

青海湟水盆地活动断裂构造格架 激光散斑模拟试验研究^{*}

王赞军 涂德龙 宋晓明

(青海省地震局, 西宁 810001)

高德禄

(国家地震局地壳应力研究所, 北京 100036)

摘要 将最新研究的湟水盆地断裂构造格架设置于合理的试验材料之上, 进行激光散斑模型模拟试验, 取得了断裂活动特征的量化显示结果, 并用于评价区域地壳稳定性。

主题词 模拟试验 断裂构造 青海 湟水盆地 激光散斑模型

1 引言

迄今为止, 诸多的模拟试验方法已被广泛地应用于地质和地震方面的科学研究, 取得了良好的效果。常用的方法有: 有限单元数值模拟、电网络模拟、光弹性模拟、激光散斑模型模拟等等。其技术关键在于单元的划分、边界的设置以及相似性介质材料(即试验材料与模型)的选取。

本项激光散斑模拟试验由青海省地震局委托国家地震局地壳应力研究所完成。试验首次针对青海湟水盆地最新取得的断裂构造格架而做, 思路清晰, 方法得当, 获得了研究区断层活动性差异的对比结果, 从而为客观评价该区域地壳稳定性和地震危险性提供了依据。现将试验结果公之于众, 供地震地质工作者研究和参考。

2 试验名称、材料、模型及试验原理

试验名称: 青海湟水盆地活动断裂构造格架的激光散斑模拟试验。

试验材料: 明胶板。

试验模型: 正方形明胶板, 边长为 400 mm, 厚为 20 mm。板中预先刻好的不同深度的裂缝代表各级断层。

试验原理: 当相干性很好的激光照射到物体漫射表面上时, 表面各点发生散射, 这些散射光相互干涉, 在物体表面前方的空间里形成无数随机分布的散斑, 这就是所谓散斑现象。散斑的斑点结构与反射物体表面结构和测点的位置有关。也就是说, 散斑图中包含有物体表面的信

^{*} 本文是青海省委下达的科技攻关项目“湟水盆地活动构造调查及地壳稳定性研究”的阶段性成果之一。项目编号: 94-II-237。该项目于 1997 年 2 月在西宁评审验收。

收稿日期: 1997-06-02

第一作者简介: 王赞军, 男, 1968 年 3 月生, 工程师, 从事工程地震及地震地质研究。

息,于是可利用散斑现象将有用的信息分离出来。在散斑干涉测量中,可利用与物体表面变形或位移有关的散斑图将物体表面的变形或位移测量出来。

3 试验区活动断层构造格架及试验方法

3.1 湟水盆地活动断层构造格架简介

湟水构造盆地泛指包括海晏盆地、大通城关盆地、西宁盆地、乐都-民和盆地及诸多新隆起在内的复合型构造盆地。它与湟水流域的地理位置及面积大致相当。所不同的是湟水构造盆地以活动断裂作为研究边界,其中包括了拉脊山南缘断裂以北的部分非湟水流域地区,该盆地处于青海东部 $100^{\circ}30' \sim 102^{\circ}50'E$ 与 $36^{\circ}10' \sim 37^{\circ}20'N$ 的范围内,为呈北西-北西西方向展布的近似菱形的断陷块体。

湟水构造盆地处于青藏高原东北部边缘祁连褶皱带之中,独特的构造环境使得断裂活动在时、空、强方面相当复杂。盆地边界由形成得早而且新构造运动以来又重新复活的深断裂控制。其西界为北北西走向的日月山断裂,南界为拉脊山南缘断裂,北界为达板山南缘断裂,东界为北北东走向的巴州沟断裂(图1)。在盆地形成、发展和演化的过程中,于不同时期产生了许

