

文章编号:1009-2722(2011)12-0018-09

# 北极阿拉斯加北坡盆地地质构造特征 与油气资源潜力

姚永坚<sup>1</sup>, 李学杰<sup>1</sup>, 杨楚鹏<sup>1</sup>, 韩冰<sup>1</sup>, 殷征欣<sup>2</sup>, 徐巧越<sup>2</sup>

(1 广州海洋地质调查局, 广州 510760; 2 中山大学, 广州 510006)

**摘要:**阿拉斯加北坡盆地位于北极圈北部一个古、中、新生代叠合盆地,主要发育石炭系以来海相—非海相碎屑岩、海相碳酸盐岩。盆地的主体构造呈 NWW—NW 向和近 EW 向,经历了前中泥盆世埃尔斯米尔造山、晚泥盆世—中侏罗世被动边缘、中侏罗世—早白垩世裂谷以及晚期的布鲁克斯造山和前陆 4 个构造演化阶段。盆地主要发育生油为主的三叠系和侏罗—白垩系页岩、生气为主的盆地相页岩 2 套烃源岩,以二叠系—下三叠统非海相和三角洲相碎屑岩、下三叠统和下白垩统浅海相砂岩、石炭系台地相碳酸盐岩和密西西比阶埃迪克特群非海相砂岩为盆地主要储层。其盖层分布广泛且封盖条件良好,以构造和构造—地层复合圈闭为主。盆地大部分石油产自埃尔斯米尔储层,石油和天然气待发现资源量大,主要位于盆地北部,其中楚科奇海岸和布鲁克斯山前的构造发育带以及北部深水地层圈闭是未来油气有利勘探区域。

**关键词:**北极;阿拉斯加北坡盆地;地质构造;油气资源

中图分类号:P618.2 文献标识码:A

## 1 概况

阿拉斯加北坡盆地位于北极圈北部, ( $69^{\circ}\sim 72^{\circ}\text{N}$ ), 跨越整个阿拉斯加北部, 从美加边界至美俄边界, 东西长 1 100 km, 在布鲁克斯山脉之陆架边缘, 南北宽 100~600 km, 面积约 32 万  $\text{km}^2$  (图 1)。盆地北部延伸至海域, 东部波弗特海陆架相对较窄(100 km)<sup>[1]</sup>, 西部楚科奇海陆架较宽(600 km)<sup>[2]</sup>, 南部以布鲁克斯山脉—Herald 穹隆造山带为界, 北部为加拿大海盆的被动大陆边缘。

阿拉斯加北坡盆地是一个古、中、新生代叠合

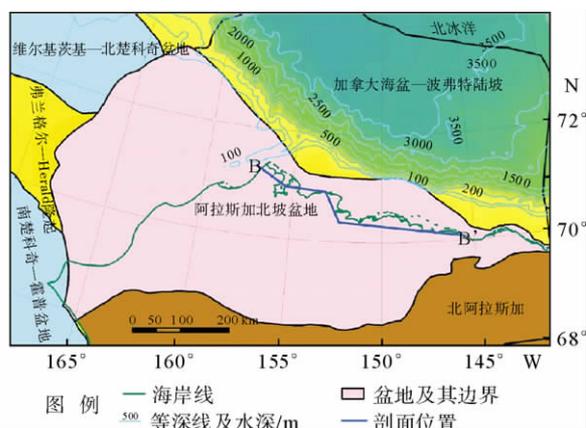


图 1 阿拉斯加北坡盆地位置

Fig. 1 Location of the Alaska North Slope Basin

收稿日期:2011-10-08

基金项目:国家专项“全球油气地质综合研究与区域优选”(GT-YQ-QQ-2008)

作者简介:姚永坚(1964—),女,博士,教授级高工,主要从事石油地质和海洋地质研究工作。E-mail: yjyao64@yahoo.com.cn

盆地,已证实其油气资源丰富,美国最大的油田—普鲁德霍湾(Prudhoe)油田位于该盆地北部陆坡布鲁克斯层序内。同时美国在该盆地还发现一系

列大中型油气田,如恩迪科特、Liberty-Turn、Lisburne-Pool、Ivishak、Northstar、Shublik、Sag 河和 Barrow 等,以及一批中小型油田,如 Alpine、Thomson、Walakpa、Umiat、Gubik、Fish Creek、Simpson、Western Sack、Badami 等<sup>[3]</sup>。至 2005 年 6 月,盆地已钻探井 480 口,主要工作集中在陆地,海域的油气勘探仍处于早期勘探阶段,水深不超过 150 m,目前盆地整体勘探程度仍然低。

笔者通过大量收集国内外阿拉斯加北坡盆地的钻井、地质、地球物理和地球化学等资料,综合分析其地质构造特征和石油地质条件,初步总结盆地油气分布规律和资源潜力,为我国

今后介入和开展北极地区油气资源调查提供勘探方向。

## 2 地质构造特征

### 2.1 地层

地震和钻井资料揭示,阿拉斯加北坡盆地发育 4 套层序,由下往上分别为富兰克林(Franklinian)层序、埃尔斯米尔(Ellesmerian)层序、波弗特(Beaufortian)层序和布鲁克斯(Brookian)层序(图 2、图 3),其中埃尔斯米尔、波弗特和布鲁克

