

饮水

的净化和消毒

蒋兴锦 编著

36
XJ

环境科学出版社

中国环境科学出版社

饮水的净化和消毒

蒋兴锦 编著

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书作者结合30余年从事饮水卫生教研工作的实际经验,并参考国内外有关饮水净化和消毒方面的最新资料,从卫生学观点出发,阐述了水的特性,水与人生的关系,以及水的污染和自净。同时,为保证饮水的卫生安全,较为全面地介绍了饮水的过滤、混凝沉淀和消毒等的应用方法及其效果。还从卫生监测方面提出饮水卫生处理的效果评价方法。它是国内首次从卫生学方面较为系统地论述饮水净化和消毒的参考书藉。有较广泛的理论指导和应用价值。

本书适合于从事环境保护、卫生防疫和自来水水厂的技术工作人员,以及大专院校卫生学专业、给排水学专业、环境保护专业和环境化学专业等教研师生参考。

饮水的净化和消毒

蒋兴锦 编著

责任编辑 夏伟松

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年9月第一版 开本 787×1092 1/16

1989年9月第一次印刷 印张 19 1/2

印数 1—3 000 字数 360千字

ISBN 7-80010-473-7/X·256

定价: 7.10元

序

为了保证生活饮用水的安全卫生，必须对水进行净化和消毒处理。当今世界水处理技术发展很快。蒋兴锦教授从事饮水卫生教学科研及实际工作30余年，积累了丰富的实践经验，他关于饮水的净化和消毒对防病保健的重要性，收集和查阅了大量国内外有关这方面的最新资料，结合自己的实践，编写了《饮水的净化和消毒》一书。本书从卫生学观点出发，比较全面系统地介绍了饮水与健康、过滤、混凝沉淀、消毒、饮水卫生处理效果的检测和评价方法。全书内容新颖充实，文字深入浅出，是一本较好的参考书。希望广大读者能从本书中得到教益。

北京医科大学公共卫生学院 胡汉升 教授

1989年1月

编著者的话

我原在湖南湘雅医学院攻读临床医学，毕业后参加国防卫生建设，被分配到北京协和医学院外科工作。当时因受党的三大卫生方针启示，毅然申请从事预防医学，经批准后转该院卫生系任教。其后又被调到军事医学科学院，从事给水卫生科研工作至今。我早年虽有志献身预防医学事业，却因才疏学浅，又受多种条件所限，三十余年无多大的贡献，抚今追昔，实感惭愧！稍可聊以自慰的，是长期从事教研科学实践，受良师益友的殷切教诲，经基层实地的密切体察，在给水卫生这一专业领域中，尚积累了一些资料，悟出点滴心得。近年，同行专家审阅我讲学的一些资料，都热情鼓励我去加以增改和完善汇编成册，供同行参考借鉴。他们的鼓励增强了我的信心和勇气，遂将自己历年在工作中所涉猎的学术资料和教研心得成果，汇集编写成本书，作为千虑之一得，献给读者，并希望能为预防医学这一浩瀚领海中添些水滴。因受本人水平所限，虽经数年愚勤，仍难免蛇足与东施之拙，错误在所难免，贻笑大方之处，恳请同行和广大读者多加指正。

书中引证资料较多，为了减少篇幅，把参考文献都删去了，敬请鉴谅。

拙著承北京医科大学公共卫生学院胡汉升教授、第一军医大学曹健副教授、第三军医大学卓鉴波教授和曾一同研究员等认真审阅、指正和支持；还有杨宗芬主管技师代为誊写和绘制图表，在此一并致谢。

编著者

1987年6月16日

目 录

第一章 饮水与健康	(1)
一、水与人生	(1)
(一) 人体缺水造成的危害	(2)
(二) 水质污染造成的危害	(4)
二、纯水的理化性状	(8)
(一) 水分子结构	(8)
(二) 水的理化常数	(9)
(三) 水的异常特性	(13)
三、天然水的杂质	(14)
(一) 水的溶剂作用	(14)
(二) 天然水的成分	(15)
(三) 天然水的理化特性	(18)
四、天然水的自净作用中	(26)
(一) 物理净化过程	(26)
(二) 化学和物理化学净化过程	(28)
(三) 生物净化过程	(29)
(四) 自然界中生物元素的循环	(40)
五、饮用水的水质卫生要求	(43)
(一) 制订生活饮用水水质卫生标准的研究方法	(44)
(二) 城市集中式生活饮用水卫生标准	(47)
(三) 农村生活饮用水水质卫生标准的建议值	(59)
(四) 部队战时饮水卫生标准	(60)
(五) 国外饮用水水质卫生标准简介	(61)
第二章 过滤	(64)
一、过滤的卫生学意义	(64)
二、滤材的种类及其性能要求	(65)
(一) 滤材的种类	(65)
(二) 滤材的性能和要求	(67)
(三) 滤材的规格和性能检测	(68)
三、评价饮水过滤效果的卫生学指标	(74)
(一) 浑浊度	(75)
(二) 微生物	(75)
(三) 滤程	(77)
(四) 水头损失	(78)
(五) 水质的其它变化	(79)
(六) 堵塞指数	(80)

