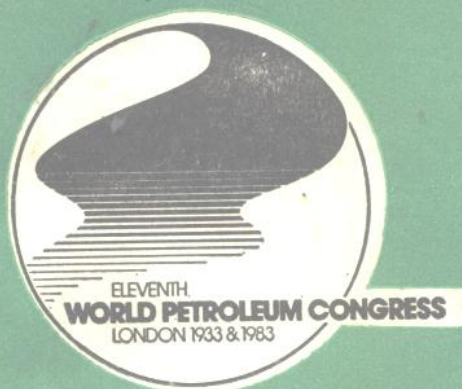




第十一届世界石油会议 报告论文集

第三分册 钻 井

石油工业出版社

第十一届世界石油会议 报告论文集

第三分册
钻 井

林善茂等译

石油工业出版社

出 版 说 明

第十一届世界石油会议于1983年8月在英国伦敦举行,参加这届大会的有来自69个国家的2533名代表。以石油学会理事长侯祥麟为团长的中国石油代表团也前往参加了这次大会。这是我国第一次派代表参加世界石油大会的学术活动。十一届世界石油会议历时六天,会上宣读论文133篇。本论文集集中除我国专家在会上做的三篇报告由作者直接提供原稿外,其余全部论文由石油部科学技术情报研究所组织有关同志翻译。

报告论文集按专业分六册出版:

第一分册——石油地质;

第二分册——地球物理勘探;

第三分册——钻井;

第四分册——油田开发、储运;

第五分册——石油炼制及化工;

第六分册——综合。

目 录

北极钻井系统.....	(1)
高压酸性气藏的钻井和生产.....	(15)
钻石油天然气井的井下螺杆钻具.....	(25)
巴西石油公司使用海上早期生产系统的经验.....	(35)
深井钻井技术.....	(47)
钻大角度定向井.....	(59)
随钻井下测量.....	(70)
深水管线设计概述.....	(81)
深水张力腿平台.....	(91)
用于水深300米的半潜塔浮动采油装油开发系统.....	(108)
固定平台在300—600米水深作业的可行性.....	(119)
完井与增产.....	(133)

北极钻井系统

H. O. Jahns, Exxon Production Research Company, P. O. Box 2189,
Houston, Texas 77001, USA

林善茂 译

摘要 北半球的海冰环境是以水深、开阔水季节、海冰条件以及存在于某些地区的冰山等各种作业条件为特征的。大多数亚北极海冰地区开阔水季节较长(20周或以上),在此期间内可使用常规的海上钻井设备有效地钻井。开阔水季节少于20周的北极海冰地区可划分为三种基本作业环境,即浅水固定冰、季节性北极流冰群和深水固定冰。过去曾用许多专门的钻井系统在上述每种作业环境打了探井20多口。这些钻井系统包括底部基础系统(人工岛、潜水式沉箱)、主动式浮动系统(抗冰船)和从动式浮动系统(冰平台)。

今后的发展可能是出现针对上述每一种作业环境的先进的新设计,其中较有希望的有:适用于水深为50—200英尺(15—16米)季节性北极流冰群的锥形混凝土重力结构;适用于楚科奇海和其他北极水域、并有可能使钻井季节延长的转台式系泊系统的破冰钻井船;以及在浅水固定冰条件下钻井用的、具有保护屏障和抗冰能力的驳船。

一、引言

北极海上钻井技术正处于迅速发展的时期,很像几十年前出现目前所使用的海上钻井技术(自升式、钻井船、半潜式)的情况。本文叙述为石油工业开创新领域所进行的这一方面的发展工作的现状及其今后的趋势。北极海上环境具有多样性的特点,即海冰厚度和每年结冰期限均有变化,而且具有石油蕴藏前景的大陆架水深范围大、海况条件变化多。这种多样性对技术的创新会起激励作用和阻碍作用。钻井技术必须能适应每个地区的环境,但专门化的钻井系统可能都只具有有限的适用性。这就使得难于论证钻井系统巨额投资是合理的。新型钻井系统的设计和建议虽然已有许多,但是至今变成现实的只有少数。

石油工业界要求发展适用范围广的钻井系统,即不仅要适用于现有的石油租区,而且还要适用于今后在北极有前景地区进行钻探的要求。独家公司的研究计划和合作研究(由一个以上的公司提供经费)已得出了大量的有关北极环境的定量数据,以及许多钻井和生产系统的工程设计研究成果。过去多年来已经花了巨额的研究费用,例如主要由阿拉斯加石油协会成员发起的合作研究已经花了六千多万美元^[1]。加拿大的作业者为加拿大北极和加拿大东海岸地区同样也花了这么多的合作研究费用。

下面的讨论共分三个部分,一是北极海上各种作业环境的概述,二是当前北极钻井技术的简要回顾,最后叙述新出现的各种钻井系统的现状及其使用的可能性。

二、北极作业条件

海冰的存在是“北极”海区的一个显著特点。北半球海冰的分布范围见图1。标有黑点的海域面积是季节性北极冰的最大分布范围,在南面被无冰海水包围,北面被终年不化的北极浮冰包围。

海冰和天气形势是造成北半球两大陆块海冰分布不对称的原因。海冰向南最远延伸至东亚海域(日本海和黄海)的北纬40度,而在巴伦支海无冰海水向北最远遍及到北纬70度。

了解海冰的最大分布范围,对于设计和使用长年留在井位上的永久性生产平台来讲非常重要,但对运移式钻井平台则不那么重要。运移钻井平台可以在无冰的夏季作业。因此,无冰季节的持续时间对打探井格外重要。

图1中绘出了平均的开阔水期的持续时间等值曲线。在20周线以南,包括鄂霍次克海、白令海、拉布拉多海和巴伦支海南部,每年开阔水季节相当长,足以用常规的开阔水钻井设备有效地钻井。一般可以使用像为北海所发展的那种适用于恶劣海况和寒冷天气的钻井设备。冰山是个复杂的问题,尤其是在加拿大东海岸之外的拉布拉多海。但是,已经研究出令人满意的、可供早期探测冰山到来并准确预测冰山路线的操作技术。如有必要,可以将重达200万吨的冰山拖走,避免发生碰撞。这样就使因冰山造成停钻的时间降至最低限度^[2]。

在20周线以北地区,即使钻井季节非常短,常规的开阔水钻井仍然是可能的。在开阔水期为10—20周的兰卡斯特海峡、哈得孙湾和麦肯奇湾曾钻过好几口井。

在前十年期间,加拿大波弗特海的麦肯奇湾曾经是勘探钻井集中的地方。这个海湾近岸部分的开阔水季节长达15周,但周围却是具有较恶劣海冰条件、夏季较短的地区,常规的钻井船为充分利用这段时间钻井,就得在湾内过冬,导致钻井设备的利用率低。因此,麦肯奇湾曾经是创造性发展北极钻井技术的焦点。

