

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

## 造山作用概念和分类

张原庆 钱祥麟 李江海

北京大学地质学系, 100871

**内容提要** 本文从造山作用的特征标志出发讨论了 Sengor 造山带定义的缺陷,总结了造山作用的六条特征标志,并给出了造山作用新的定义。该定义包括了造山作用的起因、特征标志和大地构造背景。评述了造山带陆内、陆缘、陆间三分法方案的不足之处和剪压造山带的单独设类问题,提出了造山带板内、俯冲、碰撞三分方案。针对碰撞造山带,笔者在总结探讨现有分类方案优点的基础上,提出碰撞造山带陆陆碰撞、碰撞增生、弧陆碰撞和无大陆型碰撞造山带四分法方案,其中无大陆型碰撞造山带是描述陆壳物质形成初期地体拼合聚合过程的新类型。

**关键词** 造山作用 特征标志 定义 分类 板内 俯冲 碰撞

造山带和造山作用的研究是地质科学研究的重要领域之一。造山带为陆壳上的相对活动带,是相对于稳定的克拉通来说的(Rogers, 1996)。由于其出露条件的优越和丰富的地质现象一直是研究陆壳构造和各种地质作用的窗口,同时它也是众多内生矿床的富集区带。随着大地构造理论不断发展,特别是大陆动力学和地球动力学的提出和深入研究,造山作用和造山带的一些理论认识得到充实拓展,部分理论观念也存在修正补充的必要。本文试就在前人研究的基础上,对造山作用及造山带的现代含义和分类研究作一些粗浅的探讨。

### 1 造山作用(造山带)的现代含义

造山作用(Orogeny)是地质科学理论的重要基础,其研究历史至少有一个半世纪了。在板块理论出现之前的槽台构造理论主导时期,对造山作用的概念及分类就已作过比较系统的分析研究。板块理论及大陆动力学的出现使这一似乎已经解决了的问题有了重新探讨的必要。Orogeny 一词源于古希腊文,由 oros(山)和 gennao(产生)转拼而成。Gilbert (1890)认为 orogeny 就是由构造作用形成山脉的过程,这个解释通常被认为是造山运动的最早定义(Dennis, 1980; Sengor, 1990)。中文的造山作用早期也只会和 orogeny 一词相对应,后来有人把形成山脉的作用扩展成 mountain-building,在相应中文里也有成山作用一词见之于文献中(崔盛芹, 1999),其

确切含义也没有被明确界定过。在通常的使用中 mountain-building 一般指所有地形学上山脉,没有特定的成因含义,而 orogeny 一词长期被赋予确定的地质含义。只有少数地质学家把 mountain-building 和 orogeny 视为同一含义(Hsu et al., 1999),多数地质学家倾向于把造山作用的讨论局限于 orogeny 一词的传统含义范围内(李继亮等, 1999a)。在造山作用的早期定义中当推 Stille(1919)的解释内涵比较丰富,释义比较明确,也得到广泛的认可。他认为造山运动是一个改变岩石组构的幕式过程,这个过程产生一些肉眼能看到的构造变动,如断层、褶皱、冲断构造等等。Stille 特别强调了角度不整合在造山作用中的位置。上、下岩层组构不同形成角度不整合,这个角度不整合就是造山运动最直接、最明显的证据,国内外近代和现代的地壳运动命名如加里东运动、扬子运动、燕山运动等等莫不以角度不整合作为造山运动命名的核心标志。Stille 解释的优点在于他肯定了岩石组构的改变是造山作用的特征标志之一,但是他把造山作用的幕式观点带进了造山作用的定义中。板块构造理论在地质学中占据统治地位以后,地质学家们试图赋予造山作用新的含义。板块构造理论认为地壳的活动带主要集中在板块的边缘带上,Sengor (1990)给出了一个他认为比 Stille 的定义更为严格的定义,即造山运动是一个用于表征会聚板块边缘所有地质作用过程的集合名词。这个定义提出以后未见有多少实质性的异议(李

注:本文为国家自然科学基金项目(编号 49832004)的成果。

收稿日期:2001-05-18;改回日期:2001-09-29;责任编辑:周健。

作者简介:张原庆,男,1964年生,高级工程师。1988年于长春地质学院获硕士学位。现为北京大学构造地质学专业在读博士。通讯地址:130026,长春市吉林大学朝阳校区数学地质研究所。

继亮等,1999a)。依据这个定义,一个非常明显的问题是承不承认板内造山带的存在,几个比较典型的板内造山带,如中国的燕山造山带,澳大利亚的Alice Spring造山带,都位于克拉通的内部(葛肖虹,1989;杨巍然等,1993;宋鸿林,1999;张长厚,1999),它们不是造山带吗?这个定义是否带有早期板块构造理论的痕迹?

