

中国大陆的地质构造演化^①

程裕淇 沈永和 张良臣 曹国权

范承钧 陈家义 杨明桂

中国大陆及其近邻海域,是在38亿多年的漫长时间和大大超越了现在所分布的1000万 km² 以上的范围内,由不同地体及其包含的大小地质单元,经历了四维范畴的发生、发展、演化和迁移组合而形成的。

1 五个地质大区

根据它的主要地质特征及其所反映的形成、演变历史,将中国大陆分为各具一定区域地质特色的五个地质大区(图1)。

最北面是天山—兴安地区,在地质历史上具长期活动性质,由一系列褶皱带和微陆块组成。自北而南包括西伯利亚板块南缘(准噶尔—兴安)活动带的加里东褶皱带、加里东—华力西褶皱带,曾发育有沟—弧—盆体系的中部华力西褶皱带和塔里木—华北板块北缘(天山—赤峰)活动带的华力西褶皱带、加里东褶皱带或加里东—华力西褶皱带。在一些地带伴生有关的蛇绿岩套、花岗岩类、乃至高压变质岩带或双变质带。它们是古生代中晚期由古亚洲洋区,分别向北(西伯利亚板块)、南(塔里木—华北板块)俯冲所形成的。分布在这些褶皱带中的古老微陆块至迟于震旦纪开始,分别由塔里木—华北古陆向北析离出去,散布于古亚洲洋中,随着大洋的消失,重新拼贴组合,作为南北两个板块(古陆)的增生部分。

南面的塔里木—华北地区,为塔里木—华北板块的主体,是由两个陆块组成的长期相对稳定区。其中华北陆块,主要由经历阜平运动和吕梁运动两次克拉通化的、(含有早太古代残片的)前中元古代古老结晶基底和“盖层”组成。后者包括海相中上元古界,海相寒武、奥陶系,海陆交替相石炭、二叠系,中、新生代裂陷盆地型沉积和陆相火山岩系等;陆块东部受到明显的中生代花岗岩岩浆活动的影响。塔里木陆块主要由(含有中晚太古代岩石的)前震旦纪结晶基底及覆盖于其上的震旦系和古生界,以及以陆内压陷式断陷盆地型沉积为主的中生界和大多为陆相沉积的新生界组成。两个陆块在晋宁运动时达成对接而成为统一的大陆。但在震旦纪以后以迄古生代后期,塔里木陆块又曾与华北陆块分离而出现它们南侧的陆缘活动带,于华力西中晚期再连为一体,因而,两者在总体上既有共性,又有各自的特征及演变史。

更南是西起帕米尔东迄黄海的昆仑—秦岭地区,除了含有中元古(中晚元古?)代变质岩系的

① 本文根据《中国区域地质概论》一书的《结束语》作了个别修改,附有该书《绪论》的附图、附表各一张。《结束语》原文由该书主编程裕淇主要根据《绪论》(沈永和撰写)的第四、五两节和第一至五章有关内容(分别由张良臣、曹国权、陈家义、范承钧、杨明桂撰写)所撰写。

柴达木微陆块以外,是一个宽度变化很大、在不同前寒武系基底上形成演化的古生代至中生代不同构造期的陆缘活动带,总体上包括两大组成部分,即以晋宁期秦昆结合带来划分的塔里木—华北板块南部边缘带和华南板块北部边缘带。前者主要包括:以华力西褶皱系为主的西昆仑—阿尔金褶皱带,含有中元古裂隙槽火山—沉积建造;和包含了前长城系结晶基底与中上元古界的祁连—北秦岭加里东褶皱带,其中还有和北祁连断裂带伴生的蛇绿岩和蓝闪片岩及榴辉岩;以及残存于以上两褶皱带中的零星地块和微陆块。后者包括:四堡—晋宁期的鄂北—南秦岭和张八岭—海州两个碰撞褶皱带,其中发育了一部分含柯石英甚至金刚石的榴辉岩、蓝闪片岩等高压带岩石;还有东昆仑—(西秦岭—)南秦岭华力西—印支褶皱带。这些蓝片岩已获得 $850\sim 734\text{Ma}$ 、 $350\sim 300\text{Ma}$ (Rb-Sr) 年龄,榴辉岩有 870Ma (K-Ar)、 $243\pm\text{Ma}$ (Sm-Nd)、甚至更小的年龄值,说明其形成的高压环境出现于晚元古代后期到中生代初,这可能就是位于华北陆块与扬子陆块之间的秦岭地区南带所经历的断续板块活动的时限。

