



# 海洋工程地質

海洋地质情报专辑



1987<sup>c</sup>4

12218

地质矿产部南海地质调查指挥部情报室

封面设计：杨广泰

责任编辑 梁世容

---

**海洋工程地质**  
(海洋地质情报专辑)

编者 南海地质调查指挥部情报室  
印刷者 第二海洋地质调查大队印刷室  
日期 一九八七年十月  
地址 广州市1180信箱

---

# 目 录

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| 英国地质调查所的遥控海底调查技术.....                | ( 1 )   |
| 声波油流沉积化学和微生物学问题的初步研究.....            | ( 16 )  |
| 获取工程参数的地震测试.....                     | ( 20 )  |
| 海底地质取样.....                          | ( 22 )  |
| 微计算机控制海底岩心钻及振动取样器.....               | ( 34 )  |
| 英国地质调查所取样方法简介.....                   | ( 41 )  |
| 英国 Tremadog 湾的土工研究.....              | ( 43 )  |
| 土壤现场测试技术的最新发展.....                   | ( 61 )  |
| 海底沉积物原位声波探测仪.....                    | ( 68 )  |
| 近海取样设备.....                          | ( 76 )  |
| 海底沉积物的蠕动作用.....                      | ( 85 )  |
| 西北欧上陆坡向极强流对海底地貌影响的证据.....            | ( 90 )  |
| 英国北部陆架和陆坡的第四纪层序及其对区域土工调<br>查的意义..... | ( 98 )  |
| 北海及其邻域的区域地质调查在识别近海灾害因素中<br>的应用.....  | ( 112 ) |
| 马德拉深海平原油流沉积作用的气候控制因素 .....           | ( 130 ) |

# 英国地质调查所的遥控海底调查技术

〔英〕J. A. Chester

## 引言

英国地质调查所于1966年对英国大陆架开始进行地质调查，并提交了该区域的一系列图件和报告，调查区域水深在200米以内。

该大陆架按1°纬度，2°经度分成一系列图幅，比例尺为1:250,000。每一图幅都根据海底某一些地貌特征命名，在没有这种特征的地方即以某一著名地质学家的名字命名。这些图件有重力图、磁法图、海底沉积图和测深图、第四纪地质图和前第四纪地质图。

在一图幅或选择的图幅区内的初测工作是按约5公里测线间距的网格进行的。采用一套地球物理调查设备：磁力仪、重力仪、精密深度记录仪、旁侧声纳、浅层剖面仪、轰鸣器或深拖轰鸣器、电火花和气枪。自1967年以来已完成了约150,000公里的多道地震测线。由卫星导航定位，配有综合多普勒声纳。这些初测工作为地质学家提供了大量用来证明地球物理参数的采样位置。

## 重力取心

重力取样对于沉积物取心来说是最基本的也是最经济的工具，岩心管可穿过沉积层，在无表层被盖的软岩石层也可取样。但如果沉积层粒度增大，固结度增强则无法穿透；截割鞋遇到卵石和砾石也像遇到硬岩一样通常无法工作，因此需要找出其他办法来对付这些情况。

有两种技术可以利用。在非固结沉积层和软岩石中可用振动法取心，而硬岩层可用旋转钻取心。

## 振动取心

目前英国地调所采用的振动取心系统可在水深1000米处取直径85毫米、长6米、质量较好的不扰动岩心。

取样架高7.7米，敞开式三角形底，三

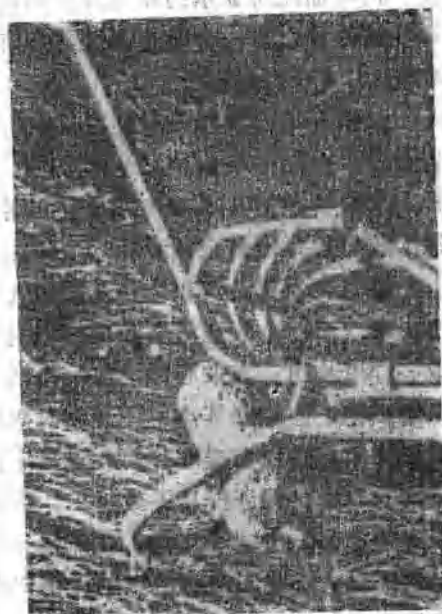


图1 重力取样

条腿其节圆直径为6.2米。底部每边最大尺寸为5.5米，取心器干重为3.5吨。

这一设备由一个顶部总成，基部单元、下部的腿，三个垂直导向构件和三对六根用来支撑和加固设备的钢缆组成。除了垂直导向构件是由无缝钢管制成外，其他所有零件都由槽钢做成。用销钉装配固定。导向管是用套筒连接，销钉锁固，使框架牢固稳定，以免由于过重而倒坍和移动

框架里面是振动器，电源分配箱、电动液压力箱、液压回收绞车、倾斜仪和声波探头。除了振动器外，所有零件安在底部，使设备重心降低，并有较好的海底稳定性。

电动振动器直接安在岩心管上，由一条电源导线与底部的接线箱联接。容器内装有一个4.5马力单相电动机壳体，配有两对卷筒和反向转子，每一个又装有可变偏心轮，可产生高达5.5吨50赫兹的振动力。

