

洱海高原湖泊湿地 生物多样性研究

王 娟 杨宇明 杜 凡 韩联宪
严 晖 易传辉 田 昆 赵一鹤 等 著



科学出版社

国家自然科学基金重点项目 (U0933601)

国家重点基础研究发展计划 (“973” 计划) 前期研究专项 (2010CB434807)

云南省应用基础研究计划重点项目 (2009CC024)

云南省高原湿地科学创新团队

联合资助

洱海高原湖泊湿地生物多样性研究

王 娟 杨宇明 杜 凡 韩联奎

严 晖 易传辉 田 昆



西南林业大学

云南省森林植物培育与开发利用重点实验室

国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室

云南省林业科学院

国家高原湿地研究中心

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是在对云南第二大湖泊——洱海高原湖泊湿地生物多样性进行系统全面调查研究和深入客观分析比较的基础上完成的一项原创性综合研究成果。内容包括洱海浮游植物和浮游动物、水生植物与植被、底栖动物、昆虫、两栖类、爬行类、鸟类和兽类 10 个生物类群多样性的组成结构、资源现状与动态演变规律。本书第一次综合报道了洱海生物多样性特征及其保护与利用的研究成果。

本书适于从事湿地与生物多样性研究的科研人员及相关领域学者、研究生和大学生、自然保护管理者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

洱海高原湖泊湿地生物多样性研究/王娟等著. —北京: 科学出版社, 2016.11

ISBN 978-7-03-050375-6

I. ①洱… II. ①王… III. ①洱海—生物多样性—研究 IV. ①Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 259528 号

责任编辑: 朱 丽 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 耕者设计

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

*

2016 年 11 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 11 月第一次印刷 印张: 17 3/4 插页: 12

字数: 342 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《洱海高原湖泊湿地生物多样性研究》

参加编写者：王 娟 杜 凡 韩联宪 程小放 严 晖

易传辉 田 昆 赵一鹤 张 庆 喻庆国

王重力 李昊民 肖德荣 孙大成 王昌命

王 涇 杨 斌 王四海 陈 剑 杨宇明

图片摄影：韩联宪 韩 奔 王 娟 杜 凡 杨宇明

严 晖 易传辉 杨亚非 黄光旭 段在贤

张 炜 徐志辉 陈中华

统稿审校：王 娟 赵一鹤 杨宇明

前 言

随着人们对湿地生态系统服务功能的认识不断深入，被称为“地球之肾”的湿地保护与利用的研究也不断扩大和深化，并且由于湿地的主要功能与生物多样性的组成结构密不可分，因而湿地生物多样性也成为了湿地科学研究的重点领域和热点内容之一。洱海位于滇西横断山脉复地的大理市境内，是云南省第二大高原淡水湖泊，生物多样性位居云南高原湖泊湿地第三位。同时洱海是大理市主要饮用水源地，又是苍山洱海国家级自然保护区、风景名胜区及国家重要湿地，具有多种重要功能，是整个洱海流域及大理白族自治州经济社会可持续发展的重要基础，也是澜沧江-湄公河流域的生态安全屏障。然而以往对洱海的研究主要集中在水体及其水源污染治理等非生物环境方面，特别是国家和云南省在对洱海高原湖泊的开发利用和水环境治理方面开展了许多卓有成效的工作，但对洱海生物多样性的系统性研究还处于空缺状态或相当薄弱，以致对洱海湖泊湿地生物多样性的本底资料不清楚，盲目引进外来物种，造成许多本地的土著物种特别是洱海特有鱼类濒临灭绝或已经灭绝。在湖泊的污染治理和退化湿地的恢复中，构造人工湿地和恢复重建湖滨带工程中也存在极大的盲目性，不仅物种单一，没有营建合理配置的植物群落结构，造成群落结构简单，以致其生态功能低下，甚至引入许多外来种，改变和破坏湖泊湿地原有的生物多样性组成结构，扰乱湿地生态系统演替进程，引起湿地生态系统结构组成的不稳定或生态服务功能的退化。所有这些都是源于对高原湖泊湿地生物多样性缺少系统调查与认知，不知道生物资源家底及其功能特征所致。因此，在开展高原湖泊湿地保护、治理与可持续利用时，掌握最基本的生物多样性资源数据和动态信息，是抢救性保护高原湖泊湿地生物多样性，稳定湿地生态系统结构组成与功能稳定最基本的基础工作，也是指导高原湖泊保护与科学利用的科学意义所在。为此，云南省科学技术厅于 2010 年资助立项云南省应用基础研究基金重点项目——“高原湖泊湿地洱海生物多样性调查”。项目组经过 5 年多对洱海生物多样性进行了全面深入的调查研究，首次系统地对洱海高原湖泊湿地从浮游植物（198 种）、浮游动物（131 种）、维管束植物（35 种）、底栖动物（31 种）、昆虫（179 种）、鱼类（30 种）、两栖类（16 种）、爬行类（14 种）、鸟类（348 种）、兽类（69 种）共 10 个生物类群和 15 个水生植物群落进行了较为深入细致的调查研究，基本掌握了洱海生物多样性组成结构的基本特征与动态演变规律；二是应用 50 年来的数据对珍稀濒危物种、土著种、外来物

