

新安江、富春江区域水质变化的风险分析

文 军<sup>1</sup>, 罗献宝<sup>1</sup>, 李 剑<sup>2</sup>, 唐代剑<sup>3</sup>

(1. 广西大学, 南宁 530005; 2. 广西壮族自治区水环境监测中心, 南宁 530022;  
3. 浙江工商大学, 杭州 310035)

摘 要: 通过收集整理 10 年的地表水环境监测资料, 综合分析了钱塘江下游干流新安江和富春江区域的水质变化规律。应用斯毕曼秩次相关性检验、相关分析和方差分析, 研究了两江流域内水质变化的趋势与联系, 结果表明, 两江流域内水质总体仍处于低风险水平, 仅在部分区段和时段内出现个别项目超标。两江流域水质的主要胁迫因子均与社会经济活动有关, 但尚未超出流域内环境容量容许范围, 总体水质仍能满足功能区要求。说明通过合理控制污染排放, 完全可能实现两江流域社会经济与环境保护协调发展。

关键词: 富春江; 新安江; 水质; 风险分析

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007) 02-0224-04

A Risk Analysis on Water Quality in Area of Fuchun River and Xinan River

WEN Jun<sup>1</sup>, LUO Xian-bao<sup>1</sup>, LI Jian<sup>2</sup>, TANG Dai-jian<sup>3</sup>

(1. Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China;  
2. Guangxi Monitoring Center of Water Environment, Nanning 530022, China;  
3. Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

Abstract: In order to analyze the water pattern of Fuchun River and Xinan River area, two downstream of Qiantang River, the water quality monitoring data in ten years of this area was collected. By application of Spearman correlation analysis, correlation analysis and analysis of variance, the trend and relationship of water quality in this area were researched. Results indicated that the water quality of this area is keeping in low risk level. Some major stress factors on water quality are concerned to activity of society and economy, but these stresses are still in the range of environment content. So it is possible to keep the balance between socio-economic development and environmental protection in this area.

Key words: Fuchun River; Xinan River; water quality; risk analysis

新安江和富春江是钱塘江干流在浙江省境内从淳安县青坑埠到杭州市闻堰镇不同河段的名称。由于钱塘江是浙江省第一大河, 集合了发电、防洪、灌溉、航运、游览、城市供水排水及水产养殖等多种功能于一体, 其对浙江省, 特别是杭州市社会经济发展起着不可估量的作用。因此, 钱塘江也被称作是“杭州的生命线”, 是杭州市城市生活、饮用水和工业用水的基本来源。<sup>[1]</sup> 随着该区域及其周边地区城乡经济和社会的迅猛发展, 所带来的水体污染问题日趋严重。钱塘江水系上游(主要为安徽境内)及沿江两岸的工农业生产排污和城镇生活污水的排放更是有增无减, 水质状况已不容乐观。因此, 控制污染、保护好钱塘江水资源对钱塘江中下游的水环境质量和水体功能起着重要的作用, 对整个钱塘江流域的可持续发展具有十分重要的意义。<sup>[2-3]</sup> 本研究通过对钱塘江水系新安江和富春江段近 10 年来的水质监测资料进行收集整理, 综合研究了两江水质污染现状及其变化趋势, 并对其在当前经济与社会发展条件下的水质恶化问题作出风险分析。

1 研究区域划定与水文状况

钱塘江古名浙江, 是浙江省最大河流。该水系有北、南

两个源头, 分别发源于安徽省休宁县和皖赣两省交界, 两源分别以新安江和兰江交汇于杭州建德市梅城。河水由西南向东北流动, 经新安江、桐江、富春江和钱塘江, 最终注入杭州湾。<sup>[4]</sup>

钱塘江干流在杭州市境内, 建德梅城以上泛称新安江, 梅城以下分别称桐江、富春江、钱塘江。其中新安江上游为安徽境内的率水, 至歙县称新安江。流入浙江省淳安县境内后, 经千岛湖流至建德市梅城与南源兰江汇合后连接桐江。桐江上起梅城, 下至桐庐县, 连接富春江, 河段长 36 km。1968 年在桐庐县南建成富春江水电站水库, 水库蓄水后桐江部分河道也成了水库库区。富春江上起桐庐镇, 接桐江, 下经富阳, 至萧山闻堰附近, 连接钱塘江。河段长 68 km。富春江是条感潮河流, 富春江水电站大坝以下河段受潮汐影响。两江在杭州市内流域面积为集水面积 7 200 km<sup>2</sup>。

