

# 水系污染与社会经济发展因子的关系 ——以浙江省 8 大水系为例

格日乐图, 王斌, 李正才, 杨校生, 王小明

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:** 浙江省 8 大水系是支撑该省经济发展和保障饮用水来源的主要水系。目前 8 大水系都呈现出不同程度的污染。通过因子分析方法,对影响浙江省 8 大水系污染的主要社会经济因子进行了分类。结果表明,社会经济影响因子可划分为区域经济发展水平、种植业发展、农林服务业发展水平、渔业发展水平、人口密度水平等 5 大类。浙江省 8 大水系社会经济因子总得分排序为:甬江>苕溪江>曹娥江>鳌江>椒江>钱塘江>瓯江>飞云江。当这 5 大因子得分同时介于-1~0 时,水系水质污染程度最低。社会经济因子总得分大于 3 或小于-3 时水污染程度最低,水系的 I—III 类水所占比例在 90% 以上。水系污染与经济发展水平存在一定关系,但更多是经济发展水平与其他因子综合作用的结果,水系污染与社会经济发展各因子之间的平衡发展有着密切关系。在农林业占非主导地位的地区,单位面积第一产值高低与水系污染呈正相关性关系。

**关键词:** 因子分析; 水系污染; 水质; 社会经济因子

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0141-05

中图分类号: S157, X5

## Relationship Between Water System Pollution and Socioeconomic Factors —Taking Eight Water Systems in Zhejiang Province for Example

Geriletu, WANG Bin, LI Zheng-Cai, YANG Xiao-Sheng, WANG Xiao-ming

(Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang, Zhejiang 311400, China)

**Abstract:** The eight water systems in Zhejiang Province are the main water systems that support the economic development and ensure the drinking water sources. Currently the eight water systems are polluted to various extents. The main socioeconomic factors that affect the water systems pollution could be divided into five types by factor analysis, namely, regional economic development factor, agriculture development factor, agriculture and forestry services factor, fishery development factor, and population density factor. Yongjiang river ranked first based on the total socioeconomic scores among the eight water systems, followed by Tiaoxi river, Cao'e river, Aojiang river, Jiaojiang river, Qiantang river, Oujiang river, and Feiyunjiang river. Water was polluted at the least when the scores of all the five factors are between -1 and 0. On the other hand, the total score being above 3 or below -3 indicated that the water pollution degree was the lowest, with sort of I, II and III water accounting for more than 90%. Water pollution is related to the level of economic development, but in a large degree, it is the result of the interaction between economic development and other factors, and is more closed to the balanced development of the five socioeconomic factors. The water pollution degree was positively related with the unit area of first output value in the region where agriculture and forestry are not prominent.

**Keywords:** factor analysis; water pollution; water quality; social-economic factors

水污染是环境问题的重要组成部分之一。环境学理论认为,环境问题的本质是经济问题,是社会发展过程中产生的一个结果。1992 年经济学家

Grossman 和 Krueger<sup>[1]</sup>首次提出环境与经济增长之间可能存在倒 U 形曲线的设想,即环境库兹涅茨曲线(EKC)。改革开放后随着中国经济的迅猛发展,

收稿日期:2011-06-03

修回日期:2013-03-26

资助项目:中国林业科学研究院亚热带林业研究所基本科研业务费重点资助项目“中国亚热带地区森林碳循环与固碳潜力研究”(RISF6152);浙江省与中国林科院合作项目(2008SY09)

作者简介:格日乐图(1975—),男(蒙古族),内蒙古自治区通辽市人,助理研究员,主要从事森林可持续经营研究。E-mail:grlt\_2005@126.com。

