

中国石化石油勘探开发研究院
博士后学术论坛文集（一）

YOUQI CHENGCAO LILUN YU KANTAN KAIFA JISHU

油气成藏理论与勘探开发技术

中国石化石油勘探开发研究院
博士后科研工作站 编

地质出版社

中国石化石油勘探开发研究院
博士后学术论坛文集（一）

油气成藏理论与勘探开发技术

中国石化石油勘探开发研究院
博士后科研工作站 编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书包括油气地质、地球物理勘探、油气田开发理论与技术三部分内容,涉及海相碳酸盐岩生烃问题、高含硫天然气安全开发等问题,在地质和地球物理结合在储层预测、含油气性预测方面取得了突出成果。

本书可供从事石油勘探开发的科研、管理人员阅读参考,也可作为相关院校师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油气成藏理论与勘探开发技术/中国石化石油勘探开发研究院博士后科研工作站编. —北京:地质出版社, 2009.4

ISBN 978-7-116-06069-2

I. 油… II. 中… III. ①油气藏—形成—研究②油气勘探—研究 IV. P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 047716 号

责任编辑:宫月萱 孙亚芸

责任校对:谭 英

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324569(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zhs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:17.25

字 数:400 千字

印 数:1—1300 册

版 次:2009 年 4 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:45.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-06069-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

建设成有特色、支持中国石化上游快速发展、具有国际水准的一流研究院的核心是人才。建立博士后科研工作站，有利于进一步吸引高层次人才，有利于提高石油勘探开发研究水平，是实施人才战略的重要举措。

中国石化石油勘探开发研究院 2000 年建院，2001 年底建立博士后科研工作站，2002 年开始招收博士后研究人员。到 2007 年 6 月底，先后招收了 56 名博士后研究人员。这些博士后已成为中国石化石油勘探开发研究院科技创新的一支重要力量，是科研生产战线上的一支生力军，是活跃在各个专业、各个学科领域的创新骨干。在中国石化石油勘探开发研究院承担的 973 和 863 及国家自然科学基金项目、中国石油化工股份有限公司的科研生产项目中，有 20 名博士后担任了 23 个项目的技术首席，36 名博士后为科研项目的主要技术骨干；这些博士后共发表学术论文 200 多篇，专著 10 多部，取得了一批有价值的研究成果并得到了推广应用。他们所发表的论文，围绕石油勘探开发所面临的重大理论及技术问题，提出了一些独到并具有创新的思想 and 观点，反映了博士后这个学术群体强劲的创新实力。

为了充分发挥博士后研究人员在理论研究和技术创新中生力军的作用，加速核心与特色技术的研发，中国石化石油勘探开发研究院于 2007 年 6 月在北京举办了“中国石化石油勘探开发研究院博士后学术论坛（2007）”，这次举办的跨学科、跨专业的博士后学术论坛，为博士后们搭建了展示风采、展示研究成果的平台，也对博士后工作进行了检验。46 名博士后研究人员参加了学术论坛，43 人在论坛上宣讲了论文。

在“中国石化石油勘探开发研究院博士后学术论坛（2007）”上博士后们展示了进站前后有分量的成果，其中，大部分是进站期间的重要成果，也有部分是博士后在博士期间所取得的成果。论坛对我们学科前沿的一些新问题，有些甚至是世界级的难题，做了一次深入的探讨。如：中国海相碳酸盐岩生烃问

题，包括有效烃源岩的评价和海相油气成藏机理等；地球物理方面涉及全波、多波、多分量以及测井等方面；普光气田高含硫天然气安全开发等工程技术问题；还有一部分跨学科研究成果。其中，地质和地球物理相结合在储层预测、含油气性预测方面，取得了突出成果；地质和测井的结合方面也做了很好的探讨。

这本论文集是对他们研究成果的展示，相信这些在油气成藏理论与勘探开发技术方面所进行的探索性研究，对今后的科研和生产工作都具有比较重要的指导意义。

衷心祝愿这些博士后在站及以后工作中取得更突出的业绩，为把中国石化发展成为具有较强国际竞争力的跨国能源化工公司，为振兴中国能源事业，保障国家能源安全，做出更大的贡献。

