

戈登·爱尔·卡尔普 著
[美]拉塞尔·爱尔·卡尔普
张亚杰 顾泽南 王惟一 译
宋仁元 闵奇若 王庆元
鄢永刚 李维音 校

水的净化新概念

中国建筑工业出版社

86.637
170

水的净化新概念

[美] 戈登·爱尔·卡尔普 著
拉塞尔·爱尔·卡尔普
张亚杰 顾泽南 王维一 译
宋仁元 闵奇若 王庆元
郇永刚 李维音 校

中国建筑工业出版社

译 者 的 话

本书译自美国“VAN NOSTRAND REINHOLD”公司1974年出版的《环境工程丛书》(共九册)由戈登·爱尔·卡尔普及拉塞耳·爱尔·卡尔普合著的第一册《水的净化新概念》(“NEW CONCEPTS IN WATER PURIFICATION”)一书。

原作者针对1950~1970年以来美国在给水处理工艺上所遇到的许多新问题而写的。例如,各类给水水源愈来愈多地受纳着来自各种新兴工业与农业废水以及生活污水而受到严重的污染,迄今还未完全解决。很多有机氯化合物、重金属、杀虫剂、除莠剂以及其它各种有毒有害物质,都已在生活饮用水中检验出,并远远地超出了饮用水水质标准,危害着人们健康。因而,必须应用过去在水处理工艺上不常习用的处理方法加以净化。

原作者收集了一系列在美国通过实践证明行之有效而在书籍中尚未较系统介绍的各种新颖水处理方法。编著的意图是,不拘泥于理论方面的阐述而着重于介绍它们的实际应用。

有些水处理新技术还可对水厂现有设备的挖潜增能起到重要的作用,并其投资达到相同目的和效能的情况下,而比新建设备投资大为节约。

对水处理新技术,例如浅层沉淀中,应用各种形式的斜管、斜板及其一些设计参数;综合滤料滤池的应用,在提高滤速的同时保证了出水水质的安全可靠;混凝过程中的控制与监测;水处理中污泥的处置和化学药剂的回收;水的安全消毒和对水中所含重金属等有害物质的深度处理方法等均有较详细的论述和评价。

鉴于我国给水处理方面的现状和面临的问题,在水源受到严

重污染和对净化水质要求逐渐提高的情况与美国当时基本相似，因此我们翻译了这本书，可供从事给水、排水和环境保护事业方面的工程技术人员、化验人员、细菌学与生物学工作者、水处理厂的操作管理人员以及其他有关专业人员参考。

本书由张亚杰、顾泽南、王维一、宋仁元、闵奇若及王庆元同志翻译。全书经酆永刚、李维音同志校阅。

目 录

译者的话

第一章	在变化的环境中改善水质.....	1
第二章	浅层沉淀.....	32
第三章	过滤.....	52
第四章	凝聚控制与监测.....	113
第五章	污泥处置.....	141
第六章	消毒.....	182
第七章	重金属的去除.....	226
第八章	活性炭处理.....	238
第九章	水源中的废水.....	266
第十章	新技术对已建与新建水厂的应用.....	283

第一章 在变化的环境中 改善水质

(一) 现 况

1. 水质

在美国，公共给水的高质量已成为国家和地方夸耀的史料。旅行者无论在什么地方饮用自来水，都可不必顾虑水质的好坏问题。事实证明，是否符合美国公共卫生饮用水质标准的法定要求，那是过去对水质安全是否可行的衡量标准。对于用水量的限制和水介疾病的存在，在美国并不严重，但在世界别的地方就不同了。

尽管公共给水事业在美国已取得这样好的成绩，但当前还是在报刊上和国会中受到大量批评。这是有多种原因的，在许多情况下，给水事业还远远没有达到应有的和能够做到的完善程度。许多公共给水系统都已陈旧，没有能达到当今质量和服务的标准。况且，对将来的需求和如何把目前激增起来的小型分散给水系统集中起来也都缺乏规划。美国的地方、州和联邦政府对于水质的监视与监测、操作者和管理人员的培训以及水质的研究等工作，还远远达不到需要。因此，社会公众都要求改善水质。

2. 给水中存在的缺点

美国公共卫生服务局颁发的1969年对公共给水的调查研究结果，使专业人员和非专业人员都同样地受到了震惊。据报告，在公共给水设施中约有17%没有达到法定水质标准中的一项或几项指标；25%没有达到推荐水质标准中的一项或几项指标；有50%以上在供水、蓄水或配水设备方面都存在着严重缺陷；有90%没

