

高速公路自然景观段落划分 及人文节点设置方法

王荣华¹, 许金良¹, 王子赓²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 密歇根理工大学 土木与环境工程学院, 密歇根 霍顿 49931)

摘要:为美化高速公路行车视觉空间, 增强公路景观规划的可操作性, 分析公路自然景观资源属性, 针对走廊带沿线自然景观资源的序列性, 运用有序样品的最优分割法(OSOS)划分高速公路自然景观段落; 通过行车单调性试验和景观节点设置间隔试验, 推导出景观节点设置间隔公式, 计算人文景观节点位置; 最后以西安—宝鸡高速公路为例, 用研究的方法划分自然景观段落, 计算景观节点位置, 并确定各景观段落主题。研究表明: 提出 OSOS 法划分自然景观段落符合工程实际, 操作简单, 具有很强的实用性; 人文景观节点的设置间隔宜为 $V_{85}/12$ km, 以节点为控制点、景观段落主题为主导, 设计景观节点处的景观要素或景观小品; 有序样品的最优分割法和节点控制法, 能够有效指导高速公路景观段落规划与节点设计。

关键词:交通工程; 高速公路; 景观段落; 节点; 有序样品; 聚类分析

中图分类号:U491.1 **文献标志码:**A

Method of natural landscape segmentation and cultural node design for express highway

WANG Rong-hua¹, XU Jin-liang¹, WANG Zi-geng²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Technological University, Houghton 49931, Michigan, USA)

Abstract: In order to improve the aesthetic qualities of expressway corridor and enhance the operability of landscape planning, the properties of natural landscape resources was analyzed in this paper. Besides, according to the sequentiality of natural landscape resources along the corridor, optimal segmentation of ordered samples (OSOS) was proposed to divide natural landscape segment of expressway. Through experiments of driving monotony and intervals of landscape nodes, the interval formula was deduced to calculate the cultural landscape node position. In the case of Xi'an—Baoji expressway, the research method was adopted to classify the natural landscape segments, calculate their node positions and determine the theme of each segment. The results show that the OSOS method is consistent with engineering practice, is easy to operate and has strong practicality. The interval distance between cultural landscape nodes should be $V_{85}/12$ kilometers and the design of landscape elements or landscape sketches should take nodes as the control nodes and be dominated by the themes of landscape segments. The method of OSOS and node control

can provide practical guidance for expressway landscape segment planning and nodes design. 5 tabs, 8 figs, 16 refs.

Key words: traffic engineering; express highway; landscape segment; node; ordered sample; cluster analysis

0 引言

公路是绵延于自然地面上的人工带状建筑物,沿途经过不同的地形、地貌等自然景观,随着公路两侧环境的不断变化,构成不同的公路景观序列,给道路使用者带来不同的感官体验^[1]。良好的公路景观规划与设计可以有效地缓解驾驶人的视觉疲劳、改善行车安全、美化行车环境;还可以从自然、人文等方面增强公路空间的连续性,完善公路功能^[2-4]。

Garré 等综合运用形态景观分析、景观图片感知研究和累积逻辑模型技术,研究二级、三级公路对半乡村景观环境的影响,发现公路及其结构对所处景观环境具有负面影响^[5];Chamberlain 等提出视觉重要度,量化边坡、观察距离、观察角度的可视性,将该方法引入到路侧环境视域、可视性分析中,以识别景观规划与设计重点^[6];Santner 等依托实体工程案例,将内华达州不同公路走廊带按驶入、城镇内、驶出划分为 3 个主要景观段落,根据沿线地形、植物种群及城市发展规划确定段落主题^[7-9],基于 GIS 分析走廊带内重要的自然、环境特征的视域,按照软质景观和硬质景观将公路景观要素进行分类,根据段落主题设计景观要素。陈雨人等通过研究高速公路景观图像布局角度与景观评价价值的内在关系,建立模型以尝试客观评价高速公路景观,结果表明图像空间布局角度与公路景观对象存在对应关系^[10-11]。张阳等借鉴国外公路景观规划先进的设计理念,将景观生态规划设计思想应用于公路规划建设中,论述了公路主体设计与景观生态规划设计之间的关系^[12-13];魏中华等将色彩学和心理学与公路交通实际相结合,阐述色彩的心理学效应,结合工程实际验证发现合理的选择色彩可产生良好的景观效果,结合公路功能的需求,提出公路景观设计理论的涵义,并定性地构建了包括公路景观设计原理、理论构成主体、提取景观设计指标的公路景观设计理论框架^[14-16]。

目前,国内外学者主要结合实体工程背景,分析景观和美学元素,划分高速公路景观段落,给出具体的景观设计指导原则。这些研究成果对促进高速公路规划理论的发展、实体工程景观规划的指导具有

重要意义,但现有研究仅限于定性分析,确定高速公路走廊带景观段落及景观节点、定量的研究较少。鉴于此,本文从分析高速公路走廊带自然景观要素及人文景观要素属性入手,结合统计学理论,研究有序样品的最优分割(optimal segmentation for ordered samples, OSOS)划分自然景观段落,应用节点控制法(node control)计算景观节点位置,量化研究过程,增强高速公路景观规划的实际可操作性,从而有效地指导高速公路景观设计。

