

T/WSJD

中国卫生监督协会团体标准

T/WSJD 68—2024

生活饮用水卫生指标限值制定技术指南

Technical guidelines for establishing limit values for hygienic indices in drinking water

2024-07-31 发布

2024-08-01 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 限值制定基本流程	2
5 指标筛选	3
6 制定指标限值	4
附录 A（资料性）	8
参考文献	11

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国卫生监督协会提出并归口。

本文件起草单位：中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、中国科学院生态环境研究中心、中国城市规划设计研究院。

本文件主要起草人：张岚、杨敏、叶必雄、韩嘉艺、高圣华、安伟、赵灿、桂萍、吕佳、陈永艳、岳银玲、邢方潇。

全国团体标准信息平台

生活饮用水卫生指标限值制定技术指南

1 范围

本文件规定了生活饮用水卫生指标限值制定的基本流程、指标筛选和指标限值制定等内容。

本文件适用于指导各地在饮用水标准制定中开展指标筛选、基准值推导以及限值制定等工作，饮用水突发污染事件发生时污染物急性和亚急性毒性评估和限值推导可参照执行。

2 规范性引用文件

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

GB5749 生活饮用水卫生标准

HJ 837 人体健康水质基准制订技术指南

HJ 877 暴露参数调查技术规范

HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生活饮用水 drinking water

供人生活的饮水和用水。

[来源：《生活饮用水卫生标准》GB 5749, 3.1]

3.2

优先控制指标 priority indices

饮用水众多指标中筛选出的潜在危险大，作为优先研究和控制的指标。

[来源：《土壤学大辞典》]

3.3

实际安全剂量 virtual safe dose, VSD

与可接受致癌风险水平相对应的化学物的接触剂量，单位mg/(kg·d)。

[来源：《人体健康水质基准制定技术指南》HJ 837, 3.5]

3.4

参考剂量 reference dose, RfD

人类在环境介质中接触某种外源化学物的日平均剂量估计值。人群（包括敏感亚群）在终生接触该剂量水平外源化学物的条件下，预期一生中发生非致癌或非致突变有害效应的危险度可低至不能检出的程度，单位mg/(kg·d)。

[来源：《食品科学技术名词》]

3.5

分离点 point of departure, POD

通过人群资料或实验动物的观察指标的剂量-反应关系得到的剂量值，即剂量-反应关系曲线上的效应起算点或参考点，包括未观察到有害作用剂量、最小观察到有害作用剂量和基准剂量等。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.2]

3.6

未观察到有害作用剂量 no-observed-adverse-effect level, NOAEL

通过人群资料或动物试验资料，以现有的技术手段和检测指标未观察到任何与某种物质有关的有害作用的最大剂量，单位mg/(kg·d)。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.4]

3.7

最小观察到有害作用剂量 lowest-observed-adverse-effect level, LOAEL

在规定的条件下，某种物质对人群或实验动物组织形态、功能、生长发育等产生有害效应的最小作用剂量，单位mg/(kg·d)。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.5]

3.8

基准剂量 benchmark dose, BMD

依据动物或者流行病学研究的剂量-效应关系，利用统计学模型求得的某种物质引起较低健康风险（通常基于流行病学数据的基准为5%或者更小，动物毒性数据建议为10%）的剂量，单位mg/(kg·d)。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.6]

3.9

基准剂量下限 lower bound of BMD, BMDL

基准剂量95%置信区间下限值，其单位为mg/(kg·d)。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.6]

3.10

不确定系数 uncertainty factor, UF

用于数据外推（如将实验动物数据外推到人或将部分个体数据外推到一般人群等）以及数据不充分等情况下的调整系数。

[来源：《食品中化学物健康指导值制定指南（试行）》，3.7]

3.11

饮用水相对贡献率 relative source contribution, RSC

人类通过饮用水途径摄入的污染物质与总摄入量的比值。

[来源：《人体健康水质基准制定技术指南》HJ 837, 3.6]

3.12

伤残调整生命年 disability adjusted life year, DALY

从发病到死亡所损失的全部健康年，包括因早死所致的寿命损失年和疾病所致伤残引起的寿命损失年两部分。

[来源：《药理学名词》]

