

小流域生态涵养 可持续发展评价研究

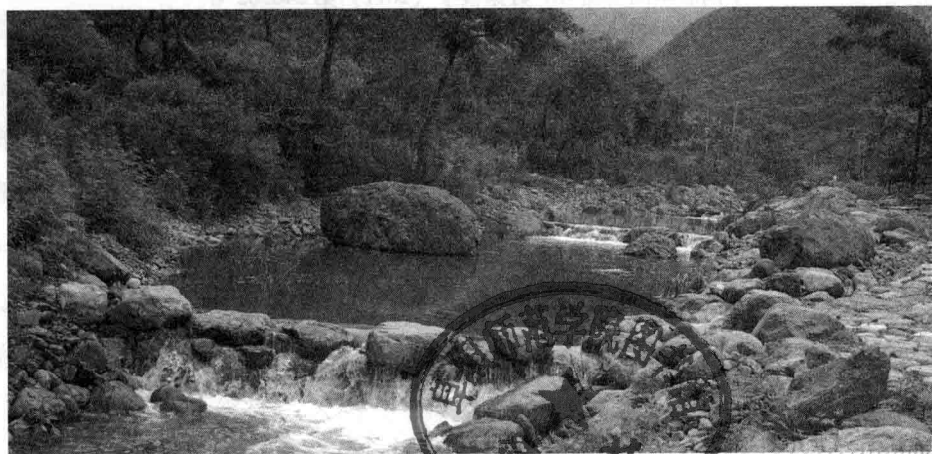


赵方莹 徐邦敬 毕勇刚 曹玉亭 编著



中国林业出版社

小流域生态涵养 可持续发展评价研究



赵方莹 徐邦敬 李勇刚 曹玉亭 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

小流域生态涵养可持续发展评价研究 / 赵方莹等编著.

—北京: 中国林业出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-5038-6421-6

I. ①小… II. ①赵… III. ①小流域 - 生态环境 - 可持续性发展 - 研究 - 北京市 IV. ①X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 246362 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

策划编辑: 刘家玲

责任编辑: 张 锴 刘家玲

出 版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: wildlife_cfph@163.com 电 话: 83225836

发 行: 中国林业出版社

制 作: 北京金舵手世纪图文设计有限公司

印 刷: 北京中科印刷有限公司

版 次: 2013 年 9 月第 1 版

印 次: 2013 年 9 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11.75

字 数: 300 千字

印 数: 1 ~ 1000 册

定 价: 36.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

<<<<<<

序

>>>>>

小流域综合治理是中国治理水土流失的主要形式，北京山区面积占到国土面积的60%以上，小流域众多，山区小流域是北京生态涵养区的主体，山区小流域综合治理是首都生态环境建设的重要组成部分。随着经济社会的发展，国家“可持续发展，推进社会主义事业全面发展”战略目标的实施，山区小流域治理与经济发展、资源保护相结合的战略思想逐渐被人们认识和接受，实现流域的可持续发展，已成为小流域生态建设的目标。北京以“水源保护”为中心，构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线，按照建设生态清洁型小流域的思路，建设坚持生态优先、人与自然和谐的小流域，在实现水源保护的同时，改善人居环境，促进小流域经济社会稳定持续发展。

樱桃沟小流域在生态清洁小流域建设思路的指导下，充分发挥小流域资源禀赋和区位优势，开展了一系列小流域综合治理措施，达到了生态修复、水资源保护、小流域治理多赢目标，实现流域资源、经济、社会稳定持续发展。

《小流域生态涵养可持续发展评价研究》是以樱桃沟小流域为典型，对北京西部生态涵养发展带生态涵养与社会发展建设的评价分析，对山区溪流水环境实施近自然的人工修复等实现生态修复、生产发展、人民生活改善的目标具有很好的示范作用。作者具有丰富的实践经验和扎实的理论基础，通过樱桃沟小流域水资源承载力分析、生态环境承载力分析、小流域景观生态格局分析、植被效益分析和农业观光产业的发展评价，从经济、社会、生态多方面对樱桃沟小流域的可持续发展水平进行了综合评价研究，为北京市乃至全国山区小流域可持续发展建设提供了宝贵可借鉴的样板。

