

基于 GIS 与层次 – 熵灰色模糊的高铁线路地形条件综合评价分析——以北京至西安东西两线为例

申小凡，张博轩，王嘉铭，魏靖轩，刘梦云
(西北农林科技大学资源环境学院，陕西 杨凌 712100)

摘要：本文在地理信息系统的支持下，使用层次 – 熵灰色模糊综合评价方法对北京至西安东西两线高铁线路沿线地形进行综合评价。选取地表基本形态、地表变化情况和地势复杂程度作为准则层，借助 ArcGIS 平台基于分辨率为 30m 的 DEM 提取 13 个地形因子进行统计分析，并通过一定的准则对每条线路的各地形因子情况进行赋分。采用层次分析法对 3 个准则层进行权重的赋予，使用熵权法确定出每个准则层下各指标层的权重，利用灰色关联分析计算隶属度，通过模糊算子将权重矩阵与隶属度进行模糊计算，进而确定北京至西安东西两线地形的综合评价值。方法的应用可以更全面、更精确地探索地形对高铁建设的影响，为今后高铁线路地形评价提供理论基础。

关键词：地形因子；GIS 空间分析；层次分析法；熵权法；灰色模糊综合评价
中图分类号：U238;U216.414 **文献标识码：**A **文章编号：**1671-0711 (2021) 07 (上) -0138-05

铁路线的合理规划有助于提高客运效率、带动地区经济发展、提升城市经济实力，因此，对铁路线建立恰当的评价体系对于铁路未来的蓬勃发展起着决定性作用。目前，国内外对铁路线网评价的方法主要有层次分析法、灰色关联度法、熵权法、主成分分析法等。夏宇等人提出使用目标层次分析法确定出高铁建设的四个准则层，并通过专家打分赋予权重，进而完成了评价指标体系。秦孝敏等人通过集成权重法对各指标赋予权重，计算出了铁路网与四大城市群空间适应性影响指标。谭衢霖等人利用层次分析法和熵定权的灰色模糊综合评价方法对武汉城市圈轨道交通 3 种线网规划方案进行了综合评价。

通讯作者：刘梦云。

地形对于铁路的建设起到了决定性作用，地形地貌是地质选线的首要决定性因素。本文使用基于 GIS 的空间分析技术开展层次分析法和熵权法定权的灰色模糊综合评价方法，在分辨率为 30m 的数字高程模型 (DEM) 中裁剪北京至西安东西两线缓冲区 500m 的区域作为统计区，选取地表基本形态、地表变化情况和地势复杂情况作为三个准则层进行评价。GIS 是在计算机硬件、软件系统支持下，对地球表层空间中与地理空间位置紧密相关的地理空间数据进行有效管理与综合分析的技术系统。利用 GIS 技术的空间分析功能，可以快速获取不同地形因子的定量数值，进而建立地形评价体系判断该地形是否有助于高铁建设。

※ 2020 年 12 月 15 ~ 17 日 (改造后)，余热锅炉烟气入口温度平均值 506℃，二级低温省煤器出口温度平均值 162℃。

表 1 项目改造前后标定操作条件数据表

序号	时间	余热锅炉入口温度	二级低温省煤器出口温度	烟气流量
1	2020 年 7 月 7 日 15: 00	501℃	196℃	78000Nm ³ /h
2	2020 年 7 月 8 日 15: 00	500℃	197℃	78000Nm ³ /h
3	2020 年 7 月 9 日 13: 00	501℃	195℃	78000Nm ³ /h
4	2020 年 12 月 15 日 14: 00	507.4℃	161.4℃	78000Nm ³ /h
5	2020 年 12 月 16 日 14: 00	506.8℃	163.1℃	78000Nm ³ /h
6	2020 年 12 月 17 日 15: 00	504℃	161.3℃	78000Nm ³ /h