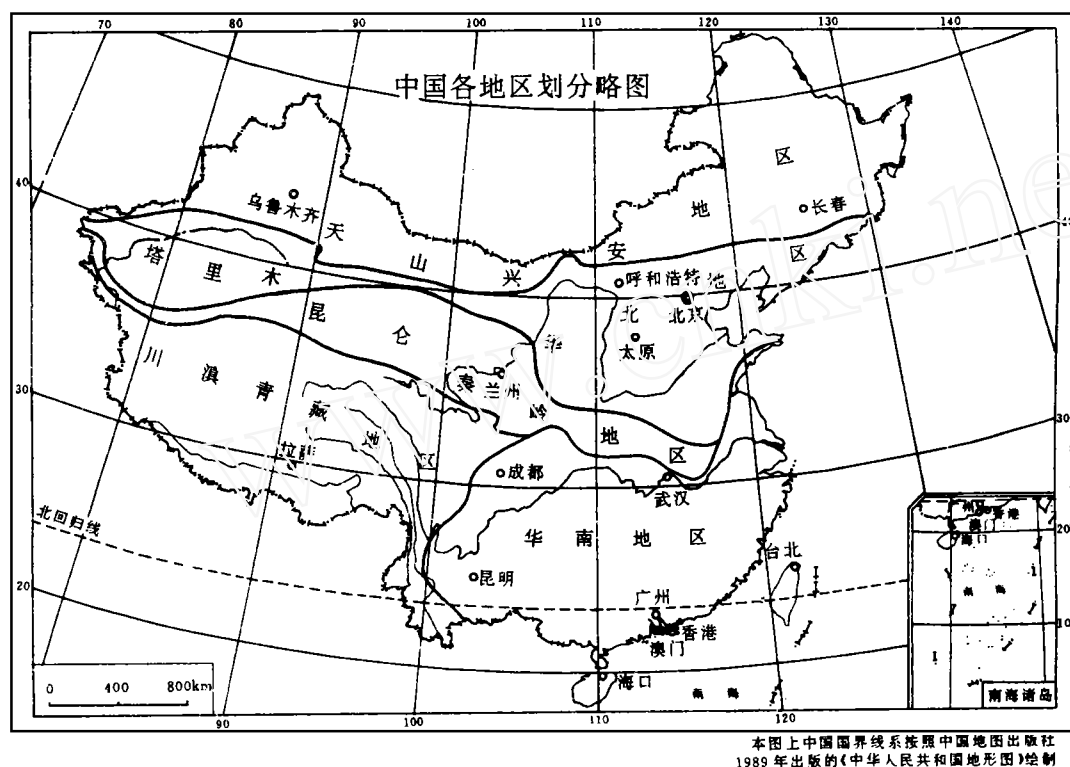


图1 中国各地区划分略图

Fig. 1 Sketch map showing regionalization of China

再南是位于中国西南部的川滇青藏地区,自晋宁运动以来,具有长期间隙性活动性质,由华南板块西缘和冈瓦纳古陆北侧印度板块北缘的几个活动带、陆块等以及它们之间的结合带组成。自北而南(或自东向西)为:属华南板块的松潘—甘孜活动带和羌北—(昌都—)思茅微陆块以及两者之间活动于晚古生代至中生代的金沙江结合带(古特提斯次级消减带),它们总体上具有扬子古陆边缘活动带性质,局部还保留了晚太古—早元古代变质岩的残块。其中,松潘—甘孜活动

