

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2022.06.12

引用格式: 徐铎,姜峰,吴千丰,等. 基于层次分析法的输变电工程地质环境适宜性评价[J]. 中国地质调查,2022,9(6): 93-99. (Xu L, Jiang F, Wu Q F, et al. Geological environmental suitability assessment of power transmission and transformation engineering based on analytic hierarchy process [J]. Geological Survey of China, 2022,9(6): 93-99.)

# 基于层次分析法的输变电工程地质环境适宜性评价

徐铎<sup>1</sup>, 姜峰<sup>2</sup>, 吴千丰<sup>2</sup>, 丁磊<sup>2</sup>, 刘帅<sup>2</sup>

(1. 国网江苏省电力有限公司, 江苏 南京 210000; 2. 国网江苏省电力有限公司宿迁供电分公司, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 地质环境适宜性评价是输变电工程规划选址的重要组成部分。针对影响宿豫区输变电工程建设和安全运行的地质环境特点, 选取了岩土体承载力、液化指数、发震构造、地震动峰值加速度、地面高程、地形坡度、河流水系及路网密度等8个因素作为评价指标, 并利用层次分析方法确定了各因素的权重; 在此基础上, 利用GIS的多因素空间拟合功能得到宿豫区输电线路工程适宜性分类图。研究表明: 宿豫区除骆马湖水系外基本都属于输变电工程适宜和较适宜区; 受构造断裂影响, 郯庐断裂带周边地区的适宜性较差, 需要避让。

**关键词:** 层次分析法; 多源信息融合; 输电线路; 工程地质环境

**中图分类号:** P681.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8706(2022)06-0093-07

## 0 引言

输变电工程在保障电网顺畅输送中起着至关重要的作用, 一旦发生破坏将会对国家经济发展和民生造成巨大的影响, 因此保障输变电工程的安全性具有十分重要的意义<sup>[1-3]</sup>。我国幅员辽阔, 地质条件复杂, 地质灾害频发, 而输电线路工程又具有点多、线长、面广等特点, 常常会出现输变电线路工程跨越不同复杂地质条件区的情况。据统计, 地质环境变化引发的地质灾害对输变电工程的影响最为严重<sup>[4-5]</sup>。因此, 需要在输变电线路工程规划选址前对其穿越区域的地质环境进行评价。

输变电工程的地质环境评价具有很强的地域性差异<sup>[6-15]</sup>, 往往需要根据输电线路穿越区域的地质环境的特点, 对评价方法、指标体系、指标权重、等级划分等方面进行调整<sup>[16-19]</sup>。如: 张舒尧<sup>[20]</sup>根据国网公司有关地质环境因素造成输变电工程线路和变电站损害的调研结果, 选取了地形地貌、岩

性、构造、气象条件、不良地质作用及人工活动等因素, 建立了输变电工程地质环境评价体系; 范荣全等<sup>[4]</sup>针对川西地区的地质环境特点, 选取地形地貌、工程地质岩组、地质构造、地质灾害、地震风险、交通(路网密度)、人口(劳动力)密度等作为评价指标, 采用模糊综合评价法对川西地区输变电工程地质环境质量进行评价分级; 美国杰等<sup>[21]</sup>以川西康定至卢定境内的某500 kV线路工程为例, 基于野外和工程经验, 选取了地形地貌、地层岩性、地质构造、地震烈度、地质灾害、水文与人类活动等因素, 建立了工程地质条件层次分析结构模型及数学评价模型, 绘制出了路径区域工程地质分区图。

本文依托国家电网科技项目, 针对宿豫区的地质地貌特点, 综合相关勘测数据, 详细分析影响宿豫区输变电工程建设和安全运行的地质环境因素, 建立宿豫地区输变电工程地质环境质量评价体系, 并开展工程地质环境评价研究, 研究结果将对研究区输变电线路工程地质环境质量的整体认识及区域规划具有重要意义。

