

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0226- 05

江苏下扬子区中、古生界构造特征及其演化

余晓宇^{1,2}, 徐宏节^{1,2}, 何治亮³

(1. 成都理工大学能源学院 610059; 2. 中国石化石油勘探开发研究院新区勘探所, 湖北荆州 430020;

3. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 江苏下扬子区中、古生界在印支晚期- 燕山中期由稳定的洋- 陆板块构造体制变格为板内形变体制, 形成苏北由 NW 向 SE 和苏南由 SE 向 NW 的对冲推覆构造格局。苏北地区震旦系及古生界沿陡山沱组及次级滑脱层逆冲推覆; 苏南地区, 上古生界沿高家边组滑脱层系逆冲推覆, 下古生界受控于两套区域滑脱层系并形成双冲构造。燕山中期, NNE 向左旋压扭和 NW 向右旋压扭走滑对早期推覆构造有改造作用。燕山晚期, 区域应力背景转变为 NW- SE 向拉张环境, 使逆冲推覆体受重力作用沿断坡回滑, 形成后缘凹陷(或箕状断陷)。苏南地区由于下古生界双冲构造和上古生界逆冲推覆在志留系之上而纵向位移势能受限回滑较难, 后经历喜山晚期隆升, 最终形成苏南中、古生界高台阶, 苏北低台阶的构造格局。

关键词: 中、古生界; 板内形变体制; 对冲构造格局; 逆冲推覆体; 双冲构造; 走滑断层

中图分类号: TE111. 2 文献标识码: A

Tectonic characteristics and evolution of Mesozoic and Paleozoic in Lower Yangtze region, Jiangsu

She Xiaoyu^{1,2} Xu Hongjie^{1,2} He Zhiliang³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan; 2. Frontier Division of Exploration and
Production Research Institute, SINOPEC, Jingzhou, Hubei; 3. West Branch of Exploration and
Production Research Institute, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang)

Abstract: During late Indosinian epoch and middle Yanshan epoch, the Mesozoic and Paleozoic in Lower Yangtze region in Jiangsu changed from a stable oceanic-continental plate tectonic system into an intraplate deformation system, resulting in a ramp thrust tectonic framework with NW to SE thrusting in northern Jiangsu and SE to NW thrusting in southern Jiangsu. In northern Jiangsu, the Sinian and Lower Paleozoic overthrust along the Doushantuo Formation and a subsidiary detachment; while in southern Jiangsu, the Upper Paleozoic overthrust along the Gaojiabian Formation detachment, and the Lower Paleozoic became duplex thrust structure under the control of the two detachments. In middle Yanshan epoch, NNE left-lateral compressional shear and NW right-lateral compressional shear strike-slip movements modified the former thrust structures. In late Yanshan epoch, the regional stress setting turned into NE-SE extensional environment, in which the overthrust nappe slipped back along fault ramps under gravitational force, resulting in a half graben-like fault depression. While in southern Jiangsu, the Lower Paleozoic duplex thrust structure and the Upper Paleozoic thrusting over Silurian made it difficult to slip back, due to limited potential energy of vertical displacement. The uplifting in late Himalayan epoch finally led to the tectonic framework of Mesozoic-Paleozoic being high in southern Jiangsu and low in northern Jiangsu.

Key words: Mesozoic; Paleozoic; intraplate deformation system; ramp tectonic framework; overthrust nappe; duplex thrust structure; strike-slip fault

基金项目: 中国石化勘探项目: 江苏下扬子地区油气保存条件和区带评价

第一作者简介: 余晓宇, 男, 41 岁, 高级工程师, 石油物探

收稿日期: 2004- 01- 17

1 区域构造背景

江苏下扬子区位于扬子板块的东段, 为我国海相中、古生界发育最齐全保存较为完整的地区之一。该区颇具特色的双层基底结构、复杂的深部构造体系。自显生宙以来先后经历了古亚洲洋、特提斯、太平洋构造阶段和多旋回的盆地生

