



HAIYANG YOUQI
KANTAN KAIFA
GONGCHENG JISHU GAILAN

海洋油气勘探开发 工程技术概览

廖谟圣 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

海洋油气勘探开发 工程技术概览

廖谟圣 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要阐述海洋石油、天然气(含页岩气等)勘探开发工程所涉及的基本技术知识,关键技术、工艺与装备。内容包括勘探开发海洋油气资源的综合知识、海洋油气物探一般知识和关键技术、海洋油气钻采工程关键技术与工艺、海洋油气钻采装备的基本知识和关键技术、海洋油气水分离处理的一般知识、海洋油气储存与输送的一般知识、海洋油气开发工程管理、安全与环保知识、深海油气钻采工程技术工艺以及未来海洋油气钻采集输技术工艺与装备的发展趋势预测等。本书可为海洋油气勘探开发的技术人员、工人、相关管理人员、相关大专院校师生提供技术知识、实践经验的借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋油气勘探开发工程技术概览/廖谟圣编著. —
北京:中国石化出版社,2015.6
ISBN 978-7-5114-3347-3

I. ①海… II. ①廖… III. ①海上油气田-油气勘探-研究②海上油气田-油气田开发-研究 IV.
①P618.130.2②TE5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第098964号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。



中国石化出版社出版发行

地址:北京市东郊区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本24印张597千字

2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

定价:68.00元

前 言

纵观流逝数百年之近代世界史，强国之道在于发展海洋科技与经济实力。21世纪乃海洋世纪，发展海洋科技与高技术装备用于开发海洋则尤为重要。石油和天然气对工业、民生和强国而言，犹如人所需之血液与氧气。实乃民生及国防之必需也。

浩瀚海洋，约占地球表面积三分之二乃过之。海底蕴藏之油气资源，亦显超海陆总资源量之半壁。人类最终将集中关注海底油气等资源之开发。

海洋油气工业之技术、工艺与装备，过半者皆属高端科技。彼既涉及民族基础工业，亦涉及高精尖之关键技术领域，其手段及装备国产化程度，实乃国家工业化及国防现代化程度之写照。对此甚为至要之事，吾辈焉能等闲视之。

欲获海洋油气资源，需经浩瀚海洋的地球物理勘探，波涛汹涌的海上钻井，证实海底油气储量后，相继制定经济可行之开发方案；通过钻开发井、完井、采油、油气分离处理、集存与输送等高新技术工艺与手段，才能获取工业之血液与氧气——石油及天然气。全面了解、掌握这些技术、工艺与相应装备甚为必要。

笔者积四十余年海洋油气装备设计、制造与重大海洋油气开发项目全过程管理的实践经验，编撰此《海洋油气勘探开发工程技术概览》一书，以期对我国扩大海洋油气勘探、开发、油气集输工程实施有所借鉴，实乃本人初衷之万慰也。

本书较系统通俗阐述有关海洋油气物探、勘探、钻井、完井采油、油气分离处理、油气集存与输送、安全管理等涉及之基本知识、关键技术、实践工艺。并对其深水、超深水钻采工艺技术与装备及其发展趋势亦作了介绍。为了读者使用方便，本书中使用了较多目前业界习惯使用的英制计量单位（但同时均已折算成为我国法定计量单位）。本书可作为从事海洋油气勘探开发之科研设计人员、工程技术人员及石油院校师生阅读参考，对相关管理干部、技术工人亦有一定实用与参考价值。

鉴于作者经验与水平所限，谬误之处，敬请批评指正。

编著者 廖谟圣
2015年1月于上海

目 录

第1章 勘探开发海洋油气资源的综合知识	(1)
1.1 海洋的财富	(1)
1.1.1 海洋油气资源	(1)
1.1.2 海底可燃冰	(2)
1.1.3 海水和水面能量资源	(2)
1.1.4 海水中的化学资源	(4)
1.1.5 海洋渔业资源	(4)
1.1.6 海底其他矿物资源	(4)
1.1.7 海洋空间资源	(5)
1.2 海洋环境	(5)
1.2.1 海洋地形地貌	(5)
1.2.2 海洋风	(6)
1.2.3 海洋浪	(7)
1.2.4 海洋流	(7)
1.2.5 海洋风浪流对海洋结构物的影响	(7)
1.2.6 海洋风浪的等级	(7)
1.3 海洋油气简介	(9)
1.3.1 海洋油气的种类	(9)
1.3.2 海洋油气的形成、特性与用途	(9)
1.4 世界陆地和海洋油气储产概况与浅析	(12)
1.4.1 世界主要油气储产国探明海陆石油储量与浅析	(12)
1.4.2 世界主要油气储产国探明海陆天然气储量与浅析	(15)
1.4.3 世界主要油气储产国近年海陆石油产量简况与浅析	(18)
1.4.4 世界陆地、浅海及深海油气生产发展简况	(20)
1.5 开发海洋油气资源的必要性、特点与程序	(21)
1.5.1 开发海洋油气资源的意义与价值	(21)
1.5.2 海洋油气勘探开发的特点	(22)
1.5.3 海洋油气勘探开发的主要目的、阶段与内容	(23)
1.5.4 海洋油气勘探开发的一般程序	(23)
1.6 海洋油气勘探开发涉及的技术工艺与装备总梗概	(24)

