

湖南炎陵印支期隔槽式褶皱形成机制

柏道远¹, 陈建成², 孟德保¹, 王先辉¹,
马铁球¹, 张晓阳¹, 陈必河¹

(1. 湖南省地质调查研究院 湖南 湘潭 411100; 2. 湖南省地质勘查局 413 队, 湖南 常德 415000)

[摘要] 为查明湘东南印支期褶皱特征及形成机制, 对炎陵地区进行了详细的地质填图和野外观察。调查表明, 泥盆纪跳马涧组与前泥盆纪褶皱基底间不整合界面在空间上组成背、向斜, 表明褶皱基底参与了印支期褶皱作用。平面上, 向斜出露宽度及延伸规模明显较背斜小, 向斜转折端表现清楚且狭窄尖长, 而背斜转折端没有清楚显示; 剖面上, 不整合界面靠近向斜核部产状陡, 向两翼方向迅速变缓。反映出背斜平缓开阔、向斜紧闭狭窄且侧翼呈上拱尖棱状的隔槽式褶皱特征。印支期褶皱呈北北东向, 横跨在前泥盆纪褶皱基底中加里东期北西向褶皱之上, 但未对加里东期褶皱造成明显地叠加改造效应, 说明前泥盆纪地层在印支运动中没有发生明显地弯滑褶皱作用。露头显示, 褶皱过程中盖层未沿不整合界面产生明显滑脱。因此, 认为炎陵地区隔槽式褶皱形成于基底(厚皮式)横向收缩与压扁作用, 并从理论上论证了其隔槽式褶皱不可能是盖层沿基底滑脱的产物, 纠正了前人的薄皮式观点。

[关键词] 隔槽式褶皱; 厚皮式; 印支期; 炎陵; 湖南

[中图分类号] P542 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6561(2006)04-0010-05

Forming Mechanism of Indosinian Trough Like Folds in Yanling Region, Hunan

BAI Dao yuan¹, CHEN Jian cheng², MENG De bao¹, WANG Xian hui¹

MA Tie qiu¹, ZHANG Xiao yang¹, CHEN Bi he¹

(1. Hunan Province Institute of Geology Survey, Xiangtan 411100, Hunan, China; 2. 413 Brigade of Hunan Province Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Changde 415000, Hunan, China)

Abstract This paper carried out regional geological survey in Yanling area in order to study the characteristics and forming mechanism of the Indosinian folds in southeast Hunan. The survey declared that the unconformity surface between Devonian Tiaomajian Formation and Predevonian basement make up antiforms and synclines, which indicate that the folded basement participated in Indosinian folding. On surface, the synclines have less width and less extending size than the antiforms; the hinge ends of synclines are clear, narrow and sharp, while the hinge ends of antiforms aren't distinct. At section plane, the unconformity surface is steep near the syncline core, and become gentle toward two limbs. Above features show pattern of trough like folds with gentle and wide antiforms as well and narrow close clinoria. The NNE directed Indosinian folds stride across the Caledonian NW directed folds in the predevonian basement, and didn't transform the Caledonian folds evidently. Outcrops show that the cover did not detach along the unconformity surface. The trough like folds in Yanling region were formed during the transverse shrinking and flattening of the basement (thick skin), the trough like folds were not the production of cover detachment along basement, so the former standpoint of thin skin about it was corrected.

Key words: trough like folds; thick skin; Indosinian; Yanling; Hunan

[收稿日期] 2005 12 15

[基金项目] 国土资源部地质大调查项目(200213000035)

[作者简介] 柏道远(1967-), 男, 湖南澧县人, 高级工程师, 从事区域地质调查工作。

0 引言

湘东南炎陵地区发育北北东向印支期隔槽式褶皱, 前人认为由中泥盆统一中下三叠统沉积盖层沿与前泥盆纪基底间不整合面发生滑脱所形成^[1]。大多数人认为, 侏罗山式隔槽式褶皱与隔档式褶皱是由于盖层沿基底滑脱所形成的薄皮式构造所形成^[2]。近年来, 笔者在该地区进行 1 : 25 万区域地质调查时对印支期隔槽式褶皱进行了研究, 结果表明, 褶皱形成机制并非传统的薄皮式滑脱, 而是基底厚皮式收缩的结果。

