

初析天水地区 南北向活动构造带及其与地震的关系

才树骅 滕瑞增

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文通过对地质构造、地形地貌、地壳形变、地球物理、地震等资料分析,认为天水地区存在一条与地震关系密切的南北向活动构造带。

一、区域构造背景

天水~武都一带地处我国南北地震带北段的南部。南北地震带大致沿中国东、西部两大区域之间的古老地质界线分布,是我国东西两大块体交界地带,也是最新构造应力场的干涉带^[1]。南北地震带所在部位是我国东部和西部地壳厚度变异带,在此莫霍界面有很大起伏。地震易在地壳层面起伏陡峻的地方发生^[2]。由地震带呈南北向展布及地震作南北向迁移这一事实出发,有人认为我国中部地区地下深处可能存在一条断续的南北向构造及相应的南北向应力集中带^[8]。天水地区恰处在我国南北地震带北纬33°线附近,地震带出现转折呈北东向展布。对此相当多的科研工作者认为天水地区控震构造为北东向的新华夏系。我们认为该区同样也是南北向构造起主导作用。至于地震呈北东向展布,可能是南北向构造受自东向西的侧面挤压力造成由北东向南西挨次向西错移所致,或者是当南北向构造应力场活动时利用了北东向构造形迹,造成北东向构造控震的表面现象。

天水地区地质构造复杂,众多的构造体系和构造带在此交接复合。秦岭纬向构造带横贯本区。祁吕系前弧在北部与前者呈重接和斜接复合。武都山字型构造体系前弧和东翼跨本区东南部。北西向陇西系内旋褶带末端由北偏西方向插入区内。西礼盆地等几个比较醒目的北东向中生代盆地,迭置在前述构造成分之上。本区西部,有北西向青藏歹字型构造体系的合作~宕昌弧形褶带插入。武都文县以南被古老的北东向龙门山构造带占据。近年由通渭~武都一带发现了南北向构造集中带*。上述各构造体系(带)按其构造展布方向可归纳为东西、南北、北东、北西四组方向。它们彼此交接复合,构成一幅极其复杂的构造图形。

*国家地震局兰州地震大队中长期预报队,武都~银川构造带地震地质特征,1977,

二、控震构造

挽近时期以来具有强烈活动的构造体系(带),可以是老的构造体系的再次活动,也可能是较新的构造体系(带)。前者构造形迹清楚易于察觉。后者构造形迹一般不很醒目。天水地区南北向构造带即是较新的构造成分。

西礼盆地为本区最大、挽近时期具有较强活动的盆地。以往一般认为它是我国新华夏系西部边缘拗陷带的一部分。

我们认为天水~武都一带的北东向隆起拗陷与古生代发育成熟的龙门山构造带有一定成生联系。受其波及,从龙门山到天水一带沉积物有由下古生界到中生界渐次变新的现象。中新代以来区内最大的北东向拗陷即为西礼盆地*。燕山运动早期盆地所在区域中下侏罗系分布零星,北部先接受沉积,表明该处侏罗系可能受祁吕系前弧控制。燕山运动晚期到陇山运动时期西礼盆地才开始大量接受中生界沉积。受秦岭纬向构造带控制,老第三系主要呈东西向展布。现今西礼盆地呈北50°东向展布,为东北部宽南西部窄的倒置三角形(图1)。西礼盆地系由相对独立,构造方向不尽相同的盐关、石桥、天水、西和等盆地联合而成(天