开阔水季节不到20周的海区,绝大部分都局限于北冰洋和加拿大北极列岛。这些地区有三种不同的作业条件:有固定冰的近岸浅水区、有季节性北极流冰群的开阔海和有固定冰的岛间海峡。北极钻井技术与这些作业条件有密切的关系。

1. 浅水固定冰作业条件

北冰洋的近岸海域面积便是固定冰的领地。固定冰就是那些与陆地相连而不参与流冰群运动的冰。到冬末,固定冰的特征常常是厚5—7英尺(1.5—2.1米),从陆地向海上延伸至水深60英尺(18米)处,并且就地留有搁浅的碎冰堆积。冰的表面多数比较光滑,适宜冰上运输。在这里,一年有两次可供进行井位准备的建设季节:在夏天的开阔水期期间和在冬天的稳定的海冰条件期间。随着离海岸距离愈远,夏冬两季建设季节就变得愈短。在每年的其他季节,主要是不稳定碎冰条件。在这种作业条件下,曾使用过抗冰的底部基础钻井系统。

2. 季节性流冰群作业条件

在深水地区,整个冬天都在保持运动。厚的多年冰所占的百分比随离岸距离的增大而提高。当朝着终年流冰群的界线移动时,由于开阔水季节短,海冰加厚,水深加深,这一切都造成钻井作业的更加困难。此界线之外,在可预见的将来,在终年北极流冰群进行勘探钻井似乎是不可能的。

底部基础钻井系统和浮动钻井系统,根据水深和海冰条件,可用于季节性流冰群的作业条件钻井。这两种钻井系统都要在短的开阔水季节里抢时间钻井,在这个期间可能有来自北方的流冰群的入侵而干扰钻井作业。但是,有限的夏季对以上不同的钻井方法的作业所带来的结果是不同的:底部基础系统的运移性差,但是可以在漫长的冬天从一井位钻几口井。浮动钻井船保持静止的能力较差,在一个夏季内不可能完钻一口井。如果拆除使船固定在井位上的约束力,钻井船便可搬迁至另一个井位。在浅水(约150英尺(45米)以内),如果中途停钻,一定要预防深龙骨海冰现象,尤其是当防喷器组安装在地窖或敞口的挖掘坑内的泥线以下。

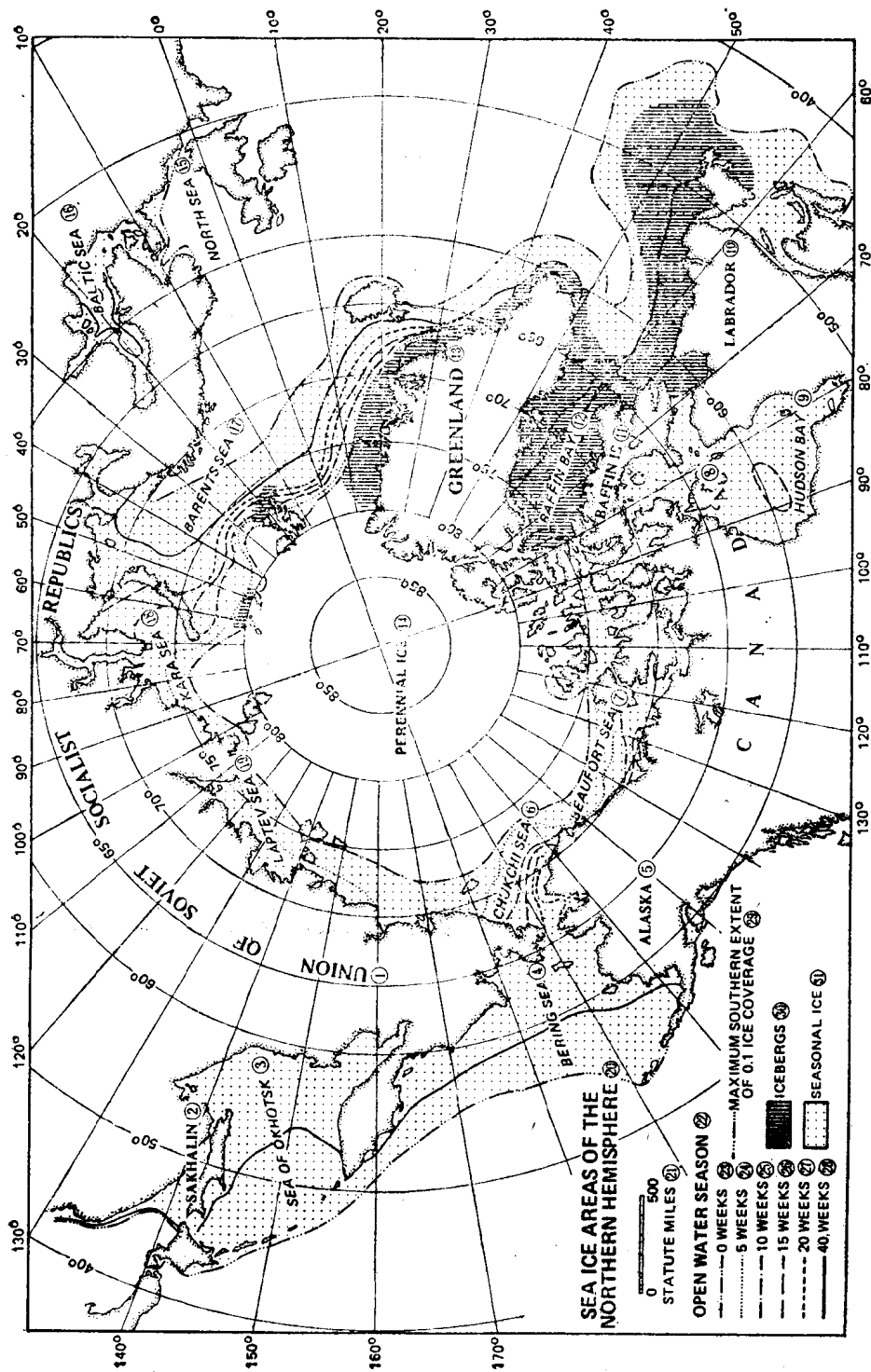


图 1 北半球的海冰区

① 苏联社会主义共和国联盟；② 萨哈林岛；③ 鄂毕湾；④ 白令海；⑤ 阿拉斯加；⑥ 楚科奇海；⑦ 波弗特海；⑧ 加拿大；⑨ 哈得孙湾；⑩ 拉布拉多；⑪ 巴芬湾；⑫ 格陵兰；⑬ 终年冰；⑭ 终年冰；⑮ 终年冰；⑯ 终年冰；⑰ 终年冰；⑱ 终年冰；⑲ 终年冰；⑳ 终年冰；㉑ 终年冰；㉒ 终年冰；㉓ 终年冰；㉔ 终年冰；㉕ 终年冰；㉖ 终年冰；㉗ 终年冰；㉘ 终年冰；㉙ 终年冰；㉚ 终年冰；㉛ 终年冰；㉜ 终年冰；㉝ 终年冰；㉞ 终年冰；㉟ 终年冰；㊱ 终年冰；㊲ 终年冰；㊳ 终年冰；㊴ 终年冰；㊵ 终年冰；㊶ 终年冰；㊷ 终年冰；㊸ 终年冰；㊹ 终年冰；㊺ 终年冰；㊻ 终年冰；㊼ 终年冰；㊽ 终年冰；㊾ 终年冰；㊿ 终年冰

