

工程地质 编图

云南区域稳定性图件的 编制方法与评价

梁明川 (云南省地矿局水文地质工程地质公司)

云南省区域稳定性评价的总结和体会。

提 要

关于区域稳定性的研究,以往多是从定性方法出发进行稳定性等级划分和分区。我们在云南省工程地质编图中,试图将数量化理论引入这一领域,具体讲就是特征分析方法。特征分析是数量化理论中的一个统计模型,它将控制单元从多方面得到的信息集成,建立控制区数学模型,求算预测单元与模型区的联系度,使每个单元的信息都有一个量的表示,进行分类划区,其运算过程可以借助电子计算机完成。区域稳定性评价是研究地质变量在空间上的变化规律与特征的,特征分析方法对它有很大的适应性。本文就是用该方法进行

一、地质概况

云南省面积39.4万平方公里,高原山地地形为主。地质条件比较复杂,自前寒武系至第四系均有出露,地层层序基本完整。变质岩系分布面积较大,构成若干巨大变质岩带。岩浆活动强烈,岩石类别多样。地质构造依地质力学观点,分层经向、纬向、山字型、歹字型、旋卷、华夏系及新华夏构造体系。其中经向和歹字型为两种主要构造体系,对全省地质历

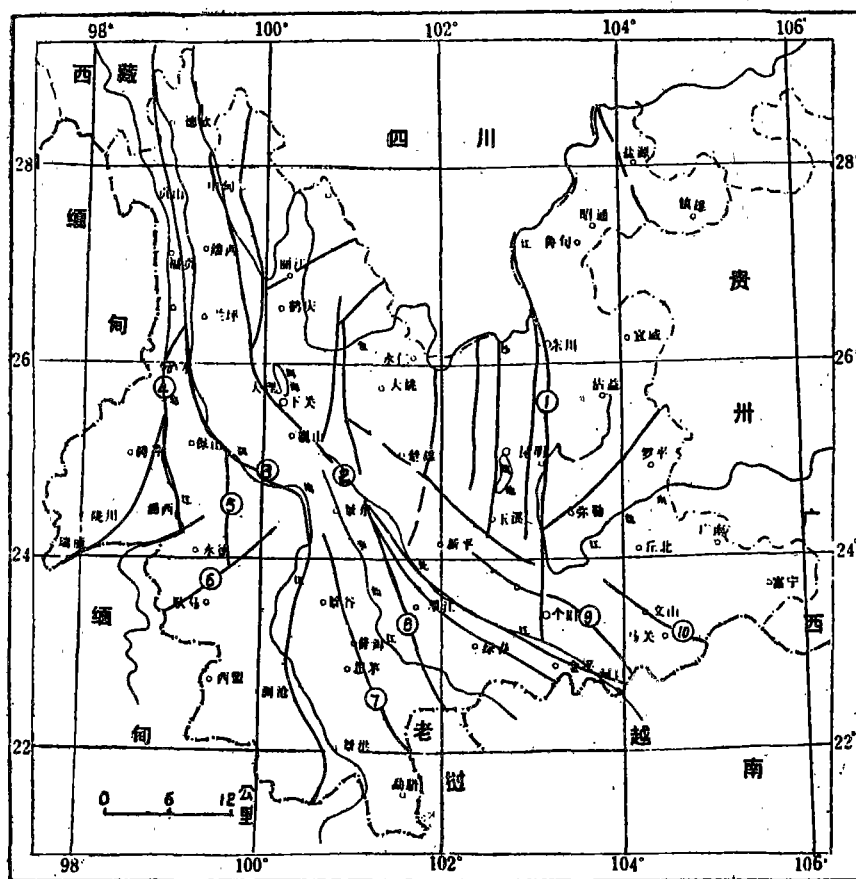


