

湘中盆地西部构造变形的运动学特征及成因机制

柏道远¹⁾, 贾宝华²⁾, 王先辉¹⁾, 彭云益¹⁾, 贾朋远¹⁾, 凌跃新¹⁾

1) 湖南省地质调查院,长沙,410016; 2) 湖南省地质矿产勘查开发局,长沙,410011

内容提要:湘中盆地中部的大乘山-龙山 EW 向隆起将湘中盆地分为涟源和邵阳两个次级凹陷。湘中盆地西部上古生界盖层中主体构造为 NE—NNE 向褶皱和逆断裂,前人认为其变形与向北西的逆冲推覆有关。本文对湘中盆地西部进行了多条构造剖面调查,结果表明:涟源凹陷西部上古生界褶皱轴面大多直立、部分斜歪;走向逆断裂及斜歪褶皱轴面大多倾向 NW,少量倾向 SE。大乘山背斜为一轴面倾向 NWW 的倒转背斜,背斜核部及两翼发育大量以 NWW 倾向为主的逆断裂,背斜内长安组劈理均倾向 NWW。邵阳凹陷西部上古生界中走向逆断裂和倒转与斜歪褶皱轴面总体倾向 NWW,局部反冲构造带断裂倾向 SEE。湘中盆地盖层变形主要受控于盖层底部不整合界面及石炭纪测水组煤系地层的滑脱,部分断裂切入加里东褶皱基底。上述各次级构造单元变形特征表明湘中盆地西部逆冲推覆的总体方向为 SE,而不是前人所认为的 NW。研究表明湘中盆地 NE—NNE 向褶皱和逆断裂形成于中三叠世晚期的印支运动和中侏罗世晚期的早燕山运动。分析认为湘中盆地西部向 SE 逆冲,与雪峰造山带东缘向 SE 逆冲及城步-新化岩石圈断裂向 NW 俯冲有关。

关键词:褶皱;断裂;逆冲方向;成因机制;湘中盆地西部

湘中盆地上古生界盖层中 NE—NNE 向(南部弧形偏转为近 SN 向)褶皱和走向断裂非常发育,涉及其形成时代、变形特征等前人已有大量研究(邱之俊等,1980;陈长明,1985;湖南省地质矿产局,1988;王义方,1989;孙岩等,1990;杨雄庭等,1997,2000;丘元禧等,1998,1999;郭福祥,1998;舒良树等,2002,2006;柏道远等,2008,2009;金宠等,2009;张岳桥等,2009;徐先兵等,2009;王建等,2010)。随着近年来研究工作的深入,对湘中盆地西部早中生代构造特征与成因认识出现了新的分歧。一般认为,盆地西部上古生界的褶皱和断裂构造形迹受控于自南东向北西的逆冲推覆(杨雄庭,1990a,1990b;徐志斌等,1993;云武等,1994;朱锐等,2006;刘恩山等,2010;Wang Yuejun et al.,2005),地表构造线向北西凸出的弧形弯曲似乎也佐证了这一观点(据“弓箭原理”)(柏道远等,2008)。丁道桂等(2007a,2007b)则提出该带为雪峰冲断隆起后向南东重力滑动形成的后缘(滑覆)断层-滑脱褶皱带。笔者近年来对湘中盆地西部进行了详细的地表地质调查,发现盆地西部褶皱轴面及逆断裂主要倾向 NWW 或 NW,反映总体自北西向南东逆冲的运动学特征,分析认为

自北西向南东的逆冲与雪峰造山带东缘向 SE 逆冲及城步-新化岩石圈断裂东盘向 NW 俯冲有关。

1 区域地质背景

湘中盆地西为雪峰弧形造山带,东为沅山-南岳 NW 向隆起带,南为苗儿山-越城岭-关帝庙串珠状隆起(图 1)。周边隆起带主要出露前泥盆纪地层,并发育加里东期、印支期和早燕山期花岗岩体。湘中盆地主要出露上古生界海相沉积盖层(包括下三叠统),娄底、新化、邵阳等地发育小块白垩纪红层,西部石下江一带及南部越城岭-关帝庙隆起北侧发育少量侏罗纪沉积。总体而言,湘中盆地在泥盆纪一早三叠世陆表海期间沉降幅度和沉积厚度较周边隆起区更大,不过现今周缘地区相对隆起的构造格局主要由早中生代(印支运动和早燕山运动)构造变形所造成。

区域上经历过武陵、加里东、印支和早燕山运动等几次主要变形事件。湘中盆地盖层中线状褶皱及走向逆断裂极为发育,主要形成于中三叠世末的印支运动和中侏罗世末的早燕山运动(Wang Yuejun et al.,2005;柏道远等,2008,2009),构造线主要为

注:本文为中国地质调查局“湖南 1:25 万武冈市和永州市幅区调修测”项目(编号 1212011120793)、“中国地质构造区划综合研究与区域地质志修编”项目(编号 1212010811032)、中上扬子及邻区重点盆地地质地球物理综合调查(编号 1212011120967)共同资助的成果。

收稿日期:2012-08-09;改回日期:2012-02-19;责任编辑:黄敏。

作者简介:柏道远,男,1967 年生。研究员级高级工程师,长期从事区域地质调查与基础地质研究。Email:daoyuanbai@sina.com。

2 构造变形及运动学特征

中部的大乘山-龙山 EW 向串珠状隆起将湘中盆地分为涟源和邵阳两个次级凹陷。以下重点通过白溪-冷水江剖面、龙溪口和天龙山剖面,以及洞口-九公桥剖面等代表性构造剖面分析阐述涟源凹陷、大乘山-龙山隆起以及邵阳凹陷等西部的剖面结构和变形特征。

2.1 涟源凹陷西部变形及运动学特征

涟源凹陷西部上古生界中褶皱和走向断裂非常发育,构造线总体呈 NE 向。褶皱和走向断裂大多限于盖层中,部分向两端延入下古生界褶皱基底,表明变形多受盖层滑脱控制,少部分断裂切入褶皱基底。褶皱在走向上的延伸规模一般 15~30km,个别可达 50km 以上。部分背斜(或向斜)沿走向常转为向斜(或背斜),可能反映出不同的逆断裂在横向上首尾错列的发育特征。褶皱宽度或横向规模不一,反映褶皱相关断裂的运移规模差异及不同深度滑脱断裂的存在。中部白溪-冷水江构造剖面较全面反映出涟源凹陷西部的断裂和褶皱变形式样。

在白溪-冷水江构造剖面(图 2)上,褶皱多为直立水平开阔—平缓褶皱。例如,彭家风向斜北西翼和南东翼产状分别约为 $150^\circ \angle 15^\circ$ 和 $330^\circ \angle 15^\circ$,属直立平缓褶皱;井湾里向斜北西翼和南东翼产状分别约为 $138^\circ \angle 40^\circ$ 和 $318^\circ \angle 38^\circ$,为直立水平开阔褶皱。部分褶皱或褶皱的局部地段可较紧闭或轴面斜歪,且斜歪褶皱的轴面大多倾向 NW,如何家冲背斜和桑梓镇向斜。

何家冲背斜走向为 NE 30° 左右,长 25km 以上。核部为石蹬子组,两翼依次为测水组—马平组。整个背斜分为 3 段:北段两翼地层产状正常,北西翼倾角 $30^\circ \sim 40^\circ$,南东翼 $45^\circ \sim 70^\circ$,局部直立,轴面倾向 NW。中段背斜核部遭断裂破坏而出露不全。南段两翼地层产状正常,北西翼倾角 $30^\circ \sim 35^\circ$,南东翼倾角 $25^\circ \sim 30^\circ$,轴面直立。总体为一直立—斜歪中常—开阔褶皱。

