

XILIU JI QIANHE KUAISU SHENGWU PINGJIA FANG'AN
ZHUOSHENG ZAOLEI, DAXING DIQI DONGWU JI YULEI

溪流及浅河快速生物评价方案

——着生藻类、大型底栖动物及鱼类

(第2版)

[编写者] Michael T. Barbour Jeroen Gerritsen
Blaine D. Snyder James B. Stribling

[项目官员] Chris Faulkner 美国环保局水办公室

[译者] 郑丙辉 刘录三 李黎

中国环境科学出版社



EPA 841-B-99-002

溪流及浅河快速生物评价方案

着生藻类、大型底栖动物及鱼类

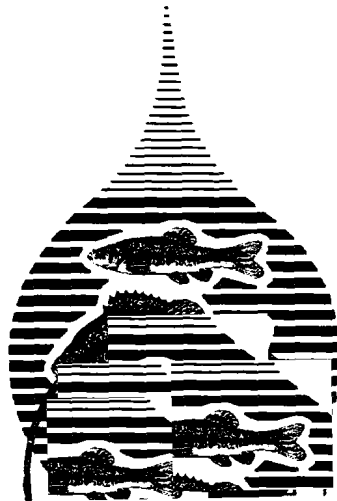
(第2版)

编者 Michael T. Barbour Jeroen Gerritsen

Blaine D. Snyder James B. Stribling

项目官员 Chris Faulkner 美国环保局水办公室

译者 郑丙辉 刘录三 李黎



中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

溪流及浅河快速生物评价方案: 着生藻类、大型底栖动物及鱼类: 第 2 版/ (美) 巴伯 (Barbour, M.T.) 等编; 郑丙辉, 刘录三, 李黎编译. —北京: 中国环境科学出版社, 2010.10

ISBN 978-7-5111-0350-5

I. ①溪… II. ①巴…②郑…③刘…④李… III. ①环境生物评价 IV. ①X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 195714 号

责任编辑 刘 璐
封面设计 中通世奥

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

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 2 月第 1 版
印 次 2011 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 20
字 数 330 千字
定 价 55.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

1986年12月，美国环保局（EPA）水办公室副主任启动了一项针对环保局地表水监测活动的重要研究。其结论性报告的标题为“地表水监测：更改框架”（U.S.EPA, 1987），着重强调重组现有的监测项目，以便更好地服务于环保局当前所关注的重点，比如毒性物质、非点源影响以及“环境效益”证据。这项研究还为如何进行必要的修改提供了明确的建议。其中，主要建议为：

1. 发布经济高效的问题鉴定方法及趋势评价方法的指南；
2. 对前景看好的生物监测技术，促进其开发与应用。

为了响应这些建议，流域评价及保护司提出了快速生物评价方案（RBPs），其目的是为问题筛检、位点等级划分及趋势监测等水质管理目的提供基础的水生生物数据，并于1989年发布文件（Plafkin et al., 1989）。尽管这些方案的目的并不是提供全面而严密的综合研究方法，但是，如果在适当的情况下使用，每个方案都可以提供中肯并且经济高效的信息。

由于EPA已经开发了生物基准的技术指南，各州发现这些方案作为监测项目框架十分有效。本文件的目的是在科学的发展过程中进行自我纠正；州立水资源机构的贯彻执行，促进了初版RBPs针对区域特异性进行改进。这一修订版本反映了1989年以来生物评价方法的发展，并汇集了最为经济高效且兼具科学有效性的最新方法。

