中国大地构造单元划分

潘桂棠[1] 肖庆辉[2] 陆松年[3] 邓晋福[4] 冯益民[5] 张克信[6]
张智勇[2] 王方国[1] 邢光福[7] 郝国杰[3] 冯艳芳[2]

(1. 成都地质矿产研究所,四川 成都 610082;2.中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;3.天津地质矿产研究所,天津 300170;4. 中国地质大学(北京), 北京 100083;5. 西安地质矿产研究所,陕西 西安 710054;6. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,湖北 武汉 430074;7. 南京地质矿产研究所,江苏 南京 210016)

提要:中国大地构造形成演化与大地构造分区研究已有百余年的历史,整体论述中国构造分区,都以不同学派对中国大陆地壳形成演化的不同认识论和方法论,有不同的方案。以黄汲清先生等多旋回构造观、王鸿祯先生等历史大地构造观和李春昱先生等板块构造观的“三大主流大地构造观”为指导思想的大地构造划分方案,是集中国地质构造之大成,在全国起指导作用,影响既广泛且深远。板块构造单元划分是当前板块构造细结构研究的关键问题。它既是板块构造研究的理论问题,也是区域地质研究和成矿预测评价亟待解决的实际问题。本文的大地构造分区图的编制是以地层划分和对比、沉积建造、火山岩建造、侵入岩浆活动、变质变形等地质记录为基础,承接融合中国“三大主流大地构造观”的经典划分理念,在板块构造—地球动力学理论指导下,以成矿规律和矿产能源预测的需求为基点,以不同规模相对稳定的古老陆块区和不同时期的造山系大地构造相环境时空结构分析为主线,以特定区域主构造事件形成的优势大地构造相的时空结构组成和存在状态为划分构造单元的基本原则,划分出中国的大地构造环境主要由陆块区和造山系组成为 9 个一级构造单元,以及相应的 56 个二级构造单元。中国大地构造研究还存在一系列重大科学问题,较准确地划分尚需很长时间的不懈努力。

关 键 词:大地构造;构造单元;陆块区;造山系;多岛弧盆系

中图分类号:P544 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2009)01-0001-28

大地构造分区又叫大地构造单元划分, 是大地构造研究成果的表达形式之一, 可直接服务于资源预测需求, 作为成矿地质背景或油气盆地分析以及地质灾害评估的基点。一个大区域尺度的地壳物质组成、岩石构造组合,以及地球物理和地球化学场明显不同于相邻地域, 这样的一个区域就是一个大地构造单元。构造单元既反映了地壳物质组构上大地构造环境(或大地构造相)的时空属性,又具有不同构造阶段的时空层次属性。板块构造将六大 (或更多)板块作为全球的一级构造单元,并将分隔它们的边界也作为构造带看待。但板块构造观的构造单元细结构划分以及中国大地构造单元细结构划分,尚需结合特定区域的地质特征进一步厘定。本文的目的是在中国各区域大地构造单元划分的基础上加以集成综合,用现代大陆地壳演化观点思考,强调“将今论古” 的比较构造地质方法论和大地构造相时空结构分析方法, 更精细地划分特定构造阶段和大地构造环境中形成的、各个不同尺度、不同岩石-构造组合的构造单元; 揭示中国大陆各种壮观的地质构造现象,即在漫长的地质演化过程,在空间上形成于不同部位和不同深度的构造单元彼此间的相互关系;展现构成现今所见地壳表层的存在状态、结构组形成和组合系统是构造同时性和历史性的综合图像,以利于成矿地质背景、成矿地质条件和资源预测

收稿日期:2008-10-20;**改回日期**:2008-12-24

基金项目:国土资源部“全国重要矿产预测评价”项目二级课题“全国重要矿产成矿地质背景研究”(1212010733802)资助。

作者简介:潘桂棠,男,1941 年生,研究员,博士生导师,从事区域地质和大地构造研究,E-mail:guitang_pan@yahoo.cn。

勘查评价,以及发展地质科学理论需求。

1 大地构造研究的历史和现状

大地构造学是研究大陆、大洋,或某一大尺度区域,地壳或岩石圈的组成、结构和演化历史的学科,目的是了解海洋、大陆、山脉和盆地的成因和发展过程,认识地壳和岩石圈的演化规律。中国大地构造形成演化与大地构造分区研究已有百余年的历史,涉及不同的构造区域,公开发表的论著达千余篇之多。整体论述中国构造分区,都以不同学派对中国大陆地壳形成演化的不同认识论,有不同的方案。相对而言,以黄汲清先生等多旋回构造观[1-4]、王鸿祯先生等历史大地构造观[5-9]和李春昱先生等[10-13]板块构造观为指导思想的大地构造单元划分方案,是集中国地质构造之大成,在全国起指导作用,影响既广泛且深远。

黄汲清(1945)先生《中国主要地质构造单位》是中国大地构造的首次系统论述。20 世纪 60 年代以来和他的学生们进一步论述了中国大地构造基本轮廓,划分的一级中国大陆构造单元为地台或准地台和地槽褶皱系[1-4],并从全球构造角度将古生代以来的中国大地构造划分为古亚洲、特提斯和滨太平洋三大构造域。任纪舜等编制的大地构造图,进一步发展了黄先生的认识,将中国大陆块分为亲西伯利亚陆块群、古中华陆块群和亲冈瓦纳陆块群,将显生宙造山带概括为古亚洲造山区、特提斯造山区和环太平洋造山区,而将华南早古生代造山带也作为古亚洲造山区的一部分[14-16]。其立论基点是中国各主要陆块,在新元古代时已形成了统一的古中国地台,其后的裂解只是手风琴式的开合运动,或是冈瓦纳大陆裂离,亚洲大陆增生。这一多旋回学说与板块构造相结合的构造模型迄今仍是广泛应用的主流。

王鸿祯先生等在 20 世纪 70 年代用板块构造学说审视中国大地构造演化,80 年代编制中国及邻区构造古地理图的基础上,提出了中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段[5-8],其立论基点从时间论是地质历史发展阶段论和灾变论,从空间论是全球构造活动论,认为中国主要的大地构造单元包括中朝、扬子和塔里木地台(克拉通)以及其间不同时期的造山带。板块边界并不在地台边界,应在遥相对应的古大陆边缘之间的分界带,这一大陆及其边缘的缝合带称对接消减带,大陆边缘的拉伸、张裂、地块移离形成弧盆体系的岛弧缝合带,称之为叠接消减带。将中国地壳演化划分为陆核、原地台、地台、超大陆和泛大陆以及陆内演化五大阶段,其中晋宁期(1000~830 Ma)和印支期(230~210 Ma)是地质最重要的造山期。强调地质历史与时空结合,不受学派羁绊,科学求实创新的思路,提倡系统论与多学科交叉融合的方法论,为中国大地构造注入了新的活力,奠定地表构造格架和单元细结构划分的基础。

李春昱先生等基于区域地质、地层古生物、岩石学及古地磁等多学科研究,划分了中国板块构造轮廓[10],编制了第一代亚洲大地构造图(1:800 万)及说明书[12],中国陆壳块体分别归属于 7 个不同古板块,并认为这些古板块之间被大洋分隔,强调大陆及其边缘海、大洋盆地,在地质时期均会作大规模漂移。蛇绿混杂带等是洋壳扩张、俯冲、碰撞的遗迹,指出"哈萨克斯坦很可能原来是西伯利亚大陆的一部分,在古生代初分裂出来,形成许多岛弧及沉积盆地带","古生代的哈萨克斯坦很类似于新生代的东南亚"。"土耳其—中伊朗—冈底斯原是冈瓦纳古陆的一部分,在古生代末—中生代分裂出来","高加索之北、向东经科佩特山、兴都库什,进入西藏班公湖至滇西澜沧江(亚洲大地构造图表示为昌宁—孟连带),向南接马来西亚劳勿—文冬带,该沿线是冈瓦纳古陆与古欧亚板块最初的碰撞缝合带"。上述诸多见解体现了作者深邃洞察力和创新观点,也经受了实践和时间的考验。

20 世纪 60 年代以来,国内外用板块构造理论编制各种大地构造图件已成为一个重要趋势。目前国外代表性的图件有:加拿大构造图[17],澳大利亚新南威尔士构造图[18],印度尼西亚区域构造图[19],阿巴拉契亚造山带构造岩相图[20],科迪勒拉造山带构造地层图[21],巴基斯坦北部碰撞带构造地层分区图[22]等等,这些为我们研究中国大地构造开拓了全球构造的视野,并提供了编制此类图件的理论基础和工作方法。

国内代表性的图件有:1:800 万亚洲大地构造图[12],中国及邻近海域岩石圈动力学图[23],中国及邻区大地构造图[16],中国大地构造相图[24],1:1000 万中国陆区地球动力学纲要图[25],西藏板块构造-建造图[26],青藏高原板块构造图[27],秦岭造山带大地构造图[28],西秦岭造山带及邻区大地构造图[29],1:150 万中国新疆及邻区大地构造图[30],青海大地构造图[31]等等,上述成果为我们对中国大地构造单元细结构划分奠定了重

要基础。

大地构造的研究成果在地球物理、国土资源评价和油气资源勘查等[32-36]方面也得到相当广泛的应用。

2　大地构造单元划分的基本原则

在原有板块构造的理论框架中,全球构造格架和洲际板块边界是清晰的,但在区域地质调查,中比例尺地质填图、编图中,大地构造单元划分是当前板块构造细结构研究的关键问题。它既是大地构造研究的理论问题,也是区域地质研究和成矿预测评价亟待解决的实际问题。因此,如何应用板块构造观点划分中国大地构造单元,还有许多值得探讨之处,关键在于理顺大地构造研究的思路,理解中国大地构造形成演化的基本特征以及确立构造单元划分准则。

全球岩石圈构造演化分为大陆岩石圈和大洋岩石圈两种构造演化体制,这两种构造演化体制既有平行发展、相互影响、互有联系的一面,又能通过大陆岩石圈拉伸裂离和大洋岩石圈俯冲消减两种机制实现互相转换的一面。笔者认为,大致在新太古代,地球表面开始出现海(洋)陆分异,岩石圈进入板块构造演化阶段;之后全球岩石圈构造演化即开始进入这两种构造体制演化和相互转换的发展历史,历经哥伦比亚超大陆、罗迪尼亚超大陆和潘基亚超大陆形成及其裂解等。大洋从超大陆裂解、扩展到俯冲消亡的演化过程,其生命期至少需要 600~800 Ma。大洋岩石圈双向俯冲形成陆缘弧和多岛弧盆系。多岛弧盆系的形成演化是大洋岩石圈构造体制向大陆岩石圈构造体制转换的标志。这两种构造体制在演化过程中都形成一些地球动力学上互相联系的构造单元。大洋岩石圈构造体制演化中形成的一些构造单元消失,但记录在多岛弧盆系和碰撞结合带中,追踪识别不同时期形成的蛇绿混杂岩带或俯冲增生杂岩(对接带、结合带、碰撞带等)是理解大陆地壳演化的关键,是构建区域大地构造格架的核心。而大陆岩石圈构造体制演化形成保留了地球演化最完整的地质记录,保留了新太古代以来的沉积记录。这些保存较好的地质记录所反映的地质构造环境信息,正是大地构造相的物质表现,也是我们划分大地构造单元的基础[37]。

中国大地构造分区图的编制应承接融合上述三大主流大地构造观的经典划分理念,在板块构造–地球动力学理论指导下,以地层划分和对比、沉积建造、火山岩建造、侵入岩浆活动、变质变形等地质记录为基础,以成矿规律和矿产能源预测的需求为基点,以不同规模相对稳定的古老陆块区和不同时期的造山系大地构造相分析为主线,以特定区域主构造事件形成的优势大地构造相的时空结构组成和存在状态为划分构造单元的基本原则。

中国大陆地壳组成和结构最基本特征是由一系列不同时期多岛弧盆系转化为造山系的构造域围限华北、扬子、塔里木三大陆块;中国东部在中生代以来深部软流层上涌,区域岩石圈拆沉去根,引发地壳伸展形成叠加造山裂谷构造系统。基于上述特征本文划分出中国的大地构造环境主要由陆块区、造山系和叠加造山(裂谷)系为一级构造单元。

各级构造单元的命名原则:

一级:大区域地理名称+一级构造属性名词(相当于大地构造相的相系),如秦祁昆造山系;

二级:区域地理名称+二级构造属性名词(相当于大地构造相的大相),如东昆仑弧盆系;

三级:地理名称+三级构造属性名词(相当于大地构造相的相)+(地质时代),如北昆仑岩浆弧(Pz_1)。

1)造山系构造单元划分

造山系是造山带的集成,是在大陆边缘受控于大洋岩石圈俯冲制约形成的前锋弧及其之后的一系列岛弧、火山弧、裂离地块和相应的弧后洋盆、弧间盆地或边缘盆地,又经洋盆萎缩消减、弧–弧、弧–陆碰撞、多岛弧盆系转化形成的复杂构造域。整体表现为大陆岩石圈之间的时空域中特定的组成、结构、空间展布和时间演化特征的构造系统,可进一步划出二级、三级及序次更低的构造单元。

(1)根据多岛弧盆系组成的造山系中区域地质发展过程总体特征和优势大地构造相时空结构,以结合带、弧盆系和夹持于其间的地块作为二级构造单元,构成造山带构造单元划分的基本骨架。

(2)在洋陆构造体制转换过程形成的俯冲增生杂岩带、蛇绿混杂带(弧弧碰撞带、弧陆碰撞带),近陆岛弧、弧后盆地、弧前盆地、洋内岛弧带或洋岛等;在结合带或弧盆系中划出规模较小的裂离地块、陆缘弧、前陆和弧后前陆盆地、走滑拉分盆地、陆缘裂陷盆地或裂谷盆地等,可作为三级构造单元。

(3)根据关键地质事件的性质、特点、序列、时代和空间分布特征,特别要重视各构造区带的时间–空间–事件的差异进行构造单元划分;依据区域地

球物理场特征对已进行构造分区的单元及其边界进行再厘定。

2)陆块区构造单元的划分

陆块区具有长期和复杂的演化过程，具基底和巨厚盖层连续稳定的单元，作为一级构造单元，由前新太古代形成的硅铝质原始大陆壳地质体称为陆核。陆核形成过程中，地壳的垂向增生占有重要地位，表现为一系列古老穹隆构造的存在。

新太古代至古元古代是继古老陆核形成后，已出现洋陆的分异和陆块漂移，形成俯冲和碰撞带，是地壳增生和再造的最重要时期，因此，可勾画出相当于年轻造山带中的一些大地构造相和地质单元，如岩浆弧、弧后盆地、前陆盆地，裂谷。

中元古代是华北陆块(克拉通)形成期，新元古代是扬子、塔里木等陆块形成期。除叠加的构造-岩浆岩带外，盖层主要按地层形成的构造背景及大地构造优势相划分不同的构造单元(盆地类型)。

(1)依据陆块区不同演化阶段不同基底和盖层的岩石建造组合，可划分为陆块(含陆核)作为二级单元。

(2)华北陆块新太古代—古元古代的地质记录以及扬子、塔里木陆块中元古代—新元古代地质记录，保存该时期基底陆壳物质的组成、物质来源和形成环境，特别是由侵入岩构成的岩浆弧为标志：TTG 和 DMG 组合；以及表壳岩的火山-沉积记录、岩石组合、地球化学、热事件等特征，可将基底划分出岩浆弧、裂谷等三级构造单元。

(3)大尺度范围盖层细结构的划分，依关键地质事件形成的大地构造相及沉积盆地的性质、类型、序列、时代和空间分布特征，如：被动陆缘盆地、陆表海盆地、碳酸岩台地、陆缘裂谷、陆内裂谷、断陷盆地、压陷盆地等作为三级构造单元。

3 中国大地构造分区方案

中国大地构造分区是在对中国大地构造研究的基础上，结合特定构造部位和构造时期所发生的主要地质事件，并将在这一事件中所形成特定的岩石-构造组合厘定为优势大地构造相(亚相)，分析其与相邻构造部位优势大地构造相之间的时空联系和动力学背景，并综合地球物理和地球化学等信息而厘定各级大地构造单元。本文的大地构造分区主要服务于成矿区带的划分和成矿规律的研究，一、二和三级构造单元分别对应成矿域、成矿省、成矿带。构造单元划分和构造相的复原是建立在可观察、可鉴别、可测量的岩石-构造组合的基础上。不同的大地构造相环境控制着不同成矿类型和不同的成矿作用。当代地质找矿勘查、资源评价和预测及成矿理论研究均离不开大地构造相的判别和构造(成矿)单元的成矿地质背景的厘定。

中国大地构造分区的建议方案见图 1 和表 1。其中包括一级分区 9 个，二级分区 56 个，三级分区 189 个。一级区为造山系、陆块区。全国共划分为 5 个造山系：天山—兴蒙造山系、秦祁昆造山系、武夷—云开—台湾造山系、西藏—三江造山系、菲律宾造山系；4 个陆块区：华北陆块区、塔里木陆块区、扬子陆块区、印度陆块区。造山系的二级分区包括结合带、弧盆系、地块；陆块区的二级分区分不同时代、不同构造环境的古陆块。

4 中国一级大地构造单元的基本特征

1)华北陆块区

华北陆块区，由 5 个规模较小的陆块及其之间的洋壳(?)消减、碰撞汇聚(1900~1800 Ma)而成统一的华北古大陆，记录了中国最古老地壳的形成过程，经历了古、中太古代陆核的孕育，新太古代初始克拉通化，古元古代结晶基底形成，中元古代扩张裂陷，中、新元古代—古生代稳定盖层沉积和中生代陆内构造作用等演化阶段[38~40]。由前新太古代地质体构成陆核，如陈台沟—沂水陆核、迁西陆核、兴和陆核，其表壳岩系和变质深成岩系均经历了麻粒岩构成的角闪岩相变质作用，表现为一系列地壳垂向增生占主导的穹隆构造[41, 42]。

以五台—太行岩浆弧(新太古代)为中轴带，其东西原陆块具有不同的物质组成、结构和演化特征。其东部迁西群和鞍山群有 38.4 亿年的同位素年龄数据。西部迄今有大于 3000 Ma 的地壳年龄数据报导，主体以含炭高铝质变质的孔兹岩系组合为主。东部为新太古代花岗岩-绿岩组合[43]。五台—太行中轴带发育高压麻粒岩带，一些学者认为该带即为东西古陆块的碰撞结合带[44~47]。古元古代的辽河—青龙河陆缘裂谷记录了原陆块复杂的演化过程。

