

全球地壳隆坳演化与盆地

康玉柱

(中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 地球地壳在多种地应力, 包括挤压应力、拉张应力及扭动应力作用下, 产生抬升隆起或沉降坳陷及走滑。由于构造运动造成地壳隆起和坳陷, 导致海陆变迁。地球在地质历史演化过程中, 地壳隆起成为造山带或隆起区; 坳陷变成为各种类型盆地。全球盆地可分为 5 大类型, 即裂陷—克拉通盆地、克拉通内坳陷盆地、前陆盆地、断陷盆地和坳陷盆地; 全球构造主要有 8 大变形样式, 即东西向构造变形样式、南北向构造变形样式、东北向构造变形样式、北北东向构造变形样式、北西向构造变形样式、山字型构造变形样式、S 型或反 S 型构造变形样式和旋扭构造变形样式。中国古生代克拉通盆地油气主要分布于古隆起、古斜坡、区域性不整合及断裂带等处; 中生代断陷盆地油气主要分布在陡坡带、缓坡带和中央构造带等部位; 中生代前陆盆地油气分布在断褶带、斜坡带及逆掩带; 各类扭动构造, 如帚状构造、雁列构造、旋扭状构造、反 S 型构造、入字型构造等控制着油气的分布。

关键词: 油气分布; 构造变形样式; 隆坳演化; 盆地类型; 全球构造

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

Evolution of global crustal uplift and subsidence and basins

KANG Yuzhu

(SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: The earth's crust is under various stresses including compressive stress, tensile stress and torsional stress, resulting in uplift, subsidence, depression and strike-slip. The tectonic movement caused uplifts and depressions in the crust, leading to changes in the land and sea. During the geological evolution history, the crust uplifted into orogenic belts or uplift areas, while depressions changed to various types of basins. Global basins can be divided into five major types, namely rift-craton, intracratonic depression, foreland, fault and depression ones. There are eight major deformation styles in the global structure, namely, east-west, north-south, north-east, north-north-east, north-west, epsilon-shaped, S- or reversed-S shaped, and twisted ones. Oil and gas in the Paleozoic cratonic basins of China are mainly distributed in paleo-uplifts, paleo-slopes, regional unconformities, and fault zones. In Mesozoic and Cenozoic faulted basins, oil and gas are mainly distributed in steep slopes, gentle slopes, and central structural belts. In Mesozoic and Cenozoic foreland basins, oil and gas are distributed in fault fold belts, slope belts and overthrust belts. Various twisted structures, such as broom-shaped, echelon, knob-shaped, reversed S-shaped, and λ -shaped ones, control oil and gas distribution.

Key words: oil and gas distribution; structural deformation style; uplift and depression evolution; basin type; global structure

多年来,笔者从全球地壳构造变形特征出发,探讨了地球的地壳构造变化规律^[1-2]。由于地球自转旋力、天体对地球的作用、地球内部放射性物质、地壳各部位的厚度及密度不同等因素,出现了规模大小不等、方向不一、性质有别的各种地应力。这些复杂的地应力,致使地壳产生构造变形,但总体为隆起与坳陷演化。地壳隆起成为造山带或隆起区,坳陷则变成为各种类型的盆地。全球盆地类型可分为 5 大类,即裂陷—克拉通盆地、克拉通内

坳陷盆地、前陆盆地、断陷盆地及坳陷盆地等;全球构造变形样式主要有 8 种,不同盆地类型及构造样式控制着油气的分布。

1 全球主要构造运动

地壳岩石圈的构造演化是以地壳的主要构造运动为动力,它们的形成演化与分布规律受地壳运动方式、时期及其变化规律影响。

中国及全球主要的构造运动见表 1。

表 1 全球主要构造运动
Table 1 Main tectonic movements in the world

地质时代		同位素年龄值/Ma	构造阶段与地壳运动									
		现在	主要地质事件	欧美	中国	非洲						
新生代	第四纪	全新世	联合古陆解体阶段	撒夫运动 比利牛斯运动	喜马拉雅运动(晚) 喜马拉雅运动(早)	阿尔卑斯运动晚期 阿尔卑斯运动早期						
		更新世										
	新近纪	上新世					新阿尔卑斯阶段	燕山运动(晚) 燕山运动(中) 燕山运动(早) 印支运动(晚) 印支运动(早)	喜马拉雅阶段			
		中新世										
	古近纪	渐新世								老阿尔卑斯阶段	阿帕拉钦运动	燕山阶段
		始新世										
中生代	白垩纪	65	联合古陆形成阶段	布列东运动	伊宁运动	海西运动第三幕 海西运动第二幕 海西运动第一幕						
		137										
		185										
	三叠纪	230					加里东阶段	伊里运动	祁连(广西)运动			
		280										
		350										
晚古生代	二叠纪	阿奈提运动	太康运动	古浪运动								
	泥盆纪											
	400											
早古生代	志留纪				地台形成阶段	哥德—格林威尔运动 卡瑞里—赫德孙运动	兴凯运动					
	440											
	500											
元古宙	奥陶纪	陆核形成阶段	萨姆—肯诺尔运动	晋宁运动(晚)								
	610											
	850											
太古宙	震旦纪				天文阶段		晋宁运动(早)					
	1 055											
	1 600-1 700											
冥古宙	中			吕梁运动(中条)运动								
	2 500-2 600											
	3 900-3 000											
冥古宙	新						吕梁运动(早)					
	3 800											
	4 600											

