

中国直饮水及相关卫生标准比较分析*

王 婷, 孙东雷, 赵田禾, 张遵真[△]

四川大学华西公共卫生学院/四川大学华西第四医院 劳动卫生与环境卫生学系(成都 610041)

【摘要】 随着经济技术的发展和优质饮用水需求的提高,直接饮用水(简称直饮水)在中国得到广泛应用。然而,迄今尚无对“直饮水”进行明确定义的权威文件,现有的直饮水相关标准或规范并不明确,水质指标缺乏依据,甚至互为矛盾。本文详细阐述了直饮水在中国的由来,系统梳理了我国已有的直饮水规范及标准,从微生物指标、毒理学指标、感官性状和一般化学指标3个方面对比分析了标准中的重要参数。首次深入剖析了直饮水应用乱象,指出了直饮水规范及标准存在的问题,可为规范直饮水市场及直饮水监督管理提供依据,同时为直饮水含义界定、直饮水国家标准立项征集和标准制定工作提供参考。我们提出几点建议:①界定直饮水含义,尽快出台直饮水国家标准。②开展水质基准研究,为我国直饮水标准的制定提供科学依据。③加强直饮水微生物指标及限值的制定,考虑纳入病毒指标。

【关键词】 直饮水 水质指标 标准 规范

Comparative Analysis of Direct Drinking Water and the Relevant Sanitation Standards in China WANG Ting, SUN Dong-lei, ZHAO Tian-he, ZHANG Zun-zhen[△]. Department of Occupational and Environmental Health, West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

[△] Corresponding author, E-mail: zhangzunzhen@163.com

【Abstract】 Along with the economic and technological development and growing demand for high-quality drinking water, direct drinking water has gained general popularity in China. However, no authoritative policy has been issued, giving a clear definition of direct drinking water and existing standards and regulations concerning direct drinking water are not definitive in nature. Existing water quality parameters are not well supported and sometimes even contradict each other. We elaborated, in this paper, the history of direct drinking water in China and systematically reviewed the existing regulations and standards related to direct drinking water. We also compared and analyzed the important microbiology, toxicology, sensory perception and general chemistry parameters in the standards. This paper is the first ever attempt at an in-depth analysis of the chaotic state of the direct drinking water industry. We have also highlighted the problems in the current standards and regulations for direct drinking water. Our study provides a basis for market regulation and the supervision and management of direct drinking water. In addition, the paper provides helpful information for laying down a definition of direct drinking water, calling for and approving of project proposals concerning the establishment of national standards for direct drinking water, and actually formulating the standards. We have made a number of suggestions: A. defining direct drinking water clearly and formulating the national standards for direct drinking water as soon as possible; B. conducting research on water quality benchmarks to provide scientific support for the formulation of the national standards for direct drinking water; C. giving more attention to the formulation of standards concerning microbiology parameters and their limits and giving consideration to the inclusion of parameters concerning viruses.

【Key words】 Direct drinking water Water quality parameters Standards Regulations

近年来,随着水源水污染的加重以及自来水存在的潜在安全隐患,饮水安全与健康成为人们生活中的热门话题,而直接饮用水(简称直饮水)作为安全、方便、快捷的饮用水尤其备受关注。那么,什么样的水可以称之为直饮水?直饮水的明确定义是什么?直饮水的水质指标应该满足什么条件?从字面含义,直饮水指可以直接饮用的水,瓶装水、桶装水均可称之为直饮水;有文献^[1-2]称直饮水是通过纳滤膜来去除水中的各种污染物,而将有益的微量元素保留的可直接饮用水;还有文献^[3-4]定义为

管道直饮水,是生活饮用水(自来水)经过深度净化处理,去除有害物质,保留有益微量元素,通过优质管道供给人们直接饮用的水。由此可见,我国直饮水缺乏权威规范和学者共识,纷繁复杂的直饮水含义均暗示直饮水水质好于自来水,是“优质水”的代名词。然而,我国直饮水卫生状况分析结果显示2005-2017年直饮水水质合格率仅为80.02%^[5],不合格的指标主要是菌落总数和浑浊度,提示直饮水可能并不优质,甚至不及2007-2018年我国城市自来水平均合格率(85.51%)^[6]。