种和极小种群的时空动态演变进行的比较研究,揭示了洱海 50 年来的维管束物种和鱼类土著种与外来种的演变特征与发展趋势,水体污染和外来物种的入侵是洱海生物多样性组成结构发生演变的主要驱动因素;三是首次对水质优劣变化具有重要指示意义的浮游生物进行了系统全面的调查分析后显示:洱海耐污染浮游植物数量占到优势地位,并呈增加趋势,预示着洱海水质在由中营养化向富营养化方向发展;四是发现了茭草和苦草两个高耐氮基因: *GS1* 和 *GS2*, 揭示了为何外来种能够在高富营养化水体中茂盛生长而排斥本地土著种的分子机理,进一步揭示了湿地植物的抗污能力排序:沉水植物大于浮叶植物大于挺水植物,首次在分子水平上揭示了外来种能够在高富营养化水体中茁壮生长的分子机理。

通过本调查研究项目的实施与开展,我们掌握了洱海湿地区域珍贵湿地物种遗传资源,这为合理利用该区域丰富的湿地资源提供基础资料、为农牧渔业新品种选育奠定基础 and 提供科学依据。同时本调查研究项目也为云南省污染湖泊治理和退化湿地恢复等生态环境治理方面提供了物种资源及其多样性特征的基础数据,进一步提高了对云南高原湖泊湿地生物多样性现状以及湿地资源和环境变化规律的认识,为促进恢复湿地、改善高原断陷湖泊湿地生态环境质量、减少生态风险、保障区域生态安全、解决云南省高原湿地资源环境问题提供前沿性科学理论基础,增强各级政府在湿地资源环境保护与可持续利用上的宏观决策水平。

本调查研究成果中水生植物和植被部分由西南林业大学杜凡和王娟教授负责完成,鸟类和兽类部分由韩联宪教授负责完成,两栖类和爬行类部分由张庆教授负责完成,非生物资源部分由李昊民博士负责,数据图像处理由喻庆国教授负责,云南师范大学王重力教授负责完成浮游生物部分,云南农业职业技术学院严晖教授负责完成鱼类部分,云南省林业科学院易传辉研究员负责完成底栖动物和昆虫部分;田昆和赵一鹤研究员负责研究计划的制订与调查研究成果的汇总工作;国家林业局珍稀濒危植物保护与繁育重点实验室王娟教授、杨宇明教授和程小放副教授负责完成生物多样性评价研究和对整个调查研究成果的统稿与总结。本书是在各位专家的共同努力下完成了对洱海生物多样性的调查研究基础上撰写而成,在调查工作中亦得到大理州环境保护局、林业局、水务局等相关部门的支持与协助,科学出版社朱丽编辑为本书的编辑出版付出了辛勤的努力。在此,作者对为本书调查研究和编辑出版工作做出贡献的相关机构和人员表示最诚挚的感谢。

鉴于高原湿地是一个较新的研究领域,湿地生物多样性调查涉及面又广,加之作者的水平有限,书中的不妥与错误在所难免,敬请各位同仁和广大读者不吝赐教。

作 者

2016 年 5 月

目 录

第一章 洱海非生物环境概况.....	1
第一节 地理位置与管辖范围.....	1
一、保护区位置、管辖范围及主要保护对象.....	1
二、保护区建立的目的和意义.....	1
第二节 洱海生物多样性与文化多样性.....	2
一、景观多样性.....	2
二、生态系统多样性.....	2
三、遗传多样性.....	2
四、物种多样性.....	3
五、文化多样性.....	3
第三节 地质地貌.....	4
一、地质.....	4
二、地貌.....	5
第四节 气候.....	6
一、气温.....	7
二、降水.....	7
三、风.....	7
第五节 水文.....	8
一、水文条件.....	8
二、水文变化及其对洱海演变的影响.....	8
三、洱海入湖河流.....	9
四、出水河流.....	10
五、地下水.....	10
六、主要污染源.....	10
七、水体的功能及评价.....	12
第六节 土壤.....	13
一、土壤形成的环境条件.....	13
二、成土过程分析.....	13
三、土壤类型与分布.....	13

