

Limnology
Inland Water Ecosystems

湖沼学
——内陆水生态系统

■ Jacob Kalff 著

■ 古滨河 刘正文 李宽意 等译



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

水论丛



WATER FORUM

Limnology

Inland Water Ecosystems

湖沼学

——内陆水生态系统

■ Jacob Kalff 著

■ 古滨河 刘正文 李宽意 等 译

SHUISHENGUI SHENG GU SHUISHENG TAI XITONG



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字：01-2009-0696 号

Authorized translation from the English language edition,entitled
LIMNOLOGY,1E,9780130337757 by KALFF,JACOB,published by Pearson
Education,Inc,publishing as Benjamin Cummings,Copyright © 2002 by Prentice-
Hall,Inc.

All rights reserved.No part of this book may be reproduced or transmitted in any
form or by any means,electronic or mechanical,including photocopying,recording
or by any information storage retrieval system,without permission from Pearson
Education,Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION
ASIA LTD.,and HIGHER EDUCATION PRESS Copyright © 2011.

本书原版为培生教育出版集团出版 LIMNOLOGY, 1E, 作者为 KALFF,
JACOB。著作权 © 2002。

版权所有。未经培生教育出版集团许可, 任何部分不得以任何形式、任
何途径(电子版或纸质版)复制或传播, 包括影印、录制或信息存储及
检索系统。

此翻译版由培生教育出版集团和高等教育出版社合作出版。著作权 © 2011。
此翻译版在中国出版发行, 仅限于在中华人民共和国境内(但不允许在
中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售。

**本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签。
无标签者不得销售。**

图书在版编目(CIP)数据

湖沼学: 内陆水生态系统 / (加) 卡尔夫 (Kalff, J.) 著; 古滨河等译.
—北京: 高等教育出版社, 2011. 6

书名原文: Limnology: Inland Water Ecosystems
ISBN 978-7-04-030994-2

I. ①湖… II. ①卡… ②古… III. ①湖泊学-研究 ②沼泽学-研究
IV. ①P343

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 007518 号

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京人卫印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787×1092 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	41	版 次	2011 年 6 月第 1 版
印 数	990 000	印 次	2011 年 6 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	78.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 30994-00
审 图 号 GS (2010) 1576 号

内容简介

本书从生态系统角度讨论了湖泊、水库和湿地的结构、功能，以及这些水体与流域、上覆大气和气候的关系。本书使用了大量的图表，这些图表有助于读者理解文字内容，同时也为书中的论点提供佐证。本书讨论了湖沼学基础研究在环境管理和保育中的应用，目的是告诉读者基础科学能够为解决环境问题作出重要贡献。书中的第1章和第2章涵盖了湖沼学的背景和发展历史。本书描述的湖沼学模式是根据从世界各地搜集的数据和照片推导出来的。书中讨论了流域、气体、污染物、天气和气候在决定水生态系统功能中的作用。在酸沉降、有机和微量金属污染物以及水库等各章中，不同章节讨论的内容被整合成3个主要的环境议题。本书还讨论了空间、时间和间隔尺度对湖沼学研究及其得出的结论的重要性，以及对延伸科学发现的困难。本书可供湖沼学研究人员以及水体管理和保育人员参考使用。

简要目录

第1章	内陆水体和流域:引言和背景	1
第2章	湖沼学的发展	13
第3章	水:独特重要的物质	33
第4章	水资源、水污染与内陆水体	39
第5章	水文与气候	52
第6章	湖泊的起源与年代	71
第7章	湖泊与流域形态	84
第8章	河流与流域和大气输出的物质	93
第9章	水生系统及其流域	120
第10章	光	135
第11章	温度周期、湖泊分层和热量收支	154
第12章	水的运动	181
第13章	河流湖泊盐度和主要离子组成	203
第14章	无机碳和 pH	219
第15章	溶解氧	229
第16章	氧化还原电位	242
第17章	磷的浓度和循环	250
第18章	氮循环	274
第19章	铁、锰和硫	289
第20章	颗粒物的沉降和沉积物	297
第21章	浮游植物	316
第22章	细菌	360
第23章	浮游动物	388
第24章	大型植物	424
第25章	底栖动物	454
第26章	鱼类和水禽	471
第27章	水体酸化	503
第28章	污染物	527
第29章	水库	551