(七) 滤水量	(87)
四、影响过滤效果的因素	(80)
(一) 滤材颗粒大小(有效粒径)	(81)
(二) 均匀系数	(82)
(三) 滤材的形状	(82)
(四) 孔隙度	(82)
(五) 滤材厚度	(83)
(六) 滤材层次	(85)
(七) 滤速	(85)
(八) 原水浑浊度	(87)
(九) 其它影响因素	(87)
五、过滤作用原理	(89)
(一) 深层过滤作用不单是筛滤作用	(89)
(二) 捕集机理	(89)
(三) 附着机理	(90)
六、过滤在饮水卫生处理中的应用	(91)
(一) 慢砂滤	(91)
(二) 快砂滤	(92)
(三) 混合滤材过滤	(93)
(四) 双向流过滤	(95)
(五) 压力滤罐过滤	(96)
(六) 无阀自动过滤	(97)
(七) 预敷(膜)过滤	(98)
(八) 简易过滤	(99)
(九) 成形滤材过滤	(100)
(十) 微滤	(101)
(十一) 超滤	(103)
(十二) 反渗过滤	(104)
(十三) 离子交换树脂过滤	(108)
(十四) 活性炭粒过滤	(116)
第三章 混凝沉淀	(122)
一、浑浊物的特性	(122)
(一) 水中浑浊物的分散系	(122)
(二) 胶体的一般特性	(123)
(三) 溶胶的结构和双电层	(125)
(四) 水中悬浮物的自然沉淀	(126)
二、混凝剂的种类和特性	(128)
(一) 铝盐和铁盐	(128)
(二) 碳酸镁	(130)
(三) 碱式氯化铝	(131)
(四) 有机高分子混凝剂和助凝剂	(132)
三、混凝沉淀的作用机理	(135)

(一) 双电层作用模型.....	(135)
(二) 化学架桥模型.....	(136)
(三) 凝聚反应过程.....	(137)
四、混凝沉淀的影响因素.....	(138)
(一) 杯试.....	(139)
(二) 混凝剂的类型和剂量选择.....	(140)
(三) 浑浊物的特性.....	(141)
(四) 搅拌.....	(143)
(五) 碱度和有效pH值.....	(144)
(六) 水温.....	(146)
(七) 水中溶解性盐类.....	(147)
五、混凝沉淀的效果评价及其检测方法.....	(148)
(一) 余浊.....	(149)
(二) 凝聚物的形成速度.....	(150)
(三) 凝聚颗粒大小和数目.....	(150)
(四) 凝聚物的密度.....	(151)
(五) 凝聚物的沉淀速度.....	(151)
(六) 悬浊颗粒的电动电位和电荷.....	(152)
(七) 混凝沉淀去除水中微生物的效果.....	(155)
六、混凝沉淀在饮水卫生处理中的应用.....	(156)
(一) 低碱度浑水的混凝沉淀.....	(156)
(二) 除铁.....	(157)
(三) 除氟.....	(157)
(四) 净水植物的利用.....	(158)
(五) 水中ABC的消除.....	(158)
(六) 混凝直接过滤.....	(160)
(七) 混凝剂的卫生要求.....	(160)
(八) 野战部队使用混凝剂处理饮用水.....	(161)
第四章 消毒.....	163
一、饮用水消毒的重要性的必要性.....	(163)
(一) 从传染病的发病情况来看.....	(163)
(二) 从流行病学的观点来看.....	(164)
(三) 从污水的排放上来看.....	(165)
(四) 从肠道致病微生物在天然水中活存的时间上来看.....	(165)
二、饮水消毒药剂的种类和性能.....	(167)
(一) 氯消毒剂.....	(168)
(二) 碘消毒剂.....	(173)
(三) 溴消毒剂.....	(175)
(四) 卤间化合物.....	(175)
(五) 臭氧.....	(177)
(六) 过锰酸钾和高铁酸钾.....	(178)
(七) 过氧乙酸.....	(179)