中国水土保持学会秘书长
北京林业大学党委书记

吴斌

<<<<<<

前言

>>>>>

根据北京市城市总体规划，北部与西部山区为北京市生态涵养发展区，是首都的绿色生态屏障和水源涵养保护区，是提升首都可持续发展能力、建设宜居城市的重要基础。小流域是山区各项生态资源的有机载体，也是山区农民群众生产和生活的重要场所。

以“水源保护”为中心，构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线，建设生态清洁型小流域是北京市水土保持工作的重要理念。生态清洁型小流域建设坚持生态优先和人与自然和谐的原则，在治理水土流失、绿化美化环境，提高生态质量和环境品位的基础上，构筑“三道防线”，结合农村产业结构调整，在实现保护水源的同时，促进流域经济社会稳定持续发展。

近几年来，北京市在科学规划的基础上，在山区实施了生态清洁小流域建设、废弃矿山整治、绿化造林、生态产业发展和基础设施建设等综合治理工程，取得了显著的生态、经济和社会综合效益。随着首都经济社会快速发展，构建社会主义和谐社会对山区生态屏障建设的质量和标准提出了更高的要求，北京市在“十一五”期间加大山区小流域综合治理力度，取得了丰硕的成果。

门头沟区妙峰山镇的樱桃沟小流域是西部山区的典型小流域，在生态清洁小流域建设思路的指导下，结合小流域资源禀赋和区位优势，实施了一系列的措施，如大力开展关停废弃矿山生态修复工程、对水环境进行近自然修复、发展万亩玫瑰园和建设龙凤岭水土保持生态科技示范园等。综合治理达到了生态修复、水资源保护、小流域发展多赢目标，实现了水资源的可持续利用，推动了小流域经济社会的可持续发展。因此，选择樱桃沟小流域为研究对象，开展生态涵养可持续发展评价研究，能为新时期北京作为建设“世界城市”的小流域建设提供借鉴。

本项目外业调查及书稿撰写过程中得到了北京林业大学、北京市门头沟区水务局、北京林丰源生态园林绿化工程有限公司、北京丰林源生态园林设计研究院等单位领导和科技人员的无私帮助，在此表示衷心感谢。本书的出版也得到了广大专家、出版人员的大力支持，在此一并表示感谢。同时感谢所引用参考文献的作者。

限于作者水平和时间有限，本书难免存在不足之处，恳请读者指正。

编著者

2011年5月于北京

<<<<<<

目 录

>>>>>>

序 前 言

第一章 绪 论	1
第一节 北京山区小流域治理现状	2
第二节 北京山区小流域研究现状	3
第三节 北京生态清洁小流域建设研究现状	6
第二章 研究区概况	8
第一节 樱桃沟小流域自然地理概况	8
一、地理位置	8
二、地质地貌	8
三、气候特征	8
四、植被类型	10
五、社会经济概况	10
第二节 樱桃沟小流域生态涵养建设概况	10
一、矿山废弃地生态修复	10
二、水土保持科技示范园建设	11
三、生态休闲与观光农业发展	11
四、小流域水环境建设	14
第三章 研究内容与技术途径	17
第一节 研究内容	17
第二节 研究技术路线	17
第三节 研究方法	18
一、小流域景观生态空间格局分析研究	18
二、水资源承载力分析研究	19
三、生态环境承载力分析研究	25
四、林灌植被效益评价研究	30
五、小流域农业观光产业发展与评价研究	30

六、樱桃沟小流域生态涵养可持续性评价	31
第四章 小流域景观生态格局空间分析	37
第一节 研究区数据源	37
第二节 遥感数据预处理	37
一、影像校正	38
二、遥感影像最佳波段选择与合成	41
三、地形图拼接及遥感影像裁剪	42
第三节 地面调查斑块图矢量化及拼接	43
第四节 DEM 影像的制作	44
一、数字高程模型 (DEM)	44
二、DEM 的主要用途	44
三、DEM 影像的制作	44
第五节 植被覆盖度空间数据库的建立	44
一、植被覆盖度遥感定量模型	44
二、植被覆盖等级划分	46
第六节 基于遥感的 LUCC 空间数据库的建立	47
一、LUCC 分类体系的建立	47
二、解译标志的确定	47
三、遥感图像分类	48
四、土地利用/覆被分类精度评估	49
第七节 小流域景观生态类型划分	52
一、植被指数与波段比值计算	53
二、散点图绘制与景观生态类型聚类分析	53
三、典型地物提取	55
四、景观生态类型图叠加与整合	55
五、小 结	55
第八节 小流域景观动态研究	56
一、概 述	56
二、FRAGSTATS 软件包简介	57
三、景观特征指数的选取	59
四、小流域景观格局变化分析	62
第九节 结 论	68
第五章 小流域水资源承载力分析研究	70
第一节 概 述	70
一、水资源承载力概念	70
二、水资源承载力的内涵	71
三、水资源承载力的特性	72