详细目录

- 第 1 章 内陆水体和流域:引言和背景 1
 - 1.1 引言 1
 - 1.2 背景 8
 - 1.3 本书的组织安排 9
 - 致谢 11
- 第 2 章 湖沼学的发展 13
 - 2.1 湖沼学及其发源地 13
 - 2.2 二战期间的湖沼学研究 17
 - 2.3 湖沼学的发展:欧洲 19
 - 2.4 湖沼学的发展:北美 21
 - 2.5 二战后的湖沼学 24
 - 2.6 尺度和格局:概念的探讨 26
 - 本章重点 32
- 第 3 章 水:独特重要的物质 33
 - 3.1 引言 33
 - 3.2 水的特性 33
 - 本章重点 38
- 第 4 章 水资源、水污染与内陆水体 39
 - 4.1 引言 39
 - 4.2 水资源 40
 - 4.3 湖泊、河流、湿地及其全球分布状况 44
 - 4.4 “典型”湖泊与河流 48
 - 本章重点 51
- 第 5 章 水文与气候 52
 - 5.1 引言 52
 - 5.2 流域的水运动 53
 - 5.3 人类与水循环 56
 - 5.4 全球降水格局与径流格局 58
 - 5.5 径流与水体 61
 - 5.6 水的输入与输出 64
 - 5.7 咸海 66

5.8 里海	68
本章重点	69
第6章 湖泊的起源与年代	71
6.1 引言	71
6.2 冰川湖	72
6.3 构造湖	75
6.4 滨海湖	77
6.5 河成湖	77
6.6 火山口湖	81
6.7 岩溶湖或喀斯特湖	81
6.8 人工湖泊或水库	82
本章重点	83
第7章 湖泊与流域形态	84
7.1 引言	84
7.2 等深线图	84
7.3 湖泊表面积	85
7.4 湖泊深度	86
7.5 湖泊形态	90
7.6 水下坡度及流域坡度	91
本章重点	92
第8章 河流与流域和大气输出的物质	93
8.1 引言	93
8.2 河流系统	95
8.3 河流和生态交错带	101
8.4 河流、河堤和人类活动	103
8.5 流域输出的氮和磷	107
8.6 营养盐的大气沉降	111
8.7 营养盐输出、流域面积、湖泊形态和生物群落:概念模式	114
8.8 流域有机碳输出	115
本章重点	118
第9章 水生系统及其流域	120
9.1 流域大小	120
9.2 流域类型	120
9.3 流域土壤及植被	121
9.4 水滞留时间	122
9.5 营养盐浓度、营养状态和水滞留时间	125

9.6	湖泊和水库对溶解物质和颗粒物质的滞留	130
9.7	水生系统中的沉积物负荷	132
	本章重点	134
第10章	光	135
10.1	引言	135
10.2	监测仪器	137
10.3	水表面和水下的光照	138
10.4	水体对光的吸收、传播和散射	140
10.5	紫外辐射及其环境效应	142
10.6	光衰减	143
10.7	光衰减与光合作用	144
10.8	光衰减与湖泊分层	146
10.9	透明度盘及其应用	146
10.10	透明度盘的局限性	147
10.11	光和初级生产力	150
10.12	水下可视度	152
	本章重点	152
第11章	温度周期、湖泊分层和热量收支	154
11.1	引言	154
11.2	湖泊类型	155
11.3	湖泊的形态特征和分层	159
11.4	温度的季节变化和分层	160
11.5	分层的稳定性	166
11.6	温带湖泊与热带湖泊稳定性的比较	167
11.7	温跃层深度	167
11.8	温跃层形状	169
11.9	不完全混合湖	170
11.10	不完全混合湖的形成	171
11.11	热量收支	174
11.12	气候变化和水生生态系统	176
	本章重点	179
第12章	水的运动	181
12.1	引言	181
12.2	层流与紊流	181
12.3	表面重力波	182
12.4	紊流及其稳定性的测定	185
12.5	垂直涡动扩散系数	188