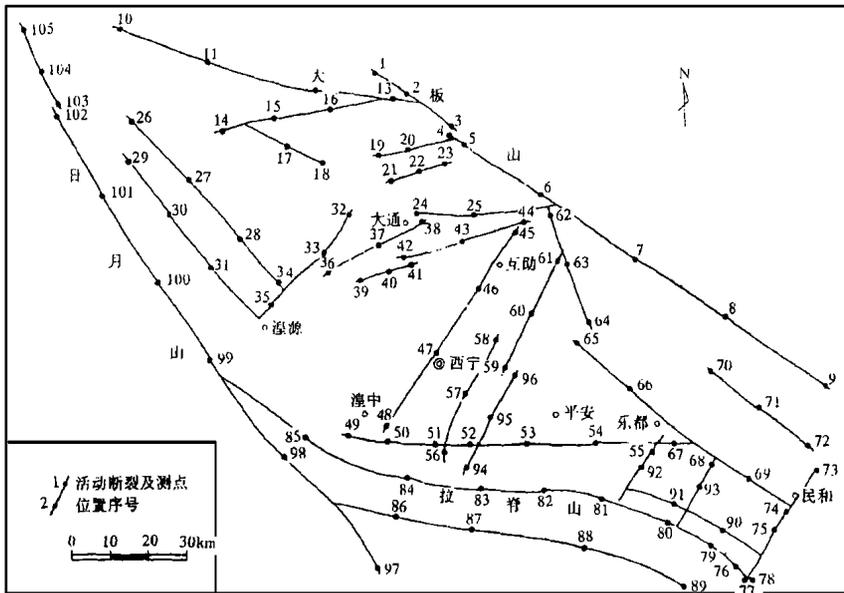


图1 湟水地区活动断裂构造格架与测点位置分布

Fig. 1 Distribution of the active faults and the observation points in Huangshui area.

多规模较小且深度不大的盆地内部断裂(或称盖层断裂),它们多呈东西向、北西向、北东东向和北北东向展布,断裂活动时代、力学属性及运动学特征各有差别。根据详细的野外地震地质调查^①,现已确认:①盆地区内(包括边界)存在28条活动断层,其中第三纪活动断层4条,更新世活动断层15条,晚更新世末至全新世活动断层9条(图1)。区内一般地质断层不予考虑。

②湟水盆地所在区域的最大主应力方向为 $N45^{\circ}E$ 。

3.2 散斑模拟试验方法

针对上述特定格局,该试验共设105个测点,分别分配在上述断裂构造格架的每条断裂上

① 青海省地震局. 湟水盆地活动构造调查及地壳稳定性研究. 1992

(图 1).

图 2a 为散斑试验光路, 在物体表面放置一成像透镜, 在透镜后面的空间里形成散斑, 用照像记录方式获取散斑图. 测量物体表面位移采用两次曝光方法, 物体受荷载前作第一次曝光, 受荷载发生位移后再作第二次曝光, 获得带有物体位移信息的散斑图.

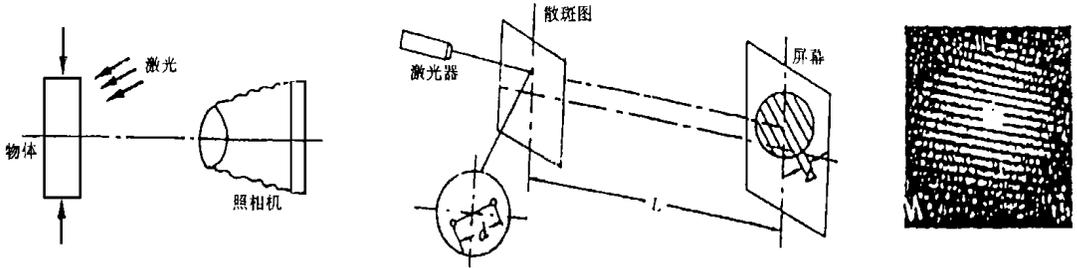


图 2 激光散斑试验光路及杨氏条纹图

Fig. 2 Light route of laser scattering test and Yang's stripe sketch.

a 散斑记录光路; b 逐点分析光路; c 杨氏条纹照片

散斑图的分析, 采用图 2b 所示的逐点分析光路, 提取散斑图中的变形或位移. 提取的方法是将散斑图置于光路中, 用一束很细的激光照射所要测量的点, 此时在散斑图后面的屏幕上会看到明暗相间的等间距平行条纹, 称为杨氏条纹 (图 2c). 杨氏条纹的方向与该观测点的位移方向正交, 条纹的间距 Δ 与观测点的位移量成反比. 杨氏条纹的间距与物体表面对应点的位移有如下关系:

$$d = \lambda L / \Delta \quad (1)$$

式中 d 为物体表面点的位移, 单位为 μm ; Δ 为杨氏条纹间距, 单位为 mm ; λ 为所用激光波长, 单位为 μm ; L 为散斑图到屏幕的距离, 单位为 mm .

