关于渭河盆地的活动断裂、断裂深度及孕震的断裂深部展布条件

雷姚琪　张安良

（陕西省地震局）

摘　要

在肯定了公认的近东西向及西部北西向构造之后，重点从构造形迹、新古动标志等方面着手，阐明北东向活动断裂是渭河盆地晚第三纪，尤其是中更新世以来的主要活动断裂之一。在近代应力场下，是控制盆内地震的主要构造。将已有宏—微观研究资料结合伸展构造理论的运用，对盆内主要的两组断裂下切深度、盆地东部孕震的断裂深部展布条件进行了尝试性的探讨，认为深8—20公里范围内两组似交非交的铲式断裂形成一个应力容易集中的孕震地震区。

问题的提出

近东西向构造对渭河盆地的控制性及西部北西向构造在盆地中的地位，基本已有公认 的看法[1]，

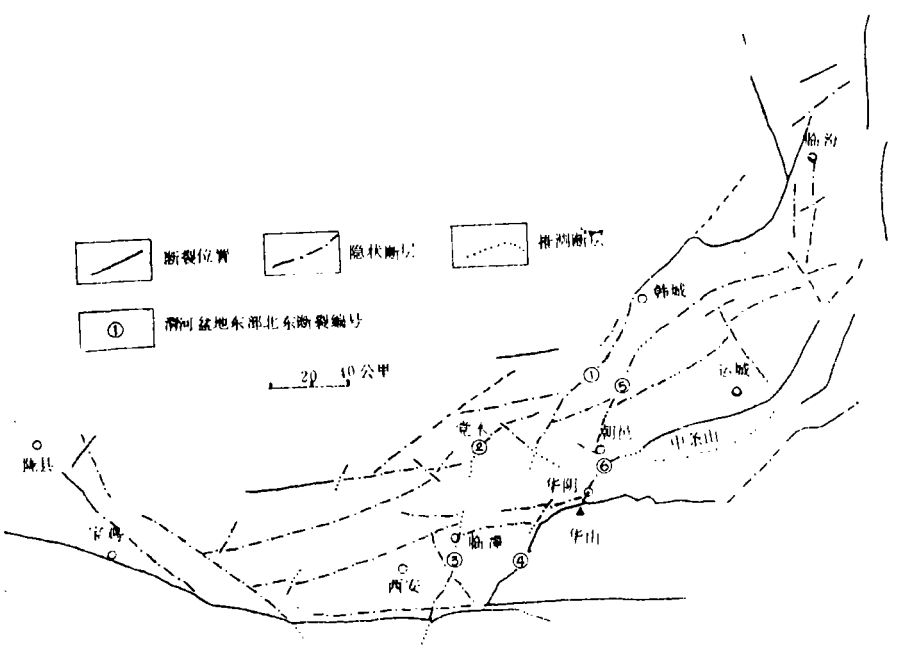

图1　汾渭盆地主要活动断裂分布

不作重复。唯盆地主体部分，尤其西安以东，因巨厚的新生界掩盖，颇重要的斜向构造（北东向及北西向），长期以来被我们忽视了（图1）。近二十年来，虽已注意到北东—北北东向的“新华夏系”形迹之存在（阎康泉，1978），但其展布、规模、性质……等特征并未弄清。我们在分析已有资料，结合地震活动研究的基础上，认为斜向构造对盆地影响很大。尤其是北东向断裂，它在地震构造研究中至关重要[1]。由此引起了关于断裂下切深度、孕震处断裂深部展布条件等问题的讨论，特拟此文。

北东向断裂考究

该组断裂以9—11公里之间距斜布于盆地之中。西安以西规模虽小，但在近代应力场作用下，活动性较其他组为大。有陇县近年4级左右地震及泾阳小震震群为证。下面重点论述西安以东的北东向断裂，因为它是引出问题的重要导线。

