

DOI: 10.5846/stxb201905301139

叶艳妹, 林耀奔, 刘书畅, 罗明. 山水林田湖草生态修复工程的社会-生态系统 (SES) 分析框架及应用——以浙江省钱塘江源头区域为例. 生态学报, 2019, 39(23): 8846-8856.

Ye Y M, Lin Y B, Liu S C, Luo M. Social-ecological system (SES) analysis framework for application in ecological restoration engineering of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands: Utilizing the source area of Qiantang River in Zhejiang Province as an example. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(23): 8846-8856.

山水林田湖草生态修复工程的社会-生态系统 (SES) 分析框架及应用

——以浙江省钱塘江源头区域为例

叶艳妹^{1,2,*}, 林耀奔^{1,2}, 刘书畅^{1,2}, 罗明³

1 浙江大学土地与国家发展研究院, 杭州 310058

2 山东省土地生态修复工程技术研究中心, 滨州 256600

3 自然资源部土地整治中心, 北京 100035

摘要:“山水林田湖草生命共同体”是人与自然和谐共处的指导原则,也是人类实现可持续发展的有效实践路径。根据 Ostrom 提出的社会-生态系统 (SES) 框架,以浙江省钱塘江源头区域为研究区,构建集流域、陆地和人类活动为一体的社会-生态系统 (SES) 概念框架,为生态修复工程提供一个问题导向的分析策略。研究发现基于 Ostrom 构建的钱塘江源头区域山水林田湖草生态修复工程的 SES 框架,可以用来诊断关键问题、分析影响因素、设定行动情景和评估结果,从而形成完整的实施和解决问题策略。由诊断关键问题得出,该区域面临地质灾害多发、水土流失、环境污染、生物结构单一等多重问题,而人类活动如城市扩张、过度开发自然资源、污染物排放等则是造成社会-生态系统失衡的主要因素。通过行动情景设置将 SES 框架中涉及的影响因素、解决途径、评价标准、期望的成效以及反馈机制等进行梳理,对研究区的社会-生态系统进行全面分析。根据设立的评价体系对生态修复工程进行生态环境和社会经济效益的动态评估,并不断地根据评价结果进行修正以获得最佳的预期成效。该框架为解决钱塘江源头区域山水林田湖草生态修复工程所面临的问题提供了一个系统的解决方案,并可根据研究区的特点进行相应调整,是一个具有强适用性的社会-生态系统分析框架。

关键词:山水林田湖草生命共同体;生态修复工程;社会-生态系统 (SES) 框架;评价指标体系;钱塘江源头区域

Social-ecological system (SES) analysis framework for application in ecological restoration engineering of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands: Utilizing the source area of Qiantang River in Zhejiang Province as an example

YE Yanmei^{1,2,*}, LIN Yaoben^{1,2}, LIU Shuchang^{1,2}, LUO Ming³

1 Land Academy for National Development (LAND), Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2 Land Ecological Restoration Engineering Technology Research Center of Shandong Province, Binzhou 256600, China

3 Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China

Abstract: “Taking mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands as a life community” is the guiding principle of the harmonious coexistence between human and nature, and is also an effective practical path for the sustainable development of mankind. According to the social-ecological system (SES) framework proposed by Ostrom, the source area of the Qiantang

基金项目: 国家社会科学基金重大项目 (14ZDA039)

收稿日期: 2019-05-30; 修订日期: 2019-09-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yeyanmei@zju.edu.cn

River in Zhejiang Province was used to construct a SES conceptual framework integrating watershed, land, and human activities. It provided a problem-oriented analysis strategy for ecological restoration projects. This study found that the SES framework of the ecological restoration project of “mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands” in the source area of the Qiantang River can be used to diagnose key problems, analyze influencing factors, set action scenarios, and evaluate results to form a complete implementation and problem-solving strategy. Based on key problems in the diagnosis, this region faced multiple problems, including frequent geological disasters, soil and water loss, environmental pollution, and single biological structures, while human activities such as urban expansion, excessive exploitation of natural resources, and pollutant discharge were the main factors causing an imbalance in the SES. By setting action scenarios, the influencing factors, solutions, evaluation criteria, expected results, and feedback mechanisms involved in the SES framework were sorted to comprehensively analyze the SES of the study area. According to the established evaluation system, the ecological restoration and environmental economic effects of the ecological restoration project were evaluated dynamically, and constantly revised based on the evaluation results to obtain the best expected results. This framework provided a systematic solution to solve the problems faced by the ecological restoration project “mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands” in the source area of the Qiantang River, and could be adjusted according to the characteristics of the study area. This is a SES analysis framework with strong applicability.

Key Words: taking mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands as a life community; ecological restoration project; socio-ecosystem (SES) framework; evaluation index system; source area of the Qiantang river

“山水林田湖草生命共同体”原则由习近平总书记在党的十八大提出,自提出以来得到了社会各界的广泛关注,其科学内涵、理论基础以及实践方案等内容得到不断地丰富^[1]。概括来说,是一个由山、水、林、田、湖、草等自然要素构成的,同时与人共存、共生、共荣的有机整体^[2]。生命共同体各要素有机关联、互为影响、不可分割,人类在利用和开发自然资源的过程中,应更为注重对生态环境的保护。根据 2017 年《中国环境状况公报》显示,我国劣 V 类湖泊(水库)占 10.7%,极差级的地下水监测点占 14.8%,土壤侵蚀总面积占普查范围总面积的 31.1%,生态环境质量中“较差”和“差”的县域占 33.5%,受威胁的高等植物约占评估物种总数的 10.9%,受威胁的脊椎动物约占评估物种总数的 21.4%。我国的生态环境状况不容乐观。

