维普资讯 http://www.cqvip.com

第26卷第4期
2006年4月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.26, No.4
Apr., 2006

GIS支持下的中国西部公路建设生态影响区划

黄晓霞[1,2], 江 源[1,*], 顾 卫[1], 戴泉玉[3], 沈 毅[3], 晏晓林[3]

(1. 北京师范大学资源学院, 北京师范大学中国生态资产评估研究中心, 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 2. 云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650091; 3. 交通部公路科学研究所, 北京 100088)

摘要: 根据公路的线形景观结构及其对生态系统影响特征, 构建了公路建设对生物多样性潜在影响指数(B), 以及反映区域生态系统对公路建设扰动的抵抗能力和生态恢复难易程度的生态脆弱性指数(EV), 运用GIS技术, 以25km×25km的像元分别计算该两个指数的数值。以计算结果为依据, 结合公路建设中造成的边坡侵蚀类型, 完成了中国西部公路建设生态影响区划。该区划包括3个公路边坡侵蚀影响大区, 10个生物多样性潜在影响区和32个生态易损性小区。西部公路建设生态影响区划的研究结果表明, 西部地区今后公路建设中生态保护的重点内容具有明显区域差异, 因而不同区域应采取的保护措施也应不尽相同。

关键词: 公路; 生态影响; 区划; 中国西部

文章编号: 1000-0933(2006)04-1221-10 **中图分类号**: Q149 **文献标识码**: A

GIS-based regionalization of the ecological impact relating to highway construction in west China

HUANG Xiao-Xia[1,2], JIANG Yuan[1,*], GU Wei[1], DAI Quan-Yu[3], SHEN Yi[3], YAN Xiao-Lin[3] (1. *College of Resources Science & Technology, China Ecological Capital Assessment Research Center at Beijing Normal University, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing Normal University, Beijing*, 100875, *China*; 2. *College of Resources Environment and Earth Science, Yunnan University Kunming* 650091, *China*; 3. *Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing* 100088, *China*). ***Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1221 ~ 1230.**

Abstract: The aims of this study are to distinguish the spatial difference of the ecological impacts relating to highway systems and characterize this difference in West China, through a regionalization in terms of potential soil erosion and biodiversity loss in the future along with highway construction, as well as the local ecosystem vulnerability against the highway construction disturbance.

For evaluating the highway construction impacts on local ecosystems and analyzing the difference of those impacts over West China, the following indexes have been developed in order to take into account the impacts based on each pixel of 25 × 25 km^2 with GIS support.

① Biodiversity impact index (B) The index B has been applied to evaluating the intensity of potential impacts of highway construction on local biodiversity. The hypothesis for the evaluation is that the potential impacts of highway construction on local biodiversity will grow notably with the increases of vegetation diversity, the amount of high rank nature reserves, the richness of endemic elements of taxonomy and the fragmentation of landscape. B has been therefore defined as:

基金项目: 国家交通部西部交通建设科技资助项目; 公路路域生态技术研究资助项目(200331822333); 国家自然科学基金资助项目(403271043); 北京师范大学创新研究群体资助项目

收稿日期: 2005-01-11; **修订日期**: 2005-06-27

作者简介: 黄晓霞(1978~), 女, 广西柳州人, 博士. 主要从事植被生态学, 景观生态学研究. E-mail: huangxx@ynu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangy@bnu.edu.cn

Foundation item: The project was supported by Science and Technology Program for Communication Development in West China; Ecological Engineering in disturbed ecosystems resulted from highway construction (No. 200331822333), National Natural Science Foundation of China (No. 403271043); BNU Scientific Creation Team

Received date: 2005-01-11; **Accepted date**: 2005-06-27

Biography: HUANG Xiao-Xia, Ph. D., mainly engaged in vegetation ecology, and landscape ecology. E-mail: huangxx@ynu.edu.cn

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$B = D + S + I$$

where D is the diversity index of vegetation type described by Shannon-Weaver Index; S is the richness class of total endemic plant genera in each province; and I is the segregation grade of fauna and flora, which is constructed on the basis of landscape ecology theory and calculated by the following formula:

$$I = \frac{1}{M}\left(\sum_{i=1}^{4} a_i L_i + \sum_{j=1}^{4} b_j S_j\right)$$

where I is the segregation grade of fauna and flora for a mesh in highway network; M is the area of a mesh; L_i is the total length of highway class i within a mesh; S_j the number of nature reserves at rank j within a mesh; and a_i and b_j the weight shares for highway class i and nature reserves rank j respectively.

② Ecological vulnerability index (EV)

The index EV has been used to revealing the vulnerability of local ecosystem to the disturbance resulted from highway construction. EV consists of four parameters:

$$EV = A + R + H + X$$

where A, R and H represent aridity, erodible grade of the surface materials and the relative altitudinal difference, respectively; X represents the intensity of the erosion agent, which is the number of days per year with strong wind in wind erosion region or the number of days per year with heavy rains in water erosion region. In the region where strong frozen erosion happens far and wide, X represents the temperature class, which can be an index reflecting the sensibility of the frost.

