

本书获 国家自然科学基金创新群体基金项目“流域水循环模拟与调控”（编号：51021066）资助
创新方法工作专项项目“我国水文学方法创新体系建设研究”（编号：2009IM020100）

Total Quantity Control of
Water Pollutants Based on Watershed Hydrological Cycle
Theory, Methods and Applications

王浩 严登华 肖伟华 李传哲 编著

基于流域水循环的 水污染物总量控制 理论·方法·应用



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

《水污染控制工程》(第4版)为高等院校环境工程、环境科学、给水排水工程、市政工程、建筑环境与能源应用工程、能源与动力工程、环境工程(水污染控制方向)等专业教材,也可供从事水污染控制工程技术人员参考。

本书可作为高等院校环境工程、环境科学、给水排水工程、市政工程、建筑环境与能源应用工程、能源与动力工程、环境工程(水污染控制方向)等专业教材,也可供从事水污染控制工程技术人员参考。

主 编 王 浩 副主编 王 浩 王 浩 王 浩

基于流域水循环的 水污染物总量控制 理论·方法·应用

王 浩 王 浩 王 浩 王 浩

基于流域水循环的 水污染物总量控制 理论·方法·应用

王浩 严登华 肖伟华 李传哲 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

• 内 容 提 要 •

本书分析了水污染物总量控制的国内外研究现状及国际相关研究对我国的启示,剖析了我国流域水污染及其总量控制的现状及面临的挑战,在此基础上提出了基于流域水循环的水污染物总量控制总体框架和理论基础,建立了基于流域水循环的水污染物总量控制技术方法,并以湖北武汉汤逊湖流域和长江干流为例进行了实例研究,对构建的理论、模型和方法进行了验证和分析,最后展望了基于流域水循环的水污染物总量控制的研究主题。

本书可供水污染防治、水文水资源等相关专业的科研和管理人员以及大专院校的教师和研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于流域水循环的水污染物总量控制理论·方法·应用 / 王浩等编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012.2

ISBN 978-7-5084-9475-3

I. ①基… II. ①王… III. ①流域环境—水污染物—污染控制 IV. ①X520.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第024060号

书 名	基于流域水循环的水污染物总量控制 理论·方法·应用
作 者	王浩 严登华 肖伟华 李传哲 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 7.75印张 184千字
版 次	2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	30.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



随着社会经济的快速发展，我国水环境系统呈现出流域性复合型污染和结构型污染凸现，新型和有毒有害污染物影响加重，水质型缺水使得水资源形势严峻，水环境和水资源无法满足现有经济发展模式等问题；而我国水污染物总量控制仍存在总量控制相关标准的基础研究不够，水环境监测能力建设严重滞后，流域水污染物总量分配方法单一，水环境管理尚未上升到流域水平等问题。与此同时，随着气候变化和人类活动影响的加剧，特别是城市化、工业化进程的加速发展，我国水污染物总量控制面临更加严峻的考验。革新传统的水污染物控制策略与方法，提高各类水环境问题的综合应对能力，已成为我国实施可持续发展战略中亟待解决的关键问题之一。

解决好我国各大流域的水环境问题关系到社会经济发展全局和人民的切身利益，意义重大、刻不容缓。《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》和《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006～2020年）》明确提出了加强流域水污染综合治理的重要性和紧迫性。本书结合国际先进经验，着眼于提出切实可行的流域战略环评中的水污染物总量控制的总体思路，重点开展各流域水污染物总量控制方法与策略的研究。

全书共分七章，第1章是绪论，介绍水污染物总量控制的国内外研究现状及国际相关研究对我国的启示，由王浩、严登华、秦天玲、李立新编写；第2章是我国流域水污染及其总量控制的现状及面临的挑战，由严登华、翁白莎、王道源、冯婧编写；第3章是基于流域水循环的水污染物总量控制总体框架，由王浩、严登华、程兵芬编写；第4章是基于流域水循环的水污染物总量控制理论基础，由李传哲、严登华、杨志勇、王青编写；第5章是基于流域水循环的水污染物总量控制技术方法，由肖伟华、鲁帆、耿思敏编写；第6章是基于流域水循环的水污染物总量控制实例研究，由张萍、王刚、胡东来编写；第7章是结论与展望，由严登华、李传哲、张诚、史璇编写；全书由王浩、严登华、肖伟华和李传哲统稿。

