

引用: 王建, 毕海滨. 海外油气资产并购中的储量评估研究 [J]. 中国石油勘探, 2022,27(3):149-154.

Wang Jian, Bi Haibin. Research on reserve evaluation in overseas oil and gas asset acquisition[J]. China Petroleum Exploration, 2022,27(3):149-154.

海外油气资产并购中的储量评估研究

王 建¹ 毕海滨²

(1 中国海洋石油国际公司; 2 中国石油勘探开发研究院)

摘 要: 海外油气资产并购的核心是储量。资源国使用的标准不同, 评估的储量结果差异很大, 如不能准确把握, 将给资产并购带来极大风险。文章重点分析了国际通用资源 / 储量分类标准的内涵及储量的不确定性, 并以实际案例分析为纽带, 结合海外油气资产评价方面存在的诸多挑战, 提出海外油气资产并购评价的“两个加强”和“两个坚持”, 加强资源国的资源 / 储量分类研究, 明确储量内涵; 加强海外油气储量数据库建设, 支撑快速类比评价; 坚持“不确定性”评价原则, 合理预判资源风险; 坚持“全生命周期”评价原则, 客观认识资源潜力。

关键词: 海外油气资产; 资产并购; 储量不确定性; 储量评估

中图分类号: TE16 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-7703.2022.03.014

Research on reserve evaluation in overseas oil and gas asset acquisition

Wang Jian¹, Bi Haibin²

(1 CNOOC International Limited; 2 PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development)

Abstract: Reserve is the core in overseas oil and gas asset acquisition. Due to the different standards applied by various resource countries, the reserve evaluation results vary greatly, which will bring great risks to asset acquisition if they are inaccurately understood. Therefore, the connotation of the international general resource/reserve classification standard and the uncertainty of reserves are analyzed. By taking the actual case study as a link and combining with various challenges in the evaluation of overseas oil and gas assets, “two strengthening” and “two adhering to” are put forward in the evaluation of overseas oil and gas assets, namely, strengthen the study on resource/reserve classification to clarify the reserve connotation; Strengthen the construction of overseas oil and gas reserve database to support the rapid analogy and reserve evaluation; Adhere to the reserve evaluation principle of “uncertainty” to rationally predict resource risks; Adhere to the reserve evaluation principle of “whole life cycle” to objectively understand resource potential.

Key words: overseas oil and gas asset, asset acquisition, reserve uncertainty, reserve evaluation

0 引言

积极参与国际油气资源勘探开发, 是中国利用两种资源和两个市场、确保中国油气长期供应安全的重大国家战略。海外油气资产并购是获取海外油气资源、实现国际化经营的有效手段, 也是实现企业快速发展的重要途径。海外油气资产并购是一项系统工程, 包括油气资源 / 储量、油气市场环境、油气价格走势与上下游综合经济效益等^[1-2]。影响海外油气资产并

购成功与否的因素很多, 大体可划分为两大类, 一类是政策性层面, 包括资源国安全审查制度、财税政策、环境保护法、劳工法、资产国有化可能性等; 另一类是技术性层面, 包括资源 / 储量风险、成本风险、价格风险、市场风险等。其中任何一项因素均会成为资产并购成败的重要乃至决定性因素。根据麦肯锡公司统计研究, 过去 20 年, 全球大型企业并购中真正能取得预期效果的比例低于 50%^[3], 可见海外资产并购存在较大风险, 如不能客观驾驭, 将会带来巨大损失。

第一作者简介: 王建 (1985-), 男, 江苏连云港人, 硕士, 2010 年毕业于美国俄亥俄州立大学地质工程专业, 工程师, 现主要从事海外油气资产评价获取及业务发展战略规划管理研究工作。地址: 北京市朝阳区太阳宫南街 6 号中国海油大厦, 邮政编码: 100028。E-mail: wangjian88@cnoocinternational.com

收稿日期: 2021-12-23; 修改日期: 2022-04-01

油气储量是企业投资的核心资产,也是海外资产并购的关键决定性要素。海外资产并购时通常面临两个方面的挑战,一是给定的评价时间短,数据来源多,从市场发出资产出让信息到提交公司意向性报价,一般只有数月时间,加之资产出售方对出售项目大多会适度放大资源/储量潜力,数据的客观性诊断复杂,评估工作难度大;二是资源国对外发布资产项目时,公布的储量数据来源渠道多,数据差别很大,甄别困难。评估储量时所依据的分类体系不同、技术要求不同、评估目的不同,导致储量评估结果的不确定性有所差异,各级储量的不确定性普遍存在。