通过上表吹灰器改造前后各三组数据对比，可以直观显示，吹灰器改造后比吹灰器改造前二级低温省煤器出口温度平均温度下降 34℃，改造节能效果明显。

4 改造后的经济效益

激波吹灰器投用后：(1) 余热锅炉排烟温度由 196℃

控制在 162℃，能够回收更多烟气热量；燃料油价值为 2300 元/t；热焓值为 10000Kcal/kg；烟气流量：78000Nm³/h；烟气比热 0.34Kcal/Nm³℃；烟气温降：34℃；回收热量：0.34×78000×34×8000 = 7.2×10⁹(Kcal)；折合燃料油：7.2×10⁹÷10000÷1000 = 720(t/年)；经济效益：720×0.23=165.6 万元。(2) 原有蒸汽吹灰器不再使用，节约低压蒸汽量 2t/天，经济效益：2×112×330=7.4 万元。(3) 原有蒸汽吹灰器旋转部件易损坏，减少更换配件费用及检修费用 5 万元/年。(4) 激波吹灰器使用瓦斯产生费用：4.2×0.2×330×1900=52.7 万元，共经济效益 165.6+7.4+5-52.7=125.3 万元/年。

5 结语

通过余热锅炉吹灰器改造，进一步优化了装置平稳节能运行：(1) 降低了余热锅炉排烟温度，提高了锅炉效率，通过改造前后排烟温度对比，每年产生可观经济效益，做好提质增效工作；(2) 使锅炉各段炉温接近设计值，避免因吹灰器吹灰效果不好导致锅炉各段炉温超温，使炉温稳定，保证余热锅炉安全平稳运行。

参考文献：

[1] 梁凤印等. 流化催化裂化. 北京：中国石化出版社，2005.

1 线路评价指标

1.1 数据来源

本文使用的 30m 空间分辨率的 DEM 数据来源于地理空间数据云；西安至北京东西两线铁路矢量数据来源于 OPENSTREETMAP2019 年提取的全国铁路线数据，精度较高，且与 DEM 的投影可进行相互转化。基于 ArcGIS10.5 平台，利用 GIS 空间分析与地形分析功能提取铁路沿线的地形因子，作为线路地形条件综合评价的数据指标。

1.2 线路地形评价体系

铁路沿线的地形条件相对复杂，影响线路建设与走向的地形因子众多，综合考虑评价指标选取的原则、方法以及评价分析内容及指标的分析计算的难易，本文从铁路沿线 500m 范围内地表基本形态、地表变化情况与地势复杂程度三个方面进行综合性地形条件评价，共选取 13 个地形评价因子，评价体系如图 1 所示。其中地表基本形态包括高程、坡度、坡向、坡长与坡位 5 个基本地形因子，用来反映和描述铁路沿线地势的基本格局；地表变化情况包括坡度变率、坡向变率、水平曲率和剖面曲率 4 个反映地形在水平与垂直方向上变化程度的指标；地势复杂程度包括高程变异系数、地面起伏度、地表粗糙度与地表切割深度 4 个指标，旨在反映铁路沿线地形的综合变化与复杂程度。利用 GIS 缓冲区分析提取铁路沿线 500m 范围，结合栅格空间分析功能提取各地形因子数据，并就评价因子能够反映地形条件的优劣程度进行数据分级。坡向与坡位按照其方向与位置进行分级，其余数据型指标均采用自然断点法分为 5 级。

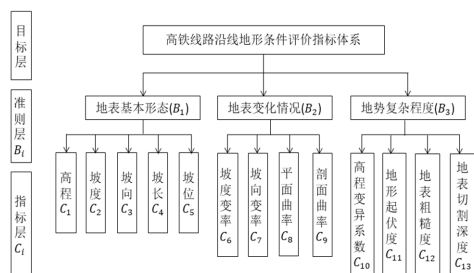


图 1 线路地形评价体系示意图

1.3 基于 GIS 空间分析的地形评价指标计算

1.3.1 地表基本形态

(1) 高程。高程 (Elevation) 反映出铁路附近的海拔高度情况。一般来说，海拔高度越低则线路建设更容易，行驶过程中产生的成本较低；海拔高度越高行驶成本相对增加，乘坐的舒适性也会有所降低。线路 500m 范围内高程可由 DEM 重分类后直接获取。

