孕震模式与地震前兆

郑熙铭
（天津市地震局）

问题的提出

唐山地震前，我国地震科技人员从前兆观测资料分析中，注意到了京津唐地区有发生较强地震的可能[1][2]。但是，震前没有能够作出短临预报。虽然有的单位根据前兆资料，提出过预报意见，但震级偏差太大。

从已发表过的一些文献中，研究唐山地震之所以未能预报，从技术原因上分析，有的认为主要是因为前兆的空间分布没有集中在震中地区，而是在其附近或距震中很远的外区，出现多个同时发展的异常集中区[3]，有的认为是由于对背景估计偏低，震级报不上去，或是由于把面上出现的异常分割为两个部分，以致于震级的估计大大偏低[4]。也有认为对趋势异常未肯定，又没有及时综合分析面上的资料，因此未能作出准确判断[5]。也有是在震前，把已发现的异常，牵强地对应华北内蒙和林格尔的6.3级地震，而漏掉了唐山大震[6]。

唐山地震以后，一些前兆资料的变化比震前还大，又引起了对余震预报的虚报较多，对这个问题，有同志认为主要是对地震的前兆与后效难以分辨，对余震的前兆特点不好判别[8][7]。

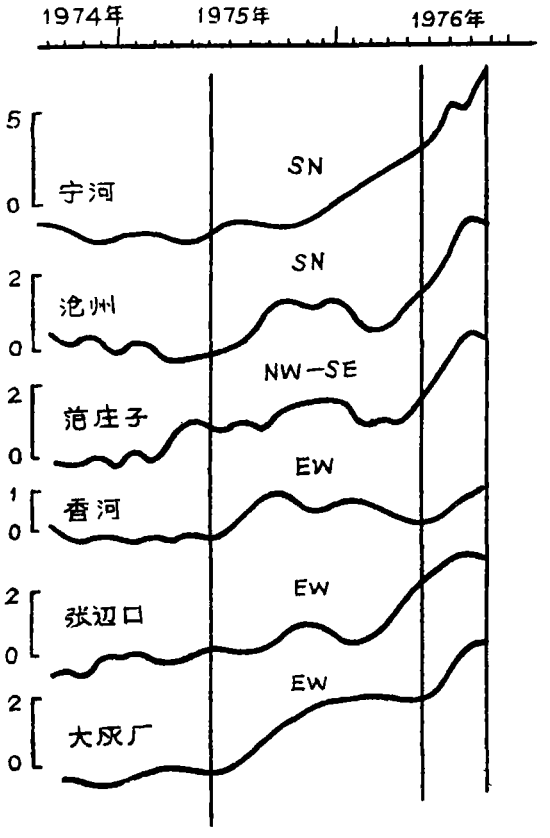
那么，究竟一个大地震的发生，短期前兆异常资料为什么没有集中在发震区？在这种情况下，又为什么不易把这些前兆统一起来考虑呢？为什么对唐山地震的震级，事先报不上去？又为什么把已发现的前兆异常牵强的去对应远处的地震呢？在地震以后，又为什么简单地把前兆变化和震前的前兆量进行比较，造成较多的虚报呢？我认为，实质的问题是没有把前兆异常分析和震源孕震模式紧密结合起来，而是停留在把前兆观测曲线形态简单的和地震相对应，因此，容易被表面现象所迷惑，造成预报的失败。

前兆资料的主要特征

为了说明上述的问题，我们从唐山地震后发表的一些总结论文中，来看唐山地震的一些前兆资料特点。这些总结，绝大多数都是探讨唐山地震有那些前兆异常，以便今后借鉴这些异常来预报地震之用。但就在这些文献中，都不可回避下列的事实：唐山大震前震中区的“短期”前兆不明显，而异常主要集中在唐山菱形块体边缘及附近外围地区。

