

青藏铁路沿线景观保护评价方法研究

张 慧¹, 沈渭寿¹, 江腊沙², 邹长新¹

(1. 国家环境保护总局南京环境科学研究所, 南京 210042; 2. 铁道第二勘察设计院, 成都)

摘要:采用遥感和地理信息系统技术,对新建青藏铁路唐古拉山口至拉萨段铁路沿线景观进行分类和制图的基础上,以景观类型为评价对象,采用专家评分法对铁路沿线景观美景度进行了评价;根据海拔高度、降水量、植被覆盖度、Shanon-Winner 多样性指数、物种丰富度、表层土壤厚度、净第一性生产力、工程扰动的敏感系数和破坏后恢复能力系数计算了景观的阈值。在景观美景度和景观阈值的基础上,确定了景观的质量级别。以景观相对于观景者的坡度和景观的可见度对铁路沿线景观敏感度进行了分析与评价。根据景观质量、景观敏感度和距离带,将铁路沿线分为不同的景观保护级别,为铁路工程建设合理设计工程和施工场地提供科学依据。

关键词:青藏铁路;景观美景度;景观敏感度;景观阈值;遥感;地理信息系统

Approach of evaluation on landscape protection along the Qinghai-Tibet Railway

ZHANG Hui¹, SHEN Wei-Shou¹, JIANG La-Sha², ZOU Chang-Xin¹ (1. *Nanjing Institute of Environmental Sciences, SEPA, Nanjing 210042, China*; 2. *The Second Railways Survey and Design Institute, Chengdu 610031, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (3): 574~582.

Abstract: Starting from Ge'ermu City of Qinghai Province in the north and ending at Lhasa, the capital of the Tibet Autonomous Region in the south, Qinghai-Tibetan Railway will stride across 594 km in Qinghai Province and 545 km in Tibet Autonomous Region. Besides section from Ge'ermu to Nanshankou in the north where the railway pass through the south edge of the Chaidamu Basin, most parts of the railway cut across Qinghai-Tibetan Plateau with an elevation of more than 4500 meters above sea level. Qinghai-Tibetan Plateau is one of the most fragile and least man-made disturbance region in the world. The construction of the railway will inevitably result in certain damages and influences on the plateau landscape along the railway.

Using Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS), landscape types, slope and visibility etc. for Tibet along the Qinghai-Tibet Railway were mapped. Taking landscape types as evaluation targets, the scenic beauty of the landscape along the railway was analyzed by expert judgment. Landscape threshold was calculated based on sea level, rainfall, vegetation coverage, Shanon-Winner diversity index, plant species richness, topsoil thickness, the net primary productivity, sensitivity coefficient to engineering impact and rehabilitation ability coefficient. Based on the classification of landscape scenic beauty and threshold along the railway, landscape quality was calculated. The landscape sensibility level along the railway was analyzed according to the relative slope from the viewer and visibility analysis. According to landscape quality, landscape sensibility level and distance zones, landscape protection grades were developed. The impact of the railway construction on landscape was analyzed based on the specific locations of sand and stone material fields and other construction sites.

Based on the above analysis and evaluation, 4 grades of landscape protection are classified to provide scientific basis for

基金项目:铁道部重大建设资助项目;国家高技术应用部门发展项目

收稿日期:2003-03-13;**修订日期:**2003-11-18

作者简介:张慧(1968~),女,河南开封人,硕士,副研究员,主要从事 GIS、RS 技术应用、景观评价等研究。E-mail:Zhanghui 68 cn@yahoo.com.cn

Foundation item: Environmental impact assessment for key construction project of Ministry of Railway; application of National High-TEC department development project.

Received date:2003-03-13;**Accepted date:**2003-11-18

Biography: ZHANG Hui, Master, Associate professor, maily engaged in the application of GIS and RS landscape assessment and planning. E-mail: Zhanghui 68 cn@yahoo.com.cn

reasonable designation of construction sites.

The first grade landscape protection zone includes alpine ice and snow, lake, river and valley, alpine shrub, alpine swamp meadow, special human settlements; alpine meadow in foreground zone or with slope over 15° in middle-ground zone or with slope over 30° in background zone, etc. These areas are of high scenic beauty and sensitivity, and lower landscape ecological threshold. Slight and partial man-made disturbance will lead to strong ecological and visual impacts to these landscape types, and the landscape destruction from the railway construction can be hardly recovered. Therefore, construction spots, especially sand and stone material fields are not allowed in this zone.

The second grade landscape protection zone includes alpine meadow with slope less 15° in middle-ground zone or in with slope 15° to 30° in background zone or temperate steppe, alpine steppe, alpine meadow steppe, farmland with slope less 15°in foreground zone or 15° to 30° in middle-ground zone or over 30° in background zone, etc. These areas are ecologically fragile and sensitive to man-made disturbance, and the recovery after the construction is relatively slower. The area and length along the railway of the construction sites in this zone should be cut so as to alleviate the visual impact. Meanwhile, it is necessary to ensure the recovery of natural vegetation and landscape after the railway construction.

