
巢湖

浮游植物图谱

ATLAS OF PHYTOPLANKTON
IN CHAOHU LAKE

主 编 张 琪 宋立荣 李 林

副主编 刘 刚 唐晓先



巢湖 浮游植物图谱

ATLAS OF PHYTOPLANKTON
IN CHAOHU LAKE

主 编 张 琪 宋立荣 李 林
副主编 刘 刚 唐晓先



图书在版编目 (CIP) 数据

巢湖浮游植物图谱 / 张琪, 宋立荣, 李林主编. -- 北京: 中国环境出版集团, 2018. 10

ISBN 978-7-5111-3795-1 I. ①巢… II. ①张… ②宋… ③李… III. ①巢湖—浮游植物—图谱 IV. ①Q948.8-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 193655 号

出版人 武德凯
责任编辑 田 怡
责任校对 任 丽
装帧设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112736 (环境技术分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2018 年 8 月第 1 版
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 9
字 数 230 千字
定 价 80.00 元



【版权所有。未经许可, 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

编委会

主 编

张 琪 宋立荣 李 林

副 主 编

刘 刚 唐晓先

编写人员

王亚林 郑凌凌 李天丽 吴 庆 孙 雷
张 辉 高 芮 周 童 何耀武

前言

湖泊中藻类丰富，时空格局复杂多变，且为环境变化、生态系统结构和功能的重要指示或表征生物。因此，对藻类属性迅速和准确的鉴别对于水生态系统的研究和环境质量与功能的评价均有重要的意义。这种效用在富营养化程度较为严重的蓝藻水华频繁发生的湖泊尤为明显，具体而言，优势蓝藻种群及其演替模式的准确判定将极大地有利于湖泊生态风险的预警，并可为水华的控制和生态修复技术的应用与湖泊管理策略的制定提供科学依据。

巢湖是中国五大淡水湖之一，因面临富营养化与蓝藻水华等严峻的环境问题，已被列为国家“三河三湖”重点污染防治水体。近年来，国家和地方政府有效增强了对巢湖湖体和流域的治理力度，在一定程度上遏制了蓝藻水华的加剧和蔓延。随着相关学术研究和治理行动的不断深入，业界迫切需要有一本专业性强的藻类鉴定图谱供参考使用。

2015年以来，中国科学院水生生物研究所与安徽省巢湖管理局通力合作，逐月对巢湖的浮游植物进行定性定量采集、鉴定、计数和拍照，历时三年，终成此书。本书共汇集了7门75属藻类的图片，并简要描述了其分类地位、形态特征和生境信息。同时，为方便查阅，特按各个门类编制了分属检索表与物种索引。在成书过程中，编者也关注了藻类分类学研究的新进展，及时更改了数个属种的命名。此外，本书还勾勒了巢湖富营养化的演变过程和浮游植物优势

类群和数量的变化趋势，便于读者对照和分析。

本书图文并茂，信息丰富，是开展巢湖富营养化调查和藻类监测的基础资料。编写过程中，藻类分类学家、中国科学院水生生物研究所藻类生物学及应用研究中心主任李仁辉研究员审阅了文稿，并提出了宝贵的修改意见，谨此致谢。

