

文章编号: 1006-6616 (2000) 01-0033-11

# 论构造筛分

丘元禧

(中山大学地球科学系, 广东 广州 510275)

**摘要:** 该文系统论述复合构造的筛分方法和构造筛分的定义、内涵、基本原理、原则、定律和方法步骤, 并结合我国区域地质实际和前人研究成果提出若干例证。该文是“论构造复合”的续篇, 对我国及东亚-西太平洋复合构造域的复合构造体系的筛分作了若干说明。最后对星球级规模的全球复合构造体系的构造筛分也提出了一些设想。

**关键词:** 构造筛分; 现位构造; 构造解析

**中图分类号:** P552      **文献标识码:** A

## 1 构造筛分的定义和内涵

构造筛分一词最初见于本世纪40年代李四光先生的“广西台地构造之轮廓”<sup>[1]</sup>。他在探索古构造时写道:“在现代构造型式的格架中尚保存的古构造遗迹, 可以从现存型式的构造单元的总体中筛分出来”(着重点是引者加的)。李四光在这里说的“筛分”是指把老构造从复合构造中分离出来。

崔盛芹教授等人(1979)在《区域构造学》第一篇中所作的论述, 可说是系统地总结了80年代以前传统地质学和区域构造解析所作的古构造研究方法, 并列举了许多区域古构造研究的分析实例, 帮助我们理解和运用这些研究方法<sup>[2]</sup>。但是, 自那以后, 有关这方面的研究和论述又有了许多新进展, 特别是许多新的科技测试方法用于构造研究, 已给构造筛分提供了许多新的信息、新的方法与手段, 使我们有可能对其进行新的总结与概括。

古构造研究的难度在于要通过一系列手段逐渐复原其本来面貌, 因此, 作为古构造研究的第一步是先对各种复合构造进行筛分, 筛分出来的构造仍保持现位, 尚未复原到原始状态。作者建议, 把构造筛分定义为对复合构造进行现位的历史解析, 把复原工作留待下一步去完成。当然, 筛分工作不仅仅是把复合构造(建造和形迹)筛分为不同时序的构造, 而且还应筛分出不同物质组分(建造)、不同产状要素、不同力学性质、不同滑移方向、不同变形行为(脆性、脆韧性、韧性)、不同含矿性和不同稳定性或活动性的构造; 不仅对单个复合构造进行筛分, 而且还应对复合的构造带、构造型式、构造体系以及复合地块、巨型复合构造域乃至全球复合构造体系进行筛分, 弄清楚其组合群体的成生联系及空间分布, 建立不同年代的

收稿日期: 1998-12-21

作者简介: 丘元禧(1932—), 男, 教授, 1952年毕业于清华大学地质系, 长期从事区域构造、大地构造的研究与教学。

区域构造格架并在筛分出来的该时代古构造变形场的基础上建立其现位的古构造应力场。

## 2 构造时序的筛分

构造筛分首先要确定复合构造中各个构造组分的相对年代,即构造时序。前后两个时序的构造既可以分属两个互不相干的构造演化序列,也可以同属一个构造演化序列。作为现位的构造解析,我们首先要解决构造时序问题,把确立构造序列放在构造演化中去解决。确定构造时序有以下方法,分述于后:

### 2.1 传统地质学方法

包括地层古生物学、岩石学、构造学、地貌学等方法,贯穿于这些方法之中的一些基本原理或原则,我们把它抽象为定律,它们是:

**2.1.1 叠置律** 指建造与建造、形迹与形迹、建造与形迹之间的叠置。在正常情况下,无论是建造还是形迹,被叠置者发生在前,叠置者发生在后。李四光总结的追踪、重叠、重接等构造复合形式也是一种先后构造的叠置关系。当然,对于建造来说,如果发生倒转,那就要恢复正常产状后才能使用这一定律。近年来构造地层学的进展证明,一些岩性层实际上是构造岩,一些层面实际上是构造面,岩性层与岩性层之间实际上是构造接触,是一种假层序,从而从根本上推翻了原来所建立的地层层序和地层划分。这种情况在前寒武系深变质地层构造的研究中屡见不鲜,由此发现了前寒武纪地层中新的复合构造样式。假层序是复合构造的一种重要表现形式,正确识别对构造筛分具有重要意义。以前认为,在不整合面以上的构造是新的构造,不整合面以下的构造是老构造。层滑构造的研究表明,在不整合形成以后,如果下伏为软弱岩性层,沿不整合面层滑时,下伏岩性层强烈变形而上覆岩层可基本不变形,这时易误认为下伏变形层先于不整合面而发生,这是要注意的。

