

城郊地表水环境非点源污染分析及研究进展

张德刚^{1,2}, 陈永川¹, 汤利¹

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 红河学院理学院, 云南 蒙自 661100)

摘要:结合滇池流域城郊非点源污染状况,从污染物来源和特点出发,对目前研究较多的城市非点源污染和农业非点源污染进行了详细分类和系统归纳,综述了国内外研究现状,展望了滇池流域城郊非点源污染治理的重点方向。现有研究表明,目前城郊结合地区经济发展迅速,污染控制管理相对落后,两种非点源污染同时存在,建议重视该类地区的污染治理,加强污染监督控制管理。

关键词:城郊结合地区;城市非点源污染;农业非点源污染;滇池流域

中图分类号: X501 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-2009(2008)04-0018-06

Analysis and Research Progress on Outskirts of a City Non-point Source Pollution

ZHANG De-gang^{1,2}, CHEN Yong-chuan¹, TANG Li¹

(1. College of Resources and Environmental Science, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; 2. College of Science, University of HongHe, Mengzi, Yunnan 661100, China)

Abstract: The research progress at home and abroad was presented to show the way of Dianchi Lake non-point source pollution treatment from source of pollutants and its characteristics according to the current study of urban and agricultural non-point source pollution in detailed classification and summarization. Existing research showed that the current suburban areas were relatively fall behind to their rapid economic development in pollution control and management. The two non-point source pollution existed at the same time to suggest pollution control in those areas as well as to strengthen pollution supervision, control and management.

Key words: Urban-suburb area; Urban non-point source pollution; Agricultural non-point source pollution; Dianchi lake

近年来,随着城市化进程和郊区农村集约化种植生产的快速发展,城郊结合地区的污染加剧,成为一些流域水环境污染的重要影响因子^[1]。城郊集约化种植农业非点源污染严重,新建城区流动人口多,居民环保意识落后,城镇排水管网建设滞后,具有城市非点源污染和农业非点源污染。今结合滇池流域城郊非点源污染状况,对国内外城市非点源污染和农业非点源污染研究现状作系统阐述,并对滇池流域城郊非点源污染治理的重点方向进行了展望。

1 城郊非点源污染分析

1.1 城市非点源污染

1.1.1 城市非点源污染的定义

城市非点源污染指城市降雨径流淋洗与冲刷大气和水面各种污染物引起的受纳水体的污染,是城市水环境污染的重要因素^[2]。也有人采用城市降雨径流污染、城市雨水径流污染、城市降水径流污染、城市地表径流污染的概念^[3-4],实际上它们都是城市非点源污染最主要的表现形式,常被称为狭义的城市非点源污染。

收稿日期: 2007-04-11; 修订日期: 2008-05-15

基金项目: 国家高技术研究发展“八六三”计划基金资助项目
(2005AA601010-02-5-03)

作者简介: 张德刚(1977—),男,云南石屏人,讲师,硕士,主要从事植物营养与环境研究。

1.1.2 城市非点源污染物的来源

一般城市非点源污染物主要来自 3 个方面: 浮尘、地表污染物及管道底泥。浮尘对降水径流污染的贡献, 主要是降水淋洗浮于空中的污染物。降水污染物含量由背景值和降水通过大气引起的湿沉降两部分组成。湿沉降指大气中的粉尘、烟尘、有毒物质等在降水的冲洗作用下, 一部分直接降落到水体表面, 另一部分随地表径流进入受纳水体, 从而造成水环境非点源污染^[4]。城市非点源污染物主要来自降雨对城市地表的冲刷, 因而地表污染物是其最主要来源。城市地表以建筑与道路不透水面为主, 也包括公园、绿地等透水地面。下水道输送系统对水质污染的影响, 主要是沉积池中的沉积物和排水系统漫溢的污水。由于前次径流过程残留在沉积池中的水体很易腐败, 其余固体也表现为腐败或厌氧的淤泥性质, 而降水时产生的较大径流会将下水道中积存的污泥冲起与污水一并带走, 所以降雨径流首次冲洗下水道也是城市非点源污染物的一个重要来源。

