

基于流域的我国生态功能区划方法研究*

燕乃玲^{1,2} 虞孝感¹

(1:中科院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2:中国科学院研究生院,北京 100039)

提 要 生态功能区划是我国正在开展的一项关于资源与环境管理的重大基础性工作。生态功能区划的理论和方法是当前生态学、环境科学、地理学等学科面临的一项新的热点课题。本文首先讨论了生态功能区划的概念,从认识区划看,生态功能区划属于生态系统区域划分的范畴,从实践的角度,则强调人文活动对生态系统可持续能力产生的影响,指出自然生态区不是生态功能区,生态功能区须反映人类的利用和价值判断。生态功能区划,不单是以自然要素或自然系统的“地带性分异”为基础,更是以生态系统的等级结构和尺度原则为基础,用生态系统完整性的评价测量人类活动对生态系统的影响,将生态功能区划的科学基础落在“基于生态系统的管理”平台上。文章提出了基于流域的我国生态功能区划的初步思想,讨论了区划的原则和方法,建立了生态系统完整性评价和功能区划分的指标体系。其基本内容是,认识并按照生态系统的自然边界划分生态系统单元;进行生态系统完整性评价;在此基础上划分不同的生态功能区,确定主导生态功能。

关键词 流域 生态功能区划 生态系统完整性 主导生态功能

生态功能区划是我国正在开展的一项关于资源与环境管理的重大基础性工作,也是地理学、生态学等学科的热点。作为一个新的科学问题,有必要探讨:(1)什么是生态功能区划?为什么开展生态功能区划;(2)怎样进行生态功能区划;(3)通过什么样的方式进行区划和规划建设等科学和实践问题。

1 开展生态功能区划的背景

经济发展、社会进步离不开资源的支撑,然而,为了短期的经济增长而牺牲自然资源,最终只会令环境与经济同时受损。正如 Rajiv Gandhi^[1]指出的,“我们好不容易懂得了破坏环境的发展最终会破坏发展本身,我们也从保护环境获益多多。保护环境就是保护发展的成果,因此,环境保护与经济增长没有根本分歧。”黄河断流带来的不仅有重大的经济损失,还使得经济中心向长江流域转移,整个流域的面临衰亡的威胁。长江流域的洪涝灾害也再次佐证了发展与环境的紧密联系。

因此,必须改变我们传统的思维,即或者要经济增长,或者要环境保护,而应寻求一种可持续的资源利用和平衡的发展模式。然而,以往的各种资源管理框架,从认识到实践上都存在不足。从 1931 年竺可桢提出的“中国气候区域论”,1940 年黄秉维的“中国之植物

* 2003-08-07 收稿,2004-09-10 收修改稿。燕乃玲,男,1964 年生,博士。

区域”，1956年中国科学院做的“中国综合自然区划”，到1984年完成的年全国农业区划委员会“中国自然区划概要”等，作为资源管理框架，大多注重资源利用的广度，而较少考虑资源利用的深度。在维护我们所依赖的自然生态系统可持续的前提下，如何考虑资源利用的方向，和开发利用程度，则是生态功能区划试图回答的。

生态功能区划，运用整体的观点，考察生态系统的组成、结构和功能，评价人类对自然资源的利用对生态系统长期能力的影响。不仅注重土地、水、植被等要素的资源属性，更注重这些要素的生态属性；不仅考虑资源利用的广度，更考虑生态系统的承载力，考虑生态系统长期提供产品和服务的能力，更注重资源利用的深度。生态功能区划，是基于生态系统的资源与环境管理框架。

基于生态系统的管理与大多数传统的自然资源管理方式在三个方面有重要的不同^[2]。

第一，它假定生态系统的许多，或者甚至全部成分有等同的价值，并为此而进行管理，而不是尽可能优化少数新的物种的生产或者某单一物种的生产。第二，生态系统功能的代际可持续性最优先于所有其他管理目标。在这一背景上，从生态系统的收获和对自然资源的利用仅仅当首先确保种群、结构和过程的可持续性情况下才被允许。第三，人类被认为是生态系统的组成部分，会在规范对生态系统的干扰和恢复生态系统的结构和功能上发挥重要作用。生态系统管理是一个主动过程，并不是一个被动的保护自然区域或者原野景观的行为。

