

页岩气新矿种的确立依据及其意义

李玉喜¹ 张大伟¹ 张金川²

1. 国土资源部油气资源战略研究中心 2. 中国地质大学(北京)能源学院

李玉喜等. 页岩气新矿种的确立依据及其意义. 天然气工业, 2012, 32(7): 93-98.

摘要 我国页岩气资源潜力大, 所开展的研究及勘查发现已经引起了国内外的极大关注。2011 年 12 月, 国务院批准页岩气为新发现矿种, 至此, 我国的独立矿种增加到 172 种。以我国第一口页岩气资源战略调查井——渝页 1 井及全国页岩气资源调查现状为基础, 在探讨我国页岩气资源条件及勘查开发前景的基础上, 就确立页岩气为新的矿种, 以及其勘探开发意义和经济价值等进行了分析。结果表明: ①中国陆上页岩气地质资源潜力和可采资源潜力分别为 $134.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $25.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (不含青藏区); ②全国可优选出页岩气有利区共计 180 个; ③中国页岩气分布面积广、发育层系多; ④到 2015 年, 中国页岩气探明可采储量约 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 年产量将达 $65 \times 10^8 \text{ m}^3$, 页岩气勘探开发初见成效; ⑤到 2020 年, 中国页岩气探明可采储量约 $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 年产量将达 $800 \times 10^8 \text{ m}^3$, 页岩气勘查开发初具规模; ⑥页岩气储量、产量的增长将主要来自四川、重庆、贵州、湖北、湖南、陕西、新疆等省(区、市)的四川盆地、渝东鄂西地区、黔湘地区、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地等。确立页岩气的独立矿种地位, 对油气和非油气企业, 特别是资金实力雄厚的非油气企业从事页岩气勘查开发提供了相同的条件, 对放开市场, 引入竞争, 科技攻关, 促进勘查开发, 提高清洁能源保障能力等都具有重要意义; 有利于放开页岩气矿业权市场、有利于促进油气勘查理论创新和技术进步、有利于推动油气资源管理制定创新、有利于增加清洁能源供给量。

关键词 中国 页岩气 新矿种 地质资源潜力 可采资源潜力 有利区 探明可采储量 年产量 渝页 1 井

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2012.07.023

2011 年, 由国土资源部油气资源战略研究中心牵头, 联合中国地质大学(北京)、重庆市国土资源和房屋管理局、重庆市地质矿产研究院, 以国土资源部油气资源战略研究中心在重庆市彭水县莲湖乡实施的第一口页岩气资源战略调查井——渝页 1 井页岩气发现为依据, 在充分分析页岩气特点及其与常规天然气、煤层气区别的基础上, 编制了页岩气新矿种申报报告。经专家论证后, 国土资源部向国务院正式申报页岩气新矿种, 并得到国务院的批准, 确立了页岩气新矿种的地位。

1 页岩气的发现

1.1 渝页 1 井及页岩气的发现

2009 年, 依托《中国重点地区页岩气资源潜力及有利区优选》项目, 由国家财政出资, 实施了渝页 1 井。该井位于四川盆地东缘七曜山背斜带郭厂坝背斜核部, 地表出露下古生界龙马溪组下段第六小段地层, 岩

性为灰—黄绿色页岩, 推测龙马溪组下段第二小层和第一小层富含有机质页岩, 埋深介于 80~100 m, 厚度在 120 m 左右。该井从 100 m 开始钻遇下志留统龙马溪组富有机质页岩层系, 完钻井深 325 m (未穿), 钻遇的富有机质页岩厚度远大于预测厚度。

该井获取岩心 300 m, 通过岩心解析获取了页岩气气样(图 1)。在 9 个气样中, 7 个气样的主要成分为甲烷、乙烷和一定数量的二氧化碳及氮气, 在 206.75~209.18 m 深度的样品中还发现了丙烷的存在。样品中甲烷含量一般变化于 61%~88% 之间, 乙烷含量一般变化于 5%~15% 之间, 丙烷含量一般变化于 0~5% 之间。渝页 1 井取得了页岩气发现。

通过对渝页 1 井岩心的等温吸附模拟(图 2), 研究了该层段富有机质页岩的吸附能力; 经分析测试, 获取了系统的页岩气资源潜力评价参数数据。该井的数据揭示了中国南方台隆地区古生界页岩气的广阔前

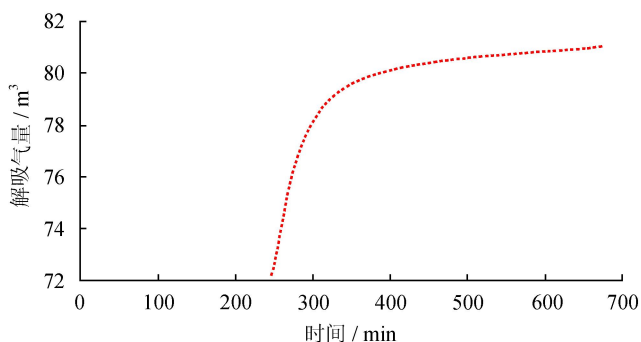


图1 渝页1井287.5 m岩心样品累计解吸气量图

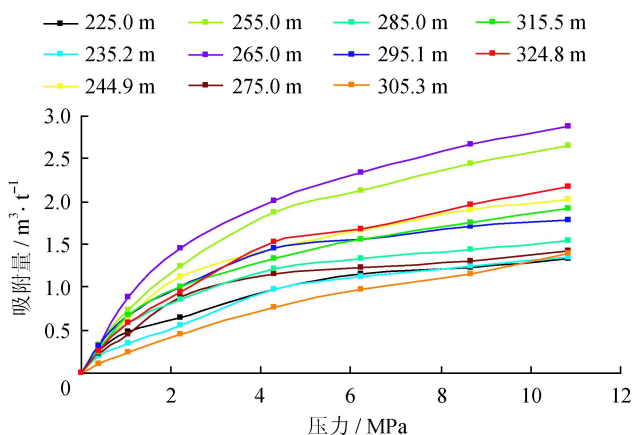


图2 渝页1井225.0~324.8 m页岩的甲烷等温吸附线图

景,为在区域范围内进一步实施中国页岩气资源战略部署和勘查开发提供了重要基础,也为页岩气新矿种的确立提供了基本依据。

1.2 页岩气资源调查历程回顾

中国已经开展了一些页岩气资源研究和调查评价工作。从2004年开始,国土资源部油气资源战略研究中心与中国地质大学(北京)合作,系统跟踪调研国外页岩气研究和勘探开发进展;2005年,对中国页岩气地质条件进行初步分析;2006年,分析中生代含油气盆地页岩气资源前景;2007年,分析盆地内和出露区古生界富有机质页岩分布规律和资源前景;2008年,对比中美页岩气地质特征,重点分析上扬子地区页岩气资源前景,初步优选远景区。

2009年,启动“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区优选”项目,以川渝黔鄂地区为主,兼顾中下扬子地区和北方地区,开展页岩气资源调查,优选页岩气远景区;在重庆市彭水县实施了中国第一口页岩气资源战略调查井——渝页1井,获得了页岩气发现,并取得了一系列评价参数。2010年,根据中国页岩气地

质特点,分3个层次在全国有重点地展开页岩气资源战略调查。在上扬子川渝黔鄂地区,针对下古生界海相页岩,建设页岩气资源战略调查先导试验区;在下扬子苏皖浙地区,开展页岩气资源调查;在华北、东北、西北部分地区,重点针对陆相、海陆过渡相页岩,开展页岩气资源前景研究。通过上述工作,总结了我国富有机质页岩类型、分布规律及页岩气富集特征,确定了页岩气调查主要领域及评价重点层系,探索了页岩气资源潜力评价方法和有利区优选标准。

2011年,启动“全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选”项目,将中国大陆域划分为上扬子及滇黔桂区、中下扬子及东南区、华北及东北区、西北区、青藏区5个大区(图3),并在除青藏区以外的4个大区优选出41个盆地和地区,将这41个盆地和地区进一步划分为87个评价单元、57个含气页岩层段开展资源评价和有利区优选工作。

1.3 2010年以来页岩气勘查进展

在以往的常规油气勘查钻探中,经常在泥页岩段发现天然气显示,但一直没有得到充分的重视。2009年开始,中国石油天然气股份有限公司(以下简称中国石油)将页岩气作为新的勘查目标实施勘探。2009年以来,中国石油、中国石油化工股份有限公司(以下简称中国石化)、陕西延长石油(集团)有限责任公司(以下简称延长石油)相继在我国四川盆地南部和滇黔北、辽河拗陷东部、下扬子、渝东鄂西、黔东南和鄂尔多斯盆地东南部等地区开展了页岩气勘查工作,相继完钻页岩气探井60余口,页岩气勘查取得明显进展。

2010年4月,中国石油在四川盆地南部威远地区的威201井完钻,井深1900 m左右,通过压裂分别在下寒武统牛蹄塘组和下志留统龙马溪组获得页岩气气流,初始产量超过 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,龙马溪组稳定产量在 $2000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。之后,中国石油在四川盆地南部长宁、滇黔北部昭通的页岩气探井也取得了成功。

2010年中国石化在安徽宣城、河南泌阳、湖北恩施和建南、贵州黄平实施了多口页岩气探井。其中建111井井深690 m,于2010年年底实施压裂,通过排采,2011年初获得页岩气气流,初始产量约 $5000 \text{ m}^3/\text{d}$,稳定产量 $2300 \text{ m}^3/\text{d}$,取得了侏罗系页岩气勘查突破。

