

探索中的几类地震前兆的物理依据

顾 功 叙

摘 要

本文着重谈了十一类地震前兆的物理依据：1.地震活动图象；2.小地震震源参数；3.波速异常；4.电阻率变化；5.重力变化；6.地磁变化；7.水压致裂测定地下应力；8.地震测深；9.地壳形变；10.地下水；11.宏观现象。

我们研究地震前兆如果不请求物理学，是不会出好成果的。空谈物理学，就会变成清谈、假定与猜测的玄学。不要忘记物理是一门讲求精确，讲求实验验证，靠证据说话的科学。

下面根据国内外文献、外事接触谈一点个人的设想。着重谈短期的地震前兆现象，但不可避免会涉及到中长期的或是极长期的。

1. 地震活动性图象：

大地震前用小地震活动时、空、强分布图像的特征来预报大地震，其中包括大地震前的地震群现象。其物理依据要看是什么图像特征，如“平静密集”，“缺震”之类，大致是由于深处压应力场的逐渐增强，开始时介质有所破裂而引起了小地震或地震群。这要视介质的结构，其物理性质和物质组成而有所不同。继续增加围压，介质被压密而抵抗破裂，形成一个平静阶段，小地震暂时缺乏。最后介质由于压应力超过其强度而发生大破裂，引起了大地震的发生。

再如大地震前出现空区的图像特征，可能是由于深处压应力逐渐增强，大地震震源区的介质性质坚硬，其外围的介质较脆弱，因此先在外围发生破裂引起小地震，中部不发生破裂而暂时平静。进一步加压，就会迫使中部介质超过其强度而全面破裂，产生大地震。

地震群的出现一般理解为由于介质不均匀，当围压增强时而发生的。

2. 小地震震源参数：

小地震震源参数一般可包括地震矩、应力降、主压应力方向、断层面解等等，大都是从记录到的小地震波形推得来的，当然这里有记录的真实性和精度等问题。在大地震前这些参数可能与正常状态时有所不同，这还是一种假想。现在是不是已观测到这样的确实震例，也很难说。但有一些极为微弱的迹象，需要今后积累大量的震例和资料。这必然是一种很复杂的，不能一举而就发现其规律性的问题。需要做严谨的探索性研究。

至于说大地震前这种参数变化特征的物理依据，还只是很没有把握的想法，说不清楚。有人猜测在大地震发生以前的短时期内震源区应力分布状态开始有些特殊致使上述小地震震

源参数也显示某些相应的特征,不过这只是没有多少说服力的想像。

当前应研究的问题,首先是震源参数的得来有多少真实性,其数值的稳定程度如何?能不能达到显示参数变化的精度?如达不到则如何改进记录、观测条件和推算方法。其次是要积累更多的震例。不论小地震活动性图像或是小地震震源参数都必须在大地震前有地震的发生,这个问题应在持续的研究过程中加以探索,是不是真的完全没有小地震?

3. 波速异常:

波速异常作为大地震发生的前兆,在过去一段时间内曾经受到极大的重视。并已提出了所谓的“膨胀理论”,后来发现问题并不如想象那样简单。其物理依据是比较清楚的,是在大地震前震源区受压,介质中传播的地震波速度随着发生变化。实验室内高温高压下岩石标本中波速测定结果也证实了这点。

现在的问题是过去测定深处介质的波速是利用大地震前的小地震或远地震来进行的,并假定震源区的介质是均匀的各向同性的。这样,所用地震波都来自不同位置不同方向的震源,以及其他许多影响观测波速精度等因素,使波速变化的数据和事实引起人们的怀疑。

为了消除这些引起数据不真实性的因素,有人正采用人工震源在可能发生大地震的地震危险区,同一地点振动而在另一固定点上接收来自深处莫霍界面上的反射波,用精度较高的时间标准来测定反射波的到达时间。最早的人工震源(可控机械震动机)比较复杂,用五台机器同步振动,现在已经减少为一台,在固定的震动与接收点上每隔一定时间观测一次。这样对观测系统作了改进,所取得的波速结果似乎有一定的可信度。但到目前为止还没有观测到明确的波速异常震例,有待今后的实践。观测中会遇到什么干扰因素也有待逐步弄清。

4. 电阻率变化:

波速与电阻率是两种地面下深处介质的物理参量,在地面能够观测到。是可用来显示介质受应力强弱的观测量,也是当前地球物理学所依赖可取得地下物理状态的仅有的两种科学途径。观测电阻率变化作为大地震发生的前兆,看来物理依据是清楚的。实验室内高温高压下的岩石标本电阻率测定的结果也已证明了电阻率随压力的变化而变化的特点相当显著(高温高压实验目前似乎也仅在这种方面起了作用)。