根据两江流域水文分布及水质监测区域划分, 本研究中提及新安江和富春江在钱塘江水系从属区段分别是: 由上游向下游, 新安江是始于新安江大坝终于建德县梅城的河段, 该段主要汇入支流有寿昌江和兰江。由梅城以下经过富春江大坝, 流经桐庐县、富阳县至闻堰镇(杭州萧山), 该河段为

\* 收稿日期: 2006-04-12  
基金项目: 杭州市旅游委员会专项资金(JY03080)  
作者简介: 文 军(1970-), 男, 生态学博士, 副教授, 主要研究: 环境生态和生态旅游。

富春江, 其间在桐庐县主要支流是分水江和窄溪, 在富阳主要支流是渚渚江和壶源溪, 闻堰镇以后为钱塘江。新安江和富春江在行政区域上跨建德市、桐庐县、富阳市, 三个市(县)政府所在地皆临江而建。

2 研究资料与方法

对新安江和富春江水质变化的分析, 将问题归结于对两条干流水质在时间和地理空间上的演化分析。由于缺乏专门的水质监测数据资料, 研究中用于水质分析的数据资料全部来自两江流域三县市环境监测部门 1991~ 2000 年水质监测数据。

根据《地面水环境质量标准》及水环境功能区划要求, 两江流域各行政区域内的主要河流及支流设置的断面及监测时间为: 建德市地表水监测由新安江、富春江、兰江和寿昌江 4 河 7 个断面组成, 监测频次为每年 3 期, 分别是平水期(4 月)、丰水期(7 月)和枯水期(12 月), 每期在监测月上旬采样 2 次; 桐庐县由富春江和分水江 2 河 4 个断面组成, 地表水按平、丰、枯三期分别于 4, 7, 9, 11 月份采样, 其中 4 月和 11 月份采样两次, 全年共 6 次; 富阳市境内水域主要由富春江和渚渚江、壶源溪等“一江十溪”组成, 对地面水的监测设置 12 个断面, 分别按照丰、枯、平三期采样分析。

在本研究中, 建德市水质监测资料代表新安江水质状况, 桐庐县资料反映了富春江经富春江水库蓄流后及其在桐庐境内的水质状况, 而富阳市资料则反映了富春江下游的水质状况, 这是两江流域受各种因素综合影响的最终水质状况。根据两江流域现有水质具体情况, 在研究中对全部监测断面进行优化评估, 针对流域内的主要干流与支流, 从中筛选出代表性高的监测断面资料进行分析, 两江流域及各参研监测断面示意图如图 1:



图 1 两江流域及各参研监测断面示意图

在对两江流域水质变化的风险分析中, 以近 10 年来水质监测数据作为分析对象, 借助不同的统计分析方法进行不同角度和层次的综合分析, 从中总结出规律与趋势, 筛选出影响水质变化的主要因子作为引起水质变化的潜在风险源, 为风险评价分析和风险管理提供科学依据。

方差分析和相关分析是风险评价中最常用的两种分析手段, 两者均属概率风险分析, 其主要研究环境参数的先验分布, 通过先验分布拟合值, 从结果的风险分布计算出拟合置信区间。在本研究中, 利用方差分析整个系统的观测资料, 估计各项参数的风险对比关系, 同时利用相关分析研究

环境参数间的相互联系。<sup>[5, 6]</sup> 对水质在时间上的发展变化则借助斯毕曼秩次相关性检验, 该方法属于非参数检验, 不要求总体参数完全符合正态分布, 其对于时间序列平稳性及趋势研究具有很高的检出效率,<sup>[7]</sup> 也是国家环保总局推荐使用的环境统计中进行时间序列分析的方法。<sup>[8]</sup>

研究中对两江流域的水质下降的风险分析采取分段处理的方式, 对两江流域先作分别分析再进行综合分析, 综合比较水质变化在时空双向尺度上的变化关系。

3 “两江”区域水质变化分析

3.1 新安江水质分析

本研究收集整理了建德 1991~ 2000 年 10 年间的水环境监测数据。其中新安江水厂上游、洋溪渡和严东关三个断面代表新安江干流水质, 汪家桥和兰江口断面则分别代表了新安江两条支流寿昌江和兰江的水质状况。

