

1932年昌马7.5级地震形变带及其构造背景的初步分析

周俊喜 张生源

(甘肃省地震局兰州地震研究所)

摘 要

昌马1932年12月25日7.5级地震主要是昌马—俄博断裂带西段现今强烈活动的结果。该带的垂直差异运动西段比东段更为明显。第四纪以来,该带的活动通常是以北北西、北西西向两组扭裂面方式表现出来的。地震形变带就沿其展布,北北西向形变带显示顺时针扭动,北西西向形变带为反时针扭动,与发震断裂的两组扭裂面不仅方向吻合,而且扭动方向一致。平面上形成一系列的反“S”状构造,从而认为这种单体非反“S”状,而总体排列为反“S”状的构造是祁只系西翼挽近和现今活动的地质标志之一。

根据地震形变带的分析,地震时震区的平均主压应力方向为北 30° ~ 40° 东,与土体应力解除所得平均主压应力方向北 33° 东相一致。

运用地质类比法,认为民乐地区有同昌马地震相似的构造条件和岩性条件,所以有发生中强地震的可能。

昌马地震,前人进行过大量的调查研究^[1,2,3]。我们根据近年野外调查结果,运用地质力学的原理和方法,试图从昌马地震发震断裂带的挽近活动及昌马地震形变带特征的分析入手,初步探讨这一地区的构造应力活动方式,阐明昌马地震发生的构造背景,进而指出河西地区今后可能发生强震的地点。

一、昌马地震的构造特征

昌马地震发生在昌马—俄博断裂带的西段。该段垂直差异运动明显,其特征是:

1. 在地貌上,该段展布于妖魔山与月儿红东山之间宽仅2~6公里的低凹狭长谷地,低于两侧山峰千米以上,形成奇特的地貌景观。谷地中出露白垩系,并充填第四纪地层,两侧为断层所限,形成典型的断裂谷。

2. 据徐叔鹰同志夷平面的资料表明,该段断裂北侧的妖魔山,Ⅰ、Ⅱ级夷平面海拔为

4300~3600米和3500~3200米；而断裂南侧的月儿红东山，I、II级夷平面海拔为4800~4500米和4000~3500米，高差分别达500~900米和500~300米，一致显示断裂南侧较北侧上升幅度大得多。往东，断裂则在同级夷平面内绵延，这与地形上的显示完全一致。同时，西端的昌马盆地，II级夷平面海拔2600~2400米，较东邻山地的同级夷平面低1000~1400米，说明西端垂直差异运动更加显著。

3. 断裂附近新生代沉积及其构造形迹，反映断裂的晚近活动性及活动特征。据有关资料统计，该断裂不同地段的晚第三纪及第四纪地层厚度如表1。

昌马断裂带晚第三纪及第四纪地层厚度
表1

时 代	地 点	昌 马	白 杨 河 脑
第四纪		560米	35米
晚第三纪		—	100米

尚需指出，整个断裂带缺失早第三纪沉积。第四纪，昌马盆地大幅度沉降，往东仅局部地区有河流冲积或山麓残坡积物。

据野外考察，昌马盆地南缘和石庄湾子等处，累见第四纪断层，甚至切割近代腐植层。浅层电法勘探进一步查明，昌马盆地西、南缘与山地接壤处，发育有规模甚大的

断层，分别为寒武、奥陶系冲覆于第四系之上，仅第四系断距就达560米。正是由于该断裂的活动，致使昌马盆地的第四纪沉积物形成南、西厚而北、东薄的不对称形式。昌马地震形变带，紧沿该断裂发育，进一步证明昌马地震是该断裂活动的结果。

以上论述表明，晚近乃至现今强烈活动的构造带，是易于发生强震的地段。然而地震究竟在什么地方发生，还取决于它与其它活动构造体系（带）的复合关系，尤其是地下岩石是否有利于能量的积聚。下面的分析将获得解决。

二、昌马地震初析

（一）地震形变带的基本特征*

整个地震形变带切穿山岭，呈线状延伸，西从麦子沟山，东至西水峡沟，全长116公里。主要由挤压形成的鼓梁、鼓包、陡坎和压性与张性地裂缝等组成。由于它们受昌马—俄博断裂带的两组扭裂面的控制，所以在平面上呈三个反“S”状展布（图1）

