

# 北京市再生(中)水开发利用现状及风险分析<sup>※</sup>

张佳新 李继清 叶凯华

(华北电力大学可再生能源学院, 北京 102206)

**【摘要】** 随着人口的增加和社会经济的发展,水资源短缺促使城市再生(中)水的利用日益得到重视。本文结合北京市的水资源及社会经济发展现状,阐述了北京市再生(中)水的开发利用进程及其现状,探讨了北京市污水处理厂现状及其存在的问题,对再生(中)水利用过程中可能存在的风险进行深入分析,并提出相应的风险管理对策措施。

**【关键词】** 北京市;再生(中)水;污水处理厂;风险分析;对策措施

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-0131(2017)011-0012-05

## Analysis on current situation and risk of reclaimed water development and utilization in Beijing

ZHANG Jiixin, LI Jiqing, YE Kaihua

(North China Power University Renewable Energy College, Beijing 102206, China)

**Abstract:** Urban reclaimed water utilization is emphasized due to shortage of water resources with the increase of population and the development of social economy. In the paper, water resources and social economic development status in Beijing is combined for discussing the development and utilization progress and status of reclaimed water in Beijing. The status quo of Beijing Sewage Treatment Plant and problems thereof are discussed. Possible risks in reclaimed water utilization are deeply analyzed, and corresponding risk management countermeasures are proposed.

**Key words:** Beijing; reclaimed water; sewage treatment plant; risk analysis; countermeasures

水是人类不可缺乏的资源,近年来随着人口的急剧增长和工业的飞速发展,对水资源的需求越来越大,加上对水资源的不科学利用和发展中乱排乱放的污水,各个国家都存在着不同的水资源缺乏问题。面对如此严峻的局势,很多发达国家采用可持续的污水回用技术来解决当下的缺水问题。在我国,污水回用起步较晚,由于人口众多,使得缺水问题日益严重。近年来,随着国家对污水回用政策的大力支持和其技术的提升,再生(中)水作为一种替代水,已在市场和生

活中广为利用,我国再生(中)水行业已逐步进入正轨。

再生(中)水是通过净化中水或污水而得到可利用的回用水,再生(中)水是一种非饮用水,具有不受气候影响、不与邻近地区争水、稳定可靠、保证率高等优点。可以用于一些水质要求不高的场合,比如农田灌溉、园林绿化、工业(冷却水、锅炉水和工艺用水)、大型建筑冲洗、游乐与环境(改善湖泊、池塘,增大河水流量和鱼类养殖等),还有消防、空调和冲厕水等市政杂用。

<sup>※</sup>基金项目:长江科学院开放研究基金资助项目(CKWV2015232/KY);国家自然科学基金(51641901);北京市教委共建项目(2014JG155);大学生创新创业训练项目;北京高校教师调研项目

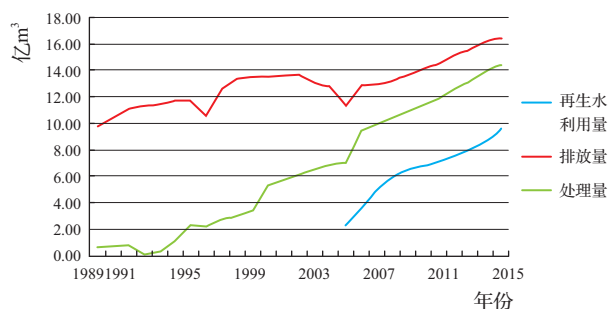
北京市位于华北平原的北部,背靠燕山,有永定河流经老城西南,毗邻天津市和河北省。北京的水资源由入境地表水、境内地表水和地下水组成,水资源量平均为 42 亿  $\text{m}^3$ ,遇枯水年份,全市水资源只有 30 亿~35 亿  $\text{m}^3$ ,而据统计,2014 年末,北京市常住人口达到 2151.6 万。北京人均水资源不足  $200\text{m}^3$ ,仅为全国人均的  $1/8$ ,世界人均的  $1/32$ ,是个水资源严重缺乏的城市。自 2003 年起,北京把再生(中)水纳入全市年度水资源配置计划中进行统一调配。本文简要阐述了北京市再生(中)水的开发利用进程及其现状,探讨北京市污水处理厂运行现状及其存在的问题。由此,对再生(中)水的利用过程中存在的风险进行深入分析,并提出相应的风险管理措施。