四、主要土壤类型及特点	14
五、土壤管理建议	15
参考文献	16
第二章 植被和植物资源	17
第一节 研究背景	17
一、研究区域概况	17
二、研究意义	17
三、洱海湿地植物的研究回顾	18
第二节 研究内容与研究方法	20
一、研究内容	20
二、研究方法	21
第三节 结果与分析	22
一、植被类型及其特征	22
二、洱海湿地水生植物多样性特征	29
第四节 结论与讨论	38
一、结论	38
二、讨论	39
三、保护建议	42
参考文献	43
第三章 动物资源	44
第一节 鸟类	44
一、调查内容、方法及时间	44
二、鸟类组成及物种多样性特征	48
三、鸟类物种多样性分析及评价	48
四、鸟类资源的利用现状、保护及合理开发利用	51
第二节 兽类	51
一、调查内容、方法及时间	52
二、哺乳动物概貌	53
三、哺乳动物分布型	54
四、区系概貌及特点	56
五、珍稀濒危保护兽类	56
六、保护价值与存在问题及建议	57
七、重要动物简介	58
第三节 两栖爬行类	63
一、调查研究概况及研究方法	63

二、两栖动物和爬行动物的物种种类组成和区系分析	65
三、两栖动物和爬行动物分布特征和生态适应	66
四、保护区两栖动物和爬行动物珍稀保护种类	69
五、保护区两栖动物和爬行动物资源的利用现状、保护及合理开发 利用	77
第四节 鱼类	78
一、研究概况及研究内容、方法	79
二、洱海鱼类组成及其特点	80
三、土著鱼类和外来种类、种群数量变化	86
四、鱼类资源的利用现状、保护及合理开发利用	87
五、土著鱼类代表种记述	89
第五节 底栖动物	96
一、研究概况及研究内容、方法及时间	96
二、底栖动物区系成分分析	97
三、底栖动物物种多样性特征	101
四、底栖动物资源特点	104
五、重要种类记述与云南新分布记录种	105
六、外来入侵或引进物种的形态描述和生物学特性及其地理分布	107
七、底栖动物的保护及合理开发利用建议	109
第六节 昆虫类	111
一、研究概况及研究内容、方法及时间	111
二、昆虫区系成分分析	113
三、昆虫物种多样性特征	119
四、昆虫资源特点	119
五、重要种类记述与云南新分布记录种	122
六、昆虫资源的利用现状、保护及合理开发利用	127
第七节 浮游生物	129
一、研究历史	129
二、定性调查与分析	134
三、定量调查与分析	136
四、结果及讨论	138
第四章 苍山洱海地理与生物多样性评价	140
第一节 苍山洱海生物多样性宝库的不可替代性	140
一、世界生物地理研究的热点地区	140
二、著名的模式标本采集地	141

三、我国西部候鸟迁徙的重要通道	142
四、全球生物多样性保护的关键地区	142
第二节 苍山洱海生物多样性的特殊价值	143
一、完整的山地植被垂直带谱与多样的森林植被类型	143
二、丰富的生物物种多样性	144
三、突出的特有现象	144
四、集中分布的珍稀濒危物种	145
五、世界兰花、杜鹃与冷杉的现代分布与分化中心	145
第三节 苍山洱海特殊的地质历史是生物多样性丰富而区系组成复杂的主要原因	146
一、苍山生物多样性如此丰富与北半球古热带的发生与演变紧密联系	146
二、地质大动荡之后稳定环境使生物多样性迅速繁荣发展	147
三、苍山处于多个生物区系单元影响下形成明显的边缘效应	147
四、第四纪冰川只在山体上部覆盖，在中山以下保留了许多古老的孑遗物种	147
第四节 苍山洱海国家级自然保护区的生物多样性主要特征	148
一、保护区的生物地理区系特征与主要保护对象	148
二、景观多样性特征	148
三、生态系统与植物群落多样性特征	149
四、物种多样性特征	149
五、遗传多样性丰富而经济价值极高	153
六、存在的主要问题	153
七、对苍山洱海生物多样性保护的建议	154
参考文献	157
附录	161
附录 I 洱海高原湖泊湿地植物名录	161
附录 II 洱海高原湖泊湿地植物群落多样性指数	220
附录 III 洱海高原湖泊湿地鸟类名录	226
附录 IV 洱海高原湖泊湿地兽类名录	239
附表 V 洱海高原湖泊湿地两栖和爬行动物名录	242
附录 VI 洱海高原湖泊湿地昆虫名录与区系	244
附录 VII 洱海高原湖泊湿地浮游生物名录	265

