

北方城市水库水季节性氨氮增高原因分析与对策

刘振江¹ 安沁生¹ 潘耀祖² 崔玉川³

(1 山西省城乡规划设计研究院,太原 030001; 2 山西纺织工业设计院,太原 030002; 3 太原理工大学,太原 030024)

摘要 对北方城市水库水的特征,水库水季节性氨氮增高现象的原因进行了分析,并对常用的氯化法、沸石吸附法、生物陶粒接触氧化法、生物沸石法和扬水曝气法等工程措施进行了讨论。认为生物沸石过滤法是一种优势明显、应用前景广阔的微污染水处理方法。

关键词 水库水 氨氮增高 季节性 北方城市

Discussion and disposal against the seasonal uprising of ammonia nitrogen in reservoirs for urban water source in northern China

Liu Zhen-jiang¹, An Qin-sheng¹, Pan Yao-zu², Cui Yu-chuan³

(1. Shanxi Design and Research Institute of Rural and Urban Construction, Taiyuan 030001, China;

2. Shanxi Design Institute of Textile Industry, Taiyuan 030002, China;

3. Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The origins of seasonal uprising of ammonia nitrogen in reservoirs for urban water supply in northern China are investigated and common used processes to solve this problem such as chlorination, zeolite adsorption, biological zeolite filtration, bio-ceramisite contact oxidation and fountain aeration are discussed. It is believed that biological zeolite filtration process might be best with wide foreground for this slightly polluted water renovation.

Keywords: Reservoir water; Uprising of ammonia nitrogen; Seasonal; Northern cities

我国北方(华北、东北、西北)地区许多城市以水库水为供水水源。每逢初冬、初春时节,水中氨氮出现季节性增高现象,导致给水厂出水色、味加重。尽管采取了增大加氯量的措施,但出厂水余氯仍不能达标。本文尝试对此现象的原因及对策进行分析讨论,以期抛砖引玉。

1 水中氨氮的影响和危害

1.1 对水环境的影响

氨氮是植物生长所需的营养元素,较高的氨氮是水体富营养化的元凶之一。氨氮在水中以游离氨(NH_3)和离子铵(NH_4^+)两种形式存在。其中 NH_3 浓度达到 0.04 mg/L 时会发生鱼类中毒现象,超过 1 mg/L 可导致鱼类死亡。我国《渔业水质标准》(GB 11607-89)规定 NH_3 不得超过 0.02 mg/L 。氨氮还会消耗水中的溶解氧,每硝化 1 mg/L 的氨氮

会消耗 4.6 mg/L 的氧。当水中氨氮含量较高时,可能导致水体缺氧,这也对鱼类生长不利。

1.2 卫生学影响

氨氮硝化后生成硝酸盐和亚硝酸盐,其中亚硝酸盐可致畸致癌。水中有氨及有机物存在时,加氯后将产生氯化氨,它是一种公认的对人体有毒的物质。

1.3 对净水工艺的影响

原水氨氮较高一方面加大了加氯消毒的耗氯量,使出厂水余氯难以达标;另一方面氯化消毒的负作用增强,致癌、致畸、致突变的“三致”物质明显增多,危害人体健康。此外,由于氨氮导致加氯量增高,从而引起出水pH降低,一方面导致处理后水有异味,口感不好;另一方面可能引起管网中沉积的三价铁重新转变成二价铁溶出,使管网水变黄变黑。

氨氮的氧化还原电位高于二价锰离子,因此氨氮的存在也会影响锰的去除。锰是引起水色度的重要因子。每增加 0.1 mg/L 的锰,水的色度增加 20 度^[1]。

世界卫生组织《饮用水水质准则》将氨氮列入“能引起用户不满的物质”的黑名单,并建议指标值为 1.5 mg/L。2005 年 6 月 1 日执行的《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)在非常规检测项目中规定氨氮不得超过 0.5 mg/L。

根据北方某城市给水厂的运行经验,当原水中氨氮低于 0.5 mg/L 时,不会对常规处理工艺产生影响;当原水中氨氮在 0.5~1.0 mg/L 时,对常规处理工艺影响明显,出水余氯偏低;当原水中氨氮大于 1.0 mg/L 时,对常规处理工艺影响较大,管网末端水质发黄,有异味。

