

分类号 F23/1046
U D C

密级 公开
编号 10741



硕士学位论文
(专业学位)

论文题目 基于环境重置成本法的连城国家级
自然保护区生物多样性价值计量研究

研究生姓名: 郭鑫

指导教师姓名、职称: 周一虹 教授 王啟明 高级会计师

学科、专业名称: 会计专硕

研究方向: 注册会计师

提交日期: 2024年6月1日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 郭鑫 签字日期： 2024.06.01

导师签名： 周一 签字日期： 2024.06.01

导师(校外)签名： 王 签字日期： 2024.06.01

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 郭鑫 签字日期： 2024.06.01

导师签名： 周一 签字日期： 2024.06.01

导师(校外)签名： 王 签字日期： 2024.06.01

Study on the Measurement of Biodiversity Value in Liancheng National Nature Reserve Based on Environmental Replacement Cost Method

Candidate : Guo Xin

Supervisor: Zhou Yihong

Wang Qiming

摘 要

从上世纪 80 年代开始, 保护生物多样性与如何对生物多样性进行长期开发利用逐渐成为全世界人民关注的焦点。在这其中, 对生物多样性价值进行科学核算更是生物多样性保护与持续利用的基础。自然保护区作为生物多样性保护的常见方法, 其区域内蕴藏着丰富的动植物资源, 生物多样性水平较高, 具有极高的生态价值和经济价值。以二十大报告和联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会 (COP15) 相关文件为指导, 可以明确发现我国生物多样性保护已进入新的阶段, 即生物多样性资源价值实现阶段。生物多样性资源价值实现是我国生态文明建设的必经之路, 能极大地促进我国生态系统和经济经济的进一步协调发展。但是由于生物多样性资源独有的特点, 其价值计量标准难以界定, 适用于生物多样性资源的核算方法仍不明确。

基于上述背景, 文章从环境会计的视角展开研究。本文采取案例研究法, 选取甘肃省永登县连城国家级自然保护区作为研究对象。首先, 收集大量与研究问题相关的文献和理论书籍进行阅读, 完成前期的知识储备。其次, 以环境重置成本法为基本方法, 为自然保护区生物多样性构筑三层成本价值核算模型。再次, 根据模型核算出 2018—2022 年连城国家级自然保护区生物多样性价值总量为 77.16 亿元, 进一步说明生物多样性的巨大价值。最后, 为了更准确地计量生物多样性价值, 本文分别从技术研发、资金投入和信息收集等角度针对区域生物多样性价值计量提出建议, 以期推动区域生物多样性价值核算体系的进一步完善。

关键词: 环境重置成本法 价值计量 生物多样性 自然保护区 连城国家级自然保护区

Abstract

Since the 1980s, the conservation of biodiversity and the long-term development and utilization of biodiversity have gradually become the focus of attention of people all over the world. In this regard, scientific accounting of the value of biodiversity is the basis of biodiversity conservation and sustainable utilization. As a common method of biodiversity conservation, nature reserves are rich in animal and plant resources and high in biodiversity, with high ecological and economic values. Taking the report of the Twentieth Congress and the relevant documents of the fifteenth Conference of the Parties (COP15) to the United Nations Convention on Biological Diversity as a guide, it can be clearly found that the protection of biodiversity in China has entered a new stage, that is, the stage of realizing the value of biodiversity resources. The realization of the value of biodiversity resources is an inevitable path for the construction of China's ecological civilization, which can greatly promote the further coordinated development of China's ecosystem and economy. However, due to the unique characteristics of biodiversity resources, its value measurement standard is difficult to define, and the accounting method applicable to biodiversity resources is still unclear.

Based on the above background, the article carries out research from the perspective of environmental accounting. This article adopts the case study method and selects Liancheng National Nature Reserve in Yongdeng County, Gansu Province as the research object. First, a large number of literature and theoretical books related to the research problem are collected and read to complete the preliminary knowledge reserve. Second, the environmental replacement cost method is used as the basic method to construct a three-layer cost value accounting model for biodiversity in the nature reserve. Again, according to the model, the total value of biodiversity in Liancheng National Nature Reserve from 2018 to 2022 is calculated to be 7.716 billion yuan, which further illustrates the great value of biodiversity. Finally, in order to measure the value of biodiversity more accurately, this paper puts forward suggestions for the measurement of regional biodiversity value from the perspectives of technology research and development, capital investment and information collection, respectively, with a view to promoting the further improvement of the regional biodiversity value accounting system.

Keywords: Environmental replacement cost method; Value measurement; Biodiversity; Nature reserve; Liancheng National Nature Reserve

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 文献综述	3
1.2.1 生物多样性.....	3
1.2.2 生物多样性价值.....	4
1.2.3 生物多样性价值计量方法.....	5
1.2.4 生物多样性价值计量实践.....	8
1.2.5 文献评述.....	9
1.3 研究内容和方法	10
1.3.1 研究内容.....	10
1.3.2 研究方法.....	11
1.3.3 研究框架.....	11
2 相关概念及理论基础	13
2.1 相关概念	13
2.1.1 生物多样性	13
2.1.2 生物多样性价值	13
2.1.3 生态系统服务价值	15
2.2 相关理论	15
2.2.1 价值理论	16
2.2.2 公共物品理论	17
2.2.3 外部性理论	17
2.2.4 可持续发展理论	18
3 环境重置成本法	20

3.1 环境重置成本法概念	20
3.2 环境重置成本法的计量程序	21
3.3 基于环境重置成本法价值计量模型构建	21
3.4 环境重置成本法的现实意义	22
4 自然保护区生物多样性价值计量模型构建.....	23
4.1 生物多样性概况	23
4.2 生物多样性价值计量要求	23
4.3 运用环境会计方法计量自然保护区生物多样性价值的合理性	24
4.4 基于环境重置成本法的自然保护区生物多样性价值计量模型构建	25
4.4.1 计量假设	26
4.4.2 三层成本计量模型构建	26
5 连城国家级自然保护区生物多样性价值计量	31
5.1 连城国家级自然保护区概况	31
5.2 基于环境重置成本法的连城国家级自然保护区生物多样性价值计量 ...	32
5.2.1 恢复层成本	32
5.2.2 维护层成本	35
5.2.3 战略层成本	38
6 研究结论、建议及不足	40
6.1 研究结论	40
6.2 建议	41
6.3 不足	41
参考文献	43
后 记	48

1 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

作为人类生存和发展的基础，生物多样性在维护生态系统稳定，提供物质资源，促进经济绿色发展以及提高人们生活水平等方面，发挥着重要作用。然而在上个世纪，由于忽视了环境资源的价值属性，导致人类对自然资源进行长期“零成本”开发，形成了全球范围的“粗放型”经济发展模式，生物多样性水平锐减，生态安全受到严重挑战。当前，全球工业化、城镇化进程仍在持续推进，为了平衡经济增长和生态红线之间的矛盾，提高国家可持续发展能力，国际社会虽然投入巨大的人力物力开展生物多样性保护工作，但是收效甚微，地球上物种数量仍以肉眼可见的速度消减。因此，寻找行之有效的解决措施才是当务之急。

进行生物多样性保护，可以从政治、法律、科技、经济、道德等层面着手设计，但政治和法律作为刚性手段，需要源源不断地投入资金和人员，监督成本过高；科技和道德作为治理的柔性手段，难以在短时间内收获保护成效，因此，只有经济手段才是能够有效阻止生物多样性资源持续受损的根本途径。1992年环境与发展大会签署了《生物多样性公约》（下文简称公约），参与签署的国家领导人多达158个。公约提出3个目标：持续保护生物多样性、对生物多样性结构成分进行可持续利用以及在国际社会公平共享利用生物多样性资源的所有利益。国际社会更是在公约之后通过了《生物安全议定书》、《名古屋议定书》、《生物安全补充议定书》等一系列具体文件。同一时期，中国作为生物多样性最丰富的国家之一，也陆续推进相应的监测保护工作。1999年，我国对各个机构和全国站点长期积累的环境生物数据和研究资料进行整理汇总，发布了《中国生物多样性国情研究报告》；2013年，中科院组建中国生物多样性监测研究网络（Sino BON），主要用于对大型动物、森林大样地以及鸟类迁徙活动的追踪和监测；随着动植物生境的持续恶化，我国自然保护区的规模也随之扩大，截止2022年年底，我国共设立474个国家级自然保护区，在生物多样性保护、构筑国家生态屏障、稳定生态系统、恢复物种生境质量等反面发挥了巨大作用。虽然前期的恢复和维护取

得了一定的效果，但仍然存在诸多不足，尤其生态治理项目的资金多来源于财政拨款，渠道单一，严重限制了我国生物多样性保护的进程和成效。

连城国家级自然保护区（以下简称连城保护区），位于黄河流域湟水的支流之一大通河的中下游地区，存有完整的森林生态系统和丰富的动植物及微生物资源，具有极高的科研和经济价值。长久以来，当地居民“靠山吃山”，已经严重破坏了生态环境，近几年随着保护区周围的人口数量的不断增加，环境资源状况进一步恶化。虽然保护区管理局积极加强保护区内生态治理和生态修复，但由于生物多样性价值未经过科学核算，其生态效益缺乏社会认可，导致与生物多样性保护和开发相关的项目往往缺乏充足的投资。因此，确立自然保护区生物多样性的价值计量标准，科学度量生物多样性价值迫在眉睫。

1.1.2 研究意义

（1）理论意义

本文运用反映生态产品保护和开发成本的价值核算方法——环境重置成本法，构建多因子三层复合成本计量模型，从全产业链的视角分析成本动因，根据生物多样性资源重置过程中所发生成本的特性，归纳出生物多样性价值核算应包括生物多样性治理和修复的恢复成本、维护成本和机会成本。进行生物多样性资源重置的全成本核算，不仅可以验证环境重置成本法在自然保护区生物多样性价值计量中的可行性和科学性，为国家制定及完善适用于区域生物多样性的价值核算体系提供智力经验，还可以为生态补偿等政策的落地实施提供数据参考。

（2）现实意义

生物多样性保护和治理是21世纪学术界和国际社会聚焦的重大课题。设立自然保护区，在保护原生生态系统的前提下，对各物种进行就地保护，不仅能有效保持生物多样性状态，还能通过当地政府和自然保护区机构对保护区实施生态治理，促进保护区内经济和生态的协调发展。文章通过计量连城国家级自然保护区生物多样性资源的价值，可以为连城保护区管理局制定资源保护和可持续利用政策提供依据，充分展现我国西北地区生物多样性资源的重要性，吸引国内外各界的广泛关注，从而获取更加丰富的生态投资项目，尤其是科学治理和保护生物多样性资源的有关项目，同时还有助于向社会宣传生物多样性对人类生存的重要作用，增强公众保护自然野生动植物的意识。

1.2 文献综述

对相关领域国内外文献进行梳理、比较,发现中外学者的研究重心主要集中在生物多样性概念、生物多样性价值内涵、生物多样性价值计量方法及具体实践等方面。本文依据上述模块对生物多样性价值计量研究领域的历史前言作系统阐述,并着重详细介绍生物多样性价值计量方法和实践的研究现状,以期探索符合中国国情的,科学可行的生物多样性价值量化体系和标准。

1.2.1 生物多样性

生物多样性的概念最早出现于西方生态学研究。Fisher 等(1943)在研究昆虫物种数量的分布特点时,构建了关于物种总数、个体总数和物种丰富度的数学模型,首次提出了“物种多样性”一词,引起了学界的广泛关注。Krebs(1985)在专著中论述物种多样性的两个基本概念是丰富度,和均匀度、公平性、频率或其他一些相对丰富度的衡量标准,其中,丰富度是指标准样本中物种实体的数量,均匀度是指不同样本丰富度相等的程度。及至 Wilson(1985)将 Biological Diversity 组合为复合词 Biodiversity,“生物多样性”一词正式诞生, Wilson 强调生物多样性包含生物及其所在生态复合体的种类丰富度和相互间差异性。随着研究深入,学者们认识到生物多样性的内涵除个体水平的多样性还包括其他方面。McNeely(1990)认为生物多样性除包括自然生境下所有动植物和微生物物种以外,还包括这些生物所参与的生态系统和生态生化过程,是自然界多样性程度的总称,其中也包含特定组合中的生态系统、物种或基因的数量和频率。Hughes 等(1992)认为生物多样性可以定义为生命及其过程的多样性,包括遗传、物种、种群(群落)、生态系统和景观水平的生物组织,具有结构、组成和功能特性。

中国学者对生物多样性的关注略晚于西方学者。方宗熙(1964)在解释达尔文进化论时提到,进化的核心是自然选择,而自然选择的必然结果就是生物多样性以及生物作用下生态环境的多样性。对于生物多样性的内涵,不同学者因为研究对象、研究方法以及研究侧重点的不同,表述也不完全相同。王献溥(1988)认为,生物多样性可以简单概括为某个生态系统或者区域内物种的丰富程度和均匀程度的总和,认为植物多样性是其他一切多样性存在的基础。钱迎倩(1994)认为,生物多样性是地球上的全部物种及其与生存环境形成的生态系统,以及与之关联的生态过程的多样化,具体包括所有的植物、动物和微生物物种以及所有