第一章 洱海非生物环境概况

第一节 地理位置与管辖范围

一、保护区位置、管辖范围及主要保护对象

苍山洱海国家级自然保护区位于中国云南省西部的大理白族自治州境内。1981年经云南省人民政府批准公布为省级自然保护区,1994年经中华人民共和国国务院国函(1994)26号文批准公布为国家级自然保护区。保护区地处滇中高原西部与横断山脉南端的交汇地带,地理坐标范围为 $E90^{\circ}57' \sim 100^{\circ}18'$, $N25^{\circ}26' \sim 26^{\circ}00'$ 。

保护区管辖范围包括苍山、洱海两大部分,地跨2县1市,苍山西坡为漾濞县,东坡为大理市,洱海北端为洱源县,南端为大理市,总面积 797km^2 。其中苍山部分,包括东坡海拔2200m以上,南至西洱河北岸海拔2000m以上;西坡海拔2000m(由西洱河北岸合江口平坡村至金牛村)和2400m(由光明村至三厂局)以上,北至云弄峰余脉范围。规划面积约 546km^2 , 占总面积的68%。洱海部分包括东起海东环湖公路,西沿湖岸线;南起洱海公园,北止洱海弥苴河三角洲(包括弥苴河段)。整个洱海湖面及部分滩涂,规划面积约 251km^2 , 占总面积的32%。

依据《自然保护区类型与级别划分原则》(GB/T 14529—1993),苍山洱海国家级自然保护区属于自然生态系统类别,同时兼属自然遗迹类别,包含三种类型:森林生态系统类型、内陆湿地和水域生态系统类型、地质遗迹类型。因此,保护区是一个集自然景观、地质地貌、生物资源、人文历史特色为一体的,国内罕见的多层次、多功能、大容量的综合型自然保护区。保护区的主要保护对象为:
①高原淡水湖泊水体湿地生态系统;②第四纪冰川遗迹高原淡水湖泊;③以苍山冷杉-杜鹃林为特色的高山垂直带植被及生态景观;④以大理弓鱼为主要成分的特殊鱼类区系。

二、保护区建立的目的和意义

保护区建立的目的包括:①有效地保护苍山高山垂直带生态系统和洱海高原湖泊生态系统,防止和降低人类活动造成的损害;②有效地保护和管理苍山洱海地区的生物多样性;③提高苍山洱海地区的自然生态环境质量和人们的生活质量;

④有效地保护和管理保护区内的生物资源、水资源、土地资源、矿产资源、湿地资源、景观资源和自然遗迹。

保护区建立的意义在于：①建立苍山洱海自然保护区是社会主义物质文明建设和精神文明建设中的一个重要组成部分；②建立保护区是大理地区实施可持续发展战略的重要步骤，有助于区域民族经济和环境保护的协调发展；③建立保护区对维护本地区的生态平衡具有重要意义；④旅游业和生物资源产业化开发是大理的支柱产业，其基础是优美的自然生态环境和丰富的生物多样性，建立保护区为两大支柱产业的发展提供了重要基础；⑤保护区地处澜沧江-湄公河流域的上游，保护区的有效保护管理直接关系流域水资源的质量，影响澜沧江-湄公河次区域的综合开发，因而具有重要的国际意义。

第二节 洱海生物多样性与 cultural 多样性

保护区地处青藏高原南缘，苍山纵列于洱海西岸，属古北界、中国西南省、四川云南高原、云南高原亚地理单元，地带性植被为半湿润常绿阔叶林，区内存在的苍山冷杉林、常绿阔叶林以及由多种杜鹃构成的寒温性灌丛为本地理单元的典型代表，植物物种的脆弱性和分布的边缘效应明显。动物区系上，保护区地处东洋界的西南区，是一些南北动物分布的阻限地。

