

中国及邻区沉积盆地群结构与构造演化探讨 ——来自长剖面的研究对比

李江海^{1,2} 程雅琳^{1,2} 李维波^{1,2} 毛翔^{1,2}

(1.造山带与地壳演化教育部重点实验室,北京 100871;2.北京大学地球与空间科学学院,北京 100871)

摘要:由多陆块汇聚而成的亚洲大陆发育类型多样的沉积盆地,是认识盆地构造演化的理想地区。本文通过绘制4条穿过亚洲大陆不同盆地群的超长剖面图,探讨不同盆地的结构类型及沉积盆地群与板块边界、深部构造背景之间的关系。与其他大陆相比,亚洲大陆沉积盆地规模普遍小,原型盆地保存较差。在盆地基底组成上,时代差异较大。古老克拉通陆块基底上的盆地保存较好,而造山带、洋壳基底上的盆地沉降幅度较大,并且易被叠加改造。不同类型盆地的构造演化受控于板块构造边界作用。由于亚洲大陆板块边界运动性质多变和陆块规模较小,造成其盆地群构造上强烈不稳定。中亚、特提斯、西太平洋三大构造域,西伯利亚、印度、华北、塔里木、扬子、印支等克拉通陆块群,及地幔柱活动(如西西伯利亚玄武岩省)的时空叠加,控制了亚洲盆地群显生宙以来的构造演化,并造成其盆地类型和后期保存的明显差异。

关键词:亚洲大陆;盆地群;长剖面;构造演化

中图分类号:P544+.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)01-0074-12

亚洲大陆及其邻近海域具有全球最复杂多样的构造-地貌特征,包括海沟、岛弧、弧后盆地、裂谷、洋盆、被动陆缘盆、造山带等构造单元。中生代以来,亚洲大陆处于特提斯构造域与西太平洋构造域的交汇区,新生代以来涉及欧亚、印澳、太平洋、菲律宾等多个板块之间的俯冲-碰撞。在此背景下,这里发育了世界上丰富的中、新生代盆地类型(裂谷盆地、走滑盆地、小洋盆、被动陆缘盆地、弧前盆地、弧后盆地、周缘前陆盆地、残余洋盆、弧后前陆盆地、克拉通盆地、叠合盆地等)。为此,它是认识盆地构造演化的理想地区。传统板块构造理论研究主要涉及两个板块之间运动学的分析和再造,而对多板块之间的运动关系,特别是其聚合过程,研究不足。亚洲大陆具有多板块汇聚特点,需要从大区域上开展综合性的大地构造研究。

从世界范围来看,中国及邻区盆地众多,规模偏小,普遍经历多期的构造改造作用,原型盆地被叠加

改造强烈,形成复杂的构造样式。盆地构造研究的核心问题包括盆地的结构、构造背景、构造演化以及盆地发育的动力学过程。受实际勘探目标及勘探手段的制约,以往盆地构造研究更多围绕不同盆地及其资源区块的解剖,对盆地群区域构造演化过程的研究明显薄弱,缺乏大尺度上,特别是洲际规模的盆地对比研究。

本文研究具体工作包括:在编制区域构造图、古板块位置再造基础上,从泛大陆聚合和裂解的时空背景下,开展盆地群长剖面的编制;围绕盆地数据,进行综合对比和分析进展,对亚洲盆地群的成因进行探讨;将不同盆地类型之间、基底构造及其板块边界与联系起来,以深入探讨不同盆地群的成因演化。

1 板块构造背景

亚洲大陆由西伯利亚板块、印度板块、阿拉伯板块,以及华北、塔里木、扬子等众多陆块以及相间的

收稿日期:2012-09-21;改回日期:2013-01-16

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB219302)资助。

作者简介:李江海,男,1965年生,博士,教授,从事全球构造与沉积盆地方面的研究与教学;E-mail:jhli@pku.edu.cn。

造山带组成,其地质演化历史受古亚洲构造域、特提斯构造域、滨太平洋构造域不同阶段构造演化的影响^[1]。中亚、特提斯、滨太平洋三大构造域环绕西伯利亚、华北、塔里木、扬子等克拉通,依次从欧亚大陆腹地内向外分布,并依次交切、交汇,其中,特提斯构造域截切—环绕中亚构造域,滨太平洋构造域改造特提斯构造域。古生代以来中亚、特提斯、滨太平洋构造域在时间和空间上演替,直接控制了亚洲大陆盆地群的构造演化^[2]。

古亚洲洋与古特提斯洋具有此消彼长的构造演化关系,其间以塔里木、华北等多个陆块相隔。大量研究表明,中亚地区大陆增生和拼合最终完成于古生代末(石炭纪—二叠纪),与古亚洲洋—乌拉尔洋的闭合相关,涉及增生型造山带与微陆块拼合^[3-4]。古亚洲洋盆地的消失经历漫长过程,石炭纪末在准噶尔周围形成马蹄形构造。二叠纪期间亚洲大陆北部形成向东北开口的喇叭状海湾—残余洋盆,持续发生俯冲。北疆地区洋盆闭合较早(早石炭世),东北亚蒙古鄂霍茨克洋盆闭合很晚(晚侏罗世)。

亚洲大陆主体上完成聚合之后,二叠纪亚洲大陆内部开始造山后伸展—裂谷作用。亚洲大陆南缘—东南缘出现特提斯洋盆扩张。早二叠世古亚洲洋与古特提斯洋具有此消彼长的构造演化关系,其间以塔里木、华北等多个陆块相隔。晚二叠世—三叠纪古特提斯洋盆向北侧的欧亚大陆下俯冲—微陆块碰撞的作用,形成活动陆缘和岩浆弧,新特提斯洋盆张开,两者也具有此消彼长的构造演化关系,并以基默里大陆相隔。

古地磁研究表明,西伯利亚板块自石炭纪—二叠纪以来,直到三叠纪,持续发生大幅度顺时针旋转^[5-6]。西伯利亚南缘持续发生大规模的断裂左旋走滑运动。华北陆块于二叠纪至三叠纪先后与塔里木陆块、扬子陆块、额尔古纳陆块发生碰撞拼合。额尔古纳陆块与西伯利亚板块最后碰撞发生于晚侏罗世,鄂霍茨克洋盆向北俯冲于西伯利亚板块之下,最终被关闭。西西伯利亚板块二叠纪—三叠纪发生大规模裂谷作用,加剧了鄂霍茨克洋盆三叠纪—侏罗纪持续的收缩和关闭,这也是泛大陆聚合后不久,松散拼合陆块群之间发生构造调节作用的产物。

晚中生代—新生代以来,东北亚地区处于西太平洋弧后背景下的斜向伸展环境。先后发育三塘湖、准噶尔、吐哈盆地群(二叠纪—三叠纪,造山后走滑—

伸展作用)、蒙古盆地(三叠纪—侏罗纪,板内伸展)和东北亚断陷盆地群(晚侏罗世,板内左旋走滑伸展)^[7-9],侏罗纪开始古太平洋板块沿着北北西向与欧亚大陆走滑—俯冲汇聚。大区域内发生火山喷发和伸展断陷,东北亚大陆边缘发生地体增生和拼合,巨大规模的中生代维尔霍扬斯克造山带,与古太平洋板块、科累马陆块等拼合。松辽盆地、海塔盆地、二连盆地等,形成于西伯利亚板块左旋斜向挤压、太平洋板块向北北西左旋走滑的区域构造背景下,还可能涉及深部软流圈的上涌,形成三角形展布的东北亚中生代盆地群。

