

青藏块体内北东向构造及其地震活动 (以甘青宁地区为例)

向光中 吕德徽

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文以甘、宁、青地区为例,分析了青藏块体内北东向构造的分布、生成、发展和现今活动以及力学性质诸方面的特点。同时强调了这组构造的成因和运动学的独立地位及其对地震的控制作用。

青藏块体是我国重要的地震活动区之一,位于欧亚板块与印度板块会聚带的一侧。它的北部边界西起新疆西端的帕米尔山,沿西昆仑山、阿尔金山、合黎山、通过雅布赖山,直达狼山。东界北起桌子山,通过六盘山东麓,经龙门山、凉山,往南直达云南通海一带。整个块体面积为我国总面积的四分之一强。所以,研究块体的构造与地震活动的关系是非常必要的。

青藏块体在地质历史时期内,经历多次构造变动,再加上新生代以来印度板块的推挤,使得该地区的构造更加复杂。那么,确定块体内哪类构造与地震活动的关系较密切是地震地质工作的重要内容之一。

以往的许多地质文献把北西向或北西西向构造均放在重要的位置上,而对北东向构造与地震的关系却未曾阐述。但一些强震震中所在的地段,往往位于北东向构造与东西构造的交汇区内,本文将着重对甘肃、青海、宁夏地区北东方向构造与地震活动,尤其是与强震活动的关系进行分析和讨论。

一、北东方向构造展布区的地质背景

青藏块体内部由一系列被古缝合线区分开的不同时期的褶皱带所组成。由北往南有:北祁连山加里东褶皱带,南祁连山海西褶皱带,印支褶皱和燕山、喜马拉雅褶皱带。这些褶皱构造带内的主要构造线组成一个巨大的向北东突出的拉萨—兰州—西海固弧形构造(图1)。大多数出露在地表的巨大断层,除块体边缘的阿尔金山断裂、贺兰山、龙门山、安宁河小江断裂外,内部断层的走向由西侧的北西西向往东南延伸转为北西方向。这类构造自中生代以

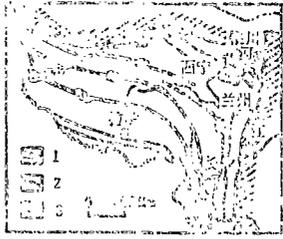


图1 青藏高原弧形构造示意图
1. 板块缝合线 2. 推测构造 3. 断裂构造
Fig.1 Sketch for arc structure over Qinghai-Xizhang Massif

后，往往被其它构造所肢解。例如，河西走廊和祁连山地区，中生代以后发育了一组北北西向的构造，使得北西向褶皱带被分解为许多菱形地块或断块，其中既有隆起的地块，也有沉降的断陷盆地。这些菱形断块长对角线均呈北西方向。北东向构造便形成于这样的背景之下。

如图1所示，块体内弧顶西侧走向呈北西延伸的断裂构造，具有左旋特征，主要展布于甘肃、青海和宁夏地区。东侧呈北西或北北西走向的断裂，大多数具有右旋的特征。

据目前所掌握的资料可以认为，全新世以来，具有左旋特征的断裂在局部地段显示出曾有过活动，但大多数地段自晚更新世以来没有明显的活动迹象。但在这样的背景条件下，北东向构造却显示出晚更新世以后仍具有强烈的活动特征。

总之，以上现象的产生，与各时期的板块俯冲、碰撞会聚有关。

二、北东方向构造的展布和特点

关于青藏块体内北东方向构造的存在和展布，八十年代以前未被人们所了解。随着地震地质工作和地球物理工作的开展，这一构造才逐渐引起人们的注意和重视^{[1][2]}。直到目前，对其全貌仍然还不十分清楚，有待进一步工作。本文只是初步地划分出以下几个构造带（图2）：

1. 贺兰山—银川北东向构造带

这组构造带出露于贺兰山以东包括有贺兰山东麓及银川地堑东缘黄河断裂，这是构成银川地堑的主要断裂，地堑内部的一些隐伏断裂也属于此构造带。延伸长度约200公里，走向为北东30度，通常表现为正断层，并且有右旋特点，第四纪以来垂直活动断距可达3000米，全新世时红果子沟处长城水平错动为1.45米，主要断层切割深度可到达莫霍面附近，1739年平罗8.0级地震发生在此带内。

