

【编者按】2002 年 3 月 10 日~13 日,以中国石油天然气股份有限公司贾承造总地质师为团长的中国石油代表团一行 8 人,参加了在美国休斯顿召开的 AAPG2002 年年会。该年会上共交流了天然气勘探与研究方面论文 54 篇,其中常规天然气论文 31 篇,非常规天然气论文 23 篇。这些论文充分反映了国外天然气勘探与研究的最新进展与发展趋势。贾承造总地质师等人的这篇文章,是对这次年会论文的综述,是广大天然气地质工作者了解和掌握世界信息的捷径,是对研究人员有益的启示。本刊在此特将它推荐给广大从事天然气勘探与研究的工作的同行。

国外天然气勘探与研究最新进展及发展趋势

贾承造*

(中国石油天然气股份有限公司)

赵文智

(中国石油勘探开发研究院)

魏国齐

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院)

刘德来 张君峰

(中国石油天然气股份有限公司)

贾承造等. 国外天然气勘探与研究最新进展及发展趋势. 天然气工业, 2002; 22(4): 5~9

摘 要 2002 年 AAPG 年会于 3 月 10~13 日在美国休斯顿隆重召开。根据会议论文,介绍了国外天然气勘探与研究最新进展及发展趋势,其中包括:生物气、海域及深水有利含气区带、陆上新老气区带等常规天然气,以及煤层气、深盆气、天然气水合物等非常规天然气的最新勘探与研究进展。

主题词 美国石油地质学家协会 天然气勘探 生物气 煤成气 深盆气 天然气 水合物

常规天然气勘探与研究

1. 生物气的形成、分布及鉴别方法

生物气的形成与分布、资源潜力以及生物气与热成因气的鉴别方法是本次会议讨论的重点之一。生物气具有气体非常干,碳同位素值轻的地球化学特征。生物气的聚集要求圈闭先形成。商业规模的生物气存在于: 常规环境,如具有高沉积速率和低温梯度的沉积盆地中; 非常规环境,如页岩、煤层或致密砂岩中。高沉积速率具有双重效应,即一方面在沉积层中保存有机质,另一方面又防止浅层气的逸散。以下两种机制最有利于生物气成藏: 源和藏不是分开的; 生物气散布在沉积体中且能够在大范围无阻隔聚集。纯生物甲烷气藏的确存在,然而生物成因气与热成因气混合的现象同样也是普遍存在的(而且这种横向及垂向的混合比率可以量化研究)。在许多气田内,原生的热成因气存

在于下部储层中,而生物成因气普遍出现在浅部。显然,成气系统的垂向充注是导致气源气体混合的控制性因素。最近的研究提出了一种用两种放射性成因的惰性气体 ^4He 与 ^{40}Ar 的比率来鉴别生物气与热成因气的新方法, $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$ 比值在生物气中较高,热成因气产出时 $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}$ 比值总是接近于地壳的平均比值。

意大利、哥伦比亚、加拿大、墨西哥湾、美国、俄罗斯等国家和地区都广泛分布着大量的生物气田。意大利的巨型生物气藏(储量 $1 \times 10^{12} \text{ ft}^3$, $1 \text{ ft}^3 = 28.316 \times 10^{-3} \text{ m}^3$)存在于中新统到上新统浊积层序中的缓背斜中,缓背斜为分散生物气的聚集提供了广阔的捕集范围。哥伦比亚的 Grajira 半岛近海已探明了几万亿立方英尺的天然气,其中 Chuchupa 和 Ballena 两地区分别为 $5.7 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 和 $1.2 \times 10^{12} \text{ ft}^3$,考虑到地层序列和低的区域地温梯度,地质分析推测聚集的这些气体是生物来源的。在加拿大北部大

*贾承造,1948 年生,获南京大学理学博士学位,教授级高级工程师;现任中油股份公司总地质师,从事构造地质、石油地质研究和油气勘探工作。地址:(100011)北京东城区安德路 16 号。

