

地震地质

李四光



C800006696

科学出版社

1973

内 容 简 介

本书收集了李四光同志有关地震地质工作的五篇著作。在《关于地震地质工作的几点意见》中，系统地阐明了地震地质工作的观点、方法、性质、特点和任务。

为了便于读者对上述文章的理解，我们选了李四光同志亲自参加考察工作，并亲自指导编写的“邢台地震地质初步考察报告”做为附录 I；选了李四光同志关于地震地质工作的谈话记录做为附录 II。

本书可供地震工作者、地质工作者和有关生产、教学以及科研工作者参考。

地 震 地 质

李 四 光

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973 年 12 月 第 一 版 开本：787×1092 1/16

1973 年 12 月 第 一 次 印 刷 印张：3 1/2

精装 1—7,850 插页：精 3，平 2

印数：平装 1—14,650 字数：69,000

统一书号：13031·132

本社书号：249·13—14

定价：精装本 1.70 元
平装本 0.48 元

只 限 国 内 发 行

前 言^{*}

地震地质工作，是一项新的地质工作。它还处在幼年时代。根据现在的实践经验，它的任务是：侦察地震这个地下“敌人”的潜伏场所，并进一步监视它的活动，为保卫广大人民生命财产安全和社会主义建设安全服务。它的内容应当包括两项：一是调查和鉴定现今还在活动的构造地带和构造体系；二是在若干适当地点，建立地震预测的试验站。辩证地摸索前进的道路。

^{*} 系一九六九年二月八日李四光同志与地质部、地质科学研究所领导座谈纪要中有关地震地质工作一节，引为本汇编之前言。——编者

目 录

前 言

中国西北部活动性构造体系与地震带的分布关系·····	1
岩石力学与构造应力场的分析·····	5
关于地震地质工作问题·····	6
地震地质工作的内容·····	8
关于地震地质工作的几点意见·····	10

附 录 I

邢台地震地质初步考察报告·····	15
-------------------	----

附 录 II

与地质力学研究所参加西南地震地质工作同志的谈话·····	22
地质构造与构造运动的联系问题·····	23
地震工作中的构造地质工作·····	25
谈地震预报问题·····	26
关于地震地质工作的谈话·····	27
地震是可以预报的·····	30
形变电阻率法预测地震问题·····	32
解决地震预报的方法与途径·····	33
地震预测工作中的水文观测·····	35
与中国科学院地震体改小组的座谈纪要·····	36
谈地震地质问题·····	37
谈地震地质队的方向和任务·····	40
大地测量在地震工作中的作用·····	41
关于地震危险区的划分问题·····	42

谈地下水观测工作·····	43
谈地震地质图的编制问题·····	45
关于历史地震的分析问题·····	47
地震是一种地质现象·····	48
有关地应力测量工作问题·····	49

中国西北部活动性构造体系与 地震带的分布关系*

地震现象反映地质构造的特征,是普遍承认的事实。但关于如何反映,却存在着许多问题。那许多问题涉及的范围很大,同时也都具有高度的复杂性,需要专门处理。下面仅仅能够指出一些有关地震的记载和近年来调查若干处因地震而发生地裂现象的结果,来证实分布在西北广大地区的某些褶带,确实彼此保持着密切的联系,组成一个构造体系,并且在今天还具有显著的活动性。

中国科学院地球物理研究所 1952 年所编制的我国地震区域活动图,虽然现在还正在加以补充修正,但已经揭露了大量的事实,反映祁吕弧形褶带和贺兰南部在构造体系上的统一性,同时也反映这个统一的构造体系的活动性。在同一地震区域活动图上,我们又发现在这个体系的中南部,即陇西旋卷构造体系插入祁吕贺兰构造体系的地区,烈震带的分布又反映了陇西系与祁吕弧形褶带互相干扰的情况。

另外,在王竹泉工程师所编的中国北部地震分布图中,也显示着太山式和大义山式两组构造线的重要性和它们的活动性。如果这两个类型的构造线确实属于华夏体系的话,那就意味着整个华夏体系的构造,今天还处于活动的状态。

地面上因地震而发生的裂隙和其他错动,与地下发动地震的原因——即沿着构造上的弱点所发生的错动,在多数场合是不完全相符的,甚至在某些场合完全不相符也是可以想象的。但在某些剧烈地震区域,有时出现若干特殊的裂隙,它们的形状整齐,或者它们的排列有一定的规律,象秦可大描写 1556 年西安地震那样,“地裂横竖如画”,和 1906 年的旧金山大地震那样,地面出现的羽状裂隙(即斜列平行的垂直裂隙)都走向北北东。当这种裂隙所表现出来的地面动态被肯定地认为不是由于地面的因素——包括地形、表面掩覆层的结构和组成等等——趁着地震的机会而发动了破坏性的作用的时候,把它们当作地下构造活动的地面投影看待,是完全合理的。但实际问题不是一概这样简单地处理就算解决了。

举例来说: 1954 年 2 月甘肃山丹地区,因剧烈地震而发生裂隙,形状多不规则,它们的形状大都受到地形的控制。但也有一部分裂隙显然与地形无关,例如由别茈莉到滴水圈一段。在山丹县东北白疙瘩等处,有两组比较整齐的裂隙: 一组走向北 55° — 60° 东,另一组走向北 15° — 20° 西,前一组裂隙的北边,多半是陷落方面;后一组的陷落方面,东西不定。据周光的观察,两组裂隙的两旁,有时呈现水平错动。如果陷落是由于水平错动

* 引自《旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题》一文, 54—58 页, 1955 年 12 月。——编者

而发生的话,那么,从地质力学的观点来判断,这种错动很可能不是压应力就是张应力在走向北 67° — 70° 西的直立面上作用的结果。事实上在白疙瘩山坡上,破喇嘛顶北面,也发生了走向北 70° 西的裂隙,这个裂隙的北边略为下降,据周光观察,有向东南移动的痕迹。这样的裂隙固然不能证明走向北 70° 西的直立面上水平应力的作用,可是附近龙首山的岩层,包括一些可能是属于南山系的变质岩中的劈面,一律走向北 70° 西,同时其中还存在一组走向北 30° 西的扭断层。这些可能是后来的扭断层对走向北 70° 西的主要裂面如果是羽状断层的关系的话,那末就有理由假定白疙瘩到附近的龙首山这一区域,曾经发生过向东偏南的扭动。

关于 1954 年山丹地震所发生的裂隙,甘肃工业厅朱允明等作了一番详细的实地调查。他所提出的资料,由于根据步测,当然很难保证十分正确。经过中国科学院地球物理研究

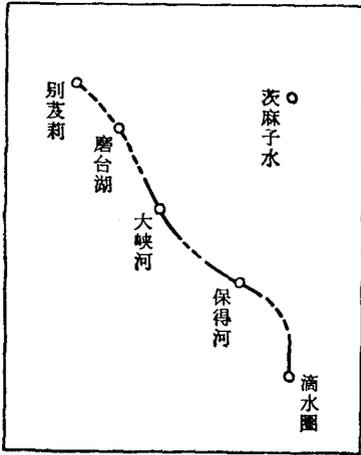


图 1 1954 年山丹地震后发生的主要裂隙(一部分)示意图

所初步整理和分析,认为需要进一步调查,才能保证关于裂隙的全面分析不致发生错误,这是完全正确的。但从朱允明等丰富的实地调查资料中,我们已经可以得出几点重要的情况:(1)裂隙分布的面积显然很广;主要裂隙的方向,至少在由别茨莉到保得河那一地段中,绝大部分走向西北—东南;(2)主要裂隙的东南段(保得河到滴水圈一段)几乎转向正南;(3)大峡河区和茨麻子水区* 确有不受地形影响的羽状裂隙,大峡河区羽状裂隙的排列方向,表明裂带的东北方面曾经向东南错动。这些事实都暗示: 1954 年山丹地震不论震源何在,起因为何,就平面上来看,它是带有一种扭动的迹象的。

地震前和地震后在山丹县城附近举行的两次陆地测量,也提供了有关这一问题的资料。据两次测量工作的负责人左焕祖和郑树基的报告,在 1953 年 4 月 11 日,他们测了一条基线,共长 1188.931 米,在 1954 年 4 月 5 日,用同样方法重测时,发现这条基线为 1188.854 米,即缩短了 7.7 厘米;同时,又发现了基线对正北的角度有所改变:在 1953 年所测定的角度为 $141^{\circ}3'23.1''$,而 1954 年则变为 $141^{\circ}4'47.2''$,就是说,基线可能依顺时针方向扭转了 $1'24.1''$ (1953 年 4 月 21 日 1954 年 4 月 5 日相距变率不在内)。测量负责同志认为这样的数差,不可能全属观测误差。现在没有更多的资料支持这种意见,但也不应完全漠视它。

1927 年古浪地区大地震的震中,现已判明在武威与古浪间的黄羊河附近。地震后,由黄羊河峡谷左岸沈家窝舖到冬青顶发生走向北 40° 西的断层及裂隙,和走向北 60° — 70° 西的弯曲形大裂隙连在一起,共长 14 公里,东北方面陷落。根据周光、刘秉俊提供的资料,其中有一部分似作羽状排列。另外,在当地第三纪红砂岩中出现了大量斜列平行的裂隙,

* 茨麻子水西又一山咀有七条弯形斜行裂隙,长 33 米,深 24 厘米,宽 8 厘米,方向北 15° 西。(据朱允明、李漫唐)

一齐走向北 40° 西。据周光口头报告,裂隙条条平行,好象新犁出的田地一样。在四台村附近出现了走向北 25° 西的地堑和走向北 10° 西的大裂隙,宽 5 米。由四台村到冬青顶,地震时所发生的大断层一般走向是北 60°—70° 西,如图 2 所示。这又可能是旋扭运动的例证。

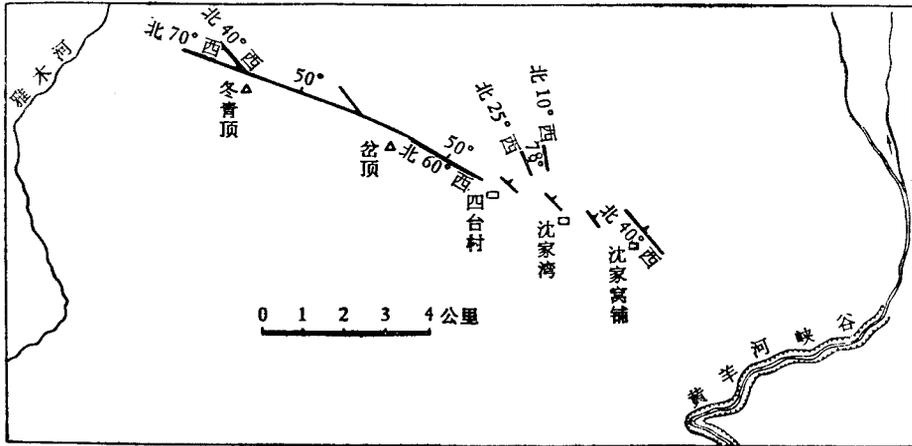


图 2 1927 年古浪地震后发生裂隙示意图(据周光、刘秉俊)

黄羊河谷附近,变质花岗岩中有很多走向北 10° 东的冲断层,同时也有不少走向北 10° 西左右的冲断层;另外还有走向北 70° 西的直立平错断层,在河床以上相当普遍地发育。如果把这些断层结合着 1927 年所发生的地震裂隙考虑,走向北 70° 西的平错断层就应该是和四台村到冬青顶因地震而发生的断层属于同一个系统。如果后者也是因为先发生平错而后跟着发生向下滑动,那么,这一裂隙的产生,就很可能由于陇西系的活动。这样推测恰好符合于海原、固源等地 1920 年发生了强烈地震的事实。另外还有一种看法:假如北 10° 西的冲断面和某些北 70° 西的平错断层代表同一系统的两组扭断面的话,它们之间的锐角等分线就恰好和地震时所发生的大批走向北 40° 西的平行裂隙是一致的。无论这样组合的分析对与不对,走向北 40° 西的平行裂隙的出现总是事实。这些裂隙并非不可能是东北—西南方向挤压的结果。这个方向的压力,恰恰与造成祁吕弧形褶皱西翼所使用的压力是一致的。

上述 1927 年大地震,震动了西北区广大的地面,祁吕弧形褶皱的西翼和顶部及其邻近地带,都属烈震带的范围。到了河南新安以东,烈度一般不超过六度。但在若干区域发现了一些现象,显然与地震有关。

在洛阳西郊涧河西、唐屯、唐村、浅水头、于家庄等处第三纪红色泥砂岩层区域中,地面发现不少裂隙,它们都按一定的规律排列。总起来可以分为两组:一组走向北 10° 东,裂隙较小较短;另一组走向北 70° 西,裂隙较长较大。在这些地点以北约 20 公里的柿凹地区,1927 年 8 月(即 1927 年大地震以后)大雨以后,在离黄河南岸 15 公里靠近山坡的地方,忽然出现了一条走向北 70° 西的裂隙,长约 1 公里。据周光调查结果,所有这些

裂隙,不是起源于地表崩塌或简单的流水冲洗,而是影响了当地岩层结构的一些新近发生的现象。

周光的论断,不独从掘出的裂隙剖面得到直接的证明,而且从当地古老而坚实的岩层结构中获得佐证。在洛阳南 15 公里伊河穿过伏牛山的峡谷两面,出现大批走向北 10° 东的直立断层,切断寒武、奥陶纪石灰岩和石炭二迭纪岩层。沿着峡谷以西,龙门山南麓,又有走向北 80° 西的断层出现,致使石炭二迭纪岩层和它们北面的第三纪红层发生断层接触。据周光的意见,涧河上段河谷方向北 70° 西,而下段转变为北 10° 东,又洛阳西南前五龙沟走向北 10° 东,而后五龙沟走向北 70° — 80° 西等等现象,也很可能是河流受了河床下断层的控制。

在某些开掘的裂隙剖面中还见到平错的证据。把那些证据和它们的高度规律性结合起来加以考虑,我们所得到的结论是,至少在它们初次发生的过程中,它们很可能是属于扭性裂面。因此,我们有理由作如下的假定:即这两组裂隙的产生不是由于震动,而很可能是由于来自北 30° 西方面的强大而稳定的侧面压力。这样的压力正是和造成洛阳西北那一段祁吕弧形褶皱带所需要的压力的方向是一致的。

1952 年 10 月 8 日,山西北部崞县地区发生了强烈的破坏性地震。震动以后,在县城东北四、五里处,白家湾东面滹沱河边出现了大量走向近乎南北的裂隙,其中偏东最大的不到北 10° 东。裂隙西边多呈挤压昂起的形象。往南有类似羽状的裂隙出现,但实际并非羽状裂隙,而是一部分由发育较好、走向北 60° — 66° 东和发育不好走向约 15° — 20° 西的两组裂隙组成。另一部分由走向北 40° 东与走向西北的两组组成。由于这一类型裂隙的数量不多,很难确定它们之间的夹角等分线究竟是北偏东多少度,但无论如何,不会大于北 15° 东。因此,这些裂隙和前述近于南北的大量裂隙,很可能是起源于山西陆台翘起的活动;但在某些干地出现了走向北 50° — 70° 西的张性裂隙,这又意味着有中华夏系活动的可能。

以上所列举的只是几个典型的例子。应该了解,仅仅依靠少数几个地区发见的地震裂隙,当然不能够解决构造体系的问题。不过从这些例子可以看出研究构造问题的一条辅助路线。如果我们按照前述体例,更广泛地收集有关地震裂隙的资料,经过必要的鉴定和分析,并结合等震带分布情况加以综合的研究,对复杂的复合构造体系中具有活动性的部分的认识,是可以得到一些启示的。

就上面所涉及的范围来说,极不完全的地震资料只能帮助我们作出下列的初步结论:

- (1) 现有的地震资料,支持祁吕贺兰山字型构造体系的建立,并证明它还没有达到稳定的阶段;
- (2) 和陇西系联系在一起的若干旋卷体系,有的正在继续活动,有的可能才开始出现;
- (3) 根据现有的历史资料以及地裂记录,我们可以推测山西北部的地震,是与祁吕弧形褶皱带、新华夏构造体系和山西陆台翘起运动有关的,但不够证明哪项运动影响最大。

岩石力学与构造应力场的分析*

分为实验部分与理论部分

(1) 实验部分包括:

- (甲) 各种岩石试件在不同条件下的实验方法和成果,包括蠕变实验的成果;
- (乙) 模拟实验;
- (丙) 地应力测量。

(2) 理论部分包括:

- (甲) 在不同加力的条件下,各种岩石试件变形、蠕变或破裂的反应;
- (乙) 构造应力场的分析:按纬向构造带、经向构造带和各种扭动构造型式所反映的地应力活动方式进行分析 and 讨论。

* 系李四光同志 1965 年 6 月 29 日为《地质力学方法与实践》写的提纲第三篇内容。——编者

关于地震地质工作问题

地震现象在我国较为普遍,尤其在某些山岳地带,有史以来,一般是地震强烈的地区。在这些地区的许多地点,现在还陆续发生烈度不等的地震。要在这些地区进行厂矿、水电、交通乃至住宅等建设,都涉及到安全问题。为了力求避免或减少地震的破坏作用,选定最有利的或者遭到这种自然灾害可能性最少的地区进行建设,就必须大力加强地震地质工作,并努力把这项工作做到所有建设工作的前面去,因为这是一项选择建设基地的工作,是一项开路的工作。

目前,对地震问题的研究,存在着各种不同的观点,解决问题的办法也是各式各样的。就地震烈度区划来说,传统的办法是:根据微观的和宏观的地震资料以及历史地震记录,用一个套一个的圈圈来划分地震烈度,即绘出等震线图。一般等震线呈椭圆形或圆形,好象投石到水中所激起的一圈一圈的波浪一样。地表烈度中心,称为外震中心(简称为震中),是地震的震源在地球表面的投影点。这种等震线图,意味着两个等震线圈之间的环形地带以内地震烈度是相等的,在震中地区,地震烈度最大。为了安全起见,这个最大的烈度,往往被认为代表一个相当广阔地区的地震烈度。如某地区现代或历史上的地震烈度曾达七度以上,整个地区就被认为均超出七度。这种传统的办法太粗了,不能有效地解决实际问题,同时给基本建设工作以很大的限制。

