

T/

团 体 标 准

T/CPMAXXX—XXXX

饮用水钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保
留值和健康适宜值

Health retention levels and optimal levels of calcium, magnesium, total hardness and
bicarbonate in drinking water

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021-12-24）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2021-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

金明群
2022.3.28



T/CPMAXXX—XXXX

饮用水钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保留值和健康适宜值

1 范围

本标准规定了饮用水中钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保留值和健康适宜值。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 8538 食品安全国家标准饮用天然矿泉水检验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 饮用水 drinking water

安全的、适用于人类日常饮用的水，包括自来水管网的末梢水、饮用净水、包装饮用水、饮用矿泉水，也包括用于饮用的水处理器出水、淡化海水和其他非常规来源的水。

3.2 溶解性总固体 total dissolved solids, TDS

水中主要由可溶性无机盐类和少量可溶性有机物组成的物质的总称，也称为总矿化度。单位为mg/L。

3.3 总硬度 total hardness, TH

水中溶解性多价阳离子的总量，通常以钙和镁为主要组成。总硬度包括暂时硬度和永久硬度。水中钙和镁以碳酸氢盐形式存在的部分，因遇热可形成碳酸盐沉淀而被除去，称之为暂时硬度；水中钙和镁以硫酸盐、硝酸盐和氯化物等形式存在的部分，遇热时不能形成沉淀，称之为永久硬度。总硬度以每升水中碳酸钙（CaCO₃）的毫克数表示，单位为mg/L。

3.4 健康保留值 health retention level

为减少人体健康风险，饮用水原有有益矿物质的最低留存浓度值。

3.5 健康适宜值 health optimal level

为有利于人体健康，饮用水中原有有益矿物质的适宜留存浓度值。

4 水质指标要求

4.1 饮用水的微生物指标、毒理指标、感官性状和一般化学指标、放射性指标和消毒剂指标应符合GB5749《生活饮用水卫生标准》的要求。

4.2 水源水的TDS含量不大于150 mg/L，或总硬度不大于65 mg/L时，由其生产的饮用水中总硬度的保留浓度应不低于初始浓度的40%，且钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的保留浓度越高越好。

舒为群
2022.3.28



前言

饮用水是人体必需元素钙、镁的重要补充来源，饮用水中适宜的硬度对人体健康有益。碳酸氢盐是水质碱度的主要组成，是防止涉水材料腐蚀从而间接保护饮用者健康的重要因素。饮用水中的碳酸氢盐还可提升人体血清碳酸氢盐水平，有助于人体酸碱平衡的调节。从人体健康的角度出发，本标准规定了饮用水钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保留值和健康适宜值。

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华预防医学会提出。

本文件由中华预防医学会归口。

本文件起草单位：中国人民解放军陆军军医大学、中国疾病预防控制中心农村改水技术指导中心、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、中国民族卫生协会健康饮用水专业委员会、清华大学环境学院、中国人民解放军海军特色医学中心、江苏省疾病预防控制中心、北京公众健康饮用水研究所、北京理工水环境科学研究院、军事科学院军事医学研究院环境医学与作业医学研究所、同济大学环境科学与工程学院、宁波方太厨具有限公司、深圳市家乐士净水科技有限公司、无限极（中国）有限公司、三达膜科技（厦门）有限公司、深圳安吉尔饮水产业集团有限公司、北京碧水源科技股份有限公司、杭州超纳净水设备有限公司、武汉中地水石环保科技有限公司、上海朴道水汇环保科技股份有限公司、海南立昇净水科技实业有限公司、安利（中国）日用品有限公司、杭州杰富睿科技有限公司、福州市水务投资发展有限公司。

本文件主要起草人：舒为群、陶勇、张岚、鄂学礼、邹士洋、王占生、王小佺、赵飞虹、白雪涛、马锦亚、蔡祖根、罗教华、邱志群、王佳、黄玉晶、曾惠、谭瑶、王景峰、樊康平、李伟英、魏海春、章亦兵、丁震、李国通、刘小平、陈国帅、蓝伟光、赵凯、李天玉、陈欢林、彭浩、袁功胜、陈忱、王峰、郑远强、魏忠庆。

舒明
2022.3.28



T/CPMAXXX-XXXX

4.3 水源水的 TDS 含量大于 150 mg/L 时，或总硬度大于 65 mg/L 时，由其生产的饮用水中钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的保留浓度应达到表 1 的要求，其中至少总硬度应满足健康保留值要求。

表1 饮用水钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保留值和健康适宜值

项目		健康保留值	健康适宜值	检验方法
钙/（mg/L）	≥	6	15	GB/T 8538
镁/（mg/L）	≥	3	7	
总硬度（以CaCO ₃ 计）/（mg/L）	≥	25	65	
碳酸氢盐（以HCO ₃ ⁻ 计）/（mg/L）	≥	25	100	

