

基隆凹陷构造演化特征及油气资源潜力

孙 晶^{1,2,3}, 杨长清^{1,2,3}, 王建强^{1,2,3}, 韩宝富^{1,2,3,4}

(1 青岛海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071;

2 国土资源部海洋油气与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 4 长江大学地球科学学院, 武汉 430100)

摘 要:基隆凹陷是东海陆架盆地主要沉积凹陷,自晚白垩世以来,共经历了裂陷期、裂后沉降期和区域沉降期等 3 个构造演化阶段,沉积了巨厚的新生代地层。基隆凹陷为一被断层复杂化的半地堑凹陷,属于东断西超的箕状断陷。新生代自西向东可划分为西部缓坡断阶带、中央洼陷带和东部陡坡带 3 个构造带。始新统至中新统发育多套生储盖组合,表明基隆凹陷具有良好的油气资源潜力。

关键词:构造演化; 生储盖组合; 油气资源潜力; 基隆凹陷

中图分类号:P618.13 **文献标识码:**A **DOI:**10.16028/j.1009-2722.2017.04006

1 构造背景

东海陆架盆地位于欧亚板块、太平洋板块与印度板块交汇处^[1-4]。盆地西邻浙闽隆起区,与浙江、福建、上海两省一市相毗邻,东接钓鱼岛隆褶带、冲绳海槽,自西向东包括 3 个二级构造单元:西部坳陷带、中部隆起带、东部坳陷带。三级构造单元包括长江凹陷、甌江凹陷、雁荡低凸起、闽江凹陷、台北低凸起、西湖凹陷、基隆凹陷、观音凸起等^[5,6](图 1)。

基隆凹陷是东海陆架盆地内的一个三级构造单元。位于闽江凹陷的东部,台湾省基隆市的东北面,介于台北低凸起和钓鱼岛隆褶带之间,北面与西湖凹陷、南面与新竹凹陷呈脊部相连,走向 NNE—NE,长 380 km,宽约 40~120 km,面积约

2.9 万 km²(图 1)。是一个自晚中生代至新生代的沉积凹陷,凹陷基底主要由中生代火山岩复杂化的变质岩、沉积岩和局部晚古生代变质岩组成,在此背景上接受了新生代地层沉积^[7,8]。

基隆凹陷由西部缓坡断阶带、中央洼陷带和东部陡坡带组成(图 2)。

西部缓坡断阶带主要发育一系列 NE 向或 NNE 向伸展断层,有多条断层断至基底,向西为台北低凸起,与台北低凸起之间以断层分界。其中部分顺向断层控制了构造坡折带的形成和展布。

中央洼陷带断层以 NE 走向为主,多为伸展断层,断层较深但未断至基底,断距随断开层位深度越来越大,并对沉积有一定控制作用,是基隆凹陷的沉积和沉降中心。

东部陡坡带主要发育 2 条近 NE 向断层,其中,西侧断层为控制凹陷边界的主断层,断面陡峭且平直,断面倾角大,该断层是划分中央洼陷带和东部陡坡带的边界断层;另一条断层为陡坡带的内边界,往往有若干小断层与之伴生,平面上呈雁行式排列。

收稿日期:2016-12-30

基金项目:国家自然科学基金(41476053);国土资源部海洋油气资源和环境地质重点实验室基金(MRE201225, MRE201311);国土资源部地质调查专项(DD20160153)