由于编者学识和水平以及编写时间的限制，书中的疏漏和错误在所难免，真诚期待和欢迎读者对本书提出批评或建议。

编 者

2018年6月

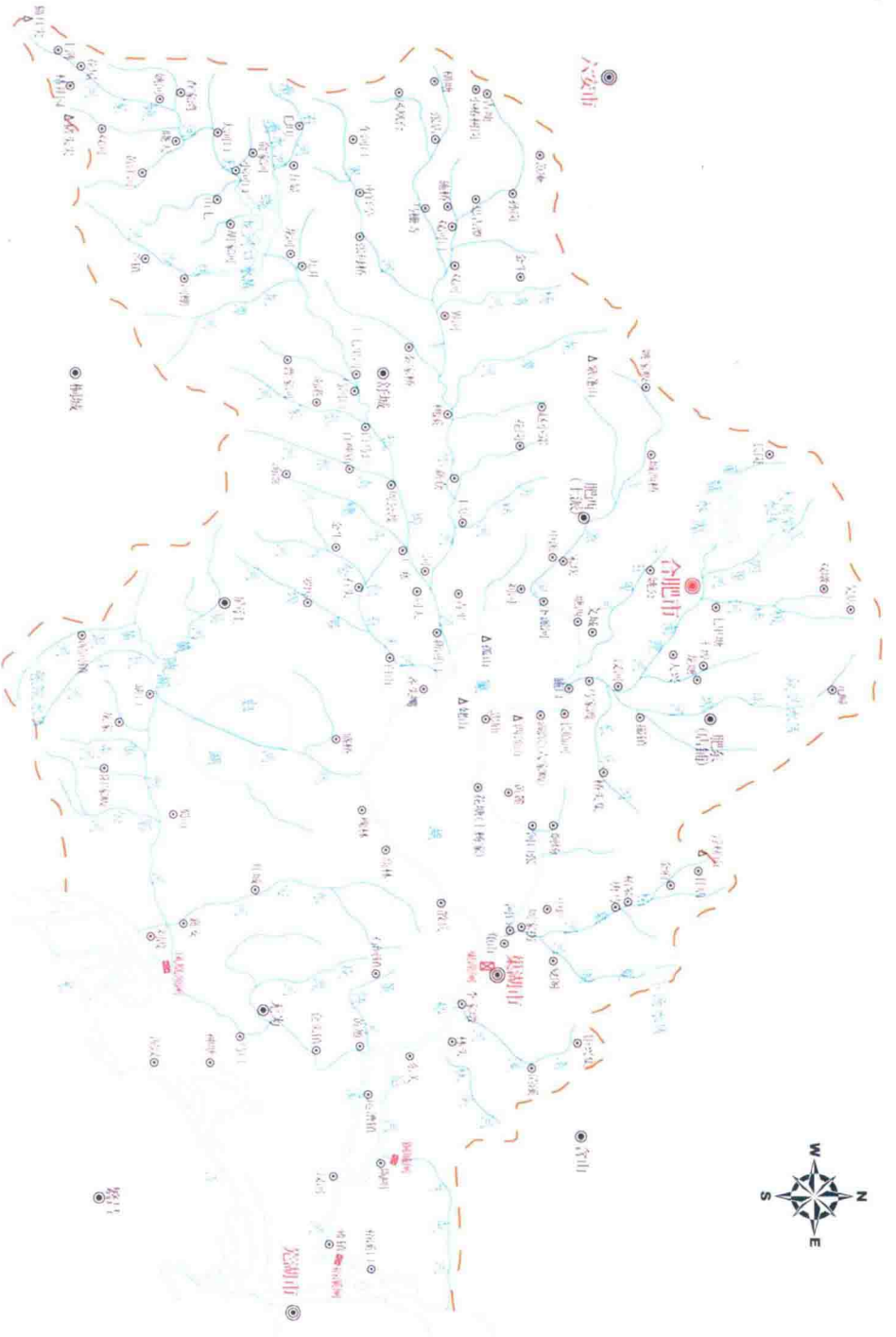
编制说明

2015年1月—2017年12月，在巢湖全湖布设20个监测样点（样点分布见下图）逐月采样，开展浮游植物采集和调查工作。浮游植物的定性样品采用孔径约为 $64\ \mu\text{m}$ 的25号浮游植物采集网进行采集，收集的样品采用戊二醛固定保存，用于后续的鉴定。定量样品采用有机玻璃采水器在水面下0.5 m采集1L水样，加入鲁哥氏碘液固定浓缩至30 ml，用于后续的定量分析。

本书藻类分类鉴定所采用分类体系主要参照《中国淡水藻类——系统、分类及生态》一书，将藻类按照不同门类划分章节，并编制分属检索表，描述不同物种的分类地位、显微图片、形态特征和生境信息等。



巢湖监测样点分布图



巢湖流域水系图 (由巢湖管理局环境保护监测站提供)