世界范围内油气资源/储量分类体系众多,基于分类理念和分类框架,国际现行的分类体系大体可以分为两大类,一类是以中国^[4-6]和俄罗斯^[7-9]为代表的,以“油气藏整体”为评价对象、以“地质储量”为主线的分类方案,其特点是基于勘探开发阶段,对地质储量进行分类,可采储量与地质储量具有一一对应关系。另一类是以西方为代表的,以“井控区域”为评价对象、以“可采储量”为主线的分类体系,其特点是基于钻井控制程度,对可采储量进行分类,可采储量与地质储量的对应关系较为复杂^[10-13]。最具代表性的是由美国石油工程师协会(SPE)联合多家机构发布的石油资源管理系统(Petroleum Resources Management System, PRMS)^[14-16],世界上多数国家、证券机构和大型国际石油公司均采用这一分类体

系并根据自身需要进行细化管理。美国证券交易委员会(SEC)发布的“储量定义”^[17-21]也属于这一类型,其定义源于PRMS,但具体要求有所细化,且仅涉及经济可采部分。尽管两者同源,但基于各自标准评估的储量结果的内涵和不确定性仍存在一定差异。

本文重点分析PRMS与SEC储量分类的内涵及特点,结合评估实例分析,提出海外油气资产并购中储量评估应注意的问题,以便为中国油公司海外油气资产并购合理规避储量风险提供参考。

1 PRMS/SEC 油气资源/储量分类特点

1.1 PRMS 石油资源分类

1.1.1 分类框架以可采储量为为主线,致力于全生命周期管理,评估结果相对客观

美国石油工程师协会(SPE)联合美国石油地质学家协会(AAPG)、世界石油大会(WPC)、美国石油评价工程师学会(SPEE)等多家机构,于2018年共同发布了更新版石油资源管理系统(PRMS),旨在提出一个符合业界技术发展、普适性较好的资源/储量分类方案,构建不同资源/储量分类体系之间的可对比平台。