采用水环境综合污染指数法<sup>[9]</sup>对新安江 10 年水质监测数据进行分析评价, 结果表明, 在 1991~ 2000 年整个河段的水质均达到或优于地表水 II 类标准, 全部满足功能区要求, 其中仅有极少数监测项目(主要位于寿昌江和兰江两条支流断面上)在年周期中的单次监测中出现轻微超标, 但并不影响到整个水环境的综合水质状况。对新安江干流三个断面的各监测项目进行斯毕曼秩次相关检验, 部分分析结果如表 1(仅列出达显著水平分析结果):

| 表 1 新安江干流断面各监测项目斯毕曼秩次相关检验 |                   |            |            |          |            |
|---------------------------|-------------------|------------|------------|----------|------------|
| 断面                        | 项目                | 平水期        | 丰水期        | 枯水期      | 年均值        |
| 水厂                        | 硬度                | 0.709* *   | 0.200      | 0.867* * | 0.709* *   |
|                           | COD <sub>Mn</sub> | - 0.621*   | - 0.346    | - 0.527  | - 0.806* * |
|                           | 悬浮物               | - 0.636*   | - 0.709* * | - 0.515  | - 0.648*   |
| 洋溪渡                       | 硬度                | 0.285      | 0.406      | 0.770* * | 0.636*     |
|                           | COD <sub>Mn</sub> | - 0.539    | - 0.515    | 0.721* * | - 0.273    |
|                           | BOD <sub>5</sub>  | - 0.515    | - 0.661*   | 0.115    | - 0.527    |
| 严东关                       | 悬浮物               | - 0.600*   | - 0.309    | - 0.309  | - 0.309    |
|                           | 硬度                | 0.309      | 0.442      | 0.891* * | 0.600*     |
|                           | COD <sub>Mn</sub> | - 0.758* * | 0.115      | 0.236    | - 0.491    |
|                           | BOD <sub>5</sub>  | - 0.661*   | - 0.248    | - 0.212  | - 0.430    |
|                           | 氨氮                | 0.552      | 0.224      | 0.418    | 0.746* *   |
|                           | 亚硝态氮              | 0.297      | 0.491      | 0.030    | 0.576*     |
|                           | 硝态氮               | 0.721      | 0.479      | 0.770* * | 0.758* *   |

注: \* 代表 5% 显著水平, \*\* 代表 1% 显著水平(下同)。

分析结果表明, 在水厂断面, 仅有硬度和 COD<sub>Mn</sub> 两项的年均值有显著变化趋势, 其中硬度上升的趋势达极显著水平, 而 COD<sub>Mn</sub> 则极显著下降, 这反映了新安江进入建德市水质的初始情况。位于水厂下游的洋溪渡断面, 由于汇入了寿昌江支流, 在不同季节期间的变化趋势有所不同, 如 COD<sub>Mn</sub> 在枯水期呈极显著上升趋势。在建德市的出境断面(严东关断面)上, 其水质进一步受到附近汇入的兰江支流入水的影响, 氨氮、亚硝态氮和硝态氮三项目显著上升。综合三个断面, 新安江不同河段的硬度指标均出现了显著上升的趋势。

对水质的历年变化趋势分析中发现季节性差异与年均值的变化并不完全一致, 因此, 对每个监测断面的各个采样时期的数据进行方差分析, 结果如表 2(仅例出 F 检验达到显著水平):

由结果分析, 影响水质下降的主要污染性监测项目在各季节中的规律性不大。因此, 从上游水厂断面沿着水流方向

流至洋溪渡及严东关两断面,新安江水质变化更多地受到两条汇入支流的水质的影响。

对洋溪渡及严东关两断面水质各监测项目与其各自上游干流及汇入支流同一项目间的相关分析,可综合检验各监测项目间对水质影响的相关性。分析结果表明(未列出分析结果):在各监测时期,水厂断面各项监测项目与洋溪渡断面数据间的相关性大多高于汪家桥与洋溪渡间的相关性,仅有BOD<sub>5</sub>例外,说明洋溪渡断面水质与水厂断面的来水水质的变化相一致,而BOD<sub>5</sub>洋溪渡与汪家桥两断面的关系密切,说明支流入水对新安江干流水质存有一定影响,主要体现在BOD<sub>5</sub>,该项目与生物性污染物的排放有关。

