

澜沧江－湄公河合作专项基金支持项目

澜湄淡水健康管理研究



生态环境部对外合作与交流中心
Foreign Environmental Cooperation Center



澜沧江－湄公河环境合作中心
Lancang-Mekong Environmental Cooperation Center



中国－东盟环境保护合作中心
China-ASEAN Environmental Cooperation Center

目 录

摘要	4
第一章 淡水生态系统管理方法学简介	5
第二章 西双版纳澜沧江淡水健康评价	7
2.1 研究背景	7
2.2 研究内容与结果分析	8
2.3 研究结论	9
第三章 海南松涛水库淡水健康评估	10
3.1 研究背景	10
3.2 研究内容与结果分析	12
3.3 研究结论	15
3.4 对策与建议	15
第四章 大理洱海淡水健康评价	15
4.1 研究背景	15
4.2 研究方法本地化简介	15
4.3 研究内容与结果分析	17
4.4 研究结论	18
参考文献	19

摘要

澜沧江－湄公河流域，涉及中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南六个国家，是世界上水资源、生态资源和生物多样性最为丰富的河流之一。健康的澜沧江－湄公河流域对于沿岸居民生计至关重要，并影响着东南亚以及全球其他地区人民的生活。

然而，伴随着湄公河地区国家的快速工业化、城镇化进程，越来越多的生态环境问题开始凸显出来，例如，工业、农业和生活污染物排放导致水资源污染、生态环境明显恶化等，因此，需要对澜沧江－湄公河淡水生态系统做一个系统性评估，以评价该流域的健康状况，进而对相应的地区发展政策作出及时调整。

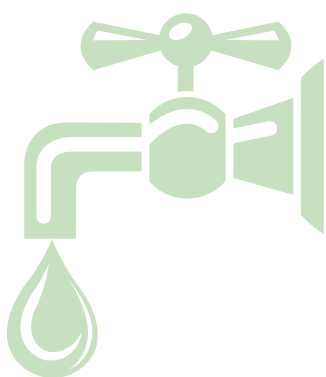
本研究以澜沧江－湄公河环境合作为视角，通过选取中国云南省西双版纳傣族自治州（以下简称西双版纳）澜沧江主流、大理洱海作为示范项目，应用淡水健康指数（FHI）研究方法，对该流域的健康状况进行了首次评估；同时，联合海南省环境科学研究院选取海南省南渡江上游松涛水库为示范项目，开展了淡水生态系统管理对比研究。

FHI 研究方法通过突出健康淡水生态系统及其提供的服务和管理与利益相关方在淡水管理和使用中的角色之间的关系，弥补了当前淡水健康评估指标的不足。FHI 相关指标主要分为三大类：生态系统生命力指标、生态系统服务指标和管理与利益相关方指标。其中，生态系统生命力指标包含水量、水质、流域情况、生物多样性四个二级指标；生态系统服务指标包含供给、调控与支持、文化三个二级指标；管理与利益相关方指标包含政策环境、利益相关方参与、愿景和适应性管理¹、有效性四个二级指标。每个二级指标又下设若干三级指标。

项目组成员赴西双版纳、大理、海南省松涛水库开展了多次实地调研，并多次召开利益相关方论坛。通过阅读文献与年鉴、收集环境监测数据、解读遥感图像、实地走访、问卷调查、模型模拟（SWAT 模型）等方式得到了生态系统生命力指标、生态系统服务指标计算所需数据；关于管理与利益相关方指标计算所需数据，主要通过组织利益相关方填写调查问卷分析等方式获取。

同时，项目组还会同中国生态环境部、水利部系统直属单位、云南省生态环境厅直属单位、海南省生态环境厅、地方政府主管部门、研究机构、学者、NGO、企业界等方面的专家和代表，对 FHI 各级评估指标进行了权重赋值，并运用层次分析法（AHP）分析得出了最终的各指标权重，进而计算得到了西双版纳澜沧江主流 FHI 各指标得分以及总得分。

应用 FHI 方法研究表明，西双版纳澜沧江主流、大理洱海、南渡江上游松涛水库淡水生态系统健康状况总体状况良好。未来几年将对以上流域进行跟踪评估，通过分数的增加或降低为当地淡水生态系统管理工作提供政策建议。



¹ 愿景和适应性管理指将信息纳入流域政策和规划的能力。

第一章 淡水生态系统管理方法学简介

淡水健康指数（FHI）研究方法突出了健康的淡水生态系统本身、健康的淡水生态系统所能提供的服务以及管理与利益相关方在淡水管理和使用中的角色与作用，强调三者之间是相辅相成、互相影响的统一体（如图 1-1），从而弥补了当前淡水健康评估指标无法兼顾以上三者的不足。