本书的编写由环境保护部“流域战略环评的水污染物总量控制策略与方

法”咨询项目资助，还得到了水利部等部门的大力支持，并得到了老一辈水文水资源和水环境专家的精心指导，在此一并表示感谢！

由于流域水循环过程和水污染物总量控制方法的复杂性，相关研究方法仍是较长时期内研究的热点和难点。限于作者水平和时间限制，书中难免存在不足乃至谬误之处，敬请批评指正。

编者

2011年12月

前言

第1章 绪论	1
1.1 流域水循环	1
1.1.1 流域水循环的内涵	2
1.1.2 流域水循环研究的意义	2
1.1.3 流域水循环模拟研究的动态	2
1.2 水污染物总量控制	4
1.2.1 水污染物总量控制的内涵	4
1.2.2 流域水污染物总量控制的意义	4
1.2.3 水污染物总量控制的研究动态	5
1.3 国际相关研究与实践对我国的启示	7
1.3.1 结合流域背景与水污染特征建立高效统一、多层次、多元化的管理模式	7
1.3.2 注重政策指令导向,依法治水,为流域水污染物总量控制提供法律保障	9
1.3.3 从战略层面出发,针对流域水污染全过程合理制定水资源、水环境规划与计划	11
1.3.4 强化流域水污染实时监督,建立并完善水环境污染实时监控和事故处理运行监测系统	12
1.3.5 依据水污染时空演变特征,明确流域责任,坚持“防治结合”和“自防自治”原则	12
1.3.6 遵循共享性和公平性原则,改进水环境容量评价和容量分配方法,提高流域水污染评价精确度	13
1.3.7 加强国际合作,建立战略伙伴关系,为我国流域水污染物总量控制提供技术交流平台	14
第2章 我国流域水污染及其总量控制的现状及面临的挑战	16
2.1 我国的流域水环境状况及存在的问题	16
2.1.1 我国的流域水环境状况	16
2.1.2 我国流域水环境存在的主要问题	33
2.2 我国的水污染物总量控制现状	42
2.2.1 我国实施水污染物总量控制回顾	42
2.2.2 我国“十一五”期间水污染物总量控制的概况	43
2.3 我国水污染物总量控制存在的问题及面临的挑战	43
2.3.1 我国水污染物总量控制存在的问题	43
2.3.2 我国水污染物总量控制面临的挑战	45

第3章 基于流域水循环的水污染物总量控制总体框架	47
3.1 基于流域水循环的水污染物总量控制目标确定	49
3.2 基于流域水循环的水污染物总量控制的关键技术体系	49
3.3 基于流域水循环的水污染物总量控制方案的实施	50
3.4 基于流域水循环的水污染物总量控制方案的实施保障措施	51
3.4.1 加强流域战略规划	51
3.4.2 健全体制与政策法规	51
3.4.3 全过程监管体系	52
3.4.4 完善水环境监测网络	54
3.4.5 完善管理制度与监督保障体系	54
第4章 基于流域水循环的水污染物总量控制理论基础	56
4.1 流域水循环研究的理论基础	56
4.1.1 流域水循环基本理论	56
4.1.2 基于二元模式的流域水循环研究	58
4.1.3 水循环伴生过程的模拟	60
4.2 “自然—社会”二元水循环中水污染的形成机制	63
4.2.1 自然水循环中水污染的形成机制	63
4.2.2 社会水循环中水污染的形成机制	65
4.2.3 水中污染物的迁移转化	67
4.3 水污染物总量控制的理论基础	68
4.3.1 水污染物总量控制遵循的原则	68
4.3.2 水污染物总量控制的特点及功能	69
4.3.3 总量控制的分类及控制目标的建立	69
4.3.4 水污染物总量控制的实施	71
第5章 基于流域水循环的水污染物总量控制技术方法	73
5.1 流域“自然—社会”水循环的水污染负荷模拟	73
5.1.1 “自然—社会”二元水循环模拟	73
5.1.2 水污染负荷模拟	74
5.1.3 水域纳污能力模拟	82
5.2 水污染物总量分配技术	83
5.2.1 分配原则	83
5.2.2 分配方法分类	84
5.2.3 分配方法举例	86
第6章 基于流域水循环的水污染物总量控制实例研究	93
6.1 汤逊湖实例研究	93
6.1.1 汤逊湖流域概况	93
6.1.2 汤逊湖流域水污染总量控制技术方法	94