1、主要形迹列表：（参照图1、2、）

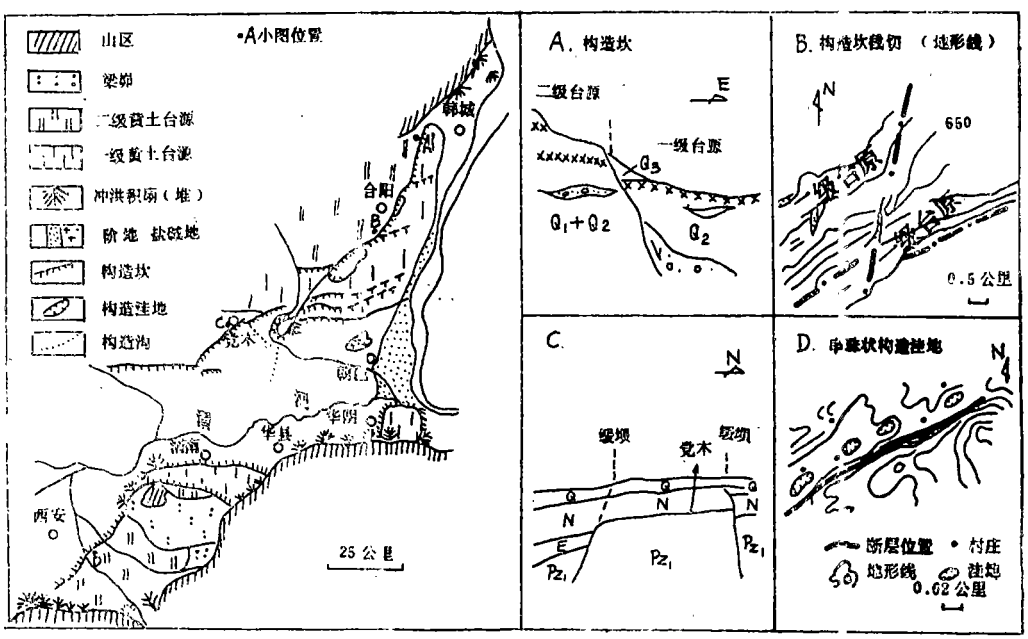

图2 渭河盆地东部地区构造地貌略图

编号	名 称	长 公里	宽 公里	走向／倾向∠角	描 述
①	韩城断裂	120	>3	20-40／SE∠40--∠80	东北接罗云山断裂，同侧现的临汾盆地西缘断裂带，压转张扭，新生代垂直断距>500M。百良及其以南稳状，地表近成线性强烈、高数十米的构造坎，上盘一侧发育有构造洼地。切近东西构造地貌。近代形变测量证实至今仍有活动。主要是兼顺滑的正断层性质。

1）陕西地震综合队 1980 陕西省关中盆地地质构造与地震活动关系研究报告

②	党木断裂	44		40/SE∠65	与①为平行侧现关系。全段隐伏，物探资料其断距达350—1000M，基底有NNE向狭长凹隆带，党木位于二平行断层分割的基底次级北东向地垒之上，地震法测得断过古生代，新老第三纪地层，从地貌上是缓坎地形推测，第四纪仍有继承性蠕滑。北端有温泉集中。
③	临潼西断裂	84		20—40/NW∠60	新丰（渭河边）以北及石川河反向入渭一段，据地貌分析及卫片灰阶推测、（二、三级阶地高程相近似），估计该段可能东南倾，是固市拗陷西界。临潼长安段有断层露头或钻井资料，两侧新生界发育差异较明显，地表构造地貌发育，由平行成束断裂组成带。构造岩分析有多期复杂活动，最晚以张扭性为主。与地磁、地电、形变变化梯度带吻合。断续切入秦岭，对山区近代地貌有较大作用。
④	华山西断裂	94	8	40/NW∠60	NNE—NEE锯齿状，直接成为岭一盆分界，压一转张扭（宏微观资料证实），断距从地层—地貌分析达数千米。
⑤	朝邑断裂	44	4	20-40/SE∠50	全段隐伏，为电法及地震法测出。是黄河稳定南流的构造因素。北端有温泉地热异常平行展布，使近东西构造地貌被破坏。
⑥	华阴断裂	25		NEE—NNE/NW∠44—60	全段隐伏，地震法测出，控制潼关塬西界，卫片灰阶显示与中条山北侧断裂（即运成盆地南缘断裂）相接，正断层。