在振动器工作时，电动液压收缩系统用电打开，让整个绞车可以自由放出，使取心管下降，当达到最大穿透深度时，相选择送电路向振动器的收缩绞车送电，绞车穿过架子顶部的滑轮用12吨的拉力，以每分钟1.5米的速度，稳定地把岩心管收回。在这个位置上的阻力使一个液压释放阀打开。取样失败时，船上的升降机可把取心管直接由海底提起。如取心管卡住，由于附加的岩心管螺栓及底部中心联接部分可切断岩心管，使其留在海底，从而将设备回收。收缩绞车的作用是在把取样器拉出海底时母船不必一定直接处于机器上方，以免取心管弯曲。

在穿透和收缩期间有一个安在底盘上并集中探测振动器头的700千赫兹声波探头连续工作，其供电电源为直流电。穿透器箱配有倾斜指示开关和一个数据处理系统能向水上显示数据并记录工作状态、能耗和穿透深度。同时如此所显示的穿透深度和回收速率使该系统作为一个动态穿透器具有更多功能。

该振动取样器有一个外径100毫米的岩心管，内加一条内径85毫米的透明衬管。取心管和衬管之间的环形空间用一个氯丁胶O形环密封至截鞋和岩心抓组件之上，以防止取样后沉积物挤入而使衬管抽不出来。用一个液压活塞和顶杆把衬管从取心管里推出。在取心时，有一个活塞盖在沉积物上面控制其高度。并相对固定在取心管内，以便在提取和回收过程中提高回收的质量，保证样品不致掉出。活塞上配有一个向上流动止回阀，在开始钻探时将水排出。实践工作中活塞的作用似乎不是很大。

专为取心器设计了一个平底雪撬式投



图2 振动取样器

放架，投放开始时，投放架平放在甲板上，然后沿平台边缘的枢轴升起，用取样器顶部到各腿外侧的拉力钢缆将取样器送下海。在波浪 6~7 级的情况下，投放和回收一般是安全的。

引进海底自动提收绞车后，该系统在岩心回收方面有了显著改进。绞车在取心管由船上直接拉回时，避免了上下颠簸和船只运动影响。当穿透速率受到连续监测时，这取自动控制提取岩心的方法既省时间，又不扰动岩心，也改善了岩心的质量。因为是电力驱动，所以该设备就不象其他的振动取样系统，如压缩空气控制系统那样受到水深的限制。

## 一米岩心钻

为了在岩石太硬，而不能使用重力取样器的地区取样，研制了一种一米遥控岩石钻，并配有一个低光源水下电视系统，原装有一个 EX 取心管，但后来换上了一个较好的双壁 BX 取心管。

一米钻为一三角架装置，在地面不平的情况下，也能保持稳定。三条腿分别与垂直钻具的承载导向装置的顶和底端构成三角形。电动马达通过一个机械转换装置向 EX 种心管提供每分钟 960 转稳定速度的旋转驱动力。一旦旋转开始，一个深锁螺帽就松开取心管使其以自身的重量自由下降。另一个潜水电动马达驱动一个多级离心泵，其最大扬程 80 米，10 米水头每小时最大流量为 4 立方米。该泵可利用脐状电缆中振动取样器穿透器导线独立开关，从而控制泵的工作，这样有助于冲掉基岩表面少量的覆盖层，完钻后。电源通过相旋转，变成三相钻机马达即可进行回收。这样引起旋转反向，经过另一次机械转换，打开一个固定的排水液压泵，该泵通过装在架子上的水压机的收缩而把钻具拉回。所有该系统的组成部分都是压力补偿的。且属单向机械传动，仅通过相转动即可保证单独动作和选择。钻机与电源绝缘时，是用液压锁定的，这样做可在使用和回收时不必设通电连接电缆，从而也不必设滑环绞车。

钻头重量和钻机速度是不变的，经过选择它有利于 EX 取心管的取心。但在使用前应认真考虑选择钻头类型。钻头类型从碳化钨钻头到表面嵌有金刚石的钻头都可选择。肉眼可观测取心管上的深度标记。最近所采用的 BX 双壁取心管系统使岩心的回收率和穿透速率有所提高。

该钻机使用简便，只要在船舷装一个起重机即可。但此钻只能用于岩石露头区



图3 1米岩石钻机

或只有几厘米沉积层的地方，这就意味着要用装在钻机上的电视来搜索可能的岩石露头和作业水平面。该钻操作费时。另外在强流中其稳定性也不太好。然而在岩石暴露地区进行地质调查，有一米的岩心也就够用了。

## 无人潜水钻岩心

为了用一种可离船独立活动的装置来勘探海底，从而改变在船舷边悬挂钻机又要设法控制船只的情况，我们研制了Consub 1号。

该装置由英国飞机公司按照英国地调所的要求设计和制造的。长2.8米、宽1.8米、高1.65米、重1.37吨。它装有4个5马力的推进器，两个垂向的可作前后运动，另外两个卧式的可作上下推动，供电电源为415伏50赫兹、50千安伏三相交流电。

潜水艇的电源及控制其各种功能的电信号是由母船通过一根1公里长的脐状电缆提供的。作业时，电缆上装设了一系列间距为4米的浮子使之不致落到海底。该电缆有一个高强度芯子，外有金属屏蔽，整条电缆都用聚氨基甲酸乙酯作了铠装防护。