The third grade landscape protection zone includes alpine meadow in seldom-seen zone or with slope less 15° in background zone; temperate steppe, alpine steppe, alpine meadow steppe, farmland with slope less than 15° in middle-ground zone or 15° to 30° in background zone. The areas except for grade-one, grade-two and grade-three belong to the fourth grade landscape protection. Most of the construction sites for this railway section are located in the third and fourth grade landscape protection zones with smaller ecological and visual impact on the landscapes. Furthermore, the recovery of landscape after the railway construction is relative faster in the third and fourth grade landscape protection zones.

Key words: Qinghai-Tibet Railway; landscape scenic beauty; landscape threshold; landscape quality; landscape sensibility level; Remote Sensing (RS); Geographical Information System (GIS)

文章编号:1000-0933(2004)03-0574-09 中图分类号:Q149 文献标识码:A

随着旅游资源开发广度和深度的增加,对景观保护和景观规划的研究逐渐被人们所重视^[1~4]。许多景观规划师、地理学家、林学家、旅游专家以及心理学家开始对景观视觉和景观感知进行研究,并获得了许多方法和技术。自 20 世纪 60 年代以来,西方一些发达国家就开展了景观视觉研究^[5]和视觉影响评估方法研究^[6~9],建立了美景度估测模型^[10,11]、景观比较评判模型^[12,13]和环境评判模型^[14]等模型方法,并形成了专家学派,心理物理学派,认知学派,经验学派四大学派^[15]。在我国,景观保护研究开始于 20 世纪 80 年代末,大多数学者比较注重对景观生态^[16~19]方面的研究,而对景观视觉方面研究较少,且大多还停留在传统的描述层次上^[20~22]。但也有一些专家和学者对景观视觉中的景观美学和景观评价等方面进行了比较深入的探讨。俞孔坚提出了 BIB-LCJ 审美评判测量法^[23],并把景观敏感度和景观阈值应用到景观保护规划中^[24];吴必虎建立了森林地区线形景观等距离专家组目视评测法^[25]。

随着 RS、GIS 的发展,国内外一些学者开始探讨 RS 和 GIS 技术在景观视觉、景观评价和景观保护中的应用。Gary 将 GIS 和摄影技术结合应用到景观视觉研究中^[26];Bishop 和 Hulse 运用 GIS 将与视觉要素有关的数据应用于视觉质量评价^[27];John 等运用 GIS 技术根据景观类型、斑块大小及景观类型的重要性对 Chiltern Hills 地区进行了景观评价^[28];Welch 等运用 3S 技术对沿海资源管理进行了研究^[29];Christine 研究了遥感影像中林分数据和景观美景度之间的关系^[30];俞孔坚运用 GIS 技术对王相岩风景区的景观保护和北京香山滑雪场的景观安全格局进行了研究^[24,31]。

本文采用 RS 和 GIS 技术,根据青藏铁路沿线景观质量、景观敏感度和距离带建立铁路沿线景观资源保护级别矩阵,评价了青藏铁路沿线工程和施工场地所在的景观保护级别,分析了工程和施工场地对景观的影响。其目的是为了更加直观、准确、科学地了解工程建设可能对高原自然景观和人文景观造成的影响,以便提出相应的措施,最大程度地减少工程建设对高原景观带来的不良冲击。

1 研究区概况

新建青藏铁路格尔木至拉萨段全长 1139km,自北向南纵贯青海和西藏两省区,其中青海省境内 594km,西藏境内 545km。青藏铁路所跨越的青藏高原地区,是世界上海拔最高、生态环境最为脆弱的地区,也是目前世界上受人类扰动影响最少的地区之一。在青藏高原这样一个生态、文化和视觉都很敏感的区域,铁路工程建设会不可避免地对高原特有的景观造成冲击。

研究区为新建青藏铁路唐古拉山口至拉萨段为基线 50km 的范围。该区域地貌类型多样,自然景观分异强烈。唐古拉山口至羊八井宏观上为高平原地貌,地形平坦开阔,地面平均海拔高程大于 4500m;羊八井至拉萨为降坡较大的河谷地貌。线路经过

的主要山系自北向南有唐古拉山、头二九山和念青唐古拉山。这些山系多呈穹形起伏,相对高差一般小于 300m,宏观地形相当开阔,山岭浑圆而坡度平缓,呈现“远看是山近看平川”的高原景观。铁路沿途经过的主要城镇有安多、那曲、桑利、当雄和拉萨。

2 评价方法

2.1 景观分类与制图

遥感资料采用美国陆地资源卫星 Landsat-5 TM 和 Landsat-7 ETM+影像数据。相关图件资料有:西藏自治区植被图(1:3000000),西藏自治区土地利用现状图(1:2000000),西藏自治区草地类型图(1:1000000),西藏自治区土壤图(1:2000000)。底图来源于国家基础地理信息中心 1:250000 电子地形图和 1:100000 地形图。

