

引用: 王永祥, 杨涛, 鞠秀娟, 等. 中国油气探明经济可采储量状况分析 [J]. 中国石油勘探, 2023,28(1):26-37.

Wang Yongxiang, Yang Tao, Ju Xiujuan, et al. Status of proven economic recoverable oil and gas reserves in China[J]. China Petroleum Exploration, 2023,28(1):26-37.

# 中国油气探明经济可采储量状况分析

王永祥<sup>1</sup> 杨涛<sup>2</sup> 鞠秀娟<sup>2</sup> 徐小林<sup>2</sup> 胡晓春<sup>3</sup>

(1 中石油煤层气有限责任公司; 2 中国石油勘探开发研究院; 3 中国石油油气储量评估中心)

**摘 要:** 经济可采储量是石油公司的核心资产。通过对比 2005 年底和 2020 年底中国累计探明油气储量, 展示了各类储量增长态势。运用储量产量增幅、经济采收率、经济储采比、采出程度、采油(气)速度等指标系统分析探明已开发储量的累计特征, 揭示了油气探明储量“四降二升”的趋势, 指出原油储采比出现“剪刀差”、气层气储量寿命明显下降和增产乏力, 提出了国家天然气能源发展的储采比“红线”。分析探明未开发储量状况, 指出油气探明未开发储量存在规模大、占比高、增量大、增幅较快、品质较差、开发所需年限过长、储量资产规模大等特点。基于我国探明储量总体趋于劣质化的认识, 提出持续加大油气效益勘探、把好经济可采储量新增入口、加快利用探明未开发储量、强化储量动态管理等建议。加强油气探明经济可采储量序列分析, 不断深化特征研究, 对建立以经济可采储量为核心的储量资产管理体系、夯实中国石油公司可持续发展基础等有重要作用。

**关键词:** 中国油气; 探明储量; 经济可采储量; 已开发储量; 未开发储量

中图分类号: TE121

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-7703.2023.01.003

## Status of proven economic recoverable oil and gas reserves in China

Wang Yongxiang<sup>1</sup>, Yang Tao<sup>2</sup>, Ju Xiujuan<sup>2</sup>, Xu Xiaolin<sup>2</sup>, Hu Xiaochun<sup>3</sup>

(1 PetroChina Coalbed Methane Company Limited; 2 PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development;  
3 PetroChina Oil and Gas Reserve Evaluation Center)

**Abstract:** Economic recoverable reserves are the core assets of oil companies. The cumulative proven oil and gas reserves in China at the end of 2005 and 2020 are compared to demonstrate the growth trend of various types of reserves. By applying evaluation indexes such as growth rates of reserves and output, economic recovery factor, economic reserve-production ratio, recovery degree, and oil (gas) recovery rate, the cumulative characteristics of proven developed reserves are systematically analyzed, showing the “four drop and two rise” trend of proven oil and gas reserves, “scissors differential” trend of crude oil reserve-production, and distinctly declined gas reserves life and fatigue increase of gas output, which support to propose the “red line” of reserve-production ratio for national natural gas energy development. The analysis shows that the proven undeveloped oil and gas reserves are characterized by large scale, high proportion, large increment, rapid increase, poor quality, long development life and large reserve assets. Based on the understanding of overall inferior proven reserves in China, it is suggested to emphasize beneficial exploration, control the quality of annually added economic recoverable reserves, accelerate the production of proved undeveloped reserves, and strengthen the dynamic reserve management. In addition, the sequence analysis of proven economic recoverable oil and gas reserves should be strengthened and the research on characteristics should be deepened, which will play an important role in establishing a reserve asset management system with the core of economic recoverable reserves and consolidating the foundation for sustainable development of Chinese oil companies.

**Key words:** oil and gas in China, proven reserve, economic recoverable reserve, developed reserve, undeveloped reserve

基金项目: 中国石油“十四五”前瞻性基础性科技项目“SEC 储量评估方法技术与提高 SEC 储量接替率政策研究”(2022DJ7902)。

第一作者简介: 王永祥(1962-), 男, 江苏常州人, 硕士, 1987年毕业于北京石油勘探开发科学研究院研究生部, 教授级高级工程师, 现主要从事油气储量评估、研究和管理的工作。地址: 北京市朝阳区太阳宫南街 23 号丰和大厦, 邮政编码: 100028。E-mail: 1103838166@qq.com

收稿日期: 2022-05-30; 修改日期: 2022-12-21

## 0 引言

中国油气储量分类偏重地质储量和技术可采储量，长期没有经济可采储量类别。2004年和2005年，我国分别出台了《石油天然气资源/储量分类》国家标准和《石油天然气储量计算规范》行业标准<sup>[1-2]</sup>（以下将两标准同简称为标准）。标准将储量细分为地质储量、技术可采储量、经济可采储量和剩余经济可采储量4个类别，并按开发状态进一步划分出（探明）已开发和（探明）未开发储量两类。

2006年，我国依据标准完成了截至2004年底各类油气探明储量套改工作<sup>[3-4]</sup>。通过套改，对以往主要按“88年规范”<sup>[5-6]</sup>形成的探明储量进行了全面梳理，并计算石油、天然气经济可采储量。加之标准实施第一年（2005年）新增的各类探明储量，形成了我国截至2005年底的包含“经济、次经济和剩余经济”在内的油气探明经济可采储量序列。“十一五”至“十三五”又新增了大量各类储量。通过储量复算、可采储量标定等储量动态管理，形成了我国截至2020年底的油气探明经济可采储量序列。

对比分析这两次的“累计”状况，可以完整展示我国经济可采储量的基础与演化，揭示标准实施以来的总成效。2020年标准已被更新，同年起我国执行新标准<sup>[7-8]</sup>。对保有的探明经济可采储量序列的分析和建议可望对新标准的施行提供一定的借鉴。随着我国油气勘探开发工作不断深入，低品位储量和非常规储量明显增加，我国油气新增探明储量总体劣质化<sup>[9]</sup>，出现了（剩余）经济可采储量规模和油气田稳产上产难度均加大的局面，如何审视经济可采储量存量，扩大经济可采储量增量，提升经济可采储量质量，是勘探开发工作的重中之重，也是油气上游业务特别是储量界面临的重点课题。

## 1 累计探明经济可采储量状况

### 1.1 资料来源与说明

本文所指原油不含天然气中的凝析油；气层气不包括原油中的溶解气，也不含页岩气和煤层气。

本文引用的储量、产量基础数据依据自然资源部油气储量评审办公室出版的（各年度）全国石油天然气探明储量评审表<sup>[10]</sup>。

由于油气储量累计数据历经半个多世纪，期间标准变化、管理变迁，造成经济可采储量数据的不统一、

不规范，加之动态管理相对薄弱，难免会出现新增时经济、后续不经济或反之的情况。

### 1.2 探明剩余经济可采储量的基本特征综述

储量累计数据既反映年度新增又包含储量的复（核）算以及可采储量的年度标定结果<sup>[11]</sup>，集中体现了储量的动态管理成果，能更好地反映地质特征和生产特征。

2011年发布的“全国矿产资源储量利用现状调查项目”成果，是对全国油气探明储量最新一次的全面评价，截至2009年底，对原油和气层气剩余经济可采储量从七方面进行了总结<sup>[12]</sup>。

原油的七方面特征包括：剩余经济可采储量主要分布在大型及以上规模的油田中；高、中、低丰度分布比例相当；主要分布于新生界和中生界；主要分布在中浅层；以中、低产能为主；主要分布于中、低渗透和特低渗透储层；以稀油为主、部分为稠油。