图 1 云南省主要活动性断裂分布图

①久山断裂②金沙江—红河断裂③澜沧江断裂④怒江断裂⑤柯街断裂⑥南江河断裂⑦无量山断裂⑧阿墨江断裂⑨石屏—屏边断裂⑩文山—麻栗坡断裂

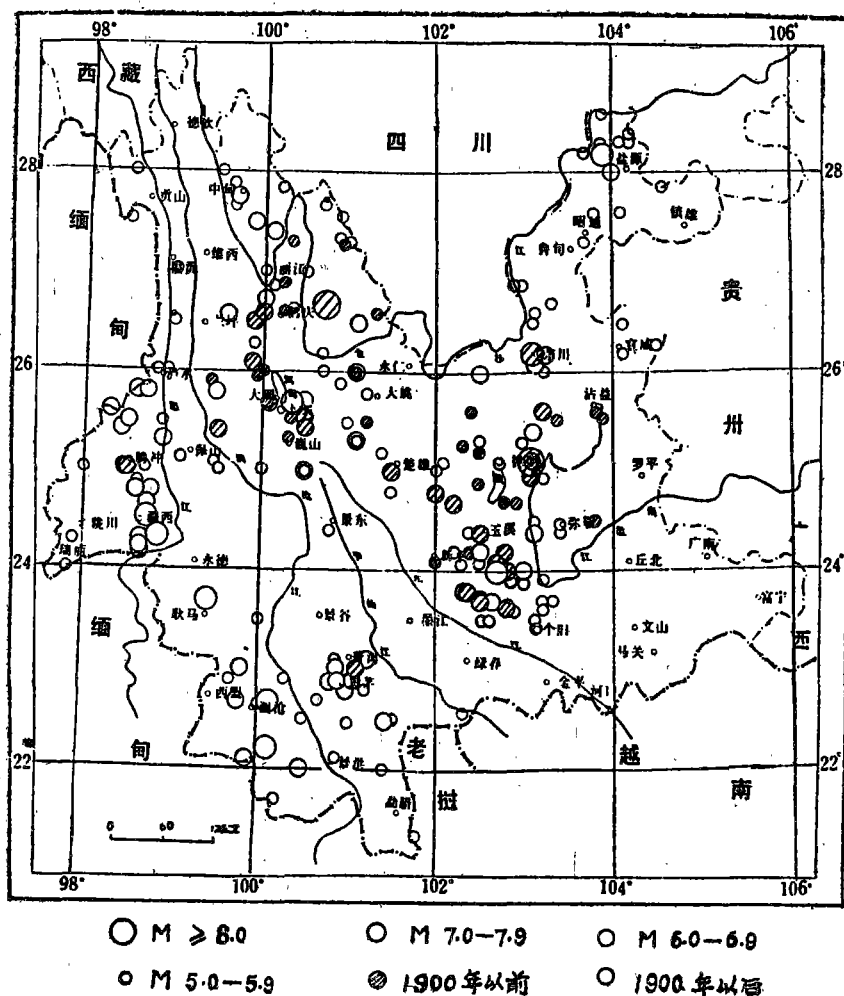


图 2 云南省地震震中分布图

史发展有深刻的影响。

省内断裂构造发育,组成密集的网络构造系统。数十条区域性断裂纵横分布,延伸达百公里以上,将云南地壳分割成一个个的断块。它们中的相当部分具深大断裂性质,形成历史久远,并有多期活动特点。在现代地壳应力驱使下继承性活动,属于主要的活动性断裂,极大的制约着区域地壳的稳定性(图1)。

云南地处环太平洋地震带和地中海—喜马拉雅地震带的过渡区域,是我国地震较多的省分之一。自公元886年起算,至今一千多年间,发生5级和5级以上地震311次,最大震级8级(图2)。这些地震的绝大多数发生在东经104°以西区域,几乎所有的强震都是沿着主要的活动性断裂发育,震中位置往往落在两种或两种以上活动断裂的复合部位上。宏观全省,地震分布明显分为大关—永善、小江、通海、中甸—大

