

张训华, 郭兴伟. 2014. 块体构造学说的大地构造体系. 地球物理学报, 57(12):3861-3868, doi:10.6038/cjg20141201.

Zhang X H, Guo X W. 2014. Block tectonics and its geotectonic system. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 57(12):3861-3868, doi:10.6038/cjg20141201.

块体构造学说的大地构造体系

张训华, 郭兴伟*

国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

摘要 在中国及邻区大地构造的研究过程中, 板块构造理论用于解释中国复杂的大陆动力学过程有所局限, 而中国本土的大多数大地构造观点无法展开洋陆对比研究. 朱夏和刘光鼎对中国大陆边缘和中国大陆的构造演化历史和动力学体制有其独到的见解, 即以活动论为内涵的全球构造理论, 我们在此基础上增加了方法论和认识论等内容, 提出块体构造学说. 块体构造学说在用板块理论解释新全球构造阶段构造现象的基础上, 将块体和结合带赋予新的定义和内涵, 作为板块之下的二级构造单元, 用以表示古全球构造阶段的大地构造单元. 本文在简要介绍块体构造学说提出的历史和背景基础上, 简述对中国海陆及邻区大地构造演化的理解, 系统阐述块体构造学说的大地构造体系, 明确块体和结合带的定义、分类和特征, 作为正在编制的“中国海陆大地构造格架图”中大地构造单元划分的依据.

关键词 块体构造学说; 大地构造; 块体; 结合带; 编图

doi:10.6038/cjg20141201

中图分类号 P541, P736

收稿日期 2013-08-09, 2014-09-10 收修定稿

Block tectonics and its geotectonic system

ZHANG Xun-Hua, GUO Xing-Wei*

The Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China

Abstract Previous studies on the tectonics of China and adjacent regions suggested that plate tectonics have certain limitations to decipher the complex processes of continental dynamics, and most of the native geotectonic theories in China are unable to make comparative studies between oceans and continents. Tectonic geologists Zhu Xia and Liu Guang-ding, based their studies on the tectonic evolution and the dynamic mechanism of Chinese mainland and continental margins, realized that activism is what we have to insist on for a global tectonic theory. Based on their work, we have recently proposed the theory of block tectonics with some new concepts and methodology. Comparing to the plate tectonics, which focuses on the tectonic phenomena in the new global tectonic stage, we proposed the concepts of blocks and junctures that occur between two blocks, as the secondary tectonic units or the geotectonic unit for the earlier global tectonic stages. In addition to the research background and the basic understanding of tectonic evolution of China mainland and adjacent regions, which were outlined in this paper, the definition, classification and characteristics of the blocks and junctures and their systems are systematically

基金项目 国家专项“中国海及邻域地质地球物理及地球化学系列图”(GZH200900504), 国家重点基础研究发展计划项目(2013CB429701), 国家自然科学基金项目(41106059), 国家专项“大陆架科学钻探”(GZH201100202)联合资助.

作者简介 张训华, 男, 1961年生, 研究员, 博士生导师, 主要从事海洋地球物理和大地构造等方面的研究. E-mail: xunhuazh@vip.sina.com

* **通讯作者** 郭兴伟, 男, 1978年生, 副研究员, 博士, 主要从事海洋地质构造和盆地分析等方面的研究. E-mail: xwguo_qd@126.com

described, which has laid a solid basis for the ongoing map compilation program “Geotectonic framework maps of China land and seas” to make rationale division of tectonic units.

Keywords Block tectonics; Geotectonics; Block; Juncture; Map compilation

1 引言

大地构造学是研究大陆、大洋或其某一区域地壳或岩石圈的组成、结构和演化历史的学科,目的是为了了解海洋、大陆、山脉和盆地的成因和发展过程,认识地壳或岩石圈的演化规律(黄宗理和张良弼, 2006). 大地构造学者在进行研究过程中,往往十分注意去总结这些规律,这些规律形成相对独立、完整的体系,就是大地构造学说. 大地构造学说作为地质学里面的上层建筑,在对地球演化规律总结的同时,还在关注着重大的地学问题,从而引领着地质学科的前沿和方向.

大地构造图的编制,一定是在某一大地构造学说的指导之下进行的. 1992年“中国海区及邻域地质地球物理系列图”(刘光鼎, 1992)之“大地构造图”的指导思想是以活动论为内涵的全球构造理论,在这一基础上,张训华等(2009)进一步对朱夏和刘光鼎的学术思想进行了归纳总结,并称之为块体构造学说,作为正在编制的“中国海陆大地构造格架图”的指导思想. 本文将在简述大地构造学说进展,以及块体构造学说提出和发展的基础上,阐述对中国海陆及邻区大地构造演化过程的理解,明确块体构造学说构造体系中构造单元的定义,尤其是块体与结合带的定义,并描述其类型和特征,作为正在编制的“中国海陆大地构造格架图”划分大地构造单元的依据.

