

野外试验站（台）观测方法丛书

HUBO

SHENGTAI
XITONG

GUANCE
FANGFA

湖泊生态系统观测方法

陈伟民 黄祥飞 周万平 等编著

中国环境科学出版社

国家科技基础性工作专项(2001DEA20016) 资助
科技部科技基础条件平台建设专项(2003DKA1C002)

野外试验站(台)观测方法丛书

湖泊生态系统观测方法

陈伟民 黄祥飞 周万平 等编著

中国环境科学出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

湖泊生态系统观测方法/陈伟民等编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2004.12

(野外试验站(台)观测方法丛书)

ISBN 7-80163-745-3

I. 湖... II. 陈... III. 湖泊—生态系统—环境监测—方法—中国 IV. X832-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109828 号

出版发行 中国环境科学出版社出版发行
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
电子信箱: bianji4@cesp.cn
电话号码: 010—67112738

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷
印 数 3000
开 本 787 × 1092 1/18
印 张 17.25
字 数 360 千字
定 价 35.00 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

序

众所周知,科学技术研究有三大试验基地:一是用于研究自然界演化规律的大自然这个天然试验基地;二是用于研究物质组成和变化规律的实验室;三是研究人类活动与自然界相互影响的这个最庞杂的人类社会。大量事实表明:物理学、化学、生命科学领域诸多学科的发展,主要依赖于实验室的实验研究,而地球科学、宏观生物学和资源环境科学领域等学科的发展及其对国民经济发展的推动作用,则除了实验室外,还要依赖于野外考察和试验站的长期观测试验、示范与资料积累。随着资源环境等学科领域的迅速发展及其在社会经济发展中的广泛应用,对野外试验站体系的建设与发展提出了日益迫切的要求。概括地说,野外试验站的主要功能是:对自然界的关键要素做长期、系统的监测,进行基本数据的积累;对自然界发生的重要过程进行实地的系统研究;根据研究结果,构建各种优化模式,进行示范。

野外试验站是开展多学科综合研究的基地。野外试验站的优势在于具有多学科结合,系统、综合的研究条件。这对促进多学科交叉研究自然界一系列复杂系统的问题,具有不可替代的作用。随着科学技术的迅速发展,学科间的渗透、交叉日益频繁,研究的思想也从过去仅注重单一的过程研究,而发展为以整体、系统和时空多尺度的角度,综合地研究过程间的相互作用和系统的整体行为。野外试验站所在的典型地区或典型环境,大多是各种自然过程以及人类活动相互作用和相互影响的综合自然单元,是开展综合研究的理想场所。

野外试验站是进行长期观测和数据积累的基地。野外试验站所取得的长期序列资料,充实了相关学科的内容,为科学研究做出了重要贡献,并在交叉学科的创立和新领域的开拓方面发挥了重要作用。如中国科学院建立的由 35 个野外试验站组成的中国生态系统研究网络(CERN),农业部和国家林业局等部门建立的农业环境监测网络、森林生态系统定位研究网络等。这些网络的建设,使我国积累资源、环境等方面基础数据的能力进一步提高。

野外试验站是构建优化模式进行试验示范的基地。野外观测试验站以其区域的代表性和综合研究的优势,围绕着我国农业开发、资源高效利用、生态建设与环境治理等与国民经济建设密切相关的重大问题,进行了优化模式构建与示范的研究,为我国国民经济的发展提供了科学技术支持。如黄淮海平原的农业生态试验站,不仅在研究低产原因、调控机理,以及高效农业的发展原理方面做出了高水平的工作,而且开展了以提高土地肥力、治理盐碱、减轻旱涝危害为中心的低

产田改造和试验示范推广，使该地区粮食亩产有了大幅度的提高。其他如治沙试验站、水土保持试验站、草原改良试验站等经过几十年努力，都取得了一批重要成果，为我国生态环境治理和经济发展做出了重要贡献。

总之，野外试验站在我国科学技术体系中具有十分重要的、不可替代的作用，关系到我国科学技术的创新和社会经济的可持续发展。事实表明，我国各野外试验站无论在积累基础数据，开展综合研究，还是进行试验示范方面都已取得了十分丰硕的成果，为国家和地区社会经济发展做出了重要的贡献。但是，同时也应看到，同国家的需求仍存在很大的差距。主要问题是数据质量不高，缺乏严格统一的规范标准，更难实现不同部门单位间的数据共享。因此，本系列丛书的出版是在这方面所做的一项可贵的努力。尽管还可能存在不少欠缺和不足，但却是抓住了影响野外试验站建设的关键，相信会一步步深入、完善。目前，野外试验站的建设已经纳入国家科技条件平台建设计划，加强野外试验站观测规范标准的研究更是当务之急。

