

关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论

潘开文¹, 吴 宁¹, 潘开忠², 陈庆恒¹

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 国家林业局西北林业调查规划设计院, 西安 710000)

摘要:生态屏障建设是长江上游乃至我国有关省(市、区)政府工作的重要任务之一,而“生态屏障”一词也已成为我国新闻媒体中出现频次最多的新词组之一。但是,什么叫生态屏障,如何建设生态屏障等诸多相关问题,至今在学术界尚无统一的认识,不同行业 and 不同学者都在努力探索。就“生态屏障”一词的来源、概念、功能和特点等进行了阐述,并以长江上游为例,对长江上游生态屏障的分区与功能,以及生态屏障建设的内容、存在的问题及相关的对策等进行了讨论。

关键词:生态屏障;长江上游;功能分区;生态建设;生态安全;可持续发展

A discussion on the issues of the re-construction of ecological shelter zone on the upper reaches of the Yangtze River

PAN Kai-Wen¹, WU Ning¹, PAN Kai-Zhong², CHEN Qing-Heng¹ (1. *Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041*; 2. *Institute of Forest Inventory and Planning of Northwestern China, State Forestry Administration, Xi'an 710000*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 617~629.

Abstract: The Yangtze River is an important economic lifeline in China. The health of the ecosystem on its upper reaches is very significant for the sustainable development of the whole basin. However, in the last few decades, the vegetation on the upper Yangtze has been degraded seriously partially in connection with frequent natural disasters. Triggered by the disastrous flood of 1998, a great upsurge in ecological shelter reconstruction has occurred, including the initiation of some national programs, such as the “Natural Forest Protection Program” (i. e. logging ban) and “Grain for Green” (Tui Geng Huan Lin-return farmlands to forestlands). Meanwhile, “reconstruction of ecological shelter zone”, which is covered frequently in the Chinese media, has become a main task for provincial and local governments of the upper Yangtze catchment. However, what does “ecological shelter zone” (Sheng Tai Ping Zhang) mean? How can people “reconstruct” (Chong Jian) an ecological shelter zone? Although more and more experts and practitioners have been dedicating their knowledge and enthusiasm to probe some issues regarding to the reconstruction of ecological shelter zone, these terms have not been clearly defined yet and lack agreed upon understanding in academic circles. The authors are discussing all aspects of “ecological shelter zone” including origin of

基金项目:中国科学院知识创新工程重大资助项目(KSCX1-07);中国科学院重要方向性资助项目(KSCX2-01-09);国家“十五”科技攻关资助项目(2001BA606A-05);中国科学院“九五”重大基金资助项目(KZ951-B1-110-01);中国科学院成都生物研究所恢复生态学重点实验室、茂县生态站和瓦屋山生态站资助项目

收稿日期:2003-02-22;**修订日期:**2003-08-15

作者简介:潘开文(1968~),男,四川广安人,博士,研究员,主要从事森林生态学、恢复生态学与可持续发展研究。E-mail:pankw@cib.ac.cn, pkaiwen@yahoo.com.cn

Foundation item: the CAS Knowledge Innovation Project (Grant No. KSCX1-07), Important Orientation Project (No. KSCX2-01-09), the National “Tenth Five-year Plan” Key Project (Grant No. 2001BA606A-05), the “Ninth Five-year Plan” Key Science and Technology Research Project (Grant No. KZ951-B1-110-01); the Key Lab. for Restoration Ecology, the Maoxian Ecological Station for Mountainous Restoration and Sustainable Development, the Ecological Station for Evergreen Broad-leaved Forest of Mt. Wawu (SEBFW) of Chengdu Institute of Biology, CAS

Received date:2003-02-22;**Accepted date:**2003-08-15

Biography: PAN Kai-Wen, Ph. D., Professor, mainly engaged in forest ecology & management and restoration ecology. E-mail:pankw@cib.ac.cn, pkaiwen@yahoo.com.cn.

Acknowledgements: We are much indebted to American forestry scientist Daniel Winkler, who provided helpful review comments on the english abstract and gave useful better idea to revise the paper.

concept and English terminology, as well as its function and distinctive features. In addition, the regional divisions of the upper reaches of the Yangtze River are outlined and the main objectives and challenges of ecological shelter zone reconstruction as well as the related strategies are being discussed in details.

As a key term, “ecological shelter” occurred first in 1999. So far it can be found 13 times in Chinese journals and 6530 times on Chinese web sites. The English terms, including “ecological protective screen”, “ecological shelter”, “ecological barrier” and “ecological defense”, were used to express the Chinese term “Sheng Tai Ping Zhang”. These terms were found 12, 54, 246 and 147 times separately as fixed terms on Chinese English-language web sites. In comparison with the meanings and contents of each English term, “ecological shelter zone” was selected as the corresponding translation of “Sheng Tai Ping Zhang” in this paper.

The term of “Reconstruction of Ecological Shelter Zone” is homologous to that of “Ecosystem Restoration” or “Restoration of Protective Ecosystem Functions” reported in English country.

Although there have been many discussions about “ecological shelter zone”, there is no generally accepted definition yet. Authors suggested the following definition in the paper. Ecological shelter zone means a well structure, healthy ecosystem with self-sustaining and self-regulatory capacities on a/some key part/parts of a certain/given area, which provides ecologically protective functions to its environments and its species inside and/or outside this ecosystem. It is a structural and functional system that contributes to the protection of ecological stability, ecological security and sustainable development in a region or even a country. The protective functions include: (1) Filter function; an ecological shelter zone can work as a filter to control the motion of matter flowing into and out of an ecosystem. For example, a forest ecosystem with its function in filtering pollutants can play an important role in purifying water, reducing pollution and improving water and air qualities; (2) Buffer function; an ecological shelter zone can keep the relative stability of the system through buffering and/or alleviating the disturbances inside and outside of an ecosystem; (3) Screen function; due to the habitats’ diversity and an apparent difference inside and outside of an ecosystem, the system boundaries can work as “cell membranes” with selective permeability to control the “trans-boundary” movement of species and material/information flow. (4) Shelter function; an ecosystem, such as a forest ecosystem, is always a gene pool, which can provide habitats and nutrition for the subsistence and reproduction of plants, animals, fungi, microbes and human beings. (5) Green-tree reservoir function/sponge function of forests, a forest ecosystem has a higher water retention and run-off regulation capacity than a degraded ecosystem on the same site, which therefore has the function comparable to natural reservoirs. (6) Aesthetic function, an ecological shelter can provide a space for tourism, recreation, education, as well as cultural and spiritual identity. Undoubtedly, an ecological shelter zone has its objective characteristic, dimensional characteristic and regional characteristic. Although the term “ecological shelter zone” is used everywhere, there are still different models for re-construction in different regions, since the objectives and requirements of people and their socio-economic and environmental backgrounds differ.

The aim of ecological shelter zone re-construction is to solve the environmental problems in the target area, which requires at first zoning of an area into different smaller areas according to their different functions. As to the zonation of ecological shelter zone on the upper Yangtze no criteria have been defined which are generally recognized and scientifically based. The authors suggest following principles, which should be applied when making a regional division of ecological shelter zone: (1) solving the key issues of the environment based on the ecosystem functions provided; (2) considering various ecological functions available but emphasizing key functions; (3) considering comprehensively ecosystem functions, geomorphologic and climatic factors combined. According to these principles and considering the conditions on the upper Yangtze River, the ecological shelter zone there can be divided into following areas: (1) The water source and biodiversity conservation area on the eastern Tibetan Plateau, including upper reaches of Jinsha River, Yarlong River, Minjiang River and Dadu River, which functions are mainly to provide water and conserve biodiversity; (2) The water conservation, soil-water protection and biodiversity conservation area in the mountainous region of western Sichuan, including Ganzi, Aba and Liangshan prefectures; (3) The water conservation and water-soil protection area along the “Rain Screen of Western China”, the narrow mountainous belt with very high rainfall along the western fringe of the Sichuan Basin consisting of administrative units of Leibo, E’bian, Mabian, Mengding, Ya’an, Dujiangyan, Mianyang, Beichuan and Anxian, (4) The soil erosion control area in the hilly region of the Sichuan Basin, where the aim of ecological shelter zone reconstruction is to control serious soil erosion from

farmlands. (5) The chemical residue purification area in plains, where rehabilitated forests or agro-forestry can absorb and decompose residual chemical fertilizers, pesticides and other chemical pollutants, and finally reduce water and soil pollution. (6) The biodiversity conservation and soil erosion control area in the Qingling and Daba Mountains, including the belt from Guangyuan, Wangchang, Tongjiang to Bazhong, along the northern border of Sichuan Province, which is also the natural divide of the subtropical and temperate regions of China. (7) The biodiversity conservation and soil erosion control area in the border region of Sichuan, Yunnan and Guizhou. (8) The special function areas, including urban, highway, reservoirs, factories and natural reserves, which need a special ecological shelter zone to meet their individual requirements.

According to human needs and ecological principles, reconstruction of ecological shelter zone aims at improving the structure and productivity of ecosystems and their capacity to self-sustain and self-regulate. In addition it facilitates rational development of material cycle and energy flow, and finally restores the protective function of ecosystem as habitats for species. The main task of ecological shelter zone reconstruction, therefore, is to restore and improve the healthy of ecosystems with good structure. At present, a number of national projects, such as Natural Forest Protection Program, Grain for Green, Grassland Restoration etc. , can be considered as measures of ecological shelter zone reconstruction, but the reconstruction of ecological shelter zone should also include the technological system, supporting system (e. g. , rural sustainable development) and engineering system.