古特提斯洋北侧形成活动陆缘并逐渐闭合(最终关闭时间晚为三叠世—早侏罗世)^[10],晚古生代—三叠纪基墨里板块从冈瓦纳大陆裂解下来后向北部的劳亚大陆漂移。三叠纪—侏罗纪基默里大陆(包括羌塘、甜水海、中帕米尔等微陆块)向北与欧亚大陆碰撞,古特提斯洋盆东段关闭^[11],在松潘地区、三江地区残留古特提斯洋。在早侏罗世之前,亚洲中南部形成新特提斯洋,分隔了冈瓦纳大陆和劳亚大陆。侏罗纪—白垩纪,新特提斯洋盆和太平洋盆强烈扩张,分别向北和向西北俯冲于北亚大陆之下。新特提斯洋的消亡伴随大西洋盆和印度洋盆扩张。

古生代末—中生代初,受构造域快速交替的影响,在亚洲大陆不同部位具有快速多变的板块构造边界作用,造成其盆地类型发育历史较短,并且盆地类型更迭频繁。

亚洲大陆在古生代末碰撞拼合后,远离板块边界的西伯利亚地台古基底进入构造稳定状态。中生代以来,除局部隆升外,板块总体上变形微弱,断裂不发育,盆地地层产状平缓。亚洲大陆南缘受特提斯构造域叠加改造,造成古生代造山带与克拉通陆块之间发生盆山分异,形成众多中生代山间盆地、前陆盆地、走滑盆地以及裂谷盆地。伸展和挤压造成不同类型的盆地在时空上的叠合、复合,或者盆地被破坏改造、隆升—剥蚀。

2 中国及其邻区大陆盆地群结构特征

与一般剖面相比,长剖面不仅有利于从三维尺度上认识全球盆地的构造背景及盆地结构,阐明不同盆地之间、盆地与板块边界的构造关系,还可探讨不同盆地群与深部构造(基底构造、岩石圈厚度和类型、地幔柱)间的关系。

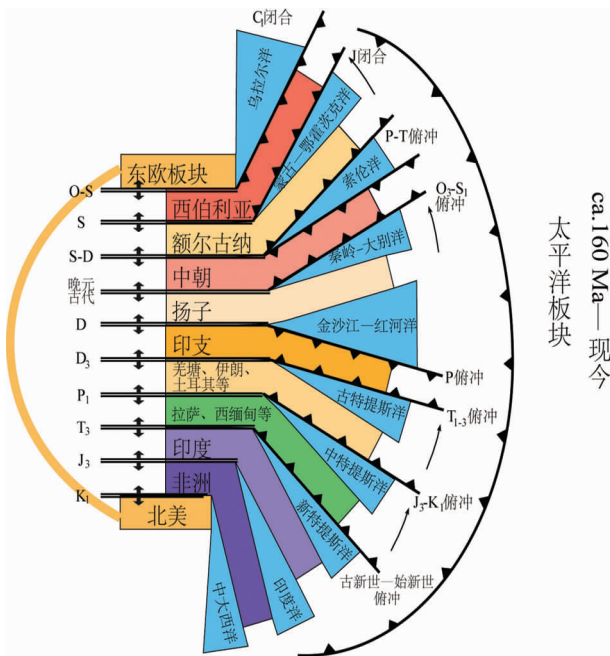


图 1 晚古生代—早中生代欧亚板块构造演化示意图 (据文献[12]修改补充)

(左侧为洋盆张开的时代,中间为欧亚大陆的主要陆块群名称,右侧为不同洋盆俯冲方向或俯冲或闭合的时间,蓝色代表洋盆,锯齿代表俯冲带及其俯冲方向。最右侧代表太平洋板块俯冲方向及其俯冲时间,最左侧代表北大西洋洋盆张开)

Fig.1 Plate tectonic evolution map of Eurasian from late Paleozoic to early Mesozoic (modified after [12].)

Schematic diagram showing epochs of separation and subsequent collision of the continental blocks/collages of terranes which formed the main features of the present world

剖面编制的原则和方法包括:(1)剖面垂直板块边界、主要构造边界、构造单元、盆地群,剖面总体上直线、局部可以是折线;(2)最大程度地整合和衔接不同盆地已有的反射地震剖面资料;(3)垂直深度上到盆地基底,盆地内部划分构造层;(4)剖面涉及泛大陆聚合(中亚造山带)及其中新生代裂解历史,特提斯聚合历史;(5)突出表达重要盆地-山脉-隆起-基底构造特征和关系。本文已完成的4条长剖面,包括:东北亚—北亚剖面、中国盆地群近东西向剖面、亚洲盆地群近南北向长剖面、中国中部—南中国海盆地群剖面(图2)。

2.1 东北亚盆地群北西向长剖面

由西北向东南,依次为西伯利亚地台、贝加裂谷、中亚造山带、海拉尔盆地、大兴安岭山脉、三江盆地、完达山、日本海盆、日本岛弧和海沟。剖面展示了欧亚大陆东部宽阔的大陆边缘及其弧后盆地的构造特征。盆地群的基底组成从北西向东南依次为古元

古代变质基底、古生代造山带、古生代—早中生代造山带、中生代岛弧。亚洲大陆东部中—新生代经历了伸展—离散作用,形成宽阔的中生代裂谷盆地和新生代弧后盆地。西伯利亚地台盆地原型保存完整、断裂活动微弱、新元古代—新生代盆地持续沉降—沉积,是典型克拉通盆地。贝加尔裂谷的发育受西伯利亚克拉通与蒙古造山带交界位置所控制。侏罗纪—白垩纪广泛发生花岗岩位侵,并且火山岩活动向大陆边缘逐渐迁移。盆地群发育时代也由中生代断陷向新生代弧后盆地、海沟过渡。

2.2 中国盆地群近东西向长剖面

沿北纬 39°绘制中国东西向长剖面,西起塔里木盆地,东至琉球海沟,全长约为 6 000 km。剖面自西向东穿过的沉积盆地和造山带,依次为帕米尔高原、塔里木盆地、柴达木盆地、走廊盆地群(包括酒西盆地、花海盆地、酒东盆地、潮水盆地、巴彦浩特盆地)、鄂尔多斯盆地、太原盆地、沁水盆地、渤海湾盆地、北黄海盆地、南黄海盆地、东海盆地、冲绳海槽及琉球海沟等。涵盖叠合盆地、克拉通盆地、裂谷盆地、前陆盆地和弧后盆地等多种盆地类型。