1.6.1	海洋油气勘探开发工程工艺的总流成与相应装备的总类别	(24)
1.6.2	海洋油气勘探开发各类装备的总组成	(25)
1.7	海洋油气资源开发技术进展	(29)
1.7.1	世界海洋油气资源开发技术进展	(29)
1.7.2	我国海洋油气资源开发与技术进展	(36)
第2章	海洋油气地球物理勘探和海底工程地质勘察	(41)
2.1	海洋油气地球物理勘探简介	(41)
2.1.1	海洋油气地球物理勘探的概念	(41)
2.1.2	海洋物探的分类	(41)
2.1.3	海洋地震勘探的优点和与陆上地震勘探的差异	(42)
2.2	海洋地震勘探技术	(43)
2.2.1	海洋地震勘探的步骤和原理	(43)
2.2.2	海洋地震勘探的关键技术	(44)
2.3	海洋地震勘探装备	(48)
2.3.1	海洋地震勘探船舶	(48)
2.3.2	海洋地震勘探气枪震源及电缆的拖带与收放系统	(51)
2.3.3	海洋地震勘探数据采集与处理设备	(54)
2.3.4	海洋地震勘探船上的其他仪器设备	(54)
2.3.5	其他海洋小型物探船	(54)
2.4	海底工程地质勘察技术与工艺	(55)
2.4.1	海底工程地质勘察的目的及重要性	(55)
2.4.2	海底工程地质勘察常用的技术与工艺	(55)
2.5	海洋工程地质勘察装备	(57)
2.5.1	国外典型的海洋工程地质勘察船及其装备	(57)
2.5.2	国内典型的工程地质勘察船及其钻机	(58)
第3章	海洋油气钻井工程技术与工艺	(65)
3.1	海洋油气钻井的形成条件	(65)
3.1.1	构成海洋油气钻井的要素	(65)
3.1.2	海洋非浮动式(即固定式)钻井的形成条件	(69)
3.1.3	海洋浮动平台(船)钻井的形成条件	(70)
3.2	钻井类别的区分	(70)
3.2.1	海洋油气钻井的分类	(70)
3.2.2	生产钻井的不同钻井方式	(70)
3.3	勘探钻井的特点和选用平台的类型	(71)
3.3.1	勘探钻井的特点	(71)

3.3.2	勘探钻井工作水深与选用平台的关系	(71)
3.4	采用不同海洋平台的生产井钻井	(71)
3.4.1	井口平台的生产井钻井	(71)
3.4.2	海底基盘的预钻井	(73)
3.4.3	海上固定平台的直接钻井	(74)
3.4.4	海底钻、完井的深海浮式钻井	(74)
3.4.5	近水面钻、完井的无限海深浮式钻井	(75)
3.5	海洋非浮式钻井工艺	(75)
3.5.1	海洋非浮式钻井设计	(76)
3.5.2	海洋非浮式钻非常用工艺	(80)
3.6	海洋浮式钻井工艺	(85)
3.6.1	海洋浮式钻井设计	(85)
3.6.2	海洋浮式钻井通用工艺	(90)
3.7	水平钻井关键工艺技术与海洋致密性岩层(页岩)的开发	(97)
3.7.1	水平钻井的优点和对开发海洋致密性岩层(页岩)油气的意义	(97)
3.7.2	海洋致密性岩层(页岩)油气水平钻井关键钻井工艺	(98)
3.8	其他提高海洋油气钻井效率、确保钻井质量的新技术与工艺	(99)
3.8.1	采用钻柱升沉运动补偿器和顶部驱动技术	(99)
3.8.2	定向井钻井运用随钻测量技术和测井技术	(100)
3.8.3	集束钻井技术与工艺	(100)
3.8.4	预钻井技术	(102)
3.8.5	采用大功率导向钻井螺杆液马达、使用同一套组合钻具钻井技术	(102)
3.8.6	合理使用性能良好并有较大润滑作用的泥浆体系	(102)
3.8.7	合理使用 PDC 钻头	(102)
3.8.8	推广小井眼石油钻井工艺	(103)
3.8.9	采用无人有缆遥控水下作业船辅助钻井采油的水下作业	(103)
3.8.10	分支井钻井技术	(103)
3.9	超深水钻井技术与工艺	(103)
3.9.1	深水和超深水钻井的概念	(103)
3.9.2	深水和超深水钻井的套管程序	(104)
3.9.3	深水、超深水钻井的主要工艺	(105)
3.9.4	深水和超深水钻井应特别关注的重大工艺技术要点	(108)
第4章	海洋油气完井采油工程技术与工艺	(111)
4.1	海洋油气完井采油工程总概念	(111)
4.1.1	海洋完井采油的通用概念	(111)

