

文章编号：1006-6616(2003)02-0143-11

# 黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流地质 灾害区域危险性评价

张春山<sup>1</sup>，张业成<sup>2</sup>，马寅生<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081；

2. 国土资源部实物地质资料中心，北京 065201)

**摘要：**本文在对黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流地质灾害进行野外调查和资料收集的基础上，对地质灾害进行了以县(市)为单元的危险性评价。评价区共包括116个单元，地质灾害危险程度共分为5级，高危险单元5个，较高危险单元7个，中等危险单元11个，较低危险单元47个，低危险单元46个。

**关键词：**黄河上游；地质灾害；危险性评价

中图分类号：P694

文献标识码：A

黄河上游地区是指黄河源头到内蒙古自治区托克托县河口镇的流域范围。共涉及到116个县(市、旗)，其中有的县(市、旗)只部分位于黄河流域范围内，本次评价亦将其列为评价单元。

## 1 崩滑流灾害危险性评价体系

地质灾害的危险性是指地质灾害发生活动的可能性。控制和影响地质灾害的形成因素很多，但概括起来主要包括两个方面：一是地质灾害的基础条件，二是地质灾害的激发条件。崩滑流地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流3种灾害的简称)的基础条件主要包括地形地貌、地质构造、岩土条件等，激发条件主要包括降水或融雪、地震和人为活动等。根据崩滑流灾害的形成条件，危险性评价体系主要包括2个方面(图1)<sup>[1,2]</sup>：一是历史活动程度条件，二是潜在形成条件。历史活动程度包括规模、频次、密度，潜在条件包括地质条件、地形地貌条件、植被条件、气候条件、人为活动条件等。

## 2 危险性评价要素的选取与数据预处理

根据崩滑流灾害形成条件和危险评价体系，我们选取可以数据化或经过分析整理可以概

收稿日期：2002-09-18

基金项目：本文受“黄河上游新构造活动与地壳稳定性研究”地质大调查项目和科技部“自然灾害数据库”(97-925-03-03)资助。

作者简介：张春山(1964-)，男，博士研究生，副研究员，主要从事地应力测量、地质灾害研究工作。

化成数据的主要影响因素作为危险性评价的主要指标。

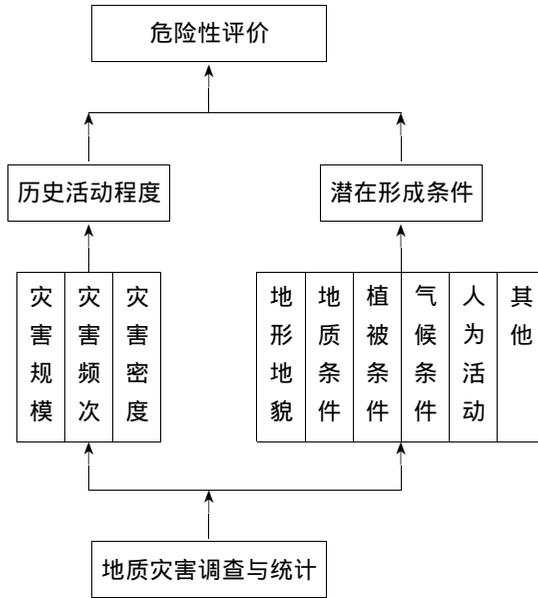


图 1 地质灾害危险性评价系统示意图

Fig.2 Sketch map of risk assessment on geological hazard

在危险性要素中，选取崩滑流的发育密度——即平均单位面积发育多少处崩滑流来反映灾害的历史活动程度。潜在形成条件中则选取地形地貌——用地貌类型和切割程度来反映；地质条件——用易灾岩土的开发程度、活动断裂发育程度、地震烈度和差应力值来反映；气候条件——用降水量、暴雨与融雪程度反映；植被条件——用森林植被度来反映；人为条件——用耕地、放牧、采矿、工程建设活动程度反映。

在广泛收集资料和野外调查的基础上，将黄河上游地区原始资料进行预处理，其概化标准见表 1，得到概化后的数据（表 2）。基础数据的来源与统计方法如下：

(1) 崩滑流发育密度主要来源于作者建立的近 50 年来黄河上游地区地质灾害灾情属性数据库、黄河流域地貌及外动力地质现象图（1/200 万）<sup>①</sup>、甘肃省地质灾害发育分布图<sup>[3]</sup>等资料。用每百平方公里崩滑流发育的处数来表示，单位处/100km<sup>2</sup>。

