

美国哥伦比亚河下游及河口地区 基于生态系统的湿地保护与恢复工作 —哥伦比亚河口生态系统恢复工程*

Gary E. JOHNSON¹, Blaine D. EBBERTS², Ben D. ZELINSKY³

(1. 西北太平洋国家实验室, 海洋科学实验室, 波特兰, 俄勒冈州, 美国 97204 ;

2. 美国陆军工程师兵团, 波特兰, 俄勒冈, 美国 97204; 3. 博纳维尔电力管理局, 波特兰, 俄勒冈, 美国 97208)

摘要:美国西北太平洋地区进行的哥伦比亚河河口生态系统恢复项目可以为中国三峡库区消落带的友好型利用的研究和开发活动提供借鉴经验,该项目提出了基于生态系统的理论与方法降低联邦哥伦比亚河电力系统开发活动带来的环境影响,并开展哥伦比亚河下游及河口地区的生态系统研究、保护与恢复工作。哥伦比亚河流域的农业、工业以及水利开发等人类活动给哥伦比亚河下游至河口地区长达 235 km 的河口湿地区域以及区域内 80% 的潮感淡水水系带来了严重影响,表现在食物网的破坏,大型碎屑物流的减少以及供三文鱼育幼及避难的栖息地破坏等方面。恢复项目主要包括 5 个方面的目标:1) 理解影响生态系统的主要控制因素,比如水利工程对湿地生态系统的影响;2) 保护和恢复影响生态系统结构和功能的因素,比如重建湿地区域与主航道的连通性;3) 增加生态系统结构的稳定性,比如清除入侵物种以及恢复受威胁的盐沼湿地;4) 维护和增强系统过程,比如重建食物网;5) 增强鲑鱼的生态系统功能,比如增加生活史多样性,提高孵化率、增长率和成活率。为了达到以上目标,CEERP 实施了一项适应性管理的一系列工程项目。本文介绍了适应性管理的一个年度中 5 个循环阶段:即制定战略、决策、行动、监测/研究以及评估。本文结尾处对三峡库区的生态保护和恢复工作提出了一些可供借鉴的经验。

关键词:基于生态系统;湿地恢复;水文重建;适应性管理;哥伦比亚河下游及河口

中图分类号:X171.1;Q998

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2012)03-0008-08

1 概述

美国西北太平洋地区实施的哥伦比亚河河口生态系统恢复项目(Columbia Estuary Ecosystem Restoration Program, CEERP)为中国三峡库区消落带湿地区域的友好型利用提供了程序性实施过程中各个方面的可供借鉴的经验,科学家们正为该地区人们更好地在受损生态系统下生活和开发利用进行努力。本文介绍了 CEERP 中用到的适应新管理的方法过程,并总结目前在项目实施过程中的研究、监测和评估过程中取得的阶段性成果,以此为三峡库区消落带湿地的生态友好型开发利用提供一些建议。

1.1 研究背景

CEERP 项目由濒危物种保护行动全力执行,目

的在于研究哥伦比亚河电力系统的开发行为及对哥伦比亚河流域濒危物种鲑鱼的影响^[1]。该项目的整体目标为探明、保护和恢复哥伦比亚下游及河口地区的生态系统。项目主要由邦威电力管理局与美国陆军工程兵团负责管理和提供资金支持,具体执行则由其他的来自联邦政府、相关州、当地相关政府部门以及一些非政府组织进行。项目由最适用的生态恢复学指导,在系统生态学的原则下最大力度地恢复相关生态过程。并且本项目包含了对已经实施的生态恢复工程的跟踪水文监测与评估经验^[2]。项目进行的另一个原则是根据监测和评估结果不断进行开放过程的调整。

CEERP 的目标体现了基于生态系统的战略思

* 收稿日期:2012-01-30 网络出版时间:2012-5-26 12:13

资助项目:美国博纳维尔电力管理局资助(No. 26934);美国陆军工程兵资助(No. AGRW66QKZ80031101)

作者简介:Gary E. JOHNSON,男,五级工程师,科学家,硕士,研究方向为生物海洋学等。

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20120526.1213.201203.8_003.html

想^[3-4]: 1) 了解主要压力因素^①对生态系统控制因子^②是如何进行影响的。比如水流速度控制、通道障碍等; 2) 保护和恢复控制生态系统结构^③和过程^④的控制因子, 如水文条件、水质条件; 3) 增加生态系统结构因素或者增强结构功能, 比如增加鲑鱼幼鱼的栖息地; 4) 维护和增强哥伦比亚河河口的食物网; 5) 提高生态系统服务功能^⑤, 包括鲑鱼不同生活史阶段的生活状态, 卵孵化率、成长速度以及存活率^[5]; CEERP 的项目主要是为了鲑鱼幼鱼的保护进行生态系统恢复工作, 三峡库区消落带湿地保护工作的目的则是为了保护更广泛的植物和动物物种。