目 录

前 言

油 气 地 质

加里东期扬子古板块的构造演化	汪新伟 (3)
中上扬子地区上奥陶统一下志留统烃源岩发育的古 环境恢复	李双建 肖开华 沃玉进等 (12)
西非油气成藏主控因素及勘探方向	林卫东 陈文学 熊利平等 (22)
塔河地区南部志留系油气勘探潜力分析	陈元壮 王 毅 张达景 (30)
塔河地区泥盆系东河塘组储层特征研究	冯兴强 (38)
东营凹陷营 11 透镜状砂岩油藏成藏过程二维数值模拟	解国军 金之钧 (45)
油气二次运移机理研究进展	周 波 金之钧 王 毅 (54)
地震物理模型正演在准噶尔腹部侏罗系研究中的应用	马丽娟 赵 群 (60)
塔里木盆地台盆区海西期地质事件及其油气成藏 效应	张仲培 王 毅 云金表等 (69)
彭灌杂岩体形成模式研究	刘春平 (78)
通南巴地区碳酸盐岩储层裂缝及含气性预测	毕研斌 龙胜祥 刘 彬 (83)
大型不整合面与风化壳岩溶发育关系——以塔中地区 奥陶系为例	陈新军 蔡希源 纪友亮等 (94)
塔河油田奥陶系与 TS1 井天然气地球化学特征、成因 类型研究	王 杰 顾 忆 (103)
镜质体反射率抑制与烃源岩质量关系——以东营凹陷烃源岩 为例	李志明 徐旭辉 秦建中等 (114)
川东—湘鄂西地区早寒武世烃源岩生成环境研究	腾格尔 胡 凯 高长林等 (122)
天然气水合物简介	王力锋 (130)
测井信息的地质属性研究	李 浩 (135)

地球物理勘探

混合优化的重力界面反演研究	戴明刚	曲寿利	(145)
变网格有限差分弹性波方程数值模拟	朱生旺	曲寿利	魏修成等 (154)
塔中地区深层奥陶系地震资料处理方法研究	王红旗	曲寿利	宁俊瑞等 (164)
三维可视化技术在四川盆地油气勘探信息管理中的应用 研究	唐先明	曲寿利	雷新华 (170)
吸收衰减技术在塔河油田储层预测中的应用研究	杨立强	董 宁	(178)

油气田开发理论与技术

特低渗透砂岩油藏开发技术政策研究	王文环	袁向春	王光付 (187)
国际上油气可采储量管理分类标准差异	孙 冲	任玉林	黄学斌 (198)
塔里木孔雀河地区构造控油 (气) 作用研究			田纳新 (209)
塔河四区碳酸盐岩缝洞型油藏剩余油形式	刘中春	袁向春	李江龙 (217)
利用Kuster-Toksöz 方程简化孔隙纵横比谱及判断储层孔隙 类型	赵克超	陈文学	陶 果 (227)
介质浓度对纳米氧化锌改性聚氨酯复合涂层抗介质渗透 能力影响研究	杨立红	刘福春	韩恩厚等 (235)
高温、高压 H ₂ S 腐蚀试验方法国际标准分析	李建平	陈长风	任玉林等 (240)
钻井液、完井液引起储层损害评价新方法——高温高压 岩心动态损害评价系统的研究	余维初	苏长明	鄢捷年 (248)
水平井分段压裂改造技术	王培义	李宗田	苏建政等 (254)
注蒸汽开采稠油油藏时岩石层的伤害研究	李孟涛	侯晓权	徐肇发 (259)
乳液聚合物在正电性钻井液体系中的应用	钱晓琳	苏长明	于培志等 (264)

油 气 地 质

加里东期扬子古板块的构造演化

汪新伟

(中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘 要 根据前震旦纪基底年龄与震旦系分布规律认为加里东期(Z—S)古扬子板块的范围比现今狭义的扬子板块要大,至少包括了松潘—甘孜地块和秦岭微板块,属原特提斯洋东部的多岛洋体系。按影响克拉通盆地演化的板块活动所经历的扩张、会聚、碰撞和均衡调整等4个阶段把扬子古克拉通加里东期的构造演化划分为5期,即震旦纪的均衡调整期、寒武纪的扩张期、早—中奥陶世的会聚期、中—晚奥陶世的碰撞期和志留纪新一轮的均衡调整期。由此可以推断,早古生代在川东—湘鄂西一带存在着一个巨大的生烃中心,加里东期形成的古隆起如乐山—龙女寺隆起、江南—雪峰隆起、黔中隆起等是该期油气运移的指向区。

关键词 扬子古板块 东原特提斯 加里东期 构造演化

Tectonic Evolution of the Paleo-Yangtze Plate during Caledonian Epoch

Wang Xin-wei

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083)

Abstract Based on the studies of ages of the pre-Sinian basements and distribution of the Sinian, it is recognized that the paleo-Yangtze plate was bigger than the present, at least including the Songpan-Garze massif and the Qingling micro-plate, and that it was a component of archipelagic-ocean of the eastern Proto-Tethys during Caledonian epoch (from Sinian to Silurian in this paper). In terms of the four evolution stages of a craton basin influenced by moving among plates, the Paleo-Yangtze craton's evolution was divided into five stages, i. e. a balanced adjustment stage during Sinian, a extension stage during Cambrian, a convergence stage during the early-middle Ordovician, a collusion stage during the middle-late Ordovician, and a fresh balanced adjustment stage during Silurian. Thus it can be deduced that there was a tremendous Paleozoic hydrocarbon-generated depression from eastern Sichuan to western Hunan-Hubei, and that the paleo-uplifts caused by Caledonian orogeny, such as the Leshan-Longnüshi uplift, Jiangnan-Xuefeng uplift, central Guizhou uplift, were accumulation belts of oil and gas during Caledonian epoch.

