

文章编号:1673-0747(2005)03-0051-03

国内外中水水质标准对比分析及意义

王 静, 马文敏

(宁夏大学 土木与水利工程学院, 银川 750021)

摘要:通过大量国内外中水水质标准的对比,得出以下结论:国内外中水水质指标在 pH 值、固体悬浮物、溶解性固体、总磷、氨氮、色度等方面的要求相近或相同;在需氧有机物(BOD 和 COD)、细菌学指标方面存在较大差别;国内外中水应用对象方面明确性存在差别。为进一步提高我国城市中水利用率,减少中水利用对环境的负面影响提供理论依据。

关键词:中水;水质标准;研究

中图分类号:TV211 **文献标志码:**A

Comparison of Domestic and International Water Quality Standards of Intermediate Water

Wang Jing, Ma Wenmin

(1. School of Civil Engineering & Water Conservancy, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: A great deal of comparisons on domestic and international water quality standards of intermediate water are passed, and draw some conclusions: The requirement of the domestic and international water quality standards of intermediate water is similar in the pH, solid suspending matter, dissolved solids, total P, ammonia nitrogen, chromaticity and so on. There were much bigger differences in the aerobic organic matters(BOD and COD), the bacteriological index; The definiteness exists difference in application of domestic and international intermediate water.

Key words: intermediate water; water quality standards; research

近年来,国内外中水的广泛应用已更多的为水资源极为匮乏的人类社会带来了新的机遇和更加广阔的前景。尤其在发达国家,如在美国、日本、以色列等国已得到了有效的利用并为实际生产生活带来了可观的经济效益、环境效益和社会效益。在我国,中水回用虽然已开始逐步启动,并取得一定成效,但总体规模仍然过小、中水水质标准普遍较国外低。虽然我国城市污水年排放量已达 414 亿 m^3 ,但城市污水处理率仅为 30%,2 级处理率也只有 15%^[1]。如果能将这些污水的处理率和重复利用率提高,将是一种具有广阔前景的开源措施。然而在能带来机遇、效益的同时,中水水质标准如何提高,其衡量尺度将如何更好更合理地界定,并最终给人类社会带来可持

续的生态效益和经济发展仍将是一个值得深入分析和广泛应用的问题。鉴于此,现就将国内外部分中水水质标准作以下对比。

1 中水的 pH 值

pH 值是中水水质评价的重要指标之一,其值的大小直接影响实际生产生活。它能很好地反映水体或废水的酸碱度及酸碱性污染的含量。在中水应用过程中,pH 值偏大或偏小都会对整个系统产生不利甚至有害影响,如 pH 值偏大的中水长期用于工业循环冷却上,易造成设备沉积难溶性的沉淀物质,并紧裹于设备周围,最终将会大大降低设备的使用寿命;若 pH 值偏小会使循环冷却设备受到酸性环

收稿日期:2005-04-04

基金项目:宁夏自然科学基金项目(NA003-2004-2005)

作者简介:王静(1980-),女,宁夏中卫人,硕士研究生,主要从事城市水环境与生态研究。

境的腐蚀. 在灌溉方面也会使土壤出现盐渍化加剧及土壤板结等现象, 长期使用, 作物品质、总产量将会相应下降等等.

国内外中水在不同的应用领域对 pH 值的使用范围基本一致, 一般都能很好地控制在 6.0~9.0 之间. 在我国, 再生水用作循环冷却补充水、市区景观河道用水、生活杂用水中 pH 值均为 6.5~9.0; 在农田灌溉中为 5.5~8.5; 在景观娱乐用水及渔业养殖方面为 6.5~8.0 等^[1,3]. 在国外, 美国对电厂和工业循环冷却水方面, 低压 7.0~10.0、中压 8.2~10.0、高压 8.2~9.0; 日本工业用水道中规定 pH 值为 5.8~8.6, 实际应用中如在东京、川崎、名古屋分别达到 6.8, 6.8 和 6.9^[1], 几乎接近于中性水; 在市政杂用方面, 美国、日本基本都为 5.8~8.6^[1,3]. 从以上数据可看出: pH 值的规定范围在国内外基本上一致, 变化不大. 但从使用角度上分析, 国外在 pH 值标准的划分上更系统化, 分类较明确.

