

doi: 10.12029/gc20170103

任纪舜, 赵磊, 李崇, 朱俊宾, 肖黎微. 2017. 中国大地构造研究之思考——中国地质学家的责任与担当[J]. 中国地质, 44(1): 33-43.

Ren Jishun, Zhao Lei, Li Chong, Zhu Junbin, Xiao Liwei. 2017. Thinking on Chinese tectonics——Duty and responsibility of Chinese geologists[J]. Geology in China, 44(1): 33-43(in Chinese with English abstract).

## 中国大地构造研究之思考 ——中国地质学家的责任与担当

任纪舜 赵磊 李崇 朱俊宾 肖黎微

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

**摘要:**19 世纪中叶到 20 世纪中叶盛行的地槽-地台学说,起源于西方学者对大西洋半球的欧洲和北美东部地质的研究。20 世纪中叶提出的板块构造学说,虽然起源于对现代海洋的地质、地球物理调查,但用板块学说解释大陆构造的尝试,也是从解剖北美和欧洲大西洋两岸的古生代造山带开始的。二者均缺少太平洋半球的亚洲,特别是中国及邻区的资料基础,因此,其立论基础是不全面的。这就给亚洲,特别是给中国学者提供了很大的发展空间。

通过 1:500 万国际亚洲地质图的编制和全球构造的对比研究,笔者发现,处于亚洲核心地带的中国及邻区不仅是亚洲也是全球显生宙地质结构和发展历史最复杂的地区。古亚洲洋构造域的乌拉尔-蒙古-兴安巨型造山带是全球规模最大、发育历史最长、地质结构最复杂的古生代造山带;中国西南部,特别是青藏高原是全球特提斯巨型造山带出露宽度最大、地质纪录保存最完整的地段;中国东部的太平洋构造域,既有亚洲东缘的巨型中生代造山带和新生代的沟弧盆体系,又有宽阔的滨太平洋陆缘活化带。这就使中国及邻区成为研究全球显生宙构造不可缺少的重要地段。我们一定要抓住中国在全球构造研究中的区位优势,以地球系统多层圈构造观为指导,用地质、地球物理、地球化学多学科结合的方法,立足实际,抓住特色,构建中国大地构造的新理论、新模型,为国际地球科学,为发展、完善现代大地构造学理论做出应有的贡献!

**关键词:**中国大地构造;板块构造;地球系统多层圈构造观;全球动力学;旋回演化论

**中图分类号:**P541 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2017)01-0033-11

### Thinking on Chinese tectonics——Duty and responsibility of Chinese geologists

REN Jishun, ZHAO Lei, LI Chong, ZHU Junbin, XIAO Liwei

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Abstract:** The geosyncline-platform theory prevalent from the middle decades of the 19<sup>th</sup> century to the middle of the 20<sup>th</sup> century was established on the basis of the research on the geology of Europe and eastern North America in the Atlantic hemisphere by western geoscientists. The theory of plate tectonics that originated in the 1960s was grounded on geological and geophysical surveys of modern oceans. However, the earliest explanation for continental tectonics used by plate tectonics was based on the analysis of

收稿日期:2017-01-27;改回日期:2017-02-07

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20160343、1212011020000150009)资助。

作者简介:任纪舜,1935年生,研究员,中国科学院院士,长期从事中国大地构造研究;E-mail:renjishun@cags.ac.cn。

the Paleozoic orogenic belts of Europe and North America on both sides of the Atlantic. It is obvious that the tectonics theories and models based on the research results of Europe and North America are not comprehensive in that valuable geological data and information of Asia in the Pacific hemisphere, especially those of China and its adjacent areas, are not included. Through the compilation of the International Geological Map of Asia at a 1:5,000,000 scale (IGMA5000) and comparative studies of global tectonics, the authors have found that China and its adjacent areas situated in the center of Asia are the most complex region in geological structure and evolutionary processes during the Phanerozoic in Asia, even in the world. The Ural–Mongolia–Hinggan Paleozoic orogenic belt in the Paleo–Asian tectonic domain is the largest in scale, the longest in evolution history, and the most complicated in geological structure on the earth. Southwestern China, especially the Tibetan Plateau, has the biggest exposure width, and possesses the most complete geological records within the Tethyan orogenic belt on the globe. The Pacific domain of eastern China is characterized both by the East Asian margin Mesozoic orogenic belt and the West Pacific Cenozoic trench–arc–basin system, and by the wide marginal Pacific pericontinental reactivated zone. All of these characteristics make China and its adjacent areas the most necessary locality in carrying out the Phanerozoic tectonic research. We, Chinese geoscientists, must use to the best regional advantage of China in global tectonic research, with the multisphere tectonic view of earth system serving as a guide in studying the tectonics of China and make our contribution to the development of international geoscience and the improvement of modern tectonic theory.

**Key words:** tectonics of China; plate tectonics; multisphere tectonic view of earth system; global geodynamics; cyclical evolution theory

**About the first author:** REN Jishun, male, born in 1935, professor, Academician of the Chinese Academy of Sciences, mainly engages in the study of tectonics of China; E-mail: renjishun@cags.ac.cn.

**Fund support:** Supported by China Geological Survey Program (No. DD20160343, 1212011020000150009).

## 1 引 言

1982年,“关于大地构造研究的几个重要问题”一文曾经指出:“中国由于其所处的大地构造位置,在全球构造研究中具有特殊的重要意义”(黄汲清和任纪舜,1982)。近些年来,通过1:500万国际亚洲地质图的编制(Ren et al., 2013)和全球构造的对比研究,不但使我们更深刻地认识到中国在全球构造研究中的重要地位,而且使我们相信,起源于欧洲和北美东部的现代地质学,其进一步发展、完善,一定要通过对亚洲,特别是对中国地质研究,靠亚洲地质学家,靠中国地质学家的共同努力才能完成。中国地质学家绝不能妄自菲薄,而要勇敢地担负起这一责任。

## 2 中国在全球构造研究中的重要地位

地质学是一门区域性很强的科学,现代地质学起源于大西洋半球的欧洲和北美东部,其地质构造与太平洋半球的亚洲有很大不同。北美和欧洲,大陆主体在晚前寒武纪之前已经形成;欧洲大陆主体是东欧(或俄罗斯)克拉通,西部边缘是北欧加里东造山带,南部边缘为中、西欧华力西造山带和南欧

阿尔卑斯造山带;北美大陆主体是北美克拉通,东边是阿巴拉契亚古生代造山带,西边是科迪勒拉中、新生代造山带(Khain and Leonov, 1984)。而太平洋半球的亚洲,大陆主体并不是在前寒武纪,而是在显生宙,在中、新生代才最终形成的;大陆的主体是显生宙各时代的造山带,前寒武纪克拉通位于大陆的边部,喜马拉雅造山带之南为印度地盾,萨彦—额尔古纳造山带之北为西伯利亚克拉通,乌拉尔造山带之西为属于欧洲大陆的东欧克拉通(Ren et al., 1999, 2013)(图1)。

