

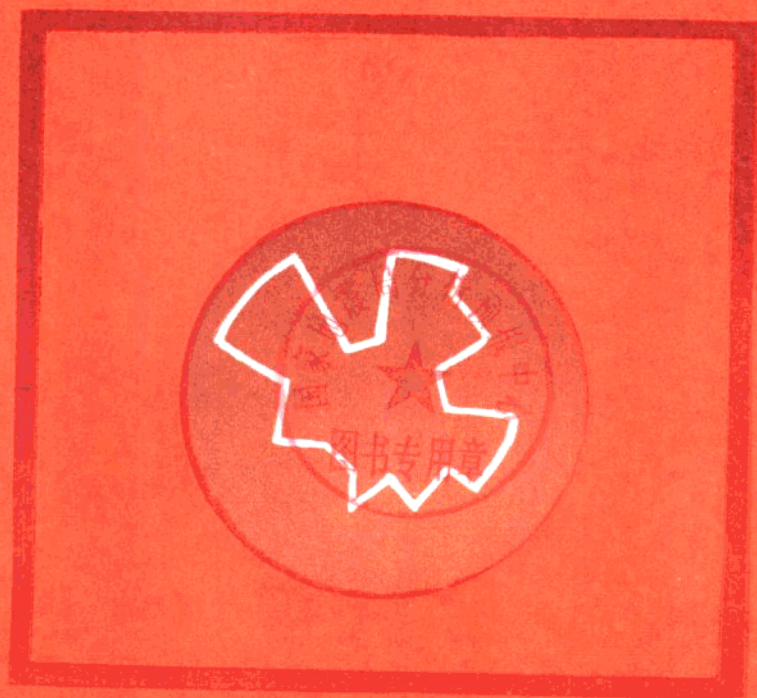
767.0

76.2883

湖北省地震学会 编

赠阅

地震研究文集



地震出版社



地震研究文集

湖北省地震学会 编

地震出版社

1990

内 容 提 要

本文集包含地震形变、重力、地震地质、地震活动性等五个方面的内容，均系本省地学研究及生产人员的辛劳成果，可供这方面科技人员及有关大专院校师生的参考。

地震研究文集

湖北省地震学会编

· 责任编辑：吴兵

·
地质出版社 出版、发行

北京复兴路63号

测绘科技大学印刷厂印刷

·
787×1092 1/16 10印张 25.3千字

1990年7月第一版 1990年7月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-0344-0/P.224

(733) 定价:5.50元

序 言

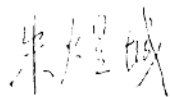
1986年夏,湖北省地震学会在武昌召开首届学术年会,来自全省地震科研、地质、工程建设、教育等部门的110余名代表参加了大会。在广大会员的积极支持下,大会共收到论文近90篇。论文内容涉及地震学、地震前兆、地震预报、地震地质、地震观测技术与工程地震等专业,内容之丰富,值得令人回味。而且这些文章的素材全部来自科研基层与生产第一线,均是地震工作者多年的经验总结,其中有许多宝贵经验,也有一些别开生面的想法和真知灼见。特别是从这些文章中反映出了我省地震科研活动的进展及水平、研究动态和概貌。

我国地震活动,从唐山地震之后进入相对平静期以来,目前,似乎又要进入另一个相对活跃期。地震预报与地震科研再次成了人们普遍关注的问题。我省的地震强度和频度与强震地区相比要弱得多,但也记载过多次中强地震。而且,我省经济发达、人口稠密,大、中城市、大型矿区、重工业与交通生命线遍及全省,特别是在不少河流上游相继建筑了拦河大坝与水库,如丹江水库、葛州坝水库,以及正在建设的清江隔河岩水库等。保障它们的安全,对我省经济建设具有极其重要的作用。如果在上述地区发生中等强度地震,都有可能造成不可估量的损失。所以,加强地震科研、促进地震的预测预报、提高地震预防能力,仍然是我省地震工作者的奋斗目标。面对新的地震形势,我们有必要进一步加强地震科研成果与经验的交流;有必要进一步加强新思路、新观点、新方法的交流与探索。为此,湖北省地震学会决定编辑出版这本论文集,旨在加强我们会员间的相互了解与合作,促进相互间的学术交流,以推动地震科研工作的不断前进。

众所周知,地震是发生在地球内部的地质和地球物理现象,为了探索其奥密、掌握其活动规律、提高人们预测预防能力,不少科学家都在为之终身奋斗。但要攻克地震预报难关,可能还要经过相当艰巨的历程和各学科间的相互渗透与深化。因此,不断总结经验,通过各种方式进行交流仍是十分重要的。

地震科学是一门边缘学科,它所涉及学科领域众多,从地震地质到地球物理、从各种物理量的测量至仪器研制,从数理统计到各种模型实验,每一学科的发展都有可能推动地震学的进步。20多年来,我省广大地震科研工作者,在地震学的各个领域进行了广泛的探索与研究,取得了一定成果。本文集所选编的论文就是在这些领域中所取得的一部分研究成果,可以反映我省地震预测预报研究工作的一个侧面。在多方面的共同努力下,本文集编辑出版了,这是一个良好的开端,我们希望今后断续得到更广泛的支持,使这项工作坚持下去,编辑出版更好的文集,以飨读者。

湖北省地震学会理事长



1989年12月于武昌

目 录

地 震 形 变

走滑断层断面走向对其形变的影响——以鲜水河断裂、菲律宾断裂带为例	于品清等(1)
仙女山断裂现今活动的特点	梅应堂等(8)
葛洲坝水库蓄水前后地震对比分析及其坝基红层区的形变特点	徐瑞春等(13)
JCY-3型精密激光测距仪在滇西水平形变观测中的应用	宁金忠等(18)
定点形变仪器的标定	杜为民等(22)
观测大坝和岩体形变的倒垂线法	饶博民(29)

重 力

便携式重力仪的格值标定仪及其测定技术	王宝仁等(33)
三峡及周缘地区的地壳结构和现代地壳运动	陈绪春(40)