2 地壳变形的的主要形式

地壳变形的的主要形式有 3 种,即拉张形成拗陷(盆地)、挤压形成隆起、走滑形成拗陷(盆地)及隆起。它们相应存在,有隆起就有拗陷。相邻上升隆起地方产生强力挤压,必然造成相邻区大面积拗陷。经过理论分析和实际调查,褶皱造山带承受过强烈的水平挤压,而大面积沉降能够提供强大的水平挤压。又因为大面积的沉降过程,通过力的传递,逼迫较深部的热能、气、液和岩浆,以弧顶向下的弧形抛物线,近似水平运动,往相邻上升地区以至较远地带转移、侵入和上升,在隆起带较深部形成相向对流及对撞的强大抬升作用。这是地壳运动以沉降为主的一个基本和重要特点。

沉降过程会产生侧压力,则容易产生强烈变形、褶皱、推覆体等现象。地槽演化在返回阶段早期,产生各种现象可说明这一点。地球物理资料证明,大西洋、印度洋和北冰洋等的大洋边缘,不整合叠加在邻近大陆部分中生代以前的构造之上。这充分表明是由大洋盆地的巨大面积沉降过程,产生强大的水平动力矩作用的结果。

区域地质常见复式大背斜与大向斜相间重复出现。其中,复式大背斜的岩层发生强烈褶皱、相对上升隆起,常见有火成岩、断裂等;而在大向斜部位,即为沉降拗陷——盆地。

3 全球八大构造变形样式

纵观全球构造变形样式主要有 8 种^[1-5]: (1)东西向构造变形样式;(2)南北向构造变形样式;(3)北东向构造变形样式;(4)北北东向构造变形样式;(5)北西向构造变形样式;(6)山字型构造变形样式;(7)S 型或反 S 型构造变形样式;(8)旋扭构造变形样式。但主体构造样式是东西向和南北向构造样式。

全球构造变形样式的演化具有阶段性、继承性、差异性、迁移性和转换性等 5 种特征,显现出各构造变形样式的复杂性。总之,隆起与拗陷是地壳变形的的主要特征。

构造变形样式控制着各大陆内大小陆块的成生演化,而各陆块又控制和影响构造变形样式的形成和演化,它们相互作用造就了现今全球构造格局及海陆变迁。

4 盆地类型与油气分布规律

经过多年研究,笔者将全球盆地划分为 5 大类型,即裂陷—克拉通盆地、克拉通内拗陷盆地、断陷盆地、前陆盆地和拗陷盆地。现以中国发育的盆地类型为代表,论述其油气分布规律^[6-11](表 2)。

4.1 古生代克拉通盆地油气分布

中国的克拉通盆地主要分布于中朝地台、扬子

表 2 中国震旦纪—古生代发育盆地演化阶段

Table 2 Evolution stages of Sinian-Paleozoic basins in China

时代	演化阶段	演化特征
震旦纪—中奥陶世	裂陷期及大洋扩张(裂陷—克拉通盆地)	华北、华南、塔里木、准噶尔、青藏陆块分离,陆块周边为裂陷盆地及克拉通盆地(华北与华南两类生物群)
晚奥陶世—中志留世	陆块挤压俯冲消减(挠曲克拉通)	由于南北挤压作用,各大陆块洋盆逐渐消减;华北陆块成为古陆(O ₃ -C ₁ 缺失),主要形成挤压克拉通盆地
晚志留世—泥盆纪	挤压碰撞造山,中国古大陆形成(挠曲克拉通)	各大陆块边缘隆起造山;造山带前缘形成前渊盆地;古亚洲洋继续扩张
石炭纪—二叠纪	拉张—挤压隆升阶段(克拉通内拗陷盆地)	C-P ₁ 拉张古特提斯洋扩张(西南部);海平面上升,中国广泛接受海陆交互相沉积;P ₁ 火山活动强烈;P ₂ 挤压,塔里木、准噶尔、柴达木、华北海水退出,为陆相沉积;华南海相持续到 T ₂ 末,形成广泛的克拉通内拗陷盆地

