

陆相盆地隐蔽油气藏综合勘探方法与应用初探

吴东胜^{1,2}, 杨申谷^{1,2}, 刘少华^{1,2}

(1. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023;

2. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023)

摘要: 隐蔽油气藏综合勘探方法是层序地层学框架下的多学科综合研究, 应以信息集成系统为平台, 分为基础资料整理、区域综合评价和目标预测3个阶段进行。基础资料整理应建立信息平台, 以实现多源数据和成果的集成化管理; 区域综合评价可分为区域性等时层序地层格架建立、沉积体系和隐蔽圈闭特征研究、隐蔽油气藏成藏规律研究、隐蔽油气藏空间分布预测和评价等步骤进行, 以阐明隐蔽油气藏的类型、特征、形成条件和空间分布; 目标预测分工区选择、高精度层序格架对比、隐蔽圈闭识别和描述、隐蔽圈闭含油气性评价等步骤进行, 以识别和评价隐蔽油气藏并最终提供钻探目标。信息集成系统可基于组件式地理信息系统(COM GIS)开发, 并具备油气勘探成果信息和多学科数据的集成化管理、研究成果的综合表达与应用及海量数据的挖掘等功能。苏北盆地金湖凹陷戴南组的隐蔽油气藏研究表明了综合勘探方法的实用性和有效性。

关键词: 隐蔽油气藏; 综合勘探; 信息集成系统; 金湖凹陷; 苏北盆地

中图分类号: TE19

文献标识码: A

Preliminary approach to the integrated exploration method of subtle reservoirs in non-marine basin and its application

Wu Dongsheng^{1,2}, Yang Shengu^{1,2}, Liu Shaohua^{1,2}

(1. Key Laboratory of Hydrocarbon Resources and Exploration Technologies, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China; 2. Geoscience Institute, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China)

Abstract: Integrated exploration of subtle reservoirs is a multidisciplinary research work under the framework of sequence stratigraphy with the information integration system as the platform, which can be performed in three stages, including basic data compilation, regional comprehensive evaluation and target prediction. In the basic data compilation stage, an information platform should be built to realize integrated management of multiple source data and achievements. The regional comprehensive evaluation should be carried out in the following steps, including the building of a regional isochronal sequence stratigraphic framework, study of the characteristics of sedimentary system and subtle traps, study of the reservoiring pattern of subtle reservoirs, and prediction and evaluation of the spatial distribution of subtle reservoirs, so as to illustrate the types, features, forming conditions and spatial distribution of the subtle reservoirs. Target prediction should be performed in steps including selection of the working area, high accuracy correlation of sequential framework, recognition and characterization of subtle traps and evaluation of oil/gas-bearing properties of subtle traps, so as to recognize and evaluate subtle reservoirs and finally determine the targets for exploration drilling. The information integration system can be developed on the basis of the COM GIS system and should have the functions of integrated management of petroleum exploration information and multidisciplinary data, comprehensive presentation and application of research achievements, as well as tapping mass data. Application of the integrated exploration methodology in the research of subtle reservoirs in Dainan Fm of Jinhu sag, Subei basin, shows that it is practical and effective.

Key words: subtle reservoir; integrated exploration; information integration system; Jinhu sag; Subei basin

收稿日期: 2005-11-24

第一作者简介: 吴东胜(1967—), 男, 副教授, 油气地质综合研究与石油勘探开发 GIS 应用研究

1 前言

隐蔽油气藏是指那些隐伏的、用常规勘探方法难以发现的各种圈闭所形成的油气藏,可分为隐蔽构造油气藏、岩性油气藏、地层油气藏及水动力油气藏等。我国东部的陆相盆地主要发育隐蔽岩性和地层油气藏^[1]。由于许多重要的含油气盆地已进入了勘探中、高成熟阶段,发现构造油气藏的机遇日益减少,隐蔽油气藏勘探已逐渐占据了首要地位。因此,学者们从成因类型、形成机制、勘探方法和技术等多个角度对陆相盆地的隐蔽油气藏进行了广泛的研究。沈守文^[1]详细论述了隐蔽油气藏的成因分类及针对不同类型的勘探方法。李丕龙^[2,3]、冯有良^[4]、陆建林^[5]、王英民^[6]指出断陷盆地隐蔽油气藏的发育受构造坡折带的控制,并提出了“断坡控砂、复式输导、相势控藏”等隐蔽油气藏形成机制。曾溅辉^[7]、陈冬霞^[8]、高永进^[9]等从不同角度论述了断陷盆地隐蔽油气藏的形成

