

南秦岭造山带武当地区构造变形 及构造复合

雷世和 唐桂英

(石家庄经济学院, 050031)

摘 要 位于扬子地台北缘的武当推覆体是南秦岭造山带的重要组成部分,它经历了漫长的构造演化历程。该区的层圈性结构和加里东—晋宁期的伸展滑脱作用造成了武当群构造堆垛岩系的形成,华北板块和扬子板块在印支运动期间的会聚、碰撞造山作用使武当巨型推覆体逐渐形成,至喜山运动时期完全定位。本文分析了这些构造运动所产生的变形效应及构造变形的复合关系,揭示了本区变形环境由低温高压或高应变速率环境向中温低压及低温低压过渡的特征,阐述了武当推覆体的形成、武当群岩系的变形效应与动力作用方式、变形岩石的边界条件、变形岩石的结构构造以及力学性质的关系,把武当群的形成、武当推覆体的演化分为三期五个阶段,其构造变形的主要动力来源为沿大陆边坡的重力滑动和陆—陆碰撞的挤压作用,其应力作用方式为由上述动力所产生的近南北向伸展和近南北向挤压两大地应力场的转化。

关键词 构造变形及复合,层圈性结构,推覆体,武当地区,南秦岭造山带

中图法分类号 P554

秦岭造山带呈东西向横贯我国中部的巨型纬向构造带(李四光,1973),长约数千公里,经历了长期复杂的历史演变,亦被地质学家称为复杂的東西向构造带。人们习惯地从北向南将其分为三部分,本文就南秦岭东段武当地区的地质演化特征进行探讨。

1 层圈性结构及叠瓦状构造

1.1 层圈性结构

地壳结构的层圈性多被地质学家们论述(李四光,1973,马杏垣等,1984),从宏观来讲,地壳被分为硅镁层和硅铝层或下地壳和上地壳。即使是在下地壳也是由成层的岩石组成,表壳岩石圈更是如此。因此这种层圈性的地壳结构决定了地壳运动形式以水平运动为主的变形表象。

1.2 构造运动的圈层性

武当地区位于扬子地台的北缘,以石花街—青峰—房县断裂(习惯称为青峰断裂)分界,北部元古界的武当群构造堆垛岩系逆冲推覆在扬子台区地层之上。青峰断裂缓倾角向北延伸,

收稿日期:1996-01-12. 郭凤鸣编辑并校对

在 10km 左右接近水平。作为推覆体的主滑脱拆离面,相当于高阻层与低阻带之间的地球物理界面,该界面与地震波低速层(6.23km/s)顶界深度相当(雷美尧,1993,雷世和等,1995)。反映了上下不同的层状地质体。这种层状地质体在水平应力作用下首先沿着先存界面(即不同的岩系面、不整合面等)产生应力集中和变形,形成顺层剪切带构造。

1.2.1 顺层型韧性剪切带(顺层滑脱构造)

武当地区的顺层型剪切带具有多重构造特征,即在空间上具不同层次,时间上具多期性特点。本地区厘定出的五个顺层型剪切带发生在不同岩系或先存构造界面附近,由下而上,变形效应渐弱,垂向岩系显示出变形强度的变化,即由强变形带与弱变形域相间分布。剪切带内发育强烈的面理置换和剪切面理、S—C 糜棱岩、鞘褶皱、片内无根褶皱等,矿物拉伸线理发育,a 型线理(a 型褶皱枢纽、矿物及砾石拉伸线理、褐铁矿氧化斑长轴等)及鞘褶皱鼻端均指向北,反映了剪切带的上部岩系相对于下部岩系产生了向北运动的特点,显示为滑脱构造。

