

▶ 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 水生态功能分区

TAIHU LIUYU SHUISENGTAI GONGNENG FENQU

高俊峰 高永年 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

# 太湖流域水生态功能分区

高俊峰 高永年 等 编著

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

太湖流域水生态功能分区/高俊峰等编著. —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 978-7-5111-0820-3

I. ①太… II. ①高… III. ①太湖—流域—生态系统—研究 IV. ①X832

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第259877号

审图号: GS(2012)263号

责任编辑 季苏园 李恩军  
文字加工 李兰兰  
责任校对 扣志红  
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 北京中科印刷有限公司  
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 19.5  
字 数 400千字  
定 价 100.00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 焦雯珺 谢卫平 滕加泉  
颜润润

## 本书编写委员会

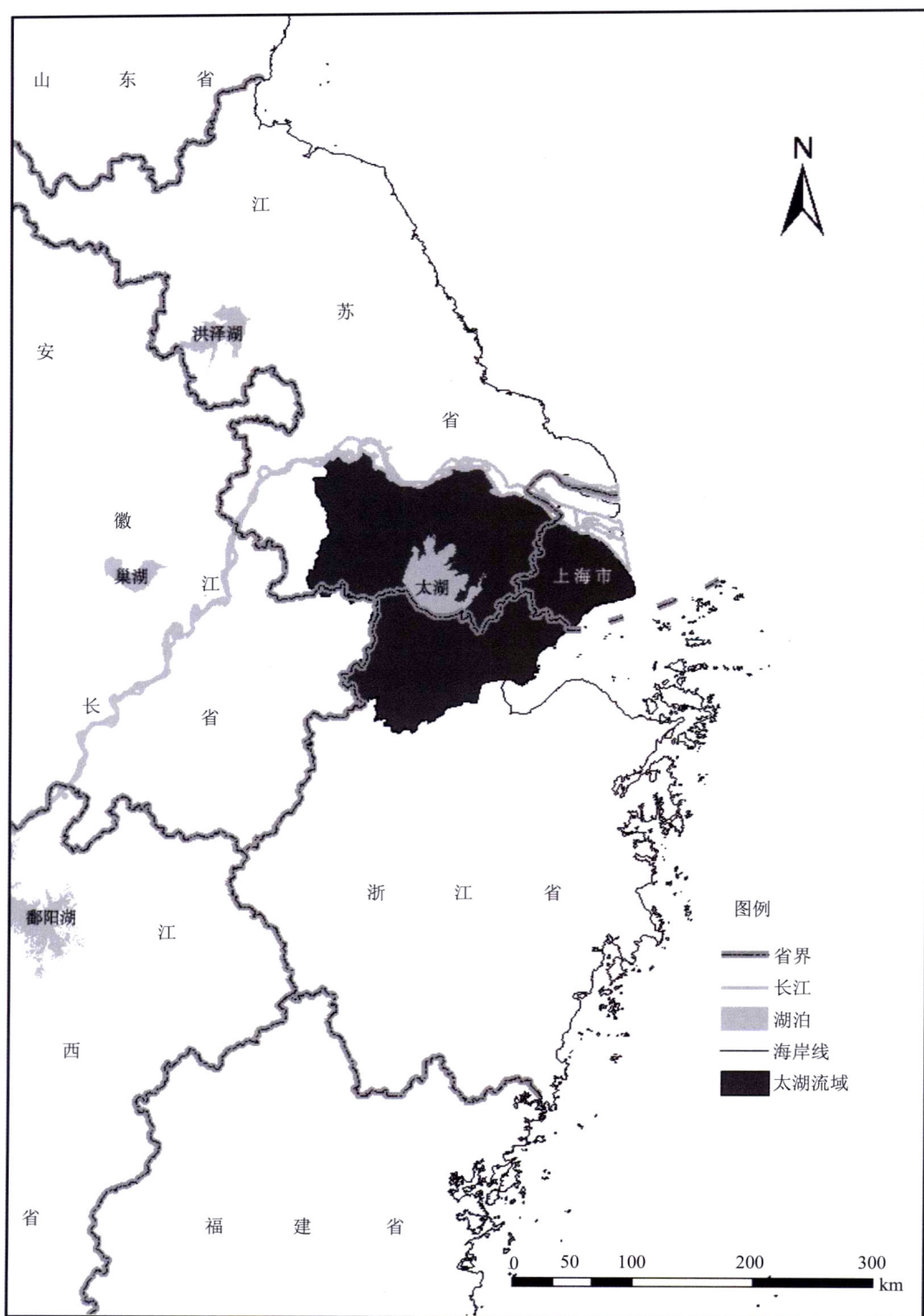
主 编：高俊峰 高永年

编 委：王 斌 许 妍 闵庆文 张 彪 陈宇炜

陈炯烽 邵晓阳 范亚民 徐鹏炜 黄 燕

崔云霞 焦雯珺





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质改善具有重要意义。

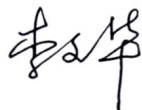
由中国科学院地理科学与资源研究所牵头并联合中国科学院南京地理与湖泊研究所、江苏省环境科学研究院、浙江省环境保护科学与设计研究院、中国人民大学、常州市环保局、宜兴市环保局、湖州市环保局等单位承担的“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”课题（2008ZX07526-007），作为水专项首批启动的课题之一，便是面向太湖流域水环境管理工作的实际需求而设立的。课题旨在构建面向水生态系统健康的新型水环境管理技术体系，从而实现太湖流域水环境管理工作的开拓与创新，并确保太湖流域污染物减排目标的顺利实现。