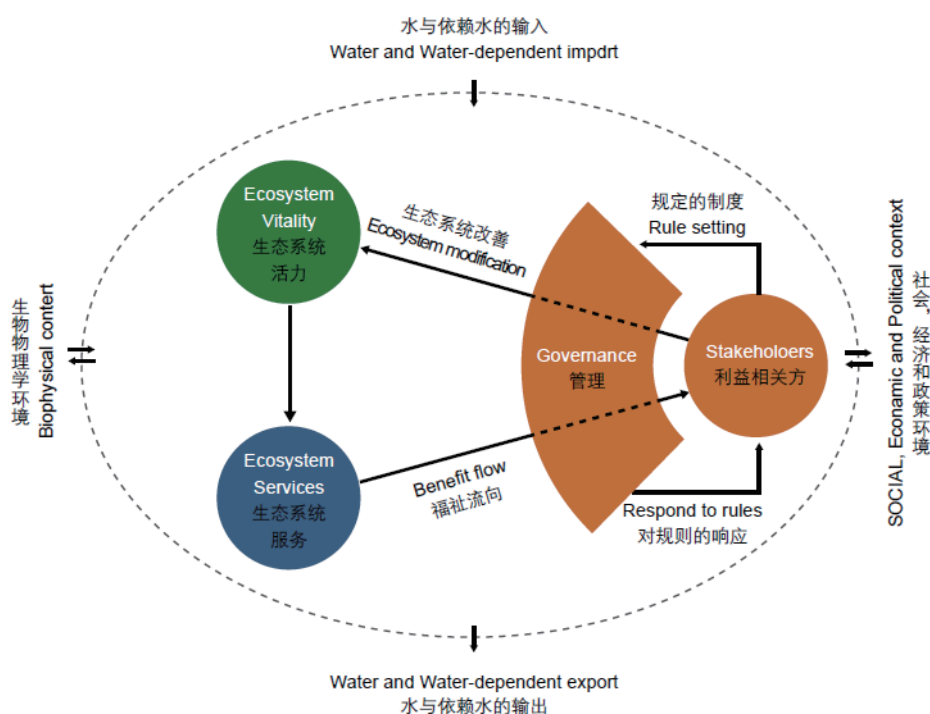


图 1-1 社会 - 淡水生态系统概念框架

FHI 评价体系包括生态系统生命力、生态系统服务和管理与利益相关方三个一级指标。其中，生态系统生命力包含水量、水质、流域情况、生物多样性四个二级指标；生态系统服务包含供给、调控与支持、文化三个二级指标；管理与利益相关方包括政策环境、利益相关方参与、愿景和适应性管理、有效性四个二级指标。每个二级指标又下设若干三级指标，具体指标体系见表 1-1。

表 1-1 淡水生态系统评估指标体系

一级和二级指标	三级指标
生态系统生命力	
水量	与天然径流的差异
	地下水储量
水质	总氮
	总磷
	高锰酸盐指数
	阴离子表面活性剂
流域情况	河道改变程度
	天然地表覆盖变化
生物多样性	关注物种数量和趋势的变化
	入侵物种和有害物种数量和趋势的变化
生态系统服务	
供给	年均用水压力
	供水的可靠性
	供消费的生物质量
调控与支持	泥沙调控
	水过滤
	防洪减灾
	疾病调控
文化	保护区
	涉水休闲业
管理与利益相关方	
政策环境	水资源管理
	资源使用权
	激励措施与规则
	财务能力
	技术能力
利益相关方参与	信息获取
	决策制定过程中的参与
愿景和适应性管理	战略规划和适应性管理
	监测和学习机制
有效性	执行和遵守情况
	利益分配
	水相关冲突

第二章 西双版纳澜沧江淡水健康评价

2.1 研究背景

本项目研究区域为中国云南省西双版纳傣族自治州，如下图红色标注，位于中国与老挝、缅甸边界。西双版纳属热带季风气候，夏季受印度洋的西南季风和太平洋东南气流影响，形成了高温多雨、干湿季分明而四季不明显的气候特点，干季从当年11月到次年4月，湿季从5月至10月。西双版纳雨量充沛，阳光充足，年降雨量1136–1513毫米。

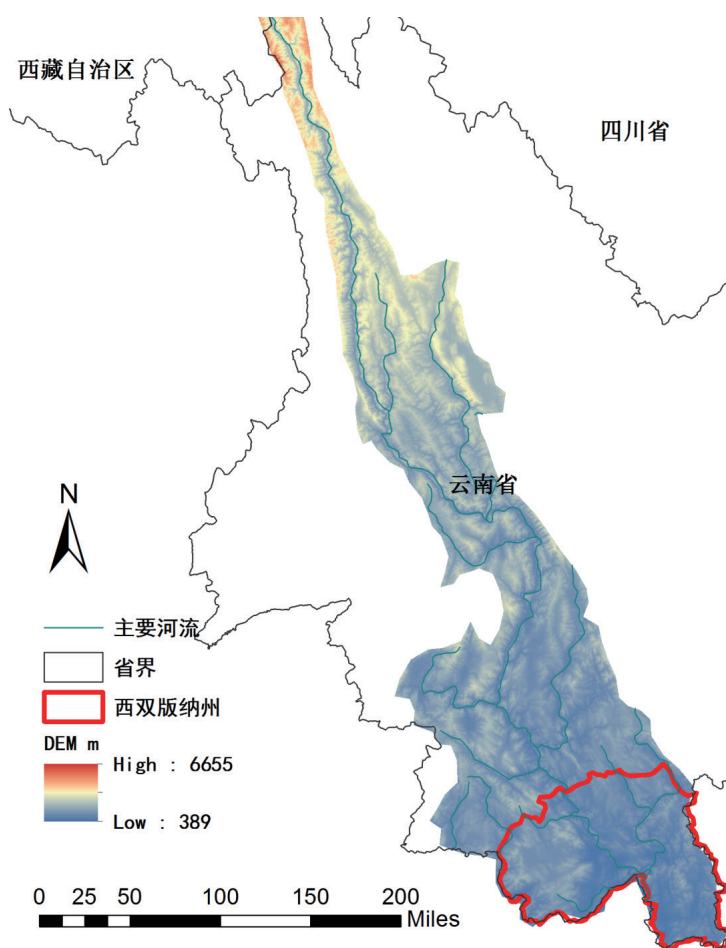


图 2-1 云南省澜沧江流域分布图

2.2 研究内容与结果分析

生态系统生命力主要用于评估西双版纳澜沧江主干流的水量、水质、流域情况及生物多样性指标，由于生态系统保护工作在西双版纳州的重要性，该指标得到了相较其他两项指标更高的权重，该指标得分为 89.2 分。西双版纳水资源丰富，少有枯水年。经济结构以第一和第三产业为主，第二产业占比较小，水质优良。此外，西双版纳特殊的地理环境与温暖湿润的气候，繁育了极为丰富的动植物资源，生物多样性保存程度较好。因此，西双版纳澜沧江的水质、水量、生物多样性指标得分均较高。然而，河道改变程度和天然覆盖率变化两项导致了较低的流域情况得分。