2011年,延长石油在其鄂尔多斯盆地矿权区内,对三叠系延长组的长7段张家滩页岩和长9段李家畔页岩实施了16口页岩气勘查井。其中完成压裂的井

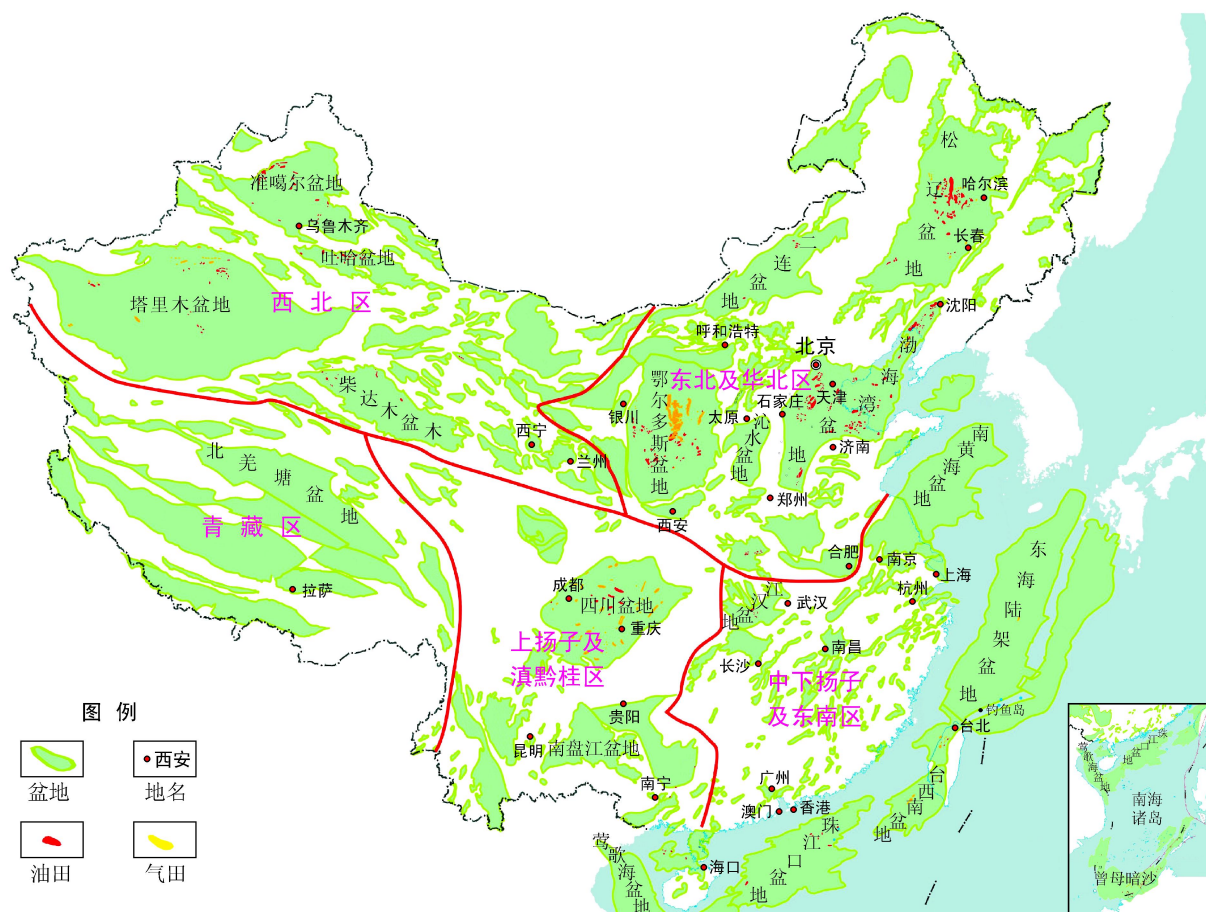


图 3 全国页岩气资源潜力调查评价分区图

有 6 口,均获得页岩气流,取得了陆相页岩气勘查的初步成功。

这些探井的成功,证实了中国页岩气的广泛存在,为进一步开展页岩气勘查开采打下了坚实的基础。

2 页岩气的特点

2.1 页岩气的基本特点

页岩气是指赋存于富有机质泥页岩及其夹层中,以吸附或游离状态为主要存在方式的烃类气体,是一种清洁、高效的化石能源资源。

2.1.1 理化性质

页岩气在自然状态下无色、无味,密度介于 $0.6 \sim 0.75 \text{ g/cm}^3$,热值为 $8\,500 \sim 9\,500 \text{ kcal/m}^3$ ($1 \text{ cal} = 4.187 \text{ J}$),常温易燃。页岩气化学成分主要为甲烷 (CH_4),一般含量在 85% 以上,最高达到 99.8%,另外还含有少量的乙烷 (C_2H_6)、丙烷 (C_3H_8) 和丁烷 (C_4H_{10}) 等。

2.1.2 赋存特征

当页岩或泥岩埋深达到一定程度、有机质经受一

定程度地热演化后,即可以生物化学或热裂解作用在原位生成烃类气体并以多种方式(吸附、游离和溶解状态)储集于泥岩或页岩层系中。与常规天然气不同,页岩气没有明显运移,也没有气水界面。页岩具有超低孔渗特性,一般无自然产能,开采难度相对较大,通常需要对储层进行大规模增产改造。此外,页岩气在其他许多方面都存在着与常规天然气之间的明显差别。

2.1.3 主要用途

页岩气是一种清洁、高效的能源资源和化工原料,主要可用于居民燃气、城市供热、发电、汽车燃料和化工原料等。页岩气发电具有清洁环保低污染、热电联产利用率高等特点——特别是在产地附近就地发电,页岩气对于发展分布式能源体系具有较高的价值。页岩气的化工应用主要是通过裂解、蒸气转化、氧化、氯化、硫化、硝化、脱氢等反应生产合成乙炔、二氯甲烷、四氯化碳、氨、甲醇、乙烯、二硫化碳、硝基甲烷、炭黑等。