带来了诸多环境问题,尤其是水环境污染十分突出,严重制约着社会经济和环境的可持续发展。水质性缺水已成为影响工农业生产、人民生活 and 生态环境的重大社会问题<sup>[2-8]</sup>。据统计 1998—2005 年中国的 GDP 翻了两番多,然而废水排放总量也随之增加了 33%。松花江、太湖、滇池、巢湖水污染事件不断暴发,全国地表水、地下水水质问题不断凸现,水污染成因与治理对策的研究成为人们关注焦点。1973 年国务院提出了避免先污染后治理的“三同时”原则,避免盲目发展经济造成环境的恶化<sup>[9]</sup>。社会经济发展过程中是否必然遵循 EKC 曲线,即过先污染后治理的途径,还是可以达到污染与治理同时协调统一发展,是人们关心的重要话题。因此如何协调经济发展与水质污染的问题成为经济学的研究方向<sup>[10-11]</sup>。国内在太湖流域和黄河流域等大的流域也开展了一些关于水污染与社会经济发展方面的研究,如 COD 的排放量、工业产值、耕地面积和人口等方面的研究,然而这些研究主要集中在单因素水平上,从整个社会经济视角来研究如何协调经济与水环境方面的内容较少。本研究以浙江省 8 大水系为例,从大的时空范围综合分析社会经济发展与水系污染关系,对于揭示在发展中如何协调水与经济的关系具有重要作用,对国家进行宏观调控具有指导意义。

## 1 研究区概况

浙江省自北而南,由东向西有苕溪江、钱塘江、曹娥江、甬江、椒江、瓯江、飞云江、鳌江 8 大主要水系。为了控制水污染的进一步恶化,浙江省政府每年投入大量资金治理水污染,在一定程度上水源污染得到了有效的控制,但仍不能够彻底改变水系污染持续存在的局面<sup>[12-15]</sup>。1998 年浙江省 27 个城市污水处理工程、8 个固体废物污染控制项目列入国家跨世纪绿色工程计划,总投资达 58.75 亿元。表 1 为 8 大水系社会经济的基本情况。

表 1 8 大水系社会经济基本情况

8 大水系	GDP/(亿元·km <sup>-2</sup> )	第一产业/(亿元·km <sup>-2</sup> )	第二产业/(亿元·km <sup>-2</sup> )	总人口/万人
鳌江	0.158	0.011	0.074	0.091
曹娥江	0.241	0.014	0.147	0.048
飞云江	0.072	0.004	0.036	0.033
椒江	0.162	0.009	0.081	0.052
瓯江	0.123	0.004	0.063	0.029
钱塘江	0.304	0.012	0.155	0.048
苕溪	0.178	0.014	0.102	0.044
甬江	0.654	0.015	0.348	0.072

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

数据来源于浙江省 2008 年统计年鉴、第 6 次森林清查资料、浙江省 8 大水系水质报告。选择具有潜在影响水系水质的社会经济指标,这些指标是行政区划中的单位土地面积中各要素值,包括工农业生产总值( $X_1$ )、第一产业产值( $X_2$ )、财政总收入( $X_3$ )、种植业产值( $X_4$ )、林业产值( $X_5$ )、渔业产值( $X_6$ )、农林牧渔业服务业产值( $X_7$ )、农作物播种面积( $X_8$ )、工业企业个数( $X_9$ )、机械总动力个数( $X_{10}$ )、农村用电量( $X_{11}$ )、森林覆盖率( $X_{12}$ )、年末总人数( $X_{13}$ )。流域数据是将流域内行政区数据总和除以流域面积。由于统计口径的原因,县级以下行政区的统计数据获取较为困难,流域面积主要以县级统计数据来计算。对于跨行政区的流域水系采取该行政区域水系面积占行政面积比重来划分计算,所占比重较小的统计时省略。通过因子分析方法,提取对区域发展有影响的因素,探索影响水系水质的主要原因。考虑到统计资料口径和水系污染数据收集的难易程度,本研究以水系经过的主要县市代替流域水系。

### 2.2 分析方法

因子分析方法是一种将多维因子纳入同一系统中进行定量化研究的多元统计分析方法。在多指标(变量)的研究中,往往由于变量个数太多,且彼此之间存在着一定的相关性,因而使所观测的数据在一定程度上有信息的重叠<sup>[15]</sup>。因子分析的计算模型为:

设有  $N$  个样本,  $P$  个指标,  $X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)^T$  为可观察的随机变量,所求公因子  $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)^T$ ,对原始数据进行标准化处理,则因子分析模型为:

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \epsilon_1 \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \epsilon_2 \\ \vdots \\ X_n = a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \dots + a_{nm}F_m + \epsilon_n \end{cases}$$

