

生态系统完整性研究进展

燕乃玲¹, 虞孝感²

(1. 中国浦东干部学院, 上海 201204; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘 要: 生态系统完整性(ecosystem integrity)的内涵不断发展,正在逐步成为现代环境伦理和环境政策的价值基础。对生态系统完整性有多个侧面的研究视角和定义。结构的视角注重系统组成的成分,功能的视角注重系统整体的、动态的特性;人类的价值判断对生态系统是否具有完整性起决定作用;从自组织演化的角度,一个健康、且具有不断自演化和进化能力的系统才是具有完整性的。从生态系统完整性的测量方法和评价指标体系来看,不同的生态系统,因其管理目标的不同,评价的指标和方法也有侧重。最后,生态系统完整性在生物资源保护和生态系统管理方面得到广泛应用,生态系统完整性应视为区域生态系统规划和管理的价值内核。

关 键 词: 生态系统完整性;测量与评价;生态系统管理

中图分类号: Q148

1 引言

人类活动对地球生态系统和生物物种产生了极大的威胁,引起系统结构的破坏和功能的降低,或生态系统完整性(ecosystem integrity)的损失。许多科学家和环境伦理学家提倡将提高生态系统的完整性作为公共政策的基本原则,并以此为价值基础确定公共环境政策的目标,倡导更恰当的环境伦理观,来指导人类与环境之间的关系^[1,2]。

生态系统完整性已经在许多国家区域生态系统保护中作为重要的原则被提出和采纳,例如,美国 1972 年清洁水行动、加拿大国家公园行动、美国与加拿大之间大湖水质协议等。但是,生态系统完整性相对而言仍然是一个新的概念,并且对不同的人有不同的意义^[3]。廓清当前对于生态系统完整性的理解和研究,对于促进区域生态系统和生物物种的保护具有积极的意义。

2 生态系统完整性的定义

完整性是“未受损害的、良好的状态”,表示“全体、全部或健全”^[4],最早使用的是“生物完整性(biological integrity)”的概念。1972 年,美国的“清洁水行动”确定其目标为“恢复和维

收稿日期: 2006-10; 修订日期: 2006-12.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40571058)和中国科学院知识创新工程重点方向项目(KZX1-06-02)联合资助。

作者简介: 燕乃玲(1964-),男,山东东营人,中国浦东干部学院副教授。主要从事区域发展与生态系统管理研究。nlyan@celap.org.cn

持国家淡水的化学的、物理的和生物的完整性”，第一次用“生物完整性”来描述淡水生物系统的状态，以替代水化学指标，测量污染排放和土地利用对水环境的影响^[9]。1997年，美国的国家野生动植物庇护系统改进行动表述其行动目标是“确保生物完整性、多样性和系统的环境健康得到维持”^[9]。

根据 Karr 的定义，生物完整性是“支撑或维持一个平衡的、完整地、适应的生物系统的能力，这个系统具有一个区域处于自然生境条件下所能期望的全部的成分（基因、物种和族群）和过程^[9]。他进一步阐释了生物完整性的本质，是“有生命的活的系统；活的生命系统发挥着全部的生态功能；活的生命系统与其所生长的动态的生物地理环境发生物理和化学作用和交互影响。”生物完整性强调了本生生物群落的状态，反映人类活动对生物系统组成和演化的影响。

生态系统完整性是在生物完整性概念的基础上发展起来的，且因“系统”的特性，其内涵更加丰富。生态统一词更全面的表述了人们对生命系统（包括人类）与非生命系统（环境）相互关系的认识，它是“一个区域所有植物、动物、土壤、水、气候、人和生命过程相互作用的整体”^[17,8]，且处于不断的进化和发展中。生态系统常常作为组织概念，以能量和物质流为描述工具，从整个系统的特性出发，来描述一个区域的生物地理过程^[9]。

从“系统”的角度考察完整性，包括三个层次：一是组成系统的成分是否完整，即系统是否具有本生的全部物种，二是系统的组织结构是否完整，三是系统的功能是否健康。正如 Kay^[10]指出的“考察完整性要考察生态系统的组织状态，这包括系统结构的完整和功能的健康”。前两个层次是对系统组成完整的要求，后一个层次则是对系统成份间的作用和过程完整的要求。考虑到生态系统包括人类，人对系统“功能”是否健康有自己的价值判断，于是对生态系统完整性就存在多维的审视层次和视角，产生了不同的关于生态系统完整性的定义。

