

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第11期

Vol.33 No.11

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

京津冀与长三角区域大气 NO ₂ 污染特征	王英, 李令军, 刘阳 (3685)
2008~2011 年夏季京津冀区域背景大气污染变化分析	杨俊益, 辛金元, 吉东生, 朱彬 (3693)
沧州市大气污染特征观测研究	王永宏, 胡波, 王跃思, 刘伟, 张武 (3705)
华北工业城市降水中金属元素污染特征及来源	李月梅, 潘月鹏, 王跃思, 王英锋, 李杏茹 (3712)
广州市交通主干道空气中苯系物的测量	叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 凌六一, 郑尼娜, 刘文彬, 黄祖照 (3718)
基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究	黄成, 刘娟, 陈长虹, 张健, 刘登国, 朱景瑜, 黄伟明, 巢渊 (3725)
柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性	胡志远, 程亮, 谭丕强, 楼狄明 (3733)
九龙江口滨海湿地生源要素空间分布特征	余小青, 杨军, 刘乐冕, 田原, 余正, 王昌付 (3739)
南四湖水体氮、磷营养盐时空分布特征及营养状态评价	舒凤月, 刘玉配, 赵颖, 吴艳鹏, 李爱华 (3748)
天目湖流域湿地对氮磷输出影响研究	李兆富, 刘红玉, 李恒鹏 (3753)
北京市新建城区不透水地表径流 N、P 输出形态特征研究	李立青, 吕书丛, 朱仁肖, 刘泽权, 单保庆 (3760)
云阳宗海库的分布与来源	张玉玺, 向小平, 张英, 陈玺, 刘景涛, 王金翠, 张媛静, 孙继朝 (3768)
南方某城市地表水体中粪源性污染指示微生物的分布特征研究	孙傅, 沙婧, 刘彦华 (3778)
三峡库区大宁河藻细胞昼夜垂直迁移研究	张永生, 郑丙辉, 姜霞, 郑浩, 钟娜, 陈春宵 (3787)
江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究	单保庆, 李楠, 唐文忠 (3797)
人工湿地植物床-沟壕系统水质净化效果	汪仲琼, 张荣斌, 陈庆华, 魏宏斌, 王为东 (3804)
潜流人工湿地演变对废水中有机物、氮及磷去除的影响	魏泽军, 谢建平, 黄玉明 (3812)
人工湿地处理含盐生活污水的特性研究	高峰, 杨朝晖, 李晨, 金卫红, 邓一兵 (3820)
催化湿式氧化法降解水中的 β -萘酚	刘杰, 于超英, 赵培庆, 陈革新 (3826)
ZVI/EDDS/Air 体系降解水中 2,4-二氯酚的研究	孙倩, 周海燕, 曹梦华, 吴琳娜, 王琳玲, 陈静, 陆晓华 (3833)
微波改性 MWNTs/TiO ₂ 复合材料对 1,2,3-三氯苯的光催化降解研究	施周, 张茜, 张伟, 徐舜开, 张骅 (3840)
腐殖酸对生物炭去除水中 Cr(VI) 的影响机制研究	丁文川, 田秀美, 王定勇, 曾晓岚, 徐茜, 陈健康, 艾小雨 (3847)
臭氧氧化-活性污泥法处理含 PVA 工业废水的试验研究	邢晓琼, 黄程兰, 刘敏, 陈滢 (3854)
复合底物对颗粒化 EBPR 系统除磷特性的影响及优化试验研究	徐少娟, 孙培德, 郑雄柳, 董毅 (3859)
进水比例对水解反应器出水水质的影响研究	梁康强, 熊娅, 戚茂荣, 林秀军, 朱民, 宋英豪 (3868)
厌氧-好氧联合型生物反应器填埋场渗滤液水质水量变化规律的研究	韩智勇, 刘丹, 李启彬, 陈馨 (3873)
