

# 自然保护区生态旅游环境承载力综合评价 指标体系初步研究

文传浩<sup>1</sup>, 杨桂华<sup>2</sup>, 王焕校<sup>1</sup>

(1. 云南大学环境科学系, 云南 昆明 650091; 2. 云南大学旅游管理系, 云南 昆明 650091)

**摘要:** 综述了近年来国内外旅游环境承载力研究进展, 分析了在我国自然保护区开展生态旅游的必要性, 以及当前我国自然保护区开展生态旅游所存在的主要问题。在此基础上建立了在自然保护区开展生态旅游评价环境承载力的综合指标体系。

**关键词:** 生态旅游; 自然保护区; 环境承载力; 指标体系

**中图分类号:** X36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 0267(2002)04 - 0365 - 04

## Integrated Indicator System of Eco - Tourism Environmental Load Capacity in Nature Reserves

WEN Chuan-hao<sup>1</sup>, YANG Gui-hua<sup>2</sup>, WANG Huan-xiao<sup>1</sup>

(1. Department of Environment Science, 2. Department of Tourism Management, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** In this paper, advance about tourism environment load capacity is summarized. In the mean time, the necessity to develop eco - tourism and some negative effects on environment were analyzed in nature reserves in China. To make eco - tourism sustainable development in China, an indicator system of eco - tourism environment load capacity was put forward.

**Keywords:** natural reserve; eco - tourism; environmental load capacity; indicator system

## 1 旅游环境承载力研究进展

旅游环境承载力, 也称旅游环境容量, 是发展旅游业与保护环境之间矛盾的核心理论问题。为了避免旅游业重蹈工业发展“先污染后治理”的覆辙, 旅游环境承载力作为判断旅游活动是否对环境产生负面影响的依据, 随着旅游业的发展而提出, 并成为旅游研究中的焦点。但在实际研究工作中, 这一问题涉及到资源、生态、区域经济、社会环境及旅游者等各个方面, 研究难度较大。

### 1.1 国外旅游环境承载力研究进展

自 1963 年 Lapage 首次提出旅游环境承载力的概念以来<sup>[1]</sup>, 国外旅游对环境的影响效应研究代表性的有 Wall、Wright<sup>[2]</sup>及 Lawson、Mathieson<sup>[3]</sup>等学者。其中 Wall 和 Wright 从研究方法、对地质地貌、土壤、植被、水体、野生动物、大气等方面作了较为全面的研究, 并对旅游环境容量及其解决办法提出了一些行之有效的措施。之后 Stephen<sup>[1]</sup>也从土壤、水、噪声、植物、动物等 5 个方面阐述了旅游对自然环境的有益、有害影响。除此

之外还有 Smith<sup>[4]</sup>、Lindsay、Pearce、Coke<sup>[5]</sup>、Lea<sup>[6]</sup>、Farrell and Runyan<sup>[7]</sup>等都从不同角度对旅游环境容量进行了一定研究。随着生态旅游的兴起、旅游可持续发展概念的提出, 旅游环境承载力作为一个重要概念应用于生态旅游和旅游业可持续发展的书籍<sup>[8]</sup>中, 如 Shelby and Heberlein、Cater and Lowman、Mowforth and Munt<sup>[9]</sup>、Lew<sup>[10]</sup>、Hall<sup>[11, 12]</sup>。这些研究多侧重于空间承载力或自然环境承载力, 而旅游对旅游目的地的社会环境承载力、经济环境承载力的影响研究缺乏系统性和深度。Wall 和 Wright、Pearce<sup>[12]</sup>、O'Reilly<sup>[11]</sup>对旅游的社会、文化、经济、社会心理环境承载力进行过一定研究, 其中 O'Reilly 对旅游环境容量理解最为全面, 他指出旅游环境容量不仅仅包括自然环境容量, 还应包括经济容量和社会容量。

