

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

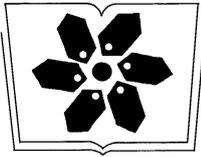
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 22 期 Vol.31 No.22 2011

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 22 期 2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

叶冠尺度野鸭湖湿地植物群落含水量的高光谱估算模型	林 川, 官兆宁, 赵文吉 (6645)
中国水稻潜在分布及其气候特征	段居琦, 周广胜 (6659)
大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应	武玉妹, 周 强, 於丙军 (6669)
黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝柽柳对地下水位变化的生理生态响应与适应	张 佩, 袁国富, 庄 伟, 等 (6677)
高寒退化草地甘肃臭草种群分布格局及其对土壤水分的响应	赵成章, 高福元, 石福习, 等 (6688)
基于生态足迹思想的皂市水利枢纽工程生态补偿标准研究	肖建红, 陈绍金, 于庆东, 等 (6696)
基于 MODIS 黄河三角洲湿地 NPP 与 NDVI 相关性的时空变化特征	蒋蕊竹, 李秀启, 朱永安, 等 (6708)
高分辨率影像支持的群落尺度沼泽湿地分类制图	李 娜, 周德民, 赵魁义 (6717)
土壤食细菌线虫对拟南芥根系生长的影响及机理	成艳红, 陈小云, 刘满强, 等 (6727)
基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态	杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 等 (6734)
树轮灰度与树轮密度的对比分析及其对气候要素的响应	张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等 (6743)
冀北山地阴坡优势树种的树体分维结构	田 超, 刘 阳, 杨新兵, 等 (6753)
帽峰山常绿阔叶林辐射通量特征	陈 进, 陈步峰, 潘勇军, 等 (6766)
不同类型拌种剂对花生及其根际微生物的影响	刘登望, 周 山, 刘升锐, 等 (6777)
一种自优化 RBF 神经网络的叶绿素 a 浓度时序预测模型	仝玉华, 周洪亮, 黄浙丰, 等 (6788)
不同种源麻栎种子和苗木性状地理变异趋势面分析	刘志龙, 虞木奎, 马 跃, 等 (6796)
黄土丘陵区植物叶片与细根功能性状关系及其变化	施 宇, 温仲明, 龚时慧 (6805)
干旱区五种木本植物枝叶水分状况与其抗旱性能	谭永芹, 柏新富, 朱建军, 等 (6815)
火灾对马尾松林地土壤特性的影响	薛 立, 陈红跃, 杨振意, 等 (6824)
江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应	王 磊, 张 磊, 段学军, 等 (6832)
高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响	赵素芬, 何培民 (6845)
江苏省典型干旱过程特征	包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等 (6853)
黄土高原半干旱草地地表能量通量及闭合率	岳 平, 张 强, 杨金虎, 等 (6866)
光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响	陈 伟, 蒋 卫, 邱雪柏, 等 (6877)
铜陵铜尾矿废弃地生物土壤结皮中的蓝藻多样性	刘 梅, 赵秀侠, 詹 婧, 等 (6886)
圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素	孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等 (6896)
田湾核电站海域浮游动物生态特征	吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等 (6902)
马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化	汪振华, 王 凯, 章守宇 (6912)
基于认知水平的非使用价值支付动机研究	钟满秀, 许丽忠, 杨 净 (6926)
综述	
植物盐胁迫应答蛋白质组学分析	张 恒, 郑宝江, 宋保华, 等 (6936)
沉积物氮形态与测定方法研究进展	刘 波, 周 锋, 王国祥, 等 (6947)
野生鸟类传染性疾病预防研究进展	刘冬平, 肖文发, 陆 军, 等 (6959)
鱼类通过鱼道内水流速度障碍能力的评估方法	石小涛, 陈求稳, 黄应平, 等 (6967)
专论	
IPBES 的建立、前景及应对策略	吴 军, 徐海根, 丁 晖 (6973)
研究简报	
柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究	陈建文, 王孟本, 史建伟 (6978)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 35 * 2011-11



封面图说: 滩涂芦苇及野鸭群——中国的海岸湿地, 尤其是长江入海口以北的海岸线, 多为泥质性海滩, 地势宽阔低洼, 动植物资源丰富, 生态类型独特, 为迁徙的鸟提供了丰富的食物和休息、庇护的良好环境, 成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬、繁殖地。一到迁徙季节, 成千上万的各种鸟类飞临这里, 尤其是雁鸭类数量庞大, 十分壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

王磊,张磊,段学军,董雅文,秦贤宏. 江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应. 生态学报, 2011, 31(22): 6832-6844.

Wang L, Zhang L, Duan X J, Dong Y W, Qin X H. Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(22): 6832-6844.

江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应

王磊^{1,3,4}, 张磊², 段学军^{1,*}, 董雅文¹, 秦贤宏^{1,3}

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏南京 210008; 2. 江苏省环境科学研究院, 江苏南京 210036;
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 4. 香港中文大学地理与资源管理系, 香港沙田)

摘要:通过研究太湖流域(江苏部分)的产业结构污染负荷和水环境的空间分布特点, 得出了产业结构污染负荷的水环境空间响应状况。根据小流域划分技术, 得出该区域水环境质量空间分布特点: 劣于 V 类水质的区域占 32%, V 类水质的占 30%, 仅有 27% 的区域水质低于 IV 类。另一方面, 对应水环境质量空间分布研究, 构建了综合反映产业结构水环境污染负荷的经济社会指标体系, 分析了流域农田污染因子和工业污染因子的空间分布特点。通过主成分分析, 提取了水环境污染因素的四个主成分, 分别为土地利用强度、三次产业结构、农业面源和工业点源。基于主成分载荷, 解析了四个水环境污染因素的贡献率。在产业结构方面, 研究得出工业化仍是区域水环境污染最大影响因素, 但区域水环境恶化是各种因素共同交织的结果。又对工业点源污染和农业面源污染等级进行分区, 对各区空间分布特点做了详细的分析。研究了流域水环境综合污染的空间分布和市县区域分解特点, 发现县级市比市区在产业发展上对水环境影响更大, 主要是由于县级市工业发展相对较为粗放, 水环境监管的区域差异性。为控制流域产业结构的水环境污染, 综合提出了在流域内整合产业结构调整和产业优化布局, 调整重污染工业结构和控制农业面源污染的对策, 及相应的产业结构污染负荷区域差别化削减的建议。

关键词:产业结构; 水环境污染; 空间分布; 主成分分析; 太湖流域

Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province

WANG Lei^{1,3,4}, ZHANG Lei², DUAN Xuejun^{1,*}, DONG Yawen¹, QIN Xianhong^{1,3}

1 Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing, Jiangsu 210008, China

2 Jiangsu Academy of Environmental Sciences, Nanjing 210036, China

3 Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4 Department of Geography and Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, NT, Hong Kong

Abstract: Water environmental quality deterioration has become a major problem in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province (Suzhou, Wuxi, and Changzhou, SXC), China. As a result, degradation of the water environment has caused a great deal of concern among government officers and scholars at all levels. This study investigated the environmental quality of Taihu Lake as well as other major aquatic systems in SXC based on the method of small watershed division and a previously conducted report. The results showed that areas with water quality worse than class V comprise nearly 32% of the water in the region, that areas with class V water quality comprise 30% of the water in the region, and that areas less than class III only account for 27% of the water in the region. To reduce relevant water pollution caused by industrial development, the distribution of industrial pollution load in SXC and water-environmental effects of the industrial structure in the region were investigated. A survey of pollution sources was used to select socio-economic indicators of industrial development that

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-EW-315); 国家水污染控制与治理科技重大专项(2009zx07101-001); 国家自然科学基金资助项目(70703033)

收稿日期: 2010-09-26; 修订日期: 2011-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xjduan@niglas.ac.cn

directly or indirectly cause water pollution, including population density, urban land intensity, GDP per area, and the industrial structure. Additionally, the distribution of agricultural pollution and industrial pollution was analyzed according to the amount of pesticide and nitrogenous fertilizer applied per unit area and the amount of industrial wastewater discharged and COD per unit area in SXC. The results showed that agricultural pollution indicators are primarily concentrated in Liyang City, Yixing City, and Taicang City, while industrial pollution indicators are mainly concentrated in the urban core areas of SXC and the administrative centers of county-level cities. Application of principle component analysis (PCA) of the indicators of comprehensive pollution revealed four principle factors negatively impacting water-environment quality in SXC, intensity of land-use, industrial structure, agricultural source pollution and industry source pollution. The rotated component matrix of PCA indicated that industrialization has the greatest effect on water environment quality in the region, but that deterioration of the regional water environmental quality is primarily caused by the complicated factors of regional development. Spatial analysis of the non-point and point source pollution in the study area was also conducted using the scores of PC3 and PC4. Moreover, the distribution integrated water pollution in SCX and regional decomposition were estimated based on the total score of PCA in each research unit. Interestingly, industrial development of the county-level cities was found to have a greater impact on the water-environment than that of the central cities of SXC. These findings were likely because county-level cities have undergone more extensive on industrial development, but have a lower level of water environment supervision. Finally, advice regarding the guidance of industrial development, such as integration of the industrial structure adjustment and layout optimization, heavily polluting industrial structure adjustment and agricultural nonpoint source pollution control in the key areas, and differential reduction of industrial pollution load in units is provided in an attempt to reduce the industrial pollution load in the study area.

