

# 堤防工程水土流失监测与评价

谢颂华, 胡建民, 喻荣岗

(江西省水土保持科学研究所, 江西 南昌 330029)

**摘 要:** 以江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土保持监测为例, 详细介绍了堤防工程水土保持的监测范围、内容、方法和结果, 对该工程建设前、建设和建设后的水土保持情况进行了监测分析评价。结果表明: 堤防工程通过实施水土保持防治工程和措施, 可有效减少工程实施造成的水土流失, 明显降低水土流失的危害程度, 较好地保护和改善工程沿线的生态环境。

**关键词:** 堤防工程; 水土流失; 监测; 评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0077-05

中图分类号: TV 82, S157

## Monitoring and Evaluation of Soil Erosion on Dyke Building

XIE Song-hua, HU Jian-min, YU Rong-gang

(Jiangxi Provincial Research Institute for Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, Jiangxi Province, China)

**Abstract:** By taking soil and water conservation monitoring of the Yangzi River Dike reinforcing project in Jiangxi Province as an example, the scope, contents, methods and results of the monitoring were introduced in detail. Soil and water conservation circumstance was monitored and evaluated before, during and after the project development. It is found that soil erosion is efficiently reduced in the dike development by using the measures of soil and water conservation and the degree of soil erosion influence is remarkably lowered. As a result, the ecosystem environment along the dike is well protected.

**Keywords:** dyke building; soil erosion; monitoring; evaluation

“十五”期间, 江西省的现代化进程和城镇化建设速度不断加快, 全省铁路、公路、水利、电力、能源、建材、城镇及工业园(开发区)建设等开发性建设项目蓬勃发展, 建设活动日益频繁。然而, 在建设项目实施的同时, 其对生态环境的负面影响也日益凸显出来。由于开发建设活动扰动原地貌、损坏土地及植被, 不可避免地造成新的人为水土流失, 导致当地生态环境恶化, 严重影响周边地区人民群众的生产和生活。在江西省委、省政府“三个基地, 一个后花园”的战略构想下, 为了加强开发建设项目的水土保持管理, 防治人为造成新的水土流失, 保护不可再生的水土资源, 迫切需要对开发建设项目造成的水土流失实施全程的监测监控, 以便业主和水土保持相关部门根据监测成果, 及时采取相应的防治措施, 减少和降低其对生态环境的负面影响。然而, 我国目前尚未形成一套有效的开发建设项目水土保持监测的技术方法体系。本文针对这一问题, 就江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土保持监测的内容、技术、方法和结果等作一探讨。

## 1 项目及项目区概况

江西省长江干流河段全长 151.9 km, 除去伸入内河及鄱阳湖部分, 实际长度 142.6 km。该河段岸线全长 229.6 km, 防洪堤总长 196.55 km, 其中, 长江干堤 122.89 km, 江心洲堤(江新洲和棉船洲) 73.66 km。江西省长江干流江岸堤防加固整治工程区位于长江中下游南岸的九江市行政区内, 起自瑞昌市的巢湖, 止于彭泽县的牛矶山, 地理坐标为: 东经  $115^{\circ}40' - 116^{\circ}45'$ , 北纬  $29^{\circ}50' - 30^{\circ}02'$ 。工程的主要建设任务是采用加高加固、堤基渗流控制、护岸工程、防汛公路、穿堤建筑物除险加固等工程的建设, 对瑞昌市码头镇至彭泽县帽子山的江岸、堤防及穿堤建设物进行加固和整治, 并对江新洲、棉船洲的部分江岸亦进行整治。工程总投资  $1.90 \times 10^9$  元。工程总工期 4 a。工程地处亚热带季风气候区, 多年平均年降雨量 1300~1500 mm。受季风气候影响, 降雨主要集中在 4—6 月, 该时期降雨量约占年降雨量的 48%。区内年平均气温约  $16.5^{\circ}\text{C} \sim 18.0^{\circ}\text{C}$ , 年均  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积

收稿日期: 2005-12-05

资助项目: 江西省农业重大专项“山丘区开发建设项目水土保持监测及效益评价研究”(200508); 江西水利重点项目“开发建设项目水土保持监测方法研究”(200301)

作者简介: 谢颂华(1978—), 男(汉族), 江西省赣县人, 硕士, 工程师, 研究方向为水土保持监测和研究。E-mail: xshzjl3111@163.com。

