

# 湘东太湖逆冲推覆构造基本特征研究

柏道远<sup>1,2</sup> 邹宾微<sup>3</sup> 赵龙辉<sup>3</sup> 李泽泓<sup>2</sup>  
王先辉<sup>2</sup> 马铁球<sup>2</sup> 肖冬贵<sup>2</sup> 彭云益<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北 武汉, 430074; 2. 湖南省地质调查院, 湖南 湘潭, 411100;  
3. 湖南省地质环境监测总站, 湖南 长沙, 410007)

**摘要:**通过地表地质调查和钻探资料,厘定了湘东太湖逆冲推覆构造。推覆构造总体呈北东走向,自北西往南东依次由前缘逆断裂(螺丝桥断裂)、推覆体前带和上部滑脱构造、下断坡(铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂)及推覆体后带、反冲断裂(中湾断裂)、后缘向斜等组成。在前缘断裂北西面发育青洞倒转向斜。后缘向斜呈向 NW 凸出的弧形,其中段发育丫江桥穹状隆起和印支期丫江桥花岗岩体。青洞向斜走向中分点、后缘向斜弧形前凸部位及丫江桥岩体(穹状隆起)中心组成 NW 向直线,并与丫江桥岩体长轴重合。基于以上特征,分析提出太湖逆冲推覆构造及丫江桥穹状隆起和丫江桥岩体形成的动力机制:印支运动中在区域 NW(W)向挤压下,发生深部和浅部滑脱以及沿下断坡的逆冲,形成太湖逆冲推覆构造。太湖推覆体向北西运动过程中存在自青洞向斜至丫江桥岩体的具有更强的挤压和更大距离滑移的中轴带,使丫江桥地区形成穹状隆起,并使后缘向斜轴迹因后拽牵引而组成一向北西凸出的弧形构造。丫江桥穹状隆起区由于更强的挤压剪切作用及更大幅度的地壳增厚,深部地壳发生更大幅度的升温,在强挤压过后应力松弛环境下减压熔融、岩浆上侵而形成了丫江桥花岗岩体。太湖逆冲推覆构造为华南中生代构造演化提供了一定程度的制约。

**关键词:**太湖逆冲推覆构造;特征;湘东

**中图分类号:**P542 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)01-0053-12

加里东期和印支期构造线走向的复杂多变或弧形偏转,不同规模隆起及其相关或伴生的拗陷、断陷等面状构造类型的普遍发育,以及多发育于构造隆起内的花岗岩体的广泛分布等,是华南地区地表地质构造图像的醒目特征。因此,弧形构造和构造隆起的几何学、运动学特征及其形成的动力机制以及构造与岩浆侵位作用的关系,应是华南地区地质构造研究的重要内容。

从已有研究来看,华南地区弧形构造的成因有山字型构造机制<sup>[1-8]</sup>及砥柱机制<sup>[9]</sup>、“格状”断裂控制机制<sup>[10]</sup>、断裂走滑挤压-牵引机制<sup>[10,11]</sup>等,构造隆起的成因有岩浆热隆伸展或岩浆底辟<sup>[12-15]</sup>、挤压褶皱<sup>[16-19]</sup>、挤压逆冲<sup>[20-25]</sup>、走滑剪切<sup>[25]</sup>等。在花岗岩体与构造隆起的关系方面,杨巍然等<sup>[12]</sup>、舒良树等<sup>[15,25]</sup>认为岩浆底辟上隆形成构造隆起或穹隆;柏道远等<sup>[22,23]</sup>提出湘东

南的构造隆起区或局部隆起部位由于具有更大的地壳或岩石圈厚度而易于产生花岗质岩浆活动。上述有关构造动力机制的多种观点的存在,一方面反映出构造活动的复杂性和多样性,另一方面也与不同研究者的研究角度和对象不同,以及构造几何学和运动学研究不够有关。

弧形构造、构造隆起及相关花岗岩体等的形成常与挤压、伸展、走滑等构造体制和一定的边界条件(如砥柱和断裂的制约作用等)有关,因此,将一定区域内的弧形构造、构造隆起和花岗岩体等要素结合起来,分析它们的几何学和运动学特征,探索其间的内在动力联系,有助于正确认识不同构造的成因机制和构造-岩浆动力过程,揭示构造活动的本质规律。

笔者近年来在进行株洲地区地壳稳定性评价之地质构造调查时,发现了太湖逆冲推覆构造。调查与

分析表明,推覆构造活动时代为印支期,同时形成了较为典型的弧形构造、带状构造隆起和构造穹隆等要素,并控制了印支期丫江桥花岗岩体的发育。这一认识和相关分析方法可供华南弧形构造、构造隆起及相关花岗岩体等构造研究借鉴,且太湖逆冲推覆构造还为华南中生代构造演化提供了一定程度的约束。

## 1 区域地质背景

太湖逆冲推覆构造地处湘东株洲县、醴陵县和攸县三县交界,构造上位于扬子板块与华夏板块的交接地带,经历了晋宁—四堡、加里东、海西—印支、燕山、喜山等多构造旋回。

区域上主要发育中元古代、南华纪—奥陶纪、中泥盆世—中三叠世、晚三叠世—早侏罗世、白垩纪—古近纪等时代地层(图1)。中元古代冷家溪群为一套由浅变质砂岩和板岩组成的碎屑沉积。南华系—奥陶系为被动大陆边缘裂谷盆地环境<sup>[20]</sup>一套以复理石、类复理石为主的沉积。中泥盆统一中三叠统为稳定陆表海环境的碎屑岩和碳酸盐岩沉积。上三叠统一下侏罗统为一套内陆湖泊相—沼泽相的砂岩、页岩沉积。白垩系—古近系为陆相断陷盆地内形成的紫红色砂砾岩、砂岩、泥岩,局部少量泥灰岩。

有较多印支期和燕山早期花岗岩体发育。其中位于太湖逆冲推覆构造后缘的丫江桥岩体曾获得 220 Ma 的白云母 K-Ar 年龄、212 Ma 和 216 Ma 的黑云母 K-Ar 年龄、213 Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄等<sup>①</sup>,为印支期产物。

地质构造有印支期 NE—NNE 向为主、局部呈近南北向的褶皱和逆断裂以及 NW 向常德—安仁基底隐伏断裂<sup>[10]</sup>,晚三叠世—早侏罗世和白垩纪以 N(N)E 向为主的陆相盆地,燕山晚期正断裂等(图1)。需要指出的是,部分印支期断裂(或局部地段)在燕山期可产生继承性活动,如衡山南东面印支期 NE 向逆断裂之南西段切割白垩纪地层(图1)。此外,NW 向常德—安仁断裂为一印支期基底隐伏断裂,断裂破碎带等地表实体形迹不清楚(图1),但其穿过结晶基底并导致断裂两侧莫霍面落差达 3~5 km,且沿断裂带出现一系列密集的重力梯级带并发育一些规模较大的岩体<sup>[10]</sup>。

卷入太湖逆冲推覆构造的地层有中元古界和中

泥盆统一中三叠统,而上三叠统一下侏罗统和白垩系—古近系则叠覆在太湖逆冲推覆构造之上(图1)。

## 2 太湖逆冲推覆构造的厘定

在太湖南面的烂泥冲一带,按 NNW 向排布、300 m 左右间距施工 2 个钻孔,孔深 83~106 m,揭示岩性层(表层残坡积层除外)自上而下依次为:中元古界小木坪组板岩,垂向厚 57~70m;断裂破碎带,垂向厚 15~18 m;中泥盆世棋梓桥组灰岩,垂向厚 34~40 m 以上(未见底)。详细的野外调查表明,钻孔周围地区地表均为小木坪组板岩,没有包括棋梓桥组在内的晚古生代地层出露,且未见具有一定规模的断裂形迹(图2),可以确定小木坪组为一上覆于棋梓桥组之上的推覆岩席,从而确证太湖逆冲推覆构造的存在。

根据地表地质调查和钻孔资料分析,厘定推覆构造剖面结构如图3所示(剖面线自株洲县青洞至攸县板桥,位置见图2)。自北西往南东依次为青洞倒转向斜、螺丝桥断裂(前缘逆断裂)、太湖推覆体前带和上部滑脱构造、铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂(下断坡)及推覆体后带、中湾断裂(反冲断裂)、后缘向斜等。其中螺丝桥断裂与后缘向斜之间整体为由推覆体前带和后带构成的 NE 向带状隆起或冲断褶隆。以下重点结合图3介绍推覆构造的剖面结构,并简单阐述各组成单元的纵向(走向)变化特征。

### 2.1 青洞向斜

青洞向斜呈 NE 走向,向两端扬起,长约 8 km(图2)。卷入青洞向斜的地层为晚古生代沉积盖层,自下而上或自两翼至核部依次为:中泥盆世跳马涧组砂砾岩和页岩,与棋梓桥组灰岩、白云质灰岩夹钙质页岩,晚泥盆世余田桥组钙质页岩和泥灰岩、锡矿山组灰岩、孟公坳组砂页岩、钙质页岩夹泥灰岩,早石炭世石磴子组灰岩、测水组砂岩和页岩夹煤层、梓门桥组灰岩和硅质岩夹砂岩,晚石炭世—早二叠世壶天群灰岩、白云岩。各地层呈整合接触。

该向斜为一轴面倾向南东的倒转向斜,其东侧倒转翼被螺丝桥断裂  $F_1$  切割。向斜内部发育被白垩纪地层掩盖的 NE—NNE 向正断裂(图2),可能为晚三叠世末—早侏罗世同造山期上隆伸展<sup>[20,21]</sup>的产物。野外观察可见向斜东翼岩层大多倾向南东(倒转),在倒

①《湖南地质》编辑部. 湖南省花岗岩类岩体地质图, 1995.

