

污泥中挥发物含量	55%
沼气发电与热回收	
干固体总量	98 400Kg/d
挥发物总量	54,120 "
可降解总量	16,236 "
日产沼气量	13,300m ³ /d
甲烷含量	65%
常规处理目标	
BOD ₅	40mg/l
SS	60 "
脱氮处理目标	
BOD ₅	20mg/l
SS	20 "
TKN	10 "

以下是该厂设计中采用的主要措施。

1 采用一中一细两道格栅

1985年,市政工程局在总结纪庄子污水处理厂运行经验的基础上,提出在新建污水处理厂设计中,要采用一中、一细两道格栅。因为污水中的漂浮物大至树木、竹筐,小至尼龙线,用一种格栅截获各种漂浮物是不现实的。

设计采用了运行可靠、便于管理的8台弧形曲面的细格栅,并将其设在泵房的出水明渠上,以便于维修保养。每台格栅的清污动作是根据水位模拟信号由计算机控制的。

曲面格栅的规格如下:

每合格栅宽度	1.20m
栅条曲率半径	2.0m
栅条净距	10mm
镀锌栅条尺寸	50×10×5mm
电机功率	0.75kw

当水位差处在正常值时,清污工作将按设定时间动作;当前后水位差超过设定值时,清污工作将连续进行。如果清污工作连续操作时间过长,计算机将发出报警信号。

2 初沉池采用自动排泥系统,控制污泥浓度

初沉池运行好坏,直接涉及生物处理

系数的负荷。英国莫克登污水处理厂,初沉池BOD去除率高达87%,他们认为去除率高时,可减轻曝气池的负荷,节省能源。初沉池运行的关键是排泥,排泥的浓度又涉及污泥处理系统的运行,控制了污泥浓度,就控制了污泥量。东丽污水处理厂有四座初沉池,其轮流排泥的程序由计算机控制。每池排泥阀频率/时间自动操作。而排泥频率和每次排泥的持续时间将由计算机监测到的污泥浓度和流量进行调整。排泥阀又分两部分,启闭用的是电动阀门,排泥口用的是可手动调节的升降阀,该阀属非标设备,进行了特殊设计。当排泥口高时,溢流量就小,当排泥口降低时,污泥溢流量就增大。

关于初沉池的池型,曾对矩形和圆形两种方案在运行管理、占地和混凝土用量等方面进行分析比较。因后者考虑到圆形辐流式沉淀池具有设备可靠、运行简便,投资较省等显著优点,设计采用了周边驱动全桥式刮泥机外辐流式沉淀池,直径为60m。结构形式采取惯常使用的预制拼装块件、外缠绕预应力高强钢丝的做法,收到了降低工程造价的效果。

3 曝气系统的新工艺和节能措施

众所周知,在普通曝气池中,氧的消耗速度变化较大,空气利用率较差,而多点进水曝气池需氧量就较为均匀,氧的消耗速率变化较小,可以提高曝气池的空气利用率和工作能力,在运行上灵活性较大,曝气池容积可缩小20~30%。容积计算公式如下:

$$\text{曝气池容积 } v = LQ/NS$$

式中: L——进水BOD负荷mg/l;

Q——设计流量m³/d;

N——污泥负荷率KgBOD/d·KgMLSS,

S——混合液悬浮固体MLSSmg/l。

多点进水时,各点流量Q₁、Q₂……Q_n。

回流污泥的悬浮固体为S_r,当回流比为r时,各点(S₁、S₂、S₃……S_n)的混合液悬浮固体为

$$S_1 = \frac{r}{\frac{1}{n} + r} S_r$$

$$S_2 = \frac{r}{\frac{2}{n} + r} S_r$$

$$S_n = \frac{r}{\frac{1}{n} + r} S_r$$

代入后可得

$$V = \frac{1}{n} \cdot \frac{LQ}{N} \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \dots + \frac{1}{S_n} \right)$$

整理后即得

$$V = \frac{LQ}{NSr} \left(1 + \frac{1+n}{2nr} \right)$$

初步设计中曾反复论证,按多点进水,曝气时间4小时出水即可满足要求。并曾对两大排水系所属各个泵站的混合污水(按排水量比例取样)进行了连续生物反应器的曝气实验,试验所取曝气时间为4小时。试验结果,BOD去除率达83.6—87.7%。据此,施工图设计中采纳了法国得利满公司的建议,采用渐减曝气工艺。三座普通曝气池,每池进水量120000m³/d,安装法国DP230型微孔曝气器6531个。曝气时间为4.5h,每池容积为68×64×5.2=22630m³。

全厂共四座曝气池,其中一座按前置缺氧脱氮工艺设计,平均流量60000m³/d,最高流量70000m³/d。脱氮工艺设计如下:

进水BOD, $0.75 \times 112000 / 480000 = 175\text{mg/l}$

进水TKN 40mg/l

进水PH 7.3

进水水温 10℃

污泥龄受硝化细菌世代影响,其最小泥龄A和温度T有关,按英国经验公式计算为:

$$A = 3.05 (1.127)^{(20-T)}$$

$$= 3.05 (1.127)^{(20-10)} = 10.08\text{d}$$

按法国经验公式计算为:

$$A = \frac{TKN_{TE} + 1.5}{TKN_{TF}} \times \frac{1.094^{(15-T)}}{0.126} d$$

$$= \frac{10 + 1.5}{10} \times \frac{1.094^{(15-10)}}{0.126} d = 14.3\text{d}$$

式中,TKN_{TE}——出水开氏氮浓度

硝化速率 2.2mgN—NH₄/gvss·h

反硝化速率 2.7mgN—NO₃/gvss·h

产泥率 0.73kg/kgBOD

混合液浓度 5g/l (75%vss)

