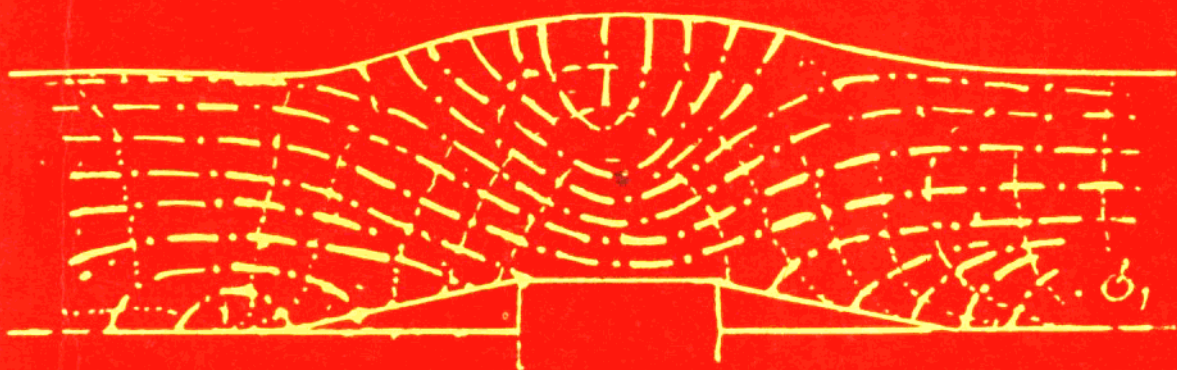


7

地壳构造与地壳应力文集

国家地震局地壳应力研究所



地震出版社



《地壳构造与地壳应力文集》编委会

主 编：赵国光

副主编：刘光勋 苏恺之 陈宏德

编 委：(按姓氏笔划排列)

勾 波 王继存 傅子忠 刘光勋

安 欧 李方全 苏恺之 张伯崇

欧阳祖熙 陈学波 陈宏德 赵国光

聂宗笙 黄福明 游丽兰 杨承先

董立本

编 辑：王文清 陈宏德

目 录

北京及其西北地区断裂的现今运动	马廷著 蒋成恩 (1)
桑干河南山前断裂活动特征	李学新 张英礼 樊文奎 (11)
沂沭断裂带新活动特点	李庆山 (19)
活动性断裂的遥感影像特征	韩德润 吴舒敏 (28)
用浅层数字地震仪探测五台山山前活动断裂	李金森 王恩福 张正墨 许成林 (38)
花海断裂几何展布及新活动特征	李庆山 (45)
临汾地区现代地震活动与构造的关系	苏怡之 盛小青 张家声 (52)
向家坝水库诱发地震危险性初步分析	韩德润 王继存 张国庆 (58)
我国大陆应力场特征及与强震活动的关系	许桂林 朱秀岗 孙世宗 (70)
京西-晋冀蒙地区水系与新构造应力场的关系	樊文奎 (77)
沉积盆地深井孔隙压力测量	丁健民 梁国平 高建理 郭启良 (84)
松辽盆地油井水压致裂应力测量研究	郭启良 丁健民 梁国平 夏大荒 (93)
天生桥二级水电站厂房高边坡地应力测量与分析	赵仕广 安其美 (106)
幕函数型地热动态变化与地震	杨修信 陈沅俊 傅子忠 (111)
北京附近及其西部地区构造应力场与地震活动性分析	李群芳 张云柱 李桂荣 (120)
非均质不连续介质三维构造应力场的光弹性实验研究	郭世凤 陈葛天 (130)
松潘震区构造应力场的三维应力计算	陈葛天 郭世凤 (142)
高温高压下岩石压缩组构与各向异性	安 欧 (152)
钻孔岩芯定向技术的实验研究	张伯崇 李 宏 江南生 (162)
热释光测年法在确定断层最新活动时代中的若干应用问题研究	盛小青 王安德 彭建琼 (170)
地壳结构的虚空度理论	邱泽华 (175)

CONTENTS

The Recent Movement of Some Faults in Beijing and its Northwestern Area	Ma Tingzhu, Jiang Chengen (1)
The Active Characteristics of the Piedmont Fault South of Sanggan River	Li Xuexin, Zhang Yingli, Fan Wenkui (11)
The Recent Activities of the Yishu Fault Zone	Li Qingshan (19)
Remote Sensing Image Marks of Active Faults	Han Derun, Wu Shumin (28)
Exploration of Active Fault in the Front of Wutaishan Mountain Using Shallow Digital Seismograph	Li Jinsen, Wang Enfu, Zhang Zhengmo, Xu Chenglin (38)
Distribution and Active Characteristics of the Huahai Fault	Li Qingshan (45)
Relationship Between the Moderate Earthquakes and Deep-Seated Structures in Linfen Area	Su Yizhi, Sheng Xiaoqing, Zhang Jiasheng (52)
Preliminary Anatomy of Reservoir Induced Seismic Risk in the Xiangjia Dam Area	Han Derun, Wang Jicun, Zhang Guoqing (58)
Relationship Between the Stress Field Characteristics and Strong Earthquake Activity in China	Xu Guilin, Zhu Xiugang, Sun Shizong (70)
Relationship Between the Drainage System and Neotectonic Stress Field in the West of Beijing, Shanxi, Hebei and Inner Mongolia	Fan Wenkui (77)
Pore Pressure Measurements in the Deep Wellholes of Depositional Basins	Ding Jianmin, Liang Guoping, Gao Jianli, Guo Qiliang (84)
Stress Measurement by Hydraulic Fracture in Oil Wells in Songliao Basin, Northeast of China	Guo Qiliang, Ding Jianmin, Liang Guoping, Xia Dahuang (93)
Measurement Stress Along Edge Slope in the Site of the Tiansheng Bridge Second Degree Hydropower Station and Analysis	Zhao Shiguang, An Qimei (106)
Geothermal Dynamic Change of Power Function Style and Earthquake Prediction	Yang Xiuxin, Chen Yuanjun, Fu Zizhong (111)
The Tectonic Stress Field and Seismicity in the Area Near Beijing and its West	Li Qunfang, Zhang Yunzhu, Li Guirong (120)
Photoelastic Experimental Study on the 3-D Tectonic Stress Field in Inhomogeneous and Noncontinuous Medium	Guo Shifeng, Chen Getian (130)

