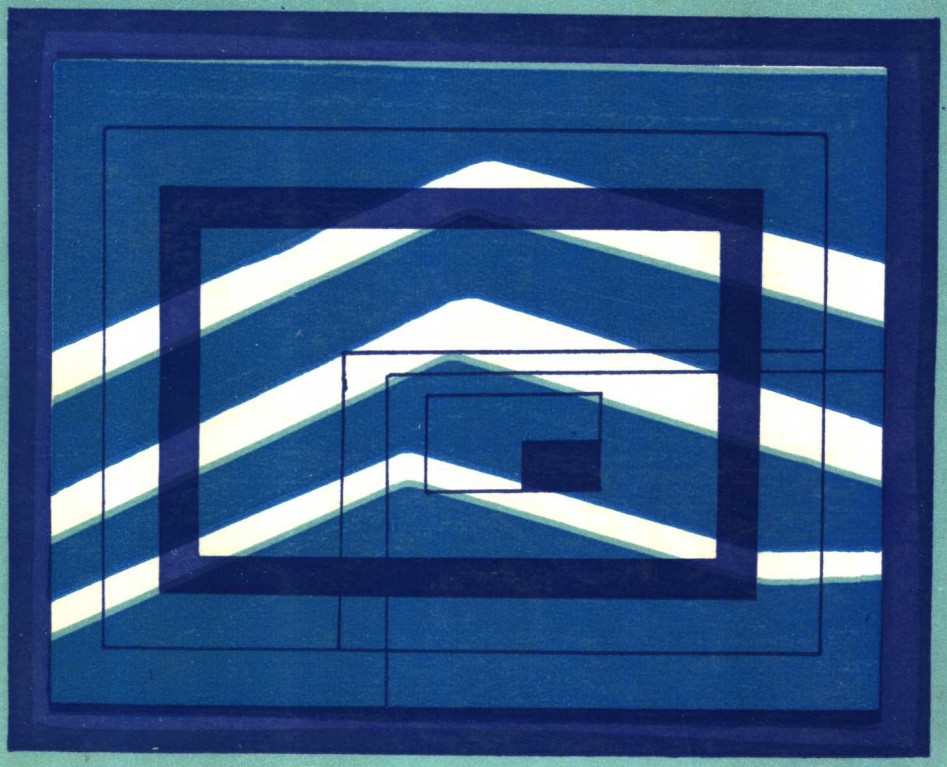
湖泊富营养化调查规范

《全国主要湖泊、水库富营养化调查研究》课题组 编



中国环境科学出版社

湖泊富营养化调查规范

《全国主要湖泊、水库富营养化调查研究》课题组 编

中国环境科学出版社

1987

内 容 简 介

本规范介绍了湖泊、水库富营养化调查工作程序，并规定了关于湖泊的水质、底质和水生生物以及湖泊流域、污染源等环境要素的调查内容和调查方法。同时，对调查工作的质量控制提出了具体措施。本书共分十二章，最后两章简单扼要地阐述了关于建立湖泊富营养化预测模型及综合评价的方法。

本书适用于从事有关水环境工作的科技人员及大专院校环境保护专业的高年级学生使用；亦可供各类水文监测、海洋监测人员及地貌、生物调查人员参考。

湖泊富营养化调查规范

《全国主要湖泊水库富营养化调查研究》课题组 编

责任编辑 吴淑岱

•

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•

1987年9月第一版 开本：787×1092 1/32

1987年9月第一次印刷 印张：19 1/4

印张：0001—6000 字数：456千字

统一书号：13239.0105

ISBN 7-80010-047-2／X0048

定价：4.60元

前　言

湖泊水体是人类重要的水资源，也是环境的重要组成部分。它在工农业用水、生活用水以及渔业、旅游业等方面起着极为重要的作用。

起初，人类对湖泊环境问题缺乏足够的认识。在自然状态下，湖泊本身在经历着极为缓慢的富营养化过程。现代经济的高速发展和人口剧增，使湖泊水体中的营养负荷不断增加和积累，引起湖泊中的水生生物（主要是浮游藻类）大量繁殖，使得湖泊富营养化日益严重，水质恶化，而丧失其功能。因此，湖泊的富营养化问题已成为当今举世瞩目的环境问题之一。

我国幅员辽阔，大小湖泊较多，湖泊富营养化问题已引起关注。国家环保局及各级地方环保部门正在组织力量。广泛深入的对湖泊富营养化问题进行调查和研究。为了使得全国主要湖泊水库调查资料和数据具有准确性和可比性，以便建立全国统一的湖泊、水库富营养化调查数据库，从而制定出有效的湖泊富营养化防治对策。我们几十个单位（包括各省市环保科研、监测单位、中科院有关研究所和有关高等院校等）的湖泊环境工作专家、教授及有关科技工作者，共同编写了本规范，以便更好地完成国家科委下达的“七·五”攻关课题——《全国主要湖泊、水库富营养化调查研究》的任务。