成、发展、改造、叠加过程, 形成了极富个性的构造格局(表 1)。

下扬子地区北界为连云港- 黄梅断裂、秦岭- 胶南苏鲁构造带(即扬子- 华北两板块间的造山带), 南界为江山- 绍兴断裂与华南板块毗邻, 东邻环太平洋构造带, 西接特提斯构造域^[1]。基底由一个具有双层结构的前震旦系克拉通构成^[2~4]。

表 1 下扬子地区构造演化阶段表

Table 1 Tectonic evolutionary stages in Lower Yangtze region

地质时代			时间 /Ma	构造体制	构造阶段	构造期	构造事件	构造演化主要特征						
新生代	第四纪	Q	3	大陆板内形变体制	太平洋阶段	晚喜山期	三垛事件	陆内大型坳陷盆地,基性岩浆侵入与喷发						
	第三纪	N				早喜山期		印支与欧亚碰撞,西太平洋边缘海扩张。抬升剥蚀,NW 走滑						
		E						近海伸展,斜伸展断陷- 坳陷盆地,K ₂ ,K ₂ t-E ₁ ,E ₂ 三个构造旋回,基性岩浆侵入与喷发						
中生代	白垩纪	K ₂	65		特提斯阶段	早燕山期 晚印支期	黄桥事件	西太平洋与亚洲大陆碰撞,古太平洋消失,新太平洋扩张,亚洲东缘造山						
		K ₁						持续的挤压造山过程,J ₂ 未达到极至,中生界强烈变形,遭受剥蚀, J ₃ -K ₁ :火山岩与磨拉石盆地,大规模中酸性岩浆侵入与喷发						
	侏罗纪	J ₃	212					晚海西期 早印支期	金子事件	J ₁₋₂ :类前陆盆地(含煤磨拉石),局部中性岩浆喷发				
		J ₂								T ₃ :残余盆地(前陆盆地)				
		J ₁				古特提斯洋关闭,早印支期褶皱抬升,海水退出本区								
	三叠纪	T ₃	247			古亚洲洋阶段	早海西期	东吴事件	局部裂陷、整体为台地陆表海					
		T ₂							特提斯陆内裂陷作用局部抬升剥蚀					
		T ₁							台地陆表海					
	古生代	二叠纪	P ₂	280		洋陆板块构造体制	古亚洲洋阶段	早海西期	广西事件	中期与扬子碰撞,扬子与印支南海陆块相对挤压,板缘褶皱造山、板内形成古隆起				
			P ₁								加里东- 扬子期	晋宁事件	南北两侧陆缘盆地,主体为台地陆表海	
石炭纪		C ₂	360	早海西期	广西事件									南北两侧陆缘盆地,主体为台地陆表海
		C ₁												
泥盆纪		D ₃	400	早海西期	广西事件			南北两侧陆缘盆地,主体为台地陆表海						
		D ₂							华北被动大陆边缘,南侧沟弧体系					
志留纪		D ₁	438	早海西期	广西事件			南北两侧陆缘盆地,主体为台地陆表海						
		S							华南扬子拼接,板缘褶皱造山,区域热变质					
晚元古代	奥陶纪	O	500	洋陆板块构造体制	古亚洲洋阶段	早海西期	晋宁事件	华北被动大陆边缘,南侧沟弧体系						
	寒武纪	Є							华南扬子拼接,板缘褶皱造山,区域热变质					
	震旦纪	Z							600	华北被动大陆边缘,南侧沟弧体系				
晚元古代		Pr ³	800					华北被动大陆边缘,南侧沟弧体系						

