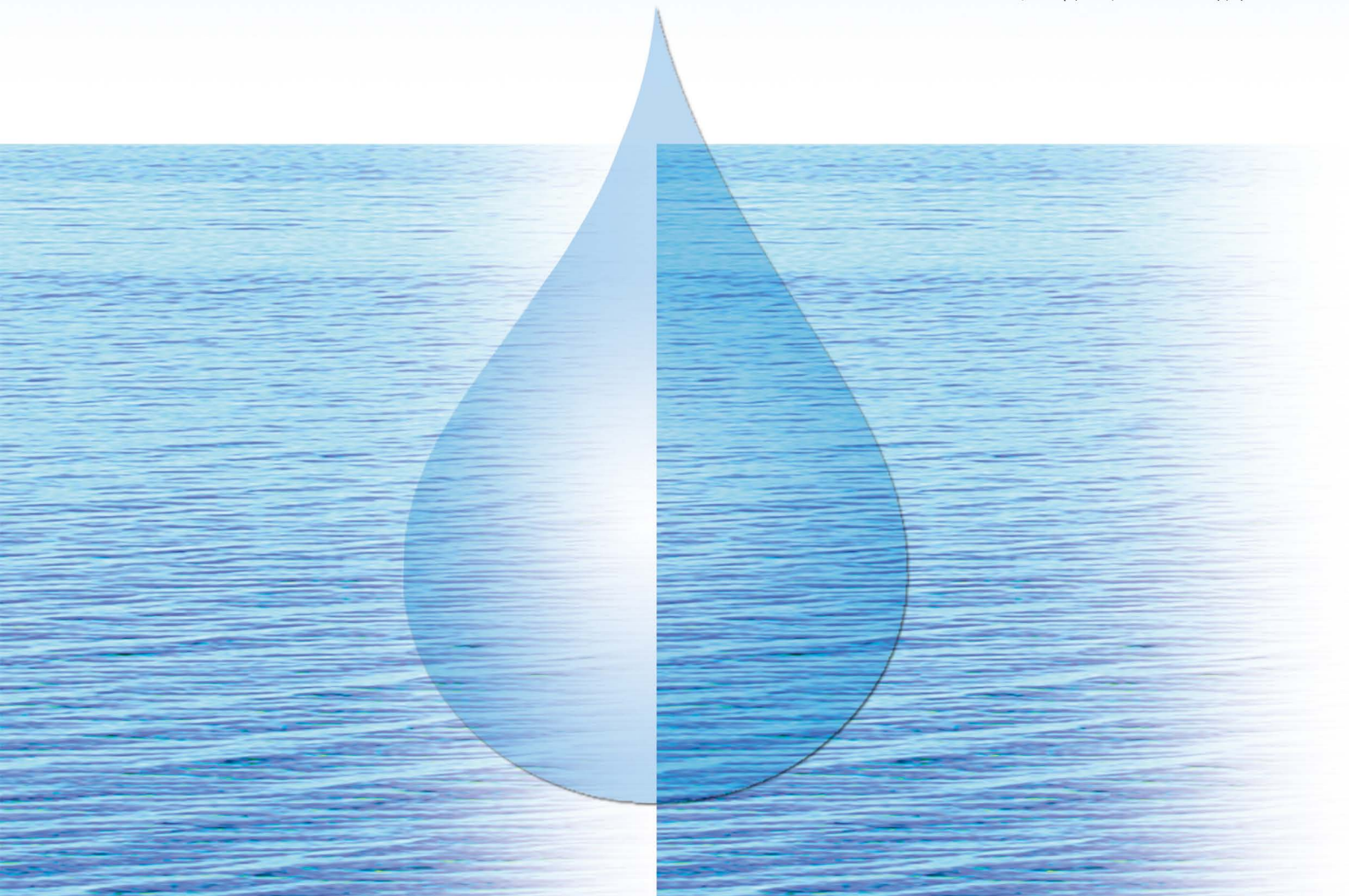


河北省水利学会第六届青年科技论坛汇编

水生态文明建设 研究与实践

SHUISHENGTAI WENMING JIANSHE
YANJIU YU SHIJIAN

潘增辉 主 编



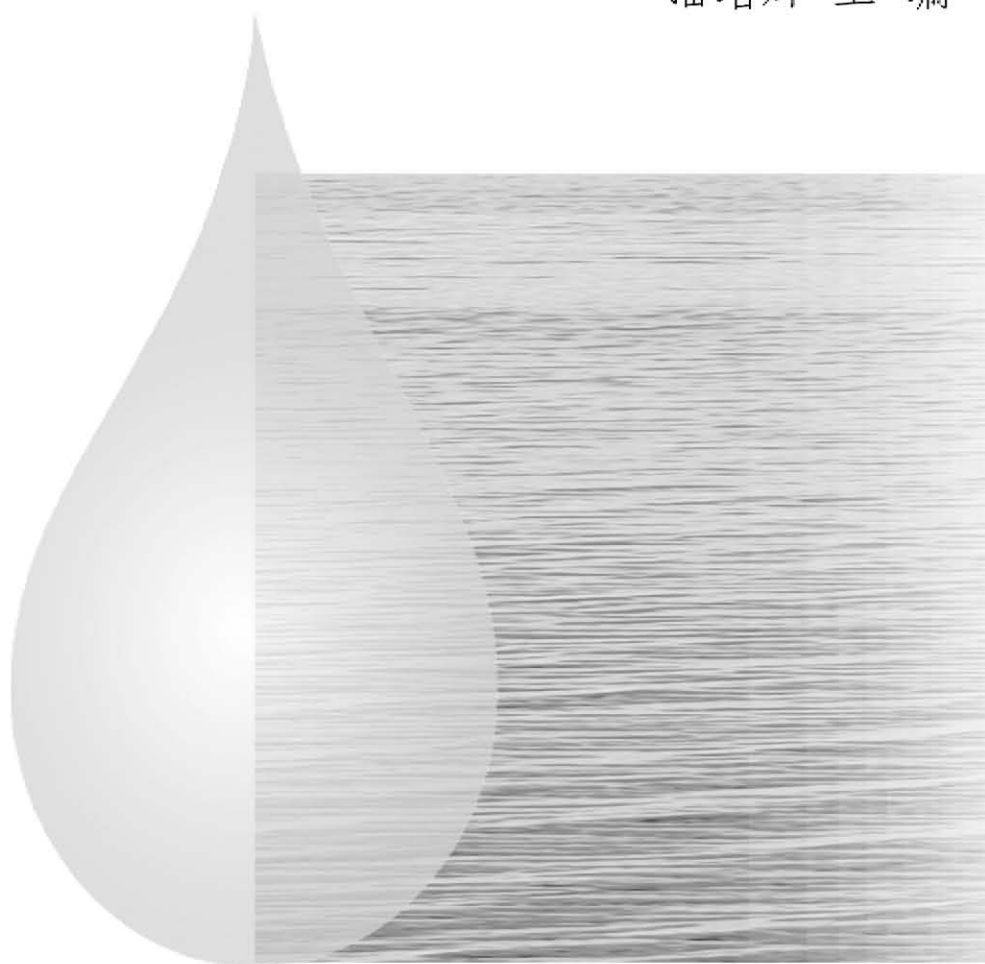
河北科学技术出版社

河北省水利学会第六届青年科技论坛汇编

水生态文明建 研究与实践

SHUISHENGTAI WENMING JIANSHE
YANJIU YU SHIJIAN

潘增辉 主 编



河北科学技术出版社

内容提要

为了落实河北省八届五次全会“解放思想,改革开放,创新驱动,科学发展”的精神,贯彻《水利部关于加快推进水生态文明建设工作的意见(水资源[2013]1号)》,省水利学会青年分会结合河北省水利工作热点,从水资源优化配置、节约用水管理、水资源保护、水生态系统保护与修复、水利工程建设中的生态保护、水利经济与生态文明、水生态文明理论研究等方面组织专家和科技人员进行学术交流,旨在提高青年科技工作者的学术水平及解决实际问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

水生态文明建设研究与实践 / 潘增辉主编. — 石家庄: 河北科学技术出版社, 2013.12
ISBN 978-7-5375-6675-9

I. ①水… II. ①潘… III. ①水环境-生态环境建设-研究-中国 IV. ①X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 319859 号

水生态文明建设研究与实践

河北省水利学会第六届青年科技论坛汇编

主编 潘增辉

出版发行 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)

印 刷 石家庄市宝丽彩色印刷有限公司

开 本 880×1230 1/16

印 张 16

字 数 400 千字

版 次 2013 年 12 月第 1 版

2013 年 12 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

《水生态文明建设研究与实践》

编 委 会

主任委员 武庆华

副主任委员 武兰春 冯同普 王风安 李京善 王玉坤

委 员 (按姓氏笔画为序)

马 静 马素英 王风安 王永亮

刘希庆 刘治峰 李明良 李素丽

张艳红 聂会兰 潘增辉 魏丽贤

主 编 潘增辉

副 主 编 张艳红 王永亮 聂会兰 马素英

总 策 划 马 静

审 读 李素丽

编 辑 王 斌 魏丽贤 赵莉花 许 丹 李 森 邢九平