中国及邻区在全球构造研究中的地位之所以重要,是由于它处于亚洲大陆的核心部位,是亚洲大陆最重要的组成部分;地质历史上,它属冈瓦纳与西伯利亚以及后来的劳亚大陆之间转换构造域。古生代时期,它位于古亚洲洋之南,属冈瓦纳大陆的一部分,或构成其复杂的大陆边缘;中生代时期,它位于特提斯之北,属劳亚大陆的一部分。显生宙期间,在前后相继的古大西洋—古亚洲洋、特提斯—古太平洋、大西洋—印度洋—太平洋三大全球性动力体系的作用下,形成古亚洲洋、特提斯、太平洋三大构造域(黄汲清等,1977;任纪舜等,1980),使中国及邻区不仅成为亚洲而且成为全球显生宙

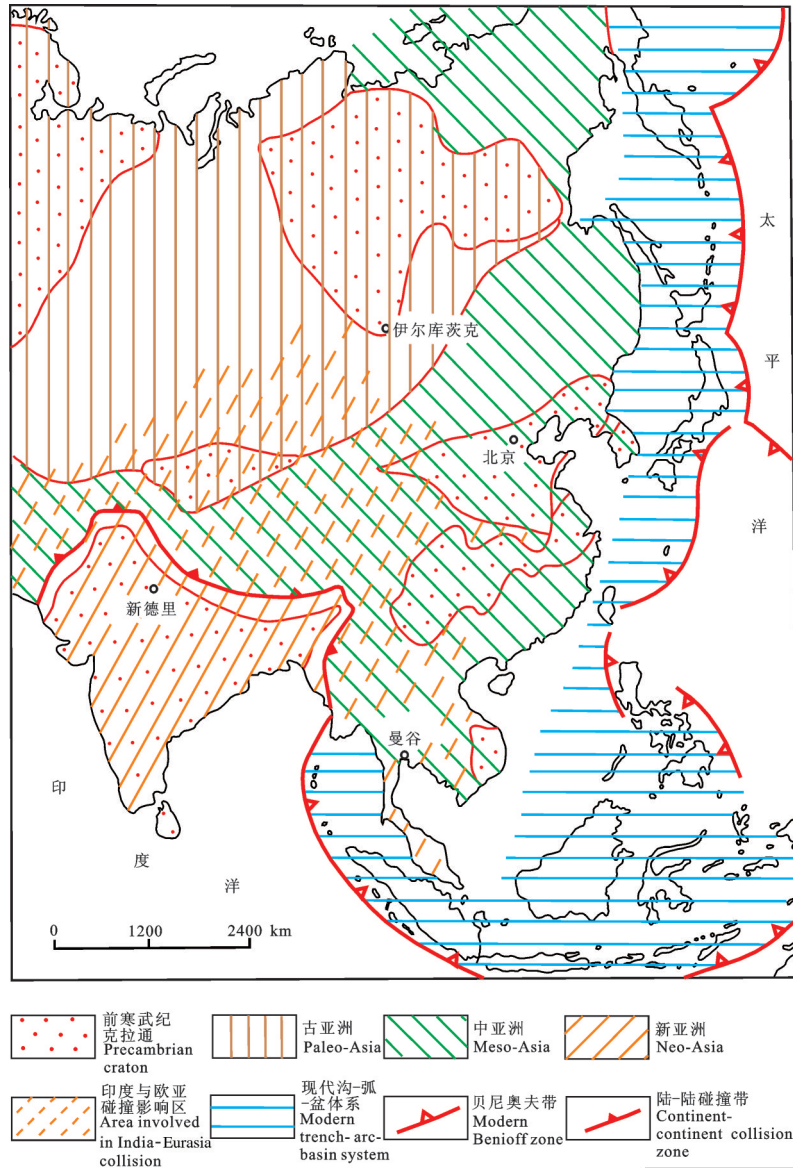


图1 亚洲大陆构造演化简图(据任纪舜等,1999)

古亚洲(劳亚大陆东部),包括中亚和北亚,是经华力西造山焊合为一体的地区;中亚,包括东亚和东南亚,是经加里东、华力西、印支、燕山多旋回缝合,于中生代焊合为一体的地区;新亚洲,是指南亚即印度,它在新生代虽与欧亚板块碰撞但尚未与之焊合为一体

Fig.1 Sketch map showing the tectonic evolution of Asia(after Ren et al.,1999)

Paleo-Asia(East Laurasia) is referred to the present central and North Asia, which were welded as a whole after the Variscan orogeny at the end of the Paleozoic;Meso-Asia, to East and Southeast Asia,which underwent the Caledonian, Variscan, Indosinian and Yanshanian polycyclic suturing and were amalgamated in the Mesozoic;and Neo-Asia, to South Asia, which, though colliding with Eurasia in the Cenozoic, has not been combined either as an entity

构造最复杂的地段。古亚洲洋构造域的乌拉尔—蒙古—兴安巨型造山带<sup>①</sup>是全球规模最大、发育历史最长、地质结构最复杂的古生代造山带;中国西南部,特别是青藏高原是全球特提斯巨型造山带出露宽度最大、地质纪录保存最全的地段,是解开所谓特提斯之谜的理想之地;中国东部滨太平洋构造

域,既有亚洲东缘巨型中生代造山带和新生代的西太平洋沟弧盆体系,又有宽阔的滨太平洋陆缘活化带(任纪舜,1994;任纪舜等,1980,1990,2016a;Ren et al.,1999)。这就是说,中国大地构造既涉及地球上的主要大陆克拉通,又涉及显生宙的几个全球性动力体系及其所形成的古生代、中生代和新生代造

山带,这就使中国及邻区成为研究全球显生宙构造不可缺少的重要的地段。

### 3 中国地质先贤在亚洲构造研究中的贡献

19世纪中叶到20世纪中叶盛行的地槽-地台学说,起源于西方学者对欧洲和北美东部的研究。20世纪中叶提出的板块构造学说,虽然主要起源于对现代海洋的地质、地球物理调查,但用板块学说解释大陆构造的尝试,最初也是从解剖北美和欧洲的造山带开始的。最有名的例子就是杜威(Dewey, 1969)对大西洋两岸古生代造山带所作的板块构造解读。这就是说,西方学者以欧洲和北美东部为基础建立的现代大地构造理论,其立论基础是不全面的,它缺少了更为复杂多样的亚洲地质,特别是亚洲核心地带——中国及邻区的资料基础。这就给亚洲地质学家,尤其是给中国学者留下了很大的发展空间。