As to the technological system, there is still a lack of necessary theories and techniques to support ecological restoration and rehabilitation in the upper Yangtze area. The main problems include: (1) There are not enough research and experts in areas which are difficult to reforest, such as the lower slopes of dry valleys in high mountain regions and the sunny slopes of the sub-alpine belt and other high-altitude areas. (2) There are not enough ecological studies on indigenous plants, which leads to a shortage of tree species for ecological restoration, the species simplification of reforested communities, and finally the difficulty of the restoration of ecosystem functions. (3) Because of the insufficient analyses of specific regional conditions and weak planning, the newly reforested areas are mainly located on the originally forested areas other than the degraded areas which need to be restored or rehabilitated immediately, which potentially leads to the new unbalance of forest distribution. (4) Lack of knowledge regarding the management of restored ecosystem and enough participation of local people in restoration programs limit the effects of ecological shelter zone reconstruction.

How to improve the income of farmers is a key issue for gathering local support in ecological shelter zone reconstruction. It is very important for sustainable development in the upper Yangtze area to develop an economy based on industries with distinguished local features in line with the natural resources available, socio-economic conditions and market requirements. In the mountainous regions in the upper Yangtze, following industries can be considered at first: (1) natural products for medicine industries; (2) natural products for chemical industries and perfumery; (3) natural products for dye industries; (4) industries for organic foods and health-care products; (5) eco-tourism; (6) ecological agriculture and specialty agriculture; (7) hydro-electricity industries. The authors also suggest replacing firewood with electricity in the rural mountain areas aided by government programs in order to reduce the pressures on natural forests resulting from firewood collection. It also solves the problem that many farmers are short of firewood for daily energy consumption after the enactment of the logging ban. Finally, this paper discusses strategies to support the system and the engineering system of ecological shelter zone reconstruction.

Key words: ecological shelter zone; upper Yangtze River; functional division; ecological reconstruction; ecological security; sustainable development

文章编号:1000-0933(2004)03-0617-13 中图分类号:Q14 文献标识码:A

长江上游下起宜昌,上溯直门,地跨我国大地形的第1和第2级阶梯,垂直海拔高度从400~500 m到5000 m以上,相对高差超过4000 m,地貌类型复杂多样。流域面积105.4万km²,占整个长江流域面积的58.9%;人口1.63亿,占长江流域的40%左右,是我国藏、羌、彝、苗和土家等少数民族的重要聚居区^[1]。由于其处于我国东西部政治、经济和文化的过渡及交汇区,因此,其对长江流域乃至全国的可持续发展具有重要的战略意义。然而,多年来,由于人为的破坏,上游的生态环境严重恶化,制约了该区域乃至长江中下游地区的可持续发展。为此,建设长江上游的生态屏障已成为全国上下的一致呼声,地处长江上游的地方政府也将建设长江上游生态屏障作为西部大开发的战略目标之一^[2];同时,我国其他省区政府也将本省区的生态屏障建设纳入

到政府部门的工作重点当中^[3~5]。但目前学术界对生态屏障建设的有关问题并无统一的认识,不同的行业和学者都正在对生态屏障建设的有关问题进行探索^[2],所以,有必要对生态屏障建设的有关问题进行深入研究。笔者结合在长江上游多年的实践,就长江上游生态屏障建设的相关问题进行探讨,目的是与同行讨论,以利于促进长江上游地区的生态建设。

1 生态屏障的有关概念、功能与特点

1.1 “生态屏障”一词的由来

笔者检索了中国科学引文数据库(1994~2002年),发现在被收录于中国科学引文数据库的学术刊物中,“生态屏障”作为关键词,最早出现在1999年^[6]。2001年,该关键词在上述学术刊物中出现了7次;2002年,出现了5次。以“生态屏障”作为关键词,通过在网站(www.google.com)上搜寻,发现该词出现了6530次(2003年3月17日查)。

1.2 “生态屏障”一词的英文表述

在学术刊物中,生态屏障一词先后有学者用 ecological barrier^[7~10]、ecological shelter^[11]、ecological protective screen^[2,3,12]和 ecological defense^[4,13]等词组来表述。用上述4个英文词组作为关键词在雅虎网站(www.yahoo.com)上查询,则其所有的词出现的次数分别为10400、91300、107000、177000次,其作为固定的词组分别出现了12、54、13和147次(2003年3月17日查)。检索结果显示,ecological protective screen 多作为我国所指的生态屏障的表达,ecological shelter 多作为生态庇护所的表达,ecological barrier 多指阻止物种迁徙的自然屏障,ecological defense 多指阻止物种进入的人为屏障。笔者认为,用上述英文词组来表达生态屏障,都有其合理性;但是,都难以包含“生态屏障”的所有功能与特点。相对而言,“ecological shelter zone”具有“生态屏障”的更多含义和因果关系,所以,笔者倾向于用“ecological shelter zone”作为“生态屏障”一词的英文表述。生态屏障建设则类似于英语中的“ecosystem restoration”或“restoration of protective ecosystem functions”。

1.3 生态屏障的概念

尽管有关“生态屏障”的论述颇多,但什么叫生态屏障,目前尚无统一的认识^[2]。已出现的有关“生态屏障”的概念的论述有两例:杨冬生认为“生态屏障”是指“一个物质能量良性循环的生态系统,它的输入、输出对相邻环境具有保护性作用”,但未进一步探讨其内涵^[2]。陈国阶认为,“生态屏障”指“生态系统的结构和功能,能起到维护生态安全的作用,包括生态系统本身处于较完善的稳定良性循环状态,处于顶级群落或向顶级群落演化的状态;同时,生态系统的结构和功能符合人类生存和发展的生态要求”^[13]。上述两位学者在对于“生态屏障”的表述和理解上有差异,前者强调对环境的保护作用,后者强调维护生态安全的作用,并符合人类生存与发展的需求。他们的理解也有共同特点:即强调生态系统的良好功能,强调生态屏障本身的保护作用。他们的表述对于正确认识和深入理解“生态屏障”的内涵,无疑具有重要的启迪作用,但这些表述也有值得商榷的地方。即:前者未强调对生物包括生物多样性的保护,也未强调在大尺度上对区域或国家的生态安全与可持续发展的作用;后者只强调了在大尺度下的生态安全,未强调在局部地段(小尺度)的保护作用。两者都较少强调生态系统的耗散结构与自组织能力,缺乏对“生态屏障”的功能与特点,尤其是对功能在不同尺度上的转化的详细阐述。生态屏障就是指在一个区域的关键地段,有一个具有良好结构的生态系统(很显然植被生态系统是生态屏障的主体及第一要素,但不是全部),依靠其自生的自我维持与自我调控能力,对系统外或内的生态环境与生物具有生态学意义的保护作用与功能,是维护区域乃至国家生态安全与可持续发展的结构与功能体系。这种功能性保护作用在小尺度上表现为对环境与生物的保护,在大尺度上,则叠加为保障区域或国家的生态安全与可持续发展;该功能性保护作用在不同尺度上的转化类似于整体与局部、系统与构件的关系,也只有局部的功能得到优化,整体的功能才能大于各局部功能的总和,才能真正保障区域或国家的生态安全与可持续发展。我国亚热带地区马尾松人工林病虫害大面积泛滥成灾,这是局部功能因树种单一、多样性低等未得到优化,不同尺度的生态系统健康状况恶化,而使整体功能远小于各局部功能的总和,未真正起到保障区域生态安全与可持续发展的作用。反过来,要使整体功能最大,保障区域或国家的生态安全与可持续发展的能力最强,就必须使各系统功能得到最佳的优化组合。按照这个观点,应该说,所有的生态建设项目包括三北防护林工程、天然林资源保护工程、退耕还林(草)工程、河流湖泊污染治理工程和草地沙化治理工程等都是建设生态屏障的重要措施。但是,这些已建成的工程是否达到了“生态屏障”所应具备的功能,可否叫做“生态屏障”,至少在学术上,应对照“生态屏障”的定义、功能和特点,根据其结构和功能的恢复以及其功能发挥程度来判定。这显然和社会上认同的“生态屏障”的含义有别。本文讨论“生态屏障”概念的目的不是为了评价已建成的生态工程是否是“生态屏障”,而是为未来的生态屏障建设提供借鉴。上述概念也表明:生态屏障建设的核心是生态功能的恢复与生态系统健康的建设,因此不能简单等同于造林工程,造林仅是生态屏障建设的一个重要措施或环节。在学术上,生态屏障的保护功能与作用包括以下几方面。

1.3.1 过滤器功能(Filter function)

指生态屏障对从系统外进入或从系统内流出的物质有一定的过滤功效。这一功能的突出表现是森林生态系统所具有的净化水源、减少污染、提高水质与空气质量的作用。如河渠两岸的森林以及平原农田区的网状森林,可以拦截农药与化肥残留物适当吸附或净化,降低流入沟渠、运河的水中农药的残留浓度,从而使森林在农地的非点源污染源和河渠之间起到过滤器的作用。通常来说,在大型能耗工业开发区周围营造防护林带,则可通过森林的降解作用对

