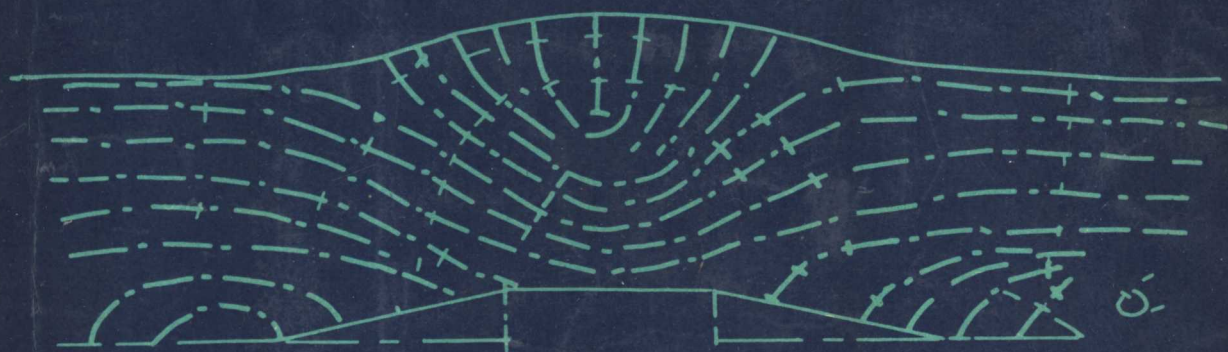


3

地壳构造与地壳应力文集

国家地震局地壳应力研究所 编



地震出版社



地壳构造与地壳应力文集

(三)

国家地震局地壳应力研究所 编

地震出版社

1989

内 容 提 要

本书是国家地震局地壳应力研究所编辑的地壳构造与地壳应力文集的第三集。包括地壳构造运动、地应力测量、实验研究、地壳应力场的数值模拟、综述和 ^{14}C 年代测量报告等论文和报告 26 篇。介绍了我所近年来地震地质、地球动力学、野外原地应力测量和室内模拟实验研究等方面的研究成果。

本书可供地质、地球物理、矿山及水利工程等领域的科技人员和有关大专院校的师生参考。

地壳构造与地壳应力文集 (三)

国家地震局地壳应力研究所 编

责任编辑: 朱向军

责任校对: 孔景宽

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路 9 号

东 方 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 17.75 印张 454 千字

1989 年 12 月第一版 1989 年 12 月第一次印刷

印数: 001—800

ISBN 7-5028-0328-9/P·208

(717) 定价: 9.00 元

《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)

丁旭初	勾 波	王继存	傅子忠
刘光勋	安 欧	李方全	李鼎容
苏恺之	张文涛	张伯崇	张崇寿
欧阳祖熙	陈学波	陈宏德	姜 光
赵国光	聂宗笙	高莉青	黄福明
游丽兰	杨承先	董立本	

编 辑: 陈宏德 王文清

目 录

地壳构造运动

- 地震断层及其在构造地质学中的意义 王贵华 刘光勋 (3)
- 中国大陆活动断裂的现代运动与地震危险性探讨 马廷著 刘国民 (14)
- 中国海域的活动断裂 马廷著 刘国民 (30)
- 鲜水河断裂带的不连续构造特征及其对地震破裂的控制
..... 韦 伟 刘德权 龙德雄 贺群禄 赵国光 (45)
- 从唐山地震在北京地区的震害分布特征探讨控制震害发生的因素 刘仲温 (54)
- 鄂尔多斯及其周缘断陷盆地现代构造活动与区域应力场 胡惠民 (60)
- 密度平衡椭球体理论——地壳运动动力来源新探讨 于双忠 (69)

地应力测量

- 云南丽江县团山水库 430 米深钻孔水压致裂应力测量
..... 李方全 刘 鹏 毛吉震 祁英男 (85)
- 四川自贡自流井背斜水压致裂应力测量
..... 祁英男 毛吉震 刘 鹏 李方全 张伯崇 陈玉春 罗世高 (93)
- 云南剑川狮子桥 800 米深孔水压致裂应力测量
..... 翟青山 李方全 刘 鹏 张 钧 梁海庆 毛吉震 魏庆云 (100)
- 测定应力场方向的一种新方法: 用超声波井下电视测定现今应力场方向
..... 毛吉震 祁英男 李方全 (108)
- 水压致裂原地应力测量方法的改进
..... 刘 鹏 柴建中 张志国 李方全 (115)

