

文章编号:1001-6112(2012)03-0296-07

秘鲁 Ucayali 盆地油气地质特征及勘探潜力分析

王青,王建君,汪平,朱志强,赵旭

(中国石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:秘鲁 Ucayali 盆地是位于安第斯山山前的前陆盆地之一,盆地内发育多套储盖组合。盆地内主力烃源岩包括上三叠统一下侏罗统 Pucara 组和二叠系 Ene 组的泥岩;发育多套储层,包括白垩系 Chonta, Vivian, Cushabatay, Agua Caliente 和 Raya 组储层,以及下二叠统的 Ene 组砂岩层等;盖层条件良好。北部主要发育基底相关的逆冲断层,而在盆地的南部发育薄皮式的逆冲断层,盆地内已发现的油气田的圈闭类型主要是与逆冲断层相关的断背斜圈闭。北 Ucayali 次盆 Pucara 组生成的油气运移至该组地层的剥蚀面,充注至白垩系,但遭到后期造山运动的破坏,通过再次运移聚集成藏。南 Ucayali 次盆中处于高一过成熟阶段的二叠系 Ene 组泥岩生成的天然气运移至上覆的二叠系和白垩系储层中。北 Ucayali 次盆西部的逆冲—前渊带圈闭、Pucara 组碳酸盐岩圈闭、二叠系圈闭,以及盆地东部白垩系中的地层岩性圈闭是该盆地 4 个重要的潜力勘探领域。

关键词:石油地质;勘探潜力;前陆盆地;Ucayali 盆地;秘鲁

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Petroleum geology and exploration potential of Ucayali Basin, Peru

Wang Qing, Wang Jianjun, Wang Ping, Zhu Zhiqiang, Zhao Xu

(PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

Abstract: The Ucayali Basin is one of the sub-Andean foreland basins with several types of pays. There are two sets of main source rocks including the Pucara Formation (T-J) and the Ene Formation (P). Multiple sets of reservoirs generated, such as the Chonta, Vivian, Cushabatay, Agua Caliente and Raya Formations of Cretaceous and the Ene Formation of Permian. And the seal factors for the reservoirs are excellent. There are two types of thrust deformations in the Ucayali Basin. Basement-involved structures mainly occur in the north, while thin-skinned thrusting structures exist in the south. Traps of the discovered fields in the basin are mainly anticlines related to thrust faults. In the Northern Ucayali sub-Basin, hydrocarbons from the Pucara Formation move through unconformities and faults towards Cretaceous formations, and re-accumulate after the Quechua tectonic movement. However, in the Southern Ucayali sub-Basin, natural gas generate from the over mature shales of the Ene Formation, and migrate into the Permian and Cretaceous reservoirs. Four types of exploration leads exist in the basin: traps in thrustfold-foredeep belt, Carbonate reservoir in the Pucara Formation, gas prospects of Permian in the northern basin, and Cretaceous stratigraphic traps in the east of the basin.

Key words: petroleum geology; exploration potential; foreland basin; Ucayali Basin; Peru

秘鲁共和国位于南美洲西北部,东部毗邻巴西,南部与玻利维亚、智利相连,西濒太平洋,北部与厄瓜多尔、哥伦比亚接壤。Ucayali 盆地位于秘鲁中部雨林地区和巴西西部,总面积约 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中秘鲁境内约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1)。

Ucayali 盆地的勘探工作可追溯到 20 世纪 30 年代。1939 年,在沿乌卡亚利河一带的盆地东缘钻探了第一口探井,发现了 Agua Caliente 背斜油田;1957 年,在盆地的东北部发现了 Maquia 油田;1983 年,壳牌公司在 Ucayali 盆地南部发现了 San

Martin 气田,此后又发现了 Cashiriri 气田。1988 年,由于未能签订开发这些天然气资源的合同,壳牌公司停止在 Ucayali 盆地的勘探活动。直到 1995 年以后,该盆地的勘探活动才重新活跃起来。由于在秘鲁从事油气勘探开发的外国油公司各自划区块勘探开发,资料相互保密,勘探工作缺乏统一的部署,勘探经常存在时间间断,勘探和研究的层次和范围相对局限。并且,盆地位置偏远且多为高山和雨林地区,基础设施匮乏,交通运输极为不便,勘探成本较高。综合上述因素,导致盆地的勘

收稿日期:2011-09-09;修订日期:2012-03-31。

作者简介:王青(1976—),男,高级工程师,从事海外油气新项目评价研究。E-mail: wqing@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项“全球剩余油气资源研究及油气资产快速评价技术”(2008ZX05028)资助。