为了将电缆压降减到最小限度，母船发电机送出的440伏电压，在送入潜水艇前提高到1100伏。潜水艇内的变压器随后把电压降为110伏，以供照明等。

Consub的设计原理完全是遥控作业原理。艇上配有电视摄像机和探照灯，使操作员在母船的控制台上能够控制和操作潜水艇、岩石钻和立体摄像机。潜艇在水深600米处可在海底上方“飞行”，寻找适当的岩石区，并进行钻探。

钻头夹盘部份配一个精心设计的岩石钻，安装在潜水器前部一个精密制作的底盘和俯仰方台上。底盘和俯仰云台由船上用电子控制，并配有电视摄像机和一个500瓦的探照灯，它们使岩石钻可以倾斜一个135°的弧度。（上下各45°和90°）另外该俯仰台在前部两侧各可转动180°，如装上岩石钻则只可转动90°。

岩心直径12毫米，长100毫米。钻头表层含De Beers Hardcore天然钻石40—60斯通/克，并用1马力，764瓦Lucas液压马达驱动，每分钟900转。

由于Consub有向上的浮力，因此需要驱动才能向深处下潜。在潜水器两头有两个可逆向垂直作用的推动器，开钻时可把潜水器推下海底。因为推进器产生的推力可以单独改变，所以水中潜水器的位置也可通过改变螺距度数来改变。

Consub岩钻马达和其它液压装置如：推进器、底盘、俯仰台等全都由一个共用泵提供能量，该泵由一个25马力的电动机驱动。泵出的过滤液压流体通过一个母船电力控制的由配比控制阀以及其它部件组成的系统进行分配。该液压系统得到压力补偿，以避免各部件之间的差异压力，从而减少泄漏。

地质学家用控制台上的仪表板来控制打钻。可用肉眼来监视经过摄像机送到电视屏幕上的钻区情况，并用操纵杆来把钻机送到钻探位置。

用一个电开关顺序打开钻机内的液压控制阀，这些阀再推动一系列柱塞，使钻具从其在机架内的位置向外伸出。钻机由三个在液压下抓进岩石表面的定位器固定在岩石表面上。

钻机配有一个水泵用来冲洗碎屑。当钻头钻到最大深度时，一个塔头诺尔式隔片关闭水泵的进水口，其结果是堆积起来的碎屑卡住钻头，从而使岩心截断。很明显这种方法不太理想。

和一米钻一样，Consul也只能用于岩石露头地区。然而在大陆架的广大地区都覆盖着数米厚的沉积物。假如有人可以提高岩石钻的钻探深度，那么这些陆架区就可以比较经济地进行取心，而不必求助于传统的钻井船。基于这一想法，研制了6米钻。

## 六米钻

### 加拿大岩石钻

这种类型钻机的样机是由加拿大贝特福海洋科学研究所制造的、它由一个三角形底盘组成，里面装满铅块以保持稳定，重2.5吨。在底盘上装了托架，用以支撑6米岩心管组件。岩心管可以顺着一个中心轴往下放，托架顶部有一个夹钳，从岩心管顶部到盘底有三根固定钢缆使岩心管保持在垂直位置上。

该岩心钻机机械部份包括：一个铝制管套，一个 $\frac{1}{4}$ 英寸厚的聚乙烯衬管，聚乙烯管中还有一个（25毫米）取心管。聚乙烯管嵌进钻架底部的轮齿中，由一个5马力的电动马达通过链条驱动。在岩心管的顶部加了一个带螺纹的铜制传动轴，用销子固定。铜轴还与聚乙烯管的螺纹咬合。当传动轴转动时，铜制轮齿和岩心管以每秒1350转向下驱动。

在底盘上有个小泵，由电动马达驱动，把水压到岩心管顶端，再送入管内到钻头，作为钻井液。

母船上电源为440伏，在船上变成2400伏，送到钻机上575伏。

电能经过一条不旋转电源/提升电缆，电缆内有三根同轴电源线，电源线外为橡皮包裹，再外面则是反向螺旋状钢丝铠装层，可提高提吊能力。电缆直径为20毫米，3吨转座。电源终端用不锈钢接头。

该钻机的电子仪器部分装在一个钢制圆筒中，置于钻机的底盘上，其电源由一个6伏可再充电的6安培/小时电瓶提供。电瓶装在另一个容器中。然而信号就以8个频道（两个数字的，6个模拟的）通过三条同轴电线传输。

母船上的图表记录仪可测量：高度、冲洗压力、降低负荷压力流，罗经方向。钻机由进车钮，停车钮和启动钮控制。



图4 无人操作海底潜艇“Consul 1”号

操作时,该钻由一个有伸缩臂的起重机在船的一侧往下放,用拉索控制使其不致摇摆。用电源/提吊电缆配上一个10吨的Pengo旋臂和滑环系统把它放到海底。在钻机以上50米处装了一只声脉冲发生器,以指示其在海底以上的位置,位置数据显示在一个Ratheon图表记录仪上。钻机上还有一个11千赫芝的声波发射器,而船上有三个三角形布置的传感器接收信号,可提供一个短基线定位系统,由船上电视屏幕显示。用主机和推进器来保持船身位置。

