

城市污水处理厂恶臭污染及其评价体系

王 灿 胡洪营 席劲瑛

(清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

摘要 城市污水处理厂的恶臭问题正在成为环境领域的一个重要研究课题。在阐述了城市污水处理厂恶臭气体的来源、主要组成成分及其浓度的基础上,进一步概述了我国城市污水处理厂的恶臭污染现状,并提出了针对我国城市污水处理厂恶臭污染的评价体系。该体系从恶臭物质的产生、迁移和所产生的影响三方面进行评价,能够较全面地反映城市污水处理厂的恶臭污染状况及其对周边环境的影响程度。

关键词 城市污水处理厂 恶臭污染 评价体系

Odor pollution and evaluation system in municipal wastewater treatment plant

Wang Can, Hu Hong-ying, Xi Jin-ying

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The environmental problem caused by the odor pollution in municipal wastewater treatment plants (MWTPs) is paid more attention recently. In this paper, the sources, main constituents and concentrations of the odor in municipal wastewater treatment plants were introduced. Moreover, the situation of odor pollution in this country was overviewed, and the assessment systems for odor pollution of MWTP, which covers the generation, movement and influences on ambient circumstances were also suggested.

Keywords: Municipal wastewater treatment plants (MWTPs); Odor pollution; Assessment System

0 前言

城市污水处理厂带来的恶臭问题已引起人们越来越多的关注。恶臭气体对人体会产生刺激性,危害人体健康。这些恶臭气体通过接触、呼吸以及水

和食物等途径进入人体内,引起呼吸系统、循环系统、消化系统、内分泌系统以及神经系统等的疾病,而且长期恶臭刺激会引起人的感觉疲劳。另外,污水中存在的 H_2S 可以扩散到污水表面或进入空气

参考文献

- 1 叶辉,许建华. 饮用水中的氮氮问题. 中国给水排水, 2000, 16(11): 31~34
- 2 张文妍,朱亮,薛红琴. 微污染源水生物预处理氨氮去除影响因素探讨. 给水排水, 2002, 28(11): 1~3
- 3 龙小庆,富良,顾玉其,等. 活性滤池去除微污染水中有机物和氨氮. 中国给水排水, 2002, 18(8): 44~45
- 4 查人光,仲建锋. 生物滤池在净水生产中的应用. 给水排水, 2003, 29(12): 4~7

- 5 任智勇,齐岩松,李然. 饮用水生物预处理除氮技术. 城市环境与城市生态, 2002, 15(3): 54~56
- 6 陈伟,范瑾初. 微污染原水的生物接触氧化预处理技术综述. 净水技术, 1997, (2): 43~46
- 7 邹平. 铁的生物去除法. 中国给水排水, 1995, 11(6): 46
- 8 范懋功. 利用砂滤池中的微生物除铁除锰. 公用科技, 1994, 10(1): 28~29

○E-mail: tvshow99@etang.com

收稿日期: 2004-12-06

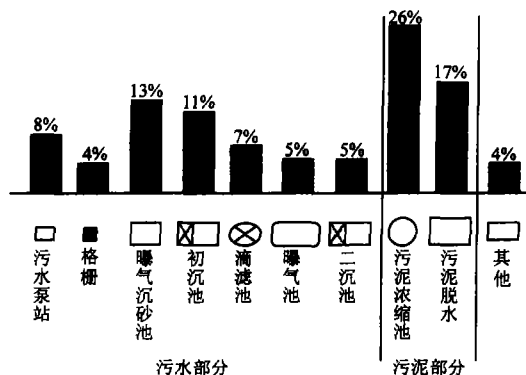
修回日期: 2005-04-28

层,与其中的溶解氧结合,在硫细菌作用下被氧化为硫酸,使混凝土或铸铁受到腐蚀,不仅影响美观,也降低了结构的牢固性。而且高浓度的含硫以及含氮恶臭物质会抑制硝化反应的进行,使污水脱氮效果变差^[1]。因此,城市污水处理厂的恶臭控制已经成为环境领域重要的研究课题。

1 恶臭气体的来源

城市污水处理厂的恶臭气体主要来源于污水和污泥的处理单元。各个处理单元所产生的臭气量和臭气排放强度上存在明显差异:1988年,Frechen^[2]对德国100座污水处理厂臭气源进行了调查,结果见图1。2004年,Frechen又报道了城市污水处理厂各个污染源恶臭排放强度的调查结果,见表1^[3]。

