

污 水 的 零 费 用 脱 氮

周 彤

提要 介绍一项发明专利——脱除污水中氨氮的新方法。利用循环冷却水系统不需增加费用就可以脱除污水中氨氮,从而消除了污水回用中氨氮的影响。

关键词 污水回用 氨氮 循环冷却水系统

在城市污水中,特别是经过二级处理后的污水中,90%以上的氮是以氨的形式存在,以氨氮形式脱氮,比去除硝酸盐氮容易且经济,另外,在某些场合并不要求脱除总氮而只要求脱除氨氮,因而探讨氨氮的去除方法很有必要。

1 氨氮的危害及常规脱氮方法

氨氮的危害有:排入水体会造成富营养化,因其消耗溶解氧而影响水体质量;对鱼类和其它水生生物有毒;在给水处理和工业循环水杀菌处理时增大用氯量;对某些金属,特别是铜具有腐蚀性,当再生水作为冷却水回用时,要考虑冷却设备腐蚀损害问题;当污水回用时,再生水中氨氮可以促进输水管道和用水设备中微生物的繁殖,形成生物垢,堵塞管道和用水设备,并影响换热效率。

常规脱氮的方法有:折点加氯法;空气吹脱法;选择性离子交换法;生物法。常规脱氮方法都有弊端。吹脱法要将水的pH值调到10.8~11.5,否则效果不大,还有冬季效率低的问题,国外现已基本停用这种方法;选择性离子交换法的再生困难,还没有成熟经验;折点加氯法成本高,目前还没有实用化;目前可用的方法是生物法,使污水处理到硝化阶段,

生物反应在完成碳的氧化后再完成氮物质的氧化,使氨氮能氧化为亚硝酸盐和硝酸盐,但这样需延长生物处理时间,并增加供氧量,这将使生物处理的基建投资和供氧动力增加,无疑会增加污水处理厂的负担。

2 利用循环水系统脱氮(零费用脱氮技术)

我们承担了国家“七五”、“八五”攻关课题“污水回用”的研究工作。污水回用的目标是将再生水用到工业冷却上。其理由是一般城市用水中80%是工业用水,而工业用水中80%又是冷却用水,因而用再生水代替自来水供给工业冷却是缓解城市水荒的有效途径。工业用水,特别是电厂冷却水,对氨氮有较高的要求,一般要求氨氮小于1mg/L。所以污水回用于工业时必须考虑脱氮。我们在探索脱氮方法过程中,花费了很大精力,但总没有突破。最后我们跳出污水处理厂范畴,把着眼点放在水的大循环上,终于发现在工业循环水系统中,可以有效地脱除氨氮。只要运行得法,掌握一定条件,则循环水系统,特别是冷却塔可以为脱氮兼用,既不需增加处理费用,又能使水质达到回用指标,从而解决了氨氮指标影响回用这一关键技术,可以显著节省污水再生

$$S = \frac{P \times G}{10V}$$

式中 S ——聚合物浓度,%($S=0.25$);

P ——液体投加率,L/h;

G ——干粉密度,430g/L;

V ——水流量,L/h。

则 $P=0.0058V$

即根据水的流量,计算出液体投加率 P 值,按图3的对应关系,调整控制柜上相应的“干粉投加

率”值,即可配出0.25%的PAM溶液。需要注意的是:固体PAM保质期2年,液体保存3~5d,最好做到现用现配,不要长时间快速搅拌,以免降低药效。

运行两年多来,水厂的污泥处理工艺使大部分生产废水得到回收利用,降低了制水成本,改善了生态环境,保护了日益紧缺的水资源。

○作者通讯处:050071 石家庄市西三庄街第八水厂生产处

电话:(0311)7773847

收稿日期:1999-10-13

费用, 为推广污水回用于工业冷却提供了技术和经济保证。

污水回用采用循环水法脱氨, 与常规脱氨处理的活性污泥法比较, 没有增加费用, 因而也可称为污水的零费用脱氨技术。

2 1 处理效果

工业供水中采用最广泛的是带冷却塔的循环水系统, 该系统如图 1 所示。循环水系统由冷却塔、循环泵和换热设备组成。在冷却塔内, 水与空气接触, 进行蒸发冷却, 然后重入换热设备循环使用。冷却塔由于蒸发、风吹、排污而需补充水, 通常是用自来水作补充水, 而这里是将城市污水再生处理后作为补充水进入循环水系统中。