(2) 坡度。坡度 (Slope) 是地面上某点的切平面与水平地面的夹角，是对地表单元陡缓程度的直观表达。其计算时采用目标像元邻域内 8 个像元的属性值确定水平增量与垂直增量，进而计算目标像元的坡度值。利用 ArcGIS 中表面分析工具直接获取铁路沿线坡度数据。

(3) 坡向。坡向 (Aspect) 为从每个像元到其相邻像元中值的变化率最大的下坡方向，即最陡下坡的方向，反映出地表坡面的朝向，分为平地、东、西、南、北、东南、东北、西北与西南 9 个方位，不同的坡向影响线路的走向。坡向同样可利用 ArcGIS 表面分析工具直接获取。

(4) 坡长。坡长 (Slope length) 通常是指地面上一点沿水流方向到其流向起点间的最大地面距离在水平面上的投

影长度。坡长直接影响地面径流的速度，进而影响对地面土壤的侵蚀力，从而直接影响铁路周围的地表形态与受环境影响的潜在程度。本文基于刘宝元等人提出的坡长因子算法，以坡长因子代替坡长计算，采用以下公式：

$$L = (F \times 30 / 22.13)^m$$

$$m = n / (n + 1)$$

$$n = (\sin \theta / 0.0896) / [3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]$$

其中，L 为待求坡长因子，常数 22.13m 为一个标准小区的水平投影坡长，F 为 DEM 的累计流量，可由 ArcGIS 中水文分析工具进行 DEM 填注后计算流向得到。 θ 为地表坡度，需要进行弧度制转化，由 θ 可以计算细沟侵蚀与面蚀的比值 n 及坡长因子指数 m。

(5) 坡位。坡位 (Slope position) 是指一个地形坡纵剖面的上下位置，上坡位是靠近坡顶的位置，下坡位是靠近坡脚的位置，中坡位为坡面的中间位置。可通过 ArcGIS 将坡向栅格数据转为矢量得到研究区所有的坡面小区，结合 DEM 利用分区统计得到各个坡面内高程的最大值与最小值，通过栅格计算器计算出中下坡位的临界值与中上坡位的临界值：

$$H_{\text{中下}} = (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) \times 0.25 + H_{\text{min}}$$

$$H_{\text{中上}} = (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) \times 0.75 + H_{\text{min}}$$

其中， H_{max} 与 H_{min} 分别为各个坡面小区内的高程最大值与最小值。之后通过条件函数进行坡位划分，即原 DEM 中高程小于 $H_{\text{中下}}$ 的部分为下坡位，大于 $H_{\text{中上}}$ 的部分为上坡位，其余则为中坡位。

1.3.2 地表变化情况

(1) 坡度变率。坡度变率 (Slope variability) 是在地面的坡度一次计算的基础上，对坡度变化率值的二次计算，即坡度的坡度 (SOS)，它是对各个栅格的高程值在垂直方向上变化率的求算。因此坡度变率表征了地面高程相对于水平面变化的二阶导数，在一定程度上可以很好地反映铁路沿线地形在垂直方向的变化情况。

(2) 坡向变率。坡向变率 (Aspect variability) 是指在地表的坡向提取基础上，对坡向变化率值进行的二次计算，即坡向的坡度 (SOA)，它是把每个高程点所在切平面投影到水平面上，与水平面夹角的求算。但是，在计算北坡的坡向变率时需要注意，北坡的坡向范围是 $0 \sim 90^\circ$ 和 $270 \sim 360^\circ$ ，因此 20° 和 330° 实际上相差 50° ，但计算结果却为 310° ，因此，需要对北坡的坡向变率进行校正，具体方法为：用 3×3 矩形窗口进行焦点统计提取 DEM 最大值，用最大高程的 DEM 数据减去原始 DEM 数据，得到反地形 DEM，对反地形求坡向值，用原始 DEM 求出的坡向变率记为 SOA1，利用反地形坡向数据求出坡向变率为 SOA2，两次求得的坡向变率代入公式

$$SOA = \frac{(SOA1 + SOA2) - |SOA1 - SOA2|}{2}$$

中，使用栅格计算器求出坡向变率。

(3) 平面曲率与剖面曲率。曲率 (curvature) 是地表的二阶导数，反映了地表垂直变化的程度，类似坡度变率。其数值通过一个像元与八个相邻像元拟合而得，输出结果为每个像元的表面曲率，包括两种类型，一是平面曲率（垂直于最大坡度的方向），二是剖面曲率（沿最大斜率的坡度）。在平面曲率输出中，值为正说明该像元的表面上凸，平面曲率为负说明该像元的表面开口朝上凹入，剖面曲率与之相反。值为 0 说明表面是平的。ArcGIS 中表面分析中的曲率工具可以分别提取铁路沿线的水平曲率与剖面曲率。

