

南北地震带北段地壳微动态变化的初步研究

崔中元

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文根据应力台站和水平形变的实际观测结果,研究了南北地震带北段1970—1983年间的区域地壳微动态变化特征及其与同时期中强地震活动的关系,得出1970—1983年本区地壳微动态变化与地球自转角速率的长期变化有关的初步结论。

前 言

长期以来地震地质工作者试图从构造活动规律的研究入手,去认识地震的活动规律。近年来,由于地形变测量、断层位移测量,地应力测量的进展,已提出了用预测地壳变动趋势的办法,来判断未来几年强震活动主要场所的可能性。这一方法在八十年代初由马宗晋发展并概括为地壳微动态研究,从而将地球动力学的研究推向精细化。

本文根据实测资料,对南北带北段这一小块区域的地壳微动态变化进行了初步研究。由于这一地区的特殊构造位置所决定,获得的认识也许具有更大范围的意义。至少对于作者在文献〔7〕〔8〕中所提出的一些推理论,是一个验证。

一、应力场变化的长期观测资料

在研究区有七个应力站(青铜峡、静宁、刘家峡、武山、天水、武都、文县)。自1971年开始,先后投入基岩水平应力变化的长期观测。所采用的观测系统为73—1型压磁应力计和Φ110压磁应力计两种。这两种方法都不完善,尚在试验改进之中。目前已经得到一批观测数据。为了全面处理和解释这些数据,还需要进行一系列的试验研究。本文仅选用了其中观测条件较好,资料连续和比较可靠的几个钻孔的资料,进行了初步处理。图1是采用Φ110压磁应力计配4103型应力仪观测的计算结果。这些钻孔都是按照规范要求建设起来的。孔深70—80米正式观测前,应力计经过3—6个月的稳定时期,全部仪器经过检修,并每年标定两次,因而原始测值基本上是可靠的。

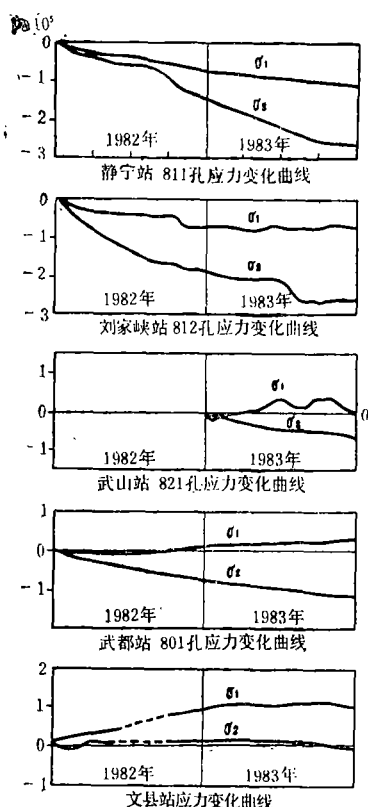


图1 几个钻孔观测到的应力
相对变化曲线

Fig.1 The relative change curve
of stress observed from a
few of bore holes

由图一、表一中可知,1982、1983两年水平应力值的年变化量为 $0.1-1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。 σ_1 与 σ_2 之比值为 $0.15-0.40$,说明应力变化量的方向性很强。从空间变化看,秦岭构造带以北的静宁、刘家峡站两向水平应力值减少(相当围压减低)幅度较大,说明这个地区(兰州及其周围地区)属于应力释放区。位于秦岭构造带内部的武山、武都两站水平应力值在一个方向增加,在另一个方向减少,减少的量值大于增加值的几倍,因而这一地区的应力变化也处于释放状态,只是释放的速率较为缓慢,另外,该区的应力状态为张压型,剪应力可能会增加。位于秦岭构造带南缘的文县站 σ_1 、 σ_2 均为正值,处于两向压缩状态,应属于应力积累区。

上述资料时间太短,不能对未来数年应力变化趋势作出外推,必须有更长期的观测资料,为此整理了武都站711孔资料。该孔自1972年连续观测至今,虽然其观测精度较低、测值的准确性尚待鉴别,但图2所给出的曲线相对变化趋势还是很有意义的。