本规范的重点，突出了湖泊富营养化调查。在编写过程中，力图做到既能反映当前国内外湖泊富营养化调查工作的水平，便于国际交流与合作，又要考虑国内现有的工作基础和条件，选取了使用合理、操作简便和便于推广的方法，以便能普遍为广大环境工作者掌握和采用。

我国湖泊富营养化调查研究起步较晚，缺乏经验，本规范中有些内容，如非点污染源的调查方法、富营养化预测模型等，还有待于在实际应用中逐步改进、充实和完善；有些必要的标准数据和方法，如分析方法中的精密度、生物评价中的指标和生物种类等，尚未编入本规范。

本规范现作为试行出版，待该攻关课题完成后，结合总结试行阶段的经验，经修订后再作为正式规范出版。

本规范由中国环境科学研究院、中科院南京地理研究所组织编写

参加编写工作的单位有：上海师范大学，浙江省环境保护科学研究所，云南省环境科学研究所，天津市环境保护科学研究所，北京大学，东北师范大学，江南省环境保护科学研究所合肥市环境监测站，安徽省环境保护科学研究所华东师范大学，杭州市环境保护科学研究所南开大学南京市环境保护监测站，湖北省环境保护研究所黑龙江省牡丹江市环境科学研究所，新疆维吾尔自治区环境保护科学研究所。

由于时间仓促，经验和水平有限，本规范中的缺点和错误在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。

编　者

一九八六年十一月三日

目　录

第一章　我国湖泊概况……（1）
第一节　我国湖泊的类型、特征与分布……（1）
第二节　我国湖泊水资源……（2）
第三节　湖泊环境要素……（5）
第二章　湖泊富营养化……（9）
第一节　富营养化的定义……（9）
第二节　湖泊的富营养化……（10）
第三节　湖泊富营养化的防治对策……（12）
第三章　湖泊富营养化调查程序和方法……（19）
第一节　调查目的……（19）
第二节　调查程序和内容……（19）
第三节　调查方法……（22）
第四节　样品的运输、保存和处理原则……（29）
第四章　质量保证……（32）
第一节　质量保证的目的、方法和系统图示……（32）
第二节　样品的代表性……（33）
第三节　选择准确度、精密度高的统一分析方法……（34）
第四节　对合格实验室的要求……（35）
第五节　对参加分析工作的各实验室进行统一考核……（38）
第六节　实验室内质量控制……（39）
第七节　实验室间质量控制……（48）
第八节　分析结果的数据处理……（49）
第五章　湖泊环境基本状况调查……（58）
第一节　流域自然地理特征调查……（58）
第二节　流域社会经济状况调查……（65）
第三节　湖泊形态特征调查……（70）
第四节　湖泊水量平衡调查与水文测量……（73）
第五节　湖泊资源利用现状调查……（80）
第六章　污染源调查……（83）
第一节　污染源的分类……（83）
第二节　点污染源调查……（86）
第三节　非点污染源调查……（88）
第四节　不经流域陆地表面入湖的非点污染源调查……（99）
第五节　湖内污染物负荷量动态平衡计算……（101）
第六节　测试项目及分析方法……（106）

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第七章　水质调查……（142）
第一节　调查目的……（142）
第二节　采样器和水样的保存技术……（142）
第三节　测试项目和分析方法……（143）
第八章　底质调查……（172）
第一节　调查目的和调查内容……（172）
第二节　底泥调查的布点和采样……（173）
第三节　测试项目及分析方法……（174）
第四节　底泥中营养物质释放实验……（189）
第五节　颗粒物的沉降调查……（192）
第九章　水生生物调查……（199）
第一节　调查目的……（199）
第二节　浮游植物……（199）
第三节　浮游动物……（205）
第四节　底栖动物……（209）
第五节　大型水生植物……（211）
第六节　鱼类……（213）
第七节　细菌……（217）
第八节　着生生物……（226）
第九节　叶绿素……（227）
第十节　初级生产力……（230）
第十一节　ATP(三磷酸腺苷)……（232）
第十章　藻类增长潜力试验（AGP试验）……（235）
第一节　试验目的和原理……（235）
第二节　水样的采集、处理和保存……（236）
第三节　藻种培养和保存……（236）
第四节　试验的步骤……（238）
第五节　藻类增长参数的测定……（240）
第六节　试验的设计……（241）
第七节　试验结果的整理和分析……（242）
第八节　底泥AGP试验……（243）
第九节　主要用具和试剂……（244）
第十一章　湖泊富营养化预测模型……（246）
第一节　建立模型的意义……（246）
第二节　建立模型的一般方法……（246）
第三节　磷的负荷模型……（251）
第四节　生态-动力学模型……（257）
第十二章　湖泊富营养化程度的综合评价……（265）
第一节　湖泊富营养化的评价基础……（265）

