

我的地震预报观*

My Views on Earthquake Forecasting

徐好民

(国家地震局地震研究所, 副研究员)

提 要 地震是地壳运动的激烈形式。不了解现代地壳运动的状态或了解的时空精度达不到要求精度, 不能有效解决地震预报问题。历史经验证明, 预报成功的关键在于正确掌握震前异常现象与地震的关系。对异常现象的广泛性、同步性、非均一性、不可逆性、前兆性和非前兆性、多源性、地壳运动的效应等特征的分析表明, 研究现代地壳运动的历史, 把握地壳现代构造运动的趋势是提高地震预报质量的关键。据此, 作者提出了地象资料和征兆地质学的概念。

地震——这一地壳运动的激烈形式, 它给人类带来的灾难罄竹难书。几千年来对它的预测预防一直是人类梦寐以求解决的课题。中华民族自古以来就对地震灾害极为关注, 1800多年前就造出了候风地动仪, 在漫长的岁月里积累了丰富的史料和防震抗震的宝贵经验。1966年邢台地震又引来了中国地震科学高速发展的新纪元。20余年来中国建立了一支优秀的专群结合的地震科研队伍, 制定了正确的地震科研路线, 取得了海城、松潘等地震预报的初步胜利。可惜的是更大规模的唐山地震漏报了, 之后墨西哥、伊朗、苏联、美国等一系列灾害性地震也都在毫无预防的情况下发生。地震能否预报? 如何预报? 人类是否有了一定预报地震的能力重又成为地震学家争论的话题。

笔者参加地震科研工作20余年, 曾参与《中国地震地质概论》《中国及邻近海域岩石圈动力学图集》编纂以及海城、和林格尔、南黄海等地震考察工作, 在从事地震地质工作的同时, 以海城地震考察为契机, 进行了地光成因研究, 在广泛收集古今中外实际资料的基础上提出地壳运动静电效应新概念, 对地光、UFO、王恭厂灾、通古斯灾、无端火灾、无端自焚、特异力学效应等一系列自然灾害现象都提出了科学求实的解释。对我国东北地区深源地震和浅源地震关系、东北地震和日本地震

关系、华北地区地震活动性等作了研究, 提出《中国地象资料汇编》课题。两条研究道路汇流, 在地震预报问题上逐渐形成了一条既充分发挥中国优势, 又符合地震科学实践的思路。

一、历史的回顾

人类在地震预报问题上走过了漫长的道路, 其经历大体是相同的, 中国的经验具有代表意义。

在地震预报上人类有过预报成功的喜悦, 但更多的是虚报漏报的教训。1966年邢台地震损失惨重, 引起我国政府的重视, 使地震科研工作迅速发展起来。1974年6月国家地震局在北京地区召开了华北及渤海地区地震趋势会商会。会上一些学者根据异常情况提出京津一带、渤海北部地区两年内有发生5~6级地震的可能。据此, 地震工作者和政府部门密切配合获得了海城地震预报的成功。但紧接着, 唐山地震漏报了。教训是什么, 是地震不可知, 不可预报吗? 唐山地震漏报的真实情况正相反。1976年7月14日北京地震工作队已就京津唐的地震趋势向国家地震局告急, 但由于当时中国的政治局势以及决策上的失误, 贻误了时机。所以, 唐山地震并不是在地震工作者毫无觉察的情况下发生的。当然, 这次地震直至发震也没有零级以上前震发生, 也有其特殊之处。唐山地震的漏报说明地震预报必须长、中、短、临结合, 对中长期

*本文为地震科学联合基金资助项目成果之一。

地震趋势心中无数是搞不好短、临预报的。在有大震背景的地区出现宏观、微观异常,必须及时采取预防措施。

另一个著名的事例是1923年9月1日日本东京大地震。早在1905年今村明恒和他的老师大森房吉就发现关东地区某些大地形变异常,今村认为是地震前兆,应向社会发布预报,采取相应的预防措施;而大森房吉看不到地震的可能性,竭力反对发布预报。地震后大森负疚辞世。这说明,地震预报不纯是学术问题,它还要受许多人为因素的影响。由于影响地震的因素的复杂性和不确定性,一个研究者对一次地震作出合乎实际的判断并不能保证他对以后的每次地震都能如此。

