

一九三七年青海托索湖7.5级地震 形变带特征

李龙海 贾运鸿*

(兰州地震研究所)

摘 要

1937年1月7日青海托索湖7.5级地震形变带长达300公里,总体走向北70°西,与库赛湖—玛曲断裂带展布完全吻合。该形变带由一系列陡坎、鼓包、张裂缝、鼓梁和陷坑组成。各种形变现象的组合显示发震断裂具压扭(反时针扭动)特征。反映了震区应力场主压应力方向为北东东—南西西向。

由于主要以隆起、凹陷形式出现的北北西向构造在震区和北西西向的库玛断裂反接复合,为库玛断裂反时针错动造成阻抗,引起应力在此大量积聚。这是导致这次大震发生的根本原因。

1937年1月7日,青海托索湖发生了7.5级地震。宏观震中位于托索湖西三岔口一带,即北纬35°28',东经97°57'。震中烈度达11度。地震时沿库玛断裂产生了一条非常清楚,规模巨大的地震形变带,至今仍保存完好。关于这次地震,前人虽有报导[1、2],但没有进行详细考察,认识也很不一致。本文在大量实际资料基础上,研究了地震形变带及发震构造特征。对震区构造应力场及地震成因作了初步分析。

一、地震形变带特征

展布及规模 托索湖7.5级地震形变带西起诺木洪沟脑、怀德水外沟,向东经阿拉克湖、红水川谷地、托索湖、下大武公社,止于阿尼玛卿峰北麓。全长300公里。总体走向北70°西(图1)。这是我国目前最长的地震形变带。

该形变带沿库赛湖—玛曲断裂中段断裂谷展布。整体呈线状,连续性十分完好。登高望之尤如一条长龙,劈山过河,不受地形影响,显示出它严格受断裂控制。形变带各段宽窄不

*参加考察的同志还有:涂德龙、潘俊茂、孙彤章、代华光、严凤忠、张瑞娥、善者。

•兰州地震大队青海地震考察队《青海省都兰地区1971年,1963年及1937年三次大地震综合考察报告》,1971.8。

一, 在红水川谷地、三岔口一带最宽达60米。向东西两端逐渐变窄, 有的地段仅有2至3米。

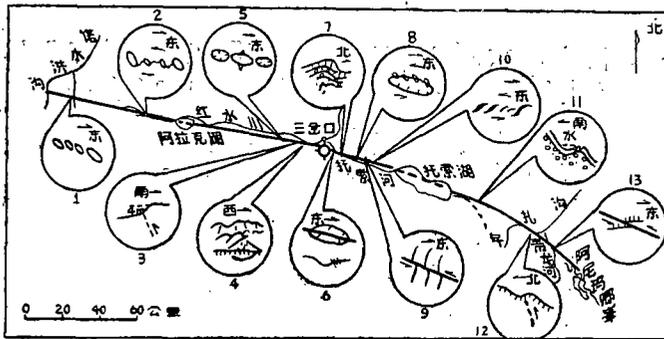


图1 1937年托索湖地震形变带展布及主要现象分布略图

- 1—斜列的鼓包; 2—鼓包和裂缝成多字型排列; 8—地震陡坎剖面;
4—陡坎素描; 5—鼓梁及陷坑排列; 6—陷坑及其剖面; 7—形变带和第四系断裂剖面;
8—陷坑及旁侧鼓包; 9—冲沟被错开; 10—斜列的张裂缝;
11—鼓梁及陷坑横剖面; 12—因鼓包、鼓梁造成的地形变化; 13—河流阶地被错断。

主要形变现象及分布特征 该形变带由一系列地震陡坎、鼓包、张裂缝以及一些规模较大的鼓梁、陷坑组成。此外沿线还分布着许多次生的小湖和沼泽。这些形变现象大小不等, 形态各异, 高低相间。尽管各段表现不尽相同, 但规模较大的形变现象多分布在阿拉克湖至托索湖一带。反映形变带中部比两端更加强烈的特点。

自阿拉克湖向西约25公里, 形变带通过河漫滩草地。表现为一系列大小不等的鼓包和相间出露的张裂缝。鼓包长轴方向为北 20° — 50° 西, 单个长20—30米, 宽5—15米。鼓包之间的裂缝长轴方向为北东到北东东, 宽窄不等, 长短不一, 现今一般表现为很浅的凹坑。它们与鼓包组成“多”字型式排列〔图1(2)〕。再向西沿大板山北麓直至怀德水外沟止, 沿途断续可见一些斜列的小鼓包〔图1(1)〕, 但规模显著减弱。鼓包一般长几米, 高仅1米左右。

阿拉克湖向东至三岔口, 形变带沿红水川河南边通过。形变现象比西段更加显著。除有大量的鼓包和裂缝呈“多”字型或斜列出露外, 还发育着一系列地震陡坎、鼓梁、陷坑及湖泊沼泽。陡坎与形变带方向一致, 长几十米到数公里, 均南高北低。在三岔口最大高差达6米〔图1(3、4)〕。鼓梁长几十米到几百米, 宽几米到十几米, 高几米不等, 类似背斜, 有的顶部可见到二次纵张裂缝〔图1(11)〕。最大陷坑长300米, 中间宽60米, 深6至7米, 类似短轴向斜, 其中有的积水成湖或变成沼泽。鼓梁和陷坑长轴方向与形变带一致, 多成串珠状。