一、景观多样性

保护区包涵了丰富的景观多样性，具有高山生态景观、森林生态景观、雪原景观、冰川遗迹景观、高原湖泊景观和湿地生态景观。整个保护区水陆相依，山川辉映，形成独特的“风花雪月”风貌。此外，保护区内植被类型和分布，直接受地形和气候的影响，形成典型而明显的植物垂直分布带谱，独具特色。从洱海湖区至苍山顶峰，随海拔高度的变化，植被和植物种类的分布极为明显，层次清晰，保存着许多从南亚热带过渡到高山冰漠带的各种植被类型。

二、生态系统多样性

保护区海拔从西坡漾濞河谷 1560m 至苍山主峰 4122m，相对高差为 2562m，植物垂直分布带谱明显，形成丰富多样的生态系统类型，包括森林生态系统、草甸生态系统、高原湖泊系统和湿地生态系统。

三、遗传多样性

保护区是一个种类丰富的动植物种质资源基因库，具有 26 种珍稀濒危植物和

大量多种用途的经济植物, 其中国家二级保护植物 4 种, 三级保护植物 10 种, 中国特有种 3 种, 云南特有种 4 种, 苍山特有种 5 种。花卉植物资源丰富, 包括山茶花、杜鹃花、木兰花、报春花、百合花、龙胆花、兰花、绿绒蒿等云南八大名花的全部种类。药用植物有 199 科 601 种。经济果木有茶、核桃、板栗、石榴、柑橘、梅、杏、李、桃等。苍山杜鹃花有 44 种, 约占中国杜鹃花总数的 10%, 占云南省杜鹃花总数的 18%。洱海水生动物资源丰富, 有鱼类 8 科 20 属 33 种, 其中土著鱼 17 种, 8 种为洱海特有种, 洱海特有的大理裂腹鱼(大理弓鱼)、洱海鲤为国家二级重点保护鱼类, 大理鲤、春鲤为云南省二级保护动物。

四、物种多样性

苍山洱海地区地处三江水系分水岭的复合地带, 在青藏高原南缘, 横断山脉南端与滇中高原的接合部位。经鉴定查实, 保护区内种子植物约 2330 种, 隶属 170 科 755 属, 约占云南省种子植物种数的 15%。其中, 洱海水生植物有 26 科 44 属, 共 61 种, 包括沉水植物 19 种, 浮叶植物 7 种, 漂浮及悬浮植物 6 种, 挺水植物 11 种, 其他 18 种。洱海藻类有 195 种, 属 42 科。根据目前的调查结果, 保护区动物种类约 433 种, 其中, 高等动物 285 种(兽类 82 种, 鸟类 170 种, 鱼类 33 种), 低等动物 148 种。国家一级保护动物 8 种, 二级保护动物 15 种。

五、文化多样性

远在新石器时代, 就有白族、彝族的先民在苍山洱海之间繁衍生息。这里是云南文化的发祥地之一, 西汉始设郡县, 唐代的南诏国、宋代的大理国曾是云南的政治、经济、文化中心, 历时长达 500 多年。公元 1000 年前大理曾是世界 14 大城市之一, 清康熙年间御赐大理为“文献名邦”, 被称为亚洲文化十字路口的古都, 是我国西南丝绸之路和茶马古道的重要枢纽, 是以苍山洱海为依托发展起来中国第一批公布的历史文化名城和旅游风景名胜区之一。因此, 拥有众多的名胜古迹和宝贵的民族文化遗产, 仅在苍山洱海之间, 大理三塔、南诏太和城遗址和德化碑在 20 世纪 50 年代就被列为国家重点文物保护单位, 苍山山麓的元世祖平云南碑和喜洲白族民居古建筑群也为国家重点文物保护单位。此外, 还有蝴蝶泉、蛇骨塔、大理紫禁城等一大批文物保护单位。据统计, 大理市共有 57 项文物保护单位, 国家级 5 项、省级 10 项、州级 7 项、市级 35 项; 洱源县共有 19 项文物保护单位, 省级 1 项、州级 4 项、市级 14 项; 漾濞县共有 10 项文物保护单位, 省级 2 项、州级 1 项、县级 7 项。各具特色的名胜景点遍布苍山洱海之间, 以优美的民间故事和神话传说为点缀, 以丰富多彩的民俗风情为特色, 所有这些都蕴含着丰富的民族文化内涵, 代表着以洱海为中心的文化多样性。

