短文

混沌与预报期限

混沌理论的提出是自然科学的重大进展,它与自然灾害的预报密切相关。在气象学方面,人们已初步对混沌影响预报的问题作了讨论,其结论是:

(1)影响是有时间期限的,超过这个期限影响才重要,不超过则不重要,这个期限称为预报期限。气象预报中的期限与系统的尺度有关,大气中不同尺度的运动存在不同的预报期限。目前一般认为,这一期限与天气系统的寿命相当,雷暴为2—3小时,中小尺度系统不超过24小时,天气尺度系统不超过2—3周。

(2)一个确定的系统,尽管可能出现混沌,但并非就毫无规律可循,其一段时间的总体特征又可能有某种确定性,叫做统计规律,这是可以预报的。例如,春天过后决不会来秋天和冬天,不论夏天天气多么变化无常,但绝不会出现冬天的天气。

(3)对于天气预报来说,实际的天气实况出现的时间相对于早期的预报时间来说具有不可预测的偏离(即混沌),因为早期作出预报时那些微小的、随机的难以觉察的因素后来长大了,它使天气实况偏离了早期的预报时间,但如接近这个天气实况发生时来预报它,则上述长大了的因素可以观测到,并把它和原来确定性成份合在一起作为初始条件预报这个临近的天气实况,其预报则是确定性的。

在地震预报方面,我们也可以仿照气象学方面的研究,即认为混沌影响地震预报也有其预报期限,超过这个期限之后才有重要影响。混沌形成的基本观点是:由于震源地方有应力随时间积累的一面,又在孕震后期震源周围有逐渐释放应力的一面,两者之间较复杂的相互作用,再加上外边供给构造应力的变化,使上述相互作用更为复杂,因之最后震源区发生大震的时间会偏离确定性规律而出现混沌。上述预报期限对具有不同孕震寿命的地震是不同的。这一问题的提法把我们引向新的讨论。例如大震的孕震期长,小震孕震期短,构造性地震孕震期长,火山地震孕震期短。在孕震寿命方面,我们在1971年曾提出以下的公式(地震战线,1971年,8期) $M = 1.55 \log T + 4.6$,式中T以年为单位。式中T是空区形成时间或立交开始时间。孕震期长者,预报期限则长,反之则短。对于一个震源由开始孕育到发震来说,其预报可分线性期预报、非线性期预报和临震期预报。这种时段划分对不同大小的地震都适用。

线性期预报 这是当一个震源系统还在孕育的线性期时就开始对未来大震发生的时间作预报。这种预报是不可能准确的,因为其中的非线性段具有大量分岔和多重选择。如果地震的时间预报所要求的误差很大则可不考虑混沌的影响。

非线性期预报 这是在震源孕育系统的非线性期开始后预报未来大震发生的时间。

这种预报如果所要求的误差大大超过 $\Delta T' = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5} \right) T$, 则可不考虑混沌的影响。

临震期预报 这是在震源系统孕育到极不稳定时来预报未来大震的发生时间。这是最关

键的预报。在这一时期,如果震源孕育系统中早期存在的、随机的和难以觉察的因素长大了,则临震前可以观测到它,并把它们作为初始条件的一部份来推断即将发生的大震,因之是实现较准确的临震预报的。这就是从理论上来说,混沌对临震预报影响不大。在气象学中作短期天气预报时也是这样考虑的。

尽管有混沌的客观存在,但按外因周期所进行的跨越式地震预报仍有其实际价值(1986年中国地球物理学会在敦煌举行的首届韵律会议就是针对各种灾害的跨越式预报的)。因为在现代统计物理学中还有“岔点外敏”的现象,即在系统相态变化前刻(对地震来说就是应力储存态向大释放态转变的前刻),外因对系统的影响远远大于平时。至于对震源区是否已处于非线性阶段或巨突变阶段,即震源区是否已处于不稳定阶段的问题可用我们以前提出的调制模式来进行侦察。

应当指出,预报期限是混沌理论提出后不可避免要研究的问题,它实际上就是在新科学理论面前的预报对策。本文的讨论只是提出这个对策问题,许多问题还需进一步研究。

(国家地震局兰州地震研究所 郭增建 秦保燕)

CHAOS AND PREDICTABLE DURATION

Guo ZengJian, Qin Baoyan

(The Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB)