

采用模糊数学法对工业废水、生活污水、农村面源污染进行隶属度计算，根据最大隶属度确定小城镇污染类型；

2 影响因素识别

采用直线回归分析隶属度和 SPSS 软件计算污染类型及参考因子与水质的相关性，分析影响城镇水质的主要因素。

本研究主要结论包括：

1 调查结果显示，小城镇水环境质量不容乐观，7 个（40%）城镇水质超过功能区标准，5 个（26.3%）城镇水质严重超标。

2 通过特征计算模式计算，本研究认为：

（1）各城镇污染类型不一。其中工业污染、生活污染、农村面源污染城镇个数分别为 6、4、9 个。

（2）工业污染城镇平均水质综合指数=10.11>生活污染城镇平均水质综合指数=1.72>农村面源污染城镇平均水质综合指数=0.79，城镇污染类型与水环境质量之间存在着较强联系。

（3）在工业废水、城镇生活污水以及农村面源污染等三类废水中，工业废水排放是造成对城镇水环境质量下降的最主要原因；在参考因子体系中，工业经济发展与城镇城市化进程对城镇水环境质量的影响最为密切，而 GDP、农业总产值以及第三产业产值对水环境质量下降的贡献不十分明显。

3 工业污染防治和城镇污水处理系统建设应成为小城镇水污染防治的重点。

关键词：小城镇 污染特征 模糊数学 相关度 防治对策

Abstract

With the commencement of the Eco-province Project in Zhejiang province, more and more attention has been paid to the problem of water pollution in small towns, the need to discuss a solution for this issue was already marked on the government's schedule.

In Zhejiang province, hundreds of small towns are located in 5 different ecological zones. The social economical status is in big difference in these territories. Causes of water pollution are also quite different in these places with industrial pollution, domestic living pollution and agricultural non-point pollution. Therefore, towns in Zhejiang province all have different pollution characteristics which directly related to the quality of water.

The research of this report covers 19 towns in Zhejiang province. We investigated and collected accurate data about the social economy, the quality of water, discharge of pollutants and other infrastructure in the towns. Based on the data, we do quantified calculation of the extent of pollution, i.e., the influence on water quality when different types of pollution existing. Finally, towns can be divided into different types according to pollution. We choosed the indexes of social economic development and different types of pollution, do relating analysis concerning the quality of water environment, then calculated the relevant degree of influence in different indexes for water environment of small towns. Finally, to look deeper into the issue and find out solutions for small towns water pollution while combining practical cases for further analysis.

Key words: small towns; pollution character; fuzzy mathematics; relevant degree; countermeasures

第1章 引言

水不仅是人类生存的基本条件，也是国民经济发展的生命线。水资源短缺和水环境污染已成为制约当前社会、经济和生态环境可持续发展的重要因素。随着小城镇和乡镇企业的快速发展，水污染正从城市扩大到广大农村，局部地区扩大范围更大，从流域的一部分扩大到全流域，从点源扩大到面源^[1-3]。

改革开放以来，我省社会经济建设取得了丰硕成果，而小城镇发展尤为突出，主要体现在：

1 数量迅速增加

自1984年以来，浙江建制镇以平均每年增加53.6个镇的速度发展，到2001年年底，全省共有建制镇838个；

2 经济实力明显增强

2001年经济总收入为11578亿元，占全省农村经济总收入的80.6%。

3 人口集聚加快

2001年末，全省小城镇建制镇人口为1747万，占浙江省人口的37%。其中镇区人口为673.6万人，平均每镇8441人。外来人口108.4万人，占镇区人口总数的16.1%，平均每镇为1358人^[4-5]。

小城镇的迅速崛起，极大地促进了我省农村经济的发展和繁荣，在提高农村居民的生活质量等方面发挥了重要作用。但由于在发展过程中一味看重经济的快速发展、物质生活水平的提高，而对农村生态环境的严重破坏及其危害性尚未引起足够重视，导致我省农村生态环境面临巨大压力^[6]，其中水环境质量有进一步下降的趋势^[7]。从《浙江省环境状况公报》了解到，1997~2002年全省江河干流水质总体基本良好，但在部分支流和流经城镇的局部河段，仍存在不同程度的污染，运河、平原河网和城市内河污染仍然严重，湖泊存在不同程度的富营养化现象^[8]。

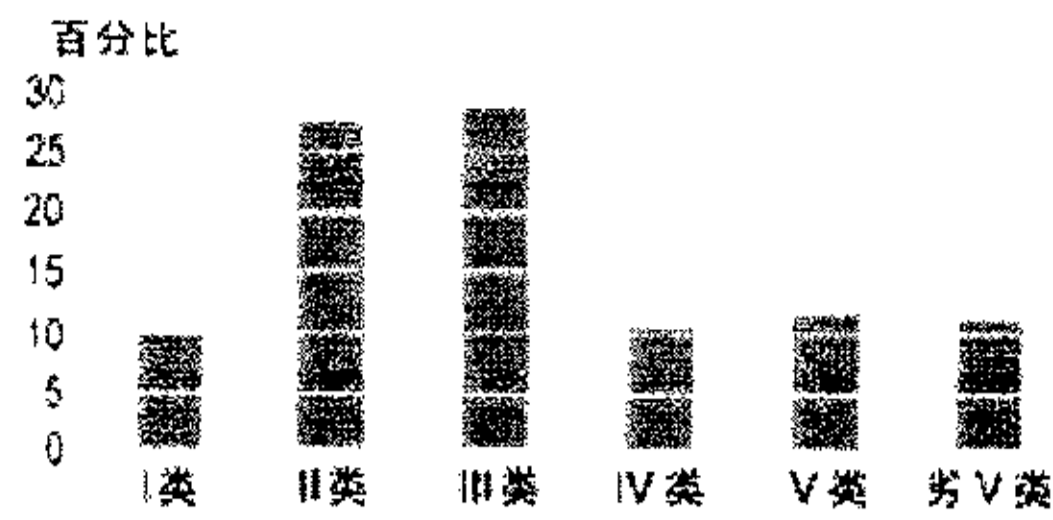


图 1 2002年浙江省地表水水质状况

近年来，城市水污染防治力度逐步加强，各城市纷纷开展污水处理厂和污水管网建设，水环境问题得到有效治理，城市工业废水和生活污水污染物排放量呈明显下降趋势^[9]。但与此相对应的，由于城镇规模与经济的迅速发展，城镇废水排放量呈明显的上升趋势，主要体现在两个方面：

1 工业废水排放量的增加

根据浙江省环保局对我省乡镇工业废水的调研报告，我省乡镇企业工业污染物排放呈显著上升趋势。

图 1-2 废水排放量趋势变化图

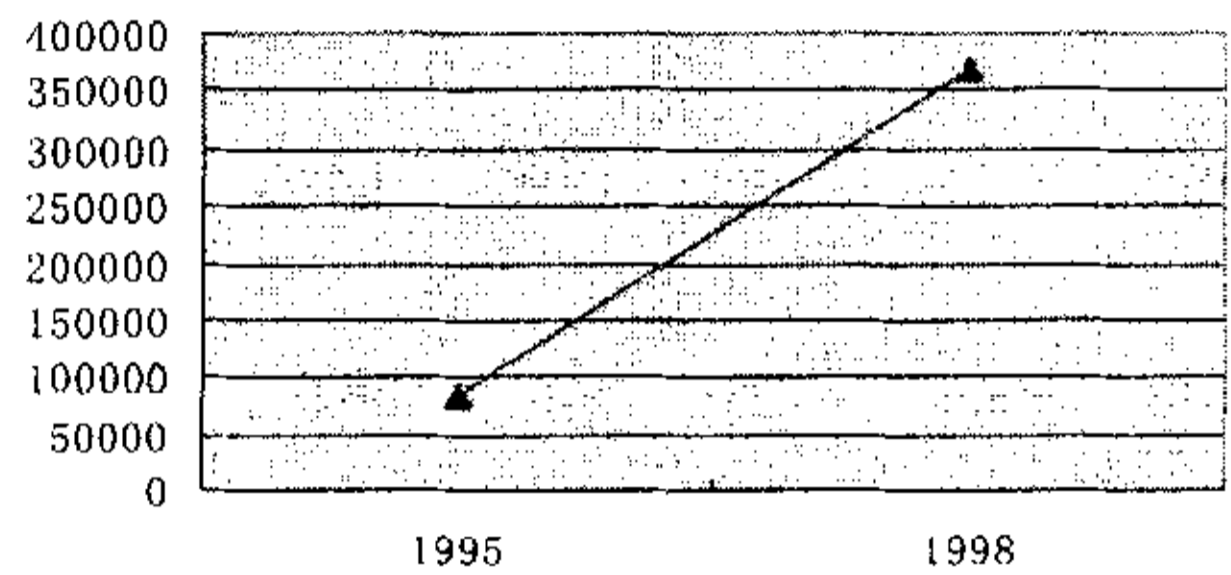
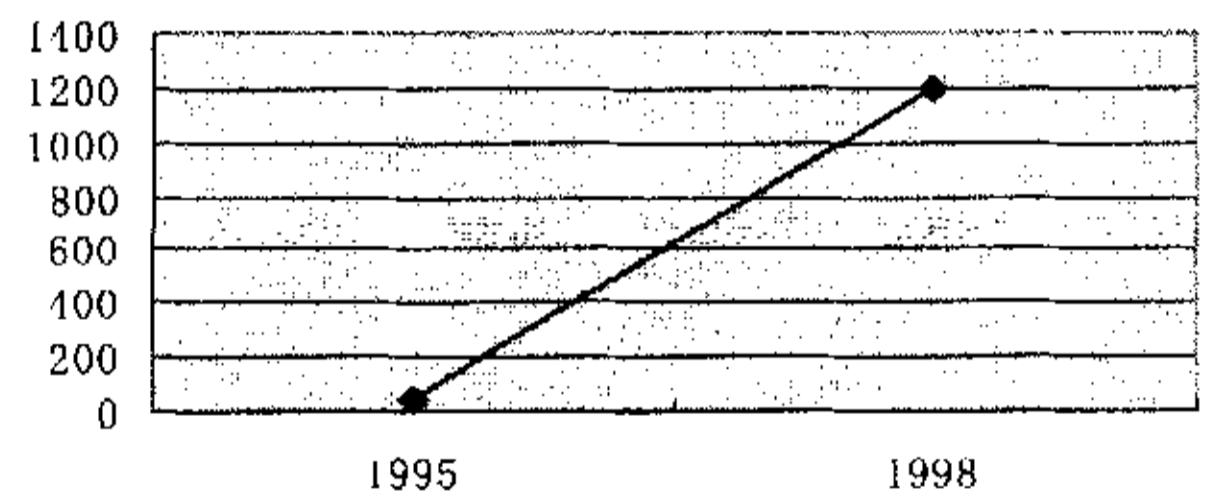


图 1-3 重金属排放量趋势变化图



2 城镇生活及农村面源污染物的增加

城镇人口集聚加快以及农业经济的发展，导致小城镇生活及农村面源污染物排放量呈明显的上升趋势^[10]，以台州市为例：2002年该市小城镇生活及农村废水排放总量 11319.20 万吨，占该市废水总量的 60%以上，成为该市主要废水污染物贡献源^[11]。

可以预见，随着小城镇经济的进一步发展，城镇废水排放量仍将增加，若不采取有力的防治对策，水环境质量将进一步下降，将成为制约我省城镇经济发展和城镇居民生活质量的“瓶颈”。

2003年，中共浙江省委十一届二次全会明确提出“积极实施可持续发展战

略，以建设‘绿色浙江’为目标，以建设生态省为主要载体，努力保持人口、资源、环境与经济社会的协调发展”，我省生态省建设工程全面启动。

小城镇生态环境建设是生态省建设中的重要一环，但就现状来看，小城镇生态环境建设与生态省建设指标要求存在较大差距，如指标中要求城镇污水处理率达到 60%以上，而 2001 年县城的污水处理率仅为 25.80%^[12]，一般小城镇则还会小于这个数字。小城镇水污染防治工作不仅任务艰巨，而且与生态省建设进程直接相关。

在生态省建设的大背景下，水污染防治工作逐渐引起重视。许多城镇纷纷开展规划编制工作，部分城镇已开始着手实施污染防治工程，如污水处理厂的建设等。

我省数百个小城镇分布于 5 个不同的生态分区内，工业经济、农业经济、第三产业、城镇人口、城镇水文、基础设施建设等社会经济状况差异较大；工业废水、生活污水以及农村面源排放情况各不相同，各城镇体现不同的污染特征。污染特征的差别直接导致各城镇之间水环境质量的差异。污染防治工作应紧密围绕城镇水污染特征而展开。

研究污染特征与城镇水质的影响程度（即相关度），从而确定影响城镇水质的主要因素，对于我省小城镇水污染防治工作的开展具有积极意义。遗憾地是，由于城镇样本调查难度较大，目前关于这方面的研究较为薄弱。

因此，在对城镇样本进行深入调查的基础上，研究我省小城镇水污染特征和防治对策，是一个非常具有理论和实践意义的课题。为此，本研究将做以下三方面工作：

一 基础数据调查

论文选取包括诸暨市牌头镇在内的 19 个小城镇做为研究对象，获取了详细的基础数据，其中包括社会经济发展、水环境质量、污染物排放以及基础设施建设等。

二 水污染特征分析

采用模糊数学方法将不同污染物排放对水质的影响进行定量化计算，计算结果以隶属度显示，依据最大隶属度划分小城镇污染类型。

选取社会经济发展和污染类型等指标，结合水环境质量进行相关性分析，计算各指标对小城镇水环境质量的影响度。

三 对策研究

综合现状调查与特征分析结果，分析小城镇水环境质量下降成因，针对性地提出防治方案，并进行实例研究。

第 2 章 研究进展

2.1 文献检索简述

文献检索结果显示,近年来国内外关于水污染的研究较多。维普中刊数据库检索系统收录从 1989 年到 2003 年文摘为“水+污染”的文献为 16904 篇; Elsevier ScienceDirect OnSite (SDOS)清华镜像中检索 SCI 文献“water+pollution”的文献为 3782 篇。

以上文献中针对城镇水污染问题的研究较少,维普中刊数据库检索系统从 1989 年到 2003 年收录国内中文文献仅 197 篇,占文献总量的 1%。但从文献发表时间来看,近年来(2000~2004 年),关于城镇水污染的问题明显增多,期间发表的文献为 141 篇,占文献总量(1989~2004)的 72%。由此可见,小城镇水环境问题正日益受到重视。从文献内容来看,近年来关于城镇水污染问题的讨论主要有水污染成因、防治对策、城镇环境管理等方面,以防治对策研究居多。文献检索结果见下表。

表 2-1 国内外文献检索情况汇总

检索文摘 文献数 期刊	水+污染 (water+pollution)	水+污染+城镇 (water+pollution+town)
国外文献	3782	29
国内文献	16904	197 (141)
一级期刊		
环境科学学报	163	3 (3)
环境科学	847	2 (1)
中国环境科学	171	1 (1)
合计	1181	6 (5)
二级期刊		
环境污染与防治	101	1 (1)
上海环境科学	227	2 (2)
重庆环境科学	176	4 (3)
中国人口·资源与环境+ 长江流域资源与环境	129	4 (4)
环境工程	85	1 (1)
环境保护	258	5 (5)
合计	976	17 (16)

*检索年 1989~2004;

*括号内数字为 2000 年~2004 年论文检索情况

2.2 小城镇水污染特征的研究

目前污染特征的研究主要集中在大气污染特征的研究上^[13-17]。针对水污染特征研究不多,主要集中在单个因子的影响,特别是重金属如 Cu、Zn、Pb 等因子^[18-20]。区域水污染特征的研究较少^[21-24],其中北师大周海丽等^[21]关于深圳城市化进程与水环境质量变化的影响分析较为具有代表性:

该论文根据 1991~2000 年深圳水环境质量监测数据,研究总人口、一二三产业、城市用地面积等指标与深圳水环境质量之间的相关性。研究结果显示,深圳市水环境质量与深圳市工业产值、城市用地面积密切相关。

城镇污染类型的研究一般集中在城镇污水特点上。以王宝贞^[25]等为代表,在对我国黑龙江、山东、内蒙、广东、河南等 10 个城镇污水特点调研的基础上,分析认为:

①中小城镇污水主要为生活污水和工业废水(有机废水)的混合污水,量和质的分布都不均匀和稳定;

②污水的主要成分是生活污水和一定量的工业废水,而工业废水是以农产品加工业废水为主;

③小城镇污水排放量大多在 $1\sim 5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$,生活污水量占 50%以上。

在一些研究中也采用等标排放量法对城镇水污染特点进行研究^[26-27],如潘国绍、蔡建强等人对绍兴鉴湖富营养化成因进行影响分析时^[26],根据该公式进行计算,确定污染类型,计算结果如下:

COD_{Cr}: 工业废水>城乡生活污水>畜禽养殖>农田污染>底泥融出,工业污染型;

TN: 农田污染>城乡生活污水>畜禽养殖,农田污染型;

TP: 城乡生活污水>畜禽养殖>农田污染,城镇生活污染型。

上述方法能够较为粗略地反映城镇污染特点,但亦存在以下不足:

一 一般仅针对单个城镇而言,所得结论具有一定的局限性;

二 将各项因子孤立开来,未考虑污染因子权重问题,造成主要因子不够突出,分割了水质与污染排放之间的关系,很难体现城镇废水污染特征。

我省数百个小城镇分布于 5 个不同的生态分区内, 工业经济、农业经济、第三产业、城镇人口、城镇水文、基础设施建设等社会经济状况差异较大; 工业废水、生活污水以及农村面源排放情况各不相同, 各城镇体现不同的污染特征。因此对我省多个小城镇进行调查, 通过改进了的特征计算模式来研究小城镇污染特征, 找出影响城镇水质的主要因子, 对于小城镇污染防治是很有现实意义地。

2.3 关于小城镇水污染防治对策的研究

从我国 30 年来水污染防治工作的进程看, 以城市、重点流域做为防治重点, 因此针对上述两方面的研究已较为成熟^[28-34], 但由于资金、意识等方面原因, 小城镇水污染防治工作较为滞后, 针对小城镇的水污染防治研究尚处于起步阶段。主要研究包括乡镇工业污染防治、城镇基础设施建设以及农村面源污染防治等三方面:

2.3.1 乡镇工业污染防治

尽管因为乡镇工业规模小、环保意识薄弱等方面原因, 我国乡镇工业污染防治仍然以末端治理为核心, 但科学合理的工业发展规划和以预防为主的源头控制方法正越来越受到重视。

2.3.1.1 工业结构的调整与产业集聚

乡镇企业的分散化、无序化, 不但阻碍了生产要素的流动和优化组合, 缺乏规模效应, 而且给乡镇企业的环境管理和污染治理带来了极大的困难。因此应引导企业向小城镇的工业小区集中, 引导乡镇企业连片发展, 增加产业集聚度是控制乡镇工业污染的重要途径^[35-38]。乡镇工业布局要与村镇发展规划相结合, 以生态学的链式相互制约原理和能量多级利用、物质循环再生原理等为指导, 以区域环境特征及其承载能力为基础, 选择适当区域, 适当建设集中乡镇工业, 建立乡镇工业小区, 并合理规划工业小区内部的产业、产品结构, 工业结构的调整方法主要有: 根据国家产业政策调整行业结构、产品结构、原料结构、规模结构, 逐步淘汰或限制发展耗水量大、水污染物排放量大的行业和产品, 积极发展对水环境危害小、耗水量小的高新技术产业; 不使用有毒原料, 以无毒、无害原料代替有毒有害原料等等^[39-42]。

