

基于灰色关联度的冰川泥石流危险性评价因子分析^{*}

黄伟, 唐川, 刘洋

(成都理工大学 地质灾害与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 林芝地区是西藏地质灾害最为严重的地区之一, 其中冰川泥石流灾害最为严重, 特别是近年来受到全球气候变暖的影响, 冰川融化速率加快, 冰川泥石流灾害频繁发生, 给当地造成了严重的经济损失和社会危害。通过对林芝地区冰川泥石流危险性影响因子的分析, 考虑了10个影响因子, 选取了研究区6条典型泥石流沟进行研究, 然后运用灰色关联度法筛选出7个主要的影响因子, 即日最高温度、流域面积、一次泥石流最大冲出量、主沟长度、流域最大高差、冰川积雪面积, 并确定了其权重值, 为冰川泥石流危险性评价体系提供了更为客观、科学合理的评价依据。

关键词: 冰川泥石流; 灰色关联度; 因子筛选; 权重确定; 西藏林芝地区

中图分类号: P642.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)02-0172-05

冰川泥石流是指在高山冰川环境下由冰川洪水与冰川或其他寒冻风化沉积物所形成的特殊泥砂径流^[1]。其类型按水源来源大致可分为四类, 它们分别为冰雪融水型泥石流、冰雪融水与降雨混合型泥石流、冰雪崩消融型泥石流以及冰湖溃决泥石流; 其中冰湖溃决型泥石流较为常见。在我国西藏, 冰川泥石流集中分布于东南部地区。西藏冰川泥石流的研究始于1980年代, 此后学者研究逐步深入; 吕儒仁等^[2]对西藏工布江达县唐不朗沟的冰湖溃决泥石流进行了研究调查; 徐道明等^[3]分析了西藏喜马拉雅山区危险冰湖及其溃决特征; 陈晓清等通过遥感数据解疑, 发现了喜马拉雅山中段波曲流域冰川和冰湖近15年的巨大变化^[4], 并对冰川终碛湖泥石流流量进行了计算^[5]; 陈储军等^[6]分析了西藏年楚河冰川终碛湖的溃决条件, 同时采用BREACH模型与计算机程序, 对其溃决洪水进行了估算; 崔鹏等^[7]分析了冰湖溃决泥石流的形成条件和演化过程, 并给出了相应的减灾对策; 刘晶晶等^[8]分列从气温年变化、日变化等方面, 分析了气温对西藏冰湖溃决事件的影响; 铁永波等^[9]总结了冰湖溃决评价体系的国内外研究进展, 提出了冰湖溃决评价的未来研究方向; 程尊兰等^[10]结合气候变暖、异常等因素, 对藏东南地区冰湖溃决泥石流的发展趋势进行了分析; 刘健康^[11]等根据藏东南错下湖的溃决因素, 提出了该冰湖溃决的可能性, 并在此基础上对冰湖溃决后的危险性进行了评估。

冰川泥石流多发育在高海拔地区, 受地区交

通条件与地形地貌条件的限制, 且影响因素较一般泥石流^[12]复杂, 目前对其主要影响因子的筛选及权重方面的研究相对较少, 这在一定程度上影响了冰川泥石流防灾减灾研究的进展。泥石流的危险性是泥石流本身具有的一种特性, 其危险性需要通过具体的影响因素反映出来^[13]。如何从影响冰川泥石流的众多因素中筛选出主要的影响因子并确定其权重, 这影响到冰川泥石流危险性的合理分区以及与实际情况吻合程度的好坏, 有利于冰川泥石流的有效防治。本文以西藏林芝地区6条典型的冰川泥石流沟为例, 拟采用灰色关联度法对冰川泥石流危险性评价因子进行筛选, 并确定其权重。

1 研究区概况

林芝地区位于中国西藏自治区东南部, 地处喜马拉雅山脉、念青唐古拉山脉及横断山脉三大山脉的怀抱之中, 界于93.11°~97.49°E、28.62°~29.92°N之间, 东西宽646.7 km, 南北长353.2 km, 面积11.8万km²。该区冰川面积与常年积雪面积达6728.2 km², 占土地面积的5.7%; 其南部邻近印度洋, 属海洋性季风气候, 全区气候总体上差异不大, 水汽充沛, 日照持续时间长, 降水充足。

