

地表集中式饮用水源地污染及控制研究进展

姬红利^{1 2}, 颜 蓉^{1 2}, 方炎明¹, 杨林章², 吴永红²

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要 :归纳了国内外主要地区的地表集中式饮用水源地的污染状况 ,阐述了污染的原因 ,指出地表集中式饮用水源地遭受的污染主要来自面源污染 ,尤其是农业面源污染。总结了目前国内外针对这一问题所采取的保护对策 ,包括实施前的面源污染负荷评估 ,实施过程中的工程性措施以及实施措施全程中的法制监督管理。最后提出了对这一问题还需努力改进、有待解决的方面 ,加强面源污染防治的预警预报体系 ;发展循环经济农业 ;研发、应用和推广关键性面源污染防治技术 ;完善法律法规等。

关键词 地表水 ;水源地 ;面源污染 ;控制措施

中图分类号 :X37 文献标识码 :A 文章编号 :1006-764X(2010)S1-0177-06

全球目前约有 1/5 的人口得不到安全用水 ,世界卫生组织的调查表明 ,在发展中国家 ,各类疾病有 80% 是因为饮用了不安全、不卫生的水而传播的 ,每年大约有 2 000 万人死于饮用不卫生的水^[1]。我国有 1.64 亿人饮用有机污染严重的水 ,3 500 万人饮用硝酸盐超标水^[2]。

目前城镇和农村居民饮用水源的主要形式为地表集中式饮用水源地供水 ,其水源地分为河流型、水库型和湖泊型^[3-4]。由于地表集中式水源地裸露地表 ,常受到点源污染和面源污染两类污染物质的影响。随着点源污染的大力度治理 ,面源污染在水体污染中所占比例呈上升趋势 ,现已逐渐成为导致水体污染的主要原因^[3-5]。

面源污染是相对于点源污染的一种水环境污染类型 ,又称为非点源污染 ,是指溶解的和固体的污染物(如降雨冲击作用及地表径流冲刷而产生的土壤颗粒、土壤有机物、化肥、农药、有机肥料等)从非特定地点 ,通过径流过程而汇入受纳水体(包括河流、湖泊、水库和海湾等)并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式的污染^[5]。这种污染比较分散 ,具有潜在性、复杂性、隐蔽性 ,以及发生区域的随机性、排放途径及排放污染物的不确定性及污染负荷空间分布的差异性等特点 ,因而不易得到有效

控制^[6]。因此 ,控制面源污染 ,保护水源地 ,是提高水资源利用效率 ,保障供水安全的源头防控之举。

1 国内地表集中式饮用水源地污染及原因

1.1 污染现状

经调查 ,位于我国东北地区的主要地表集中式饮用水源地形式之一的几大水库 ,都未满足Ⅱ类标准要求 ,已经达到地表饮用水Ⅲ类 ,虽然符合饮用水水质要求 ,但已逐步向富营养化接近 ,主要污染物为 N 的各类形态污染^[7-8]。

整体看我国华北地区的集中式地表饮用水污染状况 ,污染指标多为有机物和重金属 ,达中等污染程度^[9-11]。

占我国很大领域的西北地区由于地表水和地下水交互混合污染严重 ,且干旱季节较明显 ,因此 ,西北地区不仅严重缺水而且地表饮用水污染程度较严重 ,污染因子以 N、P 和重金属为主 ,生活用水很少经完全处理就直接饮用 ,造成地方性疾病频繁发生^[12-13]。

整个西南地区旱涝季节比较明显 ,7~9 月为汛期 ,这个时期的饮用水污染指标远比其他季节高出数倍 ,而且 ,城郊污染程度远比农村高。饮用水库呈现较明显的富营养化 ,超标物主要是 P、N 和大肠菌

