

西秦岭及周边地区构造体系划分与构造演化

杜子图 吴淦国
(中国地质大学,北京)

吕古贤 王平安 董法宪
(中国地质科学院地质力学研究所)

摘要 本文应用地质力学理论和方法论述了西秦岭及其周边地区构造体系的划分、复合关系及其成生发展演化历史。

关键词 西秦岭 构造体系 构造复合 构造演化

0 引言

研究区跨越陕、甘、川三省,西起甘肃玛曲县,东至陕西略阳,南起四川松潘,北抵甘肃岷县,地理坐标为东经 $102^{\circ}-106^{\circ}40'$,北纬 $32^{\circ}-34^{\circ}30'$ 。地处秦岭—昆仑巨型纬向构造体系与川滇经向构造体系的交汇复合部位。区内沉积建造主要为呈构造岩片产出的古生界浅变质海相复理石建造及广泛分布的三叠系深水浊流复理石建造。岩浆活动较弱,主要为印支期—燕山期同构造侵入的中酸性小岩体及岩脉。该区构造体系繁多,具有长期继承性演化历史和复杂的成生、复合关系,形成复杂的应变图像。

1 前印支期古构造体系的恢复

在本世纪 40 年代初,李四光教授就曾指出:对“早期构造型式”的“任何探索”,“必须主要沿着两条思路的考虑来指导:第一,可以试图用古地理方法去追索过去消失的山脉和凹陷地区,……;第二,在现在构造型式的格架中曾经保存的古构造特征,可以从构成现存构造型式的构造要素的堆积中筛分出来。”据区内寒武纪—三叠纪不同地质历史时期沉积建造的岩相古地理面貌,可划分出古 EW 向构造体系和古 NE 向构造体系。它们为现今构造格局奠定了变形基础,且起到一定的基底控制作用。

1.1 古 EW 向构造体系

主要分布于白龙江及其以南的南坪—松潘一带,表现为沿 EW 向巨型裂隙槽分布的寒武纪—三叠纪巨厚沉积建造,在这个 EW 向凹陷沉积盆地内,各地质历史时期的岩相古地理指示了次级 EW 向古隆起和古凹陷,且在局部的次级 EW 向凹陷带内存在由北到南呈 EW 向带

1997 年 3 月 11 日收稿,1997 年 5 月 14 日修改稿

地矿部地质力学开放研究实验室项目(95001)及地质行业科学技术发展基金项目(959623)资助

参加野外工作的还有郑达兴、李中坚、刘晓春、徐刚、刘建民。

状展布的岩性、古生物、沉积相和沉积厚度的分异。图 1 指示泥盆纪时 EW 向的沉积盆地和古隆起,图 2 为三叠纪时呈 EW 向分布的白龙江古隆起、洮河海湾、南坪海湾及松潘海湾。这些沉积古地理格局反映了 EW 向同生构造格局。

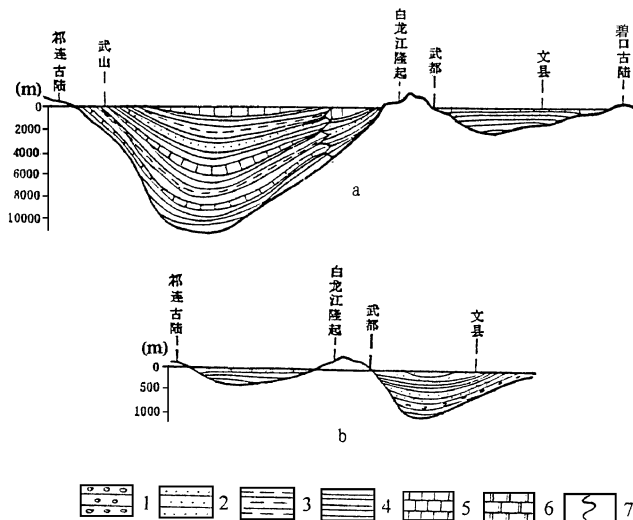


图 1 西秦岭地区早、中泥盆世岩相古地理剖面图 (据张建, 1985)