2 需氧有机物

生物需氧量 BOD 是用于定量表示废水中可生物降解物质进行氧化所需要的氧量的一项指标. 如 BOD₅. 其下标“5”指在标准条件下进行为期 5 d 的生物降解. 而化学需氧量 COD 是指在一定条件下, 用强氧化剂处理水样时所消耗氧化剂的量, 以氧的消耗量 (mg/L) 来表示. 它是度量废水中还原物质的重要指标^[1,4,5].

在我国, 生物需氧量一般采用 BOD₅ 作为衡量的一项指标. 化学需氧量则一般采用 COD_{Cr}. 再生水用作冷却用水的建议水质标准中规定 BOD₅ 在直流冷却水中为 30 mg/L, 循环冷却补充水中为 10 mg/L; 而在用作市区景观河道用水中的 BOD₅ 为 20 mg/L; COD_{Cr} 在用作工业循环冷却及城市景观河道中则均为 75 mg/L. 在生活杂用水中的 BOD₅ 及 COD_{Cr} 的要求都略高于上述两种情况, 标准分别达到 10 mg/L 和 50 mg/L. 在农田灌溉水中的 BOD₅ 及 COD_{Cr} 的要求低得多: 在水作和蔬菜中 BOD₅ 均 ≤ 80 mg/L, 而 COD_{Cr} 分别 ≤ 200 mg/L 和 ≤ 150 mg/L; 在旱作中 BOD₅ ≤ 150 mg/L, COD_{Cr} ≤ 300 mg/L^[1,3]. 这说明作物种类及生长环境的不同对生物需氧量及化学需氧量的要求有明显差异, 旱作对指标的要求较低, 而水作及蔬菜的指标标准要求相对较高. 另由于景观娱乐用水多会直接同人体接触, 故对 BOD₅ 的要求要高得多, 规定 BOD₅ ≤ 4 mg/L^[1].

在国外, 生物需氧量及化学需氧量的要求普遍高于我国, 尤其化学需氧量的要求要高得多. 如日本市政及景观游览用水中规定生物需氧量 BOD₅ ≤ 10 mg/L,

化学需氧量 COD_{Cr} ≤ 1 mg/L. 在以色列, 灌溉中水中对生物需氧量 BOD 的划分较我国明确: 纤维、甜菜、谷物、森林 ≤ 60 mg/L; 青饲料、干果 ≤ 45 mg/L; 果园、熟食蔬菜、高尔夫球场 ≤ 35 mg/L; 其他农作物、公园、草地 ≤ 15 mg/L^[1,3]. 美国中水建议指导书中规定在城市再利用、农业再利用及风景河道湖泊方面 BOD₅ 均 ≤ 10 mg/L; 而在限制公众穿越的场地的灌溉、食用作物灌溉、非食用作物的灌溉、风景景观塘湖 (不允许公众与再生水接触)、建筑的使用、工业回用及环境回用方面 BOD₅ 均 ≤ 30 mg/L. 在美国伯利恒钢厂 COD ≤ 12 mg/L, 得克萨斯州 COD 在 8~10 mg/L^[1]. 这些化学需氧量的标准比我国实际应用中的高出许多, 如大连 COD_{Cr} ≤ 39 mg/L、沈阳 COD_{Cr} ≤ 50 mg/L、青岛 COD_{Cr} ≤ 50 mg/L^[3], 这些标准的要求虽然都在我国规定的 COD_{Cr} ≤ 75 mg/L 范围内, 但整体要求低于日本、美国等国家.

3 细菌含量

世界卫生组织及美国等均认为细菌学指标极端重要, 因为它能在同一时间造成大片人群发病及死亡, 发展中国家每年有 1 220 万 5 岁以下儿童因儿童病死亡, 超过 300 万人死于腹泻, 其中多数是由于受污染的水引起, 所以中水的应用指标标准一定要严格, 尤其在作为饮用水水源的水体中更应值得注意^[2,9].