由于加拿大钻机的成本较高,穿透能力有限,以及英国地调所对其它自用钻机提出的要求,因此英国地调所于1982年又制造了一台岩心钻样机。

### 英国地调所的岩心钻

英国地调所岩心钻的设计原理主要是在现在所使用的振动取样器的一个结构框架里装设一个十分完整的补充系统。这样在同一个操作系统中,可交替使用两种取样设备,从而在对有较厚覆盖层和硬岩石交替出现的测区,可有较大的灵活性。

微信息处理机,电驱动系统和液压系统既可控制旋转钻进也可控制振动取样,由一根脐状电缆供电,钻架与振动取样器者同。

钻机组件装在一个敞开式架内,它们是:

①振动器头:它可提供振动取样所需的震动力,通过一个水旋转接头和钻管向钻钻传送0.75吨的钻重。压力容器底部法兰盘的位置可与旋转钻杆顶部的装置相接,也可与振动取样管相接。压力容器位于钻机三条垂直导向管之内。

②计算机与处理模式选择接口、功能控制器,以及往船上输送数据的装置都装在一个圆形的抗压容器内。

目前的计算机软件可接受15个控制功能指令,包括开机、停机、开钻、钻速、逆钻、钻机下落、空转、回收、冲孔1和冲孔2。计算机也监视两条轴上的倾斜度、液压、液压油流量、钻速、冲孔、穿透深度和回收情况。

船上的视频显示器(VDU)每三秒更新一次数据,它可显示:斜度、液压流量、钻速、冲孔、穿透深度、液压压力。人们也可询问现行压力阀的工作状态,时间等。和VDU配合使用的是图表记录仪,可复制数据。

③电动液压箱:它由计算机控制并具压力补偿。配有一个15马力,每分钟3000转的潜水式感应马达。马达驱动一个可变液压轴活塞排放泵,每分钟通过液压管线可排出32公升液体,供钻探和回收使用。



图5 加拿大6米岩石钻机

直接控制阀可使马达无负荷启动，并可通过动力旋转接头或回收绞车液压驱动马达，来选择系统的功能。而两种驱动方式的速度由可变排放泵上的电动液压传动器控制。可控直流电压改变泵的冲激角度从而改变排放量和马达速度。

④压力补偿动力转动接头：它安装在岩心钻底盘中心，由一个可变液压排放齿轮马达驱动。齿轮减速可在0—600转分范围内改变钻头速度。转动接头配有一个120毫米直径、具平行键槽的内螺旋输出驱动轴，既可与旋转取心的方钻杆套管相接，也可交替使用振动取心管。

打钻时，动力转动接头配有一个对开的六角方钻杆套管，它通过平行键槽接受扭力再把扭力传送到外边的六角岩心管。下钻时六角管象一般的钻一样滑过转动接头和套管。

⑤钻管选择了一个双壁管系统，用来钻取所遇到的由硬到软的各种岩石。

由于机械的和液压的原因，为了在靠近海底时确定旋转驱动台的位置，才采用了与外部六角钻管相配的方钻杆驱动设备。从成本和采购的难易考虑，尽量地多采用标准元件，并选用TBW系列取心管作为该设备的基本部件。岩心管尺寸为45毫米。

⑥收缩绞车属振动取样器和钻机所共有。它配有一个钢筒（绕线鼓），由一个高转矩径向活塞液压马达直接驱动，加上一个双滑轮，使拉力从6吨增加到12吨，这样最小拉出周期为90秒。在下放和回收期间，如无部件工作，则将绞车液压锁住。打钻时管线打开，可使马达象泵一样运动；在振动头负荷的作用下，将油绕一个短环路排出。

⑦冲孔是用两个十七级离心泵和泵进行的。每台由一个一马力五十赫兹的三相潜水马达驱动，其排水量每25米水头为35立方米。这两个泵安装在两个垂直的异向构件上，并把水供给钻杆顶部的水旋转接头。

目前所使用的电缆与振动器所使用的相同，内有 $4 \times 10$ AWG电源导线和 $4 \times 16$ AWG的信号导线。电缆同一个Kclar紧拉器连在一起，并作了聚氨基甲酸酯铠装处理，这种电缆适合在200米水深工作。在深水区用较长的电缆，可引起电压降低并严重影响输入计算机的资料的质量。

为了克服上述困难，今年又制作了一条新电缆增加电压4倍，信号导线编成三对。这种规格具有一个转矩平衡交叉绕成的钢丝外壳，其最大拉张强度为37吨。这种电缆如用滑环绞车上，可使钻机在没有锚泊的船上仅用一条单缆就可以了。

过去对于振动取心器来说，操作和投放都是在锚泊船上进行的。然而如今已经有了用一根电力起吊脐状缆即可在不抛锚的DP（动力定位）船上工作。传递装置位于钻架顶部，并通过一个Simrad HP<sub>3</sub>动力定位系统，加上船上的一台GEM80GEC计算机进行控制。