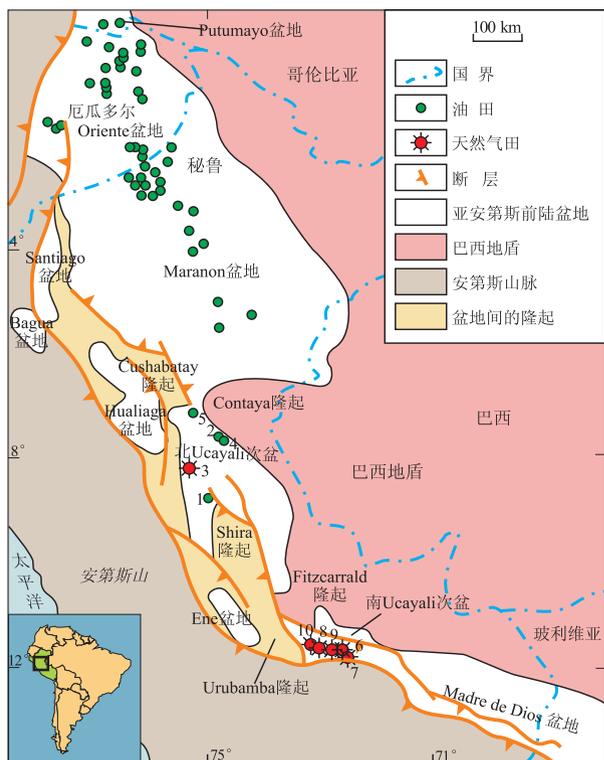


图1 秘鲁亚安第斯前陆盆地分布

图中数字表示的油气田名称见表2。

Fig. 1 Location of Andean foreland basins in Peru

探程度相对较低。本文利用秘鲁政府多次招标的资料、广泛调研公开文献的基础上,通过对钻井、物探以及地球化学等资料综合分析,探讨了盆地的油气地质特征,提出盆地的勘探潜力区域。

1 区域地质背景

1.1 构造演化特征

Ucayali 盆地位于 Marañon 和 Madre de Dios 盆地之间,是一个具有多沉积旋回的安第斯山山前前陆盆地,为弧后前陆盆地^[1-3]。盆地东部与巴西地盾相邻,盆地北边界是 Contaya 和 Cuzhatay 隆起,西边界和南边界是安第斯褶皱带。盆地可以分成 2 个次盆,即北 Ucayali 次盆和南 Ucayali 次盆,Fitacarrald 隆起和 Urubamba 隆起将南北次盆分开(图 1)。

寒武纪—奥陶纪早期,盆地所在位置为被动大陆边缘的一部分。海西造山运动早期,安第斯地槽紧密褶皱,局部变质,部分地层因抬升而被侵蚀。石炭纪—二叠纪早期,地层发生拉张性断裂;二叠纪中期发生小规模的构造挤压运动(晚海西运动)。晚二叠世—早三叠世期间,盆地处于拉伸应力背景下,下伏的古生界地台和基底被分成若干个地堑和半地堑,并有大量的岩浆涌出^[4-6]。

晚三叠世至中侏罗世,地槽区继续沉降,期间

发育的 Puraca 组地层沉积在海相盆地中,沉积中心位于现在的东科迪勒拉山位置。中侏罗世晚期,中科迪勒拉山隆起,大量的碎屑岩向东超覆沉积在地盾的古老层系上。白垩纪晚期,由于太平洋板块以低角度俯冲于秘鲁板块边缘之下,导致在安第斯地区广泛发育挤压构造,即 Peruvian 运动。晚白垩世—古近纪早期,安第斯褶皱变形开始,该前陆盆地开始形成。中新世期间,Quechua 期 3 次构造挤压运动使得安第斯地区隆起形成造山带,其中在晚中新世的 Quechua III 运动,严重地影响了安第斯前陆盆地群,并一直持续到上新世。此期间,一系列盐相关的逆冲和反逆冲构造将 Santiago 和 Huallaga 盆地与 Marañon 盆地分开(图 1)。因地层受挤压严重,形成 Contaya 高地;Cuzhatay 高地被逆冲形成鞍部,位于 Marañon 盆地和 Ucayali 盆地之间。早先存在的 Shira 高地的再次逆冲使得 Ene 次盆与 Ucayali 盆地分开。3 个附属盆地(Santiago, Huallaga 和 Ene 盆地)因位于主前陆盆地的西部而严重构造变形^[5-6]。

Ucayali 盆地受 Quechua III 构造运动的影响程度远大于 Marañon 盆地受到的影响。Marañon 盆地西部的古生界地层被大断层裂开,并在老构造上有低幅度褶皱,但未明显被反转或压缩;而 Ucayali 盆地内发育了大量的基底相关的逆冲褶皱和反转构造。在经历了中新世以来的 Quechua 造山运动以后,Ucayali 盆地开始呈现目前的形态。