(2) 活动断裂发育程度主要来源于中国及毗邻海区新构造图（1/400 万）<sup>[4]</sup>，从图上量取得到活动断裂长度，用活动断裂的线密度来表示，单位 km/100km<sup>2</sup>。

(3) 地貌类型主要来源于中国及毗邻海区地貌图（1/400 万）<sup>[5]</sup>，黄河流域地貌及外动力地质现象图（1/200 万）<sup>②</sup>等资料，按表 1 分级标准得到各评价单元的地貌等级。

(4) 切割程度主要来源于中国及毗邻海区地貌图（1/400 万）<sup>[5]</sup>，黄河流域地貌及外动力地质现象图（1/200 万）等资料，按表 1 分级标准得到各评价单元的切割程度等级。

(5) 年降水量主要来源于中国自然地理图集<sup>[6]</sup>中的“中国年降水量分布图”，直接从图上得到各评价单元的年降雨量平均值，单位为毫米。

① 地矿部水文地质工程地质技术方法研究队主编，内蒙古地质矿产局水文地质工程地质队副主编，1987，黄河流域地貌及外动力地质现象图（1/200 万），吉林省地震测绘印刷中心印刷。

② 甘肃地矿局环境水文地质工程地质总站编，中国地质科学院地质力学所副主编，1987，黄河流域地质构造及地震烈度分区图（1/200 万），吉林省地震测绘印刷中心印刷。

(6) 暴雨日数来源于中国自然地理图集<sup>[6]</sup>中的“华北地区年暴雨日数图”，直接从图上得到各评价单元的年暴雨日数，单位为天。

(7) 易灾岩土来源于黄河流域岩土工程地质类型图(1/200万)<sup>①</sup>，从图上按各评价单元的岩土类型或组合类型得到易灾岩土等级。

(8) 人为活动来源于国家统计局 2000 年统计资料中的人口密度、工程状况等资料，按人类活动的强弱得到人类活动程度等级。

(9) 森林植被资料来源于 1/10 万地形图(国家测绘局, 1971 年)，直接从图上量取得到各评价单位的森林植被的面积，用占国土面积的百分数表示，单位为 %。

(10) 差应力值(数值为剪应力的 2 倍)来源于收集到的研究区及邻区的原地应力测量资料(包括压磁法、空芯包体法和水压致裂法)，利用二维有限元模拟结果取得差应力值，单位为 MPa。

(11) 地震烈度来源于中国地震烈度区划图(1/400万)<sup>[7]</sup>，直接从图上得到各评价单元的地震烈度值。

将所得到的各要素的概化数据进行归一化处理，其目的是使危险性指数的计算结果介于 [0, 1] 之间。

表 1 黄河上游地区崩滑流危险评价要素概化分级表

Table 1 Pretreating grade on collapse, landslide and debris flow in upper region of the Yellow River

危险评价要素	要素分级				
	A	B	C	D	E
崩滑流发育密度(处/100km <sup>2</sup> )	< 1	1~5	5~10	10~20	> 20
地震烈度	< 6	6~7	7~8	8~9	> 9
活动断裂线密度(km/100km <sup>2</sup> )	< 0.5	0.5~1	1~2	2~5	> 5
易灾性岩土发育程度	块状岩浆岩、变质岩为主，易灾性岩土极不发育	块状岩浆岩、变质岩为主，部分地区发育有易灾性岩土	黄土等易灾性岩土比较发育	以黄土和软、硬相间的层状碎屑岩为主，易灾性岩土发育	黄土和软、硬相间的层状、片状碎屑岩等易灾性岩土特别发育
地貌类型	主要为山间平原和河谷平原	主要为高原和河谷平原	主要为侵蚀丘陵、台地、高原	主要为黄土塬、黄土梁峁、侵蚀低山-中山，部分丘陵、台地	黄土塬、黄土梁峁、侵蚀高山
地形切割程度(m/21km <sup>2</sup> )	0~20	20~75	75~150	150~600	> 600
年平均降水量(mm)	< 300	300~400	400~500	500~600	> 600
年平均暴雨日数(天)	< 0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5	> 0.5
森林植被度(%)	> 20	15~20	10~15	5~10	< 5
差应力值(MPa)	< 2.0	2.0~2.5	2.5~2.9	2.9~3.3	> 3.3
人为活动程度	微弱	较微弱	较强烈	强烈	特别强烈
等级赋值	1	2	4	7	10