2 中国大地构造学说进展

20世纪最伟大的大地构造学说,无疑是板块构造理论. 但在板块理论尚未传入中国之前,中国的大地构造学家们已经根据各自对中国及邻区大地构造的理解,建立自己的大地构造学说,至20世纪七八十年代,已经形成多个较为成熟的大地构造学说,包括多旋回构造学说(Huang, 1945, 黄汲清和任纪舜, 1979)、地质力学说(李四光, 1962; 中国地质科学院地质力学研究所, 1985)、断块构造学说(张文佑, 1974, 1984)、地洼构造学说(国家地震局广州地震大队, 1977; 陈国达, 1986)和波浪状镶嵌学说

(张伯声, 1962, 1980). 板块构造理论传入中国后,很快被中国的大地构造学家所接受,并加入到各自的大地构造体系之中,至今形成了三大主流的构造观点(潘桂棠等, 2009):一是黄汲清的多旋回构造观,后经任纪舜等改进,即将其与板块构造理论相结合(Ren, 1996; 任纪舜等, 1999);二是王鸿祯的历史大地构造观(王鸿祯, 1985; Wang, 1999);三是李春昱的板块构造观(李春昱, 1980; 李春昱等, 1982).

近几年来,随着各种地质地球物理调查和研究的不断深入,以及资料的积累,尤其是深部探测成果的获得(郭兴伟等, 2012),中国的大地构造学者得以更加深入的思考. 对中国及邻区的大地构造分区的认识,主要有以下几方面的进展:一是在资料加入的基础上,对大地构造的分区更加具体和细致,例如潘桂棠等将对多岛-弧-盆系的理解,按照大地构造相(潘桂棠等, 2008)对中国陆区的大地构造单元进行划分,葛肖虹等(2009)在对多个构造单元重新认识的基础上,对中国大陆的构造格架进行了讨论;二是越来越重视地球物理资料或深部探测成果与大地构造学的结合,对构造现象的研究由地壳尺度深入到岩石圈尺度,例如李廷栋(2006)将地壳表层构造与深部构造结合起来,划分岩石圈构造单元;三是大地构造的研究由传统的陆地走向海洋,越来越多的从全球的视角来思考大地构造问题,如板块构造理论本身就是从构造学者对海洋的探测和研究而来.

3 块体构造学说的构造体系的发展过程

块体构造学说的大地构造体系的雏形,最早是在1992年的“中国海区及邻域地质地球物理系列图”(刘光鼎, 1992)之“大地构造图”编制时. 虽然当时板块构造学说已经被大多数国内构造学者所接受,但板块构造学说在解释中国及邻区复杂的大陆构造时,还不完全得心应手,而且中国海区的各个大地构造单元也无法同中国大陆相对比,中国传统的大地构造学说更无法解释大洋区的构造. 在这一背景下,以活动论为内涵的全球构造理论被引入,块体与结合带的概念被提出来,作为板块之下的二级大地构造单元,用以解决中国海陆的大地构造,尤其是大陆边缘的构造单元划分问题.

当时编图范围是中国海区及邻域,包括了整个渤海、黄海、东海、南海及菲律宾海、日本海的大部分,还有中国陆区东部,海区的构造被同陆区联系起来,中国海区及中国东部由华北、扬子、华南等块和其间的条组成,后来块称之为块体,而条称之为结合带,在大洋区的构造单元还是以地貌来描述,分为海盆和海岭等。

在块体概念提出的同时,当时也从全球角度出发,对中国海陆及邻区的大地构造演化提出了自己的认识.朱夏从中国大陆构造演化出发,联系特提斯闭合(后为印藏碰撞)和太平洋演化,详细论述了块体的发展演化史,划分了块体的构造演化阶段,也论述各个构造演化阶段可能的动力学体制(朱夏,1983),重点论述了中国大陆边缘的构造演化(朱夏和陈焕疆,1982;朱夏,1987).这些对中国及邻区大地构造的认识,就作为当时编图的指导思想——以活动论为内涵的全球构造理论.所以,当时已经有了一个相对完整的大地构造体系的基础.

