

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第35卷 第6期

Vol.35 No.6

2014

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

北京地区冬夏季持续性雾-霾发生的环境气象条件对比分析..... 廖晓农, 张小玲, 王迎春, 刘伟东, 杜佳, 赵玲慧 (2031)

阜康大气气溶胶中水溶性无机离子粒径分布特征研究 苗红妍, 温天雪, 王跃思, 刘子锐, 王丽, 兰中东 (2045)

上海地铁站台大气颗粒物中过渡金属研究 包良满, 雷前涛, 谈明光, 李晓林, 张桂林, 刘卫, 李燕 (2052)

七一冰川地区苔藓中重金属元素含量研究 马娟娟, 李真 (2060)

冬季东海、南黄海 DMS 和 DMSP 浓度分布及影响因素研究 宋以柱, 张洪海, 杨桂朋 (2067)

大亚湾石化排污海域重金属污染及生态风险评价 徐姗姗, 李纯厚, 徐娇娇, 肖雅元, 林琳, 黄小平 (2075)

深圳水库群表层水中全氟化合物的分布特征 王鑫璇, 张鸿, 何龙, 沈金灿, 柴之芳, 杨波, 王艳萍 (2085)

表层岩溶泉水中多环芳烃污染特征及来源解析 孙玉川, 沈立成, 袁道先 (2091)

桂江主要离子及溶解无机碳的生物地球化学过程 唐文魁, 陶贞, 高全洲, 毛海若, 姜光辉, 焦树林, 郑雄波, 张乾柱, 马赞文 (2099)

汾河源区不同景观带水文过程研究 杨永刚, 李彩梅, 秦作栋, 邹松兵 (2108)

北京市通州区地下水分层质量评价及水化学特征 郭高轩, 琚宜文, 翟航, 许亮, 沈媛媛, 纪轶群 (2114)

光透法定量两相流中流体饱和度的模型及其应用 章艳红, 叶淑君, 吴吉春 (2120)

紫色土坡耕地氮淋溶过程及其环境健康效应 陈维梁, 高扬, 林勇明, 朱波, 徐亚娟, 于贵瑞, 吴承祯 (2129)

基于非点源溶解态氮负荷估算的率水流域土地利用结构优化研究 陆宇超, 毕孟飞, 李泽利, 沙健, 王玉秋, 钱丽萍 (2139)

镇江老城区古运河沉积物氮及有机质垂向分布及污染评价 周晓红, 李义敏, 周艺, 卫安平, 周广顺, 肖思思 (2148)

两种沉水植物对上覆水和间隙水中可溶性无机氮的影响 杨文斌, 李阳, 孙共献 (2156)

湖泊沉积物短时间反复扰动下悬浮物上生物有效磷的动态变化 武晓飞, 李大鹏 (2164)

不同扰动强度下城市重污染河道底泥对磷吸收和固定的影响 王尚, 李大鹏 (2171)

池塘残饵对底泥氮、磷释放影响的模拟研究 吕元蛟, 李瑞娇, 张念, 赵峰, 谢从新, 张敏 (2178)

再悬浮过程中河流底泥 PAHs 的迁移与释放 王晓慧, 毕春娟, 韩景超 (2185)

低分子有机酸对汞氧化还原反应的影响 赵士波, 孙荣国, 王定勇, 王小文, 张成 (2193)

活性炭催化过氧化氢去除荧光增白剂 刘海龙, 张忠民, 赵霞, 焦茹媛 (2201)

准分子灯光照降解水中烷基酚的动力学 刘玉海, 叶招莲, 文颖频, 毕承路 (2209)

AF + BAF 用于处理树脂化工集中区废水厂尾水的研究 涂勇, 刘伟京, 张耀辉, 徐军, 唐敏, 陈勇, 白永刚 (2216)

镉(II)-8-羟基喹啉分子印迹聚合物微球的合成及吸附性能研究 杨春艳, 陈复彬, 赵慧, 常自强, 章竹君 (2223)

微气泡曝气生物膜反应器同步硝化反硝化研究 刘春, 年永嘉, 张静, 张明, 张磊, 龚鹏飞, 肖太民, 李星 (2230)

聚乳酸/淀粉固体缓释碳源生物反硝化研究 唐丹琦, 王娟, 郑天龙, 刘建国, 汪群慧 (2236)

丝状菌膨胀对无纺布生物反应器处理效果及膜污染特征的影响 侍宽, 薛罡, 高品, 吴凡 (2241)

聚合氯化铝去除污泥水中磷的工艺优化 周振, 胡大龙, 乔卫敏, 陈冠翰, 蒋玲燕, 李震, 麦穗海 (2249)

鄱阳湖持久性有机污染物 (POPs) 长距离传输潜力模拟 弓晓峰, 向洪锐, 陈春丽, 周文斌, 王佳佳, 刘春英, 曾艳 (2256)

基于不确定性分析的垃圾焚烧烟气中重金属的土壤沉积及生态风险评估 廖志恒, 孙家仁, 吴兑, 范绍佳, 任明忠, 吕家扬 (2264)

农药企业场地土壤中苯系物污染风险及管理对策 谭冰, 王铁宇, 李奇锋, 张海燕, 庞博, 朱朝云, 王道涵, 吕永龙 (2272)

渤海湾海域 10 种鱼类中二噁英类及指示性多氯联苯的污染特征研究及风险评价 王莎莎, 高丽荣, 田益玲, 朱帅, 张芹 (2281)

基于荧光传感器 F_{rex} 的特性检测水质环境中生物毒性物质 赵巍, 汪钊, 蔡强, 欧文斌, 孟凡国 (2287)

对苯二酚抑制铜绿微囊藻生长下藻毒素的产生与释放 张元春, 梁文艳, 赵远, 李飞贞, 曹敬灿, 胡绍杰 (2294)

基于沼液的培养基及产油小球藻藻种选育 赵凤敏, 梅帅, 曹有福, 丁进锋, 徐嘉杰, 李树君 (2300)

酸性矿山废水库周边土壤微生物多样性及氨氧化菌群落研究 刘莹, 王丽华, 郝春博, 李璐, 李思远, 冯传平 (2305)

河蚬 (*Corbicula fluminea*) 扰动对表层沉积物中氨氧化菌群落结构和丰度的影响 王雪, 赵大勇, 曾巾, 余多慰, 吴庆龙 (2314)

海洋油气田沉积物产甲烷活性及微生物生态 田琪, 王佳, 范晓蕾, 罗生军, 郭荣波, 邱艳玲 (2322)

DGGE 及 T-RFLP 分析光照下电位对细菌群落的影响 吴义诚, 邓欢, 肖勇, 赵峰 (2328)

