

【美国水管理政策系列译丛】

美国TMDL计划 管理模型实施实践

TMDL MODEL EVALUATION AND
RESEARCH NEEDS

美国环境保护局

著

王 东 赵 越

徐 敏 王玉秋

等译

石春力

中国环境科学出版社

美国TMDL计划 管理模型实施实践

TMDL MODEL EVALUATION AND
RESEARCH NEEDS

美国环境保护局

著

王 东 赵 越

徐 敏 王玉秋

等译

石春力

图书在版编目 (CIP) 数据

美国 TMDL 计划管理模型实施实践/美国环境保护局
著;王东等译. —北京:中国环境科学出版社, 2012.5

(美国水管理政策系列译丛)

ISBN 978-7-5111-0949-1

I. ①美… II. ①美… ②王… III. ①水质标准—
美国 IV. ①X-651

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 051208 号

责任编辑 黄晓燕 陈雪云

文字编辑 李兰兰

责任校对 扣志红

封面设计 玄石至上

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>

电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn

联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)

010-67112735 (环评与监察图书出版中心)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2012 年 5 月第 1 版

印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 26

字 数 550 千字

定 价 70.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

本书翻译组

王 东 王玉秋 赵 越 徐 敏

石春力 沙 健 何 因 王绪鹏

陈 瑜 巩 莹 杨 光 林 凌

贺 艳 高琼洁 李 雪 刘茂辉

译者序

在水环境管理中，为维持水体良好的水质状况，源头调控的思路就是首先控制进入水体的各种污染负荷。然而，从污染物排放到最终的水质响应是一个十分复杂的过程，受水文、气象、地形地貌、水动力条件、沉积物特征、生物群落等多种因素的影响，如何建立污染物排放与水体水质之间的可靠响应关系，从而根据水质目标对污染物排放进行调控是实现这一理念所面临的难题之一。幸运的是，目前在水文学、水动力学、各种污染物迁移转化等方面的研究已建立了大量的可供参考、借鉴的模型。在 3S 以及计算机技术的支持下将这些模型加以整合，为解决这一难题提供了一条可行的途径。

美国环保局（USEPA）在水质管理中采用的 TMDL（Total Maximum Daily Loads）计划即是按上述思路制定的，即根据水质要求确定水体能够接受某种污染物的最大日负荷量，从而在各类污染源之间分配应该削减的污染负荷。自 1990 年代全面推行 TMDL 以来，美国各州已制定实施了数万个 TMDL 计划，极大地改善了受污染水体的水质。与早期重点关注主要污染源和污染物类型的 TMDL 计划相比，近年来美国更关注各种具体条件下的 TMDL 计划，管理精细化水平进一步提高。与此相应，美国环保局委托泰卓泰克（Tetra Tech）公司为 TMDL 计划、流域管理、全国污染排放清除系统（NPDES）评估以及环境决策等工作中备选使用的各种水环境质量相关模型进行了统一梳理，泰卓泰克公司对至少 65 个相关流域水质模型进行了模拟能力和适用性评价，分析了各个模型适用的污染物种类和水体类型、模拟的具体过程或对象、数据需求以及如何与其它模型集成和联动等内容，为制定 TMDL 计划提供了有力的技术支持。

美国实施 TMDL 计划的实践表明,模型是水污染防治和水环境管理中不可或缺的有力工具,可显著提高决策的科学性和效率。因此,我们编译出版了《美国 TMDL 计划管理模型实施实践》一书,以期为我国的水环境管理提供参考。

由于翻译人员水平有限,对原文理解不够或错误之处在所难免,请读者不吝指正。

翻译组

2012 年 2 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
第 2 章 制定 TMDL 计划的模型需求	3
2.1 TMDL 计划的建模需求	4
2.2 分类分析	6
2.3 模型选择	10
第 3 章 模型概述	13
3.1 模型复杂度	13
3.2 备选方案分析	14
3.3 模型发展	15
3.4 集成建模系统和模型联用	16
3.5 模型发展趋势	16
第 4 章 模型的适用性	18
第 5 章 模型的应用	32
5.1 应用标准	32
5.2 现有模型的局限性和适用性	33
5.3 复合模型系统	50
第 6 章 阿尔塔蒙特新水库的模型发展	54
6.1 模型概述	54
6.2 模型的联动与数据输入	55
6.3 模型校准和验证	63
第 7 章 阿尔塔蒙特新水库流域的 TMDL 计划	69
7.1 阿尔塔蒙特新水库流域的每日最大总负荷量	69
7.2 各污染源及其联系	69
7.3 分配	71