很显然板内造山和板块构造理论的基本假设之间存在有一定的间隙。认可 Sengor 对造山运动的解释就必然要否定板内造山。因此很有必要考察一下 Sengor 造山运动定义的真正含义。Sengor 造山作用的定义,核心是会聚板块边缘的地质作用。对照 Stille 阐述的造山作用内容,很明显 Stille 主要是说造山作用的特征标志,而 Sengor 所说的是造山带(造山作用)的属性,是一种属性定义,容易引起歧义,它也没有涵盖或隐含造山带的主要特征标志。地球上规模很大的汇聚板块边缘活动带是约 40000 km 长的洋陆俯冲带,在这里最主要的地质作用是洋壳的俯冲作用,虽然俯冲作用可以造山,但两者毕竟不是一回事,造山作用只是俯冲作用的副产品。另外在汇聚板块边缘还存在着对陆块的构造侵蚀作用(Lallemand, 1998),如果也被包括在造山作用中显然也是不合适的。所以说 Sengor 的造山作用定义另一不足之处是它还缩小了造山作用的内涵,使造山作用包罗了一些本不该包罗的东西。

造山带提出的依据原本是其构造的活动性,与地槽理论和板块构造理论虽然高度相关,但并没有必然的依存关系,所以认识造山带的关键是如何考察造山带自身的特性。造山带的定义应该是对已确认的造山带进行概括。造山作用理论从与槽台理论结盟发展到用板块构造理论及大陆动力学解释,有发展改变和继承。在这个过程中发展改变了的是对造山作用机制的认识,而在造山作用研究中判定造山带的特征标志并没有发生实质性的改变。造山带的主要标志是什么?从造山带定义的历史沿革和造山带的总体特征看,造山带的主要标志应包括以下几点:①造山带是地壳的缩短带。伴随地壳的缩短带常共生有混杂堆积带。②造山带广泛发育蠕变、韧性变形、褶皱、冲断和剪压等构造。③造山带有广泛的变质作用发生,岩石组构发生改变。④造山带有强烈的中酸性岩浆活动,有广泛的热参与。⑤造山带沉积以非史密斯地层为主。⑥地壳中参与造山作用的主体是硅铝层陆壳物质,洋壳物质以残留体形式存在,在造山带中所占的比例很小或根本就

有。

第①标志是 Suess(1875)、Stille 和 Sengor 等对造山带的定义和论述或明确或隐含地表达了的意思,混杂堆积带是地壳缝合带的特征标志之一。第②、③、④、⑤和第⑥标志分别是造山带(造山作用)的构造、变质变形、岩浆作用、沉积作用和物质组分的特点。

显然如果从造山作用的主要标志出发,存在板内造山带是没有什么问题的。从造山带的主要标志出发,我们还可以大致估计造山作用的活动强度,从第①到第④条标志,基本上是造山作用强度逐步增强的趋势。这对研究我国西部造山带的复活和新生程度或许有些益处。如天山造山带,早期碰撞造山具备四条造山作用标志,新生代的复活基本只有前两条标志。

那么如何给造山作用一个简洁明确的定义呢?笔者认为造山作用应该定义为由于地壳的缩短(包括由走滑作用衍生的缩短)所引起的构造蠕变、韧性变形、褶皱、冲断、剪切、变质作用、岩浆作用、地体增生和地壳增厚、地形隆升等作用的总和。这种作用大多发生在板块边缘带上,少部分发生在板块内部。这个定义包括了造山作用的起因(地壳缩短)、特征标志和造山带产生的大地(板块)构造背景。

## 2 造山带的分类原则

对造山带进行分类是造山作用研究的主要课题之一,这方面 Suess(1875)做了开创性的工作,他把造山带分为环太平洋型和特提斯型两大类。板块构造的引入使造山带的分类有了相对更科学的理论基础。近年来国内外一些知名学者所提出的分类方案主要有两类,一类是基于 mountain-building 的分类,如 Howell 提出的拉张作用、挤压作用、剪切作用和热力作用四种造山带类型,Wilson(1990)根据板块边界离散、转换和会聚三种类型,相应地划分出垂直隆升、水平剪切和水平挤压三大类型造山带。这类基于 mountain-building 的分类中夹带着 orogeny 的分类。另一类是基于 orogeny 的分类,认可度比较高的有 Sengor 的分类方案和陆(板)缘、陆(板)间、陆(板)内型造山带三分法方案。