Three-Dimensional Stress Calculation of the Tectonic Stress Field in Songpan Earthquake Region	Chen Getian, Guo Shifeng (142)
Compressive Fabric and Anisotropy of Rock Under High Temperature and Confining Pressure	An Ou (152)
Experimental Study on Core Orientation	Zhang Bochong, Li Hong, Jiang Nanshen (162)
Some Examples of Thermoluminescent Dating for Determining the Latest Fault Activity	Sheng Xiaoqing, Wang Ande, Peng Jianqiong (170)
Geovacuum Theory of the Crustal Structure	Qiu Zehua (175)

北京及其西北地区断裂的现今运动

马廷著 蒋成恩

(国家地震局地壳应力研究所)

一、引言

断裂的现今运动,是现今构造应力场研究的重要组成部分,而测量资料的运用则是定量或半定量研究断裂现今运动的主要方法。本文利用大地形变水准路线测量、跨断层短水准、短基线流动测量和 ME-3000 测距等资料,分析了北京及西北地区断裂现今运动的主要特征,讨论了断裂活动的分区以及区域应力场的作用方向和方式,并对本区 $M>6$ 级地震的活动趋势做了估计。

二、资料现状与处理

本区水准路线测量覆盖了全区,但能够满足跨断层的距离短 (3—5km)、资料连续、时间长、复测在 3 次以上的也仅有 23 个跨段;流动测量点有 20 个,且大部分都在东部;ME-3000 测距仪测网有 18 处,可利用的有 15 处,也大都在本区东部。

各种方法观测周期不一,大面积水准测量一般为 3—5 年,本区东部 60 年代中期至 70 年代初复测周期为 1 年;流动测量有日观测、一日数次、一月或一季度一次或一年数次;测距网 1 年 1—2 次;定点连续观测者甚少。

ME-3000 测距网为单三角或大地四边形,边长最长 1817m,最短 274m,边长中数中误差在 0.04—0.35mm 之间,相对中误差在 $1/332$ 万— $1/2617$ 万之间。水准路线测量和流动测量均满足测量规范的精度要求。

ME-3000 测距网的数据处理,在对各观测点进行秩序平差后⁽¹⁾,根据大地四边形四个端点点位坐标变化值利用公式 (1) 和 (2) 计算端点位移矢量和方向。

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (1)$$

$$T_0 = \arcsin(\Delta Y / S) \quad (2)$$

式中, S ——位移矢量; T ——矢量方向角; ΔX 、 ΔY ——两期观测坐标值之差。

然后根据下式计算平行于断层方向的位移矢量 V :

$$V = S / \cos \alpha \quad (3)$$

式中, $\alpha = T - \beta$; β 为断层走向角。

大面积水准测量资料,虽然具有覆盖面积大、时间长等优点,但由于点距大,地形复杂,精度较低,而且路线、标石、测点经常变动,给利用这些资料带来了一定困难。为此,我们尽可能选择跨断层测段短、复测时间相近的资料,以削弱环境因素的影响。

由于我们是以研究断层运动为目的,所以,无论是流动测量,还是水准路线测量和测

距测量, 都以其年平均值来表示断裂的现今运动。在计算过程中特别注意趋势性变化, 在时间上尽可能取相同观测时间的数据, 以消除年周期的影响。

使用的资料其截止时间也不等, 流动测量资料一般截止在 1992 年 6 月; 大面积水准测量, 由于分区复测, 截止时间差异较大, 京西北地区为 1991 年, 京东南地区为 1988 年; 测距网资料截止在 1992 年 4 月。

三、断裂的现今运动

利用形变测量研究断裂的现今运动, 已有过许多论述⁽²⁻⁶⁾, 在半定量和定量研究方面, 也取得了许多重要认识, 在时间尺度上, 从漫长的地质年代缩短到近代, 从宏观到微观的研究, 进一步加深了我们对断裂运动过程的认识, 兹就主要断裂的运动特征叙述如下。

1. 主要断裂的现今运动

本区断裂构造相当发育, 大体可分为 NNE、NE—NEE、NW 和 EW 向四组, 以 NNE 和 NE—NEE 最发育, 规模最大, 控制着本区构造格局和新生代盆地的形成和发育, 一般均为燕山运动时期形成的压性或压扭性断裂, 晚第三纪以来断裂多呈张性或张扭性活动; NW 向断裂在空间上断续发育, 规模较小, 新生代多为左旋兼压性活动。研究断裂的现今运动, 严格地说是研究沿袭老断面两盘的相对运动。

(1) 断裂现今运动平均年速率。由前述的三类测量资料, 共获得 62 组数据, 分散在 23 条规模不等的断裂上, 分布十分不均匀, 有的断裂上集中十几组数据, 有的则只有一个点。这些数据大体可分为四组: 平均年速率 $\geq 1\text{mm}$ 的有 10 个, 占 16.1%; $< 1-0.5\text{mm}$ 的有 9 个, 占 14.5%; $< 0.5-0.1\text{mm}$ 有 32 个, 占 51.7%; $< 0.1\text{mm}$ 有 11 个, 占 17.7%。从这些统计中不难看出, 本区断裂的现今运动较弱, 年速率小于 0.5mm 的达 $2/3$ 以上, 大于 1mm 的为数甚少, 而且分散在多条断裂上, 测点又大部分处于第四纪覆盖区, 测量的并不是断裂两盘的真实位移, 而是隐伏断裂活动在地表引起的垂直形变效应。