收稿日期: 2022-06-29; 修订日期: 2022-09-24。

基金项目: 国网江苏省电力有限公司“基于多源地学数据宿迁地区输电线路三维地质模型可视化及工程地质评价系统研究(编号: J2021157)”项目资助

第一作者简介: 徐铎(1976—), 男, 工程师, 从事电网基建工程建设方面的研究工作。Email: 18251825513@hhu.com。

通信作者简介: 姜峰(1982—), 男, 高级工程师, 从事电网基建工程建设方面的研究工作。Email: 2752166544@qq.com。

# 1 研究区概况

宿豫区隶属于宿迁市,位于江苏省北部,地处长江三角洲地区(图1)。宿豫区总体全区地势自西北向东南缓倾,形成西高东低、北高南低的趋势,最高点的海拔高度为71.2 m,最低点海拔高度为2.8 m。宿豫区境内除晓店一带为低丘垅岗外,其余皆为平原。宿豫区位于黄河泛滥区,区内大部分被第四系覆盖,仅在晓店地区裸露强风化砂岩。第四系以粉土、黏土、粉砂及砂浆黏土为主。

宿豫地区河湖较多,周边主要有骆马湖、中运河、总六塘河、沙疆河、路北河、民便河等,区域内排灌沟渠众多、鱼塘密布。宿豫地区地下水位埋藏较浅,一般约为地下1~2 m,主要类型为第四系松散层孔隙地下水。浅层第四系地下水可分为第四系孔隙潜水和第四系孔隙承压水,局部存在上层滞水。水的来源主要以大气降水及地表水的侧向渗流补给为主,排泄方式主要以人工抽取地下水和自然地面蒸发为主。

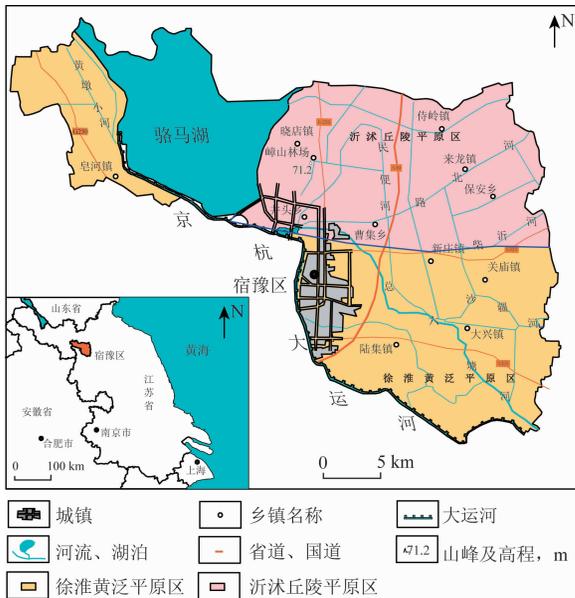


图1 宿豫地区概况  
Fig.1 Sketch of Suyu area

# 2 地质环境评价模型构建

## 3.1 层次分析法

层次分析法(analytic hierarchy process method, AHP)是一种多目标、定性与定量相结合、不同信息

权重融合的决策评价方法,适用于处理多因素、多层次、多目标的复杂系统和难于完全用定量的方法来分析与决策的复杂系统工程问题<sup>[22]</sup>。该方法通过两两因素的对比,逐层比较多种关联因素,最后确定诸因素的整体关系。层次分析法一般包括4步:第一步,将决策问题转化为层次结构,建立目标的层次结构;第二步,构建决策判断矩阵,根据区域工程地质条件以及专家意见确定各因素与目标层相关的重要性,采用九分制(1~9)进行比较(表1);第三步,计算权向量,通过计算矩阵的主特征值和对应的归一化特征值,来计算各因素的权重值;第四步,计算结果一致性检验。为了保证所得权重的准确性,需要评估n阶矩阵的一致性,计算一致性指标(CI)和一致性比率(CR),当CR<0.1时,认为构建的矩阵合理,否则应做适当的修正<sup>[22]</sup>。

表1 判断矩阵1~9标度及其含义  
Tab.1 Scale and its implication of matrix 1-9

标度	含义
1	两个因素相比,具有相同的重要性
3	两个因素相比,前一个因素比后一个因素稍微重要
5	两个因素相比,前一个因素比后一个因素明显重要
7	两个因素相比,前一个因素比后一个因素强烈重要
9	两个因素相比,前一个因素比后一个因素极端重要
2,4,6,8	上述相邻判断的中值
倒数	因素B <sub>1</sub> 与因素B <sub>2</sub> 相比得B <sub>12</sub> ,则B <sub>2</sub> 比B <sub>1</sub> 判断为B <sub>21</sub> = 1/B <sub>12</sub>

