

三峡库区小江流域水环境综合区划

王晶晶^{1,2}, 王文杰^{1*}, 郎海鸥¹, 饶胜², 王维¹, 白雪^{1,3}

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 环境保护部环境规划院, 北京 100012;
3. 北京师范大学地理科学与遥感学院, 北京 100875)

摘要: 本研究以三峡库区小江流域为研究对象, 在综合考虑陆域、水体、社会经济对流域水环境影响的基础上, 建立了水环境综合区划的指标体系, 同时根据 DEM 划分了流域综合区划的基本单元。在主导因素法和空间叠置法的基础上, 通过 GIS 分析工具, 对小江流域的水环境进行了综合区划, 分为 3 个一级区域, 分别为北部水源涵养和保育区, 南部污染控制区, 以及小江干流富营养控制区。并根据区域的不同特点, 提出了区域面临的主要环境问题、环境保护要求, 以及措施。其中, 北部水源涵养和保育区植被生态效益不高, 退化明显, 要求保护好现有林分, 严禁乱砍滥伐, 实施封山育林; 南部污染控制区林草覆盖度较低, 水土流失十分严重, 工业污染源排放是造成水质变化的最主要因素, 需要以污染控制为主; 小江干流富营养化控制区是三峡库区最大的消落带区, 要求在妥善安置移民的同时, 重点加强水体富营养化的治理。本文通过小江流域的案例研究, 提出了小江流域水环境分区管理的方法, 为我国水环境综合管理提供了技术借鉴。

关键词: 小江流域; 区划指标体系; 水环境综合区划; 保护对策

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00038

1 引言

随着我国社会经济和城市化进程的快速发展, 水资源短缺和水环境污染已成为制约国民经济可持续发展的限制性因素^[1-3]。三峡大坝是世界瞩目的水利工程, 由于三峡工程部分改变了长江的水文情势, “长江三峡工程生态与环境监测公报”^[4-7]数据显示库区局部区域和沿岸水质呈恶化趋势, 2004-2007 年连续四年部分支流富营养化趋势明显, 并发生了不同程度的“水华”现象, 对于支流出现的水环境问题若不加防治将严重威胁库区的水环境安全。小江流域是三峡水库的一级支流, 位于三峡库区腹地地带, 自三峡水库蓄水以来, 小江流域内频频发生水华现象, 对三峡库区的总体水环境带来了一定的负面影响。由于环境污染的累加效应和滞后效应, 若不及早治理和管理, 小江流域水环境恶化形势在所难免, 对三峡水库整体水环境质量将带来更大的压力。

本研究选择三峡库区小江流域作为研究对象,

该流域的地貌特征、植被覆盖、人类活动特征及蓄水淹没后的水文特征在三峡库区具有很强的代表性, 特别是蓄水水位变化产生的消落带是库区中最为明显的地段, 因此, 本研究在考虑陆域、水体, 以及社会经济的基础上^[8-11], 制定小江流域水环境综合区划方案, 探索流域水环境综合管理的方法, 提出水环境分区管理的新思路, 对于提高我国水环境规划, 以及管理具有重要的现实意义。

2 三峡库区小江流域的背景和研究方法

2.1 流域背景

小江流域地跨东经 107°44′50″~108°53′56″, 北纬 30°39′35″~31°41′19″之间, 地处四川盆地东部边缘, 主要有东河、南河、浦里河和彭溪河 4 条支流组成, 流域面积 5 298 km²。流域内地势由南向北逐渐升高, 南部最低海拔仅 134 m, 北部最高点在白泉大垭口南面山巅, 为 2 626 m, 高差近 20 倍。小江流域

收稿日期: 2010-03-03; 修回日期: 2010-09-13.

基金项目: 国家科技支撑计划(2008BAC34B00)。

作者简介: 王晶晶(1984-), 女, 硕士, 主要从事环境评价、遥感应用等方面的研究。E-mail: wangjj07@126.com

* 通讯作者: 王文杰(1970-), 男, 湖南湘潭人, 博士, 研究员, 主要从事区域生态、环境评价、遥感与地理信息系统应用等研究。E-mail: wangwj@craes.org.cn

境内可分为山地、丘陵、平坝 3 种地貌类型,以山地为主,其次为丘陵,平坝比例较小。气候变化较大,形成了南部平坝、丘陵和低山地带的亚热带湿润季风气候区和北部中山地带的暖温带季风气候区。多年平均降雨量为 1 385mm,但时空分布不均,时间上雨季多集中在 5-9 月,占全年降雨量的 70%~80%,空间上总趋势反映为北多南少。

2.2 研究方法

本研究主要采用区划中常用的主导因素法和空间叠置法进行流域的水环境综合区划。主导因素法在区划时,通过综合分析确定并选取反映地域分异主导因素的标志或指标,作为划分区域界限的依据,同一等级的区域单位即按此标志或指标划分,例如,农业综合区划中常采用 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温作为主导因子划分农业种植制度区域和农作物种植区域,用主导标志或指标划分区界时,还需用其他生态要素和指标对区界进行必要的订正^[11-14];空间叠置法指以各个区划要素或各个部门的和综合的区划(气候区划、地貌区划、土壤区划、农业区划、林业区划、综合自然区划、生态地域区划、植被区域区划、生态敏感性区划图生态服务功能区划等)图为基础,通过空间叠置,以相重合的界限或平均位置作为新区划的界限,在实际应用中,该方法多与地理相关法结合使用,特别是随地理信息系统技术的发展,空间叠置分析得到越来越广泛的应用^[15-18]。