研究区横跨西瓦里克陆内俯冲带和雅鲁藏布江缝合带, 新构造运动活跃, 地震频繁。该区地势自西北向东南倾斜, 发育有典型的高山峡谷与

^{*} 收稿日期: 2012-08-10 修订日期: 2012-09-11

基金项目: 国土资源部青藏高原东南部地质灾害链与防灾减灾对策研究(201111024)

作者简介: 黄伟(1987-), 男, 贵州铜仁人, 硕士研究生, 研究方向为地质灾害评价. E-mail: suxing017@yahoo.com.cn

山地河谷地貌,山脉之间是宽窄相间的河流谷地,规模较大的是喜马拉雅山和冈底斯山之间的雅鲁藏布江谷地及其支流尼洋河、帕隆藏布和察隅谷地。区域内的地层从上古生界到第四系均有发育,其中三叠系地层分布最广;地层以海相成因为主,陆相多见于白垩系与第三系地层中;研究区内的花岗岩、闪长岩、花岗片麻岩等火成岩的风华壳成为冰川泥石流的主要物源。

2 灰色关联度法在冰川泥石流危险性评价因子筛选中的应用

冰川泥石流的演化是一个复杂的过程,其影响因素很多,结合前人研究,通过对林芝地区冰川泥石流的野外调查资料进行分析,总结出影响该区冰川泥石流危险性的因子主要有一次泥石流的最大冲出量、最大 24 h 雨强、松散物源总量、流域面积、频率(次/100 年)、日最高温度、主沟长度、流域最大高差、冰川积雪面积,以及植被覆盖面积;根据灰色关联度原理^[14-15],运用灰色关联度法^[16-17]来筛选出冰川泥石流危险性评价因子,并确定其因子权重大小。

2.1 对数列 X 进行关联度分析

根据上文选取的影响因子有一次泥石流的最大冲出量,最大 24 h 雨强,松散物源总量、流域面积、频率(次/100 年)、日最高温度、主沟长度、流域最大高差、冰川积雪面积,以及植被覆盖面积。

组成数列 $X_i = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}\}$ ($i = 1, \dots, 10$)。本文选取林芝地区 6 条典型的冰川泥石流沟(培龙沟,边扯弄巴,嘎朗沟,松宗沟,甲倾布,扎木弄巴)作为研究对象,其地理位置具有代表性,为冰川泥石流多发区域(图 1)。它们组成数列 $Y_j = \{\text{培龙沟, 边扯弄巴, 嘎朗沟, 松宗沟, 甲倾布, 扎木弄巴}\} = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6\}$ ($j = 1, \dots, 6$)。由 X_i 、 Y_j

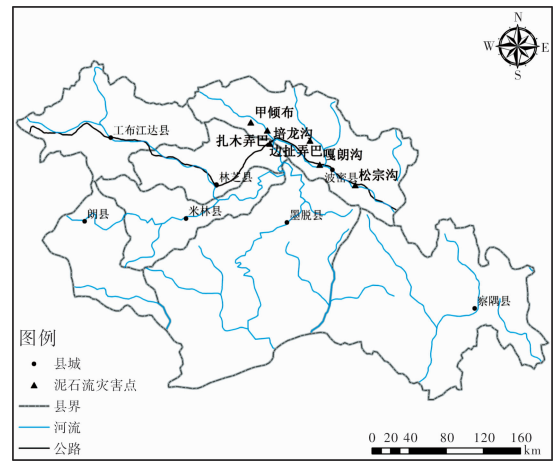


图 1 林芝地区 6 条泥石流沟分布图

两数列组成数列 X 的原始数据见表 1。

关联度分析计算步骤如下。

步骤 1: 根据公式(1)进行均值化处理, 得其无量纲化, 见表 2。

$$X'_i(k) = X_i(k) / \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 X_i(k), \quad k = 1, \dots, 6. \quad (1)$$

步骤 2: 以一次泥石流最大冲出量 X_1 作为参考数列, 根据公式(2)对表 2 求绝对差, 得到绝对差数列, 见表 3。

$$\Delta_{ij}(k) = |X_i(k) - X_j(k)|. \quad (2)$$

从表 3 中得出两级最小差和最大差, 分别为: $\Delta_{\min} = 0.003\ 17$, $\Delta_{\max} = 2.883\ 95$ 。