气层气的七方面特征包括：剩余经济可采储量分布在大型及以上规模的气田中；中、低丰度为主；主要分布于中生界、古生界；主要分布在中深层和深层；以低、中产能为主；主要分布于低、特低渗透储层；以不含、低含硫为主，高含硫化氢占一定比例。

尽管近10多年来，未再开展全国油气探明储量的全面评价，但从一些学者对近年来新增油气探明储量的特点分析中可以看到上述结论至今仍未改变<sup>[13-15]</sup>。

### 1.3 探明储量序列中各类储量增长状况

在累计的探明总储量中，由于当年套改储量占据的比例较大（按剩余经济可采储量统计，原油和气层气占比分别为80%和51%），对2020年底的累计状况影响很大。因此，本文讨论2005年底和2020年底两个截止时期（“十一五”至“十三五”3个5年计划期间）全国油气探明储量序列中4个类别以及油气产量的累计（净增）情况（图1）。

2005—2020年，全国原油探明地质储量从 $254 \times 10^8 \text{t}$ 增长到 $416 \times 10^8 \text{t}$ ，增幅为63.8%；（技术、经济）可采储量的增幅约为50%；剩余经济可采储量从 $20.2 \times 10^8 \text{t}$ 增长到 $25.4 \times 10^8 \text{t}$ ，增幅为25.6%；4类储量的年均增幅分别是4.3%、3.3%、3.4%和1.7%。原油累计产量从 $44.7 \times 10^8 \text{t}$ 增长到 $72.5 \times 10^8 \text{t}$ ，增幅为62.1%；年均增幅为4.1%。

尽管年净增经济可采储量高出年产量的18.6%（原油储量接替率为1.186），但由于经济可采储量

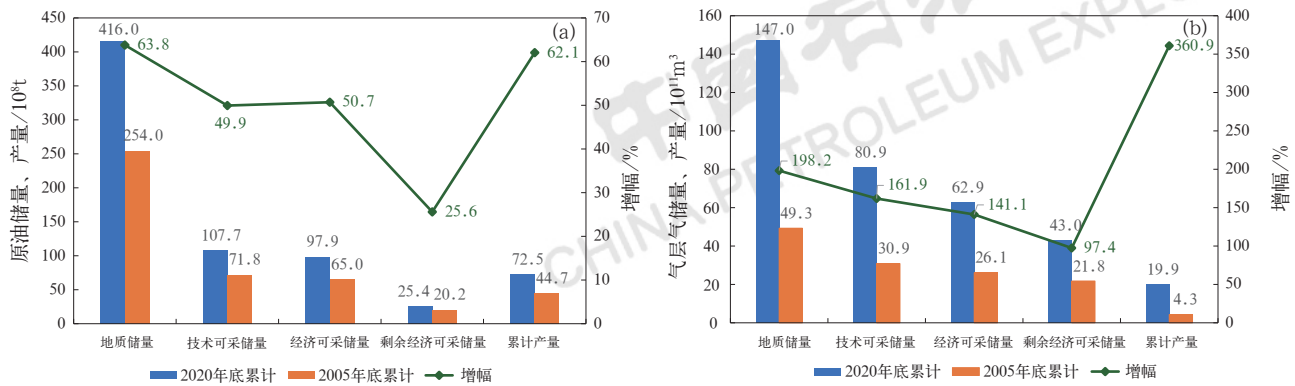


图1 截至2005年底和2020年底全国累计油气探明储量序列及产量状况图

Fig.1 Cumulative proven oil and gas reserve sequences and output in China as of the end of 2005 and 2020

的增幅低于产量的增幅，加之剩余经济可采储量底子不厚（2005年底储采比为11.3年），特别是净增的经济可采储量中有部分（以未动用为主）可能并不经济或处于经济/次经济的边界状态，因此，尽管产量有小幅增长，但很难支撑产量的明显上行，当油价处于较低位置时，产量出现明显下降。

全国气层气探明地质储量从  $4.93 \times 10^{12} \text{m}^3$  增长到  $14.7 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，增幅高达198.2%，剩余经济可采储量从  $2.18 \times 10^{12} \text{m}^3$  增长到  $4.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，增幅达97.4%。4类储量的年均增幅分别是13.2%、10.8%、9.4%和6.5%。气层气累计产量从  $0.43 \times 10^{12} \text{m}^3$  增长到  $1.99 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，增幅达360.9%，年均增幅达24.1%。在经济可采储量增幅远低于产量增长的情况下，产量能够快速增长主要归功于新增储量规模大（年净增经济可采储量高出年产量的136%，即气层气储量接替率高达2.36），以及剩余经济可采储量底子雄厚（2005年底储采比高达53.4年）。

标准实施期间，从原油储量、产量的累计增幅

看，两者基本保持同步，说明标准的实施为原油生产奠定了资源基础，保障了原油产量的基本稳定和适度增长，也表明标准基本符合生产实际。从全国油气探明储量各类别的增幅上看，地质储量远高于（技术、经济）可采储量，经济可采储量远高于剩余经济可采储量。由于储量的经济性直接关系到新老区产能建设规模、成效以及油气产量增长潜力，因此，油气储量管理以及勘探开发业绩的管理在关注地质储量的增长幅度时，更需要关注（剩余）经济可采储量的增长及其品质。

#### 1.4 陆上和海域经济可采储量的对比

图2对比了我国3个国家石油公司经济可采储量状况，表明我国陆上油气经济可采储量占绝对主体，海域经济可采储量增幅最大。

截至2020年底，中国石油、中国石化和中国海油经济可采储量占全国的比重，原油分别为64%、21%和14%，气层气分别为73%、16%和11%；陆

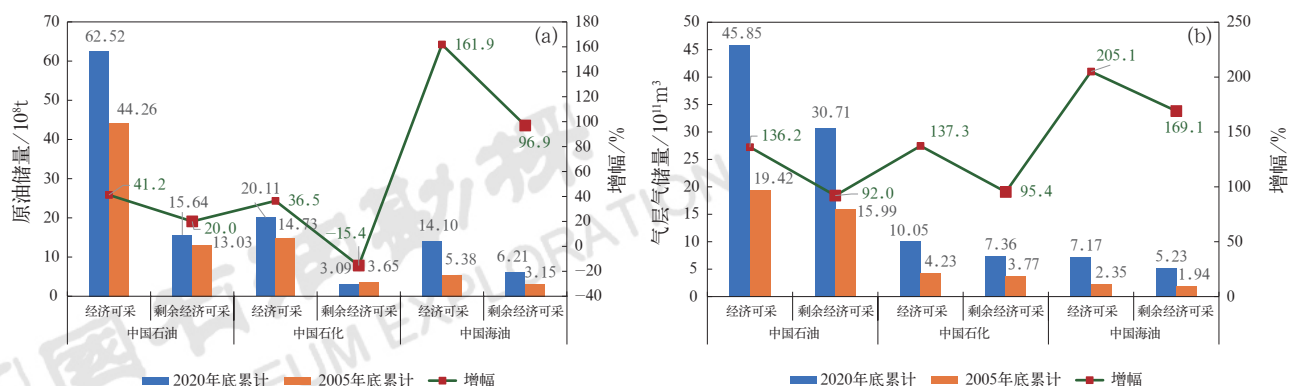


图2 截至2005年底和2020年底国内主要油公司累计油气探明（剩余）经济可采储量对比图

Fig.2 Changes of cumulative proven (remaining) economic recoverable oil and gas reserves of domestic major oil companies as of the end of 2005 and 2020



