

中国与巴西海上油气发展比较研究

李怀印,李宏伟

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,北京 100083)

[摘要] 中国、巴西同属“金砖”国家,基本国情有很多相似之处,海上油气发展前景十分广阔——中国海上资源占总资源量的三分之一、产量占总产量的四分之一,巴西油气产量的九成以上来自海上,深水盐下潜力巨大。两国海上油气事业起点相近,但发展速度差距较大,目前中国全面掌握浅水技术,深水技术取得重要进展;巴西经过连续攻关,深水、超深水技术国际领先,全面掌握2 000 m水深技术,进入3 000 m时代。中国近期出台了两个中长期发展规划,尚缺少具体配套措施;巴西有法律保障研发投入,一直坚持“本地化”(LC)政策,支持技术发展的措施力度大、落实到位。本文在全面分析比较的基础上提出了3点具体建议。

[关键词] 中国;巴西;海上油气;海工技术;比较研究;建议

[中图分类号] F416.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)03-0021-06

1 前言

21世纪是海洋的世纪。世界主要沿海国家均把维护国家海洋权益、发展海洋经济、保护海洋环境列为本国的重大发展战略。我国也不例外,2013年1月17日,国务院印发了《全国海洋经济发展“十二五”规划》,2012年2月,工业和信息化部等五部委联合编制的《海洋工程装备制造业中长期发展规划》发布,提出今后重点要加快半潜式钻井平台、浮式生产储存卸油船(FPSO)、起重铺管船、大型浮吊等的研发,掌握3 000 m深海油气田开发所需装备的设计建造技术,2015、2020年国际市场份额分别达到20%、35%以上。因此,未来5~10年是我国海上油气发展与海洋工程装备制造业发展的关键时期,也是重要的战略机遇期。

巴西作为南半球最大的国家和最主要的新兴经济体,在很多方面与中国具有可比性。由于巴西近海油气资源十分丰富,多年来致力于海上油气发展,已取得巨大进展,2011年海上油气产量超过中

国的2倍。在海工技术方面,巴西国家石油公司(Petrobras,简称“巴油”)在牢牢控股的基础上与西方顶级技术公司合作研发,坚持“本地化”(LC)策略,借以发展本国的海工技术,目前已经远远超过中国,进入发达国家的行列。

开展中国与巴西海上油气发展比较研究,能够使我们更好地学习和借鉴巴西的经验,落实国家规划,促进海工技术特别是深水技术的发展,开发我国海洋资源,维护国家海洋权益。

2 基本国情与海洋权益

中国、巴西分属东、西两大半球,距离遥远,但基本国情有很多相似之处:都是所在洲最大的国家,国土面积大,人口多,市场潜力大;与俄罗斯、印度、南非同属“金砖”国家,是引领世界经济发展的新兴经济体;都是发展中国家,急需直面快速发展过程中的各种矛盾,平衡各方利益,谋求在发展中解决问题;都急需掌握先进技术,协调资源与环境关系等。两国基本国情对比见表1。

[收稿日期] 2013-08-27

[作者简介] 李怀印,1965年出生,男,河南范县人,博士,教授级高级工程师,主要从事石油工程技术研究与评价工作;E-mail:lihy.syky@sinopec.com

表1 中国与巴西基本国情对比表

Table 1 Fundamental country situation comparison between China and Brazil

基本国情	中国	巴西	排名	备注
国土面积/ $\times 10^6 \text{ km}^2$	9.60	8.51	中国世界第4、 巴西世界第5	—
人口/ $\times 10^8$	13.4	2.0	中国世界第1、 巴西世界第5	2010年
国内生产总值 (GDP)/ $\times 10^{10}$ 美元	7.30	2.47	中国世界第2、 巴西世界第6	2011年
人均GDP/美元	5 342	10 394	—	2010年