4.1.2	海洋油气完井采油工程与陆地共用的采油方式	(111)
4.1.3	海洋油气完井采油工程工艺技术与陆地的对比	(111)
4.2	平台完井工程技术与工艺	(112)
4.2.1	预钻井后的平台回接	(112)
4.2.2	平台完井设计	(115)
4.2.3	平台完井简要工艺	(116)
4.3	浮式钻井后的海底完井工程技术	(119)
4.3.1	浮式钻井后的海底完井与平台完井的对比	(119)
4.3.2	浮式钻井后海底完井的组合方式	(119)
4.4	特殊低孔、渗透油气层采油气的工艺技术	(120)
4.4.1	提高海洋油气田低孔、渗透油气层采油气常用的工艺技术	(120)
4.4.2	老海洋油气田薄、散、弱油藏的增产挖潜工艺技术	(121)
4.5	超深水完井采油(气)技术与工艺	(121)
4.5.1	超深水完井采油(气)特殊的技术与工艺	(121)
4.5.2	深水和超深水完井关注的工艺技术要点	(122)
4.5.3	超深水完井采油工艺设施的组合方式	(123)
第5章	海洋油气钻采平台(船)	(125)
5.1	海洋油气钻采平台(船)的类别	(125)
5.1.1	海洋油气钻采平台的分类	(125)
5.1.2	海洋油气开发用钻采平台(船)的进一步分类与阐述	(127)
5.2	各类钻采平台的基本构成、总体性能和特点	(128)
5.2.1	各类固定式钻采平台	(128)
5.2.2	各类难位移浮动式采油(气)平台	(133)
5.2.3	各类移动式钻采平台	(135)
5.2.4	各类钻井采油平台总体性能特点及适应海洋环境数据列表对比	(144)
5.3	钻井采油平台的关键工程技术	(150)
5.3.1	平台设计应关注的问题	(150)
5.3.2	导管架(固定式)平台相关工程技术	(155)
5.3.3	移动式钻井平台相关工程技术	(157)
5.4	国内外拥有和建造油气钻采平台(船)简况	(164)
5.4.1	全球拥有和建造油气钻采平台(船)简况	(164)
5.4.2	国内拥有和建造油气钻采平台(船)简况	(171)
5.5	第6、7代油气钻采平台(船)	(193)
5.5.1	第1~7代油气钻采平台(船)的评价浅见	(193)
5.5.2	国内外新建典型的第6代和第7代油气钻采平台(船)	(197)

第6章 海洋油气钻采设备	(202)
6.1 海洋油气钻井设备	(202)
6.1.1 海洋油气钻井设备的分类与用途	(202)
6.1.2 海洋油气钻井主设备	(205)
6.1.3 海洋油气浮式钻井专用设备	(241)
6.1.4 海洋油气钻井主要辅助设备	(281)
6.2 海洋完井采油(气)设备	(291)
6.2.1 海洋完井采油(气)设备的组成与分类	(291)
6.2.2 采油(气)主设备及系统的组成与结构	(292)
6.2.3 压裂设备	(302)
第7章 海洋采收油气的分离处理	(304)
7.1 海洋采收油气分离处理的一般知识	(304)
7.1.1 海洋油气井流物分离处理的必要性	(304)
7.1.2 海洋采收油气分离处理的特点与工艺方案的选择要则	(304)
7.1.3 油气水分离的一般方法和分离器的分类	(305)
7.2 海洋采收油气分离处理的简要工艺流程	(305)
7.2.1 海洋平台(或船)油气水分离处理的简要流程	(306)
7.2.2 海洋油气分离处理的分别工艺流程概要	(306)
7.2.3 海洋污水分离处理和排放概要	(308)
7.3 海洋采收油气的分离处理设施	(309)
7.3.1 海洋油气水分离处理的主要设施	(309)
7.3.2 海洋油气水分离处理平台(船)的公用设施	(312)
第8章 海洋油气的储存与输送	(316)
8.1 海洋油气集输的概念	(316)
8.2 海洋油气集输的特点	(316)
8.3 海洋油气集输的分类、选择与评价比较	(317)
8.3.1 海洋油气储存和输送方式的总分类	(317)
8.3.2 海洋油气输送方式的具体分类与比较	(317)
8.3.3 海洋油气储存和输送方式的总体综合选择与评价	(318)
8.4 海洋油气的储存	(318)
8.4.1 海洋油气储存的技术条件	(318)
8.4.2 海洋油气的周转性(临时性)储存	(319)
8.4.3 海洋油气的战略性(较长时间)储存	(321)
8.5 海洋油气的船舶输送	(322)
8.5.1 海洋油气船舶输送方式的分类	(322)

