

述评与讨论

《含藻水给水处理设计规范》(CJJ 32—2011) 主要内容解析

李树苑¹, 隋军², 刘海燕¹, 陈才高¹, 杨文进¹

(1. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010; 2. 广州市市政工程设计研究院, 广东 广州 510060)

摘要: 含藻水给水处理属于特殊水质处理的范畴,根据国内外含藻水处理的研究及实践经验对原《含藻水给水处理设计规范》(CJJ 32—98)进行了全面修订,介绍了修订版规范《含藻水给水处理设计规范》(CJJ 32—2011)的主要技术内容和编制依据。指出含藻水给水处理应根据水源含藻量及变化规律选择合适的处理工艺及参数。

关键词: 含藻水; 给水处理; 设计规范

中图分类号: TU991 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2013)08-0001-04

Analysis on Main Contents of Code for Design of Algae Water Treatment

LI Shu-yuan¹, SUI Jun², LIU Hai-yan¹, CHEN Cai-gao¹, YANG Wen-jin¹

(1. Central and Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430010, China; 2. Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: Algae water treatment belongs to the special water quality treatment category. According to the domestic and foreign algae water treatment research and practice experience, the Code for Design of Algae Water Treatment (CJJ 32-98) was fully revised. The main technical contents of the Code for Design of Algae Water Treatment (CJJ 32-2011) and the revision basis were introduced. The appropriate process and parameters for algae water treatment should be chosen according to the content and variation of algae.

Key words: algae water; water treatment; design code

湖泊水库水是城市饮用水的重要水源之一,由于湖泊水库水的流态特征及受到氮磷污染,会呈不同程度的富营养化,容易滋生浮游生物,对给水处理设施的运行管理造成影响。经济的快速发展使得水体环境质量仍然不容乐观,近年在河流中也频现藻污染暴发的现象。

根据国家四部委环发[2012]58号文颁布的《重点流域水污染防治规划(2011年—2015年)》,2010年重点流域城镇集中式饮用水水源地有2027个,其中河流型水源地有424个,达标率为93.2%;湖

(库)型水源地有405个,达标率为90.6%;地下水型水源地有1198个,达标率为87.3%。86个湖(库)点位中,I~III类、IV~V类和劣V类水质点位比例分别为19.7%、66.3%和14.0%,IV类及以上湖库的比例超过80%,主要污染指标为总磷、高锰酸盐指数(COD_{Mn})和氨氮。

我国饮用水水源有相当部分取用水库或湖泊,藻类过度繁殖是富营养化湖泊水库的主要特征之一。近年因藻类过度繁殖而造成的安全供水危机频发,说明水源污染已对安全供水造成了影响。含藻

水给水处理属特殊水质处理的范畴,含藻水的处理技术不仅在水处理工艺流程上有了变化,同时投加化学药剂、吸附剂以及膜处理等其他技术也取得了发展和进步。因此,在此背景下对《含藻水给水处理设计规范》(CJJ 32—98)进行修订十分必要。

1 含藻水特点

1.1 藻数量

目前,含藻水的定义基本沿用现行规范的规定,即“藻类及其他浮游生物过量繁殖、藻数量大于 100×10^4 个/L 或足以妨碍混凝、沉淀和过滤正常运行的水源水”。给水处理技术中所指的含藻水主要针对常规水处理工艺,重点应该是指对水处理工艺存在影响或者常规处理后出水水质不能达到饮用水水质标准要求的含藻水水源。

关于藻数量以 100×10^4 个/L 为含藻水水源的低限,主要是考虑一般含藻量超过该值会对常规水处理工艺造成一定的影响,尤其是对过滤的影响。水源水含藻量较高时,会导致滤池的过滤周期缩短,产水量降低,反冲洗强度加大,维持其正常运行需要加大氧化剂的投加量。

藻的数量目前主要包括藻个体数量和藻细胞数量,本规范指藻个体,这与细胞数量有较大的差异,藻个体数量可能数倍甚至十几倍低于藻细胞数量。规范中藻测定的数量是藻个体的数量,不是藻细胞的数量。藻细胞的数量一般主要在研究方面使用较多,在工程上使用较少。