步骤 3: 根据公式(3), 求出关联系数, 见表 4。

$$\xi_{ij} = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{|X_i(k) - X_j(k)| + \rho \Delta_{\max}}. \quad (3)$$

式中: ρ 为分辨系数。它的取值只影响关联系数的大小, 不影响关联序, 一般取其中间值 $\rho = 0.5$ 。

步骤 4: 根据公式(4) 和关联系数表(表 4), 得到关联度及排序表(表 5)。

$$r_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_{ij}(k). \quad (4)$$

表 1 数列 X 的原始数据

沟名	一次泥石流最大冲出量 X_1 / 万 m^3	最大 24 h 雨强 X_2 / mm	松散物源总量 X_3 / 万 m^3	流域面积 X_4 / km^2	频率 X_5 / (次/100 年)	日最高温度 X_6 / $^{\circ}C$	主沟长度 X_7 / km	流域最大高差 X_8 / m	冰川积雪面积 X_9 / km^2	植被覆盖面积 X_{10} / km^2
培龙沟 Y_1	142.34	21.6	10 000	86.1	10	19.4	18.75	3 828	22	33.579
边扯弄巴 Y_2	21.61	24.3	3 000	15.74	10	4.4	7.24	2 584	2.08	6.138 6
嘎朗沟 Y_3	4.63	24.6	500	9.3	10	4.5	6.78	1 644	0.2	4.65
松宗沟 Y_4	3.18	24.6	200	4.2	2	4.5	3.5	2 320	0.1	1.974
甲倾布 Y_5	9.04	19	1 000	15.51	2	16.5	7.8	3 338	1.54	7.755
扎木弄巴 Y_6	39.61	16.7	10 000	23.79	10	14.4	10	3 426	1.3	13.084 5

表 2

无量纲化值

沟名	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
Y_1	1.827 32	0.990 83	2.429 15	3.340 66	1.363 64	3.874 78	2.080 64	1.340 02	4.849 38	2.998 97
Y_2	0.414 44	1.114 68	0.728 74	0.610 71	1.363 64	0.588 27	0.803 40	0.904 55	0.458 49	0.548 24
Y_3	0.423 86	1.128 44	0.121 46	0.360 84	1.363 64	0.126 04	0.752 36	0.575 50	0.044 09	0.415 30
Y_4	0.423 86	1.128 44	0.048 58	0.162 96	0.272 73	0.086 57	0.388 39	0.812 14	0.022 04	0.176 30
Y_5	1.554 16	0.871 56	0.242 91	0.601 78	0.272 73	0.246 09	0.865 54	1.168 49	0.339 46	0.692 61
Y_6	1.356 36	0.766 06	2.429 15	0.923 05	1.363 64	1.078 26	1.109 67	1.199 30	0.286 55	1.168 59

表 3

绝对差数列

沟名	Δ_{12}	Δ_{13}	Δ_{14}	Δ_{15}	Δ_{16}	Δ_{17}	Δ_{18}	Δ_{19}	Δ_{110}
Y_1	2.883 95	1.445 63	0.534 12	2.511 14	2.047 46	1.794 14	2.534 76	0.974 60	0.875 81
Y_2	0.526 41	0.140 48	0.022 44	0.775 37	0.173 82	0.215 14	0.316 28	0.129 78	0.040 02
Y_3	1.002 40	0.004 58	0.234 80	1.237 60	0.297 82	0.626 32	0.449 46	0.081 95	0.289 26
Y_4	1.041 87	0.037 98	0.076 39	0.186 16	0.337 30	0.301 82	0.725 57	0.064 52	0.089 73
Y_5	0.625 47	0.003 17	0.355 70	0.026 64	1.308 07	0.619 46	0.922 41	0.093 37	0.446 52
Y_6	0.312 21	1.350 89	0.155 22	0.285 37	0.278 09	0.031 41	0.121 04	0.791 71	0.090 32