1. 鲁家湾—三道沟带

该带长40余公里，主要由张性裂缝组成。自西北到东南，其走向为南东东—南南东—南东东，并可细分为数段。朱家戈壁至鲁家湾段，形变带由压性陡坎和张裂缝组成，带宽达170米单个陡坎走向北30°西，北东侧下落，落差0.1~1米不等，张裂缝以北北西、北东东向两组为主，单条长10~100米，裂口宽0.3—1.2米。在鲁家湾见有三条地震陡坎，呈多字型雁行排列，总体走向北20°西，单个走向北50~70°西。它们皆反映南西盘上升，北东盘下落，落差0.4~0.6米，最大可达1.5米。小口子地震形变带由北北西和北东东向张裂缝组成，前者宽20—30厘米，后者宽近50厘米。二者成网格状或锯齿状联接，其形变带在该处有加宽的趋势。小口子至二道沟段，形变带不够发育，主要有一条北西西向地震陡坎，长1.5公里，北侧下落，落差约1.5米，其下和第四纪断层相通。

* 据兰州地震大队地震地质队1975年 从河西地区三个大震看强震发展的构造条件

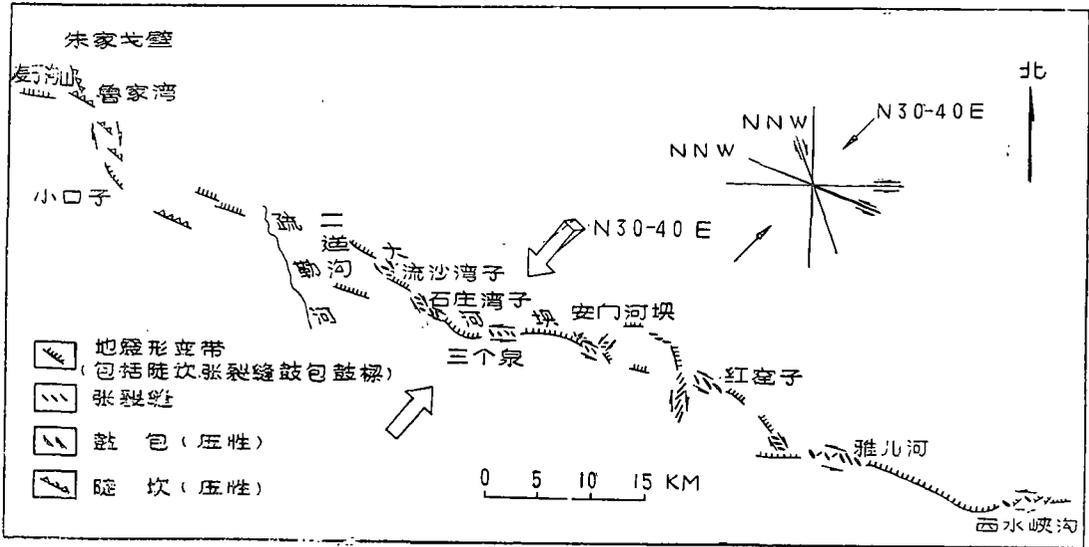


图1 昌马地震形变带组合规律及力学性质示意图 (据地震地质队75年报告编改)

根据鲁家湾至小口子地震形变带的力学性质和排列组合分析, 该段形变带在平面上具顺时针向扭动的性质, 其最大水平扭动量为0.5米, 而垂直升降量可达1.5米。

2.大河坝—安门河坝带

由流砂湾子向东经石庄湾子至大河坝, 全长30公里, 宽20—40米, 走向由南东东渐变为南南东(南东)又渐变为南东东向。主要由压性鼓包和陡坎组成。流砂湾子、石庄湾子处鼓包呈雁行排列, 总体走向北西至北北西, 单个鼓包走向北50—60°西, 长5—10米, 最大可达40—100米, 宽5—6米且南缓北陡。经常见有和鼓包相垂直的张裂缝与其伴生(图2), 两处张裂缝宽分别为1~3厘米和30~50厘米。流砂湾子处鼓包高达4米有余, 其上有多组方向的张裂缝, 似馒头开花状。从三个泉至安门河坝为北西西向形变带, 由沿断裂带呈雁行排列的鼓包组成。