实验室研究

- 东亚大陆地震的地球自转动力和实验证明及应用
..... 安 欧 张 包 马德元 王东霞 李桂荣 (123)
- 循环载荷对岩石孔隙压力特性的影响——地下水位震前异常变化机理探讨二
..... 郭慧敏 刘长义 韩 风 张伯崇 (134)
- 孔壁崩落与原地应力关系的实验研究
..... 丁健民 梁国平 刘启芬 郭启良 高建理 余建华 徐 昆 孙聚晨 (143)
- 我国西南地区现代构造应力场光弹性模拟实验研究
..... 郭世风 陈葛天 (152)
- 华北地区新生代构造活动机制的讨论
..... 聂宗笙 王文清 高 词 蒋丽芳 (163)

断层水平错动的激光散斑模拟实验方法及其在鲜水河地区的应用

..... 高德禄 李淑恭 邵 进 郭世凤 陈葛天 (170)

地壳应力场的数值模拟

滇西北地区构造应力场的数值模拟

..... 王继存 ● 黄清阳 续春荣 祝景忠 谢富仁 梁海庆 (181)

四川自贡地区构造模型的建立及应力场反演

..... 陈 睿 张伯崇 祁英男 罗世高 彭 礼 (187)

晋冀蒙交界地区构造应力场的有限元分析 李群芳 张云柱 李桂荣 (200)

用有限元板失稳模式反演局部区域应力场方向

..... 阮小平 赵国柱 赵仕广 梁发明 (210)

震源体失稳性态及其控制因素的综合研究——华北平原区震源作用方式的模型分析

..... 张 超 陈连旺 过家元 (214)

综 述

现代地壳动力学与地质灾害研究 赵国光 (251)

构造应力的分布特征及其与地震的关系 高莉青 陈彭年 曹月娥 (255)

^{14}C 年代数据

^{14}C 年代测量报告(一) 黄诗斌 古桂云 关志民 周俊萍 (269)

CONTENTS

CRUSTAL TECTONIC MOVEMENTS

- Seismic Fault and Its Implications in Tectonic Geology
..... Wang Guihua, Liu Guangxun (3)
- On Present Active Fault Movements and Seismic Risks within Mainland of
China Ma Tingzhu, Liu Guomin (14)
- The Active Faults in China Seas..... Ma Tingzhu, Liu Guomin (30)
- On Features of Discontinuous Structures along Xianshuihe Fault Zone and
Their Control over Seismic Ruptures
..... Wei Wei, Liu Dequan, Long Dexiong, He Qunlu, Zhao Guoguang (45)
- A Discussion on Control of Factors That Will Cause Earthquake Damages from
Seismic Hazard Distribution in Beijing District during Tangshan
Earthquake Liu Zhongwen (54)
- Modern Tectonic Motion and Regional Stress Field in Ordos and Its Marginal
Fault Basins Hu Huimin (60)
- The Theory of Density Equilibrium Ellipsoid—A New Discussion on Dynamic
Source of the Earth's Crustal Movement Yu Shuangzhong (69)

CRUSTAL STRESS MEASUREMENTS

- Hydrofracturing Stress Measurements in A Hole 430 Meters Deep in Tuanshan
Reservoir, Lijiang County, Yunnan Province
..... Li Fangquan, Liu Peng, Mao Jizhen, Qi Yingnan (85)
- Hydrofracturing Stress Measurements in Ziliujing Anticline near Zigong City,
Sichuan Province Qi Yingnan, Mao Jizhen, Liu Peng,
Li Fangquan, Zhang Bochong, Chen Yuchun, Luo shigao (93)
- Hydrofracturing Stress Measurement in A Borehole 800 Meters Deep in
Shiziqiao, Jianchuan County Yunnan Province Zhai Qingshan,
Li Fangquan, Liu Peng, Zhang Jun, Liang Haiqing, Mao Jizhen, Wei Qingyun (100)
- A New Method of Measuring Present Stress Field Direction by Use of
Ultrasonic Borehole Televiwer Mao Jizhen, Qi Yingnan, Li Fangquan (108)
- An Improvement in Technique of Hydrofracturing In-situ Stress Measurements
..... Liu Peng, Chai Jianzhong, Zhang Zhiguo, Li Fangquan (115)