平原 Milk River 和 Belle Fourche 构造的白垩纪地层中,发现了具有经济价值(储量为 $5 \times 10^{12} \text{ ft}^3$)的生物甲烷气藏(^{13}C 为 $-65\text{‰} \sim -71\text{‰}$,甲烷含量超过 99.45%)。相反,墨西哥湾盐退形成的复杂小盆地中普遍存在热成因气和生物气的混合气藏,美国得克萨斯州、路易斯安那州、Macuspana 盆地、Burgos 盆地亦是如此,表明上述混合气藏在这种动态盐退沉降中是无处不在的。

2. 海域及深水区有利含气区带评价与含气远景

Cabon 近海深水区(水深超过 2 000 m)从南部刚果扇延伸至北部赤道附近的 Guinea 地区,面积超过了 1 000 km^2 ,这一大型深水区提供了众多有利区带,而且其中多数尚未被钻探,表明 Cabon 深水区具良好的含气远景;在 Ceiba 等赤道附近的 Guinea 深水近海地区,最近发现了新的有利区带,这些区带与异地盐体膨胀而发育的第三系与白垩系单个圈闭有关,储层类型从盆底扇到河道沉积均可见到,气藏中还可发现与烃类有关的振幅异常。

墨西哥东南部 Macuspana 盆地上、中新统气藏主要为构造成因,由于页岩压实作用出现了盆地内广布的生长断层发育区,在 3 个方向或 4 个方向封闭的部位聚集了大量天然气。在盆地西南部构造演化晚期形成了一些构造复合体。200~1 000 m 厚的上新统高位层序形成了气藏的区域盖层,在上中新统临滨砂岩向滨岸泥岩低渗区的尖灭形成了地层圈闭。

墨西哥湾盆地西南边缘的 Veracruz 地区,其陆架和深水区上第三系的重力流沉积为有利的同沉积区带。其中最有利区带多与浅水进积层序和坡麓堆积或深水浊积扇有关。沉积体系使砂与细粒沉积物分别沉积在构造上,形成了具不同源岩的区域断裂体系中的复合圈闭。几个分散的沿海岸线分布的河流三角洲沉积体系造就了 Veracruz 盆地中的主要含气砂岩气藏。

在爱尔兰 Zagros 地区与爱尔兰海湾水域,天然气储量超过了 $600 \times 10^{12} \text{ ft}^3$,主要储集在二叠、三叠系碳酸盐岩中,源岩主要为兰多维利下统富含有机质的放射性页岩,它的分布决定于北—南倾斜断块前二叠纪的剥蚀程度。大量的天然气与少量的轻质油在晚中新世和上新世再次聚集成藏。可以根据储层、盖层、地表油苗、与油气相关的指标以及油气田位置,在大量的二叠—三叠系碳酸盐岩有利区中优选出目标。

加拿大 Beaufort 海区新的发现提示人们:在白

垩系和第三系中均有很好的油气聚集。同时关注拉张断裂区向海方向的重力流沉积。

3. 天然气勘探新发现不断,勘探活动异常活跃

2001 年阿曼陆上天然气获得 6 年来最大的 2 个发现:发现井为 Kauther - 1、Khazzan - 1 井。尤其是位于 Saih Raul 巨型油田以西的 Khazzan - 1,估计天然气储量规模介于 $850 \times 10^8 \sim 1\,420 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

沙特阿拉伯发现巨型气田。沙特阿拉伯于 1994 年开始对非伴生深部天然气的勘探。目前,沙特阿拉伯东部的古生代天然气勘探取得了显著成效,总共钻井 28 口,成功率 57%,发现了 17 个新的气田,获得优质非伴生深部天然气储量超过 $40 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 。