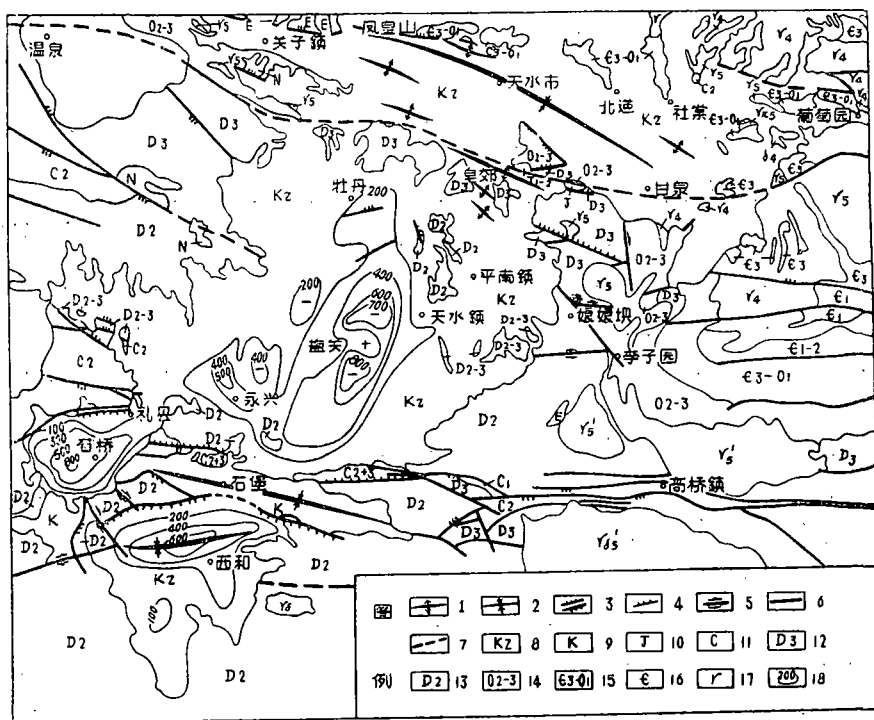


图1 天水—西和—礼县地质构造略图

- 1.背斜 2.向斜 3.压性冲断层、压扭性断层 4.正断层 5.平推断层 6.扭性或性质不清断层
- 7.推测断层 8.新生界 9.白垩系 10.侏罗系 11.石炭系 12.上泥盆系 13.中泥盆系
- 14.中上奥陶系 15.上寒武—下奥陶系 16.下寒武系 17.花岗岩 18.新生界等厚线

*中国地质科学院地质力学研究所,武都山字型的构造特征及其它构造体系的复合关系对某些重要矿产的控制作用, 1975.

水盆地走向北西、盐关盆地走向北东、西和及石桥盆地走向北西西)。表明,西礼盆地成生发展受多组构造的控制。下面就面积最大,研究稍详的盐关盆地探讨晚近时期控制盆地活动的主要构造成分。

盐关盆地地表广泛堆积第三系红色砂砾岩及第四系砂砾层和黄土。钻探揭示盐关镇西南新第三系不整合于泥盆系板岩之上,表明盐关盆地强烈下沉是晚近地质时期的事件。该盆地基底次级拗陷发育,单个拗陷一般不具明显的方向,但其排列则具有较明显的构造方向性。例如童集寨、阎家村、下寺村三个拗陷及其北侧的罗家堡和马河拗陷的连线,基本都呈东西走向。而罗家堡拗陷和童集寨拗陷的连线又呈明显的南北走向。这一南北走向的地带成为盐关盆地拗陷最深的部位,新生界厚度可达800米以上。正是在这个地区发生过1654年天水 $M_s = 7\frac{1}{2}$ 地震。很明显,主要是南北向构造控制了盐关盆地的晚近构造活动。

喜马拉雅运动以来,武都~石桥南北方向的东西两侧构造活动迥然不同。以东地壳下沉,中上新世沉积盆地横跨在秦岭东西向隆起带上。如米仓山、西和、石桥等地新第三系堆积物分别为2000米、1500米和800米,往西为晚近的隆起区。在隆起区内,燕山期花岗岩自通渭~武山~西和一带呈近南北向的大面积出露。南北向构造形迹集中展布在花岗岩体的次生构造中,它们多以压性、压扭性南北向断裂及挤压带为主。陈福明认为闫井、柏家庄、碌础坝岩体的原、次生构造主要反映区域东西向挤压。前已述及,区内北自通渭往南经过酒店到武都沿东经 105° 线陆续发现的一些小型南北向断裂和褶皱,在武都以南这些南北向构造形迹明显的与南北向大年断裂带相呼应。本区南北向构造形迹就构造成生时期、晚近活动强度和展布范围分析,显然不可能是武都山字型构造的脊柱成分。另外正置 105° 线构造隆起和拗陷转换部位的礼县马泉一带零星出露有喜山期基性~超基性溢出岩。它同北面武山、通渭一带的热泉很可能受同一南北向深断裂控制。卫星照片解译发现,由会宁~武都沿东经 105° 存在一条50余公里宽的南北向断裂带,断裂切割较老的北西向等其它构造成分。以往地表地质工作在该带南部判定的北北东向断裂,卫星影象并无明显迹象,估计有可能已归并到南北向构造中(见图4)。