桑梓镇向斜轴迹呈向北西微凸的弧形。核部地层为大冶组,往翼部依次为吴家坪组—梓门桥组。北段地层产状正常,北西翼倾角 $30^\circ \sim 50^\circ$,南东翼倾角 $25^\circ \sim 41^\circ$,轴面略倾向 NW。南段南东翼产状正常,倾向 NW,倾角 $25^\circ \sim 45^\circ$;北西翼近核部产状倒转,倾向 NW,倾角 $50^\circ \sim 80^\circ$,反映轴面倾向 NW,往翼部产状逐渐由直立变为正常,倾角一般 $40^\circ \sim 70^\circ$ 。值得指出的是,紧邻桑梓镇向斜东侧发育的近 SN

向冷水江向斜(图 1),轴面同样明显西倾,其东翼西倾,倾角一般 25° 左右;西翼东倾,倾角一般 $50^\circ \sim 60^\circ$;地质图上东翼地层出露宽度显著大于西翼对应地层。

区内走向逆断裂发育,断面大多倾向 NW(图 2),少量倾向 SE。沿断裂带常形成断层破碎带,带内发育断层角砾岩、构造透镜体、断层泥、碎裂岩及方解石细脉等。涟源凹陷北西缘与雪峰造山带之间也以倾向 NW 的逆断裂——方字湾断裂分界(图 2)。除上述逆断裂外,挤压抬升后的重力滑动以及白垩纪区域伸展作用下尚形成了较多 NE—NNE 向正断裂(孙岩等,1990;杨雄庭,1990a,1990b;徐志斌等,1993;云武等,1994),且许多正断裂叠加于先期逆断裂之上活动。

显然,上述褶皱轴面和逆断层向 NW 的主体倾向反映涟源凹陷西部变形总体具自北西向南东逆冲的运动学特征,少量倾向南东者应属次级反冲构造。值得指出的是,由于涟源凹陷西部逆断层和相关褶皱轴面的倾向既有 NW 亦有 SE,前人一般认为区域逆冲方向为自南东向北西(杨雄庭,1990b;徐志斌等,1993;云武等,1994;朱锐等,2006)。不过本文认为主体逆冲方向应为 SE 而非 NW,主要理由有:①NW 倾向逆断层造成的地层不连续效应总体大于 SE 倾向逆断层;②斜歪褶皱的轴面倾向大多倾向 NW,仅少量倾向 SE;③南部加里东褶皱基底卷入的大乘山背斜轴面及相关逆断裂倾向 NW(见后述),这种更深层次大型构造的倾向更能代表构造运动的主体指向;④北西缘雪峰造山带下古生界向东逆冲于涟源凹陷泥盆系之上。

根据褶皱形成规模,初步推断褶皱变形主要受控于盖层底部不整合界面(加里东构造面)及石炭纪测水组煤系地层的滑脱(图 2)(杨雄庭,1990b;徐志斌等,1993;朱锐等,2006)。

2.2 大乘山-龙山隆起西部(大乘山背斜)变形及运动学特征

大乘山-龙山东西向串珠状隆起西部的变形特征在大乘山背斜得到较充分表现。大乘山背斜规模宏大,由跳马涧组下伏不整合界面变形显示,走向 NNE(图 1);自核部往两翼依次为南华纪长安组—寒武纪小烟溪组、下古生界等。长安组块状岩层中劈理发育,劈理均倾向 NWW。横切背斜中段的龙口溪构造剖面清楚反映其为一轴面倾向 NWW 的倒转背斜,背斜核部及两翼发育大量以 NWW 倾向为主的逆断裂(部分叠加正断活动)(图 3)。背斜南

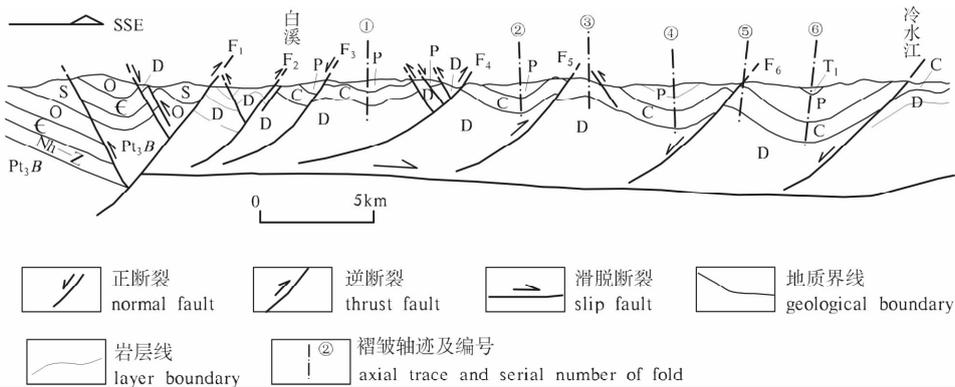


图 2 湘中盆地白溪-冷水江构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Baixi-Lengshuijiang tectonic section in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

F₁—方字湾断裂; F₂—龚家桥断裂; F₃—横溪断裂; F₄—坪塘断裂; F₅—罗形坳断裂; F₆—石桥断裂; ①—彭家风向斜;
 ②—井湾里向斜; ③—白竹岭背斜; ④—马鞍坳向斜; ⑤—何家冲背斜; ⑥—桑梓镇向斜

F₁—Fangziwan Fault; F₂—Gongjiaqiao Fault; F₃—Hengxi Fault; F₄—Pingtang Fault; F₅—Luoxing'ao Fault; F₆—Shiqiao Fault; ①—Pengjiafeng Syncline; ②—Jingwangli Syncline; ③—Baizhuling Anticline; ④—Ma'an'ao Syncline; ⑤—Hejiachong Anticline; ⑥—Sangzizheng Syncline

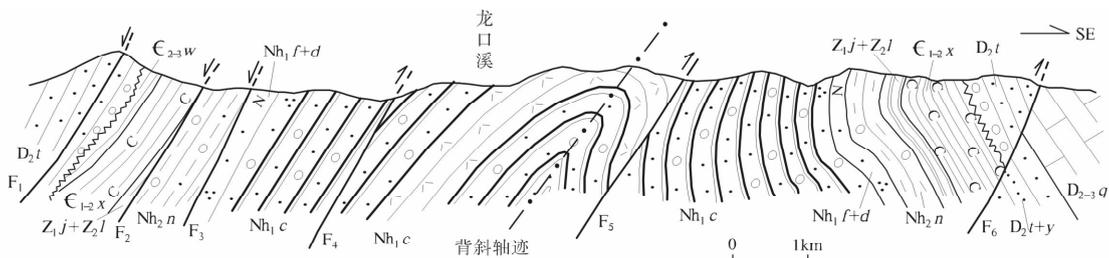


图 3 湘中盆地大乘山背斜构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 3 Tectonic section across Dachengshan Anticline in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

Nh_{1c}—早南华世长安组; Nh_{1f+d}—早南华世富禄组和大塘坡组; Nh_{2n}—晚南华世南沱组; Z_{1j}—早震旦世金家洞组; Z_{2l}—晚震旦世留茶坡组; ∈_{1-2.x}—寒武纪小烟溪组; ∈_{2-3.w}—寒武纪污泥塘组; D_{2t}—中泥盆世跳马涧组; D_{2y}—中泥盆世易家湾组; D_{2-3.q}—中—晚泥盆世棋梓桥组; F₁—大园里断裂; F₂—鹰咀岩断裂; F₃—肖家山断裂; F₄—黄毛塘断裂; F₅—岱水桥断裂; F₆—喻家桥断裂

