

城市污水处理厂二级出水回用于景观水体应用分析

周律¹ 霍振远² 甘一萍³ 周军³ 郝二成³ 姚远¹

(1 清华大学 环境科学与工程系 北京 100084; 2 北京科技大学 土木与环境学院 北京 100083; 3 北京市城市排水集团 北京 100022)

1. 课题背景

北京市是十分缺水的城市, 据统计人均淡水占有量仅为全国人均占有量的 1/8, 而随着城市的发展, 用水量的增加和供水量的有限的矛盾非常突出。城市污水处理厂的处理水, 在达到一定的水质条件后, 是非常稳定城市供水水源, 可用于城市环境用水、市政用水、工业冷却水等领域。广义地讲, 城市污水处理厂二级出水也为再生水。城市发展和建设中景观环境用水是再生水利用的一个非常重要的场合, 必要的景观环境用水不仅起到美化环境的作用, 同时可以改善局部小气候, 提供宜居的环境条件。

高碑店湖是北京市河湖末端, 上游补水主要是雨水及周边排入的少量污水。《北京市城市河湖保护管理条例》(1996 年 6 月) 将通惠河高碑店湖河段列为风景观赏河段。同时高碑店湖的湖水还作为中电国华电力北京热电分公司直流冷却用水水源。

本研究针对高碑店污水处理厂的二级处理出水回用于高碑店湖作为景观用途, 对水质等指标进行了为期一年的监测和研究, 分析了再生水回用于高碑店湖的景观效果及相应存在的问题, 以期在景观水体中合理应用再生水资源。

2. 研究方法

参照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002) 等标准, 选取的水质监测项目及监测设定频率分别为: COD_{Cr} 、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮、温度、叶绿素 a、溶解氧(DO)、pH、透明度(SD) 等项目为每周一次; 另外阴离子表面活性剂(LAS)、叶绿素 a、余氯、色度、浊度、总大肠菌、粪大肠菌等为两周一次; 石油类、 BOD_5 等半年一次。根据具体需要, 有些指标的监测频率在特定的时间内增加。在以上项目的监测方法均采用国家相关标准方法及《水和废水监测分析方法》(第四版) 中的分析方法。

取样深度: 按垂向分三层, 表层 0.5m, 底层为湖底以上 0.5m。

采用武汉水生所产 1L 有机玻璃采样器, 一般水样用聚乙烯瓶盛装, 测粪大肠菌群及总大肠菌群水样用灭菌瓶装。取样后马上送检。水体监测取样设置 5 个点。

3. 结果与讨论

由不同监测点的总平均值分析, 检测指标的变化不大。原因电厂冷却用水使得湖水流速快, 混合效果好。湖上游水的氨氮、 COD_{Cr} 略高。

湖水温度最低值出现在冬季, 为 12.2°C , 平均值最高月份出现在夏季 40°C 左右, 在湖纵深方向高碑店桥受热排水影响比上游偏高 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。在水深方面随季节会有温度分层现象。高碑店污水处理厂出水温度年平均 19°C 。SS 值也是冬季低, 夏季高。

SS 值在湖的流向与垂向较均匀, 2005 年夏季雨量较大, 雨水及其引起的地面径流冲入湖中的污染物都可以使 SS 值增加, 水体剧烈流动导致底层沉淀物重新上浮。

DO 浓度最高值在 5、6、7、8 月份为 4.06mg/L 。排入湖的高碑店污水处理厂二级出水 DO 较高, 平均为 5.75mg/L 。

湖水中 pH 值与高碑店污水厂出水 pH 值接近, 7 月~8 月份略高, 冬季低, 说明湖的条件对藻类生长有比较好的抑制效果。

TN、TP 浓度在湖纵向分布上有下降趋势, 二者主要受污水处理厂出水影响。叶绿素 a 最低值出现在 1 月份, 最高值出现在 5 月到 8 月份。说明在高氮磷营养水平, 充足的日照和适宜的水温等条件有利于浮游藻类的生长。镜检发现 5、6、7 月份的优势藻种

为颤藻，8 月份的优势种为微囊藻，均为蓝藻门，但叶绿素 a 控制在比较低的水平。因此，水体的透明度平均值在 1m 以上；最低时为 0.5m，最高达 1.2m 以上，感官效果好。在水质监测期间高碑店湖没有出现水华现象。

高碑店湖的补水是由高碑店污水厂二级出水及上游排水组成，目前高碑店污水厂二级出水补水量相比，上游补水水量少。《城市污水再生利用 景观环境用水水质 (GB/T18921-2002)》中观赏性景观环境用水河道类比较，高碑店湖中水质满足 GB/T18921-2002 的指标有：DO、pH、SS、LAS、石油类、色度、浊度，而 BOD₅、氨氮、TP、TN、粪大肠菌群（均值为 3.6×10^5 个/L）高于标准。

再生水回用于流动景观水体，重要的是控制其水体的美学效果和卫生学指标，某些指标可根据具体的景观水体条件适当放宽，如氮、磷等指标。根据标准 GB/T18921-2002。观赏性景观环境用水是指人体非直接接触景观环境用水，当完全使用再生水时，景观河道类水体的水力停留时间宜在 5 天以内。高碑店湖湖水的水力停留时间约为 1 天。研究表明，高碑店湖水力停留时间短，流动性好，水体无不良感观效果。高碑店湖无大量漂浮物出现，水体透明度高，夏季无观赏性水体经常出现的大面积水华，没有严重的嗅和味，满足观赏性景观环境用水的要求。

根据本研究，高碑店湖观赏性水体景观功能的管理指标包括见表 1。这些具体数据的提出可为有效的景观水体管理提供保证。

表 1 高碑店湖景观功能的水体管理水质建议值

单位：除标注单位外，其余均为 mg/L

项目	建议值	项目	建议值
基本要求*	无飘浮物，无令人不愉快的嗅和味	总磷*	≤2
		总氮*	≤2
透明度*	≥0.5	氨氮*	≤1
水温 *	不高于近十年当月平均水温 4℃，最高≤35℃ ^[5]	粪大肠菌群	≤1000 个/L
COD _{Cr} *	≤4	余氯*	≥0.1
BOD ₅ *	≤1	色度	≤33 度
SS	≤2	石油类	≤1
浊度*	≤10 NT	LAS	≤0
溶解氧*	≥2	pH*	7~8 无量纲

注：*项目为本研究建议值，其余为 GB/T18921—2002 中观赏性景观环境用水河道类水质。

二十世纪 70 年代初，高碑店湖水体污染异常严重，漂浮物及悬浮物较多，湖水黑臭，水生生物急剧减少，已经丧失了河流所具有的生态环境及景观功能。2002 年，对湖水生物调查中发现了 65 种水生物种。这表明，高碑店污水处理厂的运行，对改善高碑店湖及通惠河水质、恢复河流水生生物多样性方面发挥了非常重要的作用

高碑店污水处理厂二级出水再生回用作高碑店湖的景观补水水源，既补充了河道流量，增加非雨季时期的湖水流量，可以起到复活天然河道、创造优美城市水环境、给市民提供一个良好的亲水空间等多方面的作用。不但为北京缺水开辟了第二水源有效用途，又实现了污水的资源化，带来了良好的生态效益、社会效益和经济效益。

高碑店湖为非接触观赏性景观河道，为了降低对人体健康风险，应严格控制水体的卫生学指标。从景观要求上讲，建议高碑店污水处理厂在补水之前进一步强化消毒措施。同时要加强对高碑店湖的管理，控制高碑店湖周边和上游污染物的输入。