2. 中宁—中卫—景泰—海原北东向构造带

主要位于中宁、中卫以南及西海固地区。其中比较明显的有中卫—景泰断裂，走向北东，倾向北西，有的地区呈阶梯状的高角度正断层，切割第三系和下更新统，断距约50米^[1]。廖元模根据卫星影象解译及重力均衡异常图提出海原至盐源可能存在有一条北东向深大断裂。此外，在中宁附近第四纪黄土中发育有成群的北东向正断层。1561年中宁7¼级地震、1907年中卫7½级地震、1888年景泰6¼级地震以及1920年海原8.5级地震均发生在此带内。

3. 永靖—临夏—同仁—多禾茂北东向构造带

无论是根据卫星影象的解译或实地地质考察都显示出，从兰州向南西，经临夏到青海同仁和多禾茂均有北东向构造存在。它们在地表显示出，规模不大，延伸不长，仅数十公里，但

1) 根据廖元模等人资料

隐约成北东向带状,通常迭加在东西向及北西向构造带上。卷入的地层有三迭系和第三系,常见老地层逆冲在第三系之上。该带也可能是中卫—景泰构造带的南西延伸部分,138年、1440年及1125年的地震均位于该带内,近年来,青海东部一些小震的震中也位于该带内。

4. 玉树—称多北东向构造带

实际上该组构造沿玉树、称多、兴海至湟源均有零星出露,隐约成带。断裂发育于三迭系内,切割北西向构造,沿这一带分布着规模不大的新生代的火成岩体,1983年6½级地震发生于此构造带内。

5. 巴音乌拉山北东向构造带

包括巴音乌拉山东麓至贺兰山西麓的所有断裂,巴音乌拉山东麓断裂和贺兰山西麓断裂为此带的两条主要断裂,也是构成巴音木仁—吉兰泰凹陷的边缘断裂。第四系等厚线的分布方向与断裂走向一致,同时也是地貌上的分界线。经地震勘探揭示,巴音乌拉东麓断层倾向南东,具有正断层兼右旋走滑特征,基底断距可达千米。1976年9月磴口6.2级地震发生在此带内,1959年、1961年和1969年曾多次发生4—5级的地震,1954年7月民勤7级地震有可能也位于巴音乌拉断裂的南延带上。

6. 民勤—武威北东向构造带

位于石羊河、杂木多、西营河一带。据滕瑞增的资料,沿石羊河断裂形迹明显,水系分布也以北东流向的河流为主。一些小震也在这一带上呈北东方向迁移,1927年古浪8级地震以及武威附近的地震位于此带内。

7. 杂多—都兰—阿右旗—雅布赖北东向构造带

位于青藏块体中部,北起雅布赖,经民乐盆地穿过祁连山、都兰至青海南部的杂多,继续南延可能与西藏当雄、那曲北东向断裂带相接。这组构造在剩余重力异常图上表现明显,根据庞存廉等人的资料,在祁连—天峻间,由西向东通过该断裂带重力异常由-50毫伽变为-10毫伽。昆仑山及其以南地区,异常走向由西侧的近东西向急转为东侧的北西向,异常轴明显错动,断裂带的东侧相对西侧北移。另外,该带的卫星影象也有清晰显示,并有较好的连续性,往北一直延入宁夏境内。根据宁夏地质局力学队的资料,该构造带在北段经常为规模较大的山前断裂,控制了北东向山体和白垩纪、第四纪的次一级盆地。主干断裂具有左旋走滑的特征,南段经常可见此组断裂切割北西向构造。目前,比较一致地认为这组构造形成时期可能较晚,第四纪以来具有明显的活动特征,沿此构造带曾发生过许多中强地震和强震,详细情况见后。

8. 唐古拉—雁石坪北东向构造带

位于青海五道梁—温泉以西地区,在雁石坪及其以西的雀莫湖一带有北东向断裂。在断裂西侧新第三系火山岩发育,东侧二迭系广泛出露^[1]。目前一些强震活动,如该区1986年8月21日6.7级地震可能与这一构造带的活动有关。

9. 布伦台—大柴旦北东向构造带

位于柴达木盆地内,长约300公里,盆地被分成了东西两部,错断了东西向和北西向两大构造,而且东西两侧莫霍面形态有明显不同,西侧为一由北向南迅速变深的慢坡带,东侧则为一平缓的慢坡带,新生代沉积厚度也不同,西部最大厚度可达8000米,而东部则小得多。目前有关这一构造带的地震活动方面的情况尚不清楚。

