

## 海外纵横

## 澳大利亚能源开发向“气”倾斜

宋玉春

(北京燕山石化公司研究院信息中心,北京 102501)

**摘要:**阐述了澳大利亚能源发展战略。由于石油生产缺乏后劲,澳大利亚将会着力开发其丰富的天然气资源,而且煤层气的勘探和开采也将在澳大利亚能源战略中的作用将会日益显著。介绍了其天然气、煤层气资源的利用、建设情况。

**关键词:**能源;石油;天然气;煤层气;澳大利亚

**中图分类号:**TQ-9

**文献标识码:**A

**文章编号:**0253-4320(2006)09-0060-03

## Energy development strategy of Australia to incline to “gas”

SONG Yu-chun

(Information Center, Research Institute of Beijing Yanshan Petochemical Co., Beijing 102501, China)

**Abstract:** The energy development strategy of Australia is introduced. Because of the depression of petroleum production, Australia will bring into focus on the development of natural gas resource which the deposited capacity is abundant, and the role of exploration and extraction development of coal gas in the strategy of Australian energy will be significant increasingly. The utilization and the construction of natural gas and roll coal gas are introduced.

**Key words:** energy; petroleum; natural gas; roll coal gas; Australia

澳大利亚新增石油生产能力主要来自 Mutineer-Exeter 油田和 Enfield 油田,这 2 座油田均位于澳大利亚西部的卡那封(Carnarvon)盆地。2006 年,澳大利亚的原油和凝析油的生产能力预计约为 560 000 桶/d(1 桶 = 0.14 t),比 2005 年的 460 000 桶/d 有大幅增长,但仍远低于最高水平——2000 年的 800 000 桶/d。如果没有有效的石油储量的发现,澳大利亚石油自给率到 2010 年将下降 50% 左右,大大低于 2000 年 95% 的自给率。

尽管澳大利亚 2005—2006 年有新的油田投产,但其石油生产后劲乏力,将逐渐步入石油进口时代。随着天然气生产能力的飞速增长,亚太地区天然气需求量日益增加,澳大利亚将会着力开发其丰富的天然气资源。煤层甲烷气田的成功开发对于澳大利亚尤其是昆士兰(Queensland)地区的燃气供应来源的细分化起到了重要的作用,煤层甲烷将毫无疑问地成为澳大利亚重要的能源。

## 1 天然气开发情况

2005 年澳大利亚开发的大部分天然气田已经投产,但仍有一些正在建设的天然气田,这为未来其国内的天然气市场和出口提供了足够的保证。

### 1.1 勘探活动

2005 年,大量的勘探活动已经在澳大利亚的西部和北部展开。另外,在奥特威(Otway)近海和维多利亚州海上的基普斯兰(Gippsland)盆地以及陆上的帕斯(Perth)盆地、Cooper-Eromanga 盆地、苏拉塔(Surat)盆地、南澳大利亚和昆士兰还有一些勘探活动。伍德赛德(Woodside)能源公司在澳大利亚维多利亚州西南海域奥特威区域的 Thylacine 和 Geographe 天然气田可以提供 9 500 亿立方英尺(ft<sup>3</sup>, 1 ft<sup>3</sup> = 28.317 L)的天然气、1 220 万桶凝析油和 170 万 t 液化天然气,已于 2006 年夏季投产。2005 年 12 月埃克森美孚(Exxon Mobile)公司在澳大利亚巴斯海峡 Gippsland 盆地发现了 7 000 亿立方英尺新天然气资源。此前估计 Gippsland 天然气田储量为 6 万亿立方英尺。

### 1.2 开采与开发

天然气开发一直是澳大利亚石油工业的重点,并且在未来仍将是重中之重。在未来 4 年内,处于计划和建设阶段的工程将会投产。在过去的 14 个月中,澳大利亚有 2 座重大的天然气田投产:阿帕奇(Apache)能源公司和桑托斯(Santos)公司在澳大利亚西部大陆架投资 3 亿美元开发的 John Brookes 天

