

我国常规与非常规石油资源潜力 及未来重点勘探领域

郑民, 李建忠, 吴晓智, 于京都, 李欣,
柳庄小雪, 王建, 易庆

中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

摘要 油气资源是油气工业的基础,极大地关系到国民经济的发展。近年来,我国的石油勘探形势发生了明显的变化:年新增石油探明储量下降,石油年产量连续3年(2016—2018年)下降,2018年石油对外依存度高达73%。因此,亟需对油气资源状况开展全面客观的评价,夯实国内常规与非常规油气资源的基础,明确剩余油气资源的重点勘探领域与有利勘探方向。中石油以近十几年来取得的油气勘探成果、地质认识成果与资料积累成果为基础,攻关形成常规与非常规油气资源评价方法技术体系,针对中石油矿权区及全国主要含油气盆地系统开展了第四次油气资源评价。评价结果显示:我国常规石油地质资源量约为 $1080 \times 10^8 \text{ t}$;非常规石油地质资源量为 $67208 \times 10^8 \text{ t}$,其中包括致密油 $125.80 \times 10^8 \text{ t}$,页岩油 $533.73 \times 10^8 \text{ t}$,油砂油 $12.55 \times 10^8 \text{ t}$ 。陆上常规剩余石油资源主要分布在岩性-地层(碎屑岩)、复杂构造2大重点领域;海域石油资源主要集中在海域构造、生物礁和深水岩性3个领域。在剩余石油资源分析的基础上,优选出常规石油现实有利目标区带20个,致密油有利目标区带12个,页岩油露天挖掘目标6个、原位改质目标4个,油砂油有利目标5个。

关键词 资源评价;资源潜力;剩余资源分布;勘探领域;有利目标区带;石油;中国

中图分类号: TE155

文献标识码: A

0 前言

油气资源评价是一项长期性的基础研究工作,它是在油气成藏理论及油气分布规律认识指导下,选用合适的资源评价方法与技术,定量估算油气资源量,明确油气资源潜力、富集规律与重点勘探领域的研究过程^[1-2]。油气资源评价是油气勘探开发与决策规划之间联系的纽带和桥梁,是确定油气勘探方向的重要基础,也为勘探开发整体部署、计划安排、工作量测算以及勘探开发效益分析提供科学的依据,因此长期以来为各国政府和石油企业所重视。美国、加拿大、澳大利亚、俄罗斯、挪威和中国等国是世界上较早进行油气资源评价的国家,每年或每隔几年就对本国或世界的油气资源进行评价,以便清楚地掌握本国或全球油气资源的潜力和分布状况。就我国来看,从20世纪30、40年代至目前,不同机构、部门和专家学者在持续研究油气资源问题,其中全国性的油气资源评价已开展了3次。历次全国油气资源评价的思路和做法既一脉

相承,又各具时代特色。2003年,中国石油天然气集团公司(以下简称中石油)组织完成了第三次油气资源评价,获得了新的资源评价结果与油气资源分布规律的新认识,明确提出了岩性-地层、前陆、叠合盆地中下组合和成熟探区4大重点勘探领域^[3-4],评价成果有效指导了2003年之后10余年的油气勘探工作,推动形成油气探明储量新的增长高峰。

近年来,随着油气勘探工作的不断深入,油气勘探形势发生了明显变化,对油气资源评价工作提出3方面的需求:①风险勘探和油气预探在一些新层系、新领域取得突破,尤其是海相碳酸盐岩、前陆深层、斜坡区岩性-地层以及火山岩、基岩等领域获得重大发现,亟需评价落实其资源潜力^[5-6];②成熟探区油气勘探持续发展,但新增储量品位明显下降,需要加强剩余资源潜力评价及富集区分布的研究;③非常规油气取得重要进展,致密油、致密气、页岩气、煤层气实现工业化开发,并逐步进入储量序列,因此需要系统开展资源潜力评价,明确其资源总量和发展潜

收稿日期: 2019-05-31; 改回日期: 2019-07-05

本文受国家重点研发计划“超深层及中新元古界油气成藏富集规律与勘探方向”(编号:2017YFC0603106)、国家科技重大专项“我国含油气盆地深层油气分布规律与资源评价”(编号:2017ZX05008-006)、中国石油集团重大专项“中国石油第四次油气资源评价”(编号:2013E-0502)资助

第一作者: 郑民, 2003年毕业于中国地质大学(武汉)石油系, 2008年获中国科学院兰州地质研究所理学博士学位, 现为中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事油气资源战略及石油地质综合研究。通信地址: 100083 北京市海淀区学院20号中国石油勘探开发研究院; E-mail: zhenmin@petrochina.com.cn

力^[7-8]。同时,中国的石油消费增速回升,国内原油产量受低油价影响连续3年下降^[9],中国原油对外依存度攀升至73%,因此亟需国内油气勘探获得更大突破与长足发展。2018年7月21日,习近平总书记作出加大油气勘探开发力度的重要批示,自然资源部、国家能源局联合4大石油公司落实批示,制定7年行动计划,提出到2025年实现石油年均新增探明地质储量 $(10\sim 15)\times 10^8\text{t}$,年产量 $2\times 10^8\text{t}$ 以上,天然气年均新增探明地质储量 $10\,000\times 10^8\text{m}^3$,产量快速增长。为了满足油气勘探开发需要,为国家资源战略提供有力依据,本文立足于中石油第四次油气资源评价成果,整体评价我国常规与非常规石油资源潜力,分析我国剩余石油资源潜力及分布特点,明确了未来重点勘探领域和有利勘探方向。

1 石油资源勘探与开发现状

1.1 世界石油资源丰富,勘探开发利用前景广阔

中石油对全球油气资源评价的结果显示:全球常规石油可采资源量为 $4\,879\times 10^8\text{t}$,致密油可采资源量为 $413\times 10^8\text{t}$,油页岩油可采资源量为 $2\,099\times 10^8\text{t}$,

重油可采资源量为 $1\,267\times 10^8\text{t}$,油砂油可采资源量为 $641\times 10^8\text{t}$ ^[10-12],全球待发现石油可采资源丰富,勘探开发利用前景广阔。2018年全球石油产量为 $44.5\times 10^8\text{t}$,同比增长1.7%。其中,北美地区的增量最大,高达 $9\,500\times 10^4\text{t}$,其次是中东地区,增量为 $1\,600\times 10^4\text{t}$,这2个地区分别增长12.6%和1.1%。北美地区的增量主要来自美国,增加 $7\,400\times 10^4\text{t}$;中东地区的增量主要来自沙特阿拉伯,增加 $1\,500\times 10^4\text{t}$ ^[13]。“石油峰值论、石油衰竭论”等再度破灭。油气不可再生,但非常规油气革命可延长石油工业的生命^[11]。

1.2 我国剩余石油资源劣质化严重,对外依存度逐渐攀升

我国剩余石油资源劣质化严重,地面与地下条件复杂:剩余资源的60%以上分布于山地、戈壁、沙漠、黄土塬、滩海、河湖等复杂地面环境,64%以上目的层的埋深大于2 000 m,73%属低渗($K<50\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)资源。近年来,石油年新增探明储量趋于下降,2016—2018年连续3年低于 $10\times 10^8\text{t}$ (图1),并且新增地质储量中低渗、特低渗储量占比逐年上升^[5-6]。

