

中国纪检监察学院污水处理工程

项目位置：中国纪检监察学院

项目规模：河水深度处理工艺和人工湿地设计规模为600m³/d；循环水工程设计规模900m³/d

建设时间：2011年

2.1 现状基本情况

2.1.1 项目概况

中国纪检监察学院位于北京市海淀区原中关村国际教育园区，稻香湖酒店西北侧，苏家坨路东侧，占地总面积194760.70m²，建筑面积139923m²。院区内共有景观湖4个，分别是西南区的龙形湖，东区的西湖、东湖和南湖，景观水系湖面总面积为23000m²，总容积为20000m³。

本工程项目为中国纪检监察学院主要景观绿化项目之一，旨在保证院区内景观湖的水质水量，维持景观水的美观，实现人们赏水、亲水、爱水、护水的目的。工程内容包括景观用水净化工程和景观水循环工程二部分，其中景观用水净化工程处理规模为600m³/d，景观水循环工程处理规模为900m³/d。工程位于中国纪检监察学院西南角，距离稻香湖40m，工程总占地面积为2400m²。工程投资为588.31万元，运行费用为17.02万元/年。

2.1.2 水文地质条件

海淀区属于北温带大陆性季风气候，一年四季分明，冬季西北风较多，气候较为寒冷、干燥，夏季多西南风，气候比较炎热、多雨，雨季一般为6、7、8月份，降水量较大。年平均降水量600mm左右，年平均气温12℃，工程区冻土层深度0.70m。

（1）地形

拟建场地位于海淀区原中关村国际教育园区，稻香湖

酒店西北侧，苏家坨路东侧。场地地形较平坦，勘察期间各钻孔口地面绝对标高在42.69~44.02m之间。

（2）地层分布

根据野外钻探资料和室内土工试验成果，结合区域地质资料综合分析，勘探深度(25.0m)范围内的地层由人工填土层、新近沉积土层及一般第四纪冲洪积层成因的粘性土、粉土及碎石类土构成。

（3）场地水文条件

1) 地下水的类型及埋藏条件

建设场地现场钻探期间勘探深度范围内共揭露两层地下水，第一层地下水类型为潜水，初见水位埋深2.80~6.50m，绝对标高37.43~40.98m，静止水位埋深2.00~3.80m，绝对标高40.04~41.18m。含水层主要为粘质粉土及其夹层，补给来源主要是大气降水及地下径流，并以地下径流及蒸发为主要排泄方式。

第二层地下水类型为微承压水，初见水位埋深18.30~20.10m，绝对标高23.68~25.43m，静止水位埋深17.10~19.10m，绝对标高24.68~26.63m。含水层为圆砾层，主要补给来源是地下径流，并以地下径流为主要排泄方式。

2) 拟建场地历年最高水位情况

根据区域水文地质资料，本场区历年最高水位曾接近自然地面，近3~5年最高地下水水位绝对标高42.00m左右，其年变化幅度为1.0~2.0m。

2.1.3 水环境状况

(1) 水位水量

稻香湖位于海淀区苏家坨镇境内，南沙河的上游。现状湖区常水位约为42.30m，水域面积约为111690m²，平均水深2.0m。经南沙河综合整治工程（温阳路桥~稻香湖桥段环境整治项目）治理后，湖区水域面积增加至168300m²，平均水深增至3.0m。现状稻香湖的湖水水位，主要受下游上庄水库蓄水闸的控制。

(2) 水质情况

表1 设计参考水质数据					单位: mg/L				
监测点	时间(年)	化学需氧量	悬浮物	生化需氧量	溶解氧	氨氮	总氮	总磷	pH(无量纲)
上庄水库	2009	35.75	10.11	3.31	6.76	0.39	2.68	0.66	8.58
	2010	44.02	11	7.7	8.56	0.68	2.73	0.65	8.7
玛雅岛	2009	55.61	18.96	8.19	7.19	0.56	3.52	0.79	8.48
	2010	31.1	26.7	2.01	4.53	0.2	4.08	0.88	8.46