### 1.2 我国旅游环境承载力研究进展

我国的旅游发展晚于西方, 环境承载力的研究也稍迟, 据文献所载, 较早的工作主要也集中在旅游对旅游目的地的水质、土壤、植被、大气、环境噪声等方面的研究, 如赵红红对苏州园林的环境承载力研究, 宋力夫等对京津地区旅游对环境演变影响研究<sup>[14]</sup>, 王资荣等对张家界国家森林公园的水体、大气、植物环境质量进行的系统监测<sup>[15]</sup>, 保继刚对颐和园<sup>[5]</sup>、郑向敏对鼓浪屿进行了实地调查研究<sup>[16]</sup>, 李贞、保继刚利用敏感水平(SL)、景观重要值(LI)、旅游影响系数(TE)等指标对旅游对丹霞山植被影响进行了定量研究<sup>[17]</sup>, 冯学刚、包浩生对安徽采石风景区旅游活动对风景区的地被植物和土壤的影响进行调查

收稿日期: 2001 - 11 - 15

基金项目: 国家自然科学基金项目(40061008); 云南省自然科学基金项目(2000C0012M)

作者简介: 文传浩(1972—), 男, 云南大学环境科学系在读博士生。研究方向为污染生态学、生态旅游学及区域可持续发展。

研究<sup>[18]</sup>,以及杨桂华对滇西北香格里拉生态旅游示范区旅游环境容量的初步研究<sup>[19]</sup>,蒋文举等对峨眉山旅游的生态环境效应研究,这些研究主要从空间承载力或自然环境承载力方面开展工作。除此而外一些学者如崔凤军对泰山生态负荷进行过实证定量分析<sup>[20]</sup>,孙玉军、王如松对五指山生态旅游区游客量、服务环境质量、生态环境容量及其相互关系的定量分析,以及吴必虎等学者利用等距离专家组目视评测法(EDVAET)对小兴安岭风景道旅游景观的评价<sup>[21]</sup>。理论研究有李贻鸿<sup>[8]</sup>、崔凤军<sup>[20]</sup>、杨桂华<sup>[18,19]</sup>、赵西萍<sup>[5]</sup>等人。到目前为止,我国对旅游环境承载力的研究主要集中在理论概念体系构建、研究意义探讨等定性的研究方面,定量研究主要局限于自然环境承载力和在探索影响因素基础上量测的数学公式建立,对旅游业的指导意义不够,而真正旅游开发管理迫切需要的系统综合旅游环境承载力的定量研究所见不多,尤其是缺乏旅游对旅游目的地的生物多样性、景观稳定性、景观异质性、社会心理环境、民族心理、宗教传统、社会人文环境、生态旅游社区参与、经济环境承载力等方面的研究。

或许是生态旅游一经提出就已冠上“可持续发展”之美名,或许因其发展在经济方面的巨大成功及“无烟工业”思想的误导,从而掩盖了其对自然生态环境潜在的破坏性,最终导致生态旅游对生态环境的负面效应研究一开始就落后于生态旅游其他领域的研究。尤其是发展中国家,因资金、技术、研究人员的短缺及落后的经济条件,以及一些急功近利的思想导向,使得生态旅游对环境的负面影响研究在很大程度上被忽视。然而,生态旅游业开发虽然以自然保护为核心目标之一,但其开发不当,必然给自然保护区的生态环境带来灭顶之灾。如何建立一套完整科学的生态旅游开发的环境承载力考核指标体系,以此来衡量我国自然保护区生态旅游开发的可持续性,使保护区的生态功能和旅游功能协调实现,这一问题成为当前我国自然保护区发展生态旅游的当务之急,国家也还未制定有关标准,学术界对此综合系统研究较少。因此,本文试图对自然保护区生态旅游持续开发指标体系进行初步探讨,以期在此方面作一些理论探索,并同时在滇西北碧塔海自然保护区生态旅游的开发实践中进行尝试。

## 2 建立自然保护区生态旅游环境承载力评价指标体系的必要性与紧迫性

目前,我国自然保护区生态旅游开展虽然不乏成功案例和经验,但总体而言,我国自然保护区生态旅游开展过程中所面临的困难和问题远大于所取得的成绩。据报道,我国已有22%的自然保护区因开发生态旅游而造成不同程度的破坏,11%的保护区出现旅游资源退化<sup>[23]</sup>。因此,通过长期系统定位环境监测,在保护区建立一套完整而行之有效的旅游环境承载力考核指标体系,以此来衡量生态旅游开发的科学性已成为当务之急。具体而言,我国保护区内生态旅游的开展存在以下几方面问题,这些问题是推进当前保护区建立综合生态旅游环境承载力评价指标体系的根本动因。

