

浅海油气 勘探开发

李 阳 董法昌 编著

中国石化出版社

浅海油气勘探开发

李 阳 董法昌 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

浅海油气勘探开发/李阳,董法昌编著.
—北京:中国石化出版社,2003
ISBN 7-80164-446-8

I. 浅… II. ①李…②董… III. ①浅海-油气勘探
②浅海-油田开发 IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 082430 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

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

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北省徐水县印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 6.875 印张 154 千字 印 1—3000

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

定价:18.00 元

前 言

众所周知,在人类赖以生存的地球上,地球表面积的71%为海洋,海底蕴藏了丰富的石油和天然气资源,在世界油气勘探开发中,许多国家和地区在浅海区域都有新发现和新油气田投产。据许多国家的专家预测,不久的将来年产油当量,陆地上和海上可能平分秋色,各占一半,世界未来的油气储量和产量将主要来源于浅海海域。

我国陆架区浅海海域面积达 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,发现了渤海、南黄海、东海东部、东海西部、珠江口、北部湾、莺歌海等7个大型中、新生代含油气盆地和90多个含油气构造。胜利埕岛油田位于渤海湾南部,莱州湾西北部浅海海域,南距海岸线3km,水深5~20m,海底由老黄河口携带的泥沙沉积而成。1988年发现了埕岛油田,经过不断滚动勘探,截止目前已探明石油地质储量3亿多吨,建成了我国第一个200多万吨的极浅海大油田。

历史和实践都已证明,人类对浅海油气勘探开发的每一步进展,都是科学技术的进步所铸成的,科学技术是第一生产力在浅海油气勘探开发中得到了充分的验证。

浅海油气勘探开发是21世纪我国石油工业重要接替阵地,认识浅海海洋环境,了解浅海油气勘探开发技术,合理开发浅海油气田是至关重要的。为普及浅海油气勘探开发知识,提高人们的科学文化素质,我们编写了本书。作为科普读物,该书系统地介绍了与浅海油气藏勘探开发有关的海洋环境条件、油气藏基础知识以及浅海油气藏勘探开发过程中目

前采用或将来会采用的新技术、新工艺、新方法。它以石油石化企事业单位的管理人员、非本专业的技术人员和广大的社会读者为主要读者群体。

本书承蒙顾心恽、刘鸿祥、罗大山、孙东昌、翟来聘、罗玉斌等同志的认真审阅,提出了很多宝贵的修改意见,在编写过程中,山东石油学会秘书处给予了大力支持,对此表示衷心感谢。

由于时间仓促,加之自身知识水平有限,书中难免有错误或不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2003年6月1日

目 录

第一章 海洋环境条件

- 1.1 风 (1)
- 1.2 海雾 (3)
- 1.3 海水的基本特性 (5)
- 1.4 海浪 (6)
- 1.5 潮汐 (9)
- 1.6 风暴潮 (12)
- 1.7 海冰 (14)
- 1.8 海岸带及其特征 (18)
- 1.9 海底地形地貌 (19)
- 1.10 海洋地质调查 (22)

第二章 油气基础知识

- 2.1 地质时代 (24)
- 2.2 地壳运动 (26)
- 2.3 地质构造及其主要特征 (28)
- 2.4 地层接触关系 (31)
- 2.5 沉积盆地 (33)
- 2.6 矿物 (34)
- 2.7 岩石 (35)
- 2.8 古生物及其化石 (37)
- 2.9 石油 (40)

2.10	天然气	(42)
2.11	石油的生成条件	(43)
2.12	天然气的生成	(46)
2.13	石油和天然气的运移	(47)
2.14	油气的储集层	(50)
2.15	油气的盖层	(51)
2.16	油气藏及其分类	(52)
2.17	油气田	(55)

第三章 海上油气勘探

3.1	茫茫大海何处找油气	(57)
3.2	海洋中油气的储存量	(61)
3.3	野外地质调查技术	(63)
3.4	遥感技术	(65)
3.5	地化勘探技术	(66)
3.6	物探技术	(68)
3.7	重力勘探技术	(70)
3.8	磁法勘探技术	(71)
3.9	电法勘探技术	(73)
3.10	地震勘探	(74)
3.11	亮点技术	(77)
3.12	垂直地震剖面法(VSP)	(78)
3.13	三维地震勘探技术	(80)
3.14	三维可视化技术	(82)
3.15	多分量地震技术	(84)
3.16	层序地层学	(85)

