

陇西旋卷构造及其与地震的关系

李 龙 海

((兰州地震研究所))

摘 要

文本详细叙述了陇西旋卷构造的展布特征,认为陇西旋卷构造展布在青藏地块、阿拉善地块和鄂尔多斯地块之间,其整体向固原、宝鸡一带收敛,向西北方向撒开,主要旋回面两侧相对作反时针扭动,总的可以划分为六盘山—南、西华山—毛毛山、香山、炭山—窑山—烟筒山、大、小罗山—牛首山和青龙山五个旋回褶带。

该构造在卫星照片上有明显的显示,现今仍有强烈活动,对7级以上地震有明显的控制作用,并有地震自外旋带向内旋带迁移,震级逐渐增大的特点。

本文认为陇西旋卷构造的形成是受青藏地块和鄂尔多斯地块的活动的活动的影响所至。

陇西旋卷构造体系是我国卓越的地质学家李四光教授首先提出的,在他的有关著作中对该构造型式的收敛撒开方向没有定论〔2〕。之后,不少地质工作者从不同角度对该构造进行研究,原兰州地震大队地震地质队、甘肃省地质局等单位在七十年代围绕着这些问题做了许多野外考察工作,收集了不少宝贵资料,并写有专题报告,但对该构造体系的确立仍有争议。其中大多数人认为它向西北收敛、向东南撒开,并划分了三—四个旋回褶带,认为主要旋回面为顺时针扭动。在这期间,虽有个别人提出过相反意见,但对各带划分、展布特征及其与地震的关系等问题均没做详细的研究。作者在对本区进行几年野外地质、大震考察工作的基础上,认真分析了卫星照片及有关资料,认为该旋卷构造确实存在,它总的可以划分为五个旋回褶带,整体向固原、宝鸡一带收敛,向北西方向撒开。主要旋回面为压扭性,两侧相对作反时针扭动。该构造的现今活动对本区几个七级以上大地震的发生起着直接控制作用,这些大地震有自外旋带向内旋带迁移的规律,震级也有逐渐增大的特点。

上述认识如果成立,它对本区地震活动研究和其它有关问题的解决将是有意义的。希望有关同志对本文提出的观点和问题深入讨论,使我们的认识更加符合客观实际。

一、旋卷构造展布特征

观察青藏地块、鄂尔多斯地块和阿拉善地块之间相接部位的卫星照片或本区的地质构造图,我们会清楚地看到一个向南南东方向收敛、向北西方向撒开的比较完美的帚状构造形

态。这就是本文要研究的主要对象——陇西旋卷构造。

陇西旋卷构造的展布范围如图1所示。它西起天祝、古浪一带，东至平凉、银川一线，

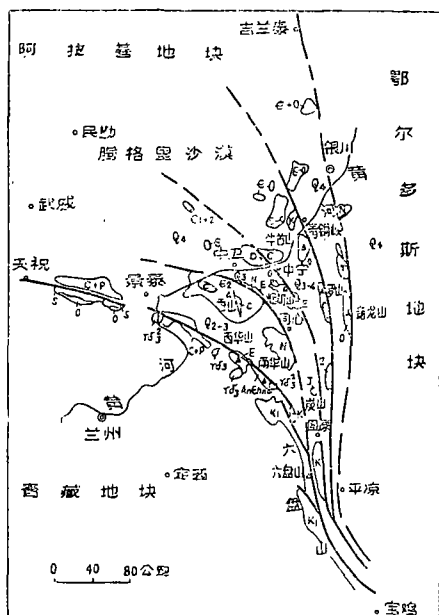


图1 陇西旋卷构造展布图

南到宝鸡以东，向北西插入腾格里沙漠。这是我国目前发现最大的旋卷构造，整体可以划分为五个旋回褶皱带：六盘山—南西华山—毛毛山旋回褶皱带；香山旋回褶皱带；炭山—烟筒山旋回褶皱带；罗山—牛首山旋回褶皱带；青龙山旋回褶皱带。

