

国内外页岩气研究进展及山东省页岩气资源潜力

张增奇¹, 田京祥², 张春池², 程光锁¹, 孙伟清¹, 孙斌¹, 梁吉坡¹

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

摘要:当前国际能源供需矛盾突出, 能源问题日益成为各国关注的焦点, 页岩气资源勘查开发备受世界瞩目; 全球页岩气资源非常丰富, 主要分布在北美、中亚和中国、拉美、中东和北非、前苏联地区; 近年来随着开采和利用技术的不断进步, 美洲、欧洲、亚洲国家对页岩气的勘查开发正在形成热潮。中国页岩气资源丰富, 对页岩气的区域勘查研究越来越多, 取得了不错的成果, 但总体上中国页岩气的研究和勘查尚处于起步阶段, 同时中国的开发技术与国外相比还存在较大的差距。结合山东省不同类型富含有机质泥页岩的具体特点和国内外页岩气勘查经验, 初步认为山东省具有一定的页岩气形成条件, 山东省页岩气远景区地层主要为新生代古近纪济阳群和五图群及官庄群, 中生代早白垩世莱阳群, 古生代石炭—二叠纪月门沟群和石盒子群; 在综合考虑页岩的赋存层位、页岩成气潜力和页岩气开发可行性的基础上, 提出了山东省页岩气潜力区为: 济阳拗陷区、临清拗陷区、胶莱拗陷区和黄县(龙口)凹陷以及鲁西南潜隆起区, 其中济阳—临清拗陷地区页岩气潜力较好。

关键词:页岩气; 资源潜力; 战略选区; 国内外; 山东省

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

0 引言

页岩气作为一种非常规能源, 2011年年底被国土资源部确定为第172个独立矿种, 2012年温家宝总理所作的政府工作报告中, 要求“加快页岩气勘查、开发攻关, 提高新能源和可再生能源比重”, 将页岩气的勘查开发工作上升为国家战略。各省积极响应, 多部门全力推进页岩气的勘查与开发工作。

长期以来, 在经典的石油地质学理论中都是将泥页岩作为烃源岩或盖层来研究, 但随着能源需求的增长与理论、技术的进步, 富有机质泥页岩现今也成为了油气勘查与开发的重要目标。美国与加拿大最先在泥页岩中寻找天然气, 并已取得了显著的成果^[1]。国内学者按有无纹层或页理构造将粘土岩(粒径小于0.0039 mm)划分为页岩(shale)和泥岩(mudstone), 而国外学者将粒径小于0.0039 mm的细粒沉积岩统称为页岩, 即国外所指的页岩包含国内所指的泥岩与页岩。页岩气是以产自富有机质

页岩为主(包括富有机质页岩、高碳页岩及粉砂质页岩、粉—细砂岩或砂岩夹层)的储集岩系中的天然气; Curtis等按赋存状态将页岩气分为3个部分, 即吸附于干酪根和页岩颗粒表面的吸附气、存储于储层孔隙和裂隙中的游离气和少量溶解气。国内学者一般将页岩气定义为: 成分以甲烷为主, 含少量轻烃气体; 主体位于暗色泥页岩或高炭质泥页岩中, 以吸附或游离态为主要存在方式的天然气聚集。其中也包括存在于页岩夹层中的粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩, 甚至是砂岩地层中的天然气聚集^[2-4]。

1 全球页岩气研究进展

从全世界范围看, 泥、页岩约占全部沉积岩的60%, 页岩气资源前景巨大, 主要分布在北美、中亚和中国、拉美、中东和北非、前苏联^[5-7]。2005年RHS统计全球页岩气资源量约为456万亿m³, 主要分布在北美、亚洲、欧洲和非洲, 2011年4月美国能源信息署(EIA)发布了“世界页岩气资源初步评

* 收稿日期: 2012-10-25; 修订日期: 2012-10-30; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 张增奇(1956—), 男, 山东曹县人, 教授级高级工程师, 主要从事地质勘查工作; E-mail: zhangzengqi2005@sina.com.

