

内回流混合液溶解氧对工艺脱氮影响及其工程控制措施

杨 敏 孙永利 郑兴灿 范 波 王雅雄 陈 轶 游 佳

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘要 针对高排放标准城镇污水处理厂运行中普遍存在内回流混合液携带溶解氧进入缺氧池导致工艺脱氮效能下降的实际问题,以太湖流域某市典型高排放标准城镇污水处理厂为例进行了分析,结果表明:太湖流域典型高排放标准城镇污水处理厂混合液内回流点溶解氧浓度较高,平均值为 3.22 mg/L,可导致工艺系统脱氮量平均下降 2.41 mg/L,内回流混合液溶解氧对工艺系统脱氮效能的不利影响显著。另外,提出了相应的工程控制措施——基于消氧池的强化脱氮方法,并提出消氧池的设计水力停留时间为 0.5~1 h。

关键词 内回流混合液 溶解氧 强化脱氮 消氧池 工艺设计参数

DOI:10.13789/j.cnki.wwe.1964.2015.0323

在传统工程设计方法下,城镇污水处理厂运行中普遍存在内回流混合液携带较高浓度溶解氧进入缺氧池会导致工艺脱氮效能下降的实际问题,对低碳氮比进水水质下高排放标准污水处理厂的稳定达标与节能降耗影响显著。目前国内关于内回流混合液溶解氧对工艺脱氮效能影响的研究较少^[1,2],也未提出具有可操作性的内回流混合液溶解氧控制措施。因此,本文以太湖流域某市典型高排放标准城镇污水处理厂为例,以对内回流混合液溶解氧浓度的现场调研为基础,分析其对工艺脱氮效能的不利影响,并针对内回流混合液溶解氧问题研究提出了基于消氧池的工程控制措施及其工艺设计参数,以期高排放标准污水处理厂的强化脱氮提供新思路。

1 内回流混合液溶解氧浓度调研及对工艺脱氮影响分析

1.1 内回流混合液溶解氧浓度调研

太湖流域所属污水处理厂大多执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,因此,以太湖流域某市为例,对其所属 4 座典型高排放标准城镇污水处理厂的內回流混合液溶解氧浓度进行了现场调研,结果见表 1。

由表 1 可见,太湖流域某市城镇污水处理厂混合液内回流点 DO 浓度较高,最小值、最大值和平均

表 1 回流混合液 DO 浓度调研结果

污水处理厂	设计规模/万 m ³ /d	工艺类型	内回流点 DO/mg/L
QT 厂	1.5	改良 A ² /O	4.6
QS 厂一期	2.5	常规 A ² /O	2.45
QS 厂二期	2.5	常规 A ² /O	2.28
JB 厂一期	10	改良 A ² /O	2.65
JB 厂二期	10	改良 A ² /O	4.63
JB 厂三期	10	改良 A ² /O	2.36
CB 厂二期	5	常规 A ² /O	2.8
CB 厂三期	5	常规 A ² /O	3.97

值分别为 2.28 mg/L、4.63 mg/L 和 3.22 mg/L,而目前在高排放标准污水处理厂工程设计和运行控制中,为减小内回流混合液 DO 对工艺脱氮的不利影响,同时考虑到防止二沉池底污泥因厌氧而上浮,通常采取将好氧池末段的 DO 控制在 2 mg/L 的强化脱氮措施,但实际运行中由于受到进水水质波动以及鼓风机曝气系统设计和运行控制方法的影响,好氧池末段的 DO 浓度很难控制在 2 mg/L 左右,由于通常混合液内回流点设置在好氧池末端,因此,现状大多高排放标准污水处理厂混合液内回流点的 DO 浓度均高于 2 mg/L。

1.2 内回流混合液溶解氧对工艺脱氮影响分析

一般来说,内回流混合液携带 DO 进入缺氧池,会迅速消耗部分进水碳源或外加碳源,影响缺氧池的反硝化效果和工艺系统的脱氮效能,进而影响高排放标准污水处理厂的稳定达标和节能降耗。根据 DO 和 COD 的相关性、反硝化理论^[3]以及物料平衡原理(在不考虑生物同化作用下,去除 1 gNO₃⁻-N

国家水体污染控制与治理重大科技专项(2012ZX0731-001)。

需消耗碳源 2.86 gCOD), 在一定的内回流比 r 和内回流混合液 DO 浓度下, 内回流混合液溶解氧对进水碳源或外加碳源的消耗量为 $r \times DO$ mg/LCOD, 进而导致工艺系统脱氮能力下降 $r \times DO / 2.86$ mg/L。可见, 内回流混合液溶解氧浓度和内回流比均是影响工艺脱氮的重要因素, 两者共同决定内回流混合液溶解氧对工艺脱氮的影响程度。因此, 基于上述内回流混合液 DO 浓度调研结果, 结合工艺运行控制参数, 对太湖流域某市典型城镇污水处理厂内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能的不利影响进行了具体分析, 结果见表 2。

