

57-64

北秦岭天水东部地区地壳构造演化探讨

温志亮

p315.2

(甘肃省地质矿产局第一地质队 天水 741030)

A

摘要 从构造体制的转化出发探讨了处于北秦岭加里东造山带的天水东部地区地壳构造演化史。研究区地壳构造演化大致经历了8个大的构造旋回、7次构造体制的转变和15个世代的构造演化变形序列。

关键词 天水东部, 地壳, 构造演化

北秦岭

0 引言

近年来构造地质学取得了卓有成效的进展,特别是对造山带地区的构造研究,从挤压体制下形成的褶皱和断裂(即收缩构造)的研究拓宽到伸展体制下形成的构造(即伸展构造及走滑构造)的研究,从而对地壳构造演化的规律有了新的认识。每一地质体的形成、发展、演化都受一定地质作用的制约,其形成、演化都与一定的构造作用、变质变形作用、岩浆作用、沉积作用、成矿作用有关。以上作用并非单独存在,而是密不可分的,正是这种息息相关的联系,才构成了地壳统一而有规律的演化过程。对这种演化起决定性作用的因素是构造层次及构造体制的转变。本文从构造体制的转变出发对北秦岭天水东部地区地壳构造演化史作一探讨。

1 区域地质概况

天水地区处于祁连—北秦岭加里东造山带接合部位。西部广为黄土覆盖,基岩出露较少;东部基岩出露良好。近年来,在天水东部地区广泛开展了1:5万区域地质调查及有关的基础地质研究工作,研究程度逐渐提高,同时对区内地壳构造演化日趋明朗(图1)。

1.1 地层

区内出露较老地层有下元古界、中元古界中深变质岩系。经近年来“祁连—北秦岭接合部位基础地质研究”(1994)及区内大量的1:5万区调工作证实,它们分别可与东秦岭地区出露的秦岭群(Pt_1)、宽坪群(Pt_2)对比。区内的中元古界在走向上与北秦岭东段宽坪群相连,故沿用首创的陇山群(张明书,1974)。由于区内下元古界、中元古界经多期变质变形叠加改造,原生层理已无保留,层序难以恢复,区域上表现为层状无序的几种变质岩石组合,分别称“秦岭岩

群”、“陇山岩群”。区内地层从老到新有：秦岭岩群 Pt_1 、陇山岩群 Pt_2 中深变质岩系；葫芦河群 ($Z-O_2$) H 、丹凤群 ($Z-O$) D 、陈家河群 O_3C 浅变质岩系；石炭系(局部,未建组)；白垩系(麦积山组)；下第三系(小河子组)；上第三系(甘泉寺组)；第四系。

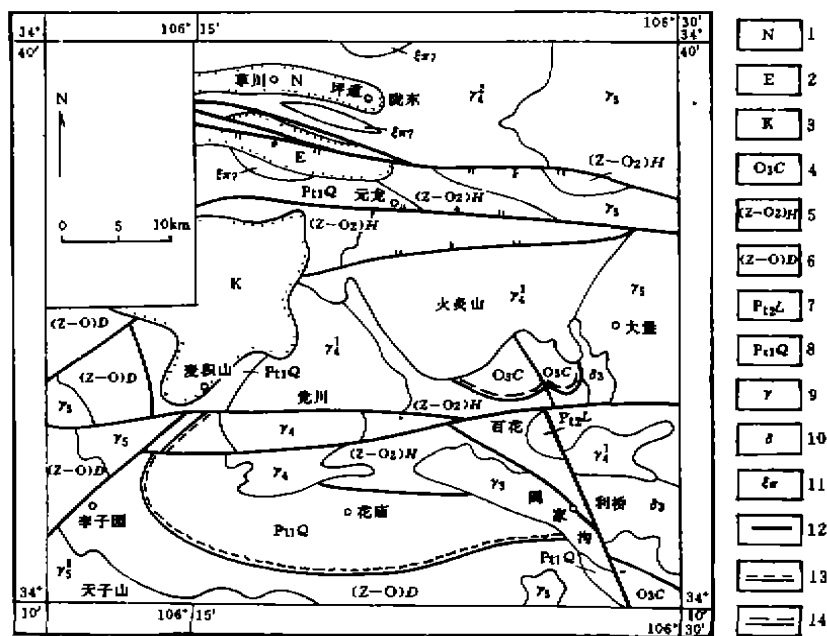


图 1 天水东部地区区域地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the east area of Tianshui