**2.1.2 切割律** 指建造与建造、建造与形迹、形迹与形迹切割与被切割的情形。一般情况下,被切割者在前,切割者在后。但是,相互切割也可以是同期的(如共轭剪切节理的互相切割;主压面和同期配套构造等),也可以是多期的(如二次切割的三期构造),还有一种貌似切割的关系(如主干断裂与旁侧低序次断裂或裂隙的关系)。最后,还有一种限制与被限制的关系,即由于前期断裂的存在给后期断裂造成一种边界条件,从而使后期断裂受到限制(图1)。从时序上说,限制者发生在前,被限制者发生在后,但在外貌上极似切割与被切割的关系,所有这些都应通过确切的鉴别标志予以区别,否则就会在时序上搞错。

**2.1.3 置换律** 被置换的构造发生在前,置换的构造发生在后。有时由于强烈的构造置换伴随着同步构造地球化学作用,导致伴随构造置换的同时,发生物质成分的置换。在发生这种强烈构造置换的地区,前期构造往往不易辩认,

图1 几种切割和似切割表象

Fig. 1 Appearances of some dissection and like-dissection

- a. 共轭剪切,同期相互切割; b. 二次切割的三期构造;  
c. 貌似切割的序次关系; d. 限制与被限制的关系  
(图中1、2、3、是构造时序)

发生这种强烈构造置换的地区,前期构造往往不易辩认,

后期构造叠加形成的面理和假岩性层往往又造成假层序，这就使得在该区从事构造筛分很困难。为了解决时序有几种方法：一是由强烈置换区向弱构造置换区追溯，先后关系当逐步明朗；二是在构造置换带中细心寻找残留构造，诸如钩形转折端、无根褶皱、微层理、包络面等等；三是通过镜下研究，因为在显微构造域内常常保留原先被置换的老构造。至于物质成分的置换则要通过一系列变形与变质、矿物世代、应力矿物与微区化学成分的变化、动力成岩成矿作用与构造地球化学作用的研究。简言之，要通过野外和室内一系列的观察和测试才能解决。

**2.1.4 包容律** 无论建造还是形迹都存在包容与被包容构造。一般说来，多数情况下，在包容构造中被包容构造发生在前。各种形迹中的包容构造，大到巨型构造带中被包容的古老地块，小至显微构造域旋转变斑晶中的被包容的残缕构造。值得强调指出的是，无论是宏观构造还是微观构造，无论是在建造还是在形迹中，都常有一些假象使人们误认它是一个包容构造，从而对构造时序作出错误判断。例如在粤北大瑶山，上古生界组成的 SN 向构造带中，由于剥蚀袒露出一块 NNW 走向的震旦—寒武系曾被错划为被包容构造，其实它与围岩是一种叠置的不整合关系。在确定包容与被包容关系时，被包容的构造有没有后期包容构造的插入或叠加，即被包容的早期构造有没有受包容的后期构造的改造是一个很重要的标志。

**2.1.5 成因律** 指受成因控制由成生联系所决定的地质构造的同时性和顺序性（不同同时性）规律。受同一区域构造应力场控制而形成的各种配套构造具有同时性，如新华夏系主压面及其配套的大义山式和泰山式构造；而在一系列变形序幕中，一连串挨次控制的构造是顺序发生的，具有准同时性。如一个纵弯褶皱变形过程中，从最初遭受水平挤压应力形成的初次构造——前期共轭剪切，到褶皱拱起在褶曲轴部形成纵向张裂和后期剖面共轭剪切节理等等一连串不同序次的构造，它们具有准同时性。不仅这些小型或显微构造在时间上的同时性和准同时性受成因律的控制，而且区域大地构造也受这种成因律的控制。例如，大洋中脊的扩张、俯冲边界的挤压和转换边界的剪切就具有准同时性。

**2.1.6 增减律** 构造在复合过程中常要发生增减作用，在增减作用以前形成的构造发生在前，在增减过程中及以后发生的构造在后。

增生和削减通常有两种形式：一种是拼贴或裂解，一种是转化。前者如地体、板块的拼贴和地块的开裂；后者如板块俯冲中洋壳的消亡或陆壳的增生（通常洋壳的削减被消亡，岛弧的形成——由不成熟的岛弧经成熟岛弧转化为陆壳）。在宏观构造复合过程中有增减现象，在显微构造复合过程中同样也有增减现象，如位错的增殖和回复，亚颗粒和新晶的形成，动态重结晶的细粒化和静态重结晶粒径的增长，元素的带入和带出以及被压溶矿物的体积减少和压力影新生矿物的生长等等。