地 震 地 质

三轴条件下岩石断裂韧度的研究	吴锦波(44)
华南、华北地区的构造应力场与震源机制应力场关系的讨论	李祖武等(51)
滇西地震实验场新构造期构造应力场的变化与地震	刘忠书等(59)
大别山的新构造运动与地震活动	谢广林等(66)
对桑干河盆地新构造运动的几点认识	杨裕利(74)
武汉地区的新构造运动	刘昌茂(80)
武汉断块及周围地区的新构造运动和地震趋势	徐瑞瑚(87)
鄂西地区地震基本特征与构造的关系	李蓉川(91)

地 震 活 动 性

湖北省地震活动规律的分析	李愿军(97)
试论湖北地震	李时若(107)
湖北省地震自然节律的数值特征	吴应吉(113)
弱震区地震波速比初探	李普丽等(119)
地震活动度 γ 值的讨论	薛军蓉等(124)

其 他

模拟曲线 DFT 理论在频谱仪研制中的应用	陈中林(129)
从地震地质条件探讨饱和砂土液化对武汉建筑地基的影响	孟照发(135)
利用假彩色编码技术增强三峡东段地震构造的遥感信息	李志良(140)
湖北省水氡观测资料的初步分析	邱立云等(145)

地震形变

走滑断层断面走向对其形变的影响

——以鲜水河断裂带、菲律宾断裂带为例

于品清

卿志刚

(国家地震局地震研究所)

(四川省地震局)

一、鲜水河断裂带，菲律宾断裂带概况

鲜水河断裂带位于我国四川省西部(图 1)，菲律宾断裂带与菲律宾中央岛弧线一致(图 2)，它们在地理位置上相距遥远，但其结构，形变特征和地震活动等方面有很多相似性。

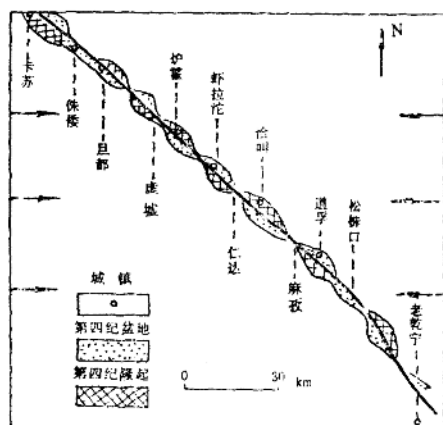


图 1 鲜水河断裂带两盘第四纪盆地、
第四纪隆起分布⁽¹⁾

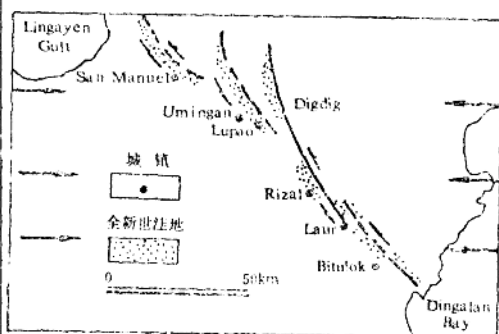


图 2 吕宋岛中部菲律宾断层
组合与沉降部位⁽²⁾

(1)鲜水河断裂带东起康定，以北北西、北西向延至休休以西，全长近 300km，断裂(层)带宽度不一，最宽处逾 1km。菲律宾断裂(层)带西起吕宋岛牙因海湾东岸的中科迪勒拉山区，以南南东、南东向延至棉兰老岛达沃海湾以北地区，全长过 1000km，带宽数十至百余米。由于它们规模大，结构复杂，因此断面走向既包括大量的宏观直线段、折线段，也包括许多规模较大的弧线段和曲线段。

(2)已有资料表明，两断裂带第四纪以来都处于近东西向(北西西—南东东)挤压应力场作用之下，断层两盘作左旋走滑错动。由于多方面的原因，各段错动的方式、速度和规模等存在不同程度的差别，即既有张扭、压扭错动，又有张性、压性断层运动。

(3)新生代以来，沿断裂带的形变是极其明显的。如在断裂带一些段的起点形成第四

纪盆地、洼地，末端形成第四纪隆起，而在弧线段、曲线段拐点内侧形成断层陡坎，外侧出现洼地等。近期形变测量结果证明隆起段，转弯段内侧仍在上升，盆地段在继续下降等⁽³⁾。此外，同一类形变在各段的幅度和速率也存在明显的差别。

(4)鲜水河断裂带自1725年以来共发生 $M>6.0$ 级地震共17次，其中以1973年2月6日炉霍7.6级地震为最大。菲律宾断裂带自1911年以来共发生 $M>6.0$ 级地震9次，以前期1645年8.0级地震为最大。这些地震分别在两断裂带上或附近形成了大量地震裂缝、鼓包、垮坡、山剥皮和地震断层。这就进一步揭露了断裂带各段的应力状态和粘滑段，蠕变段的大致位置。

由于上面的原因，两断裂带引起了有关科技工作者的关注。为了解断裂带特征、地震地质背景、震前形变、地震活动和地震前兆等问题，人们做了大量工作，并获得了多方面的有用资料和成果。据不完全统计，地震、地质、形变工作者就鲜水河断裂带公开发表的论文50余篇，对菲律宾断裂带公开发表论文20余篇。这就为研究走滑断层断面走向变化对断裂带形变的影响创造了极为有利的条件。

二、断面走向变化对断裂带形变的影响

两断裂带断面走向变化是极其复杂的，为分析研究方便，暂将它们分为直线段，弧线段，折线段和曲线段四类。下面逐一就各类段的形变特征进行一些说明和描述。

1. 直线段的形变

(1)依据 由图1、图2可以看出：两断裂带断面走向在宏观上是直线段的例子很多。如鲜水河断裂中的老乾宁—松林口段、道孚—恰叫段、虾拉沱—炉霍段、虚墟—旦都段，菲律宾断裂带中的Bitulok段、Laur—Rigal段、Iupao—umingan段等。根据这些段第四纪以来的隆起、盆地分布和近期的测量成果可以分别作出它们的形变曲线。

