

基于 AHP-信息量法的宽城满族自治县重点调查区 地质灾害风险评价

于欢¹ 李帅² 张冬灿²

(1. 河北省水文工程地质勘察院(河北省遥感中心), 石家庄 050000;

2. 河北省地质测绘院(河北省地质矿产勘查开发局空间信息技术应用研究中心), 河北 廊坊 065000)

摘要: 为了客观评价县域地质灾害风险信息,为防灾减灾提供有效调研基础,针对宽城满族自治县重点调研区进行风险评价。以实地考察、以往调研与 ArcGIS 空间软件分析结果等数据作为基础,采用 AHP(层次分析法)-信息量法选取 11 项评价因子对重点调研区进行分类评价,据此保证此次研究的客观性、准确性。从人、地以及综合易损 3 个方面出发对影响因子进行综合评判,完成了县域内风险主要因素、风险覆盖面以及重点风险区域等信息的详细分析。研究发现,县域内地质灾害风险高易发区多集中于西部北部村镇集体,面积覆盖广、风险区域地质条件差且受降雨影响较为严重。承灾体的易损性直接关系居民生产、生活和财产安全,承载体多位于镇域范围且地处山区,此次风险评价中属于灾害易发区,在灾害防治防范环节需要重点关注。

关键词: 地质灾害; 层次分析法; 信息量法; 风险评价; ArcGIS

中图分类号: P694 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)01-0062-09

中国版图东西向具有较长的地理纵深,且南北向气候带跨度较大,受太平洋板块、印度洋板块和亚欧板块运动作用,使得在板块构造与地震活动方面表现较为明显,地形地貌、地质条件复杂,加之建设活动频繁,大型、超大型建设项目对自然环境扰动尤为强烈,使得地质灾害多发、频发。根据《全国地质灾害防治“十四五”规划》,截至 2020 年底,全国有明确登记的地质灾害隐患点共计 328 654 处,其中按类型划分,滑坡 130 202 处、崩塌 67 383 处、泥石流 33 667 处、不稳定斜坡 84 782 处,其他地质类型灾害 12 620 处,威胁着 1 399 万人和 6 053 亿元财产的安全。所以为了有效保护居民的生存安全和财产安全,使全国各层级安全应急响应指挥中心能够有的放矢,对各省份、地方的各类地质情况的灾害易发性进行评价至关重要。此次调查研究主要是摸清地质灾害底数,通过各类数据成果进一步锚定责任主体,查明地质灾害发育特征和分布规律,进而完成不同层次的县一级地质灾害风险评价风险评价,从而为防灾减灾、空间规划以及人员财

产保障提供依据。

地质灾害易发性评价模型较多,常见的如信息量模型、确定系数法、灰色关联度模型以及神经网络等,各类模型在评价精度方面不会表现出明显差异,各类模型的应用仅是针对模型的优缺点出发,进行特定的研究选择。例如,陈前等^[1]鉴于黄冈南部地区在数量和面积两方面信息充分的前提下,采用了样本和因子优化的方式进行灾害评价;而尚慧等^[2]则是分析单沟泥石流的危险性评价,需要通过模型构筑、推演、函数计算等进行研究,最终选择函数赋值模型与模糊综合评判法的方式进行灾害评价。为了提升因子之间的关联表达,排除主观依赖性带来的数据偏差和评价影响,孙剑锋等^[3]则是采用灰色关联度与层次分析法耦合相结合的方式,以期完成足够客观的评价成果,并结合研究过程进一步确定各因子间的关联程度对风险评价结果的影响。

1 研究区总体概况

宽城满族自治县位于燕山山脉的东段,平均海

收稿日期: 2024-08-06

作者简介: 于欢(1991—),男,吉林洮南人,工程师,研究方向为地质环境、水文工程地质、地质灾害;通信作者李帅(1994—),男,辽宁建平人,工程师,研究方向为水文地质、矿产地质;张冬灿(1988—),男,河北沧州人,高级工程师,研究方向为地质灾害。

拔 300~500 m,地势东高西低,北高南低,自东向西南倾斜,由于地壳升降运动,河流切割以及受岩性、构造的制约,形成了以中山、低山、丘陵及河谷阶地为主的地貌形态。中山区面积 43.16 km²,占全县总面积的 2.2%,为构造剥蚀山区。山坡坡度北陡南缓,北坡大于 50°,南坡 35°~40°,局部山势陡峭,沟谷深切,多为“V”字形沟谷,沟口一般较窄;低山区分布在全县各地,面积 822.39 km²,占总面积的 42.1%,为构造剥蚀低山区,山坡坡度北陡南缓,局部山势陡峭,沟谷深切,多为“V”字形沟谷;丘陵区分布在全县各地,面积为 1 086.45 km²,占总面积的 55.7%,为剥蚀坡积丘陵区,其坡度较小,一般小于 30°。因坡向与地质灾害存在一定的关系,对后期地质灾害风险评价提供评价因子权重,根据数字高程模型(digital elevation model, DEM)数据分析以及现场踏勘初步了解,县域主要坡向属于东南与西北方向。宽城满族自治县地形坡向值如图 1 所示。

