

文章编号: 1001 - 6112(2005)06 - 0559 - 06

中国西北地区燕山期 构造应力场特征与成盆作用

吉让寿, 秦德余

(中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 研究西北地区晚侏罗世—早白垩世、晚白垩世—早第三纪区域构造应力场发现, 大致以阿尔金断裂为界, 东部和西部地区应力场状态不同。东部地区晚侏罗世—早白垩世区域构造应力场主压应力为北北东向; 而西部地区主压应力以近南北向为主。晚白垩世—早第三纪区域构造应力场在阿尔金断裂以东地区基本继承了前期应力场状态, 阿尔金断裂以西地区主压应力方向为北西向。这种应力场特征与上述阶段形成的盆地原型、盆地反转、构造变形相匹配。

关键词: 区域构造应力场; 成盆作用; 燕山期; 西北地区; 中国

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

众所周知, 每一构造变动均起源于区域构造应力场的作用; 构造应力场的状态决定了成盆原型、盆地变形强度和构造风格。在西北地区中生代盆地周边露头区或盆地内某些隆起区块, 用 2 个野外季度长达 6 个多月的时间进行实地考察, 调查相关的构造形迹, 统计、测量相关的构造参数, 并进行室内综合分析、整理, 运用“反序法”^[1] 确定了西北地区燕山期区域构造应力场特征。

研究区域构造应力场常用的构造形迹有褶皱、构造节理等。区域性褶皱所反映的区域构造应力场状态是确定的; 共轭初始雁行张裂隙(脉)所反映的区域构造应力场状态也是确定的^[2]。而对于剪切节理, 应在野外将其分期配套, 不能将野外所测得构造节理参数投影到吴氏网上, 以其优势方位简单地判定主应力轴方位, 它只能反映区域节理发育的程度, 不能准确地反映应力场状态, 因此, 要坚持野外分期配套的定性工作。由于多期构造应力场作用于地质体, 从而使地质体出现纷纭复杂的多组剪切节理、张剪节理和张节理等, 给分期配套工作带来了一定难度。在野外坚持共轭剪切节理的分期配套原则时, 应综合考虑以下几个方面: 1) 在地层比较平缓时, 初始剪切节理的倾角是陡的; 而当地层倾角 $> 45^\circ$ 时, 原先产生的共轭剪切节理至少有一组产状变缓, 在做应力场分析时, 应将地层恢复水平。2) 在先期构造应力场作用下, 如地层已褶皱, 后期构造应力场作用产生共轭剪切节理, 这时节理一般不垂直于地层,

而与地理水平面成高角度相交。3) 在韧性变形区, 共轭剪切节理的共轭角一般 $> 90^\circ$; 而在脆性变形区, 共轭角一般 $< 90^\circ$ ^[1, 3]。综合考虑上述 3 个方面的地质因素, 对于运用共轭剪切节理确定构造应力场很有帮助。

在西北地区中生代盆地构造应力场研究中, 根据上述原理和方法确定该区构造应力场作用相对的先后顺序。时代的确定则主要考虑以下几个方面: 1) 区域内地层角度不整合或微角度不整合; 2) 盆地发育期与盆地反转期构造特征的确定; 3) 某些构造形迹只出现在该期构造应力场作用期间及其以前形成的地质体, 而在其后形成的地质体绝不会出现该期的构造形迹; 4) 参考盆地周边山系岩浆活动的历史。

1 西北地区晚侏罗世—早白垩世区域构造应力场

西北地区中生代盆地主要生油岩系随区域不同而划分。以阿尔金断裂为界, 其西为早、中侏罗世主要生油岩系兼三叠纪次要生油岩系; 其东为晚侏罗世—早白垩世主要生油岩系兼早、中侏罗世次要生油岩系。又鉴于构造应力场的作用对先成盆地的改造和直接控制同期成盆作用, 因此研究晚侏罗世—早白垩世的区域构造应力场对早、中侏罗世生油岩系(阿尔金断裂以西的盆地群)发育后的构造变形,

