

高碑店污水处理厂设计

李远义 常怀忠 X505

1 概况

高碑店污水处理厂是北京市建设的第一座大型城市污水处理厂,其设计规模为100万 m^3/d ,远景规划最终规模为250万 m^3/d 。该厂位于东部高碑店村南,距旧城广渠门约8km,地处市区边缘,但水、电、交通等条件均甚便利。处理厂接纳旧城区及东部工业区的排水,流域面积约100 km^2 ,人口约220万。

五十年代初,北京城区旧沟经过整修建了新的排水系统,这些下水道都是就近排入河渠。随着城市的发展污水量迅速增长,使城区护城河严重污染,环境恶化。五十年代中期,按照城市总体规划确定了分流制的排水原则,并开始修建各河渠的污水截流管,也即分流制污水管系统的干管。1960年,本地区的污水管网系统基本形成,并在高碑店建成一座25万 m^3/d 污水经格栅、沉砂、沉淀后为农田灌溉服务、临时性的初级污水处理厂。八十年代以后,据统计全系统下水道总长已达530km,污水量增加达80万 m^3/d ,占全市总排水量的40%,超出了现有排水设施的能力,迫切需要建设新的二级污水处理厂并完善截流管网。经过长期的调查研究,并进行了小型和中型试验,为新的高碑店污水二级处理厂的设计,提供了坚实可靠的依据。本工程分两期建设,第一期50万 m^3/d 于1993年完成投产,第二期50万 m^3/d 将于1995年完成。

2 设计数据

2.1 污水水量

根据近年的统计监测,本系统的总水量已超过80万 m^3/d ,其中50%以上为工业废水,预计2000年污水量将超百万 m^3/d 。本工程按100万 m^3/d 的规模考虑,总变化系数采用1.2,在建厂的同时修建通惠河南岸干管和南护城河干管,使本流域内的污水全部得到处理。

2.2 污水水质

a. 由于工业废水的影响,污水COD最高达800 mg/L 以上,一般在500~600 mg/L 左右,COD/BOD比率在2~3之间,较难生化降解。

b. 污水SS值偏高,特别是当降雨初期高得惊人,估计由于城区大部为合流道的原因。

c. 根据实测资料,在严冬季节高碑店污水厂的水温仍能保持在15 $^{\circ}\text{C}$ 以上,这对生物处理是十分有利的。

根据上述资料,设计中采用基本数据: BOD200 mg/L , COD500 mg/L , SS250 mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ 30 mg/L , T 15 $^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.3 出水水质

出水的水质标准即污水所需的处理程度,取决于出水的用途。北京市位于干旱的华北地区,年降水量不足600mm,水资源极为缺乏。因此,污水作为水资源已势在必行。

a. 灌溉农田

农田灌溉是处理厂出水的主要用途,由于灌溉是季节性的,一年之中有半年是雨季和冬季,污水须另谋出路。

b. 景观用水

平时河道除排洪、污水外无其它补给水,经处理后的出水补给河道,可以美化城市环境,但水质必须清洁。

c. 工业回用

工业回用潜力最大的是作为冷却水,但要解决腐蚀、结垢、泡沫和生物增殖等问题。

d. 市政杂用

如浇灌花木、草坪、洒马路、冲厕等。

上述几种用水对水质要求不高,但一般二级处理出水是不够的。设计考虑提高处理水平,使污水中的氨氮达到硝化,以利于后续的深度处理和消毒。出水水质标准规定: BOD<16 mg/L , SS<30 mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ <3 mg/L 。

3 处理工艺

针对上述出水要求,通过试验研究,选用先进的缺氧好氧活性污泥法,延长曝气时间,使出水完全硝化;污泥处理采用两级中温硝化工艺;

