

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

中国造山带研究的回顾和展望

钟大赉¹⁾ 丁林¹⁾ 张进江²⁾ 季建清²⁾

1) 中国科学院地质与地球物理研究所,北京,100029; 2) 北京大学地质学系,100871

内容提要 本文简要回顾了20世纪50年代以来中国地质学家在研究生宙陆(板)缘造山带或古大陆边缘造山带中所取得的进展:多数巨型造山系经历了多阶段古洋盆形成和消亡,陆块碰撞演化历史;离散大陆边缘多样性;洋盆产出环境和消减迁移多样性。近20年来我国学者加强了造山带三维变形运动学研究,提出了多层次滑脱叠置构造,剖面上、平面上的楔入构造等重要新认识。最后指出中国大陆造山带今后研究热点和展望。

关键词 中国造山带 研究进展 今后展望

1 造山带、造山作用

中国是拥有众多造山带的大国。这些造山带构成东亚大陆主体地质框架。由于它们集中反映了大陆构造形成和演化历史,一直成为固体地球科学研究的主题。19世纪中后期,Hall(1859)和Dana(1873)在研究北美阿帕拉契亚构造时提出了地槽一词,它涉及地槽沉降,沉积—岩浆—变形作用,以及侧向水平挤压、地层褶皱和隆起成山,称造山带(oro-genic belt, orogen)。该学说流行到20世纪50~60年代,与地台概念并列,成为国内外大地构造基本理论——槽台学说的支柱,深刻地影响了我国造山带的研究和其他地球科学分支学科的发展。

随着板块构造问世,认为造山带的形成是经过大陆裂解、洋盆扩张和消减、陆块会聚、碰撞组成的线状构造单元。为了全面检验从大洋研究中提出的全球构造理论,并应用于解释大陆构造,对造山带的研究成为当代固体地球科学研究核心问题之一。正是基于国际地学研究发展这个大背景和中国独特的地学条件,我国地质学家多方面地开展了造山带研究,在各个历史时期,都取得了许多可喜的成就,为解释和阐明大陆造山带复杂演化过程,作出了重要的贡献。本文仅就新中国成立以来,我国构造学家对显生宙以来的陆(板)缘造山带或古大陆边缘造山带研究所取得的进展,作一简要的回顾和展望。至于已拼合的陆块,再次受周缘板块或造山带运动的影响,卷入造山事件(陆内造山作用,板内构造,或有人称陆内造山带),因限于篇幅留待另篇文章专叙。此外,

在我国已发现前寒武纪碰撞造山带,如华北克拉通北缘中元古代高压麻粒岩带,赣东北新元古代蛇绿岩带,已在我国前寒武纪地质学研究进展中总结,本文将不涉及。还应说明,由于大陆造山带是固体地球科学的核心问题,许多学者从不同的视角对中国众多造山带进行过研究,提出了各自的看法和结论,大量地散落在不同的刊物、专著和报告中,本文殊难一一收录加以概括,肯定是挂一漏万,望请谅解。

2 地槽造山带研究的活跃时期 (20世纪50~60年代)

参照了前苏联和欧美学者的思路和研究方法,如划分构造层、沉积建造、构造岩相带分析等,在我国境内划分出许多地槽褶皱带,如祁连山、秦岭、天山褶皱带等。根据地槽建造发育的差异,划分了优地槽、冒地槽;根据地槽演化阶段不同,如划分出地槽快速沉降阶段或回返期的复理石建造、回返阶段后期的磨拉石建造;地槽回返后形成的线状褶皱变形样式,划分了复背斜、复向斜等等。随着深断裂概念的引进,在地槽褶皱带内识别出不同深度、不同构造性质的深大断裂,它们控制了地槽演化的长期性和继承性,并作为划分构造单元的边界。基于当时大量科学积累,我国老一辈地质学家总结和编制了中国和邻区大地构造图,区域大地构造图划分了地台—地槽,建立了中国大地构造基本框架,为我国造山带研究奠定了良好基础,作出了重要贡献,相继出版了一批专著和文章(陈国达,1956;张文佑,1959;黄汲清,1960;张伯声,1964;李四光,1973)。应该说,20

