

# 京津冀地区县域单元地质灾害风险评估

孟 晖, 李春燕, 张若琳, 李亚民

(中国地质环境监测院, 北京 100081)

**摘 要:**以京津冀地区为例,探索县域单元的地质灾害风险评估方法。通过测算地质灾害危险性与承灾体易损性,以定性综合评估的方式实现县域单元地质灾害风险评估。实际评估中,将承灾体易损性分为人口安全易损性与资产易损性,分别用因灾死亡人口比与因灾直接经济损失比加以表征;再以国土资源部2001-2015年地质灾害灾情数据为基础,参考1950-2000年灾情数据,提出人口安全易损性与资产易损性的分级标准,并在京津冀地区进行了评估。结果表明:研究区整体地质灾害风险低,204个评估单元中仅有6个为中风险区,包括河北省涞源县、涞水县、武安市、青龙满族自治县、北京石景山区、延庆区,其余198个为低风险区,与实际情况相符。此方法快捷简便、数据可连续获取,符合建立资源环境承载能力监测预警机制要求。空间差异化评估结果可为主动防灾减灾、国土空间管理提供支撑。

**关键词:**县域单元;地质灾害;易损性;风险评估;京津冀地区

## 1 引言

中国山区面积大,地质灾害点多面广,是世界上灾情最严重的国家之一,地质灾害的发生对资源环境承载能力变化具有显著的影响。为了主动有效预防和减轻地质灾害的危害,需要对地质灾害的发育规律、可能造成的损失等有一个科学的认识和评估,即地质灾害风险评估。在评估的基础上,针对位于较高风险区的山区城镇、农村居民地、重大工程设施等实施减灾措施,以提高区域资源环境承载的能力。因此,资源环境承载能力监测预警将地质灾害风险评估作为评价要素之一。

地质灾害风险评估方法的选择决定了风险评估所需资料的详细程度和评估结果的可信度。区域风险评估方法主要有概率统计法、期望损失法和情景模拟法等(刘希林等, 2014)。概率统计法是对已发生地质灾害的大量数据进行统计分析,据此估计其再发生的概率,比较适用于具有长时间统计资

料的宏观空间尺度研究(吴树仁等, 2012)。由于资料来源的可靠性和积累程度的原因,以往研究难以精确反映风险的区域差异。期望损失法一般以GIS技术为基础,采用间接或相对指标,利用多因子加权评价等数学模型,评估区域地质灾害风险性(罗元华, 1998; 朱良峰等, 2002; 张春山等, 2006),是目前使用最多的方法,但存在评估指标权重确定的主观性问题。情景模拟法是以大比例尺调查为基础,比较适合于微观空间尺度的研究(张茂省等, 2008)。不论采用何种风险性评估方法,地质灾害风险性均是通过地质灾害危险性和易损性而综合反映的。其中,易损性定量评价是地质灾害风险评估的难点之一,目前尚无统一的指标和方法(刘希林等, 2001; 石菊松等, 2007)。

本文基于国土资源部地质灾害报告制度所取得的较长时间序列灾情数据,探讨以县域为单元易损性量化评价方法及其分级标准,在地质灾害危险性和易损性分项测算的基础上综合分析,从而实现

收稿日期:2017-01;修订日期:2017-03。

基金项目:地质调查项目“地质环境承载能力评价与监测示范研究”(12120115050701);中国科学院科技服务网络计划(STS计划)项目(KFJ-STZ-ZDTP-021) [Foundation: Geological Survey Project "Study on Capability Evaluation and Monitoring Demonstration Bearing Geological Environment", No. 12120115050701; Science and Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences, No. KFJ-STZ-ZDTP-021]。

作者简介:孟晖(1962-),女,北京人,教授级高级工程师,主要从事环境地质研究,E-mail: mengh@mail.cigem.gov.cn。

引用格式:孟晖,李春燕,张若琳,等. 2017. 京津冀地区县域单元地质灾害风险评估[J]. 地理科学进展, 36(3): 327-334. [Meng H, Li C Y, Zhang R L, et al. 2017. Risk assessment of geological hazards for counties and districts of the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. Progress in Geography, 36(3): 327-334.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2017.03.008

区域地质灾害风险性评估,为全国开展以县为单元的资源环境承载能力评价提供技术支持。需要说明的是,文中地质灾害只包括崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷四类突发性地质灾害。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

地质灾害调查数据基于1:10万地质灾害普查和1:5万地质灾害详查数据构建的地质灾害调查数据库、矿山地质环境调查数据库,以及岩溶塌陷数据库等地质灾害调查资料。基础地质条件数据主要包括地形起伏度图、地貌图、地质图、第四纪地质图、活动构造图、工程地质图、水文地质图、可溶岩类型图、土壤侵蚀图等;地质灾害点灾情数据来源于国土资源部2001–2015年地质灾害速报制度和月报制度报送的数据;人口与经济数据来源于2001–2015年社会经济统计年鉴;京津冀县级行政区划数据使用国家地理信息中心编制的2013年县级行政区划数据。