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

由于受日益加剧的人类活动的强烈影响,流域水环境恶化、水生态系统不断退化。流域水生态功能分区是在流域水生态系统空间差异特征分析的基础上,利用气候、水文、土地利用、土壤、地形、植被、水质、水生生物等要素建立分区指标,结合人类活动影响来划分的。水生态功能分区是在“分区、分级、分类、分期”水环境管理理念的指导下,以先进的、规范的技术方法划分的重要单元,其在大尺度上可以反映水生态系统的特征差异,为确定水环境质量基准和标准提供依据;在小尺度上可以体现河流水体功能差异,为水质目标的确定、环境容量的计算、分区管理提供控制单元。水生态功能分区是水环境管理技术体系的一环。

太湖流域是我国经济最发达的地区之一,在经济快速发展过程中,由于人类活动的影响,太湖流域水生态系统受到了不同程度的破坏,水质污染十分严重,直接影响到人们的生活和健康,制约当地社会经济的科学发展。开展太湖流域水生态功能分区,并在此基础上开展面向水质目标管理的污染控制单元的划分,实现污染物负荷在控制单元内的削减,促进太湖流域水生态系统向良性方向发展,实现人类与自然的和谐发展,具有很大的现实意义。

本书共分10章。第1章绪论介绍了流域水生态功能分区的背景、目的、意义、必要性,以及国内外相关研究进展;第2章介绍了太湖流域现有的水功能分区、水环境功能分区、水资源分区、生态分区,分析了相关分区与水生态功能分区的关系;第3章介绍了水生态系统形成的地貌、气候、土壤、植被覆盖等自然基础,分析了经济总量、产业结构、人口、城镇化等流域社会经济发展和污染物排放的关系,以及与水生态演变相关的土地利用变化和水资源及其利用;第4章分浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物和鱼类介绍了太湖流域水生态现状,并对其种类组成、数量、多样性、与水质污染的关系进行了分析评价;第5章系统介绍了太湖流域水生态功能分区思路、工作框架和分区过程,一、二、三级水生态功能分区的目的、原则、指标体系和分区方法;第6章详细介绍了太湖流域水生态功能一、二、三级分区方案;第7章介绍了太湖流域一、二、三级水生态功能区的环境和自然地理特征;第8章介绍了太湖流域一、二、三级水生态功能区的社会经济和土地利用特征;第9章对太湖流域水生态系统进行了分区评价;第10章设计了流域生态风险评价的指标体系和评价方法,从生态风险源危险度、生态环境脆弱度、生态风险受体潜在损失度三方面对太湖流域生态风险进行了分析评价,最后得出了各水生态功能区的综合生态风险程度。

