

山东省泗水县地质灾害区划及防治规划

张海燕

(济宁市土地综合整治中心, 山东 济宁 272100)

摘要:以泗水县地质灾害详细调查为基础,结合地质环境条件进行系统调查及评价,深入分析泗水县地质灾害的发育特征,根据地质灾害危害程度采用量化评价与定性评价相结合的方式对地质灾害易发区的划分及评价,提出有针对性的防治规划,建立健全地质灾害监测网络及预警系统。

关键词:地质灾害;区划;防治;泗水县

中图分类号:P694 **文献标识码:**B

引文格式:张海燕.山东省泗水县地质灾害区划及防治规划[J].山东国土资源,2016,32(6):55-60.ZHANG Haiyan. Regionalization and Prevention Plan of Geological Hazards in Sishui County of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2016,32(6):55-60.

泗水县地处鲁中山区的西南部,地质环境条件复杂,近年来,随着社会经济的快速发展,人类工程活动愈加频繁,使地质环境条件发生明显改变,并引发一系列环境地质问题,加剧了地质灾害的发生,对人民生命财产安全造成威胁,并制约着国民经济的可持续发展。因此,查明泗水县的环境地质条件和地质灾害的发生、发展状况,进行地质灾害易发性分区及评价,提出有针对性的防治规划,可为地方政府开展地质灾害防治提供科学依据,对保障人民生命财产安全和社会经济持续、稳定、健康发展具有十分重要的现实意义。

1 自然地理及地质特征

1.1 自然地理

泗水县位于山东省鲁中山区西南部,下辖13个乡镇,601个行政村,29个居民委员会,全县总人口62.38万人。国土总面积1118.96 km²。区内地貌主要为低山丘陵和山间平原,北部和南部为低山丘陵,海拔200~500 m,相对高差200~300 m,占全县面积的44.4%;中部的泗河两侧为山前冲洪积平原,海拔100~130 m,占56.6%,地势总的南北高中间低,由东向西倾斜。

泗水县属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明、光照充足、雨量充沛,全县历年平均气温13.6℃,多年平均蒸发量为1734.37 mm,多年平均降水量717.8 mm,年平均相对湿度为68%。6—8月份降水占全年降水量的64.9%。

境内河流属淮河水系,多东西流向,共33条,境内总长412.4 km,流域面积1015.54 km²。泗河是县境内唯一大河,发源于新泰市石莱镇东黑峪山,境内全长52 km,流域面积1015.54 km²。自东向西径流,于金庄镇夏李庄村出境,入南阳湖。泗河上游建有大中型水库十余个。这些水利工程,不但积蓄了大量的地表水用于农业灌溉,而且对区内诸河流的泄洪起到了很大的调节作用。

1.2 地质特征

该区地层的分布明显受构造控制,泰山岩群、元古界、古生界分布于泗水县境南北两侧;中生界白垩系则零星分布于丘陵前缘;新生界古近系、新近系呈带状出露分布于泗河两侧山前地段;第四系则主要发育于泗河两岸。区域构造以断裂构造为主,区内较大的断裂构造为汶泗断裂和尼山断裂。

根据含水层岩性特征可将区内地下水划分为3个类型:松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳

收稿日期:2016-02-25;修订日期:2016-03-21;编辑:王敏

作者简介:张海燕(1978—),女,山东济宁人,工程师,主要从事矿山地质环境工作;E-mail:jndh2331401@126.com

酸盐岩类裂隙岩溶水。松散岩类孔隙水主要含水层为冲洪积砂砾石层,分布于泗河两岸及山前倾斜平原;碎屑岩类孔隙裂隙水的含水岩层为新近系、古近系、白垩系、二叠系和石炭系的砾岩、砂岩及薄层灰岩、泥灰岩等;碳酸盐岩类裂隙岩溶水以潜水、承压水的形式赋存于奥陶系、寒武系及震旦系的灰岩裂隙、溶孔、溶洞中。

2 地质灾害发育分布特征

2.1 地质灾害总体分布特征

据调查,泗水县境内确定已发灾害点 29 处,包括:崩塌 28 处,滑坡 1 处。区内无泥石流、地面沉降、地裂缝等地质灾害。地质灾害隐患点总计 52 处,其中,已发但仍具有隐患的地质灾害点 29 处(崩塌 28 处、滑坡 1 处);未发地质灾害隐患点 23 处(崩塌 16 处、不稳定斜坡 6 处、岩溶塌陷 1 处)^①。