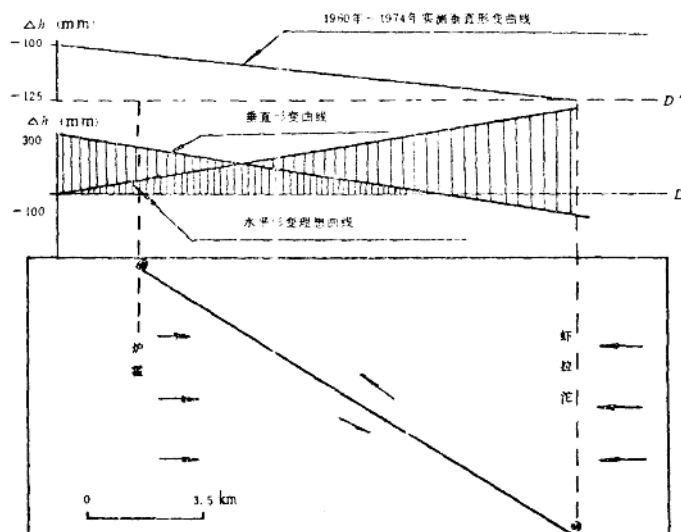


图3 晚更新世以来虾拉沱—炉霍段形变曲线

从现有资料看, 直线段各断块运动的总趋势一致, 形变曲线也大致相同, 故用虾拉沱—炉霍段的形变曲线(图 3)来表示它的形变特征。

(2)形变特征 从虾拉沱—炉霍直线段的形变曲线图可以看出:断层上盘的垂直形变是由小到大, 由负值到正值, 两端的最大高差达 400 余米。下盘的情况相反, 最大高差基本相当。两盘的水平形变则以断块运动的末端为最大, 向起始端逐渐减小, 直至趋于零。根据虾拉沱全新世堆积物中断层两盘保存的擦痕角为 43° 左右判断, 该点的水平运动值稍大于垂直运动值;如以近期形变测值为依据, 水平运动值与垂直运动值之比为 5—7:1。不论是前者, 还是后者, 上盘的垂直形变和水平形变总趋势仍未改变, 仍是前者逐渐增大, 后者逐渐减小。下盘与上盘的形变类似, 但方向相反。

2. 弧线段形变

(1)依据 断面走向为弧线段的, 包括面向剪切力和背向剪切力两种情况, 从两断裂带已知情况看主要是前者。这种弧线段应首推菲律宾断裂带在吕宋岛中部三条断裂系进入中科迪勒拉山区的前缘部分和 Rizal 西侧部分(图 4)。它们在弧形转弯段内侧形成隆起和断层陡坎, 外侧形成洼地;过弧线段隆起、断层陡坎、洼地后则迅速消失。这表明断面走向弧形拐弯对断层两盘的运动和形变有明显的影。

(2)形变特征 由 Rizal 两侧弧线段第四纪后期累积形变曲线可以看出, 断层上、下盘的相对垂直形变量由小到大, 过弧线段转折点后达到最大, 然后迅速减小, 进入山区后两盘的相对形变量趋于零。

这是由于运动断块遇到巨大阻力, 暂时无法前进的缘故。如一旦发生地震, 断块迅速往前运动, 而水平形变值被放大。

3. 折线段的形变

(1)依据 折线段可由最大剪切面与挤压面、最大剪切面与张性面、最大剪切面与同侧剪切面或另一侧剪切面(包括共轭面)组成。前两种情况在鲜水河断裂带和菲律宾断裂带上少见, 后两种情况暂以作者考察鲜水河断裂带时所获实际资料编制的形变曲线(图 5)来代表。它们都是 1973 年 2 月 6 日炉霍 7.6 级地震时形成的, 前者位于炉霍县瓦各乡政府北, 靠近鲜水河边的平台上;后者出现在炉霍县老河口东的宽谷中。根据当地的地形判断, 它们都是地震时鲜水河断裂带上盘突然向北西方向逆冲时留下的, 不是崩塌或滑坡的结果, 故可代表鲜水河断裂带这一段震时的形变。震时形变是平时形变累积的结果, 故是平时形变的缩影。

(2)形变特征 由图 5(a)可以看出, $N310^{\circ}$ 地震裂缝东北侧由闭锁端逐步上冲, 快到两条地震裂缝交汇处时迅速升高, 致使两侧的高差达 30cm。但过拐点后地面又快速降低, 大概在离左右拐点 1m 的地方, $NE70^{\circ}$ 地裂缝西北侧地面低于东南侧地面约 15cm,

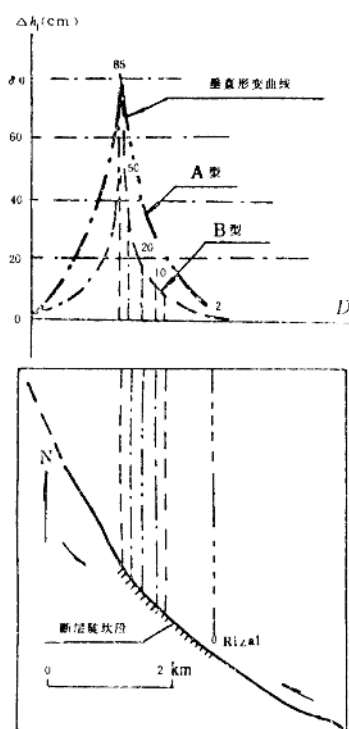


图 4 Rizal 两侧弧线段相对垂直形变曲线(据断层陡坎编制)