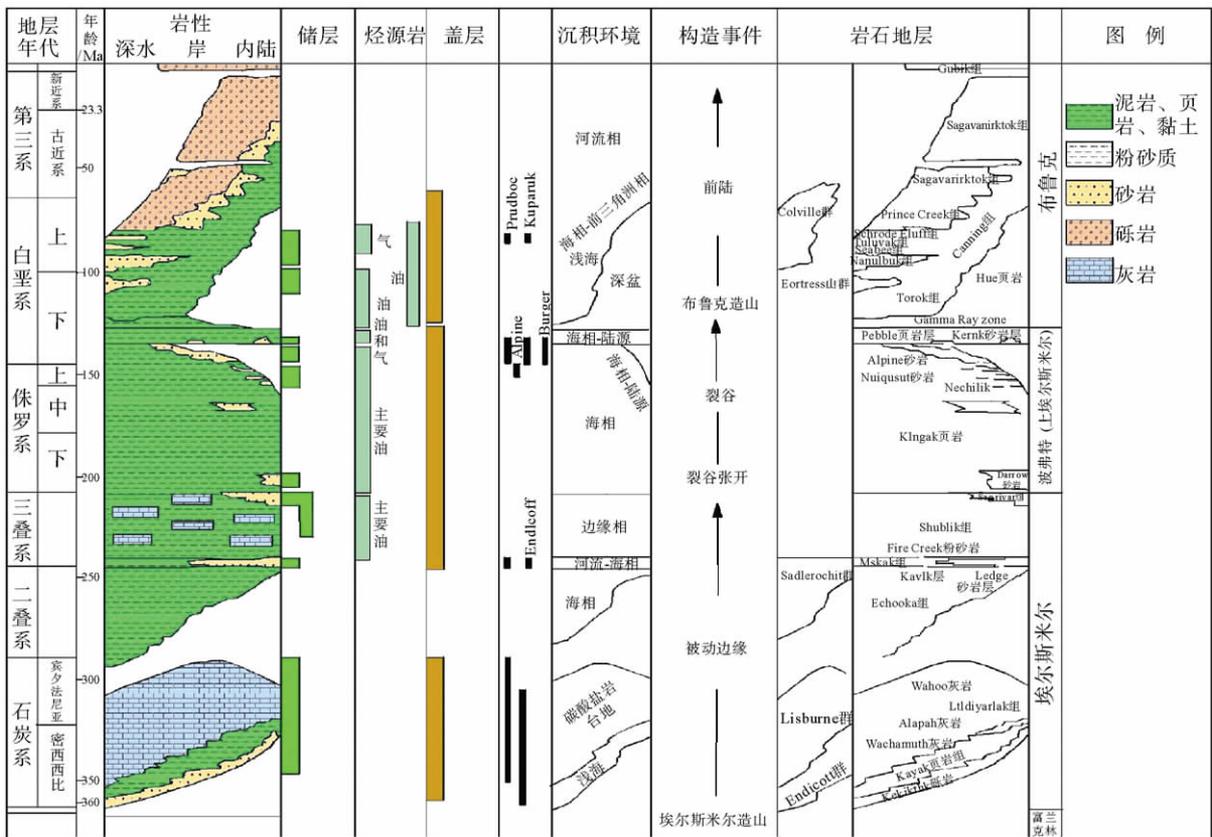


图 2 阿拉斯加北坡盆地地层柱状图

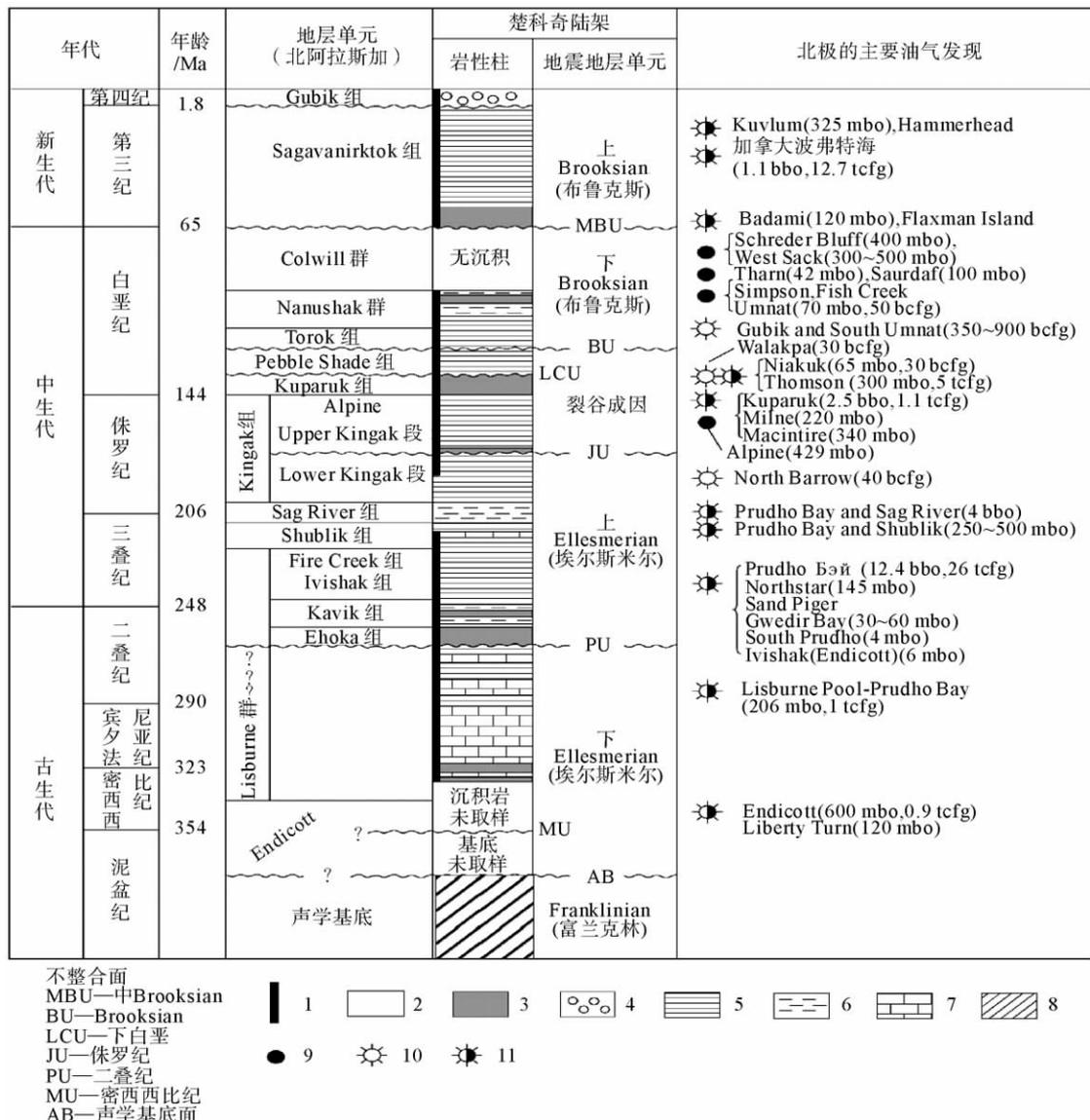
Fig. 2 Stratigraphic column of the Alaska North Slope Basin