本文首先建立流域水环境综合区划的指标体系,然后确定区划单元,在此基础上根据不同的指标进行评价分区,最后运用主导因素法和空间叠置法确定水环境综合区划的方案。

(1)区划指标体系的选取

流域水环境综合区划是一项复杂的系统工程,其影响因素包括自然、社会和经济等多个方面,对流域水环境综合区划影响因子的分析与评价,实质上就是一个多因素、多指标综合作用的系统评价分析。影响水环境综合区划生态建设的因素十分复杂,难以用一个或几个指标来评价,需要综合考虑影响水环境的主要因素,构建水环境综合区划的指标体系。因此,本研究在选取指标时,根据指标的可行性和可获取性原则,并考虑流域实际情况,通过问卷咨询专家,最终确定了影响因素的指标,构建了流域水环境综合区划指标体系(表 1)。

表 1 流域水环境综合区划指标体系
Tab. 1 Indexes of integrated environmental regionalization

目标层	要素层	因子层	指标层
流域水环境综合区划指标体系(A)	陆地生态系统(B1)	水源涵养能力(C1)	林草覆盖率(D1)
		水土保持能力(C2)	土壤侵蚀强度(D2)
	水体生态系统(B2)	水资源量(C3)	水域面积比(D3)
		水环境质量(C4)	水质现状(D4)
	社会经济系统(B3)	人口(C5)	人口密度(D5)
		城镇化工业化(C6)	城镇用地比例(D6)
		农业发展(C7)	耕地比例(D7)
		社会经济发展需求(C8)	城镇化发展规划(D8)

(2)水环境综合区划单元的确定

根据流域水系数据和流域 1:50 000 DEM 数据,在 ArcGIS 的水文模块中,自动划分的子流域地貌水文单元作为基本区划单元,具体的实施方法是:

① 利用 ArcMap 9.2 中水文分析模块(Hydrology)中填充(Fill)功能对流域 DEM 数据进行洼地填充后,利用水流方向(Flow Direction)功能提取小江流域的水流方向。

② 利用流域水系数据和水流方向数据生成 Stream Link 数据后,再利用集水流域(Watershed)功能生成流域的基本地貌水文单元,并将栅格数据转为矢量数据,即得到如图 1 所示的流域基本区划单元。

3 小江流域的水环境综合区划

3.1 水环境指标要素分区

(1)水源涵养能力分区

在全国 1:250 000 基础地理数据和小江流域土地利用现状数据的基础上,利用 ArcMap 9.2 中 Union 模块对小江流域土地利用现状数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元的林地、草地面积比例。结合本流域水文单元林草覆盖率的特点,通过咨询专家,对研究区水源涵养能力分级并赋值(见表 2)。本研究选取小江流域平均林草覆盖率 55%作为判定较高林草覆盖与中等林草覆盖的阈值,以 15%作为等距离阈值间距。然后对部分水文单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域水源涵养能力区划图(图 2)。