1—上第三系,2—下第三系,3—白垩系,4—陈家河群,5—葫芦河群,6—丹凤群,7—陇山岩群,8—秦岭岩群,
9—花岗岩,10—闪长岩,11—正长斑岩,12—大断裂,13—韧性剪切带,14—平行不整合

1.2 构造

本区区域构造线呈近 EW 向、NWW 向展布。由元龙向形、李子园背形组成的反 S 右行扭动构造构成其基本构造格局。主要断裂近 EW 向、NWW 向, 次为 NE、NW 向。

1.3 岩浆岩

本区属地壳强烈活动地带,岩浆活动较为频繁,侵入岩多呈大型岩基产出。主要的侵入岩有加里东期百花闪长岩、周家沟花岗岩;海西期党川花岗岩、火炎山花岗岩、坪道花岗岩;印支期大堡花岗岩、天子山花岗岩;喜马拉雅期正长斑岩。火山岩有喜马拉雅期中、酸性火山角砾凝灰岩。

2 地壳构造演化变形序列

经过对天水地区东部各地质体的形成发展演化,结合与之有关的变质变形事件、岩浆事件、沉积事件等的研究,笔者认为本区地壳构造演化大致经历了 8 个大的构造旋回,至少 7 次构造体制的转变、15 个世代的构造演化变形序列(表 1,图 2)。

2.1 古元古代华北大陆边缘伸展裂陷阶段(D₁)

古元古代, 华北大陆南缘发生裂陷形成陆缘裂陷海槽(图 2-D₁), 其内沉积了以秦岭岩群(Pt₁)为代表的陆源碎屑岩—碳酸盐岩夹少量海相基性火山岩建造。该岩群中片麻岩类、片岩

表1 天水东部地区地壳构造演化变形序列与其它地质事件的关系

Table 1 Relation of crust tectonic evolution deformation series to other geology events in the east area of Tianshui

构造 旋回	地质 时代	世代	构造 体制	构造事件	运动 方向	构造 层次	变质变形事件	沉积事件	岩浆事件
喜马拉雅 旋回	Q	D ₁₃	伸展	断块差异升降形成盆 岭构造		浅		河漫滩松散沉 积	
	N	D ₁₄	伸展	形成陆内构造盆地正 断层系		上		陆相粘土岩沉 积(N)	
		D ₁₃	收缩		S、N	上			石英正长斑岩 侵入
	E	D ₁₂	伸展	拉张作用、地壳裂陷	S、N	上		下第三系火山 岩沉积(E)	中、酸性火山角 砾凝灰岩喷发
燕山旋回	K — J	D ₁₁	伸展	断陷及拉分盆地形式		中、上		侏罗纪含煤盆 地沉积(区外)、 白垩纪陆相碎 屑岩沉积(K)	侏罗纪中、酸性 火山喷发(区 外)
印支旋回	T — P	D ₁₀	收缩	双向挤压收缩,区域反 S右行扭动、逆冲走滑 造山	SSW→ NNE W→E	上			大堡超单元 (209~212Ma)、 天子山超单元 (215Ma)侵位
海西旋回	C ₂	D ₉	伸展	陆内断陷盆地及褶皱 层、顺层流变构造群落 形成	S、N	中、上		断陷盆地内陆 相含煤建造(石 炭系)	
	C ₁ — D	D ₈	收缩	陆内块体逆冲推覆造 山		中、上			火炎山、党川超 单元(399~ 375Ma)、坪道 超单元(336Ma) 侵入
加里 东旋回	S	D ₇	收缩	华北、扬子大陆相向运 动、碰撞造山,北秦岭 造山带形成,奠定了本 区EW向构造格局	S、N	下	秦岭岩群Ⅱ变质变 形,达高角闪岩相; 陇山岩群Ⅰ变质变 形,达角闪岩相;震 旦—奥陶系Ⅰ变质 变形,绿片岩相(区 域动力热流变质)		百花闪长岩侵 入,周家沟花岗 岩侵入位 (430Ma)
	O ₃	D ₆	伸展 — (收缩)	古浪运动使南、北裂陷 海槽萎缩,形成残留海 盆		下		残留海槽内陈 家河群沉积	中性火山、火山 碎屑喷发
	O ₂ — Z	D ₅	伸展	地壳伸展裂陷,形成 南、北两个裂陷海槽	S、N	下		北带:葫芦河群 沉积; 南带:丹凤群沉 积	北带:中酸性火 山喷发;南带: 基性—中酸性 火山喷发(540、 756、856Ma)
晋宁旋回	新元 古代	D ₄	收缩	晋宁运动使华北、扬子 两大古陆碰撞对接、造 山	S、N	下	秦岭岩群Ⅰ变质变 形,达角闪岩相;陇 山岩群Ⅰ变质变形, 绿片岩相(区域动力 热流变质)		
四堡旋回	中元 古代	D ₃	伸展	弧后盆地形成	S、N	下		陆源碎屑—碳 酸盐岩夹基性 火山岩建造	大量基性火山 喷发
吕梁旋回	古元 古代	晚 D ₂	收缩	吕梁运动使华北大陆 向南增生扩展,推覆造 山	S、N	下	秦岭岩群Ⅰ变形变质 (区域动力热流变质)		
		早 D ₁	伸展	华北大陆南缘伸展裂 陷		下		陆源碎屑—碳 酸盐岩夹少量 基性火山岩建 造	少量基性火山 喷发

