

上海市重点图书



中国船舶研发史

中国船舶及海洋工程设计研究院 | 上海市船舶与海洋工程学会 · 组编

# 中国

RESEARCH HISTORY OF  
CHINESE OFFSHORE OIL & GAS  
DEVELOPMENT UNITS

# 海洋油气开发装备 研发史

魏跃峰 单铁兵 张太佶 · 编著



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



中国船舶研发史

中国船舶及海洋工程设计研究院

上海市船舶与海洋工程学会

组编

# 中国 海洋油气开发装备 研发史

魏跃峰 单铁兵 张太佶

编著

RESEARCH HISTORY OF  
CHINESE OFFSHORE OIL & GAS  
DEVELOPMENT UNITS



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

本书是“中国船舶研发史”丛书之一,主要介绍了我国典型海洋油气开发装备的研发背景、设计过程、关键技术和社会效应,阐述了70多年来我国海洋油气开发装备从无到有、从近岸到远海、从浅水到深水、从完全依赖进口到自主研发的艰辛历程和取得的辉煌成绩,为从事海洋油气开发装备研发的科技工作者提供珍贵的历史资料,并激励读者秉承前辈的优良传统,锐意创新,为我国海洋油气开发装备的蓬勃发展做出更大贡献。

## 图书在版编目(CIP)数据

中国海洋油气开发装备研发史 / 魏跃峰, 单铁兵, 张太佶编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2022.7  
(中国船舶研发史)  
ISBN 978 - 7 - 313 - 25869 - 4

I. ①中… II. ①魏… ②单… ③张… III. ①海上油气田—油气田开发—装备—研制—技术史—中国 IV. ①TE5 - 092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 047250 号

## 中国海洋油气开发装备研发史

ZHONGGUO HAIYANG YOUQI KAIFA ZHUANGBEI YANFASHI

编 著: 魏跃峰 单铁兵 张太佶

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 上海万卷印刷股份有限公司

开 本: 710 mm × 1000 mm 1/16

字 数: 239 千字

版 次: 2022 年 7 月第 1 版

书 号: ISBN 978 - 7 - 313 - 25869 - 4

定 价: 78.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021 - 64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 17.25

印 次: 2022 年 7 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021 - 56928178

# 中国船舶研发史 编委会

主任 邢文华

副主任 卢霖 林鸥 王征 陈刚 胡敬东 王麟

委员 陈刚 姜为民 李小平 黄蔚 赵洪武 焦松

王刚毅 张毅 冯学宝 吴伟俊 倪明杰 韩龙

景宝金 张超 王文凯

# 中国船舶研发史 专家委员会

主任 曾恒一

副主任 梁启康 王麟 杨葆和 谢彬

委员 郭彦良 费龙 王刚毅 刘厚恕 徐寿钦 康为夏

邱伟强 王磊 张福民 张富明 张敏健 林洁

周国平 吴刚 王彩莲 张海瑛 张关根 韩明

仲伟东 于再红 张太佶 丁勇 丁伟康

# 中国船舶研发史

## 编辑部

主 编 张 毅

编写人员 丁 勇 于再红 韦 强 王丙祥 孙家鹏 田 欣  
史恭乾 曲宁宁 刘积骅 刘秉穗 牟朝纲 牟蕾频  
李刚强 李 佳 李银涛 李晓峰 张志军 林 洁  
卢 晨 桂满海 顾海军 匡 岩 吴 英 吴贻欣  
邱伟强 张富明 张太佶 张海瑛 张宗科 张淇鑫  
明 通 尚保国 单铁兵 陆 晟 俞 贇 姚 亮  
郭彦良 贺慧琼 段雪琼 周兰辛 曹大秋 曹才轶  
虞民毅 唐 尧 杨 添 陶新华 郭满洲 黄小燕  
梁东伟 秦 琦 魏跃峰

# 序

“中国船舶研发史”丛书是对中国船舶，主要是民船、工程船和海洋开发装备研发史的一次归纳和梳理，是一套展现新中国成立以来民船、工程船、海洋开发装备研发所走过的历程和取得的辉煌成就的丛书。

