

通海县杞麓湖渔业发展规划 和渔业捕捞控制计划 (2024-2028 年)

通海县杞麓湖管理局
中国科学院昆明动物研究所
二〇二四年六月

目 录

一、规划背景	4
1.1 规划背景	4
1.2 目的意义	4
二、杞麓湖概况	5
2.1 杞麓湖基本概况	5
2.2 杞麓湖生态环境现状	7
2.3 杞麓湖生态渔业实施现状	16
三、规划依据、原则	17
3.1 规划编制依据	17
3.2 规划原则	21
四、规划目标与年限	22
4.1 规划目标	22
4.2 规划年限	23
五、渔业发展规划和捕捞控制计划	23
5.1 生态渔业发展原理及内容	23
5.2 水生生物多样性修复	30
5.3 精准捕捞控制计划	39
5.4 杞麓湖生态环境监测	45
5.5 效果评估	51
5.6 管理措施	52
六、保障措施	52

6.1 加强现代渔业基础设施建设	52
6.2 推动现代渔业产业化进程	53
6.3 提升现代渔业科技支撑	53
6.4 加强渔业执法体系建设	53
6.5 资金保障	54

一、规划背景

1.1 规划背景

杞麓湖生态修复是深入贯彻习近平总书记生态文明建设思想和习近平总书记对湖泊保护治理重要指示批示精神，认真落实中央、省、市湖泊保护治理有关决策部署，在治湖措施上以壮士断腕的勇气来一场“湖泊革命”，坚定不移推动中央和省湖泊保护治理决策部署落地见效的重要举措。深入践行“绿水青山就是金山银山”理念，严格按照“五个坚持、四个彻底转变”治湖思路和“退减调治管”五字方略，牢牢把握“水质改善是硬道理，措施有效是硬道理”要求。

贯彻落实《农业农村部、生态环境部、林草局关于推进大水面生态渔业发展的指导意见》文件精神，践行绿色发展理念，充分发挥渔业的生态功能，云南省人民政府办公厅〔2019〕31号文件《云南省人民政府办公厅关于加强长江水生生物保护工作的实施意见》第5条，开展水生生态修复细则也明确指出：发挥鱼类在生物治理富营养化水体中积极作用，实现以渔控藻、以渔抑藻、以渔净水、以渔保水。杞麓湖通过人工增殖捕捞，修复水生生态系统，构建湖泊氮磷输出通道，达到减缓水体富营养化的目的，同时为社会提供优质水产品，走出一条水域生态保护和渔业生产相协调的杞麓湖生态渔业高质量发展道路。

1.2 目的意义

杞麓湖生态渔业发展建设，以创新、协调、绿色、开放、共

享的发展理念为引领，聚焦杞麓湖水生态环境的保护与科学恢复，通过科学规划与合理布局，确保渔业发展不超出湖泊生态系统的承载能力，避免过度捕捞，促进生态系统积极向好发展。利用“人放天养”模式，选择适宜的鱼种投放，利用鱼类在水体中的自然生长与食物链作用，促进水体中浮游生物、底栖生物等生态要素的合理分布，进一步增强湖泊的自我净化能力；加强水质监测与生态评估，运用现代信息技术手段，实时监测湖泊水质变化与生态状况，为科学决策提供有力支撑。将杞麓湖打造成为高原湖泊生态保护与修复的标杆，对杞麓湖渔业资源保护和可持续利用具有重要的现实意义。

二、杞麓湖概况

2.1 杞麓湖基本概况

2.1.1 地理位置

杞麓湖流域位于云南省中部，隶属玉溪市通海县。流域为新月形断拗盆地，位于东经 $102^{\circ}33'48'' \sim 102^{\circ}52'36''$ ，北纬 $24^{\circ}4'36'' \sim 24^{\circ}14'2''$ 之间，北枕江川星云湖，南望曲江干流，西依玉溪大河（曲江上游段），东邻华宁龙洞河，属珠江流域西江水系。流域交通方便，214 省道穿境而过，各乡村均有公路相通。县城秀山街道距昆明市 133km，距玉溪市 54 km，为省城通往滇南的交通要道。

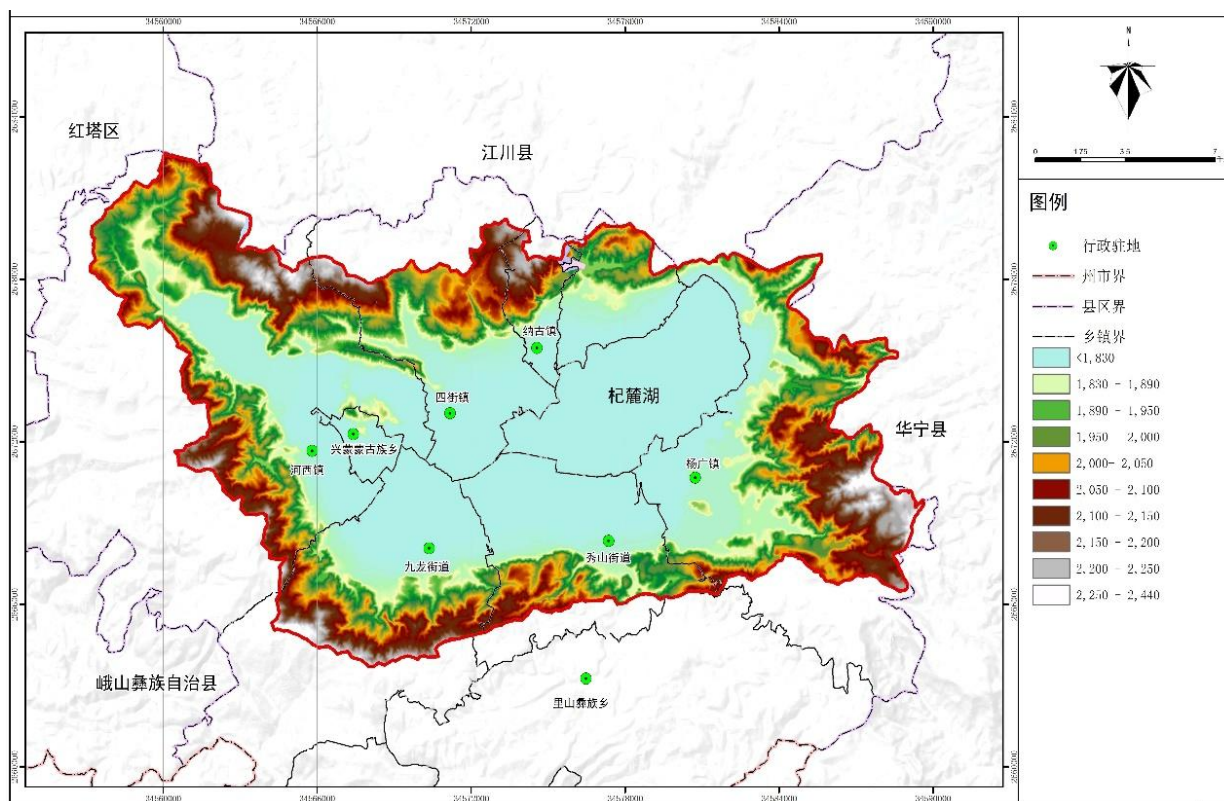


图 2.1-1 杞麓湖区位图

2.1.2 流域气候

杞麓湖流域属于中亚热带半湿润高原季风气候,年温差小二昼夜温差相对较大。内年平均气温 15.6°C , 大于等于 10 的年积温为 4900°C , 最冷月 (1 月) 平均气温 9.0°C , 最热月 (7 月) 平均气温 19.9°C , 最热月平均气温与最冷月平均气温相差 10.9°C 。年平均日照率 52%。多年平均蒸发量 1150 毫米, 历年各月平均蒸发量以 4 月最大, 12 月最小。多年平均降水量 887 毫米。

2.1.3 水文及水资源

杞麓湖是一个封闭型高原湖泊,湖盆呈现一定程度的悬湖状

态,最高蓄水位 1796.62 m,湖面积 37.3 km²,湖岸线长度 45 km,湖泊长度 13.5 km,宽度平均 2.72 km,最宽 5.2 km,容积 1.45 亿 m³。

杞麓湖水源全靠降雨补给,无明显出流口,湖泊唯一自然泄水通道为湖东南面的岳家营落水洞岩溶裂隙,泄洪至华宁县王马村大龙潭等地出露,经曲江进入南盘江。2008 年,杞麓湖调蓄水泄洪隧洞工程全线贯通,泄洪隧洞出水至曲江库南河。

杞麓湖流域属珠江流域西江水系,主要入湖河流为红旗河、者湾河、大新河和中河四条。此外,还有十里沙沟、二街沙沟、姜家冲沟、大桥沟及窑沟等十余条季节性小河分别由四周汇入杞麓湖。

2.1.4 杞麓湖流域社会经济状况

杞麓湖是通海县较重要的水资源,杞麓湖流域是通海县社会经济发展的主体,是通海县生存发展的基础,通海人民把杞麓湖称为“母亲湖”。据统计,2020 年流域内人口自然增长率 6.17‰,非农业人口 103051 人,农业人口 137845 人,总人口达到 240896 人,农民人均纯收入达到 15540 元,流域总经济收入达到 191.1 亿元。

2.2 杞麓湖生态环境现状

2.2.1 水质

根据国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),2023 年度杞麓湖水质总体为劣Ⅴ类,重度污染,多个样点水质指标多

