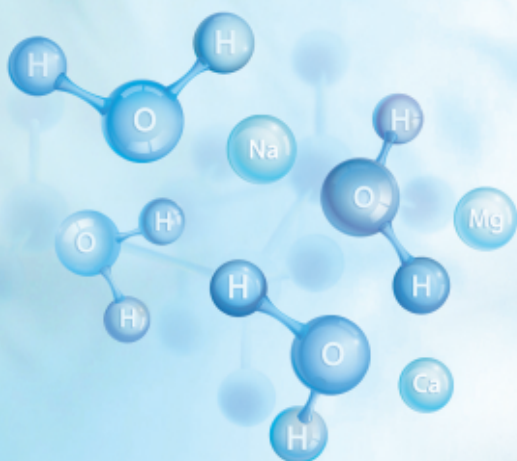




饮用水健康与感官品质 研究报告

朱大洲 赵 凯 卞 祺 黄 建
钱 坤 彭 浩 许勇泉 王 鸥

主编



中国农业科学技术出版社

饮用水健康与感官品质 研究报告

农业农村部食物与营养发展研究所
中粮营养健康研究院
中国疾病预防控制中心营养与健康所
中国地质大学（武汉）
成都理工大学
中国农业科学院茶叶研究所
深圳安吉尔饮水产业集团有限公司

编制

2026 年 7 月

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饮用水健康与感官品质研究报告 / 朱大洲等主编. -- 北京 :
中国农业科学技术出版社, 2026. 9. -- ISBN 978-7-
5116-8254-3

I. R123.5

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2026HZ6204 号

责任编辑 周 朋
责任校对 王 彦
责任印制 姜义伟 王思文

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82103898 (编辑室) (010) 82106624 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
网 址 <https://castp.caas.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京建宏印刷有限公司
开 本 210 mm × 297 mm 1/16
印 张 6
字 数 140 千字
版 次 2026 年 9 月第 1 版 2026 年 9 月第 1 次印刷
定 价 58.00 元

—●●●● 版权所有 · 侵权必究 ●●●—

《饮用水健康与感官品质研究报告》 编委会

顾 问

- 孙宝国 中国工程院院士，北京工商大学教授
- 王焰新 中国科学院院士，中国地质大学（武汉）教授
- 陈萌山 国家食物与营养咨询委员会主任、研究员
- 翟凤英 中国疾病预防控制中心营养与健康所原副所长
中国营养学会原常务副理事长兼秘书长、研究员
- 钮文异 北京大学公共卫生学院社会医学与健康教育系原副主任、教授
- 陈 超 清华大学环境学院副研究员
- 陈 思 国家食品安全风险评估中心风险交流部一室主任、研究员
- 袁继红 中国人民解放军总医院营养室主任
中国健康管理协会膳食营养健康分会常务副会长兼秘书长
- 陈 伟 中国医学科学院临床营养科副主任、主任医师
- 吴继红 中国农业大学食品科学与营养工程学院教授
- 于建伟 中国科学院生态环境研究中心研究员

主 编

- 朱大洲 农业农村部食物与营养发展研究所食物资源监测与营养健康评价团队首席科学家、研究员
- 赵 凯 深圳安吉尔饮水产业集团有限公司副总裁、中国膜工业协会净水专业委员会副秘书长
- 卞 祺 中粮营养健康研究院消费者与市场研究中心主任、高级工程师
- 黄 建 中国疾病预防控制中心营养与健康所食品科技室主任、研究员
- 钱 坤 中国地质大学（武汉）环境学院实验教学中心副教授
- 彭 浩 成都理工大学环境与土木工程学院地下水科学与工程系研究员
- 许勇泉 中国农业科学院茶叶研究所茶深加工与多元化利用创新团队执行首席科学家、研究员
- 王 鸥 中国疾病预防控制中心营养与健康所副研究员

编 委（按姓氏笔画排序）

马园园	王宇晨	王志强	王梦倩	任 潇
刘龙云	刘扬龙	苏晓霞	苏潇哲	李颜秘
张苗强	张建芳	张秋慧	陈 然	邵丹青
郑杨婉琪	侯雯惠	聂 莹	黄淑贤	

前 言

水是生命之源，是维持人体正常生理功能和健康状态最基础、最重要的物质之一。随着健康中国建设持续推进、居民生活水平不断提高，以及消费观念不断升级，社会公众对饮用水的关注，已逐步由“安全饮水”向“健康饮水”“舒适用水”发展。针对这一趋势，农业农村部食物与营养发展研究所、中粮营养健康研究院、中国疾病预防控制中心营养与健康所、中国地质大学（武汉）、成都理工大学、中国农业科学院茶叶研究所、深圳安吉尔饮水产业集团有限公司等单位组织专家系统梳理了饮用水的主要类型、健康影响、感官品质、消费场景及科学饮水建议，编制了《饮用水健康与感官品质研究报告》。旨在准确把握居民饮水需求与消费发展趋势，科学认识饮用水安全、营养、健康、感官品质特征，精准刻画居民用水场景，从而为公众建立更加全面、理性的饮水认知提供参考。本报告共分六章，主要内容如下。

第一章从水对人体健康的作用出发，分析了饮水的重要性、居民饮水习惯及发展趋势，阐明了本报告编制的背景；在此基础上，指出当前居民仍存在饮水量不足、饮水不规律等问题。饮用水安全仍是居民饮水和供水保障的首要关注点，但随着经济社会发展、居民生活水平提高和健康意识增强，公众对饮用水的关注正逐步由“安全饮水”向“健康饮水”“舒适用水”延伸，健康饮水将成为未来的重要发展趋势。

第二章重点介绍饮用水的主要类型，对不同来源、不同处理工艺和不同产品类别的饮用水进行了系统梳理，介绍了饮用水相关的标准；同时指出，现有标准体系已基本覆盖生活饮用水、包装饮用水和天然矿泉水等主要类别，但对矿化水、配方水及场景化饮用水等新兴产品的分类、指标和标识要求仍有待进一步完善。

第三章重点讨论饮用水与健康之间的关系，包括水的生理功能、水中矿物质的健康作用、水中污染物的种类、来源以及对健康的影响，初步提出了健康饮用水的特征；强调健康饮水首先应保障净化安全，此基础上科学认识水中矿物质的作用，重视矿物质含量、比例及整体组成的平衡。近年来，关于饮用水中矿物质含量、比例及平衡关系与人体健康之间关系的研究逐渐受到关注，但目前相关研究仍在不断深入，更多的结论尚需更多科学证据加以验证。

第四章重点阐述饮用水的感官品质，分析影响外观、气味、口感和消费者接受度的主要因素，提出了饮用水的风味轮，建立了饮用水感官评价方法；指出饮用水并非简单的无色无味，不同水源、处理工艺和矿物质组成均会影响水的气味、滋味和口感，感官品质不仅影响消费者的饮用体验，在不同使用场景下还会进一步影响饮用和使用效果。

第五章针对日常烹饪、泡茶、咖啡冲煮等常见生活场景，探讨不同用途下饮用水的选择，结合实际案例介绍了饮用水的场景化发展趋势；提出同一种水并不一定适合所有用途，应根据不同场景对水

质参数进行适配和优选，推动饮用水由通用化向场景化、精细化方向发展。

第六章阐明了公众常见的饮水误区，围绕饮水量、饮水时间、类别选择等，提出了适合不同人群、不同场景下的科学饮水建议。通过对相关争议问题进行科学辨析，引导公众根据真实信息、科学证据以及个体和环境条件合理饮水。

由于撰写时间紧，另受作者研究水平和实践经验所限，报告中难免有疏漏和不足之处，敬请同行专家和广大读者批评指正。

编委会

2026年7月16日



第一章 饮水的重要性及发展趋势1

1.1 饮水对人体健康的重要性2

1.2 居民饮水习惯与发展趋势3

参考文献5

第二章 饮用水的主要类型7

2.1 饮用水来源8

2.1.1 地下水8

2.1.2 地表水8

2.1.3 海水淡化9

2.2 自来水10

2.2.1 常规制水工艺与初步过滤（预处理）10

2.2.2 超滤工艺11

2.3 直饮水12

2.3.1 天然饮用水12

2.3.2 天然矿泉水12

2.3.3 纯净水	12
2.3.4 矿化水	13
2.3.5 其他饮用水	14
2.4 饮用水相关标准	16
参考文献	19

第三章 饮用水与健康 21

3.1 水的生理功能	22
3.2 水中矿物质的健康作用	25
3.3 饮用水污染物对健康的影响	31
3.3.1 微生物污染种类、来源及其对健康的影响	32
3.3.2 化学污染物种类、来源及其对健康的影响	33
3.4 健康饮用水特征	35
参考文献	36

第四章 饮用水的感官品质 39

4.1 饮用水感官品质的重要性及常见问题	41
4.1.1 常见感官品质问题及成因	41
4.1.2 异味	42
4.1.3 无机盐与酸碱度异常导致的口感不良	43
4.1.4 外观不良：色度与浑浊度异常	44
4.2 水的感官特征及影响因素	46
4.2.1 口感特征的五维框架	46
4.2.2 关键感官属性及其来源	46
4.2.3 饮用水风味轮	49
4.3 饮用水的感官评价方法	50
4.4 消费者感官体验与偏好	52
参考文献	53



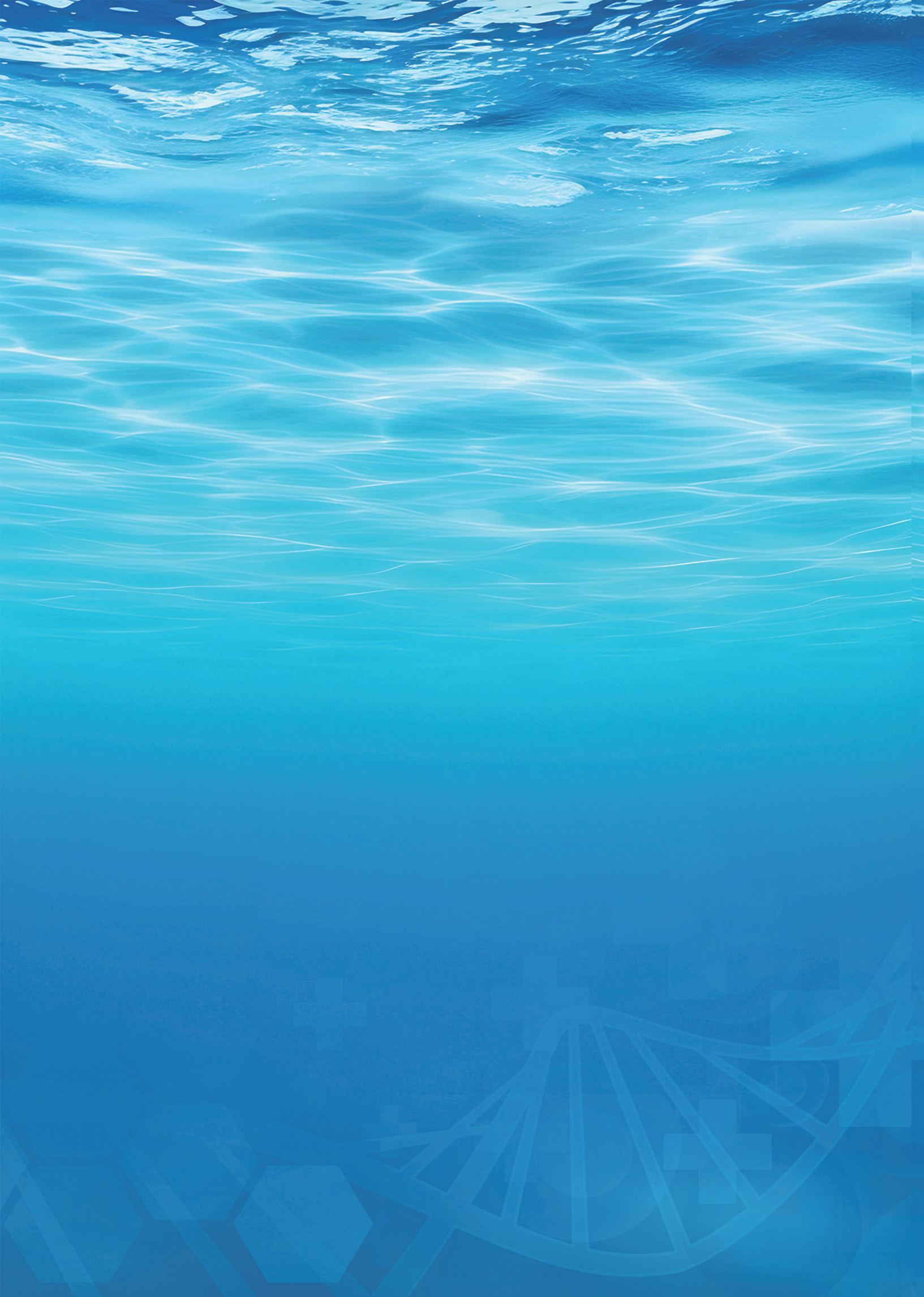
第五章 饮用水的消费场景与饮品冲泡 55

5.1 日常烹饪用水的选择	56
5.2 泡茶用水的选择	59
5.3 咖啡冲煮用水的选择	61
5.4 应用案例与发展趋势	63
参考文献	65

第六章 饮水常见误区与科学建议 67

6.1 常见饮水误区	68
误区一：每天必须喝 8 杯水，越多越好	68
误区二：饮料可以完全代替白开水	68
误区三：功能水、小分子团水更健康	69
误区四：只有纯净水才安全，自来水或矿泉水会伤肾或易长结石	69
误区五：水清无味就一定安全，山泉水、井水比自来水更天然健康	70
误区六：千滚水、隔夜水一定有毒，坚决不能喝	71
误区七：口渴了再一次性猛灌水就行，喝水方式无所谓	71
误区八：纯净水比矿泉水更安全健康，长期喝没问题	72
6.2 饮水量	73
6.2.1 水适宜摄入量的制定依据	73
6.2.2 国内外成人总水适宜摄入量及推荐饮水量	74
6.3 饮水时间	75
6.3.1 一日内饮水时间的分配原则	75
6.3.2 不同作息情境下的饮水时间安排	76
6.4 饮用水选择建议	77
6.4.1 家庭日常饮水选择	77
6.4.2 包装饮用水选择	78
6.4.3 特殊人群饮水选择	79
6.4.4 不同场景饮用水选择	80
参考文献	82

结束语 85





第一章

饮水的重要性 及发展趋势

水是维持人体机能的核心原料，占成年人体重的 50%~60%，承担着调节体温、运输营养及代谢排废等多项关键生理功能（中国营养学会，2023）。科学的饮水习惯对于预防疾病、保障机体健康至关重要。本章主要介绍饮水对人体健康的重要性，分析我国居民的饮水习惯与发展趋势，旨在加深大众对科学饮水的重视程度。

1.1 饮水对人体健康的重要性

水对生命至关重要。没有水，人类只能生存数天。水是生命之源，是人体内含量最多的成分，发挥着至关重要的生理作用。人体内的水分总量称为总体水含量，新生儿时期的总体水含量为体重的 75%~80%，随着年龄增长其逐渐减少，成年人的总体水含量占体重的 50%~60%（男性略高于女性）。其比例随着年龄、性别及体脂含量的变化而不同（中国营养学会，2023）。在人体生理过程中，水不仅是细胞内外液体的主要组成部分，也是代谢反应的重要介质。血液、淋巴液和细胞质中均富含水分，这些液体为营养物质的运输、代谢产物的排出及生化反应的进行提供了必需的环境。水还参与机体的新陈代谢、维持体液的正常渗透压和电解质平衡，并在调节体温、润滑关节和保护组织等方面起到关键作用。此外，通过出汗与蒸发散热，人体得以维持相对恒定的体温。水还参与保护组织器官及维持血液黏度等多种生理功能。长期轻度脱水会影响认知功能、情绪状态及身体表现力（Popkin et al., 2010）。

人体对水的需求很多。成年人每天通过呼吸、皮肤蒸发、排尿、排汗和排便等途径会丧失 2 500~3 000 mL 的水分，因此必须通过饮水和食物补充来维持体液平衡。人体水分的来源主要包括饮水、食物中的水分以及代谢产生的内生水。水的需求量因个体差异和环境条件而异，主要受代谢率、年龄、身体活动水平、环境温度和膳食结构等因素的影响，因此水的推荐摄入量并不完全等同于个体的实际需求。水分主要通过肾脏以尿液的形式（约占 60%）排出，其次是通过皮肤蒸发、呼吸和粪便排出，环境温度、湿度和身体活动水平都会影响水分的排出量（Popkin et al., 2010）。

当水分摄入不足或丢失过多时，机体可能进入脱水状态并且对生理功能产生不利影响。研究表明，水摄入不足或水丢失过多导致的脱水状态会降低认知能力、身体活动能力，增加泌尿系统感染、结石以及便秘等的发生风险。同时缺水时体温调节能力下降，可能导致中暑、循环功能障碍等问题。饮水摄入不足还可能导致水和电解质代谢紊乱。而如果饮水摄入超过肾脏排出的能力，可能引起体内水过多，引发水中毒（中国营养学会，2023）。

除生理功能外，水摄入量还与认知和心理状态、慢性疾病密切相关。儿童在轻度脱水状态下，其注意力、记忆力和反应速度均显著下降，而饮水可有效改善认知表现。长期处于慢性轻度脱水状态的成年人更易出现疲劳、头痛及注意力下降等症状。Dmitrieva 等（2023）通过一次随访时间长达 25 年的大型人群观察性研究发现，中年人血清钠 >142 mmol/L（可用于表明人体水合状态）时，患上慢性疾病的风险增加，过早死亡的风险也显著升高，提示水合作用不足

可能会加剧人类的衰老过程。因此多补充水分、减少高盐高糖食物的摄入对于抵抗衰老十分重要。《美国医学会杂志》子刊发表的一项系统评价和荟萃分析总结了随机对照试验中日常饮水量变化对体重、空腹血糖、头痛、尿路感染和肾结石等健康结局的影响：超重或肥胖成年人若在餐前饮水，每日总量约 1 500 mL，持续 12 周至 12 个月，其体重减轻幅度明显大于未餐前饮水者。增加饮水量还可改善糖尿病患者空腹血糖水平，减少尿路感染及肾结石事件的发生并延长复发时间，同时有助于缓解部分偏头痛患者的症状。

总而言之，水是维持人体生命活动和代谢功能的基础物质。合理的饮水量与良好的水合状态对于维持细胞代谢、调节体温、增强认知、促进排泄及预防慢性疾病具有重要意义。根据《中国居民膳食指南（2022）》，成年人应足量饮水、少量多次；在温和气候条件下、低身体活动水平的成年男性每日建议饮水 1 700 mL，成年女性每日建议饮水 1 500 mL，避免过量摄入含糖饮料，不建议用饮料替代白水。夏季饮水时，水温以 10~40 ℃ 为宜，避免过量饮用冰镇冷饮，以减少对消化道的刺激和避免摄入过多的糖。随着居民健康意识的提升，科学饮水应当成为日常膳食管理的重要组成部分。

1.2 居民饮水习惯与发展趋势

我国居民的饮水习惯总体上呈现出饮水量不足、规律性差但逐渐改善的趋势。世界卫生组织（World Health Organization，WHO）指出，一般环境下，成年男性和女性的饮水量估计值分别为约 2 900 mL 和约 2 200 mL（World Health Organization，2026）。然而，中国疾病预防控制中心的调查显示，我国居民的实际日均饮水量中位数仅为 1 488 mL，其中男性约 1 679 mL、女性约 1 370 mL，普遍低于推荐标准（张倩 等，2011）。

2016 年在中国 27 个城市开展的一项饮水调查显示，在 2 233 名儿童和成年人中，55%~64% 的儿童和 72% 的成年人日均饮水量未达到适宜摄入量（Zhang et al., 2018）。此外，在河北某高校 159 名 18~23 岁大学生中开展的饮水行为调查发现，调查对象总水摄入量为 2 373 mL、饮水量为 1 135 mL，分别有 80.1% 和 81.4% 的调查对象总水摄入量、饮水量未达到我国推荐的适宜摄入量，16.7% 处于脱水状态（Zhang et al., 2019）。这些数据提示，当前人群中饮水不足较为普遍，尤其在青少年和年轻成人中更为突出。值得进一步关注的是，饮水不足并不只是喝得少的问题，也与用什么补充水分密切相关：当清水被咖啡、奶茶、含糖饮料或能量饮料等替代时，虽然液体摄入量可能增加，但其对水合状态和整体健康的影响并不等同于饮水，甚至可能带来额外的糖和能量负担。CHOICE^① 随机临床试验显示，用水或无能量饮料替代 ≥ 200 kcal/d 的含能量饮料时，6 个月平均体重下降 2%~2.5%，其中饮水组为 -

^① CHOICE 全称为 Choose Healthy Options Consciously Everyday，是由美国北卡罗来纳大学等机构的研究人员发起的一项随机对照试验，它的核心研究内容是：探讨用水或无糖饮料来替代日常的含糖饮料（如果汁、汽水等），是否有助于超重或肥胖的成年人实现减重。

($2.03\% \pm 0.40\%$) (Tate et al., 2012), 这从体重管理角度印证了饮品选择的重要性。

然而, 咖啡、奶茶等饮品因社交媒体和流行趋势而迅速风靡, 随手可得的含能量饮料已成为许多家庭和年轻人补充液体的重要方式, 但这类替代并不一定有利于维持良好水合状态 (Ruxton et al., 2011)。研究发现, 含咖啡因饮品具有一定的利尿作用。一项纳入 16 项研究的荟萃分析显示, 在咖啡因中位剂量 300 mg 条件下, 与非咖啡因条件相比, 尿量平均增加 (109 ± 195) mL, 或增加 $16.0\% \pm 19.2\%$, 但运动状态可明显削弱或抵消该效应 (Killer et al., 2014)。不过, 在具体饮品层面的随机对照研究中, 红茶与清水在血液和尿液水合相关指标上未见显著差异; 在习惯咖啡因摄入的男性中, 适量咖啡与清水条件下 24 h 尿量亦无显著差异 [$(2\ 409 \pm 660)$ mL vs $(2\ 428 \pm 669)$ mL]。因此, 含咖啡因饮品对水合状态的实际影响并不像单纯利尿效应那样显著, 需结合摄入习惯和身体状态综合判断。

相比之下, 含糖饮料长期替代清水的不利影响更多体现在糖和能量负担上。WHO 证据综述指出, 每 355 mL 含糖饮料含 35.0~37.5 g 糖和 140~150 kcal 能量 (World Health Organization, 2014)。

综上, 不建议长期以茶、咖啡或含糖饮料完全替代清水。对茶和咖啡, 需兼顾机体总水摄入与个体耐受程度; 对含糖饮料, 应严格控制摄入频率与总量, 不宜将其作为日常主要补水途径。

随着社会经济水平的提高与饮水安全意识的增强, 我国居民的饮水方式发生了显著变化。从 20 世纪 80 年代以自来水为主, 到 21 世纪初桶装水与瓶装水的普及, 再到近年来净水设备与即热净饮机的快速发展, 饮水方式逐步呈现出多元化和健康化趋势。

从饮水来源角度来看, 当前居民饮水方式逐渐呈现市政供水、包装饮用水与家庭净水设备并存的格局。按照食品安全国家标准, 常见的包装饮用水主要包括饮用天然矿泉水、饮用纯净水和其他饮用水, 不同类型的产品在水源条件、加工处理方式及矿物质组成等方面存在一定差异。与此同时, 家庭净水设备逐渐成为居民改善家庭饮水条件的重要选择。中国家用电器协会发布的行业信息显示, 目前国内净水器家庭普及率约为 30%, 消费者需求正由基础净化向健康化、智能化和全屋化方向升级 (中国家用电器协会, 2026)。从使用场景来看, 包装饮用水具有即开即饮和便于携带的特点, 家庭净水设备则更适合满足家庭日常、连续和便利的饮水处理需求。总体来看, 从净水行业技术发展和部分地区高品质饮用水建设实践可以看出, 我国饮水供给方式正逐步呈现多来源、多场景并存的发展特点, 饮水关注重点也由基本安全逐渐延伸至口感、便利性、健康化和智能化等方面。总体来看, 瓶装水更偏向满足“即买即饮、便携选择”的消费需求, 而家庭净水设备则更体现居民对家庭饮水品质提升和长期使用便利性的重视; 二者的同步增长, 反映出我国居民饮水方式正由单一供给模式转向多元化、品质化并行发展的新阶段。

随着居民饮水安全意识和消费能力提升, 饮用水消费不仅关注是否安全可饮, 还开始关注水源信息、处理工艺、口感特征、矿物质组成以及不同使用场景下的适用性。具体表现为以下几点。

①安全透明化：更在意水源信息、处理工艺与检测 / 标准依据，期待“看得懂、查得到、信得过”。

②品质体验化：更关注水的口感表现，以及矿化度 / 硬度差异带来的饮用体验变化，关注“好不好喝、顺不顺口”。

③场景适配化：更倾向按用途选择，关注家庭日常饮用、婴幼儿冲调、泡茶 / 咖啡、运动补水等不同的使用场景，更加追求选得对选得准。

在此基础上，饮用水产品本身也呈现出更加细分化的发展趋势。市场上逐渐出现婴幼儿专用饮用水、泡茶专用水、咖啡用水、运动及功能饮用水、低钠水、苏打水等多种细分品类，以适应不同年龄阶段、不同健康需求以及不同消费场景下的个性化饮水需求。部分品牌还通过调整水中矿物质组成、pH 值及口感特征，主打更适合婴儿配方奶冲调，或更利于茶叶香气和口感释放等功能诉求，进一步推动了饮水产品从通用型向精细化升级。

总体来看，我国饮水格局已从单纯关注喝什么水、能否喝上干净安全的水，逐步转变为怎样实现高品质健康饮水与个性化水生活。居民对饮水的要求正从安全底线向品质提升，从基础需求向多层次、多元化需求扩展。从“喝什么”到“喝得更健康”，居民对水质与方便健康饮水的需求逐渐变得更加旺盛。这一趋势为系统研究居民饮水行为与健康需求提供了重要背景。在这一转变过程中，梳理不同人群对饮水安全、饮水品质及饮水方式的偏好与需求，具有重要的现实意义和应用价值，也为本报告从健康风险防控、生活品质提升及个性化饮水方案构建等方面展开研究奠定了基础。

参考文献

张倩, 胡小琪, 邹淑蓉, 等, 2011. 我国四城市成年居民夏季饮水量调查 [J]. 中华预防医学杂志, 45 (8): 677-682.

中国家用电器协会, 2026. 饮水电器专委会 2026 年工作会议召开: 坚持创新驱动, 坚决治理内卷 [EB/OL]. (2026-06-29) [2026-07-28]. <https://www.cheaa.org/contents/347/13378.html>.

中国营养学会, 2023. 中国居民膳食营养素参考摄入量 (2023 版) [M]. 北京: 人民卫生出版社.

Dmitrieva N I, Gagarin A, Liu D, et al., 2023. Middle-age high normal serum sodium as a risk factor for accelerated biological aging, chronic diseases, and premature mortality[J/OL]. eBioMedicine, 87: 104404. DOI: 10.1016/j.ebiom.2022.104404.

Killer S C, Blannin A K, Jeukendrup A E, 2014. No evidence of dehydration with moderate daily coffee intake: a counterbalanced cross-over study in a free-living population[J/OL]. PLOS One, 9 (1): e84154. DOI: 10.1371/journal.pone.0084154.

Popkin B M, D'Anci K E, Rosenberg I H, 2010. Water, hydration, and health[J]. Nutrition Reviews, 68(8): 439-458. DOI:10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x.

Ruxton C H, Hart V A, 2011. Black tea is not significantly different from water in the maintenance of normal hydration in human subjects: results from a randomised controlled trial[J]. British Journal of Nutrition, 106(4):588-595.

doi:10.1017/S0007114511000456.

Tate D F, Turner-McGrievy G, Lyons E, et al., 2012. Replacing caloric beverages with water or diet beverages for weight loss in adults: main results of the Choose Healthy Options Consciously Everyday randomized clinical trial[J/OL]. The American Journal of Clinical Nutrition, 95(3): 555-563. DOI: 10.3945/ajcn.111.026278.

World Health Organization, 2014. Reducing consumption of sugar-sweetened beverages to reduce the risk of unhealthy weight gain in adults: eLENA commentary [EB/OL]. [2026-03-15]. <https://www.who.int/tools/elena/commentary/ssbs-adult-weight>.

World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda [M]. Geneva: World Health Organization.

Zhang N, Morin C, Guelinckx I, et al., 2018. Fluid intake in urban China: results of the 2016 *Liq.In7* national cross-sectional surveys[J/OL]. European Journal of Nutrition, 57(Suppl 3): 77-88. DOI: 10.1007/s00394-018-1755-5.

Zhang N, Zhang J, Du S, et al., 2019. Association between the content of intracellular and extracellular fluid and the amount of water intake among Chinese college students[J/OL]. Nutrition & Metabolism, 16: 67. DOI: 10.1186/s12986-019-0397-9.