Nh_{1c}—Early Nanhuan Chang'an Formation; Nh_{1f+d}—Early Nanhuan Fulu Formation and Datangpo Formation; Nh_{2n}—Late Nanhuan Nantuo Formation; Z_{1j}—Early Sinian Jinjiadong Formation; Z_{2l}—Late Sinian Liuchapo Formation; ∈_{1-2.x}—Cambrian Xiaoyanxi Formation; ∈_{2-3.w}—Cambrian Wunitang Formation; D_{2t}—Middle Devonian Tiaomajian Formation; D_{2y}—Middle Devonian Yijiwang Formation; D_{2-3.q}—Middle—Late Devonian Qiziqiao Formation; F₁—Daoyuanli Fault; F₂—Yingzuiyan Fault; F₃—Xiaojiashan Fault; F₄—Huangmaotang Fault; F₅—Daishuiqiao Fault; F₆—Yujiaqiao Fault

东翼自核部往翼部方向岩层由倒转渐变为正常, 暗示背斜为一与近核部逆断层(如岱水桥断裂)有关的断裂扩展褶皱。

资江西岸干溪坑一带长约 1.5km 的大比例尺实测构造剖面清楚地记录了南东翼岩层产状自倒转渐至正常之连续变化(图 4), 并为解剖区域构造变形特征和变形期次等提供了较多信息。剖面上见较多露头尺度的次级褶皱发育, 其位态特征反映至少存在两期变形, 早期为大乘山背斜形成过程中弯滑与顺层剪切作用所造成, 见于剖面北端留茶坡组硅质岩中(图 4a, 4b)以及剖面中段小烟溪组碳质板岩中(图 4f); 后期为重力滑动所形成, 见于剖面中段

小烟溪组(图 4d, 4e)和剖面南端跳马涧组中(图 4h)。此外, 剖面北段小烟溪组中劈理发育, 层劈关系指示岩层产状倒转(图 4c)。剖面中跳马涧组与小烟溪组呈角度不整合接触, 但岩层产状相差不大, 分别为 115°∠85°和 130°∠72°(图 4), 大体反映加里东运动中该地带褶皱变形强度较低, 因此大乘山背斜主要形成于印支运动和早燕山运动。值得指出的是, 剖面南段跳马涧组中发育一宽约 12m 的劈理化带, 劈理产状约 285°∠60°左右(图 4g), 反映指向 SSE 的挤压逆冲作用。

显然, 大乘山背斜上述变形清楚反映了自西向东逆冲的运动学特征。此外, 大乘山背斜北西侧天

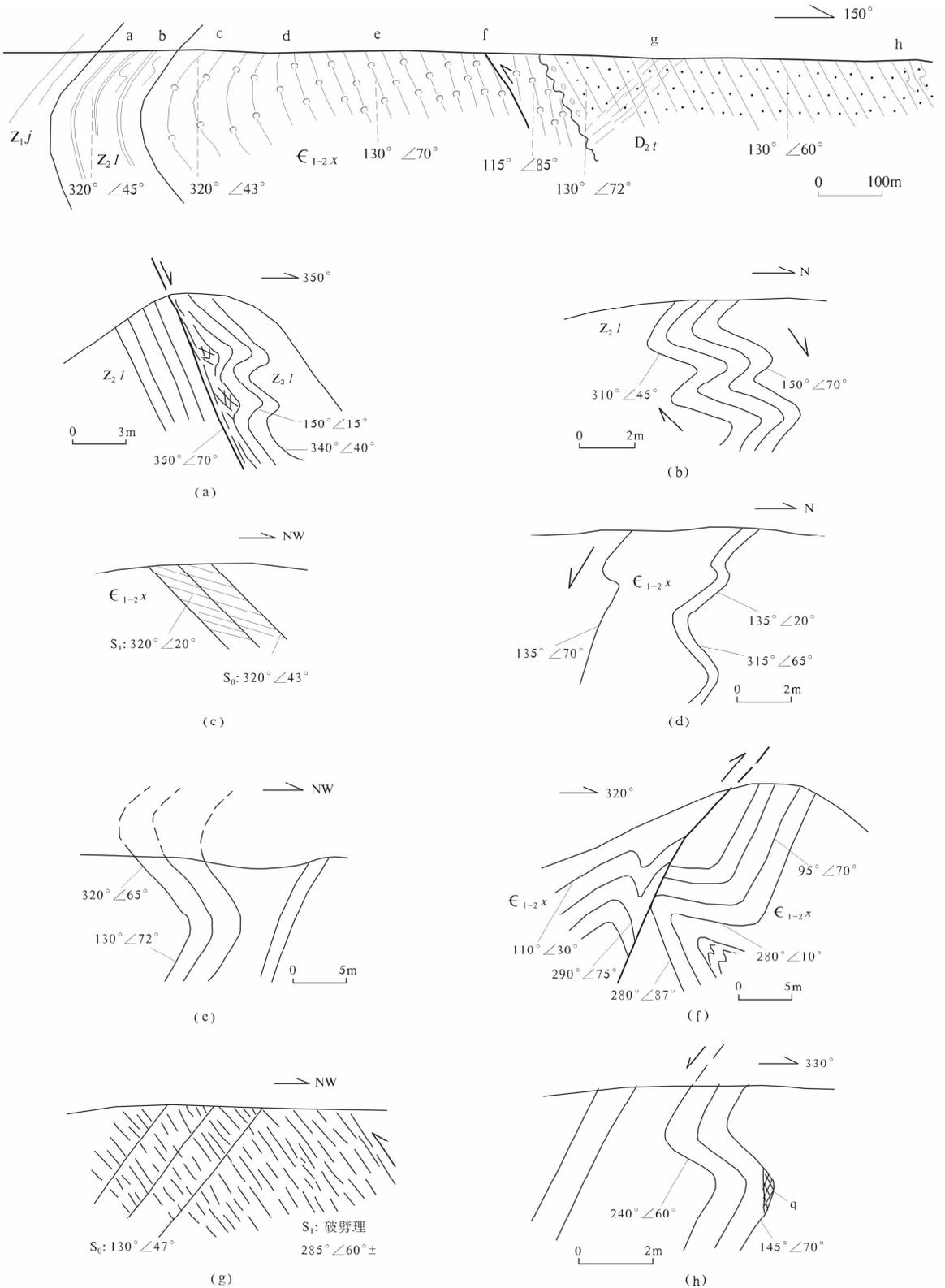


图 4 湘中盆地干溪坑构造剖面及变形,地层代号名称见图 3

Fig. 4 Ganxikeng tectonic section and deformations in Xiangzhong Basin, see fig. 3 for illustration of stratum codes

龙山构造剖面西段,茅岭—天龙山一带泥盆系锡矿
山组—石炭系马平组高角度倾向西并倒转(图 5),
同样反映向东的逆冲,并指示剖面以西存在较大规

模的西倾逆冲断裂(见图 1)。值得指出的是,天龙
山剖面东段田心断裂造成东侧的欧家冲组和孟公坳
组逆冲上覆于西侧龙潭组之上(图 5),反映出后期

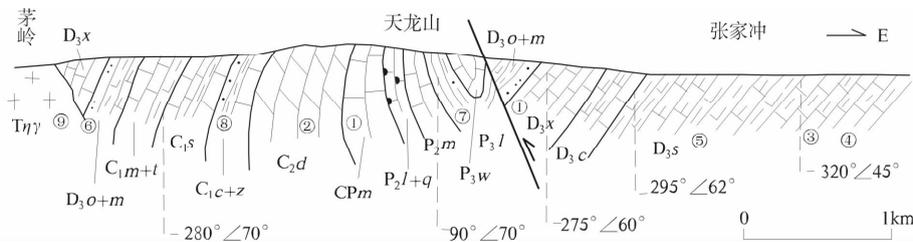


图 5 湘中盆地天龙山构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 5 Tianlongshan tectonic section in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