式中:  $X$ ——随机变量;  $F$ ——公因子。

因子分析的目的就是通过模型  $X = AF + \epsilon$ ,以  $F$  代替  $X$ ,简化观测系统,减少变量维数,用少数的变量来解释整个问题。模型中公因子系数  $a_{ij}$  为因子载荷,它是第  $i$  个变量在第  $j$  个主因子上的负荷(或称权重),它反映了第  $i$  个变量在第  $j$  个主因子的相对重要性。由公因子系数组成的矩阵称为因子载荷矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times m}$ ,通常情况下因子载荷矩阵无法解释公因子的实际意义,一般对其旋转求得旋转因子载荷矩阵,该矩阵可以对公因子的实际意义加以合理地解

释。利用 SPSS 软件进行数据处理,因子提取方法采用最大方差法进行旋转。

### 3 结果与分析

#### 3.1 因子分析过程

借助于 SPSS 软件,首先将原始统计数据标准

化,以消除量纲的影响。建立指标的相关系数矩阵  $R$ ,并计算出  $R$  的特征值和贡献率,表 2 为  $R$  的特征值和贡献率。

通过累计贡献率可以看出,当提取 5 个因子时,累计贡献率为 99.264%,已经超过了 85%<sup>[16-17]</sup>,故取前 5 个因子做因子分析,以反映原始数据的绝大部分信息。

表 2  $R$  的特征值和贡献率

成份	初始因子			选入因子		
	特征值	贡献率/%	累积贡献率%	特征值	贡献率/%	累积贡献率%
$X_1$	7.192	55.322	55.322	3.192	24.557	24.557
$X_2$	2.318	17.829	67.150	2.729	20.994	45.551
$X_3$	2.093	16.101	79.251	2.610	20.078	65.629
$X_4$	0.856	6.585	84.836	2.303	17.716	83.345
$X_5$	0.446	3.428	92.785	2.070	15.920	99.265
$X_6$	0.092	0.708	99.972			
$X_7$	0.004	0.028	100.000			
$X_8$	4.186E-16	3.220E-15	100.000			
$X_9$	1.690E-16	1.300E-15	100.000			
$X_{10}$	6.934E-17	5.334E-16	100.000			
$X_{11}$	-2.092E-16	-1.609E-15	100.000			
$X_{12}$	-2.517E-16	-1.936E-15	100.000			
$X_{13}$	-3.904E-16	-3.003E-15	100.000			

通过表 3 可以判断,第 1 因子为区域经济发展水平  $S_1$ ,主要由  $X_1, X_3$  和  $X_9$  这 3 个指标所控制;第 2 因子为种植业发展水平  $S_2$ ,主要由  $X_2, X_{11}, X_4$  和  $X_8$  这 4 个指标所控制。第 3 因子为农林服务业发展水平  $S_3$ ,主要由  $X_5$  和  $X_7$  两个指标所控制。第 4 因子为渔业发展水平  $S_4$ ,主要由  $X_6$  和  $X_{10}$  两个指标控制。第 5 因子为人口密度水平  $S_5$ ,主要由  $X_{12}$  和  $X_{13}$  两个指标控制。各因子得分详见表 4。

表 3 载荷矩阵旋转后的因子提取结果

项目	因子提取数				
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
$X_3$	0.965	0.180	0.069	0.020	0.171
$X_9$	0.921	0.284	0.111	0.081	0.216
$X_1$	0.908	0.309	0.109	0.042	0.245
$X_{11}$	0.465	0.854	0.011	0.052	0.213
$X_4$	0.325	0.822	0.386	0.176	0.196
$X_2$	0.306	0.607	0.527	0.225	0.450
$X_8$	-0.037	0.604	0.549	0.351	0.456
$X_7$	0.206	-0.008	0.939	0.233	0.085
$X_5$	-0.063	0.315	0.921	-0.19	0.027
$X_6$	-0.063	-0.015	-0.012	0.965	0.247
$X_{10}$	0.104	0.303	0.152	0.854	0.356
$X_{13}$	0.222	0.018	-0.11	0.484	0.837
$X_{12}$	-0.247	-0.437	-0.294	-0.320	-0.736