海洋地质构造的研究主要依赖地球物理资料,在朱夏对中国大地构造认识的基础上,张训华等(2009)增加了对中国大陆宏观构造格架的认识(刘光鼎等,1997;刘光鼎,2007),以及地球物理资料解释地质构造的认识论和方法论(刘光鼎和陈洁,2005)的内容,称之为“块体构造学说”.中国的大地构造宏观格架可归纳为“三横、两竖、两个三角”,即“三横”是指天山—阴山—燕山、昆仑—秦岭—大别和南岭三条横向展布的构造带;“两竖”是指大兴安岭—太行山—武陵山梯级带和贺兰山—龙门山南北带;“两个三角”即阿尔金山—祁连山所包围的柴达木及松潘—甘孜地区.认识论总结为:“区域约束局部,深层制约浅层”;方法论为:“一种理论——以全球构造活动论为理论指导;二个环节——以物性和模型为纽带,即物性是地质与地球物理、模型是定性定量之间联系的纽带;三种结合——地质与地球物理及地球化学相结合、正演与反演相结合和定性定量相结合的三原则;多次反馈——上述过程多次反复,不断地逼近正确的认识”。

4 中国海陆及邻区的构造演化历史

中国及邻区的大地构造演化历史可以放之全球来考虑,全球的构造演化在同一构造演化时期受到大致相同的地球动力体制的制约,也就经历了大致相同的构造演化阶段,只不过在有的地方开始或结

束的早,有的地方开始或结束的晚,存在同序时差的关系(朱夏,1983).在不同的构造演化阶段,由于构造体制和热体制不同,地球动力学体制也是不同的(Silver,1980).

按照地球构造演化的历史,我们将其分为下面五个构造演化阶段(表1),即陆核形成阶段、古全球构造阶段(可分为成台阶段和稳化阶段)、中间过渡阶段和新全球构造阶段:

(1)太古代至中元古代,时间在10—12±亿年前,在地球的各处逐渐形成古陆核,我们称之为远古与太古全球构造阶段.

华北古陆核的形成时代为太古宙,以冀东迁西群和辽东鞍山群为代表,有年龄老于38亿年的数据(Liu et al.,1992;Wu et al.,2008);扬子块体湖北崆岭有老于32亿年的古陆核(高山等,2001),塔里木块体阿克塔什塔格的古陆核为36亿年的年龄纪录(李惠民等,2001),古陆核形成时间则到早元古代;华南块体在南雄地区也有老于36亿年的古陆核(于津海等,2007);东海陆架和南海的陆壳,虽然在新生代经历了剧烈的拉张减薄,但同样有古陆核的记录,东海灵峰一井钻遇的片麻岩为18.06亿年(沈渭洲,2006),西永一井钻遇的片麻岩为14.5亿年,古陆核形成时间为中元古代.

(2)新元古代至早二叠纪,时间在10—12±亿年到约2.8亿年,在先前形成的古陆核的基础上,通过垂向增生和侧向增生,围绕陆核的地壳经历了成台过渡和稳化两个阶段,我们将这两个阶段合称为古全球构造阶段.

新元古代形成的罗迪尼亚泛大陆,前寒武纪末至早古生代初发生解体,在二叠纪拼合成了潘基亚大陆,潘基亚大陆主要有三大块体群组成,即劳亚块体群、冈瓦纳块体群和规模较小的古华夏块体群(Bozhko,1986;陈智梁,1994),三大块体群之间为古特提斯洋.组成三大块体群的块体,无论是在古生物上,还是在沉积建造上,都具有各自的特征.

在这些陆壳块体之间发生裂解的同时,在块体之间不同的位置,也在发生着碰撞、闭合.块体之间的裂解表现为硅铝壳的拉张减薄,减薄到一定程度会有硅镁壳露出,但洋壳的产生只是形成了一些此张彼合的小洋盆,这些小洋盆规模有限,并没有形成真正的大洋,也就没有由洋向陆的俯冲,不能用现今的大陆大洋的板块体制来简单解释,洋陆之间的作用通过陆壳内部的伸展,由陆向洋进行“千足虫”式(Wynne-Edword,1976)或“雪橇”式的挤压(朱夏,

1983),这种构造体制主要表现为块体自身的生长和块体之间的运动,我们称之为块体制。无论是在西伯利亚块体群和古华夏块体群之间宽泛的古亚洲洋,还是秦岭、昆仑、祁连山等古华夏块体之间的洋盆,都是通过这种体制做手风琴式的碰撞而最终闭合的。

(3)二叠纪至三叠纪,时间在 2.8 亿年到 2 亿年,中间阶段或者过渡阶段。

随着古特提斯洋盆的关闭,古华夏陆块群完成了拼合,秦岭、大别、苏鲁和松潘—甘孜等结合带最终形成,保山—掸泰块体也沿昌宁—孟连、清迈—清莱至文东—劳勿—线拼合到印支块体之上(陈永清等,2010),太平洋板块、欧亚板块和印度洋板块逐渐形成锥形(Hilde et al., 1977),虽然之后还有小的块体的裂离拼合,但其间的体制由块体制逐渐转变为板块体制。