2 构造系统

2.1 两大区域滑脱层序

本区主要的滑脱层序发育在古生代地层中(含震旦系), 为震旦系陡山沱组和志留系高家边组两套区域性滑脱层系。震旦系陡山沱组岩性为千枚岩、钙质页岩及薄层灰岩, 总计厚度约 800 m。该组发育在莲沱组冰碛层之上, 为广泛海侵期的产物。志留系高家边组岩性为黄绿、灰黑色页岩、泥岩、粉砂质泥岩夹砂质条带, 至苏北洪泽地区, 岩性为钙质粉砂岩、泥灰岩、泥质灰岩互层, 厚度由北西向南东逐渐增厚, 总厚度约 1 000 m。

两套滑脱层序在苏南、苏北两地起到各自不同作用。震旦系陡山沱组千枚岩滑脱层序在全区为薄皮构造特征。苏北许多钻井(如镇 4 井、苏 135 井)证实, 钻遇震旦系后又见上古生界(而不是前震旦系), 说明震旦系及下古生界是沿陡山沱组区域滑脱层及次级滑脱层逆冲推覆的结果。苏南以上古生界为多, 下古生界出露鲜见, 说明志留系高家边组使上下分别为两个变形层, 上古生界沿高家边组滑脱层系逆冲推覆, 而下古生界受控于高家边组和震旦系陡山沱组两套滑脱层序, 在两层间逆冲、推覆、增厚形成穹隆构造, 总体为双重逆冲构造。两套滑脱层序对构造格局及演化均有

十分重要的作用。

2.2 逆冲推覆构造系统

本区逆冲推覆构造系统走向为北东,并具有成排成带展布的特点,逆冲推覆的时期为印支运动—燕山运动二幕,燕山运动一幕最为强烈。在苏北地区以震旦系陡山沱组为滑脱介质中、古生界由北西向南东逆冲推覆,断层倾向为北西向;苏南地区由上述两套滑脱层序共同作用由南东向北西逆冲推覆,形成区内北西和南东的对冲的构造格局(图 1)。本区对冲构造可归纳为 4 个基本模

式(图 2):即逆冲推覆带(A 带)、楔状掩冲带(B 带)、滑脱推覆带(C 带)、对冲带(D 带)。

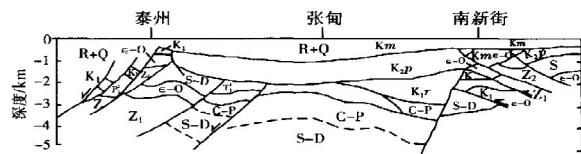


图 1 泰州—南新街构造剖面图

Fig. 1 Cross section of Taizhou-Nanxinjie structure

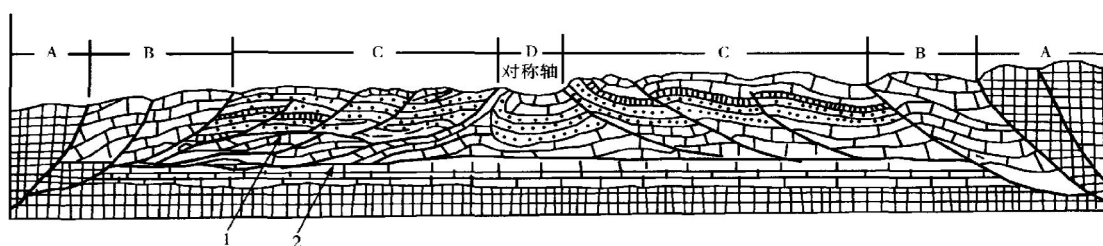


图 2 江苏—下扬子区对冲构造模式图

图 2 江苏—下扬子区对冲构造模式图

Fig. 2 Ramp structural pattern in Lower Yangtze region in Jiangsu

1, 2—滑脱层; A—逆冲推覆体; B—楔状掩冲带; C—滑脱构造带; D—对冲带(含对冲向斜)