D₃x—晚泥盆世锡矿山组; D₃o+m—晚泥盆世欧家冲组和孟公坳组; C₁m+t—早石炭世马栏组 and 天鹅坪组; C₁s—早石炭世石碇子组; C₁c+z—早石炭世测水组和梓门桥组; C₂d—晚石炭世大埔组; CPm—石炭—二叠纪马平组; P₂l+q—中二叠世梁山组和栖霞组; P₂m—中二叠世茅口组; P₃l—晚二叠世龙潭组; P₃w—晚二叠世吴家坪组; ①—灰岩; ②—云岩; ③—泥灰岩; ④—含泥质灰岩; ⑤—钙质页岩; ⑥—粉砂岩、砂岩; ⑦—页岩; ⑧—泥岩或页岩; ⑨—花岗岩

D₃x—Late Devonian Xikuangshan Formation; D₃o+m—Late Devonian Oujiaochong Formation and Menggong'ao Formation; C₁m+t—Early Carboniferous Malanbian Formation and Tian'eping Formation; C₁s—Early Carboniferous Shidengzi Formation; C₁c+z—Early Carboniferous Ceshui Formation and Zimenqiao Formation; C₂d—Late Carboniferous Dapu Formation; CPm—Carboniferous-Permian Maping Formation; P₂l+q—Middle Permian Liangshan Formation and Qixia Formation; P₂m—Maokou Formation; P₃l—Late Permian Longtan Formation; P₃w—Late Permian Wujiaping Formation; ①—limestone; ②—dolomite; ③—marlstone; ④—mud-bearing limestone; ⑤—calcilutite; ⑥—siltstone and sandstone; ⑦—shale; ⑧—mudstone; ⑨—granite

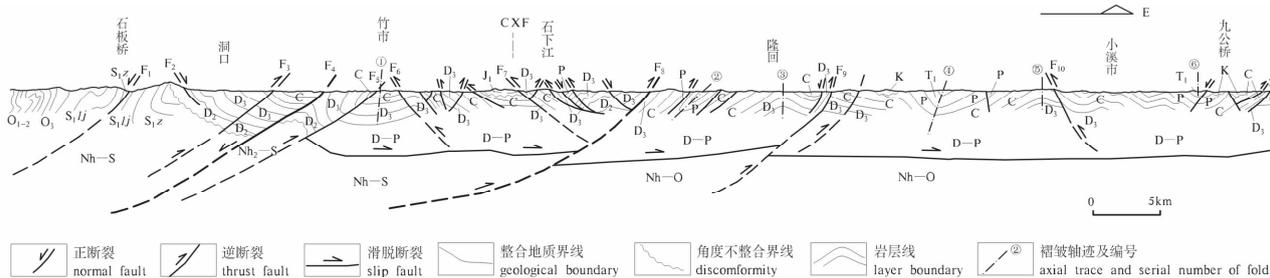


图 6 湘中盆地洞口-九公桥构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 6 Dongkou-Jiugongqiao tectonic section in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

①—余家塘向斜; ②—黄瓜岭向斜; ③—栗山铺背斜; ④—斜岭向斜; ⑤—黄花坪背斜; ⑥—华岭向斜; F₁—长塘断裂; F₂—龙口街断裂; F₃—长山塘断裂; F₄—杨家桥断裂; F₅—竹市断裂; F₆—杨湾断裂; F₇—横板桥断裂; F₈—严塘断裂; F₉—罗家断裂; F₁₀—鸭公岭断裂
 ①—Yujiatang Syncline; ②—Huangualing Syncline; ③—Lishanpu Anticline; ④—Xieling Syncline; ⑤—Huanghuaping Anticline; ⑥—Hualing Syncline; F₁—Changtang Fault; F₂—Longkoujie Fault; F₃—Changshantang Fault; F₄—Yangjiaqiao Fault; F₅—Zhushi Fault; F₆—Yangwan Fault; F₇—Hengbanqiao Fault; F₈—Yantang Fault; F₉—Luoqia Fault; F₁₀—Yagongling Fault

逆冲断裂活动。

2.3 邵阳凹陷西部变形及运动学特征

邵阳凹陷西部盖层褶皱和走向断裂极为发育,构造线走向自北而南由 NE 向渐偏转为 SN—NNW 向,呈向西凸出的弧形展布(图 1)。多数褶皱和走向断裂仅有盖层卷入,部分断裂可向两端切入前泥盆纪褶皱基底。走向断裂在平面上或分或合,可组成辫状构造。受走向断裂切割破坏,褶皱形态常残缺不全。褶皱规模不一,延伸长 10~90km 不等,宽 1~5km 不等,小规模背、向斜常组成规模更大的复式褶皱,反映不同规模逆断裂和不同深度滑脱断裂的存在。

本文对洞口—九公桥一带进行了详细的构造剖面调查,包括洞口—九公桥主干构造剖面(图 6),以

及主干剖面两侧几条辅助构造剖面,如黄瓜岭向斜北段(图 7)和斜岭向斜北段(图 8)之控制剖面等。通过对众多断裂和褶皱的调查研究,客观厘定了剖面结构,从而揭示出构造变形运动学特征。

2.3.1 主要褶皱特征

在严塘断裂以西,因大量走向断裂破坏而较少形态完整的褶皱发育;严塘断裂以东上古生界褶皱横向上连续性总体较好,且一般背斜相对宽缓、向斜相对窄陡,总体具隔槽式褶皱组合型式(图 6)。自西向东就主要褶皱特征阐述如下。

余家塘向斜:轴迹 NNE28°走向。自核部往两翼依次为晚二叠世大隆组—早石炭世测水组。北段发育相对完整,北西翼和南东翼产状分别约为 118°/35°和 298°/35°,为直立水平开阔褶皱。北西翼

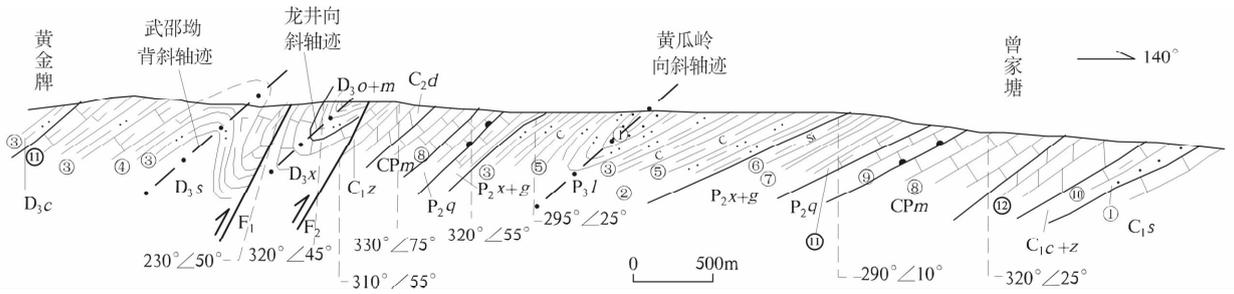


图 7 湘中盆地黄瓜岭向斜北段黄金牌-曾家塘构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 7 Huangjipai-Zengjiatang tectonic section across the northern segment of Huanghualing