类经原岩恢复为杂砂岩、泥质岩,陆源碎屑以成熟度低的杂砂岩、粘土岩为主,具近源沉积特征(安三元等,1992),其物质来源于太古代基底(太华群)。秦岭岩群是天水地区及北秦岭地区最古老的变质岩系,其内有基性火山岩,说明在古元古代时天水地区及北秦岭地区地壳为伸展环境。这一时期,构造体制表现为伸展体制。

2.2 吕梁晚期大陆增生造山阶段(D₂)

距今约1800Ma的吕梁运动,使前裂陷海槽封闭、造山聚合,同时拼合于华北大陆南缘,使华北大陆向南增生扩展。强烈的造山运动使秦岭岩群经受了第1期强烈变质变形,其内发生面理置换,形成片理、片麻理及顺层掩卧褶曲、同斜褶曲及顺层的韧性剪切等。吕梁运动使构造体制由伸展体制转变为收缩体制(图2-D₂)。

2.3 中元古代陆缘裂陷海槽沉积阶段(D₃)

中元古代,吕梁运动晚期使增生的华北大陆南缘再次发生拉张裂解作用,构造体制转变为伸展体制。拉张作用使秦岭岩群裂开并向南推移,区域上形成陇山—宽坪裂陷海槽,在水东为仙坪海槽。其内沉积了以陇山岩群(Pt₂)为代表的陆缘碎屑—碳酸盐岩建造,并伴生有大量基性火山喷发(图2-D₃)。陆源碎屑以细碎屑的杂砂岩为主,具近源沉积特征,物源为秦岭岩群。基性火山岩与片麻岩、大理岩呈互层产出,表现为浅海相火山喷发沉积。基性火山活动标志着中元古代地壳伸展环境的存在。

2.4 晋宁期碰撞造山阶段(D₄)

晋宁运动使构造体制转变为收缩体制,华北、扬子两大古陆相向运动碰撞造山(图2-D₄),地壳收缩增厚,使前裂陷海槽闭合。强烈的造山作用使秦岭岩群发生第2期变形变质,达角闪岩相,岩石普遍出现糜棱岩化,使早期褶皱进一步韧性变形,形成透镜状、流状褶皱、无根褶皱等。陇山岩群发生第1期变质变形,形成了片理、顺层韧性剪切、顺层同斜褶曲等(图3),变质作用达绿片岩相。

2.5 震旦纪—中奥陶世陆内裂陷沉积阶段(D₅)