Sengor(1990)提出的分类方案中把会聚板块边缘的活动方式分为剪压、俯冲、仰冲和碰撞四种类型,对应分成剪压、俯冲、仰冲和碰撞四大类造山带。如前所述,Sengor 的定义和分类含有否定板内造山的意思,另外对仰冲造山也没有形成共识。

陆(板)缘、陆(板)间、陆(板)内型造山带三分法方案,首先考虑的是造山带的大地(板块)构造背景。崔盛芹(1999)在总结全球中生代造山带时把大陆造山带分成三种类型:① 陆(板)缘型:环太平洋陆缘型造山带。② 陆(板)间型:特提斯型造山带。③ 陆(板)内型:前寒武纪克拉通基础上发育的陆内造山带、陆内隆升带,前中生代陆缘、陆间造山带基础上发育的陆内造山带。

三分法方案简洁明了,是否严谨值得磋商。首先,板块和陆块是不同的概念,其边缘也不总是一致,如北美板块上的板块、陆块边界就不一致。陆块是依据地壳物质成分(是否有硅铝层)而定的,不覆盖整个地球,有陆内、陆间和陆缘三种关系。板块是依据岩石圈的连续性及其相对运动的异同而划分的,覆盖整个地球,只有板内和板缘,在地球表面上不存在板间区域问题。经典的板块构造理论认为板块的边缘才是地壳上的活动带,而造山带总是和陆壳物质相关,没有硅铝层的存在就没有造山带。所以经典的板块构造理论的活动带与造山带在理论上相悖,三分法方案反映的是一种模糊不清的大地构造背景。其次三分法方案没有和造山作用机制有机的结合起来,比如陆缘型造山带,既可以是俯冲造山,也可以有拚贴碰撞造山,如日本岛弧,就存在着俯冲造山和地体拚贴造山不同的认识。第三是三分法方案只考虑了大的板块,没有给众多的小的造山拼合体以应有的重视,而正是这些小的众多的造山拼合体的存在,才使得造山带呈现丰富多彩复杂多样的面貌。

造山带的分类,要遵守分类学的基本原则,标志要清晰,不能有遗漏。板内造山作为一种客观存在,否定它是不可取的。造山带如何划分,最主要的是要找出各种造山带之间的最本质差别和联系。我们研究一个造山带,最关心的不外乎造山带的大地(板块)构造背景及其形成机制。因此造山带分类中最重要的一直是构造背景-成因机制分类方案。按此分类方案可分为三大主要类型:

(1)板内型:形成于板块内部,依据基底的性质又可分为古克拉通基础上的板内造山(如燕山型)和显生宙造山带基础上的板内造山(如天山复活)。

(2)碰撞型:在汇聚板块边缘由板块碰撞作用形成的造山带。实例喜马拉雅和阿尔卑斯造山带,和 Sengor 分类中的碰撞型造山带基本一致。

(3)俯冲型:在汇聚板块边缘消减带上形成的造山带。实例有安第斯造山带及西太平洋广泛发育的

岛弧型造山带,它们是在洋陆壳边界进行的造山作用的产物。

造山作用的运动方式,从 James Hall 时代的一维垂直运动到 Beaumont E. 和 Suess E. 时代不考虑造山带走向变化的二维空间运动,再到 Argand E. 和 Wegener A. 时代至现代的三维立体运动,或者说是四维的时空运动,造山带中的走滑运动得到普遍的承认。因此 Sengor 和许靖华等主张有一类剪压型造山带(Sengor, 1990)。从全球造山带的特征看,造山带中广泛存在剪压作用是不争的事实,但剪压造山作用的核心是“压”,是地壳的叠覆缩短。它存在于板内造山、俯冲和碰撞造山等各种情景中,统计显示板块的斜向汇聚是比正面汇聚更普遍的运动方式。但是单独划出剪压造山不但造成类型间的交叉重叠,更主要的是不容易区别证实和度量“剪”压作用和挤压作用在造山作用中的主次地位。承认剪压型造山带的存在与认可剪压作用在造山作用中的广泛存在不是互为因果的事情。正如在造山带中广泛存在垂向升降运动一样,我们并不主张对垂向运动造山单独设类。