(4)晚三叠纪至今,即 2 亿年以来,为新全球构造阶段,为板块体制。

这一阶段,中国海陆及邻域受到欧亚板块、太平洋板块(或菲律宾海板块)和印度—澳大利亚板块(或特提斯板块)三大板块相互作用的影响(Hilde et al., 1977),形成两条锋线(朱夏,1979):一是东部的太平洋板块向欧亚板块的俯冲消减,形成的太平洋域锋线,在中国东部海区形成典型的沟-弧-盆体系;二是特提斯洋的闭合,晚白垩纪后为印藏碰撞,以及澳大利亚板块向北俯冲,形成的特提斯域锋线,大致以东经 90°海岭为界,以西表现为青藏高原的强烈隆升,以东表现为沟-弧-盆体系,以及东南亚众多边缘海形成。

在两条锋线上,都经历了三次变格(朱夏和陈焕

表 1 中国及邻区地壳演化序列表

Table 1 Crustal evolution sequence of China and adjacent areas

地壳发展阶段		地质时代	备注
阶段	时期		
新全球构造	俯冲, 沉降	E_3^2 —Q	同序时差
	拉张, 聚敛	K_2 — E_3^2	
	挤压, 改造	T_3 — K_1	
中间阶段		P— T_2	
古全球构造	稳化	D—C	同序时差
		Pt_3 —S	
	成台过渡	Pt_3 —O	
陆核形成		Pt_{1-2}	
		Ar	

疆,1982):晚侏罗纪到早白垩纪,西部为班公湖—怒江缝合带的形成,东部为太平洋板块强烈扩张并向北或北东移动,玉里—领家缝合带形成;晚白垩纪至古近纪,西部为雅鲁藏布江缝合带的形成,特提斯洋盆完全关闭,印藏碰撞逐渐由软碰撞变为硬碰撞(Lee and Lawver, 1995),东部则为太平洋板块转向北西西俯冲,始新世时圈出菲律宾海板块,中国东部产生一系列的断陷盆地;新近纪至第四纪,西部为强烈的印藏碰撞,以及东经 90°海岭以东的沟-弧-盆体系形成,东部为西太平洋沟-弧-盆体系形成,以及东部盆地的差异热沉降。

5 块体构造系统的大地构造单元类型

5.1 大地构造单元类型

根据我们对中国海陆及邻区大地构造演化的认识,我们编制的“中国海陆及邻域的大地构造格架图”要体现块体构造学说对构造演化阶段的理解:以印支期为界,2 亿年以来为板块体制,主要表现现代的板块活动,重点表现不同的板块边界类型;2.8 亿年以前为块体制,主要表现块体形成演化的过程,以及结合带的碰撞缝合过程;2—2.8 亿年的过渡阶段,在古特提斯洋闭合过程中,已经在一些洋陆碰撞处出现板块体制的先声,大部分还保持块体制。大地构造单元类型分为两级:

一级:板块和板块边界;

二级:块体和结合带。

5.2 板块和板块边界

板块和板块边界都有着严格的定义,尺度上为岩石圈,板块内部相对稳定,板块边界活动剧烈,板块活动的驱动力为地幔对流。板块边界有三种:汇聚边界、离散边界和走滑边界。离散边界为大洋中脊,走滑边界为错断大洋中脊的转换断层,汇聚边界的表现形式则较为多样化,既有大洋向陆俯冲消减,也有陆陆碰撞、弧陆碰撞等。

在中国海陆及邻区范围内,主要发育汇聚边界。中国东部发育太平洋板块(菲律宾海板块)向欧亚板块俯冲消减的洋陆俯冲边界,中国的西南部发育印度—澳大利亚板块和欧亚板块的陆陆碰撞边界,南部也发育澳大利亚板块向欧亚板块洋陆俯冲边界。表 2 依据构造性质对这两种构造位置的板块边界划分了类型。汇聚型板块边界还可以根据俯冲或碰撞缝合的主要时间分为晚中生代和新生代 2 种类型。

表 2 汇聚型板块边界类型

Table 2 Types of convergent plate boundaries

	构造位置	边界类型	例子
汇聚边界		俯冲带	琉球海沟俯冲带
	洋陆俯冲	对冲带	菲律宾对冲带
		弧陆碰撞带	台湾弧陆碰撞带
	陆陆碰撞	缝合带	喜马拉雅缝合带

中国海陆及邻区发育了两种洋壳,一种是大洋洋壳,一种是边缘海洋壳.大洋洋壳显然是现代板块通过海底扩张的产物,边缘海洋壳则可以作为块体构造单元的一部分,是块体活化的产物.根据其发育的时间,可以大致分为三种类型,对应于新全球构造阶段的三个时期,即 T_3-K_1 、 $K_2-E_3^1$ 和 E_3^2-Q .