天然气田于2005年9月投产;康菲石油公司(ConocoPhillips)耗资20亿美元在帝汶海(Timor Sea)开发的Bayu-Undan天然气田于2006年2月投产。

John Brookes天然气田共有3口气井,生产的天然气和凝析油通过管道输往55 km外的阿帕奇公司在Varanus Island的工厂。Bayu-Undan天然气田目前通过一条500 km的输送管道向位于达尔文地区附近的液化天然气工厂提供天然气。该气田生产的凝析油送往一艘FPSO船和运输油轮。东京煤气(Tokyo Gas)公司和东京电力(The Tokyo Electric Power)公司已经与康菲石油公司签订了为期15年的供气合同,每年购买其300万t液化天然气,这就为康菲石油公司提供了市场保证。康菲石油公司已经通过了将其液化气工厂生产能力扩大至1 000万t/a的扩能计划以及在帝汶海寻找新天然气田的计划。

其他投产的天然气田还包括BHP Billiton公司和桑托斯公司在奥特威盆地投资2.25亿美元开发的Minerva天然气田,已于2005年1月投产。随后在2006年2月,桑托斯公司将其投资2亿美元的Cansino天然气田建成投产。

2005年,澳大利亚重要的天然气发现是Woodside能源公司在西澳大利亚约190 km处的卡那封盆地WA-350-P海上区块发现了Pluto气田,该天然气田的含气量不低于9 910亿m<sup>3</sup>。继2005年3月发现该气田的几个内,该公司已经决定投资500万澳元建设2条液化天然气生产线,被澳大利亚联邦政府评为“重大工程”。Woodside能源公司与东京煤气公司签订了为期15年的供气合同,从2010年开始每年为其供应150万~175万t的液化天然气。东京煤气公司还拥有新建液化天然气生产线5%的股份。液化气工程的前期工程和设计工作已经展开。

2005年1月,桑托斯公司还在Permit WA-208-P区域发现了Hurricane天然气田,但是没有探测到石油。Hurricane天然气田位于伍德赛德能源公司正在生产的Lengendre油田附近。桑托斯公司还将于2006年在Hurricane天然气田钻探第2口勘探井。

2005年Arc能源公司和Origin能源公司在帕斯盆地的3个天然气田(Corybus、Tarantula、Senecio)的生产状况良好。在昆士兰的苏拉特-博文盆地,Mosaic石油公司发现了Permian油田;Sunshine天然气公司在Champagne Creek附近发现了天然气田。

2005年是澳大利亚东南部天然气田开采活动最为活跃的一年。尤其是在吉普斯兰盆地,在大型开采商ExxonMobil-BHP Billiton公司附近有大量的

小型开采商进行勘探、建设,但结果却差强人意。尽管如此,来自墨尔本(Melbourne)的巴斯海峡(Bass Strait)公司和奈斯克斯(Nexus)能源公司计划在2006年继续进行钻探活动。奈斯克斯能源公司还计划在2006年中期对其在Permit Vic/P54区域的Longtom天然气田进行评价。该公司对商业化开发充满信心,并且已经和桑托斯公司达成协议,通过桑托斯公司现有的Patricia-Baleen天然气工厂将350 PJ区域的天然气输往奥尔博斯特附近,协议合同为期10年。

### 1.3 在建工程

伍德赛德能源公司在奥特威盆地开采的Thylacine-Geographe天然气田将于2006年中期投产。这项耗资10亿美元的工程包括一个位于Thylacine天然气田的远程操作生产平台和一条通往Campbell港口处理工厂的水下管道。该公司还将于Geographe天然气田建设接入Thylacine天然气田的水下气井,生产的天然气将输往南澳大利亚-维多利亚管道网络。

