

►太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范(2008ZX07526-007)系列丛书◀

太湖流域 水质目标管理系统设计与实现

TAIHU LIUYU SHUIZHI MUBIAO GUANLI XITONG SHEJI YU SHIXIAN

刘高焕 刘庆生 谢传节 史磊等 编著

中国环境科学出版社

太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范（2008ZX07526-007）系列丛书

太湖流域水质目标管理 系统设计与实现

刘高焕 刘庆生 谢传节 史磊 等 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

太湖流域水质目标管理系统设计与实现/刘高焕等编
著. —北京: 中国环境科学出版社, 2011.12

(太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范
(2008ZX07526-007) 系列丛书)

ISBN 978-7-5111-0767-1

I. ①太… II. ①刘… III. ①太湖—流域—水质监
测—自动化监测系统 IV. ①X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 227853 号

审图号: GS (2012) 264 号

责任编辑 刘 焱 李恩军

文字加工 袁彦婷

责任校对 尹 芳

封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 2 月第 1 版
印 次 2012 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 11.25
字 数 266 千字
定 价 33.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

丛书编辑委员会

顾 问：李文华

主 任：闵庆文

委 员：（以姓氏笔画排列）

王西琴 刘子刚 刘庆生 刘高焕 杨丽韞
张 彪 陈宇炜 邵晓阳 范亚民 金 均
逢 勇 姚玉鑫 徐鹏炜 高永年 高俊峰
黄 燕 崔云霞 焦雯璐 谢卫平 滕加泉
颜润润