我国是最早发明舟舳舫舸的造船古国。早在唐朝，中国的造船技术就已经有了长足的发展，出现了水密隔舱、平衡舵、开孔舵等先进技术。在船型方面，宋、元朝时期，中国已有海船的船型，其中以江南沿海一带的福船、沙船、广船最为著名，被认为是中国古代的三大船型。至明朝郑和下西洋，以 14 个月时间建造 64 艘大船显示了中国古代在船舶研发和建造中的卓越成就。到了近代，众所周知，中国的造船业虽然也曾仿效西方，甚至造出了铁甲船和万吨船，但终究不能摆脱衰落的命运，开始落后于西方强国，以至于在列强的坚船利炮下，丧失国家尊严，蒙受民族耻辱。真正使中国造船工业出现复兴生机，是新中国诞生之后。1949 年 5 月上海刚解放，上海市军事管制委员会筹建了华东区船舶建造委员会。1949 年 9 月统管全国船舶工业的中央人民政府重工业部船舶工业局宣告成立。统筹全国船舶工业发展，聚集造船人才，同时扩、改、新建造船厂，调整和新建全国船舶专业院校，研究设计和建造两翼齐飞，唤醒了沉睡了近 500 年的古老造船强国！本丛书从新中国诞生这一时刻开始，特别是改革开放以来，以油船、液化气船、工程船、科考船等 10 种民船船型为主题，阐述了新中国的船舶研发历程，并从这一侧面展示新中国“造船人”艰苦奋斗、砥砺前行、锐意创新、攀登高峰，重现造船强国的史实。

70 年中国船舶研究发展过程，各型船舶发展尽管不尽相同，但大致可分为三个阶段：

第一阶段，夯实基础稳步发展（1949—1977 年）。这一阶段，国家把交通运

输业作为优先发展的基础,为船舶工业发展提供了广阔的空间。新中国成立之初,我国贫穷落后,百业待兴,尽管如此,国家仍将发展造船工业放在十分重要的地位,经过新中国成立初期的整合发展,到 1965 年船舶科研机构已整体成制,仅中国船舶工业总公司第七研究院(中国舰船研究院)就有十几个包括总体设计和专项设备的研究所,研究的领域涵盖舰船设计涉及的所有方面。扩建新建中央及地方大、中型造船厂,增添设备,改进工艺,为尽快恢复发展水上交通运输,适应国民经济建设发展所急需的多型民用船舶,力争不买或少买船,设计并建造了中型沿海油船、客货船、长江豪华客船、航道疏浚船、港口起重工程船、科学调查船“实践”号、自升式钻井平台“渤海 1”号和气垫船等追踪当时世界船舶航运界发展动向的船舶。自主设计建造了新中国十大名船之首的万吨级远洋货船“东风”号,结束了我国不能设计建造万吨货船的历史,开创了我国造船史的新纪元。

第二阶段,改革开放快速发展(1978—2010 年)。1978 年以前,由于西方工业强国对我国实行技术封锁政策,我国船舶科技极少对外交流,信息不通致使发展受限,各类大型运输船舶、疏浚装备、海洋开发船舶多依赖进口。1978 年后,在“改革开放”春风的沐浴下,中国的船舶工业如同骏马,奔驰向前。1982 年设计建造的 27 000 吨散货船“长城”号,是第一艘按照国际公约、规则和国外船级社规范设计和建造的出口船。从那时起,我国各类工程船、海洋开发装备等设计和建造开始融入世界船舶科技发展行列。研究设计技术经过引进、消化、创新,不断跨越发展。各大船厂的造船能力大幅度提升。至 20 世纪末,我国已大步迈向世界第一造船大国,不但结束了主要依靠进口船舶的历史,而且大量、多品种船舶出口许多国家。这一时期,各种船型均有相当规模的发展:

集装箱船从无到有,从出口 700 TEU 全集装箱船到 4 700 吨多用途集装箱船;设计和建造了 5 万吨大舱口多用途散装货船、15 万吨双壳体苏伊士型原油船、半冷半压式 16 500 立方米液化石油气(liquefied petroleum gas, LPG)船、布缆船、中型挖泥船、海峡火车渡船等;科考船已进军南极;为适应海洋油气开发,我国形成了从物探船,自升式、半潜式、坐底式钻井平台和半潜式生产平台到浮式生产储油船的全产业链的设计和建造能力。

