

美国饮用水标准和最有效技术

范延臻 时双喜 王宝贞

提要 介绍了美国饮用水标准的发展和最新的饮用水标准,以及去除各种污染物的最有效技术(BAT)。

关键词 饮用水 标准 最有效技术 美国

工业的迅猛发展在给人类生活创造了极大便利的同时,也对人类赖以生存的环境产生了严重影响。大量的含有各种各样有毒有害物质的工业废水、生活污水未经处理或只经简单处理便排入天然水体,直接或间接地造成了饮用水水源的污染。传统的给水处理工艺“混凝沉淀-砂滤-加氯消毒”不能有效地去除水中各种各样的污染物特别是有机微污染物,这就需要更先进的水处理工艺对水进行深度净化。对于不同的污染物,其相应的处理技术也有所差异。本文主要介绍了美国环保署(USEPA)最新的饮用水标准及去除各种污染物的最有效技术(BAT)。

人类历史上第一个关于水质优劣的标准是由罗马人 Vitruvius 于公元前一世纪提出来的,但真正意义上的饮用水标准直到 20 世纪初(1914 年)才在美国首次出现^[1]。该标准在 1925, 1942, 1946 和 1962 年的四次修订中,由最初的两项指标分别增加到 11, 18, 19, 28 项,但差别并不大,主要集中在与人体健康相关的化学物质(主要是无机物)和生物因子,以及一些感官指标如色、嗅、味等^[2]。但从 1974 年国会通过《完全饮用水法(SDWA)》以来,特别是在《1986 年安全饮用水法修订案》美国饮用水标准中要求的项目几乎成倍的增长。美国于 1975 年颁布了《国家暂行饮用水基本规则(NIPDWRs)》^[3],此规则仍将微生物质量作为优先控制指标,但引人注意地增加了 6 种有机物指标。1979 年 11 月 29 日又对《国家暂行饮用水基本规则(NIPDWRs)》进行了修改,将三卤甲烷列入了规则中,规定饮用水中总三卤甲烷(TTHMs)含量不能超过 $100 \mu\text{g}/\text{L}$ ^[4]。1987 年又对 8 种挥发性有机物(VOCs)^[5], 1991 年^[6-7]

和 1992 年^[8]分别对合成有机物(SOCs)、无机化合物(IOC)等进行规定,新增指标分别为 27 和 22 项。至此,饮用水中污染物控制指标达 84 种^[9]。1998 年 12 月 16 日又对消毒剂 and 消毒副产物(D/DBPs)做出了规定^[10],消毒副产物主要指三卤甲烷类(THMs,包括氯仿,一溴二氯甲烷,二溴一氯甲烷,氯仿)和卤乙酸类(HAAs,包括一、二、三氯乙酸,一、二溴乙酸)。当前,美国《国家饮用水基本规则(NPDWRs)》对 92 种污染物做出了硬性规定,其中包括浊度,8 种微生物学指标,4 种放射性核素,19 种无机物,60 种有机物^[11]。

最有效技术(Best Available Technology)包含技术上的有效性和经济上的有效性两方面的含义,亦可译为最可行技术。不同污染物的 BAT 技术也不尽相同(见表 1)。表 1 中 § MCL 为最大污染物浓度,§ § TT 为特定处理技术要求,§ § § NA 为不适用,无。* * AA 为活性铝,AR 为曝气,AX 为阴离子交换,CC 为腐蚀控制,C-F 为混凝-过滤,CL 为氯化,D 为消毒,DC 为消毒系统控制,DEF 为硅藻土过滤,DF 为直接过滤,EC 为强化混凝,ED 为电解,GAC 为粒状活性炭,IX 为离子交换,LS 为石灰软化,LSLR 为铅线取代,OX 为氧化,PAP 为聚合物添加实践,PE 为公共教育,PTA 为填充塔吹脱,RO 为反渗透,SWT 为原水处理。* C-F, LS 为对小水厂不是 BAT 技术,除非该处理设施原已存在。§ § § § 为每月的阳性样品数不能超过 5%,对于每月样品数少于 40 个的水厂,每月的阳性样品数不得超过 1 个。

对于 64 项有机物指标,粒状活性炭(GAC)似乎是一种普适的技术,有 51 项将 GAC 指定为 BAT 技术,但对于人们普遍关心的消毒副产物(THMs,

表 1 USEPA 饮用水标准及污染物去除的最有效技术(199903)^[11]

