

盆地后期改造阶段与应力场演化

刘晓祥¹, 刘池阳², 赵重远², 何娟¹

(1. 渤海石油研究院勘探室, 天津塘沽 300452; 2. 西北大学地质学系, 陕西西安 710069)

摘要: 中国沉积盆地后期改造强烈, 大致可划分为5个阶段, 即微改造阶段、弱改造阶段、中等改造阶段、强改造阶段和极强改造阶段, 并各自形成相对应的改造盆地。沉积盆地的萎缩、消亡与所处构造应力场的演化息息相关, 在后期以挤压应力场为主的改造下, 可形成逆转型改造盆地、递进型改造盆地和走滑型改造盆地三类。由于各类改造盆地的生储盖展布特征、保存状态存在较大差异, 因此在油气勘探思路和方法上不同。

关键词: 改造盆地; 残留盆地; 改造阶段; 应力场; 油气勘探

第一作者简介: 刘晓祥, 男, 27岁, 硕士生, 含油气盆地地质学

中图分类号: P553

文献标识码: A

改造盆地, 又称残留盆地、残余盆地、构造盆地等^[1~7], 从广义上说, 改造现象存在于沉积盆地发生-发展-消亡任一阶段。当原始盆地面貌发生改观, 如被分割、抬升、剥蚀、块断、岩浆侵入或被深埋, 即原始盆地经历了后期改造, 可称之为改造盆地。在我国, 改造盆地一般为多旋回叠合盆地, 经历了复杂的构造演化, 如渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地、酒泉、柴达木、塔里木、羌塘等盆地。

1 主要特点

中国沉积盆地后期改造强烈, 与盆地所处大地构造背景密不可分。中国大陆内部分割性较强, 周邻又被太平洋板块、印度板块和西伯利亚板块夹持, 经历了多期重大的构造运动。

1.1 建造与改造并存

首先, 沉积盆地的建造与改造具有一致性, 建造同时伴有改造, 改造同时伴有建造, 二者是你中有我, 我中有你, 建造与改造作用始终贯穿沉积盆地演化之中。但是, 在盆地不同演化时期, 二者所占比例不同, 简单而言, 在盆地演化初期和鼎盛时期以建造为主, 后期及消亡阶段则以改造为主。这也是所有沉积盆地演化的共同特点。

1.2 与区域构造运动对应

如中国西部各块体在特提斯洋“开-合”演化过

程中, 发育在各块体之上的塔里木、柴达木、准噶尔和河西走廊盆地有大致相似的共同发育趋势, 如三叠-侏罗纪的盆缘(或“山前”)断陷、晚侏罗世的褶皱与逆掩作用、白垩纪的较大沉积范围以及晚第三纪的磨拉石沉积等^[8]。

1.3 盆地面貌发生改观

表现在: (1) 地貌上既可保持盆地形态, 也常呈平原、丘陵、山地和高原地势; (2) 增添新的内容, 如后期不同方向或性质断层的切割、地层的褶皱、岩浆的侵入和喷出等; (3) 构造性质转化, 早期形成的构造形迹到晚期发生力学性质的转变, 形成反转构造, 或早晚期隆拗格局易位^[1]。

1.4 具有多期叠加性

沉积盆地是一定地质时期的产物, 不同时期的沉积体常以构造运动形成的不整合面为界, 实际上形成了多期次盆地的叠加现象。这种叠加现象既反映了沉积盆地对地壳运动的响应性, 也说明了改造事实的广泛性和普遍性。由于受特提斯构造域长时间活动和印度板块碰撞事件影响, 改造盆地叠加现象在中国西部尤为明显。

2 改造阶段与盆地类型

盆地现今的地质构造格局是其长期演化过程中的现阶段结果, 或称“静态”。不同的改造盆地因后期改造程度的差异, 表现截然不同, 如我国东部盆地, 广泛发育新生界, 盆地主发育期地层及主力烃源岩层多数被深埋, 现今一般被第四系或第三系

覆盖;而我国中西部盆地,因受特提斯构造域和印度板块碰撞的影响,多数发生隆升-剥蚀,盆地主发育期地层和主力烃源岩层广泛出露,出露地层时代跨度较长。这些差异说明了原始沉积盆地处于不同后期改造阶段,并形成了不同类型的改造盆地。