三岔口向东至托索湖, 形变带通过托索河峡谷北侧。形变现象和规模与三岔口到阿拉克湖一段相同。值得注意的现象是, 这里还见到数条冲沟被反时针错断, 最大错距达8米〔图1(9)〕。该段多处可见到该大断裂的断层剖面, 断面倾向南西, 倾角 70° — 80° , 均为南盘上冲, 形变带恰好沿断层上部通过〔图1(7)〕。

由托索湖向东穿过青康公路至年扎沟, 鼓包、裂缝、陷坑等仍很发育, 排列方式与前相同。再向东到阿尼玛卿峰北麓止, 形变带明显减弱。

形变带力学性质 上述不同性质、不同方向，不同形态的形变现象共生，并非杂乱无章，显然具有成生联系。

整个形变带的挤压特征是一目了然的。大量的地震陡坎就是一个证据。这些陡坎是由于断裂受挤压，南盘（上盘）向北逆冲所致。那些长轴与形变带方向一致的陷坑、鼓梁，无疑是断面受挤压于地表松散沉积层中产生的褶皱现象，或上盘逆冲出现的牵引褶皱。据目睹这次地震的老人说，当时形变带穿过托索湖，冰层拱起有房子那么高的冰堤。这些现象都证明形变带的强烈挤压特征。

从地震陡坎的高度看，断裂两盘垂直错距最大有6米。向两端逐渐变小，下大武一带已不足一米。阿拉克湖以西看不出垂直错断的迹象。

形变带中的鼓包、裂缝主要以“多”字型、斜列式和“入”字型式排列，它们一致反映出形变带两侧相对作反时针扭动。根据冲沟被错开的距离判断，最大水平错距可达8米。

从形变带及各种形变现象的方向及组合特征可以推测出，震区主压应力方向大致为北东东—南西西向（图2）。这和1971年及1963年该地发生的两次地震震源机制解P轴方向基本一致。上述各种形变现象就是在这—应力作用下断裂活动的结果。

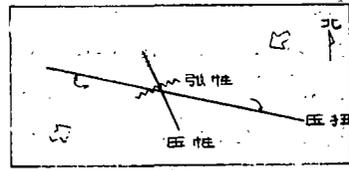


图2 1937年托索湖地震应力作用方式示意图

二、地质构造特征

区域构造概况 1937年托索湖地震位于青藏地块内部的可可西里—布青山—积石山北西西向褶皱带中段〔2〕。震区及周围还发育着东西向构造带和北北西向构造带。它们共同构成了本区主要构造格架（图3）。

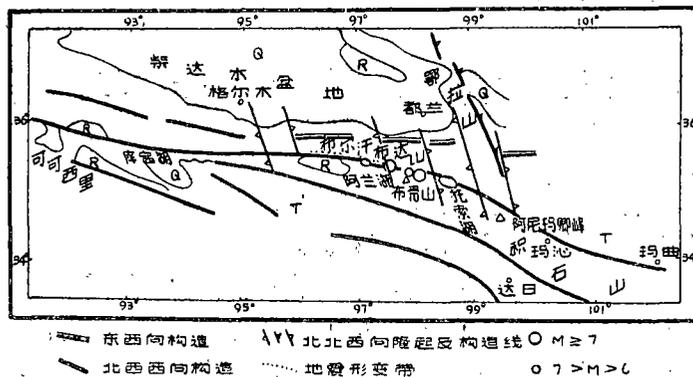


图3 库玛断裂带及周围地质构造略图

可可西里—布青山—积石山褶皱带主要发育在古生代到三迭纪地层中，由北西西向断裂及平行排列的复式褶皱组成。库玛断裂是该褶皱带北缘的深断裂。库玛断裂北侧是昆仑山—布尔

汗布达山东西向构造带〔1〕。它由近东西向的褶皱、压性断裂及中酸性侵入岩构成。断裂密集，多成束出现。它和库玛断裂带呈斜接、重接复合。该带成生时期较早，挽近以来活动不强，和这次大震没有直接关系。

北北西向构造带发育在布尔汗布达山到西倾山一带〔8〕。主要以北北西向的隆起、凹陷形式出现，同时伴有规模不等的褶皱和压性断裂。自东而西有鄂拉山—阿尼玛卿峰隆起，布尔汗布达山—布青山隆起，诺木洪南山隆起以及其间的托索湖、阿拉克湖凹陷带。从地质和现今地貌来看，北北西向构造挽近以来活动较强。它们与库玛断裂带反接复合。