1.2 研究区域

根据 CEERP 项目的目标, 项目主要的研究区域为自哥伦比亚河河口开始, 直至上游 235 km 处的邦威大坝整个流域内的泛滥平原, 包括了整个的河口地区以及哥伦比亚河潮感地区(见彩色插图 V 页图 1)。哥伦比亚河河口为典型半日潮, 最大潮高为 3.6 m, 从河口到上游 235 km 处的邦威大坝之间的河水水位均能受到涨落潮影响^[6-7]。枯水期海水入侵的上限并不固定, 但均在向上游 37 km 以内^[7]。哥伦比亚河河口导流堤最宽处达 3 km, 向上游 32 km 处宽度达 15 km, 向上游 84 km 处宽度在 2 km 以下^[7]。哥伦比亚河流域面积积达 660 480 km²^[8], 为美国第六大流域, 河口入海排放量全美第四。

历史上, 哥伦比亚河径流量最低的时候为秋季枯水期, 达 2 237 m³/s, 最高时为春季丰水期, 可达 28 317 m³/s^[9]。1930 年以来, 哥伦比亚河干流及支流上 28 座大型水坝及将近 100 座小型水坝的建设和运行, 通过春季丰水期的蓄水和枯水期放水给哥伦比亚河的入海径流量带来了巨大的变化。有学者利用模型评估得出由于流量控制、灌溉用水以及气候变化等原因, 哥伦比亚河春季丰水期的入海径流减少了 45%^[10]。另一个模型研究得出筑坝使得春季丰水期的浅水生境减少了 52%, 水交换量减少了 29%^[10]。人类活动的影响造成了河口地区物理过程的改变, 表现在淡水交换率减小、进潮量减少、放

流时间和细颗粒泥沙沉积增加等问题^[9]。在过去的 150 年里, 哥伦比亚河下游及河口地区发生了明显的变化, 尤其表现在原有植被覆盖生境向农业和开发用地的转换, 以及水利设施的建设造成的不同湿地生境之间通道的阻断和相应的水文条件的改变。哥伦比亚河下游及河口地区的以上变化或生境退化将不可避免地给营洄游生活鲑鱼种群带来不可估量的影响^[11]。

2 方法: 适应性管理

CEERP 项目是基于一种适应性管理的过程, 主要包括以下 5 个阶段: 战略制定、决策、行动、监测或研究、分析与评估^[12](见彩色插图 V 页图 2)。适应性管理过程中的每一个步骤都是建立在一个总体的战略思维以及相应的监测、评估和研究结果之上的, Thom 等^[13]对这个适应性管理进行了具体的阐述。项目中的成员在其中发挥各自的作用并负责相应的产出, 比如, 在 CEERP 框架下, 河口生境恢复地区科技专家组(ERTG)负责对计划的生境恢复项目进行生存利益单元(SBUs)的评估工作。管理过程中产生的问题由 RME 负责解答, 同时项目目标和战略也随着项目的推进不断进行调整和改进, 以进一步指导 RME 下一步的恢复工作。目前哥伦比亚河下游及河口地区的 CEERP 项目适应性管理过程中的各个环节正在有序进行着, 并且逐渐在所有相关的成员之间制度化起来。

CEERP 适应性管理每年主要的产出成果有 3 项: 战略报告、行动方案和综合评估纪要。战略报告为恢复项目的实施和 RME 提供纲领性的指导意见和战略思路; 行动方案根据战略思路来选择相应的实施方案进行 RME 相关工作; 综合评估纪要利用 RME 取得的相关数据从样点、景观和河口的不同尺度上对恢复生态学和工程学的知识体系进行更新。CEERP 项目成果根据需要提供给不同的组织或相关成员, 如执行机构、各类相关机构、恢复工程赞助方、科研人员以及其他组织。

① 压力因素: 是指所有影响河口整体或部分过程的因素、人类活动以及河口生态系统结构和过程控制条件的因素。

② 控制因子: 影响生态系统结构和功能的初级的物理或化学因子。

③ 生态结构: 生态系统中植物、水文情况、水质等条件的类型、分布、数量以及物理影响程度。

④ 生态过程: 是指生态系统中涉及系统状态特征的一切生物、物理和化学元素之间的联系。

⑤ 生态系统服务功能: 是指生态系统中植物扮演的角色或发挥的作用, 包括初级生产力、蓄水能力、营养物质循环等。

RME 的工作包括工程实施中的监测^⑥、状态和趋势监测^⑦、行动效果监测、状态和趋势监测^⑧与研究,以及临界不确定性研究、状态和趋势监测^⑨等,从而支持整个河口生境恢复行动和临界不确定性的工作。另一方面,RME 的工作也是根据 CEERP 项目需要由已经积累的经验而得到适应性的管理和运行。只有项目中每一个参与部分都能履行相应的职责完成相应的工作才能取得适应性管理的成功。若过程中的信息流能够顺利地工程监测部分传达到项目计划部分,并且 RME 得到相应的赞助,适应性管理就将取得很大成功。