温为  $5\ 000\ ^\circ\text{C}\sim 5\ 200\ ^\circ\text{C}$ , 年太阳辐射总量为  $449.2\sim 476.8\ \text{kJ}/\text{cm}^2$ , 年日照时数  $1\ 650\sim 2\ 088\ \text{h}$ , 无霜期  $245\sim 260\ \text{d}^{[1-2]}$ 。

## 2 监测范围及监测分区

根据江西省长江干流江岸堤防加固整治工程建设的特性, 该工程水土流失监测区域为工程建设的水土流失防治责任范围, 包括项目建设区和直接影响区, 监测范围总面积  $921.94\ \text{hm}^{2[3]}$ 。具体包括: 主体工程永久建筑物建设用地、土料开采用地、施工临时用地和施工管理及职工生活福利区建设用地; 直接影响区是指项目建设区以外由于开发建设活动而造成水土流失及其直接危害的范围。该工程主要为移民动迁安置用地。

由于施工管理及职工生活福利设施用地, 分布在工程沿线城镇范围内, 建设所需用地面积很小, 且分布零散, 对周边环境影响不大。因此, 此次对该区域不作重点监测。针对移民安置, 建设单位组织对农村移民采用见缝插针, 就近后靠以及利用附近土料开采后的场地安置等方式, 在本村、本乡进行安置, 对城镇移民利用原城镇住宅小区进行安置。该工程移民安置没有集中连片大面积的移民安置区, 不会对原地貌、土地和植被造成大面积的扰动和损坏, 因此, 此次对该区域也不作重点监测。鉴于此, 将该工程水土流失监测范围划分为3个主要监测区进行监测: 主体工程监测区, 包括江岸整治、土堤加高培厚、压浸台等永久建筑物占地范围, 监测区域面积  $427.98\ \text{hm}^2$ ; 土料开采监测区, 共有土料场 93 个, 监测区域面积为  $384.45\ \text{hm}^2$ ; 施工临时用地监测区, 包括施工场地、仓库、临时道路等施工临时设施占地, 监测区面积为  $109.51\ \text{hm}^2$ 。

## 3 监测程序和方法

### 3.1 监测程序

江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土流失监测的工作程序分为3个阶段: (1) 前期准备阶段。组建监测工作组, 收集项目区气象、水文、泥沙资料、有关工程设计资料, 在此基础上, 研究制定了详细的监测实施方案、工作计划和野外调查监测工作细则; (2) 监测实施阶段。对项目区进行全线踏勘调查, 通过踏勘调查, 选定典型地块设立水土流失观测场, 对工程建设的水土流失情况及水土保持措施的拦渣保土效益进行长期定位观测, 同时开展面上的调查监测, 收集调查监测数据; (3) 成果分析评价阶段。整理分析监测数据资料, 在分析研究项目区环境状

况、水土流失状况和水土保持防治效果等的动态变化情况的基础上, 对本工程建设过程中的水土保持综合防治情况作出客观的评价。

### 3.2 监测方法

根据工程建设特性、水土流失及其防治的特点, 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程采用地面观测与调查监测相结合的方法进行水土流失监测。在工程建设对原地貌、土地和植被扰动和损坏严重, 容易产生弃土、弃渣而且可能造成较严重水土流失的区域, 设立简易水土流失观测场, 对径流量、水土流失量和拦渣保土量等指标, 进行定点、定位的地面观测。对项目区水土流失面积、水土流失危害、环境状况、水土保持设施的运行情况等采用调查监测法进行监测。

## 4 监测结果分析

### 4.1 项目区环境状况动态变化分析

4.1.1 扰动原地貌、损坏土地和植被情况分析 监测结果显示, 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程扰动原地貌、损坏土地和植被面积  $921.94\ \text{hm}^2$ , 其中: 水田  $29.72\ \text{hm}^2$ , 旱地  $760.62\ \text{hm}^2$ , 荒山荒地  $57.86\ \text{hm}^2$ , 水域  $25.54\ \text{hm}^2$ , 其它土地  $48.20\ \text{hm}^2$  (见表 1)<sup>[4]</sup>。