① 山西省地矿局第三水文工程地质中心编，1987，黄河流域岩土工程地质类型图(1/200万)，吉林省地震测绘印刷中心印刷。

表2 黄河上游地区崩滑流危险性评价要素概化数据表

Table 2 Main factors data of dangerous assessment about collapse, landslide and debris flows in upper region of the Yellow River

名称	国土面积 /km <sup>2</sup>	崩滑流 活动程 度	活动 断裂 发育 程度	地貌 类型	切割 程度	年降 水量	暴雨 日数	易灾 岩土	人为 活动	森林 植被 度	差应 力值	地震 烈度
土默特左旗	2957.4	1	4	2	4	4	10	10	4	4	2	4
托克托县	1461.4	1	7	2	1	4	10	10	4	4	2	2
和林格尔县	3612.4	1	4	4	1	4	10	2	4	10	2	2
武川县	5052	1	4	7	4	2	7	1	2	10	3	4
土默特右旗	2511	1	4	2	1	4	10	10	4	7	2	4
固阳县	5595.2	2	2	10	4	1	7	2	2	10	10	4
达尔罕旗	19068.1	1	1	4	2	1	1	2	1	10	2	1
卓资县	3292.3	1	2	4	4	2	7	4	4	10	4	2
凉城县	3656.2	1	2	4	4	4	7	4	4	10	4	2
察哈尔右中	4491.5	1	1	4	4	2	4	4	2	10	7	2
四子王旗	26446.5	1	1	4	4	1	1	4	1	10	7	2
达拉特旗	8778	2	4	2	2	4	7	7	2	10	1	2
鄂托克前旗	13117.4	1	1	2	2	1	4	10	1	10	1	1
鄂托克旗	20901	1	2	2	2	1	4	7	1	10	2	1
杭锦旗	19747	1	2	2	2	1	4	7	2	10	1	2
临河市	2564.3	1	1	2	1	1	7	10	4	10	2	4
五原县	2363.9	1	4	2	1	1	7	10	4	10	2	2
磴口县	3444	1	2	2	1	1	4	10	4	10	2	4
乌拉特前旗	7908.2	2	7	7	4	1	7	7	4	7	7	2
乌拉特中旗	24776.3	1	2	10	4	1	4	2	2	10	2	1
乌拉特后旗	26186.4	1	1	7	7	1	1	4	1	10	10	1
杭锦后旗	1884.7	1	1	2	1	1	4	10	2	10	2	4
阿拉善左旗	84713.4	1	4	2	1	1	1	7	1	10	1	2
阿坝县	9583	1	4	4	4	10	2	2	1	10	2	1
若尔盖县	9932	1	4	4	4	10	4	4	1	4	4	1
红原县	8059.5	1	4	4	4	10	7	2	1	10	2	2
永登县	5658.8	1	7	7	7	2	1	7	2	7	4	2
皋兰县	2556.6	4	1	7	4	2	1	4	2	10	4	2
榆中县	3255.8	4	1	10	7	4	4	4	4	7	4	2
靖远县	5687.6	2	7	10	2	2	2	10	2	10	2	4
会宁县	5673.8	4	4	10	2	4	4	10	4	10	2	4