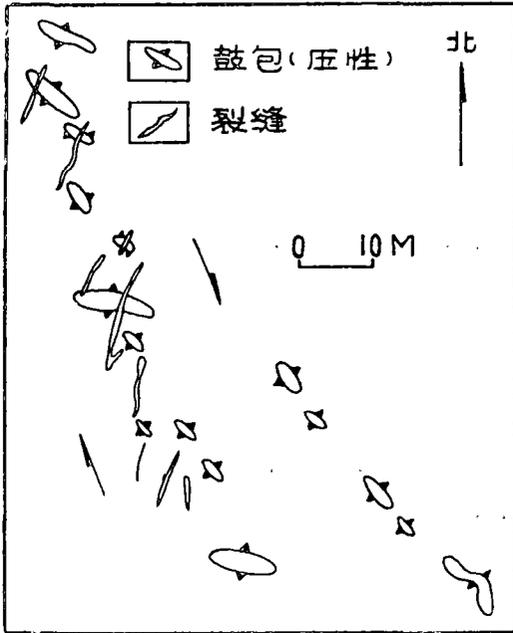


图2 石庄湾子地震形变带平面展布实测素描图 (据地震地质队74年报告)

分析形变带的力学性质和组合规律可见: 北西—北北西向形变带具顺扭, 北西西向形变带具反扭的特点(参见图1)。需强调指出的是: 依据和形变带扭动方向相垂直的张裂缝被拉开的宽度判断, 流砂湾子北西向形变带的水平扭动量要小于石庄湾子北北西向形变带的水平扭动量, 而表现出明显的挤压特征, 代表一种压性结构面。

3. 红窑子—西水峡沟带

由北北西向红窑子隆起东麓至谷地的南西缘，向东经雅儿河至西水峡沟。平面上呈不很规则的反“S”状展布，全长45公里，带宽20~40米。北北西向的形变带总体走向北20°西。主要由规模宏大的陡坎和张裂缝组成。张裂缝宽0.5米，最大4米，北东侧下落0.2~0.5米；陡坎高达6米。雅儿河至西水峡沟一段，鼓梁、鼓包、地裂缝相伴出现，常见鼓包在张裂缝北侧做雁行排列（图3），鼓梁长可达500~600米。

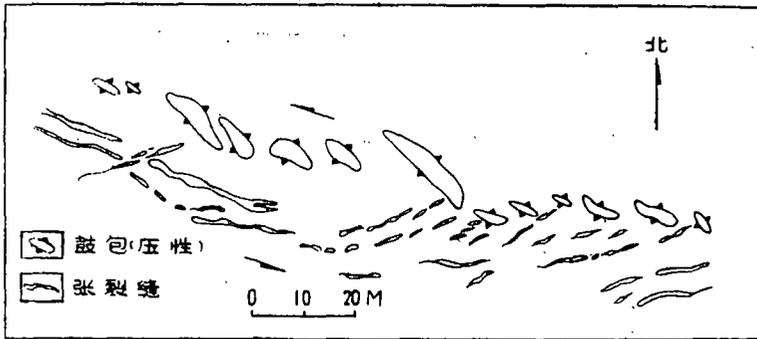


图3 雅儿河形变带平面展布实测素描图(据地震地质队74年报告)

一个重要的现象发生在捷大板沟右岸最低一级阶地上，三个北60°西的地震鼓包总体作东西走向，发育在第四纪粉砂质亚粘土中，其下为地震断层（图4）。该断层北侧明显向南逆冲，使得全新世砾石层垂直上升32厘米，沿冲断面砾石长轴微具定向排列，显示挤压特征。