表 4 8 大水系因子得分

8 大水系	因子提取与得分					各水系得分
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	
鳌江	-0.664	-0.448	-0.490	0.801	2.127	1.325
曹娥江	-0.565	2.234	-0.476	-0.709	0.056	0.540
飞云江	-0.410	-1.004	-0.656	-0.783	-0.352	-3.205
椒江	-0.286	0.081	-0.579	1.952	-1.368	-0.200
瓯江	-0.181	-0.868	-0.566	-1.110	-0.598	-3.323
钱塘江	0.190	-0.065	0.582	-0.409	-0.090	0.209
苕溪	-0.472	-0.093	2.259	0.129	-0.096	1.727
甬江	2.387	0.162	-0.074	0.129	0.323	2.927

#### 3.2 社会经济因子得分对水系污染影响

从图 1 可见,  $S_1$  得分排序为:甬江>钱塘江>瓯江>椒江>飞云江>苕溪江>曹娥江>鳌江。通过与流域污染情况对比得知,在经济发展水平较低的鳌江流域污染最严重,在区域经济发展较好的甬江流域水污染并不突出,  $S_1$  与污染没有呈现一定的规律。由此可见  $S_1$  并不是导致水污染形成的直接原因。  $S_2$  得分排序为:曹娥江>椒江>甬江>钱塘江>苕溪江>瓯江>鳌江>飞云江。  $S_3$  得分排序为:苕溪江>钱塘江>甬江>曹娥江>椒江>瓯江>鳌江>飞云江。从这两个因子的得分来看,瓯江、鳌江、飞云江和椒江的得分都较低,也就是说其农林业处于非主导

地位,从流域水系污染状况分析,瓯江和飞云江与鳌江和椒江流域水系污染呈现出两个极端的状态。从单位面积第一产值可知(表 1),瓯江、飞云江、鳌江和椒江流域的单位面积第一产值分别为 0.004,0.004,0.011 和 0.09 亿元/km<sup>2</sup>,鳌江和椒江流域的单位面积第一产值是瓯江的飞云江 2 倍之多。由此可见在农林业占非主导地位的地区,单位面积第一产值高底与水系污染呈现正相关性。S<sub>4</sub> 得分排序为:椒江>鳌江>甬江>苕溪江>钱塘江>曹娥江>飞云江>瓯江。从排序结果来看椒江、鳌江的渔业发展最好,飞云江和瓯江的渔业发展最差,通过与污染情况的对比分析,渔业发展状况与流域污染呈现一定的负相关关系。位于鳌江流域的龙港、鳌江两镇地处浙江南端,海淡水资源丰富,水陆交通便利发达,是鱼货上岸交易集散之,沉积了浓厚的鱼文化。由此可推断,捕渔业和养鱼业的发展易造成水系污染的重要途径。S<sub>5</sub> 得分排序为:鳌江>甬江>曹娥江>苕溪江>钱塘江>飞云江>瓯江>椒江。一般常识认为人口密度与污染息息相关,但从研究结果得知,人口密度与水污染并不呈现有规律的相关性,也就是说人口因素在水系污染中没有起到决定性作用,是与其它因子共同耦合的结果。

当这 5 种因子得分同时小于 0 时,变异程度较小时,水系水质污染程度最低,Ⅰ—Ⅲ类水所占比例接近 100%。另外,当水系的某一个指标相对较高,其它 4 个指标小时,水系污染相对较轻,如甬江水系。当这 5 大社会经济因子变异较大,失去平衡时,就会加剧流域水系污染程度。