名称	国土面积 /km <sup>2</sup>	崩滑流 活动程 度	活动 断裂 发育 程度	地貌 类型	切割 程度	年降 水量	暴雨 日数	易灾 岩土	人为 活动	森林 植被 度	差应 力值	地震 烈度
景泰县	5494.7	1	7	7	4	1	1	4	2	10	2	4
清水县	1927.8	10	4	10	7	10	10	2	4	4	7	2
秦安县	1593.2	10	1	10	7	7	7	10	7	10	4	2
甘谷县	1556.9	7	2	10	10	7	7	7	7	10	4	7
武山县	1961.8	7	7	10	10	7	7	4	4	2	2	4
张家川县	1263.2	1	1	10	7	10	10	4	4	1	4	2
古浪县	5170.5	2	1	7	7	2	1	4	2	4	1	4
天祝县	5964.9	4	7	7	10	4	1	2	4	4	4	4
定西县	3616.1	4	4	10	7	7	4	10	4	10	2	2
通渭县	2878.3	4	7	10	7	7	7	10	7	10	2	2
陇西县	2386.2	4	4	10	7	7	4	10	4	10	2	2
渭源县	2059.6	2	4	7	7	7	4	7	4	4	2	2
临洮县	2860	7	7	10	7	7	4	7	4	10	2	4
漳县	2160.6	4	7	7	4	7	7	4	2	1	2	2
岷县	3506.1	4	7	10	7	7	2	2	2	10	2	2
庄浪县	1472	10	1	10	7	7	7	7	4	4	2	2
静宁县	2173.4	10	7	10	7	7	7	7	4	10	2	2
临夏市	116.1	10	2	10	7	7	4	10	7	10	2	2
临夏县	1159.7	7	4	10	7	7	2	10	4	2	2	2
康乐县	992.6	1	1	7	7	7	4	10	2	1	2	2
永靖县	1876.8	10	7	10	10	4	4	4	2	10	2	4
广河县	517.2	10	1	7	7	7	4	10	4	10	2	2
和政县	929	7	4	7	7	7	4	7	2	1	2	2
东乡县	1526	10	10	10	7	7	4	7	4	10	2	4
积石山县	922.5	4	1	7	7	4	2	7	4	10	2	2
和作市	2500	1	7	10	7	7	2	7	4	4	2	2
临潭县	1437.9	7	7	10	7	7	2	4	2	1	2	2
卓尼县	5059	2	7	10	7	10	2	4	2	1	2	2
玛曲县	9390.4	2	1	7	7	10	1	4	1	7	2	2
碌曲县	4183.7	1	4	7	7	10	1	2	1	4	2	2
夏河县	6012.1	1	7	7	7	10	2	4	1	2	2	2
大通县	3033.3	2	7	7	7	4	1	4	4	4	3	2
平安县	718.3	4	1	10	10	2	2	4	2	10	4	2

名称	国土面积 /km <sup>2</sup>	崩滑流 活动程 度	活动 断裂 发育 程度	地貌 类型	切割 程度	年降 水量	暴雨 日数	易灾 岩土	人为 活动	森林 植被 度	差应 力值	地震 烈度
民和县	1859.2	7	4	10	10	2	4	7	4	7	4	4
乐都县	2674	4	4	10	10	2	4	2	2	7	10	2
湟中县	2424.7	7	1	7	4	2	1	7	4	7	7	2
湟源县	1505.3	10	7	7	7	2	1	2	2	10	7	2
互助县	3280.6	2	4	7	7	2	1	4	4	1	10	2
化隆县	2824.8	2	7	10	7	4	1	4	4	10	2	2
循化县	1704.9	4	7	7	7	4	1	4	1	7	2	2
门源县	5650	2	7	7	10	7	1	2	2	4	2	4
祁连县	13532.2	2	4	7	10	4	1	7	1	10	2	2
海晏县	5294.4	2	4	4	7	2	1	4	1	10	10	2
刚察县	11179.7	1	4	4	7	4	1	4	1	10	7	2
同仁县	3162	2	1	4	7	7	1	2	1	1	2	2
尖扎县	1582.4	4	1	7	7	4	1	4	1	2	2	2
泽库县	6442.9	1	2	4	7	7	1	7	1	7	2	2
河南县	6401.7	2	2	7	7	10	2	7	1	7	2	2
共和县	16998.3	2	4	4	7	2	1	4	2	10	2	2
同德县	4583.3	2	4	7	7	7	1	4	1	2	2	2
贵德县	3225.4	4	7	7	10	4	1	7	1	10	2	2
兴海县	11692.6	2	4	7	7	4	1	7	1	10	2	7
贵南县	6469.6	2	1	4	7	4	1	10	1	10	1	2
玛沁县	13329	2	4	7	7	7	1	7	1	7	1	4
甘德县	7057.7	2	4	7	7	10	1	7	1	10	2	4
达日县	14237.5	1	7	7	7	10	1	4	1	10	2	4
久治县	8126.3	2	1	7	7	10	1	2	1	4	2	2
玛多县	26099	1	4	4	7	4	1	4	1	10	1	4
曲麻莱县	38255.3	1	2	4	7	2	1	4	1	10	1	2
永宁县	985.8	4	7	4	2	1	4	7	2	10	1	4
贺兰县	1275.7	2	7	4	7	1	4	10	2	7	1	4
平罗县	2129.8	2	7	7	7	1	4	10	4	4	1	4
陶乐县	883.2	1	10	4	1	1	4	10	2	10	1	2
惠农县	1019.9	1	10	4	2	1	4	4	2	10	2	4
吴忠市	1003.5	1	10	2	2	1	4	10	4	10	2	2
中卫县	4773.7	2	4	7	7	1	1	4	4	10	2	4