各类规划模型在乡镇工业污染防治中的应用日渐增多,例如:张雪花、郭怀成等采用 SD-MOP 整合模型对秦皇岛市工业结构进行多方案模拟优选^[43];陈燕等依据环境承载力理论对嵩阳县工业布局进行优选,选取环境质量、人均水资源量、人均土地资源量、公路密度等 4 个方面 5 个分量指标来计算该县各区块工业开发适宜度^[44];陈年等采用层次权重解析法划分城镇工业环境保护区^[45]。这些模型的应用使得工业结构的调整与产业集聚既具有较高优化程度,又具有较强的可操作性。

2.3.1.2 推广清洁生产技术控制工业点源污染

我国乡镇企业造成污染的一个原因是资源利用率不高,大量的原材料和能源不能最终转化成最终产品,而是变成了“三废”,从而形成环境污染^[46-47]。而清洁生产是关于产品生产过程的一种新的、创造性的思维方式,意味着对生产过程、产品和服务持续运用整体预防的环境战略以期增加生态效率并减轻人类和环境的风险,因此在乡镇企业中推行清洁生产具有重要意义^[48-49]。

我省的清洁生产工作始于 1993 年,迄今为止已完成电镀、化工、印染、毛纺等行业 8 个企业的清洁生产审计试点工作,获得了显著的社会、环境、经济效益,不仅使企业获益,同时也为浙江省全面推行清洁生产积累了丰富的经验,受到了中外专家的首肯。如绍兴 6 个乡镇纺织印染企业,每年可降低耗水约 10.68 万 t,削减 COD_{Cr} 排放约 131t,获得经济效益约 53.51 万元。不仅减少了企业资源消耗,降低了排污总量,同时为企业增加了可观的经济效益^[50]。

2.3.2 农村面源污染防治

农业面源污染是由大范围分散污染造成的,主要包括农业面源污染,林地和草地的养分流失,农田径温和固体废弃物的淋溶污染等^[51]。国内外相关研究普遍认为,农业面源污染具有以下共同特点:①污染者数目,指大量污染个体的存在;②空间差异,是指同样的行为在不同位置会有不同的环境影响;③随机影响,即大多数面源问题都涉及随机变量或生产中的随机影响^[52-53]。

由于农业面源污染具有以上三方面的特点,因此,它的治理无法采取象点源污染那样集中治理的方法加以治理,只有从整个农业生态系统或流域出发,建立稳定、和谐和良性循环的生态系统,才能既减少面源污染的数量,又使系统具有较强的面源污染净化能力,使其营养物质和有害成分在进入受纳水体前

就显著降低，从而从根本上达到治理面源污染的目的^[54]。

近年来发展生态农业在三湖（太湖、滇池、巢湖）流域农村乡镇得到普遍采用^[55-56]。通过改进施肥方式、灌溉制度以及合理种植农作物、推广新型复合肥等措施控制氮磷肥的使用量，控制施肥等措施可减少农业径流的氮磷肥损失；同时鼓励农民科学地开发利用污泥资源，既可以利用泥肥，弥补农田水土流失，又可以疏浚河道，减少水体的营养量，取得了良好的效果。同时，畜禽养殖场废弃物治理的根本出路也在于发展生态农业，即依托规模畜禽养殖场，建立互利、互补型生态农业经济联合体，开展废弃物的综合利用，最大化利用养殖资源，将污染物排入水体环境、土壤环境的影响降至最低^[57-59]。

2.3.3 城镇污水处理系统建设

针对城镇污水处理方案优选技术日臻成熟，传统处理方案如活性污泥法、A/O 工艺应用广泛。近年来，小城镇污水处理系统建设明显加快，不少经济较发达城镇已开始或完成城镇污水处理厂，小城镇污水处理系统建设取得了丰富的成果，总地来讲我国城镇污水处理系统建设正在向高效率、低建设费用、低能耗、低管理需求、环境影响少方向发展^[60-61]，其中比较有代表性的研究理论和技术方法见下表。

表 2-2 城镇污水处理技术研究进展

主要研究进展	研究学者	主要内容	主要技术体系
“控源导流”	左玉辉教授 ^[61-62]	在小城镇的水网中划分、改建或另外新建部分水道，专用于污水输送，将控制区域内污水在时间、空间上进行合理再分配，以达到保证水网中清洁水体各项功能的目的	“控源”即对污染源实施控制；“导流”即科学引导污水流向，将城镇污水导入河滩、海涂、沼泽、沙丘等荒地、皮地，进行集中处理。整个模式实行“控源”与“导流”的结合，其目的就是要保证区域内清水和污水各行其道(清污分流)，并最终实现污水资源化，为整个区域水环境质量的根本改善创造条件
污水生态处理技术	孙铁衍，周启星，张凯松 ^[63-64]	运用生态学原理，采用工程学方法，使污水无害化、资源化，污染物治理与水资源利用相结合的方法	慢渗生态处理系统； 快渗生态处理系统； 地表漫流生态处理系统； 污水湿地生态处理系统； 地下渗滤生态处理系统
城镇污水处理绿色技术	杨健 施鼎方 ^[65-69]	污水处理工艺能耗和物耗的最少化；防止城镇污水厂的跨介质污染；环境影响最少化；水资源的再循环	厌氧水解—高负荷生物滤池； 蚯蚓生态滤池；

部分小城镇污水系统建设成功案例：

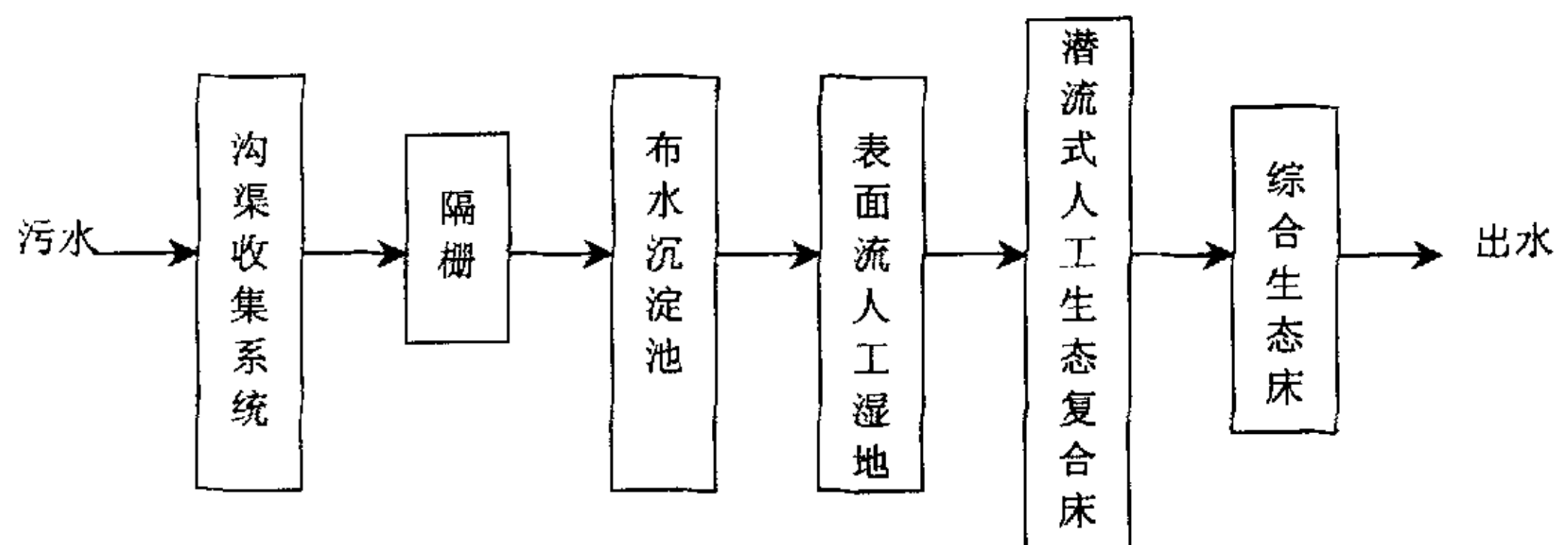
一 上海郊区小城镇污水处理系统建设

杨健，陆雍森等根据①小城镇地理位置；②小城镇工业污染物和禽畜废物的治理状况；③污染物总量控制要求；④社会经济状况；⑤城镇基础设施等五个因素对上海市 196 个小城镇进行特征识别，采取根据当地社会经济发展水平同步渐进的技术选径，在不断削减污染负荷的同时，通过分期、分批的治理逐步实施使上海市郊生活污水的污染基本得到控制^[71]；

二 人工湿地处理农村生活污水

人工湿地系统是正在不断得到研究、应用和发展的污水处理实用新技术。由于其投资低、处理效果好、操作管理简单、维护和运行费用低等特点，正越来越多地得到人们的关注。这项技术适合我国国情，尤其适合广大农村、中小城镇的污水处理^[72-74]

刘超翔、钱易等人采用人工复合生态床处理滇池某农村低浓度生活污水，处理流程如下：



整个工程的建设费用为 5.2 万元，其中绿化及景观建设费用为 2.2 万元(约占总费用的 42%)。处理设施的运行仅需要少量的人工费用，其运行成本为 0.03 元/m³，取得了良好效果^[75]。

2.3.4 BOT 模式在城镇污水处理厂建设中的应用

目前城镇污水处理厂建设大多沿用计划经济体制下的投资方式，即由政府全盘负责污水处理厂建设和运营，因此在资金和管理上给当地政府带来了沉重负担，客观上阻滞了污水处理厂的建设，也给污水处理厂的管理带来了一系列问题。

污水处理厂 BOT 项目是指私营企业按照与政府签订的特许权协议，负责筹措资金、设计并建设污水处理厂，企业在特许权规定的年限内（通常为 10~25 年）运营、管理污水处理厂，收取一定的污水处理费，以偿还建设债务并获取经济利益，特许期满后，企业将污水处理厂无偿地移交给当地政府^[76-77]。

随着经济体制和投融资改革的深入，环境保护投融资机制正在发生着深刻的变革，我国污水处理厂融资方式和渠道也在不断发展^[78]。国内史惠祥等学者对于采用 BOT 方式建设城镇（或小型）污水处理厂进行了有价值的研究，并开展了实验性工作，如嘉兴市某镇综合污水处理厂、桐乡市某镇综合污水处理厂等^[79]。实践表明，BOT 融资模式做为国际上先进的融资模式，能够在小城镇基础设施建设中起到显著作用，因此前景十分看好。

第3章 小城镇水环境现状调查

3.1 被调查小城镇概况

在2002年8月~2004年1月1年多时间内,本研究调查了包括诸暨市牌头镇在内的19个小城镇,以上城镇分布在我省5个生态分区内,分别隶属诸暨、临海、瑞安、义乌、奉化、海宁、天台、平阳、永嘉等9个县市,其中包括牌头镇等10个浙江省中心镇,城镇分布情况见图3-1。

表 3-1 被调查小城镇名单

浙江省生态分区	区、县、市	小城镇
浙东北水网平原生态区	海宁市	周王庙
	诸暨市	*牌头、次坞
	奉化市	大堰
浙西北山林丘陵生态区	诸暨市	五泄
浙中丘陵盆地生态区	诸暨市	*枫桥、*店口
	义乌市	赤岸
	天台县	*城关、*平桥、白鹤
	临海市	*白水洋、小芝、尤溪
浙东沿海及近岸生态区	瑞安市	*塘下
	临海市	*杜桥
	平阳县	*昆阳
浙西南山地生态区	平阳县	*水头
	永嘉县	*桥头

*代表浙江省中心镇

3.2 社会经济发展

3.2.1 城镇面积与人口现状

城镇面积与人口现状等基础数据详见表3-2。

数据选用年份为2002年,以下同。

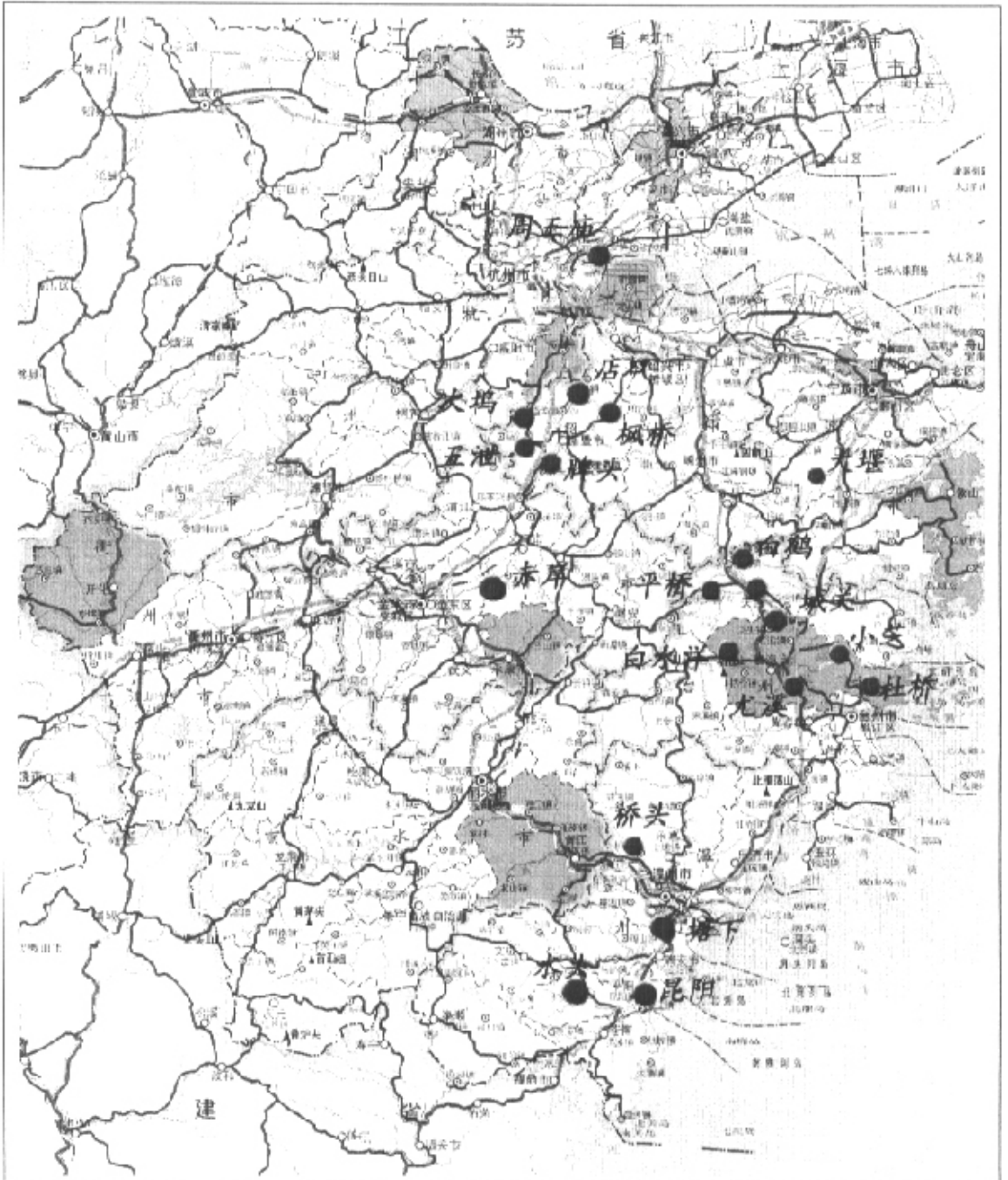


图 3-1 被调查城镇分布示意图

表 3-2 城镇面积与人口现状统计汇总表

小城镇	面积 (km ²)		人口总数 (人)		人口密度 (人/km ²)	
	镇域	建成区	镇域	建成区	镇域	建成区
牌头	87.65	5	49875	20000	569	4000
杜桥	186	4.5	191800	10689	1031	2375
塘下	86	21.8	152900	100000	1777	4500
赤岸	64.8	12.4	18440	10000	284	850
大堰	129.5	2	30557	7000	235	3500
平桥	176	3.5	110000	25000	625	7142
昆阳	80.3	10.2	110000	50000	1370	5000
枫桥	165	5	75000	28000	454	5600
次坞	97.2	10.8	39121	19000	402	1795
周王庙	53.72	6.4	50498	10000	940	1562
城关	157	8.6	130000	45000	828	5232
白水洋	217.7	3.8	96858	13320	444	3505
白鹤	141	2.2	63000	10000	446	2800
水头	36.3	8	60740	40000	1673	5000
店口	105.7	5.6	101000	80000	955	12000
五泄	39.4	2	15393	5175	390	7696
小芝	90	1.57	34233	4990	380	3178
尤溪	125	2.4	25836	5000	190	2083
桥头	90.6	5.9	81200	45000	896	7627
均值	112	6.4	75602	27800	731	4500

*资料来自当地县市统计年鉴和城建部门

从表 3-2 看出, 建成区面积平均值为 6.4 平方公里, 占镇域面积平均值的 5.7%; 建成区人口平均值为 27800 人, 占全镇总人口平均值的 37%。建成区普遍存在面积小, 人口密度大的特点。

3.2.2 社会经济发展

3.2.2.1 社会经济发展基本概况

社会经济发展概况见表 3-3, 社会经济发展概况汇总表和 GDP 曲线分布图。

表 3-3 社会经济发展概况汇总表

小城镇	国内生产总值 (亿元)	经济密度 (百万/Km ²)	人均 GDP (元)	农民人均纯收入 (元)	人均 GDP /浙江省人均	农民人均/ 浙江省人均
牌头	11.47	13.08	22990	7531	1.40	1.52
杜桥	15.61	8.39	17000	7600	1.03	1.53
塘下	32.30	37.56	21120	8100	1.27	1.64
赤岸	10.12	12.65	25000	8000	1.51	1.62
大堰	2.40	1.85	5400	3800	0.33	0.77
平桥	6.91	3.92	6283	3343	0.38	0.68
昆阳	18.70	23.28	17000	6673	1.02	1.35
枫桥	19.34	11.72	29750	7608	1.80	1.54
次坞	8.47	8.70	21639	8206	1.31	1.66
周王庙	10.30	19.17	20397	6205	1.23	1.23
城关	9.5	6.05	7500	3512	0.45	0.71
白水洋	5.13	2.36	5900	4600	0.37	0.93
白鹤	3.34	2.36	5500	2480	0.33	0.50
水头	14.1	38.56	23213	5100	1.4	1.03
店口	24.01	22.71	39428	11672	2.38	2.26
五泄	2.136	5.42	14770	6797	0.90	1.38
小芝	1.985	2.21	5800	4760	0.35	0.96
尤溪	1.977	1.46	7652	4478	0.46	0.91
桥头	15.68	17.30	20780	8080	1.25	1.63