The regionalization is conducted by top-down dividing strategy at the first level, and then by bottom-up merging strategy at the second and the third levels. According to the main erosion type on the disturbed sites resulted from highway construction, the West China has been first divided into three domains, namely, water erosion domain, wind erosion domain and frozen erosion domain. Based on the distribution pattern of the biodiversity impact index B, each domain has been in turn divided into several different regions, and totally 10 regions have been distinguished in West China. Finally, the ecological vulnerability index EV, calculated for each domain separately, has been used to divide the regions further into 32 different sub-regions by merging similar meshes and pixels.

The result of the regionalization presented here suggests that: 1) the southwest mountainous area, partly located at the margin of Qinghai-Tibetan Plateau, has not only high diversity of vegetation types but also high richness of endemic plants. For the sake of the highway management at present and the highway design and construction in future, a special attention must be paid to biodiversity conservation and biological invasion prevention; 2) the Sichuan Province and the east Yunnan Province bear a heavy fragmentation caused by highway network. The connecting corridors for animals among different patches embedded in highway network should be built, and the further fragmentation should be prohibited as strictly as possible in the future highway construction; 3) In sub-regions with high vulnerability the strong measures of preventing land from soil erosion at the highway construction sites must be taken before, during and after the construction in various aspects.

Key words: highway; ecological impacts; regionalization; west China

公路建设和发展虽能带动区域经济增长,但不可避免地会造成生态影响。西部属我国生态环境敏感地区,生态平衡一旦破坏,则很难恢复,其影响范围不仅限于西部本身,还会对中、东部地区造成极大威胁。我国西部面积广阔,自然条件复杂,不同地区公路建设中面临的主要生态问题也不尽相同,恢复工程难易程度差别显著,因此,有必要针对不同地区公路建设引发的主要生态问题进行西部公路建设生态影响区划,以便在公路设计、建设和运营管理中采取并且实施目标明确、重点突出的生态保护措施。

我国的区划研究工作从1950s开始,至今已经取得了很多研究成果。早期区划工作主要集中在综合自然地理、植被、土壤等部门自然地理区划以及农业区划和林业区划研究。1959年中国科学院自然区划工作委员会的《中国综合自然区划(初稿)》[1]、1980年的全国农业自然资源调查和农业区划委员会再次编写的区划方

维普资讯 http://www.cqvip.com

案以及中国植被编辑委员会的植被区划调整与修订方案[2,3]、张荣祖1979年提出并经多次修改的动物地理区划[4]等都是较早时期区划工作的重要研究成果。与公路建设有关的区划工作则以服务于公路路基、路面的设计、施工与养护为目的的公路自然区划[5]最具有代表性。1980s之后,区划工作研究内容更加广泛,特别是1990s以来,区划工作从早期以服务于农林牧业生产为主要目的扩展到服务于生态建设、生物多样性保护等多种领域。例如傅伯杰等提出的、综合考虑自然环境特征和人类活动的影响过程、整合特征区划和功能区划的中国生态区划的方案[6,7],倪健等以生态系统结构、功能和动态的空间分异性为基础的,针对生物多样性保护需要而完成的中国生态地理区划[8],以及解焱等针对植物和哺乳动物分布特点,综合反映我国动植物分布规律的中国生物地理区划[9]等,对近年来我国区划研究工作的新进展具有很好的代表性。

公路作为线性工程,所引发的生态问题有其特殊性。以往和近期的区划工作虽然为进行西部公路生态影响区划提供了丰富的科学基础和依据,但公路作为线形景观单元,其廊道功能和切割作用对于动植物活动与分布形成的阻隔效应以及由此造成的对生物多样性的影响,区域生态系统受到公路建设破坏性扰动后的恢复能力以及实施生态恢复措施的难易程度等,都是公路生态影响区划中所面临的特殊问题,因此有必要在方法和内容上进行专门研究和探讨。

本文通过实地考察,并借鉴其他相关研究[10~14],在分析我国西部公路建设已经和可能造成的主要生态影响,探讨各类问题对不同地区潜在影响程度的基础上,进行西部公路建设生态影响区划。主要目标是:(1)针对公路生态影响区划中的特殊问题,探索能够将景观切割度对生物多样性潜在影响整合到区划内容中的研究方法;(2)辨识西部各地区与公路建设相关的主要生态问题,反映西部公路建设和运营生态影响的基本现状;(3)揭示公路建设在不同区域可能造成的主要生态问题及其严重程度,为制定合理的公路生态保护措施和规划提供科学依据。

1 研究方法

1.1 区划原则、区划等级系统及其划分依据

所采用的区划原则包括以下4个方面:(1)主要生态问题类型及其组合的区域分异性与区域完整性相结合原则;(2)综合分析与主导因素相结合原则;(3)为西部公路建设中生态环境保护服务原则;(4)地域组合及生态影响程度相似性和差异性原则。

区划采用3级制,根据生态问题存在的普遍性确定等级高低,即生态问题在各个区域中存在的普遍性愈高,针对该问题区划的等级单位也愈高;仅仅在局部或者部分地区出现的生态问题,只能在较低级别的区划单位中有所反映。区划等级划分依据如下:

第1级 公路边坡侵蚀影响大区:公路建设造成所经地区边坡土壤侵蚀是西部各地区普遍存在的问题。但因侵蚀营力不同,不同区域中公路边坡的主要侵蚀类型不同。第1级区划单位用大写罗马字母Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ表示。

