

**主题：探索深海海底之下的奥秘**  
**——南海大洋钻探解密**

**时间：2014年5月15日**

**主讲人：汪品先**

晚上好，很高兴今天咱们在这里聚会，聚会就是缘份，我今天是来讲海洋的。最近中国在南海又搞了一次大洋钻探，成果很好。所以我今天趁这个势头来说一下，今天的题目讲的实际上就是讲主要是南海的大洋钻探。其实这些事说起来在 50 年代，我估计在座的有的认识几位老前辈就是尹赞勋，当时科学院地学部的主任，尹老应该说是中国古生物地层学的泰斗。他当时在 1959 年的时候出过一个在上海少年儿童出版社，叫《科学家谈 21 世纪》，然后他就提了一个叫做下海上天入地的，写了这么一篇文章，下海是第一个，上天是第二个，入地是第三个。然后等到 90 年代科学院地学部再做的时候，就翻过来了，叫做上天入地下海。这个其实也很对，中国确实是把上天放在前面，下海说在后面。但是呢，下海是谈何容易。到现在来说，人类往下的本事远远不如往上的本事。你就看看现在爬珠峰的，登上珠峰的三千人，到了太空里的现在有 400 人了，上月球的有 12 个人，但是下海到最深的海底，就是马里亚纳海沟，一万米水深的地方，3 个人，一个瑞士人，两个美国人。最近的一个美国人，就是照片上这个 James Cameron，就是大名鼎鼎的《阿凡达》电影的导演。他的爱好就是潜水，他自己掏钱打造了一个 7 米长的一个深潜器，自己坐在里边，一个人下到了 1 万米，去年，然后抢在我们蛟龙号前面，蛟龙号到不了 1 万米，他这是一个很有意思的事。所以我说真正潜水的人类真没有上天的本事的。入地就更难了，实际上人类上天，你看 60 年代就登上了月球，地球到月球 30 万公里，但是入地入到现在，我知道的最深的是谁呢，南非的金矿。南非金矿的矿工下到 4 千公尺，那个地方不是闹着玩的。那个地方地热温度就是 58 度，所以他要想办法用空调把它降到二十几度，否则都是烫的，没法活。那么你算算地球的半径你算的话，只相当于地球半径的一万分之六，连千分之一都不到。所以你在地球的头皮上动来动去，人类入地是没有什么水平的。人类入地不是没有幻想，有过幻想，我就说两个幻想小说。一个是凡尔奈的《地心历险记》，《地心历险记》从冰岛火山下去，最后又被岩浆喷出来了，所以没有到地心。还有一个大家可能不一定注意的，有一个《中国综合症》那是一个美国电影，70 年代的美国电影。那个跟入地什么关系，它其实没有讲中国，这是美国人的一个误会，就是美国人总觉得美国的地球如果穿过去那应该是中国，其实是错了，你试试看，你看地球仪穿过去是澳大利亚不是中国。但是美国都把一些坏事都往咱们这栽，如果地球穿过去就到了中国，这个故事是什么呢？一个记者和一个什么人，他们就是发现了一个核电站漏了，漏了的核电站如果冷却水干了，这个核电站要烧你的地球。如果烧到地心再穿下去就到中国来了，所以叫《中国综合症》，其实跟我们没有相干。这个也是，这两个是英雄，后来把核电站的事暴露出来了，后来就没有再闹下去。所以两个都没有到地心。所以我想说什么意思呢，连科学幻想家都没有想到地心去，进不去。

所以入地确实非常困难。而我今天讲的题目是大洋钻探，大洋钻探是下了海再入地，那就是难上加难。要到海底下再到地球里面去，这个道理很简单，因为海底的地壳是最薄的。现在世界上打到地球里去的那

个主要是找石油，深海石油，巴西现在金砖四国它是第一位，它就是靠深海石油，那个越打越深。像图上大家看到的，80年代时候能打几百米水深，现在呢，三千米水深不在话下，还有更厉害的。大家都听说2010年有一个事，就是墨西哥湾的那个深海地平线漏油的事件。这个事件实际上本来是一个大喜事，都已经打完了。墨西哥湾水深倒不是很大，两三千米，但是它的钻距打到里面打了七千米，所以一共加起来有一万米长的钻距，这是世界上的一个壮举。本来正要庆祝，完井的时候，最后实际上一个大的气泡上来没关注，后来就埋怨那个防喷设备是在摩洛哥做的，说怎么怎么出了毛病，最后人都死了。你看搞了半年都没有把油弄清楚。所以大洋钻探这个事不是闹着玩的，闹出很大的事都是可以的。那么我现在来讲大洋钻探什么时候开始的。实际上在1960年的时候，美国先提出来，提出来一个美国的基金委当时已经支持科学支持得恐怕要比现在还得力。但是当时组织的人在分配好项目之后，他叹了一口气，说闹了半天，1957年那是，没有一个项目是真正伟大的，能够改变科学的。你申请了那么多钱，没有大题目，后来他们自己有大题目，什么大题目，打穿地壳。我刚才讲了陆地的地壳很厚，几十公里厚，海洋的地壳薄，才几公里厚。因此到深海去打，美国人提出了一个“莫霍计划”，大家知道地壳的下界叫莫霍洛维奇，莫霍面，你把莫霍面打穿，你就把地壳打穿了，这个就是Mohole，就是莫霍计划。这件计划就真地去干了，这条船，大家看见这条船，1961年时到了墨西哥的西安湾，太平洋那块去打了3500米的水深，打了183米就打到了玄武岩了，所以非常兴奋，我们可以打到洋壳了，再往下打能够打穿。美国跟我们科学立项不一样，大的立项是要国会投票的。他最后投票是100票对50票，否决掉了，100票是反对的。这个道理越讨论到后来价钱越大，本来大概说上千万，后来上亿的美金，那个时候的美金，所以后来就没了，所以Moho变成了“Noho”，没有钻。

这是一个老的故事，真正起来大洋钻探的1968年，1968年美国开始大洋钻探，叫做Deep Sea Drilling Program (DSDP)，中国根本不知道。中国在干什么呢？我们跟美国打着呢，偷听敌台那时候是要抓起来的。所以没有人知道这个事。所以我们根本不知道这个事，后来怎么知道的？我们在结束之后才知道的。所以实际上中国是晚到的，你看大洋钻探到今天46年吧，前一段时间叫深海钻探，后来叫大洋钻探，再后来叫综合大洋钻探，今天叫做国际大洋发现计划，从去年年底开始的。我下面一张图给大家看中国是怎么个情况，中国实际上我们1998年参加，很幸运我自己主持了1999年的南海第一个大洋钻探，现在回头都有点后怕，那时候能做成功了。过了15年，今年在南海搞了第二个大洋钻探，现在我们想在2017年再干一次。从财政部这边没有问题，我一会儿再说这里边的奥妙。好了，这是我讲的第一个题目，是大洋钻探的由来。