在我国, 一般以异样菌总数、总大肠菌群数、粪大肠菌群或蛔虫卵数作为对细菌学指标的一种控制, 在用作冷却用水方面建议异样菌总数 ≤ 5 × 10⁵ 个/L, 在景观河道、景观娱乐方面规定总大肠菌群数 ≤ 1 × 10⁴ 个/L, 生活杂用水中规定粪大肠菌群 ≤ 3 个/L, 而农田灌溉水质中的粪大肠菌群数 ≤ 1 × 10⁴ 个/L、蛔虫卵数 ≤ 2 个/L, 在渔业方面总大肠菌群不超过 5 × 10³ 个/L (贝类养殖水质不超过 500 个/L)^[1] 等.

在国外, 细菌学指标发展体系比我国系统化得多, 而且整个细菌控制指标相对严格. 通常以大肠菌值作为衡量指标. 如美国在市政杂用水、灌溉中水中大肠菌值均 ≤ 2.2 个/100 mL^[1,6]; 城市再利用及风景河道湖泊方面粪大肠杆菌在 100 mL 水样中不得检出; 农业再利用及间接饮用水不得检出粪大肠杆菌; 在灌溉方面, 如草皮农场、果园、非食用作物的灌溉及风景景观塘湖、建筑使用、工业回用、环境回用等方面粪大肠杆菌 ≤ 200 个/100 mL. 与我国粪大肠菌群 ≤ 1 × 10⁴ 个/L 相比, 已明显高出许多倍. 日本也不例外, 在市政杂用上大肠菌值 ≤ 10 个/mL, 多数不得检出.

4 固体污染物

水中的固体污染物主要以悬浮状态、胶体状态和溶解状态的形态存在于水体中。悬浮状态的固体污染物通常称为悬浮物,是指水中含有的不溶性物质,包括固体物质和泡沫塑料等。一般所指的固体污染物,主要是固体悬浮物(SS),它会造成水体外观恶化、浑浊度升高,改变水的颜色^[7]。

在我国,《城市污水回用设计规范》(CECS61:94)中规定:工业直流冷却用水、市区景观河道用水中的固体悬浮物 $SS \leq 30 \text{ mg/L}$,总固体 $\leq 1\,500 \text{ mg/L}$;生活杂用水中的溶解性固体变化幅度在 $1\,000 \sim 1\,200 \text{ mg/L}$ 之间,而对悬浮性固体的要求则相对较高,在 $5 \sim 10 \text{ mg/L}$ 之间变化;农田灌溉水中对悬浮物的要求相对上述几种情况较低:水作 $\leq 150 \text{ mg/L}$ 、旱作 $\leq 200 \text{ mg/L}$ 、蔬菜 $\leq 100 \text{ mg/L}$ ^[1,3];在渔业用水中悬浮物质则要求人为增加的量不得超过 10 mg/L ,而且悬浮物质沉积于底部后,不得对鱼、虾、贝类产生有害的影响^[1]。

在国外,如美国水回用建议指导书中规定:草皮农场、果园、葡萄园、非食用作物的灌溉和风景景观塘湖、建筑的使用、工业回用及环境回用中的固体悬浮物 $SS \leq 30 \text{ mg/L}$,基本的对固体悬浮物(SS)含量的要求同我国用于工业及景观河道的要求一致;美国灌溉水质指南中规定总溶解固体(TDS)在农业中(柠檬和鳄梨) $\leq 1\,000 \text{ mg/L}$ 、风景区(草) $\leq 2\,000 \text{ mg/L}$ 。在以色列,固体悬浮物的变化幅度基本同我国及其他国家相近:干饲料、纤维、甜菜、谷物、森林 $SS \leq 50 \text{ mg/L}$;青饲料、干果 $SS \leq 40 \text{ mg/L}$;果园、熟食蔬菜、高尔夫球场 $SS \leq 30 \text{ mg/L}$;其他农作物、公园、草地 $SS \leq 15 \text{ mg/L}$ ^[1,3]。