2、活动标志

（1）地貌　众所周知，我国一、二级大地貌与燕山—喜山运动直接有关。而渭河盆地自中更新世末至上更新世初才成为开放性盆地[2]，因此盆内三、四级至微地貌均可视为这个时期以来，地壳运动及外力作用的综合产物。凡发现异反常态的现象，应考虑是否构造活动所致。我们发现该组构造对应的特殊地貌现象十分丰富[2]。这种构造地貌往往成为盆地内三、四级地貌，或改造了一、二级地貌。由上述地貌生成时代推理，这些构造地貌至少是活断裂在中更新世以来的活动标志。物探资料证明晚第三纪地层内该组断裂的活动更甚。

下面综合三方面简述之（图2）：

①控制水系：黄河、自龙门至潼关的有余公里稳定南流；洛河、石川河、渭河在区内的反向肋状拐弯与该组断裂控制的断块差异活动有关。

②构造坎、构造洼地、构造沟发育：与下伏断裂在位置上对应较好、线性明显、不受外界环境制约的地坎、洼地及槽地是区内正断层性质为主的活动断裂的主要地貌标志，对它们的细部研究将能揭示其相对活动量。

③近东西向地貌带发生横向分异：近东西向的渭河南侧，潼关塬—华阴阶地—渭南塬—西安阶地相间排列；临潼北二、三级阶地同高；黄河西岸坊镇、大荔北均见近东西向构造坎或构造洼地被①、⑤号断裂截切或利用。

2）雷姚琪、宋立胜　1983　渭河盆地东部北东向断裂构造地貌分析。

（2）地震、地热、地形变这三方面资料公认最能代表断裂新活动性质及程度，在该组断裂上表现突出。其中震中、温泉地热、地形变等有关资料已曾发表[3]。这里着重补充关于区内大震分析方面的材料。

西安附近历史地震较为集中，除有其历史因素外，对临潼西断裂近代的活动仍有参考价值。从M—t图（图3）分析，该断裂除长期缓慢蠕变外，突发性活动具明显的周期性。

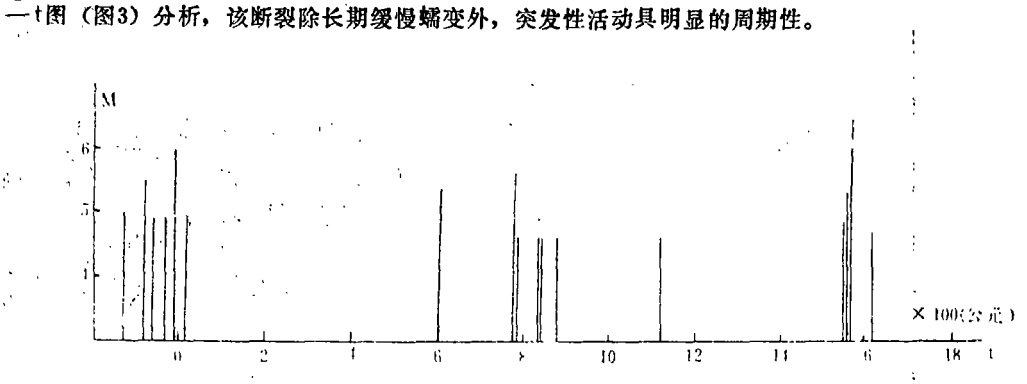

图 3 临潼西断裂地震活动M—t图

大于7级的地震，在分析断裂活动上是最有代表性的。区内1501年朝邑大震及1556年华县大震已有过不少研究，认为前者与北西向构造有关，后者显然是近东西向构造所控制。而我们据一些事实对上述看法提出质疑，认为这两次大震均与北东向断裂关系密切，希望引起研究者的讨论。

1501年朝邑7阶大震：①据我局资料[3]认为“该地震情载于康熙白水县志，而万历（地震当代的）却未见有，因此所载情况似为一般震情之严重者，未必就是白水当地。”故怀疑原北西向极震区之不确。②据查，记载该震受害地域主要在今县城东南角河滩上，以及北北东方向12公里的安昌一带。重破坏区南北长15公里，东西宽4公里，极震区平行黄河西岸，呈北北东向而非北西向。③大震前后（1491—1511）十年内，区内发生22次有感地震，分布在韩城、白水、西安、华县间，与北东断裂位置对应。