## 3.2 评价指标选取

指标是评价对象目标值计算的信息载体,评价指标的选取是开展地质环境评价工作的第一步,也是非常重要的一步。输电线路规划选线时主要受制于地质因素和环境因素的影响。地质因素主要包括地形地貌、地层岩性、活动构造、不良地质现象、水文地质条件、场地地震烈度、环境等多种因素。通过对宿豫区工程地质条件的调查以及对地质灾害发育规律的分析,结合该地区以往的工程经验,认为对宿豫地区输电线路工程地质环境起主要作用的指标为岩土体特性、构造与地震以及环境条件等,如图2所示。

宿豫区对工程建设有影响的第四系松散层孔隙水的水位一般为地下1~2 m,整个区域差异不大,因此在进行工程地质评价时不考虑水文地质条件对宿豫区输电线路工程地质环境的影响。岩土体特性主要反映了地层强度以及液化土体对地基

稳定性的影响;断裂构造和地震反映了地壳稳定性的影响;此外,为了降低输电线路建设成本,在环境因素方面还需考虑地面高程、地形坡度、河流水系及路网密度。

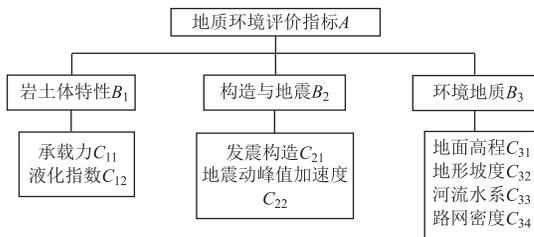


图 2 地质环境评价指标层次结构模型

Fig. 2 Index hierarchy models for geological environment evaluation

### 3.3 指标权重的确定

综合考虑各工程地质环境要素间的相对重要关系,通过层次分析并经过一致性检验,其权重计算成果如表 2 所示。从该权重向量可以看出,各评价指标对综合工程地质分区的影响程度是不同的,其中场地构造与地震情况占的比重较大,这主要是受郯庐断裂带的影响,宿豫地区抗震设防烈度比较高,对于本区工程选址具有举足轻重的影响;其次为岩土体特性,岩土体特性包含了地基承载力及土层的液化指数 2 个要素,由于宿豫区位于黄河泛滥区,地层土为粉土、淤泥质土、含砂浆黏土等,其中粉土为可液化地层,会对地基的稳定性产生较大的影响。

表 2 评价指标权重值

Tab. 2 Weights of evaluation index

一级指标		二级指标		综合权重值 $w$
项目	权重	项目	权重	
岩土体特性	0.317	承载力	0.667	0.211
		液化指数	0.333	0.106
构造与地震	0.532	发震构造	0.750	0.399
		动峰值加速度	0.250	0.133
		地面高程	0.136	0.021
环境地质	0.151	地形坡度	0.501	0.076
		河流水系	0.277	0.042
		路网密度	0.086	0.013

## 4 地质环境数据库构建

### 4.1 数据来源

输电线路地质环境数据信息组成如图 3 所示,主要包括:①地形数据,可利用互联网提供的免费

数据服务,从国家地理空间数据云平台网站(<https://www.gscloud.cn>)进行数据下载;②河流道路数据(环境数据),源于国家地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn>);③区域数据,地震动加速数据源于《GB 1836—2015 中国地震动参数区划图》附图 A.1,构造信息来源于苏沪构造体系图及郯庐断裂带宿迁段地质构造图;④地层信息,数据主要来源于钻孔数据,即在宿豫区输电线路勘察施工建设过程中产生的大量工程地质勘探孔,也包括前期收集的地质、水文地质、建筑工程地质勘探孔。

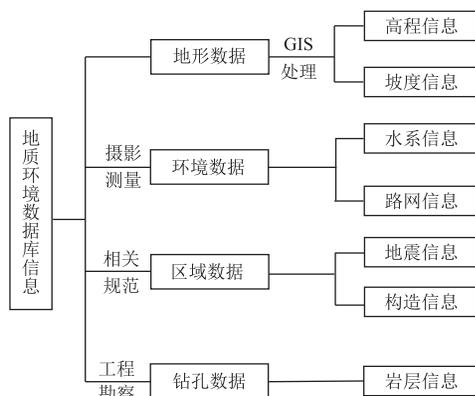


图 3 宿豫地区地质环境数据信息组成

Fig. 3 Composition of geological environment data in Suyu area

输电线路地质环境数据具有多源异构特性,而准确建立评价模型必须解决的问题之一是如何将不同资料和数据相互约束、互为补充。GIS 建立的地质信息库可实现地形、高程、构造、地层等空间数据、非空间数据的存储,将各种要素数据的特征信息以属性表的形式存储,并与矢量数据链接,进而利用分析模块实现宿豫区输电线路选线地质环境信息的提取与表达。