此后又逐步上升，在尖灭端闭合。图 5(b)的两盘相对垂直形变情况与图 5a 基本上相似，只是两盘的相对垂直形变不出现负值而已。

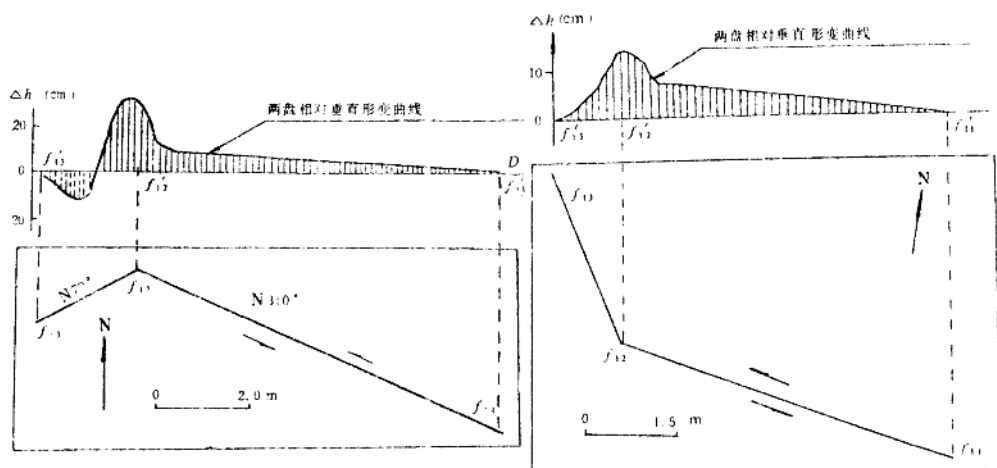


图 5(a) 瓦各乡 N310°、70°地震裂缝交汇处

图 5(b) 老河口东 N310°、N350°地震裂缝

的相对垂直形变曲线(根据两侧地面高差编制) 交汇处相对垂直形变曲线(据两侧地面高差编制)

根据地震裂缝交汇处出现较大垂直形变推测，两侧的水平形变无疑是较大的，但由于没有实际对照物，难于具体确定。

4. 曲线段的形变

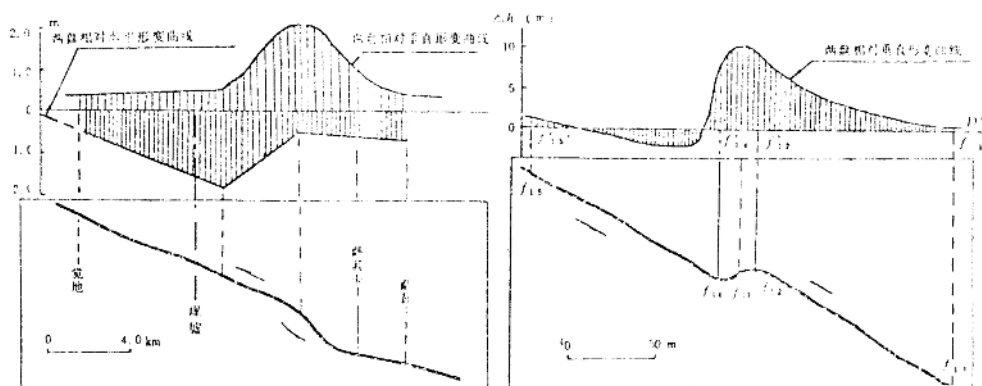


图 6(a) 觉地段断层两盘相对垂直形变和水平形变曲线(据震后实际资料编制)

图 6(b) Bateria 河右岸断层两盘相对垂直形变曲线(根据断层两侧地形等多线编制)

(1)依据 曲线段至少由两个弧线段组成，实质上是连续折线段的反映。它们的组合类型、组合优势和折线段的情况相似，故可用鲜水河断裂带上萨瓦-觉地曲线段[图 6(a)]和菲律宾断裂带上 Rizal 曲线段[图 6(b)]的形变曲线作代表。前者是 1973 年 2 月 6 日炉霍

7.6级地震造成的直接结果,可代表震前形变的趋势。图6(b)是作者根据菲律宾断裂带Bacteria河右岸地形等高线绘制的,故可代表该段第四纪后期以来的形变特征。

(2)形变特征 图6(a)为最大剪切面与同一侧剪切面组成段的形变曲线。曲线段各点的相对垂直形变值,萨瓦为0.5m,萨其卡西为2.0m,虚墟东为0.5m、觉地附近为0.4m等。这些点的相对水平形变值分别为0.7m、0.5m、1.9m和0.5m。由图6(a)还可以看出:萨瓦-觉地段的相对垂直形变曲线过萨瓦后逐渐上升,在萨其卡以西达到峰值之后迅速降低,过虚墟后又逐步恢复到正常。其垂直形变与折线段相应的垂直形变有明显不同:一是最大形变值不在第一个拐点处,而是前移了一段距离;二是最小形变值没有降低到零或零值以下。这除与1973年炉霍地震有关外,在很大程度上是因断裂带继续往前延伸所致。该段相对水平形变曲线中的最小值、最大值也有往前移和前者并不降低到零的特点。图6(b)为最大剪切面与另一侧剪切面组成曲线段的形变曲线。其形变特征与相应直线段形变部位前移了8—12m,并在峰值的前面形成陡坡,后又降为负值;其二是拐点的对面形成一系列弧形断层陡坎。这就进一步证明断裂带继续往前延伸是决定性因素。

三.形变的力学分析

1.应变椭球体

应变椭球体是分析断面走向与形变关系的基础。

第一节已经指出,两断裂带均处于北西西-南东东向挤压应力场作用下,以此建立的应变椭球体模型必然是近南北向的断裂面受挤压,作逆方向运动。平行压力轴的断裂面出现引张,产生正方向运动,北东向、北西向两组断裂面受剪切,产生走滑运动。鲜水河断裂带、菲律宾断裂带属于后者。最大剪切面与压应力轴的夹角随地区而异,一般是,坚硬岩石分布区大于 45° ,粘性岩石分布区小于 45° 。就鲜水河断裂带的情况看(表1),似乎多数地段为 40° 左右。