剖面由东向西,冲绳海槽是弧后盆地的伸展海槽。渤海湾盆地、北黄海盆地、苏北南黄海盆地、东海盆地为中、新生代断—坳盆地,华北克拉通盆地发育于太古宙—古元古代变质基底上。二叠纪末期到三叠纪,同一构造运动对处于华北板块边缘的鄂尔多斯盆地和北黄海盆地影响大,对华北板块内部的沁水盆地影响小。太行山以东主要为中、新生代大陆裂谷作用,火山活动和断陷沉降作用,叠加改造古生代华北克拉通盆地,后者被构造破坏,抬升剥蚀或断陷沉降。鄂尔多斯盆地新生代以来整体抬升剥蚀^[13-15],但构造稳定、变形微弱,较好保留盆地原型。可看出,亚洲大陆东部滨太平洋构造域对中国大陆的影响范围向西到太行山山前,并且断陷盆地时代由西向东逐渐变新,记录西太平洋俯冲带向东后撤。

在北山—祁连—柴达木地区,中生代断陷盆地发育于古生代造山拼合的基底之上,并在新生代山前经历前陆冲断变形。走廊盆地群剖面具有明显的早期断陷,晚期叠加前陆的特征,中生代断陷在新生代构造反转,演化为挠曲盆地,与祁连山向北构造扩展相关。山前是盆地现今的沉降和沉积中心。青藏高原向北扩展的界线在酒西盆地,表现为新生代前陆盆地对中生代断陷盆地的叠合。有限的区域性伸展

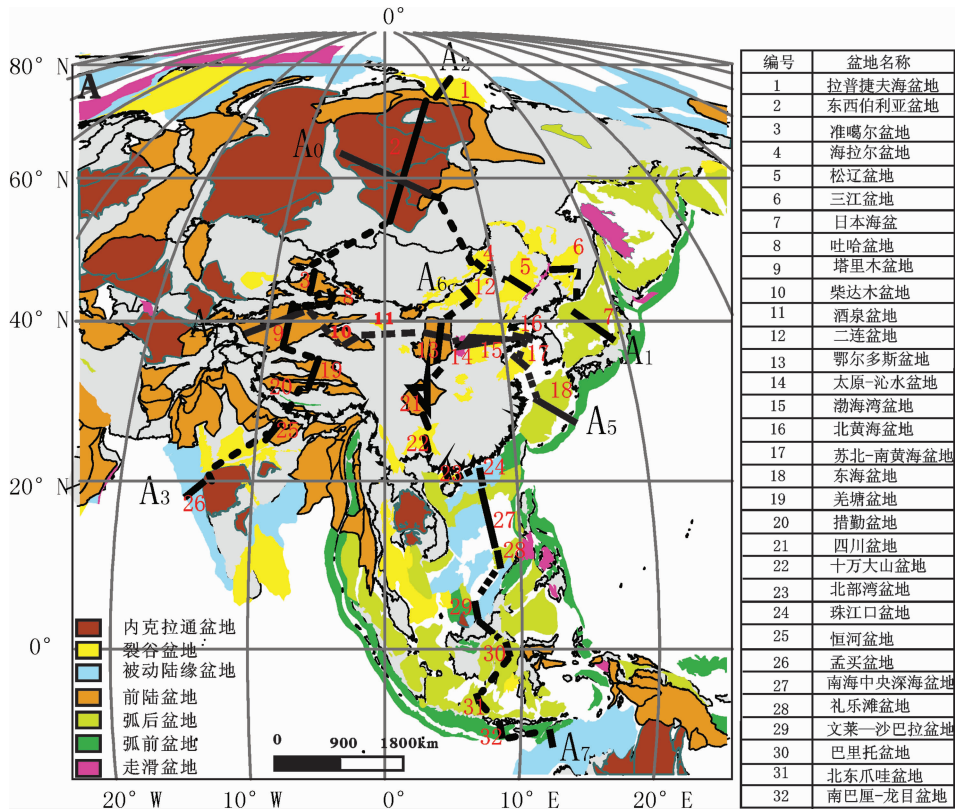


图 2 中国及邻区盆地分布图(黑色实线代表实际剖面,虚线代表缺乏资料部分)

(A₀-A₁:东北亚盆地群北西向长剖面位置, A₂-A₃: 亚洲盆地群近南北向长剖面位置, A₄-A₅: 中国盆地群近东西向长剖面位置, A₆-A₇:中国中部—南中国海盆地群南北向剖面位置)

Fig.2 Distribution of Sedimentary basins in China and its adjacent areas (the solid line shows the position, and dotted line represents areas with no available data)

A₀-A₁: Location of the long profile of basins in Northeast Asia, A₂-A₃: Location of the W-E large scale profile of basins in China, A₄-A₅: Location of the SN-trending large scale profile of basins in Asia, A₆-A₇: Location of the SN-trending large scale profile of basins in central China and South China Sea

和局部挠曲造成盆地阶段演化。塔里木盆地为多期叠合盆地,沉积巨厚(可达 18 km),在新生代以来,其南、北缘被远程造山叠加,形成前陆冲断带^[16],形成被周围山脉包围的围限盆地(wall basin)^[17]。

盆地群的结构构造特征主要受塔里木、华北陆块、特提斯构造域和滨太平洋构造域控制。克拉通盆地多具有叠合改造的特征,西部盆地群叠合新生代前陆盆地、东部盆地叠合中、新生代裂谷盆地。古、新特提斯洋旋回控制贺兰山以西的走廊盆地群、塔里木盆地和柴达木盆地。滨太平洋构造域控制了华北陆块和华南陆块上主体盆地的现今特征。渤海湾盆地、北黄海盆地、南黄海盆地、东海盆地中生代侏罗纪开始受滨太平洋构造域的控制,在太平洋向欧亚板块的俯冲过程中,造成近东西向伸展。处于中部的鄂尔多斯盆地构造稳定。

2.3 亚洲盆地群近南北向长剖面

剖面全长约 8000 km,深度从 2 km 至 18 km 不等,涉及西伯利亚、塔里木和印度三大陆块及中亚和特提斯两大构造域。沿剖面由南向北,依次为孟买被动陆缘盆地、德干玄武岩省、恒河前陆盆地、喜马拉雅造山带、青藏高原(包括措勤盆地、羌塘盆地)、昆仑造山带、塔里木盆地、天山造山带、吐哈盆地、准噶尔盆地、阿勒泰造山带、西伯利亚盆地、拉普捷夫海裂谷盆地。剖面上盆地群的盖层厚度介于 6~14 km,多数盆地沉积中心靠近造山带一侧,与后期改造有关。其中,准噶尔盆地古生界地层厚度近 14 km,为剖面上沉积最厚区段。

剖面上,发育多种类型的沉积盆地,包括裂谷盆地、被动陆缘盆地、前陆盆地、克拉通盆地、叠合盆地等多种盆地类型。叠合盆地发育,且尤以塔里木盆地

演化期次最多。处于中亚与特提斯构造域包围的构造背景下,是造成塔里木板块多期叠合盆地形成的重要原因。

勤错盆地、羌塘盆地被大幅度抬升、构造破坏,形成高原。塔里木盆地受帕米尔、天山造山带新生代复活、隆升和构造扩展的影响,构造变形由边缘向盆内扩展,新生代挠曲沉降幅度较大,并被强烈缩短构造变形,形成挤压构造背景下的再生前陆盆地。吐哈盆地中-新生代盆地剖面形态不对称,靠近山前,地层厚度增大,构造变形和破坏增强,具有前陆盆地特点。准噶尔盆地天山前在新生代被逆冲推覆。印度板块与古欧亚大陆的碰撞远程效应向北延伸到准噶尔盆地北缘的阿尔泰山地区。西伯利亚克拉通盆地长期保持构造稳定。