如地形变资料，在现有高精度观测资料中，没有能够发现1960～1971年的十一年间唐山

地区有明显的水平形变[8]。但是，在距震中100—250公里的程各庄断裂带、八宝山断裂带，延庆山字型及燕山东西向构造带上，且观测到了断层的水平位移[9]。震前大面积的垂直地形变从1954～1975年之间有长趋势的变化，从短期变化来看，位于震中附近的台站和流动点变化不明显，但宁河点从1976年5月开始明显下降，外围地区的香河、大灰厂、牛口峪、沧州、张道口等形变台站水准却出现中短期异常，高差曲线大都属“N”型变化[4]。1978年，国家地震局地震测量大队张祖胜等同志为参加地震科学学术讨论会进一步总结唐山7.8级地震的地壳垂直形变时，认为唐山地区1967年前为长期缓慢运动阶段，1967～1969年显著上升，速率为11.1毫米/年，1969～1972年较为下沉，速率为10.2毫米/年，1973年反向回升，直到发震都保持“平静”。在震源区内未观测到中期前兆异常，而在外围200～600公里范围内，且有一年多时间的显示较为清晰的中期异常。（图一）、（图二）。



图一 唐山地震前短水准中短异常形态

水化学资料，在唐山地震前主要异常井孔是田疃、安各庄、宝坻、蓟50、棉四、津2、塘沽、文安。这些井孔都分布在震中附近的外围地区[10]。且震前半个月之内的临震异常、幅度大，但在时间和空间上都很分散，而外围突出[11]（图二）。

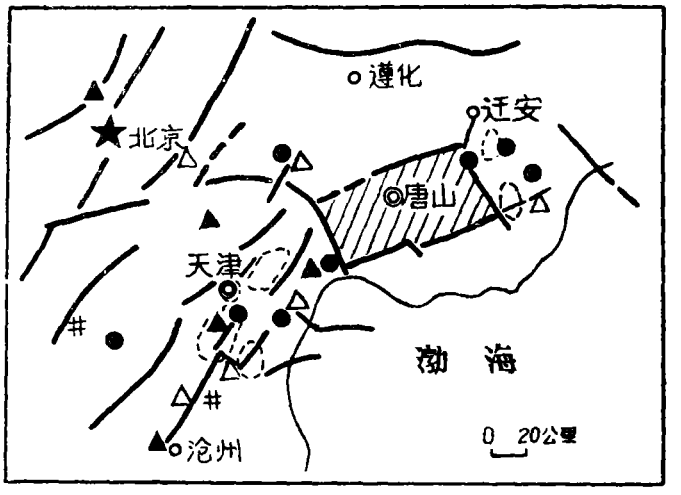
地电资料也有类似的情况，如震前$\Delta\rho_s/\rho_s$的异常，虽然唐山台长趋势下降幅度较大，但在震前二、三个月内未发现明显加速变化，而昌黎台的短期异常很为明显[12]。震前，电阻率的中长趋势异常在震中和外围地区都存在，分布范围达400公里。在此基础上，资料可靠且较为突出的短期异常，主要分布在200公里范围的昌黎、西集、宝坻、青县、塘沽、徐庄子[13]（图二）。

地下水位的变化，在唐山地区震前2—3个月内，只有少数井孔有异常发生，直到震前3—5天，异常仍主要出现在远离震中的唐山地区沿海以及迁西、遵化、玉田的西北部[14]，而在天津地区，地下水位异常，不但有50个月左右的趋势异常，而且有2—4个月的短期异常[15]。

地震活动也显示了同样的特征：震前几个月，震源区内无显著地震活动，没有临震的前震。燕山带东区自1970年开始出现4级左右地震活动，而从1973年开始，地震活动明显集中在唐山菱形块体边缘及附近地区[16]。如73年5月13日宝坻3.8级地震，9月21日文安4.5级

地震，12月31日里坦5.3级地震，1974年3月24日信安3.5级地震，5月7日乐亭附近双4.8级地震，12月15日宁河4.1级地震，1975年12月1日宁河4.0级地震，4月22日大城4.3级地震。

还有一些有意义的资料，如唐山大震前，在天津西南部的旺$_{11}$和鄚$_{1}$两口废油井发生喷油现象[17]。又如天津地区有三处地热异常区，分别位于王兰庄、万家码头、山岭子，总面积达590平方公里[18]，在昌黎、安各庄一带也有水温达50℃左右的热水井分布[10]、[19]，这些地热异常区和喷油废井的位置都与地质构造有密切的关系（图二）。而且也处于唐山菱形块体的外围附近地区。