LABORATORY EXPERIMENTS

The Dynamic Theory of Earth Rotation Related to Earthquakes in East Asia

Continent—Its Proof Tests and Application

..... An Ou, Zhang Bao, Ma Deyuan, Wang Dongxia, Li Guirong (123)

Effect of Cyclic Loading upon Behavior of Pore Pressure in Rock—An Approach
to the Mechanics of Anomalous Level Fluctuation of Underground Water

before Earthquake Wu Huimin, Liu Changyi, Han Feng, Zhang Bochong (134)

An Experimental Study of Relationship between Wall Breakout and In-situ

Stress Ding Jianming, Liang Guoping,

Liu Qifen, Guo Qiliang, Gao Jianli, Yu Jianhua, Xu Kun, Sun Juchen (143)

Photoelastic Model Experiment of Present Tectonic Stress Field in Southwest

China Guo Shifeng, Chen Getian (152)

On Mechanism of Cenozoic Tectonic Motions in North China

..... Nie Zongsheng, Wang Wenqing, Gao Ci, Jiang Lifang (163)

A Laser Scattering Simulation Test for Horizontal Dislocation of Fault and

Its Application at Xianshuihe Zone

..... Gao Delu, Li Shugong, Shao Lin, Guo Shifeng, Chen Getian (170)

NUMERICAL MODELLING OF STRESS FIELD IN THE EARTH'S CRUST

A Numerical Simulation of the Tectonic Stress Field in Northwest Yunnan

..... Wang Jizun,

Huang Qingyang Xu Chunrong, Zhu Jingzhong Xie Furen, Liang Haiqing (181)

Construction of Structural Model of Zigong Prefecture, Sichuan Province, and

Inversion of Stress Field

..... Chen Rui, Zhang Bochong, Qi Yingnan, Luo Shigao, Pen qianli (187)

Finite Element Analysis of the Tectonic Stress Field in Contiguous Area of

Shanxi, Hebei Provinces and Inner Mongolia

..... Li Qunfang, Zhang Yunzhu, Li Guirong (200)

Inversion of the Direction of Local Regional Stress Field Using Non-steady

Model on A Finite Element Plate

..... Ruan Xiaoping, Zhao Guozhu, Zhao Shiguang, Liang Famin (210)

Stability of the Crust Depths—Synthetic Study on Brittle Fracture Mechanism and

Frictional Mechanism of the earthquake source body

..... Zhang Chao, Chen Lianwang, Guo Jiayuan (214)

SUMMARY

Study on Present Crust Dynamics and Geologic Harzard Zhao Guoguang (251)

The Feature of Tectonic Stress Distribution and Its Relation to Earthquake

..... Gao Liqing, Chen Pengnian, Cao Yue'e (255)

CARBON-14 AGE DATING

Report on ^{14}C Dating Determination (—)

..... Huang Shibin Gu Guiyun Guan Zhimin Zho Junping (269)

地壳构造运动

地震断层及其在构造地质学中的意义

王贵华 刘光勋

(国家地震局地壳应力研究所)

一、前言

美国的瑞德在研究 1906 年旧金山大地震时提出了“弹性回跳”理论。此后,日本的志田顺用断层错动解释了地震 P 波初动的四象限分布图象。接着,日本的中村又发现 P 波初动呈四象限分布的地震震中区,有一地质断层与两条节线中某一条重合⁽¹⁾。这样,地震的断层说在地面及震源区都有了岩体错动的证据。随着资料的日益丰富,地震的断层成因说已成为构造地震的主要成因论之一。

从现今活动断层和岩石力学实验来看,断层的运动方式可分为三类:

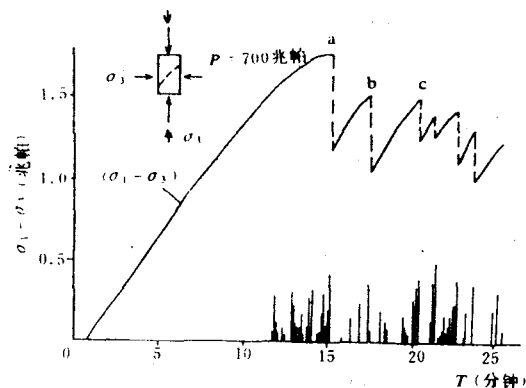


图1 周口店花岗闪长岩室温高压三轴实验粘滑曲线和声发射记录(据文献[2]略有增删)

(1) 断层的突发运动(粘滑): 断层突然滑动, 产生地震并产生应力降。岩石力学实验中称这种运动为粘滑。它是有震的断层运动, 可在地表造成数十至数百公里的地震断层破裂带。这种断层运动形式与实验室里的粘滑实验很相似。图1是周口店花岗闪长岩在围压 $P=700$ 兆帕时的室温三轴实验。实验情况如左上角小图所示。 σ_1 为轴向单向增压, 达到一定值时, 在 a 点, 岩石产生突发式剪切破裂, 使岩石产生初始粘滑, 出现破裂面(左上图虚线), 并伴

随位移和应力降。之后, 破裂面锁住, 当 σ_1 再加压时, 在 b 点、 c 点依次发生粘滑。

(2) 断层的蠕滑运动(断层蠕变): 这是一种滑动速率缓慢的无震平稳滑动。实验中, 称这种运动为稳滑。对比实验室里的典型蠕变曲线(图2)⁽³⁾ 和蠕变仪实测的断层蠕变曲线(图3)⁽⁴⁾, 可以看出, 断层的蠕变曲线相当于典型蠕变曲线的稳态蠕变段。而地震前后记录到加速蠕变及瞬态蠕变。一般断层蠕变量为几毫米/年, 最大达几厘米/年, 如圣安德烈斯断层⁽⁵⁾ 和北安纳托利亚断裂⁽⁶⁾。

(3) 介于上述两种滑动速率的断层滑动: 如金森博雄⁽⁷⁾ 谈到的“缓慢地震”事件, 以及1976年唐山大震后在邻近地区一些人们感到的“地动”⁽⁴⁾。

目前人们对前两种断层运动方式了解得较多, 而对第三种运动方式研究甚少。有关对断层运动方式的研究认为, 断层在发育成长过程中, 粘滑和稳滑是共存的, 并且此起彼伏地交替出现。蠕滑蓄积形变能于闭锁地段从而为粘滑创造条件。从蠕滑机制是微小的脆性破裂考虑, 蠕滑的结果必然促进粘滑的发生。从断层滑动与地震关系来看, 蠕滑是长期的、缓慢的, 而粘滑是快速的、短暂的。

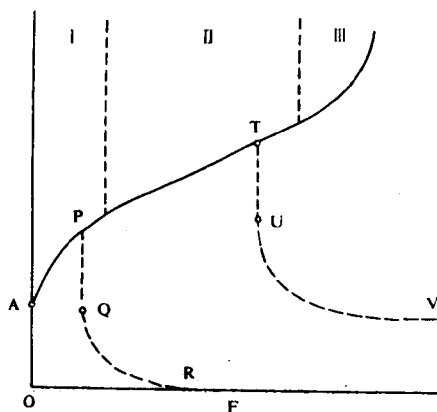


图2 典型的岩石蠕变曲线(据文献[3])

I. 瞬态蠕变; II. 稳态蠕变; III. 加速蠕变

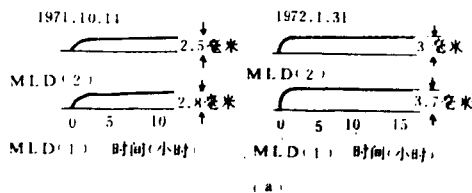
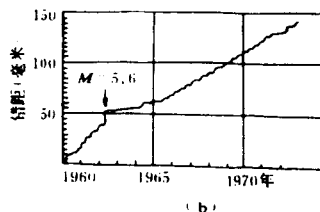


