

深井与超深井钻进譯文集

地质部勘探技术研究所

1964.6

譯 者 序

“超深井钻进”是20世紀60年代国际科学发展中最重大問題之一。世界上钻井工作最发达的国家美国于1958年在国家科学院地球科学部成立了专门从事超深井钻进的AMSOC委员会，比較詳細的拟定了钻穿地壳的“摩霍”计划。苏联于1961年成立了国家超深井钻进委员会，计划在15年内钻进几口15—18公里的超深井。为了把国外这方面的情况尽快的报导出来，地质部勘探技术研究所深井組試譯了一部分国外有关深井与超深井钻进的文献，包括地壳深钻的设计，深井与超深井的井身结构，泥浆、堵漏及国外深井钻进一般情况等共20篇文献，供钻井研究机关、情报机关及井队参考用。

者 1964. 6 .

目 录

第一部分：地壳深钻

1. 美国AMSOC 委员会：鑽穿地壳

(汪仲英譯自Drilling thru the earth's crust, 美国科学院 1959) 1

2. 爱德华·侯頓：摩霍计划探索性鑽进情况

——拉周拉与瓜达卢帕两个鑽井地点的鑽井工作小結——

(汪仲英譯自Bulletin of the Amer. Assoc. of Petrol. Geol., Nov. 1961, Vol. 45, No. 11) 18

3. К. А. 勃林卡尔：論摩霍井的井壁强度問題

(吳文媛譯自 Бурение, 1963, No. 10, 苏联国家科学技术情报研究院) 23

4. А. Ш. 巴格达諾夫, А. К. 阿杰金, Н. Н. 李特維諾夫：苏联的超深井鑽进

(吳文媛譯自разведка и охрана недр, 1962, No. 3 苏联国家地質技术出版社) 25

5. Б. И. 沃茲德維仁斯基：超深井鑽进的某些問題

(罗伟棠譯自 Изв. ВУЗ. Геология и разведка, 1960, No 5, 莫斯科地質勘探学院) 28

6. Б. И. 沃茲德維仁斯基：关于超深井鑽进問題

(袁培义譯自разведка и охрана Недр, 1961, No 12, 苏联国家地質技术出版社) 35

7. И. И. 哈姆勒辛：地壳深层鑽进

(吳文媛譯自разведка и охрана недр, 1962, No. 6, 苏联国家地質技术出版社) 41

8. А. П. 鲁金苟：超深井鑽进用岩石破碎工具的选择

(吳文媛譯自 Нефтяное хозяйство, 1963, No 3, 苏联国家石油与

矿物燃料科技专刊出版社) 46

第二部分：深井与超深井钻进的一般問題

9. В. Д. 华尔基耶夫：苏联最深的鑽井

(汪仲英譯自 Нефтяное Хозяйство, 1964, No 3, 苏联国家石油与矿物燃

料科技专刊出版社) 49

10. М. Ю. 薩拉莫夫, Н. Б. 巴巴也夫,

Б. А. 阿呼多夫, А. Г. 奇維尼：5000米以上深井鑽进經驗

(吳文媛譯自Н. Н. Т. Нефтепромышленное дело 1961, No. 10, 苏联国家

科技情报研究院) 57

11. Э. Г. 基斯揭尔：新型泥漿配剂

(李常茂譯自Н. Н. Т. Нефтепромысло Дело, 1961, No. 10, 苏联国家

科技情报研究院) 63

12. З. М. 薩何瑪耶夫, Н. В. 信嘉耶娃：采用石灰質溶液鑽进巴甫林层坍塌性岩石

(李常茂譯自 Бурение, 1964, No. 2, 苏联国家科技情报研究院) 67

13. А. Т. 列夫琴科, Н. Х. 基达林科, Г. С. 巴宾科：高鈣質乳油液

(李常茂譯自 Бурение, 1963, No. 9, 苏联国家科技情报研究院) 70

14. Н.М. 奥何里明克, И.П. 波魯加諾夫: 用网膜与带填料的止水混合液
消除极严重的漏失
(李常茂譯自 Труды ВНИИБТ ВЫП. IX. 苏联国家石油与矿物燃料科技专刊出版社) ... 76
15. И.А. 烏特金, А.П. 魯金科, Ю.В. 巴克拉諾夫: 在里海沿岸盆地上鑽进两
口7,000米深勘探井的地質技术条件
(李常茂譯自 ВИТР. 情报文集, 1962, No 35. 全苏探矿技术与方法研究所) 81
16. А.В. 阿尔洛夫, Я.А. 哥立弗嘎特, В.В. 切尔卡耶夫, А.Н. 克切克坚: 关于
超深井的井身结构
(李常茂譯自 Труды ВНИИБТ ВЫП. 9. 1963. 苏联国家石油与矿物
燃料科技专刊出版社) 89
17. И.С. 庫茲克: 美国超深鑽进
(吳文媛譯自 Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, 1960. No 5. 阿塞拜疆石油科技专
刊出版社) 95
18. А.И. 雅可夫列夫: 关于美国鑽井技术发展的資料
(吳文媛譯自 Труды ВНИИБТ Вып. 9, 1963, 苏联国家石油与矿物
燃料科技专刊出版社) 99
19. 約翰·斯科特: 1962年美国深井鑽进情况
(汪仲英譯自 The Petrol. Engr., Vol. 35, No. 3, March 1963.) 109
20. Er. 艾丹斯: 81个国家和地区的井深記錄
(汪仲英譯自 The Petroleum Engineer, Vol. 34, No. 12, Nov. 1962) 115

钻 穿 地 壳

——美国AMSOC委员会有关钻穿地壳的报告

摘 要

AMSOC委员会认为，鑽进一口深井，使之完全穿过海洋下部的地壳（Crust），是必要的，也是可能的。其所以必要，是因为若想取得有关“地肉”（Mantle）及深层地壳（Deep Crust）岩石的成分、年代和物理性质的可靠科学资料，除了它以外似乎没有其他更好的方法。之所以可能，是因为我们能找到这样的鑽井地点，在这里，从海面到摩霍面（Moho）还不到9.5公里。这样的深度，用现代最好的鑽井设备，看来是可以达到的。为了鑽进一些探索性的试验井，以取得必要的资料，为了设计和制造一艘深井鑽船，以及为了鑽进摩霍面，计划已拟定出来了。

