

天津纪庄子污水处理厂运行回顾(上)

赵丽君

[提要] 天津市纪庄子污水处理厂 1984 年开始运营,其采用普通活性污泥法,两级中温污泥消化为主的处理工艺,经不断地技术改造、设备更新、完善工艺、加强管理,十年来一直运行稳定,共向天津市提供城市污水二级净化水约 8.3 亿 m^3 ,处理污泥 196 万 m^3 ,生产沼气 1245 万 m^3 ,沼气发电 450 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。文中根据污水厂历年来的运行数据,评价了污水、污泥的处理效益,分析了生产成本组成和能耗变化。

我国城市污水处理厂的建设与发展已有七十余年的历史,从 1921 年上海第一座污水处理厂投产以来,城市污水厂从无到有,从小到大,尤其是近十多年来,可以说有了突飞猛进的发展。目前城市污水处理厂已覆盖了全国 23 个省市自治区,据 1993 年的不完全统计,已建成和正在建设中的城市污水处理厂共计 117 座,按其处理工艺程度分类,一级厂 27 座,二级厂 83 座,其他厂 7 座。117 座污水厂日处理污水量达到 513.628 万 m^3 。天津市拥有两座大型污水厂,日处理量为 66 万 m^3 ,几乎将市区 1/2 的污水净化处理,居全国城市污水处理率首位。北京市高碑店 50 万 m^3/d 城市污水处理厂是目前我国投产运行厂中规模最大的处理厂,这些污水处理厂的建成,对消除污染,保护环境起到了重要的作用。

天津市纪庄子污水处理厂自 1984 年 4 月运营以来,已经历了十个春秋,在这十年里经过不断地技术改造、设备更新、降低能耗、完善工艺,加强管理并研究开发新工艺、新技术、新设备,使处理厂一直正常稳定运行,十年来向天津市提供的城市污水二级净化水约 8.3 亿 m^3 ,处理污泥 196 万 m^3 ,生产沼气 1245 万 m^3 ,沼气发电 450 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$,取得了可观的社会效益和环境效益,本文拟对该污水处理厂十年运转进行简单的效益评价。

一、城市污水性能及组份分析

1. 城市污水的组份

天津市市区排水管网及泵站建设已有了较系统的规范网络,形成了科学区划的六大排水系统。纪庄子排水系统是天津市六大排水系统之一。汇水面积 3770 公顷,服务人口 108 万人。统计资料表明该系统除城市居民外的排污单位共有 4292 个,其中工矿企业 845 家,医院 90 家,机关团体、学校、商店等 2939 家,餐饮业有 327 家,其他行业有 91 家,日排水量总计 14.2 万 m^3 ,占纪庄子污水处理厂总进水量的 54.6%,其中上游 854 家工厂,日排工业废水水量 7.69 万 m^3 ,居民生活污水则占 45.4%

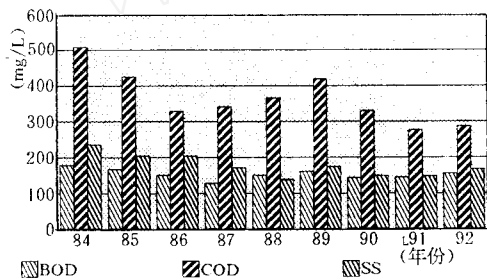
总之,从纪庄子排水系统城市污水的组成上看,它包括了极富代表意义的工业废水和生活污水。因此,评价纪庄子污水处理厂十年来所反映出的城市污水水质及工艺运行效果具有典型意义。

2. 原污水性能分析

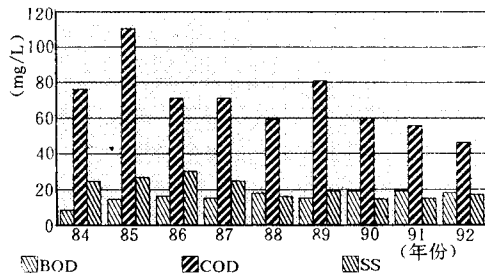
对纪庄子污水厂上游来水的实测分析,各项污染指标一般讲有较稳定的变化范围和浓度,由于天津市加强对上游污染源的治理,有效地控制了难降解有机物的总量排放,以化学需氧量 COD 为表征的有机污染综合指标,呈逐年下降的趋势,污水的可生化性能有较大改善。图 1 示出 1984~1992 年 BOD、COD 和 SS 年平均值, BOD_5 153.59(128.42~179.41) mg/L , COD_c 364.76(276.62~507.82) mg/L , SS 177.05(138.11~236.46) mg/L 。值得一提的还有水温和色度,天津市地处北纬 38°38',全