1 高速公路景观资源分类

一般意义上的高速公路景观,是指在道路使用者视野范围内的视觉环境,既包括道路本身,也包括公路沿线的自然、人文等环境资源。高速公路景观区别于乡村景观、城市景观、风景名胜等景观,具有带状性和动态性特征。基于前人的研究成果,按照景观要素的性质,可将高速公路景观资源主要分为自然景观资源和人文景观资源两大类,具体见图 1。

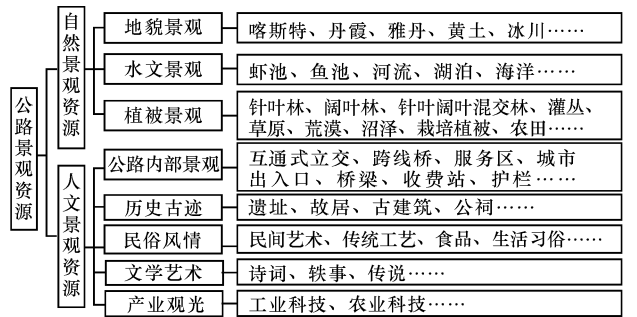


图 1 高速公路景观资源分类

Fig. 1 Classification of express highway landscape resources

高速公路呈带状位于开放的自然环境中,属于大尺度景观元素,自然景观资源亦属于大尺度景观,立足于高速公路观察沿线自然景观资源,具有带状特征。人文景观资源相对于高速公路、自然景观资源,属于小尺度景观资源,且不具有连续性特征。因此,根据自然景观资源,将高速公路先划分为不同的自然景观段,每段具有相同或相似的自然景观特质;然后考察沿线人文景观资源,在合理的位置设计景观节点或景观小品;最后综合自然景观资源与人文景观资源,确立景观段落主题,完成高速公路景观规划方案。

2 高速公路走廊带自然景观段落划分

2.1 高速公路自然景观资源属性分析

高速公路走廊带自然景观资源具有一定的尺度,且划分后的景观段落不能打乱沿线自然景观的序列性。分析上述特征,聚类分析法中对有序样品的聚类分割适用于对公路自然景观资源进行段落划分。有序样品的最优分割聚类分单个指标、多个指标聚类,公路沿线自然景观资源类型多样,因此提出有序样品的最优分割法(OSOS)划分公路自然景观段落。

2.2 有序样品多个指标最优分割聚类

聚类分析(cluster analysis)又称群分析,是根据“物以类聚”的原理对样品进行分类的一种多元统计分析方法。根据一批样品的多个观测指标,可以找出度量样品之间相似程度的统计量,将相似程度较大的样品聚为一类,相似程度较小的聚为小的分类单位,不相似的聚合到邻近大的分类单位,直至将所有样品聚合完毕。有序样品的聚类在确保不打乱样品顺序的前提下,找出一些分点将样品分割,确定分点的依据是同类样品间差异最小,不同类样品间差异最大。

步骤 1:建立有序样品-指标矩阵,设 n 个有序样品集为 $M=(M_1,M_2,\cdots,M_m)$,指标集为 $D=(D_1,D_2,\cdots,D_m)$,样品 M_i 对指标 D_j 的值记为 $x_{ij}(i=1,2,\cdots,m; j=1,2,\cdots,n)$,建立有序样品-指标矩阵 X 为

$$X=\begin{bmatrix} & D_1 & \cdots & D_n \\ M_1 & x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_m & x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

步骤 2:将样品指标值 x_{ij} 进行归一化处理

$$z_{ij}=(x_{ij}-\min_{1\leq j\leq n}\{x_{ij}\})/(\max_{1\leq j\leq n}\{x_{ij}\}-\min_{1\leq j\leq n}\{x_{ij}\}) \quad (2)$$

式中: $i=1,2,\cdots,p;j=1,2,\cdots,n$ 。

得出归一化后矩阵

$$Z=\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

步骤 3:计算变差矩阵 D 。若 $\{z_1,z_{i+1},\cdots,z_j\}$ 为一个类, $j\geq i$,则平均值为

$$\bar{z}_{ij}=(\sum_{a=i}^j z_a)/(j-i+1) \quad (4)$$

样本变差 $d_j=\sum_{a=i}^j(z_a-z_{ij})^2$,则有序样品-指标矩阵的变差式为

$$d_{ij}=\sum_{b=i}^j\sum_{a=1}^p(z_{ab}-z_{a(ij)})^2 \quad i,j=1,2,\cdots,n \quad (5)$$