地台、塔里木地台和准噶尔地台(图 1)^[12];油气主要分布在盆地的古隆起、古斜坡、区域性不整合及断裂带等处(图 2)。

4.1.1 古隆起

古隆起是指古生代沉积时就是隆起区,这些长期发育的古隆起是油气运移的指向区。如塔里木盆地的沙雅隆起、卡塔克隆起(图 2);准噶尔盆地

的陆梁隆起;鄂尔多斯盆地的乌审旗隆起、东部隆起;四川盆地的乐山隆起、开江隆起、江油隆起、大兴隆起等(图 3)。

4.1.2 古斜坡

古斜坡同样是油气运移的指向区,其紧邻生烃拗陷,油气源充足,有利于成藏。如塔里木盆地的麦盖提斜坡、孔雀河斜坡;准噶尔盆地的玛湖斜坡、

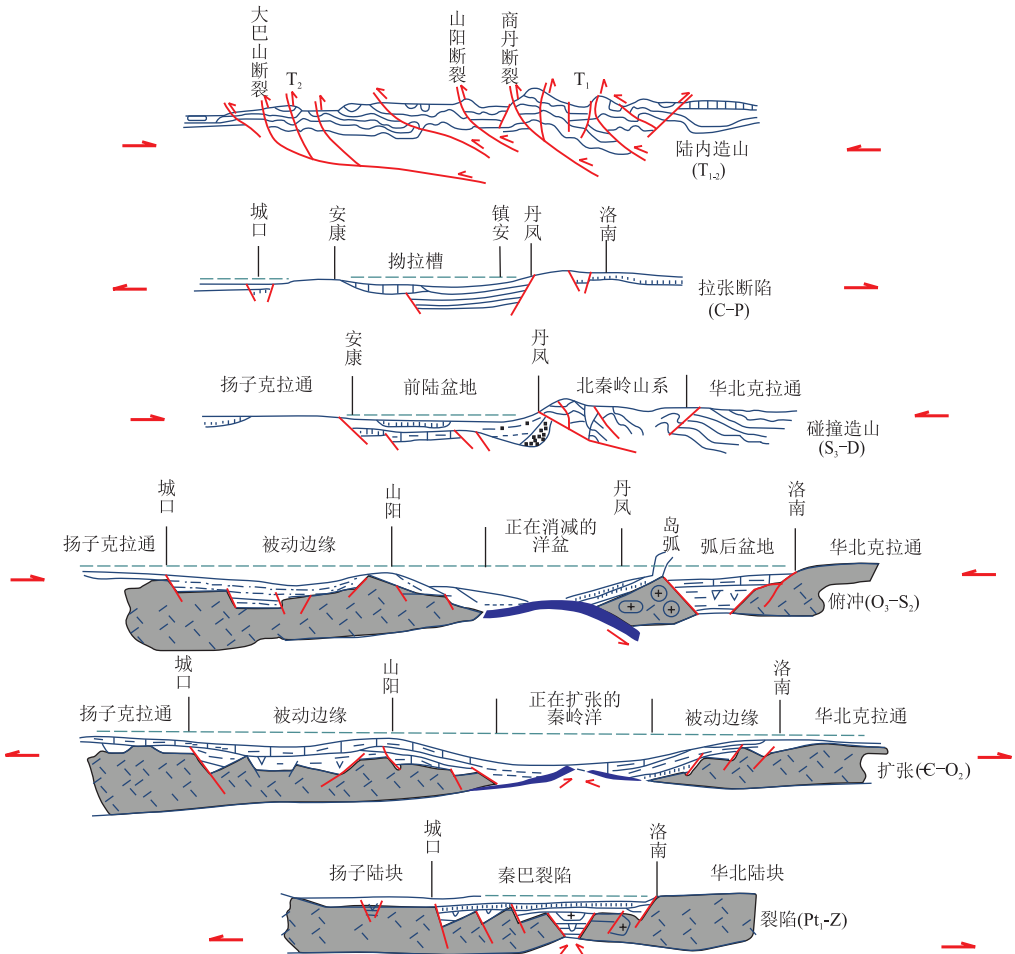


图 1 中国古生代克拉通盆地演化

据文献[12]修改。

Fig.1 Evolution of Paleozoic cratonic basins in China

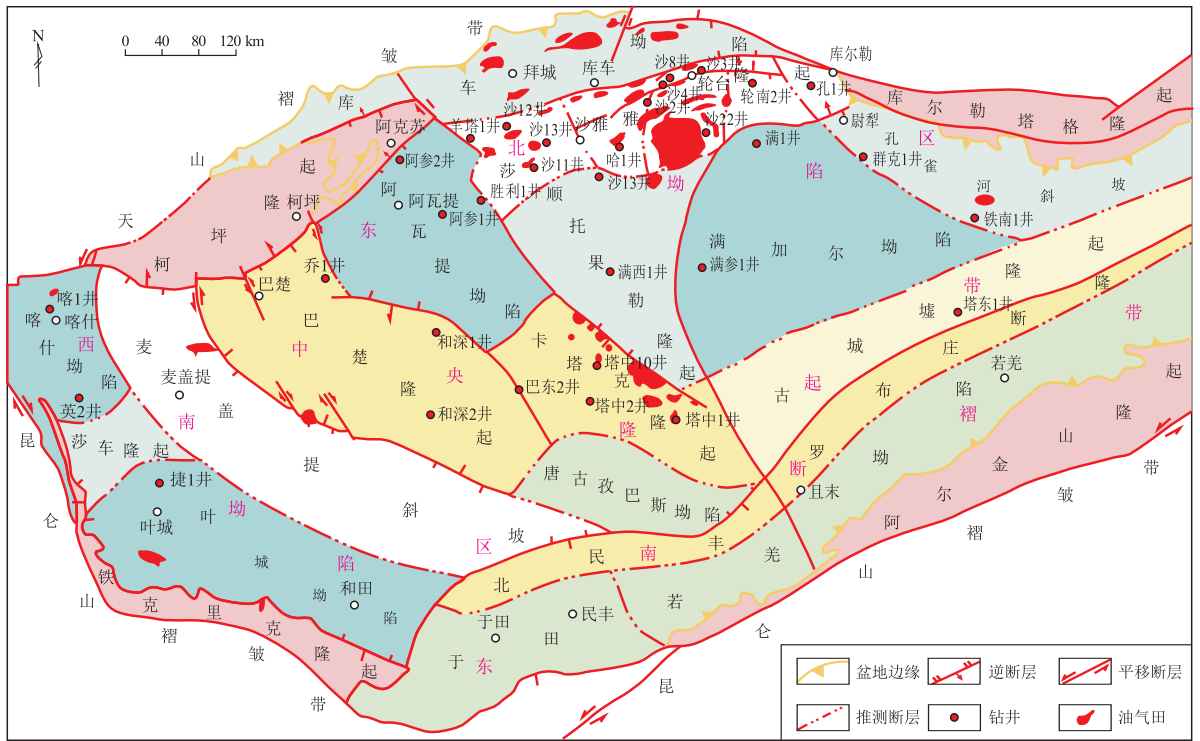


图2 塔里木盆地油气分布

Fig.2 Oil and gas distribution in the Tarim Basin

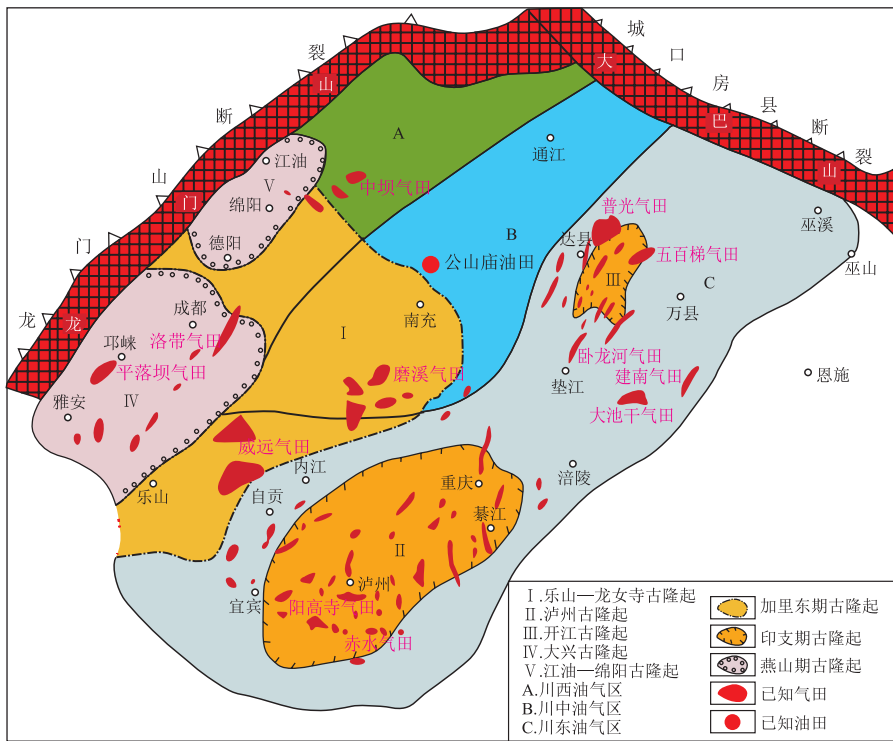


图3 四川盆地油气分布示意

Fig.3 Oil and gas distribution in the Sichuan Basin

淮南斜坡;鄂尔多斯盆地的伊陕斜坡;四川盆地的北部斜坡等。

4.1.3 区域性不整合

中国古生代区域性不整合面主要包括加里东

