

关中平原区的新华夏系构造

王景明

(陕西省地震局)

摘 要

通过近年来地震地质、卫星照片解析和大量钻探和物探工作发现, 关中平原区之下广泛发育着北北东向构造形迹, 是华北区新华夏构造体系的组成部分, 为一个现今很活跃的构造体系。它改造先期生成的结构面、影响和控制地貌水系的发展、牵制着地震活动和地热异常区的分布。它的小震活动与华北区新华夏系构造的强震活动相呼应, 可能成为现今华北区强震发生的信号之一。

位于陕西省中部的关中平原地势平坦, 渭河纵贯全境。平原两侧分别是高耸陡峻的秦岭和舒缓起伏的渭河北山, 地貌上构成一个新月形的盆地称为渭河盆地。这个地堑型的构造盆地隶属于祁吕贺兰山字型构造体系, 是一个二序次的活动构造体系。关中平原区居于我国最大的山字型构造——祁吕贺兰山字型前弧弧顶及其向东翼转折的部位^[1], 也是居于中国三大纬向构造之一的秦岭东西复杂构造带的北缘和新华夏系第三沉降带交接的地方。

由于巨厚的新生代地层遮盖, 平原区地表的各类构造形迹不甚明显。作者在地震地质考察、地球卫星照片解析和编制关中平原区构造体系图中发现, 在渭河盆地厚约6000米的新生界盖层及其前新生界基底中, 发育着包括新华夏系构造形迹在内的几个完整的构造体系。其中新华夏系构造明显地独成一系, 是近年来与关中平原区地震活动和地热异常现象密切相关的一个活动构造体系。

一、新华夏系构造的发现

关中平原地区近200年来最大的一次地震是1959年8月11日韩城5.4级地震, 它的高烈度区等震线长轴方向走向北北东(图1)。从发震构造是地震能量的释放中心, 而高烈度区的长轴方向, 基本上显示出发震构造的位置这一认识出发, 过韩城附近应有一北北东向发震断裂隐伏于新生界盖层之下。从图2中可以看出1957—1975年间该区发生的小震活动35次, 其中有感地震11次。它们呈线状排列组成一个地震活动带。地震带的空间位置与这条推测的5.4级地震发震断裂空间位置大体一致。1973年陕西省地质局第一水文地质队在研究关中温泉形成条件时发现, 合阳县东王村沿黄河河床出露的四眼温泉与走向北东33°的隐伏断裂有

关。而该隐伏断裂恰与前述5.4级地震发震断裂空间位置吻合。原陕西省煤田地质局物探地形二队沿此断裂线所作的电测曲线突变。在其向东南的延伸线上的朝邑——华阴一段，地质部第三石油普查队（以下简称三普）人工地震工作发现，深部构造层界面被错断或两侧产状突变。也有的地方缺失中深层界面。这些错断点和突变点的连线大致呈北北东方向。进一步证实这里存在着一条规模较大的隐伏活动断裂，可称为禹门口——华阴断裂。