2.1 结构的视角

从结构的视角，生态系统完整性强调生态系统的“全部”，包括物种、景观元素和过程，或者可见但表述为成分、组成和过程。Karr 和 Dudley 把生态系统完整性表述为：“...支持和维持平衡的、完整的、适应的生物群落的能力，这个群落具有自然生境条件下可比的物种结构、多样性和功能组织的能力”^[11]。所以，生态系统受到外部干扰，如果它保持其所有的成分（基因、物种和群落）以及成份之间的功能关系，这个系统将保持它的完整性^[12]。

这一定义强调维持完整的生物群落，所以生物多样性是生态系统完整性量度的重要指标^[13]。加拿大“国家公园行动”对这一价值观作了进一步的阐释：“当一个生态系统具有与自然区域相比的特征，包括本生物种、生物群落的结构和丰富度、变化速率和支持这些物种和群落及其变化的生态过程时，这个系统就是完整的。简言之，生态系统完整性就是生态系统具有其本生的成分（植物、动物和其他有机物）和完整的过程（如生长和再生）^[14]”。按照这种定义，人类管理的农田是缺乏完整性的，因为它相对于历史上的“完整”和“不受损害”而言，系统的组成成分、结构和系统的功能都已经改变了。

2.2 功能的视角

从功能的视角考察完整性，注重生态系统的整体特性。生态系统是不断演化和进化的，

环境的演变、物种的消亡和新生是生态系统固有的属性。一个物种的消失,如果有其他新物种取代,生态系统功能并不会受到影响。一个常常被引用的例子是美国栗子 (*Castanea dentata*)。该物种一度在东北美的森林中占据主要地位,但被引入的枯萎病菌 (*Endothia parasitica*) 扫地出门,被其他的耐荫物种取代^[15, 16],但森林的第一性生产力没有实质变化。研究发现,许多显见的特性(例如生产力)对系统结构的变化有非常大的弹性,即使承受高水平的干扰导致其结构出现实质性的改变,系统也有能力保持这种宏观功能,至少在短的时间尺度上是如此^[4]。一个丢失了本物种的生态系统,与以前的生态系统有着不同的结构,但经过重新组织和演化,会达到和以前的系统一样健康的状态,保持了诸如生产力这样的宏观特性不变,那么怎样评价这个生态系统的完整性呢?

King 认为,严格来说,如果生态系统结构方面的变化没有引起功能的质和量的变化,最多也只能解释为完整性的轻微丢失,真正丢失的是由于物种丰富性和结构复杂性的丢失,削弱了系统适应较长时间尺度的灾变的能力^[17]。功能的视角是整体论,认为生态系统完整性指的是“一种就系统所处的地理位置来说,最佳的演化状态”^[10]。Woodley^[18]评价一个生态系统完整性的准则是:(1)生态系统自己能够持续存在下去吗?(2)生态系统抵抗新物种的入侵吗?(3)生态系统的净生产力未被削弱吗?(4)生态系保持营养的能力未被削弱吗?(5)生物区,和它们的相互作用未被削弱吗?这些关于完整性的定义和评价突出系统的整体特性和动态观点。

2.3 人类价值观

从结构或者功能的角度,对生态系统的变化可以测量和分析,如物种的消亡或生产力的降低等,但这仍不能确定系统的完整性状况。一个生态系统是否具有完整性,还必须结合人类的价值选择^[19]。以森林火灾为例,火灾导致物种和生产力的损失,但却促进了森林生态系统的健康^[14],这一结果也许正是森林管理者所期望的,从管理者的角度,火灾没有确实损害森林生态系统的完整性。Kay 指出,总体上说,生态科学可以测量和指示生态系统的各种变化,但却不能指示这种变化是好的或者坏的。至于哪一种期望的生态系统状况,应在所研究的生态系统的社会价值范围内作出判断^[20]。所以,“生态系统完整性”不仅是一个关于系统结构和功能的问题,也是一个有关伦理的问题”^[10]。Cairns^[21]这样定义生态系统完整性:“保持一个特定场地的群落结构和功能特征,且相信社会对此感到满意。”其中特别强调了人类社会的满意。