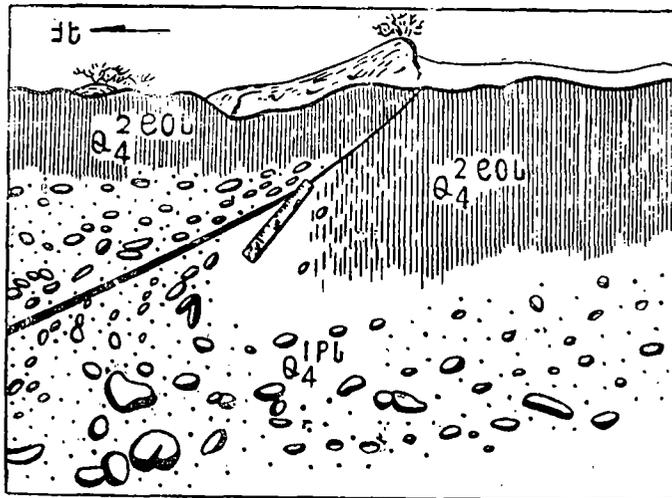


图4 捷大板沟地震断层与“鼓包”关系素描图

由此可见，鼓梁、鼓包皆为压性结构面，而与其垂直的裂缝代表张性结构面，和鼓包近于平行的张裂缝是二次纵张的产物。

综合地震形变带的特征，可得到如下认识：

(1) 地震形变带在平面上的展布严格的受北北西和北西西向两组扭裂面控制。物探成果证实: 地表形变带展布区, 地下皆有断裂通过。不同方向的形变带的复合处, 形变带有加宽的趋势。

(2) 地表断裂倾向南西, 且倾角较陡。形变带也多南升北降, 反映形变带与发震断裂在剖面上的一致性。但根据形变带多出露在地表断裂的北侧, 推测三个反“S”状发震断裂在地下可能向北倾斜。

(3) 北北西向形变带在平面上显示顺时针扭动, 北西西向显示反时针扭动, 与北北西、北西西向两组扭裂面的扭动方向一致。北西向形变带主要显示挤压特征, 微具顺扭性质。

(4) 形变带的垂直升降量最大达6米, 水平扭动量一般不超过1米。昌马地震类型应属倾滑型。

(5) 形变带以红窑子规模最大, 宏观震中应在此处。较微观震中向东偏离了约30公里。

(二) 构造背景的初步分析

昌马地震位于祁吕系西翼反射弧内侧, 西部有阿尔金山构造带通过, 东部有饮马场北山一文殊山北西向构造带迭加在酒泉槽地之上。原属古河西系的昌马—俄博断裂带的西段, 之所以挽近和现今活动如此强烈, 主要是受祁吕系西翼构造带挽近强烈活动的结果。经研究, 它形成于加里东期, 断层面显压扭性; 中生代中晚期, 由于祁吕系西翼的活动, 将其卷入, 而成为其中的一员。断层主要显压性, 扭动迹象并不明显; 至今, 该断裂带又强烈活动, 造成昌马地震, 形成反“S”状地震形变带。断裂的活动方式和力学性质都与前述不同, 主要表现为祁吕系西翼的二组扭裂面的活动。而古河西系的昌马—俄博断裂和北北西向的河西系构造成分只是被改造利用的对象, 显压扭性质。从地震形变带看, 不同方位的二组扭裂面的复合处, 往往呈自然弯转, 平面上呈反“S”状展布。有关研究*表明: 这种单体不一定是反“S”状, 总体排列呈反“S”状的现象, 在河西地区是祁吕系西翼挽近和现今活动的一种表现方式。

河西地区泥巴模拟实验结果也表明: 在南北向顺时针力偶作用下, 派生出一种北东~南西向的挤压力。在这种力的作用下, 北北西向断层显顺扭, 北西向断裂扭性不明显, 主要显压性特征。尽管这种实验因设想的边界条件与野外实际情况有很大的距离, 但实验结果还是给我们以定性的启发, 并与昌马地震形变带的活动方式相吻合。根据形变带各种形变现象的力学性质及排列组合分析, 地震时极震区的主压应力方向在北 $30\sim 40^\circ$ 东左右(图1)。近年来的土体地应力解除资料表明, 该地区的平均主压应力方向亦为北 33° 东。这个方向, 在本区符合祁吕系西翼的构造应力场。所以认为昌马地震是祁吕系西翼现今强烈活动的结果。因为“反映地应力场的, 是活动的构造体系”〔4〕。前已提及, 形变带在平面上的反“S”状展布, 是祁吕系西翼褶带的二组扭裂面改造利用老构造的结果。河西系与祁吕系西翼在此呈反接复合, 起到了一种阻挡作用, 这就为昌马地震的发生创造了更为有利的条件。等震线的反“S”状弯曲也说明了这一点(图5)。