基金项目 国家自然科学基金(30600084) ;国家 863 计划项目(2007AA06Z300) ;国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD87B12)
作者简介 姬红利(1985—),女,陕西渭南人,硕士研究生,研究方向为地表集中式饮用水水源地面源污染防治与水环境安全。E-mail : jhl8758@163.com
通讯作者 吴永红,副研究员,E-mail : yhwu@issas.ac.cn

群^[14-15]。

华南地区紧靠水边,发展渔业是该地区的主要经济来源之一,而饮用水质却受到了严重的污染,DO和细菌总数是其主要污染物指标,水介性传染病大大流行^[16-17]。

华东地区靠东部沿海地区,是我国经济最发达的地区,湖库饮用水污染较河流严重,水源水体中TN、TP、COD和高锰酸盐指数严重超标,使得水体藻类大量繁殖,严重影响了人们的安全饮水^[18-20]。

位于我国中心位置的华中地区,河流型饮用水源污染较为严重,不同支流出现了程度不等的污染,供水自检率较弱,水体中TP、TN、有机物、农药类是主要的污染因素^[21-22]。

总体看,在集中式地表水饮用水源地中,根据我国水资源综合规划评价结果,全国1 073个集中式地表水饮用水源地水质为Ⅰ类的占4.8%,Ⅱ类的占38.7%,Ⅲ类的占31.8%,Ⅳ类的占11.8%,Ⅴ类的占4.5%,劣Ⅴ类的占8.4%,近1/4的水质不合格^[1]。

1.2 污染原因

由现状分析可见,集中式饮用水源地及供水单位受到污染的原因是多方面的,但经调查,受污染的水源地污染因子主要为NH₃-N、TP和大肠杆菌,这在一定程度上与面源污染有关,尤其是农业面源污染^[23-25]。

农业面源污染主要指农业生产、农村生活活动中产生的,和土壤中的沉积物、营养物、农药、病菌及其他有机、无机污染物通过降雨径流、泥沙搬运、地表溶质溶出和土壤溶质渗漏等过程,使污染物由土壤圈运动扩散进入水圈,造成水体污染的过程。主要包括携带高浓度颗粒态N、P污染植物的水土流失以及农村养殖业、农村居民生活污水、生活垃圾、农用化肥农药等对水环境构成的严重威胁^[26]。

1.2.1 畜禽养殖、生活排污、农田肥料流失

随着农村经济的发展,农业面源污染呈增加趋势,严重影响到饮用水源地的水质问题。据统计,畜禽养殖对水体污染中的TN、TP的贡献率最大,其次为农田流失、生活排污。

集中式饮用水源保护区上游或饮用水源附近村镇的畜禽养殖污水未经任何处理就直接排入水体,大量生活垃圾和养殖废物随意堆放,严重污染饮用水源。在耕地区域,由于过量施用化肥和农药,以及利用污水灌溉农田,使得耕作层营养元素富集,在雨水的淋溶作用下,将土壤中过量的N、P、K等溶解于水中,污染了饮用水源。

1.2.2 水土流失

水土流失型污染区域多为西部地区,此类地区农业资源存量较为丰富,土地面积较大,单位土地面

积的农业污染排放量较小,但是受气候和自然条件影响,农业资源环境非常脆弱,水土流失污染严重。导致土壤有机质、N、P、K等养分大量流失,水库沉积淤泥。

根据相关分析,云南昆明松华坝水库水源区以面蚀为主,水源区水土流失面积占土地总面积的35.72%,土壤侵蚀模数为1 114 t/(km²·a),年土壤侵蚀量为1 513万t^[14];北京密云县区的水土流失面积占总面积的57.3%,每年侵蚀土壤量为19 400 t,平均侵蚀模数为1 380 t/(km²·a)。这是引起当地水库污染的一个重要的、直接的原因^[9]。

