

文章编号:1671-8879(2013)02-0001-09

基于 RS-GIS 的喀斯特地区公路生态选线

许金良,田 林,牛冬瑜

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:采集喀斯特地区 Landsat 5 卫星 TM 影像信息源,利用 RS(Remote Sensing)技术提取反映生态本底状况的植被覆盖、土壤侵蚀、土地利用类型评价指标信息,并以地学信息及其他统计资料作为辅助,应用 GIS 软件提取地形坡度、水环境评价指标信息。综合以上指标信息,采用 GIS 分析技术,对喀斯特地区生态本底进行综合评价与分析。喀斯特地区生态本底状况可以划分为优、良、中、差、极差 5 个等级。基于总体分布和评价结果,找出对环境影响相对较小的路线走廊,利用公路 CAD 软件设计可行的路线方案,对可行的路线方案进行比选,最终确定与环境协调性最好的路线。结果表明:该方法克服了传统选线方法过于依赖设计者经验和主观判断的局限性,减少了对喀斯特地区生态环境的破坏,使工程项目发挥整体效益,提高了路线设计方案的科学性。

关键词:道路工程;喀斯特地区;生态本底;RS;GIS;生态选线

中图分类号:U412.243

文献标志码:A

Ecological highway route selection of Karst area based on RS-GIS

XU Jin-liang, TIAN Lin, NIU Dong-yu

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of the Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Karst area Landsat5 satellite TM images were used as information source, RS technology was used to extract vegetation coverage, soil erosion and land use type for the evaluation of ecological background condition, and the ArcGIS software was utilized to extract indices of terrain slope and water environment. Based on the indicators above, with GIS analysis techniques, comprehensive evaluation and analysis of the ecological background of the Karst areas were conducted. Karst ecological background conditions could be classified as excellent, good, fair, poor and very poor level. Based on the overall distribution and evaluation results, route corridors with relatively small impact on the environment, were identified the highway CAD software was used to design some feasible routes, and possible route options were compared to ultimately determine the best route with environmental coordination. The results show that the method overcomes the limitations of the traditional route selection method which is too dependent on designers experience and subjective judgment, and also improves the scientificity of design planning. 9 tabs, 14 figs, 12 refs.

Key words: road engineering; Karst area; ecological background; RS; GIS; eco-route selection

0 引言

喀斯特地形即岩溶地形,在中国分布广泛。广西是中国著名的碳酸盐岩溶地区,岩溶总面积 $9.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全区总面积41%,是中国典型的热带岩溶区。由于喀斯特地质地形地貌具有渗漏强烈、成土速度慢、土壤侵蚀强、植被易受破坏及逆向演替难度大等特点,使得岩溶地区生态系统有强烈的脆弱性^[1]。在高速公路选线过程中,把公路建设对环境的影响降到最低程度,是设计人员面临的难题。就生态公路建设研究而言,中国与世界其他地区生态公路建设研究相比,还比较落后,大约为发达国家20世纪80年代的水平,在设计理念、设计方法上尚存在较大差距,国内外对喀斯特地区公路生态选线研究较少。为此,本文以广西河池—都安高速公路为依托工程,应用RS与GIS分析技术,进行生态本底环境的分析与评价,基于总体分布和评价结果,找出对生态环境影响相对较小的路线走廊;并利用公路CAD软件设计可行的路线方案,对可行的路线方案进行比选,最终确定与环境协调性最好的路线,以保护喀斯特地区的生态环境,使工程项目发挥整体效益^[2-12]。

1 基于RS的喀斯特地区生态本底调查

1.1 喀斯特地区生态本底调查内容

生态本底评价指标是支撑本文分析和评价的理论基础,喀斯特地区路域生态指标选取了植被覆盖指标、水环境指标、土壤侵蚀指标、地形坡度指标和土地利用类型指标五项指标对生态本底进行研究。

1.1.1 植被覆盖指标

植被覆盖率是生态系统的—个主要指标,生态系统大范围内植被覆盖率的变化反映了人类活动对生态环境的作用^[5]。喀斯特地区原生植被破坏严重,以人工栽培植被为主。植被的种类、分布和覆盖率等对喀斯特地区公路的生态选线具有重要的指导作用。

1.1.2 水环境指标

水环境主要由地表水环境和地下水环境两部分组成。水环境破坏是由公路建设所造成的喀斯特地区环境破坏的一个主要方面。喀斯特地区地貌类型复杂多样,地表水缺乏,但地下水丰富且与地表水交换频繁,同时农业灌溉系统复杂,因而公路建设对其地表水、地下水及灌溉系统极易造成破坏和污染。

1.1.3 地形坡度指标

地形坡度是反映地形地貌的主要形态指标。地形坡度对公路选线、施工、养护和运营等都将产生重要影响,各种公路灾害都与地形地貌有关。

1.1.4 土壤侵蚀指标

由于喀斯特地貌本身具有渗漏强烈、成土速度慢、土壤侵蚀强,并且公路在建设—与运行过程中堆弃的土壤、施工废弃地、建筑垃圾与生活垃圾等,都会扰动路域内土壤,扰乱原来土壤的发育层次和土体构型,破坏原有土壤结构、质地等土壤属性^[6]。