第 8 章 阿尔塔蒙特新水库的实施计划	74
8.1 实施活动和管理措施	74
8.2 计划合理的保证	78
8.3 监测计划	83
8.4 实施时间	83
第 9 章 研究需求	84
9.1 确定研究需求的方法	84
9.2 模型功能	85
9.3 数据	97
9.4 模型维护	98
9.5 系统开发及支持工具	99
9.6 集成模型系统	100
9.7 结论	101
参考文献	102
附录 A	105
AGNPS (Agricultural Nonpoint Source Pollution)	105
AGWA (Automated Geospatial Watershed Assessment)	109
AnnAGNPS (Annualized Agricultural Nonpoint Source Pollution Model)	115
AQUATOX	119
BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Sources)	124
CAEDYM (Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model)	128
CCHE1D	131
CE-QUAL-ICM/TOXI	134
CE-QUAL-R1	138
CE-QUAL-RIV1	141
CE-QUAL-W2	144
CH3D-IMS (Curvilinear-grid Hydrodynamics 3D— Integrated Modeling System) ...	148
CH3D-SED (& CH3D-WES) (Curvilinear Hydrodynamics in Three Dimensions)	151
DELFT3D	155
DIAS/IDLAMS (Dynamic Information Architecture System/ Integrated Dynamic Landscape Analysis and Modeling System)	159
DRAINMOD (A Hydrological Model for Poorly Drained Soils)	164
DWSM (Dynamic Watershed Simulation Model)	169
ECOMSED (Estuary and Coastal Ocean Model with Sediment Transport)	174
EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code)	177
EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)	183

GISPLM (GIS-Based Phosphorus Loading Model)	187
GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems)	191
GLLVHT (Generalized, Longitudinal-Lateral-Vertical Hydrodynamic and Transport)	195
GSSHA (Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis)	198
GWLF (Generalized Watershed Loading Functions)	203
HEC-6 (Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs)	207
HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System)	211
HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System)	215
HSCTM-2D (Hydrodynamic, Sediment and Contaminant Transport Model)	219
HSPF (Hydrologic Simulation Program FORTRAN)	222
KINEROS2 (Kinematic Runoff and Erosion Model)	227
LSPC (Loading Simulation Program in C++)	231
Mercury Loading Model (Watershed Characterization System-Mercury Loading Model)	236
MIKE 11	240
MIKE 21	244
MIKE SHE	248
MINTEQA2 (Metal Speciation Equilibrium Model for Surface and Ground Water)	252
MUSIC (Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualization)	255
P8-UCM (Program for Predicting Pollution Particle Passage through Pits, Puddles, and Ponds-Urban Catchment Model)	258
PCSWMM (Storm Water Management Model)	261
PGC-BMP (Prince George's County Best Management Practice Model)	265
QUAL2E (Enhanced Stream Water Quality Model)	269
QUAL2K	272
REMM (Riparian Ecosystem Management Model)	275
RMA-11	281
SED2D	285
SED3D (Three-Dimensional Numerical Model of Hydrodynamics and Sediment Transport in Lakes and Estuaries)	289
SHETRAN	292
SLAMM (Source Loading and Management Model)	295
SPARROW (Spatially Referenced Regression on Watershed Attributes)	299
STORM (Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model)	303
SWAT (Soil and Water Assessment Tool)	306
SWMM (Storm Water Management Model)	311
TMDL Modeling Toolbox	315
TOPMODEL	319