表 4

关联系数

沟名	ξ_{12}	ξ_{13}	ξ_{14}	ξ_{15}	ξ_{16}	ξ_{17}	ξ_{18}	ξ_{19}	ξ_{20}
Y_1	0.334 07	0.500 47	0.731 32	0.365 57	0.414 15	0.446 57	0.363 40	0.598 02	0.623 50
Y_2	0.734 18	0.913 23	0.986 84	0.651 75	0.894 39	0.872 09	0.821 92	0.919 45	0.975 13
Y_3	0.591 21	0.999 03	0.861 86	0.539 32	0.830 64	0.698 71	0.764 05	0.948 30	0.834 75
Y_4	0.581 82	0.976 48	0.951 78	0.887 61	0.812 21	0.828 74	0.666 72	0.959 28	0.943 49
Y_5	0.699 00	1.000 00	0.803 90	0.984 02	0.525 50	0.701 04	0.611 22	0.941 25	0.765 24
Y_6	0.823 83	0.517 44	0.904 81	0.836 63	0.840 17	0.980 83	0.924 59	0.646 98	0.943 12

表 5

关联度和排序

关联度	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{15}	r_{16}	r_{17}	r_{18}	r_{19}	r_{110}
数值	0.627 35	0.817 77	0.873 42	0.710 82	0.719 51	0.754 66	0.691 98	0.835 55	0.847 54
排序	9	4	1	7	6	5	8	3	2

按照以上 4 个步骤,依次选取 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 作为参考数列,进行关联度计算分析,最终得到关联矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.627\ 35 & 0.817\ 77 & 0.873\ 42 & 0.710\ 82 & 0.719\ 51 & 0.754\ 66 & 0.691\ 98 & 0.835\ 55 & 0.847\ 54 \\ 0.687\ 10 & 1 & 0.668\ 02 & 0.740\ 24 & 0.808\ 26 & 0.735\ 72 & 0.820\ 12 & 0.847\ 32 & 0.658\ 71 & 0.736\ 49 \\ 0.799\ 98 & 0.562\ 91 & 1 & 0.743\ 07 & 0.673\ 86 & 0.674\ 27 & 0.717\ 71 & 0.635\ 38 & 0.727\ 95 & 0.748\ 30 \\ 0.858\ 31 & 0.654\ 40 & 0.744\ 71 & 1 & 0.664\ 93 & 0.732\ 25 & 0.777\ 11 & 0.698\ 48 & 0.753\ 42 & 0.914\ 28 \\ 0.742\ 14 & 0.793\ 22 & 0.740\ 96 & 0.733\ 34 & 1 & 0.766\ 40 & 0.797\ 05 & 0.804\ 14 & 0.672\ 14 & 0.752\ 73 \\ 0.729\ 93 & 0.687\ 02 & 0.720\ 30 & 0.768\ 99 & 0.744\ 41 & 1 & 0.837\ 52 & 0.824\ 33 & 0.676\ 13 & 0.814\ 90 \\ 0.749\ 78 & 0.771\ 80 & 0.743\ 11 & 0.797\ 11 & 0.758\ 69 & 0.824\ 53 & 1 & 0.836\ 18 & 0.659\ 17 & 0.831\ 10 \\ 0.734\ 89 & 0.843\ 19 & 0.719\ 51 & 0.771\ 01 & 0.812\ 57 & 0.851\ 51 & 0.872\ 72 & 1 & 0.662\ 91 & 0.804\ 86 \\ 0.877\ 09 & 0.665\ 70 & 0.793\ 22 & 0.829\ 79 & 0.696\ 80 & 0.724\ 40 & 0.729\ 49 & 0.682\ 38 & 1 & 0.804\ 60 \\ 0.806\ 78 & 0.610\ 70 & 0.719\ 48 & 0.898\ 19 & 0.655\ 78 & 0.759\ 47 & 0.788\ 60 & 0.712\ 45 & 0.695\ 68 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.2 关联矩阵行分析

第一行是以一次泥石流最大冲出量为参考数列的关联度,根据表 5 得知,其关联序为 $[r_{14}, r_{110}, r_{19}, r_{13}, r_{17}, r_{16}, r_{15}, r_{18}, r_{12}]$,表明流域面积对一次泥石流最大冲出量影响最大,与野外实际情况相符。其他因素对一次泥石流最大冲出量的关联度依次为植被覆盖面积,冰川积雪面积,松散物源总量,主沟长度,日最高温度,频率,流域最大高差,最大 24 h 雨强。