舒为群

2022.3.28



T/CPMAXXX-XXXX

- 1) World Health Organization. Rolling revision of the WHO guidelines for drinking water: Health risks from drinking demineralised water[M]. Geneva: WHO, 2004.
- 2) World Health Organization. A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality[R]. Geneva: WHO, 2018.
- 3) U.S. Environmental Protection Agency: Office of Water. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories: EPA 822-F-18-001[S]. Washington, DC, 2018.
- 4) Health Canada. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 2020.
- 5) The Water Supply (Water Quality) Regulations 2018[EB/OL].
- 6) Australian Drinking Water Guidelines 6, 2011. Version 3.5 Updated, August 2018[EB/OL].
- 7) Drinking water hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality Control (SanPin 2.1.4.1074-01, instead SanPin 2.1.4.559-96).
- 8) Engineering Services Division Ministry of Health Malaysia. National standard for drinking water quality, Revised December 2000, Second Version, January 2004. [EB/OL].
- 9) Environmental Public Health (Water Suitable for Drinking) Regulations 2019[EB/OL]. [2019-03-22].
- 10) Ei Yoshida. Water supply in Japan 2017[R]. Japan Water Works Association, 2017.
- 11) Chun-Yuh Yang and Hui-Fen Chiu. Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from hypertension[J]. American Journal of Hypertension, 1999, 12: 894-899.
- 12) M. Ryaard, E. Arvin, P. J. Binning. Designing water supplies: optimizing drinking water composition for maximum economic benefit[J]. Water Research, 2011, 45: 3712~3722.
- 13) Ingegerd Rosborg. Drinking water minerals and mineral balance: Importance, health significance, safety preventions[M]. Switzerland: Springer international publishing, 2015.
- 14) Jiaohua Luo, Qing Zhao, Liang Zhang, et al, The consumption of low-mineral bottled water increases the risk of cardiovascular disease: An experimental study of rabbits and young men[J]. International Journal of Cardiology, 2013, 168(4): 4453~4456.
- 15) Yujing Huang, Xiangyu Ma, Yao Tan, et al, Consumption of very low mineral water is associated with lower bone mineral content in children[J]. The Journal of Nutrition, 2019, 149(11): 1994-2000.
- 16) Yujing Huang, Jia Wang, Yao Tan, et al, Low-mineral direct drinking water in school may retard height growth and increase dental caries in schoolchildren in China[J]. Environment International, 2018, 115: 104-109.
- 17) 深圳市自来水(集团)有限公司, 澳门自来水有限公司. 国际饮用水水质标准汇编[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- 18) 舒为群, 中国居民饮用水中钙镁及其相关指标适宜保留水平的探讨[J]. 给水排水, 2017, 43(10): 18-23.

钟晓萍

2022.3.28



T/CPMAXXX—XXXX

- 19) 王佳, 谭瑶, 张亮, 等. 低矿物质饮水对兔血清矿物质水平和血清酸碱度的影响[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(11):1081-1085.
- 20) 曾惠, 陈济安, 王大华, 等. 饮水矿物质水平对大鼠亲三代繁殖及子三代发育的影响研究[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(11): 1086-1092.
- 21) 徐安伟, 曾惠, 黄玉晶, 等. 五种饮水对发育期大鼠骨代谢、骨微结构及骨强度影响的比较研究[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(11): 1075-1080.
- 22) 王德东, 钟巍, 孙丽丽, 等. 2008-2018 年广州市出厂水中总硬度和溶解性总固体检测结果[J]. 职业与健康, 2019, 35(8):1096-1099.
- 23) 郭莲秀, 马芳, 曹静静. 日照市地下水总硬度与溶解性总固体的关系[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2015, 25(2):67-73.

中华预防医学会团体标准

饮用水钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的健康保留值和健康适宜值

Healthy retention levels and optimal levels of calcium, magnesium, total
hardness and bicarbonate in drinking water

（征求意见稿）

编制说明

标准起草组

二〇二二年一月二十日

一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等

为响应中华预防医学会于 2019 年 4 月发布的关于开展 2019 年度学会团体标准立项征集工作的通知（预会发【2019】76 号），本标准起草人及协作单位经协商讨论形成立项申请书，经学会组织的专家答辩后被批准立项（见中华预防医学会通知--11 月 24 日立项评审项目清单，编号 39）。

本标准编制得到了国内多个政府部门、高校、研究所以及相关企业的支持。联合起草团队包括了环境卫生学、营养学、水质监测、给水工程、膜技术、分析化学、地质学等多个领域专家。初稿形成后，各起草人广泛交流了意见，形成征求意见稿。

征求意见稿寄送国内 10 位相关领域专家进行意见征集。获得书面反馈意见合计 50 条，对其中 38 条予以采纳并修改文本后，形成送审稿初稿。

2021 年 1 月 11 日，联合起草单位对送审稿初稿进行了线上讨论，针对会上提出的意见再次对送审稿初稿进行了修改，形成送审稿。

2021 年 12 月 27 日，学会标准处负责人、三位相关领域专家以及标准起草骨干一起通过线上会议对送审稿进行了预审。根据预审会议的意见，起草人对送审稿进行了修改，遂形成现征求意见稿。