的生态系统及其形成的生态过程。在上述认识的基础上，俞孔坚等（1998）归纳了生物多样性的具体内容：①遗传多样性，指生物体包含的全部遗传信息；②物种多样性，即生物个体形态和功能的多样化；③生态系统多样性，即物种、物种所处的无机环境以及二者所构成的生态系统的多样化。对于以上观点，马克平（1993）认为遗传多样性是生物多样性的本质，物种多样性是生物多样性的基础，而生态系统多样性是生物多样性研究的重点，三者相互联系不可分割。至此，生物多样性的概念在学界基本取得一致。此外，刘海轩（2022）和李永祥（2023）等部分学者则认为在上述三个层次之外，生物多样性还应包括景观多样性、文化多样性等，但这两个层次目前只停留在学术层面，尚未得到《生物多样性公约》的认可。

1.2.2 生物多样性价值

在传统的经济价值观念里，由于没有附加人类劳动，自然资源一直被排除在国民经济核算体系之外，由此造成了各种各样环境问题，资源环境的经济价值受到越来越多学者的关注。Marx（1867）认为所谓价值，体现在客体具有满足主体需要的某种功能或效用，此时客体价值大小决定于它的稀缺性。随后，国内外学者对生物多样性的价值内涵进行了深入探讨。联合国环境规划署（UNEP）于1993年编写的《生物多样性国情研究报告指南》中将生物多样性价值分为：显著实物形式的直接价值、无显著实物形式的直接价值、间接价值、选择价值、消极价值。Munasinghe 和 McNeely（1994）认为生物多样性的经济价值可分为两大部分，即可利用价值和不可利用价值，前者包括直接利用价值、间接利用价值和可选择价值，其中可选择价值是指潜在利用价值；不可利用价值是指存在价值。目前国际上对 Pearce 和 Moran（1994）的分类系统比较认可，他将生物多样性资源的价值分为使用价值和非使用价值，其中，使用价值分为直接使用价值、间接使用价值和选择价值，将非使用价值分成遗产价值和存在价值。这种分类系统充分考虑了生物多样性的价值会随着人类认识水平的提高而增加。经合组织（OECD，1995）认可 Pearce 的生物多样性价值分类系统，即生物多样性的价值总量等于上述 5 种价值相加之和，但对选择价值的归属重新考量，将其分为非使用价值，

国内学者对于生物多样性价值内涵的研究，既受到了国外环境资产价值框架

体系的影响，又加入了新的思考。洪德元（1990）指出，人类的生存在物质上高度依赖生物多样性，离不开自然界提供的各种各样的生物资源和服务功能。吕一河等（2001）认为，一方面，生物多样性具有社会性开发利用价值，即社会化的效用性；另一方面，生物多样性具有相对稀缺性，可以在不同的组织水平上得到直接或间接表达，因此，生物多样性本质上是一种资源。郭中伟和李典谟（1998）表示用货币衡量生物多样性的价值有两点益处：一是考虑到生物多样性资源的治理和保护成本是货币形式，便于处理，二是货币化的生物多样性资源对于利益相关者来说更加直观，同时政府能够将生物多样性资源治理的支出和收入纳入到国民经济体系中。李金昌（1992）将环境资源价值分为两部分：物质性产品价值和舒适性服务价值，前者主要指有形的资源，包括自然资源本身的价值和基于人类劳动投入所产生的价值，较易鉴别、量化和货币化，后者则指无形的生态价值，相比之下，难于鉴别、量化和货币化。1998年由国家环保局出版的《中国生物多样性国情研究报告》中对生物多样性总经济价值进行了定义，包括使用价值（包括直接使用价值和间接使用价值）、选择价值（即潜在价值）和存在价值（即伦理或道德价值）。薛达元（1999）将自然保护区生物多样性的经济价值分为直接实物价值、直接非实物价值、生态功能间接价值和非使用价值。生态系统服务联合国和欧盟（2012，2021）先后发布的《SEEA 试验性生态系统核算》（SEEA-Experimental Ecological Accounting，简称 SEEA-EEA）和《SEEA 生态系统核算：最终草案》（SEEA-Ecological Accounting: Final Draft，简称 SEEA-EA），将环境资源的核算重点聚焦到生态系统上，也在不断影响生物多样性和生态系统服务的价值内涵。谢高地等（2015）认为生物多样性价值的核心在于生态系统服务，其价值为生态系统经其生态功能为人类社会提供的产品和服务的总价值，用以度量生物多样性资源的生态服务产出。徐绮阳等（2023）结合对生态价值核算相关概念和计量范围的讨论，认为生态价值应包括直接使用价值（供应服务）、间接使用价值（调节服务、文化服务）和附加价值（供应服务物质性产品、生态环境保护与修复等的人力资本投入）三部分。任庆柳等（2023）结合国家政策和相关文献分析了国家公园的价值，认为国家公园的资源价值应划分为地学价值、生态价值（生物多样性、生态系统服务）、美学价值与人文价值 4 个维度。

1.2.3 生物多样性价值计量方法

相比对生物多样性价值内涵的研究,学者们对生态资产价值的计量方法同样系统和深入。借鉴于福利经济学对于非市场化商品与环境等公共产品价值的研究成果,及至 20 世纪 90 年代,生物多样性价值计量研究已构建出比较完整和系统的方法体系。OECD (1996) 将方法归为三类,即实际市场价格法、模拟市场法和替代市场法。

市场价格法适用于对直接参与市场交易的生物多样性相关资源和资产进行计量,包括根据当前市场信息可直接计算或预测计算的生物多样性产品(薛达元,1999)。这类方法通过市场价格及相关信息直接反应产品价值,被广泛应用于生物多样性资源和资产核算。具体方法有市场价格法、净现值法、资源租金法、剂量-反应法、生产函数法等。市场价格法,通过市场价格和相关经济活动对生物多样性相关资源和资产的耗损量综合计量其价值,能够较好地反映生物多样性资源的利用情况。净现值法,通过预测生物多样性部分产品未来的利用速度和市场价格,对预计开采周期内的净现金流进行合理折现,以反映生物多样性资源和资产的当期价值,多用于不存在市场交易和购置价格的生物多样性产品核算。资源租金法,指将生物多样性资源和资产以及相关环境资产的经济租金作为衡量资产价值的方法,经济租金一般从总产出中扣除各种投入成本和正常收益得到,这种方法多用于核算供应服务。剂量-反映法,通过控制某因素变化导致生物多样性相关资源的市场价格变化,进而衡量资源环境的收益或损失。

模拟市场法适用于计量作为纯公共产品的生物多样性资源和资产(公媛等,2019)。该类资源不存在市场交易和市场价格,或者交易资料极度匮乏,无法通过实际市场反馈价值,因此可以借助于消费者对假设市场的价格意愿,来估算该部分生物多样性资源的价值。具体方法有条件价值法、选择实验法、专家咨询法等。条件价值法,该方法考量资源消费者的支付意愿(即受偿意愿),以支付意愿和净支付意愿(即净受偿意愿)来判断生物多样性价值量,常用于核算生物多样性资源的非使用价值。选择实验法,在假设市场的背景下,设计不同方案组合,受访者对其做出选择,并借助函数解释不同方案的效用大小与受访者选择偏好的关系,从而确定相关资源环境的价值。专家咨询法,该方法认为专家可在一定程度上代表未进入市场的潜在消费者,即专家可凭借其学识和能力对核算对象价值进行鉴证。

替代市场法适用于计量生物多样性的非实物使用价值和间接使用价值,具体方法有影子价格法、旅行费用法、享乐价值法、重置成本法、能值分析法等(于志鹏,2017)。影子价格法,将相关资源配置达到最优状态下、单位资源投入引起的社会总效益的增加量作为该类资源资产的单位价值,影子价格的实质是资源资产的边际价值,反映了资源在经济活动中的稀缺性。旅行费用法,将消费者旅行过程中的消费行为与生物多样性价值等价,即将消费者的直接费用与消费者剩余之和,作为该类资源及相关产品的价值总量,这种方法多用于森林资源游憩价值的核算过程。享乐价值法,通过量化控制某种属性以改变资源环境,消费者享受的环境质量不同导致支付意愿产生差异,对这种差异与环境属性变量进行统计分析,即可反映该种属性的价值。重置成本法,指按照当期经济情况和生产水平,重新购置自然资源资产或恢复自然资源资产至初始状态所发生的成本费用,用该部分成本反映自然资源资产价值量的方法。能值分析法,将自然界物质的储能情况、能量流动,和人类经济社会的货币价值通过能值/货币比率进行转化,从能量角度对于自然资源资产价值进行表达。

此外,我国学者提出了环境重置成本法和当量因子法,对自然资源资产的统一核算进行探索。环境重置成本法认为,生态资产价值计量包含三部分成本:即将破坏后的生态资产恢复到初始状态的成本,恢复后的生态资产正常维持的成本,以及维护该生态资产所负担的机会成本(周一虹,2015)。当量因子法通过设置生态系统服务价值的标准当量,结合专家知识进一步确定该生态系统服务价值的其他当量因子,进而计量生态系统服务价值(谢高地,2008)。

综上所述,对于自然资源资产价值的计量,每种方法各有千秋。市场分析法比较简单直观,由市场相关信息获得的计量结果具有较高说服力,但只针对可直接使用的物品,如生物多样性资源产出的农林牧渔产品的价值,此类方法忽略了消费者剩余价值;替代市场法,对间接使用价值计量应用较成熟,但要求研究对象要有市场替代物,大多只适用于对特定价值的计量,如保持水土、固碳释氧等各种服务功能的评估,这类方法忽视了时间效益以及对非当地区域的效益;模拟市场法,在核算非使用价值部分获得普遍认可,但在确定相关群体、保证样本代表性、控制低水平误差等方面难度较大,主要用于生物多样性非使用价值的计量,如存在价值、选择价值等。

1.2.4 生物多样性价值计量实践

除生物多样性价值计量方法外,学者们对生物多样性价值计量的实践研究同样丰富。Moons (1999) 通过旅行费用法计量得出比利时 Meerdal-Heverle 森林的游憩价值为每次旅行 1030BEF (比利时法郎)。Navrud 和 Strand (2018) 对亚马逊雨林的各类生态系统服务价值进行核算。Mamat 等 (2018) 基于生态系统评估理论对塔里木河下游漫滩森林的生态系统服务价值进行核算,结果显示,1972—2015 年间生态系统服务价值总量约为 216.78 亿美元。Johnson 等 (2019) 使用问卷调查和条件估值法核算出阿拉斯加德纳利国家公园扩建 325340 英亩的支付意愿为 151 亿至 793 亿美元,其中,保护阿拉斯加的生物多样性占据 84.3%。Stefania (2019) 通过条件估值法对意大利珊瑚栖息地生物多样性保护的支付意愿 (WTP) 进行核算,结果显示,预防措施的平均支付意愿 (35~37 欧元) 明显高于恢复措施 (7~9 欧元)。Davidson 等 (2019) 基于最新信息核算了 2011 年全球货币价值的自然湿地生态系统服务,计算结果表明:2011 年全球自然湿地生态系统服务的货币价值估计为每年 47.4 万亿美元,占有所有自然生物群落价值的 43.5%。Buonocore 等 (2020) 以意大利南部地区为例核算了海洋生态系统的自然资本价值。Desmond 等 (2022) 对南非姆帕普利社区的生态系统服务价值进行了核算,结果显示生态系统服务 (如空气质量调节、自然灾害调节和供水) 的总实现经济价值约为 5.28 亿美元,而整个研究区域的减灾潜力约为 7.66 亿美元。Mamboleo 和 Adem (2022) 调查了肯尼亚居民对维多利亚湖生态系统维护的支付意愿,根据调查结果,40.9% 的当地人愿意为保护计划花费大约 500 肯尼亚先令,维多利亚湖生态系统每年的总 WTP 为 61627.91 万肯尼亚先令。Hang 等 (2023) 等使用或有估值法核算当地居民为越南吉婆马里恩国家公园的生态系统保护计划付费的意愿,分析结果显示,约 74% 的受访者愿意为公园的保护付费,平均支付水平为 4 美元/家庭/月。

我国学者对于生物多样性价值计量研究同样硕果累累,且计量对象对所属生态系统类型做了细致区分。由谢高地等 (2008, 2015) 提出的当量因子法几乎适用于包括生物多样性资源在内的所有生态资源,其核算结果较为规范和客观,并且可以探究社会经济因素与生态资源价值的相关性。白顺江 (2006) 通过仿真研究计算得出雾灵山森林 2005 年生物多样性价值为 17830.32 万元。赵鸿雁等