四、水资源承载力与可持续发展的具体联系	73
五、我国水资源承载力规划的目标	73
第二节 研究背景	74
一、我国水资源开发利用现状	74
二、研究区域水资源问题	74
三、生态需水量研究	75
第三节 水资源评价体系	76
一、水资源承载力评价指标的设计	76
二、各项评价指标值的确定	83
三、模糊综合评判	84
四、评判结果及分析	86
五、小 结	87
第四节 水资源承载能力预测	87
一、社会经济发展指标分析	87
二、经济社会需水预测	88
三、生态环境需水预测	90
四、需水预测汇总	90
第五节 水资源承载能力预测评价	91
一、评价指标的确定	91
二、一级准则层指标模糊评判计算	92
三、一级准则层指标模糊评判结果分析	93
四、二级综合评判的计算结果和分析	94
第六节 供水预测与供水方案	94
一、概 述	94
二、节水措施	95
三、加强水资源的规划与管理	96
四、供水能力	97
第七节 结 论	97
第六章 生态环境承载力分析研究	99
第一节 生态环境承载力概念	99
一、资源承载力	100
二、环境承载力	101
三、生态承载力	101
第二节 生态承载力研究现状	102
第三节 评价指标体系的建立	103
一、调查数据的获取	103
二、评价指标的确定	103

三、指标权重的确定	105
四、指标标准的确定	106
第四节 基于模糊数学的生态环境承载力评价	107
一、各项评价指标值的确定	107
二、模糊综合评判	108
三、评判结果及分析	112
第五节 结 论	113
第七章 林灌植被效益评价	115
第一节 直接经济效益	115
一、林木效益	115
二、果产品效益	115
三、直接经济效益价值	116
第二节 林灌植被生态效益评价	116
一、林灌植被水资源保护价值	117
二、林灌植被土壤保育价值	119
三、林灌植被固碳制氧价值	122
四、林灌植被生态效益总价值	127
第三节 林灌植被经济和社会效益评价	127
一、对区域经济发展的影响	127
二、对农民人均收入的影响	128
第四节 结 论	130
第八章 小流域农业观光产业发展评价	131
第一节 问卷设计与抽样调查	131
一、问卷设计	131
二、抽样调查	131
第二节 结果与分析	132
一、游客的基本特征	132
二、生态农业的游憩价值	137
三、休闲农业景观的存在价值估算	141
四、樱桃沟小流域生态景观价值与存在价值评估	144
第三节 结 论	145
第九章 樱桃沟小流域生态涵养可持续性评价	146
第一节 评价指标体系的构建	146
一、建立评价指标体系的原则	146
二、评价指标体系的设计	147
第二节 樱桃沟小流域生态涵养发展综合评价	150
一、原始数据的收集与处理	150

二、综合评价值的计算	151
第三节 综合评价结果及分析	159
一、影响因素的权重分析	159
二、樱桃沟小流域生态涵养发展水平的主成分分析	160
三、樱桃沟小流域生态涵养发展状况及原因分析	160
第四节 樱桃沟小流域生态涵养可持续性预测与建议	161
一、樱桃沟小流域生态涵养可持续性预测	161
二、樱桃沟小流域生态涵养可持续发展建议	163
第五节 结 论	169
参考文献	170

第一章 绪 论

根据北京市城市总体规划中北京市北部、西部山区生态涵养带的功能定位,明确山区是首都的绿色生态屏障,是城市水源涵养保护区,是提升首都可持续发展能力、建设宜居城市的重要基础。小流域是山区生态资源的有机载体,是重要的水源保护地,也是山区农民群众生产生活的重要场所。