5.3 块体与结合带

既然印支期以前的古全球构造阶段,陆壳和洋壳的相互作用不用板块体制来解释,洋移陆换也不是一个威尔逊旋回,将陆块称之为“古板块”或者“板块”显然不合适(朱夏,1983),我们将此阶段的陆块称之为“块体”,块体之间被压榨的洋壳以及变质变形的大陆边缘称为“结合带”.“块体”一词曾被应用于描述地表单元物质,并将崩塌、滑坡、泥石流和蠕动等岩体运动称之为“块体运动”,也曾被用于划分具有不同地球物理特征或地球化学特征的陆块(石耀霖和朱守彪,2004;李廷栋,2006),但在块体构造的大地构造体系里被赋予新的定义,用以表示在地壳发展历史中,在一个较长的地史时期内处于较为稳定的状态,且有相近演化历史的大地构造单元;相应地,结合带被定义为分布在块体之间,发生过多次构造运动的大地构造单元.

块体类型的划分,主要依据块体的演化历史,块体的发育都经历表 1 所示的 5 个构造演化阶段,但发生的时间有先后,为同序时差.例如,华北有老于 25 亿年的核,扬子深部的古陆核为早元古代,当时华北已经进入成台阶段,扬子在中元古代开始进入成台阶段时,华北已经进入稳化阶段(朱夏,1987).根据演化历史的不同,将块体分为华北型、扬子型、华南型、冈瓦纳型和西伯利亚型 5 种类型(表 3).有一些块体,像结合带之间的块体一样,经历了陆核形成、成台、稳化等演化阶段,但是在构造演化过程中,被卷入结合带之中,这类块体,只要规模较大,我们也称之为块体,不再使用微块体、地块等概念.

中国海陆及邻域范围内,结合带主要发育在欧亚板块内部,按照主要形成时间分为晚元古代、早古生代、晚古生代和早中生代 4 种类型(表 3).结合带形成的时间不是和块体形成时间严格对应的,在时间节点上稍有差异,具体时间见表 3.另外,有一些板块边界和结合带,并不是一次形成的,而是经过多次碰撞、缝合形成,我们按照其最主要的形成时间划分其类型.

除了结合带可以作为块体之间的界线之外,深大断裂也可以作为块体之间的界线.

在中国海陆及邻域的构造演化过程中,伴随着大量的岩浆活动,这些岩浆岩有的发育在块体之上,有的发育在结合带或板块边界之上,有的发育在洋壳之上,我们并没有区分其大地构造属性,只是按时间简单做了分类.这并不影响板块和块体等边界的划分,这部分内容可以作为日后的工作内容,补充到块体构造体系之下.

6 结论

(1)块体构造学说,力求将中国大陆构造演化和板块构造理论有机地结合,将中国及邻区的海陆大地构造演化放之全球来理解.

(2)地壳构造演化历史可以分为陆核形成、古全球构造、中间过渡和新全球构造等几个阶段.在古全球构造阶段为块体体制,以地壳演化为主要特征;在新全球构造阶段为板块体制,以岩石圈演化为主要特征.

(3)块体构造学说是建立在板块构造理论上,对块体和结合带赋予新的定义和内涵,在古全球构造阶段,全球大地构造表现为块体构造演化过程,在新全球构造演化阶段,全球大地构造表现为板块构造演化过程,而块体和结合带作为板块之下的二级构造单元.

(4)根据块体发展演化的同序时差关系,将中国海陆及邻域内的块体分为华北型、扬子型、华南型、冈瓦纳型和西伯利亚型;结合带按照主要形成时间分为晚元古代、早古生代、晚古生代和早中生代 4 种类型;缝合带按照主要形成时间分为晚中生代和新生代 2 种类型.

致谢 感谢刘光鼎院士在块体构造学说形成过程中的指导,感谢李良辰教授、郭振轩副研究员、温珍河研究员对构造体系构建过程中给予的支持和帮助.

