

海上油气集输系统参考资料

海上油气集输系统类型

全国石油钻采机械行业技术情报网

海洋石油研究所

TE86

海上油气集输系统参考资料

海上油气集输系统类型

第一机械工业部石油机械研究所编译

海洋石油
勘探指挥部

海洋石油研究所出版

海上油气集输系统参考资料

海上油气集输系统类型

0.20

编辑出版: 海洋石油 海洋石油研究所
勘探指挥部

通讯地址: 天津塘沽五〇一信箱海洋石油研究所

印刷: 北京市顺义县印刷厂

制版: 天津大学印刷厂、总参 1201 厂

1977年5月

500

毛主席语录

有句古语，“纲举目张”。拿起纲，目才能张，纲就是主题。社会主义和资本主义的矛盾，并且逐步解决这个矛盾，这就是主题，就是纲。

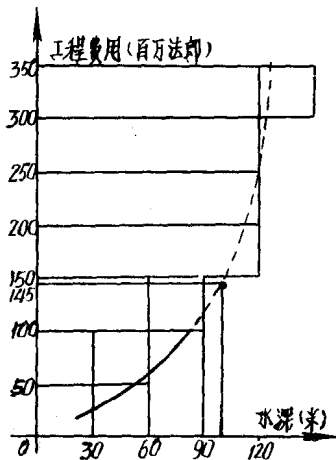
工业学大庆。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

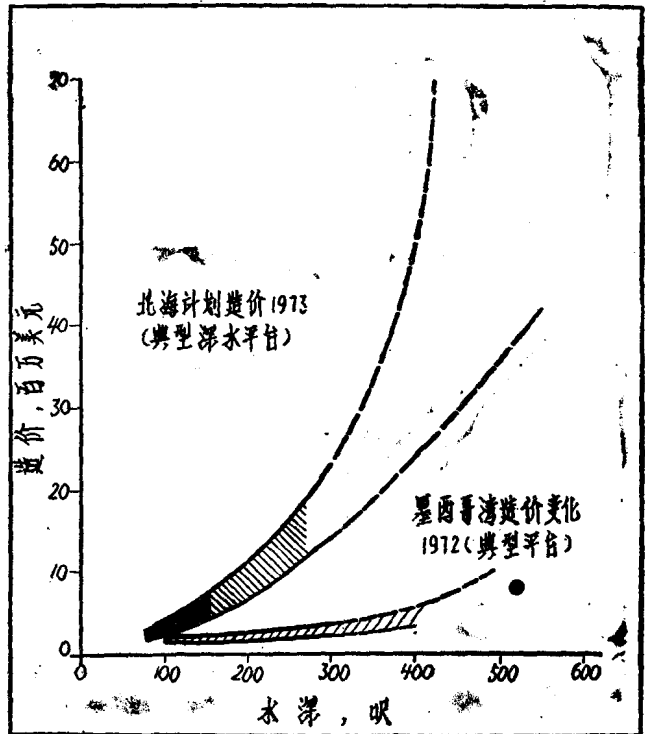
对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

序 言

海洋石油的开采历史已有八十多年，但最初的三十多年中没有多大进展。从本世纪二十年代起在美国的墨西哥湾、委内瑞拉的马拉开波湖和苏联里海的浅水区域内相继发现石油，海洋石油技术才有较快的发展。到了第二次世界大战后，特别是从六十年代起，由于各种条件都已成熟，海洋石油工业飞速发展，成为一个独立的工业部门。在这些条件中有：第一，各国工农业和交通运输业迅速发展，石油和天然气的用途扩大，需要量剧增，陆上油气资源有限，供不应求；第二，从二十年代起的四十年间石油工业对于海洋石油资源的勘探和开发已经积累了一套经验，技术条件也更加成熟；第三，人们发现大陆架的地质构造特别有利于油气的形成和积存，故海上油气田的贮量一般都较大；第四，尽管海洋石油资源的勘探和开发费用比陆上大，如海洋石油勘探投资比陆上高3.5—4倍，铺设海底管线费用比陆上高1.5—4倍，〔1〕海上钻采设备投资随着水深的增加而增加（参见图1），也比陆上高得多，但按探明贮量



(a) 法国资料 L301



(b) 英国资料 L351

图1 平台造价与水深的关系

和采出量来计算，开发海洋石油资源的经济利益不但不比陆上低，有时还比陆上高。如海上每米进尺的探明贮量比陆上高27倍，海上每吨贮量的勘探成本比陆上低6.7倍到23倍。〔1〕