2.1 角色与责任

在适应性管理中非常重要是要确定参与方明确的角色和所要承担的责任。为了取得最终的成功,适应性管理需要来自几个关键参与部分积极而富有建设性的合作、参与和支持,主要包括赞助方、河口管理方以及恢复工程具体的实施方^[14]。为了最为高效地利用投资,在 LCRE 地区取得最好的生态系统和鲑鱼生境恢复效果,决策制定者与其他利益相关者之间的合作是整个战略思维中最重要的元素。决策制定者是那些能够确定具体恢复实施方案以及方案进行的时间和地点的个人或组织。目前 LCRE 地区的现实是潜在的决策制定者很多,但目前制定的决策实施时间不同,展开实施的尺度也不相同,原因也不尽相同。这也是强调合作和数据重要性的原因之一。

2.2 合作与数据

决策制定者与利益相关者之间的合作对于整个 CEERP 适应性管理的整个工程项目的具体实施非常关键,并且决定项目的预达目标。为了共享数据和报告,需要定期举办阶段性会议、年会,及时发布相关的技术报告或非技术文件,一个专业并且可以得到良好维护的网站也是必须的。目前正在创建一个可以由公共接入的地区性的数据处理数据库,用于及时地输入更新或检索 RME 数据。数据功能目前是基于工程尺度的,而不是项目尺度的。尽

管工程尺度上的数据分析非常关键,但整个 CEERP 项目需要独自的数据库进行处理。河口 RME 工程和 CEERP 恢复适应性管理项目会共同完成综合的项目级别的网络数据报告中心,并且可供公共链接进行数据的共享。CEERP 数据报告中心将完成以下几个任务:1)发展 RME 信息体系结构;2)在合适的地方使用现有的数据;3)发展一种成本分担的途径;4)推动信息的交流;5)强调元数据。

CEERP 与 RME 数据的特定要求标准与管理方法尚在开发之中,比如在建立数据管理系统之前,必须要明确:采集什么数据;数据由谁来采集;采集频率、采样地点和采样时间如何确定;元数据定义;确定采样方法和标准;确定数据使用方法;以及安排相关的人员和经费进行数据标准制定和数据库的维护工作。为此还需要长期的工作和投入。

数据库包括 CEERP 相关的所有数据类型,包括适应性管理每年的文件副本、项目模版、样点评估卡、监测与研究数据等。监测与研究数据要求提供数据类型、量、空间和时间尺度、以及获得的方式和采集位置。主要工作包括以下几个方面:1)多年的工程项目需要提供多年数据的综合分析报告;2)大型工程项目需要整合所有的工程的相关数据;3)需要整合分析来自不同来源和不同类型的数据;4)进行回顾性分析;5)所有合作参与方之间需要进行数据的共享;6)各种图、表和地图中的总结性的数据需要整理并共享;7)工程数据需要上传到赞助方令其知晓。

2.3 网站

目前 CEERP 的网站正在建设中,主要内容包括以下几个方面:有关河口地区所有与恢复工作相关的文献 PDF 文件集合或者是参考文献的数据库;恢复工程管理方、实施方以及研究方的联系方式;研究区域、监测区域、目前恢复区域等区域地图;能够显示区域过去和现在变化的整体地图;恢复和监测数据的链接;地区气候变化模型和海洋环流模型的链接;LCRE 生态系统概念模型^[15];适应性管理过程模