资源分类框架基本维持不变(图1),将石油资源原地量(PIIP)分为已发现石油原地量和未发现石油原地量两大类,对原地量分类不再细化;对资源/

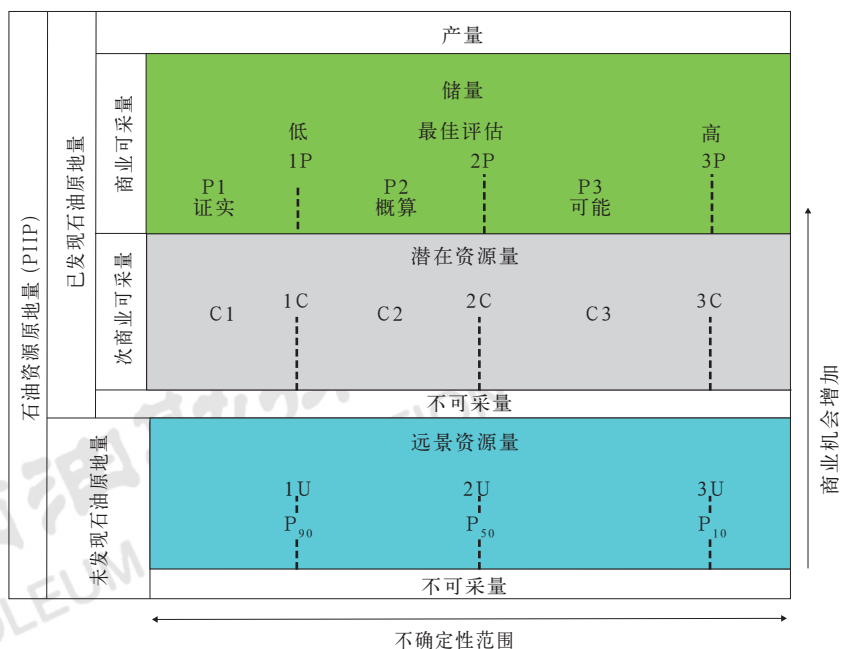


图1 石油资源管理系统

Fig.1 Petroleum resource management system

储量的可采部分直接分级, 已发现石油原地量的可采部分划分为产量、商业可采量、次商业可采量共3个级别; 商业可采量又称为储量, 按不确定性程度分为1P、2P和3P共3个级别, 单一级别的储量即证实储量(P1)、概算储量(P2)、可能储量(P3)采用差值法计算; 次商业可采量又称为潜在资源量, 按不确定性程度分为1C、2C、3C共3个级别。未发现石油原地量的可采部分称为远景资源量, 按不确定性程度分为1U、2U、3U共3个级别。石油资源管理系统(PRMS)石油资源分类的基本特点是侧重于资源/储量的可采性评价, 致力于为油气项目勘探、开发和生产提供全生命周期管理, 评估结果相对客观。

1.1.2 资源/储量的不确定性采用概率值表述

PRMS在资源量和储量评估中推荐采用不同的方法, 勘探评价和开发早期阶段大多采用容积法、概率法、类比法等; 开发中后期则更多采用动态分析法, 包括产量递减法、数值模拟法、物质平衡法等。各级资源/储量评估结果的不确定性主要取决于对地下油气资源形成与分布特征的认识程度、资料的丰富程度、资料品质及对这些资料的解释精度。其中1P、1C、1U在各自级别中不确定性程度最低, 表示该部分资源采出的把握较大, 如果采用概率法表述, 实际采出量大于或等于估算值的概率至少为90%; 2P、2C、2U在各自级别中不确定性程度居中, 表示该部分资源采出的可能性比采不出的可能性更大, 如果采用概率法表述, 实际采出量大于或等于估算值的概率至少为50%; 3P、3C、3U在各自级别中不确定性最大, 表示该部分被采出的可能性较小, 如果采用概率法表述, 实际采出量大于或等于估算值的概率为10%。

1.1.3 可采储量与地质储量对应关系复杂

PRMS是以钻井控制程度和可采储量为基础的分类, 与中国储量分类有本质区别。储量、潜在资源量及远景资源量的评估除受原地量评估参数、钻井控制程度、提高采收率方法、修井措施等地质技术因素影响外, 还受到生产设施寿命和合同期限等许多管理因素的影响。地质储量与可采储量的对应关系较为复杂, 一种是增量模式, 另一种为混合模式, 同一个地质体可以存在多个级别的可采储量, 包括证实储量、概算储量和可能储量, 即存在“一”(地质储量)对“多”(可采储量)的关系。这也是PRMS最突出的特点之一。

1.1.4 经济参数取值方法有特定要求

与国内油气已开发储量采用实际销售价格、未开

发储量采用规定价格或合同价格不同, PRMS采用的油气价格一般为评估基准日前12个月油气价格的算术平均值, 也允许采用合理预测的油气价格或合同价格, 已开发与未开发储量评估油气价格取值要求相同。成本测算时允许扣除评估基准日之前已经发生且无法通过未来其他行为回收的那部分投资。

1.2 SEC储量定义

1.2.1 分类框架仅包括商业可采部分, 技术要求更严格, 评估结果偏保守

美国证券交易委员会(SEC)的储量定义源于PRMS, 但仅涉及商业可采部分。其储量的不确定性表述方法、可采储量与地质储量对应关系等与PRMS基本相同, 但各级储量的技术要求更为严格, 更关注对现有钻井资料条件下评估储量的把握性, 以及所评估的储量能否在未来5年内实现开发。

具体表现在两个方面: 一是现阶段储量的可动性与把握性。SEC规定证实储量(P1)是指现阶段通过“可靠技术”以合理确定性估算的高置信度结果。高置信度意味着该结果非常可能达到, 并且随着时间推移, 获得更多地质、地震、测井、油藏、工程和经济资料后, 最终可采量更可能增加或至少保持不变, 而不是减少。SEC准则允许使用“可靠技术”是一个进步, 也是有条件的放宽要求, 这4个条件是:

(1) 经过油气田现场试验取得了可靠结果; (2) 试验过程具有可重复性; (3) 类似油气层的试验结果具有一致性; (4) 可靠技术本身具有统计意义。

二是基于类比法得到的评估结果, 有成功的先例支持。在使用类比法确定证实储量采收率时, 应与类比油气藏具备“四个相同”, 即相同的地质层位、相同的沉积环境、相同的地质构造、相同的驱动机理, 且总体特征要优于类比油气藏。SEC规则中的可靠技术和类比要求是确保储量评估结果具有高置信度的约束条件。总体而言, SEC对储量的评价标准更高, 不鼓励使用有争议或偏乐观的技术和参数, 评价结果偏保守。

1.2.2 经济参数取值与披露要求更明确

SEC准则采用的原油价格是评估基准日前12个月第一个交易日的算术平均值, 天然气价格按合同规定取值。投资费用包括开发投资、资本化投资和生产作业费等, 已发生的勘探开发投资可全部沉没。成本的沉没显然对项目的商业性和经济性分析有明显影响。

SEC 规定上市石油公司需按统一要求披露油气储量,所披露信息的受众主要是银行、律师、投资人,包括股民等,因而更侧重于储量的资产属性。1978 年版 SEC 旧准则中只允许披露证实储量(P1),2010 年版新准则中允许披露概算储量(P2)和可能储量(P3),目的是满足部分小型石油公司融资需求,但每一级别储量需单独披露,不能叠加。

2 海外油气资产并购储量评估实例分析

2.1 地质与开发特征

巴西 A 油田位于桑托斯盆地超深水区域^[22-23],水深 1800~2250m,目的层上覆巨厚盐岩层,厚度达 500~3000m,影响了地震资料品质。含油层系为白垩系湖相碳酸盐岩,古地貌控制了碳酸盐岩形成分布和同生期成岩作用,溶蚀作用使粒间溶孔、粒内溶孔及铸模孔发育,改善了储层质量。储层厚度为 300~600m,储层厚度分布差异大,储地比为 35.1%~95.4%,平均为 74.7%。完钻井 48 口,平均井距为 3~5km,钻井控制程度低。构造形态和储层分布稳定性是储量评估面临的巨大挑战。

该油田储量规模大,含油面积达 580km²,实行分区开发模式,目前已有 3 个井区投入短期试采,天然能量生产,每个开发区利用一艘浮式生产储油卸油装置(FPSO)生产。

资源国注重可采储量评估,提供的资料包中包括了 PRMS 和 SEC 标准下的多个可采储量结果,分布范围在 (32~113)×10⁸bbl,变化范围大,需要中方迅速开展自行评估,确定合理的储量规模,从而为资产并购提供决策依据。

2.2 地质储量评估

首先落实构造形态。针对巨厚盐岩层屏蔽导致目的层地震资料品质较差、圈闭产状与几何形态落实难度大问题,按照评价区盐岩层成像干扰复杂程度,充分利用目的层完钻井信息开展分区构造深度校正,量化构造落实程度的不确定性,形成高、中、低 3 个方案。

其次落实油层厚度与分布。一是基于油气成藏主控因素分析,落实油气成藏条件品质评价,开展油藏类型研究,从宏观角度判断资源规模;二是测井与地震资料相结合,分析油气层空间分布与连续性变化,提高对油藏分布与储量评价的把握;三是开展以钻井资料为基础、以古地貌形态为约束的储地比分布预测,

分析预测的准确度。

其他储量评估关键参数,如储层孔隙度、含油饱和度等,基于单井测井解释,结合有限关键地震测线储层反演预测,给出概率分布区间,利用蒙特卡洛法模拟地质储量概率分布,确定地质储量的低、中、高方案,分别为 252×10⁸bbl、278×10⁸bbl、302×10⁸bbl,支撑了项目的获取和后期可采储量评估。

2.3 可采储量评估

巴西 A 油田可采储量评估(图 2)主要受到以下 3 个方面因素的制约:一是按照巴西政府要求每个开发区 FID(最终投资决策)前需要钻 3 口评价井的相关规定,未来开发单元与开发期次划分存在不确定性;二是资源国多采用水气交替注入法(WAG)提高驱替前缘的稳定性和注气混相驱波及效率,从而提高油田采收率,但该油田生产历史短,盆地内周边油田无 WAG 法开发先例,WAG 法能否提高采收率,实施效果有待验证;三是目前 FPSO 设计寿命为 25 年,鉴于油田储量规模大,开采时间可能延长,应考虑延长 FPSO 寿命,相应的也要考虑项目的经济性问题。