第2级 生物多样性潜在影响区:主要根据植被类型多样性、植物区系特有成分数量、公路对景观的切割程度以及对动物活动的阻隔效应进行划分。在一级区划基础上,每个大区都进一步被划分为多个二级区域,用大写英文字母A,B,C,… 表示。

第3级 生态易损性小区:反映不同区域中公路建设生态问题的潜在严重性及生态恢复的难易程度,也反映不同地区存在的特殊生态问题。小区用阿拉伯数字1,2,3,… 表示。

1.2 指标选择及其计算方法

根据综合与主导因素原则,对3级区划分别选取如下指标:

公路边坡侵蚀影响大区 指标选取主要反映边坡侵蚀类型及其组合。

根据侵蚀外营力类型,将西部首先划分为3个公路边坡侵蚀大区:Ⅰ——东部边坡水蚀大区、Ⅱ——西北部边坡风蚀大区、Ⅲ——青藏高原边坡冻融侵蚀大区。每个大区中以一种边坡侵蚀外营力为主,同时也存在其它外营力,但分布面积和作用强度有限。

维普资讯 http://www.cqvip.com

生物多样性潜在影响区　采用生物多样性潜在影响度指数进行区划。在判断公路建设对生物多样性潜在影响程度过程中，植被类型愈丰富、特有属愈多、已建公路对区域切割程度和对动物阻隔效应愈强的区域，被认为是未来修建公路时对生物多样性潜在影响强烈的区域，也是今后公路设计和建设中应该尽量避免穿行和干扰的区域。据此，公路对生物多样性潜在影响程度指数定义如下：

$$B = D + S + I \tag{1}$$

式中，B 是公路对生物多样性潜在影响度指数，D 是植被类型多样性（以 Shannon-Weaver 指数表示），S 是植物的特有属多度等级，I 是对野生动物的隔离效应强度指数。

其中公路对动物阻隔效应指数（I）（无量纲指数）采用以下公式计算：

$$I = \frac{1}{M}\left(\sum_{i=1}^{4} a_i L_i + \sum_{j=1}^{4} b_j S_j\right) \tag{2}$$

式中，I 为对任一公路网网眼的阻隔效应指数，M 为公路网网眼面积，L_i 为网眼内未闭合路段 i 等级公路总长度，S_j 为网眼内 j 类保护区的总个数，a_i 为 i 等级公路权重（根据道路宽度和是否有封闭围栏确定），b_j 为 j 级保护区权重。各指标权重采用专家咨询法进行赋值，其中各级公路及保护区的权重如表1。从式(2)可看出，公路网切割区域单位面积内的公路和保护区愈多，公路等级愈高，阻隔作用越强。由于该参数中同时包含着动物保护区数目和公路对区域的切割程度，因此该参数同时也反映着景观切割度及其对动物的影响（图1）。

表1　公路及保护区权重表

Table 1　Weight of highways and nature reserves

公路级别/保护区等级 Highway class/Nature reserves level	权重 Weight
高速公路/国家级保护区 Expressway/Reserve at state level	10
国道/省级保护区 State highway/Reserve at province level	5
省道/市级保护区 Province highway/Reserve at city level	3
建设中道路/县级保护区 Highway in construction/Reserve at county level	2

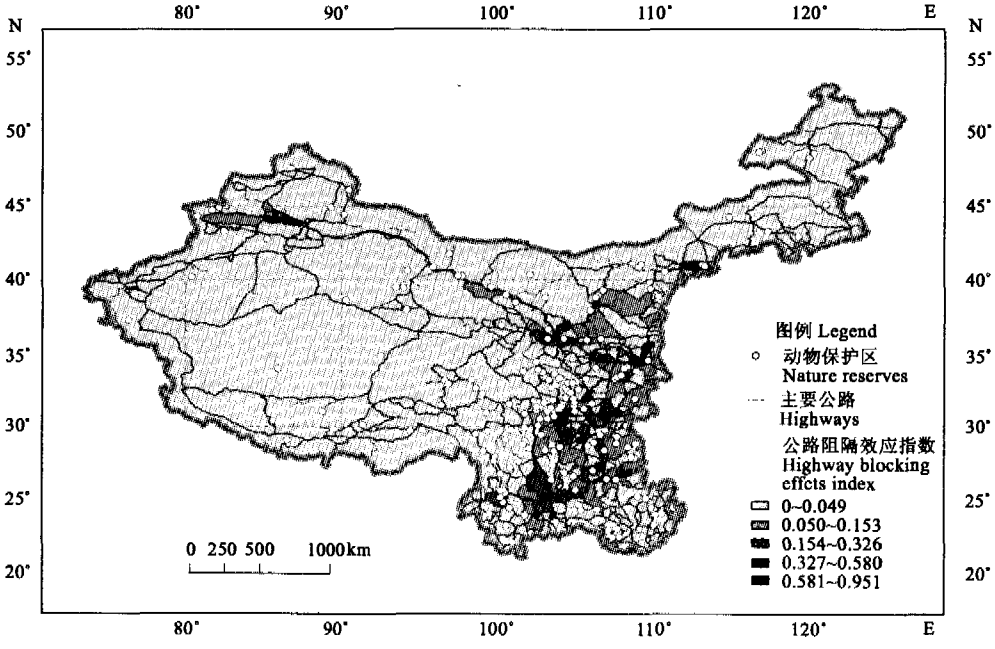

图1　西部公路对动物阻隔效应指数分布

Fig.1　Index of highway blocking effects (I) on animals in west China

植被类型多样性指数（D）的计算方法是，采用 25×25 km^2 网格，计算各个网格中植被类型构成的多样性指数：

$$D = -\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i \tag{3}$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