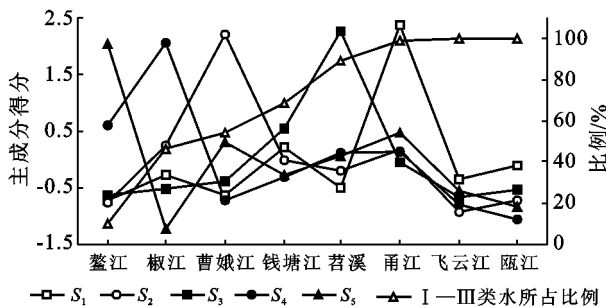


图 1 社会经济因子得分与Ⅰ—Ⅲ类水所占比例变化

从图 2 可知,影响浙江省 8 大水系的流域 5 大社会经济因子总得分排序为:甬江>苕溪江>曹娥江>鳌江>椒江>钱塘江>瓯江>飞云江。从总得分排序与流域污染情况比较来看,甬江流域总得分最高,其Ⅰ—Ⅲ类水所占比例排名为第 3。飞云江总得分最低,其Ⅰ—Ⅲ类水所占比例排名为第 1。当社会经

济因子总得分>3 或总得分<-3 时水污染最低,水系的Ⅰ—Ⅲ类水所占比例达到 90%以上;社会经济因子总得分分布在-1~1 之间时,污染最为严重,Ⅰ—Ⅲ类水所占比例 55%以下。由此可见,社会经济因子的总得分与水系污染呈现 V 形曲线。

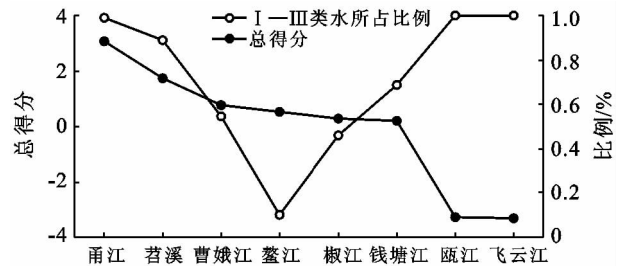


图 2 社会经济因子总得分与Ⅰ—Ⅲ类水所占比例变化

## 4 结果讨论

环境污染对水生态系统产生各种危害,仅靠局部或片面的治理很难达到预期效果。水环境污染从表面上来看是由点源污染和面源污染等综合原因造成的。实质上从更深层次原因来看,是由于经济发展速度与环境保护不协调,产业结构布局与环境治理不协调等有着密切相关。从研究结果来看,社会经济发展的几大因子之间的变异系数大小与水系污染呈正相关关系,也就是说,社会经济发展的主导因子之间处于相对平衡状态时,对环境的影响相对较小,反之越大。由日本水质污染的有关研究<sup>[18-19]</sup>可知,日本水质污染问题在第二次世界大战后逐渐严重,其中给居民带来危害的大公害事件有足尾铜山污染事件导致水俣病,日本痛痛病事件等都是由于片面追求经济发展,忽视对环境污染综合治理造成的。人们为了追求经济发展,降低生产成本,易忽视对水环境的保护,特别是粗放式经济增长是造成水资源污染的重要原因。水环境的变化与社会经济发展阶段有着密切的关系,但这并不是说在社会发展到发达经济之前必须要以牺牲环境为代价<sup>[17-20]</sup>。以往研究表明<sup>[10]</sup>经济发展较快的地区,工业发达,人口众多,农业种植水平较高的地区水环境污染问题日趋严重。以往研究主要集中在影响水环境污染的指标水平上,虽然通过单一指标的逐个分析,也能够得到一些较满意的研究结果,但从整个社会经济因素综合考虑水环境污染的形成更有意义。通过本研究发现社会经济因子的总得分与水系污染呈现 V 形曲线,这环境与经济增长之间可能存在倒 U 形曲线有相似之处,没有呈现 U 形曲线可能与样本量较少有关。

## 5 结论

(1) 经济发达,并不意味着水系污染一定严重。在社会经济发展水平较高区域,如果能够在流域下游发展加工业,建立良好的污染控制技术,加强污染补偿机制,也能减轻河流污染程度。经济落后,水系也并不意味着远离了污染。在经济发展总体水平不高地区,很多企业发展依靠作坊式的粗放经营模式寻求发展,由于控制排污投入少,污水处理设施不完善,造成水系污染的机率就大,在农业发展相对落后地区,单位面积第一产值较高时污染程度呈现加剧趋势,这进一步证明了集约经营模式可能会加剧水污染。

