

水体富营养化 监测评价与防治

世界经济合作与发展组织 编

中国环境科学出版社

水体富营养化 监测、评价与防治

世界经济合作与发展组织 编

柳健生 彭 敏 王新宇 译
黄志红 涂家森

彭 敏 校

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书是世界经济合作与发展组织(OECD)的18个成员国及众多学者通过几年的共同努力的结晶。它对内陆水体(主要是湖泊和水库)的富营养化问题,包括主要限制因素,各因素之间的关系、影响程度评价、富营养化的防治,对水体中营养物浓度与营养响应之间的定量关系作了系统的论述,为水体富营养化的研究奠定了基础,对我国的富营养化防治研究具有重要的借鉴价值。

本书可供广大湖泊、水文、生态、环境科学工作者、管理决策者及大专院校师生参考。

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION
AND DEVELOPMENT
EUTROPHICATION OF WATERS
MONITORING, ASSESSMENT
AND CONTROL

OECD Publications PARIS 1982

水体富营养化监测、评价与防治

世界经济合作与发展组织 编

柳健生 彭 敏 王新宇 译

黄志红 涂家森

彭 敏 校

责任编辑 吴再恩

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京朝阳区新源印刷厂

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1983年8月第一版 开本 787×1032 1/32

1983年8月第一次印刷 印张 6 5/8

印数 1—4 000 字数 140千字

ISBN 7-80010-402-8/X·0231

定价: 2.70元

译者的话

湖泊、水库主要的环境问题是水体富营养化。什么是它的主要限制因素？各因素存在什么关系？怎样评价其影响程度？如何防治水体富营养化？本书用湖泊形态学、水文学、物理学、化学、生物学、环境管理、环境工程学等诸多学科对这些问题进行了广泛和系统的阐述，奠定了富营养化研究的基础，是一本学者公认的指南。

我国湖泊、水库星罗棋布、类型繁多，随着工业化、都市化，水体富营养化日趋严重，如杭州西湖、南京玄武湖、安徽巢湖、无锡太湖、天津于桥水库等等，该现象已危及着供水、游览以及经济发展。为此，“七·五”期间我国组织了众多学者与研究机构进行了全国范围内的攻关研究。如此宏伟、庞大的系统工程实属罕见，可同世界经济合作与发展组织（OECD）的富营养化规划媲美，因而这本书对于我国水体富营养化的研究有很大的借鉴价值。可供广大湖泊、水文、湖泊生态、环境科学科研人员管理决策者及大专院校师生参考使用。

本书由九江市环境监测站柳健生、彭敏、王新宇、黄志红、淦家森等同志翻译，彭敏最终整理审校。九江市科技情报所郭大能同志参与部分审校。翻译过程中得到中国环境科学研究院水所金相灿、天津市环保所朱萱俩同志的大力协助，在此一并致谢。

译者

1988. 9

OECD简介

世界经济合作与发展组织简称OECD，于1960年12月14日在巴黎鉴定协议宣告成立。该组织宗旨如下：

——使经济持续增长、人员充分就业、提高成员国的生活水准、保证金融稳定、促进世界经济发展。

——在经济发展过程中，成员国与非成员国同等对待。

——在遵循国际准则的基础上，促进多边、互惠的国际贸易发展。

OECD成员国：澳大利亚、奥地利、加拿大、丹麦、芬兰、法国、德意志联邦共和国、希腊、冰岛、爱尔兰、意大利、日本、卢森堡、荷兰、新西兰、葡萄牙、挪威、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国、美国。

序 言⁽¹⁾

该报告对OECD富营养化协作规划所取得的主要成果作了综合性论述，是18个成员国几年共同努力的结晶。其目的通过国际间合作建立一个内陆水体（尤其是湖泊、水库）富营养化的防治基础，并针对水体功能，为确定水体营养负荷的一致性标准、提供更适当的指标。

