

氯化消毒在饮用水安全保障中的作用

文 / 李复兴 (北京公众健康饮用水研究所)

氯是自然界中广泛分布的一种元素,在地壳中存在各式各样的氯化物,用较强的氧化剂就能够把它从它的化合物中分离出来。考古学家发现,早在公元前3000年,古人就会利用岩石中盐类(氯化钠)。氯作为一种新的元素是1810年由英国著名的化学家戴卫首先给予确认。但是由于一些荒谬的理论,妨碍了科学家们对它本质的认识,经过三十多年才确定它是一种元素。

氯是一种强氧化剂,常用来消毒、杀菌、漂白,也是化工工业原料,其中氯给人最大的好处之一是氯在水消毒中的应用。

自从将氯应用于饮水杀灭病菌以来,有效地制止了介水疾病的传播,保障了人类的饮水安全与身体健康。但随着科技的进步、发展,人们对自然界的认识不断提高,又发现氯与水中某些有机化合物反应会产生对人有毒有害甚至致癌的副产物。因而引起了国际学术界、企业界的关注并纷纷积极地追寻其他消毒的氯的代用品。

在本文中,作者简单介绍了氯的特性;饮用水中的微生物风

险、水中氯化消毒的历史及对人类健康的意义;投氯产生的消毒副产物对人类健康的潜在威胁等内容,提出了氯用于消毒对人类健康的有利、有害的矛盾,最后对如何减少氯化消毒的危害提出一些意见与建议。

一、饮用水的微生物风险

所谓饮用水的微生物风险是指,由饮用水中病原微生物引起介水传染病爆发并严重危害人体健康,直接威胁人类生存的风险。经水传播疾病的微生物可引起许多疾病,影响人类健康。所致疾病严重程度从轻度胃肠炎到致命的腹泻、痢疾、肝炎和伤寒。污染水可能成为包括霍乱、痢疾和隐孢子虫病等疾病大暴发的根源,但对于大多数水源性疾病病原微生物来说,还存在其他重要的感染源,如人与人之间的接触和食物。

大多数水源性疾病病原微生物通过人或动物的粪便进入饮用水供应系统,它们不能在水中生长,被摄入后可引起胃肠道感染。但军团菌、非典型分支杆菌、类鼻疽伯克氏菌及福氏耐格

里阿米巴是环境微生物,能在水及土壤中生长。除摄入外,还存在其他的传播途径包括吸入和接触,前者导致呼吸道感染(如:军团菌和非典型分支杆菌),后者导致接触部位如皮肤和脑的感染(如:福氏耐格里阿米巴和类鼻疽伯克氏菌)。所有的水源性疾病病原微生物中,麦地那龙线虫比较独特,因为它是唯一仅通过饮用水传播的病原微生物。介水性病原微生物包括致病性细菌、病毒、寄生虫(原虫和蠕虫)、有毒的蓝藻类。

水介病原微生物的主要危害有:在饮用水中存在诸如病毒和病原原生动物(隐孢子虫、贾第虫等)之类的微生物;即使含量很少,只要有单个病原体进入人体,就会感染患病;这要比饮用水中存在微量有机污染物对人体的危害更大。

随着环境和生活方式变化,人与微生物的关系也在变化。结果在通常情况下,因环境条件变化和人的抵抗力下降而使原来无病原性微生物所引起的感染症增加,即无病原性微生物变为病原体。

根据水源和饮用水中存在的病原微生物数量、特性及其危害调查研究,发现贾第虫、隐孢子虫、弯曲杆菌属及各种病毒引起水系传染病的可能性最大。

世界上因饮用污染水而引起的腹泻病,估计每年使上亿人发病,每年约 200 万儿童死亡。

20 世纪 80 年代,全世界在各种水体中检查出 2221 种污染物。美国有 2090 种属有机化学污染物或碳化合物,自来水中存在 765 种,其中 20 种确认为致癌物,23 种是可疑致癌物,18 种为促癌物,56 种为致突变物。美国 EPA 对 7 万多种人工合成的有机物进行筛查,发现 65 类 129 种优先控制的污染物中,114 种有机物占污染物总量的 88%,包括了 21 种杀虫剂、26 种卤代脂肪烃、8 种多氯联苯、11 种酚、7 种亚硝酸及其化合物。这些物质都具有生物的蓄积性,除了自身的毒性以外,有些还具有“三致”作用。