经过试验除了穿透较好外，钻头因震动和旋转都受到不同程度的磨损。可视岩层情况决定采用碳钢钻头还是金钢石钻头。

在意外卡钻无法回收时，可从水旋转接头处反向旋转松开，将之抛弃。

## 浅 钻

在英国地调所遥控调查手段无法获得地质资料的地区,则采用海底以下可达300米穿透的浅钻。

初期的钻探项目(1970—1975)用的是经过改装的船只MV, Whitethorn号,它配有一个液压摇臂起重机,在站位上可从船舷伸出工作。虽然船只的6点锚定系统限制了船只的工作水深,最大不超过80米,英国大陆架浅水区大部份覆盖的硬岩地质(前第四纪地层)都是用该船调查的。

前第四纪地层是这一项目的主要目标,通常是钻进露头10米取样和鉴定岩石。第四纪沉积物主要用砂泵螺旋钻调查,可取大块扰动样品。

这种钻探方法用一个导管从钻台底通到海面,然后把一个7 1/8英寸的套管放入海底再使用砂泵螺旋技术,如钻探碰到困难就可采用常规的或钢缆取心方法,可利用S.H和N钻杆柱中最大尺寸的作为套管继续打钻。不用套管的Christensen海洋绳索岩心管也可使用。这几种方法所取岩心结果都很好。

在White thorn之后,许多钻井船投入了使用。设计这些船只的目的主要是用来进行井位调查。如Sealab、Ferder、Mariner Survey;除了Pholas(前Sealab)以外,其他都可在比Whitethorn所能承担的更自由的水域和更深的区域打钻,船只大小也差不多。所有这些船都有一个由电动旋转接头旋动的波浪补偿钻杆柱。Surveyor则属例外,它用的是电动夹钳。钻铤紧挨着装在取心管上面,以增加钻进重量。

除了Christensen标准型号绳索管外,1977年Ferder采用了一个推进锤击式采样系统。人们感到连续旋转取心仍比较快,比起推进式取样设备来,其回收率也比较高。当遇到硬岩层也不必调换系统。麦克兰公司发明的鲑鱼式海底平台可进行钻头替换并重新钻进。该鲑鱼式底座可由导向钢缆放到海底,随后为钻杆柱和钻头。一旦钻头进入底座的锥体,导向装置则在钻进开始前被拉回水面。

1977年时,第四纪非固结的沉积物取心率普遍低,但硬岩石取心率却很好。只要可能就用直壁式碳钢钻头,对较硬岩层则用金刚石钻头进行打钻。岩心回收质量很好,但数量甚少,钻头设计和岩心保留需要改进。据此英国地调所研制了一种取心设备,可满足下列要求:

1. 一个能在任何岩层上取心的取心套管,并配上适当的钻头,而且还要与现行船上设备配套。

2. 一个能使从任何岩层切下的岩心保存下来的衬管,配有钎嵌钻头,无需对钻头采取阻滞措施即可进行裸孔钻进工作。

这台新设备是由Christensen为英国地调所设计制造的,叫海洋钢缆取心管MK系I,它配有一系列钻头和非旋转式外展式旋转衬管,使用标准的API钻杆柱,可在任何岩层连续取心。套管外径为159毫米。蓝状岩心抓在质地松软脆弱的岩层可提高回收率。岩心直径为76.5毫米。

发明了两种钻头,一个有阶梯状钢索和碳钢盘及一个内导向器,另一个有直翼对着

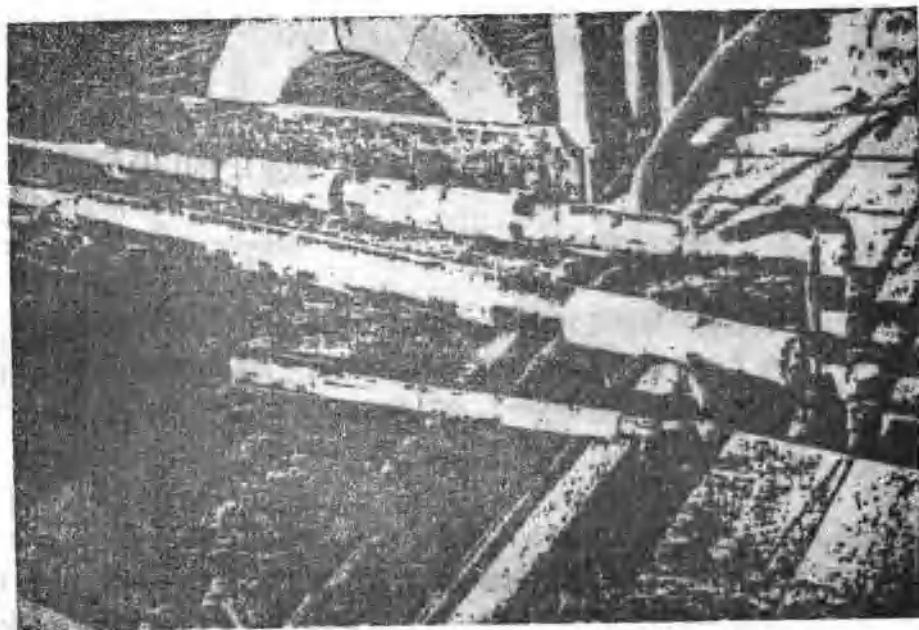


图6 Christensen海洋有线岩心管M11部件

一些碳钢小片。另外在硬岩层则使用一种C19和C20金刚石钻头。钻头尺寸为216毫米。阶梯状碳钢钻头在各种岩层中似乎易于变弯。对内衬管的卡齿系统已作了改进，并采用较好的岩心抓和岩心弹簧花瓣。在较硬岩层中即使用C127金刚石钻头，在螺旋形管且重量要求不高的情况下，其穿透深度似很可观。