在山西五台吕梁地区的古元古代滹沱群底部发育了中国最古老的河流相砾岩。在古元古代的吕梁群、辽河群、河北青龙河群、双山子群、安徽凤阳群均

图 1　中国大地构造图

Fig. 1　Tectonic map of China



注：本图以2004年中国地质调查局主编的1：250万中国地质图为底图编制而成

表 1　中国大陆大地构造分区

Table 1　Tectonic units of China

一级构造单元	二级构造单元（大相）	三级构造单元（相）
Ⅰ 天山-兴蒙造山系	Ⅰ-1 大兴安岭弧盆系	Ⅰ-1-1 漠河前陆盆地（J） Ⅰ-1-2 额尔古纳岛弧（Pz_1） Ⅰ-1-3 海拉尔—呼马弧后盆地（Pz） Ⅰ-1-4 扎兰屯—多宝山岛弧（Pz_2） Ⅰ-1-5 二连—贺根山蛇绿混杂岩带（Pz_2） Ⅰ-1-6 锡林浩特岩浆弧（Pz_2）
	Ⅰ-2 松辽地块(断陷盆地 J-K)	Ⅰ-2-1 松辽断陷盆地(J-K)
	Ⅰ-3 小兴安岭 —张广才岭岩浆弧（Pz_1、Mz）	
	Ⅰ-4 佳木斯地块(Pt_3^1)	
	Ⅰ-5 完达山（那达哈达 ）给合带（T_3-J_1）	
	Ⅰ-6 兴凯地块	
	Ⅰ-7 索伦山—西拉木伦结合带	Ⅰ-7-1 索伦山蛇绿混杂岩带（Pz_2） Ⅰ-7-2 查干乌拉蛇绿混杂岩带（蓝片岩带）
	Ⅰ-8 包尔汉图－温都尔庙弧盆系（Pz_2）	Ⅰ-8-1 下二台—呼兰镇岩浆弧（Pz_2） Ⅰ-8-2 温都尔庙俯冲增生杂岩带 Ⅰ-8-3 宝音图岩浆弧（Pz_2）
	Ⅰ-9 额济纳—北山弧盆系	Ⅰ-9-1 园包山（中蒙边境）岩浆弧（O-D） Ⅰ-9-2 红石山裂谷(C) Ⅰ-9-3 明水岩浆弧（C） Ⅰ-9-4 公婆泉岛弧（O-S） Ⅰ-9-5 哈特布其岩浆弧(C-P) Ⅰ-9-6 恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带（C）
	Ⅰ-10 阿尔泰弧盆系	Ⅰ-10-1 阿尔泰陆缘弧（Pz） Ⅰ-10-2 阿尔泰南缘增生弧（Pz_2） Ⅰ-10-3 额尔齐斯复合增生楔（Pz_2）
	Ⅰ-11 斋桑—额尔齐斯结合带（Pz_2）	
	Ⅰ-12 东—西准噶尔弧盆系	Ⅰ-12-1 北准噶尔洋内弧（Pz_2） Ⅰ-12-2 科克森他乌—阿尔曼泰蛇绿混杂带（Pz_1） Ⅰ-12-3 塔尔巴哈台—三塘湖复合岛弧带（Pz） Ⅰ-12-4 唐古巴勒—卡拉麦里复合俯冲增生杂岩带（Pz）
	Ⅰ-13 准噶尔—吐哈地块	Ⅰ-13-1 准噶尔地块 Ⅰ-13-2 依连哈比尔尕－博格达裂谷盆地(C-P) Ⅰ-13-3 吐哈地块 Ⅰ-13-4 觉罗塔格裂谷带（C-P）
	Ⅰ-14 冰达坂－米什沟结合带(OS)	
	Ⅰ-15 伊宁－中天山地块	Ⅰ-15-1 赛里木陆缘盆地(Pz_1)（博洛科努陆缘弧，D） Ⅰ-15-2 伊犁裂谷（C） Ⅰ-15-3 中天山岩浆弧(Pz)
	Ⅰ-16 那拉提－红柳河结合带	Ⅰ-16-1 哈尔克山北坡高压超高压变质带（$S-D_1$） Ⅰ-16-2 乌瓦门—拱拜子蛇绿混杂岩带（S-D） Ⅰ-16-3 红柳河—洗肠井蛇绿混杂岩带（Pz_1）
	Ⅰ-17 南天山－罗雅楚山弧盆系	Ⅰ-17-1 东阿莱—哈尔克山弧前增生带(Pz_1-D) Ⅰ-17-2 西南天山上叠盆地($C-P_1$) Ⅰ-17-3 额尔宾山—库米什残余盆地(D) Ⅰ-17-4 南天山—霍拉山陆缘裂谷(Pz_2)
Ⅱ 华北陆块区	Ⅱ-1 胶辽陆块	Ⅱ-1-1 陈台沟—沂水古陆核(Ar_3) Ⅱ-1-2 胶辽裂谷（Pt_1） Ⅱ-1-3 秦皇岛岩浆弧（Ar_3） Ⅱ-1-4 泰山岩浆弧(Ar_{2-3})（鲁西碳酸盐台地(∈-O)）
	Ⅱ-2 晋冀陆块	Ⅱ-2-1 冀东古陆核（Ar_{2-3}） Ⅱ-2-2 遵化—五台—太行山岩浆弧(Ar_3)（燕辽裂谷,Pt_2） Ⅱ-2-3 晋东南碳酸岩台地(Pz_1) Ⅱ-2-4 晋中—长治陆表盆地(C-P、T_1) Ⅱ-2-5 吕梁碳酸岩台地(Pz_1)（吕梁陆缘岩浆弧，Pt_1）
	Ⅱ-3 大青山－冀北古弧盆系（Pt_1）	Ⅱ-3-1 恒山—承德—建平岩浆弧（Pt_1）（冀北大陆边缘岩浆弧Z_2） Ⅱ-3-2 大青山—凉城陆缘盆地（Pt_1）
	Ⅱ-4 狼山-阴山陆块（大陆边缘岩浆弧,Pz_2）	Ⅱ-4-1 固阳—兴和古陆核(Ar_3) Ⅱ-4-2 色尔腾山—太仆寺旗岩浆弧(Ar_3) Ⅱ-4-3 狼山—白云鄂博裂谷（Pt_2）
	Ⅱ-5 鄂尔多斯陆块	Ⅱ-5-1 鄂尔多斯古陆核(?)（鄂尔多斯盆地,Mz） Ⅱ-5-2 贺兰山被动陆缘盆地(Pz_1)
	Ⅱ-6 豫皖陆块	Ⅱ-6-1 中条山陆缘裂谷（Pt_1） Ⅱ-6-2 太华—登封岩浆弧(Ar_3)（熊耳裂谷，Pt_2） Ⅱ-6-2 华北南缘陆缘盆地(Z-∈)
	Ⅱ-7 阿拉善陆块（？）	Ⅱ-7-1 包尔乌拉—雅布拉断陷盆地(K) Ⅱ-7-2 迭布斯格—阿拉善右旗陆缘岩浆弧（Pz_2） Ⅱ-7-3 龙首山基底杂岩带（Ar_3—Pt_1）
	Ⅱ-B 叠加裂陷盆地系	Ⅱ-B-1 华北凹陷盆地(Cz) Ⅱ-B-2 汾渭裂谷(Cz) Ⅱ-B-3 吉兰泰—包头断陷盆地(Cz)

续表 1

Ⅲ塔里木陆块区	Ⅲ-1 塔里木陆块	Ⅲ-1-1 塔里木盆地(Cz) Ⅲ-1-2 柯坪陆缘盆地(Pz) Ⅲ-1-3 库鲁克塔格陆缘盆地(Pz_1) Ⅲ-1-4 北山裂谷(Pz_2) Ⅲ-1-5 塔西南边缘裂谷（Pz_2） Ⅲ-1-6 铁格里克裂谷（Pt_3）
	Ⅲ-2 敦煌陆块	Ⅲ-2-1 柳园裂谷(C-P) Ⅲ-2-2 敦煌基底杂岩隆起（Pt_{2-3}） Ⅲ-2-3 阿尔金北陆核（Ar_3）
Ⅳ秦祁昆造山系	Ⅳ-1 北祁连弧盆系	Ⅳ-1-1 走廊弧后盆地（O-S） Ⅳ-1-2 走廊南山岛弧（∈-O） Ⅳ-1-3 北祁连蛇绿混杂岩带（O-S）
	Ⅳ-2 中—南祁连弧盆系	Ⅳ-2-1 中祁连岩浆弧（$O-D_1$） Ⅳ-2-2 疏勒南山—拉脊山蛇绿混杂岩带（O-S） Ⅳ-2-3 南祁连岩浆弧（$O-D_1$） Ⅳ-2-4 宗务隆山—夏河甘加裂谷（C-P）
	Ⅳ-3 全吉地块	
	Ⅳ-4 阿尔金弧盆系	Ⅳ-4-1 红柳沟—拉配泉蛇绿混杂岩带（∈-S） Ⅳ-4-2 阿中地块 Ⅳ-4-3 江嘎萨依—巴什瓦克高压变质增生杂岩带（∈） Ⅳ-4-4 阿帕-茫崖蛇绿混杂岩带（∈-S）
	Ⅳ-5 柴北缘结合带	Ⅳ-5-1 柴北缘蛇绿混杂岩带（∈-S） Ⅳ-5-2 滩间山火山弧（O）
	Ⅳ-6 柴达木地块	Ⅳ-6-1 柴达木盆地
	Ⅳ-7 西昆仑弧盆系	Ⅳ-7-1 奥依且克—塔木其岛弧（O-P） Ⅳ-7-2 库地-祁曼于特蛇绿混杂岩带（Pz_1） Ⅳ-7-3 柳什塔格—上其汉岛弧（O-P） Ⅳ-7-4 康西瓦—苏巴什蛇绿混杂岩带（C-P）
	Ⅳ-8 东昆仑弧盆系	Ⅳ-8-1 祁漫塔格北坡—夏日哈岩浆弧（O-S） Ⅳ-8-2 祁漫塔格蛇绿混杂岩带(Pz_1) Ⅳ-8-3 北昆仑岩浆弧（Pt_3-Pz_1） Ⅳ-8-4 乌鲁赛赤河弧间裂谷盆地（C） Ⅳ-8-5 鄂拉山陆缘弧（T） Ⅳ-8-6 赛什塘—兴海蛇绿混杂岩带(P-T)
	Ⅳ-9 南昆仑结合带	Ⅳ-9-1 东昆仑南坡俯冲增生杂岩带（Pz_1） Ⅳ-9-2 木孜塔格—西大滩—布青山蛇绿混杂岩带（P） Ⅳ-9-3 玛多—玛沁增生楔（$P-T_2$）
	Ⅳ-10 秦岭弧盆系	Ⅳ-10-1 宽坪弧后盆地（Pz_1） Ⅳ-10-2 北秦岭(二郎坪)岩浆弧（Pz_1） Ⅳ-10-3 商丹蛇绿混杂岩带（Pz_1） Ⅳ-10-4 中秦岭陆缘盆地（Pz_2） Ⅳ-10-5 泽库前陆盆地（T_{1-2}） Ⅳ-10-6 西倾山—南秦岭陆缘裂谷带（Pz_1） Ⅳ-10-7 武当陆缘裂谷(Nh) Ⅳ-10-8 勉略蛇绿混杂带（C-T）
	Ⅳ-11 大别—苏鲁地块	Ⅳ-11-1 大别高压-超高压变质岩系折返带 Ⅳ-11-2 苏鲁高压-超高压变质岩系折返带
Ⅴ 武夷—云开—台湾造山系	Ⅴ-1 郴州—萍乡—江绍结合带	
	Ⅴ-2 罗霄—云开弧盆系	Ⅴ-2-1 罗霄岩浆弧（S） Ⅴ-2-2 云开岛弧（S） Ⅴ-2-3 六万大山—大容山岩浆弧（P） Ⅴ-2-4 钦防残余盆地（$S-T_1$） Ⅴ-2-5 十万大山断陷盆地（J-K）
	Ⅴ-3 华夏地块	
	Ⅴ-4 东南沿海岩浆弧(J_3-K_1)	
	Ⅴ-5 海南地块	Ⅴ-5-1 五指山岛弧（Mz） Ⅴ-5-2 琼南碳酸岩台地(∈-O)
	Ⅴ-6 台湾弧盆系（Pz）	Ⅴ-6-1 台西前陆逆推带 Ⅴ-6-2 大南澳蛇绿混杂岩带(J-K、N_2)

续表 1

VI 扬子陆块区	VI-1 下扬子陆块	VI-1-1 下扬子（苏皖）前陆盆地（S_1-Pz_2） VI-1-2 怀玉山—天目山被动边缘盆地（Pz_1） VI-1-3 鄂中碳酸盐台地（Pz_1） VI-1-4 幕阜山（鄂东）被动边缘盆地（Pz_1） VI-1-5 江南古岛弧（Pt_{2-3}）（南华裂谷,Nh） VI-1-6 宜春断陷盆地(Pz_2)
	VI-2 上扬子古陆块	VI-2-1 米仓山—大巴山基底逆推带 VI-2-2 龙门山基底逆推带 VI-2-3 川中前陆盆地（Mz） VI-2-4 扬子陆块南部碳酸盐台地（Pz） VI-2-5 上扬子东南缘被动边缘盆地（Pz_1） VI-2-6 雪峰山陆缘裂谷盆地(Nh) VI-2-7 湘桂断陷盆地（Pz_2） VI-2-8 南盘江—右江前陆盆地（T） VI-2-9 富宁—那坡被动边缘盆地（Pz） VI-2-10 康滇基底断隆带(攀西上叠裂谷，P) VI-2-11 楚雄前陆盆地(Mz) VI-2-12 盐源—丽江陆缘裂谷盆地（Pz_2） VI-2-13 哀牢山基底逆推带
VII 西藏—三江造山系	VII-1 巴颜喀拉地块	VII-1-1 摩天岭陆缘裂谷盆地(Nh)(黄龙碳酸盐台地 Pz) VII-1-2 可可西里—松潘前陆盆地（T_3） VII-1-3 雅江残余盆地(T) VII-1-4 康西瓦—泉水沟前陆盆地（T_3）
	VII-2 三江弧盆系	VII-2-1 甘孜—理塘蛇绿混杂岩带(P_2-T_3) VII-2-2 义敦—沙鲁里岛弧（T_3） VII-2-3 中咱—中甸地块 VII-2-4 西金乌兰湖—金沙江—哀牢山蛇绿混杂岩带(C -T_2) VII-2-5 治多—江达—维西-绿春陆缘弧带(P_2-T) VII-2-6 昌都—兰坪双向弧后前陆盆地（Mz） VII-2-7 开心岭—杂多—景洪岩浆弧(P_2-T) VII-2-8 乌兰乌拉湖—澜沧江蛇绿混杂岩带（P_2-T_2） VII-2-9 碧罗雪山—崇山岩浆弧（P-T） VII-2-10 临沧岩浆弧（P-T）
	VII-3 羌塘弧盆系	VII-3-1 若拉岗日陆缘弧(T_3) VII-3-2 羌北地块(弧后前陆盆地， T_3-J) VII-3-3 塔什库尔干—甜水海地块 VII-3-4 托和平错—查多岗日洋岛海山增生带(C-P) VII-3-5 龙木错-双湖俯冲增生杂岩带（Pz_2-T_2） VII-3-6 南羌塘增生楔（Pz_2-T） VII-3-7 扎普—多不杂岩浆弧(J-K_1) VII-3-8 唐古拉—左贡地块
	VII-4 班公湖-怒江—昌宁—孟连结合带	VII-4-1 班公湖-怒江俯冲增生杂岩带（Pz_2-K_1） VII-4-2 东恰错增生弧(K) VII-4-3 聂荣残余弧(J) VII-4-4 嘉玉桥增生弧(J) VII-4-5 昌宁—孟连蛇绿混杂岩带（Pz_2）
	VII-5 拉达克—冈底斯弧盆系	VII-5-1 那曲-洛隆弧前盆地(T_3-J) VII-5-2 昂龙冈日—班戈—腾冲岩浆弧带(K) VII-5-3 狮泉河—申扎—嘉黎蛇绿混杂带(J-K) VII-5-4 措勤—申扎岛弧(J_3-K_1) VII-5-5 隆格尔—工布江达复合岛弧(P、T、K) VII-5-6 拉达克—南冈底斯—下察隅岩浆弧(J_3-K_1，K_2-E) VII-5-7 日喀则弧前盆地带(K_2)
	VII-6 雅鲁藏布江结合带	VII-6-1 雅鲁藏布蛇绿混杂带(T_3-E_1) VII-6-2 仲巴地块 VII-6-3 朗杰学增生楔(T_3)
	VII-7 喜马拉雅地块	VII-7-1 拉轨岗日被动陆缘盆地(P-K_1) VII-7-2 北喜马拉雅碳酸盐台地(O-E_2) VII-7-3 高喜马拉雅基底逆推带 VII-7-4 低喜马拉雅陆缘褶冲带
	VII-8 保山地块	VII-8-1 耿马被动陆缘(∈-T_2) VII-8-2 保山碳酸盐台地(∈-T_2) VII-8-3 潞西被动陆缘(Z-T_2)
	VII-9 崇左弧盆系	VII-9-1 灵马蛇绿混杂岩带（P-T_2）？ VII-9-2 崇左岛弧（P-T_2） VII-9-3 凭祥蛇绿混杂岩带（P-T_2）
VIII 印度陆块		VIII-1-1 锡伐利克后碰撞压陷盆地
IX 菲律宾造山系	IX-1 台东弧盆系	IX-1-1 奇美火山弧(N_2-Q_1) (菲律宾板块)

发育一套原岩为河流-滨浅海沉积和中基性或酸性火山岩[48, 49]。

汇聚碰撞后 1800~1600 Ma 期间，长城纪裂解事件群表现为基性岩墙群、超钾质火山岩、碱性花岗岩等一系列热-构造事件的岩石组合[50]。在华北陆块北缘有中元古代的燕山裂谷、渣尔泰—白云鄂博裂谷，华北陆块南缘的熊耳—西阳河裂谷[51, 52]。

自 1600 Ma 以后，中元古代蓟县系仍发育了具同生滑塌体系的碳酸盐台地、火山活动及黑色页岩缺氧事件等，相对稳定的伸展构造状态一直持续到 1200 Ma。其中，燕山裂谷最近被认为是弧后扩张的产物[53]。新元古代青白口系内虽然存在几个不整合面，但是可能为哥伦比亚超大陆解体后，华北古陆被动大陆边缘上的伸展不整合或层序界面(上超或下超)不整合，均不属于造山不整合。新元古代南华纪冰川地质事件具全球规模，有“雪球地球”之说，但华北陆块似乎未见冰期记录，在华北南缘和西南缘可见震旦系罗圈组和正目观组陆相冰碛岩，比扬子陆块南沱冰碛层年轻，而与全吉山地块红铁沟组相当[43, 54, 55]。表明华北大陆在元古宙时与扬子相距很远，一直持续至 600 Ma 左右。

寒武—奥陶纪是华北陆块区又一次碳酸岩台地形成期，以碳酸盐岩为主夹少量细碎屑岩的浅海陆架沉积广布，构成了陆块区的盖层。但在贺兰山及鄂尔多斯西南缘，可见奥陶纪重力流-海底扇沉积，既有碳酸盐岩重力流，也有陆源碎屑重力流。晚奥陶世到早石炭世，除鄂尔多斯西缘出现晚奥陶世和早石炭世沉积外，华北陆块区整体抬升上隆成剥蚀区，有可能是华北陆块与扬子陆块碰撞的后继效应。早石炭世晚期古亚洲洋板块向华北陆块俯冲，在华北北缘发育了安第斯型活动边缘，其北缘转化为活动边缘[56-58]，大量闪长岩-石英闪长岩-花岗闪长岩侵位[57]，并发育了一些岛弧火山岩[58]，至二叠纪古亚洲洋最终消亡。晚石炭世—早二叠世发育陆表海沉积，中二叠世到中三叠世为陆相沉积。

中—晚三叠世，受与古太平洋板块相互作用制约构造体制发现重大转折，进入东西分异、差异隆升活动阶段。在华北北部发现的碱性—超基性岩、A 型花岗岩和闪长岩(225 Ma)中麻粒岩和堆晶岩包体，暗示华北早中生代已存在底侵作用[59]。中晚侏罗世之交(161 Ma 前后)所谓的燕山运动的命名地，北京西山髫山地区的构造运动和变形方式，不是造山事件，而是伸展断陷作用的一种表现形式[59-61]，而且晚侏罗世后城组火山岩具有双峰式组合特征[62]。