收稿日期:2001-04-30;改回日期:2001-11-26;责任编辑:刘淑春。

作者简介:钟大赉,男,1933年生。1954年毕业于北京地质学院。现为中国科学院地质与地球物理研究所研究员,中国科学院院士,从事构造地质领域的研究。通讯地址:100029,北京,中国科学院地质与地球物理研究所。

世纪50代末至60年初,地槽褶皱带发展史研究是大地构造领域中相当活跃、纷争的热点。其中值得指出的是,黄汲清(1960)、黄汲清等(1965)根据中国大地构造发展不同于全球经典的地台概念,提出了准地台构造单元;陈国达(1956)发现地槽褶皱回返造山为稳定区后,特别是一些前震旦纪的地台又重新活动,因而采用活化概念,来解释中国大陆东部中生代构造中出现的地壳变动和岩浆活动现象。

回顾这段百家争鸣历史,在褶皱带研究中,偏重建造或构造岩相带,而对褶皱带的构造几何学、运动学研究不够,影响了对褶皱带构造的全面认识。

3 造山带演化和构造研究取得重要进展(20世纪80年代以来)

20世纪70年代初,板块构造理论引入我国和随着80年代国际岩石圈研究计划的实施,“板块上陆”,研究大陆岩石圈演化成为固体地球科学研究核心问题之一。地球长期演化历史主要保存在大陆岩石圈中,造山带又是岩石圈(包括地壳)构造最活跃的地段,也是壳与幔、岩石圈与软流圈之间大规模物质与能量交换的地段,成为了解地球演化史、地球深部与浅表地壳构造关系最好的场所。因此,80年代开始,国家科委、国家基金委、中国科学院、原地质矿产部和有关部门相继安排了重大、重点课题,对我国造山带开展了较为系统的综合性研究。如北疆—兴蒙(肖序常等,1992;何国琦等,1994;施央申等,1996)、天山(王作勋等,1990;车自成等,1994;马瑞士,1997)、祁连山(冯益民等,1996;许志琴等,1999a)、秦岭—大别(许志琴等,1986;杨巍然,1987,1999;张国伟等,1995,1996;袁学诚,1996,1997)、东部及沿海(郭令智等,1984;任纪舜等,1990;李继亮,1992)、青藏高原和横断山等造山带(常承法等,1973;吴功建等,1989;姜春发等,1992;许志琴等,1992;潘桂棠等,1997;钟大赉,1998;潘裕生,1999),编制了横过造山带GGT剖面以及全国性或亚洲大地构造图都讨论了中国造山带演化问题(中国地质科学院地质研究所构造研究室,1979;任纪舜等,1980,1999a;李春昱等,1982;张文佑,1983,1986),其目标是在我国大陆内寻找消失的大洋记录,确定东亚大陆拼合演化历史,建立典型造山带基地。通过近20年的努力,我国地质学家在探索造山带方面取得重要认识。

3.1 中国显生宙造山带三大构造域

中国显生宙造山带分属于三大构造域,即古亚

洲洋,特提斯洋和环太平洋构造域(黄汲清等,1977;任纪舜等,1980,1999b)。

古亚洲洋相继出现几个洋盆,约在早石炭世最终拼合,形成了从中亚到中国北部的兴蒙巨型造山系。典型的代表是天山、祁连山、北疆—兴蒙造山带(王作勋等,1990;肖序常等,1992;车自成等,1994;何国琦等,1994;施央申等,1996;马瑞士,1997)。

特提斯洋经历了原特提斯(Z—S)、古特提斯(D—T₂)、新特提斯(T₃—E)三个阶段的消减和拼合,形成了昆仑—秦岭—大别山以南,包括青藏高原、华南南海在内的一系列造山带(潘桂棠等,1997;钟大赉,1998;潘裕生,1999)。

环太平洋域,从台湾到东北那丹哈达岭、俄罗斯锡霍特地区。太平洋大致从侏罗纪始出现洋盆。陆块由东向西会聚,洋盆由西向东后退,我国东部大陆边缘转为环西太平洋造山带一部分。