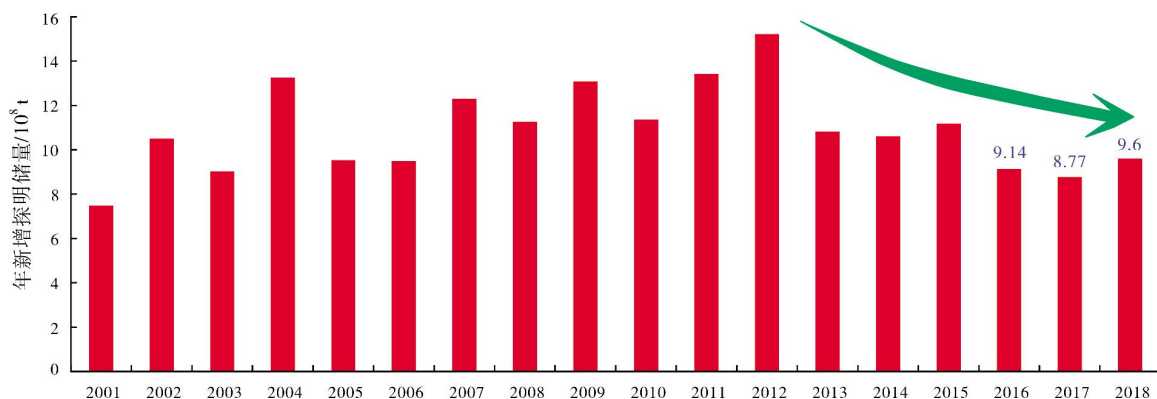


图1 2001—2018年全国新增石油探明地质储量变化

年新增探明储量下降,新增储量劣质化严重,国际原油价格低位震荡,这一系列原因导致我国原油产量在2015年达到 $21\,455.6\times 10^4\text{t}$ 的高峰之后,连续3年出现下降(图2)。2018年,我国3大石油公司在渤海湾、新疆、川渝、塔里木等地区取得一系列新突破,国内油气产量下降势头得到有效遏制。据国家统计局2019年1月公布的数据显示:2018年12月,主要油田按计划增产,生产原油 $1\,633\times 10^4\text{t}$,同比增长2.0%,增速由负转正(2018年11月下降1.3%);2018年全年,原

油产量为 $1.9\times 10^8\text{t}$,同比下降1.3%,降幅比上年收窄2.7个百分点,产量下滑态势得到初步遏制。

国内石油产量下滑的同时,2018年国内能源消费保持快速增长,石油表观消费量首破 $6\times 10^8\text{t}$ 。2018年我国原油进口量再创新高,全年进口原油 $4.6\times 10^8\text{t}$,同比增长10.1%,石油对外依存度冲高到71%(图2)。若再合并800多万吨的进口石脑油、 $1\,916\times 10^4\text{t}$ 的进口液化石油气,对外依存度已高达73%,国内原油供应保障形势非常严峻。

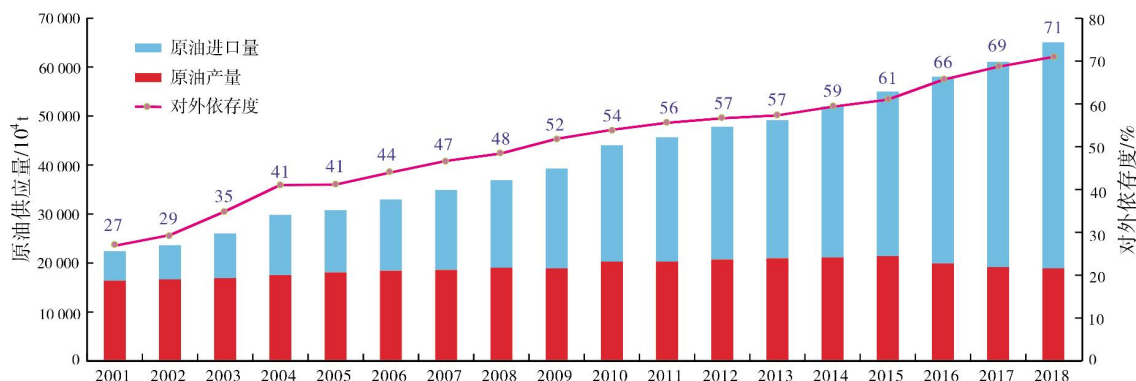


图2 2001—2018年全国原油产量、进口量与对外依存度

1.3 陆相石油地质理论与勘探技术的创新发展,支撑勘探持续获得重大突破

以陆相生油和复式油气聚集带等理论为核心的陆相石油地质理论,指导发现了一批大型油气田,并支撑了我国石油工业的发展。但随着勘探程度增高,面临着勘探深度增大、目标识别难度增大和新类型、新领域不断出现所带来的重大挑战。岩性-地层油气藏勘探呈现出从源内向源上与源下、从常规储层向低渗与致密储层发展的态势,中高勘探程度盆地油气勘探面临埋深不断增大、构造圈闭越来越少、目标隐蔽性越来越强等关键问题。针对上述问题,我国油气地质科技人员进行了大量创新性的理论研究工作:

(1) 针对岩性-地层油气藏与致密油气2大勘探领域,创建了以大面积岩性油气藏形成机制、主控因素与分布规律为核心的成藏理论,创新发展了连续型油气聚集理论认识^[8]。大面积岩性-地层成藏理论以及细粒沉积、遥感沉积学研究新方法^[14],突破了传统三角洲沉积模式与研究方法,将勘探范围从斜坡带拓展到满盆立体勘探,推动发现了鄂尔多斯盆地延长组下组合、准噶尔盆地环玛湖斜坡等岩性大油气区。地质理论创新与关键技术研发支撑在鄂尔多斯湖盆中心勘探禁区发现姬塬、华庆等多个数亿吨级的大油田^[15],新增石油探明储量 $10.42 \times 10^8 \text{ t}$,整体规模达到 $20 \times 10^8 \text{ t}$,为西部大庆建设奠定了雄厚的资源基础。

(2) 针对陆上中高勘探程度盆地精细勘探,创新发展了成熟探区富油气凹陷成藏与富集理论和精细勘探关键技术^[16]:①揭示了陆相断陷盆地成化环境烃源岩高效生、排烃机理;②提出了断陷盆地富油凹陷“油藏分布有序性”、“油气差异富集”模式,揭示了以“超压-流体-储集性”为核心的断陷盆地控藏机

制;③形成了“优势岩性序列控储、烃源岩底界控油气藏底界”的断陷盆地基岩潜山油气成藏新认识,深化了基岩油气成藏理论。这些基础地质创新性认识,有效指导了东部富油凹陷精细勘探,支撑发现6个亿吨级、7个5 000万吨和一批千万吨级的规模储量区,新增三级石油地质储量达 $24 \times 10^8 \text{ t}$,并落实了一批规模增储区带。

2 常规与非常规油气资源评价方法体系

2.1 国外油气资源评价方法研究现状

近20年来,国外常规油气资源评价方法的进展主要体现在统计模型的改进及注重地质分析的综合评价方法上。统计分析法是美国、加拿大、挪威等西方国家采用的主要油气资源评价方法:美国主要以历史外推法、概率逼近法、油田储量增长预测法为主;加拿大以石油资源信息管理与评价系统(PETRIMES)、被截断的发现过程模型(TDPM)、非参数最小二乘法等趋势预测法为主;挪威以发现过程模型、马尔可夫链-蒙特卡洛法(MCMC)、地质锚链法为主。澳大利亚主要采用统计法和类比法,如对数线性模型、地质类比法、AUSTPLAY、SEAPUP等。而俄罗斯早期的油气资源评价方法强调地球化学方法,目前以成因法、容积系数法、体积速度法、水文地质法和体积统计法为主^[17]。

非常规油气资源评价,总体来说是一个相对较新的研究领域,与常规相比评价方法还不成熟。国外主要采用生产井EUR的类比或统计法计算可采资源量,同时也采用成因法、体积法和随机模拟法等方法。非常规评价方法需要在今后的勘探生产和研究中不断发展与完善。

2.2 油气资源评价方法体系的建立

我国从“六五”开始,共开展了3次全国范围的资源评价,每次都依据当时的地质认识及勘探生产需要,对评价方法体系进行了有益的改进、完善和发展,形成类比法、统计法和成因法3大类20余种评价

方法。本次资评,借鉴国内外油气资源评价方法研究进展,总结我国历次全国油气资源评价的特点,分析我国油气资源评价方法体系存在的不足,优选出适合我国勘探现状的评价方法,攻关建立形成14种常规与7种非常规油气资源评价方法体系和关键评价技术^[18-20](表1)。