运用以上定律关键在于如何正确地鉴别，以便剔除各种假象正确地确定复合构造的时序。

## 2.2 广义地学方法

**2.2.1 遥感构造解译方法** 遥感构造影像是各种物理场对地质构造的客观反映，不仅能在空间上给我们提供清晰的构造轮廓，而且对不同期次的构造叠置（有时对物质置换）也有清楚地反映。70年代我们正是从卫星遥感影像上看到区域上 NNE 向线性构造叠置在 NE 向区域性构造之上而得到启示，进而将新华夏系划分为早、晚两期。在粤北的地质图和卫片上，燕山期大东山岩体可见清楚地侵入到上古生界之中。该岩体位于 SN 向构造带和 EW 向构造带的复合带，在岩体的南北两侧都可以清楚地看到 SN 向褶皱带的延伸，奇怪地是这种 SN 向褶皱带在岩体中隐隐约约仍有显示（图2）。这种信息反映了该花岗岩可能是一种混合交代型花岗岩，外貌虽然是花岗岩但却保留原沉积层的褶皱构造。图2中还可清楚地看到花岗岩体中叠加

有后期 EW 向线性构造, 因此, 可以至少筛分出二期构造, 即岩体侵入前和侵入后的二期构造。

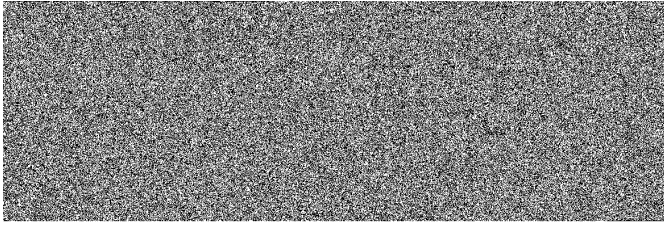


图2 粤北大东山岩体卫片影像

(据广东区调队, 1981)

Fig. 2 Satellite photograph of Dadongshan  
Rock body in Northern Guangdong

(After Geological survey Team of Guangdong Province, 1981)

照片中深色部分为花岗岩体, 岩体中尚有褶皱构造和后期叠加构造形迹

2.2.2 古地磁学方法 古地磁学研究能为构造筛分提供非常重要的依据, 主要有以下几方面:

(1) 由古地磁的极性反映出来的正向期和反向期被用来划分和对比地层、确定层序, 为构造筛分确定建造的时序提供基础。最新研究表明: 磁性倒转事件可能起因于地核対流的紊乱, 地磁偏极性则可能反映核幔边界条件的长期变化<sup>[3]</sup>, 而它们与地球自转速率的变化存在相关性<sup>[4]</sup>; 2800Ma 以来的偏极性存在 530~640Ma 的周期, 和联合古陆周期基本一致<sup>[5]</sup>。因此, 全球古地磁这种正向期和反向期交替的磁极倒转事件可能对筛分不同时期的全球构造运动和地球动力学以及由它们形成的全球构造有重要意义。

(2) 利用不同时期古纬度差或

大洋磁条宽度筛分不同时期的伸展构造。如林进峰等人 (1997) 在综合了东亚大量中生代古地磁古纬度资料后, 确定东亚大陆在侏罗纪至始新世和渐新世初由北往南漂移 $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ , 渐新世以来又由南往北回漂了大致相同的纬度到达现今位置, 确定了前后两次区域性水平运动和挤压伸展构造<sup>[6]</sup>。前者反映了白垩纪时中新特提斯的关闭, 大陆向南与巽他大陆的闭合; 后者反映了南海的 SN 向扩展。马宗晋等 (1998) 根据 Cande 等人 1989 年发表的第 3 代全球洋底磁条带图确定了全球三大洋从距今 160Ma 的中侏罗世开始, 分别在  $137\text{Ma}\pm$ 、 $97\text{Ma}\pm$ 、 $58\text{Ma}\pm$ 、 $36\text{Ma}\pm$  及  $10\text{Ma}$  依次经历了 6 个增生期, 从而筛分出 6 期洋底增生构造<sup>[7]</sup>。

(3) 由古地磁视极移曲线所提供的移动和旋转可确定出前后构造时序。最为经典的例证是三叠纪联合古陆裂解前后古地磁视极移曲线的不一致。各板块在联合古陆时的磁视极移曲线在寒武纪至三叠纪的完全重合表明各板块壳体的聚合, 三叠纪以后磁视极移曲线的不重合表示古陆的解体和特提斯的打开。