表 2 新安江干流断面各采水期水质比较

| 水厂  | pH                | 平水期> 枯水期> 丰水期 |
|-----|-------------------|---------------|
|     | 溶解氧               | 平水期> 丰水期> 枯水期 |
| 洋溪渡 | 溶解氧               | 平水期> 丰水期> 枯水期 |
|     | 电导率               | 丰水期> 平水期> 枯水期 |
| 严东关 | COD <sub>Mn</sub> | 平水期> 丰水期> 枯水期 |
|     | 氨氮                | 枯水期> 平水期> 丰水期 |

与洋溪渡断面的情况不同,在其下游的严东关断面上,水质各项指标与兰江支流汇入的兰江口断面上的水质表现出极显著的相关性,各项监测项目的相关系数均高于来自干流上游的洋溪渡断面与该断面水质的相关系数,表明该断面上水质更多地受到兰江水质影响。原因可归因于:洋溪渡与严东关两断面间的距离远大于兰江口与严东关间的距离,在水体流动过程中,水质发生了较大变化(稀释、沉降、水体自净等)<sup>[10]</sup>;另一可能是来自兰江所挟带的污染物汇入。根据分析数据,凡与社会生活有关的污染项目的相关系数均达到了极显著水平(如COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、硝态氮、氨氮等)。

3.2 富春江水质分析

3.2.1 桐庐段

新安江经建德梅城后即为富春江,富春江在建德境内经富春江水库的拦蓄作用,泄流进入桐庐县境内,随后流入与之接壤的富阳县,由此富春江河面逐渐加宽,由于已接近入海口,其干流水位已有明显的感潮变化。因此,桐庐县资料反映了富春江水库蓄流后的水质与桐庐县境内的两条支流水质共同作用的结果,而富阳资料则代表了富春江下游的水质状况。

富春江在桐庐县的水质监测设置了桐庐和窄溪两个断面,研究中收集整理了两断面1994–1995年及1998–2002年共7年的监测资料,还收集了支流分水江桐君山断面的监测资料。监测结果统计分析显示:富春江(桐庐段)全年水质基本达到II类水质,影响水质的主要污染项目是氨氮、DO、总磷和亚硝态氮。按平、丰、枯水期分析,枯水期水质较差,属于超II类水质,主要污染项目为DO、氨氮、总磷和亚硝态氮。通过计算污染负荷比,确定主要污染指标为氨氮、DO、总磷、亚硝态氮、COD<sub>Mn</sub>和BOD<sub>5</sub>,6项指标占监测断面主要污染物等标污染负荷比超过90%。但在斯毕曼秩次相关检验中,仅在部分采水期出现规律性,各监测断面总体上均未检验达到显著性变化趋势的监测项目。因此,富春江水质在该段水域中状态相对稳定。分析结果还表明,支流分水江水质基本达到I类水质。

为检验分水江水质对下游窄溪断面水质影响大小,分别以分水江断面和桐庐断面的水质监测数据与窄溪断面相应的水质数据进行相关分析,分析结果如表3:

结果显示,除了氨氮项目以外,桐庐与窄溪两断面间各

项监测项目的相关系数都高于桐君山与窄溪间的相关系数,这表明在富春江在桐庐境内,水质与桐庐断面水质密切相关,而分水江对水质影响不大,氨氮项目例外。富春江在桐庐境内,氨氮在部分采水期出现超标,这是富春江在桐庐境内出现的一个重要的风险因子。