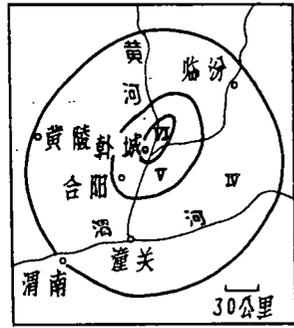


图1 1959年韩城地震等震线图

通过对近年来大量的地震地质、深孔钻探和物探工作资料的研究，特别是对三普十多年中较大面积测线距1公里的人工地震和数十口深过3000米的钻井资料的研究，可以

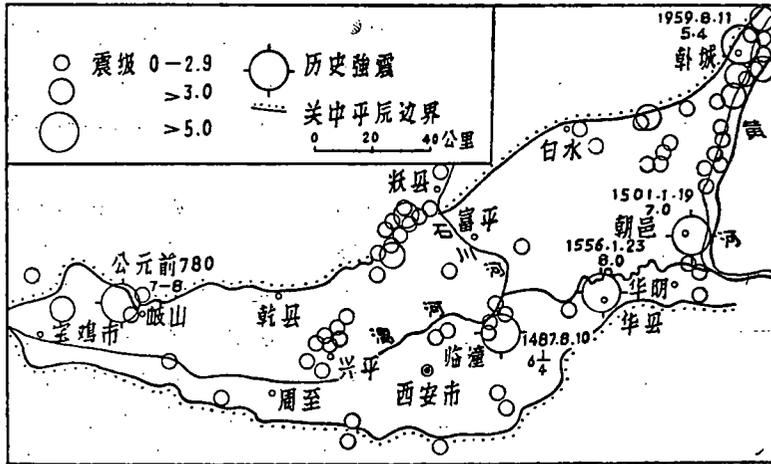


图2 关中平原1957年以来震中分布图

看出关中平原区地下广泛的展布着北北东向的构造形迹。它们改造先期生成的结构面，影响或控制着地貌水系的发展，牵制着地震活动。其中具有一级构造意义者共四条（图3）。

（一）禹门口——华阴断裂 据“三普”人工地震和深钻孔资料分析，其走向北东21°，倾向西，倾角58°。垂直断距断开老第三系大于1000米。断开新第三系600~1800米。断开第四系100~600米。断续延伸长130公里，由平行的两条断层组成。

（二）永丰——华县断裂带 各构造层界面产状突变，中深层界面缺失；断面倾向西，倾角53°~60°；垂直断距分别是老第三系200~500米，新第三系50~400米，第四系不清。断续延伸长60公里。由相互平行的两条主要断裂组成。

（三）白水——狄寨断裂 走向北东20°，据陕西省地质局物探队资料表明，临潼以南表现为重力梯级带。该断裂在临潼骊山出露于地表，倾向西，倾角40~60°。据该队在蒲城西南电测和地质局第二水文队钻探资料表明新生代地层成为向斜褶曲（见图3）。断裂在卫

星照片上亦有显示，它的影象断续延伸长140公里。据笔者研究，在祁吕系构造活动时期，由于祁吕系渭河大断裂的强烈活动，牵动了这条断裂发生1487年临潼6 $\frac{1}{4}$ 级地震，其等震线长轴方向与该断裂空间位置一致（图4）。

