

技术方法

层次分析法在区域地质灾害危险性评估中的应用

——以夏甸风电场为例

王雪琼^{1,2}, 曲万隆²

(1. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 2. 青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266100)

摘要: 将该项目区域视为一个小型区域, 以此作为一个区域模型, 并分为 38 个评估单元, 结合野外调查数据及地质分析法进行评估, 针对风电场区域大, 地质环境条件多变, 考虑了多个影响因素的综合作用, 运用基于层次分析法对风电场区域地质环境、地质灾害进行综合评估。将 38 个单元逐个进行计算后, 划分出了危险性中等区和危险性小区, 层次分析法的评估结论与地质分析法的结论基本一致, 层次分析法确定的危险性中等区涵盖地质分析法确定的危险性中等区。推广到类似区域进行合理、定量地划定区域危险性等级, 给城市新区建设选址提供参考依据。

关键词: 地质灾害; 危险性评估; 层次分析法; 夏甸风电场

中图分类号: P694

文献标识码: B

引文格式: 王雪琼, 曲万隆. 层次分析法在区域地质灾害危险性评估中的应用——以夏甸风电场为例[J]. 山东国土资源, 2016, 32(6): 79-82. WANG Xueqiong, QU Wanlong. Application of Regional Geological Hazards Assessment by Using Analytic Hierarchy Process——Setting Xiadian Wind Farm as an Example[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(6): 79-82.

0 引言

区域地质灾害危险性评估是城市新区选址的一项重要的前期基础性工作^[1]。合理、定量地划定区域危险性等级将给城市新区建设选址^[2]、岩土工程勘察提供参考依据。近年来, 随着城市发展、新区建设及线型^[3]、面型、点型工程的不断开发建设^[4], 地质灾害危险性评估尤为重要。地质灾害危险性评估有很多方法^[5], 如地质分析法^[6], 工程类比法等^[7]。目前开始尝试运用层次分析法进行地质灾害危险性评估^[8], 并对评价因子、权重进行了多次改进^[9], 但层次分析法与地质分析法等方法评估结果的一致性尚未确认。

该文选取夏甸风电场作为一个区域模型, 场址东西长约 6 km, 南北宽约 2 km, 区域面积 12 km², 可视为一个小型区域, 以此作为一个区域模型, 结合野外调查数据及地质分析法进行评估, 并运用层次分析法进行评估, 对评估结果进行对比, 验证几种评

估方法的一致性。

1 地质灾害类型与特征

1.1 区域地质环境条件

夏甸镇位于招远市的南部, 属暖温带季风型大陆性半湿润气候, 四季分明, 气候温和。多年平均降水量 633.5 mm, 最大 1 267.6 mm, 最小为 410.3 mm。

区域地表水系主要包括大沽河的支流留仙庄河、薄家河以及夏甸水库。留仙庄河发源于青龙乔水库, 自西北向东南流经夏甸镇, 流域面积约 30 km², 流经 18 km 后在莱西市汇入大沽河中。夏甸水库位于招远市勾山东麓, 大沽河支流薄家河的中游, 控制流域面积约 100 km², 总库容约 3 920 万 m³。

夏甸风电场周边区域的总体地势是东北高, 西南低。区域的东北侧为丘陵区, 最高峰为勾山, 海拔约 243 m, 山谷间分布有山前沟谷残破积坡地, 坡度

收稿日期: 2016-05-02; 修订日期: 2016-05-22; 编辑: 曹丽丽

项目来源: 山东省招远市夏甸风力发电场工程项目地质灾害危险性评估报告

作者简介: 王雪琼(1986—), 女, 山东济宁人, 硕士研究生, 研究方向岩石学矿物学矿床学、水工环地质; E-mail: qwlwxq@163.com

一般在 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。出露地层主要为新生界第四系临沂组、沂河组的残破积堆积物。区内大面积分布岩浆岩,主要为形成于中生代燕山早期的玲珑序列及新太古代的栖霞序列、马连庄序列。