在循环水系统中, 补充水(再生水)的氨氮主要是在冷却塔内得以脱除。这一规律是在试验中发现, 并在工业化实践中被证实。表 1 是模拟试验中的典型数据。

城市污水经二级和深度处理后, 氨氮尚有 30mg/L 左右, 进入冷却系统后, 在浓缩倍数为 2 的情况下, 氨氮达到 0. 4mg/L。且不随浓缩倍数增加和运行时间长短而积累。

表 1 动态模拟冷却系统试验水质

项目	补充水(再生水)	循环水
pH	7. 3	8. 2
Cl ⁻ /mg/L	260. 7	511. 0
硬度(以 CaCO ₃ 计)/mg/L	294. 5	564. 7
碱度(以 CaCO ₃ 计)/mg/L	222. 1	249. 6
NH ₃ -N/mg/L	30. 0	0. 4
COD/mg/L	42. 2	57. 6

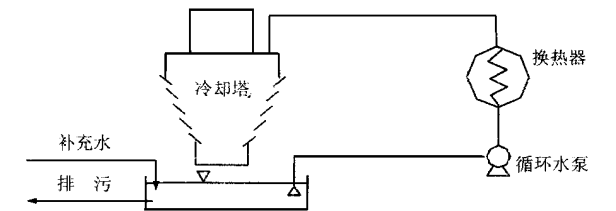


图 1 循环水系统

表 2 是某厂使用万 m³/d 级回用工程再生水几年中, 典型的水质分析。

表 2 说明在工业用水实践中, 循环水系统里氨氮小于 0. 5mg/L, 满足包括电力工业在内的循环水

氨氮指标小于 1mg/L 的要求。

表 2 某厂使用再生水的循环水系统水质分析

项目	补充水(再生水)	循环水
pH	7. 0	7. 9
硬度(以 CaCO ₃ 计)/mg/L	150	330
碱度(以 CaCO ₃ 计)/mg/L	95	150
Cl ⁻ /mg/L	121	282
NH ₃ -N/mg/L	13	0. 4
COD/mg/L	21	30
SS/mg/L	4. 2	4. 4

2 2 氨氮的去除机理

由于循环水系统是一个特殊的生态环境, 合适的水温、长的停留时间、巨大的填料表面积、充足的空气等优良条件均可促使氨氮转化。据测定, 氨氮的去除 80% 为硝化作用, 10% 为解吸作用, 还有 10% 为微生物同化作用, 三种作用综合影响, 但主要以硝化作用为主。

2 3 影响因素

2 3. 1 冷却塔浓缩倍数和停留时间

冷却塔的浓缩倍数与节水效益直接相关, 浓缩倍数越高, 补给水量越少, 循环水在系统内的停留时间越长。

循环水系统内水的平均停留时间从下式求得:

$$T = \frac{V}{Q_b + Q_m}$$

式中 T ——水在系统内的停留时间, h;

V ——循环水系统容积, m³, 一般为循环小时流量的 1/3 ~ 1/5;

Q_b ——排污和泄漏损失水量, m³/h;

Q_m ——风吹损失水量, m³/h。

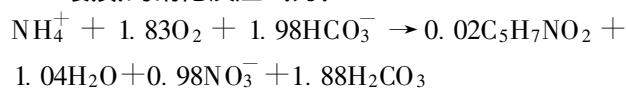
例如 10 000m³/h 的循环水系统, 系统容积 2 500m³, 当浓缩倍数为 2 时, 补给水量为 400m³/h, 排污水量 180m³/h, 蒸发水量 200m³/h, 飞散水量 20m³/h。循环水在系统内的停留时间为 12. 5h; 当浓缩倍数为 5 时, 排污水量为 50m³/h, 停留时间为 50h。可见其停留时间很长。

试验结果表明, 当浓缩倍数在 2 以上, 城市污水中氨氮含量为 20 ~ 50mg/L 时, 循环水中氨氮浓度可小于 1mg/L, 满足工业用水对氨氮指标的要求。我国大多数工业冷却系统, 浓缩倍数在 2 左右, 所

以,大多数工厂的循环水冷却系统都具有很高的去除氨氮的能力,可见这种去除氨氮的新方法具有普遍推广价值。

2.3.2 碱度和 pH

氨氮的硝化反应式为:



计算出每氧化 $1\text{gNH}_3-\text{N}$ 要消耗碱度 7.14g (以 CaCO_3 计)。当碱度不足时,应当补加。我们在模型试验和生产性测试中,发现在循环水中的碱度保持恒定,并有余量,不必另外补加碱度。

