

研究报告

中国板内浅源地震与板缘地震的相关分析

传统大地构造学侧重于大陆的研究,忽视了海洋,而板块构造学则立足于海洋,对于大陆内部的板块划分讨论极少。对于大陆板块的逐级划分,早在板块学说问世之前就开始了,只不过当时采用的名称(如断块、块体、地块等)不同,没有与海底扩张理论联系起来。

关于陆壳二级板块的划分原则,前人已有过许多类似的论述。综合这些意见并加以必要的补充可作如下说明:板块边界,可根据地球物理场和大型地表构造形迹的综合分析来确定。其中最主要的标志是地震活动。因为陆壳内部由于板块相对运动而产生地震,因此地震本身就是划分大陆板块的重要依据。用足够多的七级和七级以上的地震震中排列方向、最内圈等震线的长轴方向和震源力学解,就可以大致划分陆壳二级板块的边界。

依据上述原则,可将中国陆壳划分为六个二级板块:东北二级板块、华北二级板块、华南二级板块、天山—阿尔泰二级板块、塔里木—阿拉善二级板块和青藏二级板块(图1)。

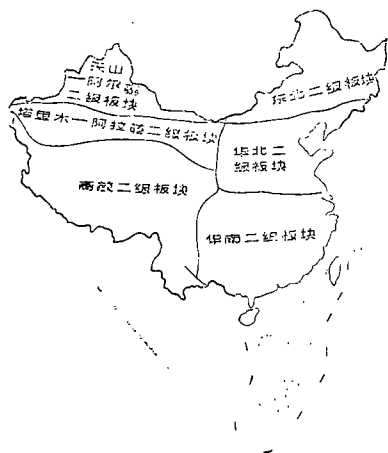


图1 中国境内二级板块示意图

和喜马拉雅地震带毗邻。那么,中国板内地震与其毗邻的板缘地震究竟有无关系?这种关系的密切程度又如何?为了回答这些问题,我们将中国板内地震作为因变量,将与其毗邻的板缘地震作为自变量,进行逐步回归分析。

板缘地震具有明显的带状分布,而板内地震的分布却要复杂得多,显得十分散乱。然而板内地震的分布并非杂乱无章,只不过它的分布特征、活动规律不同于板缘地震罢了。

为了研究中国板内地震的分布特征我们根据有史以来的7级以上地震资料,编制了一幅中国板内地震能量等值线图。由图看出,板内7级以上地震皆集中分布在华北二级板块,青藏二级板块和天山—阿尔泰二级板块之内。

众所周知,中国地处印度板块与太平洋板块、菲律宾板块之间,与西太平洋地震带

逐步回归分析是对自变量进行“筛选”的一种有效的数学方法。通过检验,可以自动地把对因变量有显著影响的自变量挑选出来,把对因变量影响不显著的自变量剔除掉,最后选择那些最重要的自变量建立回归方程。

历史地震资料引自国家地震局编制的《中国强震简目》、《全球七级以上地震目录》和国家地震局业务组编制的《世界大地震($M \geq 7$)简目》。时间从1904年—1977年。对于描述地震活动的数值指标,有的采用地震频度,有的采用最大震级^[2],有的采用概年值1和0来表示某区地震有和无^[8]。文献[4]认为,6级以上的地震频度不能说明地震活动性,以地震的累积能量来说明则更为确切。本文用地震累积能量作为描述某区地震活动的数值指标。为了使取样区具有明显的物理意义,我们从大地构造的角度,将西太平洋地震带划为千岛岛弧—海沟系、日本岛弧—海沟系、琉球岛弧—海沟系、台湾岛弧—海沟系和菲律宾岛弧—海沟系。将喜马拉雅地震带划为兴都库什—喜马拉雅弧形碰撞带和缅甸—苏门答腊岛弧—海沟系。其大致范围如图2所示。然后进行逐步回归计算,建立回归方程。