(2) 断裂现今运动的分级。依据多年的研究⁽²⁻⁵⁾, 考虑到第四纪覆盖区大面积水准测量存在着地下水下降而引起地面沉降因素的影响, 以及测线长度较大等特点, 所得到的平均年速率比基岩区一般偏大。由于目前尚未解决不同方法结果之间的相互换算, 为缩小不同方法所测结果的差异, 采取分级从粗的处理办法。依据上述平均年速率把断裂现今运动分为三级: 一级 $V \geq 1\text{mm/a}$, 二级为 $V < 1-0.1\text{mm/a}$, 三级为 $V < 0.1\text{mm/a}$, 事实上这种分级仅是一条断裂上最大活动量的表征。

本区属一级活动断裂的很少, 大兴凸起南缘断裂, 年速率达 1mm 以上的有三个点, 最大达 3.95mm/a , 有从西南向东北减小之势, 以东南盘下降兼左旋活动为主, 当然, 不排除地下水引起地面沉降的影响。南口—孙河断裂的西段年速率在 1mm 以上的有两个点, 其性质为左旋兼压性活动, 水平运动年速率为 1.03mm/a 。二级断裂较多, 许多规模较大的断裂都属此类, 如黄庄—高丽营、八宝山、紫荆关、南口、沿河城和蔚县—广灵、灵丘盆地南缘等断裂, 有的断裂个别地段, 活动量也较大, 如八宝山断裂大灰厂测点, 水平运动左旋年速率达 2.51mm 。三级断裂较少, 如施庄村和北石城等。但一、二、级断裂上也有许多点活动量较小与三级断裂的活动量相当 (表 1、表 2、图 1)。

北京及西北地区断裂现今运动一览表

表 1

断裂方向	断裂名称及编号	产 状		测 点	起 止 时 间	累计变化量 (mm)	平均年速率 (mm/a)	活动方式
		走向/倾向·倾角						
北 北 东	夏 垫 ①	N40° E/SE·50°		永乐店 通三线 640 _A —641	1978—1991.12 1988—1991	-7.6 0	1.23	上盘下降
	黄庄—高丽营 ②	N30—40° E/SE· 60—70°		桃 山 京陵 ₂₀ —怀京 ₃ 宣京 ₁₅₁ —154 亮甲店交点—丙 ₁₀ 上 万 牛口峪 涞 水	1985.5—1992.6 1980—1990 1966—1990 1966—1988 1985—1992.6 1970—1992.6 1984—1992.6	3.0 2.9 97.4 11.6 0.5* 0.5 -3.8 0.85	0.37 0.29 3.9 0.5 0.06* 0.06 -0.17 0.11	上盘上升 上盘上升 上盘上升 上盘上升 上盘上升 上盘下降 上盘上升
	北石城 ③	N20—30° E/NW		北石城	1983—1992.6	-0.9	-0.1	上盘下降
	大西山 ④	N10° E/SE·60°		张山营 包京 ₁₃₀ —131	1989—1992.6 1966—1988	-0.85* -0.5 -14.2	-0.24* -0.14 -0.55	右旋正倾滑 上盘下降
	延庆—矾山北缘 ⑤	N25° E/SE·70°		狼 山 包京 ₁₃₁ —133	1984—1992.6 1966—1988	-2.7 -20.8	-0.31 -0.9	上盘下降
	乌龙沟 ⑥	N20—40° E/SE		涞紫 ₆₋₉	1981—1991	5.5	0.55	上盘上升
	紫荆关 ⑦	N20° E—N10° W/SE		紫荆关	1976—1992.6	1.4	0.09	上盘上升
	八宝山 ⑧	N45° E/SE·60°		大灰厂 大灰厂台	1989—1992.6 1985—1992.6	7.55* 1.50 -1.27	2.51* 0.25 -0.2	左旋走滑 上盘下降
	南 口 ⑨	N35—55° E/SE·57°		德胜口 京包 ₁₄₄ 路2—岩5	1982—1990.6 1968—1988	0.5* -0.65 3.7	0.05* -0.07 0.18	上盘下降 上盘上升
	沿河城 ⑩			沿河城 西下线 1353—西下 14 基 燕家台	1983—1992.6 1983—1991 1982—1992.6	-1.0 9.1 0.3* 0.45	-0.01 1.1 0.03* 0.05	上盘下降 上盘上升 上盘上升

续表 1

断裂方向	断裂名称及编号	产 状		测 点	起 止 时 间	累计变化量 (mm)	平均年速率 (mm/a)	活动方式
		走向/倾向·倾角						
北 东	怀来—涿鹿北缘 ⑪	N51° E/SE·44—50°		小水峪	1973—1992.6	5.05° -1.75	0.26° 0.09	逆左旋
	蔚县—广灵 ⑫	N65° E—EW/NW· 50—70°		西凉线 化定 8—下洪 ^{25H} 大红 45—46	1984—1991	-3.9	-0.55	上盘下降
	六棱山北缘 ⑬	N45° E/NW SE·50—70°		大宣 ₃₆ —化洪 ₃	1984—1991	-3.2	-0.44	上盘下降
	牛驼镇东 ⑭	N50° E/SE·50°		固霸 6—7	1966—1988	-1.12	-5.1	上盘下降
	灵丘盆地南缘 ⑮			大红 62—63	1984—1991	-6.5	-0.93	上盘下降
北 西	南口—孙河 ⑯	N55° W/SW NE·70°		宣京线包京 ₁₄₇ —宣京 ₅₃ 百 善	1980—1988 1984—1992.6	1.1 -40.0	0.13 -4.7	上盘上升 上盘下降
	施庄村—镇边城 ⑰	N50° E/NE·70°		施庄村	1969—1992.6	1.67° -0.30	0.07° -0.01	左旋正倾斜
	怀安镇—化稍营 ⑱	N42° W/SW NE·48—85°		大宣线大宣 ₃₄ — ₃₆ 大宣 ₃₇ — ₃₅	1981—1991 1984—1991	1.1 -6.3	0.11 -0.9	上盘上升 上盘下降
	万全—姚家坡	N33° W/NE		大宣 ₄₀ —北大 ₃₄	1981—1991	2.5	0.25	上盘上升
	梁庄子 ⑳	N45° W/SW·80°		万全水关台	1985—1992.6	1.0° -1.3	0.14° -0.18	左旋正倾斜
东 西	深井西	N28° W/		大宣 ₃₄ —包京 ₁₀₇	1981—1991	6.2	0.62	西盘下降
	大兴凸起南缘 ㉑	N70° —90° E/S· 20—35°		涿县 榆固线 ₈₈ — ₁₂ —固霸 ₁₂	1984—1990 1978—1988	16.5 -39.5	3.3 -3.95	上盘上升 上盘下降
	崇礼—赤城 ㉒	N55° E/NE·66°		麻地营	1982—1992.6	1.4	0.13	上盘上升