3.17	隐蔽油气藏勘探技术	(87)
3.18	含油气盆地数值模拟技术	(89)

第四章 海上钻井技术

4.1	海上钻井	(91)
4.2	坐底式钻井平台	(92)
4.3	自升式钻井平台	(94)
4.4	半潜式钻井平台	(95)
4.5	欠平衡钻井技术	(97)
4.6	定向井技术	(98)
4.7	延伸井钻井技术	(100)
4.8	丛式井钻井技术	(101)
4.9	水平井技术	(103)
4.10	侧钻井技术	(105)
4.11	多底分支井技术	(106)
4.12	钻井录井技术	(108)
4.13	测井技术	(110)
4.14	数字测井技术	(112)
4.15	声波速度测井技术	(113)
4.16	数控测井技术	(114)
4.17	成像测井技术	(116)
4.18	声电成像测井与裂缝识别技术	(117)
4.19	核磁共振测井技术	(119)
4.20	屏蔽暂堵技术	(120)
4.21	油气井完成方法	(121)
4.22	固井技术	(123)

4.23	高能复合射孔技术	(125)
4.24	油井测试	(126)
4.25	金属棉滤砂管防砂技术	(128)
4.26	金属绕丝筛管砾石充填技术	(129)
4.27	化学防砂技术	(130)

第五章 海上油气开发

5.1	海上油气田的分类及特征	(132)
5.2	怎样经济有效地开发海上油气田	(134)
5.3	稠油	(137)
5.4	测井约束反演技术	(138)
5.5	油藏数值模拟技术	(141)
5.6	油藏描述技术	(142)
5.7	整体性油藏优化技术	(145)
5.8	自喷采油技术	(146)
5.9	螺杆泵采油技术	(147)
5.10	电泵采油技术	(149)
5.11	射流泵采油技术	(151)
5.12	分层注水技术	(151)
5.13	化学调剖堵水技术	(153)
5.14	酸化技术	(155)
5.15	压裂技术	(156)
5.16	二氧化碳压裂技术	(158)
5.17	压裂充填防砂技术	(159)
5.18	声波采油技术	(161)
5.19	水力割缝技术	(162)

5.20	微生物采油技术	(163)
5.21	分子膜驱油技术	(164)
5.22	试井技术	(165)
5.23	油气井产出剖面测井技术	(167)
5.24	井间监测技术	(168)
5.25	井间地震	(169)
5.26	井间电磁成像测井技术	(170)
5.27	油气层的伤害机理	(172)
5.28	油气层保护技术	(174)

第六章 海上油气生产系统

6.1	海上油气集输	(176)
6.2	海上油气田生产系统	(178)
6.3	桩基式导管架平台	(181)
6.4	桶基式导管架平台	(183)
6.5	塔式平台	(184)
6.6	重力式平台	(186)
6.7	单点系泊系统	(187)
6.8	多相混输技术	(189)
6.9	油气水不分离计量技术	(190)
6.10	密闭集输技术	(192)
6.11	原油脱水技术	(192)
6.12	水力旋流分离技术	(194)
6.13	自动化监控技术	(195)
6.14	缓蚀剂	(197)
6.15	管道泄漏的在线检测技术	(198)

6.16	带压堵漏技术	(200)
6.17	海水对金属的腐蚀	(202)
6.18	海洋环境影响评价	(204)
6.19	石油污染	(205)
6.20	三维荧光谱“指纹”鉴别溢油技术	(206)
6.21	溢油处理与回收	(208)