目 录

水生态与水环境

氧化沟最佳污泥浓度控制及节能效果分析	徐颖利 (1)
以衡水湖为例浅析湿地对大气组分的调节功能	尹新明 (6)
沧州水污染状况与趋势分析	史洪飞 哈建强 (11)
河北省供水水源地保护和水生态补偿机制	魏丽贤 潘增辉 邢久平 (15)
地表水环境质量评价体系的研究	李 伟 (22)
南大港湿地生态环境需水量分析研究	史洪飞 哈建强 (26)
城市公共水景观营造	马 博 崔利强 刘建志 (30)
海河流域河流生态健康评价研究	徐 佳 (34)
浅谈我国水土保持生态建设的可持续发展	王淮亮 贾志军 甄宝艳 皮昌道 邢晓光 (38)
黄壁庄水库生态湿地建设必要性与可行性分析	孙 静 陈占辉 (41)
衡水湖水资源现状分析及生态价值评价	马晓琳 (44)
完善入河排污口监管法律制度的思考	陆 洋 李国正 (48)
引黄济淀对白洋淀的生态效益分析	胡福来 杨新阁 (52)
加强河道污染治理 维护河湖健康	宋 辉 (55)
浅析水土保持生态清洁型小流域建设	常 伟 李伟恒 (58)
沧州市区水污染成因、危害及治理措施	史洪飞 哈建强 (61)
北方城市景观水体水生态保护修复技术探讨	邢广军 (65)

水资源管理与保护

河北省地下水用水现状及影响分析	张俊芝 (68)
地下水控制性关键水位求解方法研究	宫爱奎 胡海军 尚瑞朝 郭中磊 李丽玮 (74)
气候变化对太行山前平原冬小麦水分利用效率的影响	贾永国 王二英 王 路 王淑芬 李 娟 张汉君 (80)
横山岭地区多年降水量趋势及频率分析	杨 健 李占强 (87)
沧州市近 50 年降水量特性分析	哈建强 史洪飞 (93)
河北省农业水资源可持续利用面临的问题与对策	马素英 孙梅英 付银环 白振江 (98)
衡水湖来退水能力及条件分析探讨	尹新明 (103)

衡水市超采区划分与管理对策研究	吴景峰 胡景鹏 (108)
浅谈我国水资源现状及可持续发展的对策	张莉莉 (112)
沧州市区雨水利用计算及效益分析	史洪飞 哈建强 (117)
基于最严格水资源管理制度的农业用水问题	辛 宇 (122)
浅谈承德水资源实时监控与管理系统对实行最严格水资源管理制度的支撑作用	杜艳华 李铭明 汤智洋 孙艺梦 (125)
岗南水库突发水污染事件应急管理措施	齐利卫 (128)
简述滦河下游灌区雨情自动测报系统的构建	刘瑞刚 (131)
邱庄水库水资源保护对策研究	徐伟伟 (135)
实施最严格水资源管理制度, 推广农业节水综合技术体系	李春辉 刘向华 (138)
唐山市农村饮水安全工程建设管理实践与思考	张金红 (141)
完善水资源管理体制 推进节水型社会建设	张砚芳 (144)
西大洋水库水源地保护对策探讨	吴新玲 (148)
河北省最严格水资源管理制度与节水灌溉发展	陈雪英 李 静 (152)

