

# 中国大地构造单元新格局

## ——从岩石圈角度的思考

邱瑞照<sup>1,2</sup> 李廷栋<sup>3,4</sup> 邓晋福<sup>5</sup> 周 肃<sup>5</sup>  
肖庆辉<sup>6</sup> 赵国春<sup>5</sup> 连长云<sup>1</sup> 刘大文<sup>1</sup>

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;  
3. 中国地质科学院, 北京 100037; 4. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;  
5. 中国地质大学, 北京 100083; 6. 国土资源部信息中心, 北京 100812)

**摘要:**以中国大陆的岩石圈岩石学结构模型和根据岩石圈动力学性质划分的克拉通型、造山带型、裂谷型、边缘海洋壳型和岛弧型 5 大岩石圈类型为基础, 结合现今中国大陆西部挤压、东部拉张伸展的特点, 提出以四川盆地、鄂尔多斯盆地和银川盆地西边界的岩石圈不连续为界, 把中国大陆分为东部和西部 2 个一级构造单元; 不同类型岩石圈为其二级构造单元, 一些造山带型岩石圈的亚类为三级构造单元, 并结合地质历史, 简要讨论了其形成过程及其意义。

**关键词:**岩石圈类型; 岩石圈不连续; 大地构造单元划分; 中国大陆

**中图分类号:** P544 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)02-0401-10

大地构造单元是地球科学研究的纲要, 对于认识一个地区的沉积历史、岩浆作用、矿产形成及其大陆动力学过程具有重要意义。从历史大地构造出发, 对中国大陆的区域构造单元的划分已有众多的分类。以近 20 年来的区域构造单元/成矿域分类为例, 有的学者划分为 3 大成矿域<sup>[1]</sup>: 古亚洲成矿域, 滨太平洋成矿域及特提斯—喜马拉雅成矿域; 有的划分为 4 大成矿域<sup>[2]</sup>: 即北部以西伯利亚板块、塔里木板块、中朝板块及哈萨克斯坦板块之间的缝合线为中心的中国北方构造域/成矿域; 中部以塔里木—中朝板块以及与华南及东南亚板块之间的缝合线为中心的秦祁昆构造域/成矿域; 西南部以华南—东南亚板块与拉萨—冈底斯板块及印度板块之间的缝合线为中心的中国西南部构造域/成矿域; 东南沿海一带以华南—东南亚板块与菲律宾板块之间缝合线为中心的东部沿海构造域/成矿域; 近年趋向于划分为 5 大成矿域<sup>[3-5]</sup>: 前寒武纪成矿域, 包括扬子、鄂尔多斯和塔里木; 古亚洲洋成

矿域; 秦—祁—昆成矿域; 特提斯—喜马拉雅成矿域; 滨西太平洋成矿域(包括东北、华北和华南成矿区)等。从上述分类看, 这些从历史地质学和浅部证据为主要依据的二维平面分类, 二级分类趋同, 一级分类只是如何归属二级或三级单元的差异; 其中很少或没考虑深部特征, 总体上没有脱离黄汲清<sup>[6]</sup>1945 年划分的模本。

从岩石圈角度如何划分, 划分标准或依据是什么, 尚在争论和探索之中。基于地质、地球物理的综合研究, 邓晋福等<sup>[7]</sup>从根—柱构造出发, 首次提出西部以青藏高原造山带边界、东部以新生代火山岩西边界为标志的新生代以来的岩石圈分类, 把中国大陆划分为西部造山带、中部克拉通群和东部裂谷带<sup>[7]</sup>。笔者曾建议以不同类型岩石圈之间的不连续作为岩石圈单元或大地构造单元划分的标志<sup>[8]</sup>。笔者基于中国大陆岩石圈岩石学结构模型和岩石圈类型, 从岩石圈角度对这一问题进行讨论。

收稿日期: 2006-02-21; 改回日期: 2006-03-03

基金项目: 国土资源部科技专项计划项目(200010103)、国家自然科学基金项目(NSFC 402344048, 40572063)、中国地质调查项目(1212010561502, 1212010561510, 1212010561504)、中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室开放课题(2003009和2003010)等项目联合资助。

作者简介: 邱瑞照, 男, 1963年生, 博士, 副研究员, 岩石矿物矿床专业, 现主要从事境外地质矿产研究; E-mail: qiurzz@yahoo.com.cn。

### 1 华北地区岩石圈类型与大地构造单元

根据华北地区的地质和地球物理特征表现出的岩石圈不连续,可区分出华北地区的鄂尔多斯克拉通型、燕山—太行造山带型和华北平原裂谷型岩石圈<sup>[9]</sup>;依据岩石学方法(出露的前寒武系岩石、火成岩和深源包体资料)<sup>[7,10]</sup>、大陆生长和造山带模型<sup>[7,11-12]</sup>以及地震波速与成分的关系<sup>[9]</sup>,建立的现今华北地区3类岩石圈的壳幔岩石学结构和化学结构(图1)。

从地质历史看,华北地台具有与全球主要克拉通相同历史,形成于古太古代—古元古代<sup>[7,13-15]</sup>。侏罗纪之前的火成岩岩浆活动仅局限于地台的边部(图2),说明华北地台在侏罗纪前是稳定的地台(中朝地台);侏罗纪以来地台曾受到强烈的改造,即地台“活化”:表现在岩浆活动上是燕山期岩浆活动深入地台内部,分布遍及华北地台的中东部地区(图3);新生代又受裂谷作用叠加,而伴随的大量玄武岩喷发主要限于在东部华北平原一带分布(图4)。

伴随华北地区岩石圈演化过程形成的3类岩石圈,其成

分、结构均发生显著变化;鄂尔多斯为经历了中生代地台“活化”和“改造”后残存的克拉通岩石圈,陆壳主体成分由TTG构成,岩石圈地幔主要由强亏损的方辉橄榄岩构成,它于新太古代—古元古代最终形成以后,一直保持至今,其壳幔岩石学结构可以作为华北乃至中朝地台克拉通型岩石圈的一个参照。中生代时期,华北地台中东部地区在燕山造山过程中被“活化”,大量对流地幔物质与热输入,使该区原来的TTG陆壳组分被改造成为花岗质陆壳,岩石圈地幔被燕山期形成的方辉橄榄岩—二辉橄榄岩所代替。燕山—太行山是华北东部地区新生代发育裂谷作用后残留的造山型岩石圈,因为经历了新生代的伸展减薄,现今的厚度不能代表燕山期造山时的地壳和岩石圈地幔厚度,但岩石圈地幔和陆壳的物质及其结构仍然是燕山运动期间造山时形成的。新生代时期,华北东部的大陆裂谷作用形成以华北东部平原为代表的裂谷型岩石圈;随着裂谷发育大量玄武岩喷发,使燕山期的“酸性化”陆壳又被“基性化”,燕山期形成的岩石圈地幔被破坏形成以二辉橄榄岩为主体的喜马拉雅期岩石圈地幔;裂谷型地壳和岩石圈地幔经历了岩石圈尺度上伸展减薄和热