12.6	水平涡动扩散系数	189
12.7	水平流	190
12.8	长时间尺度表层流格局	194
12.9	朗缪尔流	194
12.10	表面驻波	195
12.11	内部定震或温跃层定震	196
12.12	内部定震、湖下层流和沉积物再悬浮	200
12.13	紊流混合与生物区系	201
	本章重点	202
第 13 章	河流湖泊盐度和主要离子组成	203
13.1	引言	203
13.2	盐度及其来源	203
13.3	总盐度及其测定	206
13.4	主要离子组成	207
13.5	人类活动、气候和离子组成	210
13.6	盐湖及其分布	213
13.7	内陆盐湖和湿地的离子组成	214
13.8	盐度谱和生物类群	216
	本章重点	218
第 14 章	无机碳和 pH	219
14.1	引言	219
14.2	水中的二氧化碳	219
14.3	水生生态系统的 pH 及其变化范围	221
14.4	内陆水体的碱度	222
14.5	pH、极端环境条件和物种丰度	223
14.6	碳酸盐:沉淀与溶解	224
	本章重点	228
第 15 章	溶解氧	229
15.1	引言	229
15.2	氧在水中的溶解度	229
15.3	溶解氧的来源和消耗	231
15.4	光合作用、呼吸作用和溶解有机物	234
15.5	溶解氧的消耗与湖泊生产力	237
15.6	冰封水体中溶解氧的消耗	239
15.7	溶解氧与水生生物区系	240
	本章重点	241

第 16 章 氧化还原电位	242
16.1 引言	242
16.2 氧化还原反应与营养盐循环	242
本章重点	248
第 17 章 磷的浓度和循环	250
17.1 引言	250
17.2 经典的磷循环模型	250
17.3 现代模型和好氧磷释放	252
17.4 质量平衡方程和磷循环	255
17.5 沉积物磷释放和浮游植物生产力	258
17.6 磷的控制、内源负荷与湖泊管理	259
17.7 磷的经验模型	264
17.8 磷的动态模型	268
本章重点	272
第 18 章 氮循环	274
18.1 引言:大气、土壤和水	274
18.2 氮的转换过程	276
18.3 硝化作用	277
18.4 反硝化作用	279
18.5 固氮:速率和过程	282
18.6 固氮速率:敞水带与沿岸带的比较	284
18.7 内陆水体中氮的形态和数量	285
本章重点	287
第 19 章 铁、锰和硫	289
19.1 引言	289
19.2 铁循环	289
19.3 铁和硫	292
19.4 铁和有机物	293
19.5 锰循环	294
19.6 铁、锰和痕量金属	294
本章重点	296
第 20 章 颗粒物的沉降和沉积物	297
20.1 引言	297
20.2 沉积物的来源及分布	297
20.3 沉降及沉积物捕捉器	301
20.4 下沉速率和沉降速率	305