根据区域气候、地貌、植被及人类活动的影响,将新建青藏铁路唐古拉山口至拉萨段划分为 13 个景观类型:即高山冰雪景观、温性草原景观、高寒草原景观、高寒草甸草原景观、高寒草甸景观、高寒沼泽化草甸景观、河流谷地景观、湖泊景观、高寒灌丛景观、沙丘(沙地)景观、戈壁景观、农田景观、人文聚落景观。

根据遥感影像地物纹理特征,参考地貌、土壤、植被类型、生态系统类型等图件,并结合野外考察建立各种景观类型的解译标志。运用遥感图像处理软件 EARDS,采用人机交互的判读分析方法,解译出沿线 50km 范围内的景观类型图。

根据 1:250000 电子地形图中的等高线信息,结合湖泊、河流信息,用 ARCINFO8.01 中的 CREATETIN 命令建立 TIN,然后由 TIN 转成 DEM,可以作出坡度图、坡向图。

2.2 景观质量分析与评价

2.2.1 景观美景度分析与评价 运用 ERADS 软件中的 VIRTUALGIS 模块,将遥感影像和 DEM、铁路线叠加对铁路沿线景观进行三维模拟,配合录相和照片,对铁路沿线每种景观类型选出 20 个点位,参考美国土地管理局的风景资源管理 VRM (Visual Resources Manage-ment)^[33],根据以下 6 个景观要素,请专家对各景观类型分别评分:

(1) 地形地貌,根据陡峻度(1~5 分);(2) 植被,以丰实性为依据(1~5 分);(3) 水体,存在与否、形态、大小(0~5 分);(4) 色彩,强烈性及丰富性等(1~5 分);(5) 毗邻风景,毗邻风景对所评价风景的烘托作用(0~5 分);(6) 特异性,常见-奇特(1~6 分)。

根据 30 位景观保护、景观规划、生态学家和专业人员对每种景观类型 6 个景观要素单项评分平均值的总和,将铁路沿线各景观类型的美景度分为 4 个等级:总分大于等于 19 分为 I 级;15~18 分为 II 级;12~14 分为 III 级;小于 12 分为 IV 级。打分统计结果见表 1。

表 1 青藏铁路沿线景观美景度专家打分统计表
Table 1 Scenic beauty of the landscape along the Qinghai-Tibet Railway, based on expert judgment

景观类型 Landscape types	地形地貌 Landform	植被 Vegetation	水体 Water	色彩 Color	毗邻风景 Adjacent scenery	特异性 Scarcity	总分 Total score	级别 Landscape quality rating
高山冰雪 Alpine ice and snow	5	1	0	5	5	6	22	I
温性草原 Temperate steppe	2	2	0	3	3	3	13	III
高寒草原 Alpine steppe	2	2	0	3	3	3	13	III
高寒草甸草原 Alpine meadow steppe	2	3	0	3	3	3	14	III
高寒草甸 Alpine meadow	2	4	0	4	4	4	18	II
高寒沼泽化草甸 Alpine swamp meadow	1	4	1	4	4	4	18	II
河流谷地 River and valley	2	1	4	4	4	4	19	I
湖泊 Lake	1	1	5	5	4	5	21	I
高寒灌丛 Alpine shrub	3	5	0	4	4	4	20	I
沙丘(沙地) Sand dune	1	1	0	1	3	1	7	IV
戈壁 Gobi	1	1	0	2	2	1	7	IV
农田 Farmland	1	3	0	3	3	2	12	III
人文聚落 Human settlements	1	1	0	3	3	3	11	IV

2.2.2 景观阈值分析与评价 景观阈值是景观对外界干扰的抵抗能力和同化能力,以及景观遭到破坏后的自我恢复能力的量度^[24]。它主要取决于气候、土壤、海拔及生物诸因素,包括雨量、积温、生物群落结构的复杂性,自我更新能力,土壤肥力及自净能力等等。景观脆弱度越高,景观对外界干扰的抵抗能力和同化能力以及景观遭到破坏后的自我恢复能力越低。本项研究中景观阈值以 1 减景观类型的脆弱度来表示。根据如下公式可求得铁路沿线各景观类型脆弱度^[34]:

万方数据

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i}{\left(\max \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i + \min \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i \right)} \tag{1}$$

式中,G 为脆弱度;P_i 为景观类型及环境特征指标初值化之值;W_i 为各指标权重。

按脆弱度大小可将各景观类型的脆弱性划分为 4 类,即:

$G \geq 0.65$ 为极强度脆弱; $0.65 > G \geq 0.45$ 为强度脆弱; $0.45 > G \geq 0.3$ 为中度脆弱; $G < 0.30$ 为轻度脆弱。

新建青藏铁路唐古拉山口至拉萨段铁路沿线景观类型及环境特征采用海拔高度、降水量、植被盖度、Shanon-Winner 多样性指数、 1m^2 植物种的饱和度、土层厚度、第一性生产力 7 项自然成因指标和景观类型对工程扰动的敏感系数和破坏后恢复能力系数 2 项影响表现指标(表 2)。各指标的权重采用专家咨询法进行赋值,脆弱度计算结果见表 3。