表 3 桐庐– 窄溪– 桐君山三断面水质监测项目相关分析

|         | pH                   |                     |                      |                     | 氨氮                           |                     |                             |                     |
|---------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
|         | 平水期                  | 丰水期                 | 枯水期                  | 年均值                 | 平水期                          | 丰水期                 | 枯水期                         | 年均值                 |
| 桐庐– 窄溪  | – 0.175              | 0.916 <sup>*</sup>  |                      | 0.704               | 0.966 <sup>**</sup>          | 0.986 <sup>**</sup> | 0.964 <sup>**</sup>         | 0.864 <sup>*</sup>  |
| 桐君山– 窄溪 | – 0.763 <sup>*</sup> | 0.816 <sup>*</sup>  |                      | 0.302               | – 0.063 – 0.801 <sup>*</sup> |                     | 0.476 – 0.881 <sup>**</sup> |                     |
|         | 溶解氧                  |                     |                      |                     | COD <sub>Mn</sub>            |                     |                             |                     |
|         | 平水期                  | 丰水期                 | 枯水期                  | 年均值                 | 平水期                          | 丰水期                 | 枯水期                         | 年均值                 |
| 桐庐– 窄溪  | 0.980 <sup>**</sup>  | 0.993 <sup>**</sup> | 0.622                | 0.841 <sup>*</sup>  | 0.980 <sup>**</sup>          | 0.993 <sup>**</sup> | 0.622                       | 0.841 <sup>**</sup> |
| 桐君山– 窄溪 | – 0.312              | 0.934 <sup>**</sup> | – 0.804 <sup>*</sup> | – 0.526             | – 0.312                      | 0.934 <sup>**</sup> | – 0.804 <sup>*</sup>        | – 0.526             |
|         | BOD <sub>5</sub>     |                     |                      |                     | 硝态氮                          |                     |                             |                     |
|         | 平水期                  | 丰水期                 | 枯水期                  | 年均值                 | 平水期                          | 丰水期                 | 枯水期                         | 年均值                 |
| 桐庐– 窄溪  | 0.087                | 0.880 <sup>**</sup> | 0.973 <sup>**</sup>  | 0.887 <sup>*</sup>  | 0.987 <sup>**</sup>          | 0.879 <sup>*</sup>  | 0.993 <sup>**</sup>         | 0.975 <sup>**</sup> |
| 桐君山– 窄溪 | – 0.088              | – 0.404             | 0.715 <sup>*</sup>   | 0.202               | – 0.069                      | – 0.342             | – 0.705                     | – 0.596             |
|         | 电导率                  |                     |                      |                     | 悬浮物                          |                     |                             |                     |
|         | 平水期                  | 丰水期                 | 枯水期                  | 年均值                 | 平水期                          | 丰水期                 | 枯水期                         | 年均值                 |
| 桐庐– 窄溪  | 0.848 <sup>*</sup>   | 0.754 <sup>*</sup>  | 0.998 <sup>**</sup>  | 0.975 <sup>**</sup> | 0.540                        | 0.948 <sup>**</sup> | 0.938 <sup>**</sup>         | 0.801 <sup>*</sup>  |
| 桐君山– 窄溪 | – 0.271              | – 0.044             | 0.703                | 0.318               | 0.684                        | – 0.147             | – 0.321                     | – 0.072             |

3.2.2 富阳段

富阳是杭州市经济较发达的地区之一,造纸及纸制品业是富阳的主要废水排放源,占全市总废水排放量的80%以上<sup>[11]</sup>。富春江水质在富阳境内的胁迫风险远远大于其它区域。富阳市地表水监测共设12个断面,其中省控点4个,分别是富阳、渔山、窄溪上港和青江口,其余均为杭州市控点。根据1998~2002年富阳市环境监测站的地面水监测数据,全市12个监测断面按平均值统计,符合国家II类水质标准断面数均占总断面数的50%以上,其中干流的富阳和渔山断面一直达到II类水质要求。但由于境内废水排放总量较大,部分企业密集区域的水质严重恶化。按区域分,工业废水排放量最大的乡镇是富阳镇,其次是大源镇、灵桥镇、新登镇和高桥镇,这五镇工业废水排放量占全市的5/6以上。因此在该区域所对应的灵桥和窄溪上港断面上的水质均未达到功能区的水质标准。对富春江干流三个监测断面的主要水质监测项目进行斯毕曼秩次相关检验,结果如表4:

表 4 富春江干流主要水质监测项目斯毕曼秩次相关检验

|    | DO      | COD <sub>Mn</sub>    | BOD <sub>5</sub>      |
|----|---------|----------------------|-----------------------|
| 富阳 | – 0.600 | – 0.600              | – 1.000 <sup>*</sup>  |
| 灵桥 | 0.100   | – 0.800 <sup>*</sup> | – 0.400               |
| 渔山 | – 0.600 | – 0.500              | – 0.900 <sup>**</sup> |

结果显示,在分析时段内,BOD<sub>5</sub>在富阳和渔山断面上下降趋势极显著,而灵桥断面COD<sub>Mn</sub>也出现了极显著的下降趋势,这说明实行“一控双达标”要求对富春江水质起到了一定的控制污染作用。DO在各断面上均未表现出显著趋势。

比较桐庐窄溪断面及富阳境内青江口断面分别与富阳断面水质的相关系数,分析富春江干流水质受上游桐庐干流水质和青江口支流水质影响程度。由于多数监测项目均符合地面水功能区标准,研究中我们仅分析比较了BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub>和DO三项监测项目。结果如表5:

表 5 桐庐窄溪- 富阳- 青江口三断面水质监测项目相关分析

|          | DO                  | COD <sub>Mn</sub>   | BOD <sub>5</sub>    |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 桐庐窄溪- 富阳 | 0. 724 <sup>*</sup> | 0. 142              | - 0. 341            |
| 青江口- 富阳  | 0. 255              | 0. 973 <sup>*</sup> | 0. 944 <sup>*</sup> |

分析结果显示,BOD<sub>5</sub> 和 COD<sub>Mn</sub> 均极显著地受到青江口水质影响,而桐庐境流入的水质仅 DO 项目有显著影响。由于三个断面在流向上的距离关系是:桐庐窄溪断面至富阳断面的距离远大于青江口断面至富阳断面的距离,因此,富阳断面受到青江口水质的影响更大,这应与富春江的水体自净能力有关。

比较富春江干流在富阳市区范围内的三个断面水质的相关关系,如表 6:

表 6 富阳- 渔山- 灵桥三断面水质监测项目相关分析

|        | DO                  | COD <sub>Mn</sub>   | BOD <sub>5</sub>    |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 富阳- 渔山 | 0. 911 <sup>*</sup> | 0. 944 <sup>*</sup> | 0. 920 <sup>*</sup> |
| 灵桥- 渔山 | 0. 045              | 0. 477              | 0. 751              |

富阳断面水质与渔山断面水质 BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Mn</sub> 和 DO 相关性均达到了极显著水平,远高于灵桥断面水质与渔山断面间的相关性。虽然灵桥断面代表了富阳镇、大源镇、灵桥镇和高桥镇四个富阳市最大的废水排放源的水质状况,但是仍不足以显著地影响距该断面下游不远处渔山断面的水质,说明在富春江下游,水体自净能力尚能缓冲当前富阳市污染物排放对其水质影响。根据柴群宇对富春江富阳段地表水环境容量分析认为,富阳市污染物的排放尚未超过富春江水质环境容量的 2/ 3。<sup>[12]</sup> 因此,在富阳市经济发展过程中,通过合理地调整工业布局,加强对废水排放的总量控制,维持富春江水质当前的国家 II 类水质标准,避免其水质恶化是完全有可能的。

3.3 两江水质空间分异综合分析

根据对建德、桐庐和富阳三县市自 1991 年来的水质监测数据综合分析,新安江和富春江水质风险均为有机型污染,由上游至下游,有机污染逐渐加重。由于各个河段水体自净能力不同,表现规律略有区别。为比较 DO、COD<sub>Mn</sub> 和 BOD<sub>5</sub> 三个监测项目在流向上的变化趋势,提取 1998 至 2000 年相应数据作图 2:

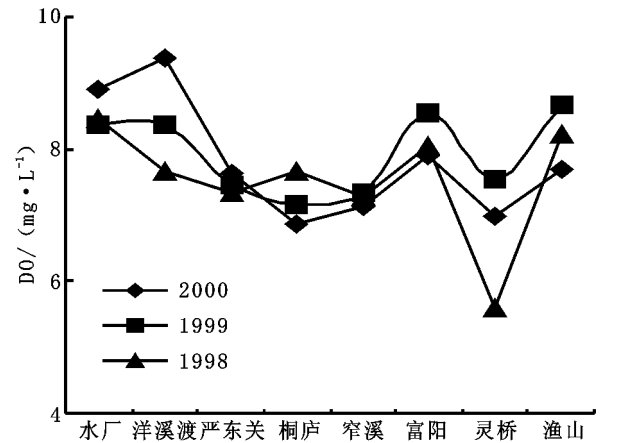


图 2 两江流域水质 DO 的空间分异

由图 2,在建德境内 DO 沿流向在各断面上逐渐下降,经过富春江大坝,在桐庐境内其变化较平缓,进入富阳,河面逐步加宽,水体自净能力较大,DO 在桐庐窄溪断面至富阳断面有所上升,到灵桥断面,江流汇入大量来自富阳市排入的废水,DO 急剧下降,经过自净作用,在渔山断面 DO 能够恢

复到富阳断面的水平。

与 DO 变化趋势不同,COD<sub>Mn</sub> 变化规律性更明显,如图 3 显示,3 年走势完全一致,由上游向下游均表现出逐渐上升的趋势,在灵桥断面,出现尖锐的跃峰,经水体自净作用,到在渔山断面,COD<sub>Mn</sub> 数迅速回落到接近富阳断面水平。