震旦纪—中奥陶世本区构造体制转变为伸展体制,表现为陆内伸展裂陷作用。地壳伸展裂陷之结果在区内形成南、北两个裂陷海槽(图2-D₅)。在北部海槽内沉积了葫芦河群(Z—O₂)H,为陆源碎屑夹中基性、酸性火山岩建造。南部海槽沉积了丹凤群(Z—O)D,为基性—中酸性火山岩—陆源碎屑岩建造。以上建造均表现为地壳伸展变薄、火山喷发的构造环境。

2.6 晚奥陶世地壳收缩残留海盆沉积阶段(D₆)

以古浪运动为代表的地壳收缩体制,使北裂陷海槽萎缩转化为残留海槽(图2-D₆),其内沉积了陈家河群(O₃C),为陆源碎屑—碳酸盐岩夹少量中性火山岩、火山碎屑岩建造,地壳仅表现为局部伸展的环境。在利桥北苗家村等地该群底部发育有底砾岩(砂质砾岩),与下伏的葫芦河群为平行不整合接触。该阶段经历了一次由收缩体制向伸展体制的转变。

2.7 加里东末期地壳收缩碰撞造山及北秦岭加里东造山带形成阶段(D₇)

奥陶纪末,本区的构造体制转变为收缩体制,华北大陆与扬子大陆相向运动,至志留纪板块强烈碰撞,使震旦—奥陶纪裂陷海槽最终封闭,褶皱造山,地壳收缩变厚。区域上形成了祁连—北秦岭加里东造山带,奠定了天水地区近EW向的构造格局。并自北向南发生强烈的逆冲推覆(图2-D₇)和韧性剪切作用。在水东地区形成了秦岭岩群与葫芦河群、丹凤群间的边界韧性剪切带。加里东造山运动是本区乃至整个祁连—北秦岭地区极为重要的一次地质构造和地壳收缩事件。强烈的造山收缩使秦岭岩群发生第3期变质变形,变质程度达高角闪岩

相,以韧性剪切变形为主,形成了条带状、团块状混合岩化(图4)。陇山岩群第2期变质变形,变质作用达角闪岩相,变形以韧性剪切为主。葫芦河群、丹凤群、陈家河群发生第1期变质变形,为低角闪岩相—绿片岩相,片理形成,并进一步形成掩卧褶曲。强烈的碰撞作用使地壳深部热流升高,地壳局部熔融,百花闪长岩和周家沟花岗岩侵位(430Ma)。