式中: $d_{ij}=\begin{cases} 0 & i=j \\ d_{ij} & i\neq j \end{cases}$,得出变差矩阵 D 。

步骤 4:计算误差函数。将第 i 号样本 z_i 简记为 i , n 个样本分为 k 类,分法为 $p(k,n):\{i_1=1,i_1+1,\cdots,i_2-1\},\{i_2=1,i_2+1,\cdots,i_3-1\},\cdots,\{i_k=1,i_k+1,\cdots,n\}$,误差函数为

$$\phi[p(k,n)]=\sum_{j=1}^k(D_{i_j,i_{j-1}}-1) \quad (6)$$

当 n 和 k 固定时, $\phi[p(k,n)]$ 越小,类内离差平方和越小,分类越合理。

步骤 5: $\phi[p_0(k,n)]$ 公式递推,聚类。当 $k=2,3,\cdots,n-1$ 时,分别计算 $\phi[p_0(2,q)],\phi[p_0(3,q)],\phi[p_0(4,q)]$ 等,一直计算到 $\phi[p_0(k,q)](q=k,k+1,\cdots,n)$ 。计算所有分界线可使误差函数达到最小的分法,归纳 n ,使递推公式成立

$$\phi[p(k,n)]=\min_{m\leq j\leq n}\{\phi[p(k-1,j-1)]+D(j,n)\} \quad (7)$$

最终得到分类

$$\begin{aligned} G_1 &= \{j_1=1,\cdots,j_2-1\} \\ G_2 &= \{j_2,\cdots,j_3-1\} \\ &\vdots \\ G_k &= \{j_k,\cdots,n\} \end{aligned}$$

2.3 自然景观段落划分

2.3.1 景观段落划分的样品

在运用多个指标对样品进行最优分割前,首先需确定高速公路走廊带有序样品单元。根据公路走廊带最基本计量单位里程桩号这一特征,可将同质自然景观资源按里程桩号划分为等距有序的子单元,每个单元即为聚类分析的样品。公路走廊带景观具有动态性和大尺度特征,若景观变化过于频繁,驾驶人短距离内视野信息量过大,行车负担过重而导致紧张,不利于行车安全,因此聚类的子单元里程不可太短(例如几十米);同时,有的公路沿线地形、地貌、水文等同质景观里程较短,过长子单元里可能含有异质地形、地貌、水文景观,若选用过长子单元会降低景观段落划分的准确性。综上所述,结合工程实际,选择 1 km 里程的景观单元为聚类样品子单元。

2.3.2 确定指标

根据高速公路自然景观资源的分类,段落划分的指标即为公路沿线不同的地貌、水文、植被等景观资源。这些指标相互独立,并随着公路路线走向向前动态的、有变化的延伸。在进行实际 1 条公路景观段落划分前,需勘察、搜集走廊带沿线的地貌类型、水文类型、植被类型。

2.3.3 指标赋值

自然景观资源在公路走廊带有具体的桩号位置和里程范围,结合聚类样品子单元,对指标采用里程赋值的方法。例如一段公路走廊带景观资源为喀斯特地貌(指标),从 K2+000~K5+000 处,那么该景观指标赋值为 3 km。

这样赋值不仅可简单清晰地表示出各景观指标相对于走廊带的具体位置;同时,可全面地标度出同一桩号范围的异质景观指标。结合工程实际,有时公路走廊带一侧是水文景观,而另外一侧是山地,该赋值方法可以同时标度出这 2 个相互独立、互不影响的景观指标。

划分好景观样品,确定出景观指标并对指标赋值后,建立的景观聚类分析矩阵如表 1 所示。

表 1 景观聚类分析矩阵
Tab. 1 Landscape cluster analysis matrix

景观样品子单元	聚类指标			
	X_1	X_2	...	X_p
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1p}
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2p}
n	x_{1n}	x_{n2}	...	x_{np}

2.3.4 聚类

按照有序样品多个指标最优分割的聚类分析步骤,运用 DPS(data processing system)平台,将景观聚类分析矩阵数据定义为数据块,每行为一个样本,每列为一个指标及赋值数据,进行有序样品最优分割聚类分析计算。在进行工程实例分析前,运用该方法进行数据测试,运行 DPS 计算模块,分别进行指标数据标准化、指标数据没有标准化的有序样品最优分割,对比两组数据运算结果,聚类的误差函数和最优分割结果是一样的,即证明自然景观段落划分的指标赋值方法是有效的。

3 高速公路走廊带人文景观节点确定

结合实际高速公路沿线自然景观的特征,划分后的同质景观段落可能长达 20~30 km。虽然景观特征明显,但驾驶人在长距离、同质景观段落中驾车

行驶,易形成驾驶疲劳,不利于行车安全。这就需在自然景观段落划分基础上,选择并设计合适的景观节点作为刺激点,缓解驾驶疲劳、增添行车趣味。

3.1 高速公路人文景观资源属性

人文景观资源属于小尺度景观,除公路自身各组成结构物实体景观,还包括地域差异导致的民族风情、历史文化等虚拟景观,虚拟景观大多借助景观小品展现于公路沿线。公路的桥梁、跨线桥、互通式立交、服务区等点式景观,以及其他虚拟的人文景观资源,明显不具有带状性特征。较为合理的是在自然段落划分基础上,提取人文景观节点,用沿线人文景观资源赋予景观节点以内涵,凸显景观主题;景观节点也为疲劳刺激点,缓解驾驶人疲劳。因此提出节点控制法,确定高速公路人文景观节点及主题。