第三节 地质地貌

一、地质

苍山洱海地区在中远古界为一套绿片岩系眼球状混合岩及大理岩。大理岩在中和寺一带南北延伸达 21km, 厚近百米, 经过强烈变质作用后形成有较高利用价值的大理石。在 4 亿多年前的奥陶纪, 本区域是一片较深的海洋, 向阳村发现的三叶虫化石是其化石证据之一。在凤仪、迎凤村一带为一套滨海至深海相碎屑岩, 夹杂少量碳酸盐及石英砂岩, 产三瘤虫、笔石、腕足类化石。自泥盆纪开始, 海底逐渐上升, 此时的苍山洱海是一片浅海, 气候温暖, 与现在的海南省的气候条件相似, 生长有珊瑚、海百合、有孔虫等造礁生物。下泥盆统为灰色白云质结晶灰岩, 上覆变质碎屑岩。下石炭纪为一套粉晶骨屑灰岩、泥灰岩, 产双壳、腕足、有孔虫类生物碎片。二叠纪为一套台地相碳酸盐岩、角砾状粉晶灰岩。三叠纪初期, 这里是古地中海的一部分, 为一套滨海板岩、粉砂岩、石英砂岩夹千枚岩相, 在挖色、海东及宾川一带产双壳类及腕足类化石。到三叠纪晚期, 本区域才最终从海洋变成陆地, 茂密的植被掩埋成岩后, 生成了现今祥云一带可供开采的煤层。在侏罗纪、白垩纪及早第三纪, 洱海流域是炎热干燥的内陆盆地, 堆积了较厚的红色岩层。自晚第三纪, 本区域开始了准平原化过程, 气候温暖, 沼泽盆地在剑川双河、洱源三营一带被掩埋后, 形成煤层。第四纪早期, 本区域海拔较低, 约在数百米至 1km 之间。冰期到来, 形成冰盖和高原冰川。冰川剥蚀作用形成了众多的冰蚀湖和开阔的 U 形谷, 这是现今云贵高原及滇西各坝子形成的早期形态, 洱海、凤仪等坝子均由此时的冰蚀湖泊发育而来。在中早更新世, 大理地区的冰盖与滇西北迪庆高原以及西藏高原的冰盖是断续相连的, 由于晚期流水的切割, 才被逐渐分割得十分零碎。苍山顶部的花甸坝、小花甸坝等高原面正是当时巨大冰盖的一部分。在更新世末期, 冰盖逐渐消融, 新构造运动的产生使苍山强烈上升, 海拔达到 4000m 以上; 洱海下降, 洱海周围地区的高原海拔约 2000m。在晚更新世, 周围各湖盆进一步发展, 流水地貌开始依古冰蚀地貌发育, 按流水线状刻蚀的新规律发展。由于高差巨大, 河流阶地狭窄, 它们都具有流水沉积的二元结构, 上细下粗, 分选和滚圆度较好。而在苍山两侧, 因地处雪线附近, 冰川剥蚀作用较强, 又有丰富的冰碛物来源, 进一步加强了侵蚀能力, 使山体外侧的河流出口处堆积了大量冲积物。苍山东坡十八溪沟口洪积扇相连形成一个较大的冲击-洪积扇群。在冲积-洪积物中常混有未经改造的巨大冰碛或漂砾。由于新构造运动, 太平洋板块向西挤压, 产生了近南北方向的横断山脉, 控制着本区域地貌