1.1.3 城市非点源污染的特征

由于降雨是城市非点源污染形成的动力因素, 而降雨形成的径流是非点源污染物迁移的载体, 所以城市非点源污染的特征与城市降雨和径流的产生密切相关。其主要特征为: 一是产生上的随机性, 城市降雨的随机性导致降雨径流具有随机性, 因而在产生上也具有随机性; 二是分布上的广泛性和复杂性, 城市地面及上空等处滞留的污染物几乎遍及城市广大地域, 且污染物的来源复杂, 因而在分布上具有广泛性和复杂性; 三是时间上的滞后性, 城市非点源污染物对城市环境的影响有一个量的积累过程, 在时间上表现出滞后性; 四是冲刷排放上的初期效应, 随着城市不透水面的增加, 洪峰流量提前, 污染负荷在降雨初期量值较大, 因而在冲刷排放上存在一个明显的初期效应。研究^[4-5]表明, 在一场降雨过程中, 占总径流 20% 或 25% 的初期径流冲刷排放了径流排污量的 50%。

1.2 农业非点源污染

1.2.1 农业非点源污染的定义

农业非点源污染指在农业生产和生活活动中, 氮素和磷素等营养物质、农药及其他污染物, 通过农田的地表径流和农田渗漏形成的水环境污染^[6], 也有人采用农村非点源污染的概念^[7-8]。

1.2.2 农业非点源污染物的来源

农业和农村生产活动产生大量的农业非点源污染物。农业非点源污染主要来源于水土流失和土壤侵蚀、农用化学品滥用流失、集约化养殖场污染、生活污水固体废弃物污染等^[9-10]。水土流失和土壤侵蚀是规模最大、危害程度最严重的农业非点源污染^[9], 据统计, 我国每年流失表土至少 50 亿 t, 数百万吨的氮、磷、钾通过各种途径进入地表水体, 造成严重的水体污染^[10]。农用化学品如化肥和农药的盲目过量施用, 可能导致大量的氮、磷养分随降雨径流进入水体, 我国每年施用的农药约 80% 直接进入环境而造成严重的污染^[11-12]。近年来, 随着“菜篮子”工程和城市郊区“食品基地”的实施及农业产业结构的调整, 城乡畜牧业规模迅速发展, 集约化养殖也带来了严重的环境污染问题^[1,10,13]。我国畜禽粪便产生量约为工业固体废弃物产生量的 2.4 倍, 其中规模化养殖产生的粪便量相当于工业固体废弃物的 30%, 畜禽粪便的污染排放量已达 7.118×10^4 t, 远远超过工业废水和生活污水的排放量之和^[9], 如此大量的堆肥场(池)的渗透液在侵蚀大片农田的同时也污染了地下水 and 地表水。生活污水固体废弃物污染主要是生活污水中洗衣粉和洗涤剂的磷负荷贡献率, 太湖流域洗衣废水占生活污水的 21.6%, 巢湖和滇池为 17.9%^[9]。另外, 我国的生活垃圾数量巨大, 利用率极低, 大部分在城乡结合部露天堆放, 其渗滤液污染了地下水和地表水, 导致生态环境恶化^[14]。以滇池流域为例, 农村固体废弃物一年约 290 万 t, 废水 1 759 万 t, 而目前农村缺少处理设施, 其中大部分排入河道, 最后进入滇池而造成严重污染^[15]。

1.2.3 农业非点源污染的特征

研究表明, 农业非点源污染具有 3 个主要特点: 一是产生的随机性, 由于受降雨时间的影响较大, 其污染发生具有较大的随机性; 二是污染物及排放途径的不确定性, 由于影响因素多, 排放途径复杂, 造成排出的污染物难以确定; 三是污染负荷的时空差异性大, 农业非点源污染过程与径流过程呈现大致相同的变化趋势, 由于径流的时空变化大, 因而农业非点源污染的时空变化也大^[13,16]。

2 国外非点源污染研究进展

20 世纪 30 年代, 国外开始非点源污染与暴雨事件之间关系和水体富营养化影响因子等方面的探讨; 60 年代, 开始非点源污染分类特征、影响因

素、单场暴雨和长期平均污染负荷输出等方面的初步研究;70年代,研究转向与非点源污染控制密切相关的主控因子和危险区域空间分析^[17],有关非点源污染物的迁移和转化研究也有了初步进展,进入了降雨—径流污染物迁移转化过程的研究;80年代,研究重点是将已有的模型应用到非点源污染管理中,同时开发新的实用模型,全面开展了由非点源污染引起水体酸化、富营养化方面的研究;90年代,微生物迁移、地下水反补给^[18]、功能模型开发和完善、水体酸化、富营养化等研究不断深入^[19],非点源污染物毒理学研究逐渐成为热点^[17]。