⑥ 工程实施中的监测包括对项目的执行过程和项目产出进行监测,这种监测不需要对恢复工程直接相关的物理、化学、生物等环境数据进行监测。

⑦ 状态和趋势监测是指对鱼类或其他野生动物种群以及环境特点进行的统计学调查,以为目前的或一段时间的状态和趋势进行评估。

⑧ 行动效果研究是指对具体恢复行动的效果评估研究,比如对鱼类存活率、渔获量或栖息地环境状况等方面。通过可控性的实验以及对照实验组的对照来评估具体实施方案的效果。

⑨ 临界不确定性研究用来解决鱼类与野生动物健康度、种群表现状态、栖息地环境特点、生活史、基因状况等方面的科学上的不确定性。

型。

3 结果及实施

结果主要来自于 CEERP 项目开展以来所收获的数据,并根据适应性管理模型进行相应的组织和呈现(见彩色插图 V 页图 2)。

3.1 战略制定

CEERP 的战略思路为充分利用现有的项目、科技组,通过努力继续减少冗余,不断增加实效。比如,ERTG 提供了一些指导性意见促进恢复工作的开展^[16-18]:较大的恢复面积优于较小的恢复面积;靠近干流优于原理干流;恢复原有潮沟优于挖掘新的潮沟;自然过程优于工程过程;从景观和较长历史的尺度观点优于基于较短时间和较小空间范围观点。基于以上的战略思路,我们调整了行动机构在进行生境恢复工作中的方法,即重视那些与干流比较接近并且具有明显生态足迹的洪泛平原的水文通道重建以及湿地潮沟整治工作。在最专业、最适用的生态恢复的指导思想下,ERTG 实施的上述方案大大提高了鲑鱼幼鱼种群的数量^[17,19]。植被恢复以及入侵物种的去除对于洪泛平原通道重建与潮沟生境恢复非常重要,但是对于获得最大的生物有效性成本来讲并不是首要考虑的因素。

CEERP 项目基于生态系统的恢复计划及 RME 包含 5 条策略,在此基础上进行地域性的合作并识别和优先选择进行生境恢复的位置。主要包括:1) 干扰特征及状态;2) 利用多重证据指示具有战略性意义生态系统恢复工作;3) 基于生态系统的类别对哥伦比亚河下游及河口地区的鲑鱼栖息地生境进行恢复工作;4) SBU 评估结果;5) 直接恢复工程或其他相关行为。总之,在 RME 及最专业的恢复科学指导思想下,基于生态系统的恢复战略正在形成一种积极的、系统的、合作的恢复原则来指导整个 CEERP 生境恢复项目的进行。

CEERP 中的 RME 策略是为了 CEERP 恢复行动中的顺利实施;评估监测哥伦比亚河下游及河口地区是鲑鱼幼鱼种群重要栖息地这一假设的可信性;评估鲑鱼幼鱼种群与哥伦比亚河下游及河口地区的物理环境及生物学性能指标之间的相关性;研究、监测及评估哥伦比亚河下游及河口地区有可能限制生物学性能指标实现的生境因素;推断讨论恢复行动的效果;评估与探究生境特点与生物之间的

科学关系和不确定性,包括恢复选址、鱼类在哥伦比亚河下游及河口地区暂居或洄游过程中的存活情况等。

3.2 决策

CEERP 项目在进行生境恢复的区域选择上,优先选择那些与干流水系通道阻断的地区,并增加其水文连通性,最大程度地为鲑鱼幼鱼种群改善现有栖息地的状态和面积^[2,20]。CEERP 决策制定中还涉及对项目的技术评估,单位 SBU 及总 SBU 的成本,项目可行性(社会和技术的复杂性)等。BPA 赞助的生境恢复工程要通过哥伦比亚河下游及河口成员组织的评估。另一个叫“独立科学评估”的组织定期地对 BPA 赞助的一项“保护伞”工程进行评估。工程兵团赞助的项目则由工程兵团项目发展工作组进行审查和评估。赞助商需要提出项目目标图以及该项目社会及技术复杂性程度调查表。项目必须根据总 SBU、单位 SBU 成本以及其他项目可行性指标来确定立项和获得经费支持。如果项目均能满足以上所述的每个节点上的要求,具体的行动机构才会为下一阶段的工作提供赞助和支持。随着项目的进行,对于单位 SBU 成本的评估工作变得更为重要,以最大限度地减小决策制定的不确定性。这个过程将贯穿项目从最开始到开工决策制定的每一个节点上。

3.3 行动

过去的 10 年里,在 CEERP 项目框架下已经进行了很多恢复工作。在 2007—2011 年期间,至少有 20 个恢复工程实施。2012 年有 16 个恢复工程正在计划实施,有的项目仍然在概念模型阶段,有的已经到项目设计阶段,其中 6 个项目可行性比较大,3 个项目涉及土地征用。同时 2013 年有 18 个项目在计划中。

3.4 监测/研究

以下为过去 5 年里进行的 RME 工程中的一部分概述和关键发现,从而对监测、研究工作有一个客观的了解,这些发现为决策制定者更好地开展 CEERP 项目提供了帮助。

3.4.1 潮感淡水研究 鲑鱼幼鱼利用浅水的潮感淡水生境作为摄食和育幼生长场所,但对于这些生境的利用会因为季节、鱼群原产地、生活史阶段等条件的不同而有差异^[21]。在哥伦比亚河下游及河口地区的潮感淡水区域,最常见的鲑鱼种为未标记的奇