2.2 页岩气聚集的特点及开发条件

页岩气之所以确立为新矿种,与其他类型天然气

藏相比,特点十分突出。

2.2.1 含气页岩层段基本固定,自生、自储、原地聚集

页岩气主要分布于富有机质泥页岩地层中,这类地层在沉积地层中的形成时代和分布层位基本固定,在以往大量的地质调查、油气、煤炭和煤层气,以及固体矿产勘查中已经获取了大量的地质资料信息,对其基本地质特征均有不同程度的掌握,但因没有将其作为页岩气目的层开展针对性工作,对其含气性和储集能力等页岩气相关地质、有机地球化学的研究基本上为空白。页岩气具有自生、自储、自保的成藏特征。中国富有机质页岩层系分布广泛,类型多样。其中的海相富有机质页岩主要形成于下寒武统、上奥陶统一志留统和泥盆系,页岩沉积厚度大、分布面积广,在扬子和塔里木等地区广有发育;湖相富有机质泥岩主要形成于二叠纪、侏罗纪、白垩纪及古近纪,在我国含油气盆地中广泛存在;海陆过渡相泥页岩层系主要形成于石炭—二叠系,在华北、滇黔桂等地区广泛分布。

2.2.2 赋存方式以吸附和游离为主

烃类气体在页岩中以吸附和游离赋存方式为主。其中吸附气含量随着埋藏深度的增加而增加,梯度由快变慢,深度超过 2 000 m,增加速率明显降低;游离气随深度的增加平稳增加。在 1 500~2 500 m 深度范围内,吸附气和游离气各占 50% 左右。吸附相的存在,使其明显区别于常规气和致密气;游离相的存在,又使其有别于煤层气。

2.2.3 储层具有超低孔渗特征

页岩储层基质孔隙度一般小于 10%;孔隙空间包括粒间孔、有机质孔隙和微裂隙等,孔隙类型多样。其中,有机质演化形成的孔隙对储集空间有明显的作用和贡献,一般超过 25%。页岩基质渗透率极低,一般可达纳米级,如果天然裂缝不发育,页岩气无法自行流动,不能形成自然产能。

2.2.4 无明显的气藏边界

页岩气主要受富有机质页岩分布和埋深控制,具有区域性分布的特点,勘探成功率较高;与常规油气的分布主要受烃源岩和圈闭控制的特点有明显差别,在构造破坏严重地区往往会有意想不到的发现。页岩气富集主要受富有机质页岩层系分布的影响。

2.2.5 页岩气的开发高度依赖于技术进步

页岩气开发的主体技术主要是页岩层系水平井钻完井技术和水平井分段压裂技术。页岩层系水平井技术的关键是准确钻遇目地层、并保持井眼完整,便于后

续固井和压裂。水平井分段压裂技术的关键是实现页岩层系的体积压裂,这种压裂要求尽量在页岩层系中形成网状裂缝,增加泄气面积。这与常规油气储层改造中要求尽量造长缝的理念完全不同,两者在压裂的技术细节方面差别较大。

2.2.6 页岩气开发生产要求在高技术应用前提下大幅降低成本

页岩气水平井的初始产量一般为 $6 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4$ m^3/d ,初期产量下降快,第一年产量将下降 60%~70%,降至 2×10^4 m^3/d 左右,之后产量下降速度明显减缓,生产周期一般为 30~50 a。页岩气为低品位资源,如果按照常规油气思路进行开发,必然导致成本居高不下,难以实现经济有效开发。对于页岩气的低成本开发,一般通过水平井组开发方式实现,即在一个井场实施 10~20 口水平井,集约用地,降低钻井、压裂和开采成本;也可通过页岩气、页岩油等多类型资源综合开发,或者引入竞争机制,通过竞争等多种方式综合降低成本。

3 确立页岩气新矿种的意义

将页岩气确定为新矿种的最大意义在于,为多种投资主体平等进入页岩气勘查开发领域创造了机会,符合国家利益和企业利益。确立页岩气的独立矿种地位,对油气和非油气企业,特别是资金实力雄厚的非油气企业从事页岩气勘查开发提供了相同的条件,对放开市场,引入竞争,科技攻关,促进勘查开发,提高清洁能源保障能力具有重要意义。