Key words Paleo-Yangtze plate eastern Proto-Tethys Caledonian epoch tectonic evolution

狭义上的扬子板块范围是北以嘉山—响水断裂和勉略—大别山南缘断裂为界与华北板块和秦岭微板块相接,西以龙门山断裂和金沙江—哀牢山断裂为界与松潘—甘孜地块和昌都地块分开,东南以江绍古缝合线与华夏板块为邻(图1)。扬子板块作为我国南方油气勘探的主要领域,长期以来我国地质工作者进行了大量的研究工作,但多侧重于大地构造演化、层序格架及受后期构造运动改造后的残留盆地研究^[1-4],对加里东期(本文指震

旦纪—早古生代) 扬子古板块以克拉通内盆地发育的特征及其与原特提期洋的关系等方面的研究还有所欠缺。本文在综合前人研究成果的基础上, 按影响克拉通盆地演化的板块活动阶段, 分析了扬子古克拉通在加里东期的构造演化及其与原特提斯洋的关系, 并主要讨论了志留系的原型盆地性质及分布特征。

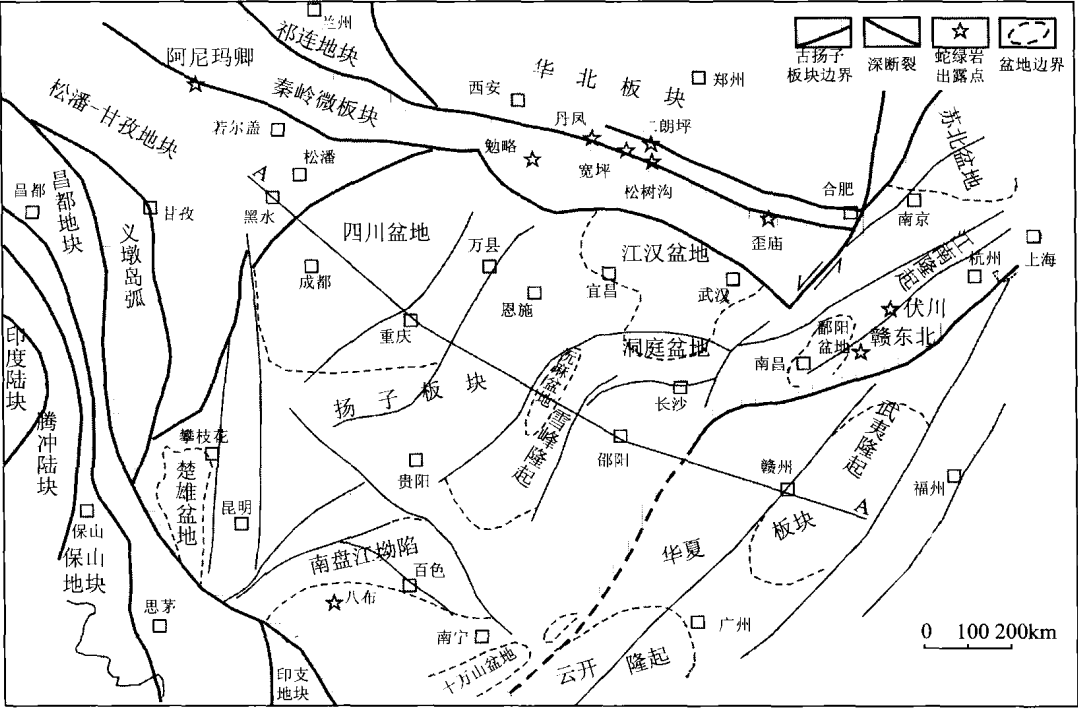


图1 古扬子板块范围示意图
(据参考文献 [2] 修改)

1 基底结构与古板块范围

扬子板块的基底系指新元古界震旦系以前的地层, 具双层结构^[5]。下部结构层为太古宇—古元古界的结晶基底层, 为一套中—基性火山岩、火山碎屑岩组成的深变质岩 (变质程度均达角闪岩相) 和具有强磁性的基性—超基性岩侵入体, 在各地分别称为康定杂岩 (康滇区, 1760~3100Ma)、崆岭群 (神农架区, (2850±15) Ma, 锆石 U—Pb 法) 和后河群 (川陕区) 等; 上部结构层为中—新元古界的浅成变质岩系, 变质程度为绿片岩相, 原岩为一套深、浅海相碎屑岩、火山碎屑浊积岩、枕状拉斑玄武岩、硅质岩和碳酸盐岩等, 在各区分别称为昆阳群 (康滇区, 1002Ma)、黄水河群 (川西)、火地垭群 (川北区)、神农架群 (川鄂区) 和梵净山群 (川黔区)、板溪群 (川东区)、溪口群与历口群 (皖南—赣东北, 963~1401Ma, Rb—Sr 法)、张八岭群 (浙西, 1031Ma, 锆石 U—Pb 法) 等。发生在新元古代青白口纪晚期的晋宁运动 (800~850Ma) 使上、下结构层发生褶皱变形, 经岩浆侵入与区域变质作用, 形成了震旦系及其以后盖层沉积的基底。