早白垩世(145.5~99.6 Ma)时期，华北陆块发育变质核杂岩、底侵热隆构造、大面积火山喷发碱性花岗岩、基性岩墙群，地热流值和地温梯度增高、大规模成矿作用、郯庐断裂左行走滑拉分盆地的形成等。表明华北陆块区进入全面的伸展阶段，这已为中国地质界所共识。大多数学者将这一时期岩石圈减薄、岩石圈根拆沉、或者软流圈上涌的大变革时期[59, 63-66]。

2)扬子陆块区

前新元古代的扬子陆块区克拉通基底太古宙及古元古代地层出露很少，依据地质、地球物理资料，通常推断四川盆地之下为陆核。以湖北崆岭岩群保存范围较大[67, 68]。从东冲河杂岩的花岗片麻岩中获得大于 3000 Ma 的数据[69]，黄陵背斜水月寺岩群的辉石片麻岩(原岩奥长花岗岩)的锆石 U-Pb 等时线上交点年龄(2891±160) Ma，侵入其中的花岗闪长岩锆石 Pb-Pb 等时线年龄 2315 Ma[70]，而以中元古代中低级变质火山-沉积岩系广泛发育为特色的上扬子古陆西缘的碧口群、通木梁群、白水群、黄水河群，康滇带的会理群、昆阳群，东南缘梵净山群、四堡群、冷家溪群，以及中—新元古代赣北的九岭群、双桥山群、皖南的上溪群、浙西北的双溪坞群为代表[71-76]。总体表现为扬子周边由岛弧-弧后盆地组成的弧-盆系火山-浊流沉积组合类型。九岭山南麓存在宜丰—南昌混杂岩组合[77, 78](需进一步认证)，东乡—德兴—歙县含蓝片岩蛇绿混杂岩恢复为弧后洋盆俯冲消减的产物。其南东侧怀玉火山弧被认为是发育在洋壳基础上，怀玉基性火山岩以高硅高钛、低碱、拉斑玄武岩系列具洋壳亲缘性为特征，并与深水火山碎屑浊积岩系与碧玉岩共生[77]，更可能是原华南大洋洋壳俯冲相关的增生弧。宜丰九岭群火山岩为岛弧高铝玄武岩和拉斑玄武岩，显示江南九岭岩浆弧主体表现为近东西向水下岛链环境[77]，其南为万年岛弧。冷家溪群为鲍玛序列发育的富含凝灰质的砂泥质浊积岩，表现为相对稳定的弧后盆地相沉积[79, 80]。而江绍—萍乡蛇绿混杂带中双溪坞群的岩石地球化学特征与洋内弧构造环境相似[81]。但最新的 1:25 万区调已将平水组细碧角斑岩解体出来，并与共生的沉积地层一起建立了平水群，专指一套海相火山-沉积建造，而双溪坞群则以章村组为代表，属陆缘弧环境的陆相火山-沉积建造。新元古代南华纪期间，扬子陆块边缘是弧-

盆系继续发育?还是表现为广泛的大陆边缘裂谷?尤其是 817~829 Ma 的大规模花岗岩侵位是弧岩浆岩? 还是裂谷期的表现? 仍存在激烈的争论[82,83]。

晋宁期造山事件后, 在扬子东南缘普遍发育的风化剥蚀面,湖南的石桥铺组、苍水铺组,浙北的骆家铺组等代表填平补齐的陆相沉积,而康滇、江南两带为隆起剥蚀区。雪峰隆起的构造性质及其对扬子东南缘古生代盆地的制约需进一步探讨[84]。南华纪早期(800~700 Ma)在扬子东南缘和西缘,出现弧陆碰撞后上叠裂谷盆地。裂谷盆地中充填沉积了浙北上墅、赣北叶家及康滇苏雄、开建桥等双峰式陆相火山岩组合和桂北三门街海相火山喷发 (760~780 Ma)。从莲沱沉积期开始,裂谷盆地由裂陷沉降逐渐过渡萎缩[85],至南沱期冰碛岩广布于扬子陆块。其后灯影期沉积盖层的广泛超覆,构筑了初始碳酸岩台地,中晚寒武世—奥陶纪的进积式碳酸岩台地, 以及石炭—二叠纪(至茅口期)的退积式镶边碳酸岩台地[86,87]。从南华纪到早古生代的扬子陆块, 似乎整体上位于原特提洋(含华南洋)海域中,类似于大巴哈马式台地的大陆岛。在扬子陆块西南缘的南盘江—右江石炭—二叠纪多个碳酸岩台地和其间含放射虫硅质岩的深海盆地, 台-盆相间的海相沉积一直延续到中三叠世,晚三叠世转化为前陆盆地[88]。二叠纪中期扬子西缘有大规模玄武岩喷溢。扬子陆块古生代时长期处于赤道附近,温热的古气候环境,陆表海及浅水海陆交互相沉积了多套富含有机质生烃层系。侏罗纪以来, 川东、黔西南地区发育多层次大型席状逆冲-推覆构造[89]。下扬子地区与华北太行山以东一起转换为太平洋俯冲制约的活动大陆边缘组成部分。

长期以来, 大地构造上湘桂陆缘带被归于华南加里东造山带或华南板块的一部分, 但其地质构造演化特征总体上表现为江南岛弧与扬子大陆在新元古代早期的弧-陆碰撞后,在扬子大陆东南侧陆缘,早古生代为陆坡钙屑浊流加积楔沉积面貌, 晚古生代发育自北向南由陆表向深水盆地东西向"台-盆"相间的沉积格局[86,90]。

3)塔里木陆块区

塔里木陆块区主体是相当于晋宁(1000~850 Ma)造山事件转化为相对稳定的大陆块,由前南华纪变质基底和南华纪及其以后的沉积盖层组成。前新元古代的地质记录,由于中、新生代以来的强烈沉降,主要出露于周边的基底逆冲推覆带及敦煌陆块[38,91,92]。在阿克塔什塔格新太古代 TTG 片麻岩中获得锆石 U-Pb 年龄(3605±43) Ma[55,93],是目前中国西部最古老地壳。并在 2500~2300 Ma 期间发育钾长花岗岩片麻岩和双峰式特征的岩浆岩,指示新太古代末、古元古代初的伸展体制。库鲁克塔格的古元古代兴地群等经历了角闪岩相, 局部达麻粒岩相变质作用的火山-沉积岩系,并存在 1800~2000 Ma 岩浆侵入的构造-热事件,可能反映哥伦比亚超大陆拼合的信息。中元古代主体为富含叠层石的碳酸岩台地沉积,在铁克里克等地以埃连卡特群为代表, 经石榴子石角闪岩相变质作用的火山-沉积岩系中的双峰式火山岩[94],是产于弧后靠近大陆边缘一侧的裂解产物[43]。阿克苏群变质基性岩中含有新元古代 (962 Ma±12 Ma)的蓝闪石片岩[95,96],提供了青白口纪以前可能存在大洋岩石圈俯冲消减的信息。所有中元古代及其以前的地层均发生强烈变质变形变位。新元古代塔里木陆块区的沉积特征与扬子陆块的南华系和震旦系相似且可比, 均发育南沱期冰碛层。显示了 Rodinia 超大陆汇聚与裂解的地质记录。震旦纪时主体为初始碳酸岩台地但在边缘发育多层双峰式成分特征的火山岩[97-99]。与扬子陆块新元古代时先裂解后有"冰盖"及台地的构造层序特征有明显的差异。寒武纪—早奥陶世时发育退积式镶边碳酸岩台地,台缘斜坡为细屑浊积岩及含包卷构造的硅质岩,中晚奥陶世为淹没碳酸岩台地,出现夭折前陆盆地,石炭纪时又显示了阶梯式海侵台地[100],中二叠世中西部有大规模玄武岩喷发, 晚二叠世时的陆相磨拉石表现为前陆盆地的构造古地理格架[101]。中生代时转变为内陆盆地,晚白垩世和古近纪时有海相沉积,现今的盆地面貌形成于新近纪。

4)天山—兴蒙造山系

天山—兴蒙造山系位于塔里木—华北陆块群之北,亲西伯利亚大陆块群之南,由古生代多岛弧盆系及一系列结合带和前南华—震旦纪裂解地块镶嵌组成的复杂的构造区域。从更广的视野,被大多数学者称为古亚洲洋构造域[3]或中亚构造域[102-110],国际称中亚造山带[111-114]或阿尔泰造山系(Altaids)[115,116]。为归纳论述该造山系的基本特征及构造演化过程,笔者暂设定, 以斋桑—额尔齐斯—索伦山—温都尔庙—西拉木伦—图门结合带为古亚洲洋岩石圈消亡的构造残迹。则其北的阿尔泰弧盆系、大兴安岭弧盆系古生代的构造演化与古亚洲大洋岩石圈向北的俯

冲和西伯利亚大陆岩石圈的相互作用密切相关。导致早、晚古生代岛弧,发育文德系的裂离地块和弧后洋盆或边缘海盆地相间错列, 构成特定组成结构的洋陆体制转换的多岛弧盆系构造系统。既有大洋岩石圈俯冲制约岛弧造山作用,如阿尔泰陆缘弧、北准噶尔洋内弧、大兴安岭弧盆系,又有受弧后洋盆俯冲消减制约的扎兰屯—多宝山岛弧造山带(Pz_2)以及额尔古纳岛弧造山带。其南侧受早古生代古亚洲洋洋壳向南俯冲,自北向南依次形成温都尔庙俯冲消减增生杂岩, 白乃庙岛弧及塔林官—徐尼乌苏弧后盆地 (S_{2-3})[117, 118]。在下二台—呼兰镇岩浆弧(O-S)中,自北而南可识别出放牛沟前缘弧—桃山—弯冈弧间裂谷盆地—下二台火山弧—呼兰镇弧后盆地[119]。

天山弧盆系与西准噶尔弧盆系是李春昱所称的哈萨克斯坦中间板块向东延展的一部分,其中的裂离地块是源自西伯利亚大陆块还是其他大陆尚有争议,而伊犁地块基底和盖层与塔里木有一定的相似性。奥陶—志留纪博洛科努陆缘弧和中蒙边境园包山岩浆弧的发育似乎指示受控于古亚洲洋向南俯冲的制约,并导致天山弧盆系、北山弧盆系的形成[120, 121]。南天山弧后洋盆的俯冲消减制约了巴音布鲁克岩浆弧[122-124]。红柳泉—洗肠井弧后洋盆的俯冲消减控制了北山弧盆系、东准噶尔弧盆系。主体表现为受古亚洲洋向南俯冲的泥盆纪弧-陆碰撞岛弧造山作用。

天山、准噶尔、吐哈、北山广泛发育的石炭纪双峰式火山沉积岩系、富碱中酸性侵入岩,以及早二叠世含铜镍矿的幔源基性—超基性侵入杂岩[121],显示出天山—兴蒙造山系西段泥盆纪末—早石炭世初洋壳俯冲消亡, 碰撞造山后的裂谷作用是该造山系一个重要特征[125]。在东北地区,叠加了类似科迪勒拉大陆边缘大兴安岭的三叠—侏罗纪的火山-沉积岩系及同时代大面积的花岗岩侵入, 其成因与蒙古鄂霍次克洋的俯冲消亡演化有关[108, 126, 127]。其东缘中生代小兴安岭弧盆系、佳木斯地块的裂离、完达山(那达哈达)中生代俯冲增生楔[108, 119, 128-130],可能受控于古太平洋的俯冲消减。

该造山系另一个突出特征是, 在新生代时受印度板块与欧亚大陆板块碰撞影响[131, 132],在西北地区形成独特的走滑挤压背景下的盆山格局。

5)武夷—云开—台湾造山系

该造山系主体由罗霄—云开弧盆系、华夏地块、东南沿海岩浆弧等单元组成[78, 133-139]。由于中—新生代强烈的构造-岩浆活动等改造,基本的构造格架、时空演化尚有许多不确定性。造山系与扬子陆块的分界带为钦州湾—杭州湾结合带[136],或称绍兴—江山对接带[140],本文称郴州—萍乡—江绍结合带。在东段的江绍蛇绿混杂带有一定的资料依据, 在浙东陈蔡、龙游中、新元古代蛇绿岩的发现[141]。而其西南延伸在萍乡—郴州带仅表现为大断裂带, 但与大地电磁测深分界线一致。该带多数学者认为是扬子陆块与华夏陆块之间的华南洋在晋宁期向北俯冲消亡。江绍—萍乡蛇绿混杂带, 陈蔡群中被肢解的蛇绿岩所代表的时代,有(988.6 ±40.2) Ma 的年龄数据,向北俯冲形成的江南岛弧,东北段为皖浙赣岛弧,休宁花岗岩、石耳山花岗岩 (碰撞型) 年代为 963~977 Ma,其中岛弧之北有伏川—樟树墩弧后洋盆,时代为 930~1150 Ma[137],弧后洋盆消减形成歙县—德兴蛇绿混杂带。但由于在江绍带碰撞过程糜棱岩同位素年龄 377~400 Ma,绍兴、诸暨、龙泉乌岙铅锌矿成矿时代为 400~500 Ma[139],也有学者认为应延续为早古生代。华南洋向南东斜向俯冲消减,导致罗霄—云开岩浆弧的形成,扬子东南缘从寒武—早奥陶世末的被动大陆边缘转化为晚奥陶世—志留纪的前陆盆地,以及钦防海槽残留盆地的记录[142]。所谓早奥陶世郁南运动、中晚奥陶世与早志留世北流运动、晚志留世末的广西运动, 只是华南洋消亡过程斜向弧陆碰撞、不整合沉积的砾岩层位的时空迁移演变。

罗霄—云开弧盆系依附于中深变质基底的华夏地块,华夏地块的西北边缘自前南华纪的神功群、南华纪上施组以及早震旦世到奥陶纪巨厚的碎屑岩偶夹碳硅泥和细碧岩组合的浊积岩系, 显示了华夏地块长达 600 Ma 以上的陆缘裂谷演化过程, 也暗示了华南洋并没有在中元古代末晋宁期消亡。其中的寒武—奥陶纪地层,夹有中酸性火山碎屑岩,在粤中马山地区产出的奥陶纪流纹岩-安山岩,与附近的 I 型花岗岩同源[137],在赣西南、桂北花岗岩岩体的同位素年龄为 415~512 Ma [42],460~430 Ma 数量不多的 I 型花岗岩,430~400 Ma 规模大的同碰撞 S 型花岗岩[142],泥盆纪石英质砾岩和石英砂岩广泛角度不整合覆盖于强烈褶皱变形的前泥盆系之上, 反映了华南洋在早古生代时俯冲-碰撞演化过程。六万大山—大容山二叠纪岩浆弧是钦防残余洋盆向东俯冲削减相关的地质记录。

华夏地块基底时代、性质尚有不同认识[69, 70, 143],华

夏地块内中元古界—震旦系—下古生界呈线带状分布于武夷山中南段，属海相泥砂碎屑岩和火山岩复理石建造,推测其构造环境为陆内裂谷,所以华夏地块新元古界—下古生界不是典型的扬子型盖层沉积。在其东南的永安—梅县裂陷带发育石炭—二叠纪滑塌角砾灰岩、角砾状硅质岩、浊积岩及海底火山热液喷流铜锌多金属矿和铁矿[139]。

在上虞—政和—大埔—海丰断裂带,近年来发现的无根的橄榄岩、辉石岩、辉长岩、玄武岩、大理岩等岩块,在强烈变形的寒武—奥陶纪复理石岩系中,该蛇绿混杂带被认为是古华南洋向北俯冲消减的产物 [137],可能代表华夏地块东侧的弧后洋盆的俯冲消减带。

值得指出的是，在茶陵—郴州断裂以东有武功—诸广山岛弧（武夷—云开弧盆系的一部分),其东闽西北以龙山组岛弧型火山岩覆于中深变质变形的麻源群和迪口群之上。在两个岛弧之间,在赣南一带出露有寒武—奥陶系深水浊积岩等深流沉积,并有细碧岩、硅质岩,属于洋壳基底上深水沉积[133]。所以，华夏地块在早古生代时也被认为是以陆壳为基底的岛弧，则两个岛弧之间的深水盆地，大致沿邵武—崇安一线,可能也是弧后盆地。

东南沿海岩浆弧空间上叠置于郭令智等所称的海西印支期岛弧褶皱系上[137],至今未见有凭据的新元古代至早古生代沉积。主体为晚侏罗世(158~118 Ma)陆相高钾钙碱性中酸性火山岩组合,白垩纪早期陆相高钾钙碱性双峰式组合，晚期英安岩–流纹岩组合,均有同期同源的 I 型花岗岩侵位,是西太平洋亚洲大陆边缘火山构造成矿带的重要组成部分[65]。其东侧的南澳—长乐带和河口—屯昌带，被认为是古特提斯俯冲消减的结合带[139, 144]。但南澳—长乐带有可能是一条陆缘弧走滑逆推带,不具备构造单元边界意义。

海南岛地块是其构造属性尚难确定的一个单元,基底是古—中元古代的变质地层,但分布零星。早古生代仅在琼南残留碳酸盐岩台地，其北为被动边缘沉积,石炭—二叠纪为活动陆缘型沉积,下中部有双峰式火山岩,三叠纪的巨大弧花岗岩的侵位,河口—屯昌蛇绿混杂带(199~263 Ma)的厘定,暗示与古特提斯带的演化密切相关[145]。

台湾岛主体是弧–陆碰撞造山带的典型实例[146–148],大南澳蛇绿混杂带中既有侏罗—白垩纪俯冲增生楔,含二叠纪绿片岩、石英片岩、大理岩、角闪岩和镁铁质–超镁铁质岩,含晚白垩世的高压蓝片岩,又可见新近纪的俯冲增生楔。台湾西部地区是在古近纪裂陷盆地基础上转化为新近纪的前陆盆地。

6)秦祁昆造山系

秦祁昆造山系位于康西瓦—木孜塔格—玛沁—勉县—略阳结合带以北,塔里木陆块、华北陆块以南的带状区域,也有学者称中央造山带[149–152]或中央造山系[153, 154]。包括红柳沟—拉配泉—北祁连结合带、北祁连弧盆系、中南祁连弧盆系、疏勒南山—拉脊山结合带、阿中地块、阿帕—茫崖—柴北缘结合带、柴达木地块、西昆仑弧盆系、东昆仑弧盆系、秦岭弧盆系、大别—苏鲁地块、康西瓦—南昆仑—玛多—略阳结合带等次级单元。

造山系内尚无确凿依据的太古宙地质记录,目前最老地质体全吉地块的德令哈杂岩，同位素年龄为 2300~2500 Ma [43, 55],古元古代晚期(2000~1800 Ma)构造–热事件表现为深熔作用、变质作用和岩浆侵入,为早期造山作用的记录。中元古代时,西昆仑的塔昔达坂群火山岩产于洋内弧环境[155],北祁连的朱龙关群、镜铁山群构成走廊南山的基底,湟源群为中祁连岩浆弧的基底岩系。晋宁期(850~1000 Ma),柴达木、欧龙布鲁克、阿尔金、祁连、北昆仑等地块中均有过铝质钙碱性岛弧型花岗岩侵位，暗示这些地块与扬子陆块的的亲缘性。其上南华纪的白杨沟群(北祁连)、湟源群下部(中祁连)、欧龙布鲁克的全吉群等冰川海相沉积，均可与塔里木的特瑞爱肯冰碛层及扬子南沱冰碛层对比[43],结合前南华纪变质基底上各地块中双峰式裂谷火山岩套和拉斑玄武岩(800 Ma±),表明原特提斯的形成,在中国西部表现为塔里木陆块与扬子大陆的裂解，而其间的各地块是残留在原特提斯海洋中的碎块。