3.1 有利于放开页岩气矿业权市场

确定页岩气为独立的新矿种,与常规天然气区分开来,开放页岩气矿业权市场,是油气领域的一项重大创新,其意义是空前的。有利于推进页岩气勘查开发投资主体多元化,鼓励国内具有资金、技术实力的多种投资主体进入页岩气勘查开发领域。同时,为国外企业以合资、合作等方式参与页岩气勘探开发,也为民营资本、中央和地方国有资本等以独资、参股、合作、提供专业服务等方式参与页岩气投资开发提供了平等、相同的机会,可以极大地激发市场的活力。

3.2 有利于促进油气勘查理论创新和技术进步

确定页岩气为独立的新矿种,就要加大科技攻关力度,用无限的科技潜力,改变有限的资源状况,通过加大科技攻关和对外合作,引进、消化、吸收先进技术,掌握页岩气勘查开发的核心技术,最终形成适合中国

地质条件的页岩气地质调查与资源评价技术方法、页岩气勘查开发关键技术及配套装备。同时,有利于开拓其他非常规油气资源勘查开发技术的思路,并应用到其他非常规油气的勘探开发中,进而促进油气资源领域技术的全面进步。

3.3 有利于推动油气资源管理制度创新

确定页岩气为独立的新矿种,就要加快页岩气矿业权管理制度的改革创新,这不仅是页岩气本身的问题,而且还是关系整个油气资源管理体制和能源供应安全的问题。以页岩气矿业权管理制度改革为切入点,先行先试,不断探索,总结成功经验,进而促进整个能源管理体制实现创新,不仅可以促进页岩气自身的勘查开发,尽快落实储量,形成产能,还将对中国常规油气改革起到重要的先导示范作用。

3.4 有利于增加清洁能源供给量

确定页岩气为独立的新矿种,加大勘查开发力度,尽快实现产业化,可以促进改善能源结构,增加气体能源供给量,缓解中国天然气供需矛盾,降低温室气体排放量;也可以带动基础设施建设,改善页岩气产地基础设施建设,促进管网、液化天然气(LNG)、压缩天然气(CNG)等相关产业的发展;同时,还可以拉动钢铁、水泥、化工、装备制造、工程建设等相关行业和领域的发展,增加就业和税收,促进地方经济乃至国民经济的可持续发展。

4 页岩气资源前景及加快勘查开发的建议

4.1 中国页岩气资源前景

页岩气可在富有机质页岩中大面积连续分布。中国富有机质页岩分布广泛,在海相、海陆过渡相和陆相地层中广泛发育;在扬子、滇黔桂和新疆地区,海相页岩发育;在四川、鄂尔多斯等含油气盆地,陆相富有机质页岩发育;在华北、滇黔桂以及其他含煤盆地(群)中,海陆过渡相泥页岩发育。这些富有机质泥页岩多具备页岩气成藏条件,资源潜力巨大。

全国页岩气资源评价及有利区优选项目评价和优选结果是以每个评价单元含气(油)页岩层段划分为基础,在系统解剖典型含气(油)页岩层段基础上,进行各项参数的区域展开,形成系统的评价参数。这种评价方式所获取的参数资料信息系统全面,评价结果的依据充分。经评价,中国陆上页岩气地质资源潜力和可采资源潜力分别为 $134.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $25.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$

(不含青藏区);共优选出页岩气有利区 180 个。评价结果表明,中国页岩气资源潜力大,分布面积广、发育层系多。初步预测,到 2015 年中国页岩气探明可采储量约 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,年产量将达 $65 \times 10^8 \text{ m}^3$,页岩气勘探开发初见成效;展望 2020 年页岩气探明可采储量约 $2 \times 10^{12} \text{ m}^3$,年产量达 $800 \times 10^8 \text{ m}^3$,页岩气勘查开发初具规模。页岩气储量、产量的增长将主要来自四川、重庆、贵州、湖北、湖南、陕西、新疆等省(区、市)的四川盆地、渝东鄂西地区、黔湘地区、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地等。

