

文章编号：1006-6616(2003)01-0014-07

河西走廊地壳稳定性研究进展

陈柏林^{1,2}, 党光明³, 崔巍⁴, 张永双², 董诚², 刘建生⁵

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

3. 青海地震局, 青海 西宁 810000; 4. 中国华水水电开发总公司, 北京 100054;

5. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要：河西走廊地区地处青藏高原北缘，是一个典型的压陷盆地，周边主要活动断裂带有：龙首山南缘活动断裂带、祁连山北缘活动断裂带、昌马活动断裂带及阿尔金活动断裂带东段。河西走廊南侧是地球物理场和地壳结构骤变带，龙首山南缘活动断裂带和祁连山北缘活动断裂带巨大的逆冲造就了走廊地区巨厚的中生代沉积，最大厚度超过 3500m~4000m，其中第四系沉积物最厚超过 1000m。河西走廊及邻区大地形变强烈，更是地震活动带，历史上和现今发生了许多破坏性大地震和众多中小地震。从活动断裂带角度考虑，包括与西气东输管线、兰新铁路和 312 国道以不同角度斜交的阿尔金断裂带东段（上赤金—宽滩山一带）、嘉峪关断裂带、榆木山断裂带都是现今构造活动性比较强烈的断裂带，它们的活动性包括长期蠕变和瞬间变形，必将对上述工程管线和交通干线的安全性产生影响。

关键词：河西走廊；地壳稳定性；西气东输；工程安全性

中图分类号：P511.1

文献标识码：A

河西走廊地处甘肃省西北部，夹于祁连山与合黎山—龙首山之间，西起疏勒河下游，东至乌鞘岭。NWW 向长 1000 余公里，南北宽数公里至数十公里。以戈壁、沙漠为主，沿河谷为绿洲耕地。河西走廊特殊的地理位置决定了其极为重要的交通要道地位，在古代是通往西域的丝绸之路，已建的兰新铁路和 312 国道自东向西沿河西走廊通过，它还将成为正在开工兴建的西气东输工程唯一的通道。因此，随着我国现代化建设和西部大开发的实施，河西走廊地区的地壳稳定性问题就越来越突出。

从大地构造背景分析，河西走廊地区地处青藏高原北侧外围，受印度板块与欧亚板块于中生代末—新生代早期的碰撞及持续至今的向北推挤作用的远程效应的影响，河西走廊在地壳结构上属于压陷盆地。河西走廊盆地北侧为阿拉善地块，南侧为祁连山褶皱带。主要活动断裂带是：(1) 北侧有龙首山南缘活动断裂带，并以其与阿拉善地块（阿拉善地块南侧为龙首山断褶带）相接；(2) 南侧有祁连山北缘活动断裂带，以其与祁连山褶皱带相接；(3) 紧临祁连山北缘活动断裂带南侧是昌马活动断裂带；(4) 河西走廊西段为阿尔金活动断裂带东段（及其分支断裂）^[1-4]。

收稿日期：2002-12-16

基金项目：中国地质调查局地质调查项目（编号：200201240001）的部分研究成果。

作者简介：陈柏林（1962-），男，研究员，主要从事区域构造、活动构造、矿田构造和成矿预测研究。

针对河西走廊及其周边地区的活动断裂带，中国地震局地质研究所、中国地震局兰州地震研究所和江在森、王双绪、向宏发等在活动断层、地震和地形变等方面进行过比较详细的调查和研究工作，取得了重要的数据和资料^[2-7]。近年来，何文贵、刘百箴等对河西走廊东段南侧的北祁连山活动断裂带东段（毛毛山断裂带、冷龙岭断裂带）进行了 1/5 万活断层填图和孕震活动构造的定量研究^[8-10]，闵伟^[11]等开展了酒西盆地最新活动断层研究。随着我国西部大开发战略的实施，针对西气东输工程，中国环境地质监测院、中国地震局地质研究所开展了“西气东输工程建设用地地质灾害危险性评估”和“西气东输工程干线管道地震安全性评价”调查工作。

