

高排放标准污水厂工艺路线浅析

徐瑞捷

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 天津 300381

摘要:近年来,由于环境问题突出,一些经济发达、环境容量有限的城市和地区如北京、天津、昆明等地纷纷出台了更高要求的地方排放标准,提出城镇污水厂出水标准高于国家一级A标准,接近类IV类水标准;江苏省制定了太湖流域城镇污水处理厂污染物排放地方标准;南水北调工程沿线地区也在同步推进污水处理厂提标改造工作,其中山东省政府明确要求,南水北调工程受水区需尽快启动新一轮改造工作,确保出水氨氮达到1mg/L,出水COD达到30mg/L。新标准的提出将对城镇污水处理厂的工艺选择提出更高的要求,重点在去除难降解COD、TN、TP、SS、色度等指标上的工艺路线选择。本文将针对高排放标准污水厂设计分析工艺技术路线,以期对今后的设计工作进行有效指导。

关键词:高排放标准,污水厂,准IV类,工艺技术路线。

前言:为了适应环保要求和市场需求,在提高现有污水厂处理效能基础上,研究保证污水厂达到高排放标准(部分指标满足地表水IV类水体标准)的相关工艺技术路线是本研究目的,对设计工作有十分重要的意义。

一、污水厂高排放标准现状

我国城镇污水处理厂排放标准经历了数次修改和完善。2005年和2006年,国家环境保护总局先后以司发文和公告方式,要求城镇污水处理厂出水排入国家和省确定的重点流域及湖泊、水库等封闭、半封闭水域时,执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级标准A标准,排入GB3838地表水III类功能水域(划定的饮用水源保护区和游泳区除外)、GB3097海水二

类功能水域时,执行一级标准的B标准^[1]。

随着环境保护意识的提高和环境执法检查力度的加大,各地又纷纷出台了更高要求的地方排放标准。其中江苏省制定了太湖流域城镇污水处理厂污染物排放地方标准;山东省对南水北调工程受水区的污水处理厂,提出了确保出水氨氮达到1 mg/L,出水COD达到30 mg/L的要求;北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB11/890-2012)、天津市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB12/ 599-2015)均已正式实施。表中所列均为各标准中最严格的一个档次,并与《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中IV类水体标准进行对比:

表1 我国城镇排水标准变迁情况表

标准变化	色度	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ -N	TP	TN	
GBJ 4-73		100	60	500				
GB 8978-88		120	30	30				
GB 8978-1996	一级	50	60	20	20	15	0.5	-
GB18918-2002	一级A	30	50	10	10	5(8)	0.5	15
山东省南水北调干线标准		30			1			
北京市DB11/890-2012(A)	10	20	4	5	1(1.5)	0.2	10	
天津市DB12/ 599-2015(A)	15	30	6	5	1.5(3)	0.3	10	
GB3838-2002(IV类)	-	30	6		1.5	0.3(湖、库0.1)	湖、库1.5	

分析上表可见,相比于现行的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A标准,正在实施的北京、天津等地地方排放标准都更加严格。天津市的各项重点指标与地表水IV类标准已基本接近,而已实施的北京市地标则在色度、COD、BOD₅、氨氮和总磷等指标上均严于GB3838-2002,仅有总氮指标放宽到

10mg/L^[2]。

二、高排放标准污水厂工艺技术发展现状

从国内外技术发展和工程应用情况来看,对应于高排放标准,均重点考虑了以下相关污染物的去除技术。

1. 有机污染物

COD进一步削减至30mg/L以下,需在优化二级生物

处理基础上, 强化深度处理。增加强氧化工艺及组合或者活性炭吸附等措施, 以满足稳定达标要求^[2]。

强氧化工艺(高级氧化技术), 由于利用氧化性更强的羟基自由基的间接反应, 大幅度提高了氧化的适应性和氧化效率。其中, 臭氧的投加量可在臭氧高级催化氧化技术大幅降低, 投资和运行成本均显著降低, 是溶解性难生物降解COD处理领域的主要发展方向和研究热点, 并已在实际工程中得以较大范围的使用^[3]。目前, 高级氧化主要研究方向在于高效催化剂的选择和研制, 从而进一步降低高级氧化工艺的投资和运行成本。