崩塌、不稳定斜坡和滑坡主要分布于泗水县低山丘陵区内,地面高程 200 m 以上地段,面积约为 616 km²。从全县的乡镇分布来看,地质灾害主要分布在南部的低山丘陵区,主要包括:洺张镇占比 26.9%、圣水峪镇占比 25.0%,金庄镇占比 17.3%,三者合计共占全部地质灾害 69.2%;其次,分布于济河街道、苗馆镇、泉林镇、大黄沟乡、高峪镇和中册镇,六个乡镇合计占全部地质灾害 30.8%,这些乡镇主要位于南北两侧山地丘陵区与泗河冲洪积山间平原区的过渡地带,地质灾害的发生也相对集中在山地丘陵区。

2.2 地质灾害的发育特征

崩塌是泗水县境内主要的地质灾害。根据调查资料,全县境内崩塌隐患点 44 处(已发 28 处,未发 16 处),主要分布于泗水县境北部及南部低山丘陵区内,地面标高 200~520 m,以小型岩质崩塌为主,岩性以泰山岩群变质岩及寒武系石灰岩为主,地面形态多为陡坎或大于 35°的陡坡^[1],泗水县中部及西北部崩塌点多为人工采石形成,其他地段以天然危石形态存在。崩塌地质灾害隐患点的发育特征主要有自然因素和人类工程活动 2 方面原因。泗水县广泛分布寒武系石灰岩和泰山岩群花岗岩,在自然风化作用下,易于产生块裂和球状风化现象,一般在连续暴雨及雨后或地震及震后,崩塌地质灾害以重力坠落、坍塌等形式发生。另一方面,人类工程活动

强度日益增大,使得自然状态下的岩体、土体、坡体等原有平衡状态被破坏,从而形成崩塌危岩体。

不稳定斜坡类型划分为土质斜坡和岩质斜坡,并且根据扰动成因,分为自然和人工 2 种情况。其中,自然土质斜坡多为第四系山前组冲积物,自然状态下的稳定斜坡受到人类工程活动影响,坡体失稳,从而产生不稳定斜坡。人工土质斜坡多为开山采石、铁矿开采等人类工程活动的遗留堆积物。自然岩质斜坡主要为寒武系石灰岩组或泰山岩群变质岩组,在断层或构造断裂带,存在大范围陡峭岩体裸露状态,在暴雨诱因下,出现块裂岩体崩落的现象。人工岩质斜坡主要为寒武系石灰岩组或泰山岩群变质岩组,受到人类工程活动影响,多与人类修建道路、开发旅游景点、驻地等工程基础建设有关,多由开挖坡脚及坡体形成陡崖、危岩体、不稳定边坡等形式存在,岩质斜坡变形趋势一般发育为崩塌。

滑坡在泗水县仅发现 1 处,分布于泉林镇青龙山,位于地面标高 200 m 以上地段,地面植被不发育,发生于沟谷一侧或背阳坡面,总体坡度大于 35°,属小型土质滑坡,滑床为寒武系灰岩,滑体为坡积土及碎石。在一定诱因作用下,存在复发的可能性。从全县的滑坡发育的地质环境条件分析,在泗水县南部和北部的低山丘陵区的泰山岩群变质岩和寒武系馒头组泥页岩的分布区域,由于风化产物较多,在底部存在隔水断面的情况下,也存在潜在滑坡发育的可能性。

泗水县境内金庄镇、济河街道、苗馆镇和泉林镇等山前倾斜平原区下部存在隐伏灰岩,当覆盖层厚度较薄或地下水位在第四系与灰岩接触带附近波动时,可能导致岩溶塌陷的产生。

3 地质灾害综合评价

3.1 地质灾害稳定性评价

经稳定性评价,崩塌地质灾害隐患点现状稳定性好的有 0 处,较差的有 33 处,差的有 11 处;预测稳定性好的有 0 处,较差的有 14 处,差的有 30 处。从评价结果来看,大部分崩塌地质灾害隐患点现状稳定性较差或差,在自然或人为作用下,地质灾害将