表1 鲜水河断裂带各代表段错动量与断面总走向的关系

代表段名称		炉霍段		道孚段		康定段	
		错动量(m)	断面总体走向	错动量(m)	断面总体走向	错动量(m)	断面总体走向
错动量级	一级	1700	N310°	1500(?)	N315°		
	二级	136—430	N310°	110—440	N315°	100—250	N300°
	三级	44—50	N310°	30	N315°		
	四级	10—20	N310°	8	N315°	10—15	N330°
	五级	31—38	N310°	30—35	N315°	6—8	N330°

2.各类段形变的力学分析

对各类段形变进行力学分析的目的在于检验形变曲线的可靠性(图7)。

(1)直线段形变 直线段断层在剪切力的水平分力作用下,两盘产生走滑运动,即断层沿线的物质一一向前推进。运动断块末端由于没有或很少有物质补充而形成洼地或盆地。另一方面,末端沿线物质运动遭到的阻力较小、较易前进,以后阻力逐渐增大,物质向前运动就越来越困难,运动速度逐步降低,最后只好向空间伸长而形成隆起。剪切垂直分力也会使断层上盘物质作逆冲运动,增加断层上盘沿线的垂直形变分量,但由于各点数值大致相同,不致于改变曲线特征。由此可以得出:直线段实际形变曲线与力学分析结果一致。

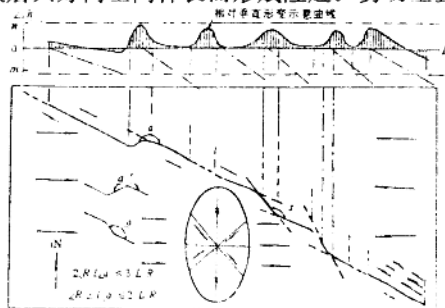


图7 断层走向与形变曲线力学分析示意图

(2)弧线段形变 由直线段传来的剪切应力作用,对弧线段断层运动、形变仍能发挥作用。在这种力的作用下,由于断面走向是渐变的,断层上盘仍可向前运动一段距离。另一方面,由于断面走向改变、阻力增加、剪切力迅速减小等原因,致使断块的走滑运动变得越来越困难。断层上盘运动带来的物质,在弧线段中部聚集起来,形成隆起或断层陡坎。过弧线段中部以后,由于临近闭锁端,应力性质改变,垂直形变和水平形变就变模糊不清,这也和实际形变曲线相吻合。

(3)折线段形变 由最大剪切面与同侧剪切面组成折线段的力学分析,与前面弧线段的力学分析基本相同。即剪切应力使断层沿线相对垂直形变逐步增加,水平形变逐步减小,由运动断块带来的物质在两断层交汇处堆积起来形成隆起或断层陡坎。过交汇点后,因临近闭锁端和应力性质改变,其形变值迅速减小,直至趋于零。若折线段由最大剪切面和另一侧剪切面(包括共轭剪切面)组成时,由于交汇处的直接阻力减小,断层上盘的剪切力就可以发挥比前一种情况更大的作用,使之继续前进一小段距离,并迫使前面的地表下降、形成洼地。同样由于闭锁端的影响和应力的减小,形变也逐渐减小并趋于零。

(4)曲线段形变 折线段的力学分析基本上适用于曲线段。所不同的是加了一条断层和闭锁部位离曲线段第一弧段较远,因此断层两盘在固有剪切力作用下仍可继续前进,但在此以后弧线段中部形成的最大隆起和第二弧段形成最小值部位也因之向前推移。另一方面,在第二弧段尽管仍形成洼地,出现相对垂直形变负值,但上盘的绝对高程不是降低,而是增加。这也是曲线段(即连续弧线段)剪切力作用不同于折线段的地方。

四、讨 论

1.应变、形变与断面走向

应变与形变具有同一性,即应变值大、形变值也大。由应变椭球体可知:在同一应力场作用下,断层两盘的运动方式与作用力的方向有直接关系。如果它与压应力轴平行或垂直,则上盘作倾滑运动,垂直变形就是主要形式;如果它与压应力轴成锐角关系,两盘作走滑运动,则水平形变占优势。由于这种原因,在用应变资料求形变时,就必须考虑断面走向的变化。这可在运用公式中加上相应的修正系数,或根据实际经验加以修正。

2.震前形变、震时形变与断面走向

震前形变与震时形变既有相似的地方,也有不同的地方,其原因是多方面的,但断面走向变化是最主要的因素。如直线段闭锁端震前以垂直形变为主,水平形变趋于最小值。但一旦发生地震,闭锁端被破坏的一瞬间则水平形变为主,并加以放大。弧线段形变,震前也以垂直形变为主,水平形变在这里也趋于最小值,但震时、震后垂直形变和水平形变都有可能被放大,但仍以前者为主。折线段,如果由最大剪切面 and 同侧剪切面组成,震前折线拐点附近垂直形变为主;如在断裂交汇处发生地震,水平形变和垂直形变均可能被放大。折线段如由最大剪切面与另侧剪切面(包括共轭剪切面)组成,震前最大垂直形变应位于拐点附近,水平形变趋于最小值;但一旦在拐点附近发生地震,水平形变将被放大。曲线段震前形变虽因走向而异,但震后的形变都是水平形变值被放大。这是与折线段震后形变情况明显不同的地方。

3. 折线段、曲线段形变与最大角的关系

折线段、曲线段形变与(第一拐点)最大角有明显关系。如第一拐点最大角大于直角、小于 180° ,则折线段闭锁端形变值降低到零,曲线段第二个拐点处两盘相对形变不小于零;如第一拐点最大角大于 180° 、小于 270° ,则折线段、曲线段过拐点后两盘相对垂直形变值必有一段小于零,且水平形变零值向闭锁端前移一段距离。

4. 曲线段、弧线段次要断层长度与形变

曲线段、弧线段次要断层长度与形变值是否有关?从已有资料看,最大形变值主要与应力场强度有关,而与次要断层的长度没有直接关系;最大形变的衰减速度与次要断层的长度有一定的关系,一般是次要断层越长,衰减速度越缓慢、反之则迅速。