本书各章撰写人员如下:第1章由高俊峰、高永年、陈炯烽撰写,第2章由高永年、高俊峰、陈炯烽撰写,第3章由高俊峰、高永年、闵庆文撰写,第4章由陈宇炜、邵晓阳、高永年撰写,第5章由高俊峰、高永年、陈炯烽撰写,第6章由高永年、高俊峰撰写,第7章由高永年、陈宇炜、邵晓阳、崔云霞、徐鹏炜、范亚民、黄燕等撰写,第8章由高永



年、闵庆文、焦雯珺撰写，第9章由张彪、王斌撰写，第10章由许妍、高俊峰撰写。全书由高俊峰、高永年负责整理统稿，由高俊峰定稿。赵家虎、黄琪、董川永参与了部分文稿整理工作。

本书是国家水体污染控制与治理科技重大专项“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”课题（编号：2008ZX07526-007）研究成果的总结。感谢李文华院士对此工作的持续支持和关注，并在百忙中为本书作序；感谢张远研究员、江源教授、郭怀成教授、刘高焕研究员、彭文启研究员、雷坤研究员、刘征涛研究员、逢勇教授等提出的宝贵意见和悉心指导。研究和专著撰写过程中还得到中国环境科学研究院、江苏省环境科学研究院、浙江省环境保护科学设计研究院、常州市环境保护局、常州市环境保护研究所、宜兴市环境保护局、湖州市环境保护局、湖州市环境保护监测中心站等单位的帮助，在此一并致谢。

由于作者学术水平有限，书中难免存在许多不足之处，我们殷切期望学术界同行和广大读者不吝给予批评指正，以促进流域水生态功能分区理论和实践的发展。

高俊峰  
2011年12月

# 目 录

1 绪论	1
1.1 水生态功能分区的目的与意义	1
1.2 水生态功能分区的国内外现状	6
2 流域现有各类区划及其与水生态功能分区的关系	21
2.1 水环境功能区划	21
2.2 水功能区划	28
2.3 水资源区划	37
2.4 生态功能区划	39
2.5 主体功能区划	46
2.6 流域现有区划与水生态功能分区的关系	48
3 太湖流域水生态系统的形成基础	52
3.1 概述	52
3.2 自然地理	53
3.3 社会经济	61
3.4 土地利用	71
3.5 水资源及其利用	73
4 太湖流域水生态系统现状调查与评价	77
4.1 调查与评价方法	77
4.2 浮游植物	83
4.3 浮游动物	87
4.4 底栖动物	99
4.5 水生维管束植物	105
4.6 鱼类	107
5 太湖流域水生态功能分区方法体系	109
5.1 水生态功能分区的思路	109
5.2 水生态功能分区的指标体系	112
5.3 水生态功能分区的划分方法	124
6 太湖流域水生态功能分区方案	143
6.1 一级分区方案	143

6.2	二级分区方案 .....	147
6.3	三级分区方案 .....	153
7	太湖流域分区水生态与自然特征 .....	161
7.1	一级分区水生态与自然特征 .....	161
7.2	二级分区水生态与自然特征 .....	165
7.3	三级分区水生态与自然特征 .....	177
8	太湖流域分区社会经济与土地利用特征 .....	211
8.1	一级分区社会经济与土地利用特征 .....	212
8.2	二级分区社会经济与土地利用特征 .....	214
8.3	三级分区社会经济与土地利用特征 .....	218
9	太湖流域分区水生态功能评价 .....	232
9.1	太湖流域水生态系统特征 .....	232
9.2	水生态功能计算方法 .....	238
9.3	分区生态系统组成及水生态功能评价 .....	246
10	太湖流域分区生态风险评价 .....	256
10.1	生态风险评价指标体系 .....	256
10.2	生态风险评价方法 .....	260
10.3	太湖流域分区生态风险评价 .....	266
	参考文献 .....	292