(4) 利用前后不同时期磁偏角之偏转方向及角度确定地块旋转之方向与角度, 从而筛分出不同时期的构造。例如在菲律宾吕宋岛白垩系火山岩中的古地磁磁偏角, 揭示自中、晚渐新世至今 SN 向的吕宋岛曾有过  $70^{\circ}$  的顺时针旋转及  $20^{\circ}$  的纬度差才定位于现今位置 (陈忠等, 1987)<sup>[8]</sup>。如果顺时针旋转复原  $70^{\circ}$ , 在现今纬度  $20^{\circ}\text{S}$  的位置上可筛分出一期古构造 (中、晚渐新世); 如果没有古地磁资料, 我们看到的是吕宋岛 SN 向构造的重接复合。它是中、晚渐新世的古  $N70^{\circ}\text{E}$  构造旋转至 SN 向时, 再叠加晚近时期菲律宾板块向西仰冲时的 SN 向构造。

2.2.3 同位素年代学方法 同位素年代学的迅速发展为构造历史学解决地层、岩石、构造、

矿床以及各种地质作用的时标、时限和时序提供了较为精确的方法与手段。最近20年在古老年龄和最新年龄的测定方法方面取得重大进展，为我们筛分前寒武时期和新构造期的构造提供了方法和依据。

各种同位素测年方法已可测出各种岩石矿物的成岩成矿年龄，从而可测出与构造相联系的岩浆活动、沉积作用、变质作用、成矿作用的年龄，测定这些与构造运动相联系的地质事件的年龄，能提供对构造筛分极为有用的信息。如粤西罗定-广宁断裂带中海西—印支期岩体，用 K-Ar 法测年获得不少早燕山期年龄，这些年龄与印支期岩体成岩后普遍发育的一次早燕山期构造变形事件的时间是一致的；又如胡世玲等（1993）在安徽歙县堇青石花岗岩和江西德兴钠长花岗岩中，对白云母和青铝闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 的年龄测定，共测得6个阶段的频谱年龄，分别给出了洋壳存留年龄、蛇绿岩套形成年龄、花岗岩浆活动年龄、俯冲高压变质年龄、蛇绿岩套构造侵位年龄以及晚期热扰动年龄<sup>[9]</sup>。

现代同位素年代学不仅可以测出各年龄段地质体的年龄，而且，借助年龄的测定可以筛分不同期次或不同阶段的隆升运动和隆起构造，可以测定新构造活动的年龄，也可以算出由地幔分异转化成地壳的年龄，即模式年龄，为筛分不同年龄段的新老地壳构造提供了条件。但是，同位素年代学方法必须与地质研究密切结合才能成功。

**2.2.4 地球化学方法** 地球化学方法用于构造筛分可有以下几个方面：①依据克拉克值地球化学背景场或地球化学异常，筛分不同的地层建造或岩体；②把地球化学研究与相对年代和同位素年代学结合，为不同时序的建造和构造筛分提供信息。如陈江峰（1993）等人对华夏地块的研究表明，浙东南火山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 有较大的变化范围，这些火山岩可能相当于建瓯群、陈蔡群或其物源区岩石部分熔融的产物<sup>[10]</sup>。这就使我们可从火山岩的复合建造的物源追溯中去筛分出深埋地下的组成基底构造的古老建造。③地球岩石圈地壳构造的演化本质上是物质组成与结构的演化，伴随每一场大规模的运动必定伴随物质成分与结构的调整<sup>[11]</sup>。因此，从根本上说，研究地球和岩石圈不同物性层的地球化学，配合同位素年代学，将为我们筛分出不同历史发展阶段的地球岩石圈地壳构造奠定基础。孙大中（1993）根据中条山地区古老岩石系的年代学、地球化学和地质学所获得的深部地壳信息，综合出中条山前寒武纪年代地壳结构模式（图3）<sup>[12]</sup>，为我们提供了一个很好的例证。

**2.2.5 地球物理方法** 地球物理方法一般用来研究三维深部构造，现在的问题是能否用它来研究地质构造的时间维和从事构造筛分？作者认为，地球物理信息反映的是地球深部物质组成的物理性质和结构现状，一般不能直接提供时间维的概念，但它同时又是地球岩石圈物质与结构历史发展的综合，包括多期构造复合的综合，要从现在的地球物理记录中解析筛分出不同时序的构造一般需要其他方法的配合。其一是与地质研究结合，从已知推广到未知。如根据地质研究确定该地球物理场或异常是某时代某种岩石组成的构造的反映，可以根据地表已知构造的先后时序进而解析该区深部地球物理异常所代表的构造时序，在此基础上再利用它对与之相邻的相同地质背景地区的各类地球物理异常所代表的构造时序作出筛分。例如：根据地震层析技术和剪切波的分析，在北美南部和加勒比海区深660km上下存在几个板块碎块，结合该区板块构造历史记录的研究，被解释为它们是法拉隆古板块向美州板块俯冲时发生解体分成的各个独立的小板块，进入地幔后更分解成许多小碎块<sup>[13]</sup>。其二是综合各种地球物理方法并结合同位素年代学相互补充和校正，从而对它所代表的时间维作出解析。以雪峰山及其邻区为例，在该区进行了地表重、磁、大地电流测深等各种地球物理测量，从而作出凤凰—茶陵地质断面图（图4）<sup>[14]</sup>。其中，在涟源-邵阳一线东西两侧可以看到岩石圈厚度存在巨大差异