Syncline in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

- ①—砂岩;②—泥质粉砂岩;③—粉砂质页岩;④—钙质页岩;⑤—碳质页岩;⑥—硅质页岩;⑦—硅质岩;⑧—灰岩;⑨—含燧石结核灰岩;⑩—含泥质灰岩;⑪—泥灰岩;⑫—白云岩;D_{3s}—晚泥盆世余田桥组;D_{3c}—晚泥盆世长龙界组;D_{3x}—晚泥盆世锡矿山组;C_{1s}—早石炭世石蹬子组;C_{1c+z}—早石炭世测水组和梓门桥组;C_{2d}—晚石炭世大埔组;CPm—石炭—二叠纪马平组;P_{2q}—中二叠世栖霞组;P_{2x+g}—中二叠世小江边组—孤峰组;P_{3l}—晚二叠世龙潭组
- ①—Sandstone; ②—mud siltstone; ③—silty shale; ④—calclutite; ⑤—carbonaceous shale; ⑥—siliceous shale; ⑦—siliceous rock; ⑧—limestone; ⑨—nodular chert-bearing limestone; ⑩—mud-bearing limestone; ⑪—marlstone; ⑫—dolomite; D_{3s}—Late Devonian Shetianqiao Formation; D_{3c}—Late Devonian Changlongjie Formation; D_{3x}—Late Devonian Xikuangshan Formation; C_{1s}—Early Carboniferous Shidengzi Formation; C_{1c+z}—Early Carboniferous Ceshui Formation and Zimenqiao Formation; C_{2d}—Late Carboniferous Dapu Formation; CPm—Carboniferous—Permian Maping Formation; P_{2q}—Middle Permian Qixia Formation; P_{2x+g}—Middle Permian Xiaojiangbian Formation—Gufeng Formation; P_{3l}—Late Permian Longtan Formation

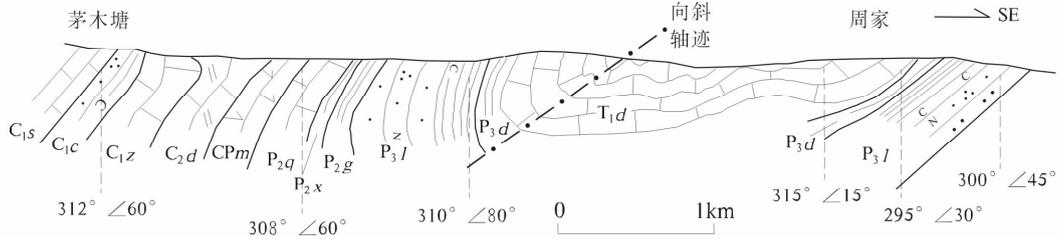


图 8 湘中盆地斜岭倒转向斜之周家-茅木塘构造剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 8 Zhoujia-Maomotang tectonic section across Xieling Syncline in Xiangzhong Basin (location is shown in fig. 1)

- C_{1s}—早石炭世石蹬子组;C_{1c}—早石炭世测水组;C_{1z}—早石炭世梓门桥组;C_{2d}—晚石炭世大埔组;CPm—石炭—二叠纪马平组;P_{2q}—中二叠世栖霞组;P_{2x}—中二叠世小江边组;P_{2g}—中二叠世孤峰组;P_{3l}—晚二叠世龙潭组;P_{3d}—晚二叠世大隆组;T_{1d}—早三叠世大冶组
- C_{1s}—Early Carboniferous Shidengzi Formation; C_{1c}—Early Carboniferous Ceshui Formation; C_{1z}—Early Carboniferous Zimenqiao Formation; C_{2d}—Late Carboniferous Dapu Formation; CPm—Carboniferous—Permian Maping Formation; P_{2q}—Middle Permian Qixia Formation; P_{2x}—Middle Permian Xiaojiangbian Formation; P_{2g}—Middle Permian Gufeng Formation; P_{3l}—Late Permian Longtan Formation; P_{3d}—Late Permian Dalong Formation; T_{1d}—Early Trias Daye Formation

和南东翼分别被竹市断裂和杨湾断裂等切割破坏,并组成对冲型组合样式(图 6)。

黄瓜岭向斜:南段大部走向 NNE15°左右,北段走向 NE55°左右,呈向北西凸出的弧形。南段为直立水平开阔褶皱,向斜核部因次级褶皱叠加而出露较宽。北段为紧闭倒转褶皱(图 7),北西翼倾向北西,产状倒转,倾角 40°左右;南东翼倾向北西,倾角 25°左右;西翼遭断裂破坏,并发育轴面西倾的次级倒转背、向斜。

栗山铺背斜:呈向 NW 凸出的弧形弯曲。两翼总体相背倾斜,倾角多在 30°~45°,为直立水平开阔褶皱。翼部因多条断裂破坏而显破碎。

斜岭向斜:南段呈 NNE 向,北段呈 NE 向,总体呈向北西凸出的弧形。北段大部西翼倒转、倾向北西,构成倒转向斜(图 8)。南段西翼产状正常,轴面略向西倾,为斜歪开阔褶皱(图 6)。

黄花坪背斜:轴迹总体走向 NE40°,呈向 NW 凸出的弧形弯曲。两翼岩层产状正常并相背倾斜,倾角 35°左右,为直立水平开阔褶皱(图 6)。自核部往两翼依次出露晚泥盆世孟公坳组—早二叠世马平组。背斜东翼与华岭向斜之过渡带发育次级向斜和背斜,可能反映出不同层次和深度的逆冲与滑脱作用。

华岭向斜:轴迹走向 NNE15°左右,宽约 7km,

自核部往两翼依次为早三叠世大冶组—中二叠世栖霞组。东翼被九公桥断裂切割限制；西翼发育较完整，出露宽度大且叠加有楠木冲背斜和周家向斜等两个次级褶皱。两翼岩层产状正常，西翼倾角 50° 左右，东翼倾角 35° 左右，轴面略向西倾；西翼近核部局部岩层西倾，倒转。西翼常发育变形强烈的小型褶皱，如石溪港大隆组硅质岩中见小型西倾断裂及连续倒转尖棱褶皱(图9)，指示向SE的逆冲。

2.3.2 主要断裂特征

与褶皱同走向的逆断裂发育，部分叠加后期伸展活动而表现为正断裂效应。自西向东就主要断裂特征阐述如下。

长塘断裂：该断裂实为雪峰造山带东缘断裂。断裂倾向 NWW，倾角约 45° 。断裂破碎带宽一般 $20\sim 50\text{m}$ ，带内片理化岩石、构造透镜体、断层角砾岩及膝折构造等发育。断层岩特征及地层效应表明断裂早期为逆冲，后期为伸展正断。

龙口街断裂：为倾向 SEE 的正断裂，倾角 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。龙口街可见东侧跳马涧组掩覆于西侧易家湾组之上，断层面清楚。属上盘向南东滑移的重力滑动断层，导致自西向东出现中泥盆世跳马涧组→易家湾组的重复。

长山塘断裂：倾向 NWW，倾角约 30° ，逆断裂。沿断裂有破碎带及断层角砾岩发育。西侧孟公坳组逆冲于东侧石蹬子组之上，其间缺失马栏边组和天鹅坪组。

杨家桥断裂：倾向 NWW，倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。彭家湾发育宽 10m 的硅化破碎带，其自西往东依次分为角砾岩带、片理化带和揉皱带。断裂上盘(西盘)为栖霞组灰岩，下盘为余田桥组泥灰岩，显示为正断层。断裂西侧岩层向东缓倾且产状正常，而东侧岩层向西陡倾、倒转，指示断裂早期具向东逆冲(图6)。综上，该断裂为一早期逆冲、后期正滑的多期活

动断裂。

竹市断裂：为倾向 NWW 逆断裂，倾角约 60° 。在丰胜山发育宽 2m 的片理化带，泥岩中灰岩夹层被剪切挤压成透镜体；早石炭世马栏边组向东逆冲掩覆于晚石炭世大埔组白云岩之上。