# 1 绪论

## 1.1 水生态功能分区的目的与意义

### 1.1.1 水环境管理发展趋势

#### 1.1.1.1 流域水环境管理发展趋势

(1) 基于水生态分区的流域水环境管理已成为流域水环境管理的主流

20 世纪 80 年代以来, 以水生态分区为基础实施流域水环境管理的理念在国际上获得了广泛的认可。其中, 美国以生态系统管理为理念, 运用流域保护和流域分析方法, 采用土地利用、土壤、自然植被和地形等指标, 综合水生态系统完整性评价和生态需水, 在充分反映水体的生态环境特性基础上, 开展流域水生态分区。欧盟在 2000 年颁布的“欧盟水政策管理框架”中, 也提出要以水生态区为基础确定水体的参考条件, 根据参考条件评估水体的生态状况, 最终确定以生态保护和恢复为目标的淡水生态系统保护原则。流域水生态分区可代表流域不同特征区域生态系统的类型, 也可反映出流域不同区域社会经济发展与水环境的相互影响和作用, 因此, 流域水生态分区管理成为流域水环境综合管理的发展趋势, 也是流域水环境管理的基础。

(2) 流域水生态功能分区以及基于分区的水质标准体系是污染物总量控制技术体系的基础, 也是建立水体功能与保护目标的主要依据

流域水生态功能分区实质上是要划分出反映水生态系统空间特征差异与环境相互关系的区域单元, 是在流域水生态系统空间差异分析的基础上, 利用气候、水文、土地利用、土壤、地形、植被、水质以及水生生物等要素, 结合人类活动因子来划分的。水生态功能区是水环境管理的重要单元, 在大尺度上可以反映水生态系统的特征差异, 为确定水环境质量基准提供依据; 在小尺度上可以体现河流水体功能差异, 为水质目标的确定与环境容量的计算提供控制单元。

流域水质目标管理技术是在原有总量技术体系上发展而来, 强调以追求人体健康和水生态系统安全为水环境目标, 在“分区、分级、分类、分期”水环境管理模式指导下, 以先进、规范的技术方法体系为支撑, 建立以水质目标为基础的水环境管理技术体系(孟伟等, 2007, 2011)。该体系更加强调以水生态安全和人体健康保护为最终目标, 将流域污染负荷削减和流域水质以及水生态安全有机结合, 在水生态系统结构与功能评价的基础上制定污染控制总体方案。其中, 水生态分区以及基于分区的水质标准体系是该总量控制技术体系的基础, 也是建立水体功能与保护目标的主要依据; 而环境容量则是总量控制方案制定的出发点, 通过确定区域污染物的限定排放量, 制定出流域水污染物削减技术方案, 完善排污许可证制度。



(3) 在水生态功能与控制单元划分的基础上, 逐步实现从目标总量控制向基于流域控制单元水质目标的容量总量控制的转变

在过去几十年里, 许多发达国家针对本国水污染状况相继开展了水质管理技术的研究, 如欧盟莱茵河总量控制管理, 日本东京湾、伊势湾及濑户内海等总量控制计划, 以及美国 TMDL (Total Maximum Daily Loads) 计划等。针对太湖流域快速发展的社会经济状况, 落实科学发展观, 建立有效的、基于水质目标的总量控制技术体系, 将是决定太湖流域未来和谐社会经济发展成功与否的关键。

与国外水质管理技术体系相比, 太湖流域的目标总量控制技术仍然薄弱, 且以行政区域为基本单位的水质管理体系无法解决日益严重的行政跨界污染纠纷问题, 从而表现出与未来水质管理要求不相适应的缺点, 制约着水环境管理工作的进一步发展。因此, 急需在借鉴国外先进经验的基础上, 开展符合太湖流域实际情况的水质管理技术研究, 实现从目标总量控制向基于流域控制单元水质目标的总量控制技术的转变。