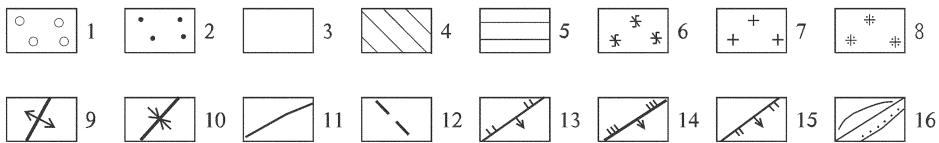
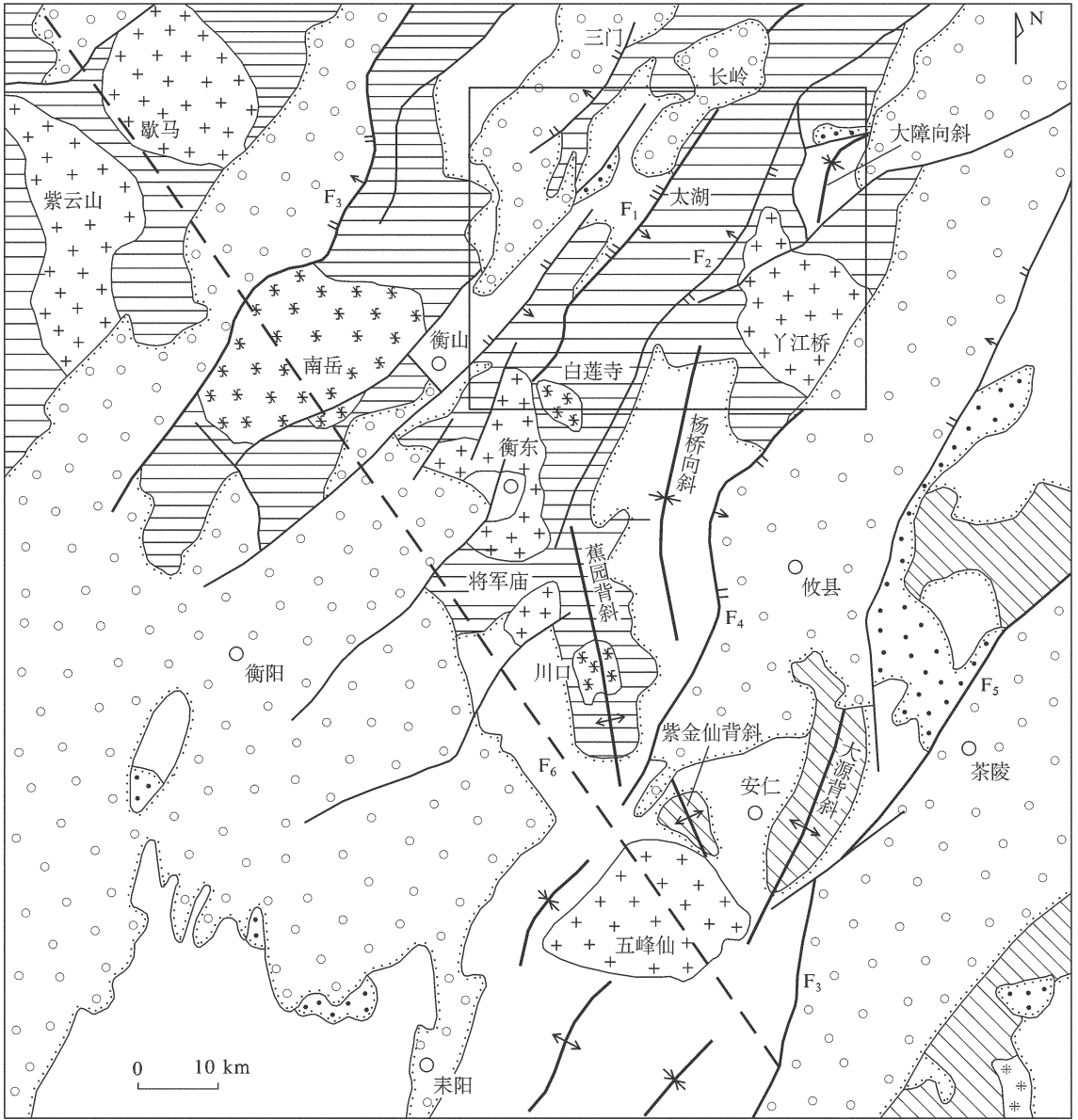


图 1 区域地质构造略图

1—白垩纪—古近纪地层; 2—晚三叠世—早侏罗世地层; 3—中泥盆世—中三叠世地层; 4—南华纪—奥陶纪地层; 5—中元古代冷家溪群; 6—燕山早期花岗岩; 7—印支期花岗岩; 8—加里东期花岗岩; 9—背斜轴迹; 10—向斜轴迹; 11—断裂; 12—NW 向基底隐伏断裂; 13—逆断裂; 14—太湖逆冲推覆构造前缘断裂; 15—正断裂; 16—花岗岩与围岩侵入接触界线/角度不整合接触界线。F<sub>1</sub>—螺丝桥断裂; F<sub>2</sub>—中湾断裂; F<sub>3</sub>—宜丰桥断裂; F<sub>4</sub>—老君潭断裂; F<sub>5</sub>—茶陵—郴州断裂; F<sub>6</sub>—常德—安仁基底隐伏断裂。图中方框示图 2 范围

Fig.1 Regional geological-structural sketch map

1—Cretaceous—Early Tertiary; 2—Late Triassic—Middle Jurassic; 3—Middle Devonian—Middle Triassic; 4—Nanhuaian—Ordovician; 5—Mesoproterozoic Lengjiaxi Group; 6—Early Yanshanian granitoid; 7—Indosinian granitoid; 8—Caledonian granitoid; 9—Axial trace of anticline; 10—Axial trace of syncline; 11—Fault; 12—NW-trending basement concealed fault; 13—Thrust fault; 14—Taihu thrust system; 15—Normal fault; 16—Intrusive contact between rock body and wall rock /unconformity. F<sub>1</sub>—Luosiqiao fault; F<sub>2</sub>—Zhongwan fault; F<sub>3</sub>—Yifengqiao fault; F<sub>4</sub>—Laojuntan fault; F<sub>5</sub>—Chaling—Chenzhou fault; F<sub>6</sub>—Changde—Anren basement concealed fault. The frame shows the limits of Fig.2