曲线表明该钻孔自1972年1月到1979年应力值长期减少,累计 σ_1 减少 $15 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 σ_2 减少 $22 \times 10^5 \text{ Pa}$,平均每年递减 2.5×10^5

Pa 。自1979年年中发生转折,应力开始增加,大约每年增加 $2.2 \times 10^5 \text{ Pa}$,按此速率推算要到1986年前后,该站孔的应力值可能恢复到1972年的应力背景值水平。此外对静宁、刘家峡、武山站1974—1979年的观测资料也进行过整理计算,得到的结果是应力值长趋势减少。

表1 几个站孔观测到的应力相对变化值

站孔名	1982年		1983年		年平均		
	σ_1	σ_2	σ_1	σ_2	σ_1	σ_2	τ
静宁811孔	-0.68	-1.50	-0.42	-1.10	-0.5	-1.30	0.4
刘家峡812孔	-0.75	-1.85	+0.05	-0.80	-0.35	-1.23	0.44
武山821孔			+0.10	-0.60	+0.10	-0.60	0.35
武都801孔	+0.10	+0.80	+0.20	-0.35	+0.15	-0.58	0.36
文县811孔	+0.95	+0.10	+0.15	-0.10	+0.55	0	0.28

注: (-)号为应力减少。(+)号为应力增加应力变化值为每年末数值减去上年末尾数值。

1) 本文的应力值均乘以修正系数 a , a 为未知量,由井下元件的工作灵敏度决定。

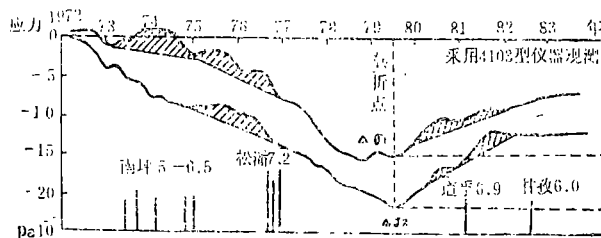


图2 武都站711孔地应力变化月均值曲线

Fig. 2 The monthly average value of stress from No.711 bore hole in Wudu station

综合这些观测结果认为,本区应力场强度的变化情况为:

1.在1971~1979年间,秦岭构造带及其以北地区应力场强度逐年减少。秦岭构造带以南地区没有资料、情况不明。

2.在1979—1983年的变化为:

1) 秦岭以北,景泰以南地区(北纬 35° — 37° 间)水平应力仍在两向减少,减少的量值每年平均约 $0.4(\sigma_1)$ 和 $1.3(\sigma_2) \times 10^8 \text{Pa}$,应仍属应力(或弹性应变能)释放区。预料今后数年内该地区仍将处于应力释放阶段,在未来十年内不会成为应力积累区。

2) 在北纬 $33^{\circ}40'$ — $35^{\circ}00'$ 地区横亘着秦岭东西向构造带,这里的应力场变化以武都和武山应力站的曲线为代表。其特点是1972—1979年应力值减少,1979年—1983年应力值增加(武都站)或保持在1979年水平上(武山)。目前的应力背景值仍然低于1972年的水平。但是该地区的附加应力状态为张压型(剪应力增大),已经由应力释放状态(1979年前)转为应力积累状态。在未来十年中能否积累到发生中强地震的程度是值得注意的。

3) 秦岭构造带以南文县一带的附加应力状态为两向压缩,应属应力积累区。但水平应力值增量很小,剪应力值变化不大,估计危险性不大。

二、区域地壳微动态变化

根据国家地震局第二测量队1970年布设的20余处跨断层基线独立小三角网等水平形变测量资料的综合分析,发现南北地震带中北段地区(北纬 33° — $38'$,东经 102° — 110°)一些主要断层带活动方式方向及位移量,应变量曾发生明显的变化。这种变化首先由朱运海²⁾提出过。转折变化的时间大约在1978年底—1979年年中。同期武都应力站711孔多年的长趋势变化也显示了这种特点。下面试图用图3简明地说明这种变化。

