

滇池、洱海 浮游动植物环境图谱

Environmental Atlas of Zooplankton and
Phytoplankton in Lake Dianchi and Erhai

杨苏文 等 编著



科学出版社

滇池、洱海浮游动植物环境图谱

杨苏文 等 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书围绕浮游动植物的分类及其与环境因子间的关系展开,包括第一部分浮游动植物图谱和第二部分浮游动植物与环境因子的关系。第一部分内容包括滇池与洱海浮游植物和浮游动物的基本形态描述、分类鉴定、生境分布和环境指示作用等,每个物种附一幅至几幅图;第二部分内容针对滇池、洱海水污染与富营养化问题,分析两湖水质的现状和历史演变,浮游动植物的现状特征、历史演变以及与环境因子间的关系,并在此基础上对比研究了滇池、洱海的水质与浮游动植物差异性。本书成果可为进一步认识滇池与洱海浮游动植物和推进滇池与洱海藻类水华治理提供支持。

本书可供从事水生生物学、湖泊学、环境保护、渔业、水利管理部门的研究人员、管理人员及大专院校的专业与非专业研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

滇池、洱海浮游动植物环境图谱/杨苏文等编著. —北京:科学出版社,2015.12

ISBN 978-7-03-046638-9

I. ①滇… II. ①杨… III. ①滇池-浮游动物-水环境-图谱②滇池-浮游植物-水环境-图谱③湖泊-浮游动物-水环境-大理白族自治州④湖泊-浮游植物-水环境-大理白族自治州-图谱 IV. ①Q958.8-64②Q948.8-64③X143-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 296079 号

责任编辑:刘 冉 / 责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴 / 封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年12月第一版 开本:720×1000 1/16

2015年12月第一次印刷 印张:31

字数:625 000

定价:180.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《滇池、洱海浮游动植物环境图谱》编委会

顾 问：刘鸿亮 王圣瑞

主 编：杨苏文

副主编：金位栋 何 佳 闫玉红

编著者：杨苏文 金位栋 何 佳 闫玉红 庞 燕

王红梅 赵海超 杨敬亭 焦立新 李艳平

徐范范 张萌萌 欧阳凯华 王昌荣

统 稿：杨苏文 金位栋

前 言

滇池地处长江、红河和珠江三大水系分水岭地带,属金沙江水系,是云贵高原面积最大、我国第六大的淡水湖。滇池流域承载着云南省和昆明市的社会经济发展重任,是我国“一带一路”战略发展的重要支撑节点。滇池水生态系统对流域社会经济可持续发展所需的水资源、渔业、景观等起着重要作用。

滇池湖面面积 298.4 km²,湖水总库容约为 15 亿 m³。滇池从有科学记录以来,浮游动植物经历了从较贫营养到中营养,到目前重度富营养水质的巨大变迁,群落结构也发生了相应的变化演替。

20 世纪 50~60 年代,滇池水质较好,水体营养盐含量低,水体清澈见底,浮游植物种类较多但数量极少,以绿藻和硅藻为主,数量在 $0.6 \times 10^4 \sim 8.4 \times 10^4$ ind/L 之间;浮游动物种类较少,数量约为 1920 ind/L。70 年代,水体营养盐含量明显提高,草海和外海水质约为 II 类。浮游植物种类略有增加,数量在 $2.4 \times 10^6 \sim 1.2 \times 10^7$ ind/L 之间;浮游动物以原生动物为主,数量约为 3446 ind/L。80 年代初,水质为 III 类水平,属中-富营养水平,滇池水体的浮游动植物种类和群落结构都发生了明显变化,浮游植物种类约 205 种,耐污种和富营养指示种开始占据一定优势;浮游动物种类约 130 种,数量约为 19302 ind/L。90 年代初,随着水质的进一步恶化,丧失了饮用水源功能。浮游植物以绿藻门为主,其次为硅藻和蓝藻,数量为 $1.4 \times 10^7 \sim 2.35 \times 10^7$ ind/L,并在 1990 年发生了首次以假丝微囊藻、具缘微囊藻、铜绿微囊藻为主的大面积水华;浮游动物种类减少,优势种数量急剧增加,数量约为 31038 ind/L。进入 21 世纪后,滇池湖体水环境严重恶化,水质为 V 类和劣 V 类,重度富营养水平。浮游植物中,微囊藻属和束丝藻属成为水华暴发的主要藻类,水华蓝藻数量达到 1.3×10^8 ind/L。2009 年的调查显示滇池浮游动物种类为 78 种,数量约为 1797 ind/L。2010 年后,随着“六大工程”的大面积实施,水质得到很大改善,草海水质出现根本性好转,但浮游植物数量仍保持在 $10^8 \sim 10^9$ ind/L 之间。2013 年调查数据显示,浮游植物数量在 $5 \times 10^7 \sim 2.6 \times 10^9$ ind/L,共 170 种,其中蓝藻全年占比超过 95%,绝对占优;浮游动物数量在 6478 ind/L,共 135 种,浮游动植物多样性均较前五年有显著提高。

