

文章编号: 1009-6248 (2001) 01-0001-09

# 造山带与造山作用及其研究的新起点

张国伟, 董云鹏, 姚安平

(西北大学地质学系, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 当代地球科学正处于重要的发展时期, 人类社会向地学发出了新的严峻挑战, 地球科学理论自身也处在一个新的发展时期。面对社会与地学的发展及需求, 作为地质科学研究最基本主要领域的造山带研究, 应如何思考? 本文据此在新世纪开始之际, 根据社会与科学的发展, 回顾和讨论了造山带、造山作用及其研究内容、发展变化和新的研究起点与任务。

**关键词:** 造山带; 造山作用; 板块构造; 大陆动力学; 岩石圈; 流变学

**中图分类号:** P542+.2      **文献标识码:** A

20世纪末叶以来, 人类社会可持续发展, 资源、能源、环境、灾害等已成为世界关注的重大问题, 也成为地球科学发展面对的重大科学问题, 与之同时, 20世纪80年代开始, 板块构造理论在大陆地质研究中遇到许多新问题, 也使地学的地球观与构造观正处于新的探索发展、活跃新思维时期。社会与科学新的发展动态表明, 地球科学正面临着新的重要发展机遇和挑战, 其中大陆地质与大陆造山带研究首当其冲。

造山带是地球科学研究的最基本内容之一, 尤其在当代地学最新发展中更是其前沿主要研究领域之一。地球科学是一门古老的科学, 也是一个蓬勃发展的科学。它随着社会的发展而发展, 为人类社会进步和文明发展作出了卓越的贡献。现在这门科学在20世纪末到21世纪初, 又正处于一个重大发展转折的关键时期。人类社会新的发展需求已向地球科学发出了严峻挑战。资源、能源、人口、土地、粮食、环境、灾害、生态等等已成为人类社会可持续发展和人类生存的突出问题。人类的活动已成为一种巨大地质营力作用于地球, 并以前所未有的方式改变和影响地球自身的自然变化及动态进程。人们已觉察和认识到人类活动已成为不可忽视的认识地球系统运动新的重要因素。于是人类正面临着重大抉择, 重新认识, 开始调整自身许多现在和未来的活动, 以便维护、治理自己赖以生存的地球, 使之能够继续成为人类可居住、生息繁衍发展的宇宙处所, 保障社会可持续发展。这一切都要求人们要重新认识和了解地球, 首先最重要的是了解整体地球所发生的过程。因此, 这就使处于世纪之交的当代地球科学进入到一个关键转折时期, 调整转换故有轨道, 拓宽领域, 增强参与社会重

**收稿日期:** 2001-04-06

**作者简介:** 张国伟(1939-), 男, 1961年毕业于西北大学地质学系并留校任教。现任中国科学院院士, 西北大学造山带地质研究所所长。长期从事造山带和前寒武纪地质的科学研究与教学工作。

大决策的功能, 确定新的目标方向, 探索新领域, 建立新理论、新方法。同时, 作为 20 世纪地球科学重大成果的板块构造理论, 在带动整个地学尤其是地质科学发生革命性的变革过程中, 使之也得到巨大发展, 今天它仍是国际地学界公认的占主导地位的学术理论思想, 并且它仍在深化、发展、提高之中。但是它自 20 世纪 70~80 年代以来, 在应用于大陆地质研究的验证过程中, 逐渐发现大陆地质远比大洋复杂, 简单地用经典板块构造模式解释和认识大陆地质及其动力学过程等都遇到了很多疑难, 显示了板块构造理论的局限性。因此, 国际地学界在深入发展, 广泛应用板块构造的进程中, 在新的研究层次上提出了新的地学思维和探索, 全球动力学和大陆动力学便成为最瞩目的前沿探索领域, 尤其大陆动力学被许多国家列为国家最优先发展的前缘研究领域, 标志着地球科学又进入到一个理论和观念的重大飞跃发展时期, 这不是对板块构造的否定和摒弃, 而恰恰正是在板块构造理论基础上, 在更高层次上的深入发展, 也是地球科学在人类认识未知世界中的一次重要理论探索发展。大陆地质和造山带研究就是其中一个重要前沿课题。