## 1 北京市再生(中)水处理和利用概况

### 1.1 北京市再生(中)水资源利用情况

北京市于 1990 年开始开发再生(中)水,到 2003 年已实现对再生(中)水的从无到有,随着再生(中)水设施的逐步规模化、再生(中)水使用对象的进一步明确以及政府政策的大力推动,再生(中)水利用量逐年递增。2010 年,再生(中)水年用量已达 6.8 亿  $\text{m}^3$ ,再生(中)水利用率达到 60%,占全市用水总量的供水比例已由 8% 提高到 19%,成为北京不可或缺的水源<sup>[1]</sup>。到 2013 年,北京市再生(中)水用水量达到 8 亿  $\text{m}^3$ ,利用率达 61%,占全市用水量的 22%。2015 年全市再生(中)水的利用量已达到 9.5 亿  $\text{m}^3$ ,约占全市用水总量的 25%,利用率达 75%。2016 年,再生(中)水利用量达到 10 亿  $\text{m}^3$  左右。按照“十二五”规划,将在中心城区初步建成“南有南水北调、西有官厅水库、北有密云水库,与地下水、再生(中)水联合调度的水资源安全供应体系”,南水北调来水和密云水库水源侧重供应城市生活,再生(中)水侧重供应城市环境和工业用水,兼顾下游农业用水。届时,再生(中)水与南水北调将成为中心城区水源可靠、供应水量集中的两大主力水源<sup>[2]</sup>。1989—2015 年北京市污水排放量、处理量以及再生

(中)水利用量见下图。



1989—2015 年北京市污水排放量、处理量以及再生水利用量图

### 1.2 北京市污水处理厂建设发展历程

1993 年 10 月 24 日,北京第一座污水处理厂——北京市高碑店污水处理厂一期工程竣工投产,处理能力 50 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,二期工程于 1999 年底竣工投产,处理能力为 100 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,后续建成清河、北小河、酒仙桥、方庄、小红门、吴家村、卢沟桥水厂及 600 多 km 配套管线,形成北部(清河、北小河、西二旗)、东部(酒仙桥、高安屯、定福庄)、东南部(高碑店、方庄)、西南部(小红门、吴家村、卢沟桥、槐房、郑王坟)四大再生(中)水生产供水区域,年生产能力达到 4 亿  $\text{m}^3$ 。全市建成高品质再生(中)水厂 17 座,其中城区 7 座、郊区 10 座,日生产能力 77 万  $\text{m}^3$ 。“十一五”末,全市建成大型城镇污水处理厂 40 座、小型污水处理设施 43 处、村级污水处理设施 650 座。郊区已建成污水处理厂 15 座,小型处理设施 29 处,处理能力 85 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,污水处理率 43%。“十二五”末,北京市又新建数座污水处理厂,所有新建水厂主要出水指标一次性达到 IV 类水标准<sup>[3]</sup>。2015 年,在中心城区分别完成了 7 座污水处理厂的建设和 3 座污水处理厂的改造工程,新增污水处理能力 123 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ;之后完成 13 座污水处理厂的建设,新增污水处理能力 39.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。2016 年,北京开启亚洲最大全地下污水处理厂——槐房水厂的建设,日处理能力 60 万 t,全市综合污水处理率达到 90% 以上<sup>[4]</sup>。北京市各再生(中)水处理厂概况见下表。

北京市各再生(中)水处理厂概况表

再生(中)水处理厂		处理能力/(万 m <sup>3</sup> /d)	处理工艺	出厂水质
东部	酒仙桥	14	二级生化处理 + 氧化沟活性污泥处理工艺	地表Ⅳ类水
	高安屯	20	A/A/O(厌氧-缺氧-好氧法)处理工艺	
	定福庄	30	A/A/O + 深度过滤处理工艺	
西南部	小红门	60	A/A/O 处理工艺	
	吴家村	8	循环式活性污泥法(CASS 工艺)	
	槐房	60	热水解 + 消化 + 板框脱水处理工艺	
	卢沟桥	10	倒置 A/A/O + 化学处理工艺	
	郑王坟	60	主体 MBR 工艺	
西部	门头沟(门城)	4	MBR(膜生物反应器技术) + A/A/O 处理工艺	
	门头沟(第二)	8	地下 MBR 处理工艺	
西北部	稻香村	8	地下 MBR 生物处理 + 臭氧消毒工艺	
东南部	高碑店	100	反硝化生物滤池 + 膜(超滤)过滤 + 臭氧接触池 + 紫外线消毒处理工艺	
	方庄	1	A/A/O 处理工艺	
北部	清河	50	A/A/O 处理工艺	
	北小河	10	MBR + 臭氧处理工艺	

## 2 再生(中)水利用的风险分析

再生(中)水利用发展速度逐步加大的同时,也遇到了许多的问题,如北京市高碑店污水处理厂,在工作过程中发出的难闻臭味,对其周围的居民造成了很大的困扰,加上不了解再生(中)水的用户在心理上的接收度较低,增大了再生(中)水的推广难度。虽然北京市再生(中)水厂的出厂水质基本上达到了地表Ⅳ类水的标准,但含有大量化学物质和病原微生物,其中的BOD、COD以及重金属元素的含量依然较高,作为替代用水时,存在人体健康风险、环境污染风险、工业化应用风险及市场化运行风险等。