在我国,许多地震的产生,是由于地质构造运动而引起的,是由于地下岩层发生比较剧烈的破坏性变动所产生的能量,通过岩层的波动,向上下四周传播,直至达到地表的各点。这种地震波的传播,由于在一定程度上不能不受到岩相和地质构造的约制,在地下某一点发生的震动,就不一定象在均匀介质中那样,四面八方都是等同的。实践证明,震源的深度,在几公里到十几公里乃至二三十公里的深度范围以内的浅震,往往与某些断裂带或者破碎岩带的活动有关。这样发生的地震,有时沿某些断裂带特别频繁,特别强烈,而在邻近的某些地方则比较微弱。这就是说,即使在所谓强烈的地震区中,也可能有地震较弱的地带。这种看法是比较切合实际的。

因此,为了查明强烈地震带的分布规律和每个地震带可能达到的烈度和频率,来解决生产实践问题,就应该从地质构造的角度来研究地震问题,把构造地质工作和地震工作密切地结合起来,按照一定的程序,开展这项工作。

首先,要对有关地区详尽地进行地质构造工作,特别要查明出露地表的具有活动性的断裂带的性质、分布规律和延伸的范围。同时,要尽量收集历史地震资料,加以综合分析,并根据这些地震资料和震中分布,研究构造体系和地震的关系。

第二,围绕现今还在活动的断裂带,进行精密大地测量和微量位移测量,并设置地震

观测网,进行微观的和宏观的地震观测工作。

第三,对上述观测的资料,进行综合分析,分析现今地应力分布的情况和活动的方式,从而明确它们和当地地震的关系,并确定震源的所在和它们分布的范围。这样,就有可能进一步推测今后地震发展的趋势。

通过上述步骤,我们也有可能在烈震地区,找到比较稳定的地带或“安全岛”,为建筑设计提供资料。

地震地质工作是一项新的工作,我们还缺乏经验。今后一定要在毛泽东思想指导下,通过不断实践,认真总结经验教训,不断提高我们的认识水平,逐步地更确切地掌握某些地区地震发生的规律,为社会主义建设服务。

(引自《中国地质》,一九六五年,第十二期)

地震地质工作的内容*

地震地质工作的大方向和总的政治任务：

1. 在毛泽东思想统帅下为无产阶级政治服务；
2. 坚决贯彻执行周总理关于地震工作的指示。

地震地质工作的内容分为两大部分：

一、现今继续或断断续续活动的构造带的调查研究

这一部分工作是地震地质工作的基础，它的主要任务，在于鉴定构造带的活动性。查明活动构造带所属构造体系的某些特点及其在空间分布的范围。这是开展地震地质工作的第一步。它为社会主义工农业建设、国防建设提供必要的资料；它为地震地质工作的第二步——地震预报开辟道路。

地质构造的活动不一定引起地震，但地震之所以发生必然由于某一个构造带的局部或者全部甚至整个构造体系活动达到了一定激烈程度而引起的。

这一部分工作应该包括：

1. 对某些重要地带和地区，使用宏观的地质构造观测方法和必要的物探手段，开展构造活动性的调查研究；
2. 使用仪器沿着某些断裂带测量微量位移，或者用快速的大地测量方法，观测地形的变化和海面与陆地的相对运动；
3. 搜集历史地震资料确定震中的分布与构造带，或构造体系的关系；
4. 通过地震仪测出震中，用来补充和检验历史地震的震中与现今活动构造带的关系。

二、地震预报

一般地震几乎都是构造地震，构造地震起源于构造运动。要有一定的力量推动地层才能发生构造运动，地层中每一单位面积所承受的力量或本身所产生的抗力，叫做地应力。不管地应力是怎样产生的，在岩石带有一定弹性的条件下，它有可能而且必须加强到地层中某些地点，遭受破坏性形变才有可能引起地震。

根据上述理由，我们认为在一个构造上互相联系的地区中，选择适当地点，观测地应力加强的过程是探索地震预报的比较可靠的途径之一。地应力在地层中是否存在？通过地应力解除的方法，已经得到了肯定的答复。地应力在地震发生前是否在某些地点发生变化？这个问题，只有通过长期观测的实践才能得到解决。

一九六二年广东地区发生地震以来，特别是一九六六年邢台大地震以后，我们一直在摸索、观测地应力变化的方法，其中比较简易的有五种：

* 系一九六七年十一月二十四日李四光同志写的地震地质工作的内容提纲手稿。——编者

1. 电感值法;
2. 地下水位观测法;
3. 超声波法;
4. 形变电阻法;
5. 钢弦法。

目前,我们正在集中力量,从事以上五种方法所需要的仪器试制、试用和改进。同时,在人力、物力许可的范围内,我们还考虑对某些构造活动的地区,进行重力值和地电值等等变化的观测。

关于地震地质工作的几点意见

在最近历史时期,在全球范围内,一次又一次发生了毁灭性地震,1960年智利大地震以来,破坏性地震的发生,有愈加频繁的趋势,我国不在例外。邢台地震和云南昆明南部地震,都是一场巨大的灾难。

在毛主席和党中央的亲切关怀下,根据周总理一再具体的指示,我们发动了当地广大革命群众,在解放军大力支持下,两次树立了大打人民战争的光辉范例。广大人民群众,怀着对伟大领袖毛主席深厚的无产阶级感情,以顶天立地的气概,发扬自力更生的精神,英勇奋战,很快就扫平了废墟,进而发展生产,重建家园;并且在大震以后,余震频频发生的过程中,发明了许多土办法和土洋结合的办法,创造了许多土仪器和土洋结合的仪器,为预测地震的工作,打下了群众性的基础。

地震之敌,在全国某些地区,还在伺机而动。我们今后一定要站好岗,放好哨,作好准备。准备任何时期都能够更出色地大打一场人民战争。为此,我们的地震工作既要普及,又要提高,如何又普及又提高?办法只有一条:即坚决贯彻执行伟大领袖毛主席的指示:**“我们的提高,是在普及基础上的提高;我们的普及,是在提高指导下的普及。”**

地震地质工作,对我们来说,还是生疏的。为了保证正确地贯彻执行上述伟大教导,我们的工作一定要从客观存在的事实出发,从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。

地震的发生,经常有个震源,震源的位置,绝大多数在某些地质构造带上,特别是在断裂带上。地质构造带,是地应力按一定的条件,在岩层中作用的反映,若干不同性质的构造带在一定的地区中的分布、排列和配合往往呈现某种规律,它反映应力场在那个地区中作用的特点。如若应力场稳定了或者消失了,构造带也就稳定了或者僵化了;如若应力场加强了,而且达到了一定的程度,稳定的构造带就会重新活动,乃至有所发展,或者产生新构造带。

长期地震工作实践经验,证明了地震震中(即震源在地面上的投影)是与活动地质构造带不可分离的。那种活动构造带,有的暴露在地面,有的隐伏在地下,为较新的、平敷的岩层所掩盖。

不管地震发生的根本原因是什么,不管那一种或那几种物理现象,对某一次地震的发生,起了主导作用,它总要把它的能量转化为机械能,才能够发动震动。震波有的属于高频率弹性波,也有的属于低频率、破坏性较大、传播范围较小的塑性波,震源大多数在地壳中,少数在地幔中,这些都不是我们现在要考虑的问题,关键之点,在于震动之所以发生,可以肯定是由于地下岩层,在一定的部位,突然破裂,岩层之所以破裂又必然有一股力量

(机械的力量)在那里不断加强,直到超过了岩层在那里的对抗强度,而那股力量的加强,又必然有个积累的过程,问题就在这里。逐渐强化的那股地应力,可以按上述情况积累起来,通过破裂引起地震,也可以由于当地岩层结构软弱或者沿着已经存在的断裂,产生相应的蠕动,或者由于当地地块产生大面积、小幅度的升降或平移,在后两种情况下,积累的能量,可能逐渐释放了,那就不一定有有感地震发生。因此,可以说,在地震发生以前,在有关的地应力场中必然有个加强的过程,但应力加强,不一定是发生地震的前兆,这主要是由当地地质条件来决定的。

地应力加强活动,不仅会引起地震,还几乎可以肯定地说,在一定的地区范围内,引起其他许多物理的变化。譬如说,大地电流、电位场、磁场、重力场、地下水位和某些气体冒出等等异常现象,但反过来说,这些异常现象的产生,并不一定意味着局部地应力场的变化。它们产生的原因太复杂了,当然,也不能排除地应力作用的可能性。

因此,我们认为,地震地质工作是地震工作落到实处的一个必不可少的步骤,在寻找可能发生地震的危险地带,特别是危险地区的工作中,它应该起先行作用。在茫茫大地上,如果我们对可能发生地震的地带或地区,完全无所察觉,我们的“以防为主”的工作和措施,将从何着手?反之,一旦我们获得了确凿证据,证明某些地带或地区,确有发生地震的危险,那就不仅在地理上(空间的意义)起了预报的作用,而且对地震预报观测台站的部署,也具有一定的指导意义。

总起来看,地震地质工作,也和一般地质构造工作一样,不能离开在空间调查,即静态的观测,而且还要进行构造带在时间上的变化,即动态的观测。第二项要求,指出了地震地质工作的特点。

根据上述地震地质工作的一般要求和特点,我们当前的任务概括起来是要回答两个问题:

第一个问题:

哪里有活动构造带?它是怎样活动的?

第二个问题:

构造带的活动是怎样引起地震的?

先就第一个问题,分几点扼要地回答如下:

1. 查明活动构造带的所在,追索它伸展的方向和范围。

一个构造带活动不活动,通过一般地质观测方法,包括涉及新第四纪地层、晚近冰碛物、冰水沉积、冲积层以及古代人居住遗址和坟墓等等现代构造运动所造成的地面形变或裂隙,活动构造带的存在是可以初步鉴定的,但对地震地质工作的要求来说,用这种方法作出的鉴定,大都不够肯定,不够精确,还需要辅以仪表观测,才能达到要求。(详下第2条)

对一个构造带,譬如说一个断裂带,在一般地质观测工作中,大都只限于它大体上展布的范围,很少严格地要求查明一条断裂带达到何处,才完全消失,一条断裂带两头的终点和断裂带中发生曲折的地点附近,看来,往往是地震之敌,隐藏在活动构造中的据点,也

就是说,可能是潜伏的震源所在。(理由详下)

2. 测定活动构造带活动的程度和频度。

用普通地质观测的方法,例如在一个断裂带的两盘,往往能够发现一些标志,它们标志着两盘相对移动的平错距离或垂直断距,如果在那种标志上也标志着它们存在的时间,那更可以确定在某一时期中,有关的活动构造带两盘,发生了相对位移的方向和错距。

我们可以用人为的标志来测定断裂两盘活动的程度和频度。例如在一条断裂的两旁,建立几个横跨断裂的固定观测站,经常测定两盘相对位移的数值,再辅以流动观测站,探明断裂带全部各段活动的程度。有种种办法可以采用,如钢弦测距、倾斜仪、光速测距、地面三角测量和水准测量等等,最后一种办法,对地形变与地震的关系,具有重要意义,但工作量较大,需要时间较长,如若用来预测地震,一般是缓不济急的。

构造带的活动,有间歇性的,也有连续性的,连续活动,有随时间而发生缓急的变化,也有活动的程度均匀地持续下去,也有极为缓慢但长期继续下去的变动,称为蠕动。这些不同程度和不同形式的构造运动的测定,在地震地质工作中,具有极其重要的意义。

有些特殊宏伟、深入地下的断裂带,如东亚大陆东部边缘与太平洋相连接的地带,从堪察加半岛东部边缘,沿着千岛群岛,到北海道东部和本州东北部边缘,直到横断本州的大断裂向太平洋伸展的处所,分为两支:一支往南偏东沿小笠原群岛和马里雅纳群岛方向伸展,另一支沿着日本本州西南部、琉球群岛,经过我国台湾东边,转向菲律宾东部边缘伸展;又如阿留申群岛,阿拉斯加沿岸,沿着北美、南美大陆西部边缘和太平洋连接的地带等等,长期以来,相当强烈的构造运动,看来是在不断地进行,或断断续续地进行。断裂的深度和长度,不是大陆上的大断裂所可比拟的。因此,在这些地带,地震频度之大、震源之深、震级之高,也不是大陆上其他大断裂带所可比拟的。

3. 鉴定活动构造带的性质。

活动构造带,可以是单一的断裂,也可以是由若干断裂组合而成的复式断裂带、更可以由褶皱和断裂夹杂在一起组成的褶皱带,也有时由单一的破碎带组成。不管活动构造带属于那一类型,如果有地震震源或潜伏震源存在其中,断裂总是活动构造带的重要组成部分。

活动构造带可以是压性的,可以是张性的,可以是扭性(剪切性)的,也可以是压扭性的或张扭性的,在强烈地震发生的时刻,地面往往出现呈雁行排列的裂隙群,沿着那些裂隙伸展的方向,在大震正在进行的时候,地面往往反复剧烈摆动,同时在水平面上产生大距离的错动,断裂两盘垂直的相对位移,一般较小于水平相对错距。精确观测活动断裂带,在一定的时期内,两盘相对平错和起落的距离,是测定活动构造带活动程度的有效办法之一,也是鉴定活动构造带的性质的重要手段。

前述太平洋东西两岸的大断裂带,无疑是挤压性和剪切性的,东非大裂隙的性质,虽然还有争论,看来主要是张裂性的。是不是挤压加剪切的断裂带比张裂带更容易引起强烈的地震?这个问题提醒我们为什么在地震地质工作上要注意断裂的性质。

4. 尽可能找出和一个活动构造带有密切联系的其他构造带。

一切事物都不是孤立的,活动构造带的存在,也不可能是孤立的。究竟一个构造带和哪些构造带有密切的联系?这是个实际问题,必须联系实际具体情况,才能获得解决。当我们对一个活动构造带开展工作时,我们必然遇到这个问题,我们也必须解决这个问题,才能查明哪些地带属于可能发生地震的同一危险地区。明了了这一点,对一个地区全部地震工作,才好作合理的部署。

有密切联系的构造带,由于都是受同一地应力场的控制,它们的各别形态、性质、排列以及它们的分布,一般有规律可寻。就是说,如果发现某一条构造带有活动的迹象,我们就得注意属于有密切联系的同一构造体系的其他构造带,很可能也有些相应的活动。从这一观点出发,我们在野外的的工作,就有了线索可寻,危险区的圈定,就可以落实到活动构造体系分布的范围。通过地质观测实践经验,我们认识了一些类型的构造体系,通过模拟实验,也可以用人为了的方法在一定的介质中,作出类似在自然界产生的某些构造体系从而得以了解产生的条件和过程。

我们还可以进一步,根据野外地质观测和重点应力解除的结果,并参考模拟实验所提供的旁证,进行地应力场的分析。这对地震发生根本原因的探讨和地震预测方法,也是打基础的工作。

现在回答第二个问题,即怎样通过活动构造带中那一点或哪些点的活动引起了地震?

震源有时在活动构造带中流窜,位置不定;也有时偏向于大致固定在活动构造带上的某一点或某几点,这种现象不是偶然的,不能没有客观存在的规律。不掌握这条规律,光讲活动构造带,对我们的地震预测工作的要求,起不了多大的作用。

有几种情况,值得注意:

1. 活动断裂带曲折最突出的部位,往往是震中所在的地点;因为在那样的部位往往是构造脆弱的处所,也往往是应力集中的处所;

2. 活动构造带的两头,有时是震中往返跳动的地点;因为活动断裂带,在应力加强而被迫向外发展的时候,它的两端,是按过去构造运动的轨道,进一步推动它继续发展最有利的部位;

3. 一条活动断裂带和另一断裂带交叉的地方,往往是震中所在的地点;因为断裂交叉的处所,断面多半崎岖不平,或者有大堆破坏了的岩块聚集在一起,容易导致应力集中;

4. 前面已经提到,当强烈破坏性地震发生时,活动断裂带上的整个段落,有时呈现沿着那一段落反复摆动的模样,在这种情况下,断裂两盘如果极为平滑,或者断面上只有一些容易剝平的岩块疙瘩,在剧烈的运动中就被剝平了,如果断面上有较大的岩块伸出,或者断裂带中有许多断裂,不是彼此互相平行,或是雁行排列,而是犬牙交错,在那里两盘的相对运动,就会被阻止,由于被阻止,局部的应力就越来越集中,到了阻止两盘相对滑动的力量,抵挡不住那一段断裂带两盘相对滑动的力量的一瞬间,轰然一下,阻挡了的岩块或犬牙交错的断裂被粉碎了。地震就可能在那里发生。这样去理解强震地段在地震正在

进行的短时间里,有时连续不断发生强震的现象,看来是符合“**不塞不流,不止不行**”的辩证逻辑的。

5. 曾经发动过一两次破坏性强烈地震的处所,一般是脆弱的,构造带中那种剧烈的破坏,不是短短的历史时期中可以恢复的,因此,在几百上千年的时期内,在那里不允许地应力高度集中以致再一次发生破坏性的强烈地震,而只能够继承那种已经造成的弱点,在地应力加强的时候,比较容易发生一系列小型破裂,从而发生一群或几群小震。

然而这种推论,不能适用于太平洋西岸那样的大断裂带,在那些地带,大规模的构造运动,现今还在不断地进展,因而大型裂缝不但沿主断裂的两侧蔓延,而且可能向地球深部发展。我们还没有掌握足够的事实,也没有作过深入的钻研,不能把上述各种情况,说成是带有规律性的东西,我们更不能把活动构造带中已经发动过或潜伏的震源,都归纳到上述的一些特殊部位,在这里只能指出这样一个看法:即把活动构造带中某些具有特殊构造形式的部位,当做可能发动地震的危险地点看待,这不是什么“庸人自扰”。

我们对地震地质工作,现在还缺乏经验,缺乏依据,搞出一套比较完整的办法,在现阶段也不应该提出什么工作规范之类的东西,来束缚自己的手脚,但是即使仅仅迈出第一步,也得要有个方向,有个办法,有个步骤。在此仅仅是试探性作了一些初步经验的小结,征集了各有关方面的一些意见,其目的是为了供地震战线上广大革命战士的参考,以便结合各自的经验和看法,进行讨论、补充和改正。

