

问题讨论

准地台型多旋回的褶皱变形—安徽怀宁地区中生代构造

陆 镜 元

(安徽省地质局综合研究队)

岩层的褶皱变形是一种常见的而又复杂的构造现象。地质工作者常用褶皱变动在时间上的发展情况,将构造运动划分成各个构造期。从褶皱形态在空间上的分布规律,来探索构造应力的作用状况。

有时根据沉积特征和褶皱形态可划分出上、下构

造层,但其间又找不到明显的地层不整合接触面。为此,常常造成对某一构造运动性质的认识争论不休,就象对长江中、下游地区印支运动性质的争论那样。其实这种特殊现象往往是多旋回变形褶皱的结果。

多旋回变形褶皱,是一种经过接连发生的、若干

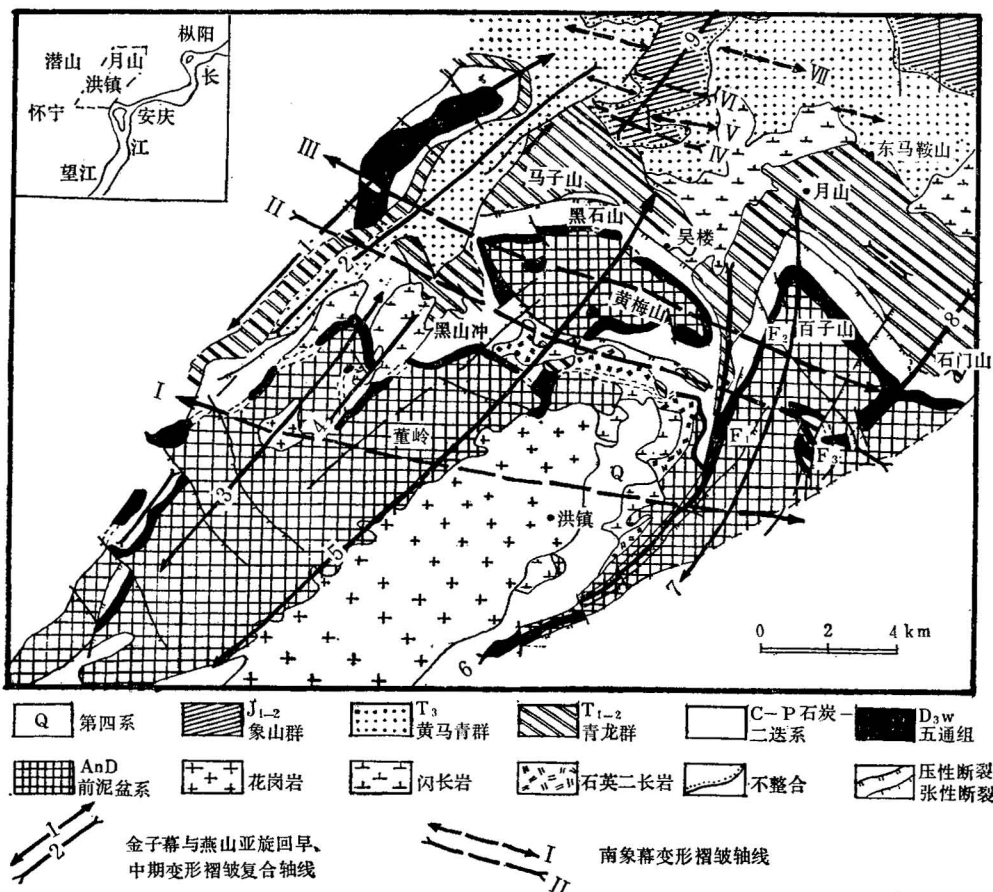


图 1 安徽省怀宁中生代多旋回变形褶皱总体轮廓

(据 1:5 万洪镇幅地质图改绘)

1—独秀山背斜; 2—踏水桥向斜; 3—梁家山背斜; 4—干田畈向斜; 5—董岭背斜; 6—铁石桥向斜; 7—百子山背斜; 8—石门湖向斜; 9—胡家畈向斜。I—董岭横向背斜; II—江家冲横向向斜; III—黄梅山横向背斜; IV—犁头尖向斜; V—刘家冲背斜; VI—石门楼向斜; VII—范家塘背斜