(2020) 基于改进价值当量的当量因子法, 核算出土地整治前后生态系统服务价值由 2.88 亿元减少到了 2.76 亿元, 减少了 4.31%, 其中, 调节服务价值减少了 0.184 亿元, 其余功能和服务的价值均相对增加。昝欣等 (2020) 等学者综合采用市场价值法、当量因子法和分摊法对永定河上游流域的生态价值进行研究, 核算结果显示其总价值量为 55.14 亿元, 其中, 水源直接使用价值为 28.64 亿元, 土壤保持、河流输沙、生物多样性等间接使用价值为 26.50 亿元。赵世宽等 (2021) 以当量因子法为研究方法进行生态系统价值核算进行探究, 并且以重庆市区为例对其各生态系统服务功能的价值进行分析。李娟花等 (2021) 将生物多样性维护功能纳入云南西双版纳州生态资产核算指标体系中, 得出 2010、2015 年生物多样性维持功能价值分别占全州价值的 26.37%、23.34%。任文春等 (2021) 构建出云南省普洱市生物多样性与生态系统服务价值核算框架, 核算出供给功能、调节功能和文化功能等三大功能的价值总量为 7429.87 亿元。裴鹏祖等 (2022) 针对甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区生物多样性的特点, 选取 10 个核心指标, 核算出该自然保护区生物多样性及生态系统服务价值为 239.46 亿元。廖凌云等 (2022) 基于当量因子法与价值聚类工具进行生态系统服务评估与空缺分析, 得出 2018 年福州市生态系统服务价值的估值为 542.7 亿元, 其中, 调节服务价值最高, 文化服务价值最小。郑阳等 (2023) 核算出 2005—2020 年长江流域水生态系统的生态服务价值由 31.04 万亿增长到 42.08 万亿, 其中, 水文调节、气候调节和水土保持等生态系统服务分别占比约 32.5%、21.8% 和 10.0%。曲艺等 (2023) 等研究团队采用情景分析法预测了新疆 2035 年不同情景下的土地利用情况, 并采用价值当量法计算出自然发展、经济发展、生态优先、可持续发展情景下的生态系统服务价值分别为 18717.25、17816.36、19221.52、18134.45 亿元。沈若兰和肖桂荣 (2023) 利用千年生态系统评估方法和改进的当量因子法, 对武夷山国家公园生态系统服务功能价值进行核算, 结果表明: 调节服务 (34.02 亿元) > 支持服务 (20.32 亿元) > 供给服务 (7.86 亿元) > 文化服务 (4.98 亿元), 园区总价值高达 67.18 亿元。

1.2.5 文献评述

在对国内外关于生物多样性价值计量的研究进行梳理、归纳, 重点研究生物多样性的价值内涵、生物多样性价值计量方法两个方面的基础上发现: ①国内外

关于生物多样性的认识主要包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次，有少数学者提出还应包括文化多样性和景观多样性，但未得到国际认可。②关于生物多样性价值内涵，国际上认为将生物多样性价值分为使用价值和非使用价值比较恰当，其中，使用价值包括直接使用价值、间接使用价值和选择价值，非使用价值包括遗产价值和存在价值。我国则直接将生物多样性经济价值分为三部分：使用价值（直接使用价值和间接使用价值）、选择价值（潜在价值）和存在价值（伦理或道德价值），并对每部分的价值构成做了大致区分。③在生物多样性价值计量方面，学界主要集中于对物种多样性（主要指动植物及相关产品）和生态系统多样性的价值进行核算，前者大多采用实际市场价格法、替代市场法等计量方法，后者主要采用模拟市场法（如条件价值法）调查用户的支付（或受偿）意愿进行核算，都没有从重置生物多样性的成本角度展开研究。

基于此，为遵循中央对生物多样性保护和可持续发展相关文件的指示，考虑生物多样性不同价值层面生态产品的商品属性，建立反映生物多样性保护和开发成本的价值核算方法，探索建立体现市场供需关系的生物多样性价格反映体系。本文从会计角度出发，构建多因子三层复合成本计量模型，选用体现生物多样性保护和开发的环境重置成本法，从恢复层成本、维护层成本和战略层成本计量连城国家级自然保护区生物多样性价值，为相关部门制定资源保护和可持续利用政策提供支撑。

1.3 研究内容和方法

1.3.1 研究内容

第一部分：首先介绍本文的研究背景、研究目的与意义、研究内容、研究方法以及研究框架，并梳理和归纳了本研究的相关政策和文献综述，以现有的研究作为本文研究的基石和开篇。

第二部分：简要介绍生物多样性问题产生的背景，概述本文研究的相关概念和理论基础。相关概念及文献主要包括：生物多样性概念、生物多样性价值、生物多样性价值计量方法、生物多样性价值计量应用等。理论基础主要有：价值理论、公共物品理论、外部性理论、可持续发展理论。

第三部分：详细介绍环境重置成本法的基本内容、计量程序和计量模式构建，阐述用环境重置成本法计量自然保护区生物多样性价值的重要意义。

第四部分：构建自然保护区生物多样性价值计量模型。分析以森林生态系统为主要类型的自然保护区生物多样性特点，运用环境重置成本法三层成本价值计量的思想，建立适用于该类型自然保护区生物多样性价值计量标准，构建生物多样性价值计量模型。

第五部分：连城国家级自然保护区生物多样性价值计量。在充分调查连城自然保护区生物多样性资源的历史治理情况和现状之后，按照自然保护区生物多样性价值计量标准，收集相关数据，归集其恢复层成本、维护层成本和战略层成本，汇总得出它的总经济价值。

第六部分：研究结论、建议及不足。

1.3.2 研究方法

论文采取案例分析法，通过对生物多样性、生物多样性价值内涵以及现有生物多样性价值计量方法研究的基础上，结合生物多样性问题的特征、生物多样性价值计量的相关理论基础上，论证用环境会计方法解决生物多样性价值计量的合理性，运用环境重置成本法计量连城国家级自然保护区生物多样性价值，构建适用于自然保护区的生物多样性价值计量方法。

1.3.3 研究框架

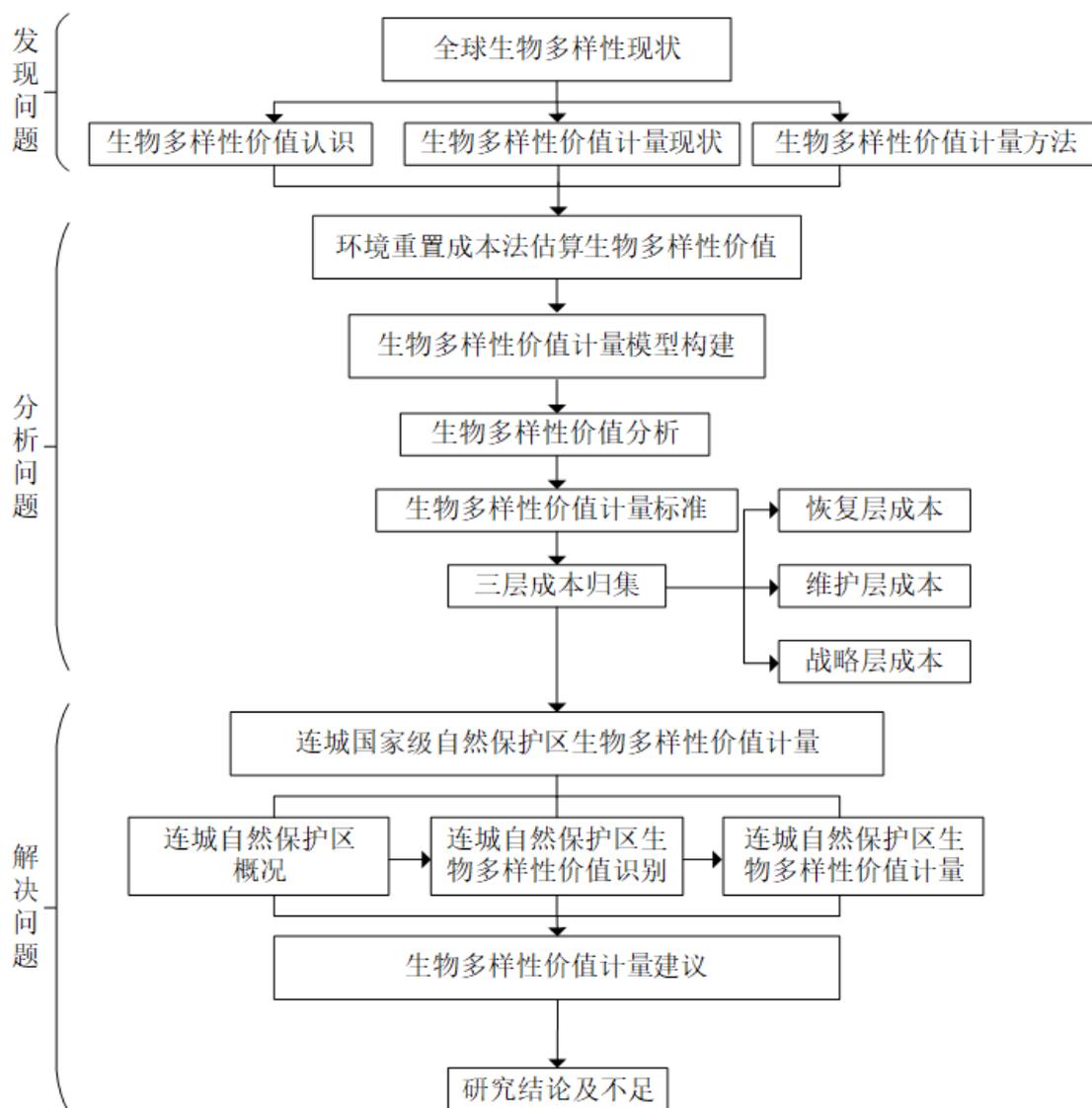


图 1.1 研究框架图

2 相关概念及理论基础

2.1 相关概念

2.1.1 生物多样性

作为生物学以及相关学科的重点研究领域，生物多样性是指某个区域内物种的丰富度和均匀度，是用以衡量生物变异及变异程度的指标。鉴于生命系统是一个等级系统，具有基因、细胞、组织、系统、个体、种群、群落、生态系统等多个等级，因此，生物多样性在具体层面都有不同体现。在基因层面，生物多样性体现为遗传物质携带的遗传信息、基因表达出大分子物质结构以及功能的多样性；在细胞、组织以及系统等层面，生物多样性则表现为细胞间、组织间以及系统间形态、结构、功能上的区别；在个体、种群、群落层面，生物多样性是指物种内与种间数量与分布上的差异；生态系统层面，生物多样性则是指所有种的生物及其所处生态环境所构成的复合体的复杂性和多样性。简而言之，生物多样性是指区域内各种生物、这些生物与环境形成的复杂综合体以及与此相关的各种生态生化过程的总和，涉及该区域全部动物、植物、微生物和它们所携带的基因以及它们与所处无机环境形成的生态系统整体。

1992年6月，联合国环境规划署（UNEP）在巴西召开联合国环境和发展大会，并通过了《生物多样性公约》，在著作《全球生物多样性评估》（GBA）中给出的简明定义在学界基本达成了一致，即生物多样性是生物和它们组成的系统的总体多样性和变异性，包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次。除此之外，区域内景物、景观数量和文化丰富程度也逐渐被学者们所关注，尤其是区域内景观单元在结构和功能上的多样性。2021年10月，联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会（COP15）对生物多样性的内涵进行了补充：生物多样性是生物及其与环境形成的生物类群层次结构和功能的多样性，并且在遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性的基础上，加入了景观多样性。

2.1.2 生物多样性价值

生物多样性的价值是指“生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和”所提供的价值。地球上的生命相互影响并且与无机环境相互作用，经过几十亿年进化与演变最终形成的生物多样性，是地球生命赖以生存的物质基础，也是维持

生态系统相对平衡的必要条件，某个物种或者某些物种的的消亡，可能会引起整个系统失衡甚至崩溃瓦解。同时，各种生物之间相互关联、相互依存，具有重要的生态功能，也是人类发展的重要条件。因此，核算生物多样性价值时应分别考虑其对生态系统的价值和对人类的价值。

对生态系统而言，生物多样性能保持生物的适应力与生态系统的稳定，提供生态服务。生物多样性水平上升，可以提供更多的生态位，不仅会提高生态系统的生产力，而且生态系统中食物链和食物网的结构更加复杂，这使得沿食物链和食物网的能量流动和整体物质循环更加稳定，生态系统的稳定性提高，进一步反馈到生态系统的生态能力。此外，生物多样性可以提供生态服务，如净化空气、固持土壤、保持水源等，生态系统的这些服务都是基于生物多样性而存在。

对人类本身而言，自然界中各式各样的生物及环境是人类解决食物及生存等各方面问题的重要资源，具体包括使用价值（直接价值、间接价值以及选择价值）和非使用价值（遗产价值和存在价值）。

直接价值，指对生物多样性资源初级产品的直接经济效益，即为人类直接提供的各种物质产出和文化服务所具有的价值，这些产品通过消费即可获得，包括实物型直接价值和非实物型直接价值。实物型直接价值根据自然产品是否经过加工和市场流通，又分为消耗性使用价值和生产性使用价值。消耗性使用价值指相关产品不需经市场流通，可直接在当地消耗（自用），如薪材、草药、食物、种子、花卉等；生产性使用价值指自然产品经过加工，进入市场流通以获取经济价值，如造纸和纸浆工业、水产养殖、象牙用于医药和珠宝等。非实物型使用价值，指生物资源为人类提供的精神文化方面的服务，具体包括生态旅游、教育科研、美学欣赏、文艺作品等形式。

间接价值，指生物多样性资源所提供的有关生态系统结构和功能的价值，即生物多样性次级产品和服务的价值，包括：①为生物进化、群落演化和生态系统演替提供了丰富的遗传资料和物质基础；②组成生态系统结构和维持生态系统功能的作用；③保证生态系统服务功能，如固碳释氧、物质合成、水源涵养、固持土壤、净化空气、污染降解等。