Key Words: industry structure; water environment pollution; spatial distribution; PCA; Taihu Lake Basin

从 20 世纪 80 年代开始的太湖流域地区水污染控制,特别是太湖富营养化治理已经历时 20 多年^[1],水污染控制的途径随着水环境质量对区域经济社会发展瓶颈作用的日益突出而不断完善,由过去的工程治理,发展到当前实施工程治理、产业结构调整与加强环境监管三大体系综合治理^[2-6]。其中,产业结构调整对太湖地区水污染减排具有重要意义^[7],太湖流域强力引导产业结构调整,对化学制浆,造纸,制革等六类重污染项目实施全面禁批,制定了全国最为严格的化工、印染等地方排放标准,已取得一定良好的环境响应。国内外研究产业结构调整与水环境响应,多从农业面源污染对流域水质影响方面入手^[8-10],提出了一些基于面源污染的流域水环境治理模型和建议^[11-12],立足于通过 3 次产业结构调整改善和优化水环境的研究,特别是以工业为主的第二产业结构调整的水环境效应研究并不多见^[13],而且大多数学者基本倾向于工业污染排放与流域水质建立定量关系的研究^[14-16],水环境污染的空间响应方面研究尚较少见,这将是我国今后一段时间科学合理地指导产业结构调整急需的一项基础与应用研究方向。

产业结构在空间上的不合理布局是局部区域水环境质量恶化的主要原因,为此通过产业结构布局调整的方式达到水环境质量改善,已成为学术界的普遍共识^[7]。产业结构优化布局调整是在建立对流域产业结构污染负荷深入认识的基础之上。产业结构污染负荷是指环境因子对各次产业及产业内部的行业污染排放承载力。由于水环境容量的区域差异性,导致局部地区水体的超额承载污染负荷,是进而引起水环境质量持续恶化的主要原因。本文以太湖流域为研究对象,以分析估算工业点源、城乡生活污染、农业面源污染等产业结构污染负荷为基础,通过对污染负荷构成空间分布与水质现状、水质目标空间分布的对应研究,解释产业结构调整与污染减排的潜力及调整建设与对策,为湖泊流域地区产业结构调整与水环境响应研究提供新的思路。

1 研究区概况

太湖流域地处长三角南翼,流域总面积 36895 km²。行政区划分属江苏、浙江、上海两省一市。江苏省太湖流域含太湖湖体总面积为 19399 km²,包括苏州、无锡、常州市三市和镇江、南京二市部分乡镇。本次研究太

湖流域的范围主要是江苏省苏锡常部分,该区占太湖流域总面积的 52% (图 1)。

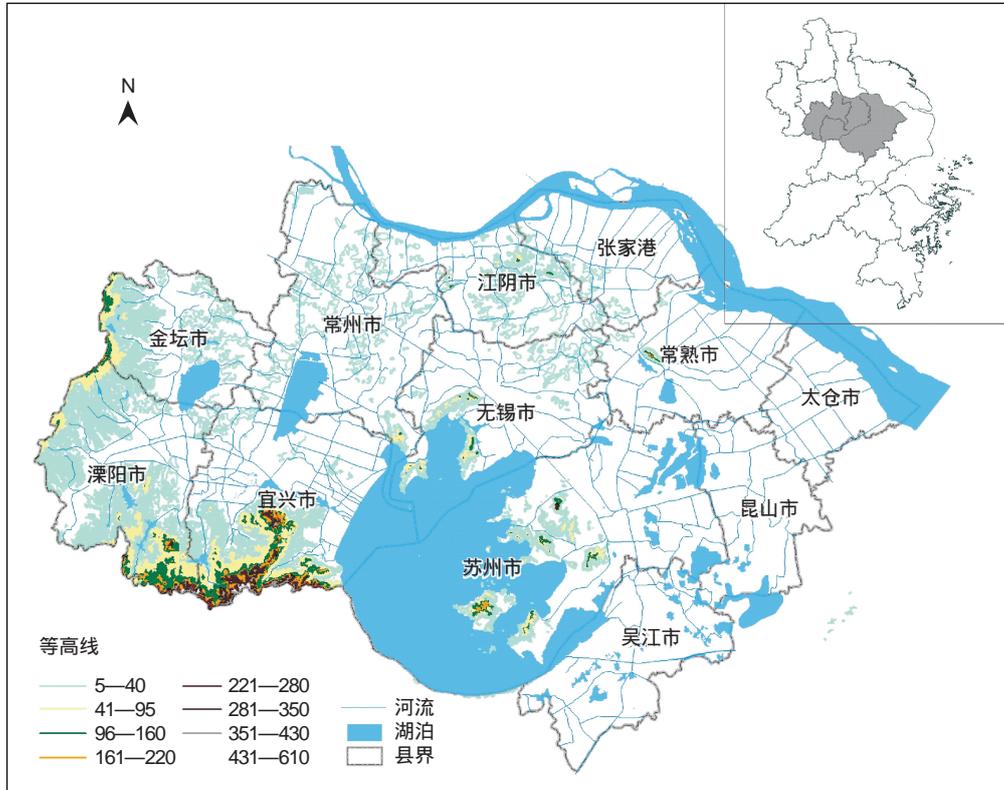


图 1 研究区地面高程及水系

Fig. 1 The elevation and water net in the study area

研究区属亚热带季风气候区,雨水丰沛,气候湿润,四季分明,热量充裕。流域年平均气温 14.9—16.2 °C,年日照时数 1870—2225h。该区西南及沿湖主要为丘陵区,其余为平原河网区。

太湖流域是我国经济最发达的地区之一,苏锡常地区是其经济发展的主要核心之一。苏锡常在江苏省乃至全国发展大局中占有举足轻重的地位,区域经济从早期“苏南模式”乡镇企业的兴起,到“开发区模式”工业园区的建设等,苏锡常地区工业化、城市化水平一直在全国处于领先地位^[17]。据统计,2008 年苏锡常三市常驻人口 1964.09 万人,占江苏省的 25.6%;GDP 为 14651 亿元,占全省的 44.2%;城市化率为 65.3%,高全省 11 个百分点。区域经济发达,地均产出水平普遍较高,内部差异也较为显著;一、二、三产业所占比重分别为 1.62%、59.97% 和 39.41%,工业经济仍是区域 GDP 的绝对主要来源。

2 研究方法和数据处理

2.1 研究方法

(1) 水环境研究单元和水质评价:为了揭示研究区水环境污染的地区差异,以及产业结构污染与水质改善的相互作用关系,本研究以地貌特征、水系结构和水功能区划为主导因素,划分出由中尺度到小尺度的空间评价单元。即将研究区域划分为 4 个二级流域单元,分别是湖西区、武澄溪虞区、阳澄淀泖区和太湖沿岸区^[13],进一步划分为 53 个小流域单元。由于该区域平原面积达 75% 以上,水网纵横交错,流域进一步细化困难较大。为此,通过分析该区域的特点,采用一定大小的格网来代替更次一级的小流域单元,进而辅助分析区域的水环境特点。水质评价方法是按照《地表水环境质量评价标准》(GB3838—2002)进行评价,以及河流水质现状和《江苏省地表水(环境)功能区划》(2003)相应河流水质目标对比分析。

(2) 复合型污染指标与评价方法。水环境污染因子是一个复合型指标,不但体现在水体自然属性上,更体现在社会经济发展的方方面面,其中受社会经济要素影响的因子有土地利用方式、农业面源污染、工业废水