表 3 块体和结合带按演化历史分类

Table 3 Classification of blocks and junctures based on evolution history

地质年代				稳定构造单元					活动构造单元									
				华北型 块体	扬子型 块体	华南型 块体	冈瓦纳型 块体	西伯利亚型 块体	晚元古代 结合带	早古生代 结合带	晚古生代 结合带	早中生代 结合带	晚中生代 缝合带	新生代 缝合带				
宙	代	纪	年龄 (Ma)															
显生宙	新生代	第四纪 Q	2.4	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	N ₂	Pt ₃ ^c	Pz ₁ ^c	Pz ₂ ^c	Mz ₁ ^c	Mz ₂ ^c	Cz				
		新近纪 N	23															
		古近纪 E	65	N ₁	N ₁	N ₁	N ₁	N ₁										
	中生代	白垩纪 K	142	N _N	N _Y	N _S	N _P	N _L								Mz ₂		
		侏罗纪 J	205															
		三叠纪 T	250															
	古生代	二叠纪 P	260	I _N	I _Y	I _S	I _P	I _L								Mz ₁		
		石炭纪 C	290	P _{2N}	P _{2Y}	P _{2S}	P _{2P}	P _{2L}				Pt ₃	Pz ₁	Pz ₂				
		泥盆纪 D	354															
		志留纪 S	417															
		奥陶纪 O	443															
		寒武纪 Ⅲ	495															
		元古宙	震旦纪 Z															540
			青白口纪 Qb															800
			蓟县纪 Jx															1000
宙	中元古代 Pt ₂	1400							P _{1Y}									
	长 城 纪 Ch	1800			C _S	C _P	C _L											
宙	古元古代 Pt ₁	2400	P _{1N}	C _Y														
	五 台 王 台 Wt	2500																
宙	新太古代 Ar ₂	2600																
	阜 平 始太古代 Ar ₁	3000	C _N	C _N	C _N	C _N	C _N											

注:块体:C表示陆核形成阶段,P表示古全球构造阶段,P₁为成台阶段,P₂为稳化阶段,I表示过渡阶段,N表示新全球构造阶段;结合带:P_{Z1}、P_{Z2}和M_{Z1}表示早古生代、晚古生代和早中生代;缝合带(俯冲带、对冲带、碰撞带):M_{Z1}、M_{Z2}和C_Z表示早中生代、晚中生代和新生代。

References

Bozhko N A. 1986. The evolution of the mobile zones of Gondwana and Laurasia in the Late Precambrian. *Tectonophysics*, 126(2-4): 125-135.

Chen G D. 1986. Selected Works of Chen Guo-da's Theory of Activated or Geodepression (Diwa) Tectonics (in Chinese). Changsha: Central South University of Technology Press.

Chen Y Q, Liu J L, Feng Q L, et al. 2010. Geology and Ore Deposits Associated with Granites in Indo-China Peninsula of Southeastern Asia (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House.

Chen Z L. 1994. Tethyan Geology for 100 Years. *Tethyan Geology* (in Chinese), 18: 1-22.

Gao S, Qiu U, Ling W L, et al. 2001. Geochronology of Kongling high grade metamorphic terrains zircon SHRIMP U-Pb—discovery of continental materials >3.2 Ga of Yangtze craton. *Science in China (Series D)* (in Chinese), 31(1): 27-35.

Ge X H, Ma W P, Liu J L, et al. 2009. A discussion on the tectonic framework of Chinese mainland. *Geology in China* (in Chinese), 36(5): 949-965.

Guangzhou Survey Group of Seismology of State Seismological Bureau. 1977. Tectonic Map in China (1:4000000) and the Instruction—"Outline of the Tectonics of China" (in Chinese). Beijing: Seismological Press.