● 唐山地震前中短异常水化井孔
▲ 唐山地震前中短异常短水准台
△ 唐山地震前中短异常电阻率台
井唐山地震前喷油废井
地热异常区

图 二

从上述各种资料，可以看到唐山地震前，短期前兆特征之一是表现在空间分布上，震源体内变化较小，菱形块体边缘及外围地区异常突出，而这些前兆异常分布的地点和地震活动地点极为吻合，与地震活动围空区一样，短期地震前兆也在空间分布上形成同一个围空区，並与地质构造关系极为密切。

短期前兆特征之二是表现在异常时间上，有相当明显的同步性。如：

前兆手段	趋势异常时间	中期异常时间	短期异常时间
地电	1973年～75年2月	75年2月～76年4月	76年5月～76年7月[13]
水氡	1973年～75年5月	75年5月～76年4月	76年4月～76年7月[10]
地下水	1972年～74年底	75年1月～76年4月	76年5月～76年7月[21]
地形变	1973年～75年5月	75年5月～76年4月	76年4月～76年7月[22]
地震活动	1973年～74年底	75年初～76年4月	[16]
波速比	1972年～75年2月	75年8月～76年2月	76年2月～76年7月[23]

以上这些异常时间的划分，都是在各单项手段总结中分别提出来的，他们之所以“不谋而合”，本质在于所有这些前兆变化是在同一应力场作用下引起的。

短期前兆特征之二是北京地区及离唐山更远的地区比较明显的异常恢复，而天津地区前兆异常却几起几落，甚至在变化程度上比震前还大，而这种变化往往对应唐山地区的强余震[7]。这种现象在滦县，安各庄的水氡变化上也有所表现。

讨论和意见

唐山地震前，各种前兆资料表现出了相同的特征，决不是偶然的现象，它们之间究竟是

什么样的内在联系？郭增建等同志1973年就提出过由应力积累单元及其两端的调整单元组合而成的震源组合模式，后来对此模式又进一步作了补充。认为积累单元是岩石强度较高或断层面上摩擦力较高的地段；调整单元是岩石强度较低或断层面上摩擦力较低的地段，而早期前兆应先出现在调整单元，因为那里易于变形，蠕滑和微裂[20]。从唐山地震前的短期前兆异常分析，唐山菱形块体是一个应力积累单元，它的东北端和西南端的两个地区是应力的调整单元。但早期前兆在调整单元和积累单元都出现过，突出的区别是中短期前兆（尤其是短期前兆），在积累单元表现不大，在调整单元表现明显，变化量大，有同步性，且比较集中，形变异常表现为“N”型，在这单元中有4—5级地震活动。强余震发生在应力积累单元和应力调整单元的交接处（如滦县和宁河），调整单元中的前兆变化在主震以后，可能比震前还大，但不会在调整单元中发生强烈余震，这些异常往往对应积累单元中发生的强余震[7]，所以产生这些特征，是由应力能否在该地集中而决定的。

把上述这些特征，运用到地震预报上来，提出如下的思想：在提出中短期预报意见时，不能只谈地震的前兆异常，必须同时提出应力场的理论解释——孕震模式。如仍以唐山地震为例，第一步的工作是从地震地质和构造特点划定地震危险区，这项工作在我国已取得很大进展。

第二步的工作是，根据危险区的范围，布设观测点。当出现前兆异常时，要抓住一批在时间上有同步变化的前兆，研究这些前兆时空分布特点与地质构造的关系，提出应力集中点，也就是划分出应力调整单元与应力积累单元。应力积累单元也就是发震区。

第三步的工作是：根据应力积累单元的面积（或直径）来估算可能发震的震级。唐山地震前，有些单位根据 $\lg T = 0.76M - 1.83$ 的公式来预报震级，结果偏低很多，即使采用中期前兆异常公式 $\lg T = 0.38M - 0.34$[8]也难以报出唐山的7.8级震。如果采用积累单元的直径D与震级M的关系 $\lg D = 0.48M - 1.57$ 来估算震级，对唐山地震有 $D = 100$ 公里，可得M约为7.5级，与实际情况相接近。D—M公式原用于研究余震分布区与震级的关系，但从实际情况分析，余震的绝大多数是分布在应力积累单元内的，两者范围基本一致。