随着全球环境问题的持续恶化,人们逐渐认识到单一的自然生态系统安全性评价的不足,开始关注人与自然的相互作用和影响的综合体系研究,其中涉及资源、环境、社会、经济和制度等多种维度^[3-4]。以长三角城市为例,由于上海市工业的发展对空气环境造成了较大的压力,使其空气质量优良率从 2007 年的 89.9%下降至 2016 年的 75.4%。但是,上海市通过节能减排和增加环境污染投资额等社会经济行为使上海市的雾霾治理指数在 2016 提高至 0.7,达到了优等级,为长三角地区最高^[5]。人类社会通过环境治理和政策制定来调节人与自然的关系,因此,社会-生态系统理论已成为探讨和解决这一全球问题的重要基础,也是生态环境问题的国际研究趋势^[6-8]。该理论的主要的分析框架有驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR, Driving-Pressure-Status-Impact-Response)、社会-生态系统框架(SESF, Social-Ecological System Framework)、脆弱性框架(TVUL, Vulnerability Framework)、人与自然耦合系统(HES, Human Environment Systems Framework)等十几种,其中 2009 年 Ostrom 提出的 SES 框架最受关注^[9-10]。该理论框架包括资源系统、资源单位、管理系统、用户等核心子系统,具有很强的解释、诊断并解决问题的功能,为解决生态治理问题提供了强有力的工具^[11-12]。

本研究的目的是建立一个问题导向的社会-生态系统(SES)框架以解决在山水林田湖草生态修复工程实施所面临的社会经济和自然环境问题,为社会和环境治理提供参考。浙江钱塘江源头区域作为长三角地区的一个重要生态调节区,研究其实施山水林田湖草生态修复工程,提供一个问题导向的解决方案,并形成工程评价体系,并以期为有效推进我国山水林田湖草生态保护修复工程具有一定的指导意义。

1 社会-生态系统 (SES, Social-ecological system) 分析框架

环境资源问题是一个复合的系统问题,并随着人类活动的不断冲击而愈加复杂化。许多研究也证实,人类社会与生态系统之间存在着复杂的相互作用,并在不断地发生着变化^[13-14]。根据生态整体主义环境伦理学,大地作为地球协调运作的一个共同体,是由土壤、水、生物(包括人类)等部分组成的整体生态系统,应该得到人类的尊重并承担保护大地共同体的义务^[3]。此外,生态系统还是一个具有输入和输出的动态系统,即会受到人为活动的影响也对人类社会带来财富或造成威胁。SES 框架就是这样的背景下形成的,它将人类社会和生态系统交互过程中涉及的所有资源都囊括其中,形成一个多维耦合互动的有机体^[9]。其以 CPRs 治理理论和 IAD 框架为基础,通过整合多学科知识而构建的多尺度、跨时空的分析框架,包括资源系统(RS, Resource Systems)、资源单位(RU, Resource Units)、行动者(A, Actors)、治理系统(GS, Governance Systems)等四个核心系统以及在社会系统(S, Social)和生态系统(ECO, Ecosystems)两个宏观背景下进行的互动过程(I, Interactions)和产出的结果(O, Outcomes)等八个一级变量如图 1 所示^[15]。本研究根据研究区情况对其进行了扩展,通过对各组成系统的关联分析,建立特定区域的 SES 框架,用以识别可持续治理问题、分析影响因素、设定情景,并对各要素之间的互动效果进行评估,从而寻找最佳的治理策略。

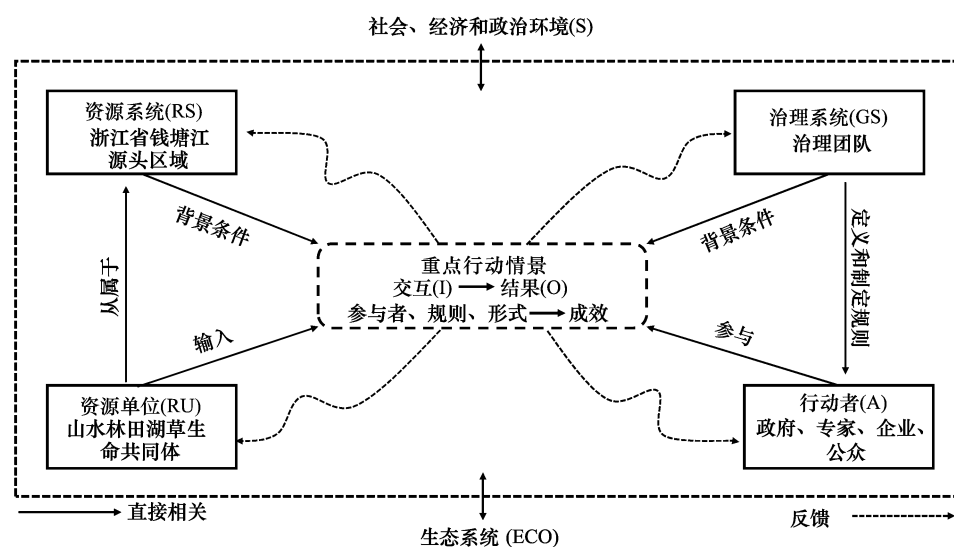


图 1 社会-生态系统 (SES) 分析框架结构

Fig.1 The framework structure of social-ecological system (SES) analysis

RS: 资源系统, Resource Systems; RU: 资源单位, Resource Units; A: 行动者, Actors; GS: 治理系统, Governance Systems; S: 社会系统, Social; ECO: 生态系统, Ecosystems; I: 互动过程, Interactions; O: 产出的结果, Outcomes

SES 框架的构建主要包括两个部分,一是确定该生态系统存在的问题,二是设定相应的行动情景^[16](图 2)。该框架需要相关的地理空间、生态环境和社会经济数据支持,以进行相应的问题判别和分析。首先,要先确定山水林田湖草生态修复工程的社会-生态问题,再进行实地的调研和驱动因素的分析工作,这一步骤应由一个跨学科研究小组开展工作,依据具体问题,还应有一定的利益相关者参与。其次,要确定山水林田湖草生态修复工程 SES 行动情景,包括解析行动情景的组成部分和性质,为分析问题和评估诊断结果提供依据。这里要确定重点行动情景,即明确待检查的问题以及所需采取的措施^[17]。在每一个行动情景中都应该包括社会行动者和利益集团,因为他们的世界观、立场、正式和非正式规则以及获得信息的程度不同,这些都将对特定的行动情景产生影响。