洱海为云贵高原第二大淡水湖泊,是苍山洱海国家级自然保护区和国家级风景名胜区的核心区域,具有调节气候、提供工农业生产生活用水、维持生物多样性

等多种功能,也是滇西中心城市发展的重要淡水资源。洱海湖面面积 251.32 km²,湖水总库容约为 27 亿 m³。洱海浮游动植物结构组成也随水质的变化发生着演替。

20 世纪 70 年代以前,洱海水质为 I 类,处于贫营养水平,浮游植物年均数量为 6.5×10^5 ind/L;浮游动物数量较少,约为 1384 ind/L。80 年代,洱海浮游植物共发现 192 种,年均数量为 1.2×10^6 ind/L;浮游动物数量约为 900 ind/L。90 年代,洱海水位显著下降,浮游植物以小环藻和水华束丝藻为主,年均数量达到 5.6×10^6 ind/L。1996 年,在水质为总体 II 类情况下,洱海首次暴发了严重的鱼腥藻水华。2000 年以来,洱海蓝藻水华优势种由鱼腥藻演变为微囊藻,年均数量达到 2.6×10^7 ind/L;浮游动物种类与数量大幅增加,达到 22262 ind/L,水质下降到 III 类,处于初期富营养水平。2013 年的调查显示,洱海浮游植物共 187 种,年均数量为 5.36×10^7 ind/L;浮游动物共 125 种,平均数量为 1936 ind/L,水质为 III 类,局部湖湾藻类水华暴发的风险较大。

浮游动植物是湖泊水生态系统的重要生物类群,其结构组成和生理功能的演替变化对湖泊水质的优劣和水生态系统健康具有重大指示作用。对湖泊而言,蓝藻、绿藻和硅藻是三个最常见的门类,金藻、黄藻和隐藻一般常见于贫营养湖泊,而裸藻则在极富营养湖泊中较常见;原生动物的轮虫、桡足类和枝角类甲壳虫是湖泊中常见浮游动物,而晓柱轮虫、无柄轮虫一般常见于贫营养湖泊,急游虫、侠盗虫、网纹蚤、剑水蚤常见于较富营养湖泊。几十年来,滇池与洱海浮游动植物种类和数量的变化也基本遵循了这个规律,但独特的地理气候和环境理化条件造成了两湖相互之间及与其他淡水湖之间浮游动植物结构和组成的时空差异性。

基于上述考虑,本环境图谱通过对滇池和洱海浮游动植物样品连续 3~5 年的分类和鉴定,并分析与环境因素之间的关系等两个方面的研究,系统描述了滇池洱海浮游动植物结构和组成的主要特征,建立了与水质变化的响应关系,为深入研究滇池与洱海的环境污染状况,定量估算浮游动植物对水质富营养化贡献,控制藻类水华提供理论科学依据。

本书是国家水体污染控制与治理科技重大专项“十二五”湖泊主题滇池项目课题 4“滇池水体内负荷控制与水质综合改善技术研究及工程示范”(2012ZX07102-004)、洱海项目课题 4 子课题“洱海底泥污染阻控与入湖外源污染综合控制技术及示范”(2012ZX07105-004-001)、国家高层次人才特殊支持计划项目(“万人计划”,2012002001)和国家自然科学基金项目(No. U1202235)的部分成果。