3.13

饮用水水质基准 water quality criteria, WQC

生活饮用水中的污染物或有害因素对人体健康不产生有害效应的最大剂量或水平。

[来源：《人体健康水质基准制定技术指南》HJ 837, 3.2]

3.14

个人剂量基准 individual dose criterion, IDC

是指辐射防护权威部门对确定的实践及经常与持续的照射建立的一个剂量水平，高于该水平的照射对个人的后果被视为不可接受的，单位 mSv/a。

[来源：Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda]

3.15

指标限值 index limit values, ILV

饮用水标准里规定的符合标准限定的最大值或最小值。

[来源：Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda]

4 限值制定基本流程

4.1 建立候选指标清单

对卫生指标进行筛选，提出需要进行评估的初步候选指标清单。

4.2 确定优先控制指标清单

通过判断候选指标在饮用水中的暴露水平是否可能带来健康风险或影响到水质感官的可接受性，将存在健康风险或影响水质感官可接受性的指标列为优先控制指标，确定优先控制指标清单。

4.3 推导指标基准值

针对优先控制指标进行毒性评估和暴露评估，推导建立各指标的基准值。

4.4 制定指标限值

对各指标检测方法灵敏度对基准值的支撑性、饮用水处理技术及污染源控制方法的可行性，以及为满足基准值要求需要付出的成本及效益等方面开展综合评估，确定指标限值。

4.5 工作流程图

工作流程见图 1。

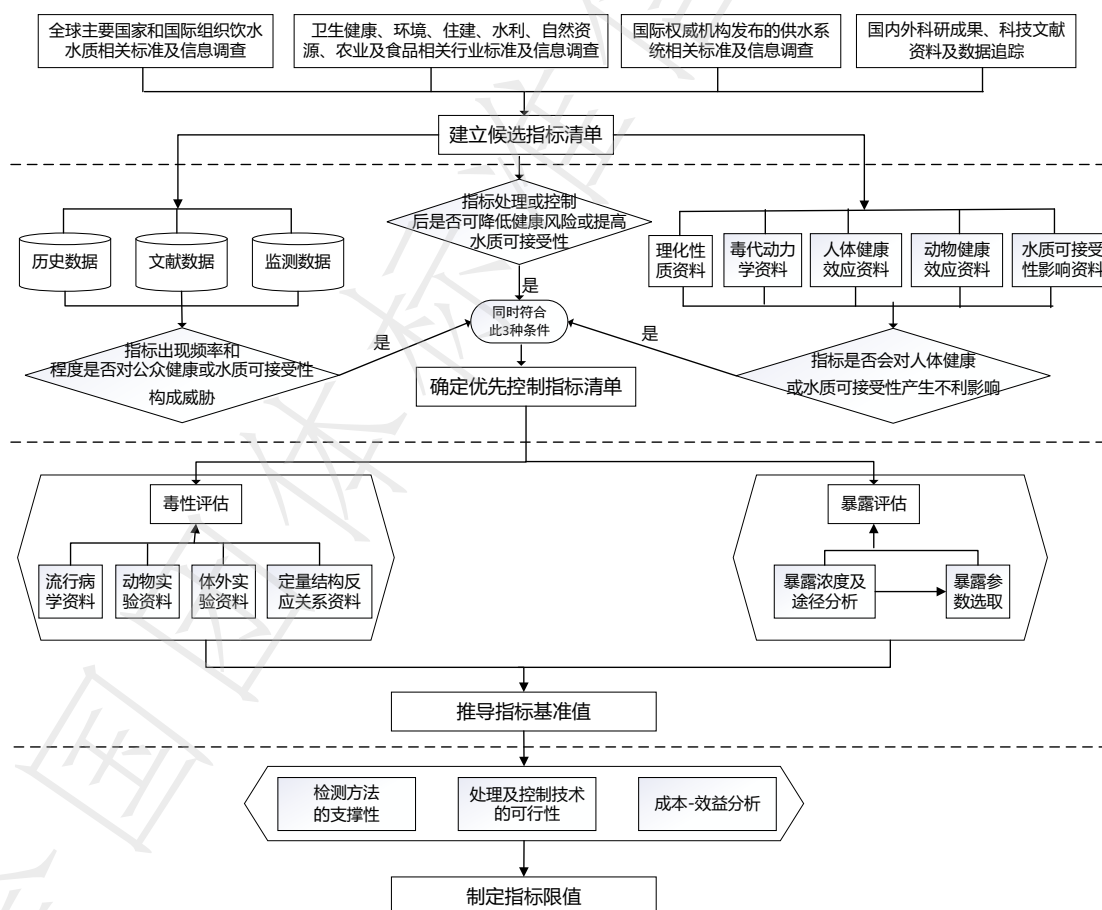


图 1 指标限值制定流程图

5 指标筛选

5.1 候选指标筛选

5.1.1 筛选原则

候选指标应满足以下条件之一：

- a) 新发现的可能带来健康风险的指标；
- b) 新发现的对水质可接受性可能造成影响的指标；
- c) 全球主要国家或国际组织相关标准中新增加的指标；
- d) 国内多项饮用水相关标准中有规定但要求不统一的指标；
- e) 饮用水相关标准中已有限值要求但流行病学或毒理学等信息有重大更新的指标；
- f) 饮用水相关标准中已有限值要求但我国已禁止生产和使用，在饮用水中检出频率较低且浓度远低于标准限值的指标。

5.1.2 筛选方法