Table 2 The main landscape types and their environmental character along Qinghai-Tibet Railway									
景观类型 Landscape types	自然成因指标 Nature indices							影响表现指标 Impact indices	
	$H(\text{m})$	$R(\text{mm})$	$POV(\%)$	$SWDI$	$SOVS$	$ST(\text{cm})$	$NPP(\text{kg}/\text{hm}^2)$	$SCOEI$	RC
高山冰雪 ^①	4500~6200	300~800	0~2	0.07	0~1	0~10	0~10	0.90	0.2
温性草原 ^②	3500~4300	300~400	15~45	0.44	5~15	5~10	1320~2800	0.30	0.6
高寒草原 ^③	4300~5200	100~300	10~50	0.37	5~10	5~20	850~2650	0.35	0.5
高寒草甸草原 ^④	4300~5200	300~400	20~40	0.42	8~12	10~30	750~2720	0.40	0.4
高寒草甸 ^⑤	4000~5200	300~500	70~90	0.37	6~14	20~50	950~2350	0.50	0.3
河流谷地 ^⑥	3700~5100	300~600	0~15	0.22	—	—	50~1000	0.45	0.3
湖泊 ^⑦	3800~5000	300~600	0~2	0.15	—	—	10~100	0.75	0.1
高寒沼泽化草甸 ^⑧	4000~5100	300~600	80~90	0.50	9~16	20~50	850~3500	0.85	0.1
高寒灌丛 ^⑨	4000~5000	300~500	30~50	0.53	8~20	20~40	750~1800	0.45	0.5
农田 ^⑩	3500~4000	200~400	10~95	0.48	10~15	10~30	7500~15000	0.30	0.4
各指标权重 ^⑪	0.07	0.08	0.10	0.05	0.05	0.07	0.08	0.25	0.25

①Alpine ice and snow; ②Temperate steppe; ③Alpine steppe; ④Alpine meadow steppe;⑤Alpine meadow; ⑥Alpine swamp meadow; ⑦River and valley; ⑧Lake; ⑨Alpine shrub; ⑩Farmland; ⑪Weightness; H :海拔高度,Height above sea level; R :降水量,Rainfall; POV :植被盖度,Vegetation coverage; $SWDI$:Shanon-Winner 多样性指数,Shanon- Winner diversity index; $SOVS$: 1m^2 植物种饱和度,Saturation of vegetation species in 1m^2 ; ST :土层厚度,topsoil thickness; NPP :第一性生产力, The net primary productivity; $SCOEI$:对工程扰动的敏感系数,Sensitivity coefficient to engineering impact; RC :破坏后恢复能力系数,Rehabilitation ability coefficient

景观阈值分析是进行景观保护的重要依据之一。根据景观类型的脆弱度将青藏铁路唐古拉山口至拉萨段景观生态阈值分为一级阈值区、二级阈值区、三级阈值区和四级阈值区。一级阈值区为极强度脆弱区,轻度或局部的人为活动都可能对景观带来强烈的或大面积的冲击,而且工程造成的破坏极难恢复;二级阈值区为强度脆弱区,对人类扰动较为敏感,工程活动会造成较为严重的植被和景观破坏,加剧水土流失,对景观带来较大的冲击;三级阈值区为中度脆弱区,能够容忍轻度的人类扰动,但工程活动结束后恢复速度较慢;四级阈值区为轻度脆弱区,能够容忍强度较大的人类扰动,工程活动结束后恢复速度较快。

Table 3 Fragile degree and landscape threshold of the main landscape types along Qinghai-Tibet Railway										
景观类型 Landscape types	高山冰雪 Alpine ice and snow	温性草原 Temperate steppe	高寒草原 Alpine steppe	高寒草甸草原 Alpine meadow steppe	高寒草甸 Alpine meadow	高寒沼泽化草甸 Alpine swamp meadow	河流谷地 River and valley	湖泊 Lake	高寒灌丛 Alpine shrub	农田 Farmland
脆弱度 Fragile degree	0.858	0.262	0.413	0.421	0.411	0.670	0.586	0.830	0.314	0.237
脆弱度评价 Judge of frangibility	极强度脆弱 Extremely fragile	轻度脆弱 Light fragile	中度脆弱 Moderate fragile	中度脆弱 Moderate fragile	中度脆弱 Moderate fragile	极强度脆弱 Extremely fragile	强度脆弱 Very fragile	极强度脆弱 Extremely fragile	中度脆弱 Moderate fragile	轻度脆弱 Light fragile
景观阈值 Landscape threshold	0.142	0.738	0.587	0.579	0.589	0.330	0.414	0.170	0.686	0.763
景观阈值分级 The grade of landscape threshold	I	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	I	Ⅱ	I	Ⅲ	Ⅳ

2.2.3 景观质量综合分析与评价 景观美景度越高,景观质量越高,景观受到视觉污染引起的反应越强烈;景观阈值越高,景观经受人为活动干扰的能力越强。根据景观美景度和景观阈值对景观质量进行综合评价^[35]。