有达到细菌学上的标准；还有90%缺乏对用户作支管叉接控制的措施。在极小型的给水系统中，情况尤其严重，很多小型给水系统几乎各项指标都达不到标准。

据华盛顿州卫生部门对该州给水情况所作的统计，其结果或许和其他各州的一般情况很相似。曾发现在华盛顿州有20~50个地区的给水系统，其中包括一些大城市在内，都需要增加过滤处理。由于近来用以所谓“受保护水域”为水源得到的给水水质变化不定，因此，对改进处理的确切要求还不得而知。由于有了适用于各种地形的交通车辆，带拖斗的脚踏车和履带式雪上汽车，使公众很容易闯入包括受保护水域在内的任何地区，因而很难保证，甚至不可能保证以地下水为水源而又没有过滤处理设备的给水系统的安全供水。

据研究报告声称，有55家水厂，包括该州所有的最大城市在内，都是用敞开的配水蓄水池来贮放处理好的清水。经华盛顿州卫生部门审查，认为敞开式配水蓄水池是与当前良好的公共卫生要求不相容的，所以它们现在都必须按照州所规定的条例加上盖子。

1971年，华盛顿州为了改进水厂构筑物以适应当时的需要，估计要化费三亿二千五百万美元以上资金，为了适应今后需要，估计在七十年代中，每年都要另外再花费三千五百万美元。在华盛顿州所作的细菌学和化学测试结果，与在全国范围内进行的公共给水调查结果是一致的。由调查结果得知，许多城市的给水都没有符合标准。

华盛顿州卫生部门现已要求该州所有城市都提交一份详细的给水系统规划，以确定当前和今后十年的给水需要。预料其中三分之一城市对这一规划已具备大部分必要的数字；另外有三分之一城市将要做大量的修改工作；还有三分之一城市基本上没有制订规划所需要的数据，必须从头开始做起。尚未达到规划要求的主要有两点：按规划邻近水厂的设施应能相互之间协调；新建的系统数目须减至最少。

在给水系统的运行方面，华盛顿州认为有必要给操作人员以

较高的工资和给雇员以较好的待遇；并拨给给水部门足够的资金预算，以满足给水系统的需要；以及须得到地方政府和公众对当地给水部门的大力支持。

同时，从华盛顿州所做的统计也可看出地方、州和联邦政府立法机构，在给水的监视方面所作的工作，比起对控制空气和河流污染所做的工作来说要小得多。用在空气污染控制上的费用比给水监测所化费用要大10倍，而用在河流污染控制的费用则多达200倍。据华盛顿州的研究结果表明，单凭发病率的高低已不能作为衡量公共给水系统是否适用的一般标准了，而且有必要向群众、报刊、甚至对给水企业说明这一情况。

除了上面已讲到的给水在公共卫生方面的缺点外，还须考虑到审美方面的问题，因为这方面对用户也是重要的。许多自来水中水含有大量的铁或锰，足以沾污要洗的衣物和卫生设备，甚至会沾污草坪喷水器所及范围内的建筑物表面装饰。有些水对许多用途来说硬度太大，会引起腐蚀或产生水垢，以至影响到家庭或工厂的给水管道。人们对水质最普遍的抱怨之一是味和嗅的问题。恶味的水会迫使许多用户寻求别的饮用水源，例如：私人的水井、蓄水池或者瓶装水。这样一些代用的饮用水水源，多半在细菌学质量上是极不可靠的。

3. 原水水质的趋势

取水量日益增加 为了给日益增长的人口、工业和农业供水，地面水源的取水量一直在不断地增加。例如灌溉等消耗用水的大量增加会减少河流在下游可用来稀释废水的水量。过量地取用地下水源，也会对自来水的化学性质带来不利影响，例如，这样的结果就会造成水内所含铁、锰、溶解固体总量不断增加。

废水的排放 更严重的是生活污水和工业废水被直接或间接地排放到给水水源内的水量在不断增加，其中生活污水则源源不断把日益增加的细菌、病毒、藻类营养物、需嗜氧量的物体、悬浮固体和溶解固体，以及对给水水源产生味与嗅的物质也加到了水源内。在有些地区，回流的灌溉水在回到河流与蓄水地层