循环水系统 pH 由 $7.0 \sim 7.3$ 升至 $7.9 \sim 8.2$,也说明碱度充足。而硝化菌在 pH $7.0 \sim 7.8$ 和 pH $7.7 \sim 8.1$ 时活性最强,循环水的 pH 值很适宜硝化菌的活动。

2.3.3 温度

亚硝酸菌最佳生长温度为 35°C ,硝酸菌的最佳生长温度为 $35 \sim 42^\circ\text{C}$,在适宜的温度下,硝化菌活性高增长快,对氨氮的去除能力增强。而冷却塔水的温度长期保持在 $25 \sim 40^\circ\text{C}$ 范围内,恰是在硝化菌最适宜的温度范围内,并且不存在硝化菌效能减退的低温问题。这是任何市政污水处理构筑物都无法比拟的。

2.3.4 供氧量

计算得出,氧化 $1\text{gNH}_3-\text{N}$ 为 NO_2^--N 耗氧 3.43g ,氧化 $1\text{gNO}_2^--\text{N}$ 为 NO_3^--N 耗氧 1.14g ,硝化作用共耗氧 4.57g 。有文献指出,氨氮的硝化应保证空气量为硝化所需空气量的 50 倍效果最佳。

在冷却塔内,每 m^3 水的空气量可达 2000m^3 ,供氧充足,溶解氧可以达到饱和。这样高的空气量可以提高溶解氧向液膜的传递速率,有利于硝化活动的进行。

2.3.5 生物膜

污水经二级处理和深度处理后,水中还含有一定数量的细菌和有机物,有冷却塔填料表面很容易形成一层生物膜。冷却塔填料有点滴式、膜板式、网格式、蜂窝状等多种形式,表面积在 $100 \sim 350\text{m}^2/\text{m}^3$ 。巨大的表面积为生物膜生长提供了良好场地。虽然填料的比表面积大,但由于循环水是补充水的几十倍,可看作高倍数回流,因此填料不会有脱水现

象发生,避免了生物膜干化而影响活性。由于再生水的 BOD_5 小于 10mg/L ,加上循环水有大量稀释能力,因而合成代谢所形成的新细胞数量很小,膜的增殖脱落量不大,不会发生填料间隙的堵塞问题。对于硝化作用来说,按计算,每氧化 $1\text{mgNH}_3-\text{N}$ 产生 0.15mg 新细胞,当原水为 $20\text{mg/LNH}_3-\text{N}$ 时,也只产生 3.0mg/L 悬浮物,数量很少。工程实践也证明,循环水系统 SS 很低,填料不堵塞,冷却塔也并不因其具有硝化功能而增加排污。

3 经济效益

利用循环水系统脱氨,不但在技术上可行,简化了回用处理流程,而且能显著节省回用工程基建投资和运行费用,为工业水用户,特别是电力行业用户积极使用再生水创造了条件,从而加快了污水回用步伐。

这里与生物法脱氨作一经济比较:

某市一回用工程,规模 $10\text{万 m}^3/\text{d}$,设计上全部回用,处理后供给工业冷却、市政绿化、杂用等用水,主要以工业冷却为主。再生处理流程作了两个方案:

方案 1:考虑工业回用对氨氮有要求,采用延时曝气硝化,污泥负荷取 $0.1\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 。

方案 2:考虑市政绿化、杂用对氨氮要求不高,而工业回用依靠循环水系统本身去除氨氮,因而生物处理按照普通活性污泥法设计,污泥负荷取 0.2 (可到 0.4) $\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 。

结果采用本项技术的第 2 方案比采用生物法脱氨的第 1 方案在曝气池容积、所需空气量、鼓风机耗电等方面都减少一半。

污水处理厂投资中,生物处理费用占 $1/3 \sim 1/2$,运行费用中电耗方面生物处理占 80% 。对于这项工程来说,第 1 方案投资 1.4 亿元,第 2 方案投资 1.2 亿元,第 2 方案可节省投资 2000 万元。用电量第 1 方案 $1250\text{kW}\cdot\text{h}$,第 2 方案 $750\text{kW}\cdot\text{h}$,第 2 方案可节省用电 40% 。这就体现出本项技术在节省投资上的突出价值。

△作者通讯处:130021 长春市工农大路 8 号

中国市政工程东北设计研究院

电话:(0431)5627003

收稿日期:1999-10-8

Sludge Disposal of the 8th Waterworks in Shijiazhuang Hebei Province Chen Yanping et al(35)

Abstract: Conventional water purification process with designed capacity of 300 thousand cubic meters per day has been adopted by the 8th Waterworks in Shijiazhuang Hebei province. About 10.6 thousand cubic meters of wastewater will be discharged daily from this waterworks. The sludge disposal technology and the selection and preparation of chemicals are presented.