节水与非常规水利用

秦皇岛市雨水资源利用探讨	赵云峰 (156)
衡水市桃城区节水型社会建设模式探究	高永华 (160)
节水灌溉预报技术的应用实践	刘希庆 (164)
基于水平衡测试的企业节水措施分析	李占强 杨 健 (168)
张北县土地整治后节水效果分析	于 涛 (173)
衡水市城区雨水资源利用研究	徐 佳 (178)
城市雨水收集设施方案浅析	牛红震 (182)
河北省山地丘陵区雨水资源的开发利用	胡海军 尚瑞朝 郭中磊 (186)
浅谈石家庄市节水型社会建设	王 静 (190)

水生态文明理论

城市河流治理中的生态与经济新理念	贾志军 甄宝艳 王淮亮 (194)
加强河北省桃林口水库流域水文化建设的探讨	吕宝良 葛政江 姜淑贞 张卫平 (198)
进一步加强唐山市城市水文化建设建议	刘 琨 (203)
衡水市水生态文明城市建设浅议	邢瑞华 (208)
加强灌区建设促进灌区管理体制改革的	刘瑞刚 (212)
衡水市水生态文明城市创建浅议	张新潮 张爽娜 (216)

强夯加固状态实时监控方法研究	李进亮 (219)
河渠坑塘综合治理工程建设探析	夏殿波 (225)
水利工程对生态环境的影响及解决对策的分析	孙建朝 (229)
陡河水库大坝安全监测系统	周金波 (232)
浅议堆石混凝土施工技术	李进亮 (236)
关于水行政执法的几点思考	马晓亮 (240)
浅谈农业生产对水环境的影响	韩 宁 张乃瑾 滑 令 (243)
水文化与水利工程建设	赵 尚 (246)

氧化沟最佳污泥浓度控制及节能效果分析

徐颖利

(承德市城市污水处理有限责任公司)

摘要: 结合承德太平庄污水处理厂的工程节能运行实际,研究了 Orbal 氧化沟工艺节能关键运行参数污泥浓度的控制方法。活性污泥法处理污水是一个复杂的过程,污泥浓度的控制要综合考虑有机物有稳定的去除率、脱氮除磷效果、低温运行时污泥活性、能耗以及整个系统的抗冲击负荷能力等各因素。最终确定太平庄污水处理厂污泥浓度,夏季保持在 3500mg/L 左右,冬季 4000mg/L 左右,比设计节能达到 15%。

关键词: Orbal 氧化沟; 污泥浓度; 节能运行; 氨氮; 总磷; 温度

Orbal 氧化沟工艺是活性污泥法的一种,得到了广泛的应用^[1-7]。活性污泥法去除污水中有机物、氨氮、磷的本质的是厌氧、好养及兼性微生物新陈代谢。MLSS (活性污泥浓度,下同)是计量曝气池中微生物个数的指标,根据天平庄污水处理厂 5 年的运行管理经验,表曝机充氧消耗的电费占整个水厂总电耗的 60% 以上,而 MLSS 是制约充氧效率和耗氧量最关键因素,所以控制 MLSS 最佳浓度对于水厂的节能至关重要。

1 工程概况及设计进出水水质

1.1 工程概况

承德市太平庄污水处理厂采用 Orbal 氧化沟工艺,处理能力 8 万 t/d, 80% 为生活污水。设计出水水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002) 二级标准,污泥浓度设计控制值为 4500 ~ 5000mg/L。出水经加氯消毒后部分回用,部分排入滦河。2008 年至今一直在省市环保部门的实时监控下达标稳定运行。

1.2 设计进出水水质

太平庄污水处理厂设计进出水水质见表 1。

表 1 太平庄污水处理厂进出水水质

(单位: mg/L)

项目	BOD ₅	COD _{Cr}	SS	NH ₃ - N	TP
进水	150	360	180	45	2.5
出水	≤30	≤80	≤30	≤15	≤1

2 工艺流程及主要构筑物设计参数

2.1 工艺流程

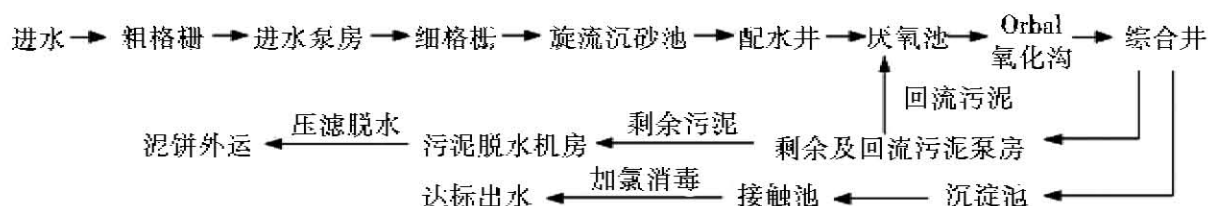


图 1 承德市太平庄污水处理厂的工艺流程

2.2 主要构筑物设计参数

(1) 厌氧池：2 座，主要设备：潜水搅拌机 8 台，每池 4 台。

(2) 氧化沟：4 座，单池池容 34 450m³，海神爱尔氧表面曝气机 32 台，如图 2 所示布置。设计水力停留时间 9h，污泥浓度设计值 4500mg/L，污泥负荷 0.078kgBOD/kgMLSS，污泥龄 15d。

(3) 沉淀池：4 座，中心进水周边出水辐流式，单池直径 40m，双周边驱动式全桥刮吸泥机，每池一套，虹吸排泥。

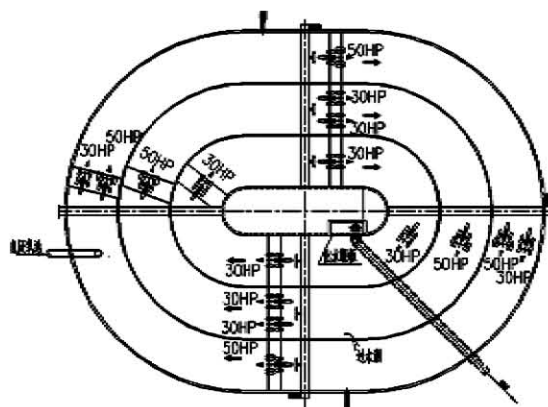


图 2 三沟道 Orbal 氧化沟表曝机布置

3 MLSS 的控制

3.1 MLSS 和 DO（溶解氧）关系

在曝气池中，活性污泥对有机物的氧化分解和其本身在内源代谢期的自氧化都是耗氧过程，这两部分需要的氧量由公式（1）求定^[8]：

$$O_2 = a'QSr + b'VX_e \quad (1)$$

由式（1），活性污泥需氧量 O_2 与 MLSS [X_e ：单位曝气池容积内挥发性悬浮固体（MLVSS）量和 MLSS 存在固定比率] 成正比，MLSS 增大，维持微生物生长所需要的溶解氧将增多，能耗增加。另曝气设备设计时存在最大负荷，当 MLSS 增大到一定程度后，超过曝气负荷，充氧能力急剧下降，造成丝状菌膨胀，处理能力将受到严重影响。氧化沟中的泥水混合物由内而外依次经过外沟、中沟和内沟，在内沟曝气设备开启数量一定的前提下，外沟、中沟的溶解氧水平对内沟有很大影响，内沟溶解氧可以反映整个系统的曝气水平。图 3 为污泥浓度和内沟溶解氧的关系。