城镇供水所用的水源,一般为地表水或地下水。任何地表水或多或少都受到过生活污水和工业废水的污染,就是已经通过混凝沉淀、过滤等净化处理,仍不能把有害的细菌、病原菌及其他微生物完全去除。地下水水质比地表水好,外观清洁透明,无需混凝、沉淀、过滤处理,但浅层地下水如大口井、渗渠等因离地表面近,容易受到周围环境、特别是生活污水的影响和污染,这

些有害的细菌,成为对人体有害物质的传播介质。

二、水中氯化消毒的历史和作用

由于工业革命和城市人口的增加,在十八世纪以来流行病成为对人健康较大的威胁。1848 年当伦敦爆发霍乱时,据说当时在 2 年内有 14600 人死亡,在 1850 年是由 John Snow 首先将氯气用于供水的消毒上,他首次尝试用氯来消毒伦敦 Broad Street 的泵房的供水,从而有效地防止了当时伦敦霍乱的蔓延。在 1897 年, Sims Woodhead 在英国肯特郡的梅德斯通伤寒爆发时在饮用水主要输配管道中使用“漂白液”作为一种临时性的消毒方法。在饮用水上连续的氯化处理使得当时的因伤寒死亡的人数急剧的降低。氯消毒措施在英国伦敦成功后,1908 年美国新泽西州的泽西岛市率先对自来水进行氯化消毒,随后在国际上许多城市纷纷采用了该项技术。

在 20 世纪初,介水性疾病,如伤寒和霍乱杀害了成千上万的人。最常见的介水性传播病是当时的第三大死因。在二十世纪的百年时间,水处理工艺、设备,特别是氯消毒的使用几乎将这些在 19 世纪以前的第三大死因大大地降低了,氯作为消毒剂为饮水的安全性提供了最重要的保障。

美国自来水用氯消毒已经有

了 90 多年的历史,氯在预防水介性病原传染病的控制上起着举足轻重的关键作用。在饮水中,消毒是水处理工艺中重要的组成部分,也是保证饮水卫生安全的最后屏障。到目前为止,世界上所有的城镇供水大部分都采用氯化消毒。饮用水的过滤和消毒作用使二十世纪人类的预期寿命增加 50%。

三、氯副产物的危害性

任何科学技术都是一把双刃剑,均具有利弊二重性。氯等消毒剂也是如此。目前世界上用于饮用水氯化消毒已成功地应用了一个多世纪,至今仍被许多国家广泛采用,成为保证饮水流行病学安全的主要措施。直到 1972 年鲁克博士在美国鹿特丹自来水厂首先发现经过氯化消毒后的饮用水中检测出了三卤甲烷 (THMs)。在 1976 年,美国 EPA 选定了 80 个城市,对原水和处理后的水的卤化物进行检测,结果证实了饮用水中普遍存在三卤甲烷。已经很清楚三卤甲烷是水氯化消毒副产物的一种。所谓饮用水消毒副产物 (disinfection by-products, DBPs) 是指采用消毒剂对饮用水进行消毒时,由于饮用水中含有的一些天然有机物 (natural organic matter, NOM), 两者反应生成的化合物,即消毒剂 + 母体化合物 (NOM) $\rightarrow$ DBPs, 因此随着饮水消毒过程中使用的消毒剂和消毒方法的不同,以及