次出现超标，主要超标因子有 pH、COD、TN、TP（图 6.1.1-1）。

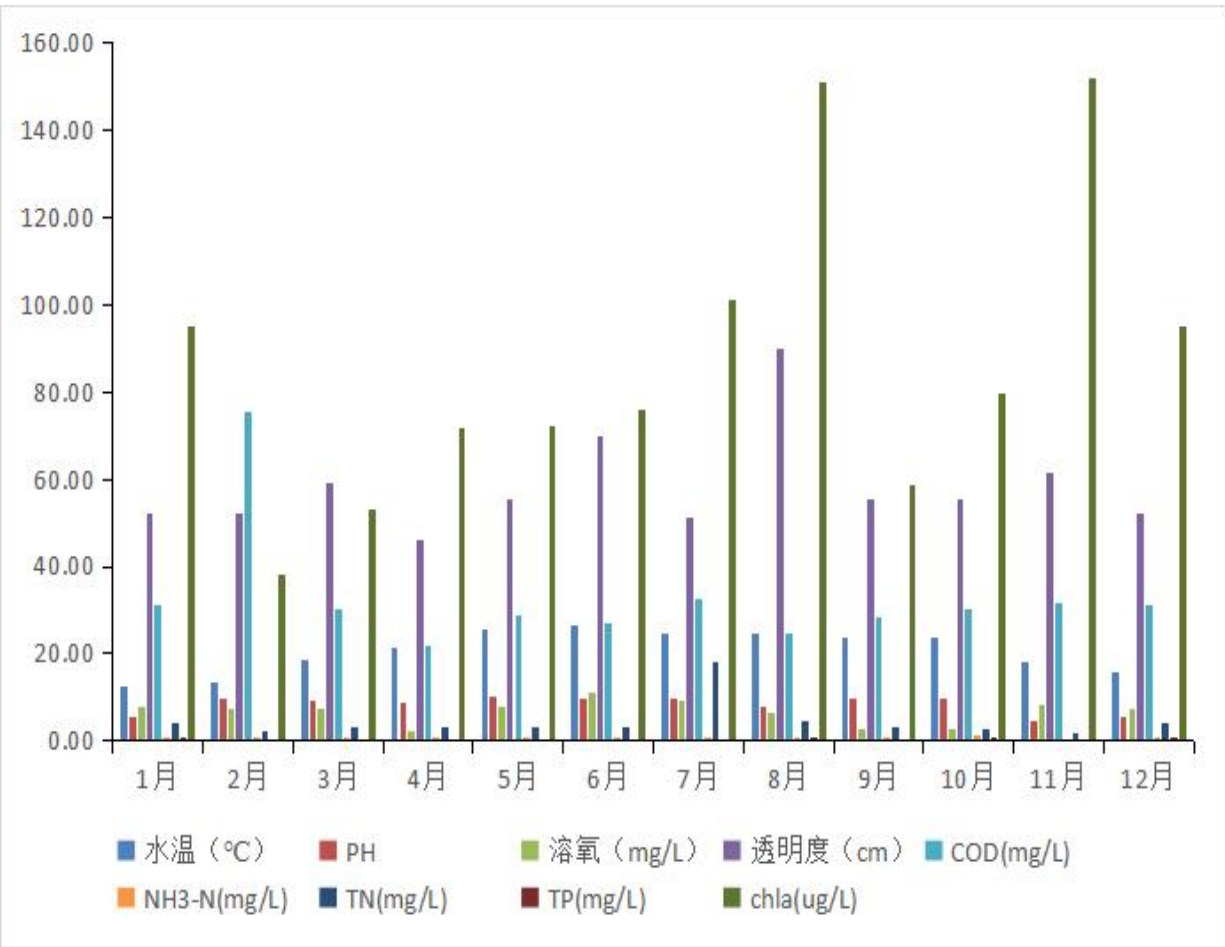


图 2.2.1-1 2023 年度杞麓湖水质

2.2.2 水生植物

共记录到大型水生植物 15 目 16 科 18 属 19 种，其中禾本目 Poales 和茨藻目 Najadales 的植物最多，各有 2 科 3 属 3 种，各占杞麓湖总物种数的 15.79%；其次为毛茛目 Ranunculales 的植物，共有 2 科 2 属 2 种，占杞麓湖总物种数的 10.53%；其余均为单目单科单属单种，各占杞麓湖总物种数的 5.26%。

按照生活型分类，可分为浮叶根生植物、挺水植物、漂浮植物、沉水植物。杞麓湖调查到的 19 种植物中，浮叶根生植物 1

种，占杞麓湖全部物种数的 5.26%；漂浮植物 4 种，占杞麓湖全部物种数的 21.05%；沉水植物 5 种，占杞麓湖全部物种数的 26.32%；挺水植物 9 种，占杞麓湖全部物种数的 47.37%（图 1.2.2-1）。挺水植物是杞麓湖大型水生植物的主要生活型。

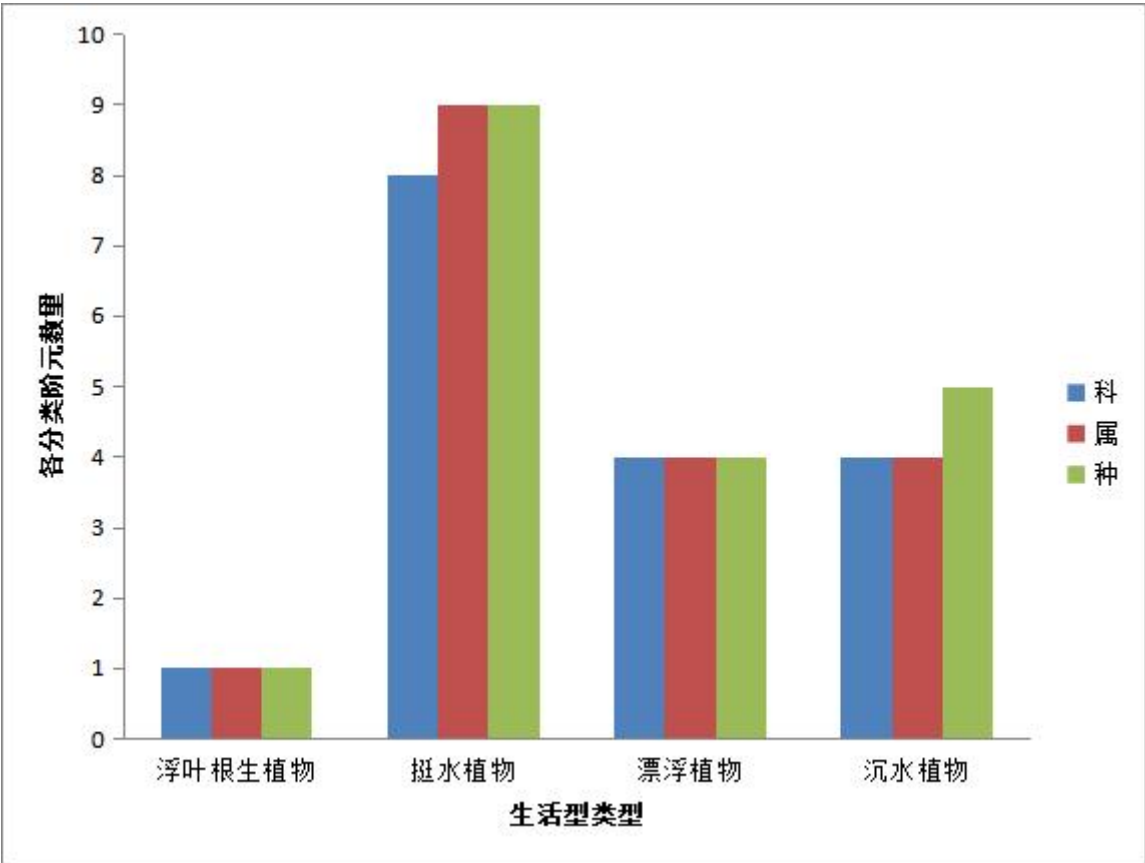


图 2.2.2-1 杞麓湖大型水生植物生活型分析

2.2.3 浮游植物

2023 年度杞麓湖浮游植物共 6 门 121 种(属,包含 sp./spp.), 绿藻门居多、计 61 种，占比 50.41%；硅藻门次之，计 29 种，占比 23.97%；蓝藻门计 17 种，占比 14.05%；裸藻门 11 种，占比 9.09%；隐藻门仅 2 种，占比 1.65%；甲藻门最少，仅一种，占比 0.83%。

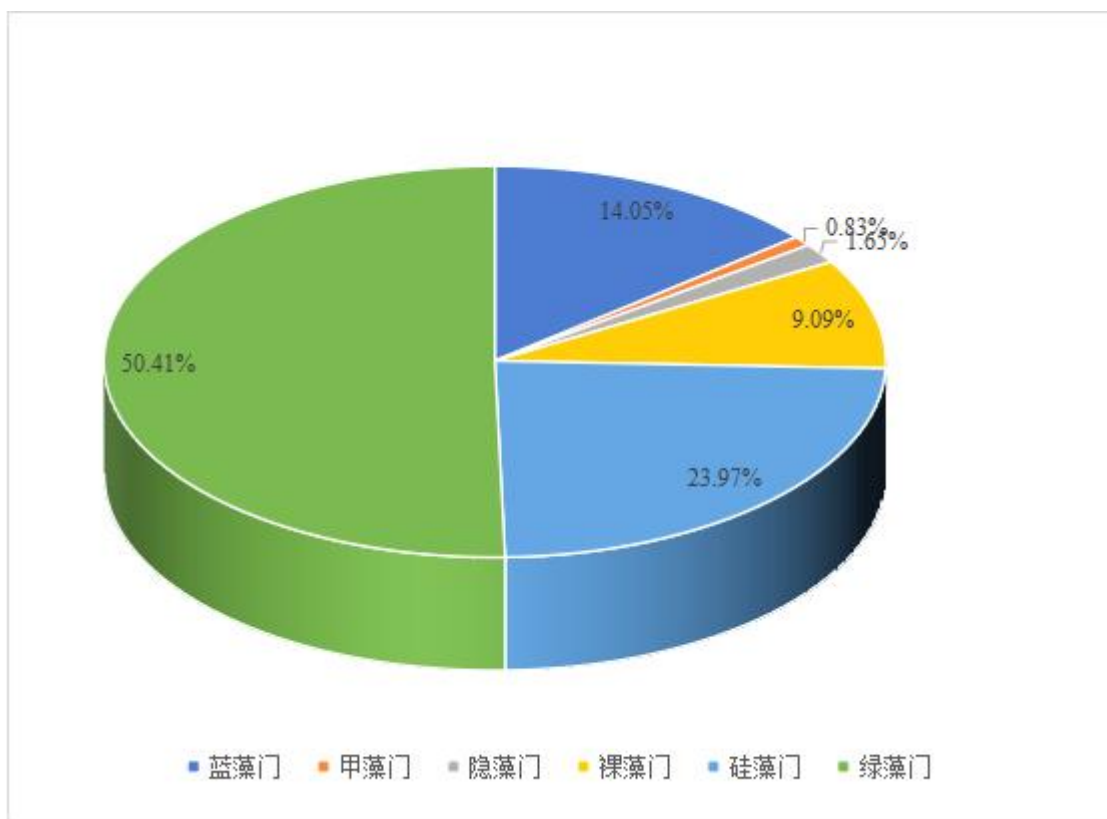


图 2.2.3-1 浮游植物各门类物种数量占比

杞麓湖浮游植物密度年均值为 $9.0066 \times 10^7 \text{ cells/L}$ ，全年变动范围为 3.0006 — $17.0166 \times 10^7 \text{ cells/L}$ 之间；全年各月份密度 1 月最低，值为 $3.0006 \times 10^7 \text{ cells/L}$ ；10 月最高，值为 $17.0166 \times 10^7 \text{ cells/L}$ 。浮游植物密度变化规律与环境因子，以及浮游植物本身生长繁殖特性相关。例如，杞麓湖浮游植物密度以微囊藻、盘星藻、栅藻等以群体出现且频率较高的物种占据主要优势，密度变化较大。