由于上述原因，最近的十几年里海洋石油工业出现了一个大飞跃。1973年10月中东战争以后，石油价格上涨三倍。这对海上油气田的开发更加有利。各国石油工业竞相向海上发展。目前除了南北极以外，世界各地的大陆架几乎都有人在那里进行或准备进行石油和天然气的勘探和开发。1973年世界海洋石油产量为5.2亿吨，天然气产量为1694亿米³，分别占世界石油和天然气总产量的18.9%和11.5%。目前世界海洋石油产量正以每年递增18~19%的速度增长着，而陆上石油产量的年增长率约为8%，足见海洋石油工业的发展远比陆地为快。预计在未来十年内将有一个更大的发展。

由于海洋石油工业的飞速发展，海上油气集输技术也跟着发展。所需的基本建设投资十分庞大。根据美国曼哈顿大通银行的资料，从1970年到1985年间全世界石油工业需要的基建投资达6,000亿美元(见表1)，其中除第5,6和9三项的全部(共1,690亿美元)和第1和8两项的一部分外，其余都是用于油气集输方面的投资。假定第1和8两项的总数即2,702亿美元的三分之二即1,800亿美元用于集输方面，则1970到1985年间的16年内用于油气集输的总投资约有3,300多亿美元。其中有相当大的一部分将用于海上油气集输。

表 1 1970—1985年世界石油工业所需的基本建设投资 (亿美元)

1 原油和天然气的钻采设备	2,300
2 天然气液化厂	147
3 管线	335
4 油轮	470
5 炼厂	1,015
6 化工厂	335
7 销售设施	645
8 其它	402
基建总投资	5,650
9 地质和地球物理勘探费及油气田租让费	350
总计	6,000

注：摘自《International Petroleum Encyclopedia》1974，第9页

由此可知，海洋油气集输在海洋石油工业的总投资中占有很大比重。故海上油气集输系统类型的选择、集输流程的设计和集输设备的改进具有重大意义。

前 言

遵照伟大领袖毛主席的指示：“自然科学方面，我们比较落后，特别要努力向外国学习。”为了加速我国海洋石油的勘探和开发，学习国外的先进工艺技术，全国石油钻采机械行业技术情报网组织第一机械工业部石油机械研究所、华东石油学院、大连工学院、天津大学和海洋石油勘探指挥部海洋石油研究所等五个单位，共同编译了《海洋油气集输系统参考资料》，供科研、设计、教学等有关部门参考。

《海上油气集输系统参考资料》下分若干分册，《海上油气集输系统类型》是其中之一，重点介绍了海上油气集输系统的发展概况，海上油气开发基地的各种形式和集输方式，海上油气集输系统的发展趋势；并列举了世界上十一个地区的海上油气田的集输系统的实例。《海洋油气集输系统参考资料》的其它分册则各个介绍了海底管线的铺设，海底储油装置，输油码头，海洋油田含油废水处理、天然气处理、平台动力、平台自动化和平台安全防火等方面的情况，将陆续出版。

对于外国的东西，应本着“洋为中用”的原则，“排泄其糟粕，吸收其精华”，结合我们的实际需要，批判地接受有益的东西，不可盲目照抄照搬。

由于参与编译人员的政治、业务水平有限，时间仓促，缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

海洋石油
勘探指挥部 海洋石油研究所

一九七七年五月

目 录

第一节	海上油气集输系统的构成	(1)
第二节	海上油气集输发展史	(5)
第三节	海上油气开发基地形式和油气收集与储运方式	(7)
	1. 开发基地形式.....	(7)
	2. 收集方式.....	(10)
	3. 储运方式.....	(13)
第四节	选择海上油气集输系统时应考虑的因素	(18)
第五节	海上油气集输系统实例	(20)
	1. 波斯湾油田.....	(20)
	2. 尼日利亚近海油田.....	(20)
	3. 苏伊士湾油田.....	(21)
	4. 坎佩切湾油田.....	(22)
	5. 帕里亚湾油田.....	(22)
	6. 美国加利福尼亚近海油田.....	(23)
	7. 阿拉斯加库克湾.....	(24)
	8. 墨西哥湾美国海域的油田和气田.....	(24)
	9. 爪哇近海阿琴那油田区.....	(25)
	10. 北海莱蒙和英地气田.....	(28)
	11. 波斯湾法特油田.....	(28)
第六节	海上油气集输系统发展趋势参考文献	(29)

海上油气集输系统类型

同陆上油气田一样，从海底采出的原油或天然气必须进行收集、处理、计量、储存和输送（包括装卸）等一系列集输工作。这些工作及其所需设备构成海上油气集输系统，它的范围包括从油气离开井口装置起直到它到达用户或用户的运输工具为止的一切工作和设备。