第三个失败的事例是苏联学者造成的。加兹利地区属于非地震区,这一论断已于1976年3月25日得到地震学家权威性讨论会的确认,但1976年4月8日和5月17日那里却发生了烈度分别为9度和10度的地震。此后该地区被列为8度地区。8度地震的重复频率为一万年发生一次,然而1984年3月20日那里又出人意料地发生了一次10度地震。苏联学者的失误在于除知道这一地区没有历史地震记载以外,他们对这一地区地壳运动状态一无所知。继唐山地震之后墨西哥、伊朗、苏联、美国、拉丁美洲等地区陆续在一些人口稠密地区发生灾害性大地震,造成了严重损害,但都未能预报。有些地震甚至发生在广布测量仪器的地区,也未能捕捉到相应的前兆。事后调查发现这些地震震前宏观异常还是相当明显的。这一时期中国又相继发生一些6级以上地震,尽管大多数没能作出较好的临震预报,但对它们的中长期预报大多数还是较为明确的。这说明,不了解现代地壳运动的状态,或对这种动态的时空精度把握达不到地震预报的实际需要,都不能有效解决地震预报问题。

二、地震预报的症结

地震大多数是发生于地壳深处的大规模脆性破裂,它是现代地壳运动过程中释放能量的一种激烈形式。对形成它的因素和过程我们尚不十分明了,对它的任何预报都是根据这一过程中出现的其他现象判断的,而且人类一直难于掌握这些现象的全部。地震是有前兆的。目前在地震预报中各国采用比较多的方法是利用某次地震前某地区出现的一种或几种现象与地震建立某种关系,期望在该地区再出现类似的现象时,则根据这种关系作出预报;或者,根据某些地震前许多地区出现的一种或多种现象的时空特征与地震建立某种对应关系,甚至建立定量关系,期望其他地区出现类似的变化图案时,再根据这些关系作出预报。实践

中成功远小于失败。问题的症结在哪里?仔细研究这些异常现象的性质后,我们发现关键在于弄清它们和地震的关系。总起来看这些现象有下面七大特征。

1. 广泛性

一次强烈破坏性地震前各种宏观、微观异常出现的范围是相当大的。海城地震前,宏观异常的范围远达辽西和丹东。唐山地震前,宏观、微观异常范围在200公里左右。松潘地震前,宏观异常首先在四五百公里外的龙门山断裂中南段显示明显。

2. 同步性

每次强烈破坏性地震前,宏观、微观异常都有几十种之多。它们在地区上相对集中,在时间上往往同步发展,可几起几落,由外围逐渐向震中逼近。

3. 非均一性

强烈地震前,各种宏观、微观异常出现的数量很大,范围很广,但这些异常和该区域同类物项相比则是局部的,不均一的。唐山地震前,距震中150公里的河北省青县小牛庄公社丰台堡村东南半公里的旺₁₁井三次向外喷油。首次喷油发生在6月中旬,喷油一天多,出油量500~600公斤。6月下旬再次喷油,喷油持续时间和出油量与第一次相似。7月10日前后的第三次喷油最为强烈,历时三天,喷出原油超过2吨,喷射距离达25米并伴有隆隆的响声,声闻5公里以外。随后平静约半个月便发生了唐山地震。显然在震中150公里范围内油井不止这一个,更多更近的油井都未喷油。其他冒水、喷气、动物异常等情况也都类似。唐山地震后人们可以看到在唐山胜利桥附近的几棵柳树枝条被地光灼焦,也是一团团、非均一的。这些异常在持续时间、发育地区,以及出现的种类、数量、强度等都不完全和将要发生的地震的震级对应。强前异常出现异常是必然的,但哪些地方、什么时间、发生何种异常则是随机的,不均一的。它们除受应力应变的控制外,还明显受地下物质成份和地质构造等因素的控制。

4. 不可逆性(迁移性)