① 山东省地质环境监测总站,蒙永辉等,山东省泗水县 1:5 万地质灾害调查与区划报告,2012 年。

进一步发育,崩塌预测稳定性差,崩塌地质灾害将进一步加剧^[2]。

3.2 地质灾害危险性评价

经危险性评价,崩塌地质灾害隐患点危险性小的有 32 处,中等的有 7 处,大的有 5 处(表 1)。从评价结果来看,泗水县崩塌地质灾害虽然发育较广泛,但是单个地质灾害的危险性小或中。崩塌形成的诱因主要有人为和自然 2 方面,据统计,有 16 处崩塌隐患是人为产生的,主要是削坡修路、建房、风景区建设、矿产资源开采等活动引发的;自然原因的有 28 处,主要有寒武系灰岩和泰山岩群花岗岩变质岩自然风化产生的。崩塌的威胁对象主要为农田、树木、村居等,危害性较大的 5 处崩塌主要是风景区或交通干线道路修建过程中产生的不稳定边坡^[3]。

表 1 地质灾害隐患点稳定性、危险性评价统计

灾种	形成原因		稳定性评价						危险性评价		
			现状			预测					
	人为	自然	好	较差	差	好	较差	差	小	中	大
崩塌	16	28	0	33	11	0	14	30	32	7	5
不稳定斜坡	5	1	0	4	2	0	1	5	3	3	0
滑坡	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
地面塌陷	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
合计	22	30	0	39	13	0	16	36	36	10	6

3.3 地质灾害易发程度综合分区评价

3.3.1 分区原则

地质灾害易发程度综合分区主要依据地质灾害形成发育的地质环境条件及致灾动力因素等影响因素,结合地质灾害发育现状、程度,采用定量化评价与定性评价相结合的方式。根据定量计算结果,经定性修正后将泗水县划分为地质灾害高易发区、中易发区、低易发区和非易发区 4 级。

3.3.2 分区方法及标准

根据泗水县地质灾害易发区评价原则,地质灾害易发程度综合评价方法是将崩塌、滑坡、不稳定斜坡、岩溶塌陷灾害数字化结果进行叠加分析。单元叠加信息结果(G)满足如下公式:

$$G = G_{崩} \cup G_{岩溶塌陷}$$

式中:G—单元叠加信息结果;G_崩—崩塌、滑坡、不稳定斜坡灾害数值;G_{岩溶塌陷}—岩溶地面塌陷灾害数值。

(1)G_崩 计算方法:G_崩 采用综合危险性指数法进行综合评价^[4],下面为指数法定量分析易发性分

区标准。

$$评价模型: Z = Z_q \cdot r_1 + Z_x \cdot r_2$$

式中:Z—地质灾害综合危险性指数;Z_q—潜在地质灾害强度指数;r₁—潜在地质灾害强度权值;Z_x—现状地质灾害强度指数;r₂—现状地质灾害强度权值。

①潜在地质灾害强度指数计算:

$$Z_q = \sum T_i \cdot A_i$$

式中:Z_q—潜在地质灾害强度指数;T_i—分别为控制评价单元地质灾害形成的地质条件(D)、地形地貌条件(X)、气候植被条件(Q)、地质灾害隐患点(R)充分程度的标度分值;A_i—分别为各形成条件的权值。

②现状地质灾害强度指数计算:

$$Z_x = \sum L_i \cdot B_i$$

式中:Z_x—现状地质灾害强度指数;L_i—分别为评价单元地质灾害规模(G)、分布密度(M)、活动频次(P)、灾情(W)的标度分值;B_i—分别为反映评价单元地质灾害强度指数计算参数的权值。

(2)单元网格划分:运用栅格数据处理方法对泗水县进行单元网格剖分,每个单元面积为 1 km×1 km。

(3)评价因子基本分值的确定:

①评价因子强度分级。将每个评价因子按相应的强度级别进行分级,然后根据泗水县地质环境条件、地质灾害形成影响因素和发育特征确定分级标准。

②评价因子基本分值的确定。评价因子基本分值对应于其强度分级按表 2 进行确定。

表 2 地质灾害单项因子基本分值

级别	I	II	III	IV
基本分值	10	7	4	1

③地质灾害强度权重的确定。根据泗水县地质灾害险情和多年平均灾情特点,潜在地质灾害强度权值 r₁ = 85%、现状地质灾害强度权值 r₂ = 15%。

④评价因子权重的确定。潜在地质灾害评价因子权重采用傅勒三角形法确定(表 3),字母代表各个评价因子,每两行为一组,将评价因子 D(地质条件)与其他因子分别进行比较,在认为对地质灾害影