### 2.2 评估方法

#### 2.2.1 地质灾害危险性评价

地质灾害危险性的评价方法比较多,常见的方法有模糊综合评价法、证据权法、多元回归分析法、人工神经网络法、层次分析法、灰色关联分析法等等(向喜琼等, 2000; 张春山等, 2003; 张若琳等, 2010; 刘光旭等, 2012)。这些方法基于的理论不同、含义不同,对评价数据的要求不同,各有优点和不足。在实际评价时,可按照个人的理解与数据掌握情况选择合适的评价方法。本文选择证据权法进行地质灾害危险性评价。

证据权法是一种定量化评价方法,早期主要应用于矿产资源预测等相关领域,近年来才被引入地质灾害危险性评价(范强等, 2014),具有易于理解、操作简便、受主观因素影响小等特点。通过将已经发生的滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷灾害点与起伏度、工程地质岩组、降雨量等评价指标空间叠加,进行相关性分析,求得每个指标与滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷的相关程度;基于相关程度赋予各指标不同的权重,进行叠加计算,得到崩塌、滑坡、泥石流危险性指数图和地面塌陷危险性指数图;根据危险性指数值的大小划分危险性等级,分为高、中、低、极低4个等级。将崩塌、滑坡、泥石流危险性评价分

级图和地面塌陷危险性评价分级图按照“就高原则”叠加,形成自然单元地质灾害危险性评价结果。

自然单元评价结果向县域单元转化时采用最大面积法,即以县域面积内面积最大的评价等级作为该县域的危险性评价等级。再结合已有资料,并根据专家经验对评价结果进行校验修订,最终确定县域地质灾害危险性等级。

#### 2.2.2 承灾体易损性评价

承灾体易损性是地质灾害发生时可能对承灾体造成的破坏、损失程度。地质灾害造成的损失主要有直接和间接经济损失、人员伤亡和资源环境破坏等。由于人口、财产和环境性质的不同,并考虑到灾情统计数据的类别,将承灾体易损性分为人口安全易损性与资产易损性两部分。

##### (1) 人口安全易损性评价

人口安全易损性是指因地质灾害造成人口死亡的最大可能程度。鉴于本次评价是以县域单元为评价尺度,可采用县年均地质灾害最大可能死亡人口占县年均总人口的比例(张梁等, 2002; 尚志海等, 2010; 吴树仁等, 2012),即因灾死亡人口比来表达。因灾死亡人口比越大,人口安全易损程度越高。

$$\text{因灾死亡人口比} = \frac{\text{县年均地质灾害死亡人口}}{\text{县年均总人口}}$$

式中:县年均地质灾害死亡人口的单位为人/年、县年均总人口的单位为万人/年。

由于县年均地质灾害最大可能死亡人口难以预测,本文采用地质灾害实际造成的县年均地质灾害死亡人口计算。基于GIS空间分析统计功能,根据国土资源部2001–2015年地质灾害灾情统计数据,以县为单元统计2001–2015年县域内所有地质灾害点造成的死亡人口总数,计算年均值。由于2001–2015年期间,仅在2010年开展过一次人口普查,因此,在实际计算时,采用2010年人口普查的县域总人口数据作为县年均总人口数。

通过以全国县域“因灾死亡人口比”数据为样本进行测算分级,结合20世纪地质灾害灾情数据和前人的研究成果(张梁等, 2002; 吴树仁等, 2012),提出人口安全易损性评价分级标准(表1)。

表1 人口安全易损性评价分级  
Tab.1 Population vulnerability classes

易损性等级	高	中	低	极低
因灾死亡人口比/(人/万人)	>0.1	0.10~0.01	0.010~0.001	<0.001

(2) 资产易损性评价

资产易损性是指县域内地质灾害造成直接经济损失的最大可能程度。采用县年均地质灾害直接经济损失占县年均经济总量之比,即因灾直接经济损失比来表达。实际计算时,受资料限制,以2001、2004、2010、2014年各县经济总量的均值作为县年均经济总量。因灾直接经济损失比越大,资产易损程度越高。

