

我国农村水污染现状及其处理技术分析

闵宗谱, 陈强, 梁定超, 周迪, 田帅, 董姗燕* (江西理工大学, 江西赣州 341000)

摘要 介绍了我国农村污水的主要来源、特点及处理现状, 分析了国内外几种常见的农村污水处理工艺的技术特点和应用状况, 同时提出了农村水污染防治对策。

关键词 农村水污染; 水污染现状; 水处理技术; 防治对策

中图分类号 S181.3; X52 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)29-0051-04

Analysis on the Status Quo of Water Pollution and Its Treatment Technology in Rural Areas of China

MIN Zong-pu, CHEN Qiang, LIANG Ding-chao, DONG Shan-yan* et al (Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000)

Abstract This article introduced the main sources, the characteristics and the status quo of rural wastewater in detail, analyzed the technical characteristics and application status of rural wastewater treatment processes at home and abroad, put forward the countermeasures of prevention and control of rural water pollution.

Key words Rural water pollution; Water pollution status; Wastewater treatment technology; Prevention and control countermeasures

改革开放以来,随着我国城镇整体经济的不断发展,农村地区水资源污染越来越严重,水环境状况越来越恶化,大部分水源中氨氮、总磷、化学需氧量、大肠杆菌、重金属等指标均存在不同程度的超标。农村水环境污染直接危害农民的生产、生活,其不仅导致农村地区居民的基本饮用水安全无法得到保障,而且还影响农业的可持续发展,进而增加粮食与食品安全风险隐患。近年来,国家对城市郊区和广大农村地区的水污染治理越来越重视。2015年4月16日国务院发布了《水污染防治行动计划》,其中农村水污染防治是“十三五”水环境保护和生态发展的重要内容。防治农村水污染既是建设美丽乡村的迫切需要,又是提升城乡居民生活质量的重要保障。基于此,笔者对我国农村水污染现状及其处理技术研究进行阐述,以期为我国农村水污染防治提供参考。

1 我国农村水污染主要来源

据统计,我国目前有6.18亿农村人口,农村每年产生的污水量约9亿t^[1]。然而,绝大部分农村地区还没有相应的污水收集处理系统,污水处理率普遍较低,与城市污水近90%的处理率形成强烈反差。我国农村地区水环境污染的特点主要表现在点源污染与面源污染共存,生活污染和工业污染叠加,污染源种类多、分布广、数量大,污染物的监测、管理及污染控制复杂。

1.1 农业面源污染 据环保部2012年《全国环境统计公报》统计,我国全年农业源化学需氧量排放量1153.8万t,占化学需氧量总排放量的47.6%;农业源氨氮排放量80.6万t,占氨氮总排放量的31.8%,农业源污染占到全国的30%以上,对水体污染严重。根据《中国环境统计年鉴2014》统计,我国农业每年使用的化肥量已经超过5000万t,农药的使用量逾120万t,且有逐年大幅增加的趋势。然而,我国化肥的利用率却仅为30%~40%,绝大部分通过地表径流、灌溉、渗

漏、挥发等途径流失至土壤及水体中;农药也仅有10%~20%附着在植株上,大部分都洒落在土壤或飘落在大气中。农药和化肥中含有大量的氮、磷元素,经雨水冲刷等作用进入水体之后,往往会引起地表水体富营养化,进而导致水环境恶化;此外,随着氮肥的过度使用,过量的硝态氮经过淋洗、径流和渗透的作用进入水体中,造成了富营养化等严重的水环境污染问题^[2]。

1.2 工业废水污染 我国工业废水污染现象严重,目前全国500多条主要河流中有80%以上受到不同程度污染,这主要是由于工业废水排放所致。近年来,随着我国经济水平的提高和人们环境保护意识的加强,大批落后、高污染的工业企业转移至农村,这些企业在迁移过程中并未对落后的生产设施、技术进行更换和升级,产生的大量难以处理的污染废水、废物等对周边的河流造成了严重污染;其次,我国乡镇企业在改革开放后超常规发展,虽然这些企业很好地解决了农村剩余劳动力问题、增加了农民收入,但由于企业数量过多、自身技术落后、设备简陋、能源利用率低,绝大部分乡镇企业都没有有效的污染防治措施,污染物排放数量庞大。乡镇周边工业污染主要集中在造纸、印染、电镀、化工、冶炼、矿产、建材等行业,这些企业生产过程中产生的废水未经处理或处理不当就排向河沟、水库和农田,大量杂乱堆放的工业固体废物、生活垃圾又对地表水和地下水产生了二次污染。王学渊等^[3]在浙江省杭州市萧山区南阳镇坞里村进行实地调查,系统分析了工业污染对农村可持续发展的具体影响,结果表明大量的工业污染使得农村水环境遭受破坏,乡村农民的生计、健康亦遭受很大损害。