AMSOC委员会

1958年，美国各种科学协会的非正式的深鑽委员会，取得了国家科学院地球科学部AMSOC^[1]委员会的正式称号。这个委员会由国家科学基金会的研究补助金中提供经费，以进行一项有关鑽进一个深井，鑽穿摩霍洛維奇不連續面（Mohorovicic discontinuity）的必要性和可能性的研究。改組过的委员会成员由科学院主席Dr.德特勒夫 W. 布朗克（Dr. Detlev W. Bronk）指定，他们的名字見附录 I。

AMSOC委员会于1958年10月3日及1959年5月3日在华盛顿召开过二次全体会议；其执行委员会亦于1959年6月1日至5日在加利福尼亚州的拉周拉（La Jolla）举行过5天会议。这些会议都留下了记录材料。此外，在委员会成员之间还举行过多次的非正式会议和讨论。

小组委员会的任务是搜集有关深井鑽进问题的专门资料以及招徕更多的科学专门人材。这些小组委员会中的两个已经开始工作，它们是：

鑽井位置选择小组委员会，主席Dr. 哈里·海斯（Dr. Harry Hess）

科学目的与测量小组委员会，主席Dr. 哈里·拉德（Dr. Harry Ladd）

（小组成员名单見附录 II 和附录 III）

其他专业小组正在筹划之中，它们将着手进行鑽进问题、经费问题以及联络工业协作问题等方面的工作。

[1] “AMSOC” 是 American Miscellaneous Society 的缩写——譯者

摩霍問題

AMSOC 委员会已經研究了鑽进摩霍洛維奇不連續面的必要性和可能性問題。

必要性問題与这一研究地球的手段所能达到的科学目的有关。可能性問題則同时依赖于两个因素：（1）在那些能得到重要地質資料的地点上，到达摩霍面的最小深度；（2）设备和鑽具所能完成的最大深度。

为了討論这些問題，有必要大致了解一下有关地球及地壳构造的一般概念。

根据对隕石、地震波、地磁、热流量和重力的綜合研究結果，一般認為，地球中心部分主要分为兩帶：地核（Core）和地肉（Mantle）。人們推測，地核是由鉄、鎳构成的；地肉則是由类似橄欖岩的物質构成的。誰也沒有絕对的把握。地肉的上面是一层薄薄的像熔渣一样的輕質岩石的复盖，叫做地壳（Crust）——这即是人們通常唯一能見到的部分。地壳和地肉之間的分界，即是人們今天所通曉的摩霍面。这个分界由安德里亞·摩霍洛維奇（Andria Mohorovicic）教授根据地震波在这一深度速度突然增加这一現象而确定出来。这样，一个穿透摩霍面的鑽井，就将完全穿过地壳，并进入地球的地肉，取得地肉的岩样。

地壳由两种不同种类的物質組成：大陆岩石（安山岩），平均厚度大約33公里；海洋岩石（立武岩），平均厚度大約8公里。

地肉岩石很像粘性很大的流体，地壳岩石看起来好像均衡地漂浮在地肉岩石的表面上。在漫长的地質时代中就已經上升到了地表的地球水份，都集中在地表的低洼地带，停留在薄薄的立武岩层上面，形成了海洋。海洋的平均深度大致是4公里，因此，如果把这一深度与岩石地壳深度加在一起，則从海面到摩霍面的平均深度大約是12公里。

