

地震区的垂直运动现象

我国是一个多地震的国家,有历史记载以来发生了许多次强烈破坏性地震。这些地震究竟是什么力量引起的,目前一般认为是由于太平洋板块和印度板块对我国大陆挤压作用的结果。但有如下一些问题无法解释:

(1)根据绝对应力测量发现,在破坏性地震发生前,地壳中积累的水平应力与岩石的破裂强度相差较远。

(2)从我国众多的地震的震源机制解资料发现,绝大多数地震都有倾滑分量,用水平力难以圆满解释倾滑分量产生的原因。

(3)从力学的观点看,太平洋板块对我国大陆施加水平力的同时,自身也受到大陆对它的反作用力,二者所受水平力的大小完全相同,仅方向相反,而太平洋板块内部却没有产生象大陆内部那样的一系列地震带。

郭增建、秦保燕同志^[1]对垂直力在地震孕育发生中的作用进行过很多研究。本文拟从具体震例入手,对垂直力作一些探讨。

1. 宏观现象

1976年我国唐山7.8级地震发生时,沿发震断裂带及其附近的一些区域上下颤动剧烈。在沿出露地表的发震构造断裂约200米以内的一些地方,地震时人被抛向空中,另外发震断裂带附近有一些房屋顶上的瓦被抛起并翻转180度,又落回原来的地方。也有一些人在地震时感觉到炕被抛起二米高,以后再快速落下,共反复三次^[8]。

同一天,滦县7.1级地震时,发震断裂附近的一些地区也有物体被抛起二米以上,例如,有一家的一根直径30厘米的房角柱,震时被抛起,后又落下倒插在地面上^[8]。

另外仪器观测也发现唐山主震的地面垂直运动分量较大,唐山余震记录也表明它们的垂直运动分量比水平分量大^[2]。

1976年松潘地震时,处于极震区的平武县水晶区黄羊公社元宝山的东部,有一块很大的石灰岩岩块,被震跳起高达1.1米^[4]。

1976年龙陵地震时,极震区平达公社有的电线杆连同楔子一起被顶出,顶出地面达40厘米。龙陵地震无论是主震还是强余震,无论是震中区还是外围区,在地震发生时人们明显地感觉到地面即有垂直振动又有水平振动。而极震区内的人则感觉到剧烈的上下颤动。

这些现象似乎提示我们,在某些大地震中垂直力与水平力是同时存在的,而且垂直力也十分强大。

1976年龙陵地震后,宏观调查发现,地裂缝绝大多数为张性,没有明显的水平错扭^[6]。同年松潘地震的极震区内,沿发震断层方向,地裂缝也十分宽大,它不受地形约束,穿越山岭与沟谷,最宽处达30厘米^[4]。

1605年的琼州 $7\frac{3}{4}$ 级地震造成了陆地大面积沉陷,最大深度达十米左右,面积达一百余平方公里〔6〕。还有国内外许多地震都引起了地面的垂直位移。

上述震例中出现的宽大的以张性为主的地裂缝和突出的垂直位移,似乎也表明了地震时垂直力直接参与了作用。

2. 垂直差异运动

分析发现,我国大陆一些破坏性地震的震中区除了位于水平应力易于集中的地区外,还往往处于剧烈隆起地区的边缘。

例如1976年唐山7.8级地震发生在东西向燕山断褶带与北东向沧东断裂带的交汇复合部位,构造复杂,水平应力易于集中。同时又处于一个隆起剧烈、垂直差异运动十分显著的地区,北京—昌黎就是一个隆起带,滦河下游近代上升剧烈,河流不断切开老的冲积扇,在下游重新堆积起新的冲积扇,昌黎县城附近的海蚀平台,现已隆起成80米高的小山。陡河从东北向西南流经唐山市,其两岸差异性升降剧烈(图1)。唐山市北,陡河的西北侧是平原,第四系堆积厚度达350米,平原上积水洼星罗棋布,显示出剧烈下沉。而仅一河之隔的陡河东南侧却是高达200—500米的剥蚀残山。而再向东又是积水洼地遍布的平原。这标志着唐山市附近差异性升降运动非常突出。