1.1.5 土地利用类型指标

土地利用类型在一定程度上反映了人类活动对喀斯特地区生态系统的干扰,直接影响着喀斯特地区生态环境的结构和功能演替。同时,土地利用类型也是公路设计、施工、养护等的重要参考因素。

1.2 研究区遥感影像处理

1.2.1 遥感影像处理技术步骤

喀斯特地区路域生态本底调查,利用ENVI(遥感影像)处理软件对喀斯特地区遥感影像进行处理,解译完成路域生态本底识别。遥感影像处理流程如图1所示。

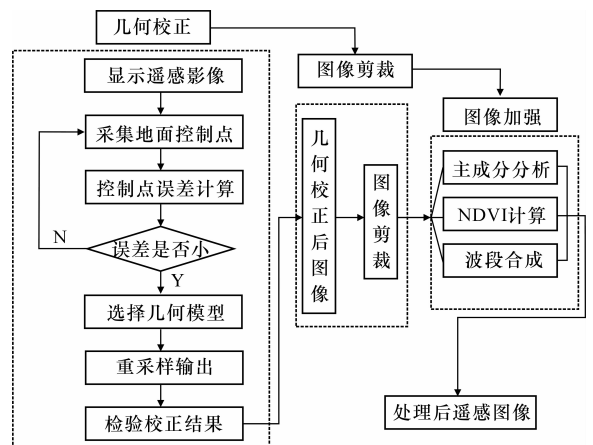


图1 遥感图像处理流程

Fig. 1 Remote sensing image processing flow

1.2.2 遥感图像处理

(1)几何校正

本文应用ENVI软件对遥感图像进行处理,利用Image to Map几何校正方法,进行几何精校正。

①地面控制点选取。几何纠正地面控制点(GCP)分布应均匀合理,且GCP数量至少应选取3个,为了满足研究精度要求,本文选取25个控制点,如下页图2、图3所示^[7]。

②控制点误差计算。根据控制点误差计算,反

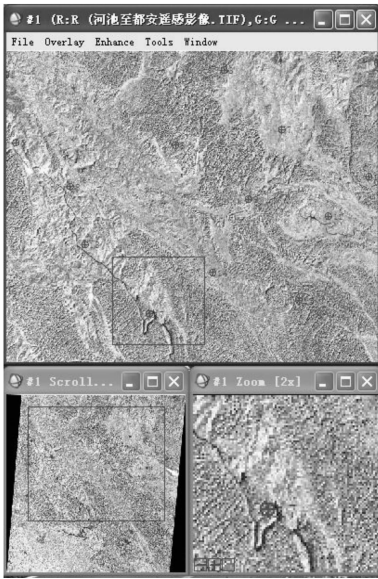


图 2 控制点选取的局部(河岸)

Fig. 2 Local map of control point selection (river side)

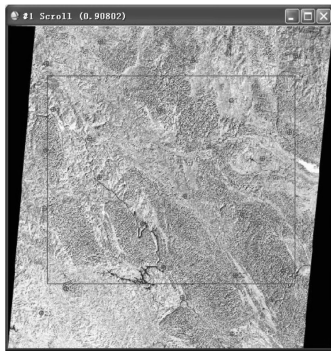


图 3 2004 期图像几何校正 GCP 控制点分布

Fig. 3 2004 image geometric correction

GCP control point distribution

复调整选取的 25 个 GCP 控制点,使最大均方根误差小于 1,以满足研究要求的精度。

③图像重采样。重采样过程就是影像灰度数据在几何变换后,重新插值像元灰度的过程。本文选取双线性插值法进行图形重采样。

④检验校正结果。将校正后的遥感图像与基准图像进行关联,结果满足要求。

(2) 图像裁剪

图像剪裁的目的是将研究区外的区域去除,常用的是按照行政区划边界或自然区划边界进行图像的分幅裁剪。

(3) 图像增强

研究图像增强处理的目的是消除波段间多余信息,增强植被覆盖信息,为非监督分类提供更为精确、信息量更大的数据。因此,选取主成分分析、NDVI 计算和波段组合作为图像增强处理的主要方

法,增强后图像如图 4 所示。

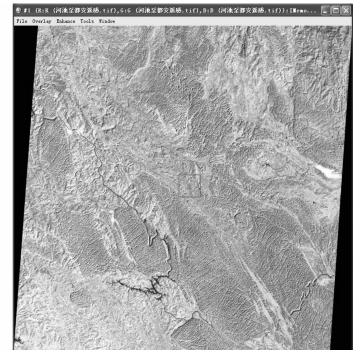


图 4 增强后图像

Fig. 4 Enhanced remote sensing image

1.3 指标权重的确定

为了更真实、准确地反映喀斯特地区生态本底调查情况,需要对每个指标赋予影响权重。

选择 30 位具有高级职称和多年实践经验的公路专家,对 5 个指标进行两两评分和层次分析法,计算出各专家给出的指标权重,应用灰色关联度理论,消除具有片面性、主观性及局限性的权重数据,使得各指标权重更加客观、全面,结果见表 1。