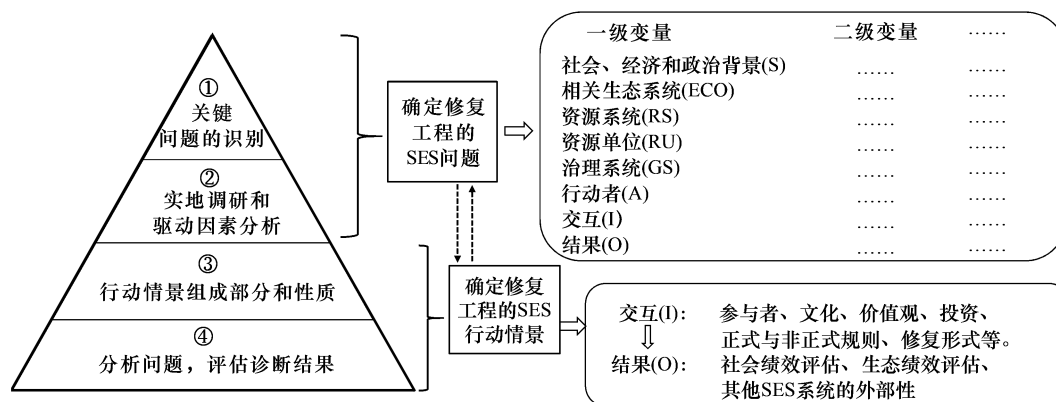


图2 基于问题导向的SES框架设定

Fig.2 Problem oriented SES framework setup

2 山水林田湖草生态修复工程的SES框架

在“山水林田湖草生命共同体”原则的指导下,山水林田湖草生态修复工程要统筹兼顾生态系统各要素及各部门,通过现状调查评估、制定规则、设计方案、工程实施等步骤对区域生态系统进行系统修复、整体保护和综合治理,全面提高生态系统的抵抗力和恢复力,并加强人类社会经济系统和自然生态系统的协调性和互助性。

山水林田湖草生态修复工程受到管理、资金和科技等各方面条件的制约,工程实施区的可持续发展问题也会表现出共同资源的集体行动问题的特征,参与者将不同程度参与资源竞争和协商。因此,山水林田湖草生态修复工程的大多数问题可以分析为嵌套的或多层次的集体行动情况,代表了“可持续性行动情况”的困境^[16]。

2.1 识别关键问题并分析影响因素

基于上文的SES框架,首先要将关键问题定义为一个连接多个微观地区和人的问题,而不是孤立的问题。不同类型的问题都应该进行综合考量,充分考虑问题的区位、起因以及牵涉的利益群体等^[12]。例如,流域水质的问题就不应该只简单考虑水体本身的问题,还应考虑周围的土壤、矿山、工业污染以及周边居民的排污方式等。这就要求工程的参与者是一个多学科的专家团队,从各种角度去分析该区域不同维度的相关因素和利益主体,并根据指标的特性制定相应评估标准以对问题的严重程度进行科学诊断。

对于生态系统,主要关注水环境、空气环境、土壤环境、生物资源等要素。水环境和空气环境的质量主要受周边的产业布局、“三废”排放、基础设施建设等因素的影响,而土壤环境还会受到化肥施用、灌溉方式的影响。生物资源包括动物、植物和微生物等,主要受到人类干扰程度、环境状况的影响。对于社会系统,社会经济情况和治理体系是主要分析对象,人口、产业经济、基础设施和政治文化等要素的变化会对区域生态环境产生直接影响。人口数量的增加会挑战自然资源承载力,工业的发展也会在一定程度上对生态环境造成破坏,基础设施的不完备也会随着污染物排放的增加而对生态环境带来威胁,而政治文化也会通过人的行为作用于周边的自然资源。因此,对社会-生态系统的影响因素进行分析时,一定要遵循全面性、系统性、动态性的原则,组织各学科专家进行综合分析。

2.2 设定行动情景并评估诊断结果

为了对山水林田湖草生态修复工程的实施效果进行效益评估,需根据上文中所提到的SES行动情景框架进行相关的指标设计^[17-18]。在宏观尺度上,以提高区域的社会、经济、生态综合效益为主,主要通过对区域进行生态保护与修复分区以辨识出对维护区域生态安全和社会经济具有重要价值的需要优先保护和修复的

重点区域。在中观尺度上,着眼于区域的社会、生态综合效益,主要通过系统部署生态保护修复工程以切实推进区域山水林田湖草生态保护修复。在微观尺度上,更关注区域的生态效益,通过对每个工程实施区进行问题识别,有针对性地制定工程方案。宏观、中观和微观 3 个尺度的生态修复工程应同步实施,并形成动态的反馈机制,在工程实施前、中、后 3 个时间维度进行持续评价,发现问题即解决问题。图 3 中将钱塘江源头区域山水林田湖草生态保护修复工程 SES 框架中涉及的自然资源压力驱动因素、解决途径、参与者、实施规则、评价标准、期望的成效以及反馈机制进行了设置,以系统性、针对性地将研究区进行社会-生态系统分析。