式中,n 为基本单元中总的植被类型数,p_i 为植被类型 i 在该单元内的相对面积。

各基本单元的植物特有属多度等级(S),依据西部各省区特有种属的分布多度图[21]数据划分多度等级,再转入基本单元格内生成。

根据以上各公式,在GIS技术支持下,对数据进行标准化并计算每个基本单元格的 B 指数,得出西部公路建设对生物多样性影响指数分布图(图2)。

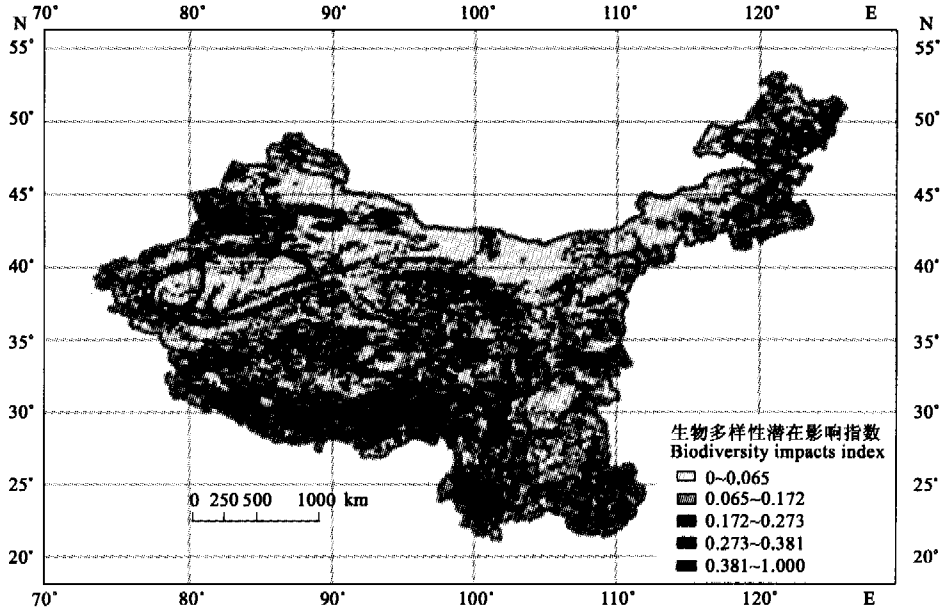

图2　西部公路建设中生物多样性影响指数分布

Fig.2　Distribution of biodiversity impacts index (B) caused by highway construction in west China

生态易损性小区:本级区划的主要目的是,揭示生态问题对不同区域的影响强度和生态恢复的难易程度。可以认为,区域生态易损性愈强,生态恢复的难度愈大,公路建设造成生态问题的影响强度愈高。

生态易损性指数主要由两类参数构成,一类反映对公路建设扰动的抵抗能力,另一类反映生态恢复难易程度。对前者,本文采用与公路边坡侵蚀强度相关的因子,其中包括侵蚀外营力强度,地表物质的可蚀性和相对海拔高差3个因子进行表达;对后者则主要用干燥度指标表达。侵蚀外营力愈强、地表物质可蚀性愈高、地表相对高差愈大、干燥度愈大,区域的生态易损性愈高,其恢复难度也愈大。

由于我国西部不同地区公路建设造成水土流失等生态问题的作用力因子具有明显区域差异,水力、风力和冻融作用地区分别在不同区域占据相对优势,因此,生态易损性指数选取不同参数进行计算。对分别以水蚀、风蚀和冻融侵蚀为主的区域,生态易损性指数的计算方法如下:

$$EV = A + R + H + X \tag{4}$$

式中,EV 为区域生态易损性指数,A 是干燥度,R 是地表物质的可蚀性等级,H 是基本单元中的相对海拔高差。X 是一个可变参数,对于降雨侵蚀为主的区域,采用年暴雨日数;对于以风蚀为主的区域,用年大风日数;在以冻融侵蚀为主的区域中,则采用以温度为基本数据派生的、冻土对于工程扰动的敏感性等级。计算中各项指标的权重如表2。

-2℃是区别连续冻土和岛状冻土区的重要指标,当温度高于-2℃时,冻土发育减弱,低于-2℃时,则随着温度的进一步降低,冻土发育逐渐稳定[15~17]。因此,就公路建设对于冻土的扰动而言,在温度大约为-2℃的区域最强。而在高于或者低于-2℃的区域,冻土对于公路工程造成扰动的敏感度都会有所降低。所以,在冻融侵蚀为主的区域,X 值在平均温度接近-2℃的区域最高,向低温和高温区有所减小。生态易损性指标计算结果如图3。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 生态易损性指数计算使用的参数及其等级划分