表 1 喀斯特地区生态本底各指标权重值

Tab. 1 Each ecological background index weight value of Karst area

专家	植被覆盖	水环境	土壤侵蚀	地形坡度	土地利用类型
1	0.415	0.419	0.110	0.018	0.038
2	0.123	0.377	0.290	0.144	0.066
3	0.415	0.085	0.146	0.046	0.308
4	0.374	0.126	0.342	0.046	0.112
5	0.415	0.419	0.025	0.077	0.065
6	0.374	0.126	0.286	0.070	0.144
7	0.811	0.091	0.061	0.011	0.026
8	0.124	0.376	0.142	0.070	0.288
9	0.251	0.251	0.267	0.163	0.068
∴	∴	∴	∴	∴	∴
21	0.416	0.084	0.325	0.086	0.089
22	0.415	0.419	0.121	0.014	0.031
23	0.415	0.418	0.114	0.017	0.036
24	0.251	0.251	0.343	0.053	0.102
25	0.252	0.252	0.270	0.072	0.154
26	0.693	0.138	0.126	0.010	0.033
27	0.674	0.226	0.073	0.009	0.018
28	0.251	0.251	0.154	0.048	0.296
29	0.124	0.376	0.330	0.057	0.113
30	0.082	0.419	0.261	0.146	0.093
总计	10.624	7.685	5.974	2.289	3.369

由表 1 可知,植被覆盖指标权重值比其他指标权重值占的比重大,其系数合计为 10.624 也为最大

值。因此,将植被覆盖指标定为母指标,其他指标定为子指标。把母指标所对应的指标值向量记为 $Y_0 = (x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0})^T$,作为母序列,把其他因素指标定为子指标,子指标所对应的指标值向量记作 $Y_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T, j=1, 2, \dots, m$ 为子序列。

首先,分别求出各个原始数列的平均数 x_{ij} ,然后用数列的所有数据除以该数列的平均数,得到一个各个数据相对于其平均数的倍数数列,此为均值化矩阵,其元素 x'_{ij} 为

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{(1/n) \sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

其次,用同一数列的第一个数据去除后面的所有数据,得到一个各个数据相对于第一个数据的倍数数列,即初值化数列。分别对 Y_0 和 Y_j 进行初值化处理,即

$$x'_{i0} = \frac{x_{i0}}{x_{10}}, \quad x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{1j}} \quad (2)$$

$Y'_0 = (x'_{10}, x'_{20}, \dots, x'_{n0})^T, Y'_j = (x'_{1j}, x'_{2j}, \dots, x'_{nj})^T$,得初始化指标值矩阵 $B = (Y'_0, Y'_j)$ 。

再次,计算 Y_0 和 Y_j 关联系数为

$$y_{ij} = \frac{\min_{1 \leq j \leq m} \min_{1 \leq i \leq n} |x'_{i0} - x'_{ij}| + \min_{1 \leq j \leq m} \min_{1 \leq i \leq n} |x'_{i0} - x'_{ij}|}{|x'_{i0} - x'_{ij}| + \min_{1 \leq j \leq m} \min_{1 \leq i \leq n} |x'_{i0} - x'_{ij}|} \quad (3)$$

得到关联系数矩阵

$$Y = (y_{ij})_{n \times m}$$

对矩阵 $Y = (y_{ij})_{n \times m}$ 的列求平均数,得

$$y_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij} \quad j=1, 2, \dots, m \quad (4)$$

式(4)反映了第 j 个指标与母指标的关联程度, y_j 越大,说明第 j 个指标与母指标越靠近,对生态本底影响也越大,所以该指标在整个指标中所占的比重也越大。

最后,将 $y_j (j=1, 2, \dots, m)$ 进行归一化处理,则

$$\omega_j = y_j / \sum_{j=1}^m y_j \quad j=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

即权重向量 $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m), \omega_j$ 为指标权重。

通过计算,得到喀斯特地区生态本底各指标的权重值,见表2。

表2 喀斯特地区生态本底评价指标权重

Tab. 2 Ecological background evaluation index weight of Karst area

生态本底评价指标	植被覆盖指标	水环境指标	土壤侵蚀指标	地形坡度指标	土地利用类型指标
权重	0.278	0.219	0.168	0.161	0.174

2 基于 RS-GIS 的生态本底评价指标的信息提取及评价

将 RS 技术和 GIS 技术集成,进行生态本底信息处理,不仅能提高处理信息数据的效率,而且可以客观真实、科学有效地反映喀斯特地区的生态本底状况。技术流程如图5所示。

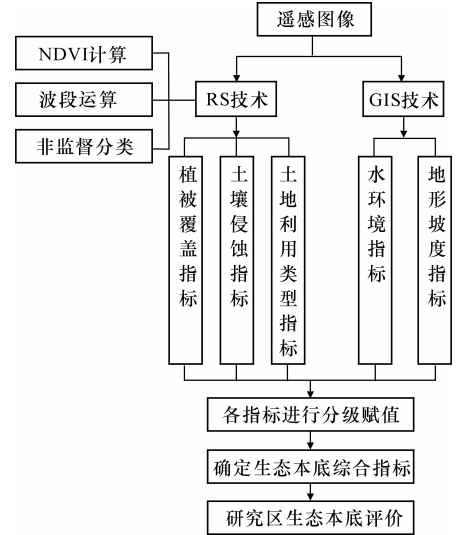


图5 技术流程

Fig. 5 Technology flow

2.1 植被覆盖指标的信息提取及指标分级

NDVI(植被覆盖指标)可以有效地反映植物生长状态和植被空间分布密度。NDVI的值越高,说明该区域植被覆盖率越高,相对应的生态本底环境质量也就越好。植被指数分值越高的区域,其图像上绿色越浓。根据NDVI指数图可知,土地利用率高,原生植被破坏严重,以人工栽培植被为主,中部以灌丛、灌草丛为主,如图6所示。