第二章

饮用水的主要类型

饮用水是指供人类日常饮用、烹饪及其他生活用途的水，必须符合国家卫生健康委发布的 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》中规定的安全与卫生要求。不同分类视角反映了饮用水在自然属性、工程处理路径和法规监管方面的差异，从而为饮用水质量评价、供应体系构建及消费研究提供了重要依据。本章从来源、处理工艺等角度对常见饮用水进行梳理，并介绍目前饮用水相关的标准。

2.1

饮用水来源

根据 WHO 指南、我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》，从来源来看，饮用水可以分为地下水、地表水，以及海水淡化等（表 2-1）。

表 2-1 饮用水来源

分类	定义	主要标准	适用范围	处理工艺
地下水	自然埋藏在地层中的水，经过土壤与岩层过滤	GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》	城市自备井、小城镇集中供水、瓶装水	除铁、除锰、软化、消毒
地表水	自然分布于地表的水，如河流、湖泊、溪流等	GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》	城市自来水供水	混凝—沉淀、过滤、消毒
海水淡化	通过技术去除海水中的盐分与杂质	GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》	沿海城市水源补充	反渗透、蒸馏、再矿化

2.1.1 地下水

地下水是指埋藏于地表以下含水层中的自然水体，由降水、河水入渗以及灌溉回渗等途径补给，并在地层孔隙、裂隙或岩溶空隙中储存与运移。根据其赋存环境，地下水可分为孔隙水、裂隙水和岩溶水等类型，以孔隙水最为常见。地下水在地下介质中流动缓慢，通常经历长距离的渗透与矿物接触，其水质较稳定。由于地下水在形成过程中经过土壤、砂层及岩层的自然过滤，其物理和微生物指标通常优于地表水。地下水化学成分相对稳定，主要呈现为钙镁型、碳酸氢盐型等水化学类型，不易随季节发生大幅变化。此外，由于矿物溶解作用，地下水中往往含有较高的钙、镁、氟、铁、锰等离子，因此在一些地区会出现硬度偏高、铁锰超标或氟含量升高等特征性问题（World Health Organization, 2026）。

地下水常作为城市自备井、小城镇集中供水、瓶装水和天然矿泉水的重要水源。在具备良好保护的条件下，地下水处理工艺相对简单，主要包括除铁、除锰、软化处理及消毒等。

2.1.2 地表水

地表水是分布于地球表面的天然水体，包括河流、湖泊、水库、溪流、冰雪融水等，其主要来源为降雨径流、融雪补给以及一定比例的地下水回补。由于暴露于地表环境，地表水水质受外部环境变化和人类活动影响较大，通常表现为浊度较高、微生物含量较高、水质波动较明显。河流和水库还易受泥沙、降雨径流和生物活动影响，受气候、降水、藻类生长及上游污染排放影响显著。有机污染风险高：城市径流、农业面源污染（氮磷）、工业排放等均可能影响水体质量。富营养化问题突出：湖泊和静水水库中氮、磷含量过高易导致藻华，影响供水安全和口感。

相较于地下水，地表水更易受到外界污染与水质波动影响，因此在实际供水工程中往往需要采用更为完善的处理工艺，包括混凝—沉淀、过滤、消毒等常规工艺，并在必要时增加臭氧氧化、活性炭吸附或膜过滤等深度处理手段，以确保出水水质稳定达标。在我国多数城市中，地表水仍是集中式供水的主要来源，其水量充足、补给速度快，有利于城市大规模供水系统的运行。然而，地表水污染风险较高，须严格执行饮用水水源保护区划定及污染防控要求，以降低水质波动对供水安全的影响（环境保护部，2018）。

2.1.3 海水淡化

海水淡化是指采用物理或化学技术将海水或咸水中的盐分和其他杂质去除，以获得可直接饮用或可作为自来水原水的淡水资源。作为一种典型的非常规供水方式，海水淡化在沿海城市水资源紧缺的背景下被广泛应用，已成为缓解淡水不足的重要手段。其原水主要来自海洋或沿海地区的含咸地下水，具有盐度高、溶解性固体含量大、溴和硼浓度较高等特征，因此在处理过程与水质控制方面与传统的地表水和地下水存在显著差异（Greenlee et al., 2009）。

目前常用的海水淡化技术包括反渗透（reverse osmosis, RO）和热法蒸馏（如多级闪蒸、多效蒸馏等），其中反渗透技术因能耗相对较低而应用最为广泛。在淡化处理前，需进行预处理以去除悬浮物、微生物及可导致膜污染的物质；淡化后通常需进行再矿化处理，通过补充钙、镁等矿物质提升水的硬度、碱度和稳定性，以减少水的腐蚀性并改善口感。此外，由于海水中溴离子含量较高，在消毒过程中可能形成溴代消毒副产物，因此在海水淡化水的消毒与安全管理中，应严格控制消毒剂投加量，并防范副产物的生成风险（World Health Organization, 2026）。

从水质特征看，海水淡化水通常矿物质含量较低、硬度偏小、缓冲能力较弱。需要注意的是，海水淡化水与一般意义上的“低矿化度水”并不完全等同，长期饮用未经充分再矿化的海水淡化水，可能具有一定健康隐患，包括对心血管系统和骨骼发育的影响。因此，WHO 建议对海水淡化饮用水进行适当的再矿化和稳定化处理。海水中硼含量较高，而反渗透工艺对硼的去除率有限，若运行管理不当，海水淡化水中硼可能出现超标风险，因此硼含量被视为淡化水水质安全的重要指标之一。在我国沿海地区，海水淡化已逐步从工业补水扩展至部分城市生活

饮用水领域，相关工程通常需要根据 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》开展卫生学评价，以确保海水淡化水在处理、储存和输配全过程中的卫生安全。

2.2 自来水

自来水通常指以地表水或地下水为水源，经城镇供水厂净化与消毒处理后，通过输配水管网连续供给用户的集中式生活饮用水。其水质控制目标一般包括：满足卫生学限值（如 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》）与健康风险控制（WHO《饮用水水质准则》提出的“多重屏障”思路等），并兼顾色度、嗅味、浑浊度等感官可接受性。

2.2.1 常规制水工艺与初步过滤（预处理）

城镇供水厂的制水工序通常由若干单元过程构成，可概括为：取水—初步过滤 / 预处理—混凝 / 絮凝—沉淀或澄清—过滤—消毒—清水池—输配水。行业规程对“净化工序”的表述一般也包含混凝、沉淀或澄清、过滤、消毒等单元。

（1）初步过滤 / 预处理的内容与作用

取水口拦污与粗颗粒去除：原水进入水厂或取水泵房前，通常先通过格栅、格网、旋转滤网等设施拦截树枝、塑料、杂草等较大漂浮物，减少堵塞与磨损风险，属于典型的“初步过滤 / 拦污”环节（Crittenden et al., 2012）。

预沉与沉砂等预处理：对于含泥沙或季节性高浊度原水，可设置自然预沉（预沉池）、沉砂池等，优先去除可沉颗粒和沙粒，降低后续混凝 / 絮凝、沉淀或澄清、过滤单元负荷，提升工艺稳定性。

初步过滤 / 预处理的作用主要是去除较大颗粒物、可沉固体和沙粒，降低后续处理单元的运行负荷，并提高系统稳定性。

（2）常规过滤与消毒（与初步过滤的衔接）

在完成前端预处理后，多数城镇水厂仍以“混凝 / 絮凝—沉淀或澄清—过滤”为核心路线。

混凝 / 絮凝—沉淀或澄清：通过投加混凝剂形成絮体并沉降，去除胶体与悬浮物，是控制浊度和降低微生物 / 有机前体物的重要步骤。

过滤（如快速过滤）：进一步截留细小悬浮物与残余絮体，提高出水澄清度并强化颗粒相关微生物去除。

消毒：常用氯（或其他消毒方式）实现微生物灭活，并在管网中保持一定消毒剂余量以降低二次污染风险（但需关注消毒副产物的生成与控制）。

2.2.2 超滤工艺

超滤 (ultrafiltration, UF) 属于低压膜分离, 在压力差驱动下, 水透过膜孔, 污染物被截留。美国水行业协会 (American Water Works Association, AWWA) 的相关手册指出, 微滤 (microfiltration, MF) /UF 与常规“以混凝为基础的介质过滤”相比, 重要特征是通过物理去除 (尺寸排除) 实现分离, 且膜孔径更均一, 因而对目标粒径颗粒 / 微生物可实现更“绝对”的截留效果; 自 20 世纪 90 年代以来低压中空纤维 MF/UF 在饮用水领域应用增长很快 (American Water Works Association, 2011)。

在微生物控制方面, 有综述指出: UF 通常可有效去除细菌和部分病毒, 但病毒去除能力取决于膜孔径、膜完整性、运行条件和污染状态; 进入输配系统后, 通常仍需与消毒及余氯管理措施配合; UF 通常为低压过程 (典型 1~5 bar^①), 能耗显著低于纳滤 / 反渗透。

(1) 水厂层面的 UF: 深度处理或替代过滤

在城镇供水厂中, UF 可作为深度处理单元或在一定条件下替代部分常规过滤环节, 常见组合思路如下:

格栅 / 格网等初步过滤 → 预沉 / 沉砂 (可选) → 混凝 / 微絮凝 (可选, 视原水而定) → 超滤 → 消毒 → 输配水。

其中, 前端“初步过滤 / 预处理”的意义在于: 减少大颗粒与砂粒进入膜系统, 降低膜污染 (fouling) 与堵塞风险, 提升运行稳定性 (Crittenden et al., 2012)。

UF 工艺主要用于强化颗粒物和微生物去除, 但进入输配系统后仍需结合消毒和余氯管理控制二次污染风险。

(2) 用户端“净水”: 超滤净水器的典型工艺

在家庭 / 末端, “净水”常指通过家用装置改善自来水水质 (口感、浊度、异味、部分微生物风险等)。GB/T 30307—2023《家用和类似用途饮用水处理装置》对“饮用水处理装置”给出了定义: 以市政自来水或其他集中式供水为原水, 由一个或若干个饮用水处理滤芯组成的能改善水质的系统; 并明确“超滤净水器”是以超滤膜滤芯为核心处理元件的饮用水处理装置。该标准将饮用水处理装置划分为一般水质处理器与纯净水处理器两大类, 这也对应了 UF 与 RO/NF (纳滤, nanofiltration) 在“去除对象”上的差异。

UF (一般水质处理): 更擅长去除悬浮物、胶体、部分微生物与大分子有机物。

RO/NF (纯净水处理): 对溶解性盐类与小分子污染物去除能力更强。

在末端净水装置中, 常见工艺组合包括前置粗滤、超滤膜和活性炭等单元。其中, 前置粗滤用于拦截泥沙、铁锈等颗粒物, 超滤主要用于去除悬浮物和部分微生物, 活性炭则主要用于改善余氯和异味 (Crittenden et al., 2012)。

^① 1 bar=100 kPa。

2.3 直饮水

2.3.1 天然饮用水

天然饮用水和山泉水通常强调尽可能保留水源的天然特征，同时通过必要的处理工艺保障饮用安全，其水源多来自受保护的地表泉水、山泉水或地下水。其处理工艺以物理方法为主，主要包括多级过滤（如砂滤、精密过滤、超滤等），旨在去除水中的悬浮物、泥沙、藻类及大分子有机物。在消毒环节，为规避氯消毒可能带来的异臭味，普遍采用臭氧消毒或紫外线消毒等非氯消毒方式。在水处理过程中，还需考虑原水中潜在的有益矿物质及其对水质稳定性的影响。WHO 指出，处理过程（包括某些膜过滤和再矿化工艺）会改变水的矿物质组成，因此选择合适的处理组合不仅是去除污染物，还需在保障水质安全的同时尽可能保留或调节对人体有益的矿物质成分（Cotruvo et al., 2009）。

天然饮用水的核心价值在于，在全面保障生物安全性的前提下，完整保留水体流经特定地层时自然溶入的钾、钙、镁等天然矿物质成分。其水质指标与感官体验（如口感、清甜度）均与水源地的地质构造、岩层组成密切相关。

2.3.2 天然矿泉水

天然矿泉水是来自地下深处、未受污染的地下矿水，其定义和品质由特定的地质条件决定。根据国家标准 GB 8537—2018《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》，其水源必须是地下深处自然涌出或经钻孔采集的、含有一定量矿物质和微量元素的水。水源地需获得国家颁发的采矿许可，并实施严格的水源防护。在工艺上，允许通过曝气、沉淀、过滤等方式去除水中不稳定的铁、锰化合物或悬浮固体，但标准明确规定，不得改变饮用天然矿泉水的初始水源水特征组分，即禁止使用反渗透、电渗析等技术去除水中的矿物盐。最终产品采用无菌灌装技术，确保从生产到灌装的全过程无二次污染。因此，天然矿泉水的标志性特征是其含有特定、稳定且源自天然的矿物元素（如锂、锶、偏硅酸等）（国家卫生健康委员会等，2018）。

2.3.3 纯净水

纯净水指通过深度净化工艺，几乎去除了水中所有杂质和矿物质的一类包装饮用水。其水源多为符合卫生标准的自来水或其他公共供水系统的水。其核心处理技术是反渗透，该技术利用高压使水分子逆向渗透通过具有选择性的半透膜，从而高效截留细菌、病毒、重金属离子、无机盐及有机污染物等绝大多数溶解性与非溶解性物质。此外，工业生产中也可能辅以蒸馏

(通过汽化与冷凝实现纯化)或去离子(利用离子交换树脂去除离子态杂质)等技术来制备纯净水(Crittenden et al., 2012)。

WHO 的相关报告指出,去除矿物质的处理工艺(如反渗透等膜过程)会显著改变水的矿物质组成,不仅影响水质稳定性,还可能对饮用水中矿物质的营养贡献产生影响,因此在技术设计和应用时需权衡安全性与营养成分保留问题(World Health Organization, 2005)。

2.3.4 矿化水

矿化水通常是以深度净化水(如反渗透、蒸馏或去离子处理后的水)为基础,通过有控制地向净化水中添加适量的矿物盐类/电解质成分改善矿化度与感官特性的水,使其更符合消费者的饮用习惯和感官偏好。深度净化阶段核心采用反渗透膜技术,通过半透膜在高压下截留大部分溶解性与非溶解性杂质,包括无机盐、微生物及有机物,从而使出水水质纯净但矿物质含量极低。矿化水工艺的关键步骤是矿物质添加,即在净化水出水端通过矿化介质或矿化盐溶液等方式将钙、镁、钾、碳酸盐等离子重新加入水体,以提升水的矿化度、提高 pH、改善口味并增强产品整体感官性能,这一步通常通过矿物质滤芯、矿化接触床或定量添加设备实现。矿化过程中常用的添加介质包括碳酸钙、碳酸镁/多洛石,以及其他食品级矿物质配料,通过水流与矿化介质的接触释放矿物离子,使矿化水的溶解性总固体(total dissolved solids, TDS)与电导率、酸碱度等指标达到设计要求,同时避免过度酸性水对管材腐蚀等问题(World Health Organization, 2026)。

矿物质添加不仅能改善水的基本风味,还能显著提升水在冲泡茶叶、咖啡及烹饪等应用场景中的感官表现,使风味更加丰富、均衡。添加钙、镁、钾等矿物质,不仅改善口感,还为饮用者提供膳食矿物质补充,长期饮用低矿物质水的人群尤其受益(Hendon et al., 2014)。微量元素如硒(Se)和锶(Sr)可进一步增强水的矿物平衡,但不作为药理保健主张(国家标准 GB 8537—2018)。矿化后的水矿物组成更接近天然水状态,并符合 GB 19298—2014《包装饮用水卫生标准》对矿化度、矿物质含量及标签标识的要求。

在家庭直饮水场景下,用户获取安全直饮水的常见途径是使用家用净水器。家用净水器通常由多个滤芯串联组成,以实现从悬浮物去除到深度净化再到口感改善的完整处理过程。首先,聚丙烯(PP)棉滤芯作为前置粗过滤阶段,可物理去除水中的泥沙、铁锈、悬浮物等大颗粒杂质,有效保护后续滤芯和延长系统寿命;其次,活性炭滤芯利用其多孔结构吸附余氯、异色、异味及有机污染物,初步改善水的感官品质并降低对膜元件的腐蚀风险;其后若采用反渗透(RO)膜,这一核心膜元件具有极高的过滤精度(约 0.000 1 μm),能进一步截留溶解性固体、重金属、细菌等微小污染物,输出高纯度净水;最终,后置活性炭滤芯作为去除新污染物和有机污染物的重要单元,可进一步吸附微量有机污染物、降低潜在污染风险,并改善出水口感。

值得注意的是,RO 膜深度净化虽然确保了高水质安全性,但同时也去除了部分天然矿物

质成分，使出水矿化度较低，因此部分家用净水器系统或成品矿化水产品会针对这一特点进行矿物质补充或优化设计。

需要对矿化水与天然矿泉水做清晰区分。天然矿泉水的矿物质与微量成分主要来源于受保护的地下含水层，其化学成分、流量、水温等动态指标在天然周期波动范围内相对稳定；标准对天然矿泉水的加工处理有明确限制，强调在不改变水源水基本特性和主要成分含量的前提下，允许的工艺处理范围相对受限（如曝气、倾析、过滤等）。FAO/WHO 食品法典委员会（Codex Alimentarius Commission, CAC）对天然矿泉水的定义同样强调其地下水源属性、相对稳定的矿物盐比例以及受限处理原则。因此，天然矿泉水是“水源决定矿物组成”，而矿化水是“工艺 / 配方决定矿物组成”，二者都可能含矿物质，但产品属性、合规边界与标签识别路径不同（Codex Alimentarius Commission, 2019）。

2.3.5 其他饮用水

（1）富硒水、富锶水

市场上所谓富硒水、富锶水，通常是指天然矿泉水中某些特征性元素达到相关标准规定的界限指标。从国家标准看，GB 8537—2018《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》对饮用天然矿泉水的界限指标作出了规定。饮用天然矿泉水应至少有一项界限指标符合要求，其中锶不低于 0.20 mg/L，硒不低于 0.01 mg/L，硒还应符合相应限量要求。也就是说，对于饮用天然矿泉水而言，“含有锶”或“检出硒”并不必然等同于达到标准规定的界限指标，是否可以作为相应特征性指标进行标示，还需结合检测结果、执行标准和标签要求进行判断。

从团体标准看，近年来市场上也出现了与天然含硒水、天然含锶水、富锶包装饮用天然水、富有机硒营养元素水等相关的团体标准。例如，T/HBSX 001—2024《天然含硒包装饮用水》、T/HBSX 002—2024《天然含锶包装饮用水》、T/YNA 001—2023《富锶包装饮用天然水》、T/CHYY 012—2023《富有机硒营养元素水质量规范》等，均体现出饮用水产品在特征性矿物元素方向上的细分探索。这类标准可作为相关产品质量控制、标签标示和市场规范的参考，但其适用范围、技术要求和标准属性与国家食品安全标准并不完全相同，使用时应注意区分。

（2）凉白开（熟水）

“凉白开 / 白开水”在瓶装领域往往对应“熟水饮用水”这一行业团体标准体系，以符合 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》原料要求的水，经不低于 100℃ 加热杀菌等工序制成。标准允许使用不致误解的通俗名称，如凉白开、白开水、开水、沸水等。

（3）富氢水

富氢水是溶解有一定量分子氢（H₂）的饮用水，通常可通过直接溶氢、电解制氢、微细

气泡等方式制备。由于氢气在水中的溶解度较低，且溶解态氢容易随储存、开封和放置过程逸散，因此富氢水中的实际氢含量会受到制备方式、包装材料、储存条件及放置时间等因素影响。GB/T 46918.2—2025 相关技术资料指出，常规条件下氢气在水中的饱和浓度约为 1.6 mg/L，近年来微细气泡和超细气泡技术被用于改善氢气在液体中的分散和稳定性（国家市场监督管理总局 等，2025）。

近年来，围绕富氢水及分子氢生物学效应的研究逐渐增多，涉及氧化应激、炎症反应、代谢调节及运动相关指标等多个方向。Dhillon 等（2024）对现有富氢水人体研究进行系统综述，共纳入 25 项研究，部分研究观察到其在运动能力、氧化应激、心血管及代谢相关指标等方面可能存在一定作用，但不同研究在受试人群、氢浓度、摄入剂量、干预时间和评价指标等方面差异较大。总体而言，目前富氢水的潜在健康效应仍处于研究和探索阶段，尚需更多大样本、高质量随机对照试验和长期随访研究进一步验证（Dhillon et al., 2024）。

在制氢设备方面，2026 年 2 月 12 日，民政部发布《中国康复辅助器具目录（2026 年版）》，正式将“供氢器”（包括富氢水机）纳入“个人医疗辅助器具”范畴，预期用途包括适用于压疮、微循环障碍、长期卧床导致的便秘、口腔炎症等人群，认为其具有抗氧化、抗炎、改善代谢等作用。为此类设备的分类和应用管理提供了依据。

在检测技术方面，2026 年 7 月 1 日起实施的 GB/T 46918.2—2025《微细气泡技术 水中微细气泡分散体系气体含量的测量方法 第 2 部分：氢气含量》规定了微细气泡分散液中分子氢含量的测量程序，适用于采用滴定法和气相色谱法测定超细气泡分散液中的氢气含量，微气泡分散液也可参照使用（国家市场监督管理总局 等，2025）。

（4）富氧水

富氧水是“提高溶解氧”的营销概念之一。科学辟谣平台指出：即使密封加压能提高溶解氧，开瓶后氧气也会释放；并且靠喝水补氧本身就不成立（人体补氧主要依赖呼吸系统）。富氧水的理论基础是增加口服时的溶解氧摄入，但从人体生理来看，机体补氧主要依赖呼吸系统与血红蛋白携氧，水中少量溶解氧对全身氧输送的理论贡献有限。现有研究中，个别小样本试验曾观察到在特定低氧运动情境下，对血氧饱和度下降有一定缓解，但对运动表现、心肺反应或代谢指标的改善并不一致。2024 年一项系统综述也指出，与普通矿泉水相比，氧化 / 富氧饮用水尚未显示稳定、额外的健康获益（Sunardi et al., 2024）。因此，“靠喝水补氧”不宜作确定性健康表述，其潜在作用及适用场景仍需更大样本、设计更严格的人体研究证实。

（5）弱碱水

“弱碱”常用来暗示“改善酸性体质”。但一方面，生活饮用水 pH 本就要求控制在 6.5～8.5（满足管网与感官 / 腐蚀控制等需要，并非“保健指向”）。另一方面，“酸性体质”类说法长期被科普与辟谣文章反复否定，饮水难以改变人体稳定的酸碱平衡。现有证据尚不支持饮用弱碱水能够显著改变人体酸碱平衡。人体酸碱稳态主要依靠呼吸系统调节 CO₂ 排出和肾脏

对酸碱的重吸收 / 排泄维持，正常情况下饮水难以根本改变血液等内环境稳定的 pH。现有系统研究同样未证明弱碱水相较普通矿泉水具有稳定、额外的健康效应（Sunardi et al., 2024）。因此，弱碱水更适合作为水质特征或感官 / 工艺属性描述，但不宜延伸为“改善酸性体质”等确定性健康结论。相关健康主张仍需高质量临床证据支持。

（6）低氘水

低氘水（deuterium depleted water, DDW）属于“同位素组成”差异产品，有一些研究与综述在讨论其潜在机制与应用前景，尤其是针对肿瘤辅助方向的系统综述。

近年来文献主要从氘 / 氢比例变化对线粒体能量代谢、活性氧平衡、细胞增殖 / 凋亡及信号转导的影响来解释其潜在生物学作用，在肿瘤辅助治疗方向讨论较多（Lu et al., 2024; Korchinsky et al., 2024）。但必须指出，这一领域目前仍以细胞、动物实验和有限临床研究为主；2024 年的系统综述认为，DDW 在肿瘤治疗中的应用具有探索价值，但总体临床证据仍然有限，尚不足以外推为一般人群的确定性健康获益。

（7）不合规 / 已被多次辟谣的概念：功能水、磁化水、小分子水

对包装饮用水而言，国家卫生健康主管部门在 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》问答中明确指出，产品名称不得标注活化水、小分子团水、功能水、能量水等非科学或易误导的名称。

对净水器等涉水产品而言，《涉及饮用水卫生安全产品标签说明书管理规范》进一步明确不得标注误导性内容，并直接列举了小分子团水、功能水等表述。

磁化水虽在《涉及饮用水卫生安全产品标签说明书管理规范》中未被提及，但其常见宣传往往暗示防治疾病、夸大误导，常常被专业人士公开辟谣。

2.4 饮用水相关标准

饮用水质量控制主要包括健康风险控制、感官性状控制以及从水源到末梢水的全过程管理。国际上以 WHO《饮用水水质准则》为代表，强调基于危害识别与风险管理的“从水源到龙头”水安全计划（Water Safety Plans），并配套健康相关限值与监测 / 监督框架。我国饮用水相关标准主要包括生活饮用水卫生标准、包装饮用水标准、饮用天然矿泉水标准，以及家用净水与涉水产品相关技术标准（国家市场监督管理总局 等，2023）。

（1）国际标准

WHO《饮用水水质准则》（GDWQ）是许多国家制定饮用水法规和限值的重要参考。该准则不仅提出了相关指标限值，还强调通过健康基础目标、水安全计划和独立监督等措施开展

风险控制，并将微生物、化学、放射性以及味、嗅、外观等可接受性问题纳入统一管理框架。WHO 于 2022 年发布的第四版及其增补内容，对部分化学危害的指导值和相关技术要点作了更新，并进一步强调了不同情境下的风险管理要求。在天然矿泉水领域，FAO/WHO 食品法典委员会的 CXS 108-1981《天然矿泉水法典标准》适用于作为食品销售的包装天然矿泉水，并经历多次修订与修正（如 1997 年、2008 年修订，2019 年等修正），对定义、允许处理、卫生与标识等提出原则性要求。

（2）生活饮用水卫生标准

我国生活饮用水执行 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》，适用于各类生活饮用水，并对水质要求、水源水质要求、集中式供水与二次供水卫生要求、涉水产品卫生要求及检验方法等作出规定。该标准于 2022 年发布、2023 年 4 月 1 日实施，标准状态为现行。

在指标体系上，GB 5749—2022 将水质指标分为常规指标与扩展指标：水质指标由 2006 版的 106 项调整为 97 项（其中常规指标 43 项、扩展指标 54 项），并在附录中给出水质参考指标用于补充评价。从控制目标看，标准强调生活饮用水应满足：不含致病性微生物、化学与放射性物质不危害健康、感官性状良好，并应进行消毒处理，同时对出厂水与末梢水的消毒剂限值 / 余量提出要求。

此外，GB 5749—2022 对饮用水从水源、处理到输配和末梢的全过程均提出了要求。对于采用地表水或地下水作为水源的情况，标准分别规定了相应的基础水质要求；当水源水质不能满足要求时，应采取相应净化工艺，并确保处理后的水质符合此标准。这一要求与 WHO 提出的多重屏障和风险管理原则基本一致（World Health Organization, 2026）。

（3）包装饮用水与饮用天然矿泉水标准

包装饮用水属于食品安全国家标准管理范畴。GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》适用于可直接饮用的包装饮用水（不适用于饮用天然矿泉水）。国家卫生健康委员会对该标准的问答文件明确指出：

原料来源于公共供水系统的，应符合 GB 5749 要求；非公共供水系统水源需分别满足地表水 / 地下水相关基础要求，经处理后水质应达到 GB 5749 要求。

名称与标识应真实、科学，不得以水以外成分命名；产品名称不得标注“活化水”“小分子团水”“功能水”“能量水”等不科学内容。

从监管与产品归类角度，矿化水一般纳入包装饮用水范畴管理，主要依据 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》。国家卫生健康主管部门对 GB 19298—2014 的官方问答中明确：当产品中添加使用硫酸镁、硫酸锌、氯化钙、氯化钾等食品添加剂用于调节口味时，需要在产品名称的邻近位置标示“添加食品添加剂用于调节口味”等类似字样。因此，这类加矿或通过添加矿物质调节口感的产品，在标签标识上通常按“用于调节口味”进行说明。

天然矿泉水执行 GB 8537—2018《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》，强调水源应来自

地下深处自然涌出或钻井采集，具有一定矿物质 / 微量元素等特征，且在防护条件下其化学成分、流量、水温等在天然波动范围内相对稳定。该类标准通常还对允许的加工处理方式、界限指标 / 限量指标、微生物等提出要求，用于与一般包装饮用水区分。

（4）家用净水与涉水产品相关标准

除水质标准外，家用净水产品也有对应标准体系。GB/T 30307—2023《家用和类似用途饮用水处理装置》对家用饮水处理装置的术语、分类与要求进行规范。该标准于 2023 年发布、2024 年 4 月 1 日实施，现行有效。

GB/T 17219—2025《生活饮用水输配水设备、防护材料及水处理材料卫生安全评价》对输配水设备、输配水材料等的卫生安全性评价提出了相关原则和要求，用于保障饮用水在处理和输配过程中的安全性。

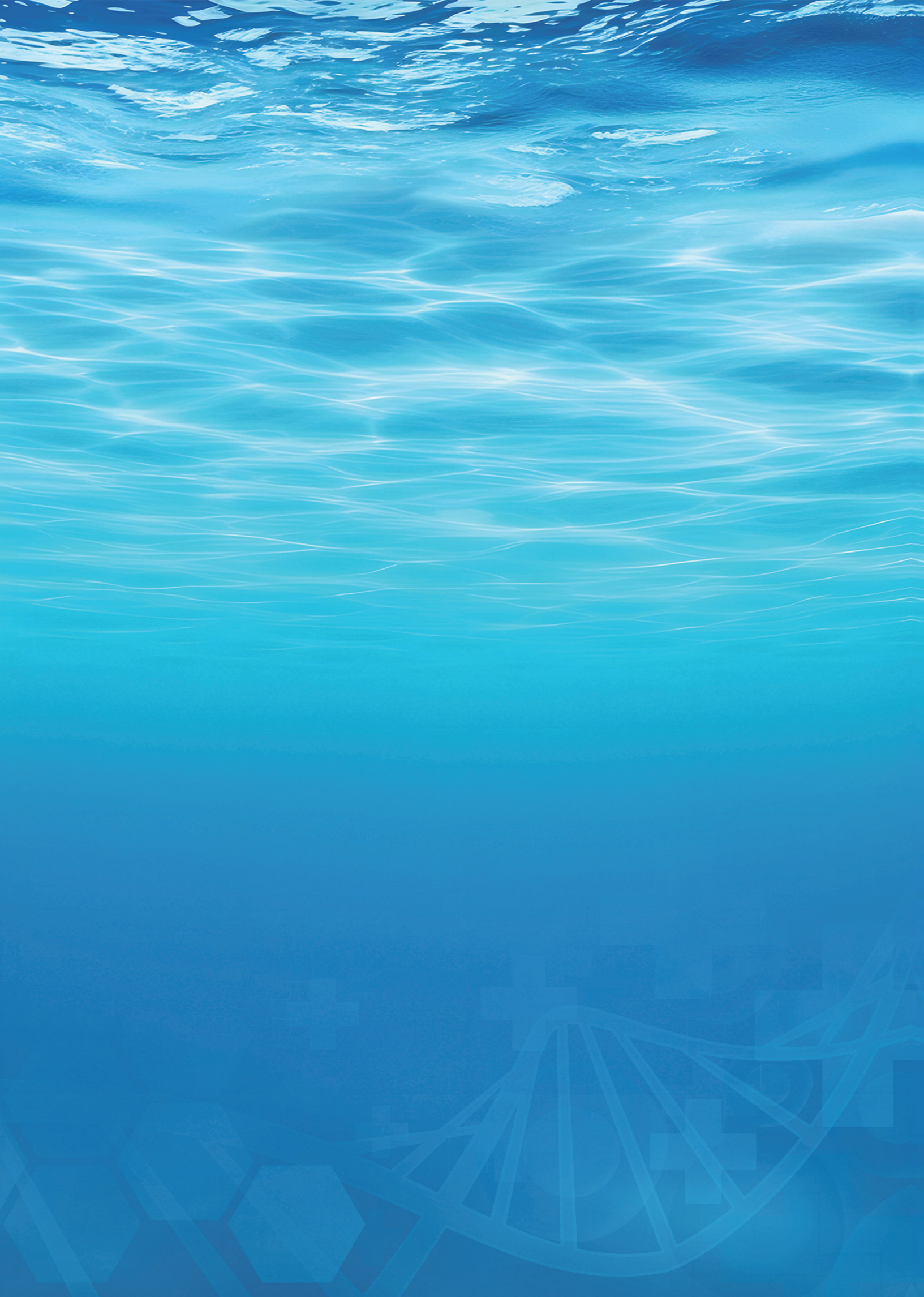
（5）饮用水标准发展需求

在现行饮用水相关标准体系下（如生活饮用水、包装饮用水、饮用天然矿泉水等），我国已基本建立了覆盖“安全底线—产品类别—检测方法”的标准框架，但从消费与产业发展趋势来看，标准体系仍存在一定不足，尤其在“矿化水 / 回矿水 / 配方水”等新兴品类方面尚缺乏专门、统一的标准与术语边界。一方面，现有标准更擅长回答“水是否安全、属于哪一类”，但对“矿物组成如何设定、矿化度窗口如何标注、离子比例（如 Ca/Mg）如何管理、适用场景如何界定”等与品质和功能诉求直接相关的问题规定较少；另一方面，新品类在市场端快速增长（如泡茶水、咖啡水、婴幼儿用水、低钠水等），其核心卖点往往是“通过定向矿化实现口感与场景适配”，但目前缺少可对照的国家 / 行业层级标准来统一概念、约束宣传边界、规定关键指标（溶解性总固体 / 硬度 / 碱度 / 关键离子范围、标识要求、检测与一致性控制等），容易导致产品定义混乱、指标不可比、质量一致性难验证，甚至出现以概念包装替代科学指标的情况。总体而言，现行标准体系在安全合规层面较为完整，但在矿化饮用水这一方向仍存在明显空白。相关研究虽在持续深入，未来有望形成更多科学证据和评价依据，但当前法规和标准体系仍相对滞后，尤其是在新兴品类的方面从监管与产品归类角度，矿化水一般纳入包装饮用水范畴管理，主要依据 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》。国家卫生健康主管部门对 GB 19298—2014 的官方问答中明确：当产品中添加使用硫酸镁、硫酸锌、氯化钙、氯化钾等食品添加剂用于调节口味时，需要在产品名称的邻近位置标示“添加食品添加剂用于调节口味”等类似字样。因此，这类加矿或通过添加矿物质调节口感的产品，在标签标识上通常按“用于调节口味”进行说明（国家市场监督管理总局 等，2023）。

因此，后续有必要在这些方面加以完善，以更好支撑高品质与场景化饮水需求的发展。

参考文献

- 环境保护部, 2018. 饮用水水源保护区划分技术规范: HJ 338—2018[S]. 北京: 中国环境出版社.
- 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2023. 家用和类似用途饮用水处理装置: GB/T 30307—2023[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 2025. 微细气泡技术 水中微细气泡分散体系气体含量的测量方法 第2部分: 氢气含量: GB/T 46918.2—2025[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局, 2018. 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水: GB 8537—2018[S]. 北京: 中国标准出版社.
- American Water Works Association, 2011. Water quality & treatment: a handbook on drinking water [M]. 6th ed. Edzwald J K. New York: McGraw-Hill.
- Codex Alimentarius Commission, 2019. Standard for natural mineral waters: CXS 108-1981 [S]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.
- Cotruvo J A, Bartram J, 2009. Calcium and magnesium in drinking-water: public health significance [M]. Geneva: World Health Organization.
- Crittenden J C, Trussell R R, Hand D W, et al., 2012. MWH's water treatment: principles and design [M]. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118131473.
- Dhillon G, Buddhavarapu V, Grewal H, et al., 2024. Hydrogen water: extra healthy or a hoax?—A systematic review [J/OL]. International Journal of Molecular Sciences, 25(2): 973. DOI: 10.3390/ijms25020973.
- Greenlee L F, Lawler D F, Freeman B D, et al., 2009. Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges [J/OL]. Water Research, 43(9): 2317-2348. DOI: 10.1016/j.watres.2009.03.010.
- Hendon C H, Colonna-Dashwood L, Colonna-Dashwood M, 2014. The role of dissolved cations in coffee extraction [J/OL]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(21): 4947-4950. DOI: 10.1021/jf501687c.
- Korchinsky N, Davis A M, Boros L G, 2024. Nutritional deuterium depletion and health: a scoping review [J/OL]. Metabolomics, 20: 117. DOI: 10.1007/s11306-024-02173-4.
- Lu Y, Chen H, 2024. Deuterium-depleted water in cancer therapy: a systematic review of clinical and experimental trials [J/OL]. Nutrients, 16(9): 1397. DOI: 10.3390/nu16091397.
- Sunardi D, Chandra D N, Medise B E, et al., 2024. Health effects of alkaline, oxygenated, and demineralized water compared to mineral water among healthy population: a systematic review [J/OL]. Reviews on Environmental Health, 39(2): 339-349. DOI: 10.1515/reveh-2022-0057.
- World Health Organization, 2005. Nutrients in drinking water [M]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda [M]. Geneva: World Health Organization.