时，大大地增加了溶解性固体的总含量，例如硫酸钠、氯化物和一些不能被通常的水处理方法或其他就经济上可行的方法所能去除掉的物质。由工业排放来的种种新的、复杂的化学污染物，进入了美国的水源，又引起了水源水质严重变化。最近，美国环境卫生保护局和一家私人实验室对密西西比河下游水质作了检验，发现水内存在着多达34种可鉴别出的化学成分，而这里的水源居然是供给路易斯安那（Louisiana）州一半以上人民饮用的。在最近列出的一张顽性有机性废料表中（见表 1-1 所列）有些复杂的废料已经在饮用水内被发现了，这表明这些废料现在可能正在侵入我们的自来水中来。

如果对这些日益增加的废水水流在排放前就使用新技术加以充分处理，则原水水质就不会受到它的损害，而且事实上，在许多情况下，还可使水质得到可观的改善，遗憾的是控制污染设施的兴建工作没有跟上污流增加的速度。由于兴建的速度远远不能满足当前的需要，因此许多容纳污流的水体现在还在每年继续恶化。如此缺乏必要的水处理设备，确是一件关系到整个国家的大事。

废水处理不善 在控制水质污染方面，除了缺乏适当的设备之外，还存在着其他一些问题。许多现有的生活污水和工业废水处理厂把它们处理过的水排放到给水水源内，但是这些厂往往设计不当或运行不善，而且未能达到它们所预期的处理效果。过去，在废水处理厂的设计中，对待该厂的可靠性、备用和辅助设备，比起通常对待发电厂或给水系统的设计来，是不够重视的。加上在废水处理厂的运行中，几乎普遍遇到资金不足和人员短缺的困难。绝大多数的厂缺乏或干脆没有采取对出厂水水质进行监测，并且厂的运行管理和处理的效果也很差劲。处理厂把废水长期地不加处理而排放出去是常有的事，而且经常在一有机会时，例如：在河流流量大时或在深夜中，就把酸臭的泥浆消化池内所有的东西统统倾倒到受纳的水体中去。

根据上面这些情况的分析，可见改善源水水质及提高公共给水安全度的机会是很多的，如改善现有废水处理厂的某些的操

不易处理的顽性工业废料

表 1-1

(录自《环境科学和技术》1973年1月号)

丙 酮	Acetone
苯①	Benzene①
2-苯并噻唑	2-Benzothiozole
茨醇-[2]	Borneol
溴 苯	Bromobenzene
溴 氯 苯	Bromochlorobenzene
溴苯苯基醚	Bromophenylphenyl ether
丁 基 苯	Butylbenzene
樟 脑	Camphor
氯 苯	Chlorobenzene
氯(代)乙醚	Chloroethyl ether
三氯甲烷(氯仿)	Chloroform
氯甲(基)乙醚	Chloromethyl ethyl ether
氯硝基苯	Chloronitrobenzene
氯 吡 啶	Chloropyridine
二溴(代)苯	Dibromobenzene
二氯(代)苯	Dichlorobenzene
二氯乙醚	Dichloroethyl ether
二硝基甲苯①	Dinitrotoluene①
乙 苯①	Ethylbenzene①
二氯化乙烯①	Ethylene dichloride①
2-乙基己醇	2-Ethylhexanol
愈疮木酚(甲氧基酚)	Guaiacol(methoxy phenol)
异 冰 片	Isoborneol
异氰酸①	Isocyanic acid①
异丙基苯	Isopropyl benzene
甲基联苯	Methylbiphenyl
甲基氯①	Methylchloride①
硝基苯①	Nitrobenzene①
苯乙烯①	Styrene①
四氯(代)乙烯	Tetrachloroethylene
三氯乙烷	Trichloroethane
甲 苯①	Toluene①
藜 芦 醚	Veratrole
(1,2-二甲氧基代苯)	(1,2-dimethoxybenzene)

① 含有微量的这些化合物也会赋予饮用水以味和溴。

作；扩建当前污水处理厂，使操作更可靠；增添先进的废水处理设备；提供充分的运行资金；对厂内操作人员进行培训；以及对工厂生产效率实行良好监督等。在美国对所有这些现状广泛地进行了抨击，而且许多政界人士对改善这方面现状许过不少诺言。然而，供水商应以河流实际上的洁净程度为基础，广泛听取意见，妥善安排处理要求和水厂设计，但遗憾的是已很难改进源水的水质，因而审慎的办法是须预料到源水水质甚至还会继续恶化这一趋势，相应地来设计、建造和运行净水设备。