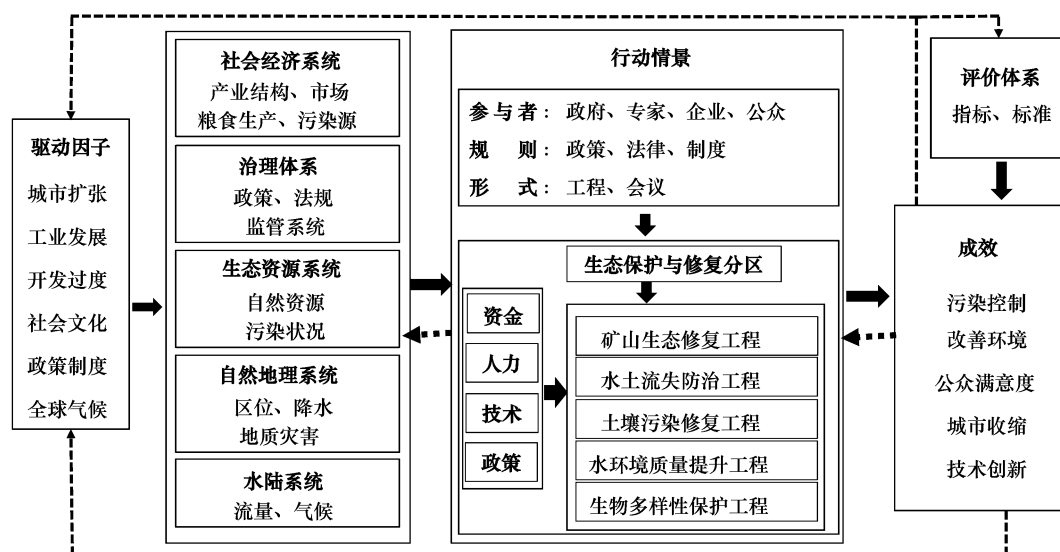


图 3 基于 SES 框架的行动情景设定

Fig.3 Action scenario setting based on the SES framework

从社会经济和生态环境两个维度进行效果评估,社会经济指标包括人口密度、产业结构、基础设施、资金投入、公众满意、农业产值等,主要考虑社会文化背景、涉及的主体、潜在的污染源以及工程实施带来的社会效益等。自然生态指标涉及有关山、水、林、田、湖、草和生物多样性等相关指标,更加注重修复工程所可能带来的生态效益、农业经济效益和社会效益以及可能带来的外部效应,体现了可持续性的理念。同时,还需对两个系统指标的耦合程度进行测算,以表征社会系统和生态系统发展的协调性^[19]。

3 基于钱塘江源头区域的实证分析与讨论

浙江省钱塘江源头区域位于浙江省西部(东经 118°01′—119°44′,北纬 28°46′—30°02′),地处浙、赣、皖三省交界,包括建德市、淳安县、开化县和常山县 4 个县(市),总面积约 10066.74 km²,占浙江省面积的 9.89%,是长三角、泛珠三角和海西三大经济区的重要交汇点,对浙江乃至长三角地区经济社会发展具有十分重要的意义。但该区域目前存在较为严重的生态环境问题,包括水生态环境、矿山生态环境、水土流失、森林生态系统、土壤污染以及生物多样性等,这些都是山水林田湖草生态修复工程所需解决的重要问题。为此,首先需要在中、微观尺度上采取一定的方法或标准对流域内山、水、林、田、湖、草等各要素系统存在的问题进行识别和诊断。参考已有对环境治理的研究成果^[14,20],本研究提供浙江省钱塘江源头区域山水林田湖草生态修复工程的动态分析 SES 框架(图 4)。

3.1 关键问题识别

3.1.1 山体生态修复问题

由于区域内多为高山陡坡,汛期降雨较集中,滑坡、泥石流与崩塌等各类地质灾害多发,境内水土流失面积达到 809.37 km²,占土地面积的 8.04%,中等以上侵蚀强度占比均在 50%以上,治理难度较大。由于工业