目 录

1 快速生物评价概念	1
1.1 方案目的	1
1.2 快速生物评价发展史	2
1.3 修订纲要	4
2 快速生物评价方案 (RBPs) 的应用	5
2.1 快速生物评价方案的实施框架	5
2.2 技术指南年代表	5
2.3 生物数据的项目应用	8
3 生物监测原理	14
3.1 生物调查、生物检验及化学监测	14
3.2 生物调查中不同类群的应用	15
3.3 生境评价的重要性	17
3.4 区域性参照概念	18
3.5 位点布设	20
3.6 数据管理与分析	21
3.7 着生藻类采样的技术问题	24
3.8 大型底栖动物采样的技术问题	25
3.9 鱼类调查的技术问题	27
3.10 典型生境采样	29
4 性能化方法系统 (PBMS)	30
4.1 获得可比的生物评价数据的方法	30
4.2 PBMS 在评述生物评价方法方面的优点	34

4.3 量化性能特征	35
4.4 证明方法可比性的建议流程	39
4.5 界定方法性能特征的案例示范	41
4.6 PBMS 的应用	43
5 生境评价及理化参数	46
5.1 物理特征与水质	46
5.2 视觉生境评价	50
5.3 生境评价的附加定量测量	74
6 着生藻类评价方案	77
6.1 基于实验室分析的标准方法	78
6.2 基于野外分析的快速着生藻类调查	94
6.3 着生藻类分类学参考文献	96
6.4 着生藻类个体生态学参考文献	98
7 大型底栖动物方案	100
7.1 单一生境采样法：1 m 踢网	102
7.2 复合生境采样法：D 形抄网	104
7.3 大型底栖动物样品实验室处理程序	107
7.4 大型底栖动物度量	112
7.5 生物探测（BioRecon）或问题识别调查	117
7.6 大型底栖动物分类学参考文献	119
8 鱼类评价方案	134
8.1 鱼类采集程序——电鱼法	135
8.2 实验室鉴定及核查	139
8.3 鱼类度量描述	140
8.4 鱼类分类学参考文献	149
9 生物数据分析	153
9.1 多度量法	155
9.2 判别模型指数	167

9.3 河流无脊椎动物预测及分类系统 (RIVPACS)	169
10 数据整合及报告	170
10.1 数据整合	170
10.2 报告	175
参考文献	182
附录	208
附录 A 快速生物评价方案样品数据记录表	208
附录 B 大型底栖动物的区域性耐受值、功能性摄食类群及 习性/行为对照表	233
附录 C 部分鱼类物种的耐受性及摄食功能团	290
附录 D 历史数据汇集调研方法	293

1 快速生物评价概念

1.1 方案目的

该方案的主要目的是为经济高效地开展溪流生态系统的生物评价提供一种实用的技术参考。此处提出的方案，既不试图取代那些已经得到应用的生物评价方案，也无意作为一种使用者必须遵循的严格方案而不允许区域性修正。相反，本方案为希望开展快速生物评价及监测技术的机构和团体提供了多种选择。因此，该指南试图为：

①尚未建立生物评价规程；②正在寻找替代方法；③可能需要修改现有规程（与已经成功实施的其他生物评价方法不冲突）的州、部落及地方机构提供有效的基本生物学方法。

生物评价是一种基于地表水生物调查以及生物区的其他直接测量（measurements）来评价水体环境的方法。

从本质上来说，快速生物评价方案（Rapid Bioassessment Protocols, RBPs）是对各个州立水资源机构已经采纳并实施的现有方法的综合，如俄亥俄州环保局（EPA）、佛罗里达州环保部（DEP）、特拉华州自然资源及环境防治部（DNREC）、马萨诸塞州环保部（DEP）、肯塔基州环保部（DEP）及蒙大拿州环境质量部（DEQ）。此处，提出了三大水生生物类群（即着生藻类、大型底栖生物、鱼类）的评价方案以及生境评价方案。这些方案均已在美国各个地区的溪流评价中得到检验。方案的选择，需要依据生物评价的目的、采用确定性数据来证明某些结论的需要以及现有的资源来进行。最初的快速生物评价方案，其设计目的是作为一种费用低廉的筛选工具，来确定溪流是否能够支持设定的水生生物利用类型。由这些方法得到的基本信息无疑将会扩大大尺度评价的覆盖面，比如州及国家 305 (b) 水质细则。然而，1986 年底栖生物快速评价工作组成员以及本文件的评审专家指出，快速生物评价方案亦可应用于其他领域，例如：