上原油、气层气经济可采储量分别占全国的 86% 和 89%。

从两个截止时期增幅的对比看，主营陆地的中国石油和中国石化，无论是原油还是气层气均明显低于中国海油。其中，中国石化原油经济可采储量的增幅

最低，为 36.5%，剩余经济可采储量未能保持增长，降幅达 15.4%，给后续原油生产造成了“亏空”。

截至 2005 年底和 2020 年底中国油气经济采收率状况的统计结果表明，全国油气探明储量整体品质变差，海域储量品质整体较好（表 1）。

表 1 截至 2005 年底和 2020 年底中国油气经济采收率状况表  
Table 1 Economic recovery factor of oil and gas in China as of the end of 2005 and 2020

单位	开发状态	原油经济采收率 /%		气层气经济采收率 /%	
		2020 年底	2005 年底	2020 年底	2005 年底
全国	已开发	27.0	30.6	46.5	58.6
	未开发	12.7	9.6	37.1	48.7
	合计	23.5	25.6	42.8	52.9
中国石油	已开发	27.8	32.7	46.8	60.6
	未开发	12.2	8.2	37.6	49.3
	合计	24.2	27.5	43.9	54.5
中国石化	已开发	25.5	27.1	40.9	44.7
	未开发	7.1	4.8	31.9	45.4
	合计	22.2	23.2	35.9	45.2
中国海油	已开发	31.3	28.5	61.4	62.9
	未开发	17.7	17.5	49.3	52.4
	合计	25.4	22.6	53.0	56.6

采收率包括技术采收率（最终采收率）和经济采收率，其本身受地质条件和人为措施多种因素影响<sup>[16]</sup>。经济采收率是经济可采储量与地质储量的比值（百分数）。经济采收率是反映储量品质和开发技术水平的主要评价指标，可细分为原油、溶解气和气层气、凝析油等的经济采收率。新增储量的经济采收率能综合体现勘探新发现储量品质的优劣，也与经济评价所采用的经济参数相关；而老区经济采收率的提高一方面与技术采收率的提高同步，另一方面与可采储量标定所采用的经济指标有关。

原油 2020 年底已开发和全部探明储量经济采收率分别为 27.0% 和 23.5%，而 2005 年底分别为 30.6% 和 25.6%；气层气 2020 年底已开发和全部探明储量经济采收率分别为 46.5% 和 42.8%，而 2005 年底分别为 58.6% 和 52.9%。全国这一趋势主要是受中国石油的影响。在开发技术水平不断提高的背景下，经济采收率的下降是资源劣质化和勘探开发对象复杂化的综合反映。

中国海油原油探明储量整体品质较好并有向好趋

势。原油 2020 年底已开发和全部探明储量经济采收率分别为 31.3% 和 25.4%，而 2005 年底分别为 28.5% 和 22.6%。中国海油气层气的经济采收率远高于全国。其中 2020 年底已开发储量经济采收率为 61.4%，比同期全国高出近 15 个百分点；2020 年底总探明储量经济采收率为 53.0%，比同期全国高出 10 个百分点。

2 探明已开发经济可采储量状况

2.1 原油探明已开发储量评价指标“劣化”

截至 2020 年底，中国原油探明已开发地质储量、技术可采储量、经济可采储量和剩余经济可采储量占探明（已开发 + 未开发）储量的比例分别为 75.6%、83.9%、86.8% 和 51.3%；2005 年底该比例分别为 76.2%、85.3%、91.1% 和 71.6%，说明经过 3 个 5 年计划后，全国原油探明已开发（各类）储量的比例均有所降低。降低的原因无非是探明总量增长较快或者新区建产规模相对较缓。在国家原油对外依存度不断攀升以及国家石油公司落实社会责任的背景

下,主客观均要求加快建产。全国原油探明已开发储量占比下降的根源是新增探明储量有效开发可行性相

对减弱。该结论从评价指标的分析中可得到进一步的论证(图3)。

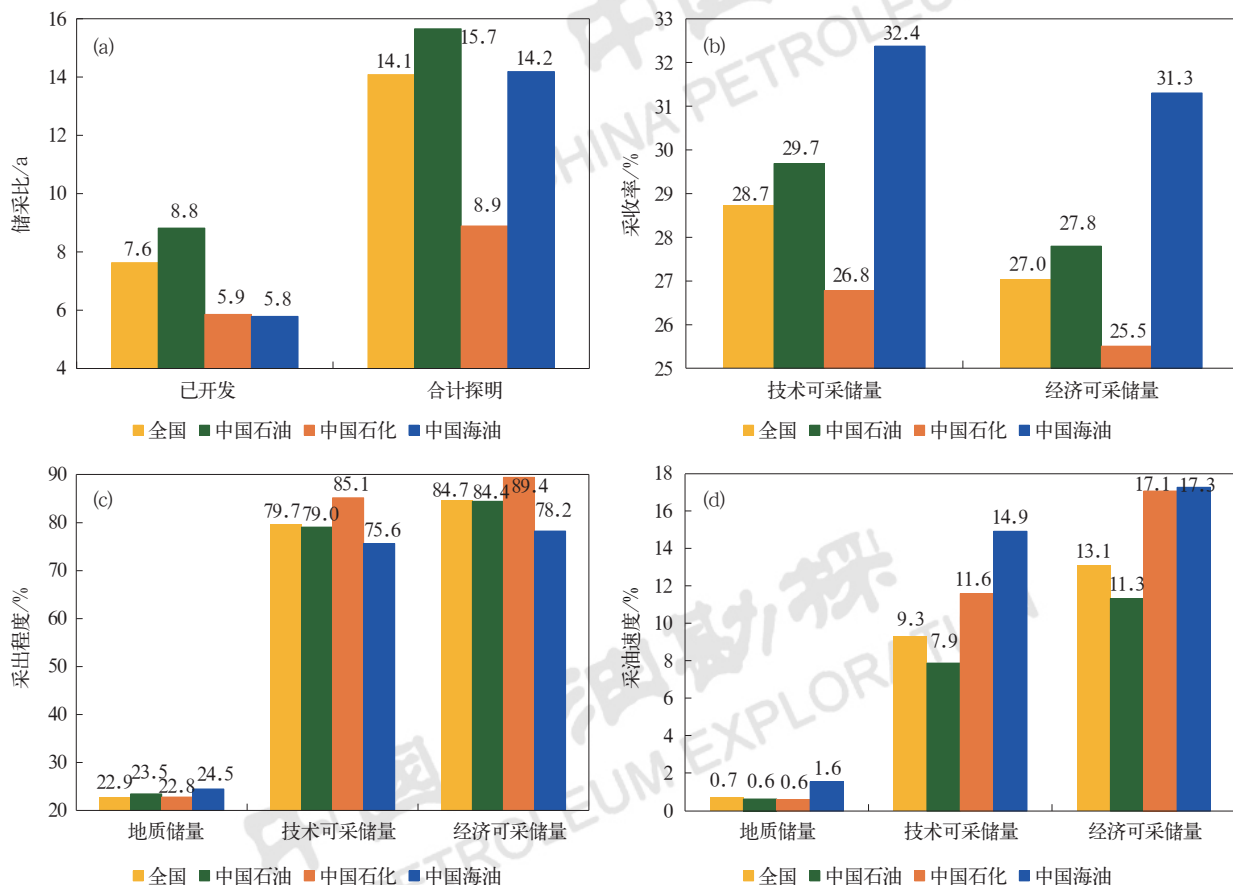


图3 截至2020年底中国原油探明已开发储量评价指标对比图

Fig.3 Comparison of proved developed oil reserves in China as of the end of 2020 by various evaluation indexes