直接经济损失比 =  $\frac{\text{县年均地质灾害直接经济损失}}{\text{县年均经济总量(GDP)}}$

式中:县年均地质灾害直接经济损失、县年均经济总量的单位分别为万元/年、百万元/年。

以全国县域“因灾直接经济损失比”数据为样本进行测算分级,结合20世纪灾害灾情数据和前人的研究成果,提出资产易损性评价分级标准(表2)。

将县域地质灾害人口安全易损性评价分区结果与资产易损性评价分区结果,按照“就高原则”进行叠加,形成县域单元承灾体易损性评价分区结果。

2.2.3 地质灾害风险定性综合评估

按照地质灾害风险定性综合评估方法(表3),根据地质灾害危险性等级、承灾体易损性等级的组合特征,将地质灾害风险划分为高、中、低3个等级。为保证地质灾害风险性评估结果的可靠性,应通过统计分析、野外实地验证或同行检查对评估结果进行必要的检验和完善。

3 实例:京津冀地质灾害风险评估

3.1 研究区概况

京津冀地区包括了北京市、天津市、河北省,面

表2 资产易损性评价分级  
Tab.2 Property vulnerability classes

易损性等级	高	中	低	极低
因灾直接经济损失比/(万元/百万元)	>1	1.0~0.1	0.10~0.01	<0.01

表3 地质灾害风险定性综合评估  
Tab.3 Comprehensive assessment of geological hazard risk

地质灾害危险性	承灾体易损性			
	高	中	低	极低
高	高	高	中	低
中	高	中	中	低
低	中	中	低	低
极低	低	低	低	低

积21.8万km<sup>2</sup>,2014年常住人口约为1.1亿,地区生产总值约为6.65万亿元。地形上大体可分为北部、西部的山地丘陵区,中部平原区以及东部滨海区三部分。北部和西部为燕山及太行山山地,由中山、低山、丘陵和山间盆地组成,发育有尚义—平泉深断裂、上黄旗—乌龙沟深断裂、怀柔—涑水深断裂、邢台—安阳深断裂等几组深大断裂构造。研究区地层出露比较齐全,从太古界至新生界基本都有分布,其中广泛出露太古界地层、中上元古界地层与第四系松散地层。太古界地层岩性主要有麻粒岩、片麻岩、斜长角闪岩等,裂隙发育,易风化,强度低,第四系松散地层广布于平原盆地表面。气候冬季寒冷少雪,春季干旱多风沙,风速较大,夏季炎热多雨,利于岩土体风化。降水量时空分布不均,主要分布在燕山南麓、太行山东麓,且80%左右降水量集中6-9月份,而又以7月下旬-8月上旬最为集中。降水强度大,历时短,往往集中于5~7天之间完成全年70%的降雨量。这些为地质灾害的发育提供了自然条件。据调查,截至2015年,研究区共发现突发性地质灾害及隐患点7255处,包括崩塌3526处、滑坡770处、泥石流2288处,地面塌陷671处。

3.2 评价单元

本次评价的基本评价单元包括市辖区、县、自治县、县级市。根据2013年行政区划,京津冀地区共有204个评价单元,其中北京市16个、天津市16个、河北省172个。在地形上,研究区共96个县位于中低山地区,108个县位于平原滨海地区。

3.3 结果分析

3.3.1 地质灾害危险性评价

地质灾害危险性评价选取地形起伏度、地貌类型、工程地质岩组、活动断裂距离、多年平均降水量、年平均暴雨日数(天)、土地利用程度、矿山分布密度、崩滑流发育密度、地面塌陷发育密度等指标。将各评价指标空间分布图件进行1 km×1 km栅格化处理,按照评价流程形成自然单元地质灾害危险性评价分区结果。将自然单元评价结果转化,以县域单元的形式表达,得到京津冀地区地质灾害危险性评价分区图(图1)。

京津冀地区地质灾害危险性评价分区结果显示,该地区共有高危险区15个,中危险区46个,低危险区50个,极低危险区93个(表4)。滑坡、崩塌、泥石流高危险性地区主要分布在燕山—太行山一带,包括河北省涑水县等,这些区域构造比较发育,



主要分布碎屑岩等易滑岩组,岩体风化程度较强烈,雨季多暴雨。地面塌陷高危险区主要分布在邯郸、邢台、唐山和承德市等地的矿山开采区。

3.3.2 承灾体易损性评价

据 2001–2015 年地质灾害灾情统计数据显示

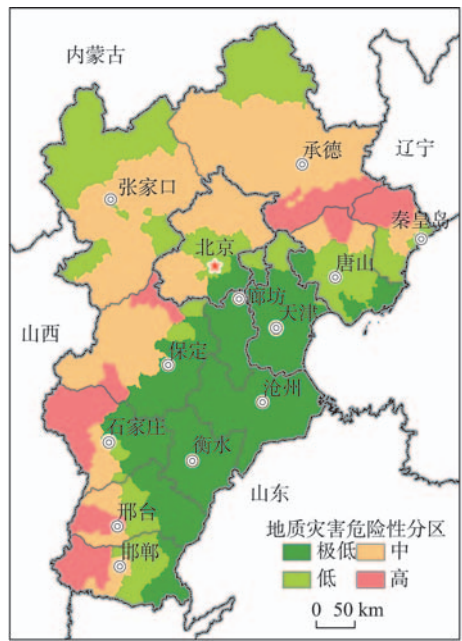


图 1 京津冀地区地质灾害危险性评价分区图  
Fig.1 Zoning map of geological hazards of the Beijing-Tianjin-Hebei region