中国和巴西都是海洋大国,都有很大的海洋权益,都有发展海洋经济的强烈意愿。中国东临浩瀚的太平洋,向南通过南海、马六甲海峡与印度洋沟通,拥有 $3.2 \times 10^4 \text{ km}$ 长的海岸线,其中大陆海岸线长 $1.8 \times 10^4 \text{ km}$,岛屿海岸线长 $1.4 \times 10^4 \text{ km}$,世界排名第4;拥有 $4.73 \times 10^6 \text{ km}^2$ 的海域面积,其中领海(距离海岸线12 n mile以内)面积为 $3.7 \times 10^5 \text{ km}^2$,国际公认的专属经济区(距离海岸线200 n mile以内)面积约为 $3 \times 10^6 \text{ km}^2$,居世界第10位。巴西海岸线7 491 km,世界排名第16,领海宽度为12 n mile,领海外专属经济区188 n mile。

中国和巴西都有丰富的海洋资源。中国拥有大量的海洋滩涂、渔业、矿产、港湾、旅游及能源资源,近海有巨量的石油天然气赋存,估计海上油气资源约占全国总量的三分之一,已形成5 000多万吨的生产能力,成功建成“海上大庆”;东海和南海有天然气水合物资源,海洋能源理论蕴藏量 $6.3 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。巴西近海油气资源举世闻名,近年来许多重大发现已经证实的油气储量为 1.6×10^{10} 桶油当量(美国石油工程师协会(SPE)标准),深水、超深水合计占82%,其中超深水占32%,2011年油气日产达 2.69×10^6 桶油当量(美国能源信息署(EIA)),位列世界第9,已经由进口国变为出口国。

3 海上油气勘探开发历程及取得的成果

3.1 中国方面

中国近海油气勘探活动开始于20世纪50年代^[1]。1960年在南海浅海开始钻探作业,1965年在莺歌离岸4 km、水深15 m处钻海2井发现原油,这是中国海上的第一口油气发现井;1966年在渤海湾建起第一座固定式钻井平台,开始钻探渤海的第一口探井海1井,1967年喷出原油,从此开始了中国海上油田的开发生产活动^[2]。1982年中国海洋石油总

公司成立,开始了对外合作与自营勘探开发的海上油气勘探开发新历程。在这50多年的时间里,中石化、中石油、中海油三大石油公司都先后涉足中国近海的石油勘探开发,先后在渤海湾、东海、南海发现并开发了众多大型油气田,海上油气年产量已于2010年超过5 000万t,实现建成“海上大庆”的阶段目标。1996年与外方合作开发流花11-1油田,水深310 m,进入深水领域;2011年与外方合作开发荔湾3-1气田,水深1 500 m,进入超深水领域,与外方分段作业,外方负责深水部分,中方负责浅水部分。中国海上油气产量增长历程见图1。

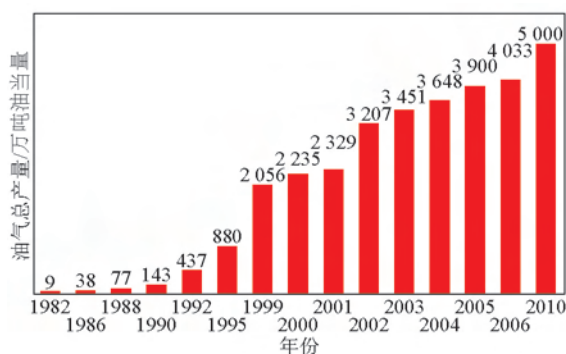


图1 中国海上油气产量增长历程

Fig.1 The increasing process of China offshore oil and gas production

3.2 巴西方面

巴西的油气勘探始于20世纪30年代,第一个开发油田是陆上的Bahia油田。1953年,巴油成立,于20世纪60年代开始海上勘探开发活动,1968年巴油在圣埃斯皮里托(Santo Espirito)海上打出第一口油井,发现了Guaricema油田^[3],1974年在Campos盆地发现Garoupa油田,1977年发现Enchova油田,其后陆续发现并开发了Albacora、Marlim、Roncador等大型油田。1997年以前,巴油在巴西油气行业一直处于垄断地位,其后国际石油公司逐步介入,2010年的原油产量份额为91.2%。伴随着2006年Santos盆地Lula油田(可采储量80亿桶)的发现,巴西海上油气事业揭开了新的篇章——其后陆续发现了震惊世界的巨型盐下油气资源(如Carioca、Iara、Guará等),巴西石油局(ANP)评估盐下可采储量将会超过1 000亿桶,不但对巴西的油气产量贡献巨大(预计2035年巴西产量将会由目前的第9位上升到第6位^[4]),而且带动了海上油气勘探开发技术的大幅提升,促使巴西在世界深水领域居于领先