和生活污水排放上^[5]。为此,本文选取与产业结构有直接或间接关系的人口密度、建设用地比重、单位 GDP、第一产业比值、第二产业比值、第三产业比值、单位面积农药施用、单位面积氮肥施用、单位面积工业废水排放、单位面积工业 COD 排放、单位面积工业固废排放等主要指标,构建复合型污染指标体系。由于污染影响因子的多样性和复杂性,采用主成分法对其进行综合评价及分解分析。主成分分析在约减变量数,消除变量共线性及揭示潜变量方面尤为有用,在社会经济研究中具有广泛的应用^[18]。

污染因子评价单元采用行政边界,即以乡镇或街道为基本单元统计(由于行政边界的调整,本文将研究区的所有行政单元都统一到 2006 年底,共 186 个乡镇或街道单元)。

2.2 数据来源与处理

2.2.1 水环境质量数据

主要来源于苏锡常三市环境统计报告和太湖流域管理局编写的《太湖流域及东南诸河水资源公报》;河流水质目标来源于《江苏省地表水(环境)功能区划》。

2.2.2 乡镇街道污染因子数据

主要来源于污染源普查数据(2006 年)和苏锡常三市相应年份的统计年鉴,建设用地比重指标来源于 SPOT 解译结果^①。由于各个指标之间量纲差别较大,因此需要对数据列之间进行标准化处理,具体采用极差标准化方法,其计算公式为:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$$

式中, X_{ij} 是*i*项指标*j*乡镇标准化后的数值, $x_{i\max}$ 是*i*项因子中最大值, $x_{i\min}$ 是*i*项指标中的最小值, x_{ij} 是*i*项指标*j*乡镇的初始值(包括人口密度、建设用地比重、单位 GDP、第一产业比值、第二产业比值、第三产业比值、单位面积农药施用、单位面积氮肥施用、单位面积工业废水排放、单位面积工业 COD 排放、单位面积工业固废排放)。

利用标准化后的因子矩阵进行 KMO 检验值为 0.710,表明因子分析的结果可以接受;Bartlett 球体检验的相伴概率为 0.000,小于显著水平 0.05,适合因子分析;主成分个数提取原则为主成分对应的特征值大于 1 的前 *m* 个主成分,为此根据本文分析选取了 4 个主成分(表 1)。然后计算各个单元的水环境污染指数综合得分,主要根据主成分得分和主成分的贡献率,其计算公式为:

$$G_i = \lambda_1 f_{i1} + \lambda_2 f_{i2} + \lambda_3 f_{i3} + \lambda_4 f_{i4}$$

式中, G_i 为某单元的水环境污染指数综合得分, λ_i 为第*i*主成分贡献率, f_{ij} 为第*i*主成分得分。

表 1 污染因子总方差分解

Table 1 The Total Variance Explained of pollution indicators

主成分 Principle component	初始因子贡献及其贡献率 Extraction sums of squared loadings			旋转后主成分贡献及贡献率 Rotation sums of squared loadings		
	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Variance contribution rate	累计贡献率/% Cumulative contribution rate	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Variance contribution rate	累计贡献率/% Cumulative contribution rate
1	3.726	33.871	33.871	2.250	20.451	20.451
2	1.690	15.362	49.233	1.995	18.134	38.584
3	1.550	14.094	63.327	1.967	17.883	56.468
4	1.198	10.887	74.214	1.952	17.747	74.214

3 结果与分析

3.1 水环境区域特征

2008 年太湖全年有 7.4% 水域水质为 IV 类,27.2% 为 V 类,65.4% 为劣于 V 类。太湖西北部湖区水质较

① 江苏省主体功能区规划空间占用遥感解译项目成果

差,东南部湖区水质相对较好,在空间分布上呈现出由北向南、由西向东水质逐渐变好的状态。其中竺山湖、梅梁湖水质最差,总体为劣于V类,东太湖和东部沿岸区水质最好^①。其他中小型湖泊,如澄湖、昆承湖和淀山湖等基本上都处于劣V类水质,洮湖、滆湖、阳澄湖、东西沅、金鸡湖、独墅湖和尚湖水质处于V类。

表2 旋转后的主成分载荷矩阵
Table 2 The Rotated Component Matrix of PCA

指标 Indicator	主成分 Principle component			
	1	2	3	4
人口密度	0.754	0.285	-0.240	0.142
建设用地比重	0.742	0.151	-0.269	0.264
单位GDP	0.682	0.311	-0.162	-0.093
第一产业比值	-0.638	0.466	-0.077	0.050
第二产业比值	0.104	0.889	-0.023	0.085
第三产业比值	0.280	0.866	-0.120	0.026
单位面积农药施用	-0.189	-0.121	0.927	-0.062
单位面积氮肥施用	-0.178	-0.026	0.944	-0.009
单位面积工业废水排放	0.122	0.090	-0.107	0.899
单位面积工业COD排放	0.271	0.114	-0.142	0.856
单位面积工业固废排放	-0.117	-0.038	0.093	0.547

2008年全年,流域入湖河流水质较差,仅望虞河(入湖段)、乌溪港两条河流全年期水质达到Ⅲ类标准,其余河道为V类、劣于V类。出湖河流,主要从胥湖和东太湖流出,该区域河流受到周边河道水势影响易产生往复流,水质差异较大,其中太浦河(出湖段)、胥江水质较好,水质为Ⅱ—Ⅲ类,鼓楼港水质为Ⅲ类。沿江主要河道多数是采用闸控,根据全年水质检测结果评价,锡澄运河江阴段达到Ⅳ类水标准,张家港的十一圩港达到劣V类标准,望虞河常熟段和北福山塘基本上处于Ⅲ类到Ⅳ类之间,太仓市的七浦塘、杨林塘和浏河水质超过了V类标准。

从研究地区整体来看,Ⅳ类以上的水质区域约占全区83%,水污染的形势相当严峻。

劣V类水质区域占整个流域面积达到32%,在3个城市的中心市区分布比较密集,另外,宜兴市的沿湖地区和滆湖、长荡湖周边,昆山市的大部分区域,江阴市的市区及东部乡镇,太仓的城厢镇及其周边,吴江市的松陵镇,以及金坛市与武进交界区域劣V类水体分布比较集中。

V类水质区域占整个流域面积30%,主要分布的沿江地区的江阴市、张家港市和常熟市,常州戚墅堰区、武进区的湖塘镇、前黄镇,金坛市的朱林镇、指前镇和开发区,溧阳市的别桥镇,昆山的东部乡镇,以及苏州相成区的部分乡镇等。

Ⅳ类水质区域占整个流域面积20%,主要分布在常州市的夏溪镇、卜戈镇,无锡市滨湖区、马山镇,苏州吴中区木渎镇、东渚镇,吴江市的大部分区域,宜兴和溧阳边界的部分乡镇,溧阳的前马镇、后周镇和竹箐镇等。

研究区现状水质与2010年功能区划目标差距较大。将达到水环境目标的区域定义为“达标”,将水质目标与现状低一个等级的定义为“可达标”,而水质目标低于现状两个等级以上的则定义为“达标差异较大”。通过对水环境现状和2010年水质目标叠置分析,并以可达标程度为标准,大致可以发现水环境现状和目标差异的空间分布。

总体上水环境质量能达到2010年目标的仅占20%,主要分在金坛市西北部、溧阳市西南、宜兴市南部的丘陵地区,以及吴江市的东部部分地区;“可达标”占34%,主要分布在沿江的太仓、常熟和武进区的部分乡

① 2008年太湖健康状况报告

镇,以及流域西部的金坛和溧阳边界的乡镇;“达标差异较大”比重高达 46%,主要集中在苏锡常 3 个城市的市区、江阴和昆山市等地。其中无锡市区和苏州市区分别有 68% 和 72% 的水域与 2010 年的目标差异较大,主要是由于两市的城市核心区水质现状很差,积重难返,以及所属的太湖水体富营养化在短期内难以达到水环境质量的根本改善。

表 3 研究区各县区水质类型比例/%

Table 3 The percentages of all kinds of water quality in different administrative units/%

地区 Administrative unit	水质类型比例 Percentage of classes in water quality				
	II	III	IV	V	劣 V
常州市区	0.00	10.90	31.75	34.60	22.75
金坛市	0.00	19.01	20.66	41.32	19.01
溧阳市	4.28	69.52	20.86	5.35	0.00
无锡市区	0.00	0.56	12.22	23.33	63.89
江阴市	0.00	13.79	0.00	48.28	37.93
宜兴市	4.68	10.21	30.21	22.55	32.34
苏州市区	0.00	4.25	16.25	31.00	48.50
张家港	0.00	28.97	8.41	43.93	18.69
昆山市	0.00	3.57	6.25	37.50	52.68
常熟市	0.00	15.38	1.40	58.74	24.48
吴江市	3.13	6.88	65.00	6.25	18.75
太仓市	0.00	26.47	7.84	37.25	28.43
总计	1.16	15.86	20.20	30.33	32.45