1.2 地层发育特征

盆地的基底是前寒武系变质岩。在结晶基底上,直接覆盖了奥陶系海相 Contaya 组暗色泥岩。该套地层在秘鲁南部的原始沉积厚度可能较大,但得以保存的地层最大厚度不足 1 000 m,并在 Contaya 和 Shira 隆起区缺失。盆地志留系地层缺失,可能原因是晚志留—早泥盆世期间盆地未沉积或被抬升剥蚀(图 2)。泥盆系 Cabanillas 组地层局部角度不整合地沉积在奥陶系地层之上,岩性为三角洲相砂泥岩互层,在南部 Camisea 地区厚度达 800 m^[7-13]。

石炭系—二叠统沉积中心分布在现在的科迪勒拉山脉位置。石炭纪早期的沉积物主要是 Ambo 组浅海相的泥岩和河流相的砂岩地层,以及 Tarma 组海相灰岩、泥岩和砂岩地层,其中 Tarma 组地层厚度约 180 m。在这些陆源沉积物上,覆盖了相对厚的早二叠世的 Copacabana 组碳酸盐岩,并且自下而上由台地相碳酸盐岩逐步过渡到蒸发岩相。Copacabana 组灰岩覆盖了除了 Contaya 高地(白垩系地层直接盖在下古生界地层上)之外的秘

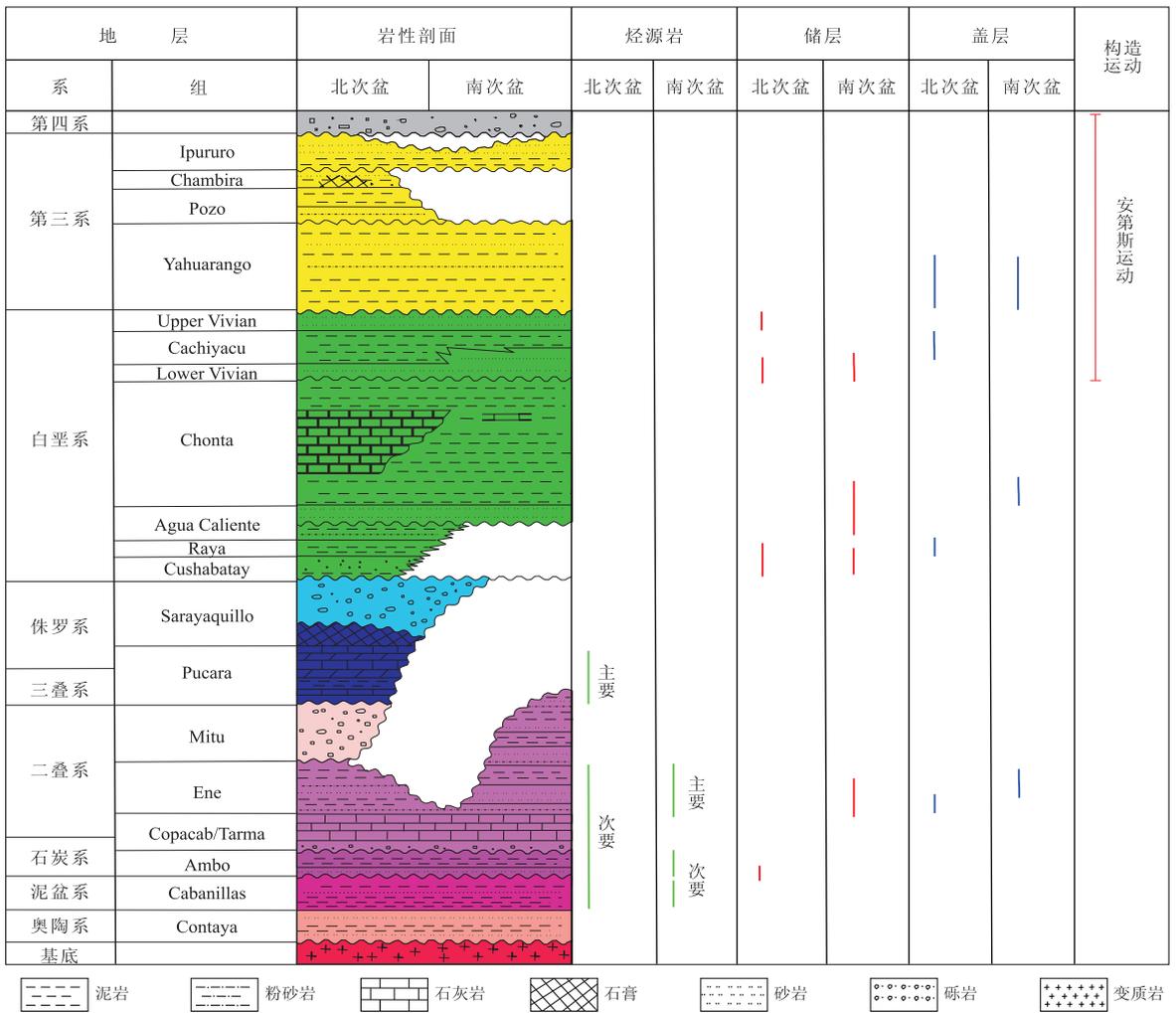


图2 Ucayali 盆地地层柱状图^[10-13]