同时该报告又是对四个区域规划报告的补充与说明⁽²⁾。与OECD研究计划比较，其它领域亦有长足进展，特别是动力学模型方面。OECD研究成果已在北美、欧洲及其它区域应用成功。预计随着富营养化理论与防治方法进一步深化，OECD现在获得的成果对今后富营养化防治研究仍具有借鉴价值。

注：（1）R. Vollenweider博士是技术局主席，序言作者。

（2）见第十一章。

目 录

上篇 综合报告

概要与结论	(3)
绪 论	(15)
第一章 规划目的	(18)
1.1 科学基础	(18)
1.2 主要目的	(20)
1.3 辅助性问题	(21)
第二章 子规划的划分及湖泊概况	(23)
第三章 基础数据	(30)
3.1 水体基本状况调查	(30)
3.2 监测数据	(31)
3.3 基础数据范围	(35)
3.4 数据处理原理	(36)
3.5 结论的科学意义	(37)
3.6 关于原始与综合数据共同存在的问题	(37)
第四章 营养指示物与湖泊营养状态的相关性、 生产力限制因子	(44)
4.1 氮、磷关系	(44)
4.2 正磷酸盐与总磷、无机氮与总氮的关系	(45)
4.3 无机氮与正磷酸盐-P的关系以及主要营养限制 因子的初步评价	(46)
4.4 生物量 (叶绿素均值或峰值) 与湖泊氮、磷浓	

度的相关性	(49)
4.5 叶绿素峰值与均值的关系	(52)
4.6 叶绿素年总量/总磷与总磷的关系	(53)
4.7 透明度与叶绿素、磷浓度的关系	(56)
4.8 初级生产力与叶绿素、磷浓度的关系	(56)
第五章 营养指标与营养负荷的相关性	(57)
5.1 $[M]_i / [M]_j$	(57)
5.2 冲刷量的标准校正式	(58)
5.3 氮、磷输入量与湖泊浓度的相关性	(58)
5.4 营养参数分别与氮、磷负荷的关系	(59)
5.5 初级生产力与磷负荷的关系	(60)
5.6 湖下层耗氧量	(60)
第六章 营养因子与营养指示物的回归	(64)
6.1 湖泊磷与叶绿素的回归	(64)
6.2 Secchi透明度与叶绿素、磷浓度的关系	(70)
6.3 年初级生产力与磷、叶绿素浓度的关系	(74)
6.4 营养指标与营养物负荷的回归	(77)
第七章 营养分类法	(92)
7.1 固定边界值分类法	(92)
7.2 开放型分类法	(93)
第八章 预测	(96)
8.1 定量预测	(96)
8.2 定性预测	(100)
8.3 响应时间预测	(102)
第九章 OECD结论在水质管理上的应用	(106)
9.1 简介	(106)
9.2 营养物来源	(107)
9.3 水质标准	(111)
9.4 运用OECD模型估算磷允许输入量	(114)

9.5	评价各种控制方法的必要性	(119)
9.6	与OECD结论不一致的情况	(120)
9.7	合理控制营养	(120)
第十章	富营养化防治对策	(121)
10.1	磷防治 对策	(121)
10.2	磷控制 程序	(124)
10.3	先进的磷控制技术与辅助方法	(127)

下篇 附录与专题

第十一章	区域规划报告	(135)
第十二章	OECD质量平衡方程与模型发展	(137)
12.1	连续方程	(137)
12.2	稳定状态	(138)
12.3	模型发展	(138)
12.4	负荷标准	(144)
12.5	响应时间	(146)
第十三章	数据处理 程序	(143)
13.1	概 要	(148)
13.2	相 关 性	(149)
13.3	回 归 分 析	(149)
13.4	营养状态评价	(150)
第十四章	相关与回归分析数据统计特征	(152)
第十五章	特征值计算公式与表示符号	(160)
第十六章	OECD湖泊磷浓度与输出浓度 的相关性	(164)
第十七章	关于OECD富营养化报告中综合资料 处理的评价与探讨	(170)
17.1	OECD富营养化规划使用的基础数据	(170)