3.2 节点控制法

节点控制法(node control)是针对事物发生、发展过程存在的连续性以及过程之间的关联性提出的,过程在时间上、空间上都是连续的,而不同过程之间又存在一定的关联性。若对整个过程采用统一规划、设计和管理方式是复杂的、不科学的,需将整个过程划分为不同段,选择具有代表性的节点加以调整、控制。在高速公路景观中,上述“过程”即景观段落划分过程,节点即指景观节点。因此,景观节点位置的确定在公路景观规划中十分重要。

通过分析不难发现,若景观节点设置间隔距离过长,无法达到缓解驾驶人疲劳的效果;若设置间隔过短,行车信息负荷过大,易导致驾驶人长时间高度紧张,不利于行车安全。因此景观节点设置位置应从分析驾驶人的感知疲劳特性出发,研究即使在不同的行车速度下,在一条高速公路走廊带的哪些位置设计景观小品、美化景观要素可作为控制点,能够有效地缓解驾驶人的感知疲劳,美化行车环境。

3.3 驾驶疲劳与行车环境单调性

驾驶人的驾驶疲劳可通过其心理生理特征表征,已有研究表明驾驶人的心率变化率与驾驶疲劳具有显著相关性。试验设计不同的、单调的行车环境,测试被试人员心率数据,研究心率变化率与单调的行车环境之间的关系。

3.3.1 被测试者

选取驾驶技术娴熟、具有良好驾车习惯、视觉技能正常、无生理缺陷和重特大交通事故经历、驾龄均超过 5 年的 25~35 岁男性驾驶人,被测试者在每次试验之前 72 h 内禁止饮酒,3 h 内禁止喝茶、咖啡,试验前 1 日夜间保证 8 h 的睡眠时间,并且没有任

何与睡眠有关的疾病。为了更快地体现单调的场景对驾驶员的影响,试验时间选择在中午 12:00。共获得有效样本 5 名驾驶人。

3.3.2 试验设计

试验设备包括 Autosim 驾驶模拟舱,Biofeed-back2000X-PERT 生物反馈仪、秒表等。设计双向 4 车道高速公路,为尽快获取驾驶疲劳,分别设计长直线无任何景观(A 场景)、长直线种植单一植物(B 场景)、有背景山脉无种植(C 场景)、有背景山脉长直线种植(D 场景)4 种场景,如图 2 所示。要求被

测试者分别以 60、80、100、120 km/h 的行驶速度在 4 种单调场景内驾车行驶 60 min,每个驾驶人试验 2 次,从驾驶人熟悉驾驶场景后开始记录心率。共获得 160(5×2×4×4)组数据。

3.3.3 数据分析

分不同的行驶速度,以时间(min)为单位,记录在不同场景下驾驶人的心率值,建立驾驶时间-平均心率回归模型,如下页图 3 所示。

分析图 3 驾驶人心率随时间的变化规律拟合图可知:①在单调环境下,无论以何种行车速度,驾

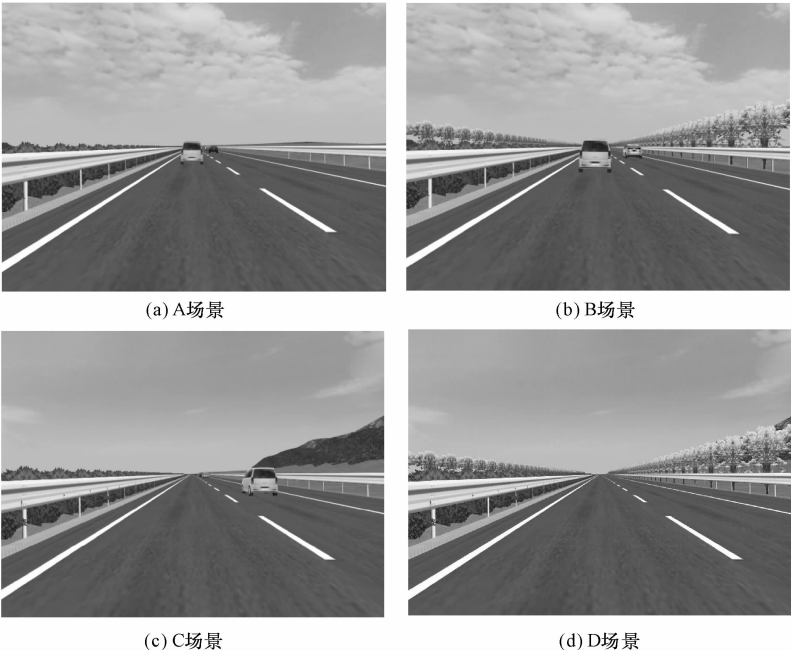


图 2 单调性试验场景

Fig.2 Experimental scene of monotony

驶人的心率逐渐降低,直到降低为较为平稳的水平;②无论以何种行车速度,A 场景心率降低幅度最大,D 场景心率降低幅度最缓;③以行驶速度为单位,计算不同场景下被试驾驶人的平均心率发现,60 km/h 时从 4.3 min 开始心率明显降低,80、100、120 km/h 时分别从 4.6、4.7、5.2 min 开始心率明显降低,当行车速度较高时,驾驶人注意力高度集中时间较长,因此心率明显降低的时间点要晚于较低行车速度下心率明显降低的时间点。分析上述结论,无论在何种行车速度下,路线走廊带若无合适的、安全的刺激机制,单调的行车环境容易导致驾驶人的感知疲劳。

