

# 造山带构造样式的恢复及其构造环境意义

白 瑾

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

**摘 要:**造山带主要发育在板块边界或邻近板块边界的活动大陆边缘以及陆内裂陷带。平卧褶皱伴随韧性剪切带是活动大陆边缘造山带典型的区域构造样式。轴面陡立或倒转扇形褶皱伴随逆冲断裂是陆内裂陷造山带的构造标志。往往由于经历过多期的构造变形和后天构造的干扰,不能直接辨认造山带的原始构造样式和方位。因此,需要进行系统观测,明辨变形形迹及其世代关系,分别获取必需的产状数据,因地制宜地进行构造解析,恢复造山带初始的构造样式及其方位,为鉴别它的构造环境性质和编制大陆块体的构造格架图提出可靠的依据。

**关键词:**造山带;构造解析;构造样式;构造方位

**中图分类号:**P542

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-4135(2003)01-38-07

## 1 前言

造山旋回(Orogenic cycle)分前造山(preorogenic)、造山(orogenic)和后造山(postorogenic)三个阶段(phases)。造山带,是前造山阶段的移动带(mobile belts),接受(火山)沉积后,在造山阶段中经历了褶皱和相关的其它同构造(syntectonic)变形变质事件而形成的稳定化的线形区。

关于活动带,在造山阶段之初,是否有过一个地壳伸展阶段的问题<sup>[1]</sup>,可以从变质温度的下限和地温梯度的角度加以讨论。一般而言,变质作用的低温限,可能在 150℃左右,发生较低温的无定向组构的浊沸石相和葡萄石-绿纤石相等埋藏变质作用。而活动带的沉积盆地,在接受(火山)沉积后,只有当地温超过 300℃时,才能形成区域变质的结晶片岩<sup>[2,3]</sup>。假设以地温 300℃为例,如以地热梯度 25℃/km 计,岩石的埋深达到 12 km 以下的深处时,才能发生绿片岩相的区域变质。可想而知,即使沉积盆地本身是地壳伸展的产物,而在接受沉积之后,如仍处于当时的地表,也不会发生绿片岩相及更高级的区域变质作用就不言而喻了。这表明同变质的(syn-metamorphic)区域构造,是在地壳缩短导致地壳加厚的状态下,在较深的构造层次中发育的。因此,受挤压剪切应力作用,由同构造变质矿物共生组合方向性平行排列所构成的片理,就成为研究变形世代,进而探讨地

壳缩短而导致的造山运动过程的基础构造要素之一。

无论稳定地块或者造山带,重力作用都是无时无刻不存在的,地壳运动无不在重力控制下进行的。总体来讲,褶皱是在克服重力作用之后地壳水平缩短的表现。至于由于重力稳定引起地壳隆升,产生滑动构造<sup>[4]</sup>,那是造山后重力均衡补偿(isostatic compensation)所导致的事了。

在造山带中,不同变形形迹,按生成顺序排列,构成变形序列,其中哪些变形事件属于造山期?哪些属于后造山期?必须加以区分。为此,必须查明造山带构造岩石组合的上覆岩系的变形世代特征。例如,中条山区的古元古代中条群,主要经历了北西西向两个世代的变形;以不整合覆于其上的中元古代西阳河群,除在山前山后,南北两侧,因后来的山体隆升,而略显向山外倾斜的情形外,主体平缓产出<sup>[5]</sup>。从而可以确定,中条群的两个世代的变形是在古元古代中条运动中完成的。可见,造山运动使地壳缩短,在造山带范围内地壳加厚,然后在均衡补偿的作用下,使造山带隆升,而成为后造山期的山脉。有的地区,如秦岭-大别山区的情况却比较复杂,从古元古代至印支期均有变形变质事件发生<sup>[6-9]</sup>,呈现出多旋回的造山过程,很不容易将不同造山旋回的变形序列分清。但是,只要能将不同构造层次的构造岩石

收稿日期:2002-10-30

作者简介:白瑾,(1926),男,主要从事前寒武纪构造地质研究工作。

组合分清,那么属于它们各自的变形事件和变形序列就迎刃而解了。

造山带区域构造样式的恢复是编制大陆构造格架图的基础,而不同地史阶段的大陆构造格架图是由各阶段的稳定地块和造山带构成的。因此,对不同地史阶段,分别编制构造格架图,使之成为系列,可以形象地反映出同一大陆的构造演化历史。矿产的形成,同一定的构造环境有关。区域构造样式是构造环境的标志之一,正确恢复造山带的构造样式,可为合理判断成矿构造环境提供有益论据。