第二节　湖泊富营养化综合评价方法……（271）
附录　美国环保局提供的计算方法（非城市区非点污染源负荷方法）……（282）
一　年径流量……（282）
二　土壤流失量……（284）
三　污染物负荷……（288）

第一章　我国湖泊概况

第一节　我国湖泊的类型、特征与分布

湖泊由一定形态的湖盆和水体构成，分布于大陆地表的洼地。

湖泊的类型是多种多样的，按其湖盆成因可分为构造湖、火山湖、冰川湖、岩溶湖、堰塞湖、泻湖、风成湖、河成湖、人工湖等；按其矿化度高低可分为淡水湖（矿化度<1g/L）、咸水湖（矿化度为1—35g/L）、盐湖（矿化度>35g/L）；按其营养类型划分，可分为富营养湖、中营养湖、贫营养湖、腐殖营养湖、酸营养湖、铁营养湖等。此外，按其流域特征，可分为内陆湖、外流湖；按其地形部位，可分为高原湖、平原湖；按其湖水深度可分为深水湖、浅水湖等。

我国是一个多湖泊的国家，据初步统计，全国天然湖泊在1km²以上的有2800余个，总面积80000km²以上，占全国总面积的8%左右。我国湖泊以中小型居多，在2848个湖泊中，大于1000km²以上的仅13个。1—10km²的湖泊达2383个，占83%。湖泊面积分级统计如表1-1所示。

表 1-1　湖泊面积分级统计表

面积级别(km²)	1—10	10—50	50—100	100—500	500—1000	>1000	合计
湖泊数（个）	2383	234	107	96	15	13	2848
累积面积(km²)	9128	4932	7365	19830	10082	29307	80645

我国湖泊分布，大致沿大兴安岭西麓，顺东北—西南方向南下，经内蒙古高原南缘、阴山、贺兰山、祁连山、日月山、巴颜喀拉山、念青唐古拉山和冈底斯山、至西端国境线为界。该线东南，除少数面积不大的内流湖区外，均属外流湖区，以淡水湖分布为主，湖泊面积为3211km²左右，占全国湖泊总面积的45%。贮水量达2099.5亿m³，其中淡水贮量为1755.5m³，该线西北、除额尔齐斯河流域外，皆属内流湖区，湖泊以咸水湖或盐湖分布为主，但青藏高原尚分布了一些淡水湖泊，湖泊面积约42163km²，占全国湖泊总面积的55%，贮水量达5230.5亿m³，其中淡水贮量为454.5亿m³。

我国湖泊的地理分布极不均匀，99.8%集中于五大湖区，如图1-1所示。

一　青藏高原湖区

主要指青海省及西藏自治区所包括的湖泊。这些湖泊多系构造运动和冰川作用所形成，也有因泥石流阻塞河床而形成的堰塞湖、湖水较深，湖面海拔多在3000—4000m左右。藏北高原的喀顺错，海拔5556m，是目前我国已知的地势最高的湖泊。该区湖泊面积为37487km²，占全国湖泊面积的50.5%。境内除东部及南部有部分外流湖为淡水湖

外，其他多系内陆咸水湖或盐湖。由于高原尚处于新构造上升运动中，所以境内的湖泊不同程度地呈现出湖面较小，湖水较深的特点。区内分布有青海湖、鄂陵湖、扎陵湖、纳木错，奇林错，班公错及羊卓雍错等较大的湖泊。

二　东部平原湖区

系指长江及淮河中、下游，黄河下游及大运河沿岸所分布的大小不等的湖泊，这些湖泊多由构造运动和河流冲淤作用形成的外流湖。该区湖泊面积为21847km^2，占全国湖泊面积的29.4%。区内湖泊由于泥沙淤积日益严重，湖滩地被不断围垦，湖泊面积显著缩小，湖水普遍变浅。我国著名的五大淡水湖——鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖及巢湖就分布在该湖区。