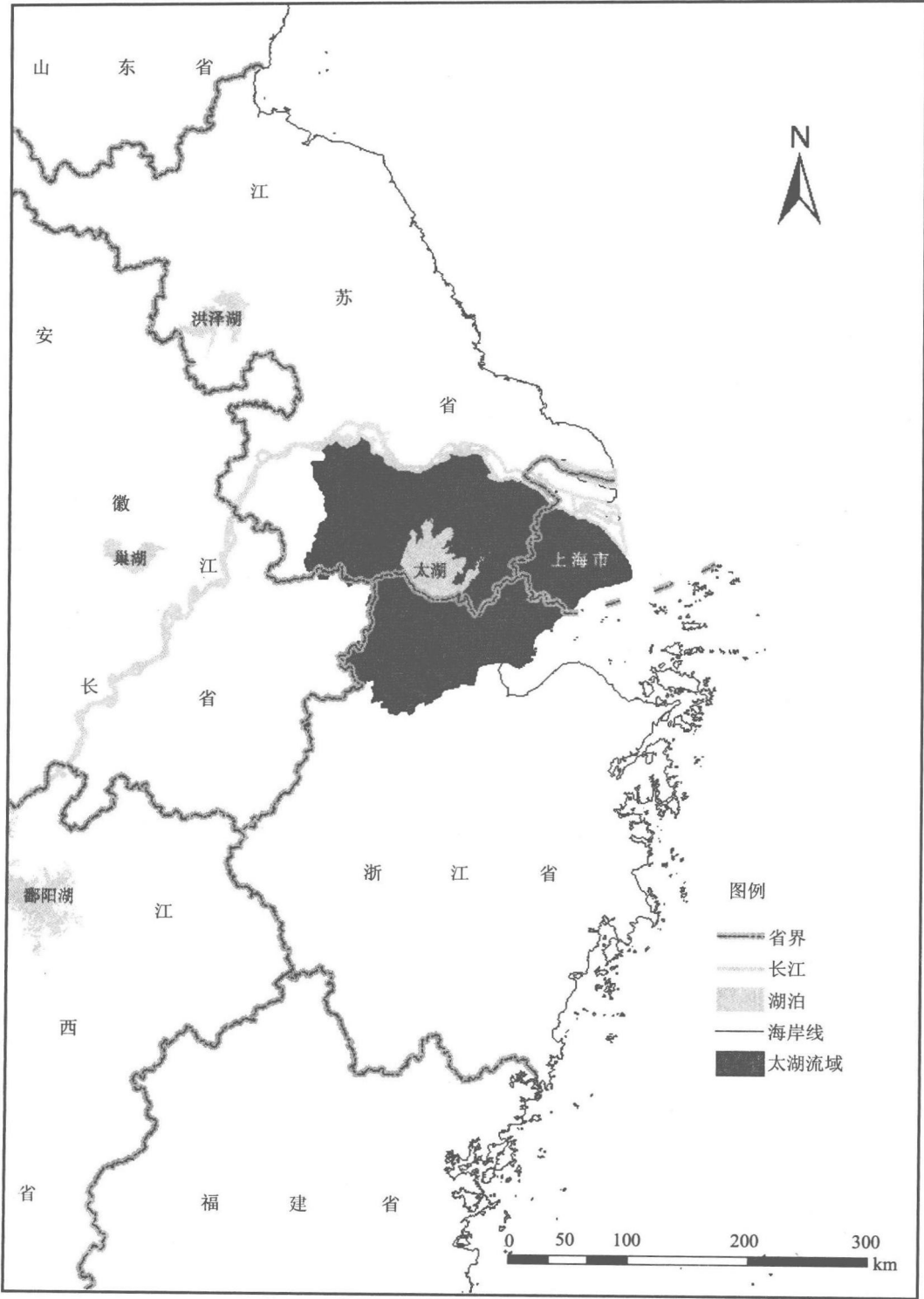
本书编写委员会

主 编：刘高焕

副主编：刘庆生 谢传节 史 磊

编 委：（按姓氏笔画排列）

王孝军 王 红 户鹏飞 宁吉才 李 玲
李 贺 任培花 张广庆 张 敏



太湖流域地理位置图

序

我国长期以来面临着水体污染、水资源短缺、水生态退化和洪涝灾害等多个方面水问题的压力，而水体污染在一定程度上加剧了其他三种水问题的恶化程度，造成一些地方水质性缺水、水环境恶化、洪涝灾害损失加大等现象。虽然从中央到地方大规模开展了流域水体污染防治，取得了一些成效，但从总体上来看，我国水体污染仍将是今后相当长时期内制约经济社会可持续发展的关键因素。“水体污染控制与治理”科技重大专项（简称水专项）应运而生、适得其时。

太湖流域地理位置优越，气候宜人，自然资源丰富，历史上是著名的富庶之地，目前更是我国经济最发达、人口最密集、城市化程度最高的地区之一。但同时也必须看到，太湖流域在取得经济快速发展的同时，也付出了沉重的生态环境代价，流域生态环境问题积重难返。太湖蓝藻暴发事件的频繁发生，折射出太湖水生态系统健康状况的衰退。据 2011 年 5 月公布的《2010 年江苏省环境状况公报》，太湖湖体高锰酸盐指数和总磷分别达到Ⅲ类、Ⅳ类标准限值要求，受总氮指标影响全湖总体水质仍劣于Ⅴ类标准；太湖湖体综合营养状态指数为 58.5，仍呈富营养化水平；太湖 15 条主要入湖河流中，有 4 条河流平均水质符合Ⅲ类标准，1 条河流水质劣于Ⅴ类标准，其余处于Ⅳ类和Ⅴ类。

国家对太湖流域的水环境问题一直十分重视，将太湖治理列为国家“三江三湖”重点治理计划，先后实施了太湖水污染防治“十五”计划和“十一五”计划。太湖流域各级政府也十分关注流域的水环境问题，出台了一系列水环境管理政策，相继开展了生态省市建设、流域污染控制、节能减排、湖泊生态治理工程等，并实施了较为严格的污染排放限制。然而，太湖流域的水环境问题并没有得到有效解决，太湖水体环境质量也未得到根本性改变。原因是多方面的，其中现行的总量控制制度在具体应用中存在的污染控制与水生态保护相脱节、排放达标控制与环境质量达标相脱节、以行政区为单元的环境功能区划分与流域水污染调控相脱节等无疑是很重要的方面。因此，在借鉴国外水环境管理先进理念和方法的基础上，探索建立一套适合于我国国情、科学合理的水质目标管理技术体系并进行示范应用，对于太湖流域水生态系统健康和水环境质量改善具有重要意义。

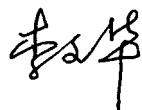
由中国科学院地理科学与资源研究所牵头并联合中国科学院南京地理与湖泊研究所、江苏省环境科学研究院、浙江省环境保护科学与设计研究院、中国人民大学、常州市环保局、宜兴市环保局、湖州市环保局等单位承担的“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”课题（2008ZX07526-007），作为水专项首批启动的课题之一，便是面向太湖流域水环境管理工作的实际需求而设立的。课题旨在构建面向水生态系统健康的新型水环境管理技术体系，从而实现太湖流域水环境管理工作的开拓与创新，并确保太湖流域污染物减排目标的顺利实现。

自课题启动以来，课题组在太湖流域开展了大量实地调查工作，如土地利用遥感解译、水生态系统调查、水环境质量监测、社会经济调查等，并取得了一系列具有创新性、前瞻

性和可操作性的研究成果。首次提出了湖泊型流域水生态功能区划分的理论和技术体系，并完成了太湖流域水生态功能三级分区划分方案；首次提出了湖泊型流域控制单元划分的原则、思路、指标和方法，完成了太湖流域控制单元的划分；首次提出了太湖流域基于控制单元的水质目标管理技术体系框架（TMML），开发了太湖流域水质目标管理系统，编写了指导手册，并在典型区进行了示范应用。这套《太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范（2008ZX07526-007）系列丛书》正是这个团队所取得成果的集中体现。

