

doi:10.3799/dqkx.2014.086

沉积大地构造相划分与鉴别

张克信^{1,2,3}, 何卫红^{2,3}, 徐亚东^{2,3}, 骆满生², 宋博文¹,
张智勇⁴, 潘桂棠⁵, 王永和⁶, 赵小明⁷, 邢光福⁸

1. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074
2. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074
3. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074
4. 中国地质调查局, 北京 100037
5. 成都地质矿产研究所, 四川成都 610082
6. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054
7. 武汉地质矿产研究所, 湖北武汉 430223
8. 南京地质矿产研究所, 江苏南京 210016

摘要: 沉积大地构造相是反映陆块区、洋区、洋与陆块之间的陆缘区(活动和被动陆缘)形成演变过程中, 在各个演化阶段及其特定的大地构造环境中形成的沉积盆地及其充填序列, 是表达大陆岩石圈板块在离散、汇聚、碰撞、走滑等动力学过程中形成的不同类型沉积盆地及其综合产物, 具有恢复陆块区和造山系形成演化的功能。为从大地构造环境和沉积盆地分析角度系统剖析中国大陆新元古代以来纷繁复杂的大陆增生历程, 根据中国大陆形成演化特点, 提出一套沉积大地构造相(沉积盆地类型)划分方案, 并简述其大地构造环境鉴别标志。该划分方案分4级(相系、大相、相和亚相): 一级为陆块区(含地块)相系和造山系相系。陆块区按构造古地理位置和区域构造应力场进一步划分出二级和三级单元。造山系由弧盆系、叠接带和对接带大相构成, 是岩石圈板块大规模水平运动, 在洋陆转换过程中岛弧增生、弧—弧碰撞、弧—陆碰撞、陆—陆碰撞和陆内俯冲的产物, 常表现为复杂岩石组成、复杂褶皱和断裂构造的巨大山系; 叠接带大相主要由弧—弧碰撞和弧—陆碰撞时, 在陆缘形成的洋—陆转化增生带, 是软碰撞产物; 对接带大相由陆—陆碰撞形成, 是硬碰撞产物。在造山系的弧盆系、叠接带和对接带大相之下, 按洋盆演化—洋陆转化历程所产生的系列构造古地理环境和建造, 进一步划分出洋盆、弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地、残余海盆、周缘前陆盆地、弧后前陆盆地等大地构造相单元。

关键词: 沉积盆地; 大地构造; 鉴别标志; 陆块; 造山系。

中图分类号: P54

文章编号: 1000-2383(2014)08-0915-14

收稿日期: 2014-03-12

Subdivision and Identification of Sedimentary Tectonic Facies

Zhang Kexin^{1,2,3}, He Weihong^{2,3}, Xu Yadong^{2,3}, Luo Mansheng², Song Bowen¹,
Zhang Zhiyong⁴, Pan Guitang⁵, Wang Yonghe⁶, Zhao Xiaoming⁷, Xing Guangfu⁸

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
3. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
4. China Geological Survey, Beijing 100037, China
5. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China
6. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China
7. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223, China
8. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China

Abstract: Sedimentary tectonic facies reveals different types of sedimentary basins and their sequences, distribution and comprehensive combination formed in a tectonic setting of a specific tectonic site in each evolutionary stage during the formation and

基金项目: 中国地质调查局项目(Nos.1212010733802, 12120113012500, 1212011220529)。

作者简介: 张克信(1954—), 教授, 博士生导师, 从事地层学、沉积学和造山带地质研究。E-mail: kx_zhang@cug.edu.cn

evolution of a continental block, an ocean or a continental margin (active or passive), which is an integrated product of dynamic processes of divergence, convergence, collision and rotation-shear of continental lithosphere plates as well. It has the function of revealing the formation and evolution of continental blocks and orogenic systems (belts). In order to systematically analyze the complicated process of continental accretion since Neoproterozoic in Mainland China in the perspective of sedimentary tectonic facies and sedimentary basins based on characteristics of formation and evolution in Mainland China, this paper puts forward a set of classification scheme and briefly introduces identification markers of sedimentary tectonic facies (types of sedimentary basins). The scheme can be divided into 4 levels (facies series, macrofacies, facies and subfacies): the first level is continental block (including land block) and orogenic system facies series. Thereinto, continental block can be divided into macrofacies and facies on the basis of tectonic paleogeographic site and regional tectonic stress field. The orogenic system is comprised of arc-basin systems, accretional zone and opposite zone, with huge mountains accompanied by complex lithologic composition, fold and fault. In fact, it is the outcome of arc accretion, arc-arc collision, arc-continent collision, continent-continent collision, and inter-continent subduction in the process of conversion between continent and ocean, under the extensive act of horizontal movement of lithosphere plate. The accretional zone is the product of soft collision controlled by arc-arc and arc-continental collision, which spreads across the ocean-continent transformation accretion zone in continental margin. In contrast, the opposite zone is the outcome of hard collision formed by continent-continent collision. Down to next level, we can divide sedimentary tectonic basins into oceanic basin, forearc basin, interarc basin, backarc basin, residue sea, peripheral foreland basin, backarc foreland basin, and so on, according to a series of tectonic paleogeographical environment and construction generated by the progress of ocean-continent transformation.

Key words: Sedimentary basins; tectonics; identification marker; continent block; orogenic system.

沉积盆地的类型与沉积作用与其盆地形成的大地构造环境紧密相关.最早 Sander(1923)提出“大地构造相(tectonic facies)”术语表达沉积作用的大地构造环境.Dickinson(1974)总结了不同大地构造背景下的沉积盆地类型,其中的大多数被 Robertson(1994)作为大地构造相类型使用,如弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地、残余盆地、前陆盆地、拉分盆地、裂谷盆地等.Harland(1956)用大地构造相概念表达特定变形样式和岩石组合.Hsu(1991)在对阿尔卑斯造山带系统研究的基础上,提出碰撞造山带主要由仰冲陆块、俯冲陆块和一个位于其间的大洋岩石圈的残余遗迹 3 种大地构造相叠加组成,分别称作雷特相(raetide facies)、凯尔特相(celtide facies)和阿尔曼相(alemanide facies).他认为大地构造相是山脉形成的基本要素,其定义以地层学、古地理古构造框架、变形方式及变形程度为基础.他以瑞士阿尔卑斯型造山带为例,分为 13 个相单元(后又称亚相),归并为 5 种大地构造相:前陆盆地相(foreland basin)、原地地块相(autochthonous massif, 等同于 alemanides 相)、活动基底相(mobilized basement)、滑脱盖层相(decollement, 等同于 celtides 相)和刚性基底相(rigid basement, 等同于 rhaetides 相).许清华等(1998)按 Hsu(1991, 1995)对大地构造相的定义与划分方案,最早编制出版了 1:400 万中国大地构造相图.

李继亮(1992)将大地构造相定义为:在相似环

境中形成、经历了相似的变形和就位作用、并具有类似的内部构造的岩石构造组合,他划分出仰冲基底相类、混杂相类、前陆褶皱冲断相类、主剪切相类、岩浆弧相类和磨拉石盆地相类共六大相类,进一步细分为 15 个相.李继亮(2009)按动力学、大地构造环境、构造与岩石组合三级分类方案,划分出 4 类大地构造环境、11 类亚环境和 31 个大地构造相.

Robertson(1994)对大地构造相提出了与 Hsu(1991)和李继亮(1992)的定义不同的另一套划分方案:大地构造相具有一套岩石-构造组成,其特征足以系统地确认造山带为地史时期的一定大地构造环境(如海山).Robertson(1994)分出 4 种基本构造环境(离散、汇聚、碰撞、走滑),每种下分若干个相,共计 29 种大地构造相:(1)离散背景的大地构造相包括被动裂谷相、活动裂谷相、夭折裂谷相、台间盆相、碳酸盐台地相、边缘海山相、扩张洋脊相、深海平原相、大陆碎块相和大洋海山或海台相;(2)汇聚背景的大地构造相包括上消减带蛇绿岩相、大洋岛弧相、消减/增生杂岩相、弧前盆地相、弧后盆地相(陆内)和弧后盆地相(洋内);(3)碰撞背景的大地构造相,包括洋内碰撞相、残余洋盆相、碰撞前伸展盆地相、洋壳物质加入的前渊相、陆壳物质加入的前陆盆地相和与隆升相关的构造环境;(4)走滑背景的大地构造相,包括转换裂谷和被动边缘相、大洋转换断层相、拉张盆地的洋壳相、与汇聚有关的走滑和旋转相(碰撞前)、走滑和旋转相(碰撞后).