作者简介:孙 晶(1981—),男,博士,高级工程师,主要从事沉积及油气地质研究工作。E-mail:sunjing603@163.com

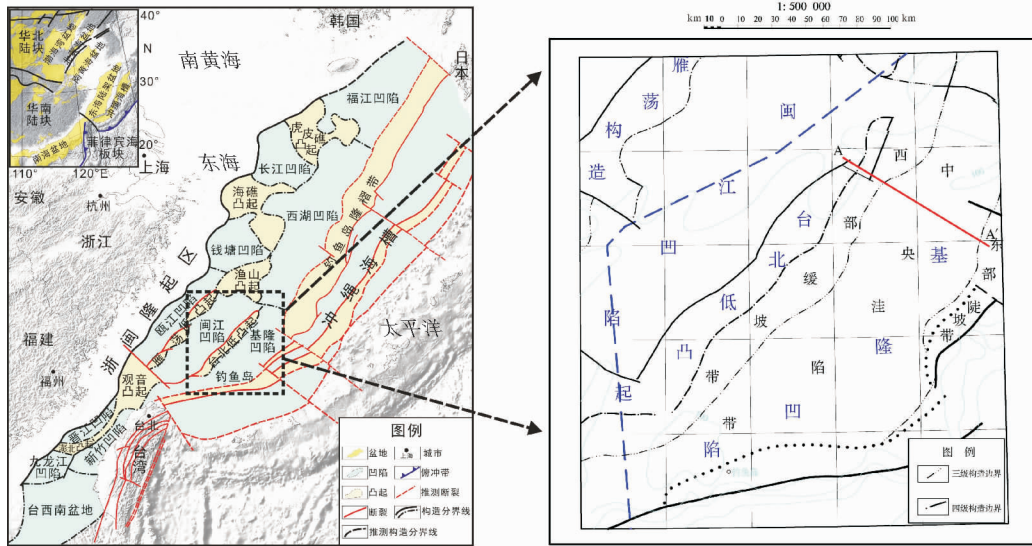


图 1 东海陆架盆地新生代构造区划(据文献[4]修改)

Fig. 1 Cenozoic tectonics of the East China Sea Shelf Basin (modified from reference [4])

2 构造演化特征

基隆凹陷南窄北宽,呈 NE—SW 向展布,近椭圆形。其构造演化阶段的划分与盆地整体演化阶段一致,在区域应力场的控制下有明显的阶段性,可分为 3 个演化阶段:裂陷期、裂后沉降期和区域沉降期(图 3)。

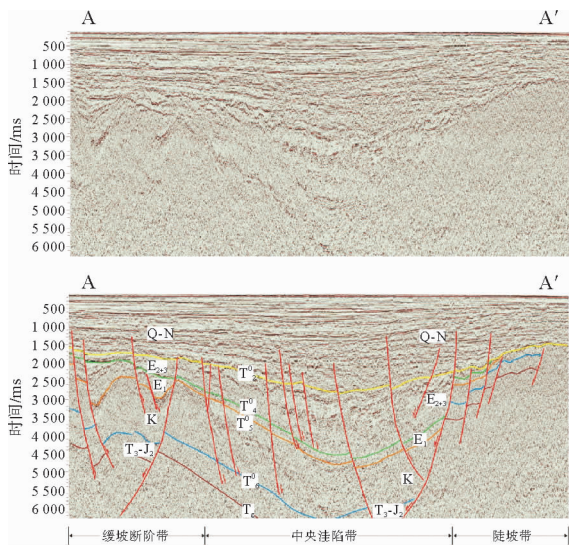


图 2 基隆凹陷结构图(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Structure of the Jilong Sag
(See Fig. 1 for location of the profile)

系	统	地质层组	地质代号	地震反射界面	接触关系		构造运动及特征
					底界	顶界	
新近系	上新统	三潭组	N ₃	T ₂ ⁰	削截	上超	区域沉降
	中新统	柳浪组	N ₁ ²				
		龙泉组	N ₁ ¹				
古近系	渐新统	花港组	E ₃	T ₃ ⁰	削截	整—上超	花港运动 裂后沉降
	始新统	平湖组	E ₂ ²	T ₄ ⁰	削截	整—上超	雁江运动
		雁江组	E ₂ ¹				
	古新统	明月峰组	E ₁ ³	T ₅ ⁰	整—削截	整—上超	雁荡运动
		灵峰组	E ₁ ²				
白垩系	上统	月桂峰组	E ₁ ¹	T ₆ ⁰	整—	整—上超	陷
	下统	石门潭组	K ₂ ²				
		闽江组	K ₂ ¹				
		渔山组	K ₁	削截—整—	整—	渔山运动	
侏罗系	中、下统	福州组	J ₁₊₂	T _g	削截	削截	基隆运动
	前中生界					整—上超	

图 3 基隆凹陷构造演化

Fig. 3 Tectonic evolution of the Jilong Sag

2.1 晚中生代—始新世时期(裂陷阶段)

在晚中生代—始新世期间,太平洋板块运动方向由 NWW 转向 NNW,同时菲律宾板块也开始向 NWW 方向运动,并斜向俯冲于欧亚板块之下。整个东海陆架区主要处于单剪应力场,导致盆地发育一系列的箕状断陷,并分别发生了 2 次与盆地断陷型结构形成直接相关的区域性构造事件,即古新世早期的雁荡运动和始新世早期的雁