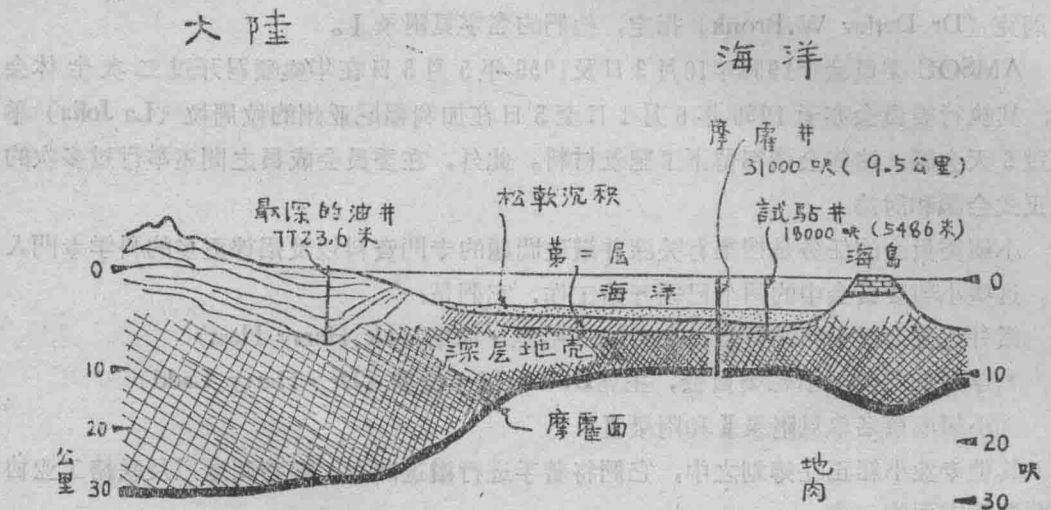


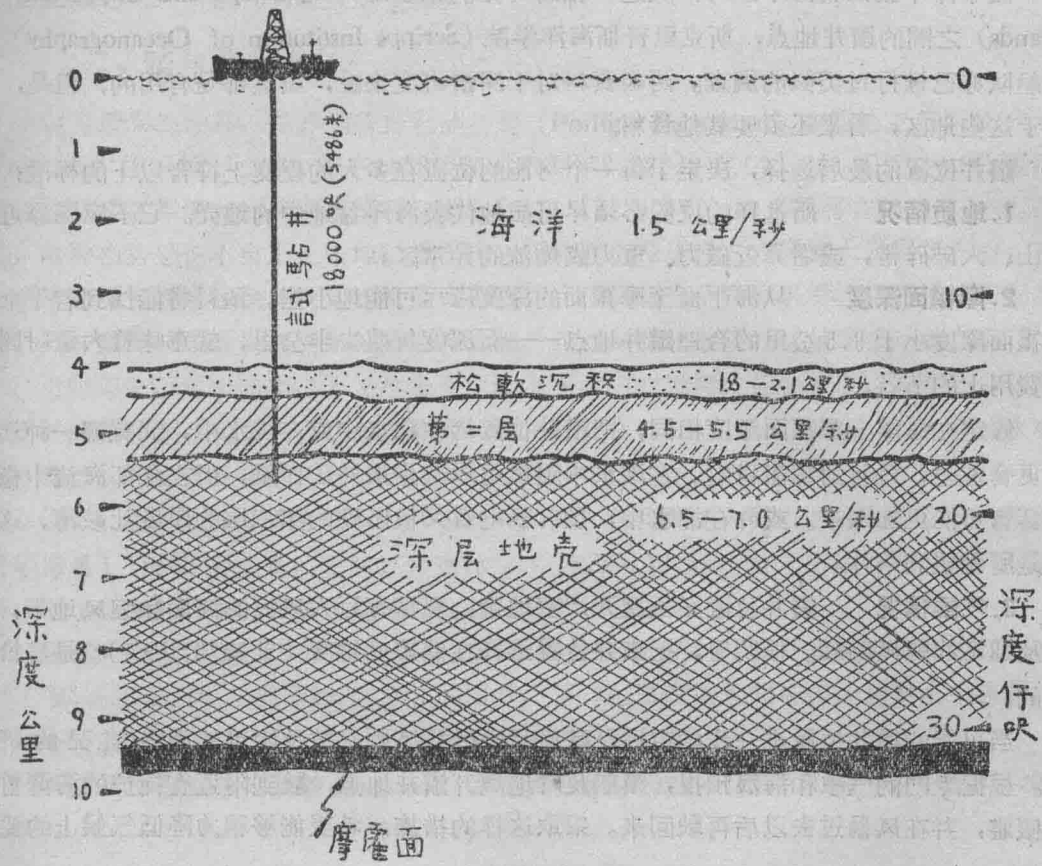
图1. 地壳

一般認為，地壳的下层面与可見的地表面間近似地成鏡像关系，下层面比較平滑，不像地表那样崎嶇起伏。这一点意味着在大陆地区及海島地区摩霍面深度較大。甚至在大多数海洋地区，海底地壳岩层的厚度也超过現有鑽井設備所能达到的深度。但是，应用地震勘测技术，在海洋盆地中找出一些摩霍面总深不超过 9.5 公里（約31,000呎）的厚度較小的地点，是有可能的。如果采用最好的現代鑽井設備和鑽井工艺，这一深度看来是能够达到的。

海洋学家所取得的岩心，深入海底沉积还不到30米。他們发现，这一深度內的沉积物都是由白堊紀初期以来形成的紅色土壤和鈣質軟泥組成的。关于更深些的岩层的資料，則几乎完全来自于地震勘探。如果这些資料解釋得正确的話，那么海洋底下的岩层就有着惊人的均質性(見图 2)。在这里，海洋地壳是薄的，松软沉积物的厚度似乎是

图2. 海洋地壳剖面

——克利帕頓島—瓜達卢帕島地区



0.4公里左右，第二层1—2公里，深层地壳4公里。这些层位是怎样形成的，以及它们为什么具有这样的厚度，都是一个值得探讨的问题。

摩霍面本身的自然状态亦是科学争论的主题之一，它可能是突变的，也可能是渐变的；用现代地震方法所确定的深度，其精确度不可能超过0.5公里。当然，对于地壳下面的地肉，其成份也不得而知。

至少下面这一点是肯定的，即钻穿地壳并进入地肉后所取得的连续的方位不变的岩心，将能满意地解答上述许多疑难未决的问题。

可 能 性

一、钻井地点

摩霍钻井的地点，虽然考虑过两个大概地区，一个在太平洋，一个在大西洋，但是具体的却尚未选定。

大西洋波多黎各以北的钻井地点，拉芒特地质观测站(Lamont Geological Observatory)组织的四船远征队已经对其作过彻底的调查。这些资料目前正在归类，结果将被提供出来。

太平洋中墨西哥海岸以外，瓜达卢佩岛与克利帕顿岛(Guadalupe and Clipperton Islands)之间的钻井地点，斯克里普斯海洋学院(Scripps Institution of Oceanography)的船队亦已进行过类似的调查。两组资料对于深钻研究来说，虽然都是有用的；但是，关于这些地区，看来还须要其他资料。

钻井位置的最后选择，决定于每一个可能的位置在多大的程度上符合以下的标准：

1.地质情况 所选择的位置必须尽可能代表海洋盆地中的地壳。它不应该靠近高山、大破碎带，或者靠近磁力、重力或热流的异常区。

2.摩霍面深度 从海平面至摩霍面的深度应尽可能地小些。预料将能找到若干个摩霍面深度小于9.5公里的合理钻井地点——而深度每减少半公里，就意味着大量时间和费用上的节省。

假定在海洋上摩霍面深度相同，把钻井位置选在深水中或在浅水中，究竟哪一种选择更合理些，目前尚不能肯定。在深水中固然可以减少钻井工作量，但在深部海流中稳定套管可能更加困难。或许在深水中，预计既均质又极坚硬的第三层的厚度比较薄，这将是所希望的条件。

3.气候情况 钻井位置必须避开严寒地带，经常有巨大风浪的海面和强风地带，以及通常的飓风路线。很明显，把钻井位置选择在低纬度地区（北纬30°以南）是最恰当的。

当可能的钻井位置进一步确定后，就必须进行暴风雨次数及困难的海浪情况的研究。根据专门的气象和海浪预报，钻井船及时地离开钻井地点，驶到附近有掩护的海湾暂时躲避，并在风暴过去以后再驶回来。采取这样的措施，希望能够稍为降低气候上的要求。

4. 与基地的距离 鑽井位置的选择必須考虑到后勤工作的方便——管材、套管、泥漿、水泥及一些零星供应等都必须及时运送到鑽井地点。而且,可能还会有很多人到鑽机上去或离开鑽机(习惯上,海上人員工作2星期,休息2星期)。再加上在必要时鑽船必須离开鑽井位置回到避风港口躲避风浪。这样看来,鑽井位置距离基地太远是不合适的;距离后勤港口限制在500英里(約800公里)以內,看来是合理的。