Fig. 2 Stratigraphic chart of Ucayali Basin

鲁大部分亚安第斯地区, 尤其在南 Ucayali 次盆的 Camisea 地区, 台地相 Copacabana 组碳酸盐岩发育最厚约 600 m。在晚海西运动的轻微地层抬升后, 厚度达 200~600 m 的二叠系 Ene 组地层整合地覆盖在 Copacabana 组地层上, Ene 组地层由黑色富含有机质的泥岩和夹杂少量砂岩的白云岩组成。在二叠纪和三叠纪初, 整个地区被抬升, 二叠系 Mitu 组陆源碎屑岩沉积在断层控制的拉张盆地中^[8-9, 13]。

在 Ucayali 盆地的大部分地区, 大的断裂和构造抬升交替, 保存和剥蚀着原古生界的地层。三叠纪初, 构造抬升导致的地层剥蚀与 Mitu 组地层的沉积是同期的。晚三叠世期间, 发生海进, 地层继续沉降; 此后, 上三叠统一下侏罗统的 Pucara 组地层沉积。Pucara 组地层广泛沉积在 Ucayali 盆地, 并且沉积中心分布在盆地西部, 被保存了的 Pucara 组地层主要分布在北 Ucayali 次盆的西部。三叠纪晚期, 盆地内 Pucara 组下部沉积了局部盐岩层, 这些局部分布并且具有流动性的盐岩层导致了后来

的薄皮状拆离逆冲褶皱的产生^[8-9, 11]。

上侏罗统 Sarayaquillo 组地层主要包括陆相砂岩、砾岩以及红层, 覆盖在 Pucara 组地层之上, 并向西逐渐变薄。Sarayaquillo 组地层和 Pucara 组地层之间的不整合面反映了白垩纪最早的构造运动, 即 Nevadan 运动。上侏罗统 Sarayaquillo 组地层与上覆的白垩系地层之间也存在不整合面。在 Ucayali 盆地的南部, 二叠系地层因 Nevadan 构造运动(侏罗纪)而被剥蚀, 形成角度不整合面。典型特征是 Camisea 地区缺失三叠系、侏罗系和下白垩统地层。区域上, 白垩系地层向西变厚形成楔状, 主要分布在 Ucayali 盆地的西部和北部。第三纪期间, 沉积了约 750 m 厚度的陆相砂岩、泥岩和砾石, 主要来源于安第斯山脉^[12-13]。

2 基本石油地质条件

Ucayali 盆地的不同演化阶段发育了不同的沉积相带, 沉积相带控制了盆地内的生储盖组合的发

育。该盆地下部的台地内伸展盆地和上部受造山活动影响的冲断期间以及冲断活动之后的沉积,决定了盆地可能有多套生、储、盖组合发育。

2.1 烃源岩

Ucayali 盆地的油气主要来源于 Pucara 和 Ene 组的烃源岩。泥盆系 Cabanillas 组页岩、石炭系 Ambo 组泥岩以及石炭系—二叠系 Copacabana 组黑色泥岩是潜在烃源岩(表 1)。与北部的 Marañon-Oriente 盆地对比,第三系 Pozo 组地层埋藏较浅,生成大量油气的可能性很小。

上三叠统一下侏罗统 Pucara 组烃源岩:覆盖在中三叠统不整合面上,在北 Ucayali 次盆广泛分布,但在南 Ucayali 次盆和 Madre de Dios 盆地缺失,并且该地层向 Marañon 盆地和北 Ucayali 次盆西部变厚,但因地层剥蚀在盆地东部缺失。Pucara 组地层发育灰岩,中间夹杂富含有机质的泥岩,有机质类型主要为 II 型干酪根,一些露头的 $\omega(\text{TOC})$ 值(总有机碳含量)高达 5%,富含有机质的泥岩厚度超过 50 m,在 Cushabatay 隆起区该层厚度超过 1 000 m。该套烃源岩在晚侏罗世开始成熟,目前仍处于生油窗阶段。目前普遍认为该套烃源岩是北 Ucayali 次盆西部最重要的烃源岩^[14]。

二叠系 Ene 组烃源岩:海相—湖相环境沉积物,近 250 m 厚的砂泥岩互层,广泛分布在盆地的西部,零星地分布在盆地东部。富含有机质的泥岩段厚度在 3~30 m,露头的泥岩厚度高达 300 m,干酪根类型为 I、II 型, $\omega(\text{TOC})$ 值 2%~3%,最大 7%。由于古近纪期间的大幅度沉降,导致在盆地西部的该套烃源岩处于高一过成熟阶段。