### 2.1.1 储采比

经济储采比是截止期累计剩余经济可采储量与当期产量的比值,通常截止期为年底,当期当年,比值代表年,反映累计储量可开采的寿命。经济储采比简称为储采比,可细分为原油和气层气以及已开发储量和总储量的储采比。在国家与油公司层面,储采比越高,代表在较长时期内稳定供应和生产以及可持续发展的能力越强<sup>[16]</sup>。

总储量上,全国储采比从2005年底的11.3年上升到2020年底的14.1年,表明具有一定的稳产基础,该基础主要是建立在探明未开发经济可采储量的增长之上。已开发储量上,从2005年底到2020年底,全国储采比从8.1年降至7.6年,其中中国石油和中国石化下降明显,已开发区储采比已处于低位,表明老区稳产难度大,将主要依赖新区建产接替;中国海油在产量增幅最大的同时,储采比由3.3年回升至5.8

年,表明开发状态持续向好(图3a)。

### 2.1.2 采收率

截至2020年底,各油公司原油探明已开发储量的技术采收率平均分布于26.8%~32.4%,全国为28.7%(图3b);已开发储量的经济采收率比技术采收率低1~2个百分点。从2005年底到2020年底,经济采收率均有所下降,表明陆上新投入开发储量的品质变差、经济性降低;除中国海油外,全国、中国石油和中国石化技术采收率均有所下降,其中中国石油降幅最大,从33.8%降至29.7%,降低约4个百分点。

### 2.1.3 采出程度

采出程度是在某一时间的累计采油(气)量占已开发(动用)原始储量的百分数。该指标也是阶段采收率,是衡量油(气)田采出状况和开发效果的指标,也是(油气田)开发动态分析中最基本的问题之一<sup>[16-17]</sup>。

根据原始储量类型,采出程度可分为地质储量、技术可采储量、经济可采储量3类。

截至2020年底,各油公司原油探明已开发地质储量的采出程度平均分布于22.8%~24.5%,全国为22.9%(与2005年底基本持平)(图3c),与2020年底的最终采收率相差约6个百分点。探明已开发技术可采储量的采出程度分布于75%~85%之间,已处于高(60%~80%)—特高(大于80%)阶段<sup>[18]</sup>;经济可采储量的采出程度分布于78%~90%之间(图3c)。与2005年底相比,由于探明已开发地质储量增幅大,地质储量采出程度有所降低,但技术可采储量,特别是经济可采储量的采出程度均有明显升高。老区的高采出程度将不利于持续稳产和效益生产,更难抵御低油价的冲击。

#### 2.1.4 采油速度

采油(气)速度是单位时间(年)内采出油(气)量占已开发(动用)储量的百分数,是衡量油(气)田生产状态的重要指标,与地质条件、开发技术条件、经济环境等因素有关<sup>[16-17]</sup>。储量是扣除累计产量后的剩余量,根据储量类型,采油速度或采气速度

可分为地质储量、技术可采储量、经济可采储量3类。

2020年底,中国陆上和海域原油探明已开发地质储量采油速度分别约为0.65%和1.6%,均比2005年底的1.1%和3.1%有明显降低,这主要是地质储量“劣质化”的结果。全国技术可采储量和经济可采储量的采油速度分别为8%~15%(全国平均为9.3%,2005年底为10.8%)和11%~17%(全国平均为13.1%,2005年底为12.4%)(图3d)。相比而言,地质储量采油速度变化幅度大,可采储量采油速度则相对稳定。

#### 2.2 原油经济储采比提高与年产量呈现“剪刀差”

2006—2020年,全国原油累计探明剩余经济可采储量及其储采比总体呈上升态势,其中,后者由2006年的11.1年增加至2020年的14.1年(2018年最高为14.5年),储量经济寿命增加了3年,原油年产量却出现较大波动,储采比与年产量之间在“十三五”期间开始出现“剪刀差”(图4)。初步分析认为,这种差异既反映了低油价的影响,也与储量本身的经济性下降有关。

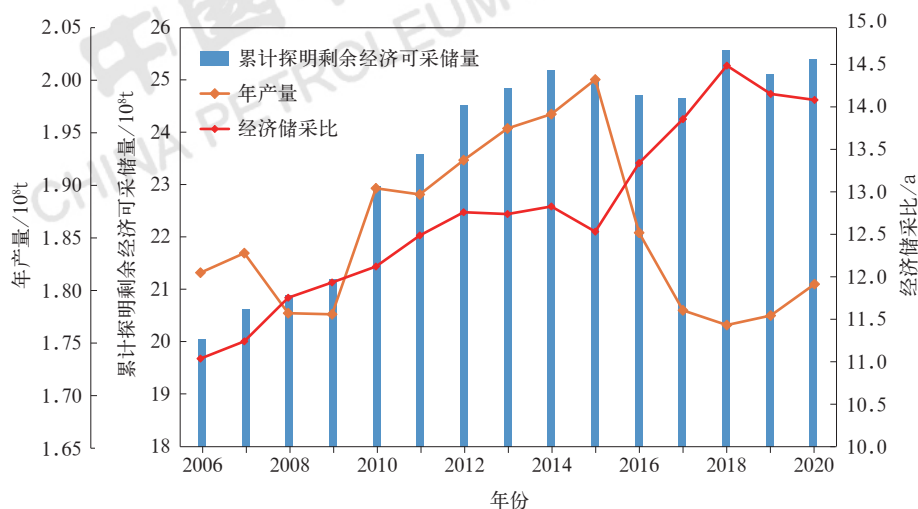


图4 2006—2020年全国原油累计探明剩余经济可采储量及年产量与经济储采比对比图

Fig.4 Trends of cumulative proven remaining economic recoverable oil reserves, annual oil production, and economic reserve-production ratio in China during 2006–2020

2008—2009年原油年产量的下降主要受低油价影响,该阶段经济储采比不到12年,上产基础不牢。自2014年底至2017年10月,国际油价再次进入低谷(60美元/bbl以下)可能是造成2018年国内原油产量触底的重要因素。尽管2019年以来原油产量有所回升,但与“十三五”时期的经济储采比已达到14年左右的较高态势仍然不够匹配。初步分析认

为难采储量增加、储量经济性总体下降(这从新增探明储量经济门槛,如财务内部收益率的降低可窥见一斑)、原油生产综合成本走高等多因素叠加可能是产生“不够匹配”和“剪刀差”的内在原因。这种状况表明,把好储量经济性“新增入口关”,规范经济可采储量“保有动态关”,夯实剩余经济可采储量基础是油公司抵御低油价的重要抓手。

### 2.3 气层气探明已开发储量大幅增长, 储量评价指标处于合理区间

截至 2020 年底, 中国气层气探明已开发地质储量、技术可采储量、经济可采储量和剩余经济可采储量占探明 (已开发 + 未开发) 储量的比例分别为 60.2%、62.8%、65.5% 和 50.2%; 2005 年底该比例分别为 42.8%、44.0%、47.4% 和 37.2%。说明经过 3 个 5 年计划后, 全国气层气探明已开发 (各类) 储