第三章

饮用水与健康

3.1 水的生理功能

水不仅是构成人体的重要成分，而且发挥着多种生理功能，对于维持生命和健康具有重要作用。《中国居民膳食营养素参考摄入量（2023 版）》系统总结了水的生理功能，可归纳为以下 5 个方面。

（1）人体组成成分

水是人体保持细胞形状和构成体液必需的物质。体液，包括血浆、组织间液及细胞内液，通过溶质的渗透作用维持着动态平衡。细胞内液和细胞外液的渗透压平衡，主要依靠水分子在细胞内外的自由渗透。细胞内液与细胞外液的电解质中阴离子和阳离子的平衡主要依靠电解质的活动和交换来维持。若外界溶液浓度低于细胞质浓度，细胞会不断吸收水分，一旦超过细胞膜的伸缩极限，细胞就会出现破裂；反之若外界溶液浓度高于细胞质浓度，细胞则会失水皱缩甚至死亡。人体内绝大多数细胞并不与外界直接接触，而是浸浴于机体内部的细胞外液中（朱大年，2020）。

水广泛分布在人体组织、细胞内外，构成人体的内环境。各组织器官的含水量不同，其中，血液含水量最高，脂肪组织最低。人体内所有水分的总和称为总体水含量。总体水含量受年龄、性别等因素的影响。新生儿总体水含量最多，占体重的 75%~80%；婴幼儿次之，约占体重的 70%；随着年龄的增长，总体水含量逐渐减少；成年人总体水含量为体重的 50%~60%，男性略高于女性；40 岁以后随着肌肉组织含量的减少，人体水含量逐渐下降，一般 50 岁以上男性约为体重的 56%，女性约为 47%。此外，总体水含量还随机体脂肪含量的增多而减少，因为脂肪组织含水量较低，仅为 10% 左右，而肌肉组织含水量较高，可达 75%~80%（中国营养学会，2023）。

（2）新陈代谢的介质

水作为人体内含量最高的基础化学成分，是新陈代谢过程不可或缺的物质，通过参与反应、介导转运、调节稳态及发挥理化特性等多维度作用，为人体各类生理生化过程的有序进行提供关键支撑。

首先，水是人体绝大多数生化反应的核心参与者与天然溶剂。人体细胞内的大部分代谢反应均在水相环境中进行，营养物质、代谢底物及酶需在水中溶解或分散后才能发生正常的生化转化。水的强极性使其能有效溶解矿物质、糖类、氨基酸及多种代谢中间体，为糖、脂肪及蛋白质等代谢过程提供稳定的微环境（中国营养学会，2023）。

其次，水是体内物质转运与代谢废物排泄的关键介质。血液、淋巴液和组织液以水为主要成分，这使其能够作为载体输送营养物质到达细胞，并将代谢废物转运至排泄器官。能量代谢过程中形成的二氧化碳依赖血浆中的水形成碳酸氢盐体系进行转运，而尿素、肌酐等含氮代谢

产物也需以水溶形式经肾脏排出体外，从而维持体内代谢的动态平衡。

再次，水通过维持内环境稳态发挥代谢调节核心作用。人体许多代谢酶对温度和渗透压极为敏感，水通过调节体液稀释度、维持渗透压平衡及细胞内外环境稳定性，为代谢反应创造适宜条件。水的高比热特性有助于维持人体代谢所需的恒定温度，而适当的水合作用亦能保持细胞体积、离子梯度与酸碱平衡，从而保证能量代谢和物质代谢的正常运行（Popkin et al., 2010）。

最后，水的理化特性为新陈代谢全程提供综合支撑。水兼具强溶解力与电解力，可使水溶性物质以溶解态或电解质离子态存在，既作为生化反应的原料参与过程，也作为反应产物参与代谢循环。同时，水的高流动性可加速消化、吸收、循环、排泄等生理过程，使人体内新陈代谢和生理化学反应得以正常进行（中国营养学会，2023）。

（3）维持体液正常渗透压及电解质平衡

水在维持人体体液渗透压与电解质平衡中发挥着基础性调节作用，是保证细胞正常功能和代谢活动顺利进行的关键因素。

首先，水构成了体液的主要部分，其在细胞内液与细胞外液之间的动态分布决定了体液渗透压的稳定性。细胞内液水含量约为总体水含量的 2/3，细胞外液约为 1/3，包括组织液、血浆、淋巴和脑脊液等。正常情况下细胞膜对水具有高度通透性，水分子可根据渗透压梯度通过渗透作用自由移动，以保持细胞体积和细胞内环境的相对恒定。当体液渗透压升高时，机体会通过口渴反应增加水摄入，并通过抗利尿激素（antidiuretic hormone, ADH）促进肾脏对水的重吸收，从而恢复渗透压平衡。

其次，水是电解质溶解、扩散和运输的介质。体液中的钠、钾、氯、碳酸氢根等主要离子均依赖水介质维持适当浓度，以支持神经冲动传导、肌肉收缩和酸碱平衡调节等关键生理过程。其中，细胞外液中钠离子浓度对总体渗透压起主导作用，而细胞内液中的钾离子则维持细胞膜电位与细胞代谢活动。适当的水分摄入与排出可确保这些离子在体内保持相对稳定的比例，避免因缺水或过量饮水导致的高钠血症、低钠血症、低钾血症等电解质失衡问题（中国营养学会，2023；Popkin et al., 2010）。

总之，机体水摄入量不足、丢失过多或者摄入盐过多时，细胞外液的渗透压就会增高，神经系统、激素、肾脏等通过启动饮水行为、增强肾小管重吸收及离子交换等调节机制，使水摄入增多、排出减少，从而维持体液的正常渗透压。

（4）调节体温

水合状态对人体体温调节过程至关重要。汗液分泌与蒸发是人体在炎热环境或体力活动期间的核心散热机制，其效率与水分供给及流失平衡直接相关。汗液分泌量取决于环境温度、湿度，以及人体活动强度和所穿衣物类型，表现为无感蒸发或显性出汗。人体通过皮肤流失的水分在静息状态下为 0.3 L/h，在高温环境下高强度活动时可达 2.0 L/h。汗液从体表蒸发可实现皮

肤降温，但如果流失的水分未通过补液得到补偿（尤其是在剧烈体力活动期间），可能引发低水合状态，同时伴随核心体温升高。

出汗相关的低水合状态会诱发连锁生理反应：电解质流失和血浆容量减少，进而升高血浆渗透压。此时，汗液分泌量不足以抵消核心体温的上升，散热功能失效；反之，及时补充液体以维持正常水合状态时，使出汗可持续作为有效的散热代偿机制。文献报道，成年人在正常条件下的饮水需求量为 0.1 L/h 至略高于 0.3 L/h，而在极端高温和高强度活动时，需求量可高达 2 L/h（Popkin et al., 2010）。

人体热适应调节有限，仍需维持适宜的水合状态。人体反复暴露于炎热环境后会产生热应激适应，表现为心排血量和每搏输出量恢复正常，钠流失减少，热应激相关疾病的发病风险降低。需注意的是，在热适应过程中，增加饮水量并不会缩短热适应所需周期，若在这一阶段出现轻度脱水，仍可能带来不利影响，例如皮质醇水平升高、出汗调节负担增加以及电解质平衡紊乱等。

水的独特理化特性为体温调节提供了物质基础：其一，水的比热容较大，1 g 水每升高或降低 1 °C 需要吸收或释放约 4.2 J 的热量，可吸收机体代谢过程中产生的能量，使体温不至于过度升高；其二，水的蒸发热较大，在 37 °C 体温的条件下，蒸发 1 g 水可散发 2.4 kJ 的热量。基于这两种特性，高温环境下人体可通过水分经皮肤蒸发的方式高效散发热量，最终实现体温恒定的调节目标（Hall et al., 2021）。

（5）润滑作用

水在人体中承担着重要的润滑功能，对于保障组织结构的正常运作及减少机械摩擦具有关键意义。

水作为关节腔液、滑液、泪液、唾液等核心体液的主要组成成分，通过形成连续流体薄膜降低组织摩擦系数，减少运动或接触过程中的机械损伤。以关节滑液为例，其含水量高达 70% 以上，通过与透明质酸、润滑素等成分协同作用，使关节运动得以平滑进行；若机体轻度脱水，滑液黏度及润滑性能均可能下降，从而增加关节磨损风险（Institute of Medicine, 2005）。

水通过与黏性分子结合形成特异性润滑介质，在人体多个关键部位发挥针对性保护作用：眼部的泪液可润滑眼球表面，减少眼睑与角膜的摩擦并维持眼表湿润；胸腔、腹腔内的浆液性液体能缓冲脏器活动时的相互撞击；胃肠道内的消化液以水为载体，既助力营养物质溶解吸收，又降低食物残渣对黏膜的机械刺激；泌尿生殖系统的黏液则可润滑管道内壁，减少排泄物或分泌物传输过程中的摩擦损伤。

总之，水通过多种机制支持关节、器官和组织的结构完整性与功能稳定性，保障机体正常运作。

3.2 水中矿物质的健康作用

饮用水是人体必需的营养来源之一，除了满足水分需求外，其含有的矿物质也对健康具有重要作用。水中的常量元素（如钙、镁）和微量元素（如锂、硒、硼、碘等）可直接被肠道吸收，对人体健康具有重要作用。

饮用水中的大部分无机物是天然的。这些物质来自水与岩石和土壤的接触，以及包括气候在内的地质作用。但是饮用水的化学成分也取决于工业、人类居住情况、农业生产活动和水处理与输运等因素。一般来说，饮用水中的常见离子有钙、镁、钠、钾、碳酸氢根、硫酸根、氯离子、硅、铁、锰等。同时，饮用水的化学组成也可能受到工业活动、农业生产、人类居住、管网输配和水处理过程的影响。因此，对天然来源矿物质的评价，不能只看是否天然，还应关注具体元素种类、浓度范围、比例关系，以及是否存在铅、砷、镉、铀等有害元素超标风险。

另一类是人工矿化或再矿化来源。对于经过反渗透、蒸馏、深度软化等处理后矿物质含量显著降低的饮用水，可在保障安全净化的基础上，通过科学、稳定、可定量控制的再矿化工艺，对钙、镁、钾等关键矿物质进行合理补充和调控。人工矿化的意义不在于简单追求矿物质越多越好，而是在保证污染物有效控制的前提下，改善水的口感、提升矿物质组成的稳定性，并使其更适合日常直饮、泡茶、咖啡冲煮、婴幼儿冲调或其他特定场景使用（Rosborg, 2015）。

无论是天然来源矿物质，还是人工矿化形成的矿物质组成，都应以安全达标、成分明确、参数稳定为基础。天然水不应因为天然而免于成分检测，人工矿化水也不应仅以概念包装替代科学说明。特别是人工添加或再矿化过程，应明确矿物质来源、添加成分、目标浓度、检测依据、保质期内稳定性和批次一致性，并在标签或说明中真实呈现。对于仅以“富含矿物质”“小分子水”“活性水”等概念进行宣传，却不标明具体元素、浓度、比例、参数寿命和稳定性控制依据的做法，应予以限制和规范。

在此基础上，合理再矿化可以作为深度净化水质优化的重要路径。通过适量补充钙、镁、钾等矿物质，改善水的基本风味和口感，提升矿物组成的稳定性，并使其更适合日常直饮、泡茶、咖啡冲煮等不同饮用场景。硒、锶等微量元素也可作为特征性矿物成分进行科学标示，但不宜被直接表述为疾病预防或治疗功能。因此，适当再矿化的核心不是简单追求矿物质越多越好，而是在安全、可检测、可标示和可稳定控制的前提下，形成浓度适宜、比例协调、适用边界清楚的饮用水矿物质参数体系（Rosborg, 2015）。

（1）钙

钙是人体中最丰富的矿物质，占人体总重量的 1.5%~2.0%。成年人体内钙总含量约为 1.2 kg，其中 99% 储存在骨骼中，1% 在细胞内液和细胞外液以及细胞膜内。除了作为骨骼的主要结构成分，钙还参与多种生理过程，包括调节酶和激素的反应、血液凝结、神经传输、肌肉收缩 /

松弛（包括正常心律）、血管收缩扩张以及腺体分泌。钙缺乏会导致骨内矿物质含量和重量下降，从而引起骨结构强度减弱，增加骨折风险。钙摄入量不足还可能影响胰岛素敏感性和脂质代谢调控，从而提高代谢综合征风险（World Health Organization, 2026）。

适宜含量范围：WHO 指出，饮用水中钙浓度一般应 $\geq 30 \text{ mg/L}$ ，以利于维持骨骼健康和心血管功能。长期饮用钙浓度过低的水（如去矿物质水）可能导致钙摄入不足，尤其对膳食钙摄入不足人群具有营养学意义；浓度过高（ $> 100 \text{ mg/L}$ ）可影响水的感官品质（口感偏苦涩），因此在消费端可结合口感是否适宜作为感官预警，同时兼顾总膳食钙摄入量。

（2）镁

镁是含量第二丰富的细胞内阳离子。成年人体内的镁含量为 $20 \sim 28 \text{ g}$ ，其中 $60\% \sim 65\%$ 存在于骨骼内，仅 1% 存在于细胞外液内。镁是 300 多种酶反应中的辅助因子。参与碳水化合物、脂质、蛋白质相关酶的作用，以及核酸代谢。此外，镁对骨骼矿化和发育必不可少，还在维持细胞通透性和神经肌肉兴奋性中发挥作用。镁缺乏会导致神经肌肉兴奋性增强，并增加钾过肾脏的排泄。镁缺乏被认为和高血压和 2 型糖尿病的发生有关联。已发现镁摄入量低与心血管病发病风险增加有关。镁在炎症调节和氧化应激控制中具有重要保护作用（Gröber et al., 2015）。

适宜含量范围：WHO 建议饮用水中镁 $\geq 10 \text{ mg/L}$ ，以支持心血管健康及骨骼发育。镁摄入过低可能增加高血压、2 型糖尿病及心血管疾病风险；过高浓度（ $> 50 \text{ mg/L}$ ）可能导致水感官略苦或涩。

（3）铁

铁参与正常人体功能所必需的多种过程，包括氧气输送、氧化磷酸化、神经递质代谢，以及 DNA 合成。缺铁的主要效应是贫血症，对婴幼儿和儿童来说，缺铁会损害智力与运动神经发育，导致行为改变。并引起神经传导延迟（影响听觉和视觉系统）。对年轻人来说，缺铁可导致体力劳动能力下降，自发精神活动增加；老年人和免疫功能低下的，缺铁可导致体温调节能力减弱，胃肠道的功能和组织异常，肝脏维生素 A 转运缺陷；对孕妇以及胎儿来说，缺铁不仅增加早产危险、降低出生体重，还会减少输送给胎儿的铁，进而妨碍其生长发育，使其出生前后发病率增加。

此外，铁在免疫系统中发挥重要调节作用，对细胞免疫和体液免疫均有调控，包括促进淋巴细胞分化、增强巨噬细胞杀菌能力以及调控炎症介质的产生。

适宜含量范围：饮用水铁浓度通常 $< 0.3 \text{ mg/L}$ 可避免口感和水色变化，同时满足微量摄入。高于此浓度可能出现铁锈色或涩味，且过量可能影响部分人群铁稳态（World Health Organization, 2026）。

（4）锌

锌是人体必需的微量元素，参与多种关键生理过程，它是 300 多种酶的催化剂组分，同时

也在维持蛋白质和细胞膜的结构整体性、调节激素与受体结合，以及调控基因表达等方面发挥作用。锌是人类生长、正常发育、DNA 合成，以及调节免疫功能和感官功能所必需的元素。锌缺乏的表现包括生长迟缓、性成熟延迟、骨骼发育成熟延迟、细胞免疫功能改变、对传染病的抵抗力减弱、食欲减退、味觉减退、伤口愈合延迟、行为效应变慢、皮肤易损和脱发。锌还在抗氧化系统（包括超氧化物歧化酶）和炎症调节中发挥作用；锌缺乏会导致氧化损伤增加与炎症反应失衡。此外，孕期及儿童早期的缺锌与免疫发育受损、腹泻和呼吸道感染风险增加密切相关（Han et al., 2019）。

适宜含量范围：WHO 指出，饮用水中锌浓度通常 $\leq 3 \text{ mg/L}$ ，过量可能产生金属味，且长期过高摄入锌需关注健康风险。感官预警可用于消费端判断水质适宜性。

（5）铜

铜是维持人体正常功能所必需的微量元素，与多种酶的结构性质和催化性质有关，它在婴儿成长、宿主防御机制、骨骼强度、红白细胞成熟、铁的输送和大脑发育中发挥重要作用。铜缺乏主要表现包括贫血症、中性粒细胞减少和骨骼异常（骨质疏松、骨折等）。此外，还可能引起头发和皮肤色素减少、张力减退、生长减弱、感染发病率增加、免疫功能改变等。在遗传性铜缺乏症（如门克斯病）中可见头发异常卷曲、皮肤松弛、关节松弛、主要动脉扭曲和扩张、静脉曲张、视网膜营养失调、中枢神经系统深度受损，甚至死亡。一些流行病学研究显示，心血管病引发的死亡与低铜摄入量或低血清铜有关。铜缺乏还可能抑制神经递质合成、线粒体功能及铁氧化酶活性，从而影响神经系统发育。近年来研究也指出，适量铜摄入参与抗氧化防御系统，有助于清除自由基并维持细胞稳态（Gaetke et al., 2003）。

适宜含量范围：WHO 建议饮用水铜浓度为 $0.05 \sim 2 \text{ mg/L}$ 。长期饮用铜含量低的水可能影响铜摄入。高浓度铜可能产生金属味，长期饮用还可能对敏感个体有健康影响，感官口味可作为提示。

（6）碘

碘是甲状腺激素的重要组成成分。人体内约 60% 的碘储存在甲状腺中。甲状腺激素对细胞生长和分化、新陈代谢速率的维持和全体细胞代谢均不可或缺。在因冰冻、降雨或洪水导致土壤碘流失的地区，居民中常出现碘缺乏现象。全球 29% 的人口居住在碘缺乏地区。碘缺乏首先引起甲状腺细胞对碘的摄取量增大以及甲状腺肿大（甲状腺肿）。若代偿机制不足以维持血清甲状腺激素水平正常，则会发生甲状腺功能减退的迹象和症状，包括生长减弱、智力发育迟缓和生殖障碍。碘缺乏被认为是当今世界导致智力迟钝最重要的可预防病因。近年来研究还显示，孕期轻度碘缺乏也可能影响胎儿神经系统发育，导致语言学习与记忆能力受损（Bath et al., 2013）。

WHO 尚未为饮用水中的碘建立健康指导值。碘营养主要依赖膳食和碘盐；高碘水地区应根据当地水碘水平和人群甲状腺健康状况进行专项风险评价。过高可能导致轻微甲状腺刺激。

消费端可结合膳食碘来源和总摄入量评估。

(7) 磷

磷是骨骼的重要结构组分，以磷酸钙的形式存在，其中钙与磷的质量比为 1:2。人体内磷总量的 85% 存在于骨骼中。磷作为细胞膜磷脂的组成成分，参与能量产生和储存，多种酶、激素和细胞信号分子的磷酸化，以及维持正常酸碱平衡，是人体必需的一种元素。在普通人群中，磷缺乏较罕见，不过在完全母乳喂养的早产婴儿和长期服用含有抗酸剂氢氧化铝的病人中可出现磷缺乏的现象。磷缺乏会导致骨量减少、肌肉无力、身体不适和疼痛。磷摄入不足或过量均可能影响骨矿化及激素调控，如成纤维细胞生长因子 23 (FGF23) 长期或过度升高，可通过抑制肾近端小管对磷的重吸收、降低肠道磷吸收并抑制 1,25-二羟维生素 D₃ 水平，导致低磷血症及骨基质矿化受损，进而与低磷性佝偻病、骨软化症等疾病相关 (Kinoshita et al., 2018)。

适宜含量范围：WHO 和 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》均未将 2.5 mg/L 规定为饮用水磷的普遍健康安全界限。高浓度含磷水源较少见，但其可能增加水体富营养化风险，感官端通常难以直接判断，可结合水源管理控制。

(8) 钾

钾是人体维持细胞内外渗透压与电位差的关键电解质，对神经冲动传导、骨骼肌与心肌正常收缩、酸碱平衡调均具有重要作用。钾摄入不足可导致低钾血症，表现为乏力、肌无力、心律失常等；而特定人群（如肾功能不全者）对钾升高更敏感，应避免额外钾负荷 (Institute of Medicine, 2005)。

适宜含量范围：WHO 指出，常规饮用水中的钾浓度通常较低，例如英国调查饮用水钾平均值约 2.5 mg/L；加拿大多地区原水 / 出厂水钾含量处于 1~8 mg/L 范围内。需要注意的是，若使用氯化钾再生的家用软水器，出水钾可显著升高，WHO 给出示例：当原水硬度分别为 100 mg/L、200 mg/L、500 mg/L（以 CaCO₃ 计）时，软水器出水钾浓度分别可达 82 mg/L、164 mg/L、411 mg/L。因此，在一般家庭饮水选择中，可将“常规天然 / 市政供水的低钾水平”视为常态，而对“软水器显著抬升钾”的情形应提高警惕，尤其是需要限制钾摄入的人群。

(9) 钠

钠离子是细胞外液最重要的阳离子之一，对于维持体液容量、渗透压以及神经肌肉兴奋性具有重要作用。膳食（尤其是加工食品与食盐）通常是人体钠摄入的主要来源；长期高钠摄入与高血压等风险因素相关，但饮水中的钠通常只是总体摄入的一部分 (Institute of Medicine, 2005)。

适宜含量范围：WHO 指出，饮用水中的钠浓度通常 < 20 mg/L，在部分地区可显著高于此；由于健康证据不足以建立统一健康基准值，WHO 未提出健康限值，但指出 > 200 mg/L 可能导致不可接受的口感。WHO 资料提示，钠的味觉阈值与阴离子类型有关（如氯化钠、碳酸氢钠等对应的阈值不同），因此在消费端更可操作的做法是：把“是否有明显咸味 / 口感不适”

作为感官预警，同时注意某些处理装置（如软水器）可能显著增加出水钠含量。

（10）锶

锶在化学性质上与钙相近，可在一定程度上参与骨组织的矿化过程。适量锶暴露一般被认为风险较低，但高水平锶摄入可能干扰钙代谢并影响骨发育，婴幼儿等生长发育阶段人群更需要关注潜在过量暴露。

适宜含量范围：加拿大健康部门提出饮用水中锶的最大可接受浓度（MAC）为 7.0 mg/L，该值基于动物骨效应并以婴幼儿作为敏感人群进行保护（Health Canada, 2019）。在我国包装水分类中，锶常更多体现为“水源特征组分”而非营养强化指标：GB 8537—2018 将锶 ≥ 0.20 mg/L 列为天然矿泉水界限指标之一（且在 0.20~0.40 mg/L 区间时对水源水温有附加条件）。因此，可将“0.20 mg/L”理解为矿泉水标识的特征阈值，将“7.0 mg/L”理解为健康保护型上限参考，两者服务目的不同，不宜简单得出“越高越好”的健康结论。

（11）锂

锂并非公认必需营养素，但因其在精神科用药中的应用与潜在神经和肾脏相关效应而受到关注。现有证据提示高剂量药用锂可产生不良反应，但饮水中低水平锂暴露的健康风险仍存在不确定性，需要以审慎的公共卫生筛查口径进行解释。

适宜含量范围：美国环境保护署（Environmental Protection Agency, EPA）在 UCMR 5（Unregulated Contaminant Monitoring Rule）的锂技术事实表中指出，目前尚无锂的联邦饮水健康咨询值或强制性标准，但给出了用于筛查与风险沟通的参考水平：C-C 趋化因子配体 5（C-C chemokine ligand 5, CCL 5）筛查用健康参考水平（health reference level, HRL）为 10 μ g/L；美国地质调查局也提出“仅饮水来源”情景下的基准为 60 μ g/L 用于背景比较（U.S. EPA, 2023；Lindsey et al., 2021）。我国 GB 8537—2018 将锂 ≥ 0.20 mg/L 列为天然矿泉水界限指标之一，用于产品分类与标识。

（12）硼

硼在环境中广泛存在，饮水中硼主要以硼酸 / 硼酸盐形式出现，来源包括岩土淋滤与废水排放等。动物研究显示，高剂量硼暴露可导致生殖与发育毒性，因此在高硼地区或海水淡化等情境下需关注其控制与去除。

适宜含量范围：WHO 在硼化学事实表中给出饮用水硼的指导值为 2.4 mg/L，并指出对大多数地区而言饮用水硼浓度通常 < 0.5 mg/L（World Health Organization, 2026）；强调常规混凝、沉淀、过滤对硼去除有限，高硼水需依赖反渗透、离子交换或低硼水掺混等策略。我国 GB 8537—2018 对矿泉水的限量指标中规定硼酸盐（以 B 计） ≤ 5 mg/L。因此，可将“ < 0.5 mg/L”视为常见背景水平、“2.4 mg/L”作为 WHO 健康指导阈值、“5 mg/L”作为矿泉水产品标准限量要求，分别用于不同层级的风险与合规表达。

(13) 偏硅酸

硅在水中多以可溶性硅酸形式存在（如正硅酸 / 偏硅酸相关形态），是多类矿泉水常见的“特征性成分”。硅与骨和结缔组织代谢的相关性在营养与生物材料研究中受到关注，但就一般饮水情境而言，更常见的实际问题是其与设备结垢（硅垢）及水源地特征相关，而非传统意义的“缺乏性营养”。

适宜含量范围：我国 GB 8537—2018 将偏硅酸 ≥ 25.0 mg/L 列为天然矿泉水界限指标之一（并对 25.0~30.0 mg/L 区间给出水源水温附加条件），该阈值主要用于矿泉水特征标识。在水质管理层面，澳大利亚饮用水指南给出硅的健康与美学控制口径：基于健康考虑，硅（以 Si 计）在饮水中不宜超过 100 mg/L；为减少硅垢形成，硅（以 SiO_2 计）的美学值建议 ≤ 80 mg/L，该指南还给出了部分地区饮水中 SiO_2 的典型监测范围（如 0.6~104 mg/L 等）（National Health and Medical Research Council, 2025）。

(14) 碳酸根 / 碳酸氢根（碳酸盐体系）及游离二氧化碳

碳酸盐体系由 CO_2 、 H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 共同构成，是天然水体最重要的缓冲体系之一。该体系通过影响水的碱度与 pH 稳定性，间接影响腐蚀与结垢倾向，并会带来“清爽、苏打感或轻微碱味”等感官差异；在饮用水工程中，pH 与缓冲体系的管理是保障消毒效果与管网稳定的重要环节。

碳酸盐体系本身并非人体必需营养元素，其健康意义主要体现为对饮用水理化性质和饮用安全性的间接影响。适宜的碳酸氢盐和碱度有助于维持水体 pH 稳定，降低水质波动对消毒效果、管网腐蚀及金属迁移的影响，从而间接保障饮水安全。在生活饮用水层面，pH 控制在标准范围内有助于维持水质可接受性和供水系统稳定性；在天然矿泉水层面，游离 CO_2 和碳酸氢盐共同影响产品类型、口感特征及感官接受度。因此，碳酸盐体系的健康评价应结合 pH、碱度、游离 CO_2 含量、矿物质组成及饮用者个体耐受情况综合判断。