$p = p_b \vee p_t$ (2)

式中, p 为某方数据质量, p_b 为该点的景观美景度级别, p_t 为该点的景观阈值级别。根据景观质量综合评价,将本段铁路沿线景观质量由高到低分为 A、B、C、D 等 4 个级别(表 4)。

表 4 青藏铁路沿线景观质量分级表

Table 4 Classes of landscape quality along Qinghai-Tibet Railway	
景观质量 Landscape quality	景观类型 Landscape types
A	高山冰雪景观、湖泊景观、河流谷地景观、高寒灌丛景观、沼泽化草甸、特殊的人文聚落景观(寺庙、园林、原始的民俗聚落等)Alpine ice and snow, lake, river, alpine shrub, alpine swamp meadow, special human settlements and the other landscape types
B	高寒草甸景观 Alpine meadow
C	温性草原景观、高寒草原景观、高寒草甸草原景观、农田景观 Temperate steppe, alpine steppe, alpine meadow steppe, farm
D	戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观 Gobi, sand-dunes, human settlements

2.3 景观敏感度分析与评价

景观敏感度是景观被注意到的程度,它是景观醒目程度的综合反映^[24]。景观敏感度较高的区域或部位,即使受到轻微干扰,也会对视觉造成较大冲击,因而应作为重点保护区域。

2.3.1 相对坡度与景观敏感度 景观表面相对于观景者视线的坡度越大,景观被看到的部位和被注意到的可能性也越大,在这样的区域内人为活动对景观带来的冲击也就越大。在景观敏感度与坡度关系的研究中,不同学者采用不同的坡度分级,Scott D. B. 在减轻林地工程建设项目中的视觉影响一文将坡度小于 20°的区域定为低敏感区,坡度 20~42°之间的区域定为中敏感区,坡度大于 42°的区域定为高敏感区^[36];塔斯马尼亚州林业局在研究波特兰海角风力农场的视觉影响项目中,将坡度小于 10°的区域定为低敏感区,坡度 10~40°之间的区域定为中敏感区,坡度大于 40°的区域定为高敏感区^[37]。

本项研究参考俞孔坚对王相岩景观敏感度坡度分析的结果^[24],并结合青藏铁路的特点,将坡度大于 30°的区域定为高敏感区,坡度 15°~30°的区域定为中敏感区,坡度小于 15°的区域定为低敏感区。

2.3.2 景观在视阈内出现的几率与景观敏感度 沿铁路线每隔 1km 取观景点,利用 Arcinfo 软件分析铁路沿线景观的可见性。从观景点看到的点位越多,景观在视阈内出现的时间越长,可见性越高,景观敏感度就越高。根据景观被看到的点位或景观在视阈内出现的几率,将铁路沿线景观的敏感度分为 4 个级别。从 20 个以上点位看到的区域(高可见区),为一级敏感区;从 10~20 个点位看到的区域(中可见区),为二级敏感区;从 1~9 个点位看到的区域(低可见区),为三级敏感区;不可见区为四级敏感区(图 1)。

2.3.3 景观综合敏感度分析与评价 根据相对坡度、景观在视阈内出现的几率对景观敏感度进行综合评价:

$$s = \begin{cases} s_a \vee s_t & (s_t < 4) \\ 4 & (s_t = 4) \end{cases} \quad (3)$$

式中, s_a 是基于景观表面相对于观景者坡度的敏感度分量, s_t 为根据景观在视阈内出现的机率评价的敏感度分量。通过各敏感度分量的分级分布叠置,得出青藏铁路沿线景观敏感度综合分级分布(图 2)。

一级敏感区为可见区内坡度大于 30°的区域或高可见区;二级敏感区为可见区内坡度 15°~30°的区域或中可见区;三级敏感区可见区内坡度小于 15°的区域或低可见区;不可见区为四级敏感区(图 2)。

2.4 距离带的确定

景观相对于观景者的距离越近,景观的易见性和清晰度就越高,人为活动可能带来的视觉冲击也就越大,景观的保护级别就越高。根据景观距观景者的距离划分为前景带、中景带和远景带。俞孔坚在王相岩景观敏感度分析中将景观距观景者小于 400m、400~1600m 和大于 1600m 的可见区域划分为前景带、中景带和远景带^[24];VMS 中一般将前景带、中景带和远景带分别定为小于 0.5m、0.5~5.0 m 和大于 5.0 m 的可见区域^[38,39];也有学者在不同的研究中将前景带、中景带和远景带定为小于



图 1 根据可见性绘制青藏铁路沿线部分地区景观敏感度分级分布
Fig. 1 Landscape sensitivity levels according to visibility along part of Qinghai-Tibet Railway

0.25m、0.25~3 m 和大于 3m 的可见区域^[38];VRM 中根据景观相对于行进路线和观景点的距离分为 3 个距离带:前景带—中景带(小于 3~5 m 的可见区域)、背景带(3~15m 的可见区域)和不可见带^[40]。