(表 5),京津冀地区共有 8 个县(市、区)因地质灾害造成了人口死亡,因灾死亡人口总数为 31 人。其中河北省包括涞源县、涞水县、武安市和青龙满族自治县 4 个县(市),因灾死亡人口 23 人;北京市包括延庆区、石景山区、顺义区、房山区 4 个县(区),因灾死亡人口 8 人;天津市因灾死亡人口为零。从表 5 可以看出,2001–2015 年因灾死亡人口最多的县是河北省涞源县,为 10 人,因灾死亡人口比为 0.03,按照表 1 人口安全易损性评价分级标准,涞源县人口安全易损性等级为中。武安市因灾死亡人口为 8 人,而武安市人口总数较大为 71.50 万,因灾死亡人口比仅为涞源县的 1/4,人口安全易损性等级为低(图 2)。

京津冀共有 36 个县(市、区)因地质灾害造成了直接经济损失,均分布于河北省与北京市,其中河北省 27 个县(市、区)、北京市 9 个区。15 年间因灾造成直接经济损失合计为 3854.7 万元,在全国尺度上并不高。按照表 2 的资产易损性评价分级标准,36 个县的资产易损性等级均为极低。2001–2015 年因灾直接经济损失最高的县为唐山市迁西县,共造成直接经济损失 2037.0 万元,因其县经济总量均值较高,因灾直接经济损失比为 0.0062423,在京津冀地区是最高的,但在全国尺度上依然比较低,所以易损性等级为极低(图 3)。

表 4 京津冀地区地质灾害危险性评价分级表

Tab.4 Result of geological hazard assessment of counties and districts in the Beijing-Tianjin-Hebei region

危险性等级	个数	县(市、区)名
高	15	河北:灵寿县、平山县、井陉县、井陉矿区、邢台县、涉县、武安市、涞水县、迁西县、峰峰矿区、行唐县、曲阳县、青龙满族自治县、宽城满族自治县、兴隆县
中	46	北京:延庆区、平谷区、石景山区、门头沟区、房山区、密云区、怀柔区; 河北:磁县、阜平县、内丘县、沙河市、蔚县、涞源县、唐县、鹿泉区、涿鹿县、元氏县、赞皇县、临城县、桥西区、桥东区、卢龙县、抚宁县、复兴区、丛台区、邯山区、邯郸县、顺平县、易县、遵化市、满城县、平泉县、承德县、双桥区、双滦区、鹰手营子矿区、丰宁满族自治县、隆化县、滦平县、宣化县、怀安县、万全县、桥西区、下花园区、崇礼县、赤城县
低	50	北京:东城区、海淀区、西城区、丰台区、昌平区、顺义区、朝阳区; 天津:蓟县; 河北:阳原县、桥西区、任县、隆尧县、柏乡县、高邑县、南和县、迁安市、路北区、路南区、海港区、山海关区、昌黎县、滦南县、平乡县、鸡泽县、曲周县、永年县、临漳县、成安县、定兴县、三河市、大厂回族自治县、丰润区、开平区、涿州市、裕华区、栾城区、古冶区、肥乡县、滦县、丰南区、北戴河区、尚义县、围场满族蒙古族自治县、康保县、沽源县、张北县、桥东区、宣化区、怀来县、广平县
极低	93	北京:通州区、大兴区; 天津:河东区、东丽区、河北区、红桥区、南开区、河西区、武清区、宝坻区、西青区、宁河县、北辰区、津南区、和平区、滨海新区、静海县; 河北:正定县、藁城区、无极县、定州市、安国市、望都县、固安县、新华区、长安区、桥东区、赵县、宁晋县、晋州市、深泽县、博野县、新市区、北市区、安新县、高阳县、肃宁县、新河县、巨鹿县、广阳区、乐亭县、霸州市、桃城区、新华区、景县、威县、邱县、大名县、魏县、广宗县、新乐市、徐水县、辛集市、安平县、饶阳县、冀州市、香河县、永清县、安次区、玉田县、献县、曹妃甸区、运河区、吴桥县、临西县、黄骅市、蠡县、南市区、雄县、深州市、河间市、大城县、武强县、武邑县、海兴县、南皮县、孟村回族自治县、东光县、阜城县、南官市、枣强县、高碑店市、清苑县、容城县、文安县、任丘市、青县、沧县、泊头市、盐山县、馆陶县、清河县、故城县