江苏下扬子中、古生界构造(图 3)可划分为:(自北向南)三界—灌云冲断隆起、淮阴—滨海滑脱推覆带、建湖推覆带、天长—大丰推覆带、扬州—白驹推覆带、泰州推覆带、扬中—安丰对冲向斜、泰兴—如皋推覆带、宁镇对冲带、茅山推覆带、江阴—常州推覆带、宜兴—南通推覆带、青浦—崇明推覆带及上海冲断隆起。重点介绍以下构造带。

2.2.1 建湖推覆构造带

经钻井及地震剖面揭示,建湖隆起上盘为下古生界,而下盘地层为上二叠统,表明以震旦系主滑脱拆离面及其他次级滑脱面共同作用由北向南逆冲的薄皮构造。主滑脱面下的古生界保存完整,滑脱面之上断块经后期强烈改造剥蚀,仅保留部分下古生界。

2.2.2 扬州—白驹推覆构造带

获 2 井钻穿震旦系后 47 m 即遇志留系高家边组,镇 4 井钻穿震旦系后又见二叠系,苏 135 井钻穿震旦系 827 m 后又见中生界等,均说明该带亦存在以震旦系为主滑脱拆离面的逆冲推覆构造。地震剖面揭示,在主滑脱面上发育冲断断块和古生界宽缓背斜构造,古生界保存较为完整。

2.2.3 滨海—淮阴推覆构造带

新生界沉积较薄,煤田钻井八滩东 II—4 井和

滨 7 井分别钻遇志留系茅山组和石炭系,推覆断裂为北倾,唯一解释是两井分别位于断层两盘,II—4 井所在上盘向南逆冲于滨 7 井所在下盘之上(图 3)。该带临近于苏北推覆系统根带,表现为叠瓦逆冲扇的构造特征。

2.2.4 茅山推覆构造带

茅山为一北东东向延绵约 120 km 的山脉,地表出露上志留统茅山组—中、下三叠统青龙群,个别出露寒武、奥陶系。北东走向、倾向南东的逆冲断层较为发育,并受北西走向断裂所分割。据地震剖面揭示,茅山地区上古界逆冲系统是在志留系高家边组滑脱层系之上经长距离推覆至上侏罗统之上。且下古生界亦发育众多走向北东、倾向为南东的逆冲断层,因夹持于上下两大滑脱层系之间而上下收敛,形成巨型双冲构造。受侧向应力的挤压作用,上古生界逆冲推覆地层褶皱致使在北东—南西方向上缩短,下古生界亦被动出现相应缩短效应,在句容下古生界形成了穹隆构造。该带总体表现为上下古生界各自不同的变形特征。

2.2.5 江阴—常州推覆构造带

地震剖面揭示,张家港地区的前志留面上见一产状近水平、南东倾向的大型逆掩断层,造成上下古生界、三叠系重复叠置,逆掩推覆体推至地表

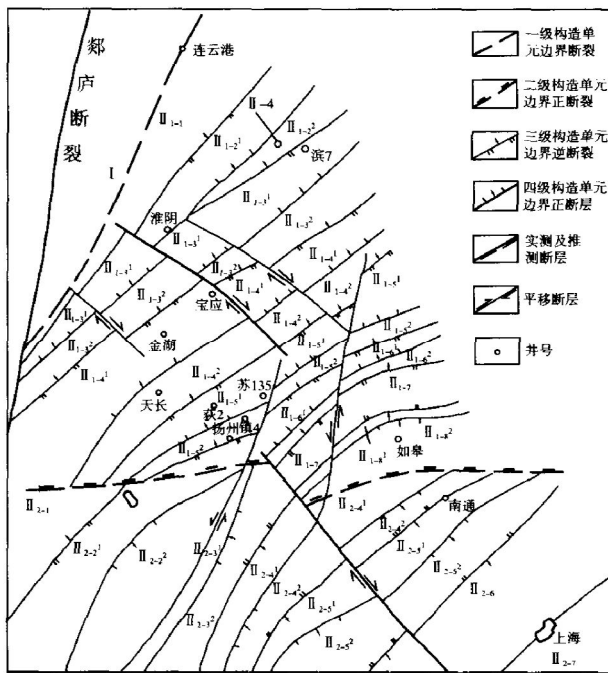


图3 江苏下扬子地区中、古生界构造区划图

Fig. 3 Mesozoic and Paleozoic tectonic zonation in Lower Yangtze region in Jiangsu