对系统的生态完整性的关注,缘起于 Aldo Leopold^[22]。1949 年他在仔细阐述他关于“完整性”的考虑时,是给出了一个取决于人类判断的概念。他写道:“... 一个事物,当它表现出保持生态群落的完整、稳定和美的时候,这个事物就是对的,当它表现为其他的时候就是错误的”^[23]。

Paul 更认为“生态系统完整性是一个不能过多依赖于生态科学的词汇,而须结合人类价值在内”^[24]。他解释到,一个热带雨林变成沙漠,通常被认为是生态系统的完整性发生了丢失,因为物种和系统功能都发生了改变。但并非如此,热带雨林和沙漠这两个系统都具备完整性,特别是当这种演化是由非人为因素引起时。因为“生态系统完整性是生态系统自身故事的逻辑的、有序的、完美的一致,除非人类的入侵行动打破这种一致”。然而管理者并不期望这种变化,因为这不利于人类对生态系统的利用。这种对完整性的理解强调了:第一,生态

系统的变化是否由人类活动引起;第二,生态系统的变化是否为人类社会所接受。

完整性的量度要求对于“全体”(wholeness)的判断,这又依赖于主观上选择的指标之比较。从这一点来说,生态系统的完整性表达的更多的是一种环境政策而不是科学理论^[7]。

2.4 自组织系统视角

生态系统作为自组织耗散结构,通过减熵达到稳态。当环境发生变化时,系统会有以下几种响应:(1)生态系统继续维持当前的最佳运转点;(2)生态系统按照它最初的耗散结构在一个不同的水平上运转(例如,物种数量方面的增加或减少);(3)生态系统中出现一个新的结构取代或增大现有的结构(例如,在食物链中出现新的物种或路径);(4)出现一个新的由完全不同的结构组成的耗散系统。Kay^[20]认为,以上单独任何一种情况都不能认为是系统保持或具有了完整性。第一,不能说系统偏离了原来的稳态就代表完整性丢失,这反映了精确保持自然界不变的愿望,否定了生态系统基本的动态特性。第二,也不能说生态系统维持在任何稳态都具有完整性,那么上述热带雨林变成沙漠也是维持了完整性的,但这对人类社会及其生态系统管理毫无意义。

他指出,一个具有完整性的系统必须:(1)是健康的(系统在常规环境中维持在一个稳态);(2)当受到压力时能维持其健康,就是说,系统的功能和其内部结构表现出弹性;或者跃变到另一个人类所期望的、能完全发挥机能的状态;(3)在生命期内能够不断进化。他强调,完整性的概念必须有人类成分,以反映从人类的角度生态系统的哪一种变化被认为是可以接受的。

综上所述,对生态系统完整性有着多个侧面的理解和定义,这取决于如何平衡资源种类、生态系统服务、美学价值等等^[24]。物种的减少或者系统功能的降低,或者美学价值的减少,都意味着生态系统完整性的损失,而这又与人类的福祉密切相关。所以,生态系统管理的总体目标来自于完整性的概念,并根植于那些影响到人类价值的科学理念之中^[25-27]。De Leo 把生态系统完整性看作是一个生态系统管理的工具^[4],他说“完整性反映了生态系统持续提供对人类有价值的服务的能力。”他甚至认为,对人类管理的生态系统,提供产品,如食物和木材的能力或许就是具备完整性;对于自然生态系统,就需要加进历史的和进化的因素来评价,尽管有许多环境管理者不太愿意将社会方面的问题和价值包括在完整性的定义(和评估)中^[7,28]。

最后,生态系统完整性是要定义一系列生物和社会的特征值,这些特征值可以从特定价值(反映管理者和使用者的价值取向)进行测量,以反映生态系统的变化^[29]。

另外,从定义不难发现,生态系统完整性与生态系统健康是不同的。生态系统健康指的是系统当前的“繁茂”状态,是生态系统演化过程中的一个断面^[1]。而完整性则指当系统受到压力时能够维持其健康和不断进化的能力。在 Kay^[20]关于生态系统完整性的定义中,二者的区别表述得最为清楚。