(2) 流域水系的污染,并不是单一因子引起的,由多因子控制,经过复杂的耦合过程造成的。因此,研究水系不能够仅停留在单因子对水系污染的影响方面,更要关注和寻找由社会经济发展综合因素所造成的污染根源,从根源防治水污染,切断污染源,避免水污染,通过综合治理达到有效的控制。

(3) 从总得分排序来看,水系因子得分高低与水系污染好像没有直接的关联,但当这5种因子得分同时介于-1~0之间时,水系水质污染程度最轻。水系污染与社会经济因子得分变异有较大关系,随着变异程度的降低水系污染呈现降低趋势。据此推断,水系污染与社会经济发展各因子之间的平衡发展有密切关系。

(4) 本研究仅通过浙江省8大水系数据来探讨社会经济因子对水环境的污染,虽然得到了较为满意的研究结果,但没有直接反应8大水系相互之间有差异和上游、中、下游的差异,因此在今后研究中将数据加以充实,继续补充完善。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 孙泽生,曲昭仲. 流域水污染成因及其治理的经济分析[J]. 经济问题, 2008(3): 47-50.
- [2] 王丽婧,郑丙辉,李子成. 三峡库区及上游流域面源污染特征与防治策略[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(8): 783-788.
- [3] 董美瑛. 鳌江何日告别“劣5类”[J]. 浙江人大, 2005(7): 14-15.
- [4] 苑韶峰,吕军,陈丁江,等. 曹娥江干流水质的时空变异[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 179-182.
- [5] 苑韶峰,吕军. 曹娥江干流氮素与水环境因子时空变异特征[J]. 水土保持学报, 2008, 22(5): 186-189.
- [6] 何阳宁. 瓯江污染的原因及治理对策[J]. 农村经济与科技, 2009(3): 49-50.
- [7] 闻人辉. 余姚江水污染及其治理[J]. 浙江化工, 1998(2): 37-38.
- [8] 朱圣潮. 瓯江大溪的浮游藻类与水体污染[J]. 杭州师范学院学报:自然科学版, 2001, 18(2): 26-28.
- [9] 徐敏,王东,赵越. 我国水污染防治发展历程回顾[J]. 环境保护, 2012(1): 63-67.
- [10] 张伟,唐德善,曾令刚. 水环境与社会经济发展阶段关系:太湖流域与日本之比较研究[J]. 水资源保护, 2004(2): 33-35.
- [11] 路宁,刘玉. 中国水环境污染与经济增长的关系研究[J]. 环境与可持续发展, 2008(1): 4-6.
- [12] 胡剑锋. 环境治理需要转变思路和制度创新:温州鳌江污染整治的经验及启示[C]//2008年中国环境科学学会学术年会优秀论文集. 北京:中国环境科学出版社, 2008.
- [13] 吴洁,虞左明,钱天鸣. 钱塘江干流杭州段水体氮污染特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2003(6): 552-556.
- [14] 同帆,贾建红,李海红,等. 钱塘江流域水质发展趋势研究[J]. 水资源与水工程学报, 2006(5): 80-83.
- [15] 周溶冰,朱利中,陈宇云. 浙江省主要饮用水源:钱塘江OCP和PAH的污染状况与源解析[C]//持久性有机污染物论坛2008暨第三届持久性有机污染物全国学术研讨会论文集. 北京:电子杂志社, 2008.
- [16] 黄映晖,孔素然,唐衡,等. 基于因子分析方法的农业产业化经营现状评价:以北京郊区为例[J]. 中国农学通报, 2009, 25(14): 299-303.
- [17] 格日勒图,郭连生,田有亮. 武川县农业生态经济类型区划分的研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学, 2002, 23(4): 37-41.
- [18] 莫若斌,曲伯华. 1931年日本发生富山“痛痛病”事件[J]. 环境导报, 2003(16): 20.
- [19] 伍立,张硕辅,王玲玲,等. 日本琵琶湖治理经验对洞庭湖的启示[J]. 水利经济, 2007, 25(6): 46-48.
- [20] Pretty J N, Mason C F, Nedwell D B, et al. Environmental costs of freshwater eutrophication in England and Wales[J]. Environmental Science & Technology, 2003, 37(2): 201-208.