

地震地质灾害空间预警评估 定量化方法研究初探

叶建辉 谢志招 庄进耀

(厦门地震勘测研究中心)

摘 要

建立“发育度”、“潜势度”、“危险度”、“危害度”等概念来描述地震地质灾害各影响因子、要素及可能的灾害危害程度,进而建立构成地震地质灾害层次分析的概念体系及地震地质灾害空间预警评估模型,将定性评估转化为定量评估进行初步研究。

主题词:地震地质灾害 预警评估 定量化 研究

由于活断层突然快速错动所导致的直下型地震能造成巨大的城市地震灾害,且随地震灾害而来发生的地质灾害主要有场地地震砂土液化、软土震陷和靠近山边及断层地段的一些滑坡、崩塌、地裂等,在此合并称为地震地质灾害,这些灾害的发生主要取决于活断层分布、地质构造、地形、地貌、岩土性质、水文地质条件等因素,在城市活断层调查及地震危险性分析过程中,对以上灾害的分析评估大多均表征为定性分析评估,而定性评估成果的应用显然具有很大的局限性,也给城市的规划建设带来了诸多的不确定性,基于地震地质灾害定性分析评估的局限性及不足,本文提出了对城市地震地质灾害的空间预警评估进行定量化计算评价的思路。

一、评估目标框架体系及技术理论基础

确定评估工作区的范围及以网格或行政区划分评估单元,综合收集、分析、利用地震活断层调查资料成果、地震地质灾害调查资料、现有各地震监测手段之长期观测分析资料成果,选取确定工作区地震地质灾害的各项评估因子、影响要素,建立地震地质灾害综合预警分析系统及评估模型,见图 1,计算各评价因子、影响因素对地震地质灾害总目标的影响程度,以地震地质灾害综合指数来定量评估工作区的地震地质灾害危害程度,求出各评价因子、影响因素对工作区地震地质灾害贡献权重,建立地震地质灾害综合指数计算的数学模型,计算出各评估因子的地震地质灾害指数和评估单元的地震地质灾害综合指数,完成地震地质灾害从定性评估到定量评估的转化,为城市规划建设提供更准确的可循之据及提供地震地质灾害空间预警的定量评估成果。

1. 研究框架体系

建立“发育度”、“潜势度”、“危险度”、“危害度”等概念来描述工作区的地震地质灾害各影响因子、影响要素及可能的灾害危害程度,进而建立构成工作区地震地质灾害层次分析的理论概念体系,见图 1 - 地震地质灾害空间预警评估层次分析流程图,最终建立地震

灾害空间评估模型。

2. 技术理论基础

根据刘传正的区域地质灾害考察和综合研究实践 ,运用其在《中国国土资源大调查计划地质灾害预警工程项目》(0299212041) (刘传正、李铁锋、程凌鹏等 :“区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法工程体系探讨”)的地质灾害评价技术方法理论结合“层次分析法”来开展地震地质灾害空间预警定量评估工作 ,将传统的地震地质灾害定性评估转化为定量评估 ,提高地震地质灾害评估资料成果的社会化应用程度并推动城市防震减灾工作的进一步开展 ,为城市规划建设的提供更准确的可循之据。