第一章

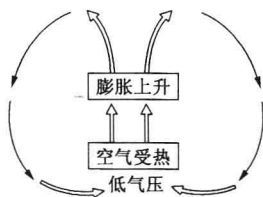
海洋环境条件

要使浅海油气勘探开发中的建筑物在各种恶劣的海况下站得稳、立得直，就必须对海洋环境因素——海上大风、雾、海浪、潮汐、风暴潮、海冰、海底地形等自然现象有充分的认识。



1.1 风

一阵风刮了起来，我们看不见风，却能感觉到它。风只不过是在海面上流动的空气，所有的风成因



只有一个——温度的变化。空气受热膨胀，变轻，然后上升，由于热空气上升，冷空气流入以取代其位置，这种空气的流动就是风。

风是我们常见的一种自然现象，它与人类的生活、生产有着密切的关系。风可以被人们掌握、利用，但同时又是一种带破坏性作用的因素。历史上风给人类带来巨大灾难的记载是





屡见不鲜的。例如：1975年10月5日，台风经过日本时，风速 67.8m/s ，东京市43%的电线杆倾倒或折损，八丈岛约60%的房屋被破坏，连设计风速为 60m/s 的铁塔也因此倒塌。

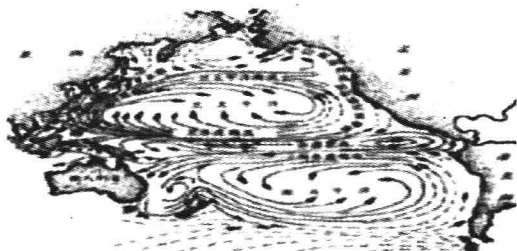
由于各种类型的海上石油工程建筑物，如钻井平台、采油平台、以及油井作业平台等设备，直接位于风力作用之下，而一次强大的风暴和它所引起的巨浪又往往是海上建筑物遭到破坏的主要原因之一，风力的计算已列为海上石油工程设计中不可缺少的条件。此外，为利用良好天气进行海上施工作业以及钻井平台、油井作业平台拖航等，也必须了解工作海区的大风规律及特点，并通过分析强风向、常风向、统计大风天数、绘制风玫瑰图等方法，进一步掌握风的影响。

风的特征是用风向和风速两个量来表示的。风速是空气在单位时间内所流过的距离，单位一般采用 m/s 或 km/h 表示。为了便于使用，又可根据风速的大小划分为13个风级。风向是指风的来向，在气象上用16个方位来表示，如S(南)风。

冬季，我国大陆受强大的蒙古高压控制，在此天气形势下，胜利埕岛海域多吹西-西北风。春季是冬季风向夏季风转换的季节，随着时间的推移，偏北风频率不断减少，偏南风频率不断增加。夏季，由于太平洋高压加强西进，大陆上的蒙古高压减弱，埕岛海域以偏南风为主，而北向风已很少。秋季是夏季风向冬季风的转换季节，从9月到11月南风频率逐渐减少，偏西北风的风向频率逐渐增加。

1.2 海 雾

我国沿海每到春暖花开，由冷转暖的时候，经常会出现迷迷濛濛毛毛细雨的天气，能见度显著降低，甚至相距几米也难见踪影，这就是人们熟知的海雾。



太平洋表层海流分布示意图

海雾是海面低层大气中一种水蒸气凝结的天气现象，因它能反射各种波长的光，故常呈乳白色。雾的形成要经过水气的凝结和凝结成的水滴(或冰晶)在低空积聚这样两个过程。在这两个过程中必须具备两个条件：一是在凝结时必须有一个凝聚核，如盐粒或尘埃等，否则水汽凝结是非常困难的；另一个是水滴(或冰晶)必须悬浮在近海面层中，使水平能见度小于 1km。

水汽在大气中要达到凝结，必须要有充足的水汽。虽然广阔的海洋日夜蒸发着大量水汽，但那里并不是每天都会发生凝结的现象。这是因为大气一旦达到饱和，蒸发就会立即停止，空气中水汽不再增加也就很难达到过饱和状态，而使水汽发生凝结。只有当





水面温度比气温高出很多时，暖水面才有可能不断蒸发水汽，源源不断地扩散到冷空气层内，使其保持过饱和状态，凝结过程才能不断进行，出现蒸腾似的雾，这就是所谓的平流蒸汽雾。

另一种凝结方式，就是依赖降低水汽的温度，从而达到过饱和水汽的出现。当暖湿气流经过冷海面时，它把热量传给冷海面而降低了自身的温度，这时饱和水汽量随温度降低呈现出过饱和状态，就会发生凝结。这种凝结现象在海雾发生区是常见的，通常称之为平流冷却雾。我国海区出现的海雾，主要是这种平流冷却雾。此外，岛屿地形的斜升作用，常将从海面吹来的温暖空气在岛屿迎风面上抬升，便有可能因上升降温促进凝成为地形雾。