本文作者通过对前人调查研究资料的综合分析，概述河西走廊地区的地壳稳定性研究进展，并提出开展针对国家重大工程安全的活动构造研究的重要性。

1 河西走廊地区地质构造单元与地貌结构类型

河西走廊地区地处青藏高原北缘，从地质构造单元上，盆地北侧为阿拉善地块（属于中朝地块的一部分），南侧为祁连山褶皱带（图 1）。周边主要活动断裂带是：（1）北侧有龙首山南缘活动断裂带，并以其与阿拉善地块（阿拉善地块南侧为龙首山断褶带）相接，（2）南侧有祁连山北缘活动断裂带和昌马活动断裂带，并以祁连山北缘活动断裂带与祁连山褶皱带相接，（3）西侧为阿尔金活动断裂带东段（及其分支断裂）（图 1）^[1-4]。

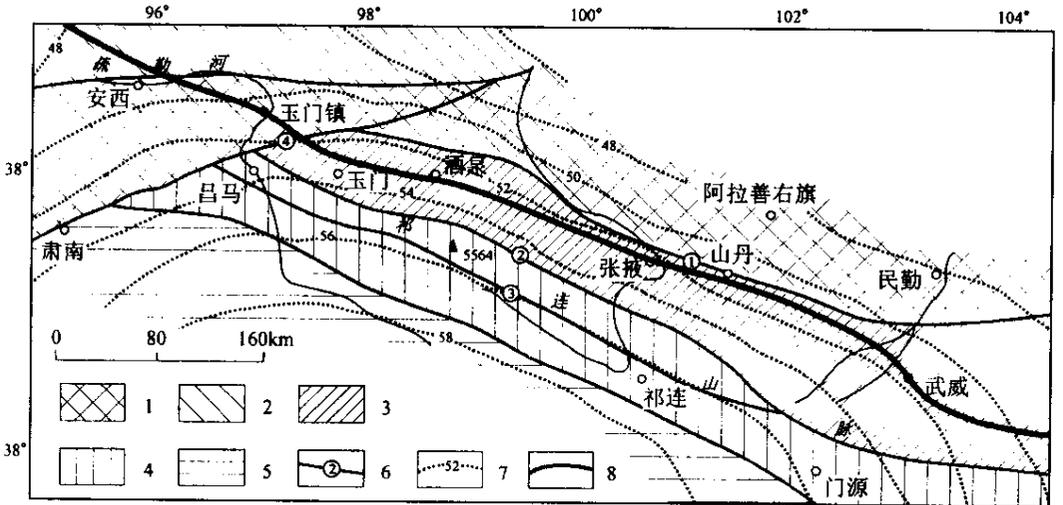


图 1 河西走廊地区构造单元与西气东输设计管线位置图（据文献 [4] 和本文资料编制）

Fig.1 Tectonic map of Hexi corridor and west to east gas transportation route

- ①龙首山南缘断裂带；②祁连山北缘断裂带；③昌马—俄博断裂带；④阿尔金断裂带；1. 中朝地块；2. 北山褶皱带；3. 河西走廊；4. 北祁连山褶皱带；5. 祁连中间隆起；6. 主要断裂带及编号；7. 莫霍面等深线；8. 西气东输设计管线位置

从地貌结构上，河西走廊是一个典型的压陷盆地，其内部又被两个横向隆起分隔成 3 个盆地，两个隆起是榆木山隆起和大黄山隆起，3 个盆地是酒泉盆地、张掖—民乐盆地和武威盆地，其中酒泉盆地又被次一级的嘉峪关—文殊山隆起分隔成酒西盆地（也称为玉门盆地）和酒东盆地。