### 4.2 数据预处理

下载地形数据时需要通过选定行政区划来制定下载的范围,采用 Transverse Mercator 投影方式进行空间投影。宿豫地区高程数据及地形坡度信息数据分级图分别如图 4(a)(b)所示。

环境数据的获取是在 1:100 万江苏省河流、道路数据矢量图层上进行裁剪,得到宿豫区河流、道路数据,并借助软件解译功能实现监督分类。判别选线区域的路网密度识别结果见图 4(c)。

缓冲区分析是解决临近问题的空间分析工具

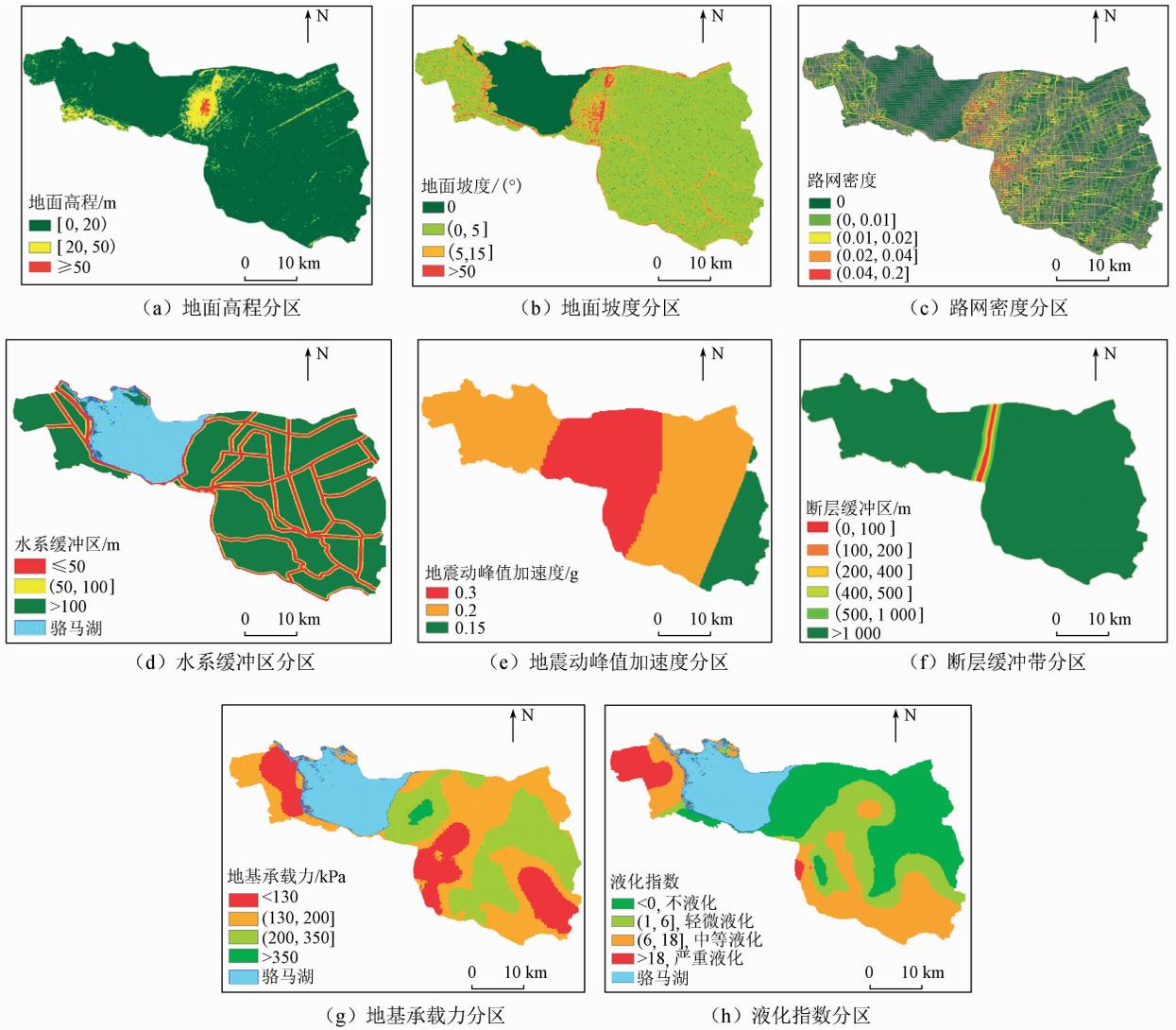


图 4 地质环境评价指标等级分区

Fig. 4 Grading map of evaluation index of geological environment

之一,针对不同的地理实体,按照特定的规则或者标准距离建立缓冲多边形。从数学角度看,缓冲区分析的基本原理是给定一个控件对象或集合,利用用户定义的邻域半径来确定其领域或者范围,它反映的是地理空间目标的一种影响范围或者服务范围。由于临近河流的岸坡地带因受水流冲刷等易出现河岸垮塌或岸坡失稳,且考虑到河道本身的泄洪能力,因此以河流两侧的距离分别为 50 m、100 m 为缓冲距离<sup>[21]</sup>,如图 4(d)所示。

根据《GB 18306—2015 中国地震动参数区划图》,以 II 类场地条件基本动峰值加速度作为分类依据,确定宿豫地区地震动峰值加速度分区图,如图 4(e)所示。

郟庐断裂带是中国大陆最重要的活动断层之一,其中苏鲁断面的断层结构非常复杂,导致这一区域的地壳结构极端复杂,对宿豫区的工程地质条件产生一定程度的影响<sup>[23-24]</sup>。根据《GB 50011—2010 建筑抗震设计规范》,可以忽略非全新世活动断裂错动对地面建筑的影响。已有的研究表明<sup>[25-27]</sup>,郟庐断裂带宿迁段主要由 5 条断裂构成,仅 F<sub>5</sub>断层为全新世活动断裂,具备产生地表破裂的大震能力,因此需要对 F<sub>5</sub>发震断裂的工程影响进行评价。根据《GB 50021—2001 岩土工程勘察规范》和《GB 50011—2010 建筑抗震设计规范》的规定,确定以 F<sub>5</sub>断层两侧的距离分别为 100、200、400、500、1 000 m 为缓冲距离,如图 4(f)所示。