### 3 碰撞造山带的分类

造山带中最广泛最复杂的一类是碰撞造山带,许多人都尝试过为之分类。比较成功的有 Sengor 的分类方案和李继亮的分类方案(Sengor, 1990; Sengor et al., 1993, 1996; 李继亮等, 1999b)。Sengor 的前后方案都是基于造山带内部构造分类的。其 1996 年的两分方案,一类是特提斯型,位于先存大陆块之间,缝合带窄,总的没有陆壳物质的添加;另一类是阿尔泰型,或称突厥型(Turkic type),由宽阔的消减-增生杂岩组成,代表演化期间有大量新生地壳物质的添加。李继亮等认为至今对许多造山带的内部构造的认识依然是模糊不清的,因此应用造山带内部构造特征进行分类缺乏必要的资料基础。进而提出根据参与碰撞的地质单元的特点进行分类的方案。李继亮等把碰撞造山带划分为六类,即陆-陆碰撞型、陆-前缘弧碰撞型、陆-残留弧碰撞型、陆-增生弧碰撞型、弧-弧碰撞型和陆-弧-陆碰撞型。

这里有两个问题需要明确,其一造山拼合体本身就是造山带内部构造的组成部分或者说是主体组成部分,本质上还是造山带内部构造分类,所以自从板块构造理论提出以来其一直就是碰撞造山带分类的一个重要研究方向(Dewey et al., 1970)。其二是随着对造山带研究的深入,造山带的内部构造会越

来越清楚,同时也会发现参与碰撞的造山拼合体越来越多,其性质也越来越复杂,不但有弧和大陆块,还有不同性质的微板块,如秦岭造山带,原先认为是扬子板块和华北板块直接碰撞的产物,现在在两大板块之间又划出一个秦岭微板块。两大经典陆陆碰撞造山带——阿尔卑斯造山带和喜马拉雅造山带在李继亮等的分类方案中是陆和不同性质弧的碰撞造山带。是什么原因造成这种现象呢?显然是出现了小的造山拼合体的缘故!透过 Sengor 和李继亮的分类方案(及更早的造山拼合体分类方案,如 Dewey 等),我们可以得出两点重要的信息:其一是以参与碰撞的造山拼合体进行分类是可行的碰撞造山带内部构造分类方法,其二是造山拼合体在造山带中的重要性是不同的。因此有必要厘定碰撞造山带中各组成部分在造山作用过程中所起的作用及所能代表的构造意义,给造山拼合体的划分一个合理的尺度,使得碰撞造山带的分类简洁可行。

所有参与碰撞的造山拼合体依据其在造山作用过程中所起的作用及所能代表的构造意义可分为三类:即大陆块、微板块和活动岛弧。在这里最重要的是参与碰撞的大陆块,它是碰撞造山带形成的物质和空间构造基础,它与微板块和岛弧等的显著区别是其控制整个造山带的时空展布。岛弧代表着造山拼合体的活动性质。相对于前两者,微板块的地质意义主要是作为碰撞过程中的被动参与者。依据它们的组合关系可将碰撞造山带分为四种类型:

(1) 陆陆碰撞型:实例喜马拉雅造山带,两个先存大陆块之间直接碰撞形成,缝合带窄,中间基本没有小的造山拼合体。

(2) 碰撞增生型:实例阿尔泰山造山带,在大陆块之间,有一系列小的增生拼合体存在,包括微板块、活动岛弧等各种地体。

(3) 弧陆碰撞型:实例如新几内亚型造山带,是大陆和岛弧碰撞形成的造山带。

(4) 无大陆型碰撞造山带:由活动岛弧碰撞及其他微型造山拼合体组成,反映的是新陆壳形成初始阶段的碰撞作用及地体(微板块)之间的相互拼贴聚合的过程。可能是古陆壳形成的普遍机制(Hoffman, 1988)。

## 4 结语

对造山作用的认识是和大地构造理论紧密相关的,但是造山作用是有自己的特征标志的,不能拘泥于大地构造理论的束缚。造山作用的定义应客观全

面地反映造山作用的起因、特征标志和造山带形成的大地构造背景。造山带的分类是一个逐步优化的过程,我国众多的造山带是天赋我国学者的良好机会。陆壳的发展演化史在一定意义上说就是造山带的发展演化历史,无大陆型碰撞造山带实际上反映的应该是陆壳形成的早期阶段的演化过程,因此单独划出这一类来是很有必要的。它既是造山带演化的一种历史类型,也是造山带的现实类型之一。

## 参 考 文 献

- 崔盛芹. 1999. 论全球性中—新生代陆内造山作用与造山带. 地学前缘, 6(4): 283~293.
- 葛肖虹. 1989. 华北板内造山带的形成史. 地质论评, 35(3): 254~261.
- 李继亮, 刘和甫, 等. 1999a. 造山作用笔谈会. 地学前缘, 6(3): 1~19.
- 李继亮, 孙枢, 郝杰, 等. 1999b. 论碰撞造山带的分类. 地质科学, 34(2): 129~140.
- 宋鸿林. 1999. 燕山式板内造山带基本特征与动力学探讨. 地学前缘, 6(4): 309~316.
- 杨巍然, 杨森楠. 1993. 造山带结构与演化的现代理论和研究方法——东秦岭造山带剖析. 武汉: 中国地质大学出版社, 3~27.
- 张长厚. 1999. 初论板内造山带. 地学前缘, 6(4): 295~308.