1 区域地质概况

炎陵地区位于北北东向茶陵—郴州大断裂带以东, 区域上属炎陵—汝城隆起区的北部^[3], 前泥盆纪寒武—奥陶系与加里东志留纪花岗岩广泛出露(图 1)。寒武系和奥陶系主要为一套由砂岩、板岩组成的类复理石沉积, 局部夹少量硅质岩和碳酸盐岩。泥盆系—石炭系为浅海相碳酸盐岩和碎屑

岩沉积。隆起区北西面为白垩纪茶永盆地, 发育陆相红色碎屑岩沉积。三河西面发育少量侏罗纪地层, 为灰—灰黄色砂岩、页岩。志留纪彭公庙岩体、万洋山岩体等主要由黑云母二长花岗岩组成, 少量黑云母花岗闪长岩, 出露少量侏罗纪黑云母二长花岗岩。区内中生代北北东—北东向断裂发育, 多为压(扭)性断裂。

志留纪末加里东运动使寒武纪—奥陶纪地层全面褶皱, 褶皱(或构造线)走向以北西向为主, 为中常—紧闭线性连续褶皱, 岩层产状总体较陡, 倾角一般 55°~80°, 翼间角多为 20°~60°。褶皱轴面大多近直立(图 2), 部分为轴面倾向北东的倒转褶皱(图 3)。褶皱翼部常发育层间剪切褶皱。背、向斜发育程度相近, 构成阿尔卑斯型褶皱组合样式。显然, 加里东期褶皱是在强烈地水平挤压作用下, 受岩层面的弯滑褶皱作用控制所形成。同期轴面劈理非常发育, 劈理走向与褶皱走向一致, 倾角与层面近于一致(板岩中)或小角度相交(砂岩中)。

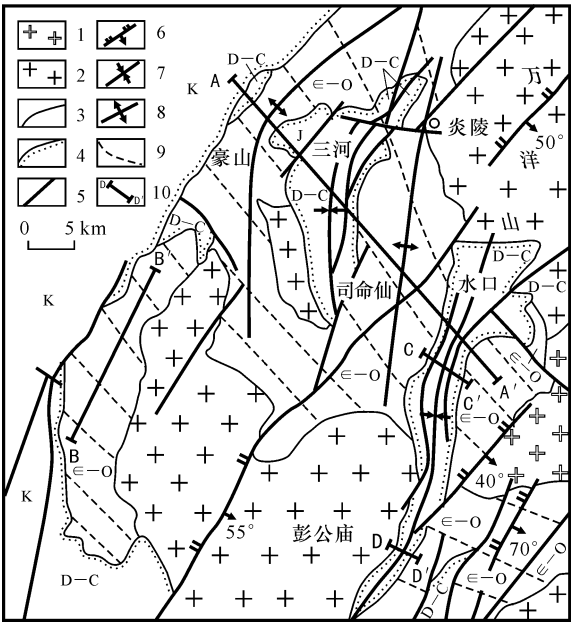
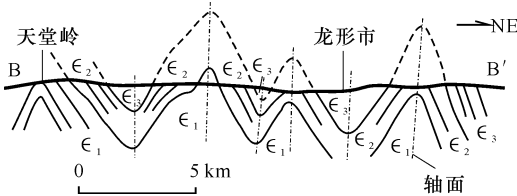


图 1 炎陵地区地质略图

Fig. 1 Geological Sketch Map of Yanling Area
©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



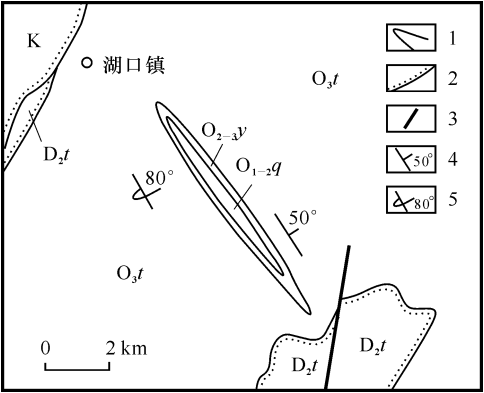
€₁—早寒武世地层; €₂—中寒武世地层;
€₃—晚寒武世地层; 剖面位置参见图 1