同理,其他各行的关联序如下。

对最大 24 h 雨强: $[r_{28}, r_{27}, r_{25}, r_{24}, r_{210}, r_{26}, r_{21}, r_{23}, r_{29}]$ 。

对松散物源总量: $[r_{31}, r_{310}, r_{34}, r_{39}, r_{37}, r_{36}, r_{35}, r_{18}, r_{12}]$ 。

对流域面积: $[r_{410}, r_{41}, r_{47}, r_{49}, r_{43}, r_{46}, r_{18}, r_{15}, r_{12}]$ 。

对频率: $[r_{58}, r_{57}, r_{52}, r_{56}, r_{510}, r_{51}, r_{53}, r_{54}, r_{59}]$ 。

对日最高温度: $[r_{67}, r_{68}, r_{610}, r_{64}, r_{65}, r_{61}, r_{63}, r_{62}, r_{69}]$ 。

对主沟长度: $[r_{78}, r_{710}, r_{76}, r_{74}, r_{72}, r_{75}, r_{71}, r_{73}, r_{79}]$ 。

对流域最大高差: $[r_{87}, r_{86}, r_{82}, r_{85}, r_{810}, r_{84}, r_{81}, r_{83}, r_{89}]$ 。

对冰川积雪面积: $[r_{96}, r_{94}, r_{910}, r_{93}, r_{97}, r_{96}, r_{95}, r_{98}, r_{92}]$ 。

对植被覆盖面积: $[r_{104}, r_{101}, r_{107}, r_{106}, r_{103}, r_{108}, r_{109}, r_{105}, r_{102}]$ 。

根据上面列出的各行关联序,可以得知最大 24 h 雨强与其他因素的关联性最弱;对最大 24 h 雨强、松散物源总量、流域面积、频率、日最高温度、主沟长度、流域最大高差、冰川积雪面积、植被覆盖面积影响最大的是分别是流域最大高差、一次泥石流最大冲出量、植被覆盖面积、流域最大高差、主沟长度、流域最大高差、主沟长度、日最高温度、流域面积,所得关联结果与实际情况相一致。

2.3 优势因素分析

求出关联矩阵 R_1 的每一行平均值 \bar{r}_i , ($i=1, \dots, 10$) 得到: $\bar{r}_1 = 0.787\ 86$, $\bar{r}_2 = 0.770\ 20$, $\bar{r}_3 = 0.728\ 34$, $\bar{r}_4 = 0.779\ 79$, $\bar{r}_5 = 0.780\ 21$, $\bar{r}_6 = 0.780\ 35$, $\bar{r}_7 = 0.797\ 15$, $\bar{r}_8 = 0.807\ 32$, $\bar{r}_9 = 0.780\ 34$, $\bar{r}_{10} = 0.764\ 71$ 。

表 6

数列 X 的原始数据

沟名	日最高温度 $X_1/\text{℃}$	流域面积 X_2/km^2	频率 $X_3/(\text{次}/100\text{年})$	一次泥石流最大冲出量 $X_4/\text{万 m}^3$	主沟长度 X_5/km	流域最大高差 X_6/m	冰川积雪面积 X_7/km^2
培龙沟	19.4	86.1	10	142.34	18.75	3 828	22
边扯弄巴	4.4	15.74	10	21.61	7.24	2 584	2.08
嘎朗沟	4.5	9.3	10	4.63	6.78	1 644	0.2
松宗沟	4.5	4.2	2	3.18	3.5	2 320	0.1
甲倾布	16.5	15.51	2	9.04	7.8	3 338	1.54
扎木弄巴	14.4	23.79	10	39.61	10	3 426	1.3