2 基于生态系统的生态功能区划思想

生态系统有其基本特征：在时间和空间上按等级组织的结构特征；进化的、动态的、有弹性的组织特征；承受压力并保持状态的能力有限的特征；格局和过程是不能完全预测的演化特征。基于生态系统的区划，努力做到：在科学上，尊重生态系统的自然边界进行整体性管理；在价值上，不仅体现生态价值，而且体现社会和文化的价值，和优先性。不难得出，基于生态系统的生态功能区划思想是：

(1) 划分生态系统的自然边界（按照其等级结构和尺度特征），并进行生态系统描述；

(2) 识别生态系统的功能（生态系统提供的产品/服务）；

(3) 评价人类活动对生态系统功能带来的影响，是否产生了功能缺失？生态系统功能是否缺失，换句话说，就是对生态系统长期提供产品/服务的能力是否受到人类活动影响进行度量；人类活动则在对土地和资源利用的决策体现出来。

生态功能区划的实质是：不单以自然要素或自然系统的“地带性分异”为基础，更是以生态系统的等级结构和尺度原则为基础；是对生态系统等级结构和边界的确认。生态功能区划的目标是：全面认识生态系统的服务的价值，进行基于生态系统的平衡管理。

3 生态功能区划的基本原则

不同级别的生态功能区划，应遵循一致的基本原则，但在某一水平上，也有其独特的划分原则。我国生态功能区划，应遵循以下基本原则：

(1) 生态系统完整性原则:承认和尊重生态系统的自然“系统”边界,保持其完整性。对生态系统完整性的评价,是划分不同的生态功能保护区的依据。生态系统完整性的程度不同,对其采取的管理方式和管理目的也就不同。

(2) 与管理需求相适应的尺度原则:生态系统在空间和时间上是按不同的尺度水平组织的,生态系统管理也是在从局部、区域到全国的多个尺度上进行的。生态功能区作为生态系统管理单元,要在与管理需要相适合的尺度水平上划分。

(3) 空间连续性原则:某一等级水平上的生态功能分区之间是连续的,既不能重复也不能重叠。

(4) 生态功能与经济功能相结合的原则:这是由生态功能的自然属性和社会属性决定的。单纯的自然生态区域,不是生态功能区。生态功能区划,须反映自然生态系统和人类的经济利用及其相互的作用和影响。一个区域特有的劳动生产方式和土地利用格局体现了这个区域生态系统特有的生物与物理条件,凝结了人类在利用自然资源、维持自然资源方面的智慧,也体现了人类对生态系统服务所感受到的价值。

此外,局部流域与生态区域相结合、尽可能与行政边界相一致的原则等也适用于某一级别的区划。

4 基于流域的我国生态功能区划方法

4.1 为什么提出以流域为单元的生态功能区划?

在上述思想和原则指导下,我们需要用一种可以理解的和有用的方式,并且能够在地图上表现出来的形式,反映出生态系统的结构格局,构建和描述生态系统。这种方式,必须有生态系统的属性,具备以下特征:(1)综合了所有生态系统成分,包括有生命的成分、和物理环境及其联系;(2)具有较长时间上尺度上的相对稳定性;(3)边界清晰;(4)符合生态系统的等级结构性质。

流域系统正是具备这些特征一种有用的生态系统描述方式:

(1) 流域是独特的生态系统单元。流域中有广阔的森林、山地、湿地、农业和其它人造生态系统,并由能量和物质流动、生物移动和人类活动将它们联系起来,构成复合系统。

(2) 流域是独立的物理单元,有被广泛接受的和通常来说定义清晰的边界,且在长的时间尺度上比较稳定。

(3) 流域具有清晰的等级结构,这种等级结构赋予它们灵活的尺度,这对实行现实、有效的生态系统研究是十分有用的

从水文上,流域汇集了整个集水区的地表水径流,是水资源管理和水土保持的完整单元;水是最重要的生态要素。淡水资源是流域内所有生态系统繁荣和活力的支撑。黄河断流已经使得流域经济繁荣不再,经济中心向长江流域转移。最主要的生态灾害与环境问题,都具有流域的特征,与流域的水源涵养、水土保持和水环境保护都有直接关系。

从生态上,它们构成陆地和海洋的重要联系,流域内的湿地、河流、湖泊为大多数鱼类提供栖息地;流域内的森林和草地,不仅为大多数陆生植物和动物提供了栖息地,还提供了其它环境服务-从水源涵养、水质保持、洪水滞洪和调节到土壤养分恢复和循环。区域

性生态环境问题也通过流域这个物质流和能量流传输通道,成为全局性的问题.以流域为单元的生态系统划分和管理,被普遍接受和重视.

