	LI Xiu-zhen, SHENG Li-fang, XU Hua, <i>et al.</i> (1438)
Phthalate Esters Pollution in Household Indoor Air Particles of Tianjin in Winter	WANG Fu-mei, CHEN Li, JIAO Jiao, <i>et al.</i> (1446)
Application of a Resuspension Test Chamber in PM _{2.5} Source Profile Analysis	DUAN Heng-yi, QIAN Ran-ran, WU Shui-ping, <i>et al.</i> (1452)
Distribution and Enrichment of Trace Elements in Coal Combustion Products from Southwestern Guizhou	WEI Xiao-fei, ZHANG Guo-ping, LI Ling, <i>et al.</i> (1457)
Air-Water Surface Greenhouse Gas Flux in Pengxi River at Different Operational Stages of the Three Gorges Reservoir	JIANG Tao, GUO Jing-song, LI Zhe, <i>et al.</i> (1463)
Fluxes of Greenhouse Gases from Xiangxi River in Summer and Their Influencing Factors	WANG Liang, XIAO Shang-bin, LIU De-fu, <i>et al.</i> (1471)
Effects of Elevated Ozone Concentration and Soil Moisture on Temperature Sensitivity of Soil Microbial Respiration in a Cropland	CHEN Shu-tao, ZHANG Yong, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (1476)
Hydrochemical Characteristics in the Glacier No. 72 of Qingbingtan, Tomur Peak	ZHAO Ai-fang, ZHANG Ming-jun, LI Zhong-qin, <i>et al.</i> (1484)
Mineralization Characteristics of Dissolved Organic Phosphorus in Wudalianchi Lake, China	ZHANG Bin, XI Bei-dou, ZHAO Yue, <i>et al.</i> (1491)
Speciation Distribution of Nitrogen in Sediments of 7 Rivers around Taihu Lake	LU Shao-yong, YUAN Ye, JIN Xiang-can, <i>et al.</i> (1497)
Distribution and Bioavailability of Nitrogen and Phosphorus Species in the Sediments from Shiwuli Stream in Lake Chaohu	LI Ru-zhong, LI Feng, ZHOU Ai-jia, <i>et al.</i> (1503)
Surface Water Quality of Beiyun Rivers Basin and the Analysis of Acting Factors for the Recent Ten Years	GUO Jing, JING Hong-wei, LI Jin-xiang, <i>et al.</i> (1511)
Water Quality Impact of Dongjiang River Network Caused by Dongguan Canal Drainage	SUN Lei, MAO Xian-zhong, HUANG Min-min (1519)
Groundwater Pollution Sources Identification and Grading in Beijing Plain	LU Yan, HE Jiang-tao, WANG Jun-jie, <i>et al.</i> (1526)
3D Numerical Simulation of Air Sparging Remediation Process	LI Heng-zhen, HU Li-ming, WANG Jian, <i>et al.</i> (1532)
Numerical Experiment Study on the Algae Suppression Effect of Vertical Hydrodynamic Mixers	ZOU Rui, ZHOU Jing, SUN Yong-jian, <i>et al.</i> (1540)
Microbial Mechanism of Pollutants Removal in New Biological Island Grid	GAO Ming-yu, XIE Hui-jun, WANG Wen-xing (1550)
Effect of Nutrition Level of Phosphorus and Nitrogen on the Metabolism of the Extracellular Organic Matter of <i>Nostoc flagelliforme</i>	QI Fei, LIU Xiao-yuan, XU Bing-bing, <i>et al.</i> (1556)
Inhibitory Effects of Liquor Cultured with <i>Hydrodictyon reticulatum</i> on the Growth of <i>Microcystis aeruginosa</i>	FU Hai-yan, CHAI Tian, ZHAO Kun, <i>et al.</i> (1564)
Removal and Distribution of Phthalate Acid Esters in <i>Potamogeton crispus</i> L. Microcosm of Haihe River	 CHI Jie, YANG Qing (1570)
Control and Removal of Microcystin Production of <i>Microcystis aeruginosa</i> by Irradiation of Electron Beam	LIU Shu-yu, WU Ming-hong, JIANG Qin-peng (1575)
Source Characteristics Analysis of Discharge and Pollutants in Typical Drainage Ditch of Qingtongxia Irrigation District	LI Qiang-kun, HU Ya-wei, LUO Liang-guo (1579)
Degradation of TBBPA by Electron Beam Radiolysis	LI Jie, XU Dian-dou, XU Gang, <i>et al.</i> (1587)
Catalytic Ozonation of Ibuprofen in Aqueous Solution by Activated Carbon Made from Sludge and Corn Cob	WANG Hong-juan, QI Fei, FENG Li, <i>et al.</i> (1591)
Effect of High Hydraulic Loading on Intensive Shrimp Aquaculture Wastewater Treatment Performance in Constructed Wetland	LI Huai-zheng, ZHANG Xing-yi, CHEN Wei-bing, <i>et al.</i> (1597)
Factors Influencing the Formation of NDMA During Chloramination Disinfection of Effluent from Biological Nitrogen Removal System for the Treatment of Municipal Sewage	 SHANG Xiao-ling, LI Yong-mei (1604)
Denitrification Using Starch/PCL Blends as Solid Carbon Source	SHEN Zhi-qiang, WU Wei-zhong, YANG Chun-ping, <i>et al.</i> (1609)