工业区排放的废水、废气、废渣等起到过滤作用,使排到防护林带外的水、气等得到一定程度的净化。

1.3.2 缓冲器功能(Buffer function) 指生态屏障对来自外界或内部的干扰有一定的缓冲能力,以保持系统的相对稳定性。例如,由于成熟的森林中具有合理的乔、灌、草结构,从而增加了系统表层构造面的粗糙度,降低了水流速度,使得泥沙在通过森林的过程中,滞留于林地,从而减少了林中泻出溪流中的泥沙含量。在小流域的下段部位建造森林生态屏障,可以作为从整个流域上卜下来的地表径流和携带泥土的缓冲器,起到保持水土的作用。同时,由于森林植被具有重新分配降水的功能,延缓了洪水汇流成洪峰的时间,因此,对洪峰的形成也起到了缓冲器的作用。

1.3.3 隔板功能(Screen function) 由于生境异质性的存在,在生态系统的内部与外部,生境条件会发生很大变化,这使得系统界面对生物流动、甚至物质信息交流起到类似细胞膜的隔板作用。如在川西北的高寒湿地中,水生生物与其周边的旱地生物之间就存在着这样的作用,因此,高原湿地生态系统就与邻近草甸草地系统有着不同的生态学过程与动态特征。同时,就一个陡坡山体来看,森林对其上部表土因重力而下滑也可起到隔板功能,从而可减少水土流失与滑坡发生的强度与频度。因此,隔板功能的作用范围要视研究的系统尺度来定,对于生态治理来说,发掘治理范围内(该尺度内)的隔板功能是十分重要的。

1.3.4 庇护所功能(Shelter function) 指植被生态系统作为物种基因库的功能。森林为动物、植物(尤其是草本和灌木)、微生物和人类的繁衍与生存提供了生境与食源。对于一个成熟的森林生态系统来说,乔木以外的植物通常可占植物数量的60%~80%,但人们研究森林时却常常忽略这些植物的多样性^[14]。河流两岸的植被对于水中的生物是至关重要的,它增加了水中的植物碎屑和无脊椎动物,并提供了荫蔽的环境,为提高水中鱼类的生境质量起到了庇护所的作用。但遗憾的是,目前在我国许多城市的河道治理工程中,常常用混凝土将河岸砌成“死墙”,使河岸绿化带的庇护功能丧失。片段化的森林虽然并不十分影响其内部物种的生境条件,但却不利于很多物种的基因交流与种群繁衍。于是,在近年来的生态保护中,不少人强调建立生命廊道(Biological movement/travel corridor);但对于廊道的生态效应,学术界目前还存在着不少分歧^[15~18]。

1.3.5 水源涵养功能(Green-tree reservoirs function/sponge function of forests) 指生态系统具有良好的涵养水源的功能。在一个结构良好的森林生态系统中,堆积的枯落物可阻碍地表水的流出,而且由于土壤发育良好,土壤有着松软而发达的团粒结构,渗水性能优。因此,从这种森林地面流出的水就比较少,降雨后河流不会立即涨水,而且渗透到地下的水也是缓慢地流出,所以河流的流量可以保持平稳,这就是涵养功能的实质。长江上游地区的森林覆盖率大幅度下降后的一个明显变化就是河流的洪枯差距加大,这在岷江上游地区十分明显^[1]。

1.3.6 精神美学功能(Aesthetics function) 指系统具有旅游、休憩、科普教育、文化和美学等方面的作用。为了减少对林木的采伐,发掘这些功能和作用是目前生态治理可持续进行的关键,因为这往往是林区可长期利用的唯一资源。

1.4 生态屏障的特点

1.4.1 人为目的性(Objective characteristic) 尽管在多数情况下,某一生态屏障能提供多个防护作用与功能,但当建设生态屏障的目标不一样时,则生态屏障的内涵是不一样的。如生态屏障的目的是保护大熊猫,则应在大熊猫适宜分布区恢复和重建大熊猫的适宜生境;如生态屏障的目的是净化水质,则应选择对某一污染物吸收与转化功能很强的物种;如目的是保持水土,则应选择固土与保水能力强的物种去构建生态屏障。如要发挥生态系统的隔板作用,就要保护好天然的生态系统,因为一个天然的成熟生态系统往往对外来物种具有“抗性”,如川西北的若儿盖湿地就是防止西北旱生物种向东南入侵的天然隔板。

1.4.2 景观尺度性(Dimensional characteristics) 不同景观尺度范围内,生态屏障的具体构成、功能与目的也是不一样的。就我国而言,沿东北大兴安岭-吕梁山-六盘山-西倾山直至青藏高原东缘一线,分为东南半壁湿润森林区与西北半壁干旱、半干旱草原、荒漠少林区。四川西部高山、亚高山正处于我国东南与西北两大区域的前沿地带,该区域的森林生态系统(特别是亚高山暗针叶林)对于调节气候,稳定目前的气候格局,保持我国东南半壁的湿润气候特点,防治西北地区向更为干旱化的趋势发展,具有十分重要的意义。就长江流域而言,该区域又是长江的源头区,其森林生态系统对长江流域的水量调节具有重要意义,因此,其屏障作用包括庇护所和水源涵养功能。但就具体的某一小流域而言,小流域中下部位的森林对于减少地表径流的泥沙含量具有重要的过滤作用,因此,小流域的治理要从这些部位入手,分段实施,这在岷江上游大沟小流域的治理中已得到证实。

正是由于生态屏障具有景观尺度性,才使得生态屏障在大尺度的构成上具有空间异质性和多样性。宜农则农,宜牧则牧,宜林则林,宜灌则灌。因此,在建设生态屏障时,必须遵循自然规律,因地制宜,分段分片实施。这种景观尺度性也导致生态系统的功能在不同尺度范围内发生转化、叠加和升华,即当尺度很小的时候,生态屏障只对局部地段的生物与环境有保护作用;当尺度足够大的时候,各种尺度下的系统功能可以优化、组合、叠加,从而对整个流域乃至国家的生态安全与可持续发展起到保障作用。

景观尺度性特点也表明,生态屏障往往是处于区域内的关键地段上(而不是该区域的全部),能对区域的生态安全与可持续发展有保障。另一方面,不同景观尺度范围内的关键地段对不同区域的重要性是不同的,这就是为什么不同尺度区域内的关键地段可能各不相同的原因。

1.4.3 地域性(Regional characteristic) 在不同的区域,人们对生态屏障作用的要求是不一样的。就长江上游地区而言,人们对青藏高原东缘森林主要是强调其涵养水源作用;对四川盆地丘陵区而言,主要是强调其保持水土的作用;在成、渝两特大城市周边地区,则强调其过滤器和缓冲器功能;而对于目前不断进行梯级电站开发河流中的回游性鱼类来说,生态屏障意味着保持畅通而健康的河流系统。因此,尽管生态屏障有一致的概念上的含义,但生态屏障建设是没有统一模式的。

2 长江上游生态屏障的分区及功能

生态屏障建设主要是恢复重建生态系统的功能,而有关生态屏障的功能分区的研究是生态屏障功能重建与恢复的基础,因此,必须加强生态屏障功能分区的研究。关于生态屏障的分区及功能,已有学者进行过探讨^[7,8]。骆建国等将长江上游的四川部分分为:(1)川西高山高原水源涵养功能区;(2)川西南山地水源涵养水土保持功能区;(3)盆周山地水土保持水源涵养功能区;(4)盆地低山丘陵水土保持生态农业功能区^[7]。周立江依据长江上游主要生态安全问题和建立生态屏障的地位与作用,分为西部水源涵养生态屏障、东部水土保持生态屏障、城乡环境绿化生态屏障、生物多样性保护等4个方面^[8]。可以看出,骆建国等人对生态屏障的划分主要强调森林的水土保持与水源涵养功能方面(即本文提到的涵养功能、过滤器功能等);而周立江的划分增加了生物多样性(即在功能上增加了庇护所功能),还有一些功能未涉及。他们二人的分区结果也有些差异,分区也未涉及到整个长江上游。这说明,在长江上游生态屏障的功能分区方面,目前还没有统一的认识和科学的标准,不同学者都在结合实际进行探索。因而,有必要对这些问题进行讨论。

2.1 分区原则

2.1.1 植被功能与解决环境突出问题相统一的原则 植被生态系统具有多种生态防护功能。显然,不同地区的关键生态问题是不一致的,而生态屏障建设的目标是要最大限度地解决这些关键的生态环境问题。因而,在分区的时候,首要考虑的是植被功能与解决环境突出问题相统一,这样,才便于有目的地改善生态环境。

2.1.2 植被多种功能相耦合但要突出关键功能的原则 任何区域的植被生态屏障都具有过滤器、缓冲器、隔板、庇护所、涵养和美学等多种功能,但对于某一地区而言,总有一种或两到三种最为主要的功能。因此,在分区的时候,应抓住关键功能。

2.1.3 植被功能与地形地貌、气候相结合的原则 植被生态系统是一定地形地貌与气候条件下的产物,而且多数突出的环境问题也往往与地形地貌及气候相关。因此,在分区时,应考虑植被功能与地形地貌和气候相结合的原则。

2.1.4 分区原则的说明 尽管长江上游生态屏障的功能分区与植被^[19]和森林^[20]的分区有联系,但有明显的不同。主要区别在于对象不同,前者的区划对象是植被(包括森林)功能与突出环境问题等的组合,后者的区划对象是植被或森林^[19,20]。同时,本分区是立足于整个长江上游的大尺度下做的,而小于这个尺度下的功能分区因生态问题、功能、人们的需求和环境因素之间极其错综复杂的关系尚难以细划,这尚需要进一步探讨。在分区的冠名上,本文的分区名称包括了各区域生态屏障的主要功能或主要需要解决的环境问题,当然,上述二者往往是难以截然分割的,并常成因果关系。本分区只说明了在这些特定的区域,生态屏障的功能以及有关建设的目标,而未标识出这些特定区域的关键地段。在生态屏障建设时,应进一步剖析这些特定区域的关键地段,以进行生态屏障建设。