图 2 彭公庙岩体西面前泥盆纪地层中褶皱构造剖面
Fig. 2 Tectonic Section of the Folds in the Predevonian
on the West of Penggongmiao Granitic Pluton

中三叠世后期发生印支运动, 由区域上晚三叠世末杨梅垄组与前中三叠世地层间的角度不整合面所反映^[3-5]。印支运动造成湘东南地区泥盆纪—中三叠世早期地层褶皱回返, 海洋盆地封闭, 从此进入陆地发展阶段。在区域北西西—南东东向挤压作用下, 沿北北东向茶陵—郴州断裂发生强烈地陆内俯冲汇聚作用^[1, 6], 形成断裂西面拗陷、东面隆起的构造格局^[1, 3, 7-10], 并在包括炎陵地区在内的整个湘东南地区形成走向主要为北北东向的印支期褶皱。

从平面上看, 印支期北北东向褶皱横跨叠加在北西向加里东期褶皱(构造线)之上(见图 1), 但印支期构造变形并未明显造成寒武系—奥陶系北西向岩层的走向偏转, 露头 and 图面上也未见明显的褶皱叠加效应, 如三河北面由奥陶系烟溪组、桥亭子

组和天马山组组成的湖口镇倒转背斜(图 3), 仍为一形态狭长的线状褶皱, 并未因后期褶皱叠加而呈短轴状或穹状。上述表明, 寒武系和奥陶系经加里东运动而强烈褶皱, 印支运动中因陡倾斜的岩层走向与区域挤压方向一致, 未发生明显受岩层弯滑机制所控制的纵弯褶皱作用^[1]。值得指出的是, 湖口镇背斜向北西和南东两端倾伏, 反映出印支运动对加里东构造层整体的变形叠加, 与后述由不整合界面所反映的印支期褶皱相吻合。加里东期褶皱未明显受印支期褶皱改造的另一原因是, 湘东南地区自晚元古代青白口系—奥陶系总厚度约 10 km^[4-5] 的连续海槽沉积, 其在加里东运动中遭受强烈褶皱变形而刚化^[1], 因此, 在印支运动中相对晚古生代地台盖层而言已具有褶皱基底属性。



K—白垩纪地层; D₂t—中泥盆世跳马涧组; O₃t—晚奥陶世天马山组; O₂₋₃y—中—晚奥陶世烟溪组; O₁₋₂q—早—中奥陶世桥亭子组; 1—整合接触地质界线; 2—角度不整合地质界线; 3—断裂; 4—正常岩层产状; 5—倒转岩层产状

图 3 湖口镇一带地质略图

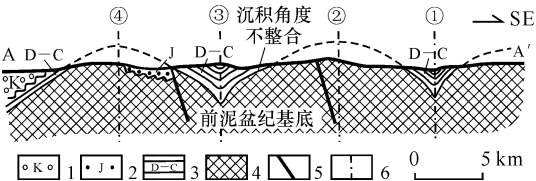
Fig. 3 Geological Sketch Map of Hukou

2 印支期隔槽状褶皱特征

炎陵地区印支期褶皱以水口—三河一带最为完整、清楚, 自东向西依次发育有中村向斜、司命仙背斜、三河向斜、豪山背斜等 4 个完整背、向斜, 其走向总体呈北北东向, 横跨叠加于加里东西北向褶皱之上。因边界条件和构造叠加等因素影响, 局部轴迹走向稍有变化。背斜区出露寒武系—奥陶系褶皱基底, 向斜区出露泥盆和石炭纪地层。从区域构造背景来看, 印支运动是湘东南地区挤压最强烈的构造变形事件。燕山期变形主要表现为走滑成盆作用等^[1, 3, 4, 6], 炎陵地区尚见侏罗纪和白垩纪陆相盆地叠覆在三河向斜、豪山背斜等褶皱之上, 因

此, 上述褶皱无疑形成于印支期。由于彭公庙岩体为能干性很大的力学均质体, 具有更强的抗变形能力, 使得司命仙背斜、三河向斜、豪山背斜等向南近岩体趋于尖灭(见图 1)。