2.1 城市非点源污染研究进展

在非点源污染中,城市非点源污染是仅次于农业非点源污染的第二大面源污染^[20],在国外的研究主要包括模型、初始冲刷和管理控制 3 个方面。

2.1.1 模型研究

模型研究主要经历了经验模型、机理模型、功能模型 3 个阶段。早期研究是应用建立统计模型的方法,建立污染负荷与流域土地利用或径流量之间的统计关系,在降水径流污染特征、影响因子、单场暴雨和长期平均污染负荷输出等方面开展研究,著名模型有 SWMM (城市水管理模型)、STORM (城市地表径流数学模型)等^[17]。

20 世纪 80 年代,美国农业部采用水土保持局开发的 SCS 水文模型计算暴雨径流^[21],研究开发了 CREAM 模型 (化学污染物径流负荷和流失模型),为城市径流污染模型的发展提供了很好的经验,同时加强了“3S 技术在定量负荷计算、管理和规划中的应用研究。

20 世纪 90 年代,在对城市径流非点源污染模型多年应用经验的基础上,不断推出了新的模型^[22],同时与非点源污染负荷估算相关的流域开发方向、非点源污染管理模型和风险评价成为该时期应用模型研究的最新突破点^[23]。随着计算机技术的飞速发展及“3S 技术的广泛应用,一些功能强大的基于流域尺度的具有空间数据信息处理、数据库技术、数学计算、可数化表达等功能的超大型模型得到了开发。

2.1.2 初始冲刷研究

降水径流的初期污染物浓度高于后期,这一现象被称为初期冲刷效应^[4]。研究表明,初始冲刷发生时,会有大量的污染物随径流排放到受纳水体

中。初始径流中污染物的含量受汇流面积、降雨强度、不透水区面积及距上一次降雨时间间隔等参数的影响。由于研究的复杂性,对于初始冲刷在定义上仍存在分歧^[6-7,24]。

2.1.3 管理控制研究

对非点源污染机理的探讨、认识和模型研究最终都是为了提出合理的城市非点源污染管理和控制方法与技术。其研究途径主要包括两个方面:一是将非点源污染物的排放控制在最低限度;二是对污染物扩散途径的有效控制。其中美国的“最佳管理措施”(BMPs)最具代表性,其定义是任何能够减少或预防水资源污染的方法、措施或操作程序,包括工程、非工程措施的操作和维护程序^[24]。工程方法主要指通过兴建工程的措施达到控制污染的目的,如修建沉淀池、渗漏坑、多孔路面、蓄水池和处理污染的建筑物等;非工程方法主要指用加强管理的方法达到控制污染的目的,具体措施有分流制小区域水处理,增大城市绿化面积,污水管道清理,清扫街道,加强对施工现场、机修厂、停车场废弃物的管理,控制城市绿地肥料、农药的使用等。除了制定合理的政策法规和实行科学的管理外,目前国外主要集中采用教育的方法。

2.2 农业非点源污染研究进展

2.2.1 模型研究

国外对农业非点源污染模型的研究大致分为 3 个阶段。

第一阶段为 20 世纪 60 年代到 70 年代初。最初的研究是对非点源污染降雨径流和非点源污染物输出的观测资料进行分析,建立相关关系,以计算非点源污染负荷,后期提出了基于土地利用—非点源污染负荷关系的早期输出系数模型。输出系数法是一种有效的估算非点源污染负荷的方法,经许多学者从不同角度改进和发展,至今仍得到广泛应用。

第二阶段为 20 世纪 70 年代中期到 80 年代末。这一时期非点源污染模型迅速发展,从简单的经验统计模型发展到复杂的机理模型,并针对非点源污染管理开发研制了大量的实用模型。代表性模型主要有农业管理系统中的 CREAM 模型 (化学污染物径流负荷和流失模型)^[25]、农田尺度的 WEPP 模型 (水侵蚀预测预报模型)、ANSWERS 模型 (流域非点源污染模拟模型)^[26]、用于农业非点源管理和政策制定的 AGNPS 模型 (农业非点源污

