城市供水, 水处理, 常规处理, 有机物, 含量, 水厂

全面加强常规处理可减少出厂水有机物含量

天津市自来水集团有限公司 沈大年

TU 891.21
TU 891.35

乙
11-13

确保城市供水的水质,是自来水企业应牢固树立的经营思想,也是我们供水事业同行们的天职。随着改革开放,国民经济的发展和人民生活的改善,人们对供水水质的要求也日益提高。因此,在建设部颁发的《城市供水行业 2000 年技术进步发展规划》(以下简称《规划》)确定的“两提高”和“三降低”主攻方向中,把提高供水水质列在首位。

一 城市供水水源的有机物污染已受到各方面的关注

国内、外城市供水水源普遍受到不同程度的有机物的污染。国外 1981 年便有报导,世界地面水中,已析出有机物 2221 种,存在于饮用水中的有 751 种。已确定为致癌物的有 20 种,可疑致癌物 23 种,促致癌物 18 种,诱变物 256 种。在美国密西西比河上设的 6 个采样点,连续九个月采集的 53 个水样,经 Ames 试验半数以上为阳性(致突变性试验为阳性,说明有致癌性的可能)。

我国城市供水水源也有有机物的检出。上海在黄浦江中,曾检出过 700 多种;天津滦河水中,曾检出 200 多种;就连国内较好的水源——北京密云水库水中,也检出 60 余种。

天津对引滦水源在枯水、丰水和冰封三个不同时期采集水样所做的 Ames 试验,其阳性率平均为 50%。

鉴于上述情况,水中微量有机物污染已引起国内、外普遍的关注。美国环保局 1977 年颁布的 129 种优先考虑污染物的名单中,有机物为 114 种。世界卫生组织 1992 年修订水质标准时,把原来 61 项指标增至 133 项。其中有 85 项是有机物。1993 年日本修订的水质标准,由原来 26 项指标增至 56 项。其中主要也是有机物。我国“七五”科研项目“中

国环境优先监测研究”,提出了包括 14 类 68 种有毒化学污染物,其中有机物占 85%。《规划》中提出的检测项目比国家饮用水水质标准多 53 项,大部分也是有机物。此外,还增加了 Ames 试验的要求。

由于目前城市供水水质尚有不尽人意之处,而水作为商品,已引起商界的关注。瓶装水应时而生,且发展迅猛。诸如矿泉水、纯水、高纯水和蒸馏水等品种不一、牌号众多。瓶装水确有它的优点。合格的瓶装水应无有害成份,是一种方便的高级饮料。但目前市场上瓶装水水质,并非都合乎标准。近期上海食品监察所对 23 家纯水生产厂和 13 家矿泉水生产厂进行了检验,有四分之一的水质不合格。上海技术监督局检测的 44 种纯水,有一半不合格,细菌严重超标。

瓶装水理应完全无化学污染物。但实际并非如此。就是在国外,也不例外。美国对瓶装水检验,依然发现有的水中含有 THMs。这就是说,瓶装水的水质,也并不是都是令人放心的。

瓶装水的价格很贵。上海 1t 纯水少说也要 1400 元。较之自来水 0.48 元/t,高出 2900 倍(欧洲为 800 倍)。按每人每日饮 2L 计,一个月在饮水上每人要花费约 70~80 元,这在目前对广大市民来说,还是难以接受的。

即使经济上可以接受,也能买到合格的瓶装水,但对人们的健康问题依然不能完全解决。国外已有报导,经研究认为,进入人们身体中的挥发性化学物质,三分之一是经口腔吞入的,三分之二是经沐浴和洗漱时吸入或由皮肤吸收进入体内的。根据上述,要保证人们的健康,绝不能寄托在瓶装水上,而只