选择价值，指当代经济社会对生物多样性及其资源产品尚未开发出的、未知的用途所具有的价值，即对生物多样性产品或服务（直接或间接）未来的选择权。

遗产价值,指当代社会为了将诸多生物资源留给后代,而自愿保护生物多样性所付出的价值,体现了生物多样性和生态系统服务功能对后代的可利用性。

存在价值,即生物多样性的内在价值,指当代社会为使生物多样性和相关生物资源(包括其知识)继续存在而付出的价值。存在价值与生物多样性任何阶段的利用情况无关,是资源本身的一种价值,人们可以通过持续存在的生物多样性获取知识。选择价值、遗产价值和存在价值属于潜在价值,是真实存在但人类目前尚未发现的价值。

2.1.3 生态系统服务价值

生态系统服务功能是指以生态系统以及其中各组分发生的宏观生态作用和微观生化反应为基础形成的自然生存环境,以及对人类在该环境下生存所发挥的作用。联合国千年评估(MA)详细界定了生态系统服务(Ecosystem service)的含义:指人类从自然生态系统中所获得的全部惠益,包括为人类在提供食物、药材以及水等方面的供给服务,提供娱乐欣赏、教育科研等方面的文化服务,在调节气候、促进物质循环等方面的调节服务,以及在光合作用以及养分循环等方面的支持服务。人类处于复杂的生态系统中,可以从环境中获得各种惠益或服务。换言之,生态系统由于提供这些惠益和服务而具有生态系统服务功能,生态系统服务功能价值则是在明确生态系统服务功能的基础上,核算各种功能的经济价值。从价值内涵角度进行分析,生态系统服务功能价值同样可分为直接价值、间接价值、选择价值、遗产价值和存在价值。

作为生态系统服务功能的物质基础,生物多样性对于生态系统功能的形成和维持具有至关重要的作用。生物多样性提供了生态系统中最基本的生物组分,各种动植物和菌类与无机环境通过复杂的生化过程进行物质交流,提供能量流动的通道,是生态系统得以发挥功能的基石。各种生物通过交叉横贯的食物链和食物网决定着生态系统的特征,生物多样性水平越高,生态系统稳定性越高,进而影响生态系统服务功能的维持。此外,健康运转的生态系统可以为动植物提供良好的生存条件,对于生物多样性具有正向的反馈作用。因此,生物多样性价值和生态系统服务功能价值存在较大区别,在考察生物多样性价值量时,应以核算区域的生物多样性资源为研究对象,不应用相应区域内生态系统服务价值作为替代。

2.2 相关理论

2.2.1 价值理论

关于生物多样性和生态系统的价值内涵，国内学者们从不同视角进行论证，逐渐发展出劳动价值论、效用价值论、边际理论、生态价值论和“两山”理论等理论学派。

劳动价值论。马克思认为，价值凝结于劳动之中，商品是生产者的劳动产出，因而具有价值。对于生物多样性，虽然其本身的存在不涉及人类劳动这一因素，但由于人类社会经济的快速发展，物种水平下降、生物栖息地环境破坏、生物资源粗放利用等一系列问题日益严峻，都必须投入一定的劳动、资金、技术等费用，用以保证生物多样性资源可持续，这些劳动投入均遵循劳动价值论的基本原理。

效用价值论。效用价值论认为，一切物品的价值都源自于其自身的效用大小，即满足使用者需要的程度。从效用角度看，生物多样性不仅能给人类提供大量实物产品，还可以提供无形的精神享受和科学研究的物质材料，这些无疑证明生物多样性对于人类社会具有极大的功能和效用。

边际理论。边际理论的代表学者塞维尔在效用价值论的基础上，提出价值不仅取决于效用，还与物品的稀缺性相关，效用和稀缺性是价值形成的必要条件，二者结合称为边际效用。换言之，物品在市场上的定价会受到供求关系的影响，需求增加，供给不变或减少，边际效用和价值就会增加，反之亦然。作为人类社会重要的自然资源，生物多样性在全球范围内看似变化微弱，但是在区域尺度上，由于生态环境破坏和资源不合理利用，生物多样性水平已经出现明显下降，进一步显示出其稀缺性。

生态价值论。该理论认为，除能够进行市场交换的经济价值以外，还应关注不存在交易市场，但却能为人类带来效益的价值。生态价值论将研究对象的价值分为经济价值、伦理价值和功能价值三类。生物多样性所提供的实物资源可以直接或间接进入市场，实现经济价值，而生态系统所提供的各项服务功能、精神舒适体验、作为科学研究和教育的基础，以及作为子孙后代的资源，这些功能和作用虽不存在市场，无法用价格直接衡量，但却对人类社会的发展起到至关重要的作用。

“两山”理论。“两山”理论的核心要点是习近平总书记在十九大报告中指出的“绿水青山就是金山银山”。该理论明确指出人类社会与自然系统需和谐共

处,强调保护自然的必要性,认为在生态保护过程中投入资本本质就是增值自然,是对经济发展与生态和谐辩证关系的科学把握。对生物多样性投入的多种形式的资本,不单会提升当下生物多样性的各项指标,保证其结构和功能正常运转,还未延长其为人类服务的时间,充分转化为自身价值。

2.2.2 公共物品理论

公共物品理论是经济学的经典理论。公共物品有狭义和广义之说。狭义的公共物品指的是纯公共物品,广义的公共物品则包括准公共物品和纯公共物品,除上述两类之外,公共物品还包括纯私人物品。三者的唯一区别是物品消费的竞争属性和排他属性。纯公共物品是指在消费过程中完全不具有竞争属性和排他属性的物品,即每增加一个消费者的边际成本为零,而减少一个消费者的成本却无限大,典型代表如国防、公共安全。与之完全相反的则属于纯私人物品,例如个人清洁物品、生命。现时生活中很多物品既不属于纯公共物品,也不属于纯私人物品,它们的消费竞争性只出现于某一消费者数量临界值之上,而且具有较强的排他性,这些物品被归类为准公共物品,如公共交通、景区。简而言之,公共物品就是由社会整体提供,向所有人开放使用权,消费者的消费行为互不影响物品。共同消费滋生了搭便车现象,同时公共物品的生产成本由社会全体分摊,导致公共物品不能保证有效供给,个人自私行为也会在不同程度上破坏公共物品的完整性,如森林过度砍伐、水体污染等。

毫无疑问,生物多样性是公共物品,而且是属性最强的纯公共物品。由于生物多样性资源本身体量巨大,人类在消费生物多样性产品完全不具有竞争性,消费者的数量可以任意多,每一消费者对生物多样性的消费和消费数额的多少并不影响其他消费者,而阻止一个消费者的成本巨大。

2.2.3 外部性理论

外部性理论起源于19世纪马歇尔在《经济学原理》中提到的“内部经济”和“外部经济”概念,随后庇古和科斯先后发展完善了这一理论。马歇尔把企业由于聚集而使得某些费用支出减少的现象称为“外部经济”。事实上,外部性有正负之分,即正外部性(外部经济)和负外部性(外部不经济)。正外部性是指一项决策对其他个体或群体产生超出决策者预期之外的收益,这种收益无法用货币进行衡量,即受到好处却无法对其收费,比如节日放烟火,处于观赏范围之内

的人均能获得愉悦感受，但是却无法向每个观赏到的路人收取费用。相反，负外部性是指一项决策对其他无关个体或群体产生超出预期的、不应负担的成本，这部分成本同样无法货币化，即受了损害无法进行补偿。比如上游工厂向河流中偷排废污水，导致下游土壤和地下水污染，居民出现健康问题。归根结底，外部性现象的出现是付出与回报不对等，即成本与收益不匹配引起的。外部性除了正负之分，更有时空之别。从地域上看，外部性从企业与居民、企业与企业之间，逐渐延伸到区域之间、国家之间，通常表现为传统的资源配置问题，为代内外部性。从时间上来看，随着环境污染、资源紧缺等各种问题的出现，外部性问题也体现在当代人类与子孙后代的相互影响上，为代际外部性。此外，外部性还有单向外部性和交互外部性。

生物多样性的外部性主要体现在其生态效应方面。在现代社会发展的早期，各个国家一味追求经济的发展速度，大肆毁坏森林，开荒耕种，污染水源，生态环境遭到破坏，生物栖息地面积缩小，生物多样性水平下降，人类的生存环境更加恶劣，这一阶段生物多样性主要体现为负外部性。21 世纪全球经济进入高质量发展阶段，人们生态环境保护意识增强，越加注意到资源的合理利用以及良好生态环境的重要性，生物多样性的正外部性进一步被激发，价值也随即高涨。

2.2.4 可持续发展理论

经过长达一个世纪的“横征暴敛”，人类对于自然的看法进入新的阶段，即人类与自然协同发展的“天人合一”阶段。布伦特兰在《我们共同的未来》中提出可持续发展的最初设想，即“既满足当代人的需求，又不对后代人满足其自身需求的能力构成危害的发展”，明确指出当代人的需求和子孙后代的需求处于同等重要的地位，体现了公平性、持续性和共同性的基本原则。公平性原则指的是代内公平和代际公平。可持续发展不仅要满足当代人追求美好生活和精神舒适体验的愿望，也要考虑到后代人的发展需求。同为地球村子民，由于现代人和后辈之间存在时空错位，我们在利用生物多样性资源时几乎处于完全主导地位，但是无论是哪代人，追求高质量发展的权利是一样的，作为当下资源环境的唯一拥有者，我们应维护好这种公平性。持续性原则要求自然生态系统要有保持稳定、持续物质生产的能力。任何系统的失衡崩溃都是有界限的，生物多样性也不例外，当人类活动造成的干扰超过生态系统自行运转的阈值，资源耗尽和生态环境破坏

就会接踵而至。这就要求人类在面对自然资源时要制定合理的开采计划，依照标准行动，用法律制度保证实施，同时不断开发更加清洁的能源用以替代，为生态环境的恢复提供时间。共同性原则表明实现可持续发展绝不是一个地区、一个国家的事情，而是需要所有国家的共同努力，制定生物多样性相关资源的开发和保护方案，既要尊重各方利益，又要实现保护全球生态环境和国际关系健康发展的切实需求。

3 环境重置成本法

3.1 环境重置成本法概念

环境重置成本法诞生于 2011 年中国会计学会环境会计专业委员会年会，周一虹教授提出利用环境重置成本法计量生态补偿价值的构想。他认为现阶段学者们使用的价值计量方法都是着眼于经济学的角度，从宏观上对生态补偿价值进行计量，这些方法操作性不强，且不能精确的计量生态补偿的价值，在实际的补偿工作中实施比较困难。另外，现有的生态补偿价值计量方法造成了生态功能跟生态治理成本的分离，生态功能法计量的“真实成本”不够准确，成本法计量的补偿成本不够全面，不能真实反映补偿成本，应该探索这一种全新的生态补偿价值计量方法。他借鉴了会计学中“重置成本”的思路，全方位考虑资源重置过程中的全部成本，创造性地提出环境重置成本法的基本构想。环境重置成本法是指，以现有的技术手段把相关环境资源的生态功能恢复至初始状态所需要的全部成本作为生态补偿价值总量的计量方法。周一虹（2015，2021）认为，“环境重置成本法就是通过估算环境被破坏后将其恢复原状所要支出的费用，用以计算环境影响的经济价值。它把环境视为一种资产，当人们开展的某一活动对环境造成破坏时，这就相当于降低了环境资产的价值，这部分被破坏的价值，可以通过重新构建一项全新的环境资产来弥补，而弥补所产生的一切成本就是其生态补偿的价值。环境重置成本就是重建这一环境资产时在现行市场条件下所必须支付的全部货币价值总额”。

根据生态经济协调发展理论，区域生物多样性开发利用存在经济发展和生态保护的内在矛盾，一方面供给生物多样性需要付出经济代价，另一方面由于产业结构和布局的限制失去很多发展机会，其最终表现取决于人类及其经济活动的调控作用。只有生物多样性的保护和治理成本得到充分补偿，其供给主体才会受到激励进而维持生态经济协调发展可持续性，实现生物多样性长效供给。基于环境重置成本法的自然保护区生物多样性价值计量便是以充分补偿成本为准则的价值计量方法。当生物多样性遭到破坏，其价值降低，那么治理费用不能低于使生物多样性重新达到原状态的成本，即重置生物多样性资产的最低成本。该方法不再对生物多样性价值进行分类核算，而是将其看作整体，核算生物多样性遭到破坏后恢复和治理成本，是动态的核算过程。

3.2 环境重置成本法的计量程序

第一步，结合生态资源的具体特征，确定核算期间该资源损失或降低的生态功能类别；

第二步，查阅相关资料和规定，明确有关生态功能受损程度的量化标准，并且根据标准确定生态功能的受损程度；

第三步，结合现有技术手段，确定生态资源生态功能的恢复技术；

第四步，查阅有关资料和记录，归集实施各项技术所发生的成本，确定该生态资源的重置成本价值总额。

3.3 基于环境重置成本法价值计量模型构建

环境重置成本法核算的就是生态资源被破坏后恢复其生态功能到原来的状态所付出的代价，而“恢复到原来的状态”包含了三层含义：第一，要利用技术手段先尽量复原生态资产，将生态资源恢复到以前的状态，保证其以前的功能；第二，恢复后要确保生态资产的状况不出现恶化，要采取一定的维护措施，保持恢复效果；第三，在生态资源被破坏后，在恢复期间资产原有的功能不能发挥作用，造成了一定的机会成本损失，这部分机会成本损失应该给予补偿。