当然,对于生态系统的描述还有其他方式.但正如美国整体生态系统管理特别工作组报告^[1]中所指出的,适合于阐述一个方面问题的地理边界,不一定适合阐述其他方面的问题.我们不期望预先定义一个精确、有科学性的生态系统,并可将其应用于所有管理需要.一个专门的生态系统,其结构、边界是在“试图完成什么,试图解决什么问题”的基础上决定的.基于流域的生态系统划分,正是抓住了生态功能与社会经济功能相协调这一根本,和最主要的生态问题.

4.2 以流域为基础的生态系统单元

全国陆域生态系统可以划分为十大流域盆地,56个流域单元.在流域内,还可以进一步划分次级流域单元,这包括这级河流的干流河段和它的子流域,如图1.干流河段的划分,主要依据地形、海拔、水系、生态系统组成等.

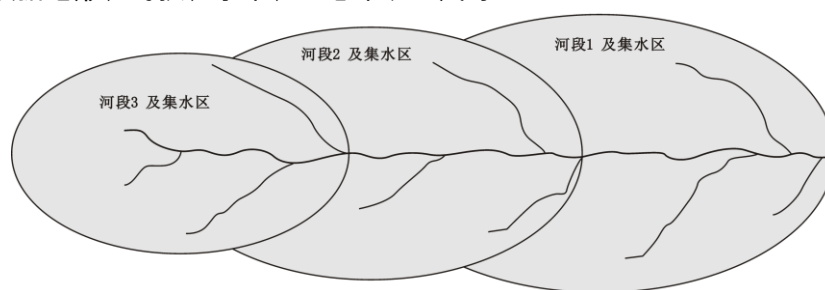


图1 次一级流域单元的划分

Fig.1 Sub-watershed delineation

4.3 生态系统调查和评价

对于一个生态系统单元,要回答:它提供哪些生态系统产品和服务,或者说它有哪些生态功能?这些服务的重要性如何?生态系统提供产品和服务的能力,现状如何?是否受到了人类活动的影响?程度如何?

4.3.1 生态系统现状调查与评价 生态系统现状调查,包括生物、物理调查,社会人文状况调查,生态系统退化问题调查和引起生态退化的压力调查.

生态现状评价,主要是从整体的角度,回答生态系统的功能是否受到了人类活动的影响?程度如何?以往的环境评价,不完全适用于生态功能评价.功能评价,不在于强调生态系统过程本身,而在于强调对人类活动的响应.人类活动可能在幅度或格局上改变生态过程,并做出功能上的响应.

例如,水土流失的状况评价.不仅仅考虑土壤的自然侵蚀力,更要注重人类对土地的利用对生态过程产生的强烈影响.福建省土壤侵蚀的集中分布区,不是在坡度大、土层薄、降水强度大、土壤侵蚀自然潜力最大、但是人口稀少的深山区,而是分布在坡度不大、风化壳深厚、降水强度也不大的平原和盆谷地外围,山地与平地交接的半山区(主要是丘陵区),这儿的人口密集,生产和生活活动强烈^[3].

此外,环境评价一般就环境问题逐项评价,这也是不足的.生态系统生产一种产品或服务的能力下降,可能是因为生态系统受到了一种或多种胁迫.这些胁迫(外部影响)可能是我们知道的,也可能是我们不很了解或者根本不了解的.我们关于生态系统胁迫和响

应知识总是不足的。因此,从衡量生态系统整体的响应角度,来测量和评价显得更合理和有效。

生态系统完整性评价,正是从整体上对生态系统功能进行的评价。生态系统完整性是衡量生态系统自我更新能力的一个概念。它表示所有的生态系统成分-物种、生境和自然过程,保持完好的程度,和发挥良好的功能,确保可持续性和长期的对于环境变化和人类利用的适应能力^[4]。

完整性评价指标包括现有的物理和生态状况的描述参数,以及因为人文活动(土地利用/土地覆盖)的改变而容易发生变化的参数,前者可称为状态指标,后者可称为敏感性指标。状况较差和敏感性较高的生态系统单元相对那些较好的生态系统单元认为其完整性要低^[4]。