给水排水 1995 No. 1

年平均水温约为 16℃,寒冷季节 12 月、1 月、和 2 月份,平均污水温度为 7.7℃,最低达 4℃左右,冬季的生化效果有所下降,尤其低水温的生物脱氮,是处理技术要突破的关键之一。纪庄子排水系统中色度污染厂家有 17 个点源,色度虽然不在控制标准之列,但经处理的出水给人不良的感官感觉,更影响污水再生利用,纪庄子系统原污水用稀释倍数法测定的色度最高达 370 倍。近年来平均也有 100 左右。综上所述,经纪庄子污水处理厂十年来对原污水的实测分析及大量的资料统计表明:1. 原水生化



(a) 进水 BOD、COD、SS 年平均值



(b) 出水 BOD、COD、SS 年平均值

图 1 天津市纪庄子污水处理厂进、出水情况

性能好,不可降解的 COD 已被有效控制。2. 重金属和有毒物质大部分几乎未经处理已符合我国农灌标准。3. 在考虑污水资源化,例如回用于景观、杂用和工业时必须严格控制上游色度点源的排放量,研究并应用低温生物脱氮技术,实现污水资源化。

二、水处理效果评价

1. 主要处理构筑物效果分析

(1) 初沉池处理效率

初沉池主要去除悬浮物,纪庄子污水厂设四座直径为 45m 的辐流式沉淀池,表 1 是 1984~1992 年初沉池和二沉池对污水中 BOD、COD、SS 三项指标的去除率统计表。BOD、COD 经过初沉池一般去除率在 25%左右,而 SS 可达 60%,十年来的运行实践,证明了一级处理理论的正确,为今后城市污水处理厂的设计提供了实践依据。

(2) 曝气池的有机负荷率

纪庄子污水处理厂曝气池设计采用常规推流式活性污泥法,设计负荷为 0.225kgBOD/(kgSS·d),由于进水有机物浓度实际值低于设计值。十年来一直处于较低负荷运行状态,平均为 0.145kgBOD/(kgSS·d)。可以说曝气池的处理负荷有潜力可挖。例如,考虑纪庄子污水处理厂将扩建至 52 万 m³/d 时,曝气池可考虑较大的工程措施便能承受两倍负荷。

(3) 二沉池出水堰的位置

纪庄子污水厂设 8 座 Ø45m 辐流式二沉

污 水 常 规 分 析 年 平 均 值

表 1

年份	BOD					COD					SS				
	进 水 (mg/L)	一沉出 (mg/L)	去除 (%)	二沉出 (mg/L)	去 除 (%)	进 水 (mg/L)	一沉出 (mg/L)	去除 (%)	二沉出 (mg/L)	去 除 (%)	进 水 (mg/L)	一沉出 (mg/L)	去除 (%)	二沉出 (mg/L)	去 除 (%)
1984	179.41	145.27	19.03	8.26	95.00	507.82	337.25	30.05	76.05	84.02	236.46	106.48	48.09	24.65	87.36
1985	167.55	138.52	18.71	14.63	92.08	425.89	307.79	22.74	110.26	73.50	204.76	87.19	49.35	26.84	85.14
1986	150.99	119.92	20.46	16.37	90.54	328.73	260.73	18.38	71.09	77.85	204.06	79.33	55.28	30.19	84.14
1987	128.42	87.84	25.25	15.21	84.83	341.79	233.16	28.85	71.01	76.51	171.02	62.02	58.49	24.70	84.10
1988	150.77	100.12	29.86	18.01	85.92	364.93	232.98	31.66	59.22	80.88	138.11	51.43	59.59	16.02	85.80
1989	161.68	104.84	31.19	15.10	89.46	419.93	304.64	25.31	80.88	79.51	174.03	55.54	61.12	18.98	86.35
1990	143.81	96.25	30.06	19.19	86.71	330.26	224.08	29.77	60.09	81.73	149.96	44.17	63.45	14.53	88.32
1991	144.21	108.77	22.67	19.09	85.80	276.62	195.20	25.58	55.76	78.59	147.47	43.01	61.33	14.88	85.38
1992	155.47	118.29	23.52	18.32	87.29	286.91	199.27	28.31	46.31	82.25	167.62	57.57	59.97	16.99	86.45