6.1.3	汤逊湖流域水污染物入湖总量控制	95
6.1.4	汤逊湖流域水污染调控与防治措施	97
6.2	长江干流实例研究	99
6.2.1	长江干流水污染问题的特征	99
6.2.2	长江干流水污染物总量控制	99
6.2.3	长江流域水污染物总量调控对策	101
第7章	结论与展望	104
7.1	主要结论	104
7.1.1	理论构建	104
7.1.2	方法研究	106
7.1.3	实例应用	107
7.2	研究展望	107
参考文献		111

第 1 章 绪 论

水是生态与环境系统的核心要素，水资源是关键性自然资源和战略性经济资源。以全球气候变化和人类活动干扰为主要特征的变化环境不断影响流域水循环演变，而水循环不仅是水污染物形成、迁移、转化等一系列过程的载体，又是影响其动力学过程的因素之一。

水循环与水污染过程是紧密相连的，其相互作用机制如下：

从水循环对水污染过程的作用来看，气候变化和人类活动不断改变着自然水循环的动力学过程，改变了河流特征，影响到污染物的迁移转化过程，进而影响流域水污染物特征，致使污染负荷的时空演变过程和污染源的时空分布发生变化。原水调配不合理和社会取水量的增加在一定程度上减少了区域自然水循环通量；社会水循环过程中的耗水量增加又导致取水量的不断增加；部分区域由于技术落后、基础设施不完善等原因，污水处理又不能及时满足再生水利用和污水排放标准，降低了水环境容量，进一步减小了流域水环境承载力及水环境容量，加剧了水污染。

从污染物在水循环要素中的行为特征来看，在降水形成过程中，水蒸气吸收、溶存了部分大气污染物，降落到地面参与陆地水循环过程；而生产、生活活动排出的水污染物经污水排放系统进入到自然水循环中的洼地储留、入渗、地表产流、坡面汇流、河道汇流过程中，影响地表水、土壤水和地下水水质。水污染物在各水循环要素过程中会与环境中的其他物质及其自身相互反应，部分生成物又会对环境造成二次污染，进一步降低水资源与水环境质量。上述过程会减少生态系统可利用水量，直接影响植被蒸发及蒸腾过程，减少返回大气中的水汽通量，致使局地降水减少，改变区域大气环流；而水污染物通过迁移转化、富集、沉积等作用进入植被、土壤和其他水域中，会影响植被时空分布和土壤的理化、生性质，改变流域下垫面条件，致使叶/茎面积指数、冠层阻抗、地表糙度等敏感水文变量发生变化，间接作用于冠层截留、入渗和产汇流等要素过程。

水循环对水污染的影响机制是基于流域水循环的水污染物总量控制的重要理论基础。不同于以往的水污染物总量控制，基于流域水循环的水污染物总量控制从政策、计划、规划等战略层面出发，基于水污染的全过程、水循环演变及其相互作用机制，提出有效的水污染总量控制措施，有助于流域水资源和水环境的可持续发展。

1.1 流域水循环

水循环是联系大气圈、生物圈、地表、土壤圈的重要物质纽带，其演变深刻影响着全球水土资源、生态环境和社会经济结构与布局。水循环在全球/局地气候变化和生态环境演变中起到的重要作用受到多学科领域研究者的极大重视。为此，联合国教科文组织和世界气象组织等国际机构开展和实施了一系列有关水循环的重大科学计划，如国际水文计

划、世界气候研究计划、国际地圈生物圈计划、全球能量与水循环实验、水循环的生物圈实验等，使其成为气候变化背景下的热点问题。流域水循环是全球水循环的重要组成部分，是水文水资源领域的研究热点之一。

1.1.1 流域水循环的内涵

流域水循环既是统一的整体又是一个开放的系统，包括自然水循环和社会水循环两个方面。

1.1.1.1 流域自然水循环

流域内的水体在太阳能和大气运动驱动下，通过蒸散发以水汽形式进入大气圈。在适当条件下，水汽凝结成小水滴，当其能克服空气阻力时，在地球引力作用下以降水的形式落到地表。经过冠层截留、洼地储留后，剩余降水在水平方向上通过坡面汇流和河道汇流形成地表径流；在垂直方向上，经过入渗过程进入地下水；地表水与地下水存在水量交换过程。最后，再经流域出口流出，形成流域自然水循环。