基于上述问题,依据地质储量评估结果,分别设定了 8 个、10 个、12 个开发单元 3 种情形,是否采用 WAG 法提高采收率两种情形,是否延长 FPSO 寿

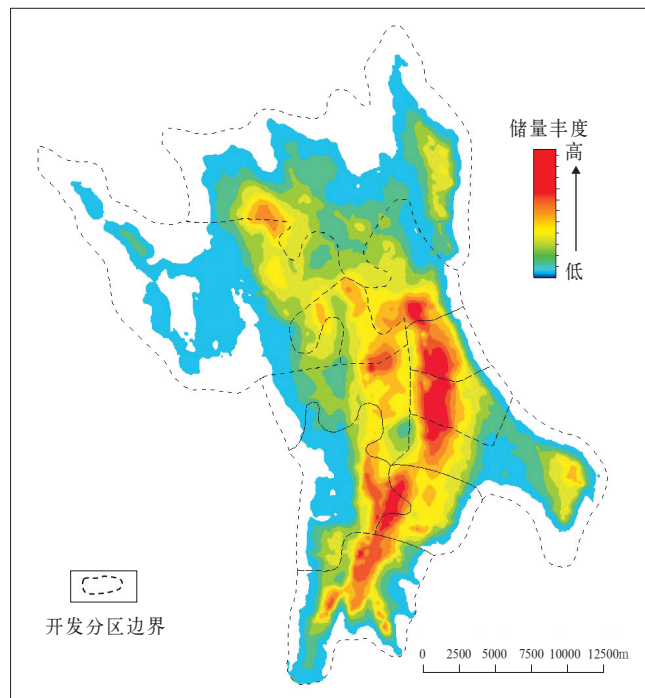


图2 储量丰度分布及开发分区图

Fig.2 Distribution of reserve abundance and zoning map of phased development

命两种情形；结合有限的单井测试分析成果与短期生产动态资料，类比区域开发指标及超深水油田开发工程设施要求，结合钻井计划和工程建设安排，合理确定每个情景下各开发单元的投产时间、单井产能、开发井数、高峰产量等开发指标开展可采储量评估，评价出可采储量的低、中、高方案分别为 $67 \times 10^8 \text{ bbl}$ 、 $86 \times 10^8 \text{ bbl}$ 、 $98 \times 10^8 \text{ bbl}$ 。

与资源国提供的资料对比表明，中方储量评估结果与第三方基于PRMS的储量评估结果较为接近，低、中、高方案差别分别为13%、18%、15%。表明基于PRMS的第三方评估结果可以作为重要参考，中方评估结论也得到了近年来开发效果的验证。

3 海外油气资产并购储量评估建议

3.1 加强资源国的资源 / 储量分类研究，明确储量内涵

油气资源 / 储量分类目的不同，理念各异，评估结果的内涵不同，数据差异很大。西方多数国家和油公司不同程度采纳PRMS或SEC标准，并在此基础上进行细化或建立与之关联的对比关系。因此，购买方要结合资源国储量分类体系的变化和技术要求，对相关技术参数，如原地量计算参数、井控范围合理性、技术措施可行性等进行深入分析论证，充分认识资源国提供的储量结果的内涵，快速修正相关评价参数，为海外油气资产并购提供合理的储量评估结果。

3.2 加强海外油气储量数据库建设，支撑快速类比评价

海外油气资产并购储量评估时间短，资料品质难以保证，重新开展系统技术处理难度大，因此对资源国发包区块地质特征快速评价是获得成功的必要条件。加强海外油气储量数据库建设，充分利用大数据分析，深入了解资源国发包区块的地质条件、相邻或相似油气田的勘探开发状况、以往区块的经济效益状况、资源国相关政策法律法规等，对快速认识并购油气田的资源潜力，降低评价时间短、资料品质差带来的不利影响具有重要的现实意义。

3.3 坚持“不确定性”评价原则，合理预判资源风险

资料品质是影响储量评估结果客观性的关键因素，但相同资料条件下，评估者技术水平高低和对油气藏认识程度是否深入对评估结果有着极为重要的影响。国内SEC储量评估实践表明，同一资料条件下，不同的评估公司甚至同一评估公司不同技术人员的评