我国城市污水处理回用调查研究	郭宇杰, 王学超, 周振民 (3881)
快雌醇和壬基酚在土壤中的吸附-解吸特征	姜鲁, 王继华, 李建忠, 辛佳, 李森, 刘翔 (3885)
黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探	马昕昕, 许明祥, 杨凯 (3893)
半干旱黄土丘陵区土壤结皮的地表水文效应	卫伟, 温智, 陈利顶, 陈瑾, 吴东平 (3901)
广西大石围巨型漏斗土壤中多环芳烃与环境因素	孔祥胜, 祁士华, 蒋忠诚, 黄保健 (3905)
酸性条件下黄铁矿氧化机制的研究	王楠, 易筱筠, 党志, 刘云 (3916)
淋洗条件下砂土和粉土盐运移过程的监测研究	付腾飞, 贾永刚, 郭磊, 刘晓磊 (3922)
空气注射修复苯污染地下水模拟研究	樊艳玲, 姜林, 张丹, 钟茂生, 贾晓洋 (3927)
不同终点检测 5 种双酚 A 类化合物对 MCF-7 的细胞毒性	张帅帅, 刘堰, 刘树深, 朱祥伟 (3935)
上海世博园后滩湿地桤木类群落特征及其对环境因子的响应	陈立婧, 吴艳芳, 景钰湘, 王聪, 张饮江 (3941)
耐盐石油降解菌的筛选鉴定及其特性研究	吴涛, 谢文军, 依艳丽, 李小彬, 王君, 胡相明 (3949)
高效降酚菌株 <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10 生长动力学和苯酚降解特性的研究	陈晓华, 魏刚, 刘思远, 孙江曼, 王芳芳, 李昊源, 刘宇军 (3956)
四溴双酚 A 好氧降解菌的筛选及其降解特性研究	钱艳园, 刘莉莉, 于晓娟, 丁丛, 王志平, 施玉衡, 李晨君 (3962)
长期施用有机和无机肥对黑土 <i>nirS</i> 型反硝化菌种群结构和丰度的影响	尹昌, 范分良, 李兆君, 宋阿琳, 朱平, 彭畅, 梁永超 (3967)
三氯乙烯在不同土壤中的吸附特性及其影响因素研究	何龙, 邱兆富, 吕树光, 逯志昌, 王治立, 隋倩, 林匡飞, 刘勇弟 (3976)
多菌灵在农田土壤中的降解及其影响因素研究	肖文丹, 杨肖娥, 李廷强 (3983)
硫化物对垃圾焚烧污泥焚烧飞灰高温过程中重金属挥发的影响	刘敬勇, 孙永裕 (3990)
关于医疗垃圾飞灰中二噁英在惰性气氛下的低温热脱附研究	纪莎莎, 李晓东, 徐旭, 陈彤 (3999)
第七届环境模拟与污染控制学术研讨会论文	
稻田气溶胶 NH ₃ 和气体 NO _x 排放在线测定研究	龚巍巍, 栾胜基 (4006)
一种可同时检测挥发性氯代烷烃和氯代烯烃的电子鼻的研制	文晓刚, 刘锐, 蔡强, 万梅, 汤灵容, 陈吕军 (4012)
基于被动采样技术的垃圾焚烧厂及周边大气中 PAHs 分布研究	孙少艾, 李洋, 周轶, 王海蛟, 孙英 (4018)
涪江流域农业非点源污染空间分布及污染源识别	丁晓雯, 沈珍瑶 (4025)
人工湿地不同区域基质磷含量的差异分析	曹雪莹, 种云霄, 余光伟, 仲海涛 (4033)
基于 RT-qPCR 选择性检测水中活性病原菌	林怡雯, 李丹, 吴舒旭, 何苗, 杨天 (4040)
消毒副产物生成的温度影响和动力学模型	张小璐, 杨宏伟, 王小仵, 付静, 解跃峰 (4046)
一种厌氧微观定量研究新方法	张仲良, 吴静, 蒋剑凯, 姜洁, 李怀志 (4052)
梧桐树叶作为反硝化碳源的研究	熊剑锋, 徐华, 阎宁, 张永明 (4057)
降解嗜盐菌 AD-3 的筛选、降解特性及加氧酶基因的研究	崔长征, 冯天才, 于亚琦, 董斐, 杨昕梅, 冯耀宇, 刘勇弟, 林汉平 (4062)
《环境科学》征订启事 (3711) 《环境科学》征稿简则 (3767) 信息 (3998, 4039, 4045, 4056) 专辑征稿通知 (4051)	