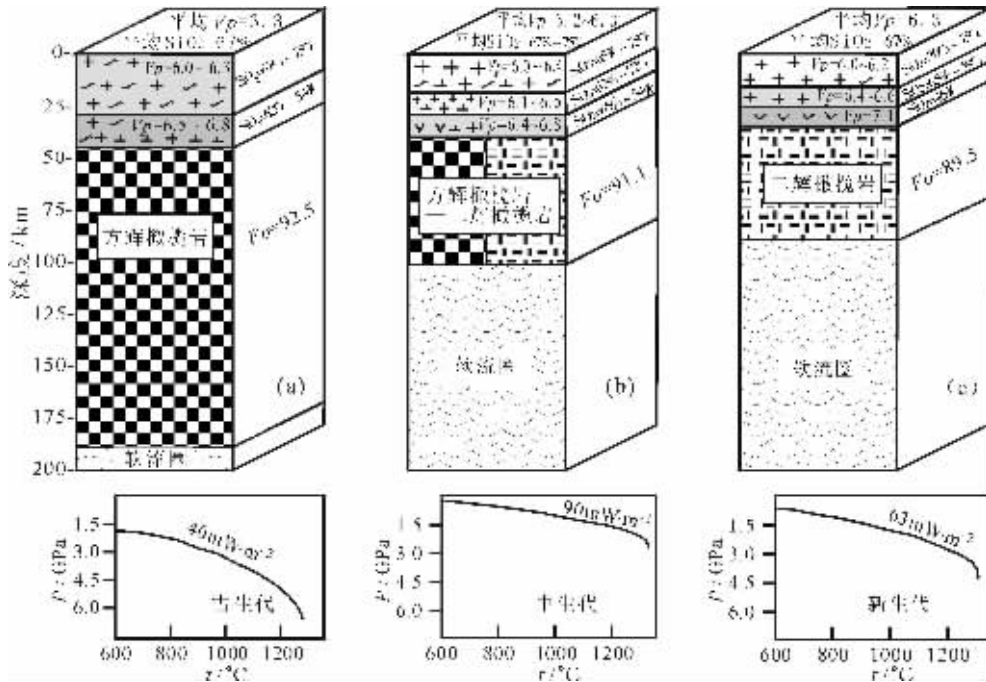


图1 现今华北地区3类岩石圈的壳幔岩石学结构和化学结构(据邱瑞照等<sup>[9]</sup>)

(a)—鄂尔多斯克拉通型,TTG 陆壳(陆壳平均  $V_p=6.3\text{ km/s}$ ,平均  $\text{SiO}_2=67\%$ );(b)—燕山—太行造山带型,花岗质陆壳(陆壳平均  $V_p=6.2\sim 6.3\text{ km/s}$ ,平均  $\text{SiO}_2=67\sim 70\%$ );(c)—华北平原裂谷型,花岗闪长质陆壳(陆壳平均  $V_p=6.3\text{ km/s}$ ,平均  $\text{SiO}_2=67\%$ )

Fig.1 Present structures of crust-mantle petrology and chemistry of three types of lithosphere in North China (after Qiu Ruizhao et al<sup>[9]</sup>)

(a)—Ordos craton type:TTG continental crust (average  $V_p=6.3\text{ km/s}$  and average  $\text{SiO}_2=67\%$ );(b)—Yanshan-Taihang orogen type:granitic continental crust (average  $V_p=6.2\sim 6.3\text{ km/s}$  and average  $\text{SiO}_2=67\sim 70\%$ );(c)—North China plain rift type:granodioritic continental crust (average  $V_p=6.3\text{ km/s}$  and average  $\text{SiO}_2=67\%$ )

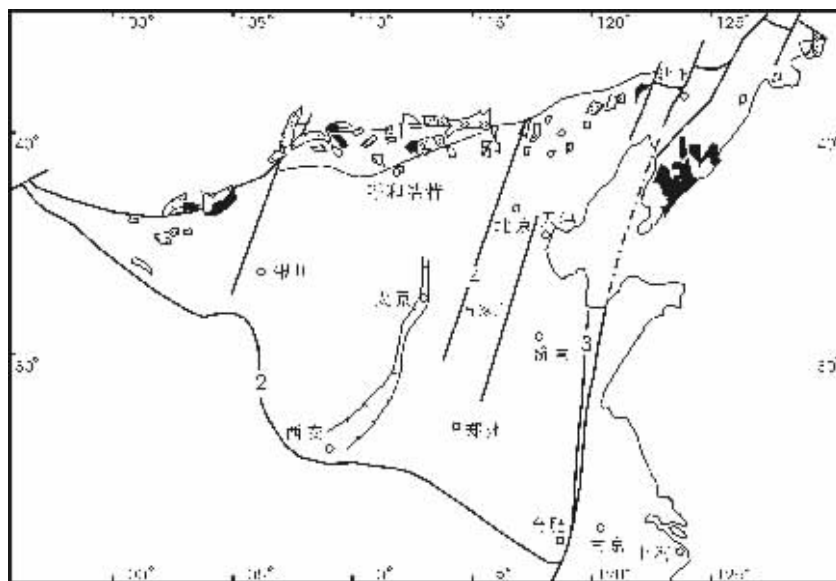


图 2 华北地台加里东期、华力西期、印支期侵入岩分布示意图(据程裕淇<sup>[13]</sup>)

a—印支期侵入岩(黑块);b—华力西期侵入岩(小点);c—加里东期侵入岩(空心);1—华北陆块北缘断裂带;  
2—华北陆块南缘断裂带;3—郟城—庐江断裂带;4—太行山断裂带

Fig.2 Distribution of Caledonian, Hercynian and Indosinian intrusive rocks in the North China platform (after Cheng Yuqi <sup>[13]</sup>)

a—Indosinian intrusive rocks (black block);b—Hercynian intrusive rocks (small dot);c—Caledonian intrusive rocks (open circle);1—Northern North China block marginal fault belt;2—Southern North China block marginal fault belt;3—Tancheng—Lujiang fault belt;4—Taihangshan fault belt

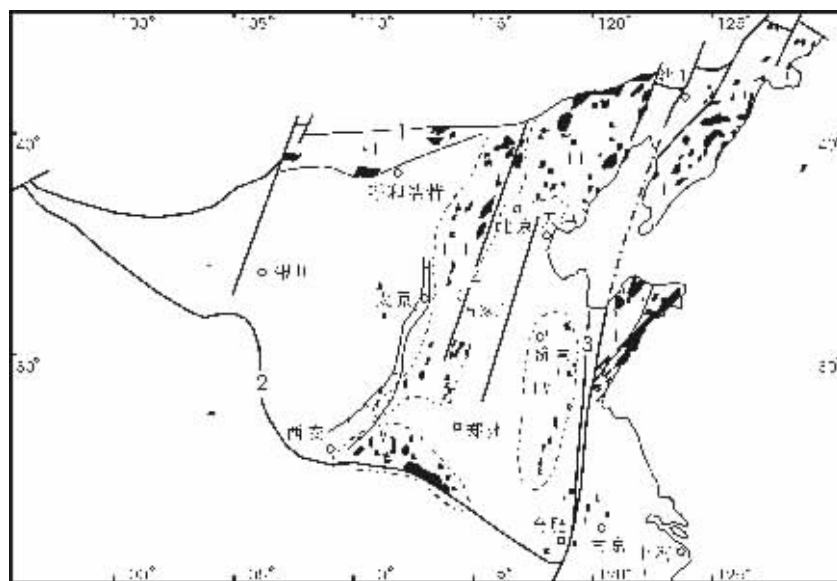


图 3 华北地台燕山期侵入岩分布示意图(据程裕淇<sup>[13]</sup>)