伊朗扎格罗斯褶皱带天然气勘探获得大发现。发现井为 Daryaie - 1 井,钻遇 560 m 厚的天然气储集岩,估计天然气可采储量达 $1\,020 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2001 年澳大利亚奥特韦盆地海上天然气勘探获得新发现,发现井为 Thylacine - 2,储层为砂岩,钻遇 281 m 高的气柱, Thylacine - 2 测试日产气 $79 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。发现井所在构造的天然气储量达 $170 \times 10^8 \sim 280 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

阿根廷 Tarija 地区,今年陆上天然气勘探获得新发现,发现井为 Macuet 1001b(1H),测试日产天然气 $103 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。估计该气田的储量为 $570 \times 10^8 \sim 850 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

最近美国阿不拉契盆地位于纽约州和维吉尼亚州西部的上奥陶统 Trenton 和 Black River 石灰岩天然气勘探获得了大的突破,成为老盆地最引人注目的新发现。

4. 天然气勘探特色评价技术的进步

(1) 新勘探工具——气烟道处理技术

针对气烟道地震剖面上通常显示出被冲洗和混乱的地震同相轴使成图 and 解释变得更困难的问题,近来出现了一种被称为烟道处理技术的新方法,并成为了新的勘探工具。该技术基于模式识别技术,利用了方向参数、倾角方位和对比增强原理。这些模式不仅用于探测气烟道,而且可探测其它目标,如断层、地层体、裂缝等。利用选择性的、适当加权的参数神经网络技术产生烟道体,结合 3D 构造解释,限制了运移通道和烃类聚集过程的多解性,对有利勘探区域的划分和进一步考虑新油气类型大有益处。该项技术已在西非应用。

(2) 墨西哥湾大型三维四分量海底电缆地震勘探与气区成像技术

墨西哥湾海上西 Cameron 和 Eugene 岛地区,面

积超过 1 500 km²。由于气侵入和浅层气异常,干扰了仅记录纵波的常规 3D 地震成像。而转换波不对称的射线传播轨迹对覆盖次数—偏移距—方位角分布、共反射面元网格化和速度分析的影响,决定了该区必须采用上述特殊的勘探方法。由于转换横波传播不受气体或流体的影响,地震成像清晰,可显示出常规 3D 显示不清的细节,这就为油气富集复杂区块的解释、评价和开发并钻探降低了风险。此外,纵横波资料联合解释可以确定岩石物性,有利于储层特征分析和岩性预测。

(3) 用结构属性和神经网格划分叠加数据和 AVO 数据交互式地震相

提供了一个用地震结构属性和概率神经网络技术对地震相体成图的交互式方法,工作流程中最为重要的是多个地震相同时交互式训练、迭代训练和地震解释人员与全面分析之前的神经网络结果之间的质量控制。这项技术应用于近道、完全叠加地震数据,进行常规地震相分析,以及扩展到 AVO 属性体的解释中,例如“ $A + B$ ”(截距 + 梯度),表明在“混合”的属性体中的应用可降低地震相分析的非惟一性,大大提高了地震相体的可预测性。

(4) 复杂天然气藏 3D/4D 动态模型

Niger 三角州位于尼日利亚的南部,是世界上最高产的天然气区之一。为确保该省有效的天然气生产,需要一个能动态评价复杂气藏、显示气藏构造地质、提供储层特征描述稳定的数据库,以建立一个静态地质模型进行地质模拟,3D/4D 模型就提供了这个工具。通过 3D 模型技术的应用,进行了位于 Niger 三角州滚动背斜复杂地层中气藏描述。并对潜在气藏地下储气性进行了评价。4D 天然气藏评价提供了最优化开发天然气的时变储层特征分析。

(5) 泥浆气体同位素录井(MGIL)