估结果差异往往很大。特别是处于评价阶段或开发早期阶段时，受各种因素综合影响，很难做到对油藏认识程度客观深入，因此，基于概率法开展评估，对储量评估结果给出可能的范围值，才能对储量的不确定性给予合理判断。

3.4 坚持“全生命周期”评价原则，客观认识资源潜力

海外油气资产并购项目的储量评估除了受到资料品质等技术因素影响外，还受到投资成本、油气价格、油气市场、合同类型及可延续性、资源国财税条款等多种经济条件及管理因素的综合影响，因此，储量评估应尽可能考虑到所有可能的经济、技术及管理因素，包括勘探开发投资、弃置费用、提高采收率措施可行性、合同延续可能性、资源国投资环境、开发方案与实际生产状况一致性（包括产量剖面、增产措施、配套钻完井费用）等。既重视现有技术条件下的可利用资源，又充分考虑未来可能的增储潜力，为海外资产并购提供比较客观的储量评估结果。

4 结论

(1) 油气资源储量的可靠性是海外资产并购成功与否的核心要素，世界范围内油气资源储量分类体系多种多样，储量的内涵也各不相同，深入理解资源所在国的油气资源储量分类及储量评估结果的置信度，是海外油气资产并购工作的首要任务。

(2) 海外油气资产并购项目通常面临基础资料少、数据来源多、项目决策时间有限等诸多问题，构建海外不同地区典型油气藏储量类比序列库，可以为快速了解并购区块油气藏特征、客观认识储量规模奠定良好基础。

(3) 储量不确定性客观存在，开采技术制约可采储量，资源国市场因素、经济条件、财税政策、合同期限影响经济效益，因此，全方位考虑现行技术经济条件和地缘政治因素，可以科学预判资源挖掘潜力，从而为海外资产并购提供客观资源基础。

参考文献

- [1] 王克宁. 浅议国际石油项目评价[J]. 国际石油经济, 2000, 8(4): 46-47. Wang Kening. Discuss and analyze of international oil project evaluation[J]. International Petroleum Economics, 2000, 8(4): 46-47.
- [2] 李朝霞, 夏海容, 吕彦平. 海外油气田投资重在储量评价[J]. 中国石油企业, 2017(5): 70-72. Li Zhaoxia, Xia Hairong, Lv Yanping. Investment in overseas oil and gas fields focuses on reserve evaluation[J]. China