下面我就讲大洋钻研的成绩，就是你打了干什么，打到海底去，现在莫霍钻，我简单讲，打穿地壳的

莫霍钻，我在这辈子是看不见的，也就是十年以内不可能的，这是大洋钻探的负责人跟我讲的。那么他打到海底去干嘛呢？下面我们讲几个例子给大家听，从板块学说地中海干掉，到北冰洋是一个湖泊，到大洋曾经酸化，然后恐龙绝灭，到最后我讲有用的地方，讲海底可燃冰和生物圈。先讲大洋板块，板块我在这里讲的有点得罪大家了，因为大家板块都不知道，现在连春节联欢晚会都讲有几个板块。板块不是大洋钻探发现的，是它证明的，魏格纳早就提出来了，大家反对，后来发现地球物理在二次大战当中，发现原来世界上最大的山不在陆地上，世界上最大的山脉在海洋底里。就是你看这张图上，我不知道指哪边好了，这个图上中间的这个我们叫大洋中间，你看这个黑黑的那条，像个肋骨一样，最典型的大西洋，两边都是跟它对称的。这就是当年海洋怎么裂开的，就是大洋扩张的这个故事。这条东西一直连到北冰洋，全世界最大的山脉，六万公里，多高呢？大概高出海底三千米这样高，它的水深大概是两千米。这是什么东西？这是世界上的大洋的壳，玄武岩的大洋壳，岩浆从这个口上跑出来，然后往两边推，我们就叫做板块移动。现在世界上，这个脊到处都在动，但是有快有慢，最快是在太平洋，一年大概要 10 公分到 20 公分。大西洋比较慢，2 公分到 4 公分，印度洋更慢，不到 2 公分，北冰洋也慢，不到 2 公分。所以我们叫做快速的、慢速的，超慢速的，它的增长速度多快呢？我大致上可以相当于你的手指甲的生长速度，手指甲你不觉得它长，其实在长，过了一段就看见了。它这个长出来以后，这个地壳往两边推，推得如果顺，那就慢慢下去什么事没有，如果推到那个地方推不下去，那你苦了，等到若干年一旦爆发那就叫地震，那就是海啸，日本就是倒霉就倒在这个事上。我刚才说大洋钻探证明的板块学说，什么意思呢？就是从中间往两边推，这是通过大洋钻探，就是在大西洋，发现了玄武岩出来它的年龄，然后玄武岩上面的沉积岩可以有化石，告诉你它是什么时候形成的。这个形成时间发现，最中间那几乎是零，就是现在还在发生，越到两边去越老，其实最老的在西太平洋，大概是侏罗纪的时候，离现在要一亿多年的时候了。

既然这样就证明了确实海底在扩张，那现在更简单了，因为用定位都可以测出来了。这是一个故事。再讲一个地中海变干，地中海是很了不得，从大西洋这边进来，到这么一个大的海洋，有五千米多少的水深，能干掉吗？这个事在座的可能有的年纪大一点的知道，美籍华人里面一个对中国地球科学在国际上成就最大的叫许清华，有时候他在北京，许先生当时主持了一个大洋钻探航次，就是研究这个，他们这个航次在地中海几个地方打钻。打钻以后发现什么呢？发现地中海海底的地层里面有硬石膏和岩盐，为什么会有岩盐，为什么会有石膏？那就是你这个水晒干了，盐湖，也就是说地中海有一段时候它不是海，它是湖泊，也不是一般的湖泊，它是一个盐湖，晒干了。这个东西不堪设想，一个地中海晒干了，变成了晒盐场了。这个事情确实是水深已经三四千米了，当时发现了石膏和岩盐。那就是什么意思？当时留下了几个湖泊，水都下去了，水位下去了，后来理解是什么关系呢？说一说墨西拿事件，就是中新世末的大概 600 万

年前的一个事情，就叫 Messinian event。它是什么事情呢？在这个地方，现在西班牙和摩洛哥之间，这个通道给堵了。构造运动，然后地中海的水就跟大西洋不通了，这样随着，而这一带蒸发量大于降雨量，蒸发到一定程度它就变成一个湖，首先海不通了就变成湖了，最后晒干了以后就晒出盐来了，而且产生多次。这个是大家意想不到的。那次大洋钻探结束的时候，许先生进行记者招待会，那是哄动一时的，后来他也写了一些书。是这么回事吗？一直有争论，有人说用不着这样，最后的争议在哪里呢？你看这是红海，这一条是尼罗河，现在发现尼罗河在那时候的河谷切到多深呢？2500 米地下，尼罗河曾经切到了 2500 米，就是水下降了 2500 米，这个河谷才能切到那么深。这个证据现在是铁板钉钉，没有人怀疑了。

所以这个是很惊人的事情，这是大洋钻探干出来的事。我再讲一个故事，北冰洋不是变干，北冰洋变湖泊，不是变湖泊，是湖泊变北冰洋。那是怎么个故事，2004 年欧洲的三条船，一条是挪威主要的打钻的船，一条是瑞典的，还有一条是俄罗斯的叫苏联号。三条船冰上大战，干嘛呢？打钻。大家知道海冰是很厉害的，北冰洋的海冰 2 米厚到 4 米厚，海冰你是推不动它的，如果你给它缠上了，你真没有戏，你弄不动它的。因此怎么弄呢，他们要去北冰洋，谁也打不了钻，他们想了一个办法，三条船来打，第一条苏联号是最壮的，核能发电的。它在前面把大的冰打成小的，第二条船，瑞典的跟在后面，把打小的再打得更小。第三条挪威的，在那里才能打钻，这么一个海冰大战之后两个月，拿到了岩心。那个是非常棒的，你看打钻的井位，差不多就在北极点的 250 公里，离北极很近的地方。所谓罗莫诺索夫海脊，也是在一个高地方。打的井其实不深，就 400 多米，水深就 1000 多米。但是这是个大发现，因为从来没有人能够在北冰洋打钻。打出来什么东西呢？打出来，原来四千万年地质上就叫始新世，四千万年的北冰洋原来是个湖泊。北冰洋的湖泊，它里面发现什么呢？搞孢子花粉的人，发现里面有一种水生蕨类植物的大孢子，就是满江红，现在满江红在中国很多，都在南方，北方没有。就是一个暖温带的东西，证明了当时的北冰洋还不是个海，还是一个湖泊。后来慢慢打通了以后才变的。而且更有意思的，这种地层有机碳多得不得了，平均是 5%，你去问搞石油的人，5%的有机碳，那个深油岩太棒了。就是这个石油发现以后，大大地增加了北冰洋的身价，现在大家讲世界上没有用完的石油，没有开出来的石油，大概四份里面有一份在北冰洋，这是了不得。25%，那个谁都要动脑筋，你看下面故事就来了。刚才我说的打钻是 2004 年，2007 年的夏天，俄罗斯两条深潜器，一个是和平一号，一个和平二号。大家知道俄罗斯的深潜的本事是很大的。中国的蛟龙号那个壳子就是俄罗斯造的，现在我们造自己的，当然我们一般都不去说这个故事。如果要录下来，把我这句话删掉算了。

这两条潜到了 4000 米的海底，插上了一个 1 米高的俄罗斯的钛合金的国旗，领队的谁呢？齐林格洛夫，他年纪比我还大一岁，俄罗斯的最高杜马副主席，你看看就相当于人大常委会副委员长，我不是说中

国的人大常委会副委员长就要去干这个事。我只是想说明，人家国家对海洋的重视的程度，他这次下来以后就非常震怒，他是干嘛的，就是申宣主权的，我这一大块。他其实就要讲，北冰洋这张图大家不一定熟悉，这里是格陵兰，这里是俄罗斯，这里是加拿大。俄罗斯就说这里根据国际法，大家已经分掉了，中间这块没有主，俄罗斯说很简单，根据地质构造这块是我的，他就插在这个地方，插了一面国旗。然后加拿大的外长就讽刺他，说国旗插到哪里疆土就到哪里的时候，几百年前就过去了。俄罗斯人也不客气，你行，你来试试，试不了的。为什么呢？那个海冰是冻的，你打个洞下去了，你下去容易上来难，你再回上来这个洞没了，所以这是一个高技术，你也不能不佩服。我绝对相信咱们就干不了这个事，所以这个不是很简单的事。我再讲一个事情，五千万年前的大洋酸化的事情，这个话当然有问题了，大洋不会真的酸，大家知道什么叫算酸，就是 PH 值要 7 以下，大洋到 7 以下那真是天下大乱，那个地球刚产生的早期还可以。现在 8.2，你弄到 8.1 大家就大惊小怪了。所以 PH 有一点降，什么时候呢，五千万年前。这个我们叫古新世的末期，这个是什么呢？也是大洋钻探打出来的，这是非洲，这里是南美洲。在这个地方红颜色的钻孔，打了以后发现什么呢？发现地层在下面好好的地层，到这个地方碳酸钙没了，那是怎么回事呢？原来海底刨出来大量的，就是可燃冰化了，什么原因化了，现在没完全解决，可燃冰化了以后海底就放出大量的甲烷气，大家知道甲烷一到海水里氧化以后就变二氧化碳，使得海水变酸，PH 值下降。二氧化碳放到大气里，温室效应，所以一下子全球升温 5 度到 8 度。全球的平均温度升 5 度到 8 度，这是一个典型的全球变暖，我们现在讲今天要全球变暖，地质上有没有例子，有啊，这就是全球变暖。这个例子你去看，它做出来的结果，这是三口井不同的水深，都到这个地方，灰颜色的变深褐色的颜色了。这里有碳酸钙、有化石的，这里没有了。这个事情怎么回事呢？也就是大概在两万年不到的时间里面，放出了大量的甲烷气，就可燃冰化了，使得海水的 PH 值急剧下降下来了。这是碳同位素的水，也就是说你变了，变了以后慢慢再好回来，那要花很长的时间。所以这种事情对于现在人类全球变化的研究，温室气体的研究有极大的价值。因为你自然的实验你不可能自己去做去。

