

污水处理行业 恶臭污染防治技术路线

王 涛^{1、2}

(1. 机械科学研究总院环保技术与装备研究所, 北京 100044; 2. 机科发展科技股份有限公司, 北京 100044)

摘要:污水处理和污泥处理处置项目的恶臭污染问题日趋严重, 给出解决问题的技术路线显得十分迫切。恶臭污染防治在技术层面上包括三个方面: 隔离稀释、主动防控和被动阻控, 隔离稀释可作为技术手段完善前的阶段性措施, 主动控制是所有臭气控制手段中最为经济有效的方式, 被动阻控作为改造现有项目的臭气防治方式。应针对设计目的, 在系统集中度、气量计算、技术选择等方面, 合理选择封闭系统, 优化收集系统, 合理选择终端处理系统, 实现技术方案的可靠性、高效性和经济性。

关键词:污水处理; 污泥处理处置; 恶臭污染防治; 技术路线

中图分类号: X512 文献标志码: A 文章编号: 1006-5377 (2014) 06-0000-05

前言

恶臭污染是世界七大环境公害之一, 已受到世界各国的广泛重视。日本是最早为恶臭防治立法的国家, 早在1971年就颁布了《恶臭防止法》(1995年修订), 并且与地方法规、测试方法、质量控制程序等共同构建起恶臭控制法规体系; 美国是最早致力于恶臭控制标准研究的国家, 建立了以州标准为基础的完善标准体系; 韩国政府于2002年7月在《大气和环境保护法》之外颁布了《恶臭防止法》; 欧盟也在2003年4月针对恶臭污染颁布了EN13725: 2003标准, 替代此前各国施行的国家环境标准。我国对恶臭污染的研究起步较晚, 目前主要的法规标准依据是《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93), 尚未出台相关技术规范、指南等支撑文件, 完整、可操作的政策法规体系也尚待完善。

随着污水处理行业(含污泥处理处置)的不断发展, 行业内与恶臭污染相关的环境投诉甚至环保事件

也在各地不断出现。在此情况下, 污水处理行业在技术层面上先行探索恶臭污染问题总体解决思路, 作为进一步完善我国恶臭污染防治政策法规体系的基础, 显得尤为迫切。

恶臭污染防治在技术层面上包括三个方面: 隔离稀释、主动防控和被动阻控。

1 恶臭污染防治之隔离稀释

隔离稀释指通过设置防护距离以及人为提高排放点高度等方法, 利用大气的稀释作用, 降低防护距离外臭气的测量浓度, 达到感官可接受的条件。

卫生防护距离的确定一般根据恶臭污染物的浓度预测, 参照《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB/T13201-91)计算卫生防护距离, 然后根据周围环境敏感点的情况, 以及现场调查结果进行验证, 最终确定卫生防护距离。

卫生防护距离计算公式如下:

$$Q_e/C_m = (BL^c + 0.25r^2)^{0.5}L^D/A$$

式中： C_m ——标准浓度限值， mg/m^3 ；

L ——工业企业所需卫生防护距离， m ；

r ——有害气体无组织排放源所产生单元的等效半径， m ；

A 、 B 、 C 、 D ——卫生防护距离计算系数，无因次；

Q_e ——工业企业有害气体无组织排放量可以达到的控制水平， kg/h 。

2 恶臭污染防治之主动防控

主动防控指调整和优化主工艺设计和运行参数，抑制臭气产生的条件，从而减少臭气的产生量或降低臭气浓度。主动控制最重要的是分析臭气的成分及产生原因，以采取有针对性的应对措施。

对于污水处理行业，臭气成分主要包括 NH_3 、 H_2S 、 VOC 等。其中 NH_3 的产生主要是好氧生化处理过程 C/N 过低造成的，提高进水 BOD 指标、适当投加碳源物质可以有效减少 NH_3 的排放。 H_2S 的产生主要来源于厌氧过程，减少不可控厌氧现象的发生可以有效减少 H_2S 的排放。 VOC 成分复杂，是甲硫醇、硫醚等可挥发性有机物的混合物，降低处理过程的系统负荷可以减少 VOC 排放。