三　蒙新高原湖区

系指内蒙古自治区、河北省西北部及新疆维吾尔自治区所辖范围内的一些湖泊。区内湖泊大致以黑河为界，黑河以西多构造湖，以东多小型风蚀湖，亦有部分构造湖。该区湖泊面积为9106km^2，占全国湖泊面积的12.2%，湖泊多为内陆咸水湖。新疆吐鲁番盆地的艾丁湖，位于海平面以下154m，水深不足1m，是我国地势最低的湖泊。境内较大的湖泊有呼伦池湖、博斯腾湖，还有象索果诺尔、玛纳斯湖等有名的游移湖泊。由于降水少，气候干燥，致使湖水日益浓缩，湖面不断缩小。

四　东北平原及山地湖区

区内有火山湖分布，亦有少数构造湖，还有一些小而浅的泡子。区内除松嫩平原有部分内陆湖外，多为外流淡水湖。该区湖泊面积为3952km^2，占全国湖泊面积5.4%。境内分布有兴凯湖（中苏界湖）、镜泊湖、松花湖、五大连池及白头山天池（中朝界湖）等著名的湖泊。白头山天池深373m，是目前我国已知最深的湖泊。

五　云贵高原湖区

区内多构造湖，也有如异龙湖、八仙湖、马厂湖等溶蚀湖。区内湖泊面积为1077km^2，占全国湖泊面积的1.4%，滇池、洱海、抚仙湖、泸沽湖及草海等知名的湖泊分布在该区。湖水一般较深，风景秀丽，不少湖泊为著名的旅游湖。

第二节　我国湖泊水资源

一　水资源及其利用

水的存在形式主要有海水、陆水（河川径流、地下水、湖泊、冰川）和大气中的水

蒸气及生物体中的水四种。其中海水约占97%，陆水占2.5%左右，湖泊水资源量约占陆水的第三位，如表1-2所示。

表 1-2　地球上水的分布

水的存在形式	水量×$10^{15}m^3$	占地球水的比例(%)	占陆地水的比例(%)
海水	1350	97.5	
陆水	34.8	2.5	100
冰　川	24.5	1.7	71.4
地下水	10.1	0.72	29.5
湖　泊	0.125	0.009	0.36
盐　湖	0.094	0.007	0.27
土壤水	0.025	0.002	0.073
河　水	0.001	0.0001	0.003
大气中的水蒸气	0.013	0.0009	
生物体中的水	0.001	0.0001	

我国水资源的总量为27000亿m^3，占世界第六位。人均水量2700m^3，大大低于11000m^3的世界人均水平。我国湖泊的总贮水量约为7330亿m^3，其中淡水贮量为2210亿m^3，占湖泊贮水量的30.1%。我国大、中、小型水库的贮水量约4000亿m^3，连同天然湖泊的淡水贮量，总计可达6210亿m^3，约占水资源总量的23%。

我国湖泊淡水资源的分配极不平均。主要分布在青藏高原、东部平原、云贵高原三大湖区，淡水资源的贮水量高达1998亿m^3，占湖泊淡水贮量的90.4%。其他湖区的湖泊淡水贮量仅占9.6%左右，如表1-3所示。

表 1-3　湖泊贮水量分布

湖　区	湖泊面积 (km^2)	湖水贮量 (亿m^3)	其中淡水贮量 (亿m^3)
青藏高原	37487	5386	976
东部平原	21847	725	725
蒙新高原	9106	702	22
东北平原山地	3952	193	184
云贵高原	1077	297	297
其　他	808	27	6
合　计	14277	7330	2210

湖泊水资源的利用，可分为消耗性与不消耗性两个方面。消耗性利用指从湖内引水灌溉、发电，或利用湖泊水资源作为工业及生活供水；不消耗性利用指利用湖泊来繁衍

水生动、植物和发展航运事业等。

湖泊水资源的利用与湖水的年补给量、年际、年内的水量变化和年换水周期等有密切关系。

我国湖水年补给量因地区而异，据统计江淮流域的湖泊年补给水量约为5000—6000亿m^3；东北镜泊湖、松花湖、呼伦池约为100亿m^3；新疆博斯腾湖约为20—30亿m^3；青藏高原的鄂陵湖、扎陵湖则为10亿m^3左右。