本项研究主要评价铁路工程活动可能对景观造成的影响。本段铁路工程活动主要集中在铁路沿线 2km 范围内,因此以铁路为基线划分为前景带(≤500m 的可见区域)、中景带(500~2000m 的可见区域)和远景带(>2000m 的可见区域)和不可见带(前景带、中景带和远景带的不可见区域)。

2.5 确定景观资源保护级别

利用 ARCINFO8.01 软件,把青藏铁路景观质量图与敏感度和距离叠置,可将沿线景观分为 4 个保护级别(表 5,图 3)。

一级景观保护区为高山冰雪景观、湖泊景观、河流谷地景观、沼泽化草甸、特殊的人文聚落景观(寺庙、园林、原始的民俗聚落等);前景带或中景带坡度>15°或远景带坡度>30°以及高可见区或前景带、中景带中可见区或前景带低可见区的高寒草甸景观;前景带坡度>15°或中景带坡度>30°以及前景带、中景带高可见区和前景带中可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度>30°和前景带高可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。一级景观保护区内原则上不应设置取弃土场、砂石料点、施工营地等工程场地和其它工程项目,现有植被和景观必须绝对保护。

二级景观保护区为中景带坡度<15°和中景带低可见区或远景带坡度为 15°~30°和远景带中可见区的高寒草甸景观;前景带坡度<15°和前景带低可见区或中景带坡度 15°~30°和中景带中可见区或远景带坡度>30°和远景带高可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度 15°~30°和前景带中可见区或中、远景带坡度>30°和中、远景带高可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。二级景观保护区内应控制工程场地的面积和工程场地沿铁路方向的长度,尽可能减少对景观视觉的冲击,同时要确保工程活动结束后自然植被和景观的恢复。



图 2 青藏铁路沿线部分地段景观敏感度综合分级分布图
Fig.2 The synthesized classes of landscape sensitivity distribution along part of Qinghai-Tibet Railway

表 5 景观资源管理目标分级矩阵

景观保护级别 Rating of landscape protection		敏感度 Visual sensitivity levels									
		Ⅰ			Ⅱ			Ⅲ			Ⅳ
		前景带	中景带	远景带	前景带	中景带	远景带	前景带	中景带	远景带	不可见区
		Foreground zone	Middleground zone	Background zone	Foreground zone	Middleground zone	Background zone	Foreground zone	Middleground zone	Background zone	Not visible zone
景观质量 Landscape quality	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	B	I	I	I	I	I	Ⅱ	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
	C	I	I	Ⅱ	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
	D	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ

三级景观保护区为远景带坡度<15°和远景带低可见区或不可见区的高寒草甸景观;中景带坡度<15°和中景带低可见区或远景带坡度为 15°~30°和远景带中可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度<15°和前景带低可见区或中、远景带坡度 15°~30°和中、远景带中可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。四级景观保护区为除一、二、三级景观保护区外的区域。三级和四级景观保护区内可允许一定程度的人类扰动,且对景观视觉的冲击较小,工程活动结束后应采取自然恢复与人工恢复措施,加速自然植被及景观的恢复。

3 结论与讨论

(1)根据本段铁路工程 109 处取弃土场和 29 处砂石料点的具体位置,采用地理信息系统分析技术,将这些工程场地的位置与景观保护区级别叠置,可以得出上述工程活动所在的景观保护区级别。从本段铁路工程取弃土场和砂石料点所处的景观保护区级别来看,2 处取弃土场位于景观一级保护区,建议进行调整。29 处取弃土场、13 处砂石料点在二级景观保护区内,应通过控制这些工程场地的面积和沿铁路方向的长度,尽可能减少对景观视觉的冲击,同时要确保工程活动结束后自然植被和景观的恢复。总体上看,本段取弃土场、砂石料点位置较为合理,对景观的视觉和生态冲击较小。

(2)从本段铁路工程建设对沿线各景观类型的影响来看,工程活动对高寒沼泽化草甸景观的影响最大。高寒沼泽化草甸景观是一种非常脆弱的景观类型,即使轻微的人类干扰,也会造成生态系统的退化。铁路工程设计和施工过程中,应尽可能减少对此类景观的干扰和影响。在高寒沼泽化草甸景观分布比较集中的路段,工程设计中应尽可能以桥代路,以减少对此类景观的影响。线路从高寒沼泽化草甸景观边缘通过,特别是从山前平原和冲洪积扇下部通过时,路基工程对下游主要依靠地下潜流或地面漫流作为水源补给的湿地生态系统影响相对较大,一定要做好换填渗水土等工程措施,以便将铁路工程建设对高寒沼泽化草甸景观的影响降低到最小程度。在高寒沼泽化草甸景观范围内,不应设置取弃土场、砂石料场和施工营地等临时用地。同时应尽可能少设或不设施工便道,必须设置时,施工后一定要将铺盖的砂石等填料铲除,以便尽可能恢复施工前的地形地貌和水文过程。