- 描述水资源现状及损伤程度；
- 帮助确定环境损伤的来源及原因；
- 评估防治及恢复措施的有效性；

- 支持水生生物可利用性研究以及累积影响评估；
- 描述参照环境的区域性生物属性。

因此，本快速生物评价方案在计划及管理方面的用途范围远比最初设想要广泛得多，比如，除了初始筛选之外，它还适用于优先权设置、点源及非点源评估、水生生物利用类型的可行性分析以及趋势监控。

1.2 快速生物评价发展史

20 世纪 80 年代中期，美国水资源迅速缩减，急需对其开展监测与评价，而国内尚有大范围的溪流未曾进行过评价。这些现实情况，使得人们开始意识到开发经济、有效的生物调查技术的必要性。此外，人们也认识到，在全国范围内，与制定国家水资源决策相关的生物数据极为欠缺。由此，人们进一步认识到，迅速采集、汇总、分析并解释环境数据，对于促进制定管理决策并采取控制及/或缓解环境损伤的相应措施至关重要。因此，RBP 的主要概念基础就是：

- 经济高效兼具科学有效性的生物调查程序；
- 季节性的多位点野外调查规程；
- 可快速得出结论，用于管理决策；
- 科学报告易于被管理人员和公众接受；
- 环境友好型的操作规程。

初版 RBPs 的开发分为两个阶段。第一个阶段集中于大型底栖生物方案的开发和优化。第二个阶段增加了适用于鱼类评价的同类方案。

大型底栖动物评价方案最初是通过合并各个州立水质机构使用的规程来制订的。1985 年，研究人员进行了一项调查，旨在确定已经开展例行筛检水平的生物评价的各个州，这些州认为该项工作对于他们的监测计划很重要。研究人员通过评估现有的指导性文件及常用的野外工作方法，明确了那些使用不同水平调查结果进行生物评价的成功方法。通过私人之间直接联系而获得的原始调查材料和信息，也被用于方案草案的制定。

初版筛检方案（RBP I）的制定基于密苏里州自然资源部（DNR）与密歇根州自然资源部共同采用的一种方法。第二版（RBP II）将野外采样和科级分类结合，更为费时费力，但在严格程度上仍低于 RBP III。科级分类的概念基于 20 世纪 80 年代后期弗吉尼亚州水质监控委员会（SWCB）采用的方法提出。第三版方案（RBP III）纳入了北卡罗莱纳州环境管理部（DEM）及纽约环保部（DEC）采用的一些方法，是三个版本中最为严格的方案。

鉴于各州及 USEPA 工作人员对早期 RBP 版本提出的许多建议，作为回应，第三版又增加了一套鱼类评价方案。鱼类评价方案 V 是以 Karr (1981) 的生物完整性指数 (IBI)、Gammon (1980) 的环境健康指数 (Index of Well Being, IWB) 及标准的鱼类种群评价模型为基础制定的，并根据区域的差异进行了一定修正。在 RBPs 开发的同一时期，俄亥俄州 EPA 采用 IBI、IWB 以及大型底栖生物指数，制订了预置生物基准——无脊椎群落指数 (ICI, Invertebrate Community Index)，并发表了相关方法及支持文件 (Ohio EPA, 1987)。研究人员将这种方法用于特定位点的鱼类及大型底栖生物评价，积累了大量数据并予以发表 (Deshon, 1995; Yoder, 1995; Yoder and Rankin, 1995a, b)。自 1989 年以来，其他一些州也跟进、开发了类似的方法 (Davis et al., 1996)。