地位。巴西海上原油储量增长历程见图2。

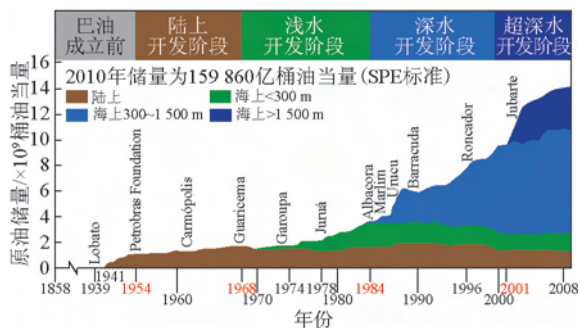


图2 巴西海上原油储量增长历程
Fig.2 The increasing process of Brazil offshore petroleum reserve

4 海工技术发展状况

4.1 中国海工技术与装备

中国海工技术与装备的发展大致经过了4个阶段：a. 自力更生、艰难摸索阶段（20世纪60—70年代）；b. 对外合作、学习吸收阶段（20世纪80—90年代）；c. 自主开发与引进并举，浅水技术逐步成熟阶段（20世纪90年代—21世纪初）；d. 深水技术开始探索并逐步取得重要进展阶段（进入21世纪以来）。

出于捍卫我国主权和开发海上油气资源的需要，20世纪60年代起我国开始走自力更生发展之路，完成了原始积累，开创了海洋石油工程装备制造历史，1966年设计建造了我国第一座固定式钻井平台“渤海一号”，1972年大连船舶重工建造了我国第一座自升式钻井平台。随着我国对外开放，海上区块开始对外合作，外国公司的先进技术与装备大量涌入，激发了国内海工装备制造企业学习吸收国外技术，着眼国际标准，通过与国外公司合作，积累

了经验，开始了固定导管架平台、半潜式钻井平台、FPSO的设计建造。随着国际海上勘探开发形势的变化以及海工技术的快速发展，我国自20世纪90年代开始瞄准国外先进技术进行自主研发，先后设计建造了200 m水深导管架平台、30万吨级FPSO以及第六代半潜式钻井平台，开始进军国际市场，部分成熟产品实现了批量建造，产业规模不断扩大，涌现出一批具有竞争力的企业集团，逐步形成环渤海、长江三角洲、珠江三角洲3个海工设施建造集群（见表2），年销售收入超过300亿元，占世界市场份额近7%。目前我国已经实现浅水装备的自主设计和建造，部分海洋工程船舶已形成品牌，深水装备也取得了一定的突破，辅助船舶领域的市场份额达到30%以上，已经承接了多个具有较大国际影响力的装备订单，其中最具有代表性的是2007年开工、2011年6月30日交付使用的深水半潜式钻井平台“海洋石油981”（见图3a），该平台创造了六大“世界之最”^[5]，最大作业水深3 050 m、钻井深度12 000 m、可变载荷9 000 t，能抵御中国南海200年一遇的恶劣环境，代表着当今世界最先进的技术。该平台已开赴南海进行钻井作业，目前已完钻5口井，最大作业水深2 450 m。另外，2009年交付使用的第六代半潜式钻井平台“NOBLE NDB”号、400 ft（1 ft=0.304 8 m）自升式钻井平台（见图3b）、3 000 m作业能力深水起重铺管船、30万吨级FPSO“海洋石油117”号（见图3c）等，也都具有国际先进水平。特别值得一提的是，我国于2012年6月成功进行了“蛟龙号”深水潜水器的7 000 m载人潜水，实际下潜深度为7 020 m，下潜深度世界第2。此外，海上风能等海洋可再生能源开发装备初步实现产业化，海水淡化和综合利用等海洋化学资源开发初具规模，装备技术水平不断提升^[6]。