2.4 中国中部-南中国海南盆地群北向剖面

剖面上从北向南依次为兴蒙造山带、二连盆地、鄂尔多斯盆地、秦岭造山带、四川盆地、十万大山盆地、东南造山带、南中国海盆地、苏门答腊俯冲带等。造山带、克拉通陆块与伸展盆地(洋盆)相间出现,盆地和造山带的时代向南逐渐变新。南中国海盆地发育时代为古近纪,北部伸展、南部挤压,涉及特提斯构造域与滨太平洋构造域的交汇,以及多个板块(澳洲、东亚、太平洋、菲律宾等)的复杂俯冲-碰撞作用,并伴随相关弧后扩张和岛弧裂谷作用。

3 中国及邻区盆地群演化对比分析

3.1 中亚盆地群

中亚盆地群(准噶尔盆地、吐哈盆地、三塘湖盆地、斋桑盆地等)现今处于高原、山脉的包围和分隔中。形成于古生代末-中生代初中亚造山带增生碰撞造山后,区域大断裂走滑-伸展调整的产物,普遍与大规模的断裂走滑-伸展发育密切相关,断陷发育历史较短、盆地几何形态多变。

准噶尔盆地、吐哈盆地、三塘湖盆地发育时代为二叠纪。它们处于中亚晚古生代两大巨型马蹄形岛弧火山岩带的增生楔杂岩之间,为洋盆最晚闭合部位。准噶尔盆地是典型的叠合盆地^[37,38],主要经历了古生代末期残余洋盆-前陆盆地、中生代走滑-伸展盆及新生代前陆盆地三大构造演化阶段。

准噶尔、三塘湖、吐哈等二叠纪断陷盆地的初始形成,为造山后挤压作用向走滑-伸展调整的产物,受控于早二叠世期间额尔齐斯缝合带再活动、大规

模右旋走滑、达拉布特断裂和中哈萨克斯坦断裂左旋走滑、中天山断裂右旋走滑的构造背景下。所形成的走滑伸展盆地规模不大,并且发育时间较短。准噶尔盆地处于鄂霍茨克洋盆西末端,该洋盆剪刀差闭合过程中其末端断裂发生大规模左旋走滑作用。三叠纪开始中亚盆地群受新特提斯板块俯冲的区域改造,断陷盆地沉降历史中断。

西西伯利亚晚二叠世-早三叠世裂谷盆地的形成,除了地幔柱活动垂向作用的贡献,还受到西伯利亚和东欧板块之间走滑作用的影响。西西伯利亚裂谷盆地与中亚断陷盆地群之间,以右旋走滑断裂系相联系。中亚地区的主要断裂系在三叠纪以后,发生走滑反转,由早期左旋走滑,变为晚期右旋走滑^[39],衔接西西伯利亚盆地,造成构造变形向中亚地区扩展。在大区域上,这些构造活动与西伯利亚板块向南运动、新特提斯洋盆向北俯冲的构造背景相关。

古近纪以来,印度板块向北与欧亚大陆碰撞的挤压力持续向北传递。随着青藏高原的隆升,塔里木等盆地沉降、东昆仑山、天山、祁连等山、阿尔泰山依次复活和构造抬升,发生陆内造山作用。周缘山脉改造盆地的形态,并影响沉积盆地边缘的挠曲沉降,形成再生前陆盆地。这些盆地向挤压构造背景下的构造盆地方向演化,不断被分隔、包围、缩小、抬升和构造破坏,如塔里木西缘,准噶尔和吐哈盆地、费尔干纳盆地、塔吉克-阿富汗盆地等。

3.2 东北亚断陷盆地群

东北亚发育大量的中生代-古、新近纪断陷盆地或走滑盆地,它们大致呈三角型分布于古生代-晚中生代造山带、地体组成的基底上,包括松辽、海塔、二连、漠河、呼玛、孙吴、银额、酒泉盆地等。蒙古国境内有乔巴山、内尔金、东戈壁、中戈壁、南戈壁等。

西伯利亚板块古生代以来长期顺时针旋转,造成鄂霍茨克洋盆闭合较晚(侏罗纪-白垩纪)。随着鄂霍茨克洋盆关闭和晚侏罗世-早白垩世伊泽奈奇板块与东北亚大陆之间发生左旋走滑-弧后伸展,东北亚此阶段发育多条大规模的北北东向左旋走滑断裂系(伊兰-伊通断裂、孙吴断裂、大兴安岭断裂),并伴随大规模的火山活动。向蒙古南部,造山后伸展趋于主导,走滑作用逐渐减弱。在此动力学背景下,形成上述中生代陆内裂谷系火山-断陷盆地群,发育时代由西向东变新,并且断陷结束时间西部早于东部。鄂霍茨克洋盆关闭的挤压作用对本区火

山—断陷盆地群的早期发育也具有重要作用,中晚侏罗世鄂霍茨克洋俯冲缩减,造成本区软流圈上涌,进而发生岩石圈伸展减薄,穹窿、伸展与火山作用广泛分布^[40-42],盆地由西向东具有阶梯状发育特征。盆地群发育的断陷向东逐渐变新,反映太平洋俯冲弧后盆地不断向东迁移。

3.3 克拉通盆地群

中国及邻区的克拉通盆地群处于多个构造域的包围中,包括西伯利亚、华北、扬子、塔里木等盆地。早古生代期间,它们多为孤立的陆块,为被动大陆边缘环绕,周缘发育裂谷—边缘拗陷,呈水下碳酸盐台地。

早古生代东西伯利亚盆地和塔里木盆地发育被动大陆边缘盆地及裂谷盆地。晚古生代开始,这两个盆地相继进入前陆盆地和裂谷盆地演化阶段。

鄂尔多斯陆块二叠纪末开始向贺兰山山前挤压,发育鄂尔多斯前陆盆地;沁水盆地三叠纪由于华北和扬子陆块的拼合遭受抬升剥蚀。中生代以来,鄂尔多斯陆块以西的盆地,受特提斯构造域的控制,中生代发育伸展断陷,后期受喜山运动影响,盆地均叠加挤压拗陷。沁水地区以东的盆地,中生代受滨太平洋构造域的控制,在太平洋板块向欧亚板块的俯冲过程中发育弧后伸展断陷,后期普遍过渡为热沉降拗陷。西太平洋板块俯冲弧后伸展对中国陆块向西的影响范围到太行山山前,太行山以东的盆地在中生代发育弧后伸展断陷,以西的鄂尔多斯盆地遭受抬升剥蚀。

3.4 特提斯构造域盆地群

中生代期间,形成羌塘、措勤、柴达木等盆地。柴达木盆地的演化主要经历了早—中侏罗世南北向伸展断陷和晚侏罗世到第四纪挤压拗陷两个阶段。走廊盆地群位于祁连山和北山之间,盆地基底在古亚洲洋闭合过程中形成。走廊盆地群和柴达木盆地位于陆块拼接处,三叠纪碰撞后应力松弛和均衡调整,发育伸展断陷,后期由于印度板块碰撞的远程效应,盆地群整体表现为前陆盆地的特征。