3.3 模拟试验加载方式

研究区内区域应力场的方向为 $\text{N}45^\circ\text{E}$, 因此该试验也取 $\text{N}45^\circ\text{E}$ 方向均匀加压. 初始位移定为 $3\,000\mu\text{m}$.

4 试验结果

试验共取得以下 3 方面结果 (图 3, 图 4 和图 5):

(1) 在断层水平错动量分析中, 将 105 个测点所在的断裂段按错动量的大小分为 5 个等级, 划分方案如下:

设水平错动量为 D (μm), 那么 I 级断裂段, $D \geq 100$; II 级断裂段, $50 \leq D < 100$; III 级断裂段, $20 \leq D < 50$; IV 级断裂段, $10 \leq D < 20$; V 级断裂段, $D < 10$.

这些断裂段的错动量是相对于边界位移 $3\,000\mu\text{m}$ 而获得的. 分布在 I 级断裂段上的测点有 7, 8, 9, 62, 66, 70 和 87 号点; II 级断裂段上的测点有 5, 6, 10, 11, 12, 14, 20, 24, 26, 33, 54, 60, 65, 69, 72 和 101 号点; 其余测点分布在 III、IV 和 V 级断裂段之上. I 和 II 级断裂段在图上以影线表示 (图 3).

(2) 图 4 为试验得出的断层张压性及张压量分布. 在分析中将 105 个测点所在的断裂段按引张位移量与压缩位移量的大小分为 5 个等级, 划分方案为: 设断裂段引张或压缩位移量为 $D_{v/c}$ (μm), 那么 I 级断裂段, $D_{v/c} \geq 40$; II 级断裂段, $30 \leq D_{v/c} < 40$; III 级断裂段, $20 \leq D_{v/c} < 30$; IV 级断裂段, $10 \leq D_{v/c} < 20$; V 级断裂段, $D_{v/c} < 10$.

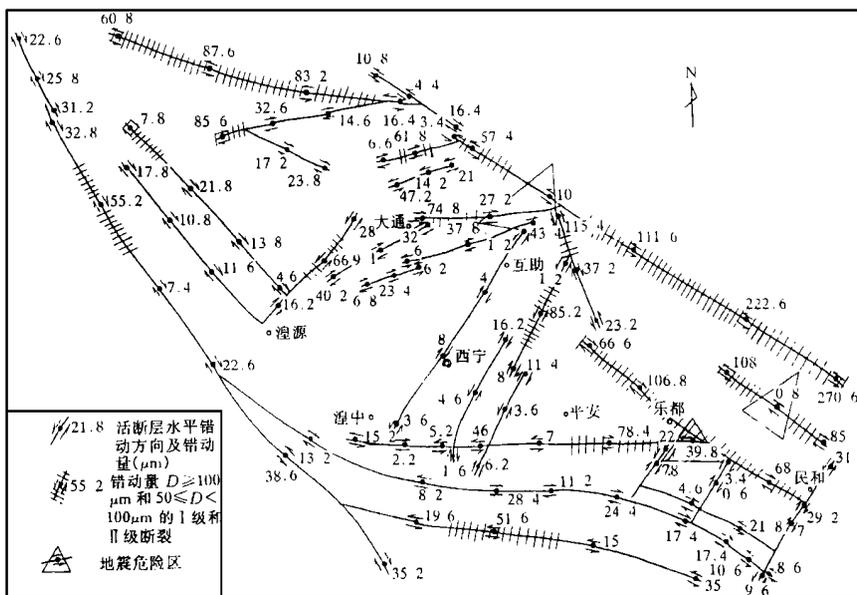


图 3 湟水地区断层水平错动方向及错动量分布
(由 $N45^{\circ}E$ 方向均匀压缩 $3\ 000\ \mu m$)

Fig. 3 Distribution of Horizontal dislocations and the directions in Huangshui area.