3. 深水固定冰作业条件

加拿大群岛的深水海峡具有独特的与陆地紧紧相连的冰和深水两种结合特点。在冬季的大部分时间里,冰非常稳定,可供冰上运输并在较厚的冰平台上使用陆上钻机。在格陵兰和斯瓦巴德附近的一些有限的地区有类似的海冰条件。夏季冰盖破裂和软化,破冰船可以通过。但是,在群岛的北部通常没有开阔水季节。

三、现有的钻井技术

现有的钻井技术可分为两大类:底部基础系统和浮动系统。底部基础系统是这样设计的,一般能承受一年到头的冰力和其他负荷,因此钻井作业受环境因素干扰极少。

浮动系统在运移的冰上维持井位的能力有限。它们还可分为具有某种程度抗运移冰的系统(“主动式”系统)和那些依赖于静止冰层来维持其井位的系统(“从动式”系统)。这两种系统一旦遇有过大的冰力或冰的运动必须能快速脱离井位。

1. 底部基础系统

底部基础的北极钻井系统有人工岛、带容纳填充料沉箱的人工岛和可潜水式钻井沉箱。这些都是大型结构的系统,它们能够承受预期的冰力,其主要缺点是使用时受水深的限制,建造周期长。

(1)人工岛 砂或砾石人工岛是第一个北极钻井系统,第一个人工岛(IMMERK)建在加拿大麦肯奇湾地区,是由帝国(IMPERIAL)石油有限公司于1972—1973年间建造。此后,在加拿大建造了大约20座钻井人工岛,在阿拉斯加水域共建造了10座,其中包括一个人工冰岛^[3](埃克森和阿拉斯加石油协会49号工程项目的其他参与者建造了试验性的冰岛^[1])。图2是最有代表性的砂砾人工岛。在这些人工岛上曾使用过标准的北极陆上钻机。

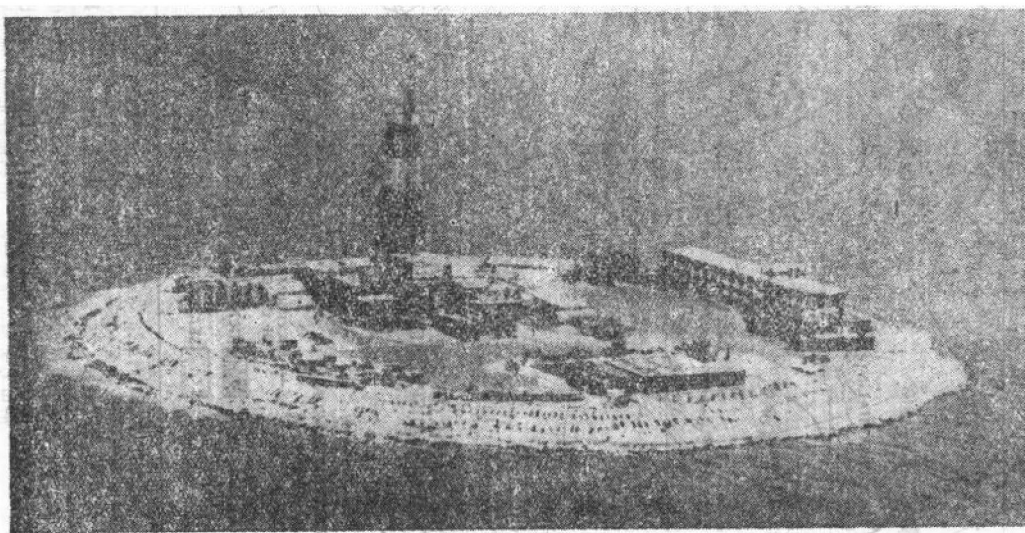


图2 埃克森公司的BEECHY POINT钻井人工岛(在阿拉斯加波弗特海,1981年9月)

在夏季和冬季都建造过人工岛。大多数加拿大人工岛是在三个月的开阔水季节里用挖泥船建造的。填充材料用驳船、底卸式挖泥船或浮动管线(在当地可以得到合适的填充材料的情况下)送到施工现场。

阿拉斯加的作业者多数在冬天施工。在阿拉斯加波弗特海由于开阔水季节短，使用挖泥船在经济上花不来。可以从距离许多井场不远的地方得到陆上的砾石。即使是夏季建造的人工岛也是用来源于陆上的砾石建造的，这些砾石用驳船运到施工现场。

图3表示在水深18英尺(5.5米)的BEECHY POINT井位上冬季施工的情况^[4]。使用挖沟机将大片的天然海冰切成块，然后用反向铲装到卡车运走。在浮动的冰上公路装载砂石的卡车要走约3.5英里(5.6公里)长的距离才到达施工现场。

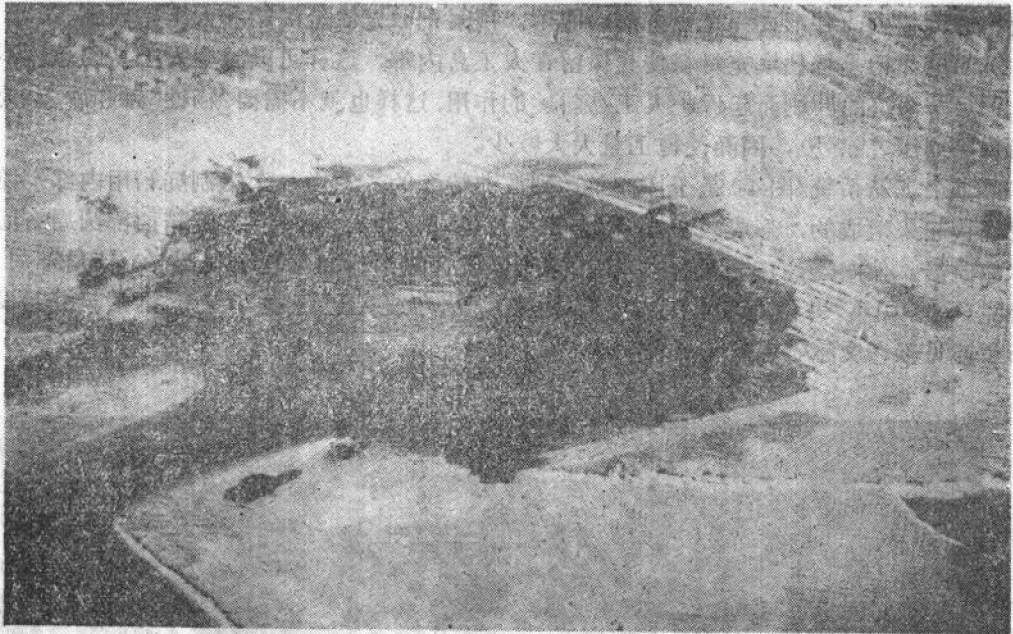


图3 BEECHY POINT钻井人工岛冬季施工情况(1981年3月)