2.2 分区结果及简述

2.2.1 高寒源区水源涵养与生物多样性保护生态屏障 主要包括长江上游的重要支流如金沙江、雅砻江、岷江、大渡河等的源区。地形地貌主要以丘状高原、山原为主,植被主要包括高山草甸、沼泽与湿地、灌丛、块状森林等。该区域积雪量大,有众多的高山、高原湖泊和沼泽,是重要的水源涵养区。同时,该区域处于世界第三极——青藏高原东部,具有特殊的生境条件,孕育了很多特有物种;也是我国西北半干旱区与东南湿润区物种的交汇过渡区,对于稳定两大不同生态类型区物种的现有分布格局具有重要意义,因而,该区域也是重要的生物多样性保护区。

2.2.2 川西高山峡谷水源涵养水土保持与生物多样性保护生态屏障 包括甘孜、阿坝、凉山州等部分区域。其特点是河谷深切,山高、坡陡,其山地上部接雪线、冰川等,这些区域对于稳定山体上部的积雪与冰川有重要作用,反映了该区域在涵养水源方面具有重要意义。同时,由于地形地貌复杂、破碎,水土流失严重,因而,保持水土也是该区域生态建设的重要任务之一。该区域山体从上到下包含了寒带、温带、亚热带等气候条件,分布有亚高山草甸、灌丛、暗针叶林、针阔混交林、温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林等植被类型,形成了多种生物生存的环境条件,因而,也是物种多样性保护的重点区域之一。

2.2.3 华西雨屏水源涵养、水土保持生态屏障 华西雨屏区指沿雷波-峨边-马边-峨眉-洪雅-雅安-都江堰-绵阳-北川-安县一线的狭长地段,绵延数百里,该区域的植被在很大程度上处于青藏高原东缘与四川盆地的过渡区域,这些区域也是我国亚热带西部——四川盆地原始常绿阔叶林的主要分布与保护区,在生物多样性的保护方面有其特殊意义,但其在水源涵养、水土保持方面的功能更为突出。该区域的特殊地理位置造就了独特的气候条件,即降水量是全国最丰富的地区之一。如峨眉山年降雨量达2506.1mm、日照时数4d、降雨日数264.4d^[20];洪雅瓦屋山地区年降雨量为2558mm、蒸发量达364mm、雾日数279d、雨日数278d^[21~23]。这表明,该区域是长江上游重要的水源补给区,其水资源丰富程度远超过著名的川西高山峡谷区^[24,25]。在我国目前

水资源日益短缺、水污染愈趋严重的形势下,该区域的水源涵养功能对于生态安全、社会稳定与可持续发展具有极为重要的作用。该区域多特大暴雨和大暴雨,日降水量可达 203~324mm,6~9 月份的降水量占全年的 57.3%~65.4%;加之山高、坡陡,人为开垦严重,山洪、泥石流和滑坡等自然灾害频繁发生,因而,该区域的生态屏障建设必须兼顾水土保持功能^[21,24]。

2.2.4 四川盆地低山丘陵水土流失治理生态屏障 四川盆地低山丘陵区是主要的农区,面积约 88000 多 km²^[2,19],复垦指数高,森林覆盖率低,地表破碎、水土流失严重。尤其是四川坡耕地 327 万 hm² 中,坡度大于 25°以上的达 77 万 hm²,占耕地总量的 11%,远高于全国 4%的平均水平^[2],是长江上游河流泥沙的主要策源地^[26]。因此,该区域的主要的生态问题是水土流失,生态屏障建设的目标是减少水土流失。

2.2.5 平原农田林网农残留吸附净化生态屏障 主要包括:(1)岷江、沱江上游在龙门山前地带所形成的冲积、洪积扇成都平原,覆盖大邑、温江、什邡、都江堰、龙泉、双流、新津、彭山、眉山以及成都市区;(2)重庆的垫江、梁平、开江一带的山间带状湖沼相堆积平原;(3)长江上游各支流在四川盆地内所形成的沿河流两岸分布的河滩阶地,如涪江在遂宁、青衣江在雅安、沱江在资阳与内江、嘉陵江在南充与合川、长江在泸州至合江一带,都有广泛的冲积平原;(4)丘原地区的河谷两岸所形成的河滩地、洪积扇等。平原区的特点是人口稠密,村镇集中,农业精耕细作(目前,丘原地区的河滩地、洪积扇除外,但也是潜在的未来的农业精耕细作区),经济条件相对较好,化肥与农药的施用量相对更大。突出的生态问题主要是农业面源污染,大量化学农药、化学肥料残留。因此,本区域生态屏障建设的目的是在关键地段,营造一个良好的生态系统,使得残留的农药化肥等能被植被生态系统吸附、分解,从而降低土壤和水体中的化学农药与化肥的残留量。

2.2.6 秦巴山地生物多样性保护与水土流失治理生态屏障 秦巴山地为东西向构造,包括沿广元-旺苍-通江-南江-巴中一线的广大区域,是我国南北气候、自然景观的分界线。由于该区域受山岳冰川的影响较小,且是我国南北与东西物种的交汇过渡区。因而,是我国亚热带和温带多种古植物的起源中心之一^[19]。该区域生态屏障建设的主要目标之一是生物多样性保护。该区域的水土流失也十分严重,因此,在生物多样性保护的同时,必须兼顾水土流失的治理。

2.2.7 川、滇、黔相邻生物多样性保护与水土流失治理生态屏障 川、滇、黔相邻区是我国多种热带和亚热带植物的起源中心之一^[19]。因而,这些区域的生态屏障建设的主要目标之一是生物多样性保护。该区域地形破碎、土层浅薄,石灰岩广泛出露,岩溶地貌极其发育,森林植被退化,人为干扰破坏大,坡耕地较多,水土流失是本区域的一个突出生态问题。所以,该区域应建成生物多样性保护与水土流失治理生态屏障。

2.2.8 城市、道路、水库、工厂、旅游与自然保护区等特殊功能群的生态屏障 城市、道路、水库、工厂、旅游与自然保护区镶嵌分布于长江上游,有的成网状交织。这些群体往往要求具备特殊的功能,如城市生态屏障要求系统能吸尘、吸滞废气(如 SO₂、NO、NO₂ 等)、消除噪声、庇荫、提供美学精神粮食等,尤其是长江上游的大中城市的生态屏障建设尤为突出。道路主要包括铁路、高速公路以及其它道路,道路生态屏障建设要求具备稳固边坡、吸滞废气、消除噪声,提供美学精神粮食,但又不影响车辆驾驶员的视野和分散其注意力。水库的生态屏障建设要求系统涵养水源、净化水质以及提供美学精神食粮。工厂周围的生态屏障主要应具备减少污染的功能。旅游与自然保护区(包括野生植物园、野生动物园、生态园区)的生态屏障建设主要要求系统具有庇护所功能,能容纳并孕育更多物种种类(即生物基因库)或某一目的物种更多数量的个体,同时要求系统能为人类提供更多的科普、娱乐、休憩等方面的功能。长江上游地区有近 100 个自然保护区,但彼此间断分散,当其不利于某些受保护的物种的种群繁衍时,建立生命廊道则是该物种的生态屏障建设的主要内容。河流系统也是长江上游生态屏障建设的重要对象之一,上游河流的主要问题包括:(1)水体污染,仅四川就有 80%的河流受到不同程度的污染^[2];(2)水量洪枯季节分配不均,(3)梯级电站的开发,导致水体生物多样性减少,有些特有物种消失或绝灭。因而,河流系统生态屏障建设的目标是保护水生生物的多样性,净化水质、减少污染,涵养水源、保持水土。对于部分多发洪灾且又处于多雨区的河流系统,可选择对水消耗量大、且固土保水能力又很强的树种营建河岸林。庭院及生态聚落的生态屏障建设主要要求系统具备调节气候、防风固土(沙)和美化环境等功能。

3 长江上游生态屏障建设的内容

杨冬生根据生态屏障建设的对象,将生态屏障建设的内容指定为森林生态系统、草地生态系统、农田生态系统、城市生态系统和河流生态系统的建设^[2]。笔者认为,在狭义上,生态屏障建设就是根据人们的需求,按照生态学的有关原理,结合自然社会经济条件,在关键地段,人为促进生态系统结构和生产力的改善以及物质循环和能量流动的良性化发展,恢复系统的自我维持与自我调控能力,最后使系统内外的环境与生物个体组合具有生态学意义的保护性功能与作用,在区域尺度上,成为维护区域或国家生态安全与可持续发展的结构与功能体系。因此,生态屏障建设的首要内容,就是在关键地段,建造或促进形成合理的具有良好生态功能的结构;建设的核心目标是生态功能的恢复,而造林、种草、坡改梯、污染治理等都是生态屏障建设的措施或环节。由于影响生态屏障建设成效的因素还包含科技支撑体系、辅助支撑体系等,所以,生态屏障建设的内容至少包括生态屏障科技支撑体系、辅助支撑体系和工程体系 3 方面,因而,生态屏障建设是一项系统工程。

3.1 生态屏障科技支撑体系的建設

生态屏障建设的主体是合理增加植被覆盖率,改善陆地生态系统的结构,恢复并提高其生态功能。应该说,在生态屏障建设的道路上,我国已取得了卓越的成绩。但是,目前的科学技术并不能完全满足“生态屏障”建设的需求。