(1970年6月)

邢台地震地质初步考察报告*

这次邢台地区的地震地质工作,是在国务院和周总理的亲切关怀下,在国家科委和地质部党委的直接领导下以及救灾指挥部的大力支持下进行的。其目的是根据地质构造条件,查明地震发生的原因和范围,推测地震可能扩展的趋势,并探索地震预报的方法。

在这次考察工作中,我队全体同志,在毛泽东思想统帅下,发扬了自力更生、敢干敢闯的革命精神和严肃、严密、严格的实事求是的科学态度,怀着战胜地震自然灾害的决心,深入现场,依靠群众,进行调查研究。我们根据地震时地表产生的某些地质-地貌方面的现象,结合已有深部基岩构造资料和地应力场中电感变化的观测数据,提出有关上述问题的一些看法,供有关部门参考利用。本报告中,参考并引用了中国科学院、国家测绘总局、石油工业部、地方有关党政部门和当地广大群众所提供的重要资料。

本报告分为两部分: 第一部分是邢台地区地震地带的地质构造特征;第二部分是地震预报的探索。

邢台地区地震地带的地质构造特征

一、地震区地表变形和基岩构造特征的关系

邢台地震区位于隆尧、宁晋、新河、巨鹿四县接壤地带。三月八日五时和三月二十二日十六时先后发生两次强震后,引起了广泛的地表变形。

(一) 地表变形

地表变形现象在强震区特别显著,如大面积地面升降、地表裂隙以及沿现河道的某些地带发生的滑坡和崩塌;同时引起了地下水位的升降,并沿地表裂隙带普遍发生涌泉冒沙和洼地积水等现象。这些现象直接或间接地反映了地应力的活动。研究分析这些现象,特别是地表裂隙的性质、展布范围和组合形式,有助于了解地震区应力活动的方式和方向。

1. 地面升降

根据国家测绘总局在震区内进行震前、震后重复水准测量的结果,明显地看出三月八

* 李四光同志亲自参加了考察工作,并亲自指导了本报告的编写。——编者

日地震以后在极震区附近出现了大面积的地面升降现象。从宁晋县至邢家湾近南北的剖面上：耿庄桥至宁晋之间地面普遍上升，幅度最大处在耿庄桥西北的徐家河附近，为 + 72 毫米；耿庄桥至邢家湾之间地面普遍下降，幅度最大处在马栏附近，达 - 300 毫米。枣坨至白家寨的剖面上：枣坨至石佛店以东普遍下降，下降最大幅度在枣坨与毛尔寨之间，为 - 315 毫米；以南又出现局部的上升和下降。从平面上看，下降带的分布呈北北东向，与极震区的范围相吻合。

三月二十二日地震以后，在宁晋一新河之间地区增添了测线，并对原有测线进行了复测，其结果表明：由耿庄桥一新河一车坊地面普遍下降，幅度最大处在耿庄桥以北的史家嘴附近，达 - 714 毫米。车坊以南至白寨之间转为上升，幅度最大处在白寨附近，达 + 40 毫米。由小马村至大田村近东西的剖面上：小马村至尧台地面上的上升，幅度最大为 + 35 毫米；尧台至大田庄地面普遍下降，幅度最大处在小河庄附近，达 - 463 毫米。

经三月二十二日地震之后，在三月八日下降带以北的延线上，又形成了一条新的北北东向下降带，带的范围和下降幅度均较三月八日为大。带的北部边界，因缺乏测线控制尚未封闭。原三月八日下降带内下降幅度普遍有所加剧，如马栏附近在原 - 300 毫米的基础上又下降了 69 毫米，但各处加剧的幅度不等；带的两侧范围亦有所变化。

2. 地表裂隙

经两次强震之后，地表大量裂隙密集成带出现，其分布范围是：北至束鹿大车城，南至任县邢家湾，东至新河县城以东，西界隆尧旧城附近，大致循北北东-南南西方向延伸，长约 60 公里，东西宽 10—20 公里，与这两次地震的强烈破坏范围基本相当。三月八日地震地表裂隙主要分布在宁晋耿庄桥以南的北北东地带。三月二十二日地震又沿这个带继续扩展，并促使前次地震出现的裂隙重新活动。

根据实地观测，地震裂隙一般长度由一米至几十米，长者达几百米，常若断若续，一脉相承，有时延长达 1—2 公里以上。地震裂隙对建筑物的破坏有显著的影响，只要是裂隙带或涌水冒沙带经过之处，房屋、桥梁、堤坝等的破坏程度显得特别严重。这种同等破坏程度的范围，并非理想的圆形或椭圆形，而是沿北北东呈带状分布；在距离震中较远的“轻微破坏”区内，往往出现较强破坏的地带，如固城—柏乡带，获鹿地带，南宫以东地带。

这些地面裂隙的方向主要有四组：北 10—30° 东，北 60—80° 西，北 10—30° 西及北 60—80° 东。由这些裂隙构成的裂隙密集带以北北东的方向为主，其延伸长度可达数十公里以上。本区主要北北东向裂隙密集带，自东而西可划分为下列几带：

新河—团城裂隙带：北东起自新河挽庄，往南西至巨鹿团城以南，伸展长度达 30 公里，东西宽约 5 公里；

青善头—乔庄裂隙带：北东起自宁晋青善头，往西南经王府至巨鹿县乔庄，大致与该地段小漳河的方向一致，长达 45 公里，宽 4—6 公里；

张文言庄—大韩寨裂隙带：北东起于巨鹿县张文言庄，往南西至大韩寨，长约 10 公

里,宽仅 2 公里余;

贾家口—马栏裂隙带: 北东起于宁晋贾家口,往南西经耿庄桥至马栏以南,大致沿滏阳河展布,长达 40 余公里,宽 2—3 公里。

其次,北西西向裂隙密集带,在宁晋尧台、舖头和东旺西南以及隆尧牛家桥以西比较发育;北北西向裂隙密集带在宁晋大陆村,小河庄以南,新河寻寨一带以及团城等地都有明显迹象;而北东东向裂隙密集带一般不很显著,分布也比较零星。

这些地表裂隙的排列和配合的方式,从平面上看主要有如下类型: (1) 线状排列; (2) 平行排列; (3) 雁行排列; (4) 入字型排列; (5) 棋盘格式排列; (6) 分枝状排列; (7) 不规则排列等,其中以雁行排列和棋盘格式排列最普遍。值得注意的是,在本区中部舖头、王府以及毕家庄等地,由涌水冒沙裂隙连结起来的裂隙带却略呈弧形。

从这些裂隙的形态和性质来看,可以把它们归纳为以下两类:

张性裂隙: 呈锯齿状,裂面粗糙不规则,裂口较宽,由几厘米至几十厘米,大者可达 1 米。两盘垂直错动明显,由几厘米至 50 厘米不等,最大不超过 1 米。

张扭性裂隙: 除具张裂隙的特征外,裂面比较平直,有显示受过水平错动的迹象,如裂隙两盘既表现有垂直错动,同时也有水平错动。一般水平错距 1—7 厘米,最大者达 16 厘米。裂隙两侧麦垄常被水平错移,有时伴有分枝状裂隙或羽状裂隙,可借以指示相对位移的方向。

(二) 基岩构造特征

上述这些裂隙带,都发生在第四系亚粘土和亚砂土层之中,它们主要是受构造控制的,但在某些地段和地点,看来也受到现河道或古河道的影响。它们是这一次构造地震在地面所造成的破坏现象。这种破坏现象,一定有深部的地质构造根源,就是说,应该在邢台地区的基岩中找到形成这些裂隙的构造活动痕迹。

尧山是突起在邢台平原地区中的一座小山,它的走向大致呈北 40° 东,其北与茅山一脉相连。根据尧山西侧地区电测的结果,我们发现了两条走向北北东的平行断裂。其中西面的一条,从东侯延伸至南阳村,埋在它西盘的岩层,呈现第三纪或第四纪疏松岩层的电阻特点,看来,那些疏松岩层被东盘的古老岩层所逆掩。同时,在尧山,我们也发现了大量的裂隙和其它迹象,它们都反映了北西西—南东东挤压作用。这个方向的挤压,应该直接产生北北东向的压性断裂,但本区地表北北东向裂隙是张性的,其原因,是由于下部基岩隆起带的挠曲度加大,从而沿着它的轴向,在覆盖层中,乃至它自身的上部,引起了张裂带,这种张裂带是属于挤压作用的第二序次的产物。

另外,华北地区物探和钻探资料说明,邢台地震区位于隆尧隆起的东侧,该地区具有如下的构造特征:

(1) 隆起和低凹带,大体呈北东 30° 展布,带内的次一级隆起和低凹,由北东向南西成雁行排列,表现了各级构造的依次控制关系;

(2) 地震区范围内的隆起和低凹曲度较大,断裂纵横交错,致使构造破坏程度较之南北相邻地区表现更为剧烈;

(3) 断裂构造以北 20—30° 东向断裂为主。根据太行山东麓所见北北东向断裂为压性或压扭性断裂的事实(如获鹿、井陘、赞皇、岳城水库附近的第四纪断裂及尧山所见),推测平原之下,相同方向的断裂亦具有相同的性质;

(4) 北 60—80° 西断裂为张性断裂,具有一定的规模,往往将隆起、低凹及压性断裂错开;

(5) 扭性断裂以北 20—30° 西一组比较发育;北 60—80° 东一组不很发育。

上述华北平原之下基岩构造形迹的组合特征,和这次在地震过程中地表出现的各种变形的组合特征是一致的,它们同属于北北东向构造体系(即新华夏构造体系)。

北北东向构造带形成于中生代晚期,至新第三纪以来仍继续活动,致使新第三系及第四系沉积厚度变化较大。三月六日以来发生的较大地震震中的分布,大体与隆尧隆起东侧北北东向断裂带相吻合。这说明本区北北东构造带不仅新第三纪以来有过活动,而且在现今时期仍有明显的活动。历史地震记录也证实了这一点。

二、地震发生的原因和可能扩展的趋势

毛主席教导我们:“原来人在实践过程中,开始只是看到过程中各个事物的现象方面,看到各个事物的片面,看到各个事物之间的外部联系。”前述地表变形,基岩构造特征和地震震中的分布以及转移等等情况,都是跟地震有关的一些片面现象以及它们之间的外部联系。

这些在实践中引起感觉和印象的东西反复了多次,就会产生概念。把这次在邢台地区地震地质工作和长期以来在广大华东(指我国东部)地区所进行的构造地质工作实践结合起来,我们初步地得到了这样一个概念:即这次邢台地震是当地基岩中,以走向北北东的压扭性构造带为主要组成部分的一个构造体系(走向北北东的压扭构造带同走向北北西和走向北东东的扭性断裂以及走向北西西的张性断裂一起组成新华夏构造体系)发生了水平运动的结果。当然,还需要经过更广泛、更深入的多次反复实践,直到运用这个概念,得到预期的结果,才能把它最后确定下来。

更广泛地说,新华夏构造体系,是接近亚洲大陆东部边缘地带,自从白垩纪以来遭受了一次又一次扭动而产生的规模不等的地壳上层扭动变形。扭动的方向,一般是东盘向北,西盘向南。也就是说,近太平洋方面向北,内陆方面向南,发生了相对扭动。这种扭动,一定会产生北东或北北东向的挤压带,同时也必然有北西或北西西向的张裂带以及北北西和北东东向的扭裂带伴随。前述大量事实,完全证实了这一套密切联系的构造带的存在。

在三月二十二日大震的时候,我们考察队的一个小组,在隆尧县南阳楼附近,目击了

前人还未曾见过的罕见现象。这个小组共六人，其中一人——司机——从未抱有任何地壳旋扭的概念。但此次就是他首先指出南阳楼东南的一片枣树林在明显地向北转动，小组的其他同志也立即看清了这一奇异现象。其中还有人看到来回反复转动，不止一次，并见到附近的一条北东东向的裂隙带冒水。目击这个奇异现象，是千载难逢的。它更对邢台地区遭受此次强烈地震的某些地点所发生的水平旋扭运动，提供了活生生的证据。

邢台地区位于华北平原之中，有人认为它属于一个独特的“构造单元”。但是根据前述情况，这个地区的基岩构造型式和它周围地区（包括太行山东麓地区）构造型式是一脉相承的。因此，我们很难排除它周围在构造上有联系的地区，也会发生同样的构造运动。但是，构造运动不一定产生地震，更不一定产生强烈地震。邢台地区已经发生了二次强震和万余次较小地震，岩层中出现了大量的断裂，由于这些断裂的存在，被破裂了的地层就必然会在重力场中陆续调整自己的地位，以达到最低位能的稳定状态。这样就会产生一系列的余震。这种余震同岩层弹性后效可能产生的余震，意义是有所不同的。同时，由于大量断裂的存在，即使再有地应力积累情况的重演，那些积累起来的应力，大部分都可能通过断裂的活动来释放能量。因此，我们认为，在邢台地区及其邻近属于同一构造体系的地区，目前再发生象三月八日和三月二十二日那样强烈地震的可能性不大。

地震预报的探索

一切事物的发生，总有一个过程，不管那个过程多么长或多么短。毛主席教导我们：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。……，一事物和他事物的互相联系和互相影响则是事物发展的第二位的原因。”我们要把这一普遍的真理，运用到探索构造地震起源问题中去。我们认为：构造地震之所以发生，主要是在于地质构造运动，由于这种运动在岩层中所引起的地应力与岩层之间的矛盾。随着构造运动逐步加剧，岩层中的应力活动也相应地逐步加强，两者之间的矛盾，愈加深化了，终至于岩层的构造形态，在一定的范围内，发生了剧变，于是在某些地点或地带，突然产生了破裂，引起了地震。

由于矛盾存在于一切事物的发展过程中，而且每一事物的发展过程中存在着自始至终的矛盾运动，毛主席的这条哲学原理，给了我们很大的启发和信心。于是我们就在尧山建立了观测站，来观测由于构造运动所引起的地应力变化，作为探索地震预报的途径之一。如若构造运动，完全是岩石的塑性蠕变现象，那么受影响的岩层，在长时期流变的过程中，就可以随地随时释放能量，很少可能突然造成断裂。相反，如若在地震发生以前一段时间中，岩层中由于构造运动而产生的形变，主要是弹性的，那么，通过岩石的弹性作用，地应力的活动，就可以积累起来，在某些地点逐步加强，到了地应力超过了在那里岩石的强度，就会在那里发生破裂，造成地震的“震中”。

但是，问题的两个方面不能由我们来臆断，要从一次又一次的实践中，才能得到正确

的解答。从观测各种构造类型的岩石结构来看,它们在长期受地应力作用的条件下,特别是在高温高压的条件下,它们在很大程度上往往表现塑性形变的迹象。但是,岩石力学实验的结果表明,岩石在不太长的时间内,对应力作用的反应,基本上是弹性的。根据以上的考虑,我们能不能就肯定地震地区中地应力的存在呢?不能。我们还得采取必要的措施,进一步把地应力的存在落实下来。毛主席教导我们说:“如果要直接地认识某种或某些事物,便只有亲身参加于变革现实、变革某种或某些事物的实践的斗争中,才能触到那种或那些事物的现象,也只有亲身参加变革现实的实践的斗争中,才能暴露那种或那些事物的本质而理解它们。”根据这个一般原则性的指示,我们在邢台地区的茅山选择了若干适当的地点,在地应力存在的条件下,进行了“地应力解除”的试验。不独直接地认识了地应力的存在,同时,根据在实地作地应力解除所获得的数据,我们又发现了岩层中是保持着“剩余应力”的。这样,我们就有理由,进行探测这种“剩余应力”的加强,来预测在活动构造地带,发生比较强烈地震,或一群小地震的可能性。

有几种测量地应力的方法。我们现在采用的是电感器。它对压力的反应极为敏感。在实验室,只要稍一增减压力,电感器的电感值便发生显著变化。这种装置,曾经被用来在天然岩石中进行过地应力解除试验,测得了当地当时地应力绝对值。既然可以测出某一时间地应力的绝对值,那么地应力的变化,也是应该可以测出的。

邢台地区地震发生以后,为了不误时机,我们立即在尧山打了一个一点六米的浅孔。在浅孔中,贴紧孔壁放置三个不同方向的电感器,开展地应力变化的观测。同时考虑到浅孔受地表干扰因素较多,反映的情况可能比较复杂,于是同时又准备了一个百米左右的深孔。从几个月来浅孔实测结果,可以看出:电感值的变化和地震发生的时间,显示有一定程度的联系。但是,另一方面,曲线每天又呈现周期性的类似变化,即经常每天在晨八时前后下降,十四时以后回升。只有几天不出现这种规律性,或者规律性很不明显。这种变化可能意味着包含某些干扰因素的日变化的影响,例如温度、湿度等等。对于地磁场的日变,我们在现场作了一系列的实验和分析,对于电感器铁芯中的剩磁,我们在实验室中也作了一系列的实验,发现了这两种干扰因素,都微不足道。还有些季节性的变化,例如雨季和旱季,对地下水的动态以及旱、涝对地层平衡状态的影响,也值得加以考虑。因此,究竟要消除哪些因素的干扰,使曲线仅仅反映地应力的变化,便成为急待解决的问题。从三月二十九日起,我们在同一浅孔中设置一个悬空电感器,使它不与孔壁接触,这样,与贴紧孔壁的三个不同方向电感器同时进行观测,得到两者的差值曲线。但是,由于各个电感器的构造和基本参数不尽相同,因而温度和其它干扰因素对它们的影响也不相同。所以,实际上,差值曲线并不能完全消除这些干扰因素的影响。

总结这一阶段的工作实践,我们初步认为,电感值读数受下列干扰因素的影响相当显著:

- (1) 温度变化的影响,特别是对地表观测仪器的影响;
- (2) 电源电压的不稳定性;

(3) 各个电感器的构成形式和原材料,从表面看来虽是大体一致,但未达到标准化,不是严格相同,因而对地应力和其他因素的反应也各个有所不同;

(4) 电感器的漏电和导线分布参量(电容和电感)的变化;

(5) 电感器的铁芯和铜框架的老化、松弛和蠕变;

(6) 观测仪器的灵敏度和稳定性;