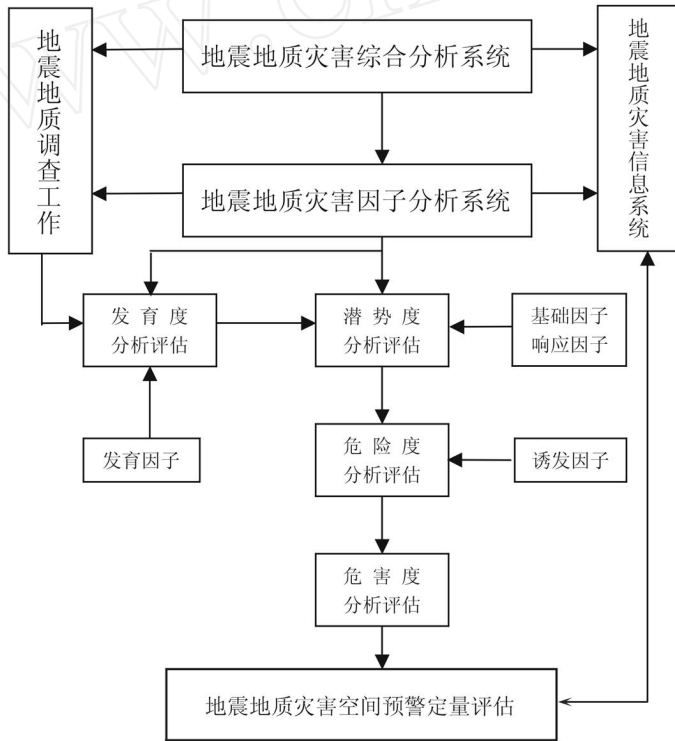


图 1 地震地质灾害空间预警定量评估层次分析流程图

二、关于地震地质灾害定量评估的初步技术构想

长期以来 ,地震监测的各技术手段及成果大多仅应用于地震监测预报方面 ,其长期监测资料成果未能得到充分的利用 ,本文的初步技术构想即结合目前现有的地震监测手段 ,充分利用已有的长期监测资料成果 ,结合前人地震地质工作的资料成果 ,对工作区地震地质灾害各评估因子的“四度”——“发育度”、“潜势度”、“危险度”、“危害度”按行政区划进行分区 (或按网格进行分区) 分析计算评估 ,建立地震地质灾害空间预警评估模型及地震地质灾害综合指数计算的数学模型 ,进行有效的地震地质灾害空间预警评估的定量计算。以下为初步设想的进入地震地质灾害空间定量评估模型着重考虑的评估因子分析系统中的几个组成部分 ,详见图 2 :

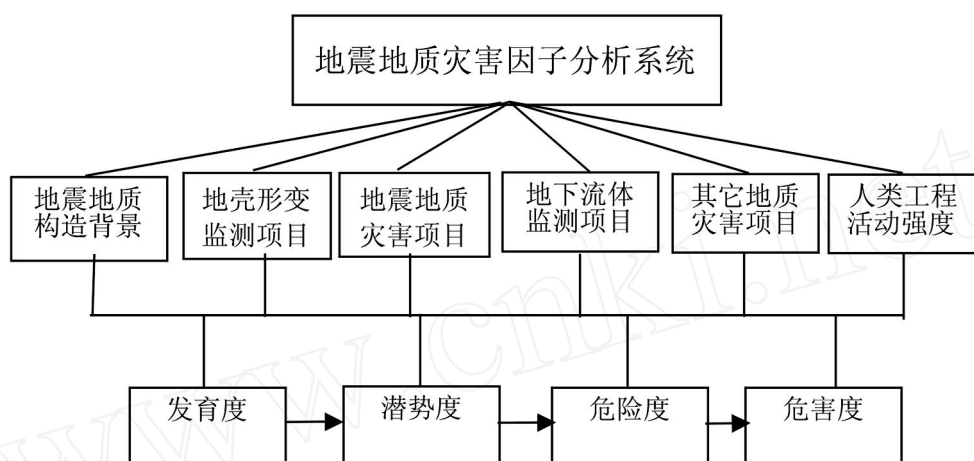


图 2 地震地质灾害因子分析图

1. 地震地质构造背景评估因子

主要从以下 3 个方面选取评估因子：

地震活断层的定性评估成果(对活动断层的活动性给予进一步的分级定量评估)

潜在震源区

地震烈度区划

2. 地壳形变监测评估因子:确定正常背景值及工作区内的实测值与正常背景值的差异情况,进而计算评估区内的异常变化幅度值,对可能的地震地质灾害的趋势变化情况进行定量评估。初步拟确定以下几个评估因子:

重力趋势变化

地磁变化趋势

垂直形变变化趋势

水平形变变化趋势(GPS 观测手段)

3. 地震地质灾害评估项目

评估因子基本从以下各项中选取:

软土震陷

地震砂土液化

地震边坡稳定性及地震活断层位错效应等

4. 地下流体监测评估因子:

选择表征明显的监测项目作为具体的评估因子进行分析评估。

5. 与地震活动相关的其它地质灾害项目:

选取滑坡、不稳定斜坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝等与地震活动相关的表征明显的进入地震地质灾害评估因子系统。

6. 人类工程活动及强度

评估因子将综合考虑以下方面:人口分布及密度、经济发展程度、重大生命线工程、生态环境等方面,并着重考虑按评估因子的易损性因素进行评估。

三、地震地质灾害评估因子的表征数学模型

本文以“发育度”、“潜势度”、“危险度”、“危害度”等“四度”概念来表征工作区的地震地质灾害各评估因子对评估总目标的影响要素、程度及未来可能的灾害危险危害程度。

1. 地震地质灾害的“发育度”

地震地质灾害的“发育度”是指在目前的地质环境及人文环境共同作用下地震地质灾害的发育程度,也即空间发生频率、面积和体积分布几率的综合表现程度,可用函数式来表征: $F = F(f, S, V)$