第三阶段,自主创新跨越发展(2011 年一至今),新世纪尤其是党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央,站在实现中华民族伟大复兴的战略高度,准确把握时代发展大势,作出了建设海洋强国的重大战略决策,指引着船舶工业砥砺前行。

这一时期的中国造船速度在世界造船史上是罕见的。在这迅猛发展的过程中,我国造船工业攻克了多项关键技术,研发和建造能力大幅提升。一批世界级高精尖的船型在中国诞生。科考装备实现了跨越式发展:3 000 米深水半潜式钻井平台“海洋石油 981”号进驻南海正式开钻,标志着我国海洋石油工业深水战略迈出实质性的步伐;亚洲首艘 12 缆地球物理勘探船“海洋石油 720”号、全球首艘 3 000 米深水工程勘探船“海洋石油 708”号交付使用,标志着我国深水作业“联合舰队”逐步成形;我国自行设计、自主集成研制的“蛟龙”号载人潜水器在马里亚纳海沟创造了下潜 7 062 米的中国载人深潜世界纪录,使我国成为世界第五个掌握大深度载人深潜技术的国家;2019 年 7 月,我国第一艘自主建造的极地科学考察破冰船“雪龙 2”号顺利交付。相比“雪龙”号,“身宽体胖”的“雪龙 2”号的破冰能力和科考能力更强,标志着我国南北极考察基地的现场保障和支撑能力取得了新突破。

70年的船舶研发史,是我国船舶工业由弱到强不断发展壮大的历史,展现了中国特色社会主义制度的优势。

70年的船舶研发史,是我国船舶研发水平和造船能力不断提高、不断创新的历史,是我国在船舶研发领域由跟跑者向并跑者乃至领跑者转变的进步史。

70年的船舶研发史,是我国广大船舶研发、建造人员不畏困难、积极开拓、勇于攀登、勇于奉献的真实见证,是我国船舶创业人员不忘初心、牢记使命,追梦深造的奋斗史。

科技是国家强盛之基,创新是民族进步之魂。正如习近平总书记在2021年5月28日召开的两院院士大会和中国科学技术协会第十次全国代表大会上指出:“当今世界百年未有之大变局加速演进,国际环境错综复杂,世界经济陷入低迷期,全球产业链供应链面临重塑,不稳定性不确定性明显增加。”“科技创新成为国际战略博弈的主要战场,围绕科技制高点的竞争空前激烈。”在此背景下,船舶工业无疑面临着新的发展机遇和挑战。回顾历史既是为了总结经验激励前往,更是为了创造未来。如今全面建设社会主义现代化强国迈入新征程,向第二个百年奋斗目标进军的号角已经吹响。让我们以史为鉴,勇于创新、顽强拼搏,为把我国建成海洋强国、实现中华民族伟大复兴的中国梦不断作出新的更大的贡献!

中国工程院院士

曾恒一

# 前 言

随着社会的发展和科技的进步,经济持续增长,人类对能源的需求不断增长。由于陆上油气资源日趋枯竭,油气开发逐渐由陆上过过渡到海洋,并由近海发展到远海,由浅海发展到深海。海洋油气特别是深海油气,将是未来世界油气资源重点开发的领域,海洋油气产业作为世界经济助推器的作用将日益明显。

19世纪末,美国在加利福尼亚距海岸200多米处采用木质栈桥连陆的方式,成功打出了第一口海上油井,拉开了海洋油气开发的序幕。由于当时技术落后,海洋油气开发起步蹒跚,发展较慢。二战<sup>①</sup>以后,各国经济开始全面复苏,对能源的需求也进一步扩大,海洋油气开发快速发展。1947年,美国布朗·路特公司设计、建造和安装了第一座海上石油平台,开创了海洋油气开发的新篇章。此后,海洋油气开发迅速发展。目前,全球共有在生产油气田约3000个,其中约300个分布于深水区。

中国海洋油气勘探开发起步较晚,经历了从无到有、从小到大、从弱到强的跨越式发展。1960年4月,中国在莺歌海开钻了海上第一井——“英冲一井”。1960年7月,从该井中采出了150千克低硫、低碲的原油,这是中国人第一次在海上开采出原油。改革开放后,我国坚持对外合作和自营勘探开发相结合、勘探和开发并进、油气并举的原则,使我国海洋油气开发事业取得了显著的成效。2010年,中国海洋石油年产突破5000万吨,建成“海上大庆”。新时代,党和国家作出了建设海洋强国的重大部署,“要进一步关心海洋、认识海洋、经略海洋,推动我国海洋强国建设不断取得新成就”。我国海洋油气资源勘探开发