沼气用以发电,补充能源;发电机的冷却水供消毒池加热;回用水的深度处理,增加混凝沉淀和砂滤,使出水水质进一步提高(图1)。

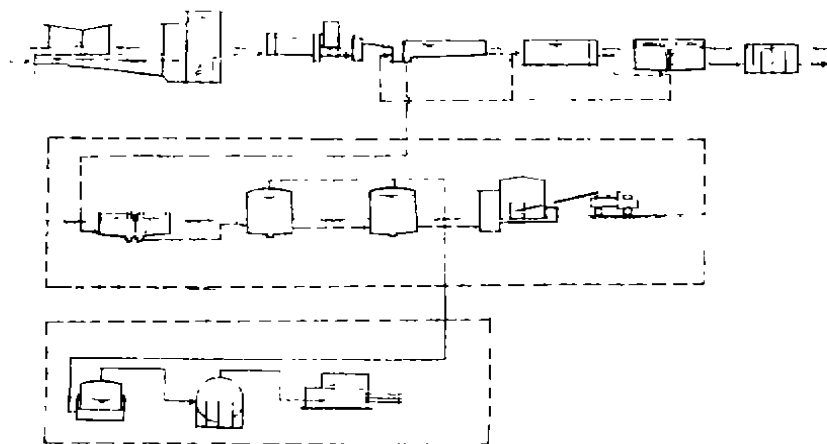


图1 工艺流程图

4 厂区布置及主要构筑物

4.1 平面布置

高碑店污水处理厂是一座有30年历史的老厂,原有构筑物现已残破不堪,此次改建除保留原有进水泵房及试验场外均被拆除,重新布置。全厂分水处理、泥处理、中水处理、试验场及管理五个区,各区之间用较宽的绿带分隔以美化环境。为节约用地并便利维修,厂内管网设置环状通行式管廊。

4.2 进水泵房

进水泵房按最大污水量120万 m^3/d 设计。北京市城区下水道多为合流,原有泵房能力改建为50万 m^3/d 作为提升初期雨水之用。

4.3 初沉池

初步设计为圆形池后改矩形,节约用地达6.6万 m^2 之多。此外,矩形池还有配水管路短、水头损失小、配水均匀、排泥方便等优点,并有利于与工作间和管廊相结合,为管理提供便利。根据试验结果,初沉池去除BOD和SS分别为20%和50%。

4.4 曝气池

共设24座曝气池,每座长96m、宽28m、深6m,分4组布置,每组6池。每座池隔成3条宽9.3m的廊道。第一廊道的进水端划出1/4长24m,作为缺氧区。平均停留时间为9.25h,以保

证充分硝化。采用微孔空气扩散装置,并根据计算机模拟、结合试验数据,将曝气器布置成渐减曝气的形式,使供气量在曝气池的各段内与微生物需氧相适应。曝气器分配百分比为:第一廊道65%,第二廊道23%,第三廊道12%。

4.5 二沉池

采用 $\varnothing 50\text{m}$ 辐流式圆形池24座,与曝气池相同,有利于运行管理。每池装有周边传动的旋转吸泥机,及时回流活性污泥。二沉池效率的高低直接影响出水水质的优劣,因此,设计采用较小的水力负荷和较长的停留时间,即 $21.2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 及4.52h。

4.6 污泥浓缩池

设计将活性污泥送到初沉池的进水中,使其与生污泥合并沉淀,然后将混合污泥(含水率预计为97%)送入污泥浓缩池。参照英国WRC的研究成果,结合现场试验,选用新型升流式污泥重力浓缩池,浓缩的污泥体积减小50%,即含水率从97%降到94%。固体负荷按 $50\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 计算,选用直径24m的池子12座。

4.7 污泥消化池

采用两极中温消化工艺,建消化池16座, $\varnothing 20\text{m}$ 、高25m,分为4组、每组4池,其中一级3池、二级1池,停留时间为21d和7d。污泥搅拌用沼气循环的方式进行。污泥加热利用沼气