(八) 银和铜	(179)
(九) 其它	(180)
三、饮水消毒的作用机制	(180)
(一) 微生物的一般结构和特性	(180)
(二) 消毒药剂的药理作用	(182)
(三) 对饮水消毒剂杀菌机理的各种阐述	(183)
四、饮水消毒的效果及其评价方法	(186)
(一) 各种药剂对微生物的消毒效果	(186)
(二) 评价饮水消毒效果的指标和方法	(188)
五、影响饮水消毒效果的因素	(206)
(一) pH值的影响	(206)
(二) 水温的影响	(211)
(三) 有机物的影响	(212)
(四) 水中卤化物对卤素消毒剂的影响	(213)
(五) 其它因素的影响	(214)
六、消毒在饮水卫生处理中的应用	(215)
(一) 高pH值下的消毒作用	(215)
(二) 含卤素树脂的过滤消毒	(216)
(三) 含银化合物的消毒	(217)
(四) 铜器储水消毒	(219)
(五) 井内消毒	(219)
(六) 消毒剂的味阈	(220)
(七) 中和剂和去味剂	(221)
(八) 氯消毒饮水所产生的副作用	(222)
(九) 强化消毒	(226)
(十) 野外机动条件下的饮水消毒	(231)
第五章 饮水卫生处理试验的效果检测和评价	(234)
一、滤材的有效粒径和均匀系数的测定与选配	(234)
二、过滤试验装置及其过滤效果检测	(237)
三、微孔滤膜的孔径测定	(239)
四、颗粒状活性炭的性能测定	(242)
五、饮水中OD、COD和TOC的测定	(244)
六、混凝剂及其剂量选择试验	(249)
七、助凝剂及其剂量选择试验	(250)
八、混凝中凝聚速度测定	(252)
九、混凝中凝聚物的沉淀速度测定	(253)
十、混凝中凝聚物的内聚力测定	(256)
十一、混凝中凝聚物的密度测定	(258)
十二、水中悬浮颗粒的电动电势测定	(259)
十三、混凝沉淀去除水中微生物的效果检测	(261)
十四、碱式氯化铝的质量检测	(263)

十五、微滤膜法检测水中的大肠菌群·····	(265)
十六、新饮水消毒剂的石炭酸系数测定·····	(266)
十七、不同pH值对氯和碘消毒饮水的效果比较·····	(268)
十八、饮水快速消毒试验之一——恒定接触时间下的连续消毒效果检测·····	(270)
十九、饮水快速消毒试验之二——定量容积下的不同接触时间消毒效果检测·····	(273)
二十、氯消毒饮水的折点测定及折点前后的消毒效果检测·····	(275)
二十一、消毒剂灭活水中大肠杆菌噬菌体的试验·····	(278)
二十二、消毒试验用中和剂的效能测定·····	(279)
二十三、饮水处理药剂的味嗅试验·····	(282)
二十四、余氯的区分测定·····	(284)
二十五、沙门氏菌诱变性试验——Ames试验·····	(287)
二十六、骨髓细胞染色体畸变试验·····	(291)
二十七、显性致死突变试验·····	(294)
二十八、试验数据的整理和分析·····	(296)

第一章 饮水与健康

在介绍饮水与人体健康以前，首先让我们了解一点水文的情况。地球表面70.8%为水所覆盖。如果海洋、河流、湖泊和地下水都均匀地分布在地球的表面上，则将形成厚达2500m的水层。由此可知地球上的水量是很丰富的。但是，这么多的水，其中97%是海水，约有 $1.25 \times 10^{21} \text{m}^3$ ；淡水只有3%，约为 $4.1 \times 10^{13} \text{m}^3$ 。这些淡水，有75%在南北两极，24%在地下，0.06%吸附在土壤上，0.035%蒸发在空气中，能供人类利用的江河和湖泊中的淡水不到1%。

在太阳热的影响下，水可自海洋、河流、湖泊和地表蒸发。有人估计，每年约有 $5.1 \times 10^{14} \text{m}^3$ 以上的水蒸发到天空。在任何温度下都可使水蒸发。随气温的升高和气湿的降低，水的蒸发量逐渐在增多。蒸发的水份在大气圈上层冷却形成云。云随气流移动，在一定气象条件下重新凝成雨水或冰雪再降至地面。降到地面上的雨雪水，或渗入地层，或流入江河、湖泊和大海。这就构成大自然界水的循环。每年海洋上的降雨量约有 $4.11 \times 10^{14} \text{m}^3$ ，陆地上只有 $0.99 \times 10^{14} \text{m}^3$ 。各地区年降雨量差别很大，有些地方只有几十毫米，有些地方高达几千甚至上万毫米。我国的降雨量由南至北，由东至西逐渐减少。例如：华南沿海一带的降雨量达2000mm以上，西北沙漠地带的降雨量不到200mm（而且主要是降雪）。生物在地球上的活动，与降雨量密切相关。降雨量稀少的地方，成为不毛之地，不利动植物繁殖和生存，人类在此也难以生存下去。人类的活动地带总是靠山依水，水与人生总是息息相关的。