表5 京津冀地质灾害人口安全易损性评价数据表

Tab.5 Result of population vulnerability assessment of counties and districts in the Beijing-Tianjin-Hebei region

省(市)	市(区)	县(市、区)	2001-2015 县(市、区)		因灾死亡人口总数/人口比/(人/万人)	人口安全易损性等级
			年因灾死亡人数/人	万人		
河	保定市	涞源县	10	22.76	0.029295	中
北	邯郸市	武安市	8	71.50	0.007459	低
省	秦皇岛市	青龙满族自治县	4	43.36	0.006150	低
	保定市	涞水县	1	29.60	0.002252	低
北	市辖区	延庆区	3	27.71	0.007217	低
京	市辖区	石景山区	2	53.79	0.002479	低
市	市辖区	顺义区	2	76.52	0.001743	低
	市辖区	房山区	1	82.48	0.000808	极低

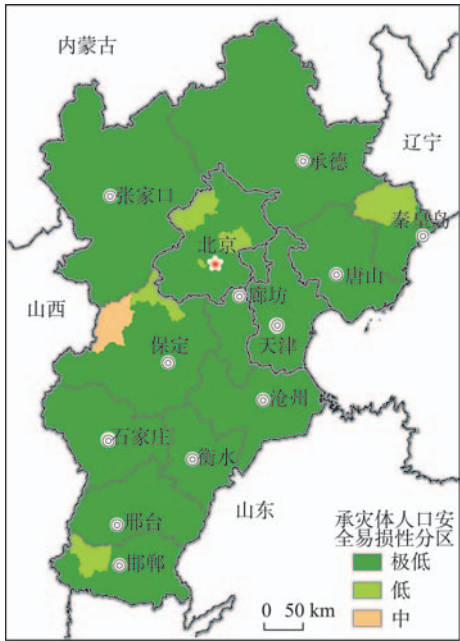


图2 京津冀地区人口安全易损性评价分区图

Fig.2 Zoning map of population vulnerability of the Beijing-Tianjin-Hebei region

将人口安全易损性与资产易损性按照“就高原则”叠加,形成京津冀地区承灾体易损性评价分区图(图4)。整体上无易损性等级为高的县(市、区),易损性等级为中的县1个,为河北省涞源县;易损性等级为低的县(市、区)6个,其中河北省3个,包括武安市、青龙满族自治县、涞水县,北京市3个,包括石景山区、延庆区、顺义区。2001-2015年地质灾害灾情统计数据详见表6。

### 3.3.3 地质灾害风险定性综合评估

采用表4的地质灾害风险定性综合评估方法,综合分析地质灾害危险性与承灾体易损性,形成京

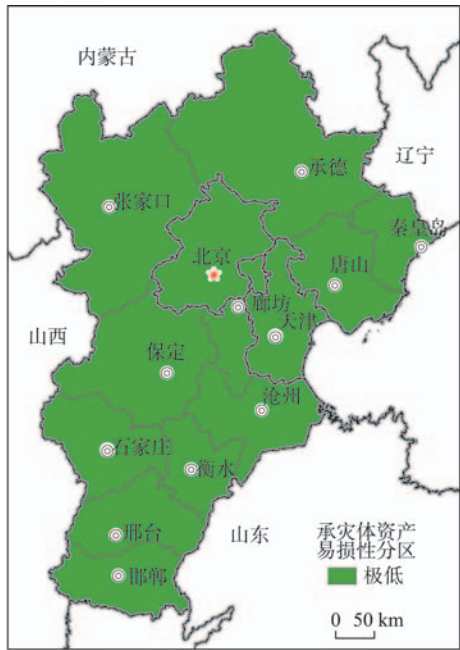


图3 京津冀地区资产易损性评价分区图

Fig.3 Zoning map of property vulnerability of the Beijing-Tianjin-Hebei region

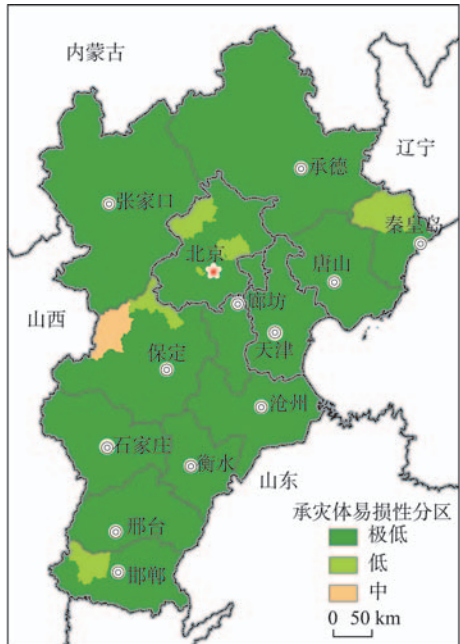


图4 京津冀地区承灾体易损性评价分区图

Fig.4 Zoning map of vulnerability of hazard-affected bodies (population and property) of the Beijing-Tianjin-Hebei region