2 国外地表集中式饮用水源地污染及原因

欧盟及其邻国的地表集中式饮用水源地也正面临一些严重的环境问题,其中最为紧迫的是面源污染问题。据估计,欧洲大陆大部分国家的土壤和水中,硝酸盐和杀虫剂的含量超过了欧盟规定的饮用水标准。自20世纪80年代末以来,地表水体中,NO₃⁻-N和P超标现象严重,而农业生态系统是其主要来源。

美国1990年的调查评估报告显示,面源污染约占总污染量的2/3,其中农业面源污染占面源污染总量的68%~83%,导致50%~70%的地面水体受污染或影响^[27]。占世界总淡水资源18%的北美五大湖,受到大范围的污染,水质严重恶化,出现病菌、杀虫剂DDT等有毒污染物,污染源包括土壤径流、农用化学物质、城市废弃物、工业区排放物和废物处理地渗出液等^[28]。

白俄罗斯2004年对城市地表集中式饮用水源水质监测表明,有30%~78%的水样不符合饮用水标准,其中微生物、铁超标严重^[3];英国坎布里亚郡的洛斯特湖^[29]、地中海沿岸的泻湖^[30]、加拿大安大略省的安大略湖^[31]、Prague的Zelivka饮用水水库^[32-33]、澳大利亚的饮用水库和河流^[34],经过监测,这些河流、湖泊、水库富营养化的主要因子为来源于农业径流和生活污水的N、P、有机物和重金属。

3 地表集中式饮用水源地面源污染防控措施

集中式饮用水源地的污染主要采取的综合防治对策有工程措施和非工程措施两方面的措施。但是在采取措施之前,一般会对面源污染进行污染评估,以利于工程设计与管理。

3.1 面源污染负荷评估

3.1.1 现场调查方式

一般传统的面源污染负荷评估办法常为一些现场调查方式,采用常规的监测手段定量估算某一时

段内面源污染负荷量。我国通常使用的传统面源污染负荷估算方法有:断面实测总负荷减去统计的点源负荷法、单位负荷法、水文线分割法^[35],这些方法在计算时往往要忽略一个或者几个因素,通常过高地估算了面源污染负荷指数。因此,对面源污染问题利用模型化研究是广泛使用的方法。

3.1.2 模型技术研究

模型模拟是面源污染防治、流域综合管理的决策支持系统,其系统一般由降雨径流、侵蚀和泥沙输移、污染物转化、受纳水体水质 4 个子模型构成^[5]。

目前关于国内外较成熟的农业面源污染模型主要有 CREAMS、AGNPS、ANSWERS 和 SWAT 等模型^[5,36]。随着 GIS 和遥感技术的广泛应用,这两项技术先后与 AGNPS、AVNPSM 和 ANSWERS 等模型耦合,较好地提高了模型的可视化水平和可操作性。如李恒鹏等^[37]利用 GIS 叠加分析法研究我国太湖流域浙西水利分区的主要土地利用类型与径流量的统计关系,建立该区年尺度的径流估算模型,分析耕地与径流污染物浓度的定量关系;徐旌等^[38]在 RS 与 GIS 技术支持下,通过 1987 年和 2002 年 2 期滇池流域 TM 数据的处理,分析流域内的水土流失分布、面积及强度变化,得出水土流失状况的结论;郝芳华等^[39]结合利用 GIS 和 SWAT,研究估算黄河流域的非点源污染负荷。

3.2 工程措施

3.2.1 生态修复工程

生态修复工程主要是指使被污染水体恢复到原有状态所采用的工程技术,该技术对受污染水体中的污染物进行转移、转化及降解,将废水中的复杂有机物分解为简单无机物,使水环境得到改善,水体得到净化,内容主要包括环保疏浚和水生植被恢复^[26]。特别是滞蓄污染物而起到“汇”的作用的植被过滤带、人工湿地和暴雨蓄积池、沉淀塘等景观^[40]利用植被缓冲带对污染物进行阻截、吸收和转化,利用自然和人工湿地使污染物在其中沉淀、降解或被水生生物吸收。