通过对天水~武都一带地形地貌分析发现,北自华家岭隆起,往南经过什山、榜罗、武山、凤凰咀抵武都到大年一带,现今明显存在南北向隆起带。隆起带上,第三纪陆相湖泊沉积层已被抬升到今日的山顶或相当高的位置,昔日的盆地已经解体。隆起区及其边缘地带,河流主要呈南北流向。如秦安、陇西一带的葫芦河、散渡河、咸河及武山四门一带的小水流都是如此。隆起区南部的西汉水,由北东向南西流过盐关盆地,在西和礼县一带遇到前述隆起区东侧南北向隐伏断裂后,迅即折向南再转向东南流入四川盆地。隆起区南部现今为嘉陵江上游西汉水与白龙江的分水岭。隆起区在地貌上虽然未见有线性南北向山脉,然而较高峻的山峰确呈南北向排列。隆起区的西侧似乎存在一条北西向拗陷,岷县以西大地貌则明显与青藏高原融合在一起。隆起区以东,主要为晚近以来继续沉陷的西礼徽成等盆地,再往东则为秦岭东西向隆起带。过盐关镇沿东西方向切地形剖面所见,盐关镇处在最低位置(海拔1400米),西礼盆地以东秦岭山区海拔增至2000米左右,往西穿过西礼盆地,地形急剧抬升到2500米,个别山峰甚至接近3000米。地形剖面明显呈高一低一中高的特点。地形突变点在盐关盆地的西缘。显而易见,天水西侧南北向构造隆起带是迭加在当地东西、北西向老构造格架上的新的活动构造带。上述地区地形地貌特征一直沿袭至今。近年本区地壳形变表明*,西礼盆地

*王之俊,从水准复测成果看甘肃天水~武都地区的现代构造运动,1978,

东西两侧显著上升,盆地仍在沉降。西侧酒店一带上升幅度较大为一隆起区,往西间井一带则为下沉区(图2、3)。垂直形变分析得出,礼县以西存在近南北向的隆起带,它阻截了较老的构造成分。现今西礼盆地的继续拗陷及西侧相伴的南北向隆起,极其清楚的反映天水地区西部现今主要为南北向应力集中带控制。

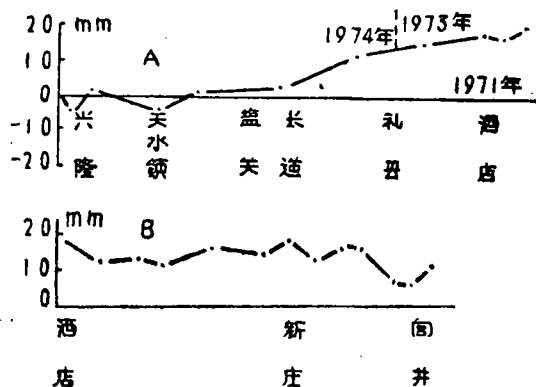


图2 兴隆镇——间井垂直形变图

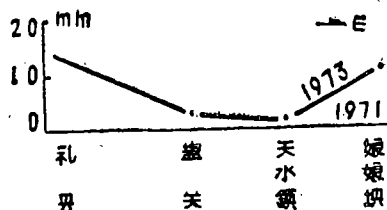


图3 西礼盆地沉降示意图

天水地区地处我国大陆壳东西两大块体南北向变异带上。区内地壳厚度约52公里,往东迅速减为40公里以下,往西突然增至60公里。该区深部构造从大地电磁测深也能给以启示,天水以南地下16~20公里深处存在近南北向低阻层^{*}。该区布格重力异常清楚反映东西向与南北向重力梯级带呈截接关系。