响较重要的因子上画一圆圈,同样把其他组依次进行比较,圈定较重要因子,然后进行统计,经过相关分析和专家评判,确定各评价因子权重。

(4)地质灾害易发区划分:根据地质灾害综合危险性指数计算结果,按表 4 进行崩塌、滑坡、不稳定斜坡地质灾害易发区划分。

表 3 评价因子权重评价结果

	评价因子	代号	个数	权重	评价因子权重的傅勒三角形
潜在地质灾害 85%	岩石结构类型	Y	5	22.73%	Y Y Y Y Y Y
	地震动峰值加速度	F	2	9.09%	F R H X Z S
	人口密度	R	2	9.09%	F F F F F
	工程活动强度	H	2	9.09%	R H X Z S
	地形地貌	X	6	27.27%	R R R R
	植被覆盖率	Z	2	9.09%	H X Z S
	大气降雨	S	3	13.64%	H H H
	合计		22	100.00%	X Z S X X Z S Z S
现状地质灾害 15%	灾害密度	M	1	14.29%	M M M
	灾情及险情	W	3	42.86%	W G P
	灾害体规模	G	2	28.57%	W W
	活动频次	P	1	14.29%	G P
	合计		7	100.00%	G P

表 4 崩塌、滑坡、不稳定斜坡易发程度分级

综合危险性指数	10 ≥ Z > 7	7 ≥ Z > 4	4 ≥ Z > 2	Z ≤ 2
易发区划分	高易发区	中易发区	低易发区	非易发区

结果为岩溶塌陷低易发区^[4]。

3.3.3 分区结果

根据上述方法,对区内的地质灾害综合危险性进行分级^[5],综合考虑各类致灾因素和泗水县实际情况,在定性分析的基础上,进行地质灾害易发区划分^[6](图 1)。

地质灾害高易发区:分布于柘沟镇、中册镇北部山区、泗张镇东南圣公山两个区域内,总面积 46.344 km²,地面高程 200~500 m,地层岩性为花岗片麻岩、石灰岩、页岩等。区内山体坡度较陡,基岩裸露,受构造和岩石差异风化作用,常形成危岩体,在降雨及震动等外动力作用下,易发生崩塌、滑坡等地质灾害。地质灾害隐患点 9 处,占总数的 17.31%,灾害点密度 0.13 个/km²。

南部地质灾害中易发区:该区主要分布于泉林镇北部、泗水县南部区域内,总面积 268.49 km²,区内山体坡度较陡,为泰山岩群变质岩分布区,基岩裸露,片麻岩破碎强烈,常风化进球状危岩体,在自然条件下易发生崩塌、滑坡等地质灾害。地质灾害隐患点 37 处,占总数的 73.08%,灾害点密度 0.14 个/km²。

(5)对岩溶塌陷进行赋值评价,采用标准见表 5。

表 5 岩溶塌陷地质灾害易发区划分标准

岩溶塌陷易发区划分			
高易发区	中易发区	低易发区	不易发区
碳酸盐岩岩性纯,连续厚度大,出露面积较广。地表洼地、漏斗、落水洞、地下岩溶发育。多岩溶大泉和地下河,岩溶发育深度大。灾害点密度 ≥ 1 个/km ² ,地面塌陷或地裂缝破坏面积 ≥ 1000 m ² /km ²	以次纯碳酸盐岩为主,多间夹型。地表洼地、漏斗、落水洞、地下岩溶发育。岩溶大泉和地下河不多,岩溶发育深度不大。灾害点密度为 0.1~1 个/km ² ,地面塌陷或地裂缝破坏面积为 500~1000m ² /km ²	以不纯碳酸盐岩为主,多间夹型或互夹型。地表洼地、漏斗、落水洞、地下岩溶发育稀疏。灾害点密度为 0.05~0.1 个/km ² ,地面塌陷或地裂缝破坏面积为 100~500m ² /km ²	以不纯碳酸盐岩为主,多间夹型或互夹型。地表洼地、漏斗、落水洞、地下岩溶不发育。灾害点密度为 0~0.05 个/km ² ,地面塌陷或地裂缝破坏面积为 < 100 m ² /km ²