我国湖泊水量年际年内变化都较大。以融雪径流补给为主的博斯腾湖，年际变化较小，而鄱阳湖、洱海、镜泊湖，丰水年是枯水年的4—5倍；洪泽湖为20倍。

我国湖泊水量的年内变化也很大。鄱阳湖、洱海最大入湖月径流量是最小入湖月径流量的7—11倍；而镜泊湖和乌伦古湖则高达100—200倍。

湖泊换水周期的长短，可以作为判断湖泊水资源能否利用的一个标准。

（1）换水周期<1 a的湖泊，如东部平原湖区的五大淡水湖和镜泊湖等。由于换水周期短，湖水一经利用，能很快得到补充。这类湖泊的水量资源可充分地进行利用。

（2）换水周期1—3 a的湖泊，如云南滇池、洱海、新疆的博斯腾湖等，这些湖的水量可部分地进行利用，不可过量，否则容易引起生态环境的变化。

（3）换水周期>3 a的湖泊，大多位于干旱或半干旱地区。这类湖泊贮水量虽大，但来水量较少，换水周期较长，一般不宜引用。例如新疆的乌伦古湖换水周期为8.5 a；西藏的羊卓雍错为25.2 a；青海湖为60.4 a。表1-4列出部分湖泊的换水周期。

表 1-4　部分湖泊的换水周期

湖　名	贮水量（亿m^3）	入湖流量（m^3/s）	换水周期（d）
鄱阳湖	259	5093.1	59
洞庭湖	178	10353.0	20
洪泽湖	24.4	1064.3	27
巢　湖	18.0	164.3	127
太　湖	48.6	195.0	288
洱　海	26.0	33.8	891
滇　池	16.0	28.6	647
镜泊湖	16.3	102.1	184.8
博斯腾湖	77.3	92.31	969
布伦托海	59.0	21.9	3117
羊卓雍错	160	20.1	9211
青海湖	742	38.94	22054

湖泊水资源的保护极待引起重视。由于盲目围垦或泥沙淤积，湖泊水面日益缩小或消亡。如洞庭湖已由1949年的4350km^2缩小到1984年的2343km^2；江汉湖群中0.5km^2以上的湖已从1066个减少到193个，湖面缩小达6000km^2；鄱阳湖湖面缩小近2/5，损失水面达2106km^2。干旱区湖泊的退缩消亡现象严重，湖水浓缩，矿化度上升。青海湖从1956年到1978年水位下降了2.14m，平均年亏损水量5.77亿m^3；罗布泊和召特马湖分别

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

于1964年及1972年后干涸消亡。

随着工农业生产的发展，大量污水排入湖内，引起湖泊水域环境污染，水质恶化。

保护我国湖泊水资源，应采取的必要措施如下：

（1）营造水源林，保护水源林，防止泥沙冲淤。

（2）积极防治湖泊污染。禁止污水排入湖内，对已污染湖泊进行综合治理。

（3）搞好湖泊流域规划，防止盲目围垦。

（4）颁布湖泊水资源保护法。

（5）加强对湖泊资源与环境的科学研究工作。

二 水 库

水库，又称人工湖。人们为了蓄洪、发电灌溉、航运、供水和水产养殖等经济目的在一定的地理条件下而建造的。解放以来，我国修建了大、中、小型水库84000余座，增加地表水贮量约4000亿m^3，相当于增加地表水径流量的14%。主要江河修建大、中型水库1987座，总库容达2763亿m^3，库容在10亿m^3以上的大型水库共有58座，这些水库遍布于全国。此外，也有一些天然湖泊、洼淀，经过改造，建造控制闸而成为人工湖泊。主要流域建库统计如表1-5所示。

表 1-5 主要流域建库统计表

统计结果	流域名称							
	松花江	辽河	海滦河	黄河	淮河	长江	珠江	总计
大中型水库数	114	83	123	155	185	965	362	1987
总库容($10^8 m^3$)	185	129	247	536	358	920	388	2763
占年径流量(%)	24.0	82.0	73.0	84.0	72.0	9.1	11.0	

第三节 湖泊环境要素

湖泊环境要素是指构成湖泊环境特征的一些因子。它可分为自然要素和人为要素两大类。自然要素包括地理、水文、气象、化学和生物等因子。其中水文情势、湖水运动状况和湖水理化性质对湖泊营养化的发展具有重要意义。人为要素包括流域范围内人类的生产、生活活动以及开发利用湖泊资源的情况。

一 自然要素

（一）湖泊水文

湖泊的水文情势包括湖泊水量补给与损耗、水位变化及其对河川的调节等水文现

象。我国绝大多数湖泊是受河水补给的。受河水直接补给的湖泊，河湖之间是互为作用的统一整体。凡是吞吐湖均有调节江河的作用，因此湖泊是整个水系的组成部分。

内陆湖和外流湖的入湖径流量与出湖径流量之比，差异是非常大的。东部平原径湖区的一些湖泊，其入湖径流量与出湖径流量（即吞吐水量）几乎相近，而蒙新高原湖区的一些内陆湖，其入湖径流量则可高于出湖径流量的几十倍。表1-6为湖泊水量平衡表。

表 1-6　湖泊水量平衡表

类别	湖名	占总补给量(%)			占总损耗量(%)		
		湖面降水量	入湖径流量	总补给量	湖面蒸发量	出湖径流量	总损耗量
外流湖	鄱阳湖	3	97	100	2	98	100
	洪泽湖	3	97	100	3	97	100
	洱　海	27	73	100	27	73	100
内陆湖	博斯腾湖	1	99	100	60	40	100
	艾比湖	7	93	100	100	0	100
	岱　海	39	61	100	100	0	100

外流湖的水量变化，通常受上游河流水情的控制，最高水位多在雨季或稍滞后；最低水位出现在少雨或农业用水期间。我国外流湖泊多年平均水位变幅的最高值发生在长江、淮河中游的湖泊，如洞庭湖、鄱阳湖、洪泽湖，它们分别达到13.6m、7.3m和10—11m。内陆湖的年内水位变幅一般都小，多数湖泊多年平均值都小于1m。湖泊的水位变幅通常与湖泊的补给系数呈正相关。

（二）湖水运动

湖泊一般是一种缓慢流动的水域。湖水运动包括了湖流、风浪及其他水动力现象。它们是由于河湖水量交换及湖面气象因素作用的结果。

湖流按成因可分吞吐流和风生流。

吞吐流由河湖水量交换引起，沿着水力梯度流动，通常从入流岸流向出流岸。吞吐流的能量和强度，来自河川的径流量及其瞬时速度。我国的大中型湖泊，湖流都很微弱，如青海湖，最大实测流速仅为7.7cm/s；太湖流速一般在5cm/s左右，河口涌流区有时可高达20cm/s。

风生流由风力作用引起。风力强，持续时间长，湖面大，风生流就越强。它是大型湖泊最主要的水流方式。由它所引起的全湖性顺风水体流动，又使迎风岸底层产生反向补偿流，从而导致湖水环流。环流有全湖性的，也有局部性的。

湖流很少是单一流态，往往由吞吐流和风生流组合而成的混合流，并且是结构复杂而不稳定的流系。它经常受着风情、水情、水下边界条件的的影响而不断变化。

风浪是由风力作用于水面致使湖水产生波浪的现象。波浪运动通常用波高、波长、

波速及周期等四要素来描述。风浪的产生和发展取决于风力、风的持续时间及风的吹程和水下地形等因素。风浪和其他的各种水动力现象都是湖泊水体的动力混合现象，它们能增加水中溶解的气体，改善水质，提高营养度，对生物发展有一定作用。

（三）湖水的理化性质

（1）湖水的温度，水温是湖泊水域环境的重要因子，反映了湖泊的热学状况。湖水的热量主要来自太阳辐射，湖水在吸收太阳辐射的同时又不断地与周围环境发生热交换，因此湖水温度是随着时间和空间不断变化的。其时间变化决定于湖泊热量收支关系的转化，其空间分布则既受地带性因素的制约，又受非地带性因素的影响。

随着纬度的增高，湖水温度逐渐降低的趋势以10—3月最为显著。例如，高程相近而纬度相差甚远的云南洱海与新疆赛里木湖，1966年8月平均水温相差达11.4℃。此外，湖面高程、湖盆形态、水深以及湖区气象条件等都与水温的分布有关。

我国水深较大的湖泊，春季水温分层现象比较明显，有些深水湖甚至出现温跃层。出现温跃层的起始深度，北部大于南部，温跃层的厚度则南部大于北部。我国大多数大型浅水湖泊，水温的垂直分层均不明显。由于热量收支关系的季节变化，而使水温出现明显的日变化和年变化。这些变化均在表层较明显，随着深度加大，变化逐渐减小。

我国大多数湖泊冬季冰冻大致以北纬28°为界。其中黄河以南地区冰封时间较短。每年自10月中旬至12月中、下旬，由北向南先后出现冰冻。蒙新、青藏的湖泊每年有4—7个月的冰期，云贵高原的湖泊终年不结冰。

（2）水色和透明度，是反映湖水对于光线的吸收与散射的程度，是湖水的光学性质之一。透明度随湖水化学成分的不同和水中悬浮物质及浮游生物的多寡而变化。我国深水湖的透明度比浅水湖要大，水色也高；淡水湖比咸水湖透明度小，水色也低。