杨湾断裂：倾向 SEE，倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。发育宽 $3\sim 8\text{m}$ 的硅化破碎带，带内构造透镜体、断层角砾岩及片理发育。东侧泥盆系向西逆冲掩覆于石炭系之上。断层岩中叠加张性裂隙及擦痕与阶步指示后期产生过伸展活动。

横板桥断裂：倾向 SEE，倾角 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，逆断裂。发育宽 $5\sim 10\text{m}$ 的硅化破碎带，片理化、构造透镜体与碎裂岩发育。石下江煤矿钻井揭示，东侧泥盆系向西逆掩于侏罗系之上。

严塘断裂：倾向 NWW，倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，沿走向波状弯曲。带内发育断层角砾岩。西侧泥盆系向东逆掩于石炭系之上。东盘岩层因断裂逆冲而倒转(黄瓜岭向斜西翼)。

鸭公岭断裂：倾向 SEE，倾角约 45° ，沿走向波状弯曲，逆断裂。带内见断层角砾岩和方解石脉发育。

2.3.3 剖面结构及运动学特征

前人资料认为邵阳-洞口剖面上逆断裂主要倾向东，反映自东向西的逆冲运动(刘恩山等, 2010)，本文调查发现并非如此。根据包括上述主要褶皱和断裂在内的构造剖面观测资料，厘定洞口—邵阳九公桥一带构造剖面结构如图6所示。在黄花坪背斜以西宽约 65km 范围内，上古生界盖层中走向逆断裂和褶皱轴面总体西倾，反映自 NWW 向 SEE 的挤压逆冲运动。其中严塘断裂以西、竹市以东一段断裂东倾，应属反冲构造带。在黄花坪背斜及其以东，褶皱轴面直立，走向断裂或西倾或东倾，总体反映 NWW—SEE 向等势轴向挤压的纯剪变形特征。在

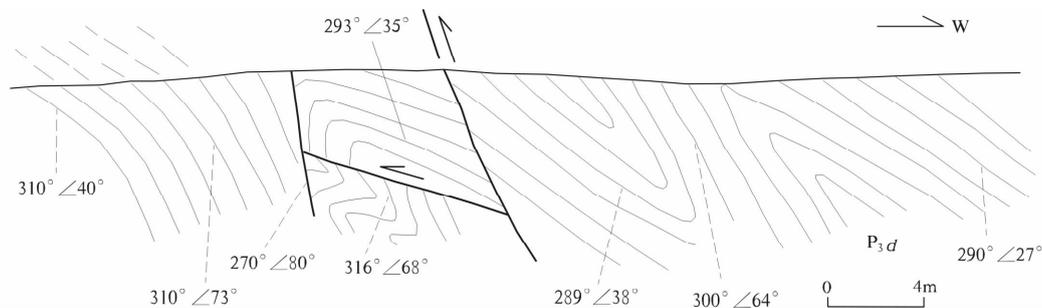


图9 湘中盆地石溪港一带大隆组硅质岩中小型倒转褶皱

Fig.9 Small overturned folds in Dalong Formation cherts at Shixigang in Xiangzhong Basin

上述主体构造格架之上,部分断裂叠加有后期伸展正断活动,推测与挤压变形之后的重力伸展和(或)白垩纪期间区域伸展作用有关。

据褶皱规模、组合型式、卷入地层层位及大量逆断裂的发育等分析,上古生界中褶皱变形主要受其底部不整合界面的滑脱及其向上扩展逆断裂和石炭纪测水组煤系地层滑脱的控制。从局部上古生界下部层位出露地表来看,部分逆断裂应切入加里东期褶皱基底,如杨家桥断裂、严塘断裂和罗家断裂等(图 6)。事实上,从区域空间关系来看,北侧大乘山背斜相关的加里东褶皱基底内断裂确已向南延伸至隆回一带。

3 变形期次及时代

以上所述构造变形的运动学特征或逆冲方向,是对区内主体构造形迹即 NE—NNE 向褶皱和逆断裂而言。事实上,湘中盆地早古生代以来经历过多期变形事件,形成了不同方向、不同性质的构造形迹,对此前文已有提及。为了更清晰了解变形的构造背景,以下结合区域构造资料,简单阐述湘中盆地变形期次和时代。

就表露构造变形而言,湘中盆地自早至晚依次经历了以下几期主要变形。

第一期是早古生代晚期的加里东运动,其造成泥盆纪跳马涧组与下古生界的角度不整合接触。已有研究表明,湘中大乘山-龙山 EW 向隆起带在加里东运动中已具雏形,以致晚古生代表现为 EW 向水下隆起(柳祖汉,2005),因此该带加里东构造线可能呈 EW 向。不过湘中盆地西侧的雪峰构造带,南华系一志留系褶皱显示的加里东构造线呈 NNE—NE 向。这种差异可能与新元古代中期湖南境内钦杭结合带与扬子陆块分界自东向西由 EW 向转为 NNE 向有关(柏道远等,2012b)。

第二期变形是发生于中三叠世晚期的印支运动,造成湘中盆地侏罗系(区域上为上三叠统一侏罗系)与上古生界之间的角度不整合,主要构造形迹为盖层褶皱和走向逆断裂。湘中盆地及湘东南地区受区域 NWW 向挤压,构造线主要为 NNE—NE 向(柏道远等,2012a);邵阳凹陷南部受边界条件控制渐转为近 SN—NNW 向(柏道远等,2008)。

第三期变形大体发生在晚三叠世—早侏罗世,因扬子及其以南各地块向北运移与中朝板块碰撞(万天丰等,2002),湘中盆地遭受 SN 向挤压,大乘山—龙山一带形成 EW 向隆起,隆起两侧盖层中尚

见 EW 向褶皱发育(王建等,2010),隆起北面的涟源凹陷整体形成一 NWW 向的复式向斜(图 1)。湘中盆地南面的苗儿山-越城岭-关帝庙隆起带大体也于本期形成,不过可能受武陵期 NE 向板块边界(柏道远等,2012b)控制而呈 NE 向。

第四期变形事件为发生于中侏罗世晚期的早燕山运动,区域上白垩系与早燕山构造层(T3—J2)之间的角度不整合为其直接反映。邵阳凹陷石下江西侧的横板桥断裂(图 6 中 F₇)上、下盘分别为泥盆系和侏罗系,也佐证了本期变形事件的存在。该时期受古太平洋板块(或伊泽奈崎板块)向 NW 的斜向俯冲影响(舒良树等,2002,2006;张岳桥等,2009;徐先兵等,2009;董树文等,2007),湘中盆地及周边地区存在 NWW 向挤压应力场,同时兼有 NNE 向左行走滑。本期变形的构造线为 NNE—NE 向,因此同向叠加在第二期变形之上;同时横向叠加在第三期变形之上,使先期形成的大乘山-龙山 EW 向隆起和苗儿山-越城岭-关帝庙 NE 向隆起变为串珠状(图 1)。

第五期变形为白垩纪—古近纪的区域伸展活动,湘中盆地内走向正断裂主要形成于此。

除上述几期区域变形事件外,尚发育挤压、抬升之后的局部性重力滑动变形,如前文干溪坑剖面所见次级重力滑动褶皱(图 4d,4e)。

综上,本文所述湘中盆地主体构造形迹——NE—NNE 向褶皱和逆断裂形成于 2 期构造活动,即中三叠世晚期的印支运动和中侏罗世晚期的早燕山运动。前文天龙山构造剖面(图 5)即反映出向东、向西逆冲的先后两期断裂活动。