区域内构造以断裂构造为主,招平断裂带中段的芝下一姜家窑断裂带横贯全区,北起留仙庄,南至张格庄,全长约 8 km,宽 150~300 m,总体走向 45° ,倾向 SE,倾角 $35^{\circ}\sim 50^{\circ}$,无论在走向上还是在倾向上均呈舒缓波状,主裂面发育于胶东群老地层和玲珑花岗岩的接触带,断层泥厚几米至十几米,两侧构造岩极为发育,尤其下盘,宽达数百米,该断裂为区域内的主要控矿断裂。在该断裂下盘,发育有 NEE 方向的次级构造,其下盘次级构造发育,有近 SN,NE 及 NEE 向 3 组构造,成矿前及成矿期的次级构造非常发育。

区域内地下水类型为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水。基岩裂隙水涌水量为 $30\sim 120\text{ m}^3/\text{d}$,松散岩类孔隙水涌水量在 $100\sim 500\text{ m}^3/\text{d}$,水质较好。

1.2 地质灾害类型与特征

该区主要地质灾害类型为崩塌和泥(渣)石流^[10]。区内有两处由于露天开采形成的陡崖,一处长约 32 m,平均高度约 6 m,坡度近于直立。另一处是一个废弃采石场,大小约 $63\text{ m}\times 14\text{ m}$,平均高度约 4 m,坡度为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,部分近于直立。岩质边坡坡面表层岩石较破碎,边坡稳定性较差。夏甸镇最高峰勾山附近山坡坡度较大,种植有大量松树,山顶有大量废石堆积,碎石体积约为 $4\ 000\text{ m}^3$,西南侧山脚下新开通一条环山公路,长约 900 m,也有大量碎石堆积在路旁,碎石体积约为 720 m^3 。

2 评估模型

2.1 模型的建立

夏甸风力发电场由 33 个风力发电机组和 1 个 110 kV 变电站组成,风机基础上部结构为圆柱体,高 1.6 m,直径 4.8 m,下部结构为 $18.2\text{ m}\times 18.2\text{ m}$ 的正方形,埋深 2.5 m。每个风机单独征地,各风机间跨度较大。将各风机的征地范围连线后,外扩 500 m 作为评估范围,并根据地质灾害影响、地形地貌等条件进行调整。以 $500\text{ m}\times 500\text{ m}$ 为一个单元,将评估区划分为 38 个有效的单元,不足 0.5 个单元的,归入相邻单元。

2.2 评估方法的选择

在评估过程中,结合当地的气候、气象、区域地质、区域水文、人文等条件^[11],按照精简、操作性强、数据获取准确为原则构建评估指标,形成层次结构,将各项指标量化^[12],形成评估系统。针对当地实际情况,定量定性相结合,选用专家打分与层次分析相结合的定权法确定各项评估因子的权重。将选择的因子构建成矩阵,请地质、水利、农业、建设等类别的专家分别进行评分,得到符合实际的有操作性的权重值。

2.3 区域地质灾害危险性评估

采用四级评价标准,将研究区划分为无危险区、低危险区、中危险区、高危险区,公式如下:

$$V = \{I, II, III, IV\}$$

式中: I—无危险区; II—低危险区; III—中危险区; IV—高危险区。

根据夏甸风电场周边区域,确定了 4 个相关的参评要素,即地质条件、地形地貌、气候植被和人为活动。

$$U = \{u1, u2, u3, u4\}$$

式中: $u1$ —地质条件; $u2$ —地形地貌; $u3$ —气候植被; $u4$ —人为活动。

每个参评要素组成评价因子集:

$$c(u1) = \{c1, c2, c3\}$$

$$c(u2) = \{c4, c5, c6\}$$

$$c(u3) = \{c7, c8\}$$

$$c(u4) = \{c9\}。$$

式中: $c1$ —岩土体结构类型; $c2$ —断裂分布密度; $c3$ —地震烈度; $c4$ —单元内坡度; $c5$ —单元内相对高差; $c6$ —单元内地貌类型; $c7$ —多年的平均降雨量; $c8$ —周边植被覆盖率; $c9$ —人为活动。

根据表 1 的标度,结合专家意见,对选取的因素进行比较,得到模糊判断矩阵(表 2~表 5),所得模糊矩阵都要满足 $r_{ij} + r_{ji} = 1$,即满足一致性要求,计算权重值如表 6。