8.5.2	海上原油的船舶输送	(322)
8.5.3	液化天然气(LNG)的船舶输送	(324)
8.5.4	液化石油气(LPG)的船舶输送	(325)
8.5.5	压缩天然气(CNG)的船舶输送	(325)
8.6	海洋油气海底管道输送	(326)
8.6.1	海底油气管道输送的国内外简况	(326)
8.6.2	海底油气管道输送方式的分类及其优缺点	(326)
8.6.3	海底油气管道的设计与建造	(327)
8.6.4	海底油气管道的完工检测与投产	(328)
8.6.5	海底油气管道的维修	(329)
8.6.6	海底油气输送管道建设用装备	(332)
第9章	海洋油气勘探开发工程管理、安全与环保	(334)
9.1	海洋油气勘探开发工程管理、安全与环保工作的重要性	(334)
9.1.1	海洋油气勘探开发工程的性质	(334)
9.1.2	海洋油气勘探开发高危性质的主要因素	(334)
9.1.3	对海洋油气勘探开发工程应持的态度	(335)
9.2	海洋油气开发工程管理的主要程序和内容	(335)
9.2.1	海洋油气开发工程建设初期工作的主要程序和内容	(335)
9.2.2	海洋油气开发工程建设阶段的工程组织和主要工作程序	(336)
9.2.3	海洋油气开发工程建设阶段和生产期的管理	(336)
9.3	海洋油气开发工程的安全管理	(336)
9.3.1	实行油气田开发工程全方位、全过程的安全管理	(336)
9.3.2	实行有效的安全培训	(337)
9.3.3	设计配备可靠的安全防火救生设施	(337)
9.3.4	实行严格的安全检查、持证投产与持证操作	(337)
9.4	海洋油气开发工程的环境保护	(337)
9.4.1	海洋油气开发工程环境保护的关键点	(337)
9.4.2	严格执行国家规定的环境保护法规	(338)
9.4.3	严格执行海洋油气开发与环境保护的“三同时”制度	(338)
9.4.4	增加配备必须的环境保护设施	(338)
9.4.5	严格执行环保检测	(338)
9.5	海洋油气开发工程的HSE体系	(338)
9.6	由典型海洋油气事故引发对HSE体系影响的思考	(339)
9.6.1	墨西哥湾“深水地平线”号燃爆事故及对HSE体系影响的思考	(339)
9.6.2	“爪哇海”号钻井船沉没在安全方面的教训与思考	(343)

第 10 章 海洋油气开发工程发展展望	(346)
10.1 海洋油气钻井采油新技术发展展望	(346)
10.1.1 海洋油气钻井采油不断向深水、超深水迈进	(346)
10.1.2 海洋油气钻井采油不断向深地层挺进	(347)
10.1.3 海洋油气钻采不断向大水平位移井延伸	(348)
10.1.4 海洋油气钻采井的分支井向更多分支井发展	(349)
10.1.5 海洋石油小井眼钻井越来越受重视	(349)
10.1.6 海洋石油套管钻井技术具有诱人的发展潜力	(349)
10.1.7 全球油气勘探开发总投资(含海洋油气勘探开发)增加	(349)
10.2 海洋油气钻井采油平台(船)技术发展展望	(350)
10.2.1 移动式钻井平台(船)技术发展展望	(350)
10.2.2 海洋采油平台(船)技术发展展望	(352)
10.3 主要海洋油气钻井采油和油气分离设备发展展望	(355)
10.3.1 主要海洋油气钻井设备	(355)
10.3.2 主要海洋油气采收设备	(356)
10.3.3 主要海洋油气分离设备	(357)
10.4 海洋油气集输设施发展展望	(357)
10.4.1 海洋油气集储设施	(357)
10.4.2 海洋油气输送船舶	(358)
10.4.3 海洋浮式液化天然气储存和再汽化装置(FSRU)	(358)
10.4.4 海底油气输送管线	(358)
附录	(359)
参考文献	(371)

