

基于地震孕震物理模式的地下流体前兆空间分布特征分析

周慧玲^{1,2)}, 苏鹤军^{1,2)}, 张慧^{1,2)}, 李晨桦^{1,2)}

1) 中国地震局兰州地震研究所, 兰州, 730000;

2) 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 兰州, 730000

关键词: 土壤气体 坚固体 台网布设

地震预报是一门观测科学,所使用的观测资料是研究的基础,观测资料不仅需要明确的科学研究意义,还需要在时空上连续可靠,形成一种场的前兆信息。利用地表自由逸出气体和溶解于水及吸附于土壤中气体浓度变化来监测预报地震是当前国内外广泛采用的地震预报方法之一,因此,对于地下流体地震前兆的研究应该有一种科学的新的思维。

1 地震孕育的物理机制

地震孕育、发生需要两个基本条件: ①具有积累大量弹性应变能的条件; ②具有发生突然应力降的条件。梅世蓉(1970-1976)等通过华北地区40余次 $M \geq 6.0$ 地震前活动图像研究,提出了地震空区的概念,为定性解释空区提出了“硬包体”孕震的思想,这种孕震模式称为“坚固体模式”,它具有应力高度集中和突然释放的力学条件(梅世蓉, 1970, 1995; 梅世蓉等, 1996)。

相对于“地震空区”的概念而言,也存在“形变空区”,如唐山地震5-1年,周围地区形变明显,而在中央部位形变极为缓慢,是一个相对不变的稳定区,被称为“形变空区”。同样的,汶川地震后,江在森等对中国大陆地壳运动观测网络的GPS资料综合分析后指出,从中国大陆的应变场图像来看,龙门山断裂带都不属于高应变带。另外,王基华等对张家口南部地热活动区的研究结果显示,中强地震主要发生在流体活动相对较弱的地段。从以上基于各种地震前兆观测资料为基础的研究结果可以看

出,不论是大时空尺度的“地震空区”,还是小区域的“震中区前兆空区”,或断层的“弱流体活动段”,发震地点都显示出一种相对平静的状态,震源区均表现为“断层闭锁区”特性,由此推断震源区的介质强度应高于周围地区。这似乎给我们提供了一个从大区域范围向发震断层、发震段不断追踪的大地震地点预报途径。

以上这些空区现象都可以用“坚固体模式”得到合理的解释,该模型是非均匀地壳结构中的孕震模式,可以定性地说明震源区及其外围地区地震前兆场的基本特征。震源的发生必然导致岩石发生不均匀的弹性变形,而且断裂带的各个点上积累能量的过程是缓慢而不均匀的,因此断层气释放气体的能力以及强度也会有所不同。

图1(B)中的坚固体是孕震系统的可能震源区,它是一个破裂强度大于周围介质的相对坚固脆性体,它既可能是不存在宏观破裂的较为完整的块体,也可能是闭锁的断层网络块体或断层带的闭锁区,是地壳内的相对高速区,该区是强震积累足够的弹性能的主要区域。在孕震的中期阶段,断层处于闭锁状态,因此会表现出“弱形变”特征,但在孕震的短、临阶段发震断层或邻近断裂带可能发生稳滑,甚至预滑。地质介质变形会导致介质体积特性和渗透性发生变化。根据渗透理论的基本原理,介质变形时随着传导联结集中度的增长开始相互沟通,当它们的集中度值达到某一阈值时,形成无限连通集群。随着传导连接集中度的进一步加强,无限集群的传导性进一步增强。当达到一定临界水平时,系统的传导性会发生变化。相对于水文地球化

注: 本文由中国地震局地震预测所基本科研业务费(2017IESLZ01)的成果。

收稿日期: 2019-01-10; 改回日期: 2019-03-20; 责任编辑: 刘志强。 Doi: 10.16509/j.georeview.2019.s1.009