这些宏观、微观现象一个极为重要而至今未被充分重视的特征就是它的不可逆性。它既表现在不同地震前异常发展变化的图案各不相同,也表现在任何一次地震前每个异常点的发展变化也是随着时间不可逆的。海城地震前,宏观异常早在二三个月前就已出现,之后有起伏地逐渐增加,从外围逐渐往震中迁移。松潘地震前,宏观异常主要沿龙门山断裂带由西南往东北作条带状迁移,逐渐趋近震中。对每个异常点来说它们不过是对应了一次或几次地震,而且每次地震前异常出现的

时间、幅度都各不相同,之后甚至对更大或更近些的地震也许无反映或强度大大减弱。对任何一点来说重复只是近似的。短暂的,不可逆性才是根本的。

5. 前兆性和非前兆性

各种宏观、微观前兆随着强烈破坏性地震的临近逐渐从外围向震中区推进,数量幅度骤然增加;震后,不论某些异常点抑或整个区域异常现象都会随着余震的盛衰而起伏。这都表现了它们对地震具有前兆性的一面,这也正是人们关心重视它们的原因所在。但事实是震前出现的任何现象震后或未地震的区域都可能出现,其规模幅度有时较之震前也毫不逊色。唐山地震前两三个月异常较少;直到临震前三天宏观异常数量才骤然增加,异常的范围多在200公里左右;但地震后,宏观异常的数量、范围、强度都比震前还大。1976年8月前后的异常从震中区向外围逐渐扩大,波及河北、北京、天津、辽宁、吉林、山东、江苏、河南、山西、内蒙、安徽等省市。震中地区地表裂缝,喷砂冒水,冒气,水位升降等现象大量出现,一些水氡值的突跳大大超过震前。吉林白城地区出现几十起人感地动等现象。江苏高邮龙奔公社十里大队250平方米的范围内出现七个冒水点,从1976年8月17日至1977年8月15日共冒水114次。据研究,喷水时间与地方震活动同步,但这期间最大的地方震才2.8级,这也和其震级不相对应。有些有异常的地方根本没有地震,这又表现了它们的非前兆性特征。对于这一特征有人称之为“震后效应”,有些人甚至怀疑那些无地震与之对应的异常的真实性。其实这些异常有多人看到,多种现象同步发生,其真实性是无可怀疑的。

6. 多源性

大量事实证明在不同时期不同地区的强烈地震、火山喷发、海啸和风暴等灾害性事件前动物的行为异常是基本相似的。在大规模地裂、山崩、滑坡、火山喷发等事件前也会出现相当数量的宏观、微观异常现象。震前出现的异常不是地震前特有的,不论任何一种现象抑或这些现象的组合都不和地震有直接的必然的联系。

7. 地壳运动的效应

笔者十多年来从探讨地壳成因入手,对古今中外多种异常现象进行了收集研究,发现不论震前、震时、震后或非地震区出现的这些现象成因机制上并没有区别,它们都是地壳运动变化的结果。地壳是由固态、液态、气态物质组成的复杂的、不均一的地体。在它受力受热形变的过程中,不仅有岩石的机械变形和破裂,还有水气、岩浆等物质变化、运移等一系列物理化学作用。地壳中的物质和能量以各种方式释入大气,这就势必引起地壳和

低层大气中物理化学场发生变异。这些变异为不同的人、动植物和仪表所察觉就是各种宏观、微观异常。这些异常就是地壳运动伴生的各种物理化学效应,它们都是地壳活动增强的征兆。各种异常现象的同步迁移生动地反映了地应力、地形变的迁移。地壳形变、地壳内物质成份和地质构造状态共同决定了各种异常现象的时空分布特征(大气中的物理化学场也对它们有一定影响)。地壳形变与地震是量变到质变、渐变到突变的过程。地壳强烈的变形超过岩石的极限强度突然失稳产生大规模破裂便是地震。地震前有地壳形变由弱到强的过程。许多情况下一些地区岩石受力变形以褶皱、蠕动等方式进行调整,几起几落,只是某些区段闭锁成为继续运动的障碍时才在那里积累应力,到一定程度大规模突破产生地震。就是闭锁区段的应力积累也一定有起起落落的复杂过程,只要变形到一定程度就会出现异常现象,富含油气热液的地区更为明显。对一个地区来说地壳活动愈强,各种现象愈多。地震无疑是地壳活动最激烈的时候,这样我们便很容易理解没有地震的时候,地震前后很长时间都会有各种异常现象,震时这些现象最为激烈更是理所当然。有异常不一定有地震,有地震(较大地震)必定有异常。各种现象出现得越多,说明地壳活动愈激烈,地震的可能性越大。地壳中的物质成份、构造状态和应力分布是不均匀的,各种异常现象也是不均匀的。我们既不能期望不同地震前异常的时空图案完全相同,也不能期望同一地点在不同地震前会出现同样的现象。