第1章 勘探开发海洋油气资源的综合知识

1.1 海洋的财富

1.1.1 海洋油气资源

(1) 海洋油气资源的范围

海底石油资源、海底天然气资源、海底页岩气资源、海底煤层气资源等。海底可燃冰资源将是海洋油气资源的接替能源。

(2) 海底石油资源

1) 世界海底的石油资源量

据地质学家预测,海底的石油天然气总储量约为150~250Gt,是世界70多年来探明陆地石油天然气总储量的两倍,其经济价值约为15万亿~25万亿美元甚至更多,其中海底石油总储量约为135Gt。

2) 我国海底的石油资源量

据我国第三次石油资源评价得知:我国海洋石油资源量为24.6Gt(约计 $2.8 \times 10^{10} \text{m}^3$),为2011年年末我国探明原油储量($246.1 \times 10^7 \text{m}^3$)的11.3倍左右。目前海洋石油的探明率仅为12%,极具勘探开发潜力。

(3) 海底天然气资源

1) 世界海底的天然气资源量

据地质学家的预测,全球在海底的天然气总储量约 $1.4 \times 10^{14} \text{m}^3$ (折合油当量 $1.4 \times 10^{11} \text{m}^3$)。

2) 我国海底的天然气资源量

据我国第三次石油资源评价得知:我国海洋天然气资源量为 $1.6 \times 10^{13} \text{m}^3$ (折合油当量 $1.6 \times 10^{10} \text{m}^3$),为2011年我国探明天然气储量($21945.9 \times 10^8 \text{m}^3$)的7.29倍左右。目前海洋天然气的探明率仅为11%,也极具勘探开发潜力。

(4) 页岩气资源

据美国能源信息署(Energy Information Administration,简称EIA)估计,2012年全球技术可采页岩气资源量达 $729.9 \times 10^{13} \text{ft}^3$,折合 $206.6 \times 10^{12} \text{m}^3$,油当量约 $206.6 \times 10^9 \text{m}^3$,较2011年增长约10%,占全球天然气资源量的32%;页岩油资源量达 $34.5 \times 10^{10} \text{bbl}$ (桶),折合 $548.5 \times 10^8 \text{m}^3$,较2011年的 $3.2 \times 10^{10} \text{bbl}$ (折合 $508.8 \times 10^7 \text{m}^3$)增长约10倍,占全球原油储量的21.2%。美国页岩气资源量为 $(42.0 \sim 52.6) \times 10^{12} \text{m}^3$,加拿大页岩气资源量大于 $42.5 \times 10^{12} \text{m}^3$,我国页岩气资源量约 $127.5 \times 10^{13} \text{ft}^3$ (折合 $36.1 \times 10^{12} \text{m}^3$,油当量约 $36.1 \times 10^9 \text{m}^3$),另有资料认为我国页岩气资源量为 $(15.0 \sim 30.0) \times 10^{12} \text{m}^3$,平均值为 23.5×10^{12}

m³。按目前的消耗水平，这些储量足够中国使用 200 多年。

(5) 煤层气资源

我国煤层气(俗称“瓦斯”)储量丰富，是排在俄罗斯、加拿大之后的第三大煤层气储量国。据不完全统计，我国 2000m 以浅的煤层气资源总量约为 $3263.66 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，其中 1000 ~ 2000m 埋深的为 $2156.66 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，1000m 以浅的为 $11.07 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

上述有关页岩气和煤层气的估计均并未分别指明海陆域储量，由于我国海域面积辽阔，尚未涉足勘探，其储量前景亦非常乐观。

1.1.2 海底可燃冰

(1) 海底可燃冰的形成

可燃冰又称天然气水合物，它广泛分布于深海和极地的海底沉积物或陆域的永久冻土中，是由于天然气与水在低温、高压条件下形成的类似冰一样的结晶物质，因它的外貌像冰、遇火可立即燃烧，所以又称可燃冰、气冰或固体瓦斯。可燃冰的主要气体为甲烷，对甲烷分子含量超过 99% 的天然气水合物，通常称为甲烷水合物(Methane Hydrate)。

(2) 全球海洋可燃冰的蕴藏量

预测目前全世界甲烷水合物储存约 $2.5 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ，其蕴藏量相当于全球石油天然气和煤总和的两倍，约为 2011 年全球天然气储量的 127.5 倍。日本沿海的甲烷水合物蕴藏量为 $(4.0 \sim 20.0) \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，相当于日本 100 年的天然气使用量，仅为全球海底甲烷水合物总蕴藏量的 0.016% ~ 0.080%。可见海底可燃冰储量之丰厚，是未来重要的后续能源。