造山带的区域构造,总体上揭示着地壳的缩短和缩短的方式,它的样式以褶皱和平行于褶皱轴面的韧性剪切带表现出来。因为剪切带是平行褶皱轴面的,所以笔者以区域褶皱样式为重点进行分析,以了解造山带的运动学过程。在一定场合,不能排除走滑在造山过程中的作用;然而,如果是纯粹的走滑,则不能发生造山作用。

## 2 变形世代的确定

多期变形变质是造山带中,尤其是前寒武纪造山带中常见的构造现象,其中对研究造山带性质最有意义的是早世代的构造变形形迹。因此,鉴别哪些变形形迹是同造山的?哪些是后造山的?必须用构造解析的方法加以区分。

在变形变质的造山带中,可以见到片理( $S_1$ )交切层理( $S_0$ )、褶皱理( $S_2$ )交切片理、已经褶皱的岩层再褶皱等现象,显示后生构造要素改造先存构造要素,以及同一种构造要素改变方位的情形,这些便是划分构造序列(即变形世代)的基本依据。所以,辨认叶理世代,观测同一种构造要素方位的变化,就成为区域构造解析首要的任务。

不论经历过如何复杂的叠加变形过程,反映原始沉积(堆积)的成分层间的界面是原始层理的表现,这一构造要素在变形前即已存在,是以物质成分的变异,沉积过程中不同物质成分的消长、沉积作用和停积作用的交替形成的,应该加以确定,以作为造山带构造的基础。

片理(或劈理)是一种造山带区域透人性的叶理,是层理形成后的第一世代的变形叶理,作为轴面叶理而存在。在强烈变形的造山带,因为平卧褶皱或紧闭同斜褶皱的发育,许多场合片理是同层理平行的;在这种情况下,就要寻找早期褶皱( $F_1$ )转折端,观测片理交切层理的现象,加以确

认;否则,便会得出“在岩层发生褶皱之前,即已存在平行层理的片理”的错误判断。片内褶皱和片内无根褶皱,是片理置换层理的标志,表明层理同片理之间曾有一定夹角,出现较多或密集出现的地段就是区域性褶皱转折端的所在地<sup>[10]</sup>(图1)。

按成因机制的一般论述,褶皱分为剪切(shear)和弯滑(Flexural-slip)两种<sup>[10]</sup>。而在变形变质的造山带中,所见到的早期褶皱是挤压剪切机制的。至于褶皱运动之初,是否发生过顺层弯滑?纯属无证可考的问题,当然不能列为变形世代之一。

在强变形变质的造山带中,紧随片理之后发生的叶理是褶皱理(crenulation),是第二世代褶皱( $F_2$ )的轴面叶理;当第二世代褶皱是同斜褶皱时,褶皱理只发育在 $F_2$ 的转折端及其邻近部位,貌似非透人性的,实际是在平行 $F_2$ 的翼部,发生这种叶理的能量沿先存叶理 $S_1$ 释放了,而未能作出有形的表现。

以片理为轴面的第一世代褶皱形成后,再以褶皱理作运动面而发生的褶皱是第二世代褶皱的典型。当第一世代褶皱形成后,其轴面片理再度褶皱,而不产生褶皱理的情况下,由片理作运动面,在弯滑机制下形成的褶皱,属第二世代的褶皱。

岩性大致相同的构造层中,同一世代褶皱是属于同一成因机制的。因此,不同成因机制褶皱的交替,可以当作不同变形世代的表。在同斜褶皱中,近转折端部位,后生面理(如片理或褶皱理)交切先存面理(如层理或片理)的褶皱是挤压剪切机制的;而在翼部,后生面理平行先存面理,是面理的复合<sup>[11]</sup>,而不能理解为弯滑机制的表现。