带主要是变质轻微伴有小热穹隆的印支期宽广褶皱区,而羌北—思茅微陆块则以华力西—印支期褶皱(变质、岩浆活动)的烙印最深,记录了古特提斯海的向两侧俯冲关闭,但也局部储存了加里东以及燕山、喜马拉雅多期活动信息。其次为跨越华力西—印支期澜沧江结合带以后、藏滇板块的羌中(—唐古拉)—保山陆块和冈底斯—腾冲活动带以及两者之间的早中侏罗世(新特提斯)怒江结合带。这个板块的某些地方见有中晚元古代变质基底;在羌中—保山陆块的范围内还有加里东期变质岩,但所受最强烈的构造运动是华力西—印支期,而燕山早期的迹象也较明显;在冈底斯—腾冲活动带,则具有喜马拉雅运动叠加在燕山期上的特征。最后是晚始新世雅鲁藏布江结合带以南属于印度板块的喜马拉雅(逆冲)板片,局部有中晚元古代结晶基底,但具有普遍的喜马拉雅运动烙印。本区4条结合带的形成时期,自北而南,由老而新,它们记录了冈瓦纳大陆向北漂移、析离、消亡及其影响的历史,大多伴有相应的岩浆活动和中—高压变质带等,其中雅鲁藏布江结合带,有喜马拉雅早期的双变质带和蛇绿混杂岩。

最后一个是龙门山和红河断裂以东的华南地区,由扬子陆块、南华陆缘活动带、台湾活动带和琼南(微)陆块组成。其中:扬子陆块形成于四堡—晋宁期,长期较为稳定,其基底大多为变质较浅的中上元古界,局部有变质较深的上太古—下元古界,盖层发育,含有以沉积岩为主的震旦系、古生界和中—新生代地层。南华活动带呈面型分布,主体属加里东期褶皱,于志留纪末与扬子陆块拼成华南大陆,其基底大多为浅变质的中上元古界和下古生界,局部变质较深,或含有华夏古陆的残块、片;在总体上向南或东南出现华力西、印支、燕山期褶皱带。台湾活动带主要为新生代的褶皱系,夹有燕山和喜马拉雅期的叠加褶皱带及其所包含的燕山期双变质带。

2 四个发展阶段

按照板块构造观点对中国现代大陆的形成、发展、演化过程,概括为陆核、陆块、陆缘、陆内四个发展阶段;并提出从板块构造观点考虑,可认为前两个阶段属于原始板块体制范畴,陆缘阶段可称为古板块构造阶段,陆内阶段可称为现代(近代)板块阶段(表1)。现自古而新依次对不同地质时期的有关问题作扼要的补充阐述。

由于辽宁鞍山附近 $3804 \pm 5\text{Ma}$ (离子探针 U-Pb 年龄)花岗质岩石的发现和冀东曹庄—黄柏峪地区锆云母石英岩中 $3720\text{—}3650\text{Ma}$ 碎屑锆石 U-Pb 年龄的测定以及后一地区斜长角闪岩和黑云片麻岩分别取得了 $3500 \pm \text{Ma}$ 和 $3560 \pm \text{Ma}$ 的 Sm-Nd 等时年龄,说明本书采用的早中太古代时限,实际上还可以35亿年为界划分出一个早太古代的阶段。当时形成的岩石,不仅有来自地幔的基性熔岩和碎屑岩,也有更早的由长英质岩石构成的地壳,有可能当地就有原始陆核的存在。随着在已知产地附近和内蒙、冀东、辽吉的中上太古界分布区地质工作的进一步开展,有可能将对早太古代和中太古代取得一些新的地质信息,从而逐渐充实中国早期地质演化以及早、中太古代之间有无明显地质标志的史实。

