

中外饮用水水质标准的微生物指标比较

王中卫 李哲民

(大连市环境监测中心 辽宁 大连 116023)

摘要:结合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006),与国外标准(美国环保署的《美国饮用水水质标准》、欧盟的《饮用水水质指令》、世界卫生组织的《饮用水水质准则》及其他某些国家的饮用水标准)中的微生物指标进行了分析比较。综合评价了各水质标准的特点,并对我国的水质标准的微生物指标提出了意见和建议。

关键词:饮用水;中外水质标准;微生物指标

中图分类号:X651 文献标识码:B 文章编号:1006-2009(2012)01-0070-05

Comparison of Microbial Items for Drinking Water Quality Standards between China and Some Other Countries

WANG Zhong-we, LI Zhe-min

(Dalian Environmental Monitoring Centre, Dalian, Liaoning 116023, China)

Abstract: The differences in microbial items of drinking water quality standards were analyzed between sanitary standard for drinking water (GB 5749-2006) of China and foreign drinking water standards (The drinking water standards and health advisories by United States Environmental Protection Agency, Council Directive 98-83-EC on the quality of water intended for human consumption by European Union, guidelines for drinking-water quality and other countries' quality standards for drinking water by World Health Organization). The standard characteristics of drinking water quality from China and other countries were comprehensively evaluated and some suggestion was made.

Key words: Drinking water; Water quality standard of China and foreign countries; Microbial indexes

近年来,因饮用水被微生物污染而导致人群流行病事件频发,使公众对影响健康的病原微生物更加关注,对饮用水安全性越来越重视。饮用水中主要病原微生物包括细菌(bacteria)、病毒(virus)、原生动物(protozoan)和藻类(algae)^[1]。

随着微生物检测技术不断发展,使人们对水中微生物致病风险认识不断深化和提高,世界卫生组织和各国相关部门都据此修改原有或制定新的水质标准。国际上权威的饮用水标准有美国环保署的(US EPA)的《国家饮用水水质标准》、欧盟(EC)的《饮用水水质指令》和世界卫生组织(WHO)的《饮用水水质准则》。现对我国及上述3部饮用水标准及其他国家饮用水标准中微生物指标进行比较分析。

1 中国的标准

2006年我国颁布的《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)共列出6项微生物指标^[2]。在过去的微生物项目细菌总数(total plate count)(<100 CFU/100 mL)和大肠杆菌(*Escherichia*) (100 mL水样中不得检出)的基础上,标准增加了贾第鞭毛虫(*Giardia lamblia*)和隐孢子虫(*Cryptosporidium*) (<1个/10 L)及大肠埃希菌(*Escherichia coli*)和耐热大肠菌群(*thermotolerant coliform bacteria*) (<1个/10 L)的限定标准。总大肠菌群(Total coliform)由<3/100 mL修订为不得检出。

标准增加了4项微生物指标,表明我国对饮用

收稿日期:2011-03-22;修订日期:2011-12-17

作者简介:王中卫(1980—),男,辽宁朝阳人,工程师,博士,从事环境原生物污染研究。

水中微生物的风险认识越来越高。虽然我国的饮用水水质标准增加了微生物检测项目,但病毒(Virus)和浊度(Turbidity)等项目并没有列入其中。

2 美国环保署标准

现行的美国《国家饮用水水质标准》颁布于 2006 年^[3]。标准中强制执行的一级饮用水微生物指标为 8 项,包括异养菌总数(Heterotrophic Plate Count)(<500 个菌落/mL)、分枝杆菌(Mycobacteria)、大肠杆菌(阳性率<5.0%)、军团菌(Legionella)(未定)、隐孢子虫(99% 的去除或灭活)、贾第鞭毛虫(99.9% 的去除或灭活)、病毒(99.99% 的去除或灭活)、浊度(0.3 NTU)。

该标准对微生物产生的人体健康风险高度关注,在 8 项微生物指标中,隐孢子虫、贾第鞭毛虫、军团菌和病毒等指标在其他国家水质标准并不常见,体现出美国对致病微生物的研究非常深入和细致;同时,该标准将浊度列入微生物学指标中(95% 水样达到 0.3 NTU),反映出美国对浑浊度相关属性认识上作出改变。