我国城市污水处理回用调查研究

郭宇杰, 王学超, 周振民

(华北水利水电学院环境与市政工程学院, 郑州 450011)

摘要: 在水利部主持下, 开展了 2007 年全国城市污水处理回用现状的调查, 取得了全国城市污水回用现状的基础数据。结果表明, 2007 年, 全国城市污水回用总量为 $17.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 城市污水处理回用率为 5.23%, 主要用于工业、景观、农林牧业、城市非饮用水、地下水回灌。全国共有 127 座再生水厂, 再生水管道总长 1 421.78 km。再生水厂总投资为 56.44×10^8 元, 中央财政投资、地方财政投资和其他投资分别占 16%、26% 和 58%, 再生水管网其他投资和地方财政投资分别为 66% 和 32%, 中央投资仅为 2%。再生水发展状况具有较强的地域性, 与当地的水资源状况、产业结构和经济状况有密切关系。

关键词: 再生水; 再生水价格; 城市污水回用; 再生水融资渠道; 城市污水处理回用率

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)11-3881-04

National Survey of Urban Sewage Reuse in China

GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min

(Institute of Environmental and Municipal Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: On the basis of the national survey of the urban sewage treatment, the survey of 2007 national urban sewage reuse was conducted under the charge of the Ministry of Water Resources. The survey results indicated that the amount of urban sewage reuse was $17.9 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, mainly used for industry, landscape, agriculture forestry, animal husbandry, urban non-potable water, and groundwater recharge. The urban sewage reuse rate was 5.23%. There were 127 sewage reclaiming plants in China, of which the production capacity of reclaimed water reached $347.75 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, which produced $5.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ reclaimed water in 2007. The total investment of sewage reclaiming plants was 56.44×10^8 Yuan, in which the central government investment, local fiscal investment and other investments accounted for 16%, 26% and 58%, respectively. The reclaimed water price varied greatly with the purposes or areas.

Key words: reclaimed water resources; price of the reclaimed water; urban sewage reuse; investment channel; the urban sewage reuse rate

我国是一个水资源极度紧缺的国家^[1,2], 解决城市污水处理回用的问题始于 20 世纪 60 年代, 自 80 年代以来^[3], 随着我国城市建设快速发展, 城市水污染问题日益突出, 水资源紧缺的矛盾日益加剧, 污水处理回用也逐渐被提上了日程^[4]。

2008 年国务院印发的“三定”方案明确赋予水利部“指导城市污水处理回用等非传统水资源开发的工作”的职责。为落实“三定”方案和满足城市水务一体化的需要, 国家水利部组织开展了全国城市污水处理回用现状调查工作, 从而掌握城市污水处理回用的基本情况, 了解我国城市污水处理回用基本情况, 以期“十二五”期间以及今后我国污水处理回用工作提供借鉴和依据。

1 调查范围和内容

调查以 2007 年为基准年, 范围包括全国省会城市、地级城市和县城的城市概况和相关内容(不包括乡镇及农村)。调查内容包括再生水厂个数和规

模、处理量及处理级别、再生水利用总量及回用途径、价格等。另外包括再生水厂投资及来源、再生水管道长度及投资和来源等。

2 调查结果与分析

本次调查统计了全国 31 个省(自治区、直辖市)2007 年城市污水处理数据资料, 其中包括有 4 个计划单列城市、4 个直辖市、20 个省会城市、262 个地级市和 1 607 个县级市的有关资料。

2.1 再生水设施情况

2.1.1 再生水厂现状

截止至 2007 年底, 全国共有 127 座再生水厂, 主要分布在山东、内蒙古、河北和北京, 分别为 31、18、8 和 5 座。再生水厂出水水质标准执行情况如表 1 所示。

收稿日期: 2012-01-06; 修订日期: 2012-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(50708109); 华北水利水电学院高层次人才科研启动项目(200726)

作者简介: 郭宇杰(1973~), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为水污染控制技术, E-mail: rceesguo@hotmail.com

表 1 全国城市再生水厂出水水质执行标准统计

Table 1 Effluent quality standards abided by the sewage reclaiming plants in China

再生水厂出水水质执行标准										其他	合计
GB 18918-2002	GB 8978-1996	CJ/T 95-2000	CECS61:94	GB/T 19923-2005	SL 368-2006	GB/T 18920-2002	GB/T 50335-2002	CJ/T 48-1999	CJ 25.1-1998		
127	46	2	2	2	4	30	4	7	1	2	27

结果表明,全国共有再生水厂 127 座. 其中 46 座再生水厂执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》^[5], 30 座执行《再生水水质标准》^[6], 2 座执行《污水综合排放标准》^[7], 其余再生水厂执行其他 7 种行业标准和地方标准. 原因为再生水厂的管理部门不统一,用途也较为复杂,在设计时执行标准多种多样.

2.1.2 再生水厂融资情况

截止至 2007 年底,全国再生水厂投资 56.44 亿元. 其中,中央财政投资、地方财政投资和其他投资分别占总投资的 16%、26% 和 58%. 主要投资来自于其他融资渠道,如贷款、企业自筹资金、利用外资、直接融资(包括发行股票、债券等). 我国再生水厂投资主要集中在淮河以北的各省(自治区、直辖市)且经济较发达地区,主要原因是由于水资源的匮乏且经济发展用水需求强劲,具有开发再生

水资源的内在动力.