冰上公路是这样修筑的，在元月份和二月份在海冰上重复浇灌海水直至结上7英尺(2.1米)厚的冰为止。于1981年3月4日至4月13日的83天内，通过冰上公路运了砾石总计350,000立方码(270,000立方米)。建成的人工岛，顶部直径为480英尺(146米)，露出水面高度为13.5英尺(4.1米)。在夏季，为了不受海浪的冲刷，在人工岛斜坡堆了11,900袋砂袋，每袋装砂2立方码(1.5立方米)。

在阿拉斯加波弗特海，水深达50或60英尺(15—16米)的条件下，使用冬季施工技术被认为是可行的。1982年壳牌石油公司(SHELL OIL COMPANY)在普罗德霍湾西北水深为40英尺(12米)的水域建造的名为海豹(SEAL)的人工岛，创造了当前钻井人工岛的水深记录。

在加拿大钻井人工岛(不带供容纳填充材料的沉箱)的水深记录是由埃索资源加拿大公司(ESSO RESOURCES CANADA)创造的。该公司建造了名为ISSUNGNAK的人工岛，水深63英尺(19米)^[5]。这座人工岛是用浮动管道吸泥，经过两个夏天(1978—1979年)的连续施工建成的，用了填充材料约650万立方码(500万立方米)。具有为预防夏季风暴的一个宽的“牺牲”滩是这座人工岛的特点。建造费约为6000万加拿大元。

设计钻井人工岛要考虑能抵抗在一年中遇到的海洋环境(海冰和海浪)的作用力，至于冰负荷则取决于当地的环境。例如，BEECHY POINT人工岛是根据冰的挤压负荷为270千磅/英尺(4千牛顿力/米)和安全系数大于1.5而设计的。典型的预防海浪冲刷的措施是用砂袋，

其下垫滤布，曾用过4立方码(3立方米)的砂袋。海浪冲刷较海冰作用所带来的问题更为严重，尤其是对夏季施工的人工岛。设计人工岛要考虑的因素的详细说明参见本文参考文献〔6〕。

到目前为止，所有建造的人工岛都是作为钻探井的临时性基础。一旦把井报废了并把护坡除去后，人工岛便在海浪冲刷下逐渐消失。对环境的影响已减到最低程度。

(2)沉箱挡圈式人工岛 第一个沉箱挡圈式人工岛是在加拿大塔西尤特(TARSIUT)地区水深72英尺(22米)处建成的〔7〕。四个长260英尺(80米)重5300吨的庞大混凝土沉箱坐在海底挖出的沟槽内，并形成一个正方形的圈闭。用泵把砂充填至沉箱和人工岛内部。

沉箱的作用是挡住填充材料使其保留在人工岛内部，这样可以减少人工岛的总体积。另外，还可防海浪的冲刷而起保护人工岛斜坡的作用，这样也就不需要“牺牲”滩和砂袋(为保护沉箱根部周围者除外)，因而使施工量大大减少。

第二个沉箱系统(图4)是于1982年运到波弗特海的。它由八个钢制沉箱用内部钢缆张力系统连接起来组成的，形成一个直径为300英尺(90米)的八角形圈闭。沉箱顶部圆周有海浪和海冰偏向器。偏向器高15英尺(4.5米)。这个系统计划于1983年夏季安装在ERC公司的加德鲁克(KADLUK)井位上，水深45英尺(14米)。去年夏天已经挖了海底沟槽。沉箱设计的细节叙述见参考文献〔8〕。

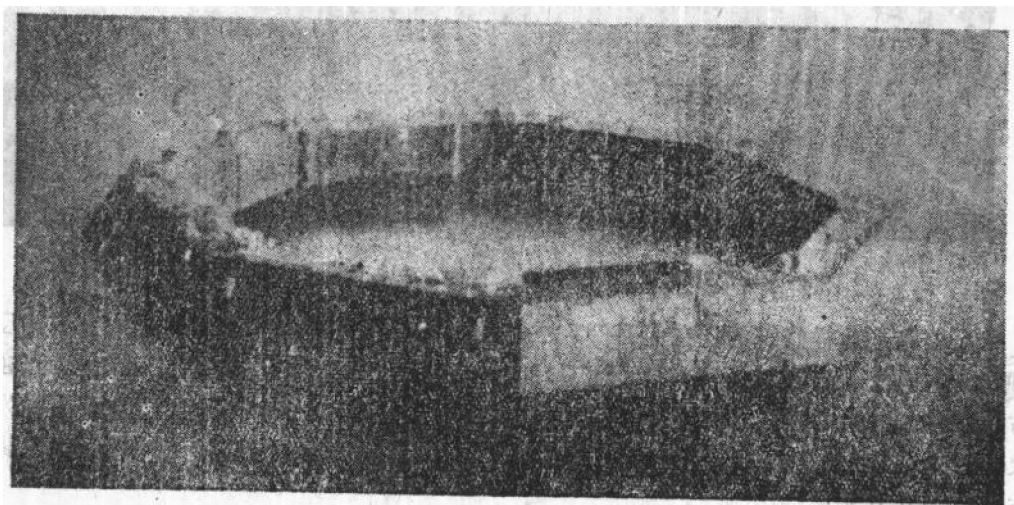


图4 埃索资源加拿大有限公司(ESSO RESOURCES CANADA LIMITED)的钢制沉箱在杜克(TUK)港装配成环状的情况(麦肯奇, 1982年10月)

如同钻井人工岛一样，在沉箱挡圈式人工岛上也准备使用常规的北极钻机。一般，在人工岛建成后，用驳船将钻机运到钻井现场。一旦完钻，将钻机卸下来，沉箱可再行漂浮运到其他地点使用。

(3)潜水式钻井沉箱 潜水式钻井沉箱是这样—个整体系统，待系统拖到钻井现场后就进行压载使之沉至海底沟槽底部或突起的台阶上。附加压载(海水或砂)使沉箱具有抗衡海浪和海水横向负荷的稳定性。压载完后，即可使用永久安装在沉箱上的钻机钻进。这样可以减少在现场安装沉箱花费的时间和精力。