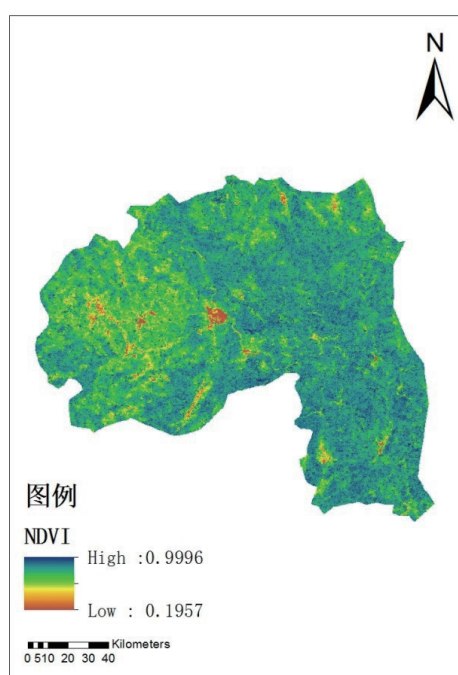


图 2-2 西双版纳天然植被覆盖指数分布图

生态系统服务指标主要评估西双版纳澜沧江主干流与水相关的供给、泥沙调控与支持和水相关文化指标，得分为 89.3 分。如前所述，西双版纳水资源丰富，无资源性缺水和季节性缺水现象，供水可靠性较高。西双版纳对渔业资源捕捞量统计数据较少，但据实地走访调研得知，天然河道里鲤鱼、草鱼相对较多。此外，农业局定期实行增殖放流，因此，研究流域供消费的生物质量较大。从地方统计数据和模拟结果来看，西双版纳澜沧江主干流在调控泥沙量、过滤水体污染物、防洪减灾、疾病调控方面效果较好，得分较高。对于涉水休闲业指标，由于无官方统计数据且难以通过模拟方法获得，项目组设计了调查问卷进行分析，总体来看，受访群体在涉水休闲娱乐上花费的时间较少，该部分得分较低。

管理与利益相关方指标评估的是西双版纳澜沧江主干流管理相关政策环境、利益相关方参与、有效性及愿景和适应性管理等情况。研究河段利益相关方较为多元化，相关执行机构能否从宏观管理角度进行流域规划与政策制定、从微观管理角度执行有效的流域投资、建设、保护项目，并对利益相关方进行有力协调，对流域可持续发展至关重要，但相关工作异常复杂。该部分得到了略高于生态系统服务指标的权重。由于该部分所衡量的指标无法精确量化，主观性较强，因此采用了问卷调查的方式进行研究。

调研组赴西双版纳并深入当地村落，对当地政府、企业、研究机构、社区进行了问卷调查或访谈。由于对当地淡水生态系统管理情况较为了解的 NGO 较少，且目前使用的调查问卷总体设计比较复杂，NGO 部分问卷或无法完成或缺省太多而无法使用，因此问卷调查中的 NGO 部分暂时缺省。此外，相关问卷调研参与者及与会专家也从各个角度对调查问卷的进一步完善提出了建议，包括扩大样本覆盖面以及设计更多本地化的考察指标等。

西双版纳澜沧江主干流管理与利益相关方指标得分为 80.8 分，为所有指标中得分最低项，表明该流域在管理与利益相关方参与方面仍然存在一定的挑战。

2.3 研究结论

西双版纳因其地理环境、经济结构、地方政府有效管理、利益相关方积极参与等诸多优势和做法，向来以生态环境优美著称。据统计，西双版纳获得“国家级生态乡镇”称号的乡镇有 26 个，生态乡镇验收命名比率达 83.9%，有着生态州的美誉。2017 年 9 月，西双版纳州被评为全国生态文明示范州。

应用 FHI 研究方法，综合生态系统活力、生态系统服务、管理与利益相关方三个因素，西双版纳澜沧江主干流首次评估总得分为 87.2 分，表明当地淡水生态系统健康状况良好。未来几年，还将对该流域进行持续跟踪评估，通过淡水健康指数得分的增加或降低为当地淡水生态系统管理工作提供相关政策建议。

在本研究中，生态系统生命力得分较高，为 89.2 分，主要原因是西双版纳水资源丰富，经济结构以第一和第三产业为主，且由于气候和地理原因，西双版纳动植物种类繁多，生物多样性丰富。然而，电站和水库建设引起的河道改变程度和橡胶林、香蕉林等引起的天然覆盖率变化导致了较低的流域情况得分。

生态系统服务得分最高，为 89.4 分，主要由于西双版纳水量丰富，且供水可靠性较高，供消费的生物质量大。此外，西双版纳澜沧江主干流在调控泥沙量、过滤水体污染物、防洪减灾、疾病调控方面效果较好，得分较高。然而，涉水休闲业得分较低，由此表明西双版纳在发展涉水休闲业上仍然存在很大空间。

管理与利益相关方指标得分最低，为 80.8 分。研究流域生态系统管理与利益相关方参与情况、各利益相关方协调工作比较复杂，该部分所衡量的指标无法进行精确量化，主观性较强。同时，由于问卷调查中的 NGO 部分暂时缺省，该指标得分的准确性与代表性还需进一步探讨。尽管如此，该得分依然具有一定的参考价值，表明西双版纳在加强淡水生态系统管理、协调各利益相关方、增强利益相关方参与水资源分配及水环境治理方面面临着一定的挑战。