根据盆地主发育期地层及烃源岩层出露和保存状况,褶皱、断裂、火山岩发育情况,盆地保持-保存状况,初步划分出以下5期改造阶段及相应的5种类型改造盆地。

2.1 微改造阶段

形成微改造盆地。盆地主发育期地层及烃源岩层被上覆沉积物覆盖,保存完好,后期褶皱、断裂不发育,保持盆地地貌或为平原、斜坡地形。如松辽盆地,盆地主发育期沉积的中、下白垩统主体被新生界覆盖深埋,后期改造相对较弱,除盆地东南部外,区域地层倾角一般小于 1° ,褶皱两翼倾角 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$,通常不超过 10° ,局部构造以短轴背斜、穹隆和鼻状构造为主,同生和后生构造带相间排列^[9]。此外如渤海湾盆地、海域第三纪盆地等。

2.2 弱改造阶段

形成弱改造盆地。盆地主发育期地层及烃源岩层局部出露,对于发育数套烃源岩的盆地,一般只局部出露最上部一套烃源岩,褶皱和断裂相对微改造盆地较发育,但多数发育在盆地边缘或古构造隆起区,盆地内部和坳陷区相对较为稳定。这类改造盆地在我国较为发育,如东部的苏北、南阳盆地,中部的鄂尔多斯盆地,西部的准噶尔、塔里木、吐哈盆地等。

2.3 中等改造阶段

形成中等改造盆地。盆地主发育期地层及烃源岩层出露较广,褶皱和断裂构造较为发育,通常有数条深大断裂,火山岩发育,新生界分布较为局限,经历多期次构造运动。如羌塘盆地,广泛出露海相侏罗系及部分三叠系,少量石炭-二叠系及陆相白垩-第三系,主要烃源岩系三叠-侏罗系,出露较广;褶皱、断裂构造发育^[10]。此外,昌都、措勤-比如、兰坪-思茅和楚雄等盆地及华北东部古生代盆地、塔里木前中生代盆地也可划归此类。

2.4 强改造阶段

形成强改造盆地。盆地主发育期地层及烃源岩层广泛出露且剥蚀强烈,褶皱形态紧闭,常呈线形,与区域构造走向一致,断裂构造发育,强烈切割地层,以逆冲断层、走滑断层或大型滑脱断层为主,

发育多期岩浆活动,受后期强烈挤压构造运动影响,盆地常缩短或因剥蚀强烈而常缺失边缘相地层。这类改造盆地原始面貌恢复较为困难,油气远景不大,如我国南方海相古生代盆地,成盆期经历了晚震旦-早奥陶世、泥盆纪-中三叠世大规模海侵沉积和中奥陶世-志留纪、晚三叠世两次构造运动,印支期后,燕山、喜山运动对海相原型盆地产生变形、变位和推覆构造带,目前油气勘探尚未获得实质性进展^[11]。

2.5 极强改造阶段

形成极强改造盆地。盆地主发育期地层分布局限,老地层及基底出露广泛,受区域构造运动影响,残存地层常轻微变质。这类改造盆地已无油气远景,只具分类意义,如喜马拉雅构造带上的岗巴-定日盆地。

以后期改造阶段划分的改造盆地,在空间分布上有一定的规律,我国东部和北部以微-弱-中等类型为主,而西部和南部则以弱-中等-强类型为主,前者与中朝板块与西伯利亚板块拼合时间早、太平洋板块向西俯冲引起弧后拉张作用有关,后者与印度板块碰撞和长时间处于特提斯“开-合”活动构造域有关。

显然,微-弱改造盆地,由于新生界的广泛覆盖,盆地主发育期地层出露局限,因此物探、钻探等是极为重要的勘探手段,甚至是唯一的。在我国东部复杂断块油气田,三维地震、油藏描述已广泛应用,对正确认清地下实际地质情况起了很大作用。而中等-强改造盆地,由于拥有丰富的地表露头,传统的油气地质勘探在普查-详查阶段便可初步了解烃源岩和可能的储、盖层等石油地质要素,地球物理方法可进一步揭示盆地现今构造面貌,以及生油凹陷、有利油气聚集带等。因此,不同类型的改造盆地在勘探初期研究方法、手段等是有差异的。

3 应力场演化与改造盆地类型

沉积盆地是地球表面重要的构造单元,形成于一定的构造环境,而盆地的构造环境是形成盆地的内因^[12]。沉积盆地可形成于任一构造环境,或者说可形成于威尔逊旋回的任一阶段,将盆地与板块位置结合起来进行沉积盆地分类即是体现。因此,沉积盆地可形成于三大构造环境,即拉张应力场环境、挤压应力场环境和剪切应力场环境,演化后期在不同应力场环境下发生改造。通常,挤压应力场