池,周边双进水三角出水堰槽,由于外沿距池周边只有 400mm,出水上升流速局部加大,导致携带悬浮物流出。美华盛顿巴尔的摩污水厂、天津东郊污水厂等二沉池出水堰设在池半径距中心 2/3 处,效果较好。

纪庄子污水处理厂(1984~1992 年)

运行结果表 表 2

序号	项目	年平均值			二级出水排放指标
		进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	
1	BOD ₅	138.75 (212~71)	15.54 (14~4)	88.5	<30
2	COD _{Cr}	344 (664~167)	70 (210~23)	80	<120
3	SS	162 (437~76)	33 (68~6)	85	<30
4	pH	7.54 (8.2~6.89)	7.48 (8.65~6.94)	—	6.5~8.5
5	总氮	37.1	26.3	24	—
6	氨氮	21	12.6	40	—
7	总磷	6.17	3.9	37	—
8	油类	18.9 (83~1.6)	1.54 (7.16~0.01)	92	<60
9	挥发酚	1.9	0.037 (1.12~0)	98	<1
10	氰化物	0.033	0.0019	94	<0.5
11	硫化物	2.76 (7.23~0.84)	0.69 (2.98~0.12)	75	<1.0
12	氟化物	0.73 (0.94~0.52)	0.77 (1.06~0.62)	—	<15
13	苯胺	0.092 (0.76~0.009)	0.013 (0.04~0)	86	<3
14	铜	0.077 (0.236~0.024)	0.029 (0.108~0.006)	62	<1
15	锌	0.25 (0.635~0.05)	0.087 (0.378~0)	65	<5
16	汞	16.5×10^{-4} ($270 \times 10^{-4} \sim 0$)	3.75×10^{-4} ($37 \times 10^{-4} \sim 0$)	77	<0.05
17	铅	0.0178 (0.323~0.008)	0.0295 (0.505~0)	59	<1
18	铬	0.165 (1.727~0.028)	0.049 (0.174~0.009)	70	<1.5
19	镉	46.57×10^{-4} ($1680 \times 10^{-4} \sim 0$)	19.85×10^{-4} ($440 \times 10^{-4} \sim 0$)	57	<0.01
20	砷	0.037 (0.095~0.0001)	0.01 (0.088~0)	73	<0.5