Fig. 1 Section of lithofacies and paleogeography of Early-Middle Devonian in the West Qinling

a. 中泥盆世剖面; b. 早泥盆世剖面; 1. 砾岩; 2. 砂岩; 3. 粉砂岩; 4. 页岩; 5. 灰岩; 6. 白云岩; 7. 岩相界限

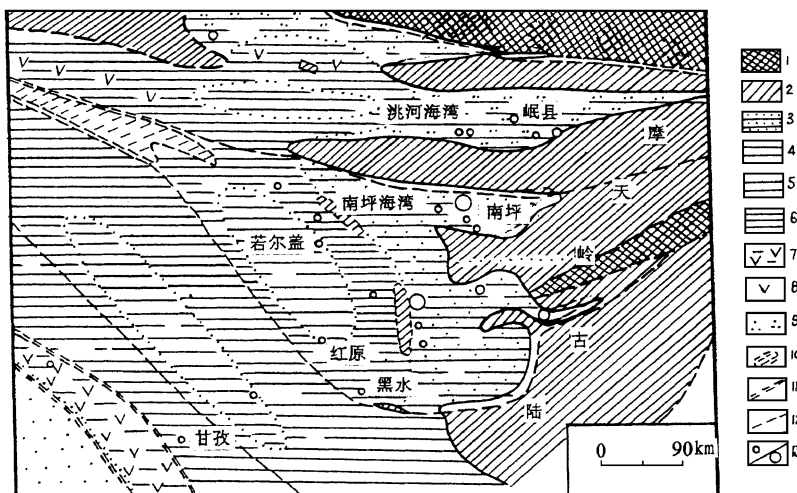


图 2 西秦岭地区中—晚三叠世岩相古地理图 (据杨恒书等, 1994)

Fig. 2 The sketch map of lithofacies and paleogeography of Middle-Late Triassic in the West Qinling

1. 前寒武古老基底裸露区; 2. 古生代及早—中三叠世地层裸露区; 3. 裂陷海湾斜坡浊流沉积区; 4. 深水—半深水海盆沉积区; 5. 深水海盆沉积区; 6. 甘孜海盆沉积区; 7. 火山活动岛弧区; 8. 火山活动沉积区; 9. 边缘海盆沉积区; 10. 障壁岛体; 11. 同沉积区断裂; 12. 推测同沉积区断裂; 13. 锑/金矿床(点)

1.2 古 NE向构造体系

泥盆纪—石炭纪—二叠纪岩相古地理分析表明在白龙江北部岷县—宕昌—礼县地区有 NE 向古构造,表现为呈斜接复合的叠加于早期 EW 向槽地中的 NE 向大型隆起和凹陷,构成两个沉降带和一个隆起带,自东而西依次为天水—礼县沉降带,通渭—宕昌隆起带和定西—岷县西沉降带(图 3)。

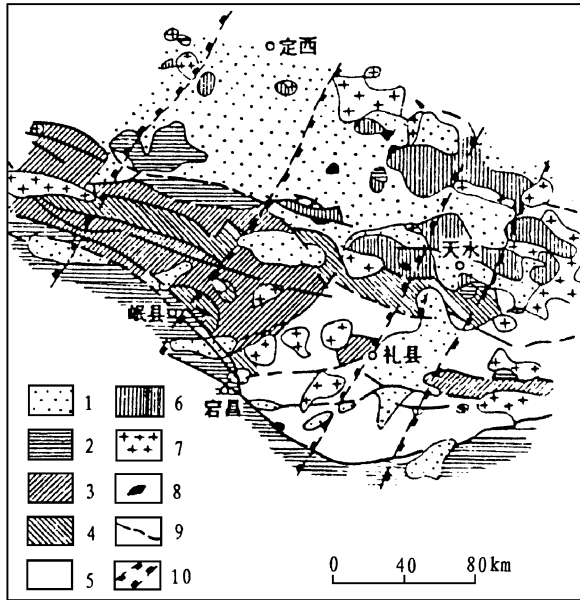


图 3 西秦岭岷县—天水一带 NE 向古构造略图(据张建, 1985)

Fig. 3 Outline map of NE-trending Paleostuctures in Tianshui-Mingxian region of the West Qinling