另一方面,迄今中国尚未出台直饮水强制性国家水质标准,现存的直饮水相关技术规范和水质标准多由建

* 四川省科技厅重点项目(No. 2020YJ0232)资助

[△] 通信作者, E-mail: zhangzunzhen@163.com

设部或企业发布,甚至还有协会和地方规范,这样的现状导致直饮水标准和规范杂乱,甚至内容矛盾,进而让不良制水企业借机钻空子,打着优质直饮水的名义误导消费者;还有不少直饮水企业通过对比原水和出水溶解性总固体说服消费者直饮水水质优于自来水。为了消除我国直饮水乱象,明确直饮水内涵,规范直饮水市场,本文对直饮水的由来进行追踪溯源,同时深入分析与探讨直饮水水质标准,找出直饮水标准和规范存在的具体问题,以促进直饮水产业健康发展。

1 中国直饮水起源

直饮水起源于美国等西方发达国家,20世纪80年代初,美国著名公司Filtrm提出了建筑物内的直饮水系统(dedicated drinking water systems, DDW)观念^[7],即将饮用水与非饮用水通过不同管道系统进行分质供给。美国自来水工程协会(AWWA)定义“饮用水”(potable water)是用于饮用、烹调与清洗的水;“非饮用水”(nonpotable water)是人类偶然使用不致造成危害、用于非饮用用途的水^[8]。在中国,由于饮用水源污染、水厂处理工艺落后、供水管网老化等原因,导致自来水存在潜在风险;中国人民饮用开水的传统,也使得人们通常并不直接饮用自来水。然而对于中国而言,从自来水厂大范围建立两条供水管道系统既不现实也无必要,因此我国分质供水形式则是在小范围区域单独建立一条对自来水进行深度净化处理的管道直饮水系统以专供直饮的“纯净水”。此外,随着管道直饮水的广泛应用以及人们对直饮水需求的提升,终端直饮水机随之出现,并有大肆普及的趋势。这样的终端直饮水机无需另外铺设管道,而是在自来水管终端安装净化系统以对自来水进行过滤和杀菌。因此,目前我国主要通过管道直饮水系统和终端直饮水机供给直饮水^[2]。

由上可知,最初我国“直饮水”实际上是将生活饮用水再度净化处理以便直接饮用的“净水”,属于“方便水”范畴。而“直饮”实际只是一种饮水方式,与水质好坏并无直接关联。理论上满足国家标准的自来水同样可以直接饮用,将再度处理的自来水称为“直饮水”会造成人们对自来水的误解,更为严重的是某些不良企业大肆鼓吹直饮水优势,导致人们盲目崇拜直饮水。另一方面,世界卫生组织早已对优质饮用水有明确界定,要求饮用水含有适量矿物质和微量元素。我国饮水专家舒为群团队的研究表明运用反渗透技术获得的直饮水可能会阻碍学龄儿童的身高增长和增加龋齿发病率^[9]。很显然,目前直饮水含义不明,缺乏国家标准,也没有规范监管,这一现状

使得直饮水水质存在较大不确定性。

2 我国直饮水相关规范解析

2.1 直饮水技术规范与标准

我国目前现行的直饮水相关技术标准规范共有11项,包括2项行业标准、2项协会标准、1项团体标准及6项地方标准法规,这些标准规范均对适用范围以及直饮水需满足的水质标准进行了规定和描述。