2 河西走廊的地球物理场和地壳厚度特点

河西走廊南侧是地球物理场和地壳结构骤变带。重力异常从祁连山主体地带的 $330 \sim 335 \text{m/s}^2$ 骤降至玉门—酒泉—高台—古浪一线的 $240 \sim 260 \text{m/s}^2$ ，地壳厚度从祁连山主体地带的 $58 \text{km} \sim 60 \text{km}$ 骤降至玉门—酒泉—高台—古浪一线 $51 \text{km} \sim 54 \text{km}$ (图 2)^[4]。在航磁异常上，河西走廊拗陷带为非常特征的低缓变化磁场区，磁异常变化范围为 $-40 \sim +20 \text{nT}$ ，与走廊拗陷内巨厚的新生界无磁性沉积物有关；而河西走廊拗陷周边地区磁异常变化比较大 (变化于 $-40 \sim +150 \text{nT}$)，与祁连山褶皱带、阿拉善地块、阿尔金断块中出露的高磁性地质体有关^[4]。

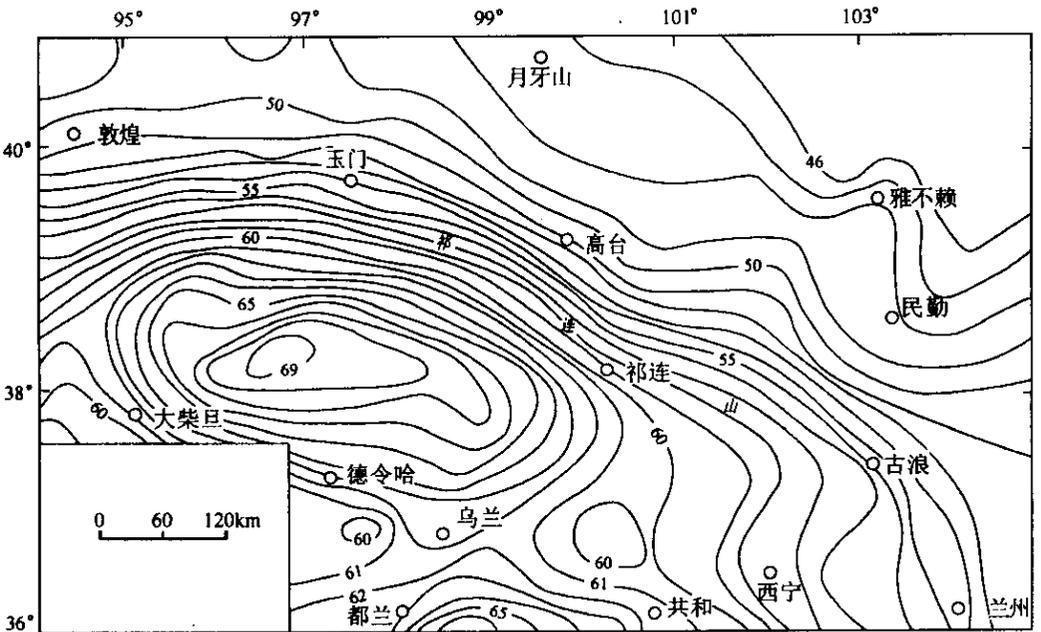


图 2 祁连山—河西走廊地区莫霍面等深线图^[4]

Fig.2 A contour map showing the Moho in Qilianshan-Hexi corridor

3 河西走廊的中新生代沉积特点

龙首山南缘活动断裂带和祁连山北缘活动断裂带均以巨大的逆冲 (推覆) 为特征，尤其是祁连山北缘断裂带的巨大逆冲作用，造就了走廊地区巨厚的中新生代沉积物，厚度最大超过 $3500 \text{m} \sim 4000 \text{m}$ ，其中第四系沉积物最厚超过 1000m (图 3)，并形成了最具特色的走廊现今地形地貌特征——冲 (洪) 积物组成的斜坡地貌^[4]。