图3 中条山古元古代地壳结构模式

(据孙大中, 1993)

Fig. 3 Profile showing the model of Paleo-protozoic crustal tectuxes of Zhongtiaoshan (After Sun Da-zhong, 1993)

1. 云英闪长岩; 2. 副片麻岩; 3. 火山岩; 4. 沉积岩; 5. 喷出熔岩; 6. 紫苏花岗岩;
7. 角闪岩和条带状铁建造; 8. 过铝花岗岩; 9. 基性麻粒岩

(相差140km), 显然在此存在一个由东向西的俯冲带, 而在表层20km左右则存在着区域性的韧性滑脱面, 并发育一系列由东向西的逆掩叠瓦构造。对这个俯冲带的形成时代有两种意见。其一认为是一个中新生代以来的俯冲带, 依据是其东侧岩石圈底界渐渐抬升, 最终和台湾-菲律宾板块相接, 显然受到菲律宾板块向西推挤, 而且只有年代较新的构造才会使相邻岩石圈的厚度差异没能来得及因重力均衡而消失; 其二认为它代表一个古俯冲带<sup>[14]</sup>, 其依据在于岩石圈厚度有巨大落差的雪峰山东缘, 沿北至北东方向存在有同位素年龄依据的晋宁期的断裂、裂谷碱性玄武岩和岛弧火山岩, 反映该区存在晋宁期的边缘海和岛弧。事实上, 若综合重、磁、大地电流测深、同位素年代学和区域地质方面的资料, 比较合理的解释是一条古今复合的俯冲带。地学断面所提供的综合信息反映出至少两期俯冲, 即晋宁期的古俯冲和新生代的俯冲, 现今深层次俯冲断距并不是一次形成的, 可能是两次洋陆俯冲和多次陆内俯冲甚至有逆向俯冲的总和。

总的来说, 地球物理学方法向时间维发展是大有可为的, 它不仅为构造筛分提供信息和手段, 更重要的是它使地球物理学成为动态的历史的科学, 并真正进入地球动力学历史过程的研究。

### 3 构造时序的区域性对比

构造时序对比的实质是对筛分出来的建造和形迹进行时空定位, 通过时空定位才好建立起构造时序的纵横向对比系统。对比地质构造进行时空定位主要有以下方法:

(1) 利用建造与建造、建造与形迹、形迹与形迹、地貌单元与地貌单元之间的相互关系,



图4 雪峰山及其邻区（凤凰—茶陵）地学断面图

（据饶家荣，1993）

Fig. 4 Geoscience profile of Xuefeng mountains and it's adjacent area  
(Fenghuang-Chaling)

1. 下地壳；2. 花岗岩；3. 刚性幔块；4. 低密度异常地幔；5. 莫霍面；6. 韧性剪切带；7. 构造弱化带；  
8. 软流层；9. 逆冲断层；10. 航磁异常/ $10^{-9}$ T；11. 重力异常/ $10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

建立相应地区的构造形成和活动的先后顺序即构造时序；在这基础上，再利用大的区域性不整合面、岩浆热事件、变质热事件与构造形迹的相互关系，将已建立起来的构造时序再划分出大的时间段落，被筛分出来的建造和形迹按其形成和活动的相对顺序纳入较大的时间段落里，可进一步划分出次一级的时间段落，再将相应的建造和形迹纳入其中等等。要做到这一点，需要建立起一个地区比较准确的构造时序表，除了准确地确定地层和建造的地质时代和同位素年龄以外，在一些具有重要时限意义的地段取得第一性资料是非常重要的。在那些多个构造层叠置的多期复合变形区，通过不同构造层的变形期次的对比和剔除，可以筛分出各构造期的变形期次和它们的时序。赵国春（1994）对我国东南部基底构造筛分出吕梁期、晋宁期和加里东期的变形幕次和时序便是一例<sup>[15]</sup>。

（2）对要筛分的地质构造需确定它所处的构造部位并追溯其空间展布范围，这对确定该时序构造的地质意义和区域对比是很必要的。如我们在广东莲花山断裂带中，开始在上三叠统一下侏罗统中见到片岩系，再沿走向追溯进入燕山期花岗岩（ $r_5^{2(3)}$ ）又变成宽厚的糜棱岩带，