1.1.1.2 流域社会水循环

流域社会水循环系统包括供（取）水、用（耗）水、排水（处理）与回用四个子系统。供（取）水系统是社会水循环的始端和将自然水循环引入社会经济系统的“牵引机”；用（耗）水系统是社会水循环的核心，是社会经济系统“同化”攫取水各种价值及使水资源价值流不断耗散的一整套流程；污水处理与回用系统是伴随社会经济系统水循环通量和人类环境卫生需求而产生的循环环节，如同社会水循环系统的“静脉”和“肝脏”，也成为构建健康良性的社会水循环的关键；排水系统是社会水循环的“汇”及与自然水循环的联结节点，发挥“肾脏”的功能和“异化”社会经济系统废污水的重要作用。

1.1.2 流域水循环研究的意义

流域水循环与区域水土资源问题密切相关，其时空演变直接影响生态格局、水环境质量、水资源开发利用等“涉水”和“涉地”问题，对资源、能源和生态环境的可持续发展起着至关重要的作用。流域水循环研究借鉴系统学理论，将水循环各要素过程统一考虑，并关注其相互作用、时空演变特征，比单纯研究径流过程更为深入和全面。流域水循环研究能明确区域水汽通量和径流的演变特征，可为综合应对气候变化引发的极值天气事件提供依据。由于水是污染物运移的载体，流域水循环研究不仅能够明晰水通量变化问题，还能为伴随水循环的物质迁移转化研究提供更为“宽广”的整体背景。同时，流域水循环研究能为区域行政决策部门提供基础理论和技术支持，有利于水资源、水生态、水环境规划和计划的合理性提出和最严格水资源管理的开展，有助于构建节水型社会、生态友好型社会、区域低碳发展模式和可持续发展经济模式。

1.1.3 流域水循环模拟研究的动态

1.1.3.1 要素过程模拟

流域水循环研究的理论基础是水平衡方程。流域水循环由降水、冠层截留、洼地储留、土壤水运动、入渗、地下水运动、蒸散发、产流、坡面汇流、河道汇流和积雪融雪等要素过程构成。其中，降水主要来源于实测数据，再利用地学统计方法进行空间拓展，一般多采用 Thiessen、人工绘制降水等值线法、距离反比加权平均法、Kriging 法、数字高

程模型（Digital Elevation Model，DEM）修正等。其他要素过程的模拟方法见表 1.1。

表 1.1 主要水循环要素过程模拟方法

要素	模拟方法
冠层截留	基于霍顿理念的模拟方法；Rutter 模型；Massman 模型等
洼地储留	洼地分配曲线法等
土壤水运动	Darcy 定律和 Richards 方程等
入渗	Green - Ampt 模型、Horton 模型和 Philip 模型等
地下水	Bousinessq 方程、达西定律、储流函数法、MXW、IRM 模型等
蒸散发	日蒸散发：Penman、Penman - Monteith、Prestley、Taylor、Brutsaert、Stricker 等公式/模型等 短时蒸散发：Penman - Monteith 公式、阻抗系数法、Bulk 系数法等
产流	霍顿坡面产流和饱和坡面产流模型等
坡面汇流	Kinematic Wave 模型等
河道汇流	Kinematic Wave 模型或 Dynamic Wave 模型等
积雪融雪	热量平衡法、空气动力学法和度日因子法等

1.1.3.2 流域整体模拟

随着水循环要素研究的不断深入，水文模型成为研究流域水循环的主要工具，是对水循环过程的抽象和概化，能够描述上述水循环要素过程。20 世纪 50 年代后期提出“流域水文模型”这一概念，即将整个流域作为研究单元，考虑关键水循环要素过程的模拟，并根据河川径流量的实测资料进行率定和验证。20 世纪 60～80 年代是概念式水文模型（“灰箱”模型）的研发阶段；20 世纪 80 年代中期以来，随着计算机技术、3S 技术以及水文试验/实验的开展，考虑水文变量空间异质性以及物理机制的分布式流域水文模型研究逐渐成熟（图 1.1）。