表 1 安徽怀宁地区中生代地层

地 层		岩 相	厚度(米)	岩 性
浦口组 K ₂ P			>210	紫红色砂砾岩, 砾岩夹薄层砂岩
江镇组 J ₃ j		火山碎屑相	>1800	上部黄色砾岩、砂岩、砂质页岩、页岩夹少量安山角砾岩。含 <i>lycoptera</i> sp (狼翅鱼) 及其首鱼。 下部紫红色安山角砾岩、安山岩、安山质凝灰岩, 局部夹紫红色砂质页岩、泥灰岩。含植物化石碎片
象山群 J ₁₋₂ Xn		陆 相	1500	上部灰白、紫红色长石砂岩, 砂砾岩, 具有厚层状石英砾岩。 中部灰白—灰绿色长石砂岩、砂质页岩夹炭质页岩及薄煤层。含 <i>Ferganoch</i> sp. (费尔干蚌), <i>Podozamites lanceolatus</i> (披针苏铁杉) 等。 下部灰白色厚层细—粗粒长石砂岩, 底部为砾岩
黄 马 青 群 T ₃	拉黎尖组 T ₃ l	海陆交互相	17—55	灰绿色细砂岩、粉砂岩、砂质页岩、炭质页岩夹薄煤层及透镜状赤铁矿。含 <i>Cladophlebis</i> cf. <i>Ichunensis</i> (宜君枝脉厥比较种), <i>Mytilus</i> sp (壳菜蛤) 等。
	铜头尖组 T ₃ t		1700	紫红色粉砂岩、粉砂质页岩夹细砂岩, 含砾粉砂岩夹含铜粉砂岩透镜体。含 <i>Volzella</i> sp. (偏顶蛤), <i>Darwinula</i> sp. (达尔文虫) 等
	月山组 T ₃ y		93	灰绿、灰黄色粉砂岩、页岩, 夹白云质泥灰岩。底部为钙质白云质角砾岩。含 <i>Mytilus</i> cf. <i>eduliformis</i> (腿形壳菜蛤比较种), <i>Myophoria</i> sp. (褶翅蛤), <i>Arducarites</i> sp. (古南洋杉), <i>Neocalamites</i> sp. (新芦木) 等
青 龙 群 T ₁₋₂	扁担山组 T ₂ b	泻 湖 相	450	灰白色、灰黄色、青灰色白云质灰岩、白云岩、石灰岩, 局部具瘤状构造。含 <i>Hollandites</i> sp. (荷兰菊石), <i>Danubites</i> sp. (多瑙菊石) 等
	T ₁	海 相		

个构造旋回或亚旋回时强时弱的塑性变形所造成的褶皱, 是若干个不同方向(其中, 部分可能相同)的挤压应力相继作用的共同变形的最后形态。

本文是描述位于安徽省安庆西北的怀宁地区一个中生代多旋回的褶皱变形(图1)。

在研究区内除缺失第三系外, 前寒武系至第四系都有出露。中生代地层的岩性、岩相特征见表1。

一、多旋回变形褶皱的总体形态分析

以泥盆系五通组为标志层, 绘出的区内褶皱构造总体轮廓是一幅由古生代地层组成的向北东倾伏的怀宁复式背斜, 过渡到主要由中生代地层构成的枞阳复式向斜(图1)。地层之间为断层接触关系, 而看不出地层间因构造运动而产生的不整合接触关系。

岩层受到侧向挤压发生变形, 形成和挤压方向垂直的褶皱脊线。如果岩层仍然处于塑性变形阶段的时候, 由于构造应力方向的转变, 则发生横向或斜向褶皱变形, 改造前期形成的褶皱形态。构造应力方向改

变的次数愈多, 最终的褶皱形态愈趋复杂。假如最后一次变形不是强烈的, 像盐丘、底辟等流动褶皱, 那么每一次褶皱变形必然会在岩层中留下它的记录, 使我们借以恢复多旋回变形褶皱的历史。