稻香湖的水源主要有：上庄水库的回流水、汛期的雨水以及稻香湖上游支流的生活污水。以“玛雅岛”和“上庄水库”两个监测点水质监测数据作为设计参考数据，如表1所示。

2.2 问题与需求

作为中国纪检监察学院景观湖唯一补水水源，稻香湖湖水水质不能满足补水要求。同时，景观湖水系作为人工构造系统，受补水水源水质较差、水体循环流动性缓慢等多因素，导致其水华爆发风险较高。为此，需采用深度处理工艺进行水质净化，并通过水系循环改善院区内景观水体缓流状态。

2.3 项目建设任务

中国纪检监察学院景观用水净化工程分为2个单元：

第一是景观用水补水净化单元，原水取自稻香湖，经曝气生物炭滤池+人工湿地工艺处理后作为院区内景观水系的补充水，出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类标准。

第二是院内景观水循环处理单元，经过第一单元处理后的出水通过补水管进入西区的景观湖内，通过连通管道流入东区的景观湖，景观湖形成一个循环系统，水质满足《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）

中娱乐性景观环境用水水质标准。

项目建设的主要任务为：

(1) O₃-生物活性炭建设任务与规模

稻香湖的河水通过格栅的拦截后进入集水池，然后通过潜污泵的提升进入混凝沉淀池，沉淀后出水进入臭氧接触池，臭氧氧化后出水进入生物活性炭滤池，最后进入清水池；沉淀池污泥进入污泥浓缩池，然后由污泥泵提升到厢式压滤机压滤成泥饼，其上清液回流至沉淀池。工艺处理规模为600m³/d，出水达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）中娱乐性景观环境用水水质标准。

(2) 人工湿地建设任务和规模

O₃-生物活性炭出水通过自流进入人工湿地处理系统，系统由两级水平流湿地单元构成，湿地单元填料深1.5m，以碎石填料为主，其中一级水平流湿地单元面积1050m²，二级水平流湿地单元面积950m²，出水经集水井收集，进入小型景观池，进而经小溪流入景观湖区。湿地处理规模为600m³/d，出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅳ类标准。

(3) 景观水循环系统建设任务和规模

人工湿地出水通过管道自流进入西南区龙形湖，龙形湖通过预留管道进入东区西湖，西湖水通过循环水管道进

入南湖，南湖水通过循环水管道进入东湖，东湖水通过泵提升进入西湖，在东区三湖形成循环系统。循环规模为900m³/d，湖水水质满足《城市污水再生利用景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）中娱乐性景观环境用水水景类标准。

2.4 工程设计

工程建设地址位于中国纪检监察学院内，其中景观用水净化工程建于院内西南角，距离稻香湖40m，工程整体布局如图1所示。



图1 工程总体布局图

2.4.1 O₃-生物活性炭工艺处理工程

臭氧-生物活性炭（O₃-BAC）法是将活性炭物理化学吸附、臭氧化学氧化及生物氧化降解3种技术合为一体的工艺。即是在传统水处理工艺的基础上，以预臭氧氧化代替预氯化，在快滤池后设置生物活性炭滤池。臭氧具有强氧化性，原水首先进行臭氧氧化，将臭氧对水中有机物的氧化作用作为预处理；之后进行活性炭吸附，利用活性炭

上生物膜的生物降解作用将有机物去除，达到净化水质的目的。

4.1.1 建设规模及标准

O₃-生物活性炭工艺的设计规模为25m³/h。O₃-生物活性炭工艺出水水质指标达到《城市污水再生利用 景观环境用水水质》（GB/T18921-2002）中娱乐性景观环境用水水景类标准。进出水设计指标如表2所示。

表2 进出水设计水质指标		单位：mg/L						
	化学需氧量	悬浮物	生化需氧量	溶解氧	氨氮	总氮	总磷	pH（无量纲）
原水水质	100	30	20	6	2	7	1.5	8.5
出水水质	-	≤5	≤6	≥2	≤5	≤15	≤0.5	6~9