而后进入围岩上侏罗统高基坪群火山岩系时,沿走向又变成片理化岩石、千糜岩或构造片岩。当我们追溯到下白垩统官草湖群红色地层时则不见其踪迹,却能清晰地看到红层不整合其上。这就使我们终于认识到这一韧性剪切带发生于晚侏罗世与早白垩世之间,并且认识到它具有的区域构造意义<sup>[16]</sup>。

应该指出,在进行构造时序横向对比时,越是在大区域上都能见其踪迹、都能进行对比的才越具有区域构造幕次的意义,而那些只见于某些局部构造的形迹往往只具有低序次的意义。可见在进行构造筛分时,区域追溯是很重要的。

(3) 进行构造时序区域对比时要注意构造的地域性和构造的穿时性。例如,在桂东南的软防海槽,上、下二叠统之间表现为造山运动的角度不整合。但对华南广大地区而言,主要是造陆运动,即表现为平行不整合,即便同是造陆运动所波及的范围,由于所处的构造部位不同,表现形式仍可有所不同。如在粤北隆起区,上、下二叠统表现为平行不整合和局部的角度不整合,在拗陷中心则常表现为整合或局部的沉积间断;在粤中的台、开、恩地区则表现为超覆不整合,这就是同一时序的构造地域性。

一场构造运动在小区域里表现为等时性,在这种情况下构造运动所造成的不整合面可作为等时面来看待,从而为构造时序的划分找到一个划分对比面。但在大范围内构造运动具有穿时性,伴随构造运动的穿时性,沉积作用、岩浆作用、变质作用和变形事件也具有穿时性,这在进行大区域性构造时序对比时是必须加以注意的。

## 4 区域复合构造的筛分

### 4.1 复合建造的筛分

复合建造表现为后期建造对前期建造的包含、包容、转化、穿插、切割。通过对建造的沉积学、岩浆岩石学、变质岩石学、矿物学、地球化学、显微构造学、同位素地质学、年代学的研究,特别是对建造的物质组成或包体进行上述多方面的研究将可以从复合沉积建造、复式岩体、复合变质带、复合矿床中筛分出先期建造,并通过早期建造追踪早期深层次的构造及其转化为后期建造的机制。

### 4.2 复合形迹的筛分

包括对各种原生、次生复合构造要素(面理、线理)、叠加褶皱、复合断裂(含各种同生变形、准同生变形及成岩变形和成岩后构造变形)的筛分。通过构造解析、有限应变测量、力学性质和运移方向、显微构造、应力矿物、矿物世代、构造地球化学、同位素年代等多方面的研究,从复合形迹中筛分出不同时序的各种不同产状、不同组分、不同构造层次和变形行为(韧性、韧脆性、脆性)、不同序次、不同排列组合和运移方向的构造形迹,然后根据筛分出来的构造形迹的成生联系和组合规律,建立现位的该时序的构造变形场,并由此确定不同时序的 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 的现位展布,确定不同时序构造的古应力场(现位)。

应该强调指出,上述两项筛分工作是区域构造筛分的基础,只有做好前二项,才能进入区域构造的筛分。

### 4.3 复合构造带和复合构造体系的筛分

通过区域上的路线观察与研究,可在复合的构造带中筛分出古构造带。作者(1990~1993)在雪峰山地区从事国家自然科学基金课题研究时,在黔阳、怀化、辰溪一线的雪峰山区见一组NNE向的构造带极为醒目。对横穿雪峰山走向几条区域性剖面的构造研究发现,在区域上



NNE 向构造带里普遍包容有 NEE 向之构造片理( $S_1$ )和由下古生界组成之 NEE 向褶皱岩带, NNE 向的构造劈理( $S_2$ )叠加和密集穿插, 形成强烈的构造置换, 由此筛分出 NEE 走向之加里东期古构造带(现位), 正是这一古构造带组成了加里东期雪峰山地区的古构造骨架(现位)<sup>[17]</sup>。