综合研究方法。无论是从形成机制还是从勘探方法上来讲,隐蔽油气藏勘探都必须十分注重多因素的综合分析和多学科的综合研究。但是,由于缺乏合适的技术手段及相应的专业流程和工作方法,基于多因素和多学科成果的综合分析往往只能是定性地进行,难以获得定量的精确的结果,难以满足隐蔽油气藏勘探综合、快速、准确的要求。因此,有必要对陆相盆地隐蔽油气藏勘探方法开展系统的研究,基于多因素综合分析来构造合适的勘探流程和工作方法并开发相应的计算机软件工具,以提高隐蔽油气藏勘探的成功率。这对于东部油田挖潜、提高勘探成效具有十分重要的意义。

1 勘探方法

1.1 工作流程

隐蔽油气藏勘探必须解决隐蔽圈闭的精确定位和含油气潜力的准确评估两个问题。陆相盆地由于构造复杂、物源多、构造活动强烈及相变剧烈

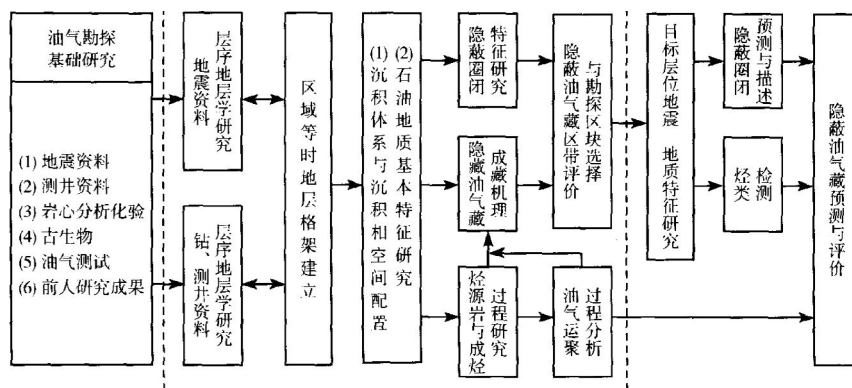


图1 隐蔽油气藏综合勘探的工作流程

Fig. 1 Work flow of integrated exploration of subtle reservoirs

1) 第Ⅰ阶段为基础资料采集与处理阶段,其主要任务是收集和整理地震、测井、岩心观察、样品测试、古生物、油气测试、区域地质以及前人研究成果,建立多源信息的集成化管理平台。该平台不但可迅速、方便地为后续研究提供所需的基础资料,而且能集成管理各个研究阶段新产生的

藏的成因类型和地质特征,选择合适的地震处理和解释方法,以高级别层序地层单元为单位进行工业制图,进而识别和描述隐蔽圈闭;④根据研究区油气成藏条件分析和烃类检测结果,随着技术的进步还可结合含油气系统的研究成果,对隐蔽油气藏的含油气性进行综合评价,最终提供可供

析,研究层序地层单元的沉积体系构成、特征及其空间配置,建立层序地层单元构成模式,依据构造、沉积的空间组合关系预测隐蔽圈闭的类型、特征、发育层位和平面分布,结合构造发育史分析隐蔽圈闭的形成及演化史;③在层序地层格架的基础上,进行生、储、盖、油气输导体系(断层、不整合、渗透性岩层)的分布研究和质量评价,确定主力烃源岩、生烃坳陷及生、排烃期,根据已知隐蔽油气藏的解剖分析、油气测试资料 and 前人研究成果,总结隐蔽油气藏的成藏控制因素和成藏模式;④根据对上述隐蔽圈闭和油气成藏研究成果的综合分析,得出隐蔽油气藏类型、特征、发育层位及分布区带较为可靠的预测和评价结果。