20 世纪 80 年代后期，美国环保局成立了一个由各个州及 USEPA 的地区生物学家组成 (如下所列) 的工作组，对最初的方案草案进行评审及优化。这个快速生物评价工作组成立于 1987 至 1989 年间，成员包括使用上述各州方法的生物学家，以及来自其他地区的生物学家，这些地区的污染源及水生生态系统不同于方案草案在最初开发时的试点地区。

美国环保局

James Plafkin¹, USEPA 流域评价及保护司 (AWPD)

Michael Bilger², USEPA 第 1 区

Michael Bastian², USEPA 第 5 区

William Wuerthele, USEPA 第 8 区

Evan Hornig², USEPA 第 10 区

州立机构

Brenda Sayles, 密歇根州 DNR

John Howland², 密苏里州 DNR

Robert Bode, 纽约州 DEC

David Lenat, 北卡罗莱纳州 DEM

Michael Shelor², 弗吉尼亚州 SWCB¹

Joseph Ball, 威斯康星州 DNR²

初版 RBPs (Plafkin et al., 1989) 已经在全美普遍使用并得到广泛的检验。

1 已故。

2 已不在水资源生态系统健康评价相关的州立机构或美国环保局部门工作。

自 1989 年起,在美国环保局 AWPD 监测部门 Chris Faulkner 的指导下,全国开展了一系列工作,对快速生物评价的相关概念及方法进行培训和讨论。经过这些讨论以及在不同溪流生态系统的具体应用,这些规程得到了改进和优化,同时也保持了 RBP 的基本概念。本文件作为美国环保局快速生物评价方案的修订版,体现了上述改进和调整。

1.3 修订纲要

初版 RBPs 的修订,包括州立机构的生物学家和基础研究人员所作的地区性检验和调整。修订版完整地保留了水生生物类群中的混合大样本的原始概念和多度量分析方法,以及评价方法中的生境评价。但是,修订版优化了用于大型底栖动物的特定方法,并增加了着生藻类调查方案。另外,修订版还增加了性能评估(确定方法的精确度和灵敏度)的相关章节,确保即使方法有所不同也能共享可比性数据。自 1989 年以来,我们已经为各地区的应用优化了各种技术性问题,比如,分样的检测、指数期选择、生物学度量的选择及校准。其中,许多技术性问题,比如,参照环境的确认、指数期选择、度量选择/校准已经在其他文件和资料中进行过讨论(Barbour et al., 1995; Gibson et al., 1996; Barbour et al., 1996a)。此次修订采用了初版 RBPs (Plafkin et al., 1989) 以及大量详述相关修正的其他资料。本文件汇集了溪流及浅河开展快速生物评价的基本方法,着眼于着生藻类、大型底栖动物和鱼类,以及生境物理结构质量评价。

2 快速生物评价方案（RBPs）的应用

2.1 快速生物评价方案的实施框架

快速生物评价方案提倡综合评价，将生境（如物理结构、水流流态）、水质及生物学参数与根据经验定义的参照环境（通过实际参照位点、历史数据及/或建模或推断方法）进行对比。参照环境最好通过系统的实际位点监测来确定，这些位点应当能够反映受到“最低程度”干扰的水化学、生境以及生物学环境的自然偏差范围（Gibson et al., 1996）。生态完整性的3个要素中，水体环境的水化学特征可能最难描述，因为潜在的影响因素（自然因素及其他）极为复杂。我们通过优化特定地区的生境质量与生物状态之间的经验关系，来改善实施框架。如果对可能受损位点和特定参照位点进行系统地监测、获取额外的信息，就可以加强经验关系的预测力度。一旦弄清楚生境与生物潜力之间的关系，就能客观地将水质影响从生境效应中区分出来，并把相关的控制和修复措施集中于最重大的环境损伤来源。