价报告”,根据 Advanced Resources 国际有限公司负责完成的包括美国在内的 33 个国家的页岩气资源评价结果,全球页岩气技术可采资源总量约 187 万亿 m^3 。这次评价没有包括俄罗斯、中亚、中东、东南亚和中非等地区,因为这些地区或有非常丰富的常规资源,或缺乏基础的评价资料^[8-11]。

1.1 美洲

页岩气的研究开始于美国,美国的第一口工业性天然气钻井(1821 年钻至 8m 深度时产出裂缝气)就是页岩气井。到 1926 年时,发现的东肯塔基和西弗吉尼亚气田(泥盆纪页岩)已成为当时世界上最大的天然气田。1976 年美国能源部启动了东部页岩气项目,对页岩气地质、地球化学和石油工程开始进行系统研究,分别发现了 Michigan 盆地泥盆纪 Ant-rim 页岩、Appalachian 盆地泥盆纪 Ohio 页岩、Illinois 盆地的泥盆纪 New Albany 页岩、Fort Worth 盆地密西西比纪 Barnett 页岩和 San Juan 盆地白垩纪 Lewis 页岩等 5 大页岩气系统。从 1980 年开始,美国天然气研究所开始对东部页岩气进行系统研究,并不断地发现新的页岩气田,随后的页岩气勘探和研究迅速向其他地区扩展,页岩气研究开始全面开展^[12]。

截至 2002 年,在美国按照年产量排名的最大 12 个气田中,有 4 个气田的产层为页岩。美国页岩气勘探的巨大成功,极大地鼓舞了在世界范围内类似的页岩层序中寻找天然气资源的勘探热情。页岩气作为一种非常规含气系统在国内也逐步受到关注^[4,13-18]。

2011 年南美洲的阿根廷在 Neuquen 地区发现了页岩气,哥伦比亚在其东部地区开展了页岩气勘探^[10]。

1.2 欧洲

2009 年欧洲的德国、法国、英国、波兰、奥地利、瑞典都启动了页岩气勘探开发计划,40 余家跨国公司在欧洲从事页岩气开发工作。英国 2011 年宣布在英格兰西北部发现了页岩气田,预测页岩气储量约 5.7 万亿 m^3 ^[5,10]。

1.3 亚洲非洲及大洋洲

中国、印度、澳大利亚和新西兰在页岩气勘探开发上均取得了不错的成果。中国 2008 年钻探了第一口页岩气地质浅井,2009 年 11 月 28 日,国土资

源部油气资源战略研究中心、中国地质大学(北京)在重庆市彭水苗族土家族自治县连湖镇启动了国内第一口页岩气勘探井;2010 年在四川盆地古生界海相页岩中取得突破。印度初步评价 7 个盆地存在页岩气资源,2011 年在西孟加拉邦东部杜尔加布尔的第一口页岩气井在 1 700 m 深处的 Barren Measure 页岩中获得发现。澳大利亚在 Cooper, Perth, Amadeus, Georgina 和 Canning 等盆地评价了页岩气前景,在 Perth, Cooper, Canning 盆地取得了进展。南非在 Karoo 盆地开展了大量页岩气前期评价,Shell (壳牌)石油公司已在该地区进行页岩气开发^[4-10]。

2 我国页岩气研究和勘查现状

2.1 我国页岩气研究现状

我国不仅海相页岩分布广泛,湖相页岩也很发育。海相页岩纵向上主要分布在中生界和古生界,横向上主要分布在南方(包括四川盆地等)、华北(包括鄂尔多斯、渤海湾等盆地)和西北(包括塔里木、准噶尔等盆地)区域。湖相页岩纵向上主要分布在新生界和中生界,横向上主要分布在东北(松辽盆地)、华北(包括鄂尔多斯和渤海湾等盆地)和西北(包括吐哈、准噶尔等盆地)区域^[19-21]。

依据地质历史及其变化特点,可将我国的页岩气发育区划分为大致与板块对应的四大区域,即南方、华北—东北、西北及青藏等四大地区。中国南方志留纪地层中发育黑色页岩,演化程度高,可形成的页岩气资源潜力大,我国南方古生界海相页岩是非常有利的页岩气勘查目标^[22,23]。

在西北部地区,页岩气的分布更多地受现今盆地特点的约束,区域上分布的中生界(侏罗系及三叠系等)和盆地边缘埋深较浅的古生界泥页岩相对有利,有机碳含量平均值普遍较高,成熟度变化范围较大;尽管青藏地区的地表环境较差,但中—古生界泥页岩地层厚度大,有机质含量高,有机质热演化程度适中,也是页岩气发育的有前景地区。总之,我国古生代地层分布范围广、地层厚度大、有机质含量普遍较高,可作为区域上页岩气勘查研究的重要层系之一。其中在华北—东北地区,页岩气更可能发生在主产油气层位的底部或下部,区域上的古生界、鄂尔多斯盆地的中—古生界、松辽盆地的中生界、渤海湾盆