## References

- Cui Shengqin. 1999. On global Meso — Cenozoic intracontinental orogenesis and orogenic belts. Earth Science Frontier, 6(4): 287~293 (in Chinese with English abstract).
- Dennis J G. 1980. Toward a contemporary concept of orogeny. Z. Dtsch. Geol. Ges., 131: 569~578.
- Dewey F J, Bird J M. 1970. Mountain belts and new global tectonics. J. Geophys. Res., 75: 2625~2647.
- Ge Xiaohong. 1989. The history of formation of intraplate orogenic belts in the North China palaeoplate. Geological Review, 35(3): 254~261 (in Chinese with English abstract).
- Gilbert G K. 1890. Lake Bonneville. USGS Monogr. No. 1. Govt. Printing Office, Washington D C, 1~438.
- Hoffman P M. 1988. United plates of America, the birth of a craton Early Proterozoic assembly and growth of Laurentia. Ann. Rev. Earth and Planet. Sci., 16: 543~603.
- Hsu K J, Chen H. 1999. Geologic atlas of China: an application of the tectonic facies concept to the geology of China. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier Sci. B. V., 1~262.
- Lallemand S E. 1998. Possible interaction between mantle dynamics and high rates of arc consumption processes. In: Flower M F J, et al., eds. Mantle dynamics and plate interactions in East Asia. Washington D. C., AGU, 1~9.
- Li Jiliang, Lui Hefu, et al. 1999a. Conversation by writing on "orogenic belts". Earth Science Frontier, 6(3): 1~19 (in Chinese with English abstract).
- Li Jiliang, Sun Shu, Hao Jie, et al. 1999b. On the classification of collision orogenic belts. Scientia Geologica Sinica, 34(2): 129~140 (in Chinese with English abstract).
- Rogers J. 1996. A history of continents in the past three billion years. J. Geology, 104: 91~107.
- Sengor A M C. 1990. Tectonics and orogeny after 25 years——A

- tethyan perspective. *Earth Sci. Rev.*, 27: 1~201.
- Sengor A M G, Natal'in B A, Burtman V S. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364: 299~307.
- Sengor A M C, Natal'in B S. 1996. Paleotectonics of Asia: argument of a synthesis. In: Yin et al., eds. *The tectonic evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 486~640.
- Song Honglin. 1999. Characteristics of Yanshan type intraplate orogenic belts and a discussion on its dynamics. *Earth Science Frontier*, 6(4): 309~316 (in Chinese with English abstract).
- Suess E. 1875. *Die Entstehung der Alpen*. Wien: W. Braumuller, 1~168.
- Wilson J T. 1990. On the building and classification of mountains. *J. Geophys. Res.*, 95(B5): 6611~6628.
- Yang Weiran, Yang Sennan. 1993. Modern theory and research method of structure and evolution of orogenic belts; anatomy of East Qinling. Wuhan: China Geology University Press, 3~27 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Changhou. 1999. A primary discussion on the intraplate orogenic belts. *Earth Science Frontier*, 6(4): 295~308 (in Chinese with English abstract).

## The Modern Implications of Orogeny and Classification of Orogenic Belts

ZHANG Yuanqing, QIAN Xianglin, LI Jianghai

*Department of Geology, Peking University, Beijing, 100871*

### Abstract

The defects of Sengor's definition on orogeny is discussed by means of analyzing the characteristics of orogenic belts. A new definition of orogenic belts is put forward. It involves the origins, characteristics and tectonic setting of orogenic belts. The old trichotomy scheme on orogenic belts is reviewed and a new one is presented to divide orogenic belts into three categories: intraplate, collision and subduction. The former classification of collisional orogens make it possible to put forward a new classification on collisional orogens that include four types: land—land collision, collision accretion, arc—land collision and non-mainland collision. The last one is a new type representing the early amalgamation processes of the crust.

**Key words:** orogeny; characteristics; definition; classification; intraplate; subduction; collision

---