以水源保护为中心,构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线,建设生态清洁型小流域是北京市水土保持工作的重要理念。生态清洁型小流域建设坚持生态优先、人与自然和谐的原则,在治理水土流失、绿化美化环境,提高生态质量和环境品位的基础上,构筑“三道防线”,结合农村产业结构调整,在实现水源保护的同时,保证景观协调,促进流域经济社会稳定持续发展。

近几年来,北京市在科学规划的基础上,实施了水土流失治理、土地开发整理、绿化造林、生态产业发展和改善基础设施等综合治理工程,取得了显著的生态、经济和社会综合效益。随着首都经济社会快速发展,构建社会主义和谐社会对山区生态屏障建设的质量和标准提出了更高的要求,小流域综合治理工程的推进速度和治理标准与之形成了较为明显的差距。为此,北京市政府在“十一五”期间加大山区小流域综合治理力度。

门头沟区妙峰山镇的樱桃沟小流域在生态清洁小流域建设思路的指导下,结合小流域资源禀赋和区位优势,实施了一系列的措施,如大力开展关停废弃矿山生态修复工程,对水环境进行人工近自然修复处理,建设万亩玫瑰园和龙凤岭科技示范园,发展径流农业等。其综合治理达到了生态修复、水资源保护、小流域治理三赢目标,实现了水资源的可持续利用,推动了小流域经济社会的可持续发展,正确处理人与自然的关 系,构建了和谐社会。因此,选择樱桃沟小流域作为研究对象,对小流域的生态涵养发展进行评价,为山区小流域的进一步发展提供科学指导。

北京市生态涵养发展区包括门头沟、平谷、怀柔、密云、延庆 5 个区(县),是北京生态屏障和水源保护地,是环境友好型产业基地,是保证北京可持续发展的支撑区域,也是北京市民休闲游憩的理想空间。该区域生态质量良好、自然资源丰富,但工业基础薄弱,产业发展空间相对较小。该区域大多处于山区或浅山区,全区占地 $8\,746.65\text{km}^2$,占北京总面积的 53.3%;2010 年常住人口 186.4 万人,占全市的 9.5%,常住人口密度为 $213\text{人}/\text{km}^2$;2006 年地区生产总值为 346.95 亿元,占全市的 4.75%。由于该区域属于限制、禁止开发区域,关键要解决生态环境保护与经济发展之间的矛盾。

第一节 北京山区小流域治理现状

北京市总面积 16 410km², 山区总面积 10 418km², 占全市面积的 63.49%, 全市范围内共有 547 条小流域, 这些流域内的水土流失总面积为 6 640km², 占山区面积的 63.74% (张雪涛, 2006)。

“九五”期间提出的“北京市山区小流域治理的可持续发展示范研究”项目采取研究与推广已有成果相结合、示范区建设与面上推广相结合的方法, 边示范边推广 (李永贵, 2000)。北京经过不懈努力, 探索出构筑水土保持“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线、建设生态清洁小流域的治理模式, 完成了从小流域治理向小流域管理的转变。“三道防线”建设的实质是在政策保障下, 通过“封、移、补, 节、治、调, 清、育、保”措施和手段, 对流域的水土资源进行综合管理, 实现了从小流域治理向小流域管理的转变 (毕小刚, 2007)。

通过近年来的综合治理工作, 水土流失治理度达 70% 以上, 林草面积达到宜林宜草面积的 80% 以上, 农民年人均经济收入提高 50% 以上, 减沙效益达到 70% 以上, 取得了令人瞩目的成就 (毕小刚, 2007)。截至 2008 年底, 北京市已治理水土流失面积 4 543km², 占总流失面积的 68%, 共建成生态清洁小流域 76 条, 占小流域的 14%。