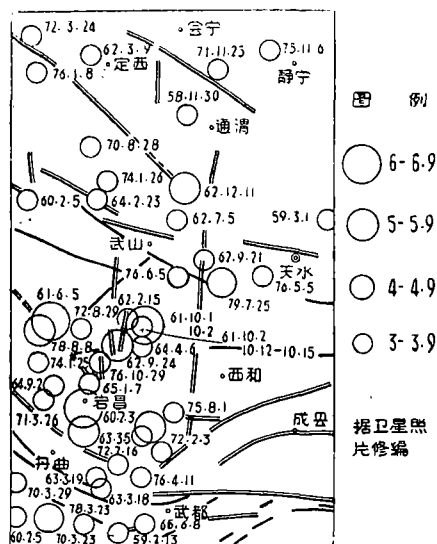


图4 天水地区地震分布图
1958—1979年 $M_s \geq 3$

从上述天水地区地震地质资料分析,本文所论述的该区内南北向构造有可能在喜山运动早期即已开始孕育,早更新世以后构造活动强度日趋剧烈,至今仍不具明显表层构造形迹的区内最新构造成分。

天水地区南北向构造的存在及对区内地震的控制,已为较多的地震活动事实所证明。1654年天水7 $\frac{1}{2}$ 级地震、1879年武都7 $\frac{1}{2}$ 级地震,极震区呈北北东向、而1718年通渭7 $\frac{1}{2}$ 级地震极震区呈北北西向,都十分接近南北向。天水地区近年小地震呈南北向的密集带(图4)。它们多集中于东经105°线南北向隆起区一带并与南北向构造带空间吻合得较好。另外天水地区强震活动周期受南北地震带的控制,与华北地区强震亦有相关性。地震活动证明天水地区南北向活

^{*}国家地震局兰州地震研究所,林长佑、郭守年等,与大地震有关的地壳深部的电性变化,1979。

动构造带的存在。

三、构造应力场探讨

天水地区地质构造的复杂性, 给构造应力场的分析带来一定困难。在现今构造应力场作用下, 区内各组方向的构造均有所活动, 而以南北向构造活动最强, 东西向构造活动稍次。南北向及东西向构造都以挤压为主兼具一定扭性, 前者顺扭, 后者反扭。南北向与东西向构造带呈截接复合关系, 表明区内构造应力场仍以南北向和东西向不平衡挤压为其特征。近年我所在天水地区土体应力解除资料表明, 区内构造应力场主压应力趋势方向在秦岭地区以近南北向为主, 南北向构造隆起区以北东东~东西向占主导。1954年以来区内地壳垂直形变显示南北向挤压, 西礼盆地以西显示近东西向挤压, 岷县一带为北东向挤压。区内地壳垂直形变特征说明, 本区现今构造应力场主压应力方向可能存在随边界条件变化而变化的特点。根据地壳形变电阻率变化计算^[4]天水及邻区主压应力方向大致是: 兰州、通渭为南北向, 礼县、武都、松潘为东西向, 天水为北北东向, 宝鸡、西安为南北向, 与上述分析结果极其相似。本区构造应力场的上述特点, 很可能是大区域南北及东西向不平衡挤压作用, 受天水地区不同构造边界条件制约, 造成的局部构造应力场的表现。这一特点显然与西邻的青藏高原局部构造应力场相符合*。