晚寒武世—奥陶纪时，秦祁昆构造区受原特提斯大洋岩石圈向北俯冲以及古亚洲洋向南俯冲双重制约。与东南亚多岛弧盆系受控于印度洋和太平洋双向俯冲相类似。近东西向的北昆仑岩浆弧为前锋弧,南昆仑早古生代的万宝沟群、纳赤台群及晚古生代的布青山群[156–162],实质上是洋壳俯冲消减过程的增生楔杂岩。在昆仑前锋弧的北侧,祁曼塔格、阿尔金、祁连山等地的南华纪—早古生代地质历史[163–168],存在多岛弧、弧后海底扩张、洋盆错列相间的时空构造格局，经历弧后盆地萎缩、俯冲消亡和弧–弧碰撞、弧–陆碰撞的构造过程。柴北缘绿梁山蛇绿岩残留时代为 800~750 Ma[169],混杂于早古生代洋壳消减

增生杂岩之中，其北滩间山火山弧 510~470 Ma，同碰撞弧花岗岩 440~450 Ma，超高压榴辉岩的形成时代为 495~443 Ma[55, 170, 171]。阿帕—芒崖蛇绿混杂带中玄武岩时代为(481.3±53)Ma[172]，红柳沟—拉配泉蛇绿混杂带蛇绿岩中玄武岩 Sm-Nd 年龄为 508~524 Ma[170, 173]，两者相对双向俯冲，在阿中地块有大量奥陶纪岛弧花岗岩侵位，表明阿中地块在奥陶纪时具岩浆弧的属性。库地蛇绿岩枕状玄武岩年龄为(428±19)Ma[43]，石英辉长岩年龄为(510±4)Ma，主体发生时段被认为是新元古代—早古生代[174, 175]，其北塔木其岛弧花岗岩时代为 437.4 Ma❶，弧火山岩时代为 462.72~480.5 Ma。北祁连吊大坂—玉石沟—川刺沟蛇绿岩时代为 522~495 Ma，扩张速率 1.95~2.38cm/a，洋盆宽为 1080~2140 km，洋盆向北俯冲形成走廊南山岛弧，其北的弧后扩张形成了白泉门—九个泉弧后盆地，其蛇绿岩时代为 469~454 Ma[176, 177]。北祁连洋盆向南俯冲，在中祁连岩浆弧北缘发育阿拉斯加岛弧型角闪辉石橄榄岩带，辉长岩 Rb-Sr 年龄为 439.7 Ma[178]。俯冲增生杂岩带形成于 450~420 Ma，其中含蓝闪石、榴辉岩等高压变质岩块[179]。碰撞之后该区大部分地区于泥盆纪转化为陆地，泥盆纪磨拉石不整合在下伏构造地层单位之上。从走廊—北祁连—中南祁连，石炭纪为较为稳定的浅海相生物碳酸盐岩沉积，其下与晚泥盆世连续沉积(走廊及中南祁连均有此类现象)，而中晚泥盆世沉积同下伏地质体呈区域性不整合；在走廊及北祁连向上转化为陆相的二叠纪碎屑沉积，在中南祁连向上与二叠纪及早中三叠世浅海相碎屑沉积连续过渡。从晚泥盆世—早石炭世的沉积充填序列表现为退积型，沉积层中未见火山岩出露，生物发育，厚度相对稳定。构造属性与裂谷或裂陷盆地不同，是发育在早古生代碰撞造山带基底之上的一种伸展盆地，或上叠盆地。联系到兴海一带和青藏高原北部近来所发现的晚泥盆世基性岩墙，表明在晚泥盆世曾经存在过一次大陆地壳的伸展。沿宗务隆—同仁隆务峡及其以南的部分地区，石炭—二叠纪时期在碰撞后地壳伸展背景下形成裂陷盆地或小洋盆[180-183]。晚古生代末—三叠纪东昆仑带受控于洋壳俯冲消减形成陆缘弧造山岩浆弧(260~230 Ma)。弧陆碰撞阶段钾玄岩系列火成岩的大规模产出，以及角闪辉长岩 (222~226 Ma)、辉绿岩等幔源岩浆底侵，显示晚三叠世已出现向伸展体制转换[184, 185]。

秦岭—大别造山带研究已有重大进展[186-199]。特别需要指出的是，秦岭地区的丹凤群、李子园群构成早古生代的火山岛弧，其南的古生代地层，长期以来被作为扬子北部被动边缘，晚古生代的沉积盆地性质存在重大分歧[29, 200, 201]，也有研究认为，盆地基底为洋壳、多为碳酸盐岩孤岛台地及弧前增生楔洋底，总体表现为弧前增生的背驮型盆地体系[202, 203]。西秦岭早—中三叠世沉积盆地性质需进一步厘定。大别山岩石构造组合的主体是以陆壳成因为主的英山—新县超高压榴辉岩变质带，可能为洋壳成因的红安—太湖超高压榴辉岩变质带和扬子陆缘基底俯冲卷入的大别角闪岩相花岗片麻岩及陆缘盖层宿松群、张八岭群卷入俯冲增生的变质杂岩。榴辉岩变质带于晚三叠世从 120 km 深度开始折返，于 190~130 Ma 折返侵位到上地壳[198]。苏鲁高压超高压带与大别具有类似的地质特征[197]。苏鲁超高压变质岩的主形成期(210~220 Ma)比大别的(230~240 Ma)晚，俯冲深度也更大[204]。但关于超高压岩石的形成机制、时代及折返过程，仍有新的设想[205-208]。

7)西藏—三江造山系

青藏高原及三江地区近 20 多年的研究有了一系列进展和成果[157, 158, 209-231]。该区北以康西瓦—木孜塔格—玛沁—勉县—略阳结合带为界，南抵锡伐利克后碰撞压陷盆地带。包括巴颜喀拉地块、三江弧盆系、羌塘弧盆系、班公湖—怒江—昌宁—孟连结合带、拉达克—冈底斯弧盆系、雅鲁藏布江结合带、喜马拉雅地块、保山地块等次级单元。

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧裂离出唐古拉—他念他翁残余弧是晚古生代的前锋弧[157]。东昆仑双峰式火山碎屑岩建造及基性岩墙群 ((348.5±0.6)~(345.7±0.9)Ma，Ar-Ar)[229]，羌塘中央高地达日优—玛依岗日一带基性岩墙群广布(314~299 Ma)[232-234]，可可西里湖一带发育的移山湖辉绿岩墙，玉树—金沙江一带的岩墙群、石炭纪枕状玄武岩的厘定，北澜沧江带双峰式火山-沉积裂谷盆地的形成，以及双湖地区晚泥盆世法门期放射虫硅质岩的发育，记录了昆南—羌塘—三江构造区晚古生代的裂解，出现了小洋盆与裂离地块相间的多岛弧盆系的构造格局[157, 227]，表

❶韩芳林，崔建堂，计文化，等. 1:25 万于田县幅区域地质调查报告. 陕西地质调查院，2004.

现为特提斯大洋北东侧泛华夏大陆南西侧的活动边缘;同时伸展裂解作用波及到北部昆仑、祁连—西秦岭等地区,形成了石炭纪—中二叠世堑(有的已扩张成洋盆)-垒相间的古沉积构造格局。石炭纪和二叠纪的生物组合特征显示昆仑、塔里木、祁连与羌塘地区一致,主体属于特提斯暖水型动物群,与华南地区的同期生物群可以对比。中晚二叠世的构造汇聚事件,表现为南昆仑、金沙江—西金乌兰、乌兰乌拉—北澜沧江等多数小洋盆发生俯冲消减,相应在北羌塘南缘、杂多—类乌齐、江达—德钦发育陆缘火山弧或火山岛链,在东西昆仑有中晚二叠世之间的不整合和晚二叠世沉积相的突变。在羌塘地区发育江爱山岩浆弧,昌都江达地区下三叠统普水桥组不整合在花岗岩之上,以及可可西里一带的上二叠统—下三叠统汉台山群与下伏隆宝蛇绿混杂岩的角度不整合。

古生代特提斯大洋南侧印度陆块北缘奥陶系底界面记录了泛非造山事件,随后长达 0.5 Ga 的浅海被动陆缘沉积(厚 10000 m 以上)与古生代—中生代特提斯洋的扩张有密切联系。冈瓦纳大陆北侧石炭纪—二叠纪发育以陆缘冰水成因的含砾砂板岩,向北深海盆地中含冰筏消融坠砾石的硅泥质远源浊积岩为特征。北缘冈底斯地区,发生来姑—洛巴堆陆缘弧火山作用,在喜马拉雅地区色龙—吉隆—那不如一带出现二叠纪裂谷型拉斑玄武岩喷溢[235]。

中三叠世的构造汇聚事件使羌塘—三江构造区多数洋盆继续俯冲消减、裂谷盆地闭合,仅在歇武—甘孜一带尚有洋盆扩张的记录,但同期的柯南群岛弧火山岩、巴塘群和苟鲁山克错组的沉积充填序列都说明总体仍处在收缩构造体制之中,羌塘—三江和昆仑之间的巴颜喀拉地区转化为残留海盆。昆仑(昆北、昆中)及其以北地区早—中三叠世地层角度不整合于前三叠纪地层之上,沉积层序特点反映由滨浅海—半深海斜坡相演变。全区乃至泛华夏陆块群的最终拼合、碰撞、褶皱造山完成于中晚三叠世之交。表现在昌都陆块甲丕拉组与下伏地层的不整合、苟鲁山克措组与下伏地层的不整合、结扎群与下伏乌丽群的角度不整合等关系。晚三叠世巴颜喀拉带、唐古拉南盆地、左贡等地转化为前陆盆地,以及一系列晚三叠世岩浆弧碰撞型的花岗岩、陆相弧火山岩的发育和极浅的区域动力变质。在羌塘“中央隆起带”发育东西长达 600 km、南北宽约 120 km 的俯冲增生楔,其中发现规模巨大的高压多硅白云母-蓝片岩带(222.5~220 Ma),并有榴辉岩呈透镜体状产出[233]。至此,羌塘—三江、可可西里—巴颜喀拉与秦祁昆完成最终拼接。

早中三叠世时,冈底斯带继承了晚古生代构造演化趋势,但大部分区域隆升,表现为陆缘弧上的查曲浦弧火山活动,以及雅鲁藏布初始裂陷盆地的形成。那曲北西一带中三叠世放射虫硅质岩、玄武岩及海底滑塌碳酸盐重力流沉积,可能代表与特提斯大洋向南俯冲系统相关的弧前岩石组合。晚三叠世时,在冈底斯—喜马拉雅带发生了一系列地质事件群,包括冈底斯地块与印度陆块的分离、亚洲大陆板块(含羌塘—三江)与冈底斯东段嘉玉桥弧-陆碰撞、左贡等前陆盆地的形成、隆格尔—工布江达岩浆弧的成型、伯舒拉岭火山岩浆弧的发育、嘉黎—波密弧间裂谷盆地、确哈拉弧前盆地的发育、雅鲁藏布洋盆的扩张等。早中侏罗世时,冈底斯带东段南侧发育具有双峰式火山活动特征的叶巴火山弧,暗示雅鲁藏布洋盆东段初始向北的低角度俯冲,而拉贡塘弧火山岩浆活动可能是受班公湖—怒江特提斯洋向南低角度俯冲制约的张性弧构造背景下的产物。可能受特提斯洋向南俯冲的影响,嘉黎—波密弧间裂谷盆地扩张成洋,伯舒拉岭岛弧成型。晚侏罗世时,冈底斯地区呈现出复杂的多岛弧盆系格局。冈底斯南缘桑日增生弧与冈底斯北部同时代的则弄火山岩浆弧、班戈火山岩浆弧及其间的弧间裂谷盆地进一步扩张成有限小洋盆,揭示了班公湖—怒江特提斯洋向南与雅鲁藏布新特提斯洋向北的双向俯冲[236]。这种动力学背景与东南亚马来西亚半岛—沙捞越—加里曼丹西部及苏门答腊中北部发育的二叠纪火山岩浆弧系统具有相似性:如在苏门答腊地区与朝向亚洲的俯冲系统有关,而在加里曼加地区则与朝向印度洋的俯冲系统有关[238]。这种双向俯冲的地球动力学系统在多岛弧盆系构造区内可能是一种普遍现象,并延续到弧后洋盆俯冲、萎缩消亡、弧-弧或弧-陆碰撞全过程[237]。

早白垩世时,冈底斯带存在同样的双向俯冲系统,班公湖—怒江特提斯洋后退式俯冲导致东恰错增生弧的形成。沿隆格尔—念青唐古拉复合古岛弧带东部出现了与地壳增厚事件有关的淡色花岗岩的侵位。晚白垩世时,班公湖—怒江特提斯洋最终消亡,亚洲大陆与冈底斯复合岛弧发生强烈的弧-陆碰撞,在弧后前陆区发育狭窄但巨厚的竞柱山组磨

拉石沉积。雅鲁藏布洋盆进一步向北俯冲,南冈底斯火山岩浆弧增生在隆格尔—念青唐古拉复合古岛弧带南侧,并叠置于叶巴火山弧和桑日火山弧之上,地壳开始发生强烈的横向增生造弧作用。相应地,在其弧背位置则发育设兴组海陆交互相沉积,在其弧前位置发育日喀则深海浊积岩、海底扇沉积及与浊积岩建隆过程有关的弧前陆棚碳酸盐岩沉积。白垩纪末—始新世时期发生的大陆碰撞事件,表现为南冈底斯大陆边缘俯冲造弧的科迪勒拉型造山作用,后陆褶皱-逆冲带、班公湖—怒江走滑拉分带的形成、特提斯残余海的彻底消亡以及横断山走滑转换造山带的再生。随后于中新世期间形成规模宏大的喜马拉雅大陆边缘造山带。

崇左弧盆系是广西地质调查院新近划出的二级构造单元,主要由灵马弧后洋盆消减形成的蛇绿混杂带,二叠纪—中三叠世崇左岛弧及凭祥蛇混杂带组成。考虑到主体表现与特提斯三江带演化密切相关,暂置于西藏—三江造山系,但也有学者建议置于武夷—云开造山系。

8)印度陆块

在中国境内表现为锡伐利克后碰撞冲断型压陷盆地。

9)菲律宾造山系—台东火山弧

台东海岸山脉新近纪的奇美火成杂岩,近海的绿岛及兰屿火山弧是菲律宾-吕宋增生弧北延的组成部分。菲律宾板块向北西俯冲形成琉球-冲绳弧盆系,台湾北部的大屯、基隆火山群及其东缘的火山岛是琉球弧的西南延部分[148]。

5 中国大地构造研究重大地质科学问题

近 10 年来区域地质调查和专项的、综合的研究过程中所获得的新认识、新发现等重要成果在全国构造格架和地质构造演化中的地位及其作用需要进一步的梳理、集成、综合研究,一些重要的构造界线(蛇绿混杂带)时空结构、形成过程的厘定及各带的对比、完善构造-地层分区及地层系统、不整合界面的类型及构造性质的研究、构造变质事件时空分布、构造岩浆岩带的时空格架、各类沉积盆地性质与构造环境等需要进一步的梳理与区域对比,整体上提高大陆块及造山带基础地质调查与研究的水平。

至今还没有系统原创性的新的大地构造理念和方法编制的、比较有效地运用于矿产资源预测的“中国大地构造分区图”。大地构造图的编制过程,需要对科学理论层次上的问题,学术争论的观念层次上的问题,以及有待解剖的关键性、基础性地质问题,进行追根朔源的苦思求索,考证有据的认识,时空结构精细的分析理解。

1)从科学探索的理论层次上,有三大起源问题:古亚洲洋和原-古特提斯洋起源于 Rodinia 超大陆的解体;青藏高原的形成起源于特提斯构造演化;亚洲大陆生态环境变化起源于青藏高原隆升。

三大起源问题引伸外延有全球构造、地球系统科学的一系列问题:全球超大陆的汇聚裂解的时空格局,古大陆的漂移、旋转及其相互关系,中国大陆内部各陆块的原始归属、归位和构造的时空定位。在造山带的地球动力学层次三大过程:造山带岩石圈三维结构、组成及动态变革过程,造山带下地壳组成、结构及加厚过程,中新世地质事件群及其层圈相互作用的动力学过程。青藏高原隆升机制问题内涵几个悖论:主体处于地壳均衡补偿与三明治结构的有效弹性厚度及下地壳流变性质;变形模式中的周边楔入,主体双向深俯冲与东部单向挤出问题;高原隆升过程中挤压抬升与重力坍塌的平衡;整体隆升与差异扩展隆升,地壳缩短是分布式还是集中式。主体高原地壳的物质组成和状态,是脆性还是塑性的?等等。

2)从观念层次上:

①古亚洲洋和特提斯洋的规模、性质、结构组成?大洋存在依据?秦祁昆构造域是归入古亚洲洋范畴还是属特提斯范畴?原特提斯洋及其邻接陆区构造格局?特提斯与古亚洲洋的界线?古特提斯洋是原特提斯的继承发展还是原特提斯消亡后重新打开?东、西特提斯的对比问题等。

②冈瓦纳大陆北界,是班公湖—怒江带?还是龙木错双湖—澜沧江带?西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块之间的界线?扬子陆块东南缘的华南洋是晋宁期俯冲消亡还是早古生代晚期消亡?吕梁、晋宁造山过程及其主构造期厘定?石炭—二叠纪古生物群落的时空分布格局和冰川事件的范围和类型?等等。

③新老构造体制时空结构,构造格局的继承、改造与耦合问题,包括:晚古生代—三叠纪古特提斯构造格局与早古生代原特提斯构造格局的叠接迁移和耦合?早古生代古亚洲洋的构造格局和晚古生代古

亚洲域的构造格局的迁移、改造和耦合?侏罗纪太平洋构造对中国东部大陆构造形成演化的制约? 白垩纪末, 印度板块与亚洲大陆碰撞对中国西部构造格局改造和转换问题?