I—吉辽鲁东岩带;II—燕辽岩带;III—太行山岩带;IV—鲁淮岩带;V—豫陕岩带;VI—华北陆块北缘西段岩带;  
1—华北陆块北缘断裂带;2—华北陆块南缘断裂带;3—郟城—庐江断裂带;4—太行山断裂带

Fig.3 Distribution of Yanshanian intrusive rocks in the North China platform (after Cheng Yuqi <sup>[13]</sup>)

I—Jiliao-Ludong rock belt; II—Yanliao rock belt; III—Taihangshan rock belt; IV—Luhuai rock belt; V—Yushan intrusive rock belt; VI—Rock belt in the western segment of the north margin of the North China block; 1—Northern North China block marginal fault belt; 2—Southern North China block marginal fault belt; 3—Tancheng—Lujiang fault belt; 4—Taihangshan fault belt

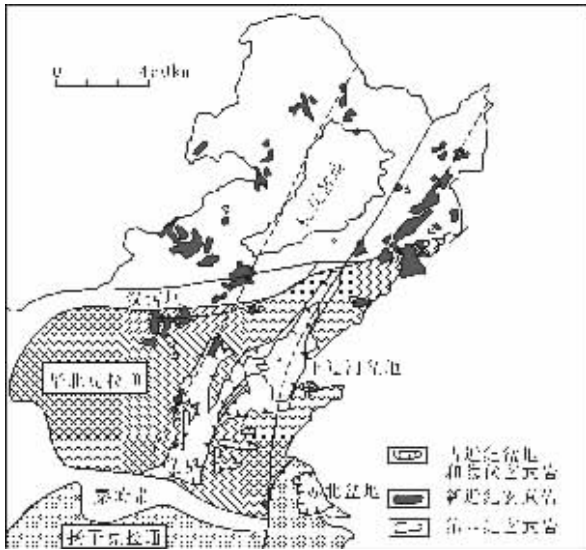


图4 华北东部平原新生代玄武岩分布图

Fig.4 Distribution of Cenozoic basalt in the eastern North China plain

侵蚀,现今地球物理探测的岩石圈地幔和陆壳的物质和结构是新生代形成的。

综上所述,对于华北地区的大地构造单元可以这么认识:侏罗纪之前属于中朝地台,经过侏罗纪—白垩纪燕山运动后分化为两个单元:西部克拉通和中东部造山带;伴随新生代裂谷作用发育,进一步分化,即西部克拉通、中部造山带和东部裂谷,因此,从不同类型岩石圈形成和演化,说明华北地区现今的3类岩石圈可以作为从岩石圈角度划分的该区大地构造单元。

## 2 中国大陆岩石圈类型

依据划分华北地区岩石圈类型和建立相应岩石学结构的同样方法,分别区分了东北、华南、南海、西北和青藏高原地区的岩石圈类型,建立了相应的岩石学结构,初步构建出中国大陆的岩石圈岩石学结构模型(图5);根据不同岩石圈类型动力学性质的不同进行归纳,中国大陆可以归并为克拉通型、造山带型、裂谷型、岛弧型和边缘海洋壳型5种岩石圈类型(图5);其中,造山带型依据时代可划分为古生代(图5-II-1)、中生代(图5-II-2)和新生代造山带型岩石圈(图5-II-3);若依据造山过程(或者造山相),又可以划分为已拆沉或正在拆沉去根的造山带型岩石圈(如额济纳旗、冈底斯、大兴安岭、燕山—太行山、南岭中段、秦岭)(图5-II-a)和拆沉后又加厚的造山型岩石圈(如羌塘、昆仑、祁连山、天山、阿尔泰山)(图5-II-b)。从华北地区现今的3类岩石圈与该区大地构造单元的关系来看(图1),上述岩石圈类型无疑是可以作为现今中国大陆大地构造单元划分的一种选择。

## 3 中国大陆构造单元——从岩石圈角度的思考

中国大陆新生代以来大地构造分区多依据地表构造分为东、西两大部分,其分界线为纵贯东经 $102^{\circ}\sim 105^{\circ}$ 的南北带,东部常称为滨太平洋构造域,西部常称为喜马拉雅构造域<sup>[16-18]</sup>;马宗晋等(2003)基于地震研究,提出以南北地震带为界把中国大陆分为东西两区;而从岩石圈角度,李廷栋在2003年3月“中国岩石圈三维结构”专题验收会上,最早提出中国大陆岩石圈东、西分区的思想。以下笔者试图在中国大陆岩石圈岩石学结构模型和岩石圈分类的基础上,讨论中国大陆东、西构造单元划分界线及大地构造单元划分。

### 3.1 中国大陆一级构造单元(东、西部分区界线)

现今GPS测量、现代应力场研究结果<sup>[19-21]</sup>表明,现今中国大陆是西部挤压、东部拉张、伸展的总体格局。

在中国大陆内部,沿鄂尔多斯西缘断裂、龙门山断裂一线(或者说沿贝加尔湖西侧和贺兰山—六盘山—龙门山东侧一线)是著名的地震带和活动构造带<sup>[13,19-23]</sup>;鄂尔多斯周缘除六盘山受青藏高原碰撞带作用施加了一个北东向挤压力外,总体上属于张性伸展地槽系<sup>[24]</sup>,河套地槽系内的临河地槽盆地中,第四系厚达2400m,而山西地槽系中各地槽内的第四系厚度多在500~1000m。在川滇南北带,小江断裂带内自新近纪以来发育有数十个呈串珠状排列的断陷盆地,其中有抚仙湖、星云湖、枸麓湖等现代湖盆地,其长轴呈折线状张裂串通,反映为张性特点;新构造运动升降幅度反映在四川盆地(扬子克拉通)西北部和鄂尔多斯周缘盆地,降幅达 $-100\sim -1000\text{m}$ <sup>[24]</sup>,这些地区的张性特征说明沿鄂尔多斯西缘断裂、龙门山断裂一线是现今中国大陆东部拉张、伸展动力学背景的西界。