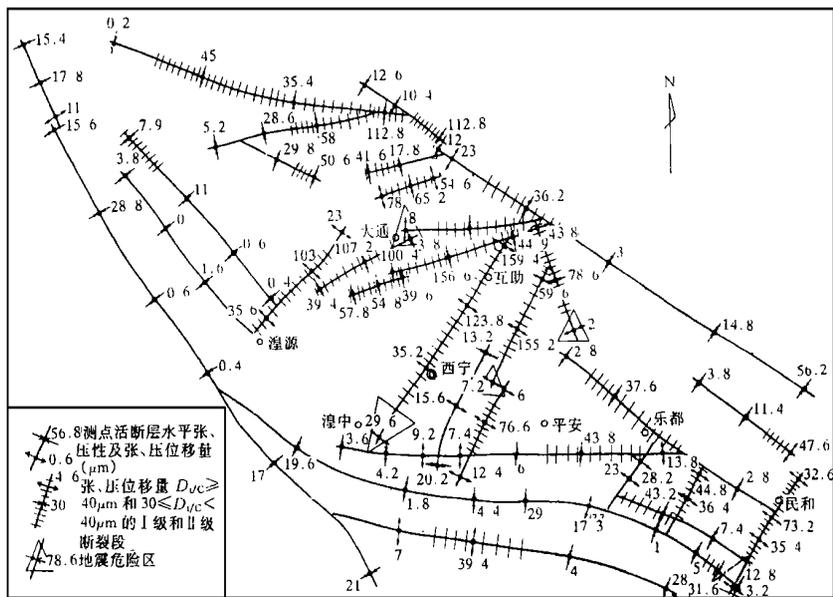


图 4 湟水地区断层张压性及张压位移量分布
(由 $N45^{\circ}E$ 方向均匀压缩 $3\ 000\ \mu m$)

Fig. 4 Distribution of extension or compression and tensional or compressive displacements of faults in Huangshui area.

图中分布在 I 级断裂段上的有 3, 9, 11, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 33, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 54, 61, 62, 63, 68, 72, 74, 91 和 95 号测点; 在 II 级断裂段上的有 6, 12, 35, 36, 41,

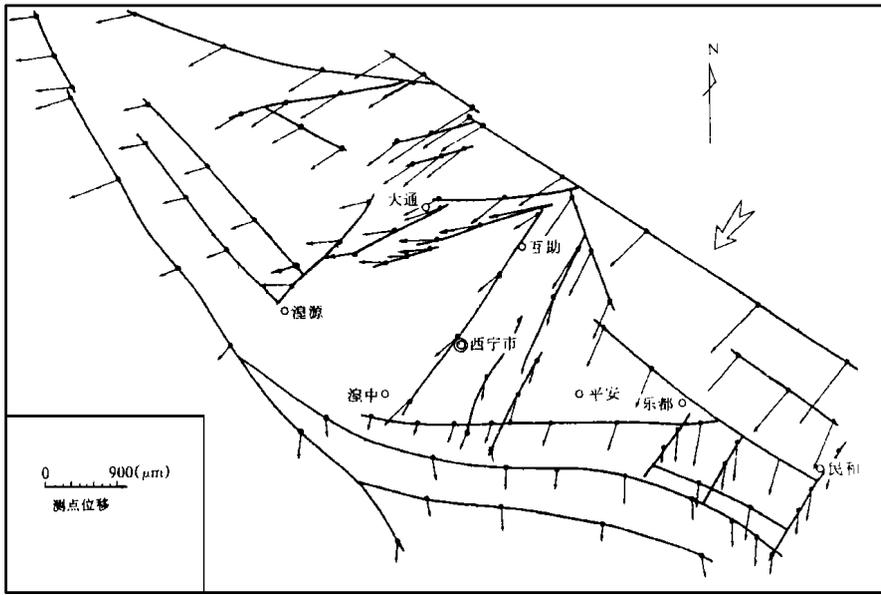


图5 湟水地区断层位移矢量分布(由 $N45^{\circ}E$ 方向均匀压缩 $3\ 000\mu\text{m}$)

Fig. 5 Vectograph of the fault displacement in Huangshui area.

47, 66, 73, 75, 76 和 87 号测点; 其余测点分布在 III、IV 和 V 级断裂段上. I 和 II 级断裂段在图 4 中以影线表示.

(3) 由图 5 中的断层测点位移矢量分布可以看出: 以互助、西宁、湟中为界, 盆地西部断层位移方向大多向西偏转, 而盆地东部断层位移方向大多向南偏移. 图中矢量线的长短代表位移量的大小.