17.2	基础数据的缺陷.....	(171)
17.3	主要参数的监测.....	(172)
17.4	限制性营养物.....	(180)
17.5	亟待解决的问题.....	(183)

参考文献

上 篇

综 合 报 告

概要与结论

OECD富营养化协作规划试图使水体中营养物浓度与营养响应之间的关系定量化。

这一宏伟规划，在18个成员国与众多学会，学者自愿协作的基础上，利用一切最新资料，通过进行广泛、系统的研究，业已达到目的。

该规划是通过建立四个主要地区性规划而实现的，它包括了各种变化复杂的地理位置与湖泊状态（即：阿尔卑斯高山湖泊、北欧、水库与浅水湖泊、北美等四个规划）。这四个子规划均已完成。不含分析方法在内的、五分之一有关OECD水体试验报告的结论已逐步被采用。

规划目标绝大部分已达到，其中部分结论已运用到富营养化实际控制中去。而且，对某些应谨慎使用的结论和超出规划范围不能运用的情况作了介绍。

就防治而言，主要对策是减少输入负荷。实际上，在某些地方企图将输入负荷减少到标准量是不可能或不现实的（例如：使用较集中的汇水流域系统）。此外，除减少营养物的输入，还必须采取相应的管理措施。至于措施方法的选择，用模型技术就能解决。尽管这个规划已圆满完成，但富营养化仍是一个很复杂的问题，许多问题至今尚未得到解释。

OECD成员国的内陆水体被认为富营养化的原因，一般认为是在进行水体有益利用时，造成周围环境某些不应该的

退化，从而导致了水质恶化。在许多情况下，尽管氮或其它因素引起的经济损失比磷大，但是防治重点仍以控制磷为主。通常在考虑到氮的潜在限制因素时一般同时考虑氮和磷。

A. 水资源规划

OECD规划的结论如下：

- a) 在多数情况下，磷是决定富营养化程度的因素之一。
- b) 即使氮是限制因素，磷也可通过适当的控制而成为限制因素。

较早地对富营养化采取预防性措施比待水质恶化后再来治理，要经济、有效得多。各成员国应着手制定阻止或抑制水体产生富营养化的政策和规划，并将它纳入水资源规划的重要组成部分。

客观地评价各成员国水源的富营养化程度，应联系其特殊的使用方式与用途以及各个不同类型水体的功能。

其中包括：

对问题的现在与未来状况及重要性进行评价；

评价那些对富营养化具有潜在影响的主要营养物来源（包括点源与面源）；

既要评估即将采用的措施（如准备安装的营养物处理设备），又要评估其运转效率。

优先控制城市和工业点污染源是行之有效的办法。采用适当的技术能有效地减少磷（某些地方是减少氮），如沉淀作用对于脱除高含量的磷最为有效。

当点源中的磷减少后，面源里的磷含量就相对地增加了。这意味着即使点源中的磷被控制，水质仍不会得到较大

改观。必须对面源也采取措施。

面源一般很难控制。对于防治和恢复由面源引起的富营养化，在多数情况下尚无切实可行的办法。

因此，参照下列特殊手段，改变那些向水体输送营养物的农业耕作方式：

集中畜牧业污水；

为使作物对肥料达到最佳的吸收与最低的损失，应控制施肥的用量、周期及使用方法；

林区作业与土地耕作时，应控制土壤侵蚀和水土流失；

控制地表灌溉（或肥料朝地下水渗透）⁽¹⁾

应当注意，为了让城市径流、暴雨溢流能正常地绕过普通的处理厂。需要一个更加完善的处理方法，其中包括修正系统设计标准、控制来源、清污分流、水力滞流与溢流处理。

在某些情况下，由化粪池输送的营养物也是严重的。虽然对控制化粪池的渗透尚无通用方法，但对此类污染源的潜在影响仍需进行估算。因为，当化粪池排放的污水通过田野垄沟疏散时，需要相当长的时间才能降解其中高含量的磷，尤其对特定的土壤类型来说更是如此。