油—源对比研究表明^[4,14-15]:①北 Ucayali 次盆东北部的油(如 Huaya, Maquia, Pacaya 等油田)主要来自盆地西部 Pucara 组的烃源岩;Pucara 组烃源岩在晚侏罗世成熟,目前仍处于排烃期。Aguaytia 气田的天然气推测来自 Pucara 组局部处于过成熟阶段的烃源岩。②Agua Caliente 油田的原油主要来自 Ene 组烃源岩。③南 Ucayali 次盆的

Cashiriari, San Martin 等 5 个气田的油气来源也推测为 Ene 组高成熟烃源岩。从油—源对比研究结果来看,北 Ucayali 次盆油气运移的路径较远,通常可达到 100 km 以上。

在 Marañon 和 Ucayali 盆地西部的地温梯度比较低,一般为 20 °C/km 左右,而向盆地东部的斜坡带地温梯度可达 35~40 °C/km。因此,盆地不同部位的生油窗界限变化很大,如生油窗顶部界限分布为-3 300~-2 000 m。Ene 组和 Pucara 组烃源岩在晚侏罗世就开始生油,而在晚渐新世和晚中新世是盆地快速沉降阶段,在此期间生成了大量的油气;而埋藏较深的老地层,此期间达到过成熟生气阶段;此外,新近纪的抬升和构造变形,导致局部隆起的边缘埋藏较深处依然可以继续生油,从而导致部分油气藏存在多期充注现象^[4,14-15]。

2.2 储层

河流/三角洲相—浅海相的白垩系砂岩储层是亚安第斯前陆盆地群的主要储层^[12-13,15]。在 Ucayali 盆地白垩系地层中也发育了多套有效储层。其中,上白垩统地层中发育 Chonta, Upper Vivian, Cachiyacu 和 Lower Vivian 组储层,储层发育较好,孔隙度最高达 25%,渗透率最高达 1 μm^2 。下白垩统地层中发育 Cushabatay, Agua Caliente 和 Raya 组储层,其中的 Cushabatay 组是最重要的储层,辫状河—浅海河道充填沉积,孔隙度 13%~25%,渗透率(30~500) $\times 10^{-3}$ μm^2 。白垩系储层总体上由西北向东南方向变薄。

下二叠统地层发育 Ene 组砂岩层,储层厚度 50~150 m,孔隙度 8%~20%,渗透率(20~800) $\times 10^{-3}$ μm^2 。石炭系 Tarma 组浅海相砂岩储层,目前已在 Sepa-1 井测试出油,以及在 Panguana 1X 井有油气显示,储层孔隙度 5%~15%,渗透率(200~1 000) $\times 10^{-3}$ μm^2 。

潜在的储层包括 Copacabana 组陆架碳酸盐岩、Ambo 组灰岩、泥盆系 Cabanillas 组砂岩以及盆地北部的 Mitu 组砂岩等。

表 1 Ucayali 盆地烃源岩主要特征

Table 1 Characteristics of main source rocks in Ucayali Basin

烃源岩	主要特征	分布
侏罗系—三叠系 Pucara 组灰岩和泥岩	I、II 型干酪根, $\omega(\text{TOC})$:1.0%~5.0%	北 Ucayali 次盆
二叠系 Ene 组页岩	I、II 型干酪根, $\omega(\text{TOC})$:2.0%~3.0%	Ucayali 盆地广布
石炭系 Ambo 组泥岩	III 型干酪根, $\omega(\text{TOC})$:0.3%~5.0%	南 Ucayali 次盆
石炭系—二叠系 Copacabana 组黑色泥岩	上部 I 型、下部 III 型干酪根, $\omega(\text{TOC})$:0.8%~5.0%	南 Ucayali 次盆
泥盆系 Cabanillas 组页岩	II 型干酪根, $\omega(\text{TOC})$:0.3%~0.8%	Ucayali 盆地广布

2.3 盖层

Ucayali 盆地发育的盖层包括第三系的泥岩,白垩系的 Cachiyacu, Huchpayacu, Chanta 和 Raya 组泥岩, Sabkha 组蒸发岩, 以及二叠系的 Shinai 组泥岩等^[15-16]。

亚安第斯前陆盆地油气的水平横向运移很普遍,这主要和白垩系盖层广泛分布有关。Ucayali 盆地白垩系的海相泥岩和页岩是主要的区域盖层,主要包括 Raya, Chonta, Cachiyacu 和 Huchpayacu 组等地层。其中, Raya 组盖层横向发育 200 ~ 300 km, Chonta 组地层发育则更广。但白垩系的盖层向巴西地盾方向尖灭,且沉积颗粒变粗,即在盆地的东部盖层保存条件变差。