一、水与人生

可以肯定地说，地球上没有水就没有生物和生命。水是生物之本。从化石中的考察得知，大约在6亿年前开始的古生代，那时的生物都是水栖的，至古生代中期才出现陆上生物。从高级的脊椎动物进化中也可看出，起初只有生存在水中的鱼形动物，以后出现鱼类和两栖类，最后才有爬行类、鸟类和哺乳类。可见生物是发源于水。我国殷周时代建立的阴阳五行学说，就把水看成是构成万物的基本物质之一，它是人生的一大要素。春秋战国时代管子所著《水地篇》中就提到：“水者何也，万物之本原也，诸生之宗也。”他甚至认为人的体质、容貌、性格和道德品质等等均受到饮水的水质影响。

水是农业的命脉，林业、渔业和牧畜业等均不能离开水。工业上对水的要求，不仅量要大，而且质要好，有些尖端工业和科学上的用水，其质量要求超过了饮用水的卫生标准。有人统计（见表1-1），工农业用的水量是很大的。

人在生活中除了饮用水外，其它如改善环境卫生，保障个人卫生，绿化和改良环境气候等无不需清洁的水。一般公认，衡量和评价一国人民生活条件优劣，文化水平高低，卫生状况好坏，都可以居民的用水量多寡作依据。

表1-1 工农业生产中的耗量和需水量

项目及单位	需水量 (m ³)	项目及单位	需水量 (m ³)
蔬菜 1亩	25—30	钢1t	200—260
小麦 1亩	40—50	纸张1t	200—250
棉花 1亩	35—50	石油化工1t	200—250
羊毛加工1t	630	人造纤维1t	1000—1700
焦炭1t	14	发电1000度	320
烧碱1t	1000	石油精炼 1桶	3

(一) 人体缺水造成的危害

根据氡示踪法探测得知，成年人体重的64.7%为水，细胞外液占45%，细胞内液占55%。人体内含水量的差异较大，其原因是体内脂肪的含量不同。人体内非脂肪性组织的含水量较多而且相当稳定（一般为75%），脂肪中的含水量甚少（只有10—30%）。人体内失水达到人体含水量的10%，就有生命危险。一个体重70kg的人，如果体质肥胖，体内脂肪占35%，当呕吐、腹泻或大量出汗而失水达4.0kg时，超过了他的体液10%，那就会危及他的生命。因此人体内水总重只有 $(0.65 \times 0.75 + 0.35 \times 0.15) \times 70 = 37.8\text{kg}$ 。如果是另一肌肉发达的人，脂肪只占体重的15%，那就没有超过他的体水重的10%，这对他的生命尚无危害。因后者体内水总重达 $(0.85 \times 0.75 + 0.15 \times 0.15) \times 70 = 46.2\text{kg}$ 。

1. 水在人体内的功能

(1) 它参与了胃肠道的食物消化作用。每人每天胃肠道的分泌液很多。唾液1500mL，胃液2500mL，胆汁500mL，胰液700mL，肠液3000 mL，共计8200mL之多。此外，还要加入由饮食中进入胃肠道的水2000—3000mL。每日在胃肠道内约有10kg的水在循环。即在小肠以上分泌出来，在大肠中又吸收回去。没有这些水分，吃进去的食物就不能在体内正常地消化和吸收。

(2) 它参与了体内代谢及代谢产物的排泄作用。体内的一切生物化学反应，都是在一定的水溶液中进行的。没有足够量的水，体内的新陈代谢作用就要产生紊乱。肾脏是体内代谢产物的主要排泄器官。据测定，人体内肾小球的滤过速度为130mL/min，则24h内进入肾小管的滤液约有180L之多（为全身血液的25倍），近端肾小管的流量有24mL/min，远端肾小管的流量为15mL/min，而输尿管的流量只有1mL/min，流入膀胱的尿量每天约1—2L。体内的代谢产物经血液带入肾脏，它经肾小球而滤入肾小管内，肾小管再将大量的水分和非代谢产物回收到血液中，只将代谢产物带入尿中而排出。这是人体内部又一套水的循环系统。在正常情况下，饮食中含蛋白质较高时，每天可以从肾脏排泄出溶解的固体代谢产物约35—40g。因为每克代谢产物至少要15mL的尿量才能将其溶解掉。那么每天至少需要有500mL的尿量才能完成排泄体内代谢产物的任务。吃高碳水化合物和低蛋白质的饮食，每天只从肾脏排泄出代谢产物10g左右，那每天需要150mL的尿量即可完成排泄体内代谢产物的任务。因此，在紧急情况暂时缺水时，宜多吃糖类、脂肪和蔬菜类食品，少吃动植物蛋白，这可减轻