怀宁地区中生代多旋回变形褶皱中, 存在印支亚旋回的金子幕及南象幕, 和燕山早、中期的褶皱变形痕迹。

(一) 金子幕褶皱变形痕迹

包括独秀山背斜、踏水桥向斜、梁家山背斜、干田坂向斜、董岭背斜、铁石桥向斜、百子山背斜及石门湖向斜等的雏型。褶皱脊线走向北40°—50°东, 遭受变形的岩层包括中、下三叠统及其以前地层, 同时控制了上三叠统黄马青群的沉积空间。

(二) 南象幕褶皱变形痕迹

最有代表性的是董岭横向背斜、江家冲横向向斜、黄梅山横向背斜(图2), 犁头尖向斜、刘家冲背斜、石门楼向斜及范家塘背斜等。褶皱脊线走向北70°西至近东西向, 遭受变形的岩层包括黄马青群及其以前地层, 在金子幕褶皱变形的基础上发生横向或斜向褶皱系统,

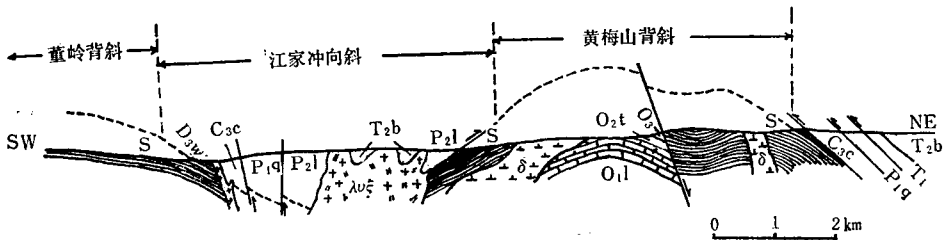


图 2 横切南象亚旋回褶皱系统的构造剖面

T_{2b} 扁担山组; T_{1q} 下三叠统; P_{2l} 龙潭组; P_{1q} 栖霞组; C_{3c} 船山组; D_{3w} 五通组; S 志留系; O_{2t} 上奥陶统; O_{2t} 汤头组; O_{1l} 仑山组; λ₂ 石英二长岩; δ 闪长岩

改造金子幕变形褶皱的形态, 直线性的脊线发生弯曲; 黄马青群第一次遭受褶皱变形, 形成一系列轴向北西西的背斜与向斜; 同时控制了侏罗纪地层的沉积空间。

金子幕的雏型褶皱对南象幕变形褶皱的轴向没有多大影响, 看来主要取决于构造应力的作用方向。

识别南象幕褶皱变形系统是极为重要的, 但往往为人们所忽略, 因此作简要的描述。

黄梅山横向背斜, 主要由志留系千枚状页岩组成, 轴向北西西-南东东, 出露长 8 公里, 宽约 4.5 公里。沿轴向的纵剖面表现为和缓开阔的背斜形态; 而其横剖面则为复式背斜形态, 显示由北北东-南南西方向的侧压力及由此而引起的变形褶皱的存在。其南西侧张家山、王家冲一带, 出现一个由奥陶系构成核部的缓背斜, 长 2.5 公里宽约 0.5 公里、轴向北西西-南东东, 与黄梅山背斜同属一个褶皱系统。

黄梅山横向背斜轴线向南东穿越百子山背斜时, 形成一个一致特征的向南东东倾伏的鼻状背斜; 向北西穿过独秀山背斜处, 由于后期复杂的断裂变动, 仅仅能看出褶皱脊线的弯曲, 它和百子山背斜的弯曲脊线一起呈环形环包着黄梅山横向背斜。

江家冲向斜, 是处于董岭背斜与黄梅山横向背斜之间的一个横向向斜, 轴向北西西-南东东。在金子幕变形褶皱系统形成时, 江家冲向斜与黄梅山横向背斜都是董岭背斜雏型的一部分, 由于南象幕北东-南西向挤压力对董岭背斜又进行了改造。沿背斜轴又产生横向的背、向斜, 以形成适应新挤压力的褶皱型式。江家冲向斜的产生, 也导致黄梅山横向背斜作为南象幕变形褶皱系统的成员, 而从董岭背斜雏型中独立出来。1:5 万洪镇幅地质图上, 该向斜核部裴楼西北的平安村出现一块“奥陶、志留系”。根据横向向斜的分析, 应出露志留系以后的较新地层。为此, 笔者邀请 326 队罗家林同志一起赴现场调查, 结果确非“奥陶、志留系”, 而是经受了热液蚀变过的二叠系栖霞组及龙潭组。江家冲向斜轴线向北西穿越干