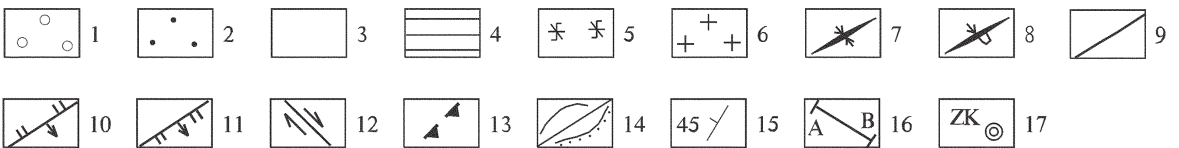
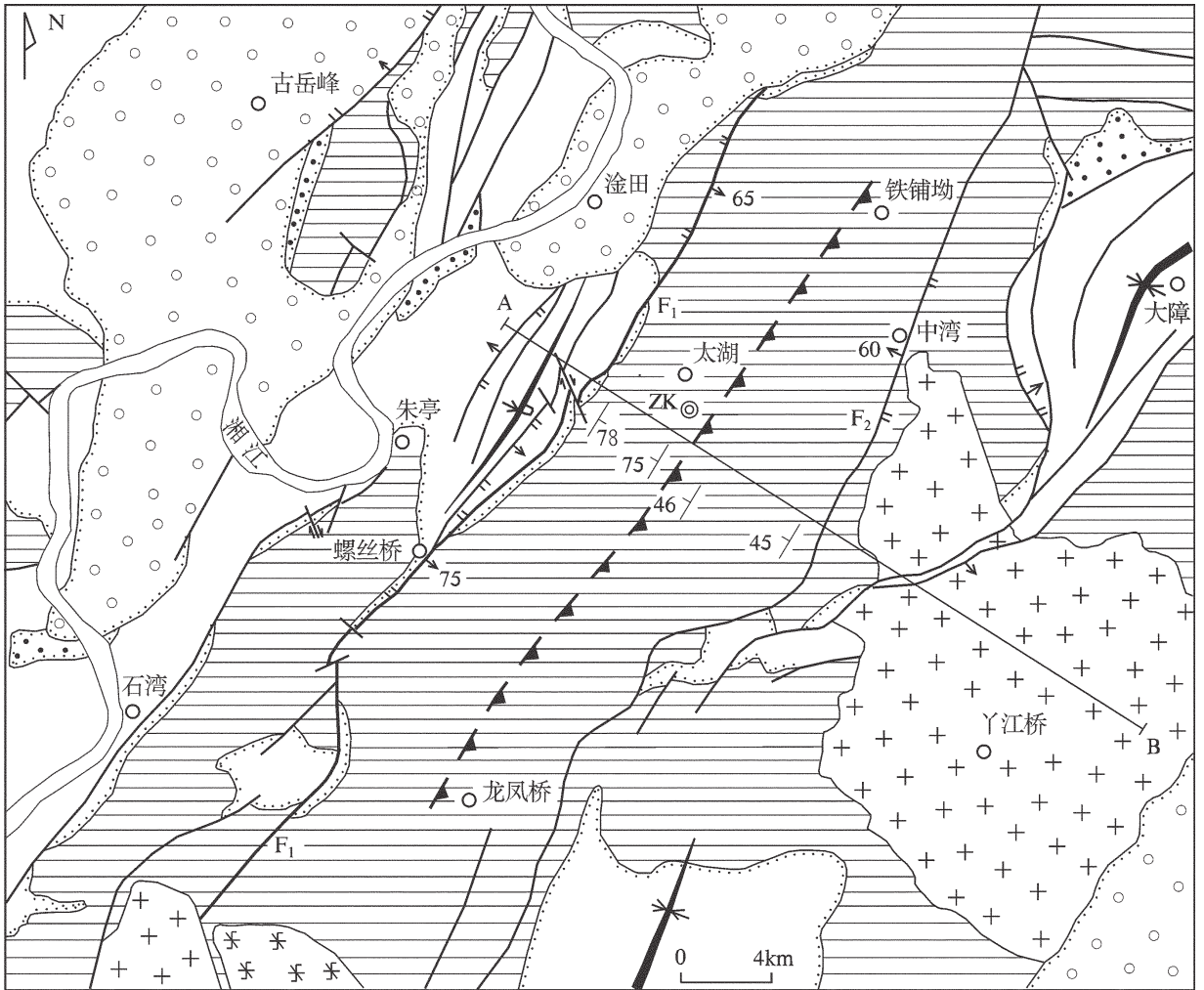


图2 太湖逆冲推覆构造地质略图

1—白垩纪—古近纪地层；2—晚三叠世—早侏罗世地层；3—中泥盆世—中三叠世地层；4—中元古代冷家溪群；5—燕山早期花岗岩；6—印支期花岗岩；7—向斜轴迹；8—倒转向斜轴迹；9—断裂；10—逆断裂；11—正断裂；12—平移断裂；13—逆冲推覆构造下断坡前缘（隐伏）——铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂；14—花岗岩与围岩侵入接触界线/角度不整合接触界线；15—岩层产状；16—图3剖面位置；17—钻孔；F<sub>1</sub>—螺丝桥断裂；F<sub>2</sub>—中湾断裂

Fig.2 Geological sketch map of the Taihu thrust system

1—Cretaceous—Early Tertiary; 2—Late Triassic—Middle Jurassic; 3—Middle Devonian—Middle Triassic; 4—Mesoproterozoic Lengjiaxi Group; 5—Early Yanshanian granitoid; 6—Indosinian granitoid; 7—Axial trace of syncline; 8—Axial trace of overturned syncline; 9—Fault; 10—Thrust fault; 11—Normal fault; 12—Strike-slip fault; 13—Front edge of the lower fault-ramp (concealed)—Tiequao—Longfengqiao concealed fault; 14—Intrusive contact between rock body and wall rock /unconformity; 15—Attitude of rock formation; 16—Location of the section in Fig. 3; 17—Bore hole; F<sub>1</sub>—Luosiqiao fault; F<sub>2</sub>—Zhongwan fault



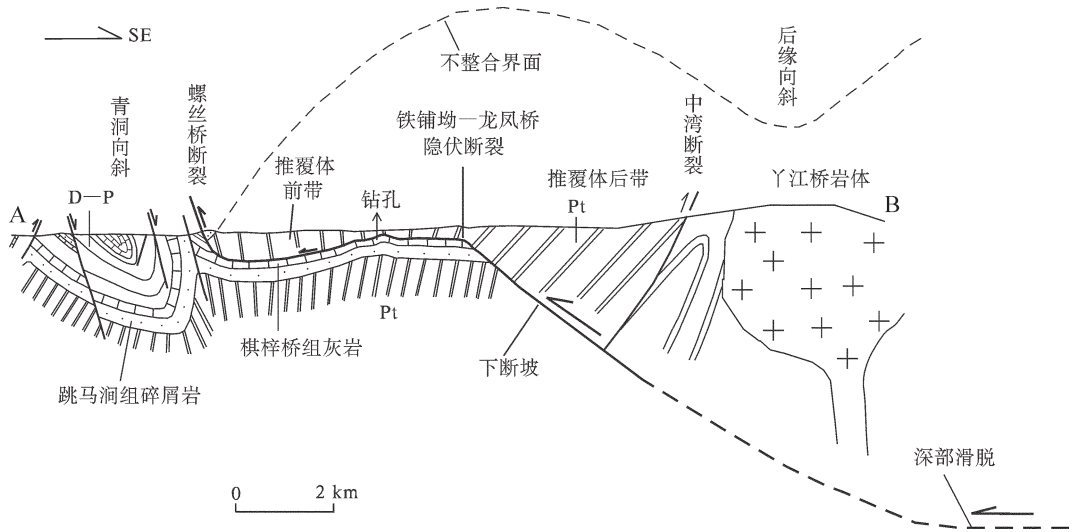


图 3 太湖逆冲推覆构造剖面图  
Fig.3 Section of the Taihu thrust system

桥见早石炭世测水组砂页岩覆于梓门桥组灰岩之上,测水组中还发育指示岩层倒转的层间剪切褶皱,以及页岩中的砂岩夹层因强挤压而形成的石香肠构造。区域上跳马涧组与褶皱基底间鲜见沿不整合界面的滑脱作用<sup>[18,19]</sup>,表明不整合面卷入了青洞向斜(图 3)。

2.2 推覆体前缘断裂——螺丝桥断裂

螺丝桥断裂位于推覆体前缘,为一走向 NE、倾向 SE 的逆冲断裂。断裂北端掩没于白垩系盆地中,南端被白莲寺花岗岩体吞没,全长约 43 km。断裂两侧主要出露冷家溪群板岩、砂岩,以及中泥盆世跳马涧组(不整合在冷家溪群之上)和棋梓桥组(图 2)。自北而南于黄边坳、栗山湾、人形山、龙门水库、砖桥、瓦屋场等地均见该断裂良好露头。在黄边坳一带小木坪组中见断层破碎带宽约 15 m,断面产状  $120^\circ \angle 70^\circ$ ;断裂以东 200 m 外见宽 100 余米的平卧褶皱带,指示推覆过程中受到强烈近水平剪切。在人形山南面民房后见跳马涧组因强烈的逆冲剪切形成紫红色片理化泥岩或泥质粉砂岩、片理化砂岩等,局部成断层角砾岩;断裂带宽 15 m 以上,断裂产状为  $115^\circ \angle 60^\circ$ 。在龙门水库大坝旁侧,断裂西盘为跳马涧组粉砂质页岩、粉砂岩,东盘(上盘)为小木坪组粉砂质板岩、绢云母板岩(图 4);断裂带由北西往南东依次由强直片理带(宽约 2 m)、硅化碎裂岩带(宽约 2 m)和片理化带(宽 2~3 m)等组成,断裂产状为  $130^\circ \angle 70^\circ \sim 80^\circ$ ,显示为高角度逆断裂。在砖桥见后期辉

