2004 年 8 月
25 卷 4 期 :411-414

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTICA SINICA

Aug. 2004
25(4) :411-414

青藏铁路邻侧昆仑山 2001 年 *M*s 8.1 级地震地表破裂特征分析

吴中海　胡道功　吴珍汉

中国地质科学院地质力学研究所,北京,100081

摘　要　青藏铁路邻侧的地震地表破裂调查显示昆仑山 2001 年 8.1 级地震地表破裂明显呈水平左旋走滑性质,地震破裂带主要由 NE 向的张裂和 NW 向地震鼓包呈之字型沿昆仑山口断裂线性分布构成。青藏公路邻侧的地震破裂的实际左旋位移量为 4.3～4.8 m。地震的强烈破坏主要集中在地震破裂带上,在青藏公路附近见其影响范围可延至破裂带南北两侧 10～50 km 范围内。

关键词　昆仑山　地震地表破裂　左旋走滑　地震鼓包　地震张裂

Characteristics of Co-seismic Surface Rupture of the 2001 *M*s 8.1 Central Kunlun Earthquake in the Area Adjacent to the Qingzang Railway

WU Zhonghai　HU Daogong　WU Zhenhan

Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing, 100081

Abstract　Field investigation shows that the surface rupture zone of the 2001 *M*s 8.1 central Kunlun earthquake has a left-lateral strike-slip feature. It is distributed along the active Kunlun fault. The surface rupture zone is composed of distinct shear faults, extensional cracks and mole tracks spread along the fault lineament. The maximum horizontal sinistral displacement of 4.3～4.8 m was measured along the rupture zone, which is some 10 km long in the area adjacent to the Qingzang railway. The major damage is concentrated on the surface rupture zone, and there are a lot of minor damages distributed in a zone whose width ranges from 10 km to 50 km in the area.

Key words　Kunlun Mountains　co-seismic surface rupture　left-lateral strike-slip　mole track　extensional crack

2001 年 11 月 14 日,青海、新疆交界一带发生了 *M*s 8.1 级地震,地表的初步调查结果表明,宏观震中位于库赛湖东约 30 km 一带,地震形成的最大左旋位移量约 16.3 m,其地表破裂带长达 350～400 km(陈文彬等,2001 ;Aiming Lin 等,2002)。上述调查主要涉及地震的宏观震中、地表破裂区域展布和沿破裂带的水平位移分布等,但对地震地表破裂带几何特征缺少详细的分析。笔者在青藏铁路沿线进行活动断裂调查过程中,详细观察了青藏铁路邻侧约 10 km 宽范围内的地震地表破裂,为了较全面地了解青藏公路邻侧的地震地表破裂的几何特征及对工程设施的破坏程度,在青藏公路两侧约 1 km 宽的范围内对此次地震的地表破裂进行了1∶1000比例尺的地质-地貌填图(图 1)。

1　地震破裂带上的形变类型

此次地震的主破裂带沿 90°～105°走向展布于昆仑山南麓,破裂带恰好位于 NWW 走向的昆仑山口左旋走滑断裂带上,沿地震地表破裂带呈现出走滑断裂带上地震形变的多种类型,其主要包括地震鼓包、剪切破裂、地震张裂陷、地震张裂缝、地震陷坑和地震堰塞塘等。

1.1　地震鼓包

地震鼓包是走滑断层破裂带上局部挤压形成的小型褶皱或逆冲构造,是走滑断层破裂带上典型的地震形变类型之一。在昆仑山口地震破裂带上,地

本文由国家重点基础研究发展规划项目子课题(编号 :95-13-01-06)和横向项目“青藏铁路望昆-拉萨段沿线活动断裂研究”资助。
改回日期 :2002-9-15 ;责任编辑 :宫月萱。
第一作者 :吴中海,男,1975 年生,助理研究员,构造地质专业,主要从事第四纪地质和活动构造研究。