Table 2 Parameters for evaluation on gradation of ecological vulnerability index

干燥度 Aridity	年均温（℃）Mean annual temperature	冻土敏感性等级 Sensibility class of the frost	大风日数 Annual days with strong wind	暴雨日数 Annual days with heavy rains
≥ 10	-6 ~ -4	6	0 ~ 5	0
10 ~ 4	-4 ~ -2	10	5 ~ 10	0 ~ 1
4 ~ 3	-2 ~ 0	10	10 ~ 25	1 ~ 2
3 ~ 2	0 ~ 2	6	25 ~ 50	2 ~ 4
2 ~ 1.5	2 ~ 4	6	50 ~ 75	4 ~ 6
1.5 ~ 1	4 ~ 6	4	75 ~ 100	6 ~ 8
1 ~ 0.5	6 ~ 8	2	100 ~ 125	8 ~ 10
≤ 0.5	> 8	1	125 ~ 150	10 ~ 12
			> 150	12 ~ 13

相对高差 Scale of topographic relief (in relative altitudinal difference)	等级 Class	岩性 Rock types	等级 Class
平地 Plain	1	黄土 Loess	12
丘陵 Hills: < 200m	5	花岗岩 Granite	1
小起伏 Small: 200 ~ 500 m	8	紫红色砂页岩 Purple-red sandy Shale	5
中起伏 Moderate: 500 ~ 1000m	10	水力侵蚀-碳酸盐岩 Carbonate, easily eroded by water	3
大起伏 Large: 1000 ~ 2500m	12	水力侵蚀-其他松散堆积 Other loose deposit, easily eroded by water	9
极大起伏 Huge: > 2500 m	15	风力、冻融侵蚀-其他松散堆积 Other loose deposit, eroded by wind and frost	7

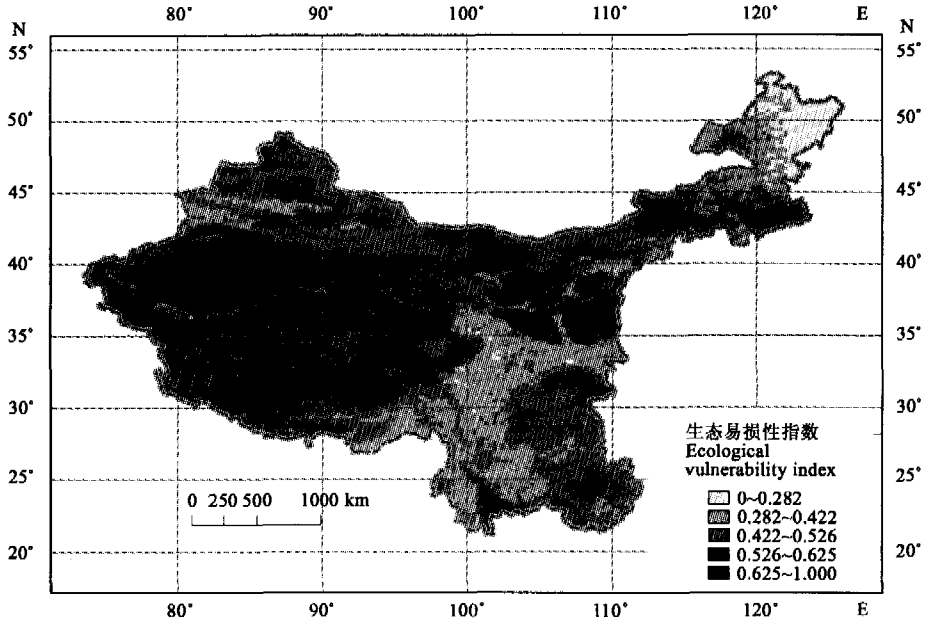

图3 西部生态易损性指数分布

Fig.3 Distribution of the ecological vulnerability index (*EV*) in west China

1.3 区划步骤

首先建立各类指标参数的数据库，包括植被类型及其多样性分布数据库、特有属数量分布数据、地表物质组成数据库、气候指标数据库、地表相对高差数据库[18~21]、自然保护区数据库[22]、主要公路网数据库等[23]。在GIS技术支持下，将中国西部区域划分为11331个基本单元，将各类综合参数信息转入各个基本单元内，计算各类指标并予以图示化[9]。区划中综合运用"自上而下"和"自下而上"的策略进行区划[24]，其中对于第1级区划单位采用"自上而下"的区划策略，第2级、3级区划单位的划分则分别采用"自下而上"的区域聚合策

维普资讯 http://www.cqvip.com

略。"自下而上"的区划具体过程如下:

(1)基本单元赋值与标准化　区划基本单元采用25 km×25km网格[25]。根据上节所述参数和指标的确定方法,先对每个网格进行赋值,再计算每个指标所赋数值与区域内最大数值的比值使之标准化。第2级区划和第3级区划的赋值分别进行。

(2)基本单元聚合　将赋值后的基本单元划分为多个等级(因大区不同而有差别),在Arc/Info支持下进行归并,对归并结果进行分析,并依据区划的区域完整性、唯一性原则,进一步对细碎斑块进行过滤或者合并。如此反复计算,直至获得符合区划原则的完整区划区域。