适宜含量范围：在生活饮用水层面，我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》对 pH 提出 6.5~8.5 的基本要求，用于保障水质可接受性与供水系统稳定性。在天然矿泉水产品层面，GB 8537—2018《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》将游离 $\text{CO}_2 \geq 250$ mg/L 列为界限指标之一，用于识别含气 / 充气等矿泉水特征。因此，碳酸盐体系在消费端更可操作的理解是：其“适宜性”更多体现为 pH 处于标准范围、口感可接受且无明显腐蚀 / 结垢问题”（World Health Organization, 2007）。

(15) 矿物质组成与比例

上述内容从单一矿物质的角度讨论了饮用水中钙、镁、铁、锌等元素的健康作用，但饮用水中的矿物质并非彼此孤立存在，不同元素之间的相对含量及比例关系同样可能影响其营养和健康意义。因此，对饮用水矿物质组成的评价，除关注单一元素是否处于适宜浓度范围外，还

应进一步关注不同矿物质之间的协调和平衡。Rosborg (2015) 在饮用水矿物质平衡研究中指出, 饮用水中的矿物质应保持相对协调的组成, 评价其健康意义不能简单以某一种矿物质含量越高越好, 而应综合考虑不同元素的含量及相互关系。在常量矿物元素中, 钙和镁是饮用水矿物质平衡研究中较受关注的一组元素。

Peng 等 (2023) 对我国 314 个地级城市 418 份公共饮用水样品调查发现, 按质量浓度计算, Ca/Mg 比为 0.73~31.73, 平均值为 4.68, 约 76.3% 的城市高于 3, 高值地区主要分布于我国南方。该研究提出 Ca/Mg 比 2~3 可作为饮用水矿物质组成的参考范围, 研究进一步指出, Ca/Mg 比超过 5 的城市与尿石症高发城市在空间分布上具有较明显的重合, 且这些地区较高的 Ca/Mg 比主要与水中镁浓度相对较低有关。结合既往研究, 该文提出 Ca/Mg 比 2~3 可作为矿物质平衡研究的参考范围, 并建议在饮用水管理和再矿化过程中关注 Ca/Mg 比过高的问题, 将 Ca/Mg 比控制在 5 以下作为管理参考。

此外, 已有区域和全球尺度研究提示, Ca/Mg 比可能与尿石症的空间分布存在一定关联。Yang 等 (2016) 提出饮用水 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 当量比可作为反映我国尿石症区域差异的水化学指标; Wang 等 (2020) 进一步将 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 摩尔比纳入全球尿石症风险模型, 提示钙镁相对比例是值得关注的水化学因素。

近期, Wang 等 (2026) 整合了我国 11 904 份饮用水样品数据, 并按照 PRISMA 框架系统评价了 82 篇相关研究。结果显示, 我国饮用水 Ca/Mg 质量浓度比中位数为 3.71, 不同地区之间存在明显差异, 其中南方岩溶地区的 Ca/Mg 质量浓度比相对较高, 并与尿石症高发地区呈现一定的空间重合。该研究提出饮用水中 Ca 浓度 40~100 mg/L、Mg 浓度 10~20 mg/L 及 Ca/Mg 质量浓度比小于 5 时, 可能更有利于保持钙镁组成的相对协调, 但该参考范围仍需更多人群研究进一步验证。

因此, 饮用水矿物质评价不宜简单追求单一元素含量越高越好, 而应在保障水质安全的基础上, 综合考虑钙、镁等矿物质的适宜含量、Ca/Mg 比、总硬度及整体矿物质组成的协调性 (Rosborg, 2015)。

3.3

饮用水污染物对健康的影响

饮用水水质是指供人饮用与日常生活使用的水, 在微生物安全、化学 (毒理学) 安全、放射性安全以及感官性状与一般化学特征等方面所呈现的综合质量水平, 通常通过国家标准与国际指南所规定的指标体系与限值来评价其是否安全、合格且可接受。我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》以“生活饮用水水质要求”为核心, 明确提出生活饮用水应满足五项基本要求: 不应含有病原微生物; 化学物质不应危害人体健康; 放射性物质不应危害人体健康; 感官性状良好; 经消毒处理, 并通过常规指标、扩展指标及消毒剂相关指标的限值要求, 实现对水质的可操作化管理 (国家市场监督管理总局 等, 2022)。

3.3.1 微生物污染种类、来源及其对健康的影响

(1) 污染种类：以肠道致病菌、病毒与寄生虫为主

饮用水微生物污染的健康风险主要来自可致病的微生物群，包括细菌（如霍乱弧菌、沙门氏菌、志贺氏菌等）、肠道病毒（如诺如病毒、轮状病毒、甲型肝炎病毒等）以及原虫/寄生虫（如隐孢子虫、贾第鞭毛虫等）。在常规监测中，供水系统通常不直接逐一检测所有病原体，而是通过粪便指示菌（如大肠埃希氏菌、总大肠菌群等）来反映粪便污染与病原风险；WHO 指出，当粪便指示菌检出时，提示水体可能受到人畜粪便污染，相关病原体风险也随之升高（World Health Organization, 2026）。GB 5749—2022 将菌落总数、总大肠菌群和大肠埃希氏菌等纳入微生物学安全评价指标体系，并通过不得检出或限值要求对相关风险进行控制。

(2) 污染来源：从水源到水龙头

饮用水微生物污染可发生在供水系统全过程。

水源端：降雨径流、畜禽粪污、生活污水渗漏等导致水源受粪便污染。工业废水、农业径流及矿山排水等还可能引入重金属、农药、持久性有机物及新兴污染物。

处理端：混凝沉淀/过滤失效、消毒剂投加不足或接触时间不足、工艺运行不稳定等导致病原控制不充分。

输配端：管网破损、负压回吸、二次供水设施管理不善、生物膜与沉积物扰动等引发二次污染（World Health Organization, 2026; Moreira et al., 2017）。

净水末端：滤芯失效，长时间不冲洗。

(3) 健康影响

与多数化学污染的慢性效应不同，微生物污染往往导致急性胃肠道症状（腹痛、腹泻、恶心、呕吐等），严重时可能因大量水样腹泻造成脱水、电解质紊乱甚至休克与死亡。从人群层面看，比较风险评估研究指出，不安全饮用水与卫生条件不足（WASH 不足）仍是腹泻病等感染性疾病的重要危险因素，且在低、中收入国家与 5 岁以下儿童中可归因疾病负担尤为突出（Prüss-Ustün et al., 2019）。Moreira 等（2017）强调，水源污染、净水工艺缺陷与输配系统问题均可能触发短时间内影响广泛人群的暴发事件，因此微生物污染通常起病快、波及面广，往往需要在饮用水健康风险管理中被优先识别和控制。

在实际监测中，WHO 强调，供水系统从水源到用户端的全过程中，病原微生物控制应视为饮用水安全的首要目标，成品水中应不含可致病微生物，并需通过适当处理与消毒予以控制（World Health Organization, 2026）。与此一致，GB 5749—2022 将菌落总数、总大肠菌群和大肠埃希氏菌等作为微生物学安全的重要评价指标，并以限值/不得检出要求体现对粪便污染及病原风险的“零容忍”导向。

在供水层面，小型或非集中式供水系统由于处理和运行维护能力较弱，更易发生水源性暴发。水处理工艺失效、缺乏消毒或运行维护不当是重要诱因；同时，水源污染、净水工艺缺陷以及输配管网破损等全流程问题，也可能在短时间内影响较大范围人群。

3.3.2 化学污染物种类、来源及其对健康的影响

化学污染物的健康风险通常表现为低剂量、长期暴露所致的慢性毒性、致癌性或特定器官系统损害。WHO 与 GB 5749—2022 均通过对优先关注化学物质设定指导值/限值，来控制饮水暴露带来的可预防风险。从污染类型与风险特征出发，饮用水中的化学风险可概括为三类：无机污染物、有机污染物、消毒副产物（DBPs）。

3.3.2.1 无机物污染物种类、来源及其健康影响

饮用水中的无机污染物主要包括两类：一类是砷、铅、镉等具有明确毒理学风险的重金属或类金属；另一类是氟化物、硝酸盐等在一定范围内可接受、过量时可能产生健康风险的无机阴离子。这些成分的来源通常与地质背景、农业活动或管网材料有关（World Health Organization, 2026）。

（1）重金属与类金属：以砷、铅、镉等为代表

①砷（As）：地质高背景与工业活动可致长期致癌风险。

无机砷可通过地质背景进入地下水，也可由工业排放等污染途径进入水源。Karagas 等（2015）综述指出，长期饮用砷浓度升高的饮水与皮肤病变，以及皮肤癌、肺癌、膀胱癌等恶性肿瘤风险增加相关。WHO 将砷的饮水指导值设定为 10 $\mu\text{g/L}$ ，并强调在高砷地区需采取更审慎的控制策略以保护孕妇、儿童等易感人群。来源与控制要点：地质高背景地区往往需要水源替代或采用针对性去除工艺；仅依靠常规混凝、沉淀、过滤可能不足，应结合地方水源特征制定控制方案并加强监测。

②铅（Pb）：多来自管材与配水系统，儿童神经发育风险最突出。

铅污染在集中供水地区往往与老旧含铅管材、含铅焊料或管网腐蚀控制不足有关。WHO 指出，儿童期铅暴露可导致不可逆的神经发育损害；成人暴露与血压升高等健康影响相关，因此铅控制不仅在于水厂处理，还高度依赖配水系统材料与腐蚀控制策略。GB 5749—2022 对铅等重金属设有限值要求，并通过“源头—处理—输配”全链条管理降低末梢超标风险。

③镉（Cd）：长期暴露与肾损伤、骨代谢异常相关。

镉可来源于工业污染、矿区影响及某些地质背景。WHO 指出，镉的长期摄入可能导致肾小管损伤与骨质脱矿等慢性效应，因此需通过水源保护与监测控制其在饮用水中的浓度。在农村自备井或工业污染区，如果缺乏监测与处理，超标风险可能更高，需通过污染治理或水源替代加以控制。

(2) 无机阴离子：以氟化物、硝酸盐 / 亚硝酸盐为代表

①氟化物 (F^-)：适量可护齿，过量致氟斑牙与骨氟中毒。

氟化物体现“适量有益、过量有害”的双重特征。WHO 指出，适量氟有助于预防龋齿，但长期饮用高氟饮水可导致牙齿氟斑与骨骼氟中毒，因此建议多数地区饮水氟化物浓度不宜超过 1.5 mg/L，并需结合气候（饮水量）综合考虑总摄入量。在地质背景高氟地区，控制重点通常在于水源替代或针对性去氟处理，以保护儿童等易感人群。

②硝酸盐 / 亚硝酸盐：农业活动驱动的典型污染物，婴儿高铁血红蛋白血症风险最受关注。

硝酸盐 / 亚硝酸盐主要来源于化肥施用、畜禽养殖及生活污水渗漏等，易造成地下水污染。WHO 将硝酸盐（以 NO_3^- 计）的饮水指导值设定为 50 mg/L，我国 GB 5749—2022 也采用相同限值，主要是为了预防婴儿高铁血红蛋白血症等急性风险。Ward 等（2018）综述提示，长期处于较高硝酸盐暴露水平的人群，部分消化系统肿瘤和不良妊娠结局风险可能升高，但证据仍存在一定不确定性，提示应在农业集约化区域强化源头控制、监测与总体暴露评估。

饮用水中的部分无机成分，如钙、镁、钠、钾等，属于常见天然矿物质，在一定范围内会影响口感及供水系统稳定性；砷、铅、镉等则属于典型毒理污染物，需严格控制在限值以内。对饮用水中无机成分的管理，重点包括以下三个方面：一是对毒理污染物实施限值控制、源头防控和监测预警，降低长期健康风险；二是对氟化物、硝酸盐等具有双重属性的成分，结合地区特点和敏感人群进行管理；三是在全链条供水管理下，将无机污染风险与微生物风险一起纳入综合水质安全框架中持续控制。

3.3.2.2 有机化学污染物

有机污染物主要包括农药及其降解物、工业有机溶剂、石油化工产物等，常经农业径流、工业废水、城市面源径流进入地表水或地下水。近年来，除传统有机污染物外，全氟和多氟烷基物质（PFAS）、微塑料等新兴污染物也受到广泛关注，其环境持久性、迁移性及潜在健康风险使其成为饮用水安全研究和监测的重要方向。在水源保护较好、常规水处理完善的地区，这类物质在成品水中的浓度通常较低；但在污染治理不足或监测薄弱地区，可能造成局部人群的慢性暴露与潜在健康隐患（World Health Organization, 2026; Karagas et al., 2015）。针对部分有机污染物，WHO 和 GB 5749—2022 均设定了指导值或限值，其风险控制主要依赖水源保护、常规监测以及必要时采用针对性的去除工艺。

3.3.2.3 消毒副产物（DBPs）

消毒是降低水源性传染病负担的关键措施，但氯及含氯消毒剂与水中天然有机物及卤素离子反应，可形成三卤甲烷（THM）、卤乙酸（HAA）等消毒副产物。Richardson 等（2007）指出，DBPs 既包括受监管的经典种类，也包括持续发现的新兴 DBPs，其潜在遗传毒性与致癌性是饮用水研究的重要方向之一。流行病学证据方面，Costet 等（2011）对欧洲病例对照研究进

行汇总与 Meta 分析，提示长期较高水平 DBPs 暴露与膀胱癌风险升高相关，支持在保障微生物安全的同时，通过控制前体物质、优化消毒方式与工艺条件降低 DBPs 形成与暴露。

DBPs 化学风险管理的基本原则：以消毒确保微生物安全为前提，同时通过源头减污、水处理优化与运行控制，尽量降低 DBPs 与其他有机污染物在成品水中的水平。

3.4 健康饮用水特征

根据 WHO《饮用水水质准则》和我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》，健康饮用水首先应满足微生物学、化学性和放射性安全要求，并具备良好的感官性状。在此基础上，可从水质安全、稳定性和适宜性等方面对健康饮用水进行评价。据此，健康饮用水的核心特征可归纳为以下五点。

①微生物学安全可靠。饮用水应通过水源保护、净化处理、消毒和输配管理，确保成品水不携带致病微生物，并尽量降低二次污染风险。

②化学和无机毒理风险应控制在可接受范围内。对砷、铅、镉等重金属或类金属以及硝酸盐、氟化物等重点风险因子，应通过限值控制和区域化治理降低长期暴露造成的健康损害风险（Karagas et al., 2015; Ward et al., 2018）。

③在保证消毒效果的前提下，应尽量减少消毒副产物的形成和暴露。通过控制天然有机物等前体物并优化消毒工艺，可降低三卤甲烷、卤乙酸等消毒副产物水平（Costet et al., 2011）。

④感官品质应保持良好且稳定。颜色、浑浊度、气味和滋味等指标虽然不直接等同于毒性风险，但可反映处理和输配系统状态，并影响居民持续使用受控水源的意愿。

⑤在满足安全要求的前提下，饮用水中的矿物质组成应保持适宜。天然存在或经合理再矿化形成的钙、镁、钠、钾等离子及碳酸盐缓冲体系，既影响口感，也与体液渗透压和电解质平衡有关。因此，更适合将矿物质组成理解为适度、协调和不过量，而不宜简单理解为含量越高越好。

现有研究表明，健康饮用水评价应首先关注卫生安全和风险控制。在人群层面，微生物污染通常具有起病急、传播快、影响范围广的特点，不安全饮用水和卫生条件不足仍是腹泻等感染性疾病的重要危险因素，在低、中收入地区和儿童人群中疾病负担更为突出（Pons et al., 2015; Moreira et al., 2017）。在供水系统层面，小型或非集中式供水系统更易发生暴发事件，提示供水工艺稳定性和运行维护水平对饮水健康具有重要影响。在化学和无机污染方面，砷的地质高背景暴露与皮肤病变及多部位癌症风险增加相关，是需要长期严格控制的重点危害因素；硝酸盐污染多与农业活动有关，除婴儿急性风险外，其长期暴露与部分健康结局的关系仍需进一步研究；氟化物具有双重属性，在一定范围内可接受，摄入过量则可能产生健康危害，因此在高氟地区应重点保护儿童等敏感人群。此外，消毒对于保障饮用水微生物安全来说是必不可少的，但流行病学研究提示，长期较高水平暴露于消毒副产物可能增加膀胱癌等健康风险，因此在供水管理中应兼顾消毒效果与副产物控制。在矿物质方面，饮用水的首要作用仍

是保障安全和维持水合状态，而不是替代膳食营养来源。钙、镁是维持骨骼健康、神经肌肉功能及多种酶反应所必需的重要矿物质，人体需通过膳食和饮水持续摄入。饮用水中钙、镁可对日常矿物质摄入提供有益补充，尤其对膳食摄入不足的人群具有一定营养学意义。WHO 建议，饮用水中钙含量不低于 30 mg/L，镁含量不低于 10 mg/L，以支持心血管健康和骨骼发育；去矿物质水或过度软化水可能导致钙、镁摄入不足。此外，饮用水的健康价值应结合总膳食摄入量、个体营养状况和肾功能等因素综合评价。对钠、钾以及锶、锂、硼等成分，则更适合依据常见暴露水平、健康阈值和监测结果进行风险沟通（Rosborg, 2015）。

关于未来发展和研究方向，一方面，饮用水安全保障将更加重视全过程风险控制。在水安全计划基础上，未来可结合多参数在线监测、快速预警和小型化检测技术，提高从水源到末梢各环节的连续监测和快速响应能力。值得进一步关注的方向包括新型传感器、微流控检测装置、便携式快速检测设备，以及与数据平台联动的异常识别和预警系统。这些技术有望加强对小型供水系统、二次供水、管网末端及分散式饮水场景中微生物风险、消毒残留波动和突发污染事件的识别与处置，并为消毒副产物控制及新兴化学风险研究提供更连续的数据支持。饮用水健康保障还受到输配管网、二次供水设施、家庭管道及储水环境等环节影响，即使集中供水总体符合标准，终端用水仍可能因管网老化、二次污染或家庭维护不足而存在风险。因此，在有条件的情况下，可结合当地水质状况和家庭实际需求，配置合规的末端净水设备，对颗粒物、余氯、异味、部分有机污染物及其他潜在风险进行进一步控制，以提高家庭终端饮水的安全性和稳定性。

另一方面，随着再矿化饮用水、配方水和细分人群用水的发展，相关健康评价将更加依赖可量化指标和证据支持。后续有必要基于更充分的数据，系统评估不同矿化度、硬度及主要离子组成对矿物质摄入、口感接受度和健康风险—获益平衡的影响，并进一步明确婴幼儿、老年人及慢病人群等敏感人群的适宜饮水范围（Kozisek, 2005）。

参考文献

- 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会，2022. 生活饮用水卫生标准：GB 5749—2022[S]. 北京：中国标准出版社。
- 中国营养学会，2023. 中国居民膳食营养素参考摄入量：2023 版 [M]. 北京：科学出版社。
- 朱大年，2020. 生理学 [M]. 北京：人民卫生出版社。
- Bath S C, Steer C D, Golding J, et al., 2013. Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC)[J/OL]. The Lancet, 382(9889): 331-337. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60436-5.
- Costet N, Villanueva C M, Jaakkola J J K, et al., 2011. Water disinfection by-products and bladder cancer: Is there a European specificity? A pooled and meta-analysis of European case-control studies[J/OL]. Occupational and Environmental Medicine, 68(5): 379-385. DOI: 10.1136/oem.2010.062703.

- Gaetke L M, Chow C K, 2003. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients[J/OL]. *Toxicology*, 189(1/2): 147-163. DOI: 10.1016/S0300-483X(03)00159-8.
- Gröber U, Schmidt J, Kisters K, 2015. Magnesium in prevention and therapy[J/OL]. *Nutrients*, 7(9): 8199-8226. DOI: 10.3390/nu7095388.
- Hall J E, Hall M E, 2021. *Guyton and Hall textbook of medical physiology*[M]. 14th ed. Philadelphia: Elsevier.
- Han D, Fang X, Su D, et al., 2019. Dietary calcium intake and the risk of metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *Scientific Reports*, 9: 19046. DOI: 10.1038/s41598-019-55507-x.
- Health Canada, 2019. Guidelines for Canadian drinking water quality: guideline technical document-strontium[R]. Ottawa: Health Canada.
- Institute of Medicine, 2005. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate[M/OL]. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/10925.
- Karagas M R, Gossa A, Pierce B, et al., 2015. Drinking water arsenic contamination, skin lesions, and malignancies: a systematic review of the global evidence[J/OL]. *Current Environmental Health Reports*, 2(1): 52-68. DOI: 10.1007/s40572-014-0040-x.
- Kinoshita Y, Fukumoto S, 2018. X-linked hypophosphatemia and FGF23-related hypophosphatemic diseases: prospect for new treatment[J/OL]. *Endocrine Reviews*, 39(3): 274-291. DOI: 10.1210/er.2017-00220.
- Kozisek F, 2005. Health risks from drinking demineralised water[M]//World Health Organization. *Nutrients in drinking-water*. Geneva: World Health Organization: 148-163.
- Lindsey B D, Belitz K, Cravotta C A III, et al., 2021. Lithium in groundwater used for drinking-water supply in the United States[J/OL]. *Science of the Total Environment*, 767: 144691. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144691.
- Moreira N A, Bondelind M, 2017. Safe drinking water and waterborne outbreaks[J/OL]. *Journal of Water and Health*, 15(1): 83-96. DOI: 10.2166/wh.2016.103.
- National Health and Medical Research Council, 2025. Australian drinking water guidelines 6: national water quality management strategy[R]. Version 4.0, updated June 2025. Canberra: National Health and Medical Research Council.
- Peng H, Lu T, Xiong S, et al., 2023. Calcium and magnesium in China's public drinking water and their daily estimated average requirements[J/OL]. *Environmental Geochemistry and Health*, 45: 3447-3464. DOI: 10.1007/s10653-022-01416-4.
- Pons W, Young I, Truong J, et al., 2015. A systematic review of waterborne disease outbreaks associated with small non-community drinking water systems in Canada and the United States[J/OL]. *PLOS ONE*, 10(10): e0141646. DOI: 10.1371/journal.pone.0141646.
- Popkin B M, D'Anci K E, Rosenberg I H, 2010. Water, hydration, and health[J/OL]. *Nutrition Reviews*, 68(8): 439-458. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x.
- Prüss-Ustün A, Wolf J, Bartram J, et al., 2019. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: an updated analysis with a focus on low- and middle-income countries[J/OL]. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(5): 765-777. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.05.004.
- Richardson S D, Plewa M J, Wagner E D, et al., 2007. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research[J/OL]. *Mutation Research/ Reviews in Mutation Research*, 2007, 636(1/3): 178-242. DOI: 10.1016/j.mrrev.2007.09.001.
- Rosborg I, 2015. *Drinking water minerals and mineral balance: importance, health significance, safety precautions*[M/OL]. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-09593-6.

- U.S. Environmental Protection Agency, 2023. Technical fact sheet: lithium in drinking water[R]. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Wang Y, Wang Q, Deng Y, et al., 2020. Assessment of the impact of geogenic and climatic factors on global risk of urinary stone disease[J]. *Science of the Total Environment*, 721: 137769. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137769.
- Wang Z, Liu Y, Qian K, et al., 2026. Calcium, magnesium, and their ratio in drinking water: health effects and distribution patterns in China[J/OL]. *Journal of Earth Science*. DOI: 10.1007/s12583-025-0402-3.
- Ward M H, Jones R R, Brender J D, et al., 2018. Drinking water nitrate and human health: an updated review[J/OL]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7): 1557. DOI: 10.3390/ijerph15071557.
- World Health Organization, 2007. pH in drinking-water: revised background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality[R]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization, 2022. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda[M]. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda[M]. Geneva: World Health Organization.
- Yang Y, Deng Y, Wang Y, 2016. Major geogenic factors controlling geographical clustering of urolithiasis in China[J]. *Science of the Total Environment*, 571: 1164-1171. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.117.



第四章

饮用水的感官品质

饮用水的感官品质通常指消费者在饮用时可直接感知到的外观、气味、口感及口腔触感等综合体验，是影响饮用水可接受性的核心维度之一。当水的化学与微生物学指标满足安全要求时，感官品质往往成为决定性差异点：它既影响消费者的即时体验，也影响其对供水系统与产品品牌的信任程度。

我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》将感官性状作为基础要求之一，其中臭和味应无异臭异味，并对浑浊度、肉眼可见物等提出要求。而 GB/T 5750.4—2023《生活饮用水标准检验方法 第4部分：感官性状和物理指标》进一步规定了上述感官性状与物理指标的标准检验方法；在国际层面，WHO《饮用水水质准则》亦在“可接受性”章节系统阐述味、臭、外观对公众接受度与饮水行为的影响，并指出感官问题可能间接导致更不安全水源的使用风险。

感官品质评价通常由两部分构成：一是按 GB 5749—2022 明确“评价什么、合格到什么程度”，二是按配套的 GB/T 5750.4—2023 开展“感官性状和物理指标”的标准化检验，确保评价结果可重复、可对比、可用于监管与质量控制。

从应用层面看，饮用水感官评价至少具有三方面作用。一是作为消费者直观判断水质好坏的“第一入口”。外观往往先于其他信息影响公众判断，其中“颜色与浑浊度表现”（与色度、浑浊度、肉眼可见物直接相关）以及臭味异常，通常会被消费者快速解读为“水质变差”的信号，并显著影响对供水安全与品牌可靠性的信任；在监管实践中，诸如色度、气味、口感、腐蚀性等感官指标也常被归入可接受性控制范畴，用于回应公众体验与投诉管理（例如 EPA 的二级饮用水标准即以“影响外观、味臭或造成不便”的指标作为指导）。二是用于“优质水”的区分与品质表征。当水质已满足基本安全要求后，消费者更关注“好不好喝”，此时味嗅与口腔触感的差异会成为区分同类产品的关键。其中溶解性总固体（total dissolved solids, TDS）与主要离子组成会影响口感厚薄、产生咸涩感。三是支撑不同场景下的细分需求识别。不同使用场景（如直接饮用、泡茶/咖啡、餐饮烹饪、公共场所供水、瓶装即饮等）对饮用水感官品质的要求并不相同，关注重点也有所差异。例如，直接饮用更关注清爽度、异味和整体适口性，泡茶/咖啡更关注口感、余味及风味表达，餐饮烹饪则更关注对食材原味和汤汁表现的影响。因此，感官评价不仅可用于判断水“好不好喝”，也可用于识别不同场景下的关键感官属性及其可接受范围，从而为工艺控制、产品开发和差异化定位提供依据。为保证这类评价的可比性与科学性，研究与质量控制中通常需要借鉴成熟的感官分析体系，包括采用统一术语与描述框架（ISO 5492），对品评员进行选拔、培训和能力监测（ISO 8586），并规范测试环境（ISO 8589）；同时可结合感官剖面法（ISO 13299）以及三角检验、成对比较、排序和量表等方法（ISO 4120、ISO 5495、ISO 8587、ISO 4121），对口感差异进行量化表征。在味嗅评价中，SM 2150 B 阈值嗅味测试（threshold odor test）及相关方法更新，也为饮用水感官分析提供了可操作的技术路径（American Public Health Association et al., 2023）。

4.1 饮用水感官品质的重要性及常见问题

饮用水感官品质是指消费者通过视觉、嗅觉与味觉等感官直接感知到的水质特征，主要涵盖气味、滋味与外观（如色度、浑浊度、可见杂质等）。与微生物、毒理等健康风险型指标不同，感官品质更多体现为水的可接受性，即在日常饮用与使用情境下，人们对水是否“愿意喝、放心用”。WHO 在《饮用水水质指南》中专门指出，味、臭与外观是公众对供水安全性的关键判断依据，感官异常会显著削弱公众信任并引发投诉；更重要的是，若居民因此转向其他非受控水源，可能产生间接健康风险。澳大利亚饮用水指南亦强调，味和臭问题往往是公众最敏感、最先发现的质量信号，必须纳入供水系统的运行管理目标与应急响应框架（National Health and Medical Research Council et al., 2011）。

从供水系统管理角度看，感官品质的重要性主要体现在以下三个层面：第一，感官品质是公众直观接触到的最终质量，直接影响饮水行为与社会信任；第二，感官异常常与水源藻类增殖、消毒控制不当、管网水龄过大、生物膜 / 沉积物扰动等运行状态变化相关，可作为运行异常的敏感指示信号；第三，感官品质是工艺有效性的综合体现，即使出厂水满足常规理化指标要求，若仍存在明显异味、口感粗涩或颜色偏深，也可能降低用户接受度，并提示供水单位进一步调查原因、优化处理工艺和运行管理。因此，将感官品质纳入水厂工艺设计、运行控制、管网管理与风险沟通体系，是提升供水服务质量与韧性的关键环节（National Health and Medical Research Council et al., 2011；World Health Organization, 2026）。

4.1.1 常见感官品质问题及成因

消费者对饮用水的感知具有感知阈值低、消费者敏感度高、投诉触发快的典型特征，即相关物质在较低浓度下即可被感知，并迅速引发公众对水质安全性的担忧。在实际供水中，较为常见且对满意度影响显著的感官问题主要包括异味 / 异臭问题、高矿化度导致的口感不良，以及水颜色偏深（色度高）三类。

上述问题的成因通常具有系统性，其可能来源有三：其一，水源端的天然背景与季节波动（如藻类繁殖、天然有机物升高、地质溶出导致矿化度上升等）；其二，水处理过程中的去除效率与控制策略（如混凝去除不足、活性炭或氧化单元配置不足、消毒剂投加与接触条件不合理等）；其三，输配水系统的二次变化（如水龄过大、余氯衰减、管网生物膜、沉积物扰动、腐蚀产物释放等）。因此，感官品质控制需要从“源头削减—过程强化—末端稳定”的全链条进行综合治理，而不能仅依靠单一指标或单一工艺单元（National Health and Medical Research Council et al., 2011；American Public Health Association et al., 2023）。

4.1.2 异味

(1) 异味来源与类型特征

饮用水异味通常表现为土腥 / 霉味、氯味、硫臭味（臭鸡蛋味）、药味 / 化学味、油 / 溶剂味等。其来源可归纳为三类。

第一类为生物与生态过程相关异味。当水源富营养化或出现藻类增殖时，藻类及相关微生物代谢物会造成典型的土腥、霉味等不愉悦气味；在底泥扰动或水体分层缺氧条件下，也可能出现硫化物相关臭味。

第二类为处理过程与消毒相关异味。消毒剂本身的气味（如明显氯味）以及消毒过程中与有机物反应产生的副反应气味，均可能导致用户对消毒味的负面感受；尤其在高温季节、水龄较大、余氯控制不稳定时更为突出。

第三类为输配水系统与外源污染相关异味。管网生物膜与沉积物在特定水力条件下可能释放臭味物质，形成末端异味；同时，若发生突发性有机污染（例如油类、溶剂类进入水源或管网），则可能出现强烈且异常的化学气味，需要快速溯源与应急处置。

此外，对瓶装水和家庭净水设备出水而言，异味问题也并非不存在。瓶装水除受水源本身影响外，包装材料、灌装条件、储运温度及存放时间等因素也可能影响其最终气味表现；而家庭净水设备若滤芯老化、长期未更换、装置内部滞水或卫生维护不足，也可能导致出水出现“闷味”“陈水味”或材料相关异味（Bear et al., 2024）。