## 结 论

为了在英国陆架进行填图和探勘，对英国地调所来说有必要设计和改进设备以适应这一要求。这样做促进了一批遥控海底调查机械的问世。近海地质技术的开发和改进将不断提出新的要求。为了适应未来在陆架以外的深水区域进行地质调查工作，也需要不断地发展技术设备。

彭德真 译自《GEODRILLING》Dec, 1985

杨广泰 校

# 声波浊流沉积化学和微生物学问题的初步研究

[英] G. B. Jones. G. D. Floodgate

〔摘要〕在霍利赫德港湾和爱尔兰西部进行了地球物理调查，并对在两地区所采集的岩心（柱状样）做了化学和微生物学分析。声波海底浅层勘探剖面证明，那里有大面积的声波混乱的沉积物分布，一般称为“气聚”型沉积物。对这些岩心的气体分析表明：造成勘探中声波混乱的原因，最大可能是由于在地下深处存在高含量的甲烷（ $>100 \text{ nM/ml}$ ）。

对采自霍利赫德港湾的粘土悬浮液沉积做了微观实验，进一步证实醋酸和 $\text{H}_2/\text{CO}_2$ 是甲烷形成的重要母体。在取自霍利赫德港湾的沉积物样品中，加入 $\text{H}_2/\text{CO}_2$ 和硫酸盐（ $1 \text{ mM}$ ），可以促使微量的甲烷生成。这表明在表层沉积物中硫酸盐的减少与甲烷的生成可以同时发生。这种情况可以解释在爱尔兰海西部几个地区沉积物中声波探测到的气柱和气囊的形成。为了全面评价为什么在爱尔兰海西部的有些沉积环境里，比其它沉积环境更有利于气体的聚集，还需要详细地研究。

## 前 言

在海洋沉积物中，发现气体广泛分布（Claypool和Kaplan、1974）。在缺氧的沉积物里，有机质的含量较高，气体可以聚集到足够的量，而形成有意义的扩散，使得高分辨率海底浅层剖面上的声波信号降低。象这样的“气聚”型的沉积物在声学上称为“浊流”，并且出现压缩率比声波清晰的沉积物大几个能级。

在沉积物中，分辨出的气体有氢气、二氧化碳、氮气、氨气、硫化氢和甲烷。在爱尔兰海西部Tremadog湾，以及安格尔西海岸的霍利赫德港湾，利用海底浅层剖面测量，在沉积物表层数米之下发现的气体，被认为主要是甲烷，

虽然已知，沉积物中的甲烷，是由于一套复杂的微生物氧化有机质的氧化还原的产物。但是，化学和微生物的作用，导致了甲烷在海洋沉积物中的聚集，还缺乏文献完善地证明。在缺氧的淡水沉积物中，通常认为，在有机质成岩作用期间，硫酸盐还原阻碍了甲烷生成（Capenberg和Jongejan、1977）。由于大多数生物成因形成的甲烷被认为是醋酸盐裂解或二氧化碳的氧化还原的产物（Hungate、1967；Capenberg和Jongejan、1977）。所以这些成份经活跃而有效地硫酸盐还原细菌的再清除，就使甲烷生成有一个基质的限量。在缺氧的海洋沉积物中，关于甲烷演化的初步研究认为，硫酸盐类的减少和甲烷的生成之间不存在依赖关系。

然而，近期据报道，甲醇和三基胺在盐沼沉积物中是甲烷基因细菌的重要基质（Oremland, 和Taylor 1987；Oremland等，1982）。这些成份没有使硫酸盐减少，

并且比沉积物中的产甲烷生物占据的生境似乎要比以前预言的广得多 (Martens和Berner, 1977; Claypool和Kaplan, 1974)。

不管甲烷的性质, 存在高含量 ( $>100\text{mM}/\text{ml}$ ) 甲烷沉积物的岩层, 会由于颗粒与颗粒接触间隙减小, 引起剪切强度梯度下降, 并且浮力增加, 以抵消静水压力和上复沉积层的压力。在安有钻井设备和铺设管道的海底地区, 高富集浅层气的存在, 可能严重地影响这些设备的稳定性。在爱尔兰海西部, 沉积浅层气的圈闭范围颇大, 它是潜在于该区基础工程中的危险。因此, 任何有利于发现浅层气 (甲烷) 的存在及其富集的检测方法, 对工程师和生态学家调查海洋沉积物将是很有价值的。

一个一年可行性研究, 对爱尔兰海西部和霍利赫德港湾地区的声波浊流沉积物的分布, 化学和细菌学方面, 开始进行调查。这份通信报告就是上述诸方面调查的初步发现。

### 关于“气聚”沉积物研究区的介绍

霍利赫德港湾 (图1), 位于 $53^{\circ}18' \text{N}$ ,  $4.45' \text{W}$ , 的安格尔西。该区有一个较大的面积, 含有接近表层的含气的缺氧沉积物。这个地区由于是一个可以随便进入的人工鱼礁区, 因此被作为更详细的调查区。取心位置见图1。