1.2.2 褶皱层构造

褶皱层构造是武当群岩系中普遍发育的构造类型,它伴随顺层水平分层韧性剪切作用而发生,是韧性剪切作用下物质缓慢发生固态流动变形的结果。褶皱层构造在不同层次上表现出不同的特征和不同的影响范围,在下部层次上,剪切带宽,变形强,褶皱层表现多样;在强构造置换带,褶皱的岩层被强烈剪切拉断,形成无根的钩状褶曲、片理的重褶曲、鞘褶曲等。向外渐弱,主要表现为不对称褶曲、相似褶曲、a 型近平卧褶曲。褶皱层构造促使原岩层厚度产生极大的变化,在褶皱层的层理(原始层理及第一次置换的片理)明显可见的部位,岩系的厚度具增厚性,而在强置换使褶皱层发生拉断呈层(片)内无根钩状褶曲时,其厚度可能会减小。总之,在褶皱层发育的部位,其岩系的层序紊乱,剖面上已不见层序意义,具无序性,表现为构造堆垛。

1.2.3 构造堆垛

构造堆垛是元古界武当群岩系中普遍发生的构造现象,它使在不同构造环境下形成的岩系(大陆边缘弧环境下形成的火山岩及火山碎屑岩和弧后盆地环境下形成的沉积岩)堆垛在一起,形成上部为变沉积岩、下部为火山岩的武当群岩系,成为一种大套“层序”,并得到了同位素年龄的支持。然而在局部部位,由于剪切带和褶皱层的影响,岩系完全置于“无序”状态。武当群中表现的构造堆垛形式有褶皱堆垛、剪切堆垛及复合堆垛(雷世和,1995)。

1.3 叠瓦状构造

叠瓦状构造是在近水平分层剪切造成的堆垛岩系的基础上发展起来的,表现为由北向南的依次叠覆形成由几条叠瓦状推覆岩席(片)构成武当巨型推覆体。每个推覆岩片的底板断层为发育在岩系倒转翼部的韧—脆性剪切带,它们改造了早期韧性剪切带,使早期糜棱岩或糜棱岩化岩石在剪切作用下形成片状糜棱岩,伴随强烈的褶皱构造。这种韧—脆性剪切带上部较陡,向北倾斜约 65°左右,向下变缓与武当群推覆体底板主拆离断层相接,剖面上成为叠瓦扇状,显示背驮式结构。这些叠瓦状构造的进一步发展,随着推覆体岩系的抬升,变形环境的改变,在推覆岩席上发育走向与区域构造线方向一致的脆性断裂,它们一般发育在岩席中褶曲岩系转折端附近,陡倾角北倾,具走滑斜冲性质,使两侧岩系产生复合变形。

2 剪切带构造及动力学分析

武当地区的构造变形历史主要由剪切带构造贯穿起来的,对剪切带构造的研究可以揭示该地区构造演化及变形环境的变迁。武当地区剪切带构造按其性质和先后可分为韧性剪切带、韧—脆性剪切带及脆性剪切带三种。

2.1 韧性剪切带及应力应变分析

韧性剪切带在该区主要表现为近水平多层次顺层剪切构造,是分层剪切的结果。变形岩石中广泛发育石英的波状消光、带状消光、变形纹、长石晶纹的扭折、长英质矿物及砾石的拉长及拔丝构造、普遍的压溶面理及 S—C 面理、残斑晶及颗粒的旋转等构造现象。

根据 Ramsay 等 (1983) 对变形岩石有限应变测量方法,对武当群上中部变沉积岩系顺层型韧性剪切带的变形砾石和变形石英分别进行宏观测量,获得变形砾石的 X/Z 值为 4.82, X/Y 为 1.56, Y/Z 为 3.08; 变形石英的 X/Z 值为 2.025, X/Y 值为 1.191, Y/Z 为 1.70。两者具有相近的 K 值,为 0.27。对武当群下部变火山岩系的顺层型韧性剪切带中的变形石英进行的有限应变测量,获得 X/Z 值为 1.80, X/Y 值为 1.029, Y/Z 值为 1.75, K 值为 0.04。反映了它们除具简单剪切外,还具有相当程度的压扁作用,其变形具大于 30% 的体积损失,下部剪切带较上部剪切带更为显著。从剪切带标本的平行拉伸方向、垂直面理的切片中获得的石英组构图具有垂直拉伸线理方向的点极密型石英光轴优选方位,反映了石英的滑移系主要是平行底面 (0001) 发育的,这种组构特征代表了低温高压或高应变速率的变形环境 (Ave Lallemant 和 Carter, 1971)。