以上的调查数据表明,城市污水处理厂的污泥处理区(污泥浓缩池、污泥脱水间等)与污水进水区



注:图中数值表示各构筑物产生臭气量占总臭气量的比例

图1 德国100座污水处理厂臭气污染源的调查结果

表1 城市污水处理厂主要处理构(建)筑物恶臭散发率

处理构(建)筑物	最低值	平均值	最高值	数据	污水处理
	/OU/(m ² ·h)	/OU/(m ² ·h)	/OU/(m ² ·h)	数目	厂数目/座
进水	357	1 400	5 577	30	9
格栅	828	5 200	32 669	13	6
曝气沉砂池	403	3 200	24 902	40	12
来自沉砂池的砂砾	585	1 100	2 019	11	5
初沉池:水面	401	2 300	12 903	38	10
初沉池:进水堰	1 258	7 700	47 386	22	7
中间沉淀池(水面)	1 158	4 600	17 962	27	5
调节池	4 740	10 000	22 693	4	1
雨水池	110	450	1 826	3	2
厌氧池(生物除磷)	522	1 500	4 305	18	5
预酸化池	37 506	48 000	61 429	4	1
缺氧池(反硝化)	301	730	1 774	47	13
好氧池(硝化)	121	510	2 113	30	13
最终沉淀池(水面)	330	650	1 295	44	13
滤池	148	500	1 680	10	4
一级污泥浓缩池	897	6 700	50 566	13	4
二级污泥浓缩池	521	1 500	4 538	17	7
污泥脱水间	529	2 500	11 516	34	14

注:①臭气浓度(OU/m³)用无臭空气进行稀释,稀释到刚好无臭时,所需的稀释倍数。②恶臭散发率=臭气浓度×臭气排放量,是评价污染源排放强度的尺度。

(进水泵站、格栅、曝气沉砂池等)产生的恶臭气体无论在臭气量上,还是在排放强度上均高于其他处理单元。因此,对城市污水处理厂的恶臭污染进行治理,应首先对污泥处理区和污水进水区的恶臭气体进行有效控制。

表2 污水处理单元空气中恶臭物质浓度

恶臭物质	提升泵房	配水井	浓缩池上清液回流井	初沉池进水口	生化池进水口	缺氧段末端	好氧段末端	最终沉淀池出水	出水
硫化氢/10 ⁻² mg/L	1 244.6	3 187.5	212.50	607.14	22.77	3.04	4.71	0.35	0.05
甲硫醇/10 ⁻² mg/L	85.71	200.00	65.71	9.86	0.71	1.27	0.20	0.31	-
二甲基硫/10 ⁻² mg/L	16.33	55.36	110.71	0.83	0.55	3.88	2.77	0.83	-
二甲基二硫醚/10 ⁻² mg/L	31.96	13.88	28.18	0.17	0.13	0.42	0.34	-	-
氨/10 ⁻² mg/L	0.76	1.59	3.72	-	0.01	-	-	-	-
乙醚/10 ⁻² mg/L	10.61	17.29	29.46	60.89	18.07	23.57	29.46	17.68	19.45
丙酸/10 ⁻² mg/L	0.20	0.10	0.69	0.03	0.03	-	-	-	-
正丁酸/10 ⁻² mg/L	0.28	0.04	0.28	-	-	-	-	-	-
正戊酸/10 ⁻² mg/L	0.002 7	-	0.001 4	-	-	-	-	-	-
异戊酸/10 ⁻² mg/L	0.09	-	0.05	-	-	-	-	-	-
烯烯/10 ⁻² mg/L	1.40	3.83	1.46	-	-	0.55	0.36	-	-

注:①“-”表示检测结果低于检测下限。②丙醛、正丁醛、异丁醛、正戊醛、异戊醛、甲醛、土臭素、2-甲基异冰片、异冰片、樟脑等物质均未检出。

2 恶臭气体的成分

城市污水处理厂逸出的恶臭物质一般可以分为以下五类^[4]:第一类是含硫化合物,如硫化氢、硫醇类、硫醚类等;第二类是含氮化合物,如氨气、胺类等;第三类是烃类化合物,如烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃等;第四类是含氧有机物,如醇、醛、酮、酚以及有机酸等;第五类是卤素及其衍生物,如氯代烃等。

日本的青木真一等人针对污水处理厂中的9个不同位置,测定了21种恶臭物质的浓度,测定结果见表2^[5]。表2中的数据表明:污水处理厂中各处理单元所产生的恶臭物质的组成和浓度不尽相同。其中,对于污水处理厂的上游构筑物(进水井、格栅、沉砂池、初沉池等),含硫物质是造成恶臭的主要原因;而对于下游构筑物(最终沉淀池、滤池等),醛类物质是造成恶臭的主要原因,出水中散发的乙醛浓度往往可以达到背景值的15倍。