3)有待进一步厘定的重大关键基础性地质问题

①南昆仑带以南班公湖—怒江带以北是否存在晚古生代华力西期碰撞造山带? 牵涉该期区域性角度不整合、大规模岩浆活动的时空序列,华力西期的构造变形变质作用以及代表碰撞造山磨拉石盆地沉积等标志性地质事实、地质事件真实性的准确了解,客观精辟到位的分析。

②多岛弧盆系时空结构组成及演化规律。包括:各蛇绿混杂带时空结构的精细厘定, 复原的弧后洋盆的结构组成及演化。弧-弧、弧-陆、陆-陆碰撞等三大类碰撞结合带的含义, 基本特征及时空组合关系,对洋-陆转换过程的岛弧需按构造背景、基底组成和动力学状态进一步划分类型, 如以陆壳为基底的陆缘弧, 以增生楔为基底的增生弧及洋壳为基底的洋内弧,各种类型的岛弧基本特征,成矿地质背景的差异性, 发育于岛弧中不同构造部位的沉积盆地类型及其基本特征,显生宙不同时代的构造-岩相-古地理的重建及构造-岩浆-成矿带划分等一系列问题。

③前寒武纪地壳演化的地质遗迹: 地球科学中最主要的难题之一是前寒武纪板块构造重建, 各大造山带中前寒武纪残块的构造-古地理重建更是难上加难, 前寒武纪残块通常呈岛状产于较年青的活动造山带中, 能否认定为造山带的基底, 分布不均一、不连续的兰片岩、蛇绿岩残体及相应的火山沉积变质岩,是岛弧残余组合?还是前寒武纪蛇绿混杂岩的残余组合? 前寒武深成斜长岩-花岗岩组合的构造环境? 等等。

6 结 语

中国大陆是以不同规模相对稳态的古老陆块区与不同时期动态的造山系组成的复杂聚集和镶嵌结构为基本特征。大地构造单元细结构的厘定和划分,可以揭示中国大陆地壳的陆块区和造山系结构组成及其形成过程和演化规律。中国三大陆块区,均经早期陆核形成→新太古代—元古宙洋陆转换、增生、碰撞聚集固化形成稳定陆块(即基底形成阶段)→碰撞后裂谷事件(华北长城纪裂谷事件,扬子、塔里木南华纪裂谷事件),其后经碎屑岩“填平补齐”进而发育碳酸盐岩台地,形成稳定的地壳构造单元(即巨厚盖层形成阶段), 为陆块区地壳三大阶段发展演化的基本规律。华北陆块区与扬子及塔里木陆块区的基底形成时间相隔 1000~800 Ma,其盖层的时空结构组成有明显的差异性,揭示了前南华纪两者空间上是从来没有聚集在一起。至少在 1.8~10 Ga 期间两者被大洋相隔,没有所谓的华北与扬子间的大洋开合旋回。

造山系是造山带的集成, 主体是一系列规模巨大的蛇绿混杂岩带、不同类型岛弧、不同时代裂离地块集成的多岛弧盆系构造的组合体, 是大洋岩石圈俯冲消亡, 大陆边缘增生作用的洋陆转换过程的产物。中国大陆地壳中,斋桑—额尔齐斯—索伦—西拉木伦结合带(对接带)是古亚洲洋消亡的地质遗迹,但不能认定它是华北陆块与西伯利亚大陆裂解再闭合的产物。北高加索向东经科佩特、兴都库什,进入西藏班公湖—怒江带,再经滇西昌宁—孟连,向南延到马来西亚劳勿—汶冬带, 该沿线是冈瓦纳大陆与古欧亚板块最初的碰撞结合带, 但它并不能表述为特提斯大洋最初打开的域所。古亚洲洋、原特提斯洋均是 Rodinia 超大陆裂解的产物。大洋岩石圈双向俯冲消减, 在漂移的大陆边缘形成多岛弧盆系构造系统。古生代的阿尔泰-兴蒙多岛弧盆系隶属于西伯利亚大陆边缘,哈萨克斯坦(包括天山—准噶尔)多岛弧盆系很可能隶属于俄罗斯大陆边缘。早古生代的秦祁昆多岛弧盆系、晚古生代羌塘—三江多岛弧盆系隶属于泛华夏大陆西部边缘。中生代西藏多岛弧盆系(冈底斯为主体)隶属于印度大陆边缘。它们的形成演化过程均很相似于新生代的东南亚多岛弧盆系构造系统。古大陆及其边缘的多岛弧盆系形成过程控制了成矿作用过程,结合带、岩浆弧和地块(盆地)有着不同的成矿条件,形成了不同的成矿类型。

晚三叠世以来的中国大地构造格局, 大致以贺兰山—六盘山—横断山为界, 以东为叠加盆岭—裂谷构造系统及新生的弧盆系; 西部则以昆仑—阿尼玛卿山为界,北部为陆内汇聚盆山构造系统,南部为西藏继承性弧盆系构造。这一三分构造系统的形成,受控于古亚洲构造域、特提斯构造域和滨太平洋构造域之间的地球动力学相互作用制约。中国大陆中生代以来三大构造系统全然不同的构造体制和大地构造格局控制了不同的区域成矿作用。

致谢:本文是在叶天竺鼓励下,并承蒙陈毓川、

李廷栋、刘宝珺、殷鸿福、金振民、莫宣学,陈克强,许效松,侯增谦、庄育勋、翟刚毅、王瑞江、丁俊、李文渊、张允平、于海峰、郭坤一、潘仲芳等专家教授和领导的鼓励和指导, 全国成矿地质背景研究群体与全国各大区所及各省地调院等相关同行学者的十多次专题讨论修正,李锦轶、李荣社、王立全、尹福光、王永和、王惠初、李景春、高天山、何龙清等直接参与全国各区域构造单元划分和研讨, 并提出宝贵修改意见,博士生袁四化协助绘制图件和整理参考文献,在此一并致以衷心感谢。我们因全国成矿预测的需求而聚集在一起,顺应天时而有所感悟,回归地利而有意感念,融洽人和而有幸感知。本次提出的划分方案仅仅把我们的思考、认识和理解提出来,做一初步的尝试, 以期为推进中国的区域大地构造及成矿地质背景研究尽微薄之力。水平能力有限, 文中不当之处,错误及遗漏,尤其探讨中国大地构造和区域成矿地质背景的文献、资料浩如烟海,深感消化不良,我们将在随后深化研究或分阶段大地构造图编制的工作中不断修正、完善,敬请同行专家不吝批评赐教。

参考文献(References):

[1] Huang T K. On the major tectonic forms of China [J]. Geological Memoirs Ser. A, 1945, 20:1-165.

[2] 黄汲清. 中国地质构造基本特征初步总结[J]. 地质学报, 1960, 2:1-37.
Huang Jiqing. The main characteristics of the structure of China: preliminary conclusions[J]. Acta Geleogica Sinica, 1960, 40(1):1-37 (in Chinese).

[3] 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 等. 中国大地构造基本轮廓 [J]. 地质学报, 1977, (2):117-135.
Huang Jiqing, Ren Jishun, Jiang Chunfa, et al. An outline of the tectonic characteristics of China[J]. Acta Geleogica Sinica, 1977, (2): 117-135 (in Chinese with English abstract).

[4] Huang T K. An outline of the tectonic characteristics [J]. Eclogae Geologicae Helvetiae, 1978, 84:1-31.

[5] 王鸿祯. 亚洲地质构造的主要阶段 [J]. 中国科学, 1980, 22(12):1187-1197.
Wang Hongzhen. Megastages in the tectonic development of Asia [J]. Scientia Sinica, 1980,22(12):1187-1197 (in Chinese).

[6] 王鸿祯. 中国地壳构造主要发展阶段 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1982, 3:155-177.
Wang Hongzhen. The main stages of crustal development of China [J]. Earth Science-Journal of Wuhan College of Geology, 1982, 3: 155-177 (in Chinese with English abstract).

[7] Wang Hongzhen. The tectonic framework and the geotectonic units [C]// Yang Z, Cheng Y, Wang H (ed.). The Geology of China. Oxford:Clarendon Press, 1986: 237-255.

[8] Wang Hongzhen, Mo Xuanxue. An outline of the tectonic evolution of China[J]. Episodes, 1995, 19(5):6-16.

[9] 王鸿祯, 何国琦, 张世红. 中国与蒙古之地质[J]. 地学前缘, 2006,. 13(6):1-13.
Wang Hongzhen, He Guoqi, Zhang Shihong, The geology of China and Mongolia[J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6):1-13 (in Chinese with English abstract).

[10] 李春昱. 中国板块构造的轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1980, 2(1):11-20.
Li Chunyu, A Preliminary study of plate tectonics of China [J]. Bulletin of Chinese Academy of Geological Science, Series I, 1980, 2(1):11-20(in Chinese with English abstract).

[11] 李春昱. 对亚洲地质构造发展的新认识 [C]// 黄汲清, 李春昱编. 中国及其邻区大地构造论文集. 北京: 地质出版社, 1981: 1-21.
Li Chunyu. A new understanding of the tectonic evolution of Asia [C]// Huang J and Li C (ed.). Contributions to the Tectonics of China and Adjacent Regions. Beijing:Geological Publishing House, 1981:1-21(in Chinese with English abstract).

[12] 李春昱, 王荃, 刘雪亚, 等. 亚洲大地构造图 (1:800 万)[M]. 北京: 地质出版社, 1982,
Li Chunyu, Wang Quan, Liu Xueya, et al. Tectonic map of Asia[M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1982.

[13] 李春昱, 汤耀庆. 亚洲古板块划分以及有关问题 [J]. 地质学报, 1983, (1):1-10.
Li Chunyu, Tang Yaoqing. Some problems on subdivision of palaeo-plates in Asia[J]. Acta Geleogica Sinica, 1983, (1):1-10(in Chinese with English abstract).

[14] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化 [M]. 北京:科学出版社, 1980:1-124.
Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. Geotectonic evolution of China [M]. Beijing:Science Press, 1980:1-124 (in Chinese).

[15] Ren Jishun. The continental tectonics of China [J]. Journal of Southeast Asian Earth Science, 1996, 13(3/5):197-204.

[16] 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 等. 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[M]. 北京: 地质出版社, 1999:1-50.
Ren Jishun, Wang Zuoxun,Chen Bingwei, et al. The tectonics of China from A Global View—A Guide to the Tectonic Map of China and Adjacent Regions [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1999:1-50 (in Chinese).

[17] Douglas R J W. Tectonic Map (Scale 1:15,000,000), in National Atlas of Canada [M]. Ottawa, Canada:Department of Energy, Mines & Resoucers, 1973.

[18] Scheibner Erwin Explanatory Notes on the Tectonic Map of New South Wales (1:1 000 000)[M]. Sydney:Department of Mines, Geological Survey of New South Wales. 1976.

[19] Hamilton W B. Tectonic Map of the Indonesian region (1:5,000,000): USGS Map I-875-D. 1978.

[20] Williams H. Tectonic lithofacies map of the Appalachian Orogen (1∶1,000,000). St. John:Memorial University of Newfoundland, 1978.

[21] Burchfiel B C, Lipman P W, Zoback M L. The Cordilleran Orogen:Conterminuous U. S. [M]:The Geological Society of America, 1993.

[22] Tahirkheli R. A. Khan. Tectonostratigraphic Domains of Northern Collisional Belts in Pakistan. Karachi -Rawalpindi:Graphic Publisher, 1996.

[23] 马杏垣. 中国岩石圈动力学纲要—1:400 万中国及邻近海域岩石圈动力学图说明书[M]. 北京:地质出版社, 1987:1-76.
Ma Xingyuan. Outline of Lithosphic Dynamics of China - Explanatory Notes to Lithosphic Dynamics Atlas of China and Adjacent Sea Area [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1989:1-76(in Chinese with English abstract).

[24] 许靖华, 孙枢, 王清晨, 等. 中国大地构造相图(1:400 万)[M]. 北京:科学出版社, 1998.
Hsu K J, Sun Shu, Wang Qingchen, et al. Tectonic Facies Map of China[M]. Beijing:Science Press, 1998:1-155(in Chinese).

[25] 李锦轶. 1:1000 万中国陆区地球动力学纲要图,(待刊) .
Li Jinyi. Outline of Geodynamic Map of Chinese Continent (in press).

[26] 周详, 曹佑功, 朱明玉, 等. 西藏板块构造-建造图 [M]. 北京:地质出版社. 1984:1-47.
Zhou Xiang, Cao Yougong, Zhu Minyu, et al. Plate tectonic - Lithospacies Map of Xizang, China [M]. Beijing:Geological Publishing Huose, 1984(in Chinese).

[27] 高延林, 肖序常, 常承法, 等. 青藏高原及邻区构造单元划分及地质特征[M]. 北京:地质出版社, 1988.
Gao Yanlin, Xiao Xuchan, Chang Chengfa, et al, Tectonic Divison and Geological Charateristics of the Qinghai-Xizang Plateau and Its Adjacents [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1988 (in Chinese).

[28] 张国伟, 陈家义. 秦岭造山带大地构造图[M]. 北京:科学出版社, 1996.
Zhang Guowei, Chen Jiayi. Tectonic Map of the Qinling Orogenic Belt[M]. Beijing:Science Press, 1996(in Chinese).

[29] 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等. 西秦岭造山带结构造山过程及动力学[M]. 西安:西安地图出版社, 2002.
Feng Yimin, Cao Xuanduo, Zhang Erpeng, et al. Orogenesis and Dynamics of the Western Qiling Orogen [M]. Xi´an:Cartographic Publishing House of Xi´an, 2002(in Chinese).

[30] 何国琦, 成守德, 徐新, 等. 中国新疆及邻区大地构造图 1:1500000[M]. 北京:地质出版社, 2005.
He Guoqi, Cheng Shoude, Xu Xin, et al. Tectonic Map of the Xijinang and Adjacent Areas, China (1∶1500000) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005(in Chinese).

[31] 张雪亭, 杨生德, 杨站君, 等. 青海省板块构造研究-1:100 万青海省大地构造图说明书[M]. 北京:地质出版社, 2007:1-221.
Zhang Xueting, Yang Shengde, Yang Zhanjun, et al. The Plate Tectonics of Qinghai Province- A Guide to the Geotectonic Map of Qinghai Province [M]. Beijing:Geological Publishing House. 2007:1-221(in Chinese).

[32] 赵文津, 吴珍汉. 加强地表与深层调查的结合, 深化对中国大地构造特征的认识[J]. 地质论评, 2004, 50(3):256-266.
Zhao Wenjin, Wu Zhenhan. Strengthening combination of the survey on surface and in depths, deepening understanding of tectonic characteristics of China-in commemeration of the 100th Anniversary of Prof. Huang Jiqing´s birth [J]. Geological Review, 2004, 50(3):256-266(in Chinese).

[33] 蔡学林, 朱介寿, 曹家敏, 等. 中国大陆及邻区岩石圈地壳三维结构与动力学型式[J]. 中国地质, 2007, 34(4):543-557.
Cai Xuelin, Zhu Jieshou, Cao Jamin, et al. 3D structure and dynamic types of the lithospheric crust in continental China and its adjacent regions [J]. Geology in China, 2007, 34 (3):543-557(in Chinese with English abstract).

[34] 陈毓川, 等. 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.
Chen Yuchuan, Prospective evaluation of mineral resource in the major mineralization zones of China [M]. Beijing:Geological Publishing House. 1999(in Chinese).

[35] 翟裕生, 邓军,李晓波. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社, 1999.
Zhai Yusheng, Deng Jun,Li Xiaobo. Essentials of Metallogeny[M]. Beijng:Geological Publishing House, 1999.

[36] 陈焕疆. 论板块大地构造与油气盆地分析[M]. 上海:同济大学出版社, 1990.
Chen Huanjiang. Plate Tectonics and Petroliferous Basin Analysis [M]. Shanghai:Tongji University Press, 1990(in Chinese).

[37] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志[J]. 地质通报, 2008, 27(10):33-57.
Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, et al. Definition, classification, characteristics and diagnostic indication of tectonic facies [J]. Geological bulletin of China, 2008, 27 (10):34-57(in Chinese with English abstract).

[38] 陆松年, 李怀坤, 陈志宏, 等. 新元古时期中国古大陆与罗迪尼亚超大陆的关系[J]. 地学前缘, 2004, 11(2):515-523.
Lu Songnian, Li Huaikun, Chen Zhihong, et al. Relationship between Neoproterozoic cratons of China and the Rodinia [J]. Earth science frontiers, 2004, 11 (2):515-524 (in Chinese with English abstract).

[39] 沈保丰, 骆辉. 略论中国太古宙绿岩带 [J]. 中国区域地质, 1991, 1:35-39.
Shen Baofeng,Luo Hui. Archean greenstone belts in China [J]. Regional Geology of China, 1991, 1:35-39 (in Chinese with English abstract).

[40] 沈保丰, 翟安民, 苗培森, 等. 华北陆块铁矿床地质特征和资源潜力展望[J]. 地质调查与研究, 2006. 29(4):244-252.
Shen Baofeng, Zhai Anmin, Miao Peisen, et al. Geological character and potential resources of iron deposits in the North China Block [J]. Geological Survey and Research, 2006, 29 (4):

244−252(in Chinese with English abstract).

[41] 白瑾, 等. 中国前寒武纪地壳演化[M]. 北京:地质出版社,1993.
Precambiran Crustal Evolution in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993(in Chinese).

[42] 程裕淇, 沈永和, 曹国权. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
Cheng Yuqi, Shen Yonghe, Cao Guoquan. Outline of Regional Geology in China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1994 (in Chinese).

[43] 陆松年, 于海峰, 李怀坤, 等. 中国前寒武纪重大地质问题研究—中国西部前寒武纪重大地质事件群及其全球构造意义[M]. 北京:地质出版社, 2006.
Lu Songnian, Yu Haifeng, Li Huaikun, et al. Important Problems of Precambrian Geology in China—Precambrian Important Geological Event Group and Its Global Tectonic Implications[M]. Beijing:Geologcial Publishing House, 2006:1−206(in Chinese).

[44] Zhao Guochun, Wilde S A, Cawood P A, et al. Thermal evolution of the Archean basement rocks from the eastern part of the North China Craton and its bearing on tectonic setting [J]. International Geolological Review, 1998, 40:706−721.

[45] Zhao Guochun, Sun Min, Wilde S A, et al. Late Archean to Paleoproterozoic evolution of the North China Craton:key issues revisited[J]. Precambrian Research, 2005, 136:177−202.

[46] Li J, Kusky T M, Huang X. Archean podiform chromitites and mantle tectonites in ophiolitic melange, North China craton: A record of early oceanic mantle processes [J]. GSA Today, 2002, 12(7):4−11.

[47] Kusky T M, Li J. Paleoproterozoic tectonic evolution of the North China craton [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2003, 22: 383−397.

[48] 高振家, 陈克强, 魏家庸, 等. 中国岩石地层辞典[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2000.
Gao Zhenjia, Chen Keqiang, Wei Jiayong, et al. Lithostratigraphic Dictionary of China [M]. Wuhan:China University of Geoscience Press, 2000(in Chinese).

[49] 伍家善, 刘敦一, 金龙国. 五台山区滹沱群变质基性熔岩中锆石 U−Pb 年龄[J]. 地质论评, 1986, 32(2):178−185.
Wu Jiashan, Liu Dunyi, Jin Longguo. The Zircon U−Pb age of metamorphosed basic volcanic lavas from the Hutuo Group in the Wutai mountain area, Shanxi Province [J]. Geological Review, 1986, 32(2):178−185(in Chinese with English abstract).

[50] 陆松年, 李惠民. 蓟县长城系大红峪组火山岩的单颗粒锆石 U−Pb 法准确定年[J]. 中国地质科学院院报, 1991, 22:137−146.
Lu Songnian, Li Huimin. A Precise U −Pb single zircon age determination for the volcanic of Dahongyu Formation, Changcheng System in Jixian [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1991, 22:137−146(in Chinese with English abstract).

[51] 温献德. 华北北部中上元古界的大陆裂谷模式和地层划分[J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20(3):21−28.
Wen Xiande. The failed rift model and stratigraphic division of middle−upper Proterozoic stratum in the northern part of North China[J]. Progress in Precambrian Research, 1997, 20(3):21−28(in Chinese with English abstract).

[52] 赵太平, 周美夫, 金成伟, 等. 华北陆块南缘熊耳群形成时代讨论[J]. 地质科学, 2001, 36(3):326−334.
Zhao Taiping, Zhou Meifu, Jin Chengwei, et al. Discussion on age of the Xiong′er Group in southern margin of North China Craton [J]. Chinese Journal of Geology, 2001, 36(3):326−334(in Chinese with English abstract).

[53] 乔秀夫, 高林志,张伟恒. 中朝板块中、新元古界年代地层柱与构造环境新思考[J]. 地质通报, 2007, 26(5):503−509.
Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Zhang Weiheng. New idea of the Meso− and Neoproterozoic chronostratigraphic chart and tectonic environment in Sino−Korean Plate[J]. Geological bulletin of China, 2007, 26(5):503−509(in Chinese with English abstract).

[54] 陆松年. 初论"泛华夏造山作用"与加里东和泛非造山作用的对比[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):952−959.
Lu Songnian, Comparison of the Pan−Cathaysian orogeny with the Caledonian and Pan−African orogenies [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 24(9/10):952−959(in Chinese with English abstract).

[55] 陆松年, 于海峰, 赵风清, 等. 青藏高原北部前寒武纪地质初探[M]. 北京:地质出版社, 2002.
Lu Songnian, Yu Haifeng, Zhao Fengqing, et al. Preliminary Study on Precambrian Geology in the Northern Qinghai−Xizang Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.

[56] Xiao Wenjiao, Windley Brian F, Hao Jie, et al. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt [J]. Tectonics, 2003, 22(6):1069, doi:10.1029/2002TC001484.