4 河西走廊及邻区大地形变

从构造形变角度，河西走廊及邻区大地形变强烈。晚更新世以来，祁连山北缘断裂带垂

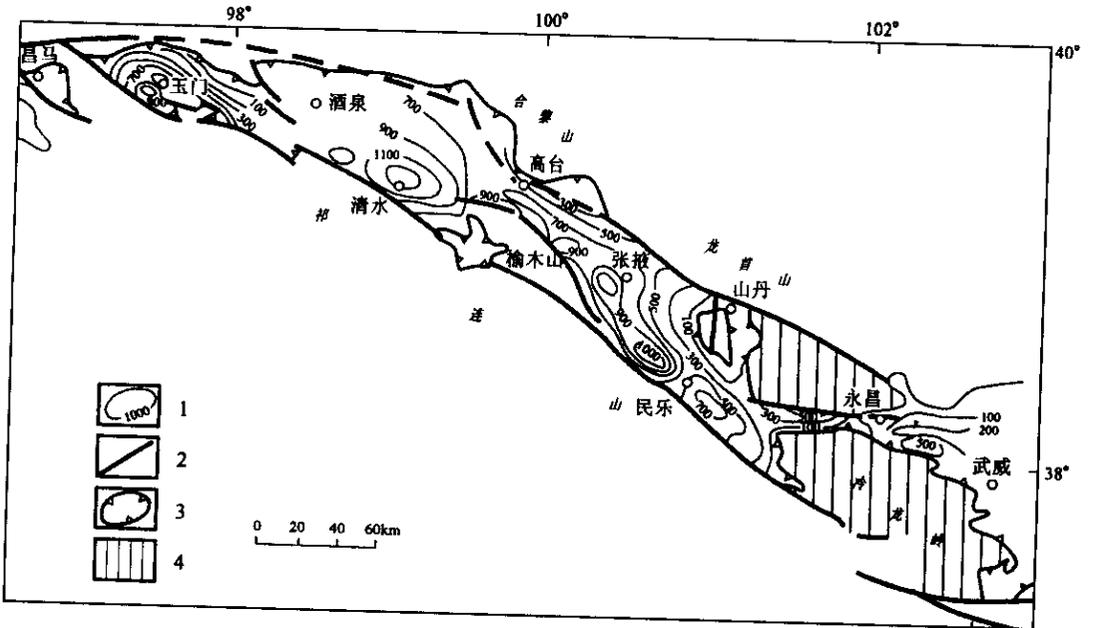


图 3 河西走廊盆地第四系厚度分布图 (据文献 [4])