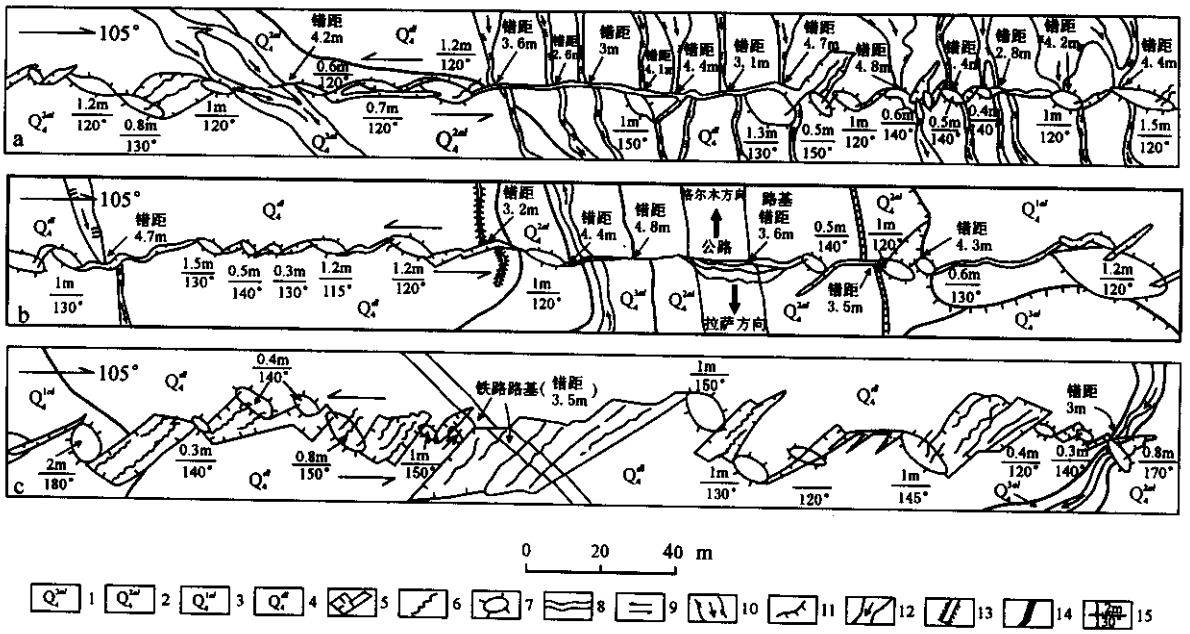


图 1 青藏公路邻侧 2001 年昆仑山 *Ms* 8.1 级地震地表破裂分布图

Fig. 1 The distribution of co-seismic surface rupture of the 2001 *Ms* 8.1 Central Kunlun Earthquake at Qingzang road adjacent area

1-低河漫滩沉积物;2-高河漫滩沉积物;3-阶地沉积物;4-全新世坡积物;5-地震裂陷;6-地震裂缝;7-地震鼓包;8-剪切破裂;9-走滑方向;10-冲沟;11-阶地陡坎;12-水流方向;13-水坝;14-光缆;15-地震鼓包的高度和长轴方向

1-the sediment of low river flat;2-the sediment of high river flat;3-the sediment of terrace;4-Holocene slope wash;5-extensional crack;6-earthquake crack;7-mole track;8-shear crac;9-the direction of strike-slip;10-gully;11-bench;12-flow direction of river;13-dam;14-cable;15-the high and strike of mole track

震鼓包主要呈 NW 向斜交于主破裂带,或与 NE 向的地震裂缝或地震裂陷相伴生,其主要表现为表层松散沉积物的褶皱拱起。地震鼓包的长轴走向 115°~150°,规模大小不一,长 5~30 m,宽 1~15 m,高 0.2~2 m。

1.2 剪切破裂

昆仑山口地震破裂带上,剪切破裂基本平行主破裂带,走向 95°~110°,延伸稳定,破裂上裂缝较直,深度较大,裂缝两壁上常见指示左旋运动的水平擦痕,此破裂面应代表走滑断层的主断面。剪切破裂两侧常见地质-地貌体的左旋水平错动。

1.3 地震张裂陷和张裂缝

地震张裂陷和张裂缝是走滑断层破裂带上局部拉张形成的小型拉分断陷或张裂,也是走滑断层破裂带上典型的地震形变类型之一。在昆仑山口地震破裂带上,地震张裂陷和张裂缝主要呈 NE 向与 NW 向的地震鼓包相伴生,或斜交于主破裂带,其主要表现为表层松散沉积物的拉张、陷落,指示断层的左旋错动。地震破裂上张裂陷内常分布多条平行的张裂缝,两端与剪切破裂相连,呈小型左旋拉分盆地,其长轴走向 50°~80°,规模大小不一,最大的宽 40~70 m,长 25~50 m;最小的张裂陷长、宽则皆小于 10 m;而裂陷深度在 0.5~6 m 之间。地震张裂缝则宽 0.2~2.5 m 不等,长几米至数十米,深 0.5~6 m,地表常呈之字型追踪状裂隙,靠近主破裂面裂缝宽度大,离开主断面则逐渐尖灭。