I—海陵地体; II—下扬子板块; II₁—苏北低断块; II₁₋₁—三界—灌云冲断隆起; II₁₋₂—淮阴后缘凹陷; II₁₋₂—滨海推覆潜山; II₁₋₃—阜宁凹陷; II₁₋₃—建湖推覆隆起; II₁₋₄—金湖—盐城凹陷; II₁₋₄—天长—大丰推覆隆起; II₁₋₅—高邮—白驹凹陷; II₁₋₅—扬州—吴堡推覆隆起; II₁₋₆—溱潼凹陷; II₁₋₆—泰州推覆隆起; II₁₋₇—扬中—海安对冲向斜; II₁₋₈—南新推覆隆起; II₂—苏南新断块; II₂₋₁—全椒推覆带; II₂₋₂—宁镇对冲山带; II₂₋₂—句容凹陷; II₂₋₃—茅山推覆山带; II₂₋₃—金坛凹陷; II₂₋₄—江阴推覆隆起; II₂₋₄—常州凹陷; II₂₋₅—宜兴—南通推覆隆起; II₂₋₅—海门凹陷; II₂₋₆—青蒲—崇明推覆带; II₂₋₇—上海冲断隆起

后,其前峰遭受强烈剥蚀。

2.2.6 南京—安丰对冲带

该带夹持于苏北由北西向南东逆冲推覆和苏南地区由南东向北西逆冲推覆之间。在宁镇地区,对冲带较为狭窄,为对冲山带,宁镇山脉地表出露为志留系—三叠系,寒武—奥陶系仅限于宁镇山脉北侧的幕府山、汤山地区出露,表明苏北地区地层以震旦系陡山沱组为主滑脱拆离,而苏南地区则以志留系高家边组滑脱面起主导作用。

苏北逆冲构造体系根带为三界—灌云冲断隆起,元古界基底卷入逆冲推覆系统,形成系列北西陡倾断裂的叠瓦逆冲构造;中带则由淮阴—滨海推覆构造带、建湖推覆构造带、天长—大丰推覆构

造带及扬州—白驹推覆构造带组成,多表现为沿震旦系陡山沱滑脱层序远距离逆冲推覆,具纵向叠加效应;锋带由泰州推覆隆起构成,推覆体变形较为强烈,构造主线发生偏转,由北东走向转为北东东走向,次级反向断层较为发育,与西临宁镇山北缘构造相对应,其推覆体下盘地层已出露地表。

苏南逆冲推覆构造与苏北相对应,上海冲断隆起表现为根带特征;青城—崇明推覆带则有过渡带的特点;句容凹陷、茅山推覆构造带、金坛凹陷、江阴推覆构造带及宜兴—南通推覆构造带则总体表现为中带的特征^[3,5,6],宁镇山南缘具有锋带性质。

2.3 走滑构造系统

江苏下扬子区存在北北东和北西向两组走向的走滑系统,造成先前广泛发育的北东向断裂及褶皱轴错断,使得该区中、古生界构造格局变得更加错综复杂。

2.3.1 北北东向走滑断层系统

区内北北东向走滑断裂为燕山中期左旋压扭性质的基底断裂,推测与郯庐断裂有内在的成生关系^[7,8]。以茅山断裂带最具特色,志留系—三叠系构成的茅山山脉呈北北东向线性展布,山体西缘为在上侏罗统—下白垩统之上的逆掩断裂,东侧为控制白垩系浦口组及第三系三垛组沉积的正断层。两断裂间发育一系列走向北东的逆冲断层和倒转褶皱,具早期北东向逆掩推覆、晚期北北东向左行平移的特征。茅山断裂带以东常州—泰州一线亦存在左行压扭性断裂带,并控制黄桥 CO₂ 气田的展布,该断裂带 CO₂ 气先存于基底,后期断裂复活沟通了深部气源使 CO₂ 气垂向运移并在第三系中得以保存^[9]。