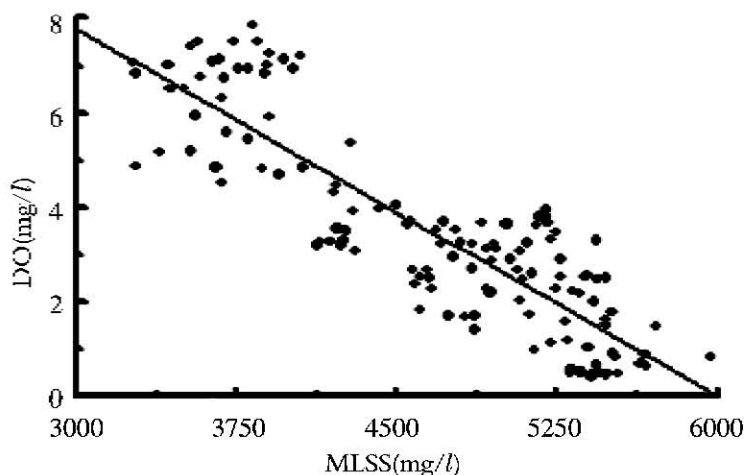


图 3 污泥浓度和内沟 DO 的关系

由图3, 开启曝气设备80% (其余为备用), $MLSS < 3000 \text{ mg/L}$ 时内沟溶解氧能达到 7 mg/L 左右; $MLSS > 5500 \text{ mg/L}$ 时, 即使开启全部曝气设备, 溶解氧很难达到 1 mg/L 以上, 污泥浓度和溶解氧之间在 $3000 \text{ mg/L} < MLSS < 5500 \text{ mg/L}$ 时近似反比例直线关系, 说明污泥浓度对充氧能力的影响非常大, 如系统控制高污泥浓度将形成巨大的能耗。且当 $MLSS > 5500 \text{ mg/L}$ 宏观环境下已形不成厌氧、缺氧、好氧同步脱氮除磷条件。另污泥浓度高污泥负荷低、污泥老化、出水中出现污泥絮体等问题。高污泥浓度时会造成能耗大, 系统脱氮除磷效果差等问题, 是不是要保持低 $MLSS$ 就好呢? 氧化沟系统处理污水是个复杂的过程, 污泥浓度的控制再兼顾能耗的前提下要同时考虑脱氮、除磷和有机物的去除效果。

3.2 $MLSS$ 和出水化学需氧量、氨氮、总磷关系

同样开启曝气设备80% (其余备用), 经过近5年的运行实际发现 Orbal 氧化沟系统对化学需氧量的去除效果很稳定, 污泥浓度保持在 3000 mg/L 以上, 正常曝气, 化学需氧量的去除率在90%以上。图4、图5反映了 $MLSS$ 和出水氨氮、总磷的关系。由图4, 当 $MLSS = 3500 \sim 5000 \text{ mg/L}$ 时, 氨氮的去除率较稳定, 当 $MLSS > 5500 \text{ mg/L}$ 时开始出现波动并随污泥浓度的提高而上升。Orbal 氧化沟外沟道占总池容的50%~55%, 绝大部分为厌氧区, 氧传递作用是在亏氧条件下进行的, 氧的传递效率较高, 完成80%以上的硝化和反硝化^[3]。外沟脱氮除磷是在没有明显厌氧、缺氧段内发生的, 这是因为菌胶团内部的溶解氧浓度梯度即微环境^[9-11]在起作用。如果保持高污泥浓度, 会造成供养不足 (与图3吻合), 菌胶团内部形不成溶解氧梯度, 造成脱氮除磷效果差, 内沟作为最终出水的保障环节, 最低应保持 $DO > 2 \text{ mg/L}$, 硝化、聚磷较彻底, 并能避免沉淀池反硝化和厌氧腐化的发生。另长期缺氧会造成丝状菌的肆意生长, 发生污泥膨胀, 影响出水效果。图5反映了总磷和内沟溶解氧的关系, 随着内沟溶解氧的增加出水总磷在上升, 磷的去除在耗氧阶段聚磷, 在厌氧段释磷, 厌氧池的绝对厌氧保障聚磷菌充分放磷, 氧化沟内沟溶解氧大, 回流污泥中溶解氧破坏了厌氧池的厌氧条件, 降低了磷的处理效果。为了保持较好的除磷效果和降低能耗, 应控制内沟的溶解氧水平, 由图5, DO 控制在 $1 \sim 3 \text{ mg/L}$ 为宜, 结合图1应保持 $MLSS$ 在 $3500 \sim 4500 \text{ mg/L}$ 。