4.1.2 工艺流程

稻香湖水通过自流方式进入格栅池，经过自清式格栅除污机的拦截后进入集水池，集水池的水通过潜污泵的提升后进入混凝沉淀池，沉淀后出水进入臭氧接触池，臭氧氧化后出水进入生物活性炭滤池，最后进入清水池。

沉淀池污泥通过静水压力进入污泥浓缩池，然后由污泥泵提升到厢式压滤机压滤成泥饼，其上清液回流至沉淀池。

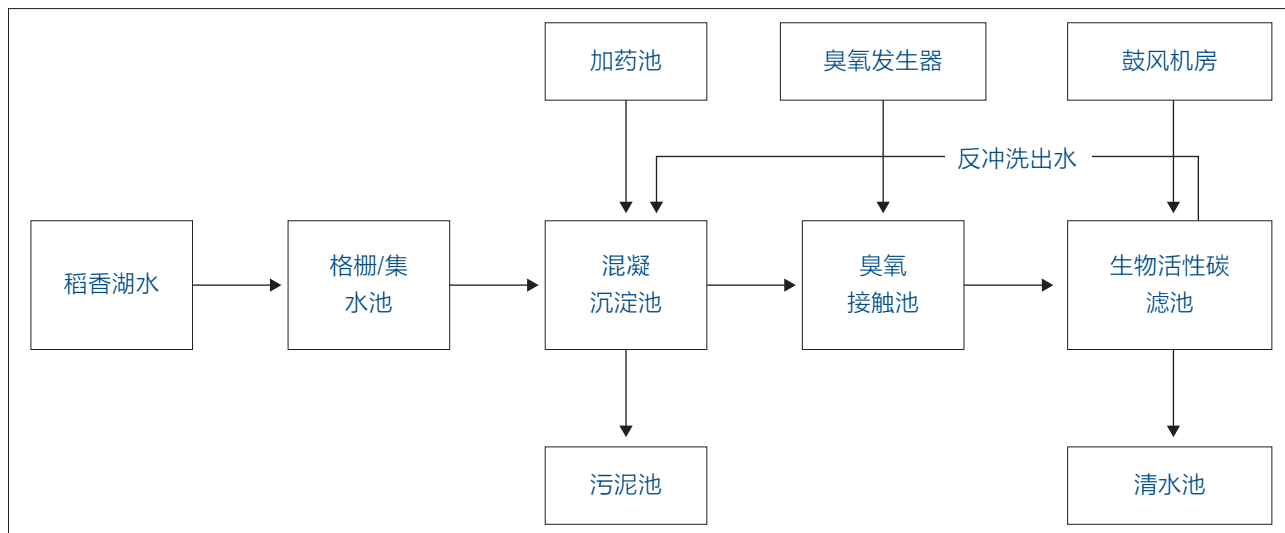


图2 O3-生物活性炭工艺流程图

4.1.3 工艺设计

(1) 格栅

为防止河水中固体悬浮物堵塞管道及水泵，保证系统的正常运行，设置自清式格栅除污机，用以拦截河水中悬浮物。分离的栅渣作垃圾处理。

格栅的进水管采用钢筋混凝土管，管径 $D=300\text{mm}$ 。管道长度 30m 。栅前水深为 1.5m ，其水位与稻香湖常水位一致，即 42.3m ，则进水管上底标高为 41.1m ，下底标高为 40.8m 。

(2) 集水池

新建集水池1座，与格栅池合建。集水池有效容积为 4.2m^3 （水泵 10min 的出水量），进集水池的无压来水最大设计水量定为 $Q=25\text{m}^3/\text{h}$ 。池内设超声波液位计1台。设计最低水位为 0.7m 。

(3) 混凝沉淀池

混凝沉淀池由管道混合池、反应池和沉淀池三部分组成。

混合池作用是使混凝剂与污水充分混合，出水自流进入反应池。混合池1座，设计流量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，设计水力停