2.2 技术指南年代表

生物评价方法得到 USEPA 认可之前需要有坚实的科学基础，只有这样，该方法才可以应用于全国范围，并用于探讨多种胁迫因子对地表水体的影响（Stribling et al., 1996a）。Dr. James Karr 因其在 20 世纪 70 年代中期及 80 年代早期提出的创新性想法以及从事的研究而得到认可，他的想法和研究为制定生物评价策略提供了规则，解决了“清洁水法”委托的问题。70 年代中期至 80 年代中期，USEPA 组织了一些重要的工作组并召开一系列重要会议，初步讨论了地表水体的指示生物和完整性评价的作用。国内的科研权威人士参加了这些工作组及会议，他们为美国环保局提出的现行生物评价方法作出很大贡献。这些活动吸引了人们对生物评价方法的注意力，早期的 RBPs 因此而受益。RBPs 包含 IBI 描述的多度量方法（Karr, 1981; Karr et al., 1986），推动了生物评价在全国监测项目中的应用。

自 1989 年初版 RBP 发布以来, USEPA 已经在水资源项目的生物评价策略以及生物调查和生物基准的实行政策方面, 发布大量指南及文件。这项工作多数由关键的科研人员推动, 他们认为生物评价对于清洁水法的理论基础至关重要。这些引导 USEPA 发布相关文件的工作, 使全国掀起一股热潮, 对检测环境问题的生物评价及生物监测方法进行改进, 对于缓解非点源污染影响的最佳管理措施 (Best Management Practices, BMPS) 进行评估, 并对生态健康的时间变化进行监测。自 20 世纪 80 年代中期以来, 与溪流及河流生物评价相关的关键性 USEPA 指南的年代代表见表 2-1 (EPA 文件编号见文后的参考文献)。

表 2-1 USEPA 生物评价指南 (溪流及河流) 年表

年份	文件标题	与生物评价的关系	引用
1987	地表水体监测: 指南修改框架	USEPA 呼吁提出有效方法, 评价并确定国家地表水体的生态健康	USEPA, 1987
1988	全国生物基准工作组首次会议记录 (伊利诺伊州林肯肯)	USEPA 召集了机构的生物学家以及“基础”研究者, 确定初步建立生物基准及相关生物调查方法的框架	USEPA, 1988
1989	溪流及浅河快速生物评价方案: 大型底栖动物与鱼类	受 USEPA (1987) 委托, 初步建立经济高效的方法, 提供全国范围内的生物学数据, 达到清洁水法的目标	Plafkin et al., 1989
1989	分区——管理环境资源的工具	USEPA 提出生态区域的概念, 将美国划分为各个具有生态相似性的同类地区, 为确立区域性参照环境提供基础	Gallant et al., 1989
1990	第 2 届全国水质评价研讨会: 会议摘要	USEPA 召开了一系列全国水质评价研讨会, 第 2 届研讨会将生物监测作为评价水资源质量的有效方法引入。	USEPA, 1990a
1990	生物基准: 国家地表水项目指南	将生物基准的概念引入州立水质项目的实施。文件讨论了生物基准在评价是否达到“水生生物利用类型”要求方面的应用	USEPA, 1990b
1990	用于评价地表水生物完整性的大型底栖动物野外及实验室方法	该 USEPA 文件汇编了当前所有“最先进”的地表水体 (溪流、河流、湖泊及河口) 大型底栖动物调查野外及实验室方法	Klemm et al., 1990
1991	生物基准: 各州开发及实施成果	总结了 1990 年生物基准及生物评价项目现状	USEPA, 1991a
1991	生物基准技术文献指南	文件汇编了对相关论文及研究进行的有限的文献调查, 可供州立水资源机构使用	USEPA, 1991b
1991	基于水质的毒性防治技术支持文件	USEPA 提出了基于水质的全国地表水体毒性防治的实施方法, 讨论了整合三种监测工具——化学分析、毒性检验及生物调查的价值	USEPA, 1991c
1991	生物基准: 研究与法规, 研讨会会议记录	这次全国研讨会集中讨论了生物基准用于所有地表水体的有效性, 会议记录收录了各种适用于生物评价的方法	USEPA, 1991d