如何在地震危险区现场用很高精度来观测地下视电阻率的变化也是需要研究的。因为这种变化量与波速一样是极微小的。我国常用的对称四极观测系统输电极距为1—3公里,所测到的深度小于1公里,仅数百米,用手工操作曾观测到一些震例。有些则离大地震震中区太远,观测点也太少,只有似是而非的电阻率前兆,显示了浅部的电阻率在震前的变化,深部则还观测不到。

因此,现在有人已用较高精度很大输入电流的观测设备在地震危险区现场采用相距较远的两偶极排列(以避免导线过长)分别输电和测量电位差,企图观测深部震源区介质的视电阻率变化。同样,目前还没有取得有说服力的震例。今后需要大量观测和研究探索工作,才能显示其成为地震前兆的可能性。观测中会遇到什么干扰因素还需要逐步探知。我们还准备使用四极对称大极距的观测装置,供大电流,以期观测地震区现场深部的电阻率变化。可能比偶极排列容易些。

5. 重力变化

大地震前可能在震区出现重力变化的物理依据还是说不清楚的。长期以来人们认为重力场是不大可能变化的,除非用来观测的重力仪本身的性能不够稳定。因此企图用重力变化

来作为地震前兆是不可设想的。

最近几年来,国内国外出现这种变化的报导。什么因素引起的?有人推测是地下物质的迁移。是什么物质能在地下迁移得这样快速,几个月甚至几天内就可使重力值变化很多?有人怀疑是地下水。暂且不管这种推测,问题仍旧在于重力变化的观测精度。这里变化的量级依然是极微小的,以微伽计的。而现在常用的重力仪,是达不到这种精度的。另外,能使重力场变化的干扰因素有些什么,也没有完全弄清楚。必须严格地一丝不苟地加以分辨出来,否则就是数据可以信赖,仍不能确实发现起源于震源区的重力变化。来自海洋和固体潮汐,重力测点高程的变化等影响应先作出严密的改正。

我们正与美国哥伦比亚大学合作在京、津、张、唐地区开展固定重力点观测网与联接某些固定点的流动重力重复观测,使用了比较稳定精确的固定和流动重力仪,并结合本地区的水准重复测量以及气象变化的观测资料进行分析研究。这样的工作是新的尝试。国内外都没有这样做过。希望先取得一批可信赖的观测数据,然后再作严密的地球物理研究,以期与本地区的地震活动对比联系。在最近数年内,京、津、张、唐地区可以不发生4—5级以上的地震,重力场在此期间可以完全平静(改正后)无变化,也可以有较明显的变化。要尽可能弄清其原因。如果发生一次4—5级以上地震,重力场可以无变化也可以有较明显的变化,都要尽可能弄清其原因,要有足够的说服力,不可随便猜测。三年合作期不够,可以延长。只要看到苗头。当然,最后完全有可能失败,证明重力变化不能成为地震前兆,这也是重要结果。因为工作是探索性很强的。不搞这样的基础研究,只凭空想推论,而希望有所突破和进展是不大可能的。

6. 地磁变化:

大地震前震区地磁场可能有前兆变化,其物理依据说法很多。什么压磁效应,居里温度面升降等等,哪种推测有理与事实最符合,现在还无法定论。过去有人估计大地震前会出现相当大的地磁变化。1964年阿拉斯加8.4级大地震前数小时,附近数十公里内的一个地磁台上记录到达100伽玛的地磁变化,是仪器问题还是确有这样大的变化,无人进一步分析考查。我国也曾假定震前地磁变化量是较大的,所以“土地磁仪”和“红绿灯”等观测和分析资料工作都可发现前兆。但是到现在人们已开始觉察到大地震前的地磁变化估计是比较微弱的,不过几伽玛甚至更小些。因此又牵涉到观测仪器技术的精度问题。不管怎样,还是要作变化量很微小,高精度观测的打算,这是科学所要求的,不是什么故意提高精度。目前国内外正在开展地磁前兆的研究工作,一般是在地震危险区沿测线进行高精度的重复地磁测量,并在其附近设固定地磁台网,集中连续记录地磁场的变化。

地磁场比重力场可受较多因素的影响而变化。至于用什么观点来部署台网和重复测量,是必须首先要考虑的。认为大地震前由于地下应力增强引起介质的压磁效应而使地磁场变化,就应该布置观测系统在地震危险区的有磁异常岩体上。因为这种岩体的压磁效应一般比无磁性的岩体会明显些,容易发现。如果从另一观点出发认为磁异常区观测,干扰太乱。不能发现有意义的微弱地磁变化,那就要按另一种指导思想来布置观测系统。而且也不一定只是测线和台网,要做其他的实验性观测研究。地磁前兆是相当复杂的,必须在地磁学和物理学的基础上来进行现场观测和数据分析研究。