留时间 30s 。混合池内投加PAC，投加量为 $80\text{mg}/\text{L}$ ，采用自动加药装置进行投药。

混凝剂在反应池内生成矾花，与污水充分接解，吸附网捕污水中污染物，反应池内混合液自流进入沉淀池进行泥水分离。反应池1座，设计流量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，设计水力停留时间 30min 。反应池内设搅拌机。

设置斜板沉淀池1座，钢混结构，设计流量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，设计表面负荷为 $5\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，沉淀时间 20min 。化学污泥自流至污泥浓缩池。

(4) 臭氧接触池及集水池

臭氧是一种强氧化剂，且具有亲电性质，因而能与碳碳双键分子反应，经过臭氧氧化后使有机物的性质发生变化，更易于被吸附去除，所以通过臭氧氧化与活性炭吸附联合处理能起到满意的处理效果。由于臭氧对水中溶解性铁和高分子有机物的氧化会使悬浮固体增加，因此宜将活性炭吸附单元设置在臭氧氧化单元之后。

设置臭氧接触池1座，设计流量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ，设计水力停留时间 30min ；臭氧投加量 $10\sim 30\text{mg}/\text{L}$ ，臭氧的接触时间是 30min 。集水池与臭氧接触池合建，有效容积 4.2m^3 。

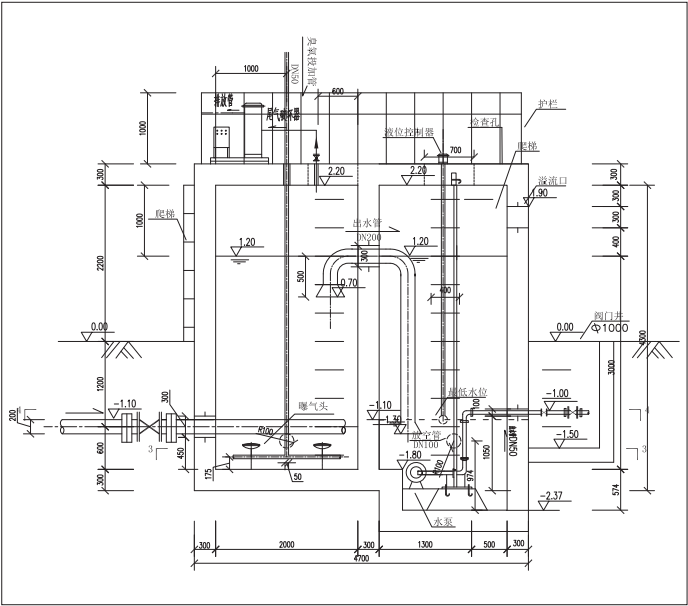


图3 臭氧接触池设计剖面图

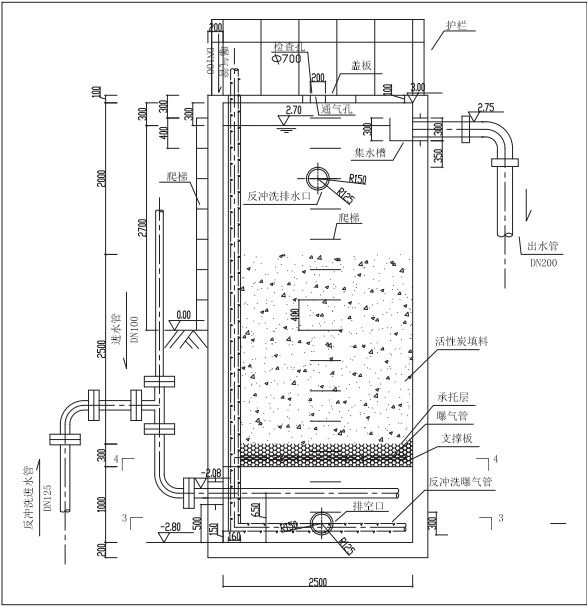


图4 生物活性炭滤池设计剖面图

(5) 生物活性炭滤池

设置生物活性炭滤池1座，通过活性炭吸附，不仅可以除嗅、脱色、去除微量的元素及放射性污染物质，而且还能吸附诸多类型的有机物质，如：高分子烃类、卤代烃、氯化芳烃、多核芳烃、酚类、苯类以及杀虫剂、除锈剂等。