恶臭污染主动防控在主工艺技术选择上应注意以下问题：

(1) 对于进水预测浓度变动较大的新建项目，首先选择可冲击负荷能力强的低污泥负荷处理工艺；在条件限制必须采用高污泥负荷工艺时，应同时考虑构筑物封闭的问题。

(2) 充分考虑进水 C/N 对于项目主工艺和臭气排放的影响，对于有条件分流进厂的多水源项目，应对于混合均质处理和分质处理技术的经济性进行综合比选，以期实现污水达标排放和臭气减量的双重目的。

(3) 生化处理过程严格控制构筑物中溶解氧浓度值及分布情况，气源应留有余量，曝气设备应可靠并且易检修，“带病运行”往往是 H_2S 产生的根源。

(4) 新建进水泵房、格栅间应直接考虑封闭除臭。

(5) 污泥贮存、脱水系统是臭气的重要源头，污水处理厂污泥贮存应采用带盖贮池或封闭料仓形式，完善后续脱水污泥无害化处理系统，以便将厂内停留时间严格限定在一定范围内。

(6) 污泥无害化处理系统工艺选择应充分考虑除臭系统，尤其是经济性：尽量压缩处理设施自由空间可以

减少通风量，提高系统效率，减低运行成本。

3 恶臭污染防治之被动阻控

被动阻控指对主动防控后仍必须排放的恶臭物质与大气进行阻断隔离，并集中处理后达标排放的被动恶臭污染防治措施。被动阻控主要由封闭系统、收集系统和终端处理系统三个部分组成。

3.1 封闭系统

污水处理厂的封闭系统主要是对于各种池体进行加盖处理，结构形式主要包括：混凝土结构形式、玻璃钢结构形式、张拉膜结构形式等，三种结构形式的适用条件见下表。

三种结构形式的适用条件表

结构形式	优点	缺点
混凝土结构形式	与池体结构形式相同，整体性、密封性、防腐性能均最优；具有一定承重能力，结构表面可以利用。	无法移动，因此需要设置设备检修空间，自由空间较大；施工难度大，对于改造项目需暂停主工艺运行，影响正常生产。
玻璃钢结构形式	施工难度较低，对于小跨度廊道式构筑物尤为适合；可以自由移动，因此无需设置设备检修空间，自由空间较小。	封闭性能不及混凝土结构；大跨度或可移动加盖需要钢结构支撑，易腐蚀；结构表面基本不能承重。
张拉膜结构形式	施工难度低，能够适应大跨度池体结构；主要支撑结构在外，与恶臭气体接触部分为PTFE或PVC膜，防腐性能好。	封闭性能不及混凝土结构；由于外部张拉，自由空间较大；膜材料寿命和保温、防火性能较差；结构表面完全不能承重。

从上表可知：混凝土结构形式适用于原始设计考虑加盖封闭的情况，或者结构顶部需要利用的情况；玻璃钢结构形式适用于小跨度构筑物改造加盖或可移动开启加盖的封闭系统；张拉膜结构形式适用于大跨度构筑物改造加盖的封闭系统。

3.2 收集系统

收集系统是在封闭系统选定后，根据封闭系统情况合理划分收集处理区域，确定各区域气量，选择管道材质，计算管径，根据气量和沿程阻力损失确定风机选型。收集系统是臭气被动阻控系统的关键环节，其计算结果，特别是气量计算结果反映了除臭项目的规模，直接决定了后续终端处理系统的投资和整个除臭系统的运行成本。