1. 新生界; 2. 中生界; 3. 石炭—二叠系; 4. 上泥盆统; 5. 中泥盆统; 6. 泥盆纪以前地层; 7. 花岗岩;
8. 超基性岩; 9. 断层; 10. NE 向构造带的界线

2 构造体系划分及其变形特征

通过构造形迹力学性质的鉴定,以及形成时序和成生联系的研究,把由同一时期统一构造应力场作用所产生的构造要素从复杂的构造变形复合图像中分离出来,按照这一原则,对本区印支期以来形成的构造体系从老到新作如下划分(图 4)。

2.1 EW 向构造体系

它隶属于区域秦岭—昆仑纬向构造带,具有悠久的历史和多期次活动的构造演化,由于受后期构造体系的改造,空间分布不完整,主要表现为一系列 EW 向压性断裂带和线性紧闭褶皱,代表性构造形迹有:(1)玛曲北部的 EW 向挤压构造带,由一系列 EW 向逆断层及破碎角砾岩带呈叠瓦状组成,东西长约 40km,宽几百米至数公里,表现为发育在三叠系碳酸盐岩中的破碎角砾岩带和泥盆纪地层覆盖在三叠纪地层之上,断层产状北倾,倾角 50° — 60° 。(2)降扎—迭部 EW 向构造带,由一系列 EW 向北倾的顺层走滑—逆冲断层构成,代表性断裂为益洼—温泉断裂,它是在继承地层不整合面和软弱岩层面的基础上发育的,早期为韧性变形,晚期为脆性变形角砾岩带。EW 向白依背斜与断裂紧密伴生,其核部为震旦系白依沟群变质长石石英杂

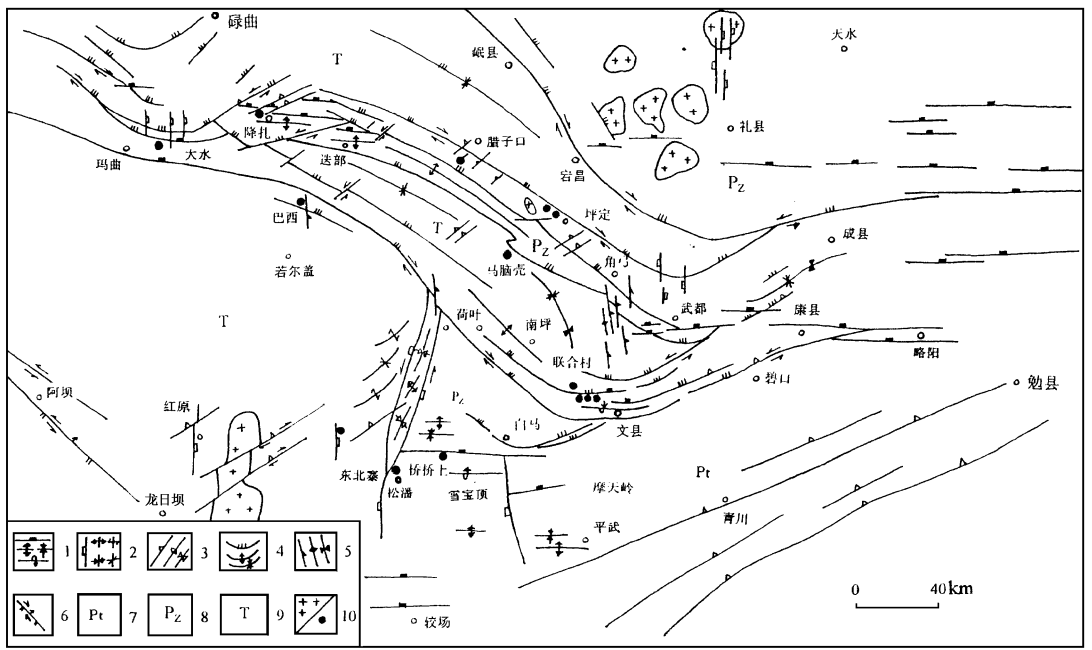


图 4 西秦岭南亚带及邻区构造体系及主要金矿床分布略图

Fig. 4 Sketch map of structural systems and distribution of some major gold deposits in the South Subzone of the west Qinling and adjacent region