震旦系是扬子板块进入地台阶段的第一套沉积盖层, 许多学者根据基底年龄与震旦系

分布规律认为古扬子板块的范围比狭义的扬子板块要大得多,可能包括了松潘-甘孜地块和秦岭微板块。主要证据有:

(1) 在松潘-甘孜地块东侧文县-青川地区,出露大面积的中元古界深变质碧口群组成的基岩块体,两翼均有灯影组地层覆盖,由此可推测在灯影组沉积时,应与四川盆地基底是相连的^[6]。

(2) 南秦岭隆起发育有下震旦统白依沟群粗陆源碎屑岩,沉积物颗粒南粗北细,砾石由南向北减少,其陆源砾石及细碎屑岩的同位素年龄值有3组,即约2000Ma(凝灰岩)、1000~1400Ma(花岗岩)和约740Ma(流纹岩),表明为其提供物源的若尔盖地区存在古老的基底^[5]。

(3) 松潘-甘孜地块东南部基岩块体均为晋宁期构造岩浆作用的产物,如丹巴格宗花岗岩体(1585Ma,碎屑锆石²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb)、沙坪关花岗岩(1017Ma,锆石U-Pb法)、兴文坪辉长岩(1043Ma)等,表明整个扬子板块西缘的新元古代造山带应是古扬子板块的重要组成部分^[7]。

(4) 秦岭微板块具有扬子板块的双层前震旦纪基底,即太古宇-古元古界的结晶基底与中-新元古界的过渡性变质变形基底。下层基底的变质程度已达中-深变质的角闪岩相-麻粒岩相,主要出露为佛坪杂岩和小磨岭、陡岭杂岩;上层基底的变质程度多数为浅变质绿片岩相,为一套以火山岩为主的中-新元古代沉积-火山岩系,分别出露有隕西群(965~1304Ma)、耀岭河群(711~1019Ma)和毛堂群等。秦岭区普遍缺失下震旦统,而南秦岭区广泛发育上震旦统陡山沱组和灯影组,且向北不越过商丹一线,由此可以说明,秦岭微板块属扬子古板块范畴,且在早震旦纪扬子古板块与华北古板块已经分离^[8]。

由以上证据可以推测,扬子古板块的范围除狭义上的扬子板块外,至少还包括了松潘-甘孜地块和秦岭微板块,它们共同组成了一个范围较大的扬子古克拉通(图1)。

2 与原特提洋的关系

发生在新元古代青白口纪末的晋宁运动,形成了扬子古板块的褶皱基底,其动因除了与华夏同扬子陆块沿江绍断裂(缝合)带的碰撞拼合有关外,还与扬子古板块与华北古板块当时发生了沿商丹缝合带的碰撞拼接有关^[2]。黄汲清等^[9]则认为中国大陆晋宁运动(在塔里木盆地称为塔里木运动)后形成一个完整的中国地台,并称之为古中国地台,经历了震旦纪至早寒武世的拉张作用后,古中国地台解体,形成祁连、秦岭等洋,罗志立等^[10]称这时的拉张运动为“兴凯地裂运动”。中国大陆晋宁期的汇聚作用与震旦纪开始的拉张环境可能具全球性,从属于新元古代全球的Rodinia泛大陆的形成与前寒武纪末-早古生代初的泛大陆裂解^[11~12]。泛大陆解体后形成了原始冈瓦纳大陆和劳亚大陆以及散布在原特提斯洋(时限为震旦纪-早古生代)中的中朝、扬子-华夏、羌塘-昌都、印支与塔里木、柴达木等陆块、微陆块。李兴振等^[13]根据现今大陆内部各缝合带的空间展布位置,将原特提斯洋分为4支,即北部的古亚洲-南天山洋、中部的秦祁昆洋和南部的古金沙江-哀牢山洋与古澜沧江洋(图2),这几个洋向西均与西亚和欧洲的古特提斯相连,同属于原特提斯范畴。同时,华南残留海盆从震旦纪开始重新拉张,分隔了扬子古板块与华夏板块,向南与古金沙江-哀牢山洋相连;阿拉善地区发育的恩格尔乌苏洋(又

称古阿尔金洋) 可能将古亚洲洋和秦祁昆洋沟通。因此, 震旦纪一早古生代扬子古板块属于原特提斯多岛洋体系, 其构造演化与两侧华北板块、华夏板块的构造演化及原特提斯洋向古特提斯洋的转化密切相关。