2.2 推覆型韧—脆性剪切带及应力应变分析

武当地区推覆型韧—脆性剪切带主要由三组组成,逆冲性质的近东西—NNW 向韧—脆性剪切带,具左行斜冲性质的 NE 向韧—脆性剪切带及具右行斜冲性质的 NNW 向韧—脆性剪切带,它们在平面上构成一幅完整的变形图象,反映了近南北方向挤压,赤平投影分析获得 σ_1 为 $200^\circ \angle 55^\circ$, σ_2 为 $13^\circ \angle 34^\circ$, σ_3 为 $102^\circ \angle 4^\circ$ 。利用变形岩石中动态重结晶石英与差异应力间具函数关系的特点,根据 Twiss (1977) 经验公式,计算出形成推覆型韧—脆性剪切带的古差异应力值为 14.94 MPa。有限应变测量获得 $1 < K \leq \infty$ 资料说明了该类型剪切带具平面应变外,主要为拉伸型应变。

在平行线理垂直面理的切面上测量石英光轴所获得的石英光轴优选方位图具有三个与 S 面相交 20° , 且与拉伸线理具较小夹角的极密,反映了石英的滑移系可能与棱面有关,或 (10 $\bar{1}$ 1) 或 (11 $\bar{2}$ 0) 面与 S 面理平行或近于平行,代表了中温低压的变形环境。

2.3 脆性剪切带

在南北向挤压应力的持续作用下,随着推覆岩席的形成和岩石褶皱抬升,变形环境发生了变化。区域性走向断裂沿岩席倒转褶皱的核部发生,并在推覆岩席的底板韧—脆性剪切带叠加了脆性断裂作用,产生糜棱岩石的碎裂作用,形成尚未胶结的断裂构造岩。对断裂构造岩石脉所作的古应力值测量获得古应力值为 0.8—1.2 MPa,说明脆性变形是在近地表的低温低压条件下形成的。

3 岩石力学性质与糜棱岩化作用

岩石变形效应受岩石力学性质的制约。岩石力学性质是指岩石在地应力作用下所产生的

“弹性和非弹性的表象”(李四光, 1973)。严格地说, 岩石作为一个非均质体, 它具有各向异性, 尤其是它们具有不连续界面(片理、劈理、层理、不整合面等)存在的时候, 这些已存的结构面在岩石变形时限制了变形在岩石中均匀的分布, 在特定方式的地应力作用下产生了性质不同的变形效应。武当群顺层型韧性剪切带中表现得更为明显, 因此在确定其变形程度时应考虑这种制约关系。武当群的糜棱岩根据其原岩的物质成份和糜棱岩化作用后的变形结果, 可以分为四大类型(表 1)。

表 1 武当地区糜棱岩与相应原岩之关系

糜 棱 岩 类 型		主 要 组 成 矿 物	原 岩
1. 铁镁质糜棱岩类	超糜棱岩亚类 糜棱岩亚类 初糜棱岩亚类	长石、绿帘石、绿泥石、黑云母、绢(白)母、方解石、石英、石榴石及磷灰石、榍石、黄铁矿、褐铁矿	变基性火山岩; 条带状基性火山岩、 基性岩(辉绿岩、 辉绿辉长岩、辉长岩)
	变晶糜棱岩亚类 超糜棱岩亚类 糜棱岩亚类 初糜棱岩亚类 糜棱岩化岩石	石英、长石、云母、方解石、磁铁矿、黄铁矿、石榴石、锆石等	流纹岩及钾质流纹岩
3. 长英质糜棱岩类	糜棱岩亚类 初糜棱岩亚类 糜棱岩化岩石	石英、长石、云母、石榴石、黄铁矿、燧石类	变酸性火山岩及变沉积岩; 晶屑岩屑凝灰岩、含砾晶屑凝灰岩、沉凝灰岩、含砾长石石英砂岩、砂岩
	超糜棱岩亚类 糜棱岩亚类 初糜棱岩亚类	方解石、白云石、铁白云石、石英、长石	碳酸盐岩类; 灰岩、白云岩、白云质灰岩
4. 钙质糜棱岩类			