五、结束语

实际资料和理论分析均证明:走滑断裂带的断面走向与带上的形变特征,震前、震后的形变值都有明显关系。由鲜水河断裂带、菲律宾断裂带上直线段、弧线段、折线段和曲线段总结出来的形变规律和特点,无疑可推广、运用到其他活动性较强的走滑断裂带上去,因此具有较大的理论意义和实用价值。这一研究成果不仅可以为形变测量工作服务,而且可为解决某些有争议的新构造运动问题提供思考的线索和有价值的资料。

参 考 文 献

- [1]冯元保等,鲜水河断裂带新构造特征与地震关系的初步研究,鲜水河断裂带地震学术讨论会文集,地震出版社,1986。
- [2]平野信一等,ルソン島中部におけるフィリピン断層の第四紀後期の断層運動,地震, No.5, 1986。
- [3]杜芬,鲜水河断裂带震期地壳垂直形变分析,鲜水河断裂带地震学术讨论会文集,地震出版社,1986。
- [4]李建中,鲜水河断裂带的现今形变,鲜水河断裂带地震学术讨论会文集,地震出版社,1986。

仙女山断裂现今活动的特点

梅应堂 张众服

(长办三峡区勘测大队)

一、仙女山断裂基本情况

1. 仙女山断裂空间展布及基本特征

广义的仙女山断裂北起秭归荒口以北的风吹垭,南至五峰渔洋关,全长80余公里。经实地调查,实为北、中、南三段,呈右行左列,由互不连接,性质有异的三条断裂组成(图1)。

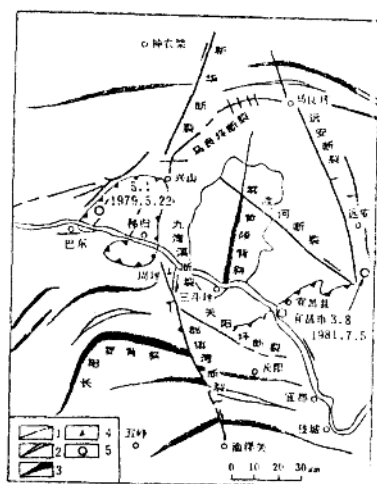


图1 周坪地震台附近地质构造

1. 实测及推测断裂; 2. 向斜; 3. 背斜;
4. 周坪地震台; 5. 发展时间, 震级

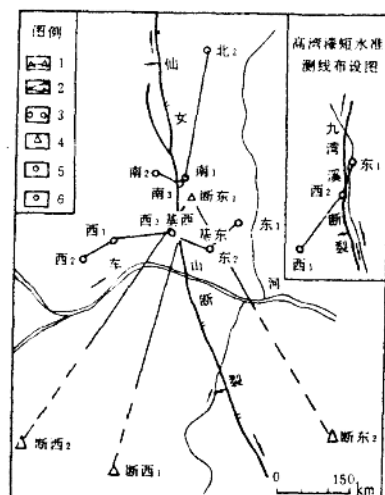


图2 周坪断裂位移测量点位布设

1. 室内基线及室内水准; 2. 固定角; 3. 短水准;
4. 瓷管标墩; 5. 基岩标; 6. 土层标

北段为仙女山断裂,北起风吹垭,南经周坪、黑槽、老林河至马家湾,全长约20余公里,断面较平直,总体走向 $N335^{\circ}-340^{\circ}$,倾向南西,倾角 65° 左右,切穿了寒武系一二选系和白垩系地层。断层带宽5m左右,宽者达10m,由糜棱岩、片状构造岩石、碎裂岩组成,两侧岩层陡立,断壁上有上冲的垂直擦痕,具有明显的压性特征。周坪地震台附近,断裂东盘白垩系红层中,有明显的次一级小背斜,轴向呈 320° 交于主断面,为典型的“人”型构造;荒口公路边断壁上有一组南倾 50° 的擦痕,表明西盘向北倾上冲,另外还可见一组右行水平擦痕,表明断裂具压性兼右行扭动特征(见图2)。

此断裂在王家岔与九湾溪断裂交汇部位北端,两侧为寒武奥陶系地层,中间由志留系及白垩系地层组成的楔形地堑;交汇部位南端,两侧为奥陶系地层,中间由寒武系地层组

成的鳍状地垒。在马家湾一带与北西西向天阳坪断裂组成向南西凸出的弧形断裂，称为仙女山—天阳坪断裂。

中段为都镇湾断裂，北起稀归榛子崖，南至花桥场、鲁家湾、长阳贺家坪、都镇湾至灰溪，全长 50 余公里。走向 340° ，倾向南西，倾角 70° 左右，断面平直光滑，多见水平擦痕，断层带宽 10m 左右，为糜棱岩、碎裂岩及片状构造岩组成。片状构造岩分布于断面旁侧，片理走向一般为 310° 左右，与主断面走向呈 30° 左右交角。断层在贺家坪的背斜，向斜直接接触，在榛子崖附近切挫天阳坪断裂，使天阳坪断裂右行扭动 50m。这都表明都镇湾断裂具有明显右行扭动特征。

南段为桥沟断裂，北起长阳九里坪，南至渔洋关大坡脑，全长约 12km，走向 340° — 350° 断面近直立略倾向东。西盘为寒武系地层，东盘为奥陶系地层，断裂带宽 5m 左右，主要为糜棱角砾岩，碎裂岩和少量片状构造岩组成。片理走向与主断面走向呈 10° — 15° 夹角，表明东盘南移，并可见 47° 的向南斜擦痕，表明东盘向下斜落，说明该断裂具有右行扭动兼张性特征。