1.3 生活污水及废弃物污染 最近几年,农村的环境保护力度略有加强,但困于农村居住地分散、难以集中式处理生活污水,再加上农村经济、技术相对薄弱,因此农村生活污水的处理依旧是个大难题。根据1项对太湖周边农村生活污水排放的调查显示^[4]:生活污水中就近排放至河流中的污水量约占总生活污水量的41.8%,由下水道间接排入水体中的约占33.8%,洒落在地面的约占14.4%,这表明绝大部分的

基金项目 江西省大学生创新创业教育计划项目(201410407025)。
作者简介 闵宗谱(1995-),男,江西奉新人,本科生,专业:给排水科学与工程。*通讯作者,博士,从事水污染防治技术研究。
收稿日期 2016-08-26

生活污水被直接或间接排入水体中。通过对附近河流水质的分析测试发现,农村生活污水及地面径流中的氮、磷对水体污染的贡献率分别达 29% 和 34%,农村生活污水已成为当地水环境污染的主要污染源。同时,生活垃圾的不当处理对水环境也有严重的破坏,比如塑料制品的使用给人们带来轻便享受的同时也带来了“白色污染”。有研究表明,我国塑料制品在 2014 年的产量高达 7 387.78 万 t,且该数字还呈逐年增长的趋势^[5]。这些数量庞大的塑料制品在使用之后难以降解,主要用填埋方式处理,而在农村,这些废弃物或被焚烧、或弃于河边、或聚集成小型垃圾堆。堆放的垃圾经长时间堆放会产生大量的酸性或碱性有机污染物,同时垃圾中的重金属也被溶解出来,形成垃圾渗滤液,这些渗滤液中的金属离子和氨氮含量非常高,且其中的一些有机污染物可直接或间接致癌,而被焚烧的垃圾也残留大量的有毒有害物质;在雨水的辅助作用下,这些污染物进入农村周边环境,渗入地下水或流入周围河流,导致农村居民生活和生产用水受到严重污染。

1.4 畜禽养殖污染 伴随着人们生活水平的逐渐提升,人们对生活品质的要求也逐渐提高,其中表现最为明显的是人们对肉、蛋、奶等畜禽类产品需求的增加,这在一定程度上促进了农村畜禽业的规模化养殖,由此也带来了畜禽粪便污水和废弃物的排放处理及污染问题。畜禽养殖粪便及污水中含有大量的化学需氧量、氮、磷等物质,排入水体后,使水生生物过度繁殖、溶解氧含量急剧下降,导致水体富营养化,直接威胁水环境质量和生态安全。全国第 1 次污水普查结果显示,养殖场配备粪污存储池等基本治污设施的企业占比不足 20%,养殖废弃物随处堆放,粪污污染突出^[6]。

2 农村污水处理现状及处理技术分析

农村地区由于其自身地理、经济、生活方式等方面的约束,使得农村在收集和处理污水方面与城市有着显著的区别。相对于城市较为完善的排水设施和处理设施而言,大部分农村地区还没有污水收集处理系统。据统计,目前全国农村地区平均污水处理率不足 10%,仅少数发达省市的农村污水处理事业取得一定成果,除北京、天津、上海、江苏、浙江、广东等少数发达省市对农村生活污水进行处理的村比例可达到 10% 左右(上海达到 43%,为全国最高)外,其他大部分省份地区还未全面铺开,只是在部分村镇进行了试点工程。