表2 中国海工装备制造基地分布

Table 2 China offshore equipment building base distribution

区域	海工建造基地
环渤海地区	大连船舶重工、大连中远船务、中海油天津塘沽基地、中海油海西湾基地、中石油青岛海工基地、烟台中集来福士、蓬莱巨涛海洋工程公司
长江三角洲地区	中船工业集团长兴造船基地、中船工业集团外高桥造船厂、中船工业集团上海船厂、南通中远船务、振华重工
珠江三角洲地区	中船工业集团龙穴造船基地、中船工业集团黄埔造船厂、深圳赤湾胜宝旺



(a) 第六代半潜式钻井平台“海洋石油981”



(b) 400 ft自升式钻井平台



(c) 30万吨级FPSO“海洋石油117”

图3 中国海工技术成就掠影

Fig.3 Sections of China offshore engineering technology achievements

4.2 巴西海工技术与装备

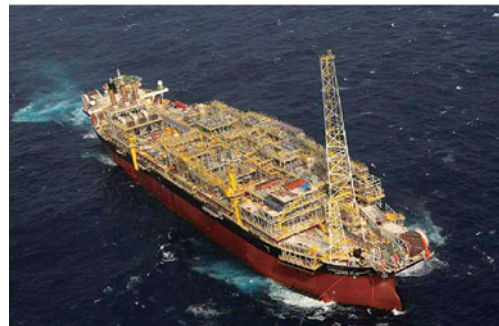
随着巴西东部近海世界级油气资源的发现,其海上工程技术发展迅速。自20世纪80年代末开始,巴西制定了周密的阶段性发展计划,包括著名的The Deepwater Technology Program (PROCAP)深水技术发展计划,该计划自20世纪80年代开始分3个阶段,1986—1991年为PROCAP 1000计划,1992—1999年为PROCAP 2000计划,2000年开始进行PROCAP 3000计划,计划目标是分别形成1 000 m、2 000 m、3 000 m水深海洋油气开发的技术能力。这种有计划的研究极大地促进了巴西深水技术进步,帮助其在西方发达国家把持的深水高端领域居于领先地位,与美国墨西哥湾、西非并称世界深水三极。

作为世界深水、超深水石油资源最丰富、产量最高的国家,巴西一直不遗余力地进行深水、超深水技术研发,取得了丰硕成果,2006年实现原油自

给时的深水贡献率达到70%,PROCAP计划功不可没。由于其卓越的创新性和对全球海上技术的贡献,巴西于1992、2001年两度赢得海洋石油大会(OTC)奖(石油行业的奥斯卡奖)。据不完全统计,巴西已建成48座浮式平台、56艘各类船只以及三万多千米的海底管线,拥有世界上最多的海上生产模式,其中号称“FPSO+水下系统”模式被业内称为“巴西模式”。正在执行的PROCAP 3000计划中,巴油已经在美国墨西哥湾和巴西Campos盆地(BC-100区块)超过2 500 m水深积累了一定的经验,探井1-RJS-567水深2 853 m,水深2 500 m的墨西哥湾Cascade油田已于2012年2月投产(回接BW Pioneer油田的FPSO)。PROCAP计划帮助巴油在海工技术方面取得了一系列世界第一:第一个深水锚泊浮式平台;第一个借助机器人安装湿式水下井口,最早使用柔性立管;第一个把刚性立管用于半潜平台等。巴西海工技术成就见图4。



(a) Roncador油田大型深水浮托



(b) Lula油田FPSO(水深2 140 m)

图4 巴西海工技术成就掠影

Fig.4 Sections of Brazil offshore engineering technology achievements

巴西一直坚定地推行LC战略,在ANP主导的历次对外招标中,LC承诺都是一个重要评标指标,而且逐年提高。从图5中能够清晰地看出,自2003年第5轮招标,到2009年的第10轮招标,LC承诺都在60%以上,目前已经达到80%的水平^[4]。当然,由于技术能力限制,实际执行过程中的LC远远低于预