本图谱共分为两部分,其中第一部分为浮游动植物图谱,包括两章;第二部分为浮游动植物与环境因子的关系,包括三章。其中第一部分通过对浮游动植物的

形态学观察、拍照和鉴定分类,共整理出浮游植物 222 种,浮游动物 146 种,共计 368 种,是目前为止最全面、最系统介绍滇池与洱海浮游动植物的书籍;第二部分针对滇池、洱海的水污染和富营养化问题,分析了两湖水质的现状和历史演变,浮游动植物的现状特征、历史演变以及与环境因子间的关系,在此基础上对比研究了滇池、洱海的水质与浮游动植物差异性。杨苏文负责书稿的总体设计、统稿及各章节撰写内容的指导、修改与审定,金位栋与闫玉红负责大部分章节内容的编写,何佳、焦立新、赵海超、杨敬亭等人负责部分小节的撰写与内容补充,庞燕、王红梅、李艳平、徐范范、张萌萌、欧阳凯华、王昌荣等人负责修改和校对。

本图谱系统科学地描述了浮游动植物的形态,用彩色图片展示细节特征,较为浅显易懂,便于初学者使用。在种属检索、图版查阅等方面,尽量做到方便快捷,便于查找,对广大读者学习了解滇池与洱海浮游动植物具有重要参考价值;本图谱中关于浮游动植物与环境因子间的分析,有助于专业人员了解浮游动植物与水质的关系,为深入研究滇池与洱海的环境污染状况,藻类水华的治理提供理论依据和数据支撑。

本图谱的出版得到了国家水专项办公室、云南省水专项办公室、昆明市水专项办公室、大理州水专项办公室及中国环境科学研究院、昆明市环境科学研究院、云南省环境科学研究院、中国科学院水生生物研究所和大理州环境保护局等单位的支持和帮助。在课题研究和专著成稿过程中得到了很多专家学者的指导和帮助。在此特向中国工程院刘鸿亮院士、国家水专项技术总师孟伟院士、中国环境科学研究院郑炳辉研究员和王圣瑞研究员、中国科学院水生生物研究所谢平研究员、云南省环境保护厅贺彬副厅长、昆明市环境科学研究院陈嵩院长及大理州水专项办公室刘滨副主任等专家学者表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,本图谱难免存在不足之处,恳请读者提出意见。

作 者

2015 年 10 月

目 录

前言	
滇池、洱海简介	1
滇池	1
洱海	2

第一部分 浮游动植物图谱

第 1 章 浮游植物	7
1.1 蓝藻门	8
黏杆藻属 <i>Gloeothece</i>	9
隐杆藻属 <i>Aphanothece</i>	10
平裂藻属 <i>Merismopedia</i>	11
微黄藻属 <i>Microcrocis</i>	13
隐球藻属 <i>Aphanocapsa</i>	13
集胞藻属 <i>Synechocystis</i>	17
腔球藻属 <i>Coelosphaerium</i>	18
束球藻属 <i>Gomphosphaeria</i>	18
微囊藻属 <i>Microcystis</i>	19
立方藻属 <i>Eucaopsis</i>	29
黏球藻属 <i>Gloeocapsa</i>	30
色球藻属 <i>Chroococcus</i>	32
拟指球藻属 <i>Dactylococcopsis</i>	35
鞘丝藻属 <i>Lyngbya</i>	36
颤藻属 <i>Oscillatoria</i>	36
浮丝藻属 <i>Planktothrix</i>	41
鱼腥藻属 <i>Anabaena</i>	42
项圈藻属 <i>Anabaenopsis</i>	48
尖头藻属 <i>Raphidiopsis</i>	48
束丝藻属 <i>Aphanizomenon</i>	49
念珠藻属 <i>Nostoc</i>	50
1.2 绿藻门	52
团藻属 <i>Volvox</i>	53