5. 海流情况 在最有希望的地区,必須进行海流的研究,以尽可能精确地确定将会有什么样的力量作用在鑽船及从海底到海面长約2—3英里(約3—5公里——譯者)的套管上。对于表层海流的一般运动情况,虽然了解得比較透彻,但对于鑽船有巨大影响的海流运动的詳細情况,却仍不太清楚。例如,海流的方向和速度可能随海潮与季节的不同而变化。对于一般推测为低速流动的深部海流,人們了解得更少。似乎可能存在着一種大規模的由不同水平面上的海水沿相反方向运动而引起的剪流(Current Shears)。这种剪流将使鑽管形成巨大的S形弯曲。很显然,假如可能的話,必須尽量避开强海流和多变海流

6. 热流量 从地球内部通过海底散发出来的热流量能够测量出来,并用以确定鑽到地肉时将会遇到的大致温度。假設地壳的热传导是0.005卡/厘米·度·秒,其厚度是5公里,則2微卡/厘米²·秒的热流量就意味着摩霍面温度大約为200°C。这比起一些已經完鑽的深井所遇到的温度还要低些。

二、鑽井設備能力

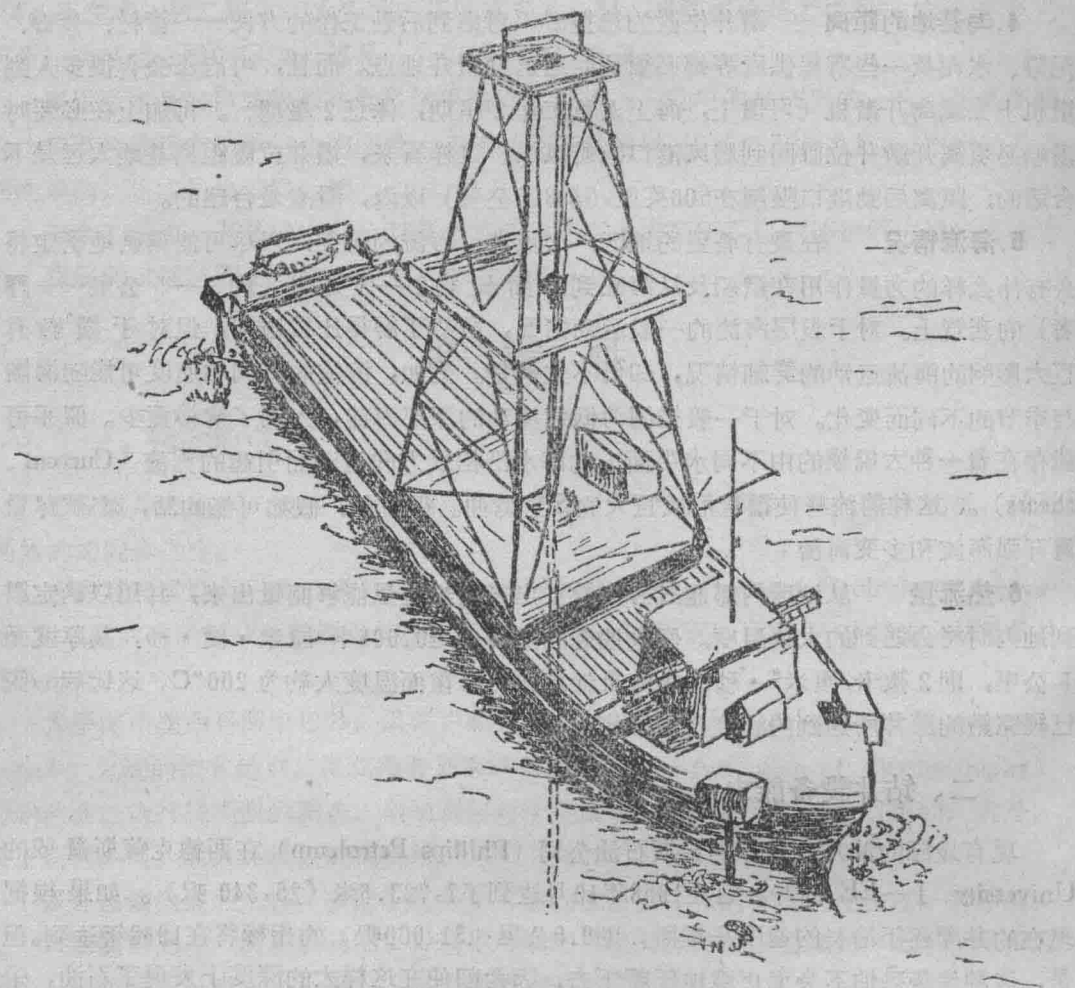
現有最深的油井,是菲利普斯石油公司(Phillips Petroleum)在西德克薩斯鑽成的University I—EE油井。它在1958年10月达到了7,723.6米(25,340呎)。如果根据現在的井深逐年增长的速度来推断,則9.5公里(31,000呎)的指标将在1968年达到。但是,这种趋势恐怕不会无止境地延續下去,因为即使在这样的深度上发现了石油,采油成本的增长看来也会使获利的机会变得很少。但从另一个角度来看,只要推动力存在着,深井鑽进技术的发展看来就不会有止境。人对知識的欲望,就是这么一种力量。

近些年来,对于陆棚^[1]上愈来愈深的水下油田的勘探,促使发展了一些装备着全套鑽井設備的漂浮式鑽台。目前工作着的四个,正在7.7—77米(35—350呎)深的水中进行鑽进,并正在鑽穿厚达3,658米(12,000呎)的海底沉积。其中两个鑽船CUSS—1和NOLA—1是完全自容式的(Self-Contained),而且鑽井人員也居住在船上。这两艘鑽船都屬於YFNB型船身,长260'×寬48'×吃水深度10.5'(即:长79.25米,寬14.63米,吃水深度3.20米),排水量为3,000吨。

CUSS—1型鑽船安装着National 80B型鑽井絞車(用4½"鑽杆鑽井深度可达12,000呎(即3,658米))和98呎(29.87米)的鑽塔。井口位置在鑽船的中部,鑽管水平放置,用10个7,500磅(即3,402公斤)的鉄錨来控制鑽船的位置。