3.1.1 植被恢复技术和关键理论的欠缺或不足,使得完成植被恢复的任务十分艰难 目前在川、滇、黔相邻生物多样性保护与水土流失治理生态屏障区,至少有高海拔常绿阔叶林采伐迹地;在川西高山峡谷区,至少有亚高山阳坡、亚高山林(灌)草交错带、河谷下部干旱地段等广柔地区成为植被恢复的攻坚地段。其中,长江上游的干旱河谷是最为困难的植被恢复地段,已被我国一些学者称为世界性的技术难题^[27]。长江上游的干旱河谷广泛分布于东经 98~104°、北纬 26~33°之间的川西地区,包括龙门山、邛崃山、大小相岭以西的甘孜州、阿坝州、凉山州、攀枝花市及雅安市的汉源、石棉等地区。其中,横断山东部的金沙江、雅砻江、大渡河、岷江等干流及支流的河谷为干旱河谷的集中分布地段,面积 66.7 万 hm^2 ^[28]。这些区域尽管热量有差异,但共同的问题是降水稀少,蒸发是降水量的数倍,且降雨量主要集中于 6~9 月份。如岷江上游汶川县年降雨量为 513.7mm,蒸发量为 1882.0 mm,蒸发量是降雨量的 3.7 倍;金沙江的得荣县年降雨量为 324.7 mm,蒸发量为 1725.0 mm,蒸发量是降雨量的 5.3 倍^[26]。干旱是这些区域植被恢复的限制性因素。尽管我国有很多学者围绕长江上游干旱河谷的成因、演变和治理等问题进行了大量探讨,但总体来说,仍未形成成熟的治理途径和方法,且干旱河谷面积与干旱化程度有扩大的趋势^[29~32]。同时,不同学者对干旱河谷的理解也不同。有的学者将干旱河谷所在的整个山体都包括在干旱河谷内,如将岷江上游汶川、理县和茂县等地的干旱分布幅度定为海拔 2200~3200m,并提出了一些治理途径与模式^[33]。事实上,干旱河谷所在的山体仅山坡下段为真正的干旱河谷,而随着海拔的升高,气候逐渐转变为半湿润或湿润气候,水分限制性因子已不存在,植被很易恢复。虽然对干旱河谷的植被恢复技术有一些研究结果^[34],但从应用于实践来说,仍属个例。在“七五”实施长江防护林工程后,特别在国家实施天然林资源保护工程和退耕还林工程之后,国家投入了大量的经费用于植被恢复,但这些地段植被恢复的成效仍十分缓慢。因此,这些区域的造林被一些社会学者认为是技术路线的错误^[35]。那么,这些区域能否造林(即立地水分条件能否满足树木生长的最低需求?树木能否成活和完成生活史?)、可不可以造林(即造林后,是否会带来更大的生态危机,如因树木蒸腾耗水的作用,会否使干旱河谷地段更为干燥,扩张速度加快,并向半荒漠化加速演进)等关键性理论问题也未得到科学有效的证明。此外,在干旱河谷自然灌草植被动态的过程与机制方面的研究也十分薄弱,使得在这些特殊的区域进行生态屏障建设时带有盲目性,也缺乏有效的灌草植被恢复技术体系。

3.1.2 造林物种单一,是生态屏障建设取得更大成效的又一瓶颈 长江上游和青藏高原东缘是我国也是世界上的生物多样性中心之一,可供选择的阔叶树种、灌木十分丰富。目前,有关单位正在开始对乡土阔叶物种进行研究,并应用于生产实践中,如对连香树的应用等^[36]。但是,对于众多的乡土阔叶物种而言,至今仍然缺乏对这些物种的生物生态学特性的研究,更未形成成熟的乡土物种良种采种、育苗和造林的成套技术体系。导致在目前的生态屏障建设中,所用的树种依然多是柏木、杉木、马尾松、柳杉、油松、云杉等针叶树种,使得生态屏障建设与过去的造林工程没有多少区别,即没有突出生态屏障建设强调的功能恢复问题。树种的单一已带来了严重的生态后果。突出问题之一是病虫害严重,如长江上游低山丘陵区人工林病虫害发生面积已达 150~170 万 hm^2/a ,危害面积 100~120 万 hm^2/a ,病虫害爆发周期也从原来的 8~9a 缩短为 3~5a,直接经济损失达 6.3~7.5 亿元/a,目前因受害被砍伐的林分已达 500 万 hm^2 ,相当于整个“长江防护林工程”第一期的造林面积^[26]。突出的问题之二,是人工林严重退化,生态效益差。我国人工林面积已达 3397 万 hm^2 ,至少 334 万 hm^2 人工林衰退;杉木林 767 万 hm^2 ,至少 180 万 hm^2 衰退,占 24%^[37]。而长江上游的人工林地力退化趋势十分明显,水土流失严重,物种多样性和生物生产力极低^[27]。

3.1.3 无合理的规划将影响生态屏障建设的实施及生态防护效果 规划人员缺乏对特定区域环境条件的分析,研究数据缺乏,不注重规划以及对被规划区的不熟悉等都将导致产生不合理的规划,从而影响甚至阻碍生态屏障建设。长江上游是我国的三大林区之一,其森林资源也较为丰富。仅四川的林地面积就为 2672.2 万 hm^2 ,占全省土地总面积的 54.66%,占全国总林业用地面积的 10.16%^[36,37];无林地面积只占全省林业用地面积的 16.09%^[20,40]。四川省 1992 年的森林覆盖率为 20.37%,仅次于黑龙江、云南、吉林、广东四省,居全国第 5 位^[38~40],1997 年的森林覆盖率为 24.43%^[41]。四川作为国家西部大开发战略中生态建设的重点实施区,到 2005 年,将通过退耕还林工程等新增森林面积 200 万 hm^2 ^①。尽管长江上游有诸多的特殊因素,如地形地貌、气候条件、森林构成本身的问题(如林地、林种、林龄等构成的不合理等)影响了长江上游森林生态功能的发挥;但是,现实的数据是,长江上游 60%的泥沙来自坡耕地^[42]。这固然说明了坡耕地的生态治理是当务之急,但同时也表明影响森林生态防护功能本身效能的因素是植被与地形地貌和气候等自然条件的有机耦合,同一片森林在坡地上和在平地上所起到的防护作用的价值显然是不一样的。同时,也表明森林的布局应以解决突出的生态问题为核心。但是,长江上游森林自然地理分布格局极不平

① 草正其:地方数据,建设生态屏障,促进可持续发展——在西部地区退耕还林与可持续发展研讨会的讲话,2000.西部高级科技论坛会议交流论文。

衡。以四川为例,川西北地区林分面积和蓄积量分别占全省的 42.22%和 66.75%,四川盆地边缘区占 24.07%和 17.30%,川西南地区占 15.79%和 11.53%,四川盆地中部占 17.74%和 6.56%;而林地覆盖率则是盆地边缘区为 41.13%,川西南地区为 31.70%,盆地地区为 21.24%,川西北地区仅为 18.89%^[41]。就四川的成都、自贡、攀枝花、德阳、绵阳、泸州、广元、遂宁、南充、内江、乐山、宜宾、广安、达川、巴中、雅安、甘孜、阿坝、凉山等 19 个地级行政区的林业面积占其辖区面积的比例而言,最高的是雅安市,为 69.37%,最低的是内江市,为 9.9%^[43,44]。就上述辖区的森林覆盖率而言,攀枝花在四川全省最高,为 31.5%,甘孜、宜宾、自贡、南充、成都、内江等地不足 10%,而成都和内江分别仅为 3.6%与 2.6%^[20,45]。以县行政区为单位,有的不足 1.0%^[32]。国家实施的天然林资源保护工程和退耕还林工程在四川省主要集中于甘孜、阿坝、凉山州及乐山、雅安等市所辖的 65 个县^①,恰好集中于森林分布与保存较为丰富的地区。这使得本来森林资源较为丰富的地区,植被面积扩大更多;而那些森林覆盖率较少的地区,森林植被的增加较少或无,这无疑加大了本来森林植被分布格局就不平衡的状态。这种不合理的森林植被分布格局显然会影响到生态屏障的建设及其功能效益的发挥。固然,将所有区域都恢复成森林是好的,但这对于目前存在巨大人口压力的情况下是不可能的,也是不必要的。所以,生态屏障建设是要在一些关键地区或一些区域的关键地段建造合理的植被,在空间异质性上,得到植被分布的优化组合,从而起到关键性的保护作用;这不同于目前在生态建设工程中,按辖区为单元划分任务的做法。在相同的投入情况下,这种按辖区划分任务的做法所产生的生态防护效应远远低于按生态屏障建设的做法的功效。因而,从生态屏障的建设及其功能的发挥出发,合理的森林恢复与建设布局规划就显得十分必要。事实上,越来越多的学者已意识到森林合理布局的重要性,并提出了一些布局的原则和分区^[5,7,24,46],且有学者提出了骨干防护林的概念^[24]。这些研究尽管多以解决水土流失为核心,且区域面积未包含整个长江上游,但仍然可以为长江上游生态屏障建设的合理规划布局提供一些参考。在规划时,要与当地农户接洽,以便于避免在选择恢复地时与农户存在土地利用方式的分歧。