3 我国城市污水处理厂恶臭污染现状

我国颁布的《恶臭污染物排放标准》(GB14554—93)对典型恶臭污染物作出了限制,表3列出了该标准中的厂界标准值。根据该标准,部分污水处理厂对自身生产过程中所产生的臭气进行了检测,表4为天津市纪庄子污水处理厂的监测结果^[6]。结果表明:我国城市污水处理厂中恶臭污染严重的区域主要为初沉池等进水部分和脱水机房、储泥池等污泥部分;主要恶臭气体物质硫化氢、氨气的实际测定值均超出标准中厂界浓度限值。在臭气发生源附近区域,恶臭状况尤为严重。

总的来说,当前我国城市污水处理厂恶臭污染状况较为严重。国内大部分污水处理厂未对恶臭进行有效控制,有关恶臭控制的研究大多针对恶臭气体的处理技术研究方面,并且多停留在实验室阶段,处理对象多为单一臭气源^[7]。而对于城市污水处理厂恶臭污染评价方面的研究很少,目前还未建立起相应的评价体系,而该评价体系的建立是城市污水处理厂对恶臭污染进行有效控制的前提条件和基础。

4 恶臭污染评价体系

为了详细了解污水处理厂的恶臭污染状况,笔者根据国内外关于污水处理厂恶臭污染的研究成果,提出能较全面反映污水处理厂恶臭污染状况的评价体系,见图2。

表3 我国恶臭污染物厂界标准值(GB14554—93)

项 目	一级标准	二级标准	
		A 类	B 类
氨/mg/m ³	1	1.5	2
三甲胺/mg/m ³	0.05	0.08	0.15
硫化氢/mg/m ³	0.03	0.06	0.10
甲硫醇/mg/m ³	0.004	0.007	0.010
甲硫醚/mg/m ³	0.03	0.07	0.15
二甲二硫/mg/m ³	0.03	0.06	0.13
二硫化碳/mg/m ³	2	3	5
苯乙烯/mg/m ³	3	5	7
臭气浓度/OU/m ³	10	20	30

注:A类适用于新建污水处理厂,B类适用于现有污水处理厂。

表4 天津市纪庄子污水处理厂恶臭污染物监测结果^[6]

源 点	硫化氢 /mg/m ³	氨 /mg/m ³	甲硫醇 /mg/m ³	臭气浓度 /OU/m ³
普通曝气池	0.222	0.479	0.084	570
储泥池	30.95	0.312	0.347	6 500
脱水机房	52.72	0.475	0.495	20 000
初沉池	0.45	4.7		
下风向 50 m	0.30	4.1		
下风向 100 m	0.07	3.5		
下风向 150 m	0.05	2.6		

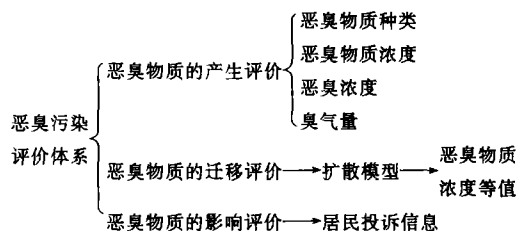


图2 污水处理厂恶臭污染状况评价体系

4.1 恶臭物质的产生评价

恶臭物质的产生评价主要包括产生臭气的组分、浓度的测定及某个构(建)筑物臭气产生量的计算。

恶臭气体的测定目前主要有分析检测法和感官检测法两种。分析检测法是指通过测定一种或几种代表性强的物质浓度来评价恶臭污染状况的方法,该方法可以同时测定恶臭气体的物质及其浓度,测定客观、准确,可以连续测定,所得数据可用于臭气形成、挥发、扩散的模型当中。感官检测法又可以分为直接法和空气稀释法,前者是将感觉到的臭气强度直接与强度标准比较,后者是用空气逐级稀释,直至无法嗅辨时的稀释倍数。目前,美国