这类工程在国内外都被广泛用来治理水污染,并且取得了很好的治理效果。如王嵘等^[41]研究的串联式 BMP(滞留池/湿地、小土坝/缓冲草带)系统对 TSS、BOD₅ 和 TN 的去除效率分别为 90%、74% 和 61%。ZHAO 等^[42]研究了黄河岸边湿地对氮营养的阻截,发现具有明显的拦截效果。但是它占地面积大、见效慢,同时也存在着水生植物生长失控、湿地堵塞的隐患。

3.2.2 新农村建设工程

针对农村的地表集中式饮用水水源地污染状

况,目前很多效果显著的新农村建设模式已经得到探索。如以“地下建设沼气池,屋顶安装太阳能”的农村能源模式,因地制宜推广农村户使用沼气池,安装太阳能热水器,建设沼气环境工程、学校改厕治污工程,降低农业面源污染,推广建设有人畜污水进沼气池的“养殖—沼气—种植”三位一体的生态处理模式^[6],防止农村生产生活废弃物被径流冲刷而加重水质污染。

虽然通过以上的建设,农村地表集中式饮用水源水质得到了一定的提高,但是个别的试点村照搬照抄外地模式,不顾自身资金、技术实力的限制,闭门造车,得到不可预料的后果。

3.2.3 节水灌溉试点工程

节水灌溉技术是根据作物需水规律及当地供水条件,用尽可能少的水投入,取得尽可能多的农作物产出的一种灌溉模式^[43]。它包括渠道防渗、管道输水、喷灌、微灌、滴灌等技术。传统的大水漫灌可以加重农业面源污染,由于大面积灌溉农田,河流水位低,河水稀释自净能力小,雨季到来时,农田向外排水,化肥和农药会随排水进入河流,造成汛期的污染,形成 N、P 及高锰酸盐指数超标现象。有研究成果^[6]表明,采用节水灌溉面源污染将减少 70% ~ 90%。

节水灌溉不但节约用水,而且有增产、节地、省工、改良土壤、减少土壤养分流失、防止水土流失的作用^[44],对面源污染具有很好的防治效果。但是此类工程需要国家投入较大的资金、技术来支撑,我国是一个农业大国,如果各项技术不符合当地情况就盲目施工,将是一笔巨大的损失。

3.3 非工程措施

非工程措施主要指通过法律、法规或制度建设等手段,强化环境管理措施,提高环境管理水平,以保证实现水源地的水质安全。

3.3.1 饮用水源水质标准制度

我国涉及饮用水源水质的标准有 4 个,包括: CJ3020—93《生活饮用水水源水质标准》、GB/T 14848—93《地下水质量标准》、GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和 CJ/T 206—2005《城市供水水质标准》。在 2002 年颁布实施的 GB 3838—2002 中,对集中式生活饮用水地表水源的水质标准作了明确规定。在 2005 年颁布实施的 CJ/T 206—2005 中,明确规定用地表水作为供水水源时,应符合 GB 3838—2002 的要求^[45]。国外较严格的饮用水源水质标准制度有:美国 1974 年制定的《饮用水法》和日本 1970 年修订的《水质污染防治法》^[46]。

3.3.2 饮用水源水质监测制度

在饮用水源水质监测制度方面,我国主要有1996年颁布的《水污染防治法》,其中第18条规定,国家确定的重要江河流域的水资源保护工作机构,负责监测其所在流域的省界水体的水环境质量状况,并将监测结果及时报国务院环境保护部门和国务院水利管理部门。国外的饮用水源水质监测制度有:日本1970年制定的《水质污染防治法》,该法规定,管都道府县知事必须对公用水域的水质污染状况进行经常性监测;英国的《水源法》对水文测量、地下水调查、最小流量的定期审查等作了专门规定;美国的《联邦水污染控制法》第308节对“检查、监测和进入现场”作了规定;法国的《水法》(1990)第3条规定:“为了掌握全国范围内的水污染的实际情况,环境部长应建立监测网并按规定监测水污染程度”^[46]。