第三章 海南松涛水库淡水健康评估

3.1 研究背景

松涛水库，又名松涛湖，是海南省最大的淡水湖泊，也是海南省最大的饮用水源地，水质总体优良，符合地表水Ⅱ类标准，同时具备灌溉，防洪，供水发电，造林等一体的多功能综合水体（具体位置见图 3-1）。湖（库）水面总面积 130.4 km²，流域面积 1503.3 km²。松涛水库饮用水源保护区总面积 248.3 km²，占全省城镇水源保护区总面积的 30%，担负着儋州、临高、屯昌、澄迈、定安、海口等市县及洋浦、老城开发区 200 多万人生产和生活用水供水任务，水质直接影响着琼北 400 多万人的生产生活和生命财产安全。

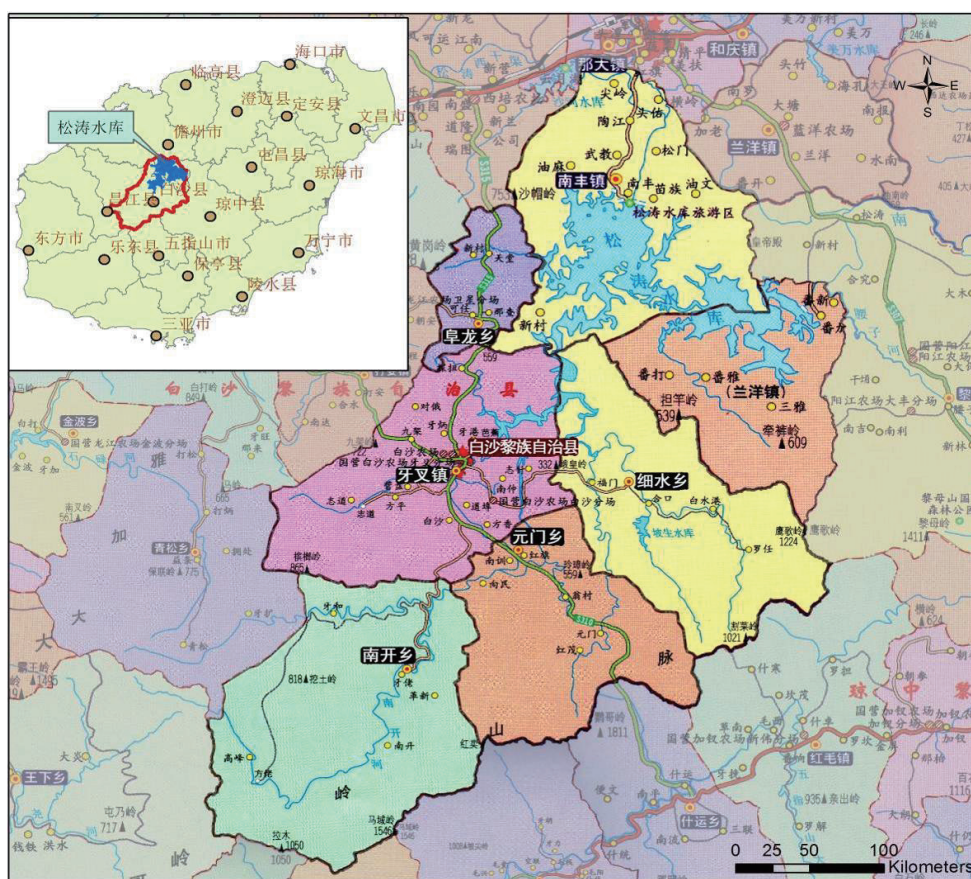


图 3-1 松涛水库范围及地理位置图

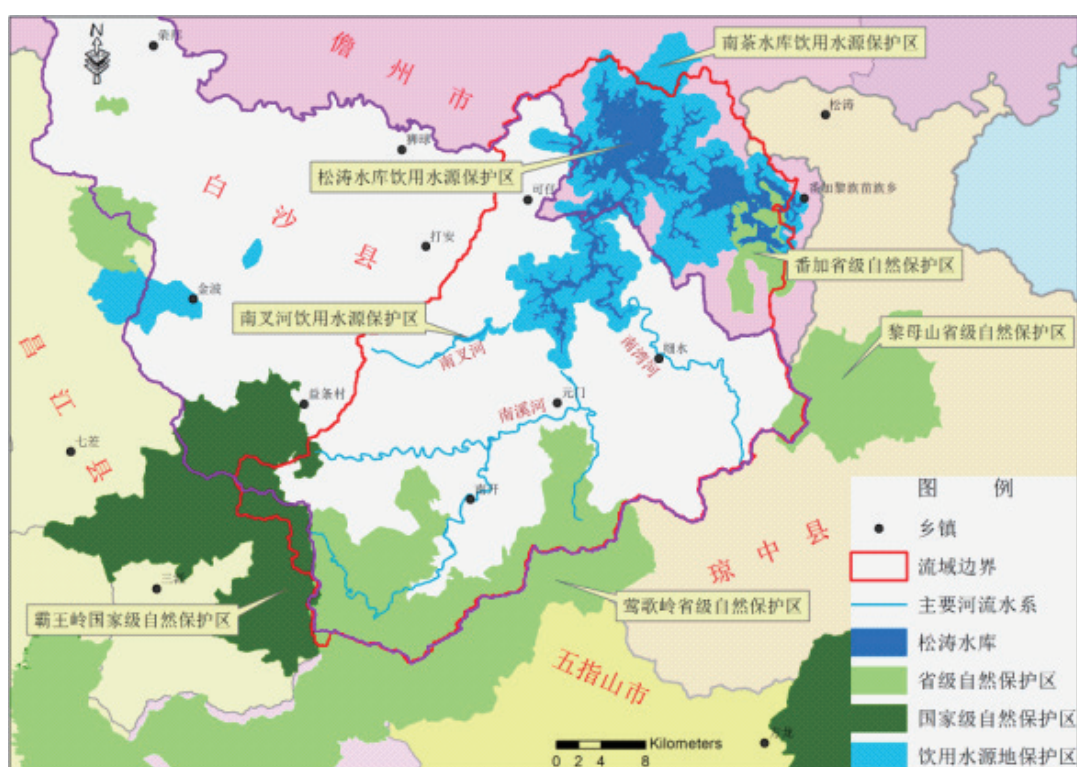
本研究应用 FHI 研究方法对松涛水库淡水生态系统健康状况进行了研究。受地域和研究对象差异的影响，海南省淡水生态系统评估指标体系根据试点评估流域特点，对个别三级指标进行了修改（具体指标体系见表 3-1）。