年份	文件标题	与生物评价的关系	引用
1991	生态过程及生态效应委员会的生态区小组委员会报告	SAB (科学顾问委员会) 肯定地提出, 生态区域是一种可以有效评价区域性动植物的框架。生态区域被更普遍地视为确定区域性参照环境的基础	USEPA, 1991e
1991	基于水质所作决议实施指南: TMDL 规程	TMDL (最大日负荷总量) 技术的建立是为了确定累积影响 (非点源污染及点源污染), 迎合了人们对于更有效的监测工具 (包括生物评价和生境评价) 的需求	USEPA, 1991f
1991	EMAP——环境监测及评价项目设计报告	USEPA 的环境监测及评价项目 (EMAP) 的设计目的是严格地评价全国地表水生态现状	Overton et al., 1991
1992	叙述式生物基准建立流程	该项 USEPA 文件为建立生物基准的叙述式表达进行了概念和基本原理的讨论	Gibson, 1992
1992	美国水环境质量监测第一年度回顾、评估及建议	总结了特别工作组第一年为推动水资源质量监测开发框架及方法并提出建议所取得的成果	ITFM, 1992
1993	用于评价地表水完整性的鱼类野外及实验室方法	该文件汇编了当前“最先进的”鱼类调查及鱼类健康评价的野外及实验室方法	Klemm et al., 1993
1994	地表水及第三区区域环境监测及评价项目: 1994 年试行溪流野外操作及方法指南	USEPA 将其 EMAP 项目重点放在溪流及浅河, 并在大西洋中部阿巴拉契亚山区的试点研究中创立了一种新方法	Klemm and Lazorchak, 1994
1995	用于浅河及溪流的群落水平生物评价项目的通用质量保证方案设计指南	USEPA 为生物调查计划的质量认证及质量控制而制订的指南	USEPA, 1995a
1995	改进美国水质监测策略: 政府间特别工作组水质监测总结报告	由一些联邦及州立机构组成的政府间特别工作组 (ITFM) 草拟了一项监测策略, 其目的是提供一种将数据收集、整合及解释结合起来的方法	ITFM, 1995a
1995	改进美国水质监测策略: 政府间特别工作组水质监测总结报告, 技术附录	ITFM 总结报告中所附的这些技术附录汇集了各项讨论文稿	ITFM, 1995b
1995	地表水环境监测及评估计划: 浅河生态环境测量野外操作规程及方法	1994 年 EMAP 方法手册的修订及更新版本	Klemm and Lazorchak, 1995
1996	生物评价方法、生物基准及指示生物: 精选技术参考书目、政策及规章文献	USEPA 对生物评价方法的相关论文及研究的综合文献调查结果进行了汇编。该文件是 USEPA 1991b 文件的拓展及更新	Stribling et al., 1996a
1996	各州浅河及溪流生物评价项目摘要	该文件总结了州级水资源项目中的生物评价及生物基准项目, 提供了 USEPA 1991a 文件的更新版本	Davis et al., 1996
1996	生物基准: 溪流及浅河技术指南	制订了溪流及浅河生物基准的技术指南, 是项目指南 (USEPA, 1990b) 的追踪调查报告。该技术指南为制订其他类型地表水的指南提供了框架	Gibson et al., 1996
1996	质量保证项目计划的志愿监测员指南	USEPA 制定了市民监测项目的质量保证指南	USEPA, 1996a