---

<sup>①</sup> 第二次世界大战。

能力和大型海洋装备建造水平均有了长足的进步。

海洋油气资源的开发离不开海洋油气装备。本书旨在向船舶与海洋工程专业在校学生以及从事海洋油气装备研发和设计人员介绍海洋油气装备的相关知识、开发历程及取得的成绩。本书共 9 章：第一章概述海洋油气开发的模式、特点和所需装备；第二章至第八章描述各类海洋油气开发装备的结构形式、总体性能、功能特点、发展历程等；第九章展望海洋油气开发装备的未来发展。限于作者的经验和水平，书中难免不妥之处，恳请读者批评指正！

# 目 录

## 第一章 概述 / 1

第一节 海洋油气资源现状 / 1

第二节 海洋油气开发起源和发展 / 3

第三节 海洋油气开发阶段和特点 / 11

第四节 我国海上油气田概况 / 18

## 第二章 坐底式钻井平台 / 21

第一节 坐底式钻井平台特征 / 22

第二节 钻井系统 / 24

第三节 坐底式钻井平台设计 / 30

第四节 我国坐底式钻井平台发展 / 30

## 第三章 自升式钻井平台 / 42

第一节 自升式钻井平台特征 / 43

第二节 升降系统 / 45

第三节 自升式钻井平台设计 / 47

第四节 我国自升式钻井平台发展 / 54

## 第四章 钻井船 / 68

第一节 钻井船特征 / 69

第二节 动力定位系统 / 72

第三节 钻井船设计 / 79

第四节 我国钻井船发展 / 83

## 第五章 半潜式平台 / 95

第一节 半潜式平台特征 / 98

第二节 半潜式平台结构组成 / 100

第三节 我国半潜式钻井平台发展 / 105

第四节 我国半潜式生产平台发展 / 125

## 第六章 导管架平台 / 153

第一节 导管架平台特征 / 154

第二节 导管架平台设计、建造和安装 / 155

第三节 我国导管架平台发展 / 163

## 第七章 浮式生产储卸油装置 / 169

第一节 FPSO 特征 / 170

第二节 FPSO 定位系统 / 172

第三节 FPSO 外输系统 / 177

第四节 FPSO 设计 / 182

第五节 我国船型 FPSO 发展 / 185

第六节 我国圆筒型 FPSO 发展 / 207

## 第八章 张力腿平台和立柱浮筒式平台 / 219

第一节 张力腿平台 / 221

第二节 立柱浮筒式平台 / 231

## 第九章 展望 / 245

参考文献 / 252

索引 / 258

后记 / 261

# 第一章 概述

## 第一节 海洋油气资源现状

地球表面被各大陆地分隔为彼此相通的广大水域称为海洋,总面积约为 3.6 亿平方千米,约占地球表面积的 70.8%,平均水深约 3 795 米。在海洋中蕴含着丰富的海洋矿产资源、海水化学资源、海洋生物资源和海洋油气资源等,这些资源都与现代产业和人类日常生活密不可分。

以海洋油气资源为例,全球油气最终可采资源量为 4 138 亿吨,其中:陆地石油储量 2 788 亿吨,已探明储量约占 75%;海洋石油资源量约 1 350 亿吨,已探明储量约占 28%。全球天然气最终可采资源量为 436 万亿立方米,其中:陆地储量 296 万亿立方米,已探明储量约占 58%;海洋天然气资源量约 140 万亿立方米,已探明储量约占 29%。

陆地石油勘探开发的历史迄今已超过 130 年,陆地油气资源经过多年的开采,即将进入衰退期。根据 Energyfiles 测算,目前陆地石油供应量约为 52 000 千桶<sup>①</sup>/日,在 2016 年前后达峰值 60 000 千桶/日,并在 2020 年后开始缓慢下降。随着陆上新增油田的逐渐减少,陆地天然气供应量也将在 2025 年