背、向斜形态具明显差异, 从平面上看, 组成向斜核部的泥盆、石炭纪地层出露宽度总体上比组成背斜核部前泥盆纪褶皱基底的出露宽度小得多, 且延伸规模明显较背斜小, 如三河向斜。平面上向斜转折端由不整合界线的圈闭而表现清楚, 且除中村向斜北端因万洋山岩体的刚性抗变形作用而形态较为复杂宽缓外, 一般均狭窄尖长; 而背斜转折端未见有不整合界线的圈闭, 平面上没有清楚地显示。上述平面形态实质上反映出背斜平缓开阔、向斜紧闭且完整性更好的特征, 从而组成侏罗山式隔槽式褶皱组合样式。从剖面上来看, 以跳马涧组与褶皱基底间的不整合面为褶皱面的向斜形态特殊, 在近核部产状陡, 向两翼方向迅速变缓, 呈两侧翼上拱的尖棱状(图 4)。如中村向斜, 在盖层出露非常狭窄的南段, 向斜东翼不整合界面以及跳马涧组岩层的倾角达 70°(图 5a), 西翼跳马涧组与花岗岩体沉积界面的倾角也达 60°以上(图 6), 而在盖层出露较宽的中段东翼倾角仅 30°~35°(图 5b), 清楚反映出从北往南随着揭露深度加大, 向斜翼部产状由上至下变陡(图 7)。

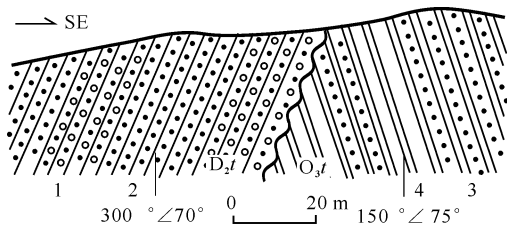


1—白垩纪地层; 2—侏罗纪地层; 3—泥盆纪—石炭纪地层; 4—前泥盆纪褶皱基底; 5—断裂; 6—褶皱轴面; ①—中村向斜; ②—司命仙背斜; ③—三河向斜; ④—豪山背斜; 剖面位置见图 1

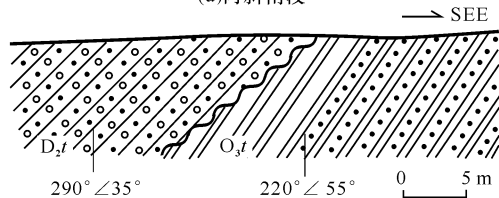
图 4 炎陵隆起区印支期隔槽式褶皱综合构造剖面
Fig. 4 Composite Tectonic Section of the Indosinian Trough Like Folds in Yanling Upwarping Region

3 隔槽式褶皱形成机制

前人认为炎陵和湘东南地区隔槽式褶皱是由中泥盆统一—中下三叠统与基底发生滑脱所形成^[1]。但上述研究表明, 前泥盆纪褶皱基底明显卷入了三河—水口一带印支期隔槽状褶皱, 基底顶面与盖层发生了同步弯曲, 且详细地野外地质调查表明, 区



(a)向斜南段



(b)向斜中段

1 - 砂砾岩; 2 - 石英砂岩; 3 - 浅变质砂岩; 4 - 板岩;
O₃t - 晚奥陶世天马山组; D₂t - 中泥盆世跳马涧组

图 5 中村向斜东翼跳马涧组与褶皱基底间角度不整合接触关系

Fig. 5 Unconformity between Tiaomajian Formation and Basement at the Eastern Limb of Zhongcun Syncline

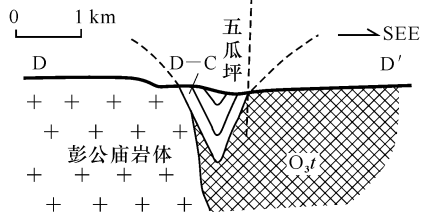
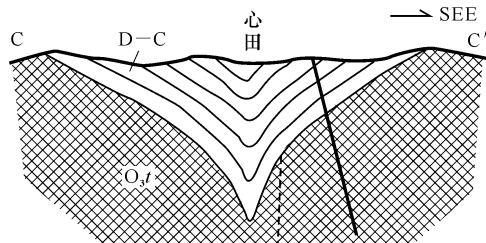