3) 第Ⅲ阶段为隐蔽油气藏预测和评价阶段,主要应用集成化管理的区域研究成果和油田勘探开发基础资料,发现、识别、描述和评价隐蔽油气藏并提供钻探目标。这一阶段也可分为4个步骤:①根据区域研究成果,选择位于隐蔽油气藏发育的有利区带内钻井较少、勘探潜力较大的高精度三维地震工区作为隐蔽油气藏的精细研究地区;②以区域等时地层格架为标准,精细标定地震-地质层位,应用钻/测井、三维地震资料进行工区范围内的高分辨率层序地层学研究,确定地层单元的纵、横向变化规律及地震响应特征,进一步明确区内隐蔽圈闭的发育特征;③根据隐蔽油气

计算机系统为基础研究手段,综合测井、地震、岩心、试油及样品分析等不同来源的数据和解释结果,来较为完善地认识隐蔽油气藏及其形成条件。它通过计算机平台集成多个学科专业的数据资料和研究成果,实现不同学科间大量数据的有序传递,保证所有专业技术人员可随时随地对其他学科的数据和成果进行综合对比和评价。由此可见,多学科综合研究的基础是集成地质、地球物理、岩石物理、油气测试等多学科数据的信息集成系统。

服务于隐蔽油气藏综合勘探的计算机信息系统必须具备以下功能:一是油气区勘探信息的可视化和集成化管理,使研究人员全面地掌握含油气盆地的勘探现状及资料状况;二是多学科数据的集成化管理和应用,保证研究人员迅速方便地得到所需数据,将更多的时间投入到地质规律的认识而不是数据的收集整理和格式转换;三是要以图形化方式实现不同来源、不同专业成果资料的合成显示,使每个成员可及时对其他成员的数据和成果进行综合对比和评价,建立相互交流和反馈机制;四是系统要提供合适的数据挖掘工具,使勘探家们能根据特定的研究主题及知识模型从数量巨大、内容庞杂的油气勘查数据中归纳、总结和提炼数据,应用于隐蔽油气藏的研究^[17]。

鉴于地理信息系统(GIS)是采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相

关系性的计算机系统,具有强劲的空间数据库管理和空间分析功能,将其作为油气勘探开发多学科团队的工作平台,可实现多学科研究成果和数据资料的整合^[18],满足隐蔽油气藏勘探的应用需求。因此,我们可以组件式地理信息系统为基础平台开发适合于隐蔽油气藏综合勘探的信息集成系统,其基本思路是:隐蔽油气藏综合勘探的信息系统一般包含通用基本组件、领域共性组件和应用专用组件等3类组件。前二类组件一般为GIS组件,石油行业的研究人员可将开发的重点集中到油气勘探的专用组件,最终通过可视化的软件开发工具将GIS组件和油气勘探的专用组件集成起来,开发出高效的隐蔽油气藏综合勘探信息系统。

2 应用

苏北盆地金湖凹陷为晚白垩世发育起来的断陷盆地,凹陷内部被北东、东西向断裂体系切割为一系列带状分布的次级构造带,发育有阜宁组、戴南组和三垛组等老第三纪地层。笔者以信息系统为基础平台,应用隐蔽油气藏综合勘探方法,对金湖凹陷戴南组进行了研究。

2.1 油气勘探基础资料的集成化管理

收集和整理金湖凹陷地震、测井、录井、岩心观察、油气显示、区域地质、前人研究等多项基础资料和勘探成果,采用数据集成技术,以三级数据库方式来存储和管理多学科数据。其中,一级数据库存储油气勘探基础资料,二级数据库存储区域评价综合数据和研究成果,三级数据库存储目标区块岩性油气藏精细描述和评价数据;多个数据库均由逻辑上统一的全局元数据来组织,并可在统一界面下进行可视化管理。