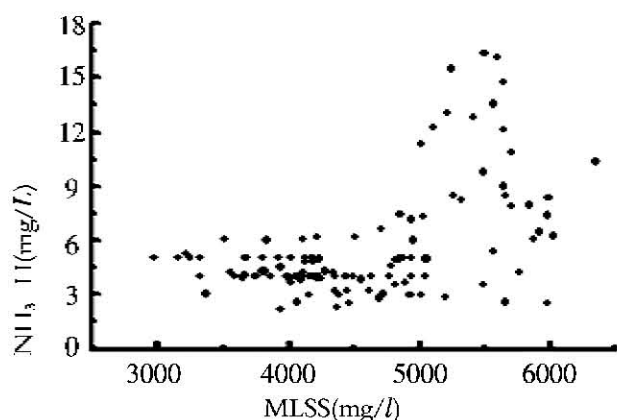


图4 污泥浓度和出水氨氮的关系

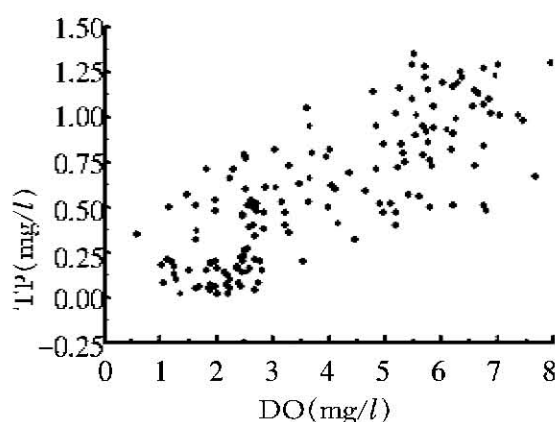


图5 内沟溶解氧和出水总磷的关系

3.3 $MLSS$ 控制和沟内水温关系

开启80%曝气设备 (其余备用), 图6为太平庄污水处理厂2012年1-11月沟内各天的平均水温。由图6, 沟内温差一年有 16°C 左右。因水温每降低 10°C , 活性污泥的活性将降低50%, 当水温低于 10°C 时, 处理效果明显不佳^[13]。所以在冬季水温偏低时要提高活性污泥的浓度, 以提高污染物的去除率。

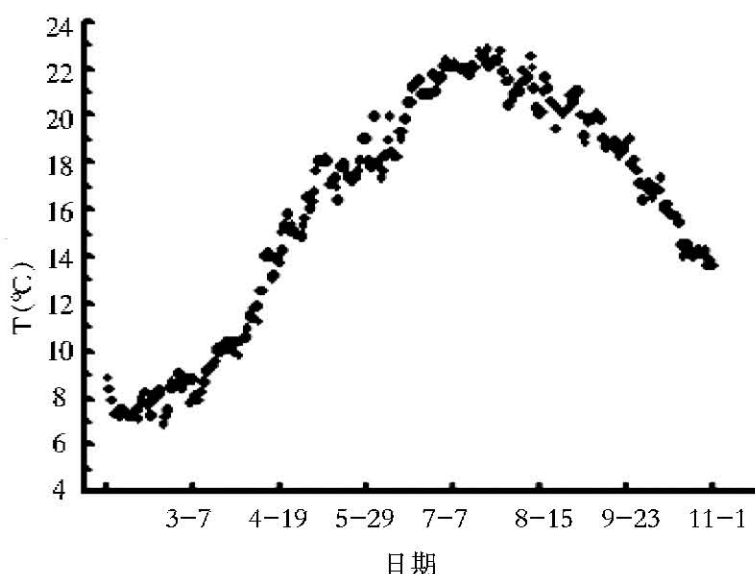


图6 氧化沟2012年1-11月各天的平均水温

MLSS 低时较少的曝气设备就能保证沟中溶解氧需求,节能效果好,但当 $MLSS < 3000\text{mg/L}$ 时, COD 去除率出现波动,抗冲击负荷能力下降,曝气设备的开启数量难以控制,经常出现曝气现象,出水中经常夹杂细小的污泥絮体,出水效果不理想。当 $MLSS > 5000\text{mg/L}$ 时,维持 DO 值需要较大的空气量,增加能耗,另受二沉池泥水分离能力限制,沉淀池泥水分离效果不理想;污泥老化、污泥负荷低等原因造成出水中出现污泥絮体;溶解氧低,脱氮效果变差。在实际运行中控制污泥浓度时要通盘考虑有机物稳定的去除率,脱氮除磷效果等因素。结合图3、图4、图5、图6,太平庄污水处理厂控制 MLSS 值,夏季 3500mg/L 左右,冬季 4000mg/L 左右。

3.4 氧化沟曝气节能分析

控制污泥浓度设计值 4500mg/L ,开启 80% 曝气设备,维持氧化沟溶解氧浓度外沟 0.2mg/L ,中沟 0.6mg/L ,内沟 2mg/L 。经过对 Orbal 氧化沟工艺参数及出水效果的综合优化分析,当污泥浓度控制在 $3500 \sim 4000\text{mg/L}$ 时,维持相同水平的溶解氧水平,需要开启 65% 的曝气设备,节能 15%,为全厂年节约电费 100 万元左右。

4 结论

MLSS 是影响充氧效率及污水的最终处理效果的关键因素,最终确定太平庄污水处理厂 MLSS 控制在 $3500 \sim 4000\text{mg/L}$,自运行以来 COD 去除率能达 90% 以上,出水 COD $< 60\text{mg/L}$,在 40mg/L 以下的出现频率在 80% 以上,氨氮和总磷的去除率都在 90% 以上,运行稳定且具有较突出的节能效果。

参考文献

- [1] 赵玉英.大同市西郊污水处理厂奥贝尔氧化沟工艺[J].山西建筑,2003,29(18):117-118.
- [2] 吴敬东.Orbal 氧化沟工艺在中小型污水处理厂的应用[J].中国资源综合利用,2010,28(12):45-47.
- [3] 黄崑,肖兰.氧化沟的脱氮除磷工艺应用评述[J].水资源保护,2004(1):6-8.
- [4] 路江涛,周少奇,曾焕斌,等.Orbal 氧化沟处理城市污水的效果分析[J].中国给水排水,2007,23(14):90-93.
- [5] 王淑贤.奥贝尔氧化沟工艺处理小城镇污水[J].中国资源综合利用,2008,26(5):41-43.
- [6] 刘斌,杨云龙.奥贝尔氧化沟在县城污水厂的应用[J].山西建筑,2012,38(11):126-127.
- [7] 赵云.污水处理厂 SV30 值持续较高的原因与控制措施[J].中国给水排水,2010,26(6):98-100.
- [8] 张自杰.排水工程(下册)[M].北京:中国建筑工业出版社,1996.
- [9] G. T. Daigger, H. X. Littleton (门晓欣). Orbal 氧化沟同时硝化/反硝化及生物除磷的机理研究[J].中国给水排

水,1999,15(3):1-7.

[10] Smith C. Increasing oxygen delivery in anoxic tanks to improve denitrification. In: Proceedings of the Water Environment Federation 69th Annual Conference & Exposition, 1996.

[11] Albertson O E, ughenour J. erated anoxic oxidation denitrification process. Journal of Environmental Engineering, 1995, 21: 20-726.

[12] Albertson O E, tensel H D. erated anoxic biological NdeN process. Water Science and Technology, 1994, 29 (7): 167-176.