在复合构造带筛分的基础上, 可进入复合构造体系的筛分。对于复合构造体系的筛分, 李四光教授在他的一系列著作中作了详细的分析, 它对我们筛分复合构造体系有重要的指导意义<sup>[18, 19]</sup>。在他身后, 中国及东亚—西太平洋地区, 复合构造体系的建立又有了许多新进展。如广泛分布于中国东、西部的 NW 向构造, 亚洲东部及西太平洋的 NNE 向伸展盆海系(拟命名为新华夏式伸展盆海系), 华南的 SN 向构造带, 都是在复合构造体系筛分基础上新建立的构造体系。这里要强调的是复合构造体系的筛分方法, 主要有以下几点: (1) 在路线和观察点所筛分出来的构造(形迹和建造)在区域上必须是广泛出现并与前期构造存在某种固定的复合关系; (2) 这些被筛分出来的同时序构造群体彼此具有成生联系, 受同一构造应力场支配; (3) 这些同时序彼此有成生联系的构造共生组合群体构成一定的构造型式, 并且在大区域虽然经受不同程度的改造和变形但仍以稳定的方式重复出现。

#### 4.4 复合地块的筛分

地块按地块本身复合前后是原地的还是异地的可分为原地复合地块和异地复合地块。前者在复合前后地块基本上仍处于原地, 如某些板内开合的地块; 后者则指复合前两地块相隔遥远, 如拼贴于大陆边缘的地体。前者可举出我国的大别地块。经过多年的研究, 业已证明北部的基底是华北地块, 南部的基底是扬子地块, 中部的拼接造山带实际是东秦岭变形带的东延部分, 其内部的蛇绿混杂岩带是两个陆块的接合带, 是一个由滑脱叠覆构造组成的复合构造带<sup>[20]</sup>。古地磁资料表明华北与扬子地块之间并无巨大的古纬度差, 磁视极移曲线基本重合。由此证明华北与扬子仍属板内陆块, 中间并未远隔重洋(杨巍然面告), 两者之间可能有有限的小洋盆, 内部的复合构造样式主要是断面北倾的大型犁式推覆系统。后者如滇藏三江地带的羌塘地块、冈底斯地块、保山地块和中缅地块, 近年来都发现了冈底斯冰水杂砾岩和舌羊齿以及南半球低纬度古地磁记录, 因而这些地块被确认是由冈瓦纳古陆离裂出来并向北漂移拼贴到华南地块上的增生地体<sup>[21~23]</sup>。

#### 4.5 巨型复合构造域的筛分

指由于板块或大型陆块间相互作用所形成的复合构造域。在前述各项复合构造筛分的基础上可进入巨型复合构造域的筛分, 其方法可简要归结以下几点:

- (1) 准确地确定各个区域构造体系(构造型式)的力学性质、形成活动时限、展布范围、联合及复合关系;
- (2) 按时限(构造期)筛分复合的各个区域构造体系及其展布范围;
- (3) 确定每一时限(构造期)各项区域构造体系的成因、运动方式及其构造域归属和展布范围。

作者在“论构造复合”(1998)一文中曾对巨型构造域的复合作过详细的阐述, 指出由于欧亚板块、库拉(伊泽纳崎)-太平洋板块和特提斯-印度板块的相互作用产生了中国及东亚的复合构造域<sup>[24]</sup>。发育于中国及东部的 NNE 向新华夏式伸展裂谷盆地系、NW 向压剪性构造带、华夏式压剪性(阿尔金山式)构造和区域性 SN 向压性构造带是三大板块复合后在继承原有构造成分的基础上产生的新的区域构造体系。

#### 4.6 全球复合构造的筛分

在全球各个区域巨型复合构造域筛分的基础上,综合有关全球复合构造体系的资料,对全球复合构造体系进行筛分,目前已经积累了一些有关全球构造带及构造体系的资料。如有关全球特提斯构造带、有关太平洋洋底构造的研究。对全球复合构造体系进行构造筛分是一项艰巨而复杂的工作,它不仅涉及各大陆大区域构造筛分资料的综合而且还涉及各大洋及卫星各项空间仪器的测定、全球地震层析图象和行星比较学等研究手段。目前虽然有的科学家已经开始着手此项研究,如马宗晋等人对洋底增生的构造筛分,但就总体而言,目前还处于资料积累阶段。