- a) 对全球主要国家和国际组织的饮用水相关标准及信息进行追踪，将生活饮用水卫生标准中未规定的对人体健康或水质可接受性可能产生不利影响的指标，或流行病学、毒理学等信息有重大更新的指标纳入候选指标清单；将我国已禁止生产和使用，在饮用水中检出频率较低且浓度远低于标准限值的指标则从原候选指标清单中移出。
- b) 对国际权威机构发布的供水系统相关标准及信息进行调查，将生活饮用水卫生标准中未规定的对人体健康或水质可接受性可能产生不利影响的指标，或流行病学、毒理学等信息有重大更新的指标纳入候选指标清单；将我国已禁止生产和使用，在饮用水中检出频率较低且浓度远低于标准限值的指标则从原候选指标清单中移出。
- c) 对卫生健康、生态环境、住建、水利、自然资源、农业及食品相关行业标准及信息进行收集，将生活饮用水卫生标准中未规定的对人体健康或水质可接受性可能产生不利影响的指标，或流行病学、毒理学等信息有重大更新的指标纳入候选指标清单；将我国已禁止生产和使用，在饮用水中检出频率较低且浓度远低于标准限值的指标则从原候选指标清单中移出。
- d) 对国内外科研成果、科技文献资料及数据进行搜索追踪，将生活饮用水卫生标准中未规定的对人体健康或水质可接受性可能产生不利影响的指标，或流行病学、毒理学等信息有重大更新的指标纳入候选指标清单；将我国已禁止生产和使用，在饮用水中检出频率较低且浓度远低于标准限值的指标则从原候选指标清单中移出。

5.2 优先控制指标筛选

5.2.1 筛选原则

优先控制指标应满足以下所有条件：

- a) 对人体健康或水质可接受性产生不利影响的候选指标。
- b) 在饮用水中可检出且检出频率和浓度可对公众健康或水质可接受性构成威胁的候选指标。
- c) 采取管控措施后可降低健康风险或提高水质可接受性的候选指标。

5.2.2 筛选方法

收集或采取调查、监测/检测等方法获取候选指标清单中各项指标在我国饮用水中的存在情况和暴露水平，评估其在饮用水中的检出频率和暴露水平，结合其理化性质资料、毒代动力学资料、人体健康效应资料、动物健康效应资料、对水质可接受性影响情况等科学信息，将在现有认知水平和技术措施条件下认为终身摄入可带来健康风险或影响水质可接受性的指标确定为优先控制指标。

6 制定指标限值

6.1 指标限值制定原则

6.1.1 标准中已有指标的限值制定：对于国内现有标准中已存在且没有争议的指标，其限值经毒性评估和暴露评估后可以继续使用；对国际标准中存在且适合我国国情的指标及限值，经毒性评估和暴露评估后可以等效采用。