3.1.4 植被健康管理技术缺乏,将制约目标的实现 我国人工林面积已达 3397 万 hm^2 ^[37],四川省人工林已达 277.94 万 hm^2 ^[41]。目前建成和正在建设的人工纯林面积正日益扩大,从植被覆盖率来说,成功了;但从“生态屏障”的功能发挥与建设来说,则未真正完成,因为这又孕育了新的生态危机,如病害、虫害的大爆发,水土流失加剧,生物多样性的丧失等。过去将造成这些危机的原因多归结于树种(物种)组成单一^[26,27]。事实上,其本质的直接原因还是缺乏植被健康管理技术。由于森林土壤种子库是巨大的种源,因而,一个人工植被系统的物种组成与空间垂直结构的完善主要取决于立地的物种承载力,尤其是上层林木的郁闭度状况(即林冠下各层次的光照条件)。有研究表明,同期栽种的人工林下的物种的繁茂主要依赖于上层林木的郁闭度,郁闭度较少的林分孕育有更多的植物物种^[47]。可见,提高林下的光照条件,增加林下物种,主要是应调节林冠层关键(或目的)种群的密度。我国对种群密度调节的研究报道很多,但其出发点往往立足于经济效益的角度,即如何提高目的物种的生长,而从生态经济效益的角度来研究密度调节的报道很少,且多为静态研究^[48]。混交林和林下补植也需要密度调节。在当前的生态屏障建设中,植被的经济效益仅是一个方面,而生态效益则是一个重点。很显然,原有的以经济效益为核心的密度调节研究难以满足新形势下的需求,因而,加强以生态效益为核心的密度(生态密度和生态经济密度(2))调节研究,对于生态屏障建设及其功能的发挥有重要的现实意义。当然,这种密度调节应该是动态的,也要因树种、立地条件以及其它环境因子的不同而有差异。

3.2 辅助支撑体系建设

长江上游地区森林退化的原因包括自然(如火灾、雪灾、病害等)和人为因素,但总的来说,人为破坏是主要的。1998 年,四川率先实施了天然林资源保护工程,禁止采伐商品材;1999 年,又实施了退耕还林(草)工程;长江上游的其它省市(区)也相继启动了上述两大工程,这无疑为生态屏障建设迈出了关键的第一步。但同时,由于人口的压力和两大工程对当地社会经济所带来的一些负面影响,又制约了生态屏障建设的步伐与成效。所以辅助支撑体系建设主要指去除或减少人为破坏因素或压力的相应体系建设。

3.2.1 解决农民增收的支撑体系建设 天然林资源保护工程与退耕还林工程的实施,对实施区的各级政府、企业和人民的收入都有较大的影响。以天然林资源保护工程为例,仅四川的阿坝州、甘孜州、凉山州的农牧民减少的收入分别共计 1449 万元、15671 万元和 7424 万元;三州城乡居民人均减少收入分别为 150 元、190 元和 24 元;农牧民减少的收入分别为 180 元、214 元和 35 元;造成了 3 万多人下岗,涉及 22.32 亿元产值丧失^[49]。相对而言,农民受的影响更大。政府增税、企业增效与农民增收的问题几乎是联系在一起的。这就要求解决:(1)下岗人员的分流与再就业,(2)政府增税、企业增效、尤其是农民的增收问题。

长江上游的自然资源主要具有以下优势:(1)生态类型复杂,立体气候多样,具有从亚热带到寒温带等多种气候类型。这一方面孕育了多样化的物种,另一方面,也提供了生产多样化产品的潜力。(2)经济林木、野生动植物、菌类资源十分丰富。其中,仅四川的药用、油料、芳香油、淀粉、纤维、单宁、树脂、维生素、虫胶和虫蜡类等植物就达 3000 多种,是我国药用植物生产的主要基

地之一,其产量约占全国的 $1/3^{[19]}$,这就为发展山区特色经济奠定了资源基础。(3)独特的生态旅游资源极为富有。长江上游民族风情及文化特色鲜明,文化的涵化现象明显,文化多样性丰富^[50]。同时,自然景观复杂,名胜古迹、历史文物多样,其旅游资源在我国具有十分重要且不可替代的地位^[51]。(4)水电资源丰富。长江上游大小河流 1000 多条,水资源十分富有。仅金沙江、雅砻江、岷江、嘉陵江、大渡河等干支流的河川径流总量就达 9508 亿 m^3 ,相当于长江河川径流总量的 52%(大通站),占全国河川径流总量的 17%;而岷江上游的平均径流量就相当于黄河的 $1/4$ 、淮河的 $1/3^{[13]}$ 。由于水量充沛,梯级落差大,因而,水电蕴藏量尤其富有,可共开发的装机容量 14766 万 $kW^{[52]}$,长江流域综合利用规划中装机容量超过 2500MW 的 16 座大型水电站全部位于长江上游^[53]。仅在四川目前勘测规划的装机容量达 500kW 以上的电站就达 1062 座,可开发水能的装机容量 9166 万 kW ,年发电量可达 5150 亿度^[54]。

长江上游的区域经济发展不平衡,广大山区的生产力与经济状况相对落后,起点低,这就为新成果、新技术、新模式的运用提供了巨大的空间。因此,坚持以市场为导向,以多样性为基础,以食物链为网络,将生态链与产业链有机整合,发展以下特色产业与特色经济是很有前途的:(1)天然药物产业,如以优势中药现代化加工的中药材产业,通过提炼、分离、提纯单体或有明显功效单体组合的新药产业;(2)天然日用化工、香原料产业;(3)天然染料及天然工业原料产业;(4)天然食品、保健品,绿色食品与有机食品产业,如多种精品食用菌,著名的各种有机豆类、饮料、牛羊肉草饲牲畜现代化饲养业等;(5)生态旅游业,将自然风光、风土人情、独特文化、历史古迹文物等有机融合,追求旅游的科普、历史、文化、参与、娱乐和欣赏性;(6)发展生态农业与特色农业;(7)发展水电产业。通过发展以上产业,逐步进行产业结构调整,为农村提供更多的就业服务机会,减轻农民对土地的压力和依赖性,引导农民逐步转移到有利于生态屏障建设的其它特色增殖型产业上来;并通过聚落生态建设,把农民从生存环境条件恶劣的区域转移到集中的城镇,发展第二、三产业,提高其经济收入,促进区域的可持续发展。

3.2.2 实施以电代柴工程体系建设 天然林禁伐,主要指禁止采伐商品用材。而其它用材,如农区修房造屋、薪柴等生活用材则不包括在内。有资料显示,我国农村每年要烧掉 1.8 亿 t 薪柴和近 3 亿 t 秸秆,而全国包括用材林、防护林及村庄四旁树木在内的所有森林,能作为燃料向农村提供的薪柴仅 8900 万 t,不足需要薪柴的 $1/2^{①}$ 。这说明,在全国范围内,农民对薪柴的需求是十分巨大的,这也是森林过伐,生态环境恶化的主要原因之一。在长江上游地区,农民对薪柴的需求更为巨大,而不得不过量采伐森林,从而影响了生态屏障建设的成效。以四川为例,利用 1996 年的统计资料,商品材、烧材、自用材及其它消耗材的比重分别为 49.4%、25.7%、12.5%、12.4%;根据年消耗总量及比重,计算出居民(包括农民)自用的森林资源消耗每年为 1365.27 万 m^3 ,其中薪柴消耗 693.43 万 m^3 ;而天然林年总生长量 2952.12 万 m^3 ,人工林年总生长量 405.96 万 $m^3^{[41]}$;人们自用的消耗占四川森林年生长总量的 40.66%,薪柴(烤火、煮饭、烧水、煮饲料等)占 20.65%。根据李裕提供的天然林与人工林平均蓄积量等数据反推^[41],那么,每年人们自用的消耗相当于毁坏 8.95 万 hm^2 天然林或 43.86 万 hm^2 人工林;每年薪柴的消耗相当于毁坏天然林 4.55 万 hm^2 或人工林 22.28 万 hm^2 。以退耕还林政策(补助种苗费 750 元/ hm^2 、现金补贴 5a 共计 1500 元/ hm^2 ,生态林原粮 5 年共计 11250 kg/ hm^2)为计算依据,原粮按 1.0 元/kg 折算,则每公顷投入 13500 元(事实上,长江上游干旱河谷区工程造林成本为 10500~21000 元/ $hm^2^{[55]}$,也有专家认为至少不低于 30000 元/ $hm^2^{[55]}$),营造相当于每年因人们自用和薪柴消耗的人工林要分别投入 59 亿元和 30 亿元。有专家统计,整个长江上游森林未禁伐前的商品材采伐量只为薪柴采伐的 0.27 倍,每年所需要的薪柴为 1500 万 $m^3^{[56]}$,相当于毁坏 9.84 万 hm^2 /年的天然林或 48.19 万 hm^2 /年的人工林,若按上述成本核算,则每年营造因薪柴砍伐所需要的投入为 65 亿元。以上数据表明:(1)自用材、尤其薪柴消耗量十分巨大,人工林每年的生长量远不够人们作为薪柴的消耗;(2)尽管这些数据和计算方法不很精确,但说明,要重新营造人们因烧材所毁掉的森林的代价十分巨大;仅禁伐商品材,而不解决林区的能源问题,那么,禁伐的效果是十分小的^[56]。(3)由于长江上游多山区,这些区域的人口在快速增加,因气候等寒冷,人们对薪柴的消耗量也将会增加很快。(4)如不解决山区居民的薪柴问题,则生态屏障建设的净成效的进度将十分缓慢。

由于该区域水能资源丰富,鉴于山区地广人稀,条件恶劣,建设四通八达的电网在目前尚不现实。因而,修建小型水电站,有条件的地方,适当移民建镇,集中管理,减免居民的电费,实现以电代柴,是解决当前这些问题的一个费省效宏的根本途径。

3.2.3 山羊等牲畜设施圈养体系建设 遍山放养牲畜是山区农民的传统习惯,也是获取经济收入的重要来源。放养牲畜的数量十分巨大,对植被的破坏十分严重。其中,山羊的破坏性尤为最大。仅在四川的阿坝州,放养山羊的存栏数达 30 万只,其收入占当地农户收入的 20%~30%^[35]。由于旅游业等对烤羊的大量需求以及养羊的市场前景乐观,山羊的数量将快速增加。山羊以采食禾草、灌丛、树叶为主,且山羊多散放于生态环境极端脆弱区,不但破坏了原有的灌草植被,也破坏了新栽的林木,加剧了环境的退化,这明显制约了生态屏障建设的成效。因此,必须通过退耕还草来建设饲草基地,实行设施圈养。

—— 万方数据 ——

① 中国能源研究会,中国能源现状及展望,1984,北京. 348.