本标准牵头单位：中国人民解放军陆军军医大学，负责标准的立项申请、资料收集、文本起草、组织讨论等。

参与起草单位：中国疾病预防控制中心农村改水技术指导中心、中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、中国民族卫生协会健康饮用水专业委员会、清华大学环境学院、中国人民解放军海军特色医学中心、江苏省疾病预防控制中心、北京公众健康饮用水研究所、北京理工水环境科学研究院、军事科学院军事医学研究院环境医学与作业医学研究所、同济大学环境科学与工程学院、宁波方太厨具有限公司、深圳市家乐士净水科技有限公司、无限极（中国）有限公司、三达膜科技（厦门）有限公司、深圳安吉尔饮水产业集团有限公司、北京碧水源科技股份有限公司、杭州超纳净水设备有限公司、武汉中地水石环保科

技有限公司、上海朴道水汇环保科技股份有限公司、海南立昇净水科技实业有限公司、安利（中国）日用品有限公司、杭州杰富睿科技有限公司、福州市水务投资发展有限公司。参与标准的资料收集、文本审定以及经费的支持。

本标准起草人：舒为群、陶勇、张岚、鄂学礼、邹士洋、王占生、王小毛、赵飞虹、白雪涛、马锦亚、蔡祖根、罗教华、邱志群、王佳、黄玉晶、曾惠、谭瑶、王景峰、樊康平、李伟英、魏海春、章亦兵、丁震、李国通、刘小平、陈国帅、蓝伟光、赵凯、李天玉、陈欢林、彭浩、袁功胜、陈忱、王峰、郑远强、魏忠庆。

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比

（一）标准编制原则

1、补充现行国标健康指标的不足，响应人们对饮用水健康属性的需求

水是生命的基础，世界各国对于饮用水的安全性都极为重视，我国现行的 GB5749-2006《生活饮用水卫生标准》（简称“国标”）是安全饮用水的强制性技术规范，对于保障人民群众的健康具有十分重要的意义。然而，饮用水除了是重要的环境因子以外，还是每天摄入量最大的一种食物。随着我国经济的快速发展，饮用水可选择的种类也趋于多元化。如何在安全的前提下，提升水质的健康特性，已经成为各界关注的热点。现行国标的基本出发点是安全性，绝大部分指标都为上限值。本团体标准提出了饮用水中的钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的保留下限值和适宜下限值，以补充现行国标中健康指标的不足。

2、倡导净水技术的健康发展

当下，基于环境污染的广泛性和水处理工艺的发展，对微污染水源水和已经满足国标的饮用水进行深度处理已经十分普遍。某些深度处理技术对水质硬度组分和其他有益矿物质的去除率很高，部分技术可以达到完全去除。这样的饮用水虽然安全性得到了保证，但如果长期饮用是具有健康风险的，敏感人群（如发育期儿童、老年人群、心血管疾病患

者等)的健康风险尤甚。本标准的制定旨在引导饮用水处理行业的良性发展,倡导既能去除水中有毒有害物质,又能保留有益天然矿物质的净水技术,为国人健康水平的提升发挥作用。

3、循序渐进、逐步引导的原则

起草团队拟以本标准的4个指标为基础,不断积累经验,逐步提出饮用水中氟、碘、硒、锶、偏硅酸等的健康保留值水平。对于此次标准,起草团队也是在综合考虑各指标的健康保护效应水平、我国实际水质分布以及国内净水技术的现状后而提出,相对比较宽泛,以引领为主要目的。随着饮水与健康研究工作的积累和水处理技术的发展,本标准也将不断完善。

(二) 确定标准主要内容的论据

(1) 钙、镁、总硬度的保留值和适宜值的认定

总硬度是多价阳离子尤其是钙镁离子水平的综合反映,因此钙、镁、总硬度的水平具有内在关联。WHO文献认为饮用水可为人体提供每日钙和镁需求量的5-20%。对于膳食结构中钙摄取严重不足、镁摄取也常常不足的中国人群,饮用水中的钙镁矿物质具有重要健康意义。

在饮用水的各项组分中,镁对健康的保护作用因研究证据最多

(WHO 2004年滚动文献以及至少3项meta分析都一致显示饮用水镁能够减少心血管疾病的发生风险),已基本得到公认。对人群和动物的干预研究显示,水镁低于7.3 mg/L和9.4 mg/L时,人和动物的心血管损伤风险具有统计学意义的增加。回顾性病例对照研究显示,饮用水中镁均值高于7.0 mg/L(范围3.9-8.2 mg/L)的人群,高血压死亡风险有统计学意义降低,此为文献报道的水镁对人群健康的最低保护效应浓度和范围。最终,参考该最低保护效应浓度范围的低值,并综合考虑我国实际水质分布以及现阶段我国饮用水处理工艺的实情,将水镁 ≥ 3 mg/L(相对应的水质百分位点为16.4%)、水钙 ≥ 6 mg/L(相对应的水质百分位点为7.3%)、总硬度 ≥ 25 mg/L(CaCO_3)(相对应的水质百分位点为7.2%)作为本标准的保留值下限。其中钙值考虑了水中钙镁比值(钙镁在2~3:1时为公认的最佳比例),总硬度则以钙镁的保留量下限值计算而得(总硬度=钙浓度/40+镁浓度/24) $\times \text{CaCO}_3$ 分子量100)。

