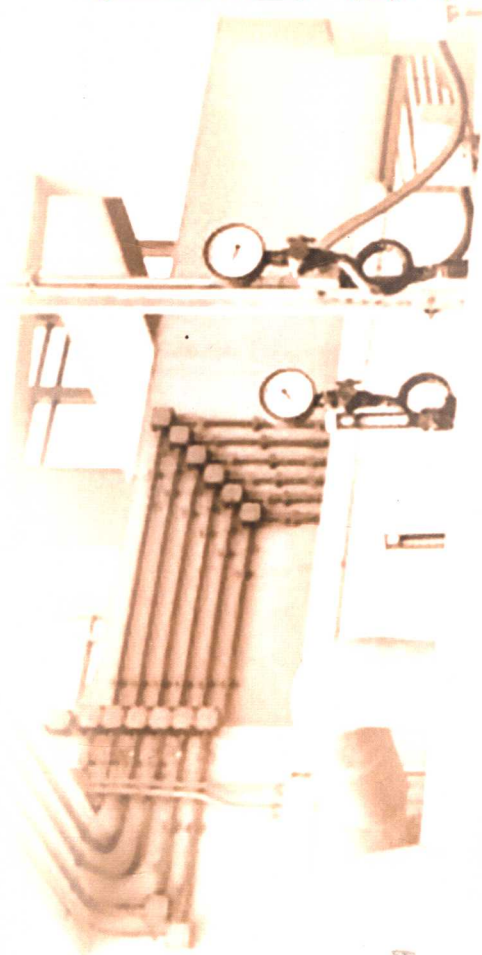


■ 刘文君 张丽萍 编著
王占生 主审

城镇供水 应急技术手册



中国建筑工业出版社

城镇供水应急技术手册

刘文君 张丽萍 编著
王占生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城镇供水应急技术手册/刘文君,张丽萍编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2006

ISBN 978-7-112-08856-0

I. 城… II. ①刘…②张… III. 城镇供水—应急系统—
技术手册 IV. TU991-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 133142 号

城镇供水应急技术手册

刘文君 张丽萍 编著

王占生 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 380 千字

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-08856-0
(15520)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是针对城镇供水行业突发污染事件的详细技术手册。它将城镇供水中可能因突发污染事件而超标的 135 项水质指标分为三部分, 分别是《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—) (报批稿) 中规定的 99 项, 《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005) 中特含的 5 项, 以及《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 中特含的 31 项。每部分按照污染物类型分为无机物污染型、有机物污染型、微生物污染型、放射性污染型、藻类、藻毒素污染型五大类。

本手册针对城镇供水应急工作中需要解决的问题, 就每个水质指标提供了详细全面的信息, 包括物质标识、物理化学性质、在环境中的行为、毒理学特性、国内外水质标准中的参考值等诸多方面, 其中物质的标识包括化学名称、别名、英文名称、CAS 号、分子式、分子量等信息, 理化性质包括外观与性状、熔点、沸点、密度、蒸气压、溶解性等方面, 国内外水质标准则包含了最新的我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—) (报批稿)、《生活饮用水水质卫生规范》(2001)、《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)、《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 以及世界卫生组织、美国、欧盟、日本的最新饮用水标准。

本手册在每个水质指标的最后给出了该项目的水污染应急处理对策, 包括应急处理方法、投加药剂、投加量的估算方法等。本手册的内容对城镇供水行业的相关工作特别是处理突发污染事件的决策具有重要的指导意义, 对该领域的研究和学习人员有一定的参考价值。

* * *

责任编辑: 俞辉群

责任设计: 董建平

责任校对: 邵鸣军 王金珠

序

我国大型企业(尤以钢铁、化工、电力等行业)往往设置于大江、大河之滨,便于取水,保证生产,但同时也排出废水(即使达标排放)污染江河及其下游。这些企业平时由于“跑、冒、滴、漏”,各种污染物都顺流而下,靠江河水稀释自净,但不可避免地会影响下游城镇饮用水源的水质,使下游城镇居民承担着水源水质受污染的风险。一旦发生事故,污染物下洩,更使河流不堪重负,势必严重污染下游饮用水源,危及当地居民正常生活与人体安全。