图3。概括地表示了1970—1978年10月研究区内活断层位移及受力方式(主压应变方向),并表示了五个应力站观测到附加应力值(σ_1 、 σ_2)的减少,同时将数值模拟求得的各个地块相对运动方向也用箭头标在图中。这样得到一个该区域地壳活动状态的平面图象。

图3b反映的是本区1979年—1983年的地壳活动状态。此较图3a、图3b可以看出这两个时期区域地壳活动状态有明显的变化,这种变化表现在:

2) 国家局第二测量队1982年地震趋势会商意见。

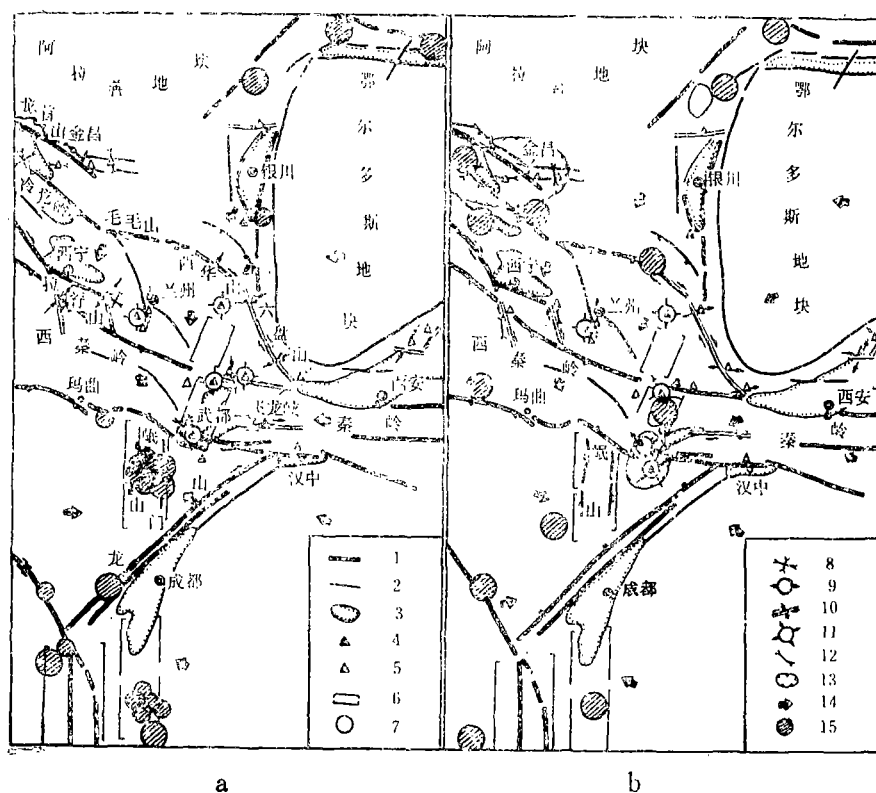


图3 南北地震带北段活动断裂图

a. 1970—1978年地球转速减慢时段

b. 1979—1983年地球转速加快时段

1. 区域性之主要断裂带 2. 大断裂 3. 第四纪盆地 4. 应力台站 5. 水平形变测量点 6. 南北向、北东向构造带范围
7. 应力值两向减少 8. 主压应变方向 10. 测量资料确定的活断层及两盘位移方向、受力方式 14. 区域地块位移方向
15. 同时期本区及外国发生的 ≥ 5 级地震 9. 附加应力张压点 11. 附加应力两向压缩值增加点 12. 压应变 $\geq 1 \times 10^{-5}$ 测点 13. 应力、应变积累点

Fig. 3 The faulting activities in the northern section of
North-south seismic zone

1. 西华山—六盘山断裂带, 在1971年—1978年其受力方式以东北—北东方向挤压为主, 整体兼有右旋运动(局部在1975—1976年有左旋运动); 压缩量为 $0.2-2.3 \times 10^{-6}$ /年。1979—1982年由压缩状态转为松弛, 基本恢复到1970年的状态。断层带仍保持右旋运动特征。

2. 拉脊山两头的上尔让、下滩两条北北西方向的断层, 在1971—1978年是挤压为主兼右旋位移(图3a), 1979年复测变为右旋剪切运动, 位移量较大(图3b)。