田畈向斜后, 在梁家山背斜和独秀山背斜之间同样形成一个北西西向的横向斜, 该轴线向南东穿越百子山背斜时也发育了一个规模不大的横向向斜, 其南东侧与石门湖向斜相接, 虽经后期强烈的断裂变动, 仍然残留在原来的构造部位上。

董岭背斜的西南端遭到后期断陷的破坏。其东北部明显的比西南部开阔得多, 尽管没有保存规模不大的横向向斜, 但还能大致看出存在有北西西走向的横向背斜。

黄梅山横向背斜的东北方向, 分布着一系列北西西走向的由黄马青群组成的刘家冲背斜、范家圪背斜和象山群组成的犁头尖向斜、石门楼向斜。后者是南象幕变形褶皱系统的继承性变形褶皱。

关于南象幕北北东-南南西向构造应力形成北西西-南东东向变形褶皱系统, 还可从小褶曲及褶皱作用伴生的裂隙系统得到证明:

(1) 黄梅山横向背斜东北翼的黑石山地区, 下二叠统栖霞组受到北北东-南南西向挤压, 在塑性变形过程中形成一系列石谐和褶曲 (图 3); 其中的薄层砾石夹层, 在褶皱变形中沿着层面发生塑性拉伸作用, 形成不规则状及透镜状的“香肠状”构造 (图 4), 在吴楼、马子山等地, 上三叠统扁担山组大理岩中也发育有不规则状“香肠状”构造及小褶曲, 从压缩方向指示出与普遍的应变一致。类似的小褶曲在研究区内非常发育。

(2) 黄梅山横向背斜区, 发育一对共轭剪切裂

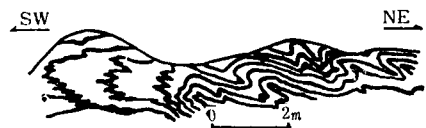


图 3 黑石山地区栖霞组内北西-南东走向之小褶曲
(据 326 队)



图 4 黑石山地区栖霞组中之“石香肠”素描图
(据 326 队)

隙系统，其平均走向为：北 30° — 40° 西，向南西倾伏 60° — 80° ；北 60° 东，向南东倾伏 70° 以上；张裂隙方向主要为北北东向。这是三组与褶皱作用伴生的裂隙系统，说明形成黄梅山横向背斜时，北北东向挤压力的作用。

南象幕褶皱变形不同于金子幕的是开始伴有岩浆活动，洪镇花岗岩（同位素年龄值196百万年），已部分侵位董岭背斜；变形后期往往在褶皱翼部发生北西西向冲断层或逆掩断层。

从褶皱系统的形态学分析，根据：（1）董岭雏型背斜的东北端发育良好的横向背、向斜；（2）独秀山背斜、干田畈向斜和百子山背斜、铁石桥向斜等的褶皱轴线，分别在北西侧和南东侧弯曲，呈环形环包着黄梅山横向背斜；（3）黄梅山横向背斜两翼及百子山背斜东北翼的北西西向冲、逆掩断层的规模最大。推断北北东向挤压力属于主动构造应力，而南南西一方则处于被动地位。

（三）燕山亚旋回早、中期褶皱变形痕迹

包括怀宁复式背斜和枞阳复式向斜。褶皱轴线走

向北 50° 东左右，与金子幕变形褶皱轴大致复合，遭受变形的岩层包括中、下侏罗统及其以前地层。

这一旋回的褶皱变形，使得金子幕变形褶皱系统在受到相同方向的侧压力作用下得到加强，褶皱形态变得更加紧闭复杂，发生倒转和冲断层（图5），也改造了南象幕变形褶皱系统。图1北部由象山群组成的胡家畈向斜呈北东向穿过南象幕北西西向的刘家冲背斜、范家圩背斜，最清楚地表现出燕山亚旋回早、中期变形褶皱的轴向。从构造应力场的角度来看，这一期加强作用和金子幕的雏型褶皱具有相同的性质。