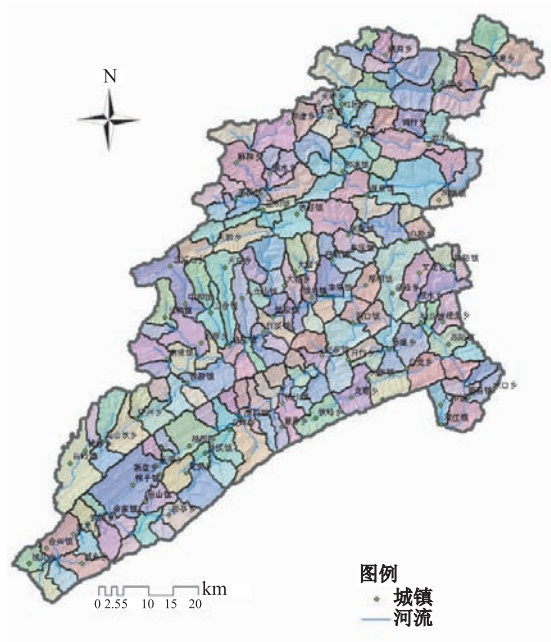


图 1 小江流域水环境综合区划的单元分布图

Fig. 1 The regionalization units of the study area

表 2 小江流域水源涵养能力分级表

Tab. 2 Classification of water resource conservation capacity

分级	水源涵养能力	林草覆盖率
1	极强	70%以上
2	较强	55%~70%
3	一般	40%~55%
4	较弱	40%以下

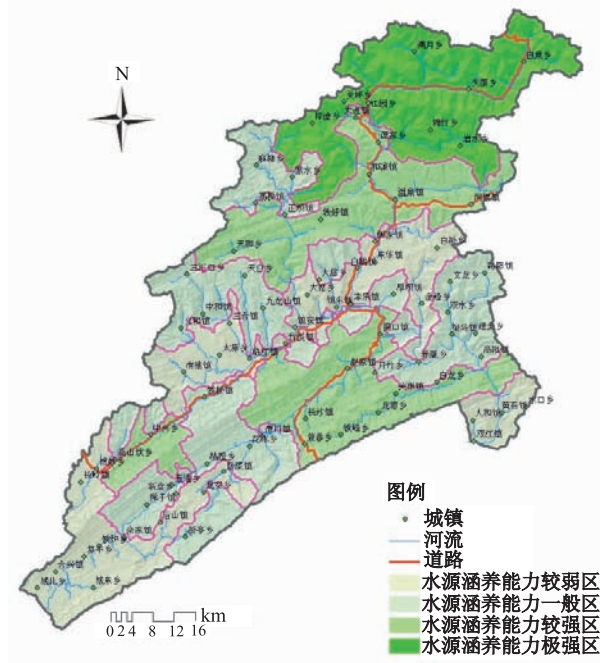


图 2 小江流域水源涵养能力区划图

Fig. 2 Regionalization of water resource conservation capacity in the study area

(2)水土保持能力分区

在全国 1:250 000 基础地理数据和全国第二次土壤侵蚀调查资料的基础上,利用 ArcMap 9.2 中 Clip 模块对土壤侵蚀调查数据进行裁剪,得到研究区土壤侵蚀数据。进而利用 ArcMap 9.2 中 Union 模块对小江流域土壤侵蚀调查数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元土壤侵蚀强度为轻度和轻度以上的面积占土地总面积的比例。根据本流域水文单元水土流失面积及分布的特点,通过咨询专家,将研究区水土保持能力分级并赋值(见表 3)。本研究选取小江流域全流域轻度和轻度以上的面积占土地总面积 69%作为判定一般水土保持能力与较强水土保持能力的阈值,以 15%作为等距离阈值间距,然后对部分水单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域水土保持能力区划图(图 3)。

表 3 小江流域水土保持能力评价表

Tab. 3 Classification of soil conservation capacity

分级	水土保持能力	水土流失面积比例
1	较弱	84%以上
2	一般	69%~84%
3	较强	54%~69%
4	极强	54%以下

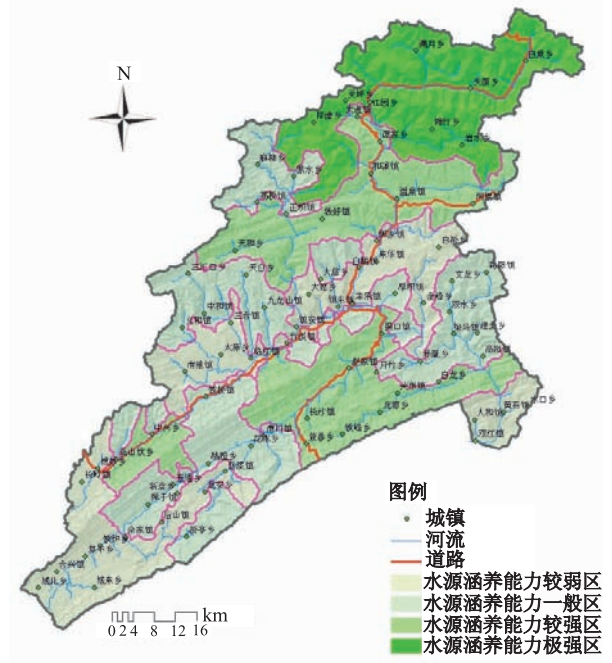


图 3 小江流域水土保持能力区划图

Fig. 3 Regionalization of soil conservation capacity in the study area

(3)水资源分区

在全国 1:250 000 基础地理数据和小江流域土地利用现状数据的基础上,结合小江流域水系图,提取小江流域 DEM 中高程小于 175m,且与小江干流水系相邻部分,获取三峡大坝蓄水后被淹没区域,并将其转化为矢量数据,进而利用 ArcMap 9.2 中 Union 模块对小江流域土地利用现状数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元水域面积比例。结合三峡水库 175m 蓄水背景下流域水资源分布的特点,通过咨询专家,将研究区水资源量分级并赋值(表 4)。本研究选取小江流域平均水域面积比例 3.66%作为判定水资源一般丰富区与水资源较丰富区的阈值;以 50%作为等比例阈值间距,即水资源一般丰富区和不丰富区的阈值为水域面积占流域总面积的 1.83%、水资源较丰富区和极丰富区的阈值为水域面积占流域总面积的 7.32%。最后对部分水文单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域水资源量区划图(图 4)。

表 4 小江流域水资源评价表

Tab. 4 Classification of quantity of water resource		
分级	水资源量	水域面积比例
1	极丰富	7.32%以上
2	较丰富	3.66%~7.32%
3	一般丰富	1.83%~3.66%
4	不丰富	1.83%以下