在地球物理特征上,该带与布格重力异常<sup>[25]</sup>、重力梯度带<sup>[26]</sup>对应,深部结构反映为地幔陡变带<sup>[13,26]</sup>。从岩石圈类型分布来看,沿鄂尔多斯西缘断裂、龙门山断裂一线以东分布的是鄂尔多斯和扬子克拉通型岩石圈,以稳定为特点;而西侧分别为青藏高原新生代造山带型岩石圈和额济纳旗为代表的古生代造山带型岩石圈,岩石圈具有活动的、不稳定的属性,不同的岩石圈动力学性质决定了它们之间必定为岩石圈不连续带<sup>[27]</sup>。因此,沿鄂尔多斯西缘断裂、龙门山断裂一线的岩石圈不连续可以作为中国大陆东部、西部一级构造单元或岩石圈单元分界。

这样,中国东部一级构造单元中的鄂尔多斯、扬子克拉通型岩石圈,大兴安岭、燕山—太行山和南岭中段等为代表的燕山期造山带型岩石圈,松辽平原、华北平原、闽粤沿海等裂谷型岩石圈,南海中央海盆为代表的晚新生代洋壳型岩石圈,以及以台湾为代表的岛弧型岩石圈为其二级构造单元;中国西部一级构造单元中的塔里木、准噶尔克拉通型岩石圈,以额济纳旗为代表的古生代中亚造山带型岩石圈,包括天山、阿尔泰山、祁连山、昆仑山和特提斯—喜马拉雅等在内的新生代造山型岩石圈为其二级构造单元。

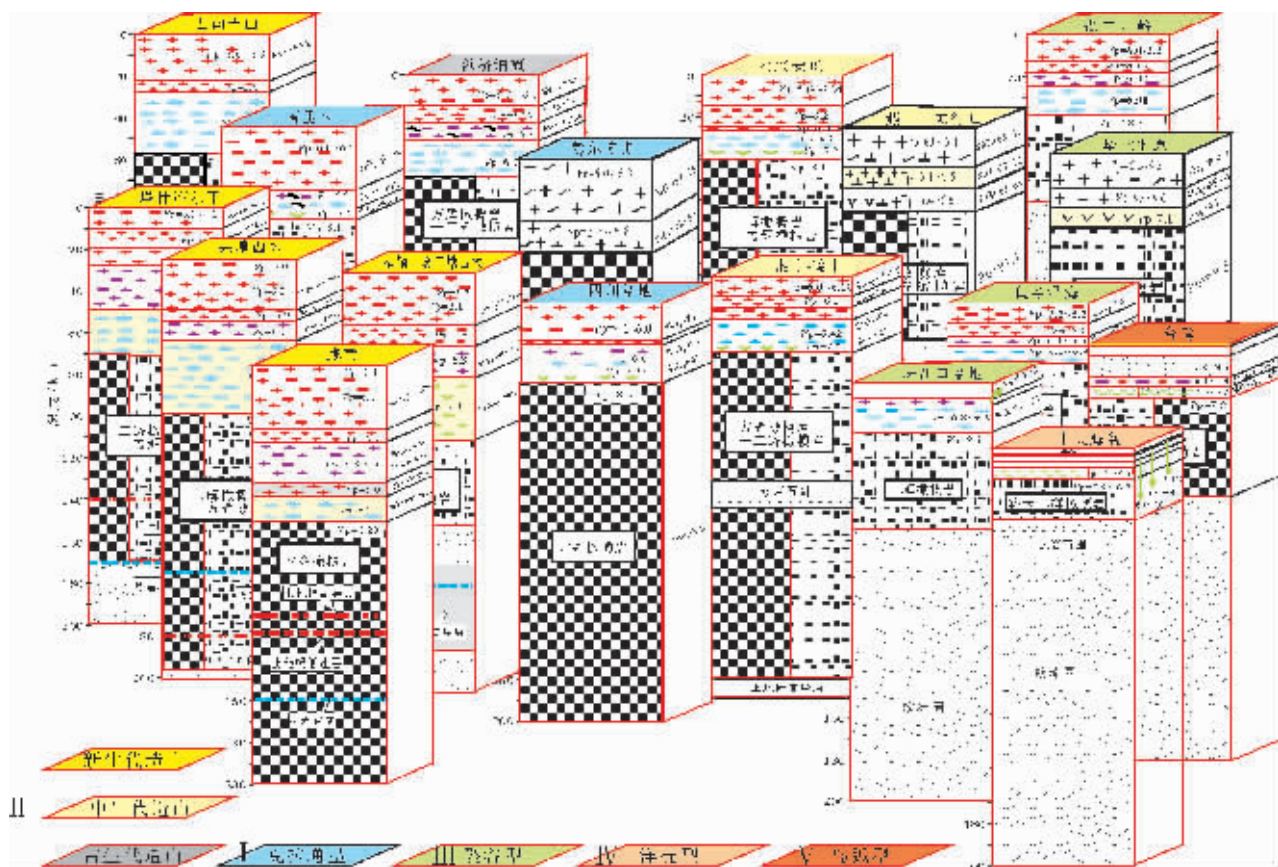


图 5 中国大陆现今岩石圈的主要类型及岩石学结构模型

中国大陆 5 类岩石圈包括: I—克拉通型: 以塔里木、扬子、中朝克拉通 (侏罗纪以后是鄂尔多斯) 为代表; II—造山带型岩石圈包括: II-1—以额济纳旗为代表的古生代岩石圈; II-2—以大兴安岭、燕山—太行山、湘中赣中和南岭中段等为代表的燕山期岩石圈; II-3—以羌塘、冈底斯、喜马拉雅、昆仑山、祁连山、三江等为代表的新生代岩石圈; III—裂谷型: 以松辽平原、华北平原、闽粤沿海 (包括江汉平原、沿海大陆架、闽粤桂等) 等为代表; IV—岛弧型: 以台湾岛弧为代表; V—洋壳型: 以南海中央海盆为代表。其中依据造山过程 (或者造山相), 造山带型岩石圈又可以划分为: II-a—已拆沉或正在拆沉去根的造山带: 额济纳旗、冈底斯、大兴安岭、燕山—太行山、南岭中段、秦岭; II-b—拆沉又被加厚的造山型岩石圈: 羌塘、昆仑山、祁连山、天山、阿尔泰山

Fig.5 Main types of lithosphere and petrological structure model in present continental China

Five types of lithosphere in continental China include; I—cratonic lithosphere, represented by the Tarim, Yangtze and Sino-Korean cratons (called Ordos after Jurassic); II—orogenic lithospheres: II-1—Paleozoic lithosphere, represented by Ejin Qi; II-2—Yanshanian lithosphere, represented by the Da Hinggan Mountains, Yanshan-Taihang mountains, central Hunan and Jiangxi and the central segment of the Nanling Mountains; II-3—Cenozoic lithosphere, represented by Qiangtang, Gangdise, Himalaya, Kunlun Mountains, Qilian Mountains and Sanjiang; III—rift lithosphere, represented by the Songliao plain, North China plain and coastal areas of Fujian and Guangdong (including the Jiangnan plain, Fujian, Guangdong, and Guangxi and the continental shelves off the three provinces); IV—Arc island lithosphere, represented by the Taiwan island arc; V—oceanic crust lithosphere, represented by the Central sea basin of the South China Sea. Based on the orogenic processes or orogenic phases, the orogenic lithosphere may be subdivided into: II-a—orogens that have been delaminated or are being delaminated and derooted: Ejin Qi, Gangdise Mountains; Da Hinggan Mountains, Yanshan-Taihang mountains, the central segment of the Nanling Mountains and Qinling Mountains; II-b—delaminated and thickened orogenic lithosphere: Qiangtang, Kunlun Mountains, Qilian Mountains, Tianshan Mountains and Altay Mountains