3.2 中国造山带演化的几个特点

(1) 三大巨型造山系是由呈多岛洋格局的大洋体系演化的结果。在同一洋盆体系中由多个微陆块和不同演化历史的洋盆相间组成。兴蒙—北疆造山带是古亚洲洋不同时代的陆间洋盆(大致可分Pt₃~₁(?), O, S₂—D三个时期的洋盆)相继分裂、消减、拼合而成。北天山和南天山洋盆封闭分别在早古生代(可能为志留纪前)和晚古生代(石炭纪前),显示天山洋盆经历了两阶段演化。古特提斯洋盆就有昌宁—孟连主洋盆(D—T₂),以及金沙江—墨江支洋盆(C₂—T₂)、甘孜—理塘支洋盆(T₁—T₃);新特提斯洋盆有印度河—雅鲁藏布江洋盆(T₃—E)和班公湖—怒江洋盆(T₃—J)。特提斯洋盆两侧常发育被动大陆边缘和洋盆消减时形成的陆缘型岛弧岩浆岩带。一个造山系大多是复合型造山带,多期洋盆扩张、消减,多个陆块会聚碰撞的造山过程,如东秦岭分出新元古代、早古生代、晚古生代—早中生代三个阶段古洋盆或洋壳消减形成的岛弧地体的残迹,到晚三叠世南秦岭洋消失,华北陆块与扬子陆块最终碰撞,然后转入陆内演化阶段(杨巍然,1987,1999;张国伟等,1995,1996)。再如属特提斯域的东昆仑造山带已确定出早古生代和晚古生代—三叠纪蛇绿岩带和岛弧岩浆岩带。对这种多阶段(或多旋回)复合型造山带的形成和演化过程,我国学者有不同看法和解释。一种看法是(微)陆块间的不同时限的洋盆分别消减和陆块会聚拼合的结果;或陆块(陆壳)多次“开合”,多旋回洋盆形成和消亡的结果,如昆仑山(姜春发等,1992)、秦岭(杨巍然,1987)、天山造山带(王作勋

等,1990)就是典型例子;或是地球上“长命”的大洋多阶段依次消减的产物;或因东亚大陆由多个微陆块和洋盆组成,洋盆消减后,质量小的微陆块间会聚常表现为软碰撞弱造山,在以后的地质历史中,再经过多旋回缝合作用和叠复造山,才在动力学上最终焊合为一体。秦岭多旋回复合造山就是一例(任纪舜等,1999b)。总之,对多阶段(多旋回)复合型造山带的不同看法还有待今后深入研究。

(2) 从洋盆消减迁移方式,初步可分为后退式扩张、前进式扩张。前者系指新的洋盆在早期洋盆俯冲板片(被动陆缘、前陆)上发生裂解,扩张新的洋盆,如古特提斯分支洋盆,金沙江—哀牢山洋盆消减后在扬子陆块被动陆缘上又裂解发育甘孜—理塘洋盆。在古特提斯昌宁—孟连主洋盆的前陆缅甸马地块上,新特提斯拉张形成潞西海槽(T_3-J_1)(即班公湖—怒江洋盆的南延)(钟大赉,1998)。当早古生代北秦岭洋封闭,中秦岭地块与华北地块拼合后,在扬子地块北缘的被动大陆边缘上又出现了晚古生代—三叠纪勉略洋盆(张国伟等,1996)。同样东昆仑造山带也有类似的迁移方式。而前进式扩张,指的是在早期洋盆的仰冲板片(后陆)上或岛弧地体上出现新洋盆(包括弧前、弧后洋盆),古亚洲洋的一些洋盆,如南天山弧后洋盆(?)、环太平洋带的边缘海(南海洋盆)亦有可能属于这类。由于洋盆向洋一侧迁移俯冲消减,或周期性的跃迁,造山带由宽广消减—增生杂岩组成,即活动大陆边缘(弧火山岩)与洋壳残片焊接加添。有人称为突厥型或中亚型造山带(Sengor et al., 1996),古亚洲洋构造域中诸多造山带是否都是这种情况,有待于详细判析。