Profiles of Zeta Potential and EPS in Granulation Process of Aerobic Sludge	WANG Hao-yu, SU Ben-sheng, HUANG Dan, <i>et al.</i> (1614)
Biosorption Characteristics of f2 Bacteriophage onto Activated Sludge	ZHOU Yu-fen, ZHENG Xiang, LEI Yang, <i>et al.</i> (1621)
Adsorption of Anionic Polyacrylamide on the Surface of Ion Exchange Membranes	DENG Meng-jie, YU Shui-li, SHI Wen-xin, <i>et al.</i> (1625)
Adsorption of Amphoteric Modified Bentonites to Phenol and Its Thermodynamics	LI Ting, MENG Zhao-fu, ZHANG Bin (1632)
Effect of Surfactants on Sorption and Desorption of Benzo[<i>a</i>]pyrene onto Black Carbon	ZHANG Jing-huan, CHEN Chun-rong, ZHANG Wei-hang, <i>et al.</i> (1639)
Isolation and Identification of Bacteria in the Activated Sludge from Four Sewage Treatment Plants in Nanjing City and Its Antibiotic Resistance Analysis	 GE Feng, GUO Kun, ZHOU Guang-can, <i>et al.</i> (1646)
Screening and Characterization of Phenol Degrading Bacteria for the Coking Wastewater Treatment	CHEN Chun, LI Wen-ying, WU Jing-wen, <i>et al.</i> (1652)
Characteristics of 1,4-Dioxane Degradation by <i>Xanthobacter flavus</i> DT8	JIN Xiao-jun, CHEN Dong-zhi, ZHU Run-ye, <i>et al.</i> (1657)
Spatial Quantitative Distribution of Hydrocarbon-Oxidizing Bacteria of Unexploited Oil and Gas Fields	MAN Peng, QI Hong-yan, HU Qing, <i>et al.</i> (1663)
Screening and Biological Characteristics of Amphitrophic Methane-Oxidizing Bacteria from Aged-Refuse	ZHAO Tian-tao, XIANG Jin-xin, ZHANG Li-jie, <i>et al.</i> (1670)
Distribution Characteristics and Potential Risk of PCBs in Surface Water from 22 Tributaries and Mainstream in Middle Reaches of Yangtze River	 LI Kun, ZHAO Gao-feng, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (1676)
Pollution Characteristics and Potential Risks of Phenolic Compounds in Schistosomiasis Epidemic Areas	WU Zheng-yong, ZHAO Gao-feng, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (1682)
Spatial Heterogeneity and Autocorrelation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Sediment of Minjiang River in Fuzhou City	CHEN Wei-feng, NI Jin-zhi, YANG Hong-yu, <i>et al.</i> (1687)
Heavy Metals Pollution and Its Potential Ecological Risk of the Sediments in Three Gorges Reservoir During Its Impounding Period	WANG Jian-kang, GAO Bo, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (1693)
Investigation on the Distribution and Potential Ecological Risk of Heavy Metal in the Sediments from Typical Electrical Industrial Zone	DENG Dai-yong, SUN Guo-ping, GUO Ju, <i>et al.</i> (1700)
Fraction Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Iron and Gold Mine Soil of Miyun Reservoir Upstream	GAO Yan-xin, FENG Jin-guo, TANG Lei, <i>et al.</i> (1707)
Heavy Metal Contamination and Bioavailability in Huayuan Manganese and Lead/Zinc Mineland, Xiangxi	YANG Sheng-xiang, YUAN Zhi-zhong, LI Zhao-yang, <i>et al.</i> (1718)
Evaluation of Heavy Metal Pollution in Soils from a Training Ground Based on GIS	LIU Yu-tong, FANG Zhen-dong, YANG Qin, <i>et al.</i> (1725)
Effects of Soil Texture and Water Content on Remediation of SVE on Soils Contaminated by Benzene	LIU Shao-qing, JIANG Lin, YAO Yu-jun, <i>et al.</i> (1731)
Characteristics of DNA Adsorption and Desorption in Montmorillonite, Kaoline and Goethite	WANG Shen-yang, RAO Wei, WANG Dai-zhang, <i>et al.</i> (1736)
LNAPL Migration Monitoring in Simulated Sand Aquifer Using Resistivity Method	PAN Yu-ying, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (1744)
Preparation and Characterization of Activated Carbon from Rice Straw Pre-treated by the Subcritical Hydrolysis	DONG Yu, SHEN Zhe-min, LEI Yang-ming, <i>et al.</i> (1753)
Study on Composting of Cyanobacteria Amended with Different N Loss Inhibitor	REN Yun, CUI Chun-hong, LIU Fen-wu, <i>et al.</i> (1760)
Research Progress About Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Contaminated Soil with Immobilized Microorganism Technique	 QIAN Lin-bo, YUAN Miao-xin, CHEN Bao-liang (1767)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2012年5月15日 33卷 第5期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 5 May 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人