6.1.2 新增指标的限值制定：以不会对人体产生不可接受的健康风险或严重影响水质可接受性为目标制定饮用水水质基准值，在此基础上对检测方法灵敏度对基准值的支撑性、饮用水处理技术及污染

源控制方法的可行性，以及为满足基准值要求需要付出的成本及效益等方面开展综合评估，确定指标限值。指标限值应等于或尽可能接近于指标基准值。

6.2 毒性评估

6.2.1 通过流行病学调查、动物试验、体外试验以及搜索国内外相关数据库、公开发表的文献/报告等方法收集人群流行病学数据、污染物质毒理学数据（包括但不限于急性毒性、慢性毒性、生殖毒性、发育毒性、神经毒性、免疫毒性、心血管毒性、基因毒性以及致癌性）、污染物质代谢数据（包括但不限于吸收、分布、代谢、排泄）等相关资料，充分评议和遴选所获得的数据和资料，原则上应使用科学方法对不同类型的数据、资料进行证据权重分析。证据权重大小顺序为：流行病学资料、动物试验资料、体外试验资料、定量结构-反应关系资料。

6.2.2 根据获得的数据和资料，开展毒性评估，确定剂量-反应关系，具体方法可参照 HJ 1111。

6.3 暴露评估

6.3.1 暴露途径及暴露剂量分析

根据指标的物理化学等性质，分析其经水暴露途径，结合饮用水的监测/检测结果，对其暴露途径及暴露剂量进行评估。

6.3.2 暴露参数选取

优先使用本地实际调查时获取的暴露参数数据，数据获取方法可参照 HJ 877。当本地实际调查数据无法获取时也可参考使用世界卫生组织推荐的暴露参数：

成年人：体重为60 kg；饮用水摄入量为2 L/d；

儿童：体重为10 kg；饮用水摄入量为1 L/d；

婴儿：体重为5 kg；饮用水摄入量为0.75 L/d。

饮用水相对贡献率可采用暴露参数调查数据计算推导，计算公式见公式1：

$$RSC = \frac{Q_j}{\sum_{i=1}^m Q_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

RSC —— 饮用水相对贡献率，无量纲；

Q_j —— 经饮用水途径每日污染物摄入量，单位 mg/d；

Q_i —— 第*i*个途径的每日污染物摄入量，单位 mg/d；

m —— 所有摄入途径，无量纲。

也可以采用人体内暴露水平反演总摄入量，通过饮用水途径摄入量与总摄入量比值计算饮用水相对贡献率，计算公式见公式2：

$$RSC = \frac{Q_j}{\text{总摄入量}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

RSC —— 饮用水相对贡献率，无量纲；

Q_j —— 经饮用水途径每日污染物摄入量，单位 mg/d；

6.4 推导指标基准值

6.4.1 微生物指标

6.4.1.1 危害识别：查明与饮用水有关的损害公众健康的各种可能危害，以及人群的感染途径。

6.4.1.2 暴露评估：确定暴露群体的大小和特征，以及暴露的途径、暴露剂量和暴露时间等。

6.4.1.3 确定剂量-反应关系：表征暴露与健康受损之间的关系。

6.4.1.4 风险表征：基于病原微生物的暴露情况、剂量-反应关系、发病率和公共卫生问题严重程度等方面的数据，计算伤残调整生命年（DALY）。可参考世界卫生组织推荐的病原微生物疾病负担可接