作者简介: 周慧玲, 女, 1989年生, 硕士研究生, 研究方向为地震地下流体, Email: 15609413188@163.com。

学效应的形成, 介质形变会导致在具有不同特性的流体的储槽之间形成传导通道。当达到临界点(渗流阈值)时, 储槽之间的水力联系可导致流体迁移和其特性的变化。美国加州理工学院地震地球化学某些前兆机理的模拟实验研究结果表明, 氦射气的最高值发生在岩石严重破裂。因此, 在震源区“坚固体”中, 由于处于闭锁状态, 且处于不稳定的状态, 深部岩石中介质中的气体可能会沿断层加速进入含水层, 并流向周围区域, 导致出现“弱流体”活动的特征, 形成孕震过程中前兆特征, 在活动断裂带“弱活动”段可能就是孕震模式中的“坚固体”如图 1 (A)“弱流体段”以及“骤变带”区域。

“坚固体”周围是孕震系统的近源区, 它包围震源区, 破裂强度或摩擦强度低于震源区, 与震源区共同组成孕震系统。近震区与震源区的力学差异

性为地震发生所需的突然应力降提供基本条件。近源区的空间范围相当广阔, 其空间尺度大约为震源区 2~3 倍, 会出现大量的中期前兆和部分短临前兆。

2 结论

地震是主要自然灾害之一, 地震预报是减轻地震灾害的重要环节。研究地震形成、发生机制和地震前兆形成机理是准确预测地震的前提。地震预报处于低水平的根本原因是其孕育、发生机制尚不清楚, 对于地震活动的规律也没有明确的研究。因此, 基于地震孕震物理模式的地下流体前兆空间分布特征分析是地下流体学科发展的重要组成部分, 这对今后全国地震重点危险区流体流动监测台网布设提供技术思路, 并为我国地震预报、震情跟踪及防震减灾工作提供重要依据。

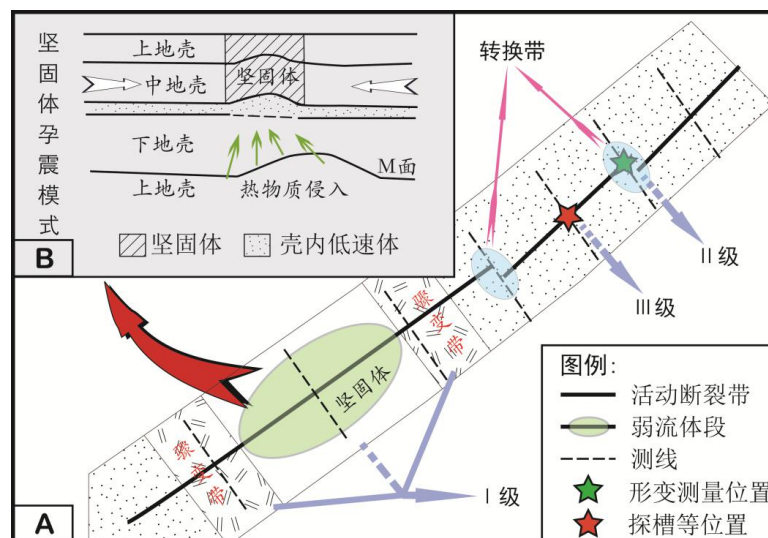


图 1 “坚固体模式”前兆空间分布机理图

参 考 文 献 / References

- 梅世蓉. 1970. 从华北地震活动的规律性看危险区划分的一个途径. 地震战线. 学术讨论专辑, (1): 1~11.
- 梅世蓉. 1995. 地震前兆场物理模式与前兆时空分布机制研究(一)—坚固体孕震模式的由来与证据. 地震学报, 1 (3): 273~282.
- 梅世蓉, 宋治平, 薛艳. 1996. 中国巨大地震前地震活动环形分布图象与规律. 地震学报, (4): 413~419.

ZHOU Huiling, SU Hejun, ZHANG Hui, LI Chenhua:
Underground fluid spatial distribution characteristics
based on the seismogenic physical model

Keywords: soil-gas, sturdy body, layout of the network