孙鸿烈

2004年1月8日

前 言

我国是一个多湖泊的国家,大于 1km^2 的天然湖泊 2 300 余个,总面积约 8 万 km^2 , 占国土总面积的 0.8%, 湖泊淡水储量为 $2\,250 \times 10^8 \text{m}^3$, 约占全国水资源总量的 8%。水是生命的源泉,是人类赖以生存的基础,是我国社会发展的关键因素。2000 年全国总用水量已达 $5\,498 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中 80.3% 为地表水。据预测,到 2030 年我国人均水资源将降为 $1\,760 \text{m}^3$, 按国际上一般承认的标准,人均水资源量少于 $1\,700 \text{m}^3$ 为用水量紧张的国家,由此可见,未来我国水资源形势是十分严峻的。

由于湖泊具有调节气候、防洪蓄水、灌溉、航运、水产、旅游等多种功能,但长期以来,人们对于湖泊生态系统的脆弱性估计不足,认识不够,一些人为活动如围湖造田、流域植被的破坏、工农业废水的排放、不合理的湖泊滩地、生物资源等的过度开发,致使我国许多湖泊生态系统的良性循环受阻。除湖泊水资源水量减少之外,湖泊水体的富营养化程度加剧以及湖水的盐碱造成的水质性缺水,已成为我国湖泊生态环境的重大问题。

了解湖泊生态环境的自然演化规律和人类活动在其演化中的作用,人们期待通过对湖泊生态系统结构、功能的长期观测与分析,探索其演变规律,以期用生态学的原理管理湖泊,使之健康运转和持续利用。

《湖泊生态系统观测方法》是野外实验站(台)观测方法丛书之一。该书是依据《湖泊生态调查观测与分析》中的一些方法,参照日本、德国、联合国粮农组织的全球陆地观测系统(FAO-GTOS)、英国环境变化网络(ECN)、国际长期生态学研究网络(ILTERN)和国际标准组织(ISO)资料确定湖泊生态系统野外研究站(实验站)观测指标体系等编撰完成的。内容包括采样;湖泊环境调查;气象与辐射观测;水的理化性质测定;湖泊沉积物分析;主要水生生物现存量的测定;生物生产力的测定;流域自然地理、社会经济的调查;编制湖泊观测、监测数据的有效位数表和各种观测、监测记录表格等。

湖泊生态系统结构、功能及其复杂多样,涉及到诸多领域,测定方法也多样化,我们本着使观测资料具有系统性、可比性的目的,尽量采用现有的比较成熟的观测方法,力求形成一个具有统一的采样方法、统一的观测方法、统一的分析方法的体系,逐步做到规范化。

本书的编写人员虽多是长期从事湖泊生态系统观测和研究工作,但由于测定方法涉及内容广泛,限于编者水平,错、漏和不当之处在所难免,恳请有关专家和读者予以指正,以便进一步修改和增补。

编 者
2004 年 10 月

目 录

第一篇 绪 论

1 湖泊生态系统野外观测的目的和意义	3
1.1 野外观测的目的	3
1.2 野外观测在学科发展中的作用	4
1.3 野外观测在国民经济中的作用	4
2 湖泊生态系统野外观测的历史与发展	5
2.1 国外野外观测的历史与发展	5
2.2 国内野外观测历史	6
2.3 野外观测的发展趋势	7
3 湖泊生态系统指标体系	9
3.1 国内外湖泊研究站(试验站)指标体系分析	9
3.2 野外研究站(试验站)观测指标体系	10
参考文献	13

第二篇 采 样

4 湖泊水质样品采集程序的设计	17
4.1 概述	17
4.2 范围	17
4.3 水样采集的目标	17
5 采样点的确定	19
5.1 概述	19
5.2 选定长期观测点	19
5.3 垂直分层观测	20
5.4 采样安全注意事项	21
5.5 采样时间	21
5.6 采样频次	21
6 采样技术	23
6.1 采样种类	23
6.2 理化采样	23

6.3 微生物采样	26
6.4 生物采样	27
6.5 样品的保存、运输与处理	30
7 沉积物样品的采集与制备	35
7.1 样品的采集	35
7.2 样品的制备	36
参考文献	37