包括太湖等湖库水体面积

3.2 产业结构污染负荷空间分布

3.2.1 农田污染因子空间分布

苏锡常地区自古以来是我国农业高产、稳产地区之一,以精细耕作和集约化程度高而著称,曾经是我国重要的商品粮基地^[19]。区内农药、化肥用量不仅在中国,在世界也是很高的,并且一直在呈上升趋势。本文以单位面积农药和氮肥施用量两项指标表征研究单元的农业面源污染。

农药污染是指为消除农业生产过程中害虫、杂草等不利影响而使用有毒化学物所造成的生态环境污染和危害。根据统计,进入环境中的 80% 的农药绝大部分经生物圈物质循环后汇集到水体中,从而降低水生态环境质量,打破了水生生态系统的平衡^[21]。从单位面积投入农业强度的格局来看,苏锡常地区农药施用量西高东低。溧阳市的大部分地区,宜兴市的徐舍镇,以及沿湖地区;江阴大部分乡镇,以及无锡市区的鸿山镇和太仓沿江地区农药投入强度均比较大。

化肥施用污染是指在农业生产过程中施用化学肥料而造成的生态环境污染和危害。农业生产过程中,大量的化肥被施用到农田里,其中约有 55%—75% 的氮和磷没有被作物吸收,相当大的一部分最终会进入水体造成污染^[20]。目前苏锡常农田氮肥(折纯量)使用量平均约为 450 kg/hm²,较生态市县建设考核指标高出 66%。总体上,苏锡常地区氮肥和磷肥的施用强度空间分布大致相当。西部的溧阳、金坛的大部分部分乡镇、张家港,常熟和太仓的沿江地区乡镇、以及宜兴的沿湖乡镇,化肥投入量比较高。

3.2.2 工业点源污染因子空间分布

苏锡常单位面积工业 COD 排放比较集中(图 4)。单位面积 COD 排放比较高的区域主要集中在常州老城区及周边的部分乡镇单元,无锡市惠山、锡山和新区的街道乡镇单元,苏州市的高新区、吴中区等的乡镇单元。另外,沿江各个乡镇产污强度也较大。由于近年对太湖沿岸建立了严格限制污染企业准入的门槛,所以沿湖各个乡镇单位用地 COD 排放量呈现减小的特点。但是,流域水体作为一个系统,区域内其他乡镇的高污染废水通过河网进入仍会对太湖水体造成污染,尤其是作为上游的无锡和常州两市区,入湖河道两岸乡镇的

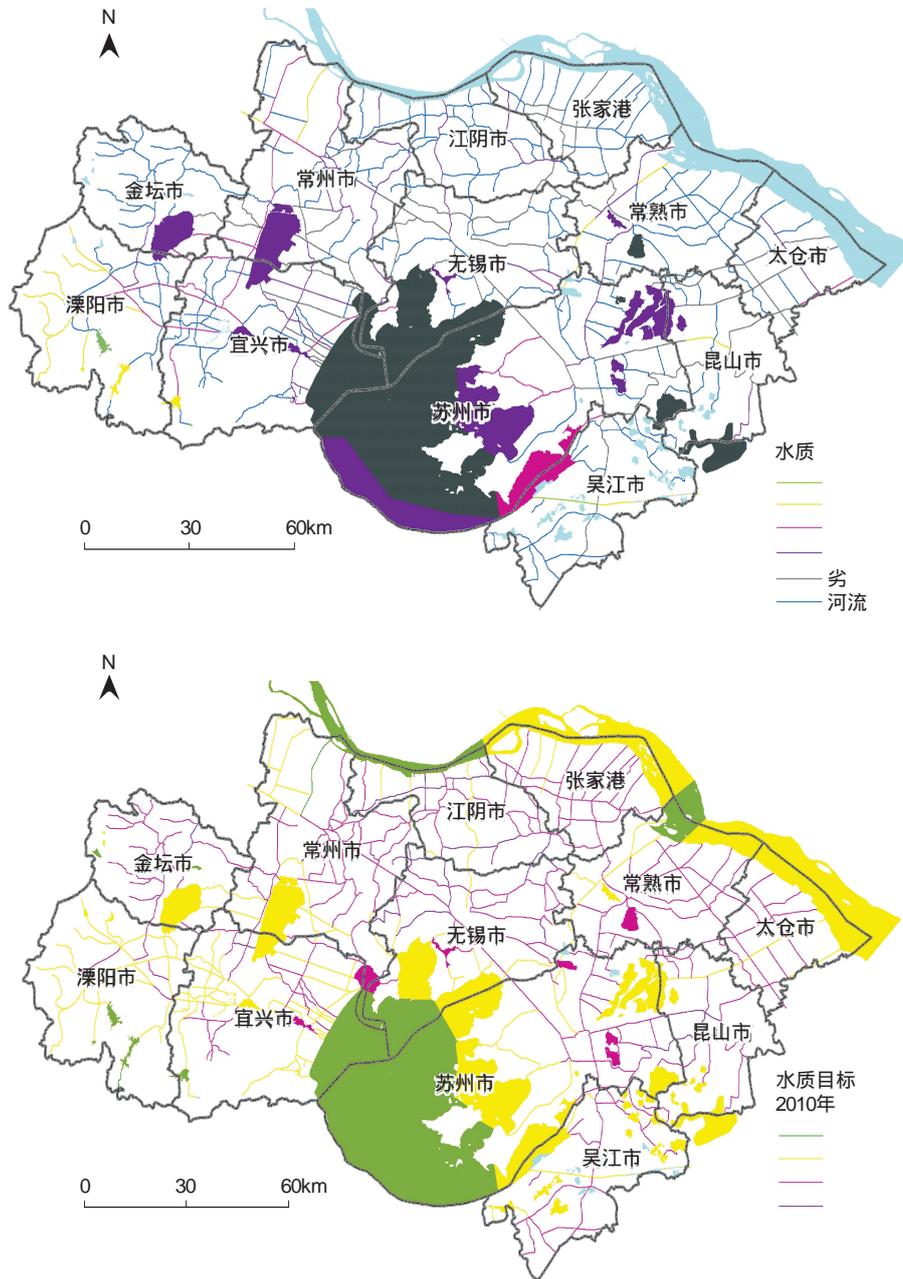


图2 2008年主要河湖水质与2010年水环境目标

Fig. 2 The water quality of the main water body in 2008, and the targets in 2010

企业排污直接影响到了太湖水质。

3.3 产业结构污染因子的水环境响应

根据经验以及以上直观的分析可知,经济产出比较高以及产业结构偏重的区域,往往也是环境污染相对严重的区域,本研究通过主成分分析可以定量地揭示产业结构调整对水环境影响的总体分解和区域分布状况,对水污染治理具有更强的针对性和操作价值。

3.3.1 产业结构污染因子的贡献及空间分析

本文用主成分载荷剖析产业结构污染因子的贡献。从主成分载荷表(表1)中可以看出第一主成分在人口密度、建设用地比重、单位GDP和第一产业比值(负向)的载荷较大,主要反映了土地利用强度对水环境的