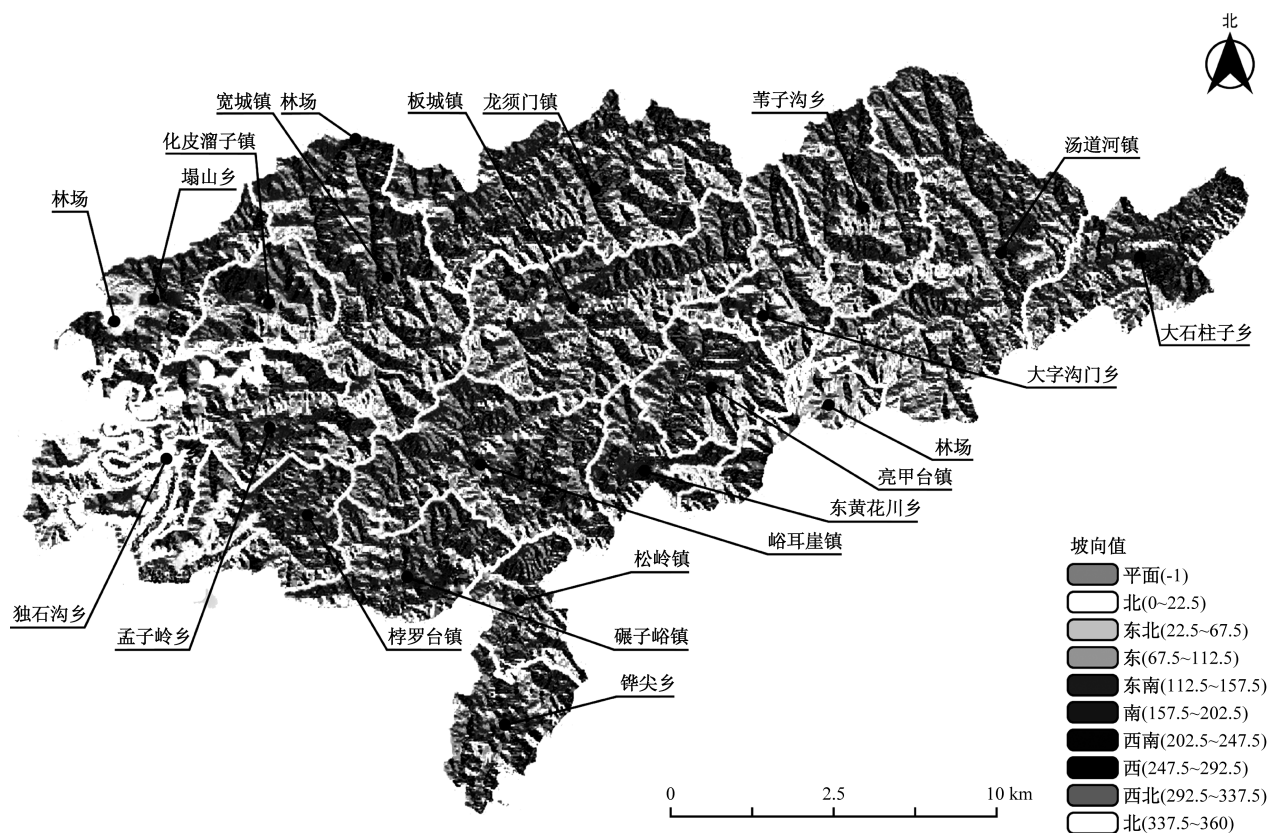
调查区域地处华北地台的燕山台褶与内蒙古地轴的接壤部位,属阴山东西复杂构造带与新华夏第二沉降带交接复合部位,经过多次地质构造,出露地层较为复杂,除志留系、泥盆系、白垩系、侏罗系下统及三叠系外均有明显出露,且以太古界、元

古界及中生界、侏罗纪岩浆岩出露广泛。县域内地质构造位置位于中朝准地台(I级)、燕山台褶带(II级)、马兰峪复式背斜(III级)、宽城凹褶束(IV级)与遵化穹褶束(IV级)接壤部位。

研究区属暖温带,大陆性季风气候区,四季分明。年平均气温为 8.7℃,常年最热月为 7 月,平均最高气温为 23.95℃,极端最高气温为 39.3℃,常年最冷月为 1 月,平均最低气温-8.9℃,极端最低气温-23℃。县内存在 4 个降雨区,降雨量大小依次划分为:独石沟-棒罗台-峪耳崖-东大地-线以南;孟子岭-亮甲台一线;宽城-苇子沟一线;汤道河-大石柱一线。

研究区地处滦河流域,境内主要河流包括滦河、瀑河、长河等共计大小 17 条河流,河流季节性表现明显,但仍存在水库库容不足情况,干旱区若遭遇较大雨量的降水也易引发泥石流、滑坡等自然灾害。

县域内山体形势呈不均匀分布,且早期地质构造形成的构造侵蚀较多,也是引发灾害的关键诱因。县域内受地震影响较小,地震基本裂度为 VI 度。2021 年度核排查后宽城满族自治县共有地质灾害隐患点 99 处,其中崩塌 60 处,泥石流 33 处,滑坡 5 处,地面塌陷 1 处。



审图号: GS吉(2023)011号

图 1 宽城满族自治县地形坡向值

2 地质灾害易发性评价方式

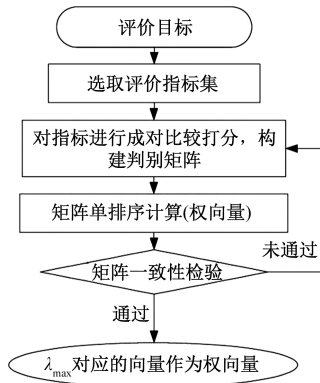
2.1 评价方式选取

地质灾害易发性评价要求调研成果保持充分的客观性、关联性、准确性,参考以往市、县内的“地质灾害易发性评价成果”以及类似相关文献^[4-6]发现,层次分析法对专家决策覆盖具有一定的依赖性,评价成果较为主观,此类研究方式的成果数据作为“判断”依据还缺少数据支持。而采用多种研究方式结合后的灾害易发性评价^[7-8],评价成果更加立体,客观性更高,且从研究角度行业内专家认可度也更为明显。