由以上七点我们可以明显看出,目前在地震预报中流行的,企图用一次或几次地震前出现的一种或几种异常现象与地震建立的某种关系重演来预报地震的方法是纯经验性的。异常现象和地震一样都是地壳运动的结果,它们的关系不是因果关系。异常和地震的关系是由地壳构造运动来衔接的。我们将地震预报建立在经验的因果基础上,成功小于失败是理所当然的。地震既然是地壳运动的一种表现形式,它的活动就具有全球性的特点,它们的发生、发展明显受地球表面大的活动块体运动的制约。同时,地震活动也具有区域性的特点,它们既可以常在某个时段某个区域频频发生而另一些地区或时段没有或很少,也可以在一个区域随着时间的推进作有规律的迁移。地震成因、地震预报问题的最终解决必须有赖于对全球,至少是相当大区域内地壳现代构造运动的了解。脱离地壳运动状态的地震预报是非理性的。研究现代地壳构造运动的历史,把握地壳现代构造运动的趋势是提高烈度区划和地震预报工作质量的关键。

三、地震预报的可靠途径

地震预报是时间、地点、震级的预报,地震预报三要素是相互联系的一个整体,缺任何一个都会使另外两个变得没有意义。这三要素的概念是相当精确的,时间的误差在年月日之内,地点误差只能在几十至一二百公里,震级误差只能在1~2级。这种时间、空间、能量的尺度是传统构造地质学上时、空、能的尺度无法比拟的。研究岩石形变痕迹的传统地质学的方法在地震预报上遇到了明显的困难。尽管地震地质工作者竭力提高工作的精度,但由于方法本身所固有的局限性,它的时、空尺度实在难以达到地震预报所需的精度。随着科学技术的进步,人类对地球、地壳现今运动状态的关心与日俱增,测量地球、地壳运动参数的各种仪器精度不断提高,种类和数量日益增加,已取得的大量参数在研究地球地壳运动状态方面发挥了巨大作用。这些参数为精细地描述地球、地壳运动状态提供了可能。这些精密仪器的使用只是近代的事,历史短,费用昂贵,尚未普及,再说每种参数反映的也只是一个侧面,仅根据仪器覆盖的时、空尚难找出规律性。这就迫使我们必须另辟蹊径弥补这方面的不足。

综上所述,显然我们对异常现象的分析仅仅停留在有震无震的朴素经验类比阶段是远远不够的。既然它们是地壳运动增强的征兆,那末,我们用其时、空变化反演地壳运动应该是可行的。为此,笔者提出地象资料和征兆地质学的概念。

1. 地象资料

我国是多地震国家,历史上有大量关于地震现象的记录。这些史料在历代都有不同规模的收集与整理。尤其是解放后大规模社会主义建设更迫切需要搞好烈度区划工作,在苏联专家的建议下,我国历史学界、地震学界联合对这些史料进行过系统收集与整理,1956年出版了《中国地震资料年表》,之后,北京大学王嘉荫编著的《中国地质史料》一书也涉及到部分地震方面的史料。这些地震史料在我国地震科研事业中发挥了重大作用,引起世界地震学界的重视。可以说中国地震工作取得的各项成绩及它在世界地震学界举足轻重的地位都无不直接间接与这些宝贵的史料有关。根据地震科研工作的需要1978年又由中国社会科学院、中国科学院、国家地震局联合发起,组成中国地震历史资料编辑委员会,对地震史料再一次作广泛的收集、整理,重新编纂成《中国地震历史资料汇编》。

