

# 珠江口盆地珠一坳陷浅层油气成藏模式研究

郝鑫<sup>1)</sup>, 吴智平<sup>1,2)</sup>, 颜世永<sup>1)</sup>, 谢飞<sup>3)</sup>, 胡阳<sup>4)</sup>, 刘丽华<sup>5)</sup>, 何敏<sup>5)</sup>

1) 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛, 266580;

2) 青岛海洋科学与技术国家实验室, 山东青岛, 266235;

3) 山东科瑞控股集团油服工程院, 山东东营, 257100;

4) 中国石化胜利油田公司勘探开发研究院, 山东东营, 257000;

5) 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广州, 510240

**内容提要:** 珠一坳陷是珠江口盆地重点勘探地区之一,其浅层具有良好的油气勘探前景。本文在前人研究的基础之上,综合利用地震、测井以及油田实际生产资料,分析珠一坳陷浅层成藏影响因素并建立成藏模式,结果表明:珠一坳陷距生烃中心 15~20 km 的范围为浅层成藏有利区域,断层产状与油气运移方向配置影响油气垂向输导路径,构造脊为油气横向远距离运移提供保障;依据断裂带内部结构以及“源—输”匹配关系,可将珠一坳陷浅层油气成藏模式分为“向源型”、“背源型”、“顺源型”以及“远源型”共四种类型。在“向源型”与“背源型”模式中油气分别沿油源断裂上盘与下盘运移;“顺源型”模式中油源断裂两盘均可作为油气运移的有利通道;“远源型”距离生烃中心较远,构造脊对油气横向运移起到关键作用。油气成藏模式在各个凹陷间以及凹陷内差异明显,“顺源型”是研究区最主要的成藏模式。

**关键词:** 浅层成藏;“源—输”配置;珠江口盆地珠一坳陷

珠江口盆地位于南海北部的大陆架和陆坡边缘,是在前古近系基底上形成的中—新生代含油气盆地(朱伟林,2007;张昌民等,2012;杨波等,2014)。作为该盆地东北部的一个次级构造单元,珠一坳陷整体表现为北东向展布(图1),面积约 37380 km<sup>2</sup>,探明原油储量超过 8.9 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,资源十分丰富(郭伯举等,2000;施和生等,2015);其自下而上发育有古近系文昌组、恩平组、珠海组,新近系珠江组、韩江组、粤海组、万山组以及第四系的地层(何家雄等,2006;姜航等,2014;龚晓峰等,2015;朱俊章等,2015)。其形成演化经历了裂陷—拗陷—构造活化 3 个阶段,断裂性质也由深层张性向浅层走滑逐渐转化,形成双断复式地堑、双侧滚动半地堑及单侧拆离半地堑多种盆地结构,整体具有“多期运动叠加,深浅差异明显,内部结构复杂”的特征,这也导致了该地区油气成藏条件与规律的复杂。

近年来人们对珠一坳陷成藏特征及规律的研究主要集中在古近系(张洋,2011;郭刚等,2014;舒誉

等,2014),勘探的重点区域也大多集中在深部渐新统珠海组及中新统下段珠江组的地层,而对浅部中新统韩江组和粤海组研究较为薄弱,对浅层油气成藏模式尚未展开系统的研究,这在一定程度上制约了浅层油气勘探的进程。目前已在恩平凹陷、番禺 4 洼以及惠州凹陷西部的浅部层系发现了油气,成藏井已达 20 余口,显示出浅层良好的勘探前景,储量亦不可忽视,逐渐成为该地区重要的勘探接替领域。本文在对珠一坳陷内的三个凹陷浅层油藏地质要素分析的基础上,探讨了浅层油气成藏影响因素,建立了浅层油气成藏模式,以期为整个珠一坳陷及类似盆地的浅层油藏勘探提供指导。

## 1 石油地质条件

珠一坳陷油气来源于深部文昌组与恩平组两套源岩,浅层并无生烃能力,这种“下生上储”的它源型油藏特征使得源岩发育成为控制浅层油气成藏的首要条件(图2)。文昌组为一套深湖—中深湖相暗

注:本文为中海石油(中国)有限公司重大科技攻关项目(编号:YXKY-2012-SZ-01)资助的成果。

收稿日期:2016-06-01;改回日期:2016-08-11;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2017.01.010

作者简介:郝鑫,女,1992年生。硕士研究生。现从事油气地质与勘探研究。Email: haoxin\_doris@163.com。通讯作者:颜世永,男,1979年生。博士,讲师。主要从事古生物地层学及构造地质学方面的研究。Email: lyssy\_79@163.com。