斯层序是该盆地的沉积盖层。

#### 2.1.1 富兰克林层序(前寒武系—中泥盆统)

富兰克林层序是前密西西比纪形成的一个稳定的陆块,构成阿拉斯加北坡盆地的基底。它由元古代/寒武纪—泥盆纪的裂缝碳酸盐岩、泥质

岩、石英砂岩、火山岩和花岗岩组成,经历变形、抬升和剥蚀作用<sup>[4]</sup>。其北部的北极台地,最下部为中至高变形成的岩石,且北部和西北部常见火山岩和深海复理石,南部和东部为陆架沉积,主要为碳酸盐岩<sup>[5,6]</sup>。



1 钻孔揭示取心的单元;2 Hanna 槽的沉积充填期;3 砂岩;4 砾岩;5 页岩;6 泥岩;

7 灰岩;8 变质岩和岩浆岩;9 油田(藏);10 气田(藏);11 油田和气田(藏)

1 Units recovered by drilling;2 sedimentary filling of the Hanna Trough;3 sandstone;4 conglomerate;5 shale;

6 clay;7 limestone;8 metamorphic and magmatic rocks;9 oil fields;10 gas fields;11 oil and gas fields

图3 美国楚科奇陆架地层柱状图(据文献[3])

Fig.3 Stratigraphic column of the Chukchi shelf of the United States (from reference [3])

2.1.2 埃尔斯米尔层序(下密西西比—中侏罗统)

埃尔斯米尔层序为陆架被动大陆边缘,属过渡相、浅海相沉积环境,主要由一套下密西西比—中侏罗统海相碳酸盐和浅海—非海相碎屑岩构成<sup>[7]</sup>,岩性为页岩、砂岩和石灰岩,地层最大厚度1500 m,为烃源岩和储层主要发育层位。该层序向北呈楔形体展布延入波弗特和楚科奇北部陆

架<sup>[8]</sup>(图4),地层尖灭或遭受侵蚀,南部厚约2 km<sup>[9]</sup>。以区域性的二叠纪不整合(简称PU)为界分为上下2个层序<sup>[10]</sup>,下埃尔斯米尔层序包括埃迪克特(Edicotte)群和里斯本(Lisburne)群;上埃尔斯米尔层序包括萨德罗奇特(Sadlerochit)群、舒布里克(Shublik)组、Sag River组、金扎克(Kingak)组和库帕鲁克(Kuparuk)砂岩组。与下

伏富兰克林层序为不整合接触。

### 2.1.3 波弗特(Beaufortian)层序(中侏罗统一下白垩统)

波弗特层序为同裂谷期沉积,由中侏罗统一下白垩统金扎克组和下白垩统 Pebble 组页岩、粉砂岩、砂岩组成,以泥质为主(图 2),主要分布于现在海岸线以北地区,即巴罗穹窿、枢纽线和科尔维尔(Colville)次盆中,沉积物充填在由正断层控制地堑、半地堑中,最大沉积厚度超过 3 km,但厚度变化大<sup>[11]</sup>,也是烃源岩和储层发育的主要层位之一。

### 2.1.4 布鲁克斯层序(下白垩统一第三系)

布鲁克斯层序时代没有准确界定,通常认为从

阿普特或阿尔比阶到第四系,大量沉积物来源于布鲁克斯山脉,充填于科尔维尔前陆盆地,形成被动大陆边缘,现在为北阿拉斯加大陆阶地。该层序可进一步划分为下布鲁克斯层序(中上白垩统)和上布鲁克斯层序(上白垩统一第四系),为一套复杂的硅质碎屑组合,包括陆相、过渡相、海相砂岩和泥岩,有远端的海相凝缩泥岩(Hue 页岩)、水体较深的盆地相和外陆架泥岩浊积砂岩(托洛克(Torok)组、Seabee 组和坎宁(Canning)组),以及浅海至含煤非海相砂岩、泥岩和砾岩(Nanushuk 组、Tuluvak 组、Prince Creek 组、Schrader Bluff 组和萨格瓦尼托克(Sagavanirktok)组),厚 13 km,与下伏埃尔斯米尔层序不整合接触(图 4)。