(3) 我国海洋可燃冰的蕴藏量

我国是可燃冰资源储量最多的国家之一。2004 年，中德联合科考队的“太阳号”考察船在南海海底发现了当今全球最大的碳酸盐结壳，它的面积约 4301 km^2 。据专家预测，我国南海西沙海槽、台湾西南陆坡、南沙海槽、冲绳海槽海底可能存在大量的可燃冰资源，其总资源储量为 80.344Gt 油当量；初步估计，南海可燃冰资源量相当于 65Gt 油当量，够我国使用 130 年。其中经国土资源部广州海洋地质调查局等单位的勘测结果显示，仅南海北部陆坡的可燃冰资源量就达到 18.5Gt 油当量。我国科考人员在南海北部神狐海域钻探目标区内已圈定 11 个可燃冰矿体，预测储量为 $1.94 \times 10^{10} \text{ m}^3$ (1 m^3 的可燃冰分解后可生成约 $164 \sim 180 \text{ m}^3$ 的天然气)，在 140 km^2 钻探目标区内可燃冰矿体厚度达 20m，矿体饱和度分别为 25.5%、40% 和 43%，是目前世界发现可燃冰矿体饱和度最高的地方。

1.1.3 海水和水面能量资源

(1) 海水和水面能量资源的主要种类

在海水资源中，有海水运动能量资源和海水中的能量资源两类。海水运动能量资源有海流、波力、温差、潮汐发电资源；海水中的能量资源有重氢、铀等；水面能量资源主要是水面风力资源。

(2) 海流力资源

1) 海流力资源的含义

海流力是月球对地球海水的吸引力，即由潮汐作用产生的一种力，利用此力驱动水轮发电机产生的发电能量，即是海流力资源。

2) 海流力的资源量

据有关专家预计，至 2020 年，全球海流发电能力将达 $(1.0 \sim 3.0) \times 10^8 \text{ MW} \cdot \text{h}$ 。发电能力达 240MW。

(3) 海水波力、温差、盐度差等能量资源

1) 海水波力资源的含义

海水波力是由于海洋风作用于海水产生的波浪力，利用此波浪力发电产生的能量即为海水波力资源。

2) 海水温差能资源的含义

由于日照而使海水水面温度大大高于海水深部的温度，利用温度差发电产生的电能，即为海水温差能资源。

3) 海水盐度差能资源的含义

由于海水水面盐度含量与海水深部盐度含量差别很大，利用海水盐度差产生的发电能量，即为海水盐度差能资源。

4) 海流、波力、温差、盐度差等能量资源的资源量

据有关专家预计，海流、波力、温差、盐度差等能量资源的发电总能量约在 $1.0 \times 10^6 \text{ MW}$ 以上。

(4) 海水中的重氢资源

1) 重氢的含义

普通氢原子的原子核中只含有 1 个质子，也称氕，即我们通常称为的氢(H)，若氢原子的原子核中含有 1 个质子和 1 个中子，即称为重氢，又叫氘(D 或 2H)。若氢原子的原子核中含有 1 个质子和 2 个中子，即称为超重氢，又叫氚(T)。人们一般所说的氢元素没有特殊说明就是氕元素(H)，而其他两种在自然界中很少，比黄金还要珍贵；重氢(D 或 2H)在大自然的含量约为一般氢的 $1/7000$ ，用于热核反应。被称为“未来的天然燃料”。

2) 海水中重氢的资源量

海水中有 400kt 以上的重氢，受控热核反应的能量相当于 130 ~ 400Gt 汽油的能量。

(5) 海水中的铀资源

1) 铀的含义

铀(Uranium)是一种天然放射性元素，它的原子序数为 92，其元素符号是 U，是自然界中能够找到的最重元素。在自然界中存在三种同位素，均带有放射性，拥有非常长的半衰期(数亿年至数十亿年)；此外还有 12 种人工同位素(铀-226 ~ 铀-240)。铀化合物早期用于瓷器的着色，在核裂变现象被发现后用作核燃料，用于原子能工业以及核武器的制造。

2) 海水中的铀资源量

海水中有 4Gt 铀，为陆地总储量的 44 倍，其无污染的热核发电，将是人类取之不尽、用之不竭的清洁能源来源。

(6) 海面以上的风能资源

1) 海面以上风能资源的含义

海水水平面以上风能资源主要是水面风力发电资源。

2) 海面以上的风能资源量

2009 年，全球海上风力发电能量达到 454MW，海上风力发电装机容量 > 2000MW；海上风力发电能量将会逐年增加。

1.1.4 海水中的化学资源

(1) 海水中化学资源的主要种类

目前世界发现的化学资源共有 92 种天然元素，其中海水中有 80 多种。每升海水中含量在 1mg 以上的元素依次有氯(Cl)、钠(Na)、锰(Mg)、硫(S)、钙(Ca)、钾(K)、溴(Br)、炭(C)、锶(Sr)、硼(B)和氟(F)共 11 种，约占海水化学元素总含量的 99.8% ~ 99.9%。