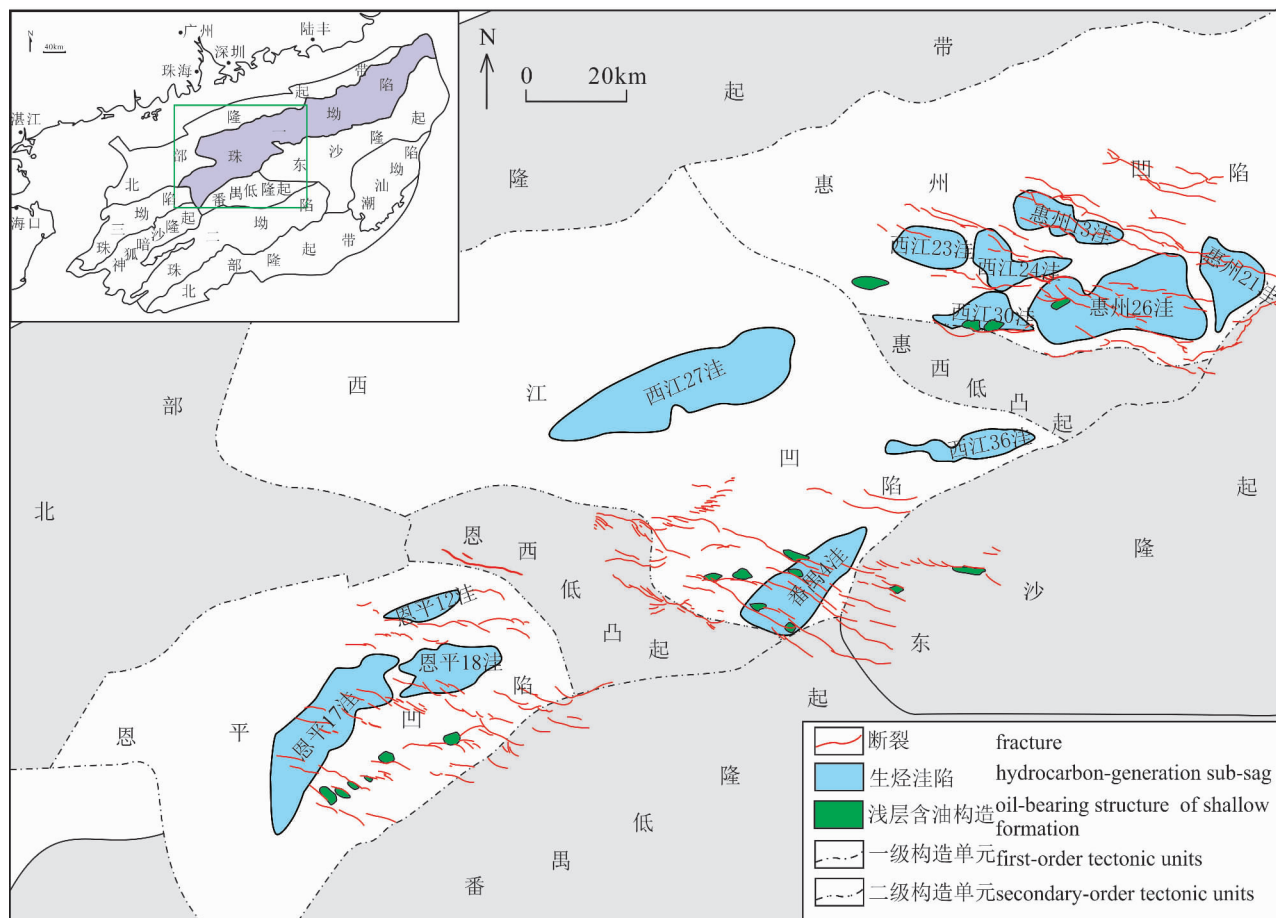


图1 珠江口盆地珠一拗陷构造位置及已发现浅层含油构造分布

Fig. 1 Structural location and distribution of oil-bearing structure in the shallow formations of the Zhu-I Depression, Pearl River Mouth Basin

色泥岩(郭刚等,2014),在全区广泛稳定分布,是研究区最主要的烃源岩且综合评价较为优质(代一丁等,2015),累计分布面积约 2554 km<sup>2</sup>;恩平组为滨浅湖—湖沼—三角洲—河流相含煤泥岩(郭刚等,2014),是研究区次要烃源岩,累计分布面积约 1390 km<sup>2</sup>。拗陷内储层主要为粤海组、韩江组、珠江组和珠海组的地层,与 MFS10、MFS13.5、MFS16、MFS18.5 等多套区域性盖层相匹配可在深浅形成不同的储盖组合,此外,在深部恩平组与文昌组内部亦存在良好的储盖组合(舒誉等,2014)。就浅层而言,韩江组和粤海组为有利储层,其中韩江组又可细分为韩江组上段及韩江组下段,为主要目的层系,储层质量整体较好。海泛泥岩的发育在浅层分别形成了 MFS10 和 MFS13.5 两套良好的区域性盖层,其中 MFS10 盖层厚度平均为 81 m, MFS13.5 盖层平均为 65 m,为油气的保存起到封盖作用。韩上段砂岩与 MFS10 泥岩盖层以及韩下段砂岩与 MFS13.5 泥岩

盖层分别形成优质的储盖组合,有利于油气在浅层富集(图2)。

## 2 浅层油藏类型与分布

研究区目前钻遇的浅层油气藏多为构造油气藏(陈雪芳等,2012),又可细分为断块油气藏、断鼻油气藏、滚动背斜油气藏以及披覆背斜油气藏等多种类型;由于断裂多方向、多期次、多类型的发育,使得浅层油气藏以断层油气藏为主,常形成由于两条断层夹持而成的断块以及由于局部挤压从而在断层一侧形成的断鼻。除此之外,在东沙隆起等区域的基底古隆起之上会形成披覆背斜油气藏,由于生长断层差异压作用形成的滚动背斜油气藏在研究区也有分布。

勘探实践表明,珠一拗陷浅层具有良好的油气勘探前景,在恩平凹陷、番禺4洼以及惠州凹陷的粤海组和韩江组均可见到不同级别的油气显示。就浅

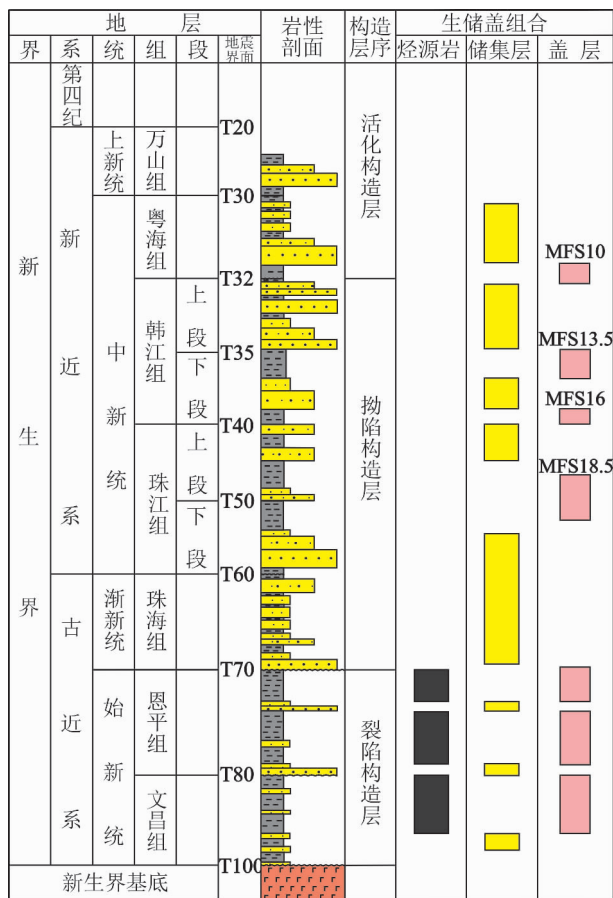


图 2 珠江口盆地珠一坳陷成藏组合示意图

Fig. 2 Schematic drawing for accumulation assemblages in Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin

层油气藏发育位置而言,在洼陷内以及隆起区均可富集成藏,目前珠一坳陷浅层已发现的油气主要分布于紧邻生烃洼陷的区域,包括恩平凹陷的南部隆起区、番禺 4 洼陷内与两侧以及惠州凹陷西部等区域。

### 3 浅层油气成藏影响因素

#### 3.1 生烃中心影响浅层油气分布范围

研究区存在 EP17 洼、PY4 洼、HZ26 洼、XJ24 洼、XJ30 洼等多个生烃洼陷,具有“多源供烃”的特点,其厚度与面积分布也并不相同,影响了浅层油气的富集,其中 EP17 洼和 PY4 洼文昌组厚度均大于 2000 m,分布面积均大于 250 km<sup>2</sup>,生烃能力较强(图 1)。前人研究认为油气大多在生排烃中心的邻近位置较容易聚集,进而提出“源控论”的思想(胡朝元,1982,2005;赵文智等,2004)。本文分析认为“源控论”在珠一坳陷浅层同样适用,研究区存在多

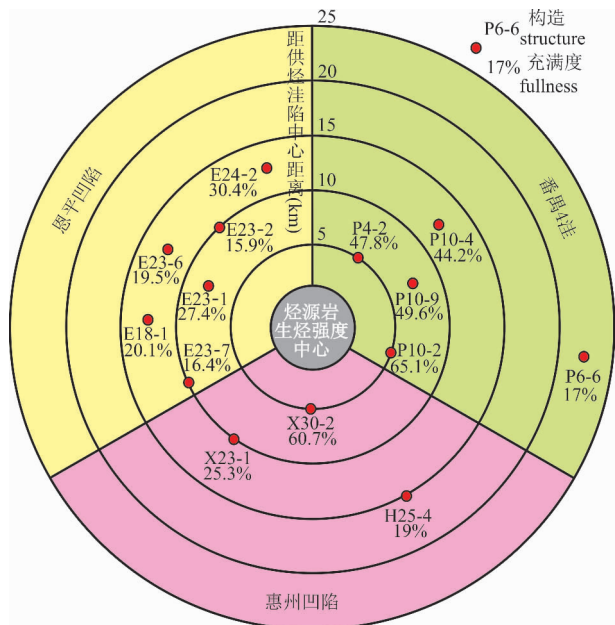


图 3 珠江口盆地珠一坳陷浅层含油构造距生烃中心距离

Fig. 3 The distance between oil-bearing structure in the shallow formations and hydrocarbon generation center in Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin

个生烃洼陷,为浅层油气大面积分布提供保证。一方面油气自源岩排出后优先聚集在生烃中心附近位置,而距离生烃中心较远的井往往为干井或油气仅在深部成藏,通过统计浅层成藏井与生烃中心距离发现,21 口在浅层成藏的井均分布于距生烃中心 25 km 之内的位置,其中仅 P6-6 构造距离大于 20 km,因此据生烃中心 15 ~ 20 km 的范围为浅层成藏有利区域;另一方面研究区浅层成藏井油气分布整体呈现出越靠近生排烃中心油气充满度越高的特征,例如惠州凹陷内距离生烃中心 5 km 左右的 X30-2 构造浅层韩江组油气充满度为 60.7%,距离 15 km 的 H25-4 构造仅为 19%,这一特征在番禺 4 洼以及惠州凹陷尤其明显(图 3)。

#### 3.2 源—断配置影响油气垂向输导路径

珠一坳陷烃源岩发育在深层,油气若想在浅层成藏,断裂作为输导体无疑起到了关键作用(Hooper, 1991; Aydin A, 2000; 魏福军等, 2007),在断层的垂向调节之下,油气得以向浅部充注聚集。研究发现,断裂带内部结构对油气向浅层运移具有重要影响。断裂按内部结构可分为滑动破碎带和诱导裂缝带,上盘的诱导裂缝带比下盘更加发育。滑动破碎带的孔渗性差,主要起到封堵作用;诱导裂缝

带孔渗性较好,主要起到输导作用(高君等,2007;陈伟等,2010;吴智平等,2010)。前人研究认为油气主要通过上盘诱导裂缝带输导,在下盘遮挡聚集成藏,从而建立“上盘疏导,下盘封堵”的成藏模式。但是通过对研究区实际油藏进行解剖发现,断裂上盘与下盘均可对油气起到输导作用,断裂带的不对称性使得上盘输导能力可能强于下盘,然而油气究竟沿哪一盘运移受到断层产状与油气运移方向的影响。根据断层产状与油气运移方向的匹配关系,可将油源断裂分为向源、背源与顺源三种类型(图4):“向源”是指油源断裂面向油源,其倾向与生烃中心相对,油气运移的方向与油源断裂走向垂直,从而使得油气自生烃中心排出后主要通过油源断裂上盘进行垂向运移;“背源”是指油源断裂背向油源,其倾向与生烃中心相反,油气运移的方向与油源断裂走向亦垂直,下盘诱导裂缝带是油气进行垂向运移的主要通道;“顺源”是指油气运移的方向与油源断裂走向相平行,使得断层上、下两盘的诱导裂缝带均可对油气起到输导作用。

**3.3 构造脊有利于油气进行横向长距离运移**  
珠一坳陷发育有大量的构造脊,包括继承型构

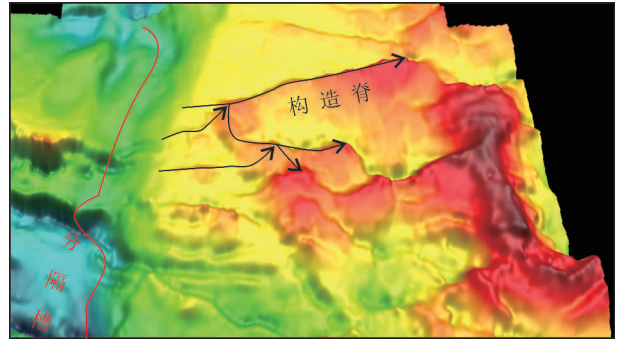


图5 珠江口盆地珠一拗陷番禺4注T50构造脊示意图  
Fig. 5 Schematic drawing for structure ridges of T50 in Panyu-4 sag, the Zhu-I Depression, Pearl River Mouth Basin