由于以中、下侏罗统象山群为标志的褶皱形态显得开阔平缓（图6），很容易和金子幕及南象幕的变形褶皱系统区别开来。

董岭背斜轴部南象幕侵位的洪镇花岗岩，在这一亚旋回褶皱变形时岩浆（同位素年龄值150百万年）继续入侵抬升、侵吞和扩大董岭背斜的空间，当本区受到北西—南东向构造应力挤压时，起中流砥柱的作用，董岭背斜形成复式褶皱，其两侧的百子山背斜和梁家山背斜等分别向董岭背斜轴部倒转，内翼发生剪切冲断作用，形成斜剪褶皱（图7），使铁石桥向斜变得特别狭窄。

多旋回变形褶皱按顺序发展的变形历史，也记录在与褶皱伴生的平行轴向的压性、压剪性断裂的相互切剪关系上。例如百子山地区，金子幕的北东—南西向 F_1 压性断裂，被南象幕的北西—南东向 F_2 压剪性断

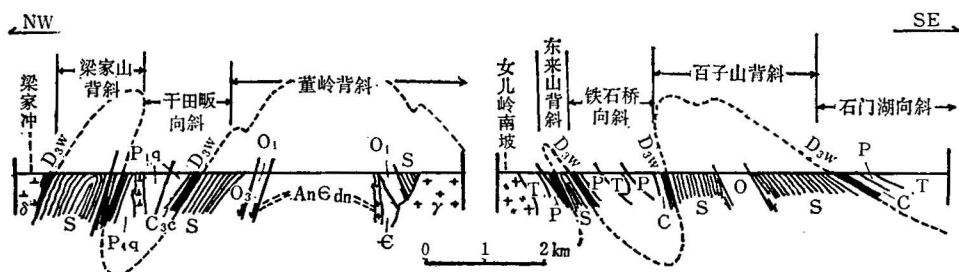


图 5 横切金子亚旋回、燕山旋回早中期褶皱系统构造剖面图
(据 326 队资料编制)

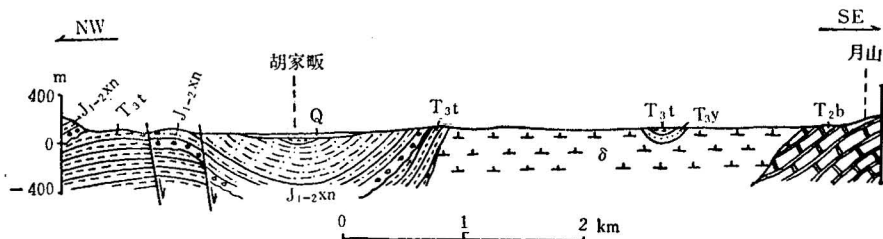


图 6 胡家畈—月山构造剖面图
(据 326 队)

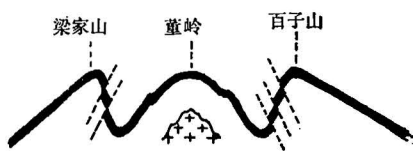


图 7 燕山旋回早中期变形褶皱系统中的斜剪褶皱示意图

裂切割；而后者又为燕山亚旋回早、中期的北东-南南向 F^3 压性断裂所切割。江家冲横向向斜的黑山冲地区，上述三组断裂的相互切割关系也很清楚。北东-南南向二次压性断裂的先后产生，正是金子幕和燕山亚旋回早、中期构造应力先后作用而挤压方向又大致相同的一个依据。

通过对多旋回变形褶皱的总体形态分析，归纳其特征是：组成它的褶皱群，在平面上呈现出二组以上的褶皱轴向及相应的压性、压剪性断裂；在纵向剖面上其下部岩层的褶皱形态紧闭复杂，上部岩层的褶皱形态显得开阔简单；上、下构造形态不一致，而其间又无明显的地层不整合接触面。