江运动。这一时期是东海陆架盆地中各个断陷的主要发育期,是东海陆架新生代盆地的主要成盆期。

基隆凹陷的裂陷作用开始于古新世末的瓯江运动,瓯江运动结束后,在区域单剪应力场的作用下,东部拗陷带东侧靠近钓鱼岛隆褶带处控凹断裂发育,断距较大,靠近控凹断裂附近沉积了巨厚的始新世地层,断陷结构也呈现出“东断西超”的箕状特征,此时沉降中心(同时也是扩张裂陷中心)由瓯江凹陷转移至基隆凹陷(图4)。

基隆凹陷两侧断层在始新世早期快速发育,形成较厚沉积,始新世晚期基本停止活动,盆地进入拗陷阶段。

2.2 渐新世时期(裂后沉降阶段)

始新世末的玉泉运动以剪切挤压作用为主,使基隆凹陷东侧的钓鱼岛隆褶带发生褶皱隆升。玉泉运动后基隆凹陷构造活动进入相对平静期,发生整体沉降,进入裂后沉降期(图4)。渐新统沉积广泛,断裂发育较少,对沉积控制作用不明显。

在渐新世期间,整个东部拗陷带沉积了较厚的渐新统地层,其中,沉积中心位于基隆凹陷。

2.3 中新世—现今(区域沉降阶段)

在早中新世期间,菲律宾板块的运动方向由NW向NNW,受其影响本区发生花港运动,整个东海陆架盆地再次受剪切拉分作用控制,盆地的断陷结构转为拗陷结构,开始接受巨厚的中新世地层沉积(图4)。

在上新世期间,由于菲律宾板块与台湾岛的弧陆碰撞产生的挤压作用,使早期断裂活化现象在基隆凹陷较为明显,浅层断裂也较瓯江凹陷发育,同时也偶见挤压褶皱构造发育,显示了新构造运动对基隆凹陷乃至整个东部拗陷带的巨大影响力。

3 油气地质条件

基隆凹陷内没有地质参数井,仅在西南端有3口钻井,因此,其勘探程度较低,只能达到概查阶段。而基隆凹陷北面的西湖凹陷属于勘探成熟

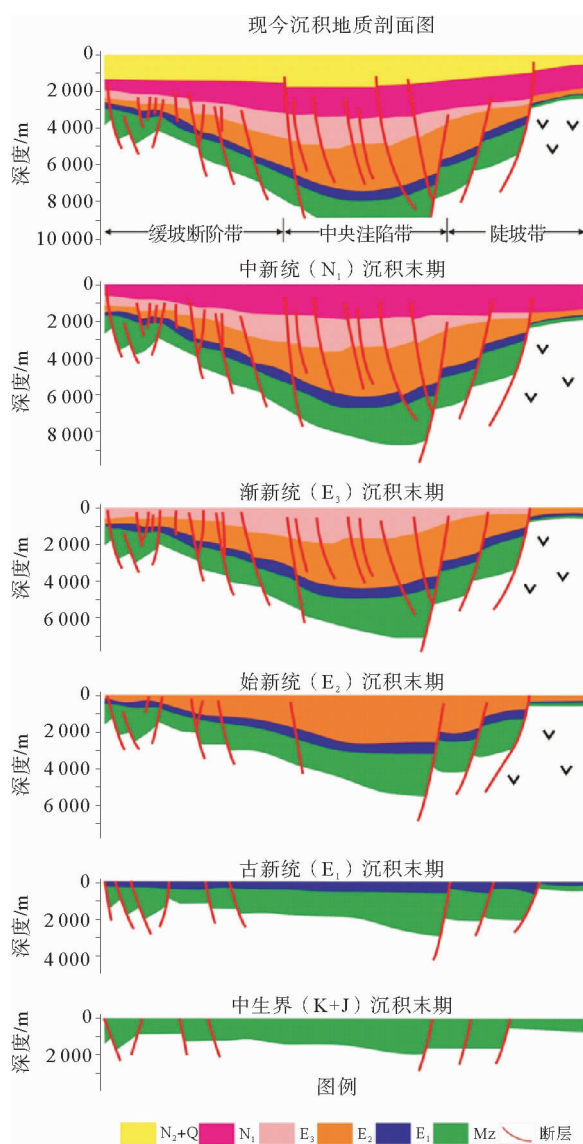


图4 基隆凹陷构造发育剖面

Fig. 4 Tectonic evolution of the Jilong Sag

区,目前已经证实了具有很大的勘探潜力。

基隆凹陷与西湖凹陷之间仅由一个鞍部相隔,此鞍部在始新世主要生烃岩系沉积时期也接受了巨厚沉积,说明当时基隆凹陷与西湖凹陷属同一整体。因此,基隆凹陷与西湖凹陷有相似的沉积构造发育史,油气分布特征也应相似,为有利的生烃凹陷。