- Petroleum Enterprise, 2017(5):70-72.
- [3] 林源. 中国企业海外并购的风险管控[J]. 开发研究, 2009(2):108-112.
Lin Yuan. Risk management and control on enterprises merging outside of China[J]. Research on Development, 2009(2): 108-112.
- [4] 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.
- [5] 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, The Standardization Administration of China. Classifications for petroleum resources and reserves: GB/T 19492—2020[S]. Beijing: China Standards Press, 2020.
- [6] 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—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
The Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Regulation of petroleum reserve estimation: DZ/T 0217—2020[S]. Beijing: China Standards Press, 2020.
- [7] 徐树宝. 俄罗斯油气和资源分类规范及其分类标准[J]. 石油科技论坛, 2002,21(1):31-36.
Xu Shubao. Classification specification and classification standard of oil and gas resources in Russia[J]. Oil Forum, 2002,21(1):31-36.
- [8] 罗富平. 俄罗斯与 SPE-PRMS 最新储量—资源量标准对比研究[J]. 油气藏评价与开发, 2011,1(4):1-5.
Luo Fuping. Comparison and research of the latest reserve and resource standards between Russian federation and SPE-PRMS[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2011,1(4): 1-5.
- [9] 张建国, 史建忠, 王世艳. 2016 版俄罗斯储量—资源量规范与石油工程师协会 SPE-PRMS 对比研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017,37(13):140-142.
Zhang Jianguo, Shi Jianzhong, Wang Shiyan. Comparative study between 2016 Russian reserve resource specification and SPE-PRMS[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2017,37(13):140-142.
- [10] 赵鹏飞, 王庆如, 陈飞. 海上油气资源储量和潜在资源量分类[J]. 海洋地质前沿, 2020,36(10):68-75.
Zhao Pengfei, Wang Qingru, Chen Fei. Classification of reserves and contingent resources of offshore oil and gas resources[J]. Marine Geology Frontiers, 2020,36(10):68-75.
- [11] 李朝霞, 夏海容, 吕彦平. 海外油气储量评估方法研究[J]. 复杂油气藏, 2014,7(2):37-41.
Li Zhaoxia, Xia Hairong, Lv Yanping. Study on the evaluation method of overseas oil-gas reserves[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2014,7(2):37-41.
- [12] 吴杰, 张自伟. 中外油气资源储量分类体系比较分析[J]. 石油天然气学报, 2009,31(6):165-168.
Wu Jie, Zhang Ziwei. Comparison and analysis of domestic and foreign oil and gas reserves classification[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009,31(6):165-168.
- [13] 康永尚, 刁顺, 陈安霞, 等. 中外油气资源分类体系对比和资源潜力概念探讨[J]. 地球科学与环境学报, 2013,35(1):66-73.
Kang Yongshang, Diao Shun, Chen Anxia, *et al.* Comparison of domestic and foreign petroleum resource classification systems and discussion on resource potential concepts[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2013,35(1):66-73.
- [14] Society of Petroleum Engineers. Petroleum resources management system[J]. Washington D.C.: IEA, 2007.
- [15] Ausburn B E. Guidelines for application of petroleum reserves definitions[M]. U.S. America: Society of Petroleum Evaluation Engineers, 2011.
- [16] 赵鹏飞, 王庆如, 王龙, 等. SPE 规则在储量和潜在资源量评估中的应用探讨[J]. 地质科技情报, 2018,37(1):231-239.
Zhao Pengfei, Wang Qingru, Wang Long, *et al.* The application of SPE rules in the evaluation of reserves and contingent resources[J]. Geological Science and Technology Information, 2018,37(1):231-239.
- [17] 贾承造. 美国 SEC 油气储量评估方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004:244.
Jia Chengzao. SEC estimation approach or oil & gas reserve[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004:244.
- [18] 赵文智, 李建忠, 王永祥, 等. SEC 标准确定证实储量边界的方法[J]. 石油勘探与开发, 2006,33(6):754-758.
Zhao Wenzhi, Li Jianzhong, Wang Yongxiang, *et al.* Methods of determining proved reserves by SEC standard[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006,33(6):754-758.
- [19] 康安. SPE 和 SEC 油气储量评估规范的更新及对比[J]. 国际石油经济, 2010,18(6):61-64.
Kang An. A comparison of updated SPE and SEC norms for oil and gas reserves estimation[J]. International Petroleum Economics, 2010,18(6):61-64.
- [20] 毕海滨, 王永祥, 胡允栋. 浅析 SPE 储量分类中三级储量的相互关系[J]. 新疆石油地质, 2004,25(4):420-422.
Bi Haibin, Wang Yongxiang, Hu Yundong. Analysis of correlation among proved, probable and possible reserves in SPE reserves classification[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004,25(4):420-422.
- [21] 毕海滨, 李建忠, 张君峰, 等. SEC 准则证实储量评估中可靠技术应用[J]. 石油学报, 2013,34(6):1212-1217.
Bi Haibin, Li Jianzhong, Zhang Junfeng, *et al.* Applications of reliable techniques to reserves estimation proved by the SEC standard[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013,34(6):1212-1217.
- [22] 武静, 赵鹏飞, 王晖, 等. 巴西桑托斯盆地 A 区块 Barra Velha 组古地貌及其对储层的控制[J]. 海洋地质前沿, 2019,35(1):53-59.
Wu Jing, Zhao Pengfei, Wang Hui, *et al.* Paleogeomorphology of the Barra Velha Formation in block A of the Santos Basin, Brazil, and its control over reservoirs[J]. Marine Geology Frontiers, 2019,35(1):53-59.
- [23] 康洪全, 吕杰, 程涛, 等. 巴西桑托斯盆地盐下湖相碳酸盐岩储层特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2017,38(4):170-178.
Kang Hongquan, Lv Jie, Cheng Tao, *et al.* Characters of pre-salt lacustrine carbonate reservoir, Santos Basin, Brazil[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2017,38(4):170-178.