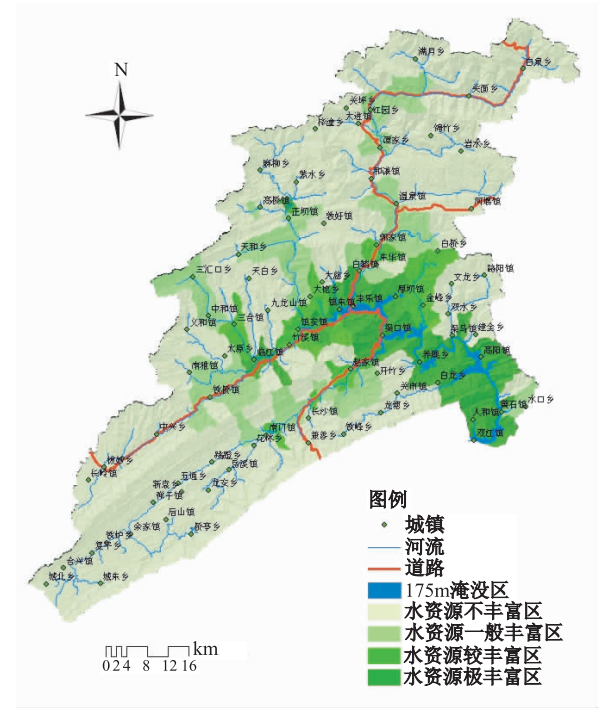


图 4 小江流域水资源量区划图

Fig. 4 Regionalization of quantity of water resource in the study area

(4)水环境质量分区

本研究利用“长江三峡工程生态与环境监测公报 2007”的水环境质量状况数据和重庆市水质监测数据,利用利用 ArcMap 9.2 中 Spatial Join 模块对小江流域水质断面数据与地貌水文单元叠加,确定断面所在水文单元水质类别,并将断面以上的河流所在水文单元均认定为该水质,直至下一断面。结合本流域水文单元水质数据,将研究区水环境质量分级并赋值(表 5)。最后对部分水文单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域水环境质量图(图 5)。

表 5 小江流域水环境质量评价表

Tab. 5 Classification of water quality		
分级	水环境质量	水质现状
1	较好	II
2	中等	III
3	较差	IV

(5)人口压力分区

本文在 2005 年全国人口栅格数据(像元值即为人口密度值,单位:人/km²)和全国 1:250 000 基础地理数据的基础上,利用 ArcMap 9.2 中 Clip 模块对全国人口栅格数据进行裁剪,得到研究区人口

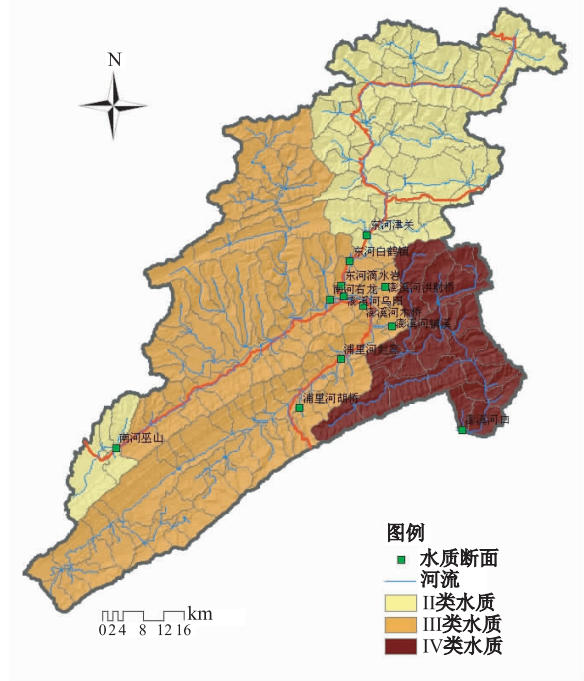


图 5 小江流域水环境质量区划图

Fig. 5 Regionalization of water quality in the study area

密度数据,然后利用 ArcMap 9.2 中 Union 模块对研究区人口密度数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元人口密度。结合本流域水文单元人口密度的特点,通过咨询专家,将研究区人口密度分级并赋值(表 6)。本研究选取小江流域平均人口密度 289 人/km²作为判定中等人口密度与低人口密度的阈值,以 578 人/km²,即两倍平均人口密度作为最高人口密度与较高人口密度的阈值;选择 434 人/km²即 1.5 倍平均人口密度作为中等人口密度与较高人口密度的阈值。最后对部分水文单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域人口压力区划图(图 6)。

表 6 小江流域人口压力评价表

Tab. 6 Classification of population density

分级	人口压力	人口密度
1	高	578 以上
2	较高	434~578
3	中等	289~434
4	较低	289 以下

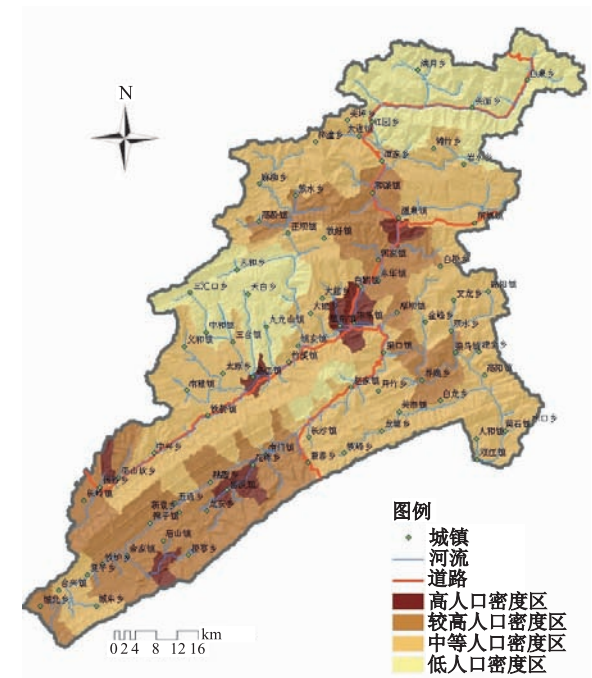


图 6 小江流域人口压力区划图

Fig. 6 Regionalization based on population density in the study area

(6)城镇化分区

在全国 1:250 000 基础地理数据和小江流域土地利用现状数据的基础上,利用 ArcMap 9.2 中 U-

nion 模块对小江流域土地利用现状数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元建设面积比例。结合本流域城镇化的特点,通过咨询专家,将研究区城镇化水平分级并赋值(表 7)。本研究选取小江流域城镇化平均水平 3.56%作为判定较高城镇化水平与中等城镇化水平的阈值,以 33.3%作为等比阈值间距。最后对部分水单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域农业开发强度区划图(图 7)。