2. 纪庄子污水处理厂二级出水水质评价

(1) 二级出水水质的分析

纪庄子污水处理厂自运行以来,出水水质均达到设计标准,表 2 示出了 9 年的运行结果。

全部指标均能达到国家颁布的城市污水处理厂二级出水的排放标准和农灌标准。对氮、磷也有一定的去除效果。

(2) 二级出水主要指标的频率分布

纪庄子污水处理厂运行 10 年来在工艺运

纪庄子污水处理厂运行结果

出水频率分布表 表 3

项目	区间 (mg/L)	频数 (个)	频率 (%)	频率累计 (%)
BOD ₅	0<X≤5	4	3.9	3.9
	5<X≤10	25	24.3	28.2
	10<X≤15	22	21.4	49.6
	15<X≤20	27	26.2	75.8
	20<X≤25	13	18.4	94.2
	25<X≤30	3	2.9	97.1
	40<X≤45	3	2.9	100
		103	100	
COD _{Cr}	20<X≤40	8	8.3	8.3
	40<X≤60	37	38.1	46.4
	60<X≤80	33	34	80.4
	80<X≤100	16	16.5	96.9
	100<X≤120	2	2.1	99
	120<X≤140	1	1.0	100
		97	100	
SS	0<X≤10	11	10.8	10.8
	10<X≤20	56	54.4	65.2
	20<X≤30	20	19.4	84.6
	30<X≤40	9	8.7	93.3
	40<X≤50	6	5.8	99.1
	60<X≤70	1	0.9	100
		103	100	
总氮	0<X≤5	7	13	13
	5<X≤10	2	3.7	16.7
	10<X≤15	8	14.8	31.5
	15<X≤20	11	20.4	51.9
	20<X≤25	8	14.8	66.7
	25<X≤30	10	18.5	85.2
	30<X≤35	4	7.4	92.6
	35<X≤40	2	3.7	96.3
		54	100	
氨氮	0<X≤5	19	29.2	29.2
	5<X≤10	11	16.9	46.1
	10<X≤15	17	26.2	72.3
	15<X≤20	6	9.2	81.5
	20<X≤25	5	7.7	89.2
	25<X≤30	5	7.7	96.9
	30<X≤35	2	3.1	100
		65	100	
总磷	0<X≤1	5	6.2	6.2
	1<X≤2	19	23.5	29.7
	2<X≤3	23	28.4	58.1
	3<X≤4	18	22.2	80.3
	4<X≤5	10	12.3	92.6
	5<X≤6	2	2.5	95.1
	6<X≤7	4	4.9	100
		81	100	

行水质检测方面取得了大量的数据,测试项目每天约 30 余项,统计 9 年检测数据大约有 75000 多项次,因数据太多,下面仅对 9 年的二级出水月平均值做一频率分布,其主要指标有

BOD₅103 个, COD_{Cr}97 个, SS103 个, 总氮 54 个, 氨氮 65 个, 总磷 81 个, 其结果见表 3。出水 BOD₅ 在 15mg/L 以内的占总检出数的 49.6%, 30mg/L 以下的占总检出数的 97.1%。出水 COD_{Cr} 在 60mg/L 以内的占总检出数的 46.4%, 出水合格率达 99% (120mg/L)。出水 SS 在 20mg/L 以内的占总检出数的 65.2%, 合格率达 84.6%。出水 T-N 小于 20mg/L 占总检出数的 51.9%, 出水 NH₃-N 在 15mg/L 以内的占 72.3%, 出水 T-P 在 2mg/L 以下的占总检出数的 29.7%, 在 3mg/L 以下的占总检出数的 58.1%。

通过以上分析, 说明纪庄子污水处理厂自运行以来, 处理水质达到了设计要求, 预计对二级出水进行适当的补充处理是完全有可能达到我国城市污水回用杂用水的水质标准。

(3) 二级出水水质的评价

城市污水在经过集中处理后用于农业、工业、市政、渔业等是解决城市缺水使污水资源化、保护环境、防止污染的一项重大措施。天津市多年来利用城市污水灌溉农田, 并制定了一系列污水回用于农业的措施, 这不但减轻了工农业争水的矛盾, 而且城市污水经过土地处理系统的净化也收到了一定的经济和环境效益。纪庄子污水处理厂多年来的连续运行效果说明, 对天津市西青区、津南区污水重复利用, 为科学污灌提供了良好的物质基础。

3. 曝气池节能运行措施

(1) 微孔曝气系统

纪庄子污水处理厂 1984 年 4 月始运行时, 曝气池中采用孔径为 $\varnothing 5\text{mm}$ 的穿孔管曝气系统, 氧传递效率较低、噪音大、耗电量高。1986 年 6 月引进英国霍克公司的微孔曝气系统和 Dinkin 公司的鼓风机, 1987 年底, 进口设备开始使用。引进的 Dp178 钟型曝气器由氧化硅、氧化铝高温烧结而成, 外径为 178mm, 厚 19mm, 透气孔平均直径 150 μm , 每分钟约产生 500 万个以上微气泡, 在 4.5m 水深时, 气泡平均直径 2mm 左右。每个通气量

2.55m³/h。微孔曝气头在池底均匀排布, 平均 1.56 个/m² 池面。

1986 年 6~12 月, 在相同的水力条件下, 对穿孔管曝气与微孔曝气进行过平行对比实验, 结果如下:

①当出水溶解氧维持在 2mg/L 左右时, 微孔曝气系统用气量比穿孔管用气量减少 50% 以上。

②微孔曝气头清水组合试验的氧利用率为 14.73%, 在曝气池中运行, 氧的利用率平均值达 10.88%, 比穿孔管氧的利用率高 54%。

③根据鼓风机的耗电量和供气量可知微孔曝气可比穿孔管曝气节能 50% 以上。

于 1987 年底安装使用的 2 台进口鼓风机, 还可以根据工艺要求进行风量调节, 也达到了节能的目的。

(2) 低溶氧运行

在传统活性污泥法中, 为曝气池供氧以维持池中微生物生存和繁殖, 所需的能耗占污水处理厂能源消耗的一大部分。以纪庄子污水处理厂为例, 鼓风机的耗电量在全厂总耗电量中的比例为 40% 以上。由此可以想到, 达到供氧要求, 保证出水指标, 应考虑尽可能降低向池中的供气量, 就可以节约电能, 降低污水处理厂的运行成本。理论上认为污水好氧处理的 DO 范围在 0.5~2.5mg/L 之间, 一般曝气池出水的 DO 都控制在 2.0mg/L 左右, 实际运行 DO 范围在 0.5~1mg/L 之间。从 1987 年改用微孔曝气头以后, 气水比在 4.5~2.5 之间, 出水的 BOD、SS 的值和去除率都达到了出水标准。这说明使用微孔曝气器, 气泡微小, 比表面增大, 氧的传递效率比穿孔管提高 50% 以上, 曝气器在池底均匀分布, 曝气池在较低溶解氧条件下, 既能保证微生物的供氧需要, 又使池中污泥混合液处于悬浮状态, 能得到很好的处理效果。

(未完待续)

◎作者通讯处: 300381 天津市河西区紫金山路南头
天津市污水处理研究所

收稿日期: 1994-9-28

PROBLEMS ON SELECTION OF PNEUMATIC WATER SUPPLY UNITS

..... *Xue Wenjia et al* (37)

FREQUENCY SPEED CONTROL OF CENTRIFUGAL DOSING PUMP *Cui Fuyi et al* (39)

Abstract: The principle of frequency control of centrifugal dosing pump was studied theoretically and verified by experiment; on the basis of this findings the dosing accuracy of centrifugal dosing pump was analysed and a practical method to control it has been proposed.

MEASURES TO GUARANTEE NEW-CONSTRUCTED PIPELINE UNBLOCKED

..... *Li Chunping et al* (43)

APPLICATION OF CENTRIFUGAL PUMP WITH ADJUSTABLE IMPELLER ... *Liang Shuhua* (44)

AIR-CARRYING PROBLEM IN GRAVITATIONAL VALVELESS FILTER OPERATION

..... *Tang Yaohua* (45)

Abstract: The causes and harm due to air-carrying problem in gravitational valveless filter operation was estimated and the insufficient of distribution tanks of original and shaft types was indicated. Finally, a reliable method to solve the air-carrying problem radically was proposed.

REVIEW ON THE OPERATION OF JIZHUANGZI WASTEWATER TREATMENT PLANT

IN TIANJIN *Zhao Lijun* (48)

Abstract: Stable performance has been obtained in the last decade since the Jizhuangzi Wastewater Treatment Plant in Tianjin was put into operation in 1984 for which conventional activated sludge process and two stage mesophilic sludge digestion were adopted as main treatment measures. 830 million cubic meters of wastewater have been treated with secondary treatment, 1.96 million cubic meters of sludge disposed and 4.5 million kWh of electricity generated by methane utilization as a result of continues technical reform, renovation of equipments, process improvement and management modification of the plant. On the basis of the operational data the efficiencies of wastewater and sludge treatment have been estimated and the composition of operational expenses and energy consumption studied in this paper.

● **Sponsored by** Water & Sewage Society of CCES and China Building Technology Research Institute

● **Edited by** Water & Wastewater Engineering Editorial Board

● **Address** 19 Chegongzhuang Street Beijing 100044 China

Tel (01)8317744-437 **Fax** 8348832