表 1 工程扰动原地貌、损坏土地和植被情况汇总  $\text{hm}^2$

项目名称	水田	旱地	荒山荒地	水域	其它	小计
主体工程监测区	26.21	373.86	0.53	24.39	2.99	427.98
土料开采监测区	0.76	312.23	57.33	0.00	14.13	384.45
施工临时用地监测	2.75	74.53	0.00	1.15	31.08	109.51
合计	29.72	760.62	57.86	25.54	48.20	921.94

4.1.2 生态环境变化情况 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程建设对下游和周边地区基本没有造成较大危害。但由于工程施工对项目区原地貌、土地和植被的扰动和损坏, 项目区地形地貌、土壤和植被发生了较大变化, 工程建设前主要植被有荒草、灌丛和沙地植被, 植被覆盖度较高, 经人为开采建设, 项目区植被遭到不同程度的破坏。

在主体工程完工后, 通过因地制宜地采取有效的防治和恢复措施, 项目区共恢复林草植被面积  $381.44\ \text{hm}^2$ , 恢复系数为  $48.30\%$ , 使生态环境得到了改善。特别是堤防边坡的种草、压浸台的植树种草绿化不仅可以固堤护坡, 防止堤防坡面土壤的冲刷, 而且增加了堤防的植被覆盖, 美化绿化了大堤沿线的生态环境, 促进了水利工程建设的园林化、景观化。

## 4.2 水土保持防治措施实施情况分析

4.2.1 水土保持防治措施实施情况 该工程在建设过程中采取积极的水土保持措施防治建设过程中新的水土流失。项目区共完成水土流失治理面积 589.60 hm<sup>2</sup>, 治理率为 64.0%。

### (1) 主体工程监测区。

① 堤身护坡工程: 现浇砼护坡, 护坡长 23.425 km, 现浇砼 5.25 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>; 预制块砼护坡, 护坡长 30.184 km, 砼预制块 6.59 × 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>; 浆砌石护坡, 护坡长 8.098 km, 浆砌石 7.39 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>; 干砌石护坡, 护坡长 37.530 km, 干砌石 2.25 × 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>; 模袋砼护坡, 护坡长 2.56 km, 模袋砼 5.20 × 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>; 种草护坡, 外坡护坡长 2.07 km, 内坡护坡长 76.27 km, 种草 2.07 × 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>。② 压浸台植树种草绿化工程: 植树 9900 株, 种草 1.25 × 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>。

(2) 土料开采监测区。完成土地整治利用 158.33 hm<sup>2</sup>, 其中, 农业利用面积 14.93 hm<sup>2</sup>; 牧业利用面积 59.68 hm<sup>2</sup>; 水域利用面积 16.84 hm<sup>2</sup>; 建设用地面积 66.88 hm<sup>2</sup>。

(3) 施工临时用地监测区: 完成土地整治利用 109.51 hm<sup>2</sup>, 其中, 农业利用面积 56.09 hm<sup>2</sup>; 牧业利用面积 5.35 hm<sup>2</sup>; 水域利用面积 0.58 hm<sup>2</sup>; 交通道路用地面积 47.49 hm<sup>2</sup>。

4.2.2 土地整治恢复情况 该工程土料开采和施工临时用地总面积 493.96 hm<sup>2</sup>。其中: 土料开采损坏土地 384.45 hm<sup>2</sup>, 施工临时租用土地 109.51 hm<sup>2</sup>。到 2002 年 8 月底, 项目区共完成土地整治利用面积 267.84 hm<sup>2</sup>, 土地整治率达 54.22%, 其中, 土料开采区土地整治利用面积 158.33 hm<sup>2</sup>, 土地整治率为 41.18%; 施工临时用地土地整治利用面积 109.51 hm<sup>2</sup>, 土地整治率为 100%。项目区土地整治后作为建设用地的 66.88 hm<sup>2</sup>, 作为交通用地的 47.49 hm<sup>2</sup>, 作为农业用地的 71.02 hm<sup>2</sup>, 作为牧业用地的 65.03 hm<sup>2</sup>, 作为水域利用的 17.42 hm<sup>2</sup>。