第三篇 湖泊环境调查

8 湖泊流域与湖泊形态特征调查	41
8.1 概述	41
8.2 流域面积和湖泊补给系数	41
8.3 湖泊水面面积	41
8.4 湖泊长度	41
8.5 湖泊宽度	42
8.6 湖泊岸线长度	42
8.7 湖泊岸线发育系数	42
8.8 湖泊形态系数	42
8.9 湖泊岛屿率	43
8.10 湖泊容积、深度、底坡形态特征	43
9 湖泊水文要素观测	45
9.1 概述	45
9.2 湖泊水位	45
9.3 湖水水深的测定	46
9.4 湖流	47
参考文献	48

第四篇 气象与辐射观测

10 气象观测	51
10.1 概述	51
10.2 云	51
10.3 气压	51
10.4 风	54
10.5 空气温度 (气温)	55
10.6 空气湿度	58

10.7 降水量	58
10.8 积雪	61
10.9 霜期	62
10.10 蒸发量	63
10.11 水面蒸发	65
10.12 日照时数	66
11 辐射观测	69
11.1 概述	69
11.2 总辐射	69
11.3 散射辐射	71
11.4 反射辐射	72
11.5 直接辐射	73
11.6 净辐射	77
11.7 分光辐射	79
11.8 可见光辐射	80
11.9 紫外辐射	81
11.10 长波辐射	82
11.11 大气浑浊度	83
参考文献	85

第五篇 水的理化性质测定

12 水温的测定	89
12.1 概述	89
12.2 水温计法或颠倒温度计法	89
13 浊度的测定	90
13.1 概述	90
13.2 分光光度法或目视比浊法	90
14 水色的测定	91
14.1 概述	91
14.2 铂钴标准比色法或稀释倍数法	91
15 透明度的测定	92
15.1 概述	92
15.2 塞氏盘法	92
16 电导率的测定	93
16.1 概述	93

16.2 电导率测定法	93
17 水下辐射的测定	96
17.1 概述	96
17.2 辐射计测定法	96
18 pH 值的测定	98
18.1 概述	98
18.2 玻璃电极法	98
19 溶解氧的测定	99
19.1 概述	99
19.2 碘量法	99
19.3 电化学探头法	99
20 碱度（总碱度、重碳酸盐和碳酸盐）的测定	100
20.1 概述	100
20.2 酸碱指示剂滴定法	100
20.3 电位滴定法	104
21 钾和钠离子的测定	107
21.1 概述	107
21.2 火焰原子吸收分光光度法	107
21.3 火焰发射光度法	108
22 钙、镁离子的测定	110
22.1 概述	110
22.2 EDTA 滴定法	110
22.3 原子吸收法	111
23 氧化还原电位的测定	112
23.1 概述	112
23.2 氧化还原电位计测定法	112
24 氯化物的测定	113
24.1 概述	113
24.2 硝酸银滴定法（莫尔法）	113
24.3 离子色谱法	113
25 硫酸盐的测定	116
25.1 概述	116
25.2 重量法	116
25.3 铬酸钡光度法	116
25.4 EDTA 滴定法	118

25.5 离子色谱法	121
26 总磷的测定	122
26.1 概述	122
26.2 钼酸铵分光光度法	122
26.3 磷钼蓝自动比色法	122
27 磷酸盐的测定	125
27.1 概述	125
27.2 磷钼蓝比色法	125
27.3 磷钼蓝自动比色法	125
28 总氮的测定	127
28.1 概述	127
28.2 紫外分光光度法	127
28.3 自动比色测定	127
29 硝酸盐氮的测定	129
29.1 概述	129
29.2 酚二磺酸分光光度法	129
29.3 离子色谱法	129
29.4 自动比色法	129
30 亚硝酸盐氮的测定	132
30.1 概述	132
30.2 分光光度法	132
30.3 重氮-偶氮自动比色法	132
31 氨态氮的测定	134
31.1 概述	134
31.2 纳氏试剂分光光度法	134
31.3 水杨酸-次氯酸盐光度法	136
31.4 自动比色法	138
32 凯氏氮的测定	141
32.1 概述	141
32.2 凯氏定氮法	141
33 二氧化硅(可溶性)的测定	142
33.1 概述	142
33.2 硅钼黄分光光度法	142
33.3 硅钼蓝自动比色法	144
34 总有机碳的测定	147

34.1 概述	147
34.2 差减法	147
35 化学需氧量的测定	150
35.1 概述	150
35.2 高锰酸盐指数	150
36 五日生化需氧量的测定	154
36.1 概述	154
36.2 稀释接种法	154
参考文献	154