为在北极钻井，人们曾建议过好几种型式的全潜式钻井船。至今，实际使用的只有一

种,即DOME石油公司的“单钢制钻井沉箱”(简称SSDC)[9]。另一台是正在建造的海湾加拿大公司(GULF CANADA)的运移式北极沉箱[7]。

图5是DOME石油公司的沉箱系统在麦肯奇湾的乌维鲁克(UVILUK)井位水深100英尺(31米)的情况。钻井船高约80英尺(24米),坐在海底沟槽的台阶上,台阶顶面距海平面30英尺(9米)。这条钻井船是一艘巨型油轮船体的一部分,经用混凝土和钢材加强的,以抗衡海冰压力。该船用海水压载。附加的保护是用块冰冰场实现的。这个块冰冰场是在冬季初在船的周围自然形成的海冰,再经多次浇灌和喷洒海水使之平整和加重,提高块冰冰场的摩擦力,可以防止滑动。这条船的钻井现场正好在季节性流冰群作业环境,这种流冰群冰盖,在整个冬天基本上是在运动的。

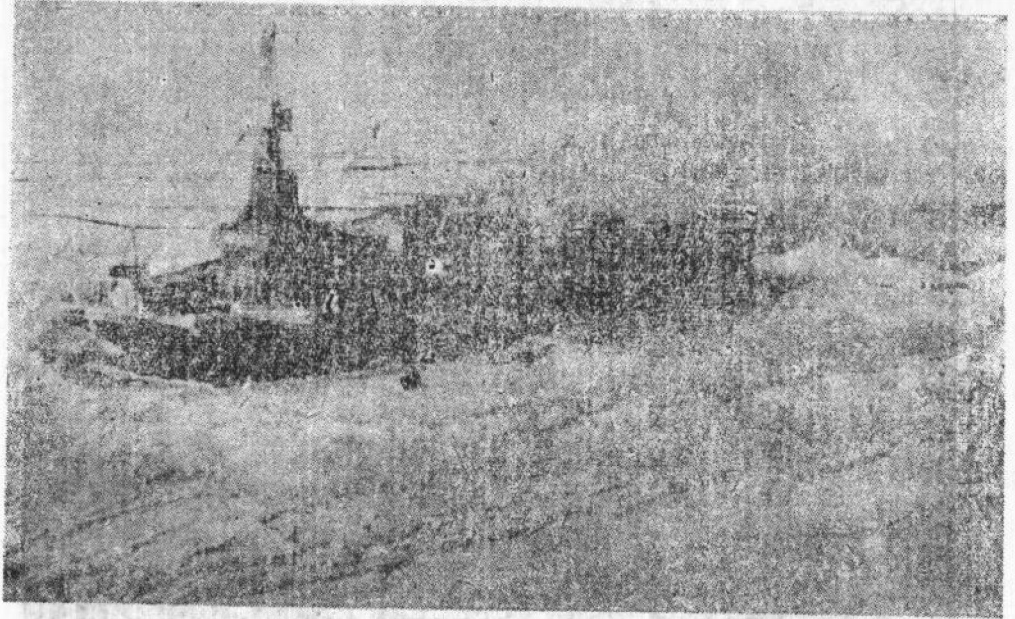


图5 在乌维鲁克(UVILUK)钻井现场的单钢制钻井沉箱(由多姆石油有限公司 DOME PETROLEUM LTD, 同意供图)

多姆石油有限公司计划在今年将SSDC搬迁至水更深的(140英尺(43米))其他钻井现场(NERLEK)。于1982年开始修筑海底台阶。

2. 浮动钻井系统

现有的浮动北极钻井系统包括两种适用于季节性流冰群的“主动式”系统,即抗冰钻井船和锥形钻井平台,以及一种“从动式”系统,即使用于深水固定冰的浮动海冰平台。

(1) 抗冰钻井船 1976年在麦肯奇湾开阔水期期间开始使用抗冰钻井船。这些钻井船都是多姆(DOME)石油有限公司的子公司坎马尔(CANMAR)经营的。目前这家子公司拥有四艘破冰抗冰钻井船和几艘包括两艘破冰船在内的辅助工作船。破冰船用来破碎处在冻结的冰块。该子公司利用破冰船来延长钻井季节已经获得成功。但是,在冰厚达到1英尺(0.3米)之前,一般要停钻。这支船队在冬季的8月至9月份暂停工作。

水深范围在60至220英尺(16—68米)的水域,已用这种方法钻了20多口井。防喷器安装在大坑内,以防止深龙骨冰现象。这种龙骨冰现象刮刮水深150英尺(45米)的海底。在许多情况下,钻完一口井需一个季度以上。

锥形钻井船 图6是海湾加拿大公司为在麦肯奇湾于1983年开钻而正在建造的一艘“锥形钻井系统”(英文简称CDU)[7]。圆形船体顶面直径为265英尺(81米),其斜面可将即来的冰块转向下方。海湾加拿大公司期望能将钻井季节延长约六个月,破碎4英尺(1.2米)厚的海冰。这条驳船有12根锚缆,并有一支由破冰船和破冰供应船组成的船队为其提供服务。在厚的海冰和海冰高压脊接触锥形钻井船之前早被破冰船破碎了。这条船打算在130—200英