中期构造运动形成的奥陶系顶部不整合面、海西早期运动形成的志留系—泥盆系顶部不整合面和海西末期运动形成的二叠系顶部不整合面。不整合面之上的砂岩、砾岩及不整合面下的碳酸盐岩风化

壳,都有良好的储集性能,可作为油气运移的良好通道。比如塔里木盆地阿瓦提和满加尔坳陷等多套生油层,均是受不整合面所控制(图4)。

4.1.4 断裂带

大型断裂带也是油气的主要富集带之一,在各大盆地均有分布。发育于古隆起边缘的区域性断裂,一般具有活动历史长、规模大、断层破碎带宽等特点,对油气主要起垂向沟通作用,构成了区域上的烃源断层。

4.2 中生代断陷盆地油气分布

中生代断陷盆地主要分布在中国东部^[3,13-20],由于印度板块碰撞和大规模排斥运动的产生,中国大陆东部在边缘海扩张以及大陆深部物质蠕散的运动体制下,改变了过去的状态,这时期整个大陆向洋伸展扩张,大陆东部在隆起背景的基础上形成下压上张,并在地壳减薄的机制下形成陆内断陷盆地。

油气主要分布在陡坡带、缓坡带和中央构造带等部位(图5)。陡坡带是断陷盆地伸展活动的起始带,是控凹主断层的发育部位。陡坡带具有坡度

陡、物源近、古地形起伏大、相带窄、变化快和构造活动强烈等特点。缓坡带是断陷盆地箕状凹陷的重要组成部分,是油气运移的重要指向区。缓坡带构造比较简单,一般发育有鼻状构造,如果上倾方向有遮挡,就可形成油藏。一般发育有两组断层,将基岩块体切割成若干次级的翘倾断块,在翘倾断块的断棱部位有利于潜山和潜山油气藏的形成,在断块的腰部有利于地层超覆油藏的形成。中央背斜带是由断层活动引发地层塑性拱张而形成的,背斜顶部往往发育多组断裂,构造面貌十分复杂,可形成多种圈闭类型(背斜、鼻状构造、断块等)。