NOLA—1型鑽船安装着National 130型鑽井絞車(用4½"鑽杆鑽井深度可达15,000

[1] 沿海岸水深200米以內的浅海。——譯者



呎（即4,572米）及140呎（42.67米）的鑽塔，井口位置設在船舷以外（把水注入船舷另一端的突出處，以平衡塔上的負荷），鑽管可以立放在塔內，用8個10,000磅（4,536公斤）的鉄錨來穩定位置。

或許這兩艘鑽船的某一艘能夠加以改進，使其鑽井深度達到18,000呎（即5,486米）。如果能夠找到在水深超過3公里的海洋上固定鑽船位置的方法；如果對鑽塔和絞盤作上某些改進；如果能夠研究出在水下穩定很長的鑽管的方法，它就有可能在深海底部鑽進一千多米（完成18,000呎的預定深度——譯者），並以較低的成本取得有價值的科學和工程資料。

例如，我們將取得每一層松軟沉積的岩樣，這些岩樣將提供我們以有關如何取心，不下套管時，井壁的穩定情況，鑽進各層岩層的困難程度等方面的資料。能夠取得有關應用渦輪鑽、聲振動鑽（Sound drill）與常用的轉盤鑽的對比評價資料。有關鑽船和鑽管上的海流和海浪的力量——即在海上固定鑽船位置的困難程度的有價值的海洋學資料，也將可以得到。所有上述這些問題都由深鑽計劃的第Ⅰ方面（Phase I，為便於稱呼，以後簡稱作“方面Ⅰ”——譯者）來完成。

鑽进几个深度比較浅的井取得了上述这些資料以后，才有可能为下一步的摩霍面鑽井工作制定出一整套的設計要求。紧跟着这些工作之后，就将設計出一种采用最优良設備的新型鑽机，以便深入海底鑽进。这部份工作屬於计划的第Ⅱ方面（Phase Ⅱ，簡称作“方面Ⅱ”）

达到各种科学目的所要求的钻井深度

		太平洋地区				大西洋地区			
		克利帕頓島地区		瓜达卢帕島地区		百慕大群島		波多黎各北面	
		北緯 10°53′ 西經 105°09′		北緯 28°45′ 西經 117°31′		北緯 30° 西經 65°		北緯 20°40′ 西經 66°30′	
方面									
海水深度		公里	呎	公里	呎	公里	呎	公里	呎
		3.1	10,100	3.5	10,700	4.9	16,100	5.5	18,000
松软沉积底部的深度	I	3.3	10,400	3.6	10,900	5.3	17,400	6.0	19,600
第二层底部的深度		4.2	13,800	5.2	17,000	7.3	24,000	8.0	26,200
摩霍深度	Ⅱ	8.6	28,100	10.8	35,500	不明	不明	9.6	31,500

太平洋資料是根据斯克里普斯海洋学院 R.W.雷特和其他人的
大西洋資料是根据拉芒特地質观测站莫里斯·埃文和其他人的

作为一个一般性的策略，AMSOC 委员会不打算离开众所接受的鑽井程序太远，而去从事任何重大的发展計劃。它只想在不久的将来筹备好最适当的新型設備，以便进行这一科学工作。

必 要 性

科学目的

可以从三个方面来叙述直接勘探地壳的深部及地肉的外层所能获得的科学利益：（1）对于这些岩石，科学家们誰也不敢确信自己的判断。那些經過了仔細研究的用于支持現有理論的全部間接証据，都必須以直接的測量資料以及对实际岩石样品的調查鉴定来証实。一当科学家们把各层岩石的組成确定出来，那些多年来以巨大代价苦心积累起来的大量間接証据，就将会大大提高其实用价值。地質概念上的分歧能够得到解决。（2）关于海洋底下的岩石及其发展历史，仍然有許多东西有待人們去認識，而这一点，用任何間接的方法都是办不到的。沒有直接的岩石样品，就不能研究海洋盆地的历史。例如，間接的方法，确定不了海洋发育的进展情况；要求有化石証据。（3）可能会有一些意外的重大发现。科学发展的历史已經不只一次地証明，在人类探索未知的行动中所获得的最有价值的成果，就是那些把現有理論都推翻了的意外发现。

在上部的松软沉积层中，或許也在其下部的“第二层”中，有可能保留着一些能表

征地球上生命发展順序的新的古生物学証据。深海中的化石資料，将可弥补陆地上生命记录的某些空白，并給予我們一个地球上自生命开始直到現在更加連續的生命記錄。如果在海底下能够发现代表前寒武紀时代的化石資料，則人类对早期的进化順序的認識，就将得到大大的提高。

“第二层”岩石的成份和性質将被确定。关于其成份，人們依据地震波在其中的速度为4.5—5.5公里/秒这一資料，已經提出了四种假設。这些假設認為“第二层”的岩石是：（1）玄武岩，（2）很致密的沉积物，（3）石灰岩——白云岩，（4）复盖着上述某种岩石薄层的比較松軟的沉积物。除了解决有关“第二层”岩石的成份問題以外，还有可能确定其形成年代及其所具有的任一亚层的时代。可以預料，有关这些岩石的年代及其分界的專門知識，对地質思想必将产生巨大的影响。

在这些沉积层內部，还可能保存着有关地球和海洋发展历史的其他痕迹。在很少量的磁性顆粒的方位中，可能記錄着地球磁极位置的变化情况。根据古海底上的甲壳类的生物化学研究以及碳酸盐类的化学研究，就可能揭露以往各个地質时期中海洋的温度。也可能发现海洋年龄及其发育速度的研究綫索。

在深层地壳中（即“第三层”），在摩霍面过渡带中，以及在地內的表层，科学目的将稍有不同。这主要与深部火成岩的成份和物理性質，以及地球在其形成期間的历史有关。

这些岩石的成份最为重要。据了解，在深层地壳中地震波速度大約是7公里/秒，在摩霍洛維奇不連續面下面，它突增至8.3公里/秒左右。在深层地壳中将发现什么类型的岩石，科学意見并不一致；提出有立武岩、榴輝岩、橄欖岩及純橄欖岩。一些科学家認為，摩霍面是突变的。它或許代表着地球的原始表面。同时認為，那些直接复盖在摩霍面上面的物質，乃是后期的火山熔岩流。另一些科学家則認為，摩霍面是一个过渡带，或許它代表着一种状态变化或者一个“冷凝了的等温面”，这个等温面发展成为冷却了的地球表面。如果后一种說法成立，那末地球的原始表面就应当是深层地壳的頂部，而不是地內的頂部。