10. 阿尔金北东向构造带

这是一条举世瞩目众所周知的构造带，也是构成青藏块体西北边界的断裂带。全长超过千公里，局部地段可见到该断裂切割第四纪的下更新统和中更新统。在昌马大坝附近切割了上更新统，沿断裂带水系发生明显的位移，具有左旋走滑的特征，沿断裂带发生的强震有：1924年7月的7¼级，1933年9月6¾级，1922年10月6½级，1951年12月6级和1932年8月6½级等地震。

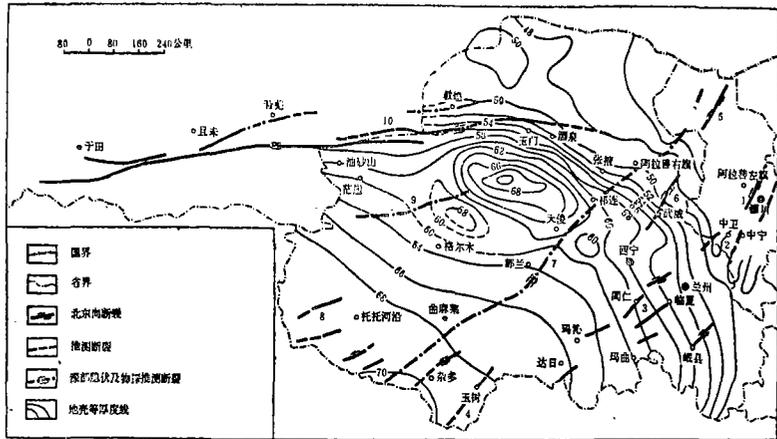


图2 青藏高原北部地区地壳结构及北东向构造分布图

Fig.2 Crustal structure and distribution of East-Northern fault zones over North of Qinghai-Xizhang Massif

根据目前所掌握的资料可以认为，以上北东向构造带具有以下特征：

1.产状和规模：除阿尔金山断裂呈北东东方向延伸外，其它构造的走向呈北东或北北东，其倾向有的向南东，有的向北西，倾角一般较大，约70°—80°，甚至直立。这组构造在地表出露的规模大小不等，其中有的出露长度大约50—70公里，有的也可达百余公里。根据目前已掌握的地球物理和地质方面的资料推断，在青藏块体的甘肃、青海、宁夏的范围内，以杂多—都兰—阿右旗雅布赖山北东向构造带的规模居首，总长度可逾千公里。在北东向构造带内，断裂往往成群出现，其组合呈平行或斜列式雁行排列。这组构造在地表出露的情况与航磁、重力异常带的延伸吻合较好。

2.力学性质：所有北东向断裂构造基本上都显示出走滑特点。除贺兰山一带的北东向断裂显示出右旋移动外，尚有大多数断裂呈左旋平移，尤其是其中几个规模巨大的北东向断裂带。马永铨等对青海境内某些北东向断裂所做的岩组分析，结果表明断裂具有左旋扭动特征。一些重力异常等值线的畸变和卫星影象的分析都表明断裂构造的左旋事实是勿容置疑的。至于其力学性质的问题，目前尚未完全解决。根据作者和滕瑞增在中宁中卫和武威石羊河一带的观察，北东向断裂具有拉张性质。汪一鹏等人的研究成果指出〔3〕，贺兰山一带的北东向断裂在燕山运动时期以压性的面貌出现，以后转变为张性。那么，青海境内一些北东向断裂带附近的古老岩石中出现的挤压现象，未必代表断裂现今活动的力学性质，可能是早期构造活动作用的结果。阿尔金山断裂在个别地段显示出第四纪的拉张作用。断层泥内的最新擦痕呈水平产状，说明整个断裂以平移运动为主。但并不排除在这些运动之前曾经发生过挤压作用。

3.形成时期与最新活动：这组断裂形成于燕山运动或印支运动以前，因为这两个时期形成的许多花岗岩类岩体，在空间分布上与这组构造密切相关，有的断裂形成的时期也可能更早一点。重要的是这组断裂构造自新生代以来均发生过明显活动。武威石羊河北东向断裂错断了中更新世的砾石层，青海境内的同仁地区上新统被错断，贺兰山苏峪口附近明代长城发生北东向的位错，甚至1984年时于银川盆地内发生了北东走向的地裂缝。上述种种迹象表明，北东向断裂构造自新生代以来一直都在活动，正因为如此，该组断裂构造本身的延伸不受其它构造“干扰”，相反，常常切穿其它构造。