表1 常规与非常规油气资源评价方法体系

类别	常规资源评价方法		非常规资源评价方法	
	方法	适用对象	方法	适用对象
成因法	盆地模拟法(三维运聚模拟) 有机碳恢复法	盆地/凹陷	三维三相运聚模拟法 残留烃分布预测法	致密油、致密气、页岩气
	运聚单元分配法	区带		
类比法	资源丰度类比法(刻度区类比法) 有效储层预测法	区带	分级资源丰度类比法 EUR 类比法	致密油、致密气、页岩气、煤层气
统计法	油气藏发现过程法 油气藏规模序列法 广义帕莱托法 资源空间分布预测法 圈闭加和法	区带	小面元容积法	致密油、致密气、页岩气
	翁氏旋回法 Compertz 法 饱和勘探法 趋势外推法	盆地/凹陷	体积法 容积法	煤层气、油页岩油、油砂油

3 石油资源评价与资源潜力分析

3.1 石油资源评价工作概况

为了全面系统评价我国石油资源潜力,本次评价研究以中石油勘查矿权区所涉及的盆地为主要对象,涵盖常规石油、非常规石油2类资源,其中常规油评价了72个盆地(拗陷、地区),非常规油评价了62个盆地(凹陷或地区),常规油与非常规油合并评价了105个盆地(拗陷、地区)。在72个常规油评价盆地的基础上,沿用或借鉴国土资源部动态评价(2013)与新一轮资评(2005)中的油气勘探进展变化不大的29个盆地(地区),汇总完成包含101个盆地(拗陷、地区)的全国常规石油资源评价,评价层系包含了自太古宇至新生界第四系共14个层系。

本次评价分盆地(拗陷、凹陷)和区带2个层次,采用成因法、统计法和类比法等多种评价方法进行评价,以特尔菲法综合求取各级资源量的结果。精细解剖218个刻度区,建立12项资源评价关键参数取值标准,构建了常规、非常规油气资源类比评价参数体系。系统开展生烃潜力整体评价,开

展了60余盆地(地区)109个工区的盆地模拟研究,重新认识各探区生烃总量。在资源量计算方面,常规油气资源开展多方法综合评价,保证评价结果客观可靠;非常规资源开展分级评价,建立资源分级标准,重点评价Ⅰ、Ⅱ类资源总量和分布,落实现实可利用资源^[17]。

3.2 常规石油资源潜力评价

3.2.1 评价思路与技术路线

常规石油评价的总体思路是以地质评价为基础,以资源评价为重点,以资源空间展布为目标,强调4大关键环节:①盆地油气基础地质研究与地质评价;②分类型典型刻度区精细解剖与关键类比参数求取;③盆地资源潜力评价与资源量的区带和层系分配关系;④基于资源评价结果和区带地质评价的勘探方向与目标评价。建立多方法综合评价技术开展常规石油资源评价,通过成因法计算盆地或含油气系统油气资源总量的范围,采用类比法、统计法进行油气资源潜力的精细评价,最终采用特尔菲综合法确定盆地或含油气系统的资源潜力(图3)。

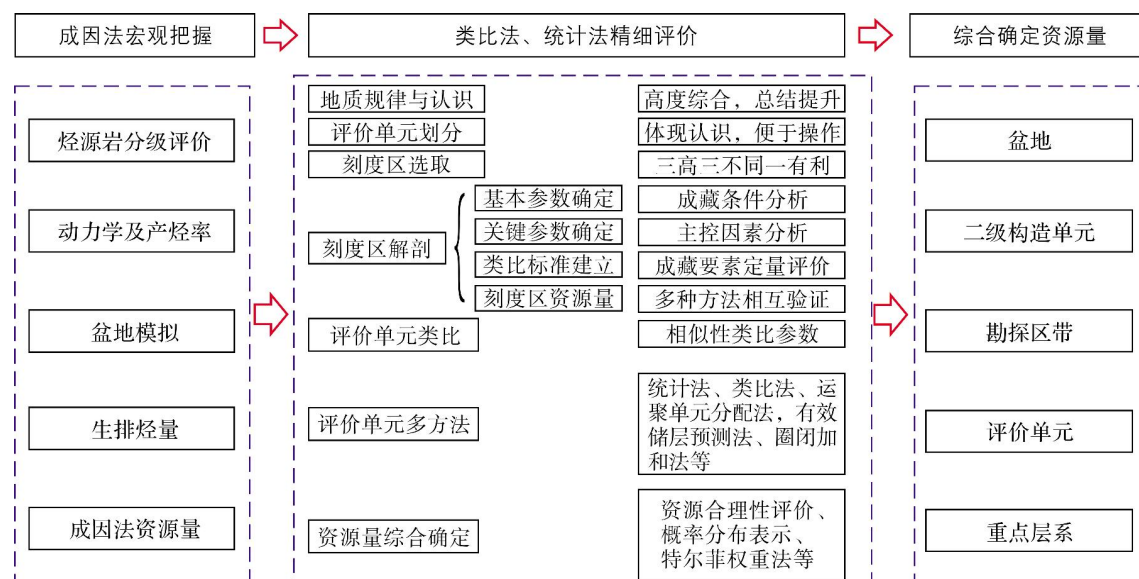


图3 常规油气资源多方法综合评价技术路线图

3.2.2 全国常规石油资源评价结果

本次评价工作,完成了全国主要含油气盆地109个工区盆地模拟研究,从而准确把握了这些盆地或独立含油气系统油气资源总量的范围,同时采用类比法、统计法开展盆地或评价单元石油资源潜力的精细评价,最后对用特尔菲综合法确定的各个盆地的石油资源评价结果进行汇总。通过汇总来看,本次评价的全国常规石油总资源量为 $1\,080.31 \times 10^8 \text{ t}$ (表2),其中陆上盆地资源量为 $792.16 \times 10^8 \text{ t}$,海域盆地资源量为 $288.15 \times 10^8 \text{ t}$ 。

3.3 非常规石油资源潜力评价

3.3.1 评价范围

在分析不同非常规石油资源勘探开发现状,开展非常规油气地质条件研究基础上,结合不同非常规油气资源分布,确定3类非常规石油资源的评价范围(表3)。

3.3.2 评价思路

为了突出非常规石油资源的现实性与可采性,本次评价在立足于非常规油气地质评价的基础上,应用适当的方法技术,着重开展了分级评价研究和可采性评价研究^[21-22]。小面元容积法采用“四步法”:定源、定储层、定评价区、资源计算;分级资源丰度类比法与EUR类比法采用“三步法”:建立刻度区、确

定评价区、资源计算(图4)。

3.3.3 非常规石油资源评价结果

在分盆地致密油资源评价的基础上,完成全国主要含油气盆地致密油资源分级评价。评价结果显示:我国致密油地质资源量为 $125.80 \times 10^8 \text{ t}$,其中Ⅰ类 $61.77 \times 10^8 \text{ t}$,Ⅱ类 $31.68 \times 10^8 \text{ t}$,Ⅲ类 $32.35 \times 10^8 \text{ t}$;致密油可采资源量为 $12.34 \times 10^8 \text{ t}$,其中Ⅰ类 $6.69 \times 10^8 \text{ t}$,Ⅱ类 $3.08 \times 10^8 \text{ t}$,Ⅲ类 $2.57 \times 10^8 \text{ t}$ (表4)。

由于不同非常规石油资源具有相对独特的资源发育与富集特征,不同的非常规资源评价方法也具有不同的适用条件与应用范围,所以每种非常规石油的评价方法与评价过程存在一定的差异。总体而言,对非常规石油的分级评价和可采性评价是一致的,分别按照致密油、油页岩油、油砂油资源评价技术规范(中石油企业规范)完成评价(表5)。

4 常规石油资源分布特征

4.1 陆上占73%,海域占27%

全国常规石油地质资源量为 $1\,080.31 \times 10^8 \text{ t}$,其中陆上资源量为 $792.16 \times 10^8 \text{ t}$,占比73%,海域资源量为 $288.15 \times 10^8 \text{ t}$,占比27%。陆上常规石油资源以非青藏区为主,非青藏区含油气盆地的资源量占92%;海域常规石油资源中,南海资源量为 $163.41 \times 10^8 \text{ t}$,占比57%,其中曾母与文莱—沙巴盆地资源量

