

水源地水体臭味产生原因及去除方法探析

李耀强, 金敬慈, 严爱兰*

浙江水利水电学院, 浙江省农村水利水电资源配置与调控关键技术重点实验室, 浙江 杭州

收稿日期: 2023年1月17日; 录用日期: 2023年2月17日; 发布日期: 2023年2月27日

摘要

针对近几年, 水体臭味问题的日益加剧, 饮用水臭味问题已经成为社会关注的热点。饮用水中臭味问题主要来源于土臭素和2-甲基异莰醇, 本文对这两种物质的来源, 以及处理办法进行了叙述, 主要从物理吸附、化学氧化、生物降解和组合工艺这几种技术进行分析, 阐述了各处理办法之间的优缺点。

关键词

土霉味, 二甲基异莰醇, 土臭素

Analysis on the Causes of Smell and Taste in Water Source Areas and Its Removal Methods

Yaoqiang Li, Jingci Jin, Ailan Yan*

Zhejiang Institute of Water Conservancy and Hydropower, Zhejiang Provincial Key Laboratory of Rural Water Conservancy and Hydropower Resource Allocation and Regulation, Hangzhou Zhejiang

Received: Jan. 17th, 2023; accepted: Feb. 17th, 2023; published: Feb. 27th, 2023

Abstract

In recent years, the problem of smell and taste of water body has become increasingly serious, and the problem of smell and taste of drinking water has become a hot spot of social concern. The odor problem in drinking water mainly comes from geosmin and 2-methylisoborneol. This article describes the source of these two substances and the treatment methods, mainly from the aspects of physical adsorption, chemical oxidation, biodegradation and combined process. Several techniques are analyzed, and the advantages and disadvantages of each treatment are described.

*通讯作者。

Keywords

Musty Smell, Dimethylisoborneol, Geosmin

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长期以来,世界上许多国家都在遭受饮用水臭味问题的困扰。近年来,随着生活质量的逐渐提高,国内许多河湖等地区爆发了严重的水体富营养化,导致水体产生臭味,也出现多起饮用水臭味事件。国内对水源受到臭味物质污染的报道是从2007年5月的无锡太湖事件造成了当地生活用水和饮用水的严重短缺,引发了严重的社会影响。自此,饮用水中的臭味问题开始受到人们的广泛关注。2016年6月天津市滨海新区藻类大量繁殖导致自来水出现臭味问题,也使当地出现供水危机[1]。

饮用水中的臭味问题根源一般出现在水源地,土霉味是饮用水水体中最常见的一种臭味,而导致饮用水产生土霉味问题的两种主要物质为二甲基异莰醇(2-MIB)和土臭素(GSM)。这两种物质在自然中浓度高[2],且嗅阈值都很低,当浓度在10 ng/L以上时就能产生土霉味。土霉味在国内已经列为饮用水的必测项目。《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)规定水中2-甲基异莰醇(2-methylisoborneol, 2-MIB)和土臭素(Geosmin, GSM)浓度小于10 ng/L。因此解决水体中的臭味问题已经是全社会需要共同面对的问题。

2. 危害

饮用水问题与我们的日常密切相关,当饮用水出现臭味时,会直接影响到我们的生活。比如饮用水中臭味物质较少时,虽然不会直接危害到我们的健康,但人们会因为感官上的反应而拒绝使用此类饮用水;而当臭味物质进一步增多,甚至产生有毒物质时,会直接影响到人体的健康,从而引发更大的问题。

3. 原因

产生2-MIB和GSM这两种臭味物质的原因很多,但最终可以归纳为两个原因,自然原因和人为原因。

1) 自然原因:

与水体中微生物有关。如放线菌,蓝藻、鱼腥藻、颤藻等的次生代谢产物就包含这两种臭味物质。而且极少数植物和倍足纲节动物也能分泌GSM和2-MIB[3]。

2) 人为原因:

主要包括人们日常生活中所排放的生活污水、工业废水和农业施肥灌溉径流等,进入水体中,可能在水中直接产生臭味物质。而且这些排放的废水中包含的大量氮磷等物质流入水体后,会导致水体富营养化,使藻类大量繁殖,从而间接导致GSM和2-MIB的增多。

此外,还包括人们的社会发展使某些地方的地理特征发生改变,也为富营养化的产生创造了条件。如一些水库、水闸的建成,导致了气候和水体流量、流速的改变[4]。

4. 处理方法

目前常规的饮用水中的混凝、沉淀、过滤、消毒工艺对水中2-MIB和GSM的去除效果很差。已有

的研究表明,对于 2-MIB 和 GSM 有效的处理方法主要有四种,分别为物理吸附、化学氧化、生物降解和组合工艺。

4.1. 物理吸附

物理吸附一般主要采用的物质为粉末活性炭(PAC)和颗粒活性炭(SAC)等。粉末活性炭具有巨大的比表面积,表面微孔数量多,具有很好的吸附作用,对于去除水源水中的 2-MIB 和 GSM 污染均有很好的效果。水源水突发嗅味问题时,可利用 PAC 应急处理。且吸附技术简单、成本低,在供水处理中得到了广泛的引用。

Taeho Bong [5]等人通过比较煤炭粉末活性炭(S-PAC)、椰壳粉末活性炭(C-PAC)、木质粉末活性炭(W-PAC)和三种实验室合成的介孔碳对饮用水中嗅味物质的吸附能力,发现 C-PAC 的吸附容量最大。原因可能是 C-PAC 具有较高的微孔体积、较低的中孔体积和小而窄的孔径分布,从而产生了最佳的吸附条件。