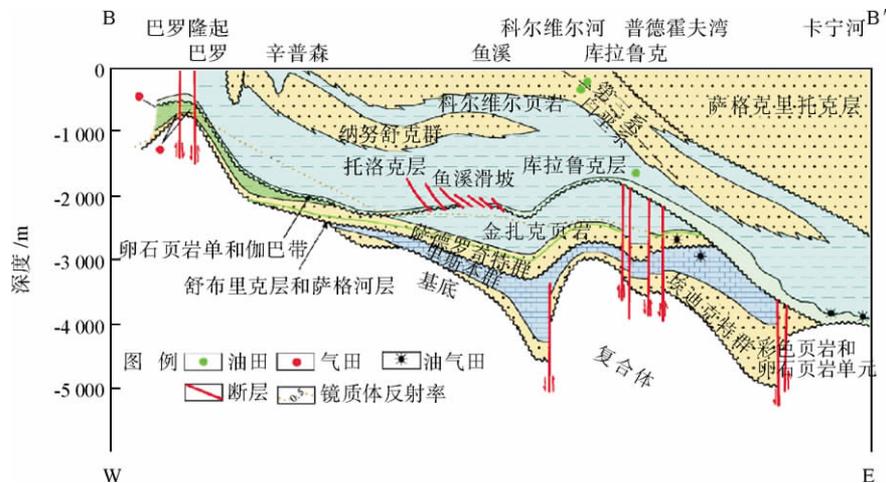


图 4 阿拉斯加北部斜坡 BB' 区域地质剖面(位置见图 1)

Fig. 4 Sketch showing BB' geological profile of the Alaska North Slope Basin (the line position shown in Fig. 1)

## 2.2 构造特征

在区域构造上,阿拉斯加北坡盆地西侧以断层与北楚科奇盆地为邻;北界为宽缓的断层枢纽带,代表了早期裂谷发育地区;南部为布鲁克斯山脉,是落基山脉构造上的延续。盆地的主体部位为 NWW—NW 向和近 EW 向的逆冲断层和背斜构造,在东部转向 NEE—NE 向(图 5)。

西部以 NNE 向和近 NS 向正断层为主,西北侧局部发育 NW 向正断层,但向斜构造的走向与断层方向相反,呈 NW—NNW 向展布。东北部正断层和向斜构造呈 NEE—NE 走向。盆地可进一步划分 7 个负向和 2 个正向共 9 个二级构造单元(图 6)。其中,米迪(Meade)、乌米亚特(Umi-

at)和伊克皮克普克(Ikpikpuk)次盆均位于陆上,面积较小,形成于石炭纪。科尔维尔次盆是盆地中面积最大的二级构造单元,向西包括汉纳地堑的南部,早白垩纪后为前陆盆地。东北楚科奇次盆处于北楚科奇高地和巴罗断层带之间的深海盆。迪库姆地堑位于扭扭带南部侏罗纪和尼欧克姆时期的消亡裂谷盆地。北楚科奇高地位于盆地的西北部,与巴罗穹窿相接,可能是巴隆穹窿向西延伸。北部斜坡褶皱带位于布鲁克斯山脉北部,受布鲁克斯山脉构造作用的影响,其地层已褶皱变形。该盆地经历 4 个明显的构造演化阶段:前中泥盆世埃尔斯米尔造山阶段、晚泥盆世—中侏罗世被动边缘阶段、中侏罗世—早白垩世裂谷阶段以及晚期的布鲁克斯造山和前陆阶段(图 7)。