[57] Zhang Shuanhong, Zhao Yue,Song Biao. Hornblende therobarometry of the Carboniferous granitoids from the Inner Mongolia Paleo−uplift: implications for the geotectonic evolution of the northern margin of North China block [J]. Mineralogy and Petrology, 2006, 87(1/2):123−141.

[58] Zhang Shuanhong, Zhao Yue, Song Biao, et al. Zircon SHRIMP U−Pb and in−situ Lu−Hf isotope analyses of a tuff from Western Beijing: Evidence for missing Late Paleozoic arc volcano eruptions at the northern margin of the North China block [J]. Gondwana Research, 2007, 12(1/2):157−165.

[59] 邵济安, 张履桥, 牟保磊. 构造体制转折是岩石圈尺度的行为[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):973−979.
Shao Ji′an, Zhang Luqiao, Mou Baolei. Transformation of the tectonic regime is a lithospheric −scale activity [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (9/10):973 −979 (in Chinese with English abstract).

[60] 马文璞,刘昂昂. 北京西山——一个早中生代拗拉谷的一部分[J]. 地质科学, 1986,(1):54−36.
Ma Wenpu, Liu Angang. The Xi shan of Beijing——A part of an aulacogenient in Early Mesozoic [J]. Scientia Geologica Sinica,

1986, (1):54−36(in Chinese with English abstract).

[61] 邵济安, 牟保磊, 张履桥. 华北东部中生代构造格局转换中的深部作用与浅部响应[J]. 地质论评, 2000, 46(1):32−40.
Shao Ji´an, Mu Baolei, Zhang Luqiao. Deep geological process and its shallow response during Mesozoic transfer of tectonics frameworks in North China [J]. Geological Review, 2000, 46(1): 32−40(in Chinese with English abstract).

[62] 汪洋,姬广义. 北京延庆北部地区后城组火山岩岩石化学特征与成因探讨[J]. 北京地质, 2004, 16(1):1−15.
Wang Yang, Ji Guangyi. A discussion on petrochemical feature and origin of the volcanic rocks of Houcheng Formation in northern part of Yanqing County, Beijing[J]. Beijing Geology, 2004, 16(1): 1−15(in Chinese with English abstract).

[63] 邓晋福, 赵海玲,莫宣学, 等. 中国大陆要−柱构造—大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社, 1996:1−10.
Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxue, et al, Continental roots−plume tectonics of China [M]. Beijing: Geological Publishing House. 1996: 1−110(in Chinese with English abstract).

[64] Deng Jinfu, Su Shangguo, Niu Yaoling, et al. A possible model for the lithospheric thinning of North China Craton:Evidence from the Yanshanian (Jura−Cretaceous) magmatism and tectonism [J]. Lithos, 2007, 96:22−35.

[65] 肖庆辉, 邱瑞照, 邓晋福, 等. 中国花岗岩与大陆地壳生长方式初步研究[J]. 中国地质, 2005, 32(3):343−352.
Xiao Qinghui, Qiu Ruizhao, Deng Jinfu, et al. Granitoids and continental crustal growth modes in China [J]. Geology in China, 2005, 32(3):343−352.

[66] 肖庆辉, 邱瑞照, 伍光英, 等. 中国东部中生代软流圈上涌造山作用[J]. 中国地质, 2006, 33(4):730−750.
Xiao Qinghui, Qiu Ruizhao, Wu Guangying, et al. Mesozoic asthenospheric upwelling orogeny in eastern China [J]. Geology in China, 2006, 33(4):730−750(in Chinese with English abstract).

[67] 高山, Qiu Yumin, 凌文黎, 等. 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>3.2Ga 陆壳物质的发现[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(1):27−35.
Gao Shan, Qiu Yumin, Ling Wenli, et al. SHRIMP single zircon U−Pb dating of the Kongling high−grade metamorphic terrain: Evidence for >3.2 Ga old continental crust in the Yangtze craton [J]. Science in China (Series D), 2001, 31(1):27−35(in Chinese).

[68] 高山, 张本仁. 扬子地台北部太古宙 TTG 片麻岩的发现及其意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1990. 15(6):675−680.
Gao Shan, Zhang Benren. The discovery of archean TTG gneisses in the northern yangtze platform and their implications [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1990,15 (5):675−680(in Chinese with English abstract).

[69] Wang Xiaofeng, Ma Daquan, Chen Xiaohong. Precambrian geological evolution in the Yangtze Gorges area, China [J]. Gondwana Research, 1999, 2(4):621−626.

[70] 马大铨, 李志昌,肖志发. 鄂西崆岭杂岩的组成、时代及地质演化[J]. 地球学报, 1997, 18(3):232−241.
Ma Daquan, Li Zhichang, Xiao Zhifa. The constitute, geochronology and geologic evolution of the Kongling complex, western Hubei[J]. Acta Geleogica Sinica, 1997, 18(3):232−241(in Chinese with English abstract).

[71] 骆耀南. 康滇构造带的古板块历史演化[J]. 地球科学−中国地质大学学报, 1983, 3:93−102.
Luo Yaonan, The evolution of paleoplates in the Kang−Dian tectonic zone[J]. Earth Science——Journal of Wuhan University of Geosciences, 1983, (3):93−102.

[72] 马长信, 刘荣贵, 吕桂德. 赣东北前震旦纪地质[M]. 北京:地质出版社, 1992.
Ma Changxin, Liu Ronggui, Lv Guide, et al. Presinian Geology of the northeast Jiangxi [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1992.

[73] 刘肇昌, 等. 扬子地台西缘构造演化与成矿[M]. 成都:电子科技大学出版社, 1996:1−267.
Liu Zhaochang, et al. Tectonic Evolution and Metallogenesis on the Western Margin of the Yangze Plateform[M]. Chengdu: China Electronic Science University Press, 1996:1−267 (in Chinese with English abstract).

[74] 喻安光,郭建强. 扬子地台西缘构造格局[J]. 中国区域地质, 1998, 17(3):255−261.
Yu Anguang, Guo Jianqiang. Tectonic framework on the western margin of the Yangtze platform [J]. Regional Geology of China, 1998, 17(3):255−261(in Chinese with English abstract).

[75] 徐学义, 夏祖春,夏林祈. 碧口群火山旋回及其构造意义[J]. 地质通报, 2002, 21(8/9):551−560.
Xu Xueyi, Xia Zuchun,Xia Linqi. Volcanic cycles of the Bikou Group and their tectonic implications [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8/9):551−560(in Chinese with English abstract).

[76] 颜丹平, 周美夫, 宋鸿林, 等. 华南在 Rodinia 古陆中位置的讨论—扬子地块西缘变质−岩浆杂岩证据及其与 Seychelles 地块的对比[J]. 地学前缘, 2002, 9(4):249−256.
Yan Danping, Zhou Meifu, Song Honglin, et al. Where was South China located in the reconstruction of Rodinia?[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(4):249−256(in Chinese with English abstract).

[77] 舒良树, 施央申, 郭令智, 等. 江南中段板块−地体构造与碰撞造山运动学[M]. 南京:南京大学出版社, 1995.
Shu Liangshu, Shi Yangshen, Guo Lingzhi, et al. Plate tectonic evolution and the kinematics of collisional orogeny in the Middle Jiangnan, Eastern China [M]. Nanjing:Nanjing University Press, 1995.

[78] 曾勇,杨明桂. 赣中碰撞混杂岩带[J]. 中国区域地质, 1999, 18(1): 17−22.
Zeng Yong, Yang Minggui. Central Jiangxi collision melange zone[J]. Regional Geology of China, 1999, 18 (1):17−22 (in Chinese with English abstract).

[79] 王鸿祯. 中国华南地区地壳构造发展轮廓 [C]// 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培编. 华南地区古大陆边缘构造史. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986: 1−15.

Wang Hongzhen, A synopsis of the tectonic development of South China [C]// Wang Hongzhen, Yang Weiran, Liu Benpei. (eds.). Tectonic history of the ancient continental margins of South China. Wuhan:Wuhan College of Geology Press, 1986:16-38(in Chinese with English abstract).

[80] 王自强, 索书田. 华南地区中、晚元古代阶段古构造及古地理 [C]// 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培编. 华南地区古大陆边缘构造史. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986:16-38.

Wang Ziqiang, Suo Shutian. Palaeotectonic and palaeogeography of South China in the Middle and Late Proterzoic stage [C]// Wang Hongzhen, Yang Weiran, Liu Benpei (ed.). Tectonic history of the ancient continental margins of South China. Wuhan: Wuhan College of Geology Press, 1986:16-38 (in Chinese with English abstract).

[81] 孔祥生, 李志飞, 冯长根, 等. 浙江陈蔡地区前寒武纪地质[M]. 寒武纪地质(7), 北京:地质出版社, 1995:136.

Kong Xiangsheng, Li Zhifei, Feng Changgen, et al. Precambrian Geology in the Chencai Area, Zhejiang [M]. Precambrian Geology (7), Beijing: Geological Publishing House, 1995(in Chinese).

[82] Zhou Meifu, Zhao Taiping, Malpas John, et al. Crustal contaminated komatiitic basalts in southern China: products of Proterozoic mantle plume underneath the Yangtze block [J]. Precambrian Research, 2000, 103:175-189.

[83] Zhou Meifu, Kennedy A K,Sun Min. Neoproterozoic arc-related mafic intrusions in the northern margin of South China: Implications for accretion of Rodinia[J]. Journal of Geology, 2002, 110(5):611-618.

[84] 马文璞, 李学军, 刘和甫, 等. 雪峰隆起的构造性质及其对上扬子东南缘古生代盆地的改造 [C]// 张渝昌, 秦德余, 汤福生, 等编. 江南-雪峰地区的层滑作用及多期复合构造. 北京: 地质出版社, 1993:120-127.

Ma Wenpu, Li Xuejun, Liu Hepu, et al. Tectonic property of Xuefeng Uplift and its transformation to Palaeozoic basin in the southeast margin of Upper Yangtze River [C]// Zhang Yuchang, Qin Deyu, Tang Fusheng (eds.). Layer-Slip and Multi-Stage Ccomposed Structure in the Jiangnan-Xuefeng Area. Beijing: Geological Publishing House, 1993:120-127(in Chinese).

[85] Wang Jian,Mou Chuanglong. Neoproterozoic Rifting History of South China[J]. Gondwana Research, 2001, 4(4):813-814.

[86] 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京:科学出版社, 1993.

Liu Baojun, Xu Xiaosong, Pan Xingnan, et al. The Sedimentary Crust Evolution and Mineralization of Paleo-continent in the Southern China[M]. Beijing:Science Press, 1993.

[87] 刘宝珺, 许效松, 潘杏南. 中国南方岩相古地理图集 [M]. 北京: 科学出版社. 1994:1-238.

Liu Baojun, Xu Xiaosong, Pan Xingnan, et al. Atlas of the Lithofacies and Paleogeography of the South China [M]. Beijing: Science Press, 1994:1-238(in Chinese).

[88] 吴应林, 朱洪发, 朱忠发, 等. 中国南方三叠纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1994.

Wu Yinglin, Zhu Hongfa, Zhu Zhongfa, et al. Triassic Lithofacies and Paleogeography and Mineralization of the South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994.

[89] 索书田, 候光久, 张明发, 等. 黔西南盘江大型多层次席状逆冲-推覆构造[J]. 中国区域地质, 1993, (3):239-247.

Suo Shutian, Hou Guangjiu, Zhang Mingfa, et al. The large Panjiang river multi-level sheeted thrust-nappe structure in southwestern Guizhou [J]. Regional Geology of China, 1993, (3): 239-247(in Chinese with English abstract).

[90] 林刚, 唐兰. 广西泥盆纪海盆的板块构造环境[J]. 中国区域地质, 1991, 4:342-349.

Lin Gang, Tang Lan. Plate-tectonic setting of the Devonian sea basin of Guangxi[J]. Regional Geology of China, 1991, 4:342-349 (in Chinese with English abstract).

[91] 梅华林, 于海峰, 陆松年, 等. 甘肃敦煌太古宙英云闪长岩:单颗粒锆石 U-Pb 年龄和 Nd 同位素 [J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(2):41-45.

Mei Hualin, Yu Haifeng, Lu Songnian, et al. Archean tonalite in the Dunhuang, Gansu Province: age from the U-Pb single zircon and Nd isotope[J]. Progress in Precambrian Research, 1998, 21(2): 41-45(in Chinese with English abstract).

[92] 于海峰, 梅华林,李铨. 甘肃敦煌地区太古宙孔兹岩系特征[J][J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(1):19-25.

Yu Haifeng, Mei Hualin,Li Quan. The characteristics of Archean khondalite series in Dunhuang, Gansu Province [J]. Progress in Precambrian Research, 1998, 21(1):19-25(in Chinese with English abstract).

[93] 李惠民, 陆松年, 郑健康, 等. 阿尔金山东端花岗片麻岩中 3.6Ga 锆石的地质意义[J]. 矿物岩石地质化学通报, 2001, 20(4):59-62.

Li Huimin, Lu Songnian, Zheng Jiankang, et al. Dating of 3.6 Ga zircons in granite-gneiss from the eastern Altyn Mountains and its geological significance [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20 (4):59-62 (in Chinese with English abstract).

[94] 张传林, 赵宇, 郭坤一, 等. 塔里木南缘元古代变质基性火山岩地球化学特征—古塔里木板块中元古代裂解的证据 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2003, 28(1):47-53.

Zhang Chuanlin, Zhao Yu, Guo Kunyi, et al. Geochemistry characteristics of the Proterozoic meta-basalt in southern Tarim Plate:Evidence for the Meso-Proterozoic breakup of Paleo-Tarim Plate[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2003, 28(1):47-53(in Chinese with English abstract).

[95] 肖序常, Graham S A. 中国西部元古代蓝片带-世界上保存最好的前寒武纪蓝片岩[J]. 新疆地质, 1990, 8(1):12-21.

Xiao Xuchang, Graham S A. Proterozoic blueschist belt in western China: best-documented Precambrian blueschists in the world[J]. Xinjiang Geology, 1990, 8 (1):12-21 (in Chinese with English abstract).

[96] Liou J G, Graham S A, Maruyama S, et al. Characteristics and

tectonic significance of the Late Proterozoic Aksu blueschists and diabasic dikes,Northwest Xinjiang,China[J]. International Geological Review, 1996, 38:228-244.

[97] 杨树锋, 陈汉林, 董传万, 等. 塔里木盆地西北缘晚震旦世玄武岩地球化学特征及大地构造背景 [J]. 浙江大学学报 (自然科学版), 1998, 32(6):753-760.
Yang Shufeng, Chen Hanlin, Dong Chuanwan, et al. Geochemical properties of late Sinian basalt in the northwestern boundary of Tarim basin and its tectonic setting [J]. Journal of Zhejiang University (Natural Science), 1998, 32 (6):753-760 (in Chinese with English abstract).

[98] 贠海朋. 塔里木微板块震旦-寒武系火山岩地球化学及其大地构造意义[J]. 西北地质, 2003, 36(3):1-6.
Yun Haipeng. Geochemistry and their tectonic significance of the volcanic rocks from Tarim microplate [J]. Northwestern Geology, 2003, 36(3):1-6(in Chinese with English abstract).

[99] 夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山岩浆作用 [M]. 北京: 中国大地出版社, 2007:1-305.
Xia Linqi, Xia Zuchun, Xu Xueyi, et al. Magmatism on the Tianshan[M]. Beijing: China Land Press, 2007:1-305(in Chinese with English abstract).

[100] 许效松, 刘宝琛, 牟传龙, 等. 中国中西部海相盆地分析与油气资源[M]. 北京: 地质出版社, 2004:1-236.
Xu Xiaosong, Liu Baojun, Mo Chuanlong, et al. Marine Basin Analysis and Oil-Gas Resource of Central-West China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004:1-236 (in Chinese with English abstract).

[101] 何登发, 赵文智. 中国西北地区沉积盆地动力学演化与含油气系统旋回[M]. 北京:石油工业出版社, 1999:1-181.
He Dengfa, Zhao Wenzhi. Dynamic evolution and petroliferous system cycle of sedimentary basin in the Northwest China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999:1-181 (in Chinese with English abstract).

[102] Feng Yimin, Coleman R G, Tilton G, et al. Tectonic evoluion of the west Junggar region, Xinjiang, China [J]. Tectonics, 1989, 8 (4):729-752.

[103] 肖序常,汤耀庆. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京:北京科学技术出版社, 1991:1-150.
Xiao Xuchang, Tang Yaoqing. Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleo-Asian Composite Megasuture[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Publishing House, 1991:1-150(in Chinese).

[104] 车自成, 刘良,罗全海. 中天山造山带的形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
Che Zicheng, Liu Liang, Luo Quanhai. Formation and Evolution of the Middle-Tianshan Orogen [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1994(in Chinese).

[105] 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994:1-437.
He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. Paleozoic curstal evolution and mineralization in Xinjiang of China [M]. Urumqi: Xinjiang Peopl's Publishing House, 1994:1-437 (in Chinese with English summary).

[106] 汤耀庆, 高俊, 赵民, 等. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
Tang Yaoqing, Gao Jun, Zhao Min, et al. Ophiolites and blueshists of the southwestern Tianshan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995(in Chinese).

[107] 陈哲夫, 成守德, 梁云海, 等. 新疆开合构造与成矿[M]. 乌鲁木齐:新疆科学卫生出版社, 1997:1-394.
Chen Zhefu, Cheng Shoude, Liang Yunhai, et al. Opening-closing tectonics and mineralizaiton in Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang Science Technology & Health Publishing House. 1997: 1-394(in Chinese with English abstract).

[108] 李锦轶. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识 [J]. 地质论评, 1998. 44(4):339-347.
Li Jinyi. Some new ideas on tectonics of NE China and its neighboring areas[J]. Geological Review, 1998, 44(4):339-347(in Chinese with English abstract).

[109] 冯益民, 朱宝清, 杨军录, 等. 东天山大地构造及演化—1:50 万东天山大地构造图简要说明 [J]. 新疆地质, 2002, 20 (4):309-315.
Feng Yimin, Zhu Baoqing, Yang Junlu, et al. Tectonic and evolution of the eastern Tianshan mountain—a brief introduction to "tectonic map (1:500 000) of the eastern Tianshan mountain of Xinjiang "[J]. Xinjiang geology, 2002, 20(4):309-315(in Chinese with English abstract).

[110] 万天丰. 中国大陆早古生代构造演化 [J]. 地学前缘, 2006, 13 (6):30-42.
Wan Tianfeng. Tectonic evolution in the Chinese continent from Middle Cambrian to Early Devonian [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6):30-42(in Chinese with English abstract).

[111] Belichenko V. G. Relationships of the Caledonides of the Baikal Mountain Region with the Hercynides of the Central Asian Orogenic Belt[J]. Geologiyai Geofizika, 1982, 23(10):12-20.

[112] Jahn B M, Wu Fuyuan, Chen Bin. Granitoids of the central Asian orogenic belt and continental growth in the Phanerozoic[J]. Transaction of Royal Society of Edinburgh: Earth Science, 2000. 91:81-93.

[113] Mossakovsky A A, Ruzhentsov S V, Samygin S G, et al. Central Asian foldbelt:Geodynamic evolution and formation history [J]. Geotectonics, 1994, 27:445-473.

[114] Zonenshain L P, Kuzmin M I, Natapov L M. Geology of the USSR: A Plate Tectonic Synthesis [M]. Geodynamic Series. Vol. 21. Washington, D. C.: American Geophysical Uion, 1990.

[115] Sengör A M C, Natal´in B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia[J]. Nature, 1993, 364:299-307.