---

<sup>①</sup> 桶为容量单位,1 桶=0.159 立方米。



前后达峰值。随着陆地主要油气田勘探开发进入晚期,陆地油气供应量将逐渐趋于平稳。

海洋油气勘探最早始于 1887 年,在美国加利福尼亚的圣巴巴拉地区靠近海边的萨马兰得油田开发过程中,人们不断向海下追踪和开发油田,用木桩做基础建立了第一个海上钻井平台,从此开创了海洋石油工程和石油开发的历史。与陆地油气勘探逐步进入衰退期形成对照,海洋油气勘探近年来开始快速发展。目前,海上油气勘探开发形成“三湾、两海、两湖”的格局。“三湾”即波斯湾、墨西哥湾和几内亚湾;“两海”即欧洲北海和我国南海;“两湖”即里海和马拉开波湖。其中,波斯湾的沙特、卡塔尔和阿联酋,里海沿岸的哈萨克斯坦、阿塞拜疆和伊朗,北海沿岸的英国和挪威,还有美国、墨西哥、委内瑞拉、尼日利亚等,都是世界上重要的海上石油生产国。

我国是个海洋大国,海岸线长度为 1.8 万千米,居世界第四位;大陆架面积位居世界第五位;专属经济区面积为 200 海里<sup>①</sup>,居世界第十位;海洋国土由黄海、渤海、东海和南海组成,水域面积约 470 万平方千米。

南黄海油气盆地,面积约为 10 万平方千米,是中、新生代沉积盆地,以新生代沉积为主。据初步调查勘探,这个盆地石油地质储量为 2 亿~3 亿吨。渤海油气盆地,面积约 8 万平方千米,是辽河油田、大港油田和胜利油田向渤海的延伸,也是华北盆地新生代沉积中心,沉积厚度超过 10 000 米。该海域是我国油气资源比较丰富的海域之一。目前,在辽东湾发现了石油地质储量达 2 亿吨的绥中 36-1 油田、锦州 20-2 凝析油气田和锦州 9-3 等油气田;在渤海中部发现了渤中 28-1 油田和渤中 34-2/4 油田。据中国石油天然气集团有限公司最近宣布,在渤海湾滩海地区冀东南堡油田共发现 4 个含油构造区,基本落实三级油气地质储量(当量)10.2 亿吨。

东海油气盆地,面积约为 46 万平方千米,是我国近海已发现的沉积盆地中面

---

<sup>①</sup> 海里为长度单位,1 海里=1.852 千米。

积最大、远景最好的盆地,主要包括天外天油气田、春晓油气田、断桥油气田、残雪油气田、平湖油气田等,该区的油气储量为 40 亿~60 亿吨。

南海属于热带深海,油气资源潜力大,对我国能源安全具有重要的战略意义。据海南省政协提案提供的数据,到目前为止,南海勘探的海域面积仅为 16 万平方千米,而发现的石油储量有 55.2 亿吨,天然气储量有 12 万亿立方米。初步估计,整个南海的石油地质储量为 230 亿~300 亿吨,约占中国总油气储量的 1/3,属于世界海洋油气主要聚集中心之一,有“第二波斯湾”之称。据估计南海油气的远景储量将超过 500 亿吨。

南海油气开发尚处于起步阶段,实际储量尚未探明,大部分的油气藏又位于离大陆较远的南海南部,这些因素都对勘探技术提出了很高的要求。南海周边局势复杂,政治考量也会成为油气勘探开发的重要影响因素。

## 第二节 海洋油气开发起源和发展

长期以来,人类对油气资源的开发只局限于陆地,所研发的开采技术也是针对陆地的特点来开展的。虽然在近海的油田开发中常常遇到有些油、气田横跨在海陆交界处,但是,采用什么手段才能将埋藏在靠近岸边的近海油、气资源开采出来,就成为当时人们所关注和希望解决的问题。在当时还没有海上钻井装置的情况下,最简单的办法就是从紧靠海边的海岸倾斜钻井,把钻井机械安置在岸边,利用井身的倾斜,使采油管延伸到海底的油层里,这是最早开发海底油、气资源的模式。在内陆湖泊的周边,也曾使用过相同的手段。但是斜井从岸边陆地延伸到海中的水平距离不可能太长,一般只有几百米。要想将远离岸边的海底油气资源开采出来,最好的办法是在应用陆地上成熟的钻井技术的基础上,设法在海上建造一个从海底延伸到水面的稳固平台,可以将陆地上常用的钻井设备设置在其上。