规范对藻的计数规定了统一方法,包括目镜视野法和行格法两种计数方法。由于藻有突然暴发的特点,为更快地掌握藻数量而制定了快速检测法,快速测定法将藻测定时间由1天缩短为计数时间,能快速掌握藻的大致数量,精度稍低,但是能为水处理工艺的调整赢得时间,并根据检测值制定应对措施。

1.2 藻毒素

我国现行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)、《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)和世界卫生组织(WHO)均规定饮用水中微囊藻毒素-LR ≤ 0.001 mg/L。

在已发现的各种不同藻毒素种类中,微囊藻毒素(Microcystins, MCs)是一种在蓝藻水华污染中出现频率最高、产生量最大和造成危害最严重的藻毒素,调查发现,饮用水中MCs的存在与人群中原发性肝癌和大肠癌的发病率有明显的相关性。

蓝绿藻水华产生的微囊藻毒素在水体中已经被广泛发现,传统的水处理工艺不能将其去除,混凝、沉淀过程由于管道内部湍流和滤池内压力梯度的作用可能破坏藻类细胞壁,造成藻毒素的释放,所以传统的水处理工艺反而会加重藻毒素的危害。目前去除藻毒素的方法主要有物理法、化学法和生物法。在选择含藻水给水处理工艺时,应尽量避免对藻类细胞壁的破坏,控制藻毒素的生成。

2 含藻水给水处理工艺

2.1 工艺流程

根据水源水质的特征以及含藻水给水处理技术的发展现状,新修订的规范给出了四种除藻工艺流程。其主要特点为:①所有工艺流程均增加了预处理工艺单元,相当于取消了原常规处理工艺。②将混凝沉淀后串联气浮工艺单元的工艺流程放在第一位。气浮是除藻的有效方法之一,尤其是高藻水。气浮常年运行的费用较高,对于季节性短期呈现含藻量升高的含藻水水源,将混凝沉淀和气浮工艺串联,在藻含量较高时运行后续的气浮工艺,在藻含量较低时混凝沉淀后直接超越气浮,这样既保证了水质又节省了运行成本。③采用膜处理单元代替过滤工艺和深度处理工艺的工艺流程。④在预处理、常规处理工艺不能满足水质标准时,增加后续深度处理工艺单元,包括活性炭吸附、臭氧—生物活性炭、超(微)滤。具体工艺流程如下。

流程 I: 含藻水→预处理→混凝→沉淀(澄清)→气浮→过滤→消毒。

流程 II: 含藻水→预处理→混凝→气浮或沉淀(澄清)→过滤→消毒。

流程 III: 含藻水→预处理→常规处理[混凝、气浮或沉淀(澄清)、过滤]→深度处理[活性炭吸附、臭氧—生物活性炭、超(微)滤]→消毒。

流程 IV: 含藻水→预处理→混凝→气浮或沉淀(澄清)→超(微)滤→消毒。

2.2 工艺单元技术

2.2.1 预处理

含藻水水源由于一般呈微污染状态,尤其是季节性藻含量升高,给水厂净水工艺的正常运行造成影响。当水源中藻含量不高时,采用预处理有利于常规处理工艺的正常运行,从而提高出厂水水质。预处理一般包括生物预处理、物理化学氧化预处理等工艺形式,可考虑预氯化、臭氧预氧化、投加高锰

酸钾以及粉末活性炭联用的方式去除微污染物。对于常年藻含量较高、有机污染以及氨氮污染的水源,可考虑设置生物预处理工艺。

预氧化药剂投加点和药剂的接触时间直接影响预处理效果。在选择投加点时,需考虑工程的具体情况。为节省药剂投加量,应考虑药剂的接触时间,能够利用水源厂(站)和净水厂之间的管道容量时,投加点可设置在水源厂(站)。各种预氧化药剂与混凝剂、吸附剂等会有相互抵消的作用,投加顺序和间隔时间选择不当会降低嗅味消除、除藻及助凝的效果,应考虑药剂之间投加的时间间隔,充分发挥各种药剂的作用。预氧化剂与待处理水的接触时间视工艺目标和药剂种类而不同,预臭氧接触时间宜为2~5 min,高锰酸钾与其他药剂宜间隔3~5 min。