[116] Sengör A M C, Natal´in B A, Burtman V S. Tectonic evolution of Altaides[J]. Russian Geology and Geophysics, 1994, 35:33-47.

[117] 唐克东. 中朝陆台北侧褶皱带构造演化及成矿规律[M]. 北京：北京大学出版社, 1992:1-277.
Tang Kedong. Tectonic Evolution and Minerogenic Regularities of the Fold Belt along the Northern Margins of Sino-Korean Plate[M]. Beijing:Peking University Press, 1992: 1-277 (in Chinese with English abstract).

[118] 唐克东, 邵济安, 李景春, 等. 吉林延边缝合带的性质与东北亚构造[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):885-891.
Tang Kedong, Shao Ji´an, Li Jingchun, et al. Nature of the Yanbian suture zone and structure of northeast Asia [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (9/10):885-891 (in Chinese with English abstract).

[119] 赵春荆, 彭玉琼, 张允平, 等. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳:辽宁大学出版社. 1996: 186.
Zhao Chunjing, Peng Yuqiong, Zhang Yunping, et al. Tectonic Framework and Crustal Evolution in the East Jiling and Heilongjiang Provinces [M]. Shenyang:Liaoning University Press, 1996:186(in Chinese).

[120] 梁明宏, 龚全胜,刘明强. 甘肃北山马鬃山地区火成岩研究的一些新认识[J]. 中国区域地质, 1998,(增刊):88-91.
Liang Minghong, Gong Quansheng, Liu Mingqiang. New views on ingeous rocks in the Mazongshan, Beishan, Gansu Province [J]. Geology in China, 1998, (supp.):88-91(in Chinese with English abstract).

[121] 龚全胜, 刘明强, 梁明宏, 等. 北山造山带大地构造相及构造演化[J]. 西北地质, 2003, 36(1):11-18.
Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Liang Minghong, et al. The tectonic facies and tectonic evolution of Beishan orogenic belt, Gansu[J]. Northwestern geology, 2003, 36(1):11-18(in Chinese with English abstract).

[122] 刘本培, 王自强, 张传恒, 等. 西南天山构造格局与演化[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996.
Liu Benpei, Wang Ziqiang, Zhang Chuanheng, et al. Tectonic Framwork and Evolution in the Southwest Tianshan[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.

[123] Gao Jun, Li Maosong, Xiao Xuchang, et al. Paleozoic tectonic evolution of the Tianshan Orogen, northwestern China [J]. Tectonophysics, 1998, 287:213-231.

[124] Gao Jun, Klemd R. Formation of HP-LT rocks and their tectonic implications in the western Tianshan Orogen, NW China: geochemical and age constraints[J]. Lithos, 2003, 66:1-22.

[125] Xia Linqi, Xu Xueyi, Xia Zuchun, et al. Petrogenesis of Carboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China [J]. Geological Society of America Bulletin, 2004, 116(3/4):419-433.

[126] 李锦轶. 中国大陆地壳"镶嵌与叠覆"的结构特征及其演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):986-1004.
Li Jinyi. Structural characteristics of crustal "mosaicking and superimposition" of the continent of China and its evolution [J]. Geological bulletin of China, 2004, 23 (9/10):986-1004 (in Chinese with English abstract).

[127] 和政军, 李锦轶, 莫申国, 等. 漠河前陆盆地砂岩岩石地球化学的构造背景和物源区分析 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33(12): 1219-1226.
He Zhenjun, Li Jinyi, Mo Shenguo, et al. Sandstones petrogeochemistry and provenance analysis in the Mohe foreland basin[J]. Science in China (Series D), 2003, 33(12):1219-1226(in Chinese).

[128] Mizutani Shinjiro, Shao Ji´an, Zhang Qinglong. The Nadanhada Terrane in relation to Mesozoic tectonics on continental margins of East Asia[J]. Acta Geleogica Sinica, 1990, 3(1):15-29.

[129] 李锦轶, 牛宝贵, 宋彪, 等. 长白山北段地壳的形成与演化[M]. 北京:地质出版社, 1999:1-137.
Li Jinyi, Niu Baogui, Song Biao, et al. Crust Formation and Evolution in the Northern Margin of Changbaishan [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:1-137 (in Chinese with English abstract).

[130] 张庆龙, 水谷伸治郎, 小鸟智, 等. 黑龙江那丹哈达岭地体构造初探[J]. 地质论评, 1986, 35(1):67-71.
Zhang Qinglong, Shinjino Mizutani, Satoru Kojima, et al. The Nadanhada terrane in Heilongjiang Province [J]. Geological Review, 1986, 35(1):67-71(in Chinese with English abstract).

[131] Molnar P, Tapponnier P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision[J]. Science, 1975, 189:419-426.

[132] Tapponnier Paul, Molnar Peter. Slip-line field theory and large-scale continental tectonics[J]. Nature, 1976, 264:319-324.

[133] 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培. 华南地区古大陆边缘构造史 [M]. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986:372.
Wang Hongzhen, Yang Weiran, Liu Benpei. Tectonic History of the Ancient Continental Margins of South China [M]. Wuhan: Wuhan College of Geology Press, 1986:372 (in Chinese with English abstract).

[134] Hsü K J, Sun Shu, Li Jiliang. Huana Alps, not southern China plateform[J]. Science in China (Ser. B), 1987, 31:109-119.

[135] 李继亮. 东南大陆岩石圈结构与地质演化. 北京: 冶金工业出版社, 1993:27-33.
Li Jiliang. Lithospheric Structure and Geological Evolution of the southeast China[M]. Beijing:Metallurgy Industry Press, 1993:27-33(in Chinese with English abstract).

[136] 杨明桂. 罗宵-武夷隆起及郴州-上饶拗陷成矿规律及预测[M]. 北京:地质出版社, 1998.
Yang Minggui. Mineralization Regularity and Forecast of the Luoxiao-Wuling Uplift and Chenzhou-Shangrao Depression[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998(in Chinese).

[137] 郭令智. 华南板块构造[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 1-264.
Guo Lingzhi. The Plate Tectonics of South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001: 1-264(in Chinese).

[138] 吴根耀, 陈焕疆, 马力, 等. 苏皖地块—特提斯演化阶段独立的构造单元[J]. 古地理学报, 2002, 4(2):77-87.
Wu Genyao, Chen Huanjiang, Ma Li, et al. Su-Wan block: an

independent tectonic unit during period of Tethyan evoluion[J]. Journal of Paleogeography, 2002, 4 (2):77-87 (in Chinese with English abstract).

[139] 马力, 甘克文,陈焕疆. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
Ma Li, Gan Kewen,Chen Huanjiang. Tectonics and Marine Oil-Gas Geology of the South China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2004(in Chinese).

[140] 水涛. 中国东南大陆基底构造格局 [J]. 中国科学 (B 辑), 1987, (4):414-422.
Shui Tao. Tectonic framework of the continental basement of southeast China[J]. Science in China (Series B), 1987,(4):414-422 (in Chinese).

[141] 包超民, 郭坤一,谢窦克. 华南板块的内部结构和原生金刚石的地质意义[J]. 火山地质与矿产, 2000, 21(1):18-22.
Bao Chaomin , Guo Kunyi, Xie Douke. South China intraplate texture and geological significance of original diamond [J]. Volcanology and Mineral Resources, 2000, 21 (1):18 -22 (in Chinese with English abstract).

[142] 舒良树. 华南前泥盆纪构造演化: 从华夏地块到加里东期造山带[J]. 高校地质学报, 2006, 12(4):418-431.
Shu Liangshu. Predevonian tectonic evolution of South China: from Cathaysian Block to Caledonian period folded orogenic belt[J]. Geological Journal of China Universities, 2006,12 (4):418-431(in Chinese with English abstract).

[143] 胡雄健, 许金坤, 康海南, 等. 浙西南下元古界八都群的地质特征及意义[J]. 中国区域地质, 1991, (3):234-241.
Hu Xiongjian , Xu Jinkun , Kang Hainan, et al. Geological features of the lower proterozopic Badu Group of southwestern Zhejiang and its implications [J]. Regional Geology of China, 1991, (3):234-241(in Chinese with English abstract).

[144] 吴浩若, 咸向阳, 邝国敦. 广西南部晚古生代放射虫组合及地质意义[J]. 地质科学, 1994, 29(4):340-345.
Wu Haoruo, Xian Xiangyang, Kuang Guodun. Late Paleozoic radiolarian assemblages of southern Guangxi and its Geological significance[J]. Scientia Geologica Sinica, 1994, 29(4):340-345(in Chinese with English abstract).

[145] 高天钧, 王振民, 吴克隆, 等. 台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
Gao Tianjun, Wang Zhenmin, Wu Kelong, et al. Tectonomagmetic evolution and metallogy of the Taiwan strait and adjacent regions [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999(in Chinese).

[146] Biq C. Kinematic pattern of Taiwan as an example of actual continent-arc collision, Report of the Seminar on Seismology. in US-ROC Cooperative Science Program. Taipei. 1973: 21-26.

[147] Lu C Y,Hsü K J. Tectonic evolution of the Taiwan mountain belt[J]. Petroleum Geology of Taiwan, 1992, 27:21-46.

[148] Ho Chun -Sun. An introduction to the geology of taiwan explanatory text of the geologic map of Taiwan [M]. Second ed. Taiwan: Central Geological Survey the Ministry of Economic Affairs Taiwan. 1999: 192.

[149] 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
Jiang Chunfa, Yang Jingsu, Fen Binggui, et al. Openning-Closing Tectonics of the Kunlun Mountain [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1992(in Chinese).

[150] 姜春发, 王宗起,李锦轶. 中央造山带开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
Jiang Chunfa, Wang Zongqi, Li Jinyi. Openning -Closing tectonics of the Central Orogenic Belt [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000(in Chinese).

[151] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 中央造山带早古生代地体构架与高压-超高压变质带的形成[J]. 地质学报, 2006, 80(12):1793-1806.
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. The early Palaeozoic terrene framework and the formation of the High-Pressure (HP) and Ultra-High Pressure (UHP) Metamorphic Belts at the Central Orogenic Belt (COB) [J]. Acta Geleogica Sinica, 2006, 80(12): 1793-1806(in Chinese with English abstract).

[152] 殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1998, 23(5):437-442.
Yin Hongfu, Zhang Kexing. Evolution and characteristics of the Central Orogenic Belt [J]. Earth Science ——Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(5):437-442(in Chinese with English abstract).

[153] 张国伟, 董云鹏,姚安平. 中央造山系推覆构造与两侧含油气盆地[J]. 南方油气, 2003, 16(4):1-6.
Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Yao Anping. Nappe structure of Central Orogenic System and petroleum basins along its both sides [J]. Southern China Oil & Gas, 2003, 16(4):1-6(in Chinese with English abstract).

[154] 张国伟, 程顺有, 郭安林, 等. 秦岭-大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识—兼论中国大陆主体的拼合 [J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):846-853.
Zhang Guowei, Cheng Shunyou, Guo Anlin, et al. Mianlue paleo -suture on the southern margin of the Central Orogenic System in Qinling-Dabie—with a discussion of the assembly of the main part of the continent of China [J]. Geological bulletin of China, 2004, 23(9/10):846-853(in Chinese with English abstract).

[155] 郭坤一, 程传林, 赵宇, 等. 西昆仑造山带东段中新元古代洋内弧火山岩地球化学特征[J]. 中国地质, 2002, 29(2):161-167.
Guo Kunyi , Zhang Chuanlin, Zhao Yu, et al. Geochemistry of Meso-and Neoproterozoic intra-oceanic arc volcanic rocks in the eastern segment of the western Kunlun orogenic belt [J]. Geology in China, 2002, 29(2):161-167(in Chinese with English abstract).

[156] 殷鸿福, 张克信. 东昆仑造山带的一些特点 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1997, 22(4):339-348.
Yin Hongfu,Zhang Kexin. Characteristics of the eastern Kunlun orogenic belt [J]. Earth Science——Journal of China University of

Geosciences, 1997, 22 (4):339-348 (in Chinese with English abstract).

[157] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社, 1997:1-191.
Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, et al. Geological-Tectonic Evolution in the Eastern Tethys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 1-191(in Chinese with English).

[158] 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(1):701-707.
Pan Guitang, Li Xingzhen, Wang Liquan, et al. Preliminnary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 701-707(in Chinese with English abstract).

[159] 王国灿, 张克信, 梁斌, 等. 东昆仑造山带结构及构造岩片组合[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1997. 22(4):352-356.
Wang Guocan, Zhang Kexin, Liang Bin, et al. Texture and tectonic slices of the Eastern Kunlun Orogenic Belt [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1997,22(4): 352-356(in Chinese with English abstract).

[160] 王国灿, 张天平, 梁斌, 等. 东昆仑造山带东段昆中复合蛇绿岩及"东昆中断裂"地质涵义[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1999, 24(4):129-133.
Wang Guocan, Zhang Tianping, Liang Bin, et al. Composite ophiolitic melange zone in central part of eastern section of eastern Kunlun orogenic zone and geological significance of "fault belt in central part of eastern section Eastern Kunlun orogenic zone"[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(2):129-133(in Chinese with English abstract).

[161] 张克信, 陈能松, 王永标, 等. 东昆仑造山带非史密斯地层序列重建方法初探 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1997, 22(4): 339-346.
Zhang Kexin, Chen Nengsong, Wang Yongbiao, et al. preliminary research on the sequence reconstrction of non-Smith stratigraphy in eastern Kunlun orogenic belt[J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1997, 22(4):339-346 (in Chinese with English abstract).

[162] 张克信, 林启祥, 朱云海, 等. 昆仑东段混杂岩建造时代厘定的古生物新证据及其大地构造意义[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34 (3):210-218.
Zhang Kexin, Lin Qixiang, Zhu Yunhai, et al. New paleontological evidence on time determination of the east part of the eastern Kunlun Mélange and its tectonic significance [J]. Science in China (Series D), 2004, 34(3):210-218(in Chinese).

[163] 车自成, 刘良, 刘洪福, 等. 阿尔金山地区高压变质泥质岩石的发现及其产出环境[J]. 科学通报, 1995, 40(14):1298-1300.
Che Zicheng, Liu Liang, Liu Hongfu, et al. Discovery and occurrence of high-pressure metapelitic rocks from Altun Mountain Areas, Xinjiang Autonomous Region [J]. Chinese Science Bulletin, 1995, 40(14):1298-1300(in Chinese).

[164] 冯益民,何世平. 北祁连蛇绿岩的地质地球化学研究[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊):125-146.
Feng Yimin, He Shiping. Research for Geology and Geochemistry of Several Ophiolites in the North Qilian Mountains, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11 (Suppl.):125-146 (in Chinese with English abstract).

[165] 于海峰, 陆松年, 梅华林, 等. 中国西部元古代榴辉岩-花岗岩带和深层次韧性剪切带特征及其大陆再造意义 [J]. 岩石学报, 1999, 15(4):532-538.
Yu Haifeng, Lu Songnian, Mei Hualin, et al. Characteristics of Neoproterozoic eclogite-granite zones and deep level ductile shear zone in western China and their significance for continental reconstruction[J]. Acta Petrologica Sinica, 1999, 15(4):532-538(in Chinese with English abstract).

[166] 朱云海, 张克信, Pan Yuanming, 等. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1999, 24(2):134-138.
Zhu Yunhai, Zhang Kexin, Pan Yuanming, et al. Determination of different ophiolitic belts in Eastern Kunlun orogenic zone and thier tectonic significance [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(2):134-138(in Chinese with English abstract).

[167] 潘裕生. 喀喇昆仑-昆仑山地区地质演化[M]. 北京: 科学出版社, 2000:1-525.
Pan Yusheng. The Geological Evolution of the Karakorum and Kunlun Mountains [M]. Beijing: Science Press. 2000: 1-525(in Chinese with English abstract).

[168] 赵风清, 郭进京, 李怀坤, 等. 青海锡铁山地区滩间山群的地质特征及同位素年代学[J]. 地质通报, 2003. 22(1):28-31.
Zhao Fengqing, Guo Jinjing, Li Huaikun, et al. Geological characteristics and isotopic age of Tanjianshan Group along northern margin of Qaidam basin[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(1):28-31(in Chinese with English abstract).

[169] 杨经绥, 史仁灯, 吴才来, 等. 柴达木盆地北缘新元古代蛇绿岩的厘定—罗迪尼亚大陆裂解的证据 [J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):892-898.
Yang Jingsui, Shi Rendeng, Wu Cailai, et al. Recognition of Neoproterozoic ophiolite on the northern margin of the Qaidam basin: evidence of the breakup of Rodinia [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (9/10):892-898 (in Chinese with English abstract).

[170] 杨经绥, 吴才来, 史仁灯. 阿尔金山米兰红柳沟的席状岩墙群: 海底扩张的重要证据[J]. 地质通报, 2002, 21(2):95-97.
Yang Jingsui, Wu Cailai, Shi Rendeng. Sheeted dike swarw in Hongliugou, northwest of the Altun region: evidence for seafloor spreading[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(2):95-97(in Chinese with English abstract).

[171] Zhang Jianxin, Mattinson C G, Meng F C, et al. An Early Palaeozoic HP/HT granulite-garnet peridotite association in the south Altyn Tagh, NW China: P-T history and U-Pb geochronology[J]. Journal of Metamorphic Geology, 2005, 23(7):

491−510.

[172] 刘良, 车自成, 罗金海, 等. 阿尔金西段榴辉岩的确定及其地质意义[J]. 科学通报, 1996, 41(16):1485−1488.
Liu Liang, Chen Zicheng, Luo Jinhai, et al. Recognition and implication of eclogite in the western Altun mountains, Xinjiang[J]. Chinese Science Bulletin, 1996, 41(16):1485−1488(in Chinese).

[173] 刘良, 车自成, 王焰, 等. 阿尔金高压变质岩带的特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 1999, 15(1):57−64.
Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan, et al. The petrological characters and geotectonic setting of high−pressure metamorphic rock belts in Altun Mountains[J]. Acta petrotogica sinica, 1999, 15(1):57−64(in Chinese with English abstract).

[174] 肖序常, 王军, 苏犁, 等. 再论西昆仑库地蛇绿岩及其构造意义[J]. 地质通报, 2003, 22(10):745−750.
Xiao Xuchang, Wang Jun, Su Li, et al. A further discussion of the Kuda ophiolite, west Kunlun, and its tectonic significance [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(10):745−750(in Chinese with English abstract).

[175] 肖序常, 王军, 苏犁, 等. 青藏高原西北西昆仑山早期蛇绿岩及其构造演化[J]. 地质学报, 2005, 79(6):756.
Xiao Xuchang, Wang Jun, Su Li, et al. The early ophiolite and its tectonic evolution in the Western Kunlun Mountain, northwest Qinghai−Xizang Plateau [J]. Acta Geleogica Sinica, 2005, 79(6):756(in Chinese).

[176] 贾群子, 杨钟堂, 肖朝阳, 等. 祁连成矿带成矿区划和找矿潜力[J]. 西北地质, 2002, 35(4):86−100.
Jia Qunzi, Yang Zhongtang, Xiao Chaoyang, et al. Subdivision of Qilian metallogenic belt and its prospecting potentiality [J]. Northwestern Geology, 2002, 35 (4):86−100 (in Chinese with English abstract).

[177] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 祁连山及邻区火山作用及成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1998:1−215.
Xia Linqi, Xia Zuchun, Ren Youye, et al. Volcanism and Metallogenesis in Qilian Mountain and Its Adjacent Areas [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998: 1−215 (in Chinese with English abstract).

[178] 张旗, 周国庆. 中国蛇绿岩 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1−182.
Zhang Qi, Zhou Guoqing. Ophiolites of China [M]. Beijing: Science Press, 2001: 1−182(in Chinese with English abstract).