[13] 张建丰. 活性污泥法工艺控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

以衡水湖为例浅析湿地对大气组分的调节功能

尹新明

(河北省衡水水文水资源勘测局)

摘要: 湿地是珍贵的自然资源,也是重要的生态系统,具有不可替代的综合功能。通过对衡水湖湿地年水汽蒸发量、林草系统水汽蒸发量、衡水湖湿地及周边地区负氧离子的监测值的对比分析,结果显示,湿地不仅可以提高周围地区空气湿度,减少土壤水分丧失,还可诱发降雨,增加地表和地下水资源。湿地内丰富的植物群落,能够吸收大量的二氧化碳气体,并放出氧气,增加负氧离子浓度。湿地中的一些植物还具有吸收空气中有害气体的功能,能有效调节大气组分。

关键词: 衡水湖;湿地;大气组分;调节功能

湿地指天然或人工形成的沼泽地等带有静止或流动水体的成片浅水区,还包括在低潮时水深不超过6m的水域。湿地是珍贵的自然资源,也是重要的生态系统,具有不可替代的综合功能。大面积的湿地,通过蒸腾作用能够产生大量水蒸气,不仅可以提高周围地区空气湿度,减少土壤水分丧失,还可诱发降雨,增加地表和地下水资源。据一些地方的调查,湿地周围的空气湿度比远离湿地地区的空气湿度要高5%~20%以上,降水量相对也多。湿地内丰富的植物群落,能够吸收大量的二氧化碳气体,并放出氧气,增加负氧离子浓度。湿地中的一些植物还具有吸收空气中有害气体的功能,能有效调节大气组分。

1 湿地对大气组分的调节作用

1.1 调节空气含水量及气候

经验公式确定:水面蒸发的过程是在外界热力、动力条件下水分子乱流扩散运动的过程,蒸发量就是水(或冰)体中的水分子从水面溢出和空气中水分子进入水体的通量之差。蒸发速度的大小是由水体吸(散)热的多少及近水面空气乱流扩散条件所决定的。通常表示为:

$$E = -\rho K \delta r / \delta z \quad (1)$$

式中: E ——蒸发量; ρ ——空气密度; K ——乱流交换强度; $\delta r / \delta z$ ——空气湿度梯度。

乱流交换强度 K 又是风速与温度梯度的函数,所以水面蒸发量与湿度梯度、温度梯度和风速有关。推求水面蒸发量的经验公式很多,诸如彭曼公式、道尔顿公式等,但由于所考虑气象参数较多,对于气象项目开展不全的地方应用受到限制,因此本次建立的经验公式为单因子公式。首先选取气温、湿度、风速、饱和差等气象因子,分别与水面蒸发量建立关系,发现其中以饱和差与水面蒸发量关系最为密切,相关系数均在0.92以上,因此建立如下公式:

$$E = 0.40 d^{1.058} \quad (2)$$

式中: d ——饱和差。

将公式(1-1)计算的蒸发量与实际蒸发量对照发现,其相对误差不大于10%。

由饱和差计算公式(1-2)可以看出,饱和差是温度、湿度、气压的函数,因此饱和差实际是蒸发各项相关因子的综合体现。故而以饱和差为参数建立的经验公式关系较好。

$$d = E - (E' - AP) \times (t - t') \quad (3)$$

式中: E ——干球温度 t 时的空气最大水汽张力; E' ——湿球温度 t' 时的空气饱和水汽张力; P ——气压; A ——湿度系数; t 、 t' ——干球温度和湿球温度。

以上经验公式可应用于无水面蒸发资料的地区,只要借助该地区附近气象站气象资料即可推求出本地区水面蒸发量。本次衡水湖水面蒸发量分析全部采用实测资料,同时列出用经验公式求出的蒸发量值作为对比。

1.2 调节负离子浓度

空气中负离子浓度是空气质量好坏的标志之一,被视为支撑宜居城市与宜居社区第一要素。

据气象监测结果显示,衡水湖湿地负氧离子含量在 $400 \sim 4600$ 个/ cm^3 ,不同天气状况、不同时次,负氧离子含量差异较大,存在如下规律:在天空状况相同的情况下,衡水湖北堤负氧离子含量最高,晴天情况下最高为 3400 个/ cm^3 ;荷花公园次之,晴天时最高为 1600 个/ cm^3 ;衡水湖老管委会附近最低,晴天时最高为 1000 个/ cm^3 。同一地点,一天当中早晨(6~7时)负氧离子含量最高,白天随时间推移逐渐降低,傍晚前后出现最低值。不同天气条件下,雨天负氧离子含量最高,如雨天北堤负氧离子含量最高达 4600 个/ cm^3 ,晴天和多云天气数据差别不大。

世界卫生组织公认,当空气中的负氧离子数量在 $1000 \sim 1500$ 个/ cm^3 时,就可以判定该处的空气质量为“空气清新”。我国空气负氧离子保健浓度分级评价标准共分为6级,其中,等级最高的6级标准是指空气负氧离子大于或等于 2100 个/ cm^3 。衡水湖北堤空气中的负氧离子含量已超过6级的最高标准,荷花公园也达到4~5级水平,负氧离子含量最低的老管委会附近也达到了2~3级水平。为加强对比,监测人员在市区永兴东路附近设点进行了短时间负氧离子监测,数据显示在晴天无风且周边有绿化植被的情况下该点空气中负氧离子含量仅为 $200 \sim 500$ 个/ cm^3 ,为1级水平。

2 衡水湖湿地对大气组分的调节作用分析

2.1 衡水湖湿地年水汽蒸发量

导致水体蒸发的一个重要因素是太阳辐射,蒸汽压(在给定的温度下湿度达到100%时的最大水汽压)也是一个基本变量,依赖于水温;风、气温和水质也会对蒸发量有影响。蒸发量是水平衡计算中的主要支出项,各种蒸发损失量的计算都是以水面蒸发观测资料为依据,先通过蒸发折算系数,将不同口径蒸发量观测值折算成国家规定标准蒸发器或天然水体的蒸发量,然后再进行天然大水体水面蒸发、陆面蒸发、潜水蒸发等项计算。