二、多旋回变形褶皱的发展演化型式

目前还没从构造物理学的角度去阐明多旋回变形褶皱的成因，而以构造变形的最终形态去推论多旋回变形褶皱的历史。图 8 即是怀宁地区发展演化的理想示意剖面。

中三叠统扁担山组 (T_2b) 下部为海相石灰岩，向上相变为泻湖相白云岩。这个相变标志着金子幕褶皱变形的开始——地壳逐渐扭曲造成泻湖相环境，沉积了白云质岩层(图 8)。雏型褶皱渐渐发育，导致向斜部位的白云质沉积厚度比背斜部明显增大。如月山—西马鞍山—东马鞍山剖面(图 9)。

扁担山组白云岩段顶部，普遍只有一薄层 10—20 厘米厚的含铁白云质灰岩，立刻过渡到晚三叠统月山组 (T_{3y}) 泻湖相钙质

白云质角砾岩。这是一套构造成因的、变化繁杂的砾石粗碎屑沉积。在这个地层界面上不同的构造部位，表现为地层的整合接触或平行不整合接触关系(图 8—2)，即是金子幕褶皱变形的痕迹。

月山组泻湖相沉积相变为海陆交互的铜头尖组 (T_{3t}) 碎屑岩沉积，直至相变到陆相的拉犁尖组 (T_{3l}) 碎屑岩沉积。此时褶皱变形第二次加剧，伴随局部岩浆活动，洪镇花岗岩开始入侵(同位素年龄值 196 百万年部分)；在背斜隆起两侧的向斜凹陷接受早、中侏罗世象山群陆相碎屑沉积(图 8—3)。地层接触关系上，褶皱翼部为不整合接触，而向斜内侧表现为平行不整合接触关系。南象幕褶皱变形告一段落，进入燕山亚旋回早、中期褶皱变形。

由金子幕和南象幕组成的印支亚旋回构造变动，在沉积序列上表现为海退作用。它是由于褶皱变形及区域性隆起作用共同引起的构造变动。这种性质在整个中生代地壳变动中一直持续进行着。应该指出，褶皱