泗水县岩溶塌陷发育主要分布于泗河南部的山前平原地区,按照表 5 进行岩溶塌陷易发程度评价,

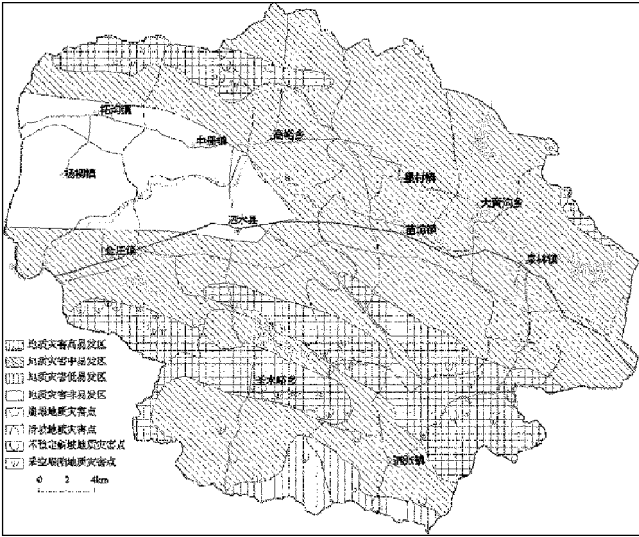


图 1 地质灾害易发性分区图

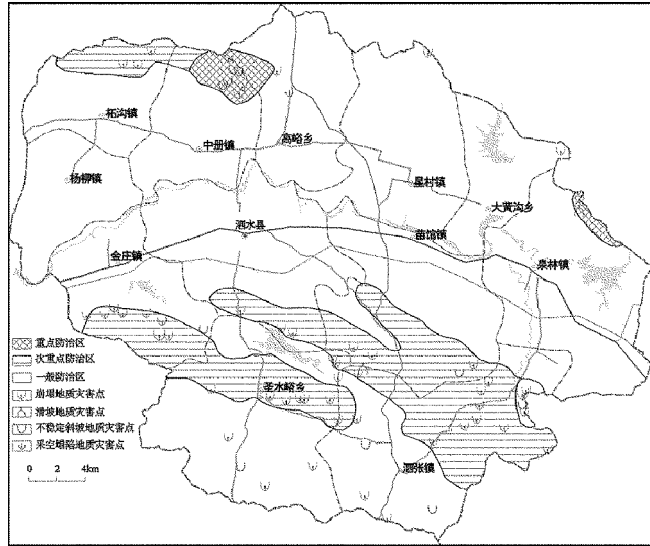


图 2 地质灾害防治规划图

泗河两岸地质灾害低易发区:分布于高峪镇、星村镇、大黄沟乡北部丘陵区,总面积 118.17 km²,自然条件下发生滑坡、崩塌的可能性小。地质灾害隐患点 5 处,占总数的 9.62%,灾害点密度 0.01 个/km²。

地质灾害非易发区:分布于泗水县中部山间倾斜平原区,总面积 395.94 km²,该区总体地势平坦,地表多被第四系覆盖,下伏古近系等地层,未发现地质灾害点。

4 地质灾害防治规划

地质灾害防治划分是依据地质灾害形成的地质环境条件、易发区特征,坚持“以人为本”的原则,结合当地经济与社会发展规划等因素,进行综合分析,将全县划分为重点防治区、次重点防治区和一般防治区^[7]①(图 2)。

4.1 地质灾害重点防治区

分布于泗水县西北部、东部和东南部,面积 21.6 km²。发现地质灾害点 13 处。防治地质灾害类型为崩塌、滑坡和不稳定斜坡。

该区防治任务主要为加强区内工程活动的监督、管理。开展地质灾害群测群防工作,建立群专结合的监测预报体系。对危害性较大的地质灾害点进行治理,对新发现的重要地质灾害点进行勘察和综合治理,建立健全地质灾害的应急反应系统。严格控制随意开挖山体边坡,以防新的崩塌、滑坡等地质灾害发生。