另一个即将完工的位于澳大利亚东南部的海上天然气工程是由Origin能源联合公司开发的位于塔斯马尼盆地(Tasmanian)的Yolla天然气田。整个工程耗资高达5亿美元,工程已经比预计完工时间晚了12个月。该天然气田包括1个固定钢制平台和1条147 km长的通往维多利亚海岸的水下管道,以及一条32 km长的通往位于Lang Lang天然气处理工厂的地上管道。

埃克森美孚公司已经完成了Kipper天然气-凝析油田的初步设计工作。Kipper天然气-凝析油田位于基普斯兰盆地,预计耗资3亿美元。该公司正在等待Vic/RL2油区的租赁许可证和Vic/9油区的生产许可证,该公司计划将于2009年建成投产。

### 1.4 筹建工程

被人们议论最多的计划工程是雪佛龙集团(Chevron)在西澳大利亚州130 km处计划投资110亿美元建设的Greater Gorgon天然气-凝析油工程。2005年初,该计划被调整并入埃克森美孚公司开采的Jansz天然气田。Greater Gorgon天然气-凝析油工程50%的份额归雪佛龙集团,埃克森美孚公司和壳牌(Shell)石油公司各占25%份额。该工程将分为2个油区开采,生产的天然气通过2条管道输往Barrow岛上的液化天然气工厂。2005年7月,Greater Gorgon天然气-凝析油工程已经推至前端工程和设计阶段,最终决定将于2006年底完成,投产日期将

定在 2010 年。

其他 2 项重大的液化天然气工程是伍德赛德能源公司的 Pluto 天然气田和伍德赛德能源公司经营的 Browse 盆地天然气田。参与 Browse 盆地天然气田的开发商还有英国 BP 集团、澳大利亚 BHP Billiton 公司、雪佛龙集团和壳牌石油公司,但以伍德赛德能源公司为主。Browse 盆地天然气田项目包括 Torosa(原 Scott Reef)天然气田、Brechnock 天然气-凝析油田和 Calliance(原 Brechnock South)天然气田。2005 年,伍德赛德能源公司在 Browse 盆地天然气田成功钻探了 2 口气井,2006 年还将计划再钻探 4 口气井。

除此之外,还有一批海上工程正在研究之中。BHP Billiton 公司和埃克森美孚这 2 家公司计划将开采的天然气输往奥斯陆(Onslow)地区的液化天然气工厂,然后再将液化天然气销往美国。意大利 Eni 公司打算开发其全资拥有的位于 Bonaparte 海湾的 Blacktip 天然气田。2005 年 9 月,奈斯克能源公司收购了位于帝汶海西部的 Crux 天然气-凝析油田的全部股份,目前正在评价开采计划。

### 1.5 液化天然气

2006 年,澳大利亚天然气总产量预计将达到 455 亿  $\text{m}^3$ ,比 2005 年的 412 亿  $\text{m}^3$  略有增加。2005 年,澳大利亚液化天然气产量为 1 060 万 t(约占其天然气总产量的 40%)。随着康菲石油公司在达尔文市液化天然气工厂的投产,2006 年澳大利亚液化天然气产量预计将超过 1 300 万 t。

## 2 煤层气

澳大利亚的燃气供应充足还得益于不断增加的煤层甲烷气。澳大利亚拥有丰富的煤层甲烷气资源,主要来自于博文盆地和苏拉塔盆地的地下煤层。目前,煤层甲烷气占昆士兰州燃气需求的 30% 以上。

近来,随着来自昆士兰州博文、苏拉特盆地和悉尼(Sydney)盆地的煤层甲烷以及来自基普斯兰、巴斯海峡新海上油田和奥特威盆地普通天然气的进入,澳大利亚东部天然气市场已经发生了根本性的变化。这些新增煤层甲烷与来自南澳大利亚州库珀(Cooper)盆地的传统天然气供应将发生激烈的竞争。这将为计划建设的巴布亚新几内亚(Pupua New Guinea)至昆士兰的天然气输送管道提供稳定的市场供应。东澳大利亚天然气市场需求继续大幅增长,然而邻近的油气田出产的天然气却在不断下降。