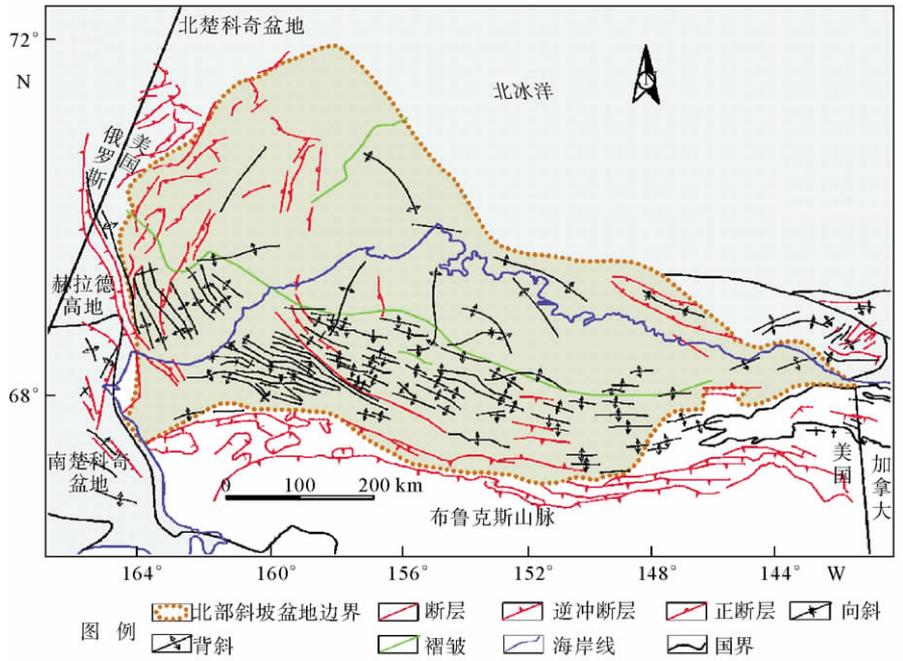


图5 阿拉斯加北坡盆地构造纲要

Fig.5 Sketch showing structures of the Alaska North Slope Basin

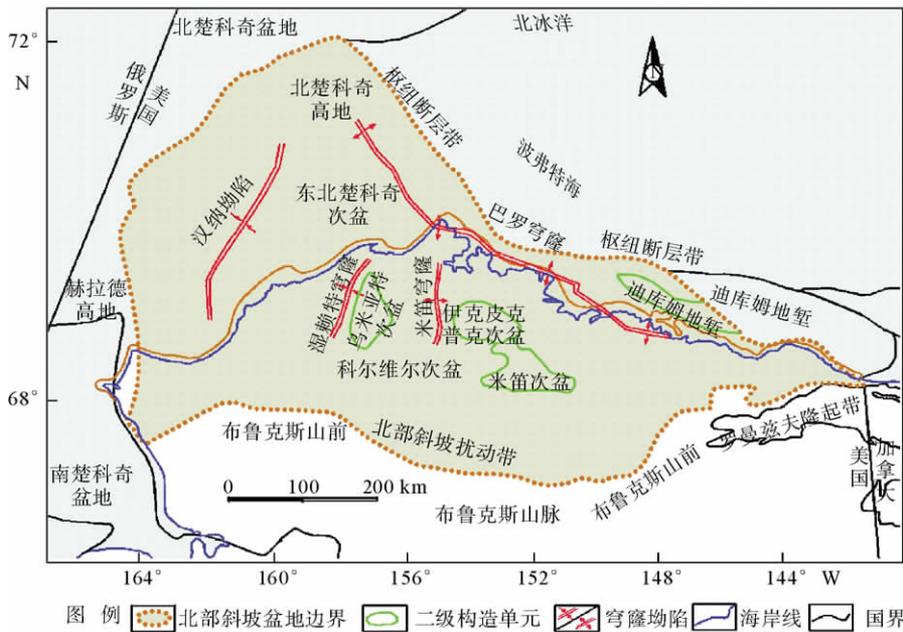


图6 阿拉斯加北坡海盆地主要构造单元

Fig.6 Sketch showing structure units of the Alaska North Slope Basin

2.2.1 埃尔斯米尔造山阶段(前中泥盆世)

埃尔斯米尔造山运动主要影响埃尔斯米尔不整合之下地层,即富兰克林层序。北极台地是北部斜坡地区最古老的区域地质单元之一,由中泥盆统和更古老的变质岩组成,在阿拉斯加北部地

区变形程度高,形成了盆地的基底。

2.2.2 被动边缘阶段(晚泥盆世—中侏罗世)

晚古生代至早中生代,盆地处于被动大陆边缘,在伸展和断层作用下,先沉积埃迪克特群非海相碎屑岩,随后沉积里斯本群含碳酸盐岩的浅海

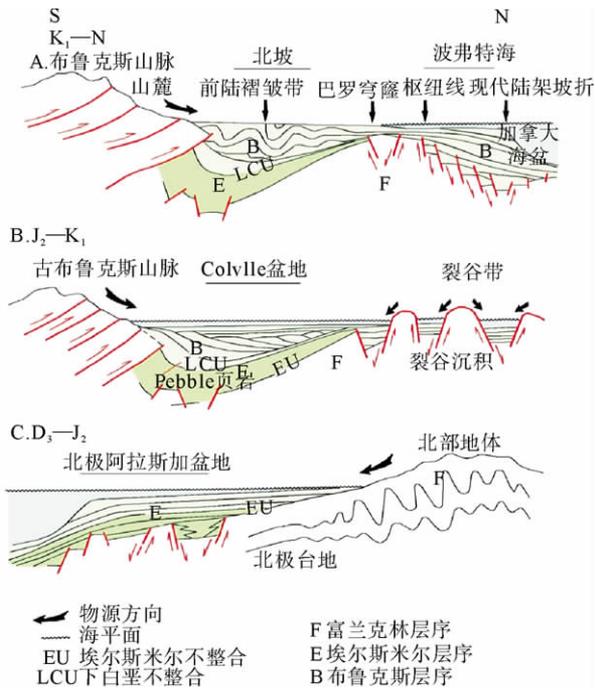


图 7 阿拉斯加北部斜坡海盆地构造演化示意图

(据文献[7]修改)

Fig. 7 Sketch showing structure evolution of the Alaska North Slope Basin (modified from reference [7])

砂岩和页岩,沉积物主要来源于北部隆起的富兰克林层序的剥蚀区(图 7),其北部的北极台地形成了宽广的陆架区,向南往现今布鲁克斯山脉一侧水体加深。伴随着拉张/转换作用,盆地形成了多个局部次盆和穹窿,包括米迪穹窿以及米迪、乌米亚特和伊克皮克普克次盆,这些较小次盆受断层的控制,呈现地堑—半地堑结构。

### 2.2.3 同裂谷阶段(中侏罗世—早白垩世)

同裂谷阶段包括中—晚侏罗世早期消亡的裂谷和早白垩世发育的裂谷,以后者裂谷作用为主,其结束于南部的布鲁克斯造山运动开始(图 7)。盆地在断层作用下发生差异沉降,大量碎屑岩沿着大陆边缘沉积在断层控制的次盆内,包括迪库姆地堑。

### 2.2.4 布鲁克斯造山和前陆阶段(早白垩世—第四纪)

早白垩世—第四纪,盆地构造格局发生明显的变化,整体呈现南部挤压变形、抬升和北部沉降的构造格局(图 7)。中白垩世汇聚造山运动,布鲁克斯山脉形成,阿拉斯北坡盆地由裂谷盆地转

化为前陆盆地。该时期盆地可进一步分为 3 个发育阶段:阿普第一赛诺曼(早—中白垩世)、赛诺曼—始新世和始新世—上新世,且每个阶段的沉降中心不同。

中侏罗世至早白垩世,盆地北部发生褶皱和逆冲,其变形时间尚未准确界定,但可以肯定在白垩纪之后,源于布鲁克斯山脉东部连续的抬升,推进了海岸前缘的变形,科尔维尔次盆变为前陆盆地;东北部逆冲断裂将白垩纪之前的地层推覆到地表并遭受剥蚀;西部和西北部伴随着扭动构造产生了大量断裂、褶皱构造,如汉纳枢纽断裂带等。巴罗穹窿是侏罗纪—白垩纪期间形成的构造高。