表 2 全国常规石油资源评价结果汇总表

区域	盆地(地区)	面积/km ²	地质资源量/10 ⁸ t			技术可采资源量/10 ⁸ t		
			总地质资源量	探明地质资源量	剩余地质资源量	总技术可采资源量	探明技术可采资源量	剩余技术可采资源量
陆上	松辽	260 000	111.37	75.70	35.67	36.76	29.98	6.77
	渤海湾(陆上)	133 200	214.94	109.30	105.64	54.54	28.63	25.92
	鄂尔多斯	250 000	116.50	53.87	62.63	21.78	9.55	2.23
	塔里木	560 000	75.06	21.29	53.77	19.12	3.66	15.46
	准噶尔	134 000	80.08	26.08	54.00	17.35	6.39	10.97
	四川	200 000	0	0	0	0	0	0
	柴达木	104 000	29.59	6.23	23.36	5.54	1.31	4.23
	吐哈	53 500	10.09	4.11	5.98	2.26	1.03	1.23
	二连	109 000	13.39	3.30	10.09	2.54	0.61	1.93
	南襄	17 000	5.15	3.06	2.09	1.53	0.98	0.55
	苏北	35 000	6.22	3.54	2.68	1.40	0.80	0.60
	江汉	28 000	5.15	1.62	3.52	1.51	0.49	1.02
	海拉尔	79 600	10.10	2.28	7.82	2.01	0.45	1.57
	酒泉	13 100	5.11	1.70	3.41	1.09	0.47	0.62
	三塘湖	23 000	4.48	0.88	3.59	0.73	0.12	0.62
	百色	830	0.42	0.17	0.25	0.10	0.04	0.06
	其他	1 153 287	104.54	1.23	103.31	21.89	0.22	21.67
	小计	3 153 517	792.16	314.36	477.80	190.16	84.71	105.44
海域	渤海湾(海域)	61 800	110.29	33.14	77.15	25.37	7.55	17.82
	东海	250 000	7.23	0.27	6.96	1.48	0.09	1.40
	黄海	169 000	7.22	0	7.22	1.57	0	1.57
	南海	1 116 752	163.41	59.71	103.71	53.93	19.89	34.04
	小计	1 597 552	288.15	93.12	195.03	82.35	27.52	54.82
合计		4 751 069	1 080.31	407.48	672.84	272.50	112.24	160.26

注: 探明储量数据截至 2015 年年底。

表 3 全国非常规石油资源评价范围统计

类型	盆地(凹陷、地区)	
致密油	主要盆地	鄂尔多斯、松辽、准噶尔、渤海湾、三塘湖、柴达木、二连
	中小盆地	勃利、大杨树、虎林、鸡西、三江、延吉、银—额天草、银—额查干、雅布赖、巴彦浩特、民和、六盘山、石拐、中口子、武威、民乐、南祁连木里、武川、沁水、伊犁、精河、福海、吐拉
油页岩油	东部区	敦密、松辽、柳树河、大杨树、老黑山、林口、罗子沟、杨树沟、依兰—伊通、抚顺、黑山、朝阳、建昌、阜新、丰宁、燕河营、渤海湾、胶莱、济宁
	中部区	鄂尔多斯、四川、六盘山
	南方区	茂名、那彭、钦州、句容、北部湾、新宁、湘乡、吉安、萍乡、楚雄、思茅—兰坪
	西部区	民和、西宁、柴达木、准噶尔、阿坝
	青藏区	羌塘、伦坡拉
油砂油	东部	松辽、二连
	中部	四川
	西部	准噶尔、塔里木、柴达木、酒泉、中口子
	南方	百色、桂中

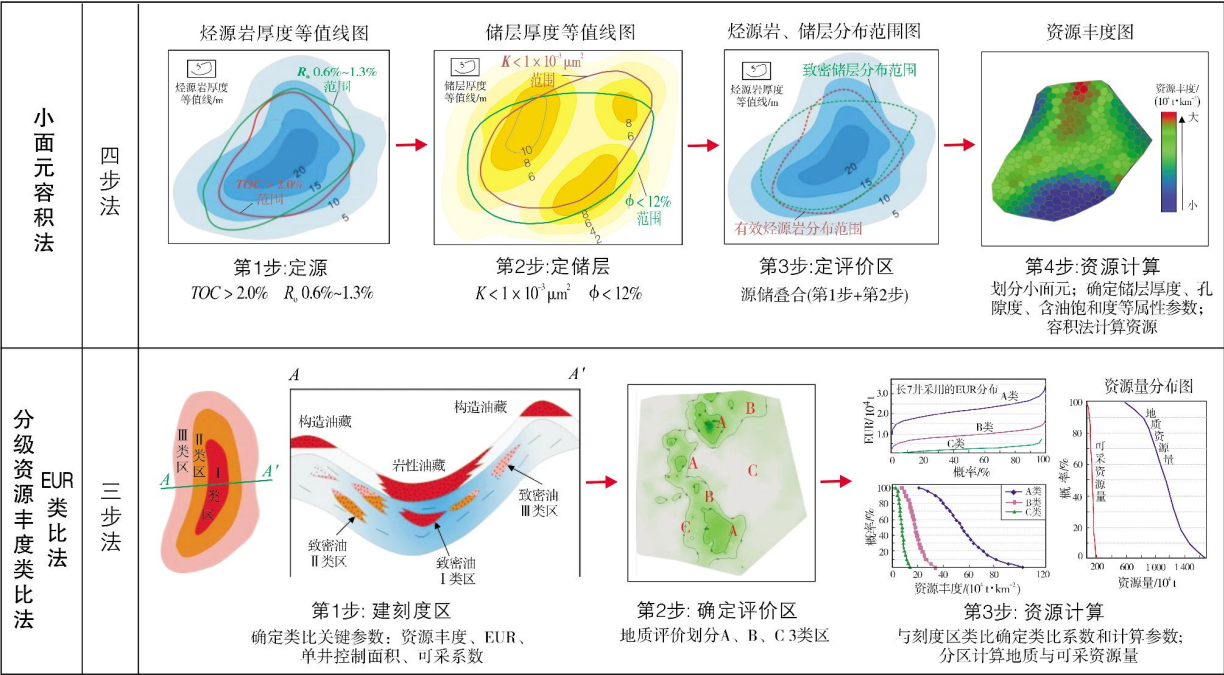


图4 非常规资源分级评价与可采资源评价步骤

表4 中国陆上致密油资源分级评价结果

盆地	层位	面积/ km ²	致密油地质资源量/10 ⁸ t				致密油可采资源量/10 ⁸ t					
			探明 储量	I类	II类	III类	总资源 量	探明 储量	I类	II类	III类	总资源 量
鄂尔多斯	T ₃	78 879	1.01	22.89	7.11		30.00	0.12	2.68	0.83		3.51
松辽	K ₁ 、K ₂	20 507	2.59	16.98	5.43	0	22.41	0.46	2.06	0.67	0	2.73
渤海湾	E	16 703	0.97	11.79	5.94	2.27	20.00	0.15	1.26	0.70	0.25	2.20
准噶尔	P ₁ 、P ₂	8 026	0.32	3.29	6.75	9.75	19.79	0.08	0.17	0.35	0.72	1.24
四川	J	53 010	0.81			16.13	16.13	0.05			1.29	1.29
柴达木	N ₁ 、N ₂ 、E ₃	8 050	0.07	4.51	3.17	0.90	8.58	0.01	0.36	0.26	0.07	0.70
三塘湖	P ₂	2 239	0.33	1.25	1.61	1.78	4.63	0.02	0.07	0.08	0.09	0.24
二连	K ₁	896	0.00	0.93	1.23	0.82	2.98	0	0.08	0.15	0.08	0.31
酒泉	K ₁	231	0.19	0.12	0.45	0.71	1.29	0.03	0.01	0.04	0.08	0.13
合计		188 541	6.28	61.77	31.68	32.35	125.80	0.91	6.69	3.08	2.57	12.34

注：探明储量数据截至2015年年底。

表5 全国非常规石油资源评价结果汇总表

类型	探明 地质储量	地质 资源量	10 ⁸ t	
			探明 可采储量	可采 资源量
致密油	6.28	125.80	0.91	12.34
油砂油	0.51	12.55	0.32	7.67
油页岩油	46.61	533.73	19.42	131.80
合计	53.40	672.08	20.65	151.81