染模型)^[27]等。

第三阶段为 20 世纪 90 年代初至今。GIS 技术的应用推进了农业非点源污染的定量化研究,目前应用最多的是部分耦合方式,如非点源污染模型 AGNPS、SWAT 等与 GIS 软件 Arc View、Arc Info、GRASS 等耦合^[28]。

2.2.2 管理控制研究

在控制技术上,近年来发展了人工湿地控制技术,以及缓冲区、水陆交错带和水土流失控制等防治技术^[29-31],在管理上较注重养分的科学管理。

农业非点源污染控制管理主要采用控源节流的方法。控源即科学合理施肥,减少营养物质的积累与流失量;节流指控制水土流失,减少营养物质的流失量。目前尚缺少明确的管理标准。

3 国内非点源污染研究进展

我国非点源污染研究开始于 20 世纪 60 年代的化学侵蚀与化学径流研究,重点研究了物质径流输移及对水质的影响;80 年代到 90 年代,开展了农业非点源和城区径流污染的宏观特征与污染负荷定量计算模型的初步研究^[17],遥感技术、人工模拟试验技术也得到应用;90 年代后,非点源污染负荷与接纳水体水质模型连接工作^[32]得到了突破性进展,“3S 技术被引入水环境模型库管理、土地利用方式对非点源污染影响方面的研究^[33-34]”。如今越来越多的环境工作者在关注和研究各类水体的非点源污染,在污染负荷模型计算与评价、GIS 技术模拟和措施研究等方面取得了一定的成果。

3.1 城市非点源污染研究进展

3.1.1 模型研究

20 世纪 80 年代,我国开始城市非点源污染研究,当时仅局限于城区径流污染宏观特征和污染负荷定量计算模型研究,其中污染负荷定量计算模型研究主要集中在 3 个方向:径流量与污染负荷相关性分析、水量单位线和污染物负荷的研究及地表物质累积规律研究^[33],遥感技术和人工模拟试验技术在该领域得到运用。20 世纪 90 年代后,分雨强计算城区径流污染负荷为城市径流污染负荷定量计算提供了新的研究方法^[34],同时油田开发区石油污染、生物污染、大气沉降等非点源污染研究也取得了一定进展。“3S 技术在城市非点源污染研究中的应用,推进了非点源污染的量化工作,提高了城市降水非点源污染负荷模型的精度。

3.1.2 管理控制研究

在我国,有关非点源污染管理政策的研究较薄弱,仅有少数学者进行了尝试^[35-36]。现有的国家水污染控制管理法规大多针对点源污染,非点源污染管理政策的制定及实施步伐较缓慢,造成非点源污染研究与国家的整体水质管理规划脱节。对城市非点源污染控制而言,保持街面清洁、减少污染物累积是最基本的途径。

在城市径流污染管理和控制方面,仅针对北京、上海、武汉等城市开展了研究,提出了一些管理措施,但尚未在实际中应用。总体而言,国内还没有完善的管理控制经验。

3.2 农业非点源污染研究进展

3.2.1 模型研究

我国农业非点源污染研究始于 20 世纪 80 年代初的河流、湖泊、水库富营养化调查和河流水质规划研究,从研究进程看,大致可划分为两个阶段。第一阶段为 20 世纪 80 年代,研究了水环境富营养化与非点源污染、土地利用方式与非点源污染负荷的关系,初步把握了非点源污染负荷的发生状况^[32];第二阶段从 20 世纪 90 年代初至今,对农业非点源污染的产污机理与影响因素进行了较为深入的探讨,农药、化肥污染的宏观特征、影响因素研究和黑箱经验统计模型模式在研究中占据了重要地位^[17],建立了一些流域农业非点源污染经验统计模型。通过接纳水体水质分析,计算汇水区农业非点源污染输出量,目前已对三峡库区、西湖流域、千岛湖流域、汉江流域等进行了模型研究^[9]。同时,GIS 技术在模型研究中得到了应用,并取得了一定的成果。