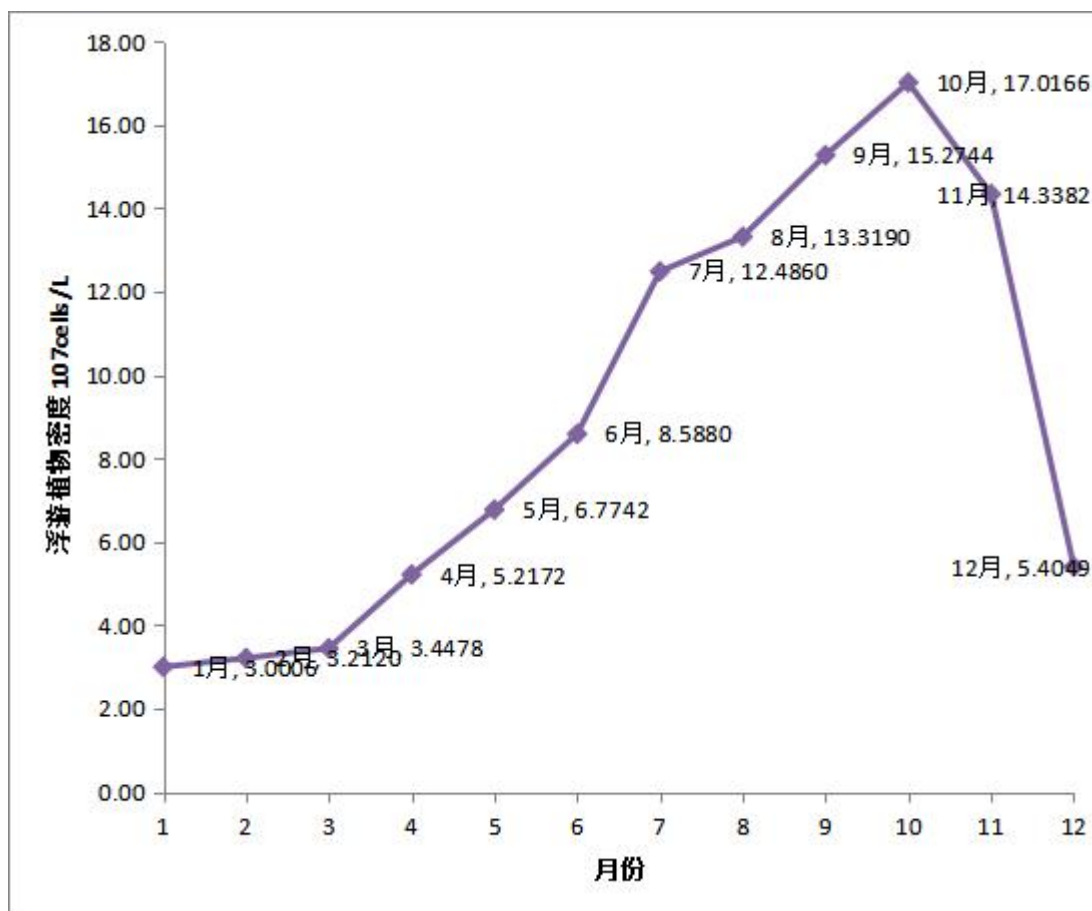


图 2.2.3-2 2023 年度浮游植物密度变化

2.2.4 浮游动物

杞麓湖浮游动物 Zooplankton 由原生动物 Protozoa、桡足类 Copepoda、轮虫 Rotifera、枝角类 Cladocera 组成。浮游动物共计 68 种（属，包含 sp./spp.），各门类占比差异较大，轮虫计 36 种，占比 52.94%，轮虫类占据绝对优势；原生动物 13 种，占比 19.12%；枝角类 10 种，占比 14.71%；桡足类数量最少，计 9 种，占比 13.24%。

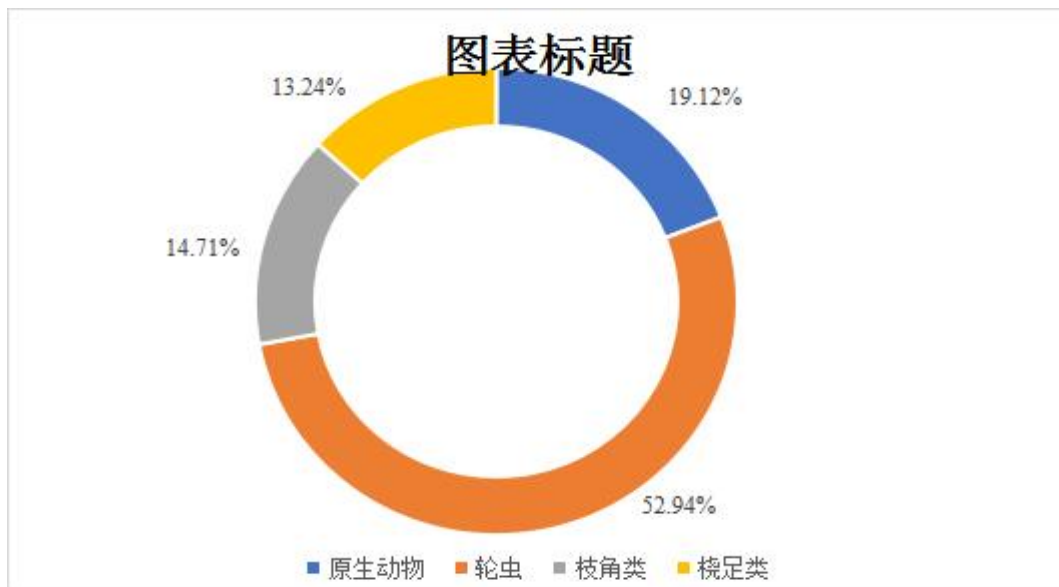


图 2.2.4-1 浮游动物各门类物种数量占比

2023 年度浮游动物密度均值为 $0.0069 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ ；变动范围为 $0.0020\text{-}0.0178 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间；全年密度在 3 月最高，值为 $0.0178 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ ；11 月密度最低，值为 $0.0020 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{L}^{-1}$ 。



图 2.2.4-2 2023 年度浮游动物密度变化

2.2.5 底栖动物

2023 年度杞麓湖调查共鉴定淡水底栖大型无脊椎动物 20 种，隶属于 3 门 5 纲 10 目 15 科。其中，水生昆虫物种数量最多，有 4 目，7 科 11 种，占总物种数量的 55.0%。其次为软体动物类群，有 2 目，5 科，6 种，占总物种数的 30.0%。另外还有甲壳类、蛭类及寡毛类各 1 种，各占总物种数的 5.0%。目下科级阶基眼目和双翅目底栖动物最多，各有 3 科，占科总数的 20.0%；其次，中腹足目和半翅目各有 2 科，占科总数的 10.0%；蜻蜓目、十足目、毛翅目、近孔寡毛目和舌蛭目等 5 目底栖动物科级阶元的数量各为 1 科，分别占总科数的 5.0%。

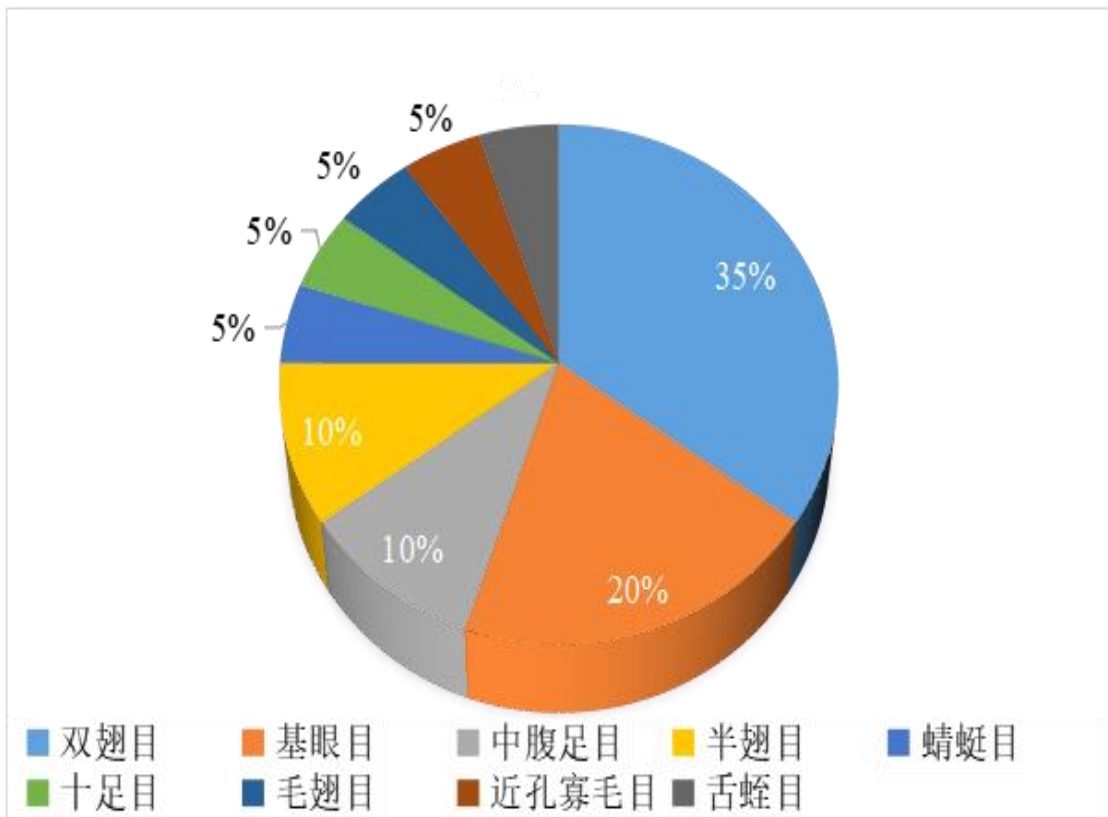


图 2.2.5-1 目下种级分类阶元数量占比情况

2.2.6 鱼类

杞麓湖现存鱼类共有 14 种，隶属于 5 目 5 科 12 属，鲤形目鲤科鱼类种数最为丰富，包含鲤、鲫、鲢、鳙、棒花鱼、麦穗鱼等共 9 种，占杞麓湖鱼类物种数 64.3%；颌针鱼目 1 科 1 种，占鱼类物种数的 7.1%；鲈形目 1 科 2 种，占鱼类物种数的 14.3%；胡瓜鱼目 1 科 1 种，占鱼类物种数的 7.1%；鲟形目 1 科 1 种，占鱼类物种数的 7.1%。

渔获物数量来看，太湖新银鱼数量最多，占渔获物总量的 62.5%，其次是间下鱊（占比 13.1%）、翘嘴鲇（占比 6.3%）、麦穗鱼（占比 3.1%）、鲮（占比 3.1%）、鲫（占比 2.8%）等鱼类，鲢鳙未实地捕捞到，但在湖泊中可见到。

表 2.2.6-1 杞麓湖现存鱼类名录

序号	动物名称及分类地位		土著种	外来种	保护级别
	中文名	拉丁名			
I	鲤形目	Cypriniformes			
(一)	鲤科	Cyprinidae			
1	棒花鱼	<i>Pseudorasbora parva</i>		+	
2	麦穗鱼	<i>Abbottina rivularis</i>		+	
3	鲮	<i>Hemiculter leucisculus</i>		+	
4	翘嘴鲇	<i>Culter alburnus</i>		+	
5	鲫	<i>Carassius auratus</i>	+		