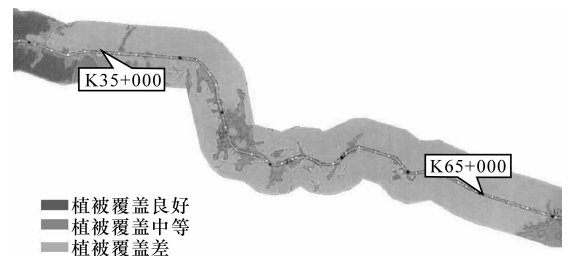


图6 研究区域植被分布(河池—都安高速公路)

Fig. 6 Vegetation distribution in study area (Hechi-Duan expressway)

根据实地调查结果,NDVI小于0.2的区域为植被分布较少,NDVI大于0.2的区域为植被分布较多的区域,建立植被指数分级表(下页表3)。

2.2 土壤侵蚀指标的信息提取及指标分级

土壤侵蚀指数轻度侵蚀权重为0.05,中度侵蚀权重为0.25,重度侵蚀权重为0.7。

表 3 植被指数分级

Tab. 3 Vegetation index classification

级别	植被覆盖等级	NDVI	分级赋值
5	优	>0.6	9
4	较优	0.5~0.6	7
3	良	0.3~0.5	5
2	差	0.2~0.3	3
1	极差	<0.2	1

$$\phi = A_{\text{ero}}(0.05A_s + 0.25A_m + 0.7A_h)/A \quad (6)$$

式中: ϕ 为土壤侵蚀指数; A_{ero} 为土壤侵蚀指数归一化指数; A_s 为轻度侵蚀面积; A_m 为中度侵蚀面积; A_h 为重度侵蚀面积; A 为区域面积。

研究区域土壤侵蚀如图 7 所示。

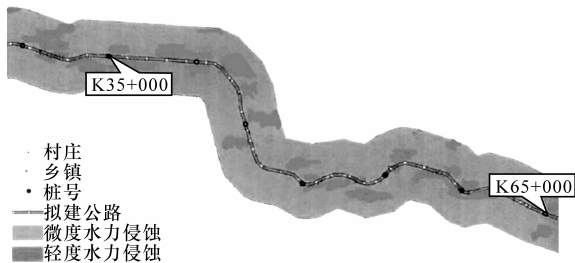


图 7 研究区域土壤侵蚀(河池—都安高速公路)

Fig. 7 Soil erosion in study area(Hechi-Duan expressway)

分析图 7,可知研究区域土壤侵蚀属于微度水力侵蚀。研究区土壤侵蚀状况良好。结合分析与实地调查结果,建立土壤退化分级表(表 4)。

表 4 土壤侵蚀分级

Tab. 4 Soil degradation classification

级别	土壤退化等级	土壤盐渍化标准指数	分级赋值
5	优	80~100	9
4	较优	60~80	7
3	良	40~60	5
2	差	20~40	3
1	极差	0~20	1

2.3 土地利用类型指标的信息提取及指标分级

通过遥感技术对处理后的图像进行监督分类,得到分类原始矢量数据,应用 RS 与 GIS 数据集成,将分层矢量数据合并为土地利用类型矢量数据,并将矢量数据转换为栅格数据,得到土地利用类型信息数据,如图 8 所示。

由土地利用类型提取的信息可知,研究区域土地利用现状以林地、耕地为主,其次是荒地、园地及道路用地,居住用地及水域所占比例较少。沿线的土地资源非常宝贵,因此在公路选线中要特别注意土地的保护,尽可能避开人口密集的居民点,减少拆迁建筑物和水土流失。

根据人类活动对生态环境干扰越强,则生态本底环境状况越差;对各地类赋予相应分值,分值越

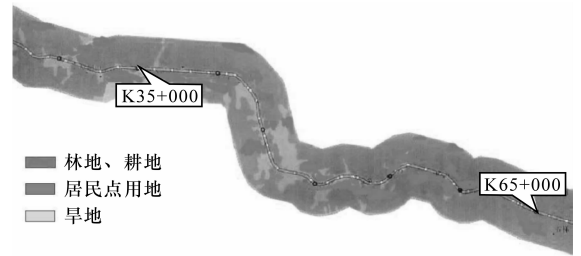


图 8 土地利用类型信息(河池—都安高速公路)

Fig. 8 Land use type information(Hechi-Duan expressway)

高,则人为干扰越小,见表 5。

表 5 研究区域土地利用类型分值

Tab. 5 Land use type score in study area

土地利用类型	植被	水体	滩涂/裸地	农田	居民建筑用地
分值	9	7	5	3	1

2.4 地形坡度指标的信息提取及指标分级

地形坡度指标是以研究区内高程点为基础数据,应用 GIS 技术进行数据处理,通过生成 TIN 模型、高程图,最终提取地形坡度信息。

研究区处于云贵高原与广西丘陵的过渡地带,地形总体地势为北高南低,岩溶洼地负地形标高 150~600 m,峰丛山顶正地形标高 600~800 m,相对高差为 200~700 m,如图 9 所示。