3.2.4 其它辅助体系建设 包括(1)科普教育与技术推广体系。提高居民的生态意思、文化素质和劳动技能,吸引社会各界的广泛参与。(2)资金筹集及投放体系。根据“谁受益谁承担的原则”,长江中下游是长江上游生态屏障的最大受益者之一,通过税收建立生态补偿基金^[27,57],通过国家、各国际组织、企业和个人共同承担资金来源,建立生态建设基金和基金投放体系。(3)相关法律、法规的制定与完善建设,将生态建设纳入法制化轨道^[26]。(4)监测、评价与监督、监理体系建设^[58]。(5)人口控制与优生优育体系建设^[26]。

3.3 工程体系建设

工程体系建设指建立一套完善的生态屏障建设与管理所涉及到的全过程各环节的技术体系。包括从种子园建立、种子采集、储藏、运输,苗圃建设与良种育(壮)苗,到工程施工,如立地选择、树(草)种组成、密度、整地方式与规格、栽植方法、抚育技术、管理技术、退化草地治理技术、生态农业优化调控技术、生态修复技术以及生态工程等一系列技术体系。

References:

- [1] Wu N, Liu Q. Ecological environment and strategies of sustainable development on the upper reaches of the Yangtze River. *World Science Technology and Development*, 1999, **21**(3): 70~73.
- [2] Yang D S. On the construction of ecological protective screen for the upper reaches of Yangtze River. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2002, **23**(1): 1~6.
- [3] Ji W J, Hao Y L. Build ecological protective screen for railways in western China. *Journal of Railway Engineer Society*, 2002, **73**(1): 82~85.
- [4] Teng X G. To mitigate the worsen situation on the ecological system by application modern scientific method to improve the utilization of the national resources. *Inner Mongolia Investigation and Design*, 2001, **24**(3): 3~5.
- [5] Wang B, Jia W G. On forestry ecological pattern in Jiangsu Province. *Forestry Development*, 2001, **6**: 7~12.
- [6] Cai M S, Shen S S. Construction ecological shelter by forest banning. *Fujian Soil and Water Conservation*, 1999, **11**(4): 33~34.
- [7] Lou J G, Pan F M. The conception of the Changjiang River headwater' ecological barrier construction in Sichuan Province. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 2001, **4**: 9~15.
- [8] Zhou L J. The fundamental frame and index system of the Changjiang River headwater' ecological barrier construction. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 2001, **4**: 1~8.
- [9] Lan L D. Discussion about ecological barrier' construction principle and countermeasures in the Changjiang River headwaters. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, 2001, **4**: 28~32.
- [10] Tao L. Re~construction ecological barrier of the upper reaches of Yangtze River to promote Yangtze Basin's sustainable development. *Journal of Sichuan Administrative Collage*, 2002, 43~46.
- [11] Luo L S. Build the Huaying Mountain into an ecological shelter of eastern Sichuan. *Sichuan Environment*, 2001, **20**(4): 53~56.
- [12] Du W Q, Luo Z B, Li G M. About the construction of ecological protective screen and economic and technical measures for the development of ecological industry. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2002, **23**(1): 20~26.
- [13] Chen G J. An approach on constructing ecological defense of the upper reaches of the Yangtze River Basin. *J. of Mountain Science*, 2002, **20**(5): 536~541.
- [14] Clewell A F, Goolsby J A and Shuey A G. Riverine forests of the South Prong Alafia River system. *Wetlands*, 1982, **2**: 21~72.
- [15] Simberloff D, Farr J A, Cox J, et al. Movement corridors: conservation bargains or poor investment. *Conservation Biology*, 1992, **6**: 493~504.
- [16] Hobbs R L. The role of corridors in conservation solution or bandwagon. *Trend in Ecology and Evolution*, 1992, **7**: 389~392.
- [17] Rosenberg D K, Noon B R, Meslow E C. Biological corridors: form, function, and efficacy. *Bioscience*, 1997, **47**(10): 677~687.
- [18] Tiebout H M III and Anderson R A. Comparison of corridors and intrinsic connectivity to promote dispersal in transient successional landscapes. *Conservation Biology*, 1997, **11**(3): 620~627.
- [19] Sichuan vegetation committee. *Sichuan vegetation*. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1980.
- [20] Yang Y B Li C B. *Sichuan Forest*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1992.
- [21] Pan K W, Liu C L, Liu Z G, et al. Climate resource and its utilization strategies in Wa Wu Mountain area. *Chin. Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(2): 1~8.
- [22] Pan K W, Zhang Y M, Liu Z G, et al. Comparative study on the microclimate of vegetation over different successional stages of *Castanopsis platyacantha*-*Schima sinensis* formation in the central subtropical zone in Sichuan province. *Acta Phytocological Sinica*, 2002, **26**(2): 195~202.
- [23] Pan K W, Zhang Y B. Percentage of soil absolute moisture content at different succession stages of *Castanopsis platyacantha*-*Schima sinensis* formation in central subtropical zone of Sichuan province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, **14**(2): 165~169.
- [24] Yu S Q, Chen L W, Wang J, et al. Establishing technologies on eco-economics type protection forest system protection in Chuanjiang valley: layout for key shelter forests. *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1996, **13**(3): 354~358.
- [25] Pan K W, Liu Z G. Preliminary study on the growth law of *Picea asperata* and *P. wilsonii* artificial community on clear-cut area. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1999, **5**(1): 1~7.
- [26] Liu Z G, Pan K W. Difficulties and strategies for the de-farming of steep cropland in the upper reaches of the Yangtze River. *Resources*

and Environment in the Yangtze Basin, 2001, **10**(5):426~431.

- [27] Li X W, Luo C D, Hu T X, *et al.* Suggestions on restoration and reconstruction of degraded forest ecosystem in the upper reaches of Yangtze River. *Acta Ecological Sinica*, 2001, **21**(12):2117~2124.
- [28] Wang J X. Ecological environment and returning farmland to forestland. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2001, **22**(1):27~31.
- [29] Zhang R Z. *Dry valley in Hengduan mountain region*. Beijing: Science and Technology Press, 1992.
- [30] Li C B. *Forest ecological study in Sichuan*. Chengdu: Publishing House of Chengdu Science and Technology University, 1990.
- [31] Liu Z G, Wu N. Construction of water-shelter and ecological environment on the upper reaches of Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1993, **4**(6):465~476.
- [32] Yang Y P. *Reseraches on the Chuanjiang protection forests in the upper reaches of the Changjiang River*. Beijing: Science and Technology Press, 1993.
- [33] Liu X L, Mu C L, Xiang C H, *et al.* Natural features of arid river valleys in western Sichuan and their vegetation restoring and reestablishing ways. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2001, **22**(2):10~17.
- [34] Shen Y X, Zhang Y D, Liu W Y. Plant rehabilitation on degraded land at debris-prone dry valley. *Journal of Mountain Science*, 2002, **20**(2):188~193.
- [35] Guo X M. Main problems and suggestions on the ecological construction in the dry valley in Sichuan Province. *Social Science Research*, 2001, **5**:33~36.
- [36] Pan K W, Liu Z G. The contents and accumulation distribution and circulation of nutrient elements in the artificial *Cercidiphyllum japonicum* community. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, **37**(2):1~12.
- [37] Huang H Y, Sheng W T. The current condition and strategies of Forestland degraded in China. *Chinese Forestry*, 1994, **8**:35~36.
- [38] Sichuan Statistic Bureau. *Sichuan Statistic Annual* (2000). Beijing: China Statistic Press, 2000.
- [39] Chinese Central Statistic Department. *China Statistic Annual* (2000). Beijing: China Statistic Press, 2000.
- [40] Deng K M. Sustainable development of forestry resources on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of National Resources*, 2000, **15**(4):340~347.
- [41] Li Y. Analysis on the dynamics of forest resources in Sichuan forest region. *Forest Science and Technology*, 2000, **7**:25~27.
- [42] Yue B L, Su Z X, Zhou P. Ecological suggestion for project on returning farmland to forestland (grassland) in the Sichuan Province. *Journal of Sichuan Teachers College* (Natural Science), 2002, **23**(1):75~78.
- [43] Zhang Y C, Gao X M, Su Z X, *et al.* Sustainable development of forestry resources in Sichuan province. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2002, **11**(3):224~228.
- [44] Sichuan Statistic Bureau, Administrative Office of Sichuan Government, *Decade development in Sichuan* (1978~1998). Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1998.
- [45] Zhu P F, Li D R. *Sichuan forest soil*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1989.
- [46] YU S Q, Chen L W, Wang J, *et al.* Layout for key shelter-forest pattern in the processes of construction on eco-economics type protection forest system in Chuanjiang valley. *Science and Technology of Water Shelter Forest*, 1996, **2**:30~33.
- [47] Pan K W. Structures of the artificial mixed forests in the clear-cut area of subalpine dark coniferous forests on the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1999, **17**(2):130~136.
- [48] Ye G F, Lin W X, Zhang S S, *et al.* Effects of various density management resources on Chinese fir stand growth and ecology. *Journal of Fujian Forestry Science*, 1995, **22**(3):1~8.
- [49] Zhou K Q, Fu L P, Zhang Y H. On the analysis of cost-benefit and government role in the projects of returning farmland to forestland and forest banning. *Advanced Discussion in Sichuan Province*, 2002, **4**:32~37.
- [50] Wu N, Luo P, Yan Z L. Acculturation and Cultural Diversity on the Upper Minjiang River. *J. of Mountain Science*, 2003, **21**(1):16~23.
- [51] Wang K. Analysis on difference of main tourism resources between provinces. *Geography and Territorial Research*, 1999, **15**(3):69~74.
- [52] Administrative group of ecological and environment research on Three Gorge project, CAS. *Effect of Three Gorge project on ecological environment and its' strategies*. Beijing: Science and Technology Press, 1988.
- [53] Chen J S. Hydropower development and hydraulic research on Yangtze Upper Reach. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 1996, **13**(1):1~8.
- [54] Chen G J. Some problems of the studies on hydropower construction and it environment impact in the upper reaches of Yangtze River. *Sichuan Environment*, 1994, **13**(1):6~11.
- [55] Chen G J. Problems and countermeasures in returning cultivated land in steep hills into forest and in banning deforestation in the upper reaches of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2001, **10**(6):544~549.
- [56] Zhang Z L, Li C X, Wang Y C. Report on ecological environment of forest region on the upper reaches of Yangtze River. *Theory and Reform*, 2001, **6**:118~121.
- [57] Zhong Z L, Ou M H, Dong Y H. Economic compensation for eco-reconstruction in upper basin of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2001, **10**(1):22~27.
- [58] Tong 万方数据. Investigation and management on silviculture in the project of natural resources banning. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2000, **19**(3):21~23.