阿普第一赛诺曼时期,盆地沉积中心位于楚科奇海和 NPRA 地区。赛诺曼—始新世时,盆地发生了最大规模的海侵,沉积中心位于中东部及普鲁德霍湾地区的南部,盆地从西南到东北发育科尔维尔组和萨格瓦尼托克组三角洲沉积;古新世三角洲沉积覆盖在巴罗穹窿上,盆地北部的枢纽地区发生了巨厚的沉积。始新世—上新世,盆地沉积中心位于北极国家野生动物自然保护区(ANWR)北部的海上区域。

## 3 石油地质特征

### 3.1 烃源岩

阿拉斯加北坡盆地发育 2 套主要烃源岩:生油为主的三叠系舒布里克组和侏罗系一下白垩统金扎克组页岩,生气为主的托洛克组盆地相页岩(图 2)。其他的烃源岩有中—上白垩统 Hue 页岩、欧特里夫阶—巴端姆亚阶 Pebble 页岩和阿尔布阶—渐新统坎宁组。

舒布里克组烃源岩由海相碳酸盐岩、泥灰岩、页岩和磷灰岩组成。钻井样品揭示,其烃源岩 TOC 含量为 0.49%~6.73%,平均 2.3%,页岩厚度 24~149 m,最大 180 m<sup>[12]</sup>,以 I/II 型干酪根为主,生烃潜力大,是普鲁德霍湾油田的主要烃源岩。上覆金扎克组页岩由暗灰色和黑色海相页岩组成,含有海相和陆缘有机质,认为 Alpine 油气田的大部分石油来自金扎克组烃源岩<sup>[13]</sup>;其平均 TOC 含量为 2%,主要为 II 型干酪根,局部 II/III 型,生烃潜力比舒布里克组小。舒布里克组和金

扎克组页岩镜质体反射率( $R_o$ )分别为 1.17%~2.21%和 0.82%~35%,处于成熟—过成熟阶段。

托洛克组盆地相页岩为 III 型干酪根,推测在全盆范围分布,其 TOC 含量为 0.61%~1.84%,平均 1.16%<sup>[14,15]</sup>。Pebble 页岩组 TOC 含量为 1%~6%,平均 2.4%,为 II/III 混合型干酪根;其在盆地东部沉积厚度大于西部,东部生气而中、西部生油。Hue 页岩是阿拉斯加东北部主要油源岩,为 II 型干酪根,TOC 含量的平均值为 4%,局部达到 10%,有机碳含量在纵向上变化明显,其下部 TOC 含量较高。

### 3.2 储层

阿拉斯加北坡盆地以碎屑岩储层为主,局部发育碳酸盐岩储层,主要分布在埃尔斯米尔层序密西西比至三叠纪海相碳酸盐和东北大陆边缘沉积的海相—非海相硅质碎屑岩,波弗特层序侏罗纪至早白垩世裂谷期沉积的海相硅质碎屑岩,以及布鲁克斯层序白垩纪—第三纪海相—非海相硅质碎屑岩(图 2)。

埃尔斯米尔储层是盆地最重要的含油气层系,已证实主要储层包括密西西比河流相砂岩、里斯本台地碳酸盐岩、二叠系—下三叠统萨德罗德奇特群伊维沙克(Ivishak)组非海相和海相砂岩、下三叠统萨格河浅海相砂岩,其中萨德罗德奇特群砂岩和砾岩为盆地重要的储层,是普鲁德霍湾油田主要储集层。密西西比河流相砂岩储层平均孔隙度为 22%,渗透率为 150~120 mD;里斯本台地碳酸盐岩储层孔隙度为 1.4%~2.8%,渗透率仅为 0.1~0.4 mD,而里斯本群 Alapah 灰岩平均孔隙度为 17.5%,渗透率为 5~200 mD。萨德罗德奇特群为河流相、三角洲相和海相砂岩,砂岩厚度变化较大,为 30~150 m,储层物性条件较好,孔隙度为 3%~28%,渗透率变化范围为 0.1~4 000 mD。

波弗特主要储层为下白垩统库拉鲁克组浅海相砂岩,在盆地北部发现侏罗系金扎克组页岩中夹有砂岩,其在巴罗半岛含气而在 NPRA 东部边缘含油。布鲁克斯层序储层分布在白垩系至第三系中,Nanuq 油田的储层为下白垩统托洛克组砂岩。Nanushuk 组三角洲平原砂岩是盆地重要的储层,其非海相砂岩孔隙度为 3%~14%,渗透率为 0.005~1 404 mD。

### 3.3 盖层

阿拉斯加北坡盆地古、中、新生代地层均发育盖层,包括埃尔斯米尔密西西比阶 Kayak 组和 Itkilyariak 组页岩、里斯本群灰岩、舒布里克组页岩,波弗特层序金扎克组、库帕鲁克组和 Pebble 页岩,布鲁克斯层序托洛克组、Hue 组、纳努舒克组和坎宁组页岩以及科尔维尔群页岩和泥岩。上述页岩、泥岩和灰岩既是盆地烃源岩又是盖层,且封盖条件良好。