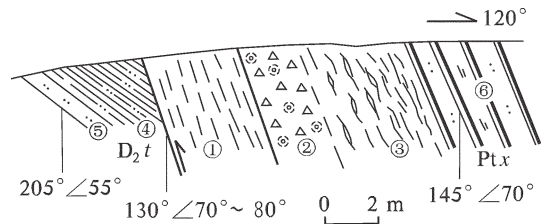


图 4 螺丝桥断裂剖面图(龙门水库水坝边)  
①—强直片理带;②—硅化碎裂岩带;③—片理化带;  
④—粉砂质页岩;⑤—粉砂岩;⑥—粉砂质板岩、绢云母板岩。  
P<sub>x</sub>—中元古代小木坪组;D<sub>2t</sub>—中泥盆世跳马涧组

Fig.4 Section of the Luosiqiao fault (on the side of Longmen reservoir dam)

- ①—Strong schistosity zone; ②—Silicified cataclastic rock;
- ③—Schistone zone; ④—Silty shale; ⑤—Siltstone; ⑥—Silty slate or sericite slate
- P<sub>x</sub>—Mesoproterozoic Xiaomuping Formation;
- D<sub>2t</sub>—Middle Devonian Tiaomajian Formation

绿玢岩脉侵入断层破碎带。在黄龙乡瓦屋场一带断裂产状为  $110^\circ \angle 75^\circ$ ,清楚见到小木坪组高角度逆冲于跳马涧组之上;断裂破碎带宽 1~1.2 m,带内岩石具强烈片理化,并充填有宽 0.4~1 m 的石英脉。

从陡倾的产状来看,螺丝桥断裂实为太湖推覆体的前缘断坡,往下与推覆体下面的滑脱带相连(图 3)。可以推断,该断裂往上曾与更高层位的滑脱带相连,太湖推覆体曾沿该断裂上冲爬升后转移至断裂以西,只是由于后期剥蚀作用使推覆体以西部分未能保存。

### 2.3 推覆体前带

自螺丝桥断裂往东至铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂为推覆体前带,其下部为近水平的滑脱构造带。组成前带的冷家溪群小木坪组中顺层劈理极为发育。沿龙门水库水坝(螺丝桥断裂)往南东至桐梓坪一线,见前带岩层层面和劈理面向南东或北西陡倾,倾角大多在 $75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 以上(图 2~3)。在龙门水库以东约 1 km 处,向下钻进近 200 m 均为小木坪组板岩夹砂岩,未见棋梓桥组,反映滑脱带(面)呈一西低东高的勺状,推覆体下伏棋梓桥组和跳马涧组组成一极宽缓的隐伏向斜,其与西面的青洞向斜之间则存在一背斜构造(图 3)。一般强挤压作用下岩层体总会产生不同程度的弯曲形变,从此意义上讲,上述滑脱带呈勺状弯曲或许较通常的平直水平状更容易被接受。鉴于推覆体下伏地层为棋梓桥组灰岩,因此推覆体下面的滑脱层很可能为余田桥组(区域上整合上覆于棋梓桥组之上)底部软弱岩系。

### 2.4 推覆体后带、下断坡及反冲断裂

铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂为一盲断裂,组成推覆构造的下断坡,断裂以东上载部分属推覆体后带,由冷家溪群黄浒洞组和其下的雷神庙组构成。在图 3 剖面线上,推覆体后带岩层产状稳定,倾向北西,倾角 $45^{\circ}$ 左右,相对前带而言显著变缓。产状变化部位在桐梓坪一带,对应于铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂前缘,即下断坡与上部滑脱构造的过渡转折部位。

中湾断裂为一发育于推覆体后带中的反冲断裂。该断裂总体呈 NNE-NE 向,呈一略向北西凸出的弧形(图 1),全长 30 km 以上。在中湾、瓦子坪和南港村等地见该断裂表露形迹。中湾一带于公路南侧岩壁上边见良好露头剖面,断裂发育于雷神庙组砂岩、板岩中,倾向北西,倾角约 $60^{\circ}$ 。断裂带宽 8.5 m,从北西往南东依次由片理化硅化带(宽 1 m)、弱变形带(宽 2.5 m)、强片理化带(宽 2 m)、硅化板岩带(宽 2 m)、片理化角砾岩带(宽 1 m)等组成。断裂带内及旁侧岩层因剪切牵引产生挠曲,且形态指示上盘上冲。

推覆体后带与前带一起组成了一个因逆冲-滑覆作用形成的北东向背斜或带状隆起,隆起带为冷家溪群,两侧出露晚古生代地层(图 1~2)。需要指出的是,一般发育于盖层内部的逆冲推覆构造在断坪-断坡转折部位表现为膝折状褶皱。但太湖逆冲推覆构造同时涉及上古生界盖层和下伏的褶皱基底,上盘推覆体主要由先期已变形刚化的基底组成,

因此在上部滑脱构造与下断坡转折部位没有形成膝折状褶皱。

### 2.5 后缘向斜

推覆构造后缘向斜由于丫江桥岩体及周边穹状隆起而分为北、南两段(图 1)。北段为大障向斜,南段为杨桥复式向斜,其分别以南端和北端向丫江桥岩体扬起。向斜中段因剥蚀未能保留。后缘向斜卷入地层为中泥盆世跳马涧组—晚二叠世长兴组,两翼对倾,翼间角 $80^{\circ}$ 左右。地表轴迹清楚显示出后缘向斜呈向北西凸出的弧形。后缘向斜东侧可能对应于深部水平滑脱带向下断坡的过渡带(图 3)。

### 2.6 推覆构造纵向变化、形成时代与推覆距离

据太湖逆冲推覆构造的前缘断裂、反冲断裂、后缘向斜等组成单元的走向延伸情况,太湖逆冲推覆构造南端抵常德—安仁基底隐伏断裂(图 1),北端至长岭以北。但由于受出露条件、调查程度等限制,下断坡前缘(或上缘)盲断裂的具体走向及相应的推覆体前带和后带之分界线只能大致推测在铁铺坳—龙凤桥一线(图 2),其往两端的延伸情况更是不明。此外,图 3 剖面中滑脱带下面的棋梓桥组与跳马涧组往北东和南西的延伸情况也不甚明了。从前缘断裂西面的青洞向斜向两端扬起封闭来看,推测滑脱带下伏地层向北东和南西转变为冷家溪群。

太湖逆冲推覆构造的前缘断裂北东段被白垩系盆地所掩,南西端未切割燕山早期(侏罗纪)花岗岩体。其后缘向斜因印支期丫江桥岩体相关穹状隆起而向中部扬起。结合区域中生代地质发展过程<sup>[20,21]</sup>,可确定推覆构造形成于中三叠世后期的印支运动。

鉴于龙门水库北面 and 南面均于推覆体前缘出露跳马涧组,因此可将滑脱构造后缘与推覆体前缘复位重接,据此得到推覆体滑移距离约为 5 km。

## 3 推覆构造运动学分析

从图 1 和图 2 可清楚地看出,推覆构造西侧青洞向斜走向中分点、后缘向斜弧形前凸部位及丫江桥岩体(或穹状隆起)中心组成一走向北西 $305^{\circ}$ 左右的直线。从北东和南西边界线延伸情况来看,丫江桥岩体东部可能大部分被白垩纪盆地掩盖(图 1)。如考虑东部被掩盖部分,则丫江桥岩体明显呈走向 NW 的长轴状,其长轴线正好与上述直线重合(图 1~2)。笔者分析认为,上述变形特征反映出青洞向斜至丫江桥岩体一线为推覆运动的主轴线,并暗示丫