量的比例均大幅度上升。表明新增气层气探明储量规模和新区动用建产规模同步发展, 支撑了气层气产量长期快速增长。

#### 2.3.1 储采比

由于各油公司气层气产量的大幅上升, 已开发储量和总储量的储采比均明显下降; 全国从 2005 年底的 19.9 年和 53.4 年分别下降到 2020 年底的 15.6 年和 28.7 年 (图 5a)。表明进一步上产的潜力已明显减弱, 但稳产基础依然比较稳固。

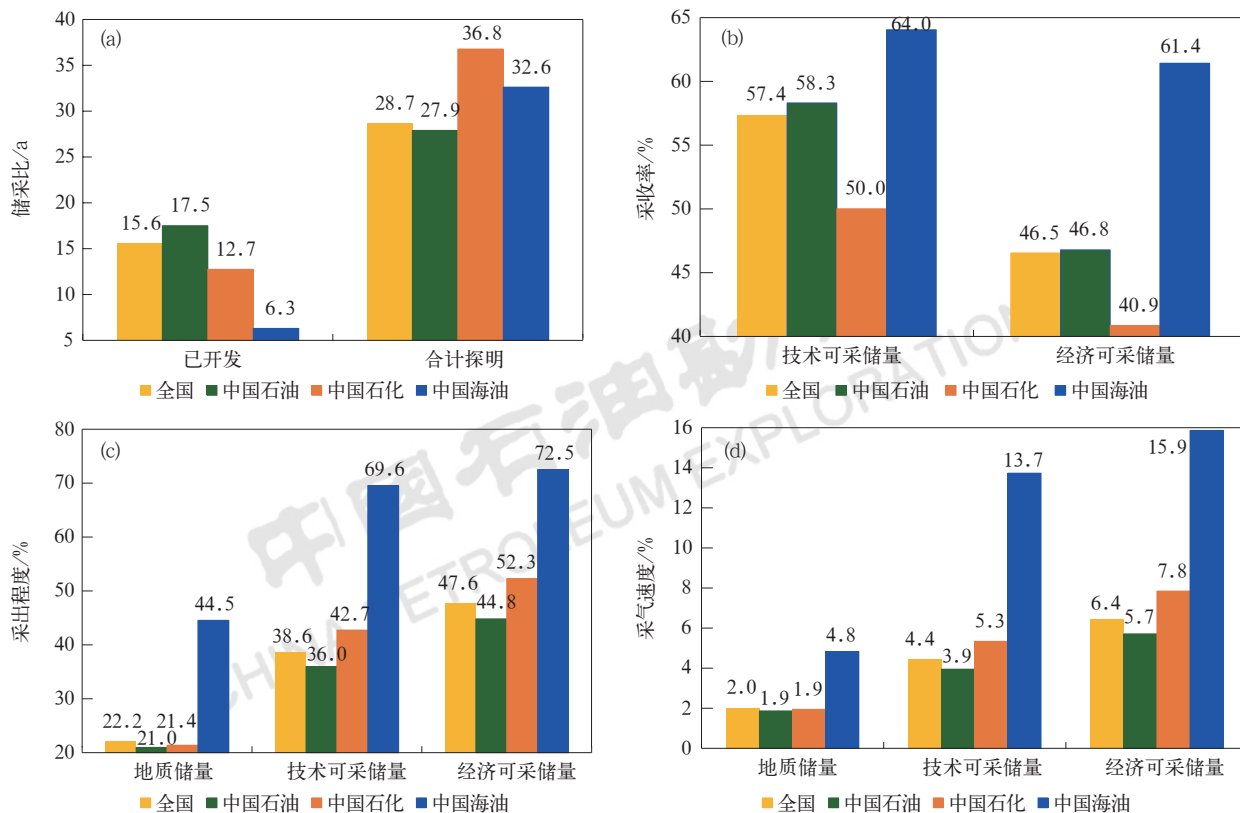


图 5 截至 2020 年底中国气层气探明已开发储量评价指标对比图

Fig.5 Comparison of proved developed gas reserves in China as of the end of 2020 by various evaluation indexes

#### 2.3.2 采收率

中国主要油公司气层气探明已开发储量的技术采收率平均分布于 50%~64%, 全国为 57.4%, 而全国平均的经济采收率比技术采收率低约 10 个百分点 (图 5b)。从 2005 年底到 2020 年底, 技术采收率和经济采收率均有明显下降, 表明新投入开发储量的品质变差 (以陆上致密气储量不断增加为标志和主因)、经济性降低。

#### 2.3.3 采出程度

中国气层气探明已开发地质储量的采出程度为 22.2% (比 2005 年底高出 2 个百分点), 与 2020 年底的最终采收率相差约 35 个百分点。陆上探明已开

发技术可采储量的采出程度分布于 36%~43% 之间, 处于低采出程度阶段 (< 50%) 或稳产期阶段; 经济可采储量的采出程度大约分布于 45%~52% (图 5c)。与 2005 年底相比, 全国及各油公司气层气的技术可采储量、经济可采储量的采出程度均有明显升高。

#### 2.3.4 采气速度

2020 年底, 中国陆上和海域气层气探明已开发地质储量采气速度分别为 1.9% 和 4.8% (图 5d), 其中中国石油比 2005 年底降低 0.4 个百分点。全国陆上气层气技术可采储量和经济可采储量的采气速度分别为 3.9%~5.3% (平均为 4.4%) 和 5.7%~7.8% (平



均为6.4%);中国海油的气层气技术可采储量和经济可采储量的采气速度分别高达13.7%和15.9%,海域气层气各类储量的采气速度均远高于陆地。

#### 2.4 气层气储量寿命不断下降,产量增幅逐步减小,上产潜力已显“疲态”

2006—2020年,全国气层气累计探明剩余经济

可采储量与年产量始终保持上升趋势,至“十二五”末两者趋势线交会,之后同步上升。这种趋势导致“三段式”储采比,即“十一五”快速下降,“十二五”基本平稳,“十三五”稳定下降(图6)。显然,随着气层气储量寿命的下降,产量增幅的减小,年产量进一步增长的空间越来越窄,现有状态下,何时产量达到高峰值得进一步探讨。

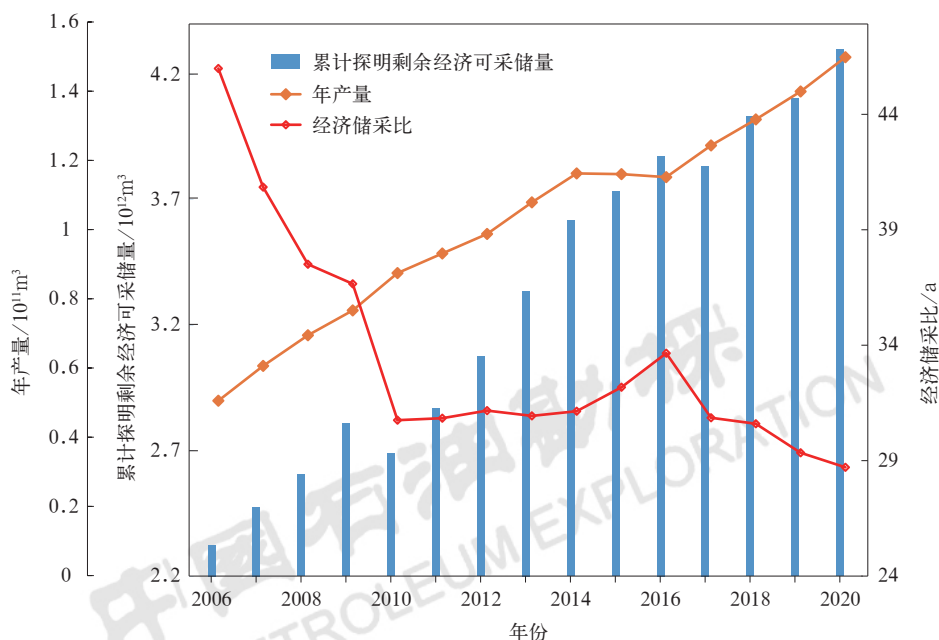


图6 2006—2020年全国气层气累计探明剩余经济可采储量及年产量与经济储采比对比图

Fig.6 The accumulative proved remaining economically recoverable reserves and annual production as well as economic reserve–production ratio of natural gas in China from 2006 to 2020