3.4 景观节点设置间隔

根据行车疲劳与环境单调性的试验研究结果,驾驶人从 4.3~5.2 min 开始心率明显下降,需设计

景观间隔试验,研究出合理的间隔距离,作为刺激机制有效缓解驾驶感知疲劳,促进行车安全。

3.4.1 被测试者

景观节点间隔设置研究选取试验驾驶人的要求同 3.3.1 节,共获得有效样本 5 名驾驶人。

3.4.2 试验设计

运用已有试验设备,设计 2 种最简单的景观间隔场景,间隔一定距离交叉种植 2 种颜色景观树(A 场景),间隔一定距离种植一种景观树(B 场景),如下页图 4 所示。以 A、B 这 2 种场景景观为背景,分别设计 4、5、6 min 景观间隔时间(取整),如下页表 2 所示。要求被测试者以 60、80、100、120 km/h 的行驶速度分别在 2 种景观背景、各 3 种间隔景观内驾车行驶 30 min,从驾驶人熟悉驾驶场景后开始记录心率。共获得 120(5×3×2×4)组数据。

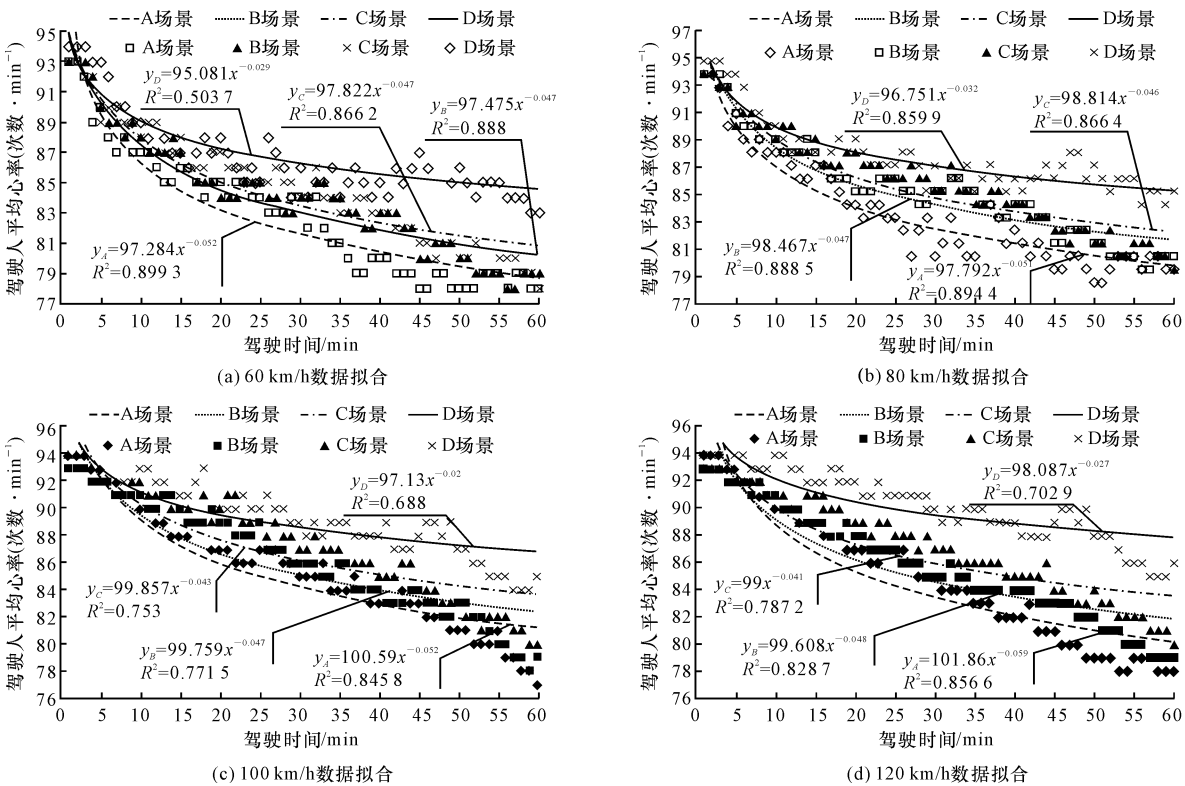


图 3 驾驶人心率随时间变化规律拟合
Fig. 3 Fitting of heart rate variation with driving time



图 4 景观间隔场景
Fig. 4 Landscape interval scene

3.4.3 数据分析

分不同的行驶速度,以时间(min)为单位,记录 2 种间隔场景、各 3 种间隔距离下驾驶人的心率值,建立驾驶时间-平均心率回归模型,如下页图 5 所示。

分析图 5 驾驶人心率随时间的变化规律拟合

表 2 景观间隔距离

速度/(km·h ⁻¹)	不同间隔时间(min)的间隔距离/km		
	4	5	6
60	4.0	5.0	6
80	5.5	6.5	8
100	6.5	8.5	10
120	8.0	10.0	12