同时,参考该最低保护效应浓度范围的平均值,将水镁 ≥ 7 mg/L(相

对应的水质百分位点为 34.3 %) 作为本标准的水镁适宜值, 相应地将水钙 ≥ 15 mg/L (相对应的水质百分位点为 17.8 %) 和总硬度 ≥ 65 mg/L CaCO_3 (相对应的水质百分位点为 21.6 %) 作为本标准的各自适宜值。

硬度过高也将增加水垢形成, 降低可接受性。由于在标准 4.1 中已经提出了水质需首先满足 GB5749《生活饮用水卫生标准》的要求, 该标准规定总硬度限值为 450 mg/L (以 CaCO_3 计, mg/L), 因此本标准表 1 中不重复设立总硬度的限值。

(2) 碳酸氢盐保留值和适宜值的认定

碳酸氢盐是水质中性时碱度的主要组成, 是防止涉水材料腐蚀从而间接保护饮用者健康的重要因素。饮用水中的碳酸氢盐还可提升人体血清碳酸氢盐水平 (后者是人体内最重要的碱储备), 有助于预防代谢性疾病、心脑血管疾病和骨质疏松的发生。

表 1 显示, WHO 的 2004 年滚动文献中提出碳酸氢盐不低于 30 mg/L; 美国饮用水准则 (2009) 和加拿大饮用水水质指南 (2020) 中都强调控制水质腐蚀性的重要性; 欧共体饮用水水质指令 (80/778/EC) 中规定软化水碱度需大于 30 mg/L (HCO_3^-); 法国生活饮用水水质标准 (95-368) 规定碱度需大于 2.5 mmol/L (相当于 157.5 mg/L HCO_3^-); 匈牙利饮用水水质标准 (1989) 中要求碱度 > 30 mg/L (HCO_3^-); 我国国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准 (2020 年修订送审稿) 提出碳酸氢盐的限量范围为 18-250 mg/L, 适宜范围为 30-90 mg/L。以上多从维持水质碱度的角度出发。

瑞典学者 I. Rosborg 从维持人体矿物质平衡角度提出饮用水碳酸氢盐应在 100-300 mg/L 范围; 徐安伟等对发育期大鼠的干预研究发现, 骨钙素水平在饮水碳酸氢盐 166.99 mg/L 组显著性高于饮水碳酸氢盐 0 mg/L 的纯净水组; 王佳等对新西兰兔的干预研究以及曾惠等对大鼠的多代繁育实验显示, 血清碱储备、子代的存活率和记忆力在饮水碳酸氢盐 166.99 mg/L 组都显著性高于饮水碳酸氢盐 98.96 mg/L 组。可见迄今报导的碳酸氢盐健康效应水平多在 100 mg/L 以上, 高于维持水质碱度的水平。

综合上述信息, 结合我国实际水质状况以及现阶段我国饮用水处理工艺的实情, 我们将水中碳酸氢盐 ≥ 25 mg/L (HCO_3^-) (相对应的水质百

分位点为 3.3 %) 作为本标准的保留值, 将 $\geq 100 \text{ mg/L}$ (HCO_3^-) (相对应的水质百分位点为 24.2 %) 作为本标准的适宜值。

(3) 选择 $\text{TDS}=150 \text{ mg/L}$, 或总硬度 $=65 \text{ mg/L}$ (CaCO_3) 作为水质分界线的理由

如前所述, 我们已经将总硬度 $\geq 65 \text{ mg/L CaCO}_3$ 定为本标准的适宜值。但总硬度测定方法较为繁琐, 而 TDS 是实际工作中较为常用的、一定程度反映水质矿化程度的指标, 其与总硬度也具有一定关联。为确定 TDS 与总硬度的对应关系, 我们分别依据 3 组资料进行了分析:

A. 标准起草人王小佺课题组对国内北方某市 34 个水样 (包括地表水和地下水) 的 TDS 和总硬度 (TH) 进行回归分析, 得到方程为:

$$\text{TH} = 0.5575\text{TDS} - 3.0079 \quad (r=0.970),$$

依据该方程, TH 在 65 mg/L (CaCO_3) 时, $\text{TDS}=121.99 \text{ mg/L}$ 。

B. 标准起草人罗教华课题组对国内南方某市自来水厂 2008-2018 十年间合计 477 个出厂水水样 (以地表水为主) 的 TDS 和 TH 进行回归分析, 得到方程为:

$$\text{TH} = 0.4049\text{TDS} + 20.285 \quad (r=0.7295),$$

依据该方程, TH 在 65 mg/L (CaCO_3) 时, $\text{TDS}=110.43 \text{ mg/L}$ 。

C. 国内学者对山东日照 4 种地下水共 40 个水样的 TDS 和 TH 进行回归分析, 得到 4 个方程, 分别为:

$$\text{TH} (\text{松散岩类孔隙水}) = 0.5476\text{TDS} - 11.843 \quad (r=0.953)$$

$$\text{TH} (\text{碎屑岩类孔隙裂隙水}) = 0.4725\text{TDS} + 8.8006 \quad (r=0.973)$$

$$\text{TH} (\text{碳酸岩类裂隙岩溶水}) = 0.5990\text{TDS} + 7.9703 \quad (r=0.981)$$

$$\text{TH} (\text{基岩裂隙水}) = 0.5290\text{TDS} + 6.3156 \quad (r=0.971)$$

依据这些方程, TH 在 65 mg/L (CaCO_3) 时, TDS 在 $95.21 \sim 140.33 \text{ mg/L}$ 范围。

综合以上分析, 可得出国内未经深度处理的水源水和自来水当总硬度在 65 mg/L 时, 对应的 TDS 约在 $95 \sim 150 \text{ mg/L}$ 之间。因此, 基于总硬度的健康适宜值、我国水源水质的巨大差异 (南方地区水质偏软、西北地区水质中常有较多的永久硬度组分) 以及现阶段水处理技术实际应用状况, 最终本标准分别将 150 mg/L 和 65 mg/L 作为 TDS 和总硬度的分界浓度, 并以此对水质提出不同要求。