根据环境重置成本法的思路，在这里我们将生态资源价值分为三层：恢复层成本，即生态环境和资源被破坏后，其生态功能受损或完全丧失，此时政府主管部门须实施人工手段恢复或重建其生态功能，该部分费用支出即为恢复层成本。恢复层成本在治理初期往往金额巨大，随着恢复程度而逐渐减少。维护层成本，虽然生态环境具有一定程度上的稳定性，但在外界干扰破坏之后，即使进行了紧急修复，也难以立竿见影完全复原，需要外力维护来保证生态环境的自行运转，此部分的支出即为维护层成本。战略层成本，人们为了维护生态资源，甘愿放弃对这部分资源的原有开发利用方式，或转为更加生态、更加绿色的利用方式，前后所产生的经济利益的差额即为战略层成本，即机会成本。（见图 3.1）。



图 3.1 生态资源价值计量模型

如图 3.1 所示，基于环境重置成本法对生态资源价值进行计量时，三层成本缺一不可，共同构成了环境资源价值成本。这种价值计量方法以生态功能为基点，充分考虑了其恢复、持续和战略放弃经济发展权力所带来的成本和损失，充分考虑了各方利益者的需求，思路清晰且容易理解，十分有助于提高社会对于生态资源价值的接受度。

3.4 环境重置成本法的现实意义

基于环境重置成本法的思想进行生态环境资源的价值计量，很好的弥补了使用现有生态环境价值计量方法所带来的不足。第一，以受损部分作为生态环境资源的价值贯彻了我国环境治理的基本要求，即“谁开发，谁保护，谁污染，谁治理”；第二，现阶段科学技术手段将生态环境资源的受损功能修复至原有水平所发生的成本，很容易计算，能够精确的反映出生态环境资源的具体价值，解决了正面核算生态功能价值所带来的价值额度偏高的问题；同时，采用现有市场条件下的生态恢复手段所花去的成本作为价值，这一方法充分利用了市场的作用，得出的价值量较公允；第三，将生态环境资源的受损功能修复至原有水平所发生的成本包含了生态环境资源被破坏后所承担的机会成本，解决了只核算机会成本造成的价值核算不全面的问题；第四，“根据生态环境被破坏的功能的恢复成本”，这表明环境重置成本法是根据生态环境的生态功能为基础计量的，以生态功能为基础计量使得生态补偿的价值是生态环境的“真实”价值；第五，环境重置成本法核算生物多样性价值操作相对简单，结果也充分考虑到了利益相关各方的意愿，可行性强。

4 自然保护区生物多样性价值计量模型构建

4.1 生物多样性概况

生物多样性关系人类未来福祉，是人类社会赖以生存和发展的根基。2021年世界自然保护联盟公布的《濒危物种红色名录》指出，人类和自然界其他物种对于生存资源的分配存在严重的不对等情况，人类以 0.01%的生物量占据全球 90%的生物活动面积，毁灭了 83%的野生动物和 50%的植物。根据联合国生物多样性和生态系统服务政府间科学与政策平台（IPBES）发布的《生物多样性和生态系统服务全球评估报告》，人类活动改变了 3/4 的陆地面积，影响了 2/3 的海洋环境，超过 85%的湿地已经丧失，有将近 100 万种的动植物处于濒危状态。随着全球人口数量激增和城市化进程进一步加快，城市所处地区野生动植物已经无处可去，城市建设用地不断侵占它们的自然生态空间，使得栖息地片段化和生境破碎化愈加严重，加之空气污染、水质恶化、土壤腐蚀和森林面积大幅度减少，大量的动植物失去了基本的生存条件，引发了生物数量减少、物种特化、结构简化、功能退化、被迫逃离甚至物种绝迹等问题。更加严重的是，城市扩张具有极强的负外部性，不仅会影响到城市本地的生物，而且会通过食物链和食物网影响另外几十种生物的生存。

我国地域辽阔，拥有的高等动植物数量均居于世界前列，特有物种数量也特别多，但在改革开放之后，人们以牺牲生态环境为代价发展经济，导致污染严重、植被萎缩、物种数量锐减。生态环境部先后于 2013 年和 2015 年发布了《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》和《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》，评估结果显示，在 34450 种高等植物中，27 种已灭绝，10 种野外灭绝，1297 种处于濒危状态，3612 种缺乏数据，受威胁物种总共 3767 种，占全部植物物种的 10%；在 4357 种脊椎动物中，4 种已灭绝，3 种野外灭绝，288 种处于濒危状态，941 种缺乏数据，受威胁物种总计 932 种，占到评估总量的 21%。除此以外，蕨类植物、巨蚓科蚯蚓、传粉昆虫以及部分鱼类作为环境指示生物，由于环境质量持续恶化，它们的数量和种类也明显减少。

4.2 生物多样性价值计量要求

2021 年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立健全生态产品价

值实现机制的意见》，是我国首个将绿水青山就是金山银山理念落实到制度安排和实践操作层面的纲领性文件。按照要求，国家发展和改革委员会、国家统计局（2022）制定出台了《生态产品总值核算规范》（以下简称《规范》），明确了生物多样性价值计量的具体要求。《规范》要求生物多样性价值计量应遵循客观性、循序渐进、基于交换价值、开放性四大原则。

在具体核算时，以各单位的实际测量数据为依据进行计算，缺少数据或现有数据不足以进行论证的，研究人员有责任及时向相关监测部门反映情况，以及时更新数据或更新设备获取新数据。核算须遵照“先易后难，先实物后价值”的逻辑逐步推进，先在数据储备比较完善的区域进行试验性核算，根据经验逐渐扩大范围，并积极探索更加科学、可行性更强的计量方法。及时把握国内外对区域生物多样性价值核算的最新研究动态，改进生物多样性价值核算的指标与方法。

4.3 运用环境会计方法计量自然保护区生物多样性价值的合理性

通过上述分析，无论是国际生物多样性水平，还是我国生物多样性现状，进行多维度保护确保经济发展和环境资源保护的协调发展已成为未来社会发展的趋势。根据我国政府有关文件要求和生态补偿制度完善的需要，使用环境重置成本法衡量自然保护区生物多样性的价值是合理的。

生态环境出现问题的根本原因是人与自然出现了发展不协调的现象，生态系统和经济系统不能协调发展。生态系统凭借负反馈机制实现物质资源的积累和更新，经济系统对于自然资源的需求却在无限增长，当社会对资源的需求度超过生态系统能够实现自我更新的极限，那么在生态供给就无法与经济需求相匹配，即生态经济基本矛盾。在生态经济系统中，人类需求与生态供给既是对立矛盾的，也是协调统一的，两者的最终关系取决于人类经济活动的主观调控。为保证生态经济协调发展持续进行，调控措施能有效促进生态系统的健康运转，人的干预行为须以制度作为保障，现阶段典型的制度设计主要有生态补偿、绿色 GDP 核算、碳交易、绿色金融等，其中生态补偿是纠正和改善生态环境外部性的重要手段。地方政府是否会选择为社会“供给”生物多样性的关键在于“供给”的综合收益是否能补偿其成本，只有成本得到充分补偿的情况下，地方政府才会考虑长期生态治理，思考如何提高其综合收益。因此，生态经济协调发展的底线是成本。

在不考虑通货膨胀因素的情况下，绝大多数实体资产的历史成本与其价值相

差不多。尽管生物多样性资产最初诞生于自然力的相互作用，但经过人类社会的长期活动，现阶段的生物多样性资产中已凝结大量人类劳动，是一项特殊资产。如果按照历史成本来计量生物多样性资源的价值，会漏掉其中人类劳动的价值份额，生物多样性的价值总量也会偏低，有违会计信息谨慎性的要求。因此，在可持续发展理念下，生物多样性价值的计量属性，应采用考虑面向市场、未来、风险和不确定性等诸多因素的重置成本。文章利用环境重置成本法将自然保护区生物多样性资源生治理和保护的成本进行归集，可以得出进行生态保护所带来的生物多样性价值的增量，再以此为基础对自然保护区相关管理部门进行合理的分摊，从而完成生态补偿制度中补偿额度的确定。环境重置成本法是以自然保护区生物多样性资源治理和维护过程中所发生的全部成本为基础，因此计算出的价值是自然保护区生物多样性资源治理和维护所带来的最低价值，以此为基础确定的补偿金额既可以激发自然保护区生物多样性资源的“供给”者，即地方政府的主动性，又可以使得区域生物多样性资源的恶劣现状得到质的改善，实现真正的双赢。本文从环境会计角度出发，运用相关模型对自然保护区生物多样性的价值进行计量，符合区域生物多样性保护和利用各方的利益需求，生物多样性价值量更加科学、合理，有助于促进对更大范围生物多样性价值核算体系的建立和发展。因此，运用环境会计方法计量自然保护区生物多样性价值是合理的。

4.4 基于环境重置成本法的自然保护区生物多样性价值计量模型构建

根据国家文件对生物多样性价值核算的要求，本文采用环境重置成本法作为核算方法，该方法是当下会计计量中唯一考虑环境因素的计量方法。文章根据生物多样性资源重置过程中所发生成本的特性，归纳出生物多样性价值核算应包括生物多样性治理和修复的直接成本、间接成本和机会成本，进行生物多样性资源重置的全成本核算。其中，直接成本包括将区域生物多样性恢复至原状态所直接投入的成本，即恢复层成本；间接成本包括为维护生物多样性现有水平付出的成本，即维护层成本；机会成本包括为提高区域生物多样性水平所放弃的代价，即战略层成本，三部分成本的总额即为环境重置成本。环境重置成本概念下的生物多样性价值，是指恢复原生物多样性状态所要发生的成本，即生物多样性水平变化所影响的经济价值以及治理生物多样性问题需要付出的成本总额，即恢复层成

本、维护层成本和战略层成本之和。本文根据自然保护区生物多样性相关产品和服务的特性，分别从生物多样性生态功能恢复、生物多样性状态维护和由于生态保护所产生的机会成本等三个方面，构建出适用于自然保护区生物多样性价值的计量模型。

4.4.1 计量假设

第一，现阶段，人类能够通过自身感官和各种技术手段观测到生物多样性资源遭到破坏所引起的负面变化，并且这类负面变化可以通过科学的生态治理消除或减弱。

第二，“重新购置”的生物多样性资源与最初自然状态下生物多样性资源的各项功能完全相同或接近。

第三，自然保护区生物多样性水平和相关效益并不会受到价值计量的影响。

第四，自然保护区生物多样性资源受到损伤的部分或功能可以“再生”，即通过人类现有或未来技术的发展，可以实现自然保护区生物多样性资源生态功能的复制。

第五，对自然保护区生物多样性资源的恢复和修复项目所发生的费用，全部都是可货币化的。

第六，重新购置或恢复的生物多样性资源不会产生超出原价值的经济利益。

4.4.2 三层成本计量模型构建

（1）生态恢复层成本

自然保护区生物多样性的生态恢复层成本指的是，对自然保护区生物多样性资源受损的生态功能进行恢复和重建，使其达到原始状态，在该过程中实际采用的各种技术方法和手段所需耗费的各项成本总额。由于连城国家级自然保护区以森林生态系统为主要的植被类型，因此，本文参考《中华人民共和国环境保护法》等相关法律法规和我国生态环境部于 2022 年国家发展和改革委员会、国家统计局制定出台的《生态产品总值核算规范》，选取若干个关键森林生态系统服务功能评价指标。

①固碳释氧

以森林生态系统为主的自然保护区一般生长有大量林木，这些林木可以通过光合作用，将空气中的 CO_2 转化为有机质进行储存，同时释放出 O_2 ，因而具有

固碳释氧的功能。各种野生动物和菌类作为生态系统中的分解者，则可以保证光合作用的原料充足。根据光合作用方程式： $6\text{CO}_2+6\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6[(\text{CH}_2\text{O})_n]+6\text{O}_2$ 可知，植物每生产 1g 干物质，可以固定 1.63g CO_2 ，并释放 1.19g O_2 。因此，可以用固定 CO_2 的总量衡量固碳功能，用释放 O_2 的总量衡量释氧功能。具体计算公式如下：

$$R_{\text{碳}}=1.63\text{NPP}_i\times w(\text{C})\times S\times P_{\text{碳}}\times n$$

$$R_{\text{氧}}=1.19\text{NPP}_i\times S\times P_{\text{氧}}\times n$$

式中： $R_{\text{碳}}$ 、 $R_{\text{氧}}$ 分别代表其固定二氧化碳、释放氧气的价值；1.63、1.19 表示植物每生产 1g 干物质可以固定 1.63g CO_2 并释放 1.19g O_2 ； NPP_i 表示植被初级净生产力； $w(\text{C})$ 代表二氧化碳中的含碳量； S 代表森林面积（下同）； $P_{\text{碳}}$ 、 $P_{\text{氧}}$ 分别代表其固定 CO_2 、释放 O_2 的价值； n 代表核算年限（下同）。

②净化空气

植物能够吸收空气中的有害气体，部分微生物也可以降解有害分子，动物则通过捕食和消化进一步加快空气的净化。净化空气功能的受损程度可以通过生物吸收有害气体的减少量来进行衡量，本文选用 SO_2 、氟化物、粉尘这三种有害物质作为衡量净化空气功能的指标。