表 2 内回流混合液 DO 对工艺脱氮影响

污水处理厂	内回流点 DO/mg/L	内回流比 $r/\%$	碳源消耗 /mg/LCOD	脱氮量下降量/mg/L
QT 厂	4.6	150	6.9	2.41
QS 厂一期	2.45	200	4.9	1.71
QS 厂二期	2.28	200	4.56	1.59
JB 厂一期	2.65	100	2.65	0.93
JB 厂二期	4.63	100	4.63	1.62
JB 厂三期	2.36	100	2.36	0.83
CB 厂二期	2.8	100	2.8	0.98
CB 厂三期	3.97	100	3.97	1.39

由表 2 可见, 内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能的影响有差异, 各厂工艺系统脱氮量下降量的最小值、最大值和平均值分别为 0.83 mg/L、2.41 mg/L 和 1.43 mg/L, 而目前高排放标准污水处理厂运行中为强化脱氮而投加外碳源实现的 TN 去除增量为 1~3 mg/L, 两者基本相当, 说明在现行工程设计和运行管理方法下高排放标准污水处理厂运行中内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能影响显著, 应针对内回流混合液 DO 问题采取相应的工程控制措施。

2 基于内回流混合液 DO 问题的工程控制措施及其工艺设计参数研究

2.1 基于内回流混合液 DO 问题的工程控制措施

针对目前高排放标准污水处理厂运行中内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能产生显著不利影响的问题, 基于强化脱氮和节能降耗, 提出了相应的工程控制措施——基于消氧池的强化脱氮方法^[4], 其工艺流程见图 1。

该基于消氧池的强化脱氮方法的主要特点有以下 3 点: 一是在传统好氧池之后设置消氧池, 利用污



图 1 基于消氧池的强化脱氮方法工艺流程

泥自身的耗氧能力对好氧池出水混合液进行消氧, 将 DO 尽量控制在 0 mg/L 左右, 并将混合液内回流点设置在消氧池末端, 达到消除内回流混合液 DO 对工艺脱氮产生不利影响的目的; 二是运行中好氧池的 DO 可控制在 1 mg/L 左右, 有利于降低后续消氧池的消氧负荷和设计水力停留时间; 三是在消氧池之后设置设计水力停留时间为 0.5~1 h 的后好氧池, 运行中将其 DO 控制在 2 mg/L 左右, 在防止二沉池底部污泥因厌氧而上浮和确保出水中含有一定浓度 DO 的同时, 还可进一步进行有机物生物氧化反应、硝化反应和好氧吸磷反应。

2.2 消氧池设计水力停留时间研究

为有效指导高排放标准污水处理厂消氧池的工程设计和运行管理, 必须对消氧池的设计水力停留时间进行研究, 结合消氧池的工作原理, 由于好氧池出水混合液的耗氧速率是分析消氧池设计水力停留时间的基础, 并且污水处理厂工艺设计是以冬季最低温度为最不利设计条件, 因此, 以 JB 污水处理厂一期和三期好氧池末端的混合液为研究对象, 通过小试对其冬季下的耗氧速率分别进行了研究, 结果见图 2 和图 3。

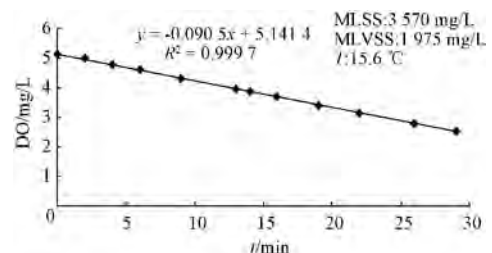


图 2 JB 污水处理厂一期好氧池末端混合液耗氧速率

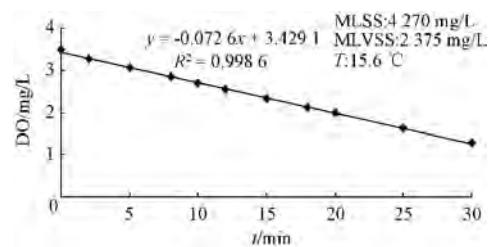


图 3 JB 污水处理厂三期好氧池末端混合液耗氧速率

由图 2 和图 3 可见,冬季 JB 污水处理厂一期和三期好氧池末端混合液均具有一定的耗氧能力,在 30 min 内的耗氧能力分别为 2.2 mg/L 和 2.6 mg/L,结合污泥浓度,折算冬季 JB 污水处理厂一期和三期好氧池末端混合液的耗氧速率分别为 1.83 mgDO/(gVSS·h) 和 2.75 mgDO/(gVSS·h),平均耗氧速率为 2.29 mgDO/(gVSS·h)。