(7) 观测误差。

另一方面,由于邢台地区的岩层,至少在两个多月的期间,连续不断地产生了大批断裂,当地岩层,作为地应力场中一种连续介质,已远不如震前和地震刚发生时那样完整。因此,由同一构造运动所引起的、后来的应力分布状况,必然有所差异,这种差异也必然要反映到地应力变化观测系统上来。

针对上述情况,目前正在采取以下措施:

(1) 积极解决电感器防潮和磁屏蔽问题,为深孔应力观测作好准备;

(2) 改进电感器制造工艺,使其达到标准化;

(3) 提高仪器的灵敏度和稳定性,并且争取记录自动化;

(4) 对各种干扰因素进行校正;

(5) 试用其他地应力测量方法,如电阻方法;

(6) 选择适当的断裂或裂隙,在它两旁进行微量位移测量。

根据既得的初步成果,我们相信,只要我们努力学习毛泽东思想,依靠广大革命群众,上述技术上的一些困难,总是可以克服的,用地应力变化的观测方法来预报强烈地震是行得通的。当然,这并不意味着这是探索地震预报的唯一途径。

(附图七张从略)

(1966年4月)

附 录 II*

与地质力学研究所参加西南地震地质工作同志的谈话

你们这次去西南搞地震地质工作,任务光荣而艰巨。其所以光荣而艰巨,是由于它是当前国家迫切需要做的工作,同时,也是一项开创性的工作。

西南地区据一千多年来的历史记载,曾发生过许多强烈的地震,最近时期也曾发生过强震。要在这个地区建设,例如厂矿、铁路、水电站乃至民房建筑等,都涉及到安全问题。为了解决这个问题,地震地质工作应该走在所有建设工作的前面,这是选择建设基地的工作,是开路的工作。

在地震强烈的地区,是否这个地区的所有地方,地震烈度都一样呢?这个问题值得很好的考虑。

地震地质是一项新的工作。国内还是刚刚开始,我们仅仅在个别地区做了一点工作,就是在国外也做的很少。

地震工作,在国外如日本、意大利等国家做了许多工作,已形成了一门专门的学问。它包括历史地震记录、微观和宏观调查等几种研究方法。历史地震记录它只能说明地震的历史事实。根据历史地震记录中最强烈的地震烈度作为该地区的地震烈度,这只是一个假定,是一种不得已的办法。譬如过去发生过九度地震的地区,没有任何理由可以断定今后不会发生超过九度的地震。因而,这是一个不可靠的方法。另一种方法是观察现代地震。其一,对微小地震(即人们觉察不到的地震)用地震仪进行三度空间的观测;其二,对强烈地震(即震幅较大、破坏性强的地震)进行实地调查研究,依据破坏程度绘出等震线图。一般等震线呈椭圆形或圆形,就好象水中投石所激起的一圈一圈的水波一样。震中是地震的震源在地表面的投影点。通常利用这种图来划分地震烈度。一般认为,如某一地区现代或历史上的地震烈度曾达七度以上,就认为整个地区均超出七度,这样就给一切基本建设工作以很大的限制。这是地震学上一种传统的做法,它不管有关地区地质构造条件如何。现在我们要研究的是这种做法有没有问题。

地震的产生是由于地下岩层发生比较强烈的破坏性变动,由这种变动而产生的能量,以地震波的方式向四周围传播出去,直到地表的各个方面。这就象一个人钻到水中去作一个动作,引起水的波动而向四周传播达到水面一样。由于这种地震波的传播会受到岩石的岩相和地质构造等特点的影响,因此,地震有可能沿某些断裂带发生特别强烈的破坏,而在某些地方的破坏则可能比较微弱。

* 附录 II 文章均根据李四光同志与有关单位从事地震工作同志的谈话记录整理,未经本人审阅。

如果结合地质构造来考虑,首先要考虑断裂带,特别是现今还在活动的断裂带。要注意某些比较大的断裂带和其它较小的断裂带之间的关系,并注意它们的伸展方向、排列形式和每条断裂带各自的力学性质,即把断裂带所属的构造体系摸清楚,才好采取适当的措施(例如设地震台,进行地应力测量等)来观测和验证它们之中哪些断裂带是主要的,是具有强烈活动性的。从这个观点出发,我们从事地震地质工作是否应采取这样几个步骤,就是:第一,要摸清这些断裂带中哪几点或哪几段现今还在活动;第二,确定这些断裂带的伸展地区、方向和范围;第三,参考历史地震资料,看是否沿现今还在活动的断裂带地震特别多而且强烈;第四,围绕现今部分或全部还在活动的断裂带设置地震观测网,进行微观和宏观的地震工作,观测有关地区现代地震的活动性。以上几个步骤是对过去地震地质工作经验和教训的总结。在我们看来,这是比较合理的,也是比较有效的。我们认为:抓现今还在活动的断裂带是一个比较现实的解决问题的办法。这个做法是否是空想出来的?不是!我们在广东的一个地区作了四年多工作,其结果证明,地震与构造断裂有密切关系,地震的震中是沿着一定的方向移动的。这个地区有几万个震中都集中在北西西向顺江的一个带上。可见这条江是沿着构造虚弱地带而形成的。这个断裂带是那里地震发生的主要根源。这个认识,参加工作的绝大多数同志基本上是一致的,是在工作实践中摸索出来的。看来它对今后西南地区的工作有启发意义。

工作是如此重要,任务是如此光荣和艰巨,我们这样说,其他人是否也这样看呢?不一定。要做好思想准备,这么多单位参加工作,看法自然会不一致的。我们不能排斥一切,等过一段时间以后,如果我们工作做的好一些,就会有人承认这种方法是可取之处的。我们要老老实实在地做工作,不做无味的、费力的、空洞的争论。学术观点和方法可以不统一,但目标应该是一致的。如果对自己的学术观点和方法信得过,有事实根据,就应该坚持。但是,也要参考别人的东西。

总起来说,这个工作很重要,很有意义。大家都很年轻,现在正是“英雄大有用武之地”的时候,我相信一定能做出成绩的。

(1965年1月19日)

地质构造与构造运动的联系问题

在过去国内外的文献中,在很多场合,也讲到构造运动与地质构造的问题。我们联想到这些问题是很自然的。应该明确地指出:地质构造是一回事,构造运动又是一回事。在我们的思想方法上和考虑问题的步骤上,一定要清清楚楚地把它们分开来。换句话说,了解了地质构造的有关现象,不等于说了解了构造运动的形式和特点。构造运动包括各种不同方式的运动。譬如,我们说大陆运动,这就是说,可以是整块的大陆作为一个整体发生了运动,或者其中某些部分作为一个整体发生了运动。同是一种构造运动,但不一定

都反映到岩层、岩体的结构中来。大陆运动可能在地壳的上层或下层发生了各自不同的运动,也可能上层发生了运动,不显著地影响下层;同样可以举许多例子来说明,下层(古老)的运动根本就不影响上层。总起来说,构造运动(包括褶皱运动),只有依靠岩层、岩体、地块或者某些地带的形变、相变和它们之间的相对位移才能认识。研究地壳运动也只有这条路。

地质构造是过去地壳运动的陈迹,只有追踪它们的遗迹,才能了解在某区域、某时间发生过什么样的运动。一般讲运动,不论是机械的还是物质变化的,特别是前者,都不能没有力的作用,没有力的作用就不会发生运动。有一种“外力”(实际上不一定是外力),作用于地球表面的某些部分,那些部分就会产生应力。岩块、地块受力后,在它内部也不可避免地要产生应力,即产生抗拒的力量。当地块受到应力的作用以后,就要发生构造运动。地应力是产生地质构造现象不可缺少的条件,地应力也必然是某种力量在某种条件下活动的结果。因此,我们要了解运动的方式,追索运动的起源,就需要了解地应力分布的情况,或分布规律。这对全球讲有困难,但可以先了解一个或几个地区的应力分布情况,了解多了,然后再总起来看整个地壳内地应力的分布情况究竟是怎样,才能全面了解地壳中应力分布规律。简单说,要了解应力场的特点,才好追索构造运动的起源,这一步是非常重要的。过去国外把这个问题搞混乱了(国内也有类似的情况),他们不是通过应力场的分析,就直接从构造的特点对运动的方式、程序作了结论。这是危险的。请同志们考虑,这个问题是不是也值得议论一番。

举例说,在阿尔卑斯山脉,有些人就根据地层的倒转褶皱或逆掩断层上盘的位移方向,马上推论力是由南向北作用的。我们要问:你怎么知道运动是这样发生的?阿尔卑斯那个地方,许多同志去看过,比较新的地层跑得很远,新地层跑到老地层之上,老地层也跑到新地层之上,根据上盘岩层由南向北移动,就推定外力的方向是由南而北的,这样决定运动的方向对不对?怎么能想象,这些表面的地层能够推几百里路?有没有可能下面的地层被推移而产生相对运动?有没有可能这种运动是从底下来的。这样,就很难说用仰冲断层作为标准,来定运动的方向。关于这个问题,有时在教科书上和报告上经常看见:某时期、某地带的地壳运动,力是由这个方向或那个方向来的。这种说法是否值得考虑?究竟对不对?也可议论一番。我们的看法,从应力场的特点来考虑,就不是这样,而是要全面分析,有仰冲,就有俯冲。确定构造运动的方向,恐怕对开始形成的应力场的特点要加以考虑。从构造现象到构造运动,应力场的分析是必不可少的。这是应该注意的一个方面。同时,还有另一方面的问题也应加以注意,即岩石性质的问题。刚才讲到,形变、相变位移等都反映地应力的作用,应力作用在什么地方呢?作用在岩层、岩体和地块上面,因此构成它们的岩石的机械性质(力学性质)和化学性质,是很重要的决定因素。在同样形式的应力场中不同性质的(力学的、化学的、矿物的)岩层、岩体和地块,在构造方面的反映是不同的,同样大小、同一方式的应力和加之于不同性质的地块上所产生的构造现象和构造特点可以完全不同。这些现象是常见的。例如一个地区受水平压力时,有些软弱的地

层发生褶皱,而另一些坚硬的地层则发生破裂和矿物相变。这样,我们就应该注意到,力作用的方式是一个主要因素,被作用的岩体的性质,也是一个主要的因素。这两种因素结合起来,才产生某种构造现象。所以,我们在考虑地壳形变时,需要把两个因素同时并重的加以考虑和分析,这才是全面的看法。这是力学的问题,过去做得不多,现在也做得不够,今后需要发展。这个问题,特别在工程地质、矿山地质等方面是必需考虑的,应加强研究。这不是纯理论的问题,而是关系到生产实践的问题。

(摘自1965年3月22日第一届全国构造地质学术会议开幕会上的讲话)

地震工作中的构造地质工作

我们怎样对待新构造这个课目是当前迫切需要考虑的问题之一。现在正在进行的构造运动,无论在地壳上部,或者是在地壳深部,算不算是新构造运动?是不是把这种运动划归新构造运动的范围?应该作为一个问题来考虑。为什么?我们知道,绝大部分地震的起源,牵涉到现今正在进行的构造运动。有些地区在5—10公里深度的范围内,经常发生地震,通过观测这些浅震震源的分布和它们变化的过程,使我们认识到那些地区现在还在发生运动和形变。这对解决生产问题有很重要的意义。谈到地震地质,我们不是从地质构造的角度来考虑地震问题吗?根据虽然是有限的经验,我们有理由相信沿着这条道路去摸清震源的分布,并且探索它发展的趋势,是一条正确的道路。当然,这并不排除从地球物理的观点来研究这个问题。相反,这两方面的工作应该紧密的互相结合,不断地取得联系。如若要问这两方面的工作那一方面应该走在前面,我想构造地质工作应该走在前面,请大家考虑一下。

地质工作应该是从地表看得出现象着手。从地质构造角度来研究地震现象也应该从地表可以确定的构造迹象着手。譬如说某些地带,现在还在继续发生和发展着各种性质不同的断裂,那就显示有关的地块或岩块现在还在不断地发生形变:水平的、垂直的、扭动的、隆起、挠曲和凹陷等等现代构造现象。这些现象都是我们应该考察的对象。通过这些现象,可以清楚地看到,古时各个时代的构造中也有这些现象,没有什么实质上的差别,只是在认识的过程和鉴定的方法中有所不同。因此,我想搞新构造或者现代构造的同志们应该想一想,如何来进行测量地应力现在活动的情况,是解决我们在这里所考虑的一些问题的重要环节。

* * *

地震地质理论性的探讨也不可避免地要联系到生产实践,关于这方面的问题前面已谈过。由于在我们的社会主义建设中,尤其在内地山区的基本建设中,有关地震地质的问题,显得特别重要。现在请允许我再简单地重说几句。地震现象在我国较普遍,在内地某些山岳地带尤其强烈。这样,我们搞构造地质工作,联系到基本建设方面的问题时,就不

能不把地震地质工作摆在前面。在当前,这方面工作经验比较少,理论水平也比较低,但这不等于说不能进行工作。只要方法对头,并把它放在适当的地位,和其他工作并肩前进,一定会取得必要的成就。如不注意,很可能对基本建设造成巨大的损失。

总起来说,关于理论联系实际问题,既包括当前迫切需要解决的问题(这属于应用基础研究范畴);又包括为了长期打算而从事探索性的问题(这是属于理论基础研究范畴)。脱离实际去搞理论,固然是不对的,根本不要理论去指导实际工作也是不对的。……

摘自《关于改进构造地质工作的几点意见》(1965年3月30日第一届全国构造地质学术会议闭幕会上的讲话记录,经本人略加整理和补充)

谈地震预报问题

我们也在摸索当中,没有经验,还要向你们学习。关于地震预报工作,美国和日本有个十年规划。他们的作法,基本上是在断层带打深钻测形变。日本也利用倾斜仪测地壳的倾斜。一句话,各有各的观点和作法。

我们只能根据我国的实际情况进行摸索,不要先划框框,要从实际出发。譬如,用倾斜仪测地面的倾斜,这还是根据垂直运动的观念。这是他们的观点,我们不否定它。国内有些单位也使用过,但效果不怎么好,倾斜度很小,要求还很高。因此,我们虽然不否定它,但也不必重视它。

构造地震,从世界上看,绝大部分都是浅震,一般在地壳上层,五至十公里深的较多,也有二十公里的。一般地说,这是很浅的。构造地震总是地壳发生形变的结果。如果地壳的断裂、褶皱变化是缓慢的,往往是不易发生震动的。但在缓慢的变化过程中,某些构造某些地区或地点也有突然急剧的变化,这就容易在以急剧变化为中心的地方发生震动。在形变的地区,一定会有一种力量使它发生形变,我们要抓住这一点。

因此,我们第一步,要做地面地质观测。对区域内的断裂进行观测,尤其是在那些新断裂的存在地带,以及旧断裂复活的地区开展工作;第二步,要测量地应力的变化。考虑到岩石的力学性质,只要岩石是具有弹性的东西,地应力就会逐步聚集增强,当其超过岩石的强度极限时,就会发生破裂,产生震动。如果岩石是塑性的,加力可以产生形变,但不一定发生断裂。在地震发生的情况下,岩石的力学性质主要还是弹性的。如果是这样,我们就利用这个特点,打钻到岩石中去观测地应力的变化,研究这个变化的过程。

观测地应力变化的方法,我们主要是采取压磁电感法,在压力下电感值下降,压力减小,电感值上升,通过电桥观测其变化。下降很厉害就可能是地震的信号。从三月十几号以来,在邢台的实践证明,四级以上的地震有些规律性,距最低点几个小时,最多不超过二十四小时发生地震。但也不全部是这样。这是电感法与地震在时间上的对照。

另外,我们也作过几个试验,电感的变化也不完全反映地应力的变化,受温度、天气、

磁场、仪器的变化影响较大。这就产生了是否有地应力存在的问题。有一段时间,地震平静,曲线也平稳了,看来虽然有干扰因素,还是有些规律的。因此,排除干扰因素是一个很重要的问题。

最近,我们作了应力解除工作,压力(主应力)在北西-南东方向,大于每平方厘米45公斤,有时达到90公斤,这说明地下有应力存在。这项工作,目前仍然在继续做,准备过一段时间再解除一组,观测应力的变化。现在看来,这个方向还是正确的,但要排除外界的干扰。

这样,把地表地质的观测与地应力的观测结合起来分析,便可摸索预报地震的规律。现在的重要问题是元件的标准化问题。

除电感法以外,是否还有其他方法,我们也正在研究,如电阻率法、电阻片法、钢弦法、超声波法等。因此,具体方法还有待进一步研究。

这是一项很重要的政治任务。它关系到“**备战、备荒、为人民**”的战略任务。美国、日本目前注意的是观测地形变;而我们认为观测应力的技术路线花的力量小,很直接,可能效果更好些。

地震的震中问题,必须运用地质力学关于构造体系的概念。在应力场中,可以发生一系列的构造形迹,每一点都有反映,就象人的脉搏一样。因为一个构造体系的构造形迹之间不是孤立的,而是相互联系的。因此,只要在岩石完整的关键地区进行观测,即可了解全盘的变化情况。当然,我这样讲并不等于说其他方法都不能用,如地下水位观测等方法还是可以用的。将来如何走,还要向你们学习。

(1966年10月)

关于地震地质工作的谈话

地震地质队已经有了一个架子,但光有架子还不行,党和国家要求我们去解决问题,这个问题就是地震地质问题。地震地质是个新的地质项目,新的研究课题。大家来自五湖四海,来自不同的工作岗位,工作性质不同,工作经验不同,但对地震地质这个课题,我们大家要有个共同的认识,没有统一的认识,就很难搞好工作。

什么是地震地质工作?它搞些什么?为什么要搞地震地质?要解释这些问题,首先要考虑地震与地质现象的关系。地震现象是大家都知道的。今年邢台地震超过七级,破坏很大。1920年宁夏海源地震的破坏性也很大。北京附近1057年和1679年两次地震也都很大,破坏了皇宫的部分房子,北海的白塔也倒了,皇帝也被吓跑了,以后还断断续续发生过地震。今年邢台地震时,北京西北郊的西北旺也发生过地震,后来地震还延伸到东北地区。西南地区近年地震也很剧烈。中南地区也有地震。由此看来,地震在我国分布是广泛的。