3 欧盟标准

1998 年,欧盟通过了《饮用水水质指令》^[4]。该指令包括 7 项微生物指标,均为细菌指标:大肠

埃希菌、肠道球菌(Enterococcus)、假单胞菌(Pseudomonas)(0 个/250 mL);总大肠菌群、产气荚膜菌(Clostridium perfringens)(0 个/100 mL);22℃ 异养菌(Heterotrophic bacteria)(100 个/mL)、37℃ 异养菌(Heterotrophic bacteria)(20 个/mL)。

该标准对水质检测指标和频率提出指导意见,《饮用水水质指令》认为,对于容易检测又较能反映问题的主要指标如大肠菌数等需要频繁检测,如果这些主要指标超标,则应马上进行全面检测。此外,还提出对微生物指标采样和检验方法的建议。

4 世界卫生组织标准

2004 年,世界卫生组织出版了《饮用水水质准则》(第三版)^[5]。2006 年,又发布了《饮用水水质准则》增补版本,大幅增加了多项微生物学指标,共 27 项微生物指标(细菌 12 项、病毒 6 项、原虫 7 项和寄生虫 2 项)。

第三版标准中指出了微生物是威胁饮用水安全的首要问题,重点强调如何确保饮用水中微生物的安全性和保护水源的重要性。

5 饮用水标准中的微生物指标比较

为了消除病原微生物威胁饮用水安全,各国在饮用水标准中根据需要制定微生物指标,见表 1。

表 1 我国与国外 3 部饮用水标准中的微生物指标比较

Table 1 The comparison of microbial items of quality standards for drinking water between China and EPA, EC, and WHO

标准名称	年度	项目数	指标
中国《生活饮用水卫生标准》	2006	6 项	总大肠菌群(total plate count) 耐热大肠菌群(thermotolerant coliform bacteria) 大肠埃希氏菌(Escherichia coli) 菌落总数(total plate count) 隐孢子虫(Cryptosporidium) 贾第鞭毛虫(Giardia lamblia)
美国《国家饮用水水质标准》	2006	8 项	异养菌总数(Heterotrophic Plate Count) 分枝杆菌(Mycobacteria) 军团菌(Legionella) 总大肠杆菌(Total coliform) 隐孢子虫(Cryptosporidium) 贾第鞭毛虫(Giardia lamblia) 病毒(Viruse) 浊度(Turbidity)
欧盟《饮用水水质指令》	1998	7 项	大肠埃希菌(Escherichia coli) 肠道球菌(Enterococcus) 假单胞菌(Pseudomonas) 总大肠菌群(total plate count)

续表

标准名称	年度	项目数	指标
WHO《饮用水水质准则》	2006	细菌 12 项	产气荚膜菌(<i>Clostridium perfringens</i>)
			22 °C 异养菌(22 °C <i>Heterotrophic bacteria</i>)
			37 °C 异养菌(37 °C <i>Heterotrophic bacteria</i>)
			类鼻疽伯克霍尔德氏菌(<i>Burkholderia pseudomallei</i>)
			空肠弯曲杆菌(<i>Campylobacter jejuni</i>)
			致病性埃希氏大肠杆菌(<i>Escherichiacoli-Pathogenic</i>)
			肠出血性大肠杆菌(<i>E. coli-Enterohaemorrhagic</i>)
			军团菌属(<i>Legionella spp.</i>)
			非结核型分支杆菌(<i>Non-tuberculous mycobacteria</i>)
			绿脓杆菌(<i>Pseudomonas aeruginosae</i>)
			伤寒杆菌(<i>Salmonella typhi</i>)
			其他沙门氏菌(<i>Other salmonellae</i>)
		志贺氏菌属(<i>Shigella spp.</i>)	
		霍乱弧菌(<i>Vibrio cholerae</i>)	
		病毒 6 项	小肠结肠炎型耶尔森氏菌(<i>Yersinia enterocolitica</i>)
			腺病毒(<i>Adenoviruses</i>)
			肠道病毒(<i>Enteroviruses</i>)
			甲型肝炎病毒(<i>Hepatitis A</i>)
			戊型肝炎病毒(<i>Hepatitis E</i>)
			类诺沃克病毒和札幌病毒(<i>Noroviruses and Sapoviruses</i>)
		原虫 7 项	轮状病毒(<i>Rotavirus</i>)
			棘阿米巴属(<i>Acanthamoeba spp.</i>)
			微小隐孢子虫(<i>Cryptosporidium parvum</i>)
			环孢子虫(<i>Cyclospora cayetanensis</i>)
			痢疾阿米巴(<i>Entamoeba histolytica</i>)
			肠贾第鞭毛虫(<i>Giardia intestinalis</i>)
			福氏耐格里阿米巴(<i>Naegleria fowleri</i>)
		寄生虫 2 项	刚地弓形虫(<i>Toxoplasma gondii</i>)
			麦地那龙线虫(<i>Dracunculus medinensis</i>)
			血吸虫属(<i>Schistosoma spp.</i>)