5 其他标准

中水的水质指标除了上述几种主要指标之外,还有如重金属、总磷、氨氮、色度等。总体来讲:①重金属含量。国内外的规定及应用基本是一致的,一般Fe控制在 0.3 mg/L 左右,Mn在 0.2 mg/L 左右等等。②总磷的含量。一般控制在 $2 \sim 10 \text{ mg/L}$ 之间,如我国市区景观河道中的总磷在夏季 $< 2 \text{ mg/L}$,非夏季不控制;农田灌溉中水作 $< 5 \text{ mg/L}$ 、旱作和蔬菜 $< 10 \text{ mg/L}$ 等。③氨氮的含量。如我国在景观娱乐用水中 $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ 、生活杂用水及景观河道中的变化在 $10 \sim 20 \text{ mg/L}$;美国在灌溉方面的氨氮含量 $\leq 5 \text{ mg/L}$ 。④色度。国内外基本要求一致,一般在 30 色度单位左右。

综上对比分析,我们不难看出:国内外中水水质指标既有相同相近的地方也有不同之处:①相同相近方面。pH值的变化幅度基本一致,均能很好地控制在 $6.0 \sim 9.0$ 之间;固体悬浮物及溶解性固体的变

化幅度相近,一般 $SS \leq 30 \text{ mg/L}$ 、溶解性固体在 $1\,000 \text{ mg/L}$ 左右;重金属、总磷、氨氮、色度等国内外基本一致。②不同方面。需氧有机物(BOD和COD)和细菌学指标方面有很大差别,在国外生物需氧量 BOD_5 一般 $\leq 30 \text{ mg/L}$,尤其化学需氧量COD在日本 $\leq 1 \text{ mg/L}$,在美国也很低,一般 $\leq 12 \text{ mg/L}$;而在国内 COD_{Cr} 的含量要高得多,最小也在 75 mg/L ;细菌指标方面,我国细菌指标不统一,总体细菌含量要高得多,如总大肠菌群数 $\leq 1 \times 10^4$ 个/L,而国外细菌指标较统一,一般以大肠菌值作为衡量指标,而且细菌指标控制要严格得多,大肠菌值一般 ≤ 2.2 个/100 mL^[1,6],多数不得检出;还有就是中水应用对象的明确性也存在差异,我国应用对象有些方面分类过粗,而国外对中水的应用对象较明确,如农田灌溉方面(将以色列和我国作对比)等。

通过以上对比分析,我们可以看出我国中水水质标准的一些不足。就以我国现阶段的水质标准作为衡量我国各个行业的中水的使用标准,还远远不能满足工、农业的发展,更不能与国际中水标准接轨。在今后的发展中,我国的水质标准应从以下几点来完善:首先不同行业的中水标准划分要明确,这样可以确保中水的重复、充分利用;其次要细化中水标准中的项目,不能一概而论;再次中水标准中项目的数值变化幅度不应过大,这样便于经过处理所得到的中水水质更接近于饮用水,最终能被广泛的应用到更多的领域等等。

我们只有不断借鉴和研究引用国外的先进经验和技术标准,总结我国以往中水处理的经验,才能不断更新和提高我国中水的水质要求,同时创造更大的社会价值和经济效益。原因在于中水的应用成本要比其他如长距离引水、海水淡化及人工降雨更有实际意义。以大连为例,海水淡化成本为 8.5 元/m^3 ,引碧入连为 2.3 元/m^3 ,引英入连为 3.6 元/m^3 ,中水回用为 2.0 元/m^3 ^[1,8]。据测算,在水处理成本 2.0 元/m^3 左右的情况下,污水处理厂达到3级处理水的基建投资为 $2\,000 \sim 3\,000 \text{ 元/m}^3$;而在制水成本 2.3 元/m^3 左右的情况下,其引碧工程的基建投资为 $4\,500 \text{ 元/m}^3$ ^[1]。所以,中水要比其他途径的节流措施更经济更廉价更具有实际意义。

参考文献:

- [1] 周彤. 污水回用决策与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2002. 196-220.
- [2] 宋仁元. 改善水质的目标和措施[J]. 城镇供水,2001, (1):19-23.
- [3] 刘俊良. 城市节约用水规划原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003. 320-323.