1996—2002年,殷鸿福等(2003)在青海东昆仑造山带开展造山带非史密斯地质填图示范,并引进Robertson大地构造相划分方案,完成了1:25万冬给措纳湖幅区调填图,并在此基础上,就大地构造相划分方案进行了一定的修改和补充,总结了大地构造相在造山带区调中的应用(张克信等,2001,2004a,2004b;殷鸿福等,2003).冯益民等(2002)以区调成果为基础对西秦岭造山带结构与造山过程,运用大地构造相方法进行了研究.潘桂棠等(2008)系统地提出了一套中国大陆大地构造相划分方案与鉴别标志,并对大地构造相定义为:是反映陆块区和造山系(带)形成演变过程中,在特定演化阶段、特定构造部位的大地构造环境中形成的一套岩石—构造组合,是表达大陆岩石圈板块经过离散、聚合、碰撞、旋扭等动力学过程而形成的地质构造作用的综合产物,具有恢复与揭示陆块区和造山系(带)的组成、结构、演化与成矿地质背景的功能(潘桂棠等,2008).徐学义等(2009)运用大地构造相方法,按克拉通相、离散相、会聚相、碰撞相、板内伸展相和陆内相共六大类相编制了《东天山—北山地区成矿地质背景图》.耿全如等(2012)运用大地构造相对青藏高原班公湖—怒江构造带的演化与成矿地质背景进行了研究.潘桂棠等(2013)采用大地构造相研究方法编制了青藏高原及邻区大地构造图.

2006—2013年,叶天竺、张智勇、肖庆辉和潘桂棠等负责的全国重要矿产成矿背景项目组应用板块构造学说、大陆动力学与大地构造相分析方法体系(叶天竺等,2010),在综合集成全国30个省市(区)733幅1:25万建造构造图、245幅1:50万各省市(区)级大地构造相图等地质构造系列专题图、6大区1:150万大地构造相图等地质构造系列专题图及地质调查与专题研究海量数据资料基础上,编制了中国1:250万大地构造图和中国1:250万沉积大地构造图等6幅系列大地构造图及说明书(内部资料).

综上所述,提出和应用大地构造相的国内外学者均认为:大地构造相是在特定演化阶段、特定大地构造环境中形成的一套构造岩石组合,是分析大地构造时空结构与演化的一种行之有效的技术与方法.不同之处是对大地构造相的定义和应用方面所强调的侧重点不同,主要有2种:观点之一强调了大地构造环境的变形与就位(Harland,1956;Hsu,1991,1995;李继亮,1992);观点之二强调了大地构造环境的物质表现(即特定的岩石构造组合)(San-

der,1923;Robertson,1994;殷鸿福等,2003;潘桂棠等,2008,2013).本文认为潘桂棠等(2008,2013)对大地构造相的定义与划分方案最为全面系统,该划分方案是按造山作用(造山带和地台基底中的古老造山带)和造陆作用(如地台的沉积盖层)全过程不同阶段(离散—拉张、汇聚、碰撞—挤压和走滑)进行细分,每种相以一定大地构造环境中的物质建造为基础,能较全面地反映造山带和陆块区的组成、结构与演化.

本文借鉴上述学者对大地构造相的研究成果(Hsu,1991;李继亮,1992,2009;Robertson,1994;许靖华等,1998;冯益民等,2002;殷鸿福等,2003;张克信等,2004a,2004b;潘桂棠等,2008,2013;徐学义等,2009;耿全如等,2012),以2006—2013年全国重要矿产成矿背景项目组应用大地构造相分析方法体系(叶天竺等,2010)和所获全国大量沉积地层数据资料,在中国1:250万沉积大地构造图的编图实践基础上,对中国沉积大地构造相进行系统划分,并对沉积大地构造相定义为:沉积大地构造相是反映陆块区、洋区、洋与陆块之间的陆缘区(活动和被动陆缘)形成演变过程中,在各个演化阶段及其特定的大地构造环境中形成的沉积盆地及其充填序列,是表达大陆岩石圈板块在离散、汇聚、碰撞、走滑等动力学过程中形成的不同类型沉积盆地及其综合产物,具有恢复陆块区和造山系(带)形成演化的功能.

1 划分方案

为从大地构造环境和沉积盆地分析角度,系统剖析中国大陆新元古代以来纷繁复杂的大陆增生历程,本文针对中国大陆形成演化特点,提出一套沉积大地构造相(沉积盆地类型)划分方案(表1,表2,图1),并简述其大地构造环境鉴别标志.该划分方案分4级:一级为陆块区(含卷入造山系的地块)和造山系.陆块(地块)区按海相和陆相并结合盆地形成的区域构造应力场(分为地壳垂直升降为主和水平运动为主两大类;水平运动为主进一步分为拉张、挤压和走滑3类)进一步划分出二级单元.如海相陆块区,以地壳垂直升降为主的可划分出陆表海和碳酸盐岩台地,以水平运动为主的被动陆缘等;如陆块区为陆相,可划分出断陷盆地、压陷盆地和拉分盆地等(表1,图1).造山系由弧盆系、叠接带和对接带构成,是岩石圈板块大规模水平运动,在洋陆转换过程

表 1 陆块区沉积大地构造相单元(盆地类型)划分

Table 1 Units of sedimentary tectonic facies (types of sedimentary basins) in continental blocks

相		亚相		实例	
相名称	相代号	亚相名称	亚相代号		
陆表海	ES	海陆交互陆表海	<i>mc</i>	华北晚石炭世—早二叠世海陆交互陆表海(李宝芳等,2000)	
		碎屑岩陆表海	<i>ce</i>	塔里木志留纪—泥盆纪碎屑岩陆表海(江大勇等2001;王招民等,2004;张翔等,2006)	
		碳酸盐岩陆表海	<i>ca</i>	湘和桂北晚石炭世—中二叠世碳酸盐岩陆表海(刘宝珺和许效松,1994;彭军等,2000)	
		混积陆表海	<i>me</i>	塔里木石炭纪—早二叠世混积陆表海(黄智斌等,2012)	
被动陆缘	PM	陆棚	<i>sh</i>	<i>is</i>	上扬子震旦纪—古生代被动陆缘(刘宝珺和许效松,1994;陈建强,2000;梅冥相等,2006)
		内陆棚		<i>os</i>	
		外陆棚			
		陆缘斜坡	<i>sl</i>	十万大山寒武纪—早奥陶世被动陆缘斜坡(刘宝珺和许效松,1994;马力等,2005)	
		陆缘裂陷	<i>mg</i>	十万大山晚二叠世—中三叠世陆缘裂陷(刘宝珺和许效松,1994;马力等,2005)	
被动陆缘 碳酸盐岩台地	CP	台地	<i>pl</i>	下扬子晚石炭世—早二叠世台地(芮琳等,1988;张遵信等,1988;刘宝珺和许效松,1994)	
		混积台地	<i>mp</i>	下扬子中二叠世—中三叠世混积台地(刘宝珺和许效松,1994;殷鸿福和李思田,2000)	
		台地斜坡	<i>rm</i>	二叠纪上扬子浅海台地与其东南侧的湘桂深水海盆间的台地斜坡(刘宝珺和许效松,1994;梅冥相等,2007)	
		台盆	<i>ip</i>	南盘江—右江泥盆纪—石炭纪台盆(赖生华等,2005)	
裂谷	R	陆内裂谷	<i>ir</i>	扬子区新元古代裂谷(王剑等,2001)	
		陆缘裂谷	<i>mr</i>	富宁—那坡泥盆纪—石炭纪陆缘裂谷(马力等,2005)	
		夭折裂谷	<i>fr</i>	塔里木铁克里克南华纪—震旦纪夭折裂谷(王爱国等,2004)	
断陷盆地 (含火山岩)	FT(VFT)			下扬子新生代断陷盆地(王鸿祯,1985;邵家骥等,1989;张祥云等,2004)	
坳陷盆地	DW			江汉—洞庭第四纪坳陷盆地(王鸿祯,1985;柏道远等,2010)	
断陷—坳陷盆地 (含火山岩)	FD(VFD)			松辽晚白垩世—第四纪断陷—坳陷盆地(于文卿等,1999;李国玉等,2002;叶得泉等,2002;贾军涛等,2007)	
陆内裂陷盆地 (含火山岩)	IG(VIG)			华南东部晚侏罗世—新近纪陆内裂陷盆地(余心起等,2003)	
压陷盆地	DB			塔里木新近纪压陷盆地(张克信等,2010; Zhang et al.,2013)	
断陷—压陷盆地	FDE			新疆准噶尔盆地,早—中侏罗世为断陷盆地,晚侏罗世—早白垩世为压陷盆地(方世虎等,2005)	
拉分盆地 (含火山岩)	PB(VPB)			莱阳白垩纪—始新世拉分盆地(李国玉等,2002);甘孜—理塘古近纪—新近纪拉分盆地(张克信等,2010)	

中岛弧增生、弧—弧碰撞、弧—陆碰撞、陆—陆碰撞和陆内俯冲的产物,常表现为复杂岩石组成、复杂褶皱和断裂构造的巨大山系.弧盆系概念参见潘桂棠等(2008).叠接带和对接带最早由王鸿祯(1985)提出并定义.本文认为,潘桂棠等(2008)提出的结合带概念应等同于王鸿祯(1985)定义的叠接带.叠接带主要由弧—弧碰撞和弧—陆碰撞时,在陆缘形成的洋—陆转化增生带,是软碰撞产物.对接带由陆—陆

碰撞形成,是硬碰撞产物.在造山系的弧盆系、叠接带和对接带大相之下,可按洋盆演化—洋陆转化历程所产生的系列构造古地理环境和建造,进一步划分出洋盆、弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地、残余海盆、周缘前陆盆地、弧后前陆盆地等(大地构造)相单元(表 2,图 1).