西湖凹陷中 BS1 井距基隆凹陷较近(距离凹陷中心仅 120 km),古近系渐新统花港组、始新统平湖组和宝石组,均发育多套生储盖组合。基隆和西湖凹陷在渐新世早期为同一凹陷,沉积物源

方向是由北向南,以河流—湖泊相沉积为主,基隆凹陷沉积地层岩性总体上要比西湖凹陷细。在早渐新世整体抬升过程中,在基隆凹陷北端形成一个近东西走向的低凸起,该低凸起将西湖凹陷和基隆凹陷分隔开来,成为2个凹陷,同时对地层沉积具有控制、分隔作用,使基隆凹陷由以河湖交互相为主转为以滨浅湖相沉积为主。从沉积相角度推断,基隆凹陷烃源岩要优于西湖凹陷,同时,盖层条件也优于西湖凹陷。

西湖凹陷BS1钻井揭示始新统砂岩约占地层厚度的40%,渐新统砂岩约占地层厚度的50%。此外,BS1井揭示平湖组>5m的砂层较多且物性好。同时,在西湖—基隆凹陷带之间的低凸起附近发育有三角洲、冲积扇等沉积砂体,均可以作为良好的储集层。因此,基隆凹陷储集条件良好。

综合分析认为,基隆凹陷沉积相带较好,其生储盖条件要优于西湖凹陷。

3.1 始新统生储盖条件

据地震资料解释成果,始新统在基隆凹陷整个凹陷均较发育,在靠东侧钓鱼岛隆褶带一侧呈NE—SW向展布,由SW至NE呈楔形增厚。通过与西湖凹陷对比得知,始新统宝石组和平湖组主要为河湖—浅海相沉积,岩性为砂泥岩互层,可见始新统具备良好的烃源岩并具有较好的盖层条件。砂岩比例比古新统有明显增加,并有单层厚度大的特征,砂岩物性较好,可作为良好的储集层。

3.2 渐新统生储盖条件

基隆凹陷渐新世期间为裂后沉降期,其沉降中心基本继承了始新世裂陷期,略有迁移,由原来的靠近东部钓鱼岛隆褶带一侧向基隆凹陷中部呈NE—SW向展布。通过与西湖凹陷对比得知,渐新统花港组以浅湖相沉积为主,以砂泥岩互层为基本特征,砂岩较发育,约占地层厚度的50%,单层厚度较大但物性一般,可成为较好储集层,同时,泥岩厚度较大,烃源岩条件较好,并具备较好的盖层条件。

3.3 中新统生储盖条件

中新世时期,东海陆架整体沉降向海倾斜,沉

积由陆向海呈楔状加积,造成了西薄东厚的沉积格局。中新统最厚处位于基隆凹陷东部。

中新统龙井组为河湖交互沉积,砂岩和泥岩含量基本相当,凹陷中心泥岩有一定生油潜力,但生油面积不大,湖相砂岩与透镜状砂岩为该组较好的储集类型。

玉泉组同样为河湖交互沉积,但砂岩含量有所增加,厚度约占地层总厚度的70%,泥岩约占地层总厚度的30%。玉泉组下部地层砂体基本为河道砂体,这些砂体本身以透镜状产出,可形成良好圈闭。

4 油气资源潜力

西湖凹陷已经发现2个油气富集带,一个位于凹陷西斜坡,另一个位于中央洼陷带的背斜带上^[8-10]。通过分析基隆凹陷生储盖组合特征及沉积相带分布规律认为,西部缓坡断阶带为基隆凹陷油气勘探最有利区带。

西部缓坡断阶带沉积体系与中央洼陷带和东部陡坡带具有较大差异,主要以三角洲、冲积扇及河道砂体等沉积为主,储层储集性能优越,同时海湾相、前三角洲相、滨湖相泥岩可作为盖层,加之不整合面及深大断裂可作为油气运移通道,有利于油气藏的形成,是基隆凹陷有利油气聚集区。