鉴于此次调查研究的目的,需要进行较大规模的点位数据搜集和勘查,结合各评价指标在评价体系中的贡献度不同,此次调研在采用层次分析法进行定性分析的基础上,结合信息量法提升评价结果的科学性、客观性和准确性。

2.2 层次分析法

通过目标分析,明确各要素间的层级、隶属、约束关系,梳理各层级属性和目标。层次分析法的基本流程如图 2 所示。



λ_{\max} 为最大特征值

图 2 层次分析法的基本流程

2.2.1 构建层次判别矩阵

层级分析法的基础信息主要来源于研究人员对构造的递阶层次中各层次不同因素间的相对重要性做出的判断。由于客观世界的复杂性以及人在主观层面的片面性,在相对重要性的判断过程中,会出现偏差^[9-10]。层级分析法为了修正这些偏差,引入了判断矩阵,即对同一层次的要素进行两两之间相对重要性比较,将比较结果用数值表示,得到该层次的判断矩阵 B ^[11]。

判断矩阵公式为

$$B = (b_{ij})_{m \times n}, b_{ij} > 0, b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

元素间相对重要性采用美国运筹学家萨蒂的 1~4 标度方法进行打分,不同重要程度分别赋予不同的数值 (b_{ij}),即元素 b_i 相对元素 b_j 的相对重要性值。判断矩阵的标度和含义见表 1。

表 1 判断矩阵的标度和含义

标度	含义
1	元素 i 与元素 j 相同重要
2	元素 i 比元素 j 稍微重要
3	元素 i 与元素 j 比较重要
4	元素 i 与元素 j 非常重要

2.2.2 计算指标权重

指标的权重向量^[12-13]是指判断矩阵的最大特征向量。计算权重时按以下步骤计算判断矩阵的最大特征根和它所对应的特征向量。

(1)将判断矩阵 B 的每一列,根据式(2)按列归一化,得到矩阵 \bar{b}_{ij} 。

$$\bar{b}_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(2)将按列归一化得到的矩阵 \bar{b}_{ij} ,按行求和:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{b}_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

(3)将式(3)得到的 $\bar{W}_i = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]$ 矩阵,进行式(4)的归一化处理:

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

得到 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$, W 为特征向量的近似值,即各指标的权重的近似值。

(4)得到特征向量的近似值之后,按照式(5)计算矩阵的最大特征值 λ_{\max} 。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{[BW]_i}{nW_i} \quad (5)$$

式中: $[BW]_i$ 为向量 BW 的第 i 个分量。

2.2.3 一致性检验

考虑到研究人员不可避免的主观性和片面性,需要进行一致性检验^[14],用矩阵的随机一致性比率 CR 值检验判断矩阵的一致性。

(1)计算一致性指标 CI,用 CI 衡量矩阵 B 的不一致程度。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

(2)考虑量度不一致性,需要使用平均随机一致性指标 RI;采用层次分析法(analytic hierarchy

process, AHP) 时, 各阶判断矩阵对应的 RI 值见表 2。确定 RI 取值后, 按式(7)计算矩阵的随机一致性比率 CR。

表 2 平均随机一致性指标值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

当 $CR < 0.1$ 时, 认为判断矩阵具有满意的一致性, 此时判断矩阵为有效矩阵; 反之, 则需要重新打分, 直到通过一致性检验为止。

2.3 信息量法

通过对历史地质灾害发育规律的定量分析研究, 查明影响地质灾害发育的主控因素及影响方式, 对影响因素进行合理的区间划分^[15-17], 通过数学模型计算因子内部不同区间的信息量值, 信息量值客观上代表了此区间对地质灾害发生的贡献率, 各评价因子提供的信息量值叠加即为评价区域总信息量值。

(1) 评价因子 x 的第 i 个区间的信息量 I 按式(8)计算:

$$I(x_i, y) = \ln \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (8)$$

式中: x_i 为评价因子 x 的第 i 个区间; N 为调查区斜坡灾害或泥石流灾害总数; S 为调查区总面积; N_i 为分布在评价因子 x_i 内的灾害数量; S_i 为 x_i 区间对应的面积。