3 生态系统完整性的测量

从生态系统管理的角度,测量和评价完整性可以反映生态系统受到干扰时维持提供对

人类有价值的服务的能力,进一步,完整性又可以用来测量人类活动对生态系统的影响或者干扰的程度。

要测量生态系统完整性,首先需要给出一个标准,即“未退化的、健康的生境”模型。Karr 指出,完整性包含了“相应于自然的或者原始的状态而言”的意思^[1]。因此,测量完整性要先设定标准状态下的基本值,然后测量系统偏离这个标准的程度。一般设定原始状态(没有人文活动的状态,在美洲大陆常常指在欧洲移民到来之前的状态,允许某些美洲印第安人的过度利用^[7])和自然状态(例如,在一个区域生态系统中最接近自然生境的状态)两种基准^[30]。

其次,要建立生态系统完整性的测量指标体系,这常常与如何定义生态系统完整性有关。从上述关于生态系统完整性的定义讨论不难总结,测量生态系统完整性涉及到的指标包括系统组成方面的如生物多样性(包括生境多样性)、系统的结构方面的如连通性和破碎度、系统的功能方面的如系统提供的各种产品/服务,以及社会方面的指标如人类活动干扰方面的指标。

例如, Daniel 研究了水滨带生态系统完整性的测量指标^[30]。他定义水滨带生态系统完整性为“具有人文活动改变以前的该区域水滨带生态系统全部的物理、化学和生态属性和过程,并支持由自然进化和生物地理过程发育的平衡、完整和适应的生物群落。”并指出,体现水滨带生态系统完整性最重要的特征和过程的三个量化评价目标是:水文、水质和生境完整性。水文完整性指标主要是关于人类对河道及行洪机制的改变,包括切断河流与泛滥平原之间周期性的水文作用。水质完整性考虑评价单元内土地利用的变化,与参考状态相比是否有可能增加污染源;河渠输水机制的改变(取直、清淤、移走植被等)也影响到水质,例如,当考虑作为水资源的属性指标时,河流与泛洪区之间连通性的丢失有可能降低污染物被滞留或者被化学降解的可能;生境指标注重土地利用方式、景观连通性、景观空间范围和生境质量等。综合得到水滨带生态系统完整性评价指标类别偏重于人类对河流水文机制的改变如地表水输入、输出和分流(大坝、引水工程)、水滨带生境和流域内土地利用/土地覆被变化。

Richard G 因流域评价和规划管理的需要,研究了流域生态系统完整性测量和评价^[31]。他将流域参数分成两类:状态参量和敏感性参量。状态参量表现了流域受干扰(压力)的特征,例如土地利用改变和水文设施增加,增加了洪峰和污染排放;道路引起生态系统破碎^[32]。敏感性参量表现了压力可能影响流域生态系统提供对人类有价值的服务和利用的风险。例如随着排放的增加,或者水质下降到标准以下,那么河流不能满足人类对水的需求的风险就增加了。而一个承受高压、具有高风险特征的流域相对而言就具有较低的完整性。在此基础上,给出的流域生态系统完整性的评价指标(表 1)。

不同的生态系统类型,因为其特性和管理需求的不同,完整性评价的指标体系也有所不同,各有侧重。例如就水文系统完整性而言,西北干旱区流域应注重选择季节性间歇或枯水期,和灾难性大洪水事件的淹没水位线作为指标;在东南季风区流域,测量指标则注重选择河流洪水的频度、幅度和时间分布等。

最后是各指标的赋分和综合计算。对于获得的各指标值可以赋予绝对分值或者相对排序分值。例如 Daniel 根据指标值偏离参考状态的程度分作 5 级,分别赋予指标分 1~5 分。5 分表示与参考状态十分一致,因此具有高的完整性,1 分则表示该项参量偏离参考状态 50% 或以上,因此其完整性水平很低。Richard G 则根据各指标值得大小进行排序,最后综合个指

标值以获得最高和最低完整性的流域。

表 1 Richard G. 流域生态系统完整性测量参量
Tab.1 Indices for watershed ecosystem integrity by Richard G.