目 录

巢湖概况	1
1 简介.....	1
2 历史环境变迁.....	2
3 巢湖水质及富营养化概况.....	2
4 浮游植物调查.....	5
参考文献.....	9
藻类特征描述	11
蓝藻门	11
蓝藻门分属检索表	12
1. 微囊藻属 <i>Microcystis</i> Kützing ex Lemmermann.....	13
2. 平裂藻属 <i>Merismopedia</i> Meyen	19
3. 色球藻属 <i>Chroococcus</i> Nägeli.....	20
4. 乌龙藻属 <i>Woronichinia</i> Elenkin	21
5. 小雪藻属 <i>Snowella</i> Elenkin	22
6. 棒胶藻属 <i>Rhabdogloea</i> Schroder.....	23

7. 长孢藻属 <i>Dolichospermum</i> (Ralfs ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek	24
8. 束丝藻属 <i>Aphanizomenon</i> Morren ex Bornet & Flahault.....	26
9. 伪鱼腥藻属 <i>Pseudanabaena</i> Lauterborn.....	28
10. 浮丝藻属 <i>Planktothrix</i> Anagnostidis & Komárek	30
11. 颤藻属 <i>Oscillatoria</i> Vaucher ex Gomont.....	31
绿藻门	32
绿藻门分属检索表	33
12. 衣藻属 <i>Chlamydomonas</i> Ehrenberg.....	36
13. 叶衣藻属 <i>Lobomonas</i> Dangeard.....	37
14. 四鞭藻属 <i>Carteria</i> Diesing.....	38
15. 盘藻属 <i>Gonium</i> Müller.....	39
16. 实球藻属 <i>Pandorina</i> Bory	40
17. 空球藻属 <i>Eudorina</i> Ehrenberg.....	41
18. 小球藻属 <i>Chlorella</i> Beijerinck	42
19. 单针藻属 <i>Monoraphidium</i> Komarkova-Legnerova.....	43
20. 微芒藻属 <i>Micractinium</i> Fresenius	44
21. 蹄形藻属 <i>Kirchneriella</i> Schmidle.....	46
22. 四棘藻属 <i>Treubaria</i> Bernard	47
23. 卵囊藻属 <i>Oocystis</i> Nägeli ex Braun	48
24. 浮球藻属 <i>Planktosphaeria</i> Smith	49
25. 四角藻属 <i>Tetraedron</i> Kuetzing	50
26. 顶棘藻属 <i>Chodatella</i> Lemmermann	52
27. 被刺藻属 <i>Franceia</i> Lemmermann	53
28. 十字藻属 <i>Crucigenia</i> Morren	54
29. 四星藻属 <i>Tetrastrum</i> Chodat	56
30. 空星藻属 <i>Coelastrum</i> Nägeli.....	59
31. 集星藻属 <i>Actinastrum</i> Lagerheim	60
32. 弓形藻属 <i>Schroederia</i> Lemmermann.....	61
33. 葡萄藻属 <i>Botryococcus</i> Kuetzing.....	63

34. 胶网藻属 <i>Dictyosphaerium</i> Naegeli	64
35. 拟新月藻属 <i>Closteriopsis</i> Lemmermann.....	65
36. 盘星藻属 <i>Pediastrum</i> Meyen.....	66
37. 栅藻属 <i>Scenedesmus</i> Meyen	70
38. 链带藻属 <i>Desmodesmus</i> (Chodat) An, Friedl & Hegewald.....	71
39. 尖带藻属 <i>Acutodesmus</i> (Hegewald) Tsarenko.....	75
40. 游丝藻属 <i>Planctonema</i> Schmidle	76
41. 鞘藻属 <i>Oedogonium</i> Link ex Hirn	77
42. 毛枝藻属 <i>Stigeoclonium</i> Kuetzing.....	78
43. 角星鼓藻属 <i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs	79
44. 新月藻属 <i>Closterium</i> Nitzsch	80
45. 鼓藻属 <i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs.....	81
46. 水绵属 <i>Spirogyra</i> Link	82
硅藻门	83
硅藻门分属检索表	84
47. 小环藻属 <i>Cyclotella</i> (Kützing) Brébisson	86
48. 圆筛藻属 <i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg.....	87
49. 直链藻属 <i>Melosira</i> Agardh	88
50. 沟链藻属 <i>Aulacoseira</i> Thwaites	89
51. 尾管藻属 <i>Urosolenia</i> Round & Crawford	91
52. 等片藻属 <i>Diatoma</i> Bory	92
53. 针杆藻属 <i>Synedra</i> Ehrenberg.....	93
54. 脆杆藻属 <i>Fragilaria</i> Lyngbye	94
55. 星杆藻属 <i>Asterionella</i> Hassall	95
56. 卵形藻属 <i>Cocconeis</i> Ehrenberg	96
57. 菱形藻属 <i>Nitzschia</i> Hassall.....	97
58. 桥弯藻属 <i>Cymbella</i> Agardh	98
59. 异极藻属 <i>Gomphonema</i> Ehrenberg	99
60. 舟形藻属 <i>Navicula</i> Bory	100
61. 布纹藻属 <i>Gyrosigma</i> Hassall.....	101