2005年发生了松花江受污染(某化工公司发生爆炸事故,硝基苯下洩)影响哈尔滨自来水水质事件与广东韶关北江镉污染事件,引起了政府与各界的重视。政府已要求各县市设立生活饮用水水源保护区,切实保护好水源,同时要求水源水质应有预警措施:一是上游城镇应及时通报污染信息;二是下游城镇得知信息后要及时采取措施防止污染与消除污染,保证居民正常生活与饮水安全。

手册主要作者刘文君教授参加了哈尔滨松花江水质事故的处理,有着亲身经历。他急人民之急,为确保城镇的正常运行与居民的饮水安全赶写了这本手册。

手册中列举了:生活饮用水水质标准与水源水质标准中规定的主要污染物的理化性质;它们在环境中的行为;毒理学特性(属何种污染物与危害程度);水质标准中各污染物的限值;着重列出了水源水受到某个污染物突然超标污染时,可以采取的应急对策,使城镇供水仍然能达到国家规定的生活饮用水的水质标准。

该手册直截了当地提到水质标准中污染物的性质及其对人体的危害与水源发生污染事故时可采取的应急处理对策,利于读者掌握这方面的知识;方便水厂运行管理人员能及早采取防治污染的对策,从应急角度看无疑是一本必备的好手册。

相信该手册对从事涉及饮用水的有关部门的工作人员、大专院校给水排水专业与环境工程专业师生将大有裨益。

谨祝手册成功出版,愿城乡居民都能喝上符合国家标准的放心水!

清华大学教授

中国土木工程学会给水委员会副主任
给水深度处理研究会理事长

王占生

2006年12月

前 言

饮用水的安全问题直接关系到经济发展,社会稳定和人体健康,我国政府对此非常重视。为用户提供安全的饮用水是城镇供水行业的根本目标。近年来全球范围内各类突发事件不断出现,供水行业也受到多方面安全问题的冲击,包括重大自然灾害和意外事故、恐怖袭击等人为因素的破坏。2005年11月的松花江水源重大污染事故给沿江流域带来了不可估量的经济损失,对哈尔滨等城市居民生活带来较大不利影响,也对供水行业应对突发事件的能力提出了更高的要求,为保障城镇安全供水提出了新的任务。

我国政府于2006年1月24日发布了《国家突发环境事件应急预案》,要求各主管部门和企业都制定相应的突发事件应急预案。城镇供水行业的各级政府部门和供水企业也纷纷编制了城镇供水突发事件应急预案。这些应急预案主要是从组织管理的角度来指导城镇供水应急工作,在解决具体问题时还需要有更具体更实用的技术措施才能使应急工作进行。《城镇供水应急技术手册》一书力求承担这项重要任务。

本书是一本内容翔实、实用性强的技术手册。它将我国即将出台的最新版《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—)(报批稿)以及现行的《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)与《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中规定的、在城镇供水中可能因突发污染事件而超标的135项水质指标及炭疽杆菌进行了分类,并将其标识、物理化学性质、在环境中的行为、毒理学特性、国内外水质标准中的参考值等多方面信息进行了综合整理,在查询了大量相关资料的基础上,结合作者多年的实践经验,提出了切实可行的突发水污染应急处理对策。书中的大量基础资料来源于世界卫生组织的《饮用水水质准则》以及江苏省环境监测中心《突发性污染事故中危险品档案库》的相关内容,本书作者对书中所用资料来源表示特别感谢。本书结构清晰,查找方便,内容详细,可帮助减少城镇供水应急工作的反应时间和工作量,从而减少突发事件的经济损失和社会影响,是应急处理城镇供水突发事件的重要技术参考资料。需要特别指出的是,本书应急技术具体措施,如活性炭吸附的有关数据,主要来源于国内外有关文献,因此在应急工作具体实施时,还需根据具体水质情况作相应的调整。

本手册承蒙清华大学王占生教授审阅,在此表示衷心感谢。由于时间仓促,水平有限,本手册缺点、错误在所难免,敬请读者批评指正。

希望本手册可以为政府水行业主管部门、供水企业及设计院的决策人员、管理人员和技术人员提供工作上的技术指导和帮助,同时也可供各高校和科研机关的研究人员、学生或其他相关人员学习和参考之用。

目 录

第一部分 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—)(报批稿)

