

区域台网地震资料的层析研究在 潜在震源区判定中的应用*

姚政生 王修琼 唐坤玲

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文从地球内部介质的刚度性质出发讨论了震源区介质与周围地区的差异,指出地震波的速度、衰减层析图象对这种差异的反映敏感,并结合一些实例阐明地震层析研究可用于潜在震源区的判定之中。

一、引 言

近年来的一些速度层析研究结果显示出了地震活动与速度图象分布有对应关系。朱介寿等¹⁾在研究阿德郎达—西北魁克地震带时发现,地震多发生在速度较高的脆性岩石区,认为地震发生受岩性控制。很显然,地震震源区介质与周围介质在结构上有一定的差异,如果能用地震层析研究方法找出这种差异,将对潜在震源区的判定以及研究地震孕育过程都有重要的意义。基于这种考虑,本文从地球内部介质的刚度性质出发讨论了震源区及周围地区的介质特性的差异以及地震层析图象对这些特性的敏感性,并结合一些实例对用层析技术研究判定潜在震源区作尝试性的探索。

二、孕震区介质的刚度描述

长期以来,人们习惯地认为,一旦应力达到岩石的强度,岩石便会被裂从而发生地震。实际上,岩体受周围地质体作用时发生形变其状态可能是稳定的,也可能是不稳定的,只有不稳定的形变才能导致地震的发生。因此,研究潜在震源区时,单纯地讨论一个与周围毫无联系的孤立块体显然是不够的,应当研究彼此相互作用的若干地质块体所组成的力学系统。应该指出,这种力学系统是非线性的,否则它不会产生失稳,反映到介质结构上就是描述系统的参量是非均匀分布的。郭增建和秦保燕在总结大量的震例基础上提出了地震孕育的组合模式^[1],把孕震区分为介质完整性好、强度大而且是脆性的积累单元和外围的相对完整性差的调整单元。这种划分在近年来流行的Asperity和Barrier模式中也有类似的反映。上

*地震科学联合基金会资助项目

1) 朱介寿等,阿德郎达克—西魁克地震带三维速度成像

述孕震区介质的这些性质, 概括起来可以用刚度(这里指的是剪切模量)来进行描述, 即孕震区介质是由刚度系数相对大的积累单元和刚度系数相对小的调整单元构成的力学系统。K. Rybicki^[2]在研究断层中含有高刚度系数块体的应力场分布中得出, 刚度系数大的地方更容易产生高应力集中, 并且应力值随着刚度比值增大而升高。由于刚度系数大的块体强度大, 故可积累相当的弹性势能。然而当块体破裂时, 它所积累的能量得以快速地释放, 还依赖于周围介质的刚度系数大小。拉梅和Hudson^[3, 4]分别运用刚度概念分析了单轴压缩机实验系统, 认为系统的稳定性取决于岩石刚度与压机刚度的相对比值, 当岩石的刚度大于压机刚度时才能导致失稳, 因此值越大, 失稳越剧烈。因此, 地震的孕育以及其震级的大小与震源区的体积及震源区与周围介质刚度比有关。Wolfgang和Brustt^[5]利用震源区与周围介质的刚度差异, 成功地模拟出实际地震图的地震波形。

介质的刚度性质对地震波速和衰减都有直接的影响, 根据弹性理论, 地震波传播的速度可写成为

$$V = (G/\rho)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中G为介质有效刚度系数, ρ 为密度。按照这个公式, 如果忽略地球内部某一层位如易震层介质密度分布差异, 则速度正比于有效刚度的平方根。很小的刚度差异在波速中都反映出来。介质的刚度大, 对地震波能量吸收弱。Clayton在进行速度和衰减层析研究中发现, 高速异常与低衰减异常对应很好^[6], Anur^[7]根据大量的实际资料和研究成果总结出利用地震波的速度和衰减可以较好地探测岩石刚度特性。

震源区介质的刚度与周围地区有一定的差异, 这种差异可以用地震波速度、衰减分布显示出来, 因此可以利用区域台网的地震资料, 通过对信息比较丰富的易震层进行速度和衰减层析成象来判定潜在震源区。

三、几个实例分析

(1) 唐山震区速度结构与地震孕育

刘昌铨等^[8]对通过唐山地震区的交叉的柏各庄—正兰旗剖面和沧州—喀左剖面的人工地震测深资料的深入分析, 得出唐山地震区地壳速度剖面(图1—a、b)。图中两条剖面一致显示出唐山地震震源位于一个速度相对较高的块体之中, 这说明刚性较大的块体在地震孕育过程中起着积累单元的作用, 而周围介质刚性差, 形成调整单元, 这个过程也可以从唐山地震前的地震活动空区图象中(图1c)得到佐证。

(2) 门源地区易震层介质结构

门源地区1986年发生了西北地区近几十年来最大的一次地震(6.4级), 其震源深度14公里, 我们将区域地震台网1976年以来的资料分成两个时间段, 从1976年至1985年和1987年至1989年, 采用不分块反演方法对该地区深处进行剪切波速层析成象(下同)。图2a是第一时间段的层析结果, 显示该地区介质速度结构横向不均匀性, 在门源地震震源处的高速结构比较明显。图2b是衰减层析结果, 图中门源地震震源区表现为低衰减异常区。上述结果表明门源地震震源区的介质刚度较大, 与周围介质刚性相对差形成了明显的对照。图2c、d是利用第二时间段反演出的速度、衰减结构, 与前面相比总体轮廓基本一致。