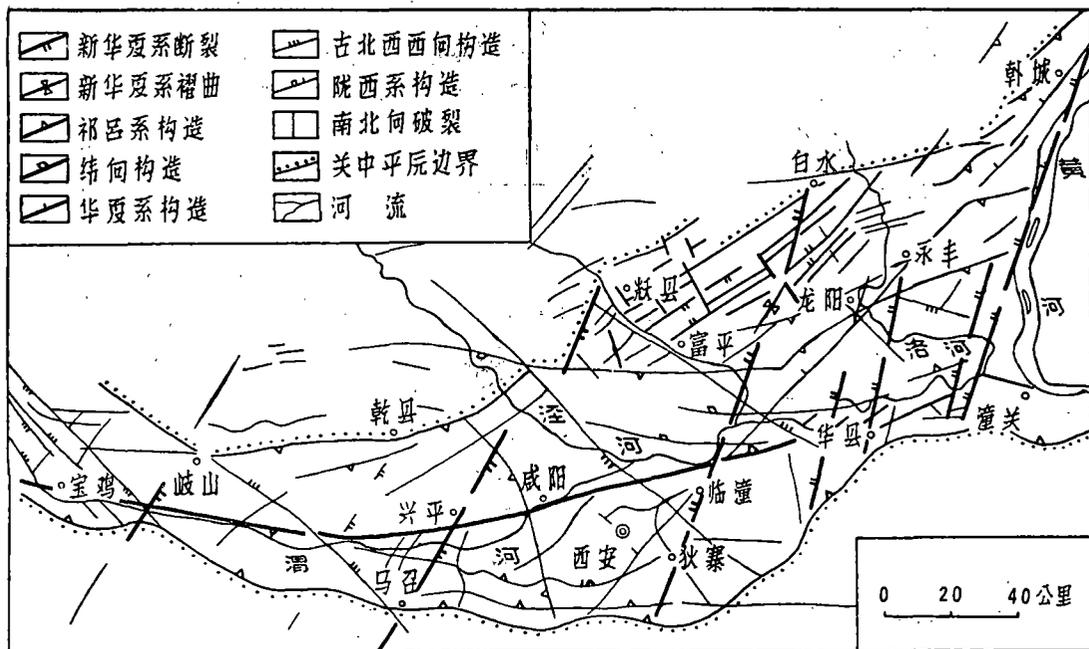


图 3 关中平原构造体系图

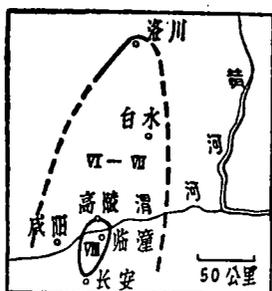


图 4 1487年临潼6 $\frac{1}{4}$ 级地震等震线图

（四）耀县——马召断裂 走向北东20~25°。“三普”所做人工地震工作表明假想构造层特征面被错断，局部产状零乱，倾向东，倾角65°。垂直断开老第三系450~700米。在关中平原区由四段组成，北段出露地表，呈扭压性。

此外，过乾县和岐山等地展布着与此类同的次一级构造。走向北东20°，长分别为30和60公里。断续延伸，每隔10~20公里出现一条长15~20公里的小断裂。规模小、表现弱，属二级构造（见图3）。

笔者在编图过程中，发现在关中平原区这个地堑型盆地的东北部，存在着一个隶属于新华夏系的棋盘格式构造。可命名为富平——白水棋盘格式构造。渭河盆地东北部为一基底斜坡，可视为向东南倾斜的大单斜，向南倾斜6°。由平缓的奥陶系灰岩和石炭二迭系煤系组成。上覆第四系松散沉积物。经陕西省地质局第二水文队和物探队大量的钻探、物探与地表详查工作发现，从富平西至白水长90公里、宽45公里的区域内，普遍发育着走向北东50°~70°和北西20°~40°的一对扭裂面。其中一组扭裂面发育较好，共约20余条（见图3），每条长25~60公里，分别向南或向北倾斜，垂直断距100~500米，组成地垒和地堑相间的结构。而后一组扭裂面发育较差，共约5条，每条长10~20公里。它们彼此常近正交，皆近垂直于基底岩层面。在上王、尧山、五龙山奥陶系灰岩露头上，可以见到这两组破裂程度相

近、并将岩石切割成方块状的扭裂面。

据陕西地质局第二水文队在野外观察,前一组走向集中在北东 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间,裂面多平直光滑、裂隙似刀切,延伸数十米方向不变。该组裂隙密度也较大,张开性一般较好,属张扭性。而北西一组方位分散,走向在北西 $10^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 间,主导方向为北西 30° ,裂面一般不太平直,有的较粗糙,延伸性差,常终止于北东东向一组裂隙。密度也较小,属张扭性,是大义山式构造。两组破裂纵横交错成网,形成棋盘格。在地表地质和钻探工作中还发现在北东东向张扭性断裂间夹有十数个轴向北东东的长 $1.5\sim 4$ 公里的背向斜褶曲。因此北东东向扭破裂先期应是压扭性断裂,属泰山式构造。目前表现为正断层是后期改造成兼带张性的复合结构面。通过上述分析,可以确定展布在富平——白水地区的一对扭裂面属于破裂棋盘格式构造。

这对扭破裂,可能是地层基本处于水平产状的情况下,受较大范围北西西~南东东向挤压力,或更大范围的近南北向逆时针的扭力作用产生的一种初次构造。由于特定的边界条件,使其未能发育北东 15° 压性结构面,代之以一对普遍发育的扭破裂。这种区域性挤压力或扭力的方位与新华夏系一致,故应属新华夏系构造成分。

二 主要特点

展布在关中平原区的新华夏系构造的共性是:

(一) 形迹微弱, 断续延伸

地面地质工作和人工地震测深等物探工作证实,新华夏系断裂构造破碎带狭窄,宽仅几米~几百米。卫星影像纤细呈线状或细条带状,断续延伸。它们在走向上间断的各分段长度为 $5\sim 20$ 公里,间隔 $5\sim 15$ 公里。以耀县——马召断裂最为明显。它沿走向由断续的四段组成。地貌上呈V形凹槽,是一种断裂破裂初至中期即发育期的图象,说明它们是一组较新的构造。