中规定的项目	1
1.1 无机物污染型	1
1 氨氮(Ammonia)	1
2 钡(Barium)	3
3 镉(Cadmium)	5
4 铬(六价)(Chromium)	7
5 汞(Mercury)	8
6 铝(Aluminium)	10
7 锰(Manganese)	12
8 钼(Molybdenum)	13
9 钠(Sodium)	15
10 镍(Nickel)	16
11 铍(Beryllium)	18
12 硼(Boron)	20
13 铅(Lead)	21
14 砷(Arsenic)	23
15 铊(Thallium)	24
16 锑(Antimony)	26
17 铁(Iron)	27
18 铜(Copper)	29
19 硒(Selenium)	30
20 锌(Zinc)	32
21 银(Silver)	34
22 氟化物(Fluoride)	35
23 硫化物(Sulfide)	37
24 硫酸盐(Sulfate)	38
25 氯化物(Chloride)	39
26 氯酸盐(只用于复合二氧化氯消毒)(Chlorate)	41
27 氰化物(Cyanide)	42
28 溶解性总固体(Total Dissolved Solids)	44
29 色(Colour)	45

30	硝酸盐和亚硝酸盐(以 N 计)(Nitrate and Nitrite)	46
31	溴酸盐(使用臭氧时)(Bromate)	47
32	亚氯酸盐(只用于二氧化氯消毒)(Chlorite)	49
33	总硬度(Total Hardness)	50
1.2	有机物污染型	52
1	百菌清(Chlorothalonil)	52
2	苯(Benzene)	53
3	苯并(a)芘(Benzo(a)pyrene)	55
4	苯乙烯(Styrene)	57
5	丙烯酰胺(Acrylamide)	59
6	草甘膦(Glyphosate)	60
7	2,4-滴(2,4-D)	62
8	滴滴涕(DDT)	63
9	敌敌畏(Dichlorvos)	65
10	对硫磷(Parathion)	67
11	毒死蜱(Chlorpyrifos)	69
12	二甲苯(Xylenes)	71
13	1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)	73
14	1,4-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)	74
15	二氯甲烷(Dichloromethane)	76
16	二氯一溴甲烷(Dichlorobromomethane)	78
17	二氯乙酸(Dichloroacetic acid)	79
18	1,2-二氯乙烷(1,2-Dichloroethane)	81
19	1,1-二氯乙烯(1,1-Dichloroethene)	83
20	1,2-二氯乙烯(1,2-Dichloroethene)	84
21	呋喃丹(Carbofuran)	87
22	环氧氯丙烷(Epichlorohydrin)	88
23	挥发酚类(Volatile phenolic compounds)	90
24	甲苯(Toluene)	91
25	甲草胺(Alachlor)	93
26	甲基对硫磷(Methyl parathion)	95
27	甲醛(Formaldehyde)	96
28	乐果(Dimethoate)	98
29	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(Bis(2-ethylhexyl) phthalate)	100
30	林丹(Lindane)	102
31	六六六(Hexachlorocyclohexanes)	105
32	六氯苯(Hexachlorobenzene)	107
33	六氯丁二烯(Hexachlorobutadiene)	109
34	氯苯(Chlorobenzene)	111

35	氯化氰(Cyanogen chloride)	112
36	氯乙烯(Vinyl chloride)	114
37	马拉硫磷(Malathion)	115
38	灭草松(Bentazone)	117
39	七氯(Heptachlor)	118
40	三卤甲烷(Trihalomethanes)	120
41	三氯苯(总量)(Trichlorobenzenes)	122
42	2,4,6-三氯酚(2,4,6-Trichlorophenol)	124
43	三氯甲烷(Trichloromethane, Chloroform)	126
44	三氯乙醛(Chloral, Trichloroacetaldehyde)	128
45	三氯乙酸(Trichloroacetic acid)	129
46	1,1,1-三氯乙烷(1,1,1-Trichloroethane)	131
47	三氯乙烯(Trichloroethene, Trichloroethylene)	133
48	三溴甲烷(Tribromomethane, Bromoform)	135
49	四氯化碳(Carbon tetrachloride)	136
50	四氯乙烯(Tetrachloroethene, Tetrachloroethylene)	138
51	五氯酚(Pentachlorophenol)	140
52	臭和味(Odour and Taste)	142
53	溴氰菊酯(Deltamethrin)	143
54	一氯二溴甲烷(Dibromochloromethane)	145
55	乙苯(Ethylbenzene)	147
56	阴离子合成洗涤剂(Anionic synthetic detergent)	148
57	莠去津(Atrazine)	149
1.3	微生物污染型	151
1	大肠埃希氏菌(<i>E. Coli</i>)	151
2	贾第鞭毛虫(<i>Giardia lamblia</i>)	153
3	菌落总数(<i>Colony Count</i>)	154
4	耐热大肠菌群(<i>Thermotolerant Coli form Organisms</i>)	155
5	隐孢子虫(<i>Cryptosporidium</i>)	156
6	总大肠菌群(<i>Total Coli forms</i>)	158
1.4	放射性污染型	159
1	总 α 放射性(Gross alpha activity)	159
2	总 β 放射性(Gross beta activity)	161
1.5	藻类、藻毒素污染型	162
	微囊藻毒素-LR(Microcystin-LR)	162
第二部分 《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)中特有的项目		164
2.1	有机物污染型	164
1	多环芳烃(总量)(Polycyclic aromatic hydrocarbon)	164