是盆地隆升、消亡的主导因素,因此对前述三种构造环境形成的原始盆地,在后期挤压应力场的改造下,分别可形成三类改造盆地,即逆转型改造盆地、递进型改造盆地和走滑型改造盆地。

3.1 逆转型改造盆地

原型盆地形成于拉张应力场环境,如板块内部盆地、离散板块边缘盆地及俯冲板块边缘的弧后地区等。盆地构造样式由早期的拉张构造(如正断层、半地堑等)逆转为后期的挤压构造(如推覆构造、块断构造等),发育褶皱、断裂、岩浆活动、抬升剥蚀等构造现象。该类原型盆地一般烃源岩发育,但改造后盆地的油气丰富与否,则取决于烃源岩的成熟度、油气运移与圈闭形成的配套关系以及后期保存状况。现在看来,盆地的规模、演化时间对油气聚集和保存的影响是很大的,一个面积大、经历较长时间演化的盆地,在后期改造后,仍可保留可观的弱改造区,而成为有利的油气勘探区。在这里,可以看到大型陆内坳陷盆地、被动陆缘盆地和弧后盆地是有利的勘探对象。以古-中生代阿拉伯板块北东被动陆缘来说,该陆棚长、宽均超过2 000 km,且长期稳定,基底构造对盆地隆坳格局起控制作用,第三纪扎格罗斯山的崛起形成山前前陆盆地,挤压应力场对阿拉伯板块被动陆缘厚层海相沉积物影响不大,反而形成了众多背斜圈闭,对该陆棚上10个盆地油气储量统计表明,其拥有 963×10^8 t油当量探明储量,占世界总储量 $2\,993 \times 10^8$ t的32.2%^[13]。

3.2 递进型改造盆地

原型盆地形成于挤压应力环境,如俯冲板块边缘的海沟盆地和斜坡盆地、碰撞板块边缘的残留洋盆地和前陆盆地等。盆地变形前后均处于挤压应力环境,构造变形具有递进效应。该类盆地的油气远景多取决于早期陆棚沉积层的发育和保存程度。以扎格罗斯第三纪前陆盆地为例^[14],晚始新世,阿拉伯板块与欧亚板块边缘块体碰撞,新特提斯洋关闭,海水逐渐退出,渐新世-中新世早期沉积了阿斯马里组浅黄-棕色灰岩和介壳灰岩,厚340 m,是中东地区也是世界上含油最丰富的储集层;中新世中期-上新世,气候变热,沉积了巨厚的法尔斯群硬石膏和碎屑岩系,其下部的加奇萨兰组为膏岩层,厚500 m,整合于阿斯马里组之上,是中东地区的最佳盖层,极好地防止了油气的逸散。

3.3 走滑型改造盆地

原型盆地形成于剪切应力场环境,如转换板块边缘的拉分盆地、断楔盆地、补偿盆地、雁列盆地等。由于这些原型盆地的形成均不同程度地含有拉张或挤压分量,故在后期挤压构造格局下,构造变形相对较为复杂。由于原型盆地一般具有体积小、沉积速率快、地层厚度大和地温梯度较高等特点,油气易成熟,从而成为世界上单位面积和体积油气产、储量最丰富的盆地,因此后期保存条件成了至关重要的条件,也成为制约走滑型改造盆地油气有无和多少的关键因素。美国洛杉矶盆地是该盆地中单位面积和体积油气产、储量最丰富的盆地,平均单位体积探明储量为 52.2×10^4 t/km³,油气田主要集中于英格坞和惠梯尔两断裂带上,其次为北部斜坡,沿断裂带呈雁行式排列,以背斜、断层背斜和断层圈闭为主^[15]。

显然,对于这三类改造盆地,油气勘探思路也是有所不同的。对于逆转型改造盆地,查明有效烃源岩体的分布和成熟度、圈闭形成时间及有效盖层至关重要;对于递进型改造盆地,一般烃源岩问题不大,但油气热演化程度高,由于后期递进改造变形,二次生烃及成藏现象普遍,盖层发育程度也很重要;对于走滑型改造盆地,油气远景则与原型盆地烃源岩的发育程度和热演化程度密切相关,由于走滑构造一般具有长期性和多期性,对于盆地切割、破坏程度较大,进行油气评价时不能忽略。