受水平（每人每年上限为 10^{-6} DALY），由 DALY 值逆向推导该微生物的可接受暴露水平，将其作为该指标的基准值。DALY 的推导公式见公式 3：

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

DALY —— 伤残调整生命年，单位 年；
YLL —— 早死所致的寿命损失年，单位 年；
YLD —— 疾病所致伤残引起的寿命损失年，单位 年。

其中：

YLL 的计算公式见公式 4：

$$\text{YLL} = N \times L \dots \dots \dots (4)$$

式中：

N —— 死亡数量，无量纲；
L —— 标准死亡寿命，单位 年；

YLD 的计算公式见公式 5：

$$\text{YLD} = I \times \text{DW} \times T \dots \dots \dots (5)$$

式中：

I —— 发病病例数，无量纲；
DW —— 疾病权重，无量纲；
T —— 伤残平均年数，单位 年。

6.4.2 化学物质指标

6.4.2.1 无阈值化学物质指标

无阈值化学物质通常为具有遗传性的致癌物，其基准值应根据实际安全剂量和选择的可接受致癌风险水平，并在设定的人体体重、日均饮水量以及致癌物的饮用水相对贡献率等条件下推导得出。因致癌物在饮用水中的实际水平极低，在极低浓度下通常默认剂量与癌症反应呈线性关系，故通常选用致癌化学物质的线性法来推导。通过毒性数据推导出低剂量致癌斜率因子，然后计算可接受致癌风险所对应的剂量或者浓度作为该致癌物的基准值。可接受致癌风险的选择应综合评估降低该物质浓度所需要的经济和技术承受能力。无阈值化学物质基准值的推导公式见公式6：

$$\text{WQC} = \text{VSD} \times \frac{\text{BW}}{\text{DI}} \dots \dots \dots (6)$$

式中：

WQC —— 饮用水水质基准，单位 mg/L；
BW —— 人体体重，单位 kg；
DI —— 日均饮水量，单位 L/d；
VSD —— 实际安全剂量，单位 mg/(kg·d)；

其中

VSD 计算公式见公式7：

$$\text{VSD} = \frac{\text{可接受致癌风险水平}}{\text{SF}} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

可接受致癌风险水平 —— $10^{-6} \sim 10^{-4}$ ，通常选择 10^{-5} ，无量纲；
SF —— 致癌斜率因子，单位 $(\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d}))^{-1}$ 。

6.4.2.2 有阈值化学物质指标

有阈值化学物质通常指如果该化学物质的暴露剂量不超过阈值，则认为不会对人体健康产生危害。有阈值化学物质基准值可依据参考剂量，设定的人体体重、人体日均饮水量、饮用水贡献率等进行推导。其计算公式见公式8：

$$\text{WQC} = \text{RfD} \times \text{RSC} \times \frac{\text{BW}}{\text{DI}} \dots \dots \dots (8)$$

式中:

WQC —— 饮用水水质基准, 单位 mg/L;

BW —— 人体体重, 单位 kg;

DI —— 日均饮水量, 单位 L/d;

RSC —— 饮用水相对贡献率, 无量纲;

RfD —— 非致癌效应参考剂量, 单位 mg/(kg·d),

其中

RfD的计算公式见公式9:

$$RfD = \frac{POD(BMDL或NOAEL或LOAEL)}{UF} \dots\dots\dots (9)$$

POD 的选择原则: 当有充分数据时推荐使用 BMDL, 其他情况使用 NOAEL, 无法获得 NOAEL 可用 LOAEL 代替。

UF 的选择原则: 确定不确定系数时应考虑种间不确定性、种内差异性、数据不充分等分量, 不确定系数应为各分量的乘积。其中数据不充分的情况包括但不限于: 以亚慢性试验结果外推到慢性暴露结果、无法获得NOAEL时用LOAEL代替等。不确定系数也可经专家评议设定。

式中:

POD —— 分离点, 单位 mg/(kg·d);

BMDL —— 基准剂量95%置信区间下限值, 单位 mg/(kg·d);

NOAEL —— 未观察到有害作用剂量, 单位 mg/(kg·d);

LOAEL —— 最小观察到有害作用剂量, 单位 mg/(kg·d);

UF —— 不确定系数, 无量纲。

6.4.3 放射性指标

国际辐射防护委员会提出暴露量低于0.1 mSv/a时不会造成可检出的放射性有害健康效应, 因此将个人剂量基准 (IDC) 设为0.1 mSv/a, 可根据IDC值确定饮用水中各种放射性指标的卫生要求, 计算公式见公式10:

$$GL = \frac{IDC}{h_{ing} \times q} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

GL —— 放射性核素的指导水平, 单位 Bq/L;

IDC —— 个人剂量基准, 0.1 mSv/a;

h_{ing} —— 成年人摄入放射性核素的剂量转换系数, 单位 mSv/Bq;

q —— 年摄入饮用水的体积, 单位 L/a。

6.4.4 感官性状指标

对于臭和味、总硬度、铁、锰和浑浊度等感官性状指标, 其基准值推导主要依据其感官效应特征, 目的是为了控制由这些指标产生的令人不快的感官效应, 保证饮用水的外观、口感和气味能被用户接受。当感官性状阈值和健康风险阈值同时存在时, 以两种阈值最低值作为该指标基准值。