我再讲一个大家知道的就是恐灭绝的时候，这是 6500 万年前，一直是有争议怎么回事，也是大洋钻探证明了这个事情，确实是一个小行星撞上来，也就是说 6500 万年前，有一个直径 10 公里的小行星撞到地球上了，撞到哪里了，撞到墨西哥了。尤卡坦半岛上打了一个 100 多公里大的陨石坑，使得恐龙那些东西灭绝了。这个证据在哪里？就是打的钻。也是这样，下面好好的，这个地方变掉了，怎么变的，打上来以后，包括打上来原石自己的碎屑和原来被它烧化了的地壳的碎屑都扬到天上去了，最后再掉下来，这场灾难当时是不得了的灾难。然后就引起了恐龙的灭绝，所以这个底下地层是好的，然后出来一个暗绿色的层，这里面有一个东西特别多，什么呢？叫做铀，就是我们铀金笔那个铀，它那个异常。这个都是来自

天体才有的。这个地点在哪里？墨西哥有一个半岛，尤卡坦半岛这里有一个陨石坑，就在这个位置上，这张图就是地球物理的重力图，你现在看看什么看不见，用地球物理办法知道，这里一小半在陆上，一大半在海里。这个就是所谓陨石坑，这个大洋钻探计划要打钻，现在还没打，打出来因为陆地上的东西已经看不到了，海底应该保存的，想到海底去打，这个故事现在还说不出来，还没打。

再讲点有用的，我刚才讲的都是好像科学的兴趣是吧，你还没有实际有用的，有有用的。比如说可燃冰，这个大家都已经知道得很多了，中国列了两百多亿钱的项目，现在南海已经找的很漂亮了。这块冰一点火柴它就烧，这个确实有点惊人。这是怎么回事呢？就是你的冰的个价里面锁着甲烷了，甲烷在结冰的时候被锁到冰里去了，一旦温度一高冰化掉以后甲烷就烧起来，这是很简单的，其实不光甲烷可以锁在冰里，二氧化碳也可以锁在冰里。那么这种海底拿出来时候这样子，你看脏不拉几的东西，这就是可燃冰。99年我主持的大洋钻探的时候，东京大学一个教授专门跑到上海来，交给我一个罐子，他说你如果南海找到可燃冰，你赶紧放到这里，然后我靠岸到香港以后他又赶来了，我说抱歉我什么也没给你。那个不是那么什么的，现在南海是找到了，不是在我打钻的地方。大洋钻探就在墨西哥湾那个地方就找这个可燃冰，它打出来的那个，这是那个时间甲烷的含量，就有几个高峰，那次有一个非常大的发现是什么呢？可燃冰底下的甲烷气，比可燃冰里面大概还多。所以现在一个思路，不光是要开采可燃冰，如果你去开采可燃冰，很可能可燃冰底下的价值比上面的可能还大。所以这个思路，就是大洋钻探打出来了，后来就是说你看美国又在（28：27），太平洋那边又打了，看可燃冰是怎么生产的。就是这个教授，前些年我跟他说，你看我们南海打出来的可燃冰没有你们那么漂亮，一大块一大块的，我们都是散在里面星星点点的，他说这个你不懂了，就是那个星星点点的才是好的。因为整个弥散的，地层都有，那就大了，如果有那么几块给财政部汇报是很好的，但是开采不是好的。

最后一个例子就是深海生物圈，深海海底的沉积物里边，甚至于石头，就是玄武岩里面都有微生物。这些微生物，这是整幢玄武岩，海底出来的玄武岩。如果你做了切片去看，可以看到一根根的东西，这是什么东西呢，这就是这些细菌、微生物，你可以带个引号，是那个玄武岩，把那个玄武岩溶解掉，用这种反应，靠这个东西生活。这里一个一个圆点子，这是扫描电镜，这个东西以前是不知道的，原来在这么深的地方，这都是几千米深的地方，石头里面还有这么多生物。这个我在上海有一次讲了，这个东西没有太阳的，完全跟阳光没有关系，跟光合作用没关系，所以万物生长靠太阳这个地方是不对的。它见了太阳完蛋，它就靠地球内部的能量，但是这些东西高寿，它的寿命不是几十万年的问题，就这些东西大概在底下就打瞌睡，没法活动，就这么一个空隙里面。这种生活当然很可怜，大洋钻探打钻以后，nature 有一年发了一个漫画，叫 Low life，可以翻译底层生活或者低级生活。这些细菌在里面打扑克牌、抽烟，喝可口可乐

乐，那确实是 Low life，它确实很低，情调也很低。但是你不要小看它，有科学家估计，世界上的微生物，三分之一在你看见的地面上，三分之二在地底下，包括陆地的地底下，海洋是面积更大的。也就是说我们平时接触的微生物，只是世界上微生物的三分之一，还有三分之二你根本下不去，就在地底下。现在大概知道千百米的地方，海底地下一千米的地方还有，到底到多深，估计被地热控制，地热下面越来越高，温度太高了，就不能有了。所以这是一个极大的问题，大家知道微生物它的将来的开发的前景，人类还不认识。美国曾经发现过一个微生物，后来它的开发的价值是 6 亿美金，如果你想想海底底下还有那么多东西，它的价值是多少，没有人敢说。

大洋钻探怎么干呢？这就是 98 年在这个地方用了这样的设备，我不去详细解释了，打钻。02 年专门组织了一个大洋钻探去打钻，你看这些人看不见大概，戴着防毒面具。因为这个东西下面进来不知道它的气体是什么，所以现在最近定的下十年的大洋钻探的计划里面这个占第二位。第一位是，一会儿我讲，在第二个主题就是深部生物圈。然后不光这样，还可以在井底下，这里装了设备以后，大洋钻探的钻井里面封起来，这里打了口子让地下水可以进来，这里面就可以培养这个细菌。你拿到实验室已经不对了，温度压力都不对了，在原地培养，这个前景，将来认识深海海底的生物圈的前景是非常亮的。我刚才讲，这是地球上第二个生物圈，你我生活的，吃的、我们看见的、欣赏的，全是阳光底下的。这套东西全部是不能见阳光的，所谓黑暗生物圈。这个黑暗生物圈，我在上海做过一个比喻，我说我们生活是个阳间，它是个阴间。然后有一位比我年纪大的院士跟我讲，你这样讲是错误的。所以我现在不讲了。