农村人口规模小、居住密度低,生活污染源分散,集中治理存在较大难度,因此适宜采用分散处理方式。农村污水处理应采用符合当地实际情况、能耗低、易于管理和维护的技术。由于农村污水的主要污染物为化学需氧量、氨氮、总磷等物质,因此目前我国农村地区的污水适宜采用自然生态处理方法,如人工湿地技术、稳定塘法、土地快速渗滤法等。此外,还有以厌氧发酵为核心的生物处理技术,常用的有生活污水净化沼气池及埋地式无动力生活污水处理装置等。这些处理方法可以单独使用,也可以根据需要将与其他工艺结合在一起使用,以提高污水处理的出水水质。

2.1 人工湿地处理技术 人工湿地处理技术是利用人工水

生态系统中湿地复杂的物理、化学和生物综合功能净化污水。人工湿地内部组成主要包括基质、植物、水、动物和微生物。其中,基质又称填料,是人工湿地中植物和微生物生长的载体,基质表面生物膜和微生物共同作用去除废水中的污染物。污水在系统中经滤料过滤、污泥吸附、水塘沉淀、植物吸收及微生物降解等作用得到净化。人工湿地处理技术被认为是控制面源污染的 1 种成本不高、效果显著的方法,其造价和运行费用远远低于活性污泥处理及生物吸附氧化技术。针对农村生活污水与农田灌溉水混合后具有流量大且污染程度低这一特点,人工湿地处理技术是 1 种适宜的污水处理方法。但是,人工湿地受温度、气候等自然因素的影响较大,不利环境对人工湿地处理效果会有很大影响。为了提升污水处理稳定性或提高出水水质,近年来出现了多种人工湿地组合工艺,主要工艺类型见表 1^[7]。这些工艺具有良好的处理效果且运行稳定,如任珊珊等^[8]运用厌氧-人工潜流湿地技术对农村污水处理进行研究,结果表明处理后的污水化学需氧量、五日生化需氧量、固体悬浮物和总磷的平均去除率分别为 71.7%、88.7%、83.5%、73.8% 和 88.2%,出水水质可以达到国家《污水综合排放标准》(GB8978—1996)一级标准;张跃峰等^[9]采用组合基质人工湿地和煤渣基质人工湿地进行农村污水脱氮性能的研究,结果表明氨氮和总氮的去除率均 > 70%,说明人工湿地处理技术具有良好的脱氮效果。

表 1 人工湿地组合工艺及其特点

Table 1 Combined process of constructed wetland and its characteristics

编号 No.	工艺 Technique	特点 Features
①	A/O + 人工湿地工艺	处理效率相对稳定
②	厌氧(水解酸化)-潜流人工湿地	对污水进行厌氧(水解酸化)可以改善污水可生化性
③	脉冲多层生物滤池-人工湿地	人工湿地类型既可为水平潜流,又可为垂直潜流,或二者相结合
④	升流式厌氧生物滤池与温室型人工湿地组合工艺	解决了人工湿地冬季处理效果不佳的问题

2.2 稳定塘处理技术 稳定塘处理技术是指通过人工将土地进行适当的修整,并设围堤和防渗层形成的纳污池塘,污水在太阳能的推动下进行微生物降解等多条食物链的物质迁移,同时通过有机颗粒沉降和截滤作用实现对污水的净化功能。常规的稳定塘工艺流程如图 1 所示,其中厌氧塘作为预处理反应塘,可以起到沉淀进水中悬浮物、分解水中大分子有机物、提高水的可生化性等作用;好氧塘处理有机物能力显著,水力停留时间一般在 10~40 d,生化需氧量去除率高。冬季提高水力停留时间、增加曝气量,依旧可以有效地保证出水达标^[10]。

稳定塘工艺具有能耗少、管理方便等优点,同时也存在许多难点,如积泥严重、占地面积大、散发恶臭等。美国加州大学伯克利分校的 Oswald 教授提出 1 种改进技术——高效藻类塘技术^[11],他通过引入藻类并对藻类进行强化增殖来为微生物提供氧气,产生对微生物生长繁殖有利的环境,形



图1 稳定塘工艺流程

Fig. 1 Technological process of stabilization pond

成紧密的藻-菌共生体系,同时提供一定的物化条件(如光照、搅拌等),从而达到对有机物、氮、磷及病原体的有效去除。高效藻类塘处理技术在我国农村已有运用,有关研究表明,水力停留时间为8 d的条件下,高效藻类塘技术对农村污水中化学需氧量、氨氮、总磷的平均去除率分别为70%、93%、50%,对污水中氨氮的去除率可达90%^[12]。