造山带是地球上部地壳和大陆的最基本构成单元, 也是人类赖以生存的重要矿产资源和全球变化、灾害与环境的主要控制因素, 是探索认识地球, 建立地学理论与方法的主要发源地之一。因而它一直是地质科学研究的中心课题, 也是地球科学家, 特别是地质学家最关心的基本地质问题之一。近代 100 多年的研究, 实际的调查、理论的探索, 已有大量的积累与成果, 提出了多种造山带理论, 但迄今造山带仍是一个还未根本解决的现代地质科学的基本研究命题和热点。特别是 20 世纪 90 年代以来, 大陆地质和大陆造山带研究已成为固体地球科学发展新的最主要的前沿领域之一, 使其更加引人注目。人类的需要, 科学的发展, 促使和要求人们必须充分利用当代最新知识和技术, 以宇宙和全球的观点, 用新的学术思想与观念, 从实际出发在新的起点上对造山带进行新的探索, 以促进地球科学的发展。因此重新认识分析已有的地质理论与知识, 了解掌握新的学术思想与理论, 就成为进行造山带新的研究的首要任务。

## 1 造山带与造山作用

按照现代固体地球科学的基本认识, 依据板块构造观点, 全球岩石圈的最大构造单元就是岩石圈板块。现今正在发生和进行着的地质作用与过程, 主要是这些板块以侧向运动为主的分离、剪切转换与会聚的相互作用及其产物, 自然界正在发生着的造山作用与造山带的形成就包含在其中。但从全球历史的演化和大陆造山带的形成与演化来考虑, 也可以说全球岩石圈的基本结构单元是大陆岩石圈和大洋岩石圈。依地壳而言, 即大陆地壳和大洋地壳, 简称陆壳和洋壳。两者之间常有过渡性地壳, 简称过渡壳。概括大陆和大洋岩石圈的基本构造单位总体说主要是两个类型: 活动构造带和稳定地块, 即造山带和克拉通。也即地貌上的山脉和盆地或高原, 或大洋的中脊、俯冲带、转换断层带、洋岛山脉和深海盆地与高原等。它们组成了固体地球外壳的基本结构和地貌。不言而喻, 它们是作为宇宙天体一员的地球在其长期形成与演化过程中所造成与发展变化的。自然它们就成为探索研究地球形成与演化的主要内容之一。其中, 造山带是研究岩石圈和地壳形成、演化、成因及其动力学的最重要地带。如果我们把地球当作一个复杂的物理、化学、生物的综合体系, 则造山带就是这一体系长期