目前除臭系统的气量计算多采用封闭空间自由空域

与换气次数的乘积。对于人工操作空间（如污泥脱水车间等）可以采用上述方法估算；但对于无人工操作空间，尤其是有曝气系统的封闭空间采用上述方法误差较大，应该依据空间微负压理论核算，详见下式。

$$Q = Q_p + Q_f + M \times V$$

式中：Q—除臭系统计算气量， m^3/h ；

Q_p —封闭空间内曝气系统曝气量， m^3/h ；

Q_f —封闭空间内生化反应所产生气体量， m^3/h ；

M—封闭空间与外界交界处缝隙面积， m^2 ；

V—空间微负压形成所需反向风速， $m^3/m^2 \cdot h$ 。

由上式也可看出，除臭气量与封闭系统的密封性密切相关，因此在选择封闭方式时应充分考虑这一点。

3.3 终端处理系统

终端处理技术主要包括：生物除臭技术、化学除臭技术、离子除臭技术、植物液除臭技术等。

(1) 生物除臭技术

生物法除臭是一种安全可靠的处理工艺，除臭效率大于90%，其原理是臭气经收集系统收集后集中送到生物除臭装置处理，臭气通过湿润、多孔和充满活性的微生物滤层，利用微生物细胞对恶臭物质的吸附、吸收和降解功能，以及微生物的细胞个体小、表面积大、吸附性强、代谢类型多样的特点，将恶臭物质吸附后分解成 CO_2 、 H_2O 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等无毒无害的简单无机物。

生物除臭技术是污水处理行业最常用的除臭技术。生物除臭过程主要分三步骤：

第一步：水溶渗透。填料表面覆盖有水层，臭气中的化学物质与填料接触后在表层溶解，并从气相转化为水相，以利于填料中的细菌作进一步的吸收和分解。另外，填料的多孔性使其具有超大的比表面积，使气、水两相有更大的接触面积，有效增大了气相化学物质在水相中的传送扩散速率（经实验测试所得，其产生的瞬时效应是化学清洗的几百倍）。所以，水溶渗透过程其实是一物理作用过程，高速的传送扩散意味着填料可迅速将臭气的浓度降到极低的水平。

第二步：水溶液中的恶臭成分被微生物吸附、吸收，恶臭成分从水中转移至微生物体内。

第三步：通过生物氧化来降解污染物的过程。填料中的专性细菌（根据臭源的类型筛选而得到的处理菌种）将以污染物为食，把污染物转化为自身的营养物质，进入微生物的自身循环过程，从而达到降解的目的。同时，专性细菌等微生物又可实现自身的繁殖，

当作为食物的污染化合物与专性细菌的营养需要达到平衡，且水分、温度、酸碱度等条件均符合微生物所需时，专性细菌的代谢繁殖将会达到一个稳定平衡，最终的产物是无污染的二氧化碳、水和盐，从而将污染物去除。

(2) 化学除臭技术

化学法除臭是利用化学介质（氢氧化钠、次氯酸钠、硫酸等）与硫化氢、氨气等无机类致臭成分进行酸碱及氧化反应，将致臭成分从气体中降解，达到除臭目的。化学吸收是伴有显著化学反应的吸收过程，被溶解的气体与吸收剂进行化学反应。在化学吸收过程中，臭气中污染物（溶质）先从气量主体扩散到气液界面，溶质达到界面后便开始与溶剂中的反应组分（吸收剂）进行化学反应，吸收剂不断地从液相主体扩散到界面或界面附近与溶质相遇，并发生化学反应，从而将污染物从气体中分离出来。吸收过程的气液平衡关系既应服从相平衡关系，又应服从化学平衡关系。

化学除臭技术主要针对高浓度单一气体。在化学吸收过程中，被吸收气体的组分与吸收剂发生化学反应，从而降低了被吸收气体组分在液相中的游离浓度，相应增大了传质推动力和吸收系数，加快了吸收过程的速率。