诺克鲑鱼,其次为狗鲑和银鲑。根据不同时间区段鱼体的长度分布显示出了明显的多重生活史的生存策略。奇诺克鲑鱼基因源鉴定工作主要是根据哥伦比亚河下游沿河纵向的不同采样点处及不同的时间段取得的基因库数据来确定的。生物力学模型的模拟结果建议在潮感作用影响下的浅淡水生境下维持较为适当而稳定的水温是维持鲑鱼种群数量稳定性的关键因素。在实际的恢复工程中维护了生境下稳定而适当的水流和水温条件,非常有益于鲑鱼幼鱼种群的增长。在 Sandy 河三角洲潮感浅淡水生境下已经开展的生境恢复工作中,摄食生态学和生物力学方面的数据表明该区域鲑鱼幼鱼种群得到了发展和增加。数据结果支持对潮感作用下各种浅淡水生境的保护和恢复工作。

3.4.2 对照样点研究 Borde 等^[22]学者对哥伦比亚河下游及河口地区的典型的对照湿地的数据进行了总结分析,发现水位对植被群落的分布具有决定性的作用。水位受潮汐作用、河流径流量等因素影响,而这些因素在从河口到邦威大坝整个水系不同的位置上也是不同的。对于一些诸如高程、水文、沉积物累积等控制性因素的了解,为恢复工作取得成功提供了基础的研究数据。在未受到干扰的潮感浅淡水生境下的植被情况为恢复工作提供了恢复的目标和方向,同时也为恢复工作完成一段时间后进行效果评估提供了参考。入侵物种的高程分布数据可以帮助在恢复工作中更好地对非本地物种的移除。自然的潮沟形态则为恢复地区的工程学设计提供了参考。总的来看,以上这些数据均能用于哥伦比亚河下游及河口地区生态系统的长时间尺度上的评估。

3.4.3 利用声学标记技术对鲑鱼幼鱼存活情况及生活习性的研究 McMichael 等^[23]人通过研究指出,从邦威大坝到距离河口的 50 km 这一段虹鳟的死亡率为 12%,而从距河口 50 ~ 8 km 这一段的死亡率达到 33%;一龄内奇诺克鲑鱼相应的死亡率为 7% 和 13%;超过一龄的奇诺克鲑鱼相应的死亡率为 11% 和 8%。CEERP 项目管理的一部分工作便是找到造成下游河口地区幼鱼种群死亡率高的原因,并予以去除。

3.4.4 鲑鱼幼鱼的洄游通道路线及存活情况 通过声学标记技术发现,大多数的一龄内奇诺克鲑鱼、超过一龄的奇诺克鲑鱼、虹鳟的洄游路线首先经由主航道从距河口 86 km 的河段洄游至 37 km 的河段,

随后在这个位置大多数的鱼离开主航道,经由一处水域面积较宽、水位较低的潮滩然后通过位于华盛顿州一侧的二级航道洄游通过最后的一段 37 km 的河道进入河口地区^[24]。尽管主航道和直流洄游路线上的存活情况并没有发现明显的不同,但调查发现一些区域的死亡率较高。这些数据揭示了洄游鱼类生活史中的种群数量弹性特征,对于 CEERP 项目开展以后的研究和项目管理都非常有帮助,并为该地区那些死亡率较高列入濒危物种名录的鲑鱼种群保护提供了支持。

3.4.5 潮感浅淡水生境恢复工作对鲑鱼进化显著单元多样性恢复的贡献 通过基因取样调查对哥伦比亚下游及河口地区的鲑鱼源产地、生活史多样性以及生境恢复工作的实施进行了分析研究。初步的基因调查结果显示奇诺克鲑鱼种群源产地在幼鱼洄游的过程中在不同水域和季节上具有很大差异性,哥伦比亚河内河鱼群在夏季比例更高,在 St. Helens (距离河口 138 km) 上游河段的比例比在靠近河口的样点比例更高。这些数据都将为 CEERP 恢复战略的制定提供数据支持。

3.4.6 陆上沼泽处的鱼类栖息地及潮门建设和恢复工作后评估 2011 年春季对位于 Julia Butler Hansen 国家野生动物保护区两块沼泽处新安装的自我调控潮门的效果进行了评估研究^[25],两处沼泽地的水温曲线接近对照沼泽地的水温情况。从数量上来看,对比安装了新的潮门之后的情况,在进行恢复工作的沼泽处比以前采集到了更多鲑鱼。但在另一个与历史河口连通阻断的对照沼泽地采样结果显示也采集到了比以前更多鲑鱼数量。以上这些数据将为 CEERP 项目中有关潮门恢复工作提供支持。