体内缺水时所产生的危害。

(3) 它参与调节体温的作用。水是一种较好的导热体，借助于血液循环为体内输送养料和排泄废物的同时，还可以通过血液来调节和保持身体表里和肢躯的温度。尤其是在炎热季节或体内产热过多时，借助于皮肤的发汗作用，将体温降低。因为蒸发了 1g 水分，可带走 2093 J 的热量。

(4) 还有保持关节、肌鞘、内脏器官和体腔等的润滑和柔和，也是离不开水的。

2. 缺水造成的危害

上面已谈到水在人体内的功能。当然，缺水即可使上述功能产生紊乱或遭受破坏，而引起相应的危害。所谓缺水，是指摄入体内的水量比排出的水量少。在轻度劳动条件下，成年人每天的排水量是：尿 1500 mL，皮肤 500 mL（无明显的出汗），呼吸 350 mL，粪便 150 mL，总计 2500 mL。为使身体不缺水，则需补充 2500 mL 的水量。

炎热季节进行重的体力劳动，由于体温的调节主要依赖于发汗，因此，由汗腺大量排出水分。有人在南非进行一次夏季长途行军试验，分为两个组，每组 30 人，行程 29 km，时速约 6.6 km，负重 24 kg，干球温度 31.1℃，湿球温度 19℃。加上途中休息，共历时 6.5 h。第一组每人平均饮水 2.7 L，第二组 1.2 L。出汗量第一组为 4.51 kg，第二组为 4.53 kg。第一组体重减轻 2.9%，第二组为 4.8%。由此可见，炎热季节的出汗量是很多的，如不及时补充饮水，体重将降低很快。另有人在气温 37.75℃ 沙漠地带行军作战中观测到，每小时因蒸发失水最高可达 1.6 kg，一天的失水量高达 14 kg。

由于摄水量不足或缺乏而引起体内缺水时，这只出现单纯的缺水症状；另由于体内排出水分过多而引起缺水时，如大量出汗，呕吐和腹泻等，则伴随有缺钠的症状。

人体缺水时的生理病理变化：人体完全停止进水时，则肾脏排出的水和钠立即减少。但缺水初期，钠和氯离子仍随尿排出。断水 36—48 h 后，肾小管对钠和氯离子的再吸收极度增强，这是一种保护性机制，借此来尽量减少细胞外液容量的降低。由于钠离子在肾小管内再吸收的增加，这有利于水分的再吸收。但是，体内代谢产物和其它电解质等仍需要有 400—600 mL 的尿量才能满足其排出体外。体内失水后，细胞外液变为高渗，水自细胞内逸出，致使细胞内液的容量减少。缺水的临床症状分为：

轻度缺水：只有渴感，缺水约占体重的 2%。例如体重 70 kg，失水而减重在 1.4 kg 以下。

中度缺水：口干，尿少、体弱、性格改变，心情烦躁不安，但仍可从事轻的体力或脑力劳动。缺水约占体重的 6%。

重度缺水：体力和脑力劳动能力显著降低，不能从事工作，出现幻觉、谵语、狂躁、眼眶下陷，皮肤起皱纹，缺水约占体重的 7—14%。

由于大量出汗，呕吐或腹泻，使体内水分丧失，因而体内不仅缺水，而且还缺乏钠盐。如果只补偿水分，仍不能解决体内的水盐平衡紊乱问题。24 h 内可能丧失的氯化钠量见表 1-2。体内缺钠，细胞内液的容量无变化，而细胞外液的容量减少，血液浓缩，血液粘度增高，血压降低，一般无自觉的渴感，饮水的吸收比单纯的缺水为慢。体内缺钠的症状如下：

轻至中度缺钠：尿中钠和氯离子减少或全缺，倦怠、神志淡漠，起立时昏倒，体内缺 NaCl 约 0.5 g/kg。

中至重度缺钠：尿中无氯化钠，除上述症状外，尚有恶心、呕吐、收缩期血压降到11999KPa左右，体内缺NaCl达0.5—0.75g/kg。

重至极度缺钠：尿中氯化物绝迹，患者木僵，恶心、呕吐、昏迷、收缩期血压降到11999KPa以下或不可测到。体内缺NaCl达0.75—1.25g/kg。

表1-2 24小时内体内可能丧失的水量和NaCl量

原 因	分 泌 液	含NaCl浓度(%)	体内可能丧失量(g)	
			水	NaCl
大量出汗	汗液	0.25	14000	35
呕 吐	胃液	0.72	2500	18
呕 吐	唾液	0.53	1500	8
痰 管	胆汁	0.80	500	4
腹 泻	肠液	0.73	3000	22
呕 吐	混合液	0.67	6000	40
腹 泻	混合液	0.71	7000	50
痰 管	胰液	0.86	700	6