断陷盆地沉积特征上一般表现为浊积扇、冲积扇、三角洲扇、海底扇等,结合断裂的展布,有利于形成岩性或构造—岩性圈闭。

4.3 中生代前陆盆地油气分布

中生代前陆盆地主要分布在中西部地区^[11,21-24],前陆盆地油气主要分布在3个构造带内:断褶带、斜坡带和逆掩带(图6)。

4.3.1 前陆断褶带

油气主要分布在断褶带2~3排断裂构造带

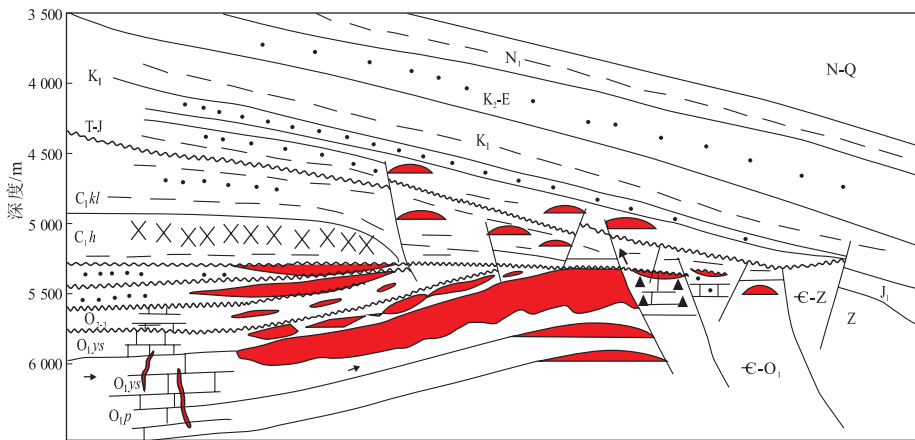


图4 塔河油田断裂不整合控油模式

Fig.4 Oil controlling mode of fault unconformities in the Tahe Oilfield

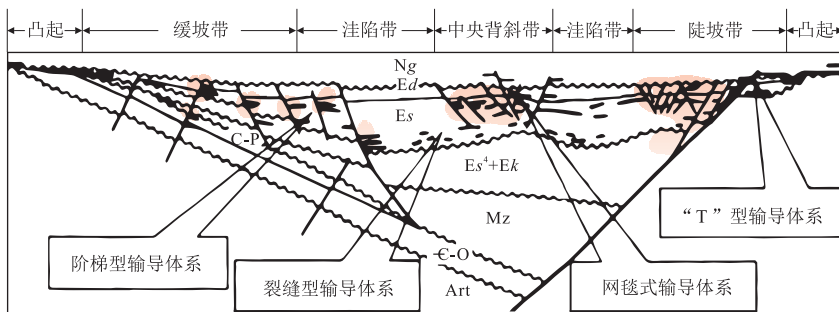


图5 渤海湾断陷盆地构造剖面及油气分布示意

据胜利油田,2016。

Fig.5 Structural section and hydrocarbon distribution of the Bohai Bay Basin

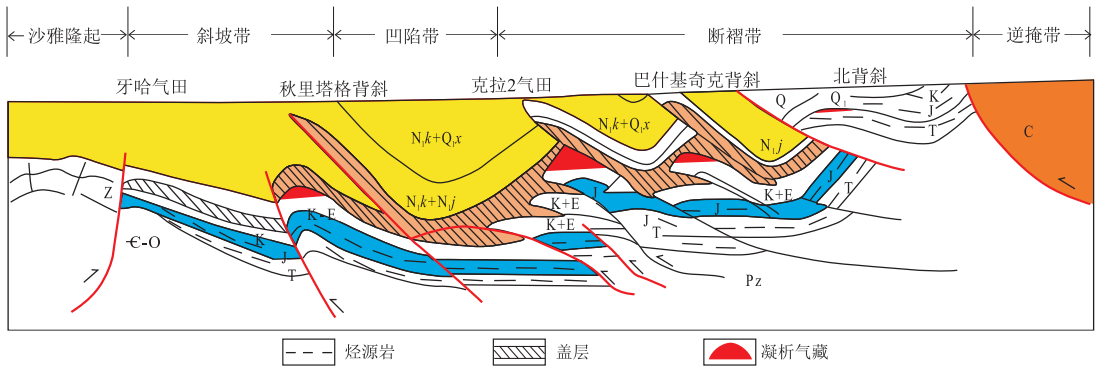


图 6 塔里木盆地库车前陆盆地构造剖面及油气分布示意

Fig.6 Structural section and hydrocarbon distribution of the Kuqa Foreland Basin, Tarim Basin

内,而且以背斜含油为主,特别是双重构造之间的逆冲断裂下盘背斜控油气。比如准噶尔盆地呼图壁气田、塔里木盆地克拉 2 气田、柴达木盆地冷湖油田等。

4.3.2 前陆斜坡带

斜坡带位于油气运移指向区,构造相对稳定,也是油气富集的有力区带。比如塔里木盆地的牙哈油气田、准噶尔盆地的永进油气田等。

4.3.3 前陆逆掩带

该带地质条件复杂,随着三维地震和钻井技术的进步,能识别冲断层下伏的构造面貌和圈闭条件,越来越多的油气逐渐被发现。如酒西盆地青西

油田、塔里木盆地胜和 1 井等。

4.4 各类扭动构造控制油气

以地质力学理论为指导,通过对多个盆地构造体系控油作用研究^[17,25-32],认识到油气田分布主要受各类低序次扭动构造体系的控制,具有典型的帚状构造、雁列构造、旋扭状构造、反 S 型构造、入字型构造等特征。

4.4.1 帚状构造带

塔中帚状构造体系位于塔里木盆地中央隆起带中部卡塔克隆起上,为一向北散开、向东南收敛的帚状构造型式(图 7)。塔中油气区目前的工业油气发现主要集中在塔中 I 号、塔中 II 号断裂带东