### 2.1 影响保护区动植物生存繁衍降低生物多样性

生态旅游发端于西方发达国家,之后盛行于全球。生态旅游在保护区一经开展,其对环境的负效应就接踵而至,其中动植物的生存繁衍首先受到伤害,这一现象在西方国家也屡见不鲜。例如墨西哥太平洋月夜沙滩观龟旅游、西班牙外海加那利群岛的赏鲸旅游活动,以及欧洲东海岸的海豚观赏、肯尼亚的猎豹观赏旅游活动等,都对当地野生动物的正常生长、发育、繁殖甚至生存带来了严重负面影响。生态旅游景区景点开发不当必然破坏保护区天然植被和野生动物栖息地,而栖息地景观的消失或破碎是保护区生物多样性降低的首要因素。1955年黄山森林覆盖率为75%,现在为56%。黄山北海景区素有“万松林”之称,而今因植被破坏成为名副其实的“百松林”。陕西太白山国家级自然保护区开展生态旅游时为“方便”游客而大修索道,在海拔2800—3000m的秦岭冷杉(国家三级保护植物)林中砍出长1km、宽10m的走廊,导致原始冷杉林及林下灌木、草本植物受到严重破坏,其中包括我国一级保护植物独叶草(*Kingdonia uniflora*)<sup>[25]</sup>。类似现象在我国华山、泰山、长白山等保护区开发旅游中也曾有不同程度的破坏。广东丹霞山旅游研究结果表明,受游客穿行影响的区域,其植物物种、木质和藤本、阴生种相对比非穿行区域减少20%、17%、15%<sup>[17]</sup>。

### 2.2 破坏保护区内人文自然景观

目前我国保护区内开展生态旅游过程中对自然景观、人文景观的破坏时有发生<sup>[25]</sup>。在一些著名历史、人文、自然景观周围被大量商业化、城市化甚至庸俗化的景观充斥,大有喧宾夺主之势,使众多游客扫兴而归。如位于国家重点风景区大理的喜洲白族相当著名民居内几乎成为白族服饰专卖市场,自然原貌难以寻觅。另外,在许多自然保护区内所建造的旅游服务、休闲等设施景观品位低,其形态、结构、风格都与保护区及周围社区民族风俗、文化格格不入。在山岳型风景区内自然、人文景观破坏最为典型,如五台山、泰山、太白山、黄山等风景区。

### 2.3 管理不善环境污染严重

目前我国自然保护区在开展生态旅游过程中,各部门职责不清、管理不善现象较为普遍,从而导致保护区环境污染严重。据调查我国自然保护区46%已受到环境污染的威胁,这些影响因子中旅游是主要污染源之一,占25%。四川九寨沟自然保护区每年近10万游客带来的垃圾已经威胁到其保护核心区湖泊<sup>[10]</sup>。

### 2.4 缺乏社区参与激励及奖惩机制

社区参与是国内外生态旅游开发的核心内容之一,通过社区参与方式,提高保护区周围社区居民的文化素质、环境保护以及社区居民生活水平,这也是解决当前我国保护区持续发展的有效途径之一。国内外自然保护区的理论和实践表明,不能有效提高保护区周围社区居民生活、文化水平,保护区的有效保护也将成为一句空话。然而,目前我国自然保护区生态旅游开展过程中社区参与的方式、灵活性、投入回报率都相当有限,旅游利益分配不公现象依然大量存在。也缺乏保护区与社区居民间有效合作的先例,社区居民在生态旅游开展中参与积极性普遍不高。因此,通过保护区生态旅游开发,建立一套完善的社区居民参与体制和考核评价体系,大力引导社区居民参与

进来是保护区生态旅游持续发展的重要措施。目前也有学者提出建立股份制体制引导居民的参与,这不失为一条有效途径。

### 2.5 生态旅游未来开发经营体制需要

目前,我国保护区生态旅游开发运行机制较为单一,基本还处于计划经济和市场经济的转轨过程中。旅游开发一般都由政府投资,保护区和旅游管理部门协调管理。因此,随着我国市场经济的进一步完善和 WTO 的进入,以及我国保护区管理体制改革的进一步深入,这一经营体制将受到极大的冲击和挑战。随之而来的将被股份制、合作制、外资、独资、民营制形