图3 蠕变仪实测的断层蠕变曲线(据文献[4])

(a) 圣安德烈斯断层上两台仪器记录的蠕变事件;



(b) 加利福尼亚霍利斯特附近西奈格酒厂的周期性蠕变

表1 地震断层长度和震级一览表

发展时间 (年.月.日)	地 点	震级	地震断层长度(公里)	资料来源
1733.8.2	云南东川	7	100	(16)
1786.6.1	四川康定一带	7 $\frac{1}{2}$	68	(17)
1906.3.17	台湾嘉义	6 $\frac{3}{4}$	13	(18)
1920.12.16	宁夏海原	8 $\frac{1}{2}$	200 余	(19)
1923.3.24	四川道孚恰叫	7 $\frac{1}{4}$	80—100	(17)
1932.12.25	甘肃昌马	7.6	116	(15)
1935.4.21	台湾新竹	7	70	(18)
1937.1.7	青海托素湖	7.5	180	(11)
1946.12.5	台湾台南	6 $\frac{3}{4}$	6	(18)
1951.10.22	台湾花莲	7	7	(18)
1967.8.30	四川炉霍侏倭	6.8	断续出露 12	(17)
1970.1.5	云南通海	7.7	48	(10)
1974.2.4	辽宁海城	7.3	5.5	
1976.7.28	河北唐山	7.8	90	(20)
1980.10.10	阿尔及利亚, 阿斯南	7.3	40	(21)
1891.10.28	日本浓尾	8.4	150	(16)
1923.9.1	日本关东	8.3	20	(16)
1930.11.26	日本北伊豆	7	35	(5)
1964.6.16	日本新潟	7.5	20	(5)
1906.4.18	美国旧金山	8.3	435	(16)
1954.7.6	美国内华达	6.6	18	(16)
1954.12.16	美国内华达	7.2	59	(16)
1964.3.28	美国阿拉斯加	8.5	80	(16)
1912.8.9	土耳其	7 $\frac{3}{4}$	12	(16)
1943.11.26	土耳其	7.6	280	(16)
1957.5.26	土耳其	7.1	50	(16)
1966.8.19	土耳其	6.8	30	(16)
1957.12.4	蒙古戈壁阿尔泰	8.3	265	(22)

地震断层是地震在震中区附近形成的地表破裂现象,是震源深处断层的粘滑运动在地表的反映。尽管对这种破裂现象命名不一,如地震裂缝带^(8,9),地震形变带⁽¹⁰⁻¹³⁾,地震断裂带⁽¹⁴⁾,地震破裂带⁽¹⁵⁾等,但都认为地震断层是震源区岩层破裂引起的地表断层错动现象。因此,我们可将地震断层定义为:在地应力作用下,引起强震的地壳深部岩层突然错动影响地表而形成的断裂。它是深部断裂在地表的表象,是活断层最直接、最具体的反映。往往与原有的地质断层位置相重合。一般情况下,7级以上破坏性大震才伴随一定规模的地震断层(表1)。但也有相当数量的大于7级的地震并未出现地震断层或仅产生规模很小的地震断层;相反,也有少量的小于7级的地震却出现了地震断层。如1981年四川道孚6.9级地震,出现长达44公里的地震断层⁽⁹⁾。而1975年辽宁海城7.3级地震的小孤山地震断层,长度仅5.5公里。1974年云南昭通7.1级大震,野外调查未见到的地震断层。产生这种现象的原因比较复杂,既可能与地震构造类型、断层性质有关,也可能与震源深度及其所处环境以及地表条件有关。

传统的构造地质学主要是研究漫长地质时期遗留下来的断层遗迹,并以此建立其基本观点和内容。这种遗迹是多次运动的迭加与结果,所反映的静态或动态特征都不是完全的,尤其动态特征、动态过程,大多没有反映出来。而地震断层是断层的最新活动,它的许多特征尚保留着,对断层的研究无疑会提供更多的信息。因此,构造地质学者不仅要研究“老”断层,而且也应该重视对最近时期产生的地震断层的研究。