2 甲胺磷(Methamidophos)	165
3 氯酚(总量)(Chlorophenols)	167
4 1,1,2-三氯乙烷(1,1,2-Trichloroethane)	169
2.2 微生物污染型	171
粪型链球菌群(<i>Faecal Streptococci</i>)	171
第三部分 《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中特有的项目	173
3.1 无机物污染型	173
1 钒(Vanadium)	173
2 钴(Cobalt)	174
3 黄磷(Phosphorus yellow)	176
4 钛(Titanium)	178
3.2 有机物污染型	179
1 苯胺(Aniline)	179
2 丙烯腈(Acrylonitrile)	181
3 丙烯醛(Acrolein)	183
4 敌百虫(Dipterex)	185
5 多氯联苯(Polychlorinated biphenyls)	187
6 2,4-二氯苯酚(2,4-Dichlorophenol)	190
7 二硝基苯(Dinitrobenzenes)	192
8 2,4-二硝基甲苯(2,4-Dinitrotoluene)	193
9 2,4-二硝基氯苯(2,4-Dinitrochlorobenzene)	195
10 环氧七氯(Heptachlor epoxide)	197
11 甲萘威(Carbaryl)	199
12 甲基汞(Methyl mercury)	201
13 苦味酸(Picric acid)	202
14 联苯胺(Benzidine)	204
15 邻苯二甲酸二丁酯(Dibutyl phthalate)	206
16 氯丁二烯(Chloroprene)	208
17 内吸磷(Demeton)	209
18 吡啶(Pyridine)	211
19 2,4,6-三硝基甲苯(2,4,6-Trinitrotoluene)	213
20 水合肼(Hydrazine hydrate)	215
21 四氯苯(Tetrachlorobenzenes)	216
22 四乙基铅(Tetraethyl lead)	218
23 松节油(Turpentine)	220
24 硝基苯(Nitrobenzene)	222
25 硝基氯苯(Nitrochlorobenzene)	224
26 异丙苯(Cumene)	226

27 乙醛(Acetaldehyde).....	228
炭疽杆菌(<i>Bacillus anthrax</i>)	231
附录	233
1 我国现行的毒性分级方法	233
2 美国环保局(USEPA)物质致癌性分组	233
3 国际癌症研究机构物质致癌性分组	233
主要参考文献	234

第一部分 《生活饮用水卫生标准》 (GB 5749—) (报批稿) 中规定的项目

1.1 无 机 物 污 染 型

1 氨 氮 (Ammonia)

1. 标识

化学名称: 氨氮

英文名称: Ammonia

C A S 号: 7664-41-7

分 子 式: NH_3

分 子 量: 17.03

2. 理化性质

外观与性状: 无色有刺激性气味的气体。

熔点: -78°C

沸点: -33°C

相对密度(水=1): 0.771(液态)

蒸气压: 26°C 时 1013kPa

溶解性: 易溶于水, 形成氢氧化铵, 20°C 时水中溶解度为 540mg/mL。

3. 在环境中的行为

氨易燃, 但只有在烈火的情况下在有限的区域显示出来。氨与空气混合有爆炸性, 爆炸极限 15%~25%。溶于水时放热, 水溶液有腐蚀性。

氨氮包括游离的 NH_3 和离子态的 NH_4^+ 。水中的氨氮来自生物代谢作用、工农业生产过程以及水处理的氯胺消毒。地表水和地下水中的天然浓度通常小于 0.2mg/L。厌氧态的地下水中氨氮浓度可高达 3mg/L。