能靠城市自来水水质的提高。

二 增加深度处理工艺是解决城市自来水中有机物污染的有效方法

美国环保局早在 1977 年就认为颗粒活性炭过滤是城市供水深度处理的一种好方法,并曾将此工艺列入有关规定。后来又又发展为生物活性炭。此深度处理工艺早已为国外经济发达国家广泛采用。实践证明效果好。当原水中氨氮含量偏高,生物氧化所需的溶解氧又不足时,会有亚硝酸盐(致癌物质)增高的不良现象。针对此现象,在常规处理前,增设生物滤池,是可以将氨氮绝大部分转化为硝酸盐,以遏制亚硝酸盐增多的弊端,保证深度处理的效果。

在生物活性炭工艺中,臭氧及活性炭价格都较昂贵。上海市自来水公司为解决这个问题,曾做了一系列不同工艺组合的对比试验,计有: B、O-T, B-T-OC, B-T-C, B-T-OC-Cl, B-T-C-Cl。代号说明: B-生物滤池; OC-生物活性炭; O-臭氧; C-活性炭; T-常规处理; Cl-氯。

上海试验表明,不用臭氧,以 B-T 代替 O-T,以 B-T-C-Cl 代替 B-T-OC-Cl,其去除有机物的效果基本相同,而在致突变性方面稍微差一些。将 B-T-C-Cl 组合中的常规处理工艺加以强化,则出水水质可望与 B-T-OC-Cl 相同。此外试验者认为以陶粒滤池代替活性炭滤池也是可能的。

这种企图取代昂贵的臭氧和活性炭的思路,是值得重视的。希望进一步验证,以期降低投资,使深度处理在我国得以更广泛的应用。

水经煮沸对去除挥发性有机物十分有效。如氯仿在水温 60℃ 时便开始挥发,煮沸可去除 90% 以上。此外,煮沸对杀死水中微生物的效能也甚显著。如消灭对人体健康颇有威胁的隐性孢子虫,如用加氯法,需 80mg/L 的大剂量接触 90min,方能去除 90%。而用加温法, Fayer 试验,把 1L 含有 1000 万个隐性孢子虫的水,加温到 72.4℃,

仅持续 1min 便可去除 90%。联想到我国普遍饮用开水,虽不如直接饮用自来水简便,但煮沸可以进一步提高水质。喝开水实质是一种分散的家庭深度处理。因而中国人喝开水是一种良好的习惯。

三 全面加强常规处理可减少水中微量有机物

在常规处理的基础上,增添深度处理工艺,确是解决水中有机物污染、提高水质的良好举措。只要经济许可,为了人民的健康,在水处理上多花些钱是值得的。但是我国当前处于发展时期,经济能力有限,除个别城市有条件增添深度处理外,绝大多数城市目前还难以做到。因此,要减少水中的有机物,必须进一步强化常规处理工艺。

从一般理论分析,自来水中有机物的存在形式,一是溶解在水中,一是附着在水中微小固体颗粒上。这些有机物主要是从原水中带来的,少部分也会产生于净水的过程当中。天津市自来水集团有限公司从 1987 年开始,与天津医学院合作,利用气相色谱、色一质联机先进分析仪器,引进致突变、致畸变毒理学,以引滦水为水样,用了几年的时间,先后进行了试验室试验, 24m³/d 的水处理模型试验, 10 万 m³/d 的水厂生产性试验,取得一些有价值的结论。

1 水中有机物的含量与水的浊度有着极为密切的关系;

随着水中浊度的降低,水中有机物含量也相应减少。当浊度降至 0.5NTU 时,水中有机物可去除 80%;

2 沉淀池排泥及滤池冲洗的效果对水中有机物含量有直接的影响。

在水处理模型试验中,出水浊度都在 1NTU 以下,沉淀池排泥、滤池冲洗效果好时,出水中的有机物种类减少 41.5%、总量减少 81.4%;而沉淀池排泥、滤池冲洗效果不好时,则无论有机物种类,还是总量,均有明显增加。说明附着在泥上的有机物,当运行操作不当时,还可以返回进入水中。