2 北方水库水特征

作为城市供水水源,我国北方水库水有着与南方地区不同的特征:

(1) 北方地区降雨量时空分布不均。7、8、9 三个月的降雨量可占全年的 70%,且常有暴雨。暴雨时河水猛涨,泥沙含量较高。为确保水库安全度汛,防止泥沙淤积,北方水库通常采用“泄浑蓄清”的运行方式。在雨季结束之前水位一直处于较低的度汛水位,雨季过后水库开始蓄水。

(2) 北方地区降雨量少,但蒸发量大,冬、春两季水库蒸发损失严重。

(3) 北方地区气候寒冷,冬季水温较低。水库内底层水温度约为 4℃,表层水温度可达 0℃,并可形成冰盖。

(4) 北方地区水库多数建于山区,库区立面狭窄,水深较大,水体分层现象较为普遍。入冬以后水温由高变低,到 11 月下旬,上层水温度降到 4℃以下。开春以后水温由低变高,3 月上旬上层水温度升到 4℃以上。由于水在 4℃时密度最大,每次上层水温度越过 4℃时都会导致上层水密度大于下层水,从而引起上、下层水混合,俗称“翻库”。

3 水库水氨氮季节性增高的原因分析

(1) 北方水库冬季水位较低,蓄水量少,水质调节能力较差。冬、春两季降雨稀少,入库径流量小,对污染物的稀释能力低,污染强度增高。

(2) 冬春两季降雨量少,入库流量少,蒸发损失

大,污染物浓缩程度较高。

(3) 冬季库内冰盖降低了水体复氧能力,使得溶解氧较少。冬季较低的水温和较低的溶解氧使得微生物活性降低,对污染物的净化能力也降低。

(4) 库中水体分层导致上下层水停止交换,下层水失去溶解氧的来源,引起缺氧,并形成还原环境,库底沉积物中的有机物在微生物的作用下被还原为氨氮,并释放到水中。当发生“翻库”时,上、下水层混合,导致上层水氨氮增高。一般情况下氨氮增高总是伴随着铁锰的增高也进一步证实了这一判断。

4 降低氨氮的工程措施

饮用水中氨氮的去除比一般有机污染物的去除更为困难。常用的臭氧、过氧化氢、二氧化氯、高锰酸钾等强氧化剂对氨氮不起作用,活性炭可以有效地吸附有机污染物,但对氨氮也几乎无效。对于氨氮的去除,可以采取以下工程措施。

4.1 氯化法

氯化法就是向水中加入氯气,利用氯氧化氨氮的过程。理论上在氯氮比大于 7.6:1 的条件下,氯气与水中的氨氮发生氧化还原反应,生成氮气和盐酸。实际运行中,受 pH、有机污染物等因素的影响,氯氮比往往大于 7.6:1。氯化 1 mg/L 的氨氮,可产生 7.82 mg/L 的 HCl,使水的 pH 下降 3.65,因此采用氯化法需要补充水的碱度。

氯化法的优点是投资省,占地少,成本低,操作简单,效果可靠,不受水温影响,可以季节性运行。缺点是氯与水中的有机物会生成有“三致”作用的有机卤化物,可能产生二次污染,影响水的饮用安全性;氯是剧毒、易爆化学品,运输、使用环节存在一定危险性。为克服氯化产生的二次污染,可在氯化前或氯化后投加粉末活性炭,以去除水中有机卤化物。

由于氯化法耗氯量较大,而且降低水的 pH,所以氯化法只适用于氨氮含量较低(1 mg/L 左右)时的情况。

4.2 沸石吸附法

氨氮在水中通常以离子氨(NH_4^+)和游离氨(NH_3)两种形式存在。离子氨、游离氨和氢氧根离子存在动态平衡,氨氮浓度较低时离子氨占大多数。沸石是一种优良的天然离子交换剂,对离子氨有较

强的选择吸附能力,利用沸石这一特性可将氨氮从水中去除。天然沸石氨氮的吸附容量受氨氮浓度、温度、接触时间等因素影响。有关资料表明,粒径 0.3~1.2 mm 的天然沸石工作交换容量为 800 eq/m³,换算成离子氨交换容量为 14.4 kg/m³。当沸石吸附达到饱和时,需要进行再生,再生液通常采用 NaCl 溶液。