*资料来源：县市年鉴、城镇社会经济发展年度总结；

*浙江省 2002 年人均 GDP 为 16570 元^[80]；

*浙江省 2002 年农民人均 4940 元^[81]

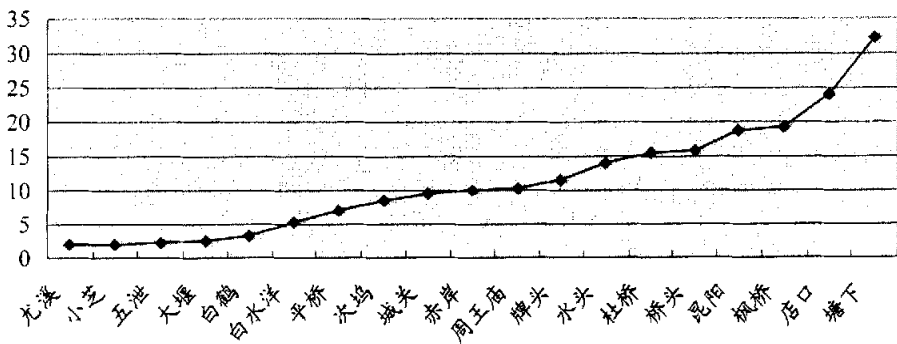


图 3-2 城镇 GDP 现状图 单位: 亿元

从统计表和 GDP 曲线图来看, 各城镇经济发展极为不平衡。GDP 最高的为塘下镇, 为 32.30 亿元。GDP 最低的尤溪镇, 为 1.977 亿元, 仅为塘下镇的 6%; 人均 GDP 最高的为店口镇, 为 39248 元。人均 GDP 最低的大堰镇, 为 5300 元, 仅为店口镇的 14%; 农民人均纯收入最高的城镇为店口镇, 为 11672 元, 最低为白鹤镇, 仅 2480 元, 仅为店口镇的 21%。

3.2.2.2 城镇类型与工业经济

一 城镇三产比例与类型划分

由于城镇定位和功能性质的不同, 各城镇类型不一, 论文根据各城镇三产比例及城镇功能定位确定城镇类型, 三产产值及类型划分见下表。

表 3-4 城镇三产比例与类型划分

城镇	一产 (亿元)	二产 (亿元)	三产 (亿元)	三产比	城镇类型
店口	1.48	16.03	6.50	7.0:66.3:26.7	工业城镇
塘下	0.60	22.88	6.24	2.0:77:21	工业城镇
桥头	1.38	11.38	2.84	8.8:72.6:18.1	工业城镇
赤岸	0.74	8.73	0.95	7.3:82.0:9.7	工业城镇
枫桥	1.26	12.18	5.90	6.5:63.0:30.5	工业城镇
次坞	1.12	5.34	2.01	10.4:63.0:23.7	工业城镇
水头	0.88	10.8	2.42	6.2:76.6:17.2	工业城镇
牌头	1.20	7.78	2.49	10.5:67.8:21.7	农业城镇
杜桥	1.7	12.8	1.11	10.9:82.0:7.1	工业城镇
周王庙	1.6	8.1	0.6	16.8:77.3:6.9	农业城镇
城关	0.82	6.16	2.52	7.7:62.7:26.5	工业城镇
昆阳	1.2	12.7	4.8	6.4:68.0:25.7	工业城镇
五泄	0.27	1.18	0.83	11.8:51.7:36.5	农业城镇
白水洋	0.64	2.57	1.92	12.5:50:37.5	农业城镇
尤溪	0.63	1.08	0.26	31.9:54.6:13.5	农业城镇
小芝	0.78	1.05	0.16	39.3:52.9:8.8	农业城镇
平桥	1.82	4.46	0.63	26.3:64.5:9.2	农业城镇
大堰	1.06	1.24	0.10	44.2:51.7:4.1	农业城镇
白鹤	0.99	2.07	0.28	29.6:62.0:8.40	农业城镇

在 19 个城镇中, 工业城镇共 10 个, 农业城镇共 9 个, 具体划分见下表。

表 3-5 城镇类型划分情况

城镇类型	城镇名称	个数	所占比例%
工业城镇	店口、塘下、桥头、赤岸、次坞、枫桥、水头、杜桥、城关、昆阳	10	53
农业城镇	牌头、周王庙、白水洋、尤溪、小芝、平桥、大堰、白鹤、五泄	9	47

二 工业经济

1 工业产值及主导产业

各城镇工业产值及主导产业分布见下表。

表 3-6 工业产值及主导产业分布

城镇	工业产值 (亿元)	主导产业
店口	131.6	建材、纺织
塘下	86.5	交通运输设备制造、塑料、建材
桥头	40.0	仪表、建材、纺织
赤岸	26.9	造纸及纸制品、建材
枫桥	72.3	纺织、服装、建材、机械加工
次坞	40.8	建材、造纸及纸制品、化学工业、机械加工、纺织
水头	40	制革
牌头	34.4	化工、机械加工、橡胶、纺织、服装
杜桥	42.0	文教体育用品制造、机械加工、医药工业、塑料
周王庙	37	皮革、造纸及纸制品
城关	14.5	医药工业、饮料制造
昆阳	41.5	机械加工、服装、塑料、造纸及纸制品
五泄	10.3	纺织
白水洋	6.4	机械加工、造纸及纸制品、工艺美术制造、建材、化学工业
尤溪	8.7	机械加工
小芝	2.8	木材加工及竹藤制品业
平桥	9.5	纺织、工艺美术制造、橡胶、化学工业
大堰	6.1	木材加工及竹藤制品业
白鹤	4.5	食品加工

小城镇工业结构呈现多元化趋势，各城镇主要工业产业存在较大差异，表 3-7 列出了出现频度较高的几个行业。

表 3-7 主要行业分布频率

行业	出现次数	出现频率
建材	7	38%
机械加工	7	38%
纺织	6	32%
造纸及纸制品	5	24%
化学工业	3	16%

污染大、资源浪费的工业行业依然存在。《国务院关于环境保护若干问题的决定》中明令要进行关停取缔的“十五小”行业还在以上城镇中存在，且是城镇经济的重要组成部分，特别是部分农民收入的主要来源，表 3-8 列举了各城镇“十五小”行业分布情况。

表 3-8 小城镇的“十五小”行业分布情况

城镇	“十五小”行业分布
塘下	土法冶炼、土法电镀、废塑料洗涤
水头	小制革
店口	土法电镀
枫桥	小印染
周王庙	小制革

2 企业规模

表 3-9 为城镇被调查重点企业名录。

表 3-9 城镇重点企业名单

小城镇	重点企业	占全镇企业总数比例%
店口	浙江暨阳建材集团有限公司等 12 家企业	0.6
塘下	瑞安市海安海北电镀中心等 30 家企业	0.4
桥头	永嘉县桥头造纸厂等 3 家企业	2
赤岸	义乌华川纸业有限公司等 3 家企业	0.08
枫桥	浙江征天食品厂等 10 家企业	0.14
次坞	上峰集团有限公司等 2 家企业	0.05
水头	平阳县溪心制革总厂等 5 家企业	2
牌头	天洁集团有限公司等 9 家企业	0.7
杜桥	龙威食品有限公司等 20 家企业	1.2
周王庙	浙江富邦皮革有限公司、海宁市之江造纸有限公司	1.1
城关	浙江石梁酒业股份有限公司、台州天轮集团有限公司等 26 家企业	1.5
平桥	浙江省三星纺织滤布厂、昌明化学制品有限公司等 5 家企业	0.2
昆阳	平阳县金狮啤酒有限公司等 7 家企业	0.1
五泄	诸暨市嘉梦依袜业有限公司等 3 家企业	0.3
白水洋	临海凯乐化工厂等 18 家企业	1.3
尤溪	临海伟星集团	1.2

*大堰、白鹤、小芝无重点企业

以上城镇工业企业普遍存在以下特点：规模小、数量多，重点企业少。各城镇重点企业所占比例基本在 1% 以下，无法形成规模效益。即使是经济强镇，如浙江省十强镇之一的店口镇，重点企业所占比例也未达到 1%。

工业布局特点相似：①基本上集中于建成区或建成区周围村庄；②没有形成明显的集聚效应，分布较散，企业与居住区混杂是普遍现象。

3.3 小城镇水环境质量及污染物排放

3.3.1 水环境质量现状与评价

3.3.1.1 水环境质量现状

为评价城镇水环境质量现状，采用各县市环境保护监测站 2002 年水质监测数据，监测数据见表 3-10，表中仅列出主要 COD_{Cr}、氨氮、TP 以及特征污染因子等指标。水功能区划等级划分依据来自《浙江省地面水环境保护功能区划》。

表 3-10 水环境质量监测结果 (单位 mg/L)

小城镇	主要河流	*流量 m ³ /s	水环境 功能区划	水质监测值									
				COD _{Cr}		氨氮		P		其它			
				上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游		
店口	浦阳江	D	III	14.4	21	<0.05	0.81	0.075	0.173	—	—	—	—
塘下	温瑞塘河	B	III	25	—	4.48	—	0.655	—	5.42 (Cu)	—	—	—
桥头	茹溪	A	III	5.67	22	0.07	0.092	0.015	0.038	挥发酚(0.001) 铜(0.0016)	挥发酚(0.007) 铜(1.16)	—	—
赤岸	丹溪	A	IV	10	58	0.37	0.46	0.074	0.098	0.05 (石油类)	3 (石油类)	—	—
枫桥	枫桥江	B	III	12.0	15.0	0.12	1.47	0.13	0.443	—	—	—	—
次坞	次坞溪	A	IV	13.98	26.33	1.43	3.27	1.52	2.36	3.24 (石油类)	4.67 (石油类)	—	—
水头	鳌江	B	III	50	—	1.4	—	0.048	—	0.041 (挥发酚) 25.43 (BOD ₅)	—	—	—
牌头	浦阳江	B	III	11.2	12.7	0.40	0.42	0.08	0.09	—	—	—	—
杜桥	百里大河	B	III	15	—	0.91	—	0.273	—	0.195 (石油类)	—	—	—
周王庙	辛塘江	B	IV	25.5	—	2.2	—	0.2245	—	—	—	—	—
城关	始丰溪	D	III	7.8	—	0.306	—	0.08	—	—	—	—	—
昆阳	平瑞塘河	B	III	48	—	1.82	—	0.038	—	—	—	—	—
五泄	五泄江	A	III	9.9	19	0.02	0.18	0.049	0.063	—	—	—	—
白水洋	永安溪	B	III	—	5.3	—	0.25	—	—	—	—	—	—
尤溪	义城港	B	II	4.65	—	0.31	—	0.076	—	6.93(DO)	—	—	—
小芝	小芝溪	A	II	6.3	—	0.30	—	0.065	—	—	—	—	—
平桥	始丰溪	C	II	7.7	—	0.33	—	0.057	—	—	—	—	—
大堰	县溪	B	III	6.3	—	0.13	—	—	—	—	—	—	—
白鹤	三茅溪	B	II	—	7.8	—	0.36	—	—	—	—	—	—

*常年流量: A <1m³/s; B <5m³/s; C <20m³/s; D >20m³/s

3.3.1.2 水环境质量评价

根据单因子评价法对城镇水质进行评估。

表 3-11 城镇水环境质量类型划分

小城镇	单因子评价法	主要污染因子
次坞	劣 V	石油类 (劣 V) P (劣 V) 氨氮 (IV) COD(IV)
塘下	劣 V	重金属 (劣 V) 氨氮 (劣 V) P (劣 V) COD _{Cr} (IV)
赤岸	劣 V	COD _{Cr} (劣 V) 石油类 (劣 V)
水头	劣 V	COD _{Cr} (劣 V) BOD ₅ (劣 V) 挥发酚 (劣 V)
昆阳	劣 V	COD _{Cr} (劣 V) BOD ₅ (劣 V)
周王庙	劣 V	氨氮 (劣 V)
枫桥	劣 V	P (劣 V) 氨氮 (IV)
店口	IV	COD(IV)
桥头	IV	挥发酚 (IV)
杜桥	IV	石油类 (IV)
牌头	III	—
平桥	II	—
城关	III	—
白鹤	I	—
小芝	II	—
五泄	III	—
大堰	II	—
白水洋	I	—
尤溪	II	—

小城镇水环境质量现状不容乐观。在 19 个城镇中, 有 7 个城镇水环境质量超过功能区标准要求, 包括塘下、赤岸、昆阳、枫桥、次坞、周王庙、水头, 水质超标率达 40%; 有 5 个城镇水环境质量严重超标, 包括塘下、水头、赤岸、昆阳、次坞等 5 个城镇, 占城镇总数的 26.3%。

3.3.2 污染物排放

3.3.2.1 建成区污染物排放

3.3.2.1.1 建成区工业废水排放

一 废水总量

工业废水排放情况见表 3-12、图 3-3。

表 3-12 工业废水排放汇总

项目 城镇	废水 (万 t)	COD (t)	达标排放率 (%)	项目 城镇	废水 (万 t)	COD (t)	达标排放率 (%)
店口	343	503	46	城关	207.4	241.7	86
塘下	925	2413	17	昆阳	300	1200	25
桥头	126	407	30.9	五泄	11.7	7	100
赤岸	800	2700	30	白水洋	13	30	43.3
枫桥	276	419	65.8	尤溪	10	8	100
次坞	150	450	33.3	小芝	3	3	100
水头	1592	4000	45	平桥	35	70	50
牌头	78	250	31.2	大堰	6	7	85.7
杜桥	80	170	47.1	白鹤	5	5.1	98.3
周王庙	213	609	34.9				

从上表看，各城镇工业废水排放存在较大差异。

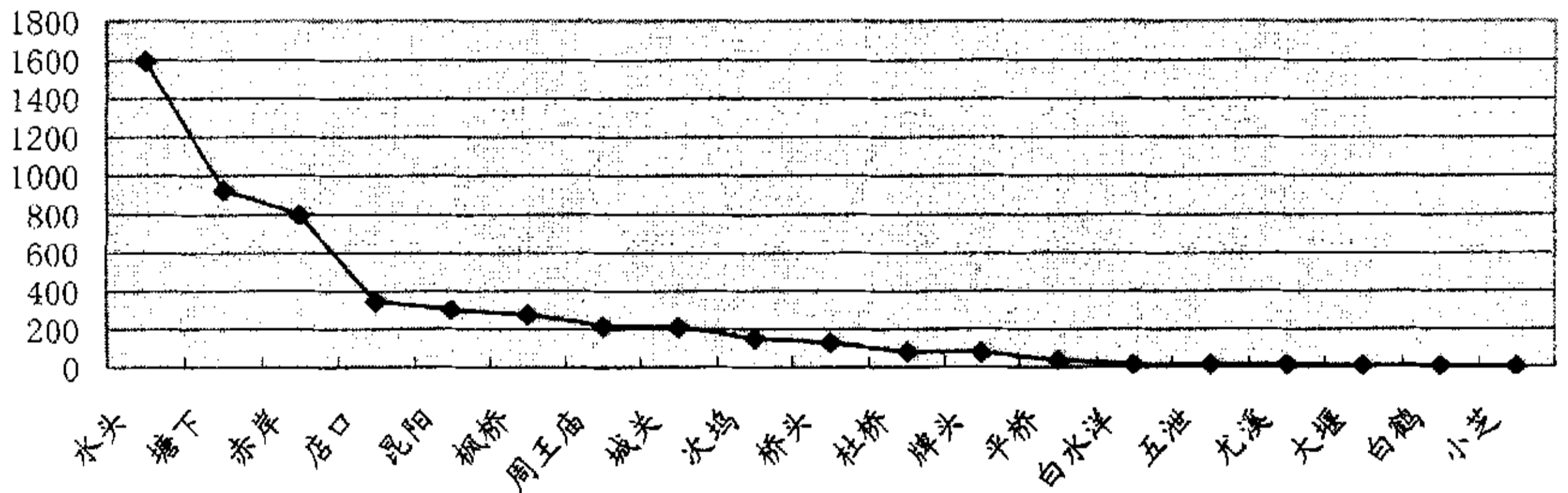


图 3-3 城镇工业废水排放分布图 单位：万吨

论文计算了 COD 污染物排放强度，同时对比了生态县建设指标（4.5kg/万元产值 COD 排放强度），赤岸、次坞、水头、昆阳四城镇排放强度超标，计算及对比结果见下表。

表 3-13 万元产值 COD 排放强度

项目 城镇	万元产值 COD 排污 (kg/万元)	生态县建设指标 比值 (kg/万元)	项目 城镇	万元产值 COD 排污 (kg/万元)	生态县建设指 标比值 (kg/万 元)
店口	3.13	0.70	城关	3.92	0.87
塘下	2.79	0.64	昆阳	9.45	2.1
桥头	3.58	0.80	五泄	0.59	0.13
赤岸	24.1	5.35	白水洋	1.17	0.26
枫桥	3.46	0.77	尤溪	0.74	0.16
次坞	8.50	1.89	小芝	0.29	0.06
水头	37.0	8.2	平桥	1.57	0.35
牌头	3.21	0.71	大堰	0.56	0.12
杜桥	1.33	0.30	白鹤	0.25	0.06
周王庙	3.52	0.78			

3.3.2.1.2 建成区生活污水排放

城镇生活污水统计数据见表 3-14。

表 3-14 城镇生活污水总量

项目 城镇	废水 (万 t)	COD _{Cr} (t)	总氮 (t)	总磷 (t)
水头	146	438	43.8	14.6
赤岸	67	207	20.7	6.7
塘下	365	1095	109.5	36.5
店口	339	1017	101.7	33.9
昆阳	167	518	52	16.75
桥头	168	520	53	17.05
枫桥	106	318	31.8	10.6
周王庙	40	100	10	4
城关	116	325	32.8	10.8
次坞	69	207	20.7	6.9
牌头	73	219	21.9	7.3
平桥	92	276	27.6	9.2
杜桥	41	123	12.3	4.1
白水洋	49	147	14.7	4.9
白鹤	37	111	11.1	3.7
尤溪	18	55	5.5	1.8
五泄	14.3	42.9	4.29	1.43
小芝	19	57	5.7	1.9
大堰	12	36	3.6	1.2

3.3.2.1.3 建成区污染物排放汇总

根据表 3-12 和表 3-14，论文统计了建成区总污染物排放量，详见下表。

表 3-15 城镇水污染物总量汇总

项目 城镇	废水总量			工业污染源		生活污染源			
	年均废水	日均废水	COD _{Cr}	废水	COD _{Cr}	废水	COD _{Cr}	总氮	总磷
水头	1738	4.8	4438	1592	4000	146	438	43.8	14.6
赤岸	867	2.4	2907	800	2700	67	207	20.7	6.7
塘下	1290	3.5	3508	925	2413	365	1095	109.5	36.5
店口	682	1.9	1520	343	503	339	1017	101.7	33.9
昆阳	467	1.3	1718	300	1200	167	518	52	16.75
枫桥	382	1.05	737	276	419	106	318	31.8	10.6
桥头	294	0.81	927	126	407	168	520	53	17.05
周王庙	253	0.69	709	213	609	40	100	10	4
城关	323	0.88	567	207	242	116	325	32.8	10.8
次坞	219	0.60	657	150	450	69	207	20.7	6.9
牌头	151	0.41	469	78	250	73	219	21.9	7.3
平桥	127	0.35	346	35	70	92	276	27.6	9.2
杜桥	121	0.33	293	80	170	41	123	12.3	4.1
白水洋	62	0.17	177	13	30	49	147	14.7	4.9
白鹤	42	0.12	116	5	5.1	37	111	11.1	3.7
尤溪	28	0.08	63	10	8	18	55	5.5	1.8
五泄	26	0.07	50	11.7	7	14.3	42.9	4.29	1.43
小芝	22	0.06	60	3	3	19	57	5.7	1.9
大堰	18	0.05	43	6	7	12	36	3.6	1.2
均值	374	1.03	1016	272	710	102	306	30.7	10.2