Fig.3 A contour map showing the thickness of Quaternary in Hexi corridor

- 1. 第四系等深线 (单位: m);
- 2. 第四纪断裂;
- 3. 第四纪盆地边界;
- 4. 盆地内隆起区

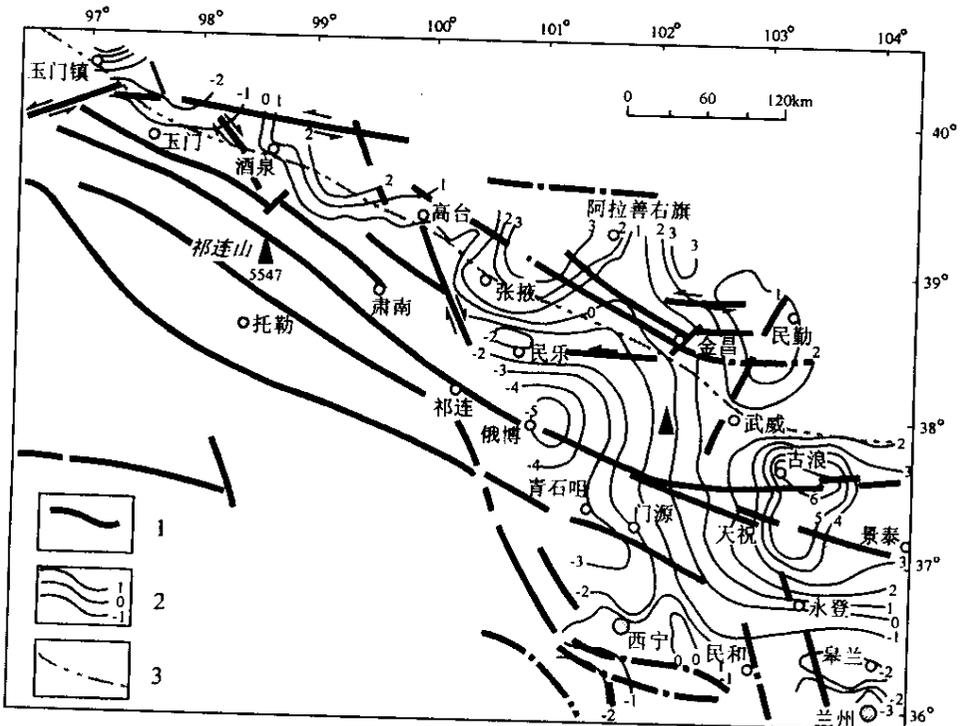


图 4 河西走廊及邻区垂直位移速率等值线图 (1989 ~ 1995) (据文献 [4])

Fig.4 A contour map showing the vertical displacement velocity in Hexi corridor and adjacent area

- 1. 活动断裂带;
- 2. 大地形变垂直位移速率等值线 (mm/a);
- 3. 西气东输工程设计线路

直位移速率为 0.4 ~ 3.1mm/a, 阿尔金断裂带东段在敖包沟等地断裂水平位移速率为 4.4 mm/a; 昌马断裂带垂直位移速度为 0.5 ~ 1.2mm/a, 水平位移速率为 4.0 ~ 4.7mm/a。而现代大地形变更加强烈, 其中 1975 ~ 1979 年最大垂直位移达到 15mm/a, 1989 ~ 1995 年垂直位移 - 4 ~ + 5mm/a 之间 (图 4), 最大水平位移 (GPS 结果) 为 27mm/a^[5,6]。

5 河西走廊及邻区的地震活动性

河西走廊及邻区是地震活动带, 祁连山北缘断裂带、龙首山断裂带、阿尔金断裂带以及南侧的昌马活动断裂带均具有强烈的现今活动性, 地震活动比较频繁, 安西—武威一线 6 级以上大地震频繁发生 (18 次, 其中走廊范围内 6.4 级以上 4 次), 20 世纪大地震有: 1927 年 5 月 23 日古浪 8 级大地震 (距武威 60km) 1932 年 12 月 25 日昌马 7.6 级大地震 (距玉门镇 60km) 1954 年 2 月 11 日山丹 7.25 级大地震 (距山丹仅 25km)。20 世纪以前的历史大地震有 180 年高台 7.5 级大地震、1609 年酒泉盆地红崖堡 7.25 级大地震。此外, 还发生过众多 5 ~ 6 级和 5 级以下地震, 其中 1970 年以来大于 5 级地震为 13 次 (图 5)^[2~5]。