造脊、断裂下盘形成的断棱、断裂上盘不同段活动差异形成构造脊以及两条对倾断层侧向挤压形成背斜构造脊等多种类型,其高点处可以形成油气的富集。构造脊作为油气优势运移通道,有利于油气的横向长距离运移,使得距离生烃中心较远的圈闭也可成藏。如位于东沙隆起上的P11-5构造,由于距离烃源岩较远,继承型构造脊则为油气的长距离运移提供了保证,致使距离生烃中心较远的P11-5-1井也可在韩江组成藏(图5)。

**4 油气成藏模式**

**4.1 成藏模式划分**

上述分析表明,油气的输导作用对于浅层成藏无疑起到了重要影响。前人对于油气成藏模式的划分众多,当着眼于输导体系时,常将其划分为“一”字型、“Z”字型、“T”字型、阶梯状等多种类型,但无论是何种类型,均仅将断层看作一个二维的面而非三维地质体,与此同时也并未考虑到断裂产状与油气运移方向的匹配关系。本文以断裂带内部结构及“源—输”配置为前提,结合油气运聚成藏的动态过程,将珠一坳陷的油气成藏划分为向源型、背源型、顺源型以及远源型四种模式(图6),各个凹陷内不同位置的成藏模式差异明显。

**4.1.1 向源型**

向源型模式主要表现为油气运移方向与油源断裂走向垂直或者大角度相交,与倾向相反,油气主要通过断层上盘的诱导裂缝带从深层运移至浅层(图6(a)),当大角度相交时,下盘也起到一定的输导作用。由于上盘诱导裂缝带孔渗性较高,油气输导能力较强,此类油藏在浅层较易形成油气富集。珠一

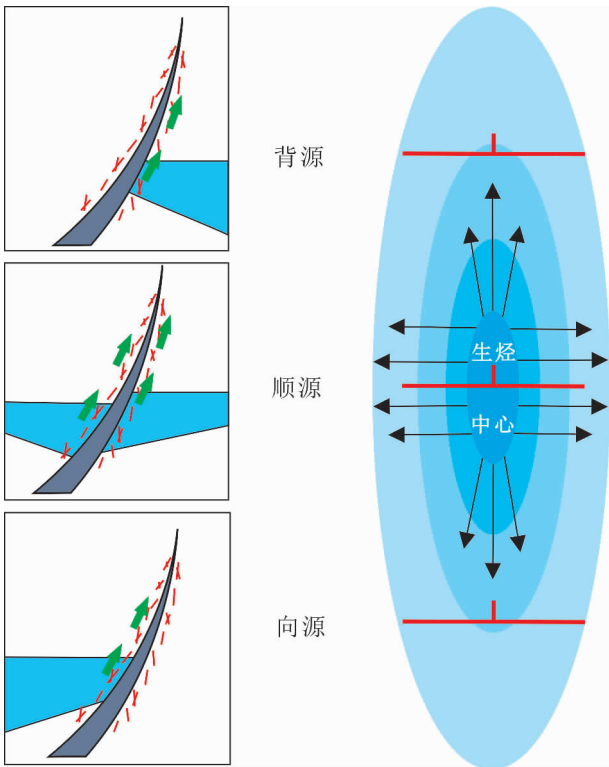


图4 断裂产状与油气运移方向的匹配关系  
Fig. 4 Matching relationship between fault occurrence and oil migration orientation



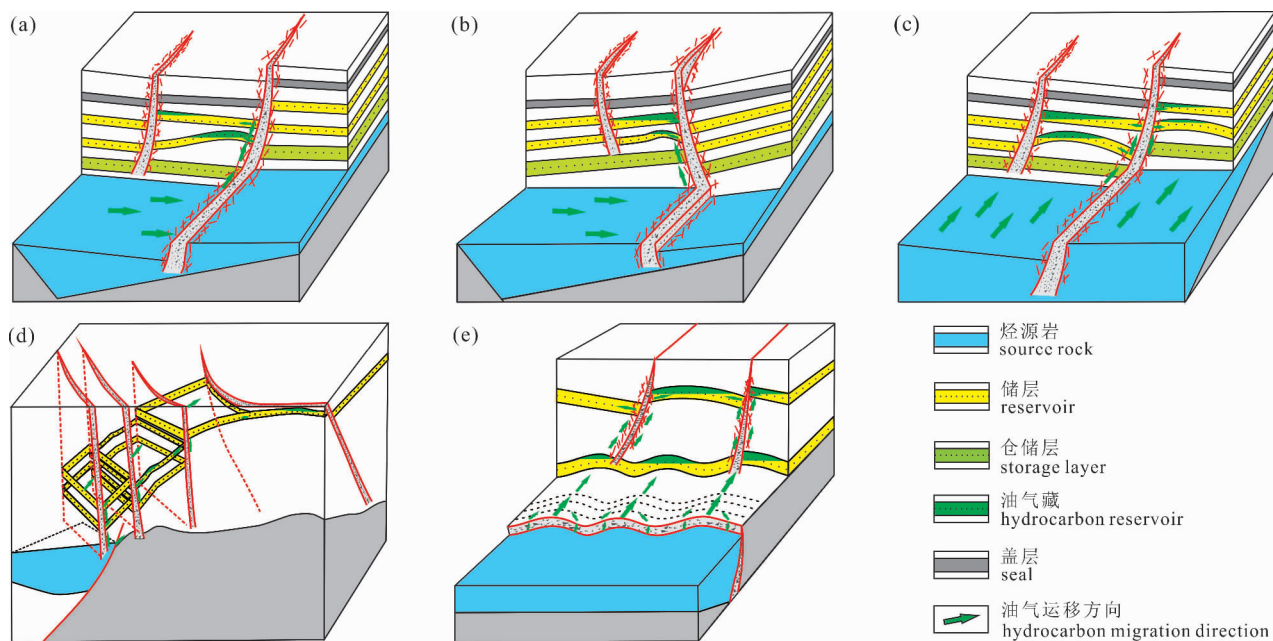


图 6 珠江口盆地珠一坳陷浅层油气成藏模式 (a) 向源型; (b) 背源型; (c) 顺源型; (d) 远源 I 型; (e) 远源 II 型

Fig. 6 Accumulation model of Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin, in the shallow formations: (a) forward-source type; (b) back-source type; (c) follow-source type; (d) far-source type I; (e) far-source type II