图 1 表明,不同省(自治区、直辖市)再生水厂的融资情况不尽相同. 再生水厂投资中,中央 9.19×10^8 元的投资基本集中在河北、辽宁、河南和甘肃四省,共有 5.05×10^8 元. 其中内蒙古自治区,地方财政投入 4.98×10^8 元,占 44%,其他投资占 52%,而中央投资仅占 4%. 内蒙古自治区的再生水厂数量为 18 座,再生水生产能力为 $51.2 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. 该地区由于热电厂循环冷却用水量较大,同时 2004 年颁布并实施的文献[8]中要求“在北方缺水地区,新建、扩建电厂禁止取用地下水,严格控制使用地表水,鼓励利用城市污水处理厂的中水或其它废水”,成为该地区再生水生产动力. 如果中央从政策上和资金上加大支持力度,会更加有力地推动该地区再生水事业的发展.

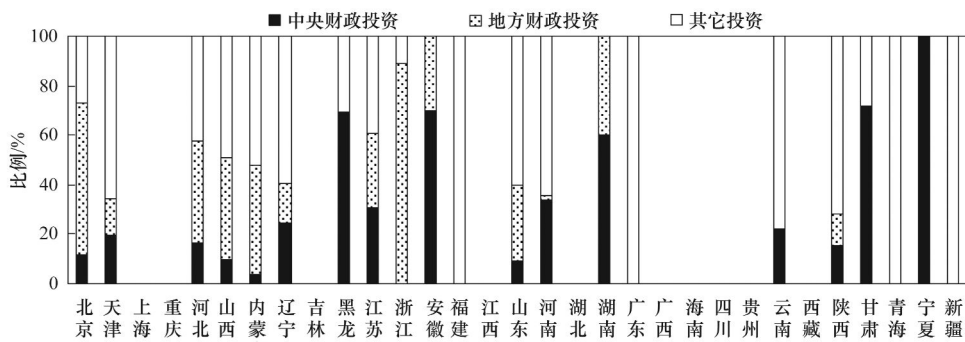


图 1 各省(自治区、直辖市)再生水厂融资比例分析

Fig. 1 Investment proportion of the sewage reclaiming plants in different provinces

2.1.3 再生水管道及融资情况

截止至 2007 年底,全国共建成再生水管道 1 421.8 km. 再生水管网共投资 42.34×10^8 元,基本以其他投资和地方财政投资为主,分别占据了 66% 和 32%,中央投资仅为 2%.

全国共有 14 个省(自治区、直辖市)在再生水管网方面进行了投资,数目不足全国省(自治区、直辖市)总数的一半. 而且投资主要集中在北京市、内蒙古自治区和甘肃省三地区,总投资达到了 34.7×10^8 元,占全国再生水管网总投资的 82.6%,其他各省(自治区、直辖市)均低于 2.0×10^8 元. 而且各个省(自治区、直辖市)的融资途径差别比较大.

截止 2007 年底,再生水厂和管道投资共计 98.7×10^8 元. 其中再生水厂投资 56.4×10^8 元,地方投资、中央投资和其他投资分别为 14.8×10^8 元、 9.19×10^8 元和 32.4×10^8 元;再生管网共投资 42.3×10^8 元,地方投资、中央投资和其他投资分别为 13.7×10^8 元、 0.921×10^8 元和 27.7×10^8 元. 投资以其他和地方投资为主. 尤其是广东,再生水厂和再生水管道投资,全部来自于其他投资.

2.2 城市污水回用总量及回用途径

2.2.1 各省(自治区、直辖市)城市污水回用量和再生水生产能力

调查资料分析得各省(自治区、直辖市)城市污

水处理回用量和再生水生产能力及其对比情况,如图 2 所示。

结果表明,至 2007 年底,全国城市污水处理回用量较大的省(自治区、直辖市)有北京、河北和山东,年城市污水处理回用量均大于 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。而再生水生产能力较大的省(自治区、直辖市)依次为陕西、山东、内蒙古、河北和北京。

上述结果表明,各地城市污水处理回用水量和再生水厂生产能力并不完全对应,如上海,再生水厂生产能力为 0,但年城市污水处理回用量为 $400 \times 10^4 \text{ m}^3$;宁夏回族自治区的城市污水处理回用水量和再

生水生产能力较为合理,分别为 $0.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $7.6 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。调查统计过程中,各地对城市污水处理回用的定义理解不统一,导致污水处理回用量和再生水生产能力并没有严格的对应关系。一些地方认为,只要污水处理后水质符合相应的用水标准,均计入回用水量中,而一些地方严格按照再生水厂出水为再生水的定义来统计再生水量。前期调查显示^[9],35 座城市污水处理厂出水已经达到文献[5]一级 A 水质标准,符合工业、景观环境、农林牧业和城市非饮用水用水水质要求,相应的回用水量可以计入城市污水回用水量中。