根据上节提到的关联度分析计算步骤,最终得到关联矩阵

$$R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.872\ 63 & 0.700\ 41 & 0.707\ 88 & 0.745\ 18 & 0.678\ 36 & 0.832\ 84 \\ 0.847\ 31 & 1 & 0.639\ 66 & 0.711\ 93 & 0.758\ 29 & 0.674\ 47 & 0.733\ 77 \\ 0.742\ 14 & 0.733\ 34 & 1 & 0.766\ 40 & 0.797\ 05 & 0.804\ 14 & 0.672\ 14 \\ 0.729\ 31 & 0.768\ 34 & 0.743\ 78 & 1 & 0.836\ 81 & 0.823\ 63 & 0.675\ 56 \\ 0.763\ 48 & 0.811\ 67 & 0.772\ 55 & 0.839\ 59 & 1 & 0.851\ 45 & 0.671\ 21 \\ 0.734\ 89 & 0.771\ 01 & 0.812\ 57 & 0.851\ 51 & 0.872\ 72 & 1 & 0.662\ 91 \\ 0.876\ 89 & 0.825\ 95 & 0.687\ 38 & 0.715\ 99 & 0.719\ 85 & 0.670\ 53 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

求出关联矩阵 R_2 的每一行平均值 \bar{r}_i , ($i=1, \dots, 7$), 得到 $\bar{r}_1 = 0.791\ 04$, $\bar{r}_2 = 0.766\ 49$, $\bar{r}_3 = 0.787\ 89$, $\bar{r}_4 = 0.796\ 78$, $\bar{r}_5 = 0.815\ 71$, $\bar{r}_6 = 0.815\ 09$, $\bar{r}_7 = 0.785\ 23$ 。

根据公式(7),得到各评价因子的权重表(表 7)。

根据求出的平均值,并排序: $\bar{r}_8 > \bar{r}_7 > \bar{r}_1 > \bar{r}_6 > \bar{r}_9 > \bar{r}_5 > \bar{r}_4 > \bar{r}_2 > \bar{r}_{10} > \bar{r}_3$, 即各影响因子按优势大小排序依次为: $X_8 > X_7 > X_1 > X_6 > X_9 > X_5 > X_4 > X_2 > X_{10} > X_3$ 。

2.4 评价因子的筛选

通过对优势因素分析,可以知道 X_8 、 X_7 、 X_1 、 X_6 、 X_9 、 X_5 、 X_4 为优势因子,对冰川泥石流危险性影响作用比较显著, X_2 、 X_{10} 、 X_3 为非优势因子,对冰川泥石流危险性影响作用较弱,因此剔除 X_2 、 X_{10} 、 X_3 (最大 24 h 雨强、植被覆盖面积、松散物源总量)三个非优势因子,筛选出 X_9 、 X_7 、 X_1 、 X_6 、 X_8 、 X_5 、 X_4 七个评价因子,即冰川积雪面积、主沟长度、日最高温度、一次泥石流最大冲出量、流域最大高差、频率、流域面积。

3 灰色关联度法在确定评价因子权重中的应用

评价因子权重越大,说明该因子对冰川泥石流危险性影响就越大,反之越小。因此,筛选出的七个评价因子所起的作用大小也有所不同。其权重确定的步骤如下:

选取一次泥石流的最大冲出量、流域面积、频率(次/100 年)、日最高温度、主沟长度、流域最大高差,以及冰川积雪面积,组成数列 $X_i = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7\}$ ($i=1, \dots, 7$), 其原始数据见表 6。

$$W = \bar{r}_i / \sum_{i=1}^7 \bar{r}_i \quad (7)$$

表 7 因子权重值

因子权重	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7
数值	1.417 08	1.373 09	1.411 43	1.427 35	1.461 26	1.460 15	1.406 66

4 结论

(1) 本文以林芝地区 6 条典型的冰川泥石流沟为例, 即培龙沟、边扯弄巴、嘎朗沟、松宗沟、甲倾布、扎木弄巴, 选取了 10 个影响冰川泥石流的因子, 通过运用灰色关联度法建立关联矩阵, 进行优势因素分析, 结果淘汰掉 3 个次要影响因子 (最大 24 h 雨强、植被覆盖面积、松散物源总量), 得到 7 个主要影响因子, 即冰川积雪面积、主沟长度、日最高温度、一次泥石流最大冲出量、流域最大高差、频率、流域面积; 与西藏林芝地区实际情况相一致。