3.3.3 饮用水源保护区制度

我国的饮用水源保护区制度有:1996年《水污染防治法》规定了生活饮用水地表水源保护区的划分、防止地表水源污染及其法律责任。《饮用水水源保护区污染防治管理规定》第4条规定:“饮用水水源各级保护区和准保护区均应规定明确的水质标准并限期达标。”2002年《中华人民共和国水法》规定国家建立饮用水源保护区制度,保障饮用水安全和禁止在饮用水源保护区内设置排污口和相应的法律责任。国外饮用水源保护区制度有:美国国会1986年对《饮用水法》增补一项关于水源保护区的规定;法国1964年《水法》提出设立“特别水域管理区”;加拿大《水法》(1990)就有保护特殊水体的规定;英国《污染控制法》(1974)还授权水管局为防止所辖水域遭受污染而划定一定的区域”^[46]。

3.3.4 紧急处置制度

我国《水污染防治法》规定:“在生活饮用水源受到严重污染,威胁供水安全等紧急情况下,环境保护部门应当报经同级人民政府批准,采取强制性的应急措施。”国外有关此方面的规定有:日本规定,如果辖境内的饮用水水质污染足以威胁人体健康或生活环境时,该管都道府县知事公布周知,并命令在一定期限内减少其排放量或者采取其他措施;美国《饮用水法》的规定较为完善:“在污染物出现或可能进入公共水系统或公共水源,对人体健康有威胁,而且有关州和地方机关未采取应急措施的情况下,联邦环保局有权采取保护人体健康所必需的任何行动。”

4 结 语

水质的优劣直接影响到人们的身体健康,随着集中式饮用水源的不断恶化,水体的恢复也显得更

加艰难。尽管目前已经提出并实施了诸多保护对策,但是仍然还存在着很多问题,需要从以下几方面做出努力。

a. 应该重视面源污染防治的预警预报体系建立。要对面源污染实施很好的控制,必须提高它的污染负荷估算技术,这就包括现场研究和模型研究水平。目前国内的模型主要是引用国外的一些经典模型,但是并不适合国内的情况,不能精确的估算面源污染负荷指数,因此须以现场的真实调查为基础,研究出适合我国国情的面源污染负荷指数评估模型。

b. 结合实地情况,发展循环经济农业。循环经济农业不仅可以调整农村产业结构、扩大就业、实现农民增收,而且可以解决农业污染,保护农村环境,因此国家应该加大这一方面的财政投资,以科研技术为支撑,实现“资源—产品—资源”的闭环式产业链,将污染排放量降到最低点,确保饮用水源地水质达标,提高人们的身心健康。

c. 切实研发、应用和推广一批关键的面源污染防治技术,形成有效的“源头削减、过程拦截与净化、末端深度治理排放”技术体系。依靠农业科技,研究发展环境友好型的新农业生产技术,主要为节肥增效、土壤改良的技术,控制农业面源污染源头的N、P流失,依靠生态型工程,主要研究一些对污染物进行拦截与净化具有明显效果的经济绿化植物;研发出一些适应于不同污染特征、不同工艺特点的饮用水安全保障技术体系。

d. 随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,应加大水环境相关法律法规的修订、完善以及执行力度和水源地居民的环境教育,让全社会都参与到水环境保护活动中。

参考文献:

- [1] 迟永山. 地表水源地水环境现状评价及污染控制对策研究[D]. 吉林大学学位论文, 2006: 8-10.
- [2] 黄锡生, 许珂. 环境友好型社会下我国饮用水源的法律保护[J]. 环境保护, 2007(2): 40-42.
- [3] KUKHARCHYK T, KHOMICH V. Water supply in cities of belarus: water quality and risk assessment[J]. Integrated Urban Water Resources Management, 2006(6): 131-140.
- [4] 郑丙辉, 付青, 刘琰. 中国城市饮用水源地环境问题与对策[J]. 环境保护, 2007(19): 59-61.
- [5] 叶翠高, 王帅. 水源地农业面源污染研究进展[J]. 中国水利, 2008(5): 18-20.
- [6] 熊玉泉, 吴芳, 章年. 南水北调十堰水源区面源污染对水质影响及防治对策研究[J]. 水利发展研究, 2008(9): 12-15.