*单位：废水（万 t），COD（t），总氮（t），总磷（t）

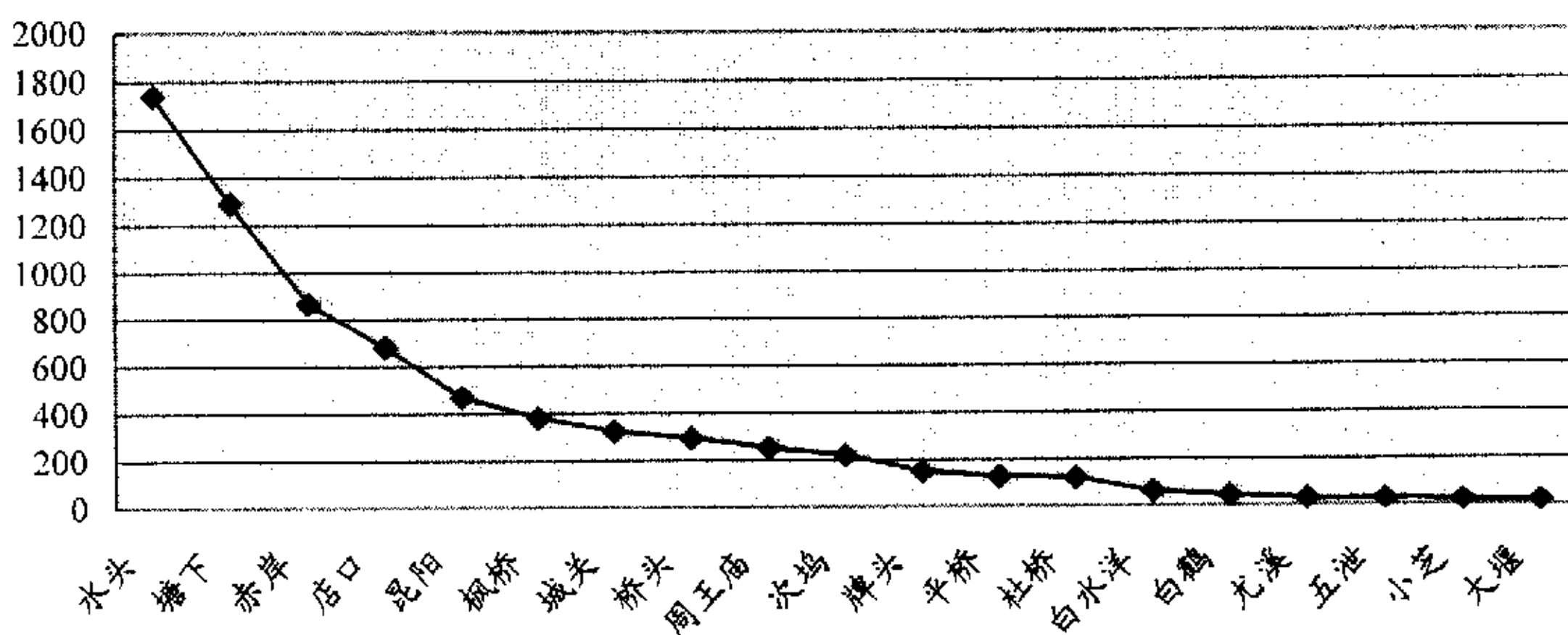


图 3-4 城镇废水排放分布图 单位：万吨/年

根据统计结果, 19 个城镇中日均污水总量平均值为 1.03 万 t, 仅 4 镇污水量接近或达到 2 万 t, 占总数的 20%, 污水量最大的城镇为水头镇, 日均污水量也仅 5 万 t, 城镇污水总量偏小。

3.3.2.2 农村面源污染

农业面源污染总量主要包括农村生活污水、畜禽养殖、农田化肥农药使用等三方面, 污染物排放统计见表 3-16。从统计结果看, 各城镇农村面源污染物排放总量大, 在总量上与工业污染物与生活污染物排放总量持平甚至超出, 成为水体污染物的重要来源。

表 3-16 农业农村面源污染物排放总量

项目 城镇	COD _{Cr} (t)	TN(t)	TP(t)
水头	300.35	76.47	8.37
店口	1414.2	373.51	22.16
塘下	1008.5	290.1	47.13
赤岸	399.67	90.77	9.19
昆阳	781.25	203.98	19.17
枫桥	678.9	159.54	16.74
周王庙	1850.4	663.14	45.67
城关	1068.4	378.8	38.8
牌头	504.2	137.5	10.48
杜桥	1100.1	215.23	31.81
白水洋	1390.9	200.8	29.08
五泄	578.5	237.06	17.36
小芝	528.27	130.9	17.13
尤溪	490.5	129.8	18.3
白鹤	1387.4	448.8	43.67
平桥	1863.9	644	54.2
桥头	570.5	149.8	28.3
均值	936.2	255.5	26.9

表 3-17 列出了各城镇农田化肥施用强度, 资料来源为城镇农业办、县市农业局。统计结果显示, 小城镇农田化肥施用量普遍偏高, 均远远高于浙江省生态示范镇和全国环境优美乡镇 280 kg/hm² (折纯) 的指标要求, 其中最大值为白鹤镇, 施用强度为 1613kg/hm², 最小值为尤溪镇, 施用强度为 350kg/hm²。在施肥区域性上也相差较大, 如尤溪镇和白鹤镇, 均属于台州地区, 但施肥量相差有 4 倍左右。

表 3-17 农田化肥施用强度一览表

城镇	农田化肥施用强度 (折纯 kg/hm ²)		城镇	农田化肥施用强度 (折纯 kg/hm ²)	
	现状	*比值		现状	*比值
水头	568	2.02	杜桥	476	1.7
店口	913	3.26	白水洋	471	1.68
塘下	450	1.61	五泄	475	1.69
昆阳	571	2.04	小芝	506	1.81
赤岸	450	1.61	尤溪	350	1.25
枫桥	1300	4.64	白鹤	1613	5.76
周王庙	1500	5.35	平桥	1250	4.46
牌头	544	1.94	平均值	784.8	2.8

*与浙江省生态示范镇指标比值

近年来, 养殖经济发展迅速, 据了解各城镇畜禽养殖以散养为主, 规模化养殖为辅, 规模化养殖率不高, 这给养殖污水的治理带来了一定难度。

表 3-18 城镇规模化养殖率一览表

城镇	规模化养殖率 %	城镇	规模化养殖率 %
水头	<10	牌头	≈ 16
店口	≈ 25	杜桥	≈ 18
塘下	<10	白水洋	≈ 20
赤岸	<10	五泄	<10
昆阳	≈ 15	小芝	<10
枫桥	≈ 20	尤溪	<10
周王庙	≈ 40	白鹤	≈ 30
城关	<20	平桥	≈ 20

3.3.3 重点企业污染物排放

调查了包括次坞镇上峰集团有限公司在内的 156 家乡镇重点企业的排污情况。重点企业排污数据表 3-19, 数据来源: 县市环保局企业年度申报表、相关环境保护规划或企业环境影响评价等方面资料。

表 3-19 乡镇重点企业废水污染物排放情况

小城镇	重点企业	重点企业废水污染物排放量			占工业废水比重(%)	
		废水 (万 t)	COD (t)	达标排放率 (%)	废水	COD
塘下	重点企业总计	280.3	1321	17	30	54
赤岸	重点企业总计	700	2400	50	87.5	90
	义乌华川	540	1100	55	67.5	40.7
水头	重点企业总计	1500	36844	20	94.2	92.1
	溪心制革	320	11100	15	20.1	27.8
昆阳	重点企业总计	247	967	25	82.3	80.1
	金狮啤酒	200	900	22	66.6	75
次坞	重点企业总计	80	202	39	53.3	44.9
	上峰集团	77	152	50	51.3	33.8
牌头	重点企业总计	22	78	28.2	28.2	31.2
	天洁集团	5	5	100	6.4	2
杜桥	重点企业总计	62.0	127	48.9	77.5	74.7
	龙威食品	60.0	104	57.7	75	61.1
周王庙	(富邦+之江)	140	470	30	65.7	77.2
城关	重点企业总计	150	158	95	73.5	65.4
	石梁酒业	86	98	96	42	37.2
枫桥	重点企业总计	69	291	23.7	25	69.4
	征天食品	24	179	13.4	8.7	42.8
店口	重点企业总计	62.8	100	62.8	18	19.9
	暨阳建材	30.8	67	46.2	4.5	13.3
白水洋	重点企业总计	7.9	20	39.5	60.7	66.8
五泄	重点企业总计	2.32	2.32	100	20	7.7
尤溪	伟星集团	6	3	100	60	38
桥头	重点企业总计	28.67	112	26.7	22.8	27.5
	桥头造纸	18.05	109.1	16.6	14.3	26.8

重点企业废水污染物排放存在以下特点：①重点企业个数少，但却是全镇的工业污染物排放的主要来源。如塘下镇，重点企业 30 家，仅占全镇企业数的 0.4%，却占全镇工业废水排放的 14%，COD 排放占工业废水的 20%左右。最为明显地是赤岸镇，义乌华川纸业有限公司一家企业的废水排放量就占工业废水排放的 67.5%，COD 排放占工业废水的 40.7%；②废水处理达标率低。除店口、白水洋、五泄、尤溪等城镇外，其它城镇重点企业排污达标率均低于 50%，这与表 3-12 工业废水达标率相符合。

本研究还通过实地走访、问卷调查的形式对重点企业特别是耗水大户和排

水大户的清洁生产意识进行了调查, 调查发现, 与城市大型企业相比, 乡镇企业清洁生产意识普遍薄弱, 具体见讨论。

3.4 城镇基础设施建设调查

小城镇基础设施建设情况见表 4-2。我们发现, 由于资金、规划等方面原因, 城镇基础设施建设滞后于城镇社会经济发展速度, 因而导致大量的工业废水及生活污水未经处理直接排入水体, 是小城镇水环境质量下降的重要原因之一。

表 3-20 小城镇基础设施建设情况汇总表

项目 城镇	纳污管网	集中污水处理设施	项目 城镇	纳污管网	集中污水处理设施
水头	完善	2002 年建成一期工程, 处理制革污水 5 万 t/日	牌头	较完善	无
塘下	较完善	已建成 10 个电镀中心污水处理设施, 但运行情况差; 无污水处理厂	平桥	不完善	无
店口	较完善	无	杜桥	不完善	无
桥头	较完善	无	白水洋	不完善	无
昆阳	完善	2003 年与鳌头镇合建, 3 万 t/日	白鹤	不完善	无
枫桥	较完善	无	尤溪	不完善	无
周王庙	不完善	无	五泄	不完善	无
城关	较完善	无	小芝	不完善	无
次坞	较完善	无	大堰	不完善	无

从表 3-20 来看, 城镇基础设施建设情况不容乐观。这一点特别体现在城镇污水处理设施的建设上, 除水头、昆阳两镇已建成 (或合建) 污水处理厂, 以及店口镇开始建设污水处理厂外, 其它城镇均未有集中污水处理设施, 已建成污水处理厂城镇比例仅为 11%。

制约城镇污水处理系统建设的因素是多方面地, 主要有以下三方面原因:

一 污水产生量小, 难以形成规模效益

污水处理厂规模越大, 形成单位处理能力所需的基建费用就越低, 处理单位污水的运行成本也同时降低, 一般来讲, 规模的区界为 5 万 t/日^[81]。而从表 3-15 城镇水污染物总量汇总看, 仅水头镇污水产生量接近 5 万 t, 平均污水量仅 1 万 t, 因此单位造价成本偏高, 难以形成规模效益。

二 融资渠道不畅，缺乏建设资金

相对于城市来讲，城镇财政实力较为薄弱，而污水处理厂的投入和运营又是非常大的，因此地方财政吃紧。以经济较发达城镇为研究对象，论文对建设二级污水处理厂建设资金投资进行了估算，估算结果见下表。

从表中可以看出，污水处理厂的建设资金占城镇当年国内生产总值的比例一般在 3~6%之间，远远高于城镇当年环保投入，污水处理厂的建设给城镇带来了沉重的财政负担，这也是城镇污水处理系统建设滞后的主要原因。

表 3-21 污水处理厂建设预计费用一览表

城镇	污水处理规模 万 t/日	占城镇当年 GDP 百分比 %	城镇	污水处理规模 万 t/日	占城镇当年 GDP 百分比 %
水头	8	6.1	桥头	2	4.1
赤岸	5	5.2	周王庙	1	4.3
塘下	4	1.8	城关	1	4.5
店口	4	3.6	次坞	1	5.1
昆阳	2	3.8	牌头	1	3.7
枫桥	2	3.7			

三 投融资的回收比较困难

根据对已有污水处理厂的城镇调查发现，城镇污水处理厂的资金回收比较缓慢，这主要是因为：城镇居民的平均收入比城市的居民要低很多，在城镇中不可能收取与城市一样的污水处理费，收益的降低导致了投资回收期的延长；同理，对企业排污费的收取也存在困难。因此影响到污水处理厂的经济效益，因而降低了投资者的投资热情。

但值得肯定的是，小城镇干部群众对水环境污染问题相当关注，镇领导对城镇污水处理设施的建设十分重视，在各镇的总体规划中均将污水处理厂建设纳入重点工程项目，见表 3-22，而且大多数城镇对私人资本建设城镇污水处理系统表示了浓厚的兴趣，这说明先进的融资方式如 BOT 已得到认可，具有很好的发展发展潜力和空间。但需特别注意的是，小城镇政府对 BOT 的具体运做模式和风险防范了解甚少。

表 3-22 城镇污水处理系统建设规划

项目 城镇	污水处理厂系统建设规划	项目 城镇	污水处理厂系统建设规划
水头	2004 制革污水工程 7 万 t/日; 2010 年与他镇合建生活污水处理厂	牌头	2007 年建成 1 万 t/日污水处理厂, 2010 年处理规模扩大至 2 万 t/日
塘下	2005 年纳入瑞安市 城市污水处理厂处理	平桥	2010 年建成 3 万 t/日污水处理厂
店口	建设中, 5 万 t/日	杜桥	2005 年建成 3 万 t/日污水处理厂 2015 年达到 10 万 t/日处理规模
桥头	2005 年建设污水处理厂	白水洋	2010 年建成 2 万 t/日污水处理厂 2020 年达到 3 万 t/日处理规模
昆阳	2005 年规模扩大至 5 万 t/日, 2015 年规模 14 万 t/日	白鹤	2005 年纳入 天台县西工业区污水处理厂处理
枫桥	2005 年建成 1 万 t/日污水处理厂, 2010 年处理规模扩大至 3 万 t/日	尤溪	2005 年纳入 临海市城市污水处理厂处理
周王庙	送新仓污水处理厂处理	五泄	2010 年纳入 诸暨市城市污水处理厂处理
城关	2004 年建成 2 万 t/日污水处理厂	小芝	2005 年开始建设小型污水处理站
次坞	2005 年建成 3 万 t/日污水处理厂	大堰	2010 年开始建设小型污水处理站

第 4 章 小城镇水污染特征与防治对策

4.1 小城镇水污染特征

基础数据显示，各城镇定位、经济发展水平、产业结构以及废水排放特点均存在很大差异，这种差异是导致城镇水质各异的根源。譬如，从废水排放源来看，部分城镇工业废水为主，部分城镇则以生活或农村面源污染为主，一般地，工业污染城镇（如水头、赤岸等镇）水环境质量要明显劣于农村面源污染城镇（如小芝、白鹤等镇）；从经济实力角度来看，经济实力雄厚的城镇水质要劣于经济欠发达城镇。为探求这种联系，论文采用直线相关分析法和 SPSS 软件计算其相关性，找出影响城镇水质的最主要因子。计算模式如下：

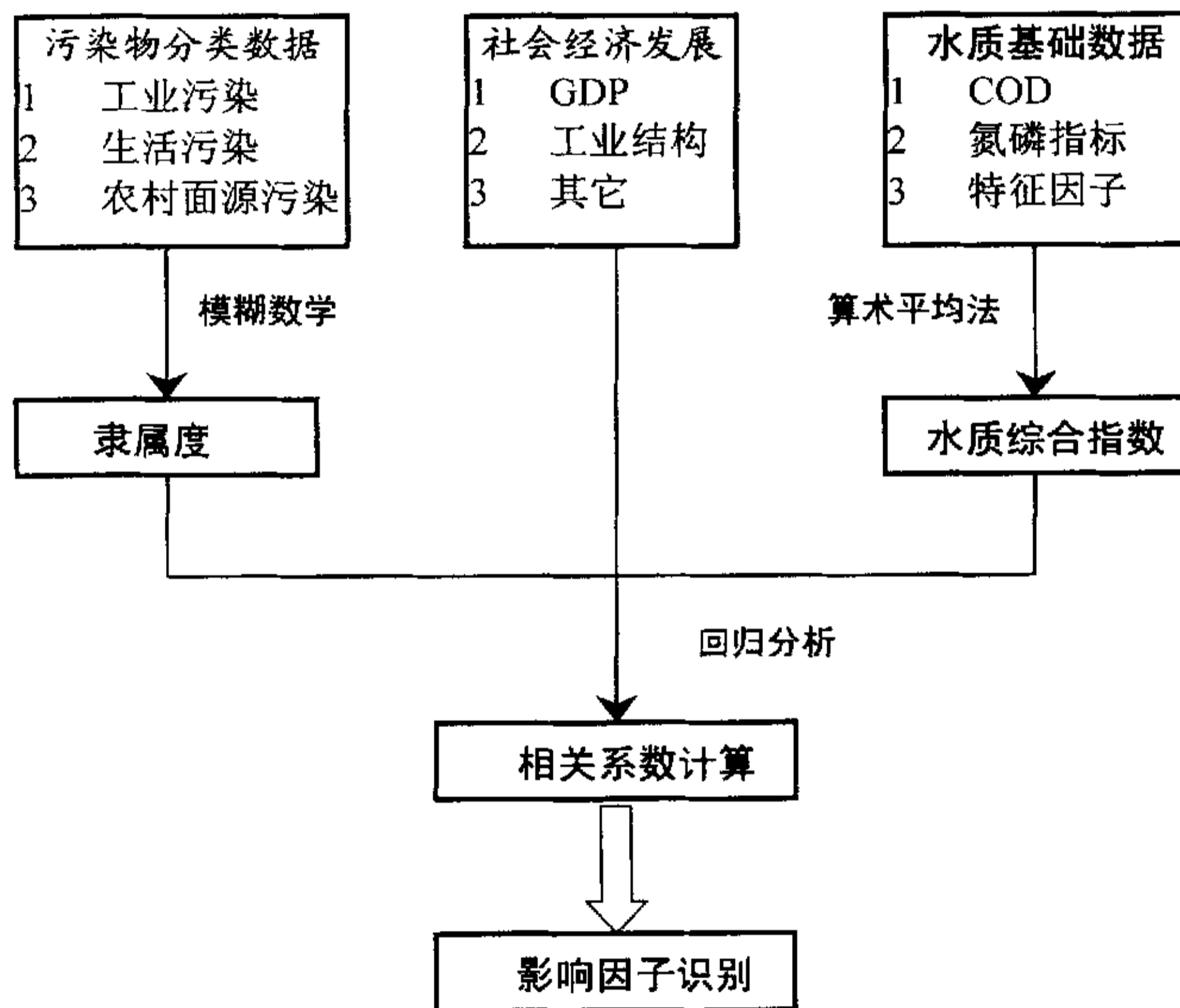


图 4-1 计算模式简图

4.1.1 水体环境质量指数量化

为了计算污染特征与水体环境质量之间的相关系数，需要对城镇水质进行量

化。论文采用算术平均法对小城镇水环境质量进行指数量化^[83-84]，计算方法如下：

$$P_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_m}$$

式中：

P_i ——水环境质量综合指数；

n ——水质因子个数；

C_i ——第 i 个因子监测值；

C_m ——第 i 个因子评价参数，以III水为标准值

计算及排序结果见表 4-1。

表 4-1 城镇水环境质量综合指数

小城镇	综合指数	小城镇	综合指数
杜桥	2.3	牌头	0.79
次坞	31.21	城关	0.60
塘下	5.55	平桥	0.58
赤岸	16.2	白鹤	0.55
水头	3.55	小芝	0.56
昆阳	2.14	五泄	0.65
桥头	1.26	大堰	0.58
周王庙	2.63	白水洋	0.28
枫桥	2.70	尤溪	0.54
店口	1.47		