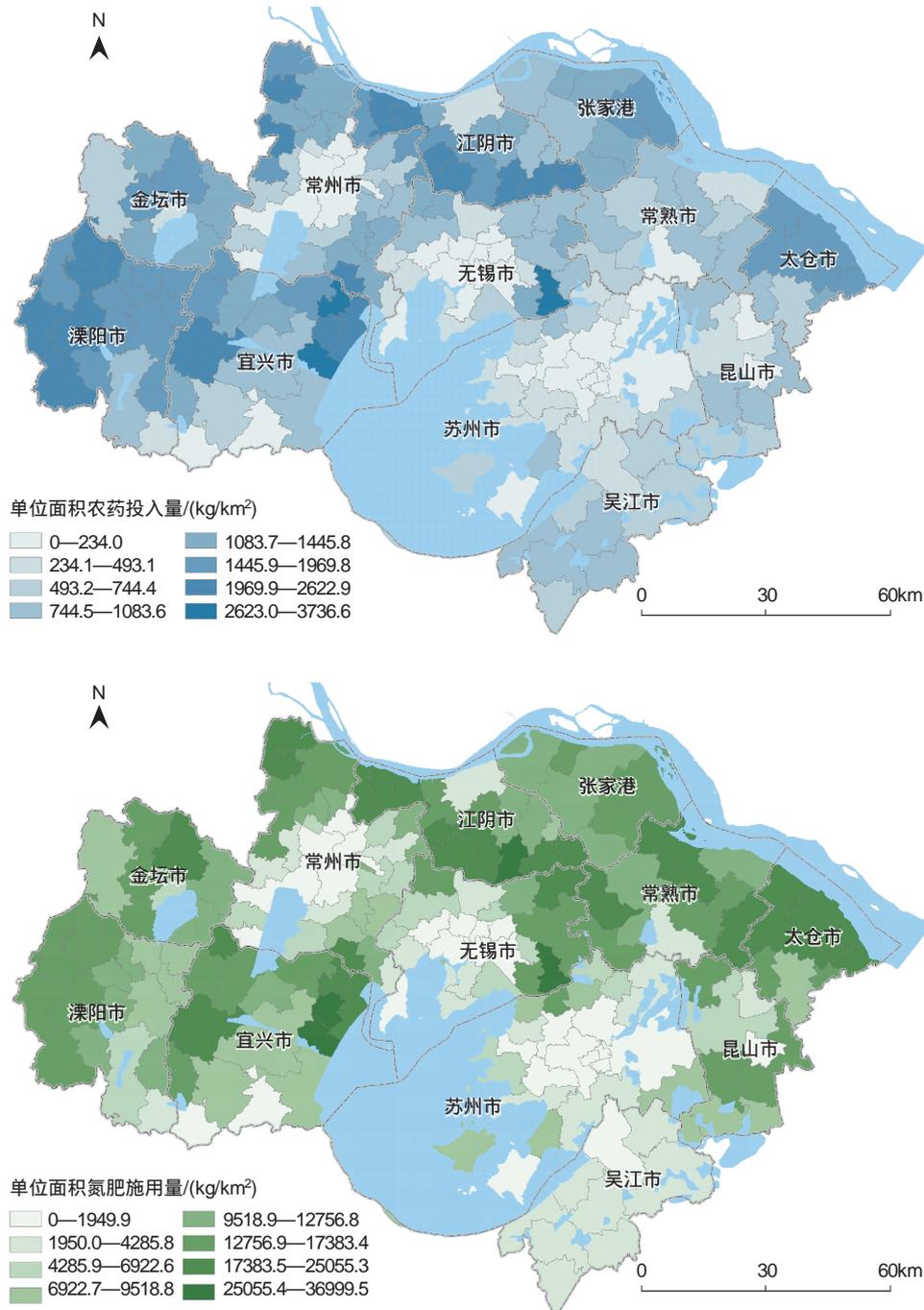


图3 苏锡常单位面积农药和单位面积氮肥施用量

Fig. 3 The amount of inputting pesticide and nitrogenous fertilizer per unit area in SXC, 2006

污染信息,解释了总方差的 20.45%;第二主成分在第二产业比值和第三产业比值的载荷较大,主要反映了以工业为主的第二产业对水环境污染的信息,解释了总方差的 18.13%;第三主成分在单位面积农药施用和单位面积氮肥施用的载荷较大,反映了农业面源对水环境污染的信息,解释了总方差的 17.88%;第四主成分中单位面积工业废水排放和单位面积工业 COD 排放的载荷较大,反映了工业点源对水环境污染的信息,解释总方差的 17.74%。

根据对主成分的总方差分解表(表 2)可知,反映工业化进程水平的第一、第二和第四个主成分贡献率达到了 56.33%,占所选取主成分的总解释率的 75.22%,说明工业化进程对区域水环境恶化起重要作用;与此

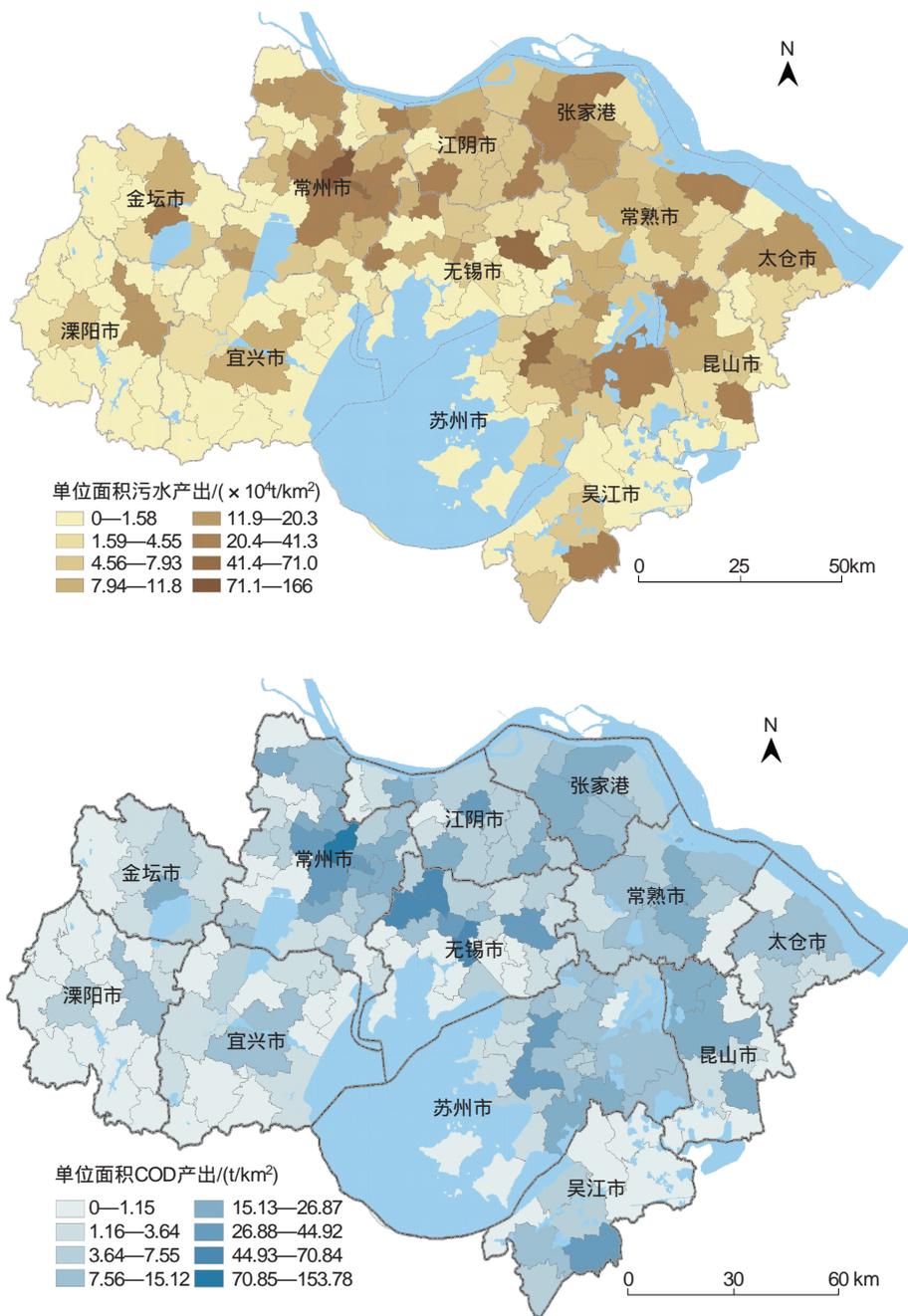


图4 单位面积工业污水废水和 COD 排放

Fig. 4 The amount of discharging industrial wastewater and COD per unit area in SXC

同时四个主成分分别对区域水环境污染的贡献率差别并不大,说明区域水环境恶化并不是由于某一个污染因素所引起的,而是多种因素协同作用的结果。这主要受境内各个研究单元所处的经济发展阶段、工业化程度和产业结构差异的影响,因而对应水环境的污染因素也复杂多样。

第三主成分,即反映的农业面源污染对水环境影响的空间分布(图5)。面源污染最为严重的单元主要分布于宜兴的周铁镇、万石镇、芳桥镇、新庄镇、徐舍镇、杨港镇和新建镇;溧阳市的上沛镇、南渡镇、社渚镇和后周镇;金坛市的金城镇;常州武进区的沿江乡镇;无锡惠山区的西北部和新区的鸿山镇;江阴市的大部分乡镇;苏州吴江市的盛泽镇和汾湖镇、张家港、常熟和太仓的沿江部分乡镇。该类型区域农业施肥投入强度较大,平均单位面积耕地化肥(折纯量)高达 450 kg/hm^2 ,较生态市县建设考核指标高出 66%。苏锡常中心城区、宜兴