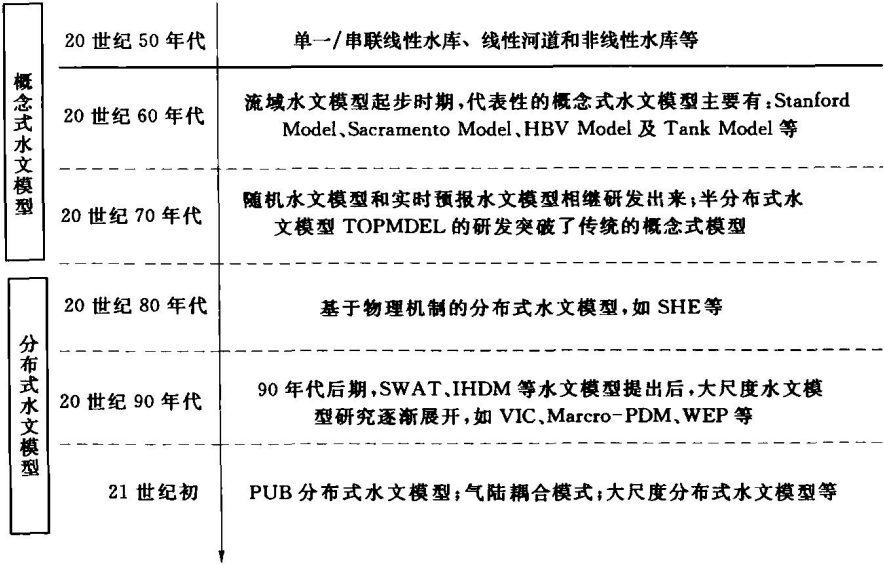


图 1.1 流域水文模型发展历程

1.1.3.3 存在问题与发展趋势

地球系统自身的变异及气候变化和人类活动干扰导致其发生的变化，会增加水循环的空间变异性，不同空间尺度与水文变量之间的不吻合问题便由此产生；水循环要素过程的动力学机制时间尺度不同，需要调整模型时间尺度嵌套问题；同时，要素过程的动态耦合还需不断完善。随着社会水循环认识的不断深入，流域自然水循环与社会水循环的耦合研究有待于进一步深入，以便更好地开展水资源管理工作；由于水文模型涉及的参数比较多且计算量较大，物理机制复杂，其校验过程难以采用自动优化方法；受径流观测资料的限制，大部分模型还是无法得到充分验证。另外，区域水资源问题的复杂性不断加剧，亟需构建水循环—水生态—水环境综合模拟平台来开展相关研究。在全球气候变化影响下，为减少极值天气事件对流域水安全和生态安全的威胁，需要不断深入研究气—陆耦合模拟。

1.2 水污染物总量控制

1.2.1 水污染物总量控制的内涵

水污染物总量控制是指根据一个区域/流域或特定地区（包括水环境污染严重的区域、或可能成为严重污染的区域及必须重点保护的区域等）的水环境现状和自净能力，考虑社会经济发展水平，科学合理地提出不同时期的水环境目标，依据环境质量标准，计算出研究区所允许的各类污染物的最大排放量，通过对污染源治理能力的经济与技术可行性分析和排污控制方案优选，将总量指标加以分解，以排污许可证的形式分配到区域内的各排污单位，进而将污染物总量控制在自然环境的承载能力范围内。水污染物总量控制包括三个要素：水污染物的排放总量、排放污染物的区域和排放污染物的时间。

水污染物总量控制的核心思想和内容是通过研究区域水污染的全过程、水污染物的迁移转化规律和治理措施，探寻水污染与经济社会发展政策、规划和计划之间的关系，不断平衡二者之间的关系，逐步将水污染物排放总量控制在区域水环境的承载能力之内，以便从客观上定量地把握经济、人口发展对水资源的影响，提出保护对策，促进水资源的可持续利用和社会经济与环境协调发展。采用水污染物排放总量控制，可从宏观上把握水污染情况，确保环境质量的逐步改善。

1.2.2 流域水污染物总量控制的意义

随着社会经济的快速发展，水污染物排放总量逐渐增加，而气候变化与人类活动对水土资源的不合理开发利用导致水资源问题的复杂性。尤其是我国人工取用水挤占生态需水的份额不断增加，用水效率低与区域性缺水又加剧了水资源供需的紧张情势，致使我国流域水问题叠加和累积影响凸显，具体表现为：点源污染尚未得到彻底遏制、面源污染问题日渐突出、突发性水污染事件频发、水生态安全受到威胁等，已成为阻碍实现可持续发展的关键制约性因素。为保障区域水安全和生态安全，实现生态环境保护与社会经济的协调发展，需要对流域水污染物总量进行控制，将其作为我国水环境管理的基本策略，并将其纳入最严格的水资源管理体制中。由于我国幅员辽阔，不同流域的水环境问题不尽相同，至今尚未形成一套系统、全面、合理的污染物总量控制体系，也没有完全从浓度控制、目标总量控制向容量总量控制转变。因此，我国水污染物总量控制虽然取得了一些进展，但

在法律法规、管理体系、标准与基准、技术研究等层面存在一些问题，导致仍然没有达到有效控制污染源、改善水环境的显著效果。而流域水污染总量控制将逐渐成为解决上述问题的关键技术之一。