2.3 污水土地处理系统 污水土地处理系统是将污水投配到土地上,并在人工控制的情况下,通过土壤和植物共同作用,发生一系列复杂的物理、化学及生物反应,从而使污水得到净化的1种污水处理工艺。土地处理系统同样具有投资少、运行费用低等优点,而且污水在被处理的过程中,也使得能量进行了生物间的循环,是实现污水资源化的重要措施。污水土地处理系统具有净化污水、绿化大地、节约资源、建立良好环境的综合效果。污水土地处理系统的缺点主要在于其占地面积相对较大、对土质有一定的要求等。我国研究和应用较多的污水土地处理系统有污水快速渗滤处理系统、污水慢速渗滤处理系统、污水地表漫流处理系统等。近年来的研究表明,人工快速渗滤处理系统对城市污水具有较高的去除率。张俊等^[13]对上海市宝山区顾村镇某村工程进行研究,结果表明采用土地渗滤处理工艺并结合一体化生物接触氧化装置处理系统出水水质一般可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级B标准,对主要污染物去除率在80%以上。张博等^[14]通过人工快速渗滤工艺处理小城镇生活污水发现,污水土地处理系统适合农村地区污水的处理,尤其适合土质通透性能好、水力负荷大、地下水位深、有废弃土地资源的村镇。

2.4 厌氧发酵法 厌氧发酵法是利用重力沉降和沼气发酵原理对粪便等污染物进行沉淀并消解的污水处理技术。粪便等有机污染物通过厌氧消化过程,使有机物分解,易降解的有机物转化成稳定的污泥,从而有效地使污水得到净化。常见的主要设备包括化粪池、埋地式无动力污水处理设施、有动力小型污水处理设施。由于其投资省、造价合理,容易被村民接受。其中化粪池在我国应用十分广泛。卫生部2011年公布的《中国卫生统计提要》资料显示,2011年全国卫生厕所普及率达69.2%。化粪池通常借助生活污水排放的自然冲力驱动污水走完处理流程,不消耗额外的动力,适用于水冲式厕所产生的高浓度粪便污水及家庭圈养禽畜产生的粪尿污水的预处理。化粪池工艺简单,几乎不耗能且无需专人管理,水力停留时间通常>24 h,对悬浮物、寄生虫卵的去除率可超过98%,处理后的污水通常可达二级排放标准。卢旭珍等^[15]将使用了沼气池的村庄与其他村庄进行对比,发现前者具有更好的饮用水水质,这表明沼气发酵法具有良好的水环境保护效应。

3 农村水污染防治的对策分析

3.1 发展生态农业,减少污染物排放 我国是农业大国,2015年我国粮食产量已达6.21亿t,然而在另一方面也表明了农业生产所需——农药和化肥的使用量惊人。由农药、化肥产生的面源污染对水环境的破坏性极大,因此在农业生产方面,可以运用成熟的技术,合理施用化肥及喷洒农药,提高农药、化肥的利用率,减少农药、化肥的使用量,同时以政府为主导,研发新型高产、高抗性农作物,从根源上减少农药、化肥的用量。与此同时,农村畜牧业发展产生的畜禽粪便也因规模化养殖对水环境产生很大影响,因此可以通过合理规划,将畜牧业与农业二者有机结合,大力推广生态种植、生态养殖,多利用有机肥,发展农业和畜牧业相结合的生态产业。

3.2 合理布局,加强工业污染控制 随着我国工业化进程的加快以及乡镇企业的快速发展,大量的工业污染源不断地涌入农村。在这种情况下,应该正确处理好环境和经济发展,提高环境价值理念,将环境保护作为首要考虑的价值理念。一方面,需要加强乡镇地区工业的统筹规划、合理布局、科学管理,提高乡镇地区环境保护准入门槛,防止污染工业向乡镇地区转移;另一方面,需强化企业责任,督促企业遵守污染物控制的相关规定,将环境责任落实到生产经营的各个环节,严格要求企业提高其污染控制能力,使企业确定长期的可持续发展目标。