(二) 除保持新华夏系构造固有的反时针扭动的扭压性特征外,又接受后期的改造而兼带张性。

这些构造延伸方向、活动特征与华北区新华夏系构造相似。野外观察所确定的结构面力学性质,也说明它们具扭压性特征,属于新华夏系构造。

笔者在华县莲花寺找到永丰——华县断裂带的踪迹。它在1072年形成的泥石流顶部的粘土层中甚为发育,表现为最新破裂。上盘逆冲,破裂带为挤压叶片状,出现柔褶,裂面光滑,有显示强烈反时针扭动的阶步和逆冲擦痕。它们沿走向和倾向皆呈波状弯曲,为一组扭压性结构面,延伸约10公里,与新华夏系构造现代反扭逆冲活动方式一致。白水——狄寨断裂通过临潼骊山,在芷阳沟、狼娃沟、高家沟、捉蒋亭、三元洞等处所见皆为冲断层,经强烈挤压,挤压带宽 $1\sim 2$ 米。裂面擦痕和磨光面均表现这条断层属扭压性。从而可知构造痕迹的结构面力学性质亦属扭压性,具强裂反时针扭动特征。沿走向断续延伸,表明它们是一种形成较晚的断裂构造。它们独具风格,与区域性的新华夏系构造特征类同,应归属于新华夏构造体系。

发源于始新世晚期的祁吕系二序次渭河地堑的重力作用,牵动渭河地堑型构造盆地内部先期存在的、几乎所有构造形迹的上盘,作向地堑中心倾斜的下滑。诸如与关中平原对应的

渭河盆地东部的禹门口——华阴断裂带、永丰——华县断裂带和白水——狄寨断裂皆向西倾，西盘下降成为正断层。而盆地西部的耀县——马召断裂和过乾县、岐山的二级新华夏系断裂均向东倾，东盘下降成为正断层。它们共同接受渭河地堑的后期改造而兼代张性，成为高角度的正断层，是一系列的关联断层。

(三) 空间分布上具有自东而西由强变弱、由密变疏的特征。

关中平原区的新华夏系断裂，展布在东部者，延伸长多在100公里以上，属一级构造。垂直断距大于1000米，形迹清楚。向西逐渐减弱，到盆地西端成为延伸较短、断距较小的二级断裂。盆地东部各断裂带间的间距一般为30~50公里。而西部各带之间间距为40~60公里。存在着由密变疏的现象。

(四) 影响或控制着地貌水系的发展

禹门口——华阴断裂控制沿线的黄河流向，迫使洛河顺从新华夏系构造展布方向由北西拐直角弯呈北北东流向。永丰——华县断裂带强使穿过它的洛河和渭河各段在龙阳和华县拐弯成北北东向河曲。流经白水——狄寨断裂的石川河和渭河，顺从该断裂方向拐直角弯，组成一个长近40公里的河曲带（见图3）。从图3中可以看出，流经盆地内几条主要河流，凡是流向发生急剧的大范围变化的河段，大都是新华夏系断裂形迹的反映，其变化的原因是新华夏系断裂的最新活动。

三 近期的构造活动

挽近时期以来关中平原区新华夏系构造成分的活动是频繁而强烈的。它即继承了新华夏系构造活动的固有特点，又附随祁吕系二序次的渭河地堑构造活动被改造而兼带张性。新华夏系也是现今主要活动构造。表现在断裂活动、地壳形变、地震、地热温泉等诸方面。

(一) 挽近时期的活动 以白水——狄寨断裂为例，它在挽近时期的活动是相当强烈的。可以从断裂明显的地貌特征，断裂位移和温泉分布等特征上得到佐证，该断裂两侧的地貌特征迥然不同，以东地区为耸立在关中平原中央高出渭河河床300~800米的骊山。出露前震旦系变质岩及中生代花岗岩。地貌为中低山区。以西是一片渭河平原。参考中国科学院地理研究所研究成果，笔者判断第三纪末期骊山崛起上升，其周围断层发育。白水——狄寨断裂于晚第三纪已开始活动。对渭河平原起显著作用时期是下更新世，断裂以东骊山上升，以西平原区强烈沉降。中上更新世骊山北麓和白水——狄寨断裂同时发生比较强烈的活动，骊山西北部强烈翘起。骊山第四纪复盖地层倾斜明显，沟谷深切，山前洪积扇叠加，断层西盘迭置型洪积扇有南北向迁移的迹象，可能反映该断层曾发生过活动。