关于唐山地震孕震区的深部情况,根据震后人工地震测深方法粗略地了解到,唐山地震正发生在一个上地幔隆起带的边缘,这一隆起带的莫霍面深度与其附近东侧的莫霍面深度相比,落差达4000米。这反映唐山孕震区上地幔的差异运动更为剧烈〔8〕。

1976年松潘地震的孕震区也正好处于一个强烈上升区的边缘。孕震区西侧是纵贯南北的高山和亚高山带,涪江以巨大落差流经该区,河流作“V”型谷深切,一线天地形发育,显示出该区强烈上升。而孕震区东侧,涪江蛇状曲折,显示了该区平稳下降的特征〔4〕(见图2)。

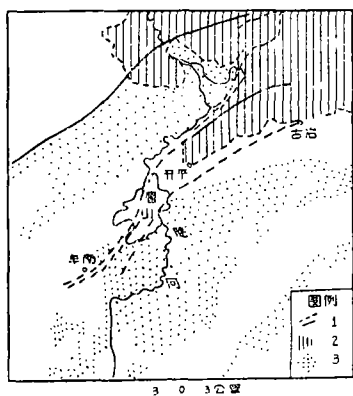


图1 唐山市附近新构造运动示意图
(据文献〔8〕)

1. 断层和推断层 2. 强烈上升区 3. 下沉区

Fig. 1 The movement of new tectonics near the Tangshan City.

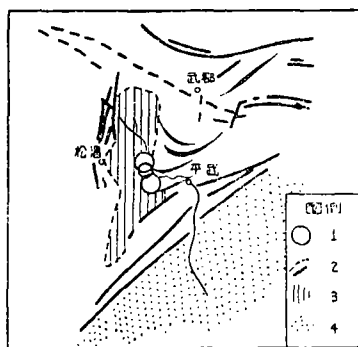


图2 松潘震区附近的垂直差异运动
(据文献〔4〕)

1. 1976年松潘三次强震的震中 2. 构造线
3. 上升区 4. 下降区

Fig. 2 The vertical difference movement near the Congpan earthquake area.

另外，龙陵两次强震的极震区〔5〕及溧阳地震震中区也都处于差异运动剧烈的地区。

上述震例告诉我们，由于垂直差异运动剧烈的地区垂直剪应力大，它与水平力引起的水平剪应力能在垂直面内互相迭加，其合应力比原来的水平剪应力和垂直剪应力都要大许多，从而使合应力较有可能超过岩石的抗剪强度，因此这样的地区就更容易发生强震。

3. 关于垂直力来源的一些看法

我国江苏南部地区在五年内连续发生二次破坏性地震，极震区几乎在原地重复，其原因与前面分析的该地区垂直差异运动剧烈有很大关系。但垂直力源又来自何方呢？据江苏省地震局调查发现，与两次溧阳地震震源有关的茅山断裂带出露有第四纪上新世至更新世的玄武岩，南京大学周新民等〔9〕也曾对江苏及皖东新生代以来的玄武岩进行过研究，并根据这些玄武岩的成分，利用实验资料计算出了玄武岩的形成深度和温度，发现江苏及皖东出露的新生代玄武岩形成深度由东往西逐渐加深，即从35公里—75公里—90公里，因此认为，江苏及皖东出露的这些新生代以来的玄武岩是来自于太平洋板块的物质（图3）。

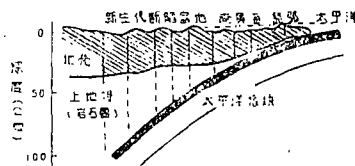


图 3

以上研究结果告诉我们，茅山断裂带出露的玄武岩可能与太平洋板块插入大陆底部有关。茅山断裂带两侧的垂直差异运动可能与太平洋板块物质在大陆底部熔化、分离、上升有关。当太平洋板块沿贝尼奥夫带向大陆板块底部插入时，由于温度不断升高，太平洋板块物质不断被熔化，同时一些比重较小的物质不断被分离出来向上运移。这些物质的一部分可能在茅山断裂深部的附近区域积聚（其中一小部分沿断裂上升到地壳表面）。由于这些从太平洋板块分离出来的物质在茅山断裂带底部分布的不均匀性，由此可引起茅山断裂带两侧垂直运动的强烈差异性。