6	鳙	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>		+	
7	鲢	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		+	
8	鲤	<i>Cyprinus carpio</i>		+	
9	红鳍原鲃	<i>Cultrichthys erythropterus</i>		+	
II	颌针鱼目	Beloniformes			
(二)	鱖科	Hemiramphidae			
10	间下鱖	<i>Hyporhamphus intermedius (Cantor)</i>		+	
III	鲈形目	Perciformes			
(三)	鰕虎鱼科	Gobiidae			
11	子陵吻鰕虎鱼	<i>Rhinogobius giurinus</i>		+	
12	波氏吻鰕虎鱼	<i>Rhinogobius cliffordpopei</i>		+	
IV	胡瓜鱼目	Osmeriformes			
(四)	银鱼科	Salangidae			
13	太湖新银鱼	<i>Neosalanx taihuensis</i>		+	
V	鲴形目	Cyprinodontiformes			
(五)	胎鲴科	Poeciliidae			
14	食蚊鱼	<i>Gambusia affinis</i>		+	

根据鱼类资源量计算公式，2023年秋季杞麓湖可捕鱼类资源总量约为 $3.15 (2.52 \sim 3.77) \times 10^6$ 尾，参考网具采样所捕获的

各种鱼类尾数占渔获物总数的百分比及历年监测结果，估算得出杞麓湖不同鱼类数量；结合各种鱼类体质量均值估算资源量，估算得出杞麓湖鱼类资源量为 113.46 （90.96~135.9） 吨。

2.3 杞麓湖生态渔业实施现状

2011 年，由通海县委、县政府招商引资在杞麓湖开展“以渔控藻、以渔净水”项目，一直致力于杞麓湖的水生态治理和修复。根据 2021 年 6 月，云南省生态环境科学研究院《杞麓湖“以渔净水”项目效益评估报告》显示：通过鲢鳙“人放天养”（全程不投放任何饲料、饵料、肥料等）和精准捕捞消耗杞麓湖藻类约 15.29 万吨，累计带出氮 106.261~112.704 吨，累计带出磷 22.686~24.168 吨，移出碳约 7.65 万吨，杞麓湖未大面爆发过水华现象，杞麓湖水生态系统呈现整体向好的趋势。但因各种因素影响，2021 年 12 月，杞麓湖“以渔净水”项目停止。

中国科学院昆明动物研究所跟踪监测发现，2022 年 1 月-2023 年 1 月，杞麓湖浮游生物多样性呈下降趋势，浮游植物密度逐渐上升，而浮游动物密度逐渐下降，且以微囊藻为主要优势种。同时，2022 年 5 月-2023 年 5 月，水华现象时有发生，水生态系统呈逐渐恶化趋势。

为增强水体自净能力，保障杞麓湖生态平衡以及推动通海县杞麓湖生态渔业经济的健康持续发展，2023 年 11 月 26 日通海县人民政府启动杞麓湖生态调控。杞麓湖生态调控是以杞麓湖水质改善为目标，修复水生生物多样性和生态系统为抓手，努力构

建内源污染氮磷输出通道,通过修复杞麓湖生态系统能量流动链条中缺失的环节,将氮磷等营养物质富集到鱼类、水生植物、底栖动物等体内,最后通过捕捞上岸,而把湖体内的氮磷带出湖体,以减轻水体富营养化,达到净化水质,改善水环境的目的。根据“杞麓湖生态调控实施方案”,首先增殖放流鲢鳙以降低藻密度、提高透明度,截止 2023 年 12 月 31 日,已向杞麓湖增殖放流鲢鳙苗种 177 万尾 (811 吨)。

2023 年 12 月水生态系统监测结果显示,杞麓湖水质上升为 V 类,水质状况由严重污染下降为重污染。根据《云南省杞麓湖保护条例》,助力杞麓湖保护治理工作,特编制《通海县杞麓湖渔业发展规划和渔业捕捞控制计划(2024-2028 年)》,以期对杞麓湖渔业发展做出更好的规划指导,为通海县高效生态经济开发做出积极贡献。

三、规划依据、原则

3.1 规划编制依据

(1) 法律法规

- 1)《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日修订);
- 2)《中华人民共和国水法》(2016 年 7 月 2 日修订);
- 3)《中华人民共和国环境影响评价法》(2003 年 9 月 1 日);
- 4)《中华人民共和国野生动物保护法》(2022 年 12 月 30 日修订);
- 5)《中华人民共和国渔业法》(2013 年修正);

6)《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月27日修正);

7)《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》(2013年12月7日修订);

8)《中国水生生物资源养护行动纲要》(国发〔2006〕9号2006年5月16日);

9)《中华人民共和国自然保护区条例》(2017年10月7日修订);

10)《中华人民共和国防汛条例》(2005年7月15日修订);

11)《中华人民共和国水文条例》(2017年3月1日修正);

12)《水产种质资源保护区管理暂行办法》(2016年5月30日修订);

13)《中华人民共和国生物安全法》(2021年4月15日施行);

14)《“十四五”生物经济发展规划》(2022年5月10日);

15)《“十四五”全国渔业发展规划》(2021年4月15日施行)。

(2) 国际公约

1)《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》;

2)《生物多样性公约》;

3)《濒危野生动植物国际贸易公约》。

(3) 部门规章及规范性文件

- 1)《国家重点保护野生动物名录》(2021年2月5日);
- 2)《玉溪市抚仙湖、星云湖、杞麓湖水生生物放生管理规定》
(2019年12月30日)

(4) 地方法规及规章

- 1)《云南省环境保护条例》(2004年6月29日修订);
- 2)《云南省自然保护区管理条例》(2021年9月29日修正);
- 3)《云南省渔业条例》(2011年10月1日实施);
- 4)《云南省水生野生动植物保护名录》(2021年);
- 5)《云南省杞麓湖保护条例》(2024年1月1日施行);
- 6)《玉溪市抚仙湖星云湖杞麓湖渔业发展规划和捕捞控制
计划 (2021-2025)》。

(5) 技术规范

- 1) GB11607-89 渔业水质标准;
- 2) GB3838—2002 地表水环境质量标准;
- 3) GF004-1986 环境监测技术规范水生监测(水环境);
- 4) GB8978-1996 污水综合排放标准;
- 5) GB/T 14581-1993 水质湖泊和水库采样技术指导;
- 6) HJ 494-2009 水质采样技术指导;
- 7) HJ19-2011 环境影响评价技术导则生态影响;
- 8) HJ/t19-1997 环境影响评价技术导则——非污染生态影
响;
- 9) SL 167-96 水库渔业资源调查规范;

- 10) SC/T 9407-2012 河流漂流性鱼卵、仔鱼采样技术规范;
- 11) SC/T 9402-2010 淡水浮游生物调查技术规范;
- 12) SC/T 9102.3-2007 渔业生态环境监测规范第 3 部分:
淡水;
- 13) SC/T 9102.4-2007 渔业生态环境监测规范第 4 部分资
料处理与报告;
- 14) SL 167-96 水库渔业资源调查规范;
- 15) T/CECS 10299-2023 环保用微生物菌剂的菌种鉴定规
则;
- 16) HJ/T 415-2008 环保用微生物菌剂环境安全评价导则。

(6) 文献资料

- 1)《内陆水域鱼类资源调查手册》(张觉民等,科学出版社,
1991);
- 2)《抚仙湖鱼类生物学和资源利用》(杨君兴等,云南科技
出版社,1995)
- 3)《云南鱼类志》(褚新洛等,科学出版社,1990);
- 4)《中国动物志硬骨鱼纲•鲤形目(中、下)》(陈宜瑜,东
佩琦等,科学出版社,1998,1999);
- 5)《中国动物志硬骨鱼纲•鲇形目》(褚新洛等,科学出版
社,1999);
- 6)《世界自然保护联盟(IUCN)濒危物种红色名录》(2021
年);

7)《濒危野生动植物种国际贸易公约附录物种名录》(2019年);

8)《河流水生生物调查指南》(陈大庆,科学出版社,2014)。

3.2 规划原则

为了使杞麓湖渔业发展规划达到预期目的,使编制更为合理和科学,依据杞麓湖渔业自身特点和相关规定,在编制时采取和遵守以下原则:

(1) 生态优先原则

满足杞麓湖水生生物保护、促进水生生态平衡的需求,流域内生态环境状况明显改善,湖泊生态安全保障体系基本形成的总体目标。

(2) 可持续性发展原则

水生生态良性循环建立及精准捕控,可有效降低湖泊内源污染物负荷,同时促进区域内生态环境条件、经济发展条件和社会效益间良性互动,带动本地区及周边区域的可持续发展。

(3) 因地制宜原则

根据区域地理位置、气候特点、渔业资源特点、水文条件、功能要求、经济基础等因素,制定适当的水生生态良性循环措施和鱼类捕控方案。

(4) 渔业利用与科技创新相结合

加强现代水产产业科技创新,用大数据等现代信息技术改造传统渔业,用新技术、新模式等科技创新成果推动现代生态渔业

发展，推动生态渔业迈入科技创新、内生增长的发展轨道。

（5）全面规划、分步实施

杞麓湖生态修复是一项复杂的系统工程，需根据生态系统自身的演替规律，对生态系统分步骤分阶段地进行恢复和重建，并根据生态位和生物多样性原则构建生态系统结构和生物群落，使物质循环和能量转化处于最大利用和最优循环状态，各生态要素同步和谐演进。

（6）成本效益最优原则

本着节约成本，注重实效的原则，选用投资省、运行费用低、捕捞效率高、工艺技术先进的技术和方案。

四、规划目标与年限

4.1 规划目标

为合理利用杞麓湖水资源，保证杞麓湖生态渔业合理、有序、可持续发展，在深入分析杞麓湖渔业资源现状和发展变化的趋势，以及在湖区区位、资源、环境、生态等因素基础上，结合杞麓湖生态环境保护的实际需求，提出杞麓湖生态渔业的发展思路、发展目标、发展重点等，旨在提升生态渔业的整体水平，改善湖区生态环境，使得生态渔业的发展更好的服务于杞麓湖的保护治理。

紧密围绕生态渔业这个中心，通过人工增殖放流和生态养殖向杞麓湖投放以滤食性鱼类为主，土著杂食性和底栖生物为辅的

放养方案，采取精准捕控，不断优化生物种群结构，实现自然资源向鱼类资源转换。

4.2 规划年限

规划年限为 2024 年-2028 年。

五、渔业发展规划和捕捞控制计划

杞麓湖生态渔业规划以重构杞麓湖生态系统为主，通过增殖放流鲢鳙为主，杞麓鲤、大头鲤等土著鱼类、海菜花、苦草等土著水生植物、背角无齿蚌等土著底栖动物为辅，提高水生生物多样性、改善水生生物种群结构，提升湖泊整体自净能力。