(2) 控制策略

异味控制通常需贯穿水源、处理与管网三个环节。

在水源端，应强化藻类风险监测与预警，必要时通过分层取水、调度与源水管理降低异味前体入厂负荷。

在处理端，针对可吸附或可氧化的臭味物质，常采用活性炭吸附（粉末活性炭 / 粒状活性炭）与臭氧 / 高级氧化等深度处理手段，并与强化混凝、过滤形成协同，以减少藻细胞、有机前体进入消毒单元，从源头降低异味与副反应风险。粒状活性炭运行形成生物活性炭后，还可通过生物降解进一步提升去除稳定性，这是水厂控制臭味的有效路径之一。

在管网端，应通过控制水龄、维持合理消毒剂残留、定期冲洗排泥等措施，抑制生物膜与沉积物导致的二次臭味；当投诉集中于末端区域时，应开展分区排查与针对性水力清洗，避免“出厂正常一到户异味”的服务断层。对瓶装水而言，应加强水源管理、灌装环境控制和储运条件管理，避免高温暴露、长时间储存或包装材料影响其风味稳定性。

对家庭净水设备而言，若用户主要诉求是改善余氯味和异味，则应关注产品在感官改善方面的性能依据，并按照说明及时更换滤芯、清洗相关部件，以降低终端出水异味风险（World Health Organization, 2026）。

实际上消费对异味的感知更多地集中在末端直饮环节，例如户外饮用瓶装水，或从室内净水器接水时，直接感受到异味，正是在这些直接饮用的时刻，才最真切地感受到水质异常，因此，这一末端环节对于感官评价而言至关重要。虽然活性炭可以吸附一些容易被吸附的异味物质，但可能还有一些净水器的加热设备或者管路、滤芯材料等本身可能会带来异味。有一些氧化技术（如过氧化氢平台氧化、紫外氧化等）可以对一些难吸附但易氧化的异味物质进行降解。某净水器搭载的氧化杀菌模块、管道保鲜技术可以杀死微生物或抑制微生物生长，进而减少微生物繁殖带来的异味。目前有一些材料抑菌，如深圳安吉尔饮水产业集团有限公司自研的 Angel Positive Charge Membrane（APCM）材料通过物理方式高效杀菌，对 ESKAPE 超级耐药性细菌（包括屎肠球菌、金黄色葡萄球菌、肺炎克雷伯菌、鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、肠杆菌属 6 种高耐药菌）去除率高达 99.99%，能有效减少微生物代谢产物带来的异味异嗅问题。一些表面光滑，设计无死角的储水箱，也可以减少微生物的生长繁殖。

（3）监测与评价

为降低感官判断的主观性。美国公共卫生协会（American Public Health Association, APHA）*Standard Methods* 中的阈值臭味试验可用于异味强度量化及工艺对比评价；在需要进行更严格的感官差异验证时，可结合 ISO 体系开展评定员选拔培训、实验室条件控制与差异检验 / 剖面评价（如三角检验、成对比较、排序、剖面法等），以形成可复现的数据证据支持工艺优化与应急处置。对于瓶装水和净水器终端出水，类似的感官剖面分析、消费者偏好测试和终端装置感官性能评价，同样可用于识别影响气味接受度的关键因素（Pacheco et al., 2018; Ervina et al., 2024）。

4.1.3 无机盐与酸碱度异常导致的口感不良

饮用水口感不良并不只表现为高矿化度带来的厚重感或粗糙感，还可能与无机盐含量过高、离子组成失衡以及 pH 偏离适宜范围有关。消费者常见的不良感官体验包括过咸、过苦、过涩、过酸、刺激性增强、口感粗糙或发硬等，这些现象通常与水中 TDS 升高、氯化物 / 钠盐含量偏高、部分硫酸盐和钙镁含量增加，以及酸碱度异常等因素有关。WHO 关于 TDS 的背景文件指出，TDS 升高会显著降低饮用水可口性，属于典型的“可接受性参数”；EPA 二级饮用水标准也将 TDS、pH 以及部分离子相关指标纳入干扰性指标管理框架，用于指导感官和运行问题控制。

（1）主要来源

这类口感问题的形成来源较为多样。首先，地质溶出可导致地下水或部分地表水中钙、镁、钠、氯、硫酸盐等离子浓度升高，使水体呈现较高矿化度或特征性咸味、苦味、涩感。其次，在枯水期蒸发浓缩、补给减少或水体滞留时间延长时，离子强度升高，也会使原本尚可接

受的水体出现“发硬”“发咸”或刺激感增强。沿海地区还可能受咸潮或海水入侵影响，表现为钠盐、氯化物升高，咸味更明显。最后，pH 过低或过高也会影响入口感受：偏酸时可能带来酸涩或刺激感，偏高时则可能使口感发“板”、发“涩”，并影响整体适口性。需要指出的是，即使 TDS 总量相近，不同离子组合造成的口感也并不相同：氯化物和钠盐升高更易带来咸感，部分硫酸盐及钙镁更易带来苦感、涩感或粗糙感。在瓶装水场景中，口感差异同样常由矿物组成、TDS 水平及离子结构差异所造成，不同产品之间在咸味、涩感、顺滑度和整体喜好度上可能存在明显区别。对家庭净水设备出水而言，口感差异则更多与处理路径和装置设计有关：不同类型净水装置对余氯、硬度、TDS 及部分致味离子的去除程度存在差异，因而终端出水的口感表现也会有所不同。适度去除余氯、异味和部分影响口感的离子，有助于提升清爽度和顺滑感；但若矿物质和碱度降低过多，也可能使出水出现口感偏淡、厚度不足或风味层次减弱等感官变化（Bear et al., 2024）。

（2）控制路径与工程措施

在具备多水源条件的地区，可优先通过调源、掺混和优化取水时段等方式，快速降低 TDS 及关键致味离子浓度波动，这通常具有较好的经济性和可操作性。对于高矿化度、咸味或苦涩感长期存在且影响显著的供水系统，可根据问题类型采用脱盐 / 软化类深度处理工艺，如反渗透、纳滤、电渗析、离子交换或软化工艺，以降低 TDS、控制硬度，或削减氯化物、硫酸盐等关键离子对口感的不利影响。若问题主要与 pH 异常有关，则应结合混凝、消毒和管网稳定性要求，采取适当的酸碱调节措施，使水质回到更适宜的感官和运行区间。同时，在工艺优化过程中还应兼顾水质稳定性管理，避免脱盐过度或软化过度导致水质过软，过软的水因缺乏钙镁离子，无法在管壁形成致密的保护膜，且 pH 易偏酸，具有较强的溶解倾向，会直接腐蚀金属管道并溶出铁、铜等离子，进而引发腐蚀性增强、金属味上升等新的感官问题。在运行管理层面，建议将 TDS、pH 及主要致味离子（如钙、镁、钠、氯化物、硫酸盐）纳入可接受性与稳定性评价的重要参数，建立更贴近用户体验的过程控制指标体系。对于瓶装饮用水，若面向日常直饮或特定场景（如泡茶、咖啡）进行选水，更应关注矿物组成与口感适配，而不宜仅以“矿化度越高越好”或“越纯越好”做简单判断。对于家庭净水设备，若用户主要诉求是改善口感，则应关注产品对余氯、异味及美学相关指标的控制能力，并结合实际饮用目标选择合适的处理方案；当终端出水长期出现明显发涩、发咸、发空或刺激感增强时，也应从滤芯状态、处理路径及设备维护等方面进行排查，而不应因水垢减少或 TDS 大幅下降等现象，仅将其理解为处理效果更好（World Health Organization, 2003）。

4.1.4 外观不良：色度与浑浊度异常

外观是用户对饮用水质量的第一印象。即使浑浊度不高，若水体呈黄褐色、茶色或红褐色，也会强化公众对“水不干净”的直觉判断并引发不信任。同样，即使色度并不明显，只要

水体出现发白、发灰、浑浊、悬浮颗粒或“看起来不清亮”等现象，也会显著降低消费者对饮用水安全性与洁净度的主观评价。GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》将色度等外观相关内容纳入感官性状控制要求，GB/T 5750.4—2023《生活饮用水标准检验方法 第4部分：感官性状和物理指标》提供相应检验方法；EPA 同样将颜色作为典型干扰性指标进行管理建议。因此，色度与浑浊度虽然不一定直接等同于健康风险，但都是影响饮用水可接受性、用户满意度和投诉发生率的重要外观指标（U.S. Environmental Protection Agency, 2026）。

（1）主要来源

色度偏高常见成因包括：**其一**，天然有机物致色，如腐殖质、鞣酸等溶解性有机物导致的持续性黄褐色，往往具有明显季节性和水文过程相关性，并可能与消毒副产物前体负荷相关；**其二**，铁锰氧化物致色，原水或管网中铁锰在氧化条件下形成胶体或沉淀，造成水体呈现红褐或黑褐色；**其三**，藻类与悬浮有机碎屑导致颜色加深并可能伴随异味问题；**其四**，管网腐蚀产物释放或沉积物扰动引发的“瞬时变色”，常表现为末端或特定时段的投诉集中。浑浊度异常的来源则更为广泛，既可能来自原水中黏土、粉砂等无机颗粒物输入增加，也可能与藻类繁殖、微小悬浮颗粒、有机碎屑或胶体物质上升有关。暴雨径流、枯丰水转换、水源扰动等水文过程，常会使原水浑浊度在短时间内明显升高。在供水系统内部，若混凝、沉淀、过滤等常规处理环节运行不稳定，也可能导致细小颗粒穿透，造成出厂水或管网水出现“发浑”“不清亮”等问题。此外，输配水系统中的沉积物再悬浮、爆管维修后的水力扰动、管道腐蚀产物脱落以及末端二次供水设施清洗维护不足，也都是造成浑浊度阶段性升高的重要原因。

对于瓶装水和家庭净水设备出水，外观异常虽然相对少见，但一旦出现发浑、悬浮颗粒、絮状物或明显不清亮，同样会被消费者直接解读为质量问题。对瓶装水而言，这类问题可能与水源特征、矿物沉淀、包装材料及贮运条件有关；对家庭净水设备而言，则应重点排查滤芯完整性、安装状态和设备卫生维护情况（Marcussen et al., 2013; Bear et al., 2024）。

（2）控制方法：以去除致色物质与稳定输配水为核心

对于天然有机物致色，常规且关键的控制思路是强化混凝—沉淀 / 气浮—过滤，通过提高有机物与胶体的去除效率实现色度削减，并同步降低进入消毒环节的有机前体。当存在铁锰相关致色时，可采用氧化—过滤路径，将可溶态铁锰转化为可截留形态并通过滤池去除，实现颜色与金属相关问题协同控制。

对于浑浊度控制，核心同样在于强化颗粒物和胶体物质去除。常规处理条件下，应通过优化混凝剂种类与投加量、改善絮凝条件、稳定沉淀和过滤工艺运行，尽可能降低颗粒物穿透风险。

当原水浑浊度波动较大或藻类、有机颗粒负荷较高时，可结合气浮、加强预处理或优化滤池运行参数，以提升对细小悬浮物的去除能力。

在需要更深度的脱色与稳定外观时，可引入“色素过滤”策略，核心在于利用活性炭吸附

削减溶解性有机色素及相关前体（包括可能同时引发异味的有机组分），其中粉末活性炭可用于季节性波动的灵活应对，粒状活性炭可用于长期稳定控制并可进一步发展为生物活性炭提升去除持续性。当常规深度处理仍难以满足要求或原水有机物特征特殊时，可考虑膜分离等更高强度的深度处理路线，但需综合评估能耗、运行维护与副产物流处置。

对于“出厂水外观正常而到户变色”的情形，控制重点往往在输配水系统：应通过管网排泥冲洗、降低腐蚀、控制水力扰动等措施，减少沉积物再悬浮与腐蚀产物释放，以稳定末端外观并降低投诉发生率。在用户侧，应关注入户管道、储水设施及家用净水设备的维护状况，避免因滤芯长期未更换、设备内部沉积物累积或储水部件污染导致出水颜色、颗粒物或异味异常。对于发浑问题亦是如此：若出厂水指标正常而用户端短时浑浊度升高，往往提示管网或二次供水设施中存在沉积物扰动、维护不足或局部运行异常，应从输配系统稳定性入手排查，而不能仅从水厂工艺端解释。对于瓶装水，应加强灌装、包装和储运过程中的外观稳定性控制；对于家庭净水设备，若终端出水持续出现发浑、颗粒物或颜色异常，则不应将其简单视为“暂时现象”，而应及时进行设备检查、冲洗或维护，必要时停止直接饮用（National Health and Medical Research Council et al., 2011；U.S. Environmental Protection Agency, 2026）。总体而言，色度与浑浊度是饮用水外观不良最常见的两类表现：前者更多反映溶解性致色物质、铁锰及腐殖质等问题，后者更多反映颗粒物、胶体及输配系统扰动状况。二者虽可能同时出现，但在来源识别与控制路径上各有侧重，实践中应结合原水特征、工艺运行状态和末端表现进行针对性治理。

4.2 水的感官特征及影响因素

4.2.1 口感特征的五维框架

为提高感官描述的一致性，可将饮用水的感官特征分为外观、气味 / 风味、滋味、口感和整体感受五个方面。这样的划分有助于将较为笼统的主观评价转化为相对明确的感官属性，并为分析水中成分与感官表现之间的关系提供基础。

4.2.2 关键感官属性及其来源

（1）外观

外观是消费者最先感知到的饮用水质量特征，通常包括颜色、透明度、清澈度以及是否存在悬浮物或杂质。我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》对色度、浑浊度和肉眼可见物

等指标均提出了明确要求，其中浑浊度以 NTU 表示，用于反映水中悬浮颗粒对光的散射程度，数值越高，通常表示水样越浑浊。在感官评价中，外观异常虽不一定直接等同于健康风险，但常提示原水条件、净水工艺或输配系统状态发生变化。CJ 94—2005《饮用净水水质标准》，将浊度限值直接规定为 0.5NTU，更为严格。这里的 NTU 是 nephelometric turbidity unit 的缩写，中文通常译为散射浊度单位，用于表征水中悬浮颗粒对光的散射程度。数值越高，通常表示水看起来越浑或越不清亮。从来源看，颜色可来自溶解性有机物（如腐殖质导致黄色/茶色）、无机金属（铁、锰等导致黄褐色/红褐色或黑褐色调）、以及处理不足导致的残余颗粒；EPA 也将色度视为反映水中溶解性有机物、处理效果及消毒剂需求变化的重要指标，并指出当色度超过 15° 时，通常会对饮用水的感官可接受性产生明显影响。

浑浊度升高多与颗粒物、絮体、沉积物再悬浮以及藻类、生物碎屑增加有关；在管网流量变化、冲洗和维修等工况下，沉积物及生物膜扰动会进一步加重外观异常。此外，配水系统腐蚀不仅可导致色度升高和沉积物形成，还可能引起金属味及污渍，如铁锈色沉积和铜导致的蓝绿色染色，因此常同时影响饮用水的外观和口感（U.S. Environmental Protection Agency, 2026）。

（2）气味 / 风味

我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》明确要求不得出现异臭、异味。GB/T 5750.4—2023《生活饮用水标准检验方法》进一步规定了土霉味、黄瓜味、腐败胡桃油味等异臭类型、异臭强度等级及标准检验方法，给出了具体的异臭标准溶液及浓度参考（如 2-甲基异茨醇、土臭素、2,6-壬二烯醛等）。WHO 明确指出，饮用水的味与嗅可来源于天然无机/有机物与生物来源（如水生微生物），也可能来自合成化学品污染、管材/腐蚀产物，或由处理过程问题（如加氯）引起，并且在储存与配水过程中可因微生物活动而发展；因此味嗅异常可能提示污染或处理/配水系统故障，需要追查原因。

在典型异味类型上，土霉/霉味是饮用水系统较为常见投诉之一。澳大利亚饮用水指南指出，澳洲供水系统味嗅事件的主要原因常与 2-甲基异茨醇（2-methylisoborneol, 2-MIB）和土臭素（geosmin）有关，并给出了以 ng/L 量级作为运行管理参考的经验性建议：当相关物质浓度升高时，应加密监测、评估出厂水影响，并视情况采取粉末活性炭投加等控制措施。

消毒相关气味也是常见来源之一。WHO 举例提到，若氯胺化管理不当，可能形成三氯胺并导致不可接受的味嗅；管网中沉积与生物膜在流量扰动下也可能释放异味物质（World Health Organization, 2026）。

在管理上，EPA 将异味作为影响饮用水感官可接受性的重要内容之一，主要用于识别和控制可能影响消费者体验与投诉风险的感官问题。相关指导中提出了气味强度参考水平，并列举了臭鸡蛋味、霉味和化学味等典型异味描述（U.S. Environmental Protection Agency, 2026）。

消费者对饮用水气味和风味的要求，通常首先表现为无异味、无异臭。在此基础上，气味干净、杂味少、整体协调的水样更容易被接受。对于部分天然来源饮用水，消费者对轻微矿物

感的接受度相对较高，但明显的外来气味或杂味通常会降低饮用水的感官评价。

(3) 滋味

在人的基本味觉中，酸、甜、苦、咸、鲜是五种基础类型，而吞咽后仍能持续感知的味觉变化通常被称为后味。在饮用水感官评价中，常提到的“回甘”或“回苦”，可理解为甜味或苦味在吞咽后的持续与变化过程，这些术语可依据感官术语体系进行统一表述。

饮用水的滋味主要受溶解性无机离子组成和总矿化度影响，同时也与 pH 及部分处理工艺有关。EPA 有关饮用水感官指标的资料指出，氯化物和硫酸盐常与咸味相关，铁、铜、锌等金属离子可带来金属味，而锰离子则可能表现为带苦味的金属味；当 pH 偏低时，还可能伴随腐蚀性相关的不良口感（U.S. Environmental Protection Agency, 2026）。

从 TDS 水平看，WHO 在 TDS 背景文件中总结了品评结果与适口性的对应关系：TDS 低于 300 mg/L 时通常评价较好，300~600 mg/L 时接受度较高，600~900 mg/L 时适口性一般，900~1 200 mg/L 时适口性下降，超过 1 200 mg/L 时可接受性明显降低。同时，WHO 也指出，TDS 过低的水可能因口感平淡而不受欢迎。总体而言，TDS 对饮用体验的影响主要体现在口感和整体适口性方面，如厚薄感、粗糙感或寡淡感，而不是直接决定某一种单一滋味。

饮用水中的甜感或回甘，通常并不意味着其中含有明确的甜味成分，更多反映的是整体感官的平衡状态。一般而言，当矿化度处于较低至中等水平、离子组成较为协调、无明显氯味或金属味干扰、pH 接近中性时，饮用水更容易表现出清爽、柔和、顺口的特点，部分消费者会将这种综合感受描述为“微甜”或“回甘”。相反，矿化度过低时，饮用水可能因口感平淡而显得寡淡；矿化度过高、咸味离子偏高或金属离子干扰明显时，则更容易产生苦味、涩味、咸味或金属后味。

滋味的呈现通常与离子组成及其平衡状态有关。因此，在产品开发或矿化配方设计中，适度的矿化有助于改善口感层次和整体协调性。然而，若矿化度过高、咸味离子增加，或存在金属离子及腐蚀相关因素，则更容易产生令人不适的后味残留（Marcussen et al., 2013）。

(4) 口感

在口感层面，通常包括清爽度、顺滑度、涩感、干燥感、刺激感等多个维度。其影响因素除离子组成外，还涉及水温、溶解气体（如 CO₂ 带来的刺痛感与酸感）、pH、碱度，以及微量金属和消毒残留等。一般来说，较低的水温有助于增强清爽感，并可在一定程度上减弱异味的暴露；而某些具有刺激性的气味，则往往在温度升高时变得更加明显（Burlingame et al., 2007）。

(5) 整体感觉

整体感觉通常由纯净度、清爽度、天然感等多个方面共同构成，是消费者做出最终偏好判断的重要维度。与前述单一维度的评价不同，整体感觉更强调多感官线索之间的叠加效应，例

如：即使氯味、霉味或金属味较为轻微，也可能降低消费者对饮用水纯净感和安全感的评价；相反，在无明显异味、外观清澈的前提下，适度的矿化度和较协调的离子组成，通常更容易带来顺口、均衡的饮用体验，从而提高整体接受度；而当矿化度过低时，饮用水则可能因口感单薄、滋味平淡，进而对消费者偏好产生不利影响（Pacheco et al., 2018）。

4.2.3 饮用水风味轮

为更直观地向消费者传达饮用水的感官品质，中粮营养健康研究院联合深圳安吉尔饮水产业集团，聚焦瓶装水、净水器出水等常见的直接饮用水，通过系统的感官评价与理化成分测试，构建了一套可视化的饮用水风味轮（图 1），以“感官层”和“物质层”两个维度进行呈现，不仅展现水的气味、口感等感官特征，还关联其矿物质组成等理化指标，旨在帮助消费者更全面、直观地理解水的品质，提升其饮水体验与认知水平。



图 1 饮用水感官风味轮

在感官层构建方面，研究团队首先通过专业感官评价员初步筛选出 30 个感官描述词，随后针对 12 款不同类型的饮用水样品，采用适合项勾选法进行验证，剔除了消费者感知度较低（即勾选频次低于 10 人）的 5 个描述词，最终确定了 25 个消费者易于感知的饮用水感官描述词。物质层则基于典型样品中的钙、钠、钾、铁、铜、镉、镁、偏硅酸根、碳酸根、硫酸根离子的浓度，以及 pH、电导率（EC）、TDS、盐度（SAL）、电阻率（RES）等指标进行检测分

析，并结合资料调研、实验分析和专家访谈结果，完成物质层的构建，从而形成完整的饮用水感官风味轮。

在国际实践层面，风味轮通常不作为独立的合规性标准，而是与阈值嗅味试验、风味剖面分析（flavor profile analysis, FPA）及其他描述性分析方法配合使用，帮助评定员建立统一词汇体系，提高异常味嗅识别效率，并为后续原因排查提供线索。因此，饮用水风味轮更适合定位为“感官描述与沟通工具”，而非直接用于判定饮用水优劣的等级标准。

结合饮用水常见感官问题及消费者易于理解的表达方式，饮用水风味轮可围绕四个层面进行构建：一是外观，涵盖无色、透明、清澈、无悬浮物等正向特征，以及发黄、发浑、可见颗粒等异常表现；二是气味，包括氯/消毒味、土腥/霉味、藻味、金属味、硫臭味、药味等常见异味；三是滋味与口腔触感，包括甜、酸、咸、苦等基本味觉，以及涩、干、滑、厚薄感、刺激感等属性；四是整体印象，如干净度、协调性、清爽感和接受度等。在上述描述词与理化指标或潜在致味致嗅物之间，可以建立启发式关联，例如较高 TDS、部分盐类离子、消毒副产物、藻类代谢物及管网腐蚀产物均可能影响相应的感官表现。但需注意，这种关联主要用于研究讨论和问题排查，不能简单替代理化检测结论。

因此，在本报告语境下，风味轮宜作为饮用水感官属性的归纳示意图，用于统一描述语言、辅助感官训练以及支持产品/工艺比较，若涉及标准判定、异常溯源或质量控制等实际应用，仍需结合 GB/T 5750.4、ISO 感官分析方法、阈值嗅味试验和 FPA 等规范化方法进行综合判断。

4.3

饮用水的感官评价方法

饮用水感官评价的核心目标，是在可控条件下将主观体验转化为可比较、可追溯的数据，从而为水源选择、工艺优化、管网运维和产品开发提供科学依据。根据应用目的，饮用水感官评价通常可分为合规性检查、异常排查，以及产品与工艺开发评价三类场景，各类场景分别对应不同的评价方法与人员配置要求（国家市场监督管理总局 等，2023）。

①**标准/合规层面的感官检查**。GB 5749—2022 规定生活饮用水应无异臭、异味，并满足外观相关要求。在例行监测中，可采用标准化的感官判定流程（包括固定照明与背景条件下观察外观、固定容器与温度条件下嗅闻气味，必要时进行口尝确认），将存在异常情况作为快速预警信号，与理化指标联合判读。

②**阈值法（如阈嗅数等）**。阈值法的优势在于能够以相对量化的指标描述气味强度。以 *Standard Methods 2150B* 为例，其基本思路是用无味水对样品逐级稀释，直至达到最小可确定气味，据此计算阈嗅数；该方法同时对取样容器（优先选用玻璃瓶）、尽快检测以及低温避味保存等操作要求作出了规定。阈值法适用于从近乎无味的天然水到高异味工业废水的广泛范围，可用于工艺处理前后的效果对比及趋势监测。

③描述性分析（如风味剖面与属性量表）。描述性分析侧重于明确“是什么味/什么气味”以及“强度有多大”，依赖经过系统培训的评价小组，能够输出可复现的属性列表与强度评分。在国际饮用水领域，常采用 Standard Methods 2170 风味剖面分析（FPA）等方法作为问题诊断的金标准，并与行业味嗅轮（odor/taste wheel）结合使用，以辅助快速归因。近年来，Standard Methods 相关章节持续更新，新增了更便于日常应用的属性分类方法，用于对特定异味属性进行数值化评定。

④差别检验（用于工艺变更与配方对比）。若评价目的在于验证样品之间是否存在差别，或判断哪一个更突出，可采用三点检验、成对比较、排序等差别检验方法。此类方法对评估员的受训练程度要求相对较低、统计解释清晰，适用于净水工艺调整、不同管材/包装方案或不同矿化配方的快速筛选。

⑤消费者接受度/偏好检验。消费者测试通常采用整体喜好度量表对喜好程度进行量化，并可结合 CATA（check-all-that-apply，适合项勾选法）快速获取消费者对风味属性的描述，从而实现偏好与属性之间的关联解释。根据中粮营养健康研究院的研究，在直饮水研究中采用 9 点喜好度量表开展消费者喜好测试，并遵循 GB/T 39501—2020《感官分析 定量响应标度使用导则》的要求；样品按完全随机区组设计提供，以平衡位置效应，必要时可增设补充样品。

⑥净水装置/涉水部件的感官影响评价。除直接评价水样本身外，感官评价还可用于分析净水装置及涉水部件对出水气味和口感的影响。NSF P558-2025 “Drinking Water Treatment Units and Components – Sensory” 提出了针对终端饮用水处理装置及相关涉水材料的感官评价方法，适用于新材料应用、滤芯或结构调整、产品一致性控制以及异常投诉排查等场景。该方法通常由 5 人感官小组实施，采用参照水、空白水和浸泡水或出水样进行对照评价，其中参照水一般选用感官质量稳定的市售瓶装纯净水。气味和口感采用 0~10 分量表评分，并以中位数作为样品结果；当样品存在明显不愉快气味时，可终止口感评价并重新进行前处理，以减少偶然污染或适应效应的影响。该方法还将感官结果与 pH、总硬度、氯化物、硫酸盐、钠、TOC 和 TDS 等理化指标结合评价，并根据综合结果对样品进行分级，为工程决策和质量控制提供参考。

⑦以参考气味标准提升可比性（以正己醛作为 FPA 训练/校准气味基准）。在饮用水气味评价中，可采用正己醛（*n*-hexanal）作为 FPA 训练和校准的参考气味物质。正己醛是一种具有青草味、青叶味或轻微油脂氧化气味的醛类化合物，其气味特征较易被感知和识别。Ömür-Özbek 等（2008）研究了正己醛作为饮用水气味参考标准物质的应用，正己醛可用于建立相对稳定的气味浓度与感官强度对应关系，从而减少因饮用水样品气味较弱、波动较小所造成的评价差异。该方法有助于企业建立内部感官参考样和标准物体系，提高不同批次样品气味评价结果的一致性和可追溯性。

⑧面向弱差异水样的快速描述/定位方法。Teillet 等（2010）在 *Food Quality and Preference* 中提出并应用了极化感官定位（polarized sensory positioning, PSP）方法，用于评价风味差异较小的水样。该方法通过将样品与少量固定参照样进行对比，构建样品之间的感官位置关系，能

够在较低评价负担下实现对水样特征的区分。PSP 适用于瓶装水、直饮水配方或矿化方案的快速筛选和初步比较，可作为传统感官剖面分析的有效补充。

4.4 消费者感官体验与偏好

口感体验与消费者偏好的关系，既体现为偏好驱动选择行为，也体现为体验塑造长期信任。EPA 指出，当异味、异嗅、色度等问题超过美学阈值时，即使水质在健康风险层面仍属安全，也可能促使大量人群停止使用公共供水系统，转而选择瓶装水或其他替代水源。WHO 也强调，感官可接受性是保障安全饮水持续使用的重要前提之一（World Health Organization, 2026）。

①偏好并非简单等同于“更健康”“更有营养”。WHO 的 TDS 背景文件给出了 TDS 与可口性的分段评价关系，并指出极低 TDS 的水可能因口感寡淡而不受欢迎。然而，现实市场中的消费者偏好往往更为复杂，受多重因素影响。

②影响偏好的关键属性中，整体感觉与滋味往往起决定性作用。偏最小二乘回归（partial least squares, PLS）分析表明，矿泉水的特征属性主要集中在口感维度，而纯净水的特征属性则更多体现为整体感觉与滋味；同时，整体感觉与滋味是提升消费者喜好度的主要驱动因素。相较于口感层次较复合的水，消费者更倾向于饮用无明显味道、纯净清爽的水。

③消费者对异味的容忍度极低。氯味、药味、金属味、土腥 / 霉味、硫臭等异味往往是投诉主因。由于许多致嗅致味物质的感官阈值极低，即使浓度变化幅度不大，也可能引起感知强度的显著波动。因此，消费者偏好管理的核心不是追求水具有某种“味道”，而是在于稳定实现无令人不适的异味。

④场景化偏好差异显著。同一水样在直饮与泡茶、冲咖啡、烹饪等不同使用场景下的最优属性并不完全一致。例如，较高硬度与碱度可能提升直饮时的厚润感，却可能影响茶汤的澄清度与香气释放；而偏低矿化的水在冲泡场景下可能更易于呈现原料本身的风味。因此，建议将消费者测试与具体使用场景测试结合，分别设定评价指标与权重，以更准确地反映实际消费体验。

⑤信息与心理预期会放大体验差异。饮用水的“好喝”并非完全由其理化性质决定，标签信息（如“矿泉”“纯净”“天然”）、品牌背书、对安全性的信任以及对健康的联想，均可能改变消费者对口感的解释框架。对供水系统而言，及时公开水质信息、解释消毒所带来的轻微气味的来源及其控制措施，有助于降低因不确定性而引发的负面偏见。

参考文献

国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2023. 生活饮用水标准检验方法 第4部分: 感官性状和物理指标: GB/T 5750.4—2023[S]. 北京: 中国标准出版社.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2023. Standard methods for the examination of water and wastewater[M]. 24th ed. Lipps W C, Braun-Howland E B, Baxter T E, eds. Washington, DC: APHA Press.

Bear S E, Waxenberg T, Schroeder C R, et al., 2024. Bottled water, tap water and household-treated tap water: insight into potential health risks and aesthetic concerns in drinking water[J/OL]. PLOS Water, 3(9): e0000272. DOI: 10.1371/journal.pwat.0000272.