- [7] 林素兰,袁立新.大伙房水库水源地农村面源污染综合防治研究[J].农业环境与发展,2008(2):82-83.
- [8] JIA Hong-ji ,SHI Chang-jin ,YAN Er-mei. Comprehensive control of non-point source pollution for urban drinking water source[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation ,2008 ,28 (1):154-157.
- [9] 王晓燕,王一岫,蔡新广,等.北京密云水库流域非点源污染现状研究[J].环境科学与技术,2002,25(4):1-3.
- [10] 张震,王岚云,梅鹏蔚,等.天津滨海新区集中式饮用水源地半挥发性有机物污染调查研究[J].天津科技,2007 (3):18-21.
- [11] 武锦华.山西省城市饮用水水源地安全状况及对策措施[J].山西水利,2007,27-28 A1.
- [12] 程国栋.西北水资源问题与对策[J].学会,1998(1):17-19.
- [13] 姬红蓉,刘文华,李令暹,等.青海省农村牧区饮用水卫生现状调查[J].环境与健康杂志,2008(25):616-619.
- [14] 刘楚文.松华坝水库水源区面源污染的防治[J].水资源保护,2007,23(6):23-27.
- [15] 莫世江,刘勇,张鹏飞,等.岩溶区集中式饮用水源地水质评价与保护:以毕节市倒天河水库和利民水库为例[J].云南地理环境研究,2006,18(5):24-27.
- [16] 潘桂芬,黄志刚.广西城市饮用水水源地安全状况调查评价[J].广西水利水电,2007(1):16-20.
- [17] 刘杏媚,董建忠,万小英.沙县生活饮用水卫生学调查[J].环境与健康杂志,2001,18(6):378.
- [18] 金海洋,姚政,徐四新,等.黄浦江水源保护区农业面源污染控制对策研究[J].上海农业学报,2007,23(1):88-91.
- [19] 章雷.宿迁市集中式饮用水源地污染源调查与建议[J].能源与环境,2008(6):70-71,79.
- [20] 章琪,强昌林.巢湖饮用水源污染现状与饮用水处理对策[J].工业用水与废水,2008,39(6):15-18.
- [21] 王玲玲,朱叙超,李明.河南境内黄河流域集中式城市饮用水源水有机污染特性研究[J].环境污染与防治,2004,26(2):104-106.
- [22] 蓝楠.湖北省饮用水源保护和可持续利用的立法思考[J].中国环保产业,2007(2):39-42.
- [23] TAFANGENYASHA C ,DUBE L T. An investigation of the impacts of agricultural runoff on the water quality and aquatic organisms in a lowveld sand river system in southeast zimbabwe[J]. Water Resour Manage ,2008,22 :119-130.
- [24] NORSE D. Non-point pollution from crop production :global , regional and national issues[J]. Pedosphere ,2005 ,15(4):499-508.
- [25] CHEN Li-ding ,PENG Hong-jia ,FU Bo-jie ,et al. Seasonal variation of nitrogen-concentration in the surface water and its relationship with land use in a catchment of northern China [J]. Journal of Environmental Sciences ,2005 ,17(2):224-231.
- [26] YUAN Jin-zhu ,LI Li-hua. The effect of non-point source agricultural pollution on water body and its control[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology ,2009(1):29-31.
- [27] KARL H ,THOMAS J ,THERESE E ,et al. N :P ratios ,light limitation and cyanobacterial dominance in a subtropical lake impacted by non-point source nutrient pollution [J]. Environment Pollution ,2003 ,123(3):379-390.