由于水源不足而使摄水量减少的缺水，除了以上提到的体内水平衡引起紊乱而危害身体健康外，还可间接带来许多危害身体健康的因素，如环境卫生和个人卫生无法保持。由于缺水，则水源的选择无法满足卫生要求而降低了饮用水的卫生质量，遭受污染的水、含盐分和其它杂质超出卫生标准的水，也不得不取来饮用，因而增加了介水传染病的发生。

(二) 水质污染造成的危害

自古以来，就认识到水质对人体的健康影响很大，《吕氏春秋》一书中提到：“轻水所，多秃与癭人（脖子肿大）；重水所，多尪与躄人（脚肿和脚跛）；甘水所，多好与美人；辛水所，多疽与痤人（疮毒与皮肤病）；苦水所，多尪与伛人（腿弯和背驼）”。前不久联合国世界卫生组织认为：人类中80%的疾病是由于水的污染和缺乏起码的卫生条件所造成的。另又指出：提高世界卫生水平，不需要新品种特效药和造价昂贵的医院综合体，而只需要两件事，即供给洁净的饮用水和不传播传染病的厕所。因此，世界卫生组织制订了一项“饮用水十年计划”，自1980年到1990年完成。其目的是要使世界上的居民，尤其是第三世界的居民，每天增加50万人能获得洁净的饮水。又据国际复兴开发银行估计，要完成这项宏伟的计划，每年将耗资300—400亿美元。

上面只是简略地介绍古今中外对饮用水的重视。其原因是自然界的水很容易遭受到污染。饮用了未经卫生处理的污染水，是很易于罹患各种疾病的。自然界水遭受到的污染分为以下几大类：

1. 微生物污染

水中微生物也可属于下面提到的非溶解性有机物范畴之内。因它们对人的危害严重，故单独提出来介绍。

污染饮用水的主要微生物有细菌、病毒和原生动物。此外还有真菌、蠕虫和藻类。

在饮用水中的细菌非常杂乱，能引起人类肠道致病性的细菌就有很多种。如：伤寒杆菌、副伤寒杆菌、其它血清型的沙门氏杆菌（引起肠炎和中毒），各型细菌性痢疾杆菌、霍乱弧菌、钩端螺旋体菌，肠炎耶尔氏菌、土拉伦斯菌、致病性埃希氏大肠杆菌、以及绿脓杆菌等。

已知血清型肠道病毒100多种，均可在污水中检出，这些病毒随污水进入水源而污染了饮用水。

肠道病毒都在肠壁上繁殖，并从粪便中排出，它们均属小核糖核酸病毒科（Picornaviridae），大小25—30nm，为单股RNA病毒，计有：脊髓灰质炎病毒（Poliovirus）：分为1、2和3型，1型比其它两型的致病性强。

柯萨奇病毒（Coxsackievirus）：A组有24型，B组有6型。这一类病毒除了引起胃肠炎外，还可能引起类脊髓灰质炎、脑膜炎、心肌炎、肺炎和疱疹性咽峡炎等疾病。

人肠弧病毒（Echovirus）：又称埃可病毒，共34型。这类病毒除了引起胃肠炎外，也可引起与肠道无关的疾病，如类脊髓灰质炎、脑膜炎、肺炎、疱疹性咽峡炎和婴幼儿腹泻等疾病。

非特异性的肠病毒：按肠道病毒委员会1962年依次编号为68、69、70和71四个型，这些病毒的致病性尚未完全弄清楚。有人报道，68型肠道病毒能引起呼吸道疾病。70型肠道病毒是引起急性出血性结膜炎的病原体。71型肠道病毒可引起无菌性脑膜炎和脑炎等疾病。

呼肠病毒（Reovirus）：属于呼肠病毒科，双股RNA，双层蛋白荚膜，10个基因组，通常可在污水中分离出来。因为它是由肠道排出来，故在水污染中包括它。

腺病毒（Adenovirus）：含有双股DNA，大小70—80nm，分为21个型，多次在集体中引起急性呼吸道传染病流行。因常在污水中分离出这类病毒，故也认为可能污染饮用水。