发展演化、波澜壮阔剧烈变动的集中表现, 是岩石圈和地壳中最强烈的活动带, 因此也就成为岩石圈和地壳形成演化信息储存和记录最多的关键研究地带。

造山带 (orogenic belt) 是地球上部由岩石圈构造运动所造成的狭长强烈构造变形带, 并往往在地表形成线状相对隆起的山脉, 一般与褶皱带、构造活动带等同义或近乎同义。关于它的定义和含义有不同的意见和争论 (Dewey, 1970; Wilson, 1990; 张国伟等, 1993, 1999; 杨巍然, 1999; 李继亮等, 1999; 刘和浦等, 1999; 张长厚, 1999), 这里暂不去追究和评述它们。迄今通常认为造山带是地壳挤压收缩的变形带, 是挤压性构造运动所造成, 并把这种造成构造山脉的作用叫作造山作用或造山运动 (orogenesis, orogeny), 与地壳运动中的造陆运动 (epeirogenesis) 相对而提。造山运动是在地球深部构造动力学背景下所发生的岩石圈剧烈构造变动和其物质与结构的重新组建的复杂地质过程, 造成岩石圈横向收缩、垂向增厚, 隆升成山。实际上, 大陆、大洋中都存在有多种类型的山脉。大陆上有诸如著名的阿尔卑斯-喜马拉雅山系, 洋陆交接地带的环太平洋山系, 以及如大陆上横贯我国中部的大别-秦岭-昆仑山系等等, 它们主要是地壳挤压收缩, 岩层褶皱、断裂, 并伴随岩浆活动与变质作用所形成的山脉。但还有如东非裂谷、德国莱茵地堑构造等所形成的裂谷侧旁山系, 它们显然是由于地壳拉张而造成。在拉伸构造形成裂谷、裂陷盆地的同时, 相对造成周边抬升, 构成山系。其中最突出的是全球型的大洋中脊, 它们是宏伟巨大的洋底山系, 无疑属地球最大的拉张伸展构造单元。此外, 还有如夏威夷那样的由洋底火山活动所形成的山脉, 以及像西南太平洋中的洋内俯冲所造成的洋岛山链, 显然后者又属洋内挤压性山脉。因此, 按照造山带的原来含意“在严格的词源意义上, 褶皱作用、挠曲作用、断裂作用和火山活动全是‘造山’的产物……”(Blackwelder, 1914; Dennis, 1982)。所以可以说不但是挤压断裂褶皱成山, 而且扩张拉伸、剪切走滑, 火山活动同样可以造山。故可以把造山带广泛理解为呈狭长隆起山脉的由造山作用所形成的岩石圈和地壳变形构造带。当然, 就总体而言, 尤其在大陆上, 造山带主要是岩石圈或地壳收缩增厚构造变形所造成。这里应特别强调的是:

(1) 造山作用或造山运动是指形成造山带的构造过程, 亦即一个复杂的地质过程。造山运动从全球看, 应不是简单的全球性同时幕式的发生发展, 而往往是不同地方此起彼伏的不断发生, 但就具体地区而言又是有阶段性、周期性的以相对和缓平静与剧烈的量变到质变的不同形式在发生发展, 是一个地壳和岩石圈成分重组、结构重建的复杂的物理、化学的漫长连续地质作用过程, 更绝不只是单单指隆升成山的作用。地貌上高起成山脉, 只是造山作用的最终产物之一, 既不是造山作用全貌, 也不是其本质, 而是造山运动最终结果的一种明显表现形式, 成山不成山并非关键, 更不应成为判别造山作用的主要标准。往往造山运动最终导致成山脉, 隆升高起, 但并非都要成山。

(2) 大洋造山带与大陆造山带虽然含义相同, 但两者形成与发展差异显著。大洋中的造山带以大洋中脊伸展增生构造成山、洋底火山山脉和边界俯冲碰撞造山为特征。大陆虽然也有重要巨大的伸展构造, 但更以收缩挤压性造山带为突出特色。自然这是由大洋与大陆岩石圈间的本质差异及其构造动力学背景的不同所决定的。

## 2 造山带研究的发展

大地构造学在其长期发展中,关于造山带的假说争论很多,但对地学界影响最广泛、最深刻的学说理论,要属地槽说和板块说。它们是人类对于地球认识在不同阶段的总结和知识的结晶,极大地推动了地球科学的发展。但像现有的事实已证明的那样,它们都不是认识的终结,它们都只是人类对于地球的形成、生命的起源等基本科学命题的不断探索认识的长河中一定阶段的成果,它们本身也在不断发展变化。现代板块构造理论取代地槽说而在地学领域占据支配地位,这就是发展提高,并使之成为地质科学向现代科学理论迈进的标志。这场“地学革命”是地质科学发展史上划时代的重大事件。但板块构造学说运用于大陆地质时,所遇到的新问题与疑难,已成为地球科学家们孜孜以求的新探索,正标志着地质科学又一次重大发展的到来。今天正处在不是在板块构造基础上使其重大发展提高,就是处在一个新的,包括板块构造学说在内的地球构造观、新的大地构造理论诞生的前夜。已经提出了“全球性地球动力学”、“大陆动力学”和“创立行星地球统一理论”的问题。现在的造山带研究与探索就正处在这样一个地球科学发展的总趋势背景下,新思维、新观念、新思路正在涌现。所以在这里简短回顾历史,分析造山带研究观点与思路的发展变化,会有有益的启示。