从油井中采出的原油都含有一定数量的天然气和水。这种与原油伴生的天然气和水对运输很不利。因为含气原油用管线输送时两相混输的效率差，问题多；用船舶运输时容易发生火灾。而且含气原油的泵送效率很低。原油含水时减少储运工具的有效容积，腐蚀管线、船舶和储罐。同时，炼厂对原油的含水量有一定要求；一般要求不超过1%。〔26〕由于这些原因，原油中的伴生气与水必须分离出来。此外，伴生气也常常含有饱和水蒸汽，如果气体要用管线输送，应把气体中的水份分离出来，以免腐蚀管线。必须分离出来，而且越早越好。分离这些伴生物以及其他杂质（如盐类、颗粒物等）的设备有油气分离器、沉淀罐和液体或固体吸收塔等，统称处理设备或分离设备。

从气井中采出的天然气往往含有一定数量的水份。天然气的某些成份与水结合可以先成白色晶状物体，叫做水化物。气井上的阀门、气阻和井场上的输气管线都有可能被这种由于流过的天然气膨胀冷却作用而生成的像白雪一样的水化物所堵塞。为了避免这种情况的发生，有时在井口安装低温分离脱水器，把水与凝析油分离出来，这就需要气体加热器和凝析油罐。有时在井口装置的出气管中注入乙二醇，防止管线中生成水化物，这就需要乙二醇储罐、乙二醇计量泵和乙二醇回收装置。酸性天然气还需有脱硫设备。如用轮船运输，还需有液化设备。所有这些设备统称天然气处理或加工设备。

海上原油或天然气的处理有时分两步进行，即初步处理和最后处理。原油的初步处理是把油中的伴生气与水（连同水的杂质）分离出来；天然气的初步处理是把气中的水份（连同凝析油）分离出来。两者都是为了减少运输上的困难和损失。最后处理是使原油或天然气的成份达到规定要求。

由于海上油气集输系统中的收集、处理和计量等设备以及一部份泵送设备往往安装在采油（气）平台、钻采两用平台或用钻井平台改装的采油（气）平台上，还由于有的平台利用其空心底座或空心桩脚作为储油容器，故在讨论中有时还要涉及采油（气）平台或钻井平台。

第一节 海上油气集输系统的构成

为了说明海洋石油资源的开发和油气集输系统的各个组成部份，举两个通常采用

的布置方案作为例子。

图2为一个海上油田的开发方案。几个井口平台或井口保护架 Well Platform Or Well Protector jacket 采出的原油依靠油层压力通过海底出油管线 (flow line) 或集油管线 (gathering line) 流到计量平台 (flow station) 或集油平台 (gathering station) 井口平台或井口保护架上安装井口装置, 计量平台或集油平台上安装油气分离器和量油罐等, 以便对原油进行除气、脱水和计量。然后通过海底输油管线把原油泵送到岸上, 经过或不经最后处理, 储存在总油库 (main storage) 或中转油库 (transfer storage) 准备外运。分离出来的伴生气除了作为平台上各种动力设备