### 3.4 圈闭

阿拉斯加北斜坡盆地在构造演化过程形成了大量构造圈闭,以背斜圈闭、构造—地层复合圈闭为主。

## 4 油气分布规律与资源潜力

### 4.1 油气分布规律

阿拉斯加北坡盆地为美国最丰富的油气产区之一,累计已产出石油约 15 110 MMb,证实石油和天然气储量超过 7 000 MMb 和 35 TCF。盆地已发现油气田大都分布在巴罗穹隆上,主要分布在埃尔斯米尔、波弗特和布鲁克斯 3 个层序内(表 1),且大部分石油产自埃尔斯米尔储层,其石油储量约 30 000 MMb,石油和天然气可采储量分别约 15 000 MMb 和 38 TCF,占盆地已发现可采储量的 67.4%。部分石油产自波弗特储层侏罗纪—早白垩世裂谷期沉积的海相硅质碎屑岩,以及布鲁克斯储层白垩纪—第三纪海相—非海相硅质碎屑岩。波弗特层序中已发现的石油储量约

表 1 主要储层的石油地质储量和油气最终可采储量(据文献[11])

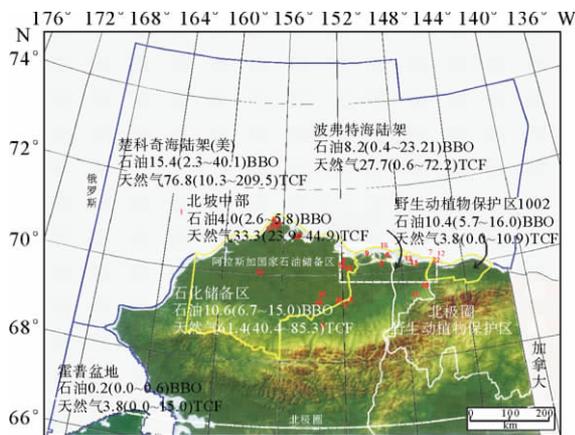
Table 1 Estimated mean volumes of inplace oil and ultimate recoverable oil and gas in known accumulations, listed by tectonostratigraphic reservoir unit (from reference [11])

储层	石油地质 储量/MMb	最终可采储量	
		油/MMb	气/TCF
布鲁克斯	40 000	3 000	2
波弗特	10 000	5 000	12
埃尔斯米尔	30 000	15 000	38
合计	80 000	23 000	52

10 000 MMb,石油和天然气可采储量分别为 5 000 MMb 和 12 TCF,占盆地已发现可采储量的 22.1%。布鲁克斯斯层序石油储量约 40 000 MMb,但大部分是稠油和重油,石油可采储量为 3 000 MMb,天然气可采储量为 2 TCF,仅占全盆地油气可采储量的 10.5%。

#### 4.2 油气资源潜力

近年美国地质调查局<sup>[17]</sup>和美国矿产业管理局对北极阿拉斯加地区油气待发现资源的评估表明,其油气资源潜力大,石油(包括凝析油)和天然气待发现资源量分别超过 50 000 MMb 和 227 TCF,且大部分待发现油气资源位于盆地北部,以楚科奇海美国部分大陆架的油气资源潜力最大(图 8),楚科奇陆架区(水深不超过 100 m)石油待发现资源量  $153.8 \times 10^8$  桶,天然气待发现资源量 76.77 TCF。因此,楚科奇海岸和布鲁克斯山前的构造发育区是盆地油气勘探主要区域,盆地北部深水区地层圈闭也是值得关注的油气潜力勘探区。ANWR 的海岸平原目前还没有对外开放,估计其油气储量在 4 200~11 800 MMb 之间<sup>[16]</sup>,是未来油气勘探开发的潜力区。



红色数据为已发现油气田

图 8 阿拉斯加北坡油气资源分布(据文献[11])

Fig. 8 Distribution of the oil and gas resources in the Alaska North Slope Basin (Red data showing discovered fields) (from reference [11])

## 5 结论

阿拉斯加北坡盆地是一个古、中、新生代叠合盆地,油气资源丰富,是美国主要产油气区之一。

其沉积盖层主要发育石炭系以来海相—非海相碎屑岩,局部海相碳酸盐岩。盆地的主体构造呈 NWW—NW 向和近 EW 向,发育 7 个负向和 2 个正向二级构造单元,经历了前中泥盆世埃尔斯米尔造山、晚泥盆世—中侏罗世被动边缘、中侏罗世—早白垩世裂谷以及晚期的布鲁克斯造山和前陆四个构造演化阶段,其构造古地理格局在早白垩纪前后呈现跷跷板式,布鲁克斯造山之前为北高南低,之后呈南高北低。

盆地主要发育 2 套烃源岩:生油为主的三叠系舒布里克组和侏罗—白垩系金扎克组页岩,生气为主的托洛克组盆地相页岩。二叠系—下三叠统萨德罗奇特群伊维沙克组非海相和三角洲相碎屑岩、下三叠统萨格河和下白垩统库拉鲁克组地层浅海相砂岩、石炭系里斯本群台地相碳酸盐岩和密西西比阶埃迪克特群非海相砂岩为盆地最重要储层;其盖层时代分布广且封盖条件良好,以构造和构造—地层复合圈闭为主。盆地已证实石油和天然气储量超过 7 000 MMb 和 35 TCF,已发现油气田基本都分布在巴罗穹窿之上,大部分石油产自埃尔斯米尔层。其石油和天然气待发现资源大,主要位于盆地北部,楚科奇海岸和布鲁克斯山前的构造发育区以及北部深水地层圈闭是今后油气有利勘探区域。