在排除后期断裂影响后,同一世代的褶皱枢纽和相关叶理的方位,作区域性的明显改变,也是变形世代交替的标志(见第4节)。

除以叶理交替作为鉴别变形世代的依据外,与形成叶理的变质矿物和其它变形体的定向线理方位的改变,也是辨别变形世代的有用标志。变质矿物共生组合平行排列构成片理(以及片麻理)时,矿物定向线理的长轴平行运动座标的a轴;在片理面上,b轴大致垂直a轴,代表褶皱轴的方向,可以用作区域构造方位的研究。然而,一些变质矿物,有时会在挤压剪切情况下,发生沿b轴旋转的情况,而导致延长方向平行b轴<sup>[4]</sup>。所以,在应用矿物线理参与区域构造方位的研究时,最好从实际观测中,证实线理的运动座标轴属性,再放心地加以应用。

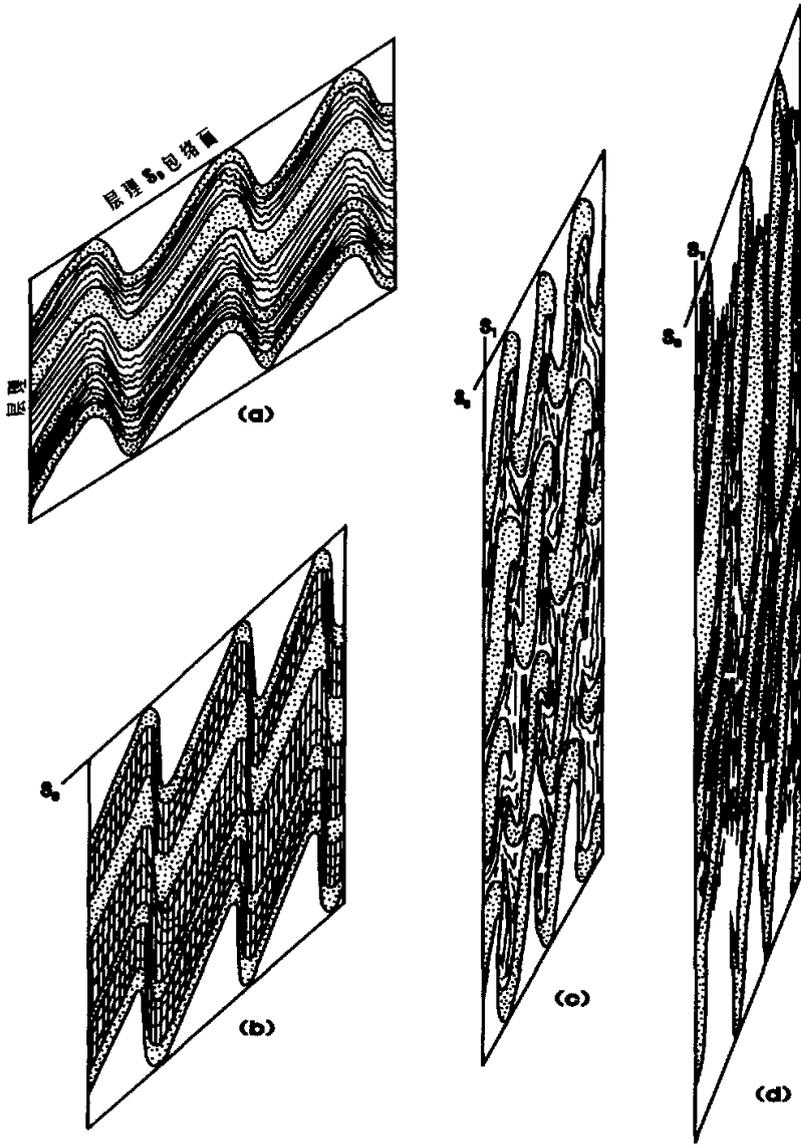


图 1 片理 (S<sub>1</sub>) 置换层理 (S<sub>0</sub>) 的过程

Fig.1 Process of schist replacing bedding

(据 Turner and Weiss, 1963<sup>[10]</sup>)

- a. 层理相似褶皱; b. 一翼变薄, 形成不对称褶皱; c. 沿片理面滑动, 置换薄的一翼;
- d. 在片内形成独立的转折端, 进一步压扁形成凸镜体, 其中有的仍然显示为压扁的转折端

总之, 变形作用会有一个渐进的发展过程, 表现为变形形迹, 如叶理、线理等的发育程度; 还有一个变形世代的交替过程, 表现在先存变形形迹的再变形及其方位的改变, 和后生变形形迹的发育和叠置。区域性变形形迹的置换, 既是确定变形世代的根据, 又是变形形迹转换空间分布的象征。