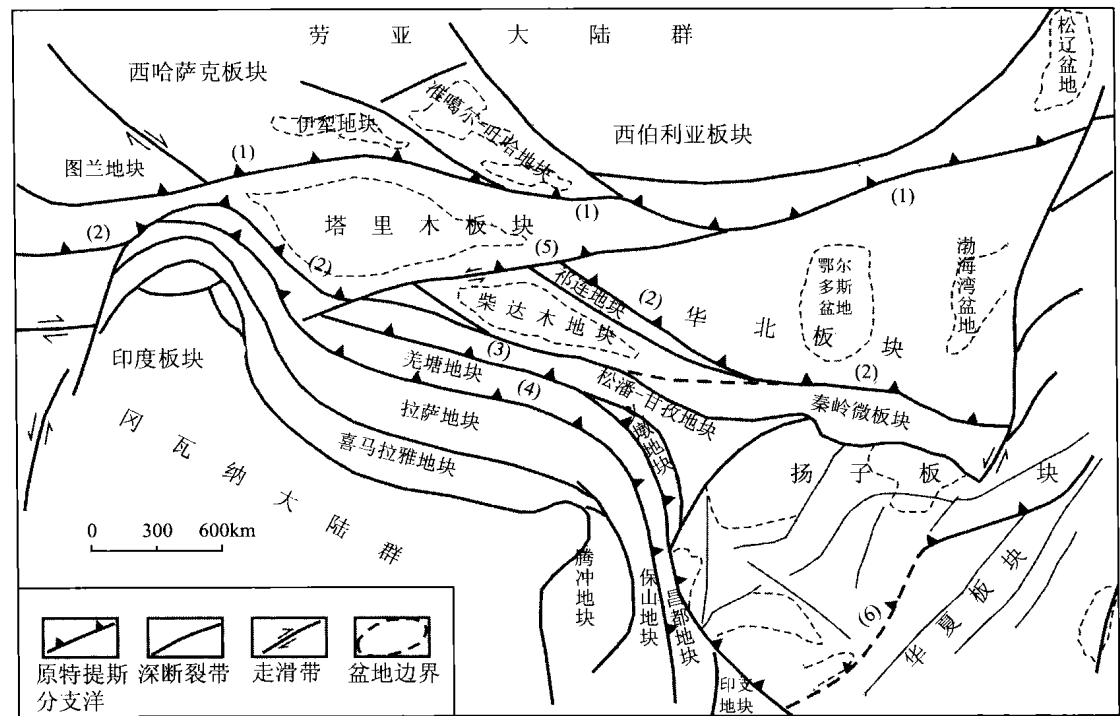


图2 东特提斯多岛洋分布示意图

(据参考文献 [13] 修改)

- (1) 古亚洲洋缝合带; (2) 秦祁昆洋缝合带; (3) 古金沙江-哀牢山洋缝合带;
(4) 古澜沧江洋缝合带; (5) 恩格尔乌苏洋缝合带; (6) 华南有限洋盆缝合带

3 加里东期的构造演化

扬子古板块自震旦纪开始进入克拉通盆地演化。板块构造间的相互作用及其所产生的板内应力在克拉通盆地内的有效作用范围是影响克拉通盆地演化的主控因素^[14]。影响克拉通盆地演化的板块活动一般可分为4个阶段, 即: ①扩张阶段, 克拉通内以发育裂陷系和地堑或拗拉槽为特征, 裂谷作用与快速沉积同时发生; ②会聚阶段, 一般伴随有弧前和弧后盆地的形成, 并同时形成滨克拉通前渊与克拉通内弱挤压挠曲盆地; ③碰撞阶段, 由陆-陆碰撞 (A 型俯冲) 和陆内碰撞 (C 型俯冲) 所产生的挤压应力使盆地发生倾掀, 碰撞带内的构造载荷引起克拉通边缘的岩石圈挠曲, 并形成前陆盆地和克拉通内盆地在较长时间内成对出现的格局, 同时, 挤压应力可传递到克拉通深部, 使地壳早期的构造薄弱带 (如古裂隙和缝合线等) 发生变形, 形成穹窿、基底隆起上升和断层带活化带, 从而分割克拉通盆地; ④终止与均衡调整期, 伴随着地壳缩短与增厚以及巨缝合线的固定, 大陆或部分大陆上升到海平面以上, 遭广泛剥蚀而形成了主要的沉积间断; 同时和期后, 由

于碰撞带内的构造载荷遭受剥蚀而减小以及深部岩石圈板块的拆沉而发生造山带伸展垮塌作用,致使地壳发生均衡回弹,区域倾掀增大;当新的应力场出现时,板块构造就会产生新的活动范围,而使克拉通盆地进入新一轮的演化旋回。在多数情况下,克拉通盆地中的主要层序界面均为不整合面,它反映了板块运动方向和运动速率改变的主要时期,而新的应力场改变了未来盆地形成的形态和方向。因此,本文根据克拉通盆地演化的构造旋回,将扬子古克拉通加里东期的构造演化分为5个阶段,即震旦纪均衡调整期、寒武纪扩张期、早—中奥陶世会聚期、中—晚奥陶世碰撞期与志留纪的新一轮均衡调整期(图3)。