区内广泛分布的北东~南西向的主压应力的产生, 来源于区域南北向顺时针力偶的作用, 结合地球自转速率变化资料〔5〕可知: 河西地区7级以上的地震活动主要与地球自转加

• 周俊喜 杨斌 从反“S”状构造谈构造体系的挽近活动性

速有关。昌马地震也是发生在地球自转的加速周期内，从而在理论上说明了地球自转的加速变化为昌马地震的发生提供了动力来源。

尚需提及，做为祁吕系西翼褶皱带挽近和现今活动表现的这种反“S”状构造，在祁连山区和以北的新生代槽地中处处可见。它们与昆仑山以南的反“S”型（“歹”字型）构造是在不同构造应力场作用下形成的，二者虽形成时期相近，形态相似，但有本质的区别。即反“S”状构造一般是在直线扭动的情况下产生的，它单独并不能自成体系，仅仅反映更高级构造的活动；而歹字型构造是在旋扭作用下形成的。单就二者形态相似，还不能说明祁连山区的反“S”状构造就是歹字型向北扩展的结果。第四纪以来，由于青藏系的强烈活动，对昌马地震的发生，可能有所影响。有关这一问题，还有进一步研究之必要。

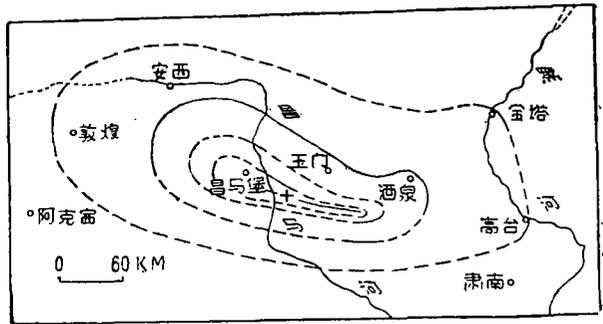


图5 1932年12月25日昌马地震等震线
(据中国地震等烈度线图集)

(三) 岩石力学性质的分析

地震是岩石在力的作用下，发生剧烈变形而突然破裂的结果。所以在探讨某地震发生的构造条件的同时，还应对当地的岩性条件加以分析，找出特殊的岩性条件。

昌马地震的震源深度可能为20公里*。这一深度恰在祁吕系影响地壳深度的范围之内〔6〕。据区测报告地层柱状图分析，震源处可能为前震旦系绢云母石英片岩。在同一构造带上。相似构造背景的地点还有酒泉东南和祁连县东南两处，两地的岩石条件分别为中粒花岗岩和中、酸性火山岩。糟谷宪司·齋藤和雄〔7〕为了研究应力—应变的关系，曾做过大量的实验，其结果反映在图6上。由图可以看出，石英粗面岩、安山岩和花岗岩类，随着应力的增加，应变也相应加大。而绢云母石英片岩的情况则不完全相同，它是一种刚性强度较大的岩石。在相同的构造应力场作用下，这种岩石更利于能量的积累。岩石极限抗压强度实验〔8〕也表明石英片岩的抗压强度最大，一般要大于2500公斤/厘米²，而中粗粒花岗岩和中酸性火山岩的抗压强度一般只在1800公斤/厘米²左右。从而表明昌马地震的发生，是有其良好的岩性条件的。

三、几点认识

1. 昌马—俄博断裂带是一条规模大、成生早、活动历史悠久的压扭性断裂带。它形成于加里东期，属古河西系成分；中生代中晚期，由于祁吕系的活动将其卷入，而成为其中的成员；挽近至现今，该断裂带的西段连同河西系的部分成员被祁吕系西翼的两组扭裂面所改造利用，结构面的力学性质又发生转化，呈压扭性。整个断裂带的挽近活动有西强东强的特