1.4 地震堰塞塘

昆仑山口地震破裂带上的地震堰塞塘多见于现代河床中,其是由于地震鼓包等隆起构造或破裂带走滑错动山梁、阶地等地貌体构成挡水凸起阻塞河流或小溪而成。在地震堰塞塘发育处,常可见阶地、河漫滩或山梁错动现象。

1.5 地震陷坑

昆仑山口地震地表破裂带上的地震陷坑常位于 NE 向张裂缝与 NWW 向剪切破裂相交的部位,其平面上呈圆形或椭圆形,中部陷落,平行破裂带分布。陷坑一般直径为 2~5 m。

2 地震形变组合特征

地震破裂宏观上沿 90°~105°走向笔直延伸,而小尺度上则是由地震鼓包、地震张裂陷、地震裂缝和剪切破裂等地震形变体呈'之'字型线性连接组合而

万方数据

成。通过实际测量表明,青藏公路两侧的地震地表破裂主要由走向 120°左右的地震鼓包和走向 70°左右的地震裂陷呈雁列式交错分布构成(图 1),局部地段则由走向为 105°的左旋剪切破裂面连接零星的地震鼓包和张裂陷构成。在公路西侧(图 1-a),地震地表破裂以地震鼓包和地震裂陷交错雁列分布为特征,地震鼓包与地震裂陷的规模基本相当;公路东侧(图 1-c),整体上也是以地震鼓包和地震裂陷交错雁列分布为特征,但地震裂陷的规模远大于公路西侧,并且裂陷的规模也大与地震鼓包。上述差异性主要是由地表堆积物的厚度和松散程度造成的,在公路西侧表层 Q_4 松散堆积层薄,且堆积于比较致密的 Q_1 湖相砂粘土层之上;而公路东侧的表层 Q_4 松散堆积层较厚,堆积于比较松散的 Q_2 冰碛砾石层之上,这种较厚的松散层更容易以张裂的形式来调节地表变形。

3　地震破裂带的位移特征

对青藏公路邻侧约 10 km 宽范围的地震地表破裂带进行详细观察后发现,与地震地表破裂垂直或斜交的地质-地貌体和青藏公路、光缆和正在建设的青藏铁路便道等一系列工程设施被一律的左旋错动。在青藏公路两侧,河流高河漫滩、河床和山麓斜坡上一系列小型冲沟被地震破裂带左旋错动 2.6～4.8 m(图 1-a),其中青藏公路西侧一个人工水坝被断层左旋错动 3.2 m(图 1-b)。在青藏公路东侧,光缆和铁路便道被地震破裂左旋错动 3.5 m,河流阶地左旋错动 4.3 m(图 1-b)。继续向东,距青藏公路约 6.8 km 的一条近 SN 向河谷附近,见现代河床上由于破裂带走滑错动河漫滩形成堰塞塘,河谷中的河漫滩和东侧的人工渠、洪积扇被左旋错动 4.3～4.7 m。

地震破裂带上的左旋错动量具有明显差异,其主要原因是地震破裂带上常伴生有长轴近 SN 向的褶皱,其吸收了一部分左旋走滑量的缘故。因此,本段内的最大左旋位移量(4.3～4.8 m)才可代表走滑破裂在此段的实际左旋位移量。另外,由于地表和下部的岩土性质差别也会造成地表观察到的实际位移量的减小,比如在青藏公路上,地震破裂左旋错动路基底部 3.5 m,但向上走滑量扩散为宽的地震裂缝带而未见到明显错动,就是由于公路路基上部土质松散,且与下覆岩层间力学形态具有明显差异性,因此对地震破裂的走滑运动起到了明显扩散作用的缘故。