1989—1991年伍家善等在鞍山东鞍山铁矿采坑所发现的晚太古代变质铁建造同下伏 U-Pb 年龄约为29亿年的花岗岩之间的不整合,为迁西运动的存在首次提供了直接的地质证据。山东泰安、新泰境内晚太古代泰山岩群雁翎关组(斜长角闪岩 Sm-Nd 年龄 $2692 \pm \text{Ma}$,侵入其中闪长岩的 U-Pb 年龄为 $2699 \pm \text{Ma}$)和其它层位的变质层间含砾凝灰质杂砂岩中浑圆形花岗质砾石,应来自尚未出露地表的古陆,后者可能由时代更老的花岗岩等组成。再结合塔里木地区中太古代斜长角闪岩的发现和晋东北、冀西北交界处可能存在的中太古代岩石同上覆晚太古代岩层间有原

表1 地质年代、地层划分、岩浆活动期及地质构造发展简表^①

Table 1 Summary of geologic ages, stratigraphic division, episodes of igneous activity and tectonic development

| 地质年代划分及年龄值(Ma) | | | | 地质发展阶段 ^② 、构造期及构造运动 | | 岩浆活动期 | 主要地质事件 | 与劳亚大陆构造运动对比 | |
|----------------|-------|------|--------|-------------------------------|------|--------|--|-------------|--------|
| | | | | | | | | 欧洲 | 北美 |
| 显生宙 | 新生代 | 第四纪 | 2.48 | 陆内发展阶段 | 喜马拉雅 | 喜马拉雅运动 | 青藏高原升起 | 阿尔卑斯运动 | |
| | | 第三纪 | | | | | 喜马拉雅、藏滇对接 | | |
| | 中生代 | 白垩纪 | 66±2 | | 燕山 | 燕山运动 | 南海开始裂陷 | 晚斯米里运动 | 拉拉米运动 |
| | | 侏罗纪 | 135±2 | | | | 东部环太平洋陆内拗(断)陷开始活动,大陆造山运动 | | |
| | | 三叠纪 | 205 | | 印支 | 印支运动 | 藏滇与华南板块以及华南板块与塔里木—华北板块对接 | 早斯米里运动 | |
| | | 二叠纪 | 250 | | | | | | |
| | 古生代 | 石炭纪 | 285±5 | 陆缘发展阶段 | 华力西 | 华力西运动 | 塔里木—华北板块与西伯利亚板块对接 | 华力西运动 | 阿帕拉契运动 |
| | | 泥盆纪 | 355±5 | | | | 印度板块北缘、喜马拉雅、藏滇、羌中之间开裂 | | |
| | | 志留纪 | 405±5 | | | | 扬子陆块西缘开裂 | | |
| | | 奥陶纪 | 435±5 | | | | 扬子陆块东南固结增生,古中国大陆形成 | | |
| | | 寒武纪 | 500±10 | | 加里东 | 加里东运动 | | 加里东运动 | 太康运动 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | 元古宙 | 震旦纪 | 600 | | 震旦 | 张广才岭运动 | 天山—兴安、昆仑—秦岭、南华等陆缘开始发展 | 阿森特运动 | |
| | | 青白口纪 | 800 | | 晋宁 | 晋宁运动 | 塔里木陆块形成,与华北陆块对接;扬子陆块、华夏陆块形成,并与前者汇合形成原始中国大陆 | | |
| | 中元古代 | 蓟县纪 | 1000 | 陆块发展阶段 | 四堡 | 四堡运动 | | 哥德运动 | 格林威尔运动 |
| | | 长城纪 | 1400± | | | | | | |
| | 早元古代 | 溱沱期 | 1800± | | 吕梁 | 吕梁运动 | 华北陆块形成 | 卡瑞里运动 | 赫德孙运动 |
| 太古代 | 晚太古代 | 五台期 | 2500± | 陆核发展阶段 | 五台 | 五台运动 | | 白海运动 | 肯诺尔运动 |
| | | 阜平期 | 2600± | | 阜平 | 阜平运动 | 华北陆核以及川西、佳木斯、南塔里木等微陆核形成 | | |
| | 早中太古代 | 迁西期 | 2900± | | 迁西 | 迁西运动 | | | |