3 加氯点的位置明显地影响合成有机物含量;

在水处理模型上进行的不同加氯点位置试验表明,将加氯点由混合前,后移至滤前,出水中有机物含量可减少 50%。

4 全面强化常规处理工艺,对减少出水有机物效果明显。

在 10 万 m^3/d 的水厂,进行了一般常规处理和全面强化常规处理的生产性对比试验。两种运行条件比较如下表。

试验结果,强化常规处理比一般常规处理出厂水挥发性有机物(以五种主要卤代烃为代表)减少 50%;半挥发性有机物降低 30%~70%;卫生毒理试验,Ames 致突变阳性率下降 42.9%~47.8%;温血动物细胞染色体畸变活性下降 27%~40%。反映出强化常规处理在解决水中有机物方面,是有相当成效的。

重视水中有机物的危害是应该的。不过对其致癌问题,也要有量化概念。如果每人每日饮 $1\mu\text{g}/\text{L}$ 的下列有机物,经推算在一生中可能增加致癌的机率分别为:氯乙烯 5.1×10^{-7} ;氯仿 3.7×10^{-7} ;氯丹 1.8×10^{-7} ;四氯化碳 1.5×10^{-7} 。即都是千万分之几的机率。其对人体健康的影响,要比微生物小得多。1993 年美国密尔沃基市发生隐性孢子虫、贾第氏虫的水质事故,近年来日本发生 O-157 病原性大肠菌的水质事故,都有大量的人生病甚至死亡。据调查,人体感染了 1~100 个隐性孢子虫,就可能发病。据此推算每人每日饮 2L 水,年风险率为 10^{-4} (万分之一)。鉴于水中微量有机物的风险率低于微

生物,世界卫生组织修改水质标准时,全面权衡后,把氯仿标准 $30\mu\text{g}/\text{L}$ 非但未压缩,反而提高到 $200\mu\text{g}/\text{L}$ 。即便如此,预计人的一生中,增加致癌机率为 10^{-3} (十万分之一)。

从前述的天津一系列水处理试验的成果,可以看到强化常规处理工艺,对解决有机物方面是很有成效的。尽管其降低有机物的程度还比不上深度处理,但是,结合我国国情,强化常规处理,无疑是当前缓解自来水中有机物危害的较现实的对策。在一定时期内,对城市供水处理似可起着正确的导向作用。

强化常规处理,主要是降低浊度,合理加氯和改进运行管理三个环节。降低出水浊度最重要。如能使沉淀出水保持在 2~3 度,将出厂水浊度控制在 0.1 度的水平,不仅可以进一步减少水中的有机物,而且还可以防止病毒与隐性孢子虫的感染。由于其它消毒剂(臭氧、二氧化氯)也都产生有害副产物,全面比较下来,氯依然是当前最经济适用的消毒剂。至于如何进一步降低浊度,如何合理加氯,如何改进运行管理,《规划》中都有水平较高的专题文章可供参照。

为使一类水司 2000 年水质能达到 80 年代国际先进水平,《规划》中规定,一类水司水质需检测 88 项,对其中各类项目合格率的要求是有区别的,比照国家饮用水标准,增加的 53 项(大都是有机物)要求的合格率为 80%。从天津水司的实践分析,经过技术改造,改进运行管理,对常规处理进一步加强,提高处理效果以后,达到《规划》所提出的水质指标要求,是没有多大问题的。

一般常规处理与全面强化常规处理生产性对比试验结果

运行条件	一般常规处理	强化常规处理
滤前水浊度	5~8 度	2~3 度
滤池反冲后池面水浊度	8~12 度	3 度
出厂水浊度	1NTU 以上	1NTU 以下
沉淀池排泥	不太及时	及时
加氯点位置	混合前	滤前
出厂水余氯	1~1.8mg/L	0.7~0.8mg/L
保证细菌合格		