好了，我说了半天没有说咱们自己的事，下面我就讲南海的事。南海的大洋钻探是 1999 年举行的。为了讲这个事我先要退一退，中国干这件事来之不易。因为文化革命以后就想推动中国来一个大洋钻探，想了半天，想了差不多 20 年才成功的。这个是在 1999 年 2 月到 4 月，就是春节前，今年也是这样，在春节前出去，在船上过春节、包饺子。大洋钻探从澳大利亚的 Fremantle 出发，到了我们最后是在香港启航的。那个就是大洋钻探的 184 航次，就是这条 JOIDES Resolution，这条美国船。我刚才讲过了分四个阶段，这属于第二阶段的结尾，已经差不多。就是 1999 年就不打了差不多，所以我们是赶上了在 ODP (Ocean Drilling Program) 的最后一个。所以那次成功之后，现在中国的决策人物对大洋钻探非常支持的。最近南海的大洋钻探，中国参加这个报告一直到了第一把手、第二把手，他们传阅之后我们才干的。所以国家领导人对这个事是非常重要的。我回到前面讲 45 年前开始的时候中国是一场灾难，根本想不到还能打钻。但是到 1999 年我们真的打起来了，这里我还是要归功于许靖华教授，许先生是美国的科学院院士，他是瑞典（应该为瑞士）苏黎世高级工学院的系主任，他在 80 年代的时候就回国来的时候，使劲推这件事。他是写了很多有关大洋钻探的书，翻成各种文字。这个人在我眼睛里面，中国的地球科学界在

国际上声望和贡献最大的莫过于他。然后呢，他提出来给我们鼓吹，到处鼓吹。后来真的干起来了是什么呢，1985年的时候，有两位老前辈做领导人，一个是过世了的刘东生先生，大家熟悉。一个是原来海洋局的第一任局长卢钰如先生，他原来是萧劲光的秘书。他们两位牵头，成立了一个大洋钻探委员会。因为我们本来都不知道啊，文革结束之后到了70年代晚期，我脑子里就两位老先生翻译的，一个是傅承义，一个就是我前面讲的那个尹赞勋，他们两位翻了板块学术。然后我们大家才知道大洋钻探这个名词那时候叫深海钻探，就是跟着板块一道来的，说板块怎么知道的，是深海钻探发现的，这确实是一个地球科学的大革命。当时成立了一个委员会，我们也很高兴向国务院提出来。后来根本办不到的，怎么回事呢？你参加是要付钱的。这个东西深海研究都是富国干的，你穷国干得了吗？那时候最起码一年交50万美金。那时候50万美金是天文数字，谁敢说这个。所以到了国务院后来就石沉大海没戏了。所以这个事情还得等，等到什么时候呢？我刚才说了，他们提出来是80年代，要等到90年代，中国科学院地学部开了几次上天入地下海的会，由刘东生、孙枢他们牵头，再跟国务院打报告。后来又开了各种各样的会，那时候地学部主任是涂光炽先生交给国务院，最后在1998年才参加成功。其实国务院1995年就批了，后来怎么了？没想到，中国1996年就向美国提出来，美国搁浅了，美国科学家很恼火，怎么回事呢？美国国防部不干。这个事，军事上很敏感，耽误了一年多。然后1998年才算弄完了。美国人也恼火了，特别对中国人参加，大家非常重视，因为知道中国的地球科学不是一般的水平。如果我们也能做这个，确实我们现在自己也证明这个事，这个时候他们非常欢迎我们参加。

我自己说我很有幸，那次我96年交的建议书，就是到南海来打钻，研究东亚的季风问题，因为大家知道大洋钻探不是靠钱就能拿下来的。到哪里去打钻，要世界各国科学家委员会投票的，投票还要外审，如果通不过，这个东西就白搭。我那年很幸运，97年我那个申请书投票投下来第一名。然后能够排的最近的就是1999年春天的航次，所以我们很高兴99年的2月到4月，我们两个首席，一个是美国的Warren Prell教授，他是当过多次大洋钻探领导人的，是研究印度季风，印度洋就是他干下来的。我那次确实捏把汗，因为我自己大洋钻探船都没见过，别说上船干这个事。那次确实是一个挑战。因为当首席的人，差不多一天的代价就10万美金，如果耽误在你手里，你让它错了，那个代价太大了。而且也不想丢中国人的脸，第一次中国人在国际上冒个脸。如果人家笑话，你看那些小子干不了什么事，总算这个航次还是很争气的。这个航次在六个占位，东沙一部分，南沙一部分，打了17个孔，一共拿回了五千米的岩芯。这个岩芯取芯率，反正95%以上，非常高的取芯率，所以这个后来给我们研究比如说轨道驱动的气候什么的，提供了极其理想的条件，中国还没拿到过手里有这样连续高分辨率的记录。这件事情我还得先说一点穿插的故事，这个启航就是2月16号，快到阴历过年了。从Fremantle，澳大利亚这边穿过印尼那里到南海打

钻。没有想到，还没有到第一个井那，我们打到南沙，还没到南沙出事了。怎么办呢？我们要打南沙这个位置。这里是婆罗洲。走近南海之后，船长就开大会，说我们南沙这个钻打不成了，你知道科学是归我们管，航行是归船长管。他说我们直奔东沙，那个打不成了。怎么回事呢？马来西亚有一个国际海盗警告中心，他警告说两个礼拜前，有一条船，海盗船穿着军装不晓得哪个国家来的，就劫了一条船，船长在大会上宣布，我这个船上一根枪没有，我不可能跟海盗。我说谁抢你钻探船，那么高的钻，他说不管，我作为船长的责任。第二个他说你这个地方，就是南沙在国外的一个名字，叫做 Dangerous Ground，是一个海底有很多暗礁，是没有查明白地形的。他的地形图上很多是有问题的，我是带了一套图，但是警告我，我这套图不要随便拿出来给外国人看。那么结果大家皱眉，然后他告诉我们，他的一个雷达坏掉了。他等于跟我说，我一个眼睛瞎了，要往这种 Dangerous Ground 去，我敢冒这个险吗？那是真的一身汗，那时候我还是真坚持，我说你支持我两个地区，一个东沙一个南沙，如果南沙不打，我这个航次丢了一半价值，我一定要打。后来还是感谢有些北京的同志，我也不在这里说了，最后弄到总参，最后总参通过海洋局的一位官员给我发了一个，那时候还没有现在通讯那么方便。发过来说，中国方面会带着（42：50），就是会注意到你这个航行。好了，船长说那行，咱们干，就可以进去的。船又在新加坡抛了一下锚，由英国把那个设备飞过来送到船上，把那个雷达修好。然后我们进去了。

这个钻现在回头想，是南海所有几个钻里质量最高的一个钻，南沙，现在我们在南沙再没有第二个孔。所以对南沙一点知识，这个孔起了很重要的作用。其实这个船长是多虑了，为什么？这个地方是有中国海军基地，我们打钻就在占位，1143 很近，几十公里，当然我们也不便说，船长有一天早晨，我是夜里三点钟下班的。我们首席也不敢随便睡觉，等到六点钟，我刚睡下去了，船长把我叫出来，他说你看外面什么东西，原来我们潜艇，望的镜子冒出来了。大家心照不宣，你要摸我，我们也摸你。就在这个地方打的，这个非常好。这口井开钻那天，这个船长是美国打越南的老海军。他命令升起了中国国旗，很可惜我没有录像机，我应该把那个录下来，是美国船上在南沙升中国国旗，不是我叫他升的。越南有一条大船在边上不断地盯着我们，很大的船。我们用英文喊话不理，船长叫我用中文喊话也不理。就这么三天，盯着我们，看着我们干什么，第三天觉得大概没有什么油水，他走了。中国如果早一点这种事情呢，动一点脑筋，不至于有今天。但这种话我不该讲。南沙我们这次在五个占位，取了五千米的岩芯，得到了 3300 万南海的历史，不是南沙，在整个南海。这是太平洋，大家知道太平洋东西部是不一样的，靠美国这边的地层保存得比较好，西边这边更深。而且世界上深海的海流到我们这是最后一站差不多，所以里面含二氧化碳多，所以化得很厉害。南海不然，南海保存了一些记录。所以我们弥补了西太平洋的不足。你比如说，我这几口井是不同的井号，这几口井实际上记录了不同的时间长度和不同分辨率的记录。我们后来发表了一些文