江桥岩体的形成与太湖逆冲推覆构造密切相关。基于这一认识,对推覆构造的动力学和运动学过程及其与丫江桥岩体的成因关系分析如下。

印支运动中,在区域 NW(W) 向挤压下,沿晚泥盆世余田桥组钙质页岩软弱层和深部壳内近水平韧性层(或壳内高导低速层,可能相当于中、上地壳分界)发生滑脱,上下滑脱层通过铁铺坳—龙凤桥隐伏逆冲断裂贯通联结,其上部块体自南东向北西沿上部滑脱带滑动和沿下断坡逆冲,从而形成太湖逆冲推覆体(图 3)。该推覆体前缘亦因挤压作用形成层位更高的逆冲断裂,即螺丝桥断裂。螺丝桥断裂很可能与晚古生界上部软弱层形成的滑脱构造层相连(已剥蚀)。上述构造组成由多层滑动构造相连的台阶式逆断裂,这是逆冲推覆构造最普遍的一种结构型式。随着铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂东侧的推覆体后带持续沿下断坡爬升和沿上部滑脱带向北西滑动,形成不断抬升并向北西扩展的北东向背形隆起(冲断褶隆)。组成推覆体的元古宇冷家溪群初始岩层产状以中等角度倾向北西,推覆体自倾斜下断坡运移至近水平滑脱构造之上后产生旋转,从而导致前带岩层产状变陡。位于下断坡之上的推覆体后带受断坡的阻抗作用而应力更加集中,形成中湾反冲断裂。在推覆体后部,受深部滑脱和横向挤压导致块体弯曲以及西侧冲断褶隆的联合制约,形成后缘向斜。太湖推覆体前缘断裂以西,也在区域挤压、逆冲剪切作用下形成青洞倒转向斜。

总之,上述变形、变位过程最终形成了太湖逆冲推覆构造各组成单元。

太湖推覆体向北西运动过程中,沿青洞向斜至丫江桥岩体一线(带)较两侧具有更强的挤压和更大距离的滑移(尤其是深部滑动构造位移),成为推覆构造的中轴带。由此,在丫江桥地区形成穹状隆起,使后缘向斜分为两段并向中部穹隆扬起;在青洞一带形成向北东和南西端扬起圈闭的小型向斜。在推覆构造的两侧翼,因位移距离较小而产生后拽(牵引)效应,北东翼的大障向斜轴迹自南而北产生顺时针偏转,南西翼的杨桥复式向斜轴迹自北而南产生逆时针偏转,共同组成一向北西凸出的弧形构造(图 1)。

丫江桥穹状隆起区由于更强的挤压剪切作用及更大幅度的地壳增厚,深部地壳受到更强的热扰动而具有更高的温度,在强挤压过后应力松弛环境下减压熔融、岩浆上侵而形成丫江桥花岗岩体。值得指

出的是,野外调查表明无论丫江桥岩体内部、边缘还是近接触带围岩中均未见明显的挤压条件下强力就位的构造形迹,暗示岩体就位确于太湖逆冲推覆构造基本成型后完成。由于存在呈北西向的强挤压滑移带(推覆构造中轴带),深部热异常也具 NW 向带状分布特征,使丫江桥岩体呈 NW 向长轴状。已有研究表明岩体就位可引起地壳上隆,在此情况下会于周边形成伸展滑动构造<sup>[13-15]</sup>。野外调查表明,丫江桥岩体周边的冷家溪群地层中没有自岩体向外伸展滑动构造发育,因此穹状隆起和岩体之间的相互关系很可能是前者为因、后者为果,这从一个侧面证明了以上关于岩体形成机理的论述。

沿推覆构造中轴带具更强挤压与更大滑移距离的原因尚难确定,可能与两侧存在的砥柱作用(阻挡)有关(北面加里东宏夏桥岩体和南面常德—安仁北西向断裂的阻挡),若如此,则后缘向斜的弧形弯曲除与向后牵引有关外,可能还与两侧阻挡造成应力场改变有关,类似于“山字型”构造前弧的形成机理。

## 4 讨论

### 4.1 太湖推覆构造与安仁“y”字型构造关系探讨

在太湖逆冲推覆构造南面安仁一带发育有一特殊的“y”字型构造。在安仁县城以西,于断裂北侧发育 NNW 向印支期褶皱;安仁县城以东,于断裂南、北两侧均发育 NNE 向褶皱,从而组成“y”字型不协调构造(图 1)。笔者曾研究认为安仁“y”字型构造与常德—安仁 NW 向基底隐伏断裂南东段在印支期左旋走滑密切相关<sup>[10]</sup>;该断裂左旋走滑所派生的近东西向挤压应力场,及走滑所产生的牵引作用,使安仁以西 NNE 向构造线发生逆时针旋转,从而形成 NNW 向褶皱;安仁以东由于紧邻 NNE 向茶陵—郴州主俯冲汇聚断裂,NW 向断裂走滑量相对较小,派生应力与牵引效应小,而区域 NWW 向挤压应力大,从而于断裂两侧均形成与区域构造线一致的 NNE 向褶皱。如果只是简单受此机制控制,则断裂南西面的五峰仙岩体周边褶皱走向也应当明显偏离 NNE 向,但实际情况并非如此(图 1),原因何在?笔者当时只提出可能与边界条件差异有关,但未能作更深入探讨。笔者对太湖逆冲推覆构造的研究,进一步明确了边界条件差异,为这一问题提供了可能的解释:

尽管常德—安仁断裂左旋走滑派生的应力场在



断裂两侧应一致,但由于断裂两侧块体运动以及运动过程中受到的边界限制条件的差异,使得断裂两侧构造线走向产生差异。首先,太湖逆冲推覆构造向北西的不均衡滑动,导致其南西侧翼产生后拽效应,使常德—安仁断裂北东面的杨桥向斜南段、蕉园复背斜、紫金仙背斜的轴线旋转为 NNW 至 SN 向;而断裂南西面则无类似变形背景。其次,湘东南地区印支运动中地壳运移方向为 NWW 向<sup>[10,11]</sup>,常德—安仁断裂北东面块体面向断裂运动(图 1 中逆冲断裂走向的法线方向与常德—安仁断裂走向呈 15°左右交角),受到该断裂的砥柱面作用<sup>[9]</sup>(阻抗作用)使构造线产生左旋弧形偏转;而断裂南西面块体则背向断裂运动,未受到断裂面的阻抗作用,构造线未因此而产生偏转。断裂北东面受到更大阻抗的推断,还可从其相对南西面隆起(图 1)得到佐证。

#### 4.2 太湖推覆构造对华南中生代构造演化的制约

目前对华南内部中生代构造演化的认识尚存颇多分歧。如对于主要分布于湘桂地区的印支期花岗岩,早中生代碰撞造山作用模式<sup>[27,28]</sup>认为属岛弧环境的产物;印支期陆内俯冲造山模式认为是陆壳叠置加厚作用的结果<sup>[29,30]</sup>;陆内伸展模式认为早中生代华南内部存在岩石圈伸展减薄和基性岩浆底侵作用,为同期花岗岩的形成提供了热源<sup>[31,32]</sup>;最近还有研究认为华南印支期花岗岩形成于后造山构造环境<sup>[33]</sup>。再如对于燕山早期花岗岩形成的构造环境,当前存在“后造山”伸展环境<sup>[34,35]</sup>和“大陆裂谷”环境<sup>[36,37]</sup>两种主要观点。

笔者近年来在对盆地与沉积<sup>[38]</sup>、火山岩<sup>[38]</sup>、花岗岩<sup>[22,39-45]</sup>、构造变形<sup>[10,11,18,19]</sup>、矿床<sup>[23,46,47]</sup>等多种地质要素及热年代学<sup>[48]</sup>综合研究基础上,提出湘东南中生代地质演化的详细过程<sup>[20,21]</sup>:中三叠世后期—中侏罗世初为陆内造山阶段。其中中三叠世后期发生强烈陆内汇聚挤压,形成 NNE 向为主的逆冲断裂与褶皱,以及 NW 向的基底隐伏走滑断裂等,挤压造山使陆壳强烈增厚并引发强烈热扰动;中三叠世末—晚三叠世后期为同造山阶段的后碰撞构造环境,挤压相对松弛环境下深部加热地壳熔融而形成印支期强过铝花岗岩;晚三叠世末—早侏罗世为同造山上隆伸展环境,形成以 NNE 向裂陷含煤盆地以及高 Na、低 K 的拉斑玄武岩;中侏罗世初期为挤压环境, NNE 向左旋汇聚走滑造山作用形成逆冲断裂,且前期裂陷盆地反转成为山前冲断收缩盆地。中侏罗世早期—晚侏罗世为后造山阶段,因岩石圈拆沉引发

强烈热扰动,造成大量后造山花岗岩侵位,同时发生大规模有色金属成矿作用。白垩纪为陆内裂谷阶段,形成盆—岭构造、双峰式火山岩和次火山岩以及 AA 型花岗岩(局部发育)等。