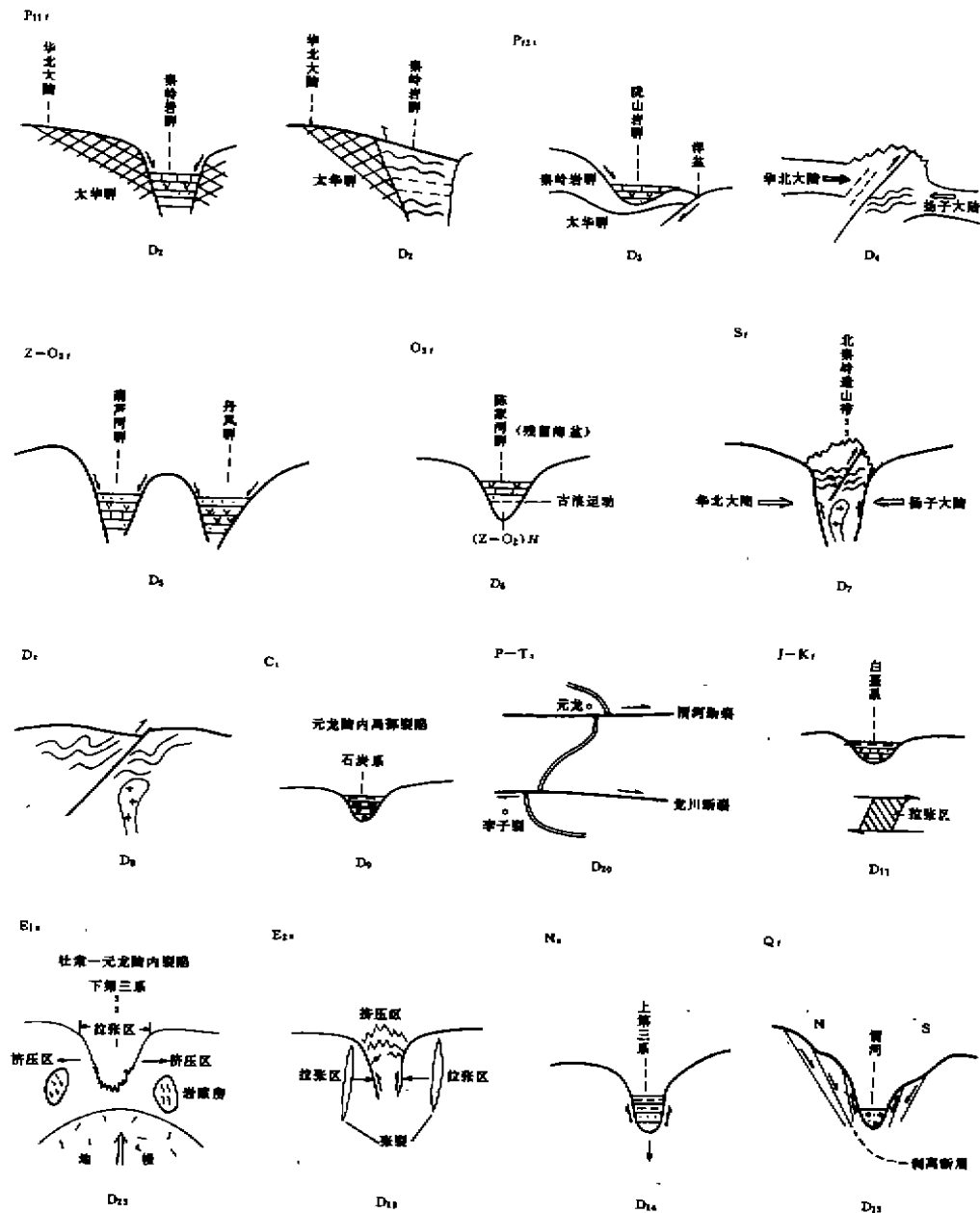


图2 北秦岭天水东部地区地壳构造演化序列示意图

Fig. 2 Diagram showing crust tectonic evolution series in the east area of Tianshui, north Qinling

2.8 海西早期陆内逆冲叠覆碰撞造山阶段(D₈)

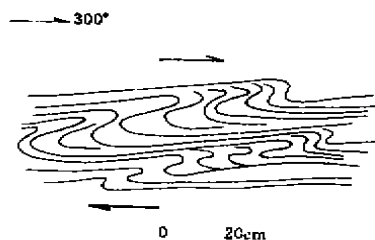


图3 陇山岩群第1期变形特征

Fig. 3 Deformation characte of the first period in Longshan rock-group

加里东末期的地壳收缩机制持续时间较长,泥盆纪一早石炭世时仍为收缩机制,表现为区域性陆内断块碰撞、推覆逆冲等(图2-D₃),形成了区内NE向、NW向构造(图1)。秦岭岩群等前泥盆系以早期面理为变形面形成了开阔褶皱(如大堡花岗岩西秦岭沟向斜及叠加褶皱等)。该阶段强烈的构造活动,使上地壳物质重熔,大量碰撞型花岗岩(S型)侵入,形成大型岩基,如火炎山超单元(399~375Ma)、党川超单元(391Ma)、坪道超单元(336Ma)(1:5万区调所建)。

2.9 海西中期陆内局部伸展裂陷阶段(D₉)

约在中石炭世构造体制发生了转变,表现为伸展体制。地壳局部伸展,在天水元龙腰崖沟一带裂陷形成近EW向展布的小规模断陷盆地,沉积了石炭系(图2-D₉)陆相含炭砾岩、砂砾岩及含煤建造。该沉积建造代表了地壳伸展环境下沉积作用的产物。断陷作用在地壳浅层次表现为高角度的正断层,在韧性中间层(据马杏垣教授)上部可能转变为低角度的剥离断层,形成近水平的韧性剪切带,发生横向构造(面理)置换。天水元龙腰崖沟一带葫芦河大理岩中发育的褶皱层、顺层掩卧褶曲、同构造分泌脉(顺“层”固态流变构造群落)等,可能为该阶段地壳伸展形成的构造形迹。