必须承认，太湖流域水环境质量的根本改善是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要多学科和社会各方力量的共同努力，该课题组的工作虽然取得了一系列创新性成果，但无论从理论研究还是应用示范，仍需要不断的改进与完善。相信他们的成果对于我国水环境管理，特别是太湖流域水质目标管理将起到有力的推动作用，对于我国水环境管理体制与机制的创新和水环境质量的根本好转也将发挥重要的作用。

中国工程院院士



2012年2月18日

前 言

太湖流域自古以来就是我国人口和城镇最为密集的地区之一，同时也是我国经济发达地区之一。随着经济发展和人们生活水平的提高，太湖流域不少地区的污染物排放量已明显超过水环境容量和生态承载能力，水域富营养化情况日益严重。最近几年太湖蓝藻频发，造成了生态系统的严重破坏和环境质量的下降，水资源短缺及水污染已严重影响整个流域的可持续发展，并对人们的身体健康造成潜在危害。加之太湖流域还存在洪水危险，迫切需要从流域全局进行水资源管理、水环境监测和按控制单元进行水质目标管理。

2008 年国家开始实施“国家水体污染控制与治理科技重大专项”计划，提出了“分类、分区、分级、分期”控制模式，我们拟在此基础上建立一个基于控制单元的日最大负荷（TMDL）技术体系，完成太湖等流域水质目标管理与排污许可证实施示范。正是在这种背景下，针对太湖流域快速发展的社会经济状况，平原河网区水文水质模拟的复杂性，建立以流域综合数据库、分布式数据网络发布和共享平台为基础的水质目标管理信息系统，实现基于控制单元的 TMDL 水质目标总量控制，本系统的建立是决定太湖流域水污染防治与治理成功与否的关键。

本书由国家水体污染控制与治理科技重大专项监控预警主题 07526 项目太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范课题资助，其编辑出版得到课题组各单位研究人员的大力支持，编者的意图在于抛砖引玉，推动我国流域水质 TMDL 管理技术的系统实现。

全书共分 7 章，研究内容涉及流域综合数据库设计、水质目标管理系统设计、水环境模型的综合集成（水环境功能评估、水环境容量计算、污染负荷计算、污染分配等）、按照月最大负荷（TMML）技术流程进行的系统开发和基于 TMML 的水质目标管理系统的案例分析，可供环保、遥感、地理信息系统、地理、生态、水文等相关专业的科研人员、教师及研究生等阅读参考，也可供流域管理相关业务部门专业工作者在日常工作中借鉴。

编 者

2011 年 8 月于北京

目 录

1	绪 论	1
1.1	太湖流域水质目标管理系统的意义与作用	1
1.2	流域水质目标管理系统现状	2
1.3	TMDL 技术体系	7
2	太湖流域水质目标管理系统需求分析	10
2.1	系统功能需求	11
2.2	系统的数据需求	15
2.3	系统的性能需求	16
2.4	系统的安全需求	16
3	太湖流域综合数据库设计	19
3.1	数据库概念设计	19
3.2	数据库逻辑设计	35
3.3	数据库物理设计	50
4	太湖流域水质目标管理系统设计	86
4.1	系统结构	86
4.2	系统功能	86
5	太湖流域水质目标管理系统实现	99
5.1	系统开发思想	99
5.2	系统开发总体方案	100
5.3	关键技术	103
5.4	系统功能实现	104
6	基于 TMML 的水质目标管理系统案例分析	130
6.1	示范区概况	130
6.2	控制单元	130
6.3	水生态功能定位	132
6.4	水环境容量计算	137
6.5	污染负荷核算	137
6.6	污染负荷分配	141

6.7 建议与措施..... 146

7 总结与展望..... 148

 附录 A 水环境容量计算方法 149

 附录 B 水生态承载力计算方法 153

 附录 C 污染负荷核算方法与公式 157

 附录 D 污染负荷分配方法 160

参考文献..... 166

1 绪 论

1.1 太湖流域水质目标管理系统的意义与作用

1.1.1 太湖流域水质目标管理存在的问题

太湖流域属水质型缺水。针对太湖的水环境监测,历来备受各级环保部门的高度重视,因此,长期以来,积累了大量关于污染源、水质监测、环境质量、生态背景、经济发展等方面的指标和数据。随着计算机、网络、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)(陈述彭等,2000)等技术在水环境管理、监测与评价应用中的不断深入,国内大专院校、科研院所依据建设目标、各自的研发能力和数据积累构建了许多关于太湖流域水资源管理、水质监测与评价等方面的系统。目前,太湖流域管理局正在组织拟建太湖流域水资源管理系统、太湖流域水资源综合利用信息管理系统、太湖流域水资源监控与保护预警系统等。这些系统的建设和投入使用大大提高了太湖流域水资源管理、水环境监测与评价工作的水平,为太湖流域污染综合治理提供了科学依据。