由于中国大陆自 65 Ma 左右<sup>[27,28]</sup>发生欧亚—印度板块碰撞以来,受控于统一的中国大陆动力学系统<sup>[7,9,29]</sup>,中国大陆西部伴随青藏高原山根形成驱动软流圈物质往东流,东流软流圈物质受太平洋俯冲板块的阻挡而上涌,导致中国东部新生代玄武岩喷发,表明中国大陆西部挤压、东部拉张伸展的动力学背景是长期的(自新生代以来的)总体格局,因此,上述构造单元的划分可以作为新生代以来大地构造单元总体格局。

### 3.2 中国西部二级构造单元及造山带型岩石圈形成时代

中亚造山带中段,位于银川盆地以西的额济纳旗地块(内蒙古高原)处于中国大陆西部挤压与东部伸张的过渡带,中生代仅在块体边界有岩浆活动,具有正常的陆壳和岩石圈地幔厚度、壳幔结构中无山根(克拉通化的结果),属于中亚造山带西部“重新崛起”后残留的古生代造山带型岩石圈,其物质和结构都是古生代形成的(图 5-II-1)。

在中亚造山带西段(内蒙古高原以西)的天山、阿尔泰山,以及青藏高原北部的昆仑—祁连山,由于该区早中生代以来缺乏大规模的岩浆活动,即没有新的地幔物质的输入,因此就壳幔物质成分而言,以西南天山为代表的中生代造山型岩石圈物质成分主要是古生代形成的;但上新世晚期之后以天山、昆仑山山前出现巨厚的粗大砾石层为标志,卷入陆内造山作用而“重新崛起”,因此现今地球物理探测的岩石圈的地幔和陆壳的结构是喜马拉雅期形成的,属于“老物质新结构”特点的造山型岩石圈。

青藏高原是伴随印度—欧亚大陆碰撞(65 Ma)<sup>[29]</sup>形成的中生代造山带,其物质和结构都是中生代形成的(“新物质新结构”);但是对于其北部的昆仑山、祁连山和西秦岭等造山带而言,它们形成于晚古生代—早中生代,中生代时期被卷入特提斯—喜马拉雅新生代造山系,缺乏新生代岩浆活动,说明其物质仍然是晚古生代—早中生代形成的,但其结构是中生代的,同样属于“老物质新结构”特点的造山型岩石圈。

### 3.3 中国东部二级构造单元及(造山带、裂谷、岛弧和洋壳型)岩石圈形成时代

三叠纪以后,整个中国大陆已拼合成为一个整体<sup>[7,30-31]</sup>,受统一的中国大陆动力学系统控制<sup>[7,9,29]</sup>,伴随中国大陆动力学边界条件的变化,动力学机制也由以南北向为主转变为以东西向为主,西部中生代张开发育特提斯洋、新生代挤压造山至今,形成特提斯—喜马拉雅成矿域;东部则中生代挤压造山、新生代拉张形成裂谷系,形成总体 NE—NNE 走向的滨西太平洋构造域,并与处在中国东部的华北、扬子克拉通、古亚洲和秦祁昆造山带交切叠加,形成新的岩石圈不连续和岩石圈类型。

中国东部广泛分布的花岗岩是燕山期造山型岩石圈形成的标志。华北地区花岗岩研究表明,该区经历了由早

侏罗世初始和中侏罗世早期造山→晚侏罗世峰期造山→早白垩世晚期造山→晚白垩世早期后造山的完整造山旋回<sup>[32]</sup>,其 150~140 Ma 的构造体制转折时限<sup>[33]</sup>,与华南岩石圈约 146 Ma 开始的伸展拉张<sup>[34]</sup>和东北岩石圈减薄最薄时间 145 Ma<sup>[35]</sup>大致同时,提供了贯穿整个中国东部的燕山期花岗岩是同一大陆动力学机制下产物的证据,说明中国东部燕山期花岗岩是中国大陆岩石圈/软流圈系统与古太平洋板块俯冲共同作用的结果<sup>[9,29]</sup>。

新生代时期,中国东部沿海地区进入了新的构造演化阶段,即由活动陆缘转化为张裂的大陆边缘,广泛的玄武岩喷发是其重要标志,形成大陆裂谷型岩石圈(图 5-III)。已有研究表明,新生代的构造线的方向亦由北东转为北北东向,在拉张应力作用下,导致黄海、东海及南海等陆缘海、边缘海以及大陆上众多断陷盆地和裂谷的形成。由于裂陷作用及伸展构造的普遍发育,幔源玄武岩浆大量、频繁地喷出地表,形成了以玄武岩类占绝对优势的新生代火山岩广布于中国大陆东部。除大陆区形成一系列断陷盆地和裂谷盆地外,在海域内形成南海中央盆地,伴随扩张作用,沿扩张脊喷发了大量玄武岩熔岩,使其逐渐转化为洋壳性质。

对比中国东部中生代花岗岩分布,不难发现中国东部新生代玄武岩的喷发是叠加在花岗岩分布区之上的,因此,中国东部的裂谷型岩石圈的物质组成可以西侧的中生代造山带岩石圈为参照。但是,由于东北、华北、华南地区造山带型岩石圈具有不同的物质结构和组成,在它们的基础上发育形成的裂谷型岩石圈陆壳成分也有所差异(张广才岭  $\text{SiO}_2=63.8\%$ ; 华北平原  $\text{SiO}_2=67.2\%$ ; 闽粤沿海  $\text{SiO}_2=65.6\%$ ),但岩石圈地幔组成基本一致,都以二辉橄榄岩为主(图 5)。

如上所述,中国东部新生代发育裂谷作用后,在东北地区残留了以大兴安岭为代表的燕山期岩石圈,在华北地区,残留了以燕山—太行山为代表的燕山期岩石圈,在华南地区残留了以南岭中段为代表的燕山期岩石圈(图 5-II-2),这些地区的岩石圈因为经历了新生代的伸展减薄,现今的厚度不能代表燕山期造山时的地壳和岩石圈地幔厚度,但岩石圈地幔和陆壳的物质及其结构仍然是燕山运动期间造山时形成的。

新生代时期,中国东部的大陆裂谷作用,在东北地区形成以松辽平原为代表的裂谷型岩石圈,在华北地区形成以华北平原为代表的裂谷型岩石圈,在华南地区形成以闽粤沿海(包括江汉平原、沿海大陆架、闽粤桂等)裂谷型岩石圈。随着大量玄武岩喷发,使燕山期的“酸性化”陆壳又被“基性化”,燕山期形成的岩石圈地幔被破坏形成以二辉橄榄岩为主体的喜马拉雅期岩石圈地幔;裂谷型地壳和岩石圈地幔经历了岩石圈尺度上伸展减薄和热侵蚀,现今地球物理探测的岩石圈地幔和陆壳的物质和结构是新生代形成的(图 5-III)。

中生代的中国东部陆缘,在经历了燕山期造山、喜马拉

① 周肃. 西藏冈底斯岩浆岩带及雅鲁藏布蛇绿岩带关键地段同位素年代学研究[博士学位论文]. 北京:中国地质大学,2002.