20世纪上半叶,造山运动和造山旋回是大地构造研究的一个重要方向。比较处于大西洋半球的欧洲和北美东部与处于太平洋半球的亚洲,其显生宙造山作用的最大差别是:

(1) 欧洲中、新生代阶段最重要的造山运动发生在新生代,即阿尔卑斯造山运动;而亚洲,中生代和新生代都有重要的造山运动,这就是三叠纪中晚期的印支运动,侏罗纪—白垩纪的燕山运动和新生代的喜马拉雅运动,后者大致与欧洲的阿尔卑斯运动相当。

(2) 在欧洲,不论北欧的加里东造山带、中西欧的华力西造山带,还是南欧阿尔卑斯造山带,基本上都是单旋回造山带,而处于太平洋半球的亚洲的造山带大多是多旋回复合造山带。

(3) 中、新生代阶段,欧洲大陆和北美东部的构造活化现象不显著,而亚洲中、新生代构造活化则十分显著而重要。亚洲东部有宽阔的滨太平洋陆缘活化带,中、西部有昆仑、秦岭、祁连、天山等新生代复活山系。

然而,这些今天看来很明显的区别,早年西方学者并没有认识到,而是由中国学者最先提出的。

20世纪前半叶,中国虽然战乱连年不断,但我们地质先辈却在极其艰难的条件下取得了开创性

的成果。其中大地构造方面,最重要的要推翁文灏的燕山运动,黄汲清的多旋回构造和陈国达的地台活化论。

翁文灏在1926年第三次太平洋科学会议上首次提出燕山运动(Wong, 1926)。1927年他在“中国东部中生代以来的地壳运动及岩浆活动”(翁文灏, 1927; Wong, 1929)一文中指出:“燕山期造山运动与海西造山期相比则其年代太年轻,若与喜马拉雅期相比,则又过于古老。”“鉴于它首次在北京西山被认出,而那里的地层证据研究得最好,今后我们将它称为燕山运动。”现今的丰富资料已经充分证明,燕山造山旋回不仅是中国东部最重要的构造运动和岩浆活动时期,而且是中国东部最重要的金属成矿时期(黄汲清, 1960; 郭文魁, 1987; 陈毓川等, 2007; Huang, 1945)。

之后,黄汲清根据中国和印度支那地质调查提出了印支造山旋回(Huang, 1945),并在1960年代,指导他的学生在秦岭、川西、滇西等地工作,发现了从青藏高原延伸到中南半岛的全球规模最大的印支造山带,即今日人们所说的古特提斯造山带(姜春发等, 1963; 任纪舜和曲景川, 1966; 黄汲清等, 1977; 任纪舜等, 1980; )。所以我们说,亚洲大陆重要的中生代造山运动首先是由中国地质学家提出并论证的。

尽管今天我们知道造山带大多数是多旋回演化的,但这一重要事实却是由中国学者首次发现并强调的。1945年,黄汲清在《中国主要地质构造单位》(Huang, 1945)一书中对中国及邻区大地构造进行了全面论述,奠定了中国大地构造研究的基础,成为亚洲大地构造研究史上一部划时代的著作。正是在这本书中,黄汲清强调指出:“多旋回的造山运动是中国大地构造的特征。”现在多旋回构造-岩浆作用和多旋回成矿作用已经成为中国地质学家的共识(郭文魁, 1987; 陈毓川等, 2007; Ren et al., 1999)。

亚洲大陆的构造活化(reactivation)现象,最初由阿尔冈在《亚洲大地构造》(Argand, 1924)一书中提出,但之后详细的论证则是前苏联和中国学者进行的,这就是1950—1960年代陈国达等学者的地台活化论(陈国达, 1956, 1960)。

## 4 现应如何创造性地研究中国大地构造?

世界已进入全球化、信息化时代,因此,中国大地构造研究一方面要从中国实际情况出发,充分发挥中国在全球构造研究中的区域优势;另一方面更要有全球视野,不能局限于国境线内研究中国大地构造。我们既要学习、继承前人的一切优秀成果,吸取地槽-地台学说和板块构造说的精髓,又要充分利用已经积累的大量地质信息,承前启后,继往开来,从理论上、方法上,在具体的工作实践中实现全面的创新性研究。

### 4.1 理论上,要以地球系统多层圈构造观为指导

尽管板块构造说在国内、外仍十分盛行,但实际上从1980年代中期开始,随着国际地学组织一系列全球性项目之开展,全球变化(global change)的观测研究,地球科学已逐步进入地球系统科学的新时代(陈述彭,1998),板块说的不足与缺陷也日益呈现出来。

(1)板块构造只强调地球圈层最上部的岩石圈(层)板块的水平(切向)运动,没有重视地球系统多层圈之间的相互作用,特别是壳与幔、幔与核以及壳、幔、核不同层次之间的相互作用、切向运动、物质和能量的传递、转换,而后者的重要性已愈来愈多地被人们认识到了(任纪舜等,1980,1990;Ren et al.,1999)。

(2)虽然全球大洋中脊带和转换断层的发现、贝尼奥夫带的确认,使大地构造学步入真正的全球构造时代,但现行的板块构造动力学并不是真正的地球整体动力学,而是以地幔对流假说为依托的岩石圈板块动力学,主要是大洋岩石圈俯冲→大陆增生→洋盆消失→陆陆碰撞。在这里大洋岩石圈是主动的,大陆岩石圈是被动的。但是根据物理学的定律,在一般情况下,两个物体之间发生作用,不论哪个物体占主导,二者都是相互作用的。同时,全球各板块间都是互相联动的,是曹操的“联合战船”,不是周瑜的“单船快艇”。因此,我们必须用全球动力学,即从全球整体上研究动力作用过程,并把地球系统与宇宙天体运行联系起来,建立“天地合一”的地球动力观(任纪舜等,1990,2016a,2016b;Ren et al.,1999)。

(3)在大陆与大洋的相互关系上,板块构造说是单向的板块边缘的大陆增生,或大陆边缘破坏(侵蚀),没有考虑陆与洋之间的相互转化。而现今大洋中众多大陆残块或大陆残迹的发现,证明大陆与大洋是可以相互转化的,这里地球系统多层圈间的相互作用无疑是一个主导的因素(任纪舜等,1980,1990,2015;Ren et al.,1999)。因此,我们认为以现存之大陆块为基础描绘的全球古地理、古构造再造图(Scotese,1990;Veevers,2001;Seton,2012)是不正确的,其中的亚洲部分更是与实际情况相距甚远。我们认为,只有既恢复消失在造山带中的海洋,又恢复消失在海洋中的大陆,才能进行更为科学、更为接近实际情况的古地理、古构造再造(任纪舜等,1980,1990,2015;Ren et al.,1999)。