对恶臭气体的测定是采用稀释法^[8]。感官检测法主要是侧重于气体对人影响程度来表征气体的恶臭情况。

关于恶臭气体的测定,国外研究较多,如英国的 R.M.Stuetz^[9]等人建议在污水处理厂中采用电子鼻技术,通过电子鼻的检测获得城市污水处理厂臭气浓度和污水潜在的恶臭污染值,了解从单一发生源出发的恶臭扩散状况以及通过比较进水、出水的恶臭检测信号来确定该构(建)筑物的恶臭去除效率^[10]。该技术的原理是基于在传感矩阵信号与臭气浓度之间可以建立一个关系式。值得一提的是, R.M.Stuetz 还发现,污水处理厂中的一些常规水质指标如 BOD、COD、TOC 与电子鼻的输出数据有较强的相关性,可以尝试利用电子鼻系统作为常规指标的检测手段。但对于电子鼻测定恶臭气体的准确度与灵敏度问题,也有人持怀疑态度。

英国的另两位专家 P.Gostelow 和 S.A.Parsons^[11]则根据城市污水处理厂中 H_2S 是恶臭气体中的主要组分,建议将 H_2S 的浓度作为衡量污水处理厂恶臭污染状况的指标,并建立了 H_2S 的挥发和迁移模型^[11],该方法的主要依据是 Koe^[12]在 1985 年建立的 H_2S 浓度与臭气浓度的关系式: $C_{(OU)} = mC_{(H_2S)}$ 。通过该关系式就可以对 H_2S 进行在线监测从而了解恶臭的污染状况。

目前,国内对分析检测法和感官检测法均有采用,但如何在城市污水处理厂内对恶臭气体进行在线检测,实时获得污水处理厂恶臭污染变化情况等方面的研究还有待进一步加强。

关于臭气量计算的方法较多。有根据水面积乘以一个系数来确定气量,该系数的取值与构(建)筑物的功能与形式有关;对于上方整体加盖的构(建)筑物,通常以空间容积与每小时换气次数的乘积来确定臭气量;对水池面局部加盖的构(建)筑物,可以根据开口面积和风速来计算脱臭气量;也有人根据设备的台数来计算臭气量^[13]。国外学者提出用 Lindvall hood 方法测定面源逸出气体流量^[14]。但该方法的准确性仍在争议中。因此, Lindvall hood 方法目前多用于不同面源散发量的比较。除此之外, Yang 和 Hobson 在 1998 年提出了 STOP(The Sewage Treatment Odour Production)模型,通过单

元过程的物理参数来计算气体产生量^[15]。

4.2 恶臭物质的迁移评价

恶臭物质往往是由某些构(建)筑物产生,但其影响的范围是整个污水处理厂及其周边地区。因此,了解恶臭物质的扩散规律,对于正确评价恶臭气体对产生源周边环境造成的影响十分必要。

国外对恶臭物质在空气中的扩散研究很多,提出多个扩散模型,如美国环保局推荐的 ISC (Industrial Source Complex Model)模型,该模型最终给出的结果是一个小时内的平均值,而短时间内可能出现的峰值一般为该值的 10 倍,同时该模型不适用于建筑物密集的区域;英国剑桥环境研究咨询中心提出了 ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System)模型,该模型除了风速和风向两个参数外,还把紊流造成的浓度波动纳入考虑范围,所以该模型可以直接预测短时间峰值情况^[16]。这些模型在实际的运用中主要有两方面的作用:一是通过模型绘出污水处理厂及其周边地区恶臭物质的等值曲线或分布图,以此来评估恶臭物质的扩散情况及其造成的影响,二是在消除污水处理厂对周围居民的影响的前提下,可以计算出恶臭产生源最大允许臭气产生量^[17]。目前,针对我国污水处理厂提出的恶臭气体扩散模型还未见报道。

4.3 恶臭物质的影响评价

污水处理厂恶臭控制的目的是为了降低恶臭物质对于厂内工作人员和周边居民的不良影响。因此,恶臭物质的影响评价主要是通过厂区工作人员的反映和周边居民对污水处理厂的投诉情况,以及统计污水处理厂周边区域居民的发病率等数据来体现。国外一些污水处理厂或工业废水处理站就以居民的投诉次数作为衡量污水处理厂恶臭控制效果的指标,有些厂还建立了投诉信息数据库,将居民的投诉内容与导致投诉的原因建立一定的联系,该数据库可用于对厂内产生投诉的恶臭源的辨别^[18]。

5 结语

目前,我国大部分污水处理厂还未对恶臭污染进行有效控制。但随着人民生活水平的提高,对环境水平的要求也会越来越高,对恶臭污染,特别是污水处理厂的恶臭污染进行控制将成为必然。本文中提出的恶臭污染评价体系可以较为全面地反