名称	国土面积 /km <sup>2</sup>	崩滑流 活动程 度	活动 断裂 发育 程度	地貌 类型	切割 程度	年降 水量	暴雨 日数	易灾 岩土	人为 活动	森林 植被 度	差应 力值	地震 烈度
中宁县	2153.4	4	10	7	2	1	1	7	4	10	2	4
盐池县	6913.5	2	1	7	2	2	4	10	2	10	2	1
同心县	7125.6	2	7	10	7	1	2	10	4	10	1	4
青铜峡市	1932.5	1	7	10	2	1	2	7	4	10	1	4
灵武市	3766.6	2	4	2	2	1	4	10	2	10	1	2
固原县	3809.9	4	7	10	7	2	10	10	4	10	1	4
海原县	5534.2	2	7	10	7	1	4	10	4	10	2	7
西吉县	3315	2	7	10	7	2	7	10	4	10	2	7
隆德县	993.4	4	7	10	7	4	7	7	2	10	2	4
泾源县	770.7	1	1	10	7	4	7	7	2	1	2	2
呼和浩特市	2022.4	1	2	2	4	4	10	7	10	7	4	2
包头市	2765.7	2	7	2	4	2	10	10	10	7	2	4
兰州市	1695	10	2	7	10	4	2	10	10	10	4	4
白银市	3312.8	2	4	7	4	2	1	2	4	10	4	4
天水市	5699	10	7	10	10	10	10	7	7	2	4	2
西宁市	325.9	10	1	10	10	2	2	10	10	1	4	2
银川市	1396.4	2	7	2	2	1	4	7	7	10	2	4
石嘴山市	539.6	10	10	10	7	1	4	4	7	1	2	4
乌海市	1615.3	1	10	4	4	1	4	2	7	10	2	2

### 3 崩滑流地质灾害危险性评价

#### 3.1 灰色关联分析及各因素的权重值确定

由于不同要素作用于崩滑流地质灾害的方式和影响程度不同，而这些要素有的是可以明确判断和度量的，而有些因素则是不能完全确定或模糊不清的，这就形成了一个灰色系统，因而可以用灰色关联分析的方法来确定各因子对灾害所做贡献的大小，从而确定各因子的权重值。

令  $X(i, j)$  为灰色关联因子集， $i$  代表样本， $N$  代表样本总数 ( $i = 1, 2, \dots, N$ )， $j$  代表关联因子， $M$  代表关联因子总数，( $j = 1, 2, \dots, M$ )， $N \geq M$ 。若把主导因子  $X(i, L)$  作为对比序列，则关联度的计算方法和步骤如下<sup>[2]</sup>：

① 用均值化方法把原始数据做无量纲化处理，得出均值化矩阵  $X_1(i, j)$

$$X_1(i, j) = \frac{X(i, j)}{X(j)}$$

式中： $X_1(i, j)$  —— 均值化数据；

$X(i, j)$  —— 原始数据；

$X(j)$  ——原始数据第  $j$  列 ( $j$  个因子) 的平均值。

②用下列公式进行求差序列计算。

$$\Delta(i, j) = |X_1(i, L) - X_1(i, j)|$$

式中： $\Delta(i, j)$  为主导因子与关联因子比较后的绝对差值。

③计算最大绝对差值和最小绝对差值。

$$\Delta_{\max} = \max_i \cdot \max_j \Delta(i, j)$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \cdot \min_j \Delta(i, j)$$