坳陷此种模式的油藏通过上盘输导,一方面可形成自圈,另一方面则通过砂体输导在另一断层下盘反向遮挡成藏。该模式主要发育在惠州凹陷,以 X30 构造带为例(图 7(a)),该构造带的油源来自于北部与之相邻的 XJ30 洼,其生排烃高峰期为万山期—第四纪,控洼断裂在此期间具有较强的活动性。控洼断裂作为油源断裂,走向与油气运移的方向基本垂直,生成油气沿断层上盘诱导裂缝带垂向运移至浅层并在上盘形成 X30-2 和 X30-3 两个背斜油气藏,而下盘油气仅存在于深部,浅层并未有油气显示,究其原因是在沿上盘诱导裂缝带输导的油气若想断层下盘成藏,则需要穿过断裂带,而此控洼断裂长期活动且断距大,滑动破碎带十分发育,致使油气较难穿越从而难以在浅层成藏。

#### 4.1.2 背源型

背源型模式在研究区分布较少,主要表现为油气运移方向与油源断裂走向垂直或者大角度相交,而倾向相同,油气主要沿断裂下盘诱导裂缝带运移至浅部成藏(图 6(b))。根据珠一坳陷浅层油气藏的实际分析,在此类模式中,油气于断层活动时自下盘诱导裂缝带进行垂向输导以及侧向分流,若下盘有背斜圈闭存在即可在此圈闭中形成背斜油气藏,而由于浅层地层较缓,油气也利于发生侧向分流而在

下盘形成断层油气藏。该模式主要发育在恩平凹陷,以 E24-2 构造为例(图 7(b)),该构造油气主要来自于 EP17 洼,其生排烃高峰期为韩江期,与油源断裂的强活动性匹配良好,油气主要通过下部不整合面及仓储层砂体上倾方向运移至隆起上,随后沿油源断裂下盘诱导裂缝带垂向输导,最终在浅部成藏。

#### 4.1.3 顺源型

顺源型模式在珠一坳陷发育较为广泛,油源断裂的走向与排烃方向平行或者小角度相交,断层的上盘与下盘诱导裂缝带均可成为有利的油气运移通道(图 6(c)),在番禺 4 洼、恩平凹陷以及惠州凹陷均有分布,是研究区最主要的成藏模式。由于断层两盘均可输导油气,则油气沿断裂运移至浅层的效率比较高,此类断裂两盘浅层均有利于成藏,可形成自圈与断圈成藏两种模式。P4-1 断裂垂直切割源岩,油气来源于 PY4 洼,同时沿断层两盘进行输导,在上盘形成 P4-2 断鼻油气藏下盘形成 P4-1 断块油气藏(图 7(c))。由于该地区的区域盖层厚度较薄,MFS16、MFS17 以及 MFS18.5 泥岩厚度皆不足 25 m,且该断层活动性较大,盖厚/断距还不足 0.1,所以油源断裂垂向输导能力较强,更有利于运移至浅层,其中 P4-2 构造浅层油气在韩江—珠江组均有

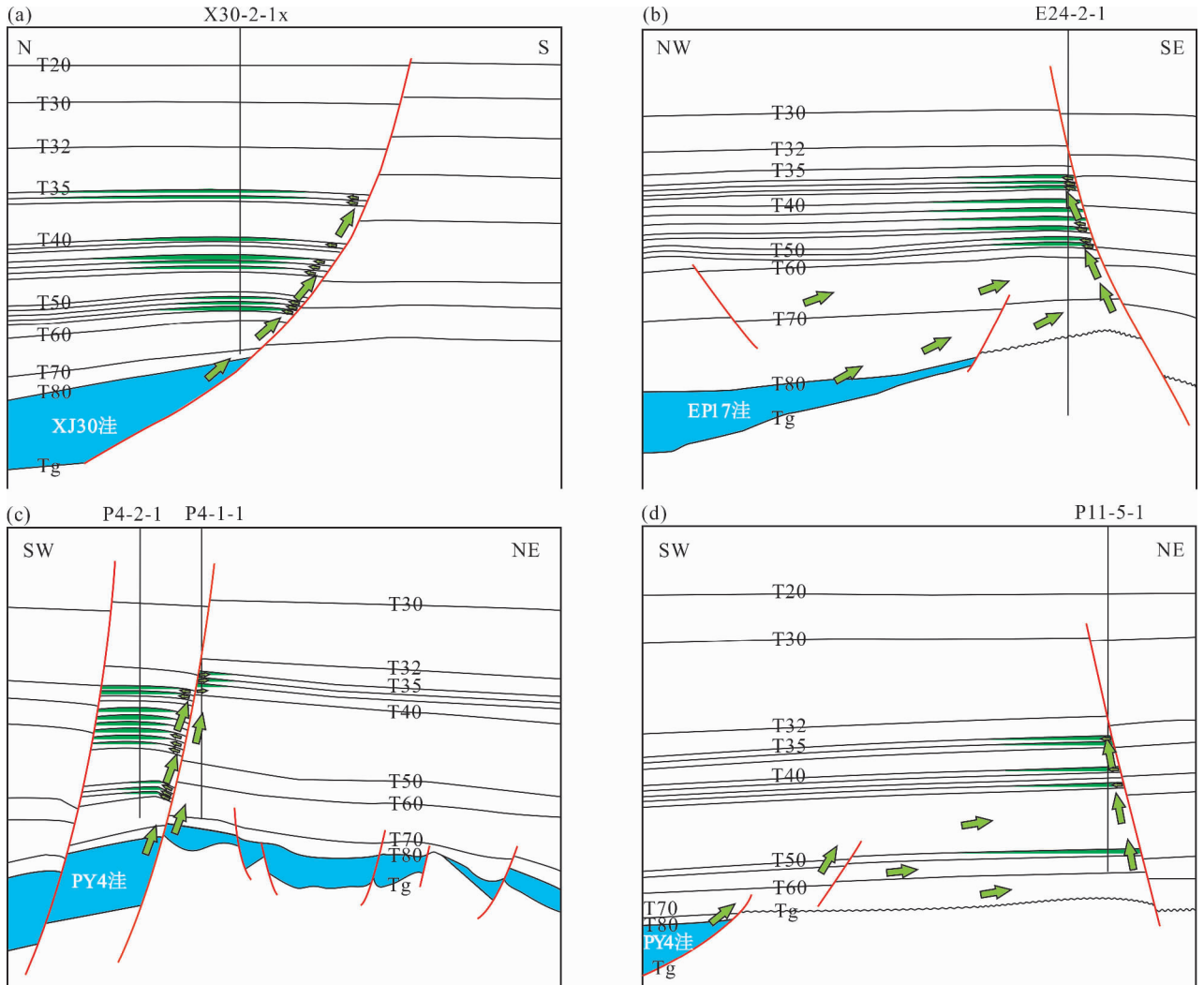


图 7 珠江口盆地珠一坳陷典型油藏剖面图(a) X30-2 油藏; (b) E24-2 油藏; (c) P4-1、P4-2 油藏; (d) P11-5 油藏  
 Fig. 7 Typical hydrocarbon reservoir sections of the Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin: (a) X30-2 hydrocarbon reservoir; (b) X24-2 hydrocarbon reservoir; (c) P4-1, P4-2 hydrocarbon reservoir; (d) P11-5 hydrocarbon reservoir