自然界是个复杂的相互有紧密联系的整体,地壳运动是个复杂的丰富多彩的过程。人类历史时期的构造运动,不仅地层本身留下的信息可供

利用,而且有大量伴生现象,用各种方式记录下来。祖先给我们留下的史料中关于地壳运动效应的内容是非常丰富的。凡地壳运动产生的各种征兆、各种效应、各种信息都可称为地象资料。根据近年笔者关于地光成因、地壳运动、静电效应、地质气象与气象地质、地壳运动与灾异群发诸问题的研究,地象资料不仅包括发生于地壳内、地面上的多种自然现象,还应包括低层大气中的许多灾异现象。它们和地壳运动的关系有直接的,也有间接的;有些可直观地看出是地壳运动的结果,有些随着科学研究的深入才能逐步看清它们和地壳运动的密切关系。有些现象孤立地看完全可能系其他原因造成,但若从它们集中发生于某段时间、某一地区或沿地质构造展布等特征看,它们应和地壳运动有一定关系。在地震研究中,我们应当从史料中分析、鉴别、收集所有的与地壳运动有关的史料。这些现象的时空、幅度等都是比较精确的,用这些现象的时空等变化来反演现代地壳运动状态,勾绘大区域现代地壳运动的动态图案是可以比较精细的,完全可满足地震预报工作的要求。

2. 征兆地质学

地质时代的构造运动,沧海桑田,几经变迁,仅能根据岩石中留下的记录来研究它。尽管这些记录相当丰富,但毕竟残缺不全,更大量的不能保存在岩石中的现象已不可考,所得的轮廓当然只能是极其粗略的。现代构造运动,尤其是人类历史时期的构造运动,量是非常微小的,它们在岩石中留下的信息和地质历史时期相比更加难以鉴别,所幸有大量伴生现象可资利用。我国浩如烟海的典籍中有大量关于自然现象的描写,其中地震资料早已受到国内外地震学界的关注,但还有更大量的有关地壳运动的信息尚未受到应有的重视。尽管有些现象当时的人并不理解,他们将其成因简单地假之于鬼神,蒙上了迷信的色彩,但今天只要我们对这些现象进行认真地分析,就可确定它们的真实性,看出它们与地壳运动的密切关系。

解决地震预报问题,了解一二千年来地壳运动的历史,外推几十年近百年的地壳运动趋势,即可大体满足需要。这些现象的时、空、规模都是相当具体的,它们兆示的地壳运动的时间尺度都是以年月日为单位,是可以完全满足地震预报需要的。鉴别、收集、分析这些现象即地象资料,研究它们与地壳运动的关系,用它们的时、空、幅度变化反演四维地壳运动状态,找出地壳运动与地震活动的规律,判断地壳运动和地震活动的发展趋势,这就是征兆地质学的任务。

3. 征兆地质学与地震预报

地震预报涉及的是以年月日为时间单位的地壳运动的微观动态。目前在地震研究中采用的仍

是研究岩石变形痕迹的传统地质学的方法,这种方法和地震资料的结合显然不是十分协调的。地震地质工作着重的还是对构造带、震源区静态的解剖,所提的地震地质标志,划定的危险区主要还是指可能的应力集中区。实际上地震预报所需要的不是应力可能在哪里集中,而是应力确实在哪里集中。测量现代地壳运动的各种精密仪器覆盖的仅是极为局部的区域,使用的时间很短,各种前兆方法多是单台站、单手段根据几个地震建立的经验关系来预报,尽管许多研究者已注意从多种手段综合判断区域应力的变化状态,但它的时空毕竟太少,缺乏系统性,难于找到它的规律。征兆地质学的方法完全可弥补它们的不足,这是将地震预报由经验性转到理性的必由之路。现在各国地震预报工作都还没有系统地立足于这一基础之上。开展征兆地质学研究我国得天独厚!