(4) 当水源水 TDS 不大于 150 mg/L 时, 或总硬度不大于 65 mg/L (CaCO₃) 时, 总硬度至少保留 40% 的理由

总硬度是钙镁离子水平的综合反映。表 1 可见, WHO 的 2004 年滚动文献、欧共体饮用水水质指令 80/778/EC、法国生活饮用水水质标准 (95-368)、匈牙利饮用水水质标准 (1989)、捷克饮用水卫生标准 (1989)、日本快适水质要求 (1993)、我国 CJ94-2005 饮用净水水质标准 (住建部)、我国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准 (2020 年修订送审稿) 中都提出了或曾经提出了总硬度的下限值, 其中以日本快适水质要求 (1993) 的 10 mg/L (CaCO₃) 为最低值。此浓度作为本标准中水质偏软时总硬度最低可接受水平的参考值。又从表 2 可见, 我国水源水和自来水的总硬度 5% 分位值为 20.00 mg/L (CaCO₃), 在此基础上保留 40%, 得到的总硬度为 8.0 mg/L (CaCO₃), 接近于 10 mg/L (CaCO₃) 的日本快适水质要求低值。故以 40% 作为水质偏软时总硬度的最低保留比例。

三、主要试验 (或验证) 的分析、综述报告, 技术经济论证, 预期的经济效果

1、前期发表的综述报告

牵头起草人舒为群在“中国居民饮用水中钙镁及其相关指标适宜保留水平的探讨” (给水排水, 2017, 43(10): 18-23) 一文中已经对相关指标的健康水平适宜值及其理由进行了初步阐述。其观点主要为: 饮用水中有益矿物质对人体健康的保护作用, 已经有大量的人群流行病学和实验室研究证据, 证据来源广泛, 包括 WHO 文献、国内外研究专著及公开发表论文。部分国家和地区已经提出钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的最低保留值和适宜范围。中国居民因膳食结构原因, 日常摄取钙镁或严重不足或处于边缘性缺乏状态。饮用水适宜的硬度和碱度也有助于维持水质稳定性从而减少对涉水材料的腐蚀。

2、国内外已经提出的相关指标的最低值

我们在表 1 中对国际国内的重要标准 (或条例、文献) 中对本标准涉及的 4 个指标的规定进行了汇总:

表 1 国内外相关指标的技术参数

(除非特别注明, 单位均为 mg/L, 总硬度均为 CaCO₃ 形式)

数据来源及时间	钙	镁	总硬度	碳酸氢盐	备注
WHO: 饮用水水质 准则 (第 4 版)	—	—	—	—	
WHO: 饮用水水质 准则 (第 4 版, 首 次补遗), 2017	—	—	—	—	
WHO: Rolling revision of the WHO guidelines for drinking water: Health risks from drinking demineralised water, 2004	不低于 20, 最适 50 (40-80)	不低于 10, 最适 20-30	钙镁总和 2-4 mmol (相当于 200-400mg CaCO ₃) /L, 上限 5 mmol (相当 于 500mg CaCO ₃) /L	不低于 30	
WHO: A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality, 2018	104 个国 家中有 31 个设立了 指导值, 最 大 500, 中 值 150, 最 小 30	104 个 国家中 有 34 个 设立了 指导值, 最大 1000, 中 值 100, 最小 10	104 个国家 中有 57 个 设立了指 导值, 最 大 1000, 中 值 500, 最 小 100		
美国: National Primary Drinking Water Regulations. EPA 816-F-09-004, 2009	—	—	—	—	强烈支持 腐蚀控制 措施, 以 防止铅的 暴露
美国: Drinking Water Standards and Health Advisories, EPA 822-F-18-001, 2018	—	—	—	—	二级饮用 水准则中 要求无腐 蚀性
加拿大: 饮用水水	None	None	None	—	pH 设定为