1. EW向构造体系压性断裂,背斜,向斜和倒转背斜; 2. SN向构造体系压性断裂,背斜,向斜及派生背、向斜; 3. NE向构造体系压性—压扭性断裂,背斜,向斜; 4. 弧形构造体系压性—压扭性断裂,背斜,向斜; 5. NWN向构造体系压性—压扭性断裂,背斜,向斜; 6. 体系未归属的压扭性冲地层; 7. 元古界; 8. 古生界; 9. 三叠系; 10. 花岗岩及金矿床

砂岩和寒武—奥陶系太阳顶群硅质岩,两翼为志留系白龙江群浅变质砂板岩,此外还有一系列与之伴生的 NE 向左行扭性断层和 SN 向张性小断层以及沿断裂分布的 EW 向基性超基性暗色岩脉 (3)武都—康县—略阳 EW 向断裂带,由 3—4 条主要断裂带组成,长 100 多公里,宽数公里至数十公里,倾向北,带内发育有糜棱岩、碎裂岩系构造岩和构造透镜体化带,它经历了早期韧性右行走滑,中期脆性左行引张和晚期脆性变形的左行压扭等多次叠加转换 (4)摩天岭 EW 向构造带,位于北纬 $32^{\circ}20'$ 以北的松潘—文县一带,代表性构造为由北向南逆冲的雪山推覆构造及轴向一致的向北倒转的雪宝顶倒转复背斜。雪山推覆断裂长 60—70km,宽数百米至数公里,断面北倾,倾角 $60^{\circ}-70^{\circ}$,石炭—二叠纪地层由北向南被推覆在三叠纪地层之上。(5)较场—黑水一带的 EW 向构造,由一系列发育在前震旦纪角闪岩相变质岩内断面北倾的断层所构成的宽大的断裂破碎带,代表性断裂为烧炭沟断层,早期为强烈的韧性剪切变形,晚期为脆性脆性破碎角砾岩带叠加

2.2 SN 向构造体系

它隶属于区域川滇经向构造带,位于东经 $102^{\circ}-104^{\circ}$ 之间,主要由 SN 向岷江断裂带、虎牙断裂和轴向一致的倒转紧闭褶皱组成。岷江断裂带长 100 多公里,宽约 10km,分东西两支,东支为牟尼沟—热窝断裂,断面东倾;西支为跨石崖断裂,断面西倾,总体呈对冲状态,表现为石炭—二叠纪地层推覆在三叠纪地层之上。二者中间夹持 SN 向紧闭倒转褶皱。该断裂成为西部若尔盖地块内的三叠系和东部摩天岭古生界的分界线,它是在早期 EW 构造带内横张断裂基

基础上发展起来的 SN 构造带,其变形特征为早期韧性-脆性的挤压对冲,晚期为反钟向走滑剪切。与其相伴生的构造主要有 NE 向和 NW 向两组共轭扭裂,在断裂西盘派生有一系列雁行排列的小褶皱构成入字型构造,指示岷江断裂晚期逆钟向剪切运动。此外在玛曲北部的大水及武都—文县附近发育一系列 SN 向挤压片理带,为晚期 SN 向构造。

2.3 NE 向构造体系

以龙门山断褶带为主体构造,向西北渐变弱,分布较零散。主要构造有徽县—成县及天水—礼县一带的由侏罗—白垩系及新生界构成的 NE 向徽成盆地和天礼盆地以及盆地内一系列右行雁列的 NE 向宽缓背斜构造,指示逆钟向扭动;向东在龙日坝—红原一带,发育有一系列 NE 向剪切断裂带,其早期为 SN 向构造带的一组扭裂,而在后期卷入了 NE 向构造体系;向北在宕昌以北至武山一带,在二叠纪地层中发育轴向 NE 30° — 40° 的向斜构造,并在其两侧发育有一组 NE 向压扭性断裂。NE 向构造形成较早,且具长期活动的演化历史,早期 NE 向构造对弧形构造起到砥柱作用,晚期 NE 向构造切过弧形构造。