## 4.3 水土流失动态变化情况分析

4.3.1 建设前项目区水土流失现状 由于项目区自然条件较好, 光热资源和水资源丰富, 植被覆盖度高, 工程建设前项目区水土流失情况较为稳定。据实地踏勘调查, 工程建设前项目区水土流失面积为 163.75 hm<sup>2</sup>, 占项目区土地总面积 17.76%。其中: 轻度水土流失面积 138.71 hm<sup>2</sup>, 占水土流失总面积的 84.71%; 中度水土流失面积 25.04 hm<sup>2</sup>, 占水土流失总面积的 15.29%。项目区的平均土壤侵蚀模数为 580 t/(km<sup>2</sup>·a), 年土壤侵蚀总量为 5344 t。

4.3.2 施工期间项目区水土流失状况 在工程施工建设期间, 堤防的加高培厚、土料的开采和施工便道的拓宽与路面平整等对区内的水土流失均带来较大的影响, 特别是土料开采形成的裸露地表, 缺乏植被覆盖、土壤结构疏松, 很容易产生水土流失。为了准确客观地掌握工程施工过程中的水土流失情况, 此次监测采用桩钉法和坡面侵蚀沟测量法相结合的方式对工程施工过程中产生的水土流失进行监测。此次监测在工程沿线的 1<sup>#</sup> 料场、2<sup>#</sup> 料场、3<sup>#</sup> 料场、4<sup>#</sup> 料场、5<sup>#</sup> 料场、6<sup>#</sup> 料场、永安堤和芙蓉堤等地选择了 8 块有典型代表性的样地, 布设了 8 个水土流失简易观测场, 共埋设桩钉 260 多枚, 除 5<sup>#</sup> 料场、6<sup>#</sup> 料场、永安堤和芙蓉堤的 4 块样地受到自然崩塌或施工破坏而未获得观测结果外, 其余 4 块样地的有效观测结果详见表 2。

为了更准确地反映工程建设过程中的水土流失情况, 此次监测还选取了 9 个典型坡面地块进行沟蚀量的测量, 共测量坡面侵蚀沟 276 条, 其有效测量结果详见表 3。

对实测数据加以统计分析, 项目区开挖、占压等扰动地貌尚未采取水土保持措施时, 其水土流失均比较严重。土料开采监测区采挖边坡土壤侵蚀模数达 2.23 × 10<sup>4</sup> t/(km<sup>2</sup>·a), 采挖平台土壤侵蚀模数达 1.56 × 10<sup>4</sup> t/(km<sup>2</sup>·a), 经加权平均折算为全台面后得土料开采监测区土壤侵蚀模数达 1.59 × 10<sup>4</sup> t/(km<sup>2</sup>·a); 主体工程监测区土堤加高培厚土壤侵蚀模数达 9.90 × 10<sup>3</sup> t/(km<sup>2</sup>·a); 施工临时用地监测区土壤侵蚀模数为 1.56 × 10<sup>4</sup> t/(km<sup>2</sup>·a)。据此计算, 项目区在施工建设期间扰动土地尚未采取水土保持措施时产生新的水土流失总量为 1.21 × 10<sup>5</sup> t/a。

表 2 项目区典型样地土壤侵蚀量桩钉法观测结果

观测部位	编号	样地位置	侵蚀厚度/ (mm·a <sup>-1</sup> )	局部侵蚀模数/ (10 <sup>4</sup> t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
采挖边坡	1	1 <sup>#</sup> 料场	12.47	1.87
	2	2 <sup>#</sup> 料场	16.46	2.47
	3	3 <sup>#</sup> 料场	13.00	1.95
	4	4 <sup>#</sup> 料场	17.53	2.63
	平均		14.87	2.23
采挖平台	1	1 <sup>#</sup> 料场	10.67	1.60
	2	2 <sup>#</sup> 料场	9.87	1.48
	3	3 <sup>#</sup> 料场	10.80	1.62
	4	4 <sup>#</sup> 料场	10.27	1.54
	平均		10.40	1.56