图可知:①景观间隔试验驾驶人 心率下降幅度比行车环境单调性试验中驾驶人 心率下降幅度明显变缓,心率变化率维持在正常安全水平;②60 km/h 和 80 km/h 行驶速度下,A 场景 4 min 间隔距离 心率下降幅度最小,A 场景 5 min 与 B 场景 4 min 次之,且心率变化幅度相似;③100 km/h 和 120 km/h 行驶速度下,A 场景 5 min 间隔距离 心率下降幅度最小,B 场景 5 min 次之,行驶速度越快,所需景观间隔距离相对越长;④4 种行驶速度下,A 场景 心率下降幅度缓于 B 场景,说明色彩对缓解驾驶人感知疲劳具有良好的效果。综合上述分析,结合行车单调性试验结果,并考虑各种行驶速度,5 min 设计的间隔距离缓解驾驶人感知疲劳效果最佳。

3.5 人文景观节点确定

考虑实际高速公路车辆的行驶速度各不相同,

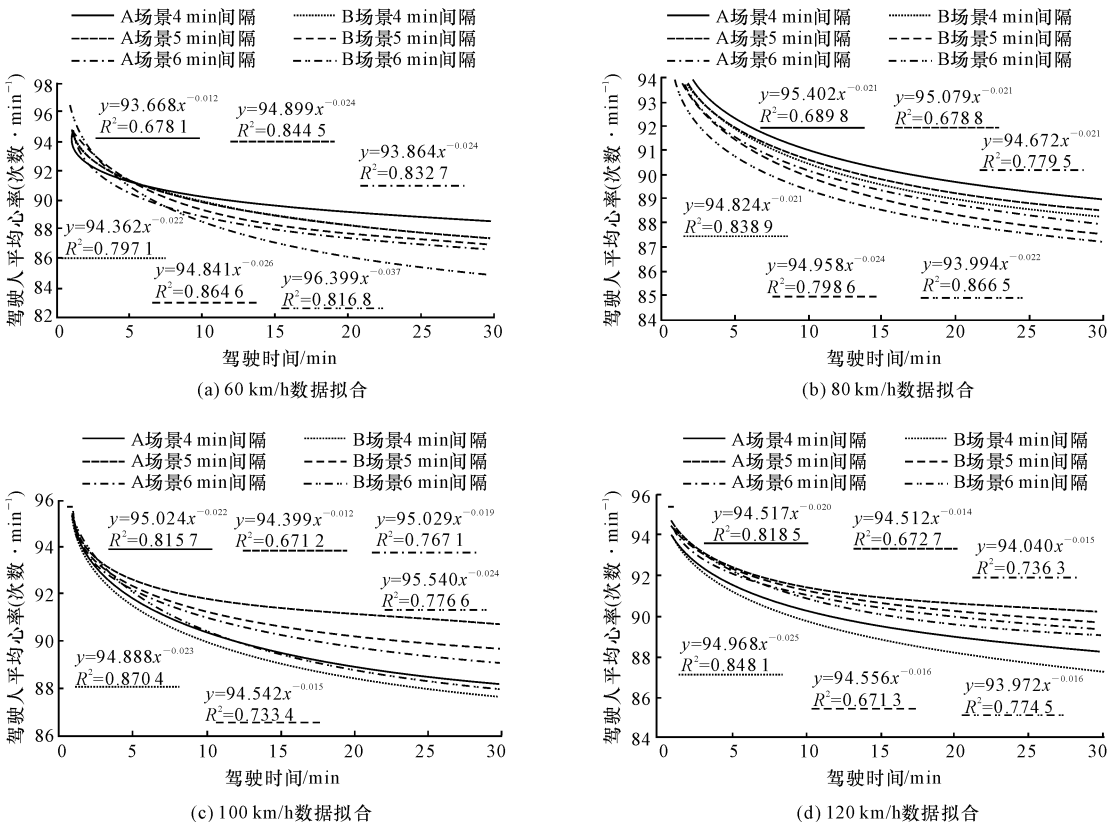


图5 驾驶人心率随时间变化规律拟合

Fig.5 Fitting of heart rate variation with driving time

因此在确定人文景观控制点前,对新建高速公路预测 V_{85} ,对已运行高速公路观测 V_{85} ,人文景观节点设置间隔为

$$H=V_{85}T=V_{85}/12 \tag{8}$$

式中: V_{85} 为测定速度的第85百分位行驶速度; T 取值5 min; H 为人文景观节点设置间隔距离。

从路线起点按计算的 H 确定各个景观节点,应结合高速公路自身景观要素(跨线桥、互通式立交、出入口、服务区、收费站等)的桩号进行调整,最终确定人文景观控制点的位置,使景观节点设计与公路自身景观要素设计相结合,凸显人文景观主题,节约景观营造成本。