2.4 弧形构造体系

是本区的主体构造,且控制了该区的主要构造格局,主要由武都复合型斜叠弧形构造系统和大水弧形构造系统组成。武都弧形构造规模宏伟,主要由礼县内弧、武都弧、文县弧和白马弧斜叠复合而成。其弧顶分别位于武都、文县和白马,呈 NE 向斜列,由一系列 EW 向压性断裂和倒转褶皱组成,显示强烈的 SN 向构造挤压,在文县弧顶泥盆纪地层中的煤被强烈挤压成构造透镜体。EW 向金子山倒转复向斜发育在文县弧顶的泥盆—二叠纪地层中,其轴面北倾,北翼正常,南翼倒转。弧形构造东翼收敛归并,由一系列 NE 向褶皱和压扭性断裂构成,它是在继承早期 NE 向构造的基础上发展起来的,并将早期 NE 向褶皱轴线改造成 S 状弯曲。该弧形构造的西翼的跨度较大,长 200 多公里,宽 60 多公里,由一系列平行展布的 NWW—NW 向压扭性大断裂及线性褶皱和同构造中酸性小岩体、岩脉共同构成宽大的构造岩浆岩带,自弧顶向西渐次散开。主要断裂带自北向南分别为岷县—宕昌断裂;腊子口—舟曲一带的迭山—光盖山断裂带;迭部—马脑壳—角弓一带的洋布梁断裂以及荷叶断裂,每条断裂带宽约几百米至数公里,断裂带内发育有糜棱岩、碎裂岩、角砾岩、透镜体化带及断层泥,走向上呈舒缓波状弯曲,断面北倾,产状上陡下缓,呈勺形,且多数断裂为顺层断裂,断裂带内发育有至少二次破碎的角砾岩。结合显微构造分析,断裂变形早期为韧性,晚期为脆性。这些断裂带在横剖面上呈现由北西向南东斜冲的叠瓦状构造(图 5),表现为不同时代的老地层覆盖在时代相对较新的地层之上。在这些 NWW 向主干大断裂中间,发育一系列 NE 向顺扭的压扭性、扭性次级小断层,它们为 NWW 向主干断裂在右行压扭性走滑剪切活动过程中派生产物。白垩系—第三系红色磨拉石建造也卷入了断裂变形,说明断裂具继承性多期活动。褶皱构造主要为夹持于上述大断裂之间的两向—背构造,中间为白龙江复背斜。其核部为志留系白龙江群砂板岩,两翼为石炭—二叠纪地层,复背斜北部为由三叠纪地层构成的宽缓的洮河复向斜,南部为由三叠纪地层构成的呈斜列分布的巴西复背斜和南坪复向斜。由于受后期的构造剥蚀,这些夹持于深大断裂带内且轴向与之一致的褶皱,保存不完整。

总体上武都复合型斜叠弧形构造为由一系列次级弧形构造复合而成的套弧。变形时序上由北向南由早到晚,变形强度上由北向南由强变弱,表现为弧顶的曲率由北向南减小,北部呈尖棱状,南部呈开阔的圆滑状,弧形构造的总体变形呈前展式递进变形。