1.2.3 水污染物总量控制的研究动态

1.2.3.1 国外研究进展

水污染物总量控制是 20 世纪 70 年代初发展起来的一种较先进的水环境保护管理方法，在欧美、日本等发达国家得到了广泛应用并取得了显著的环境改善效果。

日本从 1971 年开展水质总量控制方面的研究；1973 年的《濑户内海环境保护临时措施法》中首次提出采用总量控制方法，并以 COD 指标为限额颁发许可证；1977 年，日本环境厅提出了“水质污染总量控制”方法，并与浓度标准配合使用；1978 年，日本排水标准委员会提出总量控制标准研究，并在日本东京湾、伊势湾及濑户内海施行，严禁无证排放污染物。总量控制方法的实施使这三个海湾 80% 以上的污染大户受到控制，水环境状况得到了显著改善。

美国于 1972 年开始施行“最大日负荷总量”（Total Maximum Daily Loads, TMDL）制度，并提出了总量分配的思想方法，其有效执行手段为污染物排放许可证制度。1983 年，美国正式立法，实施以水质限制为基点的排放总量控制。之后，美国还开展了“季节总量控制”和“实时总量控制”。为了有效分配已确定的污染负荷总量，某些州还推行污染源之间的污染负荷交易制度（包括“点源之间的交易”和“点源与非点源之间的交易”）。

20 世纪 80 年代，波罗的海沿岸国家也通过排海污染物总量控制和综合治理措施，使得水域环境在一定程度上得到恢复和改善。联邦德国和欧洲共同体各国采用水污染物总量控制管理方法后，使 60% 以上排入莱茵河的工业废水和生活污水得到处理，莱茵河水质明显好转。其他国家如瑞典、前苏联、韩国、罗马尼亚、波兰等也相继实施了以污染物排海总量为核心的水环境管理方法。

从总量控制技术在欧美国家实施所取得的效果来看，总量控制技术已被证实是行之有效的方法，为这些国家水环境质量的改善起到了很好的作用。

1.2.3.2 国内研究进展

我国的水污染物总量控制研究始于 20 世纪 70 年代，以制定松花江 BOD 总量控制标准为先导，进行了最早的探索和实践。研究早期侧重于水环境容量、污染负荷总量分配的研究和水环境承载力的定量评价；后以总量控制规划为基础进行了水环境功能区划和排污许可证发放的研究，并在中国近海海域环境污染物自净能力和环境容量方面进行了一些有益的探索；这期间还开展了水质模型、水环境容量、排污许可证管理制度以及流域水污染防治综合规划等多项技术研究，将总量控制技术与水污染防治规划相结合，并在多个流域开展了水环境容量研究和应用，从而逐步形成了以目标总量控制为主、容量总量与行业总量控制为辅的管理技术体系，为我国涵盖总量控制、排污许可证等环境管理基本制度的建立奠定了基础。在 20 世纪 90 年代后期，我国开始在水环境管理中应用总量控制技术。在实践和探索过程中，我国出台了一系列水污染物总量控制的相关规定与标准（表 1.2）。水污染物总量控制已逐渐成为我国实施水环境管理的重要措施，并且在经过浓度控制、目标总量控制两个阶段之后，将逐渐过渡进入到容量总量控制阶段。

表 1.2

我国的相关规定与标准一览表

时 间	规定或标准名称	主 要 作 用
1973 年	《工业“三废”排放试行标准》(GBJ 4—73)、《污水综合排放标准》、《制定地方水污染物排放标准的技术原则和方法》	明确污染控制对象是以工业污染类型为主, 主要污染物质是重金属和有机污染物质
1988 年	《水污染排放许可证管理暂行方法》	为开展排放许可证试点工作提供借鉴, 标志着我国开始进入总量控制、强化水环境管理的新阶段
1996 年	《关于环境保护若干问题的决定》、《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》	确立污染物排放总量控制是国家实现“九五”期间环保目标所采取的重大举措
1996 年	《“九五”期间全国主要污染物排放总量控制计划》	确定了 12 种污染物排放总量的控制指标, 标志着我国污染控制由浓度控制进入总量控制阶段
2000 年	《水污染防治法实施细则》	对水污染物总量控制作了细化和更具有可操作性的规定
2005~2006 年	《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》、《全国环境保护规划》	确定水污染物总量减排指标
2010 年	《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》	落实减排目标责任制, 强化污染物减排和治理, 增加主要污染物总量控制种类, 将主要污染物扩大至 4 项, 即化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物