2.10 海西晚期—印支期双向挤压收缩及区域反S右行扭动逆冲走滑造山阶段(D₁₀)

大约在石炭纪末期,构造体制由伸展体制转变为收缩体制。地壳进入收缩时期,表现为双向挤压收缩、反S右行扭动。处于秦—祁接合部位的天水地区由于受特提斯、鄂尔多斯台地的影响,产生了自SSW向NNE及自W向E的双向挤压收缩(张维吉,1994),产生了区域右行扭动应力场,形成了以元龙向形、李子园背形为代表的反S区域扭动构造,使前印支期各地质体、断裂等均卷入这一扭动构造,形成了构造的叠加和改造,并产生了近EW向、NWW向、及NNE向浅层次脆性、脆性走滑构造。渭河EW向大断裂、党川EW向大断裂(图2-D₁₀)即为这一构造的代表。岩石沿构造带发生退变质作用(绢云母化、绿泥石化、绿帘石化)。这一构造事件不仅是天水东部,也是祁连—北秦岭地区又一重要的地质构造事件。强烈的挤压收缩伴随大量的花岗岩基侵位,如大堡超单元(Rb-Sr, 209~212Ma)、天子山超单元(215Ma)(1:5万

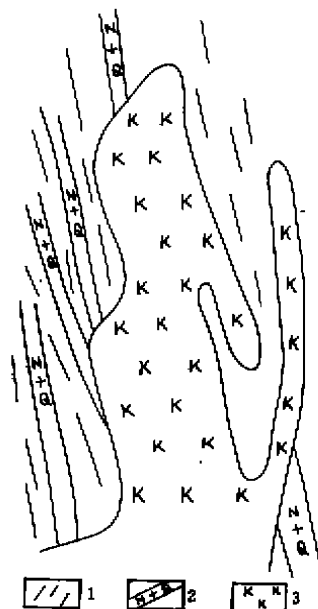


图4 秦岭群3期混合岩化脉体特征

Fig. 4 Characte of mligmatized dike bodies in Qinling rock-group for three periods

1—条带状混合岩化片麻岩;2—条带状长英质脉体;
3—钾长质脉体

区调新建)。

2.11 燕山期裂陷作用阶段(D₁₁)

继印支期地壳收缩体制以后,燕山期时转变为伸展体制,地壳进入伸展时期。在侏罗纪,北秦岭有些地区(麦积山以西)已有陆内断陷盆地含煤建造沉积,并伴有中酸性火山喷发。天水东部地区地壳的伸展在白垩纪时才有明显的表现。由于渭河大断裂、党川EW向大断裂相继活动,右行走滑(图2-D₁₁),在麦积山、石门一带以西形成陆内拉分盆地,沉积了白垩系陆相碎屑岩(麦积山组),这标志着地壳沉陷、伸展变薄等构造环境的存在。

2.12 早第三纪早期地壳持续伸展裂陷阶段(D₁₂)

燕山期以来天水东部地区的地壳伸展裂陷一直持续到喜马拉雅早期。早第三纪早期的地壳伸展裂陷,表现为近SN向的拉张,在社棠天水星火厂一元龙一带形成了近EW向陆内裂陷(图2-D₁₂)。地壳伸展变薄,导致深部地幔物质上涌火山喷发,形成区域性的NWW向或近EW向展布延伸的下第三系安山质、流纹质火山角砾凝灰岩(小河子组,1:5万区调新建)。

2.13 早第三纪晚期地壳收缩阶段(D₁₃)