一旦肯定了这些岩石是什么，一些企图模拟深处岩石的温度和压力条件的實驗室試驗，将会有更大的意义。实际岩样对于直接測量來說將是有用的。

一般認為，隕石是一些破裂了的像地球一样的行星碎块——这样，其平均成份就与地球相类似——，但这并未肯定。这种隕石推理将被試驗証实。

一些地質学家有这样的意見，認為地內的岩石今天已通过一些未知的通道，出露到地表上。这只有根据摩霍面的岩样才能証实或否定。

地球深部地震波传播速度的計算，目前根据的是假想的岩石密度，当了解了深部岩石的正确密度时，才有可能对这一計算作出正确的修正。正确的岩石密度資料，对于研究重力变化的科学家，以及对于那些計算密度按深度分布情况的科学家都有用处（地球的慣性运动对分布于最外层岩石的密度特別敏感）。

将在實驗室中及在井內对这些岩石的磁性和电性进行測量。地球的磁場虽然被認為是由地核中发出的巨大电流产生的，但是，有关深部岩石电磁性質的新資料，将有助于

解釋地表上的觀測結果。

有關深部岩石的導熱性質和通過深部岩石的熱流大小的比較正確的資料，將完善地球內部溫度的計算，目前這一計算的根據是地表熱流量的測量資料，以及假想的導熱性。

地肉中的壓力及岩石產生塑性變形的趨向，都將被測量出來，以便加深了解岩石破壞——深源地震的原因——的機理。

各種深度上岩石放射性的含量將被測量出來，以便查明地殼及地肉中放射性同位素的相對分布情況，測量放射性衰變的產物，就有可能確定各地層以及地球本身的年齡。

在海洋——也是地殼的一部分——內部，為協助鑽井活動所作的一些新的參數測量，亦將提供一些有價值的科學資料。例如，應用儀器測量導向管（套管的一部分，它從海底一直延伸到海面）的外部，能夠在任意一個要求深度上連續地把海流情況測量出來。

AMSOC 委員會的主要注意力集中在計劃的科學目的上，但是，這一計劃的附帶方面，即新工藝技術上的發展，對於其他科學領域也很有意義。

石油工業——及與其有關的工業——將有一個為之出力的機會，也將有機會來應用這一可能把深井鑽進、取心及鑽船作業引向更快、更好和更省的工藝發展道路的實驗性工作。關於石油礦床的起源及範圍的新資料亦能被發現。

笨重的海底作業能力的巨大提高，對於海軍及其他深海作業部門無疑是有帮助的。目前採用的深海絞盤應用着大約 5 噸海底工作負荷的錨鏈。一台漂浮式鑽機應能夠下降和定向（應用鑽杆）超過 100 噸的油井負荷。在海底造成一個每平方吋數千磅大小不等的壓力；以每分鐘數百加侖的流量，把沖洗液從任何深度壓到海面上；在海底鑽井并在其中充填混凝土以建造一些基礎；長期維持鑽船在海中的位置不變，并使鑽船朝向風浪影響最小的方向，這些都是可能的。

雖然還沒有特別要求過這樣的工作能力，但是很明顯，一旦用到它們，就會發現許多用途。看來，它們將在最後開發海洋礦物財富方面，大大貢獻其力量。

測 量

各種鑽井的大部分科學資料，都將從岸上的實驗室內，由對岩心的詳細研究而得到。化學成份和礦物成份、導電性和導熱性、放射性含量、地球化學年代、密度、磁方位的測量，以及化石資料和地層學的研究，可以根據樣品以現有設備在全國各大學和研究實驗室中進行。希望科學家們踊躍參與這一岩心資料的研究工作，委員會已在考慮，看誰能夠最正確地作出每一個必要的分析。

其他資料將用下入井內的測量儀器直接測得。各種深度下地球磁場的強度；井底處重力的大小；通過深部岩石的總熱流量；地球深部地震波的性質，在這裡，由於微震（micro-seism），背景干擾（background noise）較弱；以及由於岩石的塑性流動所引起的井徑長期變化情況，這些資料都將一一測量出來。

如果把現有的儀器加以改進，以適應較高的溫度和壓力，那末這些測量項目的大部分都可用現有的儀器進行。為了把儀器下入井內，可能要求強度更大絕緣更好的電纜。

还可能要縮小某些仪器的尺寸，以便应用于完井井径可能小于5'的井中。可是，仪器发展的主要计划还没有拟定出来。

迄今的进展

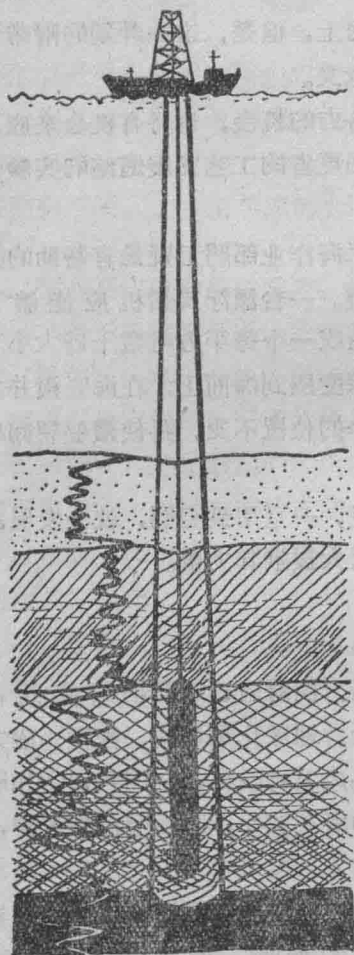
到目前为止，最突出的进展也許是我们的想法。鑽进或掘进一个深井以获得地質資料，这种意見早在AMSOC 团体开始考虑到它以前，恰耳兹·达尔文 (Charles Darwin)、T.A.賈哲 (T.A.Jagger)、莫里斯·埃文 (Maurice Ewing)、弗兰克·伊斯塔布鲁克 (Franck Estabrook) 及其他一些人就曾經一再地提到过。但是現在，关于鑽井目的、鑽井位置、设备类型以及工作程序，又有着新的想法。