在总量控制的实施、政府决策与排污权交易方面, 我国也进行了大量的研究工作。如张天柱(1990 年)对区域水污染物排放总量控制的系统理论模式进行了探讨, 提出把水污染物排放总量控制作为一个涉及经济、法律、行政、技术等多方面综合的水环境管理体系来进行研究; 施晓清和王华东(1996 年)提出按环境区划和按政府行政分级的多层分区排污交易体系; 王勤耕等(2000 年)对总量控制区域排污权的初始分配方法进行了研究, 最终提出以排污权交易为核心的总量控制技术路线应包括排污权初始分配、排污权交易、总量控制管理三个环节; 李嘉和张建高(2001 年、2002 年)充分考虑各污染源对容量资源的竞争, 推导并建立排污量限制和排污浓度限制的协同控制模型; 张明旭(2003 年)从环境经济学的最优化原则, 对上海市推行的排污总量控制、超量排污罚款和对允许排放量限度内的排污征收生态环境补偿费进行了探讨; 杨姝影(2004 年)对在我国刚刚起步的排污权交易制度, 包括其历史、经济学原理、可行性、必要性、基本作用以及面临的困难和问题等进行了初步探讨。近期总量控制的研究方向主要集中在以下方面: ①重点污染水域环境容量测算; ②环境容量分配; ③总量控制在管理过程中的有效实施等。

1.2.3.3 存在的问题及发展趋势

目前, 总量控制研究领域所制定的一系列规定只解决了环境管理中的共同问题, 还没有对区域环境保护中的特殊问题、具体问题, 如各地区总量控制的具体任务、目标、控制标准、管理体制、权力配置及其结构关系及权力间的制约和协调作出详细规定。总量控制在国内仍处于理论、方法研究和实践的初级阶段, 关于总量控制的概念、功能、类型等方

面的认识已较成熟,但实践经验仍比较缺乏,还没有一个非常成功的典型流域实践范例供各地参考借鉴。部分地区虽已开始实施排放许可证制度,但仍是以浓度控制为主。因此,迫切需要在总量控制的实践方案上多作研究,以提供试点典范。此外,关于总量控制下的排污权交易的可行性、现实性以及立法保障、排污交易体系等也应提到议事日程。

1.3 国际相关研究与实践对我国的启示

1.3.1 结合流域背景与水污染特征建立高效统一、多层次、多元化的管理模式

由于我国河流的区域异质性较大,在进行流域水污染物总量控制时,需要针对局地气候、生态、水文、经济社会发展特征建立有效统一的流域管理模式。英国泰晤士河、欧洲莱茵河和多瑙河、美国特拉华河和科罗拉多河及五大湖等流域的管理模式为我国长江、黄河、海河、淮海等跨省大河的水污染物总量控制提供了示例。值得关注的是,上述国外流域管理委员会大多具有法律保障,在制定相关政策、规划和计划时具有决策权;同时,注重协调流域管理部门与州(省)际及相关行政单位、民间机构的协同合作,管理机构本身就具有多层次性,而其组成成分则具有多渠道特征,为我国七大流域委员会对污染物总量控制及管理模式向高效统一化、来源多元化、模式多层次化、决策果断化、机构协调化转变提供借鉴。

(1) 英国泰晤士河水务管理局

被国际上称为“水工业管理的一次大革命”的泰晤士河治理,关键是进行了大胆的体制改革和科学管理,将全流域 200 多个管水单位合并建立泰晤士河水务管理局,由国家和地方流域代表联合组成,统一负责流域水资源管理保护工作,下设 10 个区域分公司。各分公司有权提出适应自身的政策法规以控制污染的排放。该管理局颁布法律强制规定企业应在其内部自行处理水污染物,符合相应标准后方可排入河流,没有能力处理废水的企业可缴纳排污费,排入水务管理局的污水处理厂处理。监测机构会不定期地对企业所排进行抽样检查,不达标将被起诉并处以罚款。排污费及罚款完全被用于污染治理工作,使水务管理局区域分公司具有充分的经济独立性。泰晤士河污染防治工作取得了明显的成效,大部分河段的水质已达到饮用水水质标准。