期承诺,因此巴西提出“创新石油”计划,由巴西国家经济和社会发展银行(BNDES)和政府下属的研究与项目基金(Finep)出资 15 亿美元,支持巴西本土供应商进行技术创新和加快发展,巴油提供技术支持^[7]。巴油投巨资(大约 7 亿美元)扩建的 CENPES 研发中心,位于里约科技园(Rio Technology Park),已经吸引了一大批世界知名公司设立研发机构。巴西在深水、超深水技术研发方面的高投入,令世人印象深刻。根据巴西法律,在巴西进行油气生产的企业每年必须提取销售收入的 1% 作为研发费用,其中 50% 用于 ANP 授权的当地研究机构或院校,其余 50% 由公司自行安排课题研究,但研发费用必须在巴西境内使用,公司必须完成当地法律的义务和责任。巴油近年来研发投入见图 6, 2011 年研发投入 15 亿美元,较 2010 年增长 47%,主攻超深水海上油田开发技术,包括超深水、高压条件下的抗腐蚀材料以及盐下成像技术等。

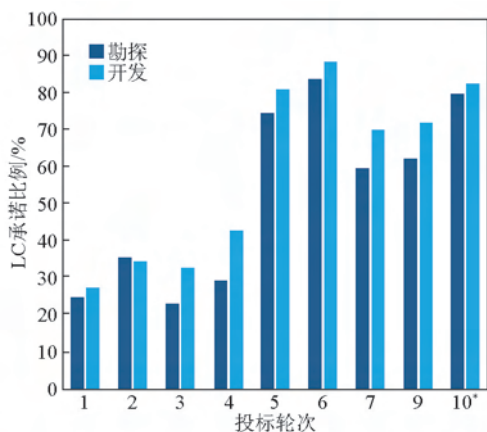


图 5 巴西 ANP 前 10 轮对外招标 LC 承诺变化图
(来源: ANP)

Fig.5 LC commitment of Brazil ANP first 10 bidding rounds (Source: ANP)

注: *仅陆上项目

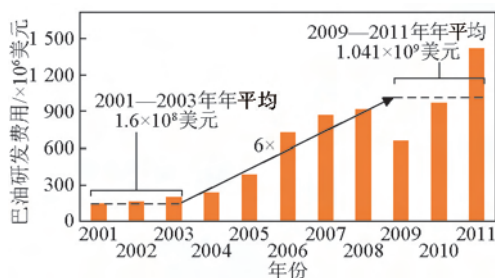


图 6 巴油近年来研发投入增长情况

Fig.6 Research and development investment growth of Petrobras in recent years

4.3 综合对比

从中国、巴西海上油气发展历程、油气资源状况、海上油气发展规划及国家政策等方面进行综合对比,见表 3。

5 结语

5.1 主要结论

1) 中国和巴西基本国情有很多相似之处,如同为地区大国,同属“金砖”国家,海洋权益都很大,都有开发海上资源的巨大需求等,中国显得更为迫切。

2) 中国和巴西海上油气事业起点相近,但发展速度差距较大,2010 年海上油气产量相差近 3 倍,巴西已依靠强大的海上油气开发实现原油自给,中国的原油对外依存度却逐年提高,需要加大海上油气勘探开发力度。

3) 中国已具备浅水海工技术装备的自主研发能力,但对深水技术的研发、设计与应用并未及时跟上;巴西已全面掌握了深水、超深水海工技术,创立了著名的“巴西模式”,取得了多个世界第一,进入 3 000 m 水深时代,有力地支持了其海上油气发展,值得中国学习。

4) 中国和巴西的国家政策支持力度与持续性差距大,中国刚刚出台的发展规划急需配套的财税、金融、对外合作政策和创新人才培养计划支持。

5.2 建议

1) 从国家层面尽快出台两个中长期规划的配套政策,强力促进我国海工技术发展。建议国家联合财政、税务、金融等部门尽快出台两个规划的配套政策,设立行业发展基金支持两个规划中确立的重点发展计划;建立涉海企业强制性研发投入政策,国家予以财税政策倾斜,建立以企业为主体的海工技术与装备创新体系。出台中国版 LC 政策,在今后海上区块招标、合作开发中要求必须满足一定的 LC 比率,建立高端装备首套保险和示范应用机制,鼓励本土企业创新。

2) 尽快筹建国家海工装备创新产业园,吸引国际知名企业入驻,合作共赢。建议在渤海湾、长江三角洲、珠江三角洲 3 个初具规模的海工装备聚集地中优选一个区,尽快筹建国家海工装备创新产业园,制定特殊政策吸引国际知名企业入驻,鼓励本土科技公司创业,打造世界海工技术研发、关键装备制造的重要一极。与韩国、新加坡等纯制造国家相比,中国既有制造业基础、又有广阔的海洋国土和丰富的海洋资源,比较优势突出。