“十一五”期间, 北京市投入 5 亿元资金用于京郊山区小流域的综合治理, 以有效改善被治理流域的生态环境和水土流失状况。按照规划, “十一五”期间北京市将按照平均 50 万元/km² 的标准投入资金, 每年对 20 条小流域进行生态清洁型综合治理 (李锐, 2008)。2004~2005 年, 在密云水库上游白河沿线的延庆县千家店镇和怀柔区宝山寺镇, 对 4km² 水稻田进行了种植结构调整, 采取退稻、“三禁” (禁栽水稻、禁施化肥、禁用农药) 措施, 每年可减少化肥使用量 243t。在密云水库上游退耕还林还草 93km², 营造水保林 17km² (毕小刚, 2007)。2005 年, 北京以水源地保护为重点, 改造了 2.6 万多个农厕, 建设小型污水处理设施 139 处, 日处理能力 1 530t, 推动垃圾定点分类堆放和定时清理工作, 并建立农村垃圾“村收、镇运、县处理”的管理机制, 解决了水源地 4 万户、2.5 万余人的生活垃圾污染问题 (毕小刚, 2007)。2006 年北京投入 1.6 亿元对京郊山区 9 条流域进行综合治理, 总治理面积为 200km², 2006 年的治理工作完成后, 治理区域内的 38 个村、9 562 户山区农民, 2.7 万人因此受益 (张雪涛, 2006)。截至 2008 年, 北京市通过山区小流域综合治理工程, 完成小流域治理 47 条, 开发整理土地近 12.67km², 新增耕地 5.27km²; 恢复矿山植被面积 25.01km² (李锐, 2008)。2010 年北京全面启动主线 620km 和支线 330km 的山区旅游环线建设任务, 3 年内实现从京西南到京东北的全线贯通。2010 年, 完成对市郊 50 条小流域的综合治理工作, 被治理流域的水土流失综合防治面积达到 1 000km², 有效改善了这些地区的生态环境 (张雪涛, 2006)。

北京山区小流域综合治理取得了巨大成效。通过京津风沙源治理等工程建设, 完成封山育林 250 万亩^①; 完成小流域综合治理 720km²。全市已形成国家级、市级、县级三级重

^① 1 亩 = 1/15 公顷 = 667m², 下同。

点治理区, 累计治理水土流失面积 $3\,600\text{km}^2$, 占应治理面积的 60%。北京山区小流域综合治理为发展北京农村经济及保障首都生态安全起到了积极作用 (李妍彬, 2007)。2001 年北京地区降水量偏少, 在山区实施的集雨节灌工程使 210 万亩土地及时得到灌溉, 抗灾能力明显增强, 山区农民连续两年平均增收 300 元以上。集雨节灌工程以拦蓄地表水、发展集雨节灌为重点, 2001 年完工 7 536 处, 其中多数工程与水库、灌区、机井连接起来, 带动了山区林果业为主的高效种植业发展。平谷县建成 32 万亩绿色果品长廊, 168 个村成为果品专业村。延庆县形成了康庄至永宁 25km 的出口蔬菜长廊和张山营至刘斌堡 30km 的山前优质果树带。怀柔县营造出板栗、西洋参、冷水鱼、奶牛生产基地。密云县建成 40 个养殖小区, 这些工程使有限的水资源得到了充分利用 (赵兴林, 2001)。

第二节 北京山区小流域研究现状

山区小流域综合治理, 是中国治理水土流失的主要形式。近 10 年来, 随着“可持续发展”概念的引入, 山区小流域治理与经济开发、资源保护相结合的战略思想逐渐被人们认识和接受, 实现流域的可持续发展, 已成为当今小流域治理活动的准则。目前, 对小流域的研究偏重于综合治理方面, 侧重于生态环境的保护, 而对小流域经济开发与管理的研究较少 (李妍彬, 2008)。

“十五”国家科技攻关项目“都市重要水源区水源涵养型植被建设技术与示范”中以北京三渡河小流域为研究对象, 提出了适用的、可操作的、简化的小流域综合治理可持续发展指标体系, 该指标体系由目标层、类目标层、项目指标层和指标变量层构成, 依照从低到高次序逐层计算各项指标值, 最终得出小流域综合治理可持续发展指标值。