分布而 P4-1 构造油气仅存在韩江组,也证明上盘输导能力要强于下盘。

4.1.4 远源型

远源型模式区别于以上三种类型,油藏通常远离生烃中心,构造脊的存在使得油气自源岩产生后可以进行长距离运移。此种类型主要发育在番禺 4 洼,一方面油气可首先沿生烃洼陷内断层垂向输导,并通过雁列式多阶断块垂向调节至浅部,随后通过浅层断层与砂体形成的构造脊运移至高点处受到断层反向遮挡成藏(图 6(e)),如 P6-6 构造。在该种模式中由于东沙隆起之上雁列式排列的断裂为晚期活动断裂,活动性较弱且每条断层规模小,此类断裂滑动破碎带并不十分发育,断裂的内部结构较为简单,故油气可以穿过断层逐级向浅部运移,但由于距

离生烃中心较远油气可能并不十分充足,且运移聚集较长易造成油气逸散,穿过多条断裂对于油气起到一定阻挡作用,使得该类油藏规模较小。另一方面,油气可优先沿不整合面从生烃洼陷运移至东沙隆起上的珠海组与珠江组仓储层,随后通过砂体及构造脊侧向运移,若在运移过程中遇到活动性较大的断裂,则此断裂可作为油源断裂将深部仓储层的油气运至浅层成藏(图 6(d)),如 P11-5 构造(图 7(d))。本文通过研究发现,番禺 4 洼尤其东沙隆起之上存在丰富的断面脊以及继承型构造脊,且砂体含量较高,为油气的运移提供保障,由于构造脊规模较大且延伸较远,其高点处有待进一步勘探。

4.2 成藏模式分布特征

珠一坳陷浅层成藏模式具有明显区域性特征,

不仅在各个凹陷内所表现的模式并不相同,并且在同一个凹陷的不同方向亦存在差异。其中顺源型是研究区最主要的成藏模式,在各个凹陷内均有分布,包括恩平凹陷南部隆起带西部、番禺4注中部以及惠州凹陷北部,而背源型主要分布在恩平凹陷南部隆起带的东部,向源型主要分布在惠州凹陷南部,远源型主要分布在番禺4注中部分隔槽的东西两侧。总体表现为恩平凹陷“西顺—东背”、惠州凹陷“北顺—南向”、番禺4注“中顺—东西远源”的特点。

## 5 结论

(1)珠一坳陷深部油源条件丰富,浅层储盖组合良好,构造油气藏尤其断层油气藏是研究区最主要的油气藏类型,洼陷带和隆起区均可形成油气的富集。

(2)浅层油气藏主要围绕生排烃中心展布,据生烃中心15~20 km的范围为浅层成藏有利区域;断层的上盘与下盘均可作为油气运移的通道,油气的垂向运移路径受到断层产状与油气运移方向的配置的影响,进而将研究区油源断裂分为“向源”、“背源”与“顺源”三种类型;构造脊控制油气横向远距离运移,其作为良好通道使得距离生烃中心较远的井也可在浅部成藏。

(3)基于现有勘探以及研究成果,根据断裂的内部结构以及“源—输”匹配关系,珠一坳陷浅层成藏分为“向源型”、“背源型”、“顺源型”以及“远源型”四种成藏模式。其中向源型与背源型分别以油源断裂的上盘和下盘与生烃中心相对为特征,向源型模式主要存在于惠州凹陷南部,油气主要沿油源断裂上盘诱导裂缝带运移,而背源型主要存在于恩平凹陷东部,下盘诱导裂缝带是主要的垂向运移通道;顺源型模式是研究区最主要的模式,在全区均有分布,油源断裂的走向与排烃方向平行或者小角度相交,断层上、下两盘的诱导裂缝带均可输导油气;远源型模式距离生烃中心较远,主要存在于番禺4注分隔槽的东西两侧,构造脊通常对于油气横向运移起到关键作用。

## 参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

陈伟,吴智平,侯峰,孔非.2010.断裂带内部结构特征及其与油气运聚关系.石油学报,31(5):774~780.  
陈雪芳,李洪博,高鹏,杨梦雄,杨亚娟,罗梅.2012.珠一坳陷浅层新