隐伏于关中平原之下的新华夏系断裂，经“三普”和地质局物探队大量物探和深孔钻探工作证实，它们的断距均与前述禹门口~华阴断裂一样随深度逐渐增大，是一系列同沉积中活动的断裂，属同沉积型断层。一级新华夏系同沉积断裂的断距，在老第三系中者多在500米以上，在新第三系中者在100~1800米间，在第四系中者在50~600米间。说明它们在挽近地质时期的各个阶段活动幅度都是相当大的。

(二) 现今活动 据国家地震局第二测量队近年来的形变资料表明，关中平原东部的新华夏系构造展布区，成为该区形变幅度最大的两个条带。1954、1959——1972年垂直形变图（图5）表明，禹门口——华阴断裂南段成为长轴为北北东方向的椭圆形隆起中心，最大幅

度达40毫米。白水——狄寨断裂的中部和北部成为椭圆形沉降带的中心区，最大沉降幅度达30毫米。北北东向沉降轴与该断裂大致吻合。表明新华夏系构造的最新活动也是相当强烈的。

温泉沿新华夏系断裂呈线状分布，位于关中平原东部三条一级断裂都有出现。沿禹门口——华县断裂在黄河河床出现温泉四眼，水温25℃，流量10升/秒，成为一个地热异常带(图6)。沿永丰——华县断裂在其与祁吕系富平——黑池断裂复合点的洛河河床及其两岸出现数十眼温泉，水量丰富。其中永丰温泉有十余眼。有一个温泉流量9.98升/秒，温里温泉水温34℃，流量达21.34升/秒。可以用来灌溉和洗澡。袁家坡温泉共十眼，水温27~31℃，总流量达1980升/秒。常乐泉水温度达41.5℃，流量1.14升/秒。它们共同组成一个地热异常带。沿白水——狄寨断裂在临潼华清池出现温泉9眼，水温高达43℃，流量31.57升/秒，是我国有名的温泉风景区。沿新华夏系断裂温泉的大量出露，反映出它们的现今活动与地下深处的水相联系，是这些断裂最新