章，把里面每一个，比如这是几十年尺度的，这是几百年尺度的，这是千年尺度，万年尺度。这里有 2500 万年的记录，不同的记录我们都拿到了。所以这是一个非常棒的。这是我的一个学生后来得了百篇优秀论文的，这是他后来的工作。把 2300 万年，我们叫它新第三纪的这段时间，完整做出了轨道驱动就（46：21）周期一个图景。这是世界上唯一的一个。因为别的地方都是几口井一起来的，我是真的一口井从头做到底的，这是南海非常重要的发现。我们还有一个重要发现，就是发现南海的碳储库，也就是碳同位素，每过 40 万年到 50 万年有一个周期性。现在我们正处在一个碳同位素特别重的时代，它的环境意义现在没有破解，我们正在做这个工作。像这些是在南海看到的，但是我们后来发现这是全世界的。

所以大洋钻探确实有很多甜头，我们的地位也提高了，在 2007 年是我们主持了一个国际古海洋学大会，按照许靖华先生的说法，大洋钻探有两个产物，一个是板块学说，一个就是古海洋学，因为古海洋学是从深海沉积来研究海洋演变的。我们这个会由我们主持，在中国举行，我们觉得这是第一次这种会在发展中国家举行，所以我们觉得也很风光。后面当然推动了很多项目。我现在正在主持的基金委的，就是南海深部计划。这是一亿九千万的项目，在我所知的，是中国基础研究里面，海洋研究投入最多的，还不算大洋钻探，这次大洋钻探又是差不多五千万以上。所以花了很多钱，我们就是想办法研究南海的生命史，把南海当作一个有生命的，它的骨头就是它的构造运动和岩浆活动，它的肉就是沉积物充填，它的鞋就是它的生物地球化学演变，我们想打造一个有骨头、有血、有肉的一个生命史，正在做。今天下午我还在基金委汇报这个事。

好了，这是第一次的大洋钻探，到今天 15 年了。我刚才说这样，它建立了两千万年来最完整的历史，而且初步形成了深海研究的队伍。大家知道深海研究是中国地球科学起步最晚的一个。但是我们这次确实有很大的触动，18 个实验室，我说的这个数字都是到前年为止，四十几个人参加航次，有几百个人次的会议。你看 22 个博士，54 个硕士，有的还得奖。所以这个还是很大的一个推进。而且中国在国际上，深海研究里面有了一定的地位。讲到这里我就讲第二个了，南海的第二个大洋钻探。这就是在今年春节前开始的，这个钻探我要先讲一下背景，这是作为新十年大洋钻探的第一个航次，我们很骄傲，新十年叫做大洋发现计划。然后这个十年就是 2013 到 2023 年，真正的航次第一个是今年一月份开始，就是南海这个。所以我们在香港举行了一个很隆重的开幕仪式，把有关的人请来。这个就是中国现在在国际大洋钻探身份是两样的，1998 年参加的时候我们交 50 万美金，到了 2003 年以后我们交 100 万美金一年。等于像股票投资那样的，你投资多的，你占的份额就多，你上的人就多，你投资少的，你的机会就少。我们那时候是 100 万，今年开始国务院批准 300 万，我们一年交 300 万美金。但是这次的航次还与众不同。我们等于叫做 CPP 航次，Complementary Project Proposal，是一个有资助的，申请方给资助的这样一个建议书。我们

中国这次出 600 万美金，相当于他的成本的 70%。这实际上我们钻了一个空子，美国基金委发生困难了，他混不下去了。所以我们扶他一把，他非常积极，把第一个航次献给我们。我们当然求之不得，科技部的官员我们聊起来。你是 600 万美金，4000 万吧，一个 973，一个大一点的 973，你一个 973 能多大事。所以这个对我们来说还是比较便宜的。1 月份打到 3 月份，这就是这个新的十年当中的一个第一个航次。我这里退下来，先讲讲大洋钻探现在的格局。

最早大洋钻探是美国发起的，他搞了 30 年很成功，现在就是 2003 年以后变了，变成两个老板，一个美国老板，一个日本老板，日本的船比美国大五倍，他自己花了大钱造。还有欧洲，欧洲不甘落后，欧洲没有船不要紧，我租船，他叫特定的钻探平台，那个都比较小船，价钱便宜。但它欧洲人你不能不佩服，他很多智商很高，他出的点子打的井。我刚才讲北冰洋那个就是欧洲人打的。所以这个还是很有水平的。所以这个十年，03 年到 13 年十年，美国和日本两个老板，欧洲等于是第三者了。其中 12 年、13 年时候投入大概两亿美金，两亿美金，其实美国出的是少，日本出一亿差不多，日本这条船，船越大越贵啊。所以投入这么多，所以日本是出了大钱的。日本是下了大决心的，就是这条船。我刚才讲我们用的是决心号，这次用的也是决心号，那个才一万多吨，那个日本船是五万吨的，比它大五倍，大得不得了，高也更高。而且日本投了大钱，大概是六亿美金造的这条船。90 年代论证，2002 年底下水，下水的仪式特别隆重，日本的公主剪彩，然后全民招聘，这条船叫什么名字，有 9000 多个建议，最后说一位小学生建议录取了，叫地球号。其实叫地球号建议的人多着呢，他就把希望放在小学生身上。他关键在哪里，为什么那么大，他是带着泥浆泵上去的，搞石油的人知道，那个泥浆泵不光带泥浆，关键要带套管，这个套管粗的一个一个要比钻杆粗很多才能下去，他现在最深能打 5000 米，海下面 5000 米，水深现在只能打 2000 米，这样你要带 7000 米的套管下去，这个船要多重。所以为什么它那么大，就是这个道理。但是日本不是偶然做这件事，在 90 年代日本一批科学家和财团给日本首相写了一封信，说在大洋钻探领域里面 30 年来都是美国领头的，这是 98 年写的。但是如果日本也有这样的设备，能够在发展新兴科学当中也能起领导作用、地位的话。那就意味着日本真正能在基础研究里面为世界做出重大贡献，跟美国挑战。你造的船我比你还大，你投的钱我比你还多。这就是造出来的这条船，可惜运气不好，日本这条船这几年基本上都在这个位置，大家知道就说从前的几次关东大地震那些事都发生在这个位置，就是说东京大概南边这个海域，日本叫它 Nankai trough，就是日本的南海，日本南边的海。这个地方多年来发生了很多次地震，所以他们一直在那里打，这几年下水以后一直在那里打。结果呢，这几年我为什么说它运气不好呢？大家知道黑潮穿过东海以后就往日本沿海走了，这个黑潮有时候大拐弯，大拐弯就在外面走，有时候贴着日本岸走，这几年不知道为什么那么不友好，他老贴着岸走。大家知道下面有一股暗流，这钻探是很难打的。所以它不断

出事，更有甚者是什么呢？你不是说这个地方防地震吗，结果 11 年的 3·11 地震，又发生在北边，不是你打钻的地方，我脚疼你给我治手。他一把手，电话里跟我讲，他说我觉得很惭愧，国家正在难处我没有帮上忙，因为你不在那个地方。后来赶紧再去打了一个井，那已经是马后炮了。