国家对地震问题很重视，今年三月邢台地震以后，中央领导同志为此亲自召开了二次会议，并确定了地震工作中的重点任务。目前就我们的情况来看，要在上述地区全面的开展地震地质工作，力量是很不够的。第一，我们对地震地质工作的认识不够；第二，地震地质工作的经验不够；第三，地震地质工作在当前最重要的中心环节是什么还不明确，抓得不稳。因此，应该调什么样的人，要什么样的物资还不明确。但是有一点是明确的，这就是为什么要搞这项工作，目的在哪里，这是明确的。这项工作就是毛主席所提出的“**备战、备荒、为人民**”，向自然灾害作斗争的重要工作。因为四级以上的地震，就会给我们造成损失。

研究地震的目的：首先就是尽量避免地震时造成的损失，或者使损失减少到最低限度。地震这个“敌人”是潜伏在地下的，它曾数次突然袭击过我们，今后还可能再袭击我们。因此，我们应该时刻有所准备，以免造成伤亡和损失。另一个目的是抗震，当我们在某些可能发生地震的地区非要进行建设不可时，则必须考虑如何能使建筑物抵抗住地震的破坏。上述两个目的我们都是明确的，这具有重要的政治意义和经济意义。尤其是当前形势下，这项工作在建设地区，大厂矿、大水库地区特别重要，恰恰在那些地区可能会发生地震，所以说，这项工作更是一个迫切的重大的政治任务，也是战斗性的任务。这项工作就是战斗，我们如果打不过它，就会有牺牲。

为了达到上述第二个(抗震)目的，我们得弄清楚第一个问题。首先要对地震的发生和它的分布情况有所认识，要掌握它的规律性，把可能发生地震的地带和酿成震中的地点搞清楚。其次，要把可能发生的最大地震的震级搞清楚，这样对于抗震工作就很有帮助了。抗震是力学问题。用什么物资，怎样设计是工艺问题。我们是要解决地质上的问题。

我们要认识地震将在哪里发生，最大震级可能有多大，这是我们当前工作中的关键性问题。因此，要研究地震的发生原因。根据过去的经验，结合世界各地的情况，有90%以上都是构造地震，就是由于构造变动使地壳发生断裂引起的。俗话说“安如泰山”、“安如磐石”这两句话现在值得进一步探讨。其实磐石是很不安的，地下有力量压迫它，它就相当紧张，如果它抵抗不住地应力的作用，就要发生破裂而引起地震。凡是抵抗不住地应力作用的地方，特别是对那些地应力现今最活动或可能发生地震危险的地点、地带或地区，应该搞清楚。要从地质构造的角度对此调查清楚，其作法有两条道路：

第一，用地质的方法，进行详细的地质构造的工作，了解哪些地区、地带或地点最危险，可能发生地震。这要由研究地质构造的人员去做，这项工作是整个地震工作中不可少的，是特别需要的。研究地质构造有两种不同的看法：一种是苏联大地构造学派及其变种的看法，主要搞地层，搞沉积，如研究新生代、中生代的沉积变化，从而了解地壳升降运动，升降幅度大的地方就可能发生地震。他们的看法是否完全如此，我还不甚了解；另一种看法是找断层，注意地应力与岩石的抵抗性能，断层受不住地应力的压迫到一定阶段就会发生地震，因此新、老断层都可能发生地震。但有的断层僵化了，问题就不大；活动性的断裂影响就大了。所以要注意老断层的新活动(例如断过的骨头，还没有完全长好时就很

麻烦,用点力就痛)。我们要在建设地区找活动性断裂,要以地质构造的办法寻找活动的迹象,此外,还要用仪器的办法对活动性断裂带进行长期观测。

我们用地质的方法和仪器的方法,寻找地壳的活动性构造带。这与苏联大地构造学派的做法是有所不同的。断裂可以上、下动,水平动或者局部转动,对此要作全面的调查。他们的观点主要是上、下运动,如苏联和日本都侧重地倾斜仪的观测,用此方法帮助了解地壳的上、下运动,是否有用处?我看可能用处不太大,而且影响因素很多。我们是想用各种方法抓活动性断裂带。

第二,收集历史地震资料。人类几千年的历史是很短的,历史地震资料主要是收集历史记载和访问老年人。这些都属于史学工作或考古工作,对此我们没有力量,也不打算去做。这项工作是重要的,中国科学院有专人搞,我们对别人的这些工作成果可以参考。现今地震在有的地方尚有遗迹,但在平原区很快就不见了,如今年三月邢台地震现在就没有遗迹了,而地下还是有伤痕存在的。

我们是用第二种观点搞地震地质工作,但并不排除第一种观点。我们认为单靠地质方法判定地震,判定构造活动性是不够的,还得用仪器去观测它,这样做更为现实。三年前我们就在广东个别地区进行过这项工作,如果加上在室内先准备了两年(1962年开始)已有五年工作历史了。1964年有一个地质队在那里工作,我们基本上是用上述认识路线在那里工作的。地质构造工作,虽然做了一些,但还不够详细,在此基础上进行了仪器观测工作。1964年8月根据仪器观测发现断层有微量位移,同年12月又发现有微量位移,都可能是发生地震的预兆,最近那里地震前断层位移又有点变化,震后又恢复了。这给大家很大的鼓舞,也增强了我们的信心。

我们的奋斗目标是地震预报,中央领导同志在邢台地震会议上提出了这个问题,以免除和减少地震灾害。地震预报在国际上也是科学尖端的工作。大家知道日本和美国,计划要在十年内搞出地震预报,苏联也在搞这项工作。我们的工作在大方向上是对的,是现实的,但在技术上还有很多问题要解决。我们的任务是战略性的,是为了“**备战、备荒、为人民。**”能预报就可以减少很多的损失,能确定地震地区的震级,抗震投资也可以用得适宜。所以我们现在组织力量,让大家从五湖四海来到一起,从事这项工作,大家要抓住地震地带、地点,可能发生的震级,可能发生地震的时间,在地震预报上打个歼灭战。地震预报是个战斗任务,是一项艰巨的创造性的工作,要通过实践,通过野外的调查和实验室研究工作,才能完成。这项工作任务科研性很强,与一般的地质勘探工作不同,但与生产建设关系密切,所以又是一项重大的政治任务。最后,希望大家边干边学,光靠空头理论是不行的,必须通过实践。我们要“**抓革命,促生产**”。今天与大家交谈的是否合适,请大家提意见。如果我们共同认识到地震地质工作是一项政治任务,大家的干劲就会提高。

(1966年12月9日)

地震是可以预报的

今天,能有机会和同志们见面,我很高兴。要向你们从事实际工作的同志们学习!从广东地震后,我们作了一些工作。我们一切工作都要以毛泽东思想作指导,同志们提出的四个问题,可以从以下几个方面来讲。

地震能不能预报?有人认为是不能预报的。如果是这样,我们做工作就没有什么意义了。这个看法是错误的。我认为地震是可以预报的。毛主席教导我们:“事物发展的根本原因,不是在事物的外部而是在事物的内部,在于事物内部的矛盾性。任何事物内部都有这种矛盾性,因此引起了事物的运动和发展。事物内部的这种矛盾性是事物发展的根本原因,一事物和他事物的互相联系和互相影响则是事物发展的第二位的原因。”地震是自然界某种运动发展过程的一个阶段,因此,如果我们能够抓住地震发生前的变化,我们就可以预报地震的发生。要知道它的发生和发展,就要知道哪些现象与地震有关,并抓住这些现象进行观测。

地震是地球上的震动,由于地球内部和作为天体中成员的变化而引起的。天文方面我看不能忽视,因为毛主席讲事物是相互联系的。这方面我知道得很少,要向同志们请教,我不多谈了。当然,主要还是要研究地球内部,具体一点说,就是研究地壳的运动。我认为地震是可以预报的。地震与任何事物一样,它的发生不是偶然的,而是有一个过程的。地震就是岩石受到力的作用,达到某一个临界程度,岩石承受不了的时候,便会发生破裂而产生震动。

地震发生的影响因素很多,我们要尽力找出最重要的因素。要认识地震发展的规律性,需要我们做更多的调查研究。由于影响因素很多,我们在实践中,还有一个逐步认识和逐步掌握的过程。如果我们能把大的、具有破坏性的地震抓住,这就对人民有很大的贡献。这关系到人民生命财产的安全和国家建设的安全。这个潜在的地下“敌人”是可怕的,但我们有信心去战胜它。

只能在做好预报工作的基础上,才能做好预防工作。过去,虽然做过一些工作,往往是根据历史记录去看这个问题。就某一个地区来说,根据历史记载,以最大烈度作为抗震的依据,那是没有办法的办法。因为事物是发展的,不是一成不变的,因此以后发生的地震可能更大,但也可能变小。我讲是没有办法的办法,就是这个道理。它可以作为很重要的历史资料,但很难预测今后发展的趋势,因此,不是决定性的技术路线。

目前,地震预报工作上存在的主要问题是什么呢?关键是发生地震的规律问题。地震是地壳运动的一种特殊形式,是地壳运动某些阶段的急剧的变化。有的人认为,地壳的变化起源于地球的深部,从地震仪看到过这种现象。但是,绝大多数的地震是属于浅震,在十公里、二十公里、六十公里的范围。邢台、西北、西南的地震,都是在三、五公里到一、二十公里的范围,而以五至十公里为最多。如果是这样,我们为什么不可以说,地震主

要是在地壳上部(莫霍洛维奇面以上)破坏性的变化?地壳上部发生缓慢褶皱的变化,与那种急剧的断裂就不同了,前者就不会感到震动,而后者就可能产生强烈的震动传播到地表。因此,现在关键在于找出它的主导因素,是否应该注意到在地壳上层运动的变化规律,这就涉及到地球物理和地震地质了。

地球是由特殊的物质和形式组成的。解决地震预报这个问题,一方面用物理的方法;另一方面需要采取地质的方法。因此,要注意在某些地区进行物理和地质的探测,同时注意历史资料,找出地壳构造和结构的特点。在地球这样大的地区,如何去找危险地区?过去的方法,是根据历史资料划出等值线范围,今天看来,这样按圆圈划危险区范围的方法是不切合实际的。地震波实际上是受构造所控制,沿着某些地带传播的。因此,在一些活动地带中,也是有相对安全的地区(又叫“安全岛”)。这一点,对我们的建设是很有意义的。关键在于找出活动带,从目前重点建设的地区看,我们就是要确定这些活动地带和相对安全的地区。但遗憾的是某些地区的地震工作开展晚了一些。

看来,重点建设地区都是我们应该注意迅速开展工作的地区。地表和深部的断裂带用地质的观察和物探的方法是可以确定的,还可以确定断裂的大小,深度以及活动性。这样,我们就可以找到活动的断裂带。当前,时间和力量不允许我们全面铺开,而是要有重点的做工作。

地球物理的方法,在地球物理工作者当中认识比较一致,问题不大。但是,在地质队伍中,情况就不同了。苏联的和脱胎于苏联的大地构造学派,他们认为地壳是一块块拼凑起来的,地震多数发生在边缘地带;而另一种是看地表的构造带以及它们之间的相互联系,从这些现象去探索深部的变化,这就是地质力学的看法。我们不反对用沉积物的变化去研究地壳运动,但我们认为研究构造与地震的关系,关键在于寻找活动构造带。从历史资料和现在的资料看,有些构造带现在还在活动,那么我们用什么方法去了解呢?

要认识现在还在活动的构造带,也有几种方法。我们在邢台的尧山西部,首先使用了地质的方法。同时,通过电法测到两个逆掩断层,古老的石灰岩压在很新的地层之上,这说明它们在很新的时代还有活动(如果不清楚,就打钻证实)。由此可见,在证实活动带的分布范围方面,还是容易的。但是,如何知道它现在还在活动的情况呢?还有一个办法是作微量位移测量。再就是现在运用的地应力测量的方法。

地震是岩石受力的作用而发生破裂,产生震动的。不论这种力量是从哪里来的,总是一种机械力引起岩石变形、破裂而产生震动的。那么,有没有办法探测地应力呢?是有办法可以测量的。地应力还有两种不同的情形,如果岩石是塑性的,不能积蓄地应力(力量随形变而消失)就没法测量;如果岩石是有一定弹性的,它就能积蓄应力,当地应力积累到超过岩石的强度极限时岩石就发生破裂,并产生震动。因此,地应力积蓄得愈多,力量就愈强,破坏性就愈大。目前,我们电感法用的磁芯,受力作用压磁感应很灵敏,不过受温度的影响很大,地磁场影响不大。地应力是否存在呢?经过应力解除试验结果证实,地应力是客观存在的。现在,对应力如何反映到曲线中来,还有待进一步研究。现在看,地应力观

测这条技术路线是正确的，是有前途的。我们的工作做的很不够，还要在实践中不断提高。

其他，如水位的升降、地声、生物动态的观测等方法都可以做。今天，我主要是侧重谈地应力的观测，有不对的地方，请大家提出批评。

如何摸索构造规律，从地质力学的观点，主要是研究构造体系，确定构造型式。

(1967年1月19日)

形变电阻率法预测地震问题

这是一个很好的开端，你们取得了不少的资料。工作主要是同志们做的，我在这方面还得向你们学习。很多事情往往就是在困难的情况下，在斗争中取得成功的。你们敢于革命，勇于实践，这很好。事在人为，发挥了人的主观能动性，没有克服不了的困难。

地震预报工作，是一项光荣的、艰巨的、紧迫的政治任务。

最近我才听说，你们在邢台做了不少的工作，特别是在探索电阻率与地震的一些关系方面。

地下电阻率变动的实质性原因，目前还不能肯定，但有一点还是比较清楚的。我们设想过，岩石受应力的作用，电阻率会发生变化。经过把板岩、花岗岩等不同的岩石切成方块，放在二百吨压力机上，通过电流观测电阻的变化情况表明确实有变化，而且这种变化还是可逆性的反映。我们做过好几种岩石的试验，着眼点是岩石受应力作用后电阻率的变化。虽然它可能反映很多因素的变化，但其中电阻率是比较明显的变化。电阻率受地下水的影响怎样(包括含各种盐类的多少有无关系)?我们做过一些试验，结果表明：把岩块浸在盐水中几天后再进行试验，虽有点变化，但并不太大。看来，电阻率的变化与含盐水分的关系不大；同样，把烘干的岩石又进行观测，仍然是这个变化规律。这说明，岩石在应力作用下，电阻率有变化是可以肯定的。试验结果说明，电流是通过岩石的整体，而不是经过岩石的表面。我们就是从这里发现了测量应力变化的压磁电感法。但是，电感值受干扰的因素比较多。看来，主要还是磁芯很敏感。

邢台地震后，在地震是否有向北发展的趋势问题上，有过不同的认识。当时，分歧之点：一种是把注意力放在原来震中的地方，这仍然是以点为出发点来看问题；另一种看法认为不是一个点的问题，而是一个带的问题。地质构造有它自己的特点，断裂带上的任何一点，都可以成为震中。对断裂的性质，从地质力学观点看，不外乎是压、张、扭或复合性质的。在邢台主要是北东方向的压性兼扭性的断裂，还有一系列与此有关的断裂。看来，邢台地震主要还是水平方向的应力活动的结果。

我们是要通过电感值、电阻率值的变化等了解地应力的活动。但是，考虑应力的活

动,就要考虑应力场的问题,这些工作要走在前面。地震地质就是用地质的方法弄清构造的活动情况,然后才能决定我们的方向。因此,各种方法都要结合当地构造的情况来进行工作,这是需要注意的一个问题。

地磁的变化非常复杂,从天体、大气、地球几乎同时在起作用。因此,在地磁的观测上,要了解它的变化,是个很复杂的问题。大地电流也有磁的问题。看来,电阻率法是较好的方法,现在看对地震有反映,但在很大程度上与地下的地质情况有关,只要有反映就很好了。我们可以在搞清地下地质构造的基础上,第一步先搞电阻率法;第二步再搞大地电流法。

(1967年8月25日)

解决地震预报的方法与途径

现在的问题是:地质部的地震地质工作搞不搞?要搞,又怎么搞?地震地质工作的内容都是些什么?地震地质有没有意义?