(4)板块构造学说的哲学思想是均变论思想,将今论古,用现代之大陆、大洋构造比拟地质历史上的陆洋关系。实际上,地球演化的旋回性和阶段性是非常明显的。早前寒武纪与晚前寒武纪明显不同;中元古代以来又可分为罗丁尼亚(Rodinia)、冈瓦纳(Gondwana)、潘吉亚(Pangea)以及现代陆洋体系等各具特色的几个阶段。我们必须用旋回演化论的思想,分阶段研究中国及邻区的构造演化过程,从中探索构造演化的规律(任纪舜等,1980,1990,2016a,2016b;Ren et al.,1999)。

因此,我们的结论是:以地球系统多层圈构造观(multisphere tectonic view of earth system),即以地球系统多层圈相互作用、全球动力学(以及天地合一的地球动力学)和旋回演化论为指导,研究中国及邻区海陆大地构造,创新大地构造理论。

### 4.2 研究手段上,地质、地球物理、地球化学等多学科结合

大地构造学是地学中一门高度综合性的学科,被称为地质科学中的哲学,地学中的带头学科。各学科从不同侧面为大地构造研究提供支持,反过来大地构造研究成果又可以引导各学科步入更深入的研究。因此,必须用地质学、地球物理学、地球化学等多学科结合方法研究大地构造。用地质学方法研究表层地质,地球物理方法研究深部结构,地球化学方法研究物质的组成、运移、转化,并用地质思维把多种手段获得的结果综合分析,研究从浅层到深层地球各层圈的物质组成、结构构造、相互作

用及演化历史。同时,在研究中,还要把大陆与大洋构造结合起来,把区域构造与全球构造联系起来,把全国性或区域性的综合研究与重要问题或疑难问题的专题研究结合起来,把地球运动与银河系甚至更广阔的宇宙天体运动联系起来,以求从更广阔的视野、更高的层次、全面深入系统地研究大地构造(任纪舜等,1990;Ren et al.,1999)。

这里需要指出的是,近些年来出现了单学科研究大地构造的倾向,如岩石大地构造、沉积岩大地构造、火山岩大地构造、花岗岩大地构造、变质岩大地构造等。大地构造演化的不同阶段,会出现不同类型的岩石建造,如复理石-磨拉石建造是造山阶段的产物,双峰式火山岩反映伸展的构造环境,碱性花岗岩一般是造山旋回晚期的产物等等。但它们各自毕竟只反映大地构造演化的一个侧面,要全面分析研究,还必须把各学科的研究成果结合起来进行分析,才能更确切、更系统、更全面地确定一个地区的大地构造属性及其演化过程。因此,科学的提法应该是,沉积岩与大地构造、花岗岩与大地构造、火山岩与大地构造、变质岩和变质作用与大地构造等等。

地质学是一门观测科学,大地构造研究最重要的基础是野外地质调查。然而,近些年出现的一个更为突出的问题是,不作全面的野外实地观察,不重视观察地质体之间的构造关系,如地层间的接触关系,岩体与围岩及上覆地层的关系等;不注意构造变形研究和地质背景分析,只采集室内测试分析样品的“粉末地质学”,用单纯的同位素年代学和地球化学方法研究大地构造。杂志上出现大量以同位素年代学+地球化学+构造模型论述大地构造的文章,把大地构造研究粉末化、简单化、模式化。同位素年代学、地球化学研究无疑可为大地构造研究提供十分重要的支持,但如果首先不查清地质体的野外关系,不全面分析一个地区的地质背景,单纯的年代学和地球化学数据和图式并不能准确反映一个地区的大地构造属性,而且,如果使用不当,有时甚至会造成误导。如一些学者主要根据火成岩的年代学和地球化学资料,就判定古亚洲洋到二叠纪甚至三叠纪才封闭的结论。然而,从准噶尔到兴安岭石炭系-二叠系基本上是在浅、滨海到陆相环境下沉积的,至少从晚二叠世开始已全部转化为陆

相沉积(王鸿祯,1985;邵济安等,2014;徐备等,2014;任纪舜等,2016a;Xia et al.,2008;Zhu and Ren,2017),何来“洋盆消失”陆-陆碰撞?

#### 4.3 立足实际、突出特色,构建中国大地构造新模型、新理论

中国及邻区大地构造十分复杂,需要研究的课题很多,我们的初步意见是,立足中国实际,抓住中国特色,以下列6个方面为重点进行工作。

(1) 冈瓦纳裂解与亚洲大陆的形成。自1990年IGCP321项提出“冈瓦纳裂离与亚洲增生”(Ren et al.,1991)的科学命题以来,经过20余年的实践,现在已有愈来愈多的资料说明不仅巴达赫尚、拉萨、南羌塘、中缅马苏等陆块曾是冈瓦纳大陆的一部分,而且以塔里木、中朝、扬子等为标志的古中华陆块群的众多微陆块(图2)都曾是冈瓦纳大陆的一部分(潘江等,1994;朱敏和王俊卿,1996;Hao and Patricia,1998;Ren et al.,1999;Zhao and Zhu,2010)。显生宙亚洲大地构造演化的历史,就是冈瓦纳裂解、离散,亚洲大陆增生、形成的过程。但目前学界对这一具体的历史过程还没有更详实的论述,更没有取得一致意见。我们期盼通过进一步工作,能较好地解决这一问题。

(2) 以三大构造域为纲研究中国大地构造。显生宙期间,中国及邻区受古大西洋-古亚洲洋、特提斯-古太平洋、大西洋-印度洋-太平洋三大全球性动力体系控制,形成古亚洲洋、特提斯和太平洋三大构造域(黄汲清等,1977;任纪舜等,1980;Ren et al.,1999),这已成为大多数中国地质学家的共同认识。因此,建议以三大动力体系和三大构造域为纲,研究中国显生宙(或新元古以来)大地构造及其对资源、环境的控制。

对前寒武纪构造,应着重中国与全球主要克拉通早前寒武纪地质构造的比较研究,以探讨中国为什么缺乏早前寒武纪的巨型富铁矿等资源。

(3) 创建小洋盆微陆块构造演化模式。现今板块构造解释造山带的构造模型是以今日大西洋、太平洋为建模的基本依据,因此是大洋盆体制。然而,据我们的研究,西伯利亚克拉通(地台)、东欧克拉通(地台)和印度克拉通(地盾)之间的中国及邻区并不是一个整块大陆,而是由一些小克拉通(准地台)、众多微陆通过多旋回造山作用焊合在一起