质指南 Guidelines for Canadian Drinking Water Quality,2020	required	required	required (注明硬度在 80-100 范围时易获得腐蚀性、结垢性之间的平衡;在使用软化剂的地区,建议使用独立的非软化供水用于烹食和饮用)		7.0-10.5, 强调控制 pH 在防止腐蚀、减少管道材质成分渗出的重要性
欧共体: 饮用水水质指令 80/778/EC,1980	100 (指导标准)	30 (指导标准), MAC 为 50	软化水: >60 Ca (相当于 >150 CaCO ₃)	软化水: 碱度 > 30HCO ₃ ⁻	
欧共体: 饮用水水质指令 98/83/EC, on the quality of water intended for human consumption,1998	—	—	—	—	2015 年有修订, 但该 4 项指标未列入
英国: 饮用水水质标准, 1989	250(指导标准)	50 (指导标准)	60 Ca (指导标准) (相当于 150 CaCO ₃)	碱度 30HCO ₃ ⁻ (指导标准)	
英国: 供水 (水质) 条例,2018, No. 647 (W. 121), The Water Supply (Water Quality) Regulations,2018	—	—	—	—	
法国: 生活饮用水水质标准,95-368,1995	大于 100mg/L 时需采取特别措施	50 (指导标准)	软化水: 总硬度 ≥ 15 法国度 (相当于 ≥ 150	碱度 ≥ 2.5 mmol/L (以 HCO ₃ ⁻ 计 152.5mg/L)	

			CaCO ₃)		
德国：饮用水水质标准, BGBl. I, S. 2613,1990	极限值 400	极限值 50	—	—	
澳大利亚：饮用水水质标准,2011, Version 3.5 Updated 2018	—	—	上限 200 (<60 软, 但可能有腐蚀性; 60-200, 质量好; 200-500 增加结垢问题; >500 严重结垢)	—	
俄罗斯：饮用水水质卫生要求 SanPin 2.1.4.1074-01,2001	—	—	限值 7.0 (最大容许 10) mEq./L (相当于 350 和 500 CaCO ₃)	—	
匈牙利：饮用水水质标准,1989	—	—	50-250 CaO 时最大可接受 (相当于 74-368 CaCO ₃), 50-350CaO 时尚可忍受 (相当于 74-515 CaCO ₃)	碱度> 30HCO ₃ ⁻	
捷克：饮用水卫生标准,1989	最低值≥ 20	≤12.5	Σ(Ca + Mg) 为 0.9-5 mmol/L (相当于 90-500 CaCO ₃)	—	
阿根廷：饮用水水质标准,1994	—	—	上限 400	—	
巴西：饮用水水质标准,1990	—	—	上限 500	—	

日本：生活饮用水水质标准,2017	—	—	上限 300	—	
日本：生活饮用水水质标准—快适水质指标,1993	—	—	10-100	—	
菲律宾：饮用水水质标准,1993	—	—	上限 300	—	
马来西亚：饮用水水质准则,2004	—	上限 150	上限 500	—	
新加坡：环境公共健康（用于饮用水）条例,2019	—	—	—	—	
GB 5749-2006 生活饮用水卫生标准,2006	—	—	限值 450	—	
CJ94-2005 饮用净水水质标准,2005	—	—	限值 300	—	
GJB 1335-92 低矿化度饮用水矿化卫生标准,1992	20-50,上限 75	10-20,上限 50	100-200,上限 450	50-150,上限 250	
GJB 1335-XX 低矿化度饮用水矿化卫生标准,2020	限量 10-75, 适宜 16-36	限量 5-50, 适宜 7-10	限量 50-450, 适宜 75-130	限量 18-250, 适宜 30-90	2020 年修订送审稿
台湾省饮用水水质标准,2017	—	—	上限 300	—	
T/WPIA001-2017 优质饮用净水水质标准，江苏省净水设备制造行业协会团体标准,2017	—	—	限值 200	—	
TBJWA001-2021 健康直饮水水质标准，北京包装饮用水协会，2021			25-200		
T/CAPS01-2021 健康饮用水水质团体标准，中国生产力	限值≥5, 目标值 50-90	限值 ≥0.5, 目标值	限值 20-500, 目标值		

学会, 2021		15-40	100-300		
丹麦学者 M.Rygaard, 2011	40-50	不低于 10, 建议 保留越 多越好	不高于 150	—	综合考虑 健康、海水 处理、再矿 化成本
瑞典学者 I.Rosborg, 2015	20-80, 钙 镁之比 (2-3):1	10-50, 上限 150	—	100-300, 上 限 500	维持人体 矿物质平 衡
本标准保留 值, 2022	≥6	≥3	≥25	≥25	减少健康 风险
本标准适宜 值, 2022	≥15	≥7	≥65	≥100	有利人体 健康

—: 表示标准未涉及。

3、国内水源水和自来水的相关数据实际状况

城乡住房建设部城建司为本标准起草提供了全国范围内部分自来水和水源水相关数据, 联合起草单位也提供了自测数据, 一并汇总在表 2:

表 2. 国内水源水和自来水的相关指标浓度水平及其分布

指标	pH	TDS (mg/L)	钙 (mg/L)	镁 (mg/L)	总硬度 (CaCO ₃) (mg/L)	碳酸氢盐 (HCO ₃ ⁻) (mg/L)
样本数	3759	6727	678	669	4212	527
最小值	5.62	2	0.04	0.02	0.45	3.70
5%分位值	6.78	39	5.06	0.83	20.00	32.34
25%分位值	7.20	107	22.86	5.04	80.93	102.70
50%分位值	7.62	196	39.95	9.50	141.66	141.01
75%分位值	7.90	327	54.02	17.9	216.00	200.00
95%分位值	8.18	591	113.45	46.66	346.00	355.75
最大值	8.62	2727	1636.51	189.46	4879.43	1970
本标准保留值 及其百分位点			6 mg/L (7.3%)	3 mg/L (16.4%)	25 mg/L (7.2%)	25 mg/L (3.3%)