### 3 区域构造样式的恢复

构造样式 (tectonic style) 是指褶皱形态、轴面叶理的有无、轴面叶理的类型和线理等与褶皱有关的中型构造组合, 它们的总体特征可以与不同地点或不同世代的构造形迹组合对比<sup>[10,12]</sup>。

区域构造样式,是一组造山带规模的以褶皱为主的构造形迹组合。同一世代的变形叶理、线理、韧性剪切带等构造形迹,与褶皱处于同一的运动座标中。所以,褶皱样式就成了区域构造样式的总代表;抓住这个核心问题,从不同尺度的褶皱所体现的区域构造特征的调查研究入手,即使造山带构造样式的问题得到解决。

早期的区域构造样式,反映造山带构造环境

的性质。对造山带进行构造研究时,应特别重视早期区域构造样式恢复的工作。

对主要经历一幕变形变质的造山带而言,情况比较简单,区域构造样式的图形可以直接从实地构造剖面的观测中获得。如华北原地台晋冀裂陷带中五台山区的滹沱群,主要经历了一幕褶皱及相伴随的逆冲断层,形成倒扇形的区域构造样式(图 2)<sup>[11]</sup>,就是一个很好的例子。

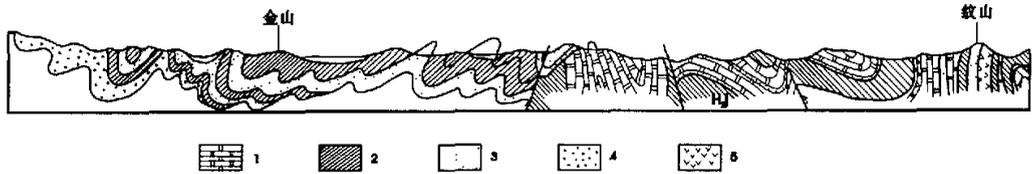


图 2 山西五台山滹沱群区域构造剖面示意图

Fig.2 Regional structure sketch section of Hutuo Group in Wutai Mt., Shanxi Province

(据白瑾主编,1986<sup>[11]</sup>)

1.白云岩; 2.千枚岩; 3.石英岩; 4.变质砾岩; 5.变质火山岩

造山带是否经历过多世代或多期变形,可在野外实际观察中,以变形叶理、变形线理和褶皱枢纽等的变位加以判断。

在多世代变形变质的造山带中,可以通过以下途径识别早世代区域构造样式。

3.1 实地剖面观测

在排除后期垂向抬升的前提下,早世代褶皱为同斜褶皱时,又叠加了晚世代的褶皱,相同级次的晚世代褶皱的包络面,即代表早世代褶皱的轴面(图 3-a)。如果在不同场合,晚世代褶皱包络面的产状有较明显的变化时,则它们的产状平均值,即为早世代褶皱的轴面了(图 3-b)。

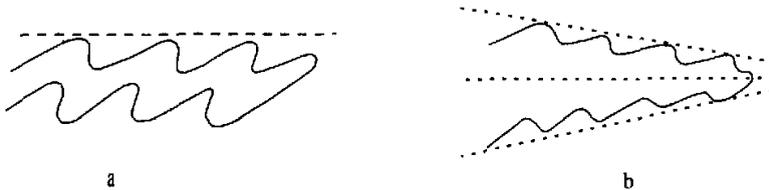


图 3 晚世代褶皱的包络面

Fig.3 Enveloping surface of the late generation folds

在强烈变形变质的区域,早期区域构造样式往往不易从露头尺寸直接确定,须作较大的区域观察。

片理同层理平行的层系,在较大范围内平缓产出,或波状起伏,特别是在其中能见到片理缓层理陡,片理大角度交切层理的地段,便是早世代褶皱转折端的所在,从而可以判断早世代褶皱是接近平卧的。例如嵩山地区的雪沟-张庄一带,明显存在着约 10 km<sup>2</sup>的大型平卧褶皱<sup>[4]</sup>,虽然叠加了晚世代的褶皱,层理同片理平行产出的地段,就是区域性平卧褶皱的体现了。

由变形叶理弯滑而形成的褶皱,不论其枢纽是否平行,都是晚世代或晚期褶皱的标志。例如辽东地区辽河群分布区的“虎皮峪背斜”,不仅是由片理弯滑形成的,而且具有直立的枢纽。因为这里的第一世代褶皱是平卧的,第二世代片理褶皱的枢纽是水平的,所以直立枢纽的弯滑褶皱只能是第二世代以后的了<sup>[13]</sup>。