采用模糊变换算子进行模糊变换,一级综合评价

$$Bi^{(1)} = Ai^{(1)} Ri^{(1)}$$

由一级评价结果 Bi 组成二级综合评判模糊关系矩阵,进行二级模糊变换 $B^{(2)} = A^{(2)} R^{(2)}$ 。根据最大隶属度原则,评判计算单元所属危险性级别。

根据上述条件,以 1# 单元为例,利用隶属函数求得模糊关系矩阵如下:

$$R1^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R2^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.58 & 1 & 0.72 \\ 1 & 0.85 & 0.50 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R3^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.46 & 0.86 & 1 \\ 0 & 1 & 0.67 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R4^{(1)} = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$$

表 1 0.1~0.9 数量标度

标度	定义	含义
0.5	同等重要	表示元素 u_i 与 u_j 相比较,有同等重要性
0.6	稍微重要	表示元素 u_i 与 u_j 相比较, u_i 比 u_j 稍微重要
0.7	明显重要	表示元素 u_i 与 u_j 相比较, u_i 比 u_j 明显重要
0.8	强烈重要	表示元素 u_i 与 u_j 相比较, u_i 比 u_j 强烈重要
0.9	绝对重要	表示元素 u_i 与 u_j 相比较, u_i 比 u_j 绝对重要
0.1,0.2,0.3,0.4	反比较	若元素 u_i 与 u_j 相比较得到 r_{ij} ,则元素 u_j 与 u_i 相比较得到 $r_{ji} = 1 - r_{ij}$

表 2 模糊判断矩阵 A

A	u_1	u_2	u_3	u_4
u_1	0.5	0.45	0.6	0.75
u_2	0.55	0.5	0.65	0.85
u_3	0.4	0.35	0.5	0.7
u_4	0.25	0.15	0.3	0.5

表 3 模糊判断矩阵 u_1-c

u_1	c_1	c_2	c_3
c_1	0.5	0.65	0.85
c_2	0.35	0.5	0.75
c_3	0.15	0.25	0.5

表 4 模糊判断矩阵 u_2-c

u_2	c_4	c_5	c_6
c_4	0.5	0.65	0.75
c_5	0.35	0.5	0.55
c_6	0.25	0.45	0.5

表 5 模糊判断矩阵 u_3-c

u_3	c_7	c_8
c_7	0.5	0.55
c_8	0.45	0.5

由表 6 得一级评判的 4 个权重集:

$$A1^{(1)} = (0.5, 0.37, 0.13)$$

$$A2^{(1)} = (0.47, 0.3, 0.23)$$

$$A3^{(1)} = (0.55, 0.45)$$

$$A4^{(1)} = (1)$$

进行一级模糊变换后,再按 $B^{(2)} = A^{(2)} R^{(2)}$ 作二级模糊变换。

$$B^{(2)} = (0.1920, 0.5403, 0.7027, 0.2471)。$$

表 6 参评要素及评价因子权重值

参评要素	地质条件			地形地貌			气候植被		人为活动
权重	0.3			0.34			0.24		0.12
评价因子	岩土体结构	断裂分布密度	地震烈度	山坡坡度	相对高差	地貌类型	多年平均降雨量	植被覆盖率	人为活动
权重	0.50	0.37	0.13	0.47	0.30	0.23	0.55	0.45	1

按最大隶属原则,隶属度最大者与评估集中 III 对应,划入地质灾害危险性中等区。按上述步骤依次求出其他 37 个单元所属地质灾害危险性类别,并投影到图中。

2.4 评估结果分析

将 38 个单元逐个进行计算后,划分出了危险性中等区和危险性小区(图 1)。图中菱形网格区域为地质灾害危险性评估中等区,最大山坡坡度约 35°,最大相对高差 85 m,包含崩塌、泥(渣)石流影响范围,图中斜纹区域为地质灾害危险性评估小区。将用层级分析法与地质分析法得出的评估结果进行对比,认为层次分析法确定的危险性中等区涵盖地质分析法确定的危险性中等区,两种方法得出的评估结果基本一致。

3 讨论

通过对各因子权重的专家评分一层次分析,对地质灾害的定量化评估,应用 GIS 软件,将各单元的危险性或各因子不同级别进行谱色,可以直观地看出各区域的危险性级别及各影响因子的级别,对区域内不同建设类型的项目所需要的不同因素选择也将提供更加直观的参考。该项目所在区域相对较小,选择的评价因子区别性不是非常明显,且存在评