空球藻属 <i>Eudorina</i>	54
实球藻属 <i>Pandorina</i>	55
绿梭藻属 <i>Chlorogonium</i>	56
纺锤藻属 <i>Elakatothrix</i>	56
多芒藻属 <i>Golenkinia</i>	57
绿球藻属 <i>Chlorococcum</i>	58
弓形藻属 <i>Schroederia</i>	60
四角藻属 <i>Tetraedron</i>	61
顶棘藻属 <i>Lagerheimiella</i>	67
被刺藻属 <i>Franceia</i>	69
小球藻属 <i>Chlorella</i>	70
月牙藻属 <i>Selenastrum</i>	72
集球藻属 <i>Palmellococcus</i>	74
纤维藻属 <i>Ankistrodesmus</i>	75
小箍藻属 <i>Trochiscia</i>	79
蹄形藻属 <i>Kirchneriella</i>	80
卵囊藻属 <i>Oocystis</i>	80
肾形藻属 <i>Nephrocytium</i>	84
球囊藻属 <i>Sphaerocystis</i>	87
并联藻属 <i>Quadrigula</i>	87
浮球藻属 <i>Planktosphaeria</i>	88
胶囊藻属 <i>Gloeocystis</i>	89
掌网藻属 <i>Palmadictyon</i>	91
四球藻属 <i>Tetrachlorella</i>	92
网球藻属 <i>Dictyosphaerium</i>	92
水网藻属 <i>Hydrodictyon</i>	94
盘星藻属 <i>Pediastrum</i>	95
空星藻属 <i>Coelastrum</i>	100
集星藻属 <i>Actinastrum</i>	103
十字藻属 <i>Crucigenia</i>	103
栅藻属 <i>Scenedesmus</i>	107
双形藻属 <i>Dimorphococcus</i>	115
四星藻属 <i>Tetrastrum</i>	116
丝藻属 <i>Ulothrix</i>	118
游丝藻属 <i>Planctonema</i>	124

针丝藻属 <i>Raphidonema</i>	124
克里藻属 <i>Klebsormidium</i>	125
双胞胎藻属 <i>Geminella</i>	126
微孢藻属 <i>Microspora</i>	127
鞘毛藻属 <i>Coleochaete</i>	128
水绵属 <i>Spirogyra</i>	129
转板藻属 <i>Mougeotia</i>	131
新月藻属 <i>Closterium</i>	134
角星鼓藻属 <i>Staurastrum</i>	139
鼓藻属 <i>Cosmarium</i>	145
棒形鼓藻属 <i>Gonatozygon</i>	147
1.3 硅藻门	149
直链藻属 <i>Melosira</i>	150
小环藻属 <i>Cyclotella</i>	151
冠盘藻属 <i>Stephanodiscus</i>	153
海链藻属 <i>Thalassiosira</i>	155
半盘藻属 <i>Hemidiscus</i>	156
双眉藻属 <i>Amphora</i>	157
桥弯藻属 <i>Cymbella</i>	158
双壁藻属 <i>Diploneis</i>	160
羽纹藻属 <i>Pinnularia</i>	161
肋缝藻属 <i>Frustulia</i>	162
布纹藻属 <i>Gyrosigma</i>	163
舟形藻属 <i>Navicula</i>	163
胸膈藻属 <i>Mastogloia</i>	164
辐节藻属 <i>Stauroneis</i>	165
曲壳藻属 <i>Achnanthes</i>	166
卵形藻属 <i>Cocconeis</i>	167
针杆藻属 <i>Synedra</i>	168
脆杆藻属 <i>Fragilaria</i>	169
平板藻属 <i>Tabellaria</i>	171
等片藻属 <i>Diatoma</i>	172
星杆藻属 <i>Asterionella</i>	173
双菱藻属 <i>Surirella</i>	174
棍形藻属 <i>Bacillaria</i>	175