WAMView (Watershed Assessment Model with an ArcView Interface)	324
WARMF (Watershed Analysis Risk Management Framework)	328
WASP (Water Quality Analysis Simulation Program)	332
WEPP (Water Erosion Prediction Project)	335
WinHSPF (An Interactive Windows Interface to HSPF)	339
WMS (Watershed Modeling System)	344
XP-SWMM (Stormwater and Wastewater Management Model)	349
附录 B GWLF 和 BATHTUB 模型输入和输出文件	353
GWLF 数据输入模板	353
GWLF 输出文件	360
BATHTUB 模型输入界面: 1993 年模型模拟	361
BATHTUB 模拟基于 1993 年数据的模拟结果	362
BATHTUB 输入界面: 2001 年模拟	364
BATHTUB 模型模拟: 2001 年数据	365
附录 C AVGWLF 模型使用手册	367
C.1 模型概述	367
C.2 AVGWLF 模型所需的数据及参数	368
C.3 应用 GWLF 模型的步骤	370
C.4 畜禽养殖负荷估算	390
附录 D 历史水质数据	394
附录 E 作物管理 C 因子	406

第1章 绪论

模型可以回答疑问，为决策提供支持与评估，并作为一种工具来描述和模拟物理系统的动力学过程，包括流域与受纳水体，如湖泊、河流、河口以及海岸区域等。分析人员可以使用模型来回答下列问题：

- 人类活动和土地利用方式不同产生的污染负荷源是如何影响水环境的？
- 为改善水质，对输入污染源应当采取什么措施？

通过对上述因果关系的探究促进了模型开发与应用的需求。然而，研制开发能够对流域和集水区进行有效表征的模型仍然面临着极大的挑战。分析人员必须考虑如何以足够精确可信的结果来描述系统。由于实际条件和技术上的限制，决定了模型需要与可获取的信息、时间、资源以及现有的科学认识水平相一致，这样才能实现对系统的表征。模型应用都需要在适当的精度和不确定性水平下平衡各个特定领域对研究深度的需求，任何模型的应用都要面临这一问题。

现在，环境保护规划的制订，都要通过建立模型来对各种控制策略进行评估，进而做出选择。历史上，模型工具的应用促使了面向水质保护的点源污染排放限制管理(WQBEL)政策的产生。关于大尺度的国家性河口（如切萨皮克湾、坦帕湾）规划的制定，会对许多重要的社会资源产生影响，因此，在规划实施过程中使用模型技术，可以有效地确定所能允许接纳的营养盐负荷以及相应的治理修复需求。近年来，“日最大总量负荷（TMDL）”计划确定了最大允许污染负荷的分配，其目的是实现国家 303（d）清单上所指定的污染物负荷进行削减促进受污染水体的修复。在许多实际案例中，模型贯穿于整个 TMDL 的制定与实施过程，以评估“负荷削减量”与“治理后水体对水质标准的满足程度”二者之间的响应关系。模型为污染负荷量与受纳水体状态两者间建立了联系。由于 TMDL 需要针对不同污染水体和污染源进行治理，这对模型开发提出了广泛的需求。虽然从 20 世纪 70 年代开始，就已经实现了模型的实际应用，并且在环境与水质管理等方面取得了成功，但是，在 TMDL 计划中，对污染物、污染源以及受纳水体状态的不确定性评估，支持环境管理决策，已经成为模型应用所面临的新挑战。

流域管理规划同样也越来越依赖模型来制定修复目标，确定负荷削减需求。美国环保局（EPA）出版了《Nonpoint Source Program and Grants Guidelines for States and Territories》（2003 年 10 月 23 日）作为向国会申报 2004 年以后年度财政预算的参考。在该书中，对于由“Section 319”提供资金支持的流域管理计划，规定其必须包含下列 9 项内容：

- ① 污染的产生和来源。
- ② 污染负荷削减评估。

- ③ 需要的管理手段。
- ④ 落实计划所需的技术与财政支持。
- ⑤ 相应的宣教行动。
- ⑥ 执行时间表。
- ⑦ 中期可度量的评价指标。
- ⑧ 评价负荷削减和水质标准切实得到改善的指标。
- ⑨ 监测计划。

为满足上述需求，特别是第 2 项和第 3 项，必须制定流域规划，以保证水质达标，同时论证污染源和水质状态间的相关性。

本书对模型技术支持 TMDL 计划以及流域管理所面临的特殊限制不做介绍。管理经验欠缺的各州政府及环保局要不断解决水体、损害及污染源等一系列复杂问题，与此同时，还要面对新的挑战。随着模型以及支持系统的发展，应当将研究重点放到分析能力亟待提高的领域。由于技术水平以及多种基于互联网的软件与地图系统的持续进步，新的模型系统（如一个或多个模型的联动）以及分析支持工具（如数据预处理、输出显示、寻优方法、不确定性分析）无疑将得到更多的利用。