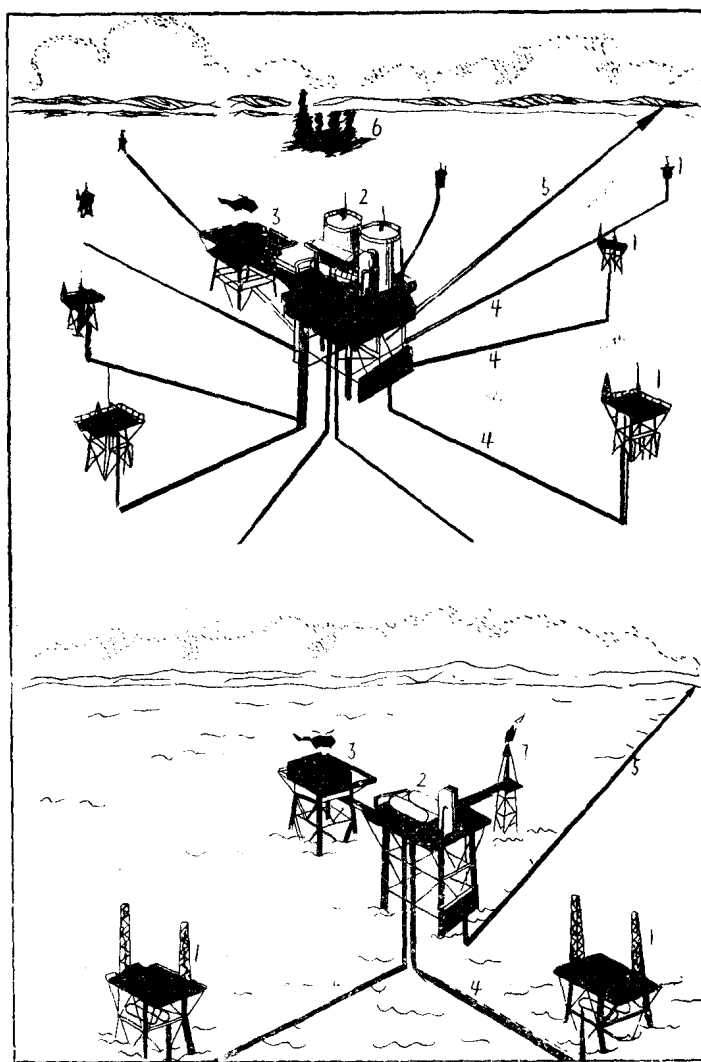


图 2 海上油田开发方案举例

- 1. 井口平台; 2. 集油或处理平台; 3. 工作人员生活平台; 4. 出油或集油管线; 5. 通往岸上的输油管线;
- 6. 钻井平台; 7. 烽火台

和加热器的燃料以及作为油井气举、注气之用外，多余的气体往往在建筑在离开集油平台一个安全距离的烽火台上烧掉。(图3) 油气比高的大油田则把伴生气用海底输气管线送到岸上利用，如北海挪威海域的埃科菲斯克 (Ekofisk) 油田的伴生气用管线送往西德。

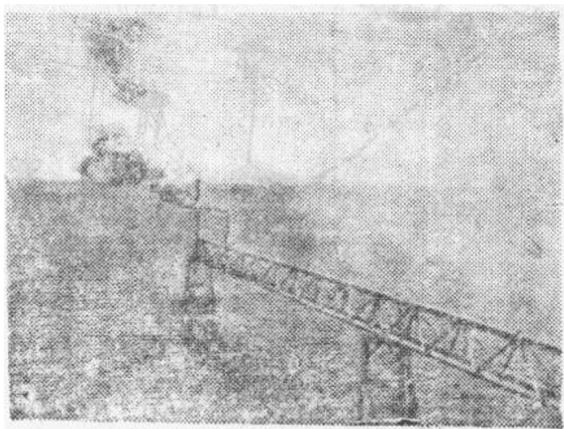


图 3 海上烽火台

有时，人们把井口装置装在一个平台上，叫做生产平台 (Production platform) 把除气、脱水和计量等设备放在另一个平台，叫做处理平台 (Processing platform)。还有另设储存平台或动力平台的，形式繁多，视设计方案而定。

图4示出海上原油运输的两种常用方式第一种方式把采出原油输至岸上中转库后，用停靠在装油码头上的油轮运走。第二种方式把用海底管线输至岸上储存的原油重新通过海底管 (另一条海底管线) 输送到停泊在单点系泊浮筒 (见后) 上的油轮后一种方式适用于港口水浅，油轮不能进港停靠，修筑通向停泊大型油轮的深水区的长距离装油码头不经济的场合。

原油储存设备分三种。第一种是为了维持油井生产不致中断而设在海上的临时储油设备。装在平台上的叫做平台储罐，抛锚停泊在平台附近的小型储油驳船叫做储驳。储存在这种设备中的原油，有的已经过初步处理，有的还没有。装满后用拖轮拖走或用船舶接运到岸上处理储存。

第二种储油设备是设在岸上的中转油库或总油库，它的任务是把用船舶或海底管线从海上一个或几个油田运来的、并经过最后处理的原油积存起来，准备装上油轮转口或出口，或由陆上输油管线直接输送到炼厂。