年份	文件标题	与生物评价的关系	引用
1996	非点源污染监测及评估指南	USEPA 详述了如何将生物调查方法应用于非点源污染调查，并解释了生物及生境评价对于评估 BMP 执行情况及鉴定环境损伤的价值	USEPA, 1996b
1996	生物基准：生物调查设计及数据统计分析技术指南	USEPA 详述并定义了用于生物学数据分析以及生物基准制订的不同统计学方法	Reckhow and Warren-Hicks, 1996
1997	河口/海岸生物评价及生物基准技术指南	USEPA 提供了有关河口及海岸的生物评价方法及生物基准制定的技术指南	USEPA, 1997a
1997	志愿者溪流监测：方法手册	USEPA 提供了市民监测群体使用生物学及生境评估方法监测溪流的技术指南。部分方法在 RBP 的基础上形成	USEPA, 1997b
1997	州级综合水质评价报告撰写指南 (305[b]报告)	USEPA 为州级机构提供了提交国会的 305 (b) 报告的撰写指南	USEPA, 1997c
1997	生物监测及评价：有效应用多度量指数	Dr. Karr 和 Dr. Chu 对于多度量法生物评价的相关数值应用以及科学原理进行了解释	Karr and Chu, 1999
1998	湖泊及水库生物评价及生物基准技术指南文件	USEPA 提供了湖泊及水库生物评价方法开发及生物基准制订的相关技术指南	USEPA, 1998
1998	地表水环境监测及评价项目：浅河生态环境测量野外操作规程及方法	1995 年 EMAP 方法手册的修订及更新版本	Lazorchak et al., 1998

2.3 生物数据的项目应用

各州（和某些特定区域的部落）负责鉴定水质问题——尤其是那些需要制定最大日负荷总量（TMDL）的水体，并负责评估点源与非点源污染的水质控制效力。如果该州尚未应用其他的生物评价和监测技术，该指导文件提出的生物监测方案可加强该州的监测项目。有效而完善的生物监测程序可以帮助改进上报机制[如 305 (b) 报告]，提高污染防治工作的效力，并记录相关的污染缓解 (mitigation) 措施的进展。本章为浅河及溪流生物监测在现有州立项目中的应用，提供了一些建议。

2.3.1 CWA 第 305 条 (b) ——水质评价

第 305 条 (b) 确定了上报国家水资源质量信息的程序 (USEPA, 1997c, USEPA, 1994b)。各州、哥伦比亚行政区、各个地区、部分部落以及某些流域委员会已经制订了监测地表水和地下水的相关程序，并且每两年向 USEPA 上报一次当前水质状况。该信息被编入两年一度的国家水质普查报告，递交国会。

将生物评价用于第 305 条 (b) 报告, 可以帮助定义一个对社会大众来说易于理解的终点 (endpoint)——水体的生物完整性。许多广为人知且被广泛报道的成功治污案例, 都涉及名贵的垂钓鱼种和其他污染敏感种在它们曾经一度消失的生态系统中恢复或重新出现的情况 (USEPA, 1980)。在具有明确生物评价终点的监测方案的基础上, 增加生物完整性问题的覆盖度, 将使第 305 条 (b) 报告更易于被大多数公众所接受, 其意义将更为深远。

生物监测提供的数据, 可扩充第 305 条 (b) 报告中的部分需求。尤其是, 采用生物监测信息, 将加强以下评价措施和报告需求:

- 确定水资源的状况 (是否符合设定的/有益的水生生物利用类型)。
- 评估水资源退化的原因和污染源的相对贡献。
- 报告正在进行的评价及恢复水资源完整性的措施。
- 确定相应污染防治及缓解措施的效力。
- 估测流域管理计划的成果。

2.3.2 CWA 第 319 条——非点源污染评价

1987 年, 清洁水法 (Clean Water Act, CWA) 的水质法案修正案增加了第 319 条, 设立了评价并防治非点源 (nonpoint source, NPS) 污染的国家项目。该项目中, 要求各州对其 NPS 污染问题进行评价, 并将评价结果提交 USEPA。这项评价包括列出“各个州内, 未采取其他非点源污染防治措施、预计无法达到或维持适当的水质标准或本法案目标和需求的适航水体”的清单。第 319 条流程的其他措施, 要求鉴定损害水体的 NPS 污染种类及亚种类, 描述出确定并实施 BMP 的过程以及减轻 NPS 污染的防治措施, 并说明各个州及当地用于减轻 NPS 污染的项目。在这些评价的基础之上, 各个州已经开始筹备非点源污染管理项目。