表 3-1 淡水健康指数评估指标体系

指标考量因子	指标解释
1. 生态系统生命力	衡量生态系统整体性和功能发挥的情况
1.1 水量	流域的水储量和流量
1.1.1 与天然径流的差异（近五年月均流量数据）	干流中水流与（开发前）天然径流的比较
1.1.2 地下水储量（水集吸取量）	地下水供给的消耗
1.2 水质	污染物浓度与水生生态系统赖以维持生物多样性的阈值的比较
1.2.1 悬浮颗粒物	流域总悬浮颗粒物含量
1.2.2 总氮	流域总氮含量
1.2.3 总磷	流域总磷含量
1.2.4 其他关注的水质参数	其他受关注的流域水质参数值
1.3 流域情况	地表覆盖变化及河道物理变化
1.3.1 河道改变程度（GIS, 大坝、建筑等）	水流碎片化的程度
1.3.2 天然地表覆盖变化	流域内天然地表覆盖的程度
1.4 生物多样性	依水而生的物种数量现状及发展趋势
1.4.1 关注物种数量和趋势的变化	受威胁的水生或河岸物种，以及其他受流域特别关注的物种
1.4.2 入侵物种和有害物种数量和趋势的变化	（有意或无意）引入生态系统的非本土物种
1.4.3 自然生态系统受保护程度	流域内自然保护地、自然生态系统保护区的面积
2. 生态系统服务	由淡水生态系统提供的各种与水相关的福利
2.1 供给	淡水生态系统的物质产出（主要是水和鱼）
2.1.1 年均用水压力	生活、工业、农业、生态环境净需水量与可供水量的比较
2.1.2 供水的可靠性	季节性变化和 / 或水质变差情况下满足用水需求的能力
2.1.3 可供消费的生物质量	人类可从淡水生态系统获取的鱼类、野生水产及其他物质
2.2 调控与支持	支持供给服务或提供防灾功能的生态系统过程
2.2.1 泥沙调控	生态系统调节泥沙从陆地流入及在河滩或出口沉积的能力
2.2.2 水过滤	生态系统天然过滤污染物的能力
2.2.3 防洪减灾	生态系统削减洪水径流量和 / 或滞洪的能力
2.2.4 疾病调控	水相关疾病（如登革热、疟疾、隐孢子虫病、血吸虫病）的流行情况
2.3 文化	人类从与淡水生态系统互动中体验到的非物质福利
2.3.1 保护区	河岸和湿地内由于其文化重要性被定为某种保护区的面积
2.3.2 涉水休闲业	人们花在与淡水生态系统相关的休闲活动上的时间
3. 管理与利益相关方	水资源相关政策的结构及其制定程序
3.1 使能环境（或称政策环境、有利环境）	淡水资源治理和管理中的政策、规则、市场机制和社会准则
3.1.1 水资源管理	机构行使协调、规划、融资和解决争议等关键管理功能的程度
3.1.2 资源使用权	水及相关资源的使用权的一致性
3.1.3 激励措施与规则	影响评价和经济刺激等不同管理手段的可用性
3.1.4 财务能力	水资源保护工作所需资金与现有资金的缺口
3.1.5 技术能力	水资源管理从业人员的数量和技术水平
3.2 利益相关方参与	利益相关方的互动途径以及这些互动的透明度和相关责任
3.2.1 信息获取	水量、水质、资源管理和开发数据的可获取性
3.2.2 决策制定过程中的参与	参与的利益相关方的范围及其话语在政策和规划中的分量
3.3 远见和适应性管理	将信息纳入流域政策和规划的能力
3.3.1 战略规划和适应性管理	实现流域或子流域全面战略规划的程度
3.3.2 监测和学习机制	水资源物理、化学、生物监测以及用于指导制定政策和规划的社会经济数据的质量和和使用
3.4 有效性	水相关政策和投资决策的成果
3.4.1 执行和遵守情况	法律的维持程度及协议的执行程度
3.4.2 利益分配	水资源管理决策的影响，特别是对弱势群体的影响
3.4.3 水相关冲突	水资源分配、获取、污染、引调水或者基础设施发展中出现的矛盾和冲突

生态系统生命力指标、生态系统服务指标计算所需数据通过阅读文献与年鉴、收集环境监测数据、解读遥感图像、实地走访、问卷调查等方式获得；管理与利益相关方指标计算所需数据，主要通过组织利益相关方填写调查问卷分析而得。各级指标权重由来自海南省生态环境厅、海南省松涛水库管理局、海南省环境科学研究院、海南省环境监测中心站、儋州市南丰镇政府、儋州市兰洋政府和白沙县牙叉镇政府等方面的专家和代表赋值，并运用层次分析法（AHP）分析而得。