上述地质过程符合造山带构造演化的一般规律,因此,包括三叠世后期印支挤压造山运动和其后的印支期花岗质岩浆活动在内,各阶段构造属性或构造活动特征之间彼此提供了约束。笔者对太湖逆冲推覆构造的调查和分析表明,印支运动中存在强烈的挤压、剪切、逆冲叠覆和地壳增厚,具有显著的陆内造山作用特征。而太湖逆冲推覆构造还进一步控制了之后印支期丫江桥花岗岩体的形成。因此,印支期太湖逆冲推覆构造为湘东(南)乃至华南地区中生代构造演化过程提供了一定程度的约束。

## 5 结 论

(1)湘东印支期太湖逆冲推覆构造总体呈北东走向,自北西往南东依次由前缘逆断裂(螺丝桥断裂)、推覆体前带和上部滑脱构造、下断坡(铁铺坳—龙凤桥隐伏断裂)及推覆体后带、反冲断裂(中湾断裂)、后缘向斜等组成。在前缘断裂北西面发育青洞倒转向斜;在后缘向斜中段发育丫江桥穹状隆起和印支期丫江桥花岗岩体。青洞向斜走向中分点、后缘向斜弧形前凸部位及丫江桥岩体(穹状隆起)中心组成 NW 向直线,并与丫江桥岩体长轴重合。

(2)基于上述特征,分析提出太湖逆冲推覆构造及丫江桥穹状隆起和丫江桥岩体形成的动力机制:印支运动中在区域 NW(W)向挤压下,发生深部和浅部滑脱以及沿断坡的逆冲,形成太湖逆冲推覆构造。太湖推覆体向北西运动过程中存在自青洞向斜至丫江桥岩体的具有更强挤压和更大距离滑移的 NW 向中轴带,使丫江桥地区形成穹状隆起,并使后缘向斜轴迹因后拽牵引而组成一向北西凸出的弧形构造。丫江桥穹状隆起区由于更强的挤压剪切作用及更大幅度的地壳增厚,深部地壳发生更强烈的热扰动而具有更高的温度,在强挤压过后应力松弛环境下减压熔融、岩浆上侵而形成丫江桥花岗岩体。

(3)太湖逆冲推覆构造为华南中生代构造演化提供了一定程度的制约。

#### 参考文献(References):

[1]刘波.论华南陆缘山字型构造体系[J].成都理工大学学报(自然科



- 学版), 1982, (2):45-53.
- Liu Bo. Discussion on the epicontinental  $\epsilon$ -tectonic system of South China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 1982, (2):45-53 (in Chinese with English abstract).
- [2] 沈淑敏. 南岭正弦状山字型构造应力场的初步分析及模拟实验 [J]. 地质学报, 1980, (3):186-194.
- Shen Shumin. A preliminary analysis and model experiments of the stress field of the sinuous type of epsilon structures in the Nanling region [J]. Acta Geologica Sinica, 1980, (3):186-194 (in Chinese with English abstract).
- [3] 蒋炳铨. 华南地区山字型、弧形构造与“格状”断裂 [J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 1980, (4):35-52.
- Jiang Bingquan.  $\epsilon$ -tectonic system, arcuate structures and grid faults [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 1980, (4):35-52 (in Chinese with English abstract).
- [4] 林潜, 邢玉箴. 粤北山字型构造体系的古地磁研究 [J]. 地质学报, 1983, 57(1):63-71.
- Lin Qian, Xing Yuqiu. Study on paleomagnetism in the  $\epsilon$ -type tectonic system in northern Guangdong [J]. Acta Geologica Sinica, 1983, 57(1):63-71 (in Chinese with English abstract).
- [5] 赵剑畏, 王治顺, 朱大岗. 华南山字型构造体系的厘定及意义 [J]. 地质力学学报, 1997, 3(1):1-9.
- Zhao Jianwei, Wang Zhishun, Zhu Dagang. The epsilon-type structural system of South China [J]. Journal of Geomechanics, 1997, 3(1):1-9 (in Chinese with English abstract).
- [6] 吴磊伯, 等. 湘南地质构造系统的初步分析 [J]. 地质力学丛刊, 第 1 号. 1959, 北京: 科学出版社.
- Wu Leibo, et al. Preliminary analysis of tectonic system of south Hunan [J]. A Series of Geomechanical Books, No.1. 1959, Beijing: Science Press (in Chinese).
- [7] 邱之俊, 钟浚贤, 詹世云. 祁阳山字型构造特征及形成机制 [J]. 石油与天然气地质, 1980, 1(1):75-81.
- Qiu Zhijun, Zhong Junxian, Zhan Shiyun. Tectonic features of Qiyang  $\epsilon$ -type tectonic system and its mechanism of formation [J]. Oil & Gas Geology, 1980, (1):75-81 (in Chinese with English abstract).
- [8] 陈长明. 关于湖南祁阳山字型构造的探讨 [J]. 湖南师范大学(自然科学)学报, 1985, 8(3):109-112.
- Chen Changmin. A preliminary study of Qiyang  $\epsilon$ -type tectonic in Hunan [J]. (Natural Science) Journal of Hunan Normal University, 1985, 8(3):109-112 (in Chinese with English abstract).
- [9] 武汉地质学院湖南科研队. 湘中地区深层构造与浅层构造关系的探讨 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1981, 6(2):59-71.
- Huhan Scientific Research Team, Wuhan College of Geology. On the relation between deep structures and shallow structures in central Hunan, China [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1981, 6(2):59-71 (in Chinese with English abstract).
- [10] 柏道远, 熊延望, 王先辉, 等. 湖南常德—安仁 NW 向断裂左旋走滑与安仁“y”字型构造 [J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(4):435-442.
- Bai Daoyuan, Xiong Yanwang, Wang Xianhui, et al. “y”-type structure in Anren county, Hunan, and the sinistral strike-slip of Changde—Anren NW-trending fault [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005, 29(4):435-442 (in Chinese with English abstract).
- [11] 柏道远, 黄建中, 王先辉, 等. 湖南邵阳—郴州北西向左旋走滑暨水口山—香花岭南北向构造成因 [J]. 中国地质, 2006, 33(1):56-63.
- Bai Daoyuan, Huang Jianzhong, Wang Xianhui, et al. Sinistral strike-slip motion of the NW-trending Saoyang—Chenzhou fault and genesis of the N-S-trending Shuikoushan—Xianghualing tectonic zone in Hunan [J]. Geology in China, 2006, 33(1):56-63 (in Chinese with English abstract).
- [12] 杨巍然, 郭颖, 张旺生. 湘中地区四明山穹隆构造特征及其形成机制 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1981, 6(1):120-127.
- Yang Weiran, Guo Ying, Zhang Wangsheng. The tectonic characteristics and mechanism of the Simingshan dome, central Hunan [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1981, 6(1):120-127 (in Chinese with English abstract).
- [13] 马长信. 关于彭山高挥发份花岗岩底辟穹隆构造及其控矿作用 [J]. 地质论评, 1989, 35(3):127-135.
- Ma Changxin. A high-volatile diapiropic granite dome in the Pengshan area and its ore-controlling role [J]. Geological Review, 1989, 35(3):127-135 (in Chinese with English abstract).
- [14] 吴富江, 钟春根, 钟达洪. 江西武功山岩浆热穹隆伸展滑覆构造的基本特征及形成时代 [J]. 江西地质, 2001, 15(3):161-165.
- Wu Fujiang, Zhong Chungen, Zhong Dahong. Basic features and age of the extensional gliding nappe structure of Wugongshan magmatic thermal dome in Jiangxi [J]. Jiangxi Geology, 2001, 15(3):161-165 (in Chinese with English abstract).
- [15] 舒良树, Faure M. 华南武功山中生代伸展构造 [J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(5):431-438.
- Shu Liangshu, Faure M. Mesozoic extensional structures in Wugongshan Mountain, South China [J]. Science in China (Series D), 1998, 28(5):431-438 (in Chinese).
- [16] 黄钟瑾, 徐鸣洁, 胡德昭, 等. 太湖穹隆中逆-逆冲断层及外围的推覆构造 [J]. 南京大学学报(自然科学版), 1994, 30(1):124-132.
- Huang Zhongjin, Xu Mingji, Hu Dezhao, et al. Reverse fault thrusts in the Taihu Lake dome and nappe structures over the margin of the dome [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences Edition), 1994, 30(1):124-132 (in Chinese with English abstract).
- [17] 汪劲草, 彭恩生, 孙振家, 等. 湘中龙山穹隆的构造演化 [J]. 湖南地质, 1999, 18(4):229-231.
- Wang Jincan, Peng Ensheng, Sun Zhenjia, et al. Tectonic evolution of Longshan dome in middle Hunan [J]. Hunan Geology, 1999, 18(4):229-231 (in Chinese with English abstract).
- [18] 柏道远, 陈建成, 孟德保, 等. 湖南炎陵印支期隔槽式褶皱形成机制探讨 [J]. 地球科学与环境学报, 2006, (4):10-14.
- Bai Daoyuan, Chen Jianchen, Meng Debao, et al. Forming mechanism of the Indosinian trough-like folds in Yanling region,