表 1 中, 1、2、4 类糜棱岩的原岩矿物组分、结构构造均属于较均匀型, 因此在同一方式应力作用下, 其变形强度与应力作用之间有密切联系。如在剪切带中心部位应变强, 向两侧渐弱, 岩石内部的应力与应变具有正相关关系。然而长英质糜棱岩却具有十分复杂的应力—应变关系, 不能以变形岩石的结构构造外貌来简单确定其变形性质, 因为长英质糜棱岩具有十分复杂的原岩组成。如部分含砾晶屑凝灰岩, 在变形带中往往产生很强的变形效应, 其砾石拉长呈很细的长英质条带, 但在条带的近中段部位明显可见残存的砾石, 有的呈 σ 或 δ 状。弱变形岩石中砾石的长宽比一般在 3~10:1, 而强变形带中, 拉长的砾石一般在 100~200:1。又如晶屑岩屑凝灰岩, 由于原岩长石或长英质岩屑较为发育, 与杂基部分在颗粒的大小及物质组分的力学属性上具有明显差异, 因此在应力作用下其变形速度、变形能力及变形效应不同。在强变形带中, 变质变形的结果晶屑和岩屑的粒度明显减小及减少, 残斑状长石晶屑或石英长石集合体发生旋转, 形成 σ 或 δ 型拖尾构造, 残斑呈不规则浑圆状, 长石残斑具变质净化边, 或发生呈 S 状的晶格弯曲。其杂基部分具强烈定向性分布的长英质片状矿物(主要为云母)平行面理分布, 岩石呈明显的糜棱状构造。而在变形程度较弱的变形带中, 尽管岩石面理构造发育, 变形变质明显, 但晶屑和岩屑的含量高、移动小, 外形浑圆度差, 多具钝棱角状的板状(长石), 岩石中多发育 σ_0 型构造, 显示与强变形带明显较弱的变形效应。因此

在确定长英质变形岩石的剪切变形程度时,应考虑原岩对变形的结构构造影响,以应变量的大小来确定强变形带的存在部位。

4 构造复合分析及构造演化

4.1 构造复合分析

南秦岭武当地区经历了漫长的构造发展演化过程,多期变形在岩石中留下了复杂的变形记录。构造的复合可以分为以下几种主要形式:

4.1.1 共轴叠加变形

共轴叠加变形的构造复合形式主要发生在该区早期变形阶段。在区域南北向伸展的应力作用下,陆缘岛弧火山岩系及弧后盆地沉积岩系沿扬子地台北缘陆坡向北滑移过程中产生不同层次的南北向分层剪切运动,在强变形带中,形成轴向南北向的 a 型褶皱、鞘褶皱、褶皱层及强面理置换,形成堆垛的武当群岩系。其上接受了下震旦统耀岭河群天亡裂谷型火山岩、火山熔岩及裂谷沉积岩。随着南北向伸展的持续,水平层状韧性剪切带的多期次作用,使武当群褶皱岩系在剪切带发育部位再次产生韧性剪切变形,形成南北向的共轴褶皱,强置换的糜棱面理或分异层理。这种碰撞造山前的伸展滑脱作用完成了该区不同层次不同时期的多重滑脱构造效应。