62. 双菱藻属 <i>Surirella</i> Turpin.....	102
63. 波缘藻属 <i>Cymatopleura</i> Smith.....	103
甲藻门	104
甲藻门分属检索表	105
64. 多甲藻属 <i>Peridinium</i> Ehrenberg	106
65. 拟多甲藻属 <i>Peridiniopsis</i> Lemmermann.....	109
66. 角藻属 <i>Ceratium</i> Schrank	110
裸藻门	111
裸藻门分属检索表	112
67. 裸藻属 <i>Euglena</i> Ehrenberg	113
68. 囊裸藻属 <i>Trachelomonas</i> Ehrenberg.....	114
69. 扁裸藻属 <i>Phacus</i> Dujardin	115
70. 陀螺藻属 <i>Strombomonas</i> Deflandre.....	116
金藻门	117
金藻门分属检索表	118
71. 黄群藻属 <i>Synura</i> Ehrenberg	119
72. 鱼鳞藻属 <i>Mallomonas</i> Perty.....	120
73. 锥囊藻属 <i>Dinobryon</i> Ehrenberg	121
隐藻门	122
隐藻门分属检索表	123
74. 隐藻属 <i>Cryptomonas</i> Ehrenberg	124
75. 蓝隐藻属 <i>Chroomonas</i> Hansgirg	125

巢湖概况

1 简介

巢湖是我国五大淡水湖之一，也是位于长江中下游地区的四大沿江湖泊之一，位于安徽省中部，地理位置介于 $117^{\circ}16'54'' \sim 117^{\circ}51'46'' \text{ E}$ ， $31^{\circ}25'28'' \sim 31^{\circ}43'28'' \text{ N}$ ，属于长江下游左岸水系。巢湖位于长江、淮河两大河流之间，其地势特点为中部低洼平坦，西高东低，东西长，南北宽。巢湖流域总面积约为 1.35 万 km^2 ，其中巢湖闸以上 $9\,153 \text{ km}^2$ 。巢湖流域地区属于亚热带与暖温带过渡性的副热带季风性气候，年均温度 $15 \sim 16^{\circ}\text{C}$ ，1 月份平均气温 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ ，7 月份平均气温 $28 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ；多年平均降水量为 $1\,100 \text{ mm}$ ，降水多集中于夏季，且多暴雨；长年主导风向为东南风（夏季）和东北风（冬季），多年平均风速为 4.1 m/s 。巢湖流域年均地表水资源总量为 53.6 亿 m^3 ，多年平均入湖水量 36.5 亿 m^3 （王苏民和窦鸿身，1998）。流域总面积约 1.35 万 km^2 ，跨越合肥、六安、芜湖、马鞍山、安庆 5 市 16 县（市、区）。2016 年流域总人口 $1\,075 \text{ 万人}$ ，耕地面积 89 万 hm^2 ，GDP 为 $6\,958 \text{ 亿元}$ 。