#### 2.5 气层气储采比对年产量有控制作用

原油生产受控因素较多(如国际油价),产量与储量的关系不明显。气层气的生产销售与原油不同,其年产量与剩余经济可采储量有明显相关性。通过我国2005年至2020年(共13个样本点,其中2015年和2016年产量数据异常未采用)气层气当年产量增幅与上年剩余经济可采储量储采比的结果可以看出(图7),两者具有明显的正相关性。如2005年气层气剩余经济可采储量储采比高达53.4年,为2006年产量取得24%的增幅奠定了丰厚的储量基础。从图7可以看到当全国气层气剩余经济可采储量储采比降至22年左右时,其年产量将不再增加(产量达到峰值),增幅转为负值(产量进入下降期)。据此,本文提出了全国层面气层气储采比的临界值的概念,即不低于22年可以成为全国气层气产量增长的基础。不同油公司和不同区域这一

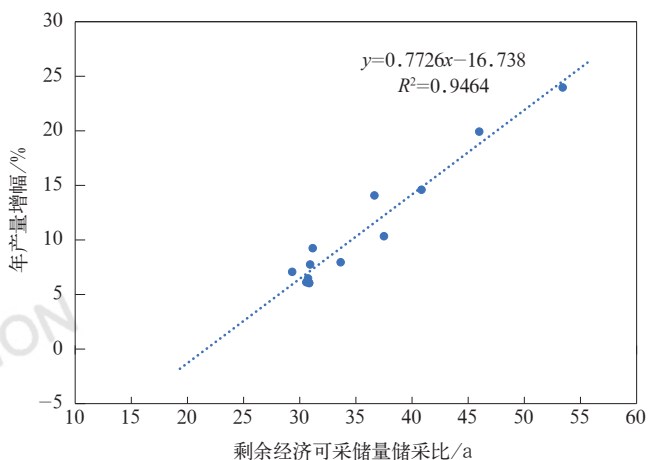


图7 中国气层气探明剩余经济可采储量储采比与年产量增幅关系图

Fig.7 Relationship between reserve–production ratio of proven remaining economic recoverable gas reserves and annual gas output in China



临界值的大小可能不尽相同,气层气临界储采比将随着样本的增加和研究的深入而得到不断的修正和完善。

### 3 探明未开发经济可采储量状况

#### 3.1 探明未开发储量的分布与变化

未开发储量是后续开发建产的基础,若不考虑勘探投资的时间价值,探明未开发储量规模越大,开发稳产上产潜力越大,公司可持续发展能力越强。但若

探明未开发储量品质较差、经济性不高或落实程度不够,就会加大开发风险,未开发就变成了“难开发”,可采储量就变成了“难采储量”。长期以来,中国油气(特别是原油)探明未开发储量广受关注,一些学者从探明未开发储量的规模、分布、特征、评价分类、建产潜力、动用优选方法以及政策举措等方面进行过大量研究<sup>[19-23]</sup>。

本文统计了中国及主要油公司油气累计探明未开发储量(表2),并从规模、品质、增幅、开发所需年限和资产价值等方面进行了分析。

表2 中国及主要油公司油气探明未开发储量规模及其变化表  
Table 2 Trends of proved undeveloped oil and gas reserves in China and major oil companies

类别		指标	全国	中国石油	中国石化	中国海油
原油	地质储量	2020 年底累计未开发 /10 <sup>4</sup> t	1015132	588271	161942	242626
		未开发占总探明 /%	24.4	22.8	17.9	43.6
		2005—2020 年年均增量 /10 <sup>4</sup> t	27404	16310	3486	7649
		2005—2020 年年均增幅 /%	4.5	4.7	3.2	6.0
	经济可采储量	2020 年底累计未开发 /10 <sup>4</sup> t	128993	72063	11530	42898
		未开发占总探明 /%	13.2	11.5	5.7	30.4
		2005—2020 年年均增量 /10 <sup>4</sup> t	4728	2924	421	1369
		2005—2020 年年均增幅 /%	8.1	10.4	8.1	6.1
	剩余经济可采储量	2020 年底累计总探明 /10 <sup>4</sup> t	254050	156425	30893	62080
		未开发占总探明 /%	50.8	46.1	37.3	69.1
		2005 年底累计总探明 /10 <sup>4</sup> t	202274	130324	36511	31525
		未开发占总探明 /%	28.7	21.6	14.3	70.9
气层气	地质储量	2020 年底累计未开发 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	58447	32811	15620	9649
		未开发占总探明 /%	39.8	31.4	55.7	70.4
		2005—2020 年年均增量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	2017	907	611	476
		2005—2020 年年均增幅 /%	7.2	9.1	9.5	19.0
	经济可采储量	2020 年底累计未开发 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	21698	12345	4980	4681
		未开发占总探明 /%	34.5	26.9	49.6	65.3
		2005—2020 年年均增量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	532	192	137	224
		2005—2020 年年均增幅 /%	3.9	2.0	4.7	17.1
	剩余经济可采储量	2020 年底累计总探明 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	42988	30713	7362	5116
		未开发占总探明 /%	50.5	40.2	67.6	91.5
		2005 年底累计总探明 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	21773	15993	3768	1944
		未开发占总探明 /%	63.0	59.2	77.7	67.7

### 3.2 原油和气层气探明未开发储量规模大、占比变化有差异

截至2020年底,全国原油累计探明未开发地质储量和经济可采储量规模大,分别约为 $101.5 \times 10^8 \text{t}$ 和 $12.9 \times 10^8 \text{t}$ ,相应分别占总探明储量的24.4%和13.2%;全国气层气累计探明未开发地质储量和经济可采储量分别约为 $5.84 \times 10^{12} \text{m}^3$ 和 $2.17 \times 10^{12} \text{m}^3$ ,相应分别占总探明储量的39.8%和34.5%。

原油和天然气探明未开发地质储量占总探明地质储量的比例各油公司差别大。中国石油、中国石化和中国海油的原油探明未开发地质储量占总探明地质储量的比例分别是22.8%、17.9%和43.6%(全国为24.4%),其中,中国石油的原油探明未开发储量占全国最多,探明未开发地质储量和经济可采储量分别为58%和56%;气层气探明未开发地质储量占总探明地质储量的比例分别是31.4%、55.7%和70.4%(全国为39.8%),其中,中国石油的气层气探明未开发储量占全国最多,探明未开发地质储量和经济可采储量分别为56%和57%。