大地构造是地质科学中最活跃的学科,占有举足轻重的地位。概括其近半个世纪来的迅速发展,关于造山带基本学说与观念的发展,可以归纳为以下3种基本造山带观念:

### 2.1 地槽学说的地槽回返造山说

20世纪60年代板块构造说诞生以前,地槽说在地质学中占统治地位,支配与渗透到各个地质学科,促进了地质科学的发展,作出了不可磨灭的历史贡献。但今天来看,其历史的局限性是显而易见的。可以概括地说,它总的基本出发点是固定论,即认为地壳与地幔密切相关,但岩石圈地壳相对于地幔不可能发生任何大规模的水平位移,因此其地球构造观便立足于造山带是地壳内相对固定的沉积槽地及其垂向回返成山,着眼于地槽成因、类型、性质和分布演化的研究,发展了古生物地层对比、沉积岩相与建造学说及造山作用等一系列地槽回返理论(Kay, 1951; 别洛乌索夫, 1962; Dana, 1973)。然而不论怎样,20世纪中叶的地槽说始终没有使地质科学摆脱其与现代科学技术相脱节而处于以描述为主的状态。当然这与当时对于海洋和深部地质知之甚少的客观情况是直接相关的。

### 2.2 板块构造的俯冲碰撞造山说

随着海洋地质和地球物理研究的发展,从20世纪50年代起到60年代兴起了板块构造学说,并很快传遍全球,渗透到地质科学的各个学科,推动着地质科学飞速发展,使之进入一个新的科学发展阶段。板块构造说以活动论的基本观点,认为造山带是岩石圈板块在其侧向运动中的相互间的作用,是洋与洋或洋对陆的板块俯冲和陆与陆碰撞的构造产物。也即造山带的形成与演化主要决定于岩石圈板块相对运动及相互作用,是板块间俯冲碰撞造山(Coward *et al*, 1986),从而根本改变了地槽说的壳内槽地的沉积堆积作用和回返造山作用的学术观念。因此造山带研究的中心和方法,也必然随之而发生改变,转向着眼于板块的形成与演化,古大陆边缘地质,蛇绿岩及混杂岩带,主缝合带和俯冲碰撞构造作用及与之相关的岩浆活动、变质作用与成矿作用等等基本问题。总之,形成了板块构造的基本造山带成因

学术观念, 即板块俯冲碰撞造山说。

### 2.3 目前的多成因造山说

板块构造说在经历了 20 世纪 70 年代大洋与大陆研究的验证, 有了新的发展, 板块构造得到了进一步肯定, 但同时也遇到了新的挑战和问题。80 年代以来, 在把经典板块构造理论运用于大陆地质过程中, 在新的地球物理探测技术迅速发展和深部地质新的发现不断涌现的情况下, 愈来愈多发现和认识到大洋岩石圈和大陆岩石圈有本质的差别, 大陆上的许多造山带都是由一系列不同层次的板片岩席不但在板块消减带边缘, 而且在大陆内、板块内也发生了大规模侧向位移而形成叠覆堆置、构造变形和地壳增厚, 从而构成山系。发现大陆岩石圈不是简单的像大洋岩石圈那样的刚体, 而是极其不均一, 随深度变化具明显粘弹性、塑性流变特征的固态介质材料, 具有广泛的分层结构, 可以发生广泛弥散渗透性变形, 而且还具有突出的壳幔相互作用的垂向加积增生构造作用。因此, 大陆造山带的形成与演化, 就不仅仅单是俯冲碰撞造山所能全部解释, 而是可以由包括板块俯冲碰撞造山在内的多种多样地质机制所造成。所以应运而生提出了“内硅铝造山作用”, 也即“陆内造山作用”、“薄皮板块构造”、“滑线场理论”、“地体”说、“碎裂流说”、“岩石圈分层说”等等多种成因造山说 (Kroner, 1983; Hsu, 1979; Tapponnier et al., 1986; 马托埃, 1984; Mattauer et al., 1985; Sengor, 1990; , 1983)。也出现了诸如 M. Mattauer (1984) 的俯冲型、仰冲型、碰撞型和陆内型的造山分类, 许靖华的板内变形多岛海造山模式和大地构造相方法论, 划分出阿勒曼相、凯尔特相与雷特相研究 (许靖华, 1994, 1998; 李继亮, 1992; Robertson, 1994), Sengor (1990) 的走滑挤压造山、仰冲造山、俯冲造山、碰撞造山, Howell (1991) 的拉张、挤压、横推、热隆等等类型。显然, 造山带研究的学术思路与观念又发生了新的重要变化, 形成了多成因造山说。