2.2 隐蔽油气藏区带评价

在信息集成平台上,应用图形叠加显示、专题图、三维可视化等方法进行多因素的综合分析和评价,对本区隐蔽油气藏的纵、横向发育规律进行详细的研究和精确的描述。

根据高精度层序地层学研究可将戴南组由下至上划分为SⅢ₅、SⅢ₆和SⅢ₇3个层序。SⅢ₅层序由水进体系域和高位体系域组成,水进体系域为一套厚度不大、分布范围有限的灰色泥岩沉积,

高位体系域由小型扇三角洲、盆地扇和湖泊沉积构成;SⅢ。层序由低位体系域和水进体系域构成,低位体系域发育扇三角洲、盆地扇沉积,水进体系域则以灰—深灰色湖相泥岩沉积为主;SⅢ₁层序发育了完整的低位体系域、水进体系域和高位体系域层序组合,低位和高位体系域均由进积型式叠加的扇三角洲沉积构成,水进体系域则以一套灰色泥岩沉积为主。沉积体系与构造形态的空间组合分析表明,本区主要发育地层超覆、砂岩上倾尖灭和砂岩透镜体等3种类型的隐蔽圈闭。金湖凹陷主要烃源岩为三河次凹和龙岗次凹的阜宁组湖相深色泥岩,于三垛末期—盐城早期大量排烃,油气通过渗透性砂层及断层运移、聚集,隐蔽油气藏的形成受古构造条件、盖层泥岩发育程度、隐蔽圈闭与油气运聚过程在时间和空间上的配套等因素控制。

通过三级层序为单位的储、盖综合评价,确认 SIII₁ 层序低位体系域为本区戴南组的最优隐蔽油气藏发育层位。应用信息系统作出 SIII₁ 层序低位体系域沉积相与顶面构造叠合图、沉积相与砂岩厚度等值线叠合图、沉积相与断层、油气显示状况叠合图、沉积相与 SIII₁ 层序水进体系域泥岩厚度等值线叠合图、沉积相与顶面构造及上覆泥岩厚度等值线的三维显示图等多种综合分析图件。一系列分析图件的综合评价表明,隐蔽油气藏分布的最有利地区为三河次凹以西的斜坡带及龙岗次凹周缘的斜坡带(I类有利区带),尤以扇三角洲边缘地区为优(图 2)。