第一种想法是，鑽进摩霍面最合适的位置应选于海島上——这个建議在1957年9月国际大地測量学与地球物理学联合会多倫多會議上就提了出来。但是在那个时候，深水鑽井用的漂浮式鑽井设备尚未得到发展。一当从漂浮式鑽台上进行鑽井成为可能，科学目的就被重新估价，海島的位置也被放弃，而由于下述的理由选用了深水位置：(1) 比起海島来，由海底到摩霍面的深度要少得多；(2) 海島位置意味着必須鑽穿更厚的坚硬玄武岩，方能进入火山根部；(3) 海島上鑽井不能解答海洋历史以及深海底下地层性質这类重大問題。

作出了在深水中进行鑽井这个基本决定以后，就有必要詳細調查关于海洋底下的摩霍面深度了解了些什么。現有的斯克里普斯海洋学院的有关太平洋上的資料，以及拉芒特地質观测站和伍兹侯耳海洋学院 (Woods Hole Oceanographic Institution) 的有关大西洋上的資料，曾发现过几个有希望的地区。那些距离得太远的地区〔挪威海面上的，以及靠近斐季群島 (Fiji) 的〕由于供应上的与气候上的原因而被放弃，但是接近美国的两个一般地区似乎是有希望的。由于原来的調查是踏勘性的，而且不是專門为了选择鑽井位置，因此有必要进行更加詳細的地震勘探。同时，还要进行热流的測量、重力和磁力的观测、以及其他的海洋学研究。上述这些測量項目，無論哪一个若出現严重异常，都可能导致取消該鑽井位置，即使在其

其他方面似乎是有利的。正如前面所指出的，这些調查已經进行过了，資料正在进行评价。

漂浮式鑽台的研究指出，使用中已經有許許多多的安裝着勘探鑽机的小型鑽船和安裝着全套油井鑽机的双駁船式和双船式鑽船。为了完成在水深数百呎的水上油井鑽进的



全部普通地面运转，已经研究出了许多灵巧的图样。如果商业前景好些，看来现有的水深范围和钻井深度范围将能够得到巨大的扩展。摆在面前的困难已经不是钻井问题，而是采油的问题了。

除了现在已经具有的设备以外，几家大公司为了改进钻井船舶已经拟定了一些详细的计划，并且已经试验了一些浪筒式模型（model in wave-tank）。希望这一试验能对摩霍计划有用。

一些更详细的海上深钻趋向的参谋性研究，目前正在这样几个不同的项目中进行，如：涡轮钻和声振动钻的应用，以海水作冲洗液，铝质钻杆，绳索取心器及钻船定位装置。

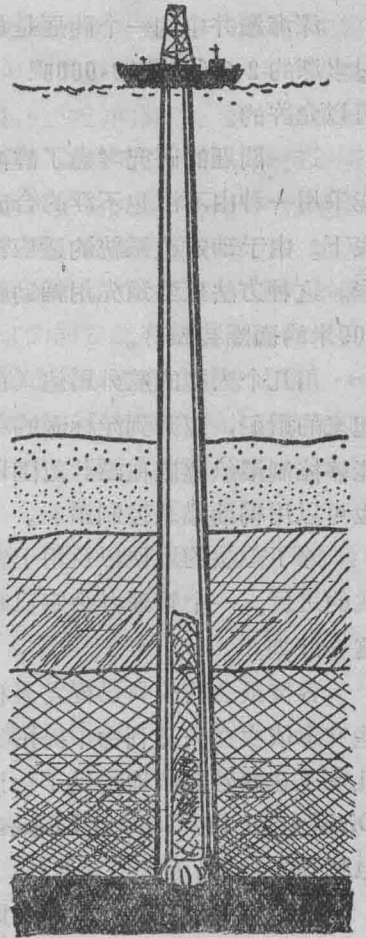
很明显，如果海水能作钻井液，事情就方便多了。清水钻进对于冷却钻头以及防止岩粉重复破碎都是有利的。在沉积层下面（这些沉积层可能必须立即下入套管）的均质火成岩中，希望不用高比重泥浆的压差作用，井壁也不会塌下来。

有可能采用绳索取心技术，用绳索把岩心管从井内取出来，取出岩心后，再重新放回原来它所处的位置，而用不着上下钻具（也就是说，从井内提出所有的钻具，以便取出岩心，而后又重新把它们组装起来，以便继续钻进）。只要钻头还能钻进，取心就不会间断。在井深大于10,000呎（即3,048米）的井中，以十分之一的升降钻具和更换钻头的时日来升降（用绳索）岩心管，这不是没有用处的。由于要求在巨大深度上连续取心，采用绳索方法，必然是有利的。

到目前为止，一些创纪录的井都应用了全美石油工业标准的转盘钻进。但是，由于钻杆所引起的振动和摆动可能会使转盘钻进不合理想，目前正在研究其他两种钻井方法：（1）一种由通过钻具下入井内的钻井液流所驱动涡轮钻机，在欧洲已广泛采用。法国一家公司新近发展的一种涡轮，可以穿过带有金刚石钻头的涡轮进行绳索取心。（2）声振动钻的应用是另外一个可能，这种钻具的钻头，在钻井液的作用下以高频率进行振动。这种方法在取心和钻进火成岩层时具有一定的优越性。

与油田作业比较起来，在（方面Ⅱ的）钻船上可能有必要采用自动化程度更高的装置。钻船的运动可能使某些手工操作很危险；在海上，人的作用不能全面发挥。因此，为了拆卸钻具，为了存放和挪动钻管，为了维持钻头上的压力，目前正在检验一些设想。一种可能实现的想法是把数千呎长的管段，通过悬吊的方法搁置在船舷的外面，而无需拆卸它们。