第四步工作，提出发震的时间。这一点应从短临前兆的突变、转折、反向等特点判断，也要根据固体潮变化，天象和气象的触发因素，注意宏观异常的出现等等考虑。

第五步工作，预报余震的范围，利用D—M公式，已知M反算D，即可概略划定强余震发生的范围，作好防震工作。

当然，震后的总结，往往还比较容易；事先的预报困难就较多。但是，总结是为了把实践提高到理论上来，而理论正确与否，必须用实践来检验。所以，我们的地震预报不能停留在单纯靠某条曲线的变化来进行，应该把前兆和模式紧密结合起来进行综合预报。我国近年来，各手段方法进行总结，都提出了不同的模式——对前兆的理论解释，这些理论应该用到预报上来，经受实践的检验。一种模式，应该是对多种前兆变化作出说明，根据不同类型的地震，相应有不同的模式。把经验和理论相结合，把地震前兆和孕震模式结合起来进行综合预报，是唐山地震给我们的一个重要教训。

当提出某个地区有发震背景时，我们的工作就要抓紧从实际资料出发，提出孕震模式，解释这个未来地震的震中，震级。方案可以多几个，工作就可以加强布署，以克服盲目性。预报不过关，失败有可能，总结了再干，直到过关。

1979年12月脱稿　　1980年4月修改（1980年6月19日收到）

参 考 资 料

〔1〕国家地震局地震测量大队分析报告，1970年。
〔2〕河北省地质局测绘大队，1974年津唐沧地区垂直形变分析意见。
〔3〕丁国瑜等，地震预报问题，地震科学研究，1979年第1期。
〔4〕国家地震局地震测量大队，唐山7.8级地震的地壳形变，1977年。
〔5〕唐山地震工作队，唐山地震地电异常发展过程与地震三要素的预报，1977年。
〔6〕唐山地震工作队，唐山大震前的地形变前兆，1977年。
〔7〕张肇诚，唐山强余震预报问题的探讨，天津地震工作通讯，第3期，1978年。
〔8〕地震测量大队，唐山地震的水平形变，地震与地壳形变[2]，1977年。
〔9〕地震地质大队，唐山7.8级地震断层位移异常特征的初步分析，地形变专业会议资料汇编，1977年。
〔10〕张炜、林颐耀，地震前兆水化特征及讨论，地震战线，1978年第6期。
〔11〕贾化周等，唐山地震水氡前兆机制讨论，地震战线，1979年第3期。
〔12〕赵玉林、钱复业，唐山7.8级强震前震中周围形变电阻率的下降异常，地球物理学报，1978年第3期。
〔13〕金安忠，唐山7.8级地震前地电阻率异常的时空展布特征，地震研究，1979年第3期。
〔14〕唐山地震工作队，唐山地震的地下水变化，地震战线，1977年第3期。
〔15〕王雅灵，唐山地震前咸水层水位动态，地震战线，1978年第6期。
〔16〕赵根模，唐山地震的广义前震和晚期强余震，天津地震工作通讯第4期，1979年1月。
〔17〕胡长和、唐山大震前废油井自喷，地震战线，1979年第6期。
〔18〕天津日报，1978年12月10日，向地球索取热能。
〔19〕傅德川，地下电阻率与地热，地震战线，1978年6月。
〔20〕郭增建等，震源组合模式与地震预报，地震科学研究，1979年第1期。
〔21〕郑治真等，根据地下水资料的数字滤波探讨唐山大震的孕育过程，地球物理学报，1979年第3期。
〔22〕张祖胜，浅源构造地震形变场的某些定性特征，国家地震局地震测量大队地震与地壳形变(5)，1978年5月。
〔23〕唐顺善，海城与唐山地震的前兆联系及地震趋势分析的讨论，天津地震工作通讯(3)，1978年4月。