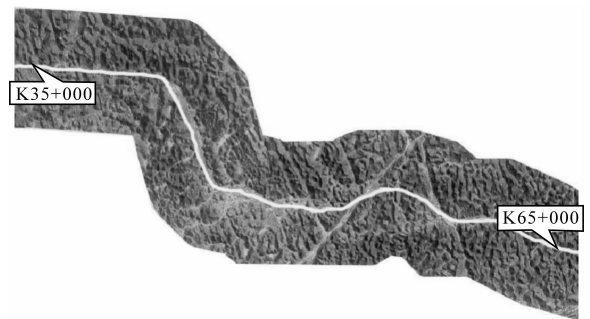


图 9 地形坡度信息(河池—新安高速公路)

Fig. 9 Terrain slope information(Hechi-Duan expressway)

由图 9 可知,坡度越高的区域反映在图像上为红色;相反,坡度越低的区域反映在图像上为绿色。

综上所述,结合研究区实际情况,并借鉴已有地面坡度标准分值的研究,得到地形坡度分级见表 6。

表 6 地形坡度分级

Tab. 6 Terrain slope classification

级别	地形坡度等级	地形坡度标准指数	分级赋值
1	优	$\leq 3^\circ$ 无坡度影响	9
2	较优	$3^\circ \sim 6^\circ$ 轻度坡度影响	7
3	良	$6^\circ \sim 10^\circ$ 中度坡度影响	5
4	差	$10^\circ \sim 20^\circ$ 严重坡度影响	3
5	极差	$> 20^\circ$ 极严重坡度影响	1

2.5 水环境信息提取及指标分级

路线走廊方案影响范围内各河流均属于珠江流域红水河水系。沿线河流主要有刁江和澄江。刁江最低水位高程 95 m,河水面距离地面 10~15 m,年水位变幅为 10~13 m,水深 3~5 m(枯水)。根据马陇水文站资料,刁江最大流量 1 610 m³/s,年径流量 23.6×10⁸ m³,年径流模数 22.5 L/(s·km²)。澄江河水面距离地面 10~15 m,年水位变幅为 5~10 m,水深 1~5 m(枯水),水面宽约 100 m,枯水量为 0.734 m³/s,历史最高水位 119.60 m。水系分布如图 10 所示;水环境质量评价标准分级见表 7。

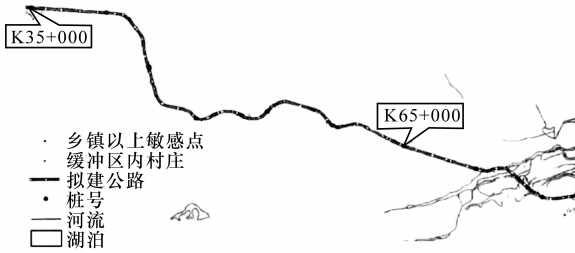


图 10 研究区水系分布(河池—都安高速公路)

Fig. 10 Water distribution(Hechi-Duan expressway)

表 7 水环境评价标准分级

Tab. 7 Water environment evaluation standard classification

级别	河道安全泄量	排涝标准	土壤侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·年 ⁻¹)	分级赋值
1	大于 50 年一遇	大于 30 年一遇	<2 500	9
2	30~50 年一遇	20~30 年一遇	2 500~5 000	7
3	20~30 年一遇	10~20 年一遇	5 000~8 000	5
4	10~20 年一遇	5~10 年一遇	8 000~15 000	3
5	小于 10 年一遇	小于 5 年一遇	>15 000	1

2.6 喀斯特地区生态本底综合评价与分析

根据各指标的权重建立生态本底综合评价模型

$$I=0.278V+0.219W+0.168S+0.161T+0.174U \quad (7)$$

式中: I 为生态本底综合指标; V 为植被覆盖指标; W 为水环境指标; S 为土壤侵蚀指标; T 为地形坡度指标; U 为土地利用类型指标。

将各指标的数据信息,按照建立的生态本底综合指标模型进行运算,对综合指数进行标准化,并将生态本底状况划分优、良、中、差、极差 5 个等级,见表 8;最终得到研究区路域生态本底综合评价分级图,如图 11 所示。

统计得研究区优等级生态本底区面积为 46.5 km²,占总面积的 9.3%,主要分布研究区的中部区域。这部分区域植被覆盖较好,水环境质量好,受人类活动干扰小,土壤侵蚀程度较轻,地势平缓开阔。

表 8 研究区路域生态本底状况等级划分

Tab. 8 Study area ecological background condition classification

等级	分值	状态
优	≥85	植被覆盖度高,水环境质量好,土壤侵蚀程度很轻,地形平坦。
良	70~85	植被覆盖度高,水环境质量较好,有轻度土壤侵蚀程度状况,地形较平坦。
中	55~70	植被覆盖度较高,水环境质量较差,土壤侵蚀程度较严重,地形较平坦。
差	40~55	植被覆盖度较低,水环境质量较差,土壤侵蚀程度严重,地形坡度较大。
极差	≤40	植被覆盖度低,水环境质量差,土壤侵蚀程度严重,地形坡度大。