1.3.3 地势复杂程度

(1) 高程变异系数。高程变异系数是反映分析区域内所划分的格网栅格各顶点高程变化的指标，它以格网单元顶点的标准差与平均高程的比值来表示，反映铁路沿线内高程的变化，用来描述地形的起伏状况。本文采用的计算高程变异系数的公式为：

$$V = \frac{s}{\bar{h}}$$
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (h_k - \bar{h})^2}$$

其中的邻域分析采用 3×3 窗口，n 为窗口栅格数即 9，s 为窗口内栅格高程值的标准差， h_k 为窗口内各栅格高程值， $\bar{h}$ 为窗口内高程值平均值。

(2) 地形起伏度。地形起伏度数值代表着铁路周围的地势起伏情况，也表征着地形起伏度越低则该地区越接近于平原，适宜线路的选择与建设，也保证行进时的畅通。本文计算地形起伏度采用铁路沿线范围内 3×3 窗口内栅格高程值的最大值与最小值之差：

$$RF = H_{\max} - H_{\min}$$

其中，RF 为一定区域范围内的地形起伏度， $H_{\max}$ 与 $H_{\min}$ 分别为 3×3 窗口内高程的最大值和最小值。

(3) 地表粗糙度。地表粗糙度是地表上一个单元的曲面面积与其在水平面的投影面积之比，是一个反映地表起伏状况与地势复杂程度的宏观指标，一定程度上影响着铁路运行的速度与成本。可根据坡度数据由栅格计算器计算，公式为：

$$R = 1 / \cos \alpha$$

式中，R 为地表粗糙度， α 为地形坡度，坡度如果为角度则需要转换为弧度。

(4) 地表切割深度。地表切割深度是地表某一像元的邻域范围内平均高程与最小高程的差值，能够直观地体现地表被侵蚀切割的情况，同样能够描述地表凹陷的综合复杂程度。其基于像元 3×3 邻域进行焦点统计，计算公式如下：

$$D = H_{\text{mean}} - H_{\min}$$

式中，D 为像元的地表切割深度， H_{mean} 为像元邻域内高程平均值， $H_{\min}$ 为像元邻域内高程最小值。

1.4 评价指标赋分

将铁路沿线各地形评价因子栅格数据提取后，按照如下原则为每个地形评价因子进行赋分，得到线路各因子的得分值。

(1) 坡向的赋分如表 1 所示。将各方向所占比例乘以得分值，作为坡向子的评价得分。

表 1 坡向因子的赋分准则

坡向	平地	南	东南	东	西南	东北	西	西北	北
得分值	1	1	0.85	0.6	0.9	0.4	0.7	0.5	0.3

(2) 坡位分为上、中、下三类，一般认为，下坡位的地形条件良好，宜于列车行进与线路建设。因此将下、中、上坡位分别赋予 1、0.66 与 0.33 得分值，与各坡位占比相乘相加后得到总分值。

(3) 平面曲率与剖面曲率为区间型指标，数值越接近 0，则代表地形变化越平缓，地形条件越适宜。将曲率值分为 5 级后，第 3 级（包含 0 的数值级别）赋得分值为 1，第 2、4 级赋得分值为 0.66，第 1、5 级赋得分值为 0.33，与各级别占比相乘相加后得到总分值。

(4) 高程、坡度、坡长、坡度变率、坡向变率、高程变异系数、地形起伏度、地表粗糙度与地表切割深度均为成

本型指标，即数值越小代表该地区地形条件越良好，对于铁路建设、维护与发展表现出更为有利的地表状况。将指标数据分为 5 级后，由小到大依次赋予 1、0.8、0.6、0.4、0.2 得分值，与各级别占比相乘相加后得到总分值。