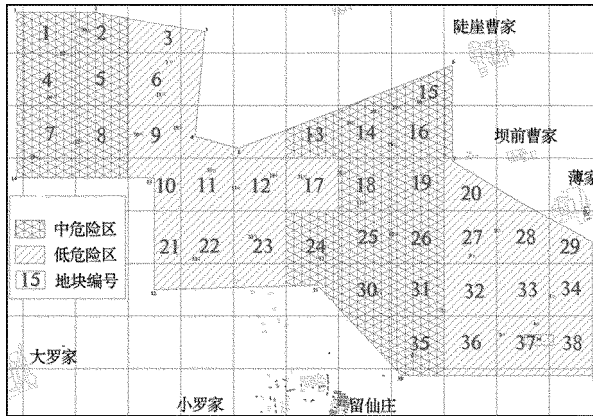


图 1 评估单元及区域评估结果示意图

价因子的侧重点及各专业专家对因子的评分差异性,对评估结果有较大影响。建议不同区域建设对权重的确定,应参考相应国家(区域)规范规程、行业标准中的相关取值,并与地方专家的评分相结合,可以更加客观地反映区域的评估结果。

参考文献:

- [1] 姚玉增,任群智,李仁峰.层次分析法在山地地质灾害危险性评价中的应用——以辽宁凌源地区为例[J].水文地质工程地质, 2010, 37(2): 130—134.
- [2] 梁森.浅谈层次分析法在地质灾害危险性评估中的应用[J].大科技·科技天地, 2010, (10): 128—130.
- [3] 乔晓霞.模糊层次分析法在山区公路地质灾害危险性评价中的应用[J].公路交通科技:应用技术版, 2014, (5): 71—73.
- [4] 孟文强.基于 GIS 和层次分析法的地质灾害危险性评价研究[D].长安大学, 2012.
- [5] 李晓乐.基于层次分析法的地质灾害危险性评价研究[J].中国新技术新产品, 2013, (22): 166—167.
- [6] 王小江,孙书勤,卢鹏飞.层次分析法在重庆某县地质灾害危险性评价中的应用[J].地球与环境, 2014, 42(3): 154—158.
- [7] 王国良.层次分析法在地质灾害危险性评估中的应用[J].西部探矿工程, 2006, 18(9): 286—288.
- [8] 张伟,张莉.层次分析法在西气东输工程地质灾害风险评估中的应用[J].石油工程建设, 2010, 36(4): 4—8.
- [9] 滕继东,项梦杰,李苏.改进模糊层次分析法确定地质灾害危险性评价指标权重的研究[J].安徽农业科学, 2008, 36(1): 22—23.
- [10] 李俊晓,陈果. Geological Hazard Risk Assessment of Construction Land in Quanzhou Bay Area[J]. Geographical Science Research, 2013, 24(11): 89—94.
- [11] 李程.陕西省太白县地质灾害危险性评价[D].中国地质大学(北京), 2011.
- [12] 许晓霞.基于 GIS 的陇南市地质灾害风险性评价[D].陕西师范大学, 2015.
- [13] 杨扬.雅安震后卧龙自然保护区地质灾害危险性评价研究[D].成都理工大学, 2014.

Application of Regional Geological Hazards Assessment by Using Analytic Hierarchy Process

——Setting Xiadian Wind Farm as an Example

WANG Xueqiong^{1,2}, QU Wanlong²

(1. Geoscience and Engineering College of Shandong University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266510, China; 2. Qingdao Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Qingdao 266100, China)

Abstract: Regarding the project area as a small area and a regional model, 38 evaluation units have been divided. Combining with field survey data and geology analysis method, pointing to large wind farm area and variable geological environment condition, considering comprehensive effect of multiple factors, and using hierarchical analysis method, regional geological environment and geological disasters of the wind electric field have been evaluated comprehensively. After calculating 38 units one by one, medium risk areas and small risk areas have been divided. AHP assessment conclusions and geological analysis conclusions are basically the same. Medium risk areas determined by using hierarchical analysis cover dangerous areas determined by geological analysis method. It will provide some references for rational and quantitative division of regional risk level, and the construction of urban new districts.

Key words: Geological disasters; risk assessment; AHP; Xiadian wind farm