理、腾冲—龙陵、澜沧和思茅等地震带。省内地震皆属浅源地震,绝大多数又为构造成因,仅腾冲一地有火山地震发生。近年地震活动仍较频繁。据地震地质环境和地震历史的综合分析,寻甸、巧家、建水、中甸、弥渡、洱源、腾冲、瑞丽、澜沧、勐海、普洱等地为未来可能产生强震或大震的危险地区。

众所周知,挽近年代云南总体上是以巨大的不等量掀升为特征的。在隆升过程中,各地区的运动方式和活动程度表现迥异:滇西怒江断裂和金沙江—红河断裂其间区域,以及滇东北金沙江岸边以带状隆升为主;滇西北隆起幅度最大,形成高耸的地势;滇中永仁—大姚、滇东南邵北一带表现为稳定的穹状抬升,中心山岭高高崛起,周边水流四散分流,呈放射状或环状;滇东及滇西丽江—大理以断块升降显重要,断块差异运动,造成众多的山间盆地和相间排列的山

岭;高黎贡山以西的腾冲地区。近代火山活动,地震频频,温泉分布极为普遍,新构造活动尤为强烈。

二.分析方法与步骤

区域稳定性的特征分析方法与步骤如下:

1. 单元及单元划分

区域地壳稳定性随空间变化,换言之,地质变量的信息集成是一定地质环境条件决定的。为达到分区评价的目的,需将全省分为许多单位区域,即单元。单元相当于统计样本。本次以1:10万图幅作为单元,全省共有207个单元(省内面积不及二分之一图幅者未计入),并统一进行编号。

同时,选取东川(0912*)、通海(1511)、大理(1006)、腾冲(1202)、普洱(1808)、龙陵(1403)、昆明(1211)、曲靖(1113)、开远(1612)、易门(1310)、保山(1204)、兰坪(0804)、镇雄(0515)、文山(1714)、大白草岭(0908)、凤庆(1405)、邱北(1514)、绿春(1810)等18个单元作为控制单元。这些单元的研究程度相对较高,地质条件比较清楚,包含有不稳定、中等稳定、稳定等三种区域地壳稳定性类型;无论空间分布或者地质条件均有一定的代表意义。其余单元视为预测单元。

2. 变量的设计与表示

变量是指制约现代地壳运活的因素或标志,诸如构造活动、火山活动、地震活动,以及区域物理地质作用等。显然变量是很多的。要建立有效的统计模型,确定的变量必须是最能刻画模型特征的。然而,事先并不可能确切地知道哪些变量与地壳稳定性有密切的关系。因此,我们最初设计的变量带有主观经验的色彩。于是,在选定变量时需要健全的地质判断。同样,控制单元选择问题上也需要健全的地质判断。这说明区域地质环境条件的认识是特征分析的重要基础。

变量和论证问题联系的紧密程度是由变量的权数来表示的,变量权大,则贡献大。在云南稳定性分析中,数学运算靠电子计算机完成。因之,有条件在统计模型最后确立之前,对变量(乃至单元)作重新选择,剔除那些作用微小的变量,使模型更接近于客观实际。开初,我们选择的变量有19个,经过试算,最终决定为15个。这些变量是:有否深大断裂通过(含隐伏), x_1 ;断层密度是否大于15公里/100平方公里(以1:50万出版地质图标露的为准), x_2 ;是否重力梯度带, x_3 ;区域构造线与主压应力方向夹角是否小于45°, x_4 ;有否两种以上岩类出露, x_5 ;区域断裂有否活动性, x_6 ;有否第四纪断层或褶皱, x_7 ;有否新