在这五个旋回褶皱带的东北侧，发育着和各隆起褶皱带相应的五个沉降带，它们是：海原、水泉、景泰沉降带；清水河—中卫沉降带；予望—红寺堡沉降带；韦州—苦水河沉降带；惠安堡沉降带。

每个隆起带的北东侧与沉降带之间有作为主旋回面的大断裂将它们分开。主要有：六盘山东麓—南西华山北麓大断裂，香山北麓断裂，炭山—烟筒山东麓大断裂，罗山—牛首山东麓大断裂和青龙山东麓大断裂。

六盘山—南西华山—毛毛山褶皱带是该旋卷构造中规模最大，形态最为醒目的褶皱带。它包括六盘山、南、西华山、月亮山、黄家洼山、水泉尖山、毛毛山、岷吴山等复背斜、单斜，它们构成该隆起带的主体，海拔多在2000米以上，隆起的北东侧发育着六盘山东麓—南西华山北麓大断裂。该断裂带与隆起带一致，南起宝鸡以东，向北西经六盘山东麓，南、西华山、毛毛山北麓直到天祝以西，成向北东突出的弧形展布，全长500余公里。断面主要倾向南西，倾角各段不一，但普遍较陡。现今地貌以它为界，南西侧为高耸的基岩山，主要由前寒武系、奥陶系、白垩系等古生代和中生代地层构成。东北侧则多为新生代盆地，大都为第四系复盖。隆起的南西侧高山均显示南西麓宽缓、北东麓陡峻的特点，而断裂另一侧的盆地则南西深、北东浅（逐步向另一隆起带过渡），反映出断裂两侧垂直差异运动十分强烈（电测深资料反映在南西华山一带第四系断距有100多米）。断裂南段以挤压为主，转向北西的地段反时针错动明显。海原县大沟门第三系中挤压带被断裂反时针错开约2公里，以及菜园等地一系列沟梁在穿过断裂时受断裂牵引、被断裂错断的现象都可以证明断裂的反扭特征〔2〕。

香山褶皱带南起固原西北的马东山、向西北经香山直到长岭山以西。香山复向斜构成该隆起带的主体，主要发育为古生代地层。该带的东西两端由于受其它构造的影响或被第四系复盖，使得它的面貌不十分完整，但在卫星照片上沿着它的延展方向仍可找到它的形迹。隆起的北东侧有和它相应的清水河—中卫沉降带，二者中间为香山北麓的红沟梁—腰峁子断裂，它们都一致地成向北东突出的弧形。红沟梁—腰峁子断裂断面倾向南西，倾角 65° — 80° ，断裂挤压特征明显，从横穿断面水系的扭动和断面擦痕特征都可以看到断裂反时针扭动的迹象。

炭山—烟筒山隆起带包括固原北的陈耳山、炭山、窑山、烟筒山、黑阴弯山向斜等，东

北侧发育有红寺堡—鸣沙州沉降带和它对应，中间为黑马泉—马固井—余丁断裂将它们分开。该断裂在固原北利用了早期成生的南北向构造，到烟筒山一带逐渐转为北西，穿过黄河后在麦垛山一带仍有显示，最后消失在腾格里沙漠之中。断面在烟筒山一带倾向南西，压性特征明显，扭动特征尚不清楚。

罗山—牛首山褶皱南起固原东南，经潘坡、小罗山、大罗山、牛首山直到黄河以西的贺兰山，这一系列山脉构成了该带的隆起带，其东侧为韦州—苦水河沉降带，罗山—牛首山东麓断裂是该带的旋回面。该断裂在卫星照片上影象十分清晰，它南起固原东南，经罗山、牛首山东麓在青铜峡附近穿过黄河，尔后切过贺兰山消失在沙漠之中。