津冀地区地质灾害风险评估结果(表7、图5)。京津冀地区有198个县(市、区)地质灾害风险等级为低,仅河北省涞源县、涞水县、武安市、青龙满族自治县,北京市石景山区、延庆区6个县(市、区)地质灾

表6 京津冀地质灾害资产易损性评价数据表

Tab.6 Result of property vulnerability assessment of counties and districts in the Beijing-Tianjin-Hebei region						
省(市)	市(区)	县(市、区)	2001-2015年因灾 直接经济损失/万元	县(市、区)GDP总量 均值/百万元	因灾直接经济损失 比/(万元/百万元)	资产易损性等级
河北省	唐山市	迁西县	2037.0	21754.73	0.0062423	极低
河北省	保定市	涞水县	215.0	2876.04	0.0049837	极低
河北省	承德市	兴隆县	341.7	4989.76	0.0045653	极低
河北省	承德市	承德县	155.0	6362.33	0.0016241	极低
河北省	石家庄市	灵寿县	115.0	5012.95	0.0015294	极低
河北省	张家口市	尚义县	33.0	1609.70	0.0013667	极低
河北省	承德市	丰宁满族自治县	50.0	4516.71	0.0007380	极低
河北省	秦皇岛市	抚宁县	70.0	8000.29	0.0005836	极低
河北省	张家口市	桥西区	95.0	12174.96	0.0005202	极低
河北省	张家口市	蔚县	33.0	4777.18	0.0004605	极低
河北省	张家口市	万全县	18.0	2869.99	0.0004181	极低
河北省	秦皇岛市	青龙满族自治县	29.0	5686.12	0.0003400	极低
河北省	唐山市	迁安市	210.0	47741.32	0.0002932	极低
河北省	承德市	隆化县	20.0	5320.59	0.0002506	极低
河北省	承德市	双滦区	10.0	2898.28	0.0002300	极低
河北省	承德市	围场满族蒙古族自治县	13.3	4701.75	0.0001886	极低
河北省	保定市	唐县	10.0	3703.33	0.0001800	极低
河北省	邢台市	邢台县	15.0	8258.44	0.0001211	极低
河北省	保定市	满城县	10.0	5711.45	0.0001167	极低
河北省	张家口市	赤城县	6.0	3501.79	0.0001142	极低
河北省	邢台市	隆尧县	7.2	6440.32	0.0000745	极低
河北省	邢台市	沙河市	11.0	12141.20	0.0000604	极低
河北省	秦皇岛市	昌黎县	5.0	10076.58	0.0000331	极低
河北省	承德市	宽城满族自治县	5.0	10224.54	0.0000326	极低
河北省	石家庄市	平山县	3.5	11474.09	0.0000203	极低
河北省	石家庄市	行唐县	1.0	6709.36	0.0000099	极低
河北省	承德市	双桥区	1.0	9935.11	0.0000067	极低
北京市	市辖区	门头沟区	124.0	25217.97	0.0003278	极低
北京市	市辖区	延庆区	22.5	5732.52	0.0002617	极低
北京市	市辖区	怀柔区	20.0	18856.69	0.0000707	极低
北京市	市辖区	房山区	46.0	62958.37	0.0000487	极低
北京市	市辖区	丰台区	70.0	110760.30	0.0000421	极低
北京市	市辖区	密云区	3.0	11476.43	0.0000174	极低
北京市	市辖区	海淀区	32.0	152591.09	0.0000140	极低
北京市	市辖区	昌平区	15.5	78106.29	0.0000132	极低
北京市	市辖区	朝阳区	2.0	224274.23	0.0000006	极低

表7 京津冀地区地质灾害风险等级

Tab.7 Geological hazard risk of counties and districts in the Beijing-Tianjin-Hebei region					
省 (市)	市(区)	县(市、区)	地质灾害 危险性等级	承灾体易 损性等级	地质灾害 风险等级
河北 省	保定市	涞源县	中	中	中
	保定市	涞水县	高	低	中
	邯郸市	武安市	高	低	中
	秦皇岛市	青龙满族自治县	高	低	中
北京 市	市辖区	石景山区	中	低	中
	市辖区	延庆区	中	低	中