2020年底与2005年底相比,全国探明未开发储量占总探明储量的比例出现“油升气降”的趋势。分别按探明未开发地质储量、技术可采储量和经济可采储量统计,2005年底,原油分别为23.8%、14.7%和8.9%,气层气分别为57.2%、56%和52.6%;2020年底,原油分别为24.4%、16.1%和13.2%,气层气分别为39.8%、37.2%和34.5%。

探明未开发剩余经济可采储量占总探明剩余经济可采储量的比例高。截至2020年底,全国原油和天然气该比例分别为50.8%和50.5%,2005年底该比例分别为28.7%和63%,同样具有“油升气降”的趋势。

### 3.3 探明未开发储量品质较差

探明未开发经济可采储量占总探明经济可采储量的比例明显低于地质储量的占比,其中原油低10个百分点以上,气层气低5个百分点左右,表明探明未开发储量整体品质较差,未开发经济可采储量相对较少。

从经济采收率上看(表1),2020年底中国石油、中国石化和中国海油的原油探明未开发(探明已开发)储量的经济采收率分别是12.2%(27.8%)、7.1%(25.5%)和17.7%(31.3%),全国为12.7%(27.0%),气层气探明未开发(探明已开发)储量

的经济采收率分别为37.6%(46.8%)、31.9%(40.9%)和49.3%(61.4%),全国为37.1%(46.5%)。

原油探明未开发的经济采收率比已开发平均低约15个百分点,其原因主要是“套改”前的储量品质普遍较好以及已开发的经济采收率受后期提高采收率项目的影响;另一部分原因是受未开发品质较差的影响。后者以中国石油为例,2006—2020年新增探明已开发储量的经济采收率平均为15.5%,明显高于累计剩余的探明未开发储量12.2%的经济采收率。

无论从规模还是经济采收率的对比均表明我国探明未开发储量比探明已开发储量整体品质差并以原油为甚,严重降低了开发可行性和效益开发的潜力。这是我国油气储量分类(管理)以地质储量为核心,在储量品质总体“劣化”时期的必然结果。如不加以改变,随着时间的延长,这种“劣化”还可能进一步凸显。

### 3.4 探明未开发储量增量、增幅较快

自2005年以来的15年中,探明未开发储量的年均增量。全国探明未开发地质储量和经济可采储量年均增量,原油分别约为 $2.7 \times 10^8 \text{t}$ 和 $0.5 \times 10^8 \text{t}$ ,气层气分别超过 $2000 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $500 \times 10^8 \text{m}^3$ (表2)。其中,中国石化油气探明未开发储量年均增量均较小。

自2005年以来的15年中,探明未开发储量的年均增幅较快。全国原油探明未开发地质储量和经济可采储量年均增幅分别为4.5%和8.1%,其中,中国石油探明未开发经济可采储量的年均增幅达到10.4%(表2);全国气层气探明未开发地质储量和经济可采储量年均增幅分别为7.2%和3.9%,其中,中国海油的增幅最高,分别为19%和17.1%(表2)。这两种“高增幅”为上产创造的条件可能并不相同。

### 3.5 完全开发需要的年限过长

2005—2020年全国年均动用原油和气层气探明地质储量分别是 $80584 \times 10^4 \text{t}$ 和 $4497 \times 10^8 \text{m}^3$ 。按此测算探明未开发地质储量被全部开发需要的年限,原油是12.6年,气层气是13年。鉴于气层气在“十三五”期间动用规模最大,若按该期间年均动用探明地质储量 $5298 \times 10^8 \text{m}^3$ 测算,全国气层气探明未开发地质储量被全部开发需要的年限是11年。

从全国看,截至2020年底存量的油气探明未开发地质储量需要10多年才能实现完全开发(不考虑后续的持续新增)。按国际上“五年内投入开发”的惯例,我国油气探明未开发储量规模明显偏大。本来

“家中有粮、心中不慌”，然而我国的“未开发之粮”并非“优质粮”甚至“库中无粮”。据文献[23]，截至2018年底我国气层气探明未开发地质储量中，近期可开发的经济储量仅占未开发储量的27%。

### 3.6 探明未开发储量占比过高，资产巨大

截至2020年底，我国原油和气层气探明未开发经济可采储量（剩余经济可采储量）占总探明剩余经济可采储量的比例均已超过了50%，远远高于美国资本市场SEC口径主要油公司的平均水平（本文对9家国家石油公司和5家国际大石油公司2010—2020年的统计平均，证实未开发储量与总证实储量之比，原油为36.5%，天然气为38.5%）。尽管储量口径（体系）不同对储量数影响大，但该比例仍具有合理的可比性。

我国原油和气层气现存的探明未开发储量与年均新增探明（已开发+未开发）储量相比分别相当于9.1年和8.8年（按原油当量计相当于9年）。根据企业年报，仅中国石油、中国石化和中国海油2020年在中国境内的勘探投资就超过640亿元。如果按中国石油“十三五”期间美国证券交易委员会（SEC）口径测算的勘探折现投资回报率粗略估算<sup>[24]</sup>，三大油公司9年的勘探投资回报将超万亿元。

## 4 结论与建议

### （1）石油天然气探明储量总体趋于劣质化。

2020年底与2005年底相比，我国累计的油气探明储量存量出现“四降二升”的趋势，即已开发和未开发储量的经济采收率均明显下降、已开发储采比明显下降、油（气）已开发地质储量采油（采气）速度明显下降、天然气未开发储量规模占比明显下降；已开发经济可采储量采出程度明显升高、原油未开发储量规模占比有所升高。上述特征综合反映了在我国油气新增探明储量劣质化以及已开发油气田逐步“老龄化”的双重影响下，剩余经济可采储量已呈现规模减小、建产能力下降或有效开发可行性减弱的趋势。

（2）探明经济可采储量已不能满足“增储上产”的需要。

原油探明经济可采储量较快增长与年产量稳产上产乏力之间的“剪刀差”主要源于探明储量本身，其中经济可采储量未达到“探明”程度或开发动用可行性未达到相应的商业成熟度是主要原因。气层气储量寿命快速下降，产量增幅减小，年产量进一步增长的

空间越来越窄，确保全国气层气储采比不低于22年可以作为（今后数个“五年”计划内）国家天然气能源发展的一条“红线”。持续加大油气效益勘探，在注重地质储量增长的同时，突出经济可采储量增长是油公司可持续发展的“硬道理”。

### （3）加快开发和盘活已探明未开发油气储量资产。

全国约 $101 \times 10^8 \text{ t}$ 的原油探明未开发地质储量和 $5.84 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的气层气探明未开发地质储量是一笔巨大的资产，不应将巨量投资长期沉没地下。可以通过对难采储量再评价优选，采取有效技术和低成本开发措施，破解效益开发的体制机制瓶颈，大力推进市场化运作，加快动用未开发储量。

（4）强化储量动态管理，尤其是经济可采储量的评价与研究工作。

油公司储量专业人员少、新增储量研究任务重，存量的动态管理常被看作是“锦上添花”又涉及多部门协调联动，储量的动态属性常常被轻视甚至忽略。通过强化储量复（核）算以及可采储量标定等工作，可以不断提高新增和累计探明储量的置信度，特别是提升经济可采储量序列精度。

（5）建立以经济可采储量为核心的储量资产管理体系。

尽管标准基本符合我国油气生产实际，但随着国内油气勘探已全面进入非常规领域，现行的以地质储量为核心的储量管理体系在分类系统、评估规范、评价方法、评估技术以及管理体制机制等方面均不适应经济可采储量的特点和开发生产的需求。在石油公司层面建立以经济可采储量为核心的储量资产管理体系十分必要。

## 参考文献

- [1] 全国国土资源标准化技术委员会. 石油天然气资源 / 储量分类: GB/T 19492—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
National Technical Committee on Land and Resources of Standardization Administration of China. Classification for petroleum resources/reserves: GB/T 19492—2004[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [2] 中华人民共和国国土资源部. 石油天然气储量计算规范: DZ/T 0217—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.  
The Ministry of Land and Resources, PRC. Regulation of petroleum reserves estimation: DZ/T 0217—2005[S]. Beijing: Standards Press of China, 2005.
- [3] 国土资源部储量司, 中国石油化工股份有限公司. 石油天然气技术可采储量套改办法[R]. 北京: 国土资源部, 2005.  
Reserves Department, Ministry of Land and Resources, Sinopec. Standard conversion methods for petroleum technical recoverable reserves[R]. Beijing: Ministry of Land and Resources, 2005.