① 本表根据全国总的地质构造发展概况而列,各地区的不同情况和细节,另文论述。

② 根据板块构造观点,陆核、陆块两个阶段,可认为属原始板块体制范畴,陆缘、陆内两个阶段分别属于古板块和现代(近代)板块体制的阶段。

始沉积间断的报导,说明中太古代陆核已存在于塔里木—华北板块范围内的一些地区,有的还可能由更早的原始陆核扩大形成的。

晚太古代阜平期结束时,在华北陆块范围内完成了第一次相当宽广的克拉通化,几乎遍及全区,但其东西两区有可能分属于两个不同的地体,并各自含有更老的陆核。在东区的山东中西部,发育了典型的花岗绿岩带。当时塔里木的中太古代陆核已有所增生;东北佳木斯地区有陆核出现。扬子古陆在现今的川西和宜昌西北,也有晚太古代陆核。在南华活动带范围的华夏古陆残片中是否有晚太古代雏形陆核,还待进一步研究。

可见就中国古大陆整体的形成演化而言,迄阜平期之末,仍处于陆核的发展阶段。

早元古代末吕梁运动的结束,标志着华北陆块范畴第二次、更大规模的克拉通化,晚太古和早元古时代的東西两区已结合为统一的古陆(陆块)。其结合机制有可能类似以后的板块构造运动,但对其经历过程的了解仍极为肤浅,更缺乏足够的史实。塔里木地区原有陆核的硅铝质陆壳,在早元古代有进一步的发展,致使古陆块基本形成。华南地区也大致出现第一次克拉通化,其范围可能大于现在的扬子陆块,南华活动带中华夏古陆的早元古代残片,也可能是它的组成部分。

经历了中晚元古代不同程度和性质的泛大洋演化阶段后所出现的晋宁运动,导致华北陆块的第三次克拉通化和塔里木固化与两者形成统一的大陆,并促使它们同扬子陆块和华夏古陆汇合为原始中国古陆(北大陆)。扬子陆块,通过东南侧四堡期沿歙县德兴一带的古板块对接,和稍晚西南侧冈瓦纳大陆(南大陆)北侧活动带以及一些陆块的俯冲、碰撞、拼接而增生,因而出现联合古陆的格局。至此,全国范围的陆块演化与发展已告一段落,而总体所经历的早期地体迁移、结合和晚期较为明显的板块活动,大体上可划归原始板块体制范畴。

从震旦纪到二叠纪或三叠纪,即到华力西或印支运动的结束,在中国大部分地区,经历了古亚洲洋阶段(包括其晚期陆缘增生期)和昆仑—秦岭区西段以南古特提斯及其前的演化阶段(萌特提斯阶段),包括加里东构造期各地不同形式的构造活动,终于出现了统一的欧亚大陆(劳亚大陆)及其进一步同冈瓦纳大陆支解后北移“前哨”(藏滇板块)的汇聚,到三叠纪末,除雅鲁藏布江以西的地区外,中国大陆的主体已基本形成。这主要是中国古大陆的陆缘发展阶段,对其经历的板块活动已有较多的了解,看来它的演变机制的实质,仍有别于以后的板块构造,可认为属于古板块体制范畴。