2.1.1 行业标准2项 建设部发布《建筑与小区管道直饮水系统技术规程》(CJJ/T 110-2017)^[10],适用于民用建筑与小区管道直饮水系统,规定出水满足《饮用净水水质标准》(CJ 94-2005)。CJJ/T 110-2017自2017年11月1日起实施,替代原行业标准《管道直饮水系统技术规程》(CJJ/T 110-2006),是目前直饮水使用最为广泛的技术标准。中华人民共和国工业和信息化部发布《直饮机》(QB/T 4133-2010)^[11],适用于家用和类似用途的直饮机,规定出水满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)和《生活饮用水水质卫生规范》(2001)标准。

2.1.2 协会标准2项 2项协会标准均由中国工程建设标准化协会发布,一项是《公用终端直饮水设备》(T/CECS 10018-2019)^[12],适用于进水为城镇供水的各类公用终端直饮水设备,要求出水满足国家卫生管理部门相关法规及GB 5749-2006要求;另一项是《公用终端直饮水设备应用技术规程》(T/CECS 468-2017)^[13],适用于民用建筑和工业建筑的公用终端直饮水设备,若净水工艺采用超滤,出水满足《生活饮用水水质卫生规范》(2001),若净水工艺采用纳滤,出水满足CJ 94-2005。

2.1.3 团体标准1项 中国质量检验协会发布《管道直饮水系统技术要求》(T/CAQI 69-2019)^[14],适用于学校、医院、企事业单位、公共建筑和居民住宅使用管道直饮水系统,要求出水符合GB 5749-2006并且净化工艺为超滤、纳滤、反渗透时,菌落总数不做检测,铜绿假单胞菌(CFU/250 mL)不得检出,其他指标超滤、纳滤、反渗透分别符合《生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——一般水质处理器》(2001)[以下简称《一般水质处理器》(2001)]、CJ 94-2005和《生活饮用水水质处理器卫生安全与功能评价规范——反渗透处理装置》(2001)[以下简称《反渗透处理装置》(2001)]。

2.1.4 地方标准法规6项 江苏省质量技术监督局发布地方标准《生活饮用水管道分质直饮水卫生规范》(DB 32/761-2005)^[15],适用于以自来水或与自来水水质相同的进水经深度净化处理后可直接饮用的管道分质直饮水,出水满足DB 32/761-2005相应规定和CJ 94-2005;辽宁省

质量技术监督局发布《管道直饮水供水系统卫生规范》(DB21/T 1726-2009)^[16],适用于供给用户直接饮用的管道供水系统,出水同时符合GB 5749-2006和CJ 94-2005标准要求;天津市城乡建设和交通委员会发布《天津市管道直饮水工程技术标准》(DB 29-104-2010)^[17],适用于天津市行政区域内管道直饮水工程,出水满足DB 29-104-2010中相应规定。

海南省卫生厅发布《海南省生活饮用水管道分质直饮水卫生监督实施办法(试行)》琼卫法规[2014]19号^[18]适用于海南省内从事管道直饮水生产、使用、管理的单位,要求出水满足CJ 94-2005;内蒙古自治区包头市卫生局发布《包头市生活饮用水管道分质直饮水卫生规范》包卫发[2006]219号^[19],凡与管道直饮水有关的单位和个人必须遵守,将直饮水区分为普通管道直饮水、管道直饮纯净水、管道直饮反渗透水3类,普通管道直饮水满足《生活饮用水水质规范》,管道直饮纯净水满足《瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准》(GB 17324-2003),管道直饮反渗透水满足《反渗透处理装置》(2001);深圳市卫生和人口计划生育委员会发布《2010年深圳市管道直饮水卫生安全专项监督检查工作方案》^[20],适用于全市管道直饮水供水单位(学校、托幼机构除外),出水满足CJ 94-2005。

2.2 直饮水水质标准

目前,我国并未颁布统一的直饮水水质国家标准,导致不同标准制定者在规定直饮水水质标准时选择随意,缺乏科学依据。如上所述,已有的11项直饮水技术规范对直饮水水质规定不尽相同,水质标准包括CJ 94-2005、《生活饮用水水质卫生规范》(2001)、GB 5749-2006、GB 17324-2003、DB 32/761-2005、《一般水质处理器》(2001)、《反渗透处理装置》(2001)以及DB 29-104-2010八项。另外,江苏省净水设备制造行业协会于2017年12月发布协会标准《优质饮用净水水质标准》(T/WPIA 001-