巢湖湖盆岸线长度 185 km ，长轴 55 km ，短轴 22 km ，湖底高程为 $5 \sim 6 \text{ m}$ 。正常蓄水位 8.31 m ，相应湖区面积约 780 km^2 ，平均深度 2.69 m ，设计洪水位 12.5 m ，相应湖容分别为 17 亿 m^3 和 52 亿 m^3 。巢湖分东西两部分，以忠庙—姥山岛—齐头嘴一线为界，东半湖面积约 531 km^2 ，西半湖面积约 248 km^2 。巢湖有防洪、供水、灌溉、水产养殖、风景旅游和航运等功能。东巢湖水源地年取水超过 10 亿 m^3 。巢湖有大小河流 33 条，主要有杭埠河（丰乐河）、南淝河、派河、十五里河、兆河、白石天河、双桥河、柘皋河和裕溪河等 9 条。入湖水量中杭埠河、南淝河、白石天河 3 条分别占 55% 、 11% 、 9.5% 。出湖河道为裕溪河，至无为县裕溪口处注入长江。1962 年建成巢湖闸，1968 年建裕溪闸并建一批配套水利工程。建闸后巢湖由天然湖泊变成人工控制湖泊。建巢湖闸后长江入湖水量由建闸前的年均 13.6 亿 m^3 减少为 1.7 亿 m^3 （朱喜等，2016）。

2 历史环境变迁

巢湖因状若鸟巢，春秋战国时属楚境巢国，故名巢湖；又因西晋时属庐江郡居巢县，故又名居巢湖。大致成湖于上更新世末至全新世初期（约 12000 a B.P.）。历史时期以来，巢湖受流域河流输沙影响而导致淤积严重，湖面面积不断缩小。初时，古巢湖湖面面积约为 2 000 km²，较现代巢湖平均湖面面积约大一倍以上，其范围西近今六安双河镇、北抵今合肥市，南与今庐江白湖相连。宋代前的 200 年间，巢湖面积缩小 20% 左右；巢湖西南方的三河镇在嘉庆年间曾是濒湖重镇，现在已远离湖岸约 12 km。同时，巢湖在历史时期也伴随着湖面的升降变化，如发现的水下汉代古城遗址，其间灰烬的 ¹⁴C 年龄为 2 090 ± 130 a B.P.，说明在此后发生过湖水淹没的灾害性事件（贾铁飞等，2006）。巢湖地区人类活动历史非常悠久，历史上是我国长江下游地区的主要垦殖区之一。及至现代，巢湖基本承接了历史时期以来以农业生产为主的传统，历来被誉为“物阜民富”之地；到 20 世纪末期，巢湖流域范围共有 2 市、9 县、49 乡（镇），流域土地面积共约 10 432 km²，主要为农业用地，占总土地面积的 62%，但人口 1 000 多万，是安徽省人口最为密集的地区之一，人地矛盾仍然十分突出（米学芹和周怀宇，2009）。

3 巢湖水质及富营养化概况

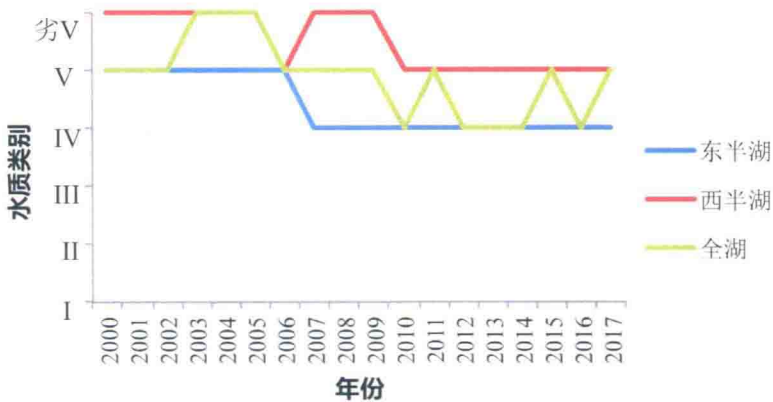
巢湖是长江中下游地区非常重要的湖泊水体。近几十年来，巢湖的富营养化和污染形势严峻，作为国家重点控制的“三河三湖”之一，是目前国家和社会关注的热点和焦点之一。