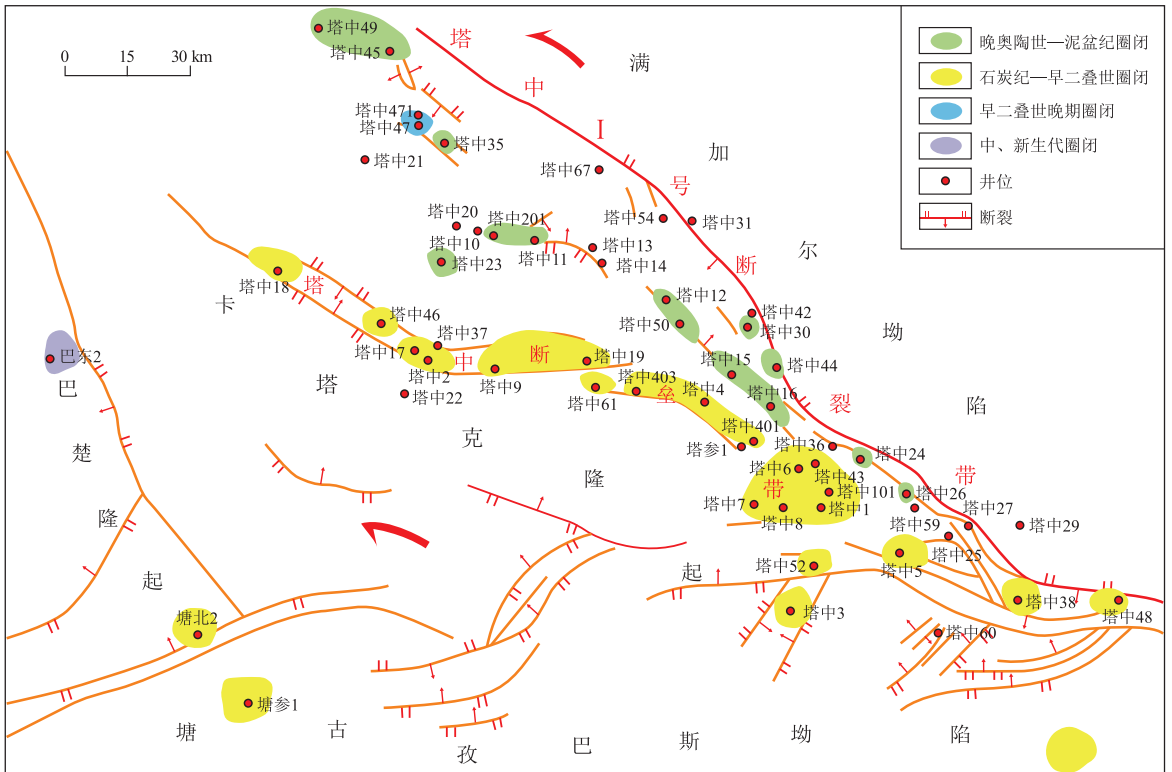


图 7 塔里木盆地塔中帚状构造及油气分布

Fig.7 Broom structure section and hydrocarbon distribution in the Tazhong area, Tarim Basin

部及塔中北斜坡。

4.4.2 雁列构造带

该类型的典型实例为塔里木盆地西南坳陷叶城雁列构造体系控油。该体系位于叶城坳陷,形成于喜马拉雅期,是昆仑造山带向盆内挤压和压扭作用下形成的雁列构造体系,由 3 排构造组成。

4.4.3 旋扭状构造带

该类典型构造位于塔里木盆地北部沙雅隆起中段的阿克库勒凸起上,形成于海西期,由 2 个旋回构造带和漩涡组成,它对本区油气田分布起重要

控制作用(图 8)。

4.4.4 反 S 型构造带

柴达木盆地冷湖反 S 型构造体系,位于柴达木盆地北缘赛—昆断陷内的赛什腾凹陷与昆特依凹陷之间的构造凸起部位,由冷湖 0~7 号背斜和南八仙、北陵丘、东陵丘、南极星等大小不等的背斜组成,油田主要分布在反 S 型构造体系转弯处,正是地应力适中的扭动构造部位处(图 9)。

4.4.5 入字型构造带

巴什托入字型构造体系位于塔里木盆地麦盖

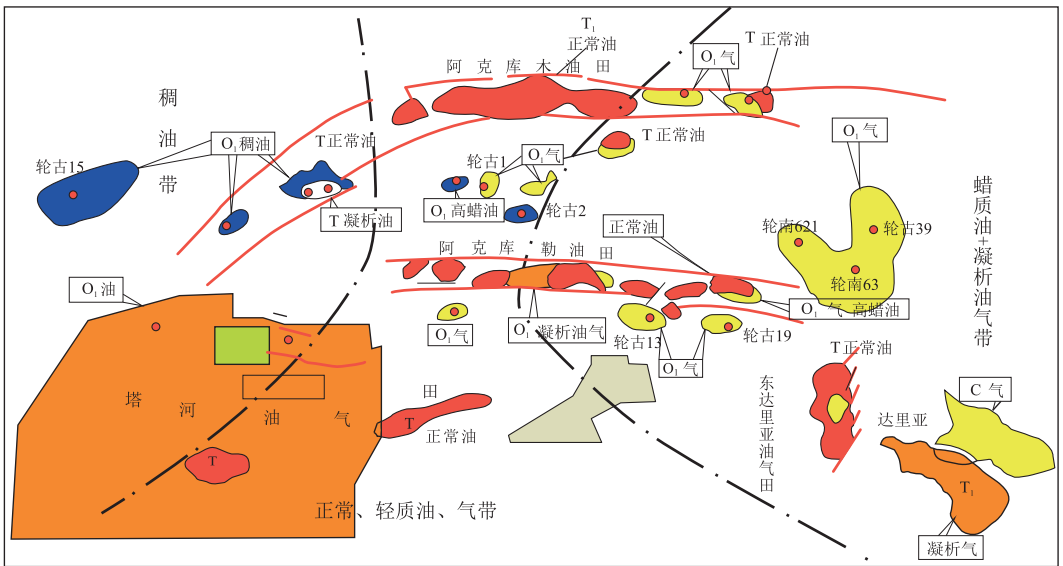


图 8 塔里木盆地塔河旋扭构造及油气分布示意

Fig.8 Twist structure section and hydrocarbon distribution in Tahe area, Tarim Basin