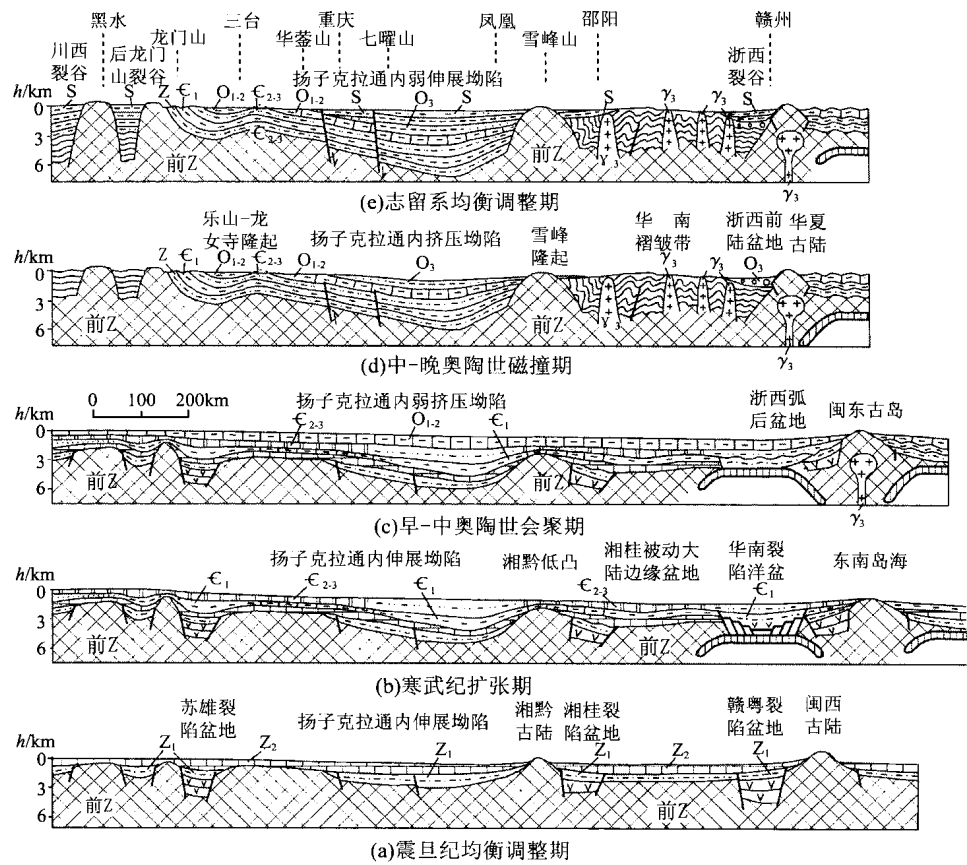


图3 扬子古克拉通加里东期构造演化示意图

3.1 震旦纪均衡调整期

经过晋宁期末强烈的板块碰撞与拼合后,随着造山带顶部的剥蚀-去载作用与底部岩石圈的拆沉-去根作用,发生造山期后伸展垮塌,震旦纪扬子古板块进入一个均衡调整期,包括早震旦世的大陆内裂谷与晚震旦世的裂谷期后拗陷两个阶段(图3(a))。

早震旦世扬子古板块及周缘裂谷作用的主要表现为:①扬子古板块北缘,在晋宁晚期与扬子板块缝合的华北板块从震旦纪开始重新拉开,裂谷作用导致秦祁洋的形成,北秦岭区丹凤群中的蛇绿混杂岩表明经历了裂谷-小洋盆-活动陆缘的完整演化旋回;②在扬子古板块西北缘甘洛地区发育苏雄组火山岩系;③在扬子陆块西部裂谷作用形成石棉-澄江

裂谷带,裂谷中堆积了巨厚(3~6km)的下震旦统陆相火山-沉积岩系;④在扬子板块南缘与华夏板块北缘之间在晋宁期残留华南海盆的基础上发育华南裂谷系,即湘桂次深海裂谷盆地(扬子板块南缘)与赣粤次深海裂谷盆地(华夏板块北缘),均沉积了厚约3~6km的次深海碎屑岩组合,湘桂裂陷盆地的北界大致相当于现今的江南-九岭-雪峰隆起带;⑤扬子古板块内部除中-下扬子区发育伸展坳陷盆地、沉积了一套滨浅海碎屑岩组合外,大部分地区均为古陆,为陆内裂谷盆地与大陆边缘海盆地提供物源。

晚震旦世随着伸展作用的增强,演化为裂谷期后坳陷沉积。整个扬子古板块被海水淹没,成为典型的克拉通内盆地,广泛接受台地相浅海碳酸盐岩沉积。上、下震旦统之间的不整合属裂谷盆地向坳陷盆地转化而形成的裂解不整合(Separation unconformity)^[14],局限于裂谷盆地所分布的区域。