区内北北东向断裂带延伸远、规模大,为左行压扭性的平移断层,并切穿了两套滑脱层序及印支晚期—燕山中晚期形成的北东向推覆构造并插入基底,断裂两侧的构造形态具可比性。

2.3.2 北西向走滑断层系统

据前第三纪基岩地质图^[1]和地震解释成果,北西向走滑断层发育,断层具线性、延伸远、倾角陡、切割深、多期活动的特点。地震剖面显示,苏北建湖隆起中、古生界明显受两条大的北西向平移断层错断,并在其相交部位发育正花状构造,断裂两侧形成次级构造。宁镇山脉发育多条北西向

走滑断层,使对冲山带构造面貌变得更为复杂。苏南地区的北西向右行走滑断层亦很发育,对早期北东向逆掩推覆构造产生强制错断,该走滑系统形成于燕山中期,具右行压扭性质。

3 构造演化

3.1 加里东晚期-印支早期舒缓隆升阶段

加里东晚期运动是本区早古代陆缘海演化成晚古生代陆表海的变革期,在南东与北西向挤压应力场作用下盆地整体抬升,致使缺失中、下泥盆统沉积,并使得加里东期的一隆(沿江-泰州低隆)两坳(苏北坳陷、苏南坳陷)古构造格局逐渐消失,演变为台地相陆表海古构造地貌。宁镇山脉的泥盆系与志留系之间表现为平行不整合接触关系。

海西-印支早期,区内处于加里东变革期以后的相对稳定的沉降期,构造运动相对较弱,各时代地层除少数整合接触外,大都呈平行不整合接触。在海西期构造旋回中,区内发生升降运动,形成了一套海陆交互相沉积,为台地陆表海的稳定发展阶段;印支早期,受特提斯洋逐渐关闭的影响,本区整体抬升,结束了海侵的历史,接受了第一套陆相沉积。

3.2 印支晚期-燕山中期逆冲推覆构造阶段

该阶段是区内最为强烈的构造变形及改造期。受特提斯洋最终关闭的影响,在南东与北西向挤压应力场作用下,发生强烈推覆造山运动。

印支末期运动为印支旋回中最强烈的构造运动,使得准地台盖层褶皱隆起,形成北东向展布的带状山地地貌,结束了准地台发育历史,进入板内变形阶段。中、下侏罗统象山群与下伏地层呈角度不整合接触关系,象山群底部为一套冲积相、河流相的砾岩、砂砾岩、砂岩建造,向上逐渐变细为含煤碎屑建造,表明当时地貌地形高差较大。

燕山早期运动主要表现为逆冲推覆,并受郯庐断裂左行走滑影响,在区内形成北北东向系列走滑断层,且苏南北东向推覆构造受其牵制,产生偏转并逐渐归入走滑系统,受逆冲推覆作用的影响,陆壳增厚,深部发生熔融,晚侏罗世火山岩强烈喷发,火山岩系均受北北东向走滑断裂控制。

燕山中期仍以逆冲推覆构造为主,受西太平洋与亚洲大陆碰撞的影响,北西向走滑活动加强;晚白垩世蒲口组与下白垩统葛村组之间的角度不整合代表了该期构造活动。

3.3 燕山晚期-喜山早期拉张阶段

西太平洋与亚洲大陆碰撞,古太平洋消失,进入新太平洋演化阶段,区域应力背景、应变方式均发生了根本性改变,由南东与北西向挤压应力转换成区域性拉张应力环境,发育了晚白垩世坳陷型盆地至老第三纪断陷盆地沉积,江苏下扬区又进入稳定沉降期。