5.1 生态渔业发展原理及内容

随着入湖流域内的社会经济发展，输入杞麓湖的氮、磷等营养物质增加，为藻类的大量繁殖提供有利的条件；加之湖泊氮、磷等营养物质控制措施不足，水华爆发不可避免。根据水体特定的环境条件，通过人工放养适当的滤食性鱼类（鲢鳙等）以改善水域的水生生物群落组成，让水中氮、磷等营养物质转化为鱼蛋白，增强水体自净能力，保障生态平衡，从而达到既保护水环境，又修复和维持水域生物多样性的目的。

5.1.1 原理

通过增殖放流且不投饵养殖滤食性鱼类，利用生态系统食物链的功能，将湖泊内的有机营养物质转化成鱼类等水产品，并以水产品形式带出湖泊，减轻水体氮、磷等营养负荷。

5.1.2 科学依据

水体富营养化是指水体接纳过量的氮，磷等营养性物质，使水体中藻类以及其他水生生物繁殖异常，水体透明度和溶解氧下降，造成水质恶化，水生生态系统正常功能受阻，给湖泊水环境及其生态系统带来严重的后果。实际上，水体富营养化的发生除了和外来营养物质的大量输入有直接关系外，水体中生物群落结构被破坏，导致水体自净能力降低，也是加速水体富营养化的一个重要原因。合理的生物群落结构，既是健康水生态系统的良好指示，同时又对维护生态系统的稳定起到重要的保障作用，是水体生物自净的基础。一旦这种群落结构遭到破坏，水体的自净能力随之降低，从而加快水体富营养化进程。

从国内外有关水体富营养化和水华防控的大量实践和研究来看，仅仅通过污染源控制的传统方法并不能彻底解决湖泊的富营养化问题，利用湖泊生物操控，对湖泊进行生态修复已经成为国内外环境保护的共识。尽管藻类水华的发生被认为是富营养化的结果、标志或表征，然而，国内外近年来的大量研究也发现，水体中的藻类优势种组成和数量，除了和水体中的营养物质含量、温度和光照等物理因素有关外，也和水体中的食物网结构，特别是藻食性生物的种类和数量有关。因此，提出了通过直接或间接增加水体中的藻食性水生生物的方法来减少水体中的藻类的生物操纵方法。中国科学院水生生物研究所也通过研究证实：超富营养的武汉东湖，正是大量放养滤食性鲢鳙，使过去每年夏天都要出现的蓝藻水华，消失长达十数年之久；千岛湖、横山水

库、桥墩水库、南湾水库、五里湖和云龙湖等“以渔控藻”“以渔净水”实施后，也取得了非常好的保水效果。

另外，凶猛性鱼类能够控制水体中滤食性鱼类的数量，从而使浮游动物得到发展，并通过它来达到控制水华暴发的目的。除外来无机盐（氮、磷等）的输入能够引起水体富营养化外，有机物的大量输入（如残饵、动植物尸体、粪便等），同样也是引起水体富营养化的重要原因。螺类、贝类、杞麓鲤和大头鲤等水生生物能够摄食有机碎屑而降低水中有机物的负荷。但由于许多湖泊中的螺类、贝类经常受自然环境改变和人为因素影响，资源量减少，不利于对有机碎屑的利用，因此，人工投放这种能够有效摄食有机碎屑的底栖动物，对保护水环境也具有重要意义。

微生物处理技术凭借其污染物治理效果好、优势菌种富集率高、微生物活性高、抗环境干扰能力强、经济成本低以及可重复利用等优势得到了国内外众多学者的关注。随着技术的发展，能够“吃污”的微生物，在污水处理领域逐渐得到广泛应用。目前微生物技术已逐步发展成为解决水污染等突出环境问题的有效手段。2022年5月10日国家发展和改革委员会印发《“十四五”生物经济发展规划》，是中国首部生物经济五年规划，明确了生物经济发展的具体任务。其中，“（十一）推动生物能源与生物环保产业发展。助力环境保护和污染治理。依托生物制造技术，实现化工原料和过程的生物技术替代，发展高性能生物环保材料和生物制剂，推动化工、医药、材料、轻工等重要工业产品制造与

生物技术深度融合，向绿色低碳、无毒低毒、可持续发展模式转型。运用功能型微生物、酶制剂等生物技术，推动实现水体脱氮除磷、重金属土壤修复、固体废物利用处置，推动提高秸秆综合利用水平，发展污染物生物环境响应监测、生物降解和生物修复、生物资源回收利用等生物环保产业链，助力打赢大气、水、土壤等污染防治攻坚战。”

由此可见，水华的发生与否，除了与水体的营养程度有关外，也和水体中的生物群落结构有关。通过调节鱼类和其他水生生物、微生物的数量和种群结构，有望能够达到控制水华发生的目的。

5.1.3 杞麓湖氮磷等营养物质离水上岸路径被打破

杞麓湖集水面积较小，水体自然置换周期长，自净能力较弱。在未受到严重干扰前，杞麓湖原生生物多样性构成了生态系统的关键部分，使得经年积存在湖泊内的氮、磷等营养物质主要循着 2 条食物链转化路径离水上岸：①“藻—鱼—鸟（或人）”路径，氮、磷等营养物质沿着藻类、浮游动物、虾和鱼、水鸟捕食或人类捕捞的链条而离水上岸；②“花—鱼—鸟（或人）”路径，氮、磷等营养物质沿着海菜花等维管束植物、鱼、人类捕捞的链条而离水上岸（图 5.1.3-1）。

5.1.4 杞麓湖生态修复原理

湖泊湿地针对内源污染实施的生态修复措施，以往基本上采用引进外来物种为主，主要有 3 种模式：① 鲢和鳙控藻模式，

这种模式对劣 V 类水的藻华爆发有比较好的控制效果；② 芦苇、柳树等湖滨带修复模式，该模式对改善湖滨带景观有促进作用；③ 水葫芦模式，该模式对消减氮、磷有一定积极作用，但负面影响较大——被水葫芦覆盖的水域，水下形成无光照和厌氧环境，从而使得鱼、虾、贝和水草均无法生存而消失。这 3 种模式都是采用外来物种，不可避免地带来外来物种对土著物种及高原湖泊湿地生态系统的负面影响（图 5.1.4-1）。

5.1.5 杞麓湖生态修复内容

针对上述生态修复模式存在的问题，基于氮、磷 2 条离水上岸路径的原理，结合杞麓湖实际，提出了鲢鳙控藻模式+土著物种“花—鱼—螺蚌—鸟”+微生物相结合的立体生态修复新思路。即，除鲢、鳙为主外，辅以沿岸适宜区域大力种植红线草、通海海菜花等水生植物，增殖放流杞麓鲤、大头鲤等原生特有鱼类及背角无齿蚌等原生底栖动物，同时，加强有益微生物的应用，改善水生生物健康状况和水质。因此，杞麓湖生态渔业发展规划内容主要包含以下 5 方面，杞麓湖水生生物多样性修复、精准捕捞控制计划、水生态环境监测、增殖与捕捞计划效果评估及管理措施。