污 染 物	MCL § /mg/L	BAT **	污 染 物	MCL /mg/L	BAT
丙烯酰胺	TT § §	PAP	异狄氏剂	0.002	GAC
草不绿	0.002	GAC	表氯醇	TT	PAP
涕灭威	0.003	GAC	乙苯	0.7	GAC, PTA
涕灭威砒	0.002	GAC	二溴乙烯	0.000 05	GAC, PTA
涕灭威亚砒	0.004	GAC	草甘磷	0.7	OX
阿特拉津	0.003	GAC	总卤乙酸	0.060	EC
苯	0.005	GAC, PTA	七氯	0.000 4	GAC
(α)苯并芘	0.000 2	GAC	环氧七氯	0.000 2	GAC
溴二氯甲烷	NA § § §	EC	六六六	0.001	GAC
溴仿	NA	EC	六氯环戊二烯	0.05	GAC, PTA
虫螨威	0.04	GAC	林丹	0.000 2	GAC
四氯化碳	0.005	GAC, PTA	甲氧氯	0.04	GAC
氯丹	0.002	GAC	氯苯	0.1	GAC, PTA
氯仿	NA	EC	氨基乙二酰	0.2	GAC
2,4-D	0.07	GAC	五氯酚	0.001	GAC
茅草枯	0.2	GAC	毒莠啶	0.5	GAC
二(2-乙基己基)己二酸酯	0.4	GAC, PTA	多氯联苯	0.000 5	GAC
二(2-乙基己基)邻苯二甲酸酯	0.006	GAC	西玛津	0.004	GAC
二溴氯甲烷	NA	EC	苯乙烯	0.1	GAC, PTA
二溴氯丙烷	0.000 2	GAC, PTA	2,3,7,8-TCDD(二噁英)	5 × 10 ⁻⁸	GAC
二氯乙酸	NA	EC	四氯乙烯	0.005	GAC, PTA
对二氯苯	0.075	GAC, PTA	甲苯	1	GAC, PTA
邻二氯苯	0.6	GAC, PTA	毒杀芬(八氯萘烯)	0.005	GAC
1,2-二氯乙烷	0.005	GAC, PTA	2,4,5-TP(涕丙酸)	0.05	GAC
1,1-二氯乙烯	0.007	GAC, PTA	三氯乙酸	NA	EC
顺-1,2-二氯乙烯	0.07	GAC, PTA	1,2,4-三氯苯	0.07	GAC, PTA
反-1,2-二氯乙烯	0.1	GAC, PTA	1,1,1-三氯乙烷	0.2	GAC, PTA
二氯甲烷	0.005	PTA	1,1,2-三氯乙烷	0.005	GAC, PTA
1,2-二氯丙烷	0.005	GAC, PTA	三氯乙烯	0.005	GAC, PTA
地乐酚	0.007	GAC, PTA	总三卤甲烷	0.080	EC
敌草快	0.02	GAC	氯乙烯	0.002	PTA
草毒灭	0.1	GAC	总二甲苯	10	GAC, PTA
铊	0.006	C-F, RO	汞	0.002	C-F*, LS*, GAC, RO
砷	0.05	NA	铅	TT	CC, LSLR, PE, SWT
石棉(纤维/L > 10 μm)	7MFL	CC, C-F*, DEF, DF, IX, RO	总铬	0.1	CF*, IX, LS(CrIII)*, RO
钡	2	LS*, IX, RO	镉	0.1	IX, LS*, RO
铍	0.004	AA, IX, LS*, RO	硝酸盐(以N计)	10	ED, IX, RO
溴酸盐	0.010		亚硝酸盐	1	IX, RO
镭	0.005	C-F*, DC, IX, LS*, RO	NO ₂ (以N计)	10	IX, RO
亚氯酸盐	1.0	DC	硒	0.05	AA, CF(SeIV)*, ED, LS*, RO
氟化物	4	AA, RO	硫酸盐	500	ED, IX, RO
铜	TT	CC, SWT	铊	0.002	AA, IX
氰化物	0.2	CL, IX, RO			
β粒子和光子	4mrem	C-F, IX, RO	镭 226 + 228	5pCi/L	
α射线	15pCi/L	C-F, RO	镭 266	20pCi/L	LS*, IX, RO
氡	300pCi/L	C-F*, LS*	镭 228	20pCi/L	AR
铀	0.020	AX, LS			
隐孢子虫	TT	C-F	Legionella 属	TT	C-F, SSF, DEF, DF, D
大肠杆菌	TT	D	大肠菌总数	§ § § §	D
粪便大肠菌	TT	D	浊度	TT	C-F, SSF, DEF, DF, D
甲第虫胞囊	TT	C-F, SSF, DEF, DF, D	病毒	TT	C-F, SSF, DEF, DF, D
异养菌	TT	C-F, SSF, DEF, DF, D			

HAA5)通过强化混凝去除其生成先质往往更为可行,而对于易挥发的二氯甲烷等有机物,填充塔吹脱则更为经济^[12]。对于一些污染物,USEPA认为确定最大污染物浓度在技术上或经济上不可行,就指定一种特定的处理技术(TT, Treatment Technology),共有19种污染物被指定了处理技术^[11]。