市的西部低山丘陵地区,以及太湖东部地区吴江、昆山等大部分乡镇农业面源污染相对较低。

第四主成分,即反映工业点源污染(图5)。相比农业面源污染,工业点源污染分布更加集中,产值高的地区其污染产出率也比较高,总体上呈现着高产出和高污染的发展态势。工业污染比较集中的区域主要位于无锡的崇安区,高新区,惠山区的洛社镇、前洲镇和玉祁镇,锡山区的安镇镇、江阴市区,宜兴市区;苏州虎丘区、工业园区、张家港徐舍镇、昆山市巴城镇和玉山镇、常熟市虞山镇和港区、吴江市盛泽镇以及常州市的沿江和主城区等;其余大部分地区工业污染相对较低。

3.3.2 水环境污染的综合评价

根据水环境污染综合得分,采用聚类分析将经济发展对水环境的影响分为高、较高、中、较低和低5个等级(图6)。其中,水污染影响最高的单元有3个,苏锡常3市各1个,总面积达176.76 km²,占研究区比重1.01%;水污染影响较高的单元有26个,苏锡常3市所占个数分别为12、12和1,总面积为2300.69 km²占研究区比重13.25%;水污染影响中等的单元有53个,苏锡常3市所占个数分别为14、25和14,总面积为4590.16 km²占研究区比重26.43%;水污染影响较低的单元有67个,苏锡常3市所占个数分别为20、16和30,总面积为5105.47 km²占研究区比重29.40%;水污染影响最低的单元有37个,苏锡常3市所占个数分别为19、7和11,总面积为5191.78 km²占研究区比重29.90%;

为揭示水环境污染等级的区域特点,再将综合得分进行高、中、低3级聚类,并以此计算市区和县级市的各主成分平均得分值。通过对市县两级水环境污染等级的影响因素分解可知,土地利用强度和非农产值对水环境的污染上,市区在3个污染等级普遍比县级市要高,而农业污染分布则相反。这是可以解释的,因为市区的作为市域经济发展的核心,产出量高,相对的作为成本的环境总量消耗也较大,而县级市的农业产值比重较高,那么反映在指标上农药和施肥方面的投入量也相对较大,对水环境的压力自然也较高。值得关注的是在工业污染的区域分解上,在3个污染综合等级中,县级市的得分普遍高于市区,这说明县级市要比市区更加粗放的工业增长方式,也可以说是市场失灵的表现,那么体现在的就是在环境政策上的差异,也即水环境的监管问题,在此文中可以间接表现出来,另外,从3个污染等级的乡镇分别占市区和县级市所辖单元的比重(高中低单元在市区的比重为,24:30:46,在县级市的比重为,22:43:35),也表明县级市的水环境污染状况更加令人担忧。

3.3.3 产业结构污染负荷削减的对策

(1)产业结构调整与产业布局优化相结合 由于太湖流域水环境容量的约束性和区域差异性,改善流域水环境质量、特别是治理太湖富营养化,不但与区域产业结构污染有关,更与整个流域产业布局不合理有关,因此,制定产业结构调整和优化布局相结合、相统筹的对策,将对流域经济空间均衡发展和水环境质量的根本改善起重要作用。

表4 水环境污染的区域特征

Table 4 The regional characters of water-environment pollution in SXC

类型 Class		平均因子得分 Average score of factors					
污染类型 Class of pollution	市县类 City or County	乡镇街道数 Number of units	土地利用强度 Land-use Intensity	非农结构 Industrial structure	农业污染 Agricultural source pollution	工业污染 Industrial source pollution	污染总得分 Total score of pollution
高 High	市区	20	1.909	1.010	-0.165	0.291	0.568
	县	23	-0.176	0.650	1.109	0.953	0.451
中 Middle	市区	25	0.248	0.108	-0.078	-0.268	0.009
	县	44	-0.148	-0.156	0.578	0.008	0.043
低 Low	市区	38	-0.323	-0.264	-0.886	-0.341	-0.333
	县	36	-0.599	-0.437	-0.380	-0.234	-0.311

(2)重污染工业结构调整 根据各乡镇单元在主成分4的得分,将高污染的乡镇确定为重污染行业结构布局调整重点区。该区域工业化水平高,纺织染、化工、造纸、钢铁、电镀和食品制造业等比较集中。迫切需要加强对重污染工业企业的专项整治:对规模以上的重点污染企业,采用高新技术改造提升生产工艺水平;对规

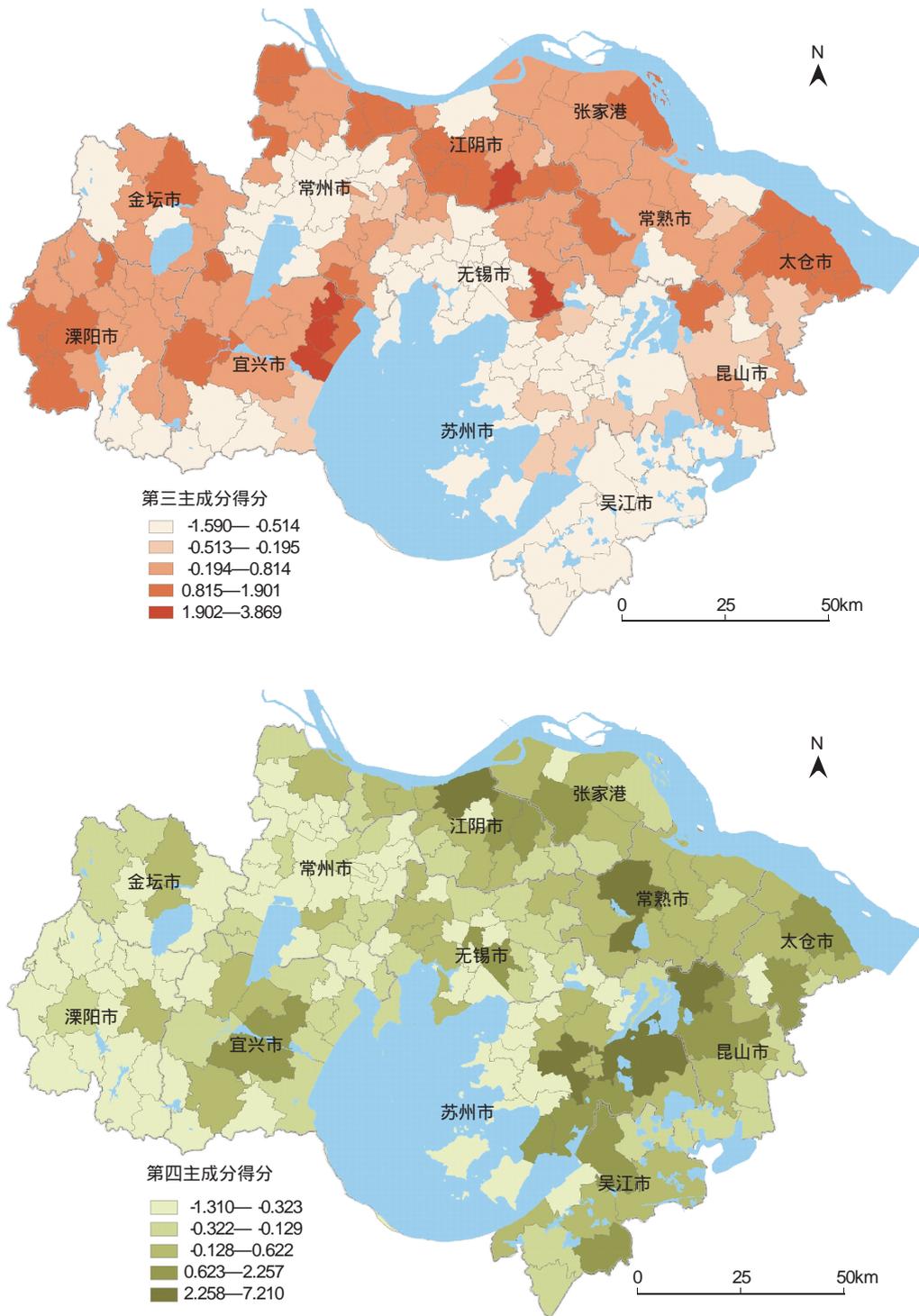


图5 第三、第四主成分得分空间分布

Fig.5 The distribution of scores in pc3 and pc4 in SXC

模以下的重点污染企业,采取“淘汰一部分、改造一部分、集中一部分”的方式进行综合整治^[7],调整和优化现有产业布局。提高资源综合利用率,减少污染物排放,大力发展循环经济。严格项目环境准入条件,禁止发展高耗水、高污染、水环境风险大的项目,重点加强食品加工、饮料、制药、建材行业的水资源消耗和排放管理;加强中水回用工程建设,提高开发区污水处理厂尾水再生率和工业废水集中处理率。