(4) 信息技术在水环境管理中正发挥越来越重要的作用

综观太湖流域水资源管理、水质监测与评价等方面的研究和系统建设发展历程, 可以看出其逐渐由单纯依靠传统的常规水质监测和野外调查向“3S”(Geographical Information System, GIS; Remote Sensing, RS; Global Position System, GPS) 集成等一体化信息获取与处理技术的方向发展; 由以调查统计为基础的定性和半定量经验公式估算的方法为主向半定量和量化, 以及基于机理模拟的方向发展; 由仅考虑太湖或某一局部河段向从流域生态系统完整性和水质目标控制单元角度进行流域水资源管理、水质监测与评价的方向发展。在系统建设方面, GIS、RS 占有越来越大的比重, 弥补了有限的常规监测点无法获取全水域水质信息的不足, 能充分融合利用长期积累的、丰富的太湖流域多元数据平台、信息、报告、文件等资源, 形成对太湖流域权威、准确、科学的数据信息发布和环保宣传, 对改善太湖流域水资源管理和水环境监测技术水平, 促进太湖流域生态环境协调发展具有重要的意义。

#### 1.1.1.2 太湖流域水资源与水环境需求趋势

预计 2011—2020 年太湖流域经济还将以 10% 左右的速度增长, 经济结构将会发生较大变化; 人口数量将继续增加, 生活质量进一步提高。随着流域社会经济的发展, 将对生态环境提出更高的要求。目前的流域管理和水污染控制策略难以满足这方面的要求, 必须拓展新思路, 提出新方法, 以科学发展观为指导, 从人与自然和谐发展的角度提出前瞻性的水生态环境恢复、改善的理念。

#### 1.1.1.3 污染物排放总量控制发展趋势

20 世纪 70 年代以来, 我国流域水质管理技术研究得到了快速发展, 多年来我国相继开展了有关水环境容量、水功能区划、水质数学模型、流域水污染防治综合规划以及排污许可证管理制度等的研究, 将总量控制技术与水污染防治规划相结合, 逐步形成了以污染物目标总量控制技术为主, 容量总量控制和行业总量控制为辅的水质管理技术体系。在“九五”和“十五”期间, 污染物排放总量控制指标在太湖流域水污染防治相关规划中得到了广泛应用。实践证明, 该项措施对太湖流域水污染物排放控制, 缓解水质急剧恶化的趋势发挥了积极有效的作用。但是, 由于该项措施的技术基础是基于目标总量控制的水质管理方法, 没有将水质目标与污染物控制, 尤其是与地区自然环境与社会特征紧密联系起来,



因此难以满足太湖流域未来水环境管理的需求。

### 1.1.2 必要性与紧迫性

#### 1.1.2.1 已有工作不能满足面向水生态系统保护的水质目标管理技术要求

我国虽已完成全国水环境功能区划的工作,但从生态管理的角度出发,水环境功能区划并不是基于区域水生态系统特征所建立的,缺乏对区域水生态功能的考虑,难以在其基础上建立体现区域差异的水质标准体系,不能满足面向水生态系统保护的水质目标管理的技术要求。因此,应当结合太湖流域自然环境、流域社会经济特点与环境管理需求,建立适宜于太湖流域水生态分区理论与方法体系,制定水生态分区方案,指导水环境的科学管理,特别是区域监测点的选择、营养物基准制定以及区域范围内受损水生态系统恢复标准的制定,为基于流域的 TMDL 的制定奠定基础。

#### 1.1.2.2 开展流域水生态功能分区研究是实现太湖流域水环境“分区、分类、分级、分期”管理的基础

太湖流域河网密布,区域土地利用与社会经济发展不均衡,流域水生态环境系统既具有相互影响的整体性特征,又具有区域之间的差别。有必要在流域水生态系统结构、过程与功能基础上,建立有效的流域水质综合管理目标,确定在不同地区之间、生产与控污之间,以及人类需求与水生态环境功能之间的协调与分级机制,以促使流域水环境质量的根本好转。太湖流域水生态功能分区研究是在对流域水生态系统空间差异特征分析的基础上,利用气候、水文、土地利用、土壤、地形、植被、水质以及水生生物等要素,结合人类活动因子来划分水环境恢复与管理的“分类”和“分区”单元,使得既可以在大尺度上反映水生态系统的特征差异,为确定水环境质量基准提供依据,也可以在小尺度上体现河流水体功能差异,为水质目标的确定与环境容量的计算提供空间单元,为不同控制单元提供污染物分类控制的准确信息,从而为流域污染控制与水环境综合管理奠定基础。