合计93.16×10⁸t,珠江口盆地资源量为25.51×10⁸t。

4.2 陆上盆地分布呈4个梯队

我国陆上常规石油资源主要分布于渤海湾(陆上)、鄂尔多斯、松辽、准噶尔、塔里木和柴达木等6大含油气盆地(图5),这6大盆地常规石油地质资源量合计627.54×10⁸t,占陆上常规石油地质资源量的79.22%。常规石油地质资源量大于100×10⁸t的有渤海湾(陆上)、鄂尔多斯和松辽等3大含油气盆地;

在 $(50\sim 100)\times 10^8\text{t}$ 之间的有塔里木、准噶尔 2 大含油气盆地;在 $(10\sim 50)\times 10^8\text{t}$ 之间的有柴达木、二连、吐

哈和海拉尔等 4 个盆地;其他盆地的常规石油地质资源量均小于 $10\times 10^8\text{t}$ 。

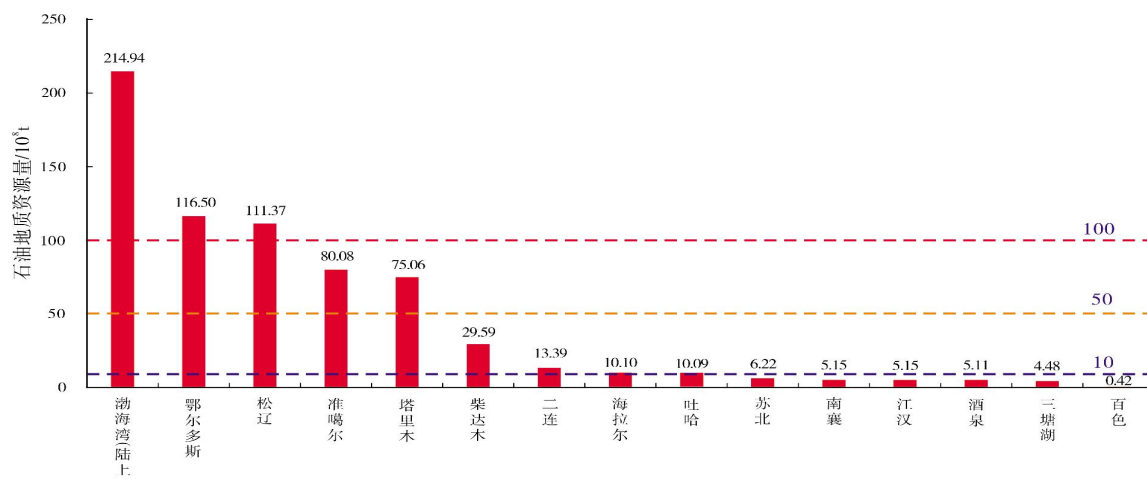


图5 中国陆上盆地常规石油地质资源量分布状况

4.3 主要分布在中、新生代地层中及下古生界奥陶系

本次研究针对自太古宇至新生界的 14 个层系开展了常规石油资源评价,结果显示常规石油资源分布于其中的 12 个层系(图6)。

陆上 中石油矿权区(陆上)常规石油资源集中分布于中、新生代,地质资源量合计 $423.31\times 10^8\text{t}$,约占地质资源量的 82%。东北区石油资源集中分布白垩系,地质资源量为 $133.57\times 10^8\text{t}$,占该区地质资源量的 93%;华北区主要集中在三叠系至新近系,地质资源量为 $176.99\times 10^8\text{t}$,占该区地质资源量

的 89%;西北区自下古生界至新生界石油资源分布相对均匀,下古生界、上古生界、中生界、新生界的地质资源量分别为 $27.23\times 10^8\text{t}$ 、 $42.44\times 10^8\text{t}$ 、 $64.41\times 10^8\text{t}$ 、 $38.1\times 10^8\text{t}$,分别占该区地质资源量的16%、25%、37%、22%;华南区石油资源在古近系有少许分布,地质资源量约为 $0.73\times 10^8\text{t}$ 。

海域 中石油矿权区(海域)常规石油资源主要分布于白垩系、古近系和新近系等 3 个层系,主体集中在新近系和古近系。白垩系地质资源量为 $0.40\times 10^8\text{t}$,约占海域总量的 3%;古近系资源量为 $6.60\times 10^8\text{t}$,占海域总量的46%;新近系资源量为 $7.48\times 10^8\text{t}$,占海域总量的52%。

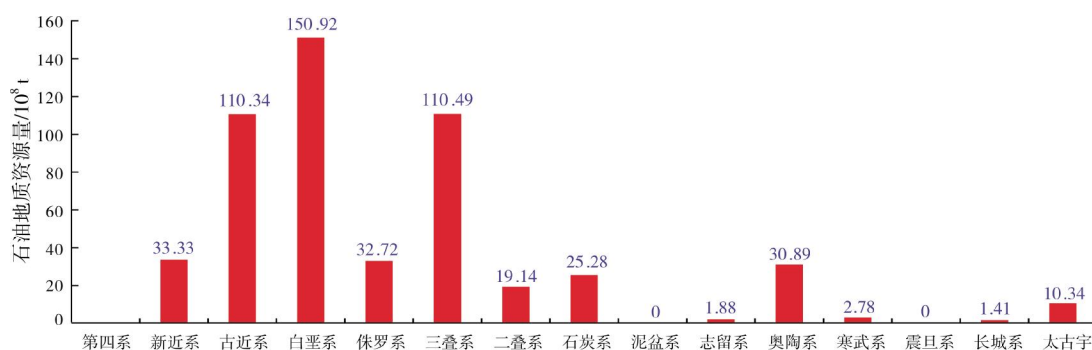


图6 中石油矿权区(陆上+海域)分层系常规石油资源分布状况

4.4 以中浅层、中深层为主,约占 74%

本次评价将油气资源的深度分布划分为 4 个级别^[23]:中浅层($<2000\text{m}$)、中深层($2000\sim 3500\text{m}$)、深

层($3500\sim 4500\text{m}$)和超深层($>4500\text{m}$)。中石油矿权区陆上、海域油气资源按深度分布如下:

陆上 常规石油资源主要分布在中浅层、中深层:中浅层地质资源量约为 $200\times 10^8\text{t}$,中深层地质资

源量约为 $185 \times 10^8 \text{t}$, 合计占陆上资源量的 74.8%。深层、超深层地质资源量合计约 $130 \times 10^8 \text{t}$, 占陆上资源量的 25.2%。

海域 常规石油资源主要分布在中浅层、中深层: 中浅层地质资源量为 $9.38 \times 10^8 \text{t}$, 占海域资源量的 64.7%; 中深层地质资源量为 $3.46 \times 10^8 \text{t}$, 占海域资源量的 23.9%; 两者合计占海域常规石油资源的 88.6%。

4.5 低渗地质资源量为 $208.27 \times 10^8 \text{t}$, 占比 40.4%

本次评价将油气资源品位分为特高渗、中高渗、低渗、特低渗 4 类^[23]。中石油矿权区陆上以低渗资源为主, 低渗石油地质资源量为 $208.27 \times 10^8 \text{t}$, 占比 40.4%(表 6)。海域油气资源整体以中高渗为主。

表 6 中石油矿权区陆上常规石油资源的品位分布 10^8t

资源品位	地质资源量	探明地质储量	剩余地质资源量
特高渗	15.21	7.65	7.56
中高渗	143.68	63.85	79.83
低渗	208.27	93.96	114.31
特低渗	147.87	50.76	97.11

4.6 地理环境分布

本次资源评价将陆上自然地理环境分为平原、草原、戈壁、黄土塬、滩海、沼泽、沙漠、山地和丘陵等 9 类。中石油矿权区陆上常规石油资源主要分布在平原, 地质资源量为 $207.37 \times 10^8 \text{t}$, 占 40.2%; 其次是戈壁、黄土塬和沙漠, 地质资源量分别为 $119.29 \times 10^8 \text{t}$ 、 $92.14 \times 10^8 \text{t}$ 和 $43.53 \times 10^8 \text{t}$, 分别占 23.2%、17.9% 和 8.5%; 山地和滩海地质资源量分别为 $12.73 \times 10^8 \text{t}$ 和 $13.80 \times 10^8 \text{t}$, 各占 2.5% 和 2.7%。