1556等华县8级大震：①自1501年朝邑大震后至华县大震前九年（1501—1547）的四十六年间，全省共发生有感地震54次，其中仅三次M≥5的中强震及64%的M≤4级的弱震集中在西安以东，北东向断裂附近。②灾情中记录的近南北向垂直变动很明显，如渭南“城内地势起伏不平，中部有洼沟，走向南北，宽约五、六十米，长约数百米……。”③极震区北，合阳县境内千金塔、寿圣塔、大象塔等均向北东方向歪斜，分别倾向为43.2°∠4.5°，52.4°∠1.7°，34.8∠5.2°[4]，显示了所在地基曾发生向西南错移的变动。④华山西断裂南侧兰田县，虽与震中区隔着一个骊山古老基岩隆起区，但灾情严重，不能不考虑构造上的联系。

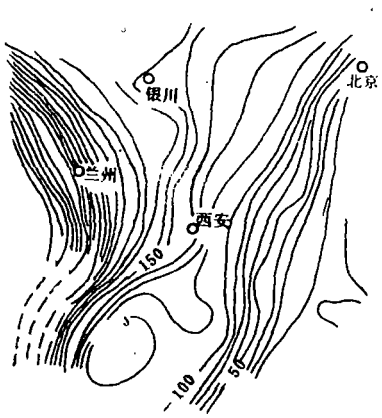

图 4 东西两侧重力梯度带

凡此种种，研究这两次大震仅迁就地表的“大断裂”或高烈度长轴方向，甚至是不确切的史料等等均不尽恰当。而地形地貌对烈度的影响也是显然易见的。上述事实显示出北东向断裂在区内的控震作用是较大的。

（3）与深部构造的关系

盆地位处西侧兰州—龙门山重力梯级带与东侧太行梯级带

3）郭永昌等 1978 史料整理手稿

4）陕西省地震队予报室 1973 关于1556年华县地震考查报告。

之间（图4），东部北东向断裂与后者近似平行，又西安、华阴一带有资料推测深部地壳厚度异常较大：西安南地壳厚度仅27公里[4]，华阴至柞水一线却较周围厚数公里[5]。近代北东向断裂对地壳活动的敏感，可能与上述关系有关。

最后，关于东部地区北西向断裂有反错北东断裂的迹象，洛河肋状拐西侧的北西向断裂可能具一定规模，急待查明。西部北西向断裂与深部重力梯级带走向不一致，近代应力场下主要受压，所以危险性不大。

断裂下切深度及孕震的断裂深部展布条件

一些明显的事实使我们逐渐推进了对秦岭山前断裂的认识。作为盆缘的这条近东西向“深大断裂”，实际上：①它仅仅是秦岭东西构造带上的一小段（数千公里中的二百公里）。它以强烈的张性特征区别于先在的强烈而复杂的压性带。②山前断裂下盘大片出露中生代花岗岩，这是秦岭东西向构造带燕山期剧烈活动的遗迹；而上盘盆内至今未发现确凿的新生代花成岩。这可以作为山前断裂在新生代时期下切深度不太大的旁证。③地表断裂倾角在60°以上，但向下有变缓之势[6]。④大地震没有在“深大断裂”上成带，在盆缘段内也只集中在与北东断裂交汇点附近。⑤近东西向构造地貌带常被北东地貌截切，近东西向分异明显。华阴、华县的深陷[8]、莲花寺（华县东）的高速率形变[7]，除与近东西向挽近期活动有联系外，我们认为重要的是华山西断裂及华阴断裂斜交的作用。汾渭地震的联系与此直接相关。

从物理规律上分析，[8,9,10]“深大断裂”的下切，无论在空间或时间上都是有限的，如果深断裂超出地壳范围，断裂切入的概念是相对的，且随时间而变。实践证明：同一时期内，一个构造带上的各段，其活动会有极大差别；何况我们研究的是新生代这个特定时间内，是渭河盆地边缘这个特定地段的断裂活动呢！盆缘山前断裂的新生性之强烈也就不难理解了。

应用伸展构造理论并参考华北有关实例，[11,12]可以对渭河盆地主要活动断裂的深部展布作一个设计（图5）。Ⅰ，近东西向断裂（a）在早第三纪时期受引张而产生裂陷盆地，Ⅱ，晚第三纪东