在深井钻进，特别是在硬岩中，金刚石钻头正在愈来愈广泛地被用来取心和钻进。在深井中，钻头成本的增高往往为钻头进尺的增加所补偿。这意味着为更换钻头所需的升



降鑽具次數較少，反過來又意味着時間和費用的大量節省。

或許這些設備和技術（渦輪鑽，鋁質鑽管，海水循環液，自動操縱，舷外吊管，金剛石鑽頭，繩索取心器）中的一部分能夠促使海底鑽井工作取得最大的效果。

深海鑽井中的一個問題是如何控制鑽船的位置不變。鑽船圍繞井口的水平位移不超過水深的2%〔水深12,000呎（即3,658米）允許的位移半徑為240呎（73米）〕被認為是可以允許的。

這一問題的研究考慮了靜泊錨系統與動定位系統兩種方案。在第一种情況下，有可能採用一種由不沉也不浮的合成纖維制成的一頭系着專用錨的錨鏈，這種錨可以射進海底下。由於動定位系統的適應性較大以及不可回收的投資較小，它似乎更有採用的可能。這種方法應當預先用輔助船只在井位的四周把一個由繩深泊浮標構成的直徑大約300米的圓圈裝設好。

用幾個大型的舷外馬達（能夠把推力迴轉 360° ）或者兩個軸相垂直的推進器裝起來的鑽船，應開到浮標圈的中心。不管海流和風向是否變化，司舵只要注視着浮標就能夠控制鑽船位置在設計範圍以內。在海面十分平靜的情況下，或者對於穩定的海流，也可以用輔助錨來控制鑽船。

除了想法的發展以及用於實現這一想法的專用設備的調查研究以外，還有着其他形式的進展。一個管理辦公室已經設立了，參謀部也正在建立之中，以便協助委員會執行這一計劃。

各委員會的成員已經發表和介紹了一些有關這一計劃的科學和技術方面的文章。這些文章依次在公開刊物中提出了一些有關摩霍計劃的解釋和說明。為了這一公眾利益，幾家工業商號慷慨地提供了協助。例如，通用馬達有限公司電動部（The Electromotive Division of the General Motors Corporation）已經貸給委員會一萬美元價值的柴油——電氣動力設備。

摩霍計劃的消息曾傳到南斯拉夫。這個國家的澤格雷布大學（University in Zagreb）物理學教授斯捷潘·摩霍洛維奇（Stjepan Mohorovicic）及他的兒子最早具有鑽進摩霍的願望。我們的目的層就是以教授的儿子命名的。

全球海上勘探公司（Global Marine Exploration Company）已從海軍研究部（Office of Naval Research）〔陸軍研究與開發部（Army's Office of Research And Development）資助了部分資金〕接受了一個合同，以研究如何才能使他們的鑽船 CUSS-1 正確適應深水鑽井作業這樣的問題。這個秋天他們將提出一個報告。

小 結 與 結 論

AMSOC 委員會認為，在海洋底下的地層中鑽進一系列的深井，使其中一口穿透摩霍面並在地肉取樣是有必要的。所獲得的資料將是無以倫比的，因為直接取樣和量測，是取得非常必要的有關地球的組成、年代和歷史以及地球上生命發展的知識的唯一途徑。除了巨大的科學價值以外，具有新思想新設備的深鑽試驗將使石油工業獲得好處。

进行深水笨重作业的新技术及鑽井期間积累下来的資料，对于海洋学家和其他一些从事海上作业的人們也会有帮助。即将得到的資料和經驗的价值，将大大超过为获得它們所花費去的費用。

AMSOC 委员会認為，在海洋上鑽进一个深达地球地肉的深井是有可能的。主要的科学目的应当是取得有关地壳、摩霍洛維奇不連續面和地肉外层的連續的、方位不变的岩石样品。为了达到这一目的，将需鑽进約9.5公里（31,000呎）的深度，因为地震勘探表明，这一深度大約为海洋中最有利的位置上的摩霍深度。目前看来，似乎最符合所拟标准的鑽井位置，乃是墨西哥西海上克利帕頓島与瓜达卢帕島之間的一个一般地区。

虽然最終目的层的深度比目前最深的井大約深了一英里，但委员会仍認為，如果采用最优良的現代鑽井設備，地肉是能够达到的。要做到这点将是不容易的，因为即使必要的机械設備都已現存着，但却从未把它們組装成所要求的即安装在鑽船上这种样式。将会遇到有如在巨大深度的很硬和很軟的岩石中拿取連續的岩心这类的鑽井問題。一些鑽船問題一定也会遇到，如：如何在海上把鑽船位置控制在一个小区域内，以及如何渡过暴风雨。其他一些問題例如如何支持和稳定导向管，以反对巨大的深部海流，也仍然需要加以解决。

这些問題不能由有經驗的工程师們根据現有設備鑽的一些試驗井所获得的設計資料来加以解决，其科学理由是不存在的。

如果遵照下述的計劃，鑽穿地球內部用不着四年。

計 划 如 何 进 行

除了确定鑽进地肉的可能性和必要性以外，还考虑到了完成这一計劃的途径和手段。首先，关于工作順序，其次，关于如何管理，第三，关于經費問題。

1. 工作順序

为摩霍計劃作准备的探索性工作已在进行之中。这一工作包括，研究現有鑽船如何才能加以修改，由海洋学家在有希望的地区进行地壳勘探，以及由參謀部对一些有希望的想法进行檢驗。除了完成这一工作以外，計劃更加全面，因为这决定于經費情况。計劃分三个方面，每一方面所需的时间和費用已作过估計。

“方面 I”将包括修改深水鑽船。根据这个，第一批井将在海洋上以不超过 5,500 米的鑽杆鑽进。这一工作的初步目的是为了試驗設備和获得工程設計資料。这些井将在几个特征不同的地点以不同的技术进行鑽进。例如，將比較轉盘和渦輪鑽井方法；將試驗各式各样的取心裝置。在直接試驗，得到这样的資料以前，誰也不晓得如何进行能鑽通地肉——超过 2 英里深——的鑽机的設計。

“方面 I”的科学目的是尽可能深地深入海底取心。我們希望在某些地区鑽机将会全部穿透沉积层和大部分“第二层”。在瓜达卢帕島和克利帕頓島之間的地区，5,500 米的井深应当能得到“第三层”上部的岩心。因为鑽进地肉的困难程度决定于这些岩石