3.3 因地制宜,选择合适的污水处理技术 做到农村污水达标排放的关键是建设投资省、运行管理方便、运行费用低的污水处理技术。农村污水处理不能延用和照搬大、中型规模的城市污水处理工艺及设计参数,应根据农村具体现状、特点、风俗习惯及自然、经济与社会条件,因地制宜地进行工艺选择。农村污水处理技术应遵循经济、高效、节能和简便易行的原则,与当地的生态农业相结合,使污水处理成为生态农业的1个组成部分,形成污水回用与再利用的生态农业模式,实现污水的无害化和资源化。

3.4 加强环境保护宣传教育,提高居民环境保护意识 由于农村居民知识水平普遍不高,且受教育水平较低,其环境保护意识淡薄,这给农村污水处理带来了很大的困难。农村环境建设维护的主体是农村居民,只有得到居民的支持与认可,农村污水处理才能有效地运行下去,所以,我们应该大力宣传环境保护知识,提高居民的环境保护意识,让村民参与到水资源环境的保护之中,让环境保护的理念深入人心,共同建设生态文明的美丽农村。

4 结语

综上所述,农村经济取得显著成效的同时也带来了农村生态环境的破坏。针对我国农村地区水环境污染日益恶化的现状,我们应尽快采取各种有效的措施。农村地区人口分布较分散,因此宜采用运行成本低、规模较小的分散式污水处理技术。通过对人工湿地处理技术、稳定塘处理技术、污水土地处理技术和厌氧发酵法的分析可知,分散式污水处理技术各有其优点与缺点,因此对于不同技术的取舍,应该针对当前农村的自身情况,在实际运用中科学设计、优化组合,

以达到稳定的处理效果。同时还需要相关部门从实际情况入手,严格落实各项政策,积极发展新形势下农村的生态环境保护,努力实现农村生态环境持续健康的发展。

参考文献

- [1] 徐小丽. 有关我国农村污水的现状和处理对策分析[J]. 低碳世界, 2015(4): 3-4.
- [2] 陆宇燕, 李丕鹏. 氮肥污染的危害[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2014, 32(1): 1-5.
- [3] 王学渊, 何佩佩, 王玲玲, 等. 工业污染对农村可持续发展的影响分析: 以杭州萧山南阳镇坞里村为例[J]. 农村经济与科技, 2012, 23(10): 18-22.
- [4] 孙瑞敏. 我国农村生活污水排水现状分析[J]. 能源与环境, 2010(5): 33-34.
- [5] 中国塑料加工工业协会. 中国塑料工业(2014)[J]. 中国塑料, 2015, 29(5): 1-4.
- [6] 中华人民共和国环境保护部, 中华人民共和国统计局, 中华人民共和国农业部. 第一次全国污染源普查公报[R]. 2010-02-06.

- [7] 孙红杰, 杨少华, 崔玉波, 等. 人工湿地在农村生活污水处理中的应用[J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(3): 328-333.
- [8] 任珊珊, 薛帅征, 崔朝峰, 等. 厌氧-人工潜流型湿地技术处理农村生活污水[J]. 给水排水, 2013(S1): 155-158.
- [9] 张跃峰, 刘慎坦, 谢祥峰, 等. 人工湿地处理农村生活污水的脱氮影响因素[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2011, 32(4): 487-491.
- [10] 徐康宁, 汪诚文, 刘巍, 等. 稳定塘运行管理中的中试研究[J]. 给水排水, 2009, 35(S1): 168-171.
- [11] GÓMEZ E, CASELLAS C, PICOT B, et al. Ammonia elimination processes in stabilisation and high-rate algal pond systems[J]. Wat Sci Tech, 1995, 31(12): 303-312.
- [12] 李旭东, 周琪, 黄翔峰, 等. 高效藻类塘系统处理太湖地区农村生活污水[J]. 水处理技术, 2006, 32(6): 61-64.
- [13] 张俊, 周航, 赵自玲, 等. 一体式生物接触氧化/土地渗滤系统处理农村污水[J]. 给水排水, 2012, 28(24): 57-59.
- [14] 张博, 雷志斌. 人工快渗工艺处理小城镇生活污水: 以重庆大足县某镇为例[J]. 河南科学, 2012, 30(10): 1521-1524.
- [15] 卢旭珍, 邱凌, 王兰英. 发展沼气对环境和生态的贡献[J]. 可再生能源, 2003(6): 50-52.