最终得到的各因子分值放缩到 [0, 100] 区间内，作为铁路线路各地形评价因子的总得分。分数的高低反映出线路周围地形条件的优劣，且分值无须进行标准化与归一化，可直接应用于后续权重的计算与线路评价。

2 层次-熵灰色模糊综合评价模型

层次分析法是一种基于重要程度值确定指标权重的方法。熵权法用熵值来判断某个指标的离散程度，其信息熵值越小，指标的离散程度越大，该指标对综合评价的影响（即权重）就越大，因此，可利用信息熵这个工具，计算出各个指标的客观权重，为多指标综合评价提供依据。灰色模糊综合评价方法具有适用性强、模型简单、评价效果好等优点，但该方法在权重值赋予上主观性较强。本文使用层次分析法确定地表基本形态、地表变化情况和地势复杂情况三个准则层的权重，使用熵权法确定各准则层中地形因子的权重值，利用评价指标与最优指标间的灰色关联分析，把灰色关联系数作为评价指标的隶属度，再将隶属度和权重矩阵利用模糊算子进行模糊计算，从而得出各个因子的综合评价值。

2.1 层次分析法赋权重

根据地表基本形态、地表变化情况和地势复杂情况三个因子进行对地形条件影响的重要程度的比较，邀请三位专家根据重要程度表（表 2）打分，打分的结果填入判断矩阵 A 中。

表 2 重要程度表

标度	含义
1	同等重要
3	稍微重要
5	明显重要
7	强烈重要
9	极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判读的中值
倒数	A 与 B 相比若标度为 3，则 B 与 A 相比为 $\frac{1}{3}$

判断矩阵如下：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

根据公式 $W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^3 a_{ij} \right)^{\frac{1}{3}}}{\sum_{k=1}^3 \left(\prod_{j=1}^3 a_{kj} \right)^{\frac{1}{3}}} (i=1, 2, 3)$ ，用几何平均法求得权重向量，进而得到准则层的主观权重。

2.2 熵权法赋权重

熵权法对地形因子赋权重，可以使结果更加客观可信，避免了人为认知对结果偏差造成的影响，熵权法的过程如下：

(1) 对高铁线路的 13 个正向化后的地形因子的得分结果建立 3 组评价矩阵。

(2) 数据变化越大，包含的信息就越多，权重就会越大，信息熵会越小。由以下公式计算各地形因子指标的信息熵。

$$e_{ij} = -\frac{1}{\ln n} \left(\sum_{j=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \right) (j=1, 2, \dots, n)$$

(3) 信息熵越大，信息越少，将信息熵正向化得到信息效用值 d_j 。

$$d_j = 1 - e_j$$

(4) 利用下式将信息效用值归一化得到各个评价指标在总得分中的权重,即得到线路 13 个评价指标的客观权重。

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$$

2.3 灰色关联分析

灰色关联分析在确定隶属度方面可以改善传统方法中主观性较强的缺点,具体步骤如下。

2.3.1 构造参数列表

设方案 p 的指标 q 的评定值为 $m_q(p)$, 若为成本性指标, 取 $m_q(0) = \min_{1 \leq p \leq i} \{m_q(p)\}$; 若为效益型指标, 取 $m_q(0) = \max_{1 \leq p \leq i} \{m_q(p)\}$; 若为适中型指标, 取 $m_q(0) = m(0)$, 设构造的最优值指标集为 $M(0)$ 。

$$M(0) = [m_1(0), m_2(0), m_3(0), \dots, m_n(0)]$$

2.3.2 灰色关联系数

将最优指标集 $M(0)$ 作为参考数列, 将某一指标集 $M(p) = \{m_q(p)\}$ 作为参考数列, 按照灰色系统理论, 按照下述公式计算第 p 个方案的第 q 个最优指标的关系系数为 k_{pq} 。

$$k_{pq} = \frac{\min_p \min_q |m_q(0) - m_q(p)| + \beta \max_p \max_q |m_q(0) - m_q(p)|}{|m_q(0) - m_q(p)| + \beta \max_p \max_q |m_q(0) - m_q(p)|}$$