最东边的青龙山褶皱及其东麓断裂尽管由于复盖，地貌上不甚醒目，但从卫星照片上仍可看出它的展布形迹。青龙山东麓断裂在穿过黄河时明显地控制着地下水的分布，断裂两侧的地下水尤如一刀切断，同时显示出断裂反时针扭动特征。它向南可追索到固原东南，向北经石沟驿进入银川盆地，之后一直向北北西方向伸展，迹象表明该断裂穿过贺兰山可以达吉兰泰以北。

上述五个旋回带在平面上展布是十分协调的，各带之间距离均匀，整体形态也比较完美。从剖面上看，自西南向东北方向形成一浪推一浪的地貌景观，由隆起经过断裂转为沉降，隆起由缓坡到陡坡，沉降盆地又由深到浅，而后再逐步过渡到另一隆起，地质和地貌形态表现得很有规律性（图2），充分体现了它们是具有成生联系的整体。

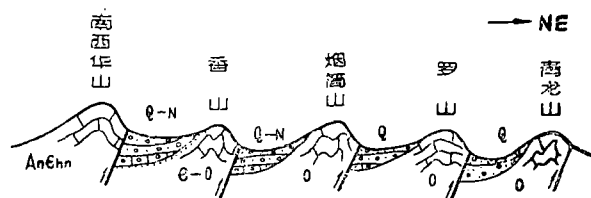


图2 陇西旋卷构造各带剖面示意图

二、陇西旋卷构造成生时期及新活动

从旋卷构造影响和控制的地层等大量资料表明，该构造主要是燕山运动和喜山运动期成生发展起来的，特别是对白垩纪以后的沉积有明显地控制作用。在它形成之前，本区已经存在着纬向构造、经向构造和古北西向等较老的构造，它们对该旋卷构造的形成起了一定的干扰作用，旋卷构造在某些方面、某些地段也改造、迁就并利用了老的构造成分，如固原以北近南北向构造成分和海原以西的北西西向构造成分原来就是南北向构造和北西西向构造，而后再在旋卷构造形成时被利用了，因而在这些部位很难一下将它们全部分开。

陇西旋卷构造第四纪以来活动是很强烈的，这不仅反映在如前所述的醒目的现今地貌差异方面，而且许多地段控制了第四系，作为主旋回面的大断裂多处断开第四系，有的地段断裂距达100多米，许多横穿断面的沟梁被错断或受到同步的牵引。与大断裂方向性质相同的第四纪断裂也屡见不鲜^[2]。这些资料都是该旋卷构造新活动的有力证据。

三、陇西旋卷构造形成过程和应力场

陇西旋卷构造地处青藏、鄂尔多斯、阿拉善三大地块的相接部位，它的展布范围显然受到这些边界条件的限制。从它向南收敛、向北西撒开的总体形态分析，其形成主要是受青

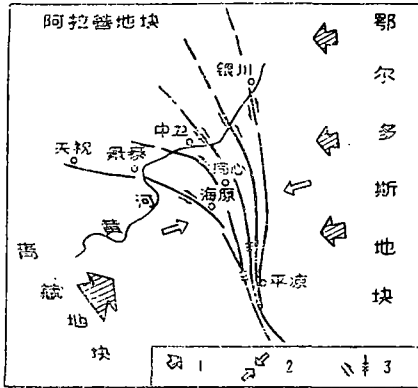


图3 陇西旋卷构造形成过程的力源

及现今应力场作用方式示意图

1. 动力来源 2. 区域主压应力方向 3. 力偶

藏、鄂尔多斯两块体的活动所至，即青藏地块受印度板块作用整体向北东推挤^[8]，同时由于受力不均还做顺时针方向旋转，鄂尔多斯地块受太平洋板块作用产生向西的推力，二者的作用以前者为主。在它们的联合作用下，本区受到近北东东—南西西方向的挤压和反时针扭动^[4]，从而使该旋卷构造在三大块之间这个特殊部位得以产生和发展。近年来大量地质、地震方面的资料反映本区的应力作用方式和上述分析是吻合的（图3）。