Burlingame G A, Dietrich A M, Whelton A J, 2007. Understanding the basics of tap water taste[J/OL]. Journal AWWA, 99(5): 100-111. DOI: 10.1002/j.1551-8833.2007.tb07930.x.

Ervina E, Kristanael K, 2024. Sensory characteristics and driver of liking of bottled drinking water in Indonesia[J/OL]. Food Science and Applied Biotechnology, 7(2): 213-223. DOI: 10.30721/fsab2024.v7.i2.362.

Marcussen H, Holm P E, Hansen H C B, 2013. Composition, flavor, chemical foodsafety, and consumer preferences of bottled water[J/OL]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(4): 333-352. DOI: 10.1111/1541-4337.12015.

National Health and Medical Research Council, Natural Resource Management Ministerial Council, 2011. Australian drinking water guidelines 6: national water quality management strategy [R]. Version 4.0, updated June 2025. Canberra: Commonwealth of Australia.

Ömür-Özbek P, Dietrich A M, 2008. Developing hexanal as an odor reference standard for sensory analysis of drinking water[J/OL]. Water Research, 42(10/11): 2598-2604. DOI: 10.1016/j.watres.2008.01.010.

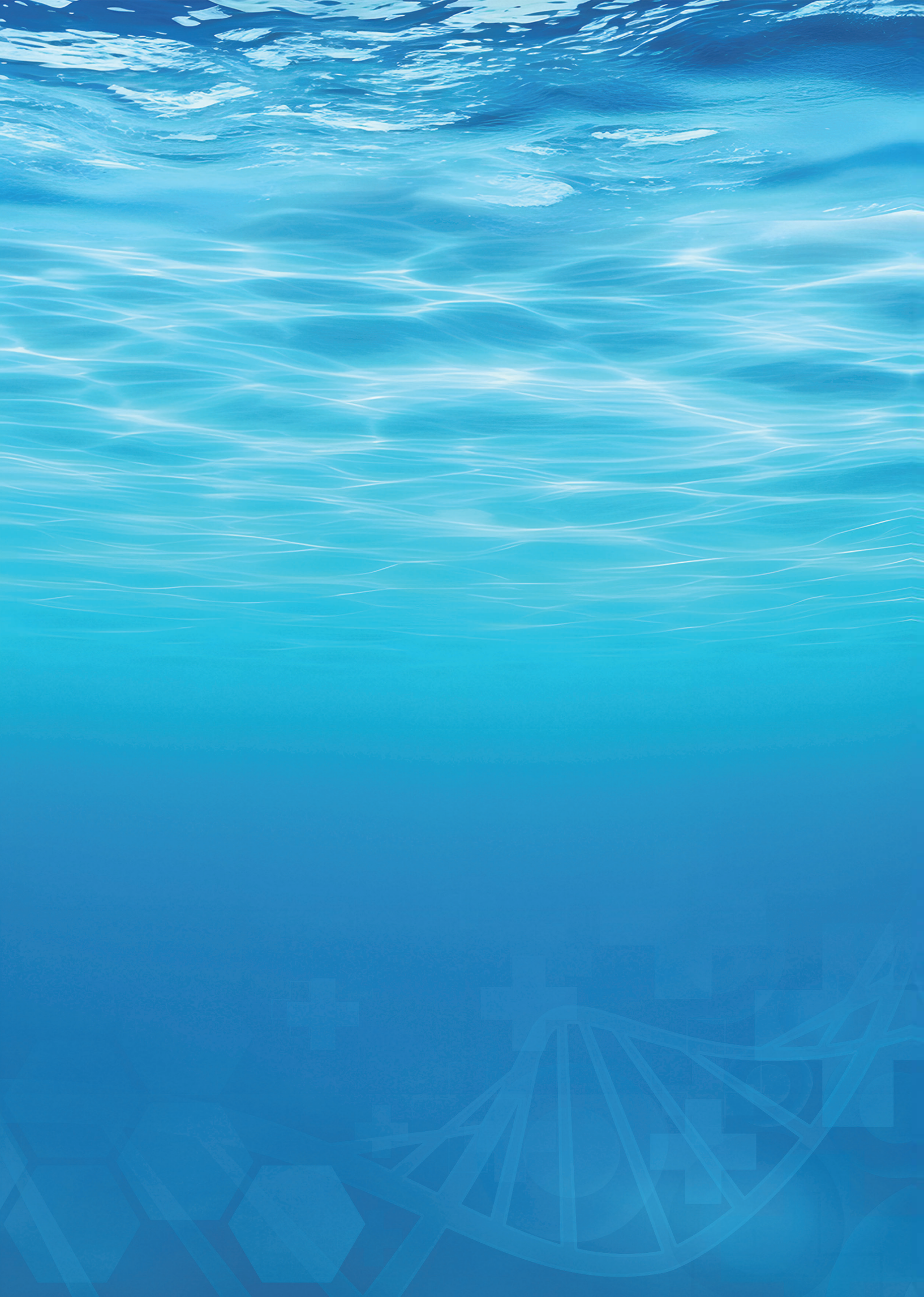
Pacheco M H S, Esmerino E A, Capobianco C S C, et al., 2018. Bottled mineral water: classic and temporal descriptive sensory analysis associated with liking[J/OL]. British Food Journal, 120(7): 1547-1560. DOI: 10.1108/BFJ-11-2017-0655.

Teillet E, Schlich P, Urbano C, et al., 2010. Sensory methodologies and the taste of water[J/OL]. Food Quality and Preference, 21(8): 967-976. DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.04.012.

U.S. Environmental Protection Agency, 2026. Secondary drinking water standards: guidance for nuisance chemicals[EB/OL]. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, (2026-05-26) [2026-07-30]. <https://www.epa.gov/sdwa/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>.

World Health Organization, 2003. Total dissolved solids in drinking-water: background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality[R]. Geneva: World Health Organization. WHO/SDE/WSH/03.04/16.

World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda[M]. Geneva: World Health Organization.





第五章

饮用水的消费场景 与饮品冲泡

居民日常的入口用水并不局限于直接饮用，更多情况下是以不同加工方式进入食物与饮品体系。

无论何种用途，讨论风味与工艺影响的前提都应是水源已满足生活饮用水卫生安全的基本要求（国家市场监督管理总局 等，2022），并处于 WHO 所述的可接受性与安全管理框架内（World Health Organization, 2026）。美国相关部门也提示，若处于水源不明或应急状态，则应优先遵循权威机构关于应急消毒与安全饮水的指导（如 EPA 与美国疾病预防控制中心的应急处置建议），在风险可控的前提下再行考虑风味优化问题（U.S. Environmental Protection Agency, 2026；Centers for Disease Control and Prevention, 2024）。

在确保饮用水安全的基础上，常见场景可概括为以下 4 类：日常烹饪用水（如淘米煮饭、煲汤炖煮、焯烫、煮面煮豆等）；饮品冲泡用水（如泡茶、手冲或意式咖啡等）；直接饮用与调饮用水（如直饮、冷泡、制冰等）；应急与特殊人群用水（如婴幼儿、老年人等对水质与口感更为敏感的群体，以及供水异常、停水或污染风险提示时的煮沸 / 消毒处理）。

不同场景对水质的要求存在明显差异。在直接饮用场景中，消费者对异臭、异味与口感中的杂质感更为敏锐，其体验易受水中气味有机物和呈味矿物质离子的影响。而在烹饪与冲泡场景中，涉及加热和浸提过程，水质往往通过矿化度、硬度和缓冲体系对食材质构、香气释放及滋味平衡产生更明显的影响。

5.1

日常烹饪用水的选择

日常烹饪（淘米煮饭、煲汤炖煮、焯烫蔬菜、煮面煮豆等）是居民用水最为频繁的家庭场景之一。与直接饮用相比，烹饪过程虽然包含加热，但并不意味着可以忽视水质风险：一方面，烹饪用水首先必须满足生活饮用水卫生安全的底线要求；另一方面，当水源条件不明或处于应急状态时，必须采用权威机构认可的终端处理措施来降低病原体暴露风险。因此，本节仅在水源卫生安全有保障的前提下，提出可操作、可追溯的基本建议。

（1）优先使用符合《生活饮用水卫生标准》的水源

家庭烹饪用水属于生活饮用水使用范畴，应符合我国强制性国家标准 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》。该标准从微生物、毒理（无机 / 有机污染物）、感官性状与一般化学指标、放射性指标以及消毒剂相关要求等方面，对生活饮用水提出了全面的强制性卫生要求。该标准对烹饪用水的核心启示在于：用于入口的烹饪用水应优先满足饮用水标准，而非仅依赖加热处理来兜底风险（国家市场监督管理总局 等，2022）。

从条款逻辑看，GB 5749—2022 强调饮用水不应含有病原微生物、化学物质不应危害人体健康、放射性物质不应危害人体健康、应感官性状良好、应经消毒处理，并通过表格化限值进行可操作化的约束。例如：在常规微生物指标方面，总大肠菌群和大肠埃希氏菌均要求不得检

出；在感官与一般化学指标方面，对色度、浑浊度、臭和味、肉眼可见物、pH 等均给出限值或定性要求（如“无异臭、异味”“无”等）。这些指标与家庭烹饪高度相关：一方面反映了微生物污染风险，另一方面也直接影响米饭、汤羹与清淡菜品的本味呈现。具体而言，常规微生物指标达标意味着烹饪用水不易携带导致异味或感官不洁的污染因素，有利于保障清淡食品风味的纯净性；感官与一般化学指标通过限制水体中的异臭异味、悬浮杂质和可见物，降低非原料来源的气味与浑浊对成品的干扰，使米饭与汤羹更好地呈现原料本身的清香与清澈度；同时，将 pH 控制在标准可接受范围内有助于维持相对中性的烹饪环境，减少对清淡菜品风味平衡与稳定性的潜在影响。

（2）主食蒸煮与日常烹调宜优先控制硬度与矿化度

在满足安全底线后，日常烹调更关注水对食物质构与风味释放的影响。就做饭（如煮饭、煮粥、煮面、焯菜等）而言，现有证据表明：水中钙、镁离子（体现为总硬度）与总体矿化度（可由电导率、TDS 侧面反映）会影响淀粉糊化、组织软硬与感官评价，而 pH 影响相对较小。

以稻米为例，九州大学等单位发表的研究采用多种类型烹饪水对粳稻食味进行比较，结果显示：使用总硬度与电导率较低的水煮饭，整体食味评分更高；而高总硬度 / 高电导率水往往与较差的食味呈负相关趋势。该研究还指出，在其实验覆盖的 pH 范围内（6.96~8.42），pH 与食味并未呈现稳定相关，提示与其追求某个“精确 pH”，不如优先控制烹饪用水的硬度与矿化度（Li et al., 2023）。

硬度较高的水更易产生结垢沉积；而硬度过低的水对供水系统可能更具腐蚀性，影响供水系统的稳定性。结合 WHO 关于水硬度对结垢与腐蚀风险的阐述，家庭烹饪场景更适合选择软至中等硬度、矿化度适中的水。

综合上述标准界定与研究证据，在满足 GB 5749—2022 的前提下，日常烹饪用水的适宜理化特征可归纳如下。

① **pH**：宜控制在 6.5 ~ 8.5 范围内。该范围与我国现行生活饮用水标准要求一致，也与 WHO 关于饮用水 pH 和供水系统稳定性的相关资料基本吻合。从现有稻米蒸煮研究看，在常见饮用水 pH 范围内，pH 对米饭食味的影响不如硬度和矿化度明显（Li et al., 2023）。

② **矿物质和硬度**：宜选择软至中等硬度的水。对于米饭、粥、面条等主食蒸煮，较低硬度和较低电导率的水更有利于形成较好的软糯性和适口性（Li et al., 2021）；对于汤品和高汤，水中钙、镁等矿物离子可能增加浮沫生成，其中钙的影响更为明显（Mitsunashi et al., 2013）。但烹饪用水也并非矿物质越低越好，适量矿物质可能有助于部分汤品和炖煮食品的风味表现，因此应根据具体烹饪场景在口感、清澈度和结垢控制之间取得平衡。

③ **溶解性总固体（TDS）**：宜处于较低至中等水平。WHO 有关饮用水适口性的资料指出，TDS 较低至中等时饮用体验通常较好，而 TDS 过高可能降低感官可接受性（World Health Organization, 2026）。在家庭烹饪中，TDS 过低可能使部分汤品或炖煮食品风味偏淡，而 TDS 过高则可能带来涩味、咸味、苦味或结垢问题，因此更适宜选择 TDS 适中、无明显异味且符合

饮用水卫生要求的水。

(3) 煲汤 / 熬高汤用水：倾向“低钙、较软的水”，以减少浮沫与提升清澈度与风味稳定性

煲汤与熬高汤过程中，水不仅作为传热与溶剂介质参与加热，更直接影响蛋白质变性与聚集、脂肪乳化稳定性以及呈味物质（氨基酸、核苷酸等）的释放与平衡（Mitsuhashi et al., 2013）。

从安全与规范角度看，煲汤用水首先应满足生活饮用水的卫生安全底线要求，符合 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》，并处于 WHO 所建议的可接受理化范围内。在此基础上，不同理化特征的水可能通过影响胶体形成与浸提行为，对汤品品质产生差异化影响。

现有烹饪科学研究表明，水中钙相关硬度是影响汤品浮沫与清澈度的重要因素之一。Mitsuhashi 等（2013）在 *Journal of Cookery Science of Japan* 发表的研究系统考察了水硬度对熬汤过程中浮沫（scum）形成的影响，结果显示：与蒸馏水相比，含矿物质的水会增加浮沫生成；在人工配制实验用水中，即以纯水为基础并分别加入设定浓度矿物盐的实验用水中，单独添加硫酸钙或硫酸镁均会增加浮沫生成，其中钙的作用更为显著，且浮沫形成与水中钙含量呈更直接的相关关系。该研究提示，在以清澈度为重要感官要求的汤品中（如清汤、日式高汤和部分清炖类汤品），应避免使用钙含量较高、硬度偏大的水，有助于减少浮沫，改善汤体外观，并更好地保持汤品风味。

对于昆布高汤等以浸提为主的汤底，Kagawa 等（2024）在不同矿泉水条件下的研究表明，在一定硬度范围内，单纯硬度变化对提取物整体成分的影响未必显著，但不同离子组成及其比例可能影响浸提过程和风味表现。这说明，煲汤用水的适宜性不能仅以软水或硬水简单区分，除硬度外，还应关注矿化度水平及主要离子的组成特征。一般而言，当用水矿化度过高，或 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 HCO_3^{-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 等主要离子组成及相对比例差异较大时，可能影响昆布中谷氨酸等鲜味相关成分的浸提行为，并进一步影响汤体清澈度、风味协调性和整体感官表现。即使不同水样的总硬度相近， $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比例及其他主要离子的组成差异仍可能导致高汤品质表现不同。

量化感官研究表明，在生活饮用水常见且合格的 pH 范围内（6.5~8.5），pH 本身对口感影响通常不显著；相比之下， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子更易产生以涩感为主的口感，其中 Mg^{2+} 还可能增强口腔中的迟滞感，降低风味的清爽性和协调性，因此相关研究建议其含量不宜过高（赵凯等，2024）。

总体而言，在满足 GB 5749—2022 卫生安全要求的前提下，烹饪用水的理化关注重点应随应用场景而有所区分。相较于煮饭主要关注水硬度与矿化度对主食质构的影响，煲汤与熬高汤更应优先关注钙相关硬度对浮沫形成、汤体清澈度及风味稳定性的作用，并兼顾离子组成对浸提行为的潜在影响（Mitsuhashi et al., 2013；Kagawa et al., 2024）。因此，在安全合规前提下，煲汤与熬高汤用水宜避免高钙硬水、矿化度过高或某类主要离子浓度明显偏高的水源，以获得更稳定、清澈且风味纯净的汤品表现。

5.2 泡茶用水的选择

茶饮品同样以水为主体，根据中国农业科学院茶叶研究所与中粮营养健康研究院的实验研究，在茶叶原料与投茶量、水温、浸泡时间等工艺参数相对稳定的前提下，冲泡用水的矿化度、硬度（以 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 为主）以及与 HCO_3^- 缓冲体系相关的酸碱度，往往会成为影响茶汤香气释放与接受度、滋味鲜爽度与涩感平衡，以及汤色与整体干净度呈现的关键变量。同时需强调，任何关于风味影响的讨论都应以水源卫生安全已得到保证为前提：泡茶用水原则上应符合《生活饮用水卫生标准》要求。

（1）以生活饮用水的合规性作为泡茶用水的基础条件，并尽量在可比条件下评价风味

泡茶用水原则上应满足生活饮用水卫生安全底线要求，优先使用符合 GB 5749—2022 要求的自来水或合格包装饮用水（包括符合 GB 8537—2018 要求的饮用天然矿泉水）。在开展不同水样或不同茶样的风味对比（科研或评测）时，建议采用标准化冲泡条件以减少操作差异带来的偏差。

（2）在安全底线之上，泡茶用水一般以低矿化度、低硬度、低碱度为宜

水质对茶汤风味的修饰效果具有明确的理化基础。研究显示，使用 pH 偏高（ >8.10 ）且 TDS 偏高（ $>140 \text{ mg/L}$ ）的冲泡水，会导致茶汤整体香气接受度下降；其中 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 与 Mg^{2+} 等离子被识别为关键影响因子（Li et al., 2023）。该研究还发现，月低 TDS 水冲泡的绿茶具有更明显的新鲜香、焙豆香和栗香，而高 TDS、高 pH 水会降低绿茶的新鲜香、乌龙茶的花香和红茶的甜香。因此，在满足卫生安全要求的前提下，对于绿茶、白茶等风味较为清新、对冲泡水较敏感的茶类，可优先选择矿化度较低、主要离子含量较低且无明显异味的水。因此，在实践中可将泡茶用水理解为安全合规基础上的“低干扰水”——既不是矿物质越多越好，也不是完全去矿化就好，而是通过适度控制矿化度、硬度、碱度和关键离子水平，提高茶汤风味表达的稳定性、清晰度和可重复性。不同类型水冲泡对茶汤的影响如图 3 所示（Li et al., 2023）。

在实际消费场景中，市场上的“山泉水”“天然水”“天然饮用水”“泡茶水”等名称，并不直接等同于适合泡茶的矿物质水或矿物质组成已优化的水。“山泉水”“天然水”更多体现水源或产品类别，“泡茶水”更多体现使用场景或产品定位；真正影响泡茶表现的，仍是 TDS、硬度、碱度、pH、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 等可检测参数及其稳定性。因此，消费者选择时不宜仅看名称或概念，应优先查看标签中的矿物质含量、TDS 或硬度等信息；若标签信息不足，则可将低矿化度、低硬度、低碱度、无异味、接近中性作为更稳妥的方向性判断。

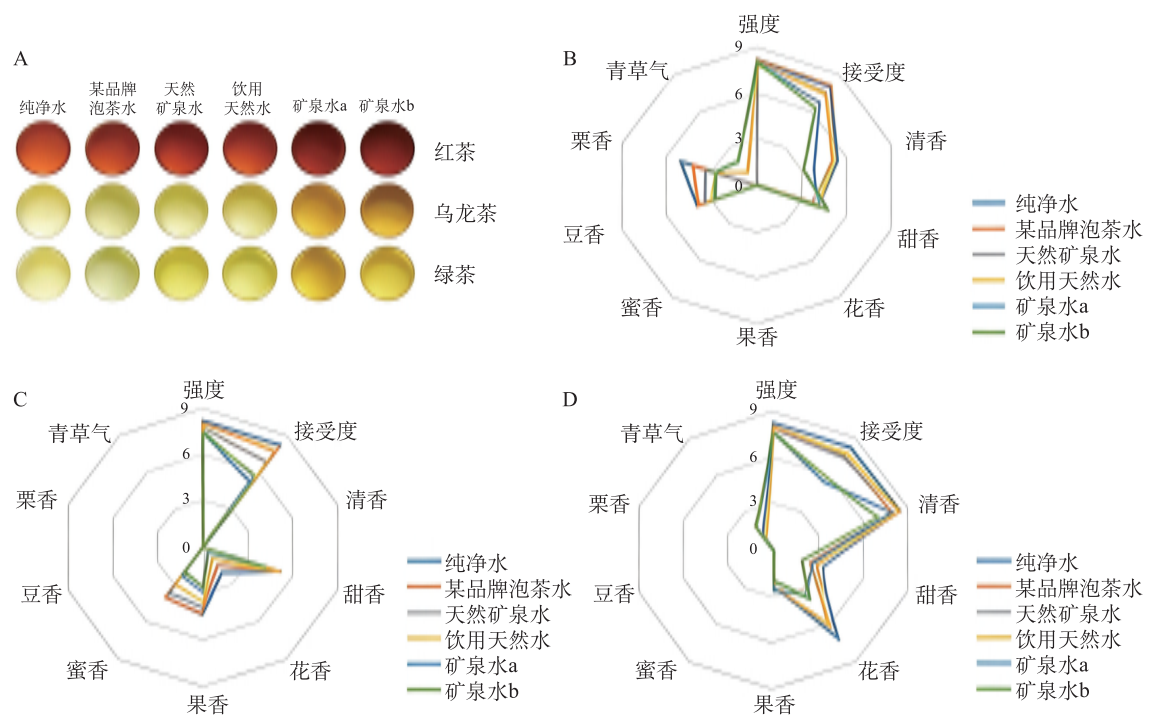


图3 不同类型水冲泡对茶汤的影响

注：A. 冲泡用水对红茶、乌龙茶和绿茶茶汤颜色的影响；B. 冲泡用水对绿茶香气特征的影响；C. 冲泡用水对红茶香气特征的影响；D. 冲泡用水对乌龙茶香气特征的影响。

(3) 在“三低”框架下实施依茶配水与因人配水

以水质敏感性差异管理风味结果。

不同茶类对水质变化的敏感性并不一致。研究表明，在不同理化性质的饮用水条件下，绿茶对冲泡水质理化性质变化更为敏感，其次为乌龙茶，而红茶相对较弱。因此，更为稳妥的策略是：在确保水源卫生安全前提下，优先以“三低”水作为基线水，再结合茶类特征与个体偏好进行微调，即“依茶配水”（根据不同茶类选择不同程度的低矿化度 / 低硬度 / 低碱度）与“因人配水”（尊重个体风味偏好差异）。

中国农业科学院茶叶研究所的阶段性研究提出了以下适配原则：低 TDS 适配绿茶、黄茶和白茶；中等矿物质含量水适配乌龙茶和红茶；弱碱性水适配黑茶。在实际应用中，若出现香气受抑、滋味发钝等现象，可将其视为水质过度修饰的风险信号，优先通过更换为矿化度更低、硬度更低或更接近中性的水来改善风味的确定性。具体而言，在冲泡绿茶时，低 TDS ($<50\text{ mg/L}$)、弱酸性山泉水能最大限度地保留癸醛（青草香）和芳樟醇（花香）；在冲泡乌龙茶时，中度矿物质水（TDS $80\sim120\text{ mg/L}$ ）可在铁观音的兰花香与焙火韵之间起到较好的协调作用；在冲泡红茶时，弱碱性矿泉水（pH $7.0\sim7.5$ ）有助于促进茶黄素形成，使正山小种茶汤的甜醇感评分提高约 15%。

5.3 咖啡冲煮用水的选择

咖啡饮品中，水的占比通常达到 98% 以上，因此在原料咖啡豆与工艺参数相对稳定的前提下，冲煮用水的矿物质组成、缓冲能力与气味 / 余氯等指标，往往成为决定咖啡风味干净度、甜感表现、酸质明亮度与醇厚度平衡的关键变量。同时需强调，任何关于风味影响的讨论都必须以水源卫生安全已得到保证为前提：冲煮用水原则上应符合 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》要求；若处于供水异常或煮沸 / 应急处置场景，应优先遵循 WHO 与美国公共卫生机构对应急安全处置的权威建议（World Health Organization, 2026; Centers for Disease Control and Prevention, 2024）。

在确保安全的基础上，咖啡冲煮用水的选择可从以下 4 个方面递进理解。

（1）优先满足无异味、无余氯，并重点控制硬度、碱度与 pH，TDS 作为辅助参考

在咖啡冲煮中，水质不仅影响萃取效率，也会改变酸感、甜感、苦感和香气表达。国际精品咖啡协会（Specialty Coffee Association, SCA）及相关咖啡水质研究通常强调，冲煮水应无异味、无明显余氯或氯胺，并重点关注总硬度、总碱度和 pH 等指标，以兼顾风味表达与设备结垢 / 腐蚀风险。值得指出的是，早期 SCA 水质建议中曾给出 TDS 目标值和可接受范围，但 TDS 多由电导率换算得到，易受温度、换算系数和离子组成影响，不能直接说明水中钙、镁、碳酸氢根等关键离子的具体贡献。因此，TDS 可作为家庭和门店快速判断矿化度的辅助指标，但不宜单独作为咖啡用水优劣的核心判断依据；实际选水或调水时，应结合总硬度、碱度、pH、余氯 / 氯胺及杯测结果进行综合评价（Wellinger et al., 2017）。

面向消费者的概括性建议是：适宜咖啡冲煮用水应无明显异味、余氯低、矿化度适中、总硬度适中、碱度适中且 pH 接近中性。具体而言，咖啡冲煮用水可优先参考以下范围：钙硬度 50~175 mg/L、总碱度 40~70 mg/L，均以 CaCO_3 计，pH 处于 6.0~8.0，目标值约为 7.0。TDS 可作为总体矿化程度的辅助指标，但不宜脱离硬度、碱度和具体离子组成单独判断水质优劣。（Specialty Coffee Association, 2018）。在这一范围内，水既能提供一定的矿物支撑，促进咖啡风味物质的稳定萃取，又能避免因矿化度、硬度或碱度过高导致酸感被削弱、苦涩感增强、口感发闷或设备结垢等问题。若水的矿物质含量过低，如蒸馏水或过度反渗透水，咖啡可能表现为风味单薄、酸感尖锐、醇厚度不足；若水硬度或碱度过高，则可能出现苦涩感、粉感，沉闷感增强，并增加咖啡设备结垢风险。

（2） $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 等溶解性阳离子会改变萃取过程与风味平衡

在明确了总体指标范围后，进一步需要关注的是具体离子的作用机理。咖啡中的多类风味物质以中性分子、酸及其共轭盐等形态存在，其溶解与萃取会受到水中溶解性矿物离子影响。相关研究指出，水中 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等离子可与咖啡成分中的亲核基团发生配位作用，从而

改变不同化合物的溶解 / 萃取倾向与速率，进而导致咖啡风味结构出现可感知的差异（Hendon et al., 2014）。因此，在风味表达层面，适度的硬度与合理的离子结构有助于获得更稳定的萃取与更均衡的酸甜苦；而偏离推荐范围（例如硬度过低或过高）则更容易出现萃取不充分，导致寡淡、酸尖，或风味发闷、口感粗糙、并伴随设备结垢风险上升等问题（Hendon et al., 2014; Wellinger et al., 2017）。从消费者选择角度看，咖啡冲煮用水不宜简单理解为“矿物质越多越好”，而应优先选择矿物质组成稳定、硬度适中、无明显异味的水。

（3）碱度过高易钝化酸质，过低则可能使口感尖锐且增加腐蚀风险

在离子作用的基础上，碱度作为独立维度值得单独讨论。碱度决定了水对酸的中和与缓冲能力，是咖啡明亮度（brightness）、干净度（clean cup）能否被充分表达的关键环境条件之一。SCA 在水标准中将总碱度限定在相对窄的区间（40~70 mg/L，以 CaCO_3 计），其逻辑在于：碱度过高可能使咖啡酸质被过度中和，表现为风味发闷、不够清爽；碱度过低则可能使酸感更加尖锐，同时在工程层面也更接近腐蚀风险区间。因此，面向实践的建议：在风味偏闷、偏钝、回甘不足，且排除咖啡豆与工艺因素后，可优先检查水的碱度是否偏高；反之，若酸感尖锐且口感单薄，可检查水的 TDS/ 硬度是否过低（Hendon et al., 2014; Wellinger et al., 2017）。

（4）家庭与门店的落地路径：先解决余氯 / 异味，再按目标区间选水或调水，避免用近似纯水直接冲煮

在明确各项指标的理想范围与作用机理后，落地路径可归纳如下。基于 SCA 标准对氯 / 氯胺目标值为 0 的要求，若自来水存在明显消毒剂气味或塑料 / 药味等异味，应将去除异味与余氯作为第一优先级（如使用合规的活性炭类末端过滤等），否则香气细节更易被掩盖，且杯测可重复性下降。在此基础上，可通过两种方式使关键参数落入推荐范围：其一，选择标签信息明确、可与 SCA 目标区间对照的包装水；其二，使用净化 / 软化 / 矿化等方式对水进行定向调控，使 TDS、硬度、碱度回到可重复的目标区间。

咖啡萃取对水中矿物质离子更敏感，可将矿化水理解为一种“预设矿物质配方水”，便于与行业推荐区间进行对照。SCA 给出了咖啡用水的推荐指标范围（包括硬度、碱度等），用于在萃取效率与风味平衡之间取得更可重复的结果（Wellinger et al., 2017）。相关研究也表明，水中的溶解阳离子（如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）会影响萃取过程与风味物质的溶出行为，从而改变咖啡的杯中表现（Hendon et al., 2014）；中粮营养健康研究院联合深圳安吉尔饮水产业集团研究发现，不同烘焙程度的咖啡豆在萃取时适配不同硬度的饮用水：浅烘豆更适配 100~140 mg/L 硬度的水，以更好地激发其花果香气；中烘豆更适配 120~140 mg/L 硬度的水，有助于展现坚果香和焦糖香；深烘豆更适配 140~180 mg/L 硬度的水，可使可可香和醇厚感更加突出。

关于市场上的产品选择，消费者需要注意：常见的“山泉水”“天然水”“天然饮用水”“咖啡用水”“咖啡专用水”等名称，并不当然等同于适合咖啡冲煮的矿物质水，也不意味着其矿物质组成已经针对咖啡萃取进行了优化。“山泉水”“天然水”更多体现水源或产品类

别,“咖啡用水”“咖啡专用水”更多体现使用场景或产品定位。真正影响咖啡冲煮表现的,仍是 TDS、总硬度、碱度、pH、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比例及主要离子组成等可检测参数。消费者选择咖啡冲煮用水时,不宜只看产品名称或营销概念,而应优先关注标签或检测信息中是否标明 TDS、硬度、矿物质组成和适用场景。若标签信息不足,可将“矿化度适中、硬度适中、碱度适中、无明显异味、接近中性”作为较稳妥的方向性判断。

最后,在操作层面的建议是:如果使用纯净水/RO 水出现萃取偏弱、风味扁平、层次不足等情况,可采用两条路径:其一是选用合适矿化度的矿化水作为更稳定的“配方水”,并对照 SCA 的推荐范围来选择;其二是采取“先净化再回矿”的思路(例如净化后通过回矿/配方调整或回矿滤芯恢复一定矿物组成),以提高批次一致性与可控性。反之,若出现结垢明显、口感发涩/干燥感增强或设备维护压力增大,则提示水的硬度/碱度可能偏高,应降低矿化度或选择更软的用水方案,在“萃取表现-设备结垢”之间折中优化(Wellinger et al., 2017)。