3.2 赤平投影图解

由于各种不可预见的原因,构造形迹的产状会存在局部差异。即使是相同世代的构造形迹,它们的产状也会发生局部变化。但从全局考虑,

它们又服从于总的运动座标。因此,以较多的测量数据进行统计分析,在赤平投影图上以优选方位所形成的极密的形态来判断构造形迹的产状,就可避免局部因素的干扰,得出接近实际的认识。

变形层系起始于水平产状。假如只经一幕褶皱变形,以所测得的层理产状数据作赤平投影时,层理法线投点集中分布于投影图的一个直径,作直立环带产出;而轴面片理的极点,则形成一个极密落于层理投影环带上;先存线理(如波纹等)在投影图中同层理呈一定角距的大圆环带。如果经历了第一世代褶皱的层系又经历第二世代褶皱,就会发生先存构造形迹的变形、变位,产生新的变形形迹。

在对各种构造形迹进行一定数量测量的基础上,按变形世代分别进行赤平投影,从各个侧面综合研究造山带的运动学<sup>[10]</sup>,其中对确定早期区域构造样式最有意义的一种投影,是其褶皱轴面的投影。经过第二世代褶皱的叠加,第一世代褶皱发生变形,其轴面法线极密同基圆之间的角距,随变位后褶皱轴面的倾斜度而变化,如呈直立褶皱,极密处于基圆;如为平卧褶皱,极密处于圆心;随着轴面倾斜度由陡到缓的变化,轴面法线极密在投影图中的位置,由接近基圆变到圆心。从而即可确定早期区域褶皱的产状,亦即区域构造的样式了。

#### 4 构造方位的恢复

经历过多期变形变质的造山带,现在所保存的方位往往不一定是它原初的方位。如果在后造山期,造山带的方位有所改变,则会影响到对地壳开合拼接的认识。

如华北原地台北缘,沿东西方向,断续分布着两套古元古代的变质建造,原曾认为它们代表华北原地台同西伯利亚原地台之间的造山带。它们之间除原岩建造和区域变质程度的差异外,宏观上呈东西向的褶皱带。然而,经进一步研究得知,它们早期的区域构造走向却是不同的:东段为红旗营子群<sup>[14]</sup>,早期褶皱走向为近南北;西段为二道洼群,早期褶皱走向为北北西;指示古元古代时,华北原地台没有边界,可能同西伯利亚原地台相连<sup>[13,15]</sup>。造山带的早世代褶皱,起始于水平层系,是近水平的,具有与造山带相同的延伸方向。经过晚世代褶皱后,早世代褶皱枢纽的某些段落,以

近水平的状态保存下来,其方位即称“变余方位”<sup>[11]</sup>,是造山带原始方位的写照。在野外地质调查中,注意变余方位的观测,可以直接搜集到造山带原始方位的信息,提供可靠的依据。

在不能从宏观上直接观察造山带的方位时,除了注意观测变余方位外,应该通过有代表性的区段,分别对不同世代各种类型的构造形迹进行一定的测量统计,然后分别作赤平投影。根据变位轨迹,恢复造山带的原始方位。

如所周知,同一世代的构造形迹统一于同一的运动座标,它们具有统一的运动学意义。现仅以褶皱的几何学及其世代关系,来讨论代表造山带方位的早世代构造方位的恢复问题。

两个世代的枢纽平行或接近平行,不论轴面之间的角距大小,枢纽的赤平投影会分别构成两个位置相同或相近的极密;因为褶皱层系起始于水平的产状,所以两个世代的枢纽极密均位于基圆或接近基圆。如果两个世代的枢纽之间有一定的角距;轴面之间也有一定夹角时,第一世代测点投影则会形成环带(图4-a),而第二世代枢纽测点形成一个极密(图4-b)。前者环带与基圆的交线和后者的极密,分别代表第一世代与第二世代的构造走向。如果第二世代褶皱枢纽也显示环带的迹象,则意味着后第二世代褶皱的存在(图4-c)。

以片理或褶皱劈理为变形面的弯滑褶皱,是典型的晚期褶皱。欲从中求得早期褶皱枢纽的方位,以一定数量的代表早期褶皱枢纽的变形线理(如层理片理的交线等)的产状进行赤平投影,通过投影网的操作<sup>[10]</sup>求得早期褶皱枢纽的方位。