中国大陆新元古代以来是由泛华夏陆块群、劳亚和冈瓦纳 3 个大陆、3 个大洋(古亚洲洋、特

表 2 造山系沉积大地构造相单元(盆地类型)划分

Table 2 Units of sedimentary tectonic facies (types of sedimentary basins) in orogenic systems

大相	相		亚相		实例
	相名称	相代号	亚相名称	亚相代号	
弧盆系 叠接带 对接带	洋盆	OB	MORB 型洋盆相(含 MORB 型蛇绿岩或混杂岩带)	mob	南昆仑阿尼玛卿二叠纪—早三叠世洋盆(Zhang <i>et al.</i> , 2000; 张克信等, 2001)
			SSZ 型洋盆相(含 SSZ 型蛇绿岩或混杂岩带)	sob	青海乌兰乌拉湖晚古生代洋盆(潘桂棠等, 2013)
	残余海盆	RS			古新世—始新世藏南残留海盆(张克信等, 2010; Zhang <i>et al.</i> , 2013)
	活动陆缘	AM			额尔齐斯—西准噶尔中奥陶世—早石炭世活动陆缘(匡立春等, 2013; 李锦铁等, 2013); 南昆仑二叠纪—早三叠世活动陆缘(Zhang <i>et al.</i> , 2000; 张克信等, 2001, 2004a)
	弧前盆地	FO	弧前主带	fc	东昆仑昆南布青山地区二叠纪—早三叠世弧前盆地(张克信等, 2001, 2004b); 西藏冈底斯南缘白垩纪弧前盆地(日喀则群)(潘桂棠等, 2013)
			弧前斜坡	fs	
			弧前构造高地	fh	
	岩浆弧	MA	火山弧	va	东昆仑昆北带晚石炭世—中三叠世陆缘弧(张克信等, 2001, 2004b)
			陆缘弧	cma	
	岩浆弧	MA	弧背盆地	rb	东昆仑南部晚二叠世弧背盆地(格曲组)(张克信等, 2001)
弧内裂陷盆地			iag	阴山—燕山地区晚侏罗世—早白垩世弧内裂陷盆地(许欢等, 2013)	
弧间盆地	IB	弧前裂陷盆地	fg	闽浙粤沿海中侏罗世—白垩纪弧前裂陷盆地(谯汉生等, 1999)	
				东昆仑南部晚石炭世—中二叠世弧间盆地(浩特洛注组)(张克信等, 2001, 2004a, 2004b)	
弧盆系 叠接带 对接带	弧后盆地	BA	弧后主带	bc	扬子板块东南缘江西樟树墩—安徽伏川弧后盆地(郭令智等, 1996); 东天山大南湖晚石炭世弧后盆地(脐山组)(张洪瑞等, 2010); 东昆仑昆中带石炭纪—中二叠世弧后盆地(早石炭世哈拉郭勒组和晚石炭世—中二叠世浩特洛注组)(张克信等, 2001, 2004a, 2004b)
			弧后陆坡	bs	
			弧后陆棚	bsh	
	边缘海	MS	碎屑岩半深海	cb	闽粤南华纪—震旦纪碎屑岩半深海(王鸿祯, 1985; 张开毕等, 2005)
			硅泥质岩深海	sb	闽粤震旦纪硅泥质岩深海(王鸿祯等, 1985)
			碎屑岩浅海	ss	义敦—沙鲁晚震旦世—奥陶纪碎屑岩浅海(李荣社等, 2011)
			混积浅海	cm	红柳河—洗肠井—碱泉青白口混积浅海(徐学义等, 2009)
	弧后前陆盆地	BF			东昆仑昆中—昆南带早—中三叠世弧后前陆盆地(洪水川群)(张克信等, 2004a, 2004b)
	俯冲增生楔	SA	蛇绿混杂岩带	om	东昆仑昆南布青山蛇绿混杂岩带(张克信等, 2001)
			海山	sm	西秦岭甘肃夏河县甘家乡八角城中二叠世海山(Kou <i>et al.</i> , 2009)
弧—海山增生带			asm	龙木错—双湖—澜沧江带二叠纪—三叠纪弧—海山增生带(如: 早二叠世曲地组、中二叠世龙格组、早三叠世孜狮桑组等)(耿全如等, 2012)	
弧—弧碰撞(增生)带			aa	粤西信宜贵子—茶山地区新元古代—早古生代早期弧—弧碰撞(增生)带(彭松柏等, 2006a, 2006b)	
弧—陆碰撞(增生)带			ac	中新世台湾海岸山脉弧—陆碰撞(增生)带(耿威等, 2013)	
陆—陆碰撞带			cc	藏南印度次大陆—亚洲大陆古近纪陆—陆碰撞带(张克信等, 2010; Zhang <i>et al.</i> , 2013)	
前陆盆地(未分)	FB			喜马拉雅南侧新生代前陆盆地(Vaidyanathan and Ramakrishnan, 2008; Zhang <i>et al.</i> , 2013)	
周缘前陆盆地	PF				

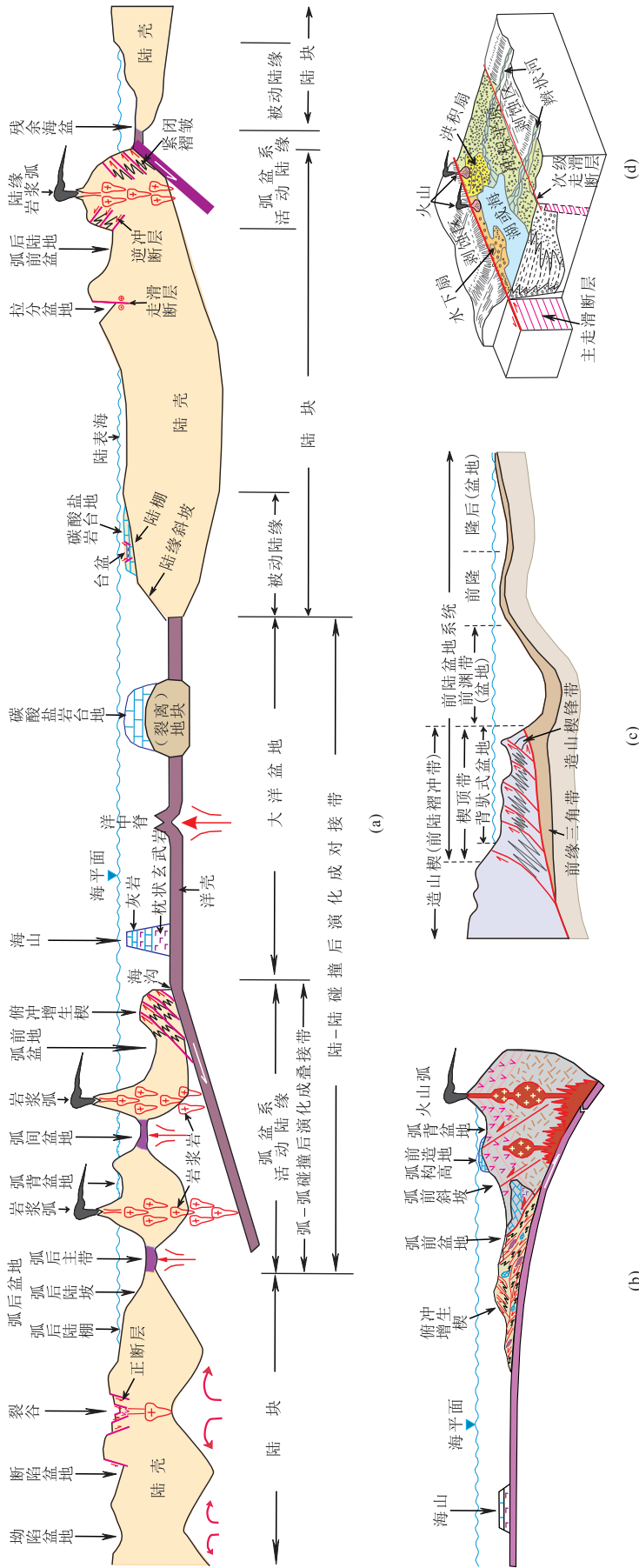


图1 沉积大地构造相单元(盆地类型)分布示意

Fig.1 Schematic distribution map of sedimentary tectonic facies (types of sedimentary basins)