菱形藻属 <i>Nitzschia</i>	176
窗纹藻属 <i>Epithemia</i>	178
1.4 甲藻门	179
角甲藻属 <i>Ceratium</i>	180
多甲藻属 <i>Peridinium</i>	181
原甲藻属 <i>Prorocentrum</i>	183
1.5 隐藻门	184
隐藻属 <i>Cryptomonas</i>	185
蓝隐藻属 <i>Chroomonas</i>	187
1.6 金藻门	189
黄群藻属 <i>Synura</i>	190
黄团藻属 <i>Uroglena</i>	191
锥囊藻属 <i>Dinobryon</i>	192
1.7 裸藻门	192
扁裸藻属 <i>Phacus</i>	194
囊裸藻属 <i>Trachelomonas</i>	195
裸藻属 <i>Euglena</i>	196
鳞孔藻属 <i>Lepocinclis</i>	198
双鞭藻属 <i>Eutreptia</i>	199
1.8 黄藻门	200
黄丝藻属 <i>Tribonema</i>	201
杂球藻属 <i>Mischococcus</i>	202
第2章 浮游动物	203
2.1 原生动物	203
喙纤虫属 <i>Loxodes</i>	205
裸口虫属 <i>Holophrya</i>	206
尾毛虫属 <i>Urotricha</i>	207
前管虫属 <i>Prorodon</i>	209
长吻虫属 <i>Lacrymaria</i>	210
纤口虫属 <i>Chaenea</i>	212
草履虫属 <i>Paramecium</i>	212
圆口虫属 <i>Trachlius</i>	213
栉毛虫属 <i>Didinium</i>	214
脾睨虫属 <i>Askenasia</i>	216
中缢虫属 <i>Mesodinium</i>	217

射纤虫属 <i>Actinobolina</i>	218
映毛虫属 <i>Cinetochilum</i>	219
半眉虫属 <i>Hemiophrys</i>	220
肾形虫属 <i>Colpoda</i>	221
篮口虫属 <i>Nassula</i>	221
拟小胸虫属 <i>Pseudomicrothorax</i>	222
放射吸管虫属 <i>Heliophrya</i>	223
舟形虫属 <i>Lembadion</i>	224
帆口虫属 <i>Pleuronema</i>	225
钟虫属 <i>Vorticella</i>	227
独缩虫属 <i>Carchesium</i>	228
累枝虫属 <i>Epistylis</i>	228
杯虫属 <i>Scyphidia</i>	229
靴纤虫属 <i>Cothurnia</i>	230
喇叭虫属 <i>Stentor</i>	231
旋口虫属 <i>Spirostomum</i>	232
弹跳虫属 <i>Halteria</i>	233
急游虫属 <i>Strombidium</i>	234
侠盗虫属 <i>Strobilidium</i>	234
筒壳虫属 <i>Tintinnidium</i>	236
似铃壳虫属 <i>Tintinnopsis</i>	237
楯纤虫属 <i>Aspidisca</i>	237
殖口虫属 <i>Gonostomum</i>	238
多核变形虫属 <i>Pelomyxa</i>	239
棘变形虫属 <i>Acanthamoeba</i>	240
刺变形虫属 <i>Echinamoeba</i>	240
晶盘虫属 <i>Hyalodiscus</i>	241
曲颈虫属 <i>Cyphoderia</i>	242
厢壳虫属 <i>Pyxidicula</i>	243
表壳虫属 <i>Arcella</i>	244
茄壳虫属 <i>Hyaloshpenia</i>	247
匣壳虫属 <i>Centropyxis</i>	247
拟砂壳虫属 <i>Pseudodifflugia</i>	249
砂壳虫属 <i>Difflugia</i>	250
鳞壳虫属 <i>Euglypha</i>	251

梨壳虫属 <i>Nebela</i>	252
明壳虫属 <i>Pamphagus</i>	253
星盘虫属 <i>Astrodisculus</i>	254
异胞虫属 <i>Heterophrys</i>	255
泡套虫属 <i>Pompholyxophrys</i>	256
刺胞虫属 <i>Acanthocystis</i>	256
太阳虫属 <i>Actinophrys</i>	257
光滴虫属 <i>Actinomonas</i>	258
球领鞭虫属 <i>Sphaeroeca</i>	259
六前鞭虫属 <i>Hexamita</i>	260
2.2 轮虫	261
异尾轮属 <i>Trichocerca</i>	262
叶轮属 <i>Notholca</i>	268
猪吻轮属 <i>Dicranophorus</i>	269
椎轮属 <i>Notommata</i>	270
晓柱轮属 <i>Eothinia</i>	271
臂尾轮属 <i>Brachionus</i>	272
龟甲轮属 <i>Keratella</i>	274
须足轮属 <i>Euchlanis</i>	276
水轮属 <i>Epiphanes</i>	277
腔轮属 <i>Lecane</i>	278
单趾轮属 <i>Monostyla</i>	280
晶囊轮属 <i>Asplanchna</i>	281
多肢轮虫属 <i>Polyarthra</i>	282
无柄轮属 <i>Ascomorpha</i>	283
泡轮属 <i>Pompholyx</i>	284
三肢轮属 <i>Filinia</i>	285
聚花轮属 <i>Conochilus</i>	287
2.3 枝角类	288
网纹溞属 <i>Ceriodaphnia</i>	288
溞属 <i>Daphnia</i>	292
盘肠溞属 <i>Chydorus</i>	296
伪盘肠溞属 <i>Pseudochydorus</i>	299
平直溞属 <i>Pleuroxus</i>	299
弯尾溞属 <i>Camptocercus</i>	301