(3) 离散大陆边缘的多样性。由于离散的大陆边缘处在地壳拉张减薄环境,地幔相对上隆,伸展型断裂常成为部分熔融物质上侵的通道,被动大陆边缘可以分火山岩型、非火山岩型两类(何国琦等,1994;钟大赉,1998)。火山岩型古陆边缘多发育双峰式火山岩,玄武岩大多是大陆裂谷型玄武岩,有时还伴有基性、超基性岩侵入,北疆和三江造山带都有典型代表。另还有一种复杂大陆边缘,由从裂解微陆块→块缘斜坡→裂陷槽和台地相间组成。华南古特提斯宽广的大陆边缘可能就是一例。

(4) 洋盆产出环境的多样性。如大洋盆地可分为大陆间(Intercontinental)、陆内(Intracontinental)两类,前者指较宽广的洋盆分隔的古大陆,它们具有不同的地层、古生物区系,不同的古地理(古纬度)、古气候特点。后者指微陆块间的洋盆,微陆块具近似

的地层古生物区系、古纬度、古气候相近的特点(钟大赉,1998)。其他还有洋内弧后盆地、剪切拉张洋盆、边缘海(洋盆)。通过精细研究,预期在我国造山带中可分辨出不同成因类型的洋盆。

(5) 大陆水平增生与垂向增生。洋盆体系分阶段消减,岛弧增生体添加或与陆块先后碰撞,标志大陆岩石圈水平增生,如特提斯洋从北向南的迁移,亲冈瓦纳大陆微陆块由南向北分别与古欧亚大陆碰撞拼合。古亚洲洋中次级洋盆扩张,也显示由北向南变新的趋势。同样在一个造山带尺度内,包括秦岭、东昆仑、天山等,都存在洋盆扩张时有限有向南变新趋势。东亚大陆岩石圈显生宙以来向南水平增生是否意味,地质时期地球南、北半球就存在不对称运动有关(马宗晋等,1992)。

为确定多期洋盆和它的水平迁移,约束洋壳残片的形成年龄显得十分重要。判断蛇绿岩组合的辉长岩、玄武岩的同位素年龄,必须弄清是原岩结晶年龄,矿物残留年龄和封闭年龄、还是后期就位或叠加构造—热扰动年龄。因此,寻找与洋壳形成时相应的大陆边缘,深海沉积以及确定其时代,这是建立复合型造山带时空演化模式的基础。我们还应加强这方面的研究。造山带后期的陆壳垂向增生,是由于造山带内增厚的岩石圈发生折沉和俯冲的岩石圈板片断裂(slab break-off)或板片俯冲引起的地幔扰动,都可导致软流层上涌体,地幔物质添加(底侵)到壳幔之间,部分熔融物质上侵到地壳内,陆壳发生垂向增厚。另一方面已增厚的地壳的在造山后也可发生局部伸展、减薄。这是造山带后期重要构造—热事件的起因。三江古特提斯造山带内广泛发育的中、晚三叠世的双峰式火山岩就是一个典型实例。

3.3 中国造山带构造几何学、运动学研究新认识

(1) 造山带三维变形运动学。水平挤压缩短,地壳和岩石圈增厚,表壳发生强烈褶皱—逆冲推覆构造,是造山带构造的基本特点。研究表明,造山带构造通常由单向运动开始,转而双向运动和三向运动,即先向前陆逆冲—推覆,转而向前陆和后陆逆冲—推覆,造山带物质运动由内侧向外侧迁移垂向挤出。与此同时发生块体侧向挤出,包括斜向走滑、块体差异旋转和牵引转动。垂向挤出在造山带横剖面上常表现为科伯构造,即由造山带构造岩片向两侧陆块逆冲推覆,如东秦岭造山带地震反射剖面揭示的构造(袁学诚,1996,1997)。其他如祁连山(许志琴等,1999b)、天山造山带(车自成等,1994)。在平面上侧向挤出,表现为帚状斜向走滑断裂系,断裂间的次级

块体沿断裂滑移发生差异旋转和牵引转动。各断裂块体间的旋转角度可以差别很大,有时沿边界断裂的牵引旋转方向还与大区域块体旋转方向刚好相反,典型的例子如三江造山带。在我国大多数造山带,如天山、祁连山、秦岭、三江、青藏高原造山带的上地壳与中地壳或中地壳上部间均存在构造滑脱面(低速、低阻、高导层),成为壳内变形调节界面。上地壳构造常是老构造经新构造叠加改造后的现存形式,是一种表壳薄皮构造。