吸收二氧化硫、氟化物能力的计算公式为：

$$R_{\text{硫}}=X_{\text{硫}}\times S\times O_{\text{硫}}\times n$$

$$R_{\text{氟}}=X_{\text{氟}}\times S\times O_{\text{氟}}\times n$$

式中： $R_{\text{硫}}$ 、 $R_{\text{氟}}$ 分别表示其吸收 SO_2 、氟化物的价值； $X_{\text{硫}}$ 、 $X_{\text{氟}}$ 表示林木吸收 SO_2 、氟化物的能力； $O_{\text{硫}}$ 、 $O_{\text{氟}}$ 表示为 SO_2 和氟化物的治理费用。

降尘能力的计算公式为：

$$R_{\text{尘}}=S\times A\times V\times n$$

式中： $R_{\text{尘}}$ 表示其降尘能力的价值； A 表示自然保护区降尘能力； V 表示大气污染的收费标准。

③水源涵养

生物多样性的水源涵养功能主要是依靠植物完成的。植物发达的根系深入地下，地表存有大量的枯枝落叶，由于微生物的分解作用使得土壤的腐殖质含量增加，这三者均会加强土壤的渗透能力，大大减弱水分蒸发，水分最大程度进入地

下水中。鉴于生物多样性的水源涵养功能类似水库蓄水，所以参照影子工程法来核算生物多样性对水量的调节价值。本文选取调节水量 $U_{水}$ 作为核算指标，用 $R_{水}$ 衡量水源涵养功能受损后修复的成本。基本公式为：

$$U_{水}=10\times S\times(Q-D-G)$$

$$R_{水}=U_{水}\times W\times n$$

式中： $U_{水}$ 表示年调节水量； $R_{水}$ 表示年调节水量价值； Q 表示平均降水量； D 表示森林平均蒸散量； G 表示林地地面快速净流量； W 表示水库建设的单位库容投资。

④固持土壤

自然保护区林木的保育土壤能力主要以固持土壤量 $U_{土}$ 来衡量，破坏程度的表现形式为损失的固土量，恢复后的价值用 $R_{土}$ 来计量。计算公式如下：

$$U_{土}=S\times(N_2-N_1)$$

$$R_{土}=U_{土}\times K_{土}/b\times n$$

式中： $U_{土}$ 表示自然保护区年固土量； $R_{土}$ 表示自然保护区年固土价值； I 表示保护区面积（下同）； N_1 、 N_2 分别表示有林地、无林地土壤侵蚀模数； $K_{土}$ 表示挖土及其运输费用； b 表示自然保护区土壤容量。

⑤教育科研

自然保护区经由国家政策规定，将包含保护对象在内的一定区域和水体划分出来，最大限度保留生物的原始生境，以此来进行保护和管理的方法。作为“天然的基因库”，自然保护区不仅对于普通群众具有科普教育意义，还可以作为各种生物学实验和观测的场所，其科研教育价值用 $R_{科}$ 来计量。计算公式如下：

$$R_{科}=I\times P\times n$$

式中： P 表示生态系统教育科研单位价值。

⑥修复自然保护区生态环境

自然保护区内森林面积较大，极易发生病虫害，局部区域存在生态环境破坏的情况。因此，其恢复层成本还包括对林木生态环境和林木健康的修复成本，即

$$R_{修复}=R_{森林恢复}+R_{病虫害治理}+R_{生态修复}。$$

综上所述，自然保护区生物多样性的恢复层成本总价值为 $R=R_{碳}+R_{氧}+R_{硫}+R_{氟}+R_{尘}+R_{水}+R_{土}+R_{科}+R_{修复}$ 。

(2) 生态维护层成本

自然保护区生物多样性的维护层成本是指,进行生态功能的恢复治理工程具有滞后效应,保护区相应功能无法在短时间内复原,需要追加相应措施保证恢复的效果,同时保护区需要保护监控,这时候就需要人工介入,对其进行一定程度的维护,这部分工程发生的成本即为维护层成本。具体如下:

第一,旅游资源维护成本。自然保护区具有丰富的动植物资源和天然景观,因此在实验区开发了自然风景旅游区,为了吸引顾客和维持居民的日常生活,需要对基础设施进行改造修缮, $M_{旅}=M_{旅建}+M_{旅修}$ 。

第二,保护区规划调整成本。考虑到绝大多数自然保护区成立时间较早,受制于当时对于自然保护区和生物多样性地研究水平,以及对于保护区地域情况地了解程度,保护区的规划欠缺合理性。随着经济发展,保护区管理矛盾日渐突出,需要因地制宜、因时制宜做出调整,该部分成本为 $M_{规}$ 。

第三,预防自然灾害成本。森林生态系统类型的自然保护区林木植被密度较高,气候干旱少雨,且周围分布着大量住户,因此森林火险等级较高,森林火灾称为困扰连城自然保护区的重要灾害。严防火灾就需要保护区管理局及时更新防火救火设备和资源,加强日常维护, $M_{灾}=M_{灾设}+M_{灾维}$ 。

第四,监控系统建设成本。由于自然保护区周围分布着众多的居民点,因此生盗采盗伐、偷猎、破坏野生动物栖息地等行为屡禁不止。为了加强管理,杜绝此类现象的发生,自然保护区管理局往往及时更新监控系统加强防护,该部分成本为 $M_{监}$ 。

第五,保护站点建设成本。虽然自然保护区管理局统揽保护区内生物多样性和生态环境的保护工作,但具体任务由遍布保护区的保护站承担,因此对于各个保护站的日常建设和维持必不可少,该部分成本为 $M_{站}$ 。

第六,保护区污水处理成本。自然保护区周边的居民点一般分散于保护区的外围以及地势平坦、植被稀疏的区域,居民产生的生活污水对保护区内生物的生和发育具有重要影响,具体计算公式如下:

$$C=C_{建}+C_{运}+C_{泥}$$

$$M_{污}=q \times N \times K \times C \times 365 \times n$$

式中: C 指每吨污水的处理成本; $M_{污}$ 为污水处理总成本; $C_{建}$ 、 $C_{运}$ 、 $C_{泥}$ 分别表

示每吨污水处理的建设成本、运营成本、污泥处理成本； q 指农村居民日用水量； N 为保护区总人数； K 为农村居民污水排放系数。

综上所述，自然保护区生物多样性的生态维护层成本 $M=M_{旅}+M_{规}+M_{灾}+M_{监}+M_{站}+M_{污}$ 。

（3）生态战略层成本

生态战略层成本指的是生物多样性相关功能的供应者选择保护自然资产而舍弃的经济收入，即机会成本。考虑机会成本，有利于深入了解生物多样性的潜在价值。自然保护区生物多样性价值核算的机会成本也就是为了维护生物多样性而放弃的经济损失，例如农林产品生产、采矿业等，该部分成本为 S 。

综上所述，本文根据自然保护区生物多样性的特征，在详细了解区域生物多样性生态功能和修复技术的基础上，基于环境重置成本法的思想构建出自然保护区生物多样性价值计量模型，进行生物多样性资源重置的全成本核算，即自然保护区生物多样性三重重置成本总额为： $Z=R+M+S$ 。此模型可以根据自然保护区生态系统类型的不同进行相应调整，应用性较强。

5 连城国家级自然保护区生物多样性价值计量

5.1 连城国家级自然保护区概况

本文的研究区域为连城国家级自然保护区，位于兰州市永登县境内，东经 $102^{\circ}26' \sim 102^{\circ}55'$ ，北纬 $36^{\circ}33' \sim 36^{\circ}48'$ ，占地面积为 47930hm^2 ，核心区、缓冲区和试验区分别为 14372hm^2 、 13196hm^2 、 20362hm^2 。连城保护区处在黄河流域湟水重要支流大通河中下游，呈现为典型的“两山夹一河”的地貌特征，属于显著的温带大陆性气候，全年气温偏低，热量少且集中，日照强度较高，水资源丰富，为保护区丰富的生物资源的形成提供了必备的环境条件（见图 5.1）。

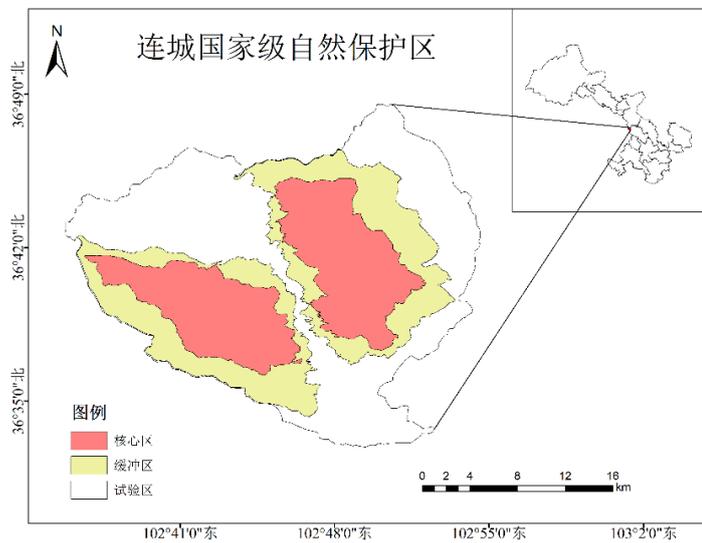


图 5.1 研究区区位图

连城保护区生物多样性强度较高，动植物和菌类资源丰富，主要保护对象是天然青杆及其森林生态系统、天然祁连圆柏及其森林生态系统。保护区海拔落差较大，在温带大陆性气候的基础上，表现出明显的垂直差异，由低至高依次分布着寒温性针叶林、温性针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶灌丛、落叶阔叶灌丛、亚高山草甸等多种植被类型。据统计，保护区内有各类植物 109 科、444 属、1397 种，包括苔藓植物 26 种、维管植物 1371 种，其中蕨类植物 33 种、种子植物 1338 种，种子植物占全国种子植物总种数的 5.5%。裸子植物有 11 种，占全国裸子植物总种数的 4.7%；被子植物共 1327 种，占全国被子植物总种数的 5.5%。保护区内国家 II 级保护植物有绥草、野大豆、桃儿七、山萇蓉、西藏玉凤花等 21

种。保护区内野生哺乳类动物 34 种、鸟类 148 种、昆虫 314 种。鸟类种数占甘肃省森林鸟类物种的 83.6%，昆虫中以鳞翅目最多，共 269 种，其中又以尺蛾科较多，共 218 种。保护区内有国家重点保护野生动物有 45 种，其中国家 I 级保护动物有梅花鹿、荒漠猫、红喉雉鹑等 11 种，国家 II 级保护动物有棕熊、豹猫、藏雪鸡、马鹿、雪雉、鸮嘴鹛等 34 种。关于菌类资源，保护区内生长有大型真菌 29 种，包括冬虫夏草、胶勺、白鳞蘑菇等 11 种食用真菌，3 种药用真菌，2 种菌根菌，4 种毒菌。

连城保护区是我国西北干旱地区重要的生物多样性资源库，保护区内各种生物与独特的地理环境相互依存，不可分割。因此，核算连城保护区生物多样性价值须结合当地生物资源情况和气候地理条件，考虑操作性强并且有效的治理措施，核算其成本，才能准确反映连城保护区生物多样性价值。

5.2 基于环境重置成本法的连城国家级自然保护区生物多样性价值计量

基于对连城国家级自然保护区生物多样性现状的分析，接下来使用三层成本计量模型并结合保护区的实际资源和情况，分别计算 2018—2022 年间连城国家级自然保护区生物多样性重置过程中发生的恢复层成本、维护层成本和战略层成本，并对各层成本加和，最终得到连城国家级自然保护区生物多样性的价值总量。

5.2.1 恢复层成本

(1) 固碳释氧

连城保护区内森林面积为 36259hm^2 。由于保护区处于温带大陆性季风气候地带，主要植被类型为寒温带针叶林，其他植被类型的面积过小，因此本文中固碳释氧功能价值的核算对象为寒温带针叶林。寒温带针叶林天然林净生产力的平均值为 $7.20\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ，核算期间市场碳交易平均价格为 68.15 元/t，工业用氧的平均价格为 1100 元/t。根据公式计算得：

$$R_{\text{碳}}=1.63 \times 7.2 \times 27.27\% \times 36259 \times 68.15 \times 5=3954.18 \text{ 万元}$$

$$R_{\text{氧}}=1.19 \times 7.2 \times 36259 \times 1100 \times 5=170866.91 \text{ 万元}$$

$$\text{即固碳释氧功能恢复成本为 } R_{\text{碳}}+R_{\text{氧}}=174821.09 \text{ 万元}$$

(2) 净化空气

①吸收二氧化硫、氟化物

关于污染物吸收,本文采用森林吸收能力的平均值。针叶林吸收二氧化硫和氟化物的平均值分别为为 $215.6\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 和 $0.5\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。根据《中华人民共和国环境保护税法》相关内容,排放二氧化硫和氟化物的费用分别为 1.26 元/kg 和 1.38 元/kg。根据公式计算得:

$$R_{\text{硫}}=215.6\times 36259\times 1.26\times 5=4924.99 \text{ 万元}$$

$$R_{\text{氟}}=0.5\times 36259\times 1.38\times 5=12.51 \text{ 万元}$$

②降尘能力

根据《中华人民共和国环境保护税法》,对于单一种类的污染物排污费征收标准,按照 1.2 元/该污染物当量值进行计算。本文中森林的降尘能力指的是沉降一般性粉尘,其当量值为 4kg。森林的平均降尘能力为 $33.2\text{kg}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。根据公式计算得:

$$R_{\text{尘}}=36259\times 33.2\times 1.2/4\times 5=180.57 \text{ 万元}$$

综上,净化空气功能恢复成本为 $R_{\text{硫}}+R_{\text{氟}}+R_{\text{尘}}=5118.07 \text{ 万元}$

(3) 水源涵养

连城保护区总面积为 47930hm^2 ,保护区年均降水量为 419.00mm,林区的蒸散量参考我国北部温带地区森林的平均值 412.63mm,永登县目前自来水用水价格 1.95 元/ m^3 ,因为林区地表快速净流量数值过小,因此忽略不计。根据公式可计算水源涵养功能恢复成本为:

$$R_{\text{水}}=10\times 47930\times (419.00-412.63)\times 1.95\times 5=2976.81 \text{ 万元}$$