由于 BOD<sub>5</sub> 反映了可由生物降解的有机污染物,其受水体自净作用的影响较大,因此 BOD<sub>5</sub> 在流向上的变化呈起伏性变化。如图 4,BOD<sub>5</sub> 在建德境内沿流向逐渐上升,经过富春江水库的作用,进入桐庐境内时出现回落,而桐庐至富阳,再次表现不断上升的走势,到渔山断面出现峰值,该处断面反映了社会经济活动对水质恶化的直接影响。但是尚未超出富春江水质环境容量,经过自净作用,BOD<sub>5</sub> 在渔山断面又能回落到富阳断面水平。

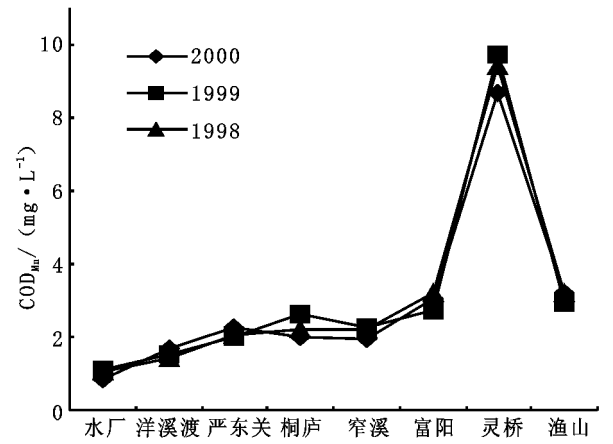


图 3 两江流域水质 COD<sub>Mn</sub> 的空间分异

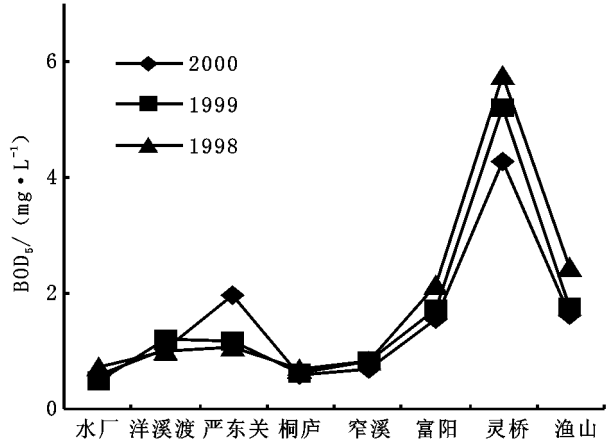


图 4 两江流域水质 BOD<sub>5</sub> 的空间分异

4 结 论

两江流域干流水质(新安江和富春江)各项监测项目均符合国家 II 类水质标准,总体水质达到功能区水质要求,水质在近 10 年间保持相对稳定的状态,流域内总体水质恶化的风险仍然处于低水平。仅有少数监测项目在年周期中的部分采水期有轻度超标现象,其中氨氮项目在富春江桐庐段稍显突出。

两江流域各河段的部分支流及干流的社会经济活动活跃地区有不同程度的水质恶化问题出现,其水质通常劣于国家 II 类标准,严重的有超 V 类水质的情况,主要污染来源是废水排污,根据多年数据分析其污染类型均是有机污染物。但由于两江干流特别是富春江段水体的自净能力较强,当前

(下转第 230 页)

大技术体系(以冬麦改制为中心的旱作农业技术体系;以早熟梨、红梅杏等优良果树为中心的庭园经济高效农业技术体系;以大面积灌、草地为基础的农牧结合型的畜牧业技术体系)和“一蓄二防三改”(一蓄:通过蓄水窖、小坝库最大限度将地表径流蓄积起来,用于时空调节与补充灌水;二防:通过修梯田和地膜技术,防止径流和蒸发损失;三改:薄改肥,培肥地力,提高蓄水能力;老改新,推广良种良法,提高土壤水分利用率;旱改水,通过雨水集蓄和微灌技术,在不同作物需水关键期进行节水补灌,提高水分生产效率)的雨水集流高效利用模式。这些理论和技术在这时期内,为该试区土地利用变化起指引作用。