6.4.5 消毒剂指标

对于游离氯、总氯、二氯化氯、臭氧等消毒剂指标, 除确保饮用水中消毒剂浓度不会对人体健康产生危害外, 还应确保消毒有效。因消毒效果与消毒剂浓度与接触时间的乘积密切相关, 因此在制定消毒剂指标基准值时, 应评估其最高允许浓度、最低允许浓度以及消毒剂与水接触时间。

6.5 制定指标限值

指标限值制定时应依据指标限值制定流程图的要求, 在基准值基础上综合评估检测方法灵敏度对基准值的支撑性、饮用水处理技术及污染源控制方法的可行性, 以及为满足基准值要求需要付出的成本及效益等因素, 确定指标限值。

附录 A

(资料性附录)

A.1 微生物指标限值制定 (以隐孢子虫为例)

隐孢子虫为微生物指标,其基准值推导可参考微生物危险性定量评估。基于隐孢子虫的暴露情况、剂量-反应关系、发病率和公共卫生问题严重程度等方面的数据,计算伤残调整生命年(DALY)。参考世界卫生组织推荐的病原微生物疾病负担可接受水平(每人每年上限为 10^{-6} DALY),由DALY值逆向推导隐孢子虫的可接受暴露水平,将其作为该指标的限值。

根据世界卫生组织《饮用水中隐孢子虫的风险评估》的计算结果,隐孢子虫疾病负担(db)为 1.5×10^{-3} (DALY/病例),世界卫生组织推荐的病原微生物疾病负担可接受水平(HT)为 1×10^{-6} (DALY/年),因此可根据DALY值逆向推导隐孢子虫的限值,具体如下:

(1) 基于隐孢子虫疾病负担(db)结合敏感人群百分比(f_s)计算隐孢子虫每年患病(腹泻)风险(P_{ill})。

$$P_{ill} = HT \times 100 / (db \times f_s) = 1 \times 10^{-6} \times 100 / (1.5 \times 10^{-3} \times 100) = 6.7 \times 10^{-4}$$

(2) 基于隐孢子虫每年患病(腹泻)风险和隐孢子虫感染后患病(腹泻)风险概率($P_{ill,inf}$)可推算出隐孢子虫年感染风险($P_{inf,y}$)及隐孢子虫日感染风险($P_{inf,d}$)。

$$P_{inf,y} = P_{ill} / P_{ill,inf} = 6.7 \times 10^{-4} / 0.7 = 9.5 \times 10^{-4}$$

$$P_{inf,d} = 9.5 \times 10^{-4} / 365 = 2.6 \times 10^{-6}$$

(3) 隐孢子虫日感染风险($P_{inf,d}$)为每天接触饮用水中隐孢子虫数(E)以及每个隐孢子虫的感染率(r)紧密相关,而根据世界卫生组织的《饮用水中隐孢子虫的风险评估》可知每个隐孢子虫的感染率(r)为0.2,从而可推算出每天接触饮用水中隐孢子虫数(E)。

$$E = P_{inf,d} / r = 2.6 \times 10^{-6} / 0.2 = 1.3 \times 10^{-5} \text{ (个/L)}$$

结合我国饮用水中隐孢子虫的实际情况,以及我国隐孢子虫的检测技术及水处理措施,制定饮用水中隐孢子虫的限值为10 L水中小于1个。

A.2 化学物质指标限值制定

A.2.1 无阈值化学物质 (以二氯乙酸为例)

基于二氯乙酸暴露可导致大鼠和小鼠肝脏肿瘤,二氯乙酸被认定为人类可能的致癌物。因此其基准值可通过无阈值化学物质基准值的推导公式进行推导。具体如下:

$$WQC = VSD \times \frac{BW}{DI} = 0.00133 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{d}) \times \frac{60 \text{ kg}}{2 \text{ L/d}} = 0.04 \text{ mg/L}$$

式中:

WQC —— 饮用水水质基准,单位 mg/L;

BW —— 人体体重,单位 kg;

DI —— 日均饮水量,单位 L/d;

VSD —— 实际安全剂量,单位 mg/(kg·d);

其中VSD计算公式如下:

$$VSD = \frac{\text{可接受致癌风险水平}}{SF} = \frac{10^{-5}}{0.0075 \text{ (mg}/(\text{kg} \cdot \text{d}))^{-1}} = 0.00133 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$$

式中:

可接受致癌风险水平—— $10^{-6} \sim 10^{-4}$,选择 10^{-5} ,无量纲;

SF——致癌斜率因子,基于雄性B6C3F1小鼠2年暴露试验,经线性多级模型外推得出斜率因子为 $0.0075 \text{ (mg}/(\text{kg} \cdot \text{d}))^{-1}$ 。

饮用水充分消毒并保持二氯乙酸浓度低于 0.04mg/L 难以实现, 结合检测技术和处理技术的可行性, 设定限值为 0.05mg/L。

A. 2. 2 有阈值化学物质 (以锑为例)

锑为非致癌化学物质, 其基准则可根据有阈值化学物质限值制定的公式推导, 具体如下:

$$WQC = \frac{LOAEL \times RSC \times BW}{UF \times DI} = \frac{0.43 \text{ mg/kg/d} \times 40\% \times 60 \text{ kg}}{1000 \times 2 \text{ L/d}} = 0.005 \text{ mg/L}$$

式中:

WQC ——饮用水水质安全基准值, mg/L;

LOAEL——最小观测到有害作用剂量, 基于 Schröder 等对 Long-Evans 大鼠的饮水中酒石酸锑钾 (0 和 5mg/L) 的终生暴露染毒实验, 以大鼠寿命降低、血糖和血清胆固醇的改变为健康效应终点, 0.43 mg/kg/d;

UF ——不确定性系数, 1000 (种间差异, 10; 种内差异, 10; 用 LOAEL 代替 NOAEL, 10);

RSC ——饮水贡献率, 40% (参考美国和加拿大在制定锑的饮水水质标准时, 基于锑的存在水平和暴露水平的数据支撑, 推导出了锑的饮水相对贡献率为 40%);

BW ——体重, 我国成人平均体重 60 kg;

DI ——日均饮水摄入量, 我国成人日均饮水摄入量为 2 L/d。

综合考虑我国饮用水中锑的浓度水平, 目前提供的国标检测方法、以及锑的去除技术, 制定锑的限值为 0.005 mg/L。

A. 3 放射性指标限值制定 (以镭-226 为例)

镭-226属于放射性指标, 其指导水平可由个人剂量分辨率和年摄入饮用水的体积以及放射性核素的剂量转换系数来推导。公式如下:

$$GL = \frac{IDC}{h_{ing} \times q} = \frac{0.1 \text{ mSv/a}}{0.00028 \text{ mSv/Bq} \times 730 \text{ L/a}} = 0.5 \text{ Bq/L} \approx 1 \text{ Bq/L} \text{ (约简到最接近的数量级)}$$

式中:

GL ——放射性核素的指导水平, 单位 Bq/L;

IDC ——个人剂量基准, 0.1 mSv/a; 由于暴露量在0.1 mSv/a时不会造成可检测到的不良健康效应, 因此将此值设为个人剂量标准。

h_{ing} ——成年人摄入放射性核素的剂量转换系数, 镭-226的剂量转换系数为 2.8×10^{-4} mSv/Bq;

q ——年摄入饮用水的体积, 730 L/a, 与世界卫生组织标准消耗速率2 L/d一致。

根据计算结果, 约简到最接近的数量级, 可推导出镭-226的指导水平为1 Bq/L。

Ra^{2+} 在低浓度下极易被玻璃器皿, 滤纸或其它杂质吸附, 其吸附量随pH的增大而增加, 这给镭的研究和测定带来了困难。因此, 操作镭溶液应该在较高的酸度下进行。 Ra^{2+} 还能被高锰酸钾活化的锯末、硫酸碳化的锯末和磺化煤等吸附剂强烈地吸附。这些吸附剂对镭的吸附率高达90%以上, 且具有成本低、操作简单等优点, 适合处理厂矿含镭废水。因此结合我国饮用水中镭-226的含量水平、检测技术以及镭-226去除技术, 制定镭-226的指导水平为1 Bq/L。