(2) 由各因子的信息量叠加得到评价单元内影响因子总的信息量值 $I_{\text{总}}$ 。

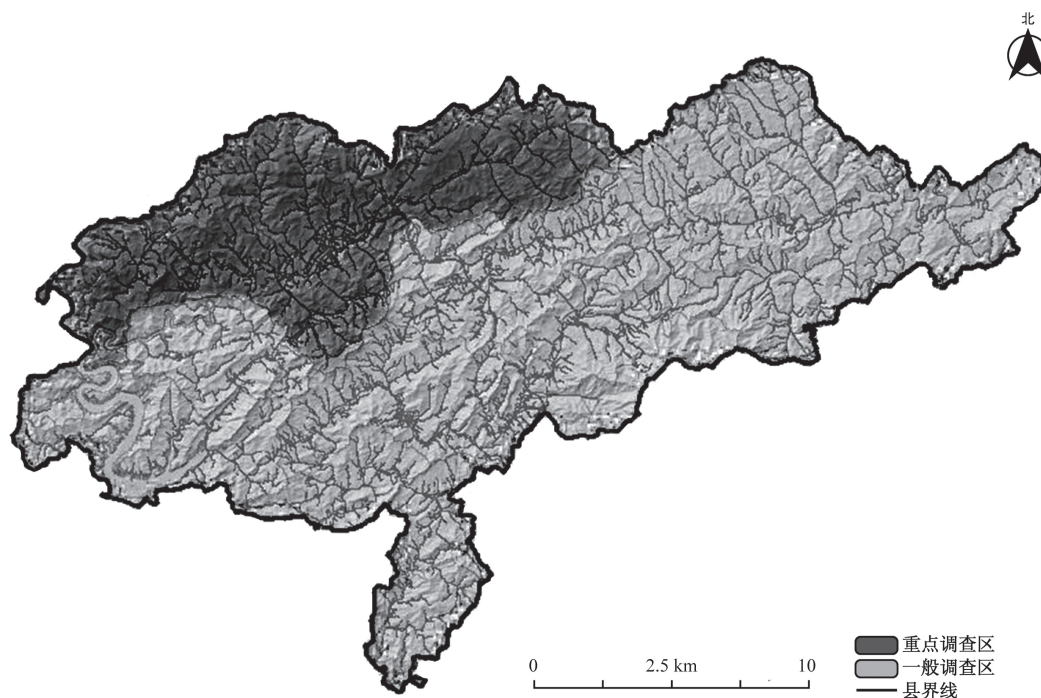
$$I_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n I(x_i, y) = \sum_{i=1}^n \ln \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (9)$$

式中: n 为评价因子总数。各评价单元的总信息量 $I_{\text{总}}$ 表示在多种因素共同作用下地质灾害易发性的综合指标, $I_{\text{总}}$ 越大表示该单元内发生地质灾害的概率越大。

3 重点调查区风险评价

3.1 重点调查区基本概况

研究区域包括此次重点调查区及以往地质灾害详查布设的重点调查区, 包含塌山乡、化皮溜子镇、宽城镇、龙须门镇共 4 部分, 总计 503.57 km²。该区位于宽城满族自治县北西部, 属低山-丘陵区, 山坡坡度较陡, 一般 $> 35^\circ$, 沟谷切割较深; 出露地层以长城系砂岩、粉砂岩及侏罗纪中酸性岩浆岩为主; 断裂褶皱比较发育; 区内包含县政府驻地宽城镇, 区位较敏感, 近年来道路修建、切坡建房等人类工程经济活动强烈, 为地质灾害高易发区。重点调查区分布如图 2 所示。



审图号: GS吉(2023)011号

图 2 重点调查区分布

3.2 评价因子的选取

研究选择分辨率为 10 m×10 m 的地理信息系统 (geographic information system, GIS) 栅格数据作为评价的基本单元。结合调查区地质背景 (地形、地貌、水文特征等)、地质灾害形成机制、孕灾因子数理统计以及一般常用的易发性评价指标 (工程地质岩组、坡度、斜坡结构, 地质构造, 断层、褶皱、节理裂隙等, 高程, 坡向, 地貌类型, 植被覆盖率, 水系, 居民地, 道路), 应用 ArcGIS 空间分析工具对所有初选指标因素进行相关性分析, 通过计算相关性系数 R 衡量各指标之间的相关程度, R 的取值范围为 $[-1, 1]$, $|R| < 0.4$ 时, 为低相关度; $0.4 < |R| < 0.7$ 时, 为显著相关; $0.7 < |R| < 1$ 时, 为高度相关。

3.3 评价因子信息量

按照信息量法得到地质灾害各评价因子信息量, 见表 3。

表 3 宽城满族自治县地质灾害易发性评价因子信息量

因子	因子分级	面积/km ²	灾点数量	信息量
工程地质岩组	中厚层稀裂状中等岩溶化坚硬碳酸盐组	150.573	16	-0.165
	薄层稀裂状坚硬碎屑岩组	117.515	15	0.018
	层状软硬相间半坚硬碎屑岩组	185.746	27	0.148
	稀裂状坚硬岩浆岩组	2.114	0	0
	砂卵石、中细砂双层土体	46.689	5	-0.157
坡度/(°)	0~5	44.021	5	-0.098
	5~15	153.894	28	0.372
	15~30	208.086	25	-0.042
	30~50	91.724	5	-0.832
	>50	4.838	0	0
斜坡结构	顺向坡	90.269	12	0.058
	顺斜坡	91.059	13	0.130
	横向坡	166.928	20	-0.045
	逆斜坡	78.121	7	-0.336
	逆向坡	76.136	11	0.142
高程/m	0~300	28.268	5	0.344
	300~500	234.107	37	0.232
	500~700	169.771	19	-0.113
	1 200~1 500	58.695	2	-1.302
	>900	11.721	0	0
坡向	北	65.801	2	-1.416
	东北	49.735	2	-1.137
	东	66.698	3	-1.024
	东南	61.930	12	0.435
	南	71.042	18	0.703
	西南	63.086	9	0.129
	西	70.050	10	0.130
	西北	54.222	7	0.029