印支期以后,中国大陆主体(即欧亚板块)的总体地质演变特点是,受到库拉—太平洋板块向西俯冲和两者之间的相互作用以及印度板块、西伯利亚板块从南、北两个方向挤压的强烈影响,而发生大规模的改造,并经历了燕山运动和喜马拉雅运动。在这种综合的作用下,自北而南,大致以贺兰山、龙门山、横断山脉构造带为分野,形成了中—新生代以来地质、地球物理乃至自然地理特征方面各有特色的东西两大部分,叠加在印支运动及以前所形成的、大致为东西向分布的上述几个不同地质大区之上。其中,库拉—太平洋板块的影响深入大陆,波及上述构造带(东经 102° — 106°)以东整个地区,使构造上出现以东北—北北东方向为主的向洋分带,包括分布于其间的一系列断陷盆地,东侧的陆缘海域沉降带和台湾弧陆碰撞造山带等。同时还形成广泛分布于东经 110° (在南)— 115° (在北)一线以东的侏罗—白垩纪陆相火山岩系和有关的花岗岩类,后者局部出露在更西的地段。随着新特提斯海(包括原称的中特提斯海)的生成与逐渐消亡和冈瓦纳古陆的“后续部队”——印度板块的不断前进以及扬子陆块的“阻拒”,使古生代末以来在川滇青藏地区出现的一系列构造单元和结合带,呈由东西向急转为北南方向的弧形分布;印度板块终于在始新世末碰撞了藏滇板块,并向前俯冲和继续挤压,导致青藏高原的持续隆升和构造复杂、地势高

耸的喜马拉雅及其它山系的形成。在此期间,中国大陆所经历的地质演化,基本上在大陆范围以内,可说经历了陆内发展阶段,所受板块构造活动的影响更为明显,板块格局较前有重大变化,属现代(近代)板块体制范畴。

现在的中国大陆和近邻海域,就是经历了这样漫长复杂的过程而形成的。但某些演化细节推论程度较高,依据尚嫌不足,有待今后深入的调查研究去阐明或证实。

TECTONIC CONSTITUTION AND EVOLUTION OF THE CHINESE CONTINENT

Cheng Yuqi, Shen Yonghe, Zhang Liangchen, Cao Guoquan,
Fan Chengjun, Chen Jiayi and Yang Minggui

Abstract

Based on its geological characteristics and evolutionary history, the Chinese continent is divisible into five major geological domains. The first one is the Tianshan-Khingan Domain in the north, composed of a series of folded belts and micro-continental massifs or massifs located at the margins of the Siberian and Tarim-North China plates. To the south of the first one is the Tarim-North China Domain, consisting of the Tarim continental massif (to the west) and the North China continental massif (to the east), remaining rather stable during part of the geological history. The third one situated farther south is the Kunlun-Qinling Domain, which embodies a series of folded and collision folded belts, partly containing some relic micro-continental massifs or massifs, being integral parts of the southern marginal belt of the Tarim-North China plate to the north and the northern marginal belt of the South China (Huanan) plate to the south. The fourth one entitled the Sichuan-Yunnan-Qinghai-Tibet Domain in southwestern China, which comprises several mobile zones located at the western margin of the South China Plate and the northern and north-eastern margins of the Indian Plate of North Gondwana. The fifth is the South China Domain, which is composed of the Yangtze continental massif, Nanhua mobile belt, Taiwan mobile belt and Qiongnan micro-continental massif.

The Chinese continent has an evolutionary history of over 3.8 billion years. As an integral part of the Eurasian continent, it has experienced four evolutionary stages to build up a "continent" of its own. From over 3.8 Ga up to 2.6 Ga B. P. was the stage of continental nucleus formation. The second was the stage of the formation of continental massifs, covering the time span of 2.6 Ga—800 Ma B. P. The third one was that of the development of the continental margins, ranging in time between 800 Ma and 250—205 Ma B. P. And the fourth, i. e. the last one is the stage of intra-continental massif development, beginning at 250—205 Ma B. P. From the view point of plate tectonics the first and second stages just mentioned may be considered as a stage which might be provisionally termed as proto-plate tectonics, the third, one of paleo-plate tectonics, and the fourth, the stage of recent or neo-plate tectonics.