本书总结了用以支持环境决策与项目的模型研究需求，这些项目包括与 303 (d) 相关的 TMDL 开发、319 非点源规划的落实、流域管理、雨水排放，以及国家污染排放消除系统的排放评估。通过核查当前可用的模型，同时考虑 TMDL 及相关流域规划的需求，可以得到一份全面的模型需求清单。

总结过程的首要工作是有效评估当前可用模型的性能，其次是要评估模型对与 TMDL 和流域相关的负荷削减的需求，以及对相关管理决策进行模拟的能力。评估同样考虑模拟性能、仿真能力、效果水平、可操作性以及用户界面。一个针对阿尔塔蒙特新水库的 TMDL 模型应用被作为典型的成功案例用以支持上述评估。最后，为典型地区的研究提供了建议，以满足模型需求，并填补可利用模型案例应用的空白。评估还考虑了针对不同软件和技术支持需求，包括现有模型间的联用以及对将来新开发和新功能模型的整合，用以对复杂介质进行模拟（如空气、地表水、地下水）。

本书按如下结构组织编排：

- 第 2 章讨论了 TMDL 发展对模型的需求，包括纲领性的和技术性的问题对于模型选择与应用上的影响
- 第 3 章介绍了模型的背景知识，包括什么是模型、可利用模型的模拟过程和复杂性级别的显现，以及目前模型发展的最新趋势
- 第 4 章讨论了现有模型的类型，并对模型进行了评判与鉴定
- 第 5 章评估了现有模型的适用性，为 TMDL 的发展和流域管理的应用整合出了模型系统，并对其能力进行了评估
- 第 6 章、第 7 章、第 8 章提供了阿尔塔蒙特新水库应用研究案例：模型联用和 TMDL 计划制订及实施
- 第 9 章讨论了模拟需求以及进一步研究的建议
- 附录则包括对经评审过的每一个模型的详细情况说明

第2章 制定TMDL计划的模型需求

《清洁水法》第 303 (d) 章节和美国环保局 (EPA) 水质规划与管理规则 (联邦规范第 130 部 40 号) 要求各州在其各自行政辖区内, 鉴定并列出水质受损水体的污染物清单, 并按危害优先等级排序, 针对目标污染物质制定相应的 TMDL 规划。各州政府组织调查研究并提交受损水体清单报告给环保局, 由环保局进行审批与确认。受损水体是指不能满足特定水质标准或在可预见时期内采用可行的技术和管理措施对点源污染物排放限制之后不能满足特定水质标准的水体。

一项 TMDL 是指确定某一特定污染物可以被排放进入水体而保证水体仍能满足水质标准的最大可允许负荷量。TMDL 由点源污染物分配 (WLA)、非点源污染负荷分配 (LA) 以及一个安全限度域值组成。TMDL 基于污染源和水质的响应关系, 为州政府建立基于水质的管理提供科学依据, 减少点源和非点源的污染负荷排放, 以修复或保持州水资源的质量安全。上述负荷虽然不必采用日负荷量表示, 但可用满足水质标准需求的平均周期来表示。一旦 TMDL 执行, 就应以实现受损水体水质满足州水质标准为目标。

在美国全国, 有数以千计的水体被列为受损水体, 且污染物种类十分广泛。从最新的 303 (d) 清单来看, 在美国大约有 34 000 个受损水体, 以及超过 59 000 个的联合污染 (国家 303 (d) 清单说明, <http://www.epa.gov/owow/tmdl/>, 2005 年 8 月 1 日访问结果)。金属、病原微生物、营养盐和沉积物是州清单上最为普遍的污染物。对水体损害严重的前 10 类污染物, 其所损害的水体数量占全国总受损水体数量的 75% 以上 (表 2-1)。从 1996 年 1 月 1 日起, EPA 已经批准了大约 15 000 项 TMDL, 涵盖了全美国清单上大约 25% 的受损水体。