燕山晚期本区整体沉降,早期充填向两侧高地超覆,属坳陷型盆地。在重力作用下,沿早期逆冲推覆的断坡产生回滑,并使得晚白垩世的坳陷盆地逐渐演化为箕状断陷盆地。此时,南北分异,苏北低台阶、苏南高台阶已具雏型,苏北发育了半泻湖相的粉砂岩、泥岩、含膏泥岩和膏岩层沉积,苏南为冲积相紫红色砂砾岩沉积。

喜山早期该区为拉分箕状断陷沉积,盆地受回滑断层的控制,同时北北东、北西向走滑平移活动较为强烈,切割早期北东向构造带,造成部分地区上白垩统浦口组抬升剥蚀,形成下第三系与浦口组之间角度不整合接触。

3.4 喜山晚期隆升剥蚀阶段

喜山晚期,随着西太平洋边缘海盆向西扩张,印支板块对欧亚大陆的强烈挤压结束了区内燕山晚期-喜山早期拉张断陷历史,继三垛组沉积后,区内广泛褶皱、隆升剥蚀。苏北、苏南具体表现存在差异,苏南地区剧烈隆升并遭受强烈剥蚀,苏北地区变形强度较弱,为近南北向褶皱作用,并叠加于北东向构造带上,造成金湖凹陷与盐城凹陷东西相隔、建湖隆起与大丰隆起相连的构造格局,同时北西向走滑活动较强烈,苏北低台阶及苏南高台阶的构造格局最终定型。在此之上,接受了新近系和第四系的坳陷型局部含膏的碎屑岩建造。

参考文献

- 1 任纪舜,陈廷愚.中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M].北京:科学出版社,1990.5~16,50~61
- 2 王鸿祯.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,1990.15~36
- 3 陈沪生.下扬子地区HQ-13线的综合地球物理调查及其地质意义[J].石油与天然气地质,1988,9(3):211~222
- 4 王英民.海相改造残留盆地的地质特征和勘探前景[J].石油与天然气地质,2000,21(1):28~32
- 5 袁剑英,周炎如,李相博,等.残余盆地构造分析与油气地质评价[J].石油与天然气地质,2000,21(1):15~18

(下转第236页)

即便是确实与油气注入事件无关,也不要轻易放弃,应该进行进一步深入研究。有些年龄数据尽管对于解决油气注入时间问题可能意义不大,但是结合地质特征进行深入分析,则可能会获得与其他地质作用相关的非常有意义的信息。

7 结语

(1) 对于研究油气注入时间,该项技术具有较强的局限性,对于具有①埋藏较浅或尚未固结成岩,②虽埋藏较深,但含有蒙皂石和/或I/S无序间层矿物,③高岭石和/或绿泥石含量较高(大于70%或更高),④自生伊利石发育,但与油气注入事件没有成因联系等特征的储层,可能并不适用。

(2) 对于伊利石年龄数据的解释与应用,应坚持以下3条原则:①综合分析、合理运用,允许年龄数据具有一定的偏差,不宜将其绝对化;②不宜过高地估计该项技术的区分能力,对于成藏时间较为接近的不同期油气藏,利用该项技术可能很难将其从成藏时间上区分开;③如果伊利石年龄不能代表油气注入时间,应尽量找出其可能的其他地质意义。

(3) 自生伊利石K-Ar年龄测定是一项综合分析测试技术,为进一步提高技术水平,应进一步重点加强以下3个方面的技术与试验:①模拟自然风化过程的冷冻-加热样品解离试验;②XRD伊利石成因类型鉴定及其定量分析技术;③TEM伊利石成因类型鉴定技术。

