

中国南北地震带北段近期地应力场动态演化特征与地震活动之关系

陈瑶¹, 张富芳²

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000; 2. 天祝县地震局, 甘肃天祝 733200)

摘要:分析了南北地震带北段多年来应力场的动态变化特征,并结合其他前兆手段观测资料研究了应力场动态变化与地震活动的关系.探讨了应力场变化的动力成因和利用其进行地震预测的可能性.

关键词:地应力场; 动态变化; 地震预报

中图分类号: P315.72⁺7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)02-0166-04

0 引言

地应力动态演化是地应力场重要特征之一.研究表明,地质构造运动方式和强度受地应力场作用方式和强度的控制;不同时期内地应力场具有不同的动态演化特征;现代地应力场的动态演化对地震活动强度具有明显的制约作用.因此,研究地应力场短期动态演化特征不仅对于地球动力学研究有着科学意义,而且对于中短期地震预报有着实际意义.从目前所发表的资料看来,在国外还没有关于具体地区地应力场短期动态演化特征的详细研究结果;在国内也仅有些单项,如垂直形变场和P轴等演化特征研究.中国南北地震带北段地区作为独立的地质单元,曾发生多次 $M \geq 7.0$ 地震,是我国较早开展地震观测和地震前兆观测的地区之一,积累了大量的观测资料,为区域地应力场演化研究奠定了良好的基础.本文将根据这一地区的地应力动态观测资料,讨论地应力场的多年变化动态特征,并结合其他前兆观测手段对比研究,分析应力场动态变化与地震活动的关系,为地震预报提供新的思路.

1 南北地震带北段地应力场动态演化特征

地壳地应力场包括基本场和动态场两部分.钻孔应力、应变观测站所观测到的实际上是地壳地应力场的动态变化部分,包括地应力的日变化、年周期变化、多年变化、长趋势变化和 irregular 变化等.在此着重研究地应力的多年变化成份.

中国南北地震带北段地区是大震多发区,历史上曾多次发生 $M_s \geq 8.0$ 大震,也是地壳应力场动态变化剧烈的区域.地应力方法先后在该区设立了9个观测站,能提供较早数据的只有两个,即分别于1971年和1973年设立的武都和青铜峡应力站.观测曲线见图1.

武都站位于研究区南端,处于武都弧形构造的前弧内侧及多组大型构造交汇部位附近;青铜峡站则位于研究区中部,处于南北向、东西向及北西向三组断裂的交汇处,构造环境相当复杂.两台站相距500 km.比较图1(a)和(b)两组曲线,不难发现两组曲线呈现的长趋势变化大体一致,并存在几乎相同的转折变化时间分界点,即1978年和1981年左右.这两个时间分界点将曲线分为三个不同变化部分:1979年前,地壳应力均呈压性减小;1979至1981年间平均应力转为压性增强;1982年后两地应力变化分异.前者仍呈

收稿日期: 2001-09-10

基金项目: 中国地震局兰州地震研究所青年地震科学基金资助课题(00-10)

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LZ2002049

作者简介: 陈瑶(1971-),女(汉族),陕西西安人,工程师,从事地应力及应用研究.