2. 氨氮

在冬季低温水条件下, 可能由于进水负荷、污泥浓度、泥龄等因素影响出现超标现象, 因此氨氮的去除多着眼于二级生化处理系统的优化(泥龄和充足曝气)并强化其灵活运行性; 同时也可通过投加硝化菌等应急措施实现达标排放^[2]。

3. 总氮

碳源不足是我国城镇污水处理厂普遍面临的核心问题, 也是影响高排放标准城镇污水处理厂总氮稳定达标的核心所在^[4]。对于总氮的去除目前最前沿的技术是主流和侧流厌氧氨氧化工艺, 但目前还处于工程研究示范阶段, 大规模推广还有很多工程技术以及理论上的难点需要解决。目前对于脱氮工程技术还是以缺氧生物脱氮为主, 在强化内部碳源利用效率基础上, 进一步提高反硝化效率, 同时采用外加碳源的技术手段。

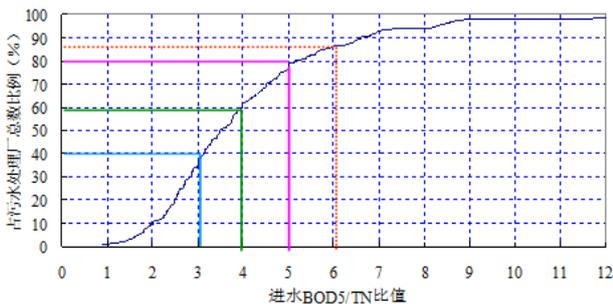


图1 全国城镇污水厂BOD₅/TN分布趋势图^[5]

4. 总磷

总磷的深度处理一般通过投加化学药剂的办法加以去除, 目前主要集中在药剂的选择研究方面。

三、高排放标准污水厂运行中稳定达标的影响因素分析

1. 冲击负荷

污水处理厂进水水质水量的日变化和时变化特征明显, 而这些波动将导致生物系统功能的波动, 严重影响污水处理厂的稳定达标。

2. 碳源不足问题影响氮磷去除

碳源不足是我国城镇污水处理厂普遍面临的核心问题, 也是影响高排放标准城镇污水处理厂氮磷稳定达标的核心所在。根据对全国3000多座城镇污水处理厂的年均分析统计结果, 目前国内污水处理厂中BOD₅/TN达到5以上的不足20%, 通过内部碳源实现氮磷稳定达标的难度较大^[5]。这个问题在冬季低温地区尤为明显。

3. 无机组分含量高

受城市发展和居民生活习惯等因素的影响, 大量城市建筑垃圾、瓜果蔬菜、土壤进入下水道系统中, 导致城镇污水处理厂进水SS/BOD₅比例偏高。目前近70%的城镇污水处理厂进水SS/BOD₅比值超过1.1(国际社会认可的理想值), 导致生物系统有机组分含量偏低, 生物系统MLVSS/MLSS比值在0.35~0.45范围波动, 影响了整个生物系统处理效果; 然而通过初沉池去除无机颗粒物质的同时, 也增大了有机物的去除量, 碳源不足问题就会进一步加剧。因此如何选择可行的预处理单元配置方案, 确保生物系统功能的正常发挥, 是今后城镇污水处理工艺研发的重要方向。

4. 溶解性不可生物降解有机物、总磷等指标较高

进水以工业废水为主的污水处理厂, 溶解性不可生物降解有机物COD、总磷(有机磷)等指标较高, 需要考虑针对性的解决措施, 以满足高排放标准要求。

四、高排放标准污水厂水质达标技术保障措施

1. 污染物指标COD及BOD

为保证COD、BOD稳定达标, 可考虑在预处理段增设厌氧水解工艺, 提高废水的可生化性; 同时考虑适当增大曝气量、延长系统泥龄等手段, 强化对COD和BOD的去除; 化学沉淀类难生物降解COD含量过高时, 可考虑增加深度处理投加混凝剂, 强化TP、SS去除的同时协同去除COD; 非化学沉淀类难生物降解COD含量过高时, 可考虑粉末活性炭工艺或深度处理段增设化学氧化(臭氧氧化, Fenton试剂)工艺。