* 兰州地震研究所区划抗震室 陕甘宁青四省(区)烈度区划工作报告 1979年

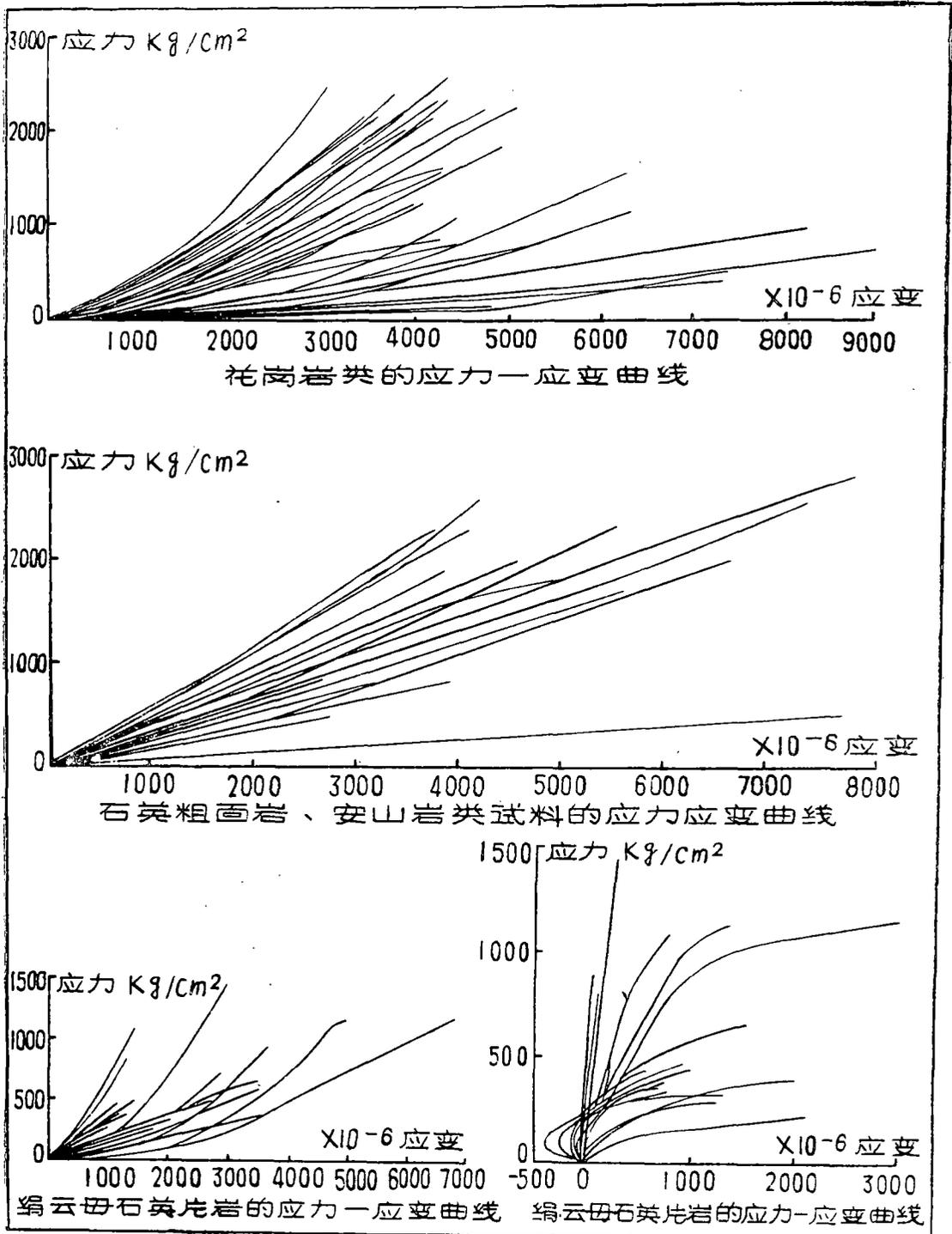


图 6

点。昌马1932年12月25日7.5级的地震主要是昌马—俄博断裂带西段现今强烈活动的结果。

2. 祁吕系西翼的挽近和现今活动，由于受老构造的限制，往往以两组扭裂面的活动方式

表现出来。昌马地震北北西向形变带为顺扭，北西西向形变带为反扭，与发震断裂的两组扭裂面不仅方向吻合，而且扭动方向一致，二者复合处常呈反“S”状展布。所以，进一步研究河西地区的这种反“S”状构造，对验证构造体系的晚近活动性有重要意义。据地震形变带的力学性质及排列组合分析，地震时震区的主压应力方向为北30—40°东，与祁吕系西翼构造应力场吻合。

3. 1932年地震发生在昌马，除特定的构造条件外，还与当地刚性强度较大的绢云母石英片岩有密切关系。刚性强度越大的岩石，越易于造成应力的积累。

4. 运用地质类比法，我们初步认为民乐地区有同昌马地震类似的构造条件和岩性条件，发生中强地震的可能性是不容忽视的。近年来，在这一地区有感地震的频频发生和地形变幅值的加大，可能是中强地震发生前的信息。

本文在成文过程中，得到李玉龙等同志的热情帮助在此表示衷心地感谢。

(本文1980年2月收到)

参 考 资 料

- 〔1〕金泳深 甘肃西北部地震述略 1933 科学17, 8
- 〔2〕时振梁等 1932年昌马地震破裂带及其形成原因的初步探讨 1974 地球物理学报 17, 4
- 〔3〕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的初步分析 1979 地质力学论丛 第5号 科学出版社
- 〔4〕李四光 关于地震地质工作的意见 (内部资料) 1974 地质科学研究院地质力学研究所编
- 〔5〕中国科学院北京天文台 北京师范大学天文系233组 我国地震与地球自转速度长期变化关系的初步分析 1972年 地震战线 第1期
- 〔6〕刘绍武 山字型构造较佳条件及其地壳厚度的讨论 长春地质学院学报 1977(4)
- 〔7〕糟谷宪司·齋藤和雄 各种岩石の应カーレずあの特性について 应用地质 第14卷 第1.2号 1973年6月 日本应用地质学会
- 〔8〕长江水利水电科学研究院 水利水电工程岩石力学性质参考数据汇编(初稿) 1972, 8

Investigate and analyses characteristics of the deformation zones of the 1932 Chang Ma earthquake. It is considered that the earthquake is caused by strong movement.

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE EARTHQUAKE'S DEFORMATION ZONES AND STRUCTURAL BACKDROP IN THE 1932 CHANG MA EARTHQUAKE (M=7.5)

Zhou Jun-xi Zhang Sheng-yuan
(Seismological Institute of Lanzhou)

Abstract