轮状病毒（Rotavirus）：这是近几年来报道能引起婴孩发生肠炎的一种病毒。大小约70—80nm。有1种人型和4种动物型。人型轮状病毒进入体内，感染十二指肠，它是婴儿发生腹泻和引起死亡的主要原因。据调查，美国华盛顿首都，3岁的小孩90%有轮状病毒的抗体。它的传播是粪口途径，大都在较冷的月份流行。

那瓦克病毒粒：首先是在美国Norwalk地区急性腹泻患者粪便中分离出来的病毒颗粒。常归入微小DNA病毒属，大小约27nm。虽然免疫荧光染色粪便提取物显示出病毒，但尚未在动物或细胞培养中分离出来。它与轮状病毒不一样，它可感染学龄儿童和成年人，呈现出胃炎症状，有恶心和呕吐。

甲型肝炎病毒：这是一种典型而重要的水传播病毒疾病，散布于全球，为单股RNA病毒，大小28nm。至今已有几十次与水有关的甲型肝炎传播的报道，最大一次是1955—1956年在印度新德里的流行，染病人数超过3万。1988年初，我国上海的流行，患者达30万。

引起传染的微生物数量，病毒所需的量比细菌少得多。据研究报道，一个人口服 10^8 — 10^9 个沙门氏菌才发生感染。例如：14人接受了 10^8 个伤寒沙门氏菌，无1人感染；接受 10^7 个伤寒沙门氏菌，32人中只有16人受到感染。可是，接受弗氏痢疾杆菌 5×10^3 ，49人中却有33人遭受感染。霍乱弧菌 10^4 个，13人中有11人遭受感染（在 NaHCO_3 溶液中），另2人中无感染（不在 NaHCO_3 溶液中）。还有致病力强的志贺氏痢疾杆菌，只要进入体内10个也可使人遭受感染。不过志贺氏痢疾杆菌，夏季在水中只能活存0.4—4.0h。有人观察到口服2个蚀斑形成单位量的脊髓灰质病毒疫苗，3个儿童中有2个传染得病。使刚生下来的小鼠50%致病的

口服柯萨奇病毒B,剂量为 10^2 — 10^3 蚀斑单位。当然,致病剂量比感染剂要高。由此可见,饮水中含有致病性肠道病毒,它对人的感染危害要比致病性肠道细菌严重。

此外,在饮水中含有的溶组织性阿米巴原虫,贾第氏原虫,蠕虫中的蛔虫,隐孢子虫,和钩虫的卵等,也可通过饮水传播。

2. 非溶解性无机物的污染

饮水中的非溶解性无机物,主要包括有粘土,石棉和某些溶解度极低的矿物盐类等微粒。这些微粒大小从胶体($0.1\mu\text{m}$ 以下)到 $100\mu\text{m}$,可长时悬浮在水中。除了石棉纤维和某些有毒矿物盐类对人体有直接危害以外,引起饮用水浑浊的主要成份——粘土,它不仅影响到饮用水的观感,而且它存在着吸附和运载有毒化合物的可能性,并转入到另一个环境中将有毒物质释放出来。

能污染水体和土壤的有毒金属阳离子——铅、铬、铜、锌、钴、锰、镍、汞和镉等,其它还有放射性同位素钚、铯和铷等也是些有威胁性的污染。金属阳离子形成氢氧化物、水合氧化物或各种络合物而被吸附在粘土表面上。影响各种粘土微粒吸附和解吸各种金属的主要因素是pH值、金属浓度、拮抗金属浓度及其吸附剂的性质等。

3. 非溶解性有机物的污染

许多的有毒有机物,如农药、多氯联苯、工业污水中的各种芳香族以及有机氯化物等,可与粘土微粒起交换和吸附作用。由于它们的粒子大、分子量高,在与粘土的交换和吸附能力上,一般超过了无机离子。

粘土还可与天然的有机物——腐殖质形成络合物。这些带有腐殖质的粘土微粒,在水中成为氯消毒中的三卤甲烷等的前驱物。

除了上述与粘土结合的有机物以外,还有污水处理厂及工业废水处理厂排放出来的有机微粒,植物残碎体、动物排泄物、微生物和有机胶体等。许多的粘土和天然有机微粒,其本身随饮水进入人体并无有害影响,但它们可能通过吸附、传递和释放出有机毒素、细菌和病毒来严重影响人们的健康。