在地震孕育中，虽然水平力是主要的、决定的因素，但垂直力对于不少地震也是一个不可忽视的重要条件。正是由于垂直力与水平力在孕震区的迭加，从而大大增加了发震的危险性。因此，在地震预报中，应该把水平力和垂直力这两个因素综合起来考虑。水平力和垂直力都较大的地区要比单纯水平力较大或单纯垂直力较大的地区更危险。在地震前兆的探索中，对于垂直力引起的前兆现象应该与水平力引起的前兆现象一样给予足够重视。

（江西省地震办公室 潘琴龙 本文1981年11月10日收到）

参 考 文 献

- 〔1〕郭增建、秦保燕，从水平力和垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生，地球物理学报，№. 3，1977.
- 〔2〕唐山地震工作队，唐山地震短临前兆资料，地震出版社，1977.
- 〔3〕国家地震局科研处，唐山地震考察与研究，地震出版社，1981.
- 〔4〕四川省地震局，一九七六年松潘地震，地震出版社，1979.
- 〔5〕陈立德等，一九七六年龙陵地震，地震出版社，1979.
- 〔6〕陈恩民等，1605年海南岛琼州大地震及发震构造的初步探讨，地震地质，Vol. 1，№. 4，1979.

[7] M. 巴特, 地震学引论, 地震出版社, 1978.

[8] 陈非比等, 唐山地震, 地震出版社, 1979.

[9] 周新民等, 江苏及皖东新生代玄武岩岩石化学的矿物成份的研究, 南京大学学报, 1978.

THE PHENOMENA OF VERTICAL MOVEMENT IN EARTHQUAKE AREA

Pan Qin-long

(The Seismological Office of Jiangxi Province)

兰州市金城关断裂新活动的发现及其研究意义

金城关断裂¹⁾位于兰州市黄河谷地北缘, 西自沙井驿一带起向东经安宁堡、十里店、金城关到庙滩子一线, 出市区继续向东延伸至夏官营一带, 全长30公里, 市区出露长约15公里。断裂总体呈北 50° ~ 60° 西方向展布, 在卫星像片上, 清晰地呈线状灰白色条带; 地貌上, 在白塔山前见有一系列平直的断层三角面, 中西段反映为非常醒目的地貌陡坎。

以前对金城关断裂的存在及其活动性有两种不同的看法, 第一种认为金城关断裂不存在; 第二种以地貌形态和七里黄河河中靠近本断裂处的钻孔资料认为金城关断裂是存在的, 並认为它的活动终止于中更新世²⁾。在研究于家山地区地质构造特征的野外调查时, 我们发现该断裂发育在黄河北岸Ⅲ级阶地后缘, 切割了前寒武系皋兰群($A_{n\oplus gl}$)、新第三系中新统咸水河组(N_2^x)、第四系中更新统(Q_2)以及上更新统(Q_3)等一系列地层。断裂由2—3条相互平行的断层组成, 断面总体倾向南西, 倾角 50° ~ 60° 度, 局部地段断面倾向北东, 倾角较缓。

在安宁区十里店深沟东侧剖面中, 断裂走向北 50° 西, 倾向南西, 倾角 50° , 断裂切割了上更新统晚期(Q_3^s)卵石层及冲积、洪积黄土状亚粘土、亚砂土。断面平直, 宽4—5厘米, 断面内见有断层泥及充填的石膏结晶体。断层两盘同一砾石层被错断约3米, 在错断砾石层的这一段面内, 砾石长轴方向沿断面呈定向排列。从砾石层的牵引及错断的情况看, 断裂表现为一正断层性质。上述现象在安宁堡北、十里店于家山南以及里城沟东侧山梁等多处都可以见到。

我们认为, 金城关断裂为一古老的山前断裂, 在第四纪曾经有过不同规模的多次活动, 而它的最新活动时期应在全新世(Q_4)早期。因此, 该断裂新活动的发展及其深入的研究, 将有助于进一步研究兰州市黄河谷地的形成及发展, 对1125年兰州7级大震的构造背景的研究, 对重新修订兰州市区地震烈度区划, 对未来兰州市地区大地震对策都具有一定的意义。

(兰州地震研究所 侯珍清 王多杰 董志平)

1) 有关断裂新活动的迹象, 地壳结构室曾组织专人前去进行了复查, 参加人员有向光中、吕德徽等同志。

2) 孙崇绍、陈丙午, 兰州市区建筑场地抗震区划图(说明), 1981.