二叠系的 Ene 组泥岩盖层在南 Ucayali 次盆东西向发育宽度约 70 km。另外,石炭系的 Ambo 组和泥盆系的 Cabanillas 组,以及 Tarma 组中的膏盐层也是重要的南 Ucayali 次盆盖层。Ambo 组中的石膏层是 Camisea 地区重要的层间盖层,同时也控制着该地区拆离断层。石炭系和泥盆系的盖层发育因钻井数量较少而认识有限。

2.4 圈闭类型

Ucayali 盆地的原型为伸展型盆地,存在裂陷阶段形成的由正断层构成的断块圈闭。晚白垩世和古近纪期间,早安第斯期的挤压和冲断运动导致盆地西边缘逆冲带的形成,在逆掩冲断作用下,又形成一些断块圈闭。造山带附近发育的逆冲断层比较陡,盆地西部边缘发育了一些基底卷入型的逆冲断层。

Ucayali 盆地构造显著的特征是北部主要发育基底相关的断层,而在盆地的最南部发育薄皮式的断层。南 Ucayali 次盆在晚中新世—早上新世的 Quecha 造山运动期间,遭受挤压形成圈闭,包括逆

冲背斜、正断层的反转构造等,其发育的断层主要为薄皮拆离逆冲断层,连通泥盆系 Cabanillas 组泥岩地层。而 Maranon 盆地和北 Ucayali 次盆,新近纪的构造挤压运动影响到基底,断层贯穿至盆地基底,导致古生代和中生代沉积的地层反转^[15]。南、北 2 个次盆的中西部由于受到持续挤压,都形成了大量中—高幅度的背斜、断背斜等构造圈闭。盆地东部斜坡带的逆断层明显变缓,盆地东部的地层向克拉通地台方向逐层超覆,决定了盆地的东部可能发育地层圈闭。

3 已知油气聚集成藏规律及潜在领域分析

3.1 主要油气田概况

截至 2011 年 6 月,北 Ucayali 次盆共发现 4 个油田和 1 个天然气田,南 Ucayali 次盆共发现 5 个天然气田。油田主要分布在盆地北部,气田分布在盆地南部的 Camisea 地区(图 1,表 2)。

Aguaytia 气田位于北 Ucayali 次盆的一个逆冲背斜上,邻近基底卷入型断层。气田含气面积 18 km²,气柱高度 143 m。储层为白垩系 Cushabatay 组辫状河相细—粗粒石英砂岩,储层毛厚 213 m,最大气层厚度 150 m,储层平均孔隙度 17%,平均渗透率 500×10⁻³ μm²。由于受水动力影响,气水界面是一倾斜的界面,平均气水界面-2 328 m。初步分析该气田的烃源岩为盆地西部深处的过成熟的上三叠统一侏罗统 Pucara 组页岩,盖层为储层上部的 Raya 组泥岩,圈闭形成于新近纪^[15,18]。

San Martin 气田和 Cashiriari 气田位于南 Ucayali 次盆的北西向的大型逆冲褶皱带上,2 个气田分别为薄皮型逆冲背斜,两气田相距 7 km。①San Martin 气田含气面积约 54.6 km²,气藏顶深 1689 m;主要有

表 2 Ucayali 盆地已发现主要油气田概况^[17-19]

Table 2 Basic information of main oil and gas fields in Ucayali Basin

编号 ¹⁾	油气田名称	发现时间/a	油或气	主要储层	天然气最终可采储量/ 10 ¹² ft ³	原油或凝析油最终可采储量/ 10 ⁶ bbl
1	Agua Caliente	1939	原油	Raya, Cushabatay		15.9
2	Maquia	1957	原油	Cachiyacu, Vivian		18.9
3	Aguaytia	1962	天然气	Cushabatay	0.44	24
4	Pacaya	1982	原油	Vivian, Cachiyacu		0.2
5	Huaya	1984	原油	Vivian		2
6	San Martin	1984	天然气	Agua Caliente/Chonta, Ene	3.2	150
7	Cashiriari	1986	天然气	Vivian, Agua Caliente /Chonta, Ene	13.6	221
8	Mipaya	1987	天然气	Ene	0.07	1.5
9	Pagoreni	1998	天然气	Agua Caliente, Cushabatay, Ene	1.6	180
10	Kinteroni	2007	天然气	Vivian, Agua Caliente /Chonta, Ene	2.0	49