5 结论与讨论

综上所述, 湟水构造盆地在 $N45^{\circ}E$ 方向均匀压缩的区域应力场作用下, 断层活动具有以下特征:

(1) 本研究区断层无论是水平错动方向、错动量, 张压性、张压位移量, 还是位移的方向和位移量, 均具有分段性. 即同一条断层的不同区段, 其错动方向及错动量, 张压性与张压位移量, 位移方向与位移量, 存在明显的差异性. 这种差异与断层现今的展布状态存在密切的内在联系.

断层测点的最大错动量为 9 号测点的 $270.4\mu\text{m}$ (反扭). 最小错动量为 93 号测点的 $0.6\mu\text{m}$ (顺扭). 最大张压位移量为 45 号测点的 $195.4\mu\text{m}$ (张), 最小张压位移量为 30 号测点的 $0\mu\text{m}$. 最大位移量为 9 号测点的 $937.8\mu\text{m}$, 最小位移量为 50 号测点的 $147.9\mu\text{m}$. 位移方向与区域应力场 $N45^{\circ}E$ 方向的最大偏离角为 89 号测点的 67.5° , 最小偏离角为 33 号测点的 0.5° .

(2) 断层水平错动量较大的地段和张压位移量较大的地段(如图 3 和图 4 中的 I 和 II 级断裂段)应视为本研究区的断层活跃段. 提请建设部门、设计部门在大型厂矿和重要工程的设计和建设中应予以充分的考虑(尤其是跨断层工程), 并采取相应的技术防御措施. 这类断裂段在图 3 中有 15 段, 图 4 中有 24 段.

(3) 在断层水平错动量较大的地段中间所夹持的错动量极小的地段, 在断层张压性转换部位, 在多条断层构成的复杂交汇区以及在单条断层的不连续地段(或构成错节)和转折部位

均容易形成断层运动的闭锁点,从而可以积累较大的弹性应变能.因此,本文将这些部位判定为本区的地震危险区(图3和图4中标以“ Δ ”符号的部位),它们分别位于互助城北20 km的古长城、东都县城与高庙镇之间、东都东北甘青交界的赵家堡、大通县桥头镇、湟中县城以东8 km处、平安以北的栗藏寺、小峡和巴州(距民和县城约15 km).因而,在这些地区进行国土规划及城镇建设时应及早采取相应的抗震减灾措施.

(4) 断层位移矢量图显示,西宁盆地以西的海晏-湟源断块区存在被动向西推挤之趋势,而东部的乐都-民和盆地则向南推挤.湟水盆地整体显示了较明显的北西-南东方向拉伸的特点.

虽然由于模型条件的简化还不能反映出活动断层在空间上的时序变化,但模型反映的是全新世以来的断裂空间图像.因此,试验结果与实际考证的全新世以来断裂活动特征非常相似是很自然的.本区除北北东向断裂属张性兼扭性以外,其余各方向断裂均属压扭性活动断裂,与野外现场考察资料完全吻合,因而该试验是成功的,具有可信的科研参考价值.

巴扎河-南川河断裂张性特征明显,但水平错动量较小,无法构成闭锁.虽然该断裂距西宁市很近(20 km),但还构不成地震威胁.

另外,从研究区各断层水平错动量分布所反映的断层活动强度来看,盆地西部的海湟断块区和中部西宁断陷区所发育的断层的活动强度普遍较低(不包括盆地边界深断裂),而盆地东部乐都-民和隆拗区所发育的断层的活动强度普遍较高,客观上增加了这一地区发生地震的危险性,应该引起有关部门的足够重视.

SIMULATION TEST STUDY ON LASER SCATTERING OF THE ACTIVE FRACTURE STRUCTURE FRAMEWORK IN HUANGSHUI BASIN OF QINGHAI PROVINCE

WANG Zanjun TU Delong SONG Xiaoming

(*Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001*)

GAO Delu

(*The Institute of Crustal stress of SSB, Beijing 100036*)

Abstract

According to the reasonable test materials, the authors have studied the active fracture structure framework in Huangshui basin, made the laser scattering simulation test, obtained the quantitative explicit results of the active fracture characteristics and used the results to evaluate regional crust stability.

Key words Simulation test, Fracture Structure, Qinghai, Huangshui basin, Laser scattering model