3.2.2 管理控制研究

在农业非点源污染防治方面,主要围绕生态农业建设、污染防治技术和污染防治管理 3 个方面开展研究^[37]。生态农业建设主要指合理施用化肥、合理的农田耕作方式及合理的农田灌溉方法等^[38]。尹澄清等提出的“多塘法”^[39]为湖泊非点源污染防治提供了一条费用低、见效快、简便易行的途径。缓冲带对水土保持工作起着积极作用^[40]。近十几年来出台了一些地方性农业环境保护条例^[37],如关于农药化肥施用的规定,1994 年生态示范区建设中提出的若干环境指标,原国家环境保护总局于 20 世纪 90 年代末先后在巢湖^[41]、太湖、滇池流域全面禁磷等。农村大规模畜禽养殖

造成的污染已引起政府关注,原国家环境保护总局分别于 2002 年和 2003 年正式发布了《畜禽养殖污染防治技术规范》和《畜禽养殖污染物排放标准》,是我国在农业非点源污染管理方面的重要举措,但对于日益严峻的非点源污染形势来说还远远不够。

3.3 滇池非点源污染研究进展

滇池水污染防治研究早在 20 世纪 70 年代就已经开展,至今积累了丰富的资料。近年来在非点源污染方面,主要针对村镇生活污水^[42]和固体废弃物资源化处理^[43]、集约化种植条件下的污染^[44-47]、台地水土流失^[48]、农业区和不同流域类型暴雨径流污染^[49-50]、采用 HSPF 模型模拟污染物负荷^[51]等方面开展了大量研究,取得了很多进展。通过研究建立了一些示范工程和项目^[52],如利用贷款开发了农村环境卫生示范项目,极大改善了示范区的环境卫生;在滇池流域全面实施工程造林、退耕还林和封山育林等工程,目前松华坝水源保护区森林覆盖率达到 55.3%,滇池流域森林覆盖率达到 48.9%,对滇池水体治理起到了积极作用。但目前昆明城市非点源污染的产生规律及通量,城市污水管网的扩建及有效运行,滇池进出湖水量、水质、污染负荷,农业非点源污染研究成果的推广和引导,化肥农药施用政策,农民高化肥农药投入生产方式的转变等方面,尚缺乏系统研究和规范,需进一步全面系统地研究和整合,切实落实到滇池污染防治工作中,为滇池的有效治理提供依据。

4 结语

目前,流域城郊结合地区集约化种植农业非点源污染严重、城镇建设城市化、居民环保意识农村化、城镇排水管网建设滞后、相关环境管理部门监管不力等诸多因素造成城郊结合部水环境污染严重,城市非点源污染和农业非点源污染相结合。因此,应重视该类地区的水环境污染状况,加强城郊水环境污染研究治理和监管工作。

在流域治理方面,应明确污染来源,区分污染类型,按照污染物产生和迁移的规律开展研究和治理^[1]。在滇池流域城郊结合地区,对于城市非点源污染,有条件的地方应加强城市管网建设,将其转化为点源在末端进行控制;在不能开展城市管网建设的分散村镇,应建立一些简易的污水收集处理工程,将污水收集处理后,结合当地特点和污水特

性进行多种污水处理技术的集成和整合;对于一些新建的小区,应重点加强成套污水处理技术研究,对产生的污水进行有效处理。对于农业非点源污染,重点应从流域源头进行广义的控“源”节“流”,研究和推广一些新的实用农业技术,引导农民转变高化肥农药投入的生产方式,对污染总量进行控制。

另外,滇池入湖河道收集了流域的大部分污染物,是各种非点源污染物转移的重要途径。因此,河道及入湖口治理工程是对进入滇池的水体进行末端治理最直接的方式之一,对滇池入湖河道及周边环境彻底整治也是今后需要重点加强研究的问题之一。