#### 参考文献:

- [1] Scherr J, Johnson P. Beaufort shelf assessment province [M] // Sherwood K W. Undiscovered Oil and Gas Resources, Alaska Federal Offshore. U. S. Minerals Management Service OCS Monograph MMS 98-0054, 1998: 197-216.
- [2] Sherwood K W, Craig J D, Lothamer R T, et al. Chukchi shelf assessment province [M] // Sherwood K W. Undiscovered Oil and Gas Resources, Alaska Federal offshore. U. S. Minerals Management Service OCS Monograph MMS 98-0054, 1998: 115-196.
- [3] Khain V E, Polyakova I D. Sedimentary basins and prospects of oil and gas deposits on the shelf of the eastern arctic [J]. Oceanology, 2007, 47(1): 104-115.
- [4] Eva Dolewski. Prudhoe Bay and Alpine Oilfield in Northeast Alaska: Geology and Economy [BE/OL]. [http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os06\\_07/dolewski.pdf](http://www.geo.tu-freiberg.de/oberseminar/os06_07/dolewski.pdf)
- [5] Churkin M, Jr. Geologic concepts of Arctic Ocean Basin [M] // Pitcher M G. Arctic Geology. Tulsa: AAPG Memoir, 19, 1973: 485-499.

- [6] Drummond K J. Paleozoic Arctic Margins of North America [M]//Burk C A, Drake C L. The Geology of Continental Margins. New York:Springer-Verlag, 1974: 797-810.
- [7] Thurston D K, Theiss L A. Geologic report for the Chukchi Sea Planning Area, Alaska; Regional Geology, Petroleum Geology, and Environmental Geology[R]. United States Department of the Interior Minerals Management Services, Alaska OCS Region, Anchorage, Alaska, 1987.
- [8] Grantz A, Eitzi-Reim S, Dinter D A. Geology and tectonic development of the continental margin north of Alaska[J]. Tectonophysics, 1979, 59: 263-291.
- [9] Moore T E, Wallace W K, Bird K J, et al. Geology of northern Alaska[M]//Plafker G, Berg H C. The Geology of Alaska, v. G-1 of the Geology of North America. Boulder, Colo: Geological Society of America, 1994: 49-140.
- [10] Craig J D, Sherwood K W, Johnson P P. Geological Report for the Beaufort Sea Planning Area, Alaska; Regional Geology, Petroleum Geology, Environmental Geology [R]. U. S. Department of the Interior, Mineral Management Service, OCS Report MMS, 1985: 85-111.
- [11] Houseknecht D W, Bird K J. Sequence stratigraphy of the Kingak Shale (Jurassic-Lower Cretaceous), National Petroleum Reserve in Alaska[J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 2004, 88(3): 279-302.
- [12] Wirth K R, Bird J M, Wessels J N. The diversity of accreted oceanic lithosphere in the Brooks Range, Alaska[C]//Ishiwatari A, Kyoto Part D. Proceedings of the 29th International Geological Congress, 1994: 89-108.
- [13] Masterson J W D. Petroleum Filling History of Central Alaska North Slope Fields[D]. Dallas: Univ. of Texas, 2001.
- [14] Magoon I B, Claypool G E. Two oil types on North Slope of Alaska-Implications for exploration[J]. AAPG Bulletin, 1981, 65 (4): 644-652.
- [15] Hubbard R J, Edrich S P, Rattey R P. Geological evolution and hydrocarbon habitat of the 'Arctic Alaska Microplate'[J]. Marine and Petroleum Geology, 1987, 4(1): 2-34.
- [16] Houseknecht D W, Schenk C J, Wartes M A. Sedimentology and Sequence Stratigraphy of the Lower Cretaceous Fortress Mountain and Torok Formations Exposed Along the Siksikpuk River, North-Central Alaska[J]. Studies by the U. S. Geological Survey in Alaska, U. S. Geological Survey Professional Paper 1739-D, 2006.
- [17] USGS. Economics of Undiscovered Oil and Gas in the North Slope of Alaska Economic Update and Synthesis [R]. Open-File Report, 2009.

## TECTONIC CHARACTERISTIC AND HYDROCARBON RESOURCE POTENTIAL IN THE NORTH SLOPE BASIN OF ALASKA, THE ARCTIC

YAO Yongjian<sup>1</sup>, LI Xuejie<sup>1</sup>, YANG Chupeng<sup>1</sup>, HAN Bing<sup>1</sup>, YIN Zhengxin<sup>2</sup>, XU Qiaoyue<sup>2</sup>

(1 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China; 2 Sun Yat-Sun University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The North Slope Basin of Alaska was a superimposed basin developed during the time range from Palaeozoic through Mesozoic to Cenozoic, and filled with marine and /or nonmarine clastic deposits and marine carbonate rocks since Carboniferous. Structures in NWW-NW-trending and nearly EW-trending dominate the region, The region has experienced four major phases of structural evolution as follows: the Ellesmerian orogenic movement during pre-Middle Devonian; the passive margin phase from Late Devonian to Middle Jurassic; the rifting phase from Middle Jurassic to Early Cretaceous; and the Brookian orogenic movement during Late Cretaceous. Two potential source rocks have been discovered in the basin; one is the Triassic and Jurassic-Cretaceous oil-prone shale and another is the gas-prone shale of basin facies. The most important reservoirs include the Permian-lower Triassic nonmarine and deltaic clastic deposits, lower Triassic and lower Cretaceous neritic sands, Carboniferous Lisburne Group of carbonate platform and Mississippian Endicott Group of nonmarine sands. Structural traps and structural-stratigraphic traps were predominant in the basin, usually with high quality seals. A large proportion of the hydrocarbons has been produced from the Ellesmerian reservoir, which still has rather high potential for future exploration. Undiscovered resources mainly distributed in the north part of the basin. It is noted that the structure plays in the Chukchi coast and Brookian mountain front and the stratigraphic traps in the deep-water area of the north part of the basin are potential prospects for future exploration.

**Key words:** Arctic area; North Slope Basin of Alaska; geologic structure; hydrocarbon resources