发震断裂特征 宏观资料表明，1937年托索湖地震震害的扩展，地震形变带的分布完全受库玛断裂控制。反映库玛断裂是这次大震的发震断裂。这条发震断裂规模大、切割深，挽近活动强烈。该断裂西起库赛湖西，向东经东、西大滩、花石峡、玛沁、止于玛曲一带，绵延4千公里。总体走向北西西。东段倾向西南，倾角 55° — 85° 。向西到东西大滩断面反倾，为一条压扭性断裂。它在卫星照片上影象清楚，地貌上也十分醒目。库玛断裂主要发育在古生代及三迭纪地层中，对岩浆活动及中生代地层有一定控制作用。重力资料表明，沿断裂带莫氏面变异带陡坎达8公里*。据此推断它的深度可能已经达到上地幔。

该断裂挽近以来活动十分强烈，从地貌上看，沿断裂形成明显的断裂谷地，两侧山峰相对高差达1000余米。谷地南侧洪积扇裙发育，北侧多为冲积锥，同级河流阶地和夷平面南侧均比北侧高。如断裂中段红水川一带，三级夷平面南侧比北侧高1000—1200米**。反映断裂南盘比北盘上升急剧。在谷地中间，断面的南侧发育着一系列小山包，主要是第三系和第四系，有的由下伏基岩破碎物组成。它们长几百米到几公里，宽几十米至几百米，高几米到200多米不等。排列或与断裂平行，或与断裂有一定夹角呈雁行状，同样显示出断裂作反时针扭动。这些小山包的北缘多为断层三角面，地震形变带恰好由此通过。这些小山包无疑是该断裂挽近以来活动的结果。

震中部位地质构造特征 在震中三岔口一带，库玛断裂活动比东西两端强烈。不仅断裂垂直错距较大，而且反时针水平扭动较强。北北西向的布尔汗布达山—布青山隆起恰好在此与库玛断裂反接复合。现今地貌上十分清楚，由于北北西向的隆起，使托索河于该段形成陡峻的峡谷，上新统红层高出现代湖面170余米。造成托索河在湖泊西口有被堵截之势。

三、地震成因探讨

综上所述可以看出：

1. 地震形变带及震害受发震断裂控制。
2. 地震形变带与发震断裂性质及活动方式相同。
3. 地震形变带与发震断裂活动均反映北东东—南西西方向的挤压。
4. 宏观震中落在发震断裂现今活动最强并与北北西向隆起反接复合部位。

大量资料表明，青藏地块现今仍在整体强烈抬升，地块内部同时也存在差异运动。由于青藏隆起的形成和发展，使本区较老的构造形迹受到改造。从其地块周边构造特征分析，

• 据本所郭敬信同志资料

•• 据兰州大学徐叔鹰同志资料

它主要受到来自北面、东面和西南方向的挤压。当然随着地球自转速率的变化及其它因素的改变，同一地区不同时期受力方式和构造活动方式应该有所不同。这可能是导致同一地区地震活动或平静的根本原因。我们认为，托索湖地震的孕育和发生是自东向西的力为主的情况下，三个方向的力联合作用的产物。在这几种力联合作用下，青藏地块内部主压应力方向为北东东—南西西向。它使北西西向的断裂受压，同时产生强烈的反时针扭动。以隆起和凹陷形式出现的北北西向构造继续主要受挤压。由于它与北西西向断裂反接复合，形成北西西向断裂反时针错动的阻抗，为应力积累创造了良好条件。

值得指出的是，1937年托索湖地震形变带之长，水平及垂直错距之大都超过了我国某些8级以上地震的地面变形，因此这次地震震级可能达到8级。

本文在成文过程中得到了侯珍清、李玉龙同志的帮助，在此表示感谢。

(本文1981年元月27日收到)

参 考 资 料

- [1] 崔中元等，托索湖——玛曲活动断裂带，西北地震学报，1，1979。
 [2] 青海省地质科学研究所，青海省地质局第一区测队，青藏滇歹字型构造体系头部的确定及其发育历史，地质力学论丛，第三辑，1976。
 [3] 青海省地质局区域地质测量队，区域地质调查报告书，加鲁河幅，阿拉克湖幅（1/20万）1973—1976。

CHARACTERISTICS OF DEFORMATION BAND OF THE 1937 TUOSUOHU EARTHQUAKE (M=7.5) IN QINGHAI

Li Long-hai Jia Yun-hong

(The Seismological Institute of Lanzhou)

Abstract

The deformation band of Tuosuo-hu earthquake Jan. 7, 1937 (M=7.5) was 300km long. Strike as a whole was N70°W, in keeping with Kusai-hu and Maqu fracture zone. This deformation band consists of a series of fault scarps, little upheavals, tension fissures, fault ridges and small segs. The combination of all deformation phenomena has shown that earthquake fracture is compressional with anticlockwise torsion characteristics and that the direction of compressional stress of earthquake region stress field is NEE-SWW. The structure of upheavals and segs of NNW direction has intersected with the fracture Kuma in the earthquake region. The said structure has impeded the anticlockwise torsion of the fracture Kuma. Stresses have been congregated here. That was the essential cause which led to the occurrence of this strong earthquake.