参考文献

- 1 许保玖,安鼎年著.给水处理理论与设计,北京:中国建筑工业出版社,1992
- 2 AWWA Inc. Water Quality and Treatment, 3rd ed., New York, AWWA Inc. 1971
- 3 National Interim Primary Drinking Water Regulations. Final Rule Fed Reg, 40:248:59556(Dec. 24, 1975)
- 4 National Interim Primary Drinking Water Regulations. Trihalomethanes. Final Rule Fed Reg, 44:231:68624(Nov. 29, 1979)
- 5 Volatile synthetic organic chemicals. Final Rule Fed Reg, 52:130:

- 23690(July 8, 1987)
- 6 Aldicarb, Aldicarb Sulfoxide, Aldicarb sulfone, Pentachlorophenol, and Barium. Final Rule Fed Reg, 56:126:30266(July 1, 1991)
- 7 Lead and Copper. Final Rule Fed Reg, 56:110:26460(June 7, 1991)
- 8 SOCs and IOCs. Final Rule Fed Reg, 57:138:31776(July 17, 1992)
- 9 Pontius F W. Future directions in water quality regulations. J AWWA, 1997, 89(3):40-54
- 10 USEPA. Disinfectants and Disinfection Byproducts. Final Rule. Fed. Reg., 63:241:69478(Dec. 16, 1998)
- 11 Pontius F W. Complying with future water regulations. J AWWA, 1999, 91(3):46-58
- 12 Clark R M, Lykins B W. DBP control in drinking water: cost and performance. J Environ Eng, 1994, 120(4):758-782

○作者通讯处:150090 哈尔滨工业大学 858#
E-mail: yzfan@0451.com
收稿日期:2000-3-28

· 信息五则 ·

▲油炸土豆片厂废水处理 挪威某油炸土豆片厂废水处理采用MBBR(流动床生物膜反应器即装填KMT小悬浮填料的接触氧化池)进行好氧处理。小部分废水先经厌氧预处理,大部分废水没有预处理。MBBR处理设施由3个串联的反应器组成。生物处理后的污水在进入最终沉淀池之前进行加药混凝。小填料的比表面积为250m²/m³,填充率为50%。测定结果如下表:

项目	进水 COD 负荷 /kg/d	出水 COD 负荷 /kg/d	去除率 /%	进水 COD /mg/L	出水 COD /mg/L
1	433±140	20.3±10.8	95.3	1 512±393	54.9±28.2
2	845±465	21.5±7.9	97.5	2 394±1 106	63.0±16.5

(通讯员 范慈功)

▲炼油厂废水处理 美国菲力普石油公司有一每天提炼11万桶原油的炼油厂,一每天9.5万桶液化天然气分馏加工和一化工厂。废水排放量平均19 684 m³/d,最高28 388 m³/d。BOD有机负荷平均3 015 kg/d,最高5 448 kg/d。原活性污泥法污水处理厂为适应有机负荷的增加和提高硝化能力进行改造。将原初沉池改为MBBR系统(在池中填加悬浮小填料,填充率30%,池容1 927 m³,供气量15 463 m³/h),原活性污泥法处理系统组合成2级生物处理系统。改造后的处理流程:废水、加PO₄-P、MBBR、活性污泥曝气、沉淀、双层滤料砂滤、排放。1999年4月开始运行,处理结果:当处理水量2.3万

m³/d,原水COD 386 mg/L, NH₃-N 8.1 mg/L时,处理后出水COD 50 mg/L, NH₃-N 0.6 mg/L。

(通讯员 范慈功)

▲长春第一污水处理厂一期工程建成使用 总投资3.2亿元的长春市第一污水处理厂一期工程于去年12月26日建成投入运营。该工程设计规模为39万m³/d。主要接纳长春市中心、二道区、南湖和八里堡四个排水区的污水。此项工程建成后结束了长春市长期缺少大型污水处理厂的历史,并对伊通河和第二松花江水环境质量的改善起到重要作用。

(通讯员 张汉俊)

▲郑州污水处理厂建成通水 淮河流域最大的污水处理工程——郑州污水处理厂建成通水。该厂设计规模为40万m³/d,是国家淮河流域水污染治理的重点工程,也是河南省规模最大投资最多的治污项目。该项目总投资为7.57亿元,占地41.6 hm²,经处理后的出水可达二级标准。

(通讯员 张汉俊)

▲新乡骆驼湾污水处理厂动工兴建 新乡骆驼湾污水处理厂已动工兴建,该工程是为配合海河流域水污染防治规划的实施和改变卫河污染状况由新乡市政府兴建的,是海河流域水污染治理工程的重点项目之一。工程概算投资为24 738万元,其利用国外贷款740万美元。设计规模为15万m³/d,整个工程计划2002年10月完工。

(通讯员 张汉俊)