大水弧形构造规模相对较小,发育在玛曲北部的汞水地区。由一系列压扭性弧形断裂构成宽缓而圆滑的弧形构造,断面产状北倾,其变形特征类同于武都弧形断裂,故不赘述。

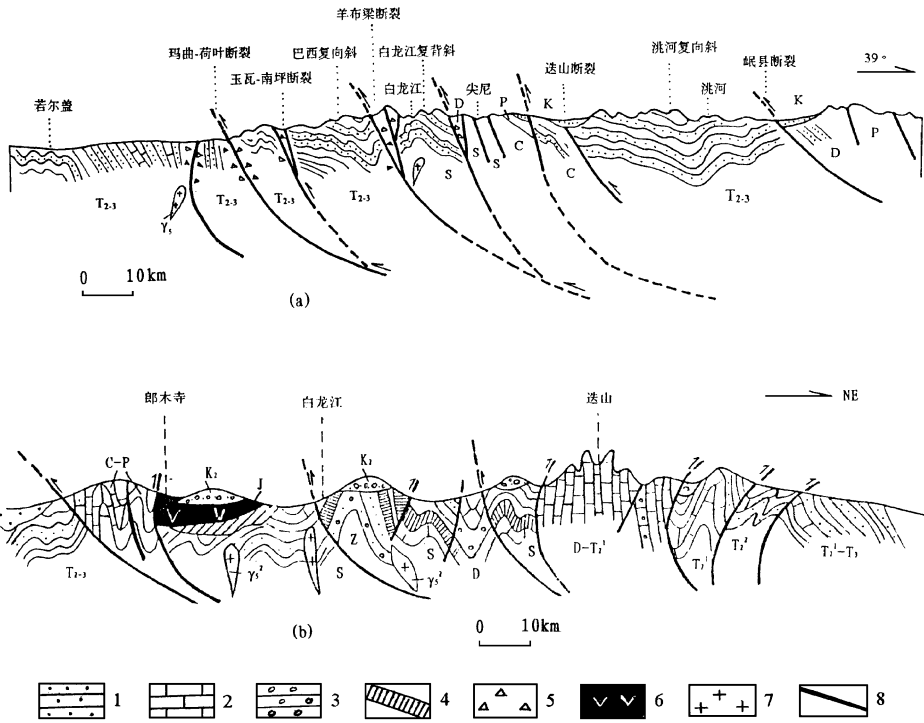


图 5 西秦岭地区主要断裂构造联合剖面图

Fig. 5 Tectonic section of major fault belts in the West Qinling
a. 中段; b. 西段 (据杨恒书资料)

1. 砂岩; 2. 灰岩; 3. 砾岩; 4. 硅质岩; 5. 构造角砾岩; 6. 安山岩; 7. 燕山期花岗岩; 8. 逆冲断层

2.5 NNW 向构造带

主要发育于武都以西到南坪一带,向北可延伸到沙湾、角弓及永红一带,由一系列小褶皱和挤压构造带组成。在角弓一带,白龙江群地层由 NNW 向突然转变为 NNW 向。NNW 向构造是否属于河西系,其归属尚不清楚。

3 构造体系复合关系及复合时序分析

由于区域构造应力场的更迭和变形过程中边界条件的改变而派生出的局部构造应力场,造成该区繁杂的应变图像,表现出不同构造体系之间的多重复合关系。

3.1 EW 向构造体系与弧形构造体系复合关系

前已述及,EW 向构造形成最早,且长期多次活动。早期 EW 向构造对弧形构造的形成起到一定的基底控制作用,弧形构造是在继承早期 EW 向构造体系内某些构造成分的基础上发展而成。如武都弧形构造西翼的白龙江复背斜是在 EW 向白龙江古隆起的基础上发展演化而成,特别是弧形构造弧顶的 EW 向压性断裂是继承早期 EW 向构造基础上形成,但由于 EW 向构造的多期活动,晚期 EW 向断裂又切过弧形构造。如 EW 向武都-康县-略阳大断裂在晚期活动中又切过武都弧东翼,因此在弧顶部部位二者呈重接、归并复合,而两翼呈包容、斜接、截接复合关系。

3.2 SN向构造体系 弧形构造体系及 NNW向构造体系间复合关系

SN向构造是在追踪早期EW向构造带内横张断裂基础上形成,但SN向岷江断裂向北延伸,在塔藏一带被武都弧西翼的NNW向荷叶断裂截切,SN向虎牙断裂向北延伸被EW向雪山断裂限制。因此SN向构造与弧形构造呈反接复合关系。由于SN向构造的多期活动,一方面继承原有结构面重新活动,表现为岷江热窝及马拉墩一带三叠纪地层及燕山期花岗岩呈对冲式被推覆在晚白垩纪—第三纪磨拉石沉积建造之上的飞来峰构造(图6);另一方面,晚期新生的SN向挤压片理又切过弧形构造,如大水和武都弧顶发育的一些切过弧顶的SN向构造

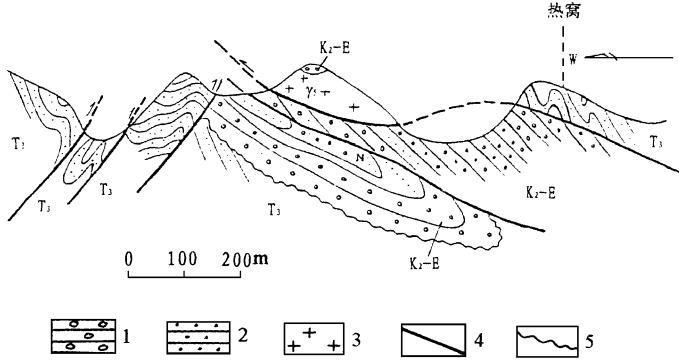


图6 热务沟岷江断裂构造剖面图(据杨恒书资料)