通过对北京山区石匣小流域的调查分析, 初步提出适合北京山区小流域脱贫致富的经营管理体系雏形, 并建议各具体流域综合考虑各限制因子, 因地制宜、有选择性地借鉴与采纳此体系 (李妍彬等, 2007)。刘正恩等 (2009) 以北京市昌平区流村镇菩萨鹿村小流域为对象, 通过对生态建设需求的分析, 制定了综合治理和生态环境建设的指导思想和规划, 为北京山区水土资源合理开发利用、保护和改造提供了可供借鉴的经验, 为山区经济和生态环境建设协调发展提供了参考。陈建刚等 (2002) 在北京北部山区石匣小流域土地资源现状评价的基础上, 对影响生产力的各因子进行综合分析, 对石匣小流域综合治理模式进行研究, 得出了石匣小流域综合治理优化配置水土保持措施体系。石匣小流域综合治理中水土保持措施注重空间结构的配置, 采取“山顶戴帽子, 山腰系带子, 山脚穿靴子”的立体配置结构。经济林和水保林的比例近似 2:1, 这与石匣小流域的用地结构比例相适应。段文标等 (2004) 以蒲洼小流域为研究对象, 通过建立小流域综合治理可持续发展指标体系, 对蒲洼小流域综合治理可持续发展做出评价。指标体系中包括 3 个类目标层, 5 个项目指标层, 共计 17 个指标, 通过计算得出蒲洼小流域 1997 年和 2000 年的可持续发展度分别为 0.629 和 0.637, 尚处于不可可持续发展的状态, 但已经逐步接近可持续发展的水平。鉴于其可持续发展度逐年增大, 说明经过综合治理后, 其可持续发展能力得到了增强。资源环境承载能力是影响蒲洼小流域 1997 年可持续发展度的主要因素。森林覆盖率和耕地灌溉率是影响该年度蒲洼小流域综合治理可持续发展度的两个主要指标。2000 年蒲

洼小流域综合治理可持续发展度比 1997 年提高了 1.27%。可持续发展度增大的根本原因在于社会发展能力和经济发展能力的增加。赵云杰等(2005)以石匣小流域为研究对象,通过选取植被覆盖度、水土流失强度、土地利用、治理度、人均收入与当地平均水平的比值 5 个指标,建立可持续发展评价指标体系,采用模糊综合评判方法对石匣小流域生态可持续发展水平进行了评价分析。结果表明,石匣小流域治理度非常显著,1999 年达到 100%,比 1991 年增加了 10 倍;石匣小流域进行综合治理后水土流失强度得到了有效的控制,到 1999 年进入一般可持续发展阶段,同 1991 年相比水土流失强度降低了近 1/6;植被覆盖度和土地利用在 1991 年就已经进入可持续发展临界平衡阶段,到 1999 年已经分别处于中等可持续发展状态和一般可持续发展状态,所以在以后的治理中仍需继续保持。段文标等(2002)以石匣小流域为研究对象,从物质需求度、核心发展度、经济富强度、资源丰富度和环境容忍度等方面选取 18 个指标构造评价指标体系,对石匣小流域综合治理可持续发展做出评价,石匣小流域 1994 年、1997 年和 2000 年的可持续发展度分别为 0.571, 0.583, 0.635, 尚处于不可可持续发展的状态,但已接近可持续发展水平,并且小流域经过治理后可可持续发展的能力和水平得到了提高;经济发展能力和资源环境承载能力是影响石匣小流域 1994 年、1997 年和 2000 年可持续发展度的两个主要因素;1997 年石匣小流域综合治理可持续发展度比 1994 年提高了 2.1%,可持续发展度提高的根本原因在于资源环境承载能力的增加;2000 年石匣小流域综合治理可持续发展度比 1997 年提高了 8.92%,可持续发展度增大的根本原因在于社会发展能力、经济发展能力和资源环境承载能力的增加。王冬梅等(2002)以石匣小流域为例,通过收集资料,运用对比法、假设法和层次分析法对小流域发展影响因素进行分析,研究得出自然因素中光、温、水的年际变化是影响小流域经济增长的主要因素;社会因素有人口因素、技术因素和管理因素。吴敬东等(2003)对北京市科委“九五”重大科技攻关项目“北京市山区小流域治理及可持续发展示范研究”的主要研究成果进行了综述,结合北京山区小流域治理现状,提出了山区可持续发展的建议;通过对石匣、三渡河和蒲洼小流域可持续发展度的评价分析得出全市小流域综合治理的状况离小流域可持续发展的要求还有一定距离,在小流域以后的综合治理中,应先分析评价现状小流域的可持续发展度,然后以影响小流域可持续发展度的有利条件和制约因素为突破口,采取相应的对策和措施,才能不断增强小流域可持续发展的能力和水平。北京山区小流域治理智能决策信息管理系统、北京市自然灾害灾情查询信息库和土壤侵蚀预报模型应在实际应用中修正、补充和完善,不断提高山区小流域可持续发展治理决策的技术水平。胡淑萍等(2009)利用景观分析软件对半城子水库流域 2000 年和 2005 年的遥感影像资料进行解译,分析得出 2000~2005 年,半城子水库流域始终以林地为基础,且针叶林、阔叶林、混交林的优势度较高,斑块间面积分布不均匀;在景观异质性方面,针叶林的异质性显著增高,林地类型的斑块复杂性也高于其余景观要素类型,各景观要素的斑块数目增多,分布更为均匀;在空间相互关系方面,景观破碎化程度增加,景观水平上整体空间聚集性降低。管伟(2004)通过对上辛庄小流域主要人工林地的研究,探讨植被与水分以及水量平衡各因子之间的相互作用机制,为该区林业生态工程建设中最佳植被结构模式和综合治理方案提供了理论基础和科学依据,研究得出降水特征和林分结构特征共同影响刺槐和小叶杨林冠截留;不同降水量和降水强的组合,会导致