重金属抗性解磷细菌的磷溶解特性研究 田江, 彭霞薇, 李霞, 孙雅君, 冯红梅, 江泽平 (2334)

1 株耐冷兼性嗜碱好氧反硝化菌的分离鉴定及反硝化特性 王兆阳, 陈国耀, 姜珂, 许培雅 (2341)

黑麦草-丛枝菌根对不同番茄品种抗氧化酶活性、镉积累及化学形态的影响 江玲, 杨芸, 徐卫红, 王崇力, 陈蓉, 熊仕娟, 谢文文, 张进忠, 熊治庭, 王正银, 谢德体 (2349)

黄河三角洲区土壤活性氮对盐分含量的响应 李玲, 仇少君, 陈印平, 赵西梅, 刘京涛, 陆兆华 (2358)

宁南山区不同草地土壤原位矿化过程中氮素的变化特征 蒋跃利, 赵彤, 闫浩, 黄懿梅 (2365)

长期施用四环素残留猪粪对土壤中耐药菌及抗性基因形成的影响 张俊, 杨晓洪, 葛峰, 王娜, 焦少俊, 叶波平 (2374)

长期不同耕作方式对紫色水稻土重金属含量及有效性的影响 常同举, 崔孝强, 阮震, 赵秀兰 (2381)

伊犁河流域土壤重金属环境地球化学基线研究及污染评价 赵新儒, 特拉津·那斯尔, 程永毅, 詹江渝, 杨剑虹 (2392)

江苏如东互花米草盐沼湿地重金属分布及其污染评价 张龙辉, 杜永芬, 王丹丹, 高抒, 高文华 (2401)

小流域农业面源氮污染时空特征及与土壤呼吸硝化关系分析 欧阳威, 蔡冠清, 黄浩波, 耿晓君 (2411)

保护性耕作下小麦田土壤呼吸及碳平衡研究 张赛, 王龙昌, 黄召存, 贾会娟, 冉春燕 (2419)

米楮天然林和人工林土壤呼吸的比较研究 吴君君, 杨智杰, 翁发进, 刘小飞, 陈朝琪, 林伟盛, 王小红, 陈坦 (2426)

水力停留时间对复合式厌氧折流板反应器乙醇型发酵制氢系统的影响 刘晓焯, 张洪, 李永峰 (2433)

《环境科学》征订启事 (2208) 《环境科学》征稿简则 (2400) 信息 (2084, 2200, 2229, 2391)

北京市通州区地下水分层质量评价及水化学特征

郭高轩^{1,2}, 琚宜文¹, 翟航³, 许亮², 沈媛媛², 纪轶群²

(1. 中国科学院大学地球科学学院, 北京 100049; 2. 北京市水文地质工程地质大队, 北京 100195; 3. 中兵勘察设计研究院, 北京 100053)

摘要: 为准确掌握通州地区地下水质量状况, 并从水化学角度探讨其分布特征. 基于研究区的地质和水文地质条件, 将 2008 年 6 月采集的 151 个地下水样分为浅、中、深层. 按照 *F* 值评分法进行了分层综合质量评价. 并采用数理统计方法, 分别计算了上游、中游和下游每一个含水层特征指标算数平均值和方差. 结果表明研究区内地下水均属于偏碱性水, 地下水由浅到深, 水质的均一性增强, 水质逐渐变好. 浅、中、深层地下水超Ⅲ类水的面积分别为 884、599 和 94 km². 研究区超标组分主要为 TDS、硬度、氨氮、氟化物和总铁(包含 Fe³⁺ 和 Fe²⁺), 且多数超标样点属于浅层和中层水样. 浅层地下水化学类型主要为 HCO₃-Ca·Mg 型和 HCO₃·Cl-Ca·Na·Mg 型, 中深层地下水化学类型则主要由于 Na⁺、SO₄²⁻ 和 Cl⁻ 浓度的上升, 多数表现为 HCO₃-Na·Ca 型和 HCO₃·SO₄-Na·Ca 型共同组成. 浅层地下水水质主要受人类活动的影响, 而中、深层地下水水质变差的原因则是人类活动和天然劣质水存在的双重因素所致.

关键词: 地下水; 质量评价; 地下水水化学; 通州; 统计

中图分类号: X523; X820.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2014)06-2114-06 DOI: 10.13227/j.hjxx.2014.06.011

Assessment of Groundwater Quality of Different Aquifers in Tongzhou Area in Beijing Plain and Its Chemical Characteristics Analysis

GUO Gao-xuan^{1,2}, JU Yi-wen¹, ZHAI Hang³, XU Liang², SHEN Yuan-yuan², JI Yi-qun²

(1. College of Earth Science, University of Chinese Academy Sciences, Beijing 100049, China; 2. Hydrogeology and Engineering Geology Team of Beijing, Beijing 100195, China; 3. China Ordnance Industry Survey and Geotechnical Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: In order to evaluate the groundwater quality of Tongzhou area in Beijing Plain and to discuss the characteristics of its distribution by the view of hydrochemistry, a total of 151 groundwater samples, collected within study area in the dry period of 2008 according to the geological and hydrogeological condition of Tongzhou area, were classified as shallow, middle and deep groundwater, respectively. Based on the data, the groundwater quality was evaluated by the method of *F* value. The mean and variance of main chemical constituents of groundwater samples were presented. Almost all the quaternary groundwater of Chaobai river pluvial fan belonged to the alkaline water type. The evaluation results based on the analysis results showed that from shallow to deep, the quality of groundwater in Beijing became better. The total areas of groundwater belonging to class IV and V area were 884 km², 599 km² and 94 km² respectively for shallow, middle and deep groundwater. The evaluation results showed that the main exceeding chemical constituents were TDS, hardness, NH₄⁺, F⁻ and total Fe. Most exceeding samples belonged to middle and deep aquifers. The main types of shallow groundwater were HCO₃-Ca·Mg- and HCO₃·Cl-Ca·Na·Mg, while the chemical types of mid-deep groundwater were mostly HCO₃-Na·Ca- and HCO₃·SO₄²⁻-Na·Ca type due to the increased Na⁺, SO₄²⁻ and Cl⁻ concentration. Study results showed that the quality of shallow groundwater became worse mainly due to human activities. The deterioration of groundwater quality in mid-deep aquifers was due to both human activities and natural occurrence of poor-quality water.