(4) 固持土壤

根据吴水荣的相关研究成果,无林地平均土壤侵蚀模数为 $17.66\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,保护区土壤容量取的平均值 $1.2452\text{t}/\text{m}^3$,连城保护区的固土量即为保护区占地面积 47930hm^2 。根据当前市场价格,挖土费用为 12.60 元/ m^3 。根据公式可计算固持土壤功能恢复成本为:

$$R_{\text{土}}=47930\times 12.60\times (17.66-0)/1.2452\times 5=4282.52 \text{ 万元}$$

(5) 教育科研

根据陈仲新(2000)的研究,我国生态系统的教育科研价值为 636.45 元/ hm^2 。考虑到连城保护区位于祁连山脉向黄土高原过渡带,具有特殊的地理位置,保存

着完整的森林生态系统，是生态学、生物多样性、地质地理等学科研究的天然实验室，具有极高的科研文化价值，因此采用上述标准核算连城保护区的科研价值。根据公式可计算教育科研功能恢复成本为：

$$R_{科} = 47930 \times 636.45 \times 5 = 15252.52 \text{ 万元}$$

（6）森林恢复

连城国家级自然保护区管理局连城自然保护区于 2018、2019 年实施了《重点防护林工程项目》、《祁连山生态环境保护与建设生态治理项目》、《森林植被恢复工程》。《重点防护林工程项目》选取的苗木为祁连圆柏和锦鸡儿，其中人工造林 2200 亩，封山育林 10000 亩；《祁连山生态环境保护与建设生态治理项目》选取的苗木为沙棘和柠条，两标段人工造林共 8000 亩；《森林植被恢复工程》选取的苗木包括柠条、山杏、云杉、丁香，四个标段人工造林总面积达 10000 亩（见表 5.1）。

表 5.1 连城保护区森林恢复数据统计

项目	数量	金额（万元）
人工造林	2200 亩	89.33
封山育林	10000 亩	82.57
人工造林	8000 亩	363.75
	10000 亩	584.08
合计		1119.73

数据来源：连城国家级自然保护区项目中标公示及招标文件汇总

即森林恢复成本 $R_{森林恢复} = 1119.73$ 万元。

（7）病虫害治理

森林病虫害对于自然保护区的生态系统具有极大的威胁。森林病虫害的发生会导致林木大面积死亡，生物多样性减少，破坏森林生态系统平衡，对木材生产和生态旅游产生负面影响。因此，防治森林病虫害对于保护自然资源和维护生态系统稳定性具有重要意义。连城自然保护区管理局积极构建林业有害生物防治体系，通过无人机空中喷洒实现及时防治。（见表 5.2）。

表 5.2 连城保护区病虫害治理数据统计

项目	数量	金额（万元）
应急防治大型无人机	1 台	
常规防治小型无人机	2 台	58.26
无人机	2 台	

数据来源：连城国家级自然保护区项目中标公示及招标文件汇总

即病虫害治理恢复成本 $R_{\text{病虫害治理}}=58.26$ 万元。

（8）生态修复

连城素有“八宝川”之美称，矿产资源十分丰富，特别是保护区境内优质石英石、石灰石贮量大，保护区前期采矿行业的长期发展严重破坏了区域生态环境，荒山裸露，无植被覆盖。连城保护区管理局根据生态修复实施方案，采取平整覆土、撒播草籽、栽植苗木和加强管护等措施，保护区内 7 家水电站恢复植被 68 亩，24 处废弃矿点和大通河两岸完成生态修复治理 403 亩，切实加强了黄河流域生态保护、生态治理、生态修复和高质量发展，全力构筑黄河流域生态安全屏障，生态修复成本 $R_{\text{生态修复}}=636.58$ 万元（见表 5.3）。

表 5.3 连城保护区生态修复数据统计

项目	金额（万元）
废弃矿点生态修复	458.64
大通河两岸生态修复	178.21
合计	636.58

数据来源：连城国家级自然保护区项目中标公示及招标文件汇总

综上所述，连城国家级自然保护区生物多样性恢复层成本 $R=204265.58$ 万元。

5.2.2 维护层成本

（1）旅游资源维护

兰州吐鲁沟国家森林公园位于连城国家级自然保护区范围内，总经营面积 5848 公顷，海拔 1998~3165 米，森林覆盖率为 98.04%。1984 年被兰州市政府批

准为自然风景区，1992 年被林业部批准为国家级森林公园，2005 年 11 月被国家旅游局评为“国家 AAAA 级旅游景区”，具有较高的科学研究价值和科普教育意义，由吐鲁沟国家森林公园官方网站可知，目前已累计投资约 2000 万元。此外，根据兰州市公共资源交易中心公告，为维护森林公园的生态环境和正常运转，连城保护区购置相关设备处理污水、监测水土流失区以及水源涵养及气候变化，合计花费 399.65 万元。即旅游资源维护成本 $M_{旅}=2399.65$ 万元。

（2）保护区规划调整

连城保护区在成立之初，受技术条件、社会经济等因素的影响，当时编制《甘肃连城省级自然保护区总体规划》时将区域内天祝县、永登县建制乡镇的部分村庄和农田、西北铁合金厂生活区划入保护区范围之内，区划不够合理。随着社会经济的全面发展，保护区生态资源保护难度越来越大，保护与发展的矛盾越来越突出。保护区对部分村庄及西北铁合金厂生活区管理难度较大，对提升保护区管理能力有了很大的制约，保护区范围及功能区调整工作开展迫在眉睫。依据甘肃省林业厅同意开展保护区范围及功能区调整，根据兰州市公共资源交易中心公告，此项维护成本 $M_{规}=350$ 万元。

（3）预防自然灾害

由于连城保护区森林面积较大，且气候少雨干旱，因此失火风险较大。自连城保护区成立后，保护区管理局主动与周边单位加强沟通，成立“两省三市四县”护林联防委员会，共同协商管理林权争议区域的森林资源管理、森林防火等工作。保护区管理局组建专业消防队伍，定期制定队员训练计划，强化装备操作、体能训练、灭火战术运用，不断提升队员灭火扑救水平。另外，保护区管理局购置消防运兵车、消防水车、便携式水泵、风力灭火机、灭火水枪等装备器材，储备防灭火物资，提升防灭火扑救水平，制定出台《森林消防队管理制度》，实行准军事化管理，24 小时执勤备勤（见表 5.4）。

表 5.4 连城自然保护区防火工程数据统计

项目	金额（万元）
维修防火道路	125.74
购置扑火器具	157.85
购置森林防火语音预警系统	35.46
购置林火视频监控前端设备	100.9
购置防火车辆	123.3
合计	543.25

数据来源：甘肃连城国家级自然保护区项目中标公示及招标文件汇总

即预防自然灾害成本 $M_{灾}=543.25$ 万元。

（4）监控系统建设

鉴于连城保护区范围广、树林密、条件差，建立实体界桩难度很大，通过人工治理的方式也无法有效遏制盗采盗伐、偷猎、破坏野生动物栖息地等违法犯罪现象，连城保护区管理局结合高科技手段，建立电子围栏，提升保护管理能力，实现保护区内人类活动的有效管控。根据兰州市公共资源交易中心公告，连城保护区的电子围栏工程包括电子围栏建设、电子围栏巡护管控系统建设、综合管控调度中心建设，共计 $M_{监}=81.88$ 万元。

（5）保护站点建设

自然保护区保护站的首要职责是保护自然环境，他们需要定期巡视保护区内的植被、动物和水源等自然资源，及时发现并处理任何破坏行为。根据兰州市公共资源交易中心公告，连城保护区管理局对部分保护站（淌沟保护站石尕石达寺管护点）进行维护，包括新建单层管护用房、库房，砖砌围墙及铁艺大门，块石挡土墙及院内地坪硬化，共花费 $M_{站}=34.65$ 万元。

（6）保护区污水处理

连城保护区内人口总数为 34510 人，兰州市农村居民日用水量 30-50L/(人·d)，考虑到兰州市作为西部地区的省会城市，本文取中间值，即 40L/(人·d)；兰州市农村居民污水排放系数为 40-60%，本文取中间值 50%。据有关资料，连城保护区生活污水排放遵循一级 A 类标准，每吨污水处理的建设成本、运营成本、污泥处理成本分别为 0.22 元/t、0.80 元/t、0.04 元/t。根据公式计算可得：

$$C=0.22+0.80+0.04=1.07 \text{ 元/t}$$

$$M_{\text{污}}=40/1000 \times 34510 \times 50\% \times 1.07 \times 365 \times 5=134.78 \text{ 万元}$$

即连城保护区污水处理成本 $R_{\text{污}}=134.78$ 万元

综上可得，连城国家级自然保护区生物多样性维护层成本 $M=3544.21$ 万元。

5.2.3 战略层成本

(1) 林木生产

连城保护区成立于 2001 年，自成立伊始便封山育林，禁止砍伐。基于该情况，本文考虑就近选取林木生长情况相近的其他区域，替代连城保护区进行林木生产机会成本的核算。甘肃省武威市天祝藏族自治县位于永登县西北部，海拔在 2040~4874 米之间，全县林地面积为 230912hm²，天然林乔木树种主要有青海云杉、山杨、白桦、红桦、祁连圆柏及少量的细叶云杉、油松、侧柏、棘桦、山榆、山杏等，与连城保护区林木资源情况相似度极高，本文以 2018—2022 年天祝藏族自治县林业产值为基础进行加权计算，来代替相应阶段连城保护区的林业生产的机会成本。根据武威市统计年鉴，2018—2022 年天祝藏族自治县林业产值分别为 991 万元、1959 万元、4699 万元、4479 万元、4582 万元。连城保护区面积为 36259hm²，经计算可得 2018—2022 年连城保护区的林业生产的机会成本 $S_{\text{林木生产}}=2623.47$ 万元。

(2) 采矿业

连城保护区内共有 2 家采矿权，分别是腾达西北铁合金有限责任公司石英石矿和兰州永盛矿产品有限责任公司永登县账房湾页岩矿。腾达西北铁合金有限责任公司石英石矿于 1985 年 11 月办理采矿登记手续，并依法取得《采矿许可证》，2010 年甘肃省国土资源厅为该矿换发新证，采矿期限变更为 2010 年 8 月 31 日至 2027 年 7 月 31 日，该矿已于 2017 年 8 月停止作业。据该企业公告显示，2016 年该企业实现工业总产值 10.55 亿元，本文以此为基础核算该矿产的机会成本。考虑货币时间价值，腾达西北铁合金有限责任公司石英石矿的机会成本为 559993.39 万元。

兰州永盛矿产品有限责任公司永登县账房湾页岩矿的开采期限为 2015 年 3 月 30 日至 2020 年 3 月 30 日，预估年产量为 3 万吨，该矿已于 2017 年 10 月 10 日被注销采矿许可证。由于公司规模较小，永盛公司并未全面投入生产，同时该

页岩矿储量规模较小，本文采用永盛公司采矿权退出时获得的补偿额 1159 万元作为该页岩矿的机会成本。连城保护区 $S_{\text{采矿业}}=561152.39$ 万元。

即连城国家级自然保护区生物多样性机会成本 $S=S_{\text{林木生产}}+S_{\text{采矿业}}=563775.86$ 万元。

综上所述，连城国家级自然保护区 2018—2022 年生物多样性价值总量： $Z=204265.58+3544.21+563775.86=771585.65$ 万元 ≈ 77.16 亿元。

6 研究结论、建议及不足

6.1 研究结论

作为地球上生命体系的核心组成部分，生物多样性在稳定生态系统平衡、科研教育的价值体现以及维持人类生存等方面具有至关重要的作用，维护生物多样性已成为国际社会间不争的课题。在诸多保护措施中，自然保护区是在不干扰自然环境和生态系统条件下，为生物提供舒适且安全的生存环境，是最为直接和高效的保护手段。合理量化生物多样性价值，有益于推动生物多样性保护机制的绿色运行。文章首先对生物多样性及价值内涵等概念进行界定，对生物多样性价值计量涉及的理论进行了梳理；其次，研读大量的生物多样性计量实践研究文献，对涉及到的计量方法的优缺点进行了详细对比，总结出相应方法的应用范围；再次，以环境重置成本法的核心思想为指导，考虑以森林生态系统为主的自然保护区生物多样性的特点，参考 2022 年出台的《生态产品总值核算规范》，构建适用于自然保护区生物多样性资源的三层成本价值计量模型；最后，在详细了解连城国家级自然保护区生物多样性资源现状的基础上，收集计量所需数据，完成案例对象的生物多样性价值计量。取得的研究结论如下：