2. 仙女山断裂历史活动过程

从仙女山断裂的宏观调查分析，它自形成以来，至少经过三期活动：

(1) 从断裂带古生代地层普遍发育一组水平擦痕，断面平直光滑和岩层的接触关系看，狭义仙女山断裂早期应属于东西向构造的一组北北西向右行扭性断裂，其天阳坪断裂属于东西向构造的压性结构面。当燕山运动早期南北向的强构造应力继续作用，由于黄陵古老地块这特殊边界条件的先期存在，且当时上升较快，必然会在它的西南端形成局部旋扭应力，此时迁就利用早期东西向构造的北北西向扭性断裂和北西西向压性断裂，形成围绕黄陵背斜西南缘的仙女山—天阳坪弧形压性断裂(北北西段仍兼较强的右行扭动)，致使断裂西盘和南盘的寒武系中上统地层推覆在奥陶系和志留系地层之上，出现由奥陶系和志留系岩层组成的片状构造岩和构造透镜体。如在黑槽、板槽一带可见较宽的由志留系页岩组成的片状构造岩带，应为断层在此期的活动产物。

(2) 沿仙女山断裂带见有大小混杂的棱角状的张性角砾岩，表明断层曾有过一次张性活动。结合整个鄂西地区构造形迹的分析，此次张性活动是早期新华夏系应力场作用的结果。此期张性活动是在早期压扭活动的基础上形成的，使得断层东侧再度下降，形成接受早白垩系已沉积的山间槽地。由于所处的特殊环境，本区这次活动反应不大，仅归并原来的断裂，未见大规模褶皱变动和断裂产生。

(3) 仙女山断裂切穿白垩系地层，并使白垩系地层遭到强烈的挤压和扭错，形成大量的片状构造岩、构造透镜体、陡立岩带、次级“入”字型褶皱。这无疑是该断裂在白垩纪末，再度压性复活并右行扭动。此时仙女山、天阳坪断裂按各自的面貌发展，而且狭义仙女山断裂和都镇湾断裂渐成一个系统(现今卫片反映这一带线性构造特征极为明显)。此期，构造应力场为北东—南西向挤压，该系统不仅是本区较新的一套构造系统，而且是控制本区断裂发展的主要构造。

二、仙女山断裂现今活动特点

断裂现今活动幅度较小,必须借助仪器观测方能查觉。根据近 30 年的测震资料和近几年周坪台形变测量成果分析,我们认为仙女山断裂至今仍在活动。其一,沿仙女山断裂带时有微震活动,1961 年发生过 M_s 4.9 级地震(图 3)。其二,周坪地震台各种形变观测手段均有所反映,正常情况下,具有显著线性趋势性变化,两次离台 40—80km 的有感地震(即 1979 年 5 月秭归龙会观 M_s 5.1 级地震和 1981 年 7 月当阳峡口 M_s 3.8 级地震),对其反映明显,呈突跳性变化。

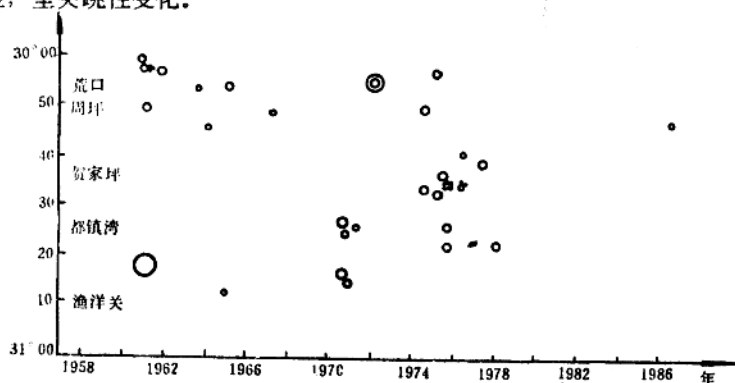


图 3 仙女山断裂带地震时空强

1. 现今活动特点和构造应力场

从周坪台近几年形变观测资料处理结果来看,仙女山断裂的西盘下降并向北滑移(即右行扭动),其垂直形变速率平均为 0.078mm/a ,水平扭动速率为 0.090mm/a ,表明为张扭性活动,在其东边相应的北北东向九湾溪断裂东盘下降,显示两断裂间所夹的仙女山断块呈地垒上升,但附近地震(前述两地震)临震时,都作短暂的反向突跳运动,即又呈地堑式下降。从断裂的现今运动趋势反推,得到本区构造应力场的主压应力方向又转为近南北向,仙女山断块由北向南楔入仙女山,九湾溪两断裂间,而这两断裂经过多期活动,已存在薄弱的优势方位并切割了一定深度,其东北原具有特殊作用的黄陵地块,当今上升极其缓慢,给本区产生的局部侧向压力较小,在近南北向压应力作用下,必然导致仙女山断块沿断裂向南滑移并相应地缓慢上升(图 4)。

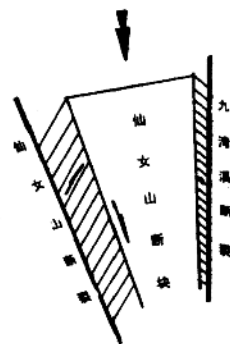


图 4 断块运动模型

本区现今发震破裂面主要为北北西向和北东向走滑型,是南北向压应力作用所致。至于仙女山断裂在附近地区地震发生前出现突跳变化,我们认为不是应力场发生根本性变化,而是地下深部应力短暂松弛,断裂两侧弹性剪切变形岩体在未发生破裂时的原地松动回弹结果。