20.5	沉积记录	308
20.6	沉积物的测年	311
20.7	湖泊深水区沉积物特征	314
	本章重点	314
第21章	浮游植物	316
21.1	引言	316
21.2	种类组成和系统发生	319
21.3	浮游植物的大小与活力:小细胞与大细胞	327
21.4	浮游植物生物量的季节变化:一个概念模型	330
21.5	浮游植物的细胞组成	336
21.6	浮游植物的沉降和浮力调节	339
21.7	寄生和病害	341
21.8	光合作用、光和温度	342
21.9	光合作用、呼吸作用与生长	343
21.10	自然条件下的初级生产力	344
21.11	自然条件下的生产量:生物量($P:B$)比与特定生长率	348
21.12	限制性营养盐和富营养化	351
21.13	氮与磷	353
21.14	营养盐-浮游植物的经验关系	355
21.15	浮游植物的最大生物量	357
	本章重点	358
第22章	细菌	360
22.1	引言	360
22.2	水生微生物的研究简史	361
22.3	细菌的大小、形态和代谢	362
22.4	丰度、生物量和分布	363
22.5	异养细菌的丰度和环境因子	366
22.6	细菌丰度的资源限制和牧食控制	372
22.7	异养细菌:生产量、损失和系统贡献	372
22.8	病毒	374
22.9	微食物网	375
22.10	光合细菌	379
22.11	异养性沉积物细菌	385
	本章重点	386
第23章	浮游动物	388
23.1	引言	388
23.2	浮游动物的采样	389

23.3	原生动物、轮虫和甲壳类	392
23.4	物种丰富度与预测	398
23.5	季节变化	399
23.6	浮游动物丰度的长期变化	402
23.7	下行效应对浮游动物的调节	405
23.8	生物调控与湖泊管理	408
23.9	幽蚊幼虫	411
23.10	浮游动物的摄食	413
23.11	营养盐循环与浮游动物	415
23.12	资源可获得性与浮游动物生物量	416
23.13	浮游动物生产量	417
23.14	昼夜迁移与季节变化	420
	本章重点	422
第24章	大型植物	424
24.1	引言	424
24.2	湿地及其利用	426
24.3	大型植物的分布及其物种丰度	428
24.4	大型植物生物量及其影响因素	430
24.5	沉水植物分布:光照和湖泊形态	434
24.6	沉水植物分布和营养水平	437
24.7	沉水植物分布与溶解性无机碳的关系:从生理学角度探讨	439
24.8	植株的大小、群落结构和功能	440
24.9	附着藻类	443
24.10	富营养化与沉水植物	445
24.11	湖泊管理与大型植物	448
	本章重点	452
第25章	底栖动物	454
25.1	引言	454
25.2	物种的分类分布、丰富度及丰度	456
25.3	生活史	457
25.4	湖泊形态、基质与底栖动物	458
25.5	资源与捕食控制	465
25.6	斑马贻贝:关键种	466
25.7	底栖动物与能流	468
	本章重点	470
第26章	鱼类和水禽	471
26.1	引言	471

26.2	种类和物种丰度	472
26.3	0-龄鱼的生活史特征与种群动态	475
26.4	鱼类生长:决定因子与测定方法	479
26.5	渔业和渔业管理	485
26.6	温带和热带鱼类生物学:以鲈鱼和罗非鱼为例	487
26.7	鱼类生物量、产量和捕获量的预测	491
26.8	水产养殖与水质	496
26.9	水禽	499
	本章重点	502
第27章	水体酸化	503
27.1	引言	503
27.2	来源和分布	504
27.3	酸敏感水体	506
27.4	酸敏感水体和流域的特征	508
27.5	流域和湖泊酸化:干沉降和湿沉降	509
27.6	流域的中和及缓冲过程	510
27.7	湖泊、河流及湿地的缓冲能力	511
27.8	铝和其他有毒金属	512
27.9	酸化对水生生物的影响	515
27.10	酸化过程的建模	519
27.11	湖泊管理:酸化水体的修复	523
27.12	展望	524
	本章重点	526
第28章	污染物	527
28.1	引言	527
28.2	有毒物质	530
28.3	污染源	532
28.4	污染物的归趋	535
28.5	沉积物记录	537
28.6	污染物的理化特征及其在自然界的分布	540
28.7	毒性及其预测	541
28.8	生物富集及生物放大	544
28.9	汞及汞循环	547
28.10	有毒物质、环境健康和水生系统管理	549
	本章重点	550
第29章	水库	551
29.1	引言	551