a.陆缘—活动陆缘—大洋盆地—被动陆缘中的沉积大地构造相单元(盆地)分布示意; b.俯冲增生楔—弧前盆地—弧前构造高地—弧背盆地—弧后主带—弧后陆坡—弧后陆棚—正断层—裂谷—断陷盆地—坳陷盆地—陆壳

c.前陆盆地系统内部构成示意; d.拉分盆地系统内部构成及沉积相分布示意

提斯洋和太平洋)洋陆转换逐渐集合长大而成的(潘桂棠等,1997,2009)。洋陆转换过程中岛弧增生、弧—弧碰撞、弧—陆碰撞和陆—陆碰撞是大陆生长的主要方式。在中国大陆增生中,经历了多个大洋岩石圈板块构造向大陆岩石圈构造转换、增生、碰撞聚集,形成了以华北、塔里木和扬子为核心的三大陆块区、五大对接带(额尔齐斯—西拉木伦、南天山、宽坪—佛子岭、班公湖—双湖—怒江—昌宁—孟连和江绍—郴州—钦防)和七大造山系(阿尔泰—兴蒙、天山—准噶尔—北山、秦岭—祁连—昆仑、羌塘—三江、冈底斯—喜马拉雅、武夷—云开和菲律宾)镶嵌组成的复式大陆(潘桂棠等,2009,叶天竺等,2010)。

2 定义与鉴别

2.1 陆块和地块相系

(1)陆表海(epeiric sea):是覆盖到大陆内部陆壳基底上的浅水海域,不包含大陆边缘陆棚浅海区(图1),海底坡度十分平缓。可据沉积建造特征划分为海陆交互陆表海、碎屑岩陆表海、碳酸盐岩陆表海和混积陆表海。海陆交互陆表海(marine-continental alternating epeiric sea):由海陆交互相沉积序列与煤层、炭质泥岩交替组合而成,以三角洲、河口湾、潮坪、沼泽、泻湖、潮汐通道、冲越扇和潮汐三角洲相陆源碎屑沉积序列为特征。碎屑岩陆表海(clastic epeiric sea):可分障壁陆表海和无障壁陆表海。障壁陆表海主要由潮坪、泻湖,冲越扇,潮汐通道,潮汐三角洲相的石英砂砾岩、石英粉砂岩、高岭石粘土、海绿石岩、铁质岩、磷质岩等共生系列组成的稳定克拉通陆表海沉积。无障壁陆表海主要由海岸沙丘—后滨、前滨、临滨、远滨相石英砂砾岩、石英粉砂岩、高岭石粘土、海绿石岩、铁质岩、磷质岩等共生系列组成的稳定克拉通陆表海沉积。碳酸盐岩陆表海(carbonate epeiric sea):通常为碳酸盐岩缓坡,自然坡度低于 1° ,缺乏显著的斜坡坡折。高能带及其颗粒沉积滩常直接分布于缓坡的向上部位;沿缓坡向下的部位为潮下和浪基面以下的低能泥晶或泥质沉积;下缓坡下部重力场十分微弱,因此缺乏重力流沉积物。混积陆表海(mixed clastic-carbonate epeiric sea):由浅水与深水2个相区组成。浅水区为从浅海碳酸盐岩台地逐渐过渡至潮坪的陆源碎屑沉积区。深水区为深水盆地的含陆源碎屑碳酸盐岩和陆源碎屑沉积区,灰泥丘发育。

(2)被动陆缘(passive continental margin):是依

板块构造划分的一种地壳构造单元,指大西洋型大陆边缘,从大陆坡至深海盆间无(海)沟—(岛)弧—盆(弧前和弧后盆地)发育,是从大陆向大洋过渡的一个地壳稳定的广阔带。被动陆缘从滨岸向深海盆可依次分为陆棚和陆缘斜坡,有时在陆缘发育陆缘裂陷。陆棚(continental shelf):又称大陆架、陆架,为大陆在海域中的自然延伸,通常指大陆周围倾斜较平缓的海底滨海—浅海地带,即从平均海面至海底坡度显著增大处(即陆架坡折处,一般在水深约200 m处)。以最大风暴浪基面为界(水深约100 m处)划分为较浅水的内陆棚(inner continental shelf)和较深水的的外陆棚(outer continental shelf)。陆缘斜坡(continental slope):又称大陆斜坡,是大陆架之外向大洋盆地过渡的较陡的海底坡面,一般位于陆壳及洋壳之间的过渡带上。其坡度大,一般为 $3^\circ\sim 6^\circ$,最大可达 45° ;宽度变化大,一般宽20~100 km,上覆水深一般为200~3200 m,所对应的海域称半深海。其上常有许多深海峡谷和海底阶地,沉积物主要为陆源碎屑浊积岩。陆缘裂陷(continental-margin graben):是被动大陆边缘边缘陆壳的初始张裂,还未发育到陆缘裂谷阶段的产物。与陆缘裂谷的主要区分是不发育裂谷内特有的双峰式火山岩,仅为陆缘初始张裂的裂陷槽,是陆缘裂谷发育的前身。

(3)被动陆缘碳酸盐岩台地(carbonate platform of passive continental margin):大部分被动陆缘毗邻的大陆为地势平坦的平原区,向海一侧多处于开阔大洋,为清水环境下的浅海陆棚区,该区域生物化学作用强烈,提供了大量内源的碳酸盐与生物碎屑沉积物。因此,巨型碳酸盐岩台地建造是被动边缘发育过程的典型建造之一。在巨型碳酸盐岩台地建造区域,在区域构造拉张背景下会出现内部岩相分异,通常分异为以浅水碳酸盐岩发育的台地(platform)和以较深水硅泥质岩发育的台盆(inter-platform basin)以及从台地向台盆过渡的斜坡地带,称为台地斜坡(ramp)。如扬子陆块区晚二叠世长兴期,呈以长兴灰岩为代表的台地与以大隆硅质岩为代表的台盆相间的格局。如以碳酸盐岩与陆源碎屑岩交互出现为特征建造的台地称为混积台地(mixed clastic-carbonate platform)。

(4)裂谷(rift):地壳断裂作用产生的伴有火山活动和地震活动的断陷带。裂谷发育早期阶段主要为陆相或海相碎屑岩沉积,发育高峰期出现双峰式火山岩建造与深水浊积岩建造,后期可出现蒸发岩沉积。大陆内部由大断裂限定的张性裂谷称陆内裂

谷(intracontinental rift).陆内裂谷也可发育比较单一的玄武岩,如上扬子陆块的晚二叠世峨眉山玄武岩裂谷事件,以发育大陆溢流玄武岩为特征.大陆块边缘陆壳的张性裂谷称陆缘裂谷(continental-margin extensional rift).与陆缘边界高角度相交深入陆内的三叉裂谷的一支,通常另外两支演化成洋盆,而伸入陆内的一支没有演化成洋盆而中途夭折,始终为陆壳基底的张性裂谷称夭折裂谷(failed rift 或 aulacogen).陆内、陆缘和夭折 3 类裂谷的共同特征如下:主要由陆源碎屑沉积岩和碳酸盐岩组成,一般下部以陆源碎屑浊流沉积为主,夹少量富碱或双峰式火山岩,中部含大量碳酸盐岩,上部以陆缘碎屑岩为主.常为扩张失败的向上变浅的沉积序列.重力滑塌沉积发育,厚度巨大.可划分出以粗碎屑为主的裂谷边缘和以细碎屑为主的裂谷中央.

(5)断陷盆地(fault basin):盆缘一侧受同沉积正断层控制的拉张型的下陷盆地.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

(6)拗陷盆地(downwarped basin):盆地边界无断裂控制的大范围凹陷下沉的沉积盆地.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

(7)断陷—拗陷盆地(faulted-downwarped basin):拉张背景下由断陷和拗陷复合而成的下陷盆地.通常是先断陷,后拗陷,其间由构造转换面分割.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

(8)陆内裂陷盆地(inland graben):陆块或地块内部拉张背景下盆缘两侧或周缘受多条同沉积正断层控制的下陷盆地.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

(9)压陷盆地(depressional basin):是陆内汇聚挤压环境下形成的构造挠曲类盆地(又称为陆内前陆盆地),往往是陆内造山带与盆地带间的边界逆冲断层作用和隆起山带的构造负荷作用,导致盆地基底向隆起山链方向弯曲下沉产生的构造拗陷,盆地的边界逆冲断层控制盆地的发展.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

(10)断陷—压陷盆地(faulted-depressional basin):先期犁式正断伸展形成断陷盆地,后期断裂翻转逆冲,形成压陷盆地.