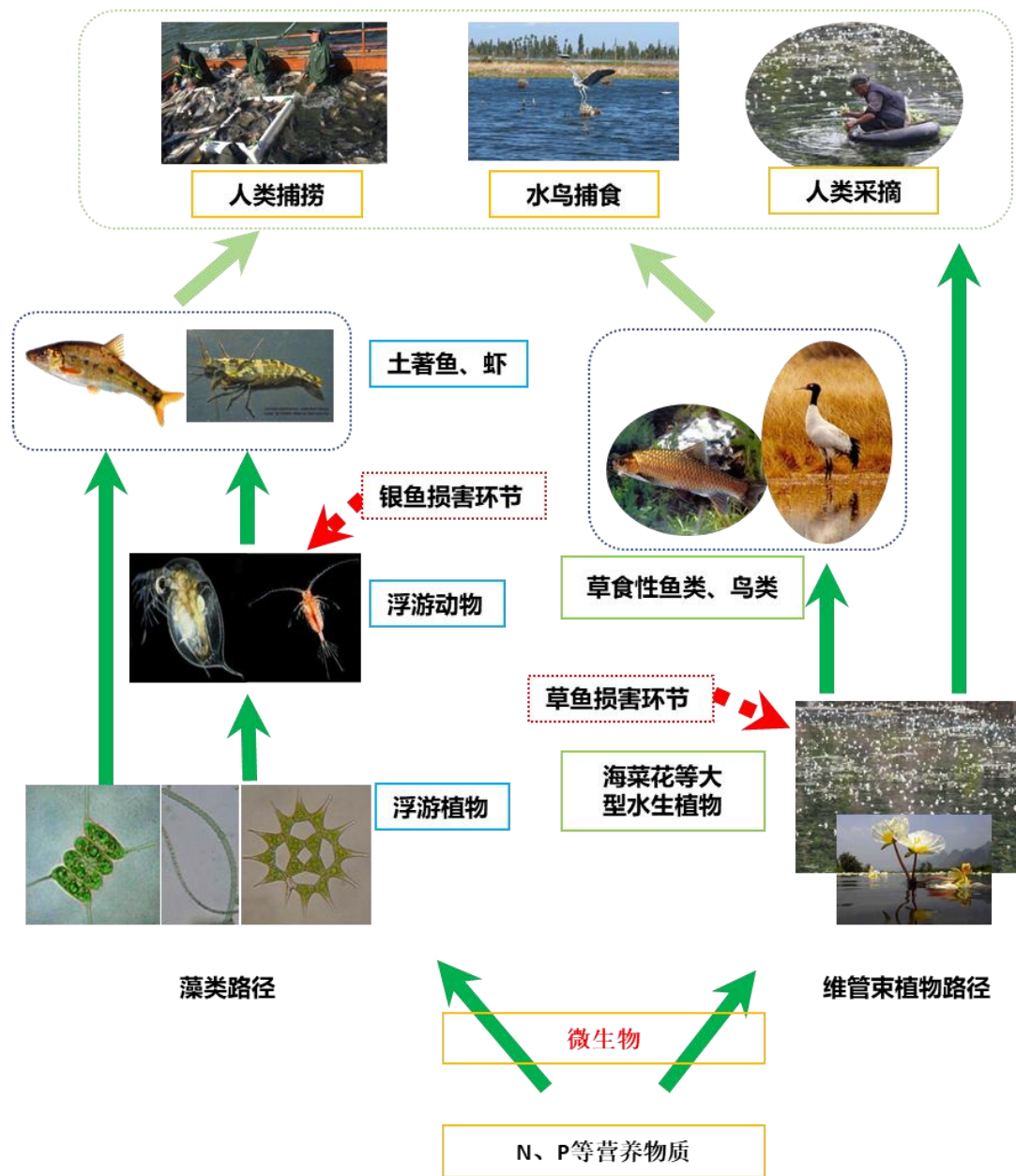


图 5.1.3-1 杞麓湖氮磷等营养物质离水上岸路径

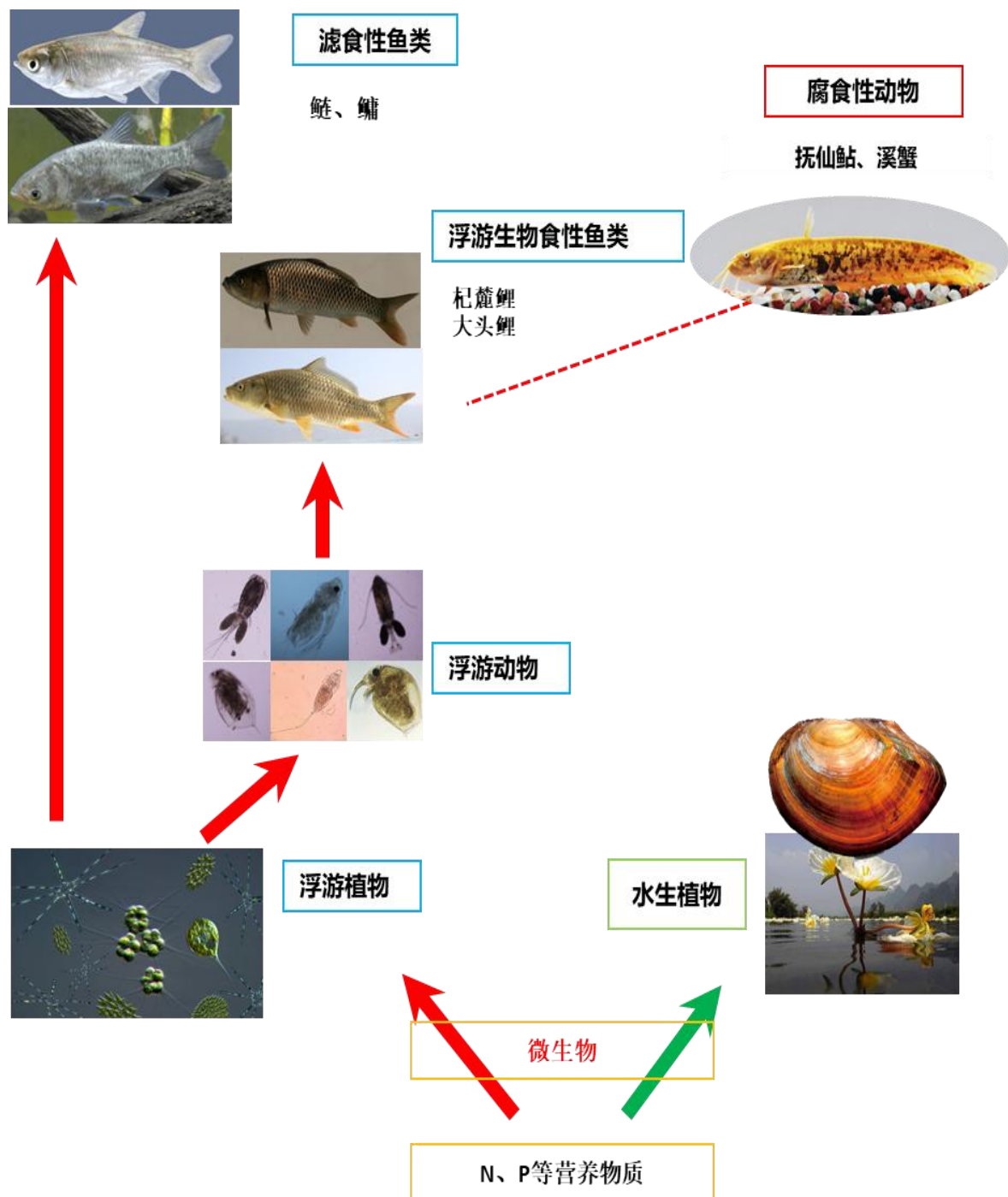


图 5.1.4-1 杞麓湖生态修复实施原理

5.2 水生生物多样性修复

5.2.1 增殖放流物种种类

杞麓湖原有鱼类区系组成较简单，土著经济鱼类产量大为下降，大头鲤已几乎绝迹，杞麓鲤等名贵经济鱼类已濒临灭绝，故根据杞麓湖生态治理相关规划，计划向杞麓湖投放的主要鱼类如下：

1) 鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*

鲢天然水体中最大个体可达 25 kg，属于典型的滤食性鱼类。鲢鱼终生以浮游生物为食，在鱼苗阶段主要吃轮虫、枝角类、无节幼虫等浮游动物及少量藻类，长到长达 1.5 cm 以上时，逐渐转为吃浮游植物，并喜食其他动物的粪便，易摄食酸味食物和糟食。

生态风险：鲢在杞麓湖的放养有 60 多年的历史，因其不能在杞麓湖水体中自我繁殖，因此，生态安全风险较低，通过人为生态调控可以控制其种群数量。



2) 鳙 *Aristichthys nobilis*

鳙栖身于水体中上层，主要以大型浮游生物及水体中的腐殖质为食，因此在湖泊放养，可以摄食大量由有机肥培养的大型浮游植物、浮游动物及腐殖质。



说明 鲢的鳃耙间隙为 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ ，平均有 $20 \mu\text{m}$ ，主要滤食 $20 \mu\text{m}$ 以上的浮游生物，对 $15 \sim 50 \mu\text{m}$ 的浮游生物最易滤食到，它们无论种类上或者生物的容量上均以食浮游植物为主。鳙的鳃耙间隙在 $40 \sim 80 \mu\text{m}$ 之间，平均为 $50 \mu\text{m}$ ，主要滤食 $40 \sim 110 \mu\text{m}$ 的食物颗粒，大多数是 $60 \sim 80 \mu\text{m}$ 颗粒，故以浮游动物为主。杞麓湖中鲢、鳙食性解剖结果显示，鳙亦可摄食浮游植物，且摄食量与鲢相当。

生态风险：与鲢一样，鳙在杞麓湖水体中的放养也有 60 多年的历史，因其不能在杞麓湖水体中自我繁殖，因此，生态安全风险较低，通过人为生态调控可以控制其种群数量。

3) 杞麓鲤 *Cyprinus chilia*

杞麓鲤分布于杞麓湖、星云湖、滇池、洱海等湖泊，活动于水域的中下层，杂食性，摄食底栖动物、水草和一定数量的小虾。

对湖泊中下层水域营养源有较强的吸附能力，在湖泊治理中具有重要作用。在各湖泊产卵期略有差异，但多集中于 5~6 月产卵，产粘性卵。个体较大，达 4 千克，是产地常见的经济鱼类。

生态风险：为杞麓湖土著种，无生态风险，有望通过增殖放流恢复其野生种群。



4) 大头鲤 *Cyprinus pellegrini*



大头鲤仅分布于云南省的杞麓湖和星云湖。喜欢生活在水深而水质较清澄的水体中上层，对恶劣环境耐受力差，若水质混浊或离开水体则易死亡。性活跃，游泳迅速。食性较单一，大小个体的食性差异不大，几乎均以大型浮游动物的枝角类和桡足类为食；有时也杂食些硅藻、丝状藻和龟甲轮虫等，但数量很少。

生态风险：为杞麓湖和星云湖特有种，无生态风险，有望通过增殖放流恢复其野生种群。

5) 鲫 *Carassius auratus*



鲫鱼是杂食性鱼，但成鱼主要以植物性食料为主。因为植物性饲料在水体中蕴藏丰富，品种每繁多，供采食的面广。鲫鱼采食时间，依季节改变。春季为采食旺季，昼夜均在不断地采食；夏季采食时间为早、晚和夜间；秋季全天采食；冬季则在中午前后采食。生活在湖泊和大型水库中的鲫鱼，择食而居。较浅的水生植物丛生地，是它们的集中地。

生态风险：为杞麓湖土著种，无生态风险，有望通过增殖放流恢复其野生种群。

6) 鲇 *Silurus asotus*



鲇适应性强，栖息底层，游动迟缓，耐低氧，1毫克/升以下

也能生存。白天在草丛间或石缝洞穴中，很少活动，黄昏或夜间出来觅食。鲇颌齿锋利，肠短、有胃，是一种凶猛的肉食性鱼类。在天然条件下鱼苗阶段可摄食轮虫、水蚤、水蚯蚓及其他鱼苗。鱼种阶段及成鱼阶段则以底层的杂鱼、虾及水生昆虫等为食，所捕食的多是一些小型鱼类，也食虾类及水生昆虫。

生态风险：为杞麓湖土著种，无生态风险，有望通过增殖放流恢复其野生种群。

7) 海菜花 *Ottelia acuminata* 等水生植物

海菜花，水鳖科水车前属的多年生草本植物，是云南高原湖泊特有种，也是国家重点保护的珍稀濒危水生药用植物。沉水植物，要求水体清晰透明。海菜花喜温暖，一般在温暖地区全年可见开花，生于湖泊、池塘、沟渠及水田中。繁殖方式为种子繁殖。

生态风险：为杞麓湖土著种，无生态风险，有望通过回植恢复其野生种群。



8) 背角无齿蚌 *Anodonta woodiana* 等底栖动物

背角无齿蚌是蚌科无齿蚌属的一种。壳长达 20 厘米，呈有角突的卵圆形，前端圆，后端略呈斜截形。壳薄，微膨胀，壳面平滑，生长线细，3 条肋脉。无铰合齿。我国各地江河、湖沼中均有分布。背角无齿蚌多栖息于淤泥底质、水流略缓或静水水域内，水质净化作用明显。

生态风险：为杞麓湖土著种，无生态风险，有望通过放流恢复其野生种群。



9) 微生物

微生物修复的基本思想是在人为促进条件下，通过高效的微生物（如乳酸菌、乳杆菌、不动杆菌等）来吸附、分解、氧化富营养化水体中的有机物，达到净化水质的目的。

生态风险：菌株从杞麓湖环境中分离、纯化，无生态风险，有望提升有益菌群的占比。

5.2.2 物种数量

根据 2023 年增殖放流情况、苗种生长情况以及 2024 拟捕捞量，预计 2024 年增殖放流鲢 120 万尾、鳙 80 万尾、杞麓鲤 30 万尾、大头鲤 5 万尾，回植海菜花等水生植物 3 万棵，放流背角无齿蚌等底栖动物 1000 个，累计增殖放流数量 263.1 万尾(棵)。

2025-2028 年，预计每年增殖放流鲢 60-100 万尾、鳙 60-80 万尾、鲫 25 万尾、杞麓鲤 30 万尾、大头鲤 5 万尾，回植海菜花等水生植物 3 万棵，放流背角无齿蚌等底栖动物 2000-3000 个，并根据前一年增殖放流量、苗种生长情况、捕捞量和水质、浮游生物变化适当调整当年增殖放流种类和数量。

表 5.2.2-1 杞麓湖 2024-2028 年增殖放流规划表

种类	2024 年度 放流数量 (万尾)	2025 年度 放流数量 (万尾)	2026 年度 放流数量 (万尾)	2027 年度 放流数量 (万尾)	2028 年度 放流数量 (万尾)	5 年累计 放数量 (万尾)
鲢	120	100	100	100	100	520
鳙	80	80	80	80	80	400
鲫	25	25	25	25	20	120
鲇	-	5	5	5	5	20
杞麓鲤	30	30	30	30	30	150
大头鲤	5	5	5	10	10	35
海菜花等水生植物	3	3	3	3	3	15
背角无齿蚌等底栖动物	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	1
合计	263.1	248.2	248.2	253.2	248.3	1261