从地槽回返造山、板块构造的俯冲碰撞造山到提出多成因造山, 从经典板块构造解释大陆地质遇到的疑难, 再次突出了大陆地质问题。很明显, 大陆地质与大陆造山带已成为固体地球科学新发展的主要前沿研究领域之一。因此, 20 世纪 80 年代后期、90 年代以来到 21 世纪初期将是地质学家重新认识大陆, 进行新的探索研究的时期, 将是大陆地质和深部地质得到重大发展的时代, 问题的实质是已经得到基本验证的大洋经典板块构造说如何在大陆地质重新研究认识的基础上, 面对宇宙与全球, 以新思维新观念产生和建立囊括整个地球洋陆长期发展演化的统一行星地球构造观与理论, 使固体地球科学再进入一个新的发展阶段。

## 3 造山带研究的新起点

综上所述可以看出, 板块构造说兴起以来, 尤其 20 世纪 80 年代后半期和 90 年代以来, 面对人类社会对地球科学提出的严峻的新的挑战 and 板块构造在解释大陆地质中遇到的新问题, 提出大陆动力学等新的地学思维之后, 现代地球科学和大地构造学对于地球及其固体外壳——岩石圈的认识, 已经跨入了一个新的知识基础上。因此, 关于地球和大陆的新认识、新思维、新方法, 已成为现今对大陆造山带进行研究的新起点。

### 3.1 现代地球科学的认识和发展

(1) 地球, 包括固体外壳, 是一个整体的物理、化学、生物的行星综合体系。

(2) 地球物质的物理、化学性质随深度在变化, 其组成、行为及其表现形式也随之而发生变化。从深部到上部表层流体在岩石圈的形成、演化与构造发展上起着重要不可忽视的作用, 是重要的新的研究领域。

(3) 地球内部及其外壳在组成与结构上纵横向极不均一, 地球内部的基本特点是化学组分和物理结构与状态的非均匀性, 地球的圈层多级分层性与相互作用及差异运动, 具有重要动力学意义。地球和岩石圈是一个高度活动的动力学体系。岩石圈的构造运动主要是由地球内部核、幔及岩石圈本身的物理与化学过程所引起。

(4) 地球上部表生系统和其形成过程, 包括人类活动, 已成为人类生存和社会可持续发展的日益突出的重要研究领域。

(5) 洋、陆岩石圈具有重要差异。洋、陆岩石圈作为地球最外层统一的固体外壳组成部分, 无疑具有共同的基本特点, 但它们又作为地球外壳基本组成的两个端元, 在地壳及壳下地幔的组成成分、结构、物理与化学行为等方面都存在有重要的差异, 并导致在构造变形行为、运动方式及动力来源方面都有很大差别。例如, 大洋板块岩石圈存留时间短, 时代较新, 以硅镁质成分为主, 结构相对简单, 薄而冷 (5~ 20 km), 具有刚性块体特征, 刚性大洋板块相互作用及其碰撞效应主要发生在相对简单而狭窄的边界内。而大陆岩石圈则是不同时代的拼合体, 长期保存, 硅铝质成份占很大比例, 结构复杂, 呈多层块体, 具脆性到流变学特征, 力学行为复杂多变, 故大陆板块边界宽而复杂, 形成广阔弥散渗透性应变域或带。可能还存在其它更深层次差异原因, 目前还未被人们所了解等等。总之, 洋、陆板块或者说岩石圈存在有实质性差异, 故用刚性大洋板块运动学原理与模式解释大陆板块构造遇到很多困难。对此从 20 世纪 80 年代以来, 已为地学界逐渐认识, 并已成为大陆动力学研究的重要出发点。显然, 其地学研究意义重大。