为分析消氧池的实际水力停留时间,对相关参数设定如下:①消氧池进水混合液和出水混合液 DO 浓度分别为 1 mg/L 和 0 mg/L;②一般冬季城镇污水处理厂污泥浓度较高,消氧池 MLSS 设为 4 g/L,污泥活性 MLVSS/MLSS 设为 50%;③消氧池的耗氧速率以 JB 污水处理厂一、三期好氧池末端混合液的平均耗氧速率 2.29 mgDO/(gVSS·h) 计。基于上述设定,对消氧池所需的实际水力停留时间进行了分析,结果见表 3。

表 3 消氧池实际水力停留时间

DO 降低量 /mg/L	MLSS /g/L	MLVSS/MLSS /%	耗氧速率 /mgDO/(gVSS·h)	实际 HRT /h
1	4	50	2.29	0.2

由表 3 可见,为消除内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能的不利影响,实际运行中消氧池所需的实际水力停留时间为 0.2 h。

设计水力停留时间是污水处理厂工艺设计的重要设计参数,在一定的工艺参数下,其直接决定工艺单元的实际水力停留时间,进而影响工艺单元效能。因此,基于上述消氧池所需的实际水力停留时间,结合一般高排放标准污水处理厂工艺设计参数(设计内回流比为 100%~300%、设计外回流比为 50%~100%),对不同设计工艺参数下消氧池的设计水力停留时间进行了分析,结果见表 4。

表 4 不同设计工艺参数下消氧池设计水力停留时间

实际 HRT /h	设计内回流比 /%	设计外回流比 /%	设计 HRT /h
0.2	100	50	0.5
0.2	300	100	1
0.2	200	100	0.8

由表 4 可见,为满足实际运行中消氧池所需的实际水力停留时间,不同设计内、外回流比下,消氧池的设计水力停留时间不同,在设计外回流比 50% 和内回流比 100% 下,消氧池的设计水力停留时间为 0.5 h,在设计外回流比 100% 和内回流比 300%

下,消氧池的设计水力停留时间为 1 h。因此,对于我国大多高排放标准城镇污水处理厂来说,为消除内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能的不利影响,消氧池的设计水力停留时间应为 0.5~1 h,其具体设计水力停留时间应根据工艺系统的最大设计内、外回流比之和进行确定。

3 结论与建议

(1)太湖流域某市典型高排放标准城镇污水处理厂生产运行中混合液内回流点 DO 浓度较高,最小值、最大值和平均值分别为 2.28 mg/L、4.63 mg/L 和 3.22 mg/L。

(2)现行工程设计和运行管理方法下,高排放标准污水处理厂运行中内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮效能的不利影响显著,太湖流域典型高排放标准城镇污水处理厂内回流混合液 DO 导致工艺系统脱氮量平均下降 2.41 mg/L。

(3)在传统好氧池之后设置设计水力停留时间为 0.5~1 h 的消氧池,利用污泥自身的耗氧能力消除溶解氧,可有效解决现行高排放标准污水处理厂运行中内回流混合液 DO 导致工艺系统脱氮效能下降的问题,达到强化脱氮和节能降耗的目的。

(4)建议工程设计人员在设计消氧池时,应根据工艺系统的最大设计内、外回流比之和以及好氧末段污泥耗氧速率确定消氧池的设计水力停留时间,条件允许时应对污水处理厂前期工程开展好氧末段污泥耗氧速率试验;在消氧池运行时,为消除内回流混合液 DO 对工艺系统脱氮的不利影响,应尽量将好氧池的 DO 浓度控制在 1 mg/L 左右。

参考文献

- 王佳伟,周军,甘一萍,等.溶解氧对 A²/O 工艺脱氮除磷效果的影响及解决办法.给水排水,2009,35(1):35~37
- 李培,潘杨. A²/O 工艺内回流中溶解氧对反硝化的影响.环境科学与技术,2012,35(1):103~106
- 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术.北京:中国建筑工业出版社,1998
- 杨敏,孙永利,郑兴灿,等.一种基于精细化管理的城市污水强化脱氮除磷系统及其处理工艺.中国专利:CN104030443A,2014-09-10

✉ E-mail:707180297@qq.com

收稿日期:2014-11-13

修回日期:2015-01-26