一些特殊的问题 许多水质控制问题和对此提出的解决办法的相互作用，往往引起对水处理工业的更复杂或更新的问题。对重金属排放的控制和减少磷的排放到水流里去，表面上看来是两个无关的问题，而实际上却是有关联的，这就是一个具有说服力的例子。

汞，由于它具有剧毒，因此，含大量汞的废水从造纸厂排到天然水环境中时，必然会引起一部分供水商和公众的注意。同时也会引起对给水中可能存在未检出的其他重金属的怀疑。

在制造合成洗涤剂中使用氮川三醋酸（NTA）作为磷化合物代用品或增补剂一事，将会对给水中微量重金属的可能存在产生影响。近来认为氮川三醋酸是洗涤剂中磷的最有希望的代用品，而且在洗涤剂工业中普遍安装了机械设备来大量生产氮川三醋酸。氮川三醋酸是一种螯合剂，它具有提高重金属离子在水内溶解度的特性，氮川三醋酸也能防止金属离子生成不溶性盐类。因此，氮川三醋酸能对废水处理与水净化产生很大干扰。由于它掩盖了重金属离子，有些重金属还是十分有毒的，因而就有可能使金属离子从凝聚、沉淀、过滤或其他处理过程中漏出，而这些处理方法本来对去除重金属是十分有效的，结果，潜在的毒性离子就侵入到接纳的水体中。如果在给水的地面水源里存在着足够浓度的氮川三醋酸，那它同样会降低净水厂的效率。可是有一个现在还未能完全证实的问题，即长期摄入微量的氮川三醋酸它本身后，是否会有损于健康。一些潜在的有害的毒性重金属由于氮川

三醋酸的螯合作用，可能会从水质处理过程中漏出，这已是件众所周知的事。这里须指出的是，在美国环境保护局对合成洗涤剂内禁止使用氮川三醋酸发出禁令之前，每年约有1亿磅（约合45400吨）的氮川三醋酸用于合成洗涤剂内，而且此外每年还有3亿磅（约合136200吨）的生产能力在建造之中。不过在合成洗涤剂中使用氮川三醋酸，也是由于受到公众和政治上的压力，要求从合成洗涤剂中去除磷而促成的。由于磷会刺激藻类的生长，并在某些环境下产生令人讨厌的状况。但无论如何磷是没有致病影响的，而且已经发明了从废水中去除磷的有效又廉价的方法。有几家高级废水处理厂在例行情况下能从废水内去除99%+的磷。不过，废水内只有一半的磷是来自合成洗涤剂的，即使从合成洗涤剂内排除掉所有的磷，仍有一半磷继续存在于废水中，这些磷仍然会足以刺激藻类的生长。进而言之，即使采用先进的或高级废水处理方法去除双倍的磷，所增加的化学药品总需要量和除磷费用也是很有限的。但这里并不讨论是否应该从合成洗涤剂配方中去除磷的问题，而仅仅是指出用氮川三醋酸来代替磷确实并不高明。看来那是制造商在惊慌中所作的笨拙对策，实质上反而更加重了周围环境的公害和对给水事业带来了主要问题。

1966年，美国丹佛（Denver）城给水委员会进行了一项丹佛城的给水研究工作，以确定给水内的化学组成，特别是少量元素的成分，对25种微量元素进行了测试，结果发现有下列13种元素：铝、钡、硼、铬、铜、铁、锂、锰、钼、铷、铈、钛和锌。其他没有发现的12种元素是铍、铋、镉、钴、镓、锗、铅、镍、银、锡、钒和锆。一个意外的收获是发现有两个给水蓄水池里钼的浓度特别高（最高达260毫克/升），这是由于它们接受了由大面积钼矿开采区流来的水，这就说明水处理厂的处理方法不能去除掉钼。

由于排弃物的数量日益增加，和废水内出现各种新污染物，使供水商在水厂的设计与运转方面面临着许多新的问题。许多人关心由于近来原水水质日趋恶化，使过去享有声誉的公共给水安全

因素正下降至危险的边缘。幸而许多水厂方面的专业人员认真关心这些问题,并正在它们的水源范围内积极地进行着工作,找寻实际能解决这些问题的方法。也有大量的群众支持改善这些现状。