Key words: groundwater; quality assessment; hydrochemistry; Tongzhou area; statistics

近年来,城市化进程的不断加快、工农业经济一度粗放式的发展,致使许多地区地下水水质持续恶化、地下水污染面积不断扩大、深度不断加深、污染组分更加复杂、程度持续扩展呈蔓延之势^[1,2]. 水质型缺水和资源性缺水已经严重威胁许多地区生产生活供水安全^[3,4]. 为应对日益严峻的地下水供水形势,许多地区必须投巨资进行改水工程,水井数量不断增加,深度也不断加大. 2011 年,环境保护部批准通过了《全国地下水污染防治规划》,一批地下

水的监测工程相继实施,一批相关的科研项目也相继开展^[5-7]. 2013 年国务院批准环境保护部、国土部、水利部和住房城乡建设部联合编制了《华北平原地下水污染防治工作方案》,该方案中“潮白河冲

收稿日期: 2013-10-11; 修订日期: 2013-11-22

基金项目: 北京市财政专项项目(PXM2009-158305-074498); 北京岩溶水资源勘查评价工程项目; 北京市委组织部优秀人才培养资助项目(2009D010002000002)

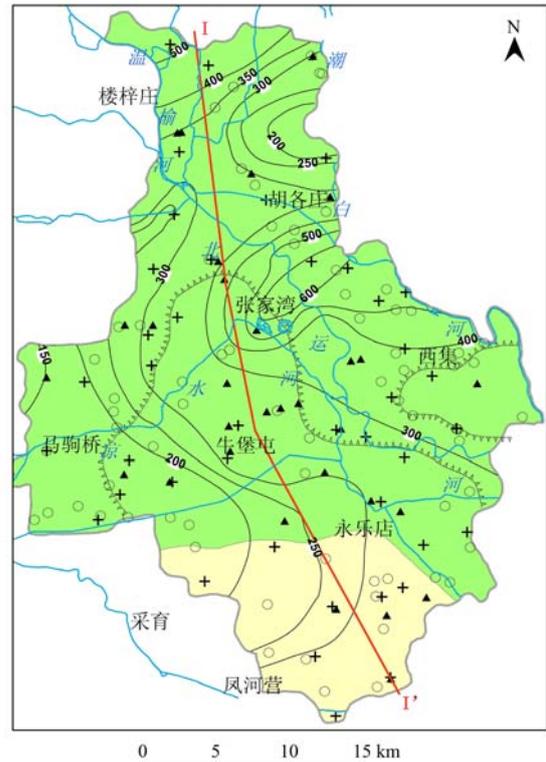
作者简介: 郭高轩(1979~),男,博士研究生,高级工程师,主要研究方向为水文地质、环境地质及城市地质, E-mail: ggx2008@qq.com

洪积扇单元”同时被列为“地下水污染治理单元”和“地下水污染防控单元”^[8]。本研究中的通州区即位于北京平原潮白河与永定河冲洪积扇的中下游地区,第四系厚度大,地质结构复杂,地下水含水层数多,开采规模较大,水化学类型多变^[9-11]。本研究利用数理统计学方法,在 Arcgis 软件平台中进行了地下水分层单指标及综合质量评价,探讨各层地下水化学类型的变化,以期为地下水水质供水和分层污染防治等工作提供支撑。

1 研究区概况

研究区位于北京市平原区的东南部。区域地理坐标北纬 39°36′~40°02′,东经 116°32′~116°56′,东西宽 36.5 km,南北长 48 km,面积 912.34 km²。地势比较平缓,自西北向东南倾斜,海拔最高点 27.6 m,最低点仅 8.2 m。通州区属大陆性季风气候区,多年平均温度 11.3℃,年降水量 620 mm 左右^[12]。

研究区第四系由西往东逐渐增厚,最厚处位于张家湾一带,达 600 余 m。第四系地下水区域上由北、西北流向东南。根据研究区内钻孔资料分析结果,基本沿西南部的西田阳-将辛庄-台湖村-土桥-枣林庄-石槽-曹庄一线形成一个“凸”字状的卵砾石层与砂层分界线,界线以北地层中多含有砂卵砾石,界线以南则主要由砂层与砂质黏土层组成(图 1 和图 2)^[13]。



图例
 ○ 浅层水样点
 ▲ 中层水样点
 + 深层水样点
 — 剖面线位置
 河流
 第四系等厚线
 砂层卵砾石层分界线
 含水层富水性分区图 (降深 5 m 时)
 1 500~3 000 m³·d⁻¹
 500~1 500 m³·d⁻¹

图 1 研究区地下水样点分布及水文地质条件

Fig. 1 Site map of groundwater samples and sketch map of hydrological conditions in Tongzhou area

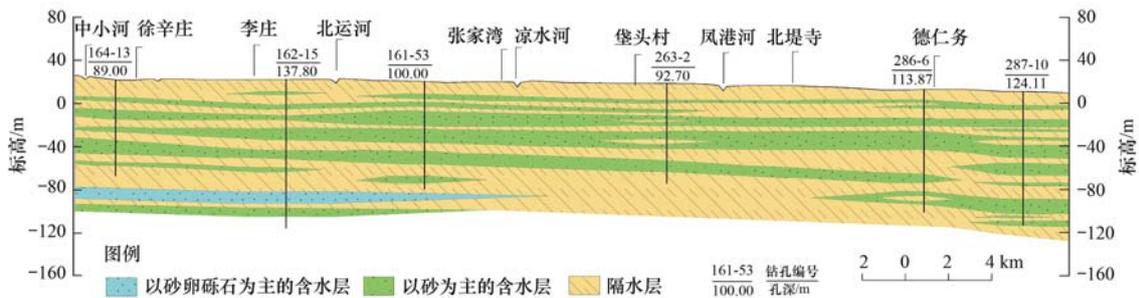


图 2 研究区水文地质剖面

Fig. 2 Hydrogeological section of the study area

根据隔水层的相对厚度、岩性和开采状况,本区含水层以往多被划为 2 层^[12]。根据最新的水文地质勘查成果,该区域地下水第四系含水层被细分为 3 个层位:①浅层地下水,即潜水,主要是指含水层底板埋深在 45~60 m 左右,地层主要有中、细、粉砂为主,中间夹弱透水层,主要接受大气降水、河渠入渗和灌溉回归补给,开采主要是农业灌溉;②中层地下水,埋藏深度在 80~120 m 的承压水,共有约 4 个含水层,累积厚度在 35~40 m,有超过近

20 m 的黏土与深层地下水相隔,是工业井和部分生活井的主要开采层;③深层地下水,埋藏深度 80~120 m 以下至 300 m 左右,可分为上下两段,岩性上段以细砂为主,下段则有一些粗砂和砾石,由西往东颗粒逐渐变细(图 2)^[14]。