氨氮是哺乳动物的主要代谢产物之一, 所以环境接触对人体没有太大影响。只有在剂量达到 200mg/kg 体重以上才观察到毒性影响。但是氨氮能降低水处理中的氯消毒效果, 在配水系统中产生亚硝酸盐以及产生臭和味, 所以在水质标准中要作出限制。

4. 毒理学特性

a. 毒性等级及分类

氨 氮	
我国现行的毒性分级方法(根据 LD ₅₀)	中毒
美国 EPA 致癌性评价分组	D
我国水环境优先控制污染物名录(68 种/类)	否
美国 EPA 水环境中 129 种重点控制的污染物名单	否

b. 毒理学特性

氨易溶于水，与组织中水分接触生成的氢氧化铵(NH₄OH)属碱性，对组织蛋白质有溶解作用，并可与脂肪组织起皂化反应，皮肤黏膜直接接触后，可引起局部腐蚀性损害。氨所接触的身体表面都会受到严重的化学灼伤，尤以呼吸道、口腔及眼等处湿润的黏膜更甚。吸入后，可致严重呼吸道损伤，可引起黏膜充血、水肿、组织坏死，造成鼻腔、口腔、咽、喉、气管的化学性炎症以及中毒性肺炎、肺水肿。高浓度吸入，可致中枢神经系统兴奋性增强引起痉挛，继而转入抑制，出现嗜睡并可进入昏迷、窒息而死亡。

氨是一种亲脂性、亲水性、渗透性、腐蚀性十分强烈的化学物质，人们一旦接触，即会发生“急风暴雨”式的刺激症状，使眼和皮肤灼伤。吸入后经肺泡入血，故血氨可增高，由肝脏解毒为脲，因而造成血及尿中脲显著增高，故吸入高浓度氨能引起肝脏损害。氨大部分可由肾脏排出，小部分由呼吸道及汗腺排出。侵入人体的氨，可引起糖代谢紊乱，使血糖及血氨升高，谷氨酰胺形成，使三磷酸腺苷(A·T·P)减少，三羧酸循环受到障碍，从而降低细胞色素氧化酶的作用，导致全身组织缺氧。

5. 水质标准

氨 氮(以 N 计)	
水质标准名称	项目限值
《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—) (报批稿)	0.5mg/L
《生活饮用水水质卫生规范》(2001)	—
《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)	0.5mg/L
《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)	0.5mg/L(Ⅱ类)*
世界卫生组织(WHO)饮用水水质标准第三版(2004)	1.5mg/L
美国饮用水水质标准(EPA—822—R—04—005)	—
欧盟饮用水水质指令(98/83/EC)	0.5mg/L
日本生活饮用水水质标准(2003 年)	—

注：*Ⅰ类水限值为 0.15mg/L，Ⅱ类水限值为 0.5mg/L，Ⅲ类水限值为 1.0mg/L，Ⅳ类水限值为 1.5mg/L，Ⅴ类水限值为 2.0mg/L。

6. 水污染应急处理对策

用以去除水中氨氮的处理方法有：曝气吹脱法、折点加氯法、沸石吸附法及生物氧化法。其中沸石吸附法工艺简单，启动迅速，适用于氨氮超标时的应急处理。用过的沸石粉可用食盐溶液浸泡再生后重复利用。

处理方法：沸石粉吸附

投加药剂：沸石粉

投加量：估算方法如下。

沸石粉吸附符合修正的 Freundlich 方程：

$$\lg x_t = (\lg k + \lg C_0) + 1/m \lg t$$

式中 x_t —— t 时刻单位质量的沸石粉吸附的 NH_4^+ 量；

C_0 ——氨氮的初始浓度(mg/L)；

k ——吸附速率常数；

m ——沸石投加量(g)。

假设水中氨的浓度为 C_0 (mg/L)，根据水质标准的要求， $C_e = 0.5 \text{ mg/L}$ ， x_t (mg/g) 是单位沸石的吸附容量，则理论上处理达标所需的沸石的量为：

$$V(\text{g/L}) = \frac{C_0 - C_e}{x_t} = \frac{C_0 - 0.5}{x_t}$$

水处理中常用的沸石粉粒径为 180~200 目(0.08~0.075mm)。实际应用中可根据原水氨氮浓度和要求达到的氨氮浓度做烧杯试验获得沸石粉的投加量。

2 钡(Barium)