收稿日期: 2005 - 01 - 03; 修订日期: 2005 - 09 - 05。

作者简介: 吉让寿(1940—), 男(汉族), 江苏海安人, 教授级高级工程师, 主要从事盆地构造分析和区域构造应力场研究。

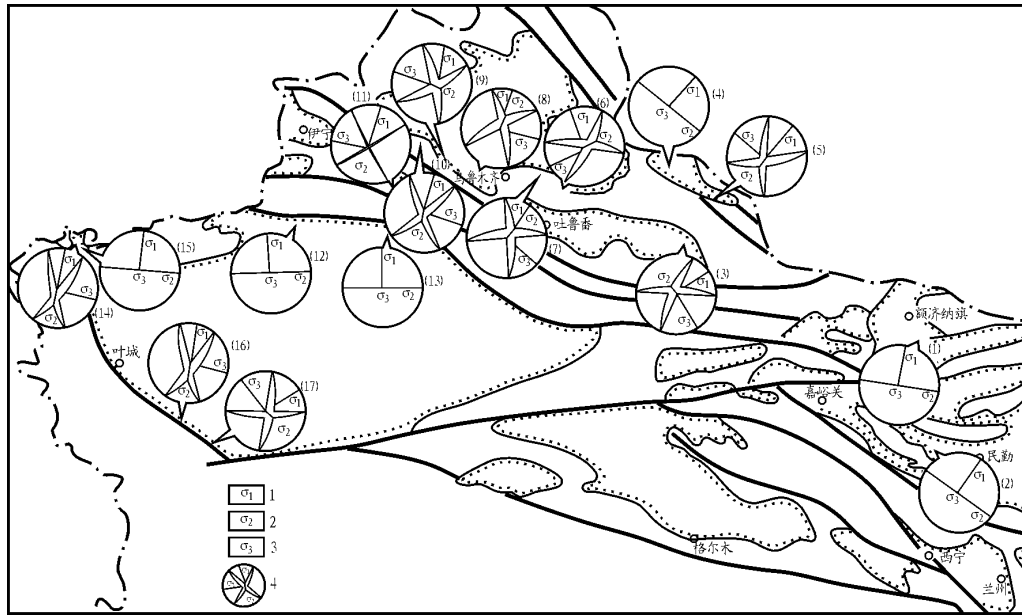


图 1 中国西北地区晚侏罗世—早白垩世构造应力场立体图解
 1. 主压应力轴; 2. 中间应力轴; 3. 主张应力轴; 4. 下半球赤平投影

Fig. 1 Stereograph of tectonic stress field during the Late Jurassic to the Early Cretaceous in Northwest of China

显然比较重要。阿尔金断裂以东,晚侏罗世—早白垩世的构造应力场状态则直接影响到本区晚侏罗世—早白垩世生油岩系的盆地发育程度。

西北地区晚侏罗世—早白垩世的区域构造应力场特征见图 1。从图 1 可以看出,西北地区晚侏罗世—早白垩世的区域构造应力场具有如下特征:阿尔金断裂以东,其主压应力轴方向为 NNE—NE,主张应力轴方向为 SEE—SE;阿尔金断裂以西的新疆境内,东部地区主压应力轴方向为 NE—SW,主张应力轴方向为 NW—SE;准噶尔南缘和塔里木北部及天山带内,主压应力轴方向在 NW—NNW 范围内摆动,摆动范围约 20°;塔西南和塔南,主压应力轴方向多为 NNE,局部为 NE。

上述晚侏罗世末—早白垩世西北地区构造应力场特征说明,新疆境内的中—西部地区,其主压应力方向为近 SN 向;而在新疆东部和阿尔金断裂以东,其主压应力方向为 NE 向。因此,不能笼统地讲中国西部地区为南北向挤压构造应力场。这种随区域不同所表现出的挤压应力场的差异,恰恰统一反映了不同区域在晚侏罗世—早白垩世成盆构造动力学的差异和先成盆地构造变形风格的差异。