注: * 为基线测量; “+”示左旋, 上盘上升; “-”示右旋, 上盘下降

表 2

ME-3000 测距网断层水平位移表

断裂名称及编号	测 距 网	起 止 时 间	断裂两盘相 对水平位移 总量(mm)	年速率 (mm/a)	中数中误差 平均值(mm)
夏 垫 ①	夏 垫	1984.4—1992.4	3.28	0.41	0.10
北石城 ③	北石城	1988.8—1989.7 1985.8—1992.4	0.10 -1.67	0.10 -0.24	0.07
乌龙沟 ⑥	小 河	1988.8—1989 1983.11—1992.4	0.70 -1.90	0.70 -0.21	0.08
	大 庄	1985.8—1992.4	-2.04	-0.29	0.20
	土 木	1985.5—1992.4	-1.23	-0.17	0.04
紫荆关 ⑦	紫荆关	1988—1989 1986.6—1992.4	1.68 1.28	1.68 0.21	0.09
	一间房	1988.8—1989 1981.10—1992.4	1.22 0.66	1.22 0.06	0.11
南口—沿河城 ⑨、⑩	沿河城	1985.8—1992.4	0.40	0.06	0.10
	白洋城	1988.8—1989 1985—1992	-1.76 -1.67	-1.76 -0.24	0.24
八宝山 ⑧	晓幼菩	1988.5—1989.4 1985.5—1992.4	1.09 5.58	1.09 0.79	0.14
黄庄—高丽营 ②	桃 山	1988.8—1989 1985.6—1992.4	1.30 0.53	1.30 0.07	0.13
密云二甲峪	密 云	1988.5—1989.4 1986.5—1992.4	-0.83 3.51	-0.83 0.59	0.07
南口—孙河 ⑬	姜 屯	1988.8—1989 1981.4—1992.4	2.51 7.18	2.51 1.03	0.12
涑 水 ⑭	涑 水	1985.5—1992.4	0.44	0.06	0.14
梁庄子 ⑮	万 全 (水关台)	1988.8—1989 1986.6—1992.4	-0.54 7.01	-0.54 1.17	0.20