臭氧预氧化剂制备系统较复杂、设备费用较高,一般与臭氧生物活性炭工艺联用,较少单独使用。药剂投加与出水水质有着密切关系,氯等在水源受污染程度较大时,可能会产生其他有害物质而影响出水水质。

粉末活性炭能有效吸附去除含藻水的异嗅、异味、藻毒素以及氯消毒副产物的前体物,提高常规工艺的除藻效率,大多时候粉末活性炭都是作为短时间的吸附剂。由于水源的水质条件差异较大,因此在确定粉末活性炭投加点和投加量时需要进行相应的试验。粉末活性炭宜投加于原水中进行充分混合,接触10~15 min后,再加氯或混凝剂。除在取水口投加以外,根据试验结果也可在混合池、絮凝池、沉淀池中投加。

2.2.2 高效沉淀

高效沉淀池是近年使用较多的工艺之一,本次修订规范将不同形式沉淀效率较高的沉淀统一称为高效沉淀池,并明确其定义“由机械混凝和斜管(板)沉淀构成、采用污泥外回流并具有较高液面负荷的沉淀池。”

考虑到高效沉淀的形式较多,包括投加微砂的沉淀^[1]、机械混凝斜管沉淀串联形式的沉淀^[2~4]以及中置式混凝斜管沉淀^[5]等不同的沉淀形式,高效沉淀池的共同特征:机械混凝、斜管沉淀以及有人工可控的污泥外回流系统。

高效沉淀池的设计参数主要选择了沉淀区的液面负荷,根据调研的8座已经运行的高效沉淀池(不包括微砂加重沉淀池)的数据[沉淀区的液面负

荷为11.63~23 m³/(m²·h),平均为17.8 m³/(m²·h)],修订规范中沉淀区的液面负荷取10~25 m³/(m²·h);采用微砂加重高效沉淀池时,液面负荷会更高,达到42.5 m³/(m²·h)。

2.2.3 活性炭吸附

根据国内外湖泊水库水源水的13座水厂生产运行以及含藻水处理试验的资料,对于常规处理工艺流程中过滤之后的颗粒活性炭滤池,当炭层厚度为1.5~2.5 m以及空床滤速为6.8~12 m/h时,颗粒活性炭吸附池的吸附效果正常。除嗅味的颗粒活性炭滤池的设计空床接触时间(EBCT)一般为8~15 min,考虑到水质标准的提高,以及含藻水水源的水质特点,规定EBCT不宜小于10 min。

关于活性炭吸附池的反冲洗,由于颗粒活性炭相对密度较小,根据试验结果^[6]若采用气水同时反冲洗会使滤料大量流失,因此,除翻板滤池池型外,其他池型不宜采用气水联合同时反冲洗,气水分别单独冲洗可避免颗粒活性炭的流失。

2.2.4 膜处理

膜处理工艺目前在饮用水处理中的应用逐渐增多^[7],在规范修订版中增加了膜处理的规定。结合含藻水特点以及目前的使用情况,膜处理单元界定为超滤和微滤。

影响膜处理工程投资主要包括膜单元的造价和设计膜通量。随着技术发展和进步,膜造价呈降低的趋势。膜通量会随着运行时间、清洗等逐渐降低;水温降低时,膜通量也会减小。膜通量的大小对于投资、运行和寿命周期、成本有着直接影响,过高的膜通量因初期投资成本低而具有吸引力,但会造成膜污堵高、使用寿命缩短,而且能耗和化学品消耗量也会增加,反而造成膜系统寿命周期内的总成本增高。不必要的低通量,又会使初期投资成本明显增大。根据国内外的资料,同时考虑技术经济条件^[8],规范确定设计膜通量:压力式宜小于65 L/(m²·h),浸没式宜小于40 L/(m²·h)。膜处理系统的水回收率宜大于95%。