雅期裂谷作用后分离出去与太平洋板块相互作用,形成了以台湾为代表的岛弧岩石圈,其物质、结构是新生代形成的(图 5-IV)。在中国东部裂谷型岩石圈基础上进一步扩张,形成了以南海中央海盆为代表的洋壳型岩石圈(图 5-V),其物质和结构可能主要是晚新生代—第四纪形成的。

#### 4 中国大陆岩石圈类型演化与构造单元形成

综上所述,从岩石圈角度考虑,中国大陆以银川盆地、鄂尔多斯盆地和四川盆地西边界为界,可以划分为东部、西部 2 个一级构造单元,西部为挤压环境,对应地表高山、深部岩石圈加厚;东部为伸展环境,对应地表丘陵、深部岩石圈减薄;中国东部、西部单元之间为岩石圈不连续相接。鄂尔多斯、扬子克拉通型岩石圈,大兴安岭、燕山—太行山和南岭中段等为代表的燕山期造山带型岩石圈,松辽平原、华北平原、闽粤沿海等裂谷型岩石圈,南海中央海盆为代表的晚新生代洋壳型岩石圈,包括日本列岛、吕宋岛、巴拉望岛等在内的以台湾为代表的岛弧型岩石圈为中国东部一级构造单元中的二级构造单元;塔里木、准噶尔克拉通型岩石圈,以额济纳旗为代表的古生代中亚造山带型岩石圈,包括天山、阿尔泰山、祁连山、昆仑山和特提斯—喜马拉雅等在内的新生代造山型岩石圈为中国西部一级构造单元中二级构造单元;同一地区造山型岩石圈的亚类(图 5),如青藏高原北部具有“老物质新结

构”特点的昆仑山、祁连山造山型岩石圈、拆沉后又被加厚的羌塘造山型岩石圈<sup>[7,36]</sup>、已拆沉或正在拆沉去根的冈底斯造山带<sup>[7,36]</sup>和正在加厚的喜马拉雅造山型岩石圈等可作为青藏高原的三级大地构造单元。

根据地质历史,中国大陆岩石圈类型演化与构造单元形成过程可简要地概括为:以塔里木、扬子、中朝克拉通(侏罗纪以后是鄂尔多斯)为代表的克拉通型岩石圈形成于 17 亿年之前,在中国大陆形成过程中起“中流砥柱”作用(相对于周缘造山带而言);古生代时期,北方中朝和塔里木及其周边造山带拼合形成中亚造山带型,三叠纪时期北方拼合大陆和南方大陆拼合形成秦祁昆造山带型岩石圈;三叠纪以后,中国大陆的动力学机制转变为以东西向为主,西部中生代张开发育特提斯洋、新生代挤压造山,形成特提斯—喜马拉雅造山型岩石圈;新生代时期在西部(南北双向)挤压东部伸展的动力学背景下,高原扩展卷入秦祁昆造山带西段(祁连山、昆仑山)使之成为新生代造山型岩石圈(老物质新结构),在新疆境内使天山、阿尔泰山等古生代造山带“重新崛起”成为新生代造山型岩石圈(老物质新结构),只残留了以额济纳旗为代表的古生代中亚造山带型岩石圈;在中国大陆东部则中生代挤压造山、新生代拉张形成裂谷系,在经历了新生代裂谷作用分别形成了松辽平原、华北平原、闽粤沿海等裂谷型岩石圈后,只在东北、华北、华南分别残留大兴安岭、燕山—太

表 1 中国大陆岩石圈壳—幔物质时空结构

Table 1 Temporal-spatial structure of lithospheric crust-mantle material in continental China

岩石圈类型	代表性地区	壳幔结构形成时代	壳幔物质形成时代	现今岩石圈根状态	
中国西部	克拉通	塔里木	太古宙	太古宙	大陆根
	克拉通	印度	太古宙	太古宙	大陆根
	造山带	西南天山	新生代	晚古生代—早中生代	造山带根
	造山带	昆仑	新生代	晚古生代—早中生代	造山带根
	造山带	羌塘	新生代	新生代	造山带根
	造山带	冈底斯	新生代	新生代	已去根
	造山带	喜马拉雅山	新生代	新生代	造山带根
中国东部	造山带	大兴安岭	中生代	中生代	已去根
	裂谷岩石圈	松辽盆地	新生代	新生代	
	克拉通	鄂尔多斯	太古宙	太古宙	大陆根
	造山带	燕山—太行山	中生代	中生代	已去根
	裂谷岩石圈	华北平原	新生代	新生代	
	克拉通	扬子	太古宙	太古宙	大陆根
	造山带	湘中赣中	中生代	中生代	造山带根
裂谷岩石圈	东南沿海	新生代	新生代		
边缘海洋壳岩石圈	南海中央盆地	晚新生代—第四纪	晚新生代—第四纪		
岛弧岩石圈	台湾	新生代	新生代		

注:中国东部(东北、华北、华南)、西部(西北、西南)一级构造单元,浅部以银川盆地、鄂尔多斯和四川盆地西边界为界;深部以扬子、鄂尔多斯克拉通型岩石圈和喜马拉雅、冈底斯、昆仑、祁连山、三江等新生代造山型岩石圈,以及额济纳旗为代表的古生代造山型岩石圈之间的岩石圈不连续为界。

行山和南岭中段等为代表的燕山期岩石圈;晚新生代在中国东部裂谷型岩石圈基础上进一步扩张,形成了以南海中央海盆为代表的洋壳型岩石圈;新生代前的中国东部陆缘,在经历了新生代裂谷作用后分离出去,与太平洋板块相互作用形成了以台湾为代表的岛弧型岩石圈。中国大陆不同岩石圈类型并存及其形成与演化过程,表明中国大陆是欧亚乃至全球大陆动力学研究的最佳场所之一。

## 5 中国大陆岩石圈壳-幔物质时空结构及其意义

综合上述讨论结果,展示中国大陆岩石圈壳幔物质时空结构如表1。

表1、图5表明,中国大陆岩石圈不仅物质不均一,其结构也不均一。需要说明的是关于岩石圈“老物质新结构”、“新物质新结构”的提法,这里包含了岩石圈物质的形成时代和结构形成时代两个概念。例如,中国长城的砖是古老的,如果用长城的砖砌房子,虽然房子是新的,但砖是古老的(即“老物质新结构”);对长城砖而言,由长城变为房子,其功能发生了根本性的变化;如果把长城砖粉碎后重新烧制,再用来砌房子,那么其物质和结构都是新的(即“新物质新结构”)。