2017),适用于以符合GB 5749-2006的自来水或水源水为原水,经净化设备处理后可直接饮用的优质饮用净水。为了掌握不同水质标准之间的差异,我们将从微生物指标、毒理学指标、感官性状和一般化学指标3个方面进行分析。由于《一般水质处理器》(2001)要求出水水质符合《生活饮用水水质卫生规范》(2001),而GB 17324-2003已废止,故不纳入分析。

2.2.1 微生物指标的比较 饮水微生物污染是需要关注的首要问题^[21],限制饮用水的微生物水平是保障人体饮水健康的必要途径。表1显示的是7项与直饮水相关的水质标准中的微生物指标,可以看出不同水质标准的微生物指标项目大体一致,部分标准还将消毒剂指标列入微生物指标。微生物指标中指标限值差距最大的是菌落总数,只有《反渗透处理装置》(2001)规定菌落总数低于20 CFU/mL,其他标准要求菌落总数低于50 CFU/mL或100 CFU/mL。值得注意的是T/WPIA 001-2017将浑浊度纳入微生物指标,这与美国饮用水标准设置(浊度低于5 NTU)^[22]相同,并且T/WPIA 001-2017的浊度限值远低于美国标准,体现了标准制定者观念上的转变,不局限于浊度对饮用水感官上的影响,更重视浊度作为细菌和病毒载体的属性。

2.2.2 毒理学指标的比较 表2可见,7项水质标准在毒理学指标的制定项目上差距不大。从限值角度看,标准CJ 94-2005和T/WPIA 001-2017中镉和三氯甲烷2项指标的限值均低于国标GB 5749-2006,《反渗透处理装置》(2001)的三氯甲烷和四氯化碳指标限值最低,分别为0.015 mg/L和0.001 8 mg/L。

2.2.3 感官性状和一般化学指标的比较 通过表3对比发现,国标GB 5749-2006和《生活饮用水水质卫生规范》(2001)对感官性状和一般化学指标的指标项目和限值要求几乎相同。DB 29-104-2010对浊度要求最严格,低于

表 1 7项直饮水相关水质标准中微生物指标比较
Table 1 Comparison of microbiology parameters in 7 water quality standards related to direct drinking water

Parameter	GB 5749-2006	CJ 94-2005	T/WPIA 001-2017	DB 32/ 761-2005	Sanitary Standards for Drinking Water (2001)	Reverse Osmosis Device (2001)	DB 29-104-2010
Total coliform/(CFU/100 mL)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Thermotolerant coliforms/(CFU/100 mL)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>E. coli</i> /(CFU/100 mL)	ND	—	ND	—	—	—	—
Total bacterial count/(CFU/mL)	100	50	100	50	100	20	50
Turbidity/NTU	—	—	0.3	—	—	—	—
Residual chlorine/(mg/L)	—	>0.01	—	>0.05	>0.05	—	≥0.01
Ozone/(mg/L)	—	>0.01	—	—	—	—	≥0.01
Chlorine dioxide/(mg/L)	—	>0.01	—	—	—	—	≥0.01

ND: Not detected.