其中: F 为地震地质灾害的发育度; f 、 S 、 V 分别为灾害的发生频率、面积、体积。

当然,针对不同的地震地质灾害类型可建立不同的数学评估模型,这取决于工作区的比例尺大小、工作精度等等因素,比如针对工作区活断层分布的灾害类型,可建立如下线性数学模型来表征:

$$F = A_i (w f_i \cdot f_i + w L_i \cdot L_i + w H_i \cdot H_i)$$

其中: F 为地震地质灾害的发育度; A_i 为活动性指数; f_i 、 L_i 、 H_i 分别为灾害分布的条数、长度及宽度的相关指数; $w f_i$ 、 $w L_i$ 、 $w H_i$ 分别为其影响修正系数。特别要说明的是活动性指数 A_i 的确定是定性评估定量化的关键,依地震活断层的定性评估成果,对活动断层的活动性给予进一步的分级定量评估,给予活动性指数 A_i 的赋值表征,可采用 1 - 9 的标度方法。

2. 地震地质灾害的“潜势度”

地震地质灾害的“潜势度”是指在天然状态下的地质构造环境孕育地震地质灾害的潜能大小,这是地震监测长期观测资料趋势预测基础,也是地震地质灾害空间预警评估提供基础的指标,可通过建立评估因子与响应因子数学模型来计算出量值指标,从而评估出潜势度值。计算公式可写成:

$$Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_n)$$

式中: $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ ——反映地震地质灾害潜势的因素值。

如建立综合指数模型,则上述数学公式可写成:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n a_i b_j$$

其中: $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$

Q_i 为第 i 个计算单元的潜势度指数, j 为第 j 个评估因子, a_i 为第 j 个因子在第 i 个评估单元的赋值, b_j 则为第 j 个因子的计算权值,权值的计算采用层次分析法 AHP 计算中的方根法,大概可分为下述四个步骤: 建立层次结构模型; 构造判断矩阵,判断矩阵元素的值反映各评估因子对地震地质灾害的影响程度及优劣认识,采用 1 - 9 及其倒数的标度方法,从而构造出评估目标层与各评估因子层的判断矩阵; 层次单排序及其一致性检验; 层次总排序权值计算。通过采用层次分析法 AHP 计算所得出的评估因子的权值,无疑是定性评估科学化转化为定量评估的又一个关键点。

基金项目:中国国土资源大调查计划地质灾害预警工程项目(0299212041) 刘传正,李铁锋,程凌鹏等:“区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法工程体系探讨”。

十五课题:“福州市活断层调查与地震危险性评估地理信息系统”。

十五课题:“厦门市活断层探测与地震危险性评价”。

3. 地震地质灾害的“危险度”

地震地质灾害的“危险度”是指在一定时间内在某种诱发因素作用下发生地震地质灾害的可能性,它是在地震地质灾害的“潜势度”迭加上诱发因子的作用所进行的,灾害指数模型与“潜势度”的数学模型一致。

“危险度”定量评估结果的表征,最关键的在于评估因子的选取设计,本文关于地震地质灾害“危险度”设计的原则着重在于从地震地质角度出发,既充分考虑地震地质灾害发生形成的基本因素(如地震构造、活断层的分布等),又要考虑兼顾诱发伴生的其它地质灾害的外部因素等。根据前人经验成果,可将相关的因子分为三大类:基础因子、响应因子、诱发因子。

4. 地震地质灾害的“危害度”

地震地质灾害的“危害度”概念设计为假定地震后所发生的地震地质灾害对所在区域人类社会的综合危害程度,所表征评估的更着重体现在对生态、环境、人文、社会、财产这几个社会属性上,本文设计评估因子的选取亦同样着重考虑体现与上述几个社会属性相关的因子,另外还从易损性及与地震地质灾害的种类、强度、和空间位置等相关方面着重考虑,此项评估工作的开展成功与否关键在于取得相应社会职能部门配合及本项工作的投入程度。

以上的地震地质灾害评估因子灾害指数数学模型的建立是本文将地震地质灾害定性评估定量化的一个很关键的步骤,在此仅展开了一个初步设计思路,具体到某个评估因子上,有待进一步修正其所建立的数学模型,特别是在因子的赋值及权值的计算上面,均需投入大量的数据采集及模型验证修正工作,在此,谨以本文抛砖引玉,期待得到大家的批评指正及良思益策。

参考文献

- [1]王华东,环境质量评价,天津科技出版社。
- [2]赵焕臣,层次分析法,许树柏等,科学出版社。

Primary study on quantification method of seismic geological disaster space forewarn evaluation

Ye Jianhui Xie Zhizhao Zhuang Jinyao

(Xiamen Research Center of Seismic Exploration)

Abstract

To establish the concepts about “development degree”, “latency degree”, “danger degree” and “harm degree” etc. so as to describe the affect factors and possible harm degree of seismic geological disaster, ulteriorly to set up the level analysis and forewarn system model of seismic geological disaster.

Keywords: Seismic geological disaster, Forewarn evaluation, quantification, research