注: 土壤容重取实测平均值 1.5g/cm<sup>3</sup>。

表 3 项目区典型样地地面沟蚀量调查结果

项目	1# 料场 采挖边坡	牛角羌堤 背水坡	2# 料场 采挖边坡	马湖堤 背水坡	3# 料场 采挖边坡	大坂 跃进堤 背水坡	7# 料场 采挖边坡	8# 料场 采挖边坡	梁赤公路 采挖边坡
条数	25	16	18	25	55	38	64	20	15
断面形状	V	V	V	V	V	V	V	V	V
平均长度/m	4.30	9.41	9.70	8.50	5.70	8.00	8.00	7.35	7.20
平均断面宽度/cm	30.00	12.05	39.61	10.20	21.20	10.0	21.50	26.00	10.50
平均断面深度/cm	11.83	5.28	17.86	4.80	17.00	5.50	13.40	14.80	6.30
平均断面面积/cm <sup>2</sup>	177.45	31.81	353.72	24.50	180.20	27.50	144.05	192.40	33.10
年沟蚀量/m <sup>3</sup>	1.91	0.48	6.18	0.62	5.65	0.88	7.38	2.83	0.36

注:表中数据已折算成侵蚀期 1a。

4.3.3 工程竣工后项目区水土流失情况 项目区各项整治工程和水土保持防治措施的实施,使水土流失得到了较大程度的遏制,水土流失面积和水土流失量比施工期都大为减少。主体工程监测区,大堤堤身迎水坡采取了现浇砼护坡、预制块砼护坡、膜袋砼护坡、浆砌石护坡、干砌石护坡及种草护坡等护坡措施,背水坡采取了种草护坡,压浸台进行了植树种草绿化,这些措施使主体工程监测区的水土流失基本上得到了控制,除下游天灯堤、长棉堤、红光堤、大坂跃进堤、船行堤等少数堤段主体工程刚刚完工,背水坡和压浸台植被尚未恢复,还存在一定的水土流失外,绝大多数堤段的水土流失量已经降到了国家规定的限值以下。施工临时用地监测区,工程完工后,施工便道主要成为当地乡村的交通要道,围堰租地、临时堆料租用的土地基本得到了恢复,水土流失也基本得到了控制。土料开采监测区,有些已成为移民安置的建设用地,有些已整治恢复为农业用地,有些已成为水域用

地,但还有些土料开采区依靠生态自然修复措施恢复植被,植被覆盖率还比较低,尚存在一定的水土流失,需进一步采取有效的水土保持措施进行重点防治。监测结果显示,工程竣工后项目区尚有水土流失面积 367.19 hm<sup>2</sup>,其中,轻度水土流失面积 100.70 hm<sup>2</sup>,中度水土流失面积 78.84 hm<sup>2</sup>,极强度水土流失面积 39.40 hm<sup>2</sup>,剧烈水土流失面积 148.25 hm<sup>2</sup>,年均水土流失量为 3.37×10<sup>4</sup> t。

## 5 监测评价

### 5.1 项目区水土流失动态变化情况分析

监测结果显示,项目区水土流失面积由建设前的 163.75 hm<sup>2</sup> 增加到施工期间尚未采取水土保持措施时的 921.94 hm<sup>2</sup>,再下降到竣工后的 367.19 hm<sup>2</sup>,年水土流失量由建设前的 5344 t 增加到施工期间尚未采取水土保持措施时的 120582 t,再下降到竣工后的 33668 t(见表 4)。

表 4 防治责任范围内水土流失动态变化情况

项目	主体工程 监测区	土料开采 监测区	施工临时用地 监测区	合计		
水土 流失 面积/ hm <sup>2</sup>	建设前	8.61	155.14	0.00	163.75	
	施工 期间	面积	427.98	384.45	109.51	921.94
		与建设前比较 增减值(+、-)	+ 419.37	+ 229.31	+ 109.51	+ 758.19
	工程 竣工后	面积	141.07	226.12	0.00	367.19
	与施工期间比较 增减值(+、-)	- 286.91	- 158.33	- 109.51	- 554.75	
水土 流失 量/t	建设前	1 203	3 867	274	5 344	
	施工 期间	流失量	42 370	61 128	17 084	120 582
		与建设前比较 增减值(+、-)	+ 41 167	+ 57 261	+ 16 810	+ 115 238
	工程 竣工后	流失量	6 868	26 526	274	33 668
	与施工期间比较 增减值(+、-)	- 35 502	- 34 602	- 16 810	- 86 914	