本次采用衡水湖附近的衡水实验站和冀州站两个站点2006—2010年共5年的水面蒸发资料进行计算。

2.2 水面蒸发量

选取衡水湖附近的衡水实验站和冀州站两个站点2006—2010年共5年的蒸发资料,利用标准的E-601蒸发器计算水面蒸发量,取两地蒸发量的均值作为衡水湖水面蒸发量。统计结果详见表1。由于衡水实验站设有代表大水体的 20m^2 蒸发池,若用其计算大水体水面蒸发量将更具代表性,因此本次将 20m^2 蒸发池蒸发数据一并列出作为对比。考虑到E-601蒸发器是国内标准的蒸发仪器,为了统一标准,此次仍以E-601蒸发器的观测值作为标准进行统计。

表1 衡水湖2006—2010年蒸发量对比及公式演算表

年份	项目	年内蒸发量和特征值(mm)												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2006	饱和差	1.1	2.3	7.1	9.9	11.4	16.8	10.0	6.4	7.0	3.3	2.1	1.9	
	E-601 蒸发量	25.9	24.7	100.8	153.1	160.9	167.5	121.9	105.2	97.0	51.2	34.4	20.1	1062.7
	20m^2 蒸发量	26.5	20.0	93.9	127.4	139.0	144.1	121.2	108.5	103.0	64.1	52.4	16.7	1016.8
	计算蒸发量	13.7	28.0	98.6	135.7	162.8	237.4	141.7	88.4	94.0	43.9	26.3	24.5	1095.0
2007	饱和差	1.1	1.3	6.5	7.6	12.3	13.2	9.6	6.3	6.0	4.5	2.5	1.9	
	E-601 蒸发量	24.1	16.2	120.4	118.5	145.3	130.0	112.4	97.0	87.8	65.5	38.4	27.7	983.3
	20m^2 蒸发量	31.0	14.7	103.7	102.3	135.9	126.7	117.3	106.1	99.5	70.5	71.3	80.4	1059.4
	计算蒸发量	13.7	14.8	89.8	102.6	176.4	184.0	135.7	86.9	79.9	60.9	31.6	24.5	1000.8

续 表

年份	项目	年内蒸发量和特征值(mm)												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2008	饱和差	2.6	3.1	4.8	6.4	7.7	11.6	9.2	4.9	5.4	6.0	3.9	1.0	
	E-601 蒸发量	24.1	45.6	99.0	123.6	126.2	156.8	132.8	125.9	104.2	84.2	44.2	20.1	1086.7
	20m ² 蒸发量	23.1	43.2	84.7	112.4	107.1	135.7	122.8	117.8	103.8	86.7	76.5	16.7	1030.5
	计算蒸发量	34.1	37.1	65.2	85.5	107.5	160.5	129.8	66.6	71.5	82.5	50.6	12.4	903.6
2009	饱和差	1.7	2.8	4.4	6.5	8.9	12.9	6.4	4.7	4.6	5.0	2.2	2.0	
	E-601 蒸发量	19.6	21.7	64.2	103.5	125.8	149.0	104.2	93.5	83.5	62.7	36.5	20.8	885.0
	20m ² 蒸发量	18.8	18.9	59.7	82.8	109.8	136.2	102.8	96.3	80.1	64.1	38.8	21.1	829.4
	计算蒸发量	21.7	33.3	59.5	86.9	125.3	179.5	88.4	63.8	60.3	68.1	27.6	25.8	840.2
2010	饱和差	2.4	4.0	5.3	7.3	10.0	9.6	7.7	5.3	5.3	6.0	3.4	1.3	
	E-601 蒸发量	28.4	53.0	95.4	136.9	137.6	122.4	118.3	95.6	84.7	71.4	41.5	17.9	1003.1
	20m ² 蒸发量	26.1	44.6	69.9	99.8	119.1	109.4	109.0	92.4	86.1	75.4	44.0	15.6	891.4
	计算蒸发量	31.3	50.3	72.4	98.3	141.7	131.3	107.5	72.4	70.1	82.5	43.8	16.4	918.0

由表1可以看出,衡水湖多年平均蒸发量为1004.2mm,最大年蒸发量出现在2008年,为1086.7mm;最小年蒸发量出现在2009年,为885.0mm。蒸发量年内变化规律是:多年平均最大月蒸发量出现在6月份,蒸发量为145.2mm,其次是5月份,蒸发量为139.2mm;多年平均最小月蒸发量出现在12月份,蒸发量为21.3mm,其次是1月份,蒸发量为24.4mm。

由于衡水湖蓄水量变化平缓,所以蒸发量的计算采用按月计算的方法。首先计算逐月平均水位,然后根据衡水湖水位—面积关系曲线查取平均水位相应水面面积,各月水面蒸发量与月水面平均面积的乘积即为当月衡水湖的蒸发损失量。衡水湖2006—2010年逐月水位、水面面积、E-601蒸发量及蒸发损失量见表2。从表中可以看出,衡水湖多年平均蒸发量为3137.6万m³,最大年蒸发损失量出现在2008年,为3381.3万m³;最小年蒸发损失量出现在2009年,为2764.2万m³。年蒸发损失量的最大值和最小值出现的年份与年水面蒸发量完全同步,这说明衡水湖在蓄水水位变化不大的情况下,蒸发损失量基本上取决于水面蒸发量的大小。

表2 衡水湖2006—2010年逐月蒸发量损失量统计表

年份	项目	年内特征值变化												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2006	平均水位(m)	20.0	20.2	19.9	19.6	19.4	19.1	19.9	20.6	20.4	20.4	20.4	20.4	
	水面面积(km ²)	31.4	31.4	31.3	31.0	30.6	29.9	31.3	32.0	31.8	31.8	31.8	31.8	
	蒸发量(mm)	25.9	24.7	100.8	153.1	160.9	167.5	121.9	105.2	97.0	51.2	34.4	20.1	1062.7
	蒸发损失(万m ³)	81.3	77.6	315.5	474.6	492.4	500.8	381.5	336.6	308.5	162.8	109.4	63.9	3304.9
2007	平均水位(m)	20.4	20.4	20.4	20.2	20.0	19.7	19.6	20.0	20.0	19.9	19.8	19.8	
	水面面积(km ²)	31.8	61.8	31.8	31.6	31.4	31.1	31.0	31.4	31.4	31.3	31.2	31.2	
	蒸发量(mm)	24.1	16.2	120.4	118.5	145.3	130.0	112.4	97.0	87.8	65.5	38.4	27.7	983.3
	蒸发损失(万m ³)	76.6	51.5	382.9	374.5	456.2	404.3	348.4	304.6	275.7	205.0	119.8	86.4	3085.9