尽管我国从20世纪70年代就开始在太湖流域(朱兴东等,2007)、滇池(杨文龙,2002)等地对水资源污染作了研究,也取得了一些有意义的研究成果,但由于对其危害性认识不足,对水资源污染的研究工作始终不够深入。在全国范围内,尚未摸清污染在水域污染中的份额、基本机理及规律,使政府在污染防治规划的确立,政策、措施和管理机制的制定上缺乏必要的科学依据。特别是在我国的太湖流域,对水资源污染的研究还是以调查统计为基础的经验公式估算的方法为主,对水资源污染产生机理过程研究却很少。另外,在太湖流域水质及生态环境监测方面也有人进行了大量研究,加深了对流域水资源污染产生机理和卫星遥感监测太湖水质机理的了解,获得了许多经验、半经验水质预测公式,取得了一定的监测效果和经济效益。但这些工作大部分都是针对太湖湖区的,而不是面向整个流域,没有从流域生态系统完整性角度出发;大部分研究多停留在某个时段,而不是动态的,时效性和准确性受到了影响;大部分研究没考虑多尺度遥感数据的应用,缺少了应急和常规使用的灵活性,阻碍了研究成果的快速实用化、业务化。所建立的太湖流域系统,数量多,但太分散,缺少有效的集成;多侧重于常规水质监测数据、基础地理数据的管理、组织和使用,缺少空间数据、遥感数据、监测数据、社会经济数据的综合使用,缺少空间统计、模型方法的有机结合;多侧重于太湖湖区的水质监测评价,而忽视流域自然地理环境、生态系统完整性、农业非点源污染、水质目标控制单元等对太湖流域水污染防治和水生态环境保护至关重要的影响因素;多数系统并没有真正将遥感和地理信息数据与地面监测数据有机结合起来使用。

针对这种情况,整合和集成太湖流域多元数据和各类水文、水质和生态模型,建立全

流域共享的综合数据库和水质目标管理信息系统势在必行。

1.1.2 太湖流域水质目标管理信息系统建设的意义与作用

太湖流域自古以来就是我国人口和城镇最为密集的地区之一，同时也是我国经济发达地区之一。随着经济的发展和人们生活水平的提高，太湖流域不少地区（毛晓文，2005）污染物排放量已明显超过水环境的生态承载能力，水域富营养化情况也日益严重，太湖全湖处于中-富营养化状态，最近几年太湖蓝藻频发，造成了生态系统的严重破坏和环境质量的下降，产生了水资源短缺，太湖的水质污染目前已严重影响整个流域的可持续发展（吴承业等，2005），并对人们的身体健康造成潜在的危害。加之太湖流域还存在的洪水危险，迫切需要从流域全局进行水资源管理、水环境监测和按控制单元进行水质目标管理，从流域生态系统完整性和水质目标控制单元角度，形成对太湖流域水环境的准确、科学的数据信息发布、共享和环保宣传。依托于海量的空间数据、监测数据、遥感数据和社会经济统计数据的综合管理和分析，这就必须依赖于高效集成的 GIS（何进朝等，2004）和 RS 系统来完成。尽管目前关于太湖和太湖流域水资源和水环境监测与评价有很多的系统，也取得了一定的成果和经济效益，但或多或少都存在这样或那样的不足，还不能完全满足以上要求，因此构建流域“水生态功能分区-污染物总量动态控制-排污许可-排放标准”的太湖流域水质目标管理信息系统（刘木生等，2008），实现流域可持续发展具有重要的现实意义。

1.2 流域水质目标管理系统现状

流域水质目标管理的实施需要众多专业模型（李本纲等，2003）的支持，相当复杂，需要对相关模型、参数进行有效集成才能辅助流域水质目标的管理。目前，应用最广、相对成熟的流域水质目标管理系统主要有 SWAT（Soil and Water Assessment Tool）和 BASINS（Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources）。美国许多州已利用 SWAT 和 BASINS 对各自行政区域内的受损水体实施了水质目标管理计划，1996—2006 年已达 2.2 万多个。一些案例表明，流域水质目标管理对于改善水体质量是行之有效的。

