

长江上游泥石流危险度区划的原则与指标*

钟敦伦 韦方强 谢 洪

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 长江上游泥石流危险度区划属类型区划。其遵循的是相对一致性,定性指标与定量指标相结合,主导因素,以及综合分析四个原则。区划的指标有:1.自然指标,即统计单元内泥石流发生发展的环境条件——地貌、地质、气温和降水各自的综合评价;2.经济指标,即统计单元内区域经济发展程度——单位面积上的社会生产总值,人均收入值,工业产值与社会生产总值之比,以及交通发展程度系数。对环境条件和经济条件分别作了因素分析和相关分析,以进行泥石流危险度区划。

关键词 长江上游 泥石流危险度 区划 原则 指标

区划通常分为区域区划和类型区划。区域区划注重综合性,区域体系严密,对一个区而言既不能存在有“飞地”,也不能允许有他域存在,在整体上强调的是区域分异的原因,并注意到结果;类型区划注重相对一致性和综合性,分级体系严密,对同一级类型区而言散布,呈不相连的若干区,在整体上注意区域分异的原因,而更强调的是结果。

根据现实需要,对长江上游泥石流危险度采用的是类型区划。其把泥石流发生发展的环境条件、泥石流表征状况及泥石流危害程度均相对一致的区域,划入同一级类型区,以便提出泥石流防治方案,促进山区经济建设。

欲使泥石流危险度区划(含方案和分区)符合或基本符合客观现实,就必须遵循严格的区划原则和区划指标(参数)。对此作如下论述。

1 泥石流危险度区划原则^[1,2]

这是进行泥石流危险度区划的指导思想和准则,以使区划指标和区划方法、区划方案和分区得以正确或基本正确。本区划遵循的原则有四。

1.1 相对一致性原则

相对一致性是指所划分出的同级泥石流危险度类型区(后文简称危险区)内部状况和基本条件保持相对一致。本区划遵循下列四个相对一致性。

1. 泥石流生成(主要有动力和物质)条件的相对一致性。

2. 泥石流表征状况的相对一致性。泥石流表征状况含:泥石流的性质、规模、暴发频率、活动强度、潜在和现实的危害程度。

上述两个相对一致性,实质上就是泥石流发生发展的环境条件(即:地貌、地质、气温和降水四个条件)的相对一致性,这乃本区划的基本原则。

* 长江水利委员会水土保持局资助项目。

本文收稿日期:1994-01-19。

3. 区域经济发展水平的相对一致性. 这指统计单元内单位面积上的社会生产总值, 人均收入值, 工业产值与社会生产总值之比, 以及交通发展程度系数的相对一致.

4. 泥石流防治措施的相对一致性. 这就是泥石流预测预报难易程度、泥石流生物-工程-社会防治措施的相对一致性.

1.2 定量指标与定性指标相结合的原则

这是指基础指标一律用定量指标; 而经综合分析、整理和概括、提高后形成的指标, 一律用定性指标, 以保证指标的可靠性和合理性.

1.3 主导因素原则

这在分析各要素所起的作用时, 要分清主次, 抓住主导因素进行区划的原则.

1.4 综合分析原则

在前三个原则的基础上, 确定分区界线时, 应对界限附近的条件加以综合分析的原则, 以使区界定准.

2 泥石流危险度区划指标

这直接影响到泥石流分区的准确性和可靠性. 其分为两类: 自然指标和经济指标.

2.1 泥石流危险度区划的自然指标

这是指泥石流特征值和泥石流发生发展的各种环境背景指标. 自然指标分为两类, 即: 直接的和间接的.

2.1.1 泥石流危险度区划的直接自然指标

它可归纳为下列几个主要指标.

1. 泥石流沟总密度, 即统计单元内泥石流沟总条数除以面积.

2. 不同规模的泥石流沟密度, 即统计单元内不同规模的泥石流沟条数分别除以面积. 比如: 最大流量 $\geq 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 的泥石流沟密度, 最大流量 $\geq 200 \text{ m}^3/\text{s}$ 的泥石流沟密度等; 一次最大冲出物方量 $\geq 50 \text{ 万 m}^3$ 的泥石流沟密度, 一次最大冲出物方量 $\geq 20 \text{ 万 m}^3$ 的泥石流沟密度等; 流域面积 $\geq 20 \text{ km}^2$ 的泥石流沟密度, 流域面积 $\geq 10 \text{ km}^2$ 的泥石流沟密度等.

3. 不同性质的泥石流沟密度, 即统计单元内不同性质的泥石流沟条数分别除以面积. 如统计单元内粘性泥石流沟密度, 过渡性泥石流沟密度, 稀性泥石流沟密度和高容重、低粘度泥石流沟密度等.

4. 不同危害程度的泥石流沟密度, 即统计单元内不同危害程度的泥石流沟条数分别除以面积. 如危害严重的泥石流沟密度, 危害中等的泥石流沟密度等.

5. 不同治理难易程度和预测预报难易程度的泥石流沟密度, 即统计单元内不同治理难易程度和预测预报难易程度的泥石流沟条数分别除以面积. 如治理难度极大的泥石流沟密度, 治理难度中等的泥石流沟密度等; 预测预报难度极大的泥石流沟密度, 预测预报难度大的泥石流沟密度等.