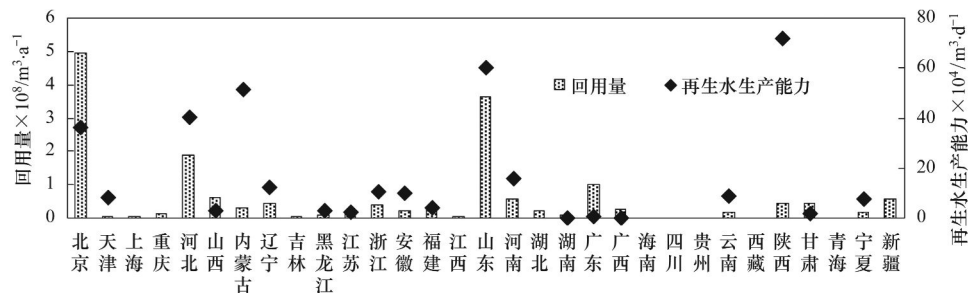


图 2 各省(自治区、直辖市)城市污水处理回用量和再生水生产能力

Fig. 2 Amount of the sewage reuse and the ability to produce reclaimed water in different provinces

2.2.2 城市污水处理回用途径分析

至 2007 年底,全国再生水厂 127 座,再生水管道 1 421.78 km,再生水生产能力共计 $347.7 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。

经统计分析,2007 年,全国污水处理回用总量 $17.26 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国城市污水排放总量的 5.02%,占城市污水处理总量的 8.80%。其中回用于地下水回灌 $0.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,城市非饮用 $1.14 \times 10^8 \text{ m}^3$,工业 $4.75 \times 10^8 \text{ m}^3$,农林牧业 $5.13 \times 10^8 \text{ m}^3$,景观环境 $5.54 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。分别占回用量的 4%、7%、

28%、30% 和 31%。

目前国内对于再生水用于地下水回灌的安全性研究开展较少^[10],对于长期的生态安全没有明确的结论^[11],因此各城市对此项回用工作态度比较严谨。至 2007 年底,全国只有北京、山东(枣庄)、河南(周口、洛阳)、新疆(乌鲁木齐)4 个省(自治区、直辖市)开展了再生水回用于地下水回灌工作。

2.3 再生水价格

我国有关再生水价格及再生水资源征收情况上报信息统计结果如表 2 所示。

表 2 全国再生水价格及再生水费征收统计

Table 2 Price and the total charge of the reclaimed water

项目	再生水利用量 $\times 10^4 / \text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$	再生水价格/元 $\cdot \text{m}^{-3}$					再生水费 $\times 10^4 / \text{元} \cdot \text{a}^{-1}$
		地下水回灌	工业	农林牧业	城市非饮用	景观环境	
合计	57 385.53	0.50 ~ 1.00	0.30 ~ 6.10	0.40 ~ 1.00	0.35 ~ 1.80	0.40 ~ 1.20	14 352.58

资料统计结果表明,截止 2007 年底,全国共有 16 个省(自治区、直辖市)对再生水资源征收了费用或制定了价格,通过价格机制促进再生水利用工作的开展,减缓当地水资源供需矛盾。2007 年全国再生水利用量 $5.74 \times 10^8 \text{ m}^3$,征收再生水资源费 1.43×10^8 元。

调查结果反映出全国各地再生水价格差异较大。江苏省工业用再生水定价 6.10 元,为全国最

高,其次天津开发区工业再生水定价 5.5 元,甘肃张掖工业再生水定价 0.2 元,为工业用水中最低,乌鲁木齐市农业再生水价格为 0.1 元,为全国再生水价格中最低,其他一般均在 0.5 ~ 1.8 元之间,城市景观用水一般为 0.4 ~ 1.0 元。