地理藏较浅的古近系等,泥页岩累计厚度在 50~2 000 m,平均有机碳含量为 1.0%~2.0%,局部平均值可达 4.0%以上,对应有机质成熟度变化较大^[23,24]。

济阳拗陷和临清拗陷古近纪沙河街组普遍发育泥页岩,页岩厚度均在 100 m 以上,有机质丰度高,有机碳含量最高可达 10%以上,有机质类型以腐泥型—混合型为主,有机质成熟度处于未熟—高成熟阶段,分布范围宽,具备大量形成页岩油气藏的物质基础,其具体地质条件与北美具有可比性,且各凹陷泥页岩钙质含量高,发育大量的顺层、低角度和垂向、高角度裂缝,页岩层段普遍出现气测异常,其间可能蕴含着巨大的天然气资源量;济阳拗陷古近纪页岩层在整个渤海湾盆地具有可比性,是值得关注的天然气勘探新领域^[21,23,24]。

2.2 我国页岩气勘查进展

我国在页岩气勘查方面才刚刚起步。2008 年 11 月,中国石油天然气股份有限公司在四川盆地长宁构造实施了一口深度为 200 m 的页岩取心井——长芯 1 井,获取了志留系页岩岩心样品^[25]。2009 年,国土资源部油气资源战略研究中心启动了“我国重点地区页岩气资源潜力及有利区优选研究”项目,中石油和中国地质大学(北京)等有关单位也参与了该项目的研究^[26]。2011 年湖南省涟源市桥头河镇中石化湘页 1 井成为中石化在湖南省境内部署的第一口页岩气探井,10 月完钻,钻井深 2 067.85m,试验阶段最高日产气约 1 000 m³^[27]。2012 年 5 月 26 日,湖南省地勘局 418 队在新化县坪烟矿区施工的 ZK001 号钻孔工地,页岩气从钻孔内喷出^[28]。

我国页岩气研究目前主要集中在页岩气聚集条件和有利区评价方面,其中大中型含油气盆地的研究程度较高^[25,29-30]。由于直接的页岩气井筒资料较少,故目前的多数研究仍不得不借用常规油气勘探资料数据、煤层气和固体矿产勘查资料数据,样品也主要采自地表和近地表,因此通过借鉴美国等国外资料开展类似研究的也较多^[31,32]。

当前国内页岩气的发展状况是,大多数研究者都认为中国页岩气资源丰富,对页岩气的区域勘查研究越来越多,几乎遍布了全国,但至今也没有一口实际意义上的页岩气开发井。目前页岩气的发展首先应在油气勘探开发程度相对较高,地理环境与经

济条件相对较好的地区(如渤海湾地区)建立试验区,利用其丰富的地质资料与开发水平进行技术攻关^[1,23,24]。

3 山东省页岩气资源潜力

3.1 页岩气潜力选区原则

页岩气前景区的选择应在综合考虑地质、工程和经济等各种因素的基础上展开,页岩气选区评价为以下 2 个核心原则^[33-35]。

(1)是否具有足够的页岩气地质储量。有利于开采的页岩气藏一般具有以下特征:分布面积广、埋深适中、厚度大、有机质丰度高、成熟度适中、含气量较高、粘土含量中等和脆性较高,以及围岩条件有利于水力压裂等。

(2)是否具备足够的渗流能力与条件满足经济效益。在评价过程中,主要通过有机质丰度和成熟度、含气饱和度、泥页岩厚度、储层物性等来评价泥页岩储层的储气量大小;通过矿物组成、力学性质、裂缝发育情况等评价储层是否易于改造,能否在保证经济效益的前提下将其开采出来。

3.2 页岩气目的层

考虑山东省不同类型富含有机质泥页岩的具体特点,结合国内外页岩气勘查的经验,在山东省沉积岩海陆交互相中,应着重考虑总有机碳含量丰富,有机质泥页岩与致密砂岩和煤层在层位上的紧密共生区;湖相中则考虑富含有机质泥页岩,硅质成分高、岩石强度大的地层。

根据以上原则和山东省地层特点^[36-38],在山东省页岩气相关地层(表 1)应重点考虑如下地层:古生代石炭—二叠纪地层中月门沟群和石盒子群;中生代早白垩世莱阳群水南组;新生代古近纪官庄群大汶口组、五图群小楼组、李家崖组、济阳群东营组、沙河街组,新近纪明化镇组、馆陶组和第四系。