4.2 地质灾害次重点防治区

主要分布在泗水西北、中东部和中西部,面积 193 km²,共发现地质灾害 37 处,该区为低山丘陵区,防治地质灾害类型为崩塌、滑坡和不稳定斜坡。

该区防治任务主要是根据地质环境条件、地质灾害分布及其主要引发因素,建立崩、滑监测点,建立预警预报系统,将监测、报警、疏散、应急抢险等预防措施及防灾责任逐点落实到具体的乡镇、单位及个人,制定岗位责任制,明确具体责任人。对重要地质灾害点进行治理。加强区内工程活动的监督、管理^[8]。

4.3 地质灾害一般防治区

分布于重点防治区(I)及次重点防治区(II)之外的平原区及丘陵区,面积为 904.39 km²,共发现地质灾害 15 处。防治地质灾害类型为崩塌、采空塌陷和岩溶塌陷。

该区地质灾害防治工作重点为开展建设项目地质灾害危险性评估工作,严格审批程序;加强地质灾害监测;加强区内工程活动的监督、管理。

5 结论

查明全县范围共有 52 处地质灾害隐患点,其中已发但仍具有隐患的地质灾害点 29 处。地质灾害类型以崩塌为主,其次为不稳定斜坡和滑坡,灾害规

① 泗水县人民政府,肖为国、王鲁林等,山东省泗水县地质灾害防治规划(2012—2025),2012 年。

模以中、小型为主,局部发育大型。

崩塌地质灾害隐患点 75% 现状稳定性较差;预测 68% 的崩塌隐患点稳定性差。泗水县境内已发生各类地质灾害点的经济损失轻微,无人员伤亡,潜在地质灾害点威胁人口 139 人,威胁财产 764 万元。采用网格剖分及单要素叠加法将整个工作区划分为高易发区、中易发区、低易发区和不易发区 4 个大区,在地质灾害易发性分区的基础上,根据区内地质灾害种类、发育密度、规模以及稳定性与危险性评价,将全区突发性地质灾害划分为重点防治区、次重点防治区、一般防治区。在重点防治区内,对灾害严重而且威胁到村民生命财产安全的重大地质灾害点进行治理或搬迁避让,对其他的地质灾害点通过工程措施与非工程措施相结合的方法进行治理。并在大量分析的基础上,编制完成泗水县地质灾害防治规划,旨在加强监测、预警及建立健全群测群防网络,规范地质灾害易发区内的各类人类工程经济活动,控制人为因素引发的地质灾害发生,使泗水县基

本建立起适应可持续发展的良性地质环境系统。

参考文献:

- [1] 高峰,林存菊,于德杰.山东省山丘区地质灾害特征[J].山东国土资源,2014,30(8):42-46.
- [2] 朱伟.山东费县地质灾害易发程度分区评价[J].山东国土资源,2014,30(1):43-46.
- [3] 周亚醒.济南市长清区地质灾害易发程度评价及防治分区划分[J].山东国土资源,2015,31(5):40-43.
- [4] 李学问,余珍友,庞良,等.综合危险性指数法在地质灾害易发区划分中的应用[J].河南地球科学通报,2008年卷(中册):343-347.
- [5] 周爱国,周建伟,梁成诚,等.地质环境评价[M].武汉:中国地质大学出版社,2008.
- [6] 高峰,徐希强.山东省地质灾害易发程度分区评价[J].山东国土资源,2014,30(9):58-62.
- [7] 李媛,曲雪妍,房浩,等.地质灾害综合评价指标体系和评价方法研究[J].水文地质工程地质,2013,40(5):129-132.
- [8] 段秀铭,郑庭明.山东省地质灾害分区与防治对策研究[J].山东国土资源,2007,23(4):1-6.

Regionalization and Prevention Plan of Geological Hazards in Sishui County of Shandong Province

ZHANG Haiyan

(Jining Comprehensive Land Management Center, Shandong Jining 272100, China)

Abstract: Based on detailed geological disasters investigation of Sishui county, combining with geological environmental conditions, investigation and evaluation have been carried out systematically, and development characteristics of geological disasters in Sishui county have been analyzed deeply. According to the damage degree of geological disasters, by using the combination of quantitative evaluation and qualitative evaluation, easy happening areas of geological disasters have been classified and evaluated, relative prevention and control plan have been put forward, and a sound geological hazard monitoring network and early warning system have been set up.

Key words: Geological hazards; regionalization; prevention and control; Sishui county