1.2.1 SWAT 2005

由美国农业部开发的 SWAT（Soil and Water Assessment Tool）模型是众多水文模型中一种适用性强的模型。它适用于具有不同土壤类型、不同土地利用方式和管理条件下的复杂的大流域，并能在资料缺乏的地区建模，是一个基于物理过程、用来模拟连续时间序列的分布式流域尺度水文模型。SWAT 模型考虑了气象、地形、植被、土壤、人为活动因素等对水循环及水量平衡的影响，模拟区域内降水、径流、蒸散、水库用水、地下水等水文要素，能够对区域内的气象、植被、人为活动的改变对水循环的影响做出预测。模型由多个数学方程、多个中间变量组成，能够利用 GIS 和 RS 提供的空间数据信息。

从建模技术看，SWAT 模型属于松散耦合型分布式水文模型，即在每一个网格单元（或子流域）上应用传统的概念性模型来推求净雨流量，再进行汇流演算，最后求出口断面流量；从模型结构看，SWAT 采用先进的模块化设计思路，水循环的每一个环节对应一个

子模块，十分方便模型的扩展和应用；在运行方式上，SWAT 采用独特的命令代码控制方式，用来控制水流在子流域间和河网中的演进过程，这种控制方式使得添加水库的调蓄作用变得异常简单。

SWAT 模拟的流域水文过程分为水循环的陆面部分（产流和坡面汇流部分）和水循环的水面部分（河道汇流部分）。前者控制每个子流域内主河道的水、泥沙、营养物质和化学物质等的输入量；后者决定水、泥沙等物质从河网向流域出口的输移运动。SWAT 具体计算涉及地表径流、土壤水、地下水以及河道汇流。降雨径流过程（水文过程）、侵蚀过程和污染物的迁移转化过程是决定非点源（Bouraoui F.等，1997）污染特征的 3 个主要过程，因此通常非点源模型由水文子模型、土壤侵蚀子模型和污染物迁移转化子模型构成。可同时进行流域的水文过程、水土流失、化学过程、农业管理措施和生物量的模拟。

总体结构如图 1-1。

美国最大日负荷总量（Total Maximum Daily Loads, TMDL）计划（CHO I J Y 等，2002；Joseph V DePinto 等，2004）（邢乃春等，2005）属于国际上水质管理较先进的措施之一。TMDL 计划的核心思想是指在满足水质标准的条件下，水体能够接受的某种污染物的最大日负荷总量。TMDL 计划的目标之一就是可将分配的污染负荷分配到各个污染源，包括点源和非点源（DennisL, Corwin 等，1998），同时考虑季节变化和安全边际，从而采取适当的污染控制措施来保证目标水体达到相应的水质标准（林巍等，1997）。美国环保署将 SWAT 模型作为其 TMDL 计划的首选模型。