注: “+”断层为左旋运动; “-”为右旋

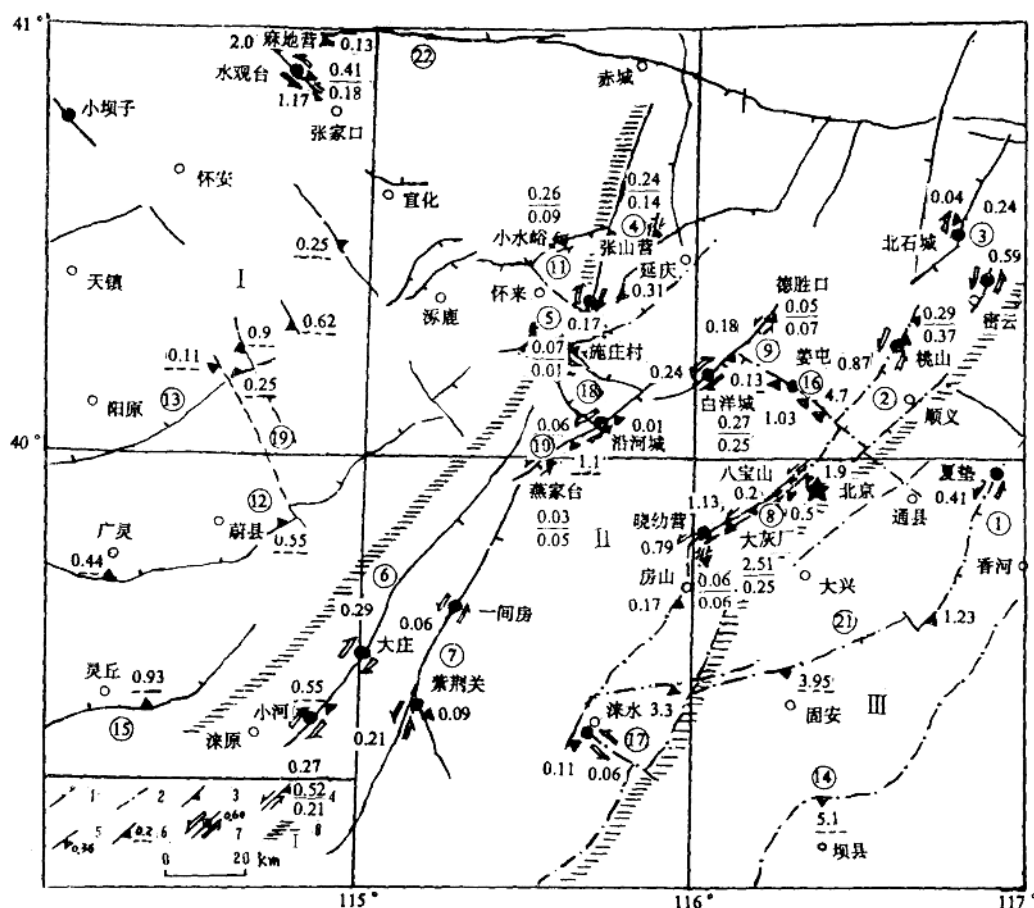


图1 北京及西北地区断裂现今运动图

1. 断裂; 2. 隐伏断裂; 3. 流动测量点; 4. 断裂上盘下降, 分子表示水平活动量, 分母为垂直活动量, 单位: mm/a; 5. 断裂上盘上升, 数字表示垂直活动量; 6. 水准路线跨断裂测段, 数为示垂直活动量; 7. ME-3000 测距网, 箭头及数字表示断裂两盘水平运动方向及位移量; 8. 活动断裂分区界线及编号, I. 京西北活动断裂区, II. 高丽营-紫荆关活动断裂区, III. 京东南活动断裂区

2. 断裂现今运动的主要特征

(1) 运动的强度。综合本区三种不同测量方法所取得的 62 组数据, 断裂运动平均年速率超过 1mm/a 的很少, 且大部分在第四纪覆盖区, 总体来说有 $2/3$ 以上小于 0.5mm/a , 表明本区是断裂现今运动强度较低的地区, 区内一些规模较大的活动性断裂也呈低速率运动, 如黄庄-高丽营、紫荆关大多数测点活动量都在 0.5mm/a 以下。一些新生代盆地的边界断裂, 如蔚县-广灵、灵丘盆地南缘、延庆-矾山断裂, 平均年速率也都在 1mm/a 以下。

(2) 位移量沿断裂的分布特征。平均年速率沿断裂的分布, 大体可分为单向衰减型、双向衰减型和起伏型三种。前者指位移平均年速率由一端向另一端逐渐减小, 如大兴凸起

南缘断裂；次者位移平均年速率大体由断裂中部向两端减小，如八宝山断裂，从大灰厂向两侧减小；后者平均年速率大小沿断裂起伏分布，如乌龙沟断裂。

(3) 断裂的性质。区内中部 NE—NNE 向的沿河城、紫荆关、黄庄—高丽营和八宝山断裂以压性兼左旋为主；NE 向新生代盆地（或凹陷）的边界断裂以张性为主，盆地或凹陷一侧下降，如延庆—矾山、蔚县—广灵、灵丘盆地南缘和大兴凸起南缘、牛东（坝县北）断裂等；N10°E 左右的北石城、大西山（张山营）断裂为张性兼右旋；NW 向断裂如南口—孙河、施庄村—镇边城涑水和梁庄子（万全）呈左旋（兼压或张性）活动。

(4) 断裂运动的分段性。断裂在空间上的分段性，主要表现在活动性质和量级方面，研究往往受测点分布不均的限制，区内南口—沿河城—紫荆关断裂和黄庄—高丽营、八宝山断裂测量手段、测点较多，都在 10 个以上，但分布在长 140—170km 的断裂带上仍显得不足。黄庄—高丽营和八宝山断裂依据现有资料大致可分为三段：中段晓幼营—八宝山，走向 NE，两条断裂平行延展，短水准、短基线、ME—3000 测距网、水准路线多种手段比较一致，性质为压性兼左旋；南段晓幼营—涑水，走向 NNE，断裂在从 NE 转向 NNE 后，上万测点出现右旋现象，张、压均有出现，年速率较小；北段在桃山、怀柔附近张、压性质多变，呈左旋，活动量较小。总之，该断裂带位移量中间大两端小，水平位移在断裂拐弯处两侧运动方向相反。

(5) 断裂运动的阶段性。本区跨断层流动测量时间最长的达 25 年，在距测点 150—320km 范围，历经了渤海、唐山、大同—阳高三个 6 级以上地震。依据大灰厂、燕家台、张山营、小水峪等测点基线测量曲线的特点可大致分成三个阶段（图 2）。第一阶段断层加速运动阶段，1968 年至 1976 年唐山地震，断裂运动显示趋势性加速或多次阶跃或滑动，位移量较大，平均年速率可达 1mm/a 以上；第二阶段断裂平稳运动阶段，从 1977 年至 1986 年（大灰厂、燕家台）或 1987 年（张山营、小水峪），断裂运动以平稳、变化缓慢、年速率低为特点，年速率大多数在 0.5mm/a 以下；第三阶段加速运动阶段，从 1987 年开始断裂运动又进入了一个加速运动阶段，阶跃式突滑事件增多，年速率明显增大，这期间发生了 1989 年大同—阳高 6.1 级地震。

综上所述，本区断裂运动的阶段性，初步显示出加速与平稳的交替出现，这恰与近年来华北北部地震活动的活跃与平静幕相一致，1966 年邢台地震至 1976 年唐山地震的 10 年地震活跃幕，与上述第一阶段加速运动相对应。唐山地震后，华北地震活动转入低潮，本区断裂运动也相应平稳，持续 10 年后从 1989 年大同 6.1 级地震前的加速运动出现而告终。从 1987 年出现的断裂加速运动将持续多久，目前尚难定论，迹象表明有可能持续到本世纪末或 21 世纪初（见后）。

(6) 断裂的运动形式。从本区所获得的测量曲线分析，微观断裂运动形式十分复杂，但一个点短时间的稳态滑动、阶跃式（突滑）滑动和加速滑动还是较容易识别的。稳态滑动的主要特征是活动量小，在较长的时间内稳定在一定水平上；阶跃式滑动主要指在短时间内，一天或数天连续出现突跳蠕滑事件，稳定一段时间后再次出现突滑，呈阶梯式发展，其突跳量是一般状态下的几倍乃至几十倍；加速滑动是在数月乃至一年以上，平均年速率连续递增呈趋势性加速运动，其量级约为稳态滑动的几倍至十几倍，一般被视为断层失稳前或地震的前兆现象。此外，尚有脉动或揉动的变化，反映在水平运动上为左、右旋短期的交变，在垂直活动上则为升、降的反复出现。