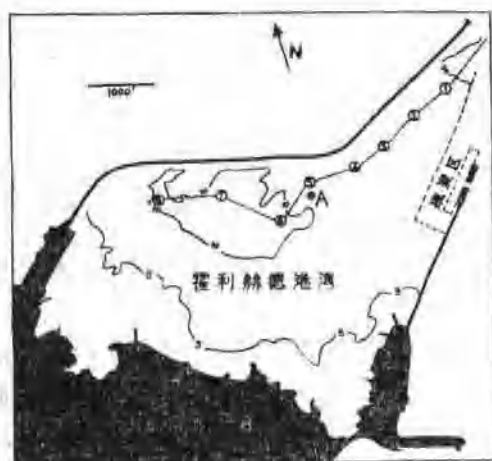


图1 霍利赫德港湾1—8号和A号岩芯的位置图。该区的岩芯培育实验已经做过

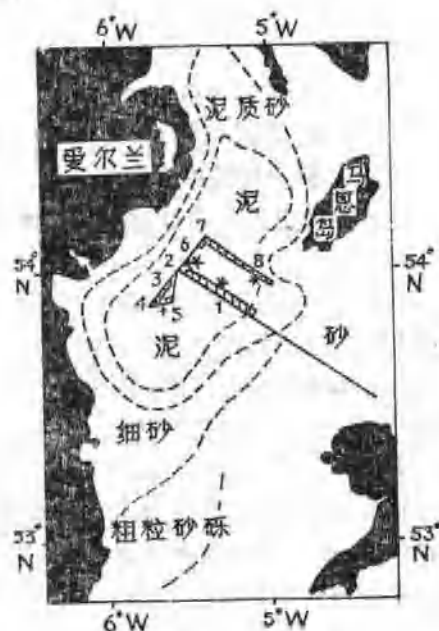


图2 爱尔兰海西部的调查测线 (实线) 和 1—8号岩芯取样位置图。鱼栅 (区内有浅层气); + 气柱; \* 海沟形态 (原图不清楚) \*\* 气囊

马恩岛 (图2) 西部地区, 因为以前的调查证实存在含气沉积物而被选为第二个研究区。这是一个深水区, 本区的沉积物主要由全新世的泥质层组成, 通常厚度达到30米。声波浊流沉积层发育在沉积物表层取芯范围以内。从该区声波清晰的和浑浊的沉积

物中，共采集了8个岩芯柱状样。

## 工 作 方 法

### 声波海底浅层剖面勘探：

用于气聚沉积物声波探测的高分辨率海底浅层剖面勘探系统（…声波信号发生器…）是一个带有船舷装置的ORE（海洋勘探仪）1032型系统，该系统应用了以下装置：

1. 四个ORE 137A型的一个组合，3.5KHz—7 KHz的换能器；
2. 一个ORE 104型10KW变频收、发两用机；
3. 一台标准GIFFT—4000型的10英吋绘图记录仪。

下列工作参数用于获得声波记录：

声波输出功率：5 KW；

输入/输出频率：5 KHz；

接收机带宽：3KHz；

记录仪扫描速度：250和125ms；

脉冲速度：4~8个/秒；

脉冲长度：0.25和0.125ms。

岩芯样品是在声波记录指明气体非常接近沉积表层的地方采集的。

### 岩芯的采集和处理

沉积物样品的采集计划是由调查船R.V. Prince Madog和Lewis Morris实施的。

长度50~200厘米的柱状样采集，是通过缓慢地沉放一根直径3英吋，附有气捕装置的氢化塑料重力取芯器插入沉积层来取得的。回收大约要花四分钟。为了把船上的排气，氧化以及压缩损耗降低到最小限度，所以不要挤出岩芯样，而是在岩芯筒内，在选定的深度，钻出小口进行采样的。这些小口要用不透气的橡胶封条密封。而通过这些小口可以进行化学和微生物分析。沉积物取样，利用1—10ml可任意使用的塑料注射器，取得的沉积物要立即用不透气阀门封住。取芯过程要在10分钟内完成。用于气体分析的装有样品的注射器要即刻冷冻，送交实验室，分析过程要在样品收集的三天之内完成。样品储存器要经过检测，应没有气体逸出。

岩芯采收过程中甲烷的损耗量，是利用安装在重力取芯器上的气捕估算的。分析是用气—液色谱法（GLC），检测到无意义的甲烷损失。甲烷在岩芯中运移的测定，采用了（1），荧光染色做定性评价；（2）保持岩芯在PVC岩芯筒内延续较长的时间。若在22分钟以内，分析甲烷运移周期是没有意义的。

孔隙水是从霍利赫德港湾一个单个柱状样中抽取的（站位5号，图1）。它是在常温5磅/平方英吋的氮气压力下，利用6个Reeburgh（1967）压榨机从单歧管压出来的。大约20ml的孔隙水被冰结，直到需要用于做溶解有机碳和硫酸盐分析。

溶解有机碳是用Collins和Williams（1977）的方法测定的。挥发有机碳的测定，

是在一个专门配制的槽里，用氧气泡混入 2 ml 的孔隙水中 ( $\text{PH}=11$ )，脱出的挥发组份，被氧化成二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )，其浓度利用一红外线气体分析器测定。溶解硫酸盐的测定，是在 2—5 ml 的孔隙水样品中，放入诸如钡硫酸盐，利用其重力分异来确定的。