式所取代,这可能也是一大趋势。在此情形下,建立一套完整的环境承载力考核评价指标体系就更显迫切。

## 3 指标体系构建及说明

以往对旅游环境承载力研究多局限于自然环境承载力,而忽略了旅游对保护区及周围社区经济环境承载力、社会环境承载力影响的研究。因此,为全面考核生态旅游对保护区的影响,笔者将旅游环境承载力分为自然环境承载力、社会环境承载力、经济环境承载力三个层次(见表 1)。

### 3.1 自然环境承载力评价指标体系

表 1 自然保护区生态旅游环境承载力评价指标体系

Table 1 Indicator system of eco-tourism environmental load capacity in nature reserve

水 体	地面水 /mg·L <sup>-1</sup>	pH、温度、重金属、总 N、硝酸盐、亚硝酸盐、总 P、高锰酸钾指数、溶解氧、COD、BOD、总磷、总氰化物、细菌总数(个·L <sup>-1</sup> )、大肠菌群数(个·L <sup>-1</sup> )、挥发酚、B <sub>15a</sub> P(μg·L <sup>-1</sup> )、有机污染物、固体废物处理率
	地下水 /mg·L <sup>-1</sup>	pH、色(度)、温度、嗅和味、浑浊度(度)、总硬度、重金属、总 N、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、总 P、高锰酸钾指数、溶解氧、COD、BOD、磷、氰化物、氟化物、细菌总数(个·L <sup>-1</sup> )、大肠菌群数(个·L <sup>-1</sup> )、挥发酚、B <sub>15a</sub> P(μg·L <sup>-1</sup> )、有机污染物
土 壤	雨、雪 /mg·L <sup>-1</sup>	pH、金属离子、总 N、总 P、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、F <sup>-</sup> 、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 、细菌总数(个·L <sup>-1</sup> )、大肠菌群数(个·L <sup>-1</sup> )
		pH、颜色、温度、质地、结构、比重、容重(g·cm <sup>-3</sup> )、孔隙度(%)、有机质(%)、盐基饱和度(%)、缓冲性、土壤有益、有害微生物种类、区系、土壤动物、土壤有机污染物、土壤重金属、固体废物处理率、土壤沙漠(石漠)率(%)
自然 环境 承载力	大 气	SO <sub>2</sub> (mg·cm <sup>-3</sup> )、TSP(mg·cm <sup>-3</sup> )、PM <sub>10</sub> (mg·cm <sup>-3</sup> )、NO <sub>x</sub> (mg·cm <sup>-3</sup> )、NO <sub>2</sub> (mg·cm <sup>-3</sup> )、CO(mg·cm <sup>-3</sup> )、O <sub>3</sub> (mg·cm <sup>-3</sup> )、Pb(μg·cm <sup>-3</sup> )、B <sub>15a</sub> P(μg·cm <sup>-3</sup> )、氟化物(μg·cm <sup>-3</sup> )、温度、有害微生物
	噪 声	生活噪声、交通噪声、昼间、夜间及突发性噪声(dB)
自然 保护区 生态 旅游 环境 承载力 评价指标 体系	动 物	物种的多样性(丰富度指数、多样性指数)、数量、密度、人为传播的病虫害(如松线虫病)、出生率、存活率、死亡率
	植 物	物种的多样性(丰富度指数、多样性指数)、数量、优势种类、亚优势种类、伴生种、偶见种多度、密度、盖度、频度、高度、生活型谱、生长量、群落综合优势度、重要值、综合优势比、外来种
景 观	景观 稳定性 <sup>[26]</sup>	植被覆盖率(%)、人口(游客及管理人员)密度(个·km <sup>-2</sup> )、人口素质、自然灾害发生率(%)、人为灾害发生率(%)、植被破坏率(%)、水土流失率(%)、人均栖息面积(m <sup>2</sup> )、景观生物生产量、景观生物多样性、土壤肥力、景观功效性、宜人性、景观美学价值、空间统一性、社会认同度
	景观 异质性	景观类型多样性、景观的独特性、景观破碎度、景观敏感度、自然景观分离度、人造景观与自然、民族习俗的协调度
社 会 环境 承载力	视觉景观	景观视觉环境阈值、景观视觉环境生态质量、景观视觉环境的景色质量、景观视觉环境敏感性
	心 理 环境	游客心理、社区居民心理、民族心理、宗教心理、管理人员心理
经 济 环境 承载力	人 文 环境	地方文化习俗、民族多样性、民族习俗、宗教文化、历史人文景观
	社 区 参与	社区人口密度、素质、社区人口文盲率、贫困率、社区参与人数、社区参与人员性别比、社区参与人员年龄比、社区参与方式多样性、社区参与程度、社区参与投入产出比、社区脱贫速率、社区文化素质提高速率
管 理 水平	交通设施	安全度、便捷度、科技投入、科技贡献率、空间环境协调度、道路、停车场、码头
	基础 设施	科技投入、科技贡献率、供水、排水、供电、供气、住宿、文化、体育、娱乐、通讯、空间环境协调度、餐饮便捷度、洗手间便捷度、固体废物处理率
效 益 水平	安全卫生	安全标志、旅游过程安全度、急救设施、救生设备、社区治安、危险动物危害频率、植物危害性、恶劣气候、水下活动危险度、餐饮卫生质量、洗手间卫生质量、生活娱乐污水处理率
		科技投入、科技转化率、服务水平及质量、管理人员总人数、管理性别比率、行政人员比率、科技人员比率、服务从业人员比率、非固定管理人员比率、管理设备先进性、管理手段科学性
		旅游各行业产值比率、人均利税率、资源利用率、研究与开发经费比率