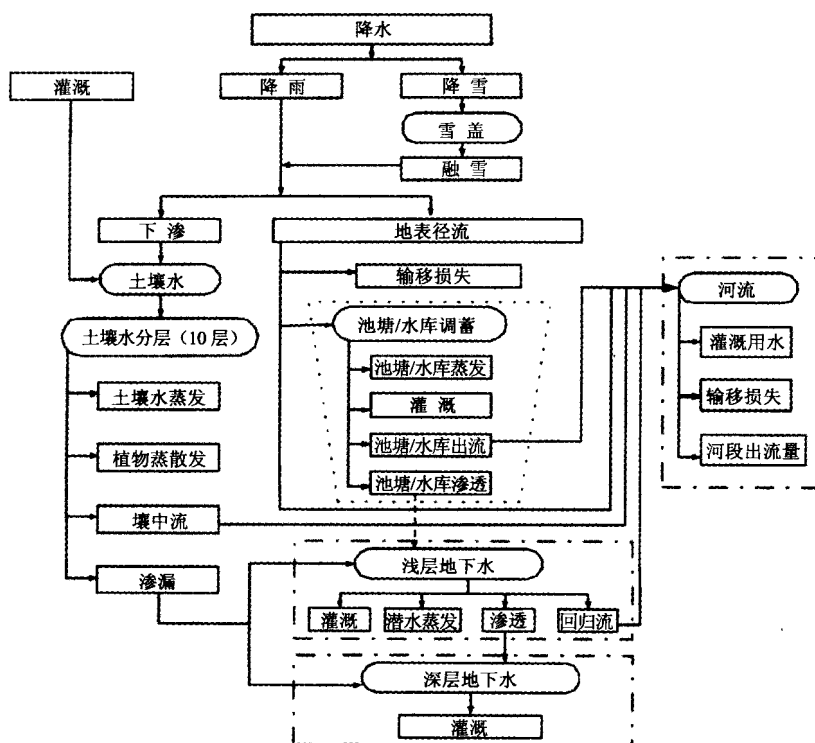


图 1-1 SWAT 总体结构图

SWAT 模型能够响应降水、蒸发等气候因素和下垫面因素的空间变化以及人类活动

对流域水文循环的影响,适用于具有不同土壤类型、不同土地利用/土地覆被方式和管理条件下的复杂大流域。鉴于此,以径流变化为纽带、利用 GIS 和 RS 技术手段研究下垫面变化太湖流域水文循环要素演化的影响机制。通过对不同生态环境、经济情景的设定及对各种情景下的水文响应进行模拟分析,探究实现对于非点源污染的有效治理和控制与经济增长双赢的科学有效途径。

1.2.2 BASINS 4.0

BASINS 系统 (Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources) 由美国环保局 (USEPA) 组织开发完成。它以 ArcView 软件为平台,将各种水文模型镶嵌其中,从而构架成一种基于 GIS 和多种内嵌水文模型的流域环境规划管理系统。

BASINS 系统是一种优异的整合式系统,通过将集水区数据及评估工具整合于 ArcView 框架内,成功克服了各水文模型独自运算时,手动量算空间属性数据,用 ASCII 码编辑输入,以不同的工具进行数据准备、信息分析、结果输出、模拟评估导致数据无统一格式,缺乏整合性等缺陷,提高了数据处理精确性及效率。

BASINS 4.0 系统包括一系列分析组件:

- 1) 数据提取 (Data Extraction) 工具和方案定制 (Project Builders) 工具;
- 2) 评价工具,包括污染控制目标分析 (Target)、科学评价 (Assess) 和数据挖掘 (Data Mining);
- 3) 流域边界划定工具;
- 4) 数据管理工具,包括数字高程 (DEM)、土地利用 (Land Use)、土壤 (Soils) 和水质观测 (Water Quality Observation);
- 5) 流域特征报告;
- 6) HSPF 模型;
- 7) PLOAD 模型。

BASINS 系统具有两项功能强大的辅助软件: WDMUtil (Watershed Data Management Utility) “天气生成器”和 GenScn (GENERation and analysis of model simulation SCeNarios) “模拟分析器”。前者能切割或合并不同时段数据,并集合了 Perman、Jensen、Hamon 等经验公式,是理想的时间序列制作工具和集水数据生成工具;后者可直接加载 DEM、LUCC、Soil 数据的叠加成果,调入各个模型的模拟结果,为模拟值与观测值的比较、分析提供了直观、快捷、准确和图示化的手段。

1.2.2.1 GENSCN 模型

GENSCN 模型是一种嵌套在 BASINS 4.0 系统中,用于管理分析模拟观测结果的统计分析工具。在 GENSCN 模型开发之前,运用水文模型包括运用文字编辑器构建数据输入序列,描述流域的物理机理和水文管理特性。当模拟水文水量时,流域背景复杂,输入数据序列经常有数千列长,变化过程在时间上复杂。此外,在多种区域中,为了分析几个独立要素、几种水文模型运行结果,需要手动进行各种情景的烦琐冗长的时间序列数据调试,同时,为保持数据明确性,分析者经常要重新定义结果,利用独立程序去分析结果和准备所需图表。数据运算的程序复杂、耗费时间,而且受主观因素影响,精度较低。GENSCN 的开发使水文模型输入序列变得更容易,构建及输入输出时间序列更容易分析。GENSCN

交互式提供改变输入序列的能力，运行水文模型，观察绘图形式的结果。在 BASINS4.0 系统中将 GENSCN 分析工具镶嵌链接在一个指令包中，利用同一个数据库，从而分类统计不同情景得出的模拟结果。

1.2.2.2 HSPF 模型

HSPF (Hydrologic Simulate Program-FORTRAN)，全称水文模拟模型，由美国环保局与 Hydrocomp 公司共同开发，集水文、水力、水质模拟于一体，对透水地面、不透水地面以及河流水库的水文水质过程进行模拟。HSPF 模型是目前综合模拟径流、土壤流失、污染物传输、河道水力等过程，以及水温、泥沙传输、营养物和化学物相互反应的八个方面非点源污染模拟模型之一。