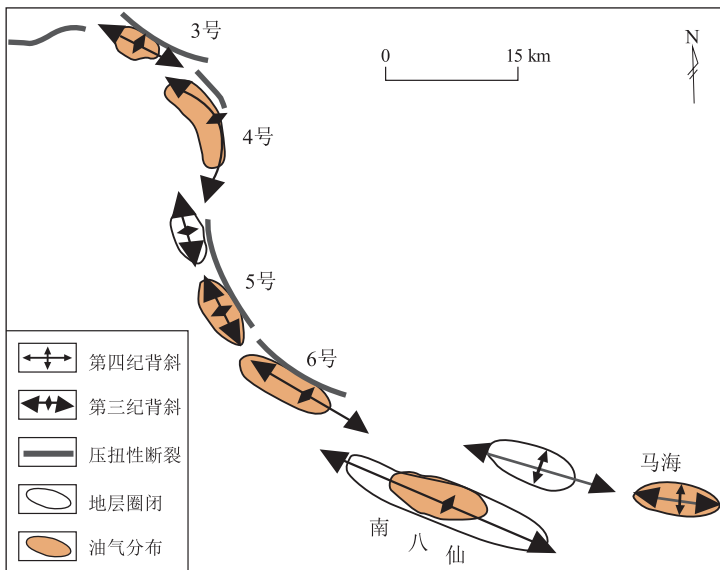


图 9 柴达木盆地反 S 型构造及油气分布示意

据文献[33]修改。

Fig.9 Reversed S-shaped structure and hydrocarbon distribution in the Qaidam Basin

提斜坡北部,是北西向色力布亚断裂带与巴什托构造带形成的入字型构造体系,形成于海西晚期,并确认为扭动构造形迹。巴什托油气田形成于喜马拉雅期,油气来源于石炭系—二叠系,并混有大量古生界寒武系—奥陶系成分,是一个典型的入字型构造体系控制油气模式。

4.4.6 叠瓦断裂带

叠瓦断裂带指由多个产状接近、且组合一起而成的逆断层带。每个断层的上盘均相对呈上升状态分布,类似屋顶盖瓦依次叠覆,又称叠瓦构造。叠瓦断裂带油气藏的油层在纵向上呈“屋脊”状,在平面上呈“叠瓦”状,同时含油井段集中、层位多、面积较小,油藏顺断层走向呈狭窄条带状分布。

5 结论

全球地壳在地质历史演化过程中,受到多种地应力作用,造成地壳发生变形,但总体变形是隆起与坳陷。隆起与坳陷是海洋与陆地变迁的主要基础,即大陆沉降坳陷变成海洋,海洋下地壳抬升降起变成陆地,但总体为隆起与坳陷演化。地壳隆起成为造山带或隆起区;坳陷成为各种类型的盆地。纵观全球盆地类型有 5 大类,即裂陷—克拉通盆地、克拉通内坳陷盆地、前陆盆地、断陷盆地和坳陷盆地等;全球构造主要有 8 种变形样式,即东西向构造变形样式、南北向构造变形样式、北东向构造变形样式、北北东向构造变形样式、北西向构造变形样式、山字型构造变形样式、S 型或反 S 型构造变形样式和旋扭构造变形样式,不同盆地类型及构造样式控制着油气的分布。

参考文献:

- [1] 康玉柱,邢树文.全球构造体系概论[M].北京:地质出版社,2018.
KANG Yuzhu, XING Shuwen. Introduction to global tectonic system[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2018.
- [2] 康玉柱.全球油气分布规律及发展战略[M].北京:地质出版社,2016.
KANG Yuzhu. Global oil and gas distribution and development strategy[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2016.
- [3] 康玉柱,王宗秀,李会军,等.松辽地区构造体系控油作用研究[M].北京:地质出版社,2015.
KANG Yuzhu, WANG Zongxiu, LI Huijun, et al. Study on oil control of structural system in Songliao area[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.
- [4] 康玉柱,王宗秀.华北盆地构造体系控油作用研究[M].北京:地质出版社,2017.

- KANG Yuzhu, WANG Zongxiu. Oil control of tectonic system in North China Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017.
- [5] 康玉柱,王宗秀.四川盆地构造体系控油作用研究[M].北京:地质出版社,2014.
KANG Yuzhu, WANG Zongxiu. Study on oil control of structural system in Sichuan Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014.
- [6] 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 Xing'nan, et al. Sedimentary crust evolution and mineralization of the ancient continent in southern China[M]. Beijing: Science Press, 1993.
- [7] 康玉柱.西北地区石油地质特征及油气前景[J].石油实验地质,1984,6(3):229-240.
KANG Yuzhu. Characteristics of petroleum geology setting and hydrocarbon prospects of northwestern China[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1984, 6(3): 229-240.
- [8] 康玉柱,蔡希源,张传林.中国古生代海相油气田形成条件与分布[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2002.
KANG Yuzhu, CAI Xiyuan, ZHANG Chuanlin. Formation conditions and distribution of Paleozoic marine oil and gas fields in China[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 2002.
- [9] 康玉柱,孙红军,康志宏,等.中国古生代海相油气地质学[M].北京:地质出版社,2011.
KANG Yuzhu, SUN Hongjun, KANG Zhihong, et al. Paleozoic marine petroleum geology of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [10] 康玉柱.中国古生代海相成油特征[C]//面向 21 世纪的科技进步与社会经济发展(上册).乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999.
KANG Yuzhu. Characteristics of Paleozoic marine oil generation in China[C]//Scientific and technological progress and social and economic development facing the 21st century (Volume I). Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 1999.
- [11] 康玉柱,王宗秀,康志宏,等.准噶尔—吐哈盆地构造体系控油作用研究[M].北京:地质出版社,2011.
KANG Yuzhu, WANG Zongxiu, KANG Zhihong, et al. Study on oil control of structural system in Junggar-Turpan basins[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [12] 张渝昌.中国含油气盆地原型分析[M].南京:南京大学出版社,1997:48.
ZHANG Yuchang. Prototype analysis of petroliferous basins in China[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1997: 48.
- [13] 包茨,杨先杰,李登湘.四川盆地地质构造特征及天然气远景预测[J].天然气工业,1985,5(4):1-11.
BAO Ci, YANG Xianjie, LI Dengxiang. Geological structure characteristics and gas prospect prediction of the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 1985, 5(4): 1-11.
- [14] 黄汲清,任纪舜,姜春发,等.中国大地构造及其演化[M].北