陶辉[6]等人采用不同目数的活性炭对 GSM 进行吸附实验,发现粒径越小,GSM 的吸附效率越高。这是因为随着粒径的减小,活性炭的比表面积、总孔容积和微孔容积均增大,而平均孔径减小有助于增强吸附能力。

但随着活性炭粒径逐渐减少,粒径大小对活性炭吸附能力的影响也越来越小,去除率也逐渐趋于稳定。当粒径大于 100 目时,2-MIB 和 GSM 去除率均达到 95%以上,之后当粒径再次减少,大于 300 目时,去除在 97%左右,变化不大[7]此时应该根据实际情况和经济效益等因素选择合适粒径的活性炭。

4.2. 化学氧化

化学氧化是针对水体中的 GSM 和 2-MIB,采用合适的氧化剂,例如高锰酸钾、次氯酸钠、过氧化氢和臭氧等对水体中的嗅味物质进行氧化处理,从而达到去除水体中嗅味的目的。

刘禧文[8]等通过以天津某自来水厂里的南水北调引江水为原水,加入一定量的 GSM、2-MIB、2,4,6-三氯苯甲醚等八嗅味物质混合液,再分别加入次氯酸钠、高锰酸钾和臭氧氧化剂进行比较,研究得到相对于其他两种氧化剂,臭氧的去除率更高,对 2-MIB 和 GSM 的去除率达到 55%~70%,其他嗅味物质达到 90%以上。

其中 GSM 和 2-MIB 去除率相对于其他嗅味物质较低的原因,可能是因为这两种嗅味物质都具有复杂稳定的多元环结构。说明直接利用臭氧对 2-MIB 和 GSM 进行氧化效率较低。但当水中 pH 值较高或存在羟基自由基($\cdot\text{OH}$)的引发剂时,由臭氧分解产生的 $\cdot\text{OH}$ 对 2-MIB 和 GSM 具有很强的破坏能力。因此当采用过氧化氢强化臭氧氧化工艺中 $\cdot\text{OH}$ 的生成,可以提高 2-MIB 等致嗅微量有机物的去除[9]。

4.3. 生物降解

饮用水嗅味问题的产生主要是因为水体富营养化,而生物降解法主要是利用一些特殊微生物对水体中的 2-MIB 和 GSM 进行分解,进而达到去除水中嗅味的效果[10]。

4.4. 组合工艺

庞雅丽[11]通过混凝剂、高锰酸钾和粒径 200 目的粉末活性炭不同组合工艺对水中嗅味物质土臭素和二甲基异茨醇的去除效果研究发现,三者联用的去除效果最佳。

[12]等人通过臭氧与活性炭联用的方法研究对济南市某水厂内 2-BIM 和 GSM 的去除效果,发现在进厂原水中 2-MIB 含量(10.396~98.2 ng/L)的条件下去除效率高达 98%;并且 GSM 在含量为(2~8 ng/L)的条

件下也有所降低, 去除率达到 49%。GSM 的去除率不如 2-MIB 的原因可能是因为该水厂原水中 GSM 含量低造成的。

5. 结论

水源地水体中的嗅味问题出现愈发频发, 二甲基异茨醇(2-MIB)和土臭素(GSM)是自然界中浓度较高的两种嗅味, 现有的水厂常规处理工艺如混凝沉淀、曝气、过滤等, 难以对水体中嗅味物质进行有效处理。对水体中嗅味问题采取的处理方法主要还是侧重于吸附和氧化, 臭氧与活性炭联用, 该联用方法去除效率最高。

基金项目

本文受浙江省基金水利联合项目(ZJWZ23E080002)资助。

参考文献

- [1] 张旭东, 张学博, 刘畅, 等. 天津滨海新区自来水嗅味事件成因分析及应急处理[J]. 中国给水排水, 2017, 33(13): 46-49.
- [2] 徐盈, 黎雯, 吴文忠, 等. 东湖富营养水体中藻菌异味性次生代谢产物的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 212-216.
- [3] 马晓雁. 土臭素和二甲基异冰片的控制技术及其机理研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 同济大学, 2017.
- [4] 金根东. 我国湖泊富营养化研究现状[J]. 现代农业科技, 2008(16): 334-336.
- [5] Bong, T., Kang, J. K., Yargeau, V., et al. (2021) Geosmin and 2-Methylisoborneol Adsorption Using Different Carbon Materials: Isotherm, Kinetic, Multiple Linear Regression, and Deep Neural Network Modeling Using a Real Drinking Water Source. *Journal of Cleaner Production*, **314**, 127967. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127967>
- [6] 陶辉, 徐春燕, 杨嘉玮, 等. 粉末活性炭粒径对其吸附水中土臭素的影响[J]. 中国给水排水, 2015, 31(15): 40-44.
- [7] 杨茜. 不同粒径粉末活性炭吸附嗅味物质实验研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2012.
- [8] 刘禧文, 闫慧敏, 韩正双, 方华, 田家宇. 水中 8 种典型嗅味物质的氧化去除研究[J]. 供水技术, 2020, 14(4): 1-7.
- [9] 马新红. 过氧化氢催化臭氧化水中 2-MIB 的效能及机理初探[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [10] 杜康. 生物降解 2-甲基异茨醇的特性及分子机理研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京科技大学, 2017.
- [11] 庞雅丽. 高锰酸钾与粉末活性炭联用去除水中嗅味物质[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2011.
- [12] 孙婷, 徐慧. 臭氧活性炭工艺对有机物去除效果分析[J]. 中国新技术新产品, 2021(10): 62-66.