指标的选择所遵循的原则是,在描述人类活动与生态系统响应之间的关系时,尽可能有生态学或生态系统科学的原理支撑,这些支撑则通过文献检索、野外考察和专家经验,或以模型研究为基础、定量关系明确。例如,河流水质质量的测量指标,全流域的土地利用相对缓冲带和河岸带土地利用,是更好的衡量指标,这是有许多研究所证明了的^[5]。另一方面,各项指标要容易通过遥感和GIS资料导出,便于快速的评价。

建立的生态系统完整性评价指标如表1。

4.3.2 生态系统产品/服务调查与评价 生态系统提供多种产品/服务,包括产品生产,再生过程,生命完成过程和选择权保护^[7]。掌握全面的生态系统服务,在进行土地和资源利用决策时,进行合理取舍,以确保既可以获得生态系统产品和服务,又保护生态系统长期提供服务的能力,是生态功能保护区划分和建设的根本目的。

生态系统服务重要性评价,是进行“取舍”决策的基础。但是,生态系统服务的重要性,不仅仅是生态学问题,更多地是人类价值的反映。生态系统服务是以人为对象的,人们的感受决定了生态系统服务的重要性。人们接收什么样的生态系统服务,并鼓励生态系统提供这种服务,对生态系统产生重要的影响。

由于不同的利益方,对生态系统产品/服务的依赖不同,对生态系统服务价值的认识就不一致。例如,洞庭湖淡水生态系统,对个体而言,这个区域生态系统提供了物理和生物生境,为他的生产、生活和生命延续提供了基本的物质基础;对地方而言,则是一个重要的经济区,提供淡水,维持适宜的气候,并有环境美学价值;对流域而言,是物质与能量传输的重要环节,水流调节、泥沙沉积,也具有重要的经济功能;对国家而言,是生态灾害控制、维护区域生态平衡的调节器。因此,生态系统服务重要性评价,应采取所有利益相关方参与的生态系统方式。并考虑不同尺度水平,例如全球、国家、流域和区域尺度上,在对其进行进一步评价,确定该生态系统的主导生态功能。

对给定的评价单元,首先进行生态系统服务的调查清点,给出生态系统产品和服务列表,然后由利益相关方和专家参加,考虑其不同尺度上,对保持区域经济和生态平衡的作用,进行重要性赋分。对于国家、流域或大城市区域具有的生态功能,可判定为极重要,对于流域、区域或中等城市区域具有的生态功能,可判定为重要,对于局部区域生态平衡具有的生态功能,可判定为一般重要,对以上各因素不太敏感的,可判定为不重要。重要性分值(表2)大小作为生态功能区划分和主导生态功能的确定依据。

表1 生态系统完整性评价指标(根据文献^[6]修改)

Tab.1 The indices for ecosystem integrity assessments (Revised by Reference 6)

指标类别	流域参数	排序=1	数据获得
状态指标	娱乐压力	最大值	基于娱乐压力表的指标
	人口密度	最高密度	第五次人口普查资料
	森林变化监测	最高百分比	1990 到 2000 年间未变化的森林植被
	道路密度 (不包括水域)	最大数	评价单元内道路长度对单元面积(不包括水体面积)
	道路与河流的交叉数	最大数	跨河流和横切海岸线的道路段数目
	大坝/分流 (引水)	最大数	评价单元内大坝/分流、引水的数量
	河道输水改变	最大百分比	评价单元内河流输水改变的河段占干流河段总长百分比
	非点源组:农业(畜牧)+城市+露	最高百分比	农业、城市、商业、工业土地利用和露天矿用地占评价单元
	天矿用地百分比		土地总面积 (不包括水体面积) 的百分比的总和
	点源组	最大数	点源污染总数(不包括水域)
敏感性指标	水滨带百分比	最低百分比	沿河流和海岸线的森林与湿地总和
	易侵蚀土壤	最高百分比	易侵蚀土壤面积占评价单元面积的百分比. 土壤易侵蚀性根据水利部发布的土壤侵蚀分类分级标准的附录 A : 土壤侵蚀潜在危险分级中方法与标准.
	湖泊百分比	最高百分比	从土地利用资料获得的评价单元内水体表面积百分比
	湿地百分比	最高百分比	从土地利用资料获得的评价单元内湿地面积百分比
	水生态珍稀物种	最大数	评价单元内受到保护的、濒危的、珍稀水生植物和物种数目
	珍稀物种	最大数	评价单元内受到保护的、濒危的、珍稀陆生植物和物种数目
	受影响水域	最大百分比	V类以上水质河段被总的河流长度来除
	优势水资源	最高百分比	优质水资源河流长度被总的河网长度来除
	城市供水	最大数	评价单元内饮用水源的数目
	本地生鱼类物种/总鱼类物种	最小数	
地方鱼类物种/总鱼类物种	最大数		