(2) 造山带构造另一个特点是多层次滑脱叠置,多阶段叠复,即上地壳内,岩石层内都可分出次一级的滑脱面。造山带的多层次滑脱叠置构造的具体形式,至今获得的典型实例还不多,相信随着揭示造山带地壳与上地幔三维细结构日益增多,叠置图式将会明确。多阶段叠复构造在研究造山带变质岩片或构造岩片中已得到共识,但对一个大尺度造山带,要理清不同阶段的构造图案及其叠复关系是一个难度相当大的课题,需要做大量细致的地质填图和实验室的测定才有望得到理想的构造图案。

(3) 由于造山带的构造的多层次滑脱叠置或多阶段叠复改造,不同构造层的构造是不协调的。典型的例子,如东秦岭造山带研究中提出的立交桥构造(张国伟等,1996),即上地壳是以近东西向主干构造,而中下地壳以下的各圈层构造是近南北向的。另一种类型多向层架构造(钟大赉等,2000),即一个造山带的地壳、岩石层、软流层的结构都至少有两个方向的构造组成,每一圈层的主体构造方向是不同的,组成了多向层架构造。岩石层地幔属不易变形刚性体,常保留“老”构造遗迹,而软流层地幔是易变形塑性体,在上地幔内变形首先从这里开始,常代表“新”构造。如三江造山带岩石层、软流层构造。因此用造山带表壳构造样式和二维地球物理场或剖面,解释它的浅部构造与深部结构关系时,尚需斟酌。

(4) 造山带与相邻地块构造关系。现在能讨论的都是年轻造山带与相邻地块的现存关系。从目前认识水平,要恢复老造山带先存的边界还相当困难。以青藏高原周缘为例,东侧的扬子地块大致由东向西俯冲在三江特提斯造山带之下(许志琴等,1999b)。而INDEPTH剖面显示,印度大陆沿缓倾滑脱面由南向高原下插,也就是说,青藏高原的南侧和东侧被周缘稳定地块岩石圈板片楔入的一种构造(Zhao et al., 1993)。此外,楔入体边界在剖面上常呈横的V形,即楔入体的表壳构造倾向与深部边界的倾向常正好相反,如龙门山造山带,表壳显示扬子

地块向西下插(地表构造为由西向东逆冲—推覆构造),而深部边界倾向东(朝向扬子地块内部)(许志琴等,1999b)。在三江地区,扬子地块岩石板片向西插到三江造山带之下,而地表扬子地块边缘的哀牢山—红河断裂由东向西斜冲到三江造山带之上(刘福田等,2000)。除了剖面上有楔入体外,在平面上也有楔入构造,一个块体以两侧断裂为边界,楔入到另一地体。如喜马拉雅东、西构造结、西秦岭(104°E)就是典型的平面楔入体,使造山带在平面上发生扭曲(拐弯)转折、旋转。正是这种在平面上和剖面上的楔入体,使一个地体的刚性岩石层板片能克服了最小的阻力而挤入另一个地体。由此推想,古造山带与相邻地块关系应有类似的情况。

4 中国大陆造山带研究的热点与展望

(1) 从全球构造框架出发,对古亚洲、特提斯、环太平洋三大构造域内造山带演化历史,同一构造域各个造山带演化的时空转换图式和多阶段碰撞复合造山带,总结出它们的演化共性、特性、转换规律和动力学过程。进而研究不同构造域造山带的连接和转换,例如三大构造域造山带是空间上彼此分隔,时间上又准同时演化的古洋域的消减、封闭的产物,还是随着古超级大陆先后会聚—裂离,又会聚—裂离过程的产物。又如复合型造山带是一个古大洋盆分阶段的俯冲消减,还是不同阶段的小洋盆的开合而后消亡,或是多岛洋盆在不同时段消亡的结果。把这些问题说清楚了,不仅能把活动论和全球构造概念解释大陆岩石圈形成过程提高到一个新水平,而且有可能总结出东亚大陆诸造山带演化新模式,创立新的大陆演化观。