2 数据与方法

2008 年通过系统分层采样,共采集样品 151 件,其中浅层地下水样品 78 件,中层地下水样品 31

件,深层样品 42 件(图 1)。所有样品采样前均要抽水,抽出超过 3 倍井管水量之后,并且出水电导率达到稳定时开始采集^[15]。

测试的项目包括水温、pH、DO(溶解氧)、EC(电导率)、ORP(氧化还原电位)、TDS(溶解性总固体)、硬度、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 、 HCO_3^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、铁、锰。其中水温、pH、DO(溶解氧)、EC(电导率)、ORP(氧化还原电位)在现场通过便携式测试仪测定,其它组分送往北京市地质环境监测总站水质分析实验室测试,测试方法见表 1。

表 1 参数测试方法

Table 1 Testing methods for parameters

参数	测试方法
K^+ 、铁、锰	火焰原子吸收光谱法
Na^+	石墨炉原子吸收光谱法
Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 硬度	EDTA 滴定法
NH_4^+	钠氏实际分光光度法
HCO_3^-	酸碱滴定法
Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^-	离子色谱法(HLC-601)
F^-	茜素磺酸锆闭塞法
TDS	蒸干称重法

表 2 研究区地下水化学组分统计¹⁾

Table 2 Stastics of main chemical constituents of groundwater samples within Tongzhou area

分层	统计量	$K^+ + Na^+$	NH_4^+	HCO_3^-	Cl^-	F^-	SO_4^{2-}	铁	硬度	TDS	pH	EC
浅层(78 件)	最小值	31.70	0.02	295.30	11.30	0.05	4.30	0.00	195.00	439.00	7.00	474.00
	最大值	471.71	3.00	827.40	323.30	4.40	511.00	11.60	851.00	2 146.00	7.92	1 951.00
	平均值	101.71	0.57	526.49	110.15	0.72	120.80	1.58	498.62	1 032.24	7.49	1 050.59
	标准差	65.18	0.58	101.95	65.52	0.69	91.56	2.35	135.99	290.63	0.19	277.19
中层(31 件)	最小值	39.27	0.02	233.10	17.00	0.15	34.60	0.00	124.00	453.00	7.06	509.00
	最大值	207.03	2.40	685.90	337.80	1.64	269.90	8.80	974.00	1 951.00	8.04	1 660.00
	平均值	106.80	0.32	523.20	93.19	0.74	99.38	0.96	449.06	990.10	7.59	990.68
	标准差	41.04	0.47	117.10	65.55	0.45	48.47	1.87	171.23	301.87	0.25	253.72
深层(42 件)	最小值	35.20	0.02	152.60	9.60	0.28	15.40	0.00	51.00	393.00	7.69	423.00
	最大值	125.42	0.65	427.10	74.80	1.06	119.10	0.46	375.00	741.00	8.33	807.00
	平均值	80.10	0.17	278.77	28.54	0.51	53.94	0.10	155.48	500.71	8.03	582.14
	标准差	28.41	0.18	57.70	15.52	0.21	24.09	0.11	71.47	78.22	0.14	83.00

1) K^+ 含量很低,与 Na^+ 含量求和后统计; EC 单位为: $\mu S \cdot cm^{-1}$; 其余组分单位均为 $mg \cdot L^{-1}$

质量较差的主要组分是 TDS、硬度、氨氮、氟化物和总铁(包含 Fe^{3+} 和 Fe^{2+})。对于冲洪积平原的中下游通州地区而言,铁和氟离子超标的现象比较普遍(图 3)。可以看出:①浅、中、深层地下水组分均存在超标现象,即 IV 类和 V 类。在 151 件水样中,浅中深超标水样分别为铁 71 件、硬度 67 件、TDS 55 件、氟 29 件、氯离子 3 件;②水样中以浅层地下水超标最为严重,中层次之,深层地下水只有个别水样存在铁和氟超标。

组分浓度的平面分布则表现为:①铁超标水样

样品单组分依据广泛采用的《地下水质量标准(GB/T 14848-93)》的 F 值评分法^[16],综合质量评价采用修正了的模糊数学法进行评价。评价工作在 Arcgis 软件平台中完成。地下水化学类型评判采用 AquaChem 3.7 软件中的 Piper 模块完成。

3 结果与分析

3.1 组分分层统计特征

表 2 是通州区浅中深层地下水样的 11 项测试指标的统计结果。从中可以看出:①各层地下水均属于弱碱性水。除 $K^+ + Na^+$ 和 pH 值外,其余 9 种组分的平均值均呈现出浅层 > 中层 > 深层;②从最大值来看, Cl^- 和 pH 呈现出浅层和中层含量相差不大,而其余 9 种组分仍然呈现出浅层 > 中层 > 深层;③组分的标准差则表现出: HCO_3^- 、 Cl^- 、硬度、TDS 和 pH 5 种组分特征为中层 > 浅层 > 深层。其余 6 种组分则仍表现为由浅层到深层降低的趋势,表明深层水样的均一性更好。

3.2 单因子质量评价

单因子分析的结果表明,引起通州地区地下水

主要分布在通州区的东部地区,即潮白河的冲洪积扇下游,基本沿胡各庄-西集-永乐店一线分布,东部比西部严重;②浅层和中层地下水中的氟超标区主位于通州牛堡屯西南一带,面积不大,总体西部含量高于东部。③浅层地下水 TDS 高值则主要分布在通州区的西南,中深层则分布在通州区的南部(图 4)。

3.3 地下水分层质量综合评价

采用第 2 节中所述的方法进行综合质量评价,各层评价结果见图 5。可以看出,通州区地下水质量状况总体不容乐观,地下水由浅层到中层再到深层,

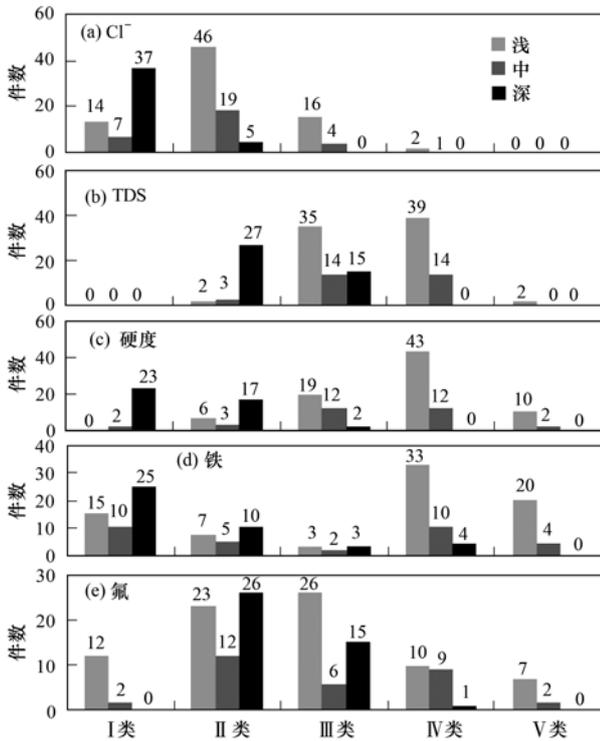


图3 研究区主要离子单因子评价结果

Fig. 3 Statistics of assessment results of Cl⁻, TDS, hardness, Fe and F⁻ within Tongzhou area