(6) 改变过去简单的稳态均变论, 新的灾变论认为灾变形式是地球构造发展的重要质变形式之一。

### 3.2 大陆地质研究的新进展及其特性

(1) 大陆是已经历了几十亿年长期发展演化所构成的复杂地质综合拼合体系。不少克拉通下迄今未发现软流圈存在, 并且由于其基本组成平均密度低, 因而轻, 具有巨大浮力, 长期漂浮保存而不易完全俯冲消减回到地幔中去。

(2) 相对于大洋岩石圈, 作为一个富长英质矿物成分的固态介质材料, 其强度比较弱, 易于发生地质尺度的快速变形。

(3) 大陆岩石圈具有流变性与流变作用, 形成不同流变学分层的流变结构, 不是一个简单“刚体”。其地壳与岩石圈地幔间并非都是完整连续的刚性整体运动, 而是在地壳内和岩石圈地幔中发育多层结构, 可以导致发生多层次拆离滑脱的侧向大规模运动, 表现出连续介质中包含着相对坚硬块体和垂向上的层状块体特征。因此, 从动力学角度考虑涉及到连续介质和非连续介质的状态与流变, 块体的相对运动, 上部的脆性和中深部韧性流变及其两者的关系等等, 并在动力学上表现出其特殊的本构关系, 漫长时间效应, 动力学过程中一些基本因素和参数的多变与模糊不确定性、非线性关系。这就要求对大陆岩石圈构造变形的运动学和动力学全过程要有真实的了解与监测。总之, 大陆岩石圈具有特殊复杂性。

(4) 由于上述大陆岩石圈本身固有的习性, 决定了它长期漂浮, 遭受多次叠加构造变动

与物质的多次复合转化和广阔发育渗透性多期变形变质, 呈现出一种极不均一的复合性的复杂组成与结构状态。

(5) 由于大陆岩石圈的非均一性、复合性、复杂性和区域性, 选择研究基地, 进行深入系统、综合、精细研究, 成为探索大陆地质, 认识大陆, 提出新观念, 创立新理论的策源地, 是当今大陆地质与大陆造山带研究的重要科学途径。

总之, 目前造山带的研究, 在当代地质科学面对人类重大社会问题与板块构造面对大陆地质问题的双重挑战的新形势下, 正处在为适应新的发展建立新的知识体系的重大转折时期。因而, 大陆造山带的研究方向、目标, 优先领域与关键科学问题、学术指导思想与研究方法, 必然要建立在新的起点上。大陆板块构造及大陆动力学和造山作用与全球变化关系已成为造山带研究的主要指导思想。

### 3.3 当代造山带研究的重要前沿课题

(1) 大陆造山带的形成演化、机制与其特殊复杂性及其大陆动力学与地球动力学意义。

(2) 大陆造山带地壳、岩石圈及其之下的地幔各圈层的相互作用、过程与动力学。

(3) 造山作用与全球变化, 尤其现代造山作用、晚近时期陆内构造作用等陆内造山过程、演化趋势与全球变化关系; 探索建立造山作用、山脉隆升与环境气候、水圈、生物圈变化间的关系, 为研究和预测全球变化提供重要基础和依据。

(4) 造山带岩石圈三维结构, 流变学分层与成因; 造山带地幔结构、状态及其物理、化学过程; 地幔动力学与地壳的响应。

(5) 大陆造山带的多期复合与构造体制的变换转化过程及其大陆动力学意义。

(6) 大陆造山带与当代地学发展的热点重点问题, 诸如造山带与资源、能源, 造山带与盆地, 与超高压、超大陆关系, 以及关于特提斯等的研究。

总之, 当代地学的发展要求通过大陆造山带研究, 重新审视大陆地质, 进一步验证、深化、发展大陆板块构造, 并在此基础上, 进行诸如大陆动力学等新的地学发展的探索, 为创建新的造山带理论与方法, 进而为完善或建立新的全球构造观和包括板块构造在内的新的大地构造理论而努力。