Fig. 6 Structural section of Minjiang fracture belt at Rewugou

1. 砾岩; 2. 砂岩; 3. 燕山期花岗岩; 4. 逆冲断层; 5. 角度不整合界线

NNW向构造形成最晚,它切过弧形构造,二者呈明显的反接复合关系,在一些金矿床内,明显可见NNW向断裂继承成矿期武都弧形构造西翼NNW向主干断裂相伴生的一组NNW向矿化扭裂面,并继续活动而在成矿后切过NNW向主干断裂。

此外,在南坪塔藏一带,遥感影像解译NNW向构造与SN向构造(岷江断裂)归并,并切过NNW向荷叶断裂。其它地点也不乏此例,在此不多赘述。

3.3 NE向构造与SN向构造和弧形构造的复合关系

NE向构造也具继承性多期活动特征,据区内变形复合关系至少可划分出早、中、晚三个阶段,早期NE向构造表现为切过SN向岷江断裂和长轴轴向为SN向的羊拱海花岗岩体,且造成其右行剪切位错。在其活动过程中,既继承了SN构造体系中的一组伴生的NE向扭裂面而重新活动,又具有新生的构造成分,因此NE向构造与SN向构造呈重接、反接复合。中期NE向构造表现为NE向展布的中生界徽成盆地及盆地内侏罗—白垩纪地层构成的背斜构造。此外还有北部二叠纪地层中的NE向褶皱及与其伴生的NE向左行压扭性压性断层。它们中的一部分被武都弧形构造迁就利用而成为弧形构造的东翼,与弧形构造呈包容、重接复合。晚期NE向构造表现为徽成盆地内向斜轴线呈NE向的S状弯曲,还有在武都弧形构造西翼的一些金矿床内,可见晚期NE向断裂继承成矿期弧形构造西翼NNW向主干断裂右行剪切滑动而派生出的NE向右行压扭性矿化断裂,成矿后又切过NNW向主干大断裂,因此晚期NE向构造与弧形构造及其派生的低序次构造呈反接、归并复合。

3.4 弧形构造体系内和弧形构造体系间的构造复合分析

通过对构造变形的全面复合分析,笔者认为武都弧形构造是在继承早期EW向构造、NE向构造及其它构造成分的基础上复合而成,它是一个由一系列次级弧形构造组成的东翼归并、

集中收敛,而西翼向西渐次散开,弧顶呈 NE 向斜列叠加的复合型斜叠弧形构造。而大水弧形构造结构相对简单,形成时间略晚于武都弧形构造,二者在翼部呈斜接复合。

通过上述不同构造体系间的复合分析和构造体系内结构要素的变形复合分析,初步建立了构造体系变形时序(表 1)

表 1 西秦岭地区主要构造体系成生发展历史简表

Table 1 Forming and development history of major structural systems in the West Qinling region

活动时期 构造体系	加里东	海西	印支	燕山	喜马拉雅	备注
EW 向构造体系	— — —	— — — —	— ~ ~ ~	— ~ ~ —	— ~ ~ —	~ ~ ~ ~ ~
SN 向构造体系			— — — ~	~ — — —	— — ~ —	为强烈活动时期
NE 向构造体系			— —	— ~ ~ —	— ~ ~ —	— — — —
弧形构造体系				— — ~ ~	~ ~ — —	为发生及发展时期
NNW 向构造体系				—	— ~ ~ ~	

4 构造应力场和区域构造演化史初探

一定的构造型式反映一定的区域构造应力场和构造运动的方式与方向,显然 EW 向和 SN 向构造体系压应力分别来自 SN 向和 EW 向; NE 向构造压应力为 NW-SE 向,系 SN 向反扭力偶或 EW 向顺扭力偶所导生; NNW 向构造来自于 SN 向顺扭力偶作用;弧形构造体系则是在 SN 向挤压力作用下,各部分之间发生不均衡扭动的结果。据此受力分析,结合前述不同时期构造体系或构造带的相对成生顺序,对区内构造运动程式进行初步探讨。