二、地震断层类型和形态特征

1. 地震断层的基本类型

根据断层两盘相对位移方向,可将地震断层分为:正断层、逆断层和走滑断层。走滑断层往往伴有倾滑分量,根据倾滑分量的方向,又可将走滑断层进一步划分为正-走滑断层(张扭性断层)和逆-走滑断层(压扭性断层)。

2. 各类地震断层的形态特征

纯属正断层性质的地震断层目前发现较少,一般都兼有不同程度的走滑分量,或出现在一条走滑为主的地震断层的特定地段中。1931年新疆富蕴8级大震造成长达178公里的地震断层,其北部55公里的引张段中,有29公里长的地段属于构造成因的地震正断层⁽¹⁴⁾。

这类地震断层经常表现为倾角较陡的正断层陡坎。如1679年在河北三河8级大震的震中区夏垫附近,目前仍清晰可见5公里多长的右旋走滑-正断层陡坎。又如发育在贺兰山前,晚更新世洪积扇上的断层陡坎,长约15公里⁽²³⁾,陡坎坡度角可达70—80°,高5—6米。经地质、地貌和地震活动性综合研究,认为这一断层陡坎是多次断层快速运动形成的,其中1739年平罗8级大震提供了2.94米的垂直位移量⁽²⁴⁾。

1980年在阿尔及利亚的阿斯南发生的7.3级地震,造成40公里长的地震逆断层。但在逆断层西盘即上冲盘的挤压褶曲顶部出现断续的次级正断层陡坎。

逆断层特点是断面本身较连续,其宽度常限制在几米至一二十米的狭窄地带内。断面上能见到明显的逆冲擦痕。断层规模中等,一般单条断层延伸长度几十米至数公里。地貌上常呈地震陡坎,其坡度50—70°不等⁽²⁵⁾。当断层为低角度逆冲时,断面沿等高线出

露，呈曲线状⁽¹⁴⁾。1964年阿拉斯加发生的8.4级大震即为典型的逆冲断层，东边一条在陆地上长30余公里(向海内延伸)，垂直位移7—8米，西边一条长6公里，垂直位移5米左右，形成明显的逆冲断层陡坎⁽²⁶⁾。1957年蒙古的戈壁阿尔泰8.3级大震也造成规模巨大的逆冲断层陡坎⁽²²⁾。

当逆冲断层面未穿透地表松散覆盖层时，可发现一系列挤压脊(垄脊)和单斜挠曲等形变现象。1932年甘肃昌马7.6级大震造成的长达116公里的地震断层属逆冲性质，南西盘逆冲在北东盘之上，中段和东段普遍发育有垄脊和地震陡坎，最大高差达4—8米^(12,15,27)。

走滑地震断层一般规模大，延伸长，断面平直，宽度窄，倾角陡。单条长度1—10公里。断面上常见到水平擦痕。凡断层通过之处，尤如一刀切断并水平扭错，地貌景观极为醒目。这类地震断层为数最多，我国发现的地震断层大多属于以走滑为主的地震断层，如1920年海原地震、1931年富蕴地震、1937年托索湖地震。

3. 地震断层的组合结构

不同力学性质的地震断层，其组合形态各异。正断层在平面上往往呈雁列状(图4)。逆断层组合较复杂，常呈各种型式，如帚状、棱形、菱形或肘状，并与其它性质的分支构造组成侧羽状。

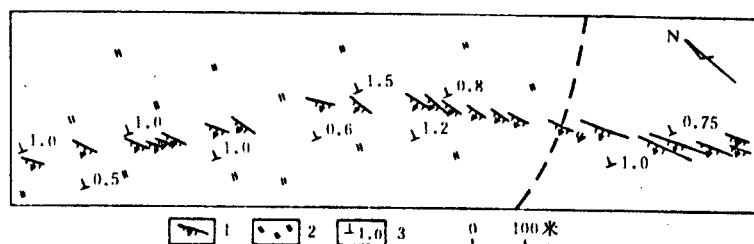


图4 1951年当雄8.0级地震崩错湖东南沼泽地中地震断层(实测)平面图(据文献[28])