始新世—渐新世以来,印度板块向北与欧亚大陆碰撞,强烈的挤压形成喜马拉雅造山带及恒河周缘前陆盆地,并使得青藏高原迅速抬升。渐新世开始发育印度河和孟加拉湾海底扇,东西两侧构造样式差异增强^[43]。羌塘、措勤盆地在古近纪停止发育,被隆起剥蚀。青藏高原以北形成宽广的构造活动区,应力持续向北传播。记录印度板块北缘的构造变形及变形时间趋于年轻。

4 主要结论

(1) 亚洲大陆由众多陆块、微陆块和地体拼合形成,古生代以来,主要经历中亚、特提斯、滨太平洋构造域的多期次俯冲增生和碰撞拼合。沉积盆地基底组成和时代差异较大,并且盆地形成具有复杂多变的构造背景,直接影响其发育和保存。华北、印度、西伯利亚、扬子、塔里木等克拉通陆块基底上盆地保存较好,古老克拉通基底的刚性性质为重要因素。在特提斯造山带,由于洋壳基底上盆地沉降幅度较大,使其容易被挤压破坏,如青藏高原上的盆地。伸展背景最有利于盆地发育和保存,如松辽盆地、渤海湾盆地、西西伯利亚盆地、准噶尔盆地等。

(2) 亚洲大陆拥有世界上最复杂多变的沉积盆地类型,不同类型盆地的构造演化受控于板块构造边界的性质。板块边界运动性质多变和陆块规模较小,造成盆地构造上强烈不稳定。盆地的持续发育(沉降厚度、沉降率、构造间断)及其盆地原型的完整性(规模大小、剖面形态、垂向结构)受控于区域构造背景。盆地规模普遍很小,盆地原型保存较差。盆地的发育及其后期改造,受中亚、特提斯和西太平洋构造域控制,不同时代和类型的盆地在时空上叠合、复合,或者盆地地层被破坏抬升。

(3) 克拉通盆地形成于远离板块边界的位置上,克拉通盆地常经历多期的构造叠合作用,与被动陆缘盆地成因上关系密切。东西伯利亚盆地、前新生代鄂尔多斯盆地、晚古生代塔里木盆地、四川盆地等油气富集克拉通盆地主要出现于板块内部、远离挤压板块边界的背景下,具有累计沉积厚度巨大、盆地原型保存完整、盆地内部断裂活动微弱、盆地持续沉降—沉积、构造稳定、破坏较弱等特点。

(4) 三大构造域(中亚、特提斯、滨太平洋)、克拉通陆块群(西伯利亚、印度、华北、塔里木、扬子、印支等)及地幔柱活动(如西西伯利亚玄武岩省)的时空叠加,控制了亚洲盆地群的构造演化及其盆地类型和后期保存的明显差异。在不同构造域之间强烈叠合的部位,盆地得以叠加改造形成独特的围限盆地,例如中—新生代塔里木盆地、新生代鄂尔多斯盆地等。亚洲大陆在古生代末完成碰撞拼合后,除西伯利亚地台远离板块边界、古老基底进入构造稳定状态后,亚洲大陆南缘和东部分别受到特提斯构造域和西太平洋构造域的叠加改造。不同时代和类型的盆

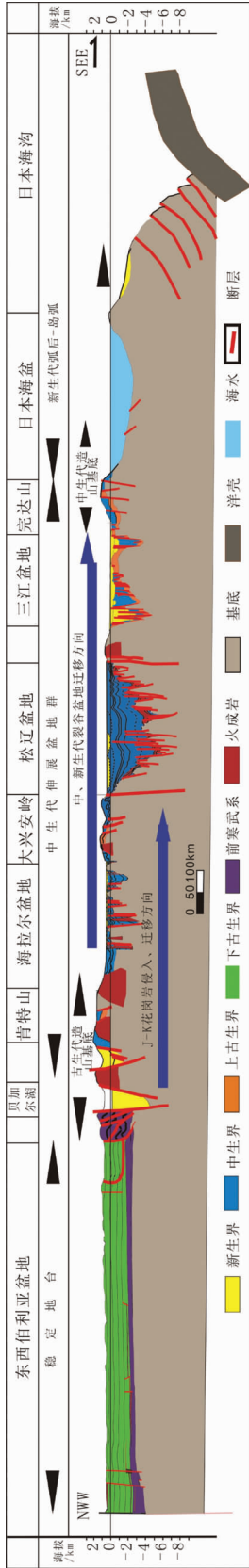


图 3 东北亚盆地群北西向长剖面(参考[18-20],剖面位置见图 2 中 A₀-A₁)
 Fig.3 The west to east trending long profile of sedimentary basins in Northeast Asia (for location see Fig. 2: A₀-A₁)

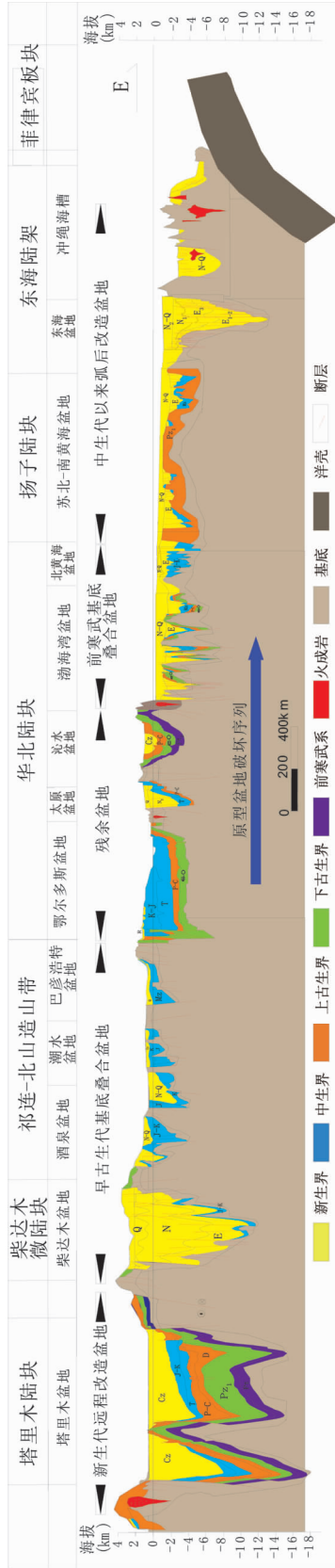


图 4 中国盆地群近东西向长剖面(参考[2,21-23],剖面位置见图 2 中 A₂-A₃)
 Fig.4 The west to east trending long profile of sedimentary basins in China (for location see Fig. 2: A₄-A₅)