3.2 寒武纪扩张期

经过震旦纪的均衡调整后,寒武纪扬子古克拉通进入扩张期(图3(b))。此时在扬子古板块周缘,北侧的北祁连山多处发育寒武纪-奥陶纪蛇绿岩,反映北祁连在寒武纪-奥陶纪已经拉出典型洋壳(祁连洋);西南侧的金沙江-澜沧江裂谷开始扩张,导致昌都-思茅地块离开扬子古板块;东南侧华南裂谷系进一步扩张为华南裂陷洋盆,发育了一套硅质岩、黑色页岩及浊积岩深水沉积建造。在扬子古克拉通内部,后龙门山地区发育克拉通内裂陷海槽,沉积了一套浅海碎屑岩;南秦岭安康-紫阳-竹溪一带拉张出裂陷槽(上寒武统二道桥组火山岩),在裂陷槽以南沉积了浅水相-斜坡相碳酸盐岩;扬子古克拉通南缘的湘桂克拉通边缘盆地及分布于邻庐断裂东侧滁州一带的滁州克拉通边缘盆地,均属大陆坡或下斜坡的深盆环境;在现今的中-上扬子一带,则表现为克拉通内伸展坳陷沉积,且于早寒武世早期(梅树村-筇竹寺组沉积期)达到最大海侵范围,广泛沉积了黑色页岩及磷块岩,成为下古生界的主力烃源岩;早寒武世中期(沧浪期)盆地沉降机制由伸展作用转变为以热沉降作用为主,地貌上的隆凹格局消失,随着沉积速率增大,海平面下降、海水变浅,至中寒武世已演化为潮坪相和局限台地相泥岩、白云岩沉积,出现膏盐岩沉积环境^[15];晚寒武世继续海退,总体上为局限台地相的滨浅海碳酸盐沉积。

3.3 早-中奥陶世会聚阶段

发生在寒武纪和奥陶纪之间的郁南运动标志着从早奥陶世开始扬子古板块进入会聚阶段(图3(c))。在扬子古板块南侧,华南裂陷洋盆沿武夷-云开带的北西侧向SE俯冲,造成云开地区的隆升以及武夷-云开带的岛弧型火山岩活动和混合岩化作用(奥陶-志留系无此现象),同时使云开大山一带的下-中奥陶统类复理石碎屑岩建造呈微不整合覆于寒武系之上、广西白黄陵一带的下-中奥陶统的花岗质碎屑岩底部发育有厚达数百米的含砾长石砂岩以及大明山地区下奥陶统底部发育厚达45m的砾岩层^[16]。在扬子古板块北侧,秦祁洋会聚收缩,扬子板块向华北板块之下俯冲,导致华北板块南缘的性质由前期的被动大陆边缘转化为活动大陆边缘,并形成完整的沟-弧-盆体系,主俯冲带的位置大致应为商丹缝合带,弧后盆地以北秦岭区二郎坪群火神庙组(厚达3000m)的“双峰式”火山岩为典型,代表了早期弧后拉张下的产物。在扬子古板块内部表现为克拉通内弱挤压坳陷沉积,岩性主要为台地相浅海碳酸盐岩与泥质岩等,此时江南-雪峰带可能为水下

低隆。

3.4 中奥陶世晚期—晚奥陶世碰撞阶段

中奥陶世晚期—晚奥陶世随着华南裂陷洋盆和祁秦洋的关闭, 扬子古板块进入碰撞阶段(图3(d))。海南岛崖县地区中奥陶统尖岭组磨拉石与沙塘组页岩呈角度不整合接触(图4), 表明了该期构造运动的起始时间。整个华北板块主体因同时受到其南侧秦祁洋、北侧古亚洲洋俯冲作用的影响, 表现为整体抬升剥蚀, 从而缺失了上奥陶统一泥盆系沉积; 南秦岭、后龙门山和滇黔桂等地区均上升成陆, 缺失中奥陶统上部—上奥陶统。浙闽沿海地区受扬子古板块与华夏板块对接、碰撞的影响隆升成山, 同时在浙西地区形成晚奥陶世前陆盆地, 堆积一套浅水陆屑复理石; 钦防一带因华夏板块与扬子古板块右行剪切碰撞所形成的残留海槽继续着深水盆地沉积; 扬子古克拉通腹部则为挤压拗陷盆地, 沉积了一套浅海—次深海的碳酸盐岩, 随着挤压作用的增强, 盆地面积减小、古陆扩大, 转化为陆棚相碎屑岩沉积。晚奥陶世末, 强烈的加里东运动致使古钦防海槽闭合, 在华南地区地层遭受挤压变形成加里东褶皱带, 在扬子古克拉通内部形成了“大隆大拗”的构造格局, 如江南隆起、黔中隆起、乐山—龙女寺隆起及宁巢台隆等, 成为加里东期油气运移的指向区。

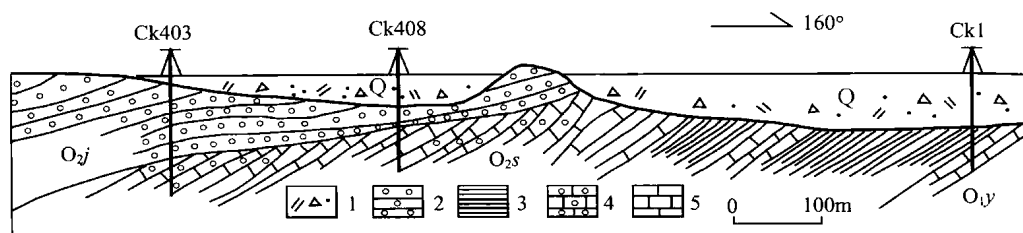


图4 海南崖县榆林港中奥陶统尖岭组(O_{2j})与沙塘组(O_{2s})不整合示意图^[16]