其中, β 是分辨系数, 取 0.5。关系系数计算完成后, 得到关系系数矩阵 K 。

$$\text{其中, } K = \{k_{pq}\} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1j} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{i1} & k_{i2} & \dots & k_{ij} \end{bmatrix}$$

2.3.3 模糊综合评价

基于权重向量 W 和评价矩阵 K , 构造模糊综合评价模型 $R=W \circ K$ 。

其中, R 表示不同方案的最终决策向量, $R = \{r(1), r(2), \dots, r(n)\}$; W 表示 y 个评价指标的权重值向量, $W = [W_1, W_2, \dots, W_y]$; “ $\circ$ ” 表示模糊算子, 本文采取加权平均型合成算子, 即 $R = W \circ K = W \times K$ 。

故不同方案的灰色关联度可表示为: $r(i) = \sum_{j=1}^n W_j \cdot k_{ij}$ 。

将计算的关联度排序, 若被评价方案和最优方案关联度大, 表明二者更接近, 反之, 则差异大, 关联度最大的方案是最优方案。

3 北京至西安东西两线地形评价

3.1 东西两线概述

本文对北京至西安的东西两条高铁线进行地形分析(图2), 进而判断出两条线路地形的基本情况。西线主要经过陕西省、山西省和河北省, 全长 998.2km; 东线主要经过陕西省、河南省和河北省, 全长 1108.9km。两条线路均从西安站出发, 在石家庄站汇合成一条线路共同抵达北京。西线通过大西高铁到太原南站, 到太原后走石太高铁抵达石家庄, 再经京广高铁直到北京西; 东线走郑西高铁抵达郑州后通过京广高铁到达北京。西线主要沿着吕梁山和太行山之间山间平原地区, 线路向河北省延伸时处太行山区, 线路坡度大, 隧道多, 曲线多、半径小, 大部分为危岩落石、地质不良地段。东线主要经过淮海冲积平原、南阳盆地, 地势较为平坦。

3.2 评价结果分析

根据前文建立的地形因子评价指标体系与层次-熵灰色模糊综合评价模型, 对北京至西安东西两线路进行计算与比较, 得到各评价指标权重值与两条线路各因子得分值如表3、表4所示。可以看出, 各地形评价因子中地表粗糙度权重最大, 其次为高程与地面起伏度。主要是由于三个评价指标在两条线路的得分差值较大, 因此作为评价地形条件的主要因素。其余评价因子权重较为均匀, 以相对均等的程度来衡量线路

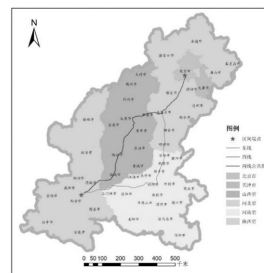


图2 北京至西安东西两线地理位置概况

表3

准则层	准则层权重	指标层	指标层权重	综合权重
地表基本形态	0.3196	高程	0.5124	0.1638
		坡度	0.0576	0.0184
		坡向	0.1436	0.0459
		坡位	0.0634	0.0203
		坡长	0.2230	0.0713
地表变化情况	0.1220	坡面变率	0.1202	0.0147
		坡向变率	0.6180	0.0754
		水平曲率	0.1481	0.0181
		剖面曲率	0.1138	0.0139
地势复杂情况	0.5584	高程变异系数	0.0513	0.0286
		地面起伏度	0.2788	0.1557
		地表粗糙度	0.4920	0.2747
		地表切割深度	0.1778	0.0993

表4

准则层	指标层	西线	东线
地表基本形态	高程	74.19	83.94
	坡度	85.96	89.42
	坡向	67.12	71.44
	坡位	66.42	66.70
	坡长	85.58	92.49
地表变化情况	坡度变率	85.34	87.52
	坡向变率	61.28	64.89
	平面曲率	80.12	82.39
	剖面曲率	77.14	79.05
地势复杂程度	高程变异系数	95.98	96.94
	地面起伏度	89.01	91.10
	地表粗糙度	94.82	97.79
	地表切割深度	87.66	89.30