不同的林冠截留作用；郁闭度与林内降水量成反比，也即与截留量成正比；刺槐和小叶杨两种林分内雨季潜在蒸发量大于同期降水量，两种林分内的 P/E 值小于林外，且有随林分郁闭度增加而增加的趋势；乔木蒸腾耗水是总蒸发中所占比例最大的分项，它受到降水量等气象因子的共同影响；在研究季节内，受降雨的影响， $0 \sim 20\text{cm}$ 土层的含水率在 $5\% \sim 20\%$ 范围内变化，随着深度的增加，土壤含水率的变动幅度逐渐减小，受降雨的影响也减小；不同降水量及土壤前期含水量对土壤含水率影响很大。李妍彬（2008）以北京李家峪小流域为研究对象，对小流域经济开发和管理进行研究探讨，李妍彬认为北京山区小流域经济开发与管理应从生态环境的质量、人口和居民点布局、土地利用结构和生态产业链、小流域管理几方面进行综合分析。李妍彬认为北京山区以中低山为主，生态环境质量分为非工程措施——“软措施”和工程措施——“硬措施”；土地利用结构调整主要从生态环境保护功能区、坡改梯经济林果区、平缓坡耕地农业耕作区等不同功能区提出不同的结构调整方式；生态保护功能区分布在 25° 以上的荒坡地，主要执行生态环境保护功能，实行退耕还林还草、封山育林是本区开发利用的方向；在流域土地优化利用中，坡改梯经济林果区应种植经济作物，形成商品化基地，奠定流域的经济基础；平缓坡耕地农业耕作区应大力推广地膜覆盖、节水灌溉等生态农业技术来促进农业生产。唐莉华（2004）以北京市小流域为研究对象，利用地理信息系统，以 Arc-View 为平台，结合 VB、FORTRAN 等计算机语言二次开发小流域水土保持综合治理规划设计模块，利用 GIS 技术及相关模型，采用人机对话的方式，完成小流域的基础信息管理、水土保持措施优化规划、小型工程措施初步设计及综合治理效益分析等工作，提高了规划设计的工作效率和自动化水平。李翀等（2009）对北京山区小流域水环境承载力进行了研究，通过野外调查和现状监测，综合采用数学模型、原型观测及现场采样等多种技术手段，建立雁栖河流域常住人口、旅游人次及渔场规模与排污负荷量关系；同时利用流域水文、水动力及水质综合模型，计算得到该利用水体的纳污能力，提出了基于流域出口断面水质控制目标的适宜承载规模，为雁栖河生态清洁小流域建设管理提供了技术支撑。符素华等（2001）对北京密云石匣小流域 20 个坡面径流试验小区进行野外观测，研究了水土保持措施对土壤侵蚀的影响，分析了不同水土保持措施下的水土保持效益，符素华认为北京山区陡坡耕地加剧了土壤流失。坡耕地的年均侵蚀模数远大于土壤的自然形成速度和北方土石山区的允许土壤流失量；人工草地、荒草地、水平条林地和鱼鳞坑林地有显著的水土保持效益，水土保持效益值依次为 0.063、0.045、0.025 和 0.019，它们之间无显著差别；在坡面治理过程中，可结合生态效益和经济效益来选择这几种工程措施进行水土流失防治。通过分析径流试验小区的坡耕地、休闲地和荒草地不同坡位的土壤粒径，确定了不同土地利用方式下的土壤粗化程度：休闲地的土壤粗化程度最大，其次为坡耕地和荒草地。休闲地和坡耕地 $0 \sim 1\text{cm}$ 石砾所占百分数远大于 $0 \sim 5\text{cm}$ 和 $5 \sim 10\text{cm}$ 层土壤；不同土地利用方式下，土壤侵蚀危害程度因土层深度不同；荒草地仅有表层土壤受土壤侵蚀的轻微影响；坡耕地 $0 \sim 5\text{cm}$ 土层受到土壤侵蚀的危害；而休闲地 $5 \sim 10\text{cm}$ 土层受到土壤侵蚀的危害（符素华，2001）。王晓燕等（2003）通过监测降水量、径流量和径流水质，对密云水库小流域土地利用方式与氮、磷流失规律进行了研究。研究认为径流中总磷的浓度以村庄最高，其次为坡耕地、林果地和荒草坡；不同地表径流中的溶解态氮浓度的差别较大，村庄最高，其次是耕地、荒草坡、