(2) 选择我国典型中、新生代以来形成的造山带和陆内造山作用作为今后研究切入点。它们形成的时空约束条件相对较为明确,易于剥掉后期叠加构造,又是我国许多超大型、大型矿床成矿期,含油气聚集期,全球古环境重大转折期。认识两亿年以来的东亚大陆洋陆转化,大陆碰撞对已拼合大陆构造格架的改造,岩石层、软流层结构的重组是全球构造中没有回答的重大理论课题。我国大陆处在为周缘中生代特提斯—环太平洋洋盆俯冲消减,亚洲最终拼合关键地域,包括已拼合的陆块不同程度地再度卷入造山作用。研究这个地域的陆内造山作用,远距离碰撞效应等的动力学条件,预期会萌发新思维,突破现有构造理论框框。

(3) 在我国许多造山带揭示出与蛇绿岩带相随

的同时代蓝片岩带,有时还出露榴辉岩带,最为典型的是大别—苏鲁一带的以含柯石英和金刚石为标志的超高压变质作用。研究表明,这里的陆壳物质可能曾俯冲到 80~100 km,以至 200 km 更深部位,随后这些变质岩又很快折返至地壳浅部。密度小的地壳能俯冲到如此深度,超高压变质岩形成和折返是对古造山带构造运动学和动力学条件的一个挑战性命题。如在什么条件下大陆壳可俯冲到岩石圈地幔中去?它可俯冲多深?快速折返到地壳浅部机制是什么?中国大陆造山带出露了不同时代的、具全球尺度的高压、超高压变质带(例如天山→祁连山→秦岭→大别带)。它为我们提供了一个难得的研究地域,能较全面地分析和重塑造山带演化与超高压变质作用关连的运动学和动力学条件。提出符合客观实际的模型,看来是中国地球科学家应抓住的历史机遇。

(4) 造山带的各圈层耦合运动,三维的深部物质运动及其热动力对地壳和球壳运动的制约作用,固体地球圈、气圈、水圈、生物圈层间运动与相互作用,将是 21 世纪地球科学前沿,在建立新地球观基础上,大地构造学将成为研究各层圈运动和相互作用的纽带和结合点,把地球深部物质运动,表壳构造事件与气圈、水圈、生物圈演变联系起来,即研究长时间尺度(Ma)岩石圈结构变异对气候、生态、环境耦合反馈关系,这将是 21 世纪初地学重要的前瞻性领域。约 60 Ma 以来印度大陆与欧亚大陆持续碰撞引起的我国西部强烈的构造变形与隆升,东部大尺度的伸展与沉降,以及伴随的东亚新生代气候、环境剧变,提供了突破地球各层圈相互作用的最好舞台。

(5) 综合运用地质—地球化学—地球物理方法,开展造山带四维填图,解剖典型,尽可能地给地球物理结构予以时间约束,并辅以必要的物理模拟和数字模拟,开创从定性到半定量、定量地研究大陆动力学,提供大陆构造新理论、新概念的科学储备。

