

## 基金进展报告

一、 重要研究进展（主要阐述本年度研究工作中取得的重要进展，发表论文和取得专利等成果，字数限制 4000 字）

围绕基金计划书中的科学问题，取得了相关的研究进展，按照科学问题论述如下：

### 1. 特提斯域内大陆单向裂解-聚合过程控制下的四川盆地震旦纪-早寒武世古裂陷沉积充填序列及构造演化

新元古代-寒武纪，全球板块处于裂解与聚合过程中，Rodinia 超级大陆不断发生裂解，Gondwana 超级大陆发生聚合，约在 530 Ma 完成拼合。受 Rodinia 大陆裂解作用的影响，原特提斯域内的四川盆地内发育有一支近南北向的古裂陷，称之为“绵阳-长宁古裂陷”，地震资料显示该古裂陷具有“东陡西缓”的结构特征，在平面上可分为三段，南北宽、中段窄，在发育时间上具有“北早南晚”的发育特征。最近的油气勘探也表明该古裂陷对震旦系-下古生界油气分布具有重要的控制作用。通过对四川盆地及其周缘地区 28 条野外剖面和 10 口钻井岩芯的观察与取样，根据地层不整合、岩性变化、测井曲线对比和岩石地球化学等沉积记录，对绵阳-长宁古裂陷的构造演化进行了研究。研究发现古裂陷槽内下寒武统存在明显的上超，保留了下寒武统与震旦系灯影组之间的侵蚀暴露界面，并且残留的灯影组具有早期岩溶现象，表明古裂陷槽在寒武纪沉积前存在暴露侵蚀过程。地层沉积旋回对比表明，古裂陷槽内黑色岩系较正常的麦地坪组多一套沉积旋回，而且古裂陷槽内资阳 1 井元素测井显示黑色岩系下部发育 20 m

厚的含硅泥质白云岩，结合邻区钻井分层认识，认为古裂陷槽内黑色岩系不止是寒武系麦地坪组，还包括震旦系灯影组三段和四段。另外，灯影组四段硅质岩具有明显的水热成因特征，也证明当时具有强烈的区域拉张背景。结合中新元古代-寒武纪岩浆岩活动记录和南华纪地层发育特征，认为绵阳-长宁古裂陷是在南华纪裂谷基础上，持续负地貌继承性发育起来的，是间歇性拉张沉降和暴露剥蚀联合作用的结果，因此该古裂陷的构造属性为拉张-侵蚀槽。该古裂陷的构造演化可划分为 5 个阶段：陡山沱期雏形阶段、灯影期发育阶段、麦地坪期成型阶段、筇竹寺期充填阶段和沧浪铺期衰亡阶段。

另外，川东北地区还发育有另外一支同时期、同属性的古裂陷——城口古裂陷，其呈近北东-南西向展布，沿城口向盆地内开江-重庆方向延伸扩展，该古裂陷是在南华纪裂谷盆地的基础上发育起来，在持续性负地貌中继承性演化，经过震旦纪-早寒武世多期拉张作用而形成。该古裂陷的构造演化也可划分为 5 个阶段：南华纪裂谷阶段、陡山沱期继承性发育阶段、灯影期裂陷成型阶段、麦地坪期-筇竹寺期快速充填阶段和沧浪铺期衰亡阶段。

## 2. 特提斯域内大陆单向裂解-聚合过程控制下的四川盆地中-新生代构造改造与油气成藏耦合

为了重建特提斯域内大陆单向聚合过程控制下的构造叠加改造过程，探讨改造过程中油气大规模富集机理及成藏模式，系统收集并整理了四川盆地东部及湘鄂西地区已有的埋藏史-热史研究成果，完成了该区部分样品的分析测试工作，研究发现华南板块向扬子板块的

挤压作用至少在中侏罗世初期已经到达齐岳山背斜带，并具备相当大的规模，齐岳山东西两侧中-新生代构造隆升过程存在巨大差异。齐岳山以东的湘鄂西地区大规模的构造隆升以燕山期为主，在晚白垩世初期，大规模抬升已经结束；而且齐岳山以西地区约在早白垩世中后期才开始抬升隆升；湘鄂西地区新近地表的志留纪地层在早白垩世末期已经冷却到约  $80^{\circ}\text{C}$ ，齐岳山以西现今地表中生代地层在古近纪初期才冷却到该温度。齐岳山背斜东西两侧虽然都经历了燕山期和喜山期大规模构造抬升剥蚀，但齐岳山以东大规模抬升剥蚀主要发生在早白垩世末之前 ( $>100\text{Ma}$ )，齐岳山以西可能主要在古近纪以后 ( $<60\text{Ma}$ )。在油气成藏改造方面，研究认为齐岳山以东湘鄂西地区志留系页岩最晚在早白垩世 ( $\sim 120-100\text{Ma}$ ) 已经进入快速散失；齐岳山以西志留系页岩气藏在古近纪中后期 ( $\sim 45\text{Ma}$ ) 开始快速散失。

### 3. 特提斯域内大陆单相裂解-聚合过程控制下东地中海盆地的形成机制与油气勘探

东地中海地区主要包括黎凡特、希罗多德深水盆地、埃拉托色尼陆块等主要构造单元。东地中海盆地是在古生代-中生代冈瓦纳大陆裂解、新特提斯洋裂开的背景下形成的。构造演化受到了特提斯域演化以及非洲、阿拉伯、爱琴海和欧亚板块相对运动的控制，可分为三叠纪-早侏罗世早期裂谷阶段、早侏罗世晚期-晚白垩世早期被动大陆边缘阶段和晚期的构造反转阶段。裂谷期，新特提斯洋裂开并不断向西扩展，Gavrovo-Tripoliza、Taurus 台地及埃拉托色尼陆块 (Eratosthenes Continental Block) 依次与阿拉伯地块发生了分离，