- [28] 谢德体,张文,曹阳.北美五大湖区面源污染治理经验与启示[J].西南大学学报:自然科学版,2008,30(11):81-91.
- [29] BENNION H ,APPLEBY P ,BOYLE J ,et al. Water quality investigation of loweswater , cumbria [M]. London : Environmental Change Research Centre ,University College London ,2000 2-4.
- [30] GIKAS G D ,YIANNAKOPOULOU T ,TSIHRINTZIS V A. Water quality trends in a coastal lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures [J]. Hydrobiologia ,2006 ,563 :385-406.
- [31] FISENKO A I. A new long-term on site clean-up approach applied to non-point sources of pollution[J]. Water ,Air ,and Soil Pollution ,2004 ,156 :1-27.
- [32] HOLAS J ,HRNCIR M. Integrated watershed approach in controlling point and non-point source pollution within Zelivka drinking water reservoir[J]. Water Science and Technology ,2002 ,45(9):293-300.
- [33] HOLAS J ,HOLAS M ,CHOUR V. Pollution by phosphorus and nitrogen in water streams feeding the Zelivka drinking water reservoir[J]. Water Science and Technology ,1999 ,39(12):207-214.
- [34] GOURLEY C ,RIDLEY A. Controlling non-point source pollution in Australian agricultural systems[J]. Pedosphere an International Journal ,2005 ,15(6):768-777.
- [35] YU Tao , MENG Wei , EDWIN O , et al. Problems and recommendations for non-point source pollution identification in China[J]. Acts Scientiae Circumstantise ,2008 ,28(3):401-407.
- [36] GIKAS G D ,YIANNAKOPOULOU T ,TSIHRINTZIS V A. Modeling of non-point source pollution in a Mediterranean drainage basin[J]. Environmental Modeling and Assessment ,2006 ,11 :219-233.
- [37] 李恒鹏,刘晓玫,黄文钰.太湖流域浙西区不同土地类型的面源污染产出[J].地理学报,2004,59(3):401-408.
- [38] 徐旌,张军,刘燕,等.基于 RS ,GIS 的滇池流域水土流失变化研究[J].水土保持学报,2004,18(2):80-83.
- [39] HAO Fang-hua , ZHANG Xue-song , YANG Zhi-feng. A distributed non-point source pollution model :calibration and validation in the Yellow River Basin [J]. Journal of Environmental Sciences ,2004 ,19(4):646-650.
- [40] MAXTED J T ,DIEBEL M W ,ZANDEN M J V. Landscape planning for agricultural non-Point source pollution reduction : II. Balancing watershed size , number of watersheds , and