本标准适宜值 及其百分位点			15 mg/L (17.8%)	7 mg/L (34.3%)	65 mg/L (21.6%)	100 mg/L (24.2%)
备注	低于 6.5 的 0.29%， 高于 8.5 的 0.21%	分界浓 度 150 mg/L 居 37.0% 位点				

3、技术经济论证

(1) 本标准已经考虑到我国复杂的水源状况，尤其是南方地区常见水质偏软的状况，对 TDS 不足 150 mg/L 的水源水，不提出具体最低限值，仅要求总硬度的保留比例不低于 40%，且钙、镁、总硬度、碳酸氢盐的保留浓度越高越好。由表 2 可见，我国水源水和自来水 TDS 低于 150mg/L 的比例为 37.0%，总硬度低于 65 mg/L 的比例为 21.6%，这意味着众多以天然软水为水源的饮用水生产企业具有较为宽泛的水处理工艺选择空间。

(2) 本标准提出的 4 个指标的保留值下限水平，我国绝大部分水源水和自来水已经自然满足。表 2 可见，除了水镁对保留值下限水平的自然满足率略低（83.6%）以外，其余 3 个指标的自然满足率分别达到 92.7 %、92.8%、96.7 %，可见本标准不会对现有饮用水处理行业造成过多压力。

(3) 目前常用的饮用水处理工艺如混凝、沉淀、消毒、绝大部分膜分离、氧化、离子交换、活性炭吸附、生物降解、天然矿石过滤等都可以做到既针对性去除水中的微污染物质、又一定程度保留甚至增加水中的有益矿物质，因此本标准不会过多增加行业的现行经济负担。国内外正在研发的纳米石墨烯管、纳米生物膜等新型净水材料，有望具有更高的选择性，因而本标准的实施也会得到现代科技发展的加持。

四、标准涉及的相关知识产权说明

无

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明；

1、考虑到我国的经济发展水平、水质复杂性以及净水工艺的实情，本标准提出的 4 个指标的保留值和适宜值，或与现有标准值同步或位于其低位水平，兼顾了科学性和可操作性。

镁的保留值和适宜值分别为 ≥ 3 mg/L 和 ≥ 7 mg/L，均位于国内外已有标准值的低位水平。表 1 显示，WHO 的 2004 年滚动文献、捷克饮用水卫生标准（1989）、我国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准（2020 年修订送审稿）中都提出了镁的下限值，水平在 5~12.5 mg/L 之间。丹麦学者 M.Rygaard 对淡化海水提出了镁不低于 10 mg/L，并建议保留越多越好的再矿化要求，瑞典学者 I.Rosborg 也提出了镁不低于 10 mg/L 的建议。

钙的保留值和适宜值分别为 ≥ 6 mg/L 和 ≥ 15 mg/L，均位于国内外已有标准值的低位水平。表 1 显示，WHO 的 2004 年滚动文献中提出钙不低于 20 mg/L；捷克饮用水卫生标准（1989）提出钙不低于 20 mg/L；丹麦学者 M.Rygaard 提出淡化海水再矿化时钙应在 40-50 mg/L；瑞典学者 I.Rosborg 提出钙应在 20-80 mg/L 范围且钙镁比例在(2-3):1 为最佳；我国国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准（2020 年修订送审稿）提出钙的限量范围为 10-75 mg/L。

总硬度的保留值和适宜值分别为 ≥ 25 mg/L 和 ≥ 65 mg/L，位于现有标准值的低位水平。表 1 可见，WHO 的 2004 年滚动文献、欧共同体饮用水水质指令 80/778/EC、法国生活饮用水水质标准（95-368）、匈牙利饮用水水质标准（1989）、捷克饮用水卫生标准（1989）、日本快适水质要求（1993）、我国 CJ94-2005 饮用净水水质标准（住建部）、我国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准（2020 年修订送审稿）中都提出了或曾经提出了总硬度的下限值，但具体水平差异较大，从 10~200 mg/L (CaCO_3) 不等。

碳酸氢盐的保留值和适宜值分别为 ≥ 25 mg/L 和 ≥ 100 mg/L，基本与现有标准值同步。表 1 可见，WHO 的 2004 年滚动文献中提出碳酸氢盐不低于 30 mg/L；欧共同体饮用水水质指令（80/778/EC）中规定软化水碱度需大于 30mg/L (HCO_3^-)；法国生活饮用水水质标准（95-368）规定

碱度需大于 2.5 mmol/L (相当于 157.5 mg/L HCO_3^-)；匈牙利饮用水水质标准 (1989) 中要求碱度 $> 30\text{mg/L HCO}_3^-$ ；我国国军标 GJB 1335 低矿化度饮用水矿化卫生标准 (2020 年修订送审稿) 提出碳酸氢盐的限量范围为 18-250 mg/L，适宜范围为 30-90 mg/L。