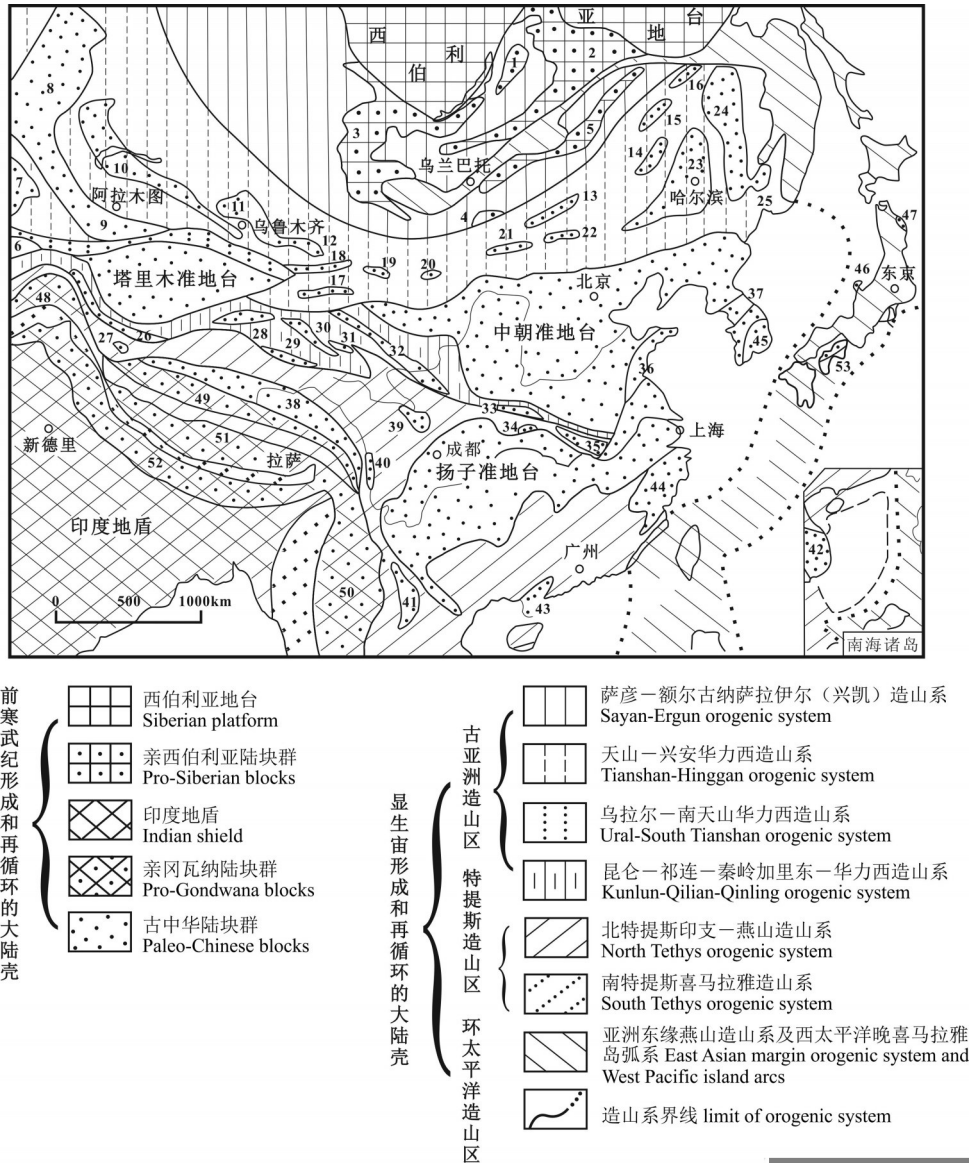


图2 中国及邻区主要构造单位图(据任纪舜等,1999)

强烈卷入造山带中的微陆块编号(1—53):亲西伯利亚陆块群:1—巴尔古津;2—雅布洛诺夫;3—图瓦—蒙古;4—艾拉格;5—中蒙古—额尔古纳。古中华陆块群:6—卡拉库姆;7—克孜勒库姆;8—科克切塔夫;9—伊赛克;10—巴尔喀什—伊犁;11—准噶尔;12—吐鲁番;13—达里甘嘎;14—扎兰屯;15—鄂伦春;16—结雅;17—敦煌;18—星星峡;19—旱山;20—雅干;21—托托尚;22—锡林浩特;23—松花江;24—布列亚—佳木斯;25—兴凯;26—西昆仑中央;27—甜水海;28—阿尔金;29—金水口;30—冷湖;31—欧龙布鲁克;32—中祁连;33—东秦岭中央;34—武当;35—大别;36—苏胶;37—京畿;38—昌都;39—若尔盖;40—中咱;41—普洱;42—印支—南海;43—云开;44—浙闽;45—岭南;46—飞驒;47—北上山。亲冈瓦纳陆块群:48—巴达赫尚;49—羌塘;50—中缅甸苏;51—拉萨;52—喜马拉雅;53—黑瀨川

Fig.2 Major tectonic units of China and adjacent areas(after Ren et al.,1999)

Microcontinents deeply involved in orogenic systems (1—53)

Pro-Siberian blocks: 1-Barguzin; 2-Yablonov; 3-Tuva-Mongolia; 4-Ayrag; 5-Central Mongolia-Ergun. Paleo-Chinese blocks: 6-Karakum; 7-Kyzylkum; 8-Kokchetav; 9-Issyk; 10-Balkhash-II; 11-Junggar; 12-Turpan; 13-Dariganga; 14-Zalantun; 15-Oroqen; 16-Zeya; 17-Dunhuang; 18-Xingxingxia; 19-Hanshan; 20-Yagan; 21-Totoshan; 22-Xilinhot; 23-Songhuajiang; 24-Bureya-Jiamusi; 25-Xingkai; 26-Central West Kunlun; 27-Tianshuihai; 28-Altun; 29-Jinshuikou; 30-Lenghu; 31-Olonbulag; 32-Central Qilian; 33-Central East Qinling; 34-Wudang; 35-Dabie; 36-Sujiao; 37-Gyeonggi; 38-Qamdo; 39-Zoige; 40-Zongza; 41-Pu'er; 42-Indosinia-South China Sea; 43-Yunkai; 44-Zhejiang-Fujian; 45-Ryongnam; 46-Hida; 47-Kitakami. Pro-Gondwana blocks: 48-Badakhshan; 49-Qiangtang; 50-Sibumasu; 51-Lhasa; 52-Himalaya; 53-Kurosegawa.