需要特别强调和注意的是,由于第四期和第二期变形为同向叠加,使部分研究者忽视了第二期变形的存在,认为上古生界盖层中 NE—NNE 褶皱和断裂形成于早燕山运动,印支运动仅形成 EW 向构造(张岳桥等,2009;徐先兵等,2009)。不过柏道远等(2012a)已通过湘东南地区构造变形的深入解析,确证中三叠世晚期的印支运动构造线主要为 NNE 向。邵阳盆地西部石下江西面发育侏罗系(图 1),其下伏泥盆纪地层层位在 NNE 向上相对稳定,而在 EW 方向上则快速变化,同样反映印支运动确实形成了较强的 NNE 向褶皱变形(第二期变形)。

4 讨论

综上所述,无论是北部的涟源凹陷,南部的邵阳凹陷还是其间的大乘山-龙山 EW 向隆起,均显示湘中

盆地西部构造运动总体表现为自 NW 向 SE 的逆冲,而不是前人(杨雄庭,1990a,1990b;徐志斌等,1993;云武等,1994;朱锐等,2006;刘恩山等,2010;Wang Yuejun et al.,2005)所认为的向 NW 逆冲。结合区域构造背景和有关深部构造资料,本文认为向 SE 逆冲主要与两方面动力因素有关,一是紧邻盆地西侧的雪峰造山带东缘向 SE 逆冲,二是城步-新化岩石圈断裂向西俯冲(图 10)。

大量研究表明雪峰造山带具有向两侧背冲的正扇形构造样式,其西部大部向 NW 逆冲,而东缘则向 SE 逆冲(贾宝华,1994;梁新权等,1999;Wang Yuejun et al.,2005;丁道桂等,2007a,2007b;刘恩山等,2010;张进等,2010)。由于雪峰造山带变形与 7~10km 深的冷家溪群底界面以及 20km 深的角闪岩相结晶基底与麻粒岩相结晶基底界面发生拆离和滑移有关(丁道桂等,2007a,2007b),因而相关逆冲断裂向地表扩展过程中影响范围更广,从而使得紧邻造山带东侧的湘中盆地西部产生向 SE 的逆冲。

城步-新化断裂为一东盘向 NWW 俯冲的岩石

圈深大断裂,其造成壳内低速层和莫霍面的错位,并使岩石圈底界落差达 120km(东深西浅);断裂带呈现向西陡倾的低阻深延带,倾角约 80°,延深 180km(饶家荣等,1993)。有关证据表明该断裂很可能为新元古代早中期扬子陆块与古华南海的分界(饶家荣等,2012;柏道远等,2012b),期间断裂东面的大洋板块向北西面的扬子大陆板块俯冲(柏道远等,2010)。可以推断,作为先期板块边界的构造薄弱带,该断裂在加里东运动和早中生代构造运动中容易产生继承性俯冲活动。城步-新化岩石圈断裂大致位于隆回西面石下江一带,受其向 NW 运移、俯冲影响,上部地壳相对向 SE 滑移,并相应派生向 SE 逆冲应力场,使断裂两侧地区具向 SE 为主的逆冲运动程式。

5 结论

(1)对涟源凹陷、大乘山-龙山隆起、邵阳凹陷等次级构造单元进行的构造剖面调查表明,湘中盆地西部褶皱轴面与逆断裂主要倾向 NW,表明逆冲推

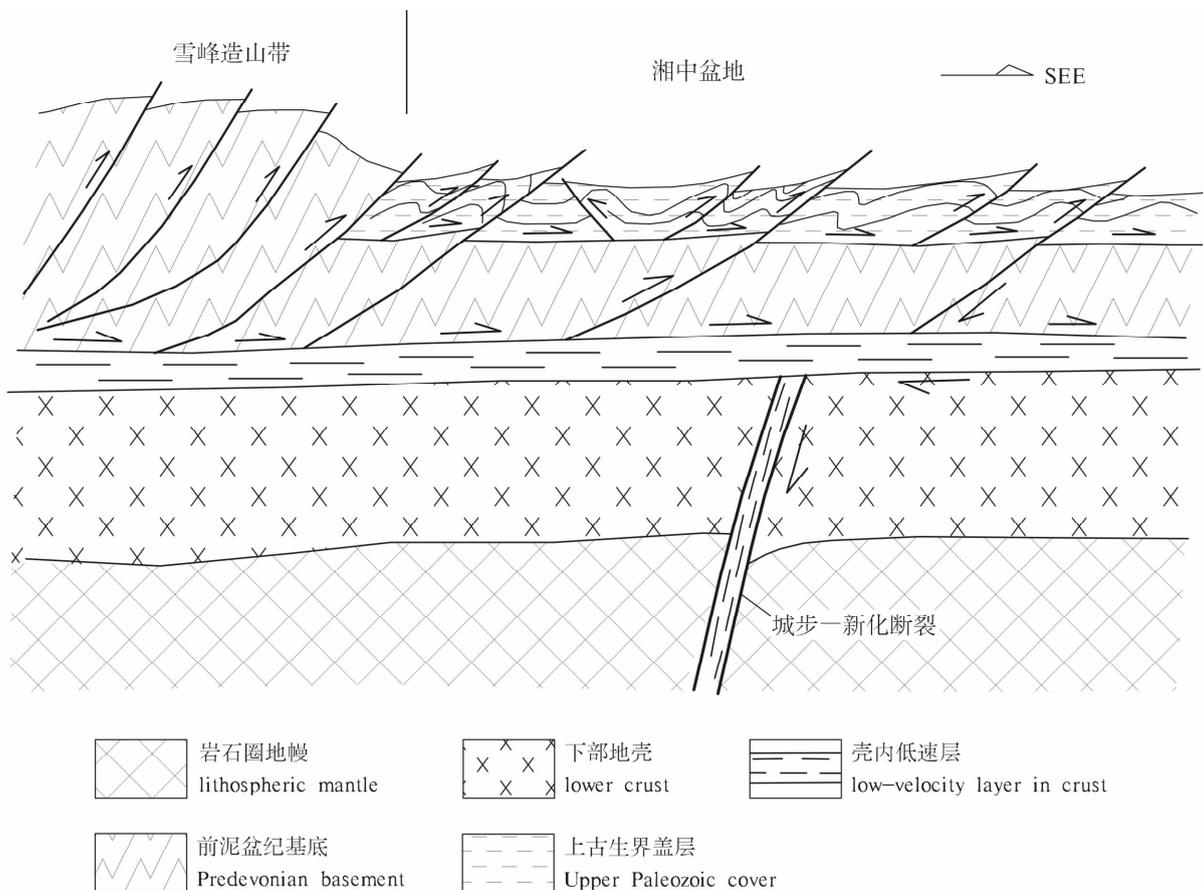


图 10 湘中盆地西部构造变形成因机制示意图

Fig. 10 Dynamic mechanism interpretation for deformation in the western Xiangzhong Basin

覆的总体方向为 SE,而不是前人所认为的 NW。

(2)湘中盆地主体构造即 NE—NNE 向褶皱和逆断裂形成于中三叠世晚期的印支运动和中侏罗世晚期的早燕山运动。湘中盆地西部向 SE 逆冲与雪峰造山带东缘向南东逆冲及城步—新化岩石圈断裂东盘向北西俯冲有关。