湖内透明度的分布，在中、小型湖泊一般是湖心大，边缘小，湖弯区大，进、出湖港口附近的透明度则小，水色亦低。有水草生长处，透明度增大，水色澄清。

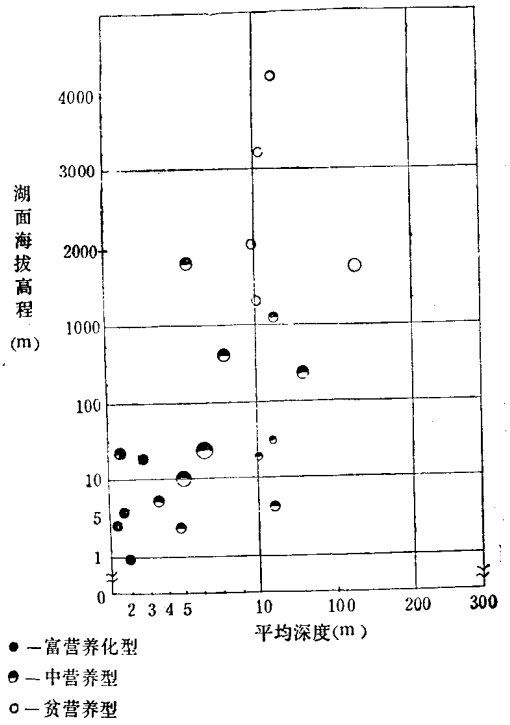


图 1-2　湖面高程、湖水深度与湖泊富营养化的关系

（3）湖水化学性质：我国淡水湖泊矿化度一般在150—500mg/L，而且季节变化小。硬度的地域差异和矿化度相似。长江中下游不到1.5mg N/L，云贵高原和黄、淮、海平原一般都超过2.2mg N/L。长江中下游的洞庭湖、洪湖等多为重碳酸钙质水；鄱阳湖、太湖等兼有重碳酸钙质和重碳酸钠质水；滇池、洱海为重碳酸钙质

水、黄河、海河流域的湖泊多为重碳酸钠质水。

我国大多数淡水湖的溶解氧分层现象不明显，只有在水较深的湖泊（如抚仙湖）才出现分层现象。浅水湖泊溶解氧和游离二氧化碳的昼夜变化与水生植物光合、呼吸作用密切相关。据太湖实测资料，表层和底层的溶解氧最大值分别出现在18时、14时；最小值均出现在2时。游离的二氧化碳最大值出现在2时；最小值出现在14时，表层、底层基本相似。

湖泊环境的自然要素对湖泊的富营养化有重要的影响。图1-2反映了湖面高程、湖水深度与湖泊富营养化的关系。

图中还列举了武汉东湖、杭州西湖、无锡五里湖、南京玄武湖、莫愁湖、鄱阳湖、洞庭湖、太湖、呼伦池、洪泽湖、南四湖、博斯腾湖、巢湖、高邮湖、滇池、镜泊湖、青海湖、鄂陵湖、洱海、抚仙湖、岱海等湖泊。可以清楚看出富营养化类型与湖水深度和湖面高程的关系。

二 人为要素

人类活动对湖泊富营养化的影响有着不可忽视的作用。

湖泊是一项重要的自然资源。它有丰富的水利资源，可供灌溉、发电、航运、生产和生活用水。又有丰富的水产和水生植物等天然资源。广大盐湖蕴藏着盐、碱等矿产，有的更富含硼、锂等稀有元素，它们对国防工业、化学工业、人民生活都极有意义。湖滨滩地富含有机质，土质肥沃，又是良好的土地资源。因此湖泊往往成为人们开发利用的重要对象；沿湖地区成为人们生活生产的重要场所，历来是人口密集、经济发达之区。氮、磷等营养物质通过生活污水、工业废水、地表径流等多种途径进入湖泊水体加速了湖泊富营养化的发展。因此调查湖泊富营养化的一个重要方面就是要调查沿湖流域内人类的生产、生活活动及其开发利用湖泊资源的状况。

第二章　湖泊富营养化

第一节　富营养化的定义

湖泊富营养化是指湖泊等水体接纳过多的氮、磷等营养性物质，使藻类以及其他水生生物过量繁殖，水体透明度下降，溶解氧降低，造成湖泊水质恶化。从而使湖泊生态系统和水功能受到损害和破坏。严重的，甚至发生“水华”，给水资源的利用如饮用、工农业供水、水产养殖、旅游以及水上运输等带来巨大损失。

从我国的湖泊分布来看，一般可分为贫营养湖和富营养湖两类。当然两者之间还有不同程度的过渡类型。从自然状况来看，位于山区的湖泊多属于贫营养性湖泊。这是由于山区湖泊水较深，营养性物质来源较少，水生生物的种类和数量都相对贫乏，溶解氧充足，透明度大，水质比较优良。如云南洱海，新疆天池，其最大透明度可达15m以上或见底，水质也很好。而位于平源地区的湖泊很容易发展为富营养性湖泊，这是由于平原湖泊流域，土地肥沃，富含氮、磷等营养性物质，经河流或流域地表径流冲刷搬运，在湖泊水体中累积起来，造成湖泊中水生生物过度繁殖，透明度下降，溶解氧不足，尤其在深水层，甚至出现缺氧层，水质严重恶化。