在上述力源的作用下，本区应力场以水平力作用为主，水平主压应力方向是北东东—南西西方向，各旋回带在近南北方向到北北西方向展布地段以受挤压为主，在转向北西方向的地段，沿主旋回面还会受到一对力偶的作用，这是那些地段产生反时针错动的原因所在。仿照这样的应力作用方式所做的泥巴模拟实验^{*}，各带显示的活动方式与实际野外观察的构造活动方式类似。

四、陇西旋卷构造与本区大震的关系

在陇西旋卷构造展布范围内有史记载以来共发生五次7级以上大地震，它们是：1561年中宁7 $\frac{1}{4}$ 级地震；1622年固原北7级地震；1709年中卫7 $\frac{1}{2}$ 级地震；1920年海原8.5级地震和它的7级强余震。分析这些大震资料我们发现它们有如下特征：

1. 这些地震的宏观震中均落在旋卷构造各个旋回带之上。（图4）

2. 这些大震自外旋带向内旋带按一定周期迁移，震级也有逐渐增大的趋势。

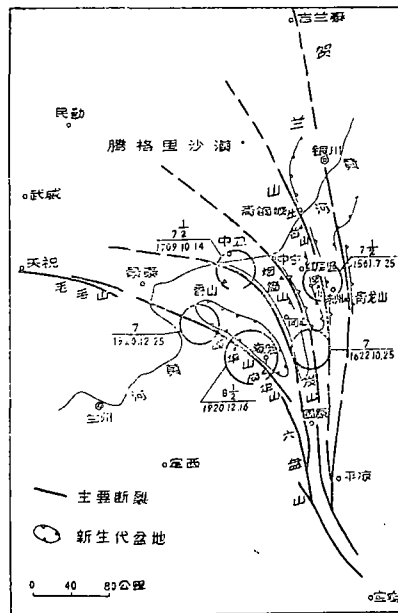


图4 陇西旋卷构造与本区大震分布图

3. 地震极震区(或破坏区)长轴方向及地震形变带方向都和各自所在褶皱展布方向一致,形变带的展布严格受构造控制。

4. 地震形变带性质及反映的运动方式与作为主旋回面的发震断裂的性质及活动方式完全相同。

1561年中宁地震震中以前定在中宁县鸣沙州,1970年李玉龙等在做宁夏烈度区划工作时调查发现,该地震不仅对广武、红寺堡、鸣沙州一带破坏严重,而且对东边韦州一带的破坏也十分强烈,那里城墙塌落,房屋倒塌,砖筑的康济塔倾倒*1),说明这次地震震中应该在鸣沙州与韦州之间即罗山一带。原来震中定在鸣沙州没有考虑对韦州的破坏,显然就出现了偏差。根据银川、固原的民房、官署、城墙破坏也较重分析,破坏区长轴方向应该是北北西到近南北方向,这显然和罗山—牛首山东麓断裂展布方向近似。上述资料不难看出,1561年地震的发震构造是罗山—牛首山构造带,宏观震中定在罗山一带是比较合适的。

1561年地震后61年,于1622年在炭山—烟筒山褶皱上发生了固原北7级地震。尽管由于资料缺少难以圈定较准确的破坏区,但从震中所处的部位分析,这次地震受着炭山—烟筒山构造带控制,其东麓大断裂应该是这次地震的发震构造,据此推测极震区方向可能是近南北方向。87年后,在香山北麓的红沟梁—腰峁子断裂上发生了1709年中卫7½级地震。经过我们实地考察,认为它的宏观震中在该断裂中部的碱沟一带,那里至今仍然保留着这次地震造成的强烈地表变形,如断崖上大块基岩崩落,多处看到与断裂方向一致的新鲜基岩裂口,在平坦的山坡上保留着地震陡坎,以及沿断裂在黄土区出现的类似鼓包裂缝的坑坑凹凹的地表形变现象等。这次地震的等震线方向也完全受该构造带控制。