3.3 山东省页岩气战略选区

目前山东省页岩气战略研究已经启动,战略选区是基础性、前瞻性工作的选择。综合考虑页岩的赋存层位、页岩成气潜力和页岩气开发可行性的基础上,初步认为山东省页岩气战略选区应为:济阳拗陷区和临清拗陷区、胶莱拗陷区、龙口凹陷、鲁西南潜隆起区,此外,鲁中隆起区大汶口—蒙阴断陷官庄群大汶口组泥页岩中夹油页岩,也是页岩气资源潜力区。

表 1 山东省与页岩气相关地层岩性特征

地层单位			岩性特征
第四系	全新统	黄河组	黄色粉砂土、细砂和粉砂质亚砂土,夹灰黑色粘土,河湖相
		黑土湖组	厚层粘土岩,含有机质,河湖相
	更新统	平原组	棕黄色粉砂质粘土,上部近渤海处有海相夹层
新近系	上新统	黄骅群	明化镇组 灰绿、棕红色泥岩与灰白色粉砂岩互层,含薄层石膏;上段含炭屑、动物化石碎片,富含介形石、腹足类轮藻等化石,河湖相
	中新统		馆陶组 粉砂岩夹棕红色泥岩,上段泥岩增多,河湖相
古近系	渐新统	济阳群	东营组 棕红色、灰绿色粉砂岩、泥岩页层,含有机质,获得工业油流,厚度 300m 左右,沾化一带主要为灰绿色泥岩,临清一带常为紫红色泥岩
			沙河街组 灰绿色泥岩为主,次为粉砂岩、细砂岩、油页岩、碳酸盐岩、石膏等,是华北平原区主要的含石油、天然气层位,湖相
	始新统	五图群	小楼组 紫红色、灰绿色砂质页岩、泥灰岩、细砂岩夹砂砾岩,夹炭质页岩及煤层,湖相
			李家崖组 灰色块状泥岩为主,夹黑色油页岩、煤等;临朐一带厚 88m,龙口一带厚 304m,湖相
			朱壁店组 紫红色夹灰绿色泥岩、砂质泥岩,上部含螺、蚌化石,湖相
		官庄群	大汶口组 中下段:灰色、棕红色泥岩、页岩、油页岩、泥灰岩、石膏盐等
			常路组 紫红色泥岩、夹细砂岩、砾岩,上段下部夹约 200m 厚灰绿、灰黑泥岩及薄层泥灰岩,富含软体动物化石
	古新统		卞桥组 灰色泥岩夹石灰岩,产石膏
白垩系	下白垩系	莱阳群	水南组 为一套湖相灰绿、灰黑、黄绿色粉砂岩、页岩组合。在诸诚盆地和莱阳盆地有油气显示,见沥清
侏罗系	中侏罗系	淄博群	坊子组 灰绿色粉砂岩及页岩,夹碳质页岩,含可采煤层
石炭-二叠系		石盒子群	月门沟群和石盒子群均含有灰黑色页岩、砂岩夹石灰岩,为山东省重要含煤层位。海陆交互相
		月门沟群	
寒武系		九龙群	张夏组 盘车沟段为灰色海相页岩
		长清群	朱砂洞组 下灰岩段含沥青

(1) 济阳拗陷区和临清拗陷区: 华北拗陷在山东省包括济阳拗陷区和临清拗陷区。该区主要位于山东省北部东营、滨州、德州及济南市、聊城市、菏泽市的部分地区,在凹陷区内发育很厚的古近纪济阳群,是烃源区,自下而上划分为孔店组、沙河街组和东营组,岩性为一套色调和成分复杂生物碎屑岩系,含丰富的石油和天然气。具有生成大量页岩油气的物质基础,造就了古近系得天独厚的页岩油气生成和聚集前景。

该地区页岩气的目的层为沙河街组和东营组。最大埋深在 5 000 m 左右,一般埋深在 2 000~4 000 m 左右,岩性主要为泥岩、砂岩组合,两组泥页岩厚度约为 1 000 m 和 150 m。具备形成工业性页岩气的物质基础,与北美地区页岩具有较好的可比性。此外,该区深部的石炭—二叠纪地层中含有多层可富集页岩气的相关地层。