生物活性炭滤池设计流量为25m³/h。生物活性炭层高2.5m，设计滤速10m/h。

(6) 清水池

清水池用于进行生物活性炭滤池反冲洗，其容积不低于一座曝气生物炭滤池一次反冲洗所需用的水量容积。设清水池1座，采用气水联合方式对生物活性炭滤池进行反冲洗。

(7) 污泥浓缩池

沉淀池污泥通过静水压力进入污泥浓缩池，然后由污泥泵提升到带式压滤机压滤成泥饼，其上清液回流通过排空管进入格栅池前端。

表3 主要建构筑物一览表

序号	单体名称	尺寸	数量	单位	备注
1	格栅池	3.0×0.38×4.0m	1	座	
2	集水池	1.8×1.8×4.5m	1	座	与格栅池合建
3	混合池	0.8×0.8×0.8m	1	座	
4	反应池	2.2×2.2×3.4m	1	座	与混合池合建
5	沉淀池	2.2×2.2×4.5m	1	座	与反应池
6	臭氧接触池	2.0×2.0×4.0m	1	座	
7	集水池	1.8×2.0×4.0m	1	座	与臭氧接触池合建
8	生物活性炭滤池	1.6×1.6×5.8m	1	座	
9	清水池	6.0×4.0×3.0m	1	座	
10	污泥浓缩池	D=2.0m, H=3m	1	座	
11	设备间	5.0×20.0×4.0m	1	座	

2.4.2 人工湿地工程

人工湿地总面积2030m²，湿地平面形态呈“S”形，宽31m，长67m，由两个并联的湿地系统组成。两个系统分别由两级水平流湿地和一级垂流湿地单元构成，湿地填料以碎石为主。其中一级水平流湿地单元面积合计1060m²，填料平均深1.65m，垂流湿地单元面积合计455m²，填料从上至下分为D2-5mm和D10-20mm石灰质碎石层两层，二级水平流湿地单元面积合计515m²，填料平均深1.5m，出水经集水井收集，进入小型景观池，进而经小溪流入景观湖区。

人工湿地水源引自稻香湖，进入湿地前先经臭氧-活性炭生物曝气池处理，后期若稻香湖湖水水质改善，则可直接净化处理学院内景观湖水。设计处理流量600m³/d，设计水力负荷0.3m³/m²/d，停留时间为5.4d。

湿地植物床植物种植采用荻、干屈菜和水生鸢尾3种，湿地系统一全部种植荻，湿地系统二的前端水平流湿地单元种植干屈菜，中间垂流湿地单元和后端水平流湿地单元种植水生鸢尾。种植密度12株/m²。



图5 人工湿地

2.4.3 景观水循环系统

东区三湖的储水水量为13000m³。景观水系循环时间取15天，则设计循环水量为900m³/d。循环管线建设总长度1250m，管径300~400mm的UPVC管。

2.5 工程投资

中国纪检监察学院污水处理工程投资为588.31万元，其中O3-生物活性炭工程费用为289.84万元，人工湿地工程费用为183.81万元，景观水循环工程为114.66万元。

工程运行费用合计约17.02万元/年，主要包括电费、药剂费、水费、人工费等。

2.6 工程效益

中国纪检监察学院污水处理工程建设目标为利用化学

沉淀和生物处理技术，提高稻香湖的取水水质，为中国纪检监察学院内的景观水系的循环提供保障。通过工程措施的实施，使原水水质得到提高，由目前的V类、超V类水体提高到IV类，强化院区内水系的景观生态功能，抑制院区内夏季水华暴发现象。

从经济角度看，本项目工程总投资为588.31万元，经计算，运行费用仅为17.02万元/年，而若单纯采用补水措施，要使院区目标水质达标，补水的水资源费为100万元/年以上。从这个角度说，本工程的实施不仅节约了水资源量，而且经济效益也是非常显著的。