HSPF 模型是在斯坦福水文模型的基础上开发的，在使用过程中不断加工修改而逐步完善，成为综合性流域模型的典范之作。HSPF 模型采用标准的 Fortran 语言编写，能够运行水文模拟程序 (HSP)、农业径流管理模型 (ARM) 和非点源污染负荷模型 (NPS) 的所有函数，在一定程度上克服了大部分模型在数据管理和模型兼容性方面存在的许多缺陷，便于维护和修改数据。1996 年 HSPF 模型被整合到点源-非点源综合评估模型 BASINS 系统里面，利用 ArcView 软件对空间数据的存储和处理能力，自动提取模拟区域所需要的地形、地貌、土地利用、土壤、植被、河流等数据，进行水量和水质的长时间连续模拟。实现对径流量和泥沙、BOD、氮、磷、农药等污染物的迁移转化和负荷的连续模拟。但该模型对输入数据的要求很高，增加了应用的成本。

HSPF 水文模拟流程见图 1-2。

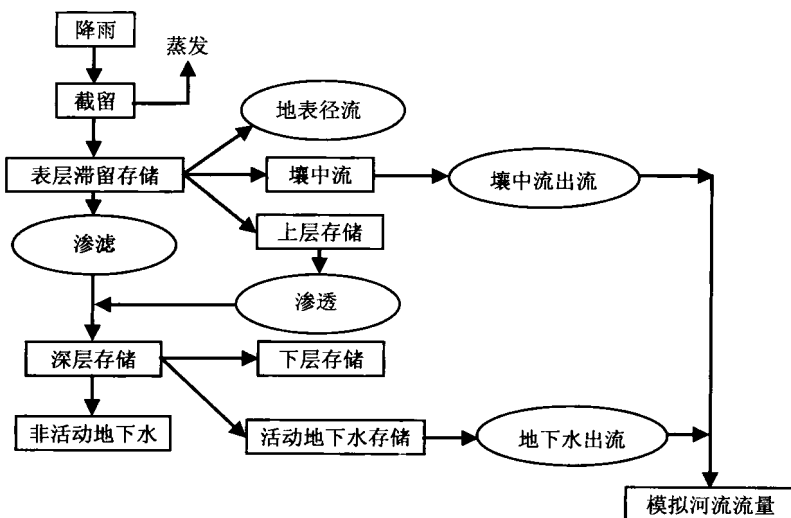


图 1-2 HSPF 水文模拟流程

1.2.2.3 PLOAD 模型

PLOAD 模型由美国 CH2M HILL 水资源工程小组开发，所需的基本资料为：数字高程模型 DEM、流域数字河网、土地利用、降雨径流时各种土地利用类型的非点源产污浓度等。

SWAT 模型能够模拟复杂的大流域中多种不同的水文物理过程。主要用于模拟预测各

种管理措施及气候变化对水资源供给的影响,评价流域面源污染等,SWAT 模型主要模拟农业占主导地位的流域。HSPF 模型是集水量和水质连续模拟为一体的模型,主要用于农村和城市混合流域中沉积物和营养物质 TMDL 的长期连续模拟。SWAT 和 HSPF 模型属于时间连续性模型,HSPF 模型虽然时间连续但缺乏空间的详细描述;SWAT 模型可以弥补这一不足,但同时需要大量的参数;BASINS 模型是美国环保局(USEPA)用于流域环境管理与规划的模型系统,可对多种尺度不同污染物的点源和非点源进行综合分析。

1.2.3 国内的现状

我国环境经济政策始于 20 世纪 70 年代,对水质目标管理系统的研究起步较晚。1978 年实施排污收费,目前水污染防治(刘书俊等,2005)的环境经济政策包括超标排污费、污水排污费、水处理设施有偿使用费、污水处理费、生态环境补偿费、矿产资源税和补偿费、综合利用税收优惠保证金、治理设施运行保证金、废物交换市场、废物回收押金环保投资渠道、补贴等。尽管有上述经济政策,但实际上排污收费制度仍然是主要手段,其他经济政策在全国范围内的应用还相对比较薄弱,一些环境经济政策虽然有政策性规定,但由于没有配套措施,并没有发挥出应有的作用。例如,中央银行在 1995 年就制定了要求各级金融机构“不符合环境保护规定的项目不贷款的政策,但由于没有相关的配套措施,该项环境经济政策并没有得到很好地实施;其他的如生态环境补偿费、废物加收押金制度、环境资源核算污染责任保障(孟伟等,2004)等,也是处于起步阶段,而环境税收政策才进入政策设计阶段。总之,我国水污染防治的环境经济政策总体状况尚属落后。

我国水污染防治的环境经济政策主要存在以下不足:

(1) 我国的水污染防治的环境经济政策与水质目标管理相互脱节。水质目标管理的核心是依据水质目标确定环境容量,并且进行排污负荷的优化配置,该过程实质就是排污权的确定,是建立在基于市场机制的经济政策体系的基础之上的。因此,环境经济政策与水质目标管理是不可分割的整体,水质目标是经济政策的核心与基础,而环境经济政策则是水质目标实现的重要手段,环境经济政策应围绕着水质目标这一核心而制定。然而,如果没有紧密围绕水质目标制定和设计经济政策,必然不能有效支持水质目标的顺利实现,实施的环境经济政策也缺乏系统性和关联性。