镜头朝向北, 地点为彭公庙岩体东边缘。虚线左侧为志留纪彭公庙岩体二长花岗岩(77), 右侧为厚 10 cm 左右的花岗质碎屑岩—风化碎屑物, 再往右为跳马涧组底部砾岩(D₂t)。风化碎屑岩与底砾岩均不具有构造角砾岩特征, 未见任何滑脱剪切变形

图 6 五瓜坪西面跳马涧组与花岗岩沉积接触关系

Fig. 6 Sedimental Contact of Tiaomajian Formation and Granite West of Wuguaping

内泥盆纪跳马涧组与下伏基底和志留纪花岗岩体之间并未发生明显滑脱, 露头上均显示为原生沉积不整合接触关系(见图 5)或沉积接触关系(图 6)。因此, 炎陵地区隔槽式褶皱并非传统观点所认为的薄皮式构造, 而是受基底褶皱变形所控制的厚皮式构造。补充指出, 炎陵地区泥盆纪—石炭纪盖层内部也未见明显地顺层滑脱, 因此, 隔槽式褶皱也不



O₃t - 晚奥陶世天马山组; D - C - 泥盆纪—石炭纪地层; 剖面位置见图 1

图 7 中村向斜联合剖面

Fig 7 Associated Section of Zhongcun Syncline

可能是多层滑脱式变形的结果。

分析认为, 上述厚皮式隔槽式褶皱的形成机制是由于加里东期褶皱变形使前泥盆纪褶皱基底固化, 加之印支期褶皱轴向与加里东构造线呈横跨或斜跨关系, 褶皱基底在印支运动中是沿不易变形的加里东褶皱轴向(能干方向)变形, 因此, 基底与志留纪花岗岩(如彭公庙岩体)在区域北西西向挤压作用下均难以发生顺层弯滑作用, 而主要表现为水平收缩与压扁作用(岩体变形由其与跳马涧组间沉积界面的陡倾产状得到清楚反映, 见图 6)。强烈水平缩短而引起纵弯失稳, 于其顶面生成宽而圆的背形与尖而窄的向形相间排列的尖圆状褶皱, 从而形成现今隔槽式褶皱面貌(图 8)。由此可见, 泥盆系—石炭系盖层所构成的向斜“槽”并非由盖层沿其与基底间的界面滑脱所产生, 而是随下伏基底发生收缩变形所产生的顶面向形或凹槽被动弯曲所形成。上述机制可能类似于窗棂构造(表现为宽而圆的背形和尖而窄的向形)(见图 8); 基底与花岗岩相当于窗棂构造的强硬层, 上面的沉积盖层则相当于软弱层。需要特别强调的是, 尽管前泥盆纪地层层面发育, 但由于印支运动中岩层陡倾, 且走向与区域挤压方向近于平行, 因此, 其变形力学性质近似于均质刚性体, 这应为基底顶面隔槽式褶皱变形的关键原因。

需要说明的是, 湘东南地区厚皮式隔槽式褶皱是指盖层下部与褶皱基底的变形而言, 分布于前泥盆纪褶皱基底出露为主的隆起区。在以沉积盖层出露为主的拗陷区, 如茶陵—郴州大断裂以西的耒