第四纪沉积物主要构造“北北西-南南东”方向的洱海断裂,及其相关的断块褶皱隆起和断块褶皱凹陷,如苍山隆起、宾川凹陷等。洱海断裂带是区域的控制性地质构造——苍山和洱海的形成,近代地震的发生、地热异常等均与该断裂带的活动有关。它是沿老君山-点苍山-哀牢山一线分布的洱海-红河深大断裂带的北延部分。以此为界,现今的洱海流域可分为两部分:东部属扬子准地台区,海拔约2800m;西部属滇藏地槽褶皱区(又称三江褶皱区),海拔3074~4122m。其中,前者西以洱海-红河断裂为界,向东延伸入楚雄州境,为扬子准地台西缘的一部分;后者包含大理白族自治州西部及南部广大地区,东以洱海-红河断裂为界,西至怒江、澜沧江河谷,呈南北纵贯州境(大理白族自治州人民政府,2006)。除此之外,流域内还有东西向、北东向等走向的断裂构造。东西向地质构造为早期构造,地层褶皱多发生于中生代以下地层。元古界变质岩褶皱较紧密,其余地层中多为小规模同层褶皱,多以“小背斜”、“小向斜”的形式出现在海东、凤仪的东西部以及下关南部的山区等处。北东向构造有西洱河断裂及鸡足山山前断裂等,表现均较弱(云南省建设项目环境审核受理中心等,2009)。从第四纪沉积物的分布与变化规律反映出苍山是一个古老隆起新的复活,苍山断块隆起上升越快,其侵蚀加剧而使冲积扇的规模越大,冲积扇靠近洱海断裂发育,反映了晚更新世以来洱海断裂两侧剧烈的相对垂直运动。在苍山隆起后,其山间湖泊被河流不断袭夺,形成了金沙江、澜沧江与红河(元江)三大水系的分水岭:洱海、剑川、洱源、沙溪各湖泊被澜沧江袭夺;鹤庆、宾川等地的湖泊被金沙江袭夺;祥云、弥渡、巍山等地的湖泊被红河水系袭夺,并改造了古老的冰蚀湖盆。地貌裂点即袭夺点,在各湖盆水系的出口均有分布,如下关的天生桥、洱源的下山口等。在裂点以下横断山脉发育着许多深2000m以上的峡谷;而裂点以上常见保存良好的古老开阔高原景观,洱海就是其中的典型代表。目前洱海周围的多数河流尚处于幼年期,古老的高原将继续被流水切割,湖泊将变成干坝子;河流V形谷将不断加宽,上部的U形谷将逐渐变窄。

二、地貌

洱海流域地形西北高、东南低,山脉呈南北走向,洱海位于流域东南部峡谷区内。洱海断裂带是滇东高原和横断山区的分界——以东属滇中高原,以西属横断山。地层在强烈抬升过程中错断陷落,其中隆起地块形成断块山地——洱海流域东有玉案山,南有哀牢山,西有苍山,三山环状相连;而陷落地块形成典型的内陆断陷盆地,并积水而成为洱海。洱海西侧的苍山属横断山脉云岭系,两峰夹一溪,由19座山峰和18条溪流组成,山峰绵延南北形成一道巨大的天然屏障,为洱海的主要汇水面山。其19座山峰海拔均在3550m以上,最高点马龙峰,海

拔 4122m。洱海东侧山体相对较低。中部的大理坝地势平坦开阔, 土质肥沃, 为流域内主要人口聚集区。

流域地貌受洱海断裂带的影响及河流切割并经过多级夷平, 形成了以构造侵蚀为主的中等切割的中、低山陡坡, 以及部分缓坡、小型断陷湖盆、河流侵蚀、岩溶和冰川等地貌。构造侵蚀地貌以构造运动期地壳逐步上升接受剥蚀的西部苍山最为典型, 其次是环绕湖坝的中、低山脉。苍山主要由元古界前寒武片岩、片麻岩组成, 构造发育, 地形陡峻。南部和东部中、低山主要分布有中生界红色碎屑岩系及古生界的砂砾岩和石灰岩, 因其位于洱海断裂带东侧, 地壳相对下降, 因此山低坡缓。在挖色一带, 由于火成岩的侵入, 有石灰岩分布的山顶形成平缓带状侵蚀地形和部分断凹地形。小型断陷湖盆地貌是由于燕山构造运动末幕, 红河大断裂向北延伸形成洱海断裂, 断裂两侧不均匀隆起而形成大理及凤仪断陷盆地。盆地中部为澜沧江主河道通道, 因地形平缓低凹水体聚集, 水面拓宽成湖。河流侵蚀地貌是由于断裂构造的影响及流水侵蚀切割作用或者二者叠加而呈深谷和 V 形近代河谷地形, 最典型的是西洱河河谷, 其次是苍山十八溪河谷。这些河谷因长年流水下切致使河床逐步加深, 谷坡陡峻, 谷形狭长。岩溶地貌分布在石灰岩、大理岩、白云质灰岩等碳酸盐类地层区内, 喜洲、花甸、海东一带较为发育。这些地区地下水发育, 形成地下水时而汇聚、时而流失的岩溶地形和东部的垄岗地形。在冰川地貌方面, 第四纪山岳冰川遗址主要分布于洱海以西、永平以北的高山区。苍山是我国最后一次冰期“大理冰期”的命名地, 也是末次冰期受冰川作用最靠南的山地, 比较完整地保存了冰斗(如山玉局峰北侧洗马潭、三阳峰下黄龙潭)、冰蚀槽谷(分布较普遍, 典型槽谷如马龙峰与玉局峰间的青碧溪)、刃脊和角峰(3700m 以上随处可见)等古冰川遗迹地貌, 具有重要科研价值(云南省林业调查规划院大理分院, 2003)。此外, 按照地势高低, 流域地貌还可分为高山、中山、中山峡谷、高原丘陵和盆地五类: 其中点苍山属高山地貌; 西洱河河谷属中山峡谷地貌; 凤仪、下关属中山地貌; 挖色、海东除个别地段为中山地貌外, 大部分属高原丘陵地貌; 洱海及沿湖平坝属盆地地貌。

