

鲜水河断裂带深部情况及其 与地震的关系

蒋能强

(四川省地震局)

摘 要

本文根据重力、航磁、地壳视厚度、地震活动性及震源深度等资料,对鲜水河断裂带形成的深部状况及其与地震发生的关系进行了初步分析和讨论。结果表明:

1.该断裂带在上地幔顶部的壳幔界面上并未得到清晰和直观的反应,因此推测它可能未切穿岩石圈,而属一条壳内区域大断裂。

2.该断裂是在前海西期构造隆起背景上发育起来的。

3.从地壳剖面上看,古生代变质岩系底板以下到磁性居里等温面之间的带状空间,是该断裂带的孕震和发震的层位。

4.磁性居里等温面的隆起或高点部位,因岩浆或高温流体的侵入,往往是孕震断层的根部,根部增温,上部锁住,故有利于应力的集中,最易产生错动,而成为强震孕育、发生的重要场所。

一、鲜水河断裂带在地球物理场上的表现

鲜水河断裂带展布在川青高原上,长达数百公里,在构造物理场上被清晰地反映为一条规模较大的线型特征线,是典型断裂构造的特殊表现,在1:20万航磁图上显示为链状和带状异常。在四川1:100万布格重力异常图上,该断裂显示为梯度密集带及线性鼻状异常(北陡南缓)。断裂的中段和北西段的延伸具有很好的笔直线型特征,它直接插入青海境内直至肖尔钦峰^{*1)}。断裂东南段,从康定至拉西、海子山经惠远寺到道孚县城一段以重力梯度带、线性鼻状异常与道孚东南的磁力高紧密相连。

根据“二维位场解析方法”中的“三维化二维分层系数延拓方法”^{*2)},对1比20万航磁(ΔT_a)上拓10公里进行计算,并将所得结果编绘了上拓10公里的平面等值线图。通过航磁上拓及重力资料的研究,发现在旦都、仁达、道孚、金龙寺等地或其附近分别出现北北东

• 1) 国家地质总局航空物探大队902队,青海中南及西南地区航磁成果报告,1976。

• 2) 国家地质总局航空物探大队904队,京津唐地区航空磁测报告(地震地质)部分,1978。

一北东向的隐伏断层(图1)。它们将鲜水河断裂割切,就在这些交汇部位及邻近地区成为历次强震孕育、发生的重要场所,表明这些断裂与鲜水河断裂交汇地区是有利于应力积累从而导致岩石破裂而易于发震的地方。实践经验表明,沿断裂带反映的地震前兆现象在这些有利的构造部位也往往表露得更为清楚。

二、鲜水河断裂带产生的区域构造背景 及断裂带的主要深部特征

基于航磁 ΔT_a 平面图、上拓10公里等值线图、视磁化强度图、磁性界面埋藏深度与布格重力异常图及深部密度界面等资料,编制了鲜水河断裂带区域构造略图(图1)。图中展示了该区地壳较深的结构构造、岩相带及岩浆活动等深部地质环境和整个区域构造格架展布的基本轮廓。由图可以看出,沿鲜水河断裂带由北往南,依序可划分为两个大的构造单元和若干次级条块。

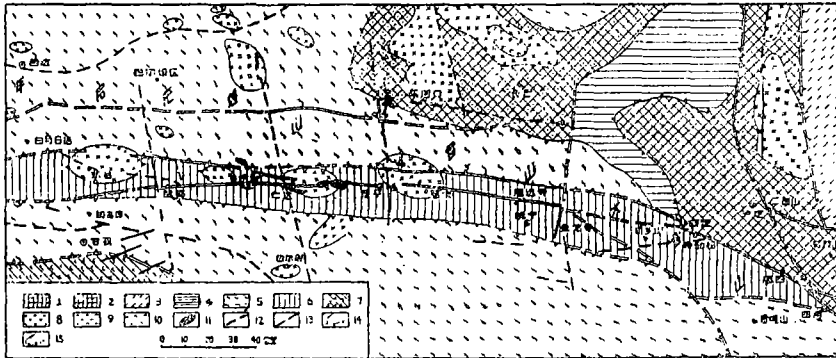


图1 鲜水河断裂带深部构造略图

- 1.前震旦纪结晶杂岩隆起带 2.前震旦纪变质岩系褶皱区 3.由前震旦系组成结晶基底中生代拗陷区
- 4.古生代变质岩系弧形褶断带 5.三迭纪浅变质碎屑岩系深拗区 6.三迭纪浅变质碎屑岩系潜伏隆起带
- 7.三迭纪夹有火山岩的浅变质系褶断带 8.航磁圈定的酸性岩体($J_r = 300 - 500 \times 10^{-5} \text{CGSM}$)
- 9.航磁圈定的中酸性岩体($J_r = 600 - 800 \times 10^{-5} \text{CGSM}$) 10.航磁圈定的基性、超基性岩体($J_r = 1000 - 2000 \times 10^{-5} \text{CGSM}$)
- 11.浅层磁性干扰体 12.重磁圈定的壳层深拗层 13.重磁圈定的区域性断裂 14.隆起
- 15.拗陷 16.重磁圈定的局部构造凸起

Fig.1 Simple condition of depth of Xianshuihe fracture belt.