5.4 应用案例与发展趋势

在餐饮与新型茶饮行业,用水管理已从单纯的后勤保障逐步升级为品质控制的核心环节之一。一方面,头部餐饮企业通过系统化的水处理方案,在确保符合 GB 5749—2022 等卫生安全底线的前提下,将用水纳入标准化出品体系;另一方面,新茶饮行业的快速发展催生了更为精细化的用水需求,推动用水选择从“安全合格”向“风味适配”深化。

(1) 餐饮企业用水实践:从安全保障到标准化出品

在餐饮业态中,用水涉及食材清洗、主食烹饪、汤底熬制、饮品制作等多个环节,不同场景对水质的要求存在显著差异。以连锁餐饮企业为例,其用水管理通常呈现以下特征。

首先,接触食品用水的卫生安全被置于首位。根据新版 GB 14881—2025《食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范》对“接触食品用水”的明确定义,与食品直接接触的清洗、解冻、制冰、蒸汽用水以及食品接触表面的清洁用水,均需符合 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》。这一条款为餐饮企业用水设定了清晰的合规边界,企业需据此完善供水网络图、建立定期监测机制,确保各用水点位始终处于受控状态。

其次,规模化连锁品牌开始将水质调控纳入标准化体系。以某咖啡连锁品牌为例,其超过 6 000 家门店采用了升级版净水设备,可根据不同需求调节出水 TDS,实现大流量稳定 TDS 的混水效果,使不同城市门店的出品保持在相对一致的品质区间。这一实践的背后逻辑在于:当咖啡豆、烘焙度、萃取参数均已标准化后,水质作为变量被有效控制,才能实现真正意义上的“千店一味”。

最后,用水设备的智能化管理成为效率提升的新抓手。餐饮门店的净水设备逐步搭载物联网模块,可实时监测 TDS、用水流量、滤芯寿命等数据,并实现更换提醒功能。这种数字化管

理方式不仅降低了人工巡检成本，也为总部对加盟门店的品控提供了可追溯的数据支撑。

（2）新型茶饮行业的发展趋势与用水选择

新茶饮行业的爆发式增长为用水管理带来了新的挑战与机遇。中国连锁经营协会与美团联合报告显示，中国新式茶饮市场规模预计 2025 年达到 2 015 亿元（中国连锁经营协会新茶饮委员会 等，2023）；一些头部品牌已在东南亚市场赢得广泛认可。伴随市场规模扩张，行业竞争正从“卷口味、卷价格”向供应链“深水区”延伸。

其一，用水选择与产品定位之间的关系日益密切。新茶饮产品中水的占比较高，水质会直接影响茶汤的清澈度、风味表现和整体口感协调性。行业实践表明，部分头部品牌已将水质控制细化到出水 TDS 等具体指标范围，以提高不同门店产品风味的一致性，并更好适配茶底和咖啡原料特征。一些品牌还通过展示净水设备、强调水质管理等方式，向消费者传递其对产品品质控制的重视。

其二，行业标准化进程推动了用水要求的进一步明确。近年来，现制茶饮和健康饮品相关团体标准、企业标准陆续发布。总体来看，这些标准在关注茶底、乳品和糖浆等原料质量的同时，也逐步将用水质量纳入产品质量控制体系，表明水质已成为影响产品稳定性和感官品质的重要基础因素。

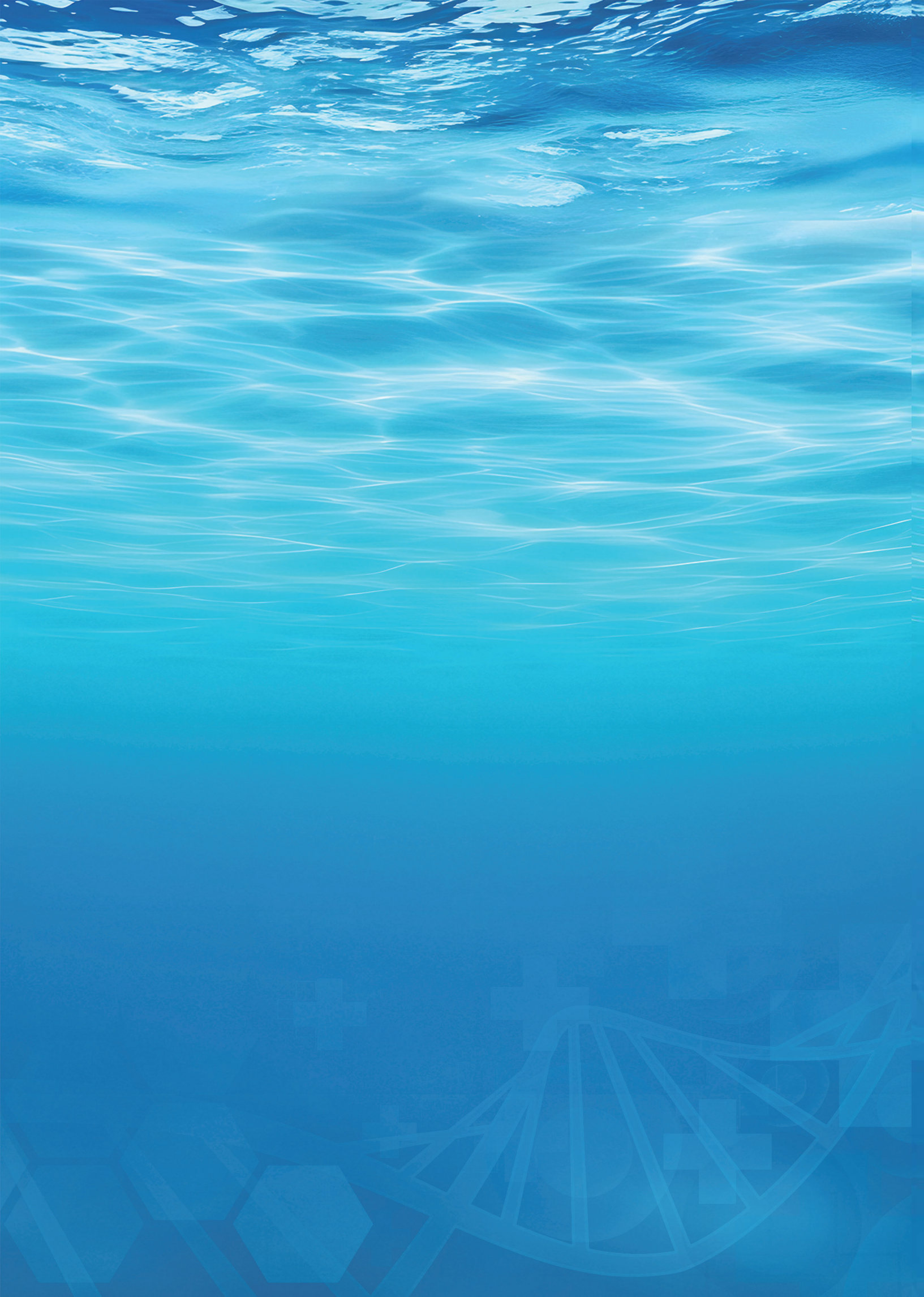
其三，上游供应链布局与水源条件之间的联系日益增强。一些水资源条件较好、地表水质量稳定的地区，正逐步吸引现制饮品相关企业布局生产和供应链业务。其优势不仅体现在供水保障方面，也体现在较稳定的低矿化度特征上，这为饮品企业提供了相对稳定的用水条件。由此可见，水源条件、加工能力和供应链布局之间的协同，正在成为现制饮品产业发展的重要影响因素。

其四，环保与可持续发展理念正逐步渗透至用水各环节。一些零售企业推出无标签 PET 瓶饮用天然水，部分饮品企业也上线无标签轻量化包装产品，预计每年可减少塑料使用数十吨。这类举措虽主要体现为包装层面的创新，但其背后反映出消费者对水源品质与生态环境的持续关注。相关产品的水源多选取自国家级优质水源保护区，如大型湖泊及生态良好的地表水源地，从而在一定程度上满足了消费者对高品质饮用水的需求。与此同时，部分餐饮门店通过引入雨水回收及中水处理系统，实现水资源的循环利用，其日均水循环量已能够覆盖门店的基本用水需求，成为服务业推动节水减排与低碳转型的典型实践案例。

综上所述，无论是传统餐饮还是现制饮品，用水选择都在满足基本使用的基础上，逐步考虑兼顾卫生安全、产品稳定性和风味适配性。除符合饮用水卫生安全要求外，餐饮和饮品加工还可根据不同产品特点，对矿化度、硬度等指标进行针对性控制，以更好满足实际应用需求。

参考文献

- 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2022. 生活饮用水卫生标准: GB 5749—2022[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 赵凯, 夏雪, 刘扬龙, 等, 2024. 离子对饮用水口感的影响[J/OL]. 净水技术, 43(S2): 43-49. DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.s2.006.
- 中国连锁经营协会新茶饮委员会, 美团新餐饮研究院, 2023. 2023 新茶饮研究报告[R/OL]. (2023-09-20) [2026-07-29]. <http://www.ccfa.org.cn/portal/cn/xiangxi.jsp?id=444980&type=33>.
- Centers for Disease Control and Prevention, 2024. How to make water safe in an emergency[EB/OL]. (2024-09-19)[2026-07-30]. <https://www.cdc.gov/water-emergency/about/index.html>.
- Hendon C H, Colonna-Dashwood L, Colonna-Dashwood M, 2014. The role of dissolved cations in coffee extraction[J/OL]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(21): 4947-4950. DOI: 10.1021/jf501687c.
- Kagawa T, Suchara K, Kameoka T, et al., 2024. Multiband spectroscopic analysis on kombu soup stock extracted using different types of water[C/OL]//Proceedings of the Annual Meeting of the Japan Society of Cookery Science, 35: 17. DOI: 10.11402/ajscs.35.0_17.
- Li M, Feng Z, Wang F, et al., 2023. Effects of brewing water on the volatile composition of tea infusions[J/OL]. Food Chemistry, 429: 136971. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136971.
- Li P, Matsue Y, Zhang X, et al., 2021. Effect of types of cooking water on the palatability and physicochemical properties of Chinese Japonica-type rice cultivars[J]. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 66(1): 21-28.
- Mitsuhashi T, Tajima M, 2013. Effect of water hardness on the scum formed during soup stock preparation[J/OL]. Journal of Cookery Science of Japan, 46(1): 39-44. DOI: 10.11402/cookeryscience.46.39.
- Specialty Coffee Association, 2018. SCA coffee standards: water for brewing standards[S/OL]. (2018) [2026-07-29]. <https://coffee.towerofrecords.com/coffee/water-chemistry#:~:text=The%20SCA%20Water%20Quality%20standards%20specify%20150ppm%20TDS%2C,pH%207.0%20as%20ideal%20coffee%20brewing%20water%20targets>.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2026. Secondary drinking water standards: Guidance for nuisance chemicals[EB/OL]. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, (2026-05-26) [2026-07-30]. <https://www.epa.gov/sdwa/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>.
- Wellinger M, Smrke S, Yeretzian C, 2017. Water for extraction: composition, recommendations, and treatment[M/OL]//Folmer B. The Craft and Science of Coffee. London: Academic Press: 381-398. DOI: 10.1016/B978-0-12-803520-7.00016-5.
- World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda[M]. Geneva: World Health Organization.





第六章

饮水常见误区 与科学建议

6.1 常见饮水误区

下面这些喝水常识，在大众中非常流行，但与权威指南和卫生学证据并不完全一致，需要科学澄清。

误区一：每天必须喝 8 杯水，越多越好

“每天 8 杯水”是一个便于传播的宣传口号，并非适用于所有人的刚性标准，更不能简单地认为喝得越多就越健康。

根据《中国居民膳食指南（2022）》和《中国居民膳食营养素参考摄入量（2023 版）》，成年人饮水推荐量需要根据性别、体重、体力活动强度、环境温度和出汗量等因素进行个体化调整（中国营养学会，2023）。在运动、高温作业或大量出汗等情境下，确实需要增加补水；但若短时间内一次性大量饮水，也可能增加低钠血症等健康风险（Sawka et al., 2007）。

因此，饮水的核心不是机械地追求“8 杯”或“越多越好”，而是根据自身实际需要合理补充。关于水适宜摄入量的制定依据及国内外推荐水平，详见第 6.2 节。

除了饮水量，《健康饮水十条——专家共识（2025）》还强调要关注饮用水的品质：在保障卫生安全的前提下，饮用水应口感良好，并尽量保留水中天然存在的、对健康有益的钙、镁离子和必需微量元素。钙、镁离子对骨骼和心血管保护具有积极影响，应避免长期饮用完全不含矿物质的水。如使用净水器，建议优先选择既能去除污染物又能保留水中天然有益矿物质的产品（中国卫生监督协会环境卫生与健康专业委员会，2025）。

总而言之，饮水量应当因人、因时、因环境而异，在参考一般推荐量的同时，还需结合自身尿量、尿液颜色和口渴感等信号灵活调整，而不是盲目追求“喝得越多越好”，更不宜在短时间内大量饮水（中国营养学会，2023）。

误区二：饮料可以完全代替白开水

不少人几乎不喝白开水，而是依赖含糖饮料、奶茶、果汁甚至功能饮料来满足日常水分需求。

《中国居民膳食指南（2022）》明确提出：日常饮水以白开水或淡茶为主，应少喝或不喝含糖饮料，不用饮料替代白水（中国营养学会，2022）。

《中国居民膳食指南（2022）》也强调：水应当是日常的首选饮品，含糖饮料通常能量高而营养价值低，应当严格限制摄入，以降低肥胖、2 型糖尿病和龋齿等风险（中国营养学会，2022）。

由此可见，即便饮料中也含水分，也不能将其视作健康的日常补水方式。真正的补水应首

选安全的白开水或符合标准的饮用水，饮料仅可作为偶尔、少量的饮品。

误区三：功能水、小分子团水更健康

市场上各种“功能水”“概念水”层出不穷，如富氧水、磁化水、小分子团水等，常伴随补氧、改善代谢、增强活力或更易吸收等宣传语。然而，就现有研究而言，这些主张大多缺乏一致的生理机制解释或高质量的人群研究支持，其健康优势尚未得到充分证实。

富氧水通常以“提高溶解氧”作为卖点，并被宣传可补氧、提升代谢或改善运动表现。现有双盲随机交叉研究显示，与对照水相比，富氧水并未使受试者在高强度运动至力竭时的表现、心肺反应或相关代谢指标出现显著改善（Daussin et al., 2021）。这表明，靠喝水补氧的作用缺乏稳定证据支持。

磁化水则常宣称通过磁场处理改变水分子结构，从而改善人体健康或增强生理功能。但目前相关研究更多集中于工业水处理、结垢控制或理化性质变化等方向，在人体健康效应方面的证据相对有限，且研究结果并不一致（Bayoumi et al., 2024）。因此，现阶段尚难据此推断磁化水具有明确、可重复的人体健康收益。

所谓“小分子团水”常以“更易吸收”为卖点，但液态水中的氢键网络与分子团簇本身处于动态变化之中，表现为持续的结构涨落，而非可长期稳定维持的固定小分子团状态（Andersson, 2023）。因此，将其作为确定的健康优势依据并不严谨。

总体而言，现有证据尚不足以证明富氧水、磁化水、小分子团水等产品明显优于普通符合标准的饮用水。2015年5月24日实施的GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》中明确指出，包装饮用水名称应当真实、科学，不得以水以外的一种或若干种成分来命名包装饮用水。对普通健康人群而言，只要饮用水符合GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》等相关要求，能够保证卫生安全，即可满足日常饮水需要，不必因“功能水”“概念水”宣传而支付额外成本（World Health Organization, 2026）。

误区四：只有纯净水才安全，自来水或矿泉水会伤肾或易长结石

一些消费者认为，只有高度去除矿物质的纯净水才更安全，甚至担心水中钙、镁等矿物质会增加肾脏负担或诱发结石。实际上，这一观点存以偏差：饮用水安全的核心在于有效控制病原微生物和有害化学污染物，而非要求水中完全不含矿物质。对于一般健康人群而言，符合相关标准的生活饮用水、包装饮用水和天然矿泉水均可作为日常饮水来源，水中天然存在的钙、镁等矿物质还可作为膳食矿物质摄入的有益补充（国家市场监督管理总局等，2022）。因此，不能简单地把“含矿物质”“有水垢”或“硬度较高”直接等同于伤肾或必然导致结石。

不过，上述结论主要适用于普通健康人群，而泌尿系结石患者或具有结石复发风险的人

群则需区别对待。对于结石患者，尤其是草酸钙结石、高尿钙或反复结石人群，饮水建议应更多地遵循临床医生基于结石类型、尿液成分和代谢评估给出的个体化方案。医学防治中更强调足量饮水、增加尿量，以降低尿液中成石物质浓度；在此前提下，结石患者通常不宜长期大量饮用硬度过高、钙镁负荷较高的水。必要时，可在医生建议下选择矿物质含量较低的纯净水或软化处理后的饮用水作为日常饮水来源之一，但这并不意味着所有人都应长期只喝纯净水。

关于水中矿物质比例与尿石症的关系，现有研究从区域流行病学和动物实验两个层面进行了探索。从人群层面看，Yang 等（2016）对我国不同地区饮用水水化学特征与尿石症流行情况进行分析发现，多数地区 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 当量比与尿石症患病率呈正相关， $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 当量比相对较高的地区往往具有较高的尿石症患病水平。Peng 等（2023）对我国 314 个城市公共饮用水的调查进一步发现，Ca/Mg 质量浓度比平均为 4.68，约 76.3% 的城市高于 3，其中超过 5 的城市与尿石症高发地区具有较明显的空间重合。该研究还发现，这些地区较高的 Ca/Mg 比在一定程度上与水中镁含量相对较低有关。Peng 等（2023）指出，Ca/Mg 比超过 5 的城市几乎都是尿石症高发城市，并认为高 Ca/Mg 比主要与这些城市相对较低的镁浓度有关。上述区域流行病学结果提示，较高的饮用水 Ca/Mg 比可能是尿石症风险研究中值得关注的水化学特征（Yang et al., 2016; Peng et al., 2023）。

动物实验为不同 Ca/Mg 比水平的影响提供了进一步证据。Zhang 等（2026）采用草酸钙结晶大鼠模型，比较 Ca/Mg 质量比分别为 0.5、3.4、10、20 和 100 的再矿化水后发现，Ca/Mg 质量比为 0.5 和 3.4 时，尿液草酸钙结晶明显减少，肾组织损伤及相关肾功能指标得到改善；而 Ca/Mg 质量比为 10、20 和 100 时未观察到相同程度的保护效应。该结果提示，不同钙镁比例的再矿化水在草酸钙结晶和肾损伤方面表现出不同的效应，适宜的钙镁比例可能具有一定保护意义，而过高比例则未见类似获益。

由此可见，饮用水 Ca/Mg 比过高可能是尿石症风险中需要关注的因素，而适宜的钙镁比例可能具有一定保护意义。但尿石症的发生还受饮水量、膳食结构、气候、遗传及个体代谢等多种因素影响，因此相关比例目前更适合作为饮用水健康研究和再矿化配方评价中的参考指标。Wang 等（2020）也明确指出，尿石症是多因素疾病，其全球模型还受到河水代替实际饮用水、饮食和生活方式未纳入等限制。

综上所述，对一般健康人群而言，健康饮水不宜简单理解为“越纯越好”，在水质达标、饮水量适宜的前提下，可根据安全性、口感和矿物质组成综合选择饮用水；对结石患者而言，核心是足量饮水、维持较充足的尿量，并结合医生建议选择适合自身结石类型和代谢状态的饮用水，避免长期饮用硬度过高或矿物质比例明显不适宜的水。

误区五：水清无味就一定安全，山泉水、井水比自来水更天然健康

很多人认为看起来清澈、喝起来甘甜的山泉水和井水更天然、更健康，甚至会直接生饮。

但山泉水和井水多是未经检测的未知水源，容易存在微生物污染、化学污染等风险因素。世界卫生组织在饮用水事实表中提示，微生物污染仍是饮用水安全的首要风险，全球仍有大量人群饮用受粪便污染的水源，由此可引发霍乱、痢疾、伤寒等疾病，并造成大量腹泻相关死亡。相比之下，经净化、消毒并符合《生活饮用水卫生标准》的自来水在安全性、可控性和可持续性方面均更具优势，是更稳妥的日常饮用水来源（World Health Organization, 2023）。

误区六：千滚水、隔夜水一定有毒，坚决不能喝

民间关于千滚水、隔夜水的说法很多，常见的观点是反复烧开或放了一夜的水亚硝酸盐会大量升高，甚至致癌。

GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》对包括亚硝酸盐在内的多项化学指标都有严格限值。对符合标准的自来水或合格的包装饮用水而言，在清洁容器中加盖存放，短时间内亚硝酸盐的增加幅度通常很小，仍远低于限值，不足以对健康造成明显危害。

中国疾病预防控制中心的家庭饮用水安全科普强调：自来水煮沸 1~3 min 即可有效杀灭绝大多数致病菌，并有助于余氯挥发；家庭储存饮用水时，更重要的是使用清洁容器、加盖防尘，并避免在高温环境下长时间存放，防止二次污染（中国疾病预防控制中心，2025）。

在环境清洁、容器干净、加盖存放的前提下，普通家庭的开水在 1 天左右一般仍可安全饮用。真正值得重视的是容器不洁、反复加水、长时间高温暴露等导致的微生物污染，而不是单纯的烧开的次数或是否隔夜。

误区七：口渴了再一次性猛灌水就行，喝水方式无所谓

不少人平时很少主动喝水，只有在出现明显口渴或运动后才大量饮水。

《中国居民膳食指南（2022）》与《健康饮水十条——专家共识（2025）》均建议：应主动安排饮水，提倡少量多次，不要等到明显口渴才喝水；可将全天饮水量分散到多次摄入，如每 1~2 h 饮水约 200 mL（中国营养协会，2022）。

《健康饮水十条——专家共识（2025）》还指出，剧烈运动、大量出汗后应逐步、小口补水，而不是一次性快速大量饮水，以免加重心肾负担，甚至诱发低钠血症（Sawka et al., 2007）。

当出现明显口渴时，机体往往已经处于轻度脱水状态（体液缺失 2%~4%），可能影响体能和认知表现。科学的饮水方式应是：根据作息和活动量，主动安排饮水节奏，小口慢饮，避免渴了猛灌的习惯。

误区八：纯净水比矿泉水更安全健康，长期喝没问题

不少消费者认为，经过反渗透（RO）等深度处理后的纯净水杂质更少，因此一定比含有矿物质的饮用水更健康；也有人认为，水中的矿物质主要通过食物获得，因此饮用水中是否含有矿物质并不重要。实际上，饮用水评价首先应坚持安全优先原则，即水源、处理工艺和终端水质均应符合相关卫生安全标准。只有在安全达标的基础上，再进一步讨论口感、矿物质组成及不同人群、不同场景下的适宜性，才更符合科学饮水的基本逻辑。

符合国家标准的纯净水完全可以作为安全饮水来源，尤其在原水水质复杂、污染风险较高或需要深度净化的情境下，RO 等处理技术确实具有明确价值。因此，不宜简单将纯净水与矿化水、天然矿泉水对立起来，更不宜把某一类水绝对化为“最好”或“最差”。值得关注的是，如果长期饮用矿物质含量很低的水，同时膳食中钙、镁等矿物质摄入不足，就可能会削弱饮用水对矿物质摄入的补充贡献。WHO 关于饮用水营养元素的资料也提示，完全去矿物质或低矿物质水在感官和长期营养贡献方面确实存在一定局限（Greenlee et al., 2009）。

饮用水首先必须确保安全，其次是在水质达标的前提下，含有一定适宜浓度、比例较协调的钙、镁等矿物质，可能更有利于改善口感，并对日常矿物质摄入形成一定补充。这里要强调的是“适宜”和“协调”，而不是矿物质含量越高越好。对于一般健康人群，既可以选择符合标准的纯净水，也可以选择符合标准、矿物质组成清晰且口感适宜的天然矿泉水、天然饮用水或经过合理矿化处理的饮用水；选择的关键在于结合水质安全、矿物质组成、个人口感和自身健康状况进行综合判断。

从膳食角度看，钙、镁、钾等矿物质的主要来源仍然是食物，如奶制品、豆制品、绿叶蔬菜、坚果、全谷物和水果等。保持多样化膳食，是保障矿物质摄入的基础。但也应注意，食物中的矿物质供给本身会受到膳食结构、食材来源、加工方式以及土壤和种植环境等因素影响。因此，在实际生活中，饮用水中的适量矿物质可以确实作为膳食矿物质摄入的有益补充，而不宜被完全忽视。

对于使用 RO 净水器的家庭，如果日常膳食结构较单一，或儿童、老年人、孕妇等人群长期以低矿物质水作为主要饮水来源，就应关注饮食中钙、镁等矿物质摄入是否充足，也可根据实际需要选择带有合理矿化或回矿设计的净水方案。总体而言，科学饮水不应陷入在纯水和矿化水的简单对立，而应以安全为底线，在此基础上兼顾适宜矿物质、良好口感和个体化需求。

6.2 饮水量

6.2.1 水适宜摄入量的制定依据

根据《中国居民膳食营养素参考摄入量（DRIs）》的说明，水的适宜摄入量是基于人体水代谢规律与人群数据提出的参考值（中国营养学会，2023）。理解其制定思路，有助于澄清“每天必须喝够8杯水”“喝得越多越健康”等常见误区：饮水量应当随个人和环境变化，而不是所有人都用同一个固定数字。

DRIs 中关于水适宜摄入量的确定，主要有 3 种方法。

（1）依据能量消耗推算需水量（活动越多，需水通常越高）

DRIs 提到，成年人每日需水量可与能量消耗相关联进行估算：一般认为每消耗 4.184 kJ 能量，水需要量约为 1 mL；在考虑日常活动、出汗及溶质负荷等变化，且水中毒风险极小的前提下，该估算可放宽至约 1.5 mL/4.184 kJ。这表明：需水量与体重、活动量、环境温度密切相关，因此用“每天必须喝够8杯水”去要求所有人并不科学；更合理的是参考推荐量，并结合自己当天的活动与出汗情况调整。

（2）依据水分丢失量反推需水量（出汗、气温、劳动强度会显著改变需水量）

从水平衡角度，健康状态下机体水摄入量与水丢失量应保持动态平衡。水的丢失包括尿液、粪便、皮肤（显性和不显性）以及呼吸道丢失等，可通过相关方法评估，并据此反推每日需水量（Jéquier et al., 2010）。这意味着，在高温、运动、体力劳动等“丢失增加”的情境下确实需要增加饮水量；但如果并没有明显出汗或失水，短时间内大量饮水并不等于更健康。《健康饮水十条——专家共识（2025）》也提醒，短时间内一次性大量饮水可能诱发低钠血症等疾病；在高温作业或运动补水中，美国国家职业安全卫生研究所 / 美国疾病预防控制中心与美国职业安全与健康管理局等机构同样强调应避免短时间内过量饮水（National Health and Medical Research Council, 2006; National Institute for Occupational Safety and Health 2017）。

（3）基于人群摄入数据确定适宜摄入量

DRIs 还可基于健康人群的饮水量和总水摄入数据，并结合尿渗透压等水合指标，评估在不发生脱水及相关健康损害的前提下维持良好水合状态所需的摄入水平，并据此提出适宜摄入量。因此，适宜摄入量更适合作为人群层面的参考值，用于指导日常饮水安排，而不宜理解为所有人都必须精确达到的固定目标。实际应用中，还应结合尿量、尿液颜色、口渴程度以及出汗和环境变化等因素进行调整（中国营养学会，2023）。

6.2.2 国内外成人总水适宜摄入量及推荐饮水量

多家国际及国内权威机构基于上述方法，对成人总水摄入量（包括饮水和食物中的水）提出了适宜摄入量建议（表 2）。

表 2 成人总水适宜摄入量或推荐量建议

机构 / 国家	总水适宜摄入量或推荐量	饮水量说明	备注
美国医学研究院（IOM）	男性 3 700 mL/d； 女性 2 700 mL/d	未单列饮水量	适用于 19~30 岁健康成年人
澳大利亚卫生与医学研究委员会 / 新西兰卫生部	男性 3 400 mL/d； 女性 2 800 mL/d	男性饮水量约 2 600 mL/d； 女性约 2 100 mL/d	区分了总水摄入量与非食物来源饮水量
欧洲食品安全局（EFSA）	男性 2 500 mL/d； 女性 2 000 mL/d	未单列饮水量	同时指出成年人总水摄入量会随气候条件及身体活动水平显著变化
世界卫生组织（WHO）	男性约 2 900 mL/d； 女性约 2 200 mL/d	未单列饮水量	适用于一般环境和静态活动条件
中国	男性约 3 000 mL/d； 女性约 2 700 mL/d	男性约 1 700 mL/d； 女性约 1 500 mL/d	基于我国四城市成年人饮水调查结果，并结合健康结局及可行性分析提出

（1）美国医学研究院（Institute of Medicine，IOM）的建议

IOM 对 19~30 岁健康成年人的总水适宜摄入量建议为：男性约 3 700 mL/d，女性约 2 700 mL/d（Institute of Medicine，2005）。

（2）澳大利亚卫生与医学研究委员会与新西兰卫生部的建议

澳大利亚卫生与医学研究委员会联合新西兰卫生部提出，成年男性总水摄入推荐量为 3 400 mL/d，其中非食物来源的饮水量约为 2 600 mL/d；成年女性总水摄入推荐量为 2 800 mL/d，其中饮水量约为 2 100 mL/d（National Health and Medical Research Council，2006）。

（3）欧洲食品安全局（European Food Safety Authority，EFSA）的建议

欧洲食品安全局膳食、营养与过敏专家组（NDA）基于人群摄入量资料及尿渗透压指标，于 2010 年提出不同年龄组水适宜摄入量。其中，成年男性总水适宜摄入量为 2 500 mL/d，成年女性为 2 000 mL/d（EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies，2010）。

（4）世界卫生组织的建议

WHO 指出，在一般环境和静态活动条件下，成年男性与女性的总水推荐摄入量分别约为

2 900 mL/d 和 2 200 mL/d (World Health Organization, 2023)。

(5) 我国成人饮水及总水适宜摄入量的确定

2010 年在我国四城市开展的成年人饮水调查结果显示, 饮水量约占总水摄入量的 56%; 成年人的饮水摄入量中位数为 1 488 mL/d, 其中男性为 1 679 mL/d、女性为 1 370 mL/d。基于上述调查数据, 并结合健康结局及可行性分析, 我国提出: 男性饮水适宜摄入量为 1 700 mL/d, 女性为 1 500 mL/d。

进而根据饮水量约占总水摄入量 56% 的比例推算, 我国成年男性与女性的总水适宜摄入量分别约为 3 000 mL/d 和 2 700 mL/d。总体来看, 我国推荐水平与 IOM、EFSA 和 WHO 等机构在常规环境下对成人总水适宜摄入量的建议处于相近量级 (2.0~3.7 L/d), 在理论依据与人群实际之间取得了较为合理的平衡 (中国营养学会, 2023)。

6.3 饮水时间

机体水盐平衡的维持是一个以 24 h 为单位的动态过程, 依赖于口渴中枢、肾脏排水调节以及行为饮水习惯等多重因素。因此, 在讨论最佳饮水时间时, 更应关注一日内饮水时间的合理分配及节律性, 而非纠结于某一个被绝对化的“黄金时刻”。