4. 溶解性无机物污染

水中溶解性无机物主要包括各种微量金属盐类以及某些有毒化合物。在自然环境中,岩石的风化、土壤的离子交换和解吸是将微量金属带入天然水中的两个重要自然过程。采矿和工业生产,是天然水中微量金属的其它重要来源。工业废水中的微量金属可直接排入天然水中,或者是微量金属经土壤吸附,并经雨水渗透和迁移而影响地下水,或者是经雨水冲洗,而将某些重金属直接带入地面水中。水中一般溶解性有毒无机物如表1-3所示。

上述有毒无机物的来源,除了来自天然的土壤和岩石之中,以及工农业废水的污染以外,还可来自水处理中所使用的化学药剂。水泵、水管、配水管道、贮水池以及家庭中盛水容器等材料与具有低pH值的水发生反应后,也可将有毒物质带入水中。表1-3中所列举的17种有毒物质,其中的铬、钴、锰、钼、镍、钒、锡、锌、硒和氟10种,是人体营养的必需物质,当其在水中的浓度超过一定量后,才对身体有害。至于镉、铅、汞、铍和砷等则不属于

表 1-3 水中可能含有的无机有毒物质及其对人体的危害

名 称	来 源	在人体内的主要作用部位
镉	电镀、颜料和增塑剂工业废水	肾脏、生殖系统、骨骼。致癌
铬	电镀和制革工业废水、天然矿石	胃肠道、肝、骨骼。致癌
铅	冶炼和蓄电池工业废水、配水管道、天然岩石	造血系统、神经、肾、骨骼
钴	颜料和陶瓷工业废水	神经、血液、甲状腺
锰	电池工业废水、天然岩石	中枢神经
汞	农药、电解食盐和牙科汞合金等废水	中枢神经、肝、肾
钼	冶金、玻璃、陶瓷和颜料工业废水、天然矿石	肝、血液
镍	冶金、食品加工和杀真菌剂工业废水	胃肠道、中枢神经
银	显相纸工业废水、银消毒饮水	血液、皮肤
钒	冶炼工业废水、矿渣中析出	呼吸道、血液、酶系统
锡	储水容器、农药和油漆工业废水	胃肠道
锌	肥料和镀锌管工业废水、矿石	神经系统
铍	合金、电板和导弹燃料等工业废水	肺、血液
钡	化工和医疗废水、矿石	肌肉、神经、血管
砷	冶炼和杀虫剂工业废水、矿石	皮肤、胃肠道、毛细血管
硒	电子、钢铁、颜料、玻璃和陶瓷工业废水	胰、肝、血液
氟	冶炼助溶剂产生之废气废水、矿石	齿、骨骼、肾

人体必需元素，从饮水中进入体内，均能影响身体健康。

此外，水中含有的溶解性无机物，如钠、硝酸和亚硝酸盐、硫酸盐、硬度和镁盐等，如果超过了卫生容许量，也会对人体产生危害的。

5. 溶解性有机物污染

美苏等国制订的水源水质卫生标准中所包括的溶解性有机物约三百种之多。其中最主要的是农药和化工原料等。农药中的除草剂、杀虫剂和杀真菌剂等，大都是些毒性较强、分解较慢和有积累作用的有机物。由表1-4中所列举的部分农药，就可知其污染水源对人类带来的危害性。其它化工原料及其副产物，如乙醛、苯、苯并（ α ）芘、溴苯、溴仿、特丁醇、二硫化碳、*e*-己内酰胺、四氯化碳、氯醛、氯苯、二氯乙醚、氯仿、氯化氰、二氯乙烷、二氯酚、二苯胂、六氯乙烷、六氯苯、甲基氯、二氯甲烷、五氯酚、苯乙酸、多氯联苯、丙苯、苯乙烯、四氯乙烷、四氯乙烯、甲苯、三氯苯、三氯乙烷、三氯乙烯、三氯氟甲烷、氯乙烯和二甲苯等，也是经常污染水源的溶解性有机物。

表 1-4 水中可能含有的部分农药及其对人体的危害

商品名	类别及用途	LD ₅₀ *(mg/kg)	在人体内的主要作用部位
2,4-滴	氯化苯氧类有机氯除草剂	100—540	肝、肾、性功能、肌肉
麦草畏	苯甲酸类有机氯除草剂	750—2900	肝、肌肉、神经
毒草胺	酰胺类有机氯除草剂	710	肝。
草净津	氰尿酸衍生物除草剂	334	皮肤、甲状腺
除草定	尿嘧啶类除草剂	5200	肺、甲状腺
百草枯	联吡啶类除草剂	22—173	肺。
氟乐灵	二硝基苯胺类除草剂	< 10000	不清楚
丙烯隆	醛类除草剂	28—42	肺、肝
艾氏剂	氯代烃类杀虫剂	39—60	中枢神经、肝、肾、致癌