第六篇 湖泊沉积物分析

37 沉积物含水量测定	157
37.1 概述	157
37.2 烘干法	157
38 沉积物粒度的测定	158
38.1 概述	158
38.2 移液管法	158
39 沉积物中凯氏氮的测定	162
39.1 概述	162
39.2 重铬酸钾-硫酸消化法	162
40 沉积物中总磷的测定	166
40.1 概述	166
40.2 高氯酸-硫酸消化法	166
参考文献	168

第七篇 主要水生生物现存量的测定

41 浮游植物现存量的测定	173
41.1 概述	173
41.2 显微镜计数、测量法	173
42.3 叶绿素测定法	179
42 大型水生植物现存量的测定	182
42.1 概述	182
42.2 带网铁夹法	182
43 浮游动物现存量的测定	185

43.1 概述	185
43.2 显微镜计数、测量法	185
44 底栖动物现存量的测定	193
44.1 概述	193
44.2 采泥器法	193
45 鱼类调查	196
45.1 概述	196
45.2 鱼类样品的采集	196
45.3 鱼类生物学检测	198
46 细菌现存量的测定	204
46.1 概述	204
46.2 平板计数法	204
46.3 吖啶橙表面荧光直接计数法	206
参考文献	207

第八篇 生物生产力的测定

47 浮游植物初级生产力的测定	211
47.1 概述	211
47.2 黑白瓶测氧法	211
47.3 模拟法	214
47.4 放射性 ^{14}C 标记法	215
48 浮游动物次级生产量的测定	220
48.1 概述	220
48.2 累计增长法	220
48.3 线性法	226
48.4 世代时间法	227
参考文献	229

第九篇 流域自然地理、社会经济的调查

49 概述	233
49.1 自然地理特征的调查	233
49.2 社会特征调查	233
49.3 自然资源及其保护情况调查	234

49.4 经济交通状况调查	235
49.5 污染产生及排放负荷量的调查	236
49.6 流入流出污染负荷的调查	236
附录 1 湖泊观测、监测数据的有效位数表	237
附录 2 记录表格	238

第一篇

绪 论

1 湖泊生态系统野外观测的目的和意义

1.1 野外观测的目的

水是生命的源泉,是人类赖以生存的基础,是社会经济发展的关键因素。我国是一个多湖泊的国家,天然湖泊遍布全国,面积大于 1km^2 的湖泊有 2300 余个,湖泊总面积为 70998km^2 。湖泊淡水是国家发展的重要水资源,湖泊水资源占全国水资源总量的 23.2%。湖泊具有饮用水、工农业生产用水、水利、航运、水产、旅游等多种功能。随着我国各项事业的蓬勃发展,湖泊环境受到不同程度的人为干扰,因此,对湖泊生态环境的观测受到极大的重视。湖泊生态环境的改变在自然状况下是缓慢而长期的,逐渐由量变到质变,最后直至消亡。人类的生产活动,加速了这个量变过程,从而丧失了极其宝贵的湖泊资源,破坏了湖泊的环境。为了解湖泊生态环境自然演化规律,人类活动在其演化中所起的作用,就必须对湖泊的生态环境进行长期的观测。因此,如何获得可靠的、可比性的数据就显得十分重要。为达到此目的,建立一个统一的采样方法、统一的观测方法、统一的分析方法、统一的规范是非常必要和迫切的。湖泊的观测要素有:大气要素、水文要素、湖水理化要素、沉积物(底质)与主要水生生物类群等。通过长期观测,可积累大量的、系统的、可比性强的数据,可了解和认识湖泊生态系统的物理、化学和生物过程的动态变化和演化趋势,可获得湖泊生态环境变化过程中内部和外部动力作用的信息,并且可以在区域尺度上认识湖泊生态系统的特征。凭借先进的数据处理技术,不断更新的信息系统网络,实现不同部门之间、不同研究单位之间数据共享,有助于探索影响生态系统时空变化的各种物理、生物和化学过程的演化规律,从理论上研究湖泊生态演替的特点、研究湖泊污染和富营养化机制,最终为建立湖泊管理优化模式提供科学的依据。同时,在观测和研究的基础上,根据湖泊管理要求,深入了解陆地生态系统与湖泊生态系统间的相互影响和相互作用,为湖泊资源的合理开发、湖泊污染和富营养化治理、湖泊生态系统的恢复与重建服务,促进流域持续发展。