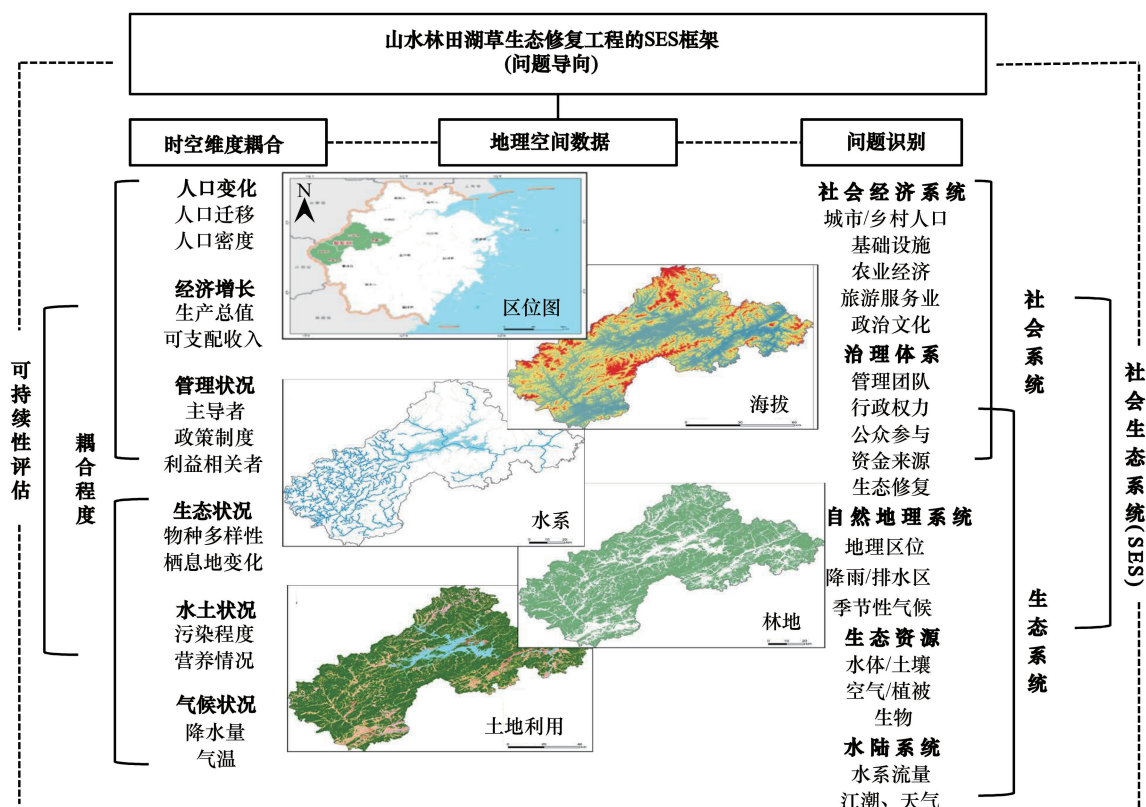


图4 基于问题导向的SES动态分析框架

Fig.4 Problem oriented SES dynamic analysis framework

区开发开发后建设周期长,裸露地表多,且水土保持措施缺失,造成的水土流失局部加重。此外,区域地处钦杭成矿带,矿山企业经营方式粗放,历史上矿产开采形成的关闭(废弃)矿山点多面广,且地质环境保护和恢复治理滞后,因而导致的植被、景观、土地等均受到不同程度的破坏。

3.1.2 区域水质安全问题

区域内环保基础设施建设依然滞后,城市建成区污水管网雨污分流、清污分流的问题亟待解决;污水收集管网配套建设不足,没有做到应收尽收,导致污水处理厂处理率和负荷率偏低,不能满足城市发展的要求。农村地区的生活污水处理设施建设和运行管理亟待加强,畜禽养殖污染和农业面源污染治理有待推进。有报告指出生活源和农业源治理已成为千岛湖水生态环境保护薄弱环节,随着湖内污染物的逐年累积,蓝藻增殖现象和水质营养化程度不断加剧,水生生物种群结构单一化问题日益显现,水生态自我修复能力不断减弱,已严重干扰了千岛湖水生态系统的健康和稳定。

3.1.3 林分质量问题

由于长期以来偏重于速生林种植,导致森林系统林种比例失调,针叶林多阔叶林少,单层林多复层林少,单纯林多混交林少,中幼林多成熟林少,林分质量不高,群落结构和树种单一,针叶林化问题突出,生物群落结构简单,生态功能不强,自然灾害、森林火灾、偷盗滥伐林木、非法侵占林地等对森林资源破坏较大森林火灾频繁发生、松材线虫病等危险性有害生物还没有得到彻底控制等问题威胁森林生态安全。同时,工业开发、矿山开采和弃渣占用阔叶林的情况时有发生,森林质量下降。总体上,生态系统自我恢复平衡能力和自我调节能力不强。

3.1.4 技术支撑问题

随着生态环保工作的任务越来越繁重,但区域内环保机构、队伍、人员相对滞后,废水废气处理、城市固体

废弃物处置能力与污染产生排放量还不相匹配,危险废物、污泥处置能力普遍不足,环境风险管控和应急能力建设比较薄弱,环保执法队伍建设、监管能力、管理手段存在短板,尤其是基层和农村的环保监管能力有待加强。生态保护与建设科技支撑保障相对不足,环境信息化和现代化水平还不适应环境管理要求。

3.1.5 责任意识问题

企业环境责任意识有待提高,偷漏排等环境违法行时有发生;公众对环境质量要求与自身环保意识之间也存在较大反差,不良的生活和消费行为负面环境影响也对生态环境造成较大的影响,公众参与对强化生态环境监督、推进社会治理的强大作用尚未有效发挥,公众主动践行生态文明要求的意识仍然不够。“资金”是运维管理工作开展重要保障,但由于区域财力有限,生态环保方面的资金投入仍存在很大压力。

3.2 影响因素的分析

通过对浙江钱塘江源头区域进行实地调研和整理分析各方面数据资料,归纳总结得出研究区山水林田湖草生态保护修复工程社会-生态系统的影响因素(图5)。对于矿山生态环境修复工程而言,就需要从矿产资源开发利用方式、监督管理水平、矿山“三废”治理情况以及地质灾害风险等方面逐一进行排查,从而制定科学的生态环境修复方案。水体污染主要是由工业、矿业和生活“三废”的排放造成的,加上监管不力和修复资金短缺,导致状况的不断恶化。该区域虽然森林资源较为丰富,但消防设施和人员不足、树种结构单一、土地肥力不足等问题在一定程度上提高了森林灾害风险。土壤环境质量同样不容乐观,“三废”、化肥、尾矿等污染物不断进入土壤,不但造成了土壤污染,也通过作物的吸收进入食物链,间接危害人类的健康。受水力侵蚀的影响,该区域的水土流失严重,山丘区存在着较大滑坡、崩塌、泥石流等灾害风险。此外,区内生物生境遭到一定程度的破坏,自然生物群落随之逐步退化,生态系统抗压能力持续减弱。可见,人类活动如城市扩张、过度开发自然资源、污染物排放等都是造成社会-生态系统失衡的重要原因。

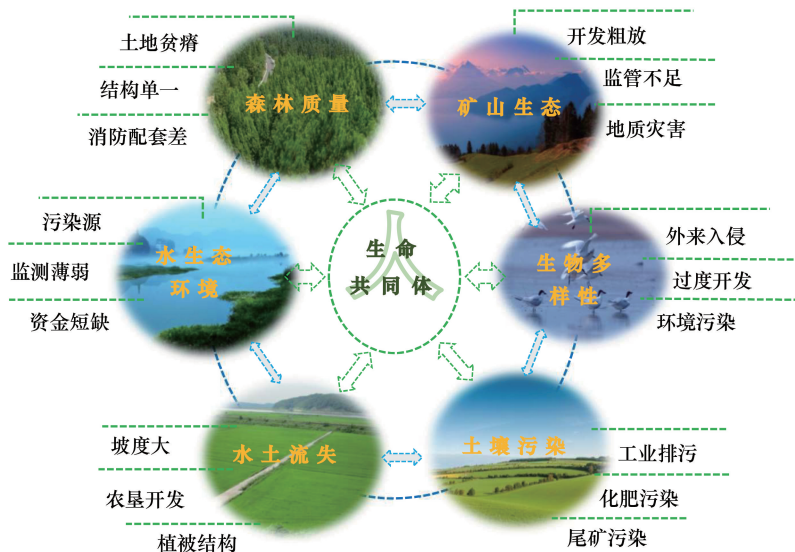


图5 山水林田湖草生态保护修复工程社会-生态系统的影响因素

Fig.5 The influencing factors of social ecosystem in ecological protection and restoration project of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses

3.3 行动情景设定

根据影响因素的分析可知,人类活动是浙江钱塘江源头区域生态环境恶化的主要源头,因此对该区域实施山水林田湖草生态保护修复工程必然会涉及诸多利益主体,是一个典型的社会-生态系统案例。针对钱塘江源头区域这一重要的生态保护区域,每一个工程实施点都应该细致排查各种可能的污染源,描绘污染网络,动员各方参与者,完善治理体系,并对成效进行动态评估,确保生态环境和社会经济效益的有效提升。这一环

节的设定,主要是确定各组成部分,并制定相应的规则,将它们联结起来以确保工程运作的可持续性和有效性(图6)。

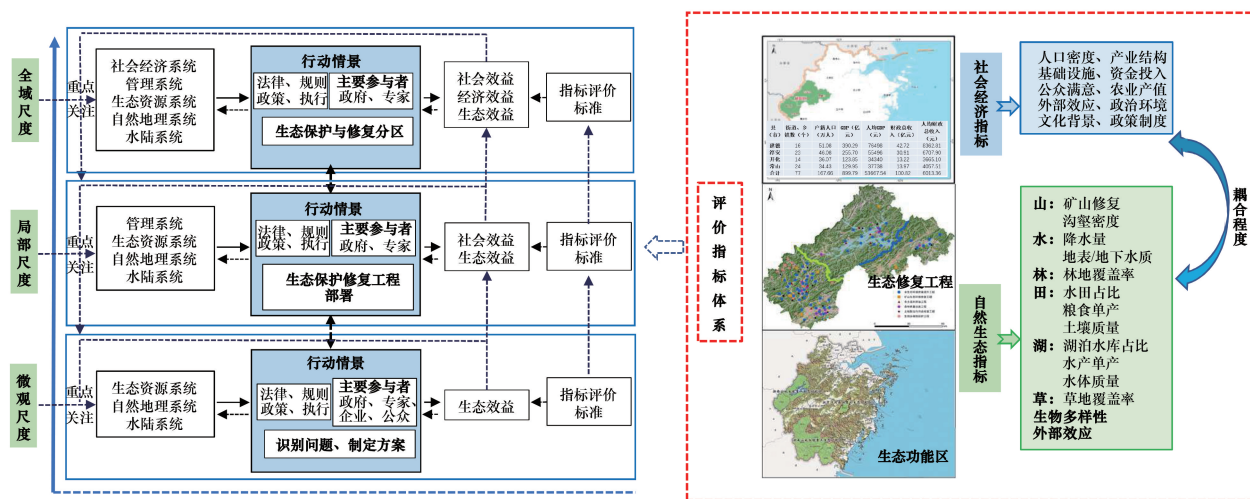


图6 山水林田湖草生态修复工程的 SES 行动情景框架及评价指标体系

Fig.6 The SES action situation framework and evaluation index system for ecological restoration project of mountains, rivers, forests, farmlands, lakes and grasslands

3.3.1 生态保护修复工程

浙江省钱塘江源头区域生态保护修复方案核心为系统构建以新安江(千岛湖)和马金溪-常山港干流及主要支流为主体,以矿山资源及规划矿区、水土流失敏感区、江河湖库、生物多样性保护重要区等区域为网点的生态保护与修复工程实施架构。遵循“山水林田湖草生命共同体”的理念,围绕解决区域生态环境问题,统筹协调涉及农田、水体、森林、矿山等各要素的保护修复工作,系统部署水生态环境质量提升、矿山生态环境修复、水土流失防治、森林质量改善、土地整治与土壤污染修复、生物多样性保护等6大生态保护修复工程(图7),切实推进区域山水林田湖草生态保护修复。同时,要考虑到这6个生态保护修复工程的整体性,各个工程之间要充分沟通协调,不可顾此失彼,以确保生命共同体的顺利建成。

3.3.2 运行管理及组织实施

生态保护与修复工程涉及到岸上岸下、上游下游,是一个复杂的系统。需要在实地调研了解浙江钱塘江源头区域生态保护体制机制的基础上,分析其与“山水林田湖草生命共同体”系统保护理念和技术不适应方面的关键问题,明确体制机制改革方向,从组织领导、责任落实、资金筹措与投入、完善配套制度、鼓励公众参与等方面,提出生态保护修复制度保障。

(1) 进行项目投资估算。根据在建和已立项项目的投资计划,估算各项生态修复工程投资资金。同时制定资金筹措方案,包括加大并落实各级政府资金投入、加快推进资源环境市场化配置、充分运用市场机制以拓宽融资渠道,以切实保障重点项目的实施以及生态系统修复任务的落实。

(2) 建立运行管理机制。通过控制年度推进计划,合理控制区域山水林田湖草生态保护修复推进计划;

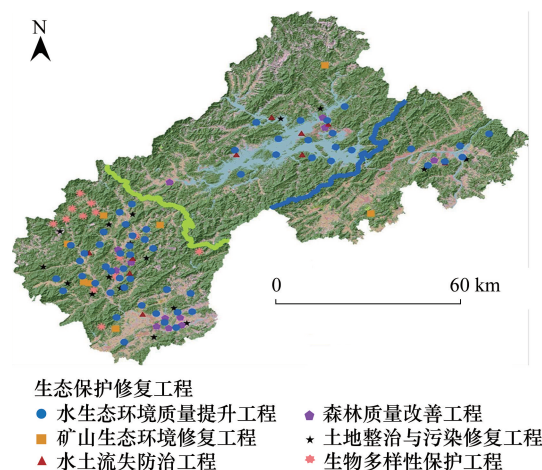


图7 生态保护与修复工程空间分布示意图

Fig.7 Spatial distribution diagram of ecological protection and restoration project