续表

因子	因子分级	面积/km ²	灾点数量	信息量
地貌类型	II 1 侵蚀构造中山亚区	0.000	0	0
	II 2 侵蚀构造低山亚区	249.417	25	-0.250
	II 3 构造剥蚀丘陵亚区	239.733	38	0.207
	II 6 断陷盆地及河谷平原亚区	0.000	0	0
植被 NDVI	0~0.15	0.221	0	0
	0.15~0.30	2.275	0	0
	0.30~0.45	23.969	7	0.818
	0.45~0.60	148.184	33	0.547
	>0.60	314.541	23	-0.566
断层距离/m	0~200	67.243	12	0.353
	200~400	63.844	10	0.222
	400~600	59.575	8	0.069
	600~800	55.008	6	-0.139
	800~1 000	46.120	7	0.191
	>1000	210.851	20	-0.278
水系距离/m	0~100	44.721	20	1.272
	100~200	43.651	12	0.785
	200~300	42.901	3	-0.583
	300~400	41.878	5	-0.048
	>400	329.486	23	-0.585
道路距离/m	0~100	44.437	26	1.540
	100~200	39.285	4	-0.208
	200~300	35.577	5	0.114
	300~400	32.675	2	-0.717
	>400	350.629	26	-0.525
居民地距离/m	0~100	104.440	48	1.300
	100~200	73.127	6	-0.424
	200~300	65.939	4	-0.726
	300~400	56.675	5	-0.351
	>400	202.390	0	0

3.4 评价因子信息量

根据 AHP 法原理计算得到一般调查区地质灾害易发性评价因子权重, 见表 4。

表 4 宽城满族自治县地质灾害易发性评价因子权重

因子	权重
高程	0.11
坡度	0.21
坡向	0.04
地貌单元	0.03
斜坡结构	0.15
断裂构造	0.01
工程地质岩组	0.28
河流水系	0.01
植被覆盖率	0.02
道路	0.06
居民地	0.08

3.5 因子评价结果

利用 ArcGIS 叠加分析, 将 11 种因子按重叠权加分析。在进行地质灾害易发性综合评价之前, 需

要对基于栅格单元评价得到的易发性结果进行人工复核。对数学模型计算的易发性评价结果分析后发现,单纯根据数学模型评价得到的结果并不完全符合实际情况,主要是由于评价单元为栅格单元,根据栅格单元计算评价得到的结果与实际地质单元界线不一定重合,需要在数学模型计算结果的基础上进行人工复核以及消除零碎图斑,最终得到重点区易发分区图(图 3)。重点调查区地质灾害易发性结果见表 5。

表 5 重点调查区地质灾害易发性结果

易发分区	中易发区	高易发
面积/km ²	166.43	337.14
占调查区面积比/%	33.05	66.95

3.6 危险性评价

地质灾害危险性评价在地质灾害易发性基础上,考虑外在易于诱发地质灾害的各种因素对地质灾害发生的影响,进而刻画和预测地质灾害影响的范围及发生的概率。针对此次重点调查区地质情况研究发现,降雨仍是最主要的灾害诱发因子。结合此次调查结果,选取宽城 10 月平均最大降雨量作为降雨指标,叠加地质灾害易发性,并得到地质灾害危险性评价结果。降雨因子信息量值见表 6。

表 6 降雨因子信息量值

降雨量/mm	0~200	200~400	400~600	>600
地质灾害易发点个数	7	10	31	15
密度	0.02	0.05	0.17	0.14
信息量	-0.21	-1.21	-0.06	0.50

计算得到综合危险性信息量为 -0.21 ~ 1.21,将信息量值归一化处理成 [0, 1]。为了分析单元总信息量的分布特点和确定不同级别分区的界线,将归一化处理后的信息量值作单元信息量累积频度分布曲线,根据该分布曲线确定重点调查区危险性分级分区界线值。将重点调查区的危险性分为“高危险”“极高危险”2 个级别,在数学模型计算的基础上,通过已有隐患点险情来复核危险性计算结果。

3.7 易损性评价

承灾体包括区域内受灾害影响的人、建筑物、工程设施、基础设施、运输工具、环境以及经济活动等。根据研究区情况,承灾体类型主要包括人口和土地。而承灾体易损性是指地质灾害以一定强度发生时对潜在承灾体可能造成的损失程度,即代表承灾体的价值高低(价值越高,则易损性越高),也代表承灾体遭受地质灾害威胁的可能性或遭受地质灾害威胁时价值损失率。根据经验综合地质灾