四、发震介质条件

地震发生的重要条件是在孕震区存在易于储存应力的介质条件。那里的介质条件处在地下深处, 地壳及上地幔岩石有时会通过一定构造条件出露地表。天水地区构造运动频繁, 地表广泛出露各期各类火成岩体。它们分别属于海西、印支、燕山及喜山岩浆期产物。并有酸性、基性及超基性多种类型。岩体产出状态则有岩脉岩株岩基及溢出等多种形式。各期各类岩体出露方向大致以西礼盆地为界。以东作东西向展布, 以西则呈南北向展布, 再往西即弯转为北西向。岩体出露的方向严格受当地活动构造带控制。天水地区火成岩体以花岗岩占绝对优势, 又多为深成的花岗岩岩基。由此我们可以大胆推测天水地区地下20公里左右孕震深度存在花岗质岩层。地表所见区内花岗岩有中基性甚至超基性岩的脉岩穿插, 同时又有南北向和其它方向的断裂分割(如东西向断裂深达上地幔)。显然地下岩石也会与地表类似被分割成大小不等的岩块。在构造应力场作用下, 各岩块间必然产生相对滑动。当地质块体沿交界带或断裂带强烈的相对运动产生的应力随着相对运动的进展而不断

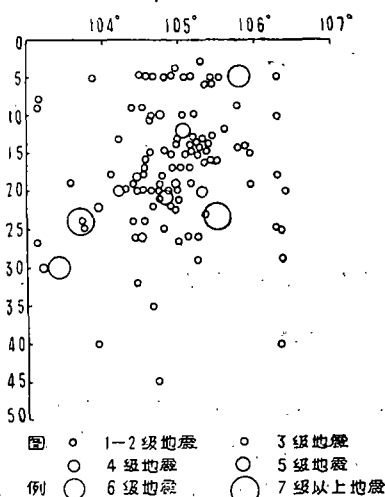


图5 天水地震源深度分布图

* 崔中元等, 青藏高原隆起原因的初步探讨, 1979。

积累, 当它达到迫使岩石破裂和错动时, 地下深处岩体就突然破坏释放应力能而直接引起地震^[6]。天水地区地震主要是发生在 105° 线附近南北向断裂带及受其牵动的其它构造上。区内强震多在地下 20~25 公里深处, 较小地震发生在地下 5~10 公里, 尤其 15~20 公里处居多 (图 5)。显然该区地震主要集中在花岗岩下部界面附近。毋庸置疑, 天水地区地下的岩石介质条件是多震的重要原因。

结 论

天水地区地质构造复杂, 而以通渭~武都南北向构造现今活动较强。本区构造应力场主压应力方向以近东西向为主, 南北向为次。区内地下介质不均一性有利于地应力的积累。该区地震主要分布在东经 105° 线附近南北向构造带及其边缘。强震震源深度为 20~25 公里, 中强以下地震发生在地下 5~10 公里, 较多集中于 15~20 公里深度。在近东西向挤压应力作用下, 南北向断裂两侧岩块和地块必将产生相对运动, 或牵动其它构造进行活动, 以至发生地震。

(本文 1979 年 12 月 14 日收到)

参 考 文 献

- [1] 黄汲清等, 中国大地构造基本轮廓, 地质学报, №. 2, 1977.
- [2] 张文佑等, 从块断错动和层间滑动初步探讨震源空间分布和震源力学状态的关系, 地质科学, №. 4, 1973.
- [3] 王振声等, 中国南北地震带的范围及其活动特征初步探讨, 地球物理学报, Vol. 19, №. 2, 1976.
- [4] 陈有发, 地下岩石视电阻率的年变化, 西北地震学报, Vol. 1, № 3, 1979.
- [5] 郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979.

ELEMENTARY ANALYSIS ABOUT THE ACTIVE SOUTH—NORTH TECTONIC ZONE IN TIANSHUI REGION AND THE RELATION BETWEEN THE ZONE AND EARTHQUAKES

Cai Shu-hua Teng Rui-zeng

(The Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau)

Abstract

By analysing the data ~~(in the present articles)~~ about geological structures, landforms, crustal deformations, geophysical field, seismology and so on, ^{we think} ~~we think~~ that in Tianshui region there is an active South-North tectonic zone which ^{has} ~~has~~ close relations with earthquakes.