(2) 我国目前尚未形成针对不同类型污染源的环境经济政策体系。事实上,流域水污染问题的产生是由多种污染源共同作用而形成的,一个完整的环境经济政策体系应该包括针对各种污染源的经济手段。对于生活污染源而言,虽然我国正在实施生活污水处理收费制度,但是普遍存在收费偏低问题,同时由于缺乏税收、信贷等配套的经济政策,最终导致城市污水处理厂的建设与运行不良;在工业污染源控制方面,虽然国家环境保护总局于 2003 年公布了新的排污收费标准,并且收费方式在调节水污染防治与企业发展、居民用水,以及筹集资金方面发挥了巨大的作用,但仍然存在收费标准偏低问题;在农业非点源控制方面,国家对于生态农业的补贴、信贷等措施刚刚起步,农村生活污水处理的投资严重不足,缺乏有效的融资手段。

(3) 我国水污染防治的环境经济政策中的排污权、事权尚不明晰。水环境作为一种稀缺资源,排污权是在满足水环境要求的条件下建立的水污染物排放的合法权利,这种权利以排污许可证的形式出现,排污权的有偿取得是解决当前环境容量资源无偿或

低价使用的重要手段。因此,排污权如得不到明确界定,环境资源的利用就很难保证公平、有效。同时,由于上下游事权不清晰、政府与企业事权不清晰、中央政府和地方政府事权不清晰等,影响了财政资金投入和使用,而这些又与转移支付等交织在一起,使得政府财政资金尤其是中央政府财政资金投入的目的性和效率受到明显影响。

(4) 我国尚未建立有效的流域上下游的生态补偿与污染赔偿机制。我国现行的解决跨界冲突的方法,基本上是基于行政办法为主的规制手段,缺乏环境维护与污染治理责任及费用的分担机制,流域上游普遍面临生态恶化与贫困落后双重困境,而多年来对流域上游地区的生态环境保护与治理“重视有余、投入不足”,流域上下游间的经济发展和生态保护责任的公平性没有得到有效体现。

1.3 TMDL 技术体系

TMDL (Total Maximum Daily Loads) 为最大日负荷总量,是在满足水质标准的条件下,水体能够接受的某种污染物的最大日负荷量。TMDL 计划由美国环保局于 1972 年《清洁水法》中提出(杨龙等, 2008), 该计划的目标之一就是可将分配的污染负荷分配到各个污染源(包括点源和非点源), 同时要考虑安全临界值和季节性变化, 从而采取适当的污染控制措施来保证目标水体达到相应的水质标准。

1.3.1 TMDL 提出背景

美国曾经对全国的水质进行了一次大范围的调查和评估。结果表明,约有 40% 的被评估水体的水质没有达到州、领地和部族所规定的水质标准。这些水体包括河流的部分河段、湖泊以及河口等,主要污染原因是沉积物、富营养化以及有毒微生物。在这种情况下,为了能有效改善污染水体的水质,使受污染威胁的水体摆脱污染威胁,1972 年美国颁布实施了《清洁水法》。

《清洁水法》303 (d) 条款对美国各个州的水域水体的水质标准和相应的 TMDL 计划的制定和实施都做了具体的规定。目前 EPA (美国环保局) 法规要求各州、领地及部族每两天必须向 EPA 汇报当地水体的整体卫生情况及水体是否达到了水质标准。如果采用了最优的水处理技术,仍然没有达到相应的水质标准, EPA 则要求州、领地和部族对这类水体制订并实施 TMDL 计划。

1.3.2 发展进程及实施现状

1972 年《清洁水法》303 (d) 条款要求州、领地和部族将受污染的水体按优先治理顺序排列成水体清单。清单内容包括受污染或受污染威胁的水体名称、主要污染物、污染程度、污染范围等,并针对这些水体制订 TMDL 计划。为了更有效地指导 TMDL 计划的制订和实施, EPA 于 1985 年颁布了关于 TMDL 计划的具体细则, EPA 于 1991 年开始,依据《清洁水法》303 (d) 条款的要求对各州 EPA 的执行情况进行全面评价。针对这次评价中发现的 TMDL 计划的一些新问题, 1992 年对细则进行了修改。1997 年对 TMDL 计划进行了详细的指导性说明,并于当年 8 月出版了指南书。这个指南书指出了当前开发该计划时所产生的问题。根据这些问题, EPA 在联邦顾问委员会法案授权下组成了一个委员会。这个委