3 应急处理

饮用水水源突发藻类污染时对城市的供水系统会产生较大的影响,针对水源的状况,预先在设计中考虑或预留应对藻类突发污染时的应急措施,有利于避免或降低对安全供水的影响。

一方面应急处理是工程建设前应注意的主要问

题,包括:①设置水质预警设施。在《饮用水水源保护区划分技术规范》(HJ/T 338—2007)规定的一级保护区边界选择水质敏感点,设置水质模型或生物预警等形式。②取水口周边设置物理隔离区。由于藻类大部分分布在水深为20 m以内的水中,如蓝藻、绿藻在最上层,硅藻多分布于深层,为防止在水流和风的作用下藻对取水口的影响,可在取水口周边100 m范围内设置水面上的物理拦截以及捞藻设施。③应急处理的预氧化剂及粉末活性炭等的投加设施。

另一方面是已经发生突发性藻类异常增长时,应强化水厂的运行管理,主要包括:①根据水质情况调整水处理构筑物的运行控制参数。滤池的反冲洗强度可适当加大,反冲洗周期可缩短至正常运行时的1/2。②采取加大氧化剂及吸附剂的投加量等措施。混凝pH值为8.6时,沉淀水的含藻量为 $2\,400 \times 10^4$ 个/L;混凝pH值为6时,沉淀水含藻量则降为 300×10^4 个/L。除藻时,助凝剂和预加氯的投加量均需加大2倍;投加聚丙烯酰胺助凝剂可去除97%的硅藻,预加氯可去除95%~98%的藻。水体臭味大且土臭素达到100 $\mu\text{g/L}$ 以上时,投加100 mg/L的粉末活性炭可以完全消除臭味。

因此,在水华时段内调节pH值,适当加大预氧化剂(氯、高锰酸钾)、混凝剂、聚丙烯酰胺助凝剂、粉末活性炭的投加量,适当降低水处理负荷并调整反冲洗强度和周期,可以有效地去除水中的藻、嗅、味、色度、浑浊度。

4 结语

含藻水给水处理技术在投加药剂、调整常规处理的运行或设计参数以及增加深度处理或预处理单元等方面有相对成熟的经验和研究成果,尤其在膜处理、活性炭处理的组合工艺方面较大的发展和工程实践。目前,对高藻水有效的处理工艺仍然是气浮工艺。对《含藻水给水处理设计规范》的修订实施有利于含藻水给水处理技术的进一步发展,促进水质的提高,对保障供水安全有着积极的作用。

参考文献:

- [1] 张素霞,徐扬,刘永康. ACTIFLO®微砂加重絮凝斜管高效沉淀技术[J]. 中国给水排水, 2006, 22(8): 26-31.
- [2] 石瑾,孔令勇,王鲲鹏,等. 高密度澄清池(DENSADE-G®)的基本原理及其在净水厂中的应用[J]. 净水技术, 2007, 26(6): 58-61.
- [3] 田宝义,王冬,刘轩. 津滨水厂工艺设计及特点[J]. 供水技术, 2008, 2(1): 56-59.
- [4] 周军,李钟珮,王曼,等. 高效澄清池(Densadeg)用于老水厂工艺改造[J]. 中国给水排水, 2008, 24(18): 40-42, 46.
- [5] 燕峒胜. 中置式高密度沉淀池在低温、低浊、高藻水源地的应用[J]. 中国建设信息(水工业市场), 2010, (4): 49-52.
- [6] 李树苑,杨文进,张怀宇,等. 微污染水库水处理工艺研究[J]. 给水排水, 2005, 31(8): 26-29.
- [7] 芮旻,曹德意,刘勇,等. 微/超滤膜组合饮用水处理技术及工程应用[J]. 中国给水排水, 2010, 26(8): 15-19.
- [8] 顾宇人,曹林春,陈春圣,等. 超滤膜法短流程工艺在南通市芦泾水厂提标改造工程中的应用[J]. 给水排水, 2010, 36(11): 9-15.



作者简介: 李树苑(1958—), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 教授级高工, 中国市政工程中南设计研究总院副院长、总工程师, 主要从事饮用水给水处理和污水处理技术研究。

E-mail: kyslishuyuan@yahoo.com.cn

收稿日期: 2012-11-27