(2) 胶莱拗陷区: 该区位于山东省中东部,行政区划主要隶属潍坊市、青岛市、烟台市、威海市等。胶莱盆地为一大型中生代陆相火山—沉积建造的叠

合盆地,富含各类古生物化石。胶莱盆地含气页岩主要赋存于早白垩世水南组和杨家庄组,为半深湖—深湖相沉积,灰黑色泥岩、页岩、粉砂质泥页岩、泥灰岩等,累计厚度 150~400 m,页岩埋深 0~4 000 m。盆地内有油气显示的地点多达 40 多处,有含油显示、油味显示和沥青显示 3 种类型,属良好的生油、生气层,该区是山东省较好的页岩气资源潜力区。

(3) 龙口凹陷: 位于龙口和蓬莱市境内,为第四系覆盖区,东起北沟玲珑断层,南以黄县断层为界,总面积约 375.2 km²。目的层为五图群李家崖组,以灰色、灰褐色泥岩、砂岩为主,可分为上部含煤段、中部油页岩段和下部含煤段,属于浅湖相沉积。初步具备页岩气的成气和储存条件。

(4) 鲁西南潜隆起区: 该区位于山东省西部,行政区划隶属聊城市、德州市、济南市、泰安市、济宁市、菏泽市和枣庄市的部分区域。区内有菏泽、兖州、巨野等大型煤田及邹城市南屯等油页岩矿床点,为山东省最主要的产煤区。为第四系覆盖区,在该区内的石炭—二叠纪地层中含有多层可富集页岩气

的相关地层,其中以太原组、山西组为主,次为万山组和孝妇河组。可赋存页岩气的页岩、泥岩总厚度约 200~300 m。地层中有机碳含量为 0.57%~4.59%,氯仿沥青“A”含量为 0.012%~0.251%,生烃潜力为 0.42~2.86 kg/t。具有较好的储气构造和页岩气资源赋存物质基础,是页岩气资源潜力区。

4 结语

山东省页岩气资源调查刚刚起步,勘查开发基本还处于“空白”状态,但是山东省具有个一定的页岩气资源赋存物质基础,建议首选展开济阳拗陷地区的页岩气勘查工作;与当前矿产勘查项目紧密结合,以快速实现页岩气勘查突破;另外山东省还有许多盆地页岩气情况不明,尚需要进一步开展远景调查和研究。

参考文献:

- [1] 许长春. 国内页岩气地质理论研究进展[J]. 特种油气藏, 2012, 19(1): 9-16.
- [2] John B Curtis. Fractured Shale—Gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1921-1938.
- [3] Curtis J B. Fractured shale—gas systems [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1921-1938.
- [4] 聂海宽, 张金川. 页岩气藏分布地质规律与特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2010, 41(2): 700-708.
- [5] BP Annual Report 2007[R]. BP, 2007.
- [6] Chevron Annual Report 2007[R]. Chevron, 2007.
- [7] Chevron Texaco Annual Report 2007[R]. Chevron Texaco, 2007.
- [8] EIA. Shale Gas and the Outlook for U. S. Natural Gas Markets and Global Gas Resources [EB/OL]. [2011-05-10]. <http://www.eia.gov/reports>.
- [9] EIA. World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States [EB/OL]. 2011, April. http://www.eia.doe.gov/dnav/ng/ng_prod_shalegas_s1_a.htm.
- [10] 董大忠, 王玉满, 李登华, 等. 全球页岩气发展启示与中国未来发展前景展望[J]. 中国工程科学, 2012, 14(6): 69-75.
- [11] 姜福杰, 庞雄奇, 欧阳学成, 等. 世界页岩气研究概况及中国页岩气资源潜力分析[J]. 地学前缘, 2012, 19(2): 198-211.
- [12] Milici R C. Autogenic gas (self sourced) from shale: an example from the Appalachian basin. Howell D G. The Future of Energy Gases. US Geological Survey Professional Paper. Washington: US Geological Survey, 1993: 253-278.
- [13] 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.
- [14] RICHARD M P. Total petroleum system assessment of undiscovered resources in the giant Barnett Shale continuous (unconventional) gas accumulation, Fort Worth Basin, Texas [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 551-578.
- [15] 戴金星. 我国天然气资源及其前景[J]. 天然气工业, 1999, 19(1): 3-6.
- [16] 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): 466-466.
- [17] 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.
- [18] 张金川, 徐波, 聂海宽, 等. 中国天然气勘探的两个重要领域[J]. 天然气工业, 2007, 27(11): 1-11.
- [19] 李登华, 李建忠, 王社教, 等. 页岩气藏形成条件分析[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 22-26.
- [20] 叶军, 曾华盛. 川西须家河组泥页岩气成藏条件与勘探潜力[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 18-25.
- [21] 张林晔, 李政, 朱日房, 等. 济阳拗陷古近系存在页岩气资源的可能性[J]. 天然气工业, 2008, 28(12): 26-29.
- [22] 江怀友, 宋新民, 安晓璇, 等. 世界页岩气资源与勘探开发技术综述[J]. 天然气技术, 2008, 2(6): 26-30.
- [23] 张金川, 徐波, 聂海宽, 等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业, 2008, 28(6): 136-140.
- [24] 王丽波, 郑有业. 中国页岩气资源分布与节能减排[J]. 资源与产业, 2012, 14(3): 24-30.
- [25] 黄籍中. 四川盆地页岩气与煤层气勘探前景分析[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(2): 116-120.
- [26] 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): 115-117.
- [27] 中国广播网. 湖南娄底发现大储量优质页岩气日产达 10 万方 [EB/OL]. 2012-01-10. <http://news.163.com/12/0110/09/7ND8CS4R00014JB5.html>.
- [28] 段云行, 贺威, 刘明军, 等. 娄底又发现页岩气 [N/OL]. 湖南日报, 2012-05-31. http://epaper.voc.com.cn/hnrb/html/2012-05/31/content_507541.htm?div=-1.
- [29] 王社教, 王兰生, 黄金亮, 等. 上扬子区志留系页岩气成藏条件[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 45-50.
- [30] 王兰生, 邹春艳, 郑平, 等. 四川盆地地下古生界存在页岩气的地球化学依据[J]. 天然气工业, 2009, 29(5): 59-62.
- [31] 徐士林, 包书景. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组页岩气形成条件及有利发育区预测[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(3): 460-465.
- [32] 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.
- [33] 孙玉凯, 李新宁, 何仁忠, 等. 吐哈盆地页岩气有利勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(1): 4-6.
- [34] 李延钧, 刘欢, 刘家霞, 等. 页岩气地质选区及资源潜力评价方法[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2011, 33(2): 28-34.
- [35] 蒋裕强, 董大忠, 漆麟, 等. 页岩气储层的基本特征及其评价[J]. 天然气工业, 2010, 30(10): 7-12.