认识岩石圈的物质、结构形成时代对于成矿找矿具有重要意义。一个地区大规模成矿作用,取决于最强的、最后一次的岩浆作用,同时也是岩石圈的壳幔岩石学结构形成的主要时期,反映了岩石圈演化对大规模成矿作用的约束。对于中国北方大陆的中亚造山带而言,在中亚造山带中段的额尔纳旗地块(指银川盆地以西的西蒙古高原)属于“老物质老结构”,找矿目标无疑主要是古生代时期形成的矿床;而在中亚造山带西段(西蒙古高原以西)的天山、阿尔泰山属于“老物质新结构”,后期经历的主要是壳内、幔内物质循环,因此在该区域的找矿目标依然主要是古生代时期形成的矿床。

青藏高原南部是伴随特提斯洋封闭而在新生代形成的“新物质新结构”造山带岩石圈,找矿目标主要是新生代的;而北部昆仑山、祁连山等地是伴随青藏高原扩展而卷入的古生代、晚古生代—早中生代造山带,属于“老物质新结构”,因此在区内的找矿目标主要是古生代、晚古生代—早中生代时期形成的矿床。

对于中国东部而言,残留的燕山期造山型岩石圈区域无疑是寻找燕山期矿床的重要区域,在其东侧的裂谷型岩石圈分布区域,就整体而言,虽然它们是由新生代对流地幔输入改造燕山期造山型岩石圈而形成裂谷型岩石圈,但在对流地幔输入方式上是玄武岩喷发添加在燕山期造山型岩石圈陆壳上的,在垂向输入方式上是线状的,因此玄武岩覆盖下的陆壳仍然主要是燕山期形成的,所以,在中国东部目前被玄武岩覆盖的大片区域依然是寻找燕山期矿床的重要区域。

### 参考文献(References):

[1] 郭文魁. 1:4000000 中国内生金属成矿图[M].北京:地图出版社,

1987.

Guo Wenkui. Endogenetic Metallogenic Map of China, 1:4000000 [M]. Beijing:Cartographic Publishing House, 1987 (in Chinese).

[2] 李春昱(译). 矿床与全球构造[M]. 北京:地质出版社,1986.

Li Chunyu (Trans.). Ore Deposits and Global Tectonics[M]. Beijing:Geological Publishing House, 1986.

[3] 裴荣富,吴良士,熊群尧,等. 中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场[M]. 北京:地质出版社,1998.

Pei Rongfu, Wu Liangshi, Xiong Qunyao, et al. Metallogenic Preferentiality and Metalloctconvergence of Unique Ore Deposits in China[M]. Beijing:Geological Publishing House, 1998 (in Chinese with English abstract).

[4] 翟裕生,邓军,李小波. 区域成矿学[M],北京:地质出版社,1999.

Zhai Yusheng, Deng Jun, Li Xiaobo. Areal Orelogy[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).

[5] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社, 1999.

Cheng Yuchuan. Mineral Resources Assessment of Major Metallogenic Provinces in China[M].Beijing:Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).

[6] 黄汲清. 中国主要地质构造单位[M]. 北京:地质出版社,1954.

Huang Jiqing. Main Geological Tectonic Units of China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1954 (in Chinese).

[7] 邓晋福,赵海玲,莫宣学,等. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京:地质出版社,1996.

Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxue, et al. Continental Root-Plume Tectonics of China—Key to the Continental Dynamics [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1996 (in Chinese with English abstract).

[8] 邱瑞照,李廷栋,邓晋福,等. 华北地区三类岩石圈的壳幔岩石学结构与化学结构及其地球动力学意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 2004, 23(2): 127~140.

Qiu Ruizhao, Li Tingdong, Deng Jinfu, et al. The crust-mantle petrological- and petrochemical structures of three kinds of lithosphere and their continental dynamics implication in North China[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2004, 23(2): 127~140 (in Chinese with English abstract).

[9] 邱瑞照,邓晋福,周肃,等. 华北地区岩石圈类型:地质与地球物理证据[J]. 中国科学(D辑), 2004, 34(8): 689~711.

Qiu Ruizhao, Deng Jinfu, Zhou Su, et al. Lithosphere types in North China—Evidences from geology and geophysics [J]. Science in China (Ser. D), 2005, 48(11): 1809~1827.

[10] 吴宗絮,邓晋福,赵海玲,等. 华北大陆地壳—上地幔岩石学结构与演化[J]. 岩石矿物学杂志, 1994, 13(2): 106~115.

Wu Zongxu, Deng Jinfu, Zhao Hailing, et al. Crust-mantle petrological structure and evolution of North China continent [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1994, 13(2): 106 ~ 115 (in Chinese with English abstract).

[11] Anderson D L. Hotspots basalts and the evolution of the mantle [J]. Science, 1981, 213: 82~89.