- Hunan Province [J]. *Journal of Earth Science and Environmental*, 2006, (4):10-14 (in Chinese with English abstract).
- [19] 柏道远, 王先辉, 马铁球, 等. 湘东南印支期褶皱特征及形成机制[J]. *华南地质与矿产*, 2006, (4):50-57.
- Bai Daoyuan, Wang Xianhui, Ma Tieqiu, et al. Characteristics and forming mechanism of Indosinian folds in southeast Hunan [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2006, (4):50-57 (in Chinese with English abstract).
- [20] 柏道远, 黄建中, 刘耀荣, 等. 湘东南及湘粤赣边区中生代地质构造发展框架的厘定[J]. *中国地质*, 2005, 32(4):557-570.
- Bai Daoyuan, Huang Jianzhong, Liu Yaorong, et al. Framework of Mesozoic tectonic evolution in southeastern Hunan and the Hunan-Guangdong-Jiangxi border area [J]. *Geology in China*, 2005, 32(4): 557-570 (in Chinese with English abstract).
- [21] 柏道远, 黄建中, 李金冬, 等. 华南中生代构造演化过程的多地质要素约束——湘东南及湘粤赣边区中生代地质研究的启示[J]. *大地构造与成矿学*, 2007, 31(1):1-14.
- Bai Daoyuan, Huang Jianzhong, Li Jindong, et al. Multiple geological elements constraint on the Mesozoic tectonic evolution of south China: apocalypse of the Mesozoic geological evolution in Southeastern Hunan and the Hunan-Guangdong-Jiangxi border area [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2007, 31 (1):1-14 (in Chinese with English abstract).
- [22] 柏道远, 周亮, 马铁球, 等. 湘东南印支期花岗岩成因及构造背景[J]. *岩石矿物学杂志*, 2007, 26(3):197-212.
- Bai Daoyuan, Zhou Liang, Ma Tieqiu, et al. Genesis and tectonic setting of Indosinian granites in southeast Hunan [J]. *Acta Petrologica et Mimerologica*, 2007, 26 (3):197-212 (in Chinese with English abstract).
- [23] 柏道远, 周亮, 王先辉, 等. 湘东南燕山早期钨锡与铅锌多金属矿床组合形成的构造-岩浆动力学机制 [J]. *地质学报*, 2007, 81(9):1238-1247.
- Bai Daoyuan, Zhou Liang, Wang Xianhui, et al. Tectonic-magmatic mechanisms of the two types of Early Yanshanian W-Sn-polymetallic and Pb-Zn-polymetallic deposit assemblages in southeast Hunan[J]. *Acta Geologica sinica*, 2007, 81(9):1238-1247 (in Chinese with English abstract).
- [24] 舒良树, 邓平, 王彬, 等. 南雄—诸广地区晚中生代盆山演化的岩石化学、运动学与年代学制约[J]. *中国科学(D 辑)*, 2004, 34(1):1-13.
- Shu Liangshu, Deng Ping, Wang bin, et al. The petrochemical, kinematic and chronological constraints on the Late Mesozoic basin-mount evolution in Nanxing-Zhuguangshan eara[J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 34(1):1-13(in Chinese).
- [25] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 南岭构造带的基本地质特征[J]. *地质论评*, 2006, 52(2):251-265.
- Shu Liangshu, Zhou Xinmin, Deng Ping, et al. Principal geological features of Nanling tectonic belt, South China [J]. *Geological Review*, 2006, 52(2):251-265 (in Chinese with English abstract).
- [26] 柏道远, 周亮, 王先辉, 等. 湘东南南华系—寒武系砂岩地球化学特征对华南新元古代—早古生代构造背景的制约 [J]. *地质学报*, 2007, 81(6):755-771.
- Bai Daoyuan, Zhou Liang, Wang Xianhui, et al. Geochemical characteristics of Nanhuan -Cambrian Sandstones from southeastern Hunan, and its constraints on Neoproterozoic-early Paleozoic tectonic setting of South China[J]. *Acta Geologica sinica*, 2007, 81(6): 755-771(in Chinese with English abstract).
- [27] Hsü K J, Li Jiliang, Chen Haihong. Tectonic of South China: Key to understanding West Pacific geology [J]. *Tectonophys*, 1990, 183:9-39.
- [28] 陈海泓, 肖文交. 多岛海型造山作用——以华南印支期造山带为例[J]. *地学前缘*, 1998, 5(增刊):95-100.
- Chen Haihong, Xiao Wenjiao. Archipelago orogenesis ——Examples from Indosinian orogenic belts in South China [J]. *Earth Science Frontiers*, 1998, 5(supp):95-100 (in Chinese with English abstract).
- [29] 金文山, 孙大中. 华南大陆深部地壳结构及其演化[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- Jin Wenshan, Sun Dazhong. Deep Crustal Structure and Its Evolution in South China. Beijing: Geological Publishing House, 1997(in Chinese with English abstract).
- [30] 王岳军, Zhang Y H, 范蔚茗, 等. 湖南印支期过铝质花岗岩的形成, 岩浆底侵与地壳加厚热效应的数值模拟[J]. *中国科学(D 辑)*, 2002, 32(6):491-499.
- Wang Yuejun, Zhang Y H, Fan Weiming, et al. Numerical modeling of the formation of Indo-Sinian peraluminous granitoids in Hunan Province: Basaltic underplating versus tectonic thickening[J]. *Science in China (Series D)*, 2002, 45(11):1042-1056.
- [31] 郭锋, 范蔚茗, 林柯. 湖南道县辉长岩包体的年代学研究及成因探讨[J]. *科学通报*, 1997, 42(15):1661-1663.
- Guo Feng, Fan Weiming, Lin Ge. Chronology and petrogenesis of gabbro inclusion in Daoxian County, Hunan Province [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1997, 42(15):1661-1663 (in Chinese).
- [32] 赵振华, 包志伟, 张伯友. 湘南中生代玄武岩类地球化学特征[J]. *中国科学(D 辑)*, 1998, 28(增刊):7-14.
- Zhao Zhenhua, Bao Zhiwei, Zhang Boyou. Geochemistry of the Mesozoic basaltic rocks in southern Hunan Province [J]. *Science in China(Series D)*, 1998, 41(supp.):7-14 (in Chinese).
- [33] 付建明, 马昌前, 谢才富, 等. 湖南金鸡岭铝质 A 型花岗岩的厘定及构造环境分析[J]. *地球化学*, 2005, 34(3):215-226.
- Fu Jianming, Ma Changqian, Xie Caifu, et al. Ascertainment of the Jinjiling aluminous A -type granite, Hunan Province and its tectonic settings[J]. *Geochimica*, 2005, 34(3): 215-226 (in Chinese with English abstract).
- [33] 陈培荣, 华仁民, 章邦桐, 等. 南岭燕山早期后造山花岗岩类: 岩石学制约和地球化学动力学背景[J]. *中国科学(D 辑)*, 2002, 32(4):279-289.
- Chen Peirong, Hua Renmin, Zhang Bangtong, et al. Early Yanshanian post-orogenic granitoids in the Nanling region: petrological constraints on and geodynamic settings [J]. *Science in China(Series D)*, 2002, 45(8):755-768.