表 7 小江流域城镇化水平评价表

Tab. 7 Classification of urbanization

分级	城镇化水平	建设用地比例
1	高	10.8%以上
2	较高	10.8%~3.6%
3	中等	3.6%~1.2%
4	较低	1.2%以下

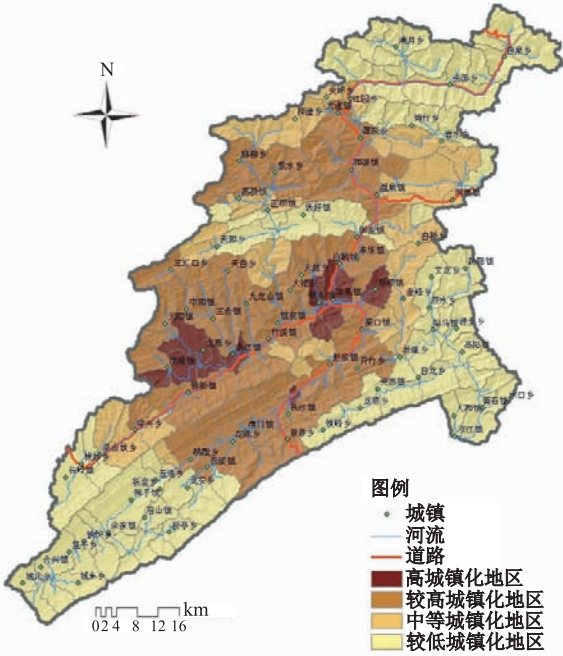


图 7 小江流域城镇化水平区划图

Fig. 7 Regionalization based on urbanization in the study area

(7)农业开发强度分区

在全国 1:250 000 基础地理数据和小江流域土地利用现状数据的基础上,利用 ArcMap 9.2 中 Union模块对小江流域土地利用现状数据与地貌水文单元叠加,并计算各地貌水文单元水田、旱地面积比例。结合本流域水文单元农业开发强度的特点,通过咨询专家,将研究区农业开发强度分级并

赋值(表 8)。本研究选取小江流域平均农业开发强度 39%作为判定较高农业开发强度与中等农业开发强度的阈值;结合小江流域农业开发的特点,确定以 66.7%作为等比阈值间距。最后,对部分水单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域农业开发强度区划图(图 8)。

表 8 小江流域农业开发强度评价表

Tab. 8 Classification of agriculture intensity

分级	农业开发强度分区	耕地面积比例
1	高	58.5%以上
2	较高	39%~57%
3	中等	26%~39%
4	较低	26%以下

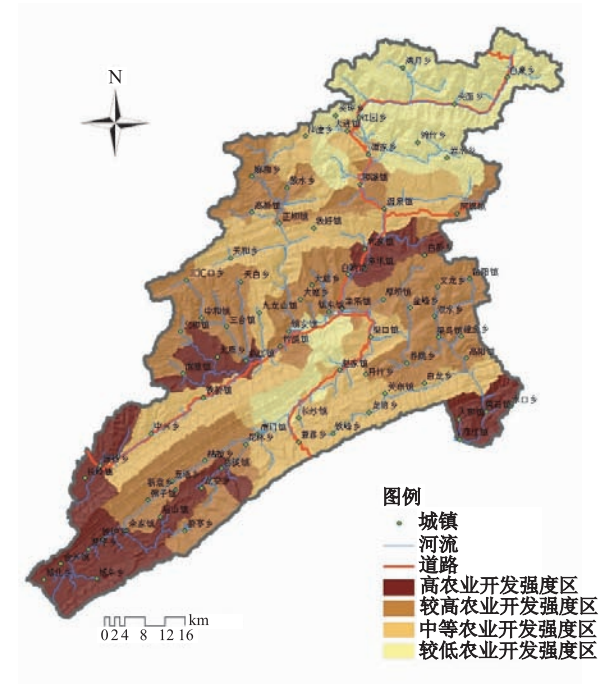


图 8 小江流域农业开发强度区划图

Fig. 8 Regionalization based on agriculture intensity in the study area

(8) 社会经济发展分区

在全国 1:250 000 基础地理数据的基础上,选取小江流域所在的各乡、镇点数据。利用 ArcMap 9.2 中 Spatial Join 模块对研究区点数据与地貌水文单元叠加,得出各地貌水文单元所包含的城镇数量及名称。根据开县城镇体系规划,对各地貌水文单元分级赋值(见表 9)。最后,对部分水文单元进行了合理的归并、综合,得出小江流域农业开发强