### 2.1 再生(中)水利用对人体健康的风险

在再生(中)水利用的各种途径中,人体健康风险是必须重点考虑的问题,从卫生学角度看,经过常规处理的城市污水与多种生物性传染疾病有潜在联系,如伤寒、霍乱、沙门氏菌病、甲型肝炎、疟疾、蛔虫病等,这些疾病主要通过直接摄取被污染的水引起。此外,再生(中)水中还可能化学有机物、重金属等物质,会通过呼吸道、消化道以及皮肤接触等途径进入人

体<sup>[5]</sup>,也会引发人体健康风险。如市政(园林绿化、地面冲洗等)和生活杂用的再生(中)水可能传播各种致病菌,景观的再生(中)水与人体的直接接触,可能对人体皮肤、眼、耳、喉等产生危害,都会对公众健康造成威胁。

### 2.2 再生(中)水利用对环境污染的风险

根据当前生态学和环境学方面的研究成果,再生(中)水利用的生态环境风险主要有以下几个方面:  
 ①土壤结构破坏风险:再生水中有过高的悬浮物、有机污染物和盐分,可增加土壤体积质量,堵塞土壤孔隙,破坏土壤原有良好结构,使土壤板结。此外,N、P在土壤中大量累积,使土壤盐渍加重,土质下降;  
 ②地下水污染风险:在用于农业灌溉和地下回灌时,再生(中)水中所含有的重金属或难降解有机物,会造成对地下水的污染;  
 ③水体富营养化风险:在作为环境补给或景观用水时,如果水体中氮、磷含量超标(氮含量超过0.2~0.3mg/L,磷含量超过0.01mg/L),就容易引发水体富营养化,进而可能产生对水环境生态多样性的破坏。

### 2.3 工业再生(中)水利用的损坏风险

再生(中)水已广泛应用于冷却、工业洗涤、锅炉用水、产品用水等众多工业领域。但在利用过程中,由于再生(中)水中各类溶解盐(如钙、镁等)含量较高,在通过输水管道送达用水工艺设备时,会因形成的水垢造成输送管道堵塞,以及因长期电化学腐蚀作用或滋生的生物垢而导致工艺设备损坏,不同的工业对水质的要求不同,对其产品品质也会产生不同的影响。

### 2.4 市场化运行风险

当前而言,再生(中)水市场化的风险主要有以下两个方面:①政策法规风险:我国再生(中)水资源市场化起步不久,相应的各种政策、法律尚不健全,来自政策法规方面的变动都可能造成巨大的风险,如国家环保政策和税收政策的改变、环境标准的提高等;②市场运营风险:再生(中)水利用市场化的运营成本费用一般较高,并且运营期限也较长,因而在运营过程中,除了要考虑经济形势的变化、通货膨胀等各种不确定因素引起的运营风险外,还要考虑资本运营状况不良、项目资金到位困难、工程不能如期完工、污水处理服务费用收取困难等造成的各类运营风险。

## 3 再生(中)水利用的风险管理措施

为了让再生(中)水得到充分有效的利用,需要针对其利用过程中可能产生的风险进行调控和管理,采取有效和合理的技术措施,让再生(中)水更好地发挥其社会和生态效益。针对以上风险,可采用以下管理措施。

### 3.1 降低人体健康风险的措施

开展全面、客观、详尽的再生(中)水人体健康风险评价及生态风险评价,建立完备的再生(中)水风险评价体系。人体健康风险评价方面已经有相对成熟的评价模型和理论体系,如美国科学院于1983年公布的“危害鉴别—暴露评价—剂量反应分析—风险评价”四步法<sup>[6]</sup>、世界卫生组织和世界银行开发的DALY方

法等。在客观、可靠的健康风险评价的基础上,加快再生(中)水水质标准体系的制定和健全,严格控制污水处理的水质排放标准,从而将其对人体健康的风险控制可在可接受的水平以内。

### 3.2 减少环境污染风险的措施

加强污水水源的排放控制,对工业重金属污染水、医院废排水等高危害污水源必须实行处理达标后排放。加强水质监测,对各种用途的再生(中)水都必须确保达到相应用途的水质要求,如对景观和环境补给用水要采取高效除氮、除磷措施,以防止水体富营养化;确保地下回灌水的水质安全,尤其是含有饮用水源的地下含水层,以免造成地下水污染;定期检测人工湿地的输入水源水质,以防止有害成分对野生动植物的危害。