3.4.7 鱼类生活史多样性、生境连接度、以及与恢复工程相关的生存利益评估 早期生活史多样性指数被区域性管理者用于量化比较生活史的多样性^[26]。对于生境连接度,可以通过遥感和建模工具对一般性的通道障碍、堤坝决口及湿地进行元素提取进行通道障碍变动情况评估。另外,标准加权距离方法能用于水文数据演算以及临界阈值计算,进行鲑鱼生境恢复的相关工作。被动集合声学标记探测结果表明来自哥伦比亚河邦威大坝上游水域的鲑鱼种群与哥伦比亚河下游和 Willamette 河系的鲑鱼一样,均出现在潮感作用下的浅淡水生境条件下。CEERP 项目已经获取了以上数据,用于恢复行动评估以及

哥伦比亚河下游及河口地区的适应新管理及恢复计划。

3.4.8 生态系统对生境恢复工程的累积响应评估

Johnson 等人^[27]对监测调查提供了监测标准和监测方法等^[28];为用证据-水平方法进行生态系统累积响应评估提供了理论和数据基础^[29];利用生态相关数据、地理信息数据、水文模型以及元分析等方法手段对哥伦比亚河下游及河口地区生态系统的累积响应进行了评估^[30]。以上工作为以后对恢复项目的总体评估提供了坚实的基础,并且将有助于更好地了解、保护和恢复哥伦比亚河下游及河口地区的生态系统。

3.5 综合评估

CEERP 项目的数据库主要涉及鲑鱼幼鱼种群的生态学特征,以及哥伦比亚河下游及河口地区的生态系统恢复工作,主要是指恢复潮感作用下的浅淡水生境,具体的恢复工作包括水文条件重建和修复以及潮沟整治。目前流行的观点是鲑鱼幼鱼有倾向利用恢复后水域生境^[31,27]。生物能量学的研究已经表明了潮感浅淡水生境对鲑鱼幼鱼种群发展具有潜在的作用^[32],这些类型的生境为鱼类提供了饵料并且输送到干流中去^[33-35]。生境恢复后栖息地之间的连接度增加,这将提高鲑鱼的早期生活史的多样性,并增加鲑鱼的种群数量^[36,37]。目前已经有的数据库为 CEERP 恢复项目和 RME 行动提供了科学的数据基础。元分析和累积效应分析即将开展,完整的项目分析报告将在 2012 年 6 月份完成。

4 对三峡水库消落带湿地生态系统友好型开发利用的建议

三峡库区消落带一年中水位涨落幅度达 30 m,并且随季节形成较为稳定的循环周期,三峡库区消落带湿地已经形成了一种新型的生态系统。主要的控制因子为三峡水库储放水造成了水位变化,并且因所在位置和支流分布情况不同受到的影响不同。消落带生态系统的结构、过程和功能都将对水位的变化产生相应的响应,既包括堤岸坍塌、污染排放降解力下降等不利效应,也有一些经济植物产量提高等有利效应。关键在于利用基于生态系统的“生态友好型”的方法来开发利用三峡库区消落带并更好地服务地区经济社会发展,这一指导思想受到中国国家科技部、重庆市市政府、开县县政府、重庆大学以及其他国内政府科研结构的认同。

在三峡库区消落带友好型开发利用与哥伦比亚河下游及河口地区的 CEERP 项目之间有一个重要的差别。在三峡库区消落带友好型开发利用活动中提出在新形成的水文控制条件下,要实现与生态系统结构、过程和功能之间的相互适应;而 CEERP 项目旨在恢复原有的水文条件,或者在如果不能恢复原有河流流量和形态的情况下也要至少重建原有生境之间的连接度。尽管有以上不同,但这并不妨碍将 CEERP 项目开展过程中获得的一些有益经验应用于三峡库区消落带的友好型开发利用中,因为两个项目计划均是从生态系统的角度出发来实现各自的目标。CEERP 适应性管理工作能够为参与三峡库区消落带研究和开发的科学工作者和决策制定者们提供很多有意义的参考和借鉴内容。

以下为向三峡库区消落带友好型开发利用提出的建议,其中很多已经通过不同的形式得到了展现。

1) 树立明确的目标和具体任务。这里的目标是指经过努力后要得到的最终产出或结果,具体任务是指为达到目标所要进行的具体行为。

2) 开展和实施适应性管理过程。适应性管理是一种定位不确定性因素的系统分析过程:“这一过程不只包括生态监测以及生态系统对各种外界影响和干扰的响应,它应该是通过多学科共同努力根据科学的信息,通过动态模型来对政策或其他活动造成影响进行科学的预测”^[38]。