表 2 7项直饮水相关水质标准中毒理学指标比较
Table 2 Comparison of toxicology parameters in 7 water quality standards related to direct drinking water

Parameter	GB 5749-2006	CJ 94-2005	T/WPIA 001-2017	DB 32/ 761-2005	Sanitary Standards for Drinking Water (2001)	Reverse Osmosis Device (2001)	DB 29-104-2010
Arsenic/(mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01
Cadmium/(mg/L)	0.005	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005	0.003
Chromium/(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Lead/(mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Mercury/(mg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Selenium/(mg/L)	0.01	0.01	0.01	—	0.01	0.01	0.01
Cyanide/(mg/L)	0.05	—	0.05	—	0.05	0.05	—
Fluoride/(mg/L)	1	1	1	—	1	1	1
Nitrate/(mg/L)	10, when underground water is restricted (20)	10	10	—	20	20	10
Chloroform/(mg/L)	0.06	0.03	0.03	0.03	0.06	0.015	—
Carbon tetrachloride/(mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001 8	0.002
Bromate/(mg/L)	0.01	—	0.01	—	—	—	0.01
Formaldehyde/(mg/L)	0.9	0.9	0.9	—	0.9	0.9	0.9
Chlorite/(mg/L)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.2	0.2	0.7
Chlorate/(mg/L)	0.7	0.7	0.7	—	—	—	0.7
Silver/(mg/L)	0.05	0.05	0.05	—	0.05	0.05	0.05

表 3 7项直饮水相关水质标准中感官性状和一般化学指标比较
Table 3 Comparison of sensory perception and general chemistry parameters in 7 water quality standards related to direct drinking water

Parameter	GB 5749-2006	CJ 94-2005	T/WPIA 001-2017	DB 32/ 761-2005	Sanitary Standards for Drinking Water (2001)	Reverse Osmosis Device (2001)	DB 29-104-2010
Color	15	5	5	5	15	5	5
Turbidity/NTU	1, Special conditions (3)	0.5	0.3	0.5	1, special conditions (<5)	1	0.1
Odor and taste	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Visible matter	No	No	No	No	No	No	No
pH	6.5-8.5	6.0-8.5	6.0-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	>5	6.0-8.5
Aluminum/(mg/L)	0.2	0.2	0.05-0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Iron/(mg/L)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1
Manganese/(mg/L)	0.1	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.02
Copper/(mg/L)	1	1	1	—	1	1	1
Zinc/(mg/L)	1	1	1	—	1	1	1
Chloride/(mg/L)	250	100	100	100	250	250	100
Sulphate/(mg/L)	250	100	100	100	250	250	100
Total dissolved solids/(mg/L)	1 000	500	400	400	1 000	1 000	300
Total hardness/(mg/L)	450	300	200	200	450	450	200
Oxygen consumption/(mg/L)	3, the oxygen consumption of raw water>6 mg/L was 5	2	1.5	1	3, special conditions (<5)	1	1
Volatile phenol class/(mg/L)	0.002	0.002	0.002	—	0.002	0.002	0.002
Anionic synthetic detergent/(mg/L)	0.3	0.2	0.3	—	0.3	0.3	0.1

0.1 NTU, 其次是T/WPIA 001-2017要求低于0.3 NTU; 此外, 对于可能影响饮用水感官性状的水质指标如pH、铁、溶解性总固体等同样要求更高, 充分体现CJ 94-2005、T/WPIA 001-2017、DB 29-104-2010和DB 32/761-2005等4项标准更注重饮用水在人体感官上的可接受性。指标限值差距较大的是色度、浑浊度、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体和总硬度这7个项目。总体上看, DB 29-104-2010标准较其他水质标准在感官性状和一般化学指标上

的限值更加严格。

3 我国直饮水相关规范与标准存在的问题

3.1 缺乏国家强制性标准、标准混用

国标是国家强制推广执行的标准, 合理科学的国家标准是保证饮用水安全和优质的重要保障, 然而, 我国目前尚无强制性国家直饮水技术标准或直饮水水质标准, 使得直饮水监督和管理不规范, 存在标准使用不当、标准

限值科学依据不充分等问题。我们前期的研究表明^[5] 1999–2018年间已发表的直饮水监测文章中用以判断直饮水水质的标准高达8项,前3项分别为CJ 94-2005、国标GB 5749-2006以及GB 19298-2003(已废止)。