表3 中国、巴西海上油气产业综合对比

Table 3 Comprehensive comparison of offshore oil and gas in China and Brazil

	中国	巴西
发展历程	开始于20世纪50年代,1960年钻探,1965年打出第一口海上油井,1982年中国海洋石油总公司成立,2010年产量超过5 000万吨油气当量 1996年与外方合作开发流花11-1油田,水深310 m; 2011年与外方合作开发荔湾3-1气田,水深1 500 m (外方负责深水部分,中方负责浅水部分)	1953年巴油成立,20世纪60年代开始海上钻探,1968年打出第一口海上油井,2010年液烃产量1.35亿t(其中原油超过1亿t) 1983年开发Pirauna油田,水深293 m;1997年开发Marlim Sul油田,水深1 709 m;2007年发现水深2 127 m的Lula油田,2009年开始延长测试
油气资源	远景282亿t,地质187亿t,可采79亿t (其中原油29亿t)油当量 ^①	2012年已证实原油可采储量140亿桶,天然气14.7 tcf (1 tcf=2.831 7×10 ¹⁰ m ³) ^② ; ANP评估海上盐下可采储量超过1 000亿桶
发展规划	产量规划:“十二五”年产量目标6 500万t油当量;技术装备规划:国际市场份额2015年达到20%,2020年35%以上;全面掌握深海油气开发装备的自主设计建造技术	产量规划:2020年海上原油年产量3亿t;技术装备规划:尽快完成PROCAP计划,全面掌握3 000 m超深水以及盐下油气勘探开发技术;着力提高LC率
国家政策	2012年连续出台“海洋经济”和“海工装备”两个中长期发展规划,鼓励海洋资源开发和海工技术研发	“国家石油天然气产业推动计划(Prominp)”、“大巴西计划”、“石油创新计划”,国家立法保证油企销售收入的1%为研发费用;严格的LC规定 (要求达到一定的LC比率)

注:①数据来自2008年1月3日《关于新一轮全国油气资源评价和储量产量增长趋势预测报告》;(中国)海洋油气资源量514亿t油当量,占全国总量的36%,其中南海资源量311亿t(深水区158亿t)^②;②已证实储量来自EIA发布的2012年国家数据。

3)尽快确立向大海要能源的“海洋能源战略”,形成常规、非常规能源与新兴可再生能源开发的立体体系,解决我国能源短缺问题。随着我国经济的快速发展,能源短缺的局面将会长期存在。除了近海的常规油气资源,“可燃冰”等非常规能源、风、浪、流、潮汐等可再生能源的开发利用,也应纳入国家能源体系,尽快确立“海洋能源战略”,统筹考虑海工技术研发与关键装备制造计划,从海洋大国迈向海洋强国。

参考文献

- [1] 朱伟林. 中国近海油气勘探的回顾与思考[J]. 中国工程科学, 2011, 13(5):4-9.
- [2] 徐嘉信. 中国海上油气田开发特点及其前景[J]. 中国海洋平台, 1994(Z1):8-26.
- [3] 麦克·戴利. 深水油气:关键在于技术[J]. 能源, 2012(8):36-38.
- [4] Swiss Business Hub Brazil. The Brazilian Oil and Gas Sector [R/OL]. 2011[2013-08-27]. <http://www.s-ge.com/sites/default/files/Brazil%20Oil%20and%20Gas%20Report.pdf>.
- [5] 史三东. 走近“海洋石油981”深水钻井平台[J]. 国防科技工业, 2012(6):52-54.
- [6] 工业和信息化部, 发展改革委, 科技部, 等. 海洋工程装备制造业中长期发展规划[Z]. 2012.
- [7] 毕玉明. 巴西再启“创新石油”计划[J]. 能源, 2012(9):76-77.
- [8] 袁光宇. 中国海油深水技术体系与装备能力建设[J]. 中国海上油气, 2012, 24(4):45-49.

Comparison research on offshore oil and gas development of China and Brazil

Li Huaiyin, Li Hongwei

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

(下转91页)