1.正断层; 2.沼泽地; 3.垂直位移测量位置及位移值

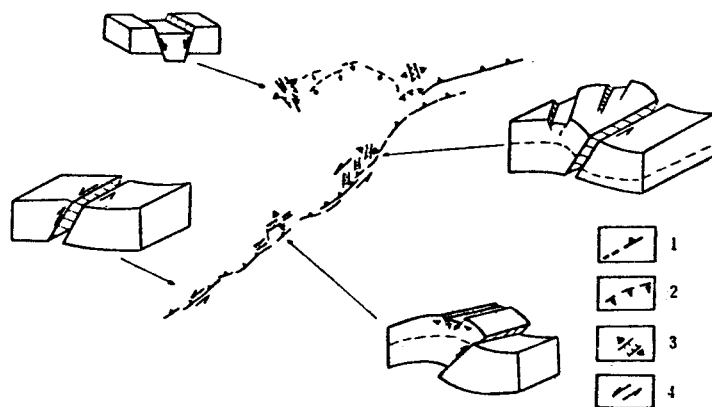


图5 1980年阿尔及利亚阿斯南地震断层结构示意图(据文献[21])

1.逆断层; 2.正断层; 3.小地堑及拉张方向; 4.断层盘运动方向

图 5 显示出作为逆冲性质地震断层实例的 1980 年阿斯南地震断层，在平面、剖面上的组合结构特征^[21]。

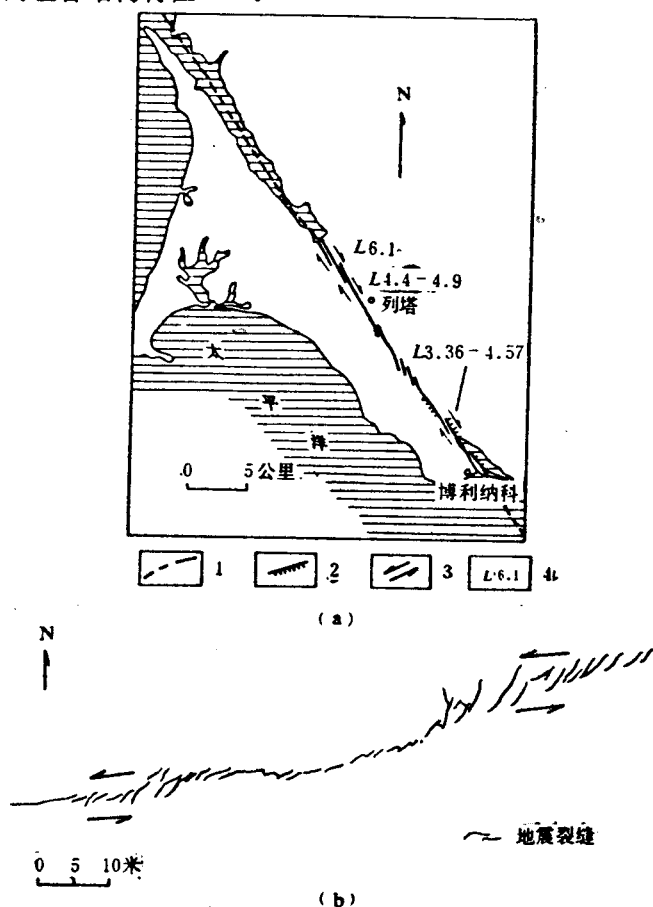


图 6 地震断层的羽列和雁列组合图

(a) 1906 年美国旧金山地震断层中段的羽列状组合(据文献[29]); (b) 1975 年辽宁海城地震断层的羽列和雁列组合。1. 断层; 2. 有垂直位移的走滑断层(齿侧—上盘下落); 3. 断层两盘运动方向; 4. 水平位移量

走滑断层的直线形羽列状组合结构出现普遍，如 1906 年美国旧金山地震断层中段表现的典型羽列状组合^[29]和辽宁海城 7.3 级地震断层的羽列和雁列组合(图 6)。

相同或不同性质的地震断层，同样可以出现各种形态的剖面组合。

性质相同的地震断层组合成地垒、地堑、迭瓦状构造和阶梯状构造。不同性质的地震断层在剖面上可以组合成楔状构造。日本 1896 年的陆羽 7 级地震于真昼山两侧出现了两条相背逆冲的地震断层。真昼山东侧的川舟地震断层长 15 公里，断面西倾，上盘向东逆冲。真昼山西侧 60 公里长的千屋地震断层，断面东倾，上盘向西逆冲，将真昼山抬升为地垒^[5]。