4.4 生态功能区的生成

依据生态完整性评价和生态系统服务重要性评价的叠加结果, 根据区划原则, 生成功能分区. 生态系统完整性高、生态系统服务价值重要的地区, 可列为重要生态功能区优先进行保护.

划区时, 某一尺度的生态功能区与相同尺度上的生态系统单元相一致. 例如在大河流域尺度上, 黑龙江流域可以划分为一个生态功能区; 在低一级尺度上, 黑龙江、嫩江、松花江可以分别划分为相应的生态功能区. 按照管理需要, 依据上述评价结果, 还可以将低一级水平上的生态系统单元进行合并, 构成一个高一级尺度上的生态功能区.

4.5 区划的体系与命名

三个自然区 (不分级); 一级流域 (盆地) (不分级); 一级生态优质区域、生态良好区和生态保育与恢复区; 二级重要生态功能区; 三级生态功能地区.

生态功能区的命名可采取如下方式: 大流域 (盆地) 名+功能区所在地地名+主导生态功能+保护区

表 2 重要生态系统服务判定与赋分

Tab.2 Ranking the important ecosystem services and deriving the index

重要性判定	赋分	提供清洁的淡水	水源涵养与土壤稳定	吸收二氧化碳	提供生物多样性和生境多样性	吸收和降解废物	洪水调蓄、极端气候缓和	...
极重要	7							
重要	5							
一般重要	3							
不重要	1							

该单元生态系统服务功能重要性赋分=上述各项得分之和

5 长江流域生态功能区划

根据地形、水系、生态系统结构和功能，考虑国家生态安全和国民经济发展对生态服务的依赖，将长江流域划分为五个一级区，如图 2。长江流域的这个一级区划，决定了资源利用和生态建设的战略方向。

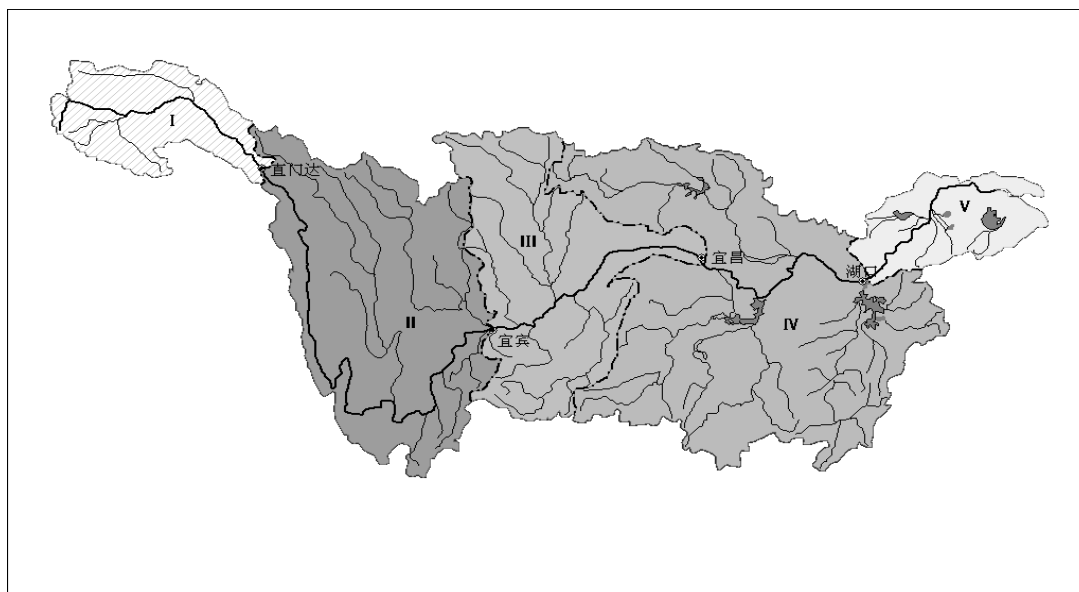


图 2 长江流域一级生态功能区分区示意图

(I长江流域源头水源涵养生态功能区;II长江流域川江段水源涵养与土壤保持生态功能区;III长江流域三峡库区水土保持生态功能区;IV长江流域中游洪水调蓄生态功能区;V长江流域下游水环境功能保持区)