输电线路对地质条件要求最直接的参数之一是岩土层的强度,本文选用承载力作为代表值,又因为浅层基础的深度多为2~5 m,在充分考虑宿豫区地质条件的基础上,选取了2~5 m深度范围内承载力加权平均值进行研究区岩土地基承载力分区评价,如图4(g)所示。

宿豫区位于黄河泛滥区,部分区域地层中存在的可液化粉土层会影响场地地基稳定性。根据钻孔资料及《GB 50011—2010 建筑抗震设计规范》,对宿豫区场地液化指数进行了等级划分,如图4(h)所示。

## 5 地质环境分区评价结果

由于各种指标数值间的单位不统一,无法综合评价同一目标,因此采用了如下措施。

对定量指标,先将各指标进行定量化表达,并将指标值转化为无量纲的相对数即对数值,再进行归一化处理。采用的归一化公式为

$$\text{正向指标归一化: } y_i = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)},$$

$$\text{负向指标归一化: } y_i = \frac{\max(x_i) - x_i}{\max(x_i) - \min(x_i)}。$$

式中:  $y_i$  指归一化处理后的数据;  $\max(x_i)$ 、 $\min(x_i)$  分别为影响因子量化的最大值和最小值。

对定性指标,可以根据其与适宜性的关系归一化赋值。在构造和河流缓冲区范围内,离构造活动和河流中心线近的地区归一化赋值趋于0,距离远的归一化赋值趋于1,缓冲区范围外归一化赋值全部为1。

在 ArcGIS 软件平台下,构建影响因子栅格图层。首先,利用空间分析模块中的栅格计算工具对各统计单元进行影响因子加权叠加,叠加公式为

$$A = \sum_{i=1}^n y_i \times w_i。$$

式中:  $A$  为地质环境评价价值;  $i$  为评价因子(表1);  $y_i$  为各因子归一化处理数据;  $w_i$  为各因子的权重系数,按照表2进行取值。