取泥龄为12d,则曝气池容积为

$$0.73 \times 175 \times 70000 \times 12 / 5000 = 21462\text{m}^3$$

氮的硝化,设有2mg/lN—NH₄不能硝化,40 - (0.04×175) - 2 = 31mg/l

反硝化能力,设在缺氧区去除1/3BOD,而去除1mg/lN—NO₃需3mg/lBOD,故

$$\frac{175}{3} \times \frac{1}{3} = 19.4\text{mg/l N—NO}_3$$

$$\text{要求回流比} \frac{19.4/31}{1 - 19.4/31} = 1.5 = 150\%$$

缺氧区最小停留时间30min,则其容积

$$\text{为} \frac{70000}{24} \times \frac{1}{2} \times 250\% = 3646\text{m}^3$$

取耗氧系数a'=0.65, b'=0.065,

每kg N—NH₄耗氧4.24kg,生物脱氧的需氧量O₂=0.65×70000(0.175 - 0.019×3)+0.065×0.73×70000×0.175×12+4.24×0.031×70000=21540kg/d。

由于根据实际需要来确定曝气池的容积,与纪庄子污水处理厂相比,东丽污水处理厂曝气池容积仅增加了3.6%,而BOD负荷增加了一倍(纪庄子35100kg/d,东丽72000kg/d)。同时,曝气池的导流墙厚度由纪庄子污水处理厂的20cm减至7cm。这些设计方案的改进,使造价大幅度地降低。

在节能上,主要选用了高效率的微孔曝气器和单级高速离心鼓风机,并用曝气池中的溶解氧浓度自动控制风量,最大限度地节

省电耗。这些在纪庄子污水处理厂曝气系统改造工程中已经得到验证，不再赘述。

4 引进污泥处理技术关键设备，充分利用生物能，提高能源自给率

污泥处理最为重要的是必须妥善解决污泥稳定化和无害化问题。此外，应充分利用污泥中的生物能，最常用的方法是厌氧消化。污泥消化最重要条件是污泥加温及污泥搅拌，温度恒定才能使甲烷细菌繁殖，污泥搅拌才能使新、熟污泥充分接触，使池内温度、甲烷细菌分布均匀并加速消化气的释放。

东丽污水处理厂日产污泥 2460m^3 （含水率96%），建有五座亚洲最大的污泥消化池（直径28.8m），每池容积 10000m^3 。由于我国缺乏污泥处理的工程实践经验，所以在设计中引进消化吸收了关于污泥投配、沼气搅拌、污泥加热、沼气发电、余热回收、电力并网和污泥脱水等方面的设计技术。例如污泥输送，采用螺杆泵，强迫挤送污泥，防止堵塞。而污泥流动的压力损失，将视污泥浓度和污泥流速而定，我国缺乏实测资料。又如污泥加热，我国高校教材中写道：“为使消化池温度恒定，必须对新鲜污泥进行加热……。”本次设计，吸取国外经验，新鲜污泥直接投配入消化池，污泥加热是将泥由消化池内吸出，再压入热交换器内加热后仍回流入消化池内与生污泥混合。热交换器进泥温度 35°C ，出泥温度 40.5°C ，仅升温 5.5°C ，运行可靠得多。如果选用将生污泥预加热的方法，在冬季，污泥将由 10°C 升温至 35°C ，升温 25°C ，设备复杂得多。又如污泥采用沼气搅拌，引进了法国技术，从外商提供的搅拌效果试验结果中可看出，在消化池任意点投入锂元素后，经压缩气体搅拌30分钟，实测结果，全池锂元素已分布均匀。设计要求，消化池进行全日24小时连续搅拌，连续投泥，连续加热和连续排泥。

污泥处理系统引进的关键设备有：

a. 沼气搅拌设备五套

每个消化池配一台沼气压缩机，流量 $652\text{m}^3/\text{h}$ ，沼气通过20根直径30mm的不锈钢管对污泥进行搅拌，搅拌强度可达 $1.0\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ 。

b. Deg843型带式压滤机八台

每台生产能力	685kg干泥/h
进泥含水率	96.7%
泥饼含水率	80%
用药量（有机高分子）	0.002~0.004

c. 沼气发电机五台

每台功率	284KW
沼气用量	$3312\text{m}^3/\text{d}$
回收热量	$8208 \times 10^6 \times 4.19\text{J}/\text{d}$

d. 沼气锅炉四台

每台供热量	$18000 \times 10^6 \times 4.19\text{J}/\text{d}$
沼气用量	$3648\text{m}^3/\text{d}$

消化池的结构形式与前述初沉池相同。

池顶部球盖厚150mm，内衬6mm原钢板以保证气密性。池壁设有 $\varnothing 700\text{mm}$ 入孔，对切断的顶应力钢丝69根，采取了特殊锚固措施。五座消化池与原初步设计相比，节省混凝土 3470m^3 。

5 采用集中监视、分散控制的集散系统自控设计方案

中央控制室设有操作站、CRT、打印机彩色硬拷贝和彩色模拟盘。四个分控室内设置现场控制器PLC，按编制的程序控制运行，并将采集的大量信息输至中央控制室进行处理。厂内还设有电视监视系统，对厂区主要部位及泵房、机房等十处主要设备的运行情况，通过电视进行监视。

作者简历

冯生华，男，1937年生。中共党员。1956年毕业于上海城市建设学校，1957~61年肄业于北京业余建工学院。现任市级工程勘测设计院副院长兼副总工程师（高级工程师），中国土木学会给排水学会理事，排水委员会副主任，天津市土木学会给排水分会副理事长。天津城建学院兼职教授。