1) 编号位置见图 1。

Agua Caliente/Chonta 组和 Ene 组 2 套储层。白垩系 Agua Caliente/Chonta 组储层主要为河口—河流以及滨岸风成沙丘,储层平均毛厚 116 m,气层平均厚度 90 m,平均孔隙度 15%,渗透率 $170 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。二叠系的 Ene 组储层主要为湖相—滨岸相砂岩,储层平均毛厚 125 m,气层平均厚度 97.5 m,平均孔隙度 13%,渗透率 $25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。②Cashiriari 气田含气面积约 100 km^2 ,气藏顶深 1 204 m;主要有 Agua Caliente/Chonta 组、Ene 组和 Vivian 组 3 套储层。白垩系 Agua Caliente/Chonta 组储层主要为河口—河流以及滨岸风成沙丘,气层平均厚度 136 m,平均孔隙度 14%,渗透率 $35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。二叠系的 Ene 组储层主要为湖相河道砂岩,气层平均厚度 79 m,平均孔隙度 8%,渗透率 $(6 \sim 21) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。Vivian 组储层为三角洲相的砂岩,气层平均厚度 64 m,平均孔隙度 13%,渗透率 $1\ 000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。分析上述 2 个气田的圈闭均形成于中新世,烃源岩为高一过成熟阶段 Ene 组页岩,中新世期间充注。盖层主要为 Yahuarango 组泥岩、上 Chonta 组的泥岩和下二叠统的 Ene 组顶部的泥岩,3 套泥岩的平均厚度分别达 122,110,76 m,分别覆盖在 Vivian,Chonta 和 Ene 组储层之上^[15,19]。

3.2 油气聚集规律

北 Ucayali 次盆由于发育了上三叠统一下侏罗统 Pucara 组优质烃源岩,晚侏罗世开始成熟生油,局部埋藏较深的地层已进入生气窗,油气通过横向运移,运移至基底相关的逆冲断层,再垂向运移至逆冲背斜圈闭中,并在白垩系储层中聚集并成藏。但因盆地后期构造活动剧烈,导致早期成藏的油气遭到破坏,部分圈闭还经历多次充注。从而使得北 Ucayali 次盆主要形成白垩系油藏,少量气藏。

而南 Ucayali 次盆由于二叠系一下白垩统地层缺失,缺乏 Pucara 组烃源岩,主要发育的烃源岩是二叠系 Ene 组泥岩,该段烃源岩处于高一过成熟阶段,主要生气,生成的天然气运移至上覆的二叠系和白垩系储层中。因此,南 Ucayali 次盆主要形成气藏。

3.3 潜在勘探领域

(1)北 Ucayali 次盆西部的逆冲—前渊带的圈闭。次盆西部因目标地层埋藏深度大,但是距离烃源岩近,油气运移不缺乏通道(较大的冲断层一般都贯穿到被动边缘沉积地层中),油气一旦遇到合适的圈闭就聚集起来,因此,盆地西部的逆冲—前渊带区域是重要的潜力勘探领域。从 Aguaytia 气田的成因初步判断,盆地西部的逆冲—前渊带区域埋藏深,主力烃源岩 Pucara 组过成熟,主要的勘探

目标应是白垩系储层中的天然气。

(2)北 Ucayali 次盆 Pucara 组碳酸盐岩圈闭。目前 Marañon 盆地南部内钻遇 Pucara 组地层的探井共 4 口,且均分布在盆地的西南部,但其中的 Shanusi 1 井钻遇潮间带多孔碳酸盐岩,并含气。该井钻遇 Pucara 组地层顶部深度为 4 470 m,但仅钻穿 Pucara 组地层 18 m。埋藏史分析结果显示,该井钻遇的 Pucara 组地层已进入生气窗。Pucara 组作为优良的烃源岩,如果存在碳酸盐岩储层,就有较大的天然气勘探潜力。

(3)安第斯前陆盆地秘鲁段的中生界地层向克拉通地台方向逐层超覆,决定了 2 个次盆的东部均应发育地层岩性圈闭,勘探目标主要是白垩系的地层岩性圈闭。

(4)从南 Ucayali 次盆的上古生界地层中的大量天然气发现,推测北 Ucayali 次盆的二叠系(如 Ene 组砂岩)圈闭也应具有一定的天然气勘探潜力。

4 主要认识与结论

1)Ucayali 盆地是具有多旋回沉积的弧后前陆盆地,于晚白垩世—古近纪早期形成,中新世以来的 Quechua 造山运动使盆地呈现目前的形态,其原型盆地为地台内伸展型盆地。盆地沉积岩厚度大,西部构造明显,东部相对平缓,地层呈单斜状,超覆或尖灭在巴西地盾边缘。

2)Ucayali 盆地内主力烃源岩包括上三叠统一下侏罗统 Pucara 组和二叠系 Ene 组的泥岩;发育多套储层,包括白垩系 Chonta, Vivian, Cushabatay, Agua Caliente 和 Raya 组储层,以及下二叠统地层发育 Ene 组砂岩层等;盖层条件良好。北部主要发育基底相关的逆冲断层,而在盆地的最南部发育薄皮式的逆冲断层,盆地内的已发现油气田的圈闭类型主要是与逆冲断层相关的逆冲背斜圈闭。北 Ucayali 次盆主要形成白垩系油藏,南 Ucayali 次盆主要形成天然气藏。

3)盆地的主要勘探领域有北 Ucayali 次盆西部的逆冲—前渊带圈闭、Pucara 组碳酸盐岩圈闭和二叠系圈闭,以及南北次盆东部白垩系中的地层岩性圈闭。

参考文献:

- [1] Higley D K. The Putumayo—Oriente—Marañon Province of Colombia, Ecuador, and Peru Mesozoic—Cenozoic and Paleozoic petroleum systems[R]. USA: U. S. Geological Survey, 2001: 1-31.
- [2] 何登发,吕修祥,林永汉,等. 前陆盆地分析[M]. 北京:石油工业出版社,1996: 1-16.