第四节 气 候

洱海流域气候属典型的低纬度亚热带高原季风气候, 有干湿季之别而无四季之分, 每年 11 月至次年 4 月, 主要受西方干暖气流控制, 雨量少, 晴天多, 为干季; 5 月下旬至 10 月, 主要受西南暖湿气流控制, 多阴雨, 为雨季。气候有冬无严寒、夏无酷暑、雨热同季、干湿分明、四季如春、日照充足、四季多风、年温

差小、日温差大、立体气候明显的特点。多年平均日照时数为 2031.8~2478.3h, 占可照时数的 47%~56%, 太阳总辐射量 140~150kcal/(cm²·a)。

一、气温

据大理气象台站建站至 20 世纪 80 年代的 30 年系列气象资料统计, 洱海湖区多年平均气温为 15.1℃; 最热月 (7 月) 平均气温 20.5℃, 极端最高气温 34℃; 最冷月 (1 月) 平均气温 8℃以上, 极端最低气温-4.2℃。洱海年均水温 16.9℃, 湖水全年不结冰。区域基本上无低于 5℃的日平均气温, 日平均气温 15℃以上的持续日数在 150 天以上; 年温差平均为 11.4℃, 日温差平均为 11.6~13.1℃。苍山西坡气温差大于东坡、旱季最低降水月雨量低于东坡, 这表明洱海水体对苍山东坡小气候具有一定的调节作用。

二、降水

洱海流域地处多雨坝区, 雨量充沛, 年均降水量为 1078.9mm。降水主要集中在 5~10 月汛期, 汛期雨量占年降雨量的 80%~85%, 而旱季雨量占年降雨量的 15%~20%。最大降水量在八月, 平均降水 239.9mm, 一日最大降水 136.8mm。雨量在流域内的空间分布不均匀, 形成西多东少的现象, 东部降雨量少于西部 25%~30%。苍山是流域雨量最集中的地方。据苍山雨量站统计, 汛期降水量为 1482.5mm, 占该站全年降水量的 87%; 最大降水仍在八月, 平均降水 309.1mm。海西片, 汛期降水一般为 950~2000mm; 海南片, 汛期降水 850~950mm; 海东片, 汛期降水 650~850mm。其中海西片是降雨量相对较多的区域, 其面积占大理市的 29.6%, 降雨量占 36.0%; 海南片面积占大理市的 40.2%, 降雨量占 39.8%; 海东片面积占大理市的 15.7%, 降雨量只占 12.65%; 洱海水面占大理市面积的 14.5%, 降雨量占全市的 11.6%。此外, 洱海流域的降水量具有随海拔升高而增加的趋势, 海拔每增加 100m, 海西片降水量增加 60mm, 海南片降水量增加 36.1mm, 海东片降水量增加 23mm。洱海水面的年平均蒸发量为 1208.6mm, 最大蒸发量为 1520mm (1968 年), 最小为 932mm (1952 年), 年平均相对湿度约 66%。

三、风

冬春季节西风急流沿西洱河峡谷而上, 使洱海盆地盛行主导风向为西南向的大风。其中, 大理片区平均风速 2.3m/s, 瞬间最大风速达 40m/s, 风速在 17m/s 的大风日数年平均为 56 天, 最多年份达 110 天; 下关年平均风速 4.1m/s, 瞬间最大风速达 27.9m/s, 风速在 17m/s 的大风日数年平均为 78.5 天, 最多年份达 164 天, 距地面 10m 高度的风能年储量为 700.3kW·h/m², 有效风力出现时间占 66%,