[36] 张增奇,刘明渭,宋志勇,等.山东省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.

[37] 张增奇,刘书才,杜圣贤,等.山东省地层划分对比厘定意见

[J].山东国土资源,2011,27(9):1-9.

[38] 王世进,万渝生,张成基,等.山东早前寒武纪变质地层形成年代[J].山东国土资源,2009,25(10):18-24.

Research Progress on Shale Gas at Home and Abroad and Shale Gas Resource Potentiality in Shandong Province

ZHANG Zengqi¹, TIAN Jingxiang², ZHANG Chunchi², CHENG Guangsu¹, SUN Weiqing¹, SUN Bin¹, LIANG Jipo¹

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: At present, contradictions between supply and demand of current international energy has becoming more and more outstanding. Energy is increasingly becoming the focus in the world, and exploration and development of shale gas resources has been paid more attention. Shale gas resources are very rich, they are mainly distributed in North America, Central Asia, China, Latin America, the Middle East and North Africa, and the former Soviet Union. In recent years, accompanying with the development of mining and use technologies, exploration of shale gas resources have been carried out in the America, Europe, Asian countries. Shale gas resources are very rich in China. Regional exploration research has been carried out step by step, and has achieved good results. But the overall research and exploration of shale gas is still in starting stage, and have not found the actual shale gas reservoirs. There is still a big gap of technology development between China and abroad. Combining with specific characteristics of different types of organic-bearing mud shale and domestic and international experiences in shale gas exploration, it is primarily regarded that there has a more favorable shale gas resource potentiality in Shandong province. Prospective areas of shale gas in Shandong Province are Cenozoic paleogene Jiyang group, Wutu group and Guanzhuang group, Mesozoic early Cretaceous Laiyang group, Paleozoic Carboniferous - Permian Yuemengou group and Shihezi group. On the basis of considering occurrence strata, shale gas potentiality and feasibility of shale gas development, the potential areas of shale gas in Shandong province have been put forward as follows: Jiyang depression, Linqing depression, Jiaolai depression, Huangxian (Longkou) depression and hidden uplift in southwestern Shandong. Among them, the potentiality in Jiyang depression is the best.

Key words: Shale gas; resource potentiality; strategic constituencies; domestic and foreign; Shandong province