参 考 文 献

- 柏道远,李建清,周柯军,马铁球,王先辉. 2008. 祁阳山字型构造质疑. 大地构造与成矿学, 32(3):265~275.
- 柏道远,邹宾微,赵龙辉,李泽泓,王先辉,马铁球,肖冬贵,彭云益. 2009. 湘东太湖逆冲推覆构造基本特征研究. 中国地质, 36(1):53~64.
- 柏道远,贾宝华,刘伟,陈必河,刘耀荣,张晓阳. 2010. 湖南城步火成岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其对江南造山带新元古代构造演化的约束. 地质学报, 84(12):1715~1726.
- 柏道远,贾宝华,钟响,刘耀荣,贾朋远,黄文义. 2012a. 湘东南印支运动变形特征研究. 地质论评, 58(1):19~29.
- 柏道远,贾宝华,钟响,贾朋远,刘耀荣. 2012b. 湘中南晋宁期和加里东期构造线走向变化成因. 地质力学学报, 18(2):165~177.
- 陈长明. 1985. 关于湖南祁阳山字型构造的探讨. 湖南师范大学自然科学学报, 8(3):109~112.
- 丁道桂,刘光祥. 2007a. 扬子板内递进变形——南方构造问题之二. 石油实验地质, 29(3):238~246,252.
- 丁道桂,郭彤彬,刘运黎,翟常博. 2007b. 对江南-雪峰带构造属性的讨论. 地质通报, 26(7):801~809.
- 董树文,张岳桥,龙长兴,杨振宇,季强,王涛,胡健民,陈宣华. 2007. 中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释. 地质学报, 81(11):1449~1461.
- 郭福祥. 1998. 中国南方中生代大地构造属性和南华造山带褶皱过程. 地质学报, 72(1):22~33.
- 湖南省地质矿产局. 1988. 湖南省区域地质志. 北京:地质出版社.
- 贾宝华. 1994. 湖南雪峰隆起区构造变形研究. 中国区域地质, (1):65~71.
- 金宠,李三忠,王岳军,张国伟,刘丽萍,王建. 2009. 雪峰山陆内复合构造系统印支—燕山期构造穿时递进特征. 石油与天然气, 30(5):598~607.
- 梁新权,范蔚茗,王岳军,胡宝清. 1999. 论雪峰山构造带中生代变形. 湖南地质, 18(4):225~228.
- 刘恩山,李三忠,金宠,戴黎明,刘博,张国伟. 2010. 雪峰山陆内构造系统燕山期构造变形特征和动力学. 海洋地质与第四纪地质, 30(5):63~74.
- 柳祖汉. 2005. 湘中-南地区二叠系沉积相的分异及成因. 地质科学, 40(4):510~517.
- 丘元禧,张渝昌,马文璞. 1998. 雪峰山陆内造山带的构造特征与演化. 高校地质学报, 44(4):432~443.
- 丘元禧,张渝昌,马文璞. 1999. 雪峰山的构造性质与演化:一个陆内造山带的形成与演化模式. 北京:地质出版社, 1~155.
- 邱之俊,钟凌贤,詹世云. 1980. 祁阳山字型构造特征及形成机制. 石油与天然气地质, 1(1):75~81.
- 饶家荣,王纪恒,曹一中. 1993. 湖南深部构造. 湖南地质,增刊 7:1~100.
- 饶家荣,肖海云,刘耀荣,柏道远,邓延林. 2012. 扬子、华夏古板块会聚带在湖南的位置. 地球物理学报, 55(2):484~502.
- 舒良树,周新民. 2002. 中国东南部晚中生代构造作用. 地质论评, 48(3):249~260.
- 舒良树,周新民,邓平,余心起. 2006. 南岭构造带的基本地质特征. 地质论评, 52(2):251~265.
- 孙岩,沈修志,施泽进,戴春森. 1990. 湘中地区造山运动期后的拉伸作用. 南京大学学报, 26(4):711~719.
- 万天丰,朱鸿. 2002. 中国大陆及邻区中生代—新生代大地构造与环境变迁. 现代地质, 16(2):107~118.
- 王建,李三忠,金宠,王岳军,张国伟,刘丽萍,刘鑫. 2010. 湘中地区穹盆构造:褶皱叠加期次和成因. 大地构造与成矿学, 34(2):159~165.
- 王义方. 1989. 湘中涟源凹陷内的滑脱构造. 湖南地质, 8(2):10~17.
- 徐先兵,张岳桥,贾东,舒良树,王瑞瑞. 2009. 华南早中生代大地构造过程. 中国地质, 36(3):573~593.
- 徐志斌,云武,王义宏,张友谊,王平原. 1993. 试论湖南涟源凹陷中新生代构造应力场. 中国矿业大学学报, 22(2):84~92.
- 杨雄庭. 1990a. 测水煤系主要煤层的流变特征. 湖南地质, 9(3):36~40.
- 杨雄庭. 1990b. 湖南涟源煤田测水煤系中的层间滑动混杂体. 中国煤田地质, 2(2):4~8.
- 杨雄庭,尹华章. 1997. 湘中隔档式褶皱与找煤预测. 中国煤田地质, 9(1):12~14.
- 杨雄庭,戴斌. 2000. 对湘中晏家铺向斜主要滑脱构造特征的认识. 煤田地质与勘探, 28(3):17~19.
- 云武,徐志斌,杨雄庭. 1994. 湖南涟源凹陷西部滑脱带构造特征. 中国矿业大学学报, 23(1):16~25.
- 张进,马宗晋,陈必河,王宗秀,李涛. 2010. 雪峰山中段古生代变形的特征及意义——以绥宁-靖州-天柱-新晃剖面为例. 地质通报, 29(1):44~57.
- 张岳桥,徐先兵,贾东,舒良树. 2009. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录. 地学前缘, 16(1):234~247.
- 朱锐,郭建华,周小康,王明艳,苏娟. 2006. 湖南涟源凹陷构造解析. 河南石油, 20(1):5~7.
- Wang Yuejun, Zhang Yanhua, Fan Weiming, Peng Tuping. 2005. Structural signatures and ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology of the Indosinian Xuefengshan tectonic belt, South China Block. Journal of Structural Geology, 27:985~998.

Kinematics of Tectonic Deformations of the Western Xiangzhong Basin and Its Tectonic Mechanism

BAI Daoyuan¹⁾, JIA Baohua²⁾, WANG Xianhui¹⁾, PENG Yunyi¹⁾, JIA Pengyuan¹⁾, LING Yuexin¹⁾

1) *Hunan Institute of Geology Survey, Changsha, 410016;*

2) *Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Changsha, 410011*

Abstract

The Xiangzhong basin is divided into Lianyuan depression and Shaoyang depression by the EW-trending Dachengshan-Longshan uplift. In the upper Paleozoic of the western Xiangzhong basin, there occur NE-to NNE-trending folds and thrust faults which have been considered to be related to the NW-thrust. This study carried out investigation over several structural sections in the western Xiangzhong basin. The results reveal the deformation characteristics. The most many axial planes of the Upper Paleozoic folds in the western Lianyuan depression are vertical with some inclined and the most axial planes of the trending thrust faults and inclined folds dip northwest with minor dipping southeast. The Dachengshan anticline is an overturned fold with an NWW-dipping axial plane and a number of NWW-dipping thrust faults are developed within core section and two wings of the anticline with the cleavages occurring in the Chang'an Formation. In the western Shaoyang depression, the thrust faults and the axial planes of inclined and overturned folds in the Upper Paleozoic dip NWW, with partial folds dipping SEE. The deformations of the cover in the Xiangzhong basin are controlled mainly by the detachment of the bottom unconformity surface and of the coal bed of the Ceshui Formation, and some faults incise through the Caledonian folded basement. Deformation characteristics of the secondary tectonic units indicate that the thrusting directions of western Xiangzhong basin are SE and not NW but not the NW direction proposed by previous studies. Studies show that the NE-to NNE-trending folds and thrust faults in the Xiangzhong basin were formed in late Middle Triassic Indosinian Movement and late Middle Jurassic Early Yanshanian Movement. Our study suggests that the SE-thrusting of the western Xiangzhong basin is related with the SE-thrusting of east periphery of the Xuefeng orogenic belt, and with the NW-subduction of Chengbu-Xinhua lithospheric fault.

Key words: fold; fault; thrusting direction; tectonic mechanisms; western Xiangzhong Basin