(二) 改善水质

面临着源水水质可能继续恶化的危险,要改善处理后的水质,看来前景并不乐观。幸好情况并非如此,尽管由于污染程度的不断增加,而带来了困难,但仍有可能大大改善水质。大部分改善可通过小心地使用常规净化方法实现,但如能利用水处理中新发展的工艺,例如:结合使用硫酸铝或聚合物作为助滤剂的混合滤料过滤法;氯与待处理水的适当的瞬时和充分混和,以提供良好的消毒;使用颗粒状活性碳以去除微量有机化合物和彻底地除掉水的色度以及控制水味和水嗅;切实地应用浅层沉淀(斜管沉淀);使用聚合物电解质来改善凝聚、絮凝和沉淀;提供循环使用淤泥或妥善处理污泥的方法;使用连续监测法和控制水处理过程,以及其他方法,就能取得进一步的收获。有关这些可能性,将在下面各节作详细探讨。

1. 水质处理的目的

公共给水水质处理的根本目的就是从小最好的水源取水,然后加以净化处理,以保证始终安全地供人们使用,和在美观上能为人们所接受。为保证给水对用户的安全性,给水中不允许含有病原体或有害健康的其他微生物,而且不允许含有达到对生理上有害浓度的化学药品。为了供应安全的水,净水处理厂必须设计得当,运行正常。上面已指出,今后为要供应安全的水,可能会遇到更大的困难,因为必须处理水质更差的源水。通常所要求的美观适用的水是那种清凉、透明、无色、无嗅和味道适口的水,并且不会染污衣物,不会生成水垢,或不具有腐蚀性。净水处理应设计得即使源水水质发生变化和全厂产量有所增减,也仍能生产出均匀一致的具有优良水质的水。因为用户关心的是他在水龙头

上所取得的水质而不是净水处理厂里的水质,因此,必须重视保持送水系统内的水质,并须重视测试自来水龙头水样和水厂水样来控制好水质。由高质量给水取得的许多优点是难以从经济效果上精确表示出来的,但毫无疑问,所取得成绩都是实在的。高质量水的充裕供应确能保证良好的公众关系和促使工业与社会的繁荣。

2.水质标准

当前(1973年),水质的最低标准是1962年美国公共卫生颁布的饮用水水质标准。虽然颁布这些标准最初是用来管理美国各州间商业上所使用的公共水管内水质,但经美国自来水协会的承认,和州卫生部门的正式采用,这项水质标准已成为美国国内所有的公共给水的水质标准。这些标准已作为某些化学成分和包括有些放射性元素在内的其他化学成分的推荐浓度的法定限度,细菌学上的标准,对大肠杆菌也定下了限度,并规定了采集水样和对水样的实验室分析方法及检验次数。

美国公共卫生部1962年饮用水水质标准(法定要求)摘要

表 1-2

水质成分	限度 (除注明外,均为毫克/升)	由国家测出的浓度范围 ^② (除注明外,均为毫克/升)
砷(As)	0.05	<0.03~0.10
钡(Ba)	1.0	0~1.55
硼(B)	5.0	0~3.28
镉(Cd)	0.01	<0.2~3.94
铬(六价)	0.05	0~0.079
大肠杆菌	1/100毫升	2000/100毫升
氰化物(CN ⁻²)	0.20	0~0.008
氟化物(F ⁻)	0.8~1.7 ^①	<0.2~4.40
总β放射性强度	1000微微居里/升	154微微居里/升
铅(Pb)	0.05	0~0.64
硒(Se)	0.01	0~0.07
银(Ag)	0.05	0~0.03

① 由日最高气温的年平均数而定。
② 录自美国公共卫生部1969年公共给水研究报告,由布水系统的 2595 个水样测得。

用作细菌学检验的每月最少水样数是随供水系统用水人口而不同 2000 人或更少的人数，每月取 2 个水样，100000 人 每月取 100 个水样，1000000 人，每月取 300 个水样。实际上，由于所采集和分析的细菌学水样总数少于为取得有效结果所需的最少水样数，因此，这是一个不能符合饮水水质标准的常见理由。表1-2 和 1-3 归纳了当前的水质标准。