参 考 文 献

- 常承法,郑锡澜. 1973. 中国西藏南部珠穆朗玛地区地质构造特征以及青藏高原东西向诸山系形成的探讨. 中国科学, (2): 190~201.
- 车自成,等. 1994. 中天山构造带的形成和演化. 北京:地质出版社.
- 陈国达. 1956. 中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题. 地质学报, 36(3): 239~271.
- 冯益民,何世平. 1996. 祁连山大地构造与造山作用. 北京:地质出版社, 1~135.
- 郭令智,施央申,马瑞士,等. 1984. 中国东南地体构造的研究. 南京大学学报, 20(4): 732~737.
- 何国琦,李茂松,刘德权,等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化与成矿. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1~437.
- 黄汲清. 1960. 中国地质构造基本特征的初步总结. 地质学报, 40(1): 1~37.
- 黄汲清,肖序常,任纪舜,等. 1965. 中国大地构造基本特征—一百万分之一中国大地构造图说明书. 北京:中国工业出版社, 1~333.
- 黄汲清,任纪舜,姜春发,等. 1977. 中国大地构造基本轮廓. 地质学报, 51(2): 117~135.
- 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等. 1992. 昆仑开合构造. 北京:地质出版社, 1~224.
- 李春昱,等. 1982. 亚洲大地构造图及说明书. 北京:地图出版社.
- 李继亮. 1992. 中国东南地区大地构造基本问题. 见:李继亮主编. 中国东南海陆岩石圈结构与演化研究. 北京:中国科学技术出版社, 3~16.
- 李四光. 1973. 地质力学概论. 北京:科学出版社, 1~131.
- 刘福田,刘建华,何建坤,等. 2000. 滇西特提斯造山带下扬子地块的俯冲板片. 科学通报, 45(1): 79~84.
- 马瑞士. 1997. 东天山构造演化与成矿. 北京:地质出版社, 202.
- 马宗晋,高祥林,任金卫. 1992. 现今全球构造特征及其动力学解释. 第四纪研究, (4): 192~305.
- 潘桂荣,陈智梁,李兴振,等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京:地质出版社, 1~237.
- 潘裕生. 1999. 青藏高原的形成与隆升. 地学前缘, 6(3): 153~163.
- 任纪舜,姜春发,张正坤,等. 1980. 中国大地构造及其演化. 北京:科学出版社.
- 任纪舜,陈廷愚,牛宝贵,等. 1990. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京:科学出版社, 1~205.
- 任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等. 1999a. 从全球看中国大地构造—中国及邻区大地构造图简要说明. 北京:地质出版社, 1~50.
- 任纪舜,牛宝贵,刘志刚. 1999b. 软碰撞,叠复造山和多旋回缝合作用. 地学前缘, 6(3): 85~93.
- 施央申,卢华夏,贾东,等. 1996. 中亚大陆古生代构造形成与演化. 高校地质学报, 2(2): 134~145.
- 王作勋,乌继易,吕喜朝,等. 1990. 天山多旋回构造演化及成矿. 北京:科学出版社, 1~217.
- 吴功建,肖序常,李廷栋,等. 1989. 青藏高原亚东—格尔木地学断面. 地质学报, 63(4): 285~296.
- 肖序常,汤跃庆,冯益民,等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社, 1~169.
- 许志琴,卢一伦,汤耀庆,等. 1986. 东秦岭造山带变形特征及构造演化. 地质学报, 60(3): 237~247.
- 许志琴,侯立炜,王宗秀,等. 1992. 中国松潘甘孜造山带的造山过程. 北京:地质出版社.
- 许志琴,杨经绥,张建新,等. 1999a. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制. 地质学报, 73(3): 193~205.
- 许志琴,杨经绥,姜枚,等. 1999b. 大陆俯冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起. 地学前缘, 6(3): 139~151.
- 杨巍然. 1987. 东秦岭开合史. 地球科学, 12(5): 487~493.
- 杨巍然. 1999. 论造山作用和造山带. 地质评论, 45(1): 10~14.
- 袁学诚. 1996. 秦岭岩石圈速度结构与蘑菇云构造模型. 中国科学(D辑), 26(3): 209~215.
- 袁学诚. 1997. 秦岭造山带地壳结构与楔入成山. 地质学报, 71(3): 227~235.
- 张伯声. 1964. 地壳波浪运动——形成镶嵌构造的一个主要因素. 西安大学出版社, 25.
- 张国伟,张宗清,董云鹏. 1995. 秦岭造山带主要岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义. 岩石学报, 11(2): 101~114.
- 张国伟,孟庆仁,于在平,等. 1996. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征. 中国科学(D辑), 26: 193~200.

张文佑. 1959. 中国大地构造纲要及 1:400 万中国及邻区大地构造图. 北京: 科学出版社, 1~320.

张文佑. 1983. 中国及邻区海陆大地构造图 (1:500 万). 北京: 科学出版社.

张文佑. 1986. 中国及邻区海陆大地构造. 北京: 科学出版社.

钟大赉. 1998. 滇川西部古特提斯造山带. 北京: 科学出版社, 1~231.

钟大赉, 丁林, 刘福田, 等. 2000. 造山带岩石层多向层架构造及其对新生代岩浆活动制约—以三江及邻区划为例. 中国科学(D辑), 30(增刊): 1~8.

中国地质科学院地质研究所构造研究室. 1979. 1:400 万中国大地构造图. 北京: 科学出版社.