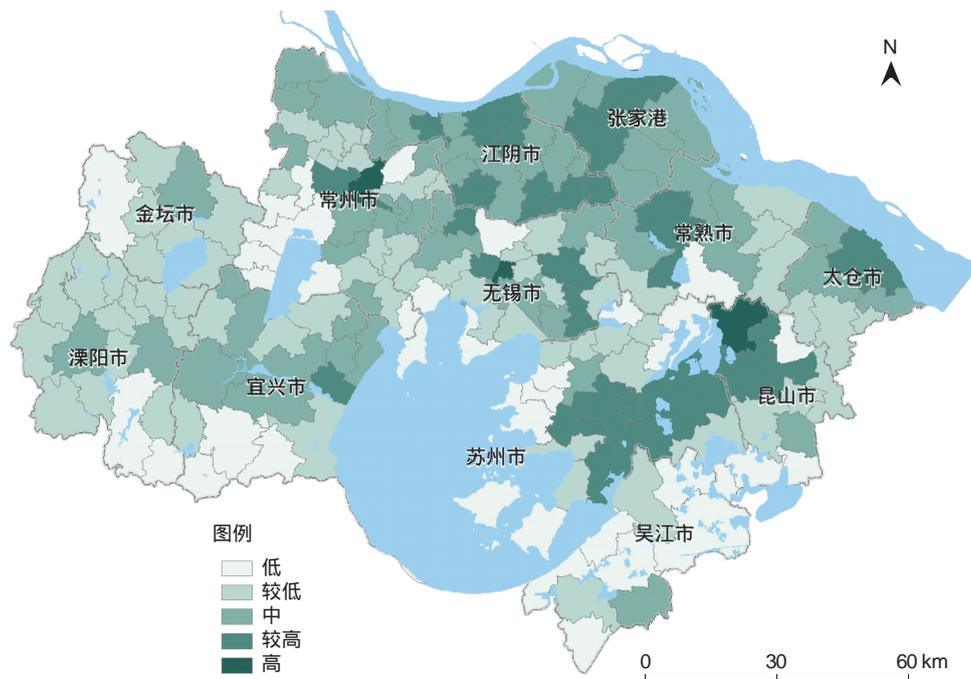


图 6 水环境污染综合分级

Fig. 6 Classification of integrated water-environment pollution in SXC

(3)控制农业面源污染 根据各乡镇单元在主成分3的得分,将高污染的,并且位于太湖一级保护区、重要湖泊湿地附近,农业活动直接对水环境造成影响,并且水环境敏感性强,水环境容量相对较低的区域圈定为农业污染优先控制区。该区域农业发达,农业化肥农药使用量过高,农业面源污染比较明显。建议在“江苏省太湖水污染防治条例”^①规定的沿湖岸5km区域、入湖河道上溯10km以及沿岸两侧各1km的一级保护区范围内建立有机农业圈,通过种植业和水产养殖业结构与布局的生态调控,削减农业面源污染负荷,推广使用生物有机肥料和低毒、低残留高效农药,建立生态安全、规模化、现代化的有机农业示范基地。在主要入湖河道上溯10km至50km以及沿岸两侧各1km的二级保护区范围内,推广绿色与无公害农业,以及测土施肥等控制农业面源污染的措施。

4 结论

(1)本文采用RS与GIS等信息技术与主成分分析方法相结合,建立了以乡镇单元与小流域自然空间单元属性叠置为基础的评价空间单元,同时选取与产业结构污染有一定关联的经济、社会与环境因子,构建用以评价分析的复合型污染指标体系,综合研究了太湖流域(江苏部分)产业结构污染负荷现状及其总体空间趋势,以及在不同行政区下水环境污染的主要表现、污染因素分解和空间分布特点。

(2)基于对区域产业结构污染因子的重要性序列、水环境污染的综合空间评价,产业结构污染驱动因子的贡献分析,本文提出产业结构污染负荷实行区域差别化削减的建议,即在流域内整合产业结构调整和产业优化布局,调整重污染结构和控制农业面源污染。

(3)受资料和数据来源的影响,本文所选的表征产业结构污染水环境的因子或指标在数量和代表性方面尚有一定的局限性,有待深入研究。

致谢:感谢江苏省太湖水污染防治办公室和江苏省信息工程咨询中心对本研究的大力支持。

① 1996年6月江苏省第八届人民代表大会常务委员会会议通过;2007年9月江苏省第十届人民代表大会常务委员会会议修订,于2008年6月5日施行

References:

- [1] Yu X G, Nipper J, Yan N L. Recommendations of eutrophication control of Taihu Lake from an international view. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(9): 899-906.
- [2] Kong F X, Hu W P, Fan C X, Wang S M, Xue B, Gao J F, Gu X H, Li H P, Huang W Y, Chen K L. Research and strategic thinking for water pollution control and ecological restoration in Taihu Basin. *Journal of Lake Sciences*, 2006, 18(3): 193-198
- [3] Huang W Y, Yang G S, Xu P Z. Environmental effects of "Zero" actions in Taihu Basin. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14(1): 67-71
- [4] Fan C X, Yang X D, Shi L X, Xu D Q, Zhang Q R, Wu C M. Characteristics and cause of lake eutrophication in Jiangsu Province with suggestions on its control measures. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(2): 218-223.
- [5] Qin B Q, Hu W P, Chen W M. *Process and Mechanism of Environmental Changes of Taihu Lake*. Beijing: Science Press, 2004
- [6] Qin B Q, Wu Q L, Gao J F, Fan C X, Xu G, Chen Y W, Mao R, Chen Y W. Water environmental issues in Taihu Lake of china: problems, causes and management. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(2): 221-228
- [7] Government of Jiangsu Province. *Comprehensive Treatment Program of Water Environment in Taihu Lake Basin*. Nanjing: Government of Jiangsu Province, 2008.
- [8] Somlyódy L, Brúner P H, Kroiβ H. Nutrient balances for Danube countries: a strategic analysis. *Water Science and Technology*, 1999, 40(10): 9-16.
- [9] Boers P C M. Nutrient emissions from agriculture in the netherlands: causes and remedies. *Water Science and Technology Government of Jiangsu Province*, 1996, 33(4): 183-189.
- [10] Xie Y X, Xiong Z Q, Xing G X, Sun G Q, Zhu Z L. Assessment of nitrogen pollutant sources in surface waters of Taihu lake region. *Pedosphere*, 2007, 17(2): 200-208.
- [11] Corwin D L, Vaughan P J, Loague K. Modeling nonpoint source pollutants in the vadose zone with GIS. *Environmental Science and Technology*, 1997, 31(8): 2157-2175.
- [12] Behrendt H, Huber P, Kormilich M, Opitz D, Schmoll O, Scholz G, Uebe R. Nutrient emissions into river basins of Germany. UBA: Texte, 2000, 23(00): 1-266.
- [13] Huang X J, Wang L C, Gao C, Shi Y L. *Water Resource and Water Environment in Taihu Lake*. Beijing: Science Press, 2008.
- [14] Tsuzuki Y. An index directly indicates land-based pollutant load contributions of domestic wastewater to the water pollution and its application. *Science of the Total Environment*, 2006, 370(2/3): 425-440.
- [15] Yu W J, Zhou X Q. Research on environmental effect of industrial restructuring about coastal ocean of Yancheng, Jiangsu Province. *China Environmental Science*, 2008, 28(2): 188-192.
- [16] Zhao X F, Huang X J. Response of water environment to industrial structure evolvement: a case in Shedu River Basin. *Environmental Pollution and Control*, 2010, 32(1): 9-13, 19-19.
- [17] Wei, Y H D. Beyond the sunan model: trajectory and underlying factors of development in Kunshan, China. *Environment and Planning A*, 2002, 34(10): 1725-1747.
- [18] Wang F H. *Quantitative and Methods and Application in GIS*. Beijing: Commercial Press, 2009.
- [19] She Z X, Luo Y M. *The Resource and Environment of Water-Land and Sustainability of the Yangtze River Delta*. Beijing: Science Press, 2007.
- [20] Sun W, Chen W, Chen C. Study on cooperative constraint regionalization of water environment and the guidance for industrial distribution: a case study of Jiangsu Province. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(7): 819-827.
- [21] Holvoet K, van Griensven A, Gevaert V, Seuntjens P, Vanrolleghem P A. Modifications to the SWAT code for modeling direct pesticide losses. *Environmental Modeling and Software*, 2008, 23(1): 72-81.