1. 标识

化学名称：钡

英文名称：Barium

C A S 号：7440-39-3

分 子 式：Ba

分 子 量：137.34

2. 理化性质

自然界中没有发现游离态的钡，钡以各种化合物的形式存在，常见钡化合物的理化性质如下：

化 合 物	熔点(℃)	沸点(℃)	密度(g/cm ³)	水中溶解度(g/L)
硫 化 钡	1200	—	4.25	易溶
氯 化 钡	960	1560	3.856(24℃)	310(0℃)
氧 化 钡	1923	2000	5.32~5.72	15(0℃)
氢氧化钡	77.9	800	2.18(16℃)	38.9(20℃)
溴 化 钡	847	分解	4.781(24℃)	980(0℃)
硝 酸 钡	592	分解	3.24(23℃)	92(20℃)
亚硝酸钡	217	分解	3.23	675(20℃)
硫 酸 钡	1580	—	4.50(15℃)	0.00285(30℃)
醋 酸 钡	—	—	2.47	770(26℃)

3. 在环境中的行为

钡的化合物被应用于塑料、橡胶、电子学、纺织工业、陶瓷的打光和上釉、玻璃制造、制砖、造纸、润滑剂添加物、制药、化妆品、钢的淬火以及石油和天然气工业中泥浆

钻探的润滑剂。

水中的钡主要来自于自然资源。钡的醋酸盐、硝酸盐和卤化物溶解于水,但是碳酸盐、铬酸盐、氟化物、草酸盐、磷酸盐和硫酸盐难溶。pH 降低,钡化合物溶解性增加。有机钡化合物是离子型的,水中可以水解。钡离子在天然水体中的浓度受天然共存的阴离子的制约,可能吸附于金属氧化物和氢氧化物。

4. 毒理学特性

a. 毒性等级及分类

钡	
我国现行的毒性分级方法(根据 LD ₅₀)	中毒
美国 EPA 致癌性评价分组	D
我国水环境优先控制污染物名录(68 种/类)	否
美国 EPA 水环境中 129 种重点控制的污染物名单	否

b. 毒理学特性

动物试验没有发现氯化钡致畸、致突变和致癌的证据。

钡不是人体营养必需元素。高浓度的钡直接刺激动脉肌肉引起血管收缩,猛烈刺激平滑肌引起蠕动,刺激中枢神经系统引起抽搐和麻痹。钡盐的剂量到一定程度可使人在几小时或几天内致命。对于人体,口服氯化钡急性中毒剂量为 0.2~0.5g,据估计口服急性致死剂量为 3~4g。几个生态流行病学的研究没有发现饮水中含钡量与心血管疾病、脑血管疾病和肾病的发病率之间的确定关系。

5. 水质标准

钡	
水质标准名称	项目限值
《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—)(报批稿)	0.7mg/L
《生活饮用水水质卫生规范》(2001)	0.7mg/L
《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)	0.7mg/L
《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)	0.7mg/L
世界卫生组织(WHO)饮用水水质标准第三版(2004)	0.7mg/L
美国饮用水水质标准(EPA—822—R—04—005)	2mg/L
欧盟饮用水水质指令(98/83/EC)	—
日本生活饮用水水质标准(2003 年)	—

6. 水污染应急处理对策

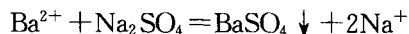
钡离子可与水中多种阴离子生成难溶的沉淀,按溶度积计算,同样浓度的钡离子最容易以 BaSO₄ 的形式沉淀。

投加药剂:无水硫酸钠(Na₂SO₄)

投加量的估算：

投加到水中的 SO_4^{2-} 有个去向，一是与 Ba^{2+} 形成 BaSO_4 沉淀，二是有少量的 SO_4^{2-} 以离子形式存在。假设原水中钡离子的浓度为 C_0 (mg/L)，根据水质标准的要求，处理到钡离子达标的 $C_e=0.7$ mg/L。用于生成 BaSO_4 沉淀消耗的 Na_2SO_4 为 x (mol/L)，水中残留 SO_4^{2-} 的浓度为 y (mol/L)。