害风险等级为中,无地质灾害风险等级为高的县(市、区)。上述风险等级为中的6个县(市、区)均属山地丘陵地区,分布于研究区北部和西部。评价结果经同行检查,认为与实际情况吻合。

4 结论

(1) 本文以2001-2015年国土资源部地质灾害速报制度与月报报送的地质灾害点灾情数据为基础,将承灾体易损性分为人口安全易损性和资产易



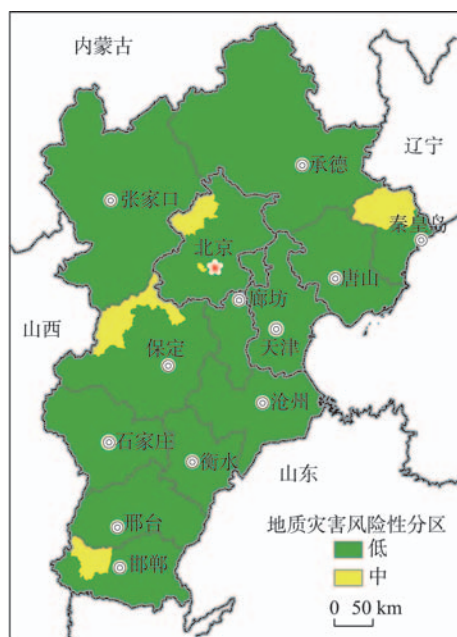


图5 京津冀地区地质灾害风险评估分区图

Fig.5 Zoning map of geological hazard risk of the Beijing-Tianjin-Hebei region

损性,分别用因灾死亡人口比和因灾直接经济损失比量化表达。通过测算和参考前人研究结果,分别给出了人口安全易损性和资产易损性分级标准以及叠加原则,再与地质灾害危险性评价定性综合评估相结合,形成以县级行政区域为单元的区域地质灾害风险评估方法。此方法快捷、数据连续有保障,符合建立资源环境承载能力监测预警机制要求。应用此方法,进行京津冀地区的实证评价结果,地质灾害风险评估结果为中风险区6个,包括河北省涞源县、涞水县、武安市、青龙满族自治县,北京市石景山区、延庆区6个县(区),低风险区198个,与实际情况符合。

(2) 位于地质灾害中风险区的涞源县、涞水县、武安市等6个县(市、区),在国土规划和土地利用前,应考虑地质灾害对土地利用限制性,进行详细的地质灾害危险性评估,必要时需详细勘查地质条件,注重事前降低地质灾害风险,确保区域经济社会的可持续发展。

(3) 以县域单元进行地质灾害风险评估,其评价结果将县域作为一个风险等级,也就是认为地质灾害危险性、承灾体易损性在该评价单元内是均匀分布的。实际上,县域面积从几百到数千 $\text{km}^2$ 不等,其内部的地形地貌、地质灾害、人口、财产、土地

等也不是均匀分布的。因此,本评估方法适用于具有较长时间灾情记录的宏观空间尺度的风险分析。如将人口、经济指标进行空间格网化处理,可解决县域内部易损性差异问题。提升地质灾害风险评估的精确性是今后需要进一步努力的方向。

### 参考文献(References)

- 范强,巨能攀,向喜琼,等. 2014. 证据权法在区域滑坡危险性评价中的应用:以贵州省为例[J]. 工程地质学报, 22(3): 474-481. [Fan Q, Ju N P, Xiang X Q, et al. 2014. Landslides hazards assessment with weights of case study in Guizhou, China[J]. Journal of Engineering Geology, 22(3): 474-481.]
- 刘光旭,戴尔阜,吴绍洪,等. 2012. 泥石流灾害风险评估理论与方法研究[J]. 地理科学进展, 31(3): 383-391. [Liu G X, Dai E F, Wu S H, et al. 2012. A study on theory and method in debris flow risk assessment[J]. Progress in Geography, 31(3): 383-391.]
- 刘希林,莫多闻,王小丹. 2001. 区域泥石流易损性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 12(2): 7-12. [Liu X L, Mo D W, Wang X D. 2001. Regional vulnerability assessment of debris flows[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 12(2): 7-12.]
- 刘希林,尚志海. 2014. 自然灾害风险主要分析方法及其适用性述评[J]. 地理科学进展, 33(11): 1486-1497. [Lin X L, Shang Z H. 2014. Risk analysis methods of natural disasters and their applicability[J]. Progress in Geography, 33(11): 1486-1497.]
- 罗元华. 1998. 地质灾害风险评估方法[M]. 北京:地质出版社. [Luo Y H. 1998. Dizhi zaihai fengxian pinggu fangfa [M]. Beijing, China: Geological Publishing House.]
- 尚志海,刘希林. 2010. 可接受风险与灾害研究[J]. 地理科学进展, 29(1): 23-30. [Shang Z H, Liu X L. 2010. Acceptable risk and disaster research[J]. Progress in Geography, 29(1): 23-30.]
- 石菊松,石玲,吴树仁. 2007. 滑坡风险评估的难点和进展[J]. 地质论评, 53(6): 797-806. [Shi J S, Shi L, Wu S R. 2007. Difficulties and problematical aspects of landslide risk assessment: An overview[J]. Geological Review, 53(6): 797-806.]
- 吴树仁,石菊松,张春山,等. 2012. 滑坡风险评估理论与技术[M]. 北京:科学出版社. [Wu S R, Shi J S, Zhang C S, et al. 2012. Huapo fengxian pinggu lilun yu jishu[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 向喜琼,黄润秋. 2000. 基于GIS的人工神经网络模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学