象鼻溞属 <i>Bosmina</i>	302
基合溞属 <i>Bosminopsis</i>	304
秀体溞属 <i>Diaphanosoma</i>	305
尖额溞属 <i>Alona</i>	307
2.4 桡足类	308
剑水蚤属 <i>Cyclops</i>	309
温剑水蚤属 <i>Thermocyclops</i>	312
沙居剑水蚤属 <i>Psammophilocyclops</i>	316
小剑水蚤属 <i>Microcyclops</i>	318
刺剑水蚤属 <i>Acanthocyclops</i>	319
中剑水蚤属 <i>Mesocyclops</i>	322
后剑水蚤属 <i>Metacyclops</i>	323
大剑水蚤属 <i>Macrocyclops</i>	327
真剑水蚤属 <i>Eucyclops</i>	329
近剑水蚤属 <i>Tropocyclops</i>	333
外剑水蚤属 <i>Ectocyclops</i>	336
华哲水蚤属 <i>Sinocalanus</i>	337
叶镖水蚤属 <i>Phyllodiaptomus</i>	339
新镖水蚤属 <i>Neodiaptomus</i>	341
荡镖水蚤属 <i>Neutrodiaptomus</i>	344
拟猛水蚤属 <i>Harpacticella</i>	346
棘猛水蚤属 <i>Attheyella</i>	347
无节幼体	349

第二部分 浮游动植物与环境因子的关系

第3章 滇池浮游动植物与环境因子的关系	353
3.1 滇池采样点布设	353
3.2 滇池水质指标	355
3.2.1 滇池水体总氮及其各形态指标	355
3.2.2 滇池水体总磷及其各形态指标	358
3.2.3 滇池水体叶绿素 a(Chla)和高锰酸盐指数(COD _{Mn})	360
3.2.4 滇池水体综合营养状态指数(TLI)	361
3.2.5 滇池水质指标之间的相关关系	363
3.2.6 滇池主要水质指标季节变化趋势	365
3.2.7 滇池水质演变总体趋势	366

3.3	滇池浮游植物现状分析	371
3.3.1	材料与方法	371
3.3.2	滇池浮游植物种类组成及分布	372
3.3.3	滇池浮游植物时空分布特征	373
3.3.4	滇池浮游植物多样性指数变化	375
3.3.5	滇池富营养化综合评价	377
3.4	滇池浮游植物历史演变及特征	378
3.5	滇池浮游植物与环境因子分析	382
3.5.1	相关性分析	382
3.5.2	RDA 分析	385
3.6	滇池浮游动物现状分析	388
3.6.1	材料与方法	388
3.6.2	滇池浮游动物种类组成及分布	389
3.6.3	滇池浮游动物时空分布特点	390
3.6.4	滇池浮游动物多样性指数变化	395
3.6.5	滇池富营养化综合评价	398
3.7	滇池浮游动物群落历史演变及特征	399
3.8	滇池浮游动物与环境因子分析	402
3.8.1	相关性分析	402
3.8.2	RDA 分析	405
第 4 章	洱海浮游动植物与环境因子的关系	408
4.1	洱海采样点布设	408
4.2	洱海水质指标	409
4.2.1	洱海水体总氮及其各形态指标	410
4.2.2	洱海水体总磷及其各形态指标	411
4.2.3	洱海水体叶绿素 a(Chla)和高锰酸盐指数(COD _{Mn})	412
4.2.4	洱海水质指标之间的相关关系	413
4.2.5	洱海主要水质指标季节变化趋势	414
4.2.6	洱海水质演变总体趋势	415
4.3	洱海浮游植物现状分析	418
4.3.1	材料与方法	418
4.3.2	洱海浮游植物种类组成及分布	419
4.3.3	洱海浮游植物时空分布特征	419
4.3.4	洱海浮游植物多样性指数变化	421
4.3.5	洱海富营养化综合评价	422