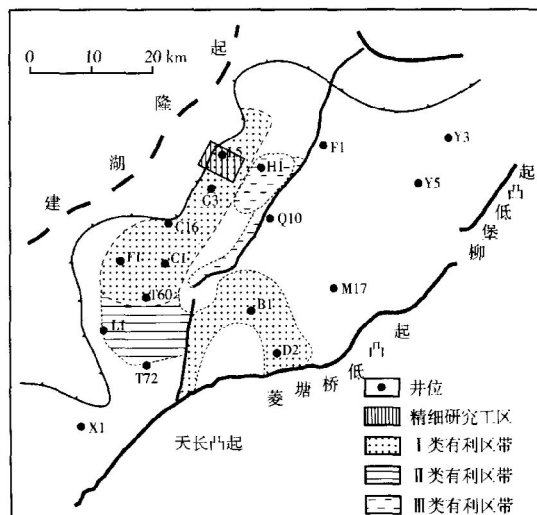


图2 隐蔽油气藏有利分布区带评价

Fig. 2 Evaluation of the favorable play of subtle reservoir

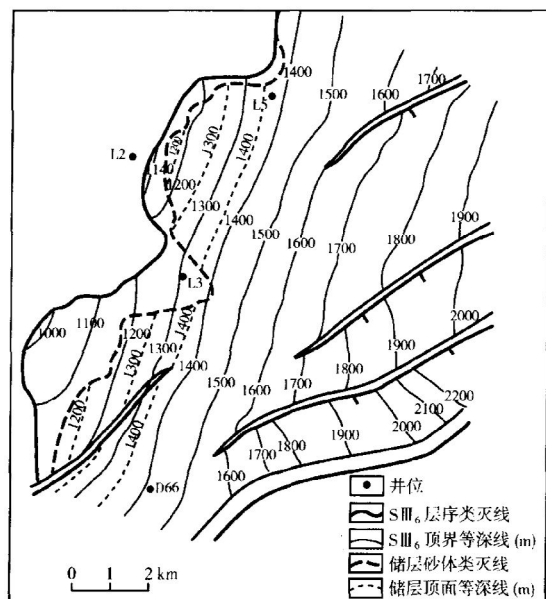


图3 LZ地区隐蔽圈闭预测平面图

Fig. 3 Plane diagram showing the prediction results of the subtle traps in LZ area
(位置见图2精细研究工区)

2.3 隐蔽油气藏预测和描述

根据凹陷构造区划、钻井资料、联井剖面分布、三维地震工区、区域评价成果、已发现的油气资源分布及地面地理情况等多源资料的合成显示并分析,笔者选择Ⅰ类有利区带内的LZ三维地震工区进行隐蔽油气藏的精细预测。该区块位于西部斜坡带,区内探井较少,勘探潜力较大。

通过联井剖面与区域地层格架的精细对比,依据区域层序格架对本区的层序地层界面进行了地质、地震综合划分和对比研究,建立了LZ区块高精

可靠的资料和成果进行综合处理,可得到较为可靠的隐蔽圈闭描述结果。由图可见,该圈闭由平面上弯曲分布的砂岩尖灭线与单斜构造的构造等深线交切所构成(图3)。

隐蔽圈闭距三河次凹主力油源区较近,其下倾方向发育有长期活动结束于三垛运动时期的断层,油气输导体系与生油岩大量生、排烃时间配套,具有较好的含油气前景。尤其是L5井于SⅢ₆层序低位体系域顶部见油斑砂岩5m,表明该区确实有油气聚积作用的发生。

参 考 文 献

- 1 沈守文,彭大钧,颜其彬,等. 试论隐蔽油气藏的分类及勘探思路[J]. 石油学报,2000,21(1):16~21
Shen Shouwen, Peng Dajun, Yan Qibin, et al. Classification and exploration methods of subtle trap reservoirs [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(1): 16~21
- 2 李丕龙,张善文,宋国奇,等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1):3~10
Li Pilong, Zhang Shanwen, Song Guoqi, et al. Forming mechanism of subtle oil pools in fault basins—taking the Jiyang depression of the Bohaiwan basin as an example [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 3~10
- 3 李丕龙,张善文,宋国奇,等. 济阳成熟探区非构造油气藏深化勘探[J]. 石油学报,2003,24(5):10~15
Li Pilong, Zhang Shanwen, Song Guoqi, et al. Exploration potential of nonstructural pools in the matured area of Jiyang district [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(5): 10~15
- 4 冯有良,邱以钢. 高精度层序地层学在济阳坳陷下第三系隐蔽油气藏勘探中的应用[J]. 石油学报,2003,24(1):49~52
Feng Youliang, Qiu Yigang. Application of high-resolution sequence stratigraphy to exploration of Lower Tertiary subtle reservoir in Jiyang subbasin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(1): 49~