References

- Chen Guoda. 1956. Examples of activated region in the Chinese Platform with special reference to the "Cathaysia" problem. *Acta Geologica Sinica*, 36(3): 239~271 (in Chinese with English abstract).
- Huang T K(黄汲清). 1960. The main characteristics of the geologic structure of China; Preliminary conclusions. *Acta Geologica Sinica*, 40(1): 1~37 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Chunfa, Yang Jingsui, Feng Bingqiu, et al. 1992. Opening-closing tectonics of Kunlun Mountains. Beijing: Geological Publishing House, 1~224.
- Liu Futian, Liu Jianhua, Zhong Dalai, et al. 2000. The subducted slab of Yantze continental block beneath the Tethyan orogen in Western Yunnan. *Chinese Science Bulletin*, 45(5): 466.
- Ma Zongjin, Gao Xianglin, Ren Jinwei. 1992. The features of contemporary global tectonics and its dynamic explanation. *Quaternary Sciences*, (4): 292~305 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yusheng. 1999. Formation and uplifting of the Qinghai-Tibet plateau. *Earth Science Frontiers*, 6(3): 153~163 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Niu Baoqua, Liu Zhigang. 1999. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing. *Earth Science Frontiers*, 6(3): 85~93 (in Chinese with English abstract).
- Shi Yangshen, Lu Huafu, Jia Dong, et al. 1996. Origin and evolution of tectonics in Central Asia. *Geological Journal of China Universities*, 2(2): 134~145 (in Chinese with English abstract).
- Wu Gongjian, Xiao Xuchang, Li Tingdong. 1989. The Yadong-Golmud geoscience section on the Qing-Tibet plateau. *Acta Geologica Sinica*, 63(3): 185~296 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Lu Yilun, Tang Yaoqing, et al. 1986. Deformation characteristics and tectonic evolution of the Eastern Qinling orogenic Belt. *Acta Geologica Sinica*, 60(3): 237~247 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Zhang Jianxin, et al. 1999a. A comparison between the tectonic units on the two sides of the Altun sinistral strike-slip fault and the mechanism of lithospheric shearing. *Acta Geologica Sinica*, 73(3): 193~205 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Jiang Mei, et al. 1999b. Continental subduction and uplifting of the orogenic belts at the margin of the Qinghai-Tibet plateau. *Earth Science Frontiers*, 6(3): 139~151 (in Chinese with English abstract).
- Yang Weiran. 1987. "opening" and "closing" history in East Qinling area. *Earth Science*, 12(5): 487~493 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Xuecheng. 1997. The crustal structure of the Qinling Orogen and wedding mountain building. *Acta Geologica Sinica*, 71(3): 227~235 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guowei, Zhang Zongqing, Dong Yunpeng. 1995. Nature of tectono-lithostratigraphic units of the Qinling orogen, Implications for the tectonic evolution. *Acta Petrologica Sinica*, 11(2): 101~114 (in Chinese with English abstract).
- Zhao W J, Nelson K D, et al. 1993. Deep seismic reflection evidence for continental underthrusting beneath Southern Tibet. *Nature*, 336(6455): 557~559.
- Zhong Dalai, Ding Lin, Liu Futian, et al. 2000. Multi-oriented and layered structures of lithosphere in orogenic belt and their effects on Cenozoic magmatism. *Science in China (Series D)*, 43: 120~133.

Study of Orogenic Belts in China: Retrospects and Prospects

ZHONG Dalai¹⁾, DING Lin¹⁾, ZHANG Jingjiang²⁾, JI Jianqing²⁾

1) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

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

Abstract

In this paper, the progress in the study of Phanerozoic plate (continental)-margin or paleocontinental-margin orogenic belts of China by Chinese geologists since 1949, especially since the 1980's, is reviewed. For example, three tectonic domains have been distinguished in China (i. e. Paleo-Asian, Tethys, circum-Pacific); most gigantic orogenic systems have experienced multi-stage formation and elimination of ancient oceanic basins and continental collision; the diversity of divergent continental margins and that of the environment, subduction and migration of oceanic basins have been recognized. In the last two decades, Chinese geologists have strengthened the kinematic study of the three-dimensional deformation of orogenic belts and proposed such new views as multi-layered detachment and superimposition and 3-D wedging. Finally, some hot topics and prospects for further research on continental orogens of China are proposed.

Key words: orogenic belts of China; progress in the study; prospects