区域界线确定

以基本单元的聚合结果为基础,确定不同区域的界线。考虑到管理措施和操作上的实用性,界线的确定同时参考了我国西部目前的行政区域边界和一些重要且明显的自然单元界线。当基本单元聚合区域的边界与行政和自然边界相近似时,尽量选择行政和自然单元边界,以便应用中容易掌握。

2　研究结果

根据以上方法,中国西部公路建设生态影响区划结果如图4所示,共区分出3个一级大区,10个二级区和32个三级小区。分区系统如下:

Ⅰ　中东部边坡水蚀影响大区

Ⅰ A　寒温湿润较高植被多样性——景观轻度分割区

Ⅰ A1　大兴安岭弱易损性小区

Ⅰ B　温暖半湿润中植被多样性——景观中度分割区

Ⅰ B2　黄土高原较强易损性小区

Ⅰ B3　陇中高原、青海东部中易损性小区

Ⅰ C　暖热湿润高植被多样性——景观重度、中度分割区

Ⅰ C4　秦岭山地弱易损性小区

Ⅰ C5　巴山山地较强易损性小区

Ⅰ C6　四川盆地强易损性小区

Ⅰ C7　贵州高原中易损性小区

Ⅰ C8　广西丘陵台地较弱易损性小区

Ⅰ D　温暖、暖热湿润极高植被多样性——景观中度、轻度分割区

Ⅰ D9　川西高山峡谷较弱易损性小区

Ⅰ D10　滇东高原中易损性小区

Ⅰ D11　澜沧江丘陵山原较强易损性小区

Ⅰ D12　滇西南山地坝子较弱易损性小区

Ⅰ D13　藏东南高山弱易损性小区

Ⅱ　西北部边坡风蚀影响大区

Ⅱ E　温凉半干旱中植被多样性——景观中度分割度区

Ⅱ E14　科尔沁沙地较强易损性小区

Ⅱ E15　内蒙古高原东南缘丘陵盆地中易损性小区

Ⅱ F　冷凉干旱低植被多样性——景观极轻度分割区

Ⅱ F16　大兴安岭西侧内蒙古高原草原滩地较弱易损性小区

Ⅱ F17　内蒙古高原浑善达克沙地强易损性小区

Ⅱ F18　内蒙古高原北部高平原较强易损性小区

Ⅱ G　暖温极旱低植被多样性——景观极轻度分割区

维普资讯 http://www.cqvip.com

Ⅱ G19 阿拉善高原沙地强易损性小区

Ⅱ G20 甘蒙新戈壁较强易损性小区

Ⅱ G21 塔里木盆地沙漠极强易损性小区

Ⅱ G22 塔里木盆地扇缘绿洲强易损性小区

Ⅱ G23 祁连北坡——河西走廊较强易损性小区

Ⅱ G24 柴达木高原盆地强易损性小区

Ⅱ H 温凉湿润较高植被多样性——景观轻度、中度分割区

Ⅱ H25 准噶尔盆地强易损性小区

Ⅱ H26 阿尔泰山地中易损性小区

Ⅱ H27 博格达山山盆较强易损性小区

Ⅱ H28 天山山地中易损性小区

Ⅲ 青藏高原边坡冻融侵蚀影响大区

Ⅲ I 寒冷极旱低植被多样性——景观极轻度分割区

Ⅲ I29 昆仑山极强易损性小区

Ⅲ I30 藏北高原强易损性小区

Ⅲ J 温凉湿润高植被多样性——景观轻度分割区

Ⅲ J31 青藏高原东南山原较强易损性小区

Ⅲ J32 雅鲁藏布江河谷中易损性小区

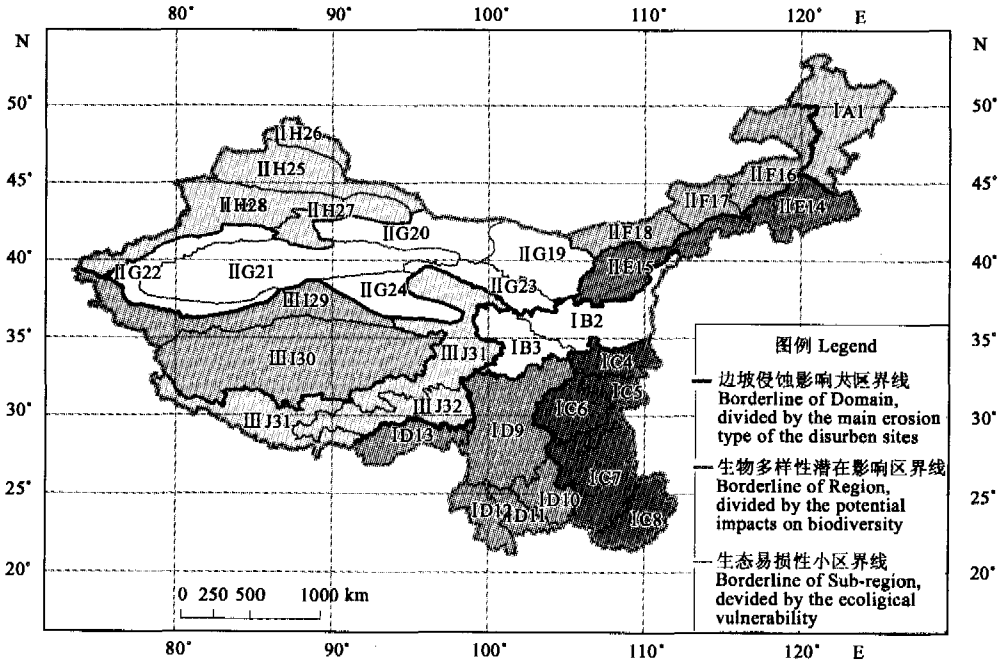

图4 西部公路建设生态影响区划图

Fig.4 Regionalization of ecological impact of highway construction in west China

3 建议与讨论

西部公路建设生态影响区划的研究结果表明，西部地区今后公路建设中生态保护的内容具有明显区域差异，因此采取的保护措施也应有所不同。

3.1 西部公路建设中的生物多样性保护

本区划中有关公路建设对生物多样性潜在影响度指标的分析结果表明，西南山地、青藏高原东南部边缘，

维普资讯 http://www.cqvip.com

不仅植被类型丰富,多样性高,而且特有动植物数量多。该地区未来公路建设中,生物多样性保护问题将十分突出,因此应该给予足够重视。在公路选线和公路工程施工过程中,不仅要远离自然保护区,而且在公路运营管理中,也应尽量减少生物入侵威胁。

四川和滇东地区,公路对于景观的切割程度较高,加之该地区也是很多国家级自然保护区分布的主要地区,因此,未来公路建设中应该注重涵洞和桥梁的运用,以保护野生动植物栖息地的完整性和留有足够的迁徙廊道。

3.2 西部公路建设中的生态防护

在区划的第3级分类单位中,各类"较强易损性小区"和"强易损性小区"是公路建设中生态防护的重要地区。然而,在内陆干旱地区和青藏高寒地区,生态防护的难度大于偏东部的地区,因此在这类地区不仅应该加大公路生态防护的支持力度,同时也要针对各地区自然条件特征,加强适合于该地的公路生态防护方法和措施的科学研究。

3.3 讨论

本区划在将景观生态学研究结果整合于区划研究方面进行了尝试,针对公路这个线性景观对象,将景观切割度及其与自然保护区关系作为影响生物多样性的重要因素引入区划指标,使得对于公路生态影响的分析在空间上得到细化。尽管公路生态影响在任何地区都存在,但当考虑到公路网密度及其与自然保护区关系时,公路对生物多样性影响的空间差异得到了很好体现,其影响在西部广袤荒漠地区显然明显低于西南部道路密集、特有物种及其保护区分布集中的地区。然而,由于掌握的数据和资料有限,区划在这个方面的尝试仅仅是一个开端,还有很多需要完善的地方,例如本研究中实际存在一个普遍假设,即假设保护区形状是规则圆形,并且假设保护对象对于公路切割影响的敏感性相等。如果能够获得更加详细的资料,则可能使研究成果更加符合实际。