所以日本在这方面情况不是很好，但是日本跟美国争权是明显的。这个例子就可以看出美国和日本的关系，日本要争领导权，他出一半钱，美国只出三分之一，还有一部分是中国、欧洲什么出的。2003 年以后呢，就变成两个办公室，华盛顿一个，日本也搞了一个放在北海道札幌，两个办公室，当然这个开销就大了。后来说开销太多，美国也炒了。后来 2010 年关掉一个，关掉哪个呢？关掉华盛顿的，日本说我来干，就放到东京有一个海洋大学，新办的，在那里办。但是没有想到，日本办过去以后一两年正在春风得意的时候，美国不干了，美国说我们以后就到此为止，今后大洋钻探分道扬镳，你日本管日本船，我美国管美国船，离婚了，事先也不打招呼，日本非常恼火，这个就看出来他们之间既合作，真是利益相关了，那翻脸也不认人。那怎么办呢？日本始终是乐观的，他一点没有说抱怨的口气，但是大家都要想办法弄钱，日本这条船更贵，贵多了，日本这条船一天大概 50 万美金，美国船大概一天 10 万美金。他换了一个办法，他一部分时间去打石油，日本这条船打石油特别好，所以它跑到别的地方去打石油，攒下来的钱他再来打大洋钻探。日本一把手跟我讲，明治维新以后，第一次日本国家的设备去给私人公司服务。怎么办呢？没有钱了。美国情况也不好，美国的基金委领导换了，上来管地学那位是搞大气的，我不想得罪大气的人，他对海洋的感情就不那么深厚。他给大洋钻探的钱不够，美国也恼火。他就出了一个招就是所谓补充信息的建议项目，CPP (Complementary Project Proposal)。我们觉得这好极了，我们求之不得，我们本来排队大家知道吗，我那年真是运气碰到顶了，就是第一名了马上给你安排，有的人申报了十年还没挨上。有的人都退休了，还没打。因为好的建议太多了，全世界你去看看，我们这样一来，像看病那样，我把号，我再投点钱，先看病。这个我们就成功了。所以这次我们非常高兴，这次哪里打呢？在这几个地方打，都是在南海的深海。大家看这个颜色。蓝颜色的就是 4000 米以下的，南海最深的地方，谁都不去。但是呢，你知道，大家开发只知道在陆架上、陆坡上。但是你要知道南海的来龙去脉，你要理解南海，你还非到最深得地方，否则你看见的都是一些表面现象。这次我们在那里打了几个钻，都是一个航次，都是两个月。这次我们从香港启航，搞了一个仪式，小年夜才真正在海上走了。然后到了三月底在基隆结束的。这次航次非常成功，最大的变化是什么？它是干什么呢？就想知道南海什么时候形成的。也就是在这个最深的地方，我把它放大你就看到这个样子，就是这块是什么呢？它的海底是玄武岩，它是被我刚才讲那个大洋裂开的地方，就裂开玄武岩喷出来，然后形成的海底。我们知道大陆都是花岗岩成分的，大洋的底下是玄武岩成分，就因为玄武岩比花岗岩比重大，世界上大陆就浮起来，海洋就沉下去。以前根据磁异常条带的那

个研究，得出来了它的年龄，大概 3200 万年到 1600 万年这样子。

这次我们去验证这个，更重要把玄武岩拿上来，拿上来是很吃力的，因为上面有沉积覆盖，你要打到这里，这次很不错，在两个井位都拿到了 100 米左右厚的玄武岩。这次就可以知道了，跟别的地方的区别在哪里。也可以很确切地知道年龄，这次你看，两次不同，今天航次上的科学家很多是黑头发的，那次就不完全这样。也有很多黑头发，但是那次，我那次实际上中国人我这里下面有一个，中国人我那次我不算，因为首席不占名额，中国人好容易就拿到三个名额，所以我们一共四个，这次中国的名额 13 个，还有一些海外华人，好几个，他拿着美国的名额上船，这样很棒。我在这里画的就是两个比较，1999 年的航次跟 14 年的航次，1999 年的打基本上在两三千米的水深，这次打的都是 4000 多米了。上次打的最深是 850 米，这次打一个深的，可惜这口井打坏了，2000 米这口井就打坏了，最后报废了。今天不来说这个不愉快的事了，咱们高高兴兴的。岩芯也是，上次是软的，打沉积岩好打，这次要打一部分火成岩，这个要吃力多了。这次打得还是不错的。钱也不一样，那时候中国还挤出 50 万美金。我那次回来跟有关的官员讲，我们付的这个航次，中国那次 99 年的，一个航次拿回来我们十几年的会费，因为那个时候一个航次大概 700 万，我们一年才交 50 万，你十四年的钱我拿回来了。所以我们后来再申请的时候，财政部方面没有困难，觉得这个是很值得做的。今年当然代价大一些，我们 300 万的会费，加上 600 万的补助费，也值，你想想看。打了这几个占位，红点子就是这几个占位，都是在 4000 左右米的。我着重想讲两个占位，一个南边，就离黄岩礁大概 20 多公里，黄岩礁西边的一个井，还有一个还要往南，已经是南沙西边这个井。这两口井我稍微说一点，因为都说了也很枯燥。这个黄岩岛西边这个井打得最深，水深是 4250，井下面打了 1000 米，我上面画的现在不亮了。就是上面黑不溜秋的两个柱子，这就是打到的那个基底里面了，下面那些是沉积岩的。你看你的右边这个柱子，是打到玄武岩的基底，你左边那个柱子就是在玄武岩上面的眼，红颜色的，这是今天我在基金委汇报就说这个是很怪的。大家知道太平洋五千米的地方是红岩土，因为那个地方在碳酸盐溶解面以下，碳酸盐都化了。但是大家知道，我刚才给大家看的海底扩张，开头是隆起来的，中间以后慢慢冷却了才降下去的。那么当时它喷的时候应该是高才对，但是我们是反的，先出来了红的，后来才出来灰颜色的，有钙质的，这个就怪了。所以我一种怀疑，是不是也像我刚才讲的大洋酸化那样。你玄武岩出来的时候，是不是有很多气体或者什么，使得海水的酸度是硫还是什么我就知道了，使得海水的酸度增加了，这是我们下面要研究的问题。

而在它上面就是这条东西，浊流和正常的钙质软泥，这是非常意外的。大家知道今天南海海底这种四千多米，根本没有钙质，都化掉了。而那个时候，第四纪以前或者晚第四纪以前还是这个样子。所以今天南海的状况是很新的状况，这也跟我们很多新的提醒。再靠前是南边深海棚，是东边一个大的，西边一个

小的，西边那个三角形的，一直有争议。这个到底是南海先形成西边再形成东边，还是先形成东边再形成西边。这时候问题解决了，确实是东边的牢，西边的新，这是西边井的玄武岩基底。这是他上面的，也是那种钙质软泥，大规模的钙质软泥沉积，这给我们下面研究创造了非常好的条件。所以这次才证明了，南海东盆地和西盆地，两个深海盆地的年龄定下来的，采到了南海海底扩张的大洋壳。有一位地球化学家给我建议，咱们海里的玄武岩很可能和大洋是两样的。如果是这样，那么世界上除了洋壳之外，还有海壳这一说，我也很赞赏这个名字。然后我们发现，南海拉开的时候我的比例就是轻轻地我来了，轻轻地走了，什么不知道，不知不觉地拉开。但是它结束的时候大喧大嚷，火山爆发，打出一层玄武岩，后来又出来沉积岩、又出来玄武岩，那就是它不是一次。所以我们的猜想，很可能，我们这种叫做非火山型的盆地，拉开不是靠岩浆拉的，是靠物理作用拉开了。拉开这个薄弱口，它就起来了，岩浆就来了，岩浆好容易到你这里，你后来看来南海就是后面被澳大利亚板块一撞就拉不开了，没有地方拉了，那岩浆不干了，你不拉那我怎么办，它就往上喷。所以估计南海结束的时候是很壮烈的，有很多故事，我们以前没有想到。这个看了以后看我们有多大本事编这些故事了。上面有这么多的钙质软泥，也是我们想象不到的，有很多好的故事。这次航次，东方卫视一个记者，我们船上几位中国科学家也文兴大发，写了很多短文，在媒体上报道是空前的。然后我这里左上角是 nature 的报道，下面那个 American interest，国际上对这个航次也很注意。