(2) 海水中的微量化学资源

每升海水含有 1~100mg 的元素，叫微量元素，如铁、钼、钾、铀、碘等。

(3) 海水中的痕量化学资源

每升海水含有 1mg 以下的元素叫痕量元素，如金、银、镉等。

(4) 海水中盐的蕴藏量

海水中盐的含量为 5%；溶解于海水中的化学元素绝大多数是以盐类离子的形式存在的，其中氯化钠最多，占 88.6%，硫酸盐占 10.8%；海水中的盐约有 5.0×10^7 Gt，若将其铺在地球表面上，地面将增高 150m。

1.1.5 海洋渔业资源

(1) 海洋渔业资源对人类生存的重要性

海水中的生物资源是人类越来越重要的蛋白质来源，在不破坏生态平衡的条件下，每年可获 200Mt 鱼，约为现在世界每年实际捕捞量的 3 倍；全球海洋浮游生物年产可达 500Gt (鲜重)，每年的水产品可提供 30 亿人食用。

(2) 海洋渔业资源的种类

海洋渔业资源由鱼类、甲壳类、头足类、棘皮类、藻类等组成，以鱼类为主要资源。

(3) 海洋鱼类资源及捕捞量

海产鱼类资源超过 1.6 万种，年产量超过 1Mt 的约 12 种，如狭鳕、大西洋鳕鱼、秘鲁鳀鱼、大西洋鲱鱼、鲑鱼、毛鳞鱼、远东拟沙丁鱼、沙瑙鱼、智利竹荚鱼、沙丁鱼、鳀、黄鳍金枪鱼等，约占世界海洋渔获量的 1/3；年产量不足 50kt 的品种约为 140 种。目前，全世界每年从海洋中捕捞的 60Mt 水产品中，90% 是鱼类。鱼类种类较多，可供食用的就有 1500 多种。

鱼类可谓全身是宝，营养经济价值很高，含有大量的蛋白质，味道鲜美。

生长在南极的一种磷虾被誉为“21 世纪的流行食品”，有很高的营养价值，在南极是鲸类吞食的对象。估计南极附近海域有磷虾数十亿吨。

(4) 海洋藻类资源及生产量

海洋藻类年生长量可达 130~500Gt，是维护海洋生态平衡及水生生物赖以生存的基础。海洋有大型藻类 4500 多种，但目前被利用的仅有百余种，年生产量也不大，可见藻类资源的开发利用潜力也很大。

1.1.6 海底其他矿物资源

(1) 海底其他矿物资源的主要种类

海底其他矿物资源的主要种类有：多金属沉积结核(如铁锰结核、富钴结壳等)、煤矿、

铁矿、滨海砂矿(如金刚石、金红石、钛铁矿、锆石、黄金和锡等)。

(2)海底其他主要矿物资源的储存量

以多金属沉积结核为例:富集于3000m水深以下的多金属沉积结核(又称锰结核),其总储量在3000Gt以上,其中镍含量为陆地储量的1940倍。

(3)海底热液矿物资源

海底热液矿物资源通常产于海相火山岩系和沉积岩系中,热液除含有铜(Cu)、锌(Zn)、铁(Fe)和铅(Pb)、锰(Mn)的硫化物组成外,还伴有金(Au)、砷(Af)和钴(Co)等多种有益元素。

1.1.7 海洋空间资源

(1)海洋空间概貌

1)地球的海洋表面积

地球的海洋表面积(即海洋的水面空间)达2/3以上,为 $3.62 \times 10^8 \text{ km}^2$ 。

2)海洋的水下空间

在海平面以上的陆地高度平均值为840m,而海洋深度平均值高达3730m。科学技术的发展,使人类涉足于月球和宇宙空间,然而深海的奥秘尚未完全探明。全世界海洋深度在海深3000~6000m区间占海洋面积的绝大部分,达73.83%。

(2)海洋水面及其上的空间资源

海洋空间包括水面及其上的广大空间,利用其水面的交通航海、水面以上的航空交通、水面建筑的居住、养殖、旅游、工厂、商业中心、军事基地等,空间广阔,利用资源无限。

(3)海洋水下空间资源

海深3000~6000m的深水海域空间浩大,包括其他不同水深的空间,均可提供水下航运、居住、养殖、旅游、水下工厂、商业中心等场所,是人类未来开发和利用的无限资源。