图5为研究区宿豫地区输电线路工程地质环境适宜性分区,可以看出除骆马湖水系外,整个宿豫区基本都属于输电线路适宜和较适宜区。此外,受地质构造的影响,郟庐断裂带周边地区适宜性较差,在输电线路选址时要注意避让。

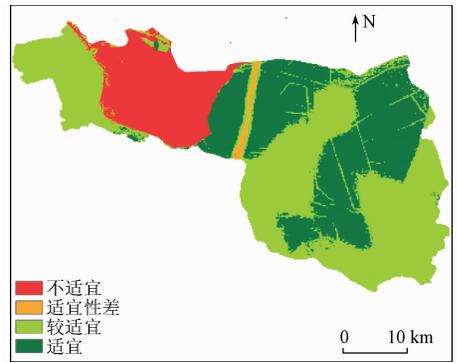


图5 宿豫地区输电线路工程地质环境适宜性分区  
Fig. 5 Zoning map of geological environmental suitability assessment of power transmission and transformation engineering for Suyu area

## 6 结论

(1) 根据宿豫区地质环境条件,结合输变电工程特点,从工程地质环境的稳定性、安全性、造价方面入手,选取了地层岩性、构造及地震、地面高程、地形坡度、河流水系及路网密度作为评价指标,利用层次分析法计算各指标权重,并构建地质环境评价模型,最终得到宿豫区输变电工程地质环境质量分级图。

(2) 宿豫区地质环境评价结果表明:除骆马湖水系外,整个宿豫区基本都属于适宜和较适宜区。此外,受地质构造的影响,郟庐断裂带周边地区适宜性较差,在输电线路选址时要注意避让。

(3) 输变电工程地质环境适宜性评价可反映出工程地质环境对工程活动影响的敏感性,评价结果可为研究区拟建的输变电线路规划选线提供重要的依据,具有理论与实践意义。

## 参考文献(References):

- [1] 王学良,刘海洋,王瑞琪,等. 山区输变电工程崩塌(滚石)灾害识别与预测方法[J]. 工程地质学报,2018,26(1): 172-178.  
Wang X L, Liu H Y, Wang R Q, et al. The approach of rock collapse (rockfall) identification and prediction for power transmission and transformation project in mountain area[J]. Journal of Engineering Geology, 2018, 26(1): 172-178.
- [2] 施慧.“两型电网”发展建设评价体系及其应用研究[D]. 北京:华北电力大学(北京),2011.  
Shi H. Research on Application of Two-oriented Power Grid Development and Construction Evaluation Index [D]. Beijing: North China Electric Power University (Beijing), 2011.

[3] 周孝信,鲁宗相,刘应梅,等. 中国未来电网的发展模式和关键技术[J]. 中国电机工程学报,2014,34(29): 4999-5008.  
Zhou X X, Lu Z X, Liu Y M, et al. Development models and key technologies of future grid in China[J]. Proceedings of the CSEE,2014,34(29): 4999-5008.

[4] 范荣全,董斌,李源亮,等. 川西地区输变电工程地质环境质量评价[J]. 科学技术与工程,2020,20(2): 544-549.  
Fan R Q, Dong B, Li Y L, et al. Geological environmental quality assessment of power transmission and transformation engineering in western Sichuan[J]. Science Technology and Engineering, 2020,20(2): 544-549.

[5] 陈鹏云,曹波,罗弦,等. 中国电网主要自然灾害运行数据及特征分析[J]. 中国电力,2014,47(7): 57-61.  
Chen P Y, Chao B, Luo X, et al. Operation data and feature analysis of the main natural disasters of power network in China[J]. Electric Power,2014,47(7): 57-61.

[6] 郑卫锋,张天光,陈大斌,等. 我国输电线路基础工程现状与研究新进展[J]. 水利与建筑工程学报,2020,18(2): 169-175.  
Zheng W F, Zhang T G, Chen D B, et al. Current status and latest research progress of tower foundation to transmission line in China [J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering,2020,18(2): 169-175.