例混合,依据库容 1 mL/m^3 的用量,电炉加热后,密闭 6~24 h 排除即可。

(2)采用等量的高锰酸钾与甲醛混合,加速汽化。每 100 m^2 使用各 0.5 kg 高锰酸钾与甲醛。先将高锰酸钾分成若干份,再加入等量的甲醛。密封 48 h 排除。

(3)使用强氯精。 $10\sim 20 \text{ g/m}^3$ 。冷库中不要使用燃硫方式消毒,以防损坏蒸发器以及配套的风扇、金属货架、加湿器等。储期可使用冷库专用 CT-消毒剂或百菌清烟雾剂定期处理。

(4)库周的消毒可以采用 0.5%~1.0% 的甲醛液(福尔马林)、漂白粉 4% 的溶液(有效氯 0.3%~0.4%)等。

8 小结

上述工序环环相扣构成了储期保鲜的工艺。这个工艺上连采前的产业化,下联组成物流基础的流通工艺,构成了完整的采后保鲜工业化模式。只有在充分重视采前的基础之上,做好采后工艺的每一个工序,才能使采后保鲜工业化模式的作用得以体

现,做好流通、市场开拓,最终实现产品的增值。

参考文献:

- [1] 沈英士. 葡萄栽培法[M]. 台南:文国书局,1973. 10.
- [2] 修德仁. 浅议我国葡萄德产业化经营[M]. 天津:果蔬与花卉现代储藏流通设施及保鲜技术汇编,2004. 6.
- [3] 李玉鼎,张光弟. 宁夏鲜食葡萄产业的现状、问题及发展对策[J]. 宁夏农学院学报,2004,25(3):13-15.
- [4] 严大义. 葡萄生产技术大全[M]. 北京:农业出版社,1992. 85-92.
- [5] 聂继云. 果品标准化生产手册[M]. 北京:中国标准出版社,2003. 133-139.
- [6] 张光弟,孙青松. 多效唑对宁夏园葡萄的生长发育及浆果储藏性的影响[J]. 宁夏农学院学报,1999,20(1):20-33.
- [7] 杨克钦. 葡萄的储藏与加工[M]. 沈阳:商业部科技情报所(辽宁站),1985. 26-28.
- [8] 张华运,修德仁. 葡萄耐二氧化硫程度和果实表面蜡质结构关系的研究[J]. 甘肃农业大学学报,2001,(专辑):83-85.
- [9] 葛毅强,叶强,张唯一. 鲜食葡萄采后的 SO_2 熏蒸储运保鲜[J]. 中国果树,1998,84(1):47-49.

(责任编辑、校对 郑国琴)

(上接第 53 页)

- [4] 北京城市排水集团有限责任公司. 水体污染与防治(一)[EB/OL]. 中国污水网,2004-12-10.
- [5] 《环境科学大辞典》编辑委员会. 环境科学大辞典[M]. 北京:中国环境科学出版社,1991. 100-220.
- [6] 成徐洲,吴天宝,陈天柱. 城市污水地下回灌技术现状与发展[J]. 中国给水排水,1999,15(6):20-21.
- [7] WYR. 城市污水对生物生存的危害[EB/OL]. <http://www.zydl.net>,2004-01-31.
- [8] 周妙秋,刘正美. 城市中水回用中几个值得重视的问题[EB/OL]. 佛山水利网,2002-07-08.
- [9] 石秋池. 国外回收水再利用水质标准和处理要求[J]. 中国水利,2003,(12):26-28.

(责任编辑、校对 魏 乐)

启 事

为适应我国信息化建设的需要,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》全文数据库,并在“万方数据—数字化期刊群”全文上网,被《中国核心期刊(遴选)数据库》收录。其作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给,免费提供作者引用统计分析资料。如作者不同意将文章编入以上数据库,请在来稿时声明,本刊将作适当处理。

宁夏大学学术期刊中心《农业科学研究》编辑室