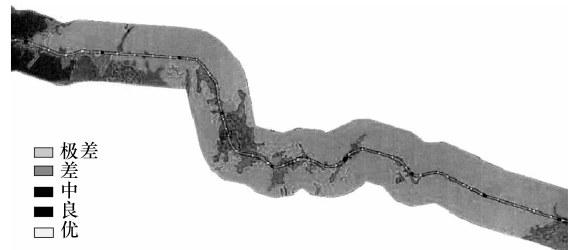


图 11 研究区路域生态本底综合评价分级

Fig. 11 Study area ecological background comprehensive evaluation classification

良等级生态本底区域面积为 84 km²,占总面积的 16.8%,分布在研究区的北部,其植被覆盖较高,生物多样性较高,水环境质量较好,地势较为平缓,坡度小,受人类活动影响较小。中等级生态本底区域面积为 41 km²,占总面积的 8.2%,主要分布在研究区的南部和北部,植被覆盖较低,水环境质量较差,且地势较为平缓,坡度较小。差等级生态本底区域面积为 288 km²,占总面积的 57.6%,分布广泛,植被覆盖度较低,水环境质量较差,土壤侵蚀程度严重,地形坡度较大。极差等级生态本底区域面积为 40.5 km²,占总面积的 8.1%,主要分布在研究区的北部,植被覆盖度低,水环境质量差,土壤侵蚀程度严重,地形坡度大。

各等级占地面积及百分比如下页图 12 所示。

3 喀斯特地区生态选线

拟建项目:兰州—海口高速公路河池—都安段工程起于六寨—河池高速公路项目的河池西互通,公路走向自北向南,终点接在都安—南宁公路的 K198+200 处。本文主要以河池—都安段高速公路 K35+000~K65+000 段的选线为例,论述喀斯特地区的生态选线。

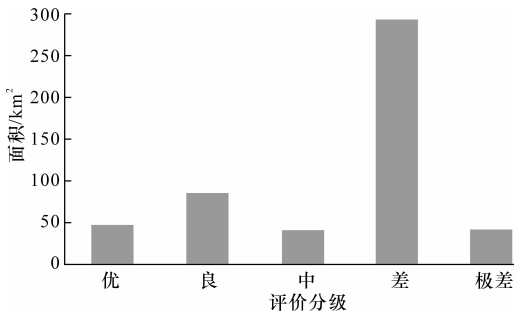


图 12 研究区生态本底各等级占地面积及比例统计
Fig. 12 Study area ecological background land area and rate of all levels

喀斯特地区生态选线的基本步骤考虑到公路设计的可操作性,生态选线流程可分五步执行,如图 13 所示。

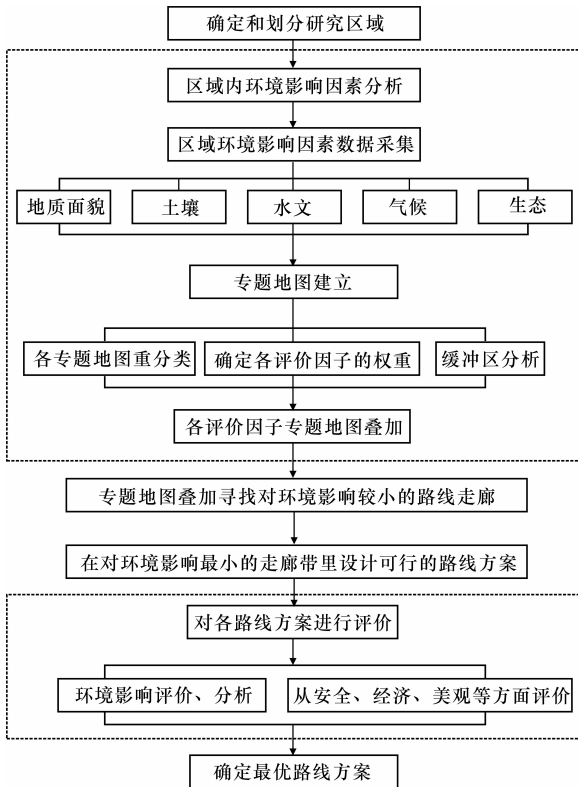


图 13 生态选线的基本步骤

Fig. 13 Basic steps of eco-route selection

3.1 确定生态选线研究区域

喀斯特地区生态公路选线的研究区域包括拟建高速公路河池—都安段规划路线的走廊带,以及拟建公路对环境的影响的所有区域,经过喀斯特地区生态本底综合分析评价,河池—都安段高速公路生态选线研究区域如图 14 所示。

3.2 研究区域生态环境影响因素分析

在研究喀斯特研究区域生态环境影响因素时,要确定、描述和评价喀斯特地区研究区域内公路对

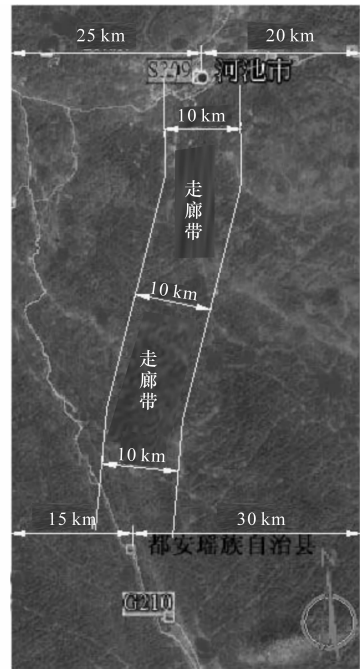


图 14 对环境的影响相对较小的路线走廊

Fig. 14 Route corridor with smaller environmental impact

环境的影响模式。本文利用 RS 和 GIS 技术将生态和环境信息通过专题地图展示出来,包括植被覆盖分布图、水系分布图、土壤侵蚀分布图、地形坡度图和土地利用现状图,基于此寻找研究区域内生态环境影响因素。