对造山带作构造解析,既要重视数据在赤平投影图中所构成的极密和环带的构造意义,更要从总的构造特征来解读不同区段的投影图形。如在嵩山地区,依多数地段的投影图来看,古元古代嵩山群的第一世代褶皱走向是近南北的;但在第三期褶皱的转折端部位,却呈现出近北西西向的图景(图4-a)<sup>[4]</sup>。在投影图中,早世代褶皱枢纽投影的极密落于与基圆重合的环带中,而晚世代褶皱枢纽则呈较简单的极密。由此可见,近南北向的早世代褶皱是由原本近东西向的褶皱变位而来的。抓住那些貌似局部的,但反映早世代区域构造方位的现象,以揭示它们所反映的原始方位意义,才能对造山带的原始方位得出正确的认识。

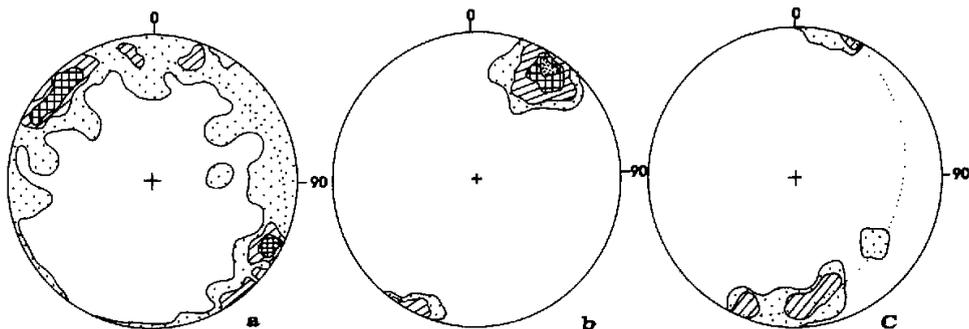


图 4 不同世代枢纽的赤平投影图

Fig.4 Stereographic diagram of the different generation folds' hinges

a. 嵩山群第一世代褶皱枢纽赤平投影<sup>[4]</sup>; b. 嵩山群第二世代褶皱枢纽赤平投影极密<sup>[4]</sup>; c. 嵩山群第二世代褶皱枢纽赤平投影,呈现环带现象<sup>[4]</sup>

构造地质有很强的区域性。在总体规律支配下,不同区域又会出现某些特殊性,要妥善处理,才能获得符合实际的认识。例如,五台山区的台怀亚群主要经历了两期褶皱变动。因强烈的剥蚀,使区域尺度的晚期褶皱转折端剥蚀殆尽,形成以片理为变形面的

“单斜层”,使两期褶皱枢纽在赤平投影的极密共处于一片理投影大圆中(图 5);早期的枢纽形成两个极密,以相同的角距分布在晚期枢纽极密的一侧。以晚期褶皱枢纽为轴,将早期枢纽展开<sup>[10]</sup>,即可得到近南北的早期褶皱的走向。

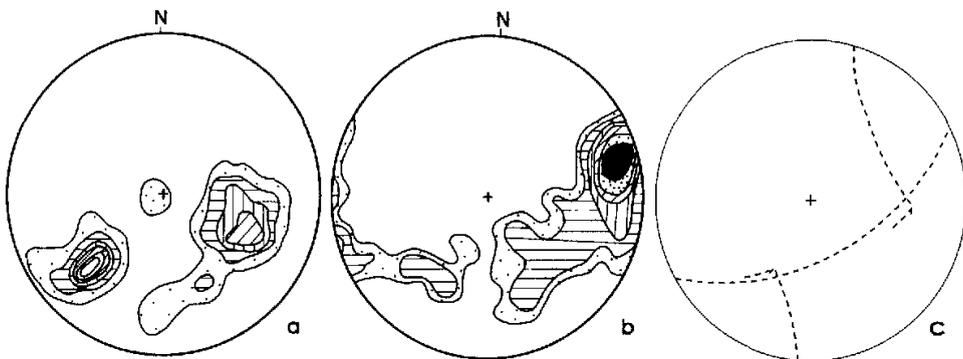


图 5 五台山台怀亚群早期褶皱枢纽展平图

Fig.5 Early fold hinges of Taihuai Subgroup in Wutai Mt.