的地形条件。根据表4建立的最优指标集为:

$$M(0) = [83.94, 89.42, 71.44, 66.7, 92.49, 87.52, 64.89, 82.39, 79.25, 96.94, 91.1, 97.79, 89.3]$$

利用 Matlab 进行灰色关联系数的计算, 得到两条线路的灰色关联系数矩阵 K 为:

$$\begin{bmatrix} 0.33 & 0.58 & 1.00 & 1.00 & 0.41 & 0.69 & 0.57 & 1.00 & 1.00 & 0.84 & 0.70 & 0.62 & 0.75 \\ 1.00 & 1.00 & 0.33 & 0.89 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.49 & 0.53 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

结合各地形评价因子的权重矩阵 W 与灰色关联系数矩阵 K , 计算得到两条线路的模糊综合评价值为东线 3.7857, 西线 2.7859。根据最大隶属度原则, 由最终的综合评价值得东线沿线的的地形条件优于西线, 这与实际情况相符。就地表基本形态来看, 由于东线主要经过华北平原, 海拔低, 坡度小, 地面的基本形态由于西线, 但坡面的朝向得分值低于西线, 南向坡面占比较小; 地表变化情况二者差异不明显, 主要体现为西线沿线地形在水平与垂直方向上变化更为明显, 得分值更低, 而东线沿线的地形曲率要劣于西线; 从地势复杂程度来看, 东

关于电梯的复合曳引钢带及其检验分析探讨

吴贤丰

(舟山市特种设备检测研究院, 浙江 舟山 316021)

摘要: 城市化进程的加快使我国城市中建设了大量的高层建筑, 在高层建筑中, 电梯发挥着重要作用, 为了提高电梯性能, 以及其在应用过程中舒适度和节能性都能够满足需求, 人们加强了对电梯的研究。本文针对电梯的复合曳引钢带及其检验内容进行全面分析, 希望文中内容对相关工作人员以及行业发展有所帮助。

关键词: 电梯; 稳定运行; 复合曳引钢带; 检验标准

中图分类号: TU857

文献标识码: A

文章编号: 1671-0711 (2021) 07 (上) -0142-02

复合曳引钢带是现代电梯中的一项重要结构, 其性能会对电梯的运行稳定性和安全性造成直接影响, 因此, 在对电梯进行应用时, 要加强对其性能检验, 为了提高检验效果, 必须加强对相应检验方法的探究, 提高检验结果精准度。

1 复合曳引钢带应用期间强度受损的原因

复合曳引钢带作为现代电梯的一项重要结构, 其在应用时强度可能会受到各种因素影响, 对以往经验进行总结可以确定, 导致复合曳引钢带强度受损的原因有断丝、锈蚀、磨损等, 而复合曳引钢带外层有一层高分子材料 (聚氨酯), 这层分子材料全面包裹承载钢芯, 高分子材料能够发挥起到保护作用, 减少复合曳引钢带发生磨损和锈蚀等问题。由此可见, 复合曳引钢带在应用期间, 其强度降低的主要原因是内部钢丝发生了断股以及疲劳裂纹等问题, 因此, 在后期

检验中要将该内容作为检验的重点。

2 复合曳引钢带在电梯中应用的优点

虽然复合曳引钢带在长期应用期间其强度可能会受到损伤, 但是, 其在实际应用过程中仍然具有许多优势, 这也是其得到广泛应用的原有。其应用优点主要体现在以下几个方面。

(1) 可靠性高。复合曳引钢带在设计上采用扁平式结构, 这种设计方式增加了钢带与曳引轮之间的接触面积, 进而提高摩擦力, 同时, 采用的聚氨酯材料自身摩擦系数大, 这也就能够减少打滑溜车等情况的发生, 而且在结构上没有传统钢丝绳槽, 因此, 在运行期间不会发生脱槽问题。完成安装后, 设置具有钢带自动检测装置, 通过对该装置的应用, 能够实时检测采用的复合曳引钢带性能, 与传统曳引钢丝绳相比, 可靠性更高。