式中： $\Delta_{\max}$  ——所有差值序列中的最大绝对差值；

$\Delta_{\min}$  ——所有差值序列中的最小绝对差值。

④计算关联系数

$$\xi(i, j) = \frac{\Delta_{\min} + K \cdot \Delta_{\max}}{\Delta(i, j) + K \cdot \Delta_{\max}}$$

式中： $\xi(i, j)$  ——关联系数；

$K$  ——经验系数，一般取  $K = 0.5$ 。

⑤计算关联度

$$R(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi(i, j)$$

式中： $R(j)$  ——对比序列（主导因子）与其它各因子的关联度；

$j$  ——第  $j$  列因子。

利用已概化的数据，用上述计算方法分别求得黄河上游地区各关联因子的关联度（表 3）。从关联度可以看出各因素对地质灾害的贡献大小，参见表 3 中的关联度排序，即关联序。按各因素的关联度占有所有因素的关联度之和的比重作为权值。

表 3 各关联因子的关联度及权重值表

Table 3 The related coefficient and wealth value of all kinds related factors

因素	崩滑 流发育 密度	活动断 裂发育 程度	地貌 类型	地形切 割程度	年平均 降水量	年平均 暴雨 日数	易灾性 岩土发 育程度	人为活 动程 度	植被度	差应 力值	地震 烈度
关联度	1	0.7531	0.7372	0.7330	0.7634	0.7690	0.7318	0.7635	0.7300	0.7658	0.7405
权值	1	1.004	0.0985	0.0979	0.1019	0.1027	0.0978	0.1021	0.0975	0.1023	0.0989
关联序	1	5	7	8	4	1	9	3	10	2	6

崩滑流的点密度只能说明过去崩滑流的活动状况，今后的发展趋势及衰减程度则主要取决于崩滑流的潜在条件，而人口和社会经济状况等承灾能力又是崩滑流灾害的对象和前提。利用层次分析方法，可以得出在危险性要素中，崩滑流密度的权重值为 0.42，其它危险性要素的总权重值为 0.58。

### 3.2 崩滑流危险性评价的数学模型

崩滑流的危险程度可用危险性指数来表示。危险性指数越高，未来发生崩滑流的危险性就越大。危险性评价指数可用下式求得。

$$WX_i = \sum_k^n d(k) \sum_{j=1}^m R(j) \cdot X(i, j)$$

式中： $WX_i$  ——评价单元的危险性指数；

$n$ ——危险性要素历史活动程度和潜在条件的类别；

$d(k)$ ——危险性要素历史活动程度和潜在条件的类别的权值，分别为 0.42 和 0.58；

$m$ ——危险性要素关联因子总数；

$R(j)$ ——各关联因子的权重值；

$X(i, j)$ ——各关联因子概化后的数据。

### 3.3 崩滑流危险性评价

利用危险评价的数学模型，将各因素的权重值代入模型，分别计算出黄河上游地区各评价单元的危险性指数（表 4）。为了比较直观地反映各评价单元的危险程度，对危险性指数进行分组区划，共划分为 5 个等级，并以专题图形式反映危险程度分布（图 2、表 5）。

表 4 黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流灾害危险评价结果表

Table 4 Risk assessment results of collapse, landslide and debris flow in upper region of the Yellow River