【参考文献】

- [1] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008 - 1017.
- [2] 林积泉,马俊杰,王伯铎,等. 城市非点源污染及其防治研究 [J]. 环境科学与技术, 2004(27): 63 - 65.
- [3] 张伟,周永潮. 城市雨水径流污染负荷计算及评价模型 [J]. 湖南城市学院学报, 2005, 14(1): 27 - 29.
- [4] 李立青,尹澄清,何庆慈,等. 城市降水径流的污染来源与排放特征研究进展 [J]. 水科学进展, 2006, 17(2): 288 - 293.
- [5] 张瑜英,孙丽云,李占斌. 城市非点源污染研究进展与展望 [J]. 人民黄河, 2006(3): 42 - 43, 51.
- [6] 李斌. 农业面源污染与防治对策 [J]. 土壤肥料, 2005(8): 24 - 25.
- [7] 姚亮,刘中礼. 利用沼气技术有效治理农村面源污染 [J]. 中国沼气, 2005, 23(3): 34 - 35.
- [8] 王星龙. 农村面源污染治理对策研究 [J]. 农业环境与发展, 2005(1): 38 - 40.
- [9] 张伟天,王宝贞. 农业面源污染控制新思路 [J]. 中国给水排水, 2004, 20(10): 33 - 35.
- [10] 陈文英,毛致伟,沈万斌,等. 农业非点源污染环境影响及防治 [J]. 北方环境, 2005, 30(2): 43 - 45.
- [11] 宋秀杰,陈博. 北京市农药化肥非点源污染防治的技术措施 [J]. 环境保护, 2001(9): 30 - 32.
- [12] 张琦. 农业非点源污染控制技术环境经济评价 [J]. 环境污染与防治, 2006, 28(4): 291 - 293.
- [13] 朱兆良,孙波,杨林章,等. 我国农业面源污染的控制政策和措施 [J]. 科技导报, 2005, 23(4): 47 - 51.
- [14] 刘润堂,许建中,冯绍元,等. 农业面源污染对湖泊水质影响的初步分析 [J]. 中国水利, 2002, 24(6): 54 - 56.
- [15] 徐红兵. 农业非点源污染基本特征及其产生、迁移与转化机理分析 [J]. 矿业科学技术, 2006(1): 5 - 7.
- [16] 张志剑,胡勤海,朱荫澍. 农业面源污染与水体保护 [J]. 杭州科技, 1999(6): 23 - 24.