规范项目管理程序,构建项目监管长效机制,健全科学评估体系,实现工程项目事前、事中和事后全程监督;建立运行管理新模式,推行第三方开展运维模式,探索形成一套责任明确、奖惩到位的项目监管新机制。

(3)工程效益分析。从区域生态环境保护与恢复程度、区域山水林田湖草生态保护修复能力、区域生态环保基础设施建设等方面对钱塘江源头区域的生态环境效果进行分析。同时,还应关注区域的经济社会发展效果,包括区域经济的生态化程度、区域社会事业发展水平、城乡居民生活品质等3个方面进行评估分析。

(4)组织实施。成立工作领导小组和建立省市县三级统筹协调机制,以强化组织领导。并把修复任务分解到4个县(市)以强化地方主体责任,实行动态考核制度以强化考核督查。同时,加大各级财政投入力度、健全生态保护补偿机制、引入市场驱动机制、吸引社会投资以完善生态保护投融资机制。此外,还应鼓励公众参与,实行信息公开化并接受舆论监督,在区域形成重视山水林田湖草生态系统保护修复的良好风尚和氛围。

3.4 诊断结果的评估

对于钱塘江源头区域而言,由于区位的特殊性,因此对政策法规进行评价时,不能单一考虑其直接效果,还需评估其带来的溢出效益,并关注可能造成的食品安全问题,以及参与者的权力、涉及群体的利益等诸多社会问题。在评估的过程中,仍然需要专家团队提出质疑,不断完善评价体系,以获得有效的评价结果。同时还要评估参与者的利益相关性,区分他们所能提供帮助的正负效益,避免对工程的实施造成不利影响。

该框架对不同类型的问题分析具有广泛的适应性,多学科专家小组全程参与分析讨论,不论是直接原因还是间接原因,都可以在工程实施过程中进行分析并制定解决的方案。但是在实践操作中会遇见诸多难以解决的问题,尤其是区域外的影响因素、工程项目实施主体可能未考虑当地居民的经济利益以及不能改变相关空间规划对该区域的影响等等。因此,该框架的提出是为了帮助分析该工程的复杂性和涉及的诸多影响因素,并关注不同区域尺度上的社会经济、生态环境的情况,评估工程实施可能带来的正面或负面的效果,为制定相应的解决策略提供依据。本区域主要评估生态环境和社会经济发展两方面的效益。

3.4.1 生态环境效果

(1)区域生态环境保护与恢复。主要考察区域废弃矿山的治理效果,包括绿色矿山推进情况、水土流失控制效果、小流域综合治理成效等;对于污染源,主要评估农村生活污染、农业面源污染、工业污染等治理效果;林业生态系统重点考察有机农林产品基地建设、人居环境、区域生态系统等情况。

(2)区域山水林田湖草生态保护修复能力。主要评估区域环境监测、风险管控、信息化水平、科技支撑能力和生态环境治理能力等。

(3)区域生态环保基础设施建设。主要体现在区域内相关四个县(市)及其乡村的供水能力、污水处理设施水平、城乡生活垃圾无害处理能力、环保基础设施建设水平等。

3.4.2 社会经济发展

(1)区域生态经济情况。切实推进区域山水林田湖草生态保护修复,并不是限制区域经济的发展,而更多是推进经济发展方式向生态化转变。主要考察区域相关县市的生态经济发展情况,包括生态旅游休闲、生态农林业、生态特色工业等。

(2)区域社会事业发展。在推进山水林田湖草生态保护修复的同时,还需注重社会事业领域的发展,重点考察区域教育、文化、卫生、环保科技和环保产业的发展情况。

(3)城乡居民生活品质。通过山水林田湖草生态保护修复工程的实施,使区域生态环境质量从根本上得以改善,但还需对居民进行幸福感的调查,以了解城乡居民对生态修复工程的直接感受,以真实反映对生活品质的影响。

3.5 对策建议

基于对山水林田湖草生态修复工程 SES 框架的分析,为有序推进该区域的生态修复工程,提出如下对策建议:

(1)准确识别生态环境问题。生态环境问题的识别要结合微观视角与全局视角,不能仅对小区域的环境

要素进行分析,更应结合大区域的环境情况进行综合考量。这就需要组成一个多学科的专家团队,涉及土壤、地质、水资源、大气、植物、动物以及人类心理学、管理学等方面的人才,针对现状进行全面细致分析,深入挖掘其中的因果关系并提供解决方案。

(2)制定具体的生态修复工程。革新按生态要素或资源种类保护治理的工作模式,在明确生态保护修复主要矛盾和问题的基础上,全面开展水环境保护治理、矿山生态化治理、森林生态系统质量提升、水土流失防治、生物多样性保护等,实现山水林田湖草的整体保护修复。在工程布设方面,充分考虑各生态环境要素保护修复与人类活动之间的协调性和整体性,把各类生态和社会资源纳入统一治理的框架之中。统筹协调涉及矿山、森林、湖泊、河流、土壤等各要素的生态保护与修复、基础设施建设、监管能力建设、管理体制建设,提出生态保护修复体制机制创新方向、任务和路径。

(3)创新治理体系。生态修复工程在区位上涉及到岸上岸下、上游下游,但影响范围却是自然生态系统和人类社会系统,是一个复杂的社会-生态系统。这就需要对过去治理方式进行总结,创新治理体系,将山水林田湖草与人的交互关系纳入治理框架之中。针对每项生态修复工程所涉及区域的生态资源禀赋、治理难度和成本、社会经济等情况,从组织领导、责任落实、资金筹措与投入、完善配套制度、技术创新、鼓励公众参与等方面进行综合考虑,创新生态环境治理体系。