太湖流域水生态功能分区目的是揭示流域水生态系统的空间规律,反映水生态系统特征及其与自然因素的关系。流域内位于不同水生态区的河流,其具有特定的特征,受到人类活动频度、气候、地质、地理、土壤和地表特征的影响,形成独特的生态系统结构与功能,污染物质的结构和组成也不同。根据污染物质的结构和组成,可以将其分为合成有机物、金属、无机物和卫生学指标等;根据污染物的毒性特点,可以分为常规污染物(含氮、磷营养盐)与优先控制污染物;根据污染物对水体生态功能与资源用途的影响作用,可以分为淡水水生生物保护、海水水生生物保护、人体健康保护等方面的控制污染物。因此,以水生态功能区作为评价水生态系统健康、质量和完整性的单元,建立相应的评价指标和标准,指导监测体系的建设与参考条件的确定,最终设定不同的保护目标,采取不同的污染控制措施,有利于有针对性地防治不同特性的水污染。水生态功能区保护目标的设定不仅要考虑到区域内人类的需求,而且还要考虑到水生态系统保护的基本需求,不同水生态区要求不同的管理目标,这种“分类”管理模式将会使流域水环境管理更为科学、更有针对性。

对太湖流域河流与湖泊水体生态系统进行调查和研究,通过识别流域水体水生生物栖息地的主要控制因子,以及水生态系统的非区域要素,强调以流域水生态完整性为保护目标,重视流域内所有与水质有关的问题。例如,毒性和常规污染物的控制;温度、水流、

地下水与地表水的相互作用关系；水道形态、底质组成、河岸带特征、栖息地质量、物种丰度、生物多样性等生物栖息地与生态健康状况，甚至深层土壤生物地球化学进程等。要求基于区域水生态特征实施针对性的水质改善与污染控制对策，如区域监测点的选择、营养物基准制定以及区域范围内受损水生态系统恢复标准的制定等，将有利于建立基于流域水生态健康的、较为全面的水环境质量基准与标准体系，从而为实现流域的水环境“分级”技术管理奠定基础。

#### 1.1.2.3 太湖流域水环境问题十分突出，成为制约流域社会经济可持续发展的障碍，开展有效的水环境管理迫在眉睫

目前，太湖流域同时面临着水资源量短缺与湖泊富营养化两个方面的压力，水资源量短缺导致太湖流域用水量已经远远超过了允许利用的水资源量，其结果造成太湖及河道的生态用水量难以满足生态环境保护的需求。如何保障太湖流域生态需水量，就显得极为重要，这是恢复太湖流域水生态和保障太湖流域水环境安全的根本。

太湖流域水资源和水环境承载力的超载问题，已经成为太湖水环境保护、社会经济发展的主要制约因素。在此情况下，如何科学合理地界定水资源承载力和水环境承载力，恢复水资源与水环境承载力，并在此基础上，确定流域合理的经济社会发展模式，是太湖流域可持续发展亟待解决的问题。

水环境恶化也给太湖流域水资源利用带来了很大压力，太湖流域富营养化控制将是一个长期的过程。如何通过水资源的合理调配实现对水环境保护，特别是通过水量水质的优化调配达到控制湖泊富营养化目的，将是太湖流域目前迫切需要解决的问题。

#### 1.1.2.4 水生态功能分区有助于丰富流域生态功能区划和目标管理的理论与方法，对同类水生态管理和环境控制具有示范作用

水生态功能分区作为一种新的管理单元，可以为太湖流域区域水环境管理冲突的解决提供重要条件。按照流域分级管理模式，在维持水生态系统自身需求的前提下，综合考虑水生态系统和人类对水质、水量的需求，权衡水生态和社会经济子系统的构成与相互反馈，通过利益相关者的共同协商来维系、保护和恢复水环境与水生态系统的完整性，对地下水、地表水、湿地、水生态系统进行统筹规划、设计、实施和保护，制订综合性的流域水污染防治措施，便于协调并解决太湖流域现存的跨行政部门的取水、用水、排污等冲突问题。一定程度上有利于缓解部门之间、人类需求与生态需求之间的矛盾，有利于从上到下贯彻环境保护资源规划的科学管理目标和措施，合理地管理分区内的环境资源，提高流域水环境与水资源管理的效率。