3.3 寻找对生态环境影响较小的路线走廊

在用 RS 和 GIS 提取出专题地图的基础上,综合考虑环境敏感性,利用 RS-GIS 集成技术,将 5 个专题地图进行叠加,通过综合分析,评价公路对环境等的影响,将专题地图生态环境敏感区域与非敏感区域划分出来,寻找适宜路线通过的生态环境敏感性较小的区域。从而找出对环境的影响相对较小的路线走廊。河池—都安段工程对环境的影响较小的路线走廊带宽度为 10 km,如图 14 所示。

3.4 在走廊带里设计可行的路线方案

确定对环境的影响最小的走廊带后,利用公路 CAD 软件在走廊带内设计可行的路线方案,在设计过程中,还要综合考虑线形、安全、经济等因素。最终,确定河池—都安段高速公路 K35+000~K65+000 段路线方案有 K 方案、R 方案、B 方案、F 方案和 C 方案 5 种可行方案。

3.5 对各路线方案的优缺点进行评估

喀斯特地区生态选线的最后一步是对 K 方案、R 方案、B 方案、F 方案和 C 方案 5 种可行方案进行对比,5 种路线方案对生态环境影响对比见下页表 9。

表9 各路线方案的生态环境影响对比

Tab. 9 Contrast of ecological environment impacts of eco-route selections

路线方案	K 方案	R 方案	B 方案	F 方案	C 方案
土地占用	拆迁量小, 占用农田约 $0.856 \times 10^6 \text{ m}^2$ (1283.5 亩)	拆迁量大, 占用农田约 $1.062 \times 10^6 \text{ m}^2$ (1592.6 亩)	拆迁量大, 占用农田约 $0.967 \times 10^6 \text{ m}^2$ (1450.2 亩)	拆迁量大, 占用农田约 $0.881 \times 10^6 \text{ m}^2$ (1321.4 亩)	拆迁量小, 占用农田约 $0.836 \times 10^6 \text{ m}^2$ (1254.6 亩)
植被覆盖	对植被干扰较小	对植被干扰较小	对植被干扰较大	对植被干扰较大	对植被干扰较小
水环境	对水环境有一定影响	对水环境影响小	对水环境影响较小	对水环境影响较小	多次跨河, 对水环境影响大
土壤	对沿线土壤干扰小, 水土流失少	对沿线土壤干扰较大, 水土流失严重	土石方量大, 水土流失严重	对沿线土壤干扰小, 水土流失少	对沿线土壤干扰小, 水土流失少
空气环境	空气环境影响小	空气环境影响小	空气环境影响较大	空气环境影响小	空气环境影响小

当然在评价过程中, 还要考虑一些其他的重要设计目标, 如安全性、经济性和美观等也必须作为方案选择的评估指标。

通过以上五步, 就可以确定对环境影响最小路线方案, 从而得到与生态环境最协调的线形。河池—都安段高速公路工程 K35+000~K65+000 最终确定对环境影响最小的路线方案是 K 方案。

4 结 语

(1) 分析喀斯特地区生态脆弱性影响因素和公路建设对生态环境的影响, 选取植被覆盖、水环境、地形坡度、土壤侵蚀和土地利用类型作为喀斯特地区生态本底的调查内容和评价指标。

(2) 采集和处理 2004 年 10 月 Landsat-5 卫星的 TM 遥感图像, 以 RS 技术与 GIS 技术为平台, 获取了喀斯特地区植被覆盖指标、土地侵蚀指标、土地利用类型指标、水环境指标和地形坡度指标的信息, 并对各指标进行了分析和评价。

(3) 通过专家打分法、层次分析法和灰度联系理论, 提出了生态本底评价指标权重计算的方法, 确定了指标权重; 以 GIS 技术为平台五大专题地图进行叠加处理和分析, 对生态本底状况进行综合评价。

(4) 确定研究区生态环境敏感区域与非敏感区域, 找出对环境影响相对较小的路线走廊; 利用公路 CAD 软件设计可行的路线方案, 对可行的路线方案进行比选, 最终确定与生态环境协调性最好的路线。

参考文献:

References:

[1] 曾晓燕, 许顺国, 牟瑞芳. 岩溶生态脆弱性的成因[J]. 地质灾害与环境保护, 2006, 17(1): 6-8.
ZENG Xiao-yan, XU Shun-guo, MU Rui-fang. Research on karst ecological fragility[J]. Journal of Geo-

logical Hazards and Environment Preservation, 2006, 17(1): 6-8. (in Chinese)

[2] Schotten K, Goetgeluk R, Hilerink M, et al. Residential construction, land use and the environment. Simulations for the Netherlands using a GIS-based land use model[J]. Environmental Modeling and Assessments, 2001(6): 133-143.

[3] 熊 鹰, 曾光明, 吕辉红, 等. 基于多源空间信息的湖南省生态环境综合评价[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2007, 34(10): 87-90.