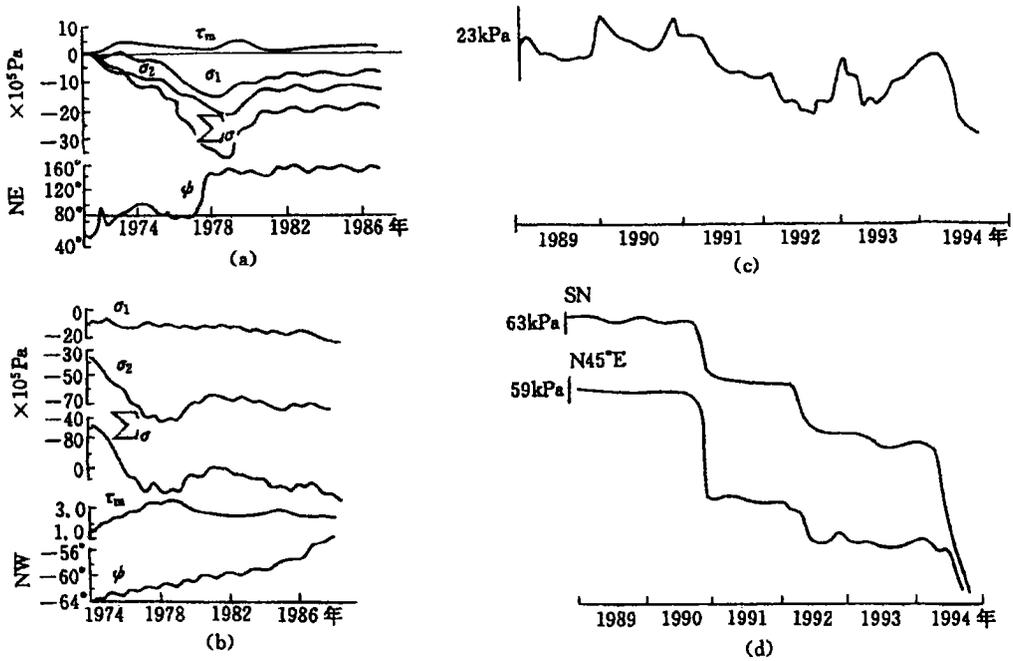


图1 武都(a)、青铜峡(b)、武山(c)、文县(d)应力站观测月均值曲线图

Fig. 1 Stress curves of monthly mean values in Wudu(a), Qingtongxia(b), Wushan(c), Wenxian(d) stations.

压性加强,只是速率变小;后者则为张性增强,速率也不大.主应力方向也大体一致,只是在1978年前武都站因受其南部约100公里处松潘大震活动影响,主应力方向在近东西方向变化外,其余与青铜峡站相同,最大主应力方向在北西方向缓慢顺时针偏转.这一观测结果表明,一个观测站所反映的应力变化具有一定的空间代表性.

图1中(c)和(d)分别为武山地应力台站和文县地应力台站观测月均值曲线图(两站现均已停测).不难发现,它们有基本相同的变化时间界点,即1991年和1994年左右.1990年以前,两站曲线比较平缓,1991年至1993年,均呈压性减小,1994年以后持续呈压性减小,只是速率有所变化.

2 与其它前兆观测资料的对比研究

为进一步说明观测结果所表明的地壳应力场动态变化的空间耦合程度,我们对比了其它前兆方法观测结果.图2(d)为兰州—天水—武都地区路线水准测量结果,可见地形变随时间变化分段的界点与上述地应力变化一致,而且其中(1)的变化态势与(2)的相反,而(2)与(3)大体一致,这种变化特征与武都应力变化特征完全可以对比.

图2中(a)是武山水氡年均值、(b)为静宁地电阻率年均值、(c)为西礼盆地及其周围地区小震活动月频次变化曲线.看出,水氡和地电阻率等都存在大体一致的长趋势变化,时间界点也相似.地震活动水平随时间变化也有类似的时间分段.图3为南北地震带北段 $M_S \geq 3.0$ 以上地震 $N-T$ 图.可以看出,1983至1989年小震活动高于平均水平,而1990年至1995年基本处于平均水平,1996年后则低于平均水平.上述事实说明,地壳应力基本场和动态场都具有一定的空间耦合关系.

3 长期观测数据在地震活动形势估测中的可能应用

反映地壳应力场和地壳形变场的不同地震前兆方法观测结果表明,大量观测数据的综合研究可以了解地壳应力场动态特征,并进而为地壳动力学和地震活动形势与地壳应力场动态变化之间关系的研究提