3.2 现有直饮水水质标准缺乏科学性

水质优劣主要由水质指标体现,目前我国直饮水相关的水质标准五花八门,GB 5749-2006也是判定直饮水质量的常用依据。该标准于2006年参考WHO、日本、欧盟以及美国的水质标准进行的修订,然而这些参考的标准分别在2011年、2015年、2015年和2018年进行了更新提高^[23]。不难发现,直饮水水质标准与自来水要求一样,无法体现直饮水优质的特点。

此外,水质标准项目的选择及指标限值的设置科学性不足。以前,我国缺乏水质调查数据和毒理数据,因此国标GB 5749-2006在制定时很大程度上直接引用国外标准值。相较于国标,其他标准的指标项目及限值更是无据可依。CJ 94-2005是直饮水使用最多的水质判定标准,与T/WPIA 001-2017、DB 32/761-2005标准对指标限值规定相近,与国标GB 5749-2006最大的区别主要体现在菌落总数、色度、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体和总硬度等指标的限值更严格。由此可见,这些直饮水水质标准旨在通过部分微生物指标、感官性状与一般化学指标来体现直饮水相较于自来水更加优质,表明直饮水微生物风险更低,口感更好。

众所周知,饮水中的菌落总数包括致病和非致病微生物,作为致病菌存在的指示菌意义不大,更适合作为水处理或消毒运行监测的指示菌。因此通过严格限制菌落总数表明直饮水的微生物安全意义并不明显,更何况每毫升饮用水中检测出20~100 CFU菌落总数对应的介水传染病风险并不明晰。而国外标准如美国、欧盟以及WHO均未对饮用水的菌落总数做出限值规定。另外,值得注意的是若为控制菌落总数而过度杀菌可能会导致饮用水中溴酸盐含量升高,造成健康风险^[24]。基于这一考虑,最新《食品安全国家标准 包装饮用水》(GB 19298-2014)特意去除了饮用水的菌落总数指标。

通常情况下,氯化物、硫酸盐、溶解性总固体、总硬度等在水中的浓度不足以产生健康影响,水质标准对这些物质进行限制主要考虑其在饮用水中的高浓度可能会影响人们对饮用水的接受^[25]。如饮用水的氯化物含量过高会使水产生咸味^[26-27];硫酸盐、溶解性总固体以及总硬度含量过高会影响口感^[28]。国标GB 5749-2006将这些影响饮用水味道的物质控制在人体所能接受的范围内,而CJ 94-2005、T/WPIA 001-2017、DB 32/761-2005等标准的

指标限值远低于国标,表明标准要求直饮水有更好的口感。但是我们必须强调,这些物质在水中的含量不是越低越好。钙、镁是人体结构和功能维持的必需元素,是水中最重要的溶解性矿物离子,也是水质硬度的主要组成成分。钙、镁元素通过饮用水提供的量可高达人体每日摄入量的20%,因此健康的饮用水应含有适当的硬度和溶解性总固体^[29]。由此可见直饮水标准对这些物质的含量设定应考虑其在饮用水中的必要性,同时考虑技术可操作性。

3.3 直饮水水质标准未考虑病毒指标

防疫专家钟南山团队在确诊新冠肺炎患者的粪便中检测到了新型冠状病毒^[30]引发了业界对新型冠状病毒通过粪-口途径传播这一可能性的关注。尽管这一可能性并未得到证实,但饮用水中存在病毒同样会对人体产生健康危害。2014年山东省一所学校以及2009年深圳一家工厂均由于直饮水被诺如病毒污染而爆发胃肠炎^[31-32]。我国所有水质标准均未对病毒的去除做出规定,而美国及加拿大水质指标均要求肠道病毒的去除/灭活率不低于99.99%(4 lg)^[22,33-34]。饮用水的不同处理净化过程均可以不同程度地去除病毒^[35],WHO资料表明,将水煮沸对病毒可以达到6 lg以上的杀灭效果^[25],几乎可以忽略开水对人体的病毒危害。但直饮水通常不经烧开直接饮用,因此有必要对直饮水的病毒去除率做出明确规定。