地震与地质构造有没有关系?我看是有关系的。地壳它要动,就要有一定的力量在活动。当地壳里的岩石承受不了这种力量的作用时,便发生急剧的破坏性运动,产生地震。看来,地震的发生,与现今的地壳运动有关。事实上,从一千多年来的地震记录看,绝大部分地震的位置都是在构造带上,与断裂有密切关系。这一点,历史资料可以证明。最近几年发生的地震活动,也绝大部分与断裂有关。所以,地震现象之所以发生,除其他各种因素之外,活动构造带(各种断裂带)是很重要的因素。譬如延庆、四海的地震,都是在一个构造带上。甚至,在大地震发生以后的活动方向,也是与活动构造带一致。

地震与地质构造有没有关系呢?这个问题,可能有不同的看法,但我们说,有,而且关系很密切。从历史震中的分布看,个别的不在构造带上,这可能是因为我们不了解那里的构造情况,而绝大部分震中都落在活动构造带上。当然,我们也不排除其他的因素。

地质部是地下情况的侦察部,不是月球部,也不是太阳部。所以,我们地质部的任务就是要搞清地下构造与地震的关系。我们就把这项工作叫“地震地质”。

“地震地质”这个名字成不成立?我说能成立。地震如果与构造有关,我们就要去侦察它,不能放弃这个职责。这一点,要向群众说清楚。地质部要承担这个任务。我们要以毛泽东思想为指导,把方向看准,大力宣传地震地质工作的重要性。编些材料供大家在工作中参考,很有必要。与此同时,还要加强这方面的力量。因此,地质部搞地震预报,主要是做好地震地质工作。这一步站住了,地震地质的意义也就明确了。

地震就是现代的地壳运动。具体地说,也就是现代构造变动急剧地带所发生的破坏活动。为什么会发生破坏呢?怎样才能够发生呢?一定是岩石在一定的条件下受了力的作用才发生的,没有力,物体怎么能破坏呢!这种力,就是地下的力,我们称为地应力。使

岩石发生破裂的这种力量,必须达到一定的强度,否则是不能发生的。地应力就是地壳中岩石单位面积上所受的力量。观测地应力变化的道理,就是从这里来的。

毛主席说:“唯物辩证法认为外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用。”地震之所以发生,我们看,主要矛盾是地应力的活动与组成地壳的岩石的抵抗能力之间的矛盾。这种形变,一般是弹性形变,只有一小部分力因发生塑性形变或结构变化而释放,而大部分积蓄起来。地应力达到一定程度,岩石抵抗不住了,便发生破裂,释放能量产生震动,而造成地震。但是,这种力量不是突然来的,而是有一个过程的,有一个逐渐加强的过程。这个过程长短,我们现在还不知道,但我们可以说,这个变化是在破裂以前,而不是在以后。

这是一个想法,对不对?还要去实践,这就是地应力存在不存在的问题了。为此,我们做了地应力解除的试验。去年在茅山做了两次,从实验的结果可以看出,地应力是存在的,这一点不用怀疑。瑞典人哈斯特,他在一个砷矿的矿山中做过试验。在一个特定的点上,他原来以为是垂直方向的应力大,后来证实水平方向的应力比垂直方向的应力大五百多倍,甚至有的大到一千倍。我们一系列的方法,就是观测应力的变化。

地应力的客观存在,通过实践已得到了证实。但地应力变化不变化呢?如果抓不住地应力的变化过程,就很难预言地震是否会发生。假如水平的应力很大,大到岩石承受不了的时候,就要发生破裂,产生震动,这就是预测地震应该抓住的关键。当然,有的地区地应力加强,就不一定发生破裂,只产生形变,而不发生地震。事实上,发生一系列地震往往不在同一地点,而常常是在同一构造带上。先破的地方,一般是应力集中的地方,随着逐渐在其他地方破裂。

在受构造体系支配的地震区域里,地应力活动是不均匀的,每一点或每一条线上的地应力大小、方向都可能有变化。如何了解它的分布情况,方法现在还没有很好的解决。看来,观测站不能随便设,要根据当地的地质构造活动情况来设就比较恰当。当然,必须考虑地貌和岩石性质,但主要是找构造适当的地方。

地震与断裂有关,但有的人只注意断裂,而对断裂与褶皱的关系则注意不够。其实,断裂与褶皱,褶皱与断裂彼此之间是有联系的,因此,就必须研究构造体系。邢台地震的发展趋势,为什么主要是沿滏阳河向北东延伸,不是偶然的,它们是在同一构造体系中。看来,地震一般是在一个构造体系的一些带上。从地质着手就必须首先观测现今还在活动的构造体系。历史地震资料和位移资料都可以用。地震地质大队的人,如果分布在这些活动构造带上,并不显得多。

我们在地震工作上,第一,要用毛泽东思想统帅我们的工作,走自己的道路,不做爬行主义者。只要我们觉得对,有根据就做;

第二,坚决贯彻中央领导同志的指示,在重点地区多做地震地质工作;

第三,抓住邢台不放,打开灭战。尧山的工作不是削弱,而是从各方面加强的问题。

(1967年11月2日)

地震预测工作中的水文观测

从去年三月开始以来,仅一年多的时间,在利用地下水的变化预测地震方面,群众进行了大量的观测,发现了一些规律,取得了不少的经验,我们要依靠他们。因此,如何动员广大人民群众推进和改进这项工作很重要。我们要在毛泽东思想统帅下积极做好宣传工作,要大家认识到,地震工作是一个光荣的、艰巨的、紧迫的政治任务。

地下水的观测,很多年前在国外就有人做过,但没有发现什么规律。不管他们做也好,没有做也好,我们要树雄心,立壮志,走自己的路。在观测的技术上,要自己去创造,他们有的,我们要有,他们没有的,我们也要有。你们要坚持下去。但为什么有的人感到无味,不能坚持下去呢?就是没有认识到地震工作是一个艰巨的、光荣的、紧迫的政治任务。另外,就是没有开动脑筋去想办法,克服困难。这是一项科学实验的工作。人们对客观规律的认识是有个过程的,我们要在实践当中,不断地丰富和发展我们的认识。预报地震,应该是从现象到本质,抓住问题的实质。不要碰对了就高兴,错了又说倒霉,这是不正常的,要从正、反两个方面的经验中去探索它的规律。对与不对,都要弄清楚为什么。如果大方向是对的,我们就要坚持下去,不要存侥幸心理。所谓大方向要对,就是看地下水的观测是否对预报有好处。我看,这个方向是对的。地震的发动与地下水的变化有一定的联系,这不是想当然,而是有实践的结果。我们要从感性认识进入理性认识,抓住问题的实质。要更进一步深入的发动群众进行准确的观测,要群众了解这项工作的重要意义。在地下水的观测工作上,主要是靠群众来做。

从过去的资料看,水位的变化与地下构造活动是有一定联系的。有的构造是“僵化”的,有的是复活的,有的还是新生的。不论是复活的,或是新生的构造,与地下水位的变化都有很密切的关系。地下水的变化是否反映地下构造的活动情况,这一点我们今后还要不断的观测研究。

地震中心,不是东西、南北乱蹦乱跳的,而是在一个构造带上。所以我们说,工作要走到地震前面去,首先就要找出这些活动的构造带。

你们所划分的一些类型,是我们工作中的成绩,但不要把它当成了框框,自己框住了自己,而要找找它是否有其他的规律。譬如,不用面积大小的表示方法行不行?如果收集来的资料是可靠的,在这个基础上用划等水位线的方法表示,可能比用面积表示还清楚一些。现在看,用水文观测比其他方法进行观测的干扰因素小得多。这是一个重要的方法,需要在实践中不断改进,关键是从表面现象找到问题的实质。至于海水对陆地水位升降的影响问题,是海平面的上升下降或是构造运动的原因所引起的,这是一个很重要的问题,需进一步研究。

你们观测的方法还可以大大改进,这就要搞地震地质了。水文观测是一项很有前途

的工作。今后应注意观测方法的改进,使群众报准。

地温沿构造的变化问题,能做就做,不能做也可以暂时放一放。温度增高,水位要增加的,有点影响,但不是很大,一般在观测误差范围以内。

要进一步把感性认识提高到理性认识上去,进入到问题的本质,这当然有个过程,但我们要努力去做。这个方法仍然在摸索之中,还有很艰巨的工作有待你们去做。

你们的工作有成绩,大方向是对的。今后要注意在地震地质工作的基础上进行。

(1967年11月11日)

与中国科学院地震体改小组的座谈纪要

有的人认为地震是在地球深部发生的。是的,也有的是在深部发生的。不过,我们中国有历史地震记录以来,绝大多数地震的震源深度大致都在廿公里以内,有些是在十多公里,甚至是五、六公里。可见,还是在地壳上层发生的,属于浅源地震。

这些活动是怎样发生的呢?现在,有不同的认识。有的认为是外来的因素引起地壳的变化而产生地震。假如有影响,那么发生在地壳上部,这是一方面。可是,有很多震中的分布都与地壳表层构造有关系,因而集中在构造活动的地区,这也是事实。根据这样一些事实,我们就不能不考虑地震频繁地区的构造特点。这里告诉了我们,地震是由于地壳运动这个内因产生的。当然也有外因,但外因不是起决定作用的。因此,我们对地壳上部构造活动性的研究,是不能脱离地震地质工作的。如果这个看法是对的,那么,我们又从何处下手呢?

地震地质工作可以从三方面来说:

1. 通过历史地震的记录和现今仪器记录,看地震什么时候发生在什么地方,根据空间和时间的进行综合分析。

2. 地壳上部某些构造地带,是经常发生地震的地方。因此,要测定这些地区、地带的构造活动性。从地震地质的角度看,这是首要的任务。每个地方构造活动的程度不同,这一点过去是很难观测的。事实上,我们可以通过地质工作寻找、鉴定它的活动性。当然,完全靠肉眼鉴定是困难的,但是在地质观察的基础上,使用一些新的仪器手段、方法那是完全可以做到的。但是,要注意有构造活动不一定发生地震,反过来说,发生地震的地点肯定有构造活动,这是地震的反映。这里,就涉及到对构造规律的认识了。在对构造规律的认识上,有的人注意苏联那一套条条和块块,有的人则注意褶皱、断裂(构造线),究竟谁对?这要大家来分析研究。我个人的看法:由于地震发生在褶皱断裂带上,我希望多注意这些带的活动性的调查,可能发现将成为震中的地区和地带。在这个问题上如果观点不同,方法手段也就不同了。

3. 地震预报,这是一项艰巨的任务。要搞预报,一定要摸清地震发生的原因。现在有

两条路可走,一是根据历史事实加以推断,不过这是一种外推的办法,如果说它有一点根据的话,就是历史资料的外推。另一条路就不是这样了,而是要找出构造活动发生的原因,推测发生地震的可能性。因此,重点就不同了。和前者相比,后者的重点在于确定构造活动的程度和频度,频度很大就标志着那些地带中的某些地点特别需要注意。只要我们能做到这一点,对国防和工农业建设就会起很大的作用,特别是在某些重要建设地区是关键性的工作。现在,如何使用我们有限的人力和物力去观察它们,是一个非常重要的问题,这项工作做起来确有困难,但不能不做,做好了就为地震的预报工作打下了基础。

究竟哪些地区、地带、地点的活动性最大呢?这要很好的去做工作才能知道。近年来,我们在这方面做了些工作,但还没有来得及很好地总结。现在看来,在那些活动构造带交叉及转折的地方,是很值得注意的。

地壳从开始形成,以后又发生运动并形成各种构造,这是一个事实。从这点出发,我们进一步追究一下,地壳为什么发生运动呢?物体要发生运动,也就是要发生位移,必须有力的作用,即构造的活动必须有应力的作用。现在看,这个力量是有大小、有方向的。自然界任何事物的变化,总是有个过程的,因此就构造活动的内因——地应力的活动来说,也是有一个过程的。在岩石不能承受那样大的地应力的情况下,就要发生形变,以致断裂产生震动,这就是地震,是一次飞跃的质变。如果,这个看法是正确的,那我们就应该很好地去测量应力的活动,抓住这个变化的过程,是解决地震预报的关键。这方面我们做了一些工作。有人问,你怎么知道地下有应力存在?我可以告诉大家,这个问题已经过实践得到了证实。现在的问题是应力是否变化,这只有通过今后长期的观测来证实了。

关于应力的观测方法,电感法是其中的一种,还有其他的很多方法。譬如,有地下水、钢弦、超声波、形变电阻等,都是测量地应力变化的方法。如果能注意观测地应力的变化过程,我们的工作就能走到地震的前面去了。

下一步工作如何做,这是一个战略部署的问题,得根据中央的方针政策来决定。重点地区看来需要大量的地质人员去鉴定构造活动的程度和频度,除宏观调查而外,也要使用仪器进行微观测量。首先,要在重要的地区进行工作,如何来确定进行工作的地点、范围?这就要从地质力学的观点去研究构造体系了。

(1967年12月20日)

谈地震地质问题

地震工作很重要。前年邢台地震之后,该区又有上万次的小地震。邢台地震有两次大震破坏较大,最严重的是第一次,由于突然袭击,人民生命财产遭受了损失;因为有了戒备,第二次损失就小了。

从我国的历史上看,全国地震很多,震级大,可谓是一个多地震的国家。以解放后这十

多年来讲,除前年的邢台地震外,解放初期在山丹地区曾发生过较大的地震,它的破坏性很强。因为地震的发生是一个突然袭击,人民生命财产遭受损失是很难避免的。

去年邢台地震发生后,中央领导同志指出,地震工作是一项艰巨的、光荣的、紧迫的政治任务。我们应当把这项工作看作是对地球的战斗,地震对我们来讲是一种潜伏的“敌人”,就象社会上潜伏的特务、牛鬼蛇神一样,一有机会,就出来破坏我们的革命事业,威胁人民的生命财产安全。对于这样的敌人,我们不能轻视。地震可比为一种非常阴险的敌人,对付这样的敌人,是一个很艰巨的、光荣的、紧迫的政治任务。

地震预报工作过去有人搞,外国也搞的时间很长,主要都是研究为什么发生地震,在什么地点发生地震,在什么时间地震等等,都作了很长时期的研究工作,现在还正在研究中。

地震是突然袭击我们的一种“敌人”,它什么时间、在什么地点出现?是否有预兆?如果我们能够预先知道它来的时间、地点和震级,我们就可以有所准备,避免损失,关键问题在于我们能否完成地震预报的任务。

早在大约两千年前,汉朝的张衡就制出了地震仪,意大利研究地震已有近两百年的历史,日本也研究了上百年。研究地震一般是:为什么发生地震,什么时候发生地震,以及如何抗震等三方面的问题。他们从观测地震的现象出发,宏观地进行观测;用微观的方法,依靠地震仪记录地震,了解地震现象,到现在为止,基本上还用这种原理进行观测。把地震当作一个课题,他们也做了些推测,寻求认识地震现象的本质。为什么发生地震?各家说法不一,但都是外国传来的。有的认为地震发生决定于地球内部的问题;有的认为太阳或月球出现了什么异常而发生地震;有的认为与大气空间有关;还有的认为是地球磁场的变化等等……。从地震现象来考察它的本质,研究这些现象,哪一种与地震有主要关系。从一九六〇年智利发生大地震以来,世界上还有不少地区发生了地震,从历史上看,有不少地区、地带发生过地震。

从地震现象到对它本质的研究,一不小心,就会滑上了形而上学的推测。因此,一九六二年广东地区发生地震以后,我们着手进行工作时,地质部对地震工作提出了一个新的看法。

地质部是地下情况的侦察部。地震的发生,绝大部分在地球的表层,大致三至五公里甚至二十多公里,这是地震仪提供的很宝贵的事实材料,即记录下来震源发生的地点。一九五六年,国内也有人说过,地震是地球深部活动的影响。我们不同意这种说法,地震破坏性最大的就是地表,地球的表层有破裂,才发生地震,而震源一般深度在二十公里以内。譬如说,地球的直径假定为一米多的话,而地球的表层就象一张薄薄的纸一样。根据这个事实,指引了我们注意到地球表层的构造问题,地震是在有特殊构造形态的地带(或地区、地点)发生。我国历史上不但有地震仪微观的记载,而且各个县的县志上也有记载,《钦天监》也有记载,确确实实前人作了大量的地震观测工作,获得了极宝贵的实际材料。根据实际材料的分析研究,地震震中集中在构造带上或构造带转折或彼此交叉的地点,所以着

手进一步调查研究地球表层发生构造现象的地带(地点),我们应当首先着眼抓住这些地方。这也正因为我们是地下情况的侦察部。

大家对于石油地质、水文地质等这些名词一般都有所了解,但什么叫“地震地质”呢?它的含义包括什么内容?我们说它的内容是:

1. 利用野外地质观测的方法,确定或鉴定现今还在活动的地质构造带的存在,并确定它们的方位、活动程度与频度。例如去年甘孜地区发生的地震,它与云南中部地区的地震,在方位上、活动程度与频度上是否有关系,目前尚不清楚。利用不同的野外观测方法,确定或鉴定现今还在活动与过去活动而现在已经僵化的构造带,并把它们区别开来,就要作一系列的调查研究工作。我们要遵照伟大领袖毛主席的教导,要树雄心,立大志,要走中国自己的道路。

美国制定了十年的地震研究规划,日本也作了一个五年地震研究工作规划。在美国西部圣安德烈斯有个“深大断裂”,他们在“深大断裂”附近打了个几千米的深孔,研究该断裂深部的岩石应变,而不是研究应力。我们搞地震地质,就要破旧立新,新旧交替就要有斗争。

2. 地震预报。什么时间发生地震?什么时间有预兆?搞物理、力学与搞地质的同志们应结合起来搞。过去搞物理的侧重于从物理方面入手,搞力学、搞地质的也各有侧重,缺乏相互的联系与协作,看来,结合起来搞是一个好方法。

我们寻找某些构造带(地区、地点),这些构造带(地区、地点)产生激烈的形变或破裂,由于激烈的形变发生破裂震动而形成地震。地震是地应力超过了该构造带(地区、地点)的岩石弹性强度,是地应力逐步增强的结果,但是地应力作用的时间有长有短,有的应力有长时间的增加过程,有的增加过程就很快很短,它的因素是很多的,譬如一个大桥,当火车从桥上通过时,桥面上的应力场随着火车的移动而变化,这只是一个面上受到压力,而地应力又复杂些,有时有几个方面的应力存在,我们的地应力测验,把三个元件按照不同深度不同的方位,安装在钻孔内,从井口的仪表记录下它们不同方位所承受的应力数据,然后用大口径的钻头,套在原孔上往下打,随着大口径钻头的钻进,从仪器上可以看出三个元件由上至下一个个地解除了应力。就是用这种方法,我们验证了地应力的存在。正如伟大领袖毛主席在《实践论》中对我们的教导:**“如果要直接地认识某种或某些事物,便只有亲身参加于变革现实、变革某种或某些事物的实践的斗争中,才能触到那种或那些事物的现象,也只有亲身参加变革现实的实践的斗争中,才能暴露那种或那些事物的本质而理解它们。”**我们今后,还要通过实践改进地应力测量的方法。要测出应力场,并了解其范围。地质构造有个体系,是若干构造带(或群)合在一起组成的一个体系。调查活动的构造体系,要地质人员去搞,要查清它的组成部分和范围。这是地震地质工作的第二部分。

3. 抗震问题。主要是由工程部门去搞。如建筑、桥梁、渠道、隧道……等工程设计要考虑到抗震的措施。如果地震地质工作做不好,抗震工作也有困难。

关于地震地质工作,我所知道的就是这一点,你们回去可以讨论,要你们自己闯,前途是大有可为的。

(1968年1月11日)

谈地震地质队的方向和任务

前天听说只有一两个同志,来随便谈一谈,没想到今天来了这么多同志。毛主席教导我们:“从群众中集中起来又到群众中坚持下去,以形成正确的领导意见,这是基本的领导方法。”看来,辩论后再说好,因为现在说早了一点,没有群众基础。

你们学习毛主席著作学习得好。现在的问题是怎样把毛主席的思想在地震地质工作中体现出来,把地震地质工作搞好。很多单位共同搞地震,而我们地质部主要是搞地质与地震的关系的,所以叫地震地质。是不是名符其实呢?要不要“地震地质”这个名词?值得考虑。地震工作大家是公认的。我们说“地震地质”这个名词可以用,用在什么地方?地震的发生和发展可能很复杂,但可以肯定地震是地球表层构造变动的结果。地球半径有6370余公里,地壳仅20—60公里,许多地震就发生在10—20公里甚至只有5—6公里的深度,这是地壳表层的现象。地壳的厚度与地球的半径比较起来,就象一张纸在这么大的球的表面上一样,是很薄的。地震是地球表层发生构造变动的结果,这样地震与地质就有关系了。