水中有机物的种类和含量的不同,所产生的消毒副产物的数量的种类也不相同,至今文献报道的消毒副产物的种类大约有600~700种。

从1972年开始发现自来水中三卤甲烷开始,随着检测技术的进步,在自来水中逐渐发现了众多的消毒副产物。目前已确定的主要消毒副产物有:三卤甲烷、卤代乙酸、卤代氯、卤代酮、卤代醛、卤代酚等。另外还有强致突变物3-氯-4-(二氯甲基)-5-羟基-2(5H)-呋喃酮(MX)等。

1976年,美国国家癌症协会研究发现氯仿对动物有致癌作用。20世纪90年代流行病学家发现膀胱癌、直肠癌以及结肠癌等的发病率和饮用水中氯消毒投加量之间有潜在的相关关系。根据当前大多数的文献报道证明,虽然饮用水水源经过常规水处理后,依然含有多种有机物,其中有的具有“三致”作用。人们长期饮用可能出现眩晕、疲劳、脱发等症状,癌症发病率明显增加。第一个提出氯化消毒对人体会产生危害的人应当是Joseph Price医学博士。在二十世纪六十年代末他撰写了一本吸引人、但也被人忽略的书——《冠状、胆固醇、氯》(Coronaries, Cholesterol, Chlorine)。Price博士深信引起动脉粥样硬化的根本原因是氯。这个结论是建立在用含有氯的饮用水喂鸡的实验基础上,从实验结果中可以看出喝了氯化的蒸馏水的鸡95%在几个

月内就出现了动脉粥样硬化。生物学家Herbert Schwartz博士在一本书上提出“氯太危险了,它应该被禁用,将氯加入水中就象启动一个定时炸弹,如果氯现在是第一次被提出,用于饮用水处理,它就会被食物和药物管理委员会禁止”。但是由于流行性调查报告样本的不同,或者选择实验动物不同,更重要的在进行实验所选择的计量不同以及实验期时间不同,对氯的消毒副产物与癌症的关系也提出不同的看法。认为还没有足够的流行性病学的的数据来支持氯化消毒与癌症发展有直接的关系。

四、如何减少氯化消毒的危害

尽管全世界尚未有新的消毒技术取代氯化消毒,因此以下四个方面措施可减少氯化消毒技术对人体的潜在的危害。

1、最根本的方法要从饮用水源头抓起,加大饮用水水源地保护、治理及监控;减少水源地有机污染;减少对自来水通过处理消除病原体的依赖。

2、对自来水厂讲,最有效的措施是降低水中消毒副产物的前体物质的含量,特别是水中总有机碳(TOC)含量越高,使得氯的投加量增加,接触的时间越长,则容易产生消毒副产物及其它有毒的有机物的数量。一般认为腐殖酸和黄腐酸等是形成卤化物的前体物质。

3、在饮用水水质标准中强

化消毒副产物的指标控制。国际上的一些发达国家的饮用水水质标准中对于消毒副产物的界限值越来越严格。

4、有条件的家庭可以选择家庭安全饮水的自我保障体系,可以选择优质的家庭净水器等,例如“除氯宝”类的产品。这类产品主要的原理是除去水中的游离余氯,改善水的味和嗅味。但是家庭用的净水器要注意及时更换滤芯。

总之,目前自来水供水系统面临的重大的挑战是要预防介水性传染病的传播,降低水中的氯化消毒强度从而减少消毒副产物的产生。在1992年召开的第一届国际水消毒的安全性会议,一些研究人员描述微生物引起的疾病所花费的与之相关的费用与通过水消毒处理避免疾病发生的收益具有相关性。在饮用水的供应上防止微生物污染才能有利于公众的健康。关于与饮用水消毒作用相关的将这些好处与潜在的癌症危险做一比较,值得注意的是,与介水性传染病相比,致癌的风险的费用可能相对要小一些。饮水安全是人类生存和发展的基本权利。笔者认为当前应从三方面建立饮水安全保障体系:一是建立饮用水水源地的安全保障体系;二是建立城镇供水安全的保障体系;三是家庭饮用水自我保障体系。前二者是长远而持久的工作,而后者对于广大的消费者来讲确是最直接和最为方便的,也容易做到。