度区划图(图 9)。

表 9 小江流域社会经济发展需求评价表

Tab. 9 Classification of future urbanization

分级	城镇等级体系	城镇
1	最高	县城
2	较高	中心镇
3	中等	一般镇
4	较低	无

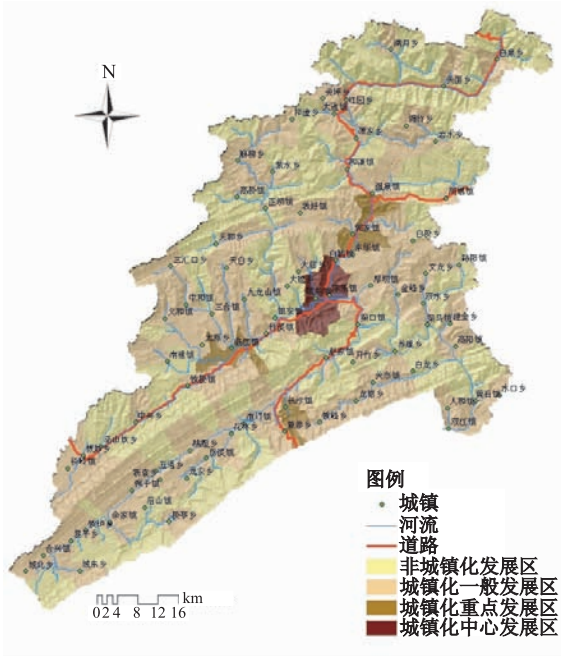


图 9 小江流域社会经济发展需求区划图

Fig. 9 Regionalization based on future urbanization in the study area

3.2 水环境综合区划方案

根据各区划指标的分区结果,以主导因素法和空间叠置法为主,进行小江流域水环境综合区划,划分为二级区划体系。

一级区的划分主要考虑陆地生态系统的涵养能力、水体生态系统的水环境质量和经济社会发展的现状进行综合考虑(包括大区域的不同功能),并结合子流域边界进行划分。确定小江流域水环境综合区划一级区为 3 个区,包括北部水源涵养和保育区、南部污染控制区、小江干流富营养化控制区。

二级区的划分根据所在一级区的不同功能,确定主要的划分因子。在北部水源涵养和保育区,主要考虑林草覆盖率和水土保持能力的差别,划分为

I-1 东河水源涵养区、I-2 桃溪河水源涵养区和 I-3 北部水源保育区；在南部污染控制区，主要考虑人为活动的方式、程度、范围进行划分，主要的依据指标是城市化发展需求、农业开发强度，划分为 II-1 农业面源控制区、II-2 城镇化点源控制区、II-3 中心

城区污染控制区等 3 个二级区；在小江干流富营养化控制区，主要考虑水资源量的因素，以及三峡库区消落带的因素，划分为 III-1 三峡库区消落区和 III-2 小江干流富营养化控制区。具体分区方案见表 10 和图 10。

表 10 小江流域水环境综合区划结果表
Tab. 10 Integrated water environment regionalization in the study area

区划	面积(km ²)	范围
I 北部水源涵养和保育区	1 862. 60	
I-1 东河水源涵养区	941. 12	东河上游地区
I-2 桃溪河水源涵养区	422. 81	桃溪河上游地区
I-3 北部水源保育区	498. 67	东河中游地区、桃溪河中游地区
II 南部污染控制区	2 472. 74	
II-1 农业面源控制区	2 217. 28	流域南部大部分地区
II-2 城镇化点源控制区	152. 01	重点发展城镇地区
II-3 中心城区污染控制区	103. 45	开县主城区
III 小江干流富营养化控制区	913. 31	
III-1 三峡库区消落区	485. 50	小江主干流地区
III-2 小江干流富营养化控制区	427. 81	小江干流支流地区

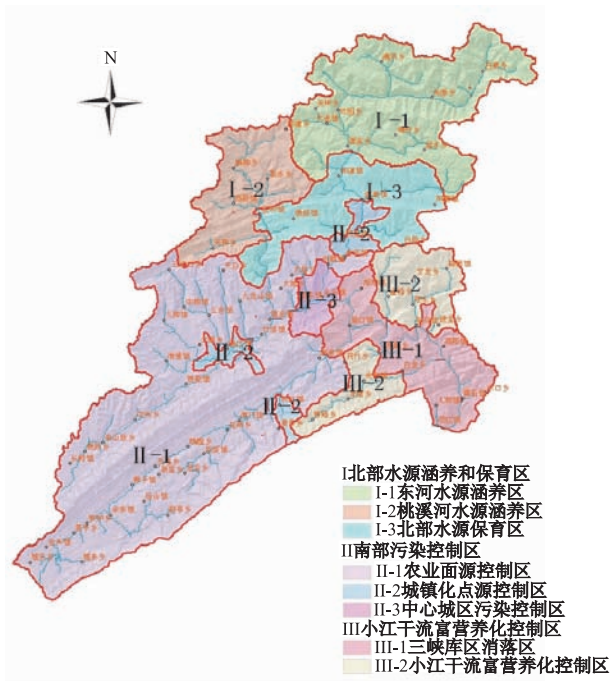


图 10 小江流域水环境综合区划图
Fig. 10 Map of integrated water environment regionalization in the study area

4 库区流域水环境综合区划的结果分析

4.1 北部水源涵养和保育区

本区是小江流域重要的水源涵养区，植被覆盖

率在 68. 76%，耕作面积 27. 56%，区内自然生态相对较好，城镇化、农业化的人为影响相对较小。根据 3 个二级区划提出具体保护对策分别是：

(1)东河水源涵养区

本区是东河及其众多支流的源区，是重要的水源涵养区。植被覆盖率较高，轻度以上土壤侵蚀面积较小，但是林地、草地质量较低，难以起到充分发挥生态功能的作用。因此，要对现有林分进行保护，严禁乱砍滥伐，海拔较高处宜多营造水源涵养林，该区耕地以陡坡耕地为主，是实施退耕还林的重点区域。划定水源保护区，保护区内严禁设置排污口。