发电机余热,以螺旋板逆流换热的方式进行,发电站运转前则由锅炉房供蒸汽直接加热。

5 讨论

5.1 缺氧——好氧(AO)法的优点

将污水处理到完全硝化程度的污水处理厂应采用缺氧——好氧工艺,即在活性污泥法的曝气池进水端,设置一个停留时间1h左右的“缺氧区”,在这个区域内氮的利用仅仅依靠硝酸盐在脱氮过程中放出的氧离子,使水中溶氧保持在0.5以下,以区别于厌氧和好氧。这种环境给污水处理带来许多好处,主要有:

a. 污泥沉降性能的改善

污泥膨胀是由于活性污泥中丝状菌的增殖而引起的。当污水与回流污泥混合时,由于缺氧造成对丝状菌不利的环境,使其锐减,从而改善了污泥的沉降性能、降低污泥容积指数,保证出水水质优良。

b. 脱氮作用

缺氧区内回流污泥携带的硝酸盐被反硝化,脱除部分的氮,同时放出氧离子供生物反应耗氧时利用。

c. 减少二次沉淀池污泥上浮现象

由于在缺氧区内的脱氮作用,减少了二沉池内的反硝化过程,从而也减少了污泥上浮问题。

5.2 硝化与加氧的关系

城市污水二级处理一般对出水水质不提出硝化的要求,但作为水资源进行开发、为污水的回用创造条件,这就要求污水处理厂出水必须硝化并消毒。在加氯消毒的过程中,污水中的氨氮如不去除,将与氯离子发生反应而耗掉大量的氯,氯氮的硝化又需要耗能并使管理费增加,故这里有一个经济比较的问题。经过计算优选,当氨氮降至3mg/L左右时,硝化耗氧的费用可与因氮的减少而节约的加氯费用相平衡,使管理运行费用达到最低。

5.3 污水处理厂的节能

a. 合理布局

城市污水处理厂的布局应本着适当集中的原则,使每一座处理厂都有一定的规模,因为规模愈小则单位耗电愈多,这是目前各大城市所

发生的事实所证明的。从管理的角度来说,一座大厂的运营比几座小厂的运营要容易得多,成本也低得多,出水水质更有保证。

b. 合理设计

在污水处理工艺流程中,各构筑物之间在平面和竖向布置中应尽可能紧凑,缩短管线,选用水头损失较小的进出水设施,使沿程水头损失达到最小,以降低提升能耗。

c. 沼气利用

污泥消化过程中产生的沼气可作为能源回收利用,沼气发电量一般可满足二级处理总耗电量的30%~50%;发电机冷却水和废气的余热可用于加热消化池。这样可以使沼气能量的回收率达到70%。

d. 曝气节能

曝气耗电是全厂总耗电量的60%~70%,是节能的重点。首先是采用了微孔曝气器和离心式鼓风机。微孔曝气器扩散出的微小气泡增加气液两相的接触面积,提高充氧效率,在曝气池中按照微生物反应规律布置曝气器,也是节能的。离心鼓风机效率高,并可根据水质水量的变化调节风量,避免能量浪费又可改进处理效果。在曝气池的混合液中,保持正确的溶氧浓度,过高造成浪费,过低则出水恶化达不到处理程度。溶氧控制有以下几种方式:

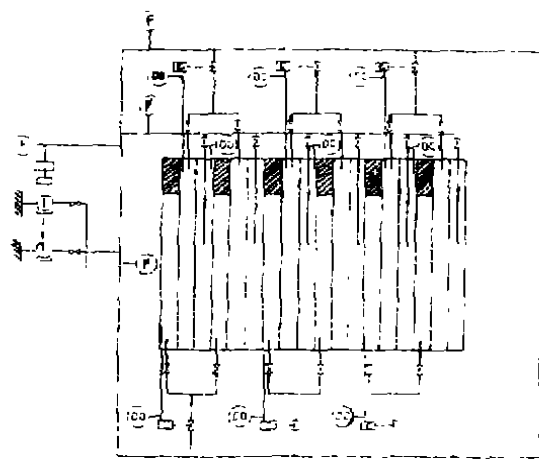


图2 溶氧压力调节控制系统

① 直接控制。溶氧仪设在任何一点,按指定溶氧量调节气量。这一方式仅适用于完全混合式曝气池。

47-6P

② 进水量比例控制。按污水量变化和固定的气水比进行调节供气,并用溶氧仪监测溶氧量在指定范围内。这种方法简单价廉,但受水质和水温的影响,效果不稳,适用于水质变化不大的污水。