The Chang Ma earthquake (M=7.5) ^{in 1932} occurred on December 25th, 1932 was the consequence of the then strong movement in western Chang Ma-EBo fault zone. In this zone, the movement of the vertical displacement was more evident in its western sector than the eastern one. Since the Quaternary, the movement had shown in the way of two planes of shear fracture of the north-north west and north-west west.

The earthquake's deformation zone expended in the direction of the planes of shear fracture. It appeared in the shape of reversed S on the plane. The north-north-west deformation zone indicated a clockwise twist, while the north-west west deformation an anti-clockwise twist. This not only coincides with the direction of the plane of shear fracture, but also conforms in the direction of twist, compared with the two planes of shear fracture of the earthquake fault. In Gansu Corridor, when the total structure became the shape of reversed S, while the individual was not, it was one of the geological marks of the western Qi-Lu epsilon structural system that moved recently and at present.

According to the differentiation in the earthquake deformation zone, ^{when} at the time of the earthquake, ^{occurred} the direction of the principal compression stress was north 30°-40° east, it was similar to ^{the result of} north 33° east ^{in the Min-le area} obtained by stress relief method. ^{there are}

Based on the geological analogical method, it is believed that ^{since} the Min-le area and Chang Ma area have similar conditions in structure and rock, ^{therefore} there exists the possibility of middle-strong earthquake to occur ^{which is similar to that in Chang Ma area} in the ~~area~~ area.