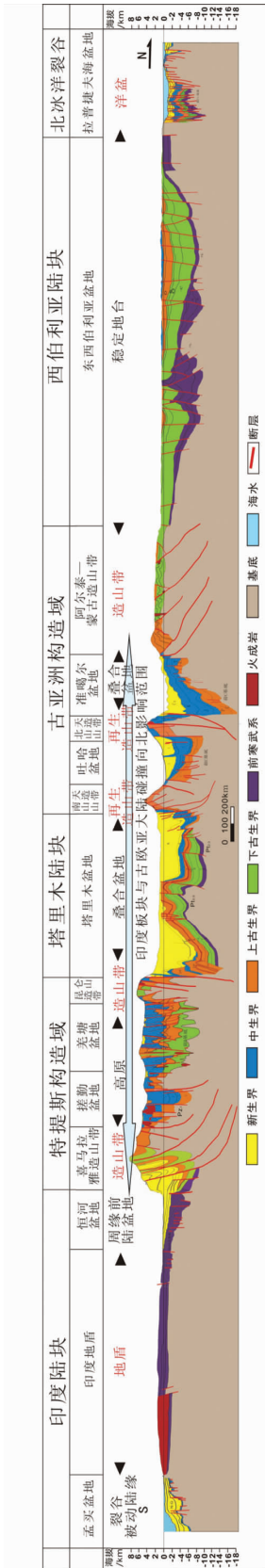


图 5 亚洲盆地群近南北向长剖面(参考[24-29],剖面位置见图 2 中 A₁-A₃)
 Fig.5 The north to south trending longof sedimentary basins in Asia (for location see Fig. 2 A₁-A₃)

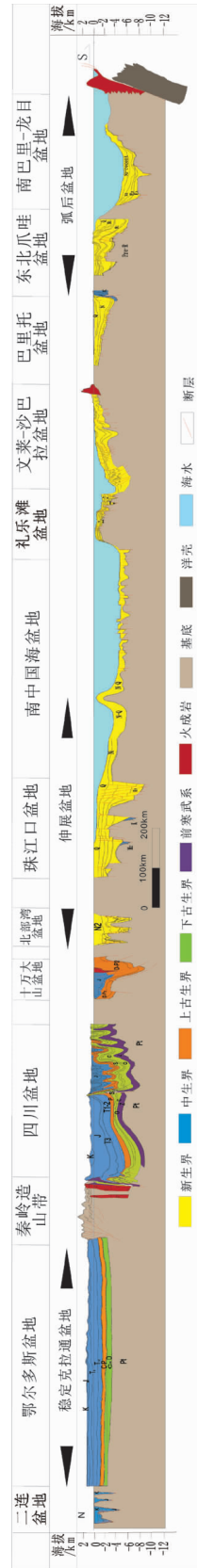


图 6 中国中部—南中国海盆地群南北向剖面(参考[30-36],剖面位置见图 2 中 A₆-A₇)
 Fig.6 The north to south trending long of sedimentary basins in central China and the South China Sea (for location see Fig. 2 A₆-A₇)

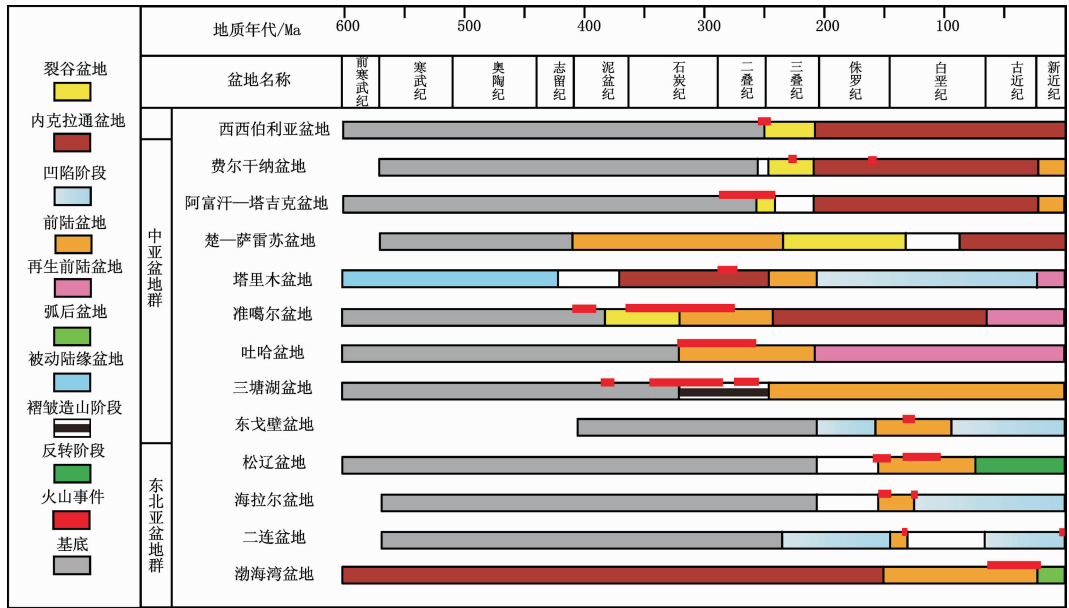


图7 中亚盆地群和东北亚断陷盆地群演化对比图

Fig.7 Tectonic evolution of sedimentary basins in Central Asia and Northeast Asia

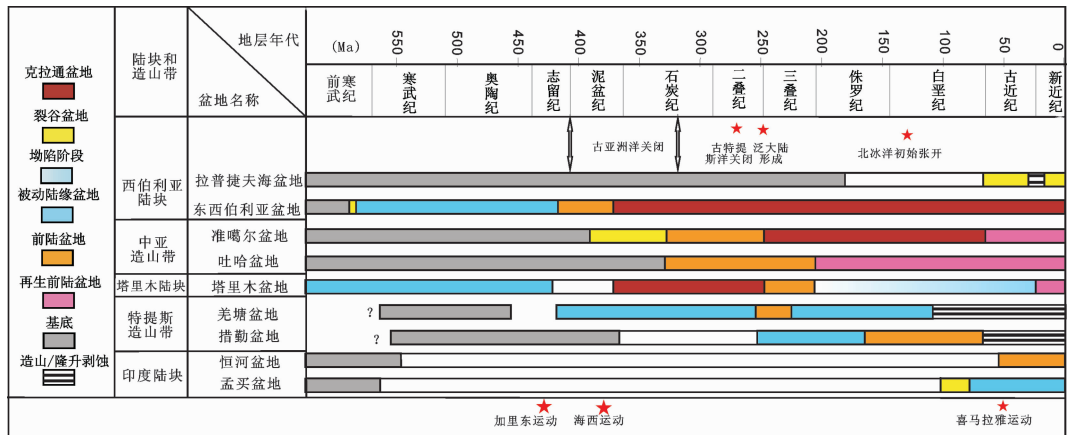


图8 特提斯构造域盆地群演化对比

Fig.8 Tectonic evolution of sedimentary basins in the Tethys tectonic realm

地时空上叠合、复合,或者盆地被破坏改造、隆升-剥蚀。不同时代和组成的基底与相同构造时间显示明显差异的构造响应。

致谢:写作过程中得到童晓光院士、朱伟林总地质师和冯志强教授的指导与帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献 (References):

[1] 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.
 T. K. Huang, Jen Chishun, Jiang Chunfa, et al. An outline of the tectonic characteristics of China [J]. Acta Geologica Sinica, 1977, 2: 117-135 (in Chinese with English abstract).