生态系统生命力主要用于评估松涛水库的水量、水质、流域情况及生物多样性指标，由于生态系统保护工作在松涛水库流域的重要性，该指标得到了相较其他两项指标更高的权重，该指标得分为 89.8 分。海南岛水资源丰富，少有枯水年。松涛水库流域的经济主要以第一产业为主，水质优良。此外，松涛水库流域大部分位于海南中部山区国家级生态功能保护区，处于海南省生态红线保护范围内，是我国最大的热带植物园和最丰富的物种基因库，物种资源丰富，生物多样性保存程度较好。因此，松涛水库流域的水质、流域情况和生物多样性指标得分均较高。



松涛水库流域底栖动物监测点位图、鱼类资源调查野外采集布点图见图 3-3、3-4。



图 3-3 松涛水库流域底栖动物监测点位图



图 3-4 鱼类资源调查野外采集布点图

生态系统服务指标主要评估松涛水库流域与水相关的供给、泥沙调控与支持和水相关文化指标，得分为 89.1 分。松涛水库水资源丰富，无资源性缺水 and 季节性缺水现象，供水可靠性较高。松涛水库流域渔业资源捕捞包括海南省水务厅松涛水利灌区管理局和渔民捕捞两方面，捕捞量统计数据较少，但据实地走访调研得知，松涛水库里湖湾众多，除了鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼等普通种类，还有名贵的白骨鱼。鱼类物种资源丰富，同时海南省水务厅松涛水利灌区管理局每年都开展增殖放流活动，因此，研究流域供消费的生物质量较大。从统计数据来看，松涛水库流域在调控泥沙量、过滤水体污染物、防洪减灾、疾病调控方面效果较好，得分较高。对于涉水休闲业指标，为保护松涛水库生态环境，2014 年 4 月 23 日起松涛水库取消涉水休闲服务，受访群体在涉水休闲娱乐上花费的时间较少，该部分得分较低。

管理与利益相关方指标通过组织填写并分析《海南省淡水生态系统管理状况调查问卷——以松涛水库为例》的方式获得。调查问卷发放情况为：当地市政府和镇政府相关职能管理部门 9 份，主要发放对象为儋州市生态环境保护局、儋州市水务局、海南省松涛水库水利管理局、儋州市环境监测站的相关工作人员；研究机构 7 份，主要发放对象为海南大学、海南省环境科学研究院相关研究人员；社区 5 份，主要发放对象为松涛水库库区南丰居委会的当地居民；NGO 共 8 份，主要发放的非政府民间组织是海南智渔可持续科技发展研究中心。因松涛水库周边已无直接涉水相关企业，本次调查未进行企业问卷调查，企业部分缺省。

从分析回收的调查问卷来看，各利益相关方给出的评价得分差异显著。其中，NGO 评分最高，87.2 分；社区评分最低，68.6 分；政府机构和研究机构评分基本一致，分别为 78.5 分和 77.8 分。

根据调查结果分析可知，松涛水库淡水生态系统管理与利益相关方各指标中得分较高项是“资源使用权”（主要是禁渔制度、水资源在各行政区间间的分配制度和污水排放制度）和“水相关冲突”，其次是“战略规划和适应性管理”和“执行和遵守”（主要是水质状况）。最低得分项主要是“信息获取”（信息可得性、信息质量、透明度以及信息在水资源管理、规划或研究方面的应用），其次是“参与决策过程”（主要是决策响应度）。总体上看，基本符合松涛水库（湖库）淡水生态系统管理与资源利用现状。

3.3 研究结论

海南岛地理环境优越，生态系统相对独立，生态环境质量优异，松涛水库流域大部分位于海南中部山区国家级生态功能保护区，是海南岛的生态安全核心区域，生态环境质量更为突出。



应用 FHI 研究方法，松涛水库评估总得分为 87.4 分，其中生态系统生命力得分 89.8 分，生态系统服务得分 89.1 分，管理与利益相关方得分 80.7 分，从松涛水库流域 FHI 得分来看，当地淡水生态系统健康状况良好。

3.4 对策与建议

由于海南岛生态系统相对独立，生态环境质量优异，经济结构以第一、第三产业为主，地方政府有效管理等诸多因素，中国海南省松涛水库流域淡水生态系统健康状况良好。然而，随着海南省生态红线制度落地，松涛水库流域生态保护力度不断加强，流域内居民生产生活对资源的消耗与生态保护工作之间的矛盾不断凸显。此外，评估结果显示，松涛水库流域管理工作在信息获取、财务能力、技术能力得分较低，管理与利益相关方参与仍然存在着不足，需要进一步提升。

因此，建议松涛水库在继续保持水资源、水环境质量、生物多样性、供消费的生物质量等现有生态环境优势的前提下，提高信息公开力度，拓展资金来源方式，加大财政投入力度。同时，加强淡水生态系统管理力度，做好水资源使用及保护规划，增强利益相关方参与度，整体推进当地淡水生态系统管理工作。

第四章 大理洱海淡水健康评价

4.1 研究背景

大理洱海位于云南省大理白族自治州，是澜沧江水系的重要组成部分之一，也是目前云南省九大高原湖泊中为数不多的水质较好的湖泊之一，选择其作为水生态系统健康评价的主要对象，对于澜沧江－湄公河淡水生态系统管理研究具有代表性的研究意义，同时也可以通过对淡水生态系统健康状况的评估研究，为当地淡水生态系统管理提出可行性建议，并将我国淡水生态系统管理经验在湄公河国家进行分享。

4.2 研究方法本地化简介

本研究针对 FHI 指标的调整，首先是保持三大指标分类，既生态系统生命力、生态系统服务及管理与利益相关方不变，其次删除了部分无统计数据支撑或不适用于湖泊评价的二级指标，最后是结合调研收资情况和洱海保护相关规划，新增了部分洱海特色指标，并对部分无统计数据支撑的二级指标改为其它能反映 FHI 一级指标情况的具有可操作性的二级指标。