(4)建立动态评价和监管体系。为科学评价工程实施的成效,需要建立一个动态的评价体系,从工程实施的前期、中期、后期对区域的生态环境效益和社会经济效益进行综合评价,并根据评价结果进行过程监管。生态环境方面,需要关注区域废弃矿山、流域环境、工业污染、林业生态、土壤环境等是否得到有效治理;社会经济方面重点关注食品安全质量、人居环境、环保基础设施、绿色农业经济等方面是否得到显著提升。通过“动态评价+动态监管”的形式,加快推进生命共同体的综合治理。

4 结论

浙江省钱塘江源头区域是长三角地区重要的生态涵养区,具有较强的生态恢复力,但日益严峻的资源利用压力对该区域的山水林田湖草生态可持续性带来了挑战。该区域所面临的生态环境问题可视为全球可持续发展问题的缩影,区域内外的社会-生态系统都存在相互的作用力,改变着生物的生存空间。本文根据 Ostrom 提出的 SES 框架,尝试构建了基于问题导向的钱塘江源头区域山水林田湖草生态修复工程的 SES 框架,并通过识别关键问题、分析影响因素、设定行动情景和评估诊断结果以形成完整的实施和解决问题策略。这个框架旨在针对特定的案例进行研究和分析,它可以应用于一个流域,也可以是多个流域之间的比较分析,框架内的要素和行动可以根据需要进行调整,以适应不同的问题、尺度和区域。希望这能为诊断和评估山水林田湖草生态修复工程中涉及的问题提供一个新的视角,以解决钱塘江源头区域的社会-生态系统可持续发展困境。

参考文献(References):

- [1] 成金华, 尤喆. “山水林田湖草是生命共同体”原则的科学内涵与实践路径. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(2): 1-6.
- [2] 李达净, 张时煌, 刘兵, 张红旗, 王辉民, 颜放民. “山水林田湖草—人”生命共同体的内涵、问题与创新. 中国农业资源与区划, 2018, 39(11): 1-5, 93-93.
- [3] Grêt-Regamey A, Huber S H, Huber R. Actors' diversity and the resilience of social-ecological systems to global change. Nature Sustainability, 2019, 2(4): 290-297.
- [4] 王姬, 周立华, 魏轩. 基于社会-生态系统的沙漠化逆转过程脆弱性评价指标体系. 生态学报, 2018, 38(3): 829-840.
- [5] 陈诗一, 王建民. 中国城市雾霾治理评价与政策路径研究——以长三角为例. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(10): 71-80.
- [6] 周晓芳. 社会-生态系统恢复力的测量方法综述. 生态学报, 2017, 37(12): 4278-4288.
- [7] Dunham J B, Angermeier P L, Crausby S D, Cravens A E, Gosnell H, McEvoy J, Moritz M A, Raheem N, Sanford T. Rivers are social-ecological systems: time to integrate human dimensions into riverscape ecology and management. WIREs Water, 2018, 5(4): e1291.
- [8] Magarey R D, Chappell T M, Trexler C M, Pallipparambil G R, Hain E F. Social ecological system tools for improving crop pest management.

- Journal of Integrated Pest Management, 2019, 10(1): 2.
- [9] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422.
- [10] 余中元, 李波, 张新时. 全域旅游发展背景下旅游用地概念及分类——社会生态系统视角. *生态学报*, 2019, 39(7): 2331-2342.
- [11] Brondizio E S, Vogt N D, Mansur A V, Anthony E J, Costa S, Hetrick S. A conceptual framework for analyzing deltas as coupled social-ecological systems: an example from the Amazon River Delta. *Sustainability Science*, 2016, 11(4): 591-609.
- [12] Castello L, McGrath D G, Hess L L, Coe M T, Lefebvre P A, Petry P, Macedo M N, Renó V F, Arantes C C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, 2013, 6(4): 217-229.
- [13] Metcalf E C, Mohr J J, Yung L, Metcalf P, Craig D. The role of trust in restoration success: public engagement and temporal and spatial scale in a complex social-ecological system. *Restoration Ecology*, 2015, 23(3): 315-324.
- [14] Sebesvari Z, Renaud F G, Haas S, Tessler Z, Hagenlocher M, Kloos J, Szabo S, Tejedor A, Kuenzer C. A review of vulnerability indicators for deltaic social-ecological systems. *Sustainability Science*, 2016, 11(4): 575-590.
- [15] McGinnis M D, Ostrom E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 2014, 19(2): 30.
- [16] Brondizio E S, Ostrom E, Young O R. Connectivity and the governance of multilevel social-ecological systems: the role of social capital. *Annual Review of Environment and Resources*, 2009, 34: 253-278.
- [17] Seeteram N A, Engel V, Mozumder P. Implications of a valuation study for ecological and social indicators associated with Everglades restoration. *Science of the Total Environment*, 2018, 627: 792-801.
- [18] Sterling E, Ticktin T, Morgan T K, Cullman G, Alvira D, Andrade P, Bergamini N, Betley E, Burrows K, Caillon S, Claudet J, Dacks R, Eyzaguirre P, Filardi C, Gazit N, Giardina C, Jupiter S, Kinney K, McCarter J, Mejia M, Morishige K, Newell J, Noori L, Parks J, Pascua P, Ravikumar A, Tanguay J, Sigouin A, Stege T, Stege M, Wali A. Culturally grounded indicators of resilience in social-ecological systems. *Environment and Society: Advances in Research*, 2017, 8(1): 63-95.
- [19] 林耀奔, 叶艳妹, 杨建辉. 浙江省城市土地利用集约化与生态化协调性评价. *中国土地科学*, 2019, 33(1): 65-72.
- [20] Mansur A V, Brondizio E S, Roy S, Hetrick S, Vogt N D, Newton A. An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure. *Sustainability Science*, 2016, 11(4): 625-643.