表 2-1 美国国家 303 (d) 清单前十项污染危害

广义污染危害 ¹	数量/个	百分率/%	累计百分率/%
金属	11 526	19.2	19.2
病原微生物	7 896	13.2	32.4
营养盐	5 585	9.3	41.7
沉积物/淤积作用	5 045	8.4	50.1
有机物富集/低溶解氧	4 406	7.3	57.4
渔业污染物	3 178	5.3	62.7
pH	2 904	4.8	67.5
其他生态环境变化	2 389	4.0	71.5
热环境变化	2 200	3.7	75.2
生物多样性减少	2 116	3.5	78.7

1 广义污染危害可能包括某些污染危害, 例如, “金属”就包括了 30 种特定的污染物 (如铁、铅、沉积物等)。

水体纳污负荷：某一水体在能够满足水质标准要求的前提下所能容纳的最大污染负荷量（40 CFR 130.2（f））。

（非点源）负荷分配（LA）：容纳水体在其负荷能力范围内所接收的每一个已有的或将来的非点源污染，以及自然背景源的污染负荷比例（40 CFR 130.2（g））。

（点源）负荷分配（WLA）：容纳水体在其负荷能力范围内所接收的每一个已有的或将来的点源污染（40 CFR 130.2（h））。

日最大总量负荷（TMDL）：各个单独的点源负荷分配、非点源负荷分配以及自然背景值的总和。TMDL 可以按照单位时间的质量、毒性，以及其他适宜的方式来表示（40 CFR 130.2（i））。TMDL 必须考虑季节变化并设定一定的安全阈值来进行计算，且必须考虑河川径流、污染负荷，以及水质参数的极端临界条件（40 CFR 130（c）（1））。

安全阈值（MOS）：TMDL 必须在一定的安全阈值下建立，以规避任何可能的因知识欠缺而没有被考虑的影响排放限值与水质关系的因素（40 CFR 130.7（c））。根据 EPA 指导手册解释，MOS 可能是隐含的（在分析过程中通过一定的假设条件与 TMDL 整合在一起）或潜在的（作为负荷能力的一部分在 TMDL 中表示）。

2.1 TMDL 计划的建模需求

模型通常用于支持 TMDL 的发展——确定污染源负荷以及评价满足水质标准的负荷容量。TMDL 技术要求规定，满足水质标准的点源和非点源负荷分配结果分析应当得到保证。同时 TMDL 要求还规定 WLA 和 LA 必须单独定义。建模的目的是要求必须把点源和非点源负荷作为单独源进行评估，这样就可以根据不同的负荷情景预案设置进行模拟分析。点源通常表示单一污染源，在 TMDL 的定义中是指“单独污染负荷分配”的点源。对于潮湿空气或者分散的点源（如降雨），在建模分析中需要确定目标区域的行政边界（USEPA 2002）。对于非点源来讲，TMDL 指南规定该类负荷分配包含点源，类别源或者子类别源。在数据有限的情况下，LA 也能表示为“总负荷分配”进行大尺度的非点源负荷分组。

在 TMDL 计划中，污染负荷分配同时需要确定上游污染源排放的污染物传输性质。上游水体需要在流域的尺度上进行 TMDL 负荷排放分配。上游持续的来水也是解决水体损害方法的一部分。虽然 TMDL 计划需要细化目标水体及其相关的流域，但 TMDL 分析时，通常把两者综合考虑以分析流域范围内的汇水情况。TMDL 计划这种分组分析方法有利于制定更有效的 TMDL 计划和进行相关审核。

1991 年美国环保局发布的 TMDL 计划制定指南讨论了发展中国家制定 TMDL 计划所使用的“分阶段方法”常被称为“适应性管理”。在这种“分阶段方法”指导下，TMDL 计划制定应当以现有数据和资料为基础，但是也需要收集新的监测数据（USEPA 1991a）。分阶段分析法无需等待新的数据收集和分析而制定污染负荷进一步削减的 TMDL 计划。此法下 TMDL 计划的安全阈值应当反映数据是否充足以及污染负荷分配和容纳水体水质之间的不确定性关系（USEPA 1999a）。TMDL 计划没有指定或者规定使用特定的模型或者模拟过程。NRC（2001）讨论了 TMDL 计划中模型技术的使用，虽然没有给出支持

TMDL 计划的专属模型, 但是任何 TMDL 计划选择的模型应该满足一系列 TMDL 相关标准 (如水质标准、数据可获得性、成本)。

水质规划和管理办法. 联邦法规第 30 章, 第 140 款. 参见 www.gpoaccess.gov/cfr/index.html.