各城镇水质综合指数差异较大，综合指数最大值为 31.21（次坞），综合指数最小值为 0.28（白水洋）。

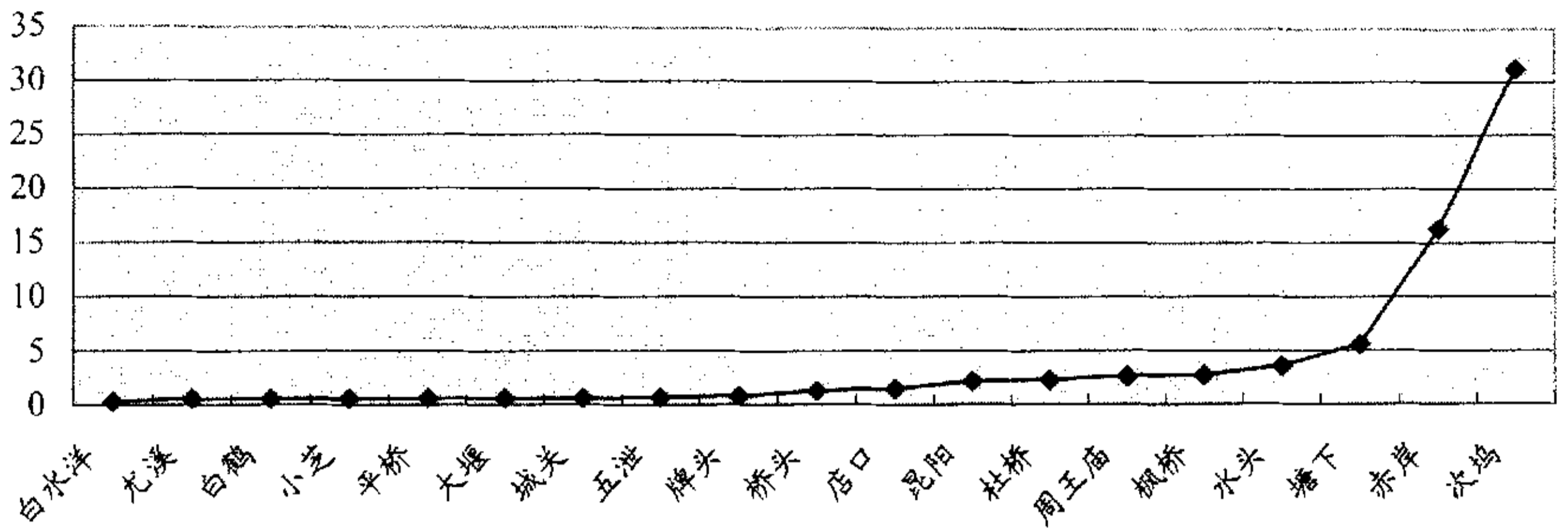


图 4-2 城镇水质综合指数分布图

4.1.2 废水污染物隶属度计算

4.1.2.1 模糊数学法简介

模糊数学诞生于 1965 年，以美国自动控制专家 zadeh 提出的模糊集合(fuzzy set)为标志。现在模糊数学已作为与经典数学、统计数学并列的一门数学分支，在许多学科领域中得到广泛应用，同样在环境科学中也有许多模糊性的现象，如果选用模糊数学的方法对其进行分析，分析结果将会更科学、更合理^[85-86]。模糊综合评判是利用模糊变换原理和最大隶属度原则，考虑与被评价事物相关的各个因素或主要因素，对其所做的综合评价，综合评判的一级模型一般有以下 4 步：

1 确定评判对象的因素集

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

2 确定决策集

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$$

3 建立单因素评价矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times m}$ ，其中 r_{ij} 表示 x_i 隶属于 y_j 的程度，或称 x_i 在 y_j 上的特征指标(可能性程度)，每个 x_i 对应的向量 $\{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}\}$ 是 x_i 关于 y_j 的特征指标向量。

4 应用模糊变换原理 A 和 R 的合成 $A \circ R$ 作为对象集的一个决策，其中 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 表示权重分配 (a_i 表示因素 x_i 的数学指标)。令 $B = A \circ R$ ，归一

化处理得 $B' = \{b'_1, b'_2, \dots, b'_m\}$, 利用最大隶属度原则选择最大 b'_j 对应的 y_j 为综合评判结果。

4.1.2.2 污染物隶属度计算方法

城镇废水主要来自三个方面：工业废水、城镇生活污水（建成区）以及农村面源污染物。由于废水中污染因子、污染物总量的不同，各类废水对城镇水质的影响（或贡献）亦不同。论文采用模糊数学法不同废水的影响值（或贡献值），并根据影响值的不同来划分城镇污染类型。

1 污染因子隶属度

$$r_{ij} = \frac{m_{ij} a_{ij}}{\sum_{i=1}^3 m_{ij} a_{ij}} \quad \dots \text{公式 1}$$

其中：

r_{ij} —第 i 类废水第 j 个污染因子隶属度，

$i=1, 2, 3$ 分别为工业废水，2 生活污水，3 农业面源污染；

m_{ij} —第 i 类废水第 j 种污染因子排放总量， $j=1, 2, \dots, n$ ；

a_{ij} —第 i 类废水第 j 种污染因子进入水体系数

共有 m 类废水 n 个污染因子，可写出下列 $m \times n$ 阶的模糊矩阵 R 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \dots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \dots & r_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \dots & r_{m,n} \end{bmatrix}$$

2 污染因子权重值

$$W_j = \frac{\frac{C_j}{C_{0j}}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{0i}}} \quad \dots \text{公式 2}$$

其中：

W_j —第 j 类污染因子权重；

C_i —第 i 个因子监测值；

C_{0i} —第 i 个因子评价参数，以III水为标准值

上述 n 项污染因子分别计算出权重后，组成一个 $1 \times n$ 矩阵 A ：

$$A = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$$

3 污染类型隶属度——模糊矩阵的复合运算

将 A、R 矩阵进行复合运算，由此得到：

$$B = A \circ R = (W_1, W_2, \dots, W_n) \times$$

$$\begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \dots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \dots & r_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \dots & r_{m,n} \end{bmatrix} \quad \dots \quad \text{公式 3}$$

$$= (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

其中： b_i —复合运算结果。

4.1.2.3 污染类型隶属度计算结果

根据公式 1、2、3 计算 2002 年各城镇废水污染隶属度值，计算结果见表 4-2。

表 4-2 2002 年城镇废水污染隶属度计算值

城镇	工业污染物隶属度	生活污染物隶属度	农村污染物隶属度
水头	0.59	0.27	0.14
塘下	0.38	0.36	0.26
赤岸	0.88	0.05	0.07
店口	0.25	0.43	0.32
桥头	0.43	0.23	0.34
昆阳	0.32	0.35	0.33
枫桥	0.23	0.46	0.31
周王庙	0.22	0.20	0.58
城关	0.17	0.50	0.33
次坞	0.91	0.02	0.07
牌头	0.28	0.30	0.42
平桥	0.15	0.32	0.53
杜桥	0.45	0.18	0.37
白水洋	0.10	0.38	0.52
白鹤	0.12	0.35	0.53
尤溪	0.18	0.30	0.52
五泄	0.16	0.32	0.52
小芝	0.13	0.36	0.51
大堰	0.11	0.36	0.53

4.1.3 小城镇水污染特征识别分析

4.1.3.1 特征识别

根据最大隶属度确定污染类型，划分结果详见表 4-3。

从表 4-4 城镇污染类型统计结果来看，19 个城镇中工业污染城镇为 6 个，占城镇比例的 30%；生活污染与农村面源污染城镇为 13 个，合占城镇比例的 70%。

表 4-3 城镇污染类型一览表

城镇	最大隶属度	特征识别	城镇	最大隶属度	特征识别
水头	0.59	工业	牌头	0.42	农村
塘下	0.38	工业	平桥	0.53	农村
赤岸	0.88	工业	杜桥	0.45	工业
店口	0.43	生活	白水洋	0.52	农村
桥头	0.43	工业	白鹤	0.53	农村
昆阳	0.35	生活	尤溪	0.52	农村
枫桥	0.46	生活	五泄	0.52	农村
周王庙	0.58	农村	小芝	0.51	农村
城关	0.50	生活	大堰	0.53	农村
次坞	0.91	工业			

表 4-4 城镇污染类型统计情况

污染类型	城镇	数目 (个)	所占比例 (%)
工业污染	水头、塘下、赤岸、桥头、杜桥、次坞	6	30
生活污染	店口、昆阳、枫桥、城关	4	21
农村面源污染	周王庙、牌头、平桥、白水洋、白鹤、 尤溪、五泄、小芝、大堰	9	49

4.1.3.2 共性分析

一 工业污染城镇

工业污染城镇共 6 个，分别是水头、塘下、赤岸、桥头、杜桥、次坞等，共同特征为：

- ① 社会经济较为发达；
 - ② 人口集聚度高；
 - ③ 均为工业城镇；
 - ④ 主导工业产业均为重污染行业；
 - ⑤ 水质综合指数高，均存在超标现象，其中部分水质因子超标现象严重。
- 水质超标及主要污染物来源详见下表。

表 4-5 工业污染城镇共性分析一览表

城镇	水质综合指数	主要超标因子	超标倍数	主要污染物来源
水头	3.55	挥发酚	8.2	制革工业废水
		COD _{Cr}	2.5	
塘下	5.55	Cu、Zn 等重金属离子	>8	电镀废水、洗塑废水
赤岸	16.2	石油类	60	造纸废水
		COD _{Cr}	3	
杜桥	2.3	石油类	3.9	机械加工废水
次坞	31.21	石油类	94	造纸废水、机械加工废水
桥头	1.26	挥发酚	1.4	纽扣生产废水、选矿废水
平均水质综合指数=10.11				

二 生活污染城镇

包括店口、昆阳、枫桥、城关等四个城镇，共同特征为：

- ① 社会经济发达；
- ② 人口集聚度高，均为当地县市中心小城市；
- ③ 均为工业型城镇；
- ④ 综合指数较高。

水质超标及主要污染物来源详见下表。

表 4-6 生活污染城镇共性分析一览表

城镇	水质综合指数	主要超标因子	超标倍数	主要污染物来源
店口	1.47	氨氮	1.6	城镇生活污水
		总 P	1.7	
昆阳	2.14	COD _{Cr}	2.4	城镇生活污水、工业废水
		氨氮	3.6	
枫桥	2.70	氨氮	2.94	城镇生活污水
		总 P	4.4	
城关	0.60	无		
平均水质综合指数=1.72				

三 农村面源污染城镇

包括周王庙、牌头、平桥、白水洋、白鹤、尤溪、五泄、小芝、大堰等 9 个城镇，共同特征为：

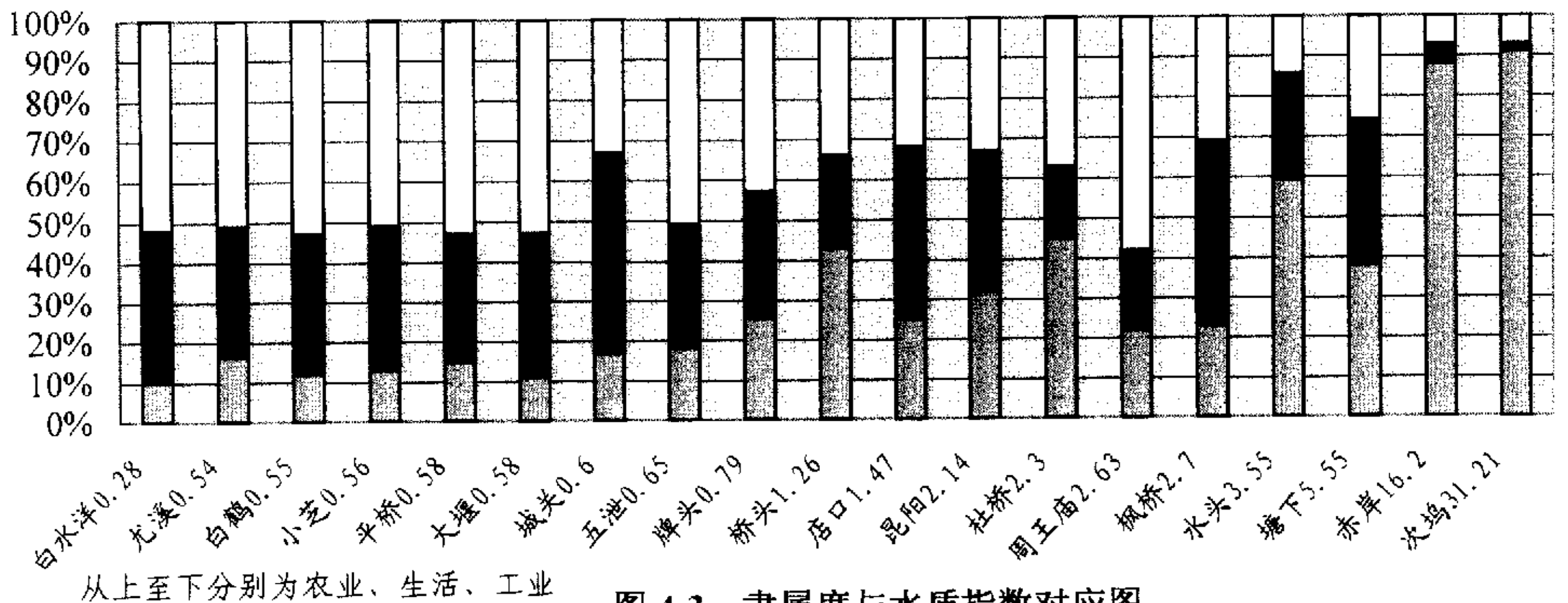
- ① 社会经济欠发达；
- ② 均为农业城镇，农业经济所占比重大；
- ③ 人口集聚度不高，城市化进程较慢；
- ④ 除周王庙镇外，水环境质量均达到Ⅲ类水体标准，多数城镇水质优良。

水质超标及主要污染物来源详见下表。

表 4-7 农村面源污染城镇共性分析一览表

城镇	水质综合指数	主要超标因子	超标倍数	主要污染物来源
周王庙	2.63	氨氮	4.4	农村养殖污染、农田化肥流失
		总 P	2.2	
牌头	0.79		无	
平桥	0.58		无	
白水洋	0.28		无	
白鹤	0.55		无	
尤溪	0.54		无	
五泄	0.65		无	
小芝	0.56		无	
大堰	0.58		无	
平均水质综合指数=0.79				

根据共性分析，各类型城镇水质存在明显区别。工业污染城镇平均水质综合指数=10.11>生活污染城镇平均水质综合指数=1.72>农村面源污染城镇平均水质综合指数=0.79，生活及农村面源污染城镇水环境质量要大大优于工业污染城镇，可见城镇污染类型与水环境质量之间存在着较强联系，下图是各类隶属度与水质综合指数的对应关系。



为了探求这种联系,找出影响城镇水质的最重要影响因子,论文采用直线相关分析方法和 SPSS 软件计算社会经济指标及污染类型与城镇水环境质量的相关性。

4.1.4 水污染特征相关度分析

4.1.4.1 污染特征与水环境质量相关性分析

论文采用直线相关分析方法^[87],对污染物隶属度与水环境质量之间的关系进行了相关分析,以工业污染物隶属度(X_1)、生活污染物隶属度(X_2)、农村污染物隶属度(X_3)做为子因素,判断对母因素(Y)水环境质量之间的影响程度。

原始数据如下表:

表 4-8 水质与隶属度对应表

城镇	水环境质量综合指数 Y	工业污染物隶属度 X_1	生活污染物隶属度 X_2	农村污染物隶属度 X_3
水头	3.55	0.59	0.27	0.14
塘下	5.55	0.38	0.36	0.26
赤岸	16.2	0.88	0.05	0.07
店口	1.47	0.25	0.43	0.32
桥头	1.26	0.43	0.23	0.34
昆阳	2.14	0.32	0.35	0.33
枫桥	2.7	0.23	0.46	0.31
周王庙	2.63	0.22	0.20	0.58
城关	0.6	0.17	0.50	0.33
次坞	31.21	0.91	0.02	0.07
牌头	0.79	0.28	0.30	0.42
平桥	0.58	0.15	0.32	0.53
杜桥	11.08	0.80	0.05	0.15
白水洋	0.28	0.10	0.38	0.52
白鹤	0.55	0.12	0.35	0.53
尤溪	0.54	0.18	0.30	0.52
五泄	0.65	0.16	0.32	0.52
小芝	0.56	0.13	0.36	0.51
大堰	0.58	0.11	0.36	0.53