1962年美国公共卫生部饮用水水质标准一览表 表 1-3

推荐的水质要求

水 质 成 分	推荐的水质限度 (除注明外,均为毫克/升)	由国家测出的浓度范围 ^① 或 最 高 浓 度 (除注明外, 均为毫克/升)
烷基苯磺酸盐 (ABS)	0.5	0~0.41
砷 (As)	0.01	0~3.28
氯化物 (Cl ⁻)	250	<1.0~1950
色 度	15个单位	49个单位
铜 (Cu)	1.0	0~8.35
碳素的氯仿提取物 (CCE)	0.200	0.008~0.56
氰化物 (CN ⁻¹) ^②	0.01	0~0.008
氟化物 (F ⁻)	0.8~1.7	<0.2~4.40
铁 (Fe)	0.3	26.0
锰 (Mn)	0.05	1.32
硝酸盐 (NO ₃)	45	0.1~127.0
酚	0.001	
镭-226	3微微居里/升	0~135.9微微居里/升
锶-90	10微微居里/升	0~2.0微微居里/升
硫酸盐 (SO ₄)	250	<1~770
溶解固体总量 (TDS)	500	2760
锌 (Zn)	5	0~13.0
油 度		
只经氯化消毒的水	5 杰克逊单位	53杰克逊单位
净水处理厂的水	1 杰克逊单位	
嗅, 低阈值	3	

① 录自美国公共卫生部1969年公共给水研究报告，由布水系统的 2595 个水样测得。

② 原书为CN⁻²有误——译者注。

3. 目标

1968年，美国自来水协会采纳了一项比当前《美国公共卫生部饮用水标准》（USPHS Drinking Water Standards）更为严格的水质目标报告，至今，它们仍然具有指导意义。只要正确地应用已知的处理程序与方法，还是可以达到这些目标的。

这些目标并不包括下面这些被充分地包括在水质《标准》中的有毒物质：

铅	银	镭	有机磷
钡	硒	锶	氯化烃(氯化碳氢化合物)
氟化物	镉	酚类化合物	
砷	铬		双氧铀根离子(铀酰离子 UO_2^{++})
氰化物	硝酸盐		

表 1-4 归纳了美国自来水协会的水质目标。

美国自来水协会饮用水质目标摘要		表 1-4
特	性	目 标
物 理		因 素
浊 度		小于0.1杰克逊单位
滤不掉的残留物		小于0.1毫克/升
肉眼可见的讨厌的有机体		无这类有机体
色 度		少于3个单位
嗅		无 嗅
味		无令人不快的味
化学因素(毫克/升)		
铝(Al)		少于0.05
铁(Fe)		少于0.05
锰(Mn)		少于0.01
铜(Cu)		少于0.2
锌(Zn)		少于1.0
可滤过的残留物		少于200
碳素的氯仿提取物(CCE)		少于0.04
碳素的乙醇提取物(CAE)		少于0.10
亚甲蓝活性物质(MBAS)		少于0.20

续表

特	性	目	标
放 射 学 因 素			
总的 β 放射性强度		小于100微微居里/升	
细 菌 学 因 素			
经多次发酵或膜滤技术的大肠杆菌		无大肠杆菌	
腐 蚀 和 结 垢 因 素			
硬度(以 CaCO_3 计)		80~100毫克/升	
在布水系统内、或在封闭的塑料瓶内于 130°F(54.4°C)下经12小时后, 再经过滤的 碱度变化(以 CaCO_3 计)		小于±1 毫克/升	
挂片试验(90天的测试):			
不锈钢的锈垢		不得超出0.05毫克/厘米 ²	
镀锌铁(俗称白铁)的腐蚀		不得超出 5 毫克/厘米 ²	

4. 近来的发展

水内一些微量元素和化合物对健康和美观方面的意义近来引起了议论,在采用1962年水质标准后,已考虑到这一问题。美国公共卫生部已对其中一些物质作了非正式的限定,其他一些还未加以限定,但仍在考虑之中。有可能在下次修订的饮用水水质标准中,将包括部分这些物质的限定浓度,表1-5归纳了这些水质项目。

未包括在1962年美国公共卫生部饮用水水质标准内的
一些微量元素和化合物的暂定建议限度① 表 1-5

水 质 成 分	建 议 的 限 度 (毫克/升)
化 学 因 素	
锑(Sb)	0.05
铍(Be)	无限定
铋(Bi)	无限定
硼(B)	1.0
钼(Mo)	无限定
汞(Hg)	0.005
镍(Ni)	无限定
钠(Na),只对患有某些病的人加以限制	20.0
双氧铀根离子(UO_2^-)	5.0