[2] 贾承造, 李本亮, 张兴阳, 等. 中国海相盆地的形成与演化 [J]. 科学通报, 2007, 52(s1):1-8.
 Jia Chengzao, Li Benliang, Zhang Xinyang, et al. Formation and evolution of main basins in China [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(s1):1-8(in Chinese).

[3] 李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束[J]. 岩石学报, 2007, 23(3):565-578.
 Li Jinyi, Gao Liming, Sui Guihua, et al. Shuangjingzi middle Triassic syn-collisional crust-derived granite in the east Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino-Korean paleo-plates[J]. Petrologica Sinica, 2007, 23(3):565-578 (in Chinese with English abstract).

[4] Windley B F, Alexeiev D , Xiao W J, et al. Tectonic models for

- accretion of the central Asian orogenic belt [J]. *Journal of the Geological Society*, 2007, 164(1):31-47.
- [5] Golonka J, Bocharova N Y. Hot spot activity and the break-up of Pangea[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2000, 161(1):49-69.
- [6] Golonka J, Natalia Y B, David F, et al. Paleogeographic reconstructions and basins development of the Arctic[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2003, 20(3):211-248.
- [7] Ren J Y, Kensaku T, Li S T. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas [J]. *Tectonophysics*, 2002, 344:175-205.
- [8] 刘和甫. 盆地山岭耦合体系与地球动力学机制[J]. *地球科学(中国地质大学学报)*, 2001, 26 (6) : 581-96.
Liu Hefu. Geodynamic scenario of coupled basin and mountain system [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2001, 26 (6):581-96 (in Chinese with English abstract).
- [9] 刘和甫, 梁慧社, 李晓清, 等. 中国东部中生代裂陷盆地与伸展山岭耦合机制[J]. *地学前缘*, 2000, 7(4):477-486.
Liu Hepu, Liang Huishe, Li Xiaoqing, et al. The coupling mechanisms of Mesozoic-Cenozoic rift basins and extensional mountain system in Eastern China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4):477-486(in Chinese with English abstract).
- [10] Yang S F, Jia C Z, Chen H L, et al. Tectonic evolution of Tethyan tectonic field, formation of Northern Margin basin and explorative perspective of natural gas in Tarim Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(1):34-41.
- [11] Golonka J. Late Triassic and Early Jurassic palaeogeography of the world [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244 (1/4):297-307.
- [12] Metelkin D V, Vernikovskiy V A, Kazansky A Y, et al. Late Mesozoic tectonics of Central Asia based on paleomagnetic evidence [J]. *Gondwana Research*, 2010, 18(2/3): 400-419.
- [13] 张金山. 鄂尔多斯盆地构造演化及含油气展望 [J]. *石油与天然气地质*, 1982, 3(4) : 304-316.
Zhang Jinshan. Tectonic evolution of Ordos basin and its oil and gas potential [J]. *Oil & Gas Geology*, 1982, 3 (4):304-316 (in Chinese with English abstract).
- [14] 孙致学, 孙治雷, 鲁洪江, 等. 砂岩储集层中碳酸盐胶结物特征: 以鄂尔多斯盆地中南部延长组为例[J]. *石油勘探与开发*, 2010, 37(5):543-551.
Sun Zhixue, Sun Zhilei, Lu Hongjiang, et al. Characteristics of carbonate cements in sand stone reservoirs: A case from Yanchang Formation, middle and southern Ordos Basin, China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2010, 37 (5) : 543-551 (in Chinese with English abstract).
- [15] 郝蜀民. 鄂尔多斯盆地油气勘探的回顾与思考[J]. *天然气工业*, 2001, 21(S1):1-4.
Hao Shumin. Review and thinking on the oil and gas exploration in Ordos basin [J]. *Natural Gas Industry*, 2001, 21(S1):1-4 (in Chinese with English abstract).
- [16] 卢华复, 王胜利, 贾东, 等. 塔里木盆地与天山山脉晚新生代盆山耦合机制[J]. *高校地质学报*, 2005, 11(4):493-503.
Lu Huafu, Wang Shengli, Jia Dong, et al. The late Cenozoic basin/mountain coupling mechanics of the Tarim basin and the Tianshan Mountains [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2005, 11 (4):493-503 (in Chinese with English abstract).
- [17] Carroll A R, Graham S A, Smith M E. Walled sedimentary basins of China [J]. *Basin Research*, 2010, 22:17-32.
- [18] Ulmishke G F. Petroleum geology and resources of the Nepa-Botuoba High, Angara-Lena Terrace, and Cis-Patom Foredeep, southeastern Siberian craton, Russia [J]. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2201-C: 1-15.
- [19] 陈均亮, 吴河勇, 朱德丰, 等. 海拉尔盆地构造演化及油气勘探前景[J]. *地质科学*, 2007, 42 (1):147-159.
Chen Junliang, Wu Heyong, Zhu Defeng, et al. Tectonic evolution of the Hailar basin and its potentials of oil-gas exploration [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2007, 42 (1) :147-159(in Chinese with English abstract).
- [20] 胡望水, 吕炳全, 张文军, 等. 松辽盆地构造演化及成盆动力学探讨[J]. *地质科学*, 2005, 40 (1) :16-31.
Hu Wangshui, Lv Bingquan, Zhang Wenjun, et al. An approach to tectonic evolution and dynamics of the Songliao basin [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2005, 40 (1):16-31 (in Chinese with English abstract).
- [21] Yang Y T, Xu T G. Hydrocarbon habitat of the offshore Bohai Basin, China [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2004, 21:691-708.
- [22] 贾承造, 郑民. 东北白垩纪大三江盆地沉积构造演化及其残留盆地群的油气勘探意义[J]. *大庆石油学院学报*, 2010, 34(6):1-12.
Jia Chengzao, Zheng Min. Sedimentary history, tectonic evolution of Cretaceous Dasanjiang Basin in Northeast China and the significance of oil and gas exploration of its residual basins [J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2010, 34(6):1-12(in Chinese with English abstract).
- [23] 汤锡元, 冯乔, 李道燧. 内蒙古西部巴彦浩特盆地的构造特征及其演化[J]. *石油与天然气地质*, 1990, 11(2):127-135.
Tang Xiyuan, Feng Qiao, Li Daosui. Tectonic characteristics and evolution of Bayanhot basin, western inner Mongolia [J]. *Oil & Gas Geology*, 1990, 11 (2):127-135 (in Chinese with English abstract).
- [24] Frolov S V, Akhmanov G G, Kozlova E V, et al. Riphean basins of the central and western Siberian Platform[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2011, 28(4):906-920.
- [25] Yang S F, Jia C Z, Chen H L, et al. Tectonic evolution of Tethyan tectonic field, formation of Northern Margin basin and explorative perspective of natural gas in Tarim Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(1):34-41.
- [26] 李凤杰, 郑荣才, 蒋斌. 中国大陆主要盆山耦合系统及其特征[J].