的复合体。在地质历史上,不论古亚洲洋还是古特提斯洋都不是大洋盆或多岛大洋盆(简称多岛洋),而是由一系列小洋盆和众多微陆组成的小洋盆微陆块体制(图2)(任纪舜,1994;任纪舜等,2016a;Ren et al.,1999)。因此,应创建处于巨型大陆之间,以小洋盆微陆块体制为基础的造山带的构造演化模型。

(4) 深部构造问题。研究深部构造,并把深层构造与浅层构造结合起来,研究中国大地构造。重点研究晚中生代以来中国及邻区构造-地貌、地壳-上地幔构造和地球层圈的演化过程。

晚侏罗世—早白垩世,在古太平洋动力体系作用下,亚洲东部曾经有过一个规模宏大的中生代造山带和宽阔的滨太平洋陆缘活化带。二者共同组成亚洲东部宏伟的山脉-高原系统。当时,中国的构造-地貌景观和深部壳-幔结构与现今完全相反:现今之中国,西部地壳厚度大,有高耸入云的山系,东部地壳薄,为丘陵、平原、低地;晚侏罗世—早白垩世则是东部地壳厚,有巍峨的山系和高原,西部地壳薄,为特提斯海盆及其边缘的低山丘陵和盆地。早白垩世末期(Apt-Alb)以来,中国西部在印度洋动力体系作用下,随着特提斯海消失,印度与欧亚碰撞,形成喜马拉雅山脉、青藏高原和中国西北的昆仑、祁连、秦岭、天山等新生代复活山脉和柴达木、塔里木和准噶尔、吐鲁番等盆地系统;中国东部则在太平洋动力体系作用下,形成晚白垩世—古近纪裂谷盆地系统和新近纪以来的西太平洋沟、弧、盆体系(任纪舜等,1980,1990;Ren et al.,1999)。

为此,建议深入研究中国东部晚中生代以来地壳由厚变薄,地形由高变低的深部壳-幔相互作用过程,以及所谓“华北克拉通破坏”的表层和深部构造作用和地幔物质转型过程;研究中国西部新生代以来地壳由薄变厚,地形由低变高的深部作用过程,从浅层与深层构造的结合上,探讨印度-欧亚碰撞、青藏高原以及中国西北新生代盆-山体系形成过程中的壳-幔相互作用过程。

(5) 超高压变质带问题。秦岭—大别造山带的大别、苏鲁地区,是全球超高压变质岩出露面积最大的地区,中外学者曾做过大量研究,但至今尚未就超高压变质作用形成的深度和构造条件取得一致意见:一部分学者认为超高压变质作用是地壳深

俯冲的结果(大别山超高压变质作用与碰撞造山动力学编写组,2005;Xu et al.,2006;Liu and Liou,2011),而另一部分学者则认为不存在什么大陆壳的深俯冲作用(吕古贤等,1998;丁梯平等,2000;李善芳等,2005;Ren et al.,1999)。笔者建议以大别、苏鲁的工作为突破口,进一步研究造山带中与高压、超高压变质作用相关的构造作用过程,探讨大陆壳是否能实现深俯冲。

(6) 洋陆转化问题。大陆与大洋的形成演化是大地构造研究的根本问题之一。目前,相当一部分学者认为大陆演化的方向是“增生”,而我们则确信大陆既有“生”也有“灭”,大陆与大洋是相互转化的(任纪舜等,1980,1990;2015)。现今的南中国海地区,古生代是一个前寒武纪地台(南海地台),中生代属中国东部滨太平洋陆缘活化带的一部分,新生代才形成今日之南中国海(任纪舜等,1980,1990;Ren et al.,1999)。因此,建议从南中国海入手,联系全球海底的地质、地球物理和地球化学调查研究成果,探讨大陆块是如何转化为大洋盆地的。

笔者希望通过这些研究,建立中国壳-幔的构造模型和演化模式,更科学地理解中国资源环境的地质背景,建立陆和洋的形成、转化的新模型,创新大地构造理论。

## 5 结 语

从1916年到2016年,中国地质调查已经走过了整整100年的历史。在这100年的前30年,中国的地质先辈不但为中国地质事业奠定了良好的基础,而且在亚洲大地构造研究方面取得了重要的成就。之后,又经过近70年的艰苦历程,现在中国已经完成了全国的1:20万和1:25万地质填图以及不同比例的重、磁、热、电、震等地球物理调查,获得了大量的同位素地质年代学和地球化学数据。中国海域的地质、地球物理调查也不断取得骄人的成绩。与此同时,中国邻区的哈萨克斯坦、蒙古以及东南亚等地的地质填图和地质科学研究也有了巨大的进步。我们已经积累了极为丰富的地质、地球物理、地球化学资料,描绘了中国及邻区大地上丰富多彩的地质图画。

目前,地球科学正在地球系统科学的引导下迅速向前发展,在中国地质调查进入新的100年之际,



在大地构造研究中,我们既要立足中国丰富多彩的地质实际,更要关注全球地球科学的新进展,特别是地球深部和全球海洋的地质、地球物理、地球化学调查研究的新成果,通过国内联合和国际合作,团结多学科地学工作者,共同努力,为中国地学的进步,为国际地球科学的发展,为完善现代大地构造理论做出我们应有的贡献!

**致谢:**本文是在郝梓国研究员的邀约和鼓励下完成的。文中关于古亚洲洋的“小洋盆、微陆块”体制以及当前中国大地构造研究中存在的“粉末化、简单化、模式化”等问题,曾与北京大学邵济安教授、中国科学院地质与地球物理所周新华研究员、肖文交研究员交换意见。成文后,《中国地质》编辑部曾召集有关专家讨论,提出宝贵意见。谨此一并致衷心谢意!

## 注释

①三大构造域最初的命名为:古亚洲构造域,滨太平洋构造域,特提斯—喜马拉雅构造域。

②这里不用“中亚造山带”这一术语,因为它既不确切,也不科学。中亚造山带东到兴安岭,后者已不属“中亚”,而是“东亚”;中亚造山带南部包括南天山,但又把与南天山连为一体的乌拉尔造山带排除在外,显然是不合适的。因此,本文用“乌拉尔—蒙古—兴安”命名这一世界上规模最大的古生代巨型造山带。