生代断陷盆地, x_8 ;第四系厚度是否大于100米, x_9 ;有否近代火山, x_{10} ;有否温泉, x_{11} ;有否破坏性地震发生, x_{12} ;有否7级以上地震(或同级地震)危险, x_{13} ;本世纪有否6级地震(或同级地震)危险, x_{14} ;地形高差是否大于千米, x_{15} 。所减去的4个变量属外动力地质现象方面的,它们的权数均小。由此可见,区域地壳稳定性和外动力作用之间的联系不甚密切。

变量的数学表示采用二态制:当变量在单元内处于有利状态时,取值为+1;相反,该变量不是有利位置或性质不确定时,取值为-1。例如,活动性断裂是区域地壳不稳定的有利性因素,倘若单元中有活动性断裂存在,则用+1标码;不存在时,用-1标码。我们不用变量的实际观测数据来表示其在单元的有利性。在地质变量中,常有这样的情况,要给以具体数值是困难的,然而要回答是或非则是较易办得到的。使用二态变量有这样的好处,能容纳足够多的变量——只要它是可以用二态制来表示的。

3. 特征分析模型的建立

在控制单元及其变量确立之后,列出它们的数据矩阵及乘积矩阵,求出变量权和单元有利度。

求得的变量权数为: $x_1=0.06868$, $x_2=0.07551$, $x_3=0.06468$, $x_4=0.06076$, $x_5=0.06340$, $x_6=0.07523$, $x_7=0.06986$, $x_8=0.07141$, $x_9=0.06737$, $x_{10}=0.05846$, $x_{11}=0.07179$, $x_{12}=0.07339$, $x_{13}=0.05752$, $x_{14}=0.06510$, $x_{15}=0.05656$ 。

单元的有利度为:0912(编号)-0.88386, 1511-0.76993, 1006-0.85640, 1202-0.77182, 1808-0.64501, 1403-0.88687, 1211-0.38951, 1113-0.26579, 1612-0.24978, 1310-0.02241, 1204-0.052467, 0804-0.022808, 0515-0.076006, 1714-0.02638, 0908-0.76534, 1405-0.32768, 1514-0.44928, 1808-0.19925。