运用地球化学解释的廉价技术,能够圈定发现多种生物成因、热成因气藏或纯的生物气藏的地区,有助于评价垂向和侧向的气藏储集空间和密封层段,评价充注史和烃类的热成熟度。

非常规天然气勘探与研究

1. 煤层气

(1) 煤层气研究与资源潜力

美国、加拿大等国的研究与勘探全面展开,涉及路易斯安那州、伊利诺斯盆地、得克萨斯州、阿拉斯加北部的煤层气—偏远地区的潜在资源、亚利桑那州东北部 Black Mesa 煤盆地、加拿大阿尔伯塔平原

区白垩纪—第三纪地层等,研究内容除煤层气区域地质背景及勘探潜力外,还包括:煤层解吸气体模拟。由于 N₂ 和 CO₂ 对提高煤层 CH₄ 采收率具有很好的效果,N₂、CH₄ 和 CO₂ 在煤层中吸附能力差异性的研究对阐明解吸过程的机理是十分必要的。主要评价和改进了在 CO₂ 注入煤层过程中遇到的单分子层和多分子层(SLD—PR)吸附模型。正确地评价 SLD—Eos(状态方程)格架内的煤层非均质性及构造复杂程度,对高压吸附现象的模拟能力的提高是有帮助的。此外,现有模型可以直接对吸附相的密度做出估计,并且可以给出在地层温度和压力下 CO₂ 的吉布斯吸附等温线下的最大值。

煤质对 CO₂ 螯合煤层的影响。煤质是煤层吸附甲烷能力的基本控制因素,同时也是螯合 CO₂ 的控制因素。采用 CO₂ 充注煤层不仅可以降低温室气体的排放量,而且还可以提高煤层气的回收率。通过对所有煤质参数进行分析发现,煤阶、灰分含量是决定吸附能力的最重要参数,不同显微组分的含量是次要因素。区域性的煤阶模式反映了古地温梯度变化,与区域沉降、褶皱断裂没有直接关系。在区域性范围内预测煤阶变化多少,是定量评价螯合能力的关键参数。灰分和硫分变化反映了区域海相、陆相冲积沉积背景下高位泥岩沼泽向低位泥岩沼泽的发展过程,碎屑物质在冲积扇轴部及河道处富集,在潮上带泥炭不富集。早期成岩黄铁矿 20% 以上地区一般为海相覆盖。

处理煤层气井水降低费用和改善环境。煤层气生产通常涉及每天每口井要处理 1 000 bbl 水,因而水处理花费必须降低,否则项目实施就会受到影响,而且水处理必须是符合环保要求的,否则作业者将面临法律问题。煤层气井排出水的水质成分千变万化,水处理必须从 4 个方面考虑:地表利用;对水源的影响;排放预处理;法律问题。

(2) 煤层气勘探进展

2001 年在 Sacatosa 地区发现了得克萨斯州第一个煤层气田——Sacatosa 煤层气田。目前该气田正在通过 3 个 7 口井为一组的井组排水采气,这些井都进行过射孔和压裂作业。产出的煤层气来自于 Maverick 盆地靠近底部上白垩统 Olmos 组的煤层和碳质泥岩。Maverick 盆地的主要构造为向东南倾没的背斜构造,主要含煤带厚度为 20~30 ft,煤层厚薄不均,并且有侧向尖灭现象,层间还夹有陆源碎屑混入物及火山灰沉积。煤层解吸出的气主要成分为干气,为生物甲烷与热解成因气混合而成的。初步测

试结果表明煤层至少在局部地区是饱和的,延伸到墨西哥境内(Rio Escondido 盆地)的同一含煤带含气量达 $300 \text{ ft}^3/\text{t}$ 。

2. 深盆地

(1) 深盆地生成的主控因素与潜力

深盆地广泛分布,它或者存在于常规圈闭中,或者在非常规的盆地中心聚集。它们通常形成较大的单个气田,空间分布比常规气田还大。目前,运用实验室热解方法对油与源岩进行模拟,得到了诸多深盆地成因方面的信息。深盆地生成的主控因素包括甲烷热稳定性、水与非烃类气体的作用、随热成熟度增加孔隙的损失、油气动态热裂解以及成熟度与干酪根类型所决定的源岩潜力。