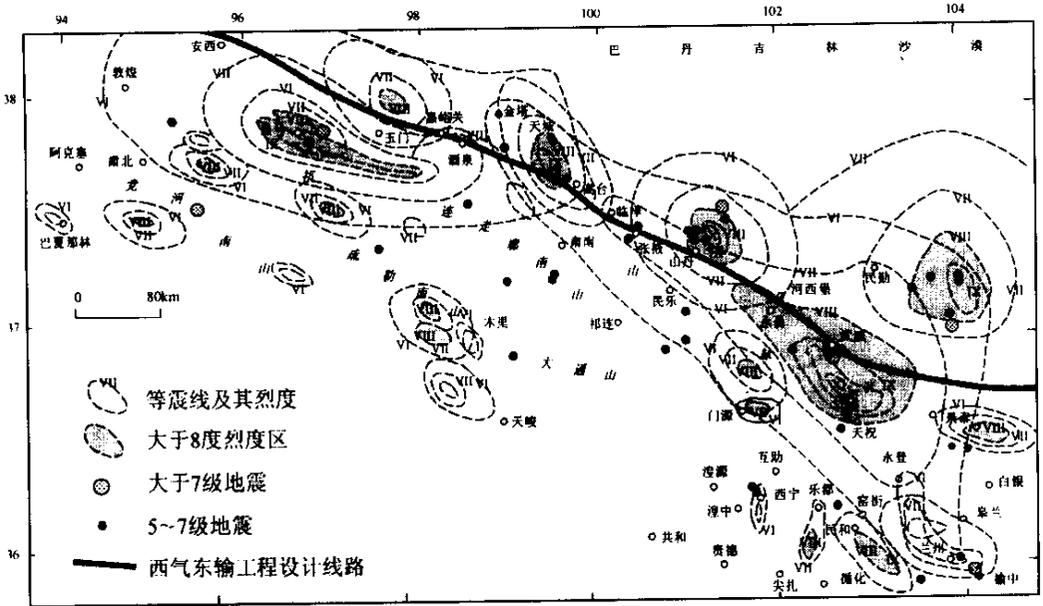


图 5 河西走廊地区地震烈度分布图 (据文献 [4])

Fig.5 A contour map showing the seismic intensity in Hexi corridor

地震活动产生的位移也非常大, 如 1927 年古浪 8 级大地震, 发生巨大的垂直位移, 发育多处 6.2m ~ 7.5m 高的地震陡坎; 昌马断裂带 1932 年 7.6 级大地震水平位移 0.9m ~ 6.6m, 垂直位移 0.5m ~ 5.4m, 据已经调查的大于 2m 的垂直位移达 8 处^[5,6]。

虽然管线工程与祁连山北缘、龙首山南缘、昌马 3 条活动断裂带近于平行, 但是从地震烈度上分析, 管线工程河西走廊段总体上都处于 VII 度烈度区或以上, 大于 VIII 度烈度区的区段有嘉峪关西、高台、山丹、永昌—武威等, 其中高台、山丹、武威的局部地段管线工程将穿越 IX ~ X 度烈度区 (图 5)^[2~5]。

从活动断裂带角度考虑，阿尔金断裂带东段（上赤金—宽滩山一带）、嘉峪关断裂带、榆木山断裂带都是现今活动性比较强的断裂带，尤其是这 3 条活动断裂带都与包括西气东输管线、兰新铁路和 312 国道以不同的角度斜交，它们的活动性，包括长期蠕变（水平位移和垂直位移）和瞬间变形（地震）必将对上述工程管线和交通干线的安全性产生影响。这是非常值得研究调查的问题。

6 结论

河西走廊地区地处青藏高原北缘，是一个典型的压陷盆地，周边主要活动断裂带有：龙首山南缘活动断裂带、祁连山北缘活动断裂带、昌马活动断裂带及阿尔金活动断裂带东段。河西走廊南侧是地球物理场和地壳结构骤变带，龙首山南缘活动断裂带和祁连山北缘活动断裂带的巨大的逆冲造就了走廊地区巨厚的中新世沉积物，最大厚度超过 3500m~4000m，其中第四系沉积物最厚超过 1000m。河西走廊及邻区大地形变强烈，更是地震活动带，历史上和现今发生了许多破坏性大地震和众多中小地震。从活动断裂带角度考虑，与西气东输管线、兰新铁路和 312 国道以不同的角度斜交的阿尔金断裂带东段（上赤金—宽滩山一带）、嘉峪关断裂带、榆木山断裂带都是现今活动性比较大的断裂带，它们的活动性，包括长期蠕变（水平位移和垂直位移）和瞬间变形（地震）必将对上述工程管线和交通干线的安全性产生影响。