计算方法简述如下：

计算过程如下：

(1) 进行数据的无量纲化（以均值法计算）

$$X'_i = \frac{X_i}{\sum_{j=1}^n X_j}$$

$$Y'_i = \frac{Y_i}{\sum_{j=1}^n Y_j}$$

(2) 乘积和、离均差平方和计算

$$SS_X = \sum_{i=1}^n X_i'^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i'\right)^2}{n}$$

$$SS_Y = \sum_{i=1}^n Y_i'^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i'\right)^2}{n}$$

$$SP = \sum_{i=1}^n X_i'Y_i' - \frac{\sum_{i=1}^n X_i' \sum_{i=1}^n Y_i'}{n}$$

(3) 相关系数计算

$$r = \frac{SP}{\sqrt{SS_X \cdot SS_Y}}$$

采用 SPSS 软件进行计算，计算结果为：

R（工业）=0.861；

R（生活）=-0.723；

R（农村）=-0.774。

计算结果显示，工业污染隶属度与城镇水环境质量有较强的正比关系，相关度达到 0.861；而生活污染和农村面源污染隶属度与城镇水环境质量的相关系数均为负，分别为 -0.723，-0.774，工业污染相关系数>生活污染相关系数>农村面源污染相关系数，因此本研究认为，在三种污染物来源中，工业废水排放是造成

小城镇水体环境质量下降的最主要原因。

4.1.4.2 参考因子与水环境质量相关性分析

从社会经济发展角度考虑,影响小城镇水质的因素是多方面地,如 GDP 总量、工业总产值、城市化进程等,论文选取部分因子做为参考指标,同样采用直线相关分析方法对这种相关性进行计算分析,参考指标详见下表。

表 4-9 参考指标一览表

母指标	子指标	代号
水环境质量	GDP 总量	X ₁
	人均 GDP	X ₂
	工业总产值	X ₃
	农业总产值	X ₄
	第三产业产值	X ₅
	工业产业结构	X ₆
	工业废水达标率	X ₇
	城镇人口密度	X ₈
	建成区面积	X ₉
重点企业排污量	企业产值	X ₁₀
	所属行业	X ₁₁
	清洁生产意识及环保投入	X ₁₂

计算结果见下表。

表 4-10 相关系数计算结果汇总表

母指标	序号	因子	相关系数
水 环 境 质 量	1	工业产业结构	0.90
	2	工业废水达标率	0.715
	3	工业总产值	0.638
	4	建成区面积	0.622
	5	人均 GDP	0.282
	6	GDP 总量	0.222
	7	第三产业产值	0.182
	8	城镇人口密度	0.162
	9	农业总产值	-0.016
重点企业 排污量	1	行业类别	0.97
	2	清洁生产意识与环保投入	0.85
	3	企业产值	0.63

从计算结果看,除农业总产值外,其它因子均与城镇水质综合指数呈一定的正相关联系,根据影响程度排序,分别为工业产业结构>工业总产值>建成区面积>工业废水达标率>人均 GDP>GDP 总量>第三产业产值>城镇人口密度,其中工业产业结构、工业总产值、建成区面积、工业废水达标排放率相关系数均大于 0.5。工业经济发展、城镇城市化进程以及城镇基础设施建设对城镇水环境质量的影最为密切;

而 GDP、人均 GDP、第三产业产值对城镇水环境质量的影不十分明显,相关系数均小于 0.3,以上城镇中不乏经济发达但又水质良好的情况,例如店口、桥头、城关等镇,这说明只要措施得当,城镇经济发展与水环境保护可以实现协调发展;

行业类别、清洁生产意识及环保投入、企业产值均与企业排污量有较强相关性,根据影响程度排序,行业类别>清洁生产意识及环保投入>企业产值,其中行业类别对排污量的影最大,达到 0.97。

综上所述，论文认为：

1 在工业废水、城镇生活污水以及农村面源等三类废水中，工业废水排放是造成对城镇水环境质量下降的最主要原因；

2 在影响小城镇水环境质量的诸多因素中，工业经济发展、城镇城市化进程以及城镇基础设施建设对城镇水环境质量的影 响最为密切；

3 GDP、人均 GDP、农业总产值以及第三产业产值对水环境质量下降的贡献不十分明显。

结合第三、四章综合分析，本研究归纳了小城镇的水污染成因，如下图所示。

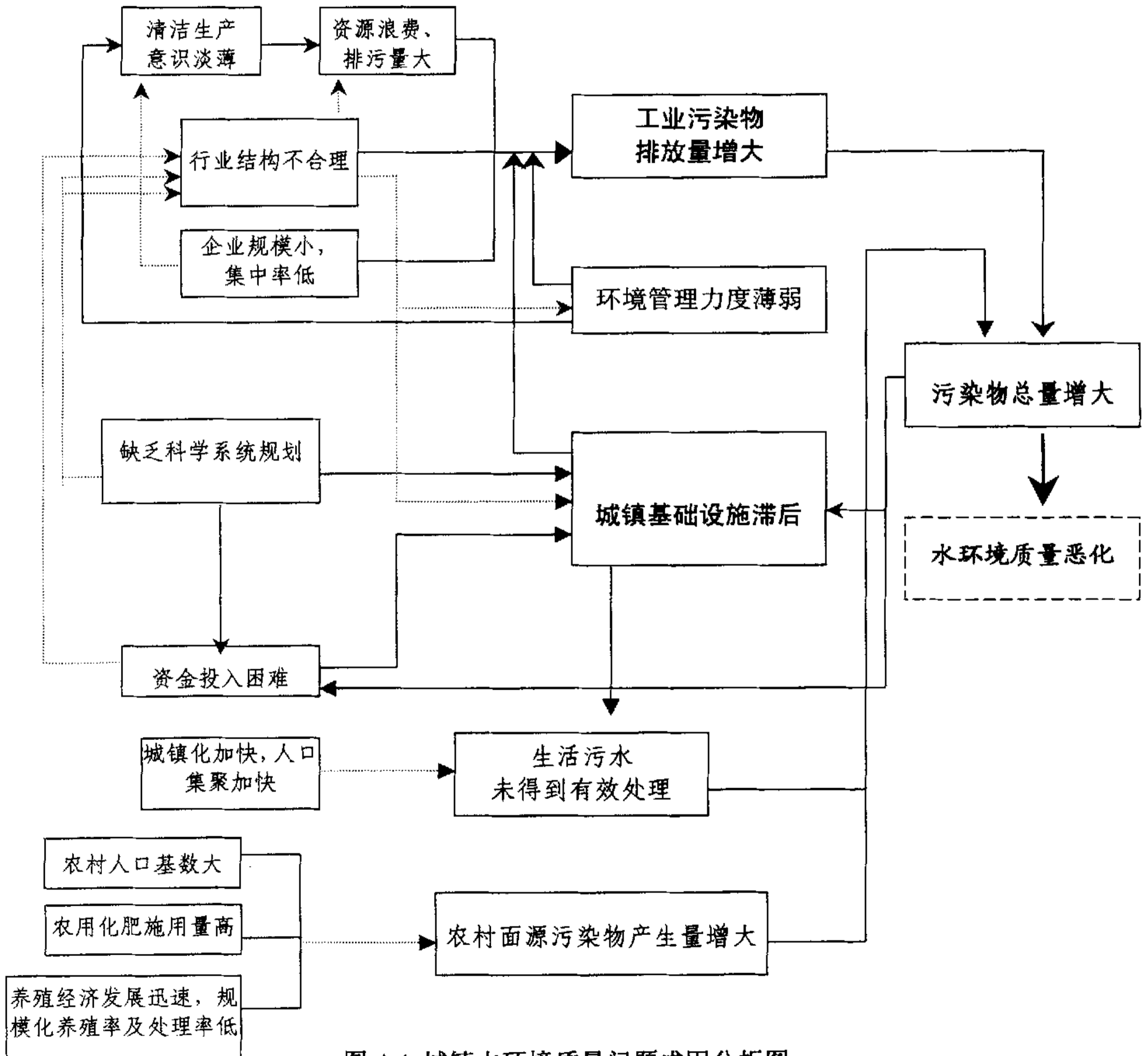


图 4-4 城镇水环境问题成因分析图

4.2 小城镇水污染防治对策及案例研究

4.2.1 小城镇水污染防治对策

影响城镇水环境质量的因素是多方面地,社会经济发展因素有工业产业结构、工业废水达标率、工业总产值、建成区面积等;废水类型有工业污水、生活污水以及农村面源污染等。由于城镇的经济实力有限,水污染防治不可能一蹴而就,其中牵涉到资金、时段等问题,因此城镇污染防治应因地制宜,从主要问题着手。本研究通过 19 个城镇相关分析发现,废水排放类型中工业污染是造成城镇水质下降的主要原因;社会经济发展因子中,工业产业结构、工业总产值、工业废水排放达标率、建成区面积与城镇水质联系较为密切。工业污染防治和城镇污水处理系统建设应成为小城镇水污染防治的重点。由于城镇污染防治点多面广,论文仅就部分内容进行分析,同时结合 19 个城镇进行案例研究。

● 调整工业产业结构,实施工业集聚

在影响小城镇的水环境质量中的诸多因素中,工业产业结构与城镇水环境质量相关性达到 0.90;在影响乡镇企业污染物排放的参考因子中,行业类别具有较强的决定性,相关性达到 0.97。调整产业结构,加快工业集聚是乡镇工业污染防治亟需解决的问题。

19 个乡镇的企业工业结构大致可以分为以下 4 类:

①严重污染、浪费资源的行业

划分依据为《国务院关于环境保护若干问题的决定》进行关停取缔的“十五小”,如小制革(水头镇)、土法电镀(塘下镇)等。

②重污染行业

已列入国家污染行业名单的,或小城镇调查评价确定的重污染行业。如造纸(次坞镇、赤岸镇)、化学工业(杜桥镇)等。

③中污染型乡镇工业

如机械加工(牌头镇)、饮料制造(城关镇)等

④轻污染及无污染的乡镇工业。

如木材加工及竹藤制品业(小芝镇)、农产品加工(白鹤镇)等等。

产业结构的调整难度颇大。据调查,①、②类工业在部分城镇中不仅是当地经济的主要支柱,同时亦是当地老百姓的主要谋生手段,如水头镇的制革业和塘下镇的电镀业等,若处理不好,则会影响到城镇经济的进一步发展,同时亦不利于社会稳定。本研究认为,城镇产业结构的调整应坚持以下原则:①类行业,应禁止发展、关停取缔,但应有步骤、分阶段地实施;②类行业,应限制发展,同时鼓励同类企业合并,由中小企业转化为大企业;③类工业,适度发展;④类工业鼓励发展。

城镇工业集聚应与工业产业结构调整同步进行。在对城镇工业用地进行综合分析(多目标规划、环境承载力)的基础上,引导乡镇企业集聚,不仅有利于发挥规模效应,同时也便于城镇基础设施的建设。

● 在乡镇企业中逐步推广清洁生产,控制工业点源污染

在影响重点企业排污量的因子中,清洁生产意识及环保投入与企业排污量存在较强联系,相关系数达到0.87,在乡镇企业中实施清洁生产具有十分积极的意义。清洁生产不仅提高工业企业的生产工艺,减少“跑、冒、滴、漏”等低处理标准废水的排放,大大削减废水污染物的排放量,可以避免和减少末端治理不彻底造成的二次污染;同时其成本大大低于末端治理所需成本,对减少工业生产投入,提高工业生产效益也具有积极意义。不少企业已经尝到了清洁生产的甜头,如次坞镇上峰集团(造纸)等。

也应看到,在乡镇企业中推广清洁生产存在较大难度。本研究认为,影响乡镇企业清洁生产的主要障碍主要在于意识、技术与经济等三个方面(详见讨论)。因此在城镇中推广清洁生产应注意以下问题:

① 以乡镇重点企业为突破口,有步骤有计划逐步推广实施,同意给予技术支持;

② 制订合理的排污收费标准和环境经济政策,体现实行清洁生产的利益,利用经济杠杆引导企业;

③ 对污染产品附加环境资源治理和补偿资金,使之有能力治理污染。

● 因地制宜建设城镇污水处理系统

根据对19个城镇污水特点的分析发现,19个城镇中日均污水总量平均值为1.03万t,仅4镇污水量接近或达到2万t,占总数的20%,污水量最大的城镇为

水头镇,日均污水量也仅 5 万 t,城镇污水总量偏小,污水处理厂规模效益不明显。另一方面小城镇经济实力较为单薄,资金投入捉襟见肘。城镇污水处理系统的建设不应原班照抄城市污水处理厂的建设模式,其建设应坚持以下原则:

1 结合流域或区域综合治理规划,根据城镇实际情况,以集中控制为主,分散治理为辅,两者相结合;

2 包括收集系统在内的治理设施建设费用低廉,适用于城镇目前的经济发展水平和已有设施的实际状况;

3 运行费用低于一般城市污水处理费用,使当地政府、企业和城镇居民能够承受;

4 因地制宜,充分利用当地自然条件,如利用天然荒地、洼地等;

5 废水资源化利用,如污水农灌,中水回用等;

6 扩大融资渠道,积极引入私人资本。

● 以生态农业理念为指导,预防农村面源污染防治

农村面源污染亦不容忽视。事实上,在被调查的 19 个城镇中,普遍存在的农村面源污染问题,如农田化肥施用强度高、畜禽养殖废水处理率低的特点,都可以归结为传统农业的影响。而正是在这种背景下,生态农业的概念和理论正得到越来越多的重视,关于生态农业的研究与应用已十分成熟。从研究成果和实际应用来看,发展生态农业不仅可以减少面源污染物排放,同时亦可以增加显著的经济效益。

● 污水资源化利用——污水回灌

国内外污水再生利用经验显示,污水处理厂出水水质相对稳定,不受气候等自然条件显示,只要处理得当就可成为城镇的第二水源^[88]。污水回灌既可以消除废水污染物排放对水环境质量的影响,又能促进生态的良性循环,是解决水资源紧缺的重要途径之一,因此在北方缺水地区应用较为普遍^[89]。在被调查的 19 个小城镇中,除少数城镇(牌头镇)将镇区内少量生活污水用于农田灌溉外,其余城镇均未实施污水回灌。随着社会经济的迅速发展,部分小城镇将受到水资源的困扰,开展污水回灌具有较强的现实意义。

4.2.2 小城镇水污染防治案例研究

● 产业结构调整案例分析

案例 A——瑞安市塘下镇小电镀工业整治

塘下镇工业污染源主要来自于废塑料洗涤废水、电镀废水（含小冶炼洗矿废水），在工业废水污染整治中，这两类废水的处理存在较大的技术难度。由于小电镀、小冶炼均属于“十五小”行业，按照相关规定应予以取缔。但小冶炼是塘下当地农民的主要收入来源，考虑到经济发展、社会稳定和环境保护等诸多因素，将这些污染严重的工业企业分布分阶段进行整治和淘汰，要求所有排污企业废水达标排放。废塑料洗涤业在该镇工业产业中所占比例较小，因此采取近期禁止发展，在 2005 年以前全部转产，对现有的废塑料洗涤行业进行必要的处理。2005 年将分散的小电镀集中至电镀工业园中，排放废水集中处理。

案例 B——天台县白鹤镇绿色农产品加工园区建设

白鹤镇属于传统农业型城镇，经济欠发达，人民生活水平不高，经济发展成为该镇首要任务。但由于白鹤镇位于台州饮用水源保护地上游，从水源保护的角度出发，该镇工业经济发展受到很大制掣。该镇农业资源丰富，农产品加工行业已初具规模，因此发展食品加工产业成为发展经济的一条捷径。2003 年，该镇在天台县县政府的指导下，开始建设绿色农产品加工园区，吸引高新技术农产品加工企业（如浙大佳能康、康能实业）入园，从目前入园企业生产情况来看，经济效益十分明显。农产品加工用水及废水排放量小，经园区集中处理后排入水体，对水体环境质量的影响在可控范围之内。

● 清洁生产实施案例分析

论文选取次坞镇上峰集团有限公司、牌头镇天洁集团矽钢有限公司做为案例研究，以上二家企业分别为我省同类行业中的龙头企业，具有经济规模大，技术基础较为雄厚的优势，但同时也存在资源浪费、排污量大等问题，在当地废水排放中占主导地位，因此开展循环经济具有很强的针对性和现实意义。

案例 A 上峰集团有限公司成纸生产技改项目

上峰集团有限公司是浙江省明星包装企业，次坞镇工业经济的支柱之一。由于种种原因，该公司目前成品纸生产车间水资源浪费现象严重，COD 排放量大大超过总量控制值，因此在原有生产基础上实施技术改造，技术改造中注重清洁生

产理念，取得了良好的效果，技术改造效果图见下图。

从技改水平衡图中可以看出，在不影响产品质量的同时，最大限度地利用了水资源，同时也减少废水污染物的排放，减少了废水处理的难度和成本，既创造了企业经济效益，又大大减少了对水体环境质量的影响，技改前后对比见下表。

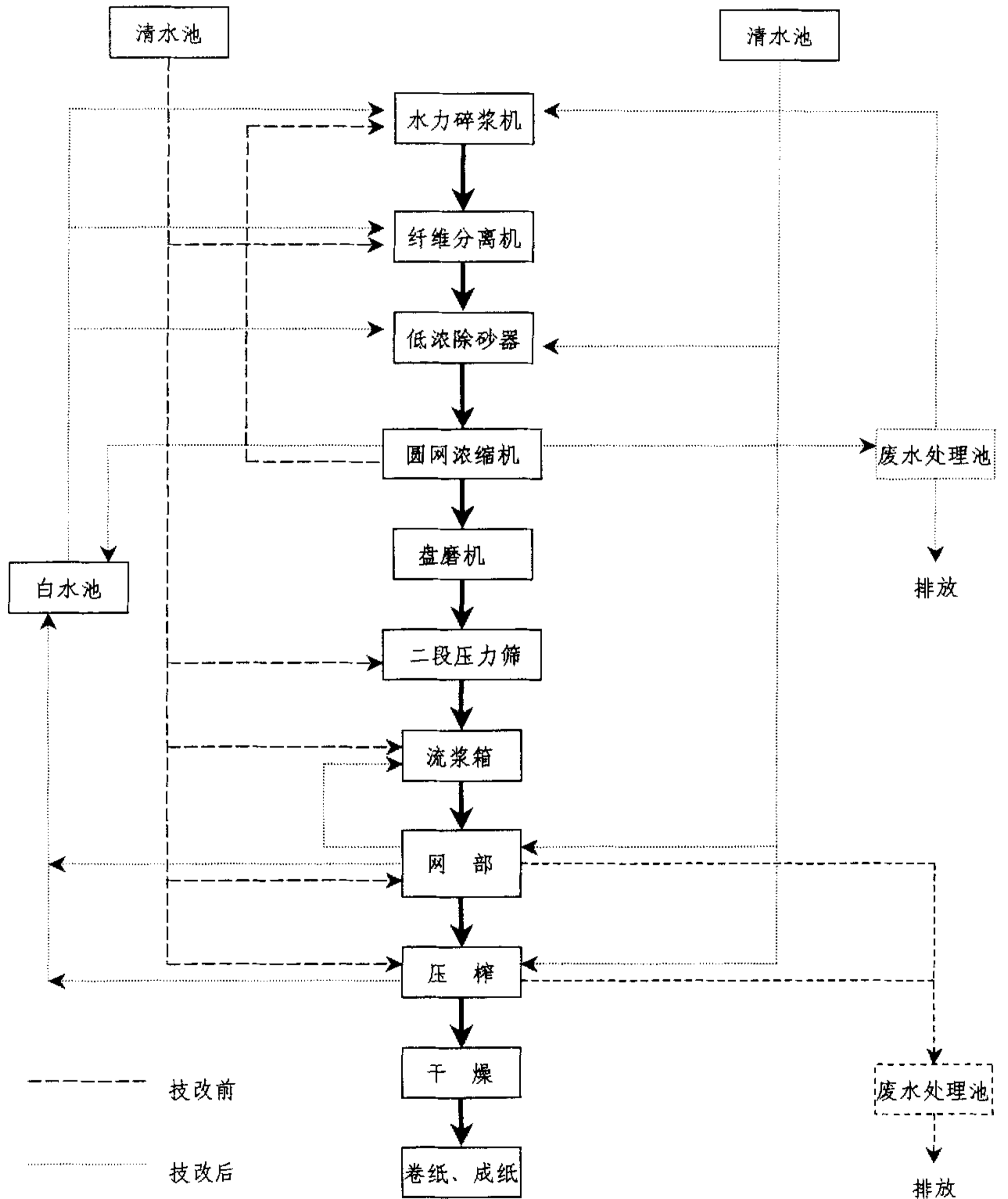


图 4-4 技改前后水平衡分析简图

表 4-11 技改前后指标对比

项目	水重复利用率 (%)	t 纸耗水 (t)	t 纸排水 (t)	t 纸 COD 排放 (kg)
技改前	50	67	64	16
技改后	80	22.3	22	2.2
技改前后变化	+30	-45.3	-42	-13.8

