

水的耗氧量的卫生学意义

岳舜琳

(上海市自来水市南有限公司, 上海 200002)

摘要 水的耗氧量是评价水质有机物污染的重要项目之一。它与水的异臭, 氯化消毒副产物, Ames 致突变试验中回复突变率(MR), 水的致癌性呈正相关关系, 而且其检测方便, 应作为水厂日常净水控制项目之一。

关键词 耗氧量 水质评价 异臭 消毒副产物 回复突变率 致癌性

Hygienic significances of oxygen consumption of water

Yue Shun-lin

(South Water Supplying Corporation, Shanghai 200002, China)

Abstract: As one of important indicators to indicate the organic pollution level of water, oxygen consumption (OC) has positive correlation with various hygienic indicators of water, including foul odor, by-products of chlorination, mutagenic reaction of Ames test and carcinogenic factor. And OC is very easy to determine, so best it will be done as routine for waterworks.

Keywords: Oxygen consumption (OC); Water quality estimation; Foul odor; Disinfection by-products; Mutagenic reaction; Carcinogenic

0 概述

耗氧量又称高锰酸盐指数, 可氧化性, 锰法化学需氧量(COD_{Mn})。用以 O₂ 计的高锰酸钾所消耗的量 mg/L 表示, 也称之为高锰酸钾消费量, 以 KMnO₄ mg/L 表示, 1 mg/L 以 O₂ 计的耗氧量如忽

略测定条件差异, 应为 3.95 KMnO₄ mg/L。日本早在 20 世纪 50 年代已将高锰酸钾消费量列入生活饮用水水质标准中。我国于 1983 年将化学需氧量(高锰酸钾法)列入《地面水环境质量标准》(GB3838-83); 1993 年建设部《城市供水行业 2000 年技术进

旋风分离器分离, 灰尘、污泥细粒通过计量螺旋输送机, 从灰仓输送到螺旋混合器。在那里灰尘与脱水污泥混合并通过螺旋输送机再送回到流化床干燥机。干燥机系统和冷却器系统的流化气体均保持在一个封闭气体回路内。循环气体将污泥细粒和蒸发的水分带离流化床干燥机。污泥细粒在旋风分离器内分离, 而蒸发的水分在一个冷凝洗涤器内采用直接逆流喷水方式进行冷凝。蒸发的水分以及其它循环气体从 85℃ 左右冷却为 60℃, 然后冷凝, 冷凝下来的水离开循环气体回流到污水处理区, 冷凝器中干净而冷却的流化气体又回到干燥机, 干化污泥由冷却回路气体冷却到低于 40℃。

该干化系统的特点是: 无返料系统, 间接加热, 干燥机本身无动部件, 故几乎无需维修, 但干化颗粒的粒径无法控制。

3 结语

以上是欧、美几家公司生产的污泥干化设备的简单介绍。目前我国污泥干化工艺应用甚少。天津市咸阳路污水处理厂工程首次将 100 t/d (含水率 75%) 的污泥进行干化处理, 这项工程的实施将为我国污泥后处置探索一条新路。

□电话: (022) 27831544

修回日期: 2004-3-25

步发展规划》第一次将耗氧量列入生活饮用水“水质目标”；2001年6月卫生部在《生活饮用水卫生规范》中也列入了耗氧量，可见水中的耗氧物质受到了国人重视。

水中亚铁及亚硝酸盐等占耗氧量的份额很少，而由于地质的原因进入水体的腐殖酸则占耗氧量份额较多，粪便及生活污水、工业废水对水体的污染也是耗氧量增加的重要原因，为此耗氧量是水质受有机物污染的重要指标之一^[1~3]，使耗氧量具有重大的卫生学意义。

1 耗氧量是评价水质有机物污染的重要项目之一

耗氧量是《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)评价地表水环境质量的依据之一，其标准限值见表1。

表1 地表水环境质量标准基本项目标准限值

项 目	类	类	类	类	类
高锰酸盐指数(耗氧量)/mg/L ≤	2	4	6	10	15
化学需氧量/mg/L ≤	15	15	20	30	40
五日生化需氧量/mg/L ≤	3	3	4	6	10