从生理学角度看, 血浆渗透压的轻度升高即可触发口渴感与抗利尿激素分泌, 这说明机体对缺水较为敏感。如果饮水时间高度集中在少数几个时点, 就容易造成短时间内相对过量, 而随后较长时间又相对不足的波动, 不利于维持平稳的水盐平衡 (Jéquier et al., 2010)。因此, 饮水时间的科学安排应建立在 24 h 时间窗内的节律性补水之上。

6.3.1 一日内饮水时间的分配原则

结合《中国居民膳食指南 (2022)》与《中国居民膳食营养素参考摄入量 (2023 版)》, 普通成年人在饮水时间方面可遵循以下基本原则。

(1) 全天分散、少量多次

在保证每日总量接近推荐值的前提下, 将饮水拆分为多次, 每次 150~200 mL, 在晨起、两餐之间、午后和傍晚等时段均匀分布, 可降低胃肠负担, 更利于心肾耐受。

(2) 主动饮水, 不等明显口渴

中国居民膳食指南强调, 口渴往往已提示机体存在一定程度水分缺乏, 因此应避免渴了才想起喝水的被动模式。实践中, 可通过设定时间节点 (如每 1~2 h 就主动饮水) 或建立固定行

为联结（如工作间隙、上卫生间后小口喝水）来提前干预（中国营养学会，2022）。

（3）因人、因时调整饮水节律

不同年龄、体重、体力活动水平及气候条件下，机体对水分的需求和耐受存在明显差异。例如，高温季节或体力劳动者可适当增加白天，特别是劳动前后的饮水频率；老年人因口渴敏感性下降，更应通过定时少量饮水来弥补主观口渴感的不足（中国营养学会，2023）。

6.3.2 不同作息情境下的饮水时间安排

（1）晨起饮水

夜间连续 6~8 h 未摄入水分，同时存在基础代谢和呼吸失水，机体在清晨多处于轻度相对缺水状态。一般建议起床后 30 min 内饮用 150~300 mL 温白水，这可为开始一天的代谢活动提供必要的水分支持（Jéquier et al., 2010）。

（2）两餐之间饮水

《中国居民膳食营养素参考摄入量（2023 版）》推荐，在早晚适当饮水的同时，于两餐之间每隔 1~2 h 饮水约 1 杯。这使两餐间成为全天饮水的主力时段，既有助于维持稳定水合状态，又可避免在临近用餐时一次性大量饮水引起饱胀或反流不适（中国营养学会，2023）。

（3）运动前、中、后饮水

对有中等以上强度运动或较重体力劳动者，应在运动前、中、后分阶段补充水分。运动前宜在数小时内分次饮水，使开始运动时接近正常水合状态；运动中根据出汗情况每 15~20 min 少量饮水，以防体重短时间下降超过体重的 2%；运动结束后的数小时内逐步补足水分和电解质，不宜一次性大量灌水。对于轻中度活动者，可在遵循上述原则的前提下适当简化（National Institute for Occupational Safety and Health, 2017）。

（4）晚间与睡前饮水。

晚间饮水既需兼顾全天水合状态，又需考虑夜尿对睡眠的影响。若在临睡前短时间内大量饮水，容易导致夜间排尿次数增多，这一点在老年人及心肾功能受损者中尤为明显。因此，较为合理的做法：将大部分饮水量安排在白天和傍晚，睡前 2~4 h 避免大量饮水；若存在夜间口干，可在睡前小口少量饮水，并结合夜尿次数和基础疾病状况做个体化调整（Jéquier et al., 2010）。

6.4 饮用水选择建议

在明确了饮用水的分类、生理功能及常见误区后，科学地选好水已成为居民实现个性化健康管理的关键。根据《中国居民膳食指南（2022）》以及国家标准 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》的核心精神，饮用水的选择应遵循安全为本、健康导向、兼顾感官、因人因时而异的选择逻辑。

6.4.1 家庭日常饮水选择

优先用合规集中供水；家里能做的，主要是“把风险再压低一点、把口感稳定一点”。

对大多数城镇和农村家庭而言，来自集中式供水系统并符合生活饮用水卫生要求的自来水，是日常饮水最基本、最常见的来源。在此基础上，保持家庭用水环节的正常维护，如定期清洁水龙头滤网、按要求更换滤芯，并在发现水质异常时及时排查和处理，通常即能满足日常饮水需要。

（1）家庭饮水处理的基本原则

家庭日常饮水应首先以水源安全为基础。符合 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》的自来水，是居民生活饮用和烹饪用水的重要来源；符合相应标准的包装饮用水、饮用天然矿泉水以及经合规处理并维护到位的直饮水，也可作为日常饮水选择。不同水源在处理方式和适用场景上有所差异，不能简单用“是否一定要烧开”来判断水质优劣。

对于普通家庭而言，若以自来水作为直接入口饮水来源，煮沸后饮用是一种常见且稳妥的处理方式。煮沸的主要作用是降低微生物风险，并可在一定程度上减轻部分消毒剂气味。但煮沸并不能有效去除重金属、硝酸盐、部分有机污染物、溶解性盐类或硬度等问题。因此，当家庭用水存在明显异色、异味、浑浊、肉眼可见颗粒物，或对管道、二次供水、终端水质不放心时，应结合实际选择选择合适的末端净水设备，必要时进行水质检测，而不能仅依赖煮沸解决所有水质问题。

对于明确符合直饮水要求的水，或合格包装饮用水、饮用天然矿泉水，在储存、开封和使用条件符合要求的前提下，可以直接饮用。对于婴幼儿冲调、老人和免疫力较弱人群饮水等更敏感场景，可根据产品说明、医生建议和家庭实际用水条件，采取煮沸、过滤或选择合格包装水等更稳妥的方式。总体而言，家庭饮水处理应遵循“安全达标是前提，入口饮用更谨慎，处理方式与水质问题相匹配”的原则。

（2）净水设备怎么选，最简单的判断方式是什么？

家庭净水设备的选择，首先应看家庭用水存在什么问题，再匹配相应处理技术，而不宜单

纯追求滤芯数量、过滤精度或宣传概念。一般可先判断水质问题属于异味口感、颗粒物、水垢硬度，还可能涉及重金属、有机污染物、新污染物等健康风险，再选择具有相应检测依据和合规认证的设备。

如果主要问题是余氯味、异味、药味、塑料味或口感不佳，应重点关注活性炭等吸附单元。活性炭不仅用于改善口感，也可吸附部分有机污染物、消毒副产物前体和部分新污染物。需要指出的是，反渗透膜虽然可降低 TDS，并对多种无机盐、重金属和部分污染物具有较强去除能力，但并不能去除所有污染物。对于部分小分子有机物、异味物质和新污染物，仍需要活性炭协同处理。因此，家庭净水设备应配置足够有效的活性炭，并保证合理接触时间和规范更换维护，使其发挥末端吸附屏障作用（Richardson et al., 2007）。

如果主要问题是铁锈、泥沙、胶体或肉眼可见颗粒物，可选择 PP 棉、PE 膜、超滤膜等物理拦截型滤芯。如果存在老旧管网、自备井、工业或农业污染疑虑，则应优先进行水质检测，再根据结果选择反渗透、纳滤、离子交换或特定吸附材料等处理方式（World Health Organization, 2023）。

如果主要问题是水垢明显、烧水器具易结垢，通常提示水硬度较高，可根据需要选择反渗透、纳滤或软化装置。软化主要解决硬度和结垢问题，并不等同于全面净化；反渗透可降低多类溶解性物质，但也会降低部分矿物质含量。若希望在保证安全和净化效果的同时改善口感，可选择纳滤设备，或采用反渗透后配合回矿、矿化模块的方案（Vingerhoeds et al., 2016）。

（3）关于矿物质要不要保留

饮用水选择的首要原则是符合卫生安全要求。无论是否保留矿物质，只要存在微生物、重金属或其他污染风险，都不应作为优先饮用水来源。因此，对家庭饮水而言，应首先保证水源及处理后水质符合安全标准，在此基础上，再结合口感、用途和个体偏好考虑矿物质保留程度。

在安全前提下，适度保留天然存在的钙、镁等矿物质，是兼顾口感和矿物质补充的重要选择。WHO 相关资料指出，长期饮用未经再矿化的低矿物质水或完全去矿物质水，可能涉及钙、镁等矿物质摄入减少及电解质平衡方面的潜在问题。虽然食物仍是矿物质摄入的主要来源，但饮用水具有摄入频率高、长期稳定的特点，其中钙、镁等矿物质可对人体矿物质摄入产生有意义的补充作用。因此，饮用水选择不宜简单理解为越纯越好，也不应为追求高矿化度而忽视卫生安全；更合理的做法是在确保安全达标的基础上，结合口感、钙镁含量、个人膳食结构和健康状况综合选择。此外，矿物质含量并不是结石形成的决定因素，相关风险仍应结合饮水量、总体膳食结构、代谢状态和个体易感性综合判断（王皎 等，2013；Zhang et al., 2025）。

6.4.2 包装饮用水选择

选择包装饮用水时，可先结合产品名称和执行标准判断其类别，再进一步查看矿物质组成及适用场景。相较于单纯关注宣传用语，依据执行标准识别产品类型更为稳妥。

饮用天然矿泉水执行 GB 8537—2018《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》。其水源来自地下深处，矿物质和特征组分相对稳定。该标准规定，不得采用反渗透、电渗析等方式去除矿物盐，通常仅允许通过曝气、沉淀、过滤等工艺去除不稳定成分，因此其主要特点是保留水源原有的特征组分。

包装饮用水、纯净水、天然饮用水、山泉水多执行 GB 19298—2014《食品安全国家标准 包装饮用水》，原水来源与处理方式差异较大。

纯净水一般经过 RO 等深度净化，矿物质含量显著降低，理化组成较为简单。天然饮用水或山泉水通常强调尽可能保留水源的天然特征，但具体产品仍应结合标签所标示的水源信息和处理工艺进行判断。

选择包装饮用水时，可结合饮用需求进行判断。若更重视水质组成相对简单、气味干扰较少和感官表现稳定，可选择纯净水或处理程度较高的包装饮用水，但这类产品的口感通常相对平淡（Vingerhoeds et al., 2016）。若更重视口感层次和矿物质带来的风味差异，可考虑饮用天然矿泉水或矿化度适中的天然饮用水，但仍应结合个人口感偏好和具体使用场景进行选择。

6.4.3 特殊人群饮水选择

（1）婴幼儿

婴幼儿肾脏排泄功能尚未成熟，对矿物质摄入更为敏感。在用于冲调奶粉时，建议优先选择对微生物与矿物指标要求更明确的产品 / 标准体系，并关注低钠、低氟等指标（World Health Organization, 2023）。

（2）老年人

由于口渴中枢敏感性下降，老年人更应主动选择含有一定钙、镁离子的天然矿泉水或自来水，以此辅助补充日常膳食中矿物质的不足。

（3）运动员及重体力劳动者

大量出汗往往会导致较为严重的电解质流失。根据美国运动医学会（ACSM）的建议，此类人群在运动前后应选择含有钠、钾等电解质的运动饮品或矿物质含量较高的天然水、天然苏打水，以防止低钠血症的发生（American College of Sports Medicine, 2007）。

（4）慢病人群

慢病及相关健康风险人群的饮水管理不仅涉及饮水量，还与疾病类型、个体水合状态以及饮用水的矿物质组成等因素有关。不同疾病人群对水分及矿物质的需求和代谢能力存在差异，因此，在保证饮水安全的基础上，还应结合个体健康状况合理选择饮水量、饮水方式和饮用水类型。

从早期研究来看，主要从整体矿物质营养和公共卫生角度关注饮用水的健康意义。WHO 关于饮用水中钙、镁公共卫生意义的专题报告指出，饮用水中的钙、镁可作为人体日常矿物质摄入的补充来源，其健康意义需要结合膳食摄入、人群营养状况及地区水质特征综合评价。在饮用水类型的选择上，不宜简单以“矿物质越少越好”或固定某一种水作为统一标准。若家庭水质组成不明确，或患者确有控制特定矿物质摄入的需求，可选择矿化度较低、成分相对简单且稳定的饮用水，以减少额外矿物质摄入的不确定性；而对于无明确矿物质限制的人群，饮用水中的钙、镁等矿物质仍可构成日常矿物质摄入的组成部分（World Health Organization, 2009）。

近年来，相关研究进一步从饮水量、饮水方式以及特定矿物质组成等方面，对不同健康风险人群进行了更为精细的探讨。科学饮水不仅是维持正常水合状态的基础，在部分慢病及健康风险人群中，调整饮水量和饮水方式也可能具有一定的健康管理意义。近年来，相关研究进一步从饮水量、饮水方式以及特定矿物质组成等方面对不同健康风险人群进行了更加深入的研究。Hakam 等（2024）对 18 项改变日常饮水量的随机对照试验进行了系统评价，涉及超重或肥胖、糖代谢异常、尿石症、复发性尿路感染及头痛等不同人群。结果显示，增加饮水量在超重或肥胖成年人中与更大的体重下降幅度相关，并可减少尿石症事件；对于糖尿病、偏头痛和尿路感染，部分研究虽观察到潜在获益，但现有证据数量较少且结论不完全一致。其中，体重和尿石症方面的证据相对充分，而糖尿病、偏头痛等主要来自单项研究。

基于现有证据，针对部分慢病人群的具体建议如下：超重或肥胖者可优先以白水替代含糖及高能量饮料，并结合总体膳食和体重管理合理安排饮水；糖尿病患者应注意维持适宜水合状态，但目前尚不能将单纯增加饮水量作为改善血糖的独立治疗措施（Hakam et al., 2024）；尿石症患者则应重点提升总饮水量，建议全天尿量维持在 2 L 以上。

针对尿石症这一具体疾病患者的饮水需求，近年来的研究进一步将关注点从饮水量延伸至饮用水中钙、镁含量及其比例。Peng 等（2023）对我国公共饮用水研究发现，Ca/Mg 较高地区与尿石症高发地区在空间分布上存在较明显的重合，并建议在饮用水管理和再矿化过程中关注 Ca/Mg 过高的问题，将 $\text{Ca/Mg} < 5:1$ 作为管理参考。因此，对于有尿石症病史或复发风险的人群，在保证充足饮水的基础上，还可进一步关注饮用水中钙、镁的含量及 Ca/Mg 比例，避免长期饮用 Ca/Mg 明显偏高的水（Peng et al., 2023）。

6.4.4 不同场景饮用水选择

不同饮用场景对水质的关注重点并不完全相同。在满足饮用水卫生安全前提下，可根据具体用途对矿化度、硬度及离子组成进行针对性选择。对于以日常直饮为主的场景，中等矿化度、口感协调且无异味的饮用水通常更容易获得较好的适口性；而在对风味细节更敏感的场景中，用水选择则需要更有针对性。

在泡茶场景中，冲泡水的矿化度、硬度及钙镁离子水平会影响茶汤香气、滋味和涩感表现，不同茶叶适配不同水质，采用适配水质冲泡可使茶叶感官评分提升 15%~20%。总体而言，

符合低矿化度、低硬度、低碱度“三低”指标的水最值得推荐，更有利于茶香释放和茶汤风味的清晰表达。对于绿茶等对水质更敏感的茶类，控制水中钙离子等关键离子的浓度尤为重要，如建议钙离子浓度低于 12 mg/L(刘钰懿 等，2024)。

在咖啡冲煮场景中，水的矿物组成、硬度、碱度和 TDS 等指标会直接影响萃取效率、酸甜平衡及口感层次。咖啡对用水组成通常较为敏感，因此更适合选择矿物组成稳定、参数可控的用水方案。中粮营养健康研究院实验研究发现，咖啡豆烘焙程度不同，适配的饮用水参数也有所区别，其中使用场景最为广泛的中烘咖啡豆更适合使用硬度范围在 120~140 mg/L 的饮用水进行萃取。对于纯净水或反渗透水，也宜根据需要进行适当矿化(Hendon et al., 2014)。

不同生活场景对饮用水的要求并不完全相同(表 3)。日常直饮首先关注卫生安全和口感稳定；泡茶更关注香气释放、鲜爽度和汤色清澈度；咖啡冲煮更关注萃取效率、酸甜平衡和风味层次；米饭、粥和煲汤等烹饪场景，则更关注质构、清澈度、浮沫和整体风味。因此，饮用水选择不宜仅用“矿物质多或少”作判断，而应结合具体使用场景，关注 TDS、硬度、碱度、pH 及钙、镁等主要离子组成。

表 3 不同生活场景下的饮用水选择建议

使用场景	推荐水质方向	主要关注参数	简要建议
日常直饮	安全达标、无明显异味、口感稳定	微生物安全、余氯 / 异味、TDS、硬度、pH	优先选择符合相应标准的自来水、包装饮用水、饮用天然矿泉水，或经合规处理并维护到位的直饮水。若追求口感，可选择矿化度适中、无明显咸味、苦味、涩味或金属味的水
泡茶	低矿化度、低硬度、低碱度，接近中性	TDS、硬度、碱度、pH、Ca ²⁺ /Mg ²⁺	pH>8.10 且 TDS>140 mg/L 的冲泡水与较低的茶汤总体香气接受度相关，HCO ₃ ⁻ 、Ca ²⁺ 和 Mg ²⁺ 是主要影响离子。该结果属于特定试验条件下的研究发现，不应直接转换为泡茶水的强制限值或最佳范围(Li et al., 2023)
咖啡冲煮	矿化度适中、硬度适中、碱度适中，参数稳定	TDS、总硬度、总碱度、pH、Ca ²⁺ /Mg ²⁺ 、余氯	宜选择无明显异味、无氯、硬度和碱度适中的水。水质不宜过软，也不宜硬度过高；硬度过高会增加设备结垢风险，碱度过高可能削弱咖啡酸质，使风味偏闷。可将钙硬度 50~175 mg/L、总碱度 40~70 mg/L(均以 CaCO ₃ 计)作为行业参考，但不应理解为硬度越高，咖啡风味越好(Specialty Coffee Association, 2018)
米饭、粥	软至中等硬度、矿化度较低至适中	硬度、电导率/TDS、pH、异味	相关研究显示，在所比较的水样中，较低总硬度和电导率通常与较好的米饭食味相关；在 pH 6.96~8.42 范围内，pH 与米饭食味未表现出稳定相关性(Li et al., 2021)。该结论不宜直接扩大到粥、面条等全部主食
煲汤、熬高汤	较软、低钙、矿化度适中	钙相关硬度、总硬度、TDS、Ca ²⁺ /Mg ²⁺	水中钙、镁会影响高汤制备中的浮沫形成，其中钙的影响通常更明显。对于强调清澈度的汤品，可避免钙含量较高的水
婴幼儿冲调	安全达标、矿物负荷适宜，低钠、低氟	微生物安全、钠、氟、TDS、硬度	婴幼儿冲调用水应优先关注卫生安全和矿物质负荷，不宜选择矿物质含量过高、钠或氟含量不适宜的水。具体选择应参考产品标签、相关标准和医生或专业人员建议

总体而言，不同场景下并不存在一种万能最优水。更科学的做法是：以安全达标为前提，根据使用目的关注相应水质参数。泡茶宜突出低干扰、清香和鲜爽；咖啡宜强调萃取稳定和矿物组成可控；米饭、粥宜选择软至中等硬度水以改善适口性；煲汤则宜避免高钙硬水，以减少浮沫并保持汤体清澈。对消费者而言，与其笼统追求高矿物质或越纯越好，不如根据直饮、泡茶、咖啡、米饭、粥、煲汤和婴幼儿冲调等具体用途，选择成分清楚、参数稳定且适合该场景的饮用水（Bai et al., 2023）。

参考文献

- 中国疾病预防控制中心, 2025. 关于家里的饮用水安全, 很多人都忽略了这几点 [EB/OL]. (2025-04-01) [2026-07-29]. https://www.chinacdc.cn/jkbp/hjjk/szjlk/202504/t20250402_305650.html.
- 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2022. 生活饮用水卫生标准: GB 5749—2022[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局, 2018. 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水: GB 8537—2018[S]. 北京: 中国标准出版社.
- 刘钰懿, 徐龙杰, 汪芳, 等, 2024. 矿石浸泡水对绿茶茶汤风味的影响 [J/OL]. 中国食品学报, 24(4): 256-265. DOI: 10.16429/j.1009-7848.2024.04.024.
- 王姣, 何丽华, 罗功唐, 2013. 饮用水对肾结石发病影响的研究现状 [J]. 环境卫生学杂志, 3(3): 261-263, 267.
- 中国卫生监督协会环境卫生与健康专业委员会, 2025. 健康饮水十条—专家共识 (2025) [EB/OL]. (2025-09-10)[2026-07-30]. <https://www.cpma.org.cn/zhyfyxh/xwtd/202509/5fbb01a864664c62888b1ce5b1fd6384.shtml>.
- 中国营养学会, 2022. 中国居民膳食指南 (2022) [M]. 北京: 人民卫生出版社.
- 中国营养学会, 2023. 中国居民膳食营养素参考摄入量 (2023 版) [M]. 北京: 人民卫生出版社.
- American College of Sports Medicine, 2007. Position stand: exercise and fluid replacement[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39(2): 377-390.
- Andersson M P, 2023. The shape of water: How cluster formation provides a unifying explanation of water's anomalous properties[J/OL]. Journal of Molecular Liquids, 383: 122169. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.122169.
- Bai F, Chen G, Niu H, et al., 2023. The types of brewing water affect tea infusion flavor by changing the tea mineral dissolution[J/OL]. Food Chemistry: X, 18: 100710. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100710.
- Bayoumi S, Moharram N A, Fayed M, et al., 2024. Assessing the efficacy of magnetic water treatment: a concise review and experimental investigation[J/OL]. Desalination and Water Treatment, 318: 100369. DOI: 10.1016/j.dwt.2024.100369.
- Daussin F N, Péronnet F, Charton A, et al., 2021. Effect of waters enriched in O₂ by injection or electrolysis on performance and the cardiopulmonary and acid-base response to high intensity exercise[J/OL]. Nutrients, 13(12): 4320. DOI: 10.3390/nu13124320.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, 2010. Scientific opinion on dietary reference values for water[J/OL]. EFSA Journal, 8(3): 1459. DOI: 10.2903/j.efsa.2010.1459.
- Greenlee L F, Lawler D F, Freeman B D, et al., 2009. Reverse osmosis desalination: water sources, technology,

and today's challenges[J/OL]. *Water Research*, 43(9): 2317-2348. DOI: 10.1016/j.watres.2009.03.010.

Hakam N, Guzman Fuentes J L, Nabavizadeh B, et al., 2024. Outcomes in randomized clinical trials testing changes in daily water intake: a systematic review[J/OL]. *JAMA Network Open*, 7(11): e2447621. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2024.47621.

Hendon C H, Colonna-Dashwood L, Colonna-Dashwood M, 2014. The role of dissolved cations in coffee extraction[J/OL]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(21): 4947-4950. DOI: 10.1021/jf501687c.

Institute of Medicine, 2005. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate[M/OL]. Washington, DC: National Academies Press. DOI: 10.17226/10925.

Jéquier E, Constant F, 2010. Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration[J/OL]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(2): 115-123. DOI: 10.1038/ejen.2009.111.

Li M, Feng Z, Wang F, et al., 2023. Effects of brewing water on the volatile composition of tea infusions[J/OL]. *Food Chemistry*, 429: 136971. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136971.

Li P, Matsue Y, Zhang X, et al., 2021. Effect of types of cooking water on the palatability and physicochemical properties of Chinese Japonica-type rice cultivars[J]. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 66(1): 21-28.

McDermott B P, Anderson S A, Armstrong L E, et al., 2017. National Athletic Trainers' Association position statement: fluid replacement for the physically active[J/OL]. *Journal of Athletic Training*, 52(9): 877-895. DOI: 10.4085/1062-6050-52.9.02.

National Health and Medical Research Council, 2006. Nutrient reference values for Australia and New Zealand including recommended dietary intakes[M]. Canberra: National Health and Medical Research Council.

National Institute for Occupational Safety and Health, 2017. Heat stress: hydration[EB/OL]. Cincinnati, OH: Centers for Disease Control and Prevention. DHHS (NIOSH) Publication No. 2017-126. (2017)[2026-07-30]. <https://www.cdc.gov/niosh/publications/numbered/2017-126.html>.

Peng H, Lu T, Xiong S, et al., 2023. Calcium and magnesium in China's public drinking water and their daily estimated average requirements[J/OL]. *Environmental Geochemistry and Health*, 45: 3447-3464. DOI:10.1007/s10653-022-01416-4.

Richardson S D, Plewa M J, Wagner E D, et al., 2007. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research[J/OL]. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 636(1/3): 178-242. DOI: 10.1016/j.mrrev.2007.09.001.

Sawka M N, Burke L M, Eichner E R, et al., 2007. American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement[J/OL]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2): 377-390. DOI: 10.1249/mss.0b013e31802ca597.

Specialty Coffee Association, 2018. The 2018 SCA water quality handbook[M]. Irvine, CA: Specialty Coffee Association.

Vingerhoeds M H, Nijenhuis M A, Ruepert N, et al., 2016. Sensory quality of drinking water produced by reverse osmosis membrane filtration followed by remineralisation[J/OL]. *Water Research*, 94: 42-51. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.043.

Wang Y, Wang Q, Deng Y, et al., 2020. Assessment of the impact of geogenic and climatic factors on global risk of urinary stone disease[J]. *Science of the Total Environment*, 721: 137769.

World Health Organization. 2009. Calcium and Magnesium in Drinking-water: Public Health Significance[R]. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization, 2023. Drinking-water[EB/OL]. (2023-09-13)[2026-07-28]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

World Health Organization, 2026. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda[M]. Geneva: World Health Organization.

Yang Y, Deng Y, Wang Y. 2016. Major geogenic factors controlling geographical clustering of urolithiasis in China[J/OL]. Science of the Total Environment, 571: 1164-1171. DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.07.117.

Zhang J, Luo H, Wu H, et al., 2025. The association between domestic water hardness and kidney stone disease: A prospective cohort study from the UK Biobank[J/OL]. International Journal of Surgery, 111(2): 1957-1967. DOI: 10.1097/JS9.0000000000002198.

Zhang Y, Luo J, Tan Y, et al., 2026. Impact of calcium–magnesium ratio in purified water remineralization on calcium oxalate crystal formation and renal injury[J/OL]. Nutrients, 18(5): 792. DOI: 10.3390/nu18050792.



结束语



本报告初步梳理了饮用水健康与感官品质方面研究进展，重点分析了饮用水的主要类型、健康影响、感官品质、消费场景及科学饮水建议，并对未来研究方向进行了展望。

饮用水可根据来源（如地下水、地表水）及处理方式（如净化、再矿化）进行分类。不同来源和处理方式的饮用水，其微生物、化学及矿物质组成差异显著。对于饮用水质量的保障，目前国内外已制定了相关标准，包括 WHO 2026 年发布的《饮用水水质准则：第四版，纳入第一、第二和第三增补》、欧盟《关于供人类消费用水质量的第（EU）2020/2184 号指令（重订）》，以及我国 GB 5749—2022《生活饮用水卫生标准》等。

在饮用水安全方面，饮用水中的微生物、毒素、重金属及其他污染物对健康具有潜在负面影响。已有大量研究表明，这些污染因素可能引发感染、慢性疾病及发育障碍等健康问题，因此饮用水的安全管理至关重要。目前，世界多国均已制定相应标准并对水质进行监控，但仍需持续优化检测、管理和预警机制，以应对不断变化的环境挑战。

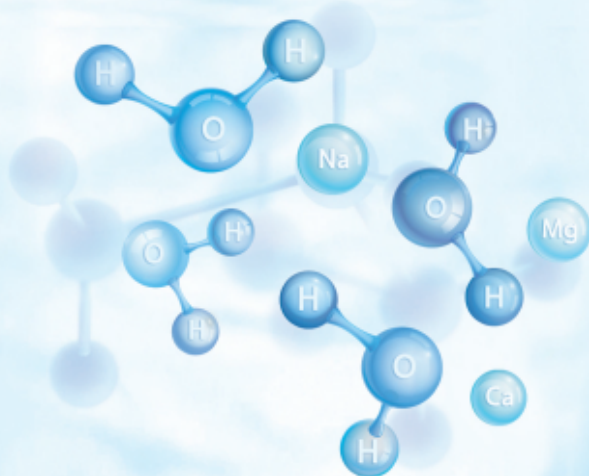
在矿物质与健康方面，饮用水中的钙、镁、锂、硒、碘等常量和微量元素对骨骼、心血管、神经肌肉功能及慢性疾病防控都具有重要意义。关于其在长期摄入、体内平衡和个体差异方面的作用，科学证据也正在持续深化中。目前，水质标准尚未涉及矿物质含量与构成比例，但已有部分企业和研究机构在产品配方与处理工艺上开始了有益的探索。未来需要进一步加强这些矿物质健康效应的基础研究与应用转化，并逐步形成更清晰的饮用水标准和指南，让饮用水在确保安全的基础上，也能科学地提供矿物营养，更好地助力人体健康。

饮用水的感官品质是影响饮用水可接受性的核心维度之一，通常指消费者在饮用时可直接感知到的外观、气味、口感及口腔触感等综合体验。在水的化学与微生物学指标满足安全要求基础上，消费者越来越关注饮用水的感官品质与即时体验，好不好喝成为影响产品品牌和信任程度的重要考量。场景化消费也从食品延伸到了饮用水行业，泡茶、咖啡冲煮等新茶饮行业的快速发展催生了更为精细化的用水需求，推动用水选择向专用化发展。

此外，本报告针对饮用水常见的误区进行了科学解读，并给出了科学饮水的建议。部分消费者过度追求“去矿水”“超纯水”“弱碱水”等概念，缺乏对水及其所含矿物质对人体健康的准确认知。科学证据表明，反渗透或过度软化导致矿物质几乎消失的水长期饮用可能降低钙、镁等矿物质摄入，不利于骨骼和心血管健康。部分研究提出了矿物质平衡理念，强调饮用水不仅要安全、无污染，还应提供足够的矿物质以支持健康。因此，合理选择饮用水需要综合考虑安全性、感官适宜性及矿物质含量。

目前，关于饮用水中矿物质的健康作用和科学标准的研究仍处于探索阶段，已有部分企业和研究机构在产品配方与处理工艺上进行了初步尝试。未来相关研究不宜笼统地讨论矿物质多少，也不宜简单以是否含有矿物质作为判断依据，而应进一步回到具体元素及其组成结构本身，明确钙、镁、钠、钾、碳酸氢根、硫酸根、氟、偏硅酸、锶、硒等不同成分的浓度范围、比例关系、健康意义和适用边界。在此基础上，还应加强基础研究与应用研究，完善矿物质含量、组成比例和长期稳定性的科学评价，逐步形成更加清晰的饮用水矿物质参数体系，为标准制定、产品开发和公众健康指导提供更可靠的依据。

饮用水健康与感官品质 研究报告



农科社官网
<https://castp.caas.cn>
上架建议：食品/轻工业



中国农业科学技术出版社
官方微博公众平台



责任编辑 周 朋
封面设计 田 静

ISBN 978-7-5116-8254-3



9 787511 682543 >

定价：58.00元