2. 污染物指标NH₃-N

污水处理厂NH₃-N不达标的主要原因可能是停留时间不足导致硝化不充分, 或碱度不足导致硝化反应不彻底。通常可采取提高污泥浓度、延长污泥龄或投加悬浮填料增强硝化菌含量等技术措施; 当生物系统碱度不足时, 可采取强化缺氧池反硝化效果(生成碱度)或外加NaOH可提高碱度的物质等措施;

3. 污染物指标SS

为保证SS稳定达标, 通常需要增设过滤处理单元,

如砂滤、精细机械过滤、膜过滤等。

4. 污染物指标 TN

为保证高排放标准TN达标的关键是NOX—N的高效去除。具体措施包括：在系统满足有足够多的快速可生物降解有机物时，可适当增大内外回流比，部分提高NOX—N去除率或设置多段缺氧及好氧段，提高NOX—N去除率，同时需严格控制回流混合液的DO浓度，降低DO对快速可生物降解有机物的消耗量，以便有效提高缺氧区功效；脱氮率较高时，可考虑设置深度处理反硝化设施；系统同时可考虑部分污水处理厂也可考虑设置污泥回流旁路系统，并增设回流污泥内碳源反硝化池，通过污泥吸附有机物的水解以及内源代谢强化对NOX—N的去除。

5. 污染物指标 TP

污水中的TP主要以聚磷、有机磷和磷酸盐形式存在。经生物吸磷释磷、生物吸附和化学沉淀等方式，可以去除其中绝大部分磷。污水系统中磷的去除效果通常与水中磷的存在形式有关，通常需综合考虑磷的去除措施。在确保TN稳定达标的前提下，适当提升生物除磷效果，强化生物系统厌氧释磷效果，优选除磷药剂种类，以提高深度处理化学除磷的稳定性和高效性。

五、高排放标准污水厂水质达标技术保障措施

通过上述讨论，结合现阶段污水处理厂的常用工艺，推荐的高排放标准污水厂水质达标技术保障措施如下：

1. 有机污染物的去除

(1) 臭氧氧化工艺可基本完成深度去除COD的目标，稳定低于30mg/L。

(2) 以COD为考核指标，为达到高排放标准，以本研究的相关技术，可考虑采用如下工艺流程：

二级处理——混凝沉淀过滤——臭氧氧化

二级处理——混凝—沉淀——反硝化生物滤池——过滤

——臭氧氧化（臭氧催化氧化）

二级处理——混凝—臭氧气浮——生物滤池

2. 氨氮的去除

可通过增加鼓风量，以及冬季最冷月投加硝化菌等措施，两段进水A/O/A/O工艺基本保证出水氨氮稳定达到高排放标准要求。

3. 总氮的去除

根据相关污水厂常年出水数据分析，采用两段进水A/O/A/O运行方式相比于常规A/O模式可显著提高的脱氮效果，通过适量投加碳源，以及增大混合液回流比的措施，基本保证出水总氮稳定达到高排放标准（10 mg/L）要求；

4. 总磷的去除

当有机磷浓度小于0.1mg/L条件下，结合生物除磷和优化化学除磷工艺，通过投加化学药剂，基本可达到高标准的磷排放要求，确保出水TP低于0.3 mg/L；

参考文献：

[1]郑兴灿,太湖流域城镇污水处理厂执行一级A标准的问题讨论[J].建设科技,2008(14):8-12.

[2]许梦博,天津某地下式污水处理厂的工艺方案论证[D],哈尔滨,哈尔滨工业大学,2019.

[3]李金河,林蔓,缪丽娟,李艳,战树岩,刘佩春,贾占付,刘海涛,臭氧电磁高级催化氧化去除难降解有机物的研究[J].中国给水排水,2013(13):91-93.

[4]纪月红,城市污泥的高温好氧消化及污水氮磷去除的研究[D],苏州,苏州科技大学,2013.

[5]李家驹,A2/O工艺城镇污水处理厂脱氮除磷优化研究[D],天津,天津理工大学,2016.