参 考 文 献

- 1 刘池祥. 后期改造强烈——中国沉积盆地的重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 255~261
- 2 刘光鼎. 试论残留盆地[J]. 勘探家, 1997, 2(3): 1~4
- 3 滕玉洪, 王岫岩, 王贵文. 构造变动比较强烈地区的油气勘探远景预测[J]. 大庆石油地质与开发, 1998, 17(3): 15~17
- 4 王英民, 邓林, 钱弈中, 等. 残余盆地三维盆地模拟及油气资源评价方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1996
- 5 王英民, 钱弈中. 残余盆地的特征及其油气资源评价方法[J]. 海相油气地质, 1996, 1(1): 48~51
- 6 王英民, 贺小芳, 邓林, 等. 多期复杂变形盆地的古垂线法构造复原[A]. 见: 徐怀大, 赵政璋, 樊太亮, 等. 从地震地层学到层序地层学——油气盆地的定性化与定量描述[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 208~215
- 7 王英民, 钱弈中, 邓林, 等. 残余盆地成藏动力学过程研究方法[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(3): 385~393
- 8 朱夏. 中国中、新生代沉积盆地构造发展述略[A]. 见: 朱夏, 徐旺. 中国中、新生代沉积盆地[C]. 北京: 石油工业出版社, 1990
- 9 马力, 杨继良, 丁正言. 松辽盆地——一个克拉通内的复合型陆

- 相沉积盆地[A]. 见: 朱夏, 徐旺. 中国中、新生代沉积盆地[C]. 北京: 石油工业出版社, 1990
- 10 赵政璋, 郭祖军, 李永铁, 等. 青藏高原沉积盆地划分及油气远景评价[A]. 见: 徐怀大, 赵政璋, 樊太亮, 等. 从地震地层学到层序地层学——油气盆地的定性化与定量描述[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 153~ 160
- 11 戴宗林. 南海相油气地质特征及勘探方向的选择[J]. 海相油气地质, 1997, 2(4): 20~ 29
- 12 王定一. 论油气盆地类型及其在勘探中的应用[A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 含油气盆地地质学研究进展[C]. 西安: 西北大学出版社, 1993. 19~ 25
- 13 Beydoun Z R. Arabian plate hydrocarbon geology and potential: a plate tectonic approach[R]. AAPG Studies in Geology, 1991, 33: 77
- 14 Beydoun Z R, Clarke M W H, Stoneley R. Petroleum in the Zagros Basin: a late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon rich Paleozoic-Mesozoic passive-margin shelf[A]. In: McQueen R, Leckie D, eds. Foreland basins and foldbelts[C]. AAPG Mem, 1992, 55: 303~ 339
- 15 甘克文, 李国玉, 张亮成. 世界含油气盆地图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 1982

POST-ALTERATION STAGES AND STRESS FIELD EVOLUTION OF BASINS

Liu Xiaoxiang, Liu Chiyang, Zhao Zhongyuan, He Juan
(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shanxi*)

Abstract: Sedimentary basins of China underwent post-sedimentary alteration. The alteration could be divided into five stages, i. e., tiny, feeble, medium, strong and fully strong alteration stages, and each of them resulted in comparative alteration basins. The shrinking, dying out of sedimentary basins were closely linked to the evolution of tectonic stress fields of the place they located. Altered by compressive stress field, sedimentary basins could form three kinds of alteration basins, namely reversal, successive and strike-slip type alteration basins. Since they have different characteristics in source-reservoir-cap rocks and distribution as well as in preservation states, it thus suggests that the thoughts and methods on petroleum prospecting of each kind of alteration basin must be different.

Key Words: alteration basin; remained basin; alteration stage; stress field; oil-gas exploration

(上接第198页)

developed in middle Shaan-Gar-Ning Basin. It was a shallow platform depression in early-middle stage of Early Paleozoic, a karst depression during the formation stage of Ordovician top weathered crust, a sea-land transitional zone in mid-late stage of Late Paleozoic, a lake land transitional zone in the Mesozoic, and the boundary line between north and south Shaan-Gar-Ning in the Cenozoic. The typical characteristics of the belt is lower amplitude, that is, the lithofacies and strata thickness of the belt are similar to the adjoining area, the difference of strata thickness is only several hundred meters. This property made it difficult to find the belt. Along this belt, two centers of source rocks and multi-deltaic sedimentary systems of Upper and Lower Paleozoic widely developed and connected there. The sand bodies that stacked are good reservoir rocks. Five gas fields (gas accumulation zone), i. e., Hengshanpu, Changqing, Tianchi, Zhenchuanpu have been discovered.

Key words: Shaan-Gar-Ning Basin; middle structural belt; confirmation evidence; gas-accumulating significance