### 气—液色谱法

甲烷的测定，是把 10 毫升 (ml) 注射器中的 100 微升 (ml) 的顶部空间气体，在 70℃ 温度下，注入到 9 英尺长的多孔性聚合物微球 (Porapak) N (80—100 网眼) 中，正如 Mindrup (1978) 概括出来的那样。一个 Perkin—Elmer F—11 型双焰电离检测器用做气体检测。注入标准量的甲烷 (100 微升，1.11%)，并进行峰值比较，就能够确定甲烷的富集度。在约 30 秒内甲烷即可从柱中被洗提出来。

### 微观实验

这些实验是在霍利赫德港湾完成的 (参照图—1，站位 A 的位置)，它包括以下四种实验项目：

1. 甲烷形成时的温度效应；
2. 甲烷形成时  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  混合物的效应；
3. 甲烷形成时醋酸盐的效应；
4. 在沉积物中含有  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  和醋酸盐时，甲烷形成时硫酸盐的效应。

塑料注射器 (1 ml) 是用来在柱状样中抽取沉积物的。这些注射器在取样后要马上盖住，并且要移放到一个装有氮气的压氧瓶里，这时沉积物通过一个密封的橡胶塞，转移到 50 ml 的脱氧玻璃管中，这些试管中的氧气被清洗氮再驱出，这些氮气则通过了在一段 50 厘米长的不锈钢管中被加热到高达 750℃ 的铜球。在温度测试中，沉积物 (包括了对照沉积物) 在 20℃ 和 30℃ 的温度下，恒温 24 小时。

有几个岩芯经过醋酸 (2 mM—毫克分子) 和  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  混合物 (95:5 的 1% 的纯气体) 的处理，并在暗室恒温 24 小时。对于另外两个岩芯做了醋酸 (2 mM) 和  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  处理，并且加入了 2 ml 的硫酸盐 (1 mM)，以测定硫酸盐是否抑制甲烷的形成。这些岩芯同样要在暗室中恒温 24 小时，然后，在做 GLC 顶部空间分析之前，沉积物是要马上冻结的。

## 结 果

### 关于爱尔兰海西部的调查

调查船航线和声纳测量测线如图 2 所示。这些测线靠近以前的调查小组所做的 B 测线 (Simpson 和 Hunter, 1974)。航线大体上通过安格尔西的 SE—NW 测线 (原文为 SE—NE，似有误，译注) 到紧靠爱尔兰海岸的一个点。本区主要是泥质砂和泥沉积，其位置在马恩岛西海岸外扇形区的西部。在这个地区，以前调查已经证明，就在沉积表层之下存在浅层气。

从安格尔西海岸到泥质砂区 (图 2)，声波记录剖面上没有发现有气体存在。该区主要由砂质沉积物组成。在泥质砂和泥分布区的交界处 (图 2)，在声波剖面记录中，

开始出现浅层气，估计在沉积表层之下约4米。在泥质区大多数测线上所发现的浅层气，全部隐伏在冰川沉积物中（如图3a）。有两种场合，气裹隐伏在冰川沉积物里的时间周期极短。其中之一表示在图3b中。为什么浅层气在实质上相同的沉积物中出现和消失如此迅速？从这些初步研究来看，是搞不清楚的。

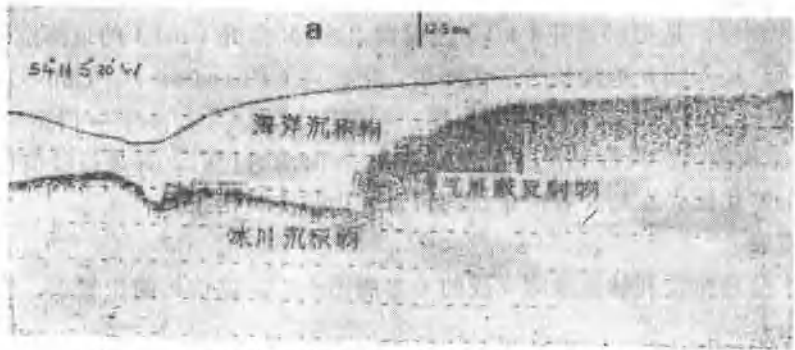


图3a 在爱尔兰海西部、浅层气屏蔽冰川沉积反射物

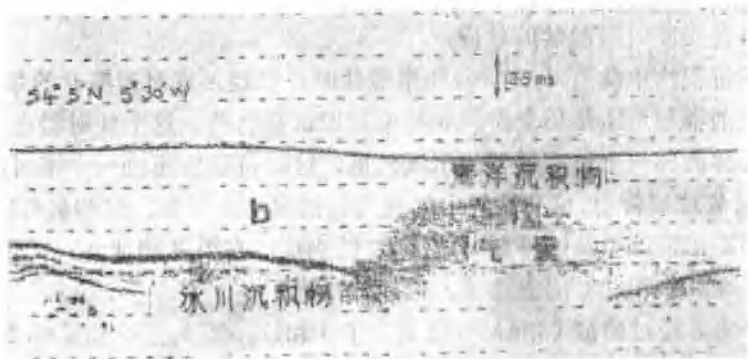


图3b 测到有气囊的声波记录剖面