(2)桃溪河水源涵养区

该区植被覆盖率 56. 05%，农业开发强度和人口密集都较东河高，因此，对区内>25°以上的坡耕地实施严格的退耕还林政策，增加区内林草覆盖度。实施封山育林，保护和维护现有植被。划定水源保护区，保护区内严禁设置排污口。

(3)北部水源保育区

本区植被覆盖率较高，但是，土壤侵蚀情况十分严重，区内轻度以上土壤侵蚀面积达到 90. 18%，是水土流失最为严重的地区。农业陡坡开垦加剧了水土流失。因此，本区重点是建设良性循环的农林复合生态系统。加大坡改梯工作力度，有计划实

施陡坡退耕还林,通过水土保持工程,增加植被覆盖率,提高植被固土、防护的能力。

4.2 南部污染控制区

本区主要包括东河下游地区、桃溪河下游地区、蒲里河地区、南河地区(除桃溪河上中游地区外)及彭溪河地区。是小江流域人为活动最强烈的区域,城镇用地比例 4.75%,农业用地 48.02%,林草覆盖率 45.35%,根据 3 个二级区划提出具体保护措施如下:

(1)中心城区污染控制区

本区将建设开县新县城,并且是开县工业化和城市化的主要区域,水环境污染以点源为主。水环境污染排放强度大,工业污染和城镇生活污染强,目前,城镇环境污染治理设施比较落后,污水处理厂及其配套管网尚不完善区。因此,重点建设城镇生活污染处理设施和工业污染处理设施;在新城建设过程中,要做到环保设施的同时设计、同时施工和同时运行。加强三峡库区富营养化的监测,建立区域内主要污染源的在线监测系统,加强污染源排放监测。

(2)城镇化点源控制区

区内是流域内未来人口较为集中的地区,生活污水及工业废水排放量大,农业发展程度较高,水污染排放的方式是点源和面源相结合的方式,水土流失比较严重。因此,加强对小城镇的污水处理设施、完善垃圾处理系统;加大区域丘陵地区的水土保持工作,降低水土流失的强度。降低农药、化肥使用强度,转变农业发展模式。

(3)农业面源控制区

区内是流域农业发展的主要地区,农业面源污染是对水环境的主要威胁,在加上植被覆盖率相对较低,坡耕地面积较多,滑坡地质灾害频发。因此,要加强农业面源污染的治理,降低农药、化肥的施用量,推广使用有机肥;发展生态农业,建设优质无公害商品粮基地,无公害蔬菜生产基地;推动规模化养殖,推进沼气建设,提高农村秸秆、畜禽粪便等农业废弃物的综合利用率。加快陡坡退耕,建设水土保持林,加大小流域综合治理,加强植被保持水土的能力。

4.3 小江干流富营养化控制区

本区面积约 913.31km²,占流域总面积的

17.40%,主要包括小江干流地区。本区农业发展程度较高,农业用地 47.69%,是流域内水稻农业生产的高产区。同时本区也是小江流域最大的淹没区,几乎沿库全部的城镇居民和大部分农村居民将被迫移民。三峡水库蓄水后,本区是三峡库区最大的消落带区。随着移民安置工程的开展,新的居民点的建设,对于三峡水库的水环境也发生了较大的影响。根据 2 个二级区划,提出具体保护对策分别如下:

(1)小江干流污染防治区

本区水土流失十分严重,农业发展程度高,面源污染严重,植被覆盖率相对较低,因此,重点是加强水土流失治理,逐步改造现有的单一马尾松林占绝对优势的林分,建立层片结构丰富,水土保持能力强的常绿阔叶林;降低农药、化肥的使用量,推广使用有机肥;加强农村地区废弃物综合利用,推动畜禽养殖规模化坚持退耕还林政策,巩固退耕还林效果。

(2)三峡库区消落区

三峡水库蓄水后,水位随季节变化后形成消落区。根据该区域的河谷地貌特征,因地制宜,从区域生态安全、社会稳定等角度出发,制定科学合理的消落带土地整治与生态恢复方案,保证消落带生态系统合理利用与区域生态环境和谐发展。高标准建设移民点的生活污染治理设施,确保生活污染不进入水库。加强排污口排查,降低排污口数量,对本区内的排污口建立在线监测系统。

5 结论

(1)本研究确定了水环境综合区划的指标体系和基本单元。在综合考虑陆域生态系统、水体生态系统,社会经济系统对流域水环境质量的影响,按照 3 个子系统确定了影响水环境的主要因素,建立了水环境综合区划的指标体系;同时根据 DEM 制定了流域综合区划的基本单元。

(2)在主导因素分析法和空间叠置法的空间分析方法的支持下,结合 GIS 软件平台,对小江流域进行了水环境综合区划,将小江流域划分为 3 个一级区和 8 个二级区,一级区包括:I 北部水源涵养和保育区、II 南部污染控制区、III 小江干流富营养化控制区等 3 个;二级区包括 I-1 东河水源涵养区、I-2 桃溪河水源涵养区和 I-3 北部水源保育区;II-1 农