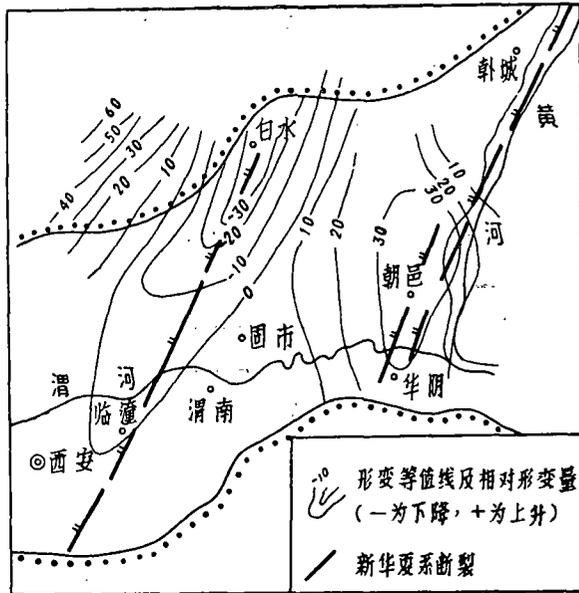


图5 渭河盆地东部1954、59——1972年垂直形变图

活动的表现。新华夏系断裂与另一个活动构造体系祁吕系断裂，共同控制了关中平原区的地热异常分布(图6)。

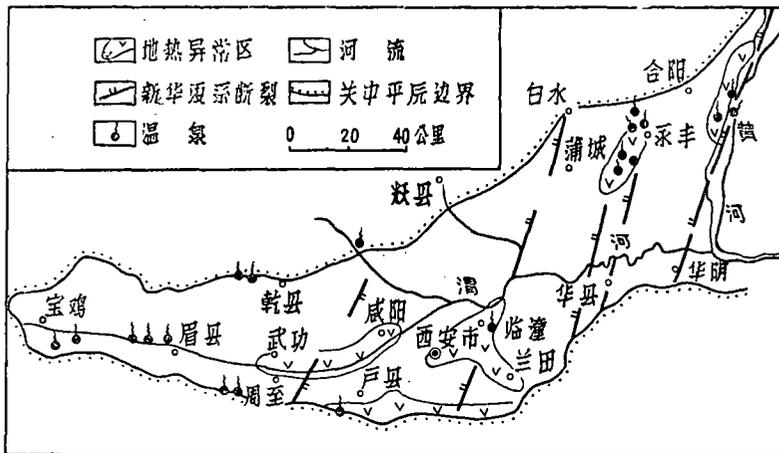


图6 关中平原地热异常分布图

活动的表现。新华夏系断裂与另一个活动构造体系祁吕系断裂，共同控制了关中平原区的地热异常分布(图6)。

(三)地震活动 地震是现今地壳运动的一种表现，是现代构造变动急剧地带的破坏活

动。因此，地震与地质构造活动密切相关。详细地研究表明，近几十年来关中平原区与华北地区一样，地震活动基本受新华夏系断裂控制，是新华夏系构造活动的直接结果*。地震活动的许多特点是与平原区这一活动构造体系的展布范围和活动特征相联系的。

自1957年有仪器记录以来，反映出来的关中平原区中小地震活动特征有二，一是明显的成带性(见图2)；二是地震带主要与新华夏系断裂构造密切相关。可见现今地震活动是新华夏系构造活动的表现。许多资料表明^[4]，华北地区正处于新华夏系构造控制的地震活动阶段。关中平原区现今的地震活动是与华北地区地震活动密切相关的。关中地区新华夏系构造是华北地区新华夏系构造的组成部分。

自1966年邢台7.2级地震以后，华北地区处于地震活动高潮期。关中平原区地震活动随之活跃。尤其在1976年河北唐山7.8级地震前后，关中平原区的小震活动相应增加。其中耀县——马召断裂在唐山地震前1976年1~2月间沿线发生小震7次，最大震级3.4级，震中在耀县南，烈度V度，长轴呈北北东向延伸与该断裂北段重合。1977年元月又在其南段兴平一带发生小震群活动(见图2)。共发生1级左右小震24次，较大的几次在兴平县南市。有感范围长轴与耀县——马召断裂一致，震动时间短、震源浅。从而可以看出，关中平原区的新华夏系地震活动与处于华北区的唐山强震相呼应。它们共处于同一孕震场内，是孕震区应力活动的反应。因此关中平原区的地震活动往往成为华北区强震的信号。

地震并非沿每条活动构造带均匀分布，而是集中分布在那些构造与背景构造复合的部位上，所谓背景构造是指那些往往本身近期不活动不发震，但它常常促使与它复合的活动性构造，产生应力集中或能量积累的构造带。例如耀县——马召断裂上，近年小震最为集中的北段，正是与祁吕系二序次的渭河北缘大断裂重接复合的部位。禹门口——华阴断裂上小震活动带，则处于三条祁吕二序次张扭性断裂与其斜接复合的三个复合点之间(参见图3、图2)。

对关中平原区地震活动的研究发现，新华夏系构造活动没有发生过7级以上地震。但是平原内的多数强震都发生在它们与祁吕系或古北西西向构造交接复合的位置。因此说它们又是平原内强震的背景构造。如祁吕系渭河大断裂在华县与新华夏系永丰——华县断裂相交。在此发生过闻名于世的1556年华县8级地震。据笔者实地考察研究，发震构造应是渭河大断裂**。而永丰——华县断裂则为背景构造。渭河大断裂和新华夏系禹门口——华阴断裂与古北西西向的大荔北断裂的复合点朝邑，发生过1501年7级地震，后者为其背景构造，祁吕系二序次渭河盆地北缘断裂与过岐山的二级新华夏系断裂复合点岐山，发生过公元前780年岐山7~8级地震，新华夏系为其背景构造。