注：微生物菌株的种类和投放量暂未体现。

5.2.3 时间及地点

(1) 放流时间选择

增殖放流时间预计在 2024 年 12 月底—2025 年 1 月间，水温较低，鱼类应激反应较弱，有利于保障放流鱼种的质量。

(2) 放流地点选择

放流地点应选在沿岸浅水区的湖底缓坡处，饵料生物丰富，能够为放流鱼苗提供足够的遮蔽空间和食物。

5.2.4 规格

放养大规格鱼种是提高成活率的一项有效措施，大规格鱼种具有适应性强、生长快和成活率高等优点，在杞麓湖水环境条件下，鲢鳙鱼种放养规格以 0.2~1kg/尾为宜，规格过小，小鱼苗对新环境适应能力差，抗病力弱，不适合冬、春季杞麓湖风浪较大的天气环境。

土著鱼类增殖放流时，应尽可能的放流大规格的个体，以尽量避免因放流鱼苗过小，而被捕食者捕食的情况发生，提高放流鱼种的成活率。同时投放后，应进行鱼类的疾病防控防治工作，以保障水生生物的健康。

5.2.5 鲢鳙鱼种比例

在传统利用鲢鳙控藻上，鲢鳙的放养比例普遍设定为 7:3，因此 2023 年 12 月，放流鲢鳙时，基本按此比例放流。然而，鳙因其特殊的鳃耙结构，能够更有效地滤食大型群体藻类，特别是对蓝藻等有害藻类有显著的控制作用。同时考虑到鳙在杞麓湖等

富营养化水体中表现出较快的生长速度，这有助于在短时间内降低藻类密度，改善水质。在需要快速控制藻类繁殖的情况下，适当增加鳊的比例可以提高控藻效果。因此，为提高生态调控的精准性和有效性，结合鳊在杞麓湖控藻中的作用，使得杞麓湖内鳊保有量比例维持在 7: 3-6: 4 之间，保持动态平衡。

5.3 精准捕捞控制计划

5.3.1 捕捞种类

根据杞麓湖生态调控方案，2023 年杞麓湖增殖放流种类为鳊和鳙。2023 年监测结果显示目前杞麓湖鱼类土著种鱼类数量仍较少，因此，2024 年杞麓湖捕捞种类如下：

1) 鳊

鳊通过滤食杞麓湖中浮游植物而生长，实现氮、磷等营养物质向水产品的转化，原则生长至 2 kg 以上，可捕捞上岸，以带出水体内的营养物质。

2) 鳙

鳙以杞麓湖藻类、浮游动物及水体中的腐殖质为食，实现营养物质向水产品的转化，原则生长至 2 kg 以上，可捕捞上岸，以带出水体内的营养物质。

3) 鲤

鲤鱼在杞麓湖拱泥摄食，以碎屑、腐殖质等为食，实现营养物质向水产品的转化，原则生长至 2 kg 以上，可捕捞上岸，以带出水体内的营养物质。



4) 鲫

鲫鱼在杞麓湖杂食性，以浮游动植物、碎屑、腐殖质等为食，可实现营养物质向水产品的转化，原则生长至 **0.3 kg** 以上，可捕捞上岸，以带出水体内的营养物质。

5) 太湖新银鱼

杞麓湖存在太湖新银鱼种群，因太湖新银鱼是一年生鱼类，种群死亡易造成有机质增加，污染水体，应控制其种群数量。



6) 红鳍原鲃等外来种

杞麓湖存在红鳍原鲃等外来物种，且繁殖能力强，一定程度挤占土著物种的生存空间，并造成食物竞争，应控制其种群数量。



5.3.2 捕捞数量和时间

（1）捕捞数量

根据 2023 年杞麓湖增殖放流量、苗种生长情况、杞麓湖鱼类资源量以及杞麓湖水质情况，预计 2024 年捕捞鲢 60 万尾、鳙 30 万尾，太湖新银鱼、红鳍原鲌等外来种应尽量控制其种群数量。

2025-2028 年，预计每年捕捞鲢 80-90 万尾，鳙 50-70 万尾，鲤 20 万尾，鲫 10 万尾，并根据前一年增殖放流量、鱼类生长情况、鱼类资源量以及杞麓湖水质情况适当调整当年捕捞种类和数量。

表 5.3.2-1 杞麓湖 2024 年捕捞量规划表

鱼类种类	2023 年放流数量 （万尾）	2024 年捕捞数量 （万尾）
鲢	122	60
鳙	55	30
合计	177	90

表 5.3.2-2 杞麓湖 2025-2028 年捕捞量规划表

	鲢			鳙			
	资源 量 (万 尾)	投放 量 (万 尾)	捕捞 量 (万 尾)	资源 量 (万 尾)	投放 量 (万 尾)	捕捞 量 (万 尾)	当年度鲢鳙 捕捞量合计 (万尾)
2025 年	50	120	85	20	80	50	135
2026 年	68	100	84	40	80	60	144
2027 年	67	100	84	48	80	64	148
2028 年	67	100	84	51	80	66	150
*其他鱼类根据种群资源监测情况进行捕捞。							

*因资源量涉及非法捕捞、自然死亡、投放伤亡等因素影响，故当年捕捞后，次年资源量按 80% 计算，即“次年资源量=（当年资源量+投放量-捕捞量）*0.8”。

根据湖泊、水库鲢鳙精准捕捞技术等因素，捕捞量按资源量和投放量总和的 50% 计算，即“当年捕捞量=（当年资源量+投放量）*0.5”。

（2）捕捞时间

结合 2023 年杞麓湖水生态系统监测，每年 7~11 月气温高，浮游生物大量繁殖，生物量密度较高，为鲢鳙提供丰富的食物，是水中氮、磷等营养物质转化为水产品的阶段，尤其是在 10 月达到顶峰，故捕捞时间预计在每年 12 月底至次年 2 月底，目的在于将杞麓湖更多的氮、磷等营养物质带出湖泊。捕捞时间应根据杞麓湖水质、水文等情况综合判定，为一个动态变动时间。除生态调控项目特许捕捞报通海县杞麓湖管理局批准外，杞麓湖实行全年禁渔。

（3）捕捞规格

鲢鳙的捕捞规格均重原则上应不低于 2kg；鲤的捕捞规格原则在 2kg 以上；鲫的捕捞原则规格在 0.3kg 以上；太湖新银鱼、红鳍原鲃等外来种的捕捞不限规格，应通过捕捞控制其种群数量。

5.3.3 精准捕捞方式

5.3.3.1 鲢鳙精准捕捞

杞麓湖鲢鳙精准捕捞方式是“拦+网+张+活鱼集运系统”为一体的捕捞体系，通过“网目规格+人工二道筛选”实现对上岸成鱼规格的精准控制。整个捕捞体系，减少了劳动人员、降低了劳动强度，提高了生产效率，并保证了成鱼质量；规格的精准控制，通过“捕大放小”保证渔业资源的合理利用。捕捞计划上，根据鱼苗投放规格的成长趋势及不同鱼龄的摄食能力差异，制定一年一网或两网的捕捞计划，给水体及后期投放的小规格鱼苗足够的

生长和活动空间，有利于增加鱼类摄食量和鱼病的防控，提升渔业生态效益。

所使用捕捞网具，应为环保型网具且可重复使用，不会因为破损丢弃给水体带来固体污染；完善捕捞操作规范，按规划进行捕捞活动，集中捕捞、严控入湖捕捞人员，提升捕捞人员安全生产意识，各个环节应紧密配合，保证渔业资源按规划捕捞。

5.3.3.2 底层鱼类捕捞

随着杞麓湖渔业的发展，如何有效地解决底层鱼捕捞问题，是保持杞麓湖鱼类种群平衡和合理科学利用鱼类资源的关键性措施。杞麓湖常见的底层鱼类有鲤、鲫和鲇等。这些鱼类可以在杞麓湖中自然繁殖，并能各自形成相当数量的群体，已成为湖泊鱼类资源一个重要组成部分。应进一步开展杞麓湖底层鱼类的精准捕捞技术研究，采用的渔具、渔法应符合相关法律法规要求。

5.3.3.3 银鱼精准捕捞

杞麓湖银鱼捕捞以刺网捕捞为主。其中，银鱼刺网为单层刺网，依据《农业部关于禁止使用双船单片多囊拖网等十三种渔具的通告》和《农业部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸制度的通告》，捕捞银鱼的定置单片刺网、漂流单片刺网网目内径不得小于 10mm。为提高对杞麓湖银鱼种群数量的控制力度，减少对其他鱼类误捕，根据杞麓湖银鱼的规格，网目一般为 30-60mm。利用银鱼垂直分布昼夜变化和趋光性等特点，在夜间，可采用光诱捕捞法。光诱捕捞时，应将灯具牢牢固定在浮

具上面，防止掉落进入湖泊内造成水体污染，同时避免使用铅蓄电池作为照明电源，而采用从湖岸牵引电线的形式供电照明。作业时将网直立成垣墙状，设置在湖体敞水区域的银鱼分布区，使活动的银鱼刺于网目内或缠绕于网衣中被捕获，一般在放网后10~12小时收网。

5.3.3.4 红鳍原鲃等外来种捕捞

根据杞麓湖红鳍原鲃等外来种的种群数量、分布范围等，采用网捕法的捕捞方式。

网捕法作为一种在水域渔业中广泛应用的捕捞技术，特别适用于面积广阔、水流相对平稳且鱼群密度较高的水域环境。针对红鳍原鲃这类外来种或其他外来鱼类的捕捞，网捕法表现出高效性和灵活性。

针对红鳍原鲃的种群密度、分布范围及其活动特性，可选择围网作为主要捕捞工具。围网通过多个浮标和沉子将网具固定在水域周围，形成包围圈，逐步缩小范围以捕获鱼群。网眼大小根据红鳍原鲃的体型大小进行调整，既确保可捕获目标鱼类，又避免对幼鱼和小型生物的误捕。

5.3.4 捕捞船只

捕捞船只应当遵守水上交通安全管理的有关规定，配备油污防渗、防漏、防溢和垃圾、污水收集设施，垃圾、污水和费油、残油应当回收上岸，实行集中处理，禁止排入水体。

5.4 杞麓湖生态环境监测

通过对湖泊水生生态环境的持续监测，实时掌握其水质、沉积物营养组成、浮游生物群落、底栖动物群落、大型水生植物群落、各种放流及非放流鱼类、银鱼资源量、土著鱼类产卵场等的变动情况、从而实时掌握湖泊水生生态环境的健康状况，指导鱼类的精准放流、精准捕控和方案调整提供科学依据。具体监测内容如下：