地下水质量逐渐变好. 浅层地下水基本上已不存在 I 类地下水, 中深层地下水 I 类级别也仅仅占到了 1% 和 6%. 从平面上来看, 自西向东地下水质量呈

变差的趋势. 各类水所占的比例见表 3. 浅层水质尤其令人堪忧, 中、深层地下水也已经出现了较大的超标范围.

结合以往研究成果, 分析表明, 造成研究区水质较差的原因既与历史上诸多化工厂、长期污水灌溉有关, 而且与日益强烈的人类活动也密切相关^[17~21].

3.4 地下水化学类型变化

图 6 为通州区浅、中、深层地下水水化学类型图. 研究区内地下水水化学类型比较复杂, 各层呈现出不同的特点. ①浅层地下水水化学类型主要为: HCO₃-Ca·Mg 型、HCO₃- Mg·Ca·Na 型和 HCO₃·Cl-Ca·Na·Mg 型, 并且 Cl⁻ 参与命名的水样占到整个浅层水样的 20.5%. ②中层地下水水化学类型主要为 HCO₃- Mg·Ca·Na 型和 HCO₃·Cl- Na·Mg·Ca 型, 其显著特点是 Mg²⁺ 和 Na⁺ 浓度升高. ③深层地下水中 Na⁺ 浓度进一步上升, 并且 SO₄²⁻ 和 Cl⁻ 浓度也大幅上升, 二者分别参与命名的水样比例达到深层水样的 28.57% 和 9.5%. 水样类型主要为 HCO₃-Na 型、HCO₃- Na·Ca 型和 HCO₃·SO₄- Na·Ca 型共同组成.

浅、中、深层地下水这种分异性反映了研究区含水层颗粒细小、层数多, 结构复杂的特点. 特别是中、深层地下水由于循环速率缓慢、补给比较困难, 更应该加强保护^[22~27].

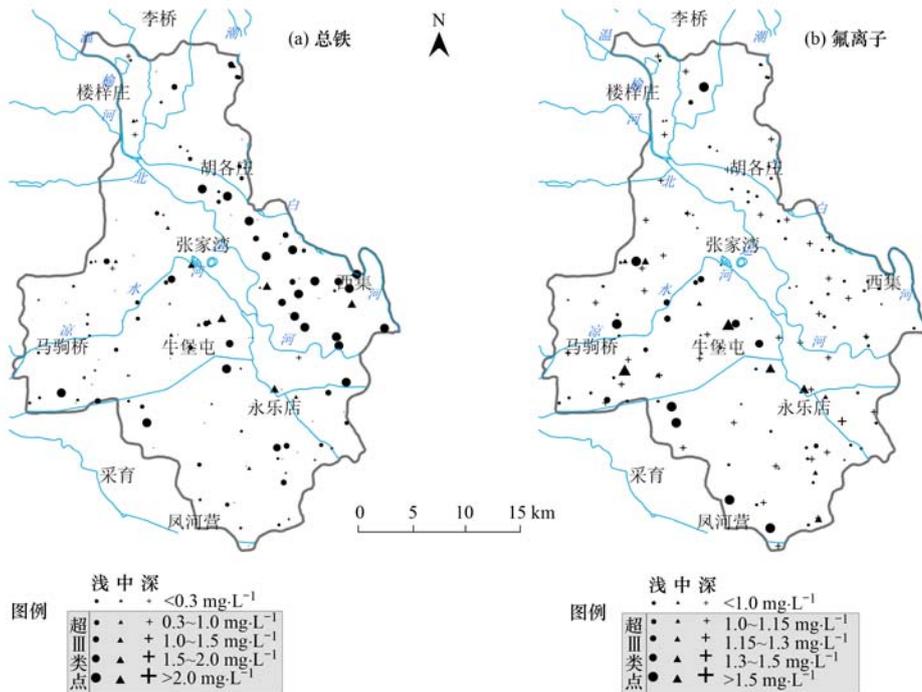


图4 研究区各含水层总铁和氟离子超标点分布示意

Fig. 4 Concentration distribution map of the total Fe and F⁻ in each aquifer within Tongzhou area

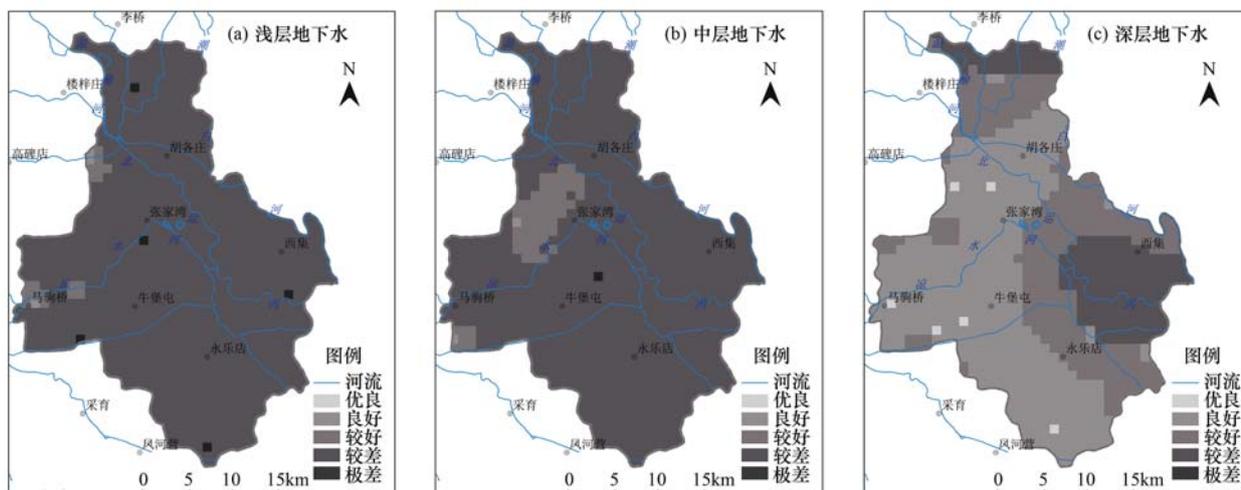


图5 通州区地下水质量评价结果

Fig. 5 Comprehensive groundwater quality assessments within Tongzhou district

表3 通州区地下水质量分类面积统计

Table 3 Area statistics of different groundwater quality within Tongzhou district