上列变量权和单元有利度两组数据,即构成控制单元的统计模型。

尚需说明的是,特征分析的数学方法较多,此次采用平方和法、乘积矩阵法、概率矩阵主分量法。三种方法计算结果接近,仅是个别单元排序上前后跳跃,或变量权数上的微细差别。

4. 预测单元与模型区域的比较

至此,我们的目标转为统计模型的应用,即预测单元与模型区域的比较。逐个的计算单元与模型的联系度(同有利度),方法是分别将变量的二态取值乘

* 图幅编号,下同。

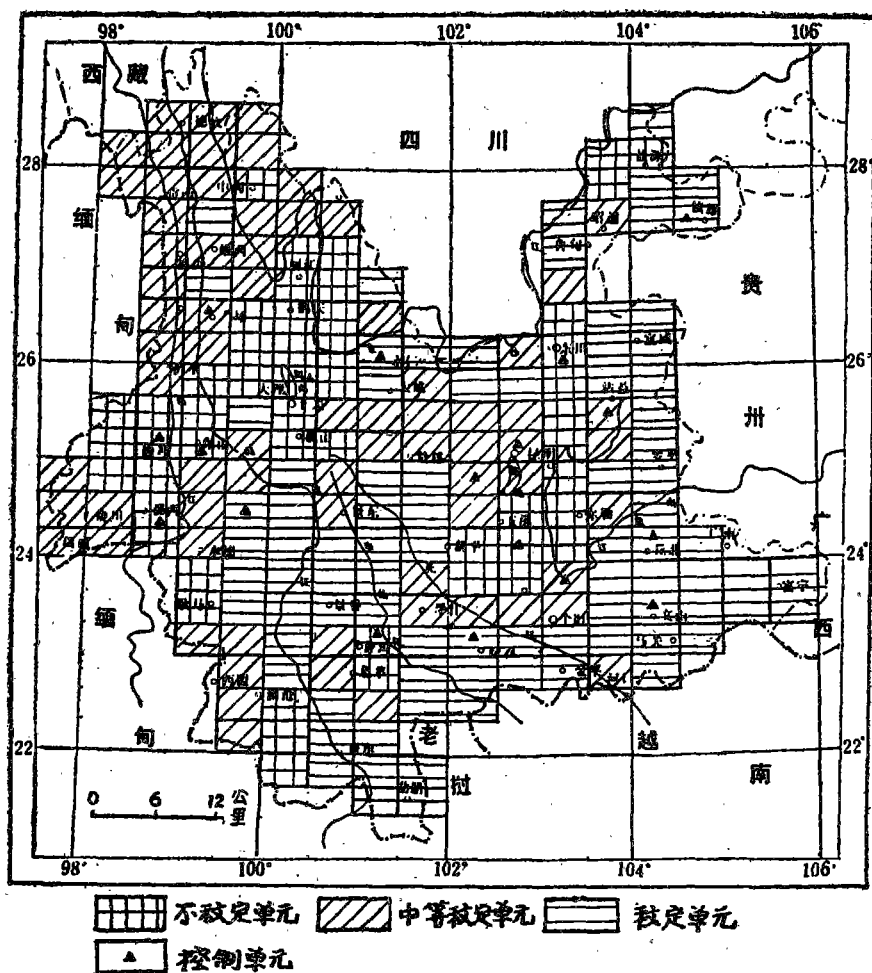


图 3 单元区域地壳稳定性类别图

以对应的变量权数，尔后相加得出。

有利度得分愈高，区域稳定性愈差。我们把所有单元按有利度从大至小排队。这个排队已揭示出了区域地壳不稳定、中等稳定、稳定三种类别的顺序。此后，拟出三种类别的分级界限值，并给定每单元隶属类别。

三、稳定性分区及评价

把单元的地壳稳定性类别按不同符号标注在平面图上。这时，图面上将出现一块块的色斑，具有相同稳定等级的单元自然地吸引结合在一起，区域稳定性分区的大致轮廓显现了出来（图3）。由于受单元矩形边界的影响，稳定性分区的轮廓界线呈不规则的折线状。显然，它是和客观状况有一定的走动。为此，分区界线遵照地质条件作局部调整与修正（图4）。

云南区域稳定性分为12个地区，以属不稳定、中

等稳定、稳定三类。各类地区综合特征如下：

1. 不稳定区

指东川—通海、永善—大关、丽江—大理、腾冲、耿马—澜沧和普洱地区。这些地区断层密度大，深大断裂发育，新构造强烈，区域断裂活动性显著，第四纪构造变形标志突出，部分地区有火山活动，温泉密布，部分为高温温泉，地震强度大、频度高，震中密集，近百年6级以上地震屡有产生，烈度VIII—X度，局部VII度，含地震危险区。地形复杂，山体稳定性差，边坡位移变形时有发生。

2. 中等稳定区

包括楚雄—昆明、德钦—保山地区。大断裂或深断裂两地均有发育，新构造较强，隆起伴有断块运动，沿断裂出露较多中、低温温泉，盆地堆积较厚，并有构造变形现象发生，地震活动性中等，5至6级地震星散分布，烈度VII度，局部VI度或VIII度。地形起伏

