

中華學社教學資源
STEM 教育教材：〈深海奇幻之旅〉

陶春輝博士〈深海奇幻之旅〉講座完整版演講文稿

旁白：

海底的地質、地形、生物、礦物以至地熱對全球氣候的影響，一直是科學家極感興趣的研究課題。過去由於海底溫度和壓力等，多種條件的局限，深海的勘探工作可謂困難重重，但隨著科技的進步，人類已開始逐步探索海底深處，而中國近年在這方面的成就亦相當突出。今集的講者，是國家海洋局第二海洋研究所研究員陶春輝博士，他會跟我們介紹過去十多年間，人類探測海底技術的成就，還會跟我們分享，他親身乘坐蛟龍號載人潛水器，深入七千多米海底，近距離進行海底探測的經歷。

陶春輝博士：我叫陶春輝，來自國家海洋局第二海洋研究所，我首先要聲明一下，我不是深潛專家，我是深潛過的專家。十年前，2007年8月10日，我作為首席科學家，跟隨我們當時國家最先進的深海科學考察船訪問香港，當時也安排了一個公眾報告，但是由於颱風臨時取消了，所以這一等就是十年。在這十年之間，我們通過今天的創科博覽，大家可以看到，我們國家對這個深海技術，有一個非常長足的發展，所以我的報告主題，也從海面的發現到海底的深潛，從當年海面的發現之旅，到海底深潛的神秘探索之旅。

我們知道在全球面積三分之二的海底下，存在著一個世界上最大的山脈，它也是最寬的一個山脈—全球洋中脊。全球洋中脊一共有八萬公里長，它主要分佈在太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋，它是全球新的洋殼生長的地方，也是地球的一個新的生長點，是研究地球最重要的一個地方，也是最活躍的一個地方。這個洋中脊，我們知道有海底的火山，海底的地震，更重要的是它發育成非常多的海底的熱液活動，紅的就是代表洋中脊，顏色愈寬，紅的愈寬，這個



洋中脊擴張得愈快。所以我們在東太平洋這個地方，它就是一種快速擴張洋中脊，大西洋就是慢速擴張洋中脊，西南印度洋這個地方最窄，它是超慢速擴張洋中脊，它擴張得最慢，全球發現有三百多個熱液活動，大部份分佈在快速擴張洋中脊和慢速擴張洋中脊，2007 年以前，西南印度洋，擴張最慢的洋中脊的熱液活動，都沒有被發現過。

我在這裡用一個簡單的卡通，來談一下什麼叫熱液活動，什麼叫硫化物，什麼叫黑煙囪，所謂熱液，就是它是熱的水，首先是要熱，下面洋殼深部可能有岩漿加熱，液體就是海水的對流，相當於下面煮開水一樣，形成一個對流，與我們陸地上的溫泉系統差不多。這裡用一個簡單的卡通來表示，洋殼通過板塊的運動不斷地擴張，在這個過程中形成大量的裂隙，而熱液活動一般發生在 2000 米至 4000 米的地方，這地方的海水溫度只有幾度，這麼冷的海水，沿著裂隙進入了洋殼深部，被深部熱源加熱之後，在岩石裡面發生反應，把岩石裡面的金屬物質都溶解出來，被加熱之後密度降低，它就沿著裂縫往上跑，就形成了黑煙囪，因為它裡面有礦物質，所以它很黑。這個溫度的熱水，可以加熱到 300 到 400 度，噴到幾度的海水裡面，會把裡面的礦物質沉澱出來形成黑煙囪，黑煙囪時間長了倒塌之後，就會形成硫化物，這是一種礦。我們怎樣去找這個海底的熱液系統？一般這個熱液系統邊上，會生長著一個非常奇特的熱液生物，這個黑煙跟上面的海水混合以後，慢慢的就不再往上走了，被洋流一吹，就可以吹出幾公里、幾十公里，熱液系統的黑煙囪區域一般只有幾十米或上百米，這麼深的水你很難去找它，所以我們一般去找羽狀流，因為它範圍很大很大。但是隨著擴張運動，它會遠離熱源，下面的熱源就影響不到了，或者這個通道閉塞了，它就死掉了，也沒有生物了，也不再冒煙了，這樣的地方時間長了往往會形成礦，但是非常難找，所以海底的熱液系統，是上世紀最偉大的地學發現之一。為什麼這麼說呢？首先海底硫化物礦，它是一個天然的實驗室，這個在別的地方很難見到，它正在生長。第二個，它裡面有一個非常奇特的熱液生態系統，與我們陸地上的不一樣。第三個，它不斷的在冒黑煙，帶出大量的物質和熱量，是全球能量和物質循環的重要組成部分，我們通過這些流體，可以觀測地球內部的重要窗口。所以熱液系統具有資源，科學重要的意義，它是地質、生物和環境相耦合的，持續演化的過程，但是我們研究它需要高科技。