水生态功能分区以及在此基础上面向水环境管理的控制单元划分和日最大负荷量确定，是一种新的更为科学的环境管理手段，不仅有助于太湖流域水环境管理和水生态功能恢复，同时可为国内其他类似流域的水生态功能分区和水质目标管理提供借鉴。还可为流域的生态承载力分析、生态需水核算、水质控制单元划分及其信息管理积累经验，进而向全国推广。

### 1.1.3 科技支撑需求分析

太湖是目前我国污染严重的“三河”（淮河、海河、辽河）、“三湖”（太湖、巢湖、滇池）、“一库”（三峡水库）重要水体之一，湖泊的水生态环境质量对流域的社会经济发展



有重大的影响。中央政府对这些水体提出了严格的水质目标并制定了相应的水环境保护规划,但是如何实现水质目标管理中的水量保障问题却缺乏系统分析。缺乏有效的水质水量优化调配,不能保障水资源和水环境承载力,都将使太湖流域的水环境保护功亏一篑。目前,太湖流域的水质性缺水问题已经极为突出,科学解决这个问题将对保障太湖流域生态安全,实现流域可持续发展具有重要的现实意义。同时对其他湖泊也具有示范作用。

“十一五”期间,太湖水环境管理将从单纯的化学污染控制向水生态系统保护的方向转变。全面了解太湖流域水环境特征,对其进行科学的水生态功能分区,是实现太湖流域“分区、分类、分级、分期”水环境保护管理目标的基础。由于目前对太湖流域水生态功能分区的关键技术还缺乏系统的研究,还没有建立起相应的科学基准和配套控制标准,更没有形成相应的水环境管理技术体系,实现水生态功能分区研究,尚需发展较多的科技支撑条件。

#### 1.1.3.1 流域水生态系统差异规律认识是建立太湖流域水生态功能分区的前提

通过对流域内河流与湖泊水生态系统的调查和研究,明确流域水环境演变规律和流域水环境的污染过程,研究水生态系统的生物组成结构、功能以及关键生态过程的特征,识别水生态系统的时空连续性和异质性,建立水生态系统的空间格局与尺度效应判别技术,揭示流域水生态系统区域差异及其形成机理,为建立区域要素、非区域要素与生物要素的相互作用奠定基础。

#### 1.1.3.2 指标的确定是太湖流域水生态功能分区的关键

科学选取指标是建立太湖流域水生态功能分区的前提。指标不仅要能够反映出水生态系统的真正特性,而且还要具有可操作性,以及定量化的分区方法和分区标准。美国学者曾采用土地利用、土壤、自然植被和地形4个区域性特征指标进行三级分区,认为这4个指标是影响水生态系统特征、反映水生态系统与周围陆地生态系统相关关系的关键因素。但由于这些环境要素之间存在相互关联性,在流域不同的区域这些因素的相互作用不同,因此需要进行具体分析,从而筛选出主导型指标进行具体分析,并要与分区对象的等级层次保持一致。太湖流域水生态分区指标和标准的选择需综合相关的水环境演变规律研究、水生态服务功能、流域健康指标,以及水生态学、毒理学基准的研究成果,结合流域调查结果,建立水生态特征要素和分区指标。

#### 1.1.3.3 水体特征识别是太湖流域水生态功能分区的理论基础

在流域生态调查的基础上,针对水生态系统在维持生物多样性、栖息地环境等方面的基础功能以及在涵养水源、供水、防洪等方面的服务功能,并在充分的利益相关者共同协商机制下,建立太湖流域水生态系统功能识别与重要性评判技术,确定各功能区的多指标动态管理目标,协调冲突问题,以最终合理确定太湖流域水生态功能分区单元。这一机制中,权衡水生态功能和人类需求功能是决策的核心。首先划分出维持人类饮水安全、水生态功能基本要求及重要水生态功能区,在此基础上再对一般用水功能区进行区划。