(3) 西海固地区层析结果分析

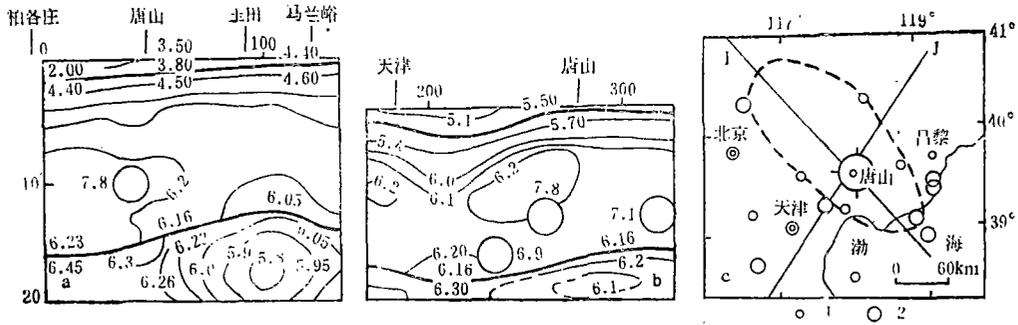


图1 唐山地区地壳速度、剖面 and 地震空区

a. 柏各庄—正兰旗等速度异常剖面图 (图1c中I) b. 沧州—咯左等速度异常剖面图 (图1c中J) c. 唐山地震孕震空区
1. $M=3.5-3.9$ 2. $M=4.0-4.9$

Fig.1 Profile of crustal velocity and seismic gap in Tangshan area

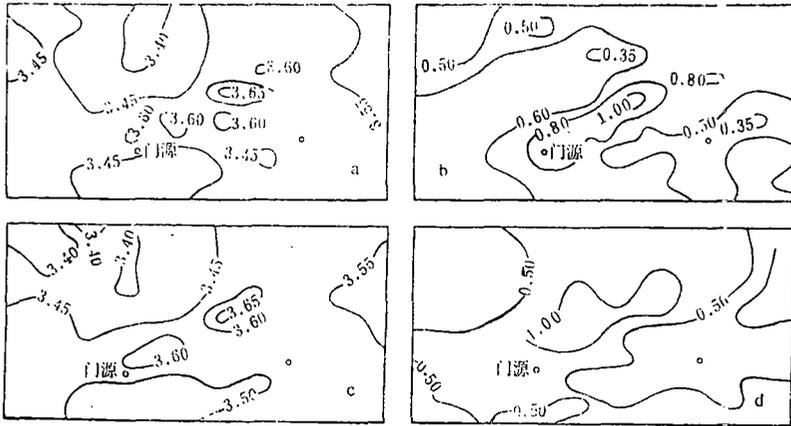


图2 门源地区15公里深处速度异常及衰减异常分布图
a. 1976—1985年速度异常分布 b. 1976—1985年衰减异常分布
c. 1987—1989年速度异常分布 d. 1987—1989年衰减异常分布

Fig. 2 Distribution of velocity anomaly and attenuation anomaly in the depth of 15 km in Menyuan area

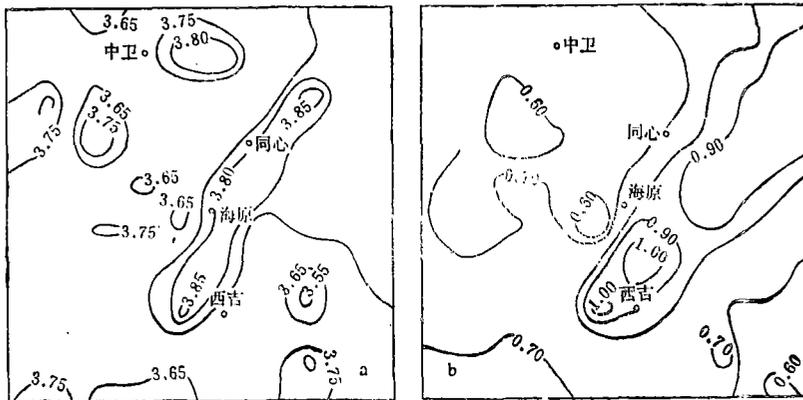


图3 西海固地区25公里处速度异常和衰减异常分布图
a. 速度异常 b. 衰减异常

Fig. 8 Distribution of velocity anomaly and attenuation anomaly in the depth of 25 km in Xiji-Haiyuan-Guyuan area