## 5.2 水土保持工程效果评价

江西省长江干流江岸堤防加固整治工程建设严格实行项目法人制、招投标制、建设监理制和合同管理制, 加大了水土保持工程建设的监督检查力度, 从而确保了水土保持工程的质量。已实施的水土保持工程措施安全稳定, 运行良好; 已实施的水土保持林草措施成活率达 80%。项目区各项水土保持措施的实施, 使水土流失面积下降到竣工后的 367.19 hm<sup>2</sup>; 水土流失量下降到竣工后的 33 668 t, 水土保持措施保土效益达 72.08%。主体工程绝大多数堤段及施工临时用地的水土流失基本控制在国家规定的限值内。堤防经过加高加固整治和植树种草绿化, 不仅使堤防本身防御洪水的标准得到了明显提高, 达到了防御 1954 年型洪水标准, 且有效地减少了工程实施造成的水土流失, 明显降低水土流失的危害程度, 较好地保护和改善工程沿线的生态环境, 为项目区及周边地区经济发展和居民生活创造了安定和谐的环境。

## 6 结语

开发建设造成的水土流失是我国现代化建设新形势下水土保持工作的新课题, 它不仅具有流失原因特别、侵蚀方式复杂、危害严重等特点, 而且流失形

式、成因、规律等也都不同于一般意义上的水土流失, 其治理的措施、对策同样不同于一般意义上水土流失治理。对于开发建设项目在建设过程中哪些地段产生了水土流失? 造成的水土流失强度有多大? 是否会对下游和周边地区造成不利影响? 都需要对建设全过程进行跟踪监测取得第一手资料, 根据监测结果进行科学评价分析, 及时采取相应的防治措施, 以有效控制开发建设活动造成的新水土流失。因此, 进一步加强开发建设项目水土保持监测的理论与实践, 对提高开发建设项目水土流失防治质量和科技含量, 加快我国水土流失防治步伐, 提高防治效益, 保护和改善生态环境, 都具有十分重要的现实意义。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 江西省水土保持科学研究所. 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土保持方案报告书(报批稿)[R]. 2000.
- [ 2 ] 江西省水土保持科学研究所. 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土保持措施设计报告[R]. 2002.
- [ 3 ] 江西省水土保持科学研究所. 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程水土保持监测成果报告[R]. 2002.
- [ 4 ] 九江长江干堤加固整治工程建设指挥部办公室. 江西省长江干流江岸堤防加固整治工程征地拆迁报告[R]. 2002.

(上接第 76 页)

土地利用结构为耕地占该类型区面积的 33.44%, 林地占 32.79%, 园地占 30.89%, 牧草地占 1.35%, 水域占 1.52%。该区水土流失达总面积的 40%, 侵蚀模数为 2 435 t/km<sup>2</sup>, 森林覆盖率为 24.5%。总的来说, 该类型区地形比较平缓, 土层较厚, 地下水埋藏浅, 生态条件比较好。第一产业与二、三产业产值之比为 33.48: 41.49: 25.03, 农业结构比例失衡, 种植业、林业、牧业、渔业产值之比为 66.29: 2.91: 29.85: 0.93。经济发展水平较高, 2001 年人均纯收入 1 591 元。今后要巩固发展水稻、油菜、优质烤烟、甘蔗、蔬菜等的生产基地。在林业方面, 开发在发展牧业养殖的同时, 实行种、养、加紧密结合, 农、工、商一条龙, 逐步建成为以食品工业为特色、兼有造纸、化工等多工业部门的工业生产体系。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 杨爱民, 王礼先, 王玉杰, 等. 三峡库区农业生态经济分区的研究[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 561—568.
- [ 2 ] 金学良, 乔家君. 主成分分析, 聚类分析在人口区划中的应用[J]. 经济地理, 1999, 19(4): 12—16.
- [ 3 ] 刘绪震, 杨宝时. 聚类分析在农业生态类型区划中的应用[J]. 地域研究与开发, 1990, 9(2): 5—7.
- [ 4 ] 屠玉麟. 贵州喀斯特农业生态环境的类型划分[J]. 中国岩溶, 1991, 10(3): 127—135.
- [ 5 ] 苏维词, 杨汉奎. 贵州岩溶区生态环境脆弱性类型的初步划分[J]. 环境科学研究, 1994, 7(6): 35—41.
- [ 6 ] 黄兴义. 贵州喀斯特地区生态经济协调发展的对策思考[C]. 贵州喀斯特地区生态环境与经济协调发展学术研讨会论文集, 贵阳: 贵州省科学技术协会编, 1999. 79—83.
- [ 7 ] 迟维韵. 生态经济理论与方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.