由图1还可以看出,鲜水河断裂带是在深部隆起构造背景上产生的,主要依据是:

(1) 沿金龙寺、惠远寺至葛卡一线,存在一条北西向的重力线型鼻状异常,长达65公里,宽10—15公里,反映为一条由南东向北西倾没(伴随有断裂)的楔形隆起。定量计算结果表明引起异常的主要密度界面分别为10—20公里及30公里不等。在隆起前沿的倾没端与道孚东南埋深3.0公里的磁性体相重接,显示深部不仅具构造隆起性质,而且沿隆起顶部(偏北)伴随断裂活动曾有过岩浆侵位。

(2) 从道孚经仁达、炉霍、东谷至大塘坝一带,航磁 ΔT_a 图于降低负背景上出现相对升高磁异常带,异常具宽缓波动变化特点,宽约20余公里,长约300公里。定量计算表明,引起这一相对升高的区域背景异常的磁性界面埋深为6—8公里左右,视磁化强度一般在

$100-460 \times 10^{-5} \text{CGSM}$ 。沿宽缓异常带的北东、南西两侧,其深部磁性界面分别深达12—14.7公里与8.6—10公里。因此,推测沿鲜水河断裂的地壳腹部可能潜存一条北西向的相对隆起带。

(3) 根据重磁推断这一潜存隆起带的构造位置与川西区域地质调查结果所编制的三迭世沉积岩相等厚线图(图2)及晚二迭世—早三迭世沉积等厚线图的条形隆起及梯度密集线的起伏变化形态基本一致。显示这条隆起带与鲜水河断裂带发育展布的空间位置大致吻合。同时鲜水河断裂带也被反映为一条岩相—构造分界线。其北为巴颜喀拉拗陷,三迭系充填厚约8000米;断裂带南西为雅江拗陷,三迭系厚达万余米^{*1)}。该隆起带南陡北缓,两翼不对称,沿南翼康定、道孚、炉霍、东谷一带呈现一条明显的等厚线梯度密集带或水下“陆梁”而与鲜水河主干断裂基本相符。该隆起在其深部具复式背斜构造带的特点,至少是在海西期前就具雏形。因为从晚二迭世所反映的沉积相带和显示的古构造格架来看,此时隆拗加剧,鲜水河断裂带形成,超基性岩随之侵位,并控制了晚二迭世—早三迭世及中、晚三迭世沉积。此外,当今亦有将此隆起带称为炉霍—乾宁地背斜带^{*2)}。由此可知,鲜水河断裂带是奠定在地壳较深隆起构造背景上破裂而产生的,因此它具有强烈挤压的深部构造环境。

根据现有地壳厚度资料^[1],鲜水河断裂带在上地幔顶部的壳幔界面上并没有得到清晰和直观的反映,而仅在马尔康鼻状慢坡的边缘显示线性拗折的特点。因此,目前还没有足够和充分的资料定论它是一条超岩石圈断裂。近年四川区测结果发现,沿断裂带有“混杂堆积”、基性—超基性岩和放射虫硅质岩等洋壳遗迹,其中超基性岩脉含镁较高,而基性岩流成分多为低钾拉斑玄武岩,属张性环境下受裂隙控制的中心喷发。即便如此,目前也尚难断定这就是古特提斯的扩张或是沿俯冲带或“深大断裂”而导生的上地幔物质侵位。

三、深部构造与强震活动的关系

1. 地震活动特征

该带自1725年有史料记载以来,共发生5级以上破坏性地震40次,其中5—5.9级地震

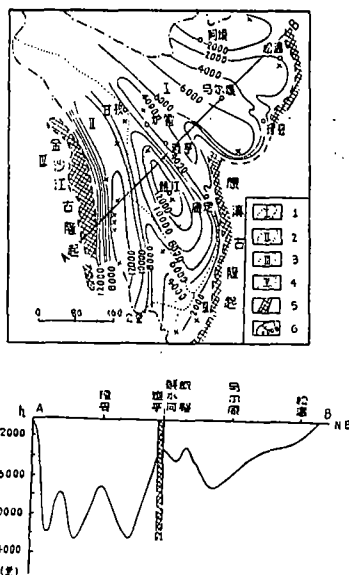


图2 鲜水河断裂带晚三迭世沉积岩相及等厚线图

1. 浅海碎屑岩相 2. 浅海碎屑岩—碳酸盐—火山岩相
3. 浅海碳酸盐—碎屑岩相 4. 滨海—浅海碎屑岩相
5. 古隆起 6. 剖面位置及等厚线(米) 下图为晚三迭系底板横剖面

Fig.2 Sedimentary Lithofacies and isopach of Xianshuihe fracture belt in the late Triassic Period.