盆地中心气和深盆地资源是北美巨大的未开发的天然气资源的潜力所在。例如,怀俄明州风河盆地中,USGS(美国地质勘探局)估计原地异常压力气资源量约为 $900 \times 10^{12} \text{ ft}^3$,然而,这一地层中天然气的累计产量还不到 $1 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 。1996年USGS估算在美国近岸与水域地区常规与非常规天然气剩余技术可采储量为 $114 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 。

(2) 深盆地勘探问题

在风河盆地范围内利用详细的速度处理分析和道间连续性得到的一系列资料进行了精确的油气系统评价,包括天然气分布、运移通道、目的层间气的相对成分、微裂缝的分布、异常压力岩石(流体)中的线性断裂的方向等。这一工作将极大地降低寻找异常压力气资源时的勘探不确定性。

技术与经济性是深盆地钻井的主要问题。如果完井成功,那么开发深盆地气的最大问题就成了如何克服恶劣的钻井环境,如高温高压、像 CO_2 、 H_2S 一样的酸性气体。尽管深井勘探成功率为 50%,但像储层质量、圈闭演化、气组分等地质与地球物理信息的匮乏已成为深盆地勘探的障碍。最近,对美国近岸的钻井深度进行了经济评价,研究表明:深井的花费平均为浅井的 10 倍。

3. 水合气

(1) 甲烷水合物的形成

世界上许多大洋沉积物中拥有丰富的水合物。水合物中的甲烷一般源于地热及生物成因,地热成因甲烷伴有乙烷—戊烷及其他气体,而生物成因甲烷一般含 99% 纯甲烷而没有重烃气体。因此水合物具有两种不同的结构形式:生物甲烷成因气形成了结构 I 样式的水合物,热成因甲烷气形成结构 II 样式。通过对气源的了解,可以为气体开采、气体提

纯、水合物稳定性研究等提供必要的信息。挪威—格陵兰的 Haakon—Mosby 泥火山、Texas—Louisiana 陆架和太平洋 Cascadia Margin 的数据,为不同地区的水合物中的甲烷、沉积物中有机质、沉积物中稳定和放射性的碳同位素对比分析提供了基础。

甲烷水合物研究具有几个独特的挑战:明确其如何形成、演化和分解的物理属性,以及什么控制着气的聚集;分析水合物对沉积物强度和海底稳定性的影响;通过遥感、改进的模拟和模型及新的开采技术来表征和勘探水合物。

(2) 海底水合物的地质经济学研究

水合物的商业化还远未被证明。对水合物采收的经济分析因全球水合物资源量的不确定性和单个水合物聚集区的认识不足而一再推迟。基于地质、工程、经济因素考虑对研究程度较高地区的水合物圈闭及大区进行了经济潜力的评估。以下三种类型的水合物,经济潜力变化很大。

与断层、泥火山及其他地质构造有关的水合物聚集的沉积物中以含有高浓度水合物为特征,高资源密度、高回收率,勘探开发费用低。这些聚集区可以提供经济边际的水合物气藏。

渗透性好的地层中聚集生物甲烷水合物时,一般浓度低、采收率低,勘探开发成本高,这些聚集只提供一个非经济的资源;然而有些情况像 Nankai 海沟,发育于高渗砂层中的水合物,浓度高,可能成为有经济价值的勘探开发目标。