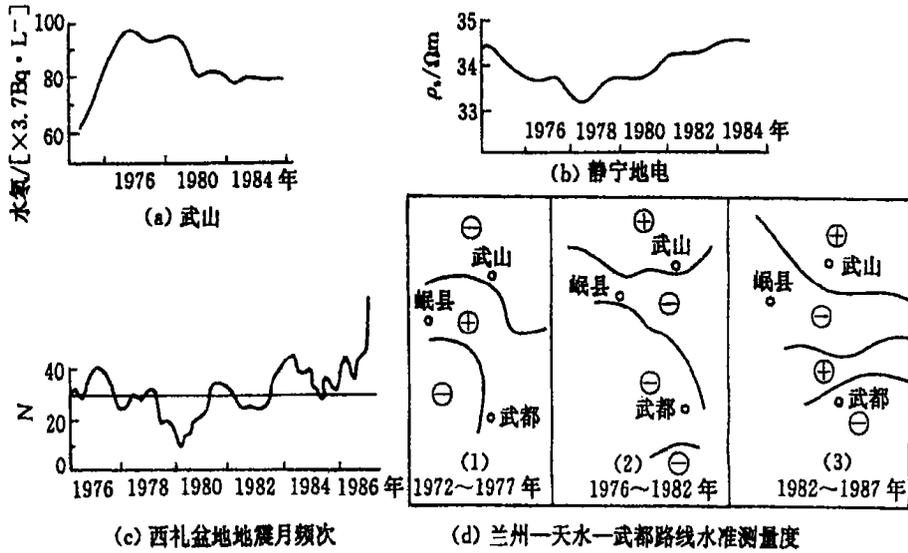


图 2 甘肃东部地区前兆观测多年变化

Fig. 2 Variations of some earthquake precursor observations in eastern Gansu province.

供基本资料. 以下为几点初步认识.

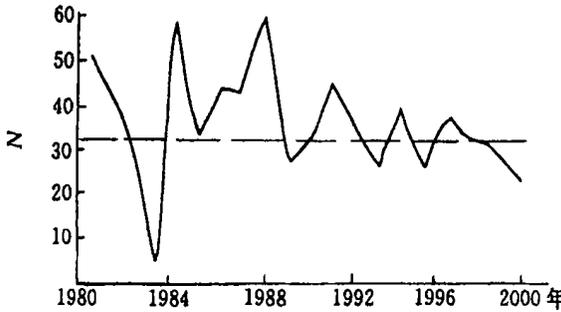


图 3 南北地震带北段地区 $M_s \geq 3.0$ 地震 N-T 图

Fig. 3. N-T chart of $M_s \geq 3.0$ earthquakes in north part of Chinese north-south seismic belt.

(3) 分析天水地应力站最大主应力月均曲线图(图 4)和南北带北段 $M_s \geq 5.0$ 地震 M-T 图(图 5), 力曲线头部符合开尔文力学模型, 1984 年至 1992 年压应力减小, 这一期间地震活动较为活跃, 强度也较大; 1993 年后呈压性增强, 1994 年发生转折, 1995 年发生了永登 $M_s 5.8$ 地震; 1995 年后曲线呈压性增强, 1996 年后呈压性减弱, 发生了景泰 $M_s 5.4$ 地震; 同时南北带北段中强地震比较活跃; 1997 年至 1998 年间, 天水应力呈压性增强, 地震活动非常平静; 1998 年至今曲线较为平缓.

(1) 比较图 1(b)和图 2(c)可见, 1978 年前武都站 100 km 范围内发生了南坪大震群和松潘大震群, 西礼盆地小震活动频次高, 武都应力呈压性减弱; 1978 至 1982 年间该区及其周围几乎没有发生 $M_s > 5.0$ 地震, 小震月频次低于多年平均值, 武都应力呈现多年压性加强; 1982 年后该区中强震活跃, 小震月频次明显增加, 武都压应力加强的势头减弱. 这说明, 地震活动形势与地壳应力多年变化特征可能存在着内在关系.

(2) 1982 年后武都和青铜峡两地应力变化趋势相反(见图 1), 两地附近中强地震活动强度明显不同. 前者远处只发生两次中强度地震; 而后者 50 km 内的灵武就发生 5 次 5 级以上地震.

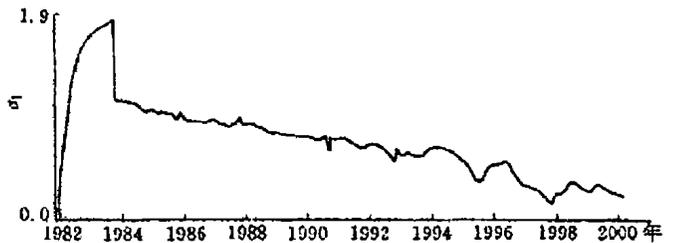


图 4 天水地应力站最大主应力月均曲线

Fig. 4 Curve of monthly mean values of the biggest principal-stress in Tianshui station.