(2) 莱茵河污染防治国际保护委员会

1950 年,莱茵河流域内的 9 个国家成立了莱茵河污染防治国际保护委员会(International Commission for the Protection of the Rhine, ICPR)。ICPR 是莱茵河管理的主要机构,其主要目标和任务包括:莱茵河生态系统的可持续发展;保证河水用于饮用水生产;改善河流沉积质量;防洪;改善北海和沿海地区水质。保护委员会采用部长会议决策制,各成员国的莱茵河部长决定委员会和成员国的详细工作,提出的议案都必须获得一致同意才能通过。委员会下设 3 个常设工作组和两个项目组,各部门相互协调,先后实施了诸如“莱茵河地区可持续发展计划”、“高品质饮用水计划”、“莱茵河防洪行动计划”等项目。此外,委员会还制定了相应法规,要求排入河中的工业废水需进行无害化处理,严格控制工业、农业、交通、城市生活污染物排入莱茵河,并防止突发性污染。ICPR 成立后,人们逐渐建立起全局化整体化的保护措施,并不再单纯依靠工程技术进行管理。

(3) 多瑙河国际委员会

多瑙河国际委员会 (International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR) 是决策型机构, 负责确保各国在多瑙河保护公约框架下信守承诺。虽然该委员会只有建议权, 但如果其建议在一年内的质疑期内没有被缔约方否决, 其决定将具有约束力, 涉及财务的决策尤为如此。委员会下设 6 个常设专家组及具有期限的特别专业领域的任务组。专家组的职责为: 流域管理专家组负责汇总有关实施欧盟水框架指令的报告; 监测及评估专家组负责监测和评估总体水质; 压力及措施专家组负责评估压力及其对水环境的影响, 并提出应对措施进行补救; 防洪专家组负责制作洪水淹没图, 提出改善预警系统的措施; 信息及 GIS 专家组基于 GIS 负责建立多瑙河信息系统; 公众参与专家组负责考虑如何让利益相关方及公众参与到规划过程中来。

(4) 特拉华河流域委员会

美国特拉华河流域管理委员会的宗旨是保证人们平等共享水资源, 为解决跨州的水资源管理问题提供了保证。采用议会式设置, 可确保委员会在制定政策法规等相关事务方面拥有充分的权力。委员会下设水质保护、水量调节、取水管理、污染控制、防洪、监测和信息管理等专业咨询委员会, 咨询委员会成员包括公共机构的代表和联邦、州、县 (市) 政府, 水资源开发利用机构, 用水行业, 与水有利害关系的各方, 劳动者和农业机构代表, 各咨询委员会向管理委员会负责。流域委员会和各签字州之间是统一管理和分散管理相结合的管理机制。在职能划分上, 流域委员会是统一的管理机构, 并形成全流域统一的管理目标。各签字州政府的职能部门则根据流域委员会提出的管理目标, 做好配合工作, 保证其行政区域内部管理目标的实现。

(5) 科罗拉多河流域管理机制

在坚决实施依法治水的同时, 美国科罗拉多河流域管理来源多渠道化, 使水资源协调与协商机制成为其一大特色。流域内结合实际建立了多种层次、规模的协调与管理机构, 如上科罗拉多河委员会、国际界河及水资源委员会、科罗拉多河部落伙伴关系组织、科罗拉多河含盐量控制论坛等, 为水资源的开发与管理提供了有力的组织保障。从 1990 年开始, 科罗拉多河下游管理局和科罗拉多河上游管理局一起合作实施清洁水工程。科罗拉多河上游流域管理局是 1935 年由得克萨斯州政府许可设立的, 保护位于科罗拉多河流域的圣安吉洛等城市的河流及其支流的水质, 设有 9 个理事, 由州长任命, 任期为 5 年。目前雇用了 4 个全职职员和一个管理顾问, 理事代表科罗拉多流域区域县的权利。

(6) 北美五大湖流域委员会

北美五大湖 (苏必利尔湖、密歇根湖、休伦湖、伊利湖和安大略湖) 是地球表面最大的淡水系统之一。为改善五大湖流域的水环境质量, 相继成立了国际联合委员会、大湖委员会、大湖科学顾问委员会和大湖科学研究管理委员会, 共同管理五大湖。其中, 国际联合委员会是在 1909 年的《边界水域条约》框架下建立的, 是一个独立的国际组织, 负责预防和解决美国和加拿大共享水域的争端问题, 主要负责评价、恢复和维持五大湖流域生态系统的完整性; 大湖委员会是大湖环境管理的最高决策机构, 近期关注的问题主要包括污染物的来源和途径、底泥污染以及未来修复行动计划的某些方面; 大湖科学顾问委员会为水质委员会和国际联合委员会提供技术支持, 其主要职能包括评估大湖流域生态系统健