3. 关中渭河盆地北部的白水东西向断层和韩城北东向断层也出现反向运动。

4. 龙首山东段的几个测点, 在1979年前压应变变量逐年增长达到 $> 1 \times 10^{-5}$ 。1979年—1982年复测, 应变变量没有增长, 表示这个地区受压状态有所减轻。

5. 秦岭内部的東西向断层(微成盆地南缘断裂)位移方向和受力状态保持不变, 仍为右旋剪切运动。只是在1976年松潘地震前后有些短期变化。

上述事实综合起来反映了区域地壳块体运动方式方向发生了一定程度的变化。利用数

值模拟反演的区域位移场⁸⁾也证实了这一点。总体来说,区域地壳变动的基 本特点是1971—1978年全区普遍强裂受压,特别是走向接近南北方向的构造带(如六盘山)尤为显著。同期在川滇南北向构造带上和华北地区多次发生的强烈地震,也与东西方向上的压力增强有关。这充分证明了位于我国中部的南北地震带中北段在构造活动性质上与川滇径向构造体系具有统一性。但构造活动强弱和能量释放方式有较大差别。1979年—1983年全区受压状态普遍减弱,南北向断裂的压应变得得到恢复,但是秦岭东西向构造带(特别是南缘)的应力,应变在增强和积累,区域地壳受力方向表现为东西方向的挤压有所松弛,南北方向的挤压有所增强。

三、区域地壳微动态变化的原因及其 与地震活动的关系

地壳各部所发生的一切形变,包括破裂,都是遭受地应力作用的结果。地应力的变化是引起地壳形变变化的直接原因。因而研究地壳变动的原因,必须追索应力场的变化以及引起应力场变化的主因。

从本文提供的事实分析,有两个现象表明本区地壳微动变化与地球自转角速率的变化有关:(1)区域地壳微动变化发生转折的时期在1978年中,与地球自转速率由慢变快的转折时间一致;(2)区域受力方式变化特点与贾晋康^[5]计算的结果近似。本文图3中给出的资料,还反映了地球自转角速率的变化与地震的关系,说明区域地壳活动方式的变化与地震活动图象的变化是有关系的。

在1970年—1984年,当地球自转角速率多年持续减速时,研究区普遍处于受压状态,东西方向压力增强,径向构造体系活动,强震发生在秦岭纬向带以南和鄂尔多斯地块北缘。而秦岭以北,银川以南地区地震活动处于相对平静时段(偶有五级地震发生)。当地球自转角速率加速时,东西方向受压状态松弛,南北方向压力增加,区内纬向构造带与扭动构造体系的构造活动得到加强,因而秦岭以南的径向构造体系地震活动水平降低,秦岭以北有所增高,曾多次发生五级地震。产生这种现象的原因,作者在文献〔7〕中曾指出是由于“本地区强地震的发生与旋扭应力场加剧活动有关,因而在东西向挤压应力场活动占优势时,本区相对处于地震活动低潮期”。这些事实再次说明,本区强震活动规律与地壳运动的方式方向及其变化有密切关系。