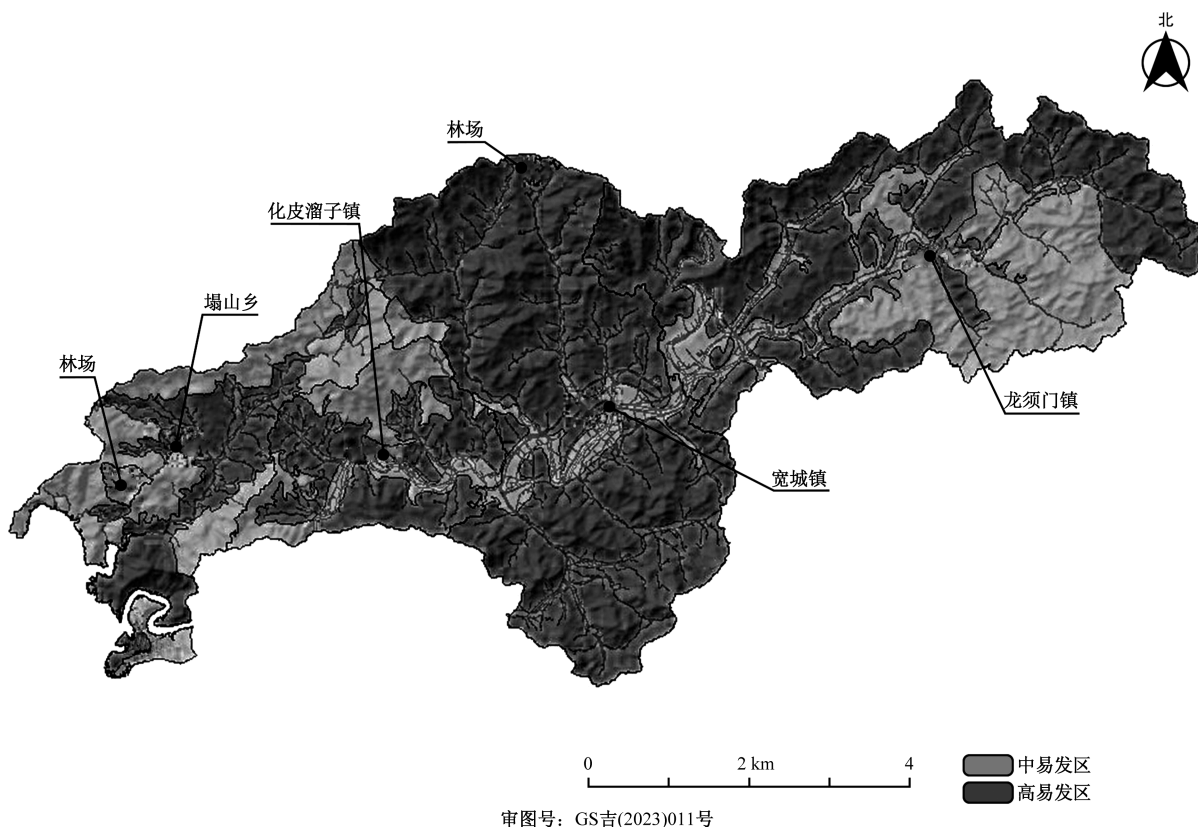


图 3 重点区易发分区图

害危险等级和承灾体类型得到区域承灾体易损度取值,见表 7。

表 7 不同危险等级下承灾体易损度取值

危险性等级	低	中	高	极高
易损度	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.8

3.7.1 人员易损性评价

人员易损性考量主要为人口密度。从农村角度,需要以行政村的常住人口数量和调查区内农村宅基地的面积计算得出各村农村人口密度;从城镇角度,人口密集度高,流动性强,则需要以城镇住宅总面积和城镇人口数量求得城镇人口密度平均数。

利用 ArcGIS 软件,在三调数据农村宅基地和城镇住宅用地进行统计计算人口密度进行赋值。对极低密度区,进行相对密度统一赋值,得到重点调查区人员易损性赋值图层。

3.7.2 土地利用类型及易损性评价

此项评价需要对各土地利用类型进行赋值,以此作为评价易损性的基础^[18-19]。利用 ArcGIS 软件,将区域内 23 类土地利用类型分别赋值 1、2、3、4、5、6,得到重点调查区土地易损性赋值,其中铁路用地、城镇住宅用地、水工建筑用地、科教文卫用地以及机关团体新闻出版用地赋值为 6;农村宅基地赋值为 5;工业用地、商业服务业设施用地以及采矿业用地赋值为 4;公路用地、物流仓储用地以及交通

服务站用地赋值为 3;乔木林地、果园、养殖坑塘、水浇地、水田、旱地、城镇村道路用地以及广场用地赋值为 2;农村道路、其他林地以及灌木林地赋值为 1。

3.7.3 重点调查区易损性综合评价

选取人员密度易损性和土地易损性,并得到综合易损性指数分布后进行归一化,然后按照频度分布曲线,将宽城满族自治县重点评价区易损性分为低易损、中易损及高易损 3 项。重点调查区易损性评价结果见表 8,重点调查区综合易损性分布如图 4 所示。

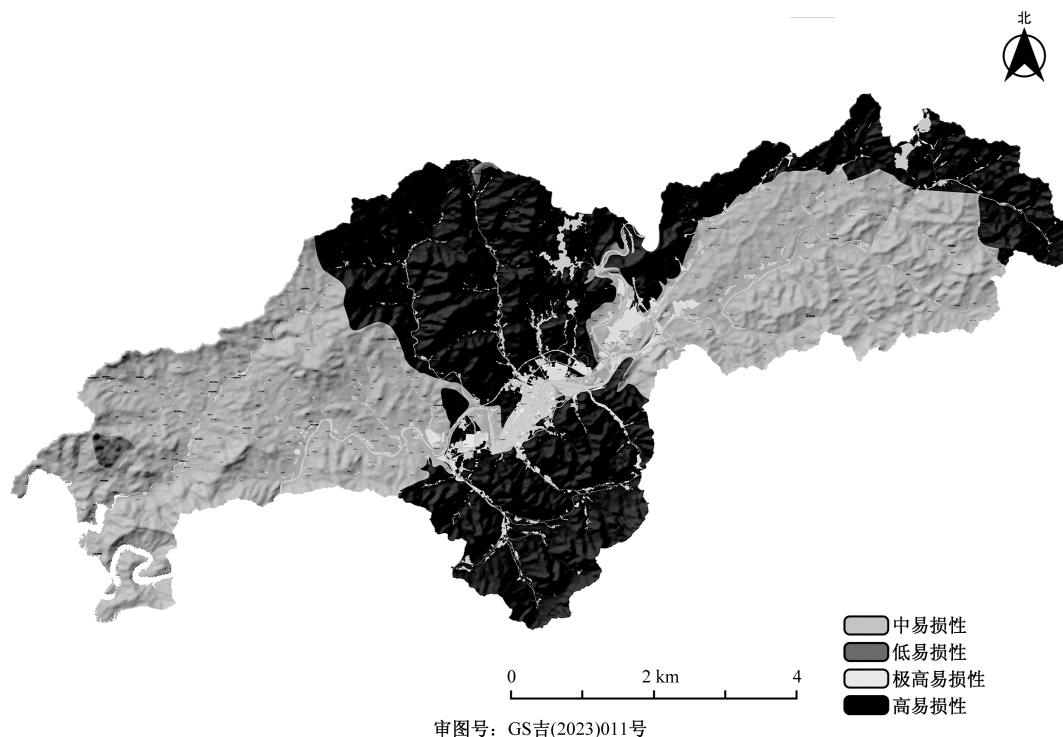
表 8 重点调查区易损性评价结果

易损级别	低易损性	中易损性	高易损性	极高易损性
面积/km ²	2.66	198.68	286.76	15.47
面积占比/%	0.53	39.45	56.95	3.07