位置	I类水面积 /km ² (百分比)	II类水面积 /km ² (百分比)	III类水面积 /km ² (百分比)	IV类水面积 /km ² (百分比)	V类水面积 /km ² (百分比)
浅层	0(0%)	4(0.44%)	19(2.11%)	879(96.9%)	5(0.55%)
中层	1(0.11%)	46(5.1%)	307(33.85%)	598(65.93%)	1(0.11%)
深层	6(0.66%)	495(54.58%)	318(35.06%)	94(10.36%)	0(0%)

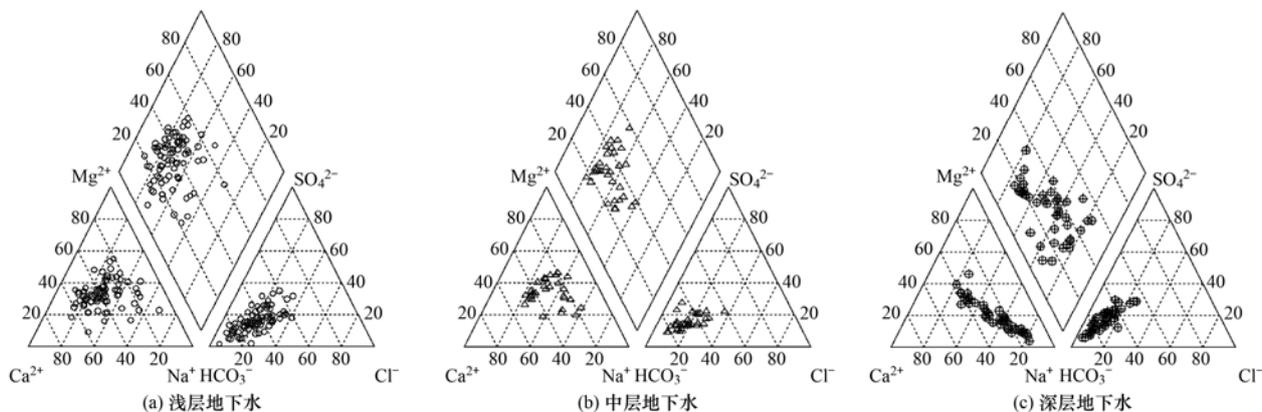


图6 通州区地下水 piper 三线图

Fig. 6 Piper map of groundwater of different aquifers

4 结论

(1) 研究区含水层可以分为浅层、中层、和深层地下水. 地下水质量评价结果表明深层好于中层, 中层好于浅层. 中深层地下水中已经出现了较大范围内的IV和V类水, 应当引起足够重视.

(2) 组分浓度最大值和均值均呈现出浅层 > 中层 > 深层. 多数组分标准差由浅层到深层变小, 表明越往深层水质均一性更强. 超标组分主要为TDS、硬度、氨氮、亚硝酸盐、氟化物和铁(包含

Fe^{3+} 和 Fe^{2+}). 超标现象在浅层最为严重, 中深层也均有分布. 特别是铁和氟化物的超标比较突出, 根据以往研究成果可能与原生劣质水成区域分布有关.

(3) 浅层地下水水化学类型主要为: $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型、 $\text{HCO}_3\text{-Mg}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型和 $\text{HCO}_3\text{-Cl}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型. 中层地下水水化学类型主要为 $\text{HCO}_3\text{-Mg}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型和 $\text{HCO}_3\text{-Cl}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Ca}$. 深层水样主要为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型、 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型和 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型共同组成. 显著特点是浅层地下水 Cl^- 参与命名

的数量明显高于中深层,表明遭受人类活动污染程度最为严重,严控污染输入刻不容缓。

(4)研究区中、深层地下水已经出现了较大范围的水质恶化现象,既有人类活动污染的原因,也有其天然劣质水所致。中、深层地下水由于其埋藏较深、循环更新速率慢,再生性较差。因此应当严格水井结构设计和成井工艺,避免“层层取水”的深井审批和施工。

参考文献:

- [1] 环境保护部. 全国地下水污染防治规划[R]. 2011. 1-84.
- [2] 薛禹群, 张幼宽. 地下水污染防治在我国水体污染控制与治理中的双重意义[J]. 环境科学学报, 2009, 29(3): 474-481.
- [3] 罗兰. 我国地下水污染现状与防治对策研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2008, 8(2): 72-75.
- [4] 张新钰, 辛宝东, 王晓红, 等. 我国地下水污染研究进展[J]. 地球与环境, 2011, 39(3): 415-421.
- [5] 王俊杰, 何江涛, 陆燕, 等. 地下水污染防治区划体系构建研究[J]. 环境科学, 2012, 33(9): 3110-3116.
- [6] 李春萍, 李国学, 罗一鸣, 等. 北京市6座垃圾填埋场地下水环境质量的模糊评价[J]. 环境科学, 2008, 29(10): 2729-2735.
- [7] 陆燕, 何江涛, 王俊杰, 等. 北京市平原区地下水污染防控区划不确定性分析[J]. 环境科学, 2012, 33(9): 3117-3123.
- [8] 环境保护部, 国土资源部, 水利部, 住房城乡建设部. 华北平原地下水污染防治工作方案[R]. 2013. 1-18.
- [9] 魏亮, 郭华明, 谢振华, 等. 北京平原沉积物稀土元素地球化学特征及物源意义[J]. 地学前缘, 2010, 17(6): 72-80.
- [10] 林健. 北京市城近郊区地下水污染演变分析研究[D]. 长春: 吉林大学, 2004. 1-82.
- [11] 蔡向民, 栾英波, 郭高轩, 等. 北京平原第四系的三维地质结构[J]. 中国地质, 2009, 36(5): 1021-1029.
- [12] 北京市水文地质工程地质大队. 北京市通县卫星城城区地下水资源勘探报告[R]. 1987. 1-68.
- [13] 张安京, 叶超, 李宇, 等. 北京地下水[M]. 北京: 北京大地出版社, 2008. 1-60.
- [14] 北京市地质工程勘察院. 北京市通州区农村安全饮水工程第四系地下水资源调查评价报告[R]. 2006. 1-78.
- [15] 辛宝东, 郭高轩, 陆海燕, 等. 北京市平原区地下水污染调查报告[R]. 2010. 1-273.
- [16] 中华人民共和国国土资源部. 地下水质量标准(GB/T 14848-93)[S]. 北京, 1993.
- [17] 刘永清. 北京市通州区第四系地下水氟分布规律研究[J]. 北京水务, 2008, (3): 28-31.
- [18] 陆燕, 何江涛, 王俊杰, 等. 北京平原区地下水污染源识别与危害性分级[J]. 环境科学, 2012, 33(5): 1526-1531.
- [19] 王俊杰, 何江涛, 陆燕, 等. 地下水污染风险评价中特征污染物量化方法探讨[J]. 环境科学, 2012, 33(3): 771-776.
- [20] 王新娟, 李世君, 周俊, 等. 北京大兴区第四系地下水氟分布特征及成因分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(2): 52-57.
- [21] 郭宝萍, 唐一清, 方友春, 等. 北京市通州区农村地下水氨氮污染分析[J]. 现代预防医学, 2007, 34(6): 1088-1089.
- [22] 申利娜, 李广贺. 地下水污染风险区划方法研究[J]. 环境科学, 2010, 31(4): 918-923.
- [23] 赵微, 林健, 王树芳, 等. 变异系数法评价人类活动对地下水环境的影响[J]. 环境科学, 2013, 34(4): 1277-1283.
- [24] 翟远征, 王金生, 周俊. 北京市潮白河冲积扇地下水流动和更新模式的水化学和同位素标记[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(1): 32-44.
- [25] 宋献方, 李发东, 于静洁, 等. 基于氢氧同位素与水化学的潮白河流域地下水水循环特征[J]. 地理研究, 2007, 26(1): 11-21.
- [26] 郑跃军, 李文鹏, 王瑞久, 等. 潮白河冲积扇地下水循环演化特征[J]. 人民长江, 2012, 43(15): 43-46.
- [27] 杨彦, 于云江, 王宗庆, 等. 区域地下水污染风险评价方法研究[J]. 环境科学, 2013, 34(2): 653-661.