Guo X W, Zhang X H, Wang Z L, et al. 2012. A progress review

- of tectonic map compilation in China in perspective of offshore mapping. *Marine Geology and Quaternary Geology* (in Chinese), 32(1): 141-150.
- Hilde T W C, Uyeda S, Kroenke L. 1977. Evolution of the western Pacific and its margin. *Tectonophysics* (in Chinese), 38(1-2): 145-165.
- Huang J Q, Ren J S. 1979. Tectonic Map of China(1: 4000000) and the Introduction "Tectonic and Evolution of China" (in Chinese). Beijing: Science Press.
- Huang T K. 1945. On the major tectonic forms of China. *Mem. Geol. Surv. China, Ser. A*, 20: 1-165.
- Huang Z L, Zhang L B. 2006. Dictionary of Earth Sciences: Basic Science (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House.
- Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences. 1985. Tectonic System Map in People's Republic of China (1: 4000000) and the Instruction—"The Main Tectonic Systems in China" (in Chinese). Beijing: Cartographical Press.
- Lee T Y, Lawver L A. 1995. Cenozoic plate reconstruction of Southeast Asia. *Tectonophysics*, 251(1-4): 85-138.
- Li C Y. 1980. A preliminary study of plate tectonics of China. *Bulletin of Chinese Academy of Geological Science, Series I* (in Chinese), 2(1): 11-20.
- Li C Y, Wang Q, Liu X Y, et al. 1982. Tectonic map of Asia (1:8000000) (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House.
- Li H M, Lu S N, Zheng J K, et al. 2001. Dating of 3.6 Ga Zircons in Granite-Gneiss from the Eastern Altyn Mountains and its geological significance. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry* (in Chinese), 20(4): 259-262.
- Li S G. 1962. Introduction to Geomechanics (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House.
- Li T D. 2006. Lithospheric tectonic units of China. *Geology in China* (in Chinese), 33(4): 700-710.
- Liu D Y, Nutman A P, Compston W, et al. 1992. Remnants of ≥ 3800 Ma crust in the Chinese part of the Sino-Korean craton. *Geology*, 20(4): 339-342.
- Liu G D. 1992. Map Series of Geology—Geophysics of China Sea Waters and Adjacent Areas (in Chinese). Beijing: Science Press.
- Liu G D, Hao T Y, Liu Y K. 1997. Framework of China tectonic and its relation with mineral resources. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 42(2): 89-95.
- Liu G D, Chen J. 2005. Analysis of difficulties in gas-petroleum prospecting in Chinese pre-cenozoic relic basin and the corresponding solutions. *Process in Geophysics* (in Chinese), 20(2): 273-275, doi: 10.3969/j.issn.1004-2903.2005.02.001.
- Liu G D. 2007. Geodynamical evolution and tectonic framework of China. *Earth Science Frontiers* (in Chinese), 14(3): 39-46.
- Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al. 2008. Definition, classification, characteristics and diagnostic indications of tectonic facies. *Geological Bulletin of China* (in Chinese), 27(10): 1613-1637.
- Pan G T, Xiao Q H, Lu S N, et al. 2009. Subdivision of tectonic units in China. *Geology in China* (in Chinese), 36(1): 1-28.
- Ren J S, Wang Z X, Chen B W, et al. 1999. The Tectonics of China from a Global View—A Guide to the Tectonic Map of China and Adjacent Regions (in Chinese). Beijing: Geological Publishing House.
- Ren J S. 1996. The continental tectonics of China. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 13(3-5): 197-204.
- Shen W Z. 2006. Comment on the Isotopic age data of basement Metamorphic rocks in Cathaysia Block. *Geological Journal of China Universities* (in Chinese), 12(4): 475-482.
- Shi Y L, Zhu S B. 2004. Method for division of present active crustal blocks by GPS survey data. *Journal of Geodesy and Geodynamics* (in Chinese), 24(2): 1-5.
- Silver L T. 1980. Problems of Pre-Mesozoic continental evolution. //Continental tectonics. Washington D C: National Academy of Science.
- Wang H Z. 1985. Atlas of the Paleogeography of China (in Chinese). Beijing: Cartography Press.
- Wang H Z, Mo X X. 1995. An outline of the tectonic evolution of China. *Episode*, 19(5): 6-16.
- Wu F Y, Zhang Y B, Yang J H, et al. 2008. Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints on the Early Archean crustal evolution in Anshan of the North China Craton. *Precambrian Research*, 167(3-4): 339-362.
- Wynne-Edword H R. 1976. Proterozoic ensialic orogenesis; the millipede model of ductile plate tectonics. *Am. J. Sc.*, 276(8): 927-953.
- Yu J H, O'Reilly Y S, Wang L J, et al. 2007. The discovery of ancient material of the Cathaysian block and the formation of Precambrian crust. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 52(1): 11-18.
- Zhang B S. 1962. The Mosaic Earth Crust. *Acta Geologica Sinica* (in Chinese), 42(3): 275-288.
- Zhang B S. 1980. Mosaic Structure Map in China (1:4000000) and the Instruction—"Crustal Wavy Mosaic Structure in China" (in Chinese). Beijing: Science Press.
- Zhang W Y. 1974. Fault—Block Tectonic Map in China(1:4000000) and the Instruction—"Basic Characteristics and Development of the Tectonics of China" (in Chinese). Beijing: Science Press.
- Zhang W Y. 1984. Introduction to Fault-Block Theory (in Chinese). Beijing: Petroleum Industry Press.
- Zhang X H, Meng X J, Han B. 2009. Block and block tectonics. *Marine Geology & Quaternary Geology* (in Chinese), 29(5): 59-64.
- Zhu X. 1979. Developing mechanism of interpolate basin in China East. 1979. *Petroleum Geology & Experiment* (in Chinese), 1(1): 1-9.
- Zhu X, Chen H J. 1982. Tectonic evolution of the continental margin and basins of China. *Experimental Petroleum Geology* (in Chinese), 4(3): 153-160, 219.
- Zhu X. 1983. Notes on ancient global tectonics and paleozoic petroliferous basins. *Oil and Gas Geology* (in Chinese), 4(1): 1-33.