参考文献:

- [1] 虞孝感, Nipper J, 燕乃玲. 从国际治湖经验探讨太湖富营养化的治理. *地理学报*, 2007, 62(9): 899-906.
- [2] 孔繁翔, 胡维平, 范成新, 王苏民, 薛滨, 高峻峰, 谷孝鸿, 李恒鹏, 黄文钰, 陈开宁. 太湖流域水污染控制与生态修复的研究与战略思考. *湖泊科学*, 2006, 18(3): 193-198.
- [3] 黄文钰, 杨桂山, 许朋柱. 太湖流域“零点”行动的环境效果分析. *湖泊科学*, 2002, 14(1): 67-71.
- [4] 范成新, 羊向东, 史龙新, 徐道清, 张泉荣, 吴朝明. 江苏湖泊富营养化特征、成因及解决途径. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(2): 218-223.
- [5] 秦伯强, 胡维平, 陈伟民. *太湖水环境演化过程与机理*. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 秦伯强, 吴庆农, 高俊峰, 范成新, 许刚, 陈伟民, 毛锐, 陈宇炜. 太湖地区的水资源与水环境——问题、原因与管理. *自然资源学报*, 2002, 17(2): 221-228.
- [7] 江苏省人民政府. *太湖流域水环境综合治理总体方案*. 2008.
- [13] 黄贤金, 王腊春, 高超, 史运良. *太湖水资源水环境研究*. 北京: 科学出版社, 2008.
- [15] 于文金, 邹欣庆. 江苏盐城海岸带环境效应与产业调整定量研究. *中国环境科学*, 2008, 28(2): 188-192.
- [16] 赵小风, 黄贤金. 产业结构演变的流域水环境响应研究——以社渚港流域为例. *环境污染与防治*, 2010, 32(1): 9-13.
- [18] 王法辉. *基于 GIS 的数量方法与应用*. 北京: 商务印书馆, 2009.
- [19] 余之祥, 骆永明. *长江三角洲水土资源环境与可持续性*. 北京: 科学出版社, 2007.
- [20] 孙伟, 陈雯, 陈诚. 水环境协同约束分区与产业布局引导研究——以江苏省为例. *地理学报*, 2010, 65(7): 819-827.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 22 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral estimation models for plant community water content at both leaf and canopy levels in Wild Duck Lake wetland	6645
..... LIN Chuan, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji (6645)	
Potential distribution of rice in china and its climate characteristics	6659
..... DUAN Juqi, ZHOU Guangsheng (6659)	
Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress	6669
..... WU Yumei, ZHOU Qiang, YU Bingjun (6669)	
Ecophysiological responses and adaptation of <i>Tamarix ramosissima</i> to changes in groundwater depth in the Heihe river basin	6677
..... ZHANG Pei, YUAN Guofu, ZHUANG Wei, et al (6677)	
<i>Melica przewalskyi</i> population spatial pattern and response to soil moisture in degraded alpine grassland	6688
..... ZHAO Chengzhang, GAO Fuyuan, SHI Fuxi, et al (6688)	
A study on ecological compensation standard for Zaoshi Water Conservancy Project based on the idea of ecological footprint	6696
..... XIAO Jianhong, CHEN Shaojin, YU Qingdong, et al (6696)	
Spatial-temporal variation of NPP and NDVI correlation in wetland of Yellow River Delta based on MODIS data	6708
..... JIANG Ruizhu, LI Xiuqi, ZHU Yongan, et al (6708)	
Marshclassification mapping at a community scale using high-resolution imagery	6717
..... LI Na, ZHOU Demin, ZHAO Kuiyi (6717)	
The impact of bacterial-feeding nematodes on root growth of <i>Arabidopsis thaliana</i> L. and the possible mechanisms	6727
..... CHENG Yanhong, CHEN Xiaoyun, LIU Manqiang, et al (6727)	
Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network <i>K</i> -function	6734
..... YANG Juejie, LIU Shiliang, ZHAO Qinghe, et al (6734)	
Contrastive analysis and climatic response of tree-ring gray values and tree-ring densities	6743
..... ZHANG Tongwen, YUAN Yujiang, YU Shulong, et al (6743)	
Fractal structure of dominant tree species in north-facing slope of mountain of northern Hebei	6753
..... TIAN Chao, LIU Yang, YANG Xinbing, et al (6753)	
Characteristics of radiation fluxes of an evergreen broad-leaved forest in Maofeng Mountain, Guangzhou, China	6766
..... CHEN Jin, CHEN Bufeng, PAN Yongjun, et al (6766)	
Effects of seed-dressing agents on groundnut and rhizosphere microbes	6777
..... LIU Dengwang, ZHOU Shan, LIU Shengrui, et al (6777)	
Time series prediction of the concentration of chlorophyll-a based on RBF neural network with parameters self-optimizing	6788
..... TONG Yuhua, ZHOU Hongliang, HUANG Zhefeng, et al (6788)	
A trend surface analysis of geographic variation in the traits of seeds and seedlings from different <i>Quercus acutissima</i> provenances	6796
..... LIU Zhilong, YU Mukui, MA Yue, et al (6796)	
Comparisons of relationships between leaf and fine root traits in hilly area of the Loess Plateau, Yanhe River basin, Shaanxi Province, China	6805
..... SHI Yu, WEN Zhongming, GONG Shihui (6805)	
An analysis on the water status in twigs and its relations to the drought resistance in Five woody plants living in arid zone	6815
..... TAN Yongqin, BAI Xinfu, ZHU Jianjun, et al (6815)	
The effect of fire on soil properties in a <i>Pinus massoniana</i> stand	6824
..... XUE Li, CHEN Hongyue, YANG Zhenyi, et al (6824)	
Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province	6832
..... WANG Lei, ZHANG Lei, DUAN Xuejun, et al (6832)	
Effect of high temperature on enzymic activity, pigment content and chlorophyll fluorescence of two <i>Kappaphycus</i> species	6845
..... ZHAO Sufen, HE Peimin (6845)	
Analysis on characteristics of a typical drought event in Jiangsu Province	6853
..... BAO Yunxuan, MENG Cuili, SHEN Shuanghe, et al (6853)	
Surface heat flux and energy budget for semi-arid grassland on the Loess Plateau	6866
..... YUE Ping, ZHANG Qiang, YANG Jinhui, et al (6866)	
Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves	6877
..... CHEN Wei, JIANG Wei, QIU Xuebai, et al (6877)	
Cyanobacterial diversity in biological soil crusts on wastelands of copper mine tailings	6886
..... LIU Mei, ZHAO Xiuxia, ZHAN Jing, et al (6886)	
Stereotypic behavior frequency and the influencing factors in captive Alpine musk deer (<i>Moschus sifanicus</i>)	6896
..... MENG Xiuxiang, GONG Baocao, XUE Dayuan, et al (6896)	
Zooplankton ecology near the Tianwan Nuclear Power Station	6902
..... WU Jianxin, YAN Binlun, FENG Zhihua, et al (6902)	
Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China	6912
..... WANG Zhenhua, WANG Kai, ZHANG Shouyu (6912)	
A novel cognitive-based approach to motivation for non-use value	6926
..... ZHONG Manxiu, XU Lizhong, YANG Jing (6926)	
Review	
Salt-responsive proteomics in plants	6936
..... ZHANG Heng, ZHENG Baojiang, SONG Baohua, et al (6936)	
Research progress on forms of nitrogen and determination in the sediments	6947
..... LIU Bo, ZHOU Feng, WANG Guoxiang, et al (6947)	
Review of research progress of infectious diseases in wild birds	6959
..... LIU Dongping, XIAO Wenfa, LU Jun, et al (6959)	
Review on the methods to quantify fish's ability to cross velocity barriers in fish passage	6967
..... SHI Xiaotao, CHEN Qiwen, HUANG Yingping, et al (6967)	
Monograph	
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: foundation, prospect and response strategy	6973
..... WU Jun, XU Haigen, DING Hui (6973)	
Scientific Note	
A comparative study of the spatial-temporal patterns of fine roots between young and mature <i>Caragana korshinskii</i> plantations	6978
..... CHEN Jianwen, WANG Mengben, SHI Jianwei (6978)	

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 22 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 22 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China
Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元