(11)拉分盆地(pull-apart basin):走滑断层作用沿断裂带产生的盆地.本文将其分为不含火山岩和含火山岩建造两类.

2.2 造山带(弧盆系/叠接带/对接带)相系

(1)洋盆(oceanic basin):大陆坡以下水深

4 000~6 000 m 的深海底.具大洋型地壳.它包括中央海岭、海山、深海平原、深海丘陵等地形.沉积物有微体生物(放射虫、抱球虫等)软泥、红粉土、浊流携带的硅泥质建造、宇宙尘等.开阔大洋发育 MORB 型蛇绿岩,大洋盆关闭后 MORB 型蛇绿岩洋壳残片与其共生的岩石建造呈蛇绿构造混杂岩形式存在,称 MORB 型洋盆相;位于活动陆缘一侧的边缘海性质的小洋盆发育 SSZ 型蛇绿岩,小洋盆关闭后 SSZ 型蛇绿岩洋壳残片和与其共生的岩石建造呈蛇绿构造混杂岩形式存在,称 SSZ 型洋盆相.

(2)残余海盆(residue sea):在洋陆转换时期,位于结合带靠陆一侧稍早于前陆盆地或与前陆盆地同步发育的以浊积岩建造为主的盆地.其往往受不规则状大陆边缘控制,部分接点部位已转化为早期复理石前陆盆地,而部分海湾部位仍为残留洋盆所占据.与前陆盆地的区别是在盆地中存在构造挤入的洋壳碎片,如玄武岩、超基性岩、辉长岩等.

(3)活动陆缘(active continental margin):有洋壳俯冲带的大陆边缘,分为西太平洋型和安第斯型.西太平洋型活动陆缘发育(海)沟—(岛)弧—盆(弧前和弧后盆地)体系;安第斯型活动陆缘发育(海)沟—(岛)弧(弧前)体系,缺失弧后盆地.本文的“活动陆缘”指对洋壳俯冲带和弧—盆系统的野外调查资料尚欠缺,目前不能对其内部构成进行详细解剖,只能笼统称为“活动陆缘”,并可据沉积特征可大致划分出活动陆缘陆棚(active continental marginal shelf)、活动陆缘陆坡(active continental slope)和活动陆缘海盆(active continental marginal basin).与活动陆缘岩浆弧相关的盆地主要包括:弧前盆地、弧背盆地、弧间盆地、弧后盆地、弧后裂陷盆地、弧间裂陷盆地、弧内裂陷盆地、弧前裂陷盆地和边缘海.

(4)弧前盆地(foearec basin):位于岛弧与俯冲带之间的盆地,基底为因俯冲增生而圈闭的残留洋壳,或直接跨覆在岩浆弧和俯冲杂岩之上.可进一步划分出弧前主带(foearec basin center)、弧前斜坡(foearec slope)和弧前构造高地(foearec highland).弧前主带靠近俯冲带一侧,有因俯冲增生而圈闭的残留洋壳,或直接跨覆俯冲杂岩之上,深水浊流和重力滑塌沉积物发育,火山岩夹层多.弧前斜坡指俯冲早期形成于岛弧与俯冲带过渡地带内的弧前陆坡,发育海底峡谷浊积扇,含弧火山岩夹层,岩相及厚度变化大.弧前构造高地指位于岛弧与俯冲带过渡地带内的构造上隆高地,在弧前构造高地上常发育碳酸盐海台.

(5) 弧背盆地 (retroarc basin): 为岛弧系发育期间, 或弧—弧、或弧—陆碰撞过程中上叠在岛弧之上的盆地。一般为富含火山岩夹层的海陆交互到浅海相碎屑沉积或不连续的海相碳酸盐岩沉积。

(6) 弧间盆地 (interarc basin): 指洋壳消减过程中弧体分裂扩张形成的裂谷盆地, 或分布于两列和多列火山岛弧间的盆地, 弧间盆地基底已扩张到过渡壳或似洋壳。

(7) 弧后盆地 (backarc basin): 指发育在大陆和大洋过渡带的火山弧向陆一侧的边缘海盆, 常用岛弧裂离后的裂谷作用和弧后扩张来解释弧后盆地的成因。由于弧后盆地主带具洋壳或似洋壳基底, 因此弧后盆地也可称之为弧后小洋盆。弧后主带向陆一侧过渡到以过渡壳和陆壳为基底的弧后陆坡 (backarc slope) 和弧后陆棚 (backarc shelf)。

(8) 对增生到大陆边缘的陆缘岩浆弧, 由于引张作用, 往往在弧的不同部位发育裂陷盆地。发育在岩浆弧之上的称弧内裂陷盆地 (intraarc graben); 发育在岩浆弧之前的称弧前裂陷盆地 (forearc graben)。这类与弧相关的裂陷盆地在我国东部中—新生代滨太平洋构造域内很发育, 其分布时代主要集中在晚侏罗世—早白垩世, 其共性是都是张性环境下的断陷或断陷—拗陷盆地, 盆内火山岩发育, 但盆地基底没有拉张到过渡壳和似洋壳, 都是陆壳基底。

(9) 边缘海 (marginal sea): 发育在岛屿与地块之间、岛屿与岛屿之间、或大陆与裂离地块之间的海域, 通常从大陆性地壳过渡到过渡性地壳, 再到大洋型地壳。从边缘海靠陆一侧向深海盆可划分出浅海、半深海和深海。可据岩石建造类型进一步划分为碎屑岩浅海 (clastic shallow sea)、碳酸盐岩浅海 (carbonate shallow sea)、混积浅海 (mixed clastic-carbonate shallow sea)、碎屑岩半深海 (clastic bathyal) 和硅泥质岩深海 (siliceous abyssal)。边缘海可进一步细分为上述的弧前盆地、弧背盆地、弧间盆地、弧后盆地等。

(10) 蛇绿混杂岩带 (ophiolite mélange zone): 指被肢解的洋壳残片, 主要由洋壳残块、地幔岩和深海/半深海硅泥质沉积物组成。硅泥质沉积物为基质部分, 被强烈剪切 (劈理化) 和柔皱; 洋壳残块和地幔岩等呈构造岩块或岩片包裹于基质之中。该套岩石组合可代表深海洋盆环境。

(11) 俯冲增生楔 (subduction accretionary zone): 为洋壳俯冲形成的海沟—弧前沉积—洋壳构造混杂拼贴的蛇绿混杂加积增生楔。主体是从俯冲

盘刮削下来的、后来经拼贴形成的洋壳建造和浊流沉积物, 并有一些上覆板片的外来碎块, 也有俯冲消减的洋壳或弧后洋盆上的海山或洋岛混杂其中, 然后在俯冲带浅部遭受强烈剪切、变质和变形, 形成叠瓦状楔形体型的俯冲增生楔体系。在该带可区分出海山 (seamount)、弧—海山增生带 (arc-seamount accretionary zone)、弧—弧碰撞 (增生) 带 (arc-arc collisional zone) 和弧—陆碰撞 (增生) 带 (arc-continent collisional zone)。

(12) 陆—陆碰撞带 (continent-continent collisional zone): 为陆块和陆块碰撞形成的结合带或对接带, 沿该带分布蛇绿混杂岩带、侵入岩 TTG 与 GG 组合和高压超高压变质带。如约 65~40 Ma 间沿雅鲁藏布江形成的印度陆块与欧亚陆块碰撞形成的陆—陆碰撞带。

(13) 前陆盆地 (foreland basin): 由于造山带和山链的生长并向陆迁移而在克拉通边缘形成的箕状凹陷。相对于造山带, 处于前陆位置。是大陆碰撞及缝合期间发育的盆地, 属挤压型盆地, 通常划分为周缘前陆盆地和弧后前陆盆地。前陆盆地内部可进一步划分出楔顶、前渊、前陆隆起和隆后带。

(14) 周缘前陆盆地 (peripheral foreland basin): 是洋壳俯冲闭合发生陆—陆碰撞或陆—弧碰撞, 洋盆关闭, 在俯冲陆块一侧的被动边缘转化来的构造挠曲类盆地, 其底板为被动陆缘的陆壳。早期以深水细碎屑复理石为主, 晚期以浅水相粗碎屑的磨拉石为主。盆地轴向往往与主构造方向一致。