[3] 王青,张映红,赵新军,等. 秘鲁 Maranon 盆地油气地质特征及勘探潜力分析[J]. 石油勘探与开发,2006,33(5):643-647.

[4] Von der D H. Oil generation in sub-Andean basins of Peru[R]. Calgary, Canada:CTI,2000:1-35.

[5] Kley J, Monaldi C R, Salfity J A. Along-strike segmentation of the Andean foreland; cause and consequences [J]. Tectonophysics, 1999, 301(1):75-94.

[6] Tankard Enterprises Ltd. Tectonic framework of basin evolution in Peru[R]. Calgary, Canada: Tankard Enterprises Ltd, 2002:1-45.

[7] Coltorti M, Ollier C D. Geomorphologic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes[J]. Geomorphology, 2000, 32(1):1-19.

[8] Martinez E, Fernandez J, Calderon Y, et al. Reevaluation defines attractive areas in Peru's Ucayali-Ene basin[J]. Oil & Gas Journal, 2003(1):32-38.

[9] Gary W. Maranon basin technical report about the hydrocarbon potential of NE Peru, Huallaga, Santiago and Maranon basin study[R]. Lima, Peru: Parsep, 2002:1-60.

[10] Marocco R, Lavenu A, Baudino R. Intermontane Late Paleogene-Neogene Basins of the Andes of Ecuador and Peru, sedimentologic and tectonic characteristics [M]//Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62. Tulsa: AAPG, 1995:597-613.

[11] Valasek D, Aleman A M, Antenor M, et al. Cretaceous sequence stratigraphy of the Maranon-Oriente-Putumayo Basins, north-eastern Peru, eastern Ecuador, and southeastern Colombia[J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(8):1341-1342.

[12] Shanmugam G, Poffenberger M, Toro Alava J. Tide-dominated estuarine facies in the Hollin and Napo(“T”nd“U”) formation (Cretaceous), sacha field, oriente basin, Ecuador [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(5):652-682.

[13] Christophoul F, Baby P, Davila C. Stratigraphic responses to a major tectonic event in a foreland basin; the Ecuadorian Oriente basin from Eocene to Oligocene times [J]. Tectonophysics, 2002, 345(2):281-298.

[14] Sofer Z, Zumbege J E, Lax V. Stable carbon isotopes and biomarkers as tools to understanding genetic relationship, maturation, biodegradation and migration of crude oils in the northern Peruvian Oriente (Maranon) Basin[J]. Organic Geochemistry, 1985(10):377-389.

[15] Mathalone J M P, Montoya R M. Petroleum geology of the sub-Andean basins of Peru[M]//Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62. Tulsa: AAPG, 1995:423-444.

[16] Pindell J L, Tabbutt K D. Mesozoic-Cenozoic Andean paleogeography and regional controls on hydrocarbon systems [M]//Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62. Tulsa: AAPG, 1995:101-128.

[17] Pratsch J C. The location of major and gas fields; examples from the Andean foreland [J]. Journal of Petroleum Geology, 1994, 17(3):327-338.

[18] C&C Reserviors. Aguaytia field. Field evaluation report [R]. [S. l.]: C&C Reserviors, 2009:1-32.

[19] C&C Reserviors. Cashiriari and San Martin fields. Field evaluation report [R]. [S. l.]: C&C Reserviors, 2005:1-42.

(编辑 黄娟)

(上接第295页)

[5] 吴孔友,李林林,查明. 不整合纵向结构及其成藏作用物理模拟[J]. 石油实验地质, 2009, 31(5):537-541.

[6] 张亚敏,靳广兴. 二连盆地白音查干凹陷成藏动力系统与油气勘探[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(3)225-228.

[7] 孙玮,刘树根,韩克猷,等. 四川盆地震旦系油气地质条件及勘探前景分析[J]. 石油实验地质, 2009, 31(4):350-355.

[8] 祝玉衡,张文朝,王洪生,等. 二连盆地下白垩统沉积相及含油性[M]. 北京:科学出版社, 2000:65-189.

[9] 李健,张亚敏,王保才,等. 白音查干凹陷油气富集规律[J]. 江汉石油学院学报, 2000, 22(4):1-5.

[10] 刘伟新,承秋泉,范明. 盖层、压力封盖和异常压力系统研究[J]. 石油实验地质, 2011, 33(1):74-80.

(编辑 徐文明)