(据白瑾主编,1986)<sup>[11]</sup>

a. 早期褶皱枢纽赤平投影图; b. 晚期褶皱枢纽赤平投影图; c. 展平图,早晚两期褶皱枢纽极密同处于一个大圆,将该大圆转至水平,沿大圆将晚期枢纽极密 B 移至基圆 B' 处,同时以相等角距移动早期褶皱枢纽极密 a(正常翼上的)和 b(倒转翼上的),然后沿所在小圆,将 a、b 移至基圆 a'、b' 处,最后将投影图恢复原位,连结 a'、b' 即为早期褶皱的枢纽方位

一个造山带经历了相同的构造变形史。因此,它在各个区段中,经构造解析所得的方位应该是一致的。如果在不同的区段,获得相同或不同的方位时,则应从原岩建造的同异、区域变质及其相带分布的特点和地球物理场的变异等方面进行综合分析,是否为不同造山带因后期改造所致的“走向趋同”? 抑或为同一造山带后天改造所致的“走向变异”? 应加以鉴别。

### 5 从区域构造样式看造山带的性质

造山带主要发育在板块边界或临近板块边缘地带<sup>[16]</sup>,可分为岛弧型、安第斯型、喜马拉雅型和大陆-岛弧型(continental-arc collision type)<sup>[12]</sup>;而大陆内部又有裂隙造山的情形(图 6)。

以平卧褶皱系伴随韧性剪切带的发育,体现挤压剪切的运动状态,是活动大陆边缘造山带的

典型区域构造样式;轴面陡立或倒扇形的褶皱系,伴随逆冲断裂,体现相对挤压的运动状态,是陆内裂隙的构造标志。

造山带区域构造样式的差异,取决于两侧地壳(或板块)的厚度和密度。从现今的状态来看,陆壳和洋壳的平均厚度,分别约为 47.5 km 和 6.5 km,密度分别约为 2.7 和 2.93<sup>[16]</sup>。在相邻地壳相向运动而造山时,在均衡补偿原理的作用下,在发

育韧性以至流变的条件下,密度较大而厚度较小的洋壳,必然会俯冲于密度较小而厚度较大的陆壳之下,这就是轴面平缓的褶皱系和相伴随的韧性剪切带发育的根本原因。反之,这种区域构造样式的确定,即可为识别活动大陆边缘构造环境提供依据。当然,同属于陆内环境,活动带两侧陆壳的厚度以及密度也会出现差异的情形,这也许就是产生陆内俯冲<sup>[17]</sup>的原因。

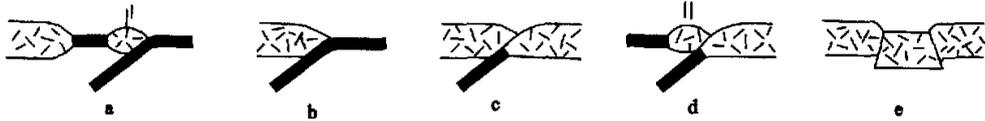


图 6 聚敛板块边界造山和陆内造山环境

Fig. 6 the convergence plate margin and intratcontinental orogenic Environment

(转引自 Hobbs 等, 1976<sup>[12]</sup>, 修改补充)

a. 岛弧型; b. 安第斯型; c. 喜马拉雅型; d. 大陆-岛弧碰撞型; e. 陆内造山型

鉴别造山带的环境性质,应用构造岩石组合、区域构造、古地热状态<sup>[18,19]</sup>和地球物理资料的综合研究,在区域构造背景基础上加以判断<sup>[20]</sup>,才能得出比较确切的结论。而区域构造样式,既是造山带环境性质的标志之一,又可形象地显示造山运动的运动学过程。