关中平原区近期地震都发生在5~23公里深度的地壳范围内。1959年韩城5.4级地震震源深度为20公里。而1977年初兴平小震群活动的震源深度仅几公里。由此推断关中平原区新华夏系构造活动影响地壳深度可能不大。

为什么关中平原区的新华夏系断裂没有发生过6.5级以上的地震呢？通过以地震形式释放能量的方式有二，一是集中释放发生一两次大地震；二是分散释放，断续发生许多小地震。若属前一种形式，除考虑它们的活动程度外，许多地震工作者认为地震震级的大小往往

*国家地震局地质大队一队地震组，华北地区发震构造及区域构造活动特征讨论(内部交流资料)。

**王景明，1556年华县地震极震区地面破裂带及地震成因探讨，陕西地震，4，1978。

与发震构造的发育程度相适应。兰州地震大队郭增建和秦保燕同志则认为,地震强度的大小与活动性断裂的长度大致成正比关系,并总结出经验公式: $M_s = 3.3 + 2.1 \lg L$

M_s ——震级

L ——活动断裂长度(米)

若这一公式能有更多的震例支持则有助于说明发震构造规模越大,它所能储存的能量越多,将要发生的地震越大。从笔者曾研究或分析过的震例来看,似乎存在这一统计规律,例如1556年华县8级地震发震构造祁吕系渭河大断裂长千余公里。1976年唐山7.8级地震构造*〔3〕新华夏系陡河断裂长百余公里。公元前7年长安6级地震发震构造可能是祁吕系三原—汤峪断裂,长65公里。前已述及关中平原区的新华夏系断裂各分段长仅5~20公里,最长也不过50公里。它不具备储存大量地震能量的条件。基于这一认识,预计今后百年内在这一新华夏系地震活动时期中,关中平原区不会发生大于6.5级的地震。

结 束 语

总结关中平原区新华夏系构造特征,探讨它的活动规律,不仅具有理论意义,而且对掌握地震活动规律,开展中长期预报,勘探地热资源,指导找水和促进工农业生产也起着重要作用。

(一) 关中平原区存在着一组年轻而又显著的新华夏系构造形迹。晚近地质时期以来有强烈的活动,它影响或控制着地貌水系的发展,牵制着地震活动,决定着中小地震带和一些地热异常区的分布。

(二) 关中平原区的新华夏系构造是华北区新华夏系构造的组成部分。它们现今的活动特征相似,活动时间同步。它们的小震活动与华北区新华夏系构造的强震活动是呼应的。1976—1977年关中平原区小震活动增强,是河北唐山7.8级地震孕震场中新华夏系构造激烈活动的表现。因此,可以把现今关中平原区小震活动逐步加强的现象,作为华北区强震可能发生的信号之一。

(本文1980年5月19日收到)

参 考 文 献

1. 李四光, 旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题, 地质学报, 第34卷, 第4期, 1954。
2. 张伯声, 在块断构造的基础上说明秦岭两侧河流的发育, 地质学报, 第44卷, 第4期, 1964。
3. 王景明, 河北某煤矿井田深部煤层中构造裂隙特征的研究, 地质力学论丛, 第3号, 科学出版社, 1976。
4. 王宗贤等, 北京地区断层的活动, 地球物理学报, 第21卷, 4期, 1978。

*唐山地震工作队, 唐山大震发震构造, 地震战线, 2期, 1977。

THE NEOCATHAYSIAN STRUCTURAL SYSTEM OF GUANZHONG PLAIN

Wang Jing-ming

(The Seismological Bureau of Shanxi Province)

Abstract

In the recent studies of seismology and geology, satellite photographic analyses and drilling and geophysical prospection, the author has found that beneath the Guanzhong plain, there are some indications of extensively developed NNE structure. So far as this area is concerned, there are four structural zones with firstclass structural features. They should be the component parts of the Neocathaysian structural system of North China. It is a very active structural system at present, which reforms the ^{early formed} ~~antecedent~~ structural plane, affects and controls the development of morphostructure and water system and controls the distribution of seismic activities and geothermal anomalous area. The small earthquake activities of this area correspond with the strong earthquake activities occurred in North China in recent years. They may be regarded as the indications of future strong earthquake in North China.