- 岩性油气藏, 2008, (4):26-32.
- Li Fengjie, Zheng Rongcai, Jiang Bin. Main basin and mountain coupling systems and their characteristics in China continent [J]. Lithologic Reservoir, 2008, (4):26-32 (in Chinese with English abstract).
- [27] 李雄. 潮水盆地构造特征及其对油气成藏条件的控制[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(2):17-20.
- Li Xiong. Tectonic characteristics of Chaoshui basin and its control of hydrocarbon accumulation conditions [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(2):17-20 (in Chinese with English abstract).
- [28] 方世虎, 郭召杰, 张志诚, 等. 中新世天山及其两侧盆地性质与演化[J]. 北京大学学报, 2004, 40(6):886-898.
- Fang Shihu, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng et al. Discussion on Mesozoic—Cenozoic evolution of Tian Shan and its adjacent basins [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2004, 40(6):886-898(in Chinese with English abstract).
- [29] 白勇, 于国明, 吴荣高. 西藏西部措勤盆地措勤—洞错重、磁剖面的地质结构[J]. 地质通报, 2010, 29(8):1177-1185.
- Bai Yong, Yu Guoming, Wu Ronggao. Geological framework of Cuoqin—Dongcuo gravity—magnetism profile in Cuoqin basin, western Tibet, China [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(8):1177-1185 (in Chinese with English abstract).
- [30] 李亚林, 王成善, 黄继钧. 羌塘盆地褶皱变形特征、定型时间及其与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3):283-296.
- Li Yalin, Wang Chengshan, Huang Jijun. Deformation characteristics and finalizing age of the folds in the Qiangtang basin and their relations to oil and gas accumulation [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3):283-296(in Chinese with English abstract).
- [31] 费宝生. 二连盆地构造演化特征及其与油气关系[J]. 大地构造与成矿学, 1985, 9(2):121-131.
- Fei Baosheng. Tectonic evolution of the Erlian basin and its bearing on oil and gas [J]. Geotectonic et Metallogenia, 1985, 9(2):121-131(in Chinese with English abstract).
- [32] 赵振宇, 郭彦如, 徐旺林, 等. 鄂尔多斯盆地 3 条油藏大剖面对风险勘探的意义[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(1):16-21.
- Zhao Zhenyu, Guo Yanru, Xu Wanglin, et al. Significance of three reservoir profiles for the risk exploration in Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration, 2011, 38(1):16-21 (in Chinese with English abstract).
- [33] 张岳桥, 廖昌珍. 晚中生代—新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J]. 中国地质, 2006, 33(1):29-39.
- Zhang Yueqiao, Liao Changzhen. Transition of the Late Mesozoic—Cenozoic tectonic regimes and modification of the Ordos basin [J]. Geology in China, 2006, 33(1):29-39(in Chinese with English abstract).
- [34] 张岳桥, 董树文, 李建华, 等. 中生代多向挤压构造作用与四川盆地的形成和改造[J]. 中国地质, 2011, 38(2):233-246.
- Zhang Yueqiao, Dong Shuwen, Li Jianhua, et al. Mesozoic multi-directional compressional tectonics and formation—reformation of Sichuan basin [J]. Geology in China, 2011, 38(2):233-246(in Chinese with English abstract).
- [35] 郑俊章, 陈焕疆. 十万大山盆地演化的动力学[J]. 地质前缘, 1995, 2(3/4):245-247.
- Zheng Junzhang, Chen Huanjiang. Evolution dynamic of Shiwandashan basin [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3-4):245-247(in Chinese with English abstract).
- [36] 胡望水, 吴禅, 梁建设, 等. 北部湾盆地构造迁移特征及对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(54):920-926.
- Hu Wangshui, Wu Chan, Liang Jianshe, et al. Tectonic transport characteristics and their influences on hydrocarbon accumulation in Beibuwan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(54):920-926(in Chinese with English abstract).
- [37] 何登发, 陈新发, 况军, 等. 准噶尔盆地车排子—莫索湾古隆起的形成演化与成因机制[J]. 地质前缘, 2008, 15(4):42-55.
- He Dengfa, Chen Xinfā, Kuang Jun, et al. Development and genetic mechanism of Chepaizi—Mosuowan uplift in Junggar basin, China [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(4):42-55 (in Chinese with English abstract).
- [38] 张朝军, 何登发, 吴晓智, 等. 准噶尔多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 中国石油勘探, 2006, (1):47-58, 7.
- Zhang Chaojun, He Dengfa, Wu Xiaozhi, et al. Formation and Evolution of Multicycle Superimposed Basins in Junggar Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2006, (1):47-58, 7 (in Chinese with English abstract).
- [39] Yin A. Cenozoic tectonic evolution of Asia: A preliminary synthesis [J]. Tectonophysics, 2010, 488(1):293-325.
- [40] Maruyama S, Seno T. Orogeny and relative plate motions: Example of the Japanese Islands [J]. Tectonophysics, 1986, 127(3/4):305-329.
- [41] Davis G A, Zheng Y, Zhang J. The enigmatic Yinshan fold—and—thrust belt of northern China: new views on its intraplate contractional styles [J]. Geology, 1998, 26:43-46.
- [42] Feng Z Q, Jia C Z, Xie X N, et al. Tectonostratigraphic units and stratigraphic sequences of the nonmarine Songliao basin, northeast China [J]. Basin Research, 2010, 22:79-95.
- [43] 能源, 吴景富, 漆家福, 等. 琼东南—珠江口盆地深水区域构造样式及其分布特征[J]. 天然气工业, 2011, 31(8):1-8.
- Neng Yuan, Wu Jingfu, Qi Jiafu, et al. Structural styles and distribution features in the deep water of the Pearl River Mouth and Qiongdongnan basins [J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(8):1-8(in Chinese with English abstract).

A discussion on architecture and tectonic evolution of basins in China and its adjacent areas: Evidence from new progress of the long profile

LI Jiang-hai^{1,2}, CHENG Ya-lin^{1,2}, LI Wei-bo^{1,2}, MAO Xiang^{1,2}

(1. Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, Beijing 100871, China;

2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Due to the convergence of multiple continental blocks and the development of many different types of sedimentary basins, Asian continent is an ideal place for studying the geological evolution of basins. This paper is focused on analysis of basin architecture, relationships between basin group and plate boundary, basin group and basement structure by drawing 4 long inter-continent profiles. Studies show that scales of sedimentary basins in Asian are generally small, the prototype basins have been poorly preserved, and the ages of basin basements are greatly different in contrast with other continents. Basins developed upon cratonic basement are relatively well preserved, while those overlying on the orogenic belt and oceanic crust basement have larger scale of subsidence, and are easily reworked. The changeable movement of plate tectonic boundary and smaller scale of landmass have resulted in a strong instability in the basin structure. The temporal and spatial superimposition between three big tectonic realms (Central Asia, Tethys, West Pacific), a series of cratonic blocks (Siberia, India, North China, Tarim, Yangtze, Indosinian etc.) and mantle plume activities, have controlled the tectonic evolution of Asian basins, and caused obvious differences in their types and late preservation.

Key words: Asian continent; basin; long profile; tectonic evolution

About the first author: LI Jiang -hai, male, born in 1965, professor, doctor, mainly engages in the study and teaching of global tectonics and sedimentary basins; E-mail: jhli@pku.edu.cn.