References:

[1] Physical Compartmentalization Committee of Chinese Science Academy. Chinese Integration Compartmentalization (first draft). Beijing: Science Press, 1959.

[2] Editorial Committee for Vegetation of China. Vegetation of China. Beijing: Science Press, 1980.

[3] Sun S Z. Concerning the Vegetation Chineses Regionalization map as a part of in the Natural Geographical Atlas of the Peoples Republic of China. Acta Phytoecologica Sinica, 1998, 22(6): 523 ~ 537.

[4] Zhang R Z. China Animal Geography, Beijing: Science Press, 1999.

[5] Geng D D, Chen C K, Yang W Y, *et al*. On the Highway Natural Regionalization of China. Acta Geographica Sinica, 1978, 33(1): 49 ~ 62.

[6] Fu B J, Chen L D, Liu G H. The objectives, tasks and characteristics of China ecological regionalization. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 591 ~ 595.

[7] Fu B J, Liu G H, Chen L D, *et al*. Scheme of ecological regionalization in China. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(1): 1 ~ 6.

[8] Ni J, Chen Z X, Dong M, *et al*. An ecogeographical regionalization for biodiversity in China. Acta Botany Sinica, 1998, 40(4): 370 ~ 382.

[9] Xie Y, Li D M, John M. Preliminary Researches on Bio-Geographical Divisions of China. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(10): 1599 ~ 1615.

[10] Forman R T, D Sperling, J A Bissonette, *et al*. Eds. Road Ecology: Science and Solutions. Washington, D.C.: Island Press, 2002.

[11] Huang J H, Li Q, Liu X L. Environmental Impact of Zhoukou-Province Boundary Super Highway in Henan Province. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(1): 74 ~ 79.

[12] Qian Y B, Lei J Q, Xu X W. Negative impacts of Turpan-Urumqi-Dahuangshan Highway construction on Eco-Environment and countermeasures. Arid land Geography, 2001, 24(2): 165 ~ 171.

[13] Zhang H, Shen W S, Jiang L S, *et al*. Approach of evaluation on landscape protection along the Qinghai-Tibet Railway. Acta Ecological Sinica, 2004, 24(3): 574 ~ 582.