4.1.2 横跨叠加变形

横跨叠加变形表现在轴向近东西向的紧闭倒转褶皱叠加在早期近水平剪切所形成的强面状构造的武当群之上,这些分异层理发育的岩系形成轴面向北倾斜、轴脊近水平的不对称紧闭倒转褶皱,与南北轴向的褶皱呈横跨叠加关系,南北向轴向产生褶曲起伏。早期滑脱剪切作用期间所形成的韧性剪切带,其面状糜棱岩也发生近东西向的褶皱,在该褶皱的倒转翼部叠加韧—脆性剪切作用,形成糜棱岩的叠加。这类糜棱岩的面状构造呈以应变滑劈理的形式产出,形成不同的微劈石,如早期糜棱面理在应变滑劈理间呈单斜形、人字形、半正弦波形、正弦波形及不对称褶曲形等,构成薄片状糜棱岩。此期变形是在南北向陆—陆碰撞造山作用早期阶段的产物。

4.1.3 斜跨叠加变形

轴向呈 NE 或 NEE 向的褶皱叠加在东西向紧闭倒转褶皱之上,尤以发育在正常翼缓倾斜部位者最为明显,此期褶皱轴面直立或向 NW 倾斜,枢纽向 NE 缓倾伏,波宽与波幅比在 10~15:1,略呈不对称型, NW 翼为长翼, SE 翼为短翼,显示出该区表壳岩系由 NW 向 SE 的缓慢运动。该期褶皱作用表现为最晚期的一次构造运动,叠加在前期所有构造变形之上。

4.1.4 断裂的构造复合

韧性剪切带的构造复合 印支期前的伸展作用机制下,岩系发生了多期次的近水平韧性滑脱剪切作用,形成近水平的面型韧性剪切带, S_1 置换了 S_0 , 分异层理或糜棱面理 S_2 置换了 S_1 , 它们是在同一应力方式下多阶段发展的产物,即递进变形的结果。在印支期陆—陆碰撞造成的南北向挤压应力作用下产生的韧—脆性剪切带具带状分布特征,呈共轭展布格局,与区域构造线一致的近东西向韧—脆性剪切带分布在近东西向的不对称紧闭倒转褶皱的倒转翼部,以较小的倾角夹角与早期面型剪切带相交,改造并加强了原剪切带岩石的变形,尤以出现片状糜棱岩为其主要特征。

脆性剪切带的构造复合 该复合关系主要是指沿韧—脆性剪切带所产生的后期脆性剪切作用。表现为韧—脆性剪切带的岩石产生脆性破坏,带内发育原构造岩的构造透镜体、构造片理化、新生的构造分泌石英脉、破碎带等。反映了挤压作用的持续和构造环境的改变。

脆性断裂的构造复合 脆性断裂与韧—脆性剪切带相似,一般分为三组,呈共轭方式展布,系新生的脆性断裂作用的结果。但发育在主推覆岩席核部的两郧断裂和公路断裂(十堰~白河断裂)例外,它们具有多期次活动特征。早期具有挤压特征;中期具张性特征,沿两郧断裂表现为断续发育K—E拉分盆地,沿公路断裂则表现为基性岩的侵入;后期该两断裂又表现为挤压作用,使老岩系逆冲到K—E红层之上或武当群岩系与基性岩间的挤压变形。这些变形结果反映了本区在南北向挤压应力作用下,随着推覆体的发生、发展,推覆岩席的形成和运移,使推覆体不同部位岩席的局部应力状态发生改变,造成了同一断裂结构面在发展演化的不同阶段表现出不同的力学性质,这对于讨论一个地区的构造发展演化是十分有意义的。

4.2 构造演化

综上所述,本区地壳演化根据地应力的作用方式,可分为两期,即伸展作用的 D_1 期和挤压作用的 D_2 期。 D_1 期的动力来源可能归因于沿大陆边坡发生的重力滑动所致; D_2 期则是由于华北板块与扬子板块会聚碰撞所致。每期运动的递进变形、变形环境、边界条件的变化,使其各阶段的构造变形性质各异,造成武当地区特定的构造格局(表2)。