好了，我两个航次介绍之后呢，我来讲讲今天的中国。我们现在中国不是准备了，我刚才说的，两位一把手批准的，中国现在是作为全额成员，300 万美金一年，下面干什么，我就讲讲这个十年 2013 到 2023，它是名义上 2013，大家知道美国的财政年度跟我们不一样，他不是这样算的。现在世界大洋钻探 26 个国家，美国、日本，怎么说呢，美国和日本分居了，但是他们没有办手续，实际上还连着，他的审查项目和岩芯库还是保持原来的，杂志也由原来的杂志出东西。欧洲，我一直说他是第三者，因为他出的钱不算很多，但是他排的国家很多，那么多国家，连加拿大和以色列都挤进去的，这两个跟欧洲没有直接关系，他们更愿意参加到欧洲里面去。所以欧洲真地出钱多的大概三个国家，德国、法国和英国。这三个国家出钱多一点，有的国家出的钱是很可怜的，反正不是钱的问题，是态度问题。下面是几个，中国现在出 300 万，我们是第四位，韩国是 100 万，澳大利亚和新西兰是 100 万，印度我不知道出多少，可能也是 100 万，巴西是刚刚参加，现在印度和巴西也想学 CPP，因为一般排不上，他们也想申请用这种办法来打钻。我们国家一直很好地追踪这个事。你看 95 年的时候中国参加的时候，我们就出了一本书，专门介绍这个事情。03 年的时候，把国际的计划翻成了中文，13 年我们把国际新的计划翻成了中文。所以这个在中国推进的力度还是比较不错的。大家如果有空的话，你就输入一个 IODP China，或者是中国大洋钻探，

有一个网站就可以看见这些事了。新十年大洋钻探干什么，就是这个图。四个主题，第一个气候变化，我自己干的就属于这个。第二个深部生物圈，我刚才讲的地底下的生物。第三个是行星动力学，这个是我下面要解释的，最后是地球灾害，主要指的是地震、海啸。在这四个里面，我认为最有新意的是第三个，行星动力学。大家知道中国的地学界已经讲多年地球系统，Earth system，虽然个人的理解不一样，但是都指把地球表层各个圈层连在一起考虑。但是大洋钻探提的比这个还要往前走一步。什么叫 Planetary Cycle，是什么意思呢？或者叫 Earth Connection，它是地球表层跟地球内部的连接。这个题目是一个新题目，在中国的地学界还没有认真地看待这个题目，这也是我今天想强调的原因。这就是说把地球当做一个行星来看待，地球表层的过程跟内部的过程是分不开的。你比如说如果把地球切一块你来看，地球表层有很多过程，地球内部有很多过程，那么它的窗口在哪里，恰恰在深海海底。刚才说的大洋中间的新地壳产生的地方是它的出口。而俯冲带是它的入口，两个东西配起来以后，这就是地球表层和内部的一个通道。所以要研究这个东西。72:18

这是一个跟深海是直接相关的，大家知道，我们现在全球变化最重要的是两个循环，一个是水循环，一个是碳循环。但是大家可能没有想到，地球内部的水比表层的水还要多，地球内部的碳比你表层上面讲的碳还要多。你把这个大的东西不管，光是我们（72:47）看的那个实际上是不全面的。当然了，地球最轻的东西在大气里，最重的东西在地心。而比重越大，它过程越慢，这是不错的。但是慢的过程，我的比喻就是说你看研究地球，就像俄罗斯的套娃，说我要看的是一个最近的、最快的，实际上就是套娃里面最小的一个，我说你大套娃不拿走，你看不见这个小套娃。我自己玩的是中套娃。地幔里面的水，地球最大的是地幔，地幔里的水，有人说相当于一个半大洋，有人说相当于五个半大洋，还有人说相当于几十个大洋，谁都不知道。地球内部的碳，比表层多得多，有人说地球内部的碳大概在地球内部总量的大概 1%左右，如果这样那是了不得。地球表面的碳占多少，如果这样的话，那地球内部有非常多的碳。再说，现在海洋经济也往深部走了，大家知道历来我们讲海洋经济是渔盐之利，舟楫之便，讲的都是海面。现在大家知道吗？世界上海洋经济的头条收入，不在海面，最大的，50%以上的海洋经济是海底石油。中国差得太远了，中国现在海底石油只占海洋经济的百分之九点几，那跟国际水平差了老大一段。再说中国的统计也有问题，又在说人家的坏话，中国海洋经济的统计不是自己统计出来的，是到统计局拿过来的，是哪个部门的。比如最滑稽的，你们整理的时候把它删掉。这话我说在前面，不要有这样的不愉快。中国的海洋经济里面一个重大是什么，就是海洋旅游，什么叫海洋旅游，你怎么统计法，他到沿海省市去统计旅游收入。所以我说你到上海城隍庙去逛一下，你就是海洋旅游。这个实际上没有多大意义的。中国很多一个问题在哪里，如果中国的海洋经济不能到海底去，而是坐在海面的话，走不远。所以我刚才就说，现在世界上的，我刚

才讲比如说深部生物圈，它的价值现在我们不知道，现在一个办法就是要认识地球内部。要开发深海就得往海底下面走，我们这些年才知道，原来海底是漏的。水会下去也会上来，上来以后有的叫热焰，有的叫冷泉。下去的，我们说主要还是从俯冲带下去的，但是这个水能下得吗？你不要着急，水不是流下去的，水是挤下去的。地幔里的水，大家看中间那个蓝颜色的这一段。就是说上地幔跟下地幔的过渡带，400 到 600 公里深的地方，这带里面的含水最多，顺便说这里边不光含水，碳也多，而且它的碳不是一般的碳，是金刚石，信不信？南非就是这个东西冒出来一个，南非的金刚石的烟囱就是这个玩意跑出来了。如果你有本事去开发，那你是真本事。

但是水不是这样，水不是成液态下去的，水到地幔里的水，它不是自由，你不可以喝的，这个水是哪呢？进了金、镍的，也就是说水塞一个矿物里面，跑到矿物个价里面去，所以是拿不出来，它在里面，到下面再受高温高压的时候，它再回出来，再变成水。这就是我们现在所知道的橄榄岩跟石灰岩的变化。地幔的石头基本上是橄榄岩，橄榄岩如果它有某种原因跑到海底来了或者海底的裂缝把海水灌到它那里面去了，产生化学作用的。它就吸收水了，橄榄岩一吸收水就变成蛇纹岩，这个什么意思呢？橄榄岩一收水以后，它的质密程度就变了。这就是为什么有的地方发生地震的，现在知道大西洋裂缝里面下去的海水可以跑到 50 公里的地方，使得那里的橄榄岩变成蛇纹岩，一旦变成蛇纹岩地球岩石圈就活了。所以发生这种现象，也就是说橄榄岩变蛇纹岩。一个是使得地幔的石头性质变了。同时它又能够吸收，蛇纹岩里边 13.8%是水，所以这个含量很高。但是等到，如果受到高温高压，他把这个水吐出来了。所以它是一个载体，把表层的水运下去这个办法。每一立方米的橄榄岩要变蛇纹岩的话，要用 300 公斤的水，同时它要放出能量来，还放出甲烷来，这就热闹了。所以在蛇纹岩化的地方，还可以产生出特殊的低温热液，我们说的热液作用主要发生在洋中间，岩浆的作用，海水碰到岩浆了，然后加温以后再跑出来，带了很多矿物，有硫化铜、硫化铁什么，因此你看见它，黑烟囱像黑烟那样的。还有一种是低温，那是三四百度的高温，还有一种低温热液 90 度左右的，这就是蛇纹岩弄出来的。最有名的在大西洋，叫做 Lost City, Lost City 这个地方就是地图上的白点，它不在中间，在中间的旁边，它就是橄榄岩变成蛇纹岩，变出来还不一样，它出来以后，不光是有很多怪怪的生物，它还可以造成碳酸盐的延出。

所以我们大家看科普材料讲黑烟囱，那是高温热液口，低温热液口是白烟囱，白烟囱比黑烟囱还高，为什么呢？黑烟囱实际上芯子是硬石膏，它这个芯子是碳酸钙，碳酸钙就厉害了。所以它可以长得很高，像这个，右边十米高。这又是一个新的现象。我们以前都不知道。所以水循环，我刚才讲的就是地球表面跟地球深部是通过俯冲带和洋中脊在那里交换水，通过岛湖的火山，这个作用不要小看。这个作用其实水的量是很多，洋壳里面的热液大概相当于海水总量的 2%，我说的只是热液。所以全大洋的水，在洋壳里面