参考文献:

- [1] 吴宁,刘庆.长江上游地区的生态环境与可持续发展战略.世界科技研究与发展,1999,21(3):70~73.
- [2] 杨冬生.论建设长江上游生态屏障.四川林业科技,2002,23(1):1~6.
- [3] 季文军,郝毓灵.构筑西部铁路的生态屏障.铁道工程学报,2002,73(1):82~85.
- [4] 藤晓光.利用现代科技手段,提高资源利用能力,遏制内蒙古生态环境的恶化趋势.内蒙古林业勘察设计,2001,24(3):3~5.
- [5] 王彬,贾卫国.江苏省森林生态体系布局的研究.林业建设,2001,6:7~12.
- [6] 蔡明孙,沈世生.抓封山育林,筑生态屏障.福建水土保持,1999,11(4):33~34.
- [7] 骆建国,潘发明.四川长江上游生态屏障建设布局的构想.四川林勘设计,2001,4:9~15.
- [8] 周立江.长江上游生态屏障建设的基本构架和指标体系.四川林勘设计,2001,4:1~8.
- [9] 兰立达.长江上游生态屏障建设原则及对策措施的探讨.四川林勘设计,2001,4:28~32.
- [10] 陶莉.重构长江中上游生态屏障,确保长江流域的可持续发展.四川行政学院学报,2002,43~46.
- [11] 罗龙胜.将华蓥山建设成川东生态屏障.四川环境,2001,20(4):53~56.
- [12] 杜万全,罗增斌,李国明.生态屏障建设与生态产业发展的经济技术措施.四川林业科技,2002,23(1):20~26.
- [13] 陈国阶.对建设长江上游生态屏障的探讨.山地学报,2002,20(5):536~541.
- [19] 四川植被协作组.四川植被.成都:四川人民出版社,1980.
- [20] 杨玉坡,李承彪主编.四川森林.北京:中国林业出版社,1992.
- [21] 潘开文,刘朝禄,刘照光,等.四川瓦屋山地区气候资源特点与利用对策.山地学报,2000,18(2):122~128.
- [22] 潘开文,张咏梅,刘照光,等.四川中亚热带扁刺栎~华木荷群系不同演替阶段林内小气候的比较.植物生态学报,2002,26(2):195~202.
- [23] 潘开文,张远彬.四川中亚热带扁刺栎~华木荷群系不同演替阶段土壤含水率的研究.应用生态学报,2003,14(2):165~169.
- [24] 余树全,陈林武,王江,等.川江流域生态经济型防护林体系建设技术——骨干防护林布局.浙江林学院学报,1996,13(3):354~358.
- [25] 潘开文,刘照光.采伐迹地青杆和云杉两种人工群落生长规律的初步研究.应用与环境生物学报,1999,5(1):1~7.
- [26] 刘照光,潘开文.长江上游陡坡耕地退耕的难点与对策.长江流域资源与环境,2001,10(5):426~431.
- [27] 李贤伟,罗承德,胡庭兴,等.长江上游退化森林生态系统恢复与重建议.生态学报,2001,21(12):2117~2124.
- [28] 王金锡.四川西部干旱河谷的生态环境与退耕还林.四川林业科技,2001,22(1):27~31.
- [29] 张荣祖主编.横段山山地干旱河谷.北京:科学出版社,1992.
- [30] 李承彪主编.四川森林生态研究.成都:成都科技大学出版社,1990.
- [31] 刘照光,吴宁.长江上游防护林与流域生态环境建设战略.长江流域资源与环境,1993,4(6):465~476.
- [32] 杨玉坡.长江上游(川江)防护林研究.北京:科学出版社,1993.
- [33] 刘兴良,慕长龙,向成华,等.四川西部干旱河谷自然特征及植被恢复与重建途径.四川林业科技,2001,22(2):10~17.
- [34] 沈有信,张彦东,刘文耀.泥石流多发干旱河谷区植被恢复研究.山地学报,2002,20(2):188~193.
- [35] 郭晓明.四川干旱河谷地区生态建设的主要问题与对策建议.社会科学研究,2001,5:33~36.
- [36] 潘开文,刘照光.连香树人工幼林群落营养元素含量、积累分配和循环.林业科学,2001,37(2):1~12.
- [37] 黄鹤羽,盛炜彤.我国人工林地力衰退现状与对策.中国林业,94,8:35~36.
- [38] 四川省统计局.四川统计年鉴(2000).北京:中国统计出版社,2000.
- [39] 国家统计局.中国统计年鉴.北京:中国统计出版社,2000.
- [40] 邓坤枚.青藏高原林业资源的可持续发展探讨.资源学报,2000,15(4):340~347.
- [41] 李裕.四川林区森林资源消长和发展分析.林业科技通讯,2000,7:25~27.
- [42] 岳宝良,苏智先,周平.四川省实施退耕还林(草)工程的生态学建议.四川师范学院学报(自然科学版),2002,23(1):75~78.
- [43] 张运春,高贤明,苏智先,等.四川森林资源的可持续发展.长江流域资源与环境,2002,11(3):224~228.
- [44] 四川省统计局,四川省人民政府目标管理办公室.四川社会发展二十年(1978~1998).成都:四川人民出版社,1998.
- [45] 朱鹏飞,李德融.四川森林土壤.成都:四川科学技术出版社,1989.
- [46] 余树全,陈林武,王江,等.川江流域生态经济型防护林体系建设中骨干防护林布局.防护林科技,1996,2:30~33.
- [47] 潘开文.岷江上游暗针叶林采伐迹地人工混交林群落结构.武汉植物学研究,1999,17(2):130~136.
- [48] 叶功富,林武星,张水松,等.不同密度管理措施对杉木林分的生长、生态效应的研究.福建林业科技,1995,22(3):1~8.
- [49] 周克清,付利平,张月华.天然林保护工程的成本、受益分析与政府职能研究.天府新论,2002,4:32~37.
- [50] 吴宁,罗鹏,晏兆丽.涵化与岷江上游的文化多样性.山地学报,2003,21(1):16~23.
- [51] 王凯.中国主要旅游资源赋存的省际差异分析.地理学与国土研究,1999,15(3):69~74.
- [52] 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组.长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究.北京:科学出版社,1988.
- [53] 陈济生.长江上游水电开发与水力学研究.长江科学院院报,1996,13(1):1~8.
- [54] 陈国阶.长江上游水电建设与环境的影响研究若干问题.四川环境,1994,13(1):6~11.
- [55] 陈国阶.长江上游退耕还林与天然林资源保护的问题与对策.长江流域资源与环境,2001,10(6):544~549.
- [56] 张凤祥,李崇喜,王云川.关于长江上游林区生态环境的调查报告.理论与改革,2001,6:118~121.
- [57] 宗臻铃,欧名豪,董元华,等.长江上游地区生态重建的经济补偿机制探析.长江流域资源与环境,2001,10(1):22~27.
- [58] 童建明.天然林资源保护工程中营造林工程实施监理初探.中南林业调查规划,2000,19(3):21~23.