地层和构造联合控制的水合物缺少地质资料,经济潜力不清。将来的勘探应集中在相对大的构造聚集的水合物气藏,那里开发最有可能获得利润。

(3) 海底水合物地震与钻探技术

如何获得高分辨率的海底地震图像是海底水合物勘探的首要问题。如果水深超过 1 km,地震源的能量在 1 km 或更深处的强烈衰减,使得海底地震穿透力仅为数十米,利用拖船获得浅层地震剖面的常规方法的勘探成本会急剧上升。为克服这些困难,密西西比大学采用了不同的震源、接收器以及相关软件,通过几次地震数据采集,最终获得了墨西哥湾深水区的海底及水合物的地震图像,可以分辨千米海底厘米级的物体。已有几条剖面可以证明这个效果,其中有一条剖面穿过一口井,该井曾钻遇到 300 m 厚的流砂,流砂体之上的分辨率精度小于 3 m。一些剖面显示菱形图案,被认为含有水合物,其他剖面浅层显示出令人振奋的模式图案。为进一步解释提供了基础。另外,水合物位于海底,钻探条件与常

规天然气不同,经济性开发海底水合物需要开发新的海洋钻探系统和方法。

天然气勘探与研究的发展趋势

1. 天然气勘探领域与范围不断扩大

(1) 从陆地向海域扩展

如在加拿大边界寻找天然气,近期北美对天然气需求量的急剧增长使得大量勘探工作向北纬 60° 以上拓展。非洲 Gabon 近海深水区勘探已扩展到大于水深 2 000 m。

(2) 从常规天然气向非常规天然气(致密地层天然气、页岩气和煤层气)扩展

目前,美国消费的天然气中致密地层天然气、页岩气和煤层气占到 20 %。这些非常规气资源加上深海、基性盐、深层(15 000 ft)、盐水气和水合物,到 2020 年,将占美国天然气消费的 50 %。

美国的煤层气勘探遍布本土,并不断有新的发现(如 2001 年发现了得克萨斯州第一个煤层气田——Sacatosa 煤层气田),而且已开展了阿拉斯加北部的煤层气的研究,并建议作为设计穿过阿拉斯加天然气管线的补充气源。

(3) 生物气研究与勘探成为新的亮点

包括生物气的形成与分布、资源潜力以及生物气与热成因气鉴别方法等。意大利、哥伦比亚、加拿大、墨西哥湾、美国、俄罗斯等国家和地区都广泛分布有大量的生物气田。除了最大的西西伯利亚乌连戈伊气田,生物气产量一般占天然气总产量的 10 %,在具有最好的成藏和聚集条件的盆地中,生物气的产量可以占到 25 % (墨西哥湾) 甚至 80 % (亚平宁前渊)。

2. 中东地区天然气勘探异常活跃,美国老区坚持勘探仍有新发现

在 2001 年天然气的 6 大发现中,中东地区占了 3 个,其中沙特阿拉伯东部的古生代发现巨型气田,发现 17 个新的气田,获得优质非伴生深部天然气储量超过 $40 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 。美国阿不拉契盆地勘探活动始于 1800 年,最近天然气勘探仍有大的发现,从 1999 ~ 2000 年,纽约州和维吉尼亚州来自这套地层的天然气产量超过 $100 \times 10^8 \text{ ft}^3$,让人们的老盆地的资源潜力产生了新的兴趣。

3. 三维地震勘探广泛运用在油气勘探中,天然气勘探特色评价技术日趋成熟

三维地震勘探广泛运用在油气勘探中。在墨西哥加大使用地震技术对发现新储量作用很大,开辟了油气评价和储层特征描述的前沿。目前为止,3D 勘探占陆上和海洋租赁合同内地震勘探的 95 %。天然气勘探特色评价技术日趋成熟,包括 AVO 数据交互式处理解释、转换横波勘探技术和气烟道处理技术等天然气勘探中发挥了重要作用。

4. 水合物的研究成为新的热点

美国能源部建立了水合物勘探互联网站:
<http://www.netl.doe.gov/scng/hydrate/> 由能源部负责协调,美国联邦调查局、海洋实验室、国家海洋及大气机构、矿产管理中心、国家科学基金会参加,以更好地支持了解水合物性质、水合物沉积物及水合物与世界大洋、大气的相互作用,促进世界范围内的合作,发表这种巨大的潜在资源的有关研究成果和论点。