implementation effort[J]. Environmental Management ,2009 , 43 :60-68.

[41] 王嵘 ,李剑 ,万金保 .BMPs 在面源污染控制中的应用 [J].江西能源 2008(3) 44-48.

[42] ZHAO Tong-qian , XU Hua-shan , HE Yu-xiao , et al. Agricultural non-point nitrogen pollution control function of different vegetation types in riparian wetlands :a case study in the Yellow River wetland in China [J]. Journal of Environmental Sciences 2009 21 933-939.

[43] 胡毓骥 .谈节水灌溉技术[J].科学中国人 ,1995(3) :8-10.

[44] 靳东伟 ,张贵轩 .节水灌溉工程环境影响分析[J].农业与技术 2006 26(1) :100-101.

[45] 蓝楠 .中外饮用水源保护法律制度比较[J].国土资源 , 2006(11) 62-64.

[46] 郑丙辉 ,刘琰 .饮用水源地水环境质量标准问题与建议 [J].环境保护 2007(2) 26-29.

(收稿日期 2009-11-18 编辑 徐 娟)

(上接第 160 页)投入收集 1 m³ 雨水的年运行费用不足 0.10 元^[5]。收集利用雨水 ,可依托基础设施投资 ,拉动经济增长 ,雨水与中水利用设备产业可以吸引大量的民间资本进入 ,形成一个吸引民间资本的新产业 ,这项产业在减少政府财政支出 ,促进经济增长 ,吸纳就业 ,促进小城镇建设等方面都发挥积极作用。

c. 城市水资源量分析。沧州市多年平均降水量为 563.2 mm ,城区降雨形成的平均径流深为 68.9 mm/a ,比农村形成的平均径流深 36.9 mm/a 大近 1 倍。因为城市面积逐年增大、不透水层面积所占比例增加 ,城市形成的地表水资源量也呈现增加趋势 ; 2003 年城区年径流总量为 1 817 万 m³。2005 年沧州市开始增加城市水体面积 ,把城市中的南湖、人民公园湖等和城市排水系统联系起来 ,此外把多余的雨水引入南运河 ,运用橡胶坝拦蓄起来 ,每年蓄水容积 75 万 m³ ,可调蓄雨洪 411 万 m³ ,增加入渗量 232.5 万 m³ ,使城区生态环境得到修复与改善^[1]。

4 城市雨水利用措施

城市雨水利用是一项系统工程 ,涉及许多相当复杂又必须处理好的技术、经济和政策问题。为了实现城市水资源的可持续利用 ,使雨水利用资源化 ,促进我国城市雨水利用的快速发展 ,提出如下措施 :

- a. 尽早制定相应的雨水利用法规和条例。在相应的法规中应规定新建小区 ,无论是工业区、商业区还是居民小区 ,均要规定设计雨水利用设施等内容。
- b. 强化统一管理。城市雨水利用属于水资源的开发与管理范围 ,涉及气象、地质、水利、城市建设、环境等许多部门 ,需通力合作 ,制定雨水利用工程建设和运行的政策和规范 ,并负责工程的具体实施和监督。

c. 加强雨水利用的科学研究。尽管我国部分城市的雨水利用历史悠久 ,但雨水利用的科学研究还很落后 ,今后应予以加强。

d. 搞好试点 ,不断总结推广。在大专院校、科研院所、高新技术开发区和新建生态小区 ,择优建立雨水试点和示范工程 ,引进技术 ,建立系统 ,不断总结经验推广。目前建立的试点类型主要有 :屋顶雨水集蓄利用、透水地面、渗井(池、坑)生态小区雨水利用综合系统、人工湿池、雨水处理系统等。

e. 提高政策引导、资金扶持力度。城市雨水利用是环保产业 ,利用雨水应享受环保优惠政策 ,按标准建设雨水利用工程并保证正常运行的新建小区 ,将雨水留在地面 ,回补地下或利用 ,因不增加排洪量 ,应免收防洪费 ,所免费用于设备维护。对建设雨水工程 ,但未达到标准的单位 ,可适当减收防洪费。同时 ,政府要设立专项资金 ,给予各种环保优惠政策 ,扶植雨水利用产业的发展。通过各种优惠政策和利益机制调动开发商和企事业单位的积极性。政府应加大资助力度 ,将效果明显的雨水利用技术尽快推广应用 ,推动城市雨水利用的快速发展。

参考文献 :

[1] 张东江 .沧州市城市水资源专项规划[R].沧州 :沧州市水文水资源勘测局 2005.

[2] 车武 .我国缺水城市雨水利用技术探讨[J].中国给排水 1999(3) 22-23.

[3] 杨建锋 .城市化和雨水利用[J].北京水利 ,2001(1) :22-23.

[4] 朱贵良 ,段志伟 .城市雨水资源综合利用研究[J].科技进步与对策 2003(5) 53-55.

[5] 郭永辰 .综合利用雨洪资源[J].南水北调与水利科技 , 2004 2(6) 27-28.

(收稿日期 2010-03-24 编辑 徐 娟)