2 西北地区晚白垩世—早第三纪区域构造应力场

主要根据区域内发育的各类构造节理的野外分

期配套,卷入褶皱的地层时代和区域内盆地发育演化特征及地层接触关系等,确定我国西北地区晚白垩世—早第三纪区域构造应力场。

西北地区晚白垩世—早第三纪区域构造应力场特征见图 2。从图 2 可以看出,西北地区晚白垩世—早第三纪区域构造应力场具有如下特点:1)阿尔金断裂以东,贺兰山以西,构造应力场的主压应力方向为 NNE—SSW,主张应力方向为 NWW—SEE;2)阿尔金断裂以西的新疆境内,其构造应力场的主压应力方向为 NNW—SSE(或近 SN),主张应力方向为 SWW—NEE(或近 EW)。上述构造应力场特征表明,阿尔金断裂以东,贺兰山以西,晚白垩世—早第三纪构造应力场基本上继承了晚侏罗世—早白垩世的构造应力场特征。从构造应力场发展的角度看,是一个连续的动力学过程;而从盆地发育的角度看,是先期成盆后的正反转过程。阿尔金断裂以西的新疆境内,晚白垩世—早第三纪构造应力场较之晚侏罗世—早白垩世的构造应力场而言,其构造动力学过程渐趋统一,主压应力方向为 NNW—SSE(或近 SN),表明新疆境内的“盆—岭”构造“焊接”作用进一步加强,致使全区形成较为统一的构造应力场状态。

大体上以阿尔金断裂为界的东部区域和西部新疆境内,本期构造应力场总的特征为,主压应力方向向南收敛向北发散,犹如一个楔子从南边深深楔入西北中部地区而形成主压应力向北发散的构造应力

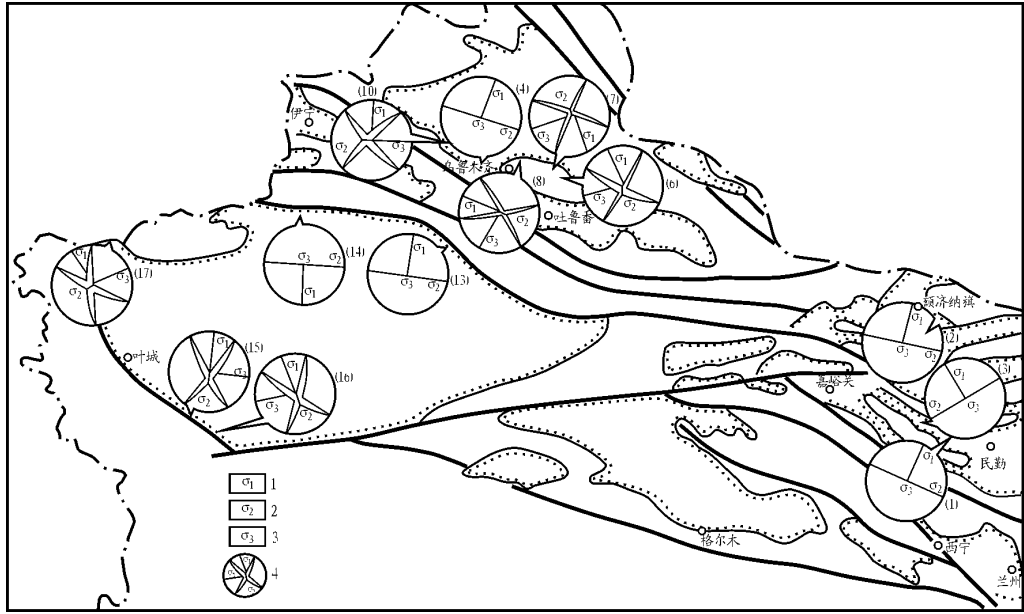


图 2 中国西北地区晚白垩世—早第三纪构造应力场立体图解

1. 主压应力轴;2. 中间应力轴;3. 主张应力轴;4. 下半球赤平投影

Fig. 2 Stereograph of tectonic stress field during the Late Cretaceous to the Early Tertiary in Northwest of China

场特征。由此可以得出,印度板块向中国青藏的楔入可能是导致中国西北地区在晚白垩世—早第三纪成盆构造作用的重要动力源。

3 晚侏罗世晚期—早白垩世成盆作用

拉萨陆块拼贴、唐古拉陆缘造山运动^[4]使西北地区陆壳由中侏罗世相对平静期转化为晚侏罗世—早白垩世(东部),或晚侏罗世晚期—早白垩世(西部)较强的陆内挤压活动期^[5]。在本期区域构造应力场作用下,古天山、古祁连山和已位于陆内的昆仑造山带再次复活;阿尔金走滑运动再度增强。阿尔金断裂及其以东地区挤压作用比西部强烈。西部盆地基本上是前阶段陆内前陆盆地的“再生”;中、东部有些区域前期盆地强烈反转,本期形成了新的沉降结构(图 3)。