※ 线各指标得分均高于西线, 地势平缓, 地形条件并不复杂, 是决定东线地形条件的主要层面。综合评价模型的结果来看, 东线大多数指标得分值优于西线, 模糊综合评价值也高于西线, 其地形条件更适于线路建设、维护与发展。

4 结语

我国高铁线路建设速度日益加快, 线网格局日益完善, 铁路沿线的地形条件评价也越来越重要。本文以地表基本形态、地形变化情况与地势复杂程度三个方面作为评价铁路沿线地形条件的准则, 共选取 13 个地形评价因子, 利用 GIS 空间分析功能进行评价指标的定量计算与分级, 并建立系统的因子赋分体系进行因子评分。结合层次分析法与熵权法确定评价准则与评价因子的权重, 利用灰色关联分析计算评价指标与最优指标的灰色关联系数, 最终得到线路的模糊综合评价值, 其大小反映铁路沿线地形条件的优劣。本文对北京到西安东西两条线路沿线 500m 地形条件进行了综合评价, 最终得到东线综合评价值为 3.7857, 西线为 2.7859, 最终确定出东线沿线的地形条件更为优越, 适宜乘客乘坐以及线路的建设与发展。该评价体系从能够反映地形综合条件的各个方面与各个地形因子入手并赋予权重, 其结果具有客观性与综合性, 不仅适用于铁路的评价与优选, 对于小范围内的地形评价均能够提供综合性的结果。

参考文献:

- [1] 夏宇, 谭衢霖, 李然, 蔡小培. 城市群高速铁路线网规划评价指标体系研究 [J]. 中国铁路, 2019(02):107-113.
- [2] 秦孝敏, 李冰玉. 基于集成权-模糊评价的城际铁路线网与城市群适应性分析 [J]. 铁道运输与经济, 2013,35(02):81-86.

- [3] 谭衢霖, 余文雄, 白雁. 基于 GIS 的城市圈轨道交通线网灰色模糊综合评价研究 [J]. 铁路计算机应用, 2018,27(11):20-26.
- [4] 蒋钰峰, 吴光, 赵志明, 何刘. 基于地形地貌参数的山区铁路通道选线法 [J]. 工程地质学报, 2019,27(04):903-913.
- [5] 鲍榴, 王英杰, 徐晓磊, 李聪旭. 基于 GIS 集成平台的高速铁路资产经营管理信息系统研究 [J]. 铁路计算机应用, 2015,24(06):44-48.
- [6] 汤国安. 我国数字高程模型与数字地形分析研究进展 [J]. 地理学报, 2014,69(9):1305-1325.
- [7] 汤国安, 那嘉明, 程维明. 我国区域地貌数字地形分析研究进展 [J]. 测绘学报, 2017,46(10):1570-1591.
- [8] 晋蓓, 刘学军, 甄艳, 李灏书. ArcGIS 环境下 DEM 坡长计算与误差分析 [J]. 地球信息科学学报, 2010,12(5):700-706.
- [9] 胡刚, 宋慧, 刘宝元等. 黑土区基准坡长和 LS 算法对地形因子的影响 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 166-173.
- [10] 赵普. 基于 ArcGIS 平台的水土流失地形因子的提取——以抚顺市为例 [J]. 水利技术监督, 2019, 3: 38-40.
- [11] 王媛媛. 基于 DEM 的陕北黄土高原地形因子的提取与分析 [J]. 西部大开发 (土地开发工程研究), 2019,4(12):28-36.
- [12] 杨景春, 李有利. 地貌学原理 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [13] 张晖, 王晓峰, 余正军. 基于 ArcGIS 的坡面复杂度因子提取与分析 [J]. 华中师范大学学报 (自然科学版), 2009,43(2):320-326.
- [14] 孙启航, 夏军强, 周美蓉, 邓珊珊. 层次分析法在荆江河段崩岸影响因素研究中的应用 [J/OL]. 泥沙研究:1-8[2021-02-21].
- [15] 张正坤, 朱昌峰. 改进熵权-TOPSIS 法的铁路事故定级模糊评价 [J]. 兰州交通大学学报, 2021,40(01):31-38.
- [16] 周国平, 刘敏. 对石太线技术改造必要性的探讨 [J]. 铁道运输与经济, 2003(10):42-44.