单元名称	危险性指数	单元名称	危险性指数	单元名称	危险性指数	单元名称	危险性指数
东乡县	0.842	平安县	0.366	海晏县	0.2255	刚察县	0.1563
秦安县	0.8379	积石山县	0.36	大通县	0.2196	泾源县	0.1557
兰州市	0.8307	临潭县	0.3537	白银市	0.2177	康乐县	0.1537
临夏市	0.8187	漳 县	0.3484	互助县	0.2144	和林格尔县	0.1533
永靖县	0.8042	和政县	0.3474	玛曲县	0.2132	景泰县	0.1526
广河县	0.7842	永宁县	0.3446	达拉特旗	0.2061	卓资县	0.1524
西宁市	0.7772	湟中县	0.3422	盐池县	0.2056	乌拉特后旗	0.1509
石嘴山市	0.7731	循化县	0.3417	贵南县	0.2054	五原县	0.1508
庄浪县	0.7731	西吉县	0.3375	达日县	0.2044	临河市	0.1506
天水市	0.665	海原县	0.3183	张家川县	0.204	同仁县	0.147
静宁县	0.6352	皋兰县	0.3183	和作市	0.1972	玛多县	0.1415
清水县	0.6236	包头市	0.2909	呼和浩特市	0.1946	磴口县	0.1409
湟源县	0.5587	尖扎县	0.2908	共和县	0.1921	碌曲县	0.1401
甘谷县	0.4906	同心县	0.2832	灵武市	0.1911	察哈尔右中	0.1382
通渭县	0.4698	甘德县	0.2685	久治县	0.1905	泽库县	0.1374
固原县	0.4552	固阳县	0.267	同德县	0.1903	若尔盖县	0.137
临洮县	0.4413	乌拉特前旗	0.2654	青铜峡市	0.1822	阿坝县	0.136
隆德县	0.4319	兴海县	0.2607	土默特右旗	0.1797	乌拉特中旗	0.1292
陇西县	0.4271	靖远县	0.2604	土默特左旗	0.1797	杭锦后旗	0.1267
定西县	0.4271	化隆县	0.2562	古浪县	0.1753	四子王旗	0.1143
武山县	0.4193	平罗县	0.25	吴忠市	0.1691	曲麻莱县	0.1088
民和县	0.4131	渭源县	0.2417	红原县	0.1669	杭锦旗	0.1037
会宁县	0.4038	祁连县	0.2398	永登县	0.1668	鄂托克前旗	0.101
乐都县	0.3955	卓尼县	0.2391	乌海市	0.1664	鄂托克旗	0.0967
岷 县	0.3855	贺兰县	0.2386	托克托县	0.1662	阿拉善左旗	0.0893
贵德县	0.3827	门源县	0.2366	武川县	0.1646	达尔罕旗	0.0652
临夏县	0.3811	河南县	0.2364	凉城县	0.1619		
中宁县	0.3741	玛沁县	0.2358	陶乐县	0.1606		
天祝县	0.3703	银川市	0.2339	夏河县	0.1589		
榆中县	0.3673	中卫县	0.2262	惠农县	0.1564		

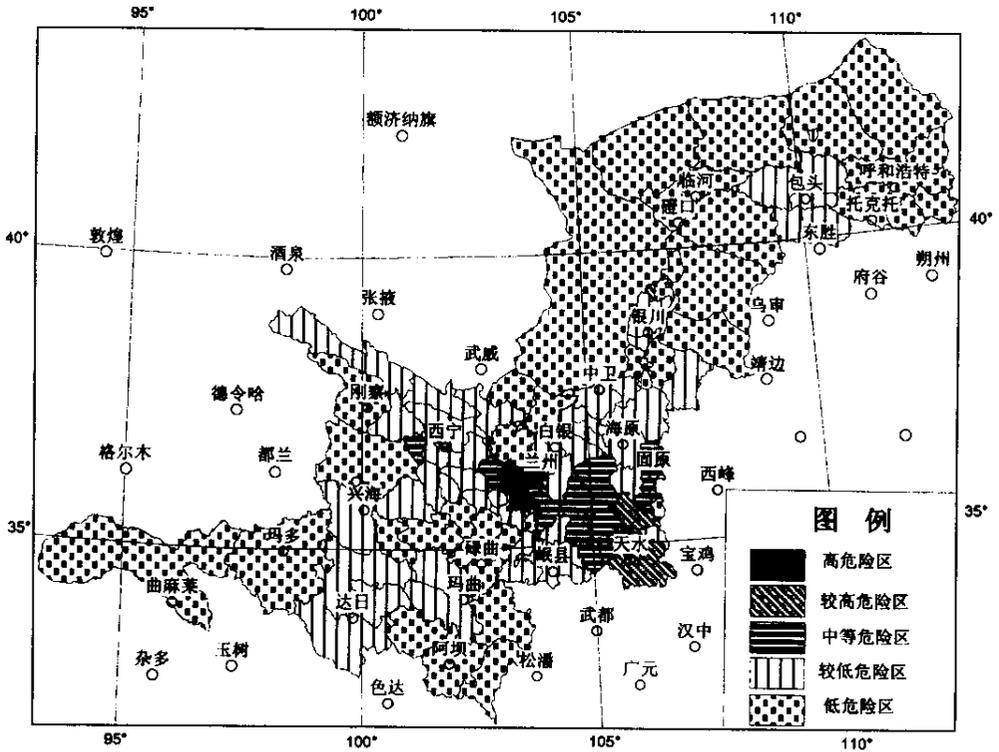


图 2 黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流危险程度分布图

Fig.2 Distribution map of dangerous grade on collapse , landslide and debris flow in upper region of the Yellow River