类别	流域生态系统参数	参数说明
状况	娱乐压力	基于娱乐压力表的指标 ^[33]
	森林变化监测	未变化的森林植被
	人口密度	人口调查资料
	人口密度变化百分比	
	河流交叉数	跨河流和横切海岸线的道路段数目
	道路密度(不包括水域)	道路长度对流域面积, 不包括水体
	大坝/分流(引水)	流域内大坝的数量
	非点源组, 不包括森林: 农业+城市+露天矿用地百分比	农业、城市、商业、工业土地利用和开矿百分比的总合, 不包括水体
	点源组: RCRIS + CERCLA+ PCS + IFD + 矿山(矿山是可选的)	点源污染总数, 不包括水体
	滨水带百分比	沿河流和海岸线的森林与湿地总和
	易侵蚀土壤	具有 k 因子的区域面积乘以超出阈值的最大坡度范围的平方根
	流域内湖泊百分比	从土地利用资料获得的流域内水体表面积百分比
	流域内湿的百分比	从土地利用资料获得的流域内湿地面积百分比
敏感性	水生态 PETS 物种	流域内水生受到保护的、濒危的、受威胁的或者敏感性的植物和物种数目
	国家受影响水域	总的河流长度与受影响的河流长度之比
	优势水资源	水功能区划确定的优质水河流长度与总的河网长度之比
	市政供水	流域内饮用水源的数目
	地方贝类/总物种	
	本地生贝类/总物种	
	本地鱼类物种中/总鱼类物种	
	地方鱼类物种/总鱼类物种	

4 生态系统完整性概念的应用

生态系统完整性概念的提出, 丰富了生态保护和生态系统管理的理论。完整性表示了生态系统维持自组织的能力, 或者说, 表示了生态系统长期的“养活力”。因此生态系统完整性成为生态系统管理的目标和价值所在。“加拿大国家公园”行动清楚表明了“生态完整性是公园管理的终极目标, 而生态系统管理则是用于达成这一目标的过程”^[34]。

4.1 保护生物资源和生物多样性

直观地理解, 完整性的内涵就是“全部”——如果部分丢失了, 则整个系统也不再完整。

维护和恢复一个区域本生的基因、物种和群落的多样性, 最好地表达了生态完整性保护的目。Karr 提出了生物完整性, 并建立了 IBI 指标体系进行生物完整性的测量和评价。这一方法已在流域水质、水生物保护和水生境优先保护区建设方面得到广泛应用^[9]。这一方法还被应用到陆生物群落的状态测量, 被认为可以用来监测人类活动对区域内生物的影响^[35]。加拿大国家公园行动则利用生态系统完整性对“全部成份”的内在要求, 从景观尺度对生物和生境多样性的状态进行测量和评价, 并进而进行保护。

4.2 进行生态系统管理和评价

人类对于生态系统管理, 特别是在以资源为基础的系统, 如森林、渔场、农田等等, 常常倾向于努力保持系统处于所期望的稳定范围, 即处于一种“健康”状态, 以保持最佳的资源开发率。或者, 通过施加外部约束, 试图避免那些生态上和经济上不希望发生的事件, 例如虫害爆发或者火灾。但这种努力最终会导致系统的自简化和脆弱性, 生态系统自然的、长周期的循环被改变, 系统弹性降低, 导致生态系统完整性的损失进而引起生态系统危机^[3]。生态系统完整性的提出, 为生态系统管理提供了核心价值和目标。在滨水带生态系统保护^[29]、海岸带生态系统保护^[30]、流域生态系统优先保护区划分和决策管理^[37]等方面得到广泛的应用。

4.3 为可持续发展理念提供科学基础

可持续发展是当今世界发展的重要理念^[38]。在这个新的资源利用和经济发展方式中, 既要考虑当前社会的繁荣, 又要使关于发展的决策能够维持和恢复作为生命支持的自然系统, 真正将生态的、经济的和社会的目标整合起来, 按照既要生态系统提供产品和服务, 又不损害长期的、持续的生物多样性和生态系统完整性的方式使用资源。生态系统的完整性考虑的不仅是生态系统当前的功能, 而且是系统应付外界压力的能力, 以及它发展、再生和进化的能力, 这是可持续的内涵和本质。从可持续发展的角度, 生态系统完整性概念有两个重要方面^[39]: (1) 人类对生态系统的利用和经济发展必须在长时期内是可持续的; (2) 生态系统应该在最小的(或者零)人类帮助下自我维持和进化。生态系统保持完整性是实现资源利用和经济社会发展可持续的前提。