水汽的凝结是产生海雾的一个重要条件，凝结的水汽如何保持在低空层中而不下落，这是形成海雾的另一个不可缺少的条件。要保持凝结的水汽在低空积聚，这就需要水汽凝结的雾滴(水滴或冰晶)足够的小。经测量雾滴的直径一般为 $10\mu\text{m}$ 左右，比通常的雨滴要小 1000 倍左右，因此雾滴下降的速度很慢，每分钟仅 1cm 左右，看似好像积聚不动的状态，所以有雾时一般风速都很小，风速大时雾滴很快就被吹散或蒸发掉。

对海雾雾滴残存物的分析发现，其凝结核中燃烧核占 50%，盐微粒占 40%，土壤粒子占 10%，为什么会出现这样的比例呢？经分析这些燃烧核个体都很小，半径在 $1\mu\text{m}$ 左右，而绝大部分盐粒的半径却在 $2\sim 4\mu\text{m}$ 之间，此外，燃烧核的表面常有一层吸湿性物

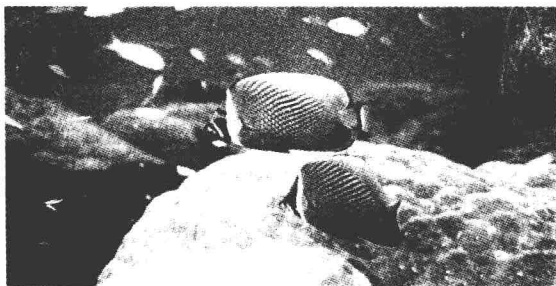
质薄膜有利于凝结。

埕岛海域是渤海中最大的雾区,其全年雾日平均为 35.6d,几乎所有月份都有雾出现,其中以 12 月份雾日最多,平均为 8.5d,11 月份、7 月份次之,4 月份、9 月份雾最少。

1.3 海水的基本特性

海水的特性很多，但在海上油气勘探开发过程中，经常遇到的海水特性有颜色、盐度和温度。

海水的颜色又称为海色。由于海水中包含一些悬浮物质和溶解的物质,当阳光照射时,表层进行散射而造成了海水的颜色成蓝色、黄绿色或褐色。一般深海的海水呈深蓝色,近岸的海水为蓝绿色或黄褐色。海色在一定程度上反映了海水悬浮和溶解组分的性质,埕岛海域水体悬沙含量很高,变化复杂,高浓度区大多分布在近岸海区,多呈浅黄色,向外海悬沙含量剧减,有明显的梯度变化,从纵向来看,底层悬沙高于表层悬沙,当海面呈黄绿色时,海水底层仍可呈浅黄色。





海水的盐度受蒸发、降雨、海流、海水混合、结冰或融冰等因素影响。全球海水盐度的平均值为 34.7‰，一般记平均值为 35‰。埕岛海域的盐度平均值为 30.788‰，因受沿岸河流淡水输入的影响，其表面分布呈近岸低，离岸越远则越高，其变化范围为 30.650‰ ~ 30.896‰。

海水表层温度主要取决于太阳辐射热，其次与洋流有关，因而低纬度表层海水温度高，高纬度区水温低，海水昼夜温差小，中午太阳辐射最强，大部分热量用于蒸发，小部分用于增高水温，晚上，有效回辐射使海水温度降低，但海水热容量大。海水温度年变化主要取决于太阳总辐射年变化，其次为海流和盛风等，埕岛海域 1 月份水温最低，平均水温为 1.1℃，8 月份水温最高，平均水温可达 27.1℃。

1.4 海 浪

海浪在海洋中存在有多种形式，在此所谓的海浪是指人们凭直觉可感知的一种海洋表面波动。海洋中的波动现象，系由各种作用力所引起的，例如风、地震等因素，都可引起海洋的波动。海浪的威力是惊人的，据记载，在一次大风暴中，巨浪曾把 1370t 重的混凝土块推动了十多公尺；作用在一个 30m 水深的固定平台上的风压力和波压力的合力可达一万多吨。海浪因其具有巨大的破坏力，从而对海港建设、海上油气勘探开发的建筑物、海上航运的安全构成巨大威胁，早已引起了人们的重视。