标准并列了耗氧量，化学需氧量，五日生化需氧量三个评价有机污染的水质项目，又各有内涵上的差异，同时三者的限值又互有相关关系。对某一水体经测定也可求得三者数值上存在的相关关系，从而通过检测简易的耗氧量的数值，即可推知检测较繁琐的化学需氧量及五日生化需氧量的数值，这就使耗氧量更具有重要的卫生学意义。目前国家标准《饮用天然矿泉水》，《瓶装饮用纯净水》，建设部行业标准《饮用净水水质标准》，《生活饮用水水源水质标准》都将耗氧量列为水质评价项目。

2 水的异臭与耗氧量正相关

湖泊、水库或储水池表层水的耗氧量与异臭的调查数据见表2^[4]，水的异臭与耗氧量明显相关。

表2 耗氧量与水体异臭的关系

耗氧量/mg/L	调查水体数/个	异臭水体数/个	异臭水体比例/%
<0.23	4	0	0
0.25~0.73	19	4	21
0.75~1.20	39	15	38.5
1.30~1.75	21	12	57.1
1.77~2.25	22	15	68.2
>2.50	13	4	30.8

调查者认为耗氧量超过0.75 mg/L，应对该水

体密切注意，当耗氧量达到1.25 mg/L时，水体极易发生异臭。受污染江河水的耗氧量往往达到6~7 mg/L，经过水厂常规工艺处理后，出水耗氧量很少低于3 mg/L，一般都嗅味不良。

3 氯化消毒副产物与耗氧量正相关

表3为两个不同水源水质加氯消毒所产生的消毒副产物DBPs测定值^[5]。试验在水厂生产中进行，要求加氯后游离余氯不低于0.5 mg/L。表3中列出2种加氯方式：测定前加氯和滤后加氯。由表3可见，A水源耗氧量为5.7~6.7 mg/L，加氯至游离氯达到1~1.3 mg/L，需加氯8.5~8.8 mg/L，即需氯量为7.2~7.8 mg/L；而B水源耗氧量为1.7~2.6 mg/L，加氯至游离氯1.1~2.1 mg/L，需加氯3.3~5.7 mg/L，即需氯量为2.2~3.6 mg/L，远低于A水源。从消毒副产物结果看，A水源处理后

表3 不同耗氧量水源加氯副产物测定

水质项目	A 水源		B 水源	
	前加氯	后加氯	前加氯	后加氯
原水氨氮/mg/L	0.03	0.032	0.23	0.3
原水耗氧量/mg/L	6.7	5.7	1.7	2.6
加氯量/mg/L	8.5	8.8	3.3	5.7
游离氯/mg/L	1.3	1	1.1	2.1
氯仿/μg/L	49.7	34.8	27.7	15.6
二氯溴甲烷/μg/L	48	48.7	5.5	14.8
二溴氯甲烷/μg/L	31.3	40.7	2.7	6.9
溴仿/μg/L	3.6	7.7	<0.26	1.2
TOC/mg/L	7.2	7	1.3	1.9

注：表中数据为两次测定的平均值。

表4 活性炭净水器出水水质

项 目	进水	A	B	C	D	E
耗氧量/mg/L	4.4	2.38	2.29	2.77	3.12	2.68
TOC/mg/L	10.6	-	5.41	6.47	7.31	6.47
TA98/10 ³ 个/皿	1.38	0.12	0.207	0.485	0.511	0.671
MR	9.2	0.8	1.38	3.24	3.4	4.5

表5 5座城市的水源水及自来水水质

城 市	B	T	W	K	S	相关系数
水源水 COD _{Mn} /mg/L	2	4.5	3.5	1.4	6.4	
自来水 MR-S ₉	1.7	1.86	1.32	1.27	5.44	0.829
自来水 MR+S ₉	1.27	1.29	1.38	1.28	4.54	0.8

注：+ S₉为体外加鼠肝微粒体酶系统；- S₉为不加。

表 6 某河流上下游不同采样点潜在致癌性试验结果

水样点		水质检测四季平均		致突变试验				细胞转化试验		流行病学调查	
		COD / mg/L	BOD / mg/L	Ames 试验	程序外 DNA 合成试验 (UDS)	SOS/umu 试验	姐妹染 色体交 换(SCE)	克隆 形成率	细胞 转化率	男性胃癌标 化死亡率 / 10^{-5}	男性肝癌标 化死亡率 / 10^{-5}
上游	1	14.0	2.2	阴性	阴性	阴性	阴性	阴性	阴性	62.7	56.9
	2	16.4	2.3	弱阳性	弱阳性	可疑阳性	可疑阳性	可疑阳性	可疑阳性	-	-
中游	3	20.3	2.9	阳性	阳性	阳性	阳性	阳性	阳性	86.2	67.7
	4	29.2	3.3	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	-	-
下游	5	49.5	4.1	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	强阳性	146.0	81.3