尽管控制营养物含量是富营养化防治的唯一有效的战略性措施，但在一些特殊情况下并非都能控制营养物含量。由于各湖的情况不一，应根据各自条件选择适合于湖泊自身的各种技术（请参照第十章）。使用除藻剂与化学剂是不可能真正地控制富营养化的。它们仅作为减轻富营养化程度与严格保护环境的临时性措施，同时，还有可能成为一种新的公

注：（1）参见化肥与农田污水对水质的影响 OECD 1973。

害。

OECD规划的目的是控制富营养化，但有时也会出现其它情况。比如有些地方减少营养程度后将会影响有益的方面（如：减少特种鱼类的数量）。因而，在一切减少营养程度的过程中，应迅速地将不利因素转化为有益的一面。

对由水污染控制与富营养化控制带来的经济效益与副产品应予以极大的重视。这包括：从污泥消化中获取低成本的能源（如沼气）；将污泥做成肥料；污灌（亦称灌溉施肥）；从被控制的咸水湖中获取原始产品等等。

若想了解富营养化控制及其费用——效益方面的情况，可以查阅成员国专家提供的历史资料；社会效益与经济效益也可从提供的文件与公布的报告中获悉。

所采取的步骤应通过多数成员国有关专家的鉴定和评价，尤其邀请那些在国际上享有较高声誉的湖泊学专家。

B. 技术与科学背景

监测

为了控制富营养化，必须研究改善水质的方法，制定水体预期目标。经验表明：在许多情况下，都需要一个具有适当周期、较为全面的监测规划。

任何规划必须要求政府官员与湖泊、水文、农业、卫生工程等方面专家通力合作，方可使研究既经济又实用。

OECD选定的参数、测定方法以及介绍的其它指导理论可作为原始资料采用（见本报告的3.3、3.4），但也要考虑近几年出现的新方法。

一个研究规划的费用开支是很大的，因此合理安排采样频率有其很重要的意义。若不根据下述原理考虑各地的特殊

性，将不可能使采样具有正确性和代表性。

采样频率的时空性必须与湖泊变化的时空性相协调。在库容量较大的湖，应按照能反映湖泊平均状况的站位与深度进行每月一次的采样。在某些情况下对于一些参数三月一次也行。当湖泊时空变化较大时，应随湖泊自然特征的不规则变化，增加采样频率。

制定一个长期、符合发展需要的研究规划，必须与该时期的水文变化相吻合。这可以历史水文资料为参考依据。

主流与支流的布点原则、采样频率应一致。此外，采样点的布设应依赖于现在与将来的土地利用状况。一般来说，对影响营养物总量的所有营养源进行监测是不实际的，应着重监测那些主要的营养源。而对那些已知营养物负荷，排放量相对稳定的营养源的监测频率应低于那些排放规律变化大的营养源，特别是在排放高峰期。

营养物负荷估算

营养物总量估算是一个值得注意的问题，尤其非点源（或称“面源”）。OECD规划结果表明：估算负荷时，可能产生高达 $\pm 50\%$ 的误差。这说明需要一个适当周期、连续的、同步协作的监测。找出各季节或其它时期营养物的输入、输出变化规律，从而在估算年负荷量和特殊敏感季节负荷量时，使误差减少到最低限度。

为了实用，需注意下面一些超出常规的负荷估算：

a) 外部

途径支流输入的氮、磷负荷（包括支流沿岸的点源和流域内的“面源”或称“非点源”）；

沿岸直接排放的氮、磷负荷；

降入湖面的氮、磷负荷，如雨季或旱季的降雨。