6 国外的其他标准

其他饮用水水质标准大都以美国、欧盟、WHO 的标准为参考,制定本国国家标准。如,捷克采用 WHO 的饮用水标准;法国、英国则均以 EC 指令为指导;而澳大利亚、加拿大、日本同时参考美国、欧盟、WHO 的标准;台湾省则有自行的饮用水标准。

捷克 1989 年制订《饮用水水质标准》^[6] 很大程度是以 WHO(1984 年第一版)《饮用水水质准则》为参考制订的,但有的指标比 WHO 要求更加严格。捷克标准中微生物指标如粪型链球菌(*Streptococcus faecalis*) 等及生物指标有 9 项,且指标分最大限定值、限定值、指标值和推荐值 4 种,以适应将来水质要求提高的需求。

法国现行《饮用水水质标准》(95-368)^[7],主要参照欧盟《饮用水水质指令》制定,大部分指标

值采用最大允许浓度值,有的指标要求高于标准。标准中微生物学指标较全面,分别为耐热大肠菌、粪型链球菌、亚硫酸盐还原梭菌(*Sulfite-reducing Clostridia*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、致病葡萄球菌(*Staphylococcus-Pathogenic*)、粪型噬菌体(*Bacteriophage faecalis*)、肠道病毒(*Enterovirus*),这 7 项指标并不包含在《饮用水水质指令》中。

英国是第 1 个对饮用水中的隐孢子虫提出量化标准的国家,在 1999 年颁布了该国的《水质规则》^[8],要求水源存在隐孢子虫风险的供水企业,应对出厂水进行隐孢子虫连续监测,同时对饮用水提出了强制性的限制标准,即出厂水中隐孢子虫卵囊要少于 1 个/10 L。

澳大利亚《饮用水水质标准》(1996)^[9]考虑项目全面,特别是微生物学项目分为细菌、原生动物、

毒藻和病毒等 4 类共 26 项。

加拿大现行《饮用水水质标准》^[10]于 2004 年发布,微生物指标包括肠道病毒,要求对其处理率达 99.99%;细菌指标仅有大肠埃希菌和总大肠菌群 2 项,均为每 100 mL 水样不得检出;对隐孢子虫、贾第鞭毛虫的要求仅针对曾暴发过的水源,要求对其虫卵或孢子的处理率达 99.9%。

日本现行的《自来水水质标准》^[11]中,以粪便污染指标及其量度为基准制定了“大肠杆菌”及“一般细菌”指标。在 2000 年制定了《水道水中的隐孢子虫等暂定对策指导》,采用测定 10 mL 水中的卵囊数确定原水受污染程度。最新水质标准于 2004 年执行,在新水质标准中采用大肠菌培养技术替代大肠菌群指标。

台湾省有自己的饮用水水质标准,没有直接采用美国、欧盟、WHO 水质标准。1998 年的修订版本^[12]中,微生物指标中的大肠杆菌标准值很高,为 6 CFU/mL(MPN/100 mL)。

7 微生物指标在水质标准中的地位

7.1 各国对微生物指标重要性的认识越来越深刻

目前,饮用水的主要风险还是微生物指标。世界卫生组织制定的《饮用水水质准则》第三版中也明确提出:无论在发展中国家还是发达国家,与饮用水有关的安全问题大多来自于微生物,并将微生物问题列为首位。要确保充足供应微生物安全的饮用水,并保证水的可接受性,以防止消费者饮用有潜在微生物威胁的不安全水。