• 1)、四川省地质局地质力学编图组,四川省1:50万构造体系说明书,1980.

• 2)、赵友年、李春生,四川省1:100万大地构造图讨论提要,1981.

20次, 6—6.9级地震14次, 7—7.9级地震6次*。强震活动具有频度高、强度大和沿断裂带往返迁移的特点。

从时间上看, 该带地震活动大致经历了两个活跃期及一个平静期, 目前正处于1893年开始的第二个活跃期(图3)。该期又可分成三个活动段及相间的三个平静段。这个活跃期的主要特点是, 地震活动明显增强, 中强震显著增多, 小震活动频繁和强震具有定向迁移和南、北两段交替发生的现象(图4)。

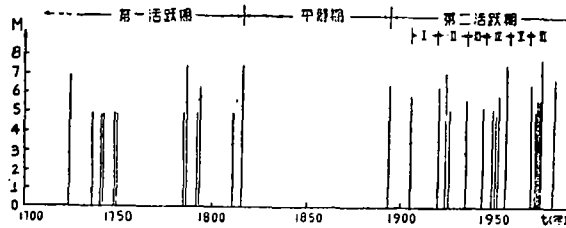


图3 鲜水河断裂带 $M_s \geq 5$ 级地震序列图

I、II、V为平静段, II、IV、VI为活动段

Fig.3 The earthquake ($M_s \geq 5$) sequences of Xianshuihe fracture belt.

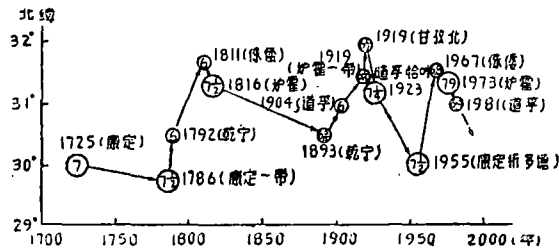


图4 鲜水河地震带 $M_s \geq 6$ 级地震迁移图

Fig.4 The earthquake ($M_s \geq 6$) migration of xianshuihe fracture belt.

就空间分布而言, 中强地震多呈丛、段、带分布于断裂带中段, 7级以上大震则主要集中展布于断裂带的北西段及南东段, 北西段地震活动水平略高于南东段。道孚—乾宁、乾宁—康定间则基本无大震记载*¹⁾(图5)。据16年的弱震统计*²⁾, 其分布亦具有类似的活动图象。

2. 地震与地质构造关系

地震是地球内部能量长期积累和突然释放的结果。当能量积累到一定的程度, 孕震区下面岩体(或地层)一旦支持不住继续增长中的应力而接近临震点时, 环境因子、固体潮、注水, 以至核爆炸等外因才能起触发作用, 成为促成地震的外在条件。

(1) 地震与浅层构造的关系

该断裂带自第四纪以来, 以强烈的左旋剪切错动为特征。强震主要发生在有利于应力积累的特殊构造部位, 诸如断裂的端点、转折、交汇或羽接部位。构造地貌标志显示为隆、凹的过渡部位或宽、峡谷的交替地段。研究表明, 强震活动段与断裂强烈活动段基本相符。

• 《四川地震资料汇编》编辑组, 四川地震资料汇编, 四川人民出版社, 1981.

• 1) 唐荣昌、黄祖智、钱洪、邓天岗、蒋能强等, 鲜水河断裂带近代构造活动与地震, 1982.

• 2) 蒋国芳统计,

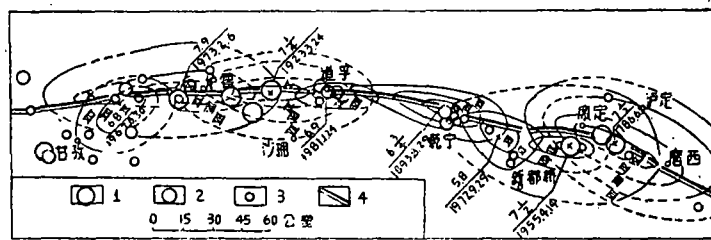


图5 鲜水河断裂带强震震中及等烈度线分布图

1. $M=7.0-7.9$ 2. $M_s=6.0-6.9$ 3. $M_s=5.0-5.9$ 4. 鲜水河活动性主干断裂

Fig.5 The epicentres of strong earthquakes and their isoseisms of Xianshuihe fracture belt.