4 高速公路走廊带景观段落主题

4.1 公路景观主题确定

以自然景观资源为基础划景观段落;结合公路自身景观要素,确定出用以缓解驾驶单调疲劳而设置的景观节点位置;还需评估公路走廊带沿线历史、人文、经济景观资源,赋予景观段落主题,使同一段落内不同景观节点处的景观要素具有相同的主题,突出段落主题,避免同一段落内景观要素的主题变化多样,由于信息繁重导致驾驶疲劳。

将现有景观资源提炼、归类,主要可形成3类景观主题,分别为自然生态景观主题、历史人文景观主题、经济产业景观主题,图6为景观主题构思图。

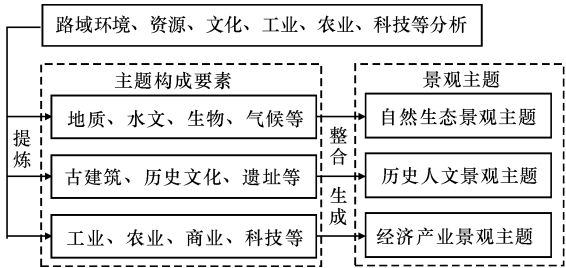


图6 景观主题构思

Fig.6 Mind map of landscape theme

4.2 公路景观规划流程

运用基于有序样品最优分割的聚类分析法对高速公路自然景观段落进行划分,同时运用节点控制法确定走廊带人文景观节点,赋予景观段落主题,按下页图7所示流程综合规划高速公路景观。

5 实例验证

选取西安—宝鸡高速公路进行实例验证。起于兴平西,止于宝鸡石嘴头,项目总里程155.629 km,部分路段双向8车道,设计速度120 km/h,部分路段双

向 4 车道,设计速度 100 km/h。按照图 7 所示流程对高速公路进行景观规划。

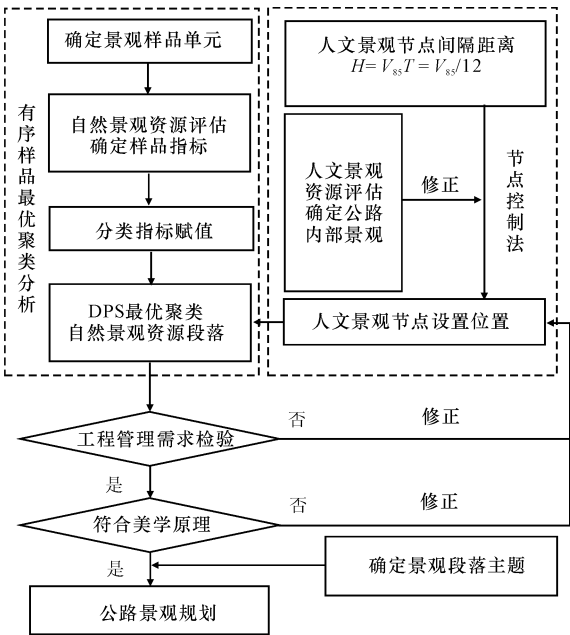


图 7 高速公路景观聚类-节点控制法操作流程
Fig. 7 Procedure of cluster analysis-junction control method for expressway landscape

步骤 1:根据项目总里程将西安—宝鸡高速划分为 155 个样品单元,项目所在地路侧自然景观资源主要有农田、林地、山地等,根据里程桩号对自然景观样品指标赋值,如表 3 所示。

步骤 2:确定景观聚类分析矩阵,运用 DPS 进行

有序样品最优聚类,如表 4 所示,将景观段落对应于里程桩号,初步划分结果为 K0+000~K24+000、K188+000~K235+000、K235+000~K260+000、K260+000~K319+000。

步骤 3:观测西安—宝鸡高速公路第 85 百分位行驶速度, V_{85} 取值 102 km/h,根据公式计算景观节点间隔距离 H 为 8.5 km。从项目起点开始,每隔 8.5 km 初步得出沿线景观节点的位置。

步骤 4:评估沿线人文、历史、经济等资源要素,包括历史文明丝绸之路、秦阿房宫、沔阳遗址、法门寺、杨凌农业高新技术产业示范区等;公路内部景观要素统计如表 5 所示,由于工程实际,路线桩号 K25+710=K187+822.384,短链 162 112.384 m。

步骤 4:结合景观要素节点、工程管理等需求,微调自然景观段落划分处的桩号,综合考虑沿线自然、历史、文化、经济产业资源,确定各景观段落主题,最终确定西安—宝鸡高速公路景观段落划分结果为:秦汉文明走廊带(K000+000~K25+710=K187+822.384~K189+949.783)、新旧农业文明走廊带(K189+949.783~K235+380)、佛教文化走廊带(K235+800~K254+700)、优美山川走廊带(K254+700~K319+868)。