所以，开展以地壳稳定性、活动断裂带、大地形变和地震为主要内容的调查工作，查明河西走廊地区地壳稳定性，对包括西气东输工程管线在内的国家重大工程和交通干线的安全性是非常有必要和有现实意义的，并将为国家的可持续发展产生巨大的经济效益。

感谢何文贵高级工程师在地震地质和活动断裂研究方面对作者及本文的指导和帮助。

参 考 文 献

- [1] 甘肃地质矿产局. 甘肃省区域地质志 [M]. 北京：地质出版社，1989.
- [2] 国家地震局兰州地震研究所. 昌马活动断裂系 [M]. 北京：地震出版社，1992.
- [3] 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 阿尔金活动断裂带 [M]. 北京：地震出版社，1992.
- [4] 国家地震局地质研究所、国家地震局兰州地震研究所. 祁连山—河西走廊活动断裂系 [M]. 北京：地震出版社，1993.
- [5] 江在森，丁平，王双绪，等. 中国西部大地形变监测与地震预报 [M]. 北京：地震出版社，2001.
- [6] 王双绪，江在森，张四新. 祁连山—河西走廊现今垂直形变场特征与区域构造应力场 [J]. 地壳形变与地震，1997，17（1）.
- [7] 向宏发，魏顺民. 河西走廊玉门—嘉峪关地区活动断裂的初步研究 [A]. 现代地壳运动研究 [M]. 北京：地震出版社，1990.
- [8] 何文贵，刘百箴，袁道阳，等. 毛毛山断裂带晚第四纪活动特征 [A]. 见：活动断裂研究（5）[M]. 北京：科学出版社，1996. 63~77.
- [9] 何文贵，刘百箴，袁道阳，等. 冷龙岭活动断裂的滑动速率研究 [J]. 西北地震学报，2000，22（1）：90~97.
- [10] 刘百箴，袁道阳，吕太乙，等. 北祁连山东段活动断裂带的分段性研究 [J]. 西北地震学报，1998，20（4）：27~33.
- [11] 闵伟，张培震，何文贵，等. 酒西盆地断层活动特征及古地震研究 [J]. 地震地质，2002，24（1）：35~44.

ADVANCES IN STUDY OF CRUSTAL STABILITY IN HEXI CORRIDOR , NORTHWESTERN CHINA

CHEN Bai-lin^{1 2} , DANG Guang-ming³ , CUI Wei⁴ ,
ZHANG Yong-shuang² , DONG Cheng² , LIU Jian-sheng⁵

(1. *China University of Geosciences , Beijing 100083 ; 2. Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 ;*

3. Seismological Bureau of Qinghai Province , Xining 810000 ;

4. China Huashui Hydropower Development Corporation , Beijing 100054 ;

5. Lanzhou Institute of Seimology , CSB , Lanzhou 730000 , China)

Abstract : Hexi corridor , tectonically located in the northeastern margin of the Qinghai-Xizang plateau , is a typical compressive fault basin. Around it , there developed Altun active fault , northern Qilianshan boundary active fault , Changma active fault and southern Longshoushan boundary active fault. There are sudden changes of geophysical field , crustal thickness and lithosphere structure in the area. The giant thrusting displacements along the northern Qilianshan boundary active fault and southern Longshoushan boundary active fault result in the huge Mesozoic-Cenozoic sediment , more than 3500 ~ 4000m in some place , in which , the thickness of Quaternary sediment is more than 1000m. Hexi corridor is also a belt of stronger deformation and seismic activity. There happen many destructive earthquakes and a lot of mid-small earthquakes in history and now-days. Specially , the eastern Altun fault , the Jiayuguan fault and the Yumushan fault , which cross the west to east gas transportation pipeline , the Lanzhou-Xinjiang railway and 312 high-way in different angle , are the present active fault. The deformation of these active faults , including long-term creep and instantaneous sliding (eg. earthquake) , influences the safety of main line of communication and gas transportation pipeline.

Key words : crustal stability ; west to east gas transportation ; engineering safety ; Hexi corridor