1—第四系盖层; 2—钙硅质复成分砾岩; 3—页岩; 4—砾状灰岩; 5—灰岩

3.5 志留系均衡调整期

进入志留系, 碰撞作用终止, 挤压应力松弛, 地壳发生均衡回弹, 从而发育造山期后裂谷作用, 使扬子古克拉通进入新一轮的演化旋回(图3(e))。华北板块与扬子古板块大致沿勉略带一线伸展裂陷形成裂陷槽^[17], 主要标志为勉略带北侧的志留系白水江群深水沉积和火山岩沉积、大巴山地区志留系洞河群的“双峰式”火山岩和碱性火山岩及泥质岩、硅质岩。此外, 在扬子古板块西缘还发育有西秦岭白龙江群、后龙门山茂县群等狭长状的深水浊流沉积; 在其东南缘沿钦防一线地壳重新拉开形成再生裂陷海槽, 下志留统灵山群底部发育一套数十米至数百米由粗砂岩、含砾砂岩和砾岩组成的滑塌浊积岩系, 不整合超覆在中—上奥陶统之上。相应地, 在上扬子区表现为克拉通内弱伸展拗陷沉积, 主要为浅海碳酸盐岩和碎屑岩组合。

扬子古板块在志留纪均衡调整期所产生的地壳伸展、拉张程度比震旦纪要低, 表现为大部分裂谷带不发育“双峰式”火山岩、而只发育伸展滑塌型深水浊积岩, 这可能与晋宁期末的造山作用比晚奥陶世末的造山作用强烈得多有关。扬子古板块经过志留纪的均衡

调整后,进入新一轮的扩张、会聚、碰撞等克拉通盆地演化阶段;同时,随着勉略洋、昌宁-孟宁洋、金沙江洋、甘孜-理塘洋及八布洋等在海西期的形成与扩张^[2],东特提斯域完成了从原特提斯多岛洋体系向古特提斯多岛洋体系的转化。

另外,综合扬子古板块加里东期的构造演化可知,川东-湘鄂西一带一直是克拉通内盆地沉积的中心,发育了一个巨大的生烃坳陷,加里东期形成的古隆起如乐山-龙女寺隆起、江南-雪峰隆起及黔中隆起等是该期油气运移的指向区。

4 结 论

(1) 前震旦纪基底年龄与震旦系分布规律表明,扬子古板块加里东期(Z-S)的范围比现今狭义的扬子板块要大,至少包括了松潘-甘孜地块和秦岭微板块,其与华北板块、柴达木板块、塔里木板块、华夏板块及古亚洲洋、秦祁昆洋、古金沙江-哀牢山洋和古澜沧江洋等共同组成了原特提斯洋(Z-S)东部的多岛洋体系。

(2) 按影响克拉通盆地演化的板块活动所经历的扩张、会聚、碰撞和均衡调整等4个阶段将扬子古克拉通加里东期的构造演化划分为5期,即震旦纪的均衡调整期、寒武纪的扩张期、早-中奥陶世的会聚期、中-晚奥陶世的碰撞期和志留纪新一轮的均衡调整期。

(3) 早古生代在川东-湘鄂西一带存在着一个巨大的生烃中心,加里东期形成的古隆起如乐山-龙女寺隆起、雪峰隆起、黔中隆起等是该期油气运移的指向区。

参考文献

- [1] 赵宗举,朱琰,徐云俊.中国南方古生界-中生界油气藏成藏规律及勘探方向[J].地质学报,2004,78(5):710~720.
- [2] 赵宗举,俞广,朱琰等.中国南方大地构造演化及其对油气的控制[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(2):155~168.
- [3] 戴少武.中扬子及邻区层序地层与原型盆地演化[J].石油与天然气地质,2002,23(3):229~235.
- [4] 叶舟,马力,梁兴等.下扬子独立地块与中生代改造型残留盆地[J].地质科学,2006,41(1):81~101.
- [5] 杨逢清,殷鸿福,杨恒书等.松潘甘孜地块与秦岭褶皱带、扬子地台的关系及其发展史[J].地质学报,1994,68(3):208~218.
- [6] 罗志立,金以钟,朱夔玉等.试论上扬子地台的峨眉地裂运动.地质论评,1988,34(4):25~27.
- [7] 徐士进,王汝成,沈渭洲等.松潘-甘孜造山带中晋宁期花岗岩的U-Pb和Rb-Sr同位素定年及其大地构造意义[J].中国科学(D辑),1996,26(1):52~58.
- [8] 张国伟,孟庆任,赖少聪.秦岭造山带的结构与构造[J].中国科学(D辑),1995,25(9):994~1003.
- [9] 黄汲清,任纪舜等.中国大地构造及其演化[M].北京:科学出版社,1980.105~110.
- [10] 罗志立.中国西南地区晚古生代以来地裂运动对石油等矿产形成的影响[J].四川地质学报,1981,(2):1~22.
- [11] Il'in A V. The Proterozoic supercontinent: its Precambrian rifting and breakup into a number of conti-