2.1.2 泥石流危险度区划的间接自然指标

这要在分析泥石流发生发展的环境条件后获得. 大量野外考察、资料分析和防治实践结果证实, 泥石流发生发展的环境条件大体相同或近似者, 泥石流沟密度、活动强度和

流体性质也大体相同或近似。由此为泥石流危险度区划提供了理论依据。间接自然指标包括地貌、地质、气温和降水四个指标。每个指标都涉及很多因素。每个指标所含的众多因素综合作用对泥石流活动的贡献不同。因此在分析每个指标前,必须对每个指标的众多因素的综合作用作出评价。目前有关这方面的大量评价方法中,比较适用的一种为因素分析法。通过因素分析,评价每个指标在不同区域内对泥石流活动的贡献,并据此对指标加以分级。

2.1.2.1 因素分析法^[3,4]

设来自某个总体的样本个数 N , 每个样本测得的指标个数 P , 则共有数据个数 $N \times P$ 。一般说来, P 个指标间会相互影响, 而关系非常复杂, 难以根据某一个指标或某几个指标确定样本综合指标的贡献。用因素分析法可建立一个较合理的数学模型, 据此对样本作出综合评价。

以 N 个样本的每个指标所测得的数据为列, 以每个样本的 P 个指标所测得的数据为行, 则原始矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1P} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2P} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{NP} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

为消除量纲差别, 对原始矩阵中的数据实行标准化处理, 使指标间具有可比性, 即

$$x_{ij} = (a_{ij} - \bar{a}_j) / s_j, (i = 1, 2, \cdots, N; j = 1, 2, \cdots, P), \quad (2)$$

$$\text{式中 } \bar{a}_j = \sum_{i=1}^N a_{ij} / N; s_j = \sqrt{\sum_{i=1}^N (a_{ij} - \bar{a}_j)^2}.$$

据此得标准矩阵

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1P} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2P} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{N1} & x_{N2} & \cdots & x_{NP} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

记 X 的相关矩阵为 R , 则

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1P} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2P} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{P1} & r_{P2} & \cdots & r_{PP} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

$$\text{式中 } r_{ij} = \sum_{k=1}^N (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j) / \sqrt{\sum_{k=1}^N (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^N (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}, \quad (k=1, 2, \cdots, N; i, j=1, 2, \cdots, P). \quad (5)$$

因为 R 是对称非负定的, 故 R 的特征值非负, 设 R 的特征值从大到小排列为 $\lambda_1 > \lambda_2 > \cdots > \lambda_P$, 相应的特征向量

$$l_i = (l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{iP}), (i = 1, 2, \dots, P). \quad (6)$$

设 P 维指标向量

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iP}), (i = 1, 2, \dots, P). \quad (7)$$

用 R 的特征向量可得 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iP}$ 的一组线性组合函数

$$\begin{cases} y_{i1} = l_{11}x_{i1} + l_{12}x_{i2} + \dots + l_{1P}x_{iP} \\ y_{i2} = l_{21}x_{i1} + l_{22}x_{i2} + \dots + l_{2P}x_{iP} \\ \vdots \\ y_{iP} = l_{P1}x_{i1} + l_{P2}x_{i2} + \dots + l_{PP}x_{iP} \end{cases}, (i = 1, 2, \dots, N). \quad (8)$$

因为 R 的特征值反映了指标的方差大小,而指标方差的大小是反映指标变化的,它越大,这表明概括指标 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iP}$ 的能力越强. 显然线性组合函数

$$y_{i1} = l_{11}x_{i1} + l_{12}x_{i2} + \dots + l_{1P}x_{iP} \quad (9)$$

概括各信息的能力最强. 式(9)就是要建立的综合评价数学模型. y_{i1} 即是样本的综合评价价值.

2.1.2.2 地貌指标

它是衡量泥石流活动的现实动力条件或潜在动力条件的一个重要指标. 地貌指标相当复杂,它涉及到的因素值有:泥石流沟的流域面积、主沟长度、沟床比降、山坡坡度、相对高度和相对切割程度等. 欲想在大范围内准确获得地貌指标,非常困难,又无必要. 为简化起见,兹将本区 56 个泥石流流域内地貌指标的众多因素值加以因素分析后,求出地貌综合评价价值,再用相对高度与之作相关分析. 若取 $N=27$ 者,得相关系数 $r=0.92$,在显著度 $\alpha=0.001$ 水平下,相关系数临界值 $r_\alpha=0.60$, $r>r_\alpha$,相关性十分良好. 由此说明,用当地的相对高度可大体代表当地的地貌综合评价价值.