在水质指标中,虽然隐孢子虫、贾第鞭毛虫、军团菌等指标在世界卫生组织、欧盟以及许多国家水质标准中还不常见,但在美国等少数发达国家已将其列为重要控制项目。此外,美国从控制微生物风险方面考虑,还将浊度列入微生物学指标。

7.2 对微生物指标的规定越来越严格

从各国的标准发展历程不难看出,饮用水标准的修订过程是一个指标数量不断递增的过程。比如,世界卫生组织的《饮用水水质准则》第 1 版中仅包括微生物指标 2 项,第 3 版中微生物指标数量大幅度增加至 27 项。美国 EPA 的标准更是如此,1914 年的标准中仅包括 2 项微生物指标,2006 年的标准中指标数量已经增至 8 项。除了微生物指标数量增加之外,指标限值要求也越来越严格,例如我国现在执行的标准中总大肠菌群由原来的

<3 个/100 mL 修订为不得检出。

8 新增指标的重要性

在我国的《生活饮用水卫生标准》(2006)中,新增了 4 项微生物指标包括隐孢子虫、贾第鞭毛虫、大肠埃希菌和耐热大肠菌群。其中,隐孢子虫隶属于原生动物,可感染鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类^[13],在过去的 25 年里,一直被认为是威胁人类的重要病原之一^[14-15]。隐孢子虫的虫体随动物粪便排出体外,通过活卵囊在环境中传播。当卵囊进入水体或动物体内后,就会威胁到人类的健康。传播途径主要有介水传播和食品传播两种。

我国于 1987 年在南京市首次发现了隐孢子虫病例,随后在澳门、台湾等地均发现了病例^[16-17]。之后几年,常有隐孢子虫病爆发的报道,最大的一次是 1993 年的威斯康星州的密尔沃基市饮用水源被隐孢子虫污染的事件^[18],隐孢子虫病严重威胁着人类饮用水安全和生命健康。

贾第鞭毛虫亦是一种原生动物,可导致胃肠疾病,呈世界性分布,约有 90% 贾第鞭毛虫病通过水体传播,导致人类、家畜和野生动物发病,并常与隐孢子虫并发^[19-21]。人或动物饮用含动物粪便的水,即可能感染贾第鞭毛虫病。

我国对贾第鞭毛虫的研究较少,尤其是饮用水源地中贾第鞭毛虫的报道更少。虽然在有些地区饮用水中检出贾第鞭毛虫^[22-25],但因其含量很低,至今尚未爆发大规模疾病。目前,我国尚未建立对贾第鞭毛虫病疫情检测和监控系统。迄今为止全世界已在 6 大洲 80 多个国家至少 300 个地区发生过隐孢子虫和贾第鞭毛虫引发的疾病。大肠埃希菌是粪便污染最有意义的指示菌,已被世界上许多组织、国家和地区使用,若水样检出大肠埃希菌说明水质可能受到严重污染,应采取相应措施。耐热大肠菌群中的主要优势菌为埃希大肠杆菌,可作为粪便污染的指标。

9 建议

通过将我国的《生活饮用水卫生标准》与美国、欧盟、WHO 及其他国家的水质标准比较,从微生物指标数量判断,《生活饮用水卫生标准》基本与世界接轨,某些指标值经过多次修订后更加严格,表明我国的饮用水卫生标准已经向前迈出一大步。但是,仍缺少病毒和产毒藻类等微生物项目。

研究表明,一些产毒藻类如蓝藻^[26-27]可影响水质质量,威胁水环境安全和生物健康。因此,应该综合参考世界各国不同的水质标准,依据我国国情制定更为严格的饮用水水质标准,以确保公众的饮水安全。

依据我国快速发展的经济形势,制定相关的法律法规保证饮用水水质标准的实施和及时修订。美国关于饮用水的法律制定开展得较早,很早就开始采用多种措施保护饮用水免受微生物污染。

目前,美国基于《安全饮用水法》和《清洁水法》,已经制定了很多相应的水环境管理法律和条款包括《总大肠杆菌法》等,确保饮用水水质标准的实施,这对我国制定饮用水相关法律法规工作开展具有启示和借鉴作用。

尽管我国饮用水水质标准的修改速度缓慢,但总体上是向前发展的,指标数量不断增加。隐孢子虫和贾第鞭毛虫等微生物学关键指标的制定有了突破。此外,还必须加强水质检测方法的研究。