(2) 科技与政策共同作用型土地利用变化。这一阶段,上黄试区土地利用变化主要表现为政策因素与科技因素共同作用,其中政策因素占主导地位,主要原因是国家宏观退耕还林(草)政策,该试区从 2002 年至 2005 年,有近 140.8  $\text{hm}^2$  的坡耕地转为人工草地及林地,政策因素引起该试区土地利用变化占这一时期土地利用总变化量的 91.25%。

## 4 结 论

上黄试区是黄土丘陵区小流域,在整个研究期间内其土参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553–558.
- [2] 李秀彬. 中国近 20 年来耕地的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 329–333.
- [3] 何书多, 李秀彬, 朱会义, 等. 环渤海地区耕地变化及动因分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 346–352.
- [4] 陈佑随, 杨鹏. 国际上土地利用/土地覆被变化研究的新进展[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 85–100.
- [5] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81–87.
- [6] 史培军, 陈晋等. 国际土地利用/覆被变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 15(2): 307–312.
- [7] 谢高地, 成升魁等. 人口胁迫下的全球土地利用变化研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 193–198.
- [8] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析[J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 112–116.
- [9] 董光荣, 申建友, 金炯. 试论全球气候变化与沙漠化的关系[J]. 地理研究, 1990, (3): 91–98.
- [10] 陈佑启, Peter H Verburg. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 197–202.
- [11] Holling C S. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems[J]. Ecological Monographs, 1992, 62(4): 447–502.
- [12] Hall C S C. Modelling spatial and temporal patterns of tropical land use change[J]. Journal of Biogeography, 1995, 22: 753–757.

(上接第 227 页)

汇入污染物的总量尚未超出整个流域环境容量,因此这类水质恶化问题尚未造成整个流域干流总体水质超标。通过对污染物排放的总量控制,加强对流域内水质的监测、控制与

参考文献:

- [1] 戴祖林, 等. 杭州市“十五”环境保护规划和 2015 年环境规划[Z]. 杭州市环保局, 2000.
- [2] 谭湘萍, 闵怀. 千岛湖生态环境主要问题及保护对策[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(3): 200–203.
- [3] 文军, 骆东奇, 等. 千岛湖区域农业面源污染及其控制对策[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 126–129.
- [4] 任振泰. 杭州市志[M]. 北京: 中华书局, 1999.
- [5] Sharmh T C. Stochastic models applied to evaluating hydrologic charges[J]. Journal of Hydrology, 2001, 30(1): 142–149.
- [6] EPA, Peter, Gutorp. Environmental Statistics[J]. Journal American Statistics Association, 2000, 15(2): 103–110.
- [7] 丁晶, 邓育仁. 随机水文学[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2001.
- [8] 国家环境保护总局规划与财务司. 环境统计概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [9] 国家环保总局. 国家地表水环境标准[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [10] 金相灿. 中国湖泊富营养化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [11] 胡勤海, 余伟, 等. 钱塘江水系富春江段水污染现状调查研究[J]. 环境污染与防治, 1997, 19(6): 16–20.
- [12] 柴群宇. 富春江流域水环境容量研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2002.

地利用/土地覆被变化的特点主要表现为:

(1) 黄土丘陵小流域的生态建设的可行性。上黄试区经过近 20 年的生态建设,试区林草面积大幅增长,坡耕地面积大幅下降,生态环境得到根本改善。林地及人工草地分别从研究初期的 9.3  $\text{hm}^2$  和 5.0  $\text{hm}^2$  增加到 2005 年的 229.0  $\text{hm}^2$  和 200.4  $\text{hm}^2$ , 为发展高效农业创造了良好的生态环境。

(2) 经济发展是生态环境建设的保障。上黄试区在长期经济建设中,当地人们生活水平不断提高,1982 年该试区人均纯收入只有 42 元,2005 年后达到 2 062 元,增加了近 48 倍。经济收入的提高为该试区生态环境建设打下了良好的基础。

(3) 政策因素对小尺度土地利用/覆被变化具有阶段性和主导性。政策因素对上黄试区土地利用/覆被变化的影响主要表现在“十五”时期,这一阶段主要原因是国家退耕还林(草)政策的宏观政策对该试区土地利用变化影响较大,“十五”期间土地利用变化量为 154.3  $\text{hm}^2$ , 因政策因素影响土地利用变化量为 140.8  $\text{hm}^2$ , 占总变化量的 91.3%。因此,可以说明政策因素对土地利用/土地覆被变化的影响具有时段性和主导性。

研究,完全可以避免流域内水质的进一步恶化,实现社会经济发展与环境保护协调发展。