(15) 弧后前陆盆地 (backarc foreland basin): 位于仰冲板块的主动陆缘岩浆岛弧的后面。是洋壳俯冲消减弧—陆碰撞, 在岛弧造山带后缘形成的构造挠曲类沉积盆地。岩石组合以火山—沉积组合为特征。物源有双向性, 靠弧一侧以火山碎屑岩为主; 靠陆一侧以陆源碎屑物为主。

3 结论

(1) 自 1923 年 Sander 提出“大地构造相 (tectonic facies)”术语, 至今已整整 90 周年, 国际国内学者对大地构造相进行了大量卓有成效的研究, 大地构造相已成为地质学家在板块构造学和大陆动力学构架下, 解剖造山带和陆块区物质组成、结构与形成演化的有力工具。

(2) 沉积作用与其盆地形成的大地构造环境紧密相关。沉积大地构造相是反映陆块区、洋区、洋与

陆块之间的陆缘区(活动和被动陆缘)形成演变过程中,在各个演化阶段及其特定的大地构造环境中形成的沉积盆地及其充填序列,是表达大陆岩石圈板块在离散、汇聚、碰撞、走滑等动力学过程中形成的不同类型沉积盆地及其综合产物,具有恢复陆块区和造山系形成演化的功能。

(3)从大地构造环境和沉积盆地分析角度,为系统剖析中国大陆新元古代以来纷繁复杂的大陆增生历程,笔者针对中国大陆形成演化特点,提出一套沉积大地构造相(沉积盆地类型)的 4 级(相系、大相、相和亚相)划分方案和鉴别标志。

(4)一级为陆块区(含地块)相系和造山系相系。陆块区按构造古地理位置和区域构造应力场进一步划分出二级和三级单元。造山系由弧盆系、叠接带和对接带大相构成。叠接带大相主要由弧—弧碰撞和弧—陆碰撞时,在陆缘形成的洋—陆转化增生带,是软碰撞产物。对接带大相由陆—陆碰撞形成,是硬碰撞产物。

(5)在造山系的弧盆系、叠接带和对接带大相之下,按洋盆演化—洋陆转化历程所产生的系列构造古地理环境和建造,进一步划分出洋盆、弧前盆地、弧间盆地、弧后盆地、残余海盆、周缘前陆盆地、弧后前陆盆地等大地构造相单元。

(6)陆块(地块)区主要据区域构造应力场(地壳垂直升降为主和水平运动为主两大类)进一步划分次级单元。如以水平运动为主,可按拉张、挤压和走滑 3 类构造背景,划分出断陷盆地、压陷盆地和拉分盆地等大地构造相单元。

致谢:本文撰写得到了叶天竺、肖庆辉、邓晋福、陆松年、冯益民等专家学者的悉心指导。全国 30 个省(市、自治区)地质调查院、中国地质调查局发展研究中心、西安地质调查中心、成都地质调查中心、沈阳地质调查中心、天津地质调查中心、武汉地质调查中心、南京地质调查中心、全国重要矿产成矿背景项目组的所有专家学者们提供了大量基础资料,并进行过多次有益的研讨,对本文的形成起到了奠基和指导,在此深表感谢!

References

Bai, D. Y., Li, C. A., Zhou, K. J., et al., 2010. Geological Characteristics and Tectonic-Sedimentary Coupling Relation of the Chishan Uplift and Anxiang Sag of Quaternary Dongting Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 28(4): 645—658 (in Chinese with English abstract).

Chen, J. Q., 2000. Early Paleozoic Sequence Stratigraphy and Sea Level Changes of the Upper Yangtze Platform. In: Wang, H. Z., Shi, X. Y., Wang, X. L., et al., eds., Research on Sequence Stratigraphy of China. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou, 124—142 (in Chinese).

Dickinson, W. R., 1974. Plate Tectonics and Sedimentation. In: Dickinson, W. R., ed., Tectonics and Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 1—27.

Fang, S. H., Guo, Z. J., Song, Y., et al., 2005. Sedimentary Facies Evolution and Basin Pattern of the Jurassic in Southern Margin Area of Junggar Basin. *Journal of Palaeogeography*, 7(3): 347—356 (in Chinese with English abstract).

Feng, Y. M., Cao, X. D., Zhang, E. P., et al., 2002. Structure of Orogenic Belt, Orogenic Process and Dynamics of West Qinling. Xi'an Map Press, Xi'an (in Chinese).

Geng, Q. R., Peng, Z. M., Zhang, Z., et al., 2012. Tethys Evolution and Metallogenic Geological Background of the Bangong Lake-Nujiang Metallogenic Zone and Adjacent Regions. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

Geng, W., Zhang, X. H., Wen, Z. H., et al., 2013. A Review on Response of Arc-Continent Collision in Coastal Range, Eastern Taiwan Island. *Geological Review*, 59(1): 129—136 (in Chinese with English abstract).

Guo, L. Z., Lu, H. F., Shi, Y. F., et al., 1996. On the Mesoproterozoic Jiangnan Island Arc: Its Kinematics and Dynamics. *Geological Journal of Universities*, 2(1): 1—13 (in Chinese with English abstract).

Harland, W. B., 1956. Tectonic Facies, Orientation, Sequence, Style and Date. *Geology Magazine*, 93: 111—120.

Hsu, K. J., 1991. The Concept of Tectonic Facies. *Bulletin of Technique University Istanbul*, 44(1—2): 25—42.

Hsu, K. J., 1995. The Geology of Switzerland—An Introduction to Tectonic Facies. Princeton University Press, Princeton.

Huang, Z. B., Li, Y., Du, Z. L., et al., 2012. Stratigraphic Sequences of the Carboniferous at the Qingshigou Section, Gudongshan, Mazatage, Tarim Basin, Xinjiang, China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 29(4): 358—369 (in Chinese with English abstract).

Jia, J. T., Wang, P. J., Shao, R., et al., 2007. Stratigraphical Sequence and Regional Correlation of Yingcheng Formation in the Southeast of Songliao Basin. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 37(6): 1110—1123 (in Chinese with English abstract).

- Jiang, D. Y., Hao, W. C., Bai, S. L., et al., 2001. Frasnian-Famennian Boundary (Devonian) of the Xiaohaizi Section at Bachu, Xinjiang. *Journal of Stratigraphy*, 25 (4): 294—298 (in Chinese with English abstract).
- Kou, X. H., Zhang, K. X., Zhu, Y. H., et al., 2009. Middle Permian Seamount from Xiahe Area, Gansu Province, Northwestern China: Zircon U-Pb Age, Biostratigraphy and Tectonic Implications. *Journal of Earth Science*, 20 (2): 364—380.
- Kuang, L. C., Zhang, Y. Q., Zha, M., et al., 2013. Carboniferous Tectonic Setting and Evolution in Northern Xinjiang, China. *Acta Geologica Sinica*, 87 (3): 311—320 (in Chinese with English abstract).
- Lai, S. H., Sun, L. X., Chen, H. D., 2005. Framework of Sequence Stratigraphy and Palaeogeographic Environment in Devonian, Nanpanjiang Sag. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 27 (2): 1—5 (in Chinese with English abstract).
- Li, B. F., Wen, X. D., Li, G. D., 2000. Carboniferous-Permian Sequence Stratigraphy and Lithofacies Paleogeography of the China-Korea Platform. In: Wang, H. Z., Shi, X. Y., Wang, X. L., et al., eds., Research on Sequence Stratigraphy of China. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou, 206—226 (in Chinese).
- Li, G. Y., Lü, M. G., 2002. Atlas of Oil and Gas Basins in China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Li, J. L., 1992. Tectonic Facies of Collision Orogenic Zone. Modern Geological Corpus (I). Nanjing University Press, Nanjing, 9—29 (in Chinese).
- Li, J. L., 2009. Global Tectonic Facies: A Preclusive Opinion. *Geological Bulletin of China*, 28 (10): 1375—1381 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., Qu, J. F., Zhang, J., et al., 2013. New Developments on the Reconstruction of Phanerozoic Geological History and Research of Metallogenic Geological Settings of the Northern China Orogenic Region. *Geological Bulletin of China*, 32 (2—3): 207—219 (in Chinese with English abstract).
- Li, R. S., Ji, W. H., Chen, S. J., et al., 2011. Instruction of Paleozoic Tectonic-Lithofacies Paleogeography Map of the Qinghai-Tibetan Plateau and Adjacent Regions (1 : 3 000 000). Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Liu, B. J., Xu, X. S., 1994. Atlas of Lithofacies Palaeogeography of South China (Sinian-Triassic). Science Press, Beijing (in Chinese).
- Ma, L., Chen, H. J., Gan, K. W., et al., 2005. Tectonics and Marine Oil Geology of South China (I). Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Mei, M. X., Ma, Y. S., Deng, J., et al., 2007. Sequence-Stratigraphic Framework and Paleogeographic Setting of Late Paleozoic in the Dianqiangui Basin and Its Adjacent Areas. *Science in China (Ser. D)*, 37 (5): 605—617 (in Chinese).
- Mei, M. X., Zhou, P., Zhang, H., et al., 2006. Sequence Stratigraphic Framework and Its Palaeogeographical Background for the Sinian of Upper Yangtze Region. *Journal of Palaeogeography*, 8 (2): 219—231 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Chen, Z. L., Li, X. Z., et al., 1997. Geological Tectonic Formation and Evolution of Eastern Tethys. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Li, R. S., et al., 2013. Instruction of Tectonic Map of the Qinghai-Tibetan Plateau and Adjacent Regions. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2008. Definition, Classification, Characteristics and Diagnostic Indications of Tectonic Facies. *Geological Bulletin of China*, 27 (10): 1613—1637 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2009. Subdivision of Tectonic Units in China. *Geology in China*, 36 (1): 1—28 (in Chinese with English abstract).
- Peng, J., Chen, H. D., Tian, J. C., et al., 2000. Sequence Stratigraphy Study on the Carboniferous Strata in Sichuan, Yunnan, Guizhou and Guangxi. *Acta Sedimentologica Sinica*, 18 (2): 190—197 (in Chinese with English abstract).
- Peng, S. B., Jin, Z. M., Fu, J. M., et al., 2006a. The Geochemical Evidences and Tectonic Significance of Neoproterozoic Ophiolite in Yunkai Area, Western Guangdong Province, China. *Acta Geologica Sinica*, 80 (6): 814—825 (in Chinese with English abstract).
- Peng, S. B., Jin, Z. M., Liu, Y. H., et al., 2006b. Petrochemistry, Chronology and Tectonic Setting of Strong Perlumimous Anatectic Granitoids in Yunkai Orogenic Belt, Western Guangdong, Province, China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31 (1): 110—120 (in Chinese with English abstract).
- Qiao, H. S., Ji, Y. L., Jiang, Z. X., 1999. Continental Rift with Oil and Gas of East China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Rui, L., Zhou, J. P., Liao, Z. T., et al., 1988. Permian Biostratigraphic Research of Lower Yangtze Platform in Jiangsu Area. In: Jiangsu Geological Science Research Institute of Petroleum Exploration Bureau, Nanjing Institute of

- Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, eds., Sinian-Triassic Biostratigraphic Research of Lower Yangtze Platform in Jiangsu Area. Nanjing University Press, Nanjing, 263—314 (in Chinese).
- Robertson, A.H.F., 1994. Role of the Tectonic Facies Concept in Orogenic Analysis and Its Application to Tethys in the Eastern Mediterranean Region. *Earth-Science Reviews*, 37 (3—4): 139—213. doi: 10.1016/0012—8252 (94)90028—0
- Sander, B., 1923. Zur Petrographisch-Tectonischen Analyse. Geologischen Bundesanstalt, Vienna, A23: 1—215.
- Shao, J.J., Huang, J.N., Yang, Z.Y., et al., 1989. The Division and Age of Basalts in the Nanjing Area. *Geological Review*, 35 (2): 97—106 (in Chinese with English abstract).
- Vaidynandhan, R., Ramakrishnan, M., 2008. Geology of India. Geological Society of India, Bangalore, 2.
- Wang, A.G., Zhang, C.L., Zhao, Y., et al., 2004. Depositional Types of Lower Part of Nanhuan System on the North Margin of Southwest Tarim and Their Tectonic Significance. *Journal of Stratigraphy*, 28 (3): 248—256 (in Chinese with English abstract).
- Wang, H.Z., 1985. Palaeogeography Atlas of China. Map Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, J., Liu, B.J., Pan, G.T., 2001. Neoproterozoic Rifting History of South China—Significance to Rodinia Break-up. *J. Mineral Petrol.*, 21 (3): 135—145 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Z.M., Tian, J., Shen, Y.M., et al., 2004. Sedimentary Facies of Donghe Sandstone during the Late Devonian to Early Carboniferous in Tarim Basin. *Journal of Palaeogeography*, 6 (3): 289—296 (in Chinese with English abstract).
- Xu, H., Liu, Y.Q., Kuang, H.W., et al., 2013. Sedimentary Provenance and Basin Evolution of Daqingshan Formation, Houcheng Formation and Tuchengzi Formation in Yinshan-Yanshan Area. *Geological Bulletin of China*, 32 (2—3): 502—524 (in Chinese with English abstract).
- Xu, J.H., Sun, S., Wang, Q.C., et al., 1998. Tectonic Facies Map of China. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Xu, X.Y., He, S.P., Wang, H.L., et al., 2009. Instruction of Metallogenic Geological Background Map of Eastern Tianshan-North Mountain (1 : 1 000 000). Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Ye, D.Q., Huang, Q.H., Zhang, Y., et al., 2002. Cretaceous Ostracods Biostratigraphy in the Songliao Basin. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Ye, T.Z., Zhang, Z.Y., Xiao, Q.H., et al., 2010. Technical Requirement of Metallogenic Geological Background Research. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Yin, H.F., Li, S.T., 2000. Permian-Triassic Sequence Stratigraphy and Sea Level Changes of China. In: Wang, H.Z., Shi, X.Y., Wang, X.L., et al., eds., Research on Sequence Stratigraphy of China. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou, 189—282 (in Chinese).
- Yin, H.F., Zhang, K.X., Wang, G.C., et al., 2003. Report of Regional Geological Survey of Dongjicuoona Lake (I47C001002) of the People's Republic of China (1:250 000), Geological Survey Special A1, China Geological Survey. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Yu, W.Q., Sun, X., Yu, E.J., et al., 1999. Stratigraphic Division of Cretaceous Strata in Songliao Basin. *Uranium Geology*, 15 (5): 257—265 (in Chinese with English abstract).
- Yu, X.Q., Shu, L.S., Deng, P., et al., 2003. The Sedimentary Features of the Jurassic-Tertiary Terrestrial Strata in Southeast China. *Journal of Stratigraphy*, 27 (3): 254—263 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, H.R., Wei, G.F., Li, Y.J., et al., 2010. Carboniferous Lithologic Association and Tectonic Evolution of Dananhu Arc in the East Tianshan Mountains. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 29 (1): 1—14 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K.B., Chen, J.L., Lin, H.C., et al., 2004. Lithostratigraphic Division and Correlation of the Nanhuaan-Sinian Periods in Southwestern Fujian. *Geology in China*, 32 (3): 363—369 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K.X., Huang, J.C., Yin, H.F., et al., 2000. Application of Radiolarians and Other Fossils in Non-Smith Strata—Exemplified by the A'nyemaqen Mélange Belt in East Kunlun Mts. *Science in China (Ser. D)*, 43 (4): 364—374.
- Zhang, K.X., Lin, Q.X., Zhu, Y.H., et al., 2004a. New Palaeontological Evidence on Time Determination of the East Part of the Eastern Kunlun Melange and Its Tectonic Significance. *Science in China (Ser. D)*, 34 (3): 210—218 (in Chinese).
- Zhang, K.X., Zhu, Y.H., Yin, H.F., et al., 2004b. Application of Tectonic Facies in Geological Mapping in East Kunlun Orogenic Belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29 (6): 661—666 (in Chinese with English abstract).