西海固地区位于南北地震带北段, 该区6级以上地震主要发生在北西断裂带及中卫、中卫近东西构造带上。图3 a是深度为25km的速度层析结果, 从图中可以看出, 在大的背景轮廓中有两个速度较高的异常区, 它们分别是西吉—同心条带和中卫地区。在图3 b的衰减图象中, 在西吉—同心条带有一低衰减异常与高速异常相对应, 反映了该条带介质的刚度较大。西吉—同心地震带集中地分布了西海固地区的中强地震, 其中包括1920年海原地震。这个地震带上, 北西向断裂穿插而过。可以认为, 西吉—同心一带由于介质刚性大因而易于积累能量, 而周围介质刚性差, 故容易形成震源区。中卫高速度区在衰减图象中没有显示, 可能是其异常量较小, 淹没在背景场的误差范围之内。

四、讨 论

从本文中讨论的几个实例可以看到, 利用区域台网资料进行速度、衰减层析成像来判定潜在的震源区, 其效果是较好的。由于所用资料是台网的常规地震记录, 故能广泛地应用。但是本文的讨论仅仅是很浅的尝试, 还有许多问题需要进一步研究。例如, 同其它的地球物理反演问题一样, 在地震层析研究中所采用的观测信息毕竟有限, 且含有一定误差, 故所得图象的非唯一性问题依然存在; 用以描述介质的物理参量, 如刚度系数、速度、衰减等, 它们之间的严格定量关系难以建立。这些都给潜在震源区的判定带来一定的困难。还应指出的是本文讨论的用介质刚性特征来研究潜在震源区, 实际上只提供了潜在震源区判定的一个充分条件, 也就是说介质刚性大的地方并不意味着就一定孕育着地震, 这一点从本文提供的实例中就可以看出。因此, 在实际应用中, 还须结合其它的一些方法, 才能保证结果的可靠性。

(本文1990年3月12日收到)

参 考 文 献

- [1] 郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979.
- [2] K. Rybiki, Stress field due to faulting in the presence of a high rigidity barrier (asperity), B. S. S. A., Vol. 78, No. 1, 1988.
- [3] Rummel, F., Fairhurst, C., Determination of the post-failure behaviour of brittle rock using a sever-controlled testing machine, Rock Mechanics, No. 6, 155—189, 1972.
- [4] Hudson, J. A., Crouch, S. I., Fairhurst, C., Soft, stiff and sever controlled testing machines, a review with reference to rock failure, Eng. Geol., No. 2, 189—204, 1972.
- [5] Wolfgang, Brustle, Stopping phase in seismograms and the spatiotemporal extent of earthquakes, B. S. S. A., Vol. 77, No. 1, 1987.
- [6] Phyllis Ho-Liu et al., Applications of attenuation tomography to Temperial valley and CoSo-Ludian Wells Region, Southern California, J, Geophysical Research, Vol. 93, 1989.
- [7] Guust Nolet, Seismic tomography, D. Reidel Publishing company, 1987.
- [8] 刘昌铨, 唐山地震区地壳上地幔结构特征——二维非均介质中理论地震图计算和结果分析, 地震学报, Vol. 8, No. 4, 1986.

APPLICATION OF REGIONAL SEISMIC NETWORK TOMOGRAPHY TO THE DETERMINATION OF POTENTIAL HYPOCENTER

Yao Zhengsheng, Wang Xiuqiong, Tang Kunling
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSS, Gansu, China*)

Abstract

The internal medium of the earth plays an important role in earthquake process. In this paper we discuss the medium difference between the hypocenter and its surroundings based on the rigid features of the earth internal medium, and point out that the difference can be detected by seismic tomography. With some examples, we show that the seismic tomography can be used in determination of potential hypocenter.

甘肃景泰—天祝6.2级地震

1990年10月20日16时零7分在甘肃省天祝藏族自治县与景泰县之间发生了 $M_s = 6.2$ 级地震,这是甘肃省自1954年山丹7 $\frac{1}{4}$ 级地震后36年来最大的一次地震。地震发生后,兰州地震研究所立即组织两个考察队奔赴灾区考察。

经过几天的调查,确定了这次6.2级地震的宏观震中位于景泰、天祝两县的交界处,其地理座标为北纬 $37^{\circ}07'$,东经 $103^{\circ}37.5'$ 。极震区烈度为八度,其长轴方向为近东西向,长9.5km,短轴2.5km,极震区面积为 18.5km^2 。七度区长轴27km,短轴11km,其面积为 233.1km^2 。此外,在极震区以北七度区内(高岭墩、玉塘和碾子沟一带)有一面积为 4.2km^2 的八度烈度异常区。初步确定,在震区内近东西向展布的老虎山~毛毛山断裂恰好与极震区的空间展布相吻合,在极震区和八度烈度异常区内均发现了近东西向的地震裂缝。兰州地震研究所温增平同志根据现有资料求得这次6.2级地震的震源机制解(见附表),其中B节面为近东西向。事实证明,老虎山~毛毛山断裂是这次6.2级地震的孕震和发震构造。此次地震的微观震中位于北纬 37.1° ,东经 103.5° 。震源深度为15km。

震源机制解

	A节面	B节面	P轴	T轴	X轴	Y轴
方位角	26°	98°	63°	834°	9°	118°
倾向	118°	9°				
倾角	60°	60°	46°	0	30°	30°

(国家地震局兰州地震研究所 侯珍清 才树骅)