参 考 文 献

- 张有瑜,董爱正,罗修泉. 油气储层自生伊利石的分离提纯及其K-Ar同位素测年技术研究[J]. 现代地质, 2001, 15(3): 315~ 320
- Hamilton P J, Kelley S, Fallick A E. K-Ar dating of illite in hydrocarbon reservoirs[J]. Clay Minerals, 1989, 24: 215~ 231
- 张有瑜,罗修泉,宋健. 油气储层中自生伊利石K-Ar同位素年代学研究若干问题的初步探讨[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 403~ 407
- Curtis C D, Hughes C R, Whiteman J A, et al. Compositional variation within some sedimentary chlorites and some comments on their origin [J]. Mineralogical Magazine, 1985, 49: 375~ 386
- Whittle C K. Composition of sedimentary chlorite compositions by X-ray diffraction and analytical TEM[J]. Clay Minerals, 1986, 21: 937~ 947
- Hillier S, Velde B. Octahedral occupancy and the chemical composition of diagenetic (low temperature) chlorite[J]. Clay Minerals, 1991, 26: 149~ 168
- Liewig N, Clauer N, Sommer F. Rb-Sr and K-Ar dating of clay diagenesis in Jurassic sandstone oil reservoir, North Sea[J]. AAPG Bull, 1987, 71(12): 1467~ 1474
- Horst Z, Clauer N, Gaupp R. Time of fluid flow in a sandstone reservoir of the north German Rotliegend (Permian) by K-Ar dating of related hydrothermal illite[A]. In: Parnell J. Dating and duration of fluid flow and fluid-rock interaction[C]. Geological Society, London Special Publication, 1998, 144: 91~ 106
- Hamilton P J, Giles M R, Ainsworth P. K-Ar dating of illites in Brent Group reservoirs: a regional perspective[A]. In: Morton A C, Haszeldine R S, Giles M R, et al. Geology of the Brent Group[C]. Geological Society Special Publication, 1992, 61: 377~ 400
- Hogg A J C, Hamilton P J, Macintyre R M. Mapping diagenetic fluid flow within a reservoir: K-Ar dating in the Alwyn area (UK North Sea)[J]. Marine and Petroleum Geology, 1993, 10: 279~ 294
- Pevear D R. Illite age analysis, a new tool for basin thermal history analysis[A]. In: Kharaka Y K, Maest A S. Water-rock interaction [C]. Rotterdam: The Netherlands, 1992. 1251~ 1254
- Pevear D R. Illite and hydrocarbon exploration[J]. Proceedings from the National Academy of Sciences, 1999, 96: 3440~ 3446
- Reynolds R C. Three-dimensional X-ray powder diffraction from disordered illite: simulation and interpretation of the diffraction patterns [A]. In: Reynolds R C, Walker J R. Computer Application to X-ray powder diffraction analysis of Clay Minerals[C]. Boulder, Colorado: Clay Minerals Society, 1993. 43~ 78
- Ylagan R F, Kim C S, Pevear D R, et al. Illite polytype quantification for accurate K-Ar age determination [J]. American Mineralogist, 2002, (8): 1536~ 1545
- 李永林,卜翠萍,南红丽,等. 自生伊利石K-Ar测年在焉耆盆地油气成藏研究中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 180~ 183
- 柳广第,张仲培,陈文学,等. 焉耆盆地油气成藏期次研究[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 69~ 71
- 钱基,金之钧,张金川,等. 苏北盆地盐城凹陷深盆气藏[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 26~ 29
- 徐嘉炜,郑城-庐江平移断裂系统[A]. 见:《构造地质论丛》编辑部. 构造地质论丛(3)[C]. 北京:地质出版社, 1984. 32~ 43
- 刘池洋. 后期改造强烈——中国沉积盆地重要特点之一[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 225~ 261
- 杨方之. 苏北黄桥地区上第三系富氢天然气成因探讨[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(3): 258~ 262

(上接第230页)