(3)青藏铁路唐拉段地处青藏高原,沿线孕育了独特的高原自然景观,由于铁路线路长,铁路附属工程数量较大,铁路建设工程对沿线景观有一定影响;合理设计取弃土场、砂石料点、施工便道、施工营地和场地,并在工程结束后及时采取工程或生物恢复措施,可以将工程对景观的影响降低到最低限度。

(4)GIS 为景观保护研究提供了有利的技术支持,RS 为景观保护研究提供了丰富的数据源。本文通过对新建青藏铁路唐古拉山口至拉萨段铁路沿线景观的分类和制图,对景观美景度和景观阈值进行了评价,确定了景观的质量级别。通过 GIS 的可见度和坡度综合分析确定景观敏感度。根据景观质量、景观敏感度和距离带的空间叠加,确定了景观保护级别,是 RS 和 GIS 技术在景观保护研究中的一次尝试。

(5)本文采用 ERADS 软件中的 VIRTUALGIS 模块,利用遥感影像制作出铁路沿线的三维模拟飞行、结合景观类型图并配合照片对景观美景度进行评价,能直观地表达和分析景观,使得传统静态的、平面的评价景观美景度的方法向动态的、三维的方向发展。

(6)景观脆弱度能定量反映景观对外界干扰的抵抗能力和同化能力,以及景观遭到破坏后的自我恢复能力。本文根据景观的脆弱度分析景观阈值,为景观阈值的定量分析提供了一个有效的方法。



图 3 青藏铁路沿线部分地区景观保护分级分布图

Fig. 3 The classes of landscape protection zone along part of Qinghai-Tibet Railway

References:

- [1] Ciriacy-Wantrup S V. *Resource Conservation: Economics and Policies*. Berkeley, California: University of California Press, 1968.
- [2] Faludi A. *A Decision-centered View of Environmental Planning*. Oxford: Pergamon Press, 1987.
- [3] McHarg Ian L. *Design With Nature*. New York: John Wiley & Sons, 1992.
- [4] Steiner F, Young G and Zube E. Ecological planning: retrospect and prospect. *Landscape Journal*, 1988, **7**(1):31~39.
- [5] Zube E. *万方数据* in landscape assessment theory. *Landscape Journal*, 1984, **3**(2):104~110.
- [6] Litton R B Jr. Visual vulnerability of forest landscape. *Journal of Forestry*, 1974. **72**(7):392~397.

- [7] Litton R B Jr. Forest Landscape Description and Inventories: A Basis for Land Planning and Design. Berkeley, California: USDA, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station Research Paper, PSW-49, 1968.
- [8] Litton R B Jr. Descriptive Approaches to Landscape Analysis. In: A Conference on Applied Techniques for Analysis and Management of the Visual Resource. Berkeley, California; USDA, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station Tech. Research Paper. PSW-35, 1979.
- [9] Magill A W, Litton R B Jr. A Color Measuring System for Landscape Assessment. *Landscape Journal*, 1980, **5**(1):45~54.
- [10] Daniel T C and Schroeder H W. Scenic beauty estimation model: Predicting perceived beauty of forest landscapes. Our National Landscape, A Conference on Applied Techniques for Analysis and Management of Visual Resources. General Technical Report PSW-35, U. S. D. A. , Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Stations, Berkeley, California, 1979. 512~523.
- [11] Daniel T C, Boster R S. Measuring Landscape Esthetics: The Scenic Beauty Estimation Method. USDA Forest Service Research Paper RM-167;66. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, *Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture*, 1976.
- [12] Buhyoff G J and Leuschner W A. Estimation Psychological Disutility From Damaged Forest Stands. *For. Sci.*, 1978, **24**(1):424~432.
- [13] Buhyoff G J, Leuschner W A and Arndt. Replication of a Scenic Preference Function. *For. Sci.*, 1980, **26**(2):227~230.
- [14] Kaplan R. The analysis of perception via preference: A strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape Planning*, 1985, **12**(2):161~176.
- [15] Zube E H, Sell J L and Taylor JG. Landscape perception: research application and theory. *Landscape Planning*, 1982, **9**(1):1~33.
- [16] Lu L, Li X, Cheng G D, *et al.* Analysis on landscape structure of the Heihe River Basin, Northwest Chins. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(8):1217~1224.
- [17] Jia B Q, Ci L J, Yang X-H, *et al.* A study on the landscape pattern change of oasis in arid land. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1):34~40.
- [18] Wu Bo, Ci L J. Temporal and spatial pattern of landscape in the Mu Us Sandland, Northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(2):191~196.
- [19] Wang G X, Guo X Y, Cheng G D. Dynamic variations of landscape pattern and landscape ecological functions structure in the source area of the Yellow River. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(10):1587~1598.
- [20] Wang X J. A preliminary research on scenic resource management and visual impact evaluation. *Journal of Nanjing Forestry University*, 1992, **16**(3):70~76.
- [21] Liu Y B. Visual quality evaluation on landscape environment. *Urban Planning Forum*, 1990, (4):24~29.
- [22] Zhou X P. An aesthetic study on landscape environment. *Urban Planning Forum*, 1995, (2):54~60.
- [23] Yu K J. Landscape preference: BIB-LCJ procedure and comparison of landscape preference among different groups. *Journal of Beijing Forestry University*, 1988, **10**(2):1~11.
- [24] Yu K J. Assessment of landscape sensitivity and impact resistability: with a case study of Wangxiangyan canyon in South Mt. Taihong. *Geographical Research*, 1991, **10**(2):38~51.
- [25] Wu B H. EDVAET: A linear landscape evaluation technique—a case study on Xiaoxinganling scenery drive. *Acta Geographica Sinica*, 2001, **56**(2):214~222.
- [26] Gary R C. Integrating spatial data with photography for visualizing changes in a forested environment landscape architecture department. <http://www.calpoly.edu/~gclay/URISA98.html>.
- [27] Bishop I D and Hulse D W. Prediction of scenic beauty using mapped data and geographic information systems. *Landscape and Urban Planning*, 1994, (30):59~70.
- [28] John T L, Mark J E, Stewart T. The role of GIS in landscape assessment: using land-use-based criteria for an area of the Chiltern Hills Area of Outstanding Natural Beauty. *Land Use Policy*, 1999, **16**(1):21~27.
- [29] Welch R M. Remillard and J. Alberts. Integration of GPS, Remote Sensing, and GIS Techniques for Coastal Resource Management. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1992, **58**(11):1571~1578.
- [30] Christine E B. Estimation of important scenic beauty covariates from remotely sensed data. <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-06202000-11050038/unrestricted/BlinnETD.pdf>.
- [31] Yu K J, Li D H, Duan T W. Landscape Security Approach in Planning of Very Sensitive Site and GIS. <http://www.turenscape.com/page/lunzhu/xs.htm>.
- [32] Yu K J. A preliminary study on natural scenic resources management system of China. *China Gardening*, 1987, **3**(3):33~37.
- [33] Bacon J. A preliminary visual management system of forest service, USDA. In: G. Elsner and R. C. Smardon, eds. Proceedings of Our National Landscape. USDA Forest Service General Technical Report PSW-35, 1979.