案例 B 天洁集团矽钢有限公司 20 万吨冷轧项目

天洁集团矽钢有限公司年产 20 万吨冷轧电工硅钢薄板工程项目于 2003 年在牌头镇实施，固定资产投资 49980 万元，建立冷轧硅钢片产品的生产基地，形成年产 20 万 t 冷轧硅钢片的生产能力。

冷轧硅钢工艺主要产生污染的工段在于酸洗工段，由于热轧原料卷表面上附着氧化铁皮，主要成分为 Fe_2O_3 ，需要使用盐酸对热轧原料卷进行酸洗，因此酸洗过程中产生一定量废酸液；酸洗后需加入清洗水清洗带钢表面的残留酸液，形成清洗液，原料使用及污染源强汇总见下表。

表 4-12 酸洗工段原料消耗及污染源强汇总

主要原料消耗	污染物产生源强
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 清洗水: 50 万 t ➤ 盐酸 (20%): 4460t 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 清洗废水: 50 万 t, pH ≈ 2 ➤ 酸洗液: 4460t, 盐酸浓度 5%, Fe^{2+} 浓度 120g/L

从表 4-12 可知，由于生产规模较大，因此污染物产生量是很大的，特别是酸度和亚铁离子浓度较高，处理难度较大，但同时又具有很高的回收价值，从循环经济的角度出发，考虑到轧钢工艺对清洗水的质量要求，该项目引入清洁生产工艺。常规处理办法与清洁生产的对比见下表。

表 4-13 常规处理办法与清洁生产方案对比

项目	清洗水		酸洗液	
	常规办法	清洁生产	常规办法	清洁生产
处理方案	加碱中和	加碱中和, 加氧氧化 Fe ²⁺ , 回用 80%	加碱中和	Ruthner 酸液再生
处理效果	废水排放 50 万 t, pH6~9, Fe ²⁺ 20mg/L	废水排放 10 万 t, pH6~9, Fe ²⁺ < 3mg/L	废水排放 0.446t, pH6~9, Fe ²⁺ 30mg/L	废水不排放
*环境影响	废水量大, 铁离子浓度高, 对水环境影响较大; 环境损失-500	废水量大大减小, 对水环境影响不大; 环境损失-100	铁离子浓度高, 对水环境有一定影响; 环境损失-50;	—
*环保投资	-400	-480	-50	-300
*回收价值	—	> 水回收: +200 > 铁回收: +20	—	> 纯 Fe ₂ O ₃ 回收: +250 > 盐酸回收: +500
*单项收益	-900	-360	-100	+450
*总收益	常规办法: -1000; 循环经济模式: +90			

*投资与回收单位为万元, 以 10 年做为计算期

● 城镇污水处理系统建设案例

案例 A—诸暨市店口镇污水处理厂建设 (二级污水处理厂)

做为浙江省十强镇之一的店口镇, 该镇社会经济发达, 但与社会经济发展不协调的是, 该镇还没有污水集中处理设施, 有限的环境容量制约了社会经济的进一步发展, 下表是关于该镇污水产生量的预测。

表 4-14 店口镇废水排放量预测值

规划年	工业废水排放量 万 t	生活废水排放量 万 t	总排放量 万 t	日排放量 万 t
2002 年	343	364	707	1.9
2005 年	700	377	1077	2.9
2010 年	1604	443	2047	5.6
2020 年	3200	511	3711	10.0

预测结果显示, 污染物的排放总量日渐增大, 污水处理厂的建设刻不容缓。从以下几个方面考虑:

① 经济总量大, 经济发展迅速;

店口镇是浙江省十强镇之一, 经济实力雄厚, 2005 年 GDP 总值预计达到 50 亿元, 工业总产值预计达到 289 亿元, 有能力建设城镇污水处理厂。

② 周围城镇污水可以纳入店口管网

店口镇做为诸暨市北部小城镇，在经济上对周围小城镇起到了很强的辐射作用，可以将周围城镇污水纳入店口管网，使得废水总量增大，易形成规模效益；

③ 城镇纳污管网等基础设施建设完善。

建设方案：污水处理厂规划分期建成，一期工程处理能力 7 万吨/日，占地 7ha，现已开始建设，将于 2005 年投入运营。随着污水量的不断增加，到中期考虑到扩容问题，二期规划在中期 2010 年开始动工，规模达到处理能力 15 万吨/日，以适应店口镇发展成为小城市的需要。

案例 B—临海市尤溪镇污水处理系统建设（中水回用）

尤溪镇经济欠发达，属于农村面源污染城镇。由于城镇污水总量较小，目前仅 28 万 t/年，建设污水处理系统是不合适宜地。因此考虑该镇污水处理系统以分散治理为主，即针对城镇生活污水采用化粪池进行处理，远期污水纳入临海市污水处理厂集中处理。

同时由于尤溪镇内义成港为临海市的 II 类水体功能区，不能将处理后的污水直接排入水体，因此需设计中水回用技术，途径之一：将污水处理后达到《农田灌溉水质标准》蔬菜类标准用于灌溉，途径之二：鼓励工业园区中的企业进行生产工艺改造，一方面促进水资源循环使用，减少废水排放，另一方面在某些生产或后勤部门中使用中水。途径之三：对新建的住宅小区、宾馆采用双管供水，对城镇消防用水、地面冲洗水、绿化用水、公厕用水中采用中水。

案例 C—诸暨市枫桥镇污水处理厂建设（人工湿地）

枫桥镇目前日排放废水总量 1 万 t 左右，2005 年将达到 2 万 t 左右，根据特征分析，该镇属于生活污染型城镇，从枫桥镇的水质现状分析，污水中 COD_{Cr} 浓度较低，且不含有如重金属等不利微生物生长的污染物存在。

该镇建成区以北有一块天然湿地，占地 2 公顷左右，原为电排站所在地，该镇废水可生化性良好，考虑采用人工湿地处理生活城镇污水。

● 农村面源污染防治案例——周王庙镇农村面源防治

根据隶属度计算，周王庙镇农村面源隶属度达到 0.58，是典型的农村面源型城镇。该镇农田化肥施用强度 $1500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，是生态镇标准的 5.53 倍。该镇畜禽养殖规模大，但规模化养殖和养殖污水处理率极低。大量农村面源污染物的排放，使得城镇水体氮磷指标超标。

为此，该镇将农村面源污染防治做为重点，采取了一系列推广措施，如调整农业种植结构，大力提倡使用有机肥；推广高效、低毒农药；严令当地规模养殖户（3000 存栏）建立污水处理设施；在农村中开展污水净化池建设等等。

第 5 章 讨论

5.1 对小城镇样本选取及基础数据合理性的讨论

小城镇基础数据调查是本研究前期工作的重点，是研究结论的依据，与研究结论直接相关。但小城镇基础数据获取存在一定难度：

难点一：基础数据涉及面广，信息量大

城镇基础数据涉及到社会经济发展、环境质量数据、城镇建设等多个方面，而每个方面又包含诸多个子因素，数据种类繁多，信息量大。对以上数据的调查收集是一项非常繁重的任务，每个城镇的调查均需要数月时间。

难点二：环境数据获取难度大

监测数据：由于省站、市站常规监测断面一般不包括小城镇水体，很多小城镇缺乏水质常规监测数据，论文中大多数城镇也是因为环境规划的需要才进行的监测。

污染物排放数据：此类数据更难于获得。譬如工业污染物排放数据，小城镇排污申报企业仅少数几家，很难掌握全镇排污情况。

本研究于 2002 年~2004 年期间，调查研究了我省 40 余个小城镇，但囿于基础数据方面原因，论文仅从中选取了 19 个基础数据较为齐备的城镇做为研究样本。鉴于本研究调查样本的局限性，研究结果是否普遍适用于浙江省，还有待于进一步证实。

5.2 上游废水排放对计算结果的影响

水体是流动地，它流经多个城镇，因此不能单独地把水体由城镇单元孤立开来。论文尽管是研究单个城镇水污染特征，但上游城镇废水排放对下游城镇水体环境质量有一定影响，它也是影响下游城镇水质的一个重要因素，也就是说城镇水体环境质量监测结果不一定能反映该城镇的废水贡献情况，对计算结果有一定干扰。论文对这种干扰进行了分析，分析结果见下表。

表 5-1 河流上游情况一览表

小城镇	主要河流	河流性质	影响较大因子
店口	浦阳西江	河流上游	无
塘下	温瑞塘河	河流下游	COD _{Cr} 、氨氮、P
桥头	茹溪	河流下游	无
赤岸	丹溪	河流起源	无
枫桥	枫桥江	河流上游	无
次坞	次坞溪	河流起源	无
水头	鳌江	河流下游	COD _{Cr} 、氨氮、P
牌头	浦阳东江	河流上游	无
杜桥	百里大河	河流下游, 前方城镇为小芝等, 无工业污染	氨氮、P
周王庙	辛塘江	河流下游, 前方城镇为长安, 崇福等镇, 农业面源污染较重	氨氮、P
城关	始丰溪	河流下游, 前方城镇平桥、白鹤等	无
昆阳	平瑞塘河	河流下游	COD _{Cr} 、氨氮、P
五泄	五泄江	河流起源	无
白水洋	永安溪	河流上游	无
尤溪	义城港	河流起源	无
小芝	小芝溪	河流起源	无
平桥	始丰溪	河流起源	无
大堰	县溪	河流起源	无
白鹤	三茅溪	河流起源	无

根据上表分析, 上游废水排放对下游城镇影响较大的主要有: 塘下、水头、杜桥、周王庙、昆阳等五个镇, 占城镇比例的 26.3%。上游废水排放对以上五个城镇的影响分别如下:

1 塘下镇

温瑞塘河受温州市区工业及生活污水影响，导致 COD_{Cr} 、氨氮、P 指标超标，而论文在计算隶属度过程中，未考虑到上游工业及生活污染物排放的影响，因此在实际结果中农村面源隶属度应有所下降。塘下镇划分类型为工业污染城镇，结论应是可信地。

2 水头镇

平阳县工业经济发达，鳌江流域工业污染较为严重。鳌江在流经水头镇前，分别流经顺溪、南雁、凤卧等镇，以上城镇工业污染物的排放量较大，对鳌江（水头段）水环境质量如 COD、挥发酚等影响十分明显，因此工业污染隶属度应上升。考虑到水头镇划分类型为工业污染城镇，因此对结论影响不大。

3 杜桥镇

百里大河流经整个临海中北部，流经区域多为农村，上游农村面源污染物的排放未考虑在内，因此农村面源隶属度应有所提高。但该镇主要污染因子为石油类（工业污染），而氨氮、总 P 等指标良好，因此上游废水的干扰不十分明显。

4 周王庙镇

周王庙镇位于辛塘江下游，前方城镇为长安，崇福等镇，上游农业面源污染较重，因此农村面源隶属度应有所提高。但该镇划分类型为农村面源污染城镇，因此不影响划分结论。

5 昆阳镇

该镇属于平瑞塘河流域，由于对流经城镇污染物排放数据缺乏了解，所以无法得出影响结论。

根据以上分析，上游废水排放对 5 城镇均有一定影响。其中 4 镇上游废水排放对计算结论影响不大，对昆阳镇的影响无法估算。

5.3 对计算模式合理性和适用性的讨论

论文中对水污染特征的计算主要包括两方面：城镇污染类型的计算、水环境质量相关性分析，其中城镇污染类型的计算采用模糊数学法，而相关性分析则采用直线相关和 SPSS 软件进行计算。

论文根据城镇废水类型划分其污染类型。城镇废水主要来自三个方面：工业废水、城镇生活污水（建成区）以及农村面源污染物。由于废水中污染因子、污

染物总量的不同，各类废水对城镇水质的影响（或贡献）亦不同。论文采用模糊数学法对各类污染物贡献值进行模糊计算，与传统的污染负荷计算方法相比，更加系统化，更能反映污染特征，原因是：

一 各类污染物包含不同的污染因子，而不同的污染因子对水体的影响是不同地，具有模糊性。传统的污染负荷计算方法仅针对污染物的总量进行对比，很难得到全面的计算结果。

二 采用模糊数学对污染物隶属度进行计算，按二级指标进行评价，第一级指标为各类污染物，包括工业、生活、农村面源等三方面，第二级指标包括 COD、氮、磷以及特征因子，并根据水体污染因子的环境质量分别赋以权重值，这样计算出来的结果可以很好的避免传统污染负荷法计算的粗略性，使得计算出来的结果更能反映出小城镇的污染类型。

5.4 城镇污染特征变化趋势因素的讨论

论文也对小城镇污染特征变化趋势进行分析，但由于污染因子的质量指数难于预测，因此仅从废水排放变化方面进行讨论。

论文选取部分城镇废水排放预测值（COD_{Cr}）进行讨论，2010 年预计排放量见下表。

从表 5-2 ， 5-3 可以看出，在上述 5 个城镇中，2010 年各类污染物排放量均比 2002 年有所增加，从增长倍数比较，工业污染=5.3>生活污染=2.5>农村面源=1.1，工业污染排放量呈显著上升趋势。

表 5-2 2010 年部分城镇 COD_{Cr} 预计排放情况 (t/a)

城镇	工业废水		生活污水		农村面源污染	
	2002 年	2010 年	2002 年	2010 年	2002 年	2010 年
店口	503	2223	1376	1491	692.7	694
塘下	2413	10211	1095	1788	486	528
牌头	250	600	219	357	210	257
尤溪	8	104.4	55	360	228	270
枫桥	419	941	318	528	307	338

表 5-3 污染物增长倍数一览表

城镇	工业废水	生活污水	农村面源污染
店口	4.41	1.08	1
塘下	4.23	1.63	1.08
牌头	2.4	1.63	1.22
尤溪	13	6.54	1.18
枫桥	2.24	1.68	1.10
平均增长倍数	5.3	2.5	1.1

造成这种变化趋势的原因主要有以下几个方面：

一 工业经济的发展大大高于农村经济发展速度

工业经济做为城镇经济的主要支柱，其发展速度大大高于农村经济的发展，下表是部分城镇工业经济及农业经济发展增长率之间的关系。工业经济的迅速发展，必然产生大量的工业废水污染物。

表 5-4 部分城镇工农业经济增长率（~2010 年）一览表

城镇	工业经济增长率 %	农村经济增长率 %
塘下	20	5
店口	25	7
牌头	20	4
枫桥	20	4
尤溪	15	3
水头	17.6	4.5
平桥	20	5
白水洋	17	6
小芝	15	5

二 农村经济增长方式的转变

近年来，农村经济增长方式由传统的种植业向多元化特种经营转变，耕地面积、化肥施用强度等指标均难以上升，使得农村面源污染增加幅度不大。

三 农村人口向城镇人口集聚

随着社会经济的进一步发展，小城镇城镇化趋势愈加明显，大量的农村人口涌入城镇，人口集聚速度加快，以杜桥镇和水头镇为例：

表 5-5 杜桥镇城镇人口发展趋势统计

指标	年份					
	1994 年	1996 年	1998 年	2000 年	2005 年	2015 年
镇域总人口(人)	90100	92000	94000	95700	195700	207800
城镇人口(人)	8825	9657	10363	10689	45000	120000
城市化率(%)	9.8	10.5	11.1	11.2	23.0	57.7

表 5-6 水头镇城镇人口发展趋势统计

指标	年份				
	1999 年	2000 年	2002 年	2005 年	2010 年
镇域总人口(人)	6.09	8.57	9.38	11.0	16.5
城镇人口(人)	1.93	3.40	5.91	7.16	11.36
城市化率(%)	31.2	40.0	63.1	65.0	70

由于城镇人口向建成区集聚，导致原来农村生活污水向城镇生活污水转变，这也是导致农村污染增长速度偏低的原因之一。

5.5 影响乡镇企业实施清洁生产的障碍分析

与城市大型企业相比较，乡镇企业清洁生产意识较为薄弱。影响乡镇企业实施清洁生产的主要障碍主要在于意识、技术与经济等三个方面。

一 清洁生产意识滞后

清洁生产意识滞后是影响企业实施清洁生产的关键，而造成这种情况的原因来自主观和客观两个方面。主观方面，绝大多数乡镇企业依然受传统环境保护概念与单纯经济增长理论的影响，认为企业的关键在于发展生产，企业的环保工作只要抓住“末端治理”，实现达标排放即可；客观方面，由于乡镇企业规模小、数量大，导致上级环保主管部门对大多数乡镇企业的管理力不从心，难于对企业

污染行为起到监督作用；许多乡镇企业生产过程中所需原料十分廉价（譬如水），企业看不到实施清洁生产后带来的效益。

例如赤岸镇华川集团有限公司：

企业生产用水量大，约为 4.25 万吨/日，年用水总量达到 1445 万吨，其中清水用量约为 1.72 万吨/日，清水年用量为 584.8 万吨，占总用水量的 40.47%，清水来源为企业附近的丹溪。循环利用水量为 2.53 万吨/日(年循环利用水量为 860.2 万吨)，循环率仅为 60%。

该类问题在次坞镇上峰集团有限公司（造纸）中同样突出。

二 经济条件制约

清洁生产一次性投入较大，如设备更新，方案设计、环保设施建设等等。而根据表 3-9 城镇重点企业名单，由于大多数乡镇企业规模小，自身资金周转困难，导致清洁生产方案在进行可行性分析之前即被扼杀，使清洁生产工作难以深入。

例如塘下镇电镀企业：

在调查该镇韩田电镀中心等发现，由于电镀加工中工件的传递、物料的输送、电镀液加热物料的挥发、溶液处理、过滤的损失，加之操作的不当、废品退镀、设备泄漏等原因，电镀过程中物料浪费严重，电镀工业中主要化学原料的利用率平均只有 40%~60%，其余都以废气、废水和废渣等形式排入环境，不仅造成了物料的损失，同时导致塘下镇水环境质量中重金属指标严重超标。电镀企业清洁生产方案实际已非常成熟，如减少镀件附着液的带出量和槽液蒸发量，改进镀件清洗方法，采用逆流清洁技术等，但应用到小企业中时，则由于一次性投入过高而难产。