### 3.3 减小工业损坏风险的措施

工业应用再生(中)水时重点防范的因素有水垢、腐蚀、生物生长、堵塞、泡沫等。因此,对风险的规避措施主要注重三方面:①防止设备堵塞的水质指标:浊度和悬浮物;②防止设备腐蚀的水质指标:色度、pH值、总硬度、化学需氧量、氨氮、总磷等;③生物学指标:粪大肠菌群。此外,建议将再生(中)水作为冷却循环的补充水源,而不作为冷却循环的主要水源,控制冷却用水的冷缩倍数。

### 3.4 规避市场化运行风险的措施

市场化是实现城市再生(中)水资源的再利用的有效方式,也是市场经济发展的必然要求。再生(中)水利用作为一项公益事业,要实现良好的市场化运作,需要政府和各投资商相互协作,共同努力。当前,我国探索和实践的污水处理市场化运作已积累了一定的成功经验,主要模式包括托管运营、BOT、TOT等<sup>[7]</sup>。加快污水利用相关法律法规及政策的建设,明确政府主管部门,以健全和强化再生(中)水利用的市场化运营管理体系。保障再生(中)水在水市场上的竞争能力和投资者的合理收益;在再生(中)水的资金筹措方面,除银行贷款外,还可以通过发行债券、利用国际金融信贷、水资源再生基金等多种渠



道进行资金运作,并实行严格的管理和充分透明的监督。

#### 4 结 语

随着北京市的高速发展,其水资源匮乏问题日益突出,污水的排放也逐渐成为一个不可忽视的问题,实现污水资源化利用,将其转化为可利用的再生(中)水是解决矛盾的最佳选择。近年来,国家加大对再生(中)水的重视,在其政策上逐步地加强和完善,再生(中)水行业已开始推向市场,被人们认知和接纳。在近来出台的“十三五”规划中,对北京市再生(中)水的发展也做了明确的指示,利用三年时间,让全市再生(中)水开发利用达到一个新的阶段,再生(中)水将进一步缓解北京市的缺水问题,为北京市的社会经济发展做出更大贡献。◆

(上接第21页)利用率;生活用水上,对城市供水管网进行检查维护,严防管网发生输水跑漏现象。

#### 5.3 强化水资源和水生态保护

全州全面推行河长制,加强对河流和湖泊的管理,推进水生态系统保护与修复,维护河流水质和绿洲生态环境。不断加强入河排污口管理,全面开展饮用水水源地达标建设,大力推进水生态文明建设。不断强化水资源的优化配置、高效利用和水资源保护,推进水生态文明建设。

#### 5.4 依法治水,加强管理

建立健全克州水资源管理中心和水政执法支队组织机构体系,积极争取援疆省市和上级水利部门人才支援,加强本地专业技术人才的培训,完善水资源监测,加强对《水法》和《环境保护法》的执法检查,推进水管体制、机制改革和水权水价改革,严格执行最严格水资源管理制度,统筹调配区域、城乡和行业间供水,对水资源取、用、排全过程使用情况进行掌控。

#### 参考文献

- [1] 俞亚平,郑秋丽.北京再生水利用之路越走越宽广[N].中国水利报,2011-2-15(4).
- [2] 李五勤,张军.北京市再生水利用现状及发展思路探讨[J].北京水务,2011(3):26-27.
- [3] 霍健.北京市中心城再生水发展历程及“十二五”发展规划[J].水利发展研究,2011(7):57-58.
- [4] 吴迪.北京再生水厂目标市场化,今年将新建4个再生厂北京再生厂[EB/OL].(2014-01-21)[2016-12-10].http://www.chinanews.com/ny/2014/01-21/5762915.shtml.
- [5] 曾向辉,杨珏,王春,等.再生水的主要风险及其规避措施[J].水利发展研究,2015(2):10-11.
- [6] 张楠,季民,张俊贞.城市污水回用健康风险评估[J].城市环境与城市生态,2003,16(6):262-263.
- [7] 蹇兴超,韦怡.污水处理市场化进程中的风险及应对策略.环境保护,2003(2):56-57.

#### 6 结 论

新疆克州在水资源开发利用方面存在用水结构不合理,水资源利用经济效益低下、灌溉方式落后,城市用水水平不高,水资源浪费严重、灌溉配套设施差,工程老化失修严重、水资源管理水平较低、水资源优化配置的格局尚未完全建立等诸多问题,通过研究分析,提出了加强水利工程建设,提高供水能力、节约用水,发展节水型产业体系、强化水资源和水生态保护、依法治水,加强管理等多方面的对策建议,以实现克州水资源可持续利用,保障克州社会经济可持续发展。◆

#### 参考文献

- [1] 克孜勒苏柯尔克孜自治州统计局.克州统计年鉴2016[M].北京:中国统计出版社,2016.
- [2] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴2016[M].北京:中国统计出版社,2016.
- [3] 陈惠源,万俊.水资源开发利用[M].武汉:武汉大学出版社,2001.