东澳大利亚的天然气输送管道网络正在快速发展,这为邻近的煤层甲烷资源提供了良好的市场空间和发展条件。

位于昆士兰州的博文(Bowen)盆地和新南威尔士州的悉尼盆地的煤矿地下开采每年仅为保证安全进行排气就需要垂直钻探井深总计为 300 km。然而 2004 年澳大利亚为勘探和开采煤层甲烷而进行的钻探井深总计约为 184 km。2004 年,澳大利亚直接排放到大气中的煤层甲烷量高达 13 亿  $\text{m}^3$ ,这是澳大利亚商业化生产的煤层气的 111%,为同期天然气消费量的 5%。在澳大利亚,煤层甲烷气主要应用领域是发电。

### 2.1 勘探和开发

煤层气的勘探是建立在烯烃基础之上。然而,传统的石油勘探理论和钻探经验都不适用于煤层气。近 10 年来,随着一些实用勘探技术逐步在澳大利亚的应用和普及,其钻探煤层气井的成本已经大幅降低。就钻井数量和钻探深度而言,澳大利亚的煤层气钻探活动有了很大的发展。2004 年,澳大利亚勘探或者开采的煤层气井总计有 277 口。而与此同时,在岸上或者海上勘探、开采的石油井总计为 201 口。

从 1996 年至 2004 年,澳大利亚已经累计生产煤层气 33 亿  $\text{m}^3$ 。2004 年,昆士兰州的煤层气产出约为 9.2 亿  $\text{m}^3$ ,可以满足昆士兰州燃气总需求量的 31%;新南威尔士州的煤层气产出量约为 2.6 亿  $\text{m}^3$ ,其中大部分来自安平(Appin)煤矿和维斯特克里夫(Westcliff)煤矿。

### 2.2 煤层气资源

储藏在地下的、已经发现的煤层气在现有技术条件下能够利用的比例还很难掌握。澳大利亚的煤层气回收比例一般在 15% ~ 70%。

澳大利亚已经证实的煤层气资源储量为 572.0 亿  $\text{m}^3$ ,其中,在博文盆地和苏拉特盆地的煤层气资源储量分别为 498.0 亿  $\text{m}^3$  和 56.6 亿  $\text{m}^3$ 。而这 2 个盆地的天然气累计开采量和已证明的可开采量分别为 196.7 亿  $\text{m}^3$  和 75.7 亿  $\text{m}^3$ 。这就意味着博文盆地和苏拉特盆地蕴藏的煤层气资源比天然气资源丰富得多。

博文盆地中邻近的美景(Fairview)气田和春沟(Spring Gully)气田已证实可开采的煤层气储量为 386.0 亿  $\text{m}^3$ 。这比整个博文盆地和苏拉特盆地总的天然气储量还要大得多,而且比位于库珀盆地的

(下转第 64 页)

是否含有载体,乳状液膜可分为非流动载体液膜和流动载体液膜。

## 1.2 乳化液膜的传质机理

### 1.2.1 非流动载体的乳化液膜传质机理

当液膜中不含有流动载体时,其分离的选择性主要取决于溶质在液膜中的溶解度。溶解度相差大,才能产生选择性,也就是说混合物中的一种溶质的渗透速度要高。使用非流动载体液膜进行分离时,当膜两侧被迁移的溶质浓度相等时,输入便自行停止,故不能产生浓缩效应。为了实现高效分离,可采取在回收相内发生化学反应的办法来促进迁移,它的机理是通过在乳状液形成液膜的内相中引起一个选择性不可逆反应,使特定的迁移溶质或离子与内相中的另一部分相互作用,变成一种不能逆扩散穿过膜的新产物,从而使封闭相中的渗透物的浓度实质上为零,保持渗透物在液膜两侧有最大的浓度梯度,促进输送,这也叫 I 型促进迁移。