笔者认为在通过征兆地质学解决地震预报的道路上,一是要对浩如烟海的中国自然现象方面的历史资料进行全面的挖掘整理,从中鉴别、摘取所有地象资料,包括近代仪表测得的各种参数。将这些资料从时间、区域、种类等角度进行汇编、储入计算机,对这些资料进行综合的分析,找出人类历史时期中国地壳运动的微动态特征,找出地震发生发展的客观规律,尤其注意寻找强震前较长时间、较大区域出现的宏观、微观异常特征,寻找地壳运动过程中量变到质变的节点,即必震的信息;二要外推几十年内各地区地壳运动的发展趋势,监视、收集随时出现的各种宏观、微观现象,并在此基础上较为准确地判断它们兆示的地壳运动状态,使烈度区划、地震预报工作有较大的把握。对于前者我们有大量待挖掘的史料。对于后者我们应当进一步完善群测群防队伍,宣传科学知识,提高全民族的观察研究自然现象的兴趣和能力,使各种灾异现象能及时上报。自然科学,尤其是地学要立足于大量实际观测资料,要尽可能多地从自然界收集有益的信息。

地震科学面对的是浩瀚的自然界,自然过程是动态的,不可逆的,随机的。我们很难预先知道它们在哪里发生而先有目的地去布设仪器,经常是有异常的地方没仪器,有仪器的地方没异常,许多自然现象的发生过程仍只有靠人的感官察知其存在,尽管人对这些现象的感知不甚精确,但却常是多侧面较完整的。要想全面客观地了解自然,必须重视对这些宏观现象的收集整理和分析。目前在地震预报问题上中国和国外的差别主要就在对宏观现象的重视和控制程度。目前人类已经具有了相当的预报地震的能力,只要珍视这种能力,善于运用这种能力,必将会有越来越多的地震获得较为成功的预报。

(责任编辑 肖庆山)

(上接第63页)

模式,对它们作深入的研究,并进行大规模的数值模拟研究。理论和计算地球流体力学对大气、海洋和地理、环境等学科发展的推动作用早已为人们所共知,且数值模拟研究很有可能成为地质过程、古环境和古生态研究的一个重要手段,甚至促使其有突破性进展,因为它可以在极短时间内完成长达亿年的事件的模拟,以鉴别以往有关理论的真伪,有助于形成新的更接近实际的理论。第十五项是着眼于地学研究的重大信息来源、手段和方法的基础研究。它不但是地学与数理科学、技术科学和信息科学在方法上的交叉,而且必将促进对地球科学整体性认识的深化,同时还具有重大的经济效益和社会效益。第十六项超越了纯自然科学的范畴。由于人类在地球表层的活动,人与自然界的相互影响及其反馈作用日益加剧,这已引起国内外高度重视,十分有必要对地球表层与入地系统调控进行高层次跨学科的研究,促使这一具有应用前景的基础研究得到迅速发展。

除上述十六项外,会议中还提出了外生成矿过程及其背景的研究、成矿地质及其演化规律的研究、盆地的形成演化及其分析、动力大地测量学、中层大气基本过程及其对上下层响应的基础研究、非线性理论在地学中的应用研究等课题,但在会上未能充分讨论,拟作进一步研讨。

在我国,这十六项研究课题中有些已有一定基础,有些已在零星开展,更多的是研究人员近年来的设想或计划开展的项目。为此建议:

1. 要保护并加强现有的研究,促进国际交流,并分专题组成专门调研小组,拟定研究计划,逐步使其成为国家或部门的计划项目,或成为国家自然科学基金的重点和重点支持项目。

2. 随着国民经济的发展,国家对基础科学研究的投入应有相应幅度的增加,以支持重大设备的更新改造和高水平的研究工作。此外,一些国家科技攻关和重大基础研究项目,科学院、教委和一些部门拟定和正在执行的一些重大基础研究项目,以及各有关产业和事业部门的计划,都或多或少或紧或松地与这里提出的十六项有关。希望能与这些计划紧密结合,以便尽可能为十六项的有关部分提供前期研究或部分专题研究的条件。

3. 十六项牵涉到学科的新发展,必须有胜任研究的人才。为此,必须在教学安排以及研究生培养等方面采取相应措施,尤其要加速高级人才的培养。

4. 十六项都涉及多学科、多部门,应继续提倡跨部门、跨学科的大协作精神,克服资料部门所有的现状,制定出资料管理和共享的措施。

5. 鉴于地学研究的复杂性,十六项仅是地学发展中的若干重点课题,建议有关部门进一步组织制定学科发展规划,并采取相应措施加以落实。

(摘自《中国科学院院刊》,1991年第2期)