[7] 程东幸,张建民,刘厚健,等. 冻土区输电线路塔基选位的影响因素分析[J]. 工程地质学报,2009,17(3): 329-334.  
Cheng D X, Zhang J M, Liu H J, et al. The influence factor analysis for site select of transmission line in frozen earth area[J]. Journal of Engineering Geology, 2009,17(3): 329-334.

[8] 李学丰,马良荣,孔亮,等. 750 kV 输电线路工程沿线宁夏黄土的特性分析[J]. 电力建设,2010,31(5): 7-12.  
Li X F, Ma L R, Kong L, et al. Loess property along the line of 750 kV power transmission project in Ningxia Region[J]. Electric Power Construction, 2010,31(4): 7-12.

[9] 杨宗信,丁朋朋,乔建平,等. 输电线路地质灾害易损性评价—以四川路茂线为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2017,28(4): 113-118,124.  
Yang Z J, Ding P P, Qiao J P, et al. Vulnerability evaluation of geological hazards along a transmission line: A case study of the Lumao line,Sichuan Province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2017,28(4):113-118,124.

[10] 江世雄,吴飞,车艳红,等. 生态保护红线的环境敏感区域输变电工程选址选线方法研究[J]. 环境科学与管理,2022,47(3): 41-45.  
Jiang S X, Wu F, Che Y H, et al. Location and route selection method of power transmission and projects in environmentally sensitive areas based on ecological protection red line[J]. Environmental Science and Management,2022,47(3): 41-45.

[11] 刘厚健. 西北地区大型电力工程规划选址中的常见地质问题[J]. 工程地质学报,2020,10(S1): 172-178.  
Liu H J. The common geologic problems during site selection for planning large electrical power project in the northwest[J]. Journal of Engineering Geology, 2020,10(S1): 172-178.

[12] 刘厚健,张旭红. 中国首条 750 kV 输电线路的地质环境稳定性研究[J]. 工程地质学报,2007,15(S1): 328-332.  
Liu H J, Zhang X H. Stability research on geological environment of the first 750 kV transmission line in China [J]. Journal of Engineering Geology,2007,15(S1): 328-332.

[13] 马良荣,李学丰,孔亮,等. 750 kV 兰州东—银川东输电线路沿线岩土的工程特性分析[J]. 工程地质学报,2008,15(S1): 655-660.  
Ma L R, Li X F, Kong L, et al. Engineering characteristic analysis of rock and soil along 750 kV transmission line from east of Lanzhou to east of Yinchuan [J]. Journal of Engineering Geology,2008,15(S1): 655-660.

[14] 高文龙. 采空区特高压输电电杆塔的稳定性的研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京),2009.  
Gao W L. Stability of UHV Transmission Tower on Goaf [D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 2009.

[15] 钱进,刘厚健,俞祁浩,等. 青藏 500 kV 输电工程沿线冻土工程特性及其对策探讨[J]. 中国农村水利水电,2009(4): 106-111.  
Qian J, Liu H J, Yi Q H, et al. A discussion permafrost engineering characteristics along Qinghai-Tibet 500 kV power transmission line and countermeasures [J]. China Rural Water and Hydropower. 2009(4): 106-111.

[16] 潘华,梁作放,李永奎,等. 基于熵权物元的输变电工程安全评价模型及应用[J]. 数学的实践与认识,2018,48(22): 13-20.  
Pan H, Liang Z F, Li Y K, et al. Safety evaluation model of power transmission project based on entropy weight matter and its application [J]. Mathematics in practice and theory, 2018, 48(22): 13-20.

[17] 刘建林,张琛. 输变电工程环境影响综合评价指标体系的研究[J]. 能源环境保护,2017,31(3): 42-45,27.  
Liu J L, Zhang C. Study on environmental impact assessment index of electric power transmission [J]. Energy Environmental Protection, 2017,31(3): 42-45,27.

[18] 高杨杨,潘华,薛小龙,等. 基于三角模糊数的云模型在输变电工程项目安全评价中的应用[J]. 科技管理研究,2016,36(13): 53-57,71.  
Gao Y Y, Pan H, Xue X L, et al. Security assessment of power transmission project based on triangular fuzzy number cloud model [J]. Science and Technology Management Research, 2016,36(13): 53-57,71.

[19] 吴昊,安帅,柴俊,等. 基于熵权法的集对分析模型在配电站项目后评价中的应用[J]. 电力与能源,2018,39(1): 49-52.  
Wu Hao, An Shuai, Cai Jun, et al. Application of set pair model to substation project post-evaluation based on entropy weight [J]. Power & Energy, 2018,39(1): 49-52.

[20] 张舒尧. 输变电工程地质环境评价指标体系研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京),2016.  
Zhang S Y. Study on Geological Environment Evaluation Index

- System of Power Transmission Engineering [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2016.
- [21] 美国杰, 杨磊. 基于 MapGIS 的层次分析法在输电线路工程地质分析评价中的应用[J]. 勘察科学技术, 2016(S1): 58-62.  
Guan G J, Yang L. Application of AHP based on MapGIS in geological analysis and evaluation of transmission line engineering [J]. Site Investigation Science and Technology, 2016(S1): 58-62.
- [22] 张炳江. 层次分析法及其应用案例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.  
Zhang B J. Analytic Hierarchy Process and Its Application Cases [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
- [23] 陈新民, 严三保, 阎长虹, 等. 场地断裂活动效应的风险分析与评价—以宿迁三线船闸为例[J]. 防灾减灾工程学报, 2003(1): 29-33.  
Chen X M, Yan S B, Yan C H, et al. Risk analysis and evaluation of site fault activity effects: A case study of Suqian ship lock group [J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2003(1): 29-33.
- [24] 秦晶晶, 刘保金, 许汉刚, 等. 地震折射和反射方法研究郟庐断裂带宿迁段的浅部构造特征[J]. 地球物理学报, 2020, 63(2): 505-516.  
Qin J J, Liu B J, Xu H G, et al. Exploration of shallow structural characteristics in the Suqian segment of the Tanlu fault zone based on seismic refraction and reflection method [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2020, 63(2): 505-516.
- [25] 杨岳勤. 徐盐客运专线穿越郟庐断裂带工程对策研究[J]. 铁道工程学报, 2019, 36(1): 6-11.  
Yang Y Q. The research of countermeasures for Xuzhou - Yancheng high speed railway to cross the Tanlu fault zone [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2019, 36(1): 6-11.
- [26] 戴波, 赵启光, 张敏, 等. 土壤氡对郟庐断裂宿迁段 F5 断裂探测和活动性的研究[J]. 地震工程学报, 2020, 42(6): 1479-1486.  
Dai B, Zhao Q G, Zhang M, et al. Detection and activity of the fault F5 in Suqian segment of the Tanlu fault by using soil Radon [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2020, 42(6): 1479-1486.
- [27] 许汉刚, 范小平, 冉勇康, 等. 郟庐断裂带宿迁段 F5 断裂浅层地震勘探新证据[J]. 地震地质, 2016, 38(1): 31-43.  
Xu H G, Fan X P, Ran Y K, et al. New evidences of the Holocene fault in Suqian segment of the tanlu fault zone discovered by shallow seismic exploration method [J]. Seismology and Geology, 2016, 38(1): 31-43.

## Geological environmental suitability assessment of power transmission and transformation engineering based on analytic hierarchy process

XU Lai<sup>1</sup>, JIANG Feng<sup>2</sup>, WU Qianfeng<sup>2</sup>, DING Lei<sup>2</sup>, LIU Shuai<sup>2</sup>

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd, Jiangsu Nanjing 210000, China;

2. State Grid Suqian Electric Power Supply Company, Jiangsu Suqian 223800, China)

**Abstract:** The evaluation of geological environment suitability is an important part of the location selection of the power transmission and transformation engineering. According to the characteristics of the geological environment factors affecting the construction and safe operation of the power transmission and transformation engineering in Suyu area, the authors chose 8 factors as evaluation indicators, including bearing capacity, liquefaction index, seismic structure, ground motion peak acceleration, ground elevation, terrain slope, river system and road network density, and the weight of each factor is determined by the method of analytic hierarchy process (AHP). On this basis, the suitability classification map of the transmission line project in the Suyu area is obtained, using the multi-factor spatial fitting function of GIS. The results show that the Suyu area is basically belonging to suitable and relatively suitable zones for power transmission and transformation engineering, except for Luoma Lake system. While the areas around Tan-Lu fault zone belong to poor suitable zones, affecting by the fracturing structure, which needed to be avoided.

**Keywords:** AHP; multisource information fusion; power transmission line; engineering geological environment

(责任编辑: 沈效群)