2、我军在 GJB1335-92《低矿化度饮用水矿化卫生标准》(现已形成 2020 年修订送审稿) 提出了钙、镁、碳酸氢盐、总硬度的最低矿化水平。该标准特点是：①以成年健康军人为对象；②适用范围为“基于海、陆、空三军时常采用淡化水 (蒸馏水)、冰雪水、雨水作为饮用水的情况”；③主要用于指导对饮用水的矿化。而本标准服务对象为普通民众 (包括敏感人群)，目的是对原有矿物质的保留。两个标准各有其独特意义。

3、目前的国家生活饮用水卫生标准尚未设立相关指标的保留值，本标准可作为今后国标修订时的参考，也可作为其他饮用水健康指标的建立提供经验。中华预防医学会尚无类似团体标准。因而本标准具有一定的引领价值。

六、重大意见分歧的处理经过和依据

无

七、其他应予说明的事项

1、本标准的限值水平为首次提出，乃综合考量健康效应、国内复杂水质和净水行业现状后提出的相对宽松的下限值，系以引导为主要目的。

2、标准考虑到了国内水源的复杂性，当 TDS 不足 150 mg/L 时只提出了保留率的要求，故不会对以天然软水为水源的企业产生过大压力。

3、本标准主要从健康属性提出水质要求，不涉及具体的水处理技术，因而未提出配套工艺。

4、本标准的目标是保留水中原有的有益元素，暂不考虑矿化要求。人工矿化涉及矿物质种类、浓度、比例等复杂问题，需要谨慎研究后另外建立标准。

八、主要参考文献

- 1、 World Health Organization. Rolling revision of the WHO guidelines for drinking water: Health risks from drinking demineralised water[M]. Geneva: WHO, 2004.
- 2、 World Health Organization. A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality[R]. Geneva: WHO, 2018.
- 3、 U.S. Environmental Protection Agency: Office of Water. 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories: EPA 822-F-18-001[S]. Washington, DC, 2018.
- 4、 Health Canada. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 2020.
- 5、 The Water Supply (Water Quality) Regulations 2018[EB/OL]. <https://www.legislation.gov.uk/wsi/2018/647/contents>.
- 6、 Australian Drinking Water Guidelines 6, 2011. Version 3.5 Updated, August 2018[EB/OL]. <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines>.
- 7、 Drinking water hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality Control (SanPin 2.1.4.1074-01,instead SanPin 2.1.4.559-96).
- 8、 Engineering Services Division Ministry of Health Malaysia. National standard for drinking water quality, Revised December 2000, Second Version, January 2004. [EB/OL]. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mal189903.pdf>
- 9、 Environmental Public Health (Water Suitable for Drinking) Regulations 2019[EB/OL].[2019-03-22]. <https://sso.agc.gov.sg/SL-Supp/S156-2019/Published/20190322?DocDate=20190322>.

- 10、 Ei Yoshida. Water supply in Japan 2017[R]. Japan Water Works Association, 2017.
- 11、 Chun-Yuh Yang and Hui-Fen Chiu. Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from hypertension[J]. American Journal of Hypertension, 1999, 12: 894-899.
- 12、 M.Ryaard, E.Arvin, P.J.Binning. Designing water supplies: optimizing drinking water composition for maximum economic benefit[J]. Water Research, 2011, 45: 3712~3722.
- 13、 Ingegerd Rosborg. Drinking water minerals and mineral balance: Importance, health significance, safety preventions[M]. Switzerland: Springer international publishing, 2015.
- 14、 Jiaohua Luo, Qing Zhao, Liang Zhang, et al, The consumption of low-mineral bottled water increases the risk of cardiovascular disease: An experimental study of rabbits and young men[J]. International Journal of Cardiology, 2013, 168(4): 4453~4456.
- 15、 Yujing Huang, Xiangyu Ma, Yao Tan, et al, Consumption of very low mineral water is associated with lower bone mineral content in children[J]. The Journal of Nutrition, 2019, 149(11): 1994-2000.
- 16、 Yujing Huang, Jia Wang, Yao Tan, et al, Low-mineral direct drinking water in school may retard height growth and increase dental caries in schoolchildren in China[J]. Environment International, 2018, 115: 104-109.
- 17、 深圳市自来水（集团）有限公司，澳门自来水有限公司. 国际饮用水水质标准汇编[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2001.
- 18、 舒为群,中国居民饮用水中钙镁及其相关指标适宜保留水平的探讨[J]. 给水排水, 2017, 43(10):18-23.
- 19、 王佳,谭瑶,张亮,等.低矿物质饮水对兔血清矿物质水平和血清酸碱度的影响[J].第三军医大学学报, 2017, 39(11):1081-1085.
- 20、 曾惠,陈济安,王大华,等.饮水矿物质水平对大鼠亲三代繁殖及子三代发育的影响研究[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(11): 1086-1092.
- 21、 徐安伟,曾惠,黄玉晶,等.五种饮水对发育期大鼠骨代谢、骨微

结构及骨强度影响的比较研究[J].第三军医大学学报, 2017, 39(11): 1075-1080.

22、 王德东,钟嶷,孙丽丽,等. 2008-2018 年广州市出厂水中总硬度和溶解性总固体检测结果[J].职业与健康, 2019, 35(8):1096-1099.

23、 郭莲秀,马芳,曹静静.日照市地下水总硬度与溶解性总固体的关系[J].中国环境管理干部学院学报, 2015, 25(2):67-73.