CONTENTS

Comparative Analysis on Meteorological Condition for Persistent Haze Cases in Summer and Winter in Beijing	LIAO Xiao-nong, ZHANG Xiao-ling, WANG Ying-chun, <i>et al.</i> (2031)
Size Distributions of Water-Soluble Inorganic Ions in Atmospheric Aerosols in Fukang	MIAO Hong-yan, WEN Tian-xue, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (2045)
Study on Transition Metals in Airborne Particulate Matter in Shanghai City's Subway	BAO Liang-man, LEI Qian-tao, TAN Ming-guang, <i>et al.</i> (2052)
Heavy Metal Concentrations in Mosses from Qiyi Glacier Region	MA Juan-juan, LI Zhen (2060)
Distributions of Dimethylsulfide and Dimethylsulfoniopropionate and Influencing Factors in the East China Sea and the Southern Yellow Sea During the Winter	SONG Yi-zhu, ZHANG Hong-hai, YANG Gui-peng (2067)
Pollution by Heavy Metals in the Petrochemical Sewage Waters of the Sea Area of Daya Bay and Assessment on Potential Ecological Risks	XU Shan-nan, LI Chun-hou, XU Jiao-jiao, <i>et al.</i> (2075)
Distribution of Perfluorinated Compounds in Surface Water of Shenzhen Reservoir Groups	WANG Xin-xuan, ZHANG Hong, HE Long, <i>et al.</i> (2085)
Contamination and Source of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Epikarst Spring Water	SUN Yu-chuan, SHEN Li-cheng, YUAN Dao-xian (2091)
Biogeochemical Processes of the Major Ions and Dissolved Inorganic Carbon in the Guijiang River	TANG Wen-kui, TAO Zhen, GAO Quan-zhou, <i>et al.</i> (2099)
Hydrologic Processes of the Different Landscape Zones in Fenhe River Headwater Catchment	YANG Yong-gang, LI Cai-mei, QIN Zuo-dong, <i>et al.</i> (2108)
Assessment of Groundwater Quality of Different Aquifers in Tongzhou Area in Beijing Plain and Its Chemical Characteristics Analysis	GUO Gao-xuan, JU Yi-wen, ZHAI Hang, <i>et al.</i> (2114)
Models for Quantification of Fluid Saturation in Two-Phase Flow System by Light Transmission Method and Its Application	ZHANG Yan-hong, YE Shu-jun, WU Ji-chun (2120)
Nitrogen Leaching and Associated Environmental Health Effect in Sloping Cropland of Purple Soil	CHEN Wei-liang, GAO Yang, LIN Yong-ming, <i>et al.</i> (2129)
Research on Land Use Structure Optimization Based on Nonpoint Source Dissolved Nitrogen Load Estimation in Shuashui Watershed	LU Yu-chao, BI Meng-fei, LI Ze-li, <i>et al.</i> (2139)
Nitrogen and Organic Matter Vertical Distribution Characteristics and Evaluation in Ancient Canal Sediments of Zhenjiang Old Town	ZHOU Xiao-hong, LI Yi-min, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (2148)
Effects of Two Submerged Macrophytes on Dissolved Inorganic Nitrogen in Overlying Water and Interstitial Water	YANG Wen-bin, LI Yang, SUN Gong-xian (2156)
Bioavailable Phosphorus on Suspended Solids of Lake Under Short-term and Repeated Sediment Disturbance	WU Xiao-fei, LI Da-peng (2164)
Influence of Different Disturbance Intensity on the Phosphorus Adsorption and Immobilization by the Sediments from an Inner City Heavily Polluted Canal	WANG Shang, LI Da-peng (2171)
Effect of Feed Residues on the Release of Nitrogen and Phosphorus of Pond Sediment	LÜ Yuan-jiao, LI Rui-jiao, ZHANG Nian, <i>et al.</i> (2178)
Delivery and Release of Sediment PAHs During Resuspension	WANG Xiao-hui, BI Chun-juan, HAN Jing-chao (2185)
Effects of Low Molecular Weight Organic Acids on Redox Reactions of Mercury	ZHAO Shi-bo, SUN Rong-guo, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (2193)
Removal of Fluorescent Whitening Agent by Hydrogen Peroxide Oxidation Catalyzed by Activated Carbon	LIU Hai-long, ZHANG Zhong-min, ZHAO Xia, <i>et al.</i> (2201)
Kinetics of Alkylphenols Degradation in Aqueous Phase with Excilamp Irradiation	LIU Yu-hai, YE Zhao-lian, WEN Ying-pin, <i>et al.</i> (2209)
AF + BAF for Treating Effluent in the Sewage Plant of the Resin and Chemical Industry Park	TU Yong, LIU Wei-jing, ZHANG Yao-hui, <i>et al.</i> (2216)
Synthesis and Adsorption Property of Cd(II)-8-hydroxyquinoline Molecularly Imprinted Polymer Microspheres	YANG Chun-yan, CHEN Fu-bin, ZHAO Hui, <i>et al.</i> (2223)
Simultaneous Nitrification and Denitrification in a Microbubble-aerated Biofilm Reactor	LIU Chun, NIAN Yong-jia, ZHANG Jing, <i>et al.</i> (2230)
Effect of PLA/Starch Slow-Release Carbon Source on Biological Denitrification	TANG Dan-qi, WANG Juan, ZHENG Tian-long, <i>et al.</i> (2236)
Impacts of Filamentous Bulking on Treatment Effect and Fouling Characteristics of Nonwoven Bioreactor	SHI Kuan, XUE Gang, GAO Pin, <i>et al.</i> (2241)