从以上简短的回顾和概括, 可以看出大陆造山带研究在最近的半个世纪内, 在学术思想与观念和方法上, 从固定论到活动论, 从地槽回返造山、板块构造的俯冲碰撞造山到今天的多成因造山一直在不断发展、演化和提高。可以预见在 21 世纪, 大陆造山带在新起点上的研究将会有更迅速的发展与巨大进展。因此, 今天的大陆造山带研究应充分意识到这一科学发展的动态和趋势。我国有着得天独厚的丰富复杂的地质条件与众多各种类型的造山带, 因而我国有条件, 有可能, 有必要开展大陆造山带的综合研究。综观全球与宇宙, 我们应立足于中国造山带的实际, 对比世界主要造山带, 总结新发现, 新认识, 提出新观念, 新理论, 丰富和发展造山带理论, 进行大陆动力学的探索研究, 参与当代世界地学发展与竞争, 为地球科学的新发展作出我国应有的贡献。

### 参考文献:

- [1] Blackwelder. A summary of the orogenic epochs in North America [J]. Hour. Geology, 1914,

- (22): 633-654.
- [2] Coward M P and Windley B F. Collision tectonics (M. P. Coward and A. C. Ries, eds) [M]. Spec Publ Geol Soc London, 1986, 19, 203-219
- [3] Coward M P and Ries A C. (eds). Collision Tectonics Blackwell [M]. Sci publ, 1986, 476.
- [4] Dennis J G. Orogeny Benchmark Papers in Geology [J]. V. 62, Heutchinson Ross, Stroudsburg Penn 1982, 379.
- [5] Dewey J F and Bird J. Mountain belt of the New global tectonics [J]. JGR. 1970, (75), 2625-2647.
- [6] Howell D G. Terranes tectonics mountain building and continental growth [M]. 1991. 王成善等译, 成都: 四川科技出版社
- [7] Hsu K J. Thin skinned plate tectonics during Neo Alpine Orogenesis Am [J]. Jour Sci, 1979, (279): 353-366
- [8] Kay G M. North American Geosynclines Geol [J]. Soc Am. Mem., 1951, (48): 143.
- [9] Kroner A. Proterozoic mobile belts Compatible with the plate tectonic Concept [J]. Geol Soc Am. Memoir 1983, (161): 59-73.
- [10] Mattauer M, Matte P, Malavieille J et al. Tectonics of the Qinling belt: building up and evolution of eastern Asia [J]. Nature, 1985, (317): 496-500.
- [11] Robertson A H F. Role of the tectonic facies concept in orogenic analysis and its application to Tethys in the eastern Mediterranean region [J]. Earth Science Reviews, 1994, (37): 139-213
- [12] Sengor A M C. Plate Tectonics and Orogenic Research after 25 Years: A Tethyan perspective [J]. Earth Science Reviews, 1990, (27): 1-201.
- [13] Tapponnier P G, Peltzer R A, Molnar P. On the mechanics of the collision between Asia and India [M]. J. Geol Soc London Spec Publ, 1986, 19: 115-157.
- [14] Wilson J T. On the building and classification of mountains [J]. J. Geophys Res, 1990, 95 (B5): 6611-6628.
- [15] . [J]. Уто-Ф U 1983
- [16] 别洛乌索夫 B B. 地球构造图 [M]. 北京: 地震出版社, 1983
- [17] 李继亮. 碰撞造山带大地构造相, 现代地质学论文集 (上) [C]. 南京: 南京大学出版社, 1992, 9-21.
- [18] 李继亮, 孙枢, 郝杰, 等. 论碰撞造山带的分类 [J]. 地质科学, 1999, 34 (2): 129-140.
- [19] 刘和浦, 夏义平, 段进根. 走滑造山带与盆地耦合机制 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (3): 121-132.
- [20] 马托埃 (Mattauer M). 地壳变形 [M]. 孙垣, 张逆安译, 北京: 地质出版社, 1984, 1-339.
- [21] 许靖华. 弧后碰撞造山作用及其大地构造相 [J]. 南京大学学报, 1994, 6 (1): 1-11.
- [22] 许靖华, 孙枢, 王清晨, 等. 中国大地构造相图 [M]. 北京: 科学出版社, 1998, 1-155.
- [23] 杨巍然. 论造山作用和造山带 [J]. 地质论评, 1999, 45 (1): 10-14.
- [24] 张长厚. 初论板内造山带 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (4): 295-308.
- [25] 张国伟, 周鼎武, 于在平. 大陆造山带成因研究 [M]. 见: 当代地质科学前沿研究领域 (肖庆辉主编), 武汉: 中国地质大学出版社, 1993, 145-153.
- [26] 张国伟, 钟大赉, 李继亮, 等. 造山作用笔会谈 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (3): 1-19.