Figure 2: First level ecosystem delineation on services in the Yangtze River basin

在此基础上还可进行次一级功能区的划分。以源头区为例，可划分为四个二级区(图 3)。

I-I各拉丹东雪山及可可西里地区,为“格拉丹东冰川固体水源涵养生态功能分区”,该区域的主要环境问题是冰川退缩和由此引发的湿地退化、湖泊萎缩及冰川退缩后裸地的水土流失;建议的对策是尽可能保持该区植被的原生状态,提高植被覆盖度.

I-II当曲河段,命名为“当曲湿地与生物多样性保护生态功能分区”,保护目标是湿地生态系统及生物多样性.主要土地覆盖是天然草场和湿地,该区人类活动较少,草地退化程度相对较轻;建议的生态保育对策是确定合理载畜量,退牧还草,严禁猎杀野生动物,可以适度发展生态旅游.

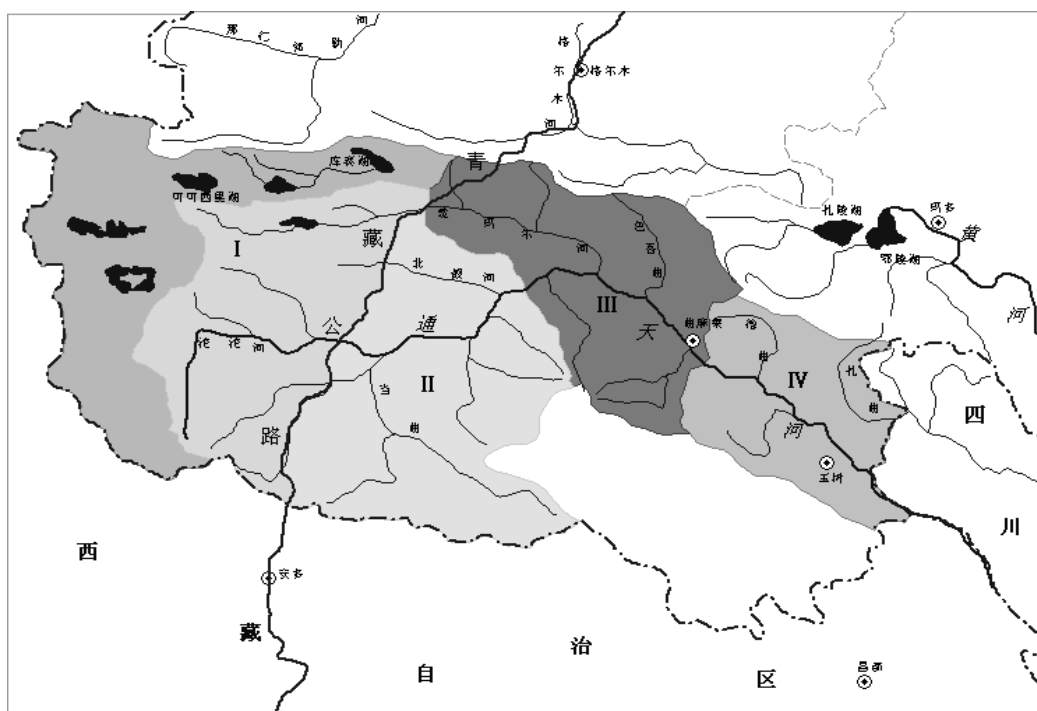


图3 长江流域源头生态功能区分区示意

Fig.3. Second level ecosystem delineation on services in the upper Yangtze River Basin

I-III曲麻莱河和楚玛尔河流域区段,为“野生动物保护生态功能分区”,主要保护目标是区内野生动物及栖息环境.该区的主要土地覆盖是天然草场和河流湿地,主要生产方式是放牧畜牧业,主要生态问题是人类活动的影响,包括各类破坏生态环境的资源开发活动;主要对策是发展生态畜牧业和适当的旅游业.