7. 水压致裂测定地下应力

目前人们还没有掌握从地面直接测定地下深处应力值的任何手段,只能根据例如波速或

电阻率等的地面观测结果间接推知其变化。此外也只能在地表岩石露头或钻井中测定浅部的应力值及其变化,就要求假定浅部的变化是从深部传递上来的。大地震前震源区应力是有所变化的,但是不是能在浅处观测到,又是另一个很复杂的问题。在浅处,地表或钻井中观测应力值有不少方法和技术(如所谓的“地应力”),但是它们的真实性和可信赖的程度如何,还是不够清楚的。深处应力变化传递到地面其数量估计又是微小的,不易观测发现的,而有干扰的。近年来人们对于在钻井中(深数百米至数千米),利用开采石油时加强水压使岩层发生裂隙的技术来测定加压处的应力值,认为数据较真实。但是这种观测精度究竟又能达到多少。还是需要研究确定的。否则仍不能有效地发现大地震前浅处的微小应力变化。

8. 地震测深:

爆炸地震探测深部的工作,国内外已做过不少。但为了研究地震震源区详细的结构的还不多。一般是做折射波为主的地震测深长剖面,探测地壳或上地幔的粗略结构。我国曾通过1966年地震震中区做过长剖面,只能提供震源区深部结构“是复杂”的结论。

研究震源,现在的问题是必须探索究竟震源区的结构特征是什么?就是说各次大地震的震源区究竟具有什么构造上的特殊条件或标志,才发生大地震的。这样,就必须探测震源区的细结构,只是粗结构是很不够的。要求取得一些构造细节,从而发现有普遍意义的线索,当然又是试探性的。可能也不会立刻找到其共性和规律。探测细结构必须以反射波为主,分辨力较高。现在国外已开始利用近代石油地区地震勘探构造的新技术于深部,已取得一些深部细结构的资料。但还没有针对大地震震源区进行工作。此外成本还较高。

我国大陆上不乏历史和现代的大地震震源,可以先做一些尝试(不一定等到外国做了我们才做)。但因成本较高,我们必须在仪器技术上作必要的改进和简化,以便多做工作。我想这样的研究工作应该是很有意义的。不这样做,只做一般的爆炸地震测深长剖面,不会说明震源区的结构特征问题的。

9. 地壳形变:

物理依据是较清楚的,就是假定大地震前震源区的应力应变孕育过程能传递到地面上来,但可以在地表观测到的形变量也是微小的,受到各种干扰,因为地面以下的介质是非常错综复杂的。

10. 地下水:

物理依据也是清楚的,假定大地震前震源区的应力应变孕育过程会传递到地面上来,使地下水流动,而水受应力变化而运移是相当灵敏的,当然也会受到许多复杂因素的干扰。

11. 宏观现象:

大地震前数小时或1—2天内出现的异常宏观现象是极为重要的,动物反应、地声、地光等等,应该切实进行研究。当然物理依据现在还很不清楚。首先是大地震前观测的宏观现象的真实性,现在往往在人群中传说,见不到真凭实据。有些则传得很神奇,似乎确有其事,但可能大都是虚的,夸大了的。大地震之后,从来无人再去调查考察弄清真象,震后似乎认为一定不会再出现的。我们多年来国内虽然发生了许多次大地震,但没有很好向大自然学到东西是一种极大损失。

这十一项方向性的东西,都是探索性的,有些来自观测事实,有些则来自物理学上最基本的原理,有些已在国家地震局地球物理所开始试探。当然这些项目,都是不可能一举即达到目的的工作。有些可能要长期试探下去,至少数十年,随着工作的进展而变化。最后结果

还很有可能完全失败，证明这些现象不能作为大地震前兆，只能是在探索的漫长路程上拾到的一些副产品。但是这样做研究，循序渐进，科学性增强了，盲目性大为减少了。花国家经费，每年取得一些真实的进展（正面的或反面的）还是值得的。工作人员的内心会是踏实的，良心上是无愧的。研究所的人员体制和科研管理方式从此也可逐步稳定下来，趋于合理化和按科学规律办事。

PHYSICAL BASES OF VARIOUS EARTHQUAKE

PRECURSORS IN EXPLORATION

Gu Gong-xu

Abstract

This paper deals with the physical bases of eleven kinds of earthquake precursors. ^{these are} 1. Seismic activity pattern; 2. Source parameter of small earthquakes; 3. The anomaly in seismic wave velocities; 4. Change in electric resistivity; 5. Gravity change; 6. Geomagnetic change; 7. Measurement of crust stress by means of hydro-pressure fracture; 8. Seismic prospect; 9. Crust deformation; 10. Underground water; 11. Macro-phenomena.