#### 1.1.3.4 水环境演变规律和模拟是水质目标管理的关键

流域水环境评价是水质目标管理关键一环。根据所收集的流域内河流和湖泊的基本信息,包括:水文和水质特征,自然保护区、水库和饮用水源分布,不同用水类型及其分布,现状水体功能区划,排污口分布及其水量与水质情况,水污染纠纷,流域产业结构、用水、排污情况,人口及其分布、当地发展规划等,在此基础上,开展流域水环境现状评价。并



进一步综合分析人类对水生态环境的胁迫过程,以及水生态环境表现出来的敏感性,细分出更小尺度的水生态单元,从而为水生态系统的保护和恢复提供科学的依据。根据所收集得到的资料,分析评价得到:现状水生态、水质状况,现状功能区空间分布,所存在的冲突问题,水资源供需情况,当地管理水平及其未来发展程度等,以此评价结论作为太湖流域水生态功能区划的基础。

## 1.2 水生态功能分区的国内外现状

### 1.2.1 国外研究进展

生态区(Ecoregion)的概念最早由加拿大林业生态学家 Orié Loucks 提出(Loucks, 1962),之后在 1967 年, Crowley (1967)对生态区概念做了进一步界定,同时根据气候、植被大尺度因子差异划分了加拿大的生态区。这也是最早的一份国家级生态区划方案。根据 Crowley 的生态区划分方法,美国林业局(U.S. Department of Agriculture Forest Service)的 Bailey 先后制定了美国全境(Bailey, 1976, 1994)、北美(Bailey and Cushwa, 1981; Bailey, 1997)以及全球(Bailey, 1989)的陆地生态区划分方案,并对美国生态区进行了等级划分。划分的生态区被定义为在生态系统中或者生物体和它们生存的环境之间相互联系的、相对同质的陆地单元。虽然 Bailey 在划分中采用了多个陆地下垫面的特征指标,但在同一层级的生态区划分上仍主要采用单一指标。

随着河流与水生态保护工作的开展和深入,20 世纪 70 年代末,美国国家环境保护局(U.S. Environmental Protection Agency)的管理者和研究者逐渐意识到,采用单一的指标方法得到的生态分区,容易造成在一些地区有显著生态系统差异的区域无法被识别出来(Omernik, 1995)。这样的分区显然无法满足环境管理的要求。美国国家环境保护局的 Omernik 等人尝试对已有的分区方法进行改进,并于 1987 年提出了首份水生态功能区划方案(Omernik, 1987),该方案创新地综合使用了土地利用、自然植被、土壤和地形 4 个自然特征指标。这一分区方案目前仍是美国国家环境保护局发布的生态区划的基础。

随着生态与环境保护问题受到重视,以及生态区为资源的可持续开发利用和环境管理提供保障的重要意义得到认可,美国多个政府部门和组织均结合自身管理经验提出了大空间尺度的生态区划方案,包括美国国家环境保护局(Omernik, 1987)、美国林业局(Bailey, 1997)、大自然保护协会(The Nature Conservancy)(1997)、世界野生生物基金会(World Wildlife Fund)(Olson and Dinerstein, 1998),以及联合国粮食和农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations)(FAO, 2001)。其中影响较大的是前文提到的美国国家环境保护局提出并发布的生态区划。目前,由联邦自然资源机构(Federal Natural Resource Agencies)牵头,美国正在致力于讨论和缩小各分区方案与分区方法体系的差异,试图统一美国现有的各类生态分区方案(McMahon et al., 2001)。就分区体系而言,美国国家环境保护局已完成并发布了全国三级和四级水生态分区体系,目前正在开展五级分区工作。在较小的地理空间尺度(如州一级)上做了若干生态区划研究的尝试(Albert, 1995; Nigh and Schroeder, 2002)。

美国国家环境保护局还联合加拿大以及墨西哥的环境管理部门制定了统一的北美洲