- Zhang, K. X., Wang, G. C., Luo, M. S., et al., 2010. Evolution of Tectonic Lithofacies Paleogeography of Cenozoic of Qinghai-Tibet Plateau and Its Response to the Uplift of the Plateau. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 35(5): 697–712 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K. X., Wang, G. C., Xu, Y. D., et al., 2013. Sedimentary Evolution of the Qinghai-Tibet Plateau in Cenozoic and Its Response to the Uplift of the Plateau. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 87(2): 555–575.
- Zhang, K. X., Yin, H. F., Zhu, Y. H., et al., 2001. Geological Survey Theory, Method and Practice of Melange Zone in Orogenic Belt. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Zhang, L. X., Rui, L., Zhou, J. P., et al., 1988. Carboniferous Biostratigraphic Research of Lower Yangtze Platform in Jiangsu Area. In: Jiangsu Geological Science Research Institute of Petroleum Exploration Bureau, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, eds., Sinian-Triassic Biostratigraphic Research of Lower Yangtze Platform in Jiangsu Area. Nanjing University Press, Nanjing 219–262 (in Chinese).
- Zhang, X., Tian, J. C., Peng, J., 2006. Study on Sedimentary System and Models for Tataertage Formation (Lower Silurian) in Tarim Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 24(3): 370–377 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, X. Y., Liu, Z. P., Fan, D. F., et al., 2004. Stratigraphic Sequence and Age of the Neogene in the Nanjing-Yizheng Area; A Discussion. *Geology in China*, 31(2): 179–185 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 柏道远, 李长安, 周柯军, 等, 2010. 第四纪洞庭盆地赤山隆起与安乡凹陷升降运动的沉积记录. *沉积学报*, 28(4): 645–658.
- 陈建强, 2000. 上扬子地台下古生界层序地层与海平面变化. 见: 王鸿祯, 史晓颖, 王训练, 等, 中国层序地层研究. 广州: 广东科技出版社, 124–142.
- 方世虎, 郭召杰, 宋岩, 等, 2005. 准噶尔盆地南缘侏罗纪沉积相演化与盆地格局. *古地理学报*, 7(3): 347–356.
- 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等, 2002. 西秦岭造山带构造山过程及动力学. 西安: 西安地图出版社.
- 耿全如, 彭智敏, 张璋, 等, 2012. 班公湖—怒江成矿带及邻区特提斯演化与成矿地质背景. 北京: 地质出版社.
- 耿威, 张训华, 温珍河, 等, 2013. 台湾东部海岸山脉对弧陆碰撞的响应. *地质论评*, 59(1): 129–136.
- 郭令智, 卢华复, 施央申, 等, 1996. 江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学. *高校地质学报*, 2(1): 1–13.
- 黄智斌, 李越, 杜治利, 等, 2012. 新疆塔里木盆地玛扎塔格古董山青石沟剖面石炭系地层序列. *微体古生物学报*, 29(4): 358–369.
- 贾军涛, 王璞珺, 邵锐, 等, 2007. 松辽盆地东南缘营城组地层序列的划分与区域对比. *吉林大学学报(地球科学版)*, 37(6): 1110–1123.
- 江大勇, 郝维城, 白顺良, 等, 2001. 新疆巴楚小海子剖面泥盆系 Frasnian-Famennian 界线. *地层学杂志*, 25(4): 294–298.
- 匡立春, 张越迁, 查明, 等, 2013. 新疆北部石炭纪构造背景及演化. *地质学报*, 87(3): 311–320.
- 赖生华, 孙来喜, 陈洪德, 2005. 南盘江坳陷泥盆系层序地层格架及古地理环境. *西南石油学院学报*, 27(2): 1–5.
- 李宝芳, 温显端, 李贵东, 2000. 中朝地台石炭系、二叠系层序地层和岩相古地理. 见: 王鸿祯, 史晓颖, 王训练, 等编, 中国层序地层研究. 广州: 广东科技出版社, 206–226.
- 李国玉, 吕鸣岗, 2002. 中国含油气盆地图集. 北京: 石油工业出版社.
- 李继亮, 1992. 碰撞造山带大地构造相. *现代地质学文集(上)*. 南京: 南京大学出版社, 9–29.
- 李继亮, 2009. 全球大地构造相刍议. *地质通报*, 28(10): 1375–1381.
- 李锦轶, 曲军峰, 张进, 等, 2013. 中国北方造山区显生宙地质历史重建与成矿地质背景研究进展. *地质通报*, 32(2–3): 207–219.
- 李荣社, 计文化, 陈守建, 等, 2011. 青藏高原及邻区古生代构造—岩相古地理图(1:3 000 000)说明书. 北京: 地质出版社.
- 刘宝瑁, 许效松, 1994. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪). 北京: 科学出版社.
- 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等, 2005. 中国南方大地构造和海相油气地质(上). 北京: 地质出版社.
- 梅冥相, 马永生, 邓军, 等, 2007. 滇黔桂盆地及邻区二叠系乐平统层序地层格架及其古地理背景. *中国科学(D辑)*, 37(5): 605–617.
- 梅冥相, 周鹏, 张海, 等, 2006. 上扬子区震旦系层序地层格架及其形成的古地理背景. *古地理学报*, 8(2): 219–231.
- 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等, 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京: 地质出版社.
- 潘桂棠, 王立全, 李荣社, 等, 2013. 青藏高原及邻区大地构造图说明书. 北京: 地质出版社.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等, 2008. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志. *地质通报*, 27(10): 1613–1637.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等, 2009. 中国大地构造单元划分. *中国地质*, 36(1): 1–28.
- 彭军, 陈洪德, 田景春, 等, 2000. 川滇黔地区石炭系层序地层研究. *沉积学报*, 18(2): 190–197.

- 彭松柏,金振民,付建明,等,2006a.云开地区新元古代蛇绿岩的地球化学证据及其构造意义.地质学报,80(6):814—825.
- 彭松柏,金振民,刘云华,等,2006b.云开造山带强过铝深熔花岗岩地球化学年代学及构造背景.地球科学——中国地质大学学报,31(1):110—120.
- 譙汉生,纪友亮,姜在兴,1999.中国东部大陆裂谷与油气.北京:石油工业出版社.
- 芮琳,周建平,廖卓庭,等,1988.江苏地区下扬子准地台二叠纪生物地层研究.见:江苏石油勘查局地质科学研究所,中国科学院南京地质古生物研究所编,江苏地区下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层.南京:南京大学出版社,263—314.
- 邵家驥,黄姜依,杨忠元,等,1989.南京地区新生代玄武岩的期次、层序及时代.地质论评,35(2):97—106.
- 王爱国,张传林,赵宇,等,2004.塔里木西南缘南华系下部沉积作用及其构造意义.地层学杂志,28(3):248—256.
- 王鸿祯,1985.中国古地理图集.北京:地图出版社.
- 王剑,刘宝珺,潘桂棠,2001.华南新元古代裂谷盆地演化—Rodinia 超大陆解体的前奏.矿物岩石,21(3):135—145.
- 王招明,田军,申银民,等,2004.塔里木盆地晚泥盆世—早石炭世东河砂岩沉积相.古地理学报,6(3):289—296.
- 许欢,柳永清,旷红伟,等,2013.阴山—燕山地区大青山组/后城组/土城子组沉积物源与盆地演化.地质通报,32(2—3):502—524.
- 许靖华,孙枢,王清晨,等,1998.中国大地构造相图.北京:科学出版社.
- 徐学义,何世平,王洪亮,等,2009.东天山—北山地区成矿地质背景图(1:1 000 000)说明书.北京:地质出版社.
- 叶得泉,黄清华,张莹,等,2002.松辽盆地白垩纪介形类生物地层学.北京:石油工业出版社.
- 叶天竺,张智勇,肖庆辉,等,2010.成矿地质背景研究技术要求.北京:地质出版社.
- 殷鸿福,李思田,2000.中国二叠系和三叠系层序地层与海平面变化.见:王鸿祯,史晓颖,王训练,等编,中国层序地层研究.广州:广东科技出版社,189—282.
- 殷鸿福,张克信,王国灿,等,2003.中华人民共和国区域地质调查报告(比例尺 1:250 000),冬给措纳湖幅(I47C001002),中国地质调查局地质调查专报 A1.武汉:中国地质大学出版社.
- 于文卿,孙希,于恩君,等,1999.松辽盆地白垩纪地层时代划分.铀矿地质,15(5):257—265.
- 余心起,舒良树,邓平,等,2003.中国东南部侏罗纪—第三纪陆相地层沉积特征.地层学杂志,27(3):254—263.
- 张洪瑞,魏刚锋,李永军,等,2010.东天山大南湖岛弧带石炭纪岩石地层与构造演化.岩石矿物学杂志,29(1):1—14.
- 张开毕,陈金良,林亨才,等,2005.闽西南地区南华纪—震旦纪岩石地层的划分与对比.中国地质,32(3):363—369.
- 张克信,林启祥,朱云海,等,2004a.东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.中国科学(D辑),34(3):210—218.
- 张克信,朱云海,殷鸿福,等,2004b.大地构造相在东昆仑造山带地质填图中的应用.地球科学——中国地质大学学报,29(6):661—666.
- 张克信,王国灿,骆满生,等,2010.青藏高原新生代构造岩相古地理演化及其对构造隆升的响应.地球科学——中国地质大学学报,35(5):697—712.
- 张克信,殷鸿福,朱云海,等,2001.造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践.武汉:中国地质大学出版社.
- 张遵信,芮琳,周建平,等,1988.江苏地区下扬子准地台石炭纪生物地层研究.见:江苏石油勘查局地质科学研究所,中国科学院南京地质古生物研究所,编,江苏地区下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层.南京:南京大学出版社,219—262.
- 张翔,田景春,彭军,2006.塔里木盆地下志留统塔塔埃尔塔格组沉积体系及沉积模式.沉积学报,24(3):370—377.
- 张祥云,刘志平,范迪富,等,2004.南京—仪征地区新近纪地层层序及时代对比.中国地质,31(2):179—185.