3.1 东部区

在 NNE—NE 向区域挤压应力场作用下,祁连山系南缘向 SW、昆仑山系向 NE 冲断—走滑,柴北和柴南复活前陆盆地迭加在前期盆地之上,盆地沉降双向向柴达木中部推进并向西迁移,在西部与阿尔金东南侧走滑盆地交汇处形成新的沉降中心。

祁连山系北缘冲断带向前推进,中下侏罗统强烈褶皱^[6]。随着挤压应力进一步加强,前缘再次挠曲沉降形成新一代走廊盆地系。该阶段盆地与前期的简单结构不同,在距冲断带一定距离的前方,形成一系列由横向拉张或斜向剪切—拉张线性体发展起

来的次级“碰撞”断陷。把这种盆地从复活前陆盆地中划分出来,称之为复活山系前陆—伸展盆地^[7]。以嘉峪关西和榆木山断隆为界,分为 3 种不同风格的伸展亚型。

酒西型:由一条与冲断前缘近垂直的 NNE 向主犁式正断层控制的一系列半地堑(图 4)。

酒东型:由垂直于冲断前缘背向正断活动形成

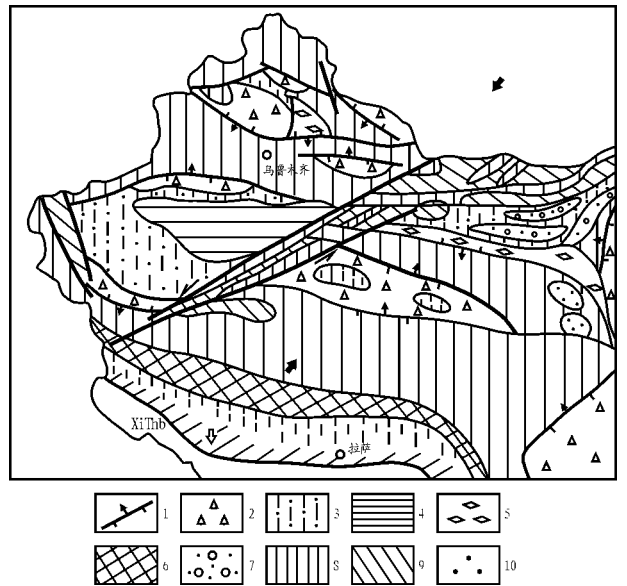


图 3 晚侏罗世晚期—早白垩世盆地原型分布和动力学

1. 冲断层;2. 陆内前陆盆地;3. 隆起;4. 陆内拗陷;5. 陆内前陆—伸展盆地;6. 燕山期造山带;7. 陆内断陷;8. 复活山系;9. 走滑盆地;10. 类潘农盆地;xi Thb—新特提斯—雅鲁藏布江洋

Fig. 3 Distribution of prototype to the Early Cretaceous

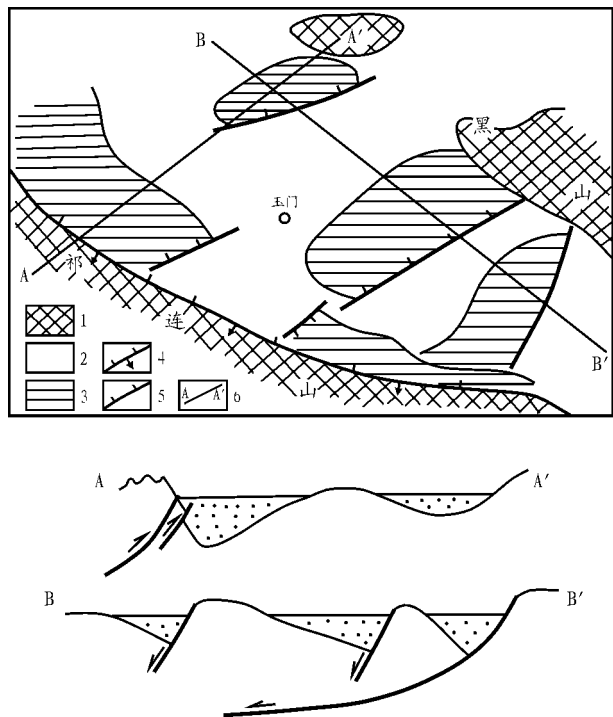


图 4 酒西榨挤前渊—伸展盆地(J₃—K₁)