A. 4 感官性状指标限值制定 (以铁为例)

铁为感官性状指标, 其基准值推导主要依据其感官效应特征。厌氧环境下的地下水中可能含有浓度高达几毫克每升的亚铁离子, 当直接用泵从井中抽水时, 水并不会呈现出颜色或者浑浊。然而一旦接触到空气, 亚铁被氧化成三价铁, 就会使水呈现出令人反感的红棕色。铁也会促进“铁细菌”的生长, 它们从亚铁氧化成三价铁的过程中获取能量, 并在管道上形成一层黏滑的附着沉积层。水中含铁量在 0.3~0.5 mg/L时无任何异味, 达到1 mg/L时有明显的金属味; 在0.5 mg/L时可使饮用水色度达到30度。当铁离子的浓度超过0.3 mg/L时, 可能会使洗涤的衣物和管道设备染上颜色。

为了预防人体内过量铁的储存, 1983年食品添加剂联合专家委员会 (JECFA) 建立了0.8 mg/kg的暂定每日最大耐受摄入量 (PMTDI) 值, 应用于所有来源的铁, 用作发色剂的氧化铁、孕期和哺乳期的铁补充剂或特殊临床需要的铁除外。这一PMTDI的10%分配到饮用水中, 其浓度约为2 mg/L。

当感官性状阈值和健康风险阈值同时存在时，以两种阈值最低值作为该指标基准值。综合考虑我国饮用水中铁的浓度水平，目前提供的国标检测方法等，为了防止衣服、器皿的染色和形成令人反感的沉淀和异味，将饮用水中铁的限值制定为0.3 mg/L。

A.5 消毒剂指标限值制定（以游离氯为例）

游离氯为消毒剂指标，其限值制定得充分考虑与水接触时间，出厂水和末梢水的限值、出厂水余量以及末梢水余量。

与水接触时间：参考氯对饮用水中主要致病微生物的杀灭效果，细菌（Ct₉₉ 0.04~0.08 min·mg/L；5℃；pH 6~7），病毒（Ct₉₉ 2.0~30 min·mg/L；0~10℃；pH 7~9），原虫（Ct₉₉ 25~245 min·mg/L；0~25℃；pH 7~8）。实验证明，游离氯浓度在0.3 mg/L以上时，接触作用30 min，可有效灭杀肠道致病菌、钩端螺旋体、布氏杆菌等。因此为保证消毒工艺对主要致病菌的灭杀效果，与水的接触时间制定为≥30min。

出厂水和末梢水限值：考虑我国水厂在生产运行过程中的实际控制情况，当出厂水中余氯大于2 mg/L时，部分人能尝出或闻出饮用水中的氯气味，因此将游离氯的出厂水和末梢水限值制定为2 mg/L。

出厂水余量：游离氯浓度在0.3 mg/L以上时，接触作用30 min，可有效灭杀肠道致病菌、钩端螺旋体、布氏杆菌等。因此将游离氯出厂水余量制定为0.3 mg/L。

末梢水余量：末梢水中游离氯的余量大于等于0.05 mg/L，即可作为输配水过程有无再次污染的警示指标，又不至使用户有不良的嗅觉或味觉感受。因此将游离氯末梢水余量制定为0.05 mg/L。

参 考 文 献

- [1] WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- [2] 国家食品安全风险评估中心. 食品中化学物健康指导值制定指南（试行），国家食品安全风险评估专家委员会技术文件，2015
- [3] 国家食品安全风险评估中心. 食品中化学物健康指导值制定指南（试行）. 2015.
- [4] 国家卫生健康委. 消毒剂使用指南（国卫办监督函〔2020〕147号）. 2020.
- [5] 食品科学技术名词审定委员会. 食品科学技术名词. 北京：科学出版社. 2020.
- [6] 药学术语审定委员会. 药学术语. 北京：科学出版社. 2001.
- [7] 周健民. 土壤学大辞典. 北京：科学出版社. 2013.
-