5.4.1 水环境因子

水环境因子参数直接反应了水体的理化性质，其变化趋势直观反应了水质的变化趋势。2023 年杞麓湖水生态系统监测及健康评估工作显示，杞麓湖水质总体为劣 V 类，样点水质指标多次出现超标，主要超标因子有氢离子浓度指数（pH）、化学需氧量（COD）、总氮（TN）和总磷（TP）。pH 值是反映水质是否适宜水生生物生长的重要理化指标，影响着水体生物繁殖和水质状况；COD 是一种用于衡量水样中有机污染物含量的指标；TN 为硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮与有机氮的总称，是反映水体富营养化的主要指标；TP 则是主要来源为生活污水、化肥、有机磷农药及近代洗涤剂所用的磷酸盐增洁剂等含量，是反映水体人类活动的重要指标。

（1）监测内容

指标包括：水温、pH、溶解氧（DO）、COD、透明度（SD）、电导率、TN、氨氮（NH₃N）、TP、叶绿素 a（Chl-a）、氧化还原电位（ORP）等。2024 年监测重点关注 TN、TP、pH 和

COD，尤其是 TN、TP，是衡量杞麓湖水体富营养化和人类活动影响的重要指示性指标。

（2）预期目标

获取水体主要水环境因子指标参数，特别是 TN、TP、pH 和 COD 四个指标，根据各项指标参数的变动情况预测水质变化趋势，评估湖泊水生环境健康状况及变化趋势。

5.4.2 大型水生植物

水体是水生植物的主要营养来源，水质的变化会对水生植物的生物多样性造成影响，控制了湖泊水生植物的生长环境，影响水生植物群落的分布。水生植物对水质具有一定的适应和净化作用，沉水植物在生长过程中会吸收水体中的营养物质，包括氮、磷等。因此，沉水植物对于维持湖泊生态系统健康起着至关重要的作用。湖泊沉水植物一般主要分布在水深 2-6 米范围内，平均分布水深为 3.9 米，分布的最大水深约为 10 米。2023 年监测结果显示杞麓湖水体水质污染严重，导致沉水植被大量消亡，生态功能逐步丧失。目前杞麓湖的大型水生植物主要以挺水植物芦苇、水蓼、喜旱莲子草等和漂浮植物凤眼莲、槐叶萍等为绝对优势，沉水植物也主要以穿叶眼子菜、狐尾藻、金鱼草等这些耐污种类为主。

（1）监测内容

大型水生植物物种组成、植物群落分类、重要值分析、生物多样性分析、生物量，特别是沉水植物。

（2） 预期目标

通过大型水生植物多样性现场调查，结合历史研究结果，形成大型水生植物名录；基本查明大型水生植物物种组成、分布现状、群落结构特征及生物量。特别是沉水植物，是评估杞麓湖水生生态环境健康状况的主要类群。

5.4.3 浮游生物

浮游生物可分为浮游植物和浮游动物。浮游植物是水域的初级生产者，将水体中无机营养转化为有机体，进入食物链，也是水体中溶解氧的主要来源，其群落组成、多样性及生物量不仅是水质污染状况和营养水平的重要标志，是湖泊水生结构优化的核心类群之一，也是驱动湖泊景观改变的重要因素。本项目拟通过实时监测，掌握湖泊浮游植物多样性、群落结构、指示种、优势种及生物量等的变动情况，进而掌握湖泊水体的健康状况，指导鱼类捕捞与放流；浮游动物是水域生态系统的初级消费者，是大多数鱼类的理想饵料，其种类和数量的变化直接或间接地对水生生物的分布和丰度产生影响，其群落组成、多样性及生物量也是水质污染状况和营养水平的重要标志，是湖泊水生结构优化的核心类群之一，也是驱动湖泊景观改变的重要因素。通过实时监测，掌握湖泊浮游动物多样性、群落结构、指示种、优势种及生物量等的变动情况，进而掌握湖泊水体的健康状况，指导鱼类捕捞与放流。2023 年监测结果显示杞麓湖浮游生物整体数量呈上升趋势。

（1） 监测内容

浮游生物种类组成、群落结构、优势种及生物量。特别关注蓝藻门数量和密度。蓝藻门在水体中过量增殖，往往形成“水华”。湖泊中含有较多的营养物质，特别是氮、磷，导致蓝藻的大量增殖，使水色蓝绿而浓浊；死亡分解时，散发出腐臭、腥臭气味，使水质变坏。

（2） 预期目标

实时掌握湖泊浮游生物种类组成、分布、优势种、生物量等，通过对浮游生物多样性、优势种及生物量变动的研究，评估湖泊水生环境健康状况，调整鱼类放流及捕捞方案。

5.4.4 底栖动物

底栖动物作为水生生态系统的重要组成部分，以底层沉积物为食，其种类组成、数量分布与各环境因子间存在一定联系，当某些环境因子发生变化，生物群落会呈现出一些相应的特征和规律。本项目拟通过实时监测，掌握湖泊底栖动物多样性、群落结构、指示种、优势种及生物量等的变动情况，进而掌握湖泊水体的健康状况，指导鱼类捕捞与放流。2023 年监测结果显示杞麓湖底栖动物清洁种较少，水生昆虫种类较多。沿岸区发育不全，固化湖堤分布较长，大型挺水植物较少，为耐污种生存提供条件，暗示杞麓湖水体正处于富营养状态。

（1） 监测内容

软体动物、水生昆虫、寡毛类等底栖动物类群种类组成，群落结构、优势种、密度及生物量等。特别关注双翅目耐污种数量。

（2） 预期目标

实时掌握湖泊底栖动物种类组成、分布、优势种、生物量等，通过对底栖动物多样性、优势种及生物量等的变动研究，探索其与环境因子的内在联系，据此从生态学角度对水体进行评价，评估湖泊水生环境健康状况，为维持和发挥现有湖库生态系统功能及修复受损系统提供基础资料。

5.4.5 鱼类

鱼类是湖泊水生生态系统中的高级消费者，鱼类种类多样性及数量组成直观反映了鱼类群落的恢复情况。本项目拟通过实时监测土著鱼类多样性、鱼类群落结构、数量、重量组成比例，银鱼生物量等参数，直观反映水生生态系统的健康状况，指导土著鱼类精准放流与精准捕控。目前杞麓湖鱼类已逐步被外来种替代。外来鱼类是威胁杞麓湖鱼类多样性的重要因素。

（1） 监测内容

鱼类物种（土著种、放流种类和外来种）种类组成、数量组成、优势种，特有土著鱼类种类、数量及分布，增殖放流鱼类资源量与分布等。

（2） 预期目标

通过实时调查，掌握土著鱼类多样性、鱼类群落结构、数量、重量组成比例、优势种，增殖放流鱼类生物量等参数，直观反映

水生生态系统的健康状况，指导鱼类精准放流与精准捕控。

5.5 效果评估

通过对杞麓湖水生生态环境的持续监测，实时掌握其水质、沉积物营养组成、浮游生物群落、底栖动物群落、大型水生植物群落、各种放流及非放流鱼类、土著鱼类产卵场、增殖放流效果等的变动情况，通过历史数据对比研究，掌握并预测项目实施过程中水质变化趋势，根据评估结果和当年鱼类捕捞情况，适当调整下一年度的增殖放流工作计划，明确鱼类种群调控的捕捞量、水生生物增殖放流的规格与数量等具体指标，实现杞麓湖生态渔业高质量发展。

5.5.1 鱼类控藻能力评估

围绕控藻鱼类的生长、摄食和年龄结构等参数，估算一定时间内控藻生物对投放水域浮游生物的摄食量，结合水环境中浮游生物的动态变化，综合评估其控藻能力。

5.5.2 土著鱼类生存状况评估

在鱼类资源调查的基础上，通过获取土著鱼类个体存活、生长、性腺发育、繁殖能力等基础数据及群体分布，综合评估其生存状况。

5.5.3 杞麓湖水生态系统评估

为有效地评估项目实施效果，需对杞麓湖水环境特征进行调查评估，推测项目实施对杞麓湖水生态系统的响应，从而为下一年度调控项目的实施内容提供重要的依据。选择水体总氮(TN)、

总磷（TP）和叶绿素 a（Chla）等主要水质指标和浮游植物、浮游动物以及鱼类等关键生物指标分析杞麓湖水生态系统现状特点及评估项目实施带来的生态效应。

5.6 管理措施

严格落实湖泊管理责任，管理单位要落实专人，强化湖泊安全的日常管理、巡查、养护。鱼苗投放后，必须每天定时入湖查看鱼苗成活情况。制定鱼类病害应急处理预案，当发现鱼苗死亡或浮头等非正常现象时，第一时间打捞、分析原因并采取相关措施。加大对湖泊出水口、入水口的管理力度，严厉打击污染湖泊水质的违法犯罪行为，维护湖泊公共安全。实行入湖船舶总量控制，增强渔船规范管理。未按有关规定办理捕捞许可手续的船舶，禁止在通航水域内进行捕捞作业。除生态调控项目特许捕捞报通海县杞麓湖管理批准外，杞麓湖实行全年禁渔。

六、保障措施

实施通海县杞麓湖渔业发展规划，加快现代渔业发展，是一项整体的、系统的、长期的工程，需要强化基础、产业、科技、财政和政策等诸多方面的措施保障。

6.1 加强现代渔业基础设施建设

加强渔业技术装备、水产品质量监管、养殖病害监测等技术手段，提高渔业现代化和信息化水平。坚持“挖掘潜力，提升配套”的原则，加快渔业基础设施建设，提高渔业综合生产能力。加强现代化的渔业优质苗种繁育体系建设，提升水产苗种种质质

量。推进平安渔业建设，建设各级渔业灾害救援机构，完善渔船安全救助和指挥通讯网络，提高渔业执法装备水平，增强渔业防灾减灾能力。

6.2 推动现代渔业产业化进程

大力推动渔业产业化进程，完善产业化经营机制，提高渔业产业化经营水平。积极引导企业实行现代企业管理制度，鼓励和扶持企业新上先进的渔业加工生产线，促进杞麓湖上岸鱼类的精深加工。建设一批高标准的水产批发市场，加快杞麓湖上岸鱼类的流动，形成区域性水产物流中心，进一步拉伸渔业产业链条，实现渔业产业一二三产协调发展。

6.3 提升现代渔业科技支撑

整合现有渔业科技资源，提高渔业科研自主创新能力，加强科技对现代渔业发展的推动和支撑作用，实施水产品良种培育、精深加工、病害防控、渔业资源可持续利用等重大项目的科技攻关。推动渔业科技实验基地建设，构建产学研一体化渔业科技平台，提升科技储备。完善水生动物疫病防控体系，实施主要水产养殖品种、水生动物疫病和重大病害的全年监测。

6.4 加强渔业执法体系建设

建立以企业管理为主体，渔业管理部门管理为核心，群众参与管理为根本的大水面渔业管理模式，严厉打击非法捕捞行为，防止不法分子破坏渔业资源，有效保护渔业资源。全方位、立体化的保护大水面渔业资源。

6.5 资金保障

按照“谁投入、谁保护、谁增殖、谁受益”的原则，形成“投入—保护—收益—加大投入”的良性循环，建立目标清晰、经营主体明确，受益直接、类型多样、操作简便的回馈机制，吸引社会资本参与发展杞麓湖大水面生态渔业。