4.2 加快勘查开发建议

4.2.1 加强页岩气资源潜力调查评价工作

国家加大对全国页岩气资源潜力调查评价的投入,将全国分成上扬子及滇黔桂区、中下扬子及东南区、华北及东北区、西北区、青藏区 5 个大区开展页岩气资源调查评价,掌握中国富有机质泥页岩发育特点和分布特征,获取各区主要目的层位的富有机质页岩基本参数,评价全国页岩气资源潜力,优选页岩气远景区和有利目标区。

4.2.2 创新页岩气资源管理制度

实行国土资源部一级管理,有序放开。由国土资源部编制和落实页岩气资源勘查开发规划,采用矿业权招标方式出让,实行一级登记,颁发勘查许可证或采矿许可证。允许资金雄厚和具备勘查资质条件的企业参与页岩气矿业权竞标,有序进入页岩气勘查开发领域。加强监督管理,明确页岩气勘查开发监管职责,规范监督管理程序和内容,维护国家和页岩气矿业权人合法权益。

4.2.3 加大政策支持力度,实现页岩气跨越式发展

参照现行煤层气优惠政策,给予页岩气适度政策扶持;减免矿产资源补偿费和资源税;对页岩气勘查开采等鼓励类项目进口的国内不能生产的自用设备(包括随设备进口的技术),按有关规定免征关税;研究制定科学的页岩气价格形成机制;在用地审批等方面给予支持。

结合中国页岩气资源条件和勘查开发技术,制定页岩气跨越式发展的勘查开发规划,督促页岩气勘查开采企业加大勘查投入,尽快落实储量,形成规模产量,推动页岩气产业健康快速发展。

参 考 文 献

[1] 张大伟. 加速我国页岩气资源调查和勘探开发战略构想

- [J].石油与天然气地质,2010,31(2):135-139.
- [2] 张大伟.加速中国页岩气勘探开发和利用的重要途径[J].天然气工业,2011,31(5):1-5.
- [3] 张大伟.加强中国页岩气资源管理的思想框架[J].天然气工业,2011,31(12):115-118.
- [4] 李玉喜,聂海宽,龙鹏宇.我国富含有机质泥页岩发育特点与页岩气战略选区[J].天然气工业,2009,29(12):115-118.
- [5] 李玉喜,乔德武,姜文利,等.页岩气含气量和页岩气地质综合评价综述[J].地质通报,2010,30(2/3):308-317.
- [6] 李玉喜,张金川.我国非常规油气资源类型和潜力[J].国际石油经济,2011,19(3):61-67.
- [7] 张金川,李玉喜,聂海宽,等.渝页1井地质背景及钻探效果[J].天然气工业,2010,30(12):114-118.
- [8] 张金川,姜生玲,唐玄,等.我国页岩气富集类型及资源特点[J].天然气工业,2009,29(12):109-114.
- [9] 张金川,金之钧,袁明生.页岩气成藏机理和分布[J].天然气工业,2004,24(7):15-18.
- [10] 张金川,聂海宽,徐波,等.四川盆地页岩气成藏条件地质分析[J].天然气工业,2008,28(2):152-156.
- [11] 张金川,薛会,张德明,等.页岩气及其成藏机理[J].现代地质,2003,17(4):466.
- [12] 龙鹏宇,张金川,李玉喜,等.重庆及其周缘地区下古生界页岩气资源勘探潜力[J].天然气工业,2009,29(12):125-129.
- [13] 聂海宽,唐玄,边瑞康.页岩气成藏控制因素及中国南方页岩气发育有利区预测[J].石油学报,2009,30(4):484-491.
- [14] 张林晔,李政,朱日房.页岩气的形成与开发[J].天然气工业,2009,29(1):124-128.
- [15] 王世谦,陈更生,董大忠,等.四川盆地下古生界页岩气藏形成条件与勘探前景[J].天然气工业,2009,29(5):51-58.

(收稿日期 2012-05-28 编辑 居维清)