巢湖水体主要依靠地表径流进行补给，主要的出湖河流为裕溪河，最终汇入长江，主要的人湖河流为杭埠河、南淝河、十五里河、白石天河、派河、柘皋河等，绝大部分的人湖河流都集中于西半湖区。这些人湖河流大多流经社会经济较为发达的城市和乡镇地区，成为巢湖营养物质和污染物质的最主要来源和输入通道。近 30 年来，随着流域内人口的增加，工农业生产的迅速发展，城镇大量工业废水、生活污水排放入湖，导致湖水的营养盐和有机质浓度增加，湖泊富营养化进程加快。2000—2010 年，巢湖湖区共设置 12 个国控监测点位，其中东、西半湖各 6 个，2011 年以后调整为 8 个，其中东半湖 5 个、西半湖 3 个，详见表一。

表一 巢湖湖区监测点位一览表

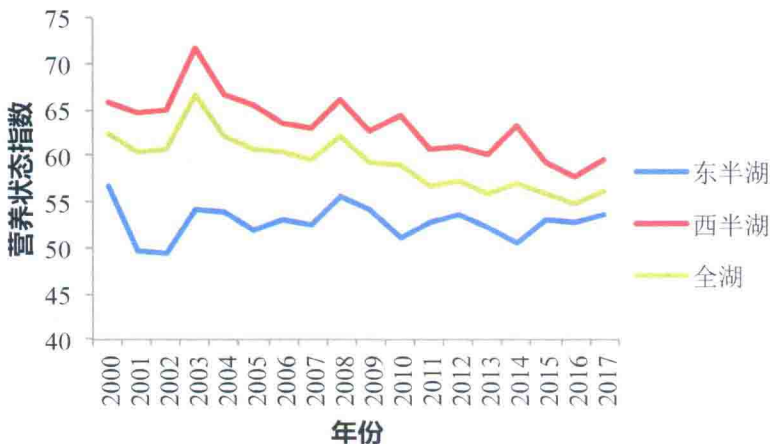
时间	监测点位	
	东半湖	西半湖
2000—2010年	忠庙、东半湖湖心、兆河入湖区、中埠乡、巢湖坝口、巢湖船厂	南淝河入湖区、十五里河入湖区、塘西、派河入湖区、新河入湖区、西半湖湖心
2011至今	忠庙、东半湖湖心、兆河入湖区、巢湖船厂、黄麓	新河入湖区、西半湖湖心、湖滨

2000年以来,巢湖整体水质呈好转趋势,由劣V类、V类好转为以IV类为主,影响水质类别的主要指标为总磷。2000—2009年,有3年水质为劣V类(2003—2005年),其他年度水质均为V类;2010年至今,有3年水质为V类(2011、2015年、2017年),其他年度水质均为IV类。东半湖水质优于西半湖。2000—2006年,东半湖水质为V类;2007年至今,东半湖水质均为IV类;2000—2009年,西半湖水质基本为劣V类,2010年至今,水质好转为V类。根据2017年合肥市环境状况公报,巢湖8个水质点位中,IV类水质点位3个,占37.5%;V类5个,占62.5%;无I类、II类、III类和劣V类。2017年,巢湖湖区整体水质为V类,呈中度污染,东、西半湖水质相差一个类别,其中东半湖为IV类,呈轻度污染;西半湖为V类,呈中度污染。具体见图一。



图一 巢湖水质类别变化趋势图(数据源自合肥市环境状况公报)

2000—2017年，巢湖湖区水体富营养化程度总体呈下降趋势，由中度富营养好转为轻度富营养状态，2009年至今均呈轻度富营养状态。其中，东半湖富营养化程度好于西半湖，除2001和2002年呈中营养状态外，其余各年度水体均呈轻度富营养状态，综合营养状态指数在49.4~56.6波动。西半湖以中度富营养状态为主，2015年开始好转为轻度富营养状态，综合营养状态指数在57.7~71.7。与2000年相比，2017年东、西半湖及全湖综合营养状态指数均有所下降，其中东半湖综合营养状态指数由56.6下降至53.7，西半湖综合营养状态指数由65.6下降到59.4，全湖综合营养状态指数由62.4下降到56.2。东半湖富营养化程度总体优于西半湖。全湖主要污染物为总磷和总氮，2017年年均值分别超地表水Ⅲ类标准限值1.15倍和0.64倍。