[参考文献]

- [1] 何晓晴,程莉,朱轶,等. 饮用水中病原微生物检测方法与评价标准[J]. 黑龙江农业科学, 2010(7): 111-113.
- [2] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] US EPA. The drinking water standards and health advisories [S]. Washington, DC: EPA, 2006.
- [4] EU. Council directive 98-83-EC on the quality of water intended for human consumption [S]. Brussels: EC, 1998.
- [5] WHO. Guidelines for drinking-water quality [S]. 3rd ed. Switzerland: World Health Organization Press, 2005.
- [6] HANNHA. 饮用水水质标准的现状[OB/EL]. [2010-03-01]http://www.360water.cn/article/article-2266.html.
- [7] 中华水网. 法国生活饮用水水质标准(95-368) [OB/EL]. [2010-03-01]http://www.chndk.com/swjs/bz/9451.html.
- [8] National Archives. The water supply (water quality) regulations [S]. London: National Archives, 1999.
- [9] NHMRC. Australian drinking water guidelines [S]. Sydney: NHMRC, 1996.
- [10] The federal-provincial-territorial committee on drinking water of the federal-provincial-territorial committee on health and the environment. Guidelines for canadian drinking water quality [S]. Canada: FPT Committee on Drinking Water, 2004.
- [11] 李伟英,李富生,高乃云,等. 日本最新饮用水水质标准及相关管理[J]. 中国给水排水, 2004, 20(5): 104-106.
- [12] 中国环保网. 中国台湾省生活饮用水水质标准[OB/EL]. [2010-02-01]http://www.xmems.org.cn/cgi-bin/dbbz/doc.cgi?id=743.
- [13] RONALD F. Cryptosporidium: a water-borne zoonotic parasite [J]. Veterinary Parasitology, 2004(126): 37-56.
- [14] 范晓军,陈佩堂,陈成章,等. 澳门地区原水及海水中的病原虫调查[L]. 中国给水排水, 2001, 17(11): 32-34.
- [15] HSU B M, HUANG C, HSU Y F, et al. Evaluation of two concentration methods for detecting Giardia and Cryptosporidium in water [J]. Water Res, 2001, 35(2): 419-424.
- [16] MACKENZIE W R, HOXIE N J, PROCTOR M E, et al. A massive outbreak in milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply [J]. J Med, 1994(331): 161-167.
- [17] ROSE J B, SLIFKO T R. Giardia, Cryptosporidium, and cyclospora and their impact on foods: a review [J]. Food Prot, 1999(62): 1059-1070.
- [18] HANS W, ROBERTSON L J. Preservation of giardia cysts in stool samples for subsequent PCR analysis [J]. Journal of Microbiological Methods, 2009(78): 292-296.
- [19] MONS C, DUMETRE A, GOSSELIN S, et al. Monitoring of cryptosporidium and giardia river contamination in paris area [J]. Wat Res, 2009(43): 211-217.
- [20] ROSE J B, HUFFMAN D E, GENNACCARO A. Risk and control of water-borne cryptosporidiosis [J]. FEMS Microbiol Rev, 2002(26): 113-123.
- [21] VENTER S N. Rapid microbiological monitoring methods proceedings: IWSA international specialized conference [C]. Warrington, United Kingdom: UNESCO, 1999.
- [22] 沈强,朱莉勤,张梦寒,等. 快速检测生活饮用水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫结果分析[J]. 上海预防医学杂志, 2009, 21(12): 616-617.
- [23] 周云,戎颖,孙磊,等. 上海市浦东给水厂两虫去除研究[J]. 给水排水, 2007, 33(8): 16-18.
- [24] 张志诚,于淑苑,张仁利,等. 2008年深圳市集中式供水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫污染现状[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(1): 50-51.
- [25] 于淑苑,唐非,张志诚,等. 深圳市村镇级水厂水源水中隐孢子虫和贾第鞭毛虫调查[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(6): 450-451.
- [26] 曾昭琪. 蓝细菌(Cyanobacteria)毒素对水环境的影响[J]. 环境监测管理和技术, 1990, 2(3): 12-16.
- [27] 张宁红. 太湖流域生态安全监测体系的构建[J]. 环境监测管理和技术, 2008, 20(3): 1-5.

本栏目责任编辑 薛光璞