林果地,村庄径流的溶解态磷浓度为荒草坡径流的10倍;不同土地利用类型中吸附态磷占总磷的比例都在90%以上,与泥沙结合的吸附态磷的浓度远大于溶解态磷的浓度,吸附态磷是磷流失的主要形态。随着径流量的增大,径流中总氮的浓度降低速度呈减小趋势。

第三节 北京生态清洁小流域建设研究现状

北京市于2003年开始开展生态清洁小流域建设试点,目前全市已建设50条生态清洁小流域,工作虽然刚刚起步,但效果明显,并积累了一定的经验。

在水利部的支持和指导下,北京市水土保持工作按照“生态优先,治污为本,保护水源”的原则,以小流域为单元,水源保护为中心,以溯源治污为突破口,按照“保护水源、改善环境、防治灾害、促进发展”的总要求构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线,实施污水、垃圾、厕所、河道、环境同步治理,采取21项措施,建设生态清洁小流域,取得明显效果(毕小刚,2005)。

2008年8月,北京市水务局制定了北京市地方标准——生态清洁小流域技术规范。规范中确定了生态清洁小流域的概念,生态清洁小流域治理的三道防线,规定了生态清洁小流域的调查内容和方法,提出了生态清洁小流域评价指标体系,明确了北京地区生态清洁小流域治理必须具备的21项措施,同时提出了生态清洁小流域的监测内容、方法及生态清洁小流域治理后验收的相关事项(刘大根,2008)。生态清洁小流域治理重点为库(河)滨带建设、乡村生活污水处理、生活垃圾处理、农田面源污染控制、地埂生物化(毕小刚,2005)。

2008年北京加快生态清洁小流域建设步伐,将治理速度由每年的 310km^2 提高到 500km^2 以上,截至2008年年底,全市547条小流域,累计治理327条,其中建成生态清洁小流域76条。生态清洁小流域建设取得三大成效:一是保护了水源,稳定了密云、怀柔水库水质,改善了官厅水库水质;二是发展了旅游,促进了绿色产业发展,富裕了农民;三是改善了农村人居环境,维护了河库健康生命,促进了人与自然的和谐相处。预计到2015年可建成生态清洁小流域233条;进一步加大对山区绿化工程的投入,市级投入每亩6000元,用3年时间完成 274.8km^2 宜林荒山造林任务(李锐,2008)。

2010年5月北京市已建成128条生态清洁小流域,建成污水处理站550余处,污水日处理能力3.3万吨,640多个村实现了整村治污,为山区沟域经济发展创造了条件(俞亚平等,2010)。治理后的生态清洁小流域水污染物平均消减20%以上,出水水质达到地表水Ⅲ类以上标准。小流域水源保护使密云水库在连续11年干旱后,水质仍然保持在Ⅱ类标准。

依托生态清洁小流域,北京山区郊县大力发展沟域经济。建成的128条生态清洁小流域中有77条发展了自然生态旅游,26条发展了特色果品种植采摘,经综合治理的小流域人均增收20%以上。生态清洁小流域建设成为名副其实的民生工程。

昌平区在黑山寨川北河流域综合治理中,针对河道垃圾污染严重的情况,建设小型垃圾卫生填埋设施,探索“清洁流域”模式,不仅解决了流域内4个自然村1100户居民的垃圾污染问题,而且有效保护了饮用水源,特别是2003年SARS期间的群众健康,改善了