- [4] 国土资源部储量司, 中国石油天然气股份有限公司. 石油天然气经济可采储量套改办法[R]. 北京: 国土资源部, 2005.  
Reserves Department, Ministry of Land and Resources, CNPC. Standard conversion methods for petroleum economic recoverable reserves[R]. Beijing: Ministry of Land and Resources, 2005.
- [5] 全国储委石油及天然气专业委员会. 石油储量规范: GBn 269—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.  
Petroleum Committee of the Oil and Gas Reserves Commission of the People's Republic of China. Guidelines of the oil reserves: GBn 269—1988[S]. Beijing: Standards Press of China, 1988.
- [6] 全国储委石油及天然气专业委员会. 天然气储量规范: GBn 270—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.  
Petroleum Committee of the Oil and Gas Reserves Commission of the People's Republic of China. Guidelines of the gas reserves: GBn 270—1988[S]. Beijing: Standards Press of China, 1988.
- [7] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 油气矿产资源储量分类: GB/T 19492—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.  
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. Classifications for petroleum resources and reserves: GB/T 19492—2020[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [8] 中华人民共和国自然资源部. 石油天然气储量估算规范: DZ/T 0217—2020[S]. 北京: 地质出版社, 2020.  
The Ministry of Natural Resources, PRC. Regulation of petroleum reserves estimation: DZ/T 0217—2020[S]. Beijing: Geology Press, 2020.
- [9] 王永祥, 杨涛, 徐小林, 等. 中国新增油气探明经济可采储量特征分析[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(5): 13—26.  
Wang Yongxiang, Yang Tao, Xu Xiaolin, *et al.* Characteristics of the proved new addition economic recoverable oil and gas reserves in China[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(5): 13—26.
- [10] 自然资源部油气储量评审办公室. 2020年度全国石油天然气探明储量评审表[R]. 北京: 自然资源部, 2020.  
Petroleum Reserves Office, Ministry of Natural Resources. China oil and gas reserves form (2020) [R]. Beijing: Ministry of Natural Resources, 2020.
- [11] 王永祥, 张君峰, 段晓文. 中国油气资源 / 储量分类与管理体系[J]. 石油学报, 2011, 32(4): 645—651.  
Wang Yongxiang, Zhang Junfeng, Duan Xiaowen. A classification and management system of petroleum resources / reserves in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(4): 645—651.
- [12] 全国矿产资源储量利用现状调查项目组, 国土资源部油气储量评审办公室. 全国油气资源储量利用现状调查与可持续发展研究报告[R]. 北京: 国土资源部, 2011.  
National Mineral Resources and Reserves Utilization Status Investigation Project Team, Petroleum Reserves Office of the Ministry of Land and Resources. Research report on utilization status of national oil and gas reserves and sustainable development[R]. Beijing: Ministry of Land and Resources, 2011.
- [13] 周立明, 韩征, 张道勇, 等. 中国新增石油和天然气探明地质储量特征[J]. 新疆石油地质, 2022, 43(1): 115—121.  
Zhou Liming, Han Zheng, Zhang Daoyong, *et al.* Characteristics of incremental proven oil and natural gas geological reserves in China[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(1): 115—121.
- [14] 吴国干, 方辉, 韩征, 等. “十二五”中国油气储量增长特点及“十三五”储量增长展望[J]. 石油学报, 2016, 37(9): 1145—1151.  
Wu Guogan, Fang hui, Han Zheng, *et al.* Growth features of measures oil initially in place & gas initially in place during the 12<sup>th</sup> Five-Year Plan and its outlook for the 13<sup>th</sup> Five-Year Plan in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(9): 1145—1151.
- [15] 门相勇, 王陆新, 王越, 等. 新时代我国油气勘探开发战略格局与2035年展望[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(3): 1—8.  
Men Xiangyong, Wang Luxin, Wang Yue, *et al.* Strategic pattern of China's oil and gas exploration and development in the new era and prospects for 2035[J]. China Petroleum Exploration, 2021, 26(3): 1—8.
- [16] 刘保和. 中国石油勘探开发百科全书(开发卷)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 1—16, 437—444.  
Liu Baohe. China petroleum exploration and development encyclopedia (development)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 1—16, 437—444.
- [17] 刘保和. 中国石油勘探开发百科全书(综合卷)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 1—33.  
Liu Baohe. China petroleum exploration and development encyclopedia (general)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 1—33.
- [18] 贾文瑞. 1996—2010年中国石油工业发展战略[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 149—168.  
Jia Wenrui. Development strategy of China petroleum industry from 1996 to 2010[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 149—168.
- [19] 罗波, 王兴明, 赵敏, 等. 已探明未开发储量评价动用优选研究[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2013, 15(2): 5—9.  
Luo Bo, Wang Xingming, Zhao Min, *et al.* Research on optimizing proven undeveloped reserves[J]. Journal of Southwest Petroleum University(Social Sciences Edition), 2013, 15(2): 5—9.
- [20] 张抗, 门相勇. 中国未开发石油储量分析和对策[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(5): 23—31.  
Zhang Kang, Men Xiangyong. Analysis and strategy of China's undeveloped oil reserves[J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(5): 23—31.
- [21] 张抗, 李铁军. 中国未开发天然气储量分析和对策[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(2): 199—207.  
Zhang Kang, Li Tiejun. Analysis and strategy of undeveloped natural gas in China[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(2): 199—207.
- [22] 周立明, 韩征, 任继红, 等. 我国石油天然气探明储量现状及变化特点[J]. 中国矿业, 2019, 28(9): 6—11.  
Zhou Liming, Han Zheng, Ren Jihong, *et al.* Current situation and changing characteristics of oil and natural gas proved reserves in China[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(9): 6—11.
- [23] 唐红君, 黄金亮, 潘松圻, 等. 我国天然气探明未开发储量评价及发展对策建议[J]. 石油科技论坛, 2020, 39(6): 37—44.  
Tang Hongjun, Huang Jinliang, Pan Songqi, *et al.* Suggestions on assessment and development of China's proven but undeveloped natural gas reserves[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2020, 39(6): 37—44.
- [24] 王永祥. 油气勘探折现投资回报率测算方法研究[J]. 国际石油经济, 2022, 30(6): 87—94.  
Wang Yongxiang. Measurement method of discounted return rate on oil and gas exploration investment[J]. International Petroleum Economics, 2022, 30(6): 87—94.