[14] Zhang Y L, Yan J Z, Liu L S, *et al*. Impact of Qinghai-Xizang Highway on Land Use and Landscape Pattern Change: from Golmud to Tanggulashan Pass, Acta Geographica Sinica, 2002, 57(3): 253 ~ 266.

[15] Li S D. The Permafrost temperature and thickness along the Qinghai-Xizang Highway. In: Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese

维普资讯 http://www.cqvip.com

Academy of Science, Eds. Proceedings of the Symposium on Glaciology and Cryopedology, Held by Geographical Society of China. Beijing: Science Press, 1982.

[16] Xie Y Q. Temperature condition for the Permafrost development. In: Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Science, Eds. Proceedings of the Symposium on Glaciology and Cryopedology, Held by Geographical Society of China. Beijing: Science Press, 1982.

[17] Zhou Y W, Guo D X, Qiu G Q, *et al*. Geocryology in China. Beijing: Science Press, 1985.

[18] Institute of Hydrogeology and Engineer Geology in Chinese Academy of Geological Sciences. Distribution Map of Desert and Land Desertification in China. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1992.

[19] Institute of Hydrogeology and Engineer Geology in Chinese Academy of Geological Sciences. Distribution Map of Salinization and Swampiness in China. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1992.

[20] Institute of Hydrogeology and Engineer Geology in Chinese Academy of Geological Sciences. Soil Erosion Map of China. China Cartographic Publishing House, Beijing, 1992.

[21] Nation Atlas Compilation Committee. National Physical Geography Atlas: Peoples Republic of China. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1999.

[22] State Environmental Protection Administation of China. List of Natural Reserves in China. http://www.zhb.gov.cn/eic/650772366653128704/index.shtml.

[23] Chinese Geology Publishing House eds. Highway Traffic Map of China. Beijing: Chinese Geology Publishing House, 2002.

[24] Wang P, Shi P J. Comprehensive regionalization of agricultural natural disaster in China. Journal of Natural Disasters, 2000, 9(4): 16~23.

[25] Fan Y D, Shi P J, Gu Z H, *et al*. A Method of Data Gridding from Administration Cell to Gridding Cell. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24(1): 105~108.

参考文献:

[1] 中国科学院自然区划工作委员会. 中国综合自然区划(初稿). 北京, 科学出版社, 1959.

[2] 中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.

[3] 孙世洲. 关于中国国家自然地图集中的中国植被区划图. 植物生态学报, 1998, 22(6): 523~537.

[4] 张荣祖. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 1999.

[5] 耿大定, 陈传康, 杨吾扬, 等. 论中国公路自然区划. 地理学报, 1978, 33(1): 49~62.

[6] 傅伯杰, 陈利顶, 刘国华. 中国生态区划的目的、任务及特点. 生态学报, 1999, 19(5): 591~595.

[7] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案. 生态学报, 2001, 21(1): 1~6.

[8] 倪健, 陈仲新, 董鸣, 等. 中国生物多样性的生态地理区划. 植物学报, 1998, 40(4): 370~382.

[9] 解焱, 李典谟, John MacKinnon. 中国生物地理区划研究. 生态学报, 2002, 22(10): 1599~1615.

[11] 黄锦辉, 李群, 刘晓丽. 河南周口至省界段高速公路建设对生态环境的影响. 生态学杂志, 2002, 21(1): 74~79.

[12] 钱亦兵, 雷加强, 徐新文. 吐乌大公路建设对生态环境的不良影响及对策. 干旱区地理, 2001, 24(2): 165~171.

[13] 张慧, 沈渭寿, 江腊沙, 等. 青藏铁路沿线景观保护评价方法研究. 生态学报, 2004, 24(3): 574~582.

[14] 张镱锂, 阎建忠, 刘林山, 等. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例. 地理学报, 2002, 57(3): 253~266.

[15] 李树德. 青藏公路沿线多年冻土的温度和厚度. 见: 兰州科学院冰川冻土研究所主编. 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1982.

[16] 谢应钦. 青藏高原多年冻土发育的温度条件. 见: 兰州科学院冰川冻土研究所主编. 中国地理学会冰川冻土学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1982.

[17] 周幼吾, 郭东信, 邱国庆, 等. 中国冻土. 北京: 科学出版社, 1985.

[18] 中国地质科学院水文地质工程地质研究所编.《中国沙漠及土地沙漠化图》. 北京: 中国地图出版社, 1992.

[19] 中国地质科学院水文地质工程地质研究所编.《中国土地盐渍化沼泽化图》. 北京: 中国地图出版社, 1992.

[20] 中国地质科学院水文地质工程地质研究所编.《中国土壤侵蚀图》. 北京: 中国地图出版社, 1992.

[21] 国家地图集编纂委员会.《中华人民共和国国家自然地图集》. 北京: 中国地图出版社, 1999.

[22] 国家环境保护总局. 自然保护区名录. http://www.zhb.gov.cn/eic/650772366653128704/index.shtml

[23] 中国地质出版社编制.《中国公路交通图》. 北京: 中国地质出版社, 2002.

[24] 王平, 史培军. 中国农业自然灾害综合区划方案. 自然灾害学报. 2000, 9(4): 16~23.

[25] 范一大, 史培军, 辜智慧, 等. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法, 地理科学, 2004, 24(1): 105~108.