## References

- Argand E. 1977. Tectonics of Asia (1924) [M]// Carozzi A V (Translates and edits). Hafner Press, A Division of Macmillan Publishing Co., Inc., 218.
- Chen Guoda. 1956. Examples of “activizing region” in the Chinese platform with special reference to the “Cathaysia” problem[J]. Acta Geological Sinica, 36(3): 239–271 (in Chinese with English abstract).
- Chen Guoda. 1960. Activization of Platform and Its Significance in Mineral Prospecting[M]. Beijing: Geological Publishing House, 408(in Chinese).
- Chen Shupeng (Editor in chief). 1998. Earth System Science——Progress in China, Focus on 21st Century[C]. China Science and Technology Press, 1229 (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Wang Denghong, Zhu Yusheng, Chang Yinfo, Tang Lizhong, Pei Rongfu, Teng Jiwen, Deng Jinfu, Hu Yunzhong, Ren Tianxiang, Shen Baofeng, Wang Shicheng, Xiao Keyang, Peng Runmin, Qian Zhuangzhi, Mei Yanxiong, Du Jianguo, Shi Junfa, Zhang Xiaohua, Zhu Mingyu, Xu Jue, Xue Chunji. 2007. Metallogenic System and Regional Metallogenic Evaluation in China[M]. Beijing: Geological Publishing House.
- Dewey J F. 1969. Evolution of the Appalachian/ Caledonian Orogen[J]. Nat., 222: 1046.
- Ding Tiping. 2000. Isotopic constraints on the formation depth of ultrahigh pressure metamorphic rocks in the Dabie region[J]. Journal of Geomechanics, 6(3): 39–45(in Chinese with English abstract).
- Editing board of Ultrahigh– Pressure Metamorphism and Collisional Dynamics of the Dabie Mountains. 2005. Ultrahigh– Pressure Metamorphism and Collisional Dynamics of the Dabie Mountains[M]. Beijing: Science Press, 210(in Chinese with English abstract).
- Guo Wenkui. 1987. Guide to the Metallogenic Map of Endogenic Ore Deposits of China. Beijing: Cartographic Publishing House, 72 (in Chinese).
- Hao Shougang, Patricia G G. 1998. Some new plant finds from the Posongchong Formation of Yunnan, and consideration of a phytogeographic similarity between South China and Australia during the Early Devonian[J]. Science in China (Series D), 41(1): 1–13.
- Huang T K. 1945. On Major Tectonic Forms of China[M]. Geological Memoirs, Ser. A, no. 20: 165.
- Huang T K. 1960. The main characteristics of the geologic structure of China: preliminary conclusions[J]. Acta Geological Sinica, 40(1): 1–37 (in Chinese with English abstract).
- Huang T K, Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhimeng, Xu Zhiqin. 1977. An outline of the tectonic characteristics of China[J]. Acta Geological Sinica, 51(2): 117–135 (in Chinese with English abstract).
- Huang T K, Ren Jishun. 1982. Some important issues on the tectonic research[C]//Commission on Structure Geology, Geological Society of China (ed.). Advances in Structural Geology and Tectonics. Beijing: Science Press, 1–3 (in Chinese).
- Jiang Chunfa, Zhang Qinggui, Zhang Yuxiu, Zhu Zhizhi. 1963. The existence of the geosynclinal Indosinian movement in eastern Qinling[J]. Geological Review, 21(3): 116–121 (in Chinese).
- Li Shanfang, Li Tingdong, Ding Tiping, Wu Zhonghua, Gu Ping. 2005. Helium isotope compositions and forming conditions of UHP metamorphic eclogites from the Dabie Mts terran in East China[J]. Geological Review, 51(3): 343–349(in Chinese with English abstract).
- Liu Fulai, Liou J G. 2011. Zircon as the best mineral for P– T– time history of UHP metamorphism: A review on mineral inclusions and U– Pb SHRIMP ages of zircons from the Dabie– Sulu UHP rocks[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 40: 1–39.
- Lv Guxian, Chen Jing, Li Xiaobo, Liu Ruixun. 1998. Tectonic additional hydrostatic pressure research and coesite eclogite diagenetic depth calculate[J]. Chinese Science Bulletin, 43: 2590–2602(in Chinese).
- Khain V E, Leonov Y G. 1984. Tectonic map of the World (1:15 000

- 000) [M]. Subcommission for the Tectonic map of the World, CGMW.
- Pan Jiang, Lu Liwu, Ji Shu'an. 1994. A brief review on Chinese Paleogeography of vertebrates during the middle Paleozoic[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, (3/4): 200–210 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun. 1994. The continental tectonics of China[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, (3/4): 5–13 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Qu Jingchuan. 1966. On the occurrence of geosynclinal Indosinides in the Lanping–Weihsí region, western Yunnan[J]. *Acta Geological Sinica*, 46(2): 182–200 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, Qin Deyu. 1980. Geotectonic Evolution of China[M]. Beijing: Science Press, 124 (in Chinese).
- Ren Jishun, Chen Tingyu, Niu Baogui, Liu Zhigang, Liu Fengren. 1990. Tectonic Evolution of the Continental Lithosphere and Metallogeny in Eastern China and Adjacent Areas[M]. Beijing: Science Press, 205 (in Chinese).
- Ren Jishun, Burrett C, Charvet J, Hada S. 1991. Brief outline and objectives of the IGCP Project 321[C]//Ren Jishun and Xie Guanglian (ed.). *Proceedings of the First International Symposium on Gondwana Dispersion and Asia Accretion—Geological Evolution of Eastern Tethys*, Nov. 25–Dec. 1, Kunming, China.
- Ren Jishun, Wang Zuoxun, Chen Bingwei, Jiang Chunfa, Niu Baogui, Li Jinyi, Xie Liangzhen, He Zhengjun, Liu Zhigang. 1999. The Tectonics of China from a Global View—A Guide to the Tectonic Map of China and Adjacent Regions[M]. Beijing: Geological Publishing House.
- Ren Jishun, Niu Baogui, Wang Jun, Jin Xiaochi, Xie Liangzhen. 2013. *International Geological Map of Asia (1:5 000 000)* [M]. Beijing: Geological Publishing House.
- Ren Jishun, Xu Qinqin, Zhao Lei, Zhu Junbin. 2015. Looking for submerged landmasses[J]. *Geological Review*, 61(5): 971–989 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Zhao Lei, Xu Qinqin, Zhu Junbin. 2016a. Global tectonic position and geodynamic system of China[J]. *Acta Geological Sinica*, 90(9): 2100–2108 (in Chinese with English abstract).
- Ren Jishun, Xu Qinqin, Deng Ping, Xiao Liwei. 2016b. Tectonic cycles and Tectonic timescale[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 37(5): 528–534 (in Chinese with English abstract).
- Scotese C R. 1990. Phanerozoic plate tectonic reconstructions Atlas[C]// Scotese C R (ed.). *Atlas of Phanerozoic Plate Tectonic Reconstructions, PALEOMAP Progress 01–1090a*, Department of Geology, University of Texas at Arlington, Texas, 57.
- Seton M, Müller R D, Zahirovic S, Gaina C, Torsvik T, Shephard G, Talsma A, Gurnis M, Turner M, Maus S, Chandler M. 2012. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma[J]. *Earth–Science Reviews*, 113: 212–270.
- Shao Ji'an, Tang Kedong, He Guoqi. 2014. Early Permian tectono–palaeogeographic reconstruction of Inner Mongolia, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 30(7): 1858–1866 (in Chinese with English abstract).
- Veevers J J. 2001. *Atlas of Billion–Year Earth History of Australia and Neighbors in Gondwanaland*[M]. Sydney: GEMOC Press.
- Wang Hongzhen (chief editor). 1985. *Atlas of the Paleogeography of China*[M]. Beijing: Cartography Publishing House (in Chinese).
- Wong W H. 1926. Crust movement in eastern China[C]//*Proceedings of 3rd Pan–Pacific Science Congress, Tokyo*, 642–685.
- Wong W H. 1929. The Mesozoic orogenic movement[J]. *Bulletin of the Geological Society of China*, 8(1):33–44.
- Wong W H. 1927. Crust movement and magmatism in eastern China since Mesozoic[C]//Huang Jiqing and Pan Yuntang (ed.). *Selected Works of Weng Wenhao*. Beijing: Metallurgical Industry Press, 205–231 (in Chinese).
- Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, LiXiangmin, MaZhongping. 2008. Relative contributions of crust and mantle to the generation of the Tianshan Carboniferous rift–related basic lavas, northwestern China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 31(4/6): 357–378.
- Xu Bei, Zhao Pan, Bao Qingzhong, Zhou Rongheng Wang Yanyang, LuoZhiwen. 2014. Preliminary study on the pre–Mesozoic tectonic unit division of the Xing–Meng Orogenic Belt (XMOB)[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 30(7): 1841–1857 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Zeng Lingsen, Liu Fulai, Yang Jingsui, Chen Fangyuan, Liang Fenghua, McWilliams M, Liou J G. 2006. Polyphase structural deformation and a dynamic model for the formation of Sulu high to ultrahigh–pressure (HP–UHP) metamorphic belt: from subduction to exhumation[C]//Hacker B R, McClelland W, Liou J G (ed.). *Deep Continental Subduction*. Geological Society of American Special Paper, 43: 93–113.
- Zhao Wenjin, Zhu Min. 2010. Siluro–Devonian vertebrate biostratigraphy and biogeography of China[J]. *Palaeoworld*, 19(1/2): 4–26.
- Zhu Junbin, Ren Jishun. 2017. Carboniferous–Permian Stratigraphy and Sedimentary Environment of Southeastern Inner Mongolia, China: Constraints on Final Closure of the Paleo–Asian Ocean[J]. *Acta Geological Sinica (English Edition)*, in press.
- Zhu Min, Wang Junqing. 1996. A new Macropetalichthyid from China, with special reference to the historical zoogeography of the Macropetalichthyidae (placodermi) [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 34(4): 253–268 (in Chinese with English abstract).

