

中国区域地壳稳定性评价简述

易明初 王连庆 李 晓 乔子江

(中国地质科学院地质力学研究所)

中国区域地壳稳定性评价是在首次编制的 1:5 000 000 中国区域地壳稳定性图基础上综述而成。本文着重稳定性评价方法及稳定性分区。

1. 评价原则及方法

(1) 运用地质力学观点,以活动构造体系为核心、“安全岛”理论为指导思想,现代地壳活动为重点,依据区域地壳稳定性的基本含义,以内动力作用为主,参考地块性状和物理地质作用。

(2) 时间和空间上,分别侧重选用了全新世以来的时限范围和地壳表层的稳定程度。

(3) 在综合各因素的基础上,将活动构造体系或主干构造带,以及它们之间所围限的块状形体,分别划分出不同类型的活动构造带和块状形体(简称“块体”)。

(4) 稳定性类型以四分法为基础,分别划分为稳定区、基本稳定区、次不稳定区和不稳定区。但为了最大限度的有效利用国土资源,进一步扩大建设面积,在次不稳定区和不稳定区中再次筛选出极次不稳定和极不稳定两种危险区,最终达到六级分类区。

(5) 首次采用密集方格网逐级分割评价方法,对方格网的多层次的由大到小的逐级四分分割评价,不仅为工程建设提供了更多的“安全岛”,而且使评价结果更加科学和准确。

(6) 将各层次所需的相应的地质因素指标化和定量化,分别采用模糊综合评判、图像识别和专家系统评价,通过计算机演算输出评价结果,不仅使区域地壳稳定性评价中多种先进方法得以综合应用,而且进一步跨入了评价定量化的又一新阶段。

2. 区域地壳稳定性综合评价

(1) 第一层次模糊综合评判

对中国区域地壳稳定性模糊综合评判网格单元划分,根据图幅比例尺实际情况,按 $100 \times 100 \text{ km}$ 将全国国土进行第一层次 1000 个单元的网格分区。然后对每个单元中所涉及的各评价因素本身及其之间存在关系“亦此亦彼”的模糊性,和最终稳定级别分区“好坏”、“优劣”所存在的中介过渡的不唯一性,引入模糊集概念,即将普通的二值集合 $\{0, 1\}$, 变为在区间上连续分布的模糊集合 $\{0, 1\}$, 就能借助经典数学的计算来定量描述模糊集合。

模糊数学综合评判对地壳稳定性进行定量化数值模拟分析的具体步骤,首先采用心理量表的逐级估量,选择一组具有“正态型”分布特点的数代替隶属函数,它们是 1, 4, 8, 6, 3, 1。再依据地震活动和构造(断裂)活动是制约地壳稳定性的理论,引用层次分析方法解决了权值求解,经计算得到模糊评判权值如下:

权值 = 0.0900 单元性状 + 0.2431 构造活动 + 0.1166 垂直形变 + 0.0566 深部构造 + 0.1512 地震震级 + 0.3048 地震烈度 + 0.0377 地质灾害

其中地震震级加地震烈度加构造活动三项占整个权值数的 69.9%,说明了它们在稳定性评价分析中的重要作用。然后按每个单元四种稳定级别、七项地质因素提取稳定性评价数据,设计全国区域稳定性模糊评价数据库,应用模糊数学“加权平均”数学模型,并最终完成第一层次的综合评价研究。如果将稳定、基本稳定、次不稳定和不稳定四种类型分别用不同颜色表示,在全国可划分出 14个稳定区、4个基本稳定区、17个次不稳定区和 13个不稳定区。其中稳定区和基本稳定区块体大、面积广,成为我国建设的极好场地。

(2)第二层次图像识别

如果说第一层次是选择“安全岛”的话,第二层次是筛选“危险区”更为恰当。因为它是在第一层次中出现的次不稳定和不稳定两区内再次细划分为 50×50km 的研究单元,并进行地壳稳定程度相对“优”“劣”的综合评价。评价办法是:首先对模糊评判得到的 175个次不稳定单元和 29个不稳定单元再一分为四,再次得到 700个和 116个更小单元,然后对此分别选择 10种地质因素,建立图像识别的判别模型,实现对第一层次评价得出的次不稳定区和不稳定区稳定程度的相对“优”和“劣”,即次不稳定、极次不稳定、不稳定和极不稳定的评价,在图中分别以颜色的深浅来表示。

其中对次不稳定区和极次不稳定区的识别,共选取 8个已知稳定程度相对好一些地区和 8个已知稳定程度相对差一些地区,构成 8对学习样本,作为建立次不稳定区和极次不稳定区判别模型的依据。然后将 8对学习样本输入图像识别“分类器”,经过 11个因素(含伪向量)的 24次迭代计算,建立中国区域地壳稳定性评价次不稳定区和极次不稳定区图像识别的判别模型。其函数型式为:

$$F(x) = x_1 + x_2 - 6x_3 - 5x_4 + 5x_5 + 5x_6 + 9x_7 - 4x_8 - 11x_9 + x_{10} + 2 \dots (1)$$

同样道理,不稳定区和极不稳定区图像识别学习样本,经过 4次迭代计算,建立了中国区域地壳稳定性不稳定区和极不稳定区图像识别的判别模型,其函数型式为:

$$F(x) = -x_1 - x_2 - 2x_3 - 2x_4 + x_7 - 2x_8 - 2x_9 + x_{10} + 1 \dots (2)$$

通过上述两个判别模型图像识别研究,分别划分出了次不稳定、极次不稳定、不稳定和极不稳定等四类地区,其分区性和分段性极为明显。总之,通过第二层次评价研究,共识别出 430个次不稳定单元,即相对好的地区——“安全岛”; 270个极次不稳定单元,即相对差一些的地区;以及 40个不稳定单元和 76个极不稳定单元。以上两个层次分析评价结果表明,相对稳定范围不断扩大,相对危险区逐步缩小,它们分别占全国总面积的 80%和 20%,从而,为国土的有效利用和重大工程建设提供了较为准确可靠的场所。

(3)第三层次“专家系统”及“异常点”评价

该层次专为在 1:5 000 000 中国区域地壳稳定性图的小比例尺中而不能满足某些“重大工程区”和某些较为特殊或突出的“异常点”而设定的。从而使稳定性评价的精确性和实用性远远超出该比例尺的要求或精度。

如果以中国中部的 SN 向构造带为界,西部集中了 80% 以上的次不稳定区和不稳定区,主要受 NW—NNW 向活动构造带和 SN 向活动构造带的控制,又与 ≥IX 度和 VIII 度地震烈度区有密切关系。中国东部除台湾以外,几乎集中了绝大部分的稳定区和基本稳定区,尤以鄂尔多斯和四川两大块体最为稳定。