Optimization for Phosphorous Removal in Thickening and Dewatering Sludge Water by Polyaluminum Chloride	ZHOU Zhen, HU Da-long, QIAO Wei-min, <i>et al.</i> (2249)
Simulation of Long-Range Transport Potential of POPs in Poyang Lake	GONG Xiao-feng, XIANG Hong-rui, CHEN Chun-li, <i>et al.</i> (2256)
Uncertainty Analysis of Ecological Risk Assessment Caused by Heavy-metals Deposition from MSWI Emission	LIAO Zhi-heng, SUN Jia-ren, WU Dui, <i>et al.</i> (2264)
Risk Assessment and Countermeasures of BTEX Contamination in Soils of Typical Pesticide Factory	TAN Bing, WANG Tie-yu, LI Qi-feng, <i>et al.</i> (2272)
Levels Distribution and Risk Assessment of the Indicator and Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls in Ten Different Species of Marine Fish of Bohai Bay, China	WANG Sha-sha, GAO Li-rong, TIAN Yi-ling, <i>et al.</i> (2281)
Detection of Biohazardous Materials in Water upon the Characteristics of Fluorescent Sensor Flex	ZHAO Wei, WANG Zhao, CAI Qiang, <i>et al.</i> (2287)
Generation and Release of Microcystin-LR by <i>Microcystis aeruginosa</i> Under Hydroquinone Inhibition	ZHANG Yuan-chun, LIANG Wen-yan, ZHAO Yuan, <i>et al.</i> (2294)
Culture Medium Based on Biogas Slurry and Breeding of Oil Chlorella	ZHAO Feng-min, MEI Shuai, CAO You-fu, <i>et al.</i> (2300)
Microbial Diversity and Ammonia-Oxidizing Microorganism of a Soil Sample Near an Acid Mine Drainage Lake	LIU Ying, WANG Li-hua, HAO Chun-bo, <i>et al.</i> (2305)
Effects of <i>Corbicula fluminea</i> Bioturbation on the Community Composition and Abundance of Ammonia-Oxidizing Archaea and Bacteria in Surface Sediments	WANG Xue, ZHAO Da-yong, ZENG Jin, <i>et al.</i> (2314)
Methanogenic Activity and Methanogen Diversity in Marine Gas Field Sediments	TIAN Qi, WANG Jia, FAN Xiao-lei, <i>et al.</i> (2322)
Effect of the Potential on Bacterial Community Under Illumination by DGGE and T-RFLP	WU Yi-cheng, DENG Huan, XIAO Yong, <i>et al.</i> (2328)
Isolation and Characterization of Two Bacteria with Heavy Metal Resistance and Phosphate Solubilizing Capability	TIAN Jiang, PENG Xia-wei, LI Xia, <i>et al.</i> (2334)
Identification and Denitrification Characteristics of a Psychrotolerant Facultative Basophilic Aerobic Denitrifier	WANG Zhao-yang, CHEN Guo-yao, JIANG Ke, <i>et al.</i> (2341)
Effects of Ryegrass and Arbuscular Mycorrhiza on Activities of Antioxidant Enzymes, Accumulation and Chemical Forms of Cadmium in Different Varieties of Tomato	JIANG Ling, YANG Yun, XU Wei-hong, <i>et al.</i> (2349)
Response of Active Nitrogen to Salinity in a Soil from the Yellow River Delta	LI Ling, QIU Shao-jun, CHEN Yin-ping, <i>et al.</i> (2358)
Variation of Soil Nitrogen During <i>in situ</i> Mineralization Process Under Different Grasslands in the Mountainous Area of Southern Ningxia, Northwest China	JIANG Yue-li, ZHAO Tong, YAN Hao, <i>et al.</i> (2365)
Effects of Long-Term Application of Pig Manure Containing Residual Tetracycline on the Formation of Drug-Resistant Bacteria and Resistance Genes	ZHANG Jun, YANG Xiao-hong, GE Feng, <i>et al.</i> (2374)
Long-Term Effects of Tillage Methods on Heavy Metal Accumulation and Availability in Purple Paddy Soil	CHANG Tong-ju, CUI Xiao-qiang, RUAN Zhen, <i>et al.</i> (2381)
Environmental Geochemical Baseline of Heavy Metals in Soils of the Ili River Basin and Pollution Evaluation	ZHAO Xin-ru, Telajin Nasier, CHENG Yong-yi, <i>et al.</i> (2392)
Distribution Patterns and Pollution Assessments of Heavy Metals in the <i>Spartina alterniflora</i> Salt-Marsh Wetland of Rudong, Jiangsu Province	ZHANG Long-hui, DU Yong-fen, WANG Dan-dan, <i>et al.</i> (2401)
Temporal-Spatial Distribution of Agricultural Diffuse Nitrogen Pollution and Relationship with Soil Respiration and Nitrification	OUYANG Wei, CAI Guan-qing, HUANG Hao-bo, <i>et al.</i> (2411)
Soil Respiration and Carbon Balance in Wheat Field Under Conservation Tillage	ZHANG Sai, WANG Long-chang, HUANG Zhao-cun, <i>et al.</i> (2419)
Comparison of Soil Respiration in Natural <i>Castanopsis carlesii</i> Forest and Plantation Forest	WU Jun-jun, YANG Zhi-jie, WENG Fa-jin, <i>et al.</i> (2426)
Influences of Hydraulic Retention Time on the Ethanol Type Fermentation Hydrogen Production System in a Hybrid Anaerobic Baffled Reactor	LIU Xiao-ye, ZHANG Hong, LI Yong-feng (2433)

《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)

2014年6月15日 第35卷 第6期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 35 No. 6 Jun. 15, 2014

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: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行