- 1. 基岩区; 2. 盆内隆起; 3. 断陷或前缘深拗陷(剖面上为点区);
- 4. 逆冲断层; 5. 正断层; 6. 剖面位置

Fig. 4 Rejuvenation foreland-extension basin in Jiuxi (J₃-K₁)

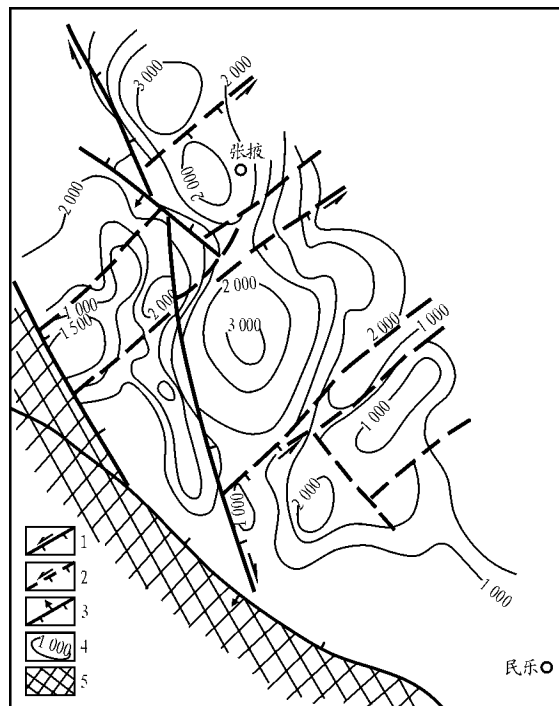


图 5 民乐复活前陆—伸展盆地(J₃—K₁)

- 1. 主要拉张—走滑断裂; 2. 次要拉张—走滑断裂;
- 3. 逆冲带; 4. 沉积等厚线; 5. 基岩区

Fig. 5 Rejuvenation foreland-extension basin in Minle (J₃-K₁)

的垒堑型。

民乐型:包括民乐及其以东的盆地。断陷的沉降是沿一对脆性走滑兼拉张断层形成的。往往其中一组断裂为主控因素,控制盆地的主体结构;另一组发育较差,它们把盆地分为次级隆拗(图 5)。

晚侏罗世—早白垩世期间,阿拉善陆块地壳构造的显著变化是,在 NNE 向挤压上隆和向东滑出机制下,NNE 向左行走滑兼拉张的断层强烈活动。在东部,它主控了巴彦浩特堑垒式断陷盆地迅速而急剧地沉降和扩展;在西部,它与近 EW 向右行走滑兼拉张的断裂共同控制潮水盆地和雅布赖盆地的结构。潮水盆地仍以近 EW 断层为主(虽然断距减小),但 EW 向断陷被次级 NNE 向隆起分割;在雅布赖盆地,次级断陷受 NNE 向断层控制,多个基本独立的半地堑呈雁列展布,表明其受左行走滑的强烈影响。

3.2 中部阿尔金走滑盆地系

可能由于阿尔金走滑断裂系运动方向“短暂的”挤压右行,前阶段的盆地于中侏罗世末期曾一度褶皱反转。晚侏罗世—早白垩世期间,北山及其以东地区再次拉分沉降,盆地向东扩展迁移,苏红图、银根以东已成为重要的沉降区。在沿弱 NEE 向主走滑断裂的沉降背景下,NNE 向次级雁列式单边断陷

已成为控制沉积充填的主要构造。北山总口子地区早中侏罗世 EW 向压性走滑盆地转变为 NE 向正断层控制的拉分盆地,组成额济纳—苏红图拉分盆地的西延部分。西南段诸压性走滑盆地(踏实盆地,阿克赛盆地等)的沉降范围大大缩小,收缩到主走滑断层与分支逆断层交汇处的狭小区域。

3.3 西部区

西部基本上“继承”了前一阶段形成的陆内前陆盆地构造格局^[8],但亦有一些变化,重要的有:

1) 山系再次复活。天山山间伊宁—库米什类潘农式盆地上隆反转。天山南、北两侧山前冲断带向前推进,沉降中心向西迁移。由于这次天山复活强度较小,所以榨挤前渊盆地的沉降幅度和前渊隆起幅度亦都相应较小。沙雅隆起此时基本处于水下,库车盆地和塔北拗陷的新阶段沉积体系部分已融通,所以亦可以把它们看作一个复杂前渊盆地。

2) 塔北拗陷西部阿瓦提地区沉降,盆地范围向西大大扩展。西部下白垩统直接覆在三叠系之上,中东部下白垩统覆在下侏罗统之上。盆地沉降幅度明显减小,下白垩统以河流冲积相砂岩为主。

3) 已位于陆内的西昆仑山系强烈隆升,向北冲掩,形成从策勒、和田,经叶城、阿克陶到乌恰西域的统一榨挤前渊盆地。乌恰走滑盆地南段被“淡化”为

其中的一个次级横向拗陷。上侏罗统—下白垩统巨厚的紫红色砾岩或不整合在中上侏罗统泥岩、粉砂岩之上(西段),或不整合在石炭系等老地层上(东段杜瓦煤矿)。

4 晚白垩世—早第三纪成盆作用

由于雅鲁藏布江洋俯冲消减^[4],在时间上几乎同拉萨陆块碰合连续的区域构造应力场作用下,西北地区,特别是西部的陆壳构造和盆地演化更多地显示“继承”性(图6)。

首当其冲的是阿尔金走滑系及其以东地区,在向北推挤和阿尔金断裂系增强着的走滑运动双重作用下,构造变格较显著。柴达木转化为受阿尔金东南界挤压—走滑断裂和NW向柴北、昆北走滑—挤压断裂控制的迁移性压性走滑盆地;祁连山系、走廊地区和阿拉善大部分地区快速隆起,前期走廊盆地消亡,缺失晚白垩世沉积;阿拉善古陆块上的潮水、赖布雅盆地沉积范围向南、向东收缩,但其东部在贺兰山及西侧NNE向左行走滑—拉张断裂带控制下再次强烈沉降。

阿尔金走滑系中段挤压隆起,踏实、阿克赛、敦

煌等盆地消亡,额济纳旗—苏红图盆地和巴丹吉林—银根盆地西部反转抬升,晚白垩世—早第三纪沉降盆地东迁到苏红图、银根以东很小范围。

西部地区基本“继承”了前期构造—盆地格局。较明显的变化有:西昆仑北缘冲断带向北推进至铁克里克断隆北侧,塔南复活前陆盆地“再生”,前缘带中上白垩统紫红色砾岩不整合在不同层位老地层之上。盆地北界已达麦盖提北—和深2井—一线。

吐哈盆地在北部边界断裂挤压—走滑运动下,形成一系列左行雁行排列的对冲、背冲、叠瓦等多种样式的断裂—褶皱构造。新一代沉积平铺在这些构造之上。

准噶尔盆地前陆隆起带上升加剧,向两侧扩大。前期的南、北2个前陆盆地格局被向SW收缩的南一天山山前前陆盆地取代。

5 结束语

中国西北地区在晚侏罗世—早白垩世、晚白垩世—早第三纪的区域构造应力场的作用下,以阿尔金断裂为界,东、中、西地区分别形成了不同的盆地原型及迭加改造关系。

在秦德余教授逝世一周年之际,谨以此文表示深切的怀念!

参考文献:

- 1 李四光. 地质力学概论[M]. 北京:地质出版社,1973. 1~136
- 2 吉让寿. 湖南锡矿山初始雁行张裂隙脉研究[J]. 地质论评, 1985, 31(1): 23~30
- 3 Ramsay J. G. The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 1: Strain analysis[M]. New York: Academic, 1983
- 4 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. 1~450
- 5 康玉柱. 中国西北地区压性叠加盆地成油特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 153~160
- 6 谭试典, 赵柳生. 河西走廊油气勘探的新领域[J]. 石油实验地质, 1984, 6(4): 271~278
- 7 吉让寿, 刘光祥, 潘文蕾等. 试论前陆—伸展盆地[J]. 石油实验地质, 2003, 25(S1): 539~542
- 8 吉让寿, 钱一雄, 范小林等. 中国西北地区中生代盆地与油气[M]. 西安:西安地图出版社, 2000. 1~239