中石油矿权区海域油气资源按水深来区分, 石油资源主要分布在深海, 深海的地质资源量为 $12.30 \times 10^8 \text{t}$, 占海域石油资源的 84.90%。

5 非常规石油资源分布状况

5.1 致密油资源分布

致密油主要分布在鄂尔多斯、松辽、渤海湾和准噶尔等 4 大盆地, 其中鄂尔多斯盆地致密油地质资源量为 $30.00 \times 10^8 \text{t}$, 松辽盆地为 $22.41 \times 10^8 \text{t}$, 渤海湾盆地

为 $20.00 \times 10^8 \text{t}$, 准噶尔盆地为 $19.79 \times 10^8 \text{t}$, 4 个盆地合计为 $92.20 \times 10^8 \text{t}$, 占致密油总资源量的 73.3%。致密油已探明地质储量集中在松辽、鄂尔多斯和渤海湾等 3 个盆地, 其中松辽盆地探明地质储量 $2.59 \times 10^8 \text{t}$, 剩余地质资源量 $19.82 \times 10^8 \text{t}$; 鄂尔多斯盆地探明地质储量 $1.01 \times 10^8 \text{t}$, 剩余地质资源量 $28.99 \times 10^8 \text{t}$ 。剩余致密油资源主要集中在鄂尔多斯、松辽、准噶尔和渤海湾等 4 个盆地, 这些盆地是今后致密油勘探的重点盆地。

从层系分布来看, 我国致密油资源主要分布于中、新生界, 其中三叠系地质资源量为 $30.00 \times 10^8 \text{t}$, 古近系、白垩系、二叠系资源量相近, 分别为 $21.40 \times 10^8 \text{t}$ 、 $26.70 \times 10^8 \text{t}$ 和 $24.40 \times 10^8 \text{t}$, 侏罗系为 $16.10 \times 10^8 \text{t}$, 新近系为 $7.18 \times 10^8 \text{t}$ 。

5.2 油页岩油资源分布

本次评价的我国油页岩油地质资源量为 $533.73 \times 10^8 \text{t}$, 查明地质储量为 $46.61 \times 10^8 \text{t}$, 待查明地质资源量 $487.12 \times 10^8 \text{t}$; 可回收油页岩油资源量为 $131.80 \times 10^8 \text{t}$, 查明可回收储量为 $19.42 \times 10^8 \text{t}$, 待查明可回收资源量为 $112.38 \times 10^8 \text{t}$ 。

从区域上看, 我国油页岩油资源主要分布在东部和中部地区: 东部油页岩油地质资源量为 $203.33 \times 10^8 \text{t}$, 主要集中于松辽盆地; 中部地区资源量为 $168.62 \times 10^8 \text{t}$, 主要集中于鄂尔多斯盆地; 东部和中部合计 $371.95 \times 10^8 \text{t}$, 约占总资源量的 70%。其次为青藏地区, 资源量为 $83.27 \times 10^8 \text{t}$, 主要分布在羌塘盆地、伦坡拉盆地。西部地区资源量为 $70.79 \times 10^8 \text{t}$, 集中于准噶尔盆地。南方区资源量为 $7.78 \times 10^8 \text{t}$, 集中于广东茂名盆地。

从资源品级上看, 按我国油页岩矿床含油率级别进行评价, 我国 3.5%~5% 含油率级别的油页岩油资源量约为 $192 \times 10^8 \text{t}$, 可回收油页岩油资源量约为 $47 \times 10^8 \text{t}$; 5%~10% 含油率级别的油页岩油资源量约为 $278 \times 10^8 \text{t}$, 可回收油页岩油资源量约为 $70 \times 10^8 \text{t}$; 大于 10% 含油率级别的油页岩油资源量约为 $64 \times 10^8 \text{t}$, 可回收油页岩油资源量约为 $14 \times 10^8 \text{t}$ 。大于 10% 含油率级别的油页岩油资源主要分布于青藏高原伦坡拉与羌塘两大残余沉积盆地之中。

5.3 油砂油资源分布

油砂油资源分布点多面广。本次共调查评价 10 个盆地, 发现了规模不等的油砂出露, 共评价出油砂油

地质资源量 $12.55 \times 10^8 \text{t}$ 、可采资源量 $7.67 \times 10^8 \text{t}$ 。其中, 0~100m埋深的油砂油地质资源量约为 $7 \times 10^8 \text{t}$, 可采资源量为 $4.89 \times 10^8 \text{t}$; 100~200m埋深的油砂油地质资源量为 $5.55 \times 10^8 \text{t}$, 可采资源量为 $2.78 \times 10^8 \text{t}$ 。新一轮全国油气资源评价(2005年)的油砂油地质资源量为 $59.7 \times 10^8 \text{t}$, 可采资源量为 $22.6 \times 10^8 \text{t}$, 本次评价的油砂油资源量相比2005年的评价结果变少, 主要有以下4个方面原因: ①本次评价的资源埋深范围为0~200m, 而上轮评价的资源埋深范围为0~500m; ②过去预测认为连片分布的油砂油资源, 近几年勘探证实为孤立的几个矿点, 面积大幅减少; ③经本次踏勘评价, 去掉了部分油苗点及南方碳酸盐岩油砂; ④原先0~100m埋深范围内的可采系数取为85%, 100~500m埋深范围内的可采系数取为60%, 可采系数取值偏高, 本次评价根据准噶尔盆地风城组油砂矿挖掘实验及中试结果, 把0~100m埋深范围内的可采系数调整为70%, 100~200m埋深范围内的可采系数调整为50%。

中石油矿权范围内的油砂含油率变化较大, 3%~11%(质量百分比)均有分布, 主要分布在6%~10%, 属中等品级的油砂。其中, 含油率大于10%、埋

深0~200m的油砂油地质资源量为 $0.16 \times 10^8 \text{t}$, 占1.3%; 含油率6%~10%、埋深0~200m的油砂油地质资源量为 $8.30 \times 10^8 \text{t}$, 占66.1%; 含油率3%~6%、埋深0~200m的油砂油地质资源量为 $4.10 \times 10^8 \text{t}$, 占32.6%。

6 重点勘探领域及有利区带

6.1 常规石油资源潜力

全国常规石油地质资源量为 $1080.31 \times 10^8 \text{t}$, 已探明 $407.48 \times 10^8 \text{t}$, 剩余地质资源量 $672.84 \times 10^8 \text{t}$ (表2)。其中, 陆上剩余石油地质资源量 $477.80 \times 10^8 \text{t}$, 剩余可采资源量 $105.44 \times 10^8 \text{t}$; 海域剩余石油地质资源量 $195.03 \times 10^8 \text{t}$, 剩余可采资源量 $54.82 \times 10^8 \text{t}$ 。

中石油矿权区的常规石油地质资源量为 $529.52 \times 10^8 \text{t}$, 已探明 $216.40 \times 10^8 \text{t}$, 剩余地质资源量为 $313.12 \times 10^8 \text{t}$ (表7)。其中, 陆上矿权区剩余常规石油地质资源量 $298.81 \times 10^8 \text{t}$, 剩余可采资源量 $61.51 \times 10^8 \text{t}$ 。从盆地分布看, 中石油剩余常规石油资源主要分布于鄂尔多斯、渤海湾(陆上)、塔里木、准噶尔、松辽和柴达木等6大盆地。

表7 中石油矿权区常规石油资源潜力

		10 ⁸ t					
区域	盆地	地质资源量	探明地质储量	剩余地质资源量	可采资源量	探明可采储量	剩余可采资源量
陆上	松辽	108.06	74.46	33.60	36.26	29.78	6.48
	渤海湾(陆上)	96.95	50.20	46.74	23.11	12.66	10.45
	鄂尔多斯	92.14	40.53	51.61	17.21	8.04	9.18
	塔里木	44.61	7.39	37.22	11.44	1.68	9.76
	准噶尔	75.79	24.69	51.10	16.20	5.93	10.27
	柴达木	29.29	6.23	23.06	5.48	1.31	4.17
	吐哈	10.09	4.11	5.98	2.26	1.03	1.23
	三塘湖	4.48	0.88	3.59	0.73	0.12	0.62
	酒泉	5.11	1.70	3.41	1.09	0.47	0.62
	海拉尔	10.10	2.28	7.82	2.01	0.45	1.57
	二连	10.93	2.70	8.23	2.08	0.53	1.55
	其他	27.49	1.04	26.45	5.82	0.19	5.63
海域	南海海域	14.49	0.18	14.31	4.72	0.05	4.67
合计		529.52	216.40	313.12	128.40	62.22	66.18