古生代至三叠纪时期,该区为南北大陆之间的 EW 向拉张裂隙海槽,其间充填了巨厚的古生界至三叠系的海相沉积,由于受南北大陆的水平挤压作用,形成 EW 向隆起和凹陷的古构造。三叠纪以后,发生南北大陆强烈碰撞造山的印支运动,使该区全面隆起成山,形成 EW 向山链的构造格局。在印支运动后期产生 SN 向伸展,形成 SN 向构造体系。燕山期,受东部西太平洋构造域内 SN 向反扭构造力偶作用,导生出 NW-SE 向水平挤压应力,形成 NE 向构造。与此同时,南北大陆联合进入陆内构造改造阶段,发生大规模由北向南的浅层滑覆和推覆构造活动,EW 向构造进一步完善,在其西南部由于受印度(康藏)地块的阻挡,致使 EW 构造带发生偏转,其西部发生向北挪动。在地壳由北向南的递进滑动变形过程中,其东南部受到扬子地块北缘 NE 向龙门山构造带的抵制,在这种边界条件的约束下,地壳表层滑动完全失去平衡,形成了弧形构造体系。喜马拉雅期,受来自印度地块相对欧亚地块向北挤压而生产的 SN 向顺扭力偶作用,形成 NNW 向构造。在整个地壳构造变动过程中,尽管某一时期以某种方式和方向的构造活动为主,但其它方式方向的构造活动并没有停止,只是处于相对较弱的活动状态。因此整个变形过程都是在持续不断地进行着不同构造带之间的复合和不同构造应力场的更迭和联合作用,从而形成该现今构造格局。

文本得到孙殿卿院士的指导,在收集资料时得到川西北地质大队杨恒书高级工程师和甘肃地质三队赵彦庆工程师的帮助,在此谨致衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 李四光.地质力学概论.北京:科学出版社,1973
- 2 孙殿卿,陈庆宣,崔盛芹,等.全球构造格局及其动力学机制.地学前沿,1995,2(2)
- 3 中国地质科学院地质力学研究所.中国主要构造体系.北京:地质出版社,1978
- 4 四川省地质矿产局.四川省区域地质志.北京:地质出版社,1991
- 5 蔡远松,等.浅论四川省构造体系.中国分省构造体系研究文集,第2辑.北京:地质出版社,1985
- 6 张建,等.甘肃省主要构造体系研究.中国分省构造体系研究文集,第2辑.北京:地质出版社,1985
- 7 赵峰,王全庆.试论秦岭纬向构造体系(陕西省境内)的基本特征.中国分省构造体系研究文集,第2辑.北京:地质出版社,1985
- 8 杨恒书.川北甘南地区三叠纪岩相古地理与成矿.河南地质,1994,12(4)
- 9 张二朋,牛道温,等.西秦岭大巴山地质图说明书(1:1,000,000).北京:地质出版社,1992

STRUCTURAL SYSTEMS IN THE WEST QINLING AND ADJACENT REGION AND THEIR EVOLUTION

Du Zitu Wu Ganguo

(China University of Geosciences, Beijing)

Lü Guxian Wang Ping'an Dong Faxian

(Institute of Geomechanics, CAGS)

Abstract A study of the division of structural systems in the West Qinling and its adjacent region and their evolution is made. First, we have the tectonic systems prior to the Indosinian movement. Next we come to the major Meso-Cenozoic systems which can be divided into the E-W-trending, N-S-trending, NE-trending, NWN-trending systems and an arcuate system. Last, we have a discussion of the history of their deformation and interrelation, and origin.

Key words West Qinling, structural system, structural compounding, tectonic evolution

第 一 作 者 简 介

杜子图,男,1965年生,博士,1987年毕业于中国地质大学(武汉),现在中国地质大学(北京)从事矿田构造,构造地质学(地质力学)等方面的科研和教学工作.通讯地址:北京市海淀区学院路29号中国地质大学.邮政编码:100083