4.形成深度：虽然这一组断裂大多数在地表出露的规模不大，但许多事实表明，它们在深部可能出现于莫霍面附近或更深的部位，不仅对一些花岗岩类岩体在空间上的位置起着支配作用，而且新生代的玄武岩和碱性火山岩的活动都受这组断裂的制约。图2中地壳等厚度线的展布表明，杂多—都兰—阿右旗雅布赖山断裂带的两侧，不仅地壳厚度有明显的变化，并在通过地壳等厚度线时，使后者形状发生畸变，说明该断裂带可深达莫霍面以下，而且具有左旋平移的特征。另外，大地电磁测深的结果也显示出杂多—都兰—阿右旗雅布赖山断裂带两侧岩石圈的厚度在北段具有明显的变化，如图3.4所示，断裂带以西岩石圈厚度小于100公里，以东的厚度增加到100公里以上。由此可见，虽然断裂带形成的深度较大，但在地表的出露规模却不一定很大。

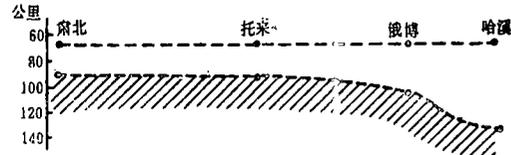


图3 走廊拗陷带地区上地幔第一低阻层顶面埋深分布图(据兰州大地电磁测深组资料)
Fig.3 Depth of the first low lay in upper mantle in Gansu Corrido

图4 走廊南山带地区上地幔第一低阻层顶面埋深分布图(左右)
Fig.4 Depth of the first low lay in upper mantle in Qilenshan

此外，河西走廊中部和东部一些水系的流向往往受到北东向构造控制。某些地段砂丘的分布也与这组构造有关，我国最大之一河流—黄河，在其流经的许多地段，由于北东向构造的存在而控制了河流的流向，其中最明显的地段有兰州至中卫以及银川盆地附近的地区。此外，某些新生代盆地边界的产状也受此方向构造所支配。

以上事实表明，北东向断裂构造是在一定地球动力学条件下所形成的独立产物，而不是与其它构造相配套的派生构造。

三、北东向构造与地震活动的关系

地震烈度区划中的一个主要工作，就是确定潜在震源区，而潜在震源区的确定与构造情况密切相关。以前，对青藏块体内北东向构造与地震活动的关系没有得到应有的重视和研究。作者曾在1981年和1983年时，强调指出青藏块体内6级以上强震的发生与北东向构造的活动有关。1982年以后，青海省物探队、地震局及马永铨等人也开始注意这组构造与地震活动的关系。

本区最长的一条北东向构造带，即杂多—都兰—阿右旗雅布赖山北东向构造带，是一条强震活动带。自1900年以来，该带共发生 $M \geq 5$ 级的地震有十余次，见下表和图 5。

时 间	经 度	纬 度	震 级
1951年 4月 28日	96°0	34°5	6.5
1951年 5月 5日	96°6	33°0	6.5
1937年 1月 7日	97°6	35°5	7.7
1938年 4月 10日	98°7	36°3	5 ³ / ₄
1952年 1月 27日	99°2	37°1	5
1952年 3月 21日	98°5	36°3	5.3
1954年 2月 11日	101°3	39°0	7 ¹ / ₄
1958年 11月 30日	100°1	38°1	5
1963年 4月 19日	97°0	35°7	7
1971年 3月 24日	98°0	35°5	6.3
1971年 4月 3日	95°10'	32°29'	6.5
1971年 4月 8日	95°08'	32°17'	6.3
1984年 2月 17日	100°40'	37°38'	5
1984年 5月 23日	102°55'	39°41'	5
1985年 1月 16日	95°41'	32°56'	5.1