地震活动强度和频度与断裂位错速率一般具有明显的正相关。沿带现今地表所见,老构造、新断裂、地震裂缝带的展布具有很好的一致性,显示了它是一条正在发展中的新活动断裂带,而地震就是鲜水河断裂发生左旋水平剪切错动的结果*。

(2) 地震与深部构造的关系

从部分中强地震的震源深度来看,震源体在垂向上大多分布在壳层内10—25公里范围。由侏倭至磨西段的纵剖面上可以看出,震源深度似有呈一带状从北西向南东方向逐渐加深之势。根据现有资料统计,沿鲜水河深部隆起一断裂带上发育的晚古生界及中生界三迭系的总厚度为8000余米,地震显然发生在这套沉积变质岩系之下的更深部位。本区地壳厚度为55—65公里,这表明地震是发生在深变质结晶杂岩或花岗岩构造层内。因此,可以认为沿鲜水河断裂带发生的地震大多位于上地壳内,属浅源构造地震。

由航磁资料推断的地壳磁性介质模式综合解释得之，沿鲜水河断裂带于地下深处伴随着一条北西向的构造隆起，其隆起幅度、闭合度较大，基岩也较破碎，其顶板平均埋深6—8公里。计算结果表明，组成这一隆起的磁性介质可能就与深埋地下的二迭纪玄武岩相当，从而反映了二迭系的起伏构造形态。地震主要发生在这一深层磁性界面之下与平均埋深大约为27公里的居里等温面之上。若这一推断成立，那么这一地壳内的带状空间很可能就是鲜水河断裂带上的孕震、发震特征构造层。7级以上大震的发生与推算的莫氏界面、磁性居里等温面及晚二迭一早三迭系、晚三迭系等厚埋深线的隆起或隆凹过渡地带基本相对应。从而表明，大震发生的构造背景不仅与深部隆起构造有关，而且与深部各物性界面的起伏变化及连续性直接相关。但部分震源很浅的中强地震的发生受上述构造环境、因素的制约不很明显。

众所周知，对于地壳岩石来说，居里点温度为 $500-700^{\circ}\text{C}$ 。这相当于地下 $20-30$ 公里深度的温度。如果大震发生前在这个深度上有温度的显著变化，则那里的居里等温面就会显著上升或下降。由于断裂带底部与高温物质相通，所以很可能底部温度比两侧岩石中的温度要高一些。因此地壳中的在深大断裂底部的居里等温面要比周围两侧岩石中的高一些。由于断裂上部是锁住的，那里积累着巨大的弹性应变能，是震源体所在地。因震源根部温度增高，

• 罗灼礼、蒋能强、罗伟, 构造地貌特征及其理论解释, 1980.

对其上部锁住部分具有“开锁”的作用,致使切应变集中点发生移动。当震源根部岩石增温时,原有的居里等温面就要上升^[2]。所以该断裂带的多数强震的孕育和发生都是在居里等温面的隆起或高点部位。北东向的推测断裂与鲜水河主干断裂的交汇部位,则往往是中强地震震中位置所在的深部内在联系也就不难理解。

本文得到赵友年、侯立伟、邹成敬等同志的指导和帮助,在此表示感谢。

(本文1982年11月19日收到)

参 考 文 献

[1] 晏贤富, 云南及邻区深部地质构造, 地质学报, №. 1, 1981.

[2] 郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979.

THE CONDITION IN THE DEPTH OF XIANSHUIHE FRACTURE BELT AND RELATIONSHIP BETWEEN IT AND EARTHQUAKES

Jiang Neng-qang

(*Seismological Bureau of Sichuan Province*)

Abstract

On the basis of data on the gravity, the aeromagnetic survey, the apparent crustal thickness, the seismicity and the depth of focus, the author preliminarily studied and discussed the condition of formation of the Xianshuihe fracture and relationship between it and occurrence of earthquakes. Results were showed as follows;

1. As there was no clear and direct reflection of the Xianshuihe fracture on boundary surface between the crust and the mantle at the top of the mantle, this fracture may not pass through the lithosphere and was a strong regional fracture inside the crust.

2. This fracture had developed on the tectonic background of upheaval of the crust before the Variscian period.

3. It will be seen on the section of the crust that the belt between the bottom of metamorphic rock of the Palaeozoic era and magnetic Curie isothermal surface is place of occurrence and brewing of earthquakes of the fracture belt.

4. Because of irruption of magmas or fluids with high temperature, upheaval and higher temperature sites on magnetic Curie isothermal surface usually are the bottom of fractures brewing earthquake. Because temperature of the bottom is raised and the upside is caught here, the stress is concentrated easily and movement of the fracture easily is caused, therefore it is principal place where strong earthquakes brew and occur.