领域油气勘探潜力条件分析.石油天然气学报,34(4):52~56.  
代一丁,余秋华,李洪博,王卓越,白静,彭辉群.2015.珠江口盆地珠一坳陷烃源灶控藏临界条件与控藏特征.石油学报,36(S2):145~155.  
高君,吕延防,田庆丰.2007.断裂带内部结构与油气运移及封闭.东北石油大学学报,31(2):4~7.  
龚晓峰,何家雄,莫涛,陈胜红,张景茹,张伟,李晓唐.2015.珠江口盆地珠一坳陷惠陆油区含油气系统与油气运聚成藏模式.天然气地球科学,26(12):2292~2303.  
郭伯举,谢家声,向凤典.2010.珠江口盆地珠一坳陷含油气系统研究.中国海上油气:地质,14(1):1~8.  
郭刚,邓运华,吴景富,吴克强,赵志刚,于开平,丁亮.2014.珠一坳陷北部洼陷带古近系潜在富生烃洼陷评价.中国海上油气,26(1):17~23.  
何家雄,夏斌,王志欣,刘宝明,孙东山.2006.南海北部边缘盆地西区油气运聚成藏规律与勘探领域及剖析.石油学报,27(4):12~18.  
胡朝元.1982.生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论.石油学报,3(2):9~13.  
胡朝元.2005.“源控论”适用范围量化分析.天然气工业,25(10):1~3.  
姜航,庞雄奇,施和生,朱俊章,白静,施洋,高阳.2014.基于毛细管力的有效储层物性下限判别.地质论评,60(4):869~876.  
施和生,代一丁,刘丽华,姜航,李洪博,白静.2015.珠江口盆地珠一坳陷油气藏地质特征与分布发育基本模式.石油学报,36(S2):120~133.  
舒誉,施和生,杜家元,雷永昌,张向涛.2014.珠一坳陷古近系油气成藏特征及勘探方向.中国海上油气,26(3):37~42.  
魏福军,高志前,樊太亮,李尧,曾清波.2007.塔里木盆地塔中地区输导体系及成藏效应.石油与天然气地质,28(2):266~273.  
吴智平,陈伟,薛雁,宋国奇,刘惠民.2010.断裂带的结构特征及其对油气的输导和封堵性.地质学报,2010,84(4):570~578.  
杨波,张昌民,李少华,杜家元,秦成岗,张忠涛,朱锐,余焯.2014.珠江口盆地大型丘状地质体地震相分析及地质解释.石油学报,35(1):37~49.  
张昌民,张尚锋,朱锐,杜家元.2012.珠江口盆地砂岩侵入体的识别特征及其石油地质意义.石油学报,33(2):188~194.  
张洋.2011.惠州凹陷古近系油气成藏特征及主控因素.导师:叶加仁.武汉:中国地质大学(武汉)硕士学位论文:1~78.  
赵文智,邹才能,汪泽成,李建忠,李明,牛嘉玉.2004.富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义.石油勘探与开发,31(2):5~13.  
朱俊章,施和生,龙祖烈,杜家元,舒誉,施洋.2015.珠一坳陷半地堑成藏系统成藏模式与油气分布格局.中国石油勘探,20(1):24~37.  
朱伟林.2007.南海北部大陆边缘盆地天然气地质.北京:石油工业出版社,5~9.  
Aydin A. 2000. Fractures, faults and hydrocarbon entrapment, migration and flow. Marine and Petroleum Geology, 17(7):797~814.  
Chen Wei, Wu Zhiping, Hou Feng, Kong Fei. 2010. Internal structures of fault zones and their relationship with hydrocarbon migration and accumulation. Acta Petrolei Sinica, 31(5):774~780.  
Chen Xuefang, Li Hongbo, Gao Peng, Yang Mengxiong, Yang Yajuan, Luo Mei. 2012. Analysis of shallow hydrocarbon exploration potential in the new region of Zhu-1 depression. Journal of Oil and Gas Technology, 34(4):52~56.  
Dai Yiding, Yu Qiuhua, Li Hongbo, Wang Zhuochao, Bai Jing, Peng Huijie. 2015. Threshold conditions and reservoir-controlling

- characteristics of source kitchen in Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin. *Acta Petrolei Sinica*,36(S2):145~155.
- Gao Jun, Lu Yanfang, Tian Qingfeng. 2007&. Analysis of hydrocarbon migration through the fault based on the interior structure of fault zone. *Journal of Daqing Petroleum Institute*,31(2):4~7.
- Gong Xiaofeng, He Jiaxiong, Mo Tao, Chen Shenghong, Zhang Jingru, Zhang Wei, Li Xiaotang. 2015&. The petroleum system and hydrocarbon migration and accumulation mode of Huilu oil region in Zhu 1 depression of Pearl River Mouth Basin. *Natural Gas Geoscience*,26(12):2292~2303.
- Guo Boju, Xie Jiasheng, Xiang Fengdian. 2000&. The study of the petroleum system in the Zhu-I depression in Pearl River Mouth Basin. *China Offshore Oil and Gas(Geology)*,14(1):1~8.
- Guo Gang, Deng Yunhua, Wu Jingfu, Wu Keqiang, Zhao Zhigang, Yu Kaiping, Ding Liang. 2014&. Evaluation of latent Paleogene hydrocarbon-rich sags in the northern sag belt, Zhu 1 depression, Pearl River Mouth Basin. *China Offshore Oil and Gas*,26(1):17~23.
- He Jiaxiong, Xia Bin, Wang Zhixin, Liu Baoming, Sun Dongshan. 2006&. Hydrocarbon accumulation and exploratory orientation in the western marginal basin of the northern South China Sea. *Acta Petrolei Sinica*,27(4):12~18.
- Hooper E C D. 1991. Fluid migration along growth faults in compacting sediments. *Journal of Petroleum Geology*,14(2):161~180.
- Hu Chaoyuan. 1982&. Source bed controls hydrocarbon habitat in continental basin, East China. *Acta Petrolei Sinica*,3(2):9~13.
- Hu Chaoyuan. 2005&. Research on the appliance extent of "Source Control Theory" by semi-quantitative statistics characteristics of oil and gas migration distance. *Natural Gas Industry*,25(10):1~3.
- Jiang Hang, Pang Xiongqi, Shi Hesheng, Zhu Junzhang, Bai Jing, Shi Yang, Gao Yang. 2014&. Physical threshold of effective reservoir evaluation based on capillary pressure. *Geological Review*,60(4):869~876.
- Shi Hesheng, Dai Yiding, Liu Lihua, Jiang Hang, Bai Jing, Li Hongbo. 2015&. Geological characteristics and distribution model of oil and gas reservoirs in Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin. *Acta Petrolei Sinica*,36(S2):120~133.
- Shu Yu, Shi Hesheng, Du Jiayuan, Lei Yongchang, Zhang Xiangtao. 2014&. Paleogene characteristics in hydrocarbon accumulation and exploration direction in Zhu-I depression China Offshore. *Oil and Gas*,26(3):37~42.
- Wei Fujun, Gao Zhiqian, Fan Tailiang, Li Yao, Zeng Qingbo. 2007&. Carrier system and its effects on the hydrocarbon pooling in Tazhong area, Tarim Basin. *Oil&Gas Geology*,28(2):266~273.
- Wu Zhiping, Chen Wei, Xue Yan, Song Guoqi, Liu Huimin. 2010&. Structural characteristics of faulting zone and its ability in transporting and sealing oil and gas. *Acta Geologica Sinica*,84(4):570~578.
- Yang Bo, Zhang Changmin, Li Shaohua, Du Jiayuan, Qin Chenggang, Zhang Zhongtao, Zhu Rui, Yu Ye. 2014&. Seismic facies analysis and geological interpretation of large-scale mounds in Pearl River Mouth Basin. *Acta Petrolei Sinica*,35(1):37~49.
- Zhang Changmin, Zhang Shangfeng, Zhu Rui, Du Jiayuan. 2012&. Recognition criteria for sand injectites in the Zhujiangkou Basin and their significance in petroleum geology. *Acta Petrolei Sinica*,33(2):188~194.
- Zhang Yang. 2011&. Characteristics and main controlling factors of hydrocarbon accumulation in the Eocene of Huizhou depression. Tutor:Ye Jiaren. Wuhan:China University of Geosciences:1~78.
- Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Wang Zecheng, Li Jianzhong, Li Ming, Niu Jiayu. 2004&. The intension and signification of "sag-wide oil-bearing theory" in the hydrocarbon-rich depression with terrestrial origin. *Petroleum Exploration and Development*,31(2):5~13.
- Zhu Junzhang, Shi Hesheng, Long Zulie, Du Jiayuan, Shu Yu, Shi Yang. 2015&. Accumulation pattern and hydrocarbon distribution of half-graben accumulation system in Zhu-I depression. *China Petroleum Exploration*,20(1):24~37.
- Zhu Weilin. 2007. The gas geology of northern margin of South China Sea. Beijing:Petroleum Industry Press:5~9.