参考文献

- [1] Karr J.R. Ecological integrity and health are not the same. In PC Schulze Eds. Engineering Within Ecological Constraints. National Academy of Engineering, National Academy Press, Washington, DC, 1996, 97-109.
- [2] Noss R. Endangered ecosystems of the United States: a preliminary assessment of loss and degradation. Biological Report 28, National Biological Services. U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., USA. 1995.
- [3] Gatto M. Sustainability: is it a well defined concept? Ecological Applications. 1995, 5(4): 1181-1184.
- [4] De Leo G A, S Levin. The multifaceted aspects of ecosystem integrity. Conservation Ecology, 1997, 3(1): 1-23.
- [5] Karr R James. Measuring biological integrity. In G K Meffe and C R Carroll eds. Principles of conservation biology, 483-485.
- [6] Natural Resources Journal. Special issue: Managing biological integrity, diversity, and environmental health in the national wildlife refuges. Natural Resour. J, 2004, 44(4): 931-1238.
- [7] Richard W. Haynes, Russell T. Graham and Thomas M. Quigley Technical Editors. A framework for ecosystem management in the Interior Columbia Basin including portions of the Klamath and Great Basins. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-374.

Portland.

- [8] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟 等. 《景观生态学原理及应用》. 北京: 科学出版社. 2001.
- [9] Golley F B. A history of the ecosystem concept in ecology. New Haven, CT: Yale University Press.
- [10] Kay J J. The Ecosystem Approach to Monitoring Integrity [M/OL]. Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo. <http://www.fes.uwaterloo.ca/wjjkay/HNA/chapter2.html>, 2001.
- [11] Karr J R, Dudley D R. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 1981, 5: 55-68.
- [12] U.S. Department of Agriculture, Forest Service. A national framework: ecosystem management. Program Aid 1502. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1994, 52.
- [13] Baskin Y. Ecosystem function of biodiversity. *BioScience*, 1994, 44(10): 657-660.
- [14] Parks Canada, State of the Parks 1997 Report [R/OL]. http://parksCanada.gc.ca/docs/pc/rpts/etat-state/state-etat1_e.asp, 2003-04-04/
- [15] Hepting G H. Diseases of forest and shade trees of the United States. Agricultural Handbook Number 386. U.S. Department of Agriculture, U. S. Forest Service, Washington, D.C., USA, 1971.
- [16] Spurr S H, B V Barnes. Forest ecology. Third edition. Wiley, Toronto, Ontario, Canada, 1980.
- [17] King A W. Consideration of scale and hierarchy. In: J. Woodley, S J Kay, G Francis, eds. *Ecological integrity and the management of ecosystems*. St. Lucie Press, Ottawa, Canada, 1993, 19-46.
- [18] Woodley S. Monitoring and measuring ecosystem integrity in Canadian national parks. In S Woodley J Kay, G Francis, eds. *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, 1993, 155-176.
- [19] Serafin R, Steedman R. "Working Group Report: Measuring Integrity at the Municipal Level", from a workshop on Ecological Integrity and the Management of Ecosystems, University of Waterloo; Waterloo, Ontario, Canada, 1991.
- [20] Kay J J. "A Non-equilibrium Thermodynamic Framework for Discussing Ecosystem Integrity". *Environmental Management*. 1991, 15(4): 483-495.
- [21] Cairns J. Quantification of biological integrity. In R.K. Ballentine and L.J. Guarraia Eds. *The integrity of Water*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Hazardous Materials, Washington, D.C., U.S.A, 1977, 171-187.
- [22] Leopold Aldo. Conservation: in whole or in part? In: Flader, Susan L.; Callicott, J. Bairn, eds. *The river of the mother god and other essays by Aldo Leopold*. Madison, WI: University of Wisconsin Press, 1991, 384.
- [23] Leopold, Aldo. *Sand county almanac*. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 1949.
- [24] Paul A. Haught. Ecosystem integrity and its value for Environmental ethics [M/OL]. <http://www.phil.unt.edu/theses/haught.pdf>
- [25] Grumbine R Edward. What is ecosystem management? *Conservation Biology*, 1994, 8(1): 27-38.
- [26] Grumbine R Edward. *Ghost bears: exploring the biodiversity crisis*. Washington, DC: Island Press, 1992.
- [27] Regier, Henry A. The notion of natural and cultural integrity. In: Woodley, Stephen; Kay, James; Francis, George, eds. *Ecological integrity and the management of ecosystems*. Delray Beach, FL: St. Lucie Press, 1993, 3-18.
- [28] Lewis, Bernard J. Problem analysis: the social dimension of ecosystem management. Unpublished paper. St. Paul, MN: University of Minnesota, 1993.
- [29] Kay, J.J. On the nature of ecological integrity: some closing comments. In: Woodley, Stephen; Kay, James; Francis, George, eds. *Ecological integrity and the management of ecosystems*. Delray Beach, FL: St. Lucie Press. 1993, 201-212.
- [30] R. Daniel Smith. Assessment of Riparian Ecosystem Integrity in the San Diego Creek Watershed, Orange County, California [R/OL]. <http://www.spl.usace.army.mil/regulatory/samp/sdcreek.pdf>
- [31] Richard G. Burns. Watershed Integrity Ranking for Forest Plan Revision: Condition and Vulnerability [M/OL]. <http://www.cs.unca.edu/nfsnc/me2003/ewap.pdf>
- [32] 李双成, 许月卿, 周巧富 等. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 78-85.
- [33] 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.
- [34] Parks Canada. Ecological Integrity. In National Parks of Canada [EB/OL]. http://www.pc.gc.ca/progs/np-pn/intro/index_E.asp