6.2 石油重点勘探领域

依据本次资源评价结果, 结合近10年来油气勘探进展及探明储量状况, 对剩余常规石油资源分布的领域进行了详细分析评价(表8)。分析结果表明: 陆上剩余常规石油资源主要分布在岩性-地

层(碎屑岩)、复杂构造带2个领域; 海域剩余常规石油地质资源量主要集中在构造、生物礁和深水岩性3大领域。中石油海域矿权区构造领域剩余石油地质资源量 $6.23 \times 10^8 \text{t}$, 深水岩性领域剩余石油地质资源量 $4.58 \times 10^8 \text{t}$, 两者合计 $10.81 \times 10^8 \text{t}$, 占中石油海域剩余石油资源的75.5%。

表8 剩余常规石油资源勘探领域分布汇总表

10 ⁸ t			
区域	勘探领域		中石油
陆上	碎屑岩 岩性-地层	湖相	177.36
		海相	53.03
	海相碳酸盐岩		53.96
	前陆冲断带		33.69
	碎屑岩构造型		108.58
	复杂岩性	潜山	16.20
		火山岩	12.25
		湖相碳酸盐岩	5.35
	滩海		17.39
	构造		137.40
海域	生物礁		21.96
	深水岩性		29.79
	基岩潜山		5.88
			0.40

通过近几年在非常规油气领域的积极探索,致密油领域的勘探工作已经取得较大进展,获得了储量和产量,成为较现实的勘探领域。但总体而言,致密油探明程度很低,剩余资源量巨大,具有很大的发展空间。而油页岩油、油砂油等非常规资源,由于勘探程度更低,是未来非常规油气勘探的储备领域。

6.3 有利目标区带

6.3.1 常规石油区带优选

着眼于主要含油气盆地并开展常规油气区带优选,是相对现实、稳妥、有效的方法。本次常规石油区带优选立足于松辽、渤海湾、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔、柴达木、吐哈、二连、海拉尔和酒泉等10个盆地,在393个主要区带基础上筛选出剩余石油地质资源量在1×10⁸ t以上的区带68个。综合资源丰度、资源探明率进行分析,预测每个区带的未来储量规模,在此基础上优选出石油现实区带20个、接替区带15个、准备区带10个:①20个现实区带剩余石油地质资源量合计138.71×10⁸ t,预测储量规模合计41.79×10⁸ t,可满足未来5~10年油气勘探的需要(表9);②15个接替区带主要分布在松辽、渤海湾、准噶尔、柴达木、吐哈、三塘湖、酒泉和海拉尔等盆地,剩余石油地质资源量合计46.75×10⁸ t,预测储量规模合计15.73×10⁸ t,能够达到未来油气勘探有序接替的需要;③10个准备区带主要分布在鄂尔多斯、准噶尔、柴达木、塔里木和松辽等盆地,剩余石油地质资源量合计34×10⁸ t,预测储量规模合计约15.24×10⁸ t。

表9 常规石油未来勘探的20个现实区带及潜力汇总表

盆地名称	区带	面积/ km ²	层系	资源量/10 ⁸ t		地质资源 丰度/ (10 ⁴ t·km ⁻²)	探明率/ %	预计 储量规模/ 10 ⁸ t	近期突破
				探明地质 储量	剩余地质 资源量				
渤海湾	辽河西部岩性	3 315	E ₂	12.44	5.34	53.63	70.0	0.54	清水洼陷、 鸳鸯沟洼陷
	饶阳岩性	5 280	E ₂ 、E ₃ 、N	2.29	5.13	14.05	30.9	2.52	河间、马西、留西
	霸县岩性	2 400	E ₂ 、E ₃ 、N	1.33	1.98	13.79	40.2	0.79	文安斜坡、岔河集
准噶尔	玛湖凹陷	4 147	T ₁	0.80	6.76	18.23	10.6	3.34	玛131、玛湖1
	红车断裂带	8 839	C、P ₂ 、K ₁ 、N ₁	2.03	7.61	10.91	21.1	2.96	金龙、中拐
吐哈	台北凹陷侏罗系	10 100	J ₂₋₃	2.21	2.09	4.26	51.4	0.20	红台
塔里木	轮南低凸起	13 572	O	16.78	16.11	24.23	51.0	1.45	哈拉哈塘、跃满
	塔中北斜坡	9 169	O	0.40	7.18	8.27	5.3	3.93	中古15、中古434
	英买力低凸起	8 225	O	0.49	1.73	2.70	22.1	0.66	英买力油田
松辽	大庆长垣	2 472	K ₁	44.76	6.22	206.23	87.8	0.14	中浅层
	长岭凹陷	6 305	K ₁	2.36	4.14	10.31	36.3	2.22	让字井、鳞字井
	齐家—古龙凹陷	5 312	K ₁	3.38	2.18	10.47	60.8	0.64	龙西、古龙南
	三肇凹陷	5 743	K ₁	7.69	1.76	16.45	81.4	0.50	宋芳屯
海拉尔	贝尔凹陷	3 010	K ₁	1.59	1.97	11.83	44.7	0.40	贝西
	乌尔逊凹陷	2 240	K ₁	0.69	1.84	11.29	27.3	0.51	乌南—乌东
柴达木	茫崖凹陷	5 982	E、N	2.65	7.13	16.35	27.1	1.99	狮子沟、英雄岭
	尕斯断陷	3 253	E、N	0.92	4.28	15.99	17.7	1.60	扎哈泉、乌南
鄂尔多斯	姬塬	12 500	T ₃	15.23	19.77	28.00	43.5	4.25	长6等多层系
	陕北	16 100	T ₃	12.18	7.82	12.42	60.9	0.32	长9、长10层系
	环江(镇北—合水)	20 200	T ₃	6.33	27.67	16.83	18.6	12.83	长3—长8等层系
合计				136.60	138.71			41.79	

6.3.2 非常规石油区带优选

目前致密油资源已进入储量序列,成为比较现实的勘探领域,油页岩油、油砂油也已经有开发利用的重点区块。为加快非常规石油资源勘探开发进程,使其尽快成为常规油气的接替领域,在地质评价和资源潜力认识的基础上,优选了适合我国中长期发展的非常规石油勘探领域和目标:

(1) 优选致密油有利区 12 个,面积共计 $20\,223\text{ km}^2$,地质资源量合计约 $39\times 10^8\text{ t}$, 主要分布在鄂尔多斯、松辽和渤海湾等盆地。

(2) 不包含我国目前已开发的油页岩含矿区,优选地表露天挖掘式开采的油页岩油目标区块 6 个:①茂名盆地高州—电白矿区;②松辽盆地东南缘农安矿区;③松辽盆地外围柳树河盆地;④民和盆地西北缘炭山岭矿区;⑤准噶尔盆地东南缘博格达山前妖魔山—三工河矿区;⑥渤海湾盆地南部隆起区昌乐五图矿区。优选地下原位式开采的油页岩油目标区块 4 个:①松辽盆地东南缘预测区;②鄂尔多斯盆地东南缘盆地预测区;③准噶尔盆地博格达山北麓预测区;④茂名盆地预测区。

(3) 在钻探及综合评价的基础上,针对油砂油,优选出准噶尔盆地西北缘的红山嘴、黑油山、乌尔禾、柴达木盆地油砂山,四川盆地厚坝等 5 个有利开采目标。

7 结 论

(1) 我国石油资源丰富,对 101 个盆地(拗陷、地区)石油资源评价与汇总的结果显示:全国常规石油资源为 $1\,080.31\times 10^8\text{ t}$, 其中陆上盆地常规石油资源量为 $792.16\times 10^8\text{ t}$, 海域常规石油资源量为 $288.15\times 10^8\text{ t}$ 。非常规石油资源主要包括致密油、油页岩油、油砂油等,其中致密油地质资源量为 $125.80\times 10^8\text{ t}$,油页岩油为 $533.73\times 10^8\text{ t}$,油砂油为 $12.55\times 10^8\text{ t}$ 。