本文承蒙梁致荣教授、刘以筠、覃慕陶、熊成云等同行们提出宝贵意见,谨致感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 李四光. 广西台地构造之轮廓 [A]. 区域地质构造分析 [C]. 北京: 科学出版社, 1974. 25~37.
- [2] 崔盛芹, 杨振升, 周南颐. 古构造分析的理论和方法 [A]. 长春地质学院地质力学教研室区域构造组编. 区域构造学 [C]. 北京: 地质出版社, 1979. 7~86.
- [3] Cox A V. Magneto stratigraphic Time Scale [M]. In Garhand W. B, Armstrong R. L. Con Av, et al, eds A Geologic time scale Cambridge University Press 1982. 63~84.
- [4] Whyte M A. Turning points in Phanerozoic time [J]. Nature, 1977/267: 679~682.
- [5] 张世仁. 偏极性现象研究及其地球动力学意义 [J]. 地质前缘, 1998. 5 (增): 175~183.
- [6] 林进峰, 陈雷, 汤贤赞. 从东亚大陆中、新生代的运动探讨南海的形成演化 [J]. 热带海洋, 1997, B (4): 73~80.
- [7] 马宗晋, 莫宣学. 地球规律的时空表现及动力问题 [J]. 地质前缘, 1997, 4 (4): 211~220.
- [8] 陈忠, 刘昭蜀, 陈森强, 等. 南海围区中、新生代古地磁特征与南海地质构造演化 [J]. 热带海洋, 1987, 6 (3): 21~29.
- [9] 胡世玲, 邹海波, 周新民. 安徽歙县董青石花岗岩和江西德兴钠长花岗岩中白云母和青铝闪石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄及其意义 [A]. 李继亮主编. 东南大陆岩石圈结构与地质演化 [C]. 北京: 冶金出版社, 1993. 141~174.
- [10] 陈江峰, 周秦禧, 李学明, 等. 中国东南地区中生代岩浆岩的 Sr、Nd 同位素组成及其大地构造意义 [A]. 李继亮主编. 中国东南大陆岩石圈围岩构造与演化研究 [C]. 北京: 中国科技出版社, 1993. 119~130.
- [11] 杨开庆, 董树文. 论地壳物质的构造动力调整作用 [A]. 中国地质科学院地质力学研究所刊, 第7号 [C]. 北京: 地质出版社, 1986. 15~22.
- [12] 孙大中, 胡维兴. 中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构 [M]. 北京: 地质出版社, 1993. 118~131.
- [13] 陆现彩, 胡文渲, 顾连兴. 地幔对流及其对地壳表层拉张盆地的影响 [J]. 地质前缘, 1998, 5 (增刊): 184~190.
- [14] 饶家荣, 王纪恒, 曹一中. 湖南深部构造 [J]. 湖南地质 (增刊), 1993, (7): 50.
- [15] 赵国春, 孙德有, 贺同兴. 中国东南部变质基底变质作用和地壳演化 [M]. 北京: 地震出版社, 1994. 11~27.
- [16] 丘元禧, 邱津松, 李建超, 等. 广东莲花山断裂带中、新生代多期复合变形变质带的基本特征及其形成机制 [A]. 地质力学研究所所刊, 第14号 [C]. 北京: 地质出版社, 1991. 93~102.
- [17] 丘元禧, 张渝昌, 马文璞. 雪峰山陆内造山带的构造特征与演化 [J]. 高校地质学报, 1998, 4 (4): 436.
- [18] 李四光. 地质力学概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1972. 24.
- [19] 李四光. 新华夏海之起源 [A]. 区域地质构造分析 [C]. 北京: 科学出版社, 1974. 49~58.
- [20] 郝杰, 刘小汉. 桐柏—大别碰撞造山带的构造特征和演化 [J]. 地质科学, 1988, (1): 1~10.
- [21] 黄汲清, 陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1987. 58~62.
- [22] 王鸿祯, 刘本培, 李思田. 中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段 [A]. 中国及邻区构造古地理和生物古地理 [C]. 北京: 中国地质大学出版社, 1990. 22.
- [23] I Metcalfe. Gondwana dispersion of amalgamation and accretion of southeast Asian terranes; Progress, Problems and Prospects [A]. In: Proceedings of first International Symposium on Gondwana Dispersion and Asian Accretion-Geological Evolution of Eastern Tethys [C]. Kunming, China, 1991. 199~204.
- [24] 丘元禧. 论构造复合 [J]. 地质力学学报, 1998, 4 (1): 1~12.

## ON THE METHOD OF TECTONIC SIEVING

QIU Yuan-xi

*(Department of Geoscience, Zhongshan University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)*

**Abstract:** The method of tectonic sieving was developed by J. S. Lee (LI Si-guang) in 1942. It is to sort out tectonic structures of different phases from a complex of tectonic features of all phases, including formational and deformational ones.

The first and foremost step is to decide the time sequence of each phase of the structures. This paper systemetically gives the traditional geological methods and other lately developed methods (e. g. isotopic dating method, paleomagnetism method, remote sensing geology method, geochemical and geophysical methods, as well as the method of regional correlation) in determining the time sequence of the deformations.

In this paper the principles, methods and steps to discriminate the different phases of or-superlarge compound deformations (e. g. compound orogenic belts, compound tectonic systems, compound blocks, compound tectonic domains, and the global compound tectonics) are also outlined.

**Key words:** tectonic sieving; compound tectonics; tectonic analysis