生物状态评价是评估非点源污染的累积效应的最有效方法, 这些效应涉及生境退化、化学污染或水体消失 (Karr, 1991)。生物评价技术通过比较防治措施实施前后的指示生物变化, 改进了非点源污染防治措施的效力 (或当前的点源及非点源防治措施的联合效力) 的评估。另外, 生物属性也可用于测量特定定位点的生态系统对补救或缓解措施 (目的在于降低非点源污染影响) 的响应或者对污染防治措施的响应。

2.3.3 流域保护方法

自 1991 年起, USEPA 建立了流域保护方法 (WPA), 将其作为应对国家剩余水资源面临挑战的框架 (USEPA, 1994c)。USEPA 水办公室已经着手重新定位并协调点源污染、非点源污染、地表水、沼泽地、海岸带、地下水和饮用水

的项目，以便支持流域保护方法。此外，USEPA 还在全国范围内推动了多组织、多目标的流域管理方案。

流域保护方法是一项宽泛的综合性策略，其目的是，以天然界定的水文单位（流域）作为综合管理单位，更有效地保护和管理地表水、地下水资源，并达到更广泛的环境保护目标。因此，对于指定的流域，该方法不仅适用于诸如溪流、河流、湖泊、河口或蓄水层等水资源，还适用于所有有水从其中排入水资源的土地。流域保护方法强调水资源质量的各个方面——物理（温度、水流、混合程度、生境）、化学（普通污染物和有毒污染物，比如营养盐和农药）和生物（生物群落健康及完整性、生物多样性）。

在各个州制定自己的流域保护方法（WPA）时，生物评价和监测为他们提供一种综合的方法，对于流域的生态现状以及经修复/恢复措施得到的改善进行评估。生物评价通过本土水生群落的暴露/响应，将流域环境从支流到干流整合为一体。

2.3.4 CWA 第 303 条 (d) ——TMDL 技术

WPA 的技术主干就是 TMDL 技术。最大日负荷总量（TMDL）是达到适当的应用水质标准的工具。TMDL 技术量化了水体对特定胁迫因子的负荷能力，并最终为污染源之间的负荷（或外源输入）分配提供了量化的方案（USEPA, 1994a）。通过这种方法，TMDL 可以对资源、胁迫因子、推荐控制方式和水质情况之间的关系进行量化。比如说，TMDL 可以精确地表示，规定的污染物缩减百分比对于达到符合水质标准的污染物浓度的必要性。

CWA 第 303 条 (d) 要求，每个州都应依照每一类水体的优先等级为其设定最大日负荷总量，或者在强制执行技术控制后、达到该州确定无法达到或预期不能达到的水质标准。此外，越来越多的州立项目将 TMDL 作为必不可少的要素。举例来说，由于更多的许可证纳入了基于水质制定的排污限制，TMDL 逐渐成为点源控制项目中日趋重要的组成部分。

TMDL 既适用于非化学胁迫因子，也适用于化学胁迫因子（USEPA, 1994a）。其中，包括所有导致水质无法符合标准的胁迫因子，以及目前对水质形成威胁但尚未产生影响的胁迫因子。TMDL 既适用于点源污染，也适用于非点源污染。一些胁迫因子，比如，沉积物沉积和河内生境的结构变化，显然并不符合化学胁迫因子和负荷相关的传统定义。对于这些非化学胁迫因子，由于分析和建模的数据或技术方法方面的限制，有时可能很难制定 TMDL。对于非点源污染的 TMDL，另外一个难点在于，CWA 没有像对点源污染控制那样，对其管理控制措施提出明确支持，因而有必要根据其他法定权限进行控制。