根据危险评价结果,评价区不同地区崩滑流灾害危险程度相对差异较大,总体分布特点是中部地区较高,东北部和西南部较低。按照危险性指数  $\geq 0.8$ 、 $0.6 \sim 0.8$ 、 $0.4 \sim 0.6$ 、 $0.2 \sim 0.4$  和  $< 0.2$  划分为 5 个危险程度等级:高危险单元 5 个,较高危险单元 7 个,中等危险单元 11 个,较低危险单元 47 个,低危险单元 46 个(表 5)。

表 5 黄河上游地区崩滑流危险等级划分及危险单元个数表

Table 5 Divided risk grade and units of collapse , landslide and debris flow in upper region of the Yellow River

危险性等级	I	II	III	IV	V
危险性程度	低危险	较低危险	中等危险	较高危险	高危险
危险性指数	$< 0.2$	$0.2 \sim 0.4$	$0.4 \sim 0.6$	$0.6 \sim 0.8$	$> 0.8$
危险单元个数	46	47	11	7	5

### 4 结语

本文介绍了地质灾害的危险评价的体系、数据预处理方法和评价方法。在对黄河上游地区地质灾害进行野外地质调查和资料收集的基础上,对地质灾害进行了以县(市)为单元的危险性评价。研究区高危险单元为 5 个,较高危险单元 7 个,中等危险单元为 11 个,较低

危险单元为 47 个，低危险单元为 46 个。从危险性指数的结果来看，有些危险评价单元的危险指数非常接近临界值，一旦危险性条件发生改变，将会引起地质灾害的危险级别发生变化。因此，在西部大开发的进程中，无论开发任何资源和进行各种工程活动，都应从可持续发展的高度保护环境，避免地质灾害向着严重的方向发展。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 张梁, 张业成, 罗元华等. 地质灾害灾情评估理论与实践 [ M ]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [ 2 ] 张春山. 北京北山地区泥石流灾害危险性评价 [ J ]. 北京地质, 1996, 8 ( 2 ): 11 ~ 20.
- [ 3 ] 甘肃省地质矿产局、环境地质研究所. 甘肃省地质灾害发育分布图 [ M ]. 兰州: 甘肃民族出版社, 1996.
- [ 4 ] 中国地震局. 中国及毗邻海区新构造图 ( 1/400 万 ) [ M ]. 北京: 地震出版社, 1990.
- [ 5 ] 中国科学院南京地理与湖泊研究所等编制. 中国及毗邻海区地貌图 ( 1/400 万 ) [ M ]. 北京: 中国地图出版社, 1990.
- [ 6 ] 中国地图出版社编制. 中国自然地理图集 [ M ]. 北京: 中国地图出版社, 1998. 132.
- [ 7 ] 国家地震局编制. 中国地震烈度区划图 ( 1/400 万 ) [ M ]. 北京: 地震出版社, 1991.

## REGIONAL DANGEROUS ON THE GEOLOGICAL HAZARDS OF COLLAPSE , LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW IN THE UPPER REACHES OF THE YELLOW RIVER

ZHANG Chun-shan<sup>1</sup> , ZHANG Ye-cheng<sup>2</sup> , MA Yin-sheng<sup>1</sup>

( 1. Institute of Geomechanics , Chinese academy of geological science , Beijing , 100081 ;

2. Center of factual material and geological data , Ministry of Land and resource , Hebei , 065201 , China )

**Abstract :** Based on field work and related geological hazard data of collapse , landslide and debris flows , the dangerous assessment of the upper reaches of The Yellow River , with county as a unit , is estimated . There are 116 units in this region . Dangerous level is classified by 5 grades . There are 5 highest dangerous units . High dangerous units are 7.11 units belong to the middle dangerous area and the less and low dangerous units are 46 and 47 respectively .

**Key words :** upper region of the Yellow River ; geological hazard ; dangerous assessment