第三种储油设备是设在海上的中转油库或总油库。从一个或几个海上油田采出的原油，经过初步处理、计量和最后处理后，储存在这种海上油库中，等候装上油轮转口或

出口，或直接运往炼厂。这种海上储油设备的容量比第一种大得多。第一种储油设备的容量通常只有几百吨到几千吨，而这一种设备的容量一般都为几万吨或几十万吨。

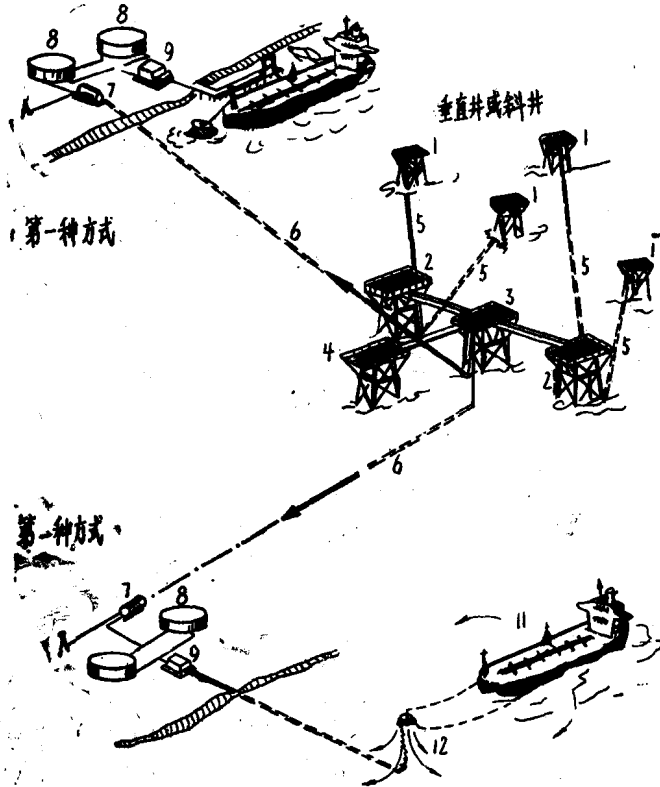


图4 陆上中转库和原油的两种装船方式

- 1.单井或多井平台；2.计量平台；3.集油和处理平台；4.生活及动力设备平台；5.出油或集油管线
6.输油管线；最后处理设备；8.油缸；9.泵站；10.装油设备；11.油轮；12.单点系泊浮筒[31]

至于海上生产的天然气，直到目前为止，还没有一套设在海上的储气设备。现在在生产中的海上气田都用海底管线输送到岸上，再经陆上管线输送到消费地点。或者，在岸上设备天然气液化工厂，把液化天然气储存在有保温设备的储罐中，等候液化天然气轮运走。阿拉斯加库克湾的气田就是采用这种办法的。但是，海洋石油工业的进一步发展，使新发现的海上气田离岸越来越远，水深越来越大，铺设海底输气管线到岸上不但困难，而且变得不经济。在此情况下，可以预料，在不久的将来必然会出现设置在海上的天然气液化工厂和液化天然气储存设备。

除了上面提到的海上油气集输设备外，还有许多辅助设备，如动力设备、遥控自控设备、通讯设备、污水处理设备、消防救生设备、维修保养器材，以及工作人员的生活设施等。此外，还有油轮、液化气轮、装卸设备等。

所有这些设备将在后面的有关章节中加以叙述。

第二节 海上油气集输发展史

在不同的历史条件和不同的具体情况下，海上油气集输采用不同的方式。不同之处主要在于油气处理设备和中转设备放在陆上还是放在海上；其次在于，在中转设备放在陆上的条件下，用什么方式把油气输送到岸上，用海底管线，还是用铺设在栈桥或长堤上的管线，还是用船运；最后还在于，如把处理和中转设备都放在海上，中转储存设备是采用储驳呢，还是采用海底储罐或半潜式储罐，还是别的。

处理设备和中转储存设备都放在陆上的，叫做全陆式油气集输系统；都放在海上的，叫做全海式油气集输系统，部分放在海上、部分放在陆上的，叫做半海半陆式油气集输系统。

从这个角度来观察海洋石油工业发展历史，可以清楚地看到，海上油气集输系统的演变过程是从全陆式转变为半海半陆式，再从半海半陆式发展出全海式的历史。

现在让我们简单地回顾一下这段历史。

1887年美国在加利福尼亚的后来叫做萨默兰德 (Summerland) 的地方钻开了历史上第一口陆上油井，十年以后在同一地点的岸边钻开了历史上第一口海上油井。从1897年到1900年的四年间共钻了几十口海上油井，这些井离岸很近，最远的不过150米。钻井是在木桩栈桥上进行的，栈桥加宽的地方就是钻井平台，钻机移走后就是采油平台。一共建了11条栈桥，长度从90米到150米不等，每条栈桥上钻6到8口井。栈桥上铺设管线。这些油井都是自喷井，原油自流到岸上，进行处理和储存。这是最早的海上油气集输系统，是全陆式。〔4〕

第一次世界大战前后在马拉开波湖和里海发现油田，也都离岸很近，水也很浅。苏联用修筑人工岛的办法开采里海油田，人工岛由长堤与岸上相连，堤上铺设管线。到了三十年代，油田水深增加，改用固定平台开采，平台与平台之间用栈桥相连，并有一条栈桥通往岸上。栈桥上铺设各种管线和电缆，还可通行汽车。处理和存储设备都放在岸上。〔9〕委内瑞拉人与美国人在马拉开波湖开采石油，第一口水上油井离岸只有2米。他们在那里先用木桩平台开采，后来发现湖中木蛀虫十分猖獗，木桩寿命只有6—8个月，故改用混凝土桩，最后改用钢桩，当时，马拉开波湖的原油也送到岸上处理储存。因此，里海和马拉开波湖的早期油气集输系统也是全陆式。〔4〕