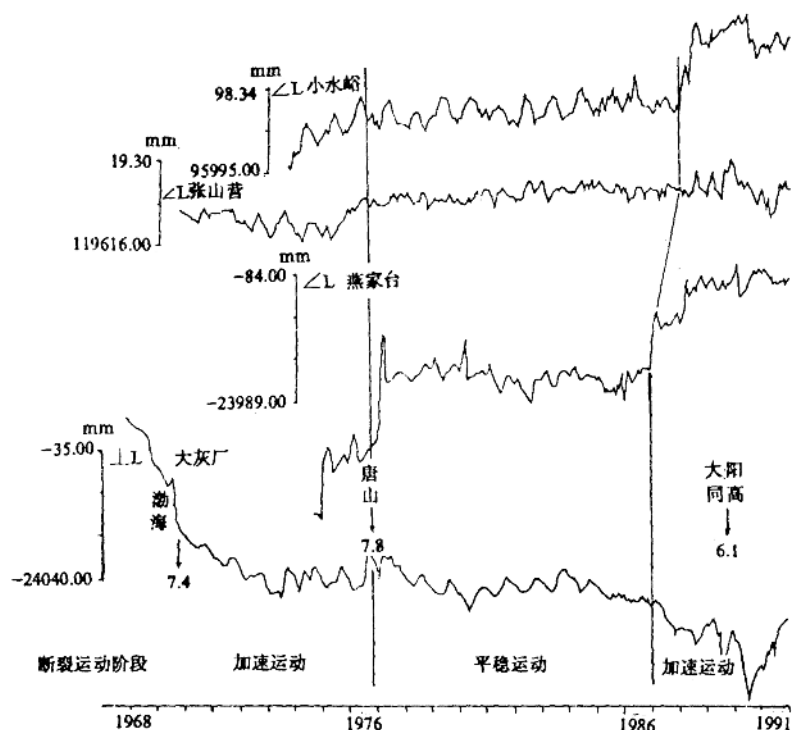


图2 断裂现今运动阶段划分图 (据高忠宁资料编)

四、活动断裂现今运动的分区与区域应力场作用方向

1. 断裂现今运动的分区

本区断裂的现今运动, 依据其性质可初步划分为京西北活动断裂区、高丽营-紫荆关活动断裂区和京东南活动断裂区。

京西北活动断裂区主要为山西断陷盆地系的东北端, 包括灵丘、阳原、蔚县、延庆-怀来盆地及其周围山地。主要构造断裂呈 NE 向, 其次为 NW 向和 EW 向断裂。断裂的现今运动: NE 向断裂如阳原-化稍营、蔚县-广灵、灵丘盆地南缘、怀来-涿鹿等, 均呈张性活动, 盆地一侧下降, 山区一侧上升, 水平运动资料很少, 仅怀来-涿鹿断裂东北端小水峪基线测量呈张性兼左旋, 年速率均较小; NW 向断裂张性活动居多, 少数呈压性, 水平运动较少, 据万全梁庄子断裂基线和测距网可能呈左旋运动; EW 向的崇礼-赤城断裂麻地营测点呈压性活动。

高丽营-紫荆关活动断裂区, 位于研究区的中部, 主要断裂为 NE—NNE 向 (包括 $N10^{\circ}E$), 次为 NW 向。其中 NE—NNE 向的紫荆关断裂和黄庄-高丽营、八宝山断裂, 以压性为主兼左旋, 局部地段可能以走滑为主, 旋转性在断裂拐弯的两侧方向相反; $N10^{\circ}E$ 向的断裂如北石城、大西山 (张山营)、乌龙沟等呈张性兼右旋活动; NW 向的南口-孙河、施庄村-镇边城和凉水断裂为左旋兼压性或张性活动。

京东南活动断裂区为华北中新代盆地的西北隅,主要断裂和断陷、凸起均为 NE—NNE 向,其中顺义—良乡、通县—南苑、夏垫和大兴凸起南缘断裂,以及牛坨镇凸起东侧断裂均为断陷边界断裂,断裂的现今运动仍继承着断陷下降、凸起上升的张性活动,因水平活动资料甚少,确切的性质尚难定论,仅夏垫断裂 ME-3000 测距显示为左旋活动。

需要指出,由于本区现今地壳运动强度低、性质特征不十分显著,处于演化进程中的微观运动具有多变性以及测量方法和布点的不足,因此活动断裂的分区界线就不可能像大地构造单元界线那么确切、清楚,它有可能随着研究的深入或运动方式的改变而变化。

2. 区域应力场作用方式

依据断裂的组合关系尤其是共轭断裂的性质,定性判别区域应力场作用的方向和方式,是地质学的主要方法之一,前已述及,本区 N60—70°W 向的断裂主要呈左旋兼压性特征, N10°E 向的断裂呈右旋兼张性,据此判断现今应力场水平主压应力方向应为 NEE 到近 EW 向。但本区中部的紫荆关和黄庄—高丽营、八宝山断裂却呈现出与之不协调的压性兼左旋活动,这一现象可能是由于块体之间运动速度的差异所引起的。表明该区存在着一个局部应力场,应进一步深入研究。