自然环境承载力评价指标体系主要包括生态旅游对自然保护区旅游景点(区)内的水体、土壤、大气、噪声、生物、景观六个层次的影响(见表1)。其中国内外旅游对前五个层次研究较为全面深入,但对于景观的影响研究较少,直到近几年来国内外才对景观污染有所重视,如吴必虎等首次对小兴安岭风景道旅游景观的视觉景观进行了评价<sup>[21]</sup>,崔海亭专门就旅游对景观的损害首次提出了景观污染术语,并介绍了我国自然保护区近几年旅游对景观污染的种种表现,同时也提出了相应的对策措施。因此旅游对景观层次的污染破坏已成为“一个亟待解决的问题”<sup>[25]</sup>,以后对景观环境承载力的研究范围和深度应有所加强。

表1对自然环境承载力指标体系在不同自然保护区中运用时应视不同类型而有所侧重。例如,我们在滇西北碧塔海自然保护区研究中对水质的评价主要侧重于水质中的总N、总P、细菌总数、大肠菌群数、高锰酸钾指数、溶解氧等指标,因为碧塔海作为高山亚高山深水湖泊,一旦出现富营养化,其恢复治理难度远远大于其他低海拔湖泊,而保护区开展生态旅游中藏民的社区参与(社区居民均为藏族)主要通过马队运输旅游者进行,加上区内长年都有大量藏民放牧,水质中细菌总数、大肠菌群数变化最明显。对于其他相当部分指标我们一般只作本底监测或常规监测,以降低监测成本和节省人力物力。

### 3.2 社会环境承载力评价指标体系

社会环境承载力评价体系主要包括社会心理、人文环境和社区参与三个层次。以往对环境承载力研究中生态旅游对社会环境承载力研究相当有限,尤其是社区参与。笔者认为,以后随着我国保护区管理体制改革的进一步深入,保护区生态旅游开发引入股份制、合作制、外资、独资、民营制形式是大势所趋,在此情形下,建立一套完整的环境承载力指标体系尤显迫切和重要。而上述经营形式如若忽视社区参与,生态旅游也将失去生命力。因此社区参与作为社会环境承载力中一个亚层指标体系是必要的,对保护区周围社区的发展意义也是深远的。