阳—桂阳地区,则以规模较小、沉积盖层中上部卷入并受盖层内部软弱岩系(层)滑脱所控制的类侏罗山式褶皱为主(图 8)。

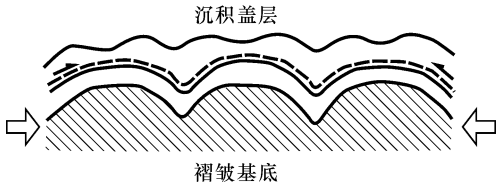


图 8 隔槽式褶皱形成机制—基底压缩
Fig. 8 Mechanism of Trough Like Folds

4 讨论

一般而言,沉积盖层的薄皮式滑脱主要形成纵弯褶皱。这种褶皱大体上具有同心褶皱的特点,即同一岩层的厚度不会因为褶皱而发生显著变化,具有同心褶皱特点的变形由浅至深,背斜核部变窄,曲率半径变小,褶皱组合样式由隔槽状变为隔档状,当达到一定深度或达到一滑脱层面时,褶皱变形即可消失(图 9)。可见真正的薄皮式或侏罗山式隔槽式褶皱应发育于滑脱岩系上部,而滑脱岩系下部或底部则应发育隔档式褶皱,且隔档多褶皱应止于与基底之间的滑脱界面,而不会有基底的卷入。因此,即使不考虑跳马涧组与下伏褶皱基底间均为原始沉积不整合接触关系这一基本事实,单从侏罗山式褶皱发育特征和形成机制分析,湘东南隆起区以盖层和基底界面为褶皱面所显示的隔槽式褶皱,也不可能是盖层沿基底滑脱的产物。

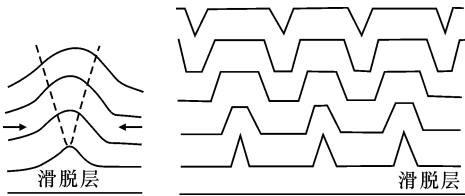


图 9 同心褶皱剖面形态示意图
Fig. 9 Shape of Isopachous Folds

不整合界面往往为明显地力学不连续面,尤其是盖层底部软弱岩层发育时更是如此,因此,在区域挤压变形场中常易于产生滑脱,从而形成侏罗山式褶皱。但在湘东南及其周边地区,晚古生代沉积盖层一般均以中泥盆世跳马涧组与褶皱基底间角度不整合接触,而跳马涧组底部则为一套巨厚的石英砂岩、含砾石英砂岩、砂砾岩等组成的强硬岩层,

不易发生破碎变形;此外,湘东南地区跳马涧组下伏不整合界面之下大多没有风化壳等软弱层发育(局部发育薄的风化层),且在印支运动时界面已被长达 150 Ma 的成岩作用高度固结,因此,不整合界面总体已不具备力学薄弱面之性质。可能正因为这一原因,湘东南地区印支运动时并没有产生明显地盖层顺基底的滑脱。

5 结论

- (1)湘东南炎陵地区发育北北东向印支期隔槽式褶皱,褶皱卷入了泥盆纪跳马涧组与前泥盆纪褶皱基底间的不整合界面,在背斜区出露寒武系—奥陶系褶皱基底,向斜区则出露泥盆纪和石炭纪地层,表明褶皱基底参与了印支期褶皱作用。
- (2)野外露头显示,褶皱过程中盖层未沿不整合界面产生明显滑脱,因此,炎陵地区隔槽式褶皱形成于基底(厚皮式)横向收缩与压扁作用,并从理论上论证了炎陵地区隔槽式褶皱不可能是盖层沿基底滑脱的产物,纠正了前人的薄皮式观点。

[参 考 文 献]

[1] 傅昭仁,李紫金,郑大瑜.湘赣边区 NNE 向走滑造山带构造发展样式[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 263-272.
[2] 朱志澄,宋鸿林.构造地质学[M]. 北京:中国地质大学出版社, 1990.
[3] 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.
[4] 湖南省地质矿产局.湖南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1988.
[5] 湖南省地质矿产局.湖南省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997.
[6] 庄锦良,刘钟伟,谭必祥.湘南地区小岩体与成矿关系及隐伏矿床预测[J]. 湖南地质, 1988(增刊 4): 1-98.
[7] 童潜明,李荣清,张建新.郴临深大断裂带及其两侧的矿床成矿系列[J]. 华南地质与矿产, 2000(3): 34-41.
[8] 童潜明,李荣清,张建新.郴临深大断裂带及其两侧的岩浆岩特征[J]. 华南地质与矿产, 2000(3): 8-16.
[9] 李荣清,童潜明,张建新.郴临深大断裂带及其两侧矿床的物质组分特征[J]. 华南地质与矿产, 2000(3): 25-33.
[10] 张建新,童潜明,李荣清.郴临深大断裂带及其两侧的地球化学特征[J]. 华南地质与矿产, 2000(3): 17-24.
[11] 李扬鉴,赵宝金.论褶皱系和挤压型盆地逆冲断层的成因机制[J]. 西安地质学院学报, 1988, 10(2): 56-62.