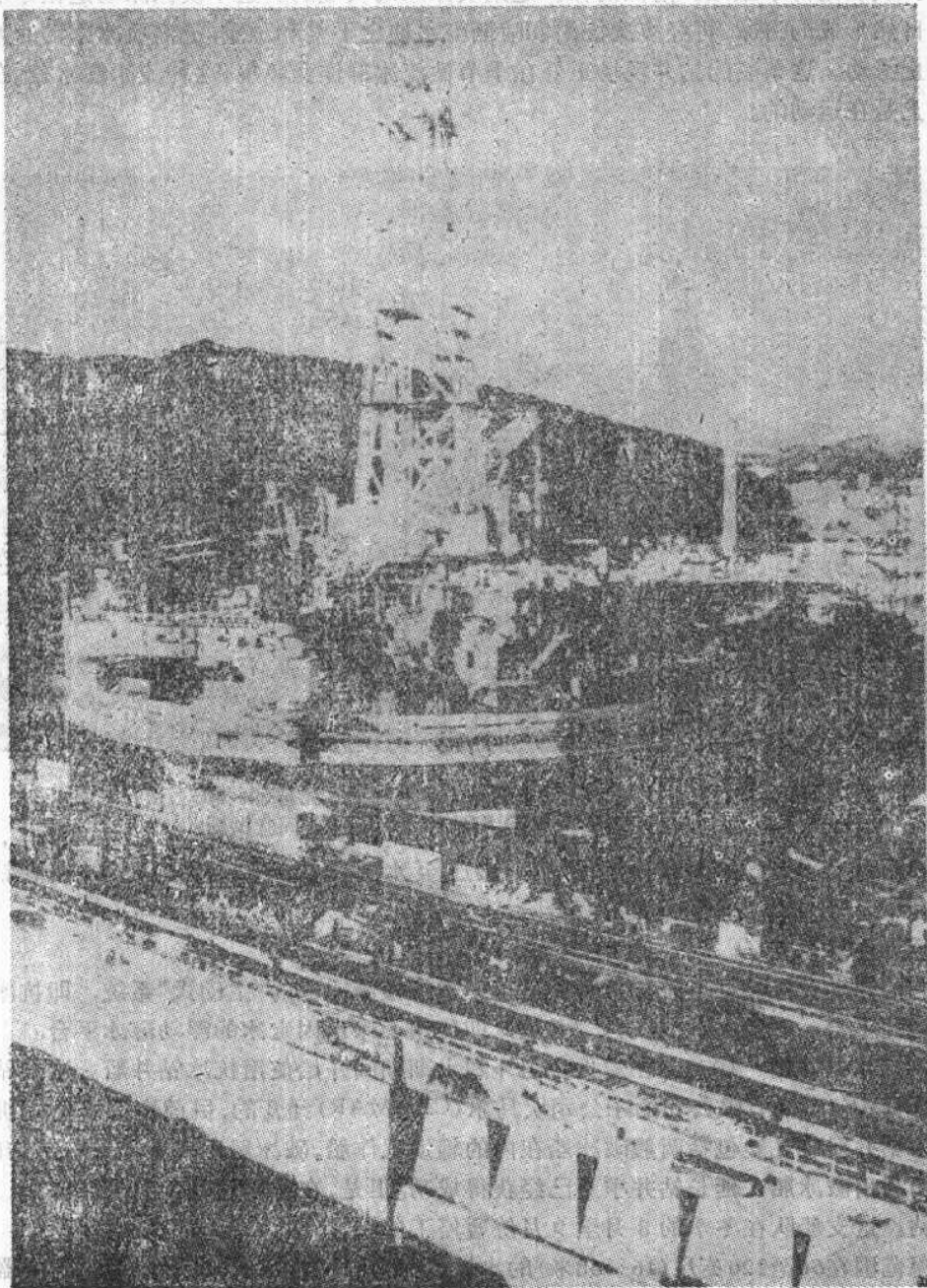


图6 正在建造的锥形钻井船(海湾资源公司同意供图)

尺(40—60米)水深范围内作业。

(3) 浮动海冰平台 在加拿大北极岛地区的主要作业者泛北极公司(PANARCTIC), 于1973年用厚的海冰平台钻了第一口海上地层参数井。从那个时候起, 这种钻井技术便成为常规的技术, 并且在水深达1200英尺(370米)的海域钻了探井约25口^[10]。在钻井过程中, 这种钻井方法是依靠大片固定冰来保持钻井作业中的定位。移动距离不超过百分之五的水深的小规模海冰运动, 是常规的浮动钻井船可以承受的限度。目前只有两口井因海冰运动过大而报废, 需要重新选择井位开钻。

在冬季初, 采取在天然冰层上多次浇灌海水开始建造冰缓冲垫。完成后的典型冰缓冲垫厚度约20英尺(6米)。有时为了提高浮力和承载能力, 在冰缓冲垫中加入聚氨脂泡沫块。

钻机是经改装的陆上钻机, 配备水下防喷器组和隔水导管。钻井作业通常在元月份开始进行, 可以持续到五月中旬, 即早在夏季海冰开始融化和发生大的海冰运动之前作业。

四、正在发展的技术

正如上一章节所讨论过的, 在前十年内已经发展了几种专门的北极钻井方法, 使作业者能在前面提到的三种作业环境下钻了20多口探井。但是, 这些方法还有许多缺点, 例如受水深的限制、建造底部基础系统时间长和浮动钻井船的钻井季节短。这些缺点导致钻井成本高(有时一口井钻井成本高达1亿美元), 探井钻进的速度较低。有些地区, 如阿拉斯加波弗特海的部分海域, 水深大于60—100英尺(18—30米), 使用现有的设备也许是无法进行勘探的。

石油企业界正在进行巨大的努力来进一步发展北极海上钻井技术。这些技术包括前面已讨论过的三种类型系统中的每一种, 即底部基础、“主动式”浮动和“从动式”浮动系统等。

1. 底部基础钻井系统

有关底部基础钻井系统, 曾有过许多的建议, 这些建议都以适用于最近在阿拉斯加租让的海区为目的^[11,12], 其中包括混凝土和钢制的沉箱挡圈式人工岛、潜水式钻井驳船、单腿自升式钻井平台和锥形结构。某一种钻井系统的适用性及其成本效益, 对单个的作业者则将取决于所制定的钻井计划和钻井现场的具体因素, 例如填充材料的可获得性和建造季节的长短。

受水深限制是所有底部基础系统所固有的问题。组装(集装)式沉箱设计和自升式结构, 在某种程度上可以解决受水深限制的问题。但是在阿拉斯加的波弗特海, 这种方案的成功率较小, 因为设计能够抗衡深水的多年海冰的结构是困难的。

在水深超过60英尺(18米)的流冰群带, 似乎用锥形结构对应付多年海冰是个最有希望的设计。埃克森设计了一种适用于60至120英尺(18—36米)水深的混凝土锥体(图7)。适用于水深50至110英尺(15—33米)的类似结构的具体设计, 目前正由合作的石油企业界进行研究之中。这些锥体钻井结构, 将是巨型的混凝土结构, 其锥底直径超过500英尺(150米)。有人也建议过钢制锥体(用于浅水区)^[13], 但是在相同的海冰负荷条件下, 其成本可能要比混凝土的高。

锥体的浅水段锥面坡度导致深龙骨冰现象向上移动并不造成弯曲。图7的锥体结构是为适应长75英尺(23米)、宽23英尺(7米)、高压脊冰夹层总厚度为98英尺(30米)并夹在25英尺(7.6米)厚的多年浮冰中的坚固的(多年的)高压脊冰而设计的。基于塑性极限分析的相应设计负荷列在表1。对阿拉斯加波弗特海来说, 这些数字被认为是保守的负荷参数。上述的锥体