水总三卤甲烷 TTHM 为 132 $\mu\text{g/L}$, 明显高于 B 水源的 37 $\mu\text{g/L}$, 消毒副产物总量与耗氧量正相关。

4 Ames 致突变试验中回复突变率(MR)与耗氧量正相关

采用不同品牌的活性炭净水器, 在相同过滤条件下过滤 36 h 测定出水的水质结果见表 4^[6]。

由表 4 可得出, 耗氧量和 TOC 与 MR 的相关系数分别为 0.947 ($f = n - 2 = 4$, $p = 95\%$) 和 0.96 ($f = n - 2 = 3$, $p = 95\%$), 有较好的相关性。表 5 为 5 座城市自来水水质, 其水源水的耗氧量也与自来水的 MR 呈较好的正相关^[6]。

通过生物预处理, 臭氧氧化及活性炭过滤组成的不同组合工艺处理的净水, 证明了水的化学需氧量 COD, 总有机碳 TOC, 紫外吸光度 UV_{254} 与 MR 也有较好的正相关。

5 水的致癌性与耗氧量的相关关系

根据国内某一河流从上游到下游 50 余公里 5 个采样点研究的结果见表 6^[7]。

肿瘤形成的理论认为, 致癌物的生物效应流向是基因 $\rightarrow$ 染色体 $\rightarrow$ (DNA) $\rightarrow$ 细胞癌组织。Ames 试验是基因突变试验, UDS 和 SOS 是检测 DNA 损伤的试验, SCE 则为 DNA 损伤表现为染色单体的交换。细胞恶性转化试验以细胞恶性转变为试验终点, 是致突变与致癌之间的桥梁。由表 6 结果可见, 水质的 COD 和 BOD 从上游到下游数值逐步增加, 几项致突变及细胞转化试验各试验结果均较一致, 从上游到下游从阴性逐步转向阳性到强阳性。流行病学调查男性胃癌和肝癌的标化死亡率从上游到下游逐步增加, 因此水质有机污染指标 COD 和 BOD 与水的致突变性、致癌性是相关的, 由于耗氧量与 COD 和 BOD 的相关性, 也可以认为水的致癌性与耗氧量是相关的。

根据卫生部中国预防医学科学院环境卫生监测所于 1985 ~ 1988 年对全国 2 074 个县进行的调查^[8], 以耗氧量 3 mg/L 为卫生标准, 超标率达 13.3%。根据 35 座大城市 1985 ~ 1994 年资料, 供水耗氧量不合格为 35%。统计分析结果表明消化道疾病(包括肝癌)与耗氧量呈显著地正相关, 为此与前述河流的研究试验结果对照, 两者得以相互验证。

6 结语

(1) 耗氧量与水的嗅、味, 消毒副产物浓度, Ames 致突变试验中回复突变率(MR)及胃癌、肝癌发病率有相关关系。

(2) 耗氧量是腐殖酸、尿粪等生活污水、工业废水对水体污染的反映, 是这些相关关系的根源。

(3) 耗氧量是评价水质有机污染的重要项目, 且检测方便, 应作为水厂日常净水控制项目之一。

参考文献

- 1 卫生监督培训系列教材编委会编. 卫生监督培训系列教材 - 生活饮用水卫生分册. 北京: 工商出版社, 1994
- 2 日本厚生省环境卫生局. 水道环境部监修水道协会修订“上水试验方法”. 1978
- 3 堀春雄. 水道の水质管理. 日本水道新闻社, 1981
- 4 谢志平. 水源异臭和给水除臭. 中国城镇供水协会安徽分会, 1989
- 5 高纬, 陈国光. 不同原水的氯化消毒工艺研究. 净水技术, 2003, 22(6): 17 ~ 19
- 6 岳舜琳. 给水中有机物与 Ames 致突变的相关性. 中国给水排水, 2003, 19(1): 20 ~ 23
- 7 岳舜琳. 给水中的耗氧量问题. 净水技术, 2002, 21(3): 4 ~ 6
- 8 王占生. 中国饮用水的水质问题/ 水的深度处理. <http://www.hx-water.com.cn/HTML/KJWZ/WOO13.HTM>

○通讯处: 200020 上海市绍兴路 88 弄 5 号
电话: (021) 64745935
收稿日期: 2003-10-21