表2 武当地区构造演化简表

构造时期	构造序列	褶皱样式	断裂性质及特征
喜山期 印支期 D_2	$D_2^2 S_4$	宽缓开阔褶皱具轻微不对称	②脆性断裂,呈共轭式带状分布 ①在近推覆岩席的核部产生的脆性断裂呈张性→压性
	$D_2^1 S_3$	紧闭型不对称倒转褶皱	随着推覆岩席的形成和发展,在其核部发生挤压性质的纵向断裂。 在褶皱的倒转翼部产生韧—脆性剪切带,改造了早期面型韧性剪切带
加里东 晋宁期 D_1	$D_1^2 S_2$	a型平卧褶皱鞘褶皱 褶皱层构造	面型韧性剪切带的增强,糜棱面理的形成。 S_1 的完全置换。
	$D_1^1 S_1$	a型平卧褶皱无根钩状褶曲褶皱层构造 鞘褶皱	夭亡裂谷环境下震旦统耀岭河群的形成。 面型韧性剪切带的形成, S_0 的完全置换。
前晋宁期 D_0	大陆边缘岛弧火山岩系及弧后盆地沉积物岩系的形成		

参考文献

- 1 马杏垣,索书田.论滑覆及岩石圈内多层次滑脱构造.地质学报,1984;(3)
- 2 李四光.地质力学概论.科学出版社,1973
- 3 单文琅,傅昭仁.北京西山的褶皱层与“顺层”固态流变构造群落.地球科学,1984;(2)
- 4 朱志澄.逆冲推覆构造.中国地质大学出版社,1989
- 5 陈晋铨,秦正永等.武当群地质特征.天津科技翻译出版公司,1991

- 6 秦正永, 雷世和. 武当群成岩年龄新资料 and 探讨. 中国区域地质, 1995; (4)
- 7 张子才, 雷世和, 刘波. 鄂西北蓝闪石片岩地质特征及构造环境研究. 湖北地质, 1993; (1)
- 8 雷世和, 张子才, 刘波. 武当地区多重滑脱构造及控岩控矿意义. 地质构造专刊, 1993; (2)
- 9 雷世和等. 武当地区构造特征及构造演化. 湖北地质, 1995; (1)
- 10 雷美尧. 鄂西北及邻区深部构造的探讨. 地质构造学刊, 1993; (2)
- 11 Sibson, R. H. Fault rocks and fault mechanism. J. Geol. Lond., 1977; 133
- 12 Ramsay, J. G. and Huber, M. The techniques of modern structural geology, Vol. 1: Strain analysis. Acad. Press, London, 1983
- 13 Lester, G. S. and Snoke, A. W. S-C mylonites. J. Struct. Geol. 1984; 6

Study on Structural Deformation and Tectonic Compound in Wudang Area, Southern Qinling Orogen

Lei Shihe Tang Guiying

(Shijiazhuang Economic University, 050031)

Abstract Wudang area, the eastern part of the Southern Qinling Orogen, is located on the north margin of the Yangtze Platform, and has undergone completed tectonic deformation and evolution. Its bedding circle texture and imbricate structure resulted from ductile bedding decoupling under extension with the upper moving to the north and from thrusting under the collision between the N. China and S. China plates with the north side up southwards, respectively. The former produced ductile bedding shear zones with mylonites and intense foliation transformation of S_1 and S_2 , folded layers and stacked series. The latter brought about asymmetrical reversed folds, S_3 and S_4 foliation, thrust sheets, ductile—brittle shearing and brittle faulting, so as to form the Wudang Nappe. Rock deformation is related to the properties, texture and structure of rocks, and also to deformation environment, which transformed from extension to compression during the tectonic evolution in this area.

Key words structural deformation and tectonic compound, layer circle texture, thrust nappe, Wudang area, the southern Qinling orogen