3) 建立三峡库区消落带 RME 合作机构,包括相关的政府部门及科研机构、院校。

4) 建立三峡库区消落带 RME 数据库,建立一个集合的、网络共享的数据库,明确相应的数据管理标准,确保不同时间段数据之间的可比性。

5) 召开三峡库区消落带年会以共享与交换最新的研究发现并推动新的战略思维。会议应有相应的同行参加评议并落实相关文件,并且应有详细的安排确保会议的进程和成果展示。

6) 鼓励当地政府和社会群体参与项目,提出见解。

相信在下一届的三峡库区消落带湿地保护与友好型开发利用国际研讨会将会有更多在消落带友好型开发方面有意义成果出现。届时,CEERP 项目也将展现它最新的研究成果和工作进展。

致谢:对袁兴中教授(重庆大学)、李若溪编审(重庆师范大学)及孟海星博士(华东师范大学)提

供的帮助表示诚挚感谢。同时感谢陆健健教授(华东师范大学)及袁兴中教授的邀请和支持,得以参加 2011 年 10 月在中国重庆市举办的三峡库区消落带湿地保护和生态友好型开发利用国际研讨会。

参考文献:

- [1] National Marine Fisheries Service (NMFS). Biological opinion-consultation on remand for operation of the federal columbia river power system, 11 bureau of reclamation projects in the columbia basin and ESA section 10(a)(1)(A) Seattle; permit for juvenile fish transportation program[R]. NMFS (National Oceanic and Atmospheric Administration Fisheries), 2008.
- [2] Johnson G E, Thom R M, Whiting A H, et al. An Ecosystem-based approach to habitat restoration projects with emphasis on salmonids in the Columbia River estuary [R]. Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2003.
- [3] Action Agencies. Columbia estuary ecosystem restoration program; 2012 strategy report [R]. Portland: Bonneville power administration and U. S. Army Corps of Engineers, 2012.
- [4] Action Agencies. Columbia estuary ecosystem restoration Program; 2012 action plan [R]. Oregon: Bonneville Power Administration and U. S. Army Corps of Engineers, 2012.
- [5] Johnson G E, Diefenderfer H L, Ebberts B D, et al. Research monitoring and evaluation for the federal Columbia River estuary program [R]. Richland; by Pacific Northwest National Laboratory.
- [6] Sherwood C R, Creager J S. Sedimentary geology of the Columbia River estuary [J]. Progress in Oceanography, 1990, 25: 15-79.
- [7] Neal V T. Physical aspects of the Columbia River and its estuary, in pruter AT and DL alverson (eds). The Columbia River estuary and adjacent ocean waters: Bioenvironmental studies [M]. seattle; University of Washington Press, Washington, 1972.
- [8] Simenstad C A, Burke J L, O'Connor J E, et al. Columbia estuary ecosystem classification-concept and application [R]. U. S. Geological Survey Open File Report 2011-1228, 2011.
- [9] Sherwood C R, Jay D A, Harvey R B, et al. Historical changes in the Columbia River estuary [J]. Progress in Oceanography, 1990, 25: 299-352.
- [10] Kukulka T, Jay D A. Impacts of Columbia River discharge on salmonids habitat; 2. changes in shallow-water habitat [J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108 (C9): 3294.
- [11] Bottom D L, Simenstad C A, Burke J, et al. Salmon at river's end: the role of the estuary in the decline and recovery of Columbia River Salmon [R], Seattle: Northwest Fisheries Science Center, 2005.
- [12] Thom R M. Adaptive management of coastal ecosystem restoration projects [J]. Ecological Engineering, 2000, 15 (3/4): 365-372.
- [13] Thom R M, Johnson G E, Ebberts B D, et al. Adaptive management of ecosystem restoration in the lower Columbia River and Estuary [C] // Johnson et al. : Evaluation of Cumulative Ecosystem Response to Restoration Projects in the Lower Columbia River and Estuary, PNNL-20296. Richlan: Pacific Northwest National Laboratory, 2011. : 3. 1-3. 2.
- [14] Williams B K, Szaro R C, Shapiro C D. Adaptive Management; the U. S. department of the Interior Technical Guide [M]. Washington, D. C: Adaptive Management Working Group, U. S. Department of the Interior, 2007.
- [15] Thom R M, Borde A B, Evans N R, et al. A conceptual model for the lower Columbia River estuary [R]. Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2004.
- [16] Document # ERTG 2010-02. Scoring Criteria [S]. Portland: ERTG (Expert Regional Technical Group) 2010.
- [17] Document # ERTG 2011-01. Feedback on Inputs to the SBU Calculator [S]. Portland: ERTG (Expert Regional Technical Group), 2011.
- [18] Document # ERTG 2011-04. SBU Reports [S]. Portland: ERTG (Expert Regional Technical Group), 2011.
- [19] Document # ERTG 2010-03. History and Development of the SBU Calculator [R]. Portland: ERTG (Expert Regional Technical Group), 2010.
- [20] Simenstad C A, Cordell J R. Ecological Assessment Criteria for Restoring Anadromous Salmonid Habitat in Pacific Northwest Estuaries [J]. Ecological Engineering, 2000, 15: 283-302.
- [21] Johnson G E, Sather N K, Storch A J, et al. Ecology of Juvenile Salmon in Shallow tidal freshwater habitats of the lower columbia River, 2007-2010 [M]. Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2011.
- [22] Borde A B, Zimmerman S A, Kaufmann R M, et al. Lower Columbia River and estuary restoration reference site study [R]. Sequim: the Battelle Pacific Northwest Division, 2011.
- [23] McMichael G A, Harnish R A, Skalski J R, et al. Migratory behavior and survival of juvenile salmonids in the