各省市(自治区、直辖市)的再生水销售及再生水资源费征收情况如图 3 所示。

图 3 统计结果显示,截止 2007 年底,开展再生

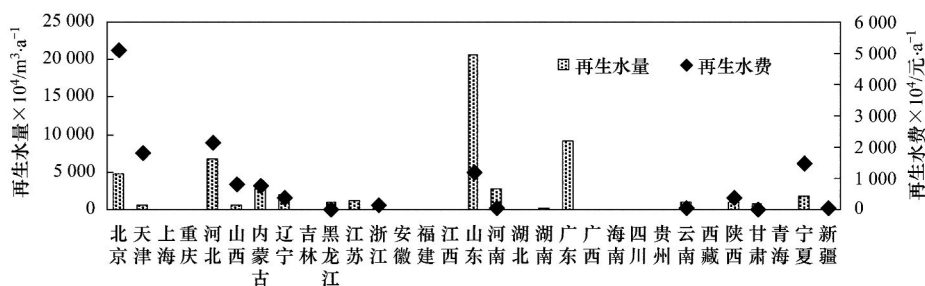


图3 各省市(自治区、直辖市)的再生水销售量及再生水费收取情况

Fig. 3 Amount and the charges of the reclaimed water in different provinces

水销售并有再生水资源费收入的省(自治区、直辖市)有北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、浙江、山东、河南、云南、陕西、甘肃、宁夏和新疆。但再生水量和销售收入比例差别比较大。这与再生水价格和政策有关。如天津平均价格为 $3.2 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,最低 $1.1 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,最高 $5.5 \text{ 元} \cdot \text{m}^{-3}$,因此,再生水收入相对较高。

3 结论

(1)2007年全国4个计划单列城市、4个直辖市、20个省会城市、262个地级市和1 607个县级市的城市污水处理回用情况各不相同,与其水资源特点、产业结构和经济状况密切相关。全国城市污水处理回用总体情况如下。

(2)2007年全国污水处理回用总量 $17.26 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国城市污水排放总量的5.02%,占城市污水处理总量的8.80%。其中回用于地下水回灌 $0.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,工业 $4.75 \times 10^8 \text{ m}^3$,农林牧业 $5.13 \times 10^8 \text{ m}^3$,城市非饮用 $1.14 \times 10^8 \text{ m}^3$,景观环境 $5.54 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。至2007年底,全国再生水厂127座,再生水管道1 421.78 km,再生水生产能力共计 $347.7 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。

(3)再生水厂和管道投资共计 $98.7 \times 10^8 \text{ 元}$ 。其中再生水厂投资 $56.4 \times 10^8 \text{ 元}$,地方投资、中央投资和其他投资分别为 $14.8 \times 10^8 \text{ 元}$ 、 $9.19 \times 10^8 \text{ 元}$ 和 $32.4 \times 10^8 \text{ 元}$;再生管网共投资 $42.3 \times 10^8 \text{ 元}$,地方投资、中央投资和其他投资分别为 $13.7 \times 10^8 \text{ 元}$ 、

$0.921 \times 10^8 \text{ 元}$ 和 $27.7 \times 10^8 \text{ 元}$ 。均以地方和其他投资为主。

参考文献:

- [1] Yi L L, Jiao W T, Chen X N, et al. An overview of reclaimed water reuse in China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2011, 23(10): 1585-1593.
- [2] 沈光范, 徐强. 积极稳妥地开展中水回用工作[J]. 中国给水排水, 2001, 17(4): 31-32.
- [3] 刘隽, 纪涛, 刘莉娟. 中国城市污水处理行业的产业化市场化[J]. 环境科学与技术, 2004, (3): 44-46.
- [4] 张文超, 张建新, 白宇, 等. 国内外污水再生利用发展分析[J]. 中国建设信息(水工业市场), 2010, (8): 32-34.
- [5] 城镇污水处理厂污染物排放标准[J]. 环境工作通讯, 2003, (4): 22-28.
- [6] 中华人民共和国水利部. 《再生水水质标准》(SL 368-2006)[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. 1-16.
- [7] GB 8978-96 污水综合排放标准[J]. 电子电路与贴装, 2010, (6): 39-42, 46.
- [8] 国家发展和改革委员会. 国家发展改革委关于燃煤电站项目规划和建设有关要求的通知(国家发展改革委文件发改能源[2004]864号)[EB/OL]. <http://www.whdpc.gov.cn/dispxnr.asp?id=80395>, 20073-14.
- [9] 周振民. 全国城市污水处理回用调查报告[R]. 北京: 华北水利水电学院, 2009. 15-16.
- [10] Making the best use of recharge technology[A]. 见: 城市污水处理厂出水地下回灌技术研讨会论文集[C]. 北京: 清华大学, 2001. 9-18.
- [11] Asano T, Cotruvo J A. Groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater: health and regulatory considerations[J]. Water Research, 2004, 38(8): 1941-1951.