- [17] 杨爱玲,朱颜明. 地表水环境非点源污染研究 [J]. 环境科学进展, 1998(10): 60 - 67.
- [18] VANEK V. Riparian zone as a source of phosphorus for a groundwater-dominated lake [J]. Water Res (G B.), 1991(25): 409.
- [19] 谢绍东. 酸化模型及其在确定酸沉降临界负荷中的应用 [J]. 环境科学, 1996, 17(1): 80 - 84.
- [20] DELETIC A, MAKSUMOVIC C T. Evaluation of water quality factors in storm runoff from paved areas [J]. J Environ Eng ASCE, 1998, 124(9): 869 - 879.
- [21] 胡雪涛,陈吉宁,张天柱. 非点源污染模型研究 [J]. 环境科学, 2002, 23(3): 124 - 128.
- [22] CANALE R P, AUER M T, OWENS E M, et al Modelling fecal coliform bacteria II Model development and application [J]. Water Research, 1993(27): 703 - 714.
- [23] 王和意,刘敏,刘巧梅,等. 城市降雨径流非点源污染分析与研究进展 [J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(6): 283 - 285.
- [24] 车伍,黄宇,李俊奇,等. 北京城市河湖水系治理中的问题与建议 [J]. 环境污染与防治, 2005, 27(8): 593 - 596.
- [25] 李怀恩. 流域非点源污染模型研究进展与发展趋势 [J]. 水资源保护, 1996(2): 14 - 18.
- [26] 李怀恩,沈冰,沈晋. 暴雨径流负荷计算的响应函数模型 [J]. 中国环境科学, 1997, 17(1): 15 - 18.
- [27] 李宝贵,尹澄清,单宝庆. 非点源污染控制与管理研究的概况与展望 [J]. 农业环境保护, 2001, 20(3): 190 - 191.
- [28] 金鑫. 农业非点源污染模型研究进展及发展方向 [J]. 山西水利科技, 2005, 1(15): 15 - 18.
- [29] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理 [J]. 环境科学, 1995, 16(3): 83 - 86.
- [30] 陈洪波,王业耀. 国外最佳管理措施在农业非点源污染防治中的应用 [J]. 环境污染与防治, 2006, 28(4): 279 - 283.
- [31] 全为民,严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施 [J]. 生态学报, 2002, 23(3): 291 - 299.
- [32] 鲍全盛,王华东. 我国水环境非点源污染研究与展望 [J]. 地理科学, 1996(2): 66 - 72.
- [33] 万兴,王金保,赵晋. 基于遥感技术的流域非点源污染研究 [J]. 水资源保护, 2006, 22(4): 62 - 65.
- [34] 李本纲,陶澎. 水环境模型与水环境模型库管理 [J]. 水科学进展, 2002, 13(1): 16 - 20.
- [35] 张巍,王学军,李莹. 实施点源与非点源排污交易理论研究 [J]. 环境科学学报, 2001, 21(6): 748 - 753.
- [36] 操家顺,张素英,王超. 排污交易控制太湖磷污染应用研究 [J]. 河海大学学报, 2005, 33(2): 157 - 161.
- [37] 朱铁群. 我国水环境农业非点源污染防治研究简述 [J]. 农村生态环境, 2000, 16(3): 55 - 57.
- [38] 利顶,傅伯杰. 农田生态系统管理与非点源污染控制 [J]. 环境科学, 2000, 21(2): 98 - 100.
- [39] YN C Q, ZHAO M, JN W G, et al The multipond system as the protective zone used in the management of lakes in China [J]. Hydrobiologia, 1993(251): 321 - 329.
- [40] 倪九派,傅涛. 缓冲带在农业非点源污染防治中的应用 [J]. 环境污染与防治, 2002, 24(4): 229 - 231, 251.
- [41] 朱余,王凤. 巢湖流域水质状况与环境目标可达性分析 [J]. 环境监测管理与技术, 2004, 16(6): 22 - 23, 26.
- [42] 刘志强,苗群,邵长飞,等. 滇池流域村镇生活污水污染及处理技术 [J]. 青岛建筑工程学院学报, 2003, 24(1): 15 - 17.
- [43] 刘蜀治,李济纬,曹超,等. 滇池流域农村固体废物资源化与无害化处理对策研究 [J]. 云南环境科学, 2006(25): 156 - 158.
- [44] 张乃明,余扬,洪波,等. 滇池流域农田土壤径流磷污染负荷影响因素 [J]. 环境科学, 2003, 24(3): 155 - 157.
- [45] 张乃明,李刚,苏友波,等. 滇池流域大棚土壤硝酸盐累积特征及其对环境的影响 [J]. 农业工程学报, 2006(6): 215 - 217.
- [46] 段永惠,张乃明,洪波,等. 滇池流域农田土壤氮磷流失影响因素探析 [J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 116 - 118.
- [47] 雷宝坤,张维理,段宗颜,等. 滇池流域设施条件下生菜氮磷减控研究 [J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(1): 55 - 59.
- [48] 王震洪,吴学灿,李英南. 滇池流域荒地植被恢复工程控制面源污染生态机理 [J]. 环境科学, 2006, 27(1): 37 - 42.
- [49] 刘忠翰,贺彬,王宜明,等. 滇池不同流域类型降雨径流对河流氮磷入湖总量的影响 [J]. 地理研究, 2004, 23(5): 153 - 164.
- [50] 刘恕翰,王海玲,彭江燕,等. 滇池河流降雨径流资源利用的技术途径 [J]. 自然资源学报, 2005, 20(5): 780 - 789.
- [51] 邢可霞,郭怀成,孙延枫,等. 基于 HSPF 模型的滇池流域非点源污染模拟 [J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 229 - 230.
- [52] 王金南,葛蔡忠,张勇,等. 中国水污染防治体制与政策 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2003.

本栏目责任编辑 姚朝英

· 简讯 ·

《生活垃圾填埋场污染控制标准》颁布

新修订的《生活垃圾填埋场污染控制标准》(简称《垃圾控制标准》)近日由环境保护部颁布执行。

《垃圾控制标准》的制订建立在我国生活垃圾填埋场环境管理实践的基础上,符合我国新形势下的环境保护要求,符合我国生活垃圾填埋场建设、运行的实际情况和发展趋势。《垃圾控制标准》对生活垃圾填埋场建设和运行中的污染防治和环境保护等进行了统一的要求,使生活垃圾填埋场的建设和运行更符合建设资源节约型与环境友好型社会的要求,对保护环境具有十分重要的意义。

摘自 www.jshh.gov.cn 2008-07-15