(收稿日期 2002 - 05 - 31 编辑 居维清)

ABSTRACTS AND AUTHORS

DEVELOPING STRATEGY OF NATURAL GAS INDUSTRY IN CHINA

Zhang Kang (Research Institute of Exploration and Development, Sinopec). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 4, pp. 1 ~ 4, 7/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: By the end of 2000, the accumulated proved reserves of natural gas (both oil-field dissolved gas and gas-field gas) were $3.62 \times 10^{12} \text{ m}^3$, in which the residual recoverable reserves were $1.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$; and the reserve-production ratio of the gas-field gas in the whole country was 71.4. In China, the recoverable gas resource extent estimated by the author in 2001 was about $11.44 \times 10^{12} \text{ m}^3$, in which the undiscovered one was $9.38 \times 10^{12} \text{ m}^3$, so the proved resource extent accounts for 18 % at present, which shows that the gas resource potential is considerable and the condition of a sustained development of natural gas industry is set up in China. For this reason, as the national infrastructure, the long-distance transmission pipeline should be unitedly planned and greatly developed. According to the result estimated by the author, it is indicated that when circumstances are favourable, natural gas produced by ourselves can basically satisfy our needs up to the 30's of the 21st century at least and the one imported is only a necessary supplement. The gas-field properties, as small scale, low abundance and being far from the economic centers, cause the user price of natural gas is on the high side, so that it is necessary to pay more attention to the problem of opening up market at high gas price, to improve relevant favourable terms and protective measures and to strengthen comprehensive plan. And an overall synthetical research on the up-, middle- and down-stream of natural gas industry in China made by the multiple-aspect experts invited by national department responsible for the work must be carried out first, then the sustained development of natural gas industry may be realized.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Industry, Developing strategy

Zhang Kang's introduction: See v. 19, no. 3, 1999 Add: No. 31, Xueyuan Road, Beijing (100083), China Tel: (010) 82312963

THE RECENT PROGRESS AND DEVELOPING

TENDENCY IN NATURAL GAS EXPLORATION AND ITS STUDIES SEEN AT ABROAD *

Jia Chengzhao (PetroChina Limited Company), Zhao Wenzhi (Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC), Wei Guoqi (Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC), Liu Delai and Zhang Junfeng (PetroChina Limited Company). *NATURAL GAS IND.* v. 22, no. 4, pp. 5 ~ 9, 11/25/2002. (ISSN1000 - 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: AAPG (the Association of American Petroleum Geologists) hold her annual conference on March 10 - 13 in Houston, the U. S. A. In the grand meeting, 54 articles of theses were presented on natural gas exploration and its studies, among which there were 31 articles on conventional natural gas including biogenetic gas, the favourable gas-bearing zones in the offshore and deep sea, and some old or new gas fields in the continent; another 23 articles on unconventional natural gas such as coal-bed gas, deep basin gas and gas hydrate and so on. These theses left us a deep impression on the newest development in exploration and its studies in today's world.

SUBJECT HEADINGS: AAPG (the Association of American Petroleum Geologists), Natural gas exploration, Biogas, Coal-bed methane, Deep basin gas, Natural gas, Hydrate

Jia Chengzhao (*professorial senior engineer*), born in 1948, got his Doctor's degree of science in Nanjing University. Now he is chief Geologist in PetroChina Limited Company, being engaged in the structural geological and petrogeological fields and in charge of oil and gas exploration. Add: Ande Rd., Dongceng District, Beijing (100011), P. R. China

HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LOWER PALEOZOIC FORMATION WATER AND IDENTIFICATION OF NATURAL GAS ENRICHMENT AREA IN CENTRAL GAS FIELDS IN E'ERDUOSI *

Li Xianqing (Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou), Hou Dujie (Jiangan Petroleum Institute), Hu Guoyi (Lang-