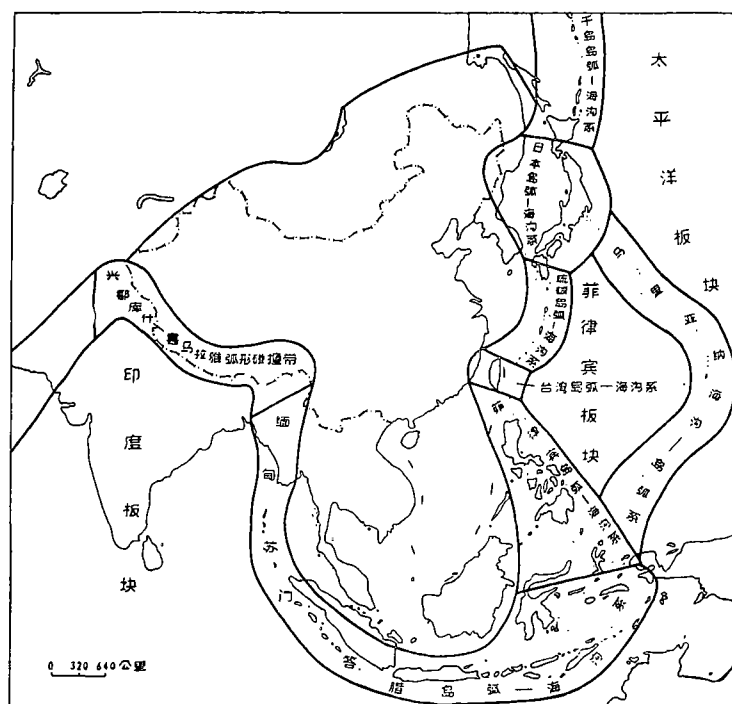


图2 中国板内地震与板缘地震取样区示意图

设有 M 个自变量, N 组数据, 则 X_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, N$) 表示第 i 个自变量取样区中第 j 年全部 7 级以上地震的能量之和 (单位: 10^{22} 尔格), Y_j ($j = 1, 2, \dots, N$) 表示第 j 年中国板内 (或有关中国板内地震活动区) 7 级以上地震能量之和 (单位: 10^{22} 尔格)。

根据 $X_1, X_2, \dots, X_m, Y$ 的 N 组数据: $(X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{km}, Y_k)$ $k = 1, 2, \dots, N$, 在一定置信度下, 进行逐步回归计算, 建立回归方程:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_e X_e$$

为了从不同角度探讨板内地震与板缘地震的相互关系,特拟不同方案进行逐步回归计算。

1. 关于中国板内地震和板缘地震的逐步回归计算

使自变量 X_1 表示千岛岛弧—海沟系的地震能量; X_2 表示日本岛弧—海沟系的地震能量; X_3 表示琉球岛弧—海沟系的地震能量; X_4 表示台湾岛弧—海沟系的地震能量; X_5 表示菲律宾岛弧—海沟系的地震能量; X_6 表示兴都库什—喜马拉雅弧形碰撞带的地震能量; X_7 表示缅甸—苏门答腊岛弧—海沟系的地震能量。 Y 表示中国板内地震能量。

应用上述方法,对74个样本数、7个自变量进行逐步回归,通过X—1电子计算机运算,在 $F=1.5$ 时,得到结果如下:

回归方程为:

$$\hat{Y} = 14.82 + 2.18X_3 + 0.76X_4 - 0.45X_7$$

复相关系数 $R = 0.55$; 剩余标准差 $SY = 57.69$; 回归平方和 $U = 99065$; 残差平方和 $Q = 233034$

在上述7个取样区中,千岛、日本、菲律宾、兴都库什—喜马拉雅等区没有通过F检验,说明中国板内地震和这些地区的地震相关不大。

在所选中的3个取样区中,琉球岛弧—海沟系、台湾岛弧—海沟系与中国板内地震呈正相关,说明这两个岛弧—海沟系与中国板内地震有呼应关系。缅甸—苏门答腊岛弧—海沟系与中国板内地震呈负相关,说明它们之间的地震活动存在着互相消长的关系,就是说只要该区发生一个地震,中国板内地震的危险性反而会减少。

2. 中国西部板内地震与板缘地震的回归计算

使自变量 X_1 表示千岛岛弧—海沟系的地震能量; X_2 表示日本岛弧—海沟系的地震能量; X_3 表示琉球岛弧—海沟系的地震能量; X_4 表示台湾岛弧—海沟系的地震能量; X_5 表示菲律宾岛弧—海沟系的地震能量; X_6 表示马里亚纳岛弧—海沟系的地震能量; X_7 表示兴都库什—喜马拉雅岛弧碰撞带的地震能量; X_8 表示缅甸—苏门答腊岛弧—海沟系的地震能量。 Y 表示中国西部板内地震能量。

通过对74个样本数,8个自变量进行逐步回归,通过X—1电子计算机运算,在 $F=1.5$ 时得到结果如下:

回归方程为:

$$\hat{Y} = 3.59 + 1.69X_3 + 0.93X_4 - 0.28X_8$$

复相关系数 $R = 0.55$; 剩余标准差 $SY = 46.23$; 回归平方和 $U = 63737$; 残差平方和 $Q = 149643$

在上述8个取样区中,千岛、日本、菲律宾、马里亚纳、兴都库什—喜马拉雅等区都没有通过F检验,说明中国西部板内地震与这些地区的地震相关不大。

3. 华北地震活动区地震与板缘地震的逐步回归计算

使自变量 X_1 表示千岛岛弧—海沟系的地震能量; X_2 表示日本岛弧—海沟系的地震能量; X_3 表示琉球岛弧—海沟系的地震能量; X_4 表示台湾岛弧—海沟系的地震能量; X_5 表示菲律宾岛弧—海沟系的地震能量; X_6 表示兴都库什—喜马拉雅弧形碰撞带的地震能量; X_7 表示缅甸—苏门答腊岛弧—海沟系的地震能量。 Y 表示华北地震活动区的地震能量。

应用上述方法,对74个样本,7个自变量进行逐步回归,通过X—1电子计算机运算,在 $F=1.5$ 时得到结果如下:

回归方程为: $Y=0.42+0.02X_6$ 。

复相关系数 $R=0.2$; 剩余标准差 $SY=4.34$; 回归平方和 $U=5064$; 残差平方和 $Q=135507$ 。

在上述7个取样区中,除菲律宾岛弧—海沟系外,全部没有通过 F 检验,而复相关系数 R 很小。这些都说明华北地震活动区的地震活动与板缘地震相关不大,造成这种结果的原因,可能是由于华北地震活动区1904年以后的大地震太少,故影响统计效果。

对于中国内陆浅源地震的成因,不同大地构造学派有着不同的见解。本文试图从板块学说的观点来探讨中国板内地震的成因,用板块运动来解释中国板内地震的分布特征及其与板缘地震的相关性。

中国西部山脉的规则分布、广泛的压缩形变和主压应力轴近水平的、大致垂直山脉走向的震源机制解都一致表明中国西部的地壳形变和板内地震与印度板块向北推移有着密切的内在联系。由于印度板块碰撞挤压,青藏二级板块褶皱、变形,在其地壳物质向北运移过程中,受到坚硬、稳定的塔里木—阿拉善二级板块的阻挡,于是地壳物质只好向东、西两侧蠕动,由于欧亚大陆的岩石圈比东部太平洋壳更能阻抗这种蠕动^[5],因此迫使青藏二级板块东移,形成对东部地区的巨大压力,同时在其北部边界上留下了许多左旋滑移的痕迹。当这种派生的侧向压力遇到稳定的鄂尔多斯三级板块时,又产生强大的阻力,造成应力集中,孕育了1739年平罗8级地震、1920年海原8½级地震和1927年古浪8级地震。当这种侧向压力作用于华南二级板块时,则使其整体东移。由于太平洋板块和菲律宾板块对中国陆壳的俯冲、挤压,中国陆壳的东侧也普遍承受了自东向西的压力,但是这种由洋壳俯冲而派生的水平压应力,远不及由陆壳碰撞而派生的水平压应力大,因此华南二级板块仍旧向东运动,秦岭东西构造带的左旋滑动就是证明。由于菲律宾板块对中国陆壳的俯冲、挤压起着抑制华南二级板块东移的作用,因此一旦琉球、台湾一带发生地震,地应力获得释放,菲律宾板块对华南二级板块的压力降低,于是促使华南断块东移,引起了中国板内地震。这就是中国板内地震与琉球岛弧—海沟系和台湾岛弧—海沟系呈正相关的内在原因。

印度板块向北的挤压作用通过刚性的塔里木—阿拉善二级板块的应力传递,还影响到天山—阿尔泰山地震活动区,同样使这里的塑性地壳褶皱、增厚,并且在北北东向的水平压应力作用下,产生了大量的板内地震。东北二级板块由于仅仅受到来自太平洋板块的侧向水平压力,故其运动趋势是自东向西的。这种运动趋势由阴山东西构造带的左旋滑动亦可证明。华北二级板块尽管也是一个刚性板块,可是它被北北东向构造带切割得支离破碎,故其完整性远不及华南二级板块。由于其南北邻近的两个二级板块相向运动,在这种剪切力偶作用下,华北二级板块被上述北北东向构造分割为若干三级板块。

如果将1904年至1977年间中国板内历史地震统计一下,那么就会发现,与陆壳碰撞有直接关系的中国西部的板内地震能量占整个中国板内地震能量的96%。由此可见印度板块对欧亚板块的碰撞对中国西部构造变动和中国板内地震起着重要的控制作用。至于太平洋板块和菲律宾板块对中国陆壳的俯冲挤压,除了造成吉林深地震并对福建沿海有所影响之外,它对中国板内地震所起的作用主要是通过抑制或促使华南二级板块东移,而对板内地震起到某种延缓(或触发)的作用。

中国板内地震与板缘地震的相关分析结果,从另一角度支持了上述结论。

(中国科学院武汉数学物理研究所 汪文翥 国家地震局地震研究所 余永毓

本文1981年元月21日收到)

参 考 文 献

- [1] 张文佑等, 断块与板块, 中国科学, No. 2, 1978.
- [2] 吴佳翼等, 华北地震同日本地震的相关性, 地球物理学报, Vol. 22, No. 4, 1979.
- [3] 严寿尾等, 概率回归估计法在地震预报中的应用, 地球物理学报, Vol. 20, No. 3, 1977.
- [4] 张之孟, 我国及邻区板内地震与板缘地震的关系, 地震地质, Vol. 1, No. 3, 1979.
- [5] Molnar P. and P. Tapponnier, Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a Continental Collision, Science, 1975.
- [6] 李四光, 中国的构造轮廓及其动力学解释, 区域地质构造分析, 科学出版社, 1974.
- [7] 李四光, 旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题, 地质学报, Vol. 34, No. 4, 1954.

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF CHINA'S INTERPLATE SHALLOW FOCUS EARTHQUAKES AND THEIR CORRELATION ANALYSIS TO INTERPLATE EARTHQUAKES

Wang Wen—zhu

(Wuhan Institute of Mathematical Sciences, Academia Sinica)

Yu Yong—yu

(Institute of Seismology, State Seismological Bureau)