(2) 运用灰色关联度法, 对筛选出来的 7 个因子的权重进行了计算, 结果得到各因子的权重值分别为: 日最高温度 1.417 08、流域面积 1.373 09、频率 1.411 43、一次泥石流最大冲出量 1.427 35、主沟长度 1.461 26、流域最大高差 1.460 15、冰川积雪面积 1.406 66, 因子权重值表明该因子对冰川泥石流危险性影响程度, 权重越大, 影响越大; 权重越小, 影响越小。

(3) 灰色关联度法相对其他方法, 减少了人为因素的主观判断, 使得筛选出来的评价因子和权重值更为客观准确、科学合理。但是, 本文选取的影响因子有限, 并没有考虑到其他因子对冰川泥石流危险性的影响, 这也可能是各因子权重值比较接近的原因, 希望在今后的工作中进一步对其完善。

参考文献:

- [1] 徐道明, 冯清华. 冰川泥石流与冰湖溃决灾害研究[J]. 冰川冻土, 1988, 10(3): 284-289.
- [2] 吕儒仁, 李德基. 西藏工布江达县唐不朗沟的冰湖溃决泥石流[J]. 冰川冻土, 1986, 8(1): 61-71.
- [3] 徐道明, 冯清华. 西藏喜马拉雅山区危险冰湖及其溃决特征[J]. 地理学报, 1989, 44(3): 343-352.
- [4] 陈晓清, 崔鹏, 杨忠, 等. 近 15 a 喜马拉雅山中段波曲流域冰川和冰湖变化[J]. 冰川冻土, 2005, 27(6): 793-800.
- [5] 陈晓清, 陈宁生, 崔鹏. 冰川终碛湖溃决泥石流流量计算[J]. 冰川冻土, 2004, 26(3): 357-362.
- [6] 陈储军, 刘明, 张帆. 西藏年楚河冰川终碛湖溃决条件及洪水估算[J]. 冰川冻土, 1996, 18(4): 347-352.
- [7] 崔鹏, 马东涛, 陈宁生, 等. 冰湖溃决泥石流的形成、演化与减灾对策[J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 621-628.
- [8] 刘晶晶, 唐川, 称尊兰, 等. 气温对西藏冰湖溃决事件的影响[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2011, 41(4): 1121-1129.
- [9] 铁永波, 唐川. 冰湖溃决评价体系研究进展[J]. 水科学进展, 2009, 20(3): 448-452.
- [10] 程尊兰, 田金昌, 张正波, 等. 藏东南冰湖溃决泥石流形成的气候因素与发展趋势[J]. 地学前缘, 2009, 16(6): 207-214.
- [11] 刘健康, 称尊兰, 郭芬芬, 等. 藏东南典型冰湖溃决危险性分析[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 45-49.
- [12] 温智虹, 万鲁河, 盛俭. 长白山火山泥石流分布影响因子权重分析[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 64-67, 72.
- [13] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1-19.
- [14] 邓聚龙. 灰色理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1998.
- [15] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987: 73-81.
- [16] 邹翔, 崔鹏, 韦方强, 等. 灰色关联度法在泥石流活动性评价中的应用[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 360-364.
- [17] 游桂芝, 鲍大忠. 灰色关联度法在地质灾害危险性评价指标筛选及指标权重确定中的应用[J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 2008, 37(6): 4-8.

Analysis on Risk Assessment Factors of Glacial Debris Flow Based on Grey Correlation Degree

Huang Wei, Tang Chuan and Liu Yang

(State Key Laboratory of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Linzhi prefecture is one of the most serious geological disasters regions in Tibet, and the glacial debris flow is the most serious one among the disasters. In recent years, under the influence of the global warming, the melting rate of glacier has accelerated and the glacial debris flows occur frequently, which cause serious economic loss and social harm. According to the analysis of risk factors to the glacial debris flow, considering 10 influence factors, 6 typical debris flow torrents are selected for the research. Gray correlation degree method is applied to select such 7 main influence factors as the highest daily temperature, the torrent catchment area, a maximum runout of debris flow, the main torrent length, the biggest altitude difference of torrent catchments, and the glacier area. The values of weight are determined next, which provide a more objective and more scientific and reasonable assessment basis for risk assessment system of glacial debris flow.

Key words: glacial debris flow; grey correlation degree; factors selection; weight definition; Linzhi prefecture in Tibet