表 4-1 洱海淡水生态系统健康评价指标一览表

指标类别	一级指标	二级指标	简要说明
生态系统 生命力	水量	湖泊最低生态水位满足程度（ML）	每年湖泊水位位于最低水位之上的天数，天数越多说明湖泊状态越好。
		湖泊萎缩情况（ASC）	每年湖泊面积的变化情况，指标越大表明湖泊萎缩越厉害。
	水质	水质分类	水质类别（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ）情况，表明湖泊水质状况。
		耗氧有机物状况	水中氨氮、高锰酸盐和生化需氧量的浓度，指标越高则水体越不健康。
		溶解氧浓度	水中溶解氧的含量，溶解氧含量越高则湖泊越健康。
	富营养化程度	综合营养状态指数（TLI）	表征湖泊富营养化的程度，指标越高，说明湖泊富营养化越严重，水质越不健康。
		水华影响面积	表征蓝藻水华爆发的影响面积，面积越大越严重。
	水体纳污及污染物处理情况	年均污染物输入	表征污染物输入湖泊的量，污染物输入量超过水环境承载力则导致水质恶化。
		环湖旅游业污水处理率	表征旅游业污水排放对湖泊的影响，若处理率较低，则说明湖泊有可能被污染。
		城市及农村生活垃圾无害化处理率	表征环湖垃圾排放对湖泊的影响，若处理率较低，则说明湖泊有可能被污染。
	流域受干扰情况	湖滨带人工干扰程度	表征人类活动（如开客栈、采砂、建设环湖公园）等对湖泊的影响程度，人类活动越多则受干扰程度越大。
		流域植被覆盖度	湖泊周围植被的覆盖程度，指标越高则说明流域健康状况越好。
	生物多样性	浮游植物密度	水中藻类的生物量，指标越高说明其可能爆发水华的程度越高，湖泊就越不健康。
		浮游动物生物损失指数	水中浮游动物的消失情况，消失的种类越多，则说明其生物多样性受到影响越大。
		鱼类生物损失指数	水中鱼类的消失情况，消失的种类越多，则说明其生物多样性受到影响越大。
		外来物种影响	表示外来物种对湖泊的影响，外来物种入侵情况越严重，则湖泊越不健康。
生态系统 服务	供给能力	水功能区水质达标率	表征湖泊水能满足水资源开发利用的情况，指标越高，则越能满足开发利用。
		水产品产量	表征洱海水产品的供给能力。
	调度与支持能力	水体自净能力	湖泊的自我净化能力，自净能力越高说明受干扰能力越强。
		生态系统削峰或滞洪能力（水量调节能力）	表征防洪涝灾害的能力，指标越高则防洪能力越好。
		水相关疾病发病率	表征如（登革热、疟疾、隐孢子虫，血吸虫病）的发病情况，指标越高则湖泊越不健康。
	文化服务能力	流域旅游接待能力	表征游客数量有无超过旅游承载力的指标，超过承载力越多，则湖泊被干扰的可能就越大。
		旅游业收入占总 GDP 的百分比	表征旅游业的发展情况，间接表征湖泊带给人类的文化服务能力。
	社会经济	流域保护区范围内人口密度	人口密度越大，则湖泊受到污染的可能性就越大。
		流域人均 GDP	表征流域的经济发展情况。
	公众满意度	公众满意度	表征公众对湖泊生态环境的满意程度。
生态系统 管理	使能环境	水污染或其它与水相关问题的投诉处理办结率	表征湖泊管理执法的力度。
		财务能力	表征湖泊保护资金投入的情况，投入资金越多，说明越重视保护。
	管理能力建设	管理能力建设	表征相关部门的管理能力，如制定保护规划，制定政策，开展信息公开等，管理能力越好则湖泊可能受污染风险越小。

洱海淡水生态系统健康评价指标体系的权重赋值采用层次分析法（AHP）进行。通过湖泊研究领域专家和研究人员、环境管理政策研究相关领域科研人员对指标体系进行打分的结果，结合层次分析法的分析计算，最终得出洱海淡水生态系统健康评价指标体系的权重赋值。

4.3 研究内容与结果分析

生态系统生命力指标是综合水量、水质、富营养化程度、水体纳污及污染物处理情况、流域受干扰情况和生物多样性生态系统生命力的指标，反映了洱海淡水生态系统本身物理、化学、生物等特性，体现了生态系统结构完整性和稳定性。该指标综合得分为 86.35，表明洱海淡水生态系统经过近两年的治理前期退化情势得到了逆转，生态系统结构稳定性较好。