### 附中文参考文献

- 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[J]. *地质学报*, 36(3): 239–271.

- 陈国达. 1960. 地台活化及其找矿意义[M]. 北京: 地质出版社, 408.
- 陈述彭(主编). 地球系统科学——中国进展[M]. 中国科学技术出版社, 1998:1229.
- 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 徐志刚, 任纪舜, 翟裕生, 常印佛, 汤中立, 裴荣富, 滕吉文, 邓晋福, 胡云中, 任天祥, 沈保丰, 王世称, 肖克炎, 彭润民, 钱壮志, 梅燕雄, 杜建国, 施俊法, 张晓华, 朱明玉, 徐珏, 薛春纪. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 北京: 地质出版社.
- 大别山超高压变质作用与碰撞造山动力学编写组. 2005. 大别山超高压变质作用与碰撞造山动力学[M]. 北京: 科学出版社, 210.
- 丁悌平. 2000. 大别山超高压变质岩形成深度的同位素限制[J]. 地质力学学报, 6(3): 39-45.
- 郭文魁. 1987. 1:4 000 000 中国内生金属成矿图说明书[M]. 北京: 地图出版社, 72.
- 黄汲清. 1960. 中国地质构造基本特征的初步总结[J]. 地质学报, 40(1): 1-37.
- 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 张之孟, 许志琴. 1977. 中国大地构造基本轮廓[J]. 地质学报, 51(2): 117-135.
- 黄汲清, 任纪舜. 1982. 关于大地构造研究的几个重要问题[C]//中国地质学会构造地质专业委员会编. 构造地质学进展. 北京: 科学出版社, 1-3.
- 姜春发, 张庆贵, 张玉岫, 朱志直. 1963. 东秦岭地槽型印支运动的存在[J]. 地质论评, 21(3): 116-121.
- 李善芳, 李廷栋, 丁悌平, 伍宗华, 古平. 2005. 大别山超高压变质榴辉岩的氦同位素组成及其对形成环境的制约[J]. 地质论评, 51(3): 343-349.
- 吕古贤, 陈晶, 李晓波, 刘瑞珣. 1998. 构造附加静水压力研究与含柯石英榴辉岩成岩深度测算[J]. 科学通报, 43: 2590-2602.
- 潘江, 卢立伍, 姬叔安. 1994. 中国中生代脊椎动物古地理研究回顾[J]. 地球学报, (3/4): 200-210.
- 任纪舜. 1994. 中国大陆的组成、结构、演化和动力学[J]. 地球学报, (3/4): 5-13.
- 任纪舜, 曲景川. 1966. 滇西兰坪维西一带印支地槽褶皱带的确定[J]. 地质学报, 46(2): 182-200.
- 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 秦德余. 1980. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 124.
- 任纪舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 刘志刚, 刘凤仁. 1990. 中国东部大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 205.
- 任纪舜, 徐芹芹, 赵磊, 朱俊宾. 2015. 寻找消失的大陆[J]. 地质论评, 61(5): 971-989.
- 任纪舜, 赵磊, 徐芹芹, 朱俊宾. 2016a. 中国的全球构造位置和地球动力学系统[J]. 地质学报, 90(9): 2100-2108.
- 任纪舜, 徐芹芹, 邓平, 肖黎微. 2016b. 构造旋回与构造年表[J]. 地球学报, 37(5): 528-534.
- 邵济安, 唐克东, 何国琦. 2014. 内蒙古早二叠世构造古地理的再造[J]. 岩石学报, 30(7): 1858-1866.
- 王鸿祯(主编). 1985. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社.
- 翁文灏. 1927. 中国东部中生代以来的地壳运动及岩浆活动[C]//黄汲清, 潘云唐主编. 翁文灏选集, 北京: 冶金工业出版社, 205-231.
- 徐备, 赵盼, 鲍庆中, 周永恒, 王炎阳, 罗志文. 2014. 兴蒙造山带前中生代构造单元划分初探[J]. 岩石学报, 30(7): 1841-1857.
- 朱敏, 王俊卿. 1996. 大瓣鱼科一新属与历史动物地理学研究[J]. 古脊椎动物学报, 34(4): 253-268.