美国环保局, 2002. 21 世纪需求报告: 研究如何改善 TMDL 计划. EPA-841-B-02-002. 美国环保局, 水、湿地、海洋和流域华盛顿区办公室. http://www.epa.gov/owow/tmdl/20needsreport_8_02.pdf.

美国环保局, 2002. 建立暴雨降水源的 TMDL 流域负荷分配 (WLA) 以及基于这些流域负荷分配的排污权交易需求. 备忘录由华盛顿区环保局湿地、海洋和流域办公室主任罗伯特 H·维兰德和废水管理办公室的詹姆斯·A·海伦共同执笔, 2002 年 12 月. <http://www.epa.gov/npdes/pubs/final-wwtmdl.pdf>.

美国环保局, 2001. 制订病原体 TMDL 计划议定书. EPA-841-R-00-002. 美国环保局华盛顿区水办公室. 132 页. http://www.epa.gov/owow/tmdl/pathogen_all.pdf.

美国环保局, 1999. 制订营养物质 TMDL 计划议定书. EPA-841-B-99-007. 美国环保局华盛顿区水办公室. 135 页. <http://www.epa.gov/owow/tmdl/nutrient/pda/nutrient.pdf>.

美国环保局, 1999. 制订泥沙沉积物 TMDL 计划议定书. EPA-841-B-99-004. 美国环保局华盛顿区水办公室. 132 页. <http://www.epa.gov/owow/tmdl/sediment/pdf/sediment.pdf>.

美国环保局, 1997. 建立和落实 TMDL 计划的新措施. 备忘录由环保局华盛顿区水利局助理局长罗伯特于 1997 年 8 月 8 日完成. <http://www.epa.gov/owow/tmdl/ratepace.html>.

美国环保局, 1997. 流域评价和 TMDL 计划的汇编工具. EPA-841-b-97-006. 美国环保局华盛顿区水办公室.

美国环保局, 1991. 水质决策指南: TMDL 过程. EPA-440/4-91-001. 美国环保局华盛顿区水办公室. <http://www.epa.gov/owow/tmdl/decisions/>.

环保局已经提供了主要污染物类型的识别模拟和分析方法指南和一般步骤 (USEPA 1999a, 1999b, 2001)。其他建模指导文件多数是根据美国环保局的相关记录和文件需求制定完成的。所有 TMDL 报告中, 提及模型以及文档都要接受公众的审查和评论。所有模型软件相关的代码和文档作为行政记录的一部分。美国环保局和公共参与评价共同促成了应用于公共领域的 TMDL 计划开放源模型系统的开发。

管理记录

尽管不是作为提交 TMDL 的重要组成部分，但是美国环保局推荐包含支持建立和计算负荷分配的 TMDL 备忘录。该备忘录应包括形成和支持 TMDL 中污染负荷计算和分配的所有材料，包括任何数据、分析或者引用了代表公众意见的利益相关者和美国环保局的材料或者其他辅助材料。本记录需要方便公众或者美国环保局审查 TMDL 计划。

来自：1992 年发布的现行规章下 TMDL 审查指南。

<http://www.epa.gov/owow/tmdl/guidance/final52002.html>.