③ 溶氧折点控制。在均匀曝气的推流式池中,混合液耗氧速率随水流向前推进而逐渐降低,相应地 DO 浓度则逐渐上升。同时,在曝气池长的任何一个断面上,随着供气量的增加,DO 浓度也将上升。这两种变化曲线都有一个回折点,将这些折点连接起来,形成两条几乎吻合的曲线,标志着曝气池内各处最佳 DO 浓度。在实际应用中,可按所需溶氧浓度选定池长上与指定 DO 浓度相符的折点位置,设置 DO 仪控制氧量。

④ 溶氧压力控制。上述几种溶氧控制方法均为单点控制,不是最理想的。在高碑店污水处理厂的设计中,经过曝气池各段氧传递系数 K_L 的模拟计算并参考国外经验,设计采用三个独立控制区,其中两个自动,一个手动。这样就可以有效控制溶氧浓度,达到节能和保证出水水质的效果(见图 2)。曝气池出水段只设一手动阀门,不需经常调节,因此段供气量是按搅拌需气设计的,超过了生物反应需气量,不进行随机控制气量,可适当提高出水 DO 浓度,有利于改善二次沉淀池的工作,提高最终出水的水质。

在设计控制系统时,指定 DO 值通常采用 2mg/L ,而在实际操作中不同控制区可用不同的 DO 指定值,但不低于 1.5mg/L 。控制系统的工作首先是由溶氧仪发出信号,启动输气管上的阀门,气量的变化使管网压力变动,然后由压力传感器将信号送到鼓风机的逆风叶片启动器,调节气量,使管网压力达到最佳状态。

北京市市政设计院

李远义 常 慎

生物接触氧化法处理污染原水^①

余健 许建华 TUPPI.11

生物处理法是去除污染原水中氨氮的一种行之有效的方法,近十年来,国内先后进行了生物滤池、生物转盘、生物流化床处理污染原水试

验,结果均比较满意。为探求更好的生物预处理方法,对生物接触氧化法处理污染原水做了试验。

1 试验方法

试验流程见图 1。

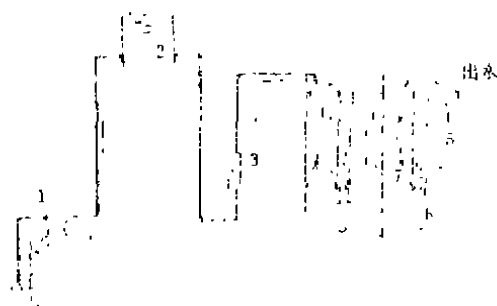


图 1 试验流程图

1. 水泵 2. 水箱 3. 转子流量计 4. 生物接触氧化池
5. 蜂窝填料 6. 穿孔排泥管 7. 穿孔布气管

主要装置为生物接触氧化池,由两级组成,每级结构和容积相同,放置内切圆直径也相同的玻璃钢蜂窝填料。原水取自黄浦江下游。生物接触氧化池的基本情况和试验条件见表 1 和表 2。

表 1 氧化池基本情况

氧化池容积	$0.10\text{m}^3/\text{级}$
蜂窝管直径	20mm
蜂窝管高度	1m
填料表面积	$5.75\text{m}^2/\text{级}$

表 2 试验条件

处理水量	$1.8 \sim 2.4\text{m}^3/\text{d}$
供气量	$0.5 \sim 1.8\text{m}^3/\text{h}$
填料水力负荷	$156 \sim 206\text{L}/\text{m}^2$
停留时间*	$80 \sim 110\text{min}$
水温	$5 \sim 26^\circ\text{C}$
$\text{NH}_4\text{-N}$	$1.0 \sim 4.0\text{mg/L}$
COD_{Mn}	$6.0 \sim 12.4\text{mg/L}$

* 指水在填料中的停留时间

对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除效果,在挂膜完成后定期分析了氧化池进、出水的氨氮浓度。此外,对氧化池进、出水中的 COD_{Mn} 、 BOD_5 浓度、Fe 和 Mn 等指标也进行了经常性的测定。

2 试验结果

2.1 氨氮的去除

① 课题系中国国家自然科学基金资助项目