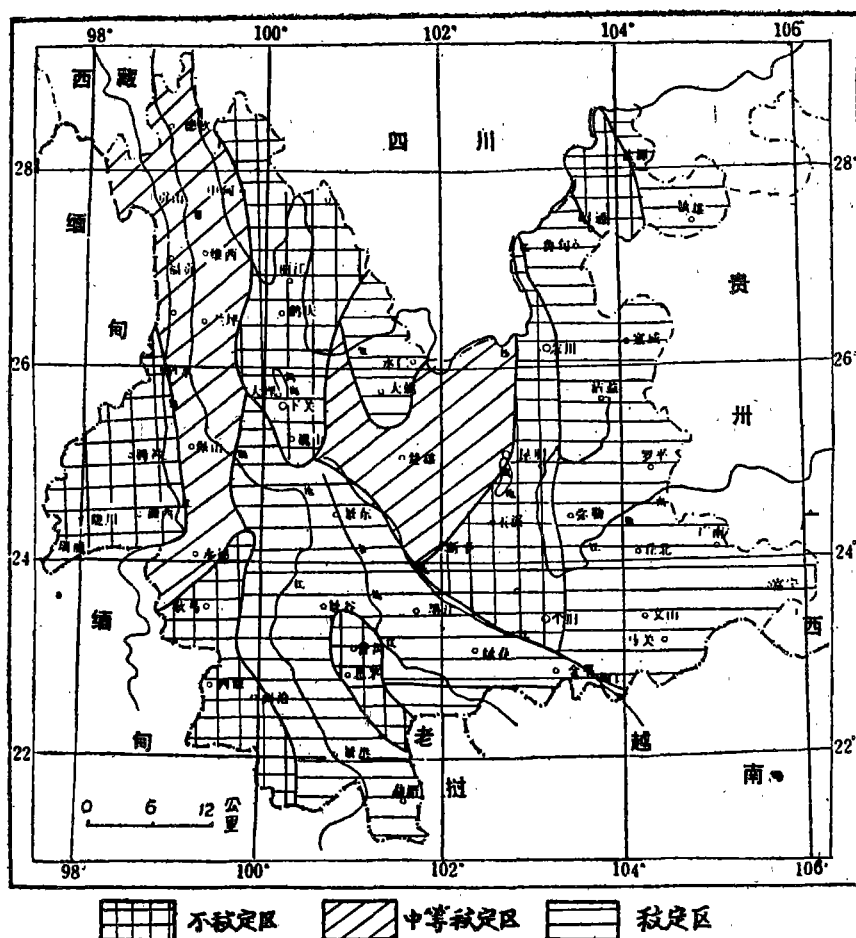


图 4 云南省区域稳定性分区图

较大，部分山体不稳定。

3. 稳定区

含镇雄、永仁一大姚、鲁甸—沾益—文山、哀牢山和无量山地区。稳定区深大断裂少有发育，或活动性特征不明显；新构造运动表现微弱，以稳定隆起为主要特征，局部断块差异运动；温泉稀疏，温度较低；第四纪堆积不发育；地震弱小，破坏性地震极少，基本烈度小于或等于Ⅵ度。地形变化较小，山体基本稳定。

四、结 束 语

区域稳定性的特征分析方法，变量的二态制表示极大地方便了地质信息的参加，它能够容纳相当多的变量。依赖电算进行数学运算，增大了变量选择的余地。再者，模型区可是评价区的一部分，也允许从另外的地方选取，还可以是虚拟的区域，具有很大的自主权。更重要的是，预测单元和模型区是通过有利

度相联系的，给分析提供了可信的量的指标。据此认为，特征分析方法应用于区域稳定性评价是行得通的，是很有价值的一个工具。

利用数学方法进行区域稳定性分析，不能简单地以数学代替地质，而且要把地质条件的分析和认识贯穿于统计预测的全过程中。建立统计模型的成败关键在很大程度上依赖于使用者的地质判断。本次工作过程中，得到姚六三总工程师的支持，乔涛同志协助完成了电算工作，在此一并致谢！

参考文献

- 〔1〕 胡海涛、易明初，1983，青藏铁路线（格尔木—那曲）的区域稳定性，全国首届工程地质学术会议论文选集。
- 〔2〕 许兵、李兴唐等，1984，苏南核电站区域地壳稳定性评价，水文地质工程地质 第6期。
- 〔3〕 夏世位、腾德贞，1979，应用图象识别方法预测云南地区大地震危险区，地震研究 第4期。