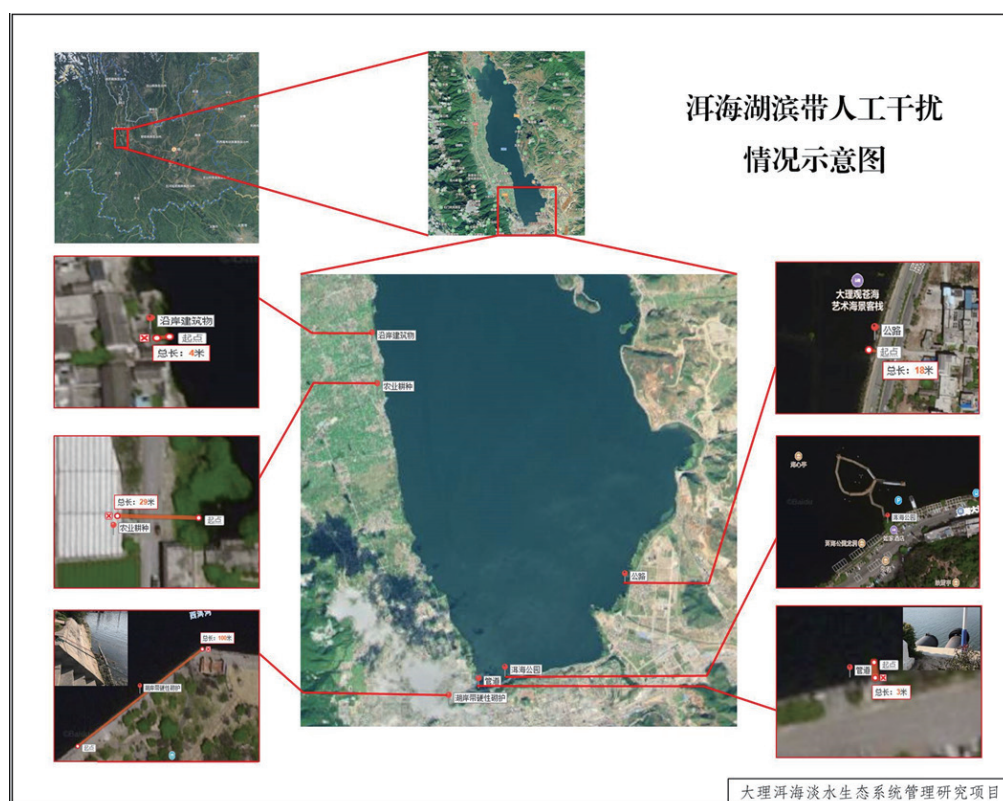


图 4-1 洱海湖滨带人工干扰实地调查

生态系统服务是基于生态系统结构所能提供的供给、调节、文化等服务功能，本指标综合供给能力、调度与支持能力、文化服务能力、社会经济和公众满意度 5 个指标进行评价。本指标综合得分为 82.28 分，生态系统服务供应能力良好。

洱海管理部门相关保护管理政策及利益相关者的活动直接影响到淡水生态系统健康状况，该指标主要通过综合使能环境和管理能力建设 2 个指标进行综合评价。该指标综合得分为 95.79 分，表明洱海保护力度不断加大，但管理水平与利益相关者参与洱海保护的力度都有了较大提升。

4.4 研究结论

项目以典型高原湖泊洱海作为研究对象，基于保护国际基金会开发的淡水健康指数（FHI），调整构建了适用于湖泊淡水生态系统健康评价的指标体系，其中一级指标 3 个，二级指标 13 个，三级指标 29 个。通过实地调研、资料收集和问卷调查等方式获取评估所需数据，对洱海淡水生态系统的健康状况进行了系统评估。

通过综合生态系统生命力指标、生态系统服务指标、管理和利益相关方指标得分，得到洱海淡水生态系统健康评价总得分为 87，表明洱海湖泊生态系统结构稳定，功能健全，周边旅游业和人类活动受到严格控制，湖泊生态系统呈可持续发展态势。

生态系统生命力指标得分为 86.35，生态系统服务指标得分为 82.28，管理与利益相关方指标得分为 95.79。3 个二级指标的得分均较高，虽然洱海前期过度开发导致生态系统生命力受损严重，所提供的生态系统服务也有限，随着 2015 年之后国家加大力度进行洱海保护，洱海淡水生态系统健康状况正在不断改善，生态系统健康已处较高水平。



参考文献

1. 云南省 2010–2015 年水利年鉴 .
2. 《地表水环境质量标准》（GB 3838–2002）.
3. 西双版纳州 2010–2015 年地表水月报
4. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User' s Manual. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.
5. 来明月 . 西双版纳州传染病流行现状及防治对策 . 卫生软科学, 2008, vol22(6):508–511.
6. 赵明旭等 . 西双版纳布龙自然保护区勐宋片区附生维管植物多样性与分布特征 . 植物分类与资源学报, 2015, 37 (3) :327–338.
7. 王兰新等 . 自然保护区生物多样性监测重点分析—以西双版纳为例 . 环境科学导刊, 2016, 35 (4) : 9–11.
8. 海南省 2013–2017 年水资源公报 .
9. 《地表水环境质量标准》（GB 3838–2002）.
10. 2010–2015 年海南省地表水环境质量状况月报 .
11. 任浩天等 . 海南岛松涛水库流域降雨侵蚀力的时空变化趋势 . 海南大学学报自然科学版, 2018 年 3 月 .
12. 关学彬等 . 基于 GIS 和 RUSLE 模型的松涛水库上游水土流失定量分析 . 中国水土保持, 2016, 10.
13. 云南省大理白族自治州洱海保护管理条例（修订）.
14. 洱海保护治理业务知识学习材料汇编 .
15. 大理州环境监测站提供的 2017 年洱海水质监测数据表 .
16. 洱海保护治理与流域生态建设“十三五”规划（2016–2020）.
17. 《大理市 2017 年国民经济和社会发展统计公报》.
18. 《大理市 2017 年政府工作报告》.
19. 《云南省大理白族自治州洱海保护管理条例》.



联系我们

澜沧江—湄公河环境合作中心
中国—东盟环境保护合作中心
生态环境部对外合作与交流中心
北京市西城区后英房胡同 5 号
邮编: 100035
电话: +86-010-82268221
电子邮箱: li.xia@fecomee.org.cn
网址: <http://www.mepfeco.org.cn>



澜沧江 - 湄公河环境合作中心: 澜沧江 - 湄公河环境合作中心是李克强总理在 2016 年 3 月召开的澜沧江 - 湄公河合作首次领导人会议上提出的倡议。2017 年 11 月澜沧江 - 湄公河环境合作中心在北京正式成立。中心旨在推动澜湄国家生态环境保护合作, 为澜湄国家提供环境与发展对话平台, 提升区域环境管理能力, 推进区域环保产业合作, 共同推动区域可持续发展。