1938年美国在墨西哥湾近海发现了油田。但这个石油资源丰富的大陆架从五十年代起才大规模开发。〔4〕到1972年底为止，墨西哥湾美国海域已钻了14,000多口井，其中9,000多口获得油气。现在该处约有1,900个采油（气）平台，其中部分为多井平台，最多的一个平台上有32口井。^{〔1〕}1973年的原油和凝析油产量约1亿吨。^{〔6〕}墨西哥湾油气田的开发为海洋石油工业摸索出不少经验。许多新技术新方法（其中也包括海上油气集输方面的新技术新方法）都是先在墨西哥湾试验成功后推广到其他海域的。

墨西哥湾油田的开采方式，最初是把出油管接到拴在平台上或抛锚停泊在平台附近的驳船上，驳船装满后由拖轮拖往岸上，油井停产，等候驳船回来；有的用两条驳

船轮流接运；有的把出油管接到安装在平台上的缓冲罐上，运油驳船到达后用软管把原油放入驳船运走；有的则用浮在水上或沉在海底的管线把原油送往岸上处理储存⁽¹¹⁾这些都是全陆式。

后来，为了提高运输效率，原油改在海上处理，把分离出来的气体在海上烧掉，沉淀出来的污水则倾入海中，后因美国外陆架管理局（OCS）禁止这样做，勒令石油公司把污水运回岸上处理，以免污染海水，于是才不再在海上脱水，而把脱气后的所谓“湿油”运到岸上脱水，直到海上污水处理设备试验成功后，才重新在海上脱水。所有这些都是半海半陆式。

1951年墨西哥湾开采了第一个气田。天然气在平台上脱水并分离出凝析油，然后再把凝析油与天然气混输到岸上，进行最后处理。墨西哥湾的许多气田至今还沿用此法。⁽⁴⁾这也是半海半陆式。

同年在波斯湾内发现了沙法尼亚（Safaniya）大油田，离岸约5公里，水深约6米贮量仅次于马拉开波湖的波利瓦海岸油田。⁽¹⁾波斯湾开采的海上油田大多数在海上分离气体，就地烧掉，原油则送到岸上。1969年在沙法尼亚油田北部安装的一套生产设备由三个平台组成，即分离与泵平台，动力平台和生活平台。气体在海上烽火台上烧掉，原油用海底管线送到岸上中转库。⁽¹⁶⁾也是半海半陆式。

1955年在墨西哥湾安装了第一套大型的海上原油集输系统，名为“尤金岛油田生产集输系统”。油田水深12米，离岸64公里，用75公里长的300毫米直径海底管线把油和气分别输送到岸上。⁽¹⁰⁾这也是半海半陆式。

此后，墨西哥湾油田普遍推广海底管线集输技术。不过，离岸较远的孤立小油田还是用驳船接运。此外，新发现的油田，在通往岸上的海底管线铺设之前，也有用驳船接运的。离岸太远、铺设油底管线不经济的油田也用驳船运油。

1960年墨西哥湾在离岸96公里、水深30.5米处的一个油田，平均日产量约360吨，采用三个平台开采，一个生产平台，装有1,000吨储罐，一个储罐平台，容量1,200吨，一个生活平台，装有450吨储罐。三个平台之间有栈桥相通。油罐内的油用驳船运往炼厂。在当时，在这样的产量、水深和离岸远近的条件下，这种平台储存加驳船运输的作法比用海底管线输油经济，但1964年10月的一次百年一遇的巨风把这些装有储罐的平台摧毁了。后来用系泊在浮筒上的储驳代替，只化了三个月的时间就恢复油田的生产。⁽⁴⁾

1960年墨西哥湾第一采用了利用油水置换原理的海底储罐，容量为3万桶（约4,100吨）。⁽⁷⁾油水交界面上并未发生乳化现象。⁽¹²⁾

1960年（一说1958年）出现单点系泊系统。

1965—67年英国在北海发现了西绍尔和莱蒙等气田，用固定平台开采，在海上进行初步分离后，用海底管线输送到岸上。⁽⁸⁾

1969年澳大利亚巴斯海峡的马林（Margin）和巴拉库塔（Barracouta）等气田相继开采，前者用24口井平台，后者用10口井平台，其集输方式基本上与北海气田相同。

1966年开始投产的波斯湾法特 (Fateh) 油田为世界上第一个采用大型海底储罐的海上油田。该油田离岸93公里,水深42.5米,预计最终日产量可达48,000吨左右。原油在集油平台和处理平台上分离,储存在总容量近30万吨的三个海底储罐和两艘单点系泊的储驳中。有两套供油轮系泊和装油的设备,可以同时为两艘大型油轮装油,一套设备的装油能力为每小时4,800吨,另一套为每小时13,700吨。分离出来的天然气除了在平台用作各种动力机械和加热器的烧料外,多余的在海上烧掉。⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾详情见本章第五节第11段。