#### 参考文献

- [1] 宋鸿林. 秦岭-大别造山带早期的伸展构造[A]. 钱祥麟. 伸展构造研究[C]. 北京:地质出版社, 1994, 12-21.
- [2] Miyashiro, A. . Metamorphism and metamorphic belts [M]. William Clowes & Sons, Ltd., London, 1973, 492.
- [3] 董申葆, 等. 中国变质作用及其与地壳演化的关系[M]. 北京:地质出版社, 1986, 233.
- [4] 马杏垣, 索书田, 游振东, 刘如琦. 嵩山构造变形[M]. 北京:地质出版社, 1981, 256.
- [5] 白瑾, 余致信, 颜耀阳, 戴凤岩. 中条山前寒武纪地质[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1997, 143.
- [6] 游振东, 索书田, 韩郁菁, 钟增球, 等. 秦岭杂岩的变质变形史[A]. 刘国惠, 张广寿. 秦岭-大别山地质论文集[C]. 北京:北京科学技术出版社, 1990, 1-10.
- [7] 游振东, 索书田, 韩郁菁, 钟增球. 造山带核部杂岩变质过程与构造解析[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991, 322.
- [8] 张广寿. 秦岭宽坪杂岩的变形作用与变质作用[A]. 刘国惠, 张广寿. 秦岭-大别山地质论文集[C]. 北京:北京科学技术出版社, 1990, 89-98.

- [9] 徐树桐, 刘贻灿, 港来利, 等. 大别山造山带的构造几何学和运动学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 2002, 133.
- [10] Turner, F. J. and Weiss, L. E. . Structural analysis of metamorphic tectonites [M]. McGraw - Hill Book Company, New York, 1963, 560.
- [11] 白瑾. 五台山早前寒武纪地质[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1986, 475.
- [12] Hobbs, B. E., Means, W. D. and Williams, P. F. An outline of structural geology [M]. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976, 571.
- [13] 白瑾. 华北陆台北缘前寒武纪地质及铅锌成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1993, 132.
- [14] 胡学文, 朱英西. 关于冀北“单塔子群”解体的商榷[J]. 中国区域地质, 1989, 4: 357-362.
- [15] 白瑾. 早前寒武纪造山带的变形[A]. 北京大学地质学系. 北京大学国际科学技术研讨会论文集[C]. 北京:地震出版社, 1998, 21-28.
- [16] Davis, G. H. . Structural geology of rocks and regions [M]. John Wiley and Sons, New York, 1984, 492.
- [17] Kröner, A. . Archaean to Early Proterozoic tectonics and crustal evolution: A review [J]. Revista Brasileira de Geociências, 1982, 12(1-3): 15-31.
- [18] 白瑾. 早前寒武纪古地热状态的构造环境意义[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 323-330.
- [19] 白瑾. 华北原台古元古代热力活动遗迹及其构造边界意义[J]. 岩石学报, 2000, 16(1): 39-48.
- [20] 白瑾, 黄学光, 王惠初, 等. 中国前寒武纪地壳演化(第二版) [M]. 北京:地质出版社, 1996, 259.

## Te(Se) Geochemical Ore – hunting Information from the gold Deposits in the Volcanic Rocks of Xonger Group

REN Fu – gen, LI Shuang – bao, ZHAO Jia – nong, DING Shi – ying, CHEN Zhi – hong

(*Tianjing Institut of Geology and Mineralization, Tianjin 300170*)

**Abstract:** The element Au is increased with the increase of Te and Se on different extent in the tectonic – altered – rock type gold deposits in Xonger Group (Beiling gold deposit and Miaoling gold deposit) and the explosion – breccia type gold deposit (Dianfang gold deposit). And the grade of the gold in the surface is higher than in the deep part. The rich ore is from the mineralization of the shallow volcanic hydrothermal solution. In the non – mineralization belt, no correlation between Au and Te, Se was found. So the correlation is the sign of exploring the gold ore in the volcanic rocks of Xonger Group, especially in the gold ore rich in Te at the shallow part.

**Key words:** Xonger Group; volcanic rocks; altered – rock gold deposit; geochemisitry; correlativity

## Recovery of Structure Style in the Orogenic Belt and its Significance on Tectonic Environment

BAI Jin

(*Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170*)

**Abstract:** Orogenic belts are mainly developed at or near plate boundaries. Recumbent fold systems in company with ductile shear zones are the typical regional structural styles. Folds with vertical axis plane or antifan shaped folds in company with reversed faults are the indicators of intracontinental rift – zones. Due to polyphase deformations and subsequent disturbances, the structural style and orientation of the orogenic belt cannot be differentiated directly. Therefore, systematic observations must be taken to distinguish deformational structure elements and their generational relationships. The essential data of orientation should be obtained to carry out structural analyses suiting measures to local conditions, in order that the original tectonic style and its orientation can be recovered. It is suitable to propose available evidences determining the features of tectonic environment and to compile the map of continental tectonic regime.

**Key words:** orogenic belt; structural analysis; tectonic style; tectonic orientation