- [12] DePaolo D J. Nd isotopic studies: Some new perspectives on earth structure and evolution[J]. EOS, 1981, 162, 137~140.
- [13] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 1994.  
Cheng Yuqi. An Introduction to the Regional Geology of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994 (in Chinese).
- [14] 张宗清. 从华北古陆早前寒武纪变质岩的 Sm-Nd 同位素特征论其地壳的主要生长时期[A]. 见:沈其韩, 程裕淇 主编. 华北地区早前寒武纪地质研究论文集[C]. 北京:地质出版社, 1998. 133~136.  
Zhang Zongqing. On the continental growth periods of North China craton based on Sm-Nd isotopic characteristics of early Precambrian metamorphic rocks [A]. In: Shen Qihan, Cheng Yuqi (eds). Contributions to the Early Precambrian Geology in North China Craton [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1998. 133~136 (in Chinese).
- [15] 沈其韩. 华北地台早前寒武纪条带状铁英岩地质特征和形成的地质背景[A]. 见:沈其韩, 程裕淇 主编. 华北地台早前寒武纪地质研究论文集[C]. 北京:地质出版社, 1998. 1~31.  
Shen Qihan. Geological characteristics and geological setting of banded itabirite on the Early Precambrian in North China Platform [A]. In: Shen Qihan, Cheng Yuqi (eds). Contributions to the Early Precambrian Geology in North China Craton [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1998. 1~31 (in Chinese).
- [16] 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京:地质出版社, 1980.  
Huang Jiqing, Ren Jishun, Jiang Chunfa, et al. Geotectonic Evolution of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980 (in Chinese).
- [17] 马杏垣. 中国岩石圈动力学纲要[M]. 北京:地质出版社, 1987.  
Ma Xingyuan. Lithosphere Dynamic Compendium of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987 (in Chinese).
- [18] 王鸿祯. 中国地壳构造发展的主要阶段[J]. 地球科学, 1982, (3): 155~178.  
Wang Hongzhen. Main stages of the crustal tectonic development of China [J]. Geoscience, 1982, (3): 155~178 (in Chinese with English abstract).
- [19] 马宗晋, 杜品仁, 洪汉净. 地球构造与动力学[M]. 广州: 广东科技出版社, 2003. 1~564.  
Ma Zongjin, Du Pinren, Hong Hanjing. Structure and Dynamics of the Earth [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2003. 1~564 (in Chinese).
- [20] 丁国瑜. 中国岩石圈动力学概论[M]. 北京:地震出版社, 1991. 1~600.  
Ding Guoyu. Lithospheric Dynamics of China: Explanatory Notes for the Atlas of Lithospheric Dynamics of China [M]. Beijing: Seismological Press, 1991. 1~600 (in Chinese).
- [21] 马宗晋, 陈鑫连, 叶叔华, 等. 中国大陆现今地壳运动的 GPS 研究[J]. 科学通报, 2001, 46(13): 1118~1120.  
Ma Zongjin, Chen Xinlian, Ye Shuhua, et al. Study on the GPS of the recent crustal movement in the Chinese continent [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(13): 1118~1120 (in Chinese).
- [22] 邓起东, 张培震, 冉勇康, 等. 中国活动构造与地震活动[J]. 地学前缘, 2003, 10(1): 66~73.  
Deng Qidong, Zhang Peizhen, Ran Yongkang, et al. Active tectonics and earthquake activities in China [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(1): 66~73 (in Chinese with English abstract).
- [23] 李祥根. 中国新构造运动概论[M]. 北京:地震出版社, 2003.  
Li Xianggen. The Generality of China Neotectonic Movement [M]. Beijing: Seismological Press, 2003 (in Chinese).
- [24] 马杏垣. 解析构造学[M]. 北京:地质出版社, 2004.  
Ma Xingyuan. Analytic Tectonics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004 (in Chinese).
- [25] 左愚, 刘立言, 李跃秋. 中国布格重力异常[A], 见: 马丽芳主编, 中国地质图集[C]. 北京:地质出版社, 2002. 61~64.  
Zuo Yu, Liu Liyan, Li Yueqiu. Bouguer gravity anomalies in China [A]. In: Ma Lifang (ed). Atlas of China Geological Maps [C]. Beijing: Geological Publishing House, 2002. 61~64 (in Chinese).
- [26] 彭聪, 高锐. 中国大陆及邻近海域岩石圈/软流圈结构横向变化研究[M]. 北京:地震出版社, 2000. 1~121.  
Peng Cong, Gao Rui. Study on the Landscape Orientation Change of the Lithosphere/Asthenosphere Structure in China Continent and Adjacent Sea Area [M]. Beijing: Seismological Press, 2000. 1~121 (in Chinese).
- [27] 莫宣学, 赵志丹, 邓晋福, 等. 印度—亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J]. 地学前缘, 2003, 10(3): 135~148.  
Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, Deng Jinfu, et al. Response of volcanism to the India-Asia collision [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(3): 135~148 (in Chinese with English abstract).
- [28] 周肃, 莫宣学, 董国臣, 等. 西藏林周盆地林子宗火山岩  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  年代格架[J]. 科学通报, 2004, 49(20): 2095~2103.  
Zhou Su, Mo Xuanxue, Dong Guochen, et al.  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology of Cenozoic Linzizong volcanic rocks from Linzhou Basin, Tibet, China, and their geological implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(18): 1970~1979.
- [29] 邱 Ruizhao, Zhou Su, Deng Jinfu, et al. Discussion on the dynamic system of China continent in Mesozoic-Cenozoic [J]. 19HKT Workshop Special Issue. Himalayan Journal of Science, 2004, 2(4): 236~238.
- [30] 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 85~93  
Ren Jishun, Niu Baogui, Liu Zhigang. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(3): 85~93 (in Chinese with English abstract).
- [31] Wang Hongzheng, Mo Xuanxue. An outline of the tectonic evolution of China [J]. Episodes, 1995, 18(1~2): 6~16.
- [32] Deng Jinfu, Su Shangguo, Mo Xuanxue, et al. The sequence of magmatic-tectonic events and orogenic processes of the Yanshan Belt, North China [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1): 260~266.
- [33] 翟明国, 朱日祥, 刘建明, 等. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(10): 913~920.

- Zhai Mingguo, Zhu Rixiang, Liu Jianming, et al. Time range of Mesozoic tectonic regime inversion in eastern North China Block [J]. *Science in China (Ser. D)*, 2004, 47(2):151~159.
- [34] 李献华. 华南白垩纪岩浆活动与岩石圈伸展[A]. 见:中国科学院地球化学研究所编. 资源环境与可持续发展[C]. 北京:科学出版社,1999,264~273.
- Li Xianhua. Getaceous magmatic activity and lithosphere extension in South China[A]. In: Institute of Geochemistry, CAS (eds). Resources, Environment and Sustainable Development[C]. Beijing: Sci. Press, 1999. 264~273 (in Chinese).
- [35] 吴福元, 孙德有, 张广良, 等. 论燕山运动的深部地球动力学本质[J]. *高校地质学报*, 2000, 6(3):379~388.
- Wu Fuyuan, Sun Deyou, Zhang Guangliang, et al. Deep geodynamics of Yanshanian movement[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2000, 6(3):379~388 (in Chinese with English abstract).
- [36] 邱瑞照, 邓晋福, 李廷栋, 等. 岩石圈不连续与大陆成矿作用[J]. *矿床地质*, 2004, 23(增刊):32~40.
- Qiu Ruizhao, Deng Jinfu, Li Tingdong, et al. Lithospheric discontinuity and continental metallogenesis[J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23(Supp.):32~40 (in Chinese with English abstract).

## A new pattern of tectonic units of China considered in light of the lithosphere

QIU Rui-zhao<sup>1,2</sup>, LI Ting-dong<sup>3,4</sup>, DENG Jin-fu<sup>5</sup>, ZHOU Su<sup>5</sup>, Xiao Qing-hui<sup>6</sup>,  
ZHAO Guo-chun<sup>5</sup>, LIAN Chang-yun<sup>1</sup>, LIU Da-wen<sup>1</sup>

(1. *Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;*

2. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

3. *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

4. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China;*

5. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

6. *Information Center of Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China)*

**Abstract:** This paper proposes a new pattern of tectonic units of China based on the petrological structure model of the lithosphere under continental China and five types of lithosphere, namely, cratonic lithosphere, orogenic lithosphere, rift lithosphere, marginal-sea oceanic crust lithosphere and island arc lithosphere, distinguished according to the dynamic properties of the lithosphere, combined with the present characteristics of compression in the west and extension in the east of continental China. The content of the new pattern is as follows: the lithospheric discontinuity along the western boundaries of the Sichuan, Ordos and Yinchuan basins is used as the boundary to divide continental China into two first-order tectonic units, i.e. the western China tectonic unit and the eastern China tectonic unit; the above-mentioned different types of lithosphere are considered as their second-order tectonic units; and some subtypes of the orogen-type lithosphere are the third-order tectonic units. On the basis of the new pattern of tectonic units, combined with the geological history, their formation processes and implications for ore finding are also discussed briefly in this paper.

**Key words:** type of lithosphere; lithospheric discontinuity; tectonic unit division; continental China

**About the first author:** QIU Rui-zhao, male, born in 1963, doctor and associate senior researcher, now mainly engages in the study of geology and mineral resources in foreign countries; E-mail: qiurzz@yahoo.com.cn.