# Review on the development of studies on the tectonic and orogen process of orogenic belt, and discussing on some new key problems

ZHANG Guo-wei, DONG Yun-peng, YAO An-ping

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: Nowadays, the geoscience is facing to an important opportunity to be developed, not only because of the challenge of sustainable develop of human beings, but also because of the geoscience theory itself. What should be thought about the research of orogenic belt when we are in the face of the challenge of geoscience and the demands of the sustainable develop of human beings? In this paper, some contents, develop and changes of the orogenic belt research are reviewed, and some new key problems are discussed.

Key words: orogenic belt; orogen process; plate tectonic; continental dynamics; lithosphere; rheology

## 陕南新元古代末期发现奇异骨骼化石类群

A peculiar skeleton fossil community discovered in the terminal Neoproterozoic of South Shaanxi, China

西安地质矿产研究所张录易研究员和西北大学华洪博士等近年在执行国家自然科学基金项目(49772081)、科学技术部《国家重基础研究发展规划》项目(G2000077701)、国土资源部国际合作和科技自由探索项目(2000438)、中国地质调查局地质调查项目(19991300013011)和孙卫国优秀中青年人才专项基金资助的课题研究中,在陕西宁强新元古代末期灯影组高家山段上部发现与 *Cloudina*, *Sinotubulites* 等管状动物骨骼化石共生的微体奇异骨骼化石类群,计有: 铆钉状、骨针状、多种分叉样式的管状、球状、半球状、具横分裂的两两相连的球状、串珠状、具网状骨架结构的杯状、似有孔虫或似腹足类以及似 *spirellus* 体(由细小管状体围绕呈盘状)等十大类。化石形态之多样,保存之精美为国内外所罕见。其中的一些似与寒武纪早期的小壳化石有一定的亲缘,如形态奇特的铆钉状化石,可能的腹足类化石等,证实寒武纪与前寒武纪生物界之间看来存在明显的连续性。这一化石组合同时包含了可能的矿化后生藻类(具各种分枝类型)、矿化的蓝绿藻类化石等。种种迹象表明在新元古代末期整个生物界发生了一次强烈的生物矿化事件,这一发现也极大的弥补了国内外新元古代末期矿化后生植物资料的空缺。磷酸岩化球状化石的研究已成为国内外研究的热点,新发现的球状化石由于形态多样,数量众多,内部微细结构各异保存精美,对其深入研究,可望在后生动物起源和早期演化研究方面取得重大突破。由于它们产于震旦系—寒武系连续沉积层序的  $\gamma/\delta$  界线之下,介于埃迪卡拉型动物与早寒武世小壳动物群之间,代表了由隐生宙—显生宙时代大变革前的生物记录,具有承前启后的作用,因而在早期生物演化史中具有极为显要的地位和科学研究价值。我们应该不失时机地对高家山生物群研究中这一个重要的新的生长点加强研究,以期在揭示地球早期生命演化真谛上作出贡献。

(谢从瑞)