沸石吸附法的优点是出水效果好,不受温度影响,运行效果稳定,可以季节性运行;缺点是再生运行操作繁琐,再生废液含有高浓度的氨氮和 NaCl,处置不当可能造成环境污染。

再生废液可以采用化学沉淀法去除其中的氨氮。化学沉淀法的原理是氨离子(NH₄⁺)与镁离子(Mg²⁺)和磷酸根离子(PO₄³⁻)反应生成磷酸铵镁(MgNH₄PO₄)沉淀。工程上可以向废水中投加氯化镁和磷酸氢二钠。

反应物氨氮、氯化镁、磷酸氢二钠与生成物磷酸铵镁、氯化钠的质量比为 1 : 5.59 : 8.34 : 7.06 : 6.86。反应过程中生成的磷酸铵镁是一种富含氮、磷的高效复合肥料,市场前景十分光明。根据华南师范大学方建章和华南理工大学应用化学系黄少斌的试验研究,化学沉淀法处理高浓度氨氮废水,去除率可达 96%。

4.3 生物陶粒接触氧化法

生物陶粒接触氧化法是利用微生物氧化水中有有机物和氨氮,是由污水处理工艺借鉴而来的。该方法还可以强化浊度的去除,其原理是滤料表面的生物膜具有多糖类物质,对胶体粒子有较好的吸附作用。

生物陶粒接触氧化法的优点是处理效果好,运行成本低,可同时去除有机物和氨氮,没有二次污染;缺点是工程投资较高,占地较多,水温较低时处理效果较差,通常需要连续运行。

为探讨生物陶粒接触氧化法在北方地区的应用,清华大学桑军强、王占生以北京三家店水库(官厅水库下游)为水源,进行了生物预处理的试验研究。试验结果表明:水温高于 5℃的运行条件下,生物陶粒滤池工艺对水中高锰酸盐指数的去除率为 10%~18%,氨氮的去除率为 80%~98%,出水浊度降低到 2 NTU 以下;水温 0~4℃的情况下,高锰

酸盐指数的去除率为 5%~12%,氨氮的去除率为 65%~80%,出水浊度降低到 3 NTU 以下。

上述试验研究结果证实,在北方地区冬季水温较低时,采用生物陶粒接触氧化法仍然是可行的,但需要在水温较高时进行挂膜,并且需要连续运行。

根据桑军强、王占生等人的研究,水温高于 5℃的条件下,池表面水力负荷 6 m/h;水温在 0~4℃时,池表面水力负荷 4 m/h。曝气量按气水比控制,气水比一般为 1:1。

4.4 生物沸石法

生物氧化法中如果采用沸石填料,即形成生物沸石法。生物沸石法既有吸附的机理,也有生物氧化的机理。与生物氧化法相比,该方法效率更高,原因是沸石对氨氮和有机污染物具有吸附作用,在沸石滤料表面形成局部氨氮和有机物浓度增高的微环境,更有利于微生物生长。许多研究表明,生物沸石滤速可达 10 m/h,与普通滤池相同。与吸附法相比,该方法不需要再生,不会产生二次污染,操作简便。因此生物沸石法是一种具有竞争力的微污染水处理工艺方法。

兰州交通大学李德生等人的试验研究证实,生物降解对沸石填料起到了再生作用。在原水氨氮为 0.75~3.1 mg/L, COD_{Mn} 为 2.21~3.7 mg/L 的水质条件下,氨氮的平均去除率为 92.4%,沸石始终处于离子交换未饱和状态。另根据兰州交通大学孙迎雪等人的试验研究,以兰州段黄河水作为处理对象,经过 60 d 的连续运行,沸石对氨氮的去除仍然有效,顶部 20 cm 的滤层内未达到吸附饱和,去除 COD_{Mn} 的能力也未见有明显下降。

值得注意的是上述试验研究都没有曝气装置,说明原水氨氮超标不严重时,原水的溶解氧可以满足氨氮硝化的要求。如果原水氨氮在 1~2 mg/L 左右,且溶解氧较高,生物沸石法应用十分简单,只需将滤池中的石英砂滤料改为沸石滤料即可。