业面源控制区、II-2 城镇化点源控制区、II-3 中心城区污染控制区;III-1 三峡库区消落区、III-2 小江干流富营养化控制区等 8 个。

(3)本研究根据区域的不同特点,提出了区域面临的主要环境问题和环境保护要求,以及措施。北部水源涵养和保育区植被生态效益不高,退化明显,因此,要保护好现有林分,严禁乱砍滥伐,实施封山育林;南部污染控制区林草覆盖度较低,水土流失十分严重,工业污染源排放和农业面源影响是造成水质变化的最主要因素,因此,本区需要以污染控制为主,同时兼顾生态建设;小江干流富营养化控制区是三峡库区最大的消落带区,因此,要在妥善安置移民的同时,重点加强水体富营养化的治理。

参考文献:

- [1] 周丰,刘永,黄凯,等. 流域水环境功能区划及其关键问题[J]. 水科学进展,2007,18(2):216-222.
- [2] 孟伟,苏一兵,郑丙辉. 中国流域水污染现状与控制策略的探讨[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2004,2(4):242-246.
- [3] 水利部海河水利委员会. 海河流域水生态恢复研究(初步报告)[R]. 北京:水利部,2002.
- [4] 中华人民共和国环境保护部. 长江三峡工程生态与环境监测公报 2005[Z]. 北京:中华人民共和国环境保护部,2005.
- [5] 中华人民共和国环境保护部. 长江三峡工程生态与环境监测公报 2006[Z]. 北京:中华人民共和国环境保护部,2006.
- [6] 中华人民共和国环境保护部. 长江三峡工程生态与环境监测公报 2007[Z]. 北京:中华人民共和国环境保护部,2007.
- [7] 中华人民共和国环境保护部. 长江三峡工程生态与环
- 境监测公报 2008[Z]. 北京:中华人民共和国环境保护部,2008.
- [8] Rapport D J. Ecosystem Services and Management Options as Blanket Indicators of Ecosystem Health[J]. Journal of Aquatic Ecosystem Health,1995,4(2):97-105.
- [9] Costanza R. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature,1997,387:253-260.
- [10] Hughes R M, Larsen D P. Ecoregions: An Approach to Surface Water Protection[J]. Journal of the Water Pollution Control Federation,1988,60:486-493.
- [11] 金儒成,梅再美,蔡广鹏,等. 主导因素法对利用聚类分析进行土地利用分区的校正研究——以贵州省仁怀市和罗甸县为例[J]. 安徽农业科学,2010(15):8115-8118.
- [12] 王丽,包玉海,张巧凤,等. 基于主导因素法的省级农业类限制开发区划分——以内蒙古自治区为例[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版),2009(3):311-314.
- [13] 米文宝,余晓霞. 西北地区主体功能区划方法研究——以宁夏为例[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2009(4):391-396.
- [14] 刘友多. 福建省林业发展区划三级分区技术研究[J]. 防护林科技,2009(6):35-38.
- [15] 张超. 水土保持区划及其系统架构研究[D]. 北京林业大学,2008.
- [16] 郑晓兴,张浩,王祥荣. 长江三峡库区(重庆段)沿江区域生态功能区划[J]. 复旦学报(自然科学版),2006(6):732-737.
- [17] 朱传耿,仇方道,马晓冬,等. 地域主体功能区划理论与方法的初步研究[J]. 地理科学,2007(2):136-141.
- [18] 朱琳,郭兆夏,朱延年. 基于 GIS 气候资源评价及区划研究——以陕西省苹果气候区划为例[J]. 陕西气象,2005(3):23-26.

Integrated Water Environment Regionalization in Xiaojiang Watershed in the Three Gorges Reservoir Area, China

WANG Jingjing^{1,2}, WANG Wenjie¹, LANG Haiou¹, RAO Sheng², WANG Wei¹, BAI Xue^{1,3}

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;

2. Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China;

3. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: In this study, taking Xiaojiang Watershed of the Three Gorges Reservoir Area as the research

object, comprehensively considering the effects of land system, aquatic system, and socio-economic system on the water environment, an index system of integrated water environment regionalization was established, and the basic unit of division was developed under the watershed DEM. In accordance with the method of dominant factors and space overlay, combined with GIS software, integrated water environment regionalization in Xiaojiang Watershed was separated into three zones, i. e. water conservation and ecological conservation zone in the north, pollution control zone in the south, and eutrophication control zone on the mainstream area of Xiaojiang Watershed, respectively. And according to the characteristics and the main environmental problems of the region, put forward environmental protection requirements and measures. In the water conservation and ecological conservation zone, vegetation are not high, and degradation is obvious, requesting to protect existing forest, prohibite excessive deforestation, and facilitate afforestation; in the pollution control zone, forest and grass cover is low, soil erosion is very serious, and industrial pollution emission is the most important factor causing changes in water quality, needing to take pollution control as the main approach; Xiaojiang Watershed is the largest fluctuation band in Three Gorges Reservoir eutrophication control area, requiring proper resettlement, while focusing on strengthening eutrophication management. By exploring the integrated environmental management approach in Xiaojiang Watershed, we proposed zone management of water environment as a new idea, in order to improve the management of water environment in China.

Key words: Xiaojiang Watershed; regionalization index system; integrated water environment regionalization; protection measures