29.2	天然湖泊和水库	552
29.3	河流－湖泊－水库的连续性	557
29.4	水滞留时间与浮游生物生长率	558
29.5	水库的分区:一个概念模型	559
29.6	水位下降	561
29.7	水库的老化和营养水平上涌	562
29.8	大型水库及其影响	564
	本章重点	564
附录 1	国际标准化组织 (ISO,日内瓦) 国家代码	566
附录 2	正文中所提及的特定元素和化合物的换算系数(毫克/升 $\times F_1 =$ 毫克当量/升,毫克/升 $\times F_2 =$ 毫摩尔/升)	568
参考文献		570
内陆水体索引		622
主题词索引		628
译后记		640

第 1 章 内陆水体和流域： 引言和背景

1.1 引言

湖沼学(Limnology)是把湖泊、河流和湿地作为一个整体来研究的学科,也是生态学中最为成功的一门分支学科。湖泊的明确分界为系统生态学(System Ecology)的研究提供了诸多便利,从而吸引了一大批对系统行为感兴趣的生态学家(Wetzel,1983)。许多生态学的基本概念是在湖沼学研究中形成的。具体来说,湖沼学研究在能量和物质流动,大型围隔和全湖操纵实验,以及溪流实验和生态建模等方面均首开先河。近年来,越来越多的研究把湖泊、湿地或河流视为陆地-水域复合系统的一个组成部分。

长期以来,湖泊的美学价值和在开阔水面采集微小生物的便利条件吸引了许多杰出的生态学家,包括那些在种群和群落水平从事生物组织及其实验验证的学者,湖沼学研究对生态学的贡献主要就体现在这两个方面。但是,湖沼学不仅属于生态学范畴,长期以来,它也是一门综合性学科。一些具有化学、物理或地质学背景的科学家对湖泊、河流和湿地的研究显示了极大兴趣。除了在学术上的意义以外,湖沼学研究在实际应用上也同样重要。人口的快速增长导致有限的淡水资源被污染、耗尽,新近发展起来的应用湖沼学就以污水处理、水资源保育及合理利用为重心,为湖沼学研究增添了新的内涵,这在生态学上是绝无仅有的。事实上,应用湖沼学研究由来已久,水域污染、渔业资源下降、水产养殖等在过去被认为不属于应用湖沼学范畴的研究已有 150 年的历史了。

湖沼学界曾因大量的经费被投入到应用研究中而发生过一场大辩论,辩论的内容包括科学研究的目的、基础和应用科学的各自优点,以及长期的生态系统整体监测研究和短期简化的基础科学研究的重要性等,辩论内容之广泛在生态学界是罕见的。毫无疑问,湖沼学因其应用内涵的增加而变得更加丰富多彩、生机勃勃。此外,投入应用研究的经费也常常被允许用来进行基础性研究^①,许多从事应用湖沼学研究的科学家实际上也从事着在以前被认为属于纯学术性范畴的研究。污染湖泊、河流和湿地的管理以及淡水休闲(游钓渔业等)的管理已经成为颇受公众关注且收益巨大的商业行为。

^① “随着纯学术研究越来越难以获得资助,我们必须争取每一个机会从应用问题的研究中推导普遍原理。生态学家不应该害怕应用问题,因为应用问题可以告诉我们普遍原理”(Harris,1994)。

“资源管理工作常常包含着研究型生态学家所关心的长期的大型群落和生态系统操纵问题”(Lodge 等,1998)。

湖沼学的发展及其成功离不开湖沼学教科书,但是,湖沼学的发展和成功并没有促进湖沼学教科书的撰写。我发现科学教科书的作者均面临着6个问题,而这6个问题均与学生有密切关系。因此,我在这里告诫学生读者不要跳过本章的余下部分,你们会发现这些部分不仅对本书,而且对其他科学课程的学习也有帮助。