- 其主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 219~222
Zeng Jianhui, Zhang Shanwen, Qiu Nansheng, et al. Trap fill of lithologic pools and its main controlling factors in Dongying sag [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 219~222
- 8 陈冬霞, 庞雄奇, 翁庆萍, 等. 岩性油藏三元成因模式及初步应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 228~232
Chen Dongxia, Pang Xiongqi, Weng Qingping, et al. Discussion and preliminary application of ternary genetic mechanism of lithologic reservoir [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 228~232
- 9 高永进, 邱桂强, 陈冬霞, 等. 牛庄注陷岩性油藏含油气性及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 284~287
Gao Yongjin, Qiu Guiqiang, Chen Dongxia, et al. Oil/gas shows in lithologic reservoirs in Niuzhuang sag and their main controlling factors [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 284~287
- 10 袁选俊, 薛良清, 池英柳, 等. 拗陷型湖盆层序地层特征与隐蔽油气藏勘探——以松辽盆地为例[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 11~15
Yuan Xuanjun, Xue Liangqing, Chi Yingliu, et al. Sequence stratigraphic and subtle-trap characteristics of lacustrine depression basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(3): 11~15
- 11 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 断陷湖盆隐蔽油气藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(5): 592~598
Li Sitian, Pan Yuanlin, Lu Yongchao, et al. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in lacustrine fault basins: sequence stratigraphic researches on the basis of high resolution seismic survey [J]. Earth science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(5): 592~598
- 12 李群. 松辽盆地长岭凹陷隐蔽油气藏勘探研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 770~774
Li Qun. Study of subtle oil/gas reservoir exploration in Changling sag of Songliao basin [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6): 770~774
- 13 林松辉, 王华, 王兴谋, 等. 东营凹陷第三系隐蔽油气藏的地震预测研究[J]. 地质科技情报, 2003, 22(2): 57~62
Lin Songhui, Wang Hua, Wang Xingmou, et al. Study on seismic prediction of the Tertiary subtle reservoir in Dongying depression [J]. Geological Science and Technology Information, 2003, 22(2): 57~62
- 14 赵力民, 郎晓玲, 金凤鸣, 等. 波形分类技术在隐蔽油气藏预测中的应用[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 53~55
Zhao Limin, Lang Xiaoling, Jin Fengming, et al. Application of waveform classification technique in the prediction of subtle reservoir [J]. Petroleum Exploration & Development, 2001, 28(6): 53~55
- 15 李宏伟, 朱怡翔, 李胜利, 等. 辽河西部凹陷北部地区隐蔽油气藏预测与成藏机制分析[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 44~46
Li Hongwei, Zhu Yixiang, Li Shengli, et al. Prediction of subtle hydrocarbon reservoir and pool-forming mechanism, northern part of western sag, Liaohe region [J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(1): 44~46
- 16 扬占龙, 郭精义, 陈启林, 等. 地震信息多参数综合分析 with 岩性油气藏勘探——以 JH 盆地 XN 地区为例[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(6): 628~632
Yang Zhanlong, Guo Jingyi, Chen Qilin, et al. Multi-parameters of seismic and subtle reservoir exploration—take the XN region of JH basin as an example [J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 15(6): 628~632
- 17 吴东胜, 刘少华, 朱小龙, 等. 隐蔽油气藏勘探的信息集成系统[J]. 石油学报, 2004, 25(6): 33~37
Wu Dongsheng, Liu Shaohua, Zhu Xiaolong, et al. Information integration system of subtle reservoir exploration [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(6): 33~37
- 18 Barrell K A. GIS: the exploration and exploitation tool—geographic information systems in petroleum exploration and development [A]. In: Coburn T C, Yarus J M, eds. AAPG Computer Applications in Geology [C]. AAPG Memoir, 2000, (4): 237~248

(编辑 李 军)

2005 年国外石油科技十大进展

中国石油集团公司评选出 2005 年国外十项石油科技重大进展, 它们是:

- 1) 台盆区海相碳酸盐岩天然气勘探开发及配套技术取得重大进展;
- 2) 海底生产系统取得新突破;
- 3) 压裂增产新工艺和新材料大幅度提高低渗油气藏产量;
- 4) 三维地震可视化技术应用规模不断扩大;
- 5) 壳牌和里夫斯油田服务公司联合研制成功过钻头测井系统;
- 6) 套管钻井技术成为降低钻井成本的新技术;
- 7) 复合补强钢管在长输管道应用优势显著;
- 8) 利用挠性管清除管道堵塞可有效节约成本;
- 9) 生产超低硫柴油的缓和加氢裂化新工艺;
- 10) 过氧化氢生产环氧丙烷工艺加快推向工业化。

(摘自《石油商报》)