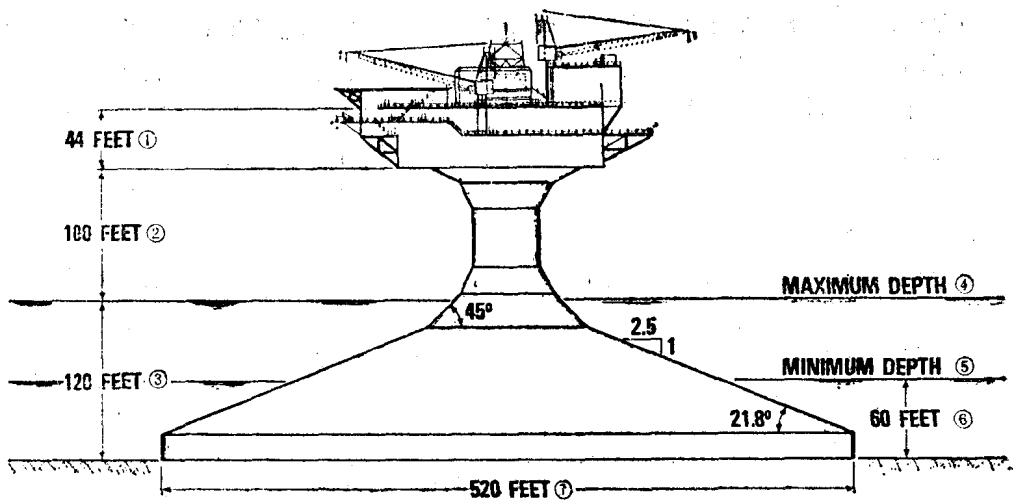


图7 适用于60—120英尺(18—36米)水深的锥体钻井结构

①44英尺；②100英尺；③120英尺；④最大深度；⑤最小深度；⑥60英尺；⑦520英尺

表1 图7中锥体结构的海冰负荷参数

负荷要素	垂 直		水 平	
	千 磅	百万牛顿力	千 磅	百万牛顿力
多年脊冰	156000	694	91000	405
冰 层	30000	133	25000	111
总 计	186000	827	116000	516

平均海冰接触压力：900磅/英寸² (62万巴斯卡尔)

结构是为适应在较软的基础土壤(100磅/英寸² (48千巴斯卡尔))①剪切强度负荷和安全系数为1.5而设计的。规定用轻型混凝土以控制拖航中结构的吃水深度小于60英尺(18米)。企业界正继续共同努力，以增加波弗特海多年脊冰的统计和土壤条件的资料数据库。合作研究也已在进行，以核实厚混凝土板的穿孔剪切强度，并制订合适的轻型高强度混凝土规范。

目前也在探索用于水深超过120英尺(36米)的加长锥体技术。这种技术包括修筑用来安置锥体的海底台阶，或装配式底座，或建造更大型的锥体。埃克森公司正在设计80英尺(24米)高的底座，它将增大锥体近期的水深能力至200英尺(60米)，这一水深接近于阿拉斯加波弗特海大陆架边缘附近的水深。

将锥体从一个井位搬迁至另一个井位，将是一项艰巨的工作，特别是当遇到碎冰的情况。尽管冬季搬迁似乎是不可能的，一年内有可能需要至少搬二次，第一次在解冻的初夏，另一次在秋末。埃克森公司进行了模型试验，确定在各种海冰条件下的拖航负荷。试验表明，采用合适的海冰处理技术，可以把锥体拖曳穿过破碎的海冰，而在结实的片状海冰则要用破冰船为锥体打开通道。

2. 主动式浮动系统

如多姆公司钻井船这样的浮动船，在有海冰的情况下钻井的成功率低。这种船具有不能

①应为6.9万巴斯卡尔——译注。

随海冰运动方向变化而改变航向的缺点，当海冰压力作用于船体侧面时，其产生的力容易超过常规系泊系统维持船稳定的能力。

海湾公司锥形钻井系统通过它的对称轴的锥体可以克服上述困难。对称轴的锥体可以使船很好地处理来自任一方向的海冰。但是，这种钻井船专门适用于麦肯奇湾较温和的海浪环境钻进，在其他地区使用可能有局限性。

转台式系泊的破冰钻井船具有船形和对运动的海冰全向适应能力的综合优点。图8是埃克森公司正在设计的这种船的构思图。它的设计与现有的转台式系泊钻井船相似，主要的区别在于：破冰船艏、转台位于船中前方，并配有超重型的系泊系统——在转台上要安装10台或10台以上的卷扬机或起锚机，以便在60英尺（18米）水深能产生100万吨（440万牛顿力）以上的复位力。为保持所要求的船艏方向和船在恶劣海冰下的稳定性，除使用系泊系统外，还可使用伸

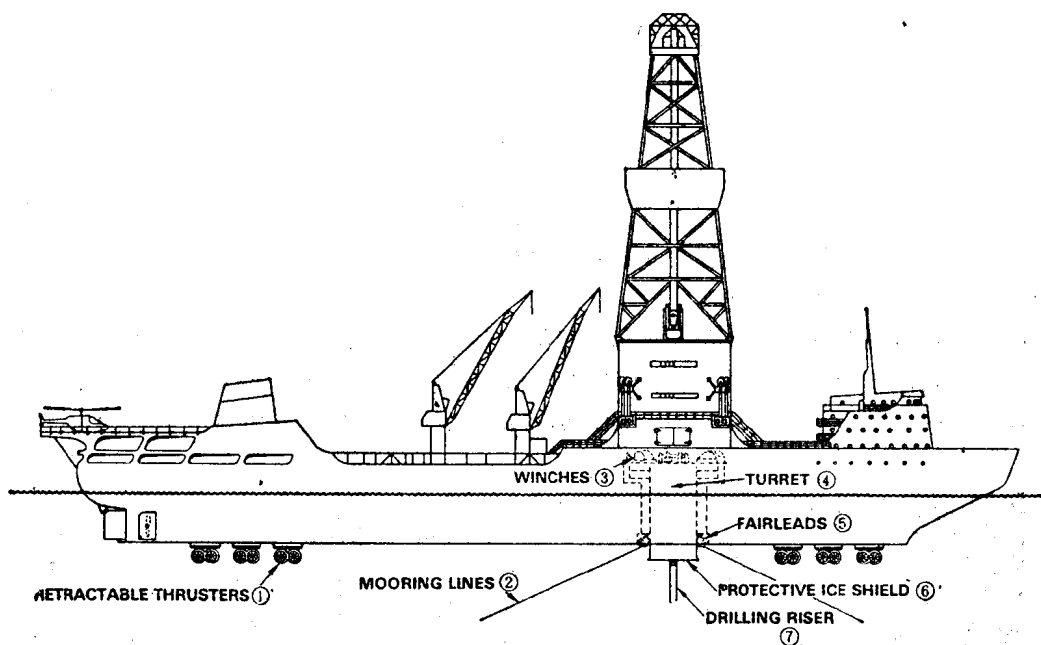


图8 破冰转台式系泊钻井船

①伸缩式推进器；②系统；③卷扬机；④转台；⑤导缆钳；⑥防冰罩；⑦钻井隔水管

缩式推进器和动力定位系统。静止的转台和可转动的船体之间的所有接触面是这样设计的，船体可在 ± 360 度方位内旋转无需拆卸软管或缆绳。这个设计要求较多的接触面，以便有一套接触面工作时，其他的接触面可以再行定位。在设计时，特别注意了能快速拆卸和重新部署船的能力，以适应改变的海冰条件。