第1个问题是一本教科书究竟应该包括多少细节。湖沼学作为一门学科并不成熟,这一点从每年大量的新发现中就可以略见一斑,因为这些新发现往往与以前的解释不同,有时甚至完全推翻了从前有关湖泊或其某个组成部分的生物功能的观点。我认为一本用来介绍某个学科的教科书不应该也不可能对该学科的各个方面作出最终的解释,这项工作只能由本专业的专家完成。如果一本湖沼学教科书介绍的结果和解释让人看起来就是这门学科的定论,那就非常危险了,这样做只会使教科书的作者显得比任何人都权威,他可以通过把学科的内容简单化使学生满意。此外,这种做法使教科书更容易理解。但是,这样的权威著作最多只能展示真理的一面,而不足以让读者体会到正如其他生命学科一样,湖沼学也是一个不断变化的领域。今天的真理到明年或许就会变得半真半假,10年或20年以后可能就会被人遗忘。即便是本科生,认识到湖沼学的这种流动性也是非常重要的。只有认识到一门科学的不完整性,本科学生才能用批评的眼光阅读教材和科学论文,而不是把它们当成绝对真理。在阅读本书的过程中,有些大学生甚至会因为湖沼学的缺陷兴奋起来,从而考虑把湖沼学研究或水管理作为自己将来的职业。

入门书籍的作者必须牢记爱因斯坦的忠告:“做任何事情都必须尽可能简单,但不能简单过头。”尽管简明扼要在教科书里是必要的,但如果我写得过于简单,相信有经验的湖沼学工作者就会发现这个问题。我的解决方法就是在学时范围以外增加一些阅读材料,并以▲号标出,这些材料可供学时多的高级课程使用,而在学时不多的简明入门课程里,凡带有▲号的段落都可以省略。本书列出的许多文献是书中所陈述的观点和结论的资料来源,这些文献也可以用作准备学期论文和研究项目的参考资料。使用此书作为简明入门课程的读者现在可以直接翻到本章的第2节。

▲我建议读者浏览一下那些未被安排到任何课程章节里的图表,湖沼学及其分支学科的参考文献繁多,不可能都读到,初学者必须具备沙里淘金的能力。我还建议读者把本书的脚注也浏览一下,这些脚注有时会提供一些非本书重点的信息,其中引用的某些科学家的言论有时代表了他们强烈的意见或观点,这些观点有助于揭示作为人类普通成员之一的科学家的强烈情感和承诺,而不是代表永远无懈可击的绝对真理的冷静观察者。由于篇幅有限,并非所有引用之处都在参考文献中标出。仅刊出作者姓名的第1个字母表示其参考文献未被引用,若作者姓名的第1个字母后面标出了文献发表时间(年)则表示没有被引用的文献大部分可以在数据库中查出。

本书面临的第2个主要问题是本科生很少接触到的问题,就是如何在学术观点和数据解释之间找到平衡。科学家从数据中得出的结论在极大程度上受制于他们的教育背景和科学观点。纵使这些事实(数据)经得起时间的考验,对这些数据的解释也因新的发现而不断改变。指导每位湖沼学家(乃至所有科学家)研究的基本思想是概念性的,是他们特殊的教育背景、个人兴趣和专业经验的产物,而不是严格地基于数据分析的^①。毫不奇怪,科学家在自己的思想和信念框架内从事科学研究,这个框架不但有助于科学家确定其感兴趣的研

^① 已有观察表明,不同科学家对同一个事实可以作出完全不同有时甚至完全相反的结论,这种分歧来源于不同科学家截然不同的思想方式。

究类型,而且有助于确定其提出的研究问题。对这个问题我将在第2章关于“湖沼学的发展”中进一步阐述。

教科书往往力图从最大程度上减少介绍不同学术观点,以避免由于不同意见造成混乱,因此,湖沼学教科书通常列举一些似乎具有普遍意义的例子。这种做法达到了简单化的目的,却牺牲了文献中对学术问题的讨论^①。这就产生了一个问题:任何使用文献的人,特别是那些使用专著和未经一流刊物严格审阅的会议文集的学生,他们必须自己来判断事实和意见的来龙去脉。然而,书本中出现的某些评论只不过是学术意见而已,并非科学结论。科学总是会不留情面地抛弃那些不为后续研究所支持的、经不起时间考验的结论。