2.1.2.3 地质指标

其是衡量泥石流活动的现实物质条件或潜在物质条件(如松散碎屑物质的多少、粗细和渗透性能)的一个重要指标. 地质指标也相当复杂,它涉及到的因素值有:地层风化系数、断层长度和地震烈度等. 欲想在大范围内准确获得地质指标,同样亦很困难,且无必要. 对前述 56 个泥石流流域中地质指标的众多因素值也加以因素分析后,求出地质综合评价价值,再用断层长度与地层风化系数的积与之作相关分析. 若仍取 $N=27$ 者,则得 $r=0.70$,在 $\alpha=0.001$ 水平下, $r_\alpha=0.60$, $r>r_\alpha$,相关性良好. 由此说明,用当地的断层长度与地层风化系数的积可近似代表当地的地质综合评价价值.

2.1.2.4 气温指标

它是衡量泥石流活动的现实物质条件或潜在物质条件的一个次重要指标,因为这对岩体风化有作用. 气温指标涉及到的因素值有:年均温、气温年较差、气温极端较差、年均最高温与年均最低温之较差、气温在 0°C 上下变化时间的长短和冻结深度等. 目前能通过气象台站收集到前四项因素值,而后两项因素值仅个别台站才具有. 因此取前四项因素值加以整理后,通过因素分析,求得气温综合评价价值.

2.1.2.5 降水指标

降水为泥石流活动既提供动力,又提供水体,且是暴雨型泥石流的激发因素,因此降

水指标是衡量泥石流活动的一个重要指标。它涉及到的因素值有:年降水量、年降水日数、最大一日降水量、日降水量 $\geq 50\text{mm}$, $\geq 100\text{mm}$, $\geq 150\text{mm}$ 的日数,以及降水变率等。用气象-水文台站的上述这些因素值,通过整理和因素分析,能求出各台站的降水综合评价值。

2.1.2.6 两类自然指标的比较

若资料完整、系统,而又全面掌握者,则用直接自然指标进行泥石流危险度区划,可使分区结果与实际情况接近,区划精度甚高,不过这仅仅是一种愿望而已。

实际上,本区范围大,无人区和经济待发展区甚多,泥石流研究程度和研究水平颇不一致,存在有大量资料空缺区。对此若仅用直接自然指标进行泥石流危险度区划势必会造成一种错觉:掌握资料多的地区,泥石流危险度就较重;掌握资料少的地区,泥石流危险度就较轻或无。可出现与实际状况大相径庭的结果。

为避免本区划出现上述情况,侧重用间接自然指标进行泥石流危险度区划是较理想的。四个间接自然指标(作为泥石流发生发展的环境条件)各自经因素分析,得到各自的综合评价值,加之作过相关分析,结果具有代表性,相对稳定可靠,顾及全面。目前这不失为泥石流危险度区划的一种有效途径。诚然用间接自然指标进行泥石流危险度区划所需数据要多,处理数据不易,工作量亦大。这是个值得重视的问题。

2.2 泥石流危险度区划的经济指标

这即经济发展水平或经济发展程度指标。它既能衡量泥石流可能给当地造成的经济损失,又能衡量当地有无经济实力对泥石流采取防治措施。经济指标涉及到的因素值有:社会生产总值、人口、土地面积、人均收入、铁路长度、公路长度等。通过分析、整理后得:统计单元(以县为单位)内单位面积上的社会生产总值,工业产值与社会生产总值之比,人均收入值,交通发展程度系数等。对此进行因素分析后,求出统计单元内的经济发展程度综合评价值,其即为泥石流危险度区划的经济发展程度综合评价值。

有了上述原则和指标后,便可进行泥石流危险度区划。

参 考 文 献

- [1] 钟敦伦,谢洪,程尊兰等主编. 低山丘陵区(岷岩满族自治县)山地灾害综合防治研究. 成都:四川科学技术出版社,1993. 93—96.
- [2] 唐邦兴,柳素清,刘世建主编. 1:600 万中国泥石流分布及其灾害危险区划图. 成都:成都地图出版社,1991.
- [3] 林柄耀. 计量地理学概论. 北京:高等教育出版社,1985. 79—102.
- [4] 陈善本,徐国祥. 因素分析的理论和方法. 北京:中国统计出版社,1990. 263—276.

PRINCIPLES AND INDEXES OF THE REGIONALIZATION OF DEBRIS FLOW DANGER DEGREE IN THE UPPER REACHES OF CHANGJIANG RIVER

Zhong Dunlun Wei Fangqiang Xie Hong

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*

& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041)

Abstract

The regionalization belongs to a type division. The principles of the regionalization are as follows:

1. The principle of relative identity: the relative identities on the forming environmental conditions of debris flow (landform, geology, temperature and precipitation) and the level of regional economic development.

2. The principle of combining quantitative with qualitative indexes.

3. The principle of dominant factors.

4. The principle of comprehensive analysis.

The indexes of the division include natural and economic indexes. The natural indexes consist of direct and indirect indexes. The indirect indexes which include landform, geology, temperature and precipitation are adopted in the division because of the unbalanced regional debris flow study and the districts with shortage data or without any data.

Based on factors analysis and relative analysis on the most factors of every index, the values of comprehensive evaluation of natural indexes (such as relative height, length of fault, temperature difference and short-duration intensity) are obtained, so as to obtain the division indexes of regional economic level. As a result, the regionalization of debris flow danger degree may be worked out.

Key words upper reaches of Changjiang River, debris flow danger degree, regionalization, principle, index