4　青藏公路附近的地面破坏情况

由于地震发生于海拔 4 200 m 以上的青藏高原腹地,震区内人烟稀少,因此地震造成的人员和财产损失很小,但除了地震破裂带上直接的断裂错动强烈破坏地表外,在地震地表破裂南北两侧 10～50 km 宽的范围内仍可见到明显的地震破坏情况。在纳赤台附近,地震造成'昆仑泉亭'一带地面坍塌;在西大滩一带,地震造成大部分房屋墙壁开裂、少数屋顶坍塌和泵站、兵站外围砖混结构的围墙坍塌,还造成玉珠峰北侧发生强烈雪崩,使冰舌前进约 2 km;在昆仑山口,地震造成水泥粘结的石碑坍塌。地震还在公路上形成多条地震裂缝,强烈破坏破裂带两侧的路面。

5　结论

调查表明,地震地表破裂显示明显的水平左旋走滑性质,地震破裂带主要由 NE 向的张裂和 NW 向地震鼓包呈'之'字型沿昆仑山口断裂线性分布构成,青藏公路邻侧的地震破裂实际左旋位移量为 4.3～4.8 m。地震的强烈破坏主要集中在地震破裂带上,在青藏公路附近见其影响范围可延至破裂带南北两侧 10～50 m 范围内。

致谢　野外工作得到河北省区域地质矿产调查研究所李增水和西藏地质培训中心拉巴次仁、巴桑次仁、扎西、扎拉等人的大力协助,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

陈文彬,徐锡伟,张志坚等. 2001. 2001 年 11 月 14 日,青新交界 M_S 8.1 级地震地表破裂带的初步调查. 西北地震学报,23(4):313～317.

References

Aiming Lin, Bihong Fu, Jianming Guo et al. 2002. Co-seismic strike-slip and rupture length produced by the 2001 M_S 8.1 central Kunlun earthquake. Science, 296: 2015～2017.

Chen Wenbin, Xu Xiwei, Zhang Zhijian et al. 2001. Preparatory field inverstigation on the surface deformation zone of the Qinghai-Xinjiang M_S 8.1 earthquake on Nov. 14, 2001. Northwestern Seismological Journal, 23(4): 313～317.

图版说明(Plate explanation)

图版 I(Plate I)

1-青藏公路西侧地震破裂带上的雁列地震鼓包(镜向 NW,吴中海摄)

万方数据

2-青藏公路东约 6 km 处,地震破裂及其上的小型拉分张裂(镜向 SSE,吴中海摄)

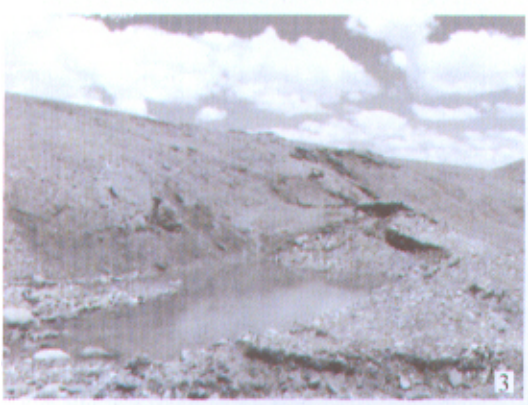
3-青藏公路东约 2 km 处,地震破裂上的堰塞塘(镜向 SE,吴中海摄)

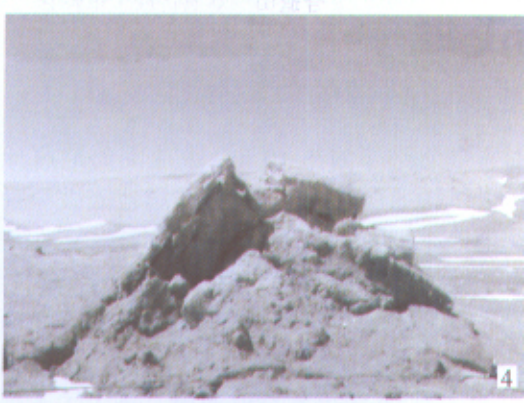
4-青藏公路西侧,地震鼓包上的表层砂土褶皱现象(镜向 SW,吴中海摄)

5-青藏公路东侧,地震破裂左旋错动河流一级阶地 4.3 m(镜向 N,吴中海摄)

6-昆仑山口处,昆仑山地震震塌石碑(镜向 W,吴珍汉摄)

图版 I





万方数据