(1) 根据生成 BaSO_4 沉淀的化学反应方程式：



$$\text{则 } x(\text{mol/L}) = \frac{C_0 - 0.7}{137.3} \times 10^{-3}$$

(2) 25℃时， BaSO_4 的溶度积常数为 1.1×10^{-10} 。投加 Na_2SO_4 使 Ba^{2+} 恰好达标时有下列关系式：

$$[\text{Ba}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-10}$$

$$\text{即：} \quad \frac{0.7}{137.3} \times 10^{-3} \times y = 1.1 \times 10^{-10}$$

$$\text{则} \quad y(\text{mol/L}) = 2.16 \times 10^{-5}$$

则需要投加的 Na_2SO_4 总量：

$$z(\text{mg/L}) = (x + y) \times 142.05 \times 10^3 = (C_0 - 0.7) \times 1.03 + 3.07$$

3 镉(Cadmium)

1. 标识

化学名称：镉

英文名称：Cadmium

C A S 号：7440-43-9

分子式：Cd

分子量：112.41

2. 理化性质

外观与性状：镉是一种淡蓝而具有银白色光泽的金属，质软，有延展性和耐腐蚀性，属于稀有金属。

熔点：320.9℃

沸点：765℃

相对密度(水=1)：8.64

3. 在环境中的行为

地面水环境中的镉污染主要来源于采矿、冶炼、电镀、颜料以及化工等行业。

在自然环境中，镉主要以正二价形式存在。在水中以简单离子或络离子的形式存在，能和氨、氰化物、硫酸根等形成多种络合离子而溶于水。水体的 pH 值高于 8 时镉离子可发生逐级水解形成羟基络合物与氢氧化物以沉淀或悬浮颗粒形式存在。当 pH 值低于 8 时，悬浮或沉淀的镉还可以溶解为简单镉离子。在天然水体中，镉主要在底部沉积物和悬浮的颗粒中。

4. 毒理学特性

a. 毒性等级及分类

镉

我国现行的毒性分级方法(根据 LD ₅₀)	中毒
美国 EPA 致癌性评价分组	D
我国水环境优先控制污染物名录(68 种/类)	是
美国 EPA 水环境中 129 种重点控制的污染物名单	是

b. 毒理学特性:

镉化合物对小鼠的急性毒性影响主要是上皮细胞脱落, 胃、肠黏膜坏死, 以及肝、心、肾的营养不良。人的机体中都有微量镉。经口摄入镉 3mg 对成年人没有影响, 摄取 350~3500mg 会致人于死地。镉对人体多脏器如肾、肺、肝、睾丸、脑、骨骼及血液系统均可产生毒性。镉还有致癌、致畸等毒性作用。

镉中毒可使肌肉萎缩关节变形, 骨骼疼痛难忍, 不能入睡, 发生病理性骨折, 以致死亡。镉的主要来源是工厂排放的含镉废水进入河床, 灌溉稻田, 被植株吸收并在稻米中积累。若长期食用含镉的大米, 或饮用含镉的污水, 容易造成“骨疼病”。

5. 水质标准

镉

水质标准名称	项目限值
《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—) (报批稿)	0.005mg/L
《生活饮用水水质卫生规范》(2001)	0.005mg/L
《城市供水水质标准》(CJ/T 206—2005)	0.005mg/L
《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)	0.005mg/L(Ⅱ类)*
世界卫生组织(WHO)饮用水水质标准第三版(2004)	0.003mg/L
美国饮用水水质标准(EPA—822—R—04—005)	0.005mg/L
欧盟饮用水水质指令(98/83/EC)	0.005mg/L
日本生活饮用水水质标准(2003 年)	0.01mg/L

注: *Ⅰ类水限值为 0.001mg/L, Ⅱ类水限值为 0.005mg/L, Ⅲ类水限值为 0.005mg/L, Ⅳ类水限值为 0.005mg/L, V 类水限值为 0.01mg/L。

6. 水污染应急处理对策

应急处理方法: 投加硫化钠生成 CdS 沉淀去除。

投加药剂: 硫化钠(Na₂S)

投加量估算:

25℃时, CdS 的溶度积常数为 8.0×10^{-27} 。假设水中镉离子的浓度为 C_0 (mg/L), 根据水质标准的要求, $C_e = 0.005$ mg/L。假设水中产生 CdS 沉淀和游离的 S^{2-} 全部来自投加的 Na₂S, 则理论上处理达标所需的硫化钠的量为: x (mg/L) = $(C_0 - 0.005) \times 0.69 +$