I-IV曲麻莱县城以下流域区段,为“通天河水土保持生态功能分区”.本区域主要土地利用方式是天然草场,主要生产方式是畜牧业,人类活动主要生态退化问题是草地退化较严重;为保障区域的水源涵养以及水土保持功能提出的土地利用对策是:确定合理载畜量,减畜还草;草地封育,调整产业结构,改变畜牧业生产经营方式;加大对退化草地的恢复与治理力度.

分区划分时,考虑了管理需求、流域与生态区域相结合、生态功能与经济功能相结合的原则。例如I-I区包括整个青藏公路以西地区,在局部就没有完全按子流域边界划分。

6 结论

生态功能区划,不单是以自然要素或自然系统的“地带性分异”为基础,更是以生态系统的等级结构和尺度原则为基础,是对生态系统自然边界的确认。

生态系统完整性综合衡量人类活动对生态系统可持续能力带来的影响。生态系统主导生态功能是所有利益相关方价值的综合反映,且随尺度的不同而改变。

参 考 文 献

- 1 Report of the Interagency Ecosystem Management Task Force, June 1995. The Ecosystem Approach: Healthy Ecosystems and Sustainable Economics, Volume I Overview. <https://www.denix.osd.mil/denix/Public/ES-Programs/Conservation/Ecosystem/ecosystem1.html>,2003.
- 2 Haynes R W, Graham R T, Quigley T M. A framework for ecosystem management in the Interior Columbia Basin including portions of the Klamath and Great Basins. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-374. Tech. Eds., 1996
- 3 曾从盛主编. 福建省生态环境现状调查报告. 北京:中国环境科学出版社,2003
- 4 R. Daniel Smith. Assessment of Riparian Ecosystem Integrity In the San Diego Creek Watershed, Orange County, California. <http://www.spl.usace.army.mil/regulatory/samp/sdcreek.pdf>, 2003.2
- 5 Tom FitzHugh. Watershed Characteristics and Aquatic Ecological Integrity: A Literature Review. <http://www.freshwaters.org/docs/litrev.pdf>, 2002.12
- 6 USDA Forest Service. East-wide watershed assessment protocol for forest plan amendment, Revision, and Implementation. http://www.southernregion.fs.fed.us/gwj/lrmp/plandocs/r8r9_water_assess_attach.htm, 2002.11
- 7 Daily G E. Nature's Services – Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington. 1997

Initiatives to Methodology of Watershed-based Ecosystem Delineation on Ecosystem Services of China

YAN Nailong^{1,2} & YU Xiaogan¹

(1: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Science Academy of China, Nanjing 210008, R.R.China;

2: Graduate school, Science Academy of China, Beijing 100039, P.R.China)

Abstract

The on-going Ecosystem Delineation on Ecosystem Services is an important baseline framework for resource and environmental management of our country. The methodology of the delineation is a focus area and new research field in ecology, environmental sciences and geography. In this paper, the author first gave a discussion on the concept of Ecosystem Delineation on Ecosystem Services. He defined that, epistemologically, Ecosystem Delineation on Ecosystem Services belongs to ecosystem identification, and practically, it focuses on especially the impacts on ecosystem viability of human activities. Furthermore, he noted that, an area where ecosystems only function naturally should not be referred as “an ecologically functioning area” unless the ecosystem services and human values are integrated. Through the delineation, we need not only answer where an ecosystem is and what it provides, but also answer how people value its provision and human values how affect the sustainability of an ecosystem. The Ecosystem Delineation on Ecosystem Services is not based on “the zoning characteristics” of the natural elements or systems, but the nested hierarchy organization of the ecosystem and its multi-scale character. Meanwhile ecosystem integrity assessments are measures of the integration of natural ecosystems and human values. Then, the initiative idea of watershed-based delineation of ecosystems of China is developed and presented. The main principles, methods and indices of the delineation under such a system is also discussed and established. The author concluded that the main task comprises of delineating ecosystem units, assessment of ecosystem integrity, further Ecosystem Delineation on Ecosystem Services and name the dominated ecosystem function.

Keywords: Watershed; ecosystem delineation on ecosystem services; ecosystem integrity; dominant ecosystem service