1.2 海洋环境

所谓海洋环境即海洋地形地貌和海况。它是由所处海洋位置的海水深度、离岸距离和风力、波浪、潮汐、海流、冰凌和地震等状况所组成。永远运动着的海水主要受风、浪、流等的影响。

1.2.1 海洋地形地貌

(1)地球表面积与海洋表面积

地球的表面积为 $5.11 \times 10^8 \text{ km}^2$,其中海洋表面积为 $3.62 \times 10^8 \text{ km}^2$,占我们人类生活和活动面积与空间的2/3以上,是人类未来余下的活动场所和财富储备的宝库。

(2)海洋海水深度及所占比率

在海平面以上的陆地高度平均值为840m,而海洋深度平均值高达3730m。全世界海洋深度在0~200m的大陆架仅占7.49%的海洋面积,而水深在6000m以上的也仅占1.38%;海洋深度为200~1000m占4.42%;1000~3000m占12.88%;海深3000~6000m占海洋面积的绝大部分,达73.83%。

(3)海底地形地貌的分类

海底地形地貌，与人类开发海洋有密切关系，海洋地形大致可分为大陆架、大陆坡、海盆、海沟和海岭5类。

大陆架呈1/500~1/1000的平缓坡度，最深水深约200m；大陆坡是大陆架与洋底之间的过渡带，坡度为1/10~1/40，水深1400~3200m；其余为大洋盆，平均水深3700m（详见图1-2-1）。世界最深的马里亚纳海沟，深度达11034m。

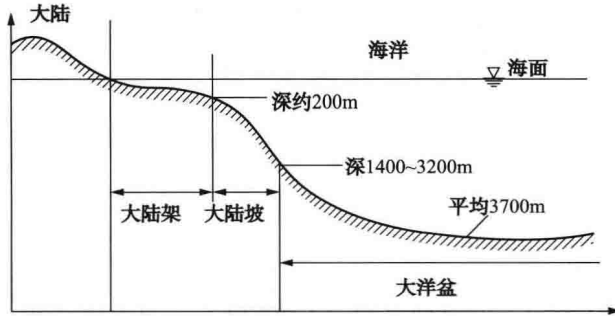


图1-2-1 海底形态划分示意图

1.2.2 海洋风

(1) 风的分类

风可分为大规模的风系、中规模的风系和小规模的风系三种。

(2) 风的形成因素

大规模的风系是由地球自转引起的大气环流产生的东南信风、东北信风、偏西风、极地东风等；中规模的风系有季节风和台风等；小规模的风系包括由于海陆气温差而引起的海风和陆风以及雷暴风和风暴前锋的龙卷风等。

(3) 台风的形成因素

由于地球偏向力也就是科氏力的作用(科氏力——是由于地球各纬度自转速度不同而产生的一种偏向力)，北半球台风呈逆时针旋转，南半球飓风呈顺时针旋转，而赤道却没有台风，因为南北纬 5° (在赤道附近)以内的地区科氏力甚弱，故台风难以在赤道附近形成。台风是发生在北太平洋西部和南海的具有暖中心结构和台风眼区的强烈气旋性涡旋。

形成台风主要有两个条件，即要有比较高的海洋温度和充沛的水汽。在温度高的海域内，正好碰上了大气内发生的一些扰动，大量空气开始往上升，使海面气压降低。这时海域外围的空气就源源不绝地流入上升区，加上地球自转产生的偏向力，使流入的空气旋转起来。当上升空气膨胀变冷，空气中的水汽冷却凝成水滴时，放出大量热能，又助长了低层空气不断上升，使地面气压下降变得更低，空气旋转得更加猛烈，这就形成了台风。2013年的30号超强台风“海燕”，其风速高达创纪录的 379km/h ，折合 105.28m/s ；2014年7月18~19日的9号超强台风(17级)“威马逊”，袭击海口市、雷州半岛和广西，横扫海南省文昌市时剥光树皮、将铁皮屋顶撕裂或将树拦腰折断，其风速也高达 $56.1\sim 61.0\text{m/s}$ ($201.96\sim 219.60\text{km/h}$)。这些超强台风如直接袭击海洋油气钻采平台(船)，如平台抗风力的设计标准过低，其后果将是毁灭性的。

(4) 龙卷风的形成因素

由两股强风相对方向对流，形成龙卷风。无论在海上或陆地，高速旋转的龙卷风均会对海、陆油气开发的平台(船)、钻采设备和人员造成极大的破坏或伤亡。如在美国，每年的