各类断层与其间所夹的地质体形成的各种形态组合，其规模相差很大，从小于 1 米至数十公里。

三、地震断层伴生的形变现象

地震事件除了造成规模不等的、类型不同的地震断层外，还伴生有大量的各种地面形变现象，包括地裂缝、挤压脊(垄脊)、鼓梁、单斜挠曲、地震陡坎、水系和山脉错移及其伴生的堰塞塘和拉分构造等。

1. 地震裂缝

规模悬殊，长度从几厘米至几百米，宽度从几毫米至几米。新疆富蕴地震形成的基岩张裂缝宽达 6 米。在松散沉积物和基岩中都有分布。从力学性质划分，主要有张性、剪性及张剪性和压剪性四种类型。

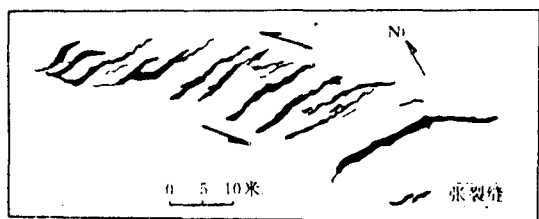


图7 1973年四川炉霍7.9级地震
断层中雁列状张裂缝

基岩裂缝常追踪原有的小断层、节理、片理或裂缝发育，但有时也有基岩新鲜裂缝出现。昌马地震断层西端的麦子沟山山顶石英质构造岩中出现的宽0.3—0.5米追踪张裂缝，长约200米^[15]。

张裂缝一般断面粗糙，裂缝具中间大，两端小的特点。常呈锯齿状，多条组合成雁列状排列(图7)。

剪性裂缝断面平直，常呈羽列状和共轭网格状，并经常见到其切断田垄、树木等。

2. 地震陡坎

这是地震断层而直接出露地表所显示的形变现象。一般可分为正断层陡坎和逆断层陡坎。对前者一般容易辨认，而后者往往出露的不是原断面，因为逆断层陡坎不稳定，易遭受坍塌破坏，而形成与断面倾向相反的陡坎，以至于易误认为正断层，如1964年阿拉斯加8.4级大震造成的逆断层陡坎。

3. 挤压脊和单斜挠曲

这是逆冲地震断层出现的形变现象，是逆冲断层在地表的反映，即逆冲断层面没有露出地表，使覆盖层挤压变形而成。长度一般有几百米至数公里，宽几米，高1—2米。其平面形状蜿蜒曲折。单斜挠曲的走向与断面走向一致，其出露地表的位置常是挠曲度最大的部位。

4. 鼓梁

这是走滑断层，尤其是逆-走滑断层(压扭性断层)在地表的反映。由于地表以下，两盘水平错动而引起地表一系列边幕式或斜列式的鼓梁。每一个鼓梁呈长椭圆形，规模不等，小者长1—2米，宽0.5米。大者长几十米，甚至更长。其长轴方向往往与主断层走向夹有20—40°的角度。在我国西部大震常出现这种形变现象，如1937年青海托素湖7.5级地震所形成的地震断层和阿尔金断裂上的地震断层均出现了这种鼓梁。

5. 断错水系与山脊

这是走滑地震断层的典型形变现象。由于断层两盘水平运动，使两侧的水系、山脊发生同步错移。如果错移距离较大，以至使山脊错移至水系冲沟位置，便堵塞了水系冲沟，而形成了堰塞坑塘(断塞坑塘)。同时也会造成断头或断尾水系。

6. 拉分构造和推挤构造

在走滑地震断层带内，由于两条羽列状或雁列状次级剪切破裂或张剪性破裂首尾相接或重迭部位，在水平走滑运动下，会产生局部张性或压性构造。前者称拉分构造，后者称



图8 1976年唐山地震断层
形变组合图(据文献[20])
1.鼓包; 2.地震断层; 3.洼地和
隆起; 4.断层两盘运动方向