4.4	洱海浮游植物历史演变及特征	422
4.5	洱海浮游植物与环境因子分析	425
4.5.1	相关性分析	425
4.5.2	RDA 分析	427
4.6	洱海浮游动物现状分析	428
4.6.1	材料与方法	428
4.6.2	洱海浮游动物种类组成及分布	429
4.6.3	洱海浮游动物时空分布特征	429
4.6.4	洱海浮游动物多样性指数变化	431
4.6.5	洱海富营养化综合评价	433
4.7	洱海浮游动物群落历史演变及特征	434
4.8	洱海浮游动物与环境因子分析	436
4.8.1	相关性分析	436
4.8.2	RDA 分析	436
第 5 章	滇池、洱海的水质与浮游动植物差异性	441
5.1	滇池、洱海水质对比分析	441
5.1.1	总氮及其各形态指标对比	441
5.1.2	总磷及其各形态指标对比	442
5.1.3	叶绿素 a(Chla)和高锰酸盐指数(COD _{Mn})对比	443
5.1.4	水体综合营养状态指数(TLI)对比	444
5.2	滇池、洱海浮游植物对比分析	445
5.2.1	浮游植物种类组成对比	445
5.2.2	浮游植物时空分布对比	445
5.2.3	浮游植物多样性指数对比	447
5.2.4	浮游植物与环境因子相关性对比	448
5.3	滇池、洱海浮游动物对比分析	449
5.3.1	浮游动物种类组成对比	449
5.3.2	浮游动物时空分布对比	450
5.3.3	浮游动物多样性指数对比	454
5.3.4	浮游动物与环境因子相关性对比	457
	参考文献	458
	浮游动植物中文名索引	466
	浮游动植物拉丁学名索引	472

滇池、洱海简介

滇 池

滇池位于云贵高原中部，云南省昆明市的西南部，湖西紧靠西山，其他三面为河流冲积或湖积平原，构成了滇池区域以湖为中心，平坝丘陵和山地围绕的地形。滇池古称滇南泽，又名昆明湖。其地理位置位于东经 $102^{\circ}36' \sim 102^{\circ}47'$ ，北纬 $24^{\circ}40' \sim 25^{\circ}02'$ 之间，位于长江、红河、珠江三大水系分水岭地带，属金沙江水系。

滇池是云南省面积最大的高原湖泊，也是我国第六大淡水湖泊，属低硬度、低矿化度、弱碱性的重碳酸钙镁钠型湖泊(黄永泰，1999；于希贤，1999)。滇池是由地层错断陷落而形成的构造湖泊，湖体略呈弓形，湖岸线长 146.3 km，湖岸发育系数 2.338，为南北走向，其主要湖泊特征参数见表 1。

表 1 滇池主要特征参数

名称	水位 (m)	面积 (km ²)	湖长 (km)	最大 宽度 (km)	平均 宽度 (km)	最大 水深 (m)	平均 水深 (m)	容积 (亿 m ³)	湖底平 均坡度 (%)
最高防 洪水位	1887.5	311.3	41.2	13.3	7.56	11.3	5.12	15.94	2.477
最低工 作水位	1885.5	292.5	39.3	12.7	3.39	9.3	3.39	9.92	1.645

滇池北部有一道天然湖堤(海埂)，将湖体分为南北两部分，中间修有一人工船闸，南部为滇池的主体，称为外海，面积为 287.1 km²；北部为草海，面积为 10.67 km²(杨一光等，1985)。草海和外海各有一人工控制出口，分别为西北端的西园隧道和西南端的海口中滩闸。西园隧道于 1996 年工程贯通，是滇池草海唯一的出湖口，通过人工闸门放水控制出水，经西园隧道进入螳螂川支流沙河。螳螂川是外海唯一的出湖河流，其水流量由中滩闸门控制。滇池出水经螳螂川汇集后流入普渡河，最后注入金沙江(杨荫康等，1982)。

滇池共有 120(含支流、沟渠)余条河流呈向心状汇入湖体，是滇池的主要补