另一方面，由于目前人类的频繁活动，湖泊营养类型的区分与人类活动的干预程度密切相关，只是山区湖泊受人类活动相对少，而平原湖泊则相对多而已。

然而湖泊富营养化的进程在自然条件下也存在，流域在地理学、生物学及物理、化学诸方面的性质随时间而变化时，致使流入水域的物质也随之发生变化，进而湖水也必然随着时间而逐渐变化。多数情况下是水深、营养物质少的贫营养湖，向水浅、营养物质多的富营养湖转变。在自然状态下，这种变化进程非常缓慢，往往要历经数百年甚至上万年，如图2-1所示。

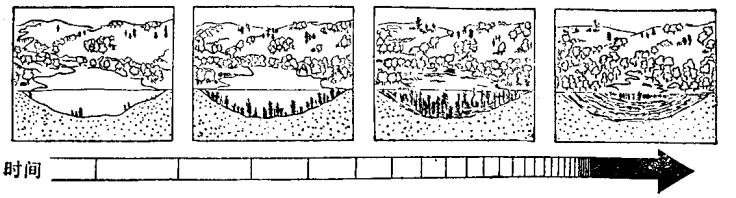


图 2-1　湖泊自然富营养化过程

然而，一旦人类活动影响到这种变化，其变化速度就会急剧加快。特别是城市和工业污水的流入，必将大大地加速富营养化的进程，如图2-2所示。

这种变化与自然状态下发展的富营养化不同，有人称之为人为富营养化。

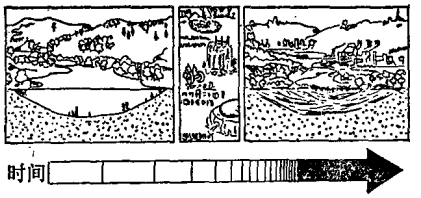


图 2-2　人类活动显著地促进了湖泊的变化速度

至今，人为控制富营养化的共同特点，是限制水域内营养物质的含量增大及水生植物生产水平的提高，并以此为起点，通过食物链及物质循环来防止水质、底质及水生生物系统发生巨大变化。在评价湖泊时，只要是由于藻类等水生生物生产增加，而引起水体生态系统变化的即可称为富营养化。因此，在判断富营养化的程度及寻求管理办法时，必须首先着眼于了解浮游植物的生产及其支配因子，特别是主要营养因子的状态方面。

第二节　湖泊的富营养化

一　我国湖泊富营养化的现状及趋势

近年来由于我国城市和工业的发展，以及农业大量施用化肥，加上植被破坏造成的水土流失冲刷入湖，使湖泊富营养化问题发展很快，情况愈趋严重，如不及时控制，则大规模地危害湖泊的现象，将会接踵而来。

根据我国1978—1980年对34个主要湖泊、水库的调查资料，以及根据国内外评价湖泊富营养化的经验制订的评价指标，对这34个湖泊的评价结果是：贫—中营养水平的7个，占20.6%；中营养水平的有8个，占23.5%；中—富营养水平的有11个占32.3%；富营养水平的有5个，占14.7%；重富营养水平的有3个，占8.8%。如表2-1所示。

表 2-1　我国34个湖泊营养状态的分类统计表

湖泊营养类型	贫—中营养	中营养	中—富营养	富营养	重富营养
湖泊数（个）	7	8	11	5	3
占评价数的比例(%)	20.6	23.5	32.3	14.7	8.8
湖泊面积（km^2）	5870.8	89125	9434.1	66.95	7.31
占评价面积比例(%)	24.1	36.7	38.8	0.27	0.03

从上表可以看出，我国绝大多数湖泊处于贫—中营养或中—富营养状态，占调查面积的99.7%；已经达到富营养和重富营养的湖泊面积只占调查面积的0.3%，说明当时我国湖泊富营养化危害只是少数地区较为严重。但是，这些富营养和重富营养的湖泊又多濒临城市，如杭州西湖、武汉东湖等著名风景区，在国民经济中的地位很重要。特别值得重视的是近几年来，我国湖泊富营养化的趋势发展很快，34个湖泊调查仅隔4 a，一些湖泊的状态就发生了急剧的变化。如北京密云水库已从贫营养向中—富营养过渡；于

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com