3.8 风险性评价及区划

3.8.1 风险性评价

采用矩阵分析法对地质灾害的危险性和易损性评价结果进行叠加运算,在 ArcGIS 中使用叠加工具,并将栅格计算结果转为矢量,根据临近性和相似性,考虑 1:50 000 比例尺精度,对风险评价分区进行概化,对计算机结果评价得到的低风险、中风险区进行人工复核,并对评价有误的区域进行人工修订,得到重点调查区风险性评价分区(图 5)以及重点调查区风险区划结果统计(表 9)。



审图号: GS吉(2023)011号

图 4 重点调查区综合易损性分布

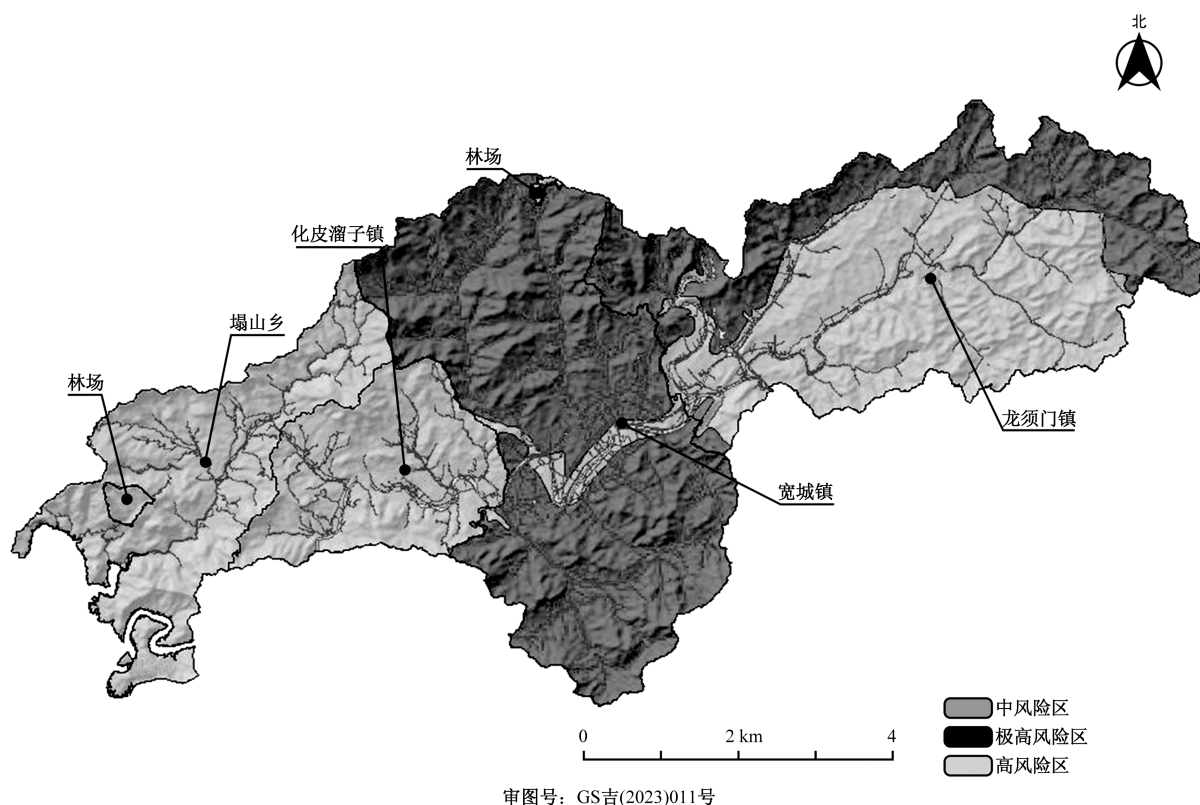


图 5 重点调查区地质灾害风险区划图

表 9 重点调查区易损性评价结果

风险等级	中风险区	高风险区	极高风险区
面积/km ²	2.608	266.15	234.81
占县域面积比率/%	0.52	82.85	46.63

4 结论

(1)重点调查区主要分为高易发区和中易发区。结合“危险性评价”可以发现,西部和北部一带的地质灾害危害程度最高,与危险性评价结果大致相同,因此上述地质灾害危险性评价结果较为合理;从评价结果角度出发,宽城满族自治县地质灾害危险性评价结果与易发性评价结果相近,这与县域内降雨量分布(即是西北高,东南低)密切相关。极高风险区覆盖面积约为 136.40 km²,高风险区覆盖面约为 367.17 km²。地质灾害主要表现为滑坡、崩塌以及泥石流,部分地面塌陷集中于极高风险区。

(2)分析易损性评价结果可知,承灾体高易损与极高易损主要分布在宽城镇。宽城为山区地区,属高易发和中易发区,地质灾害相对易发,但承灾体的易损性和当地人口分布和土地利用等密切相关,受到矿业活动、切坡修路和房屋建筑等人类活动影响较大,对此需要研究区居民提高防灾减灾意识,避免发生重大地质灾害,危及人身财产安全。