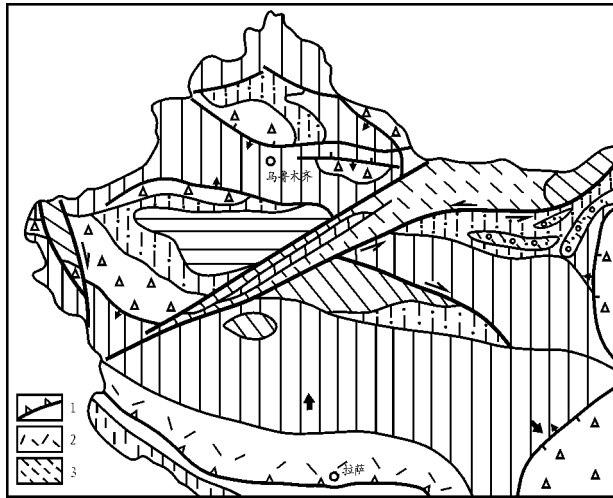


图6 中国西北地区晚白垩世盆地原型分布和动力学
1. 俯冲带; 2. 岩浆弧; 3. 走滑隆升带; 其它图例同图3

Fig. 6 Distribution of prototype basins and geodynamic setting during the Late Cretaceous in the Northwest of China

THE TECTONIC STRESS FEATURE AND BASINING DURING YANSHAN STAGE IN THE NORTHWEST OF CHINA

Ji Rangshou, **Qin Deyu**

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract : Research on the regional tectonic stress field during the Late Jurassic to the Early Cretaceous and Late Cretaceous to Early Tertiary in the northwest of China shows that the state of stress field to the east of Aejin Fracture is different from the that to the west of Aejin Fracture. The principal compressive stress of the regional tectonic stress field is NNE-oriented to the east and near-meridional to the west of Aejin Fracture during the Late Jurassic to the Early Cretaceous. In Late Cretaceous - Early Tertiary, the regional tectonic stress field to the east of Aejin Fracture basically carry on the state of previous stress field and the direction of the principal compressive stress to the west of Aejin Fracture is northwestward. This tectonic stress field feature is consistent with the basin prototype, basin reversal and tectonization forming in the relevant period.

Key words : regional tectonic stress field; basining; Yanshan Stage; the northwest of China

(上接第 558 页)

- 53 黄汲清. 中国大地构造的几个问题[J]. 石油实验地质, 1983, 5(3):165~169
- 54 朱 夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1986. 1~74
- 55 地质矿产部各省(市、自治区)地质矿产局编著. 上海、山东、山西、广东、广西、云南、内蒙古、四川、宁夏、江西、江苏(上海)、甘肃、辽宁、安徽、西藏、吉林、河北(北京、天津)、河南、青海、陕西、贵州、浙江、黑龙江、湖北、湖南、福建、新疆各省(市、自治区)地质志[M]. 北京:地质出版社, 1984—1993

THE BASEMENT TECTONIC CHARACTERISTICS OF THE PALAEOIC BASIN, CHINA

Gao Changlin, Shan Xianglin, **Qin Deyu**

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract : The Archaeozoic Era (>2 500 Ma) is the stage that the continental nucleus occurs or the proto-continental segment forms. The proto-continental segments firstly occurred in the North of China and Tarim. The Paleoproterozoic (1 800~2 500 Ma) is the stage that the continental segments rapidly accrete. The North china, Tarim, Qaidam and Yangtze continental segments were connected by accretion in the end of Paleoproterozoic Era. The Mesoproterozoic (1 000~1 800 Ma) is the stage that the rifts develop. The continental segments which have been connected by accretion in the end of Mesoproterozoic were re-broken up into the North China, Tarim - Qaidam and Yangtze continental segments. In the end of Jinning stage, the North China, Jiamusi, Tarim-Qaidam, Yangtze, Cathaysia and Dian-Zang continental segments integrated each other, becoming a part of Rodinia Super Continent. Beginning from the Neoproterozoic (<1 000 Ma) to Palaeozoic Era, the Chinese Neoproterozoic-Palaeozoic basins formed under the Palaeo-plate tectonic system.

Key words : Palaeozoic Era; basin; basement; Rodinia Super Continent; China