三 技术水平限制

与城市大型工业企业相比，乡镇企业在企业管理、生产技术水平、员工素质等等方面存在较大差距，导致清洁生产方案实施在技术上有一定难度。

例如牌头镇天洁集团矽钢有限公司：

该企业属于机械加工行业，企业经济效益位列我省同类企业前列，主要产品为热轧硅钢片，年产量 10 万 t 左右，主要包括熔炼、钢包、连铸、酸洗、退火等工序，在生产过程中需要用到大量的清水用做清洗水和冷却水，年用量为 7 万 t 左右，公司目前（2002 年）水回用率仅 30%，冷却水年排放量约为 5 万 t 左右。造成水回用率偏低的主要原因在于公司的技术力量薄弱，在生产工艺参数、工人

技术培训等方面缺乏经验指导,譬如酸洗工艺中的盐酸浓度、酸洗温度等关键技术。与国内著名同类企业太原钢铁公司相比,仅水回用率一项,就相差 40~50 个百分点。为改变这种现状,企业聘请太钢资深专家进行现场辅导,实施清洁生产技术改造,从试运行结果来看,水回用率可提高到 70%左右,节水效果十分明显。可以预见,若正式生产,不仅能提高水回用率,增加经济效益,同时亦减少酸洗废水排放总量,则能大大改善牌头镇水环境质量。

5.6 论文存在的不足和进一步研究

5.6.1 样本需要进一步充实

本研究于 2002 年~2004 年期间调查了我省 40 余个城镇,也获得了大量的城镇基础数据,最终以 19 个城镇为研究对象。19 城镇占浙江省小城镇比例约为 2.5% (浙江省城镇个数 858),其中包含的 10 个中心镇占浙江省中心镇比例约为 9.5% (浙江省中心镇个数为 105,不含市本级)左右。为使得研究结果更加符合浙江省小城镇实际情况,更加有说服力,论文需要进一步充实样本量。

5.6.2 数据量化问题

为了研究各个参考因子与城镇水体环境质量之间的关系,论文采用直线相关法和 SPSS 软件进行计算分析。为了便于相关度计算,论文将参考因子均予以量化。

参考因子按照数据类型划分大致可以分为两类:1 数字化因子;2 非数字化因子。因子类型情况见下表。

表 5-7 因子类型分布情况

因子类型	子指标
数字化因子	GDP 总量、人均 GDP、工业总产值
	第三产业产值、企业产值、农业总产值
	工业废水达标率、城镇人口密度、建成区面积
	工业污染物隶属度、生活污染物隶属度、农村污染物隶属度
非数字化因子	工业产业结构
	行业类别
	清洁生产意识及环保投入

由于数字化因子本身即以数字形式出现，因此不存在量化问题。而非数字化因子量化时主观性较强，量化结果易对相关性计算产生较大影响，因此论文在选取参考因子时尽量避免非数字化因子。论文中出现的非数字化因子有工业产业结构、企业所属行业、清洁生产意识及环保投入等三个因子。

论文对这三个因子的量化办法主要是：

工业产业结构和行业类别，在国民经济类型划分和各城镇产业经济总量进行主观打分；

企业清洁生产意识及环保投入，则是在走访企业的过程中，通过调查、询问等方式实行主观打分。

这种评分方法主观性较强，评价结果过于粗略，对计算分析结果有一定影响。因此应建立一个科学的量化模式，使得量化结果更加合理，这是论文需要在下一步工作中应进一步完善补充的。

附录：与本研究相关的科研活动和成果

自 2002 年起陆续承担了县及小城镇环境规划及乡镇企业环境影响评价 ISO14001 环境管理体系认证的课题任务：

◆ 环境规划

- 天台县生态示范区建设规划
- 天台县生态县建设规划
- 浙江省天台县平桥镇生态环境保护规划
- 浙江省诸暨市枫桥镇环境保护规划
- 临海市小芝镇生态镇建设规划
- 诸暨市牌头镇环境保护规划
- 诸暨市店口镇生态环境保护规划
- 诸暨市五泄镇生态环境保护规划

◆ 环境影响评价

- 浙江露笑机械制造有限公司年产 8000 吨特种铜漆包线扩建项目环境影响报告书（店口镇）
- 天洁集团矽钢有限公司年产 20 万吨冷轧电工硅钢薄板工程项目环境影响报告表（牌头镇）
- 浙江诸暨市牌头镇工业园区环境影响报告书（牌头镇）
- 诸暨市（牌头）环保装备产业基地环境影响报告书（牌头镇）
- 天台县天台县绿色农产品产业工程环境影响报告书（白鹤镇）
- 上峰集团有限公司造纸废水污泥资源综合利用产业化项目环境影响报告书（次坞镇）

已录用的相关论文:

吴建, 王莉红, 王卫军. 城镇污水处理厂 BOT 项目运作程序及风险管理.
污染与防治, 2003

王卫军, 王莉红, 吴建. 企业有效识别环境因素的工作模式.
污染与防治, 2003

吴建, 王莉红, 王卫军. 环境承载力在浙江省平桥镇环境规划中的应用.
东北师范大学 (自然科学版), 2004

吴建, 王莉红, 王卫军. 城镇污水处理厂 BOT 项目管理研究.
农机化研究, 2004

在本研究完成过程中, 沈学优老师、裴洪平老师、张邦俊老师都给予了极大的帮助, 并为本研究提供了宝贵的基础数据, 主要内容包括:

◆ 环境规划

- 浙江省台州市国际化文明生态城市生态建设规划
- 义乌市创建国家环境保护模范城市规划
- 诸暨市创建国家环境保护模范城市规划
- 临海市杜桥镇环境综合整治规划
- 瑞安市塘下镇环境规划研究报告
- 临海市尤溪镇环境保护规划
- 平阳县水头镇环境保护规划
- 平阳县昆阳镇环境保护规划
- 海宁市周王庙镇环境保护规划
- 菇溪流域水污染防治规划 (青田县、永嘉县)

◆ 环境影响评价

- 华川集团公司高档牛皮箱板纸造纸及制浆技改项目 (义乌赤岸镇)
- 菲达环保科技股份有限公司环境影响报告书 (诸暨城关镇、牌头镇)
- 天台县城关镇污水处理厂建设项目环境影响评价报告书 (天台城关镇)

参考文献

- [1] 孙铁财,周启星,李培军.污染生态学[M].北京:科学出版社,2001
- [2] 周启星,黄国宏.环境生物地球化学及全球环境变化[M].北京:科学出版社,2001
- [3] 周启星.从第二届世界水资源论坛看辽宁的水资源危机及对策[J].生态学杂志.2002,21(2): -36-39
- [4] 浙江农村小城镇发展状况分析.<http://www.sannong.gov.cn/fxyc/xczjs/200208090259.htm>
- [5] 浙江省统计局《浙江小城镇的发展与思考》.<http://www.zj.stats.gov.cn/content/nr.asp?keyvalue0=1102>
- [6] 赵铮红,潘毅.浙江省农村生态环境现状与保护对策[J].能源工程.2001(6): -24-27
- [7] 浙政发[2003]23号《浙江省人民政府关于印发<浙江生态省建设规划纲要>的通知》
- [8] 浙江省环保局《浙江省环境状况公报》(1997~2002年)
- [9] 国家环保总局《中国环境状况公报》(1989~2002)
- [10] 国家环保总局《全国乡镇工业污染源调查公报》.环境保护.1998(3).-3-4
- [11] 中科院生态环境研究中心.《浙江省台州市国际化文明生态城市生态建设规划大纲》.2003,3
- [12] 浙江生态省建设工作领导小组办公室.《浙江生态省建设规划纲要》
- [13] 朱利中,松下秀鹤等.室内空气中多环芳烃的污染特征、来源及影响因素分析[J].环境科学学报.2001,21(1).-64-68
- [14] 朱利中,沈学优等.城市居民区空气中多环芳烃污染特征和来源分析[J].环境科学.2001,22(1).-86-89
- [15] 魏复盛,胡伟等.空气污染与儿童肺功能指标的相关分析[J].中国环境科学.2001,21(5).-385-389
- [16] 王玮,王英等.北京市春季沙尘暴天气大气气溶胶污染特征研究[J].环境科学学报.2002,22(4).-494-498
- [17] 朱利中,王静等.厨房空气中 PAHs 污染特征及来源初探[J].中国环境科学.2002,22(2).-142-145
- [18] 吴新民,李恋卿.南京市不同功能城区土壤中重金属 Cu、Zn、Pb 和 Cd 的污染特征[J].环境科学.2003,24(3).-105-111
- [19] 张娜,崔树彬等.黄河水系氮污染特征初探[J].环境化学.2003,22(2).-105-109
- [20] 何江,王新伟等.黄河包头段水—沉积物系统中重金属的污染特征[J].环境科学学报.2003,23(1).-53-57
- [21] 周海丽,史培军,徐小黎.深圳城市化过程与水环境质量变化研究[J].北京师范大学学报:自然科学版.2003,39(2).-273-279
- [22] 胡雪峰,高效江.上海市郊中小河流夏季水污染特征研究[J].长江流域资源与环境.2001,10(5).-448-453
- [23] 贾玉霞,鞠复华.辽河水系水质污染特征分析[J].中国环境监测.1999,15(2).-51-53
- [24] 张勇,王云等.上海市地表水水质近 20 年的变化[J].环境科学学报.2002,22(2).-247-251
- [25] 杨鲁豫,王琳,王宝贞.适宜中小城镇的水污染控制技术[J].中国给水排水.2001,17(1).-23-25
- [26] 潘国绍,蔡建强等.绍兴鉴湖富营养化现状调查及防制对策[J].中国公共卫生.2003,19(9).-1104-1105

- [27] 钱秀红,徐建民等. 杭嘉湖水网平原农业非点源污染的综合调查和评价[J].浙江大学学报.农业与生命科学版.2002,28(2).-147-150
- [28] 刘天齐,孔繁德,刘常海.城市环境规划规范及方法指南[M].北京:中国环境科学出版社,1993
- [29] 刘天齐,黄小林等.区域环境规划方法[M].北京:化学工业出版社,2001
- [30] 郭怀成. 系统动力学在城市水污染控制规划中的应用[J]. 环境科学丛刊.1989,10(3).-13-22
- [31] 岳建华,王华东. 灰色系统理论在城市水污染控制系统中的应用[J]. 中国环境科学.1991,11(4).-251-255
- [32] 刘玉生,郑丙辉. 滇池水污染控制系统规划[J]. 环境科学研究.1992,5(2).-1-7
- [33] 韩保新,郭振仁. 沿海城市的水污染控制系统规划方法及其应用[J]. 中国环境科学.1993,13(3).-234-238
- [34] 李金明 钱雯超. 天津市工业废水污染控制问题的研究[J]. 城市环境与城市生态.1999,12(6).-7-9
- [35] 王健民,陆雍森,俞开衡等.乡镇企业环境污染对策知识[M].北京:中国环境科学出版社,1989
- [36] 李远. 乡镇工业污染防治战略初探[J]. 中国人口.资源与环境.1994,4(1).-80-84
- [37] 张维平,王绍芳. 乡镇企业发展对农村生态环境的污染及其对策探讨[J]. 农业环境保护.1994,13(6).-283-284,261
- [38] 何明明,袁瑾英. 乡镇工业污染防治对策[J]. 环境保护.1997(11).-9-10
- [39] 曹凤中. 我国乡镇企业的大气,水污染及对策[J].环境保护.1997(5).-3-6
- [40] 康瑾瑜 钱智光. 秦皇岛市乡镇工业污染防治对策研究[J].农村生态环境.1998,14(2).-59-63
- [41] 胡文聪,吕菲菲. 乡镇企业环境污染现状,产生原因和防治对策[J]. 环境污染与防治.1999,21(2).-7-8
- [42] 张立富,张锦梅. 控制和治理乡镇企业污染的对策[J].农业经济问题.2002(6).-50-53
- [43] 张雪花 郭怀成. SD—MOP 整合模型在秦皇岛市生态环境规划中的应用研究[J]. 环境科学学报.2002,22(1).-94-97
- [44] 陈燕. 环境承载力分析方法在嵩明县工业布局规划中的应用[J]. 云南环境科学.1998,17(4).-6-8
- [45] 陈年.重庆城市综合环境功能分区中层次权重解析法的应用[J]. 中国环境科学.1998,18(4).-345-348
- [46] 石磊,钱易.国际推行清洁生产的发展趋势[J]. 中国人口·资源与环境.2002,12(1).-64-67
- [47] 陈文松,韦朝海. 促进经济与环境效益协调发展的重要手段—清洁生产[J]. 重庆环境科学.2003,25(1).-56-58
- [48] 于吉. 大力推行清洁生产严格控制工业污染[J].企业管理.2002(1).-31-33
- [49] 劳期团. 转变工业污染防治模式 促进工业的可持续发展[J]. 环境保护.1996(2).-36-37
- [50] 吴坚阳 陈英旭. 浙江省推行清洁生产对策,措施建议[J]. 环境污染与防治.1999,21(2).-36-39
- [51] He P,Wang J H.The current,difficulty and challenge in studies of control and management of non-point source pollution.Agro-environmental protection,1999,18(5):234~237
- [52] Wang F M,Tong Y Y,Wang L L,et.al. Preliminary study on the problems of gradlly serious lake eutropcatoin .Environment and Explotation ,1996,11(4):5~7

- [53] Ekholm P, Kallio K, Salo S. Relationship between catchment characteristics and nutrient concentrations in an agricultural river system, *Water Research*, 2000, 34(15): 3709~3716.
- [54] Stephen A Moccod, Johnna L Kollar. Lake and reservoir management. *Water Environmental Research*, 1998: 70(4)
- [55] 杨桂山, 王德建等. 太湖流域经济发展·水环境·水灾害[M]. 北京, 科学出版社, 2003
- [56] 马立珊, 汪祖强. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究[J]. *环境科学学报*, 1997, 17(1): 39-47
- [57] 刘丽萍, 张秀敏等. 滇池水华综合控制对策探讨[J]. *上海环境科学*, 2002, 21(12): 745-747
- [58] 刘丽萍. 滇池富营养化治理成效及其思考[J]. *重庆环境科学*, 2001, 23(5): 24-26
- [59] 何开丽. 巢湖富营养化现状与治理对策[J]. *环境保护*, 2002(4): 22-24
- [60] 赵民海, 朱文亭. 我国污水处理的发展趋势[J]. *城市环境与城市生态*, 2000, 13(4): 39-41
- [61] 沈耀良等. 废水处理新技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社(第一版), 1999
- [62] 郭莹, 左玉辉. 盐城市市区污水资源化海涂生态工程研究. *城市环境与城市生态*, 1997, 10(1): 14-16
- [63] 唐亮, 左玉辉. 我国小城镇水污染控制战略的思考[J]. *重庆环境科学*, 1998, 20(5): 9-13
- [64] 孙铁衍, 周启星. 污水生态处理技术体系及应用[J]. *水资源保护*, 2002(3): 6-9, 13
- [65] 张凯松, 周启星等. 小城镇无害化、资源化水处理技术研究与应用[J]. *中国工程科学*, 2003, 5(2): 88-92
- [66] 杨健, 施鼎方. 城镇污水处理绿色技术及其进展[J]. *环境污染与防治*, 2001, 23(3): 107-110
- [67] 杨健等. 绿色生态滤池处理城镇污水的中试研究[J]. *环境工程*, 2001, 2[19]: 20-21
- [68] Elliot, D Knight and J M Anderson. Variables controlling denitrification from earthworm cast and soil in permanent pastures. *Boil Fertile Soils*, 1991, 11: 24~29
- [69] Whhte. A vermin-adventure in India. *Worm digest*, 1997, 15: 1.27 and 30
- [70] Bouche, M B. J P Qiu. Contributions des lombriciens aus etudes environnementales concretes. *Doc Pedozool Integrol*, 1998, 3: 225~252
- [71] 杨健, 陆雍森. 上海郊区小城镇污水处理实用技术研究[J]. *环境保护*, 1999(8): 14-17
- [72] 迟廷智, 陈风伦. 人工湿地处理污水的实践[J]. *中国给水排水*, 2003, 19(4): 82-83
- [73] 王薇, 俞燕等. 人工湿地污水处理工艺与设计[J]. *城市环境与城市生态*, 2001, 14(1): 59-62
- [74] 张甲耀, 夏盛林. 潜流型人工湿地污水处理系统的研究[J]. *环境科学*, 1998, 19(4): 36-39
- [75] 刘超翔, 钱易. 滇池流域农村污水生态处理系统设计[J]. *中国给水排水*, 2003, 19(2): 93-94
- [76] 吴建, 王莉红, 王卫军. 城镇污水处理厂 BOT 项目运作程序及风险管理[J]. *环境污染与防治*, 2003, 25(8): 46-48
- [77] Walker C, Smith A J. Privatized infrastructure-the BOT approach. Thomas Telford, London, 1995
- [78] 孙嘉, 杨万东, 史惠祥. 用 BOT 方式建设我国小型污水处理厂的探讨[J]. *给水排水*, 2002, 28(10): 16-19
- [79] 史惠祥, 杨万东. 小城镇污水处理工程 BOT[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- [80] http://www.sh.xinhuanet.com/2003-04/01/content_354664.htm
- [81] <http://online.cri.com.cn/773/2003-1-29/130@150858.htm>
- [82] 周律. 中小城市污水处理投资决策与工艺技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002

- [83] 刘硕,朱建平. 对几种环境质量综合指数评价方法的探讨[J]. 中国环境监测.1999,15(5): -33-37
- [84] 侯克复.环境系统工程[M].北京: 北京理工大学出版社,1992
- [85] 陈守煜.系统模糊决策理论与应用[M].大连: 大连理工大学出版社,1994
- [86] 刘春风,翟瑞彩.基于模糊数学的水质分析[J]. 天津大学学报: 自然科学与工程技术版.2003,36(1).-87-91
- [87] 裴洪平.环境统计学[M].杭州: 浙江科学技术出版社,1999
- [88] Shevah Y,Kohen G.Economic consideration for water used in irrigation in Israel.In Kay M,Franks T,and Smith Leds.Water Economics,Management and Demand,London.1997,-29-37
- [89] 李芳柏,古国榜,肖锦.城市污水处理与农业回用辨析[J].农业环境保护,1998,17(5): -237-239

致 谢

在论文完成之际，我首先要衷心感谢我的导师——王莉红副教授给予我的悉心指导、鼓励和帮助，王老师勇于开拓不知疲倦的工作精神、严谨踏实的治学态度和平易近人的处事方式使我受益匪浅，时时激励着我在人生道路上不断前进。

在此也衷心感谢沈学优教授对我研究生学习期间的精心指导和帮助，感谢环境科学系其他老师对我研究生学习期间的帮助与指导。

感谢浙江省环境保护科学设计研究院的专家们，有了他们的帮助和支持，才使我的论文得以顺利完成。

感谢被调查城镇所在县市的环境保护局、经贸局、农业局等单位对本研究所需数据的大力支持。

最后，对参加本文评议、评阅、答辩和对论文提出宝贵意见的所有专家和老师表示真挚的谢意。