之间形成了东地中海深水盆地，裂谷期断裂塑造了主要盆地和构造单元的边界；被动大陆陆缘期，盆地处于广海环境，沉积了主要的海相沉积层序；构造反转期，随着新特提斯洋的闭合，区域上以南北向构造挤压应力为主，形成了从中东扎格罗斯褶皱冲断带至东地中海的拉纳卡冲断带，东地中海盆地边缘大量构造发生反转，同时，随着陆上剥蚀及尼罗河古河流发育，盆地以三角洲砂体和深水浊积砂等碎屑沉积为主。至晚中新统，地中海与大西洋隔离开，成为一个孤立的内海，在地中海全区沉积了梅辛阶岩盐，称为梅辛阶岩盐危机事件。

东地中海地区主要发育三套烃源岩系，包括三叠纪-早侏罗世早期裂谷期烃源岩、早侏罗世晚期-晚白垩世早期被动陆缘期烃源岩和区域构造反转阶段的中新世烃源岩，并形成三套储盖组合，以最晚期中新世储盖组合为主，且已经具有大量油气发现。东地中海盆地的油气勘探是从北非埃及尼罗河三角洲勘探开始的，本世纪从陆上→浅水→深水逐步向海域推进，勘探目标为尼罗河三角洲砂体，向海域逐步过渡到水下河道和前三三角洲浊积砂体，发现了一批具有一定规模的油气田。2015年在塞浦路斯岛南侧海山边缘具有30Tcf储量Zhor生物礁储层大气田的发现，开启了东地中海新一轮油气勘探热潮，随后又发现了3个类似的大气田。

黎凡特盆地的油气勘探早期从陆上中生代储层目标勘探开始，发现了一批零星小型油田，本世纪勘探想渗水推进，相继发现一批中新世浊积砂岩油藏，随后打开了黎凡特盆地中新世区带勘探热潮。

该成果拟形成“东地中海黎凡特盆地油气地质特征与勘探方向”

论文。

**二、 存在问题及解决办法**(简要说明项目实施中遇到的问题以及采取或拟采取的措施, 研究计划调整情况及原因。字数限制 2000 字)

本研究选取特提斯洋两侧的富油气盆地——四川盆地和波斯湾盆地。对于四川盆地的研究, 由于盆地露头区位处国内, 野外考察与研究内容均按照基金计划实施。但是, 对于波斯湾盆地的相关研究, 由于露头区位处中东, 受中东安全局势的影响, 很难前往露头区采集样品, 造成相关分析测试实验难以实施, 对部分关键问题无法形成深入认识。为了解决这一问题, 本项目组计划在 2019 年 1 月份前往阿曼进行野外地质考察, 考察的层位包括埃迪卡拉系、寒武系、侏罗系和白垩系, 重点研究阿拉伯板块的构造演化以及波斯湾盆地的沉积充填序列与古环境分析, 并在野外考察过程中, 采集一些典型样品回国, 完成相关分析测试工作, 补齐波斯湾盆地的相关研究。

**三、 其他需要说明的情况**(前面几部分没有涵盖而需要说明的问题。

若有经费管理办法规定范围内的预算科目间调整, 也需在此予以说明。字数限制 2000 字)

**四、 研究成果**(标注基金号的期刊论文、会议论文、专利、会议报告、标准、软件著作权、科研奖励、人才培养等)

由本项目资助发表 SCI/EI 论文 4 篇, 指导 2 名博士后工作, 举办研讨会 2 次, 参加国内学术研讨会 2 人次。

## 1. 期刊论文

- [1] 李双建, 高平, 黄博宇, 等. 四川盆地绵阳-长宁凹槽构造演化的沉积约束[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(5), 889-898. 第一标注
- [2] Gao Ping, Liu Guangdi, Lash Gary G., et al. Occurrences and origin of reservoir solid bitumen in Sinian Dengying Formation dolomites of the Sichuan Basin, SW China[J]. International Journal of Coal Geology, 2018, 200, 135-152. 第二标注
- [3] Gao Ping, He Zhiliang, Li Shuangjian, et al. Volcanic and hydrothermal activities recorded in phosphate nodules from the Lower Cambrian Niutitang Formation black shales in South China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 505, 381-397. 第一标注
- [4] Li Boyuan, Zhang Dianwei, Pang Xiongqi, et al. Paired  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  records of the Ordovician on the Yangtze platform, South China[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 2018, 65, 809-822. 第一标注

## 2. 会议论文

## 3. 专利

## 4. 会议报告

- [1] 特提斯地球动力系统学术会议 何治亮 特提斯域内大陆单向裂解-聚合过程中的油气大规模富集效应 会议日期 2018-01-26
- [2] 第九届油气系统学术会议 何治亮 特提斯演化的油气成藏效应 会议日期 2018-06-22

## 5. 标准

## 6. 软件著作权

## 7. 科研奖励

## 8. 人才培养

受基金资助的出站博士后 1 名、在站博士后 1 名。

## 五、 附件（附上本基金资助成果原件）