中央洼陷带是基隆凹陷的沉积中心和沉降中心,同时也是生烃中心,是仅次于西部缓坡断阶带的有利油气聚集区。中央洼陷带其沉积体系主要以河湖—浅海相为主,沉积物粒度比较细,虽发育三角洲和冲积扇等砂体,但砂质含量较低,砂岩、泥岩互层中的泥岩含量较高,总体来看缺少储层,仅有机会形成规模较小的隐蔽油气藏。

东部陡坡带,靠近控凹断裂,主要发育冲积扇、扇三角洲和水上扇等重力流沉积体。沉积物分选较差,推测其储层储集性能较差,不易形成完整圈闭,存在一定的勘探风险。

5 结论

(1)基隆凹陷为一被断层复杂化的半地堑凹陷,属于东断西超的箕状断陷。新生代自西向东可划分为西部缓坡断阶带、中央洼陷带和东部陡

坡带 3 个构造带。

(2) 基隆凹陷是东海陆架盆地主要沉积凹陷, 自晚白垩世以来, 共经历了裂陷、裂后沉降和区域沉降等 3 个构造演化阶段, 沉积了巨厚的新生代地层。

(3) 基隆凹陷与西湖凹陷具有相似的沉积构造发展史, 油气分布特征也应相似, 为有利的生烃凹陷。而基隆凹陷沉积相带较好, 其生储盖条件要优于西湖凹陷。

(4) 在 3 个构造带中, 西部缓坡断阶带为基隆凹陷最有利油气聚集区, 其次是中央洼陷带, 而东部陡坡带存在一定的勘探风险。

参考文献:

- [1] Li S Z, Santosh M, Jahn B M. Evolution of the Asian continent and its continental margins [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 47: 1-4.
- [2] Li S Z, Zhao G C, Dai L M, et al. Mesozoic basins in eastern China and their bearing on the deconstruction of the

North China Craton[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 47: 64-79.

- [3] 尹延鸿, 张训华, 温珍河, 等. 中国东部海区及邻域区域构造图的编制方法及地质构造单元划分[J]. *海洋学报*, 2008, 30(6): 99-105.
- [4] 杨传胜, 李刚, 杨长清, 等. 东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2012, 32(3): 125-133.
- [5] 索艳慧, 李三忠, 戴黎明, 等. 东海陆架盆地构造单元划分与特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, 30(6): 49-58.
- [6] 祝建军, 王琪, 梁建设, 等. 东海陆架盆地南部新生代地质结构与构造演化特征研究[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(2): 222-229.
- [7] 闫桂京, 肖国林, 陈建文, 等. 基隆凹陷油气资源潜力[J]. *海洋地质动态*, 2003, 19(8): 24-26.
- [8] 姜雄鹰, 傅志飞. 东海陆架盆地基隆凹陷构造演化特征及勘探前景[J]. *石油地质与工程*, 2010, 24(2): 21-24.
- [9] 张喜林. 东海盆地西湖凹陷中一下始新统宝石组沉积特征[J]. *地球科学与环境学报*, 2014, 36(3): 31-37.
- [10] 陈琳琳, 向昱. 西湖凹陷成藏史分析[J]. *海洋石油*, 2009, 29(3): 1-6.

TECTONIC EVOLUTION OF THE JILONG SAG AND ITS PETROLEUM POTENTIAL

SUN Jing^{1,2,3}, YANG Changqing^{1,2,3}, WANG Jianqiang^{1,2,3}, HAN Baofu^{1,2,3,4}

(1 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China;

2 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China; 3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China;

4 College of Earth Sciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China)

Abstract: The Jilong Sag is a depression within the East China Sea shelf basin. Since Late Cretaceous, the sag has experienced three stages of tectonic evolution, i. e. the rifting, the post-rifting subsidence and the regional subsidence. Thick Cenozoic deposits are formed in the sag. The sag is in fact a half-graben tectonically complicated by faults in the east, but overlapping in the west. The Cenozoic can be divided into three structural belts from west to east namely west fault belt of gentle slope, central belt of depression and eastern belt of steep slope. From Eocene to Miocene there had developed several sets of source-reservoir-cap assemblages, suggesting a high hydrocarbon potential in the Sag.

Key words: tectonic evolution; source-reservoir-cap assemblage; potentials of petroleum resources; Jilong Sag