第3,大部分湖沼学(和生态学)研究是在空间小于 10 m^2 ,时间短于1年甚至常常是在几个月的时间尺度内进行的(图1-1)。这就产生了一个问题:这样得出的结果和解释在整个生态系统甚至在与原实验面积相同区域的可用性究竟有多大?这样的结果和解释能够用于另一个季节或更潮湿或更干燥的年份吗?这些结果在投放了一个新的鱼类品种或改变降雨的酸度以后还适合吗?这些发现能够适用于那些由于位于不同流域而生物种类组成有所不同的水生态系统吗?大部分实验工作建立在对少量体积的水和沉积物的检测和操纵的基础之

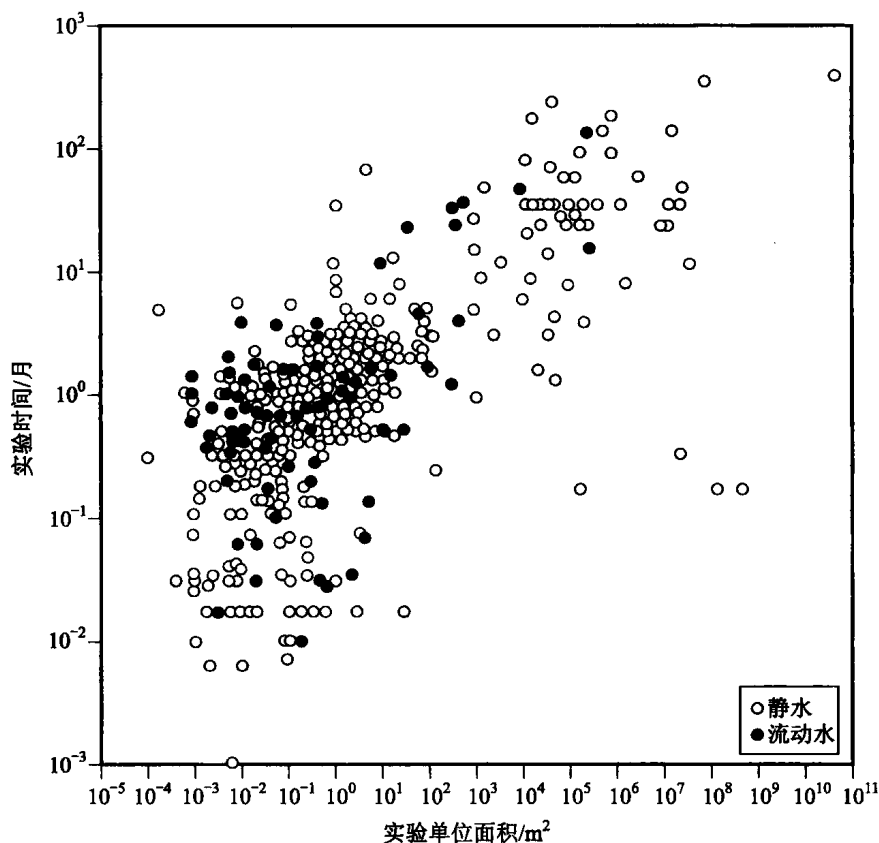


图1-1 实验时间长度和实验单位面积的对数-对数散点图[每个点代表1次实验结果。流水系统的面积等于在实验影响范围内溪流宽度乘以长度。水体体积(V)用公式 $A = V^{2/3}$ 换算成面积(A)。绝大部分实验时间长度少于10个月,面积小于 10 m^2 ,甚至可能小于 1 m^2 。](引自 Lodge 等,1998)

^① “在10种高水平医学刊物的149篇文献中,至少74篇论文所作出的结论无法得到其结果的支持”(Schor和Karsten,1966)。某些仅仅被脆弱的结果所支持的观点同样在湖沼学领域大行其道。