- [35] Levin, S. A. Biodiversity: interfacing populations and ecosystems . In T. Abe, S. A. Levin, and M. Higashi, eds. Springer-Verlag, New York, NY, USA, 1997, 277~288.
- [36] Keith Slauson, Danny Boianno, Shayne Green, and Noel Soucy. Ecological Integrity Assessment of The North Coastal Basin [M/OL]. http://www.legacy-tlc.org/reports/EIA/Eia_rept051002.pdf
- [37] Andrea J. R., Thomas J. K. Assessing Ecological Integrity of Ozark Rivers to Determine Suitability for Protective Status. *Environmental Management*. 35(6): 799 -810.
- [38] 傅小锋. 中国的可持续发展——现状、挑战与行动. *地理科学进展*, 1999, 18(1) .
- [39] Environmental Canada. State of the Great Lakes 1997. <http://www.on.ec.gc.ca/water/greatlakes/data/state-of-the-lakes/97/intro.html>, Last Updated: February 10, 1999/

Summary Comments on Ecosystem Integrity

YAN Nailong¹, YU Xiaogan²

(1. China Executive Leadership Academy, Shanghai 201204;

2.Nanjing Institute of Geography and Limnology, Science Academy of China, Nanjing 210008)

Abstract: Ecosystem integrity has recently been proposed to facilitate enhanced protection of biological and ecological resources. It is valued as a basis for environment ethnics and public environment policy. In many aspects it has been assumed that to maintain ecosystem integrity or system integrity is the general purpose for ecosystem management.

Yet ecosystem integrity is a relatively new concept with multi- aspect definition. Briefly to say, it focuses on the system components from structure point of view, while it prefers the integrity and dynamic characteristics from function point of view. Further more, it focuses on whether human value plays a great role in defining and measuring ecosystem integrity. There are merits and limitations in different definitions of ecosystem integrity, for each acknowledges of different aspects of ecosystem structure and function reflect the subjective perspectives of humans on the value, importance, and role of biological diversity.

From the point of self- organization, a system with health and the ability of self- evolution or of long- term adaptation to changing environmental conditions and human uses is of integrity. It is pointed out that ecosystem integrity and ecosystem health are different.

The paper also gives explanations on methodology of ecosystem integrity measuring and assessing. It suggests that the indices for measuring ecosystem integrity comprise index of components, index of structure, index of services and index of human disturbances.

The concept of ecosystem integrity has been applied in biodiversity conservation, ecosystem management and searching for proper human- nature relationship. It also makes up the ecological understanding and values of the sustainable development.

Key words: ecosystem integrity; measurement and assessment; ecosystem management