Denitrification of Zero Expenses Zhou Tong (37)

Abstract: This new method of wastewater denitrification is a patent technology, the ammonia nitrogen in wastewater will be removed by using the circulated water cooling system without any expenses demand. So the problem of unfavorable effect of ammonia nitrogen in wastewater reuse has been solved.

Treatment and Integrated Utilization of Printing and Dyeing Wastewater Quan Guohong et al(40)

Abstract: An integrated process of wastewater treatment and utilization is presented. The process is made up of heating the soft water of room temperature by high temperature printing and dyeing wastewater via heat exchangers reusing the low level base decrement wastewater of water washing for dust control and desulphurizing of stack gas and anaerobic-aeration biological treatment of printing and dyeing wastewater. This process has fair economical benefit on the principle of so called waste control by waste itself. This might be an ideal process for printing and dyeing wastewater treatment and disposal. The effluent of this process is quite enough to meet the requirement of urban sewer collector. Additionally also many advantages are attractive such as the complete return of biological sludge to digestion, no chemicals dosage and free of secondary pollution.

Pilot Study on Simultaneous Removal of Organic Pollutants and Ammonium in Suspended Carrier Biological Reactor Xia Siqing et al(42)

Abstract: Organic pollutants and ammonium from Shanghai Petrochemical Company were treated in a pilot scale suspended carrier biological reactor. The results showed that at hydraulic retention time of 12, 10, 8 and 6 hours with 50% suspended carrier, the effluent concentrations of BOD₅, COD_{Cr} and NH₃-N were less than 15mg/L, 100mg/L and 15mg/L respectively under the influent BOD₅, COD_{Cr}, NH₃-N concentrations of 97 ~ 235mg/L, 203 ~ 678.2mg/L and 20 ~ 35mg/L respectively.

Advanced Treatment of Acetaldehyde Wastewater Chen Libo et al(46)

Abstract: High-strength acetaldehyde wastewater can be treated by the pressurized activated sludge-coagulation and clarification process with high volumetric loading, fast biochemical reaction rate without dilution to get high quality effluent. When the influent COD_{Cr} of secondary treatment is 2750 ~ 3500mg/L and the process pressure is at 0.20MPa, the effluent COD_{Cr} is below 300mg/L, the volumetric loading and the COD_{Cr} removal rate are 20 ~ 23kg COD/m³·d and 90 ~ 95 respectively. In this case the COD_{Cr} and SS of the advanced treatment shall be below 75mg/L and 10mg/L respectively. The quality of the effluent is better than the requirement of the standard of wastewater reuse.

Anti Freezing of Cooling Tower in High Cold Climate Wang Jinglu(48)

Abstract: The operators of cooling towers always suffer freezing problems during winter in the cold climate area, much troubles are brought on endangering the safety service and normal maintenance. Some new anti-freezing measures to protect the air inlet shutter and outer shell package of cooling tower are recommended and also the practical applications are presented.

Summary on Application of Pressure Reducing Valve for Fire System Jiang Wenyan(50)

Abstract: The separate water tank is common used in vertical separate fire system for high rise building. Because of its shortcomings in practice it has been replaced by pressure reducing valve. Domestic pressure reducing valves for fire water system have been developed and applied successively since ten years ago in this country. The classification, development, application, structure, feature, selection and installation of pressure reducing valves are described in this paper.

Water System Design of Wanquan Homeland Wang Hua(55)

Abstract: The Wanquan Homeland was developed by the Wanquan Estate Developments Corporation in Beijing as a typical residential quarters with the design of perfect function and high quality. The water and fire systems design of the first phase of this project are presented, especially the application of plastic-covered aluminum pipe, UPVC foam pipe and water meter with IC-cachet are described in detail.

Management and Maintenance of Reducing Valve based Fire System of High Rise Building Wang Guangyu(57)

Abstract: Pressure reducing valves have been applied widely day by day for the fire system of high rise building in this country. Aiming to ensure the normal performance and maintenance of this fire system the operating experiences are