[34] Zhao Y L. *The distribution of fragile environmental type and comprehensive rehabilitation in China*. Beijing: China Environmental Science Press, 1999. 99.

[35] Stephen R J. Sheppard. Beyond Visual Resource Management: Emerging Theories of an Ecological Aesthetic and Visible Stewardship. <http://www.calp.forestry.ubc.ca/sheppard.PDF>.

[36] Scott David Bergen. Mitigating Potential Impact to Visual Quality During the Design of Forest Operational Plans. <http://forsys.cfr.washington.edu/~vp/Papers/Bergen.html>.

[37] Visual Amenity. <http://www.hydro.com.au/environment/www-musselroe-dpemp/pdf/vol3/3-11.pdf>.

[38] Visual resources. <http://www.juneau.lib.ak.us/cdd/Kensington/visual.htm>.

[39] Sacramento Municipal Utility District Upper American River Project FERC Project No. 2101. <http://hydrorelicensing.smud.org/docs/spr/9.1AestheticsStudyPlan-PG060502.pdf>.

[40] Holmes/Chipmunk Project. Draft EIS Chapter 3 Visual Quality. <http://www.superiornationalforest.org/resources/2002/holmeschipmunk/Section3.5-pt1-VisualQuality.pdf>.

参考文献:

[16] 卢玲,李新,程国栋,等. 黑河流域景观结构分析. 生态学报,2001,21(8):1217~1224.

[17] 贾宝全,慈龙骏,杨晓晖,等. 石河子莫索湾垦区绿洲景观格局变化分析. 生态学报, 2001,21(1):34~40.

[18] 吴波,慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究. 生态学报,2001,21(2):191~196.

[19] 王根绪,郭晓寅,程国栋. 黄河源区景观格局与生态功能的动态变化. 生态学报,2002,22(10):1587~1598.

[20] 王晓俊. 风景资源管理和视觉影响评估方法初探. 南京林业大学学报,1992,16(3):70~76.

[21] 刘滨谊. 景观环境视觉质量评估. 城市规划汇刊,1990,(4):24~29.

[22] 周向频. 景观规划中的审美研究. 城市规划汇刊,1995,(2):54~60.

[23] 俞孔坚. 自然风景质量评价研究——BIB-LCJ 审美评判测量法. 北京林业大学学报,1988,10(2):1~11.

[24] 俞孔坚. 景观敏感度及其阈值评价研究. 地理研究,1991,10(2):38~51.

[25] 吴必虎. 小兴安岭风景道旅游景观评价. 地理学报,2001,56(2):214~222.

[31] 俞孔坚,李迪华,段铁武. 敏感地段的景观安全格局设计及地理信息系统应用——以北京香山滑雪场为例. <http://www.turenscape.com/page/lunzhu/xs.htm>.

[32] 俞孔坚. 中国自然风景资源管理系统初探. 中国园林,1987,3(3):33~37.

[34] 赵跃龙. 中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治. 北京:中国环境科学出版社,1999. 99.