- 京:科学出版社,1980.
- HUANG Jiqing, REN Jishun, JIANG Chunfa, et al. Geotectonics and its evolution in China [M]. Beijing: Science Press, 1980.
- [15] 翟光明. 中国石油地质志(卷13):玉门油田[M]. 北京:石油工业出版社,1989.
- ZHAI Guangming. Petroleum geology of China (Vol.13): Yumen Oilfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989.
- [16] 翟光明. 中国石油地质志(卷14):青藏油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- ZHAI Guangming. Petroleum geology of China (Vol.14): Qinghai Tibet oil and gas region [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990.
- [17] 康玉柱. 油气地质力学[M]. 北京:地质出版社,2012.
- KANG Yuzhu. Petroleum geomechanics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012.
- [18] 孙殿卿. 中国石油普查勘探中的地质力学理论与实践[J]. 中国地质科学院地质力学研究所所刊, 1989(13):9-22.
- SUN Dianqing. Geomechanics theory and practice in petroleum exploration in China [J]. Bulletin of the Institute of Geomechanics CAGS, 1989(13):9-22.
- [19] 徐曦, 朱晓颖, 单希鹏, 等. 下扬子区中新世沿江盆地群的盆地结构与沉积特征[J]. 石油实验地质, 2018, 40(3):303-314.
- XU Xi, ZHU Xiaoying, SHAN Xipeng, et al. Structure and sedimentary characteristics of the Meso-Cenozoic basin group along the Yangtze River in the Lower Yangtze region [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2018, 40(3):303-314.
- [20] 张伟忠, 张云银, 王兴谋, 等. 济阳拗陷盆缘次生气藏输导模式[J]. 石油实验地质, 2019, 41(2):185-192.
- ZHANG Weizhong, ZHANG Yunyin, WANG Xingmou, et al. Transmission model of secondary gas reservoir on the basin margin of Jiyang Depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2019, 41(2):185-192.
- [21] 康玉柱, 王宗秀. 塔里木盆地构造体系控油作用研究[M]. 北京:地质出版社,2009.
- KANG Yuzhu, WANG Zongxiu. Oil control of structural system in Tarim Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009.
- [22] 康玉柱, 王宗秀. 柴达木盆地构造体系控油作用研究[M]. 北京:地质出版社, 2011.
- KANG Yuzhu, WANG Zongxiu. Oil control of structural system in the Qaidam Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.
- [23] 康玉柱, 王宗秀. 鄂尔多斯盆地构造体系控油作用研究[M]. 北京:地质出版社,2014.
- KANG Yuzhu, WANG Zongxiu. Study on oil control of structural system in the Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014.
- [24] 李宗浩, 刘海磊, 卞保力, 等. 准噶尔盆地西北缘掩伏带构造特征及勘探潜力分析[J]. 特种油气藏, 2018, 25(5):56-60.
- LI Zonghao, LIU Hailei, BIAN Baoli, et al. Structure characterization and exploration potential analysis of the shielding belt in the northwestern rim of Junggar Basin [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2018, 25(5):56-60.
- [25] 康玉柱, 康志江. 地质力学在塔里木盆地油气勘查中的重大进展[J]. 地质力学学报, 1995, 1(2):1-10.
- KANG Yuzhu, KANG Zhijiang. Progress of geomechanics in oil and gas exploration in Tarim Basin [J]. Journal of Geomechanics, 1995, 1(2):1-10.
- [26] 李四光. 地质力学概论[M]. 北京:科学出版社,1973.
- LI Siguang. Introduction to geomechanics [M]. Beijing: Science Press, 1973.
- [27] 李四光. 旋卷构造及其他有关中国西北部大地构造体系复合问题[J]. 地质学报, 1954, 34(4):339-410.
- LI Siguang. Vortex structure and other problems relating to the compounding of geotectonic systems of north-western China [J]. Acta Geologica Sinica, 1954, 34(4):339-410.
- [28] 王鸿祯, 杨森楠, 刘本培. 中国及邻区构造古地理和生物古地理[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990.
- WANG Hongzhen, YANG Sennan, LIU Benpei. Tectonic palaeogeography and biogeography of China and its adjacent areas [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990.
- [29] 朱夏. 中国中生代盆地构造和演化[M]. 北京:科学出版社,1983.
- ZHU Xia. Structure and evolution of Mesozoic-Cenozoic basins in China [M]. Beijing: Science Press, 1983.
- [30] 康玉柱. 塔里木盆地构造体系与油气关系[C]//地质力学文集(9). 北京:地质出版社,1989.
- KANG Yuzhu. The relationship between structural system and hydrocarbon in the Tarim Basin [C]//Geomechanics (9). Beijing: Geological Publishing House, 1989.
- [31] 康玉柱, 叶留生, 康志宏, 等. 中国西北地区油气地质特征及资源评价[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997.
- KANG Yuzhu, YE Liusheng, KANG Zhihong, et al. Petroleum geological characteristics and resource evaluation in Northwest China [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 1997.
- [32] 康玉柱, 甘振伟, 康志宏, 等. 中国主要盆地油气分布规律及勘探经验[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2004.
- KANG Yuzhu, GAN Zhenwei, KANG Zhihong, et al. Hydrocarbon distribution and exploration experience in major basins of China [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 2004.
- [33] 康玉柱. 中国油气地质新理论的建立[J]. 地质学报, 2010, 84(9):1231-1274.
- KANG Yuzhu. Establishment of China's theory of oil and gas geology [J]. ACTA Geologica Sinica, 2010, 84(9):1231-1274.