这是世界上第一个大型全海式集输系统。

1970年发现的北海挪威海域埃科菲斯克 (Ekofisk) 油田和英国海域福蒂斯 (Forties) 油田都是大型油田,前者预计年产可达1,000万吨,后者可达2,000万吨。

埃科菲斯克油田水深74.5米,⁽¹³⁾离挪威海岸270公里,离英国海岸289公里,离西德埃姆登390公里,但挪威岸边有海沟,故该油田油管铺到英国梯斯港 (Teesport) 已完成气管铺到西德埃姆登,即将完成。该油田从1971年起就边生产边开发。当时兼作原油贮罐用的处理平台 (图6、尚未建成,利用两艘系泊在浮筒上的运油驳船生产,多余气体在海上烧掉。输气管线完成后,全部伴生气将输往西德。

福蒂斯油田水深125米⁽⁸⁾,离英国克鲁登湾180公里,原计划1975年投产,原油用海底管线输送到克鲁登湾,现在因为平台设计修改,看来投产期将推迟。

两者都是半海半陆式。

第三节 海上油气开发基地形式和油气收集与储运方式

1. 开发基地形式

海上油气集输系统在很大程度上取决于采用何种开发基地。

从海洋石油工业的发展历史来看,行之有效的开发海底石油资源的基地有以下三种形式:

- (1) 人工岛或长堤—人工岛
- (2) 平台—栈桥
- (3) 固定或移动式平台

原则上,采用何种海上油气基地应在制订开发计划的时候决定。

- (1) 人工岛或长堤—人工岛

采用人工岛的条件是:第一,水浅;第二,离岸不太远。根据美国在加利福尼亚近海修筑人工岛开采海底石油时的经验,水深以不超过12.2米(40呎)为宜。水深大于此限时,用固定平台比较经济。⁽¹⁰⁾

根据苏联在里海开发海底油田的经验,如准备开发的储油构造横跨海岸线,即一部分油田在海底,一部分在陆地;或者,虽然整个油田都在海底,但油田上面的水很浅,都适于用人工岛开发。按照苏联的意见,人工岛的最大优点是,能够像开发陆上

油田那样经济地组织海上油田的钻采集输工作。至于在多大水深下修筑人工岛才是经济的，并未提出明确界线，据称，这个问题在很大程度上决定于当地的条件，其中包括：

- (a) 用来填海筑岛的材料是否丰富方便。最好能就地取材，即利用邻近岸上或海中的砂子来修筑，如须经水路、陆路或管线从远处运来就不经济了。
- (b) 筑岛地点的气候、海况如何。浪高、波频、风向对人工岛的海岸线能否保持原状影响很大。即使风浪不大，经常受波浪冲击的一边海岸线必须加固，一般用抛石堤岸，如用石砌，或用钢筋混凝土板作护堤板，或用混凝土块建筑堤岸，效果当然好，但不经济。
- (c) 油气田可采贮量，油气饱和程度以及油的质量。

在苏联，人工岛开发基地用在里海贝贝阿比阿特 (Bebe-Abiat) 湾。填海工程从1909年开始，到了1917年填好了一个200公顷的人工岛。1917年后停工几年，1922年继续填，1923年完工，面积扩大到300公顷。填海砂子从离开人工岛几公里以外的海中用吸泥船吸入一种船底能打开的驳船开底驳中，运来倾入海中。填海的砂子是细砂与粘土的混合物。为了防止流失，预先在人工岛四周筑了一条堤，化了不少钱。

修筑人工岛之前，十分重要的是准确地测定油田靠海一边的轮廓线。如这条线不明确，则填成的人工岛可能只盖住油田的一部分，或者，把不需要填的地方填了，需要填的地方却没有填。贝贝阿比阿特湾人工岛就是这种情况。故1924年又在附近建造了木桩平台，用来勘探漏填了的那部分油田，约有200米宽。在平台上钻探的结果表明，填岛之前没有把油田的轮廓线查明。⁽⁹⁾

这种人工岛有时用长堤与岸上相连，在堤上铺设管线、电缆等。

另一种比较经济的填海办法是只填几个较小的人工岛，然后用土堤把它们连接起来，也同岸上连接起来，堤上铺设管线与电缆，并通汽车。1967年苏联还在里海水深在6米以内的海域中建筑这种长堤—人工岛网开发海上油田，其中的一个包括45个小岛和13.4公里长的土堤，据说，在里海的条件下，在水深不超过6米的地方，这个办法是合算的，它的最大优点是，节约金属材料，没有腐蚀问题，使用寿命很长，以及施工几乎可以全部机械化。⁽⁹⁾