- 报, 11(3): 23-27. [Xiang X Q, Huang R Q. 2000. Application of GIS-based artificial neural networks on assessment of geohazards risk[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 11(3): 23-27.]
- 张春山, 李国俊, 张业成, 等. 2006. 黄河上游地区崩塌滑坡泥石流地质灾害风险评价[J]. 地质力学学报, 12(2): 211-218. [Zhang C S, Li G J, Zhang Y C, et al. 2006. Risk evaluation of avalanche, landslide and mudflow hazards in the upper reaches of the Yellow River[J]. Journal of Geomechanics, 12(2): 211-218.]
- 张春山, 张业成, 马寅生. 2003. 黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流地质灾害区域危险性评价[J]. 地质力学学报, 9(2): 143-153. [Zhang C S, Zhang Y C, Ma Y S. 2003. Regional dangerous on the geological hazards of collapse, landslide and debris flow in the upper reaches of the Yellow River [J]. Journal of Geomechanics, 9(2): 143-153.]
- 张梁, 殷坤龙, 雷明堂, 等. 2002. 全国地质灾害风险区划研究报告[R]. 河北: 中国国土资源经济研究院, 17(6): 291-298. [Zhang L, Yin K L, Lei M T, et al. 2002. Quanguo di-zhi zaihai fengxian quhua yanjiu baogao[R]. Hebei, China: Chinese Academy of Land & Resource Economic, 17(6): 291-298.]
- 张茂省, 唐亚明. 2008. 地质灾害风险调查的方法与实践[J]. 地质通报, 27(8): 1205-1216. [Zhang M S, Tang Y M. 2008. Risk investigation method and practice of geohazards [J]. Geological Bulletin of China, 27(8): 1205-1216.]
- 张若琳, 孟晖, 连建发, 等. 2010. 基于GIS的概率比率模型的滑坡易发性评价[J]. 地学前缘, 17(6): 291-297. [Zhang R L, Meng H, Lian J F, et al. 2010. Landslide susceptibility assessment by probability ratio model based on GIS[J]. Earth Science Frontiers, 17(6): 291-297.]
- 朱良峰, 殷坤龙, 张梁, 等. 2002. GIS支持下的地质灾害风险分析[J]. 长江科学院院报, 19(5): 42-45. [Zhu L F, Yin K L, Zhang L, et al. 2002. Risk analysis system of geo-hazards supported by GIS[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 19(5): 42-45.]

## Risk assessment of geological hazards for counties and districts of the Beijing-Tianjin-Hebei region

MENG Hui, LI Chunyan, ZHANG Ruolin, LI Yamin

(China Institute of Geological Environment Monitoring, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Taking the Beijing-Tianjin-Hebei region as an example, this article puts forward a method of geological hazard risk assessment. By calculating the level of threat of geological hazards and vulnerability of hazard-affected bodies first, we evaluated the geological hazard risk of counties and districts by qualitative comprehensive assessment. Vulnerability of hazard-affected bodies is composed of population vulnerability and property vulnerability, which are represented by the rate of deaths and rate of direct economic loss caused by geological hazards. Combining with the data of geological disaster situation during 2001-2015 from the Ministry of Land and Resources and taking into account the 1950-2000 disaster data, we proposed the classification standards of population vulnerability and property vulnerability. These standards and calculation were applied in the Beijing-Tianjin-Hebei region. The result shows that the overall geological hazard risk is low. Only six areas—Laiyuan, Laishui, Wuan, Qinglong Manchu Autonomous County, Shijingshan, and Yanqing—show medium risk among the total of 204 assessed county and district units. The rest of the counties and districts are in the low risk area, which is in agreement with the reality. The method proposed here is simple and easy to use, and data can be acquired continuously. The spatial difference assessment result can be used to support the disaster prevention and risk reduction efforts and spatial planning and management.

**Key words:** county unit; geological hazard; vulnerability; risk assessment; Beijing-Tianjin-Hebei region