(3) 离子除臭技术

高能离子除臭净化过程原理包括了物理和化学过程，过程涉及预荷电集尘、催化净化及正、负离子发生作用。

1) 预荷电集尘过程

利用不均匀的电场形成电晕放电，产生等离子体。通过通风机的输送（或利用送风口等），使等离子体中的电子及正、负离子在电场作用下与空气中的尘粒碰撞而附于尘粒上，带电的尘粒在电场的作用下向电极迁移，沉积在电极上，由此吸附了污染空气中带不同电荷中的细微颗粒和悬浮物，形成较大分子团沉降，进而从空气中得到有效的分离。

2) 催化净化

包括两个过程：一是在与产生的等离子体的接触过程中，一定数量的有害气体分子受高能作用，本身分解成单质或转化为无害物质。二是等离子体中具有大量高能粒子和高活性的自由基，这些活性粒子与有害气体分子作用，打开了其分子内部的化学键并产生了大量的自由基和强氧化性的 O_3 ，他们与有害气体发生反应而转化

为无害的物质（氧化分解空气中的污染因子）。

3) 正、负离子发生作用

活跃的正离子可减少那些化学性能不受负离子作用和控制的不稳定有机化合物气体，很多挥发性有机化合物（VOC）污染物质不受负离子发生器作用而被正离子分解。同样，分子失去电子时释放的电子瞬间与另一中性分子结合，使空气中有害物质分子带有负电荷，而带负电荷的微粒与带正电荷的微粒不断结合，最终降落下沉。另外，氧离子在有效地氧化分解化学物质的同时，高能量的离子和分子能即刻对空气消毒（氧化、杀灭细菌）、中和、去除异臭味。

离子除臭技术一般用于低浓度、室内空气净化。

(4) 植物液除臭技术

存在于高湿度（95%~100%）空气中或水中的恶臭粒子被水分子被膜包围着，此时的脱臭必须先破坏水分子被膜，再将其中的恶臭粒子加以捕捉。植物液为天然植物提取液、缩氨酸与酵素成分的复合体，其主要脱臭过程为：

- 1) 将油脂或污染物质加以分解乳化；
- 2) 促进有效细菌的生长；
- 3) 在此过程中藉生物触媒，促进氧化而脱臭。

植物液除臭技术主要用于室外无组织排放源控制。

终端除臭系统技术总体上是成熟的，除臭系统的功效主要取决于收集系统的可靠性和终端处理系统的选择与合理配置。

4 恶臭污染防治项目总体解决思路

4.1 新建项目技术路线（见图1）

4.2 改扩建项目技术路线（见图2）

5 结语

(1) 臭气防治隔离稀释方式虽然在现阶段还是污水处理项目（包括污泥处理项目）的必然选择，但由于稀释过程复杂，干扰因素多，无法持续有效防止臭气污染事件的出现，并且影响周边大量土地资源无法发挥最佳功能，仅可作为技术手段完善前不得已而为之的阶段措施。

(2) 臭气防治主动控制是所有臭气控制手段中最为经济有效的方式，往往可以起到事半功倍的作用，但主要应用在新建项目中。例如：如果在污水处理厂曝气系统设计中采用收集后的臭气作为气源，可以大幅降低