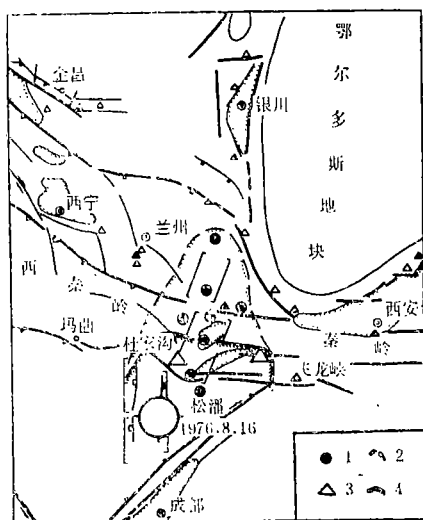


图4 松潘地震对秦岭以北地区的影响

1. 松潘地震前后有中短期异常变化的观测点(变力、形变、地电、水氡) 2. 前兆异常大致分布范围 3. 松潘地震引起的位移调整点 4. 推测的形变调整范围

Fig. 4 Impact on the northern area of Qinling Mountains from songpan earthquake

8) 何秀琴等, 南北地震带中北段地区构造应力场的数值模拟。

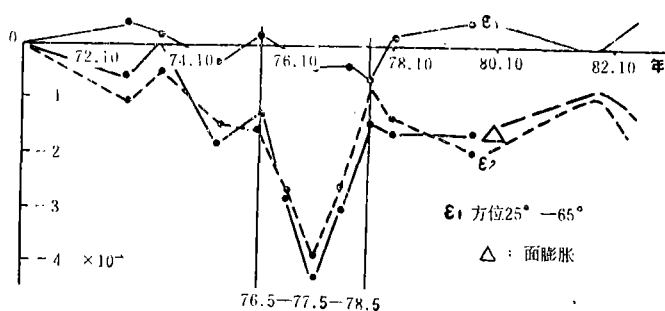


图5 武都杜家沟不跨断层应变累积值图 (该点距震中74公里)

Fig. 5 The strain accumulation of non-straddle fault in Dujiagou Ditch, Wudu county

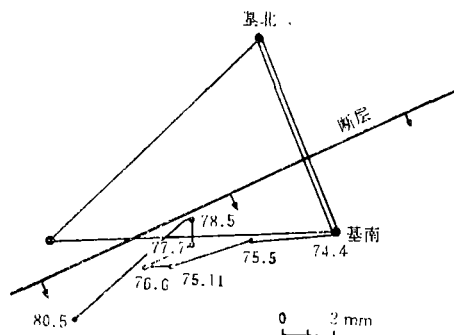


图6 成县飞龙峡南盘相对北盘位移图

图示断层右旋走滑, 76.6—78.5月之反相运动与1976年松潘7.2级地震引起的位移调整有关。该点距震中170公里

Fig. 6 The displacement relativized to the northern denudation by the southern denudation in Fei long xia Gorge fault, Cheng-xian county

另外一种可能是, 1970—1976年我国大陆地震活动处于高潮期, 由于能量大释放, 引起区域地壳形变场大调整。本文给出的图4—6概括说明了松潘7.2级地震前后在距震中200公里以内引起的形变调整大约仅持续两年左右, 因此不能解释本区大范围、长时期的、有规律性变化的区域地壳变动。

因此地球自转角速率的长周期变化(数年以上)引起本区地壳微动态变化的可能性是值得考虑的。

本文中形变资料来源于国家地震局第二测量队。王慧玉同志计算了应力曲线, 仅表谢意。

参 考 文 献

- [1] 李四光, 地质力学概论, 科学出版社, 1973.
- [2] M.C. 埃依根松, 地球自转的不均衡性—地球形态及大地构造的因素, 地质力学丛刊, №1, 1957.
- [3] 张之孟, 我国及邻近板内地震与边缘地震的关系, 地震地质, Vol. 1, №3, 1979.

- [4] 刘百箴, 中国大陆地震的应力调整场动态模型, 地震地质, Vol. 1, № 3, 1979.
- [5] 贾晋康、王仁, 地球自转速率变化与地震触发, 地震科学研究, № 2, 1981.
- [6] 马宗晋等, 北纬 20° — 50° 的大陆地震构造系, 地质学报, № 2, 1984.
- [7] 崔中元, 陕甘宁青主要构造体系特征及活动构造体系探讨, 西北地震学报, Vol. 3, № 1, 1981.
- [8] 兰州地震大队地震地质队, 陕甘宁青活动构造体系及其控震作用, 地质力学论丛, № 5, 1979.

PRELIMINARY STUDY ON THE MICRO-DYNAMIC CHANGE OF
CRUST IN THE NORTHERN SECTION OF NORTH-SOUTH
SEISMIC ZONE

Cui Zhongyuan

(Lanzhou Seismological Institute, State Seismological Bureau)

Abstract

In the light of practical observation to stress and horizontal deformation, this paper deals with the characteristics of micro dynamic change of crust and the relationship between such change and moderate and strong earthquake events in the northern section of North-south Seismic zone during 1970—1983, from which a preliminary conclusion comes that there exists a relation between the long-term variation of angular velocity of the earth's rotation and the micro-dynamic change of the crust in this region from 1970 to 1983.