## Hydrocarbon Accumulation Models in the Shallow Formations of Zhu-I Depression, Pearl River Mouth Basin

HAO Xin<sup>1)</sup>, WU Zhiping<sup>1,2)</sup>, YAN Shiyong<sup>1)</sup>, XIE Fei<sup>3)</sup>, HU Yang<sup>4)</sup>, LIU Lihua<sup>5)</sup>, HE Min<sup>5)</sup>

1) School of Geosciences, China University of Petroleum(East China), Qingdao, Shandong, 266580;

2) Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, Shandong, 266235;

3) Shandong Kerui Group Oil Service Engineering Institute, Dongying, Shandong, 257100;

4) Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257000;

5) Shenzhen Branch, CNOOC China Ltd., Guangzhou, 510240

**Abstract:** The Zhu-I depression is an important region in the Pearl River Mouth Basin whose exploration prospect is good. Recently, the important areas for oil—gas exploration in the Zhu-I depression focus on the Neogene Hanjiang Formation and Yuehai Formation while the shallow formations are in a weak zone, which severely limits the exploration progress in shallow formations. Based on researches of formers, this paper integrates the seismic, well logging and oilfield production data to study the factors and models of hydrocarbon accumulation in the shallow formations of Zhu-I depression which can provide guide and suggestion on oil and gas prospecting of similar reservoirs. The result shows that, firstly, shallow reservoirs in the Zhu-I depression mainly circle around the



hydrocarbon generation center while favorable area of hydrocarbon accumulation is less than 15 ~ 20 km. At the same time, fullness is higher when reservoir is closer to hydrocarbon generation center especially in PY-4 subsag and Huizhou sag. Secondly, matching relationship between fault occurrence and oil migration orientation controls oil and gas migrating to the shallow formations which can be regarded as an index to divide oil source faults into three types. “Forward-source” fault is characterized by facing oil source, “forward-source” fault is backing it, while “forward-source” fault is distinguished from them by that the trend of fault is parallel or intersected with direction of hydrocarbon expulsion at small angles. Thirdly, structure ridges control far-distance lateral migration so the traps far from hydrocarbon generation center can accumulate hydrocarbons too. Taking internal structure of fault zone and “source—transportation” configuration into consideration, the hydrocarbon accumulation models of the Zhu-I depression can be divided into four types including “forward-source” type, “back-source” type, “follow-source” type and “far-source” type. And the distinctions between different positions are clear. Oil and gas transports along hanging wall in “forward-source” type, which mainly exists in the Huizhou sag and the anticline reservoir or fault reservoir can be found in hanging wall. The induced fracture zone in the footwall of fault is main migration pathway in “back-source” type. This type mainly exists in the Enping sag and then divide into anticline reservoir and fault reservoir, too. “Follow-source” type exists in the PY-4 subsag, Enping sag and the Huizhou sag. The induced fracture zone both in hanging wall and footwall of fault is effective migration pathway. However, the transporting ability of hanging wall is better than footwall. At the same time, the distance between reservoir and hydrocarbon generation center is relatively far at “far-source type” in which structure ridges play a key role in lateral migration of oil and gas. The differences between sags and between regions in the same sag are apparent. “Follow-source” type is the uppermost model in the study area.

**Keywords:** Shallow reservoir formation; “source—transportation” configuration; Zhu-I depression, Pearl River Mouth Basin

**Acknowledgements:** The study was supported by the Important Scientific and Technological Break of CNOOC China Ltd. (No. YXKY-2012-SZ-01).

**First author:** HAO Xin, female, born in 1992, is a postgraduate student in China University of Petroleum, mainly engaged in oil and gas geology and exploration. Email: haoxin\_doris@163.com

**Corresponding author:** YAN Shiyong, male, born in 1979, lecturer. Engaged in research on palaeontologic stratigraphy and structural geology. Email: lyysy\_79@163.com

Manuscript received on: 2016-06-01; Accepted on: 2016-08-11; Edited by: LIU Zhiqiang.

**Doi:** 10.16509/j.georeview.2017.01.010

## 中国地质学会被评为 2016 年度全国学会科普工作优秀单位

近日,中国科协下发了《中国科协科普部关于公布 2016 年度全国学会科普工作考核结果的通知》。经评审,中国地质学会被评为“2016 年度全国学会科普工作优秀单位”。我会已连续多年荣获此殊荣。

2017 年中国地质学会将继续认真学习贯彻落实党的十八大和十八届三中、四中、五中全会精神和习近平总书记系列重要讲话精神,深入落实全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会和全民科学素质行动实施工作电视电话会议的有关部署,充分发挥全国学会的组织优势和人才优势,有效动员社会力量和资源,动员更多科

技工作者,围绕公众关切的社会热点开展科普,推进科普信息化,丰富科普内容、创新表达形式、拓展信息渠道,不断提高科普的实效性和覆盖面,为提高公民科学素质做出新的更大的贡献。

据:(<http://www.geosociety.org.cn/?category=bmV3cw=&catiegodry=NjU3MA>)  
**Geological Society of China: Geological Society of China Awarded 2016's Outstanding National Society in Scientific Popularization**