步骤 5:运用表 5 中公路内部景观要素桩号的位置修正步骤 3 中景观节点的位置,以景观段落主题为指导,设计景观节点处的景观要素、景观小品。西安—宝鸡高速公路景观段落及节点规划如下页图 8 所示。

表 3 西安—宝鸡高速公路景观聚类分析矩阵
Tab. 3 Cluster analysis matrix of Xi'an-Baoji expressway natural landscape

景观样品 子单元	聚类指标					景观样品 子单元	聚类指标				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
	农田(平原)	林地(平原)	草地(平原)	林地(山地)	台地		农田(平原)	林地(平原)	草地(平原)	林地(山地)	台地
1	0	1	1	0	0	12	1	1	0	0	0
2	0	0	1	0	0	13	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0	14	1	0	1	0	0
4	0	0	1	0	0	15	1	0	1	0	0
5	0	0	1	0	0	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	1	1	0	0	0	150	0	0	0	1	1
7	1	1	0	0	0	151	0	0	0	1	1
8	1	0	0	0	0	152	0	0	0	0	1
9	1	0	0	0	0	153	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	154	0	0	0	0	1
11	1	0	0	0	0	155	0	0	0	0	1

6 结 语

(1)提出了有序样品最优分割的聚类分析法划

分高速公路自然景观段落。引入聚类分析的统计方法,在不打乱公路走廊带沿线自然景观资源序列的基础上,划分景观样品单元,建立景观聚类分析矩

- freeways[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2012, 38(2): 299-305. (in Chinese)
- [4] Chapman J R, Noyce D A. Influence of roadway geometric elements on driver behavior when overtaking bicycles on rural roads[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering: English Edition, 2014, 1(1): 28-38.
- [5] Garré S, Gulinck M, Gulinck H. The dual role of roads in the visual landscape: A case-study in the area around Mechelen (Belgium)[J]. Landscape and Urban Planning, 2009(92): 125-135.
- [6] Chamberlain B C, Meitner M J. A route-based visibility analysis for landscape management[J]. Landscape and Urban Planning, 2013(111): 13-24.
- [7] Santner B, Zunino J, Sipes J, et al. I-15 Landscape and aesthetic corridor plan [R]. Carson City: Nevada DOT, 2005.
- [8] Tom Guyer, Dean Mottram, Cindy Potter, et al. I-80 Landscape and aesthetic corridor plan [R]. Carson City: Nevada DOT, 2005.
- [9] Richard W. Shaw, Kathie Brinkerhoff, Barbara Santner, et al. US 395, West US 50, SR 28, SR 207 and SR431 Landscape and aesthetic corridor plan [R]. Carson City: Nevada DOT, 2005.
- [10] 陈雨人, 郭力伟. 高速公路景观图像评价与布局角度的关系[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2008, 36(03): 339-343.
CHEN Yu-ren, GUO Li-wei. Relationship between layout angle of expressway landscape picture and its assessment[J]. Journal of Tongji University: Nature Science, 2008, 36(03): 339-343. (in Chinese)
- [11] 汪慧君, 陈雨人, 陆斯文. 基于视觉图像特征的公路景观绿化美景度评价[J]. 长沙交通学院学报, 2008, 24(3): 59-63.
WANG Hui-jun, CHEN Yu-ren, LU Si-wen. Scenic Beauty estimation (SBE) evaluation of highway landscape greening based on characteristics of visual pictures[J]. Journal of Changsha Communications University, 2008, 24(3): 59-63. (in Chinese)
- [12] 张阳, 王天问, 崔永峰. 基于生态基础的公路景观规划设计[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2008, 28(5): 45-47.
ZHANG Yang, WANG Tian-wen, CUI Yong-feng. Plan and design of highway landscape based on ecosystem [J]. Journal of Chang'an University: Nature Science Edition, 2008, 28(5): 45-47. (in Chinese)
- [13] 张阳, 董小林. 公路景观及视觉影响评价方法研究[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 1999, 19(4): 65-67.
ZHANG Yang, DONG Xiao-lin. A study of highway landscape and visual impact assessment[J]. Journal of Chang'an University: Nature Science Edition, 1999, 19(4): 65-67. (in Chinese)
- [14] 魏中华, 王珊. 公路景观的色彩效应[J]. 北京工业大学学报, 2004, 30(3): 329-332.
WEI Zhong-hua, WANG Shan. Color effect of highway landscape [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2004, 30(3): 329-332. (in Chinese)
- [15] 魏中华, 王海忠, 任福田. 公路景观设计理论框架研究[J]. 北京工业大学学报, 2007, 33(1): 41-45.
WEI Zhong-hua, WANG Hai-zhong, REN Fu-tian. Study on the theoretical frame of highway landscape design [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2007, 33(1): 41-45. (in Chinese)
- [16] 魏中华, 王珊, 任福田. 高等级公路景观序列构成研究[J]. 公路交通科技, 2004, 21(11): 134-137.
WEI Zhong-hua, WANG Shan, REN Fu-tian. Research on landscape sequence composition of high grade highway [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(11): 134-137. (in Chinese)