- [35] 陈培荣, 章邦桐, 孔兴功, 等. 赣南寨背 A 型花岗岩体的地球化学特征及其构造地质意义[J]. 岩石学报, 1998, 14(3):289-298.  
Chen Peirong, Zhang Bangtong, Kong Xinggong, et al. Geochemical characteristics and tectonic implication of Zhaibei A-type Granitic intrusives in south Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 1998, 14(3):289-298 (in Chinese with English abstract).
- [36] 陈志刚, 李献华, 李武显, 等. 赣南全南正长岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其对华南燕山早期构造背景的制约[J]. 地球化学, 2003, 32(3):223-229.  
Chen Zhigang, Li Xianhua, Li Wuxian, et al. SHRIMP U-Pb zircon age of the Quannan syenite, southern Jiangxi: constraints on the early Yanshanian tectonic setting of SE China [J]. Geochimica, 2003, 32(3):223-229 (in Chinese with English abstract).
- [37] 陈培荣, 周新民, 张文兰, 等. 南岭东段燕山早期正长岩-花岗岩杂岩的成因和意义[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34(6):493-503.  
Chen Peirong, Zhou Xinmin, Zhang Wenlan, et al. Origin of early Yanshanian syenite-granitic complexes in eastern Nanling region and its implications [J]. Science in China (Series D), 2004, 34(6):493-503 (in Chinese).
- [38] 柏道远, 汪永清, 王先辉, 等. 湘东南汝城盆地性质及其对华南燕山早期构造环境的启示 [J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(1):47-54.  
Bai Daoyuan, Wang Yongqing, Wang Xianhui, et al. The nature of the Rucheng Basin in southeastern Hunan and its significance to the tectonic setting of South China during the early Yanshanian[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2006, 26 (1):47-54 (in Chinese with English abstract).
- [39] 柏道远, 陈建成, 马铁球, 等. 王仙岭岩体地质地球化学特征及其对湘东南印支晚期构造环境的制约 [J]. 地球化学, 2006, 35(2):113-125.  
Bai Daoyuan, Chen Jiancheng, Ma Tieqiu, et al. Geochemical characteristics of Wangxianling granitic pluton and its constraints on late Indosinian tectonic setting of southeast Hunan [J]. Geochimica, 2006, 35(2):113-125 (in Chinese with English abstract).
- [40] 柏道远, 陈建超, 马铁球, 等. 湘东南骑田岭岩体 A 型花岗岩的地球化学特征及其构造环境 [J]. 岩石矿物学杂志, 2005, 24(4):255-272.  
Bai Daoyuan, Chen Jianchao, Ma Tieqiu, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of Qitianling A-type granitic pluton in southeast Hunan [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2005, 24(4):255-272 (in Chinese with English abstract).
- [41] 柏道远, 汪永清, 王先辉, 等. 湖南衡阳燕山早期川口过铝花岗岩地球化学特征、成因与构造环境[J]. 沉积与特提斯地质, 2007, 27(2):49-59.  
Bai Daoyuan, Wang Yongqing, Wang Xianhui, et al. Geochemistry, genesis and tectonic setting of early Yanshanian Chuankou peraluminous granites, Hengyang Hunan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2007, 27 (2):49-59 (in Chinese with English abstract).
- [42] 马铁球, 伍光英, 贾宝华, 等. 南岭中段郴州一带中、晚侏罗世花岗岩浆的混合作用——来自镁铁质微粒包体的证据 [J]. 地质通报, 2005, 24(6):506-512.  
Ma Tieqiu, Wu Guangying, Jia Baohua, et al. Middle-late Jurassic granite magma-mixing in the middle segment of the Nanling mountains, South China: evidence from mafic microgranular enclaves[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(6):506-512 (in Chinese with English abstract).
- [43] 马铁球, 邝军, 柏道远, 等. 南岭中段诸广山南体燕山早期花岗岩地球化学特征及其形成的构造环境分析 [J]. 中国地质, 2006, 33(1):119-131.  
Ma Tieqiu, Kuang Jun, Bai Daoyuan, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of the early Yanshanian south Zhuguangshan granite in the central segment of the Nanling mountains[J]. Geology in China, 2006, 33(1):119-131(in Chinese with English abstract).
- [44] 马铁球, 柏道远, 邝军, 等. 南岭大东山岩体北部  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  定年及地球化学特征[J]. 地球化学, 2006, 35(4):346-358.  
Ma Tieqiu, Bai Daoyuan, Kuang Jun, et al.  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  dating and geochemical characteristics of the granites in north Dadongshan pluton, Nanling mountains [J]. Geochimica, 2006, 35(4):346-358 (in Chinese with English abstract).
- [45] 江西根, 柏道远, 陈建超, 等. 湘东南宝峰仙地区燕山早期花岗岩地球化学特征及其构造环境[J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(2):206-219.  
Jiang Xigen, Bai Daoyuan, Chen Jianchao, et al. Geochemical characteristics and tectonic setting of Baofengxian Early Yanshanian granites, southeast Hunan [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, 30(2):206-219 (in Chinese with English abstract).
- [46] 柏道远, 贾宝华, 李金冬, 等. 区域构造体制对湘东南印支期与燕山早期花岗岩成矿能力的重要意义——以千里山岩体和王仙岭岩体为例[J]. 矿床地质, 2007, 36(5):487-500.  
Bai Daoyuan, Jia Baohua, Li Jindong, et al. Regional tectonic regime and its vital importance to the metallogenic ability of Indosinian and Early Yanshanian granites in southeastern Hunan: a example from Qianlishan and Wangxianling pluton [J]. Mineral Deposits, 2007, 36(5):487-500 (in Chinese with English abstract).
- [47] 柏道远, 贾宝华, 马铁球, 等. 湘东南印支期与燕山早期花岗岩成矿能力差异与岩石地球化学特征关系探讨 [J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26(5):387-398.  
Bai Daoyuan, Jia Baohua, Ma Tieqiu, et al. Relationship of between the litho-geochemical characteristics and the metallogenic differences between the Indosinian and Early Yanshanian granites in southeastern Hunan[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2007, 26(5):387-398 (in Chinese with English abstract).
- [48] 柏道远, 黄建中, 孟德保, 等. 湘东南地区中、新生代山体隆升过程的热年代学研究[J]. 地球学报, 2006, 27(6):525-536.  
Bai Daoyuan, Huang Jianzhong, Meng Debao, et al. Meso-Cenozoic thermochronological analysis on the uplift process of mounts in southeast Hunan [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2006, 27(6):525-536 (in Chinese with English abstract).



## Basic characteristics of the Taihu thrust system in eastern Hunan

BAI Dao-yuan<sup>1,2</sup> ZOU Bin-wei<sup>3</sup> ZHAO Long-hui<sup>3</sup> LI Ze-hong<sup>2</sup>  
WANG Xian-hui<sup>2</sup> MA Tie-qiu<sup>2</sup> XIAO Dong-gui<sup>2</sup> PENG Yun-yi<sup>2</sup>

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Hunan Institute of Geological Survey, Xiangtan 411100, Hunan, China; 3. General Geological Environmental Monitoring Station of Hunan Province, Changsha 410007, Hunan, China)

**Abstract:** The Taihu thrust system in eastern Hunan was defined in this paper on the basis of geological and borehole observations. The NE-trending thrust system is composed from northwest to southeast of such structural elements as frontal thrust fault (Luosiqiao fault), frontal belt of nappe and upper decollement structure, low ramp (Tiepuaolongfengqiao hidden fault) and back belt of nappe, back-thrusting fault (Zhongwan fault), and rear syncline. There occurs Qingdong reversed syncline to the northwest of the frontal fault. The axial trace of the rear syncline shows an arc bulging to the northwest, and there also exist Yajiangqiao domal uplift and Indosinian Yajiangqiao pluton in the middle segment of the syncline. The midpoint of the Qingdong syncline, the bulging part of the arc rear syncline and the center of the Yajiangqiao pluton (or the Yajiangqiao domal uplift) lie on a NW-trending line coinciding with the long axis of the Yajiangqiao pluton. Based on these geological characteristics and using structural correlation analysis, the authors put forward the formation mechanisms of the Taihu thrust system, the Yajiangqiao domal uplift and the Yajiangqiao pluton as follows: Under the NW (W)-trending compressive stress during the Indosinian movement, deep and shallow detachment and thrusting took place along the low ramp, resulting in the formation of the Taihu thrust system. There also existed a middle belt extension from the Qingdong syncline to the Yajiangqiao pluton where compression and slip were more violent than the two sides when the thrust body moved northwestward. This led to the formation of the Yajiangqiao domal uplift and, controlled by back hauling, made the axial trace of the rear syncline bulge to the northwest. More intense compression-shearing and crust-thickening existed in the Yajiangqiao domal uplift, and accordingly the temperature of the deep crust rose. These factors caused the melting of the deep crust with the magmatic intrusion, and the Yajiangqiao pluton was formed with the weakening of the stress after strong compression. The Taihu thrust system gives some constraints on Mesozoic tectonic evolution in South China.

**Key words:** Taihu thrust system; characteristics; eastern Hunan

---

**About the first author:** BAI Dao-yuan, male, born in 1967, senior engineer, mainly engages in the study of tectonics, petrology and metallogenesis; E-mail: daoyuanbai@sina.com.