- lower columbia river, estuary, and plume in 2010 [R]. Richland: Pacific Northwest-National Laboratory, 2011.
- [24] Harnish R A, Johnson G E, McMichael G A, et al. Effect of migration pathway on travel time and survival of acoustic-tagged juvenile salmonids in the Columbia River Estuary [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2012.
- [25] Johnson J, Poirier J, Ennis S, et al. Julia butler hansen national wildlife refuge: assessment of fishes, habitats, and tide gates in sloughs on the Mainland [R]. Vancouver: Columbia River Fisheries Program Office, 2009.
- [26] Diefenderfer H L, Johnson G E, Sather N K, et al. Evaluation of life history diversity, habitat connectivity, and survival benefits associated with habitat restoration actions in the lower Columbia River and estuary, annual report 2009 [R]. Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2010.
- [27] Johnson G E, Diefenderfer H L, Thom R M, et al. Evaluation of Cumulative Ecosystem Response to Restoration Projects in the Lower Columbia River and Estuary [R]. Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2011b.
- [28] Roegner G C, Diefenderfer H L, Borde A B, et al. Protocols for monitoring habitat restoration projects in the lower columbia river and estuary [R]. Seattle: NOAA Fisheries and Pacific Northwest National Laboratory, 2009.
- [29] Diefenderfer H L, Thom R M, Johnson G E, et al. A levels-of-evidence approach for assessing cumulative ecosystem response to estuary and river restoration programs [J]. Ecological Restoration, 2011, 29: 111-132.
- [30] Thom R M, Diefenderfer H L, Coleman A, et al. Ecology and Hydrology of Restoring Wetlands in the Lower Columbia River and Estuary [C]// Johnson et al: Evaluation of Cumulative Ecosystem Response to Restoration Projects in the Lower Columbia River and Estuary, PNNL-20296, Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2011b.
- [31] Roegner G C, Dawley E W, Russell M, et al. Juvenile Salmonid Use of Reconnected Tidal Freshwater Wetlands in Grays River, Lower Columbia River Basin [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2010, 139: 1211-1232.
- [32] Storch A J. Bioenergetics [C]// Johnson, et al. Ecology of juvenile salmon in shallow tidal freshwater habitats of the Lower Columbia River, 2007—2010, 2011, Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2011.
- [33] Bottom D L, Anderson G, Baptista A, et al. Salmon life histories, habitat, and food webs in the Columbia River estuary: An overview of research results, 2002-2006 [R]. Seattle: the Northwest Fisheries Science Center, 2008.
- [34] Roegner G C, Baptista A, Bottom D L, et al. Estuarine Habitat and Juvenile Salmon—Current and Historical Linkages in the Lower Columbia River and Estuary, 2002–04 [R]. Seattle: the Northwest Fisheries Science Center, 2008.
- [35] Storch A J, Sather N K. Feeding ecology [C]// Johnson et al. Ecology of Juvenile Salmon in Shallow Tidal Freshwater Habitats of the Lower Columbia River, 2007–2010, 2011, PNNL20083, Richland: Pacific Northwest National Laboratory, 2011.
- [36] Bottom D L, Jones K K, Cornwell T J, et al. Patterns of chinook salmon migration and residency in the salmon River estuary (Oregon) [J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2000, 64: 79-93.
- [37] Waples R S, Beechie T, Pess G R. Evolutionary history, habitat disturbance regimes, and anthropogenic changes: What do these mean for resilience of Pacific salmon populations? [J]. Ecology and Society, 2009, 14(1): 3.
- [38] Walters C. Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems [EB/OL]. Conservation Ecology 1(2): 1. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss2/art1>.

(责任编辑 游中胜)

(中文翻译 孟海星)