I 型促进传递实际上是纯粹的分子扩散,溶质在两相间的分配系数、扩散系数及浓度梯度是影响其传递的主要因素。由于液膜中无其他载体时,大部分溶质在溶液中的扩散系数大致相等,这样溶质在液膜与邻近溶液间的分配系数的变化就决定了膜的选择性。

### 1.2.2 含流动载体的乳化液膜分离机理

使用含流动载体的液膜,其选择性分离主要取决于所添加的流动载体,所以提高液膜的选择性的关键在于找到合适的流动载体。如果能够物色一种载体单一地与混合物的一种溶质或离子发生反应,那么就可以直接提取某一元素或化合物,这类载体可以是萃取剂、络合剂、液体离子交换剂等。流动载体除了能提高选择性之外,还能增大溶质通量,它实

质上是流动载体在膜内外 2 个界面之间来回穿梭地传递被迁移的物质。通过流动载体和被迁移物质之间选择性可逆反应,极大地提高了渗透溶质在液膜中的有效溶解度,增大了膜内浓度梯度,提高了输送效果。这种机理叫载体中介输送,又叫做 II 型促进迁移。

II 型促进传递使液膜具有高得多的分离选择性,它是应用最多、最广泛的方法,有关载体的合成与选择也是研究最活跃的课题。

### 1.3 分离过程的影响因素

乳状液膜是一个高分散体系,具有很大的传质比表面积,待分离物质由连续相经膜相向内相传递,是依靠组分透过膜时的速率差别来实现组分的分离,分离过程可分为制乳、分离、沉降、破乳 4 步。在传质结束后,乳状液通常采用高压电场、温度变化(周期性加热和冷却)、离心等方法破乳使膜相可以反复使用,内包相经进一步处理后回收溶质。

在整个分离过程中,需考虑的工艺参数和影响因素较多,如表面活性剂的种类和浓度对液膜的稳定性、渗透速率、分离效果都有明显的影响,当表面活性剂的油膜体积( $V_o$ )与内相试剂体积( $V_i$ )之比(油内比  $R_{oi}$ )从 1 增至 2 时,液膜变厚从而使液膜稳定性增加,但渗透速率降低;液膜乳液体积( $V_e$ )与料液体积( $V_w$ )之比,即乳水比( $R_{ew}$ )对液膜分离过程来说非常重要, $R_{ew}$ 愈大,渗透过程的接触面积愈大,分离效果也越好,但乳液消耗多,成本高;连续相 pH 决定渗透物的存在状态,在一定 pH 下,渗透物能与液膜中的载体形成配合物而进入液膜相,从而产生良好分离效果,反之则分离效果差;此外,搅拌强度和接触时间对液膜的稳定性和分离效果也有影响。

(上接第 62 页)

澳大利亚最大的 Moomba 天然气田的储量大。在博文盆地和苏拉特盆地共钻探了 850 口天然气和石油开采井。

由于库珀盆地、博文盆地和苏拉特盆地的天然气资源储量下降,昆士兰州的燃气供应已经转向煤层气。近些年,昆士兰州和新南威尔士州的发电厂、炼油厂和制造工厂签下的煤层气销售合同高达 1 350 PJ(PJ, petajoule, 相当于 4.3 万 t 黑煤或 290 万 L 汽油产生的热能)。这意味着已探明煤层气储量 2 223 PJ 中有 61% 已经有了销售对象。

### 2.3 生产前景

2004 年,澳大利亚 2004 年生产煤层气仅为天然气消耗量的 4.4% 和能源消耗量的 0.9%。到 2005 年底,澳大利亚煤层气产生的能源有可能超过水力发电。到 2008 年,澳大利亚消耗的煤层气将为同期天然气消耗总量的 8.4% 和能源消耗总量的 1.8%。在昆士兰州,煤层气占全部燃气消耗的比例将从 2004 年的 31% 增长至 2008 年的 62%。这表明到 2008 年煤层气将成为昆士兰州的主要燃气来源。

澳大利亚煤层气工业的进一步发展很大程度上取决于目前正在生产煤层气工程的中期生产运转状况。■