CONTENTS

Characteristics of Atmospheric NO ₂ in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Yangtze River Delta Analyzed by Satellite and Ground Observations	··· WANG Ying, LI Ling-jun, LIU Yang (3685)
Variation Analysis of Background Atmospheric Pollutants in North China During the Summer of 2008 to 2011	····· YANG Jun-yi, XIN Jin-yuan, JI Dong-sheng, <i>et al.</i> (3693)
Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou	····· WANG Yong-hong, HU Bo, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3705)
Chemical Characteristics and Sources of Trace Metals in Precipitation Collected from a Typical Industrial City in Northern China	····· LI Yue-mei, PAN Yue-peng, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3712)
BTX Monitoring Nearby Main Road Traffic in Guangzhou	····· YE Cong-lei, XIE Pin-hua, QIN Min, <i>et al.</i> (3718)
Dynamic Road Vehicle Emission Inventory Simulation Study Based on Real Time Traffic Information	····· HUANG Cheng, LIU Juan, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (3725)
Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends	····· HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (3733)
Spatial Variations of Biogenic Elements in Coastal Wetland Sediments of the Jiulong River Estuary	····· YU Xiao-qing, YANG Jun, LIU Le-mian, <i>et al.</i> (3739)
Spatio-Temporal Distribution of TN and TP in Water and Evaluation of Eutrophic State of Lake Nansi	····· SHU Feng-yue, LIU Yu-pei, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (3748)
Impact on Nitrogen and Phosphorous Export of Wetlands in Tianmu Lake Watershed	····· LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Heng-peng (3753)
Nitrogen and Phosphorus Composition in Urban Runoff from the New Development Area in Beijing	····· LI Li-qing, LÜ Shu-cong, ZHU Ren-xiao, <i>et al.</i> (3760)
Distribution and Sources of Arsenic in Yangzonghai Lake, China	····· ZHANG Yu-xi, XIANG Xiao-ping, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3768)
Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Urban Surface Water: A Case Study in Southern China	····· SUN Fu, SHA Jing, LIU Yan-hua (3778)
Vertical Migration of Algal Cells in the Daning River Bay of the Three Gorges Reservoir	····· ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3787)
Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants	····· SHAN Bao-qing, LI Nan, TANG Wen-zhong (3797)
Water Treatment Efficiency of Constructed Wetland Plant-Bed/Ditch Systems	····· WANG Zhong-qiong, ZHANG Rong-bin, CHEN Qing-hua, <i>et al.</i> (3804)
Effect of the Subsurface Constructed Wetland Evolution into Free Surface Flow Constructed Wetland on the Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Wastewater	····· WEI Ze-jun, XIE Jian-ping, HUANG Yu-ming (3812)
Treatment Characteristics of Saline Domestic Wastewater by Constructed Wetland	····· GAO Feng, YANG Zhao-hui, LI Chen, <i>et al.</i> (3820)
Degradation of β -Naphthol by Catalytic Wet Air Oxidation	····· LIU Jie, YU Chao-ying, ZHAO Pei-qing, <i>et al.</i> (3826)
Degradation of 2,4-Dichlorophenol in Aqueous Solution by ZVI/EDDS/Air System	····· SUN Qian, ZHOU Hai-yan, CAO Meng-hua, <i>et al.</i> (3833)
Study on Photocatalytic Degradation of 1,2,3-Trichlorobenzene Using the Microwaved MWNTs/TiO ₂ Composite	····· SHI Zhou, ZHANG Qian, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3840)
Mechanism of Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Biochar Promoted by Humic Acid	····· DING Wen-chuan, TIAN Xiu-mei, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (3847)
Research on the Treatment of Wastewater Containing PVA by Ozonation-Activated Sludge Process	····· XING Xiao-qiong, HUANG Cheng-lan, LIU Min, <i>et al.</i> (3854)
Effects of Composite Substrates on the Phosphorus Removal in Granule-based EBPR System and Its Optimization Experiment	····· XU Shao-juan, SUN Pei-de, ZHENG Xiong-liu, <i>et al.</i> (3859)
Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor	····· LIANG Kang-qiang, XIONG Ya, QI Mao-rong, <i>et al.</i> (3868)
Evolution of Leachate Quantity and Quality in the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	····· HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin, <i>et al.</i> (3873)
National Survey of Urban Sewage Reuse in China	····· GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min (3881)
Sorption and Desorption of 17 α -Ethinyl Estradiol and 4- <i>n</i> -Nonylphenol in Soil	····· JIANG Lu, WANG Ji-hua, LI Jian-zhong, <i>et al.</i> (3885)
Soil Organic Carbon Mineralization of Black Locust Forest in the Deep Soil Layer of the Hilly Region of the Loess Plateau, China	····· MA Xin-xin, XU Ming-xiang, YANG Kai (3893)