(2) 全国常规石油剩余地质资源量为 $672.84\times 10^8\text{ t}$ 。其中,陆上剩余石油地质资源量 $477.80\times 10^8\text{ t}$, 剩余可采资源量 $105.44\times 10^8\text{ t}$; 海域剩余石油地质资源量 $195.03\times 10^8\text{ t}$, 剩余可采资源量 $54.82\times 10^8\text{ t}$ 。中石油矿权区石油地质资源量为 $529.52\times 10^8\text{ t}$, 已探明 $216.40\times 10^8\text{ t}$, 剩余地质资源量 $313.12\times 10^8\text{ t}$ 。其中,陆上矿权区常规石油剩余地质资源量 $298.81\times 10^8\text{ t}$, 剩余可采资源量 $61.51\times 10^8\text{ t}$ 。从盆地分布看,全国常规石油剩余资源

主要分布于鄂尔多斯、渤海湾(陆上)、塔里木、准噶尔、松辽和柴达木等 6 大盆地。

(3) 未来石油勘探方向以常规石油重点领域与非常规石油为主。陆上常规石油剩余资源主要分布在岩性-地层(碎屑岩)和复杂构造 2 大重点领域;海域剩余资源主要集中在海域构造、生物礁和深水岩性 3 个领域。

(4) 在剩余石油资源潜力及分布研究的基础上,依据区带评价优选标准,常规石油优选出现实区带 20 个、接替区带 15 个、准备区带 10 个;非常规石油优选出致密油有利目标区带 12 个,优选油页岩油露天挖掘目标 6 个、原位改质目标 4 个,优选油砂油有利目标 5 个。

致谢:该项工作研究期间,得到中国石油天然气股份有限公司科技管理部、勘探与生产分公司等领导的大力支持与帮助;项目长贾承造院士、赵文智院士、邹才能院士等从立项、实施及合理性分析等各个方面参与了大量工作,给予项目组大力支持与指导;中石油 16 家油气田公司通力合作,共同完成该项研究工作。同时,项目指导组专家在研究的各个阶段给予了指导帮助,相关参考文献与研究报告也为该项研究工作的完成提供有益借鉴。在此谨向支持、指导、关心该项研究工作的领导、专家、同事表达最诚挚的感谢!

参 考 文 献

- [1] 李建忠,吴晓智,郑民,等. 常规与非常规油气资源评价的总体思路、方法体系与关键技术[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(9): 1557-1565.
- [2] 郑民,李建忠,吴晓智,等. 我国常规与非常规天然气资源潜力、重点领域与勘探方向[J]. 天然气地球科学, 2018, 29(10): 1-15.
- [3] 贾承造,赵政璋,杜金虎,等. 中国石油重点勘探领域:地质认识、核心技术、勘探成效及勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(4): 385-397.
- [4] 郑民,贾承造,冯志强,等. 前陆盆地勘探领域三个潜在的油气接替区[J]. 石油学报, 2010, 31(5): 723-729.
- [5] 杜金虎,杨涛,李欣,等. 中国石油天然气股份有限公司“十二五”油气勘探发现与“十三五”展望[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(2): 1-15.
- [6] 侯启军,何海清,李建忠,等. 中国石油天然气股份有限公司近期油气勘探进展及前景展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 1-13.
- [7] 贾承造,郑民,张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 129-136.
- [8] 邹才能,杨智,张国生,等. 常规—非常规油气“有序聚集”理论认识及实践意义[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(1): 14-26.

- [9] 刘朝全,姜学峰. 2017年国内外油气行业发展报告[M]. 北京:石油工业出版社, 2018: 1-400.
- [10] 童晓光, 张光亚, 王兆明, 等. 全球油气资源潜力与分布[J]. 地学前缘, 2014, 21(3): 1-9.
- [11] 邹才能, 翟光明, 张光亚, 等. 全球常规-非常规油气形成分布、资源潜力及趋势预测[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(1): 13-25.
- [12] 王红军, 马锋, 童晓光, 等. 全球非常规油气资源评价[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(6): 850-863.
- [13] British Petroleum Company. BP statistical review of world energy 2019[R]. London: British Petroleum Company, 2019.
- [14] 袁选俊, 林森虎, 刘群, 等. 湖盆细粒沉积特征与富有机质页岩分布模式:以鄂尔多斯盆地延长组长7油层组为例[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(1): 34-44.
- [15] 雷德文, 陈刚强, 刘海磊, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷大油(气)区形成条件与勘探方向研究[J]. 地质学报, 2017, 91(7): 1604-1619.
- [16] 赵贤正, 王权, 金凤鸣, 等. 高勘探程度区富油气凹陷二次勘探方法及应用[J]. 中国石油勘探, 2012, 17(6): 1-9.
- [17] 李建忠, 郑民, 郭秋麟, 等. 第四次油气资源评价[M]. 北京:石油工业出版社, 2019: 1-365.
- [18] 郭秋麟, 周长迁, 陈宁生, 等. 非常规油气资源评价方法研究[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(4): 12-19.
- [19] 郭秋麟, 闫伟, 高日丽, 等. 3种重要的油气资源评价方法及应用对比[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(1): 50-59.
- [20] 郭秋麟, 陈宁生, 刘成林, 等. 油气资源评价方法研究进展与新一代评价软件系统[J]. 石油学报, 2015, 36(10): 1305-1314.
- [21] 卢双舫, 黄文彪, 陈方文, 等. 页岩油气资源分级评价标准探讨[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 249-256.
- [22] 李建忠, 郑民, 陈晓明, 等. 非常规油气内涵辨析、源-储组合类型及中国非常规油气发展潜力[J]. 石油学报, 2015, 36(5): 521-532.
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准管理委员会. 石油天然气储量计算规范: DZ T0217-2005[S]. 北京:地质出版社, 2005: 17.

编辑:张润合

The conventional and unconventional oil resource potential and key exploration fields in China

ZHENG Min, LI Jianzhong, WU Xiaozhi, YU Jingdu, LI Xin,
LIU Zhuangxiaoxue, WANG Jian, YI Qing

Abstract: Oil and gas resources are the basis of oil and gas industry, which greatly affects the development of national economy. China's oil exploration situation has undergone significant changes: the annual increase in proven oil reserves has declined, the annual oil production has declined for three years (2016-2018), and the external dependence of oil in 2018 is as high as 73%. Therefore, it is urgent to carry out a comprehensive and objective evaluation of the status of oil and gas resources, consolidate the basis of domestic conventional and unconventional oil and gas resources, and clarify the key exploration areas and favorable exploration directions of remaining oil and gas resources. Based on the achievements of oil and gas exploration, geological recognition and data accumulation in recent 10 years, PetroChina has setup a technical system of conventional and unconventional oil and gas resource evaluation. The 4th oil and gas resources evaluation has been carried out for PetroChina's mining areas and major petroleum basins in China. The evaluation results show that the amount of China's conventional oil geological resource is about 1.080×10^8 t, and that of unconventional oil is 672.08×10^8 t, including 125.80×10^8 t of dense oil, 533.73×10^8 t of oil-shale oil, and 12.55×10^8 t of oil-sand oil. The remaining conventional oil resource on land are mainly distributed in fields of lithology-stratigraphy (clastic rocks) and complex structures, while those in sea areas are mainly concentrated in three fields: marine structure, reef and deep-water lithology. Based on the analysis of remaining oil resource, 20 realistic favorable zones for conventional oil, 12 favorable target zones for tight oil, 6 open-pit targets for oil-shale oil, 4 in-situ reconstruction targets for oil-shale oil, and 5 favorable targets for oil-sand oil were selected.

Key words: resource evaluation; resource potential; remaining resource distribution; exploration fields; favorable target zones; oil; China

ZHENG Min: First author: PhD, Senior Engineer, engaged in petroleum geology and resource evaluation. Add: PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, No. 20 Xueyuan Rd., Haidian District, Beijing 100083, China