渗下去，再被热液再回出来，这样的过程，千万年要转一圈，全大洋的水过滤一遍。这个影响很大，它带出来的因素影响海水化学。而刚才我讲到的还有一个就是水的板块俯冲下去，俯冲下去的热液，相当于世界河流流量的 1/5，这都是很大的数目。而这种东西你在研究地球表层的时候都没有想，而这些东西都不应该漏掉。我刚才是举了这个例子来说，用水循环来说新十年大洋钻探的价值。新十年当然做很多事情，其中一个题目就是莫霍钻，大家知道这张图上画的，就是大洋地壳，大概是十公里左右吧，平均八九公里，大陆地壳平均是三四十公里，所以说你要打穿地壳到哪里去打，当然到洋底去打。但是洋底的技术困难非常大。日本这条地球号启航的时候，它宣称是打穿地壳去了，人家用的化石有保留的，中国的科学媒体，这里可能有人，我得罪你们。科学媒体有时候瞎起哄，说日本船去打穿地壳了，然后古时候说一犬吠形、百犬吠声，然后各个报纸都讲了，日本去打穿大洋壳去了。所以这个很遗憾，后来我们赶紧叫大家纠正，反正无所谓了这些事。现在新世纪的莫霍钻就摆在我们前面，它的要求就高多了。不光是要研究刚才说地幔物质的问题，而且要研究大洋壳里面的地下水，要研究深部生物圈最深到底到多少地方等等新的题目。日本人召集了几次会，法国人、英国人他们在做，提出来很可能在东太平洋打。这个事情当然很值得进一步研究，我一会讲到有一个美国人的负责人跟我讲，我想看看将来打穿地壳的是日本人还是中国人。

最后我讲中国大洋钻探的展望，这是从 DSDP，我们文化革命到 98 年中途参加，然后我们变参与成员。你看我们的费用一年一次一次增多。下一步，中国什么状况呢？这就是我今天想讲的，我们很可能想走三步走的方针，这不是我瞎讲，这是中国大洋钻探专家委员会前两年讨论的结果。认为中国要走三步，第一步，中国先不光是一般地上船，中国要到中国海区来打钻，这就是 14 年我刚才介绍的南海第二次大洋钻探。我们本来想 16 年再打第三次大洋钻探。现在我已经知道 16 年排满了，我们有希望在 17 年再出一点钱，我们再打一次。这次打的要比上次时代上更老一点。另外呢，大家知道我们中国在大洋协会，在西南印度洋拿到了一块硫化物的面积，一万平方公里的，很可能我们也要在那里打大洋钻探，我们正在酝酿。这是第一步。第二步，我们想学欧洲，欧洲可以租船打，为什么中国不能租船打？所以我们跟一些人商量，我们现在初步的设想，也许就在南海巽他大陆架，大家知道就是马来西亚跟越南之间、印尼这块，这里黄颜色地方，黄颜色地方，我们从陆架打到陆坡，落一个坡面，大部分在我们九段线内部。如果这样，中国再去干一个，这就是那里很容易打，用不着大洋钻探船。我们一般租钻探船就可以了。第三步，就是能不能中国造自己的大洋钻探船。这是一个大的挑战，我们实际上前些年已经汇报到很上层了，但是没有做出这个决定，我们希望能够在不要太远的将来能不能做这个决定。按照这个三步走，那就是现在如果说大洋钻探是美国、日本、欧洲三家在主导，我们能不能变成四家，我们在里面跟他们能够在一个椅子上，中国大洋钻探里不要去跟韩国、印度去计较，有本事去跟他们比去，这就是我们的目标。也已经在做了，上海

708 所设计了一个，但是我是赞成，这个设计壳子谁都会，关键不在壳子，关键在里面的那个装什么货，这个东西谈何容易。为什么呢？你最重要，当然他们的热情我们是很高兴了，你们要上我的讲课，我这个人说话。

也就是说大洋钻探船要造新船了，大家知道吗？美国这条船是 70 年代造的，它翻新过两次，我估计再用 10 年是没有问题的，但是你不能没完没了地用下去。船跟人一样，也要老，也要像我这样，老了就应该自己有自知之明了。现在要什么船呢？实际上要两条船，一条船就是能够做立管钻探，日本船就是有立管钻探，就是有泥浆泵的，还有一条船能够破冰打钻，能够在北冰洋去打的，这两者是一个挑战，但这一点现在谈何容易。我刚才讲为什么立管船，日本船要那么大的，你看看这就是他的立管，他要弄下去套管，这么个大家伙。你要是几千米的套管在船上背着，还有一个大的泥浆泵在船上背着，你这个船能小吗？小不起来。所以一定要五万多吨，五万多吨这个代价又玩不起，但是有没有别的可能呢？现在又产生了中间的几张图，什么呢？就是说又是泥浆能够返回的，但是不要立管，什么意思呢？就是我把泥浆泵放在海底去，这样我根本不带你那么多的套管，我没有所谓立管，我就是从海底把泥浆往下泵，这样以来完全是一个新思路。也就是说我可以用美国船的大小，干日本船的事情。这个理论上有了，北欧主要是挪威也已经在做了。但是呢，大概还不大成熟。我们也不太了解，所以这个时候我们始终在鼓吹中国赶紧形成一个小组去做调研，然后将来用国际合作的形式。因为现在排下来没有人能造船了，除了中国。美国现在这个状况能够这样维持就不容易了，日本再能造吗？然后你靠谁呢？我刚才说这个设备，就是说那个设备是放到海底去的，它本来那么重的东西放到海底去，欧洲不是不想，不是不能，就是没钱。德国的极地所的原来所长（88：01），他现在到俄罗斯去当所长去了。他当年提出来一个设想叫做 AURORA BOREALIS，就是到北极激光打一条船，这条是能够在北极打北冰洋那个的。他当时想在 12 年就要建造的，吵了几年，拿到了几百万的设计费用。最后无疾而终，胎死腹中了。怎么了？没钱，吵了半天没用，没有人掏钱你干嘛。而中国现在正在谈，科技部在谈三深的概念，就是深潜、深网、深钻，深潜就是大家熟悉的，ROV 或者叫 HOV，蛟龙号就是其中一个。深网，是我们正在推的，是国家发改委的十二·五的大科学工程的第一项，就是海底观测网，这个已经通过了，问题就是怎么操作，现在还在设计当中，还在安排当中。最后一个，深钻就是大洋钻探，中国如果深海技术把这三样都做成功了，那么中国一下子就走到世界前面去了。这就是这三样技术当中，相互是有关系的，深钻、深潜、深网是相关的，比如说，我刚才讲到我们想做第三次大洋钻探，就很可能搞一个海底井塞，就是一个 Cork，它所谓，大概要两百万美金，这个装了以后我们可以在南海的海底底下培养微生物，就可以做一些完全没有想到的一些事情。

应该说，海洋多少年来一直是中国的软肋，中国一直是以陆地国家自居的，对海洋是不重视的，但是

中国的落后就是从海上开始的，大家知道 1840 年的鸦片战争，1894 年的甲午海战，都是在海上打败的，甚至于八国联军也是海上进来的。更有甚者就是说南京大屠杀的根子还在海上，为什么？因为当时淞沪陆地战争还是很英勇的，挡住了日本人，最后日本人从杭州湾爬上来，海上把我们打败了，一下子联军全部破灭，最后南京大屠杀，所以中国不能不吸收这些教训。所以我最后几张片子就讲，19 世纪中国的失败，中国遭人家侵略是海上开始的，现在 21 世纪中国再要振兴的话，也一定要从海上进行。谢谢大家！