五、地震活动趋势预测

前已述及,本区断裂现今运动的阶段性与一定范围内(半径约 300—400km)地震活动的活跃、平静阶段性是相关的。众所周知,1966 年邢台地震至 1976 年唐山地震是一个地震活跃幕,此间断裂运动也明显增强,唐山地震后本区周围的华北地区经历了 10 年左右的地震平静幕,断裂现今运动也出现与其相辅相成的稳态活动。从 1987 年以来,断裂现今运动又明显增强,加速和阶跃突滑事件在许多测点均有出现。1989 年大同—阳高地震正是在这一背景出现后发生的,它可能意味着本区及周围又进入了一个地震活跃幕,其持续时间的长短,同地震活动一样,并非遵循着固定的周期,即使是在相当大的区域内进行统计,也仅仅表现出一些准周期的迹象,而地质历史时期的构造运动、运动幕的持续时间更是如此。

从华北地区 2000 多年 $M > 6$ 级的历史地震分析,平静幕无震期(包括期间仅有一次地震的)有 10 个,持续时间绝大多数在 14—27 年,极少数为几十年或百余年(有可能原缺失记载造成的),而持续时间在 10—31 年连续发生 3—9 次地震的有 9 个地震活跃幕,这与陈荣华分析华北第三、第四地震活跃期的相似性的结果大体一致⁽⁷⁾。

由此看来,从 1989 年大同—阳高地震开始的地震活跃幕,可能持续至 2000 年或 2020 年,但由于华北东部地表活动高潮期已经过去,未来的地震幕地震频度和强度可能较低。就本区而言仅华北地区的一小部分,在今后 10—30 年落入本区的强震可能更少。从断裂现今运动的强度看,绝大多数测点年速率都较低,京西北地区和京东南地区的现有资料表明,断裂以正倾滑为主,反映了最大主应力近于垂直,断层阻力较小,但在 NW 向断裂附近可能形成较高的剪应力积累。高丽营—紫荆关活动断裂区以挤压兼走滑为主,反映了最大主应力近于水平,断层阻力最大。但断层粘滑失稳并不依赖于摩擦强度的大小,而依赖于摩擦阻力是否比驱使滑动的应力减小得更快⁽⁸⁾,也就是说,若摩擦阻力比驱动应力减小得快,断层运动便会出现加速滑动或阶跃式突然滑动;反之,若驱动应力比摩擦阻力

减小得快,则断层呈现稳定滑动。然而,目前我们还无法知道每条断裂地表和深部的上述状态,从而指出未来发展断层区段,而只能进行极粗略的判断。一般认为,逆断层和走滑断层区,剪应力一般达到了较高的数值,一旦发生地震,其震级可能较大。

基于上述认识,初步认为,NW向断裂与NE向构造断裂的复合区及其附近,尤其是新生代盆地与北西断裂交汇的附近,如怀安镇—化稍营、蔚县、姚家坡—涿鹿、涿水等地,有可能发生 $M>6$ 级地震。而处于山西断陷盆地系至华北盆地之间的高丽营—紫荆关挤压活动断裂区,是历史上的少震区,是否具有潜在的危险,仍需进一步研究。

参 考 文 献

- (1) 陶本藻,自由平差新方法,工程勘探,5,1980.
- (2) 刘光勋等,中国东部活动断裂的现代构造运动,地震地质,4,4,1—14,1982.
- (3) 国家地震局,中国大地形变测量成果表,测绘出版社(内部发行),1983.
- (4) 马廷著、黄佩玉,唐山7.8级地震前后的断裂运动,地震地质,4,4,45—55,1982.
- (5) 马廷著、刘国民,中国大陆活动断裂的现代运动与地震危险性探讨,地壳构造与地壳应力文集(3),14—29,1989.
- (6) 马廷著、刘国民,华北北部水准测量与现代地壳垂直运动,地壳构造与地壳应力文集(4),37—47,1990.
- (7) 陈荣华,华北第三地震活动期和第四地震活动期的相似性,地震,6,32—36,1992.
- (8) P.Segall,断层力学,世界地震译丛,1,33—45,1993.

The Recent Movement of Some Faults in Beijing and its Northwestern Area

Ma Tingzhu Jiang Chengen

(Institute of Crustal Dynamics, SSB)

Abstract

In this paper, by using data of precise levelling, short-levelling and short base line measurements across faults, we have analysed main characteristics of the recent fault movement, divided active regions for the faults with different behaviors, discussed the action direction and the nature of regional stress field, and estimated the active tendency of $M\geq 6$ earthquakes in this area.

桑干河南山前断裂活动特征

李学新 张英礼 樊文奎

(国家地震局地壳应力研究所)

一、引言

京西北地区属“首都圈”地震重点监视区。走向 NEE 的断裂呈右行斜列分布于全区，是控制区内构造格局的主干断裂。它们控制着山西断陷带北段 NEE 向断陷盆地的形成和发展，与地震活动密切相关（图 1）。因此，研究 NEE 向断裂的特征，对于山西断陷带的