2. 现今运动状态及其强度

根据每年各月基线变化值与相应的高差变化值换算的水平扭动量,和仙女山断裂上盘

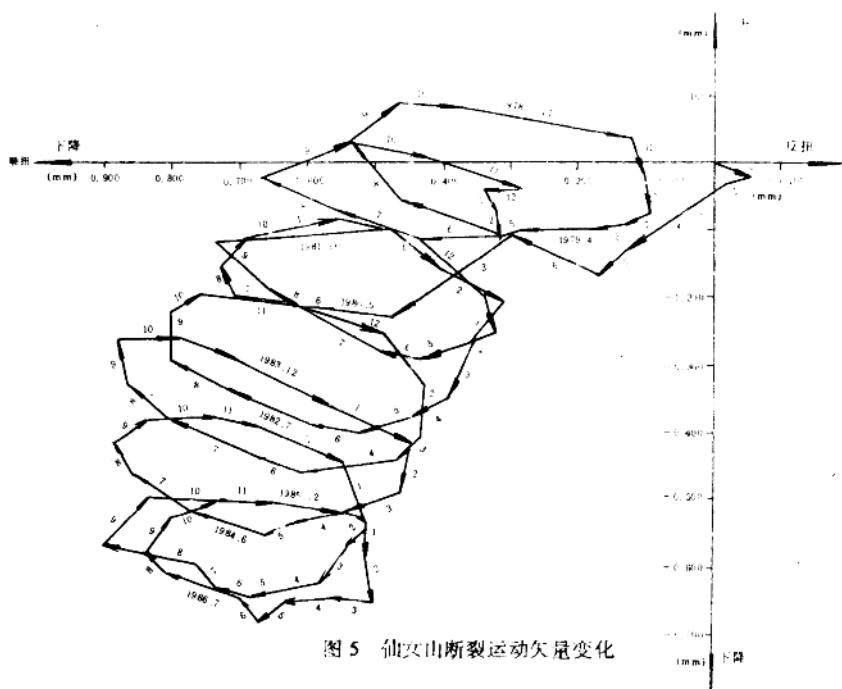


图 5 仙女山断裂运动矢量变化

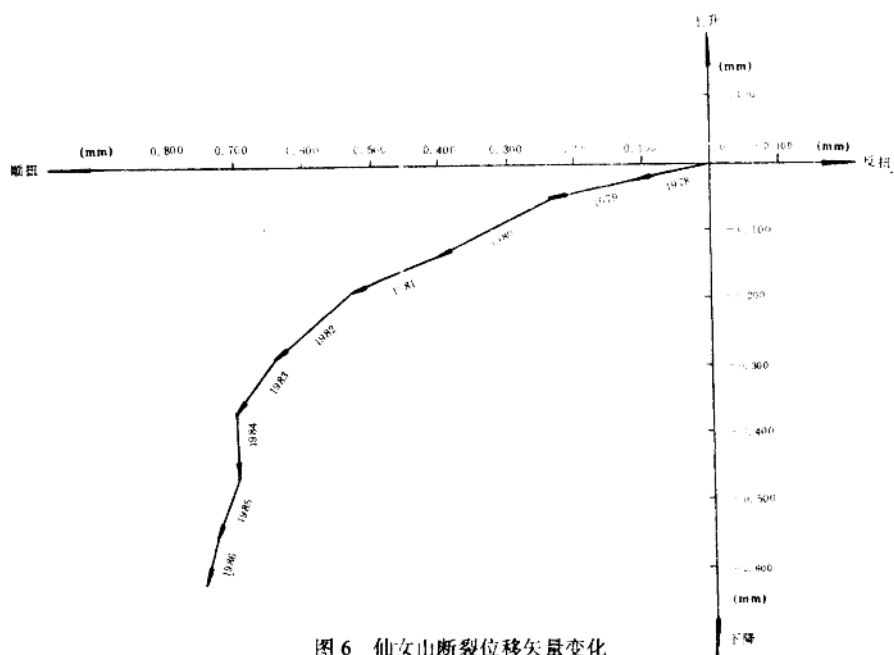


图 6 仙女山断裂位移矢量变化

垂直运动矢量图(见图 5), 可看出断裂上盘每年呈周期性椭圆变化, 积累连续运动呈顺时

并螺旋转动,这是断层自身构造活动加上外界环境的季节影响所致,滤掉其外界影响后则表现为一种幅度较小的蠕动型运动,随着深度的增加,这种运动逐渐衰减,直至基本消失(热形变影响可达40m以上)。为了突出断层活动的长趋势变化,消除年周期变化的影响,采用基线和水准年均值的一阶差分,作位移矢量变化图(见图6)得出仙女山断裂九年总扭动量为0.750mm,总下降量为0.609mm,矢量变化仍是张性顺扭的蠕滑状态,这可能代表断层自身整体运动的特点。由图看出,自1984年以来水平扭动有所减缓,是否存在大于一年的周期性变化,还有待于进一步观察。

由于断层浅部呈椭圆形螺旋周期性变化强烈的规律性,1979年5月秭旧龙会观5.1级地震和1981年7月当阳峡口3.8级地震前的异常突跳特征,在图上有明显反映。1978年11月的大幅度强烈反扭当为5.1级的震前异常;1981年5月矢量变化异常出现突跳性反扭,明显是3.8级的震前异常,这也证实了周坪台形变观测对黄陵背斜周缘地震活动有较好的反应。

仙女山断裂自形成后至今仍在活动,但活动幅度和强度不大,新生代该断裂活动时错动白垩系断层,并沿断裂控制了一系列构造的发育,但目前所测得的形变量级比强烈活动地区小得多,只相当于其 $1/10-1/50$,运动呈蠕动型。一般来说,不易孕育较大的破坏性地震。

三、结 语

(1)仙女山断裂现今活动呈上盘(西盘)下降并向北滑移的张扭性特点,夹于仙女山断裂和九湾溪断裂之间的仙女山断块呈地垒上升,其现今局部应力场表现为近南北向挤压。

(2)实测的仙女山断裂上盘现今活动状态,在浅部呈椭圆形周期变化,各年连续运动呈顺时针螺旋转动,随深度增加,这种运动形式逐渐衰减以至消失,是幅度极小的线性蠕滑型运动,不易孕育破坏性大震。

(3)仅用周坪台一处的形变观测成果来分析仙女山断裂现今活动特点和现今局部应力场,以及利用运动矢量图来探索断裂运动尚嫌资料太少,加之观测时间短,其论据不太充分,结论仅供参考。

参 考 文 献

- [1]秦兴黎,周坪定点观测与地震,地壳形变与地震,Vol.2, No.3, 1982.
- [2]胡惠民,短水准干扰因素的识别,地壳形变与地震,Vol.2, No.3, 1982.