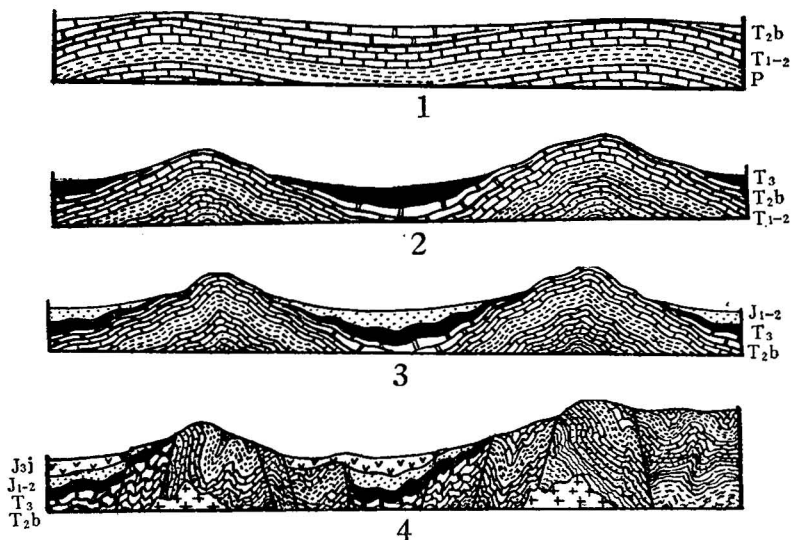


图 8 多旋回变形褶皱发展演化型式

1—初始期；2—金子期；3—南象期；4—燕山早中期

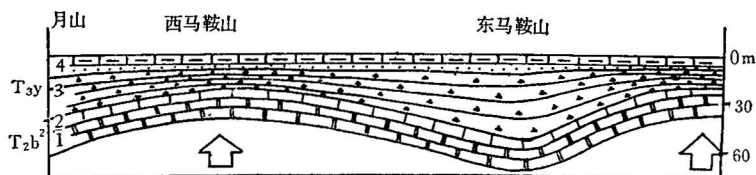


图 9 月山—东马鞍山金子亚旋回古构造剖面

T_{2b}^2 中三叠统扁担山组白云岩段：1—白云岩；2—铁质白云质灰岩； T_{3y} 上三叠统月山组：3—白云质、钙质角砾岩；4—粉砂岩、泥灰岩

变形除时强时弱的特点外, 还存在逐渐增强的总趋势。

燕山亚旋回构造变动是继印支亚旋回的塑性变形阶段, 在象山群沉积的同时持续地进行的, 所不同的仅仅是构造应力方向的转变。中侏罗世末, 塑性变形达到高峰, 变形褶皱构造基本成型(图8—4); 火山-侵入活动广泛发育, 洪镇花岗岩继续入侵(同位素年龄值150百万年部分), 在地层接触关系上, 表现为上侏罗统火山岩、火山碎屑岩与下伏象山群及更老地层间的不整合接触关系。

燕山亚旋回中、晚期进入脆性变形阶段。断裂变动与相应的岩浆活动同样是多旋回的。洪镇花岗岩第三次入侵(同位素年龄值132百万年。冲断、逆掩断层的排列格局, 显示本区构造应力场的发展已演化到断块与弧形断裂变动阶段, 由郯-庐断裂和沿江断裂作为边界条件, 形成了David cummings(1976)所列模拟实验中的图案。因为本区两侧边界条件的差异, 南东部的一系列弧形断裂更加发育或为岩浆充填而为弧形岩脉。

归纳多旋回变形褶皱的发展演化规律:

1. 褶皱变形和沉积作用同时进行, 褶皱变形作用不断地改变沉积空间和影响沉积物的厚度变化, 向斜凹陷的沉积厚度比背斜隆起部位要大得多: 前一旋回的变形褶皱形态控制后一旋回的沉积空间; 陆相小盆地往往处于背斜隆起两侧的向斜凹陷内。

2. 在沉积特征上表现为: 海相→泻湖相→海陆交互相→陆相→火山碎屑相。一个完整的海退序列。

3. 直接刻划出构造运动性质的地层接触关系, 在地层柱上出现: 整合→整合、平行不整合(金子幕)→平行不整合、不整合(南象幕)→不整合(燕山亚旋回早、中期)接触序列。

4. 多旋回褶皱变形伴随相应的多旋回岩浆活动,

在塑性变形达到高峰开始进入脆性变形的转折阶段最为发育。

5. 扁担山组(T_2b)及其以前地层, 黄马青群(T_3), 象山群(J_{1-2}), 分别经历三次、二次和一次褶皱变形。前一旋回(或亚旋回)变形褶皱是后一旋回变形的基础, 后一旋回的褶皱变形又使前一旋回的变形褶皱发展成为新的型式。在构造剖面上, 表现出下部紧闭复杂而向上逐渐开阔平缓的特点。

多旋回变形褶皱的发展演化, 是一个漫长的、复杂的塑性变形过程, 具有明显的规律性和方向性。形变与应力的关系上, 主要是各构造期区域构造应力方向或作用方式的不断发展、不断变化, 引起褶皱形态的旋回性演变。

从多旋回变形褶皱的发展演化中可以看出: 长江中、下游地区, 印支亚旋回的部分褶皱变形和部分区域性隆起作用, 发展到燕山亚旋回早、中期褶皱运动性质, 经历了从造陆运动→造陆、造山运动→造山运动的序列性渐进的发展过程。这种周期性增强的渐进过程, 是地壳稳定地带演化到活动地带的可能型式之一。

写作过程中, 蒙黄汲清教授提出许多宝贵意见, 文中多处引用326队资料。均此深表感谢!

参 考 文 献

1. 李四光, 1945, 地质力学之基础与方法。中华书局。
2. 黄汲清、姜春发, 1962, 从多旋回运动观点初步探讨地壳发展规律。地质学报, 42卷2期。
3. David cummings, 1976, Theory of plasticity applied to faulting, Mojave Desert, southern California; Geol. Soc. America Bull., v. 87, pp. 720—724.