[179] 肖序常, 陈国铭,朱志直. 祁连山古蛇绿混杂岩带的地质构造意义[J]. 地质学报, 1978, 4:281−296.
Xiao Xuchang, Chen Guoming, Zhu Zhizhi. A preliminary study on the tectonics of ancient ophiolites in the Qilian mountain, northwest China [J]. Acta Geologica Sinica, 1978, 4:281−296(in Chinese with English abstract).

[180] 尹福光, 潘桂棠, 李兴振, 等. 昆仑造山带中段蛇绿混杂岩的地质地球化学特征[J]. 大地构造与成矿学, 2002, 28(2):194−200.
Yin Fuguang, Pan Guitang, Li Xingzhen, et al. Geological and geochemical characteristics of the ophiolite complex in the central section of the Kunlun mountains[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2004, 28(2):194−200(in Chinese with English abstract).

[181] Yin Hongfu, Zhang Kexin, Feng Qinglai. The archipelagic ocean system of eastern Eurasian Tethys [J]. Acta Geleogica Sinica, 2004, 78(1):23−0−236.

[182] 张克信, 朱云海, 林启祥, 等. 青海同仁县隆务峡地区首次发现镁铁质—超镁铁质岩带[J]. 地质通报, 2007, 26(6):661−667.
Zhang Kexin, Zhu Yunhai, Lin Qixiang, et al. Discovery of a mafic−ultramafic belt in the Longwuxia area, Tongren, Qinghai, China [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (6):661−667(in Chinese with English abstract).

[183] 张智勇, 殷鸿福, 王秉璋, 等. 昆秦接合部海西期苦海−赛什塘分支洋的存在及其证据[J]. 地球科学, 2004, 29(6):691−696.
Zhang Zhiyong, Yin Hongfu, Wang Bingzhang, et al. Presence and evidence of Kuhai −Saishitang branching ocean copulae between Kunlun−Qinling mountains[J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 2004, 29 (6):691 −696 (in Chinese with English abstract).

[184] 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 等. 青藏东昆仑晚古生代末—中生代中酸性火成岩与内陆造山过程[J]. 现代地质, 1998, 12(3):344−353.
Guo Zhengfu, Deng Jinfu, Xu Zhiqin, et al. Late palaeozoic−mesozoic intracontinental orogenic process and intermedate−acidic igneous rocks from the eastern Kunlun mountains of northwestern China [J]. Geoscience, 1998, 12 (3):344−353 (in Chinese with English abstract).

[185] 罗照华, 柯珊, 曹永清, 等. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动[J]. 地质通报, 2002, 21(6):292−297.
Luo Zhaohua, Ke Shan, Cao Yongqing, et al. Late Indosinian mantle−derived magmatism in the East Kunlun [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(6):292−297(in Chinese with English abstract).

[186] Mattauer M, Matte Ph, Malavieille J, et al. Tectonics of the Qinling belt: build−up and evolution of eastern Asia [J]. Nature, 1985, 317:496 − 500.

[187] 张国伟. 秦岭造山带的形成及其演化[M]. 西安: 西北大学出版社, 1987: 1−192.
Zhang Guowei. Formation and Evolution of the Qinling Orogenic Belt [M]. Xi′an: Nothwest University Press, 1987: 1−192(in Chinese with English abstract).

[188] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社, 2001.
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics [M]. Beijing: Science Press, 2001(in Chinese).

[189] Hsü K J, Wang Qingchen, Li Jiliang. Tectonic evolution of Qinling mountains, China[J]. Eclogae Geologicae Helvetiae, 1987, 80:735−752.

[190] Zhang Guowei, Yu Zaiping, Sun Yong, et al. The major suture zone of the Qinling orogenic belt [J]. Journal of Southeast Asian

Earth Science, 1989, 3(1/4):63-76.

[191] Okay A I, Sengör A M C,Satir M. Tectonics of an ultrahigh-pressure metamorphic terrane: the Dabie Shan/Tongbai Shan orogen, China[J]. Tectonics, 1993, 12:1320-1334.

[192] Yin A, Nie S. An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan Lu and Honam fault systems, eastern Asia[J]. Tectonics, 1993, 12:801-803.

[193] 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山构造格局和演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
Xu Shutong, Liu Yican, Jiang Laili, et al. Tectonic Framwork and Evolution in Dabie Orogenic Belt [M]. Beijing:Science Press, 1994.

[194] Ernst W G, Liou J G. Contrasting plate-tectonic styles of the Qinling-Dabie-Sulu and Franciscan metamorphic belts [J]. Geology, 1995, 23(4):353-356.

[195] Hacker B R, Wang X, Eide E A, et al. The Qinling-Dabie Ultrahigh-Pressure Collisional Orogen [C]//Tectonic Development of Asia. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

[196] Wallis S, Enami M, Banno S. The Sulu UHP terrane: a review of the petrology and structural geology [J]. International Geological Review, 1999, 41:906-920.

[197] 索书田, 钟增球, 周汉文, 等. 大别—苏鲁超高压和高压变质带构造演化[J]. 地学前缘, 2004, 11(3):71-82.
Suo Shutian, Zhong Zengqiu, Zhou Hanwen, et al. Tectonic evolution of Dabie-Sulu UHP and HP metamorphic belts, East-Central China [J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11 (3):71-82(in Chinese with English abstract).

[198] 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山造山带的几何学和运动学[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 2002.
Xu Shutong, Liu Yican, Jiang Laili, et al. Geometry and Kinenamics of the Dabie Orogenic Belt [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2002(in Chinese).

[199] 李曙光, 李秋立, 侯振辉, 等. 大别山超高压变质岩的冷却史及折返机制[J]. 岩石学报, 2005, 21(4):1117-1124.
Li Shuguang, Li Qiuli, Hou Zhenhui, et al. Cooling history and exhumation mechanism of the ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie mountains, central China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(4):1117-1124(in Chinese with English abstract).

[200] 杜远生. 秦岭造山带泥盆纪沉积地质学研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997.
Du Yuansheng. Devonian Sedimentary Geology Research of Qinling Orogen [M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1997(in Chinese).

[201] 方维萱, 张国伟,李亚林. 南秦岭晚古生代伸展构造特征及意义[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2001, 31(3):235-241.
Fang Weixuan, Zhang Guowei, Li Yalin. Characteristics and implications of extensional tectonics in the Upper Palaeozoic in the Qinling orogenic belts [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2001, 31(3):235-241(in Chinese with English abstract).

[202] 王宗起, 王涛, 闫臻, 等. 秦岭晚古生代弧前增生的背驮型盆地体系[J]. 地质通报, 2002, 21(8/9):456-464.
Wang Zongqi, Wang Tao, Yan Zhen, et al. Late Paleozoic forearc accretionary piggyback type basin system in the south Qinling, central China [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(8/9): 456-464(in Chinese with English abstract).

[203] 杨宗让. 中秦岭地区晚古生代增生的弧前构造带及演化初探[J]. 陕西地质, 1999. 17(2):1-6.
Yang Zongrang. The accretional forearc structural zone and its evolution analysis in later Paleozoic in the middle part of Qingling area [J]. Geology of Shaanxi, 1999, 17 (2):1-6 (in Chinese with English abstract).

[204] 杨文采, 胡振远, 程振炎, 等. 郯城-涟水综合地球物理剖面[J]. 地球物理学报, 1999, 42(2):206-217.
Yang Wencai, Hu Zhenyuan, Cheng Zhenyan, et al. Long profile of geophysical investigation from Tanchen to Lianshui, east-central China [J]. Chinese Journal of Geophysics, 1999, 42(2): 206-217(in Chinese with English abstract).

[205] 金振民, 金淑燕, 高山, 等. 大别山超高压岩石形成深度局限于100~150 km 吗?[J]. 科学通报, 1998, 43(1):767-771.
Jin Zhenmin, Jin Shuyan, Gao Shan, et al. Is the formation depth of the Dabie UHP rocks restricted to 100-150km?[J]. Chinese Science Bulletin 1998, 43(7):767-770(in Chinese).

[206] 汤加富, 周存亭, 侯明金, 等. 大别山及邻区地质构造特征与形成演化-地幔差速环流与陆内多期造山 [M]. 北京: 地质出版社, 2003:1-266.
Tang Jiafu, Zhong Cunting, Hou Mingjin, et al. The Geological Characteristics, Formation and Evolution of Dabie Mountains and Its Adjacent Regions——the Mantle Differential Circulation and Intracontinental Multi-stage Orogeny [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2003: 1-266(in Chinese with English abstract).

[207] 袁学诚, 李善芳. 大别造山带岩石圈结构与超高压变质岩折返的另类模型[J]. 中国地质, 2008, 35(4):565-576.
Yuan Xuecheng, Li Shanfang. Lithospheric structure under the Dabie orogen and another model of exhumation of UHP rocks[J]. Geology in China, 2008, 35(4):565-576(in Chinese with English abstract).

[208] Yuan Xuecheng, Klemperer Simon L, Teng Wen-Bang, et al. Crustal structure and exhumation of the Dabie Shan ultra-high pressure orogen, eastern China, from seismic reflection profiling[J]. Geology, 2003, 31(5):435-438.

[209] Allegre C J, Courtillot V, Tapponnie P, et al. Structure and evolution of the Himalaya-Tibet orogenic belt [J]. Nature, 1984, 307:17-22.

[210] Burg J P, Chen G M. Tectonics and structural zonation of southern Tibet[J]. Nature, 1984, 311:219-223.

[211] Sengör A M C. The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Euraisa [J]. Geol. Soc. America Spec. Paper, 1984, 195:1-82.

[212] Chang Chengfa, Chen Nansheng, Coward M P, et al. Preliminary

conclusions of the Royal Society and Academic Sinica 1985 geotraverse of Tibet[J]. Nature, 1986, 323:501-507.

[213] Dewey J F, Cande S, Pitman W C. Tectonic evolution of the India-Eurasia collision zone [J]. Eclogae Geologicae Helvetiae, 1989, 82:717-734.

[214] Sengör A M C, Altmer D, Cin A, et al. Origin and assembly of the Tethyside orogenic collagenic at the expence of Gondwana Land [J]. Geological Society Special Publication, 1989, 37:119-181.

[215] 刘增乾, 徐宪, 潘桂棠, 等. 青藏高原大地构造与形成演化[M]. 北京:地质出版社. 1990.
Liu Zengqia, Xu Xian, Pan Guitang, et al. Tectonics, Geological Evolution and Genetic Mechanism of Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.

[216] 郭铁鹰, 梁定益, 张宜智, 等. 西藏阿里地质[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1991.
Guo Tieying, Liang Dingyi, Zhang Yizhi, et al. Geology of Ngari, Xizang[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991.

[217] Burchfiel B C, Chen Zhiliang, Hodges K V, et al. The south Tibetan detachment system,Himalayan orogen, extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt[J]. Geological Society of America (Special Paper), 1992, 269:1-40.

[218] Le Pichon X, Fournier M, Jolivet L. Kinematics, topography, shortening, and extrusion in the India-Eurasia collision [J]. Tectonics, 1992, 11:1085-1098.

[219] Hsü K J, Pan G T, Sengör A M C. Tectonic evolution of the Tibetan Plateau: A working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis [J]. International Geology Review, 1995, 37: 473-508.

[220] 李廷栋. 青藏高原隆升的过程和机制[J]. 地球学报, 1995, 1:1-9.
Li Tingdong. The Uplifting Process and Mechanism of the Qinhai-Tibet Plateau [J]. Acta Geoscience Sinica, 1995, 1:1-9(in Chinese with English abstract).

[221] 钟大赉. 滇川西部古特提斯造山带 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
Zhong Dalai. Paleo-Tethys Orogen of Western Yunnan and Sichuan Provinces[M]. Beijing: Science Press, 1998.

[222] Yin A, Harrison T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen [J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2000, 28:211-280.

[223] 肖序常,李廷栋. 青藏高原构造演化与隆升机制[M]. 广州: 广东科学技术出版社. 2000.
Xiao Xuchang, Li Tingdong. Tectonic Evolution and Uplift of Qinghai-Xizang Plateau [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2000(in Chinese).

[224] 赵文津, 赵逊, 史大年, 等. 喜马拉雅和青藏高原深剖面(INDEPTH)研究进展[J]. 地质通报, 2002, 21(11):691-700.
Zhao Wenjin, Zhao Xun, Shi Danian, et al. Progress in the study of deep (INDEPTH) profiles in the Himalayas and Qinghai-Tibet Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11):691-700(in Chinese with English abstract).

[225] 潘桂棠, 丁俊, 王立全, 等. 青藏高原区域地质调查重要新进展通报[J]. 地质通报, 2002, 21(11):787-793.
Pan Guitang, Ding Jun, Wang Liquan, et al. New important progresses in the regional geological survey of the Qinghai-Xizang Plateau[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11):787-793(in Chinese with English abstract).

[226] 潘桂棠, 徐强, 侯增谦, 等. 西南"三江"多岛弧造山过程成矿系统与资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1-420.
Pan Guitang, Xu Qiang, Hou Zengqian, et al. Archipelagic Orogenesis, Metallogenic Systems and Assessment of the Mineral Resources along the Nujiang-Lancangjiang-Jinshajiang Area in Southwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003: 1-420(in Chinese with English abstract).

[227] 潘桂棠, 王立全,朱弟成. 青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考[J]. 地质通报, 2004, 23(1):12-19.
Pan Guitang, Wang Liquan, Zhu Dicheng, Thoughts on some important scientific problems in regional geological survey of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (1):12-19(in Chinese with English abstract).

[228] 王立全, 朱弟成, 潘桂棠. 青藏高原 1:25 万区域地质调查主要成果和进展综述(南区)[J]. 地质通报, 2004, 23(5/6):413-420.
Wang Liquan, Zhu Dicheng, Pan Guitang. Primary results and progress of regional geological survery (1: 250000): the south of Qinghai-Tibet Plateau [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (5/6):413-420(in Chinese with English abstract).

[229] 李荣社, 杨永成, 孟勇. 青藏高原 1:25 万区域地质调查主要成果和进展综述(北区)[J]. 地质通报, 2004, 23(5/6):421-426.
Li Rongshe, Yang Yongcheng, Meng Yong. Main results and progress in 1:250000 regional geological survey of the northern Qinghai-Tibet Plateau [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (5/6):421-426(in Chinese with English abstract).

[230] 许志琴. 青藏高原大地动力学 (1984—2006)[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 1-419.
Xu Zhiqin, Continental Dynamics of Qinghai-Xizang Plateau (1984—2006) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 1-419(in Chiese with English abstract).

[231] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 造山的高原—青藏高原地体拼合、碰撞造山和高原隆升[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 1-458.
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. Orogenic Plateau-Terrain Collage, Collisional Orogenesis and Uplift of the Qinghai-Xizang Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House. 2006: 1-458(in Chinese with English abstract).

[232] 李才. 青藏高原龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带研究二十年[J]. 地质论评, 2008, 54(1):105-119.
Li Cai. A review on 20 years' study of the Longmu cu-Shuanghu-Lancang River suture zone in Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau[J]. Geological Review, 2008, 54(1):105-119(in Chinese with English abstract).

[233] 李才, 董永胜, 翟庆国, 等. 青藏高原羌塘早古生代蛇绿岩-堆

晶辉长石的锆石 SHRIMP 定义及其意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24(1):31-36.
Li Cai, Dong Yongsheng, Zhai Qingguo, et al. Discovery of Eopaleozoic ophiolite in the Qiangtang of Tibet Plateau: evidence from SHRIMP U-Pb dating and its tectonic implication [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(1):31-36(in Chinese with English abstract).

[234] 李才, 和钟铧, 李惠民. 青藏高原南羌塘基性岩墙群 U-Pb 和 Sm-Nd 同位素定年及构造意义 [J]. 中国地质, 2004, 31(4): 384-389.
Li Cai, He Zhonghua, Li Huimin. U-Pb and Sm-Nd dating of mafic dike swarms in southern Qiangtang, Qinghai-Tibet Pleatau and its tectonic significance [J]. Geology in China, 2004, 31(4): 384-389(in Chinese with English abstract).

[235] 朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 等. 藏南特提斯喜马拉雅带中段二叠纪——白垩纪的火山活动(Ⅰ):分布特点及其意义[J]. 地质通报, 2004, 23(7):645-654.
Zhu Dicheng, Pan Guitang, Mo Xuanxue, et al. Permian to Cretaceous volcanic activities in the central segment of the Tethyan Himalayas (I): distribution characteristics and significance [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(7):645-654(in Chinese with English abstract).

[236] 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 等. 冈底斯造山带的时空结构及演化 [J]. 岩石学报, 2006, 22(3):521-533.
Pan Guitang, Mo Xuanxue, Hou Zengqian, et al. Spatial-temporal framework of the Gangdese orogenic belt and its evolution [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (3):521-533 (in Chinese with English abstract).

[237] 潘桂棠, 王立全, 尹福光, 等. 从多岛弧盆系研究实践看板块构造登陆的魅力[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10):933-939.
Pan Guitang, Wang Liquan, Yin Fuguang, et al. Charm of landing of plate tectonics on the continent as viewed form the study of the archipelago arc-basin system [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9/10):933-939(in Chinese with English abstract).

Subdivision of tectonic units in China

PAN Gui-tang[1], XIAO Qing-hui[2], LU Song-nian[3], DEN Jin-fu[4], FENG Yi-min[5], ZHANG Ke-xin[6], ZHANG Zhi-yong[2], WANG Fang-guo[1], XING Guang-fu[7], HAO Guo-Jie[3], FENG Yan-fang[2]

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral* Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Development and Research Center of China Geological Survey, Beijing *100037, China*; 3. *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources*, *Tianjin* 300170, *China;* 4. *China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 5. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an* 710054, *Shaanxi, China*; 6. *State Key Laboratory of Geological Process and Mineral Resource, Wuhan* 430074, *Hubei, China*; 7. *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources*, *Nanjing* 210016, *Jiangsu, China*)

Abstract: Researches on tectonic formation, evolution and subdivision in China have had a history of more than 100 years. There are several kinds of opinions concerning the tectonic subdivision of China, which are based on different sorts of epistemology and methodology regarding the formation and evolution of the continental crust. Tectonic subdivision blueprints guided by "three mainstream tectonic views" include Mr. Huang Jiqing's polycyclic tectonics, Mr. Wang Hongzhen's historical tectonics and Mr. Li Chunyu's plate tectonics. The ideas of these researchers have been playing a guiding role in this field and hence have had extensive and profound influence in China. Nowadays tectonic subdivision seems to be the key to the research on micro-structures of plates in that it is not only a theoretical problem in the study of plate tectonics but also a practical problem which must be solved immediately so as to help perform studies in such aspects as regional geology, metallogenic prognosis and mineral resources evaluation. In this paper, the tectonic subdivision is based on records of stratigraphic division and correlation, sedimentary formation, volcanics formation, intrusive magmatism, metamorphism and deformation, and consistent with the classic division theory of "three mainstream tectonic views" in China. Guided by theories of plate tectonics and earth dynamics, based on the requirements of metallogenic regularity and mineral energy resource prognosis, and following the main line of spatial-temporal structure analysis of tectonic facies environment of different-sized stable ancient continent block domains and different episodic orogenic systems, the authors have divided the tectonic environment of China into continent block domains and orogenic systems, which include nine first-order tectonic units and fifty-six corresponding second-order tectonic units. As there are a number of major tectonic problems in China that remain to be solved in future, a prolonged painstaking efforts are still needed for more accurate subdivision.

Key words: tectonics; tectonic unit; continental block domain; orogenic system; composite arc-basin system

About the first author: PAN Gui-tang, male, born in 1941, senior researcher, mainly engages in the study of tectonics and regional geology; E-mail: guitang_pan@yahoo.cn