续 表

年份	项目	年内特征值变化												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2008	平均水位 (m)	20.6	20.6	20.4	20.2	20.0	19.8	19.7	19.6	19.4	19.2	19.1	19.1	
	水面面积 (km ²)	32.0	32.0	31.8	31.6	31.4	31.2	31.1	31.0	30.6	30.1	29.8	29.9	
	蒸发量 (mm)	24.1	45.6	99.0	123.6	126.2	156.8	132.8	125.9	104.2	84.2	44.2	20.1	1086.7
	蒸发损失 (万 m ³)	77.1	145.9	314.8	390.4	396.3	489.2	413.0	390.3	318.9	253.4	131.7	60.1	3381.3
2009	平均水位 (m)	20.0	20.4	20.3	20.1	19.9	19.7	19.5	19.5	19.4	20.2	20.6	20.6	
	水面面积 (km ²)	31.4	31.8	31.7	31.5	31.3	31.1	30.9	30.8	30.6	31.6	32.0	32.0	
	蒸发量 (mm)	19.6	21.7	64.2	103.5	125.8	149.0	104.2	93.5	83.5	62.7	36.5	20.8	885.0
	蒸发损失 (万 m ³)	61.5	69.0	203.5	326.0	393.0	463.4	322.0	288.0	255.6	198.1	116.8	66.6	2764.2
2010	平均水位 (m)	20.6	20.5	20.5	20.3	20.1	19.9	19.9	19.8	19.6	19.5	19.5	20.4	
	水面面积 (km ²)	32.0	31.9	31.9	31.7	31.5	31.3	31.3	31.2	31.0	30.9	30.9	31.8	
	蒸发量 (mm)	28.4	53.0	95.4	136.9	137.6	122.4	118.3	95.6	84.7	71.4	41.5	17.9	1003.1
	蒸发损失 (万 m ³)	90.9	169.1	304.3	434.0	433.4	383.1	370.3	298.3	262.6	220.6	128.2	56.9	3151.7

2.3 衡水湖林草系统年水汽蒸腾量

生态系统的—个主要特征就是能够通过生产者有机体生产有机物质和固定太阳能,为系统的其他成分和生产者本身所利用,维持生态系统的正常运转。由于绿色植物是有机物质的最初制造者,而植物物质是能量的最初和最基本的储存者,所以绿色植物被称为生态系统的初级生产者。其生产量称为初级生产量。植物在地表单位面积和单位时间内经光合作用生产的有机物质数量叫做总初级生产量,通常以有机物的 g/(cm²·a)或用能量 t/(hm²·a)表示。

可是总初级生产量并未全部积存下来,植物通过呼吸作用分解和消耗了其中一部分有机物质和包含的能量,剩余部分才用于积累,并形成各种组织和器官。绿色植物在呼吸之后剩余的这部分有机物质的数量叫做净初级生产量。即净初级生产量等于总初级生产量减去植物呼吸消耗量。只有净初级生产量才有可能被人或其他动物所利用。

净初级生产量日积月累,到任一观测时刻为止,单位面积上积存的有机物质的数量是为植物生物量。但这也只是理论上的数值,实际上在植物生物量的积累过程中,一部分净生产量被动物所食,一部分已被分解者腐烂,余下的只是其中的一部分,这部分有机物质称做现存量,它比生物量小。

通过实际调查,衡水湖林草和耕地面积为 202.09km² (不包括水面面积和居民生活区),参考根据有关资料,确定研究区内不同生态系统的净初级生产量。根据上述资料,可计算出衡水湖林草生态系统的年干物质产量,计算公式为:

$$P_f = \sum_{i=1}^n S_i \times NPP_i \quad (1-4)$$

式中: P_f ——研究区林草生态系统净初级生产量, t/(hm²·a); S_i ——第 i 类林草生态系统面积, hm²; NPP_i ——第 i 类生态系统净初级生产力指数, t/(hm²·a)。

将调查数据及相关指标带入公式,可计算出衡水湖林草生态系统年净初级生产量为 132899t。计算结果见表 3。

表 3 衡水湖实验区内林草面积土地利用结构

序号	分类	面积 (hm ²)	初级生产量 [t/(hm ² ·a)]	合计 (t/a)
1	裸地	5117	15	7 6755
2	耕地	8323	60	499 380
3	果园	618	77.10	47 648
4	林地	1538	86.41	132 899
5	湿地植被	2413	128	308 864
6	蒲草	437	70	30 590
7	芦苇	1763	225	396 675
		20209		1 492 811

林草生态系统年净初级生产量乘以该区平均蒸腾系数,即为该区林草生态系统年水汽蒸腾量。根据有关资料,干旱区林草地蒸腾系数平均值为 278,据此可计算出衡水湖林草生态系统年水汽蒸腾量为 3694.6 万 m³。

湖泊湿地由于下垫面为保护水土壤或自由水面,其性质明显不同于周围区域,具有水汽蒸发充分和容量大的特点,从而形成独特的局地气候,表现出明显的“湖泊效应”。通过对衡水湖蒸发量和蒸腾量计算,衡水湖多年平均蒸发量为 3137.6 万 m³,林草地年水汽蒸腾量为 3694.6 万 m³。湿地具有明显的增湿调温的重要生态功能。

3 结论

通过对衡水湖湿地年水汽蒸发量、林草系统水汽蒸发量、衡水湖湿地及周边地区负氧离子的监测值的对比分析,结果显示,湿地有助于调节区域小气候,优化自然环境,对减少风沙干旱等自然灾害十分有利。在湿地中生存的大量植被,利用光合作用释放出大量氧气,提高了空气中负氧离子浓度。湿地还可以通过水生植物的作用,以及化学、生物过程,吸收、固定、转化土壤和水中营养物质含量,降解有毒和污染物质,净化水体,消减环境污染的重要作用。另外,湿地在调蓄水量、防洪抗旱、物产资源等领域也发挥着重要作用。

参考文献

- [1] 乔光建. 区域水文水资源问题研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
- [2] 张彦增,尹俊岭,崔希东,等. 衡水湖湿地保护与环境功能研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2006.
- [3] 方子云. 水资源保护工作手册[M]. 南京:河海大学出版社, 1998.
- [4] 衡水气象局. 衡水湖开展负氧离子监测[N]. [EB/OL]. http://www.chinadaily.com.cn/hqgj/jryw/2013-08-30/content_10001045.html.