4 结语

本文首次深度剖析了我国直饮水相关规范和标准,发现直饮水标准杂乱、缺乏权威性和科学性,无法满足规范直饮水水质健康安全与促进行业发展的需求。为有效解决直饮水领域存在的问题,切实提高直饮水质量,保障消费者健康,我们提出几点建议:①界定直饮水含义,尽快出台直饮水国家标准。②开展水质基准研究,为我国直饮水标准的制定提供科学依据。③加强直饮水微生物指标及限值的制定,考虑纳入病毒指标。当前直饮水是对自来水深度处理净化所得,水质理应优于自来水,若缺乏国家标准,缺乏有效监督管理,不仅不能保证直饮水优于自来水,还有可能影响人体健康。因此国家标准的出台对保证直饮水优质安全、规范直饮水产业健康发展都具有重大意义。

* * *

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 李鹏. 谈我国直饮水行业的发展. 山西建筑, 2014, 40(22): 133–134.

- [2] 李培超, 毕文婕, 丁金焕. 我国直饮水应用现状概述. 疾病监测与控制, 2017, 11(4): 283–285.
- [3] 罗赞, 吴晓红, 钟小春, 等. 绵阳市直饮水水质监测结果. 职业与健康, 2015, 31(18): 2539–2541.
- [4] 陈磊, 任丽君, 刘杰, 等. 河南开封地区直饮水微生物检测结果分析. 公共卫生与预防医学, 2017, 28(5): 99–100.
- [5] 王婷, 孙东雷, 张遵真. 1999–2018年我国直饮水卫生状况和监督管理分析. 预防医学情报杂志, 2020, 36(1): 42–47.
- [6] WANG T, SUN D, ZHANG Q, *et al.* China's drinking water sanitation from 2007 to 2018: a systematic review. *Sci Total Environ*, 2021, 757: 143923[2020-11-08]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143923>.
- [7] 钟燕敏. 区域性管道直饮水供应技术及实施策略思考. 给水排水, 2016, 52(11): 47–50.
- [8] 张红, 李德强, 陈浩亮. 分质供水模式的发展研究. 广东化工, 2012, 39(13): 65.
- [9] HUANG Y J, WANG J, TAN Y, *et al.* Low-mineral direct drinking water in school may retard height growth and increase dental caries in schoolchildren in China. *Environ Int*, 2018, 115: 104–109.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJJ/T 110-2017 建筑与小区管道直饮水系统技术规程. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [11] 中华人民共和国轻工行业标准. QB/T 4133-2010 直饮机. (2010-12-19) [2020-11-05]. <https://www.doc88.com/p-9478280693085.html>.
- [12] 中国工程建设标准化协会. T/CECS 10018-2019 公用终端直饮水设备. (2019-06-28) [2020-11-05]. http://www.zggjzb.com/p_256145.html.
- [13] 中国工程建设标准化协会. T/CECS 468-2017 公用终端直饮水设备应用技术规程. (2017-06-01) [2020-11-05]. https://wenku.so.com/d/6f60db5d914ed80b6f07ee905991fcd8?src=www_rec.
- [14] 中国质量检验协会. T/CAQI 69-2019 管道直饮水系统技术要求. (2019-06-20) [2020-11-05]. <https://www.renrendoc.com/p-77320984.html>.
- [15] 江苏省质量技术监督局. DB 32/761-2005 生活饮用水管道分质直饮水卫生规范. (2005-01-31) [2020-11-05]. <https://max.book118.com/html/2015/0515/17003330.shtm>.
- [16] 辽宁省质量技术监督局. DB21/T 1726-2009 管道直饮水供水系统卫生规范. (2009-06-18) [2020-11-05]. <https://www.doc88.com/p-9969707289841.html>.
- [17] 天津市城乡建设和交通委员会. DB 29-104-2010 天津市管道直饮水工程技术标准. (2010-10-12) [2020-11-05]. <https://www.docin.com/p-2249120881.html>.
- [18] 海南省卫生厅. 海南省生活饮用水管道分质直饮水卫生监督实施办法(试行). (2014-06-08) [2020-11-05]. <http://www.hainan.gov.cn/data/hnzb/2014/07/3017/>.
- [19] 内蒙古自治区包头市卫生局. 包头市生活饮用水管道分质直饮水卫生规范. (2006-08-10) [2020-11-05]. <https://d.wanfangdata.com.cn/claw/Cg9MYXdOZXdTmJyMTAxMTISckQxNTAwMDUwMjgaCDhyd254ZmVl>.