2.2 分类分析

识别和确定水体损害类型，有助于确定解决方案的模型类别，根据水体损害类型一般可分为 10 类水体（图 2-1）。各类水体损害类型是基于主要水体的物理过程以及损害程度和污染物特征而确定的。水体运动的物理过程把主要水体分为湖库型、河流型以及潮汐河口和沿海地区型水体。湖泊和水库是蓄水区域，其主要物理过程是相对静态的水系统，河流通常是具有流量和流速特征的流体系统过程。河流也就主要集中于流动水体中污染物浓度的研究。潮汐性水体中，主要集中于占主导地位的潮汐流量过程中盐度以及混合过程分析研究。类似于与水体有关的物理条件，污染物大致可以分为营养物质、金属、病原体、沉积物和温度影响。营养物质通常与水体富营养化作用相关，金属和有毒物质则与沉积物和水质标准有关；高浓度的泥沙沉积和细微颗粒与鱼类栖息地损害有关；水温是与鱼类栖息地相关的应激指标。

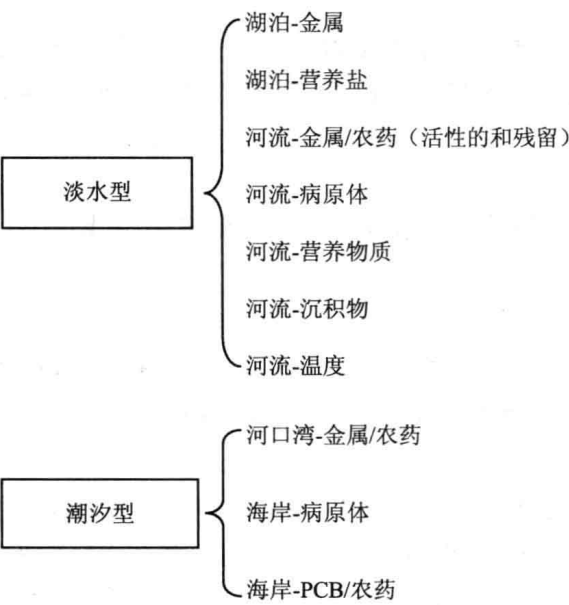


图 2-1 十大主要受损水体类型

这些受损水体类型说明需要根据环境多样性选择合适的分析方法。最近,随着 TMDL 发展已经促成了具有代表性的 10 类经常出现的水体污染物削减组合的 TMDL 计划的制订。最近的 TMDL 审查和 TMDL 发展经验被用于开发一系列概化模型或者已经应用的分析技术(表 2-2; 10 类主要模型组合,其中 1 类拥有两类农药类型——活性的和残留模型组合)。此表并没有为制定 TMDL 计划的建模选择提供具体指导,但是阐明了典型方法的排序以及应用技术的多样性。此外,该表阐明了如何选择合适的建模技术与水体类型和损害程度是密切相关的,是根据编制 TMDL 计划所使用的分析方法制定的。

- 削减条件——TMDL 是一个满足水质标准的计划。需要了解是在何时以及什么条件下发生的水体损害,进而确定需要的分析类型
- 污染物传递——源负荷可能直接来自于排污口以及降水为主的驱动过程。该类型水体的损害往往与污染物的传输时间相关
- 建模方法——选定的方法将包括流域负荷和受纳水体响应模型联用或者其他评估技术
- 用于计算负荷容量的模型输出——模型的输出结果用于表示满足水质标准的负荷承载力情况
- 典型措施——此项是定性或者定量地讨论可用于完成负荷削减目标的方案类型

关于制定 TMDL 计划的发展建模相关若干意见可从表 2-2 中得到:

- TMDL 通常需要多个模型联用来表征流域和受纳水体组分(参见第 II 类,其中包括广义流域模型(GWLF)和受纳水体模型(BATHTUB))
- 某些污染物是通过统计/分析技术确定的,而不是利用普通的“模型”或者“模型系统”(参见第 VII 类)
- 尽管有很多模型可供选择使用,这 11 类模型可以用较少的模型参数设置进行模拟应用
- 根据模型输出结果的处理,对水质标准与 TMDL 计划的有效性进行评价
- 模型案例展示了公共领域以及环保局所支持的模型类型
- 最佳管理实践(BMP)具体的建模应用一般在进行 TMDL 分析中不包括或者不要求

然而,研究 TMDL 计划制定所用模型的发展历程,只是反映现有应用的模型,并没有说明当前模型的局限,以满足特定的需求或者当地的情况。许多其他水体同样需要制订 TMDL 计划,并且在一些区域,TMDL 计划需要进行修订以改善前期的分析或者污染源负荷的重新分配。如果能够开发出基于物理过程有效的或者更强大的建模系统,那么用户很可能采用这种新技术。