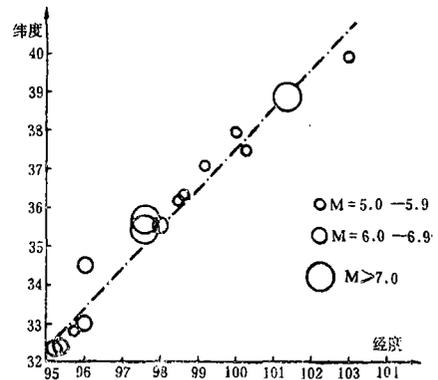


图 5 杂多—雅布赖 $M \geq 5.0$ 级地震分布图
Fig. 5 Distribution of earthquake $M \geq 5$ from Zado to Yarbulei

从上表所列出的地震可以看出，一些地震发生的时间和震级非常相近。这种呼应关系，不仅说明它们在构造上的共性，而且还说明在地震预报上也具有一定的意义。这种时间上的呼应现象在其它北东向构造带内也存在。例如，1920年12月16日海源发生了8.5级地震后不久，于1921年2月22日在其北东向的灵武地区发生了一次6级地震，1970年西吉5.5级地震后也在吴忠发生一次5级地震。这些事件的发生与北东向构造的存在是有关系的。

根据一些小震活动呈北东向线性分布推断，石羊河、杂木河北东向构造是一组现今尚在活动的构造带也就不是偶然的。

青海唐古拉山口及雁石坪附近的地震与该区北东向构造带有关。

最近，据王之俊信告，由河西走廊红崖堡经许三湾向北存在一条北东向断裂，并认为1609年红崖堡地震及高台附近的地震在空间上位于该断裂通过的地区。

此外，在西藏羊八井至那曲和墨脱一带的许多强震震中，均位于北东向构造带内。这一切都说明，青藏块体内北东方向构造与强震的发生和分布具有非常密切的关系，在地震烈度区划时，必需给予重视。

世界上许多强震的分布与板块边缘有关。诚然，板块边缘是发生强震的有利地区，因为这些地区往往与岩石圈的软流层相通。根据我们前几节所述，青藏块体内的北东向构造虽然不属板块边缘的构造，但它们活动的深度可达到地幔或岩石圈底部软流层附近，所以它们与强震活动有关也是勿容置疑的。

青藏块体内的一些强震震中区内，不仅有北东向构造，而且震中往往位于北东向构造与东造向构造的交汇区内，例如1739年平罗8级地震和1927年古浪8级地震。这说明强震的发生也许还受天体活动的影响，两种力的迭加，可能是造成一些地区地震震级提高和破坏力增强的原因。虽然东西向构造的存在和出现，使得地震的成因更加复杂，但对于确定未来潜在震源区也可能带来某些有利的条件。

结 束 语

1. 北东向构造发育在青藏块体内不同时期北西西走向古缝合线存在的背景环境中, 并贯穿所有其它方向的构造带, 而本身的延伸不受其它构造带的“干扰”和影响。

2. 北东向构造带在地表出露不多, 时隐时现, 分布范围遍及全区, 大多数北东向断裂具有左旋特征, 有的断裂与拉张盆地伴生。

3. 新生代火山活动和岩浆活动的地区和地段与北东向构造的展布相关。

4. 中强震和强震呈北东向线性分布, 强震震中位于北东向构造与东西构造交汇区内或其附近。

附记: 本文完稿后, 得知1986年8月26日门源6.4级地震的震源机制解, 两组节面走向均为北东方向, 属正断层型, 与本文所述观点相符。(见西北地震学报Vol. 8, No. 5, 1986)

(本文1986年6月16日收到)

参 考 文 献

- [1] 马永铨等, 青海北东向构造带的特征及其地质意义, 青海地质, №8, 1982.
- [2] 庞存康等, 根据布格重力异常初探青海主要基底断裂构造, 青海地质, №2, 1982.
- [3] 汪一鹏等, 宁夏北部活断裂的初步探讨, 中国活动断裂, 地震出版社, 1982.
- [4] 向光中, 试论我国大陆板内强震活动与地球动力学过程的关系, 西北地震学报, Vol. 4, №8, 1982.

EAST-NORTHERN STRUTURES AND THEIR SEISMICITY IN THE QINGHAI XIZANG MASSIF

Xiang Guangzhong Lu Dehui

(*Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau*)

Abstract

In this paper are analysed Characteristics of the distribution development, recent activity of east-northern structures and their mechanical feature in Gansu Qinhai and Ninxia areas and emphasized independent position of the genesis and kinematics of these structures and their control of earthquakes.