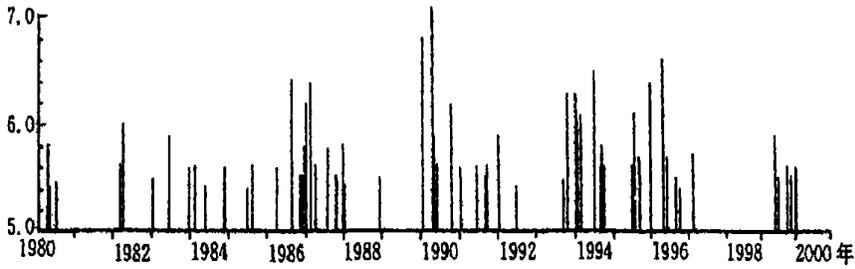


图5 中国南北地震带北段 $M_s \geq 5.0$ 地震 $M-T$ 图

Fig. 5 $M-T$ chart of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in north part of Chinese north-south seismic belt.

4 讨论

(1) 我们认为引起地应力场动态演化的动力原因在于地球自转速率的变化. 对比地球自转速率多年变化曲线图(图6), 发现地球自转速率曲线的转折点与图1的时间界点基本一致. 1970年至1973年地球自转速率增大, 武都地壳应力呈压性减小; 1974年至1978年依然呈压性减小, 但速率增大, 而地球自转速率也有相应转折. 1979年至1982年间地球自转速率变小; 1983年至1989年间地球自转速率继续变小; 1990年至1993年曲线发生转折; 1994年以后又变小. 表明地球自转速率的变化明显影响地壳应力场的动态变化.

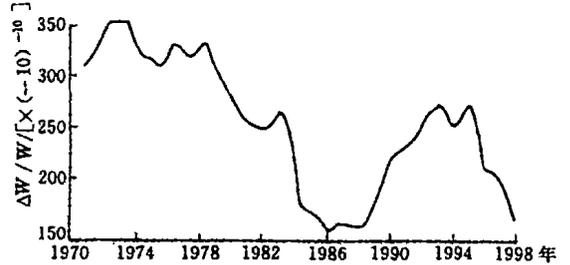


图6 地球自转速率变化曲线

Fig. 6 Variation of rotation rate of the earth.

(2) 由于地震活动与地壳应力长期变化有着反相关关系, 即当地应力先行压性减弱, 随其后地震活动频繁, 强度亦大; 当地应力压性增强, 随其后地震活动不活跃, 而且地震活动是在地应力转折变化之后才显现出来. 据此可以根据地应力的观测结果来预测未来一定时间内地震活动的状态.

[参考文献]

- [1] 安欧. 构造应力场[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [2] 张国民, 等. 关于区域应力场变化“窗口”的研究进展[M]. 北京: 地震出版社, 1991.
- [3] 郑文卿, 等. 钻孔应力、应变方法地震监测能力的评价[A]. 见: 中国地震预报方法研究[C]. 北京: 地震出版社, 1991.

(下转 174 页)

THE SEISMIC TOMOGRAPHY SOFTWARE

ZHANG Yuan-sheng¹, LI Qing-he², LIU Yao-wei¹, ZHOU Min-du¹

(1. *Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Gansu Lanzhou 730000, China;*

2. *Seismological Bureau of Jiangsu, Jiangsu Nanjing 210014, China*)

Abstract: GABWIT is a software of inversion for 3D crustal velocity structure using seismic body travel time data and genetic algorithms. The main function and technological character of the seismic tomography software are introduced. GABWIT has a good desktop, perfect function, and is easy for operation and popularity.

Key words: Seismic wave travel time; Tomography; Software

(上接 169 页)

RELATIONSHIP BETWEEN THE DYNAMIC EVOLUTION CHARACTER OF STRESS FIELD AND SEISMICITY IN NORTH PART OF CHINESE NORTH-SOUTH SEISMIC BELT

CHEN Yao, ZHANG Fu-fang

(1. *Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Gansu Lanzhou 730000, China;*

2. *Seismological Bureau of Tianzhu County, Gansu Tianzhu 733200, China*)

Abstract: The character of dynamic variation of stress field in north part of Chinese north-south seismic belt is analysed, and comparing with data of some earthquake precursor observations, the relationship between the variation of stress field and seismicity is studied. At last the mechanism of the variation and the possibility of using it to protect earthquake are discussed.

Key words: Stress field; Dynamic variation; Earthquake prediction