映污水处理厂的恶臭污染状况及其对周边环境的影响程度。另外,对污水处理厂恶臭污染进行评价的研究在国内外还相对较少,还有待进一步深入研究。

参考文献

- 1 罗固源,孙永利,吉方英,等.污水生物处理系统中逸出气体的危害与控制.重庆大学学报,2001,24(6):131~134
- 2 Frechen F B. Odor emission and odor control at wastewater treatment plants in West Germany. Wat Sci Tech, 1988, 20:361~266
- 3 Frechen F B. Odor emission inventory of Germany wastewater treatment plants-odour flow rates and odour emission capacity. Wat Sci Tech, 2004, 50(4):139~146
- 4 董志权主编.工业废气净化与利用.北京:化学工业出版社,2001
- 5 Shinichi AOKI, Hiroyuki SUGIMOTO, Daiya BAMB. Analysis of Odor Compounds in Sewerage Process Water and Deodor Methods. Journal of Japan Society on Water Environmental, 2004, 27(10):643~649
- 6 郭静,梁娟,匡颖,等.污水处理厂恶臭污染状况分析与评价.中国给水排水,2002,18(2):41~42
- 7 张少梅,沈晋明.污水处理厂恶臭气体及控制技术的研究.贵州工业大学学报,2004,33(1):95~98
- 8 石磊,李昌建,李秀荣,等.美国恶臭污染管理及测试方法.城市环境与城市生态,2004,17(3):40~42
- 9 Stuetz R M, Fenner R A, Hall S J, et al. Monitoring of wastewater odours using an electronic nose. Wat Sci Tech., 2000, 41(6): 41~47
- 10 Willers H, De Gijssel P, Ogink N, et al. Monitoring of biological odour filtration in closed environments with olfactometry and an electronic nose. Wat Sci Tech, 2004, 50(4): 93~100
- 11 Gostelow P, Parsons S A. Sewage treatment works odour measurement. Wat Sci Tech, 2000, 41(6): 33~40
- 12 Koe, L C C. Hydrogen sulphide odor in sewage atmospheres. Water, Air, and Soil pollution, 1985, 24: 297~306
- 13 羊寿生,张辰.污水处理设施中的脱臭技术.给水排水,1996,22(2):14~17
- 14 De heyder B, Thoeze C. A conscious scheme for remediation of odour nuisance at sewage treatment plants. Wat Sci Tech, 2000, 41(6): 9~16
- 15 Yang G, Hobson J. Validation of the Sewage Treatment Odour Production (STOP) Model. Proceedings of 2nd CIWEM Nation Conference on Odour Control in Sewage Treatment, London (1998)
- 16 Simms K L, Wilkinson S, Bethan S(1998). Odour nuisance and dispersion modelling: an objective approach to a very subjective problem. Wat Sci Tech, 2000, 41(6): 89~96
- 17 McIntyre A. Application of dispersion modelling to odour assessment: a practical tool or a complex trap. Wat Sci Tech, 2000, 41(6): 81~88
- 18 Kordon A K, Dhurjati P S, Bockrath B J. On-Line expert system for odor complaints in a refinery. Computers chem Eng, 1996, 20: 1449~1454

◎电话:(010)51534280

E-mail: wangcan04@mails.tsinghua.edu.cn

收稿日期:2005-02-24

中国土木工程学会水工业分会给水委员会第十次年会 2005年中日水处理技术交流征文通知

2005年11月中国土木工程学会水工业分会给水委员会第十次年会在厦门市举行,并同时举行2005年中日水处理技术交流会。本次会议由中国土木工程学会水工业分会给水委员会、中国城镇供水协会科学技术委员会和日本水道技术研究中心联合举办,上海市政工程设计研究院和厦门水务集团有限公司承办。

会议将讨论水资源的保护与利用、给水处理技术、污泥脱水技术、管网技术、老水厂处理设备的利用与改造等给水界共同关心的课题,同时将有日本的学者和专家介绍2005年完成的“日本新的净水技术开发研究”(e-water)的成果,其中包括大容量膜过滤技术的开发研究、净水处

理系统的开发研究和水源监测技术的研究。本次会议将是给水领域很好的互相交流和学习的机会。

为了在会前准备好论文集,请在九月底以前将论文的清样用电子邮件或3.5寸软盘寄秘书组(注明给水委员会第十次年会论文,请联系秘书组获取论文打印格式),以便组织专家选稿编辑论文集,论文分中文、日文二辑不再翻译。

秘书组地址:200092上海市中山北二路901号

上海市政工程设计研究院

联系人:沈裘昌

电话:(021)51298832 51298043 51299999(转接)

传真:(021)51298839 E-mail: shen_qc.zs@smedi.com