图二 巢湖富营养状态指数变化趋势图 (数据源自合肥市环境状况公报)

顾长梅等由2000—2013年长时间序列MODIS遥感影像数据分析巢湖蓝藻水华时空分布特征。研究结果表明巢湖蓝藻水华总体暴发频率较高，以小面积水华为主，大面积水华暴发具有偶然性。2014~2017年巢湖西半湖暴发蓝藻水华的频次均大于东半湖，暴发5次以上的区域基本均集中在西半湖，尤其是南淝河入湖区-派河入湖区-塘西-十五里河入湖区区域暴发蓝藻水华的频次相对较高，最高可达20次以上。2014年东半湖区域(包括巢湖船厂和巢湖坝口)暴发蓝藻水华的频次非常少，主要集中在西半湖西北部区域；至2015年，西半湖西北北部沿岸暴发蓝藻水华的频次所有降低，但蓝藻水华的暴发区域基本覆盖

了全湖，尤其是西、东半湖的频次差异较 2014 年有显著降低，蓝藻水华情势有恶化；至 2016 年，西半湖西北北部沿岸的水华频次较 2015 年有所增加，但西、东半湖的水华频次差异较 2015 年增大，但差异仍小于 2014 年，其中饮用水水源地未见蓝藻水华暴发。2017 年，巢湖区域同一地点最多发生次数为 12 次，显著低于 2014~2016 年，暴发 5 次以上的区域基本均集中在西半湖中北部，尤其是南淝河入湖区 - 派河入湖区 - 塘西区域，东半湖暴发蓝藻水华的频次也显著降低，与 2014 年水平相当。

4 浮游植物调查

浮游植物作为水生生态系统的主要初级生产者，是水体溶解氧的主要来源，在浅水湖泊中起着重要的作用。以浮游藻类作为生物监测、评价水质污染和营养水平的指标，在国内外已经被广泛应用，浮游藻类的群落组成、优势种、多样性以及生物量成为水质污染状况和营养水平的重要标志，也就是说水质的营养状况决定了不同季节中浮游藻类的群落组成，只有了解浮游藻类的动态才能确定影响浮游藻类生长的因子，为湖泊浮游藻类的控制提供依据。对水体中浮游藻类的组成、数量及演替规律的研究，可为水体营养状况的判定及富营养化防治提供重要数据。在 20 世纪五六十年代就有了巢湖浮游藻类的初步资料，自 20 世纪 90 年代后开始对巢湖浮游藻类和水环境变化进行了系统的监测和研究，积累了大量丰富的基础资料。

1959 年，陆艾五等多次在长临河人民公社巢湖湖边采集湖靛样品，进行显微镜检查，发现湖靛中的藻类，以铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 为主，并有少量鱼腥藻 (*Anabaena* sp.)，对其形态特征通过图示进行了详细描述。这是关于巢湖水华（湖靛）主要藻种的首次科学记载。

1963 年，叶诗鸣等于春、夏季对巢湖浮游植物的种类和数量进行了较为系统的调查。全湖 20 个断面的调查结果表明，浮游植物以蓝藻门的微囊藻 (*Microcystis*) 和鱼腥藻 (*Anabaena*) 占优势，其中蓝藻占 98.67%、绿藻占 0.8%，硅藻占 0.5%，甲藻占 0.01%。浮游植物最高密度为 24×10^4 个/L，最低密度为 100 个/L，两个样点均在东部湖区。湖边的浮游植物密度一般较湖心高。

据刘贞秋和蒙仁宪在 20 世纪 80 年代对巢湖浮游藻类的调查，1984 年巢湖周年先后共出现浮游藻类 277 种（包括变种），其中蓝藻、硅藻为优势类群，而