中国的西北、西南等地都有地震,震源都是在10—20公里的范围内。也有个别深震达600多公里的,从世界来看还没有超过700公里的。

我看到一个材料上说,一切地震都是地球深部作用的结果,是发源于地幔以下,我对这句话抱怀疑态度,因为深部谁也不知道,是假定的。地震主要是地球表面构造的活动结果,这是对地震现象的解释。同志们要求了解地震地质的性质、任务和内容是很自然的。若是我做这个工作,也会有这个问题。

邢台大地震发生以后,接连又发生了几千次、上万次地震(包括小震、微震)。毛主席对邢台地震很重视,周总理召集了两三次紧急会议,周总理讲过几次,这个工作是艰巨的、光荣的、紧迫的政治任务。不是一般的科学技术工作。提到那样的高度,政治目的性很强。我们搞建设不但要防备天空上的敌人袭击,也要防备地下潜伏“敌人”的袭击。我们要把担子挑起来,不然有漏洞。在贯彻“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针中,我们的工作占有很重要的位置。看来我们担负的任务很重要,不要妄自菲薄。

不把地震地质工作做好,就很难觉察可能发生地震(特别是破坏性地震)的地区、地带、地点,就很难完成这项政治任务。

地震地质工作,跟过去搞地震的作法有所不同。我们着重地质构造条件,主要是地壳表层构造特点的研究,就是地质构造工作。对地壳表层某些地区的特点,要进行地质

调查。地壳表面的构造是很复杂的,我们要研究现今还在活动的构造,主要是第三纪、第四纪以来的活动构造带。地震的发生,大多都在现今还在活动的断裂带的转折点(转弯处)或不同方向构造交叉点。这是根据历史及现今地震资料证实的。我们不但要找活动性断裂带,还要找出危险点。活动性断裂有的很深达8—10公里,也可以很浅,出露在地表。在地震可能发生的地点,用地质方法、物探方法、钻探方法观测破裂情况,当然还有其它方法,起码这三种方法可以使用。

中国这么大,找出可能发生地震的地带,工作量很大,你们队的技术干部只有那么多人是沧海之一粟,感到人多的原因是地震地质与传统地震工作没有区分开,应该分清楚。还有一点,应把重点摆在地震预报的工作上。

现今活动的地带不一定就发生地震;但是,在地震发生的地方一定是现今还在活动的地区、地带、地点。这些地区、地带、地点是经常可能发生地震的。因此,地震地质工作应找这样的地带。这不是一般的地质调查所能办到的。一句话,地震地质工作是开辟地震预报道路的工作,是为地震预报打基础的工作。

地震是地壳突然形变,特别是断裂而发生的高频震动。地震仪只能记录地震发生的高频震动波,而不能反映地震发生的原因。为什么发生突变?就是应力引起的。有些人说你怎么知道有应力?因为任何物体变动,总得有个力。当地壳中应力逐步积累,岩石抵抗不住了,就可能产生破裂。地应力的积累可以很慢,也可以很快,可以是几个月,也可以是几小时。我们使用的方法,就是要去测地应力的变化,这是方向问题。

预报手段我们用了许多,各种方法都是测量应力的变化预报地震。

我们主要是搞地应力测量。邢台地震后要求很急,电感法测量应力,匆忙上马,预料到干扰因素很多。但是,起码说明地应力是存在的。地应力是否变化?地应力变化是否与地震有关?要通过地震来反复检验。这个方法要搞,其它方法也要搞。

总之,要树雄心、立大志,要走中国自己的道路。要有信心,失败了再干。在大方向没有问题的情况下,我们还是要坚持做下去。我们是地下情况的侦察部,我们应到活动地带,特别是到有政治意义的地带去,就显得更为重要。这是个人意见,不要当什么指示。

(1968年1月8日)

大地测量在地震工作中的作用

用大地测量的方法去找地面形变的现象,慢慢发现形变的规律,是一个重要的手段。这种工作,不单是为地震,还为其他方面服务,它的服务范围很广。我一直认为,这项工作在地质学上是一个很重要的工作,很多方面都需要。

地壳形变有两种,即弹性形变和永久形变。研究地壳的永久形变是一个很重要的工作。

从陆地方面看,工作尽管是为地震服务,以地震为主来考虑问题,但观测应该是按点、线、面的关系来部署。如果是这样来考虑的话,就可以与当前实际要求的缓急和精确程度配合起来。从地震方面来看,似乎是部署在地震区(面)、构造带(线)上特别重要。一般地讲,面的选择应该根据国家战略布局和需要的缓、急而定,但在面积决定以后,线的选择则需要依客观实际情况来决定,这里指的主要是地壳的永久形变。因此,我们说永久形变有时是很重要的。

对各地区地壳形变类型的了解是很重要的。譬如,了解它是怎么变化的,这就很可能反映地下的构造变化。地表的現象也不是偶然的,可以说是反映地下情况的,地表测量和地下地质的观测是相对应的。我们可以用测量的方法了解地震前后地面究竟有什么变化。地球表面有蠕变,可能产生小的地震,不过一般缓慢变动是很少发生地震的;短时间内的突然变化,往往发生地震。这样,我们不仅在面上的观测应有所部署,而且在时间上也要有所考虑。要尽可能定点,自动进行观测,这是一个重要问题。作为地震预报来说,应看地壳形变在震前的变化,这里有一个时间性的问题。我们要抓住地震前地形变的前兆,否则就起不到预报地震的作用。要当做重点工作来考虑,恐怕还要想办法,采用些新的方法。

如何机动地组织力量,在可能活动的地区,做为一种肯定活动地带的手段,我看大地测量是一个重要的方法。不过,用三角点的办法,可能需要的力量大,时间长能否采取机动灵活的办法,用很短的时间,在活动带上进行工作,研究地震与构造活动程度和时间的关系。在鉴定活动带方面,测量工作应该是先锋。当前,可否在线的方面做快速的观测。

海面升降的情况,又有所不同了。这里有地球运动的问题,也有局部构造变动的问题。可否设几个站,看看变化情况。

分析的问题。对现象的分析,是靠人去做的,观测的人员就应该是分析人员,不是专门找一班人去做分析工作,这不好。

(1969年12月31日)

关于地震危险区的划分问题

确定危险区的原则:①历史地震记录;②地下构造的活动情况。

要抓典型,面上的工作要先抓好三分之一。要确定危险区和危险地带。有如峨山—通海断裂,是条老断裂,有新活动。假若工作开展得早,并同广大群众结合起来,地震时就会减少损失。

提危险地带的好处,可以集中注意力监视它。每个带往往不限于某一省区内,地带定下来,这样可以把几省的力量联合起来,把它看成共同的“敌人”。行政区划和地震危险地带往往是不一致的,若各抓一段,不免造成损失。我们不仅提出危险地区,而且要指出危险

地带。但要指出这个带就涉及到学术争论问题,这不要紧,要各自把理由摆出来。要划分出头等危险地带,如果战略部署重地也处在危险带内,就可以把它看成特别危险地带;其次是重要危险地带和一般危险地带。在危险地带还要指出特别危险点。对这些点工作时要特别的过细。要划分特别危险带和特别危险点,总有一天工作要落实到这方面来。

要宣传群众,地震预报不是什么秘密的东西,群众知道后会创造出很多方法。专业队伍要和群众鱼水相融地结合起来,真正地打一场人民战争。要落实具体的计划,落实的目的,是全心全意为人民服务,为无产阶级政治服务。鉴定危险地带要依靠搞地质构造的队伍,如地震地质、钻探、深部物探等。但光靠专业队伍还不能完全解决问题。它可以大致了解活动构造带的展布方向、范围和与它有联系的构造地带,我们叫它一个构造体系。任何断裂(如通海—峨山断裂)决不是孤立的,断裂群是有联系的。因此,要搞构造体系——这是必须要搞的。但对这点有分歧,有些同志不愿听,有的半信半疑。构造体系的存在,不仅在地质上而且在矿床上都得到了证实。断裂、褶皱、凹陷、隆起都是有联系的。不要提应力场,这贫下中农听不懂,但提有一种力的作用,大家都懂。专业队伍不光自己知道断裂是否在活动,还要告诉群众,把道理说清楚。

宏观地质考察要为地震服务,要确定断裂的活动性和构造体系。还要搞大地测量,现在有一定力量,测量工作要和地质工作结合起来,单独搞测量还发挥不了作用,必须与地质工作结合起来,鉴定活动地带。第二,物探工作要跟上去,很多覆盖区发生地震,地下的工作必须靠物探,但不要单独搞,要和地质工作结合起来,这样才能减少工作量。第三,在必要的地区设立观测站,要证明它活动的情况:是继续不断的活动,还是间歇性活动;是小幅度的蠕动,还是大幅度的移动。了解它的频度、幅度和程度。这些工作也要和地质工作结合起来,用各种各样的办法,如水准测量、激光测距、倾斜仪、电阻丝等。第四,要建立地震预测台站,在危险区要集中上去。过去有一种思想,认为只要有了台网就能控制全国。话是这么说,但是控制不了,最重要的是建立综合的、流动性的“野战军”。

(1970年1月28日)

谈地下水观测工作

可以说问道于盲了,我也不懂。从你们的经验和取得的成果看,地下水水化学的变化可能反映含水层发生了变动,看来是肯定的。这个变动,引起水里边的成份或气体,在达到高峰以前,它的变化已经达到了高峰。如果是这样便简单了,事实上并不这样简单,有的在地下变动达到高峰以后,它的变化才达到高峰。

这个工作开展还不太久,还有不少困难。观测的时间还不够长嘛,不能太着急。水化学有变化是现象,要逐步摸索接近它的本质,这是一个长过程,要走弯弯曲曲的道路,特别象地下水这个问题很麻烦,牵扯很多方面的问题。那年到延庆去看,水井升高一米多,后

来发现是灌水引起的。可见,事情不那么简单,不要一下子就和地应力挂钩。

氦是惰性气体,不易发生变化,所以容易抓住它进行观测。蜕变过程中氦含量为什么时多时少,要从现象到本质的去研究。惰性气体的变化对应地震有三种情况,或在地震以前,或同时,或以后。这些变化,是不是与地下变动有关,是不是地应力引起的,有没有这种可能,不能排除。如果另有条件控制它,那就是另外一回事了。

“单打一”,用氦的变化做体温表还不那么简单,如体温达 38 度就有病了,但什么病不知道,当然有变化是要注意的。

水文地质工作与地震工作有密切关系。地下水大部分是从天上降下来的,通过孔隙到岩石中溶解很多成分,而且它在不停的流动,既有垂直方向的,还有水平方向的,非常复杂。水的离子活动,可以说无穷无尽。抓住一种变化的现象,从现象到本质的研究途径很多,头绪纷繁,所以说,不忙马上跟地应力作用挂钩,就是这个道理。

同一地区多种成分相应变化,这是很重要的线索。为什么几种成分都发生变化,有时几种成分同时向一个方向变化,或相反方向变化;还有某些成分变化很强烈,时间很短,有的成分拖拖拉拉缓慢的变化。从这里边也可以进一步找到问题的线索。水化学成分变化曲线,一个变化高峰对应了地震,我们感到很亲切,而对拖拖拉拉的变化则不感兴趣,这不大对头。拖拖拉拉的变化有它自己的用处,这些现象合并起来考虑就是很有意义的东西,这里有门道,显示不同变化形式,这将给我们以很大帮助。不能喜欢的东西就很爱它,不喜欢的就不要了。看问题要全面的看,目的是研究各种因素与地震的关系。一般都有些偏向,搞水文工作的这一点特别厉害,因此特别要注意这一点。

进一步说,这些变化与地下岩层变动有密切联系。在发生地震的地区、地带、地段、地点,肯定有形变发生,包括破裂形变在内。譬如,地面上产生裂缝,这种破坏性变动肯定有力的作用,力不是电力、磁力,就是普通机械力在活动,没有机械力怎么会破裂。这股力为什么产生,要进一步研究,也许与电、磁、天体、地球自转有关。不管怎么来的,总有一股力量在作用,它在岩石里边活动,这是可以肯定的。它的活动一定有个逐步加强的过程,可能比较快或比较慢,时间有多长多短不知道,但这种力一定存在,而且在岩石中有急有缓的变化过程。现在,看看力的变化与水化学有什么关系。

这次云南地震的破坏主要是在昆明南部那个地段。在那个长的破裂地带内,岩石很脆弱,应力积累又不平均,力量来了就受害比较快,积累的能量在那里释放了。地壳便轻松了。在地震前或后,不是一切能量都释放完了的。就破裂来说也有个过程,有的一下子大破裂,残余力量很小;有的破裂不是一举完成的,有个过程,多半有个残余应力存在。云南地震就是这样,大破裂以后还在受力作用,可能减弱了一些,但还是在活动,没有消失。既然力没有消失,力在岩石中作用,就不能脱离岩层看问题,但有的同志只注意物理现象,却没有注意力是在岩层中作用的。水也在岩石中,水中含许多成分。因此,它的变化也脱离不开岩层。

地震,有人说是天体的作用形成的,我不同意这个看法。天体是影响地球,但地震是

地壳部分岩层受力作用失掉平衡才发生的。这种力有压、张、扭的不同作用。岩石象海绵一样,有如扭手巾那样活动很复杂,手巾中含水,还含其它成分。水化学含量在震前震后发生变化,有很多因素,但肯定有一种力的因素在作用。受力作用水化学一定变化,水对力作用特别敏感。水不破裂,加一点力它就跑动。因此,水文现象与地震有密切关系,必须承认地应力的作用。影响水化学变化的因素还很多,水化学变化不一定地应力变化,但地应力变化一定影响水化学的变化。水是敏感的成分,人为因素都能变化,地下有变动就更变化了,因为有这样的特点,所以就更要注意复杂的情况。

水经常处于常态,经常观测很重要。这就是测量水的基准线,先把常态确立下来,然后进一步观察它的变化。分析工作是不是从这里着手,不是单打一的研究。测氦美国搞的很早,没有得到什么结果。这样的研究不行,实际上不是那么个东西,而是很复杂的。要从矛盾中进行分析,区别岩石受力作用产生的现象和其它现象。这可能是进一步研究的方向。

总的讲,不能性急,工作大有可为。一次没预报准不要紧,方向要看准,力变化一定有水的变化,从中加以分析。温度的变化值得注意,平常观测水井也要注意水温的变化。邢台地震前,水温就下降。利用水化学变化预报地震,要达到百发百中还需要做大量的工作。

水文所有没有地形测量,可以合作搞些地面测量。不仅测量垂直的运动,还要搞三角网测水平的运动。在平原地区很重要,错动一点意义就很重大。第四纪岩层是地壳最新的组成部分,象桌布一样,桌面有一点变形,布不可能不受影响,可能比较轻微,凭肉眼不易确定下来。要注意两方面的变化,只注意上下活动容易,更重要的注意水平错动。你们要搞出个计划,找个不大地区做地面测量,定期检查。基准点的选择可以根据构造资料来确定它。水文地质要和地表测量密切配合起来。两方面结合起来搞都有好处。

所谓新构造运动,看新到什么程度,现在还有活动,河流变化从县志上可以找出来。有余力的话在海岸布置一些观测点,观测海陆的相对运动。

关于松散层的应力测量也要做,可以把松散层表层进行石化,灌水泥再打孔下去测量应力。地震时水平错动很明显,在地壳变化还不太明显时,可能上下变动更清楚些。使地面起落升降,活动在平原上可能更明显,这是水平力作用引起的结果。因此,这些工作要与地下的构造活动联系起来研究。

(1970年2月10日)

谈地震地质图的编制问题

我首先谈谈提出编制中国主要构造带与强震震中分布图的问题。这样一张图,作为对指导和部署工作是很有必要的。从图上要能够比较清楚地看出队伍应该往哪里去工作,各种台站应该怎样布局。一句话,就是要根据地震地质情况部署工作。因此,同志们

图之前要通过讨论,达到统一思想,统一认识,统一计划,统一行动。

这里,不存在以你为主,或者以我为主的问题。各家都要提出自己的认识,各自贡献出自己的成果,综合起来得到一个统一的认识和统一的成果。达到统一认识总是有个过程的。人们对自然的认识是发展的,也是无穷无尽的,经过一段时间,总要总结工作。要不断总结经验,最简单而又比较形象的办法,就是编个图。总得有这么个东西,当然,它总是不会完全合乎理想的,认识自然不可能一下子认识得很好很全面,总会有不一致或一时认识不清楚的。但不能因为认识不彻底就不做图,等都认识一致,认识清楚以后再做,那就停顿了。我们只能在不断实践中,才能不断加深认识。多做一点就与实际情况接近一点,这是肯定的。因此,不存在以哪张图为主,以哪个单位为主的问题,而是大家共同努力去做,多做一点,前进一点,这是无可争辩的现实情况,现在这样,今后还是这样。各家认识不完全一样,是很自然的现象。这样有好处,也有坏处。坏处就是不能一致;好处就是暴露矛盾,从矛盾斗争中取得进展。大家要求同存异,要从整体的观念出发来编这个图。

编这个图,不象一篇文章或一本书上的图。文章或书上的图是供人讨论的,而这个图是指导实际工作的,是体现指导思想的“作战”计划图。这件工作直接关系到我国社会主义的建设和亿万人民生命财产的安危问题。因此,要严肃认真。如果发生错误,马上就会对地震工作,对预报工作发生不良影响。

这样一张图,要尽量吸收各家有真凭实据的事实——构造现象和历史震中所在的地点。把一切东西摆在事实的基础上,这样比较妥当。

编图总得有个指导思想。编图的人不能每条断裂都去看,指导思想不同,对构造现象的看法和对构造线的联法就会有出入。这方面有分歧是自然的。目前的问题是怎样解决这个矛盾,编出一张图来。可以肯定,不会是一劳永逸的,图的画法过些时候,做了工作就会有很大的变化。参加编图的同志要把这个思想放在心里。