4.5 扬水曝气法

如果季节性“翻库”是氨氮增高的主要原因,可以采取扬水曝气法。扬水曝气法是在水库中设置扬水曝气装置,促使水库中上下层水体对流,并增加溶解氧,防止下层水处于缺氧或厌氧状态,进而避免水库底部沉淀物发生还原反应。扬水曝气法还可以防

乌鲁木齐市河东污水处理厂 AB 工艺介绍

姚俊芹¹ 魏震华² 易红星³ 秦继军⁴

(1 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830086; 2 新疆省建设厅, 乌鲁木齐 830002;

3 石河子大学基建处, 石河子 832003; 4 乌鲁木齐市城市建设委员会, 乌鲁木齐 830000)

摘要 乌鲁木齐市河东污水处理厂采用标准 AB 工艺, 处理能力 20 万 m^3/d 。运行结果监测显示: BOD_5 、 COD_{Cr} 、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TN、TP 的去除率分别达到 87.3%、83.5%、83%、10%、30%、82.5%; 水温、B 段 DO、设备故障等因素均对运行效果产生明显影响。运行过程中曾出现严重的浮渣、臭气和污泥的最终出路等问题, 在更换格栅和对污泥进行消化处理后, 浮渣和臭气等问题有好转。

关键词 AB 工艺 城市污水 脱氮除磷 高寒地区

0 前言

随着国家对环保的重视, 越来越多的城镇开始兴建污水处理厂。而污水处理厂的投资和运行成本很高, 必须结合当地污水的水量、水质以及气候、地理、经济等实际情况选择适宜的处理工艺。我国城市污水水质与欧洲相差较大, 尤其是进水 BOD_5 普遍低于欧洲, 对欧洲 24 个 AB 法城市污水处理厂进水浓度统计表明, 46% 进水 BOD_5 超过 300 mg/L , 而我国城市污水的 BOD_5 大多为 100~150 mg/L ^[1]。乌鲁木齐市河东污水处理厂采用 AB 工艺, 现

将该污水处理厂的运行效果及运行中存在的问题进行归纳分析, 以期对污水处理厂的新建、扩建和改建提供参考。

1 工艺流程及主要构筑物设计参数

1.1 工艺流程

工艺流程见图 1, A、B 两级串联运行。

1.2 主要构筑物设计参数

1.2.1 集水井

由于乌鲁木齐地势坡度大, 来自东戈壁排水区域的 $\varnothing 1\,200\text{ mm}$ 钢筋混凝土污水总管为压力管。

止水面结冰, 有利于增进大气复氧。根据西安建筑科技大学为太原市引黄工程做的可行性研究报告, 供水量为 20~40 万 m^3/d 时, 扬水曝气法的投资约 348 万元, 运行费用 5 702 元/d。成本为 0.014~0.028 元/ m^3 。与生物氧化法相比, 扬水曝气法投资少, 运行费用低, 不造成二次污染, 优点十分明显。

但是为防止水库下层水体厌氧, 扬水曝气设施需要长年运行。对于季节性氨氮增高的情况而言, 这是难以克服的缺点。

上述降低水中氨氮的工程措施各有利弊, 应根据水质、水量等具体情况选用。其中生物沸石法优势明显, 适用性强, 应用前景广阔, 是极具推广价值的微污染水处理方法。

参考文献

- 1 许保玖. 给水处理理论. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000

- 2 郑兴灿, 李亚新. 污水除脱氮技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- 3 何铁林. 水处理化学品手册. 北京: 化学工业出版社, 2000
- 4 岳舜琳. 给水中的氨氮问题. 净水技术, 2001, 20(2): 12~14
- 5 桑军强, 王占生. 低温条件下生物陶粒反应器运行特性研究. 环境科学, 2003, 24(2): 112~115
- 6 方建章, 黄少斌. 化学沉淀法去除水中氨氮的试验研究. 环境科学与技术, 2002, 25(5): 34~35
- 7 李德生, 张金萍. 生物沸石预处理器处理微污染水源水质研究. 兰州交通大学学报, 2005, 24(1): 49~51
- 8 孙迎雪, 徐栋. 沸石滤池的净水作用. 净水技术, 2004, 23(5): 6~8

○通讯处: 030001 太原市新建南路 9 号

山西省城乡规划设计研究院

电话: (0351) 5680165

收稿日期: 2005-11-28