(上接第9页)

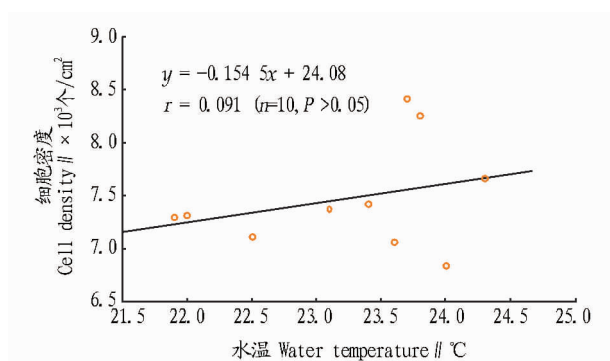


图6 小车河硅藻细胞密度与水温的关系

Fig. 6 Relationship between diatom cell abundance and water temperature in Xiaoche River

3 结论

小车河共鉴定出底栖硅藻2纲9科22属131种(包括亚种和变种)。从上游到下游,各采样点之间底栖硅藻的主要属差别不大,但优势种差别较大,且相对丰度也不相同。从种类组成及优势种来看,上游水质好,中、下游受人类活动影响较大,水质较差。小环藻和舟型藻是种类较多的属,硅藻的细胞密度受总磷含量的影响明显。为了更好地保护小车河和南明河,政府与环保部门应对该河段加强监测和治理力度。

参考文献

- [1] CHATHÁIN B N, HARRINGTON T J. Benthic diatoms of the river deel: Diversity and community structure[J]. Biol and Environ, 2008, 108(1): 29-42.
- [2] STEVENSON R J, PAN Y, DAM H V, et al. Assessing ecological conditions in rivers and streams with diatoms[M]. London: Cambridge University, 1999: 11-20.

- [3] LARSEN J. Recent changes in diatom-inferred pH, heavy metals, and spheroidal carbonaceous particles in lake sediments near an oil refinery at Mongstad, Western Norway[J]. Journal of paleolimnology, 2000, 23(4): 343-363.
- [4] POTAPOVA M G, CHARLES D F. Benthic diatoms in USA rivers: Distributions along spatial and environmental gradients[J]. Journal of biogeography, 2002, 29(2): 167-187.
- [5] ELSTER J, SECKBACH J, VINCENT M F, et al. Algae and extreme environments: Ecology and physiology[M]. Berlin: Nova Hedwigia, 2002: 602-648.
- [6] WHITTON B A, ROTT E. Use of algae for monitoring rivers II[M]. Innsbruck: University Innsbruck, 1996: 176-185.
- [7] STEINBERG C, SCHIEFELE C. Biological indication of trophy and pollution of running waters[J]. Z. Wasser-Abwasser Forsch, 1988, 21(6): 227-234.
- [8] 孙翠翠, 支崇远, 张伟, 等. 舞阳河硅藻生物的多样性[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 319-323.
- [9] TAYLOR J C, VAN VUUREN M S J, PIETERSE A J H. The application and testing of diatom-based indices in the Vaal and Wilge Rivers, South Africa[J]. Water SA, 2007, 33(1): 51-60.
- [10] 支崇远. 硅藻与环境: 东海南部边缘硅藻与古环境[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 1-8.
- [11] 蔡庆华, 孙志禹. 三峡水库水环境与水生态研究的进展与展望[J]. 湖泊科学, 2012, 24(2): 169-177.
- [12] 吴组成, 沈学优, 官宝红, 等. 环境监测[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 33-35.
- [13] 孙成. 环境监测实验[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 277.
- [14] 董旭辉, 羊向东, 王荣. 长江中下游地区湖泊富营养化的硅藻指示性属种[J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 570-574.
- [15] BELLINGER B J, COCQUYT C, O'REILLY C M. Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams[J]. Hydrobiologia, 2006, 537(1): 75-87.
- [16] STENGER-KOVÁCS C, BUCZKÓ K, HAJNAL É, et al. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary[J]. Hydrobiologia, 2007, 589(1): 141-154.
- [17] 刘世民, 刘岩, 王长祥. 氢化发生原子吸收法测定海产品中的微量砷[J]. 食品工业科技, 2005, 26(2): 189-190.