参考文献

- [1] 陈前,晏鄂川,黄少平,等. 基于样本与因子优化的黄冈南部地区地质灾害易发性评价[J]. 地质科技通报, 2020, 39(2): 175-185.
- [2] 尚慧,王明轩,罗东海,等. 基于函数赋值模型与模糊综合评判法的单沟泥石流危险性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2019, 30(1): 61-69.
- [3] 孙剑锋,马超,胡金树,等. 基于灰色关联度与层次分析法耦合的地质灾害易发性评价:以浙江省云和县崇头镇为例[J]. 工程地质学报, 2023, 31(2): 538-551.
- [4] 李成林,刘严松,赖思翰,等. 基于层次分析法的青海拉加滑坡群影响因素分析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(9): 36-39, 80.
- [5] 陈哲锋,郭朝旭. 基于模糊层次分析法的泥石流易发性地形因子敏感性分析[J]. 防灾科技学院学报, 2023, 25(1): 21-30.
- [6] 莫运松,江思义,邹仁辉,等. 基于专家-层次分析法的地质灾害风险性评价:以广西富川瑶族自治县为例[J]. 矿产勘查, 2023, 14(2): 293-303.
- [7] 刘润胜,郭有金. 基于 IOE-IV 耦合模型的地质灾害易发性评价:以陕西省城固县为例[J]. 矿产勘查, 2024, 15(1): 150-160.
- [8] 胡祥祥,明璐璐,吴涛,等. 融合 InSAR 与信息量-层次分析耦合模型的西宁市地质灾害易发性评价[J]. 测绘通报, 2023(12): 51-56, 75.
- [9] 石辉,邓念东,周阳. 随机森林赋权层次分析法的崩塌易

- 发性评价[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(25): 10613-10619.
- [10] 王笃国, 刘志成, 高玮. 基于 AHP 的震地质灾害危险性综合评价方法研究[J]. 震灾防御技术, 2024, 19(2): 306-313.
- [11] 胡现振, 付少杰, 迟宏庆, 等. 基于层次分析-信息量耦合模型的地质灾害风险评价: 以河北省武安市为例[J]. 中国地质调查, 2023, 10(5): 109-117.
- [12] 胡倡瑞, 徐俊, 侯国伦, 等. 基于组合赋权-物元可拓模型的滑坡稳定性评价[J]. 化工矿物与加工, 2024, 53(7): 61-68.
- [13] 张洋. 基于模糊层次综合评价法的城市河道综合整治效果评价[J]. 水利规划与设计, 2023(11): 79-83, 145.
- [14] 陈梦源, 李慧娟, 刘畅, 等. 基于频率比-层次分析模型的大比例尺地质灾害易发性综合评价: 以渔洋河流域为例[J]. 资源环境与工程, 2024, 38(1): 63-72.
- [15] 金朝, 费雯丽, 丁卫, 等. 基于信息量模型和 Logistic 回归模型的地质灾害易发性评价: 以十堰市郧阳区为例[J]. 资源环境与工程, 2021, 35(6): 845-850, 886.
- [16] 李玉文, 袁颖, 李琛曦, 等. 基于加权信息量法的涑水县地质灾害易发性评价[J]. 防灾科技学院学报, 2021, 23(3): 34-43.
- [17] 周迎, 易武, 黄晓虎, 等. 基于 ANP-信息量法的危岩崩塌灾害易发性评价[J]. 水力发电, 2021, 47(9): 46-52.
- [18] 阳煜瑾. 洞庭湖区洪涝灾害风险分析及土地利用优化研究[D]. 长沙: 中南大学, 2023.
- [19] 郑婷月. 山地地区地质灾害风险评价与地质环境承载力评价研究[D]. 成都: 西华大学, 2023.

Geological Hazard Risk Assessment in Key Investigation Area of Kuancheng Manchu Autonomous County Based on AHP-information Method

YU Huan¹, LI Shuai², ZHANG Dongcan²

(1. Hebei Institute of Hydrology, Engineering and Geological Exploration (Hebei Remote Sensing Center), Shijiazhuang 050000, China;

2. Hebei Institute of Geological Surveying and Mapping (Application Research Center of Spatial Information Technology, Hebei Bureau of Geological and Mineral Exploration and Development), Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract: In order to objectively evaluate the county geological disaster risk information and provide an effective research basis for disaster prevention and reduction, the risk assessment was mainly carried out in the key research area of Kuancheng Manchu Autonomous County. Based on the data of field investigation, previous research and ArcGIS spatial software analysis results, AHP(analytic hierarchy process)-information method was adopted to select 11 evaluation factors for classified evaluation of key research areas, so as to ensure the objectivity and accuracy of the research. The research results comprehensively evaluated the impact factors from the three aspects of people, land and comprehensive vulnerability, and completed the detailed analysis of the main risk factors, risk coverage and key risk areas in the county. It is found that the areas with high risk of geological disasters are mostly concentrated in the villages and towns in the north of the county, covering a wide area, and the geological conditions of the risk areas are poor and seriously affected by rainfall. The vulnerability of disaster-bearing bodies is directly related to the production, life and property safety of residents. Most of the carriers are located in towns and mountainous areas, which belong to disaster-prone areas in this risk assessment, and should be paid attention to in disaster prevention and prevention.

Keywords: geological disaster; analytic hierarchy process; information method; risk assessment; ArcGIS