XIONG Ying, ZENG Guang-ming, LU Hui-hong, et al. Synthetic assessment of the eco-environment of Hunan province based on multi-source spatial information[J]. Journal of Hunan University: Natural Science, 2007, 34(10): 87-90. (in Chinese)

[4] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于 RS 和 GIS 的中国土地资源生态环境质量同人口分布的关系研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(1): 66-70.

GAO Zhi-qiang, LIU Ji-yuan, ZHUANG Da-fang. The relations analysis between ecological environmental quality of Chinese land resources and population[J]. Journal of Remote Sensing, 1999, 3(1): 66-70. (in Chinese)

[5] 莫明浩, 毛建华, 梁淑荣. 基于 RS 与 GIS 的鄱阳湖典型湿地覆盖变化及生态环境保护[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(2): 210-213.

MO Ming-hao, MAO Jian-hua, LIANG Shu-rong. Typical wetland cover change and protection of ecological environment in Poyang lake based on RS and GIS technologies[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(2): 210-213. (in Chinese)

[6] 张继承, 潘新春. 基于 RS/GIS 和 AHP-GPCA 模型的青藏高原生态环境变迁综合评价[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(4): 434-440.

ZHANG Ji-cheng, PAN Xin-chun. Comprehensive as-

- assessment for change of ecological environment in Qinghai-Tibet plateau based on RS/GIS and AHP-GPCA model[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2011, 33(4): 434-440. (in Chinese)
- [7] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
DENG Shu-bin. Remote sensing image processing method of ENVI[M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)
- [8] 覃小群, 蒋忠诚. 广西岩溶县的生态环境脆弱性评价[J]. 地球与环境, 2005, 33(2): 45-51.
QIN Xiao-qun, JIANG Zhong-cheng. An assessment of ECO-environmental vulnerability in karst counties of Guangxi[J]. Earth and Environment, 2005, 33(2): 45-51. (in Chinese)
- [9] 李阳兵, 谢德体, 魏朝富, 等. 西南岩溶山地生态脆弱性研究[J]. 中国岩溶, 2002, 21(1): 26-29.
LI Yang-bing, XIE De-ti, WEI Chao-fu, et al. The fragility of ECO-environment in southwest China Karst mountain[J]. Carsologica Sinica, 2002, 21(1): 26-29. (in Chinese)
- [10] 周 洲, 郑志华. 喀斯特地貌公路建设项目环境影响评价[J]. 上海船舶运输科学研究所学报, 2007, 30(2): 110-112.
ZHOU Zhou, ZHENG Zhi-hua. Environmental impact assessment of highway construction project in Karst landforms[J]. Journal of SSSRI, 2007, 30(2): 110-112. (in Chinese)
- [11] 崔东文, 郭 荣. 岩溶地区生态环境脆弱性与水资源承载力评价方法研究[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(3): 125-130.
CUI Dong-wen, GUO Rong. Research on the evaluation method for ecological environment vulnerability and the carrying capacity of water resources in karst areas[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2012, 23(3): 125-130. (in Chinese)
- [12] 束龙仓, 柯婷婷, 刘丽红, 等. 基于综合法的岩溶山区生态系统脆弱性评价——以贵州省普定县为例[J]. 中国岩溶, 2010, 29(2): 142-144.
SHU Long-cang, KE Ting-ting, LIU Li-hong, et al. Assessment on ecosystem fragility of karst mountain areas based on synthetic method: a case study in pud-ding country, Guizhou province[J]. Carsologica Sinica, 2010, 29(2): 142-144. (in Chinese)

长安大学“教育部科技查新工作站(G01)”简介

科技查新是为避免科研课题重复立项和客观正确地判别科研成果的新颖性、实用性和可推广性而设立的一项信息服务业务,由具有科技查新资质的查新机构承担完成。

长安大学“教育部科技查新工作站(G01)”,经教育部科技发展中心批准(教技发函[2004]8号)于2004年7月成立,具有在全国范围内开展科技查新工作的专业资质。

本工作站严格按照国家科技部《科技查新规范》开展以下业务工作:

1. 为科研立项、成果鉴定、新产品开发、博士、硕士研究生开题等提供真实可靠的客观依据,保证每个查新项目的新颖性、科学性和可靠性。
2. 开展课题检索、技术咨询和课题跟踪服务,为教师及专业技术人员、本科生和研究生提供原文及题录等,认真准确地为校内外用户提供全面的文献信息线索。
3. 开展文献查收、查引工作,为校内外用户提供论文被国内外著名检索刊物收录情况的报告。

本工作站设在长安大学图书馆。长安大学图书馆具有丰富的文献资源,并且开通了 Dialog 国际联机检索系统,为科技查新工作奠定了良好的资源保障体系。同时,本查新站制定了严格的内部管理规章制度,查新人员在开展查新工作的过程中,能以质量为第一要务,热情认真地为用户服务。

欢迎广大科技工作者、教师、研究生和新老用户前来联系业务,本站将认真热情地提供科技查新与文献信息服务。

联系人:刘壮生 徐 芳 程海涛 张永梅

地 址:陕西西安南二环路段 长安大学校本部图书馆(北院)一楼信息部

电 话(传真):029-82334377

网 址:<http://lib.chd.edu.cn>; E-mail:liuxin@chd.edu.cn