由于早第三纪早期强烈的近SN向拉张作用,在拉张区两侧并存的挤压作用导致局部地段地壳应力集中,地热梯度升高,形成了局部熔融的岩浆。到早第三纪晚期,地壳应力发生了改变,构造体制转变为收缩体制,原来的挤压区转变为拉张区,产生了张性断裂(图2-D₁₃),前阶段形成的岩浆沿张性断裂上升侵位。平行于NWW向或EW向展布的下第三系(E)火山岩南、北两侧分别有带状延伸的正长斑岩(1:5万区调已建立公家湾单元)侵入。区域上,正长斑岩(公家湾单元)与下第三系火山岩之间为侵入接触。岩浆活动由中酸性火山喷发转为中酸性岩浆侵入,标志着构造体制已由伸展体制转化为收缩体制。在短暂的地质历程内完成了一次构造体制的转变。

2.14 晚第三纪陆内伸展沉陷阶段(D₁₄)

晚第三纪构造体制发生了明显的转变,由收缩体制转化为伸展体制,表现为陆内沉陷盆地的形成。地壳伸展之结果在草川—陇山一带形成陆内构造盆地,沉积了上第三系陆相紫红色粘土岩夹泥质砂岩(甘泉寺组)。由于地壳进一步伸展,在渭河以北形成了切割下第三系火山岩及以前地质体的NWW向南倾高角度脆性断裂群或正断层系。

2.15 喜马拉雅晚期断块沉降造山阶段(D₁₅)

第四纪以来,由于前述各阶段断裂的切割,被切割的断裂形成了渭河地堑。正断层系在浅层次的地壳上部脆性剪切变形域中,表现为一系列的高角度脆性断层;而在地壳较深层次的韧性中间层中可能联合成一低角度的正断层,即剥离断层。剥离断层的存在调节着新生代晚期的地壳伸展。地表断块的差异性升降(图2-D₁₅)使渭河南、北形成陡峻山系,构成了现代式样的盆岭构造,足以说明剥离断层和地壳伸展作用的存在。

3 结语

(1)北秦岭天水东部地区地壳构造演化至少经历了7次构造体制的转变、15个世代的地质构造演化序列,说明地壳构造演化中的“开”、“合”具普遍性,地壳的伸缩交替是地壳演化的一般规律。

(2)拉张和挤压同是地壳水平运动的表现形式,拉张作用所形成的伸展构造在规模上与挤压作用所形成的收缩构造并驾齐驱。

(3)每次构造体制的转变都是由伸展体制转变为收缩体制。地壳伸展阶段表现为裂陷(断陷、沉陷)和沉积,或因地壳伸展变薄地幔上隆导致岩浆喷发,并在基岩中形成各种构造形迹(褶皱层及顺“层”流变构造群落);在继后的收缩体制下则表现为褶皱、逆冲推覆等构造叠加和改造,并伴随有中、酸性岩浆的侵入。

(4)在地壳演化过程中,每一旋回都有相应的沉积事件、变质变形事件和岩浆事件。它们之间具明显的相互制约和相互依存关系,反映了一个地区的地壳构造演化规律。

(5)天水东部地区各构造旋回地壳伸展拉张方向大致与区域构造线方向垂直,即为 NNE、SSW 或近 SN 向。

参 考 文 献

- 1 单文琅,傅昭仁等. 构造变形分析的理论方法和实践. 武汉:中国地质大学出版社,1991
- 2 张维吉等. 祁连—北秦岭接合部位构造特征与造山过程. 西安:西北大学出版社,1994
- 3 霍福臣,李永军. 西秦岭造山带的建造与地质演化. 西安:西北大学出版社,1995
- 4 张二朋等. 秦巴及邻区地质—构造特征概论. 北京:地质出版社,1993

DISCUSSION ON CRUST TECTONIC EVOLUTION IN THE EAST AREA OF TIANSHUI, NORTH QINLING

Wen Zhiliang

(No. 1 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province
Tianshui 741020)

Abstract On the based on the change of tectonic systems of organization, the history of crust tectonic evolution in the east area of Tianshui situated in the north Qinling Caledonides was discussed. The crust tectonic evolution in the research area could be divided into 8 large tectonic cycles, 7 times change of tectonic systems of organization, and subdivided it into tectonic evolution deformation series of 15 generations.

Key words The east of Tianshui Crust Tectonic evolution