第一，目前我国有关生物多样性价值计量研究存在较多不足。该领域研究大多比较宏观，计量方法也比较模糊，计量结果往往偏高，不能够满足社会的需求，且大多数研究的对象只着重核算生物多样性中物种层次和生态系统层次的价值，忽略了其他层次的价值。

第二，基于环境重置成本法计量区域生物多样性价值具有可行性。文章采用全新思路，将生物多样性资源看作整体，对现有技术条件下恢复其受损功能至初始状态进行全成本核算，即恢复成本、维护成本和机会成本之和，就是该时期生物多样性的价值总量。结果显示，连城国家级自然保护区 2018—2022 年生物多样性恢复层成本、维护层成本、战略层成本分别为 204265.58 万元、3544.21 万元、563775.86 万元，生物多样性价值总量为 77.16 亿元人民币，这一结果证明了以环境重置成本计量区域生物多样性价值的可行性。

第三，恢复层成本、维护层成本和战略层成本的计量结果可能存在较大差异。对比连城保护区 2018—2022 年生物多样性三层成本数值可以发现，维护成本数额偏小，可能是由于连城保护区成立时间较早，保护区经过数年建设，区域内动

植物资源和生态环境进入稳定状态,连管局对于各项资源的维护也已形成相对固定的运转模式,因此维护支出也趋于减少。另外,三项成本中机会成本数额较大,主要是由于连城保护区特殊的地理位置和气候条件,木材资源和矿产资源储量较大,对其全面开发将极大地促进当地经济发展,这使得重置生物多样性的机会成本较大。

6.2 建议

生物多样性作为人类社会的巨大资源,是地球生命存在和发展的必然态势。为了让生物多样性更好、更全面的发挥其功能,须进一步提高区域生物多样性价值计量合理性和高效性。本文在连城保护区生物多样性价值计量研究过程中,出现了生态功能恢复程度欠缺保证、治理资金短缺以及相关数据和信息获取渠道不畅通等问题,因此,针对自然保护区等区域生物多样性价值计量实践提出以下几点建议。

第一,加强生物多样性修复技术的研究,确保区域生物多样性资源充分重置。生物多样性的地域性特征较强,当生境恶劣到一定程度,就会引起物种数量的急剧减少,严重时会导致物种灭绝。加强生物多样性修复技术的研究,可以催生更加先进和生态化的技术手段,尽可能确保当下的恢复和维护技术能使受到威胁的物种得到科学救护,保证治理后的生物多样性已恢复相应生态功能。

第二,加大自然保护区的资金投入,促使先进的生物多样性修复技术落地。自然保护区作为重要的生物多样性保护手段,主要负责保护有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种,使其发挥生态系统功能,调节气候,涵养水源。提高自然保护区的资金投入能够快速引入各大机构的最新研究成果,使先进的修复技术在短时间内高效率地转化为区域生物多样性资源。

第三,推动完善自然保护区等相关部门的信息储备工作,保证生物多样性价值计量的数据来源和质量。基于环境重置成本法的自然保护区生物多样性价值计量的数据来源主要为自然保护区管理局和有关政府部门,只有这些机构提供更加完整、准确的数据信息,计量结果才更具有说服力。

6.3 不足

本文由于篇幅及作者的学识、能力所限,许多观点尚不成熟。第一,由于连城保护区的植被类型过于复杂,存在多种植被类型且具有混交情况,为了统一核

算标准,本文只选取了占地面积居于绝对主导地位的植被类型为数据基础。第二,由于重置生物多样性资产的手段较多,为了高效收集数据,简化计算,本文采用市场法和影子工程法替代历史成本法。第三,由于技术原因,部分数据仅仅是连管局和当地林业局的估计值,与真实值存在误差,对核算结果造成一定影响。

综上所述,基于环境重置成本法,对自然保护区范围内的生物多样性价值进行计量具有科学性、合理性和可行性。该计量方法以生态资源保护中各利益方的行为为导向,充分考虑各方的利益需求,无论从法理上还是利益相关者的角度,都易于人们接受,有助于生态补偿政策顺利实施,同时激励地方政府积极保护生态环境,对于大尺度或全球生物多样性价值衡量具有借鉴意义。

参考文献

- [1]Buonocore E, Appolloni L, Russo G F, et al. Assessing natural capital value in marine ecosystems through an environmental accounting model: a case study in southern Italy [J].*Ecological Modelling*,2020,(4).
- [2]Davidson N C, Dam A A V, Finlayson C M, McInnes R J. Worth of wetlands: revised global monetary values of coastal and inland wetland ecosystem services[J].*Marine and Freshwater Research*,2019,70(8).
- [3]Desmond M K, Munyaradzi C, Abel R. Ecosystem Service Valuation for a Critical Biodiversity Area: Case of the Mphaphuli Community, South Africa[J].*Land*,2022, 11(10).
- [4]Fisher R A, Corbet A S, Williams C B. The Relation Between the Number of Species and the Number of Individuals in a Random Sample of an Animal Population[J].*Journal of Animal Ecology*,1943,12(1),42–58.
- [5]Hughes, Robert M. Noss, Reed F. (1992). Biological Diversity and Biological Integrity: Current Concerns for Lakes and Streams. *Fisheries*,17(3),11–19.
- [6]Hang N D, Huong T T L, Dat T, Truong D D, Huan L H. Valuing local residents? Willingness to pay for the conservation of Cat Ba Marine National Park, Vietnam[J].*Applied Ecology and Environmental Research*,2023,21(2):1549-1563.
- [7]Johnson L, Spanbauer M, Button P. How Valuable are National Parks? Evidence from a Proposed National Park Expansion in Alaska.[J].*Journal of park and recreation administration*,2019,37(2).
- [8]Krebs C J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance* (3rd ed.). New York: Harper and Row.
- [9]Marx K. *Das Kapital*[M]. New York: Hamburg Verlag von otto Meissner,1867.
- [10]Munasinghe M, McNeely J. *Protected Area Economics and Policy* [M]. World Bank,IUCN,1994.
- [11]Moons E. *Estimation of the recreation values of a forest*[M]. Unpublished MSc Thesis University of Leuven,1999.
- [12]Mamat Z, Halik U, Keyimu M, Keram A, Nurmamat K. Variation of the

- floodplain forest ecosystem service value in the lower reaches of Tarim River, China[J].*Land Degradation & Development*,2018,29(1).
- [13]Mamboleo M, Adem A. Estimating willingness to pay for the conservation of wetland ecosystems, Lake Victoria as a case study[J].*Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*,2022(423).
- [14]Navrud S, Strand J. Valuing Global Ecosystem Services: What Do European Experts Say? Applying the Delphi Method to Contingent Valuation of the Amazon Rainforest [J].*Environmental and Resource Economics*,2018,(5).
- [15]OECD. The economic appraisal of environmental protects and policies: a practical guide[M].Paris:OEDE,1995.
- [16]OECD. Saving Biological Diversity-Economic Incentives[M].Paris:OECD,1996.
- [17]Pearce D, Moran D. The economic value of biodiversity[M].Cambridge:IUCN, 1994:12-13.
- [18]Stefania T. Estimating the benefits of restoration and preservation scenarios of marine biodiversity: an application of the contingent valuation method[J]. *Environmental Science and Policy*,2019,100(C):172-182.
- [19]UNEP. Guidelines for Country Study on Biological Diversity[M].Oxford: Oxford University Press,1993.
- [20]United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, et al. System of Environmental-economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting [M].New York: United Nations,2014.
- [21]United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, et al. System of Environmental-economic Accounting — Ecosystem Accounting[M].New York: United Nations,2021.
- [22]Wilson E D.The biological diversity crisis[J].*Bioscience*,1985,35(11):700-706.
- [23]白顺江.雾灵山森林生物多样性及生态服务功能价值仿真研究[D].北京林业大学,2006.
- [24]陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].*科学通报*,2000,(01):17-22+113.
- [25]方宗熙.关于自然选择的实质[J].*生物学通报*,1964(06):30-34.

- [26]郭中伟,李典谟.生物多样性的经济价值[J].生物多样性,1998(03):20-25.
- [27]国家发展和改革委员会,国家统计局.生态产品总值核算规范[M].北京:人民出版社,2022:26-33.
- [28]公媛,沈小雪,丁欢等.深圳湾福田红树林湿地鸟类资源价值评估 [J].北京大学学报(自然科学版), 2019,55(6):1078-1084.
- [29]洪德元.生物多样性面临的危机[J].中国科学院院刊,1990(02):117-120.
- [30]咎欣,张玉玲,贾晓宇等.永定河上游流域水生态系统服务价值评估[J].自然资源学报,2020,35(06):1326-1337.
- [31]刘海轩,李锋,马远等.基于景观多样性的北京市域森林质量综合评价[J].中国园林,2022,38(10):14-19.
- [32]吕一河,陈利顶,傅伯杰.生物多样性资源:利用、保护与管理[J].生物多样性,2001(04):422-429.
- [33]李金昌.关于自然资源的几个问题[J].自然资源学报,1992(03):193-207.
- [34]李娟花,吕文魁,刘鹏等.典型生物多样性保护优先区生态资产评估:以西双版纳为例[J].西部林业科学,2021,50(5):55-63.
- [35]李永祥.生物多样性:西方生态人类学研究新领域[J].民族研究,2023,261(01):127-139+146.
- [36]廖凌云,傅田琪,吴涌平等.基于生态系统服务评估的市域自然保护地体系优化:以福州市为例[J].风景园林,2022,29(07):80-85.
- [37]马克平.试论生物多样性的概念[J].生物多样性,1993(01):20-22.
- [38]麦克尼利 J A.保护世界的生物多样性[M].薛达元,译.北京:中国环境科学出版社,1992:1-194.
- [39]裴鹏祖,王亮,杨永伟等.甘肃安西极旱荒漠国家级自然保护区生物多样性及生态服务功能价值评估[J].生态科学,2022,41(4):120-128.
- [40]钱迎倩.生物多样性与生物技术[J].中国科学院院刊,1994(02):134-138.
- [41]曲艺,丁建丽,包青岭等.多情景模拟下的新疆生态系统服务价值评估[J].环境科学与技术,2023,46(04):195-204.
- [42]任庆柳,杨兆萍,韩芳等.国家公园“资源价值”与“游客感知”对比研究——以大熊猫国家公园四川片区为例[J].中国科学院大学学报,2023,40(03):

- 333-342.
- [43]任文春,张凤春,杜乐山等.普洱市生物多样性与生态系统服务价值评估及其应用对策[C]//生物多样性研究.昆明:云南省环境科学学会,2021:173-179.
- [44]沈若兰,肖桂荣.武夷山国家公园生态系统服务价值评估[J].生态科学,2023,42(02):58-65.
- [45]王献溥.生物多样性的基本概念及其应用[J].生物学杂志,1988(05):1-4.
- [46]吴水荣,马天乐.水源涵养林生态补偿经济分析[J].林业资源管理,2001,(01):27-31.
- [47]徐绮阳,王永瑜,杨燕燕.SEEA2012 视角下生态价值核算问题探讨[J/OL].统计与决策,2023(10):10-16.
- [48]薛达元.自然保护区生物多样性经济价值类型及其评估方法[J].农村生态环境,1999(02):55-60.
- [49]薛达元,包浩生,李文华.长白山自然保护区生物多样性旅游价值评估研究[J].自然资源学报,1999,(2):140-145.
- [50]谢高地,张彩霞,张昌顺等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(09):1740-1746.
- [51]谢高地,甄霖,鲁春霞等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5):911-919.
- [52]谢高地,张彩霞,张雷明等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(08):1243-1254.
- [53]俞孔坚,李迪华,段铁武.生物多样性保护的景观规划途径[J].生物多样性,1998(03):45-52.
- [54]于志鹏,余静海洋保护区珍稀濒危物种价值评估研究:以厦门海洋珍稀物种国家级自然保护区为例[J].海洋环境科学,2017,36(1):81-86.
- [55]赵鸿雁,陈英,裴婷婷等.土地整治的生态系统服务价值评估——参数优化与实证[J].干旱区研究,2020,37(02):514-522.
- [56]赵世宽,郭鹏飞,杨玉玲.生态系统服务价值测算:以重庆市为例[J].统计与决策,2021,37(04):104-107.
- [57]郑阳,于福亮,桑学锋等.长江流域水系统生态服务价值评价方法[J].中国水利

水电科学研究院学报(中英文),2023,21(03):222-235.

[58]周一虹.生态环境价值计量的环境重置成本法探索[J].学海,2015,(04):109-117.

[59]周一虹.生态产品价值实现的甘肃实践与典型模式研究[M].北京:中国财政经济出版社,2021:46-70.

后 记

三年的硕士研究生求学即将结束，回想这期间的学习和生活，有太多的关怀和帮助铭记心间。首先，感谢我的导师，他潜心治学，不仅在知识获取方面给予我最专业的指导，在论文开题阶段，老师助我理清文章思路，明确关键点，我的论文才得流畅地呈现出来，在对待研究问题的认真和专注上，更是我终生学习的目标。其次，感谢我的家人，正是她们默默在背后给予我的支持，才能让我在学习期间心无旁骛，完成学业任务。最后，感谢我的同学朋友，得益于他们在这三年间的友好帮助和交流，我在生活和学习方面才能如此顺利。路虽远，行则将至，事虽难，做则可成，期待在下一阶段去到崭新的人生天地！