埃克森公司在海冰模型池里做了破冰船的模拟试验。试验证实了转台式系泊的破冰钻井船具有随着改变海冰运动方向的风向而改变船的航向的能力。同时也测定了抗冰能力和船的运动。为了确定系泊的船和可变的冰盖之间的动力相互作用，正在做补充的试验。初步试验结果表明，在夹有厚度达30英尺（9米）的一年生成的（不坚实的）高压脊冰夹层的3英尺（0.9米）海冰之下使船维持在井位上，从设计上是可以办得到的。与常规开阔水钻井相比，这种能力将有可能延长楚科奇海的钻井季节约两个月。破冰钻井船在白令海也可使用，并可作为在许多其他海区广泛使用的一种钻井船。

3. 从动式浮动系统

泛北极公司的浮动海冰平台是目前唯一已在使用的从动式浮动钻井系统。在深水固定冰的作业条件下,破冰船也可以同样的方式予以使用,即可借助自身的动力在夏天开到井位上,也许还要破冰船的协助,然后才可以在井位上冻住。这时就可以开钻井保留在井位上直至海冰融化。穿过厚的冬季海冰做短距离的搬迁是可行的,也许沿其要走的航线先把冰层软化(即开槽)更有助于船的搬迁。在北极岛域区,当要钻的开发井井数较多而井距又小(也许井群集在海底垫板上)时,使用钻井船可能是有吸引力的。在这个地区从生产平台上钻井可能不切合实际。

对波弗特海浅水固定冰区,使用从动式(被冻结的)驳船或钻井船钻井也可以考虑。但是,即使冰盖稳定后,钻井船偏移几十英尺仍是普通现象,这个偏移值超过了在浅水的允许范围。

有可能解决这个问题一个办法,就是采用如同多姆公司具有搁浅的大块冰这种优点的单钢制钻井沉箱(SSDC)进行钻井作业。在整个波弗特海的固定海冰区内,海冰堆积是相当多的。但是,海冰的堆积也存在着只是在一定的面积内存在的倾向,对这些海冰堆积要做可靠的预测是不太可能的。

借助于可坐在海底的管状框架或其他结构,也许可以修筑毛石桩。日本曾报道有关这方面的试验情况,将管状框架坐在13英尺(4米)深的池底,以便形成防流冰群的屏障(如同近海渔民可能采用的保护措施一样)^[14]。

图9是埃索资源加拿大公司在卡尔加里的室外模拟试验,发现在模拟水深为20—30英尺(6—9米)条件下,几个钢制框架有效地促使冰堆积的破碎。这个试验是由索亥俄石油公司(SOHIO PETROLEUM COMPANY)和埃索资源加拿大公司联合提供试验经费的。

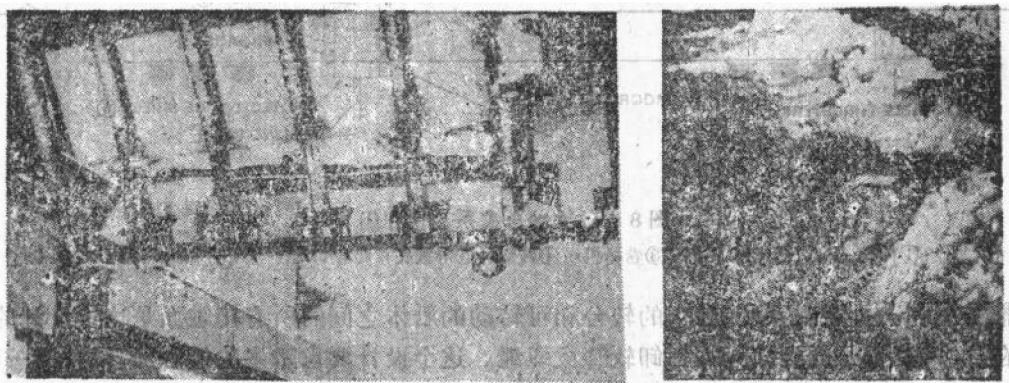


图9 海冰屏障概念的模拟试验:露出的部分屏障(左图,在充填模拟池的过程中)和已被冰毛石覆盖的情况(右图,试验后)

理想地说,人们期望能在需要的时间和地点一开始就能形成对冰的屏障体。可能的一个方法是使用喷嘴。图10是埃索公司于1978—1979年冬季期间制作的冰岛上的喷洒造冰施工。冰堆积的速度在使用1500加仑/分(95升/秒)的喷射枪时可达2英尺/时(0.6米/时)。在消防船上普遍使用要大得多的喷射设备(16000加仑/分(1立方米/秒))。现正考虑进行大喷射枪的现场试验,以确定建造座地式喷洒屏障的可行性。

如果只使用喷射方法或联合采用天然的或人工形成的毛石桩方法建造人工冰屏障可行的



图10 在埃克森公司的冰岛上喷洒造冰(阿拉斯加波弗特海, 1979年3月)

话, 则将为波弗特海离岸至60英尺(18米)水深的海域进行低成本的浮动钻井作业开辟道路。钻井船可以是抗冰的驳船, 并在初冬用破冰拖船拖到钻井现场。在冬末, 可以用冰锚绞车拖曳的方法来搬迁。这样可在不同的井位上, 每年钻两口或两口以上的井。除了修筑冰屏障之外, 基本上不要求做钻井现场准备工作。

已经用模拟试验进行过冬季搬迁的可能性研究。在6英尺(1.8米)厚的每年海冰条件下, 破冰驳船所需的拖航力正好是在标准的起锚机能力的范围之内。另外, 在船的前面的冰上开槽, 对显著降低冰的阻力是有效的。

五、结 论

(1) 几种已经发展出来专门的北极钻井系统, 可以使作业者能够在每一种北极作业环境(浅水固定冰、季节性北极流冰群和加拿大北极列岛地区的深水固定冰)下钻相当数量的探井。

(2) 现有的钻井系统都有其局限性, 影响其经济效益和地理上的适用性: 底部基础系统受水深的限制, 冬季运移性差, 而且在较短的建造季节内需要进行大量工作; 浮动系统钻井季节短, 有可能在一年之中的其余时间里停工。

(3) 现有的钻井系统极不适用于阿拉斯加波弗特海水深超过60英尺(18米)地区的北极流冰群作业条件, 因为可供人工岛高经济效益施工的开阔水季节通常太短, 同时夏季的海冰条件对浮动钻井似乎太恶劣。

(4) 石油工业界正在研究许多先进的北极钻井系统, 其中有几种潜水式沉箱系统比人工岛在建造上所花的精力要少得多。这种系统在多井的钻井计划情况下经济效益高, 并还可供在水深为60英尺(18米)甚至在阿拉斯加波弗特海海区进行钻井作业。