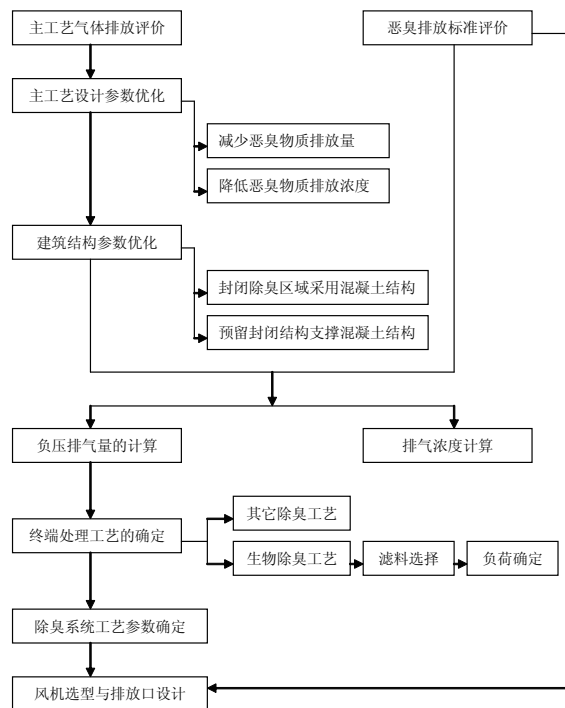


图1 新建项目恶臭污染防治技术路线

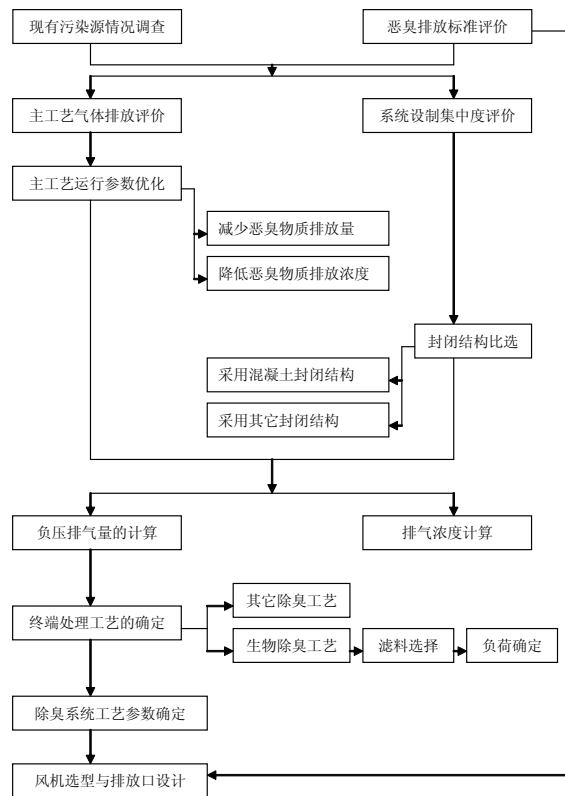


图2 改造项目恶臭污染防治技术路线

除臭系统投资和运行费用。

(3) 臭气防治被动阻控作为改造现有项目的臭气防治方式, 应针对设计目的, 不被传统思维束缚, 在系统集中度、气量计算、技术选择等方面, 因地制宜, 合理选择封闭系统, 优化收集系统, 合理选择终端处理系统, 实现技术方案的可靠性、高效性和经济性。

参考文献:

- [1] 郭静, 梁娟, 匡颖, 等. 污水处理厂恶臭污染状况分析与评价[J]. 中国给水排水, 2002 (02): 41-42.
- [2] 席劲瑛, 胡洪营, 罗彬, 王灿. 城市污水处理厂主要恶臭源的排放规律研究[J]. 中国给水排水, 2006 (21): 99-103.
- [3] 王涛. 污泥堆肥项目中除臭技术选择与除臭系统设计[J]. 中国环保产业, 2010 (4): 33-35.

Technical Route for Stench Pollution Prevention in Sewage Treatment Industry

WANG Tao^{1, 2}

(1. Institute of Environmental Technology and Equipment of China Academy of Machinery Science & Technology, Beijing 100044; 2. Machinery Technology Development Co., Ltd, Beijing 100044, China)

Abstract: The stench pollution problem in sewage treatment and sludge disposal project is getting serious day by day. The technical route for settling the problem looks instancy. The stench pollution prevention in technical lay includes dilution separation, initiative prevention and control and passivity control. The dilution separation can be seen as a technical means to perfect pre-phase measures, initiative prevention and control are the most effective mode in all stench control means, and passivity control is seen as the control mode of stench in reform of the present project.

Aimed at the design purpose, we should select the closed system, optimize the collection system and select the terminal treatment system in the fields of system concentration, tolerance calculation and technical selection etc, so as to realize the reliability, high effect and economic nature.

Keywords: sewage treatment; sludge treatment and disposal; stench pollution control; technical route