- Zhu X. 1987. On the evolution of continental margins of China. *Marine Geology and Quaternary Geology* (in Chinese), 7(3): 115-120.
- 附中文参考文献**
- 陈国达. 1986. 陈国达地洼学说文选. 长沙: 中南工业大学出版社.
- 陈永清, 刘俊来, 冯庆来等. 2010. 东南亚中南半岛地质及与花岗岩有关的矿床. 北京: 地质出版社.
- 陈智梁. 1994. 特提斯地质一百年. 特提斯地质, 18: 1-22.
- 高山, Qiu Y, 凌文黎等. 2001. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究——扬子克拉通 >3.2 Ga 陆壳物质的发现. 中国科学(D辑: 地球科学), 31(1): 27-35.
- 葛肖虹, 马文璞, 刘俊来等. 2009. 对中国大陆构造格架的讨论. 中国地质, 36(5): 949-965.
- 国家地震局广州地震大队. 1977. 中国大地构造概要. 北京: 地震出版社.
- 郭兴伟, 张训华, 王忠蕾等. 2012. 从海洋角度看中国大地构造编图进展. 海洋地质与第四纪地质, 32(1): 141-150.
- 黄汲清, 任纪舜. 1979. 1:400 万中国大地构造图简要说明“中国大地构造及其演化”. 北京: 科学出版社.
- 黄宗理, 张良弼. 2006. 地球科学大辞典(基础学科卷). 北京: 地质出版社.
- 李春昱. 1980. 中国板块构造的轮廓. 中国地质科学院院报, 2(1): 11-20.
- 李春昱, 王荃, 刘雪亚等. 1982. 1:800 万亚洲大地构造图及说明书. 北京: 地质出版社.
- 李惠民, 陆松年, 郑健康等. 2001. 阿尔金山东端花岗岩片麻岩中 3.6 Ga 锆石的地质意义. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 259-262.
- 李四光. 1962. 地质力学概论. 北京: 地质出版社.
- 李廷栋. 2006. 中国岩石圈构造单元. 中国地质, 33(4): 700-710.
- 刘光鼎. 1992. 中国海域地质-地球物理系列图. 北京: 科学出版社.
- 刘光鼎, 郝天珧, 刘伊克. 1997. 中国大地构造宏观格架及其与矿产资源的关系——根据地球物理资料的认识. 科学通报, 42(2): 113-118.
- 刘光鼎, 陈洁. 2005. 中国前新生代残留盆地油气勘探难点分析及对策. 地球物理学进展, 20(2): 273-275, doi: 10.3969/j.issn.1004-2903.2005.02.001.
- 刘光鼎. 2007. 中国大陆构造格架的动力学演化. 地学前缘, 14(3): 39-46.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年等. 2008. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志. 地质通报, 27(10): 1613-1637.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年等. 2009. 中国大地构造单元划分. 中国地质, 36(1): 1-28.
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚等. 1999. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图及简要说明. 北京: 地质出版社.
- 沈渭洲. 2006. 华夏地块基底变质岩同位素年龄数据评述. 高校地质学报, 12(4): 475-482.
- 石耀霖, 朱守彪. 2004. 利用 GPS 观测资料划分现今地壳活动块体的方法. 大地测量与地球动力学, 24(2): 1-5.
- 王鸿祯. 1985. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社.
- 于津海, O'Reilly Y S, 王丽娟等. 2007. 华夏地块古老物质的发现和前寒武纪地壳的形成. 科学通报, 52(1): 11-18.
- 张伯声. 1962. 镶嵌的地壳. 地质学报, 42(3): 275-288.
- 张伯声. 1980. 中国地壳的波浪状镶嵌构造. 北京: 科学出版社.
- 张文佑. 1974. 1:400 万中国断块构造图及其说明书“中国大地构造基本特征及发展”. 北京: 科学出版社.
- 张文佑. 1984. 断块构造导论. 北京: 石油工业出版社.
- 张训华, 孟祥君, 韩波. 2009. 块体与块体构造学说. 海洋地质与第四纪地质, 29(5): 59-64.
- 中国地质科学院地质力学研究所. 1985. 1:400 万中华人民共和国构造体系图及说明书“中国主要构造体系”. 北京: 地质出版社.
- 朱夏. 1979. 中国东部板块内部盆地形成机制的初步探讨. 石油实验地质, 1(1): 1-9.
- 朱夏. 1983. 试论古全球构造与古生代油气盆地. 石油与天然气地质, 4(1): 1-33.
- 朱夏. 1987. 关于中国大陆边缘构造演化. 海洋地质与第四纪地质, 7(3): 115-120.
- 朱夏, 陈焕疆. 1982. 中国大陆边缘构造和盆地演化. 石油实验地质, 4(3): 153-160.

(本文编辑 张正峰)