现在有两种现象:一种是比较注意地震现象,而对待地壳上的活动断裂带就不是那么注意,因此注重台站的布局;另一种人的看法,是地震震中发生在地壳构造的活动地带,不管什么原因发动地震总要归结到力的作用,使构造发生急剧的变化,产生破裂形成地震,因此比较注意开展地震地质与研究地应力的作用过程。

地震是在地壳中发生的,而且绝大部分较浅。地震之所以发生,总是地壳哪儿出了毛病,譬如说,断了,破裂了,或褶皱了,……。因此,研究地震不能脱离地壳上的活动构造带。不管是什么原因推动它,地震总是要有力的作用,使那个地方发生异常现象,特别是断裂的出现。有力的作用才能发生震动,什么原因先不管它,现实的是在哪里发生地震。我看抓活动地区,特别是抓危险地区、地带、地段、地点是个关键。事实上绝大部分地震是在构造活动地带发生的,因此,要观测、鉴定活动构造带。如果确定它是活动的,那么它的走向怎样?长度多大?怎样活动的?什么性质?要把住这个现实的关口,就要有这样一张图。到底哪里是可能发生地震的地方?如能把断裂及其活动性在图上表示出来,那就再明确不过了。这样,对今后的工作就有指导意义了。当然,不是百分之百的靠得住,做

到一定程度,随着工作的深入,今后还会有改变的。但是不理睬地壳构造是不行的。

编图要注意两个方面:一方面是落实到实际断裂的存在和它的活动性。断裂活动到什么程度,是特别厉害,还是活动很小?是缓慢的,还是急剧的?另外,还可以表示它的强度、速度、幅度、频度,以至于已经多少僵化了的断裂。把那些肯定了的新的活动的断裂突出出来,把活动断裂特别易于引起地震危险的部分在图上表示出来,这是第一点;第二点就是比较困难的问题了,就是活动带属于哪个构造带或构造体系?它们的特点和分布情况如何?有些关键地区,还要集中力量进一步做些工作。如四川西部有几种构造带集中通过那个地方,要弄清构造穿插的情况。这就存在对整个地质构造规律性的认识问题。有规律可能不认识,但一定有个系统,如果已知这一系统某几个断裂是活动的,根据系统就可以判断属于这一系统的其他断裂也可能活动,这就牵涉构造体系的问题了。在川西这个构造汇集的地方,要工作的更详细一点,要集中力量做,把主要断裂活动的程度肯定下来,并查明汇集的情况是什么样的?穿插、干扰情况如何?值得做一做。

有人说,构造图已经做出来了,还做什么工作呀?这样说是不对的,是不符合辩证法的。目前的工作程度,过去百万分之一和二十万分之一的研究程度,对地震地质工作的要求来说还很不够的,这就要求我们更进一步做更深入细致的工作。看来,在重点地区、危险地区的构造研究工作,可能要做五万分之一或二万五千分之一比例尺底图的构造研究工作。对地震将要发生的地点,要很细致的工作才能认识。地壳活动才能发生地震,只有根据细致的地质工作成果才能了解地壳是否在活动。

现在要把矛盾逐步解决,以正确的反映事实为标准。用几百万分之一的底图做,可以讨论。过去的图可以参考,但不可做为根据,因为过去的工作比较粗。不能非坚持怎样画不可,有分歧的问题有两条出路:一是用虚线划;二可以划一张小图,粗糙的图,也可以不表示。待以后进一步做工作时去解决。总之,要在斗争中求团结,取其精华,存其不确。为解决矛盾,也可以到实地去看看。

因为要用这个图指导工作,所以要编得细一些。最好是大家都同意的,先搞出一个粗略的图来,建议在哪里工作,象找矿一样,详细的还要做,目前做一个总图,有分歧今后再做工作解决。首先要解决重点地区的问题,其它地区看需要和可能去做。

这次编图,不是以谁为主,而是重新合编的问题。看来,今后要有一个小组,经常来考虑这个问题。我们要有一个全国的总图,还要有分地区的构造图。图编好了,随着实际工作的进展,到一定的时间又得补充、修改或重编。

(1970年3月3日)

关于历史地震的分析问题

我很高兴,听到同志们对地震情况的分析。同志们的工作精神给我很大的鼓舞。但

是,我们要记住毛主席关于多、快、好、省地建设社会主义的指示。

从今天谈的情况看,一是关于历史地震的分析;二是仪表的观测分析。

历史地震的分析是很重要的,这是以前地震的变化,但历史能否重演?我看,历史地震的研究分析很有必要,在指导工作的方向上很有意义。譬如,地震成带分布的事实。在地球上也是有些地带对地震很敏感,在激烈的变化中发生地震。它们有的深,有的浅,有的还有声音,当然,不是经常有的。声音是一种震动,耳有感,眼则没有。历史上有地裂“纵横如画”的记载,这就是指两个方向交叉的断裂。不过历史地震有的愈老愈不易落实,时间就更困难,地点确实在哪里,也有困难。因此,落实时间和地点,时间是重要问题之一。再说,过去历史地震报的总有偏低的情况。虽然,有这样一些困难,但愈是有困难,我们愈是要做到尽可能地精确。

历史地震的分析:一是从大的方向来看,由小到大,在一个长期记载中导引出来的规律,对我们地震工作来说,在大方向上还是有指导意义的;另一方面,为什么地震都集中在那些地带呢?是断裂拐弯?还是交叉断裂?这就是涉及地震地质工作的问题了。因此,历史地震分析指示了地区,那就要更进一步做工作了。

历史地震资料是宝贵的遗产,如果能找出危险区,我们就好集中力量打歼灭战。但是,一千年的时间,在地质历史上却是一个很短暂的时期。因此,要总结嘛,只能是好象有这样一个规律,恐怕还要你们的下一代继续去总结。

第二部分的工作,在短时间有这样的成绩,很好。大量预报是好的,但要注意严格控制,不要在不确实的情况下传到广大群众中去。

现在的手段,要靠实践和严格的科学分析去作结论。我们在观测的方法中,有的情况是仪器出了问题;有的,譬如电、磁、重物理量的变化,是有多种原因影响的,究竟与地震有关的因素是什么,将要我们下很大的力量去研究。因此,如何分析,排除干扰因素是一个很艰苦的工作。

对那些没有发生地震的异常,也是很重要的。我们要不断在实践中总结正、反两方面的经验。

(1970年3月12日)

地 震 是 一 种 地 质 现 象

不搞好地质构造工作,地震预报和其它工作就不好进行。

地震是一种地质现象,是地壳运动的一种表现。但是,有人认为这是一种物理现象。我看要这样说也可以,不过,这是一种与地质构造有密切关系的物理现象。总之,这是地球表层一部分地区所发生的现象。有的地区在活动,有的地区则安静。在我看来,这是一种地质现象。因此,地震地质工作是一个首要的问题。但传统的习惯都是按物理的现象

来处理,所以一般用物理的手段来了解地震。其实,地震是地下的震动,我们如果从实际情况出发,应该看到地震是在地球里发生的。物理方法是肯定要用的,但是首先要搞地震地质工作。

长期以来,亚洲东部从阿留申群岛—千岛群岛—北海道—本州的东北部、东部一直到我国台湾,这是经常发生地震的地带。日本群岛实际是很高的山脉,这里有深震,也有浅震。沿太平洋东部以及东非大断裂,都有不少的地震,有的深达四百公里。但大陆上的地震,百分之九十五以上都是浅震,一般五公里、十公里到二十公里,都在莫霍洛维奇面以上。

从豫西、鄂西、湘西地区构造特点看,这个地区地面的隆起褶皱带,看来大致为北北东走向。我同意你们提出要注意地质构造工作的意见,特别是做活动构造带的工作。要注意这些活动构造带在哪里,它又是怎么活动的,是蠕动,还是连续活动或是间歇性的活动。活动带上往往有几个点发生强烈地震,因此,是怎么引起地震的也属于我们要研究的内容。究竟哪些地方容易引起地震?这只有通过实践,不断总结经验,逐步加深认识,然后再回到实践中去,指导实践。

深震一般破坏性小,浅震(三、五公里)一般破坏性较大。从目前的一些资料看,断裂的两头,断裂不规则的地方以及断裂交叉的地点,往往是发生地震的地方。当然,不仅仅是平面上,我们还要在垂直方向上去找震源的所在。特别要注意那些应力比较容易集中的地带。一般地讲,破裂是机械能作用的结果,地震大都是机械力引起破裂而产生的震动。

地壳形变的测量还是有意义的。地震地质要和测量工作结合起来。既要研究垂直变化,还要研究水平变化。

把地震地质工作做好了,就是打好了基础。要广泛发动群众来进行这项工作。

(1970年6月9日)

有关地应力测量工作问题

地应力是地质力学的一个内容,一个组成部分。它包括地应力的分析、测量、科学实验等方面的工作。但地质力学不止这些方面,还有许多其他方面。

地应力测量工作的开展对两方面工作都有推动,一是从事地震预测,一是指导找矿。

地应力是个抽象的东西。从实践的经验看,多少已经上升到理性的认识阶段。它究竟是个抽象、空洞的概念,还是个客观存在?过去做过一些工作表明,它不仅是有关地质构造现象的提高,更重要的它是客观存在。在今天,地球上许多地方都有个力量在活动,这一股力量就是地应力。

对地应力的认识,主要是从历史上找矿取得经验;其次是从表面地质现象的规律性,

逐步分析得到的认识。到了搞地震工作以后,就把它落实了,认识达到了第一个飞跃。从此以后,形势就不同了。

我们就用这个东西,是否也可以预报地震呢?应该说是可以的。分析地震的活动过程,地应力测量应该做为地震预报的一个主要手段。当然,这并不排斥其他手段。

只有第一个阶段的认识飞跃,我们还不放心,还要再一次飞跃,要把抽象的概念再拿到实践中去运用,再到实践中去检验。既然,古代有地应力控制矿产分布的规律,那么现代地应力能够不存在吗?应该存在,然而存在的形式可能不同。但这时还只是一个想法,这个想法还需要证明。证明的方法,目前有两种。一种是用一个粗糙的装置,叫做“元件”来测量。我们可以通过不同的方式测量:电感法、钢弦法、超声波法、电阻片法,还有人想用光弹性法。另外,更直接的一种方法,根据《实践论》的教导,不吃梨子就不知道它的味道,是在变革现实中才得到认识的。如果地应力存在,必有其存在状态,人为地改变其状态,而发生变化,就可以证明地应力的存在。如果对地应力只停留在第一个飞跃的认识阶段,还不能证实其存在。证实的方法叫“地应力解除”,看应力解除前、后发生什么变化,就可以落实第一个认识的飞跃,概念就成为具体的东西了。这一步很重要。从地应力连续观测的结果,不是可以看出地应力的变化吗?是的,但其中可能有其他因素的影响,如地磁的变化,地电的变化,以及电源、电流的变化等等。

在邢台地区测量时有两种元件,即“受力”元件和“悬空”元件,当时两种元件变化很相似,于是有人就怀疑地应力的存在,他们认为是磁场、电场、温度等的影响。结果是“逼上梁山”,我们就采取“应力解除”的方法证明它。

方法很简单。地壳里有张力,或压力,或者剪切力量在活动,通过岩石这种弹性介质传递应力。岩石虽不是连续的,但总起来看还可以看做是连续的。这一点从地震的变化可以看出来。

这是一个元件。在岩石里打一个孔,把元件放在里面。如果用手给“元件”加一点力量,电感值马上就会发生变化。给它加力,电感值一般下降;放松就还原。这里测的还是电感值,但我们很容易把电感值换算成地应力值。这是个简单办法,现在大体还是这样做。这里还有许多复杂情况,我们不去谈它,现在谈“应力解除”。我们开始测量时,外面充满岩石,受着压力(或张力、或者剪切力)的作用,如果把四周挖空,就没有力量了,就可以看到指针回升。这样就可以证实地应力是否存在,这是很关键的一点。“应力解除”实验已经做过很多次。我自己亲自参加过一次,吃梨子要自己吃,不亲自尝不行。如四周掏空后应力减少,就证明地应力的存在。我可以告诉你们我的经验,他们做的更多。我只吃过一口梨子。

在房山打“解除”孔时,开始还没有什么反映,后来变化很大。当时,手柄在我手里,我知道加压了(钻机手柄上加压,表示解除孔在钻进——记录者注),一边加压,一边有人报电感值的变化,后来变化停止了。这个变化值,即钻进前、后的差是很大的。这就证明了认识的第一个飞跃,证实了地应力的存在。他不再是一个抽象的概念,而是客观存在的一

个具体东西。通过变革现实，证实了地应力的确实存在。

应力这个东西在工程上，在一般弹性力学教科书里都讲。有的是讲弹性问题，有的是讲弹塑性问题，也就是部分还原，部分永久形变的。这里面技术性问题很多，我们只谈这个认识过程。这些情况，在座的同志有的知道，有的不知道。对于这一点，我们参加过工作的同志，可以说认识是一致的：地应力是存在的，过去存在，现在也存在。

这个认识很重要。确定之后，再用这个认识解决实际问题，如地震问题、矿产问题，看它灵不灵。关键要看走错了路没有？在我看来，现在不是灵不灵的问题，而是灵的程度问题。有些曲线变化与地震对应性较好，曲线变化就常有地震相应发生；曲线大幅度缓慢的下降，往往反映远处将发生大的地震。

地应力今后做为一个专业，应找出地应力有关的一切性质，它的特点，它作用的方式和变化的规律。在现在地下构造和现代构造运动的情况下，就提出了一个“地应力场”的问题来。在一个地区里应力的方向与大小有变化，它的性质、特点和变化规律，总起来叫“地应力场特征”。我们进而就不只是粗糙地讨论地应力存在不存在的问题，而是探讨其如何存在，也就是研究某一地区地应力场分布规律的问题。这个问题很大。

地质力学的问题，它是个方法问题；如果说是门科学，那是一门边缘科学。实际上是个方法，可以用在许多方面。

做为构造的看法有两种。一种是传统的看法，什么这个地台、那个地台，这个地槽、那个地轴的。我总觉得不解决问题。如江南古陆、淮阳地盾等，究竟江南古陆边缘在哪儿？和矿有什么关系？在哪里找矿？为什么在那里找矿？当然，也有些地层资料，但不确切。所用的古地理资料，很多是臆造出来的，恐怕还没有达到认识的第一个飞跃阶段，而我们一用就用了20年！国内国外，专家权威都那么说，就成了板上钉钉。写报告不写那“地台”不行，一写就算是正统的了，就没有问题了。但究竟有多大依据？尤其是把中国的情况硬套上去，这就等于把马车放在了马的前面去了，不管是否适合中国的情况，就把它框死了。这些方法没有经过两次飞跃，甚至没有经过一次飞跃，那是不是唯心的、形而上学的东西？我想可能是形而上学的东西。

有个非常顽固的思想，这个思想也存在于我们自己的思想中。批判“专家”、“权威”的错误认识，我们过去很少想过自己有没有这些思想。我感到自己就还受着洋框框的威胁、包围和束缚，因为吃过洋饭嘛！但也有个好处，自己感觉，意识到它是个讨厌的东西。

现在要办地应力专业，就要批判旧东西。这是思想上的两条路线斗争的问题，我们按照毛主席的教导去实践嘛，按照毛泽东思想来检验。你能找到就是你对嘛！我们也不是说我们全对了，我们还要时时检验，看是否有预期的结果，有就对了，没有就错了。是否飞跃了？可能自己认为飞跃了，实际并没有真正飞跃。

对自己，对广大群众都有这么个问题，思想上两条路线斗争的问题。

毛主席用几句话就把人的正确认识从哪里来的说清楚了。就那么几句话，那么几个字，但那份量很重。

地应力存在的问题与传统构造地质学的概念,是很难同舟共济的,是思想上两条路线斗争的问题……。

学校敢于建立这么个系、这么个专业,很鼓舞人,这是个大好事,这是个革命的行动,是地质科学领域里的一个革命的举动。

第二点是名称的问题,是办“地应力系”还是“地质力学系”的问题?地应力是属于地质力学的一个方面,“地质力学”一词涵义比较完整,领域很宽广。……。

地应力测量是地质力学的一部分。地质力学研究构造体系、构造型式和复合关系等,不只用于找矿;还要搞地震工作;我们不只研究陆地上的构造,还要研究海洋上的构造;以及海进海退现象与大陆运动的问题。从晚古生代以来,就有过许多次海进海退。地层的工作过去曾有许多叙述,但还有许多争论,没有一个规律性的认识。就是所叙述的都是事实,也只是个现象,还没接触事物的本质。海洋在变动,今天还在变动,这些和找矿工作,甚至和国防上有密切的关系,应当解决。地质力学应该做这方面的工作。这些内容说属于“地应力”也可以,但习惯上地应力一般指固体的东西,流体一般不大这样讲。后面还有一个产生地应力的原因问题,那是事物的本质。认识本质以后,你就可以更正确地指导实践。上面说的这就是“海洋地质”问题,地质力学要用很大力量去搞,当然别的方法也可以搞。

……。

只谈“地应力”,包括不了这么多;“地震预报”是要解决的,但也包括不进去;还是“地质力学”一词比较好。

在处于地质界大革命振荡中间,创办地质力学专业是件了不起的事情。只要我们遵照毛主席的指示办事,在这种情况下,我们是大有可为的。政策、策略是重要的,压人不好,心里话叫人家说出来,从中可以受教育,有了错误我们就改,但不能强加于人。

……。

地震地质是基本的工作。搞地震离不开地震地质。这里面有斗争,有人不相信地质,只相信地震仪。地震仪是需要的。地震台记录出来的东西是千真万确的,但只靠地震仪来预报地震是不行的。地震地质是个好方法,实际上地震地质也是预报,是空间的预报。地震地质搞清楚,对台站设置也有好处,不然台站摆在哪里?摆多少?

关于地应力测量也很重要,但也有人反对。在地应力作用下,岩石产生的应变很小,即在单位长度内的缩小度或伸长度微乎其微,而应力相对就很大。所以我们测应力,不测应变;而外国(如日本、美国)测应变,不测应力。

地震地质和地应力测量两个方面的工作应互相配合。过去搞“专业化”那也是旧框框。解放思想说起来容易,其实很难解放,自己把自己框住了还不知道。不知建系过程中是否考虑过这些问题?我想课程设置也不要搞得过死。

……。

(1970年11月6日)