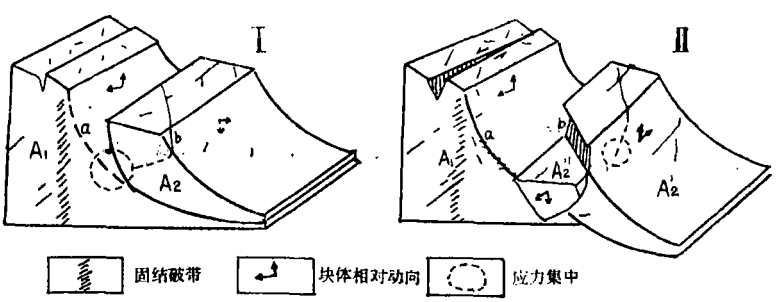

图5　孕震的断裂深部展布条件模型

西向裂陷发展受阻，而让位于北东向（b，c，）断裂为主界的裂陷。因而有临汾盆地晚于渭河盆地的事实。这两组盆缘断裂可能均属铲式正断层，它们在平面上是斜交的，在深约8—20公里处是缓倾角的，在这个深度里有似交未交或似裂非裂的应力集中区。（下切深度除参考华北地震反射资料外，还与区内地震震源深度范围对应。）自然，规模不大的，下切也就达不到8公里，西部泾阳震群震源就很浅。

据华山西、临潼西断裂上取构造岩分析[7]，发现断裂张性活动阶段较宁静，而后有快速扭裂的截切（图6）。应力矿物对比认为该组断裂形变属脆—塑性过渡型，受中温—中压—中高差应力作用，

5）国家地震局物探队　1973　中国地壳深部构造轮廓实际材料图测线测点。

6）据地质部第三普查大队陈万川工程师1983年函告，仅因资料不多未正式应用。

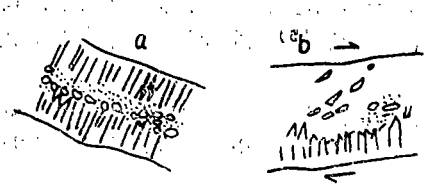

图6 华山西断裂9y8号薄片局部素描
张裂隙梳状石英在高速剪切下a破碎b扭碎

具中慢应变速率。不仅说明了断裂下切深度不太大，而且启发我们认识：盆地在引张裂陷过程中，以蠕滑一宁静的环境为主，当应力集中到使未裂者裂开，未交者交上，这时就是高速扭裂的形成，断块产生突发性滑移或旋转，大小地震即行发生。

用地震周期分析区内近百年内无六级以上大震[1)]。5级左右地震危险区按上述模型分析，主要在临潼北、华阴北或韩城南等地。

上述模型的设计是尝试性的，有待精确的地震探测证实及修正；而模型的正确建立，在地震地质研究中将是有益的，希望引起专家们的研究与指导。

参考文献

〔1〕中国科学院地质研究所1958、中国大地构造纲要、科学出版社。
〔2〕董志良等1962、黄河龙门—三门峡段河谷发育的探讨、中国地质学会第三十二届学术会论文选集。
〔3〕王景明、1981、关中平原区的新华夏系构造、西北地震学报 第三卷 第二期。
〔4〕中国科学院地球物理所、1974、晋中南地地区壳结构的初步研究、地球物理学报③
〔5〕周姚秀等、1979、我国区域重力场及其基本特征、物探与化探①
〔6〕邓起东等、1973、山西隆起区断陷地震带地质条件及地震发展趋势概述、地质科学①
〔7〕李祥根等、1983、华山北坡及渭南塬前活断层、华北地震科学 Vol. 1 №. 2。
〔8〕张文佑、1975、初论断裂形成和发展、地质学报①
〔9〕苏联c.n.舍尔曼、1977地壳断裂发育的物理规律、地震出版社
〔10〕强祖基等、1983、中国第四纪活动断裂分区与地震活动性、地质学报④
〔11〕马杏垣等、1983、中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造、地质学报①
〔12〕美国A.W.Bally等1981、铲形正断层、地震地质译丛 第5卷 第6期。

7）张安良等 1984 《渭河盆地东部北东向断裂构造岩的研究》手稿。