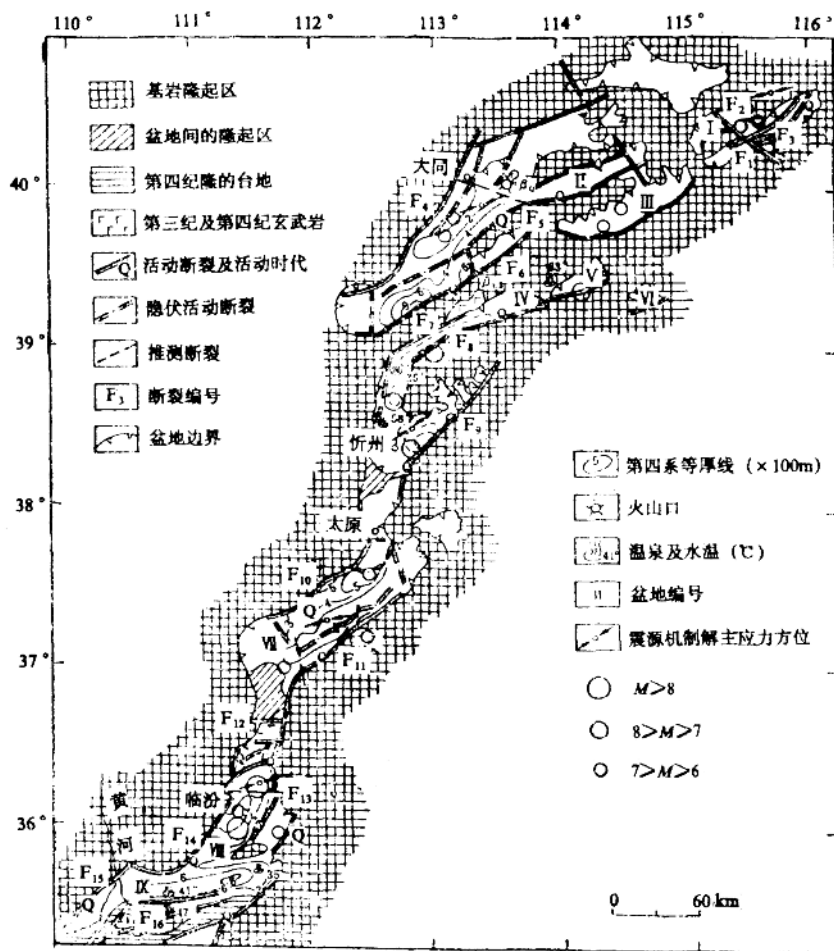


图 1 山西断陷带新构造图

形成和京西北地幔危险性的评价,无疑具有重要意义。

从图 1 看,桑干河南山前断裂 (F_2) 为山西断陷带北段 NEE 向断裂中规模最长的一条,其西段先后于 1989 年 10 月和 1991 年 3 月发生了两次中强地震群,震级分别为 $M6.1$ 和 $M5.8$,均与该断裂的活动有关^[1, 2]。该断裂西起麻峪口以西,向东经徐家堡、南徐村、马家窑,至石匣附近消失,全长 130 多公里,在断裂延伸范围内,被一组与之相拌生、走向 NNW 向的断裂和燕山期辉绿岩脉所切错,导致断裂走向呈波状展布,总体走向 $NE60-80^\circ$ (图 2)。在前人工作基础上,通过野外调查和年代样品测定,获得了断裂活动性质、年代、期次和强度等方面的实际资料,对进一步研究山西断陷带北段 NEE 向断裂构造的特征、断陷带的形成,以及其地震危险性的评价,提供了有益的基础资料。

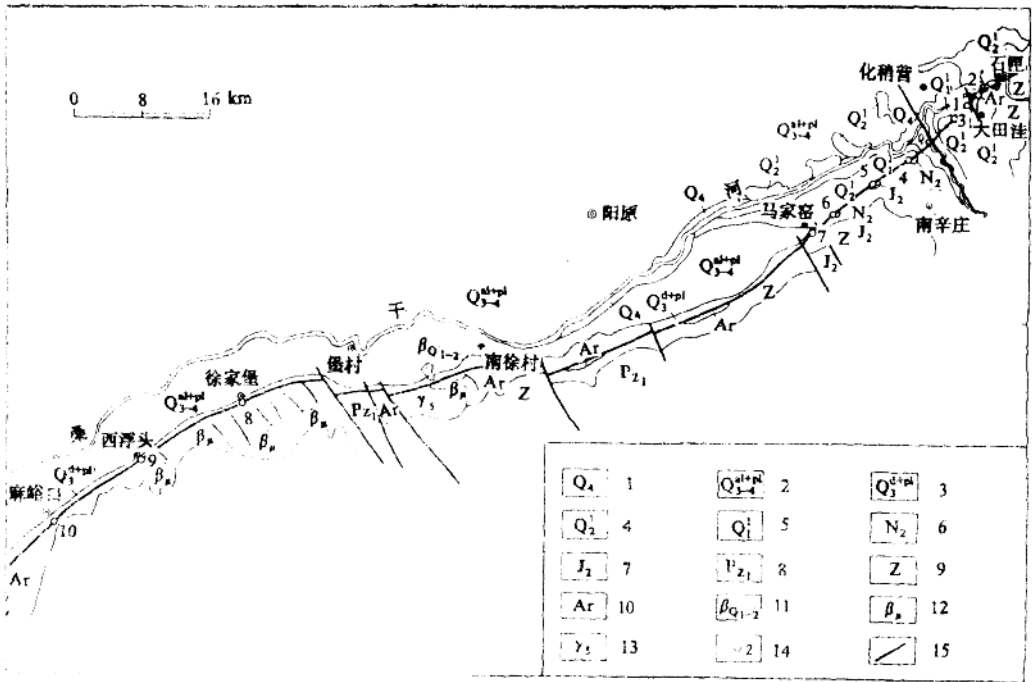


图 2 桑干河南山前断裂平面图

- 1.全新统冲积层; 2.全新统一晚更新统冲、洪积层; 3.全新统一晚更新统坡、洪积层; 4.中更新统湖积层; 5.早更新统湖积层; 6.上新统红土; 7.中侏罗统; 8.下古生界; 9.震旦系; 10.太古代;
11.中一下更新统玄武岩; 12.燕山期辉绿岩脉; 13.燕山期花岗岩; 14.观察点; 15.断层

二、新生代地层简述

为便于了解断裂,先对断裂附近的新生代地层简单介绍于下。在阳原盆地东侧石匣附近,可见直接覆于盆地基底之上的第一松散盖层为新第三系上新统三趾马红土。红土之上为一套厚度较大的湖积层,据前人研究^[3, 4],小渡口—柳家台剖面为具代表性的湖积层典型剖面。该剖面以侵蚀面为界划分为上下两部,其时代分属中、早更新世,早更新统由粘土—亚粘土和粉砂组成。颜色以灰绿色为主,地表出露厚度约 80—90m,大部分被埋