Effects of Soil Crusts on Surface Hydrology in the Semiarid Loess Hilly Area	····· WEI Wei, WEN Zhi, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (3901)
Environmental Factors on Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from Dashiwei Karst Giant Doline (Tiankeng) in Guangxi, China	····· KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, JIANG Zhong-cheng, <i>et al.</i> (3905)
Investigation on Mechanism of Pyrite Oxidation in Acidic Solutions	····· WANG Nan, YI Xiao-yun, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3916)
Monitoring of Water and Salt Transport in Silt and Sandy Soil During the Leaching Process	····· FU Teng-fei, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (3922)
Simulation on Remediation of Benzene Contaminated Groundwater by Air Sparging	····· FAN Yan-ling, JIANG Lin, ZHANG Dan, <i>et al.</i> (3927)
Detecting the Cytotoxicities of Five Bisphenol A Analogues to the MCF-7 Human Breast Carcinoma Cell Line Through Different Endpoints	····· ZHANG Shuai-shuai, LIU Yan, LIU Shu-shen, <i>et al.</i> (3935)
Response of Copepod Community Characteristics to Environmental Factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai	····· CHEN Li-jing, WU Yan-fang, JING Yu-xiang, <i>et al.</i> (3941)
Isolation, Identification and Characterization of Halotolerant Petroleum-degrading Bacteria	····· WU Tao, XIE Wen-jun, YI Yan-li, <i>et al.</i> (3949)
Growth Kinetics and Phenol Degradation of Highly Efficient Phenol-degrading <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10	····· CHEN Xiao-hua, WEI Gang, LIU Si-yuan, <i>et al.</i> (3956)
Isolation of Aerobic Degrading Strains for TBBPA and the Properties of Biodegradation	····· QIAN Yan-yuan, LIU Li-li, YU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3962)
Influences of Long-term Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Composition and Abundance of <i>nirS</i> -type Denitrifiers in Black Soil	····· YIN Chang, FAN Fen-liang, LI Zhao-jun, <i>et al.</i> (3967)
Characteristics and Influencing Factors of Trichloroethylene Adsorption in Different Soil Types	····· HE Long, QIU Zhao-fu, LÜ Shu-guang, <i>et al.</i> (3976)
Degradation of Carbendazim in Paddy Soil and the Influencing Factors	····· XIAO Wen-dan, YANG Xiao-e, LI Ting-qiang (3983)
Effects of Sulphur Compounds on the Volatile Characteristics of Heavy Metals in Fly Ash from the MSW and Sewage Sludge Co-combustion Plant During the Disposal Process with Higher Temperature	····· LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3990)
Low-temperature Thermal Treatment of Dioxin in Medical Waste Fly Ash Under Inert Atmosphere	····· JI Sha-sha, LI Xiao-dong, XU Xu, <i>et al.</i> (3999)
Hourly Measurement on Aerosol NH ₃ and Gas NO _x Emission in the Rice Field	····· GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (4006)
Implementation of an Electronic Nose for Rapid Detection of Volatile Chloroalkane and Chloroalkene	····· WEN Xiao-gang, LIU Rui, CAI Qiang, <i>et al.</i> (4012)
Pilot Study on PAHs of the Atmosphere Around the Refuse Incineration Plant Based on the Technology of Passive Sampling	····· SUN Shao-ai, LI Yang, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (4018)
Spatial Distribution and Pollution Source Identification of Agricultural Non-Point Source Pollution in Fujian Watershed	····· DING Xiao-wen, SHEN Zhen-yao (4025)
Difference of P Content in Different Area Substrate of Constructed Wetland	····· CAO Xue-ying, CHONG Yun-xiao, YU Guang-wei, <i>et al.</i> (4033)
Selective Detection of Viable Pathogenic Bacteria in Water Using Reverse Transcription Quantitative PCR	····· LIN Yi-wen, LI Dan, WU Shu-xu, <i>et al.</i> (4040)
Formation of Disinfection By-products; Temperature Effect and Kinetic Modeling	····· ZHANG Xiao-lu, YANG Hong-wei, WANG Xiao-mao, <i>et al.</i> (4046)
A Novel Quantitative Approach to Study Dynamic Anaerobic Process at Micro Scale	····· ZHANG Zhong-liang, WU Jing, JIANG Jian-kai, <i>et al.</i> (4052)
Leaves of <i>Platanus orientalis</i> as the Carbon Source for Denitrification	····· XIONG Jian-feng, XU Hua, YAN Ning, <i>et al.</i> (4057)
Isolation, Characterization of an Anthracene Degrading Bacterium <i>Martellella</i> sp. AD-3 and Cloning of Dioxygenase Gene	····· CUI Chang-zheng, FENG Tian-cai, YU Ya-qi, <i>et al.</i> (4062)

《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11月15日 33卷 第11期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 11 Nov. 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. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencecp. 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