(2) 平台—栈桥

木桩栈桥与木桩平台相结合的海上开发基地首先在美国加利福尼亚圣巴巴拉海峡萨默兰特近海油田使用。这个油田部分在陆上，部分在海上，而且沙滩上和水中都冒油气。第一股油流是一次轻微地震时自动从地下喷出来的。所以，这里的海上油井都紧靠岸边。从1897年到1900年的四年中修筑了11条带有平台的栈桥，长度从90米到150米不等，每条栈桥钻6口到8口井。还筑了一条长374米的栈桥来开采海上油井，栈桥同时也作轮船码头之用。⁽⁴⁾

苏联在里海的浅水油田大量采用平台—栈桥作为开发基地。平台与栈桥的台面都高出水面，以便避开波浪的冲击。栈桥上铺设油管、气管、水管和电缆，并可通行卡车。平台上安装钻机和生产、处理设备。栈桥与平台相结合的开发基地的好处是把海

上工作场地变成与陆上工作场地一样，使工作人员没有水上作业常有的那种不舒服感觉。有些用平台—栈桥基地开发的油田离岸很远，没有通往岸上的栈桥。在此情况下，他们在油田附近修筑一个或几个作为生活与活动基地的大型平台，上设宿舍、食堂、医疗站、蓄水池、动力站、仓库、修理车间等。这种平台—栈桥网油田给人一种海上“绿洲”感觉。

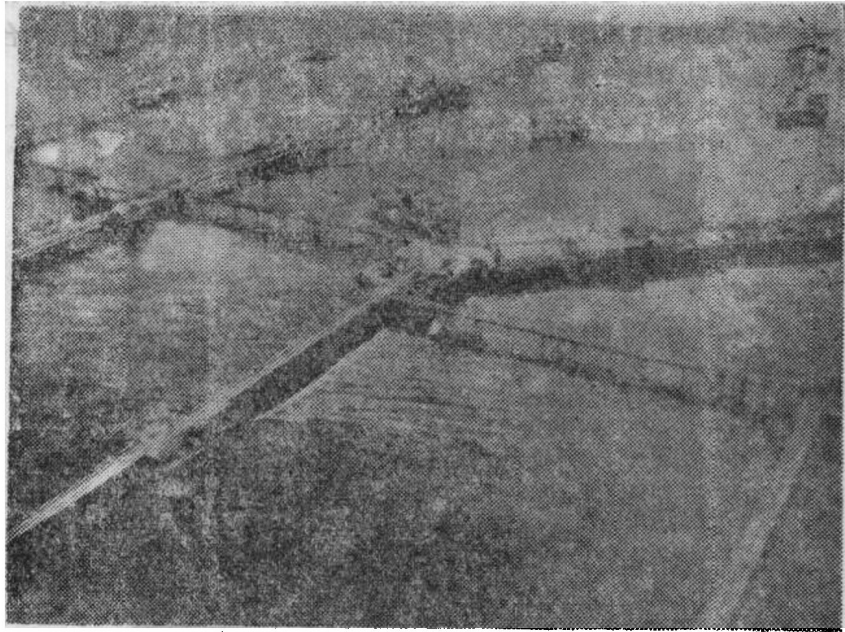


图5 苏联在里海采用平台与栈桥相结合的海上油田开发基地

苏联在里海建造了几千个平台和320公里左右的栈桥。图5为苏联在里海的最大油田⁽¹⁷⁾，“油石”（Неф. ТРHo. КаМеHb）油田，采用的平台与栈桥相结合的海上油田开发基地。1972年开始在该油田东北侧43.6米的创记录深水中修筑300米长的栈桥和一个28口井的固定钻采平台。平台—栈桥基地的作法虽然不一定是经济的办法，但因里海的海况特殊，一年中有250多天不能用船舶供应油田上的必需品，故这种作法有它的客观需要。尽管基建投资稍多一些，但因它不靠海上运输，不受天气影响，可以不停顿地保持油井正常生产，所得利益远远超过基建方面多化的钱⁽¹⁸⁾。

（3）固定平台

利用固定平台作为海上油气田的生产平台是目前最通行的作法。这样的平台在墨西哥湾有1,900多座，在里海有几千座，在马拉开波湖也不少。其它如圣巴巴拉海峡、塔斯曼海峡、尼日利亚海湾、库克海湾、波斯湾、红海、爪哇海、特立尼达的帕里亚海、北海等处油气田都用固定平台开采。按照目前的情况，水深不超过100米（330呎）的油气田用固定平台开采是比较经济的。自从北海油田开发后，有些油田的水深超过