### 3.3 经济环境承载力评价指标体系

经济环境承载力评价体系包括基础设施、管理水平、效益水平三个层次,其中基础设施又包括交通、生活、游乐、安全卫生等亚层指标体系。经济环境承载力体系中重点增加了科技投入和科技贡献率两项指标。科技投入是在发展中国家开展生态旅游过程中最不被重视的,我国生态旅游开发也不同程度存在类似问题。对处于生态脆弱区域的自然保护区开展生态旅游科技投入尤显重要,综观国内外自然保护区生态旅游成功开发案例,科技先行是其成功开发的法宝之一,因此,以后在考核自然保护区生态旅游经济环境承载力时必须将科技投入和科技贡献率作为重要指标。

由于篇幅所限,本文对生态旅游环境承载力评价中涉及的一些具体数学方法(如模糊数学、灰色评判方法等)不再叙述,作者将另文在碧塔海自然保护区生态旅游环境承载力评价研究中详细报道。

### 参考文献:

- [1] 刘晓冰,保继刚. 旅游开发的环境影响研究进展[J]. 地理研究, 1996, 15(4): 92 - 99.
- [2] Wall G, Wright C. The environment impact of outdoor recreation[M]. University of Waterloo, 1977.
- [3] Mathieson A, Wall G. Tourism: economic, physical and social impacts. London: Longman, 1982.
- [4] Smith S L J. Tourism analysis. 2nd ed. London: Longman, 1983.
- [5] 保继刚,楚义芳. 旅游地理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2001. 143 - 166.
- [6] Lea J. Tourism and development in the third world[M]. London: Routledge, 1988.
- [7] 杨桂华,钟林生,明庆忠. 生态旅游[M]. 北京:高等教育出版社, 2000. 234 - 254.
- [8] Farrell B, Runyan D. Ecology and tourism[J]. *Annals of Tourism Research*, 1991, 18: 26 - 40.
- [9] Mowforth M and Munt I. Tourism and sustainability: new tourism in the third world[M]. London: Routledge, 1998.
- [10] Lew A A, Hall C M eds. Sustainable tourism: a geographical perspective. Harlow: Addison Wesley Longman, 1999.
- [11] Hall C M, Lew A. Sustainable tourism: a geographical perspective. Harlow: Longman, 1998.
- [12] Pearce P L. The social psychology of tourist behavior. Oxford: Pergamon, 1982.
- [13] Hall C M, Page S J. The geography of tourism and recreation: environment, place and space. New York: Routledge, 1999.
- [14] 宋力夫. 等. 京津地区旅游环境的演变[J]. 环境科学学报, 1985, 5(3): 255 - 265.
- [15] 王资荣,郝小波. 张家界国家森林公园环境质量变化及对策研究[J]. 中国环境科学, 1988, 8(4): 23 - 30.
- [16] 中国人与生物圈国家委员会秘书处, 云南大学杨桂华等编译. 生态旅游的绿色实践[M]. 北京:科学出版社, 2000. 13 - 38.
- [17] 李 贞,保继刚,覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响研究[J]. 地理学报, 1998, 53(6): 554 - 561.
- [18] 冯学钢,包浩生. 旅游活动对风景区地被植物——土壤环境影响的初步研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 75 - 78.
- [19] 杨桂华. 生态旅游景区开发的景观生态学研究——以滇西北香格里拉生态旅游示范景区为例[D]. 昆明:云南大学生态学博士论文, 2001.
- [20] 崔凤军,杨永慎. 泰山旅游环境承载力及其时空分异特征与利用强度研究[J]. 地理研究, 1997, 16(4): 47 - 55.
- [21] 吴必虎,李咪咪. 小兴安岭风景道旅游景观评价[J]. 地理学报, 2001, 56(2): 214 - 222.
- [22] 刘家门. 生态旅游及其规划的研究进展[J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 327 - 331.
- [23] 蒋明康,吴小敏. 自然保护区生态旅游开发与管理对策研究[J]. 农村生态环境, 2000, 16(3): 1 - 4, 14.
- [24] 文传浩,常学秀,等. 自然保护区宗教旅游活动与保护区可持续发展关系初探——以太白山国家级自然保护区道教为例[A]. 云南可持续发展学术论文集[C]. 昆明:云南科技出版社, 1999. 8.
- [25] 崔海亭. 景观污染:一个亟待解决的问题[J]. 生态学杂志, 2001, 20(3): 60 - 62.
- [26] 龙开元,谢炳庚,谢光辉. 景观生态破坏评价指标体系的建立方法和应用[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 64 - 68.