1709年中卫地震后经过211年,在六盘山—南西华山褶皱上发生了1920年海原8.5级大地震和它的7级强余震(7级强余震原定在六盘山东、泾原县北,1978年我们调查那里并没有这次地震发生的任何迹象,这次地震发生在该带西部的靖远县李家沟、磁窑一带*2)。关于这次大震及其和该构造带的关系已有专著[2],不再赘述。

以上事实可以看出,陇西旋卷构造对本区大地震发生起着直接控制作用,除最外的旋回带没有大震记录外,其余4个带都发生了7级以上大震,这些大震的分布及迁移规律再一次充分证明各旋回带活动的统一性。这种迁移规律和我国华北某些地震迁移现象有类似之处,只是两地力的来源不同,受力方向不同,地震迁移方向也不同。华北地区是自西而东迁移,这里是自东而西,也有人把这种应力调整和能量释放过程叫做一种“让位”现象,看来有一定的道理。

不难设想,假如外力来源不变,继续不断地对本区作用的话,那么经过一个时期的应力调整,应变能仍会再度积累,新的地震活动周期还可能发生。到那时我们就可以根据我们上述研究出的规律对各带地震活动进行预测。但如果外力作用方式改变了,情况自然也不同了,例如自北向南的推力若对本区作用为主,该旋卷构造各带上将不会发生大地震。因为各主旋回面和主压应力方向近似平行,主要可能表现为张性顺扭活动方式,这种活动方式不易积累较大应变能,所以也不会发生大地震。

本文讨论了陇西旋卷构造的展布特征,研究了它和本区大震的关系,另外,根据它形成

• 1) 宁夏回族自治区地震办公室,宁夏回族自治区地震烈度区划报告,1970。

• 2) 兰州地震研究所,1709年中卫7½级地震构造背景考察报告,1981。

原因分析和实际资料判断,该旋卷构造不存在和它相当的砥柱或旋涡成分,所有这些认识与多数人的习惯看法不同,希望引起讨论。

(本文1981年11月6日收到)

参 考 文 献

- [1] 李四光,旋卷构造及其它有关中国西北大地构造体系复合问题,1954.
- [2] 国家地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震队,一九二〇年海原大地震,地震出版社,1980.
- [3] 李玉龙,陕、甘、宁青四省区新构造与现代构造应力场及其动力来源的初步分析,西北地震学报, Vol. 1, №. 4, 1979.
- [4] 陈爱玲等,西海固地区构造应力场特征及其与地震活动性关系,西北地震学报, Vol. 3, №. 2, 1981.

ON THE LONGXI ROTATING-ROLLING TECTONIC AND THE RELATION BETWEEN THE TECTONIC AND EARTHQUAKES

Li Long-hai

(Lanzhou Seismological Institute)

Abstract

In this paper, the author goes into the details of the characteristics which show how the Longxi rotating-rolling tectonic is distributed. It is believed that this tectonic is distributed among the Qinghai-Xizang massif, the Alashan massif and the Eerduos massif. It may be divided into five cycle tectonic belts. They are the Liupanshan Mountain-the Nanhua-shan and the Xihuashan Mountains-the Maomaoshan Mountain, the Xiangshan Mountain, the TanShan Mountain-the Yaoshan Mountain-the Yantongshan Mountain, the Daluoshan and the Xiaoluoshan Mountains and the Qinglongshan Mountain. They congregated to the Guyuan-Baoji area and scattered Northwestward. Two sides of principal cycle surface moved in counterclockwise rotation.

This tectonic was clearly shown on the satellite picture and still moves at present. Earthquakes ($M_s > 7$) often depend on it and moves from the outer cycle belt to the inner and the magnitude of these earthquakes is getting greater and greater.

The author holds that the formation of the Longxi rotating-rolling tectonic is the result of the movement of the Qinghai-Xizang massif and the Eerduos massif.