- [20] 深圳市卫生和人口计划生育委员会. 2010年深圳市管道直饮水卫生安全专项监督检查工作方案. (2010-04-13) [2020-11-05]. <https://d.wanfangdata.com.cn/claw/Cg9MYXdOZXdTmJyMTAxMTISckQ0ND>AwNDMxNDEaCDlnbDR5YmV5.
- [21] NABEELA F, AZIZULLAH A, BIBI R, *et al.* Microbial contamination of drinking water in Pakistan—A review. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2014, 21(24): 13929–13942.
- [22] USEPA. 2018 Edition of the drinking water standards and health advisories tables: EPA 822-S-12–001. Washington DC: US Environmental Protection Agency, 2018.
- [23] 杨晶晶, 赵吉, 周清, 等. 国内外生活饮用水水质标准比较和建议. 中国给水排水, 2016, 32(17): 119–124.
- [24] 张旭东. 《食品安全国家标准 包装饮用水》(GB 19298-2014)解读. 饮料工业, 2015, 18(2): 63.
- [25] WHO. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva: World Health Organization, 2017.
- [26] 王瑾, 杨君胜, 吉秀亮. 2018年青海省农村饮用水中硫酸盐、氯化物、硝酸盐的现状调查. 医学动物防制, 2019, 35(9): 911–913.
- [27] AHMED A, GHOSH P K, HASAN M, *et al.* Surface and groundwater quality assessment and identification of hydrochemical characteristics of a south-western coastal area of Bangladesh. *Environ Monit Assess*, 2020, 192(4): 258.
- [28] ADEAAKIN T A, OYEWALE A T, BAYERO U, *et al.* Assessment of bacteriological quality and physico-chemical parameters of domestic water sources in Samaru community, Zaria, Northwest Nigeria. *Heliyon*, 2020, 6(8): e04773[2020-11-04]. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04773>.
- [29] 刘文君, 王小托, 舒为群, 等. 人体所需必要元素与饮水健康. 给水排水, 2017, 53(10): 9–12.
- [30] HOLSHUE M L, DEBOLT C, LINDQUIST S, *et al.* First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *N Engl J Med*, 2020, 382(10): 929–936.
- [31] ZHOU N, ZHANG H, LIN X, *et al.* A waterborne norovirus gastroenteritis outbreak in a school, eastern China. *Epidemiol Infect*, 2016, 144(6): 1212–1219.
- [32] LI Y, GUO H, XU Z, *et al.* An outbreak of norovirus gastroenteritis associated with a secondary water supply system in a factory in south China. *BMC Public Health*, 2013, 13: 283[2020-11-04]. <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-13-283>. doi: 10.1186/1471-2458-13-283.
- [33] USEPA. Technologies and costs document for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule and final stage 2 disinfectants and disinfection byproducts rule: EPA 815-R-05–013. Washington DC: US Environmental Protection Agency, 2005.
- [34] FPT committee on drinking water. Guidelines for Canadian drinking water quality summary table. Ottawa: Health Canada, 2019.
- [35] 高圣华, 张晓, 张岚. 饮用水中病毒的健康危害与控制. 净水技术, 2020, 39(3): 1–8.

(2020-11-24收稿, 2021-04-08修回)

编辑 余琳