首先它是未來潛在的資源，由於富含銅、金銀等等，現在估計海洋的銅加鋅的儲量是陸地的六百倍，所以在日益資源緊張的情況下，愈來愈顯得未來的潛在資源的重要性，同時讓人非常感興趣的是，它裡面有一個不依賴於光合作用的和花蕊合成的生態系統，這個生態系統和我們上面的是完全不一樣的。它的這個環境：高溫、高壓、劇毒，這麼一個環境，跟地球起源時的環境非常類似，科學家相信它可能跟生命起源有關，而且這些獨特的生物的基因，也可能將來作為資源來利用，黑煙囪不斷地冒出熱量和物質，其中百分之二十五的總量，是通過熱液循環來釋放，我們研究熱液系統，是影響全球氣候變化不可忽視的重要因素。自從 1977 年在東太平洋，Galapagos（加拉巴哥群島）這個地方，通過美國的阿爾文號載人深潛器，觀測的第一個熱液噴口之後，在東太平洋和大西洋發現大量的熱液系統。東太平洋剛才說了，由於岩漿供給比較多，擴張得快，每年可能將近一、二十公分，所以它發育大量的熱液活動，但是它發育了這些熱液活動，往往會經常發生海底地震，海底火山把它淹蓋住了，一般情況下很難形成大礦。這裡的生物有一個非常重要的特徵，就是管狀蠕蟲，非常的漂亮，但是我們一抓起來的時候，我 2008 年把它抓到甲板上一看，像個塑料管，一下子還認不出來，非常奇怪。其次，大西洋的擴張速度慢一些，岩漿供給也會少一些，但是它熱液形成的也非常多，而且這地方構造運動相對來說比較少，容易形成大礦，所以現在作為資源來說，大西洋是一個非常值得關注的地方，而且這裡的熱液生物有非常明顯的特徵，就是蝦比較多。而我們西南印度洋，這個地方擴張得最慢，超慢速，擴張非常慢，所以 2007 年以前，可能大家認為這地方這麼慢，岩漿供給少，是不是熱液活動比較少啊，而且沒有看過下面的熱液生物是怎麼樣的。所以我們主要下潛的任務，就是在西南印度洋，有兩個熱液區，一個叫天成熱液區，一個叫龍旗熱液區，這是低溫的，這是高溫的，我們的礦區就在這個位置。

我今天就是跟大家分享一下，蛟龍號第一次到海底的熱液區，也就是西南印度洋，進行海底探索的過程。接近熱液區的海底探索，實際上要克服很多困難，深度已經不是問題了，蛟龍號都已經下潛過 7000 米了，比如說大家可以想像，我們這個地方是 3000 米，它有 300 個大氣壓，這樣一個杯子，深潛時帶下去的



話，上來就變這麼大，這個就是我們當時帶下去的，壓得這麼小，但是對蛟龍號來說不是問題。主要大的問題就是，這個地方地形非常複雜，第二個高溫，溫度非常高，你能不能不要被它燒化了，第三個，下面這個位置很小，你怎麼找到這個地方，這就是三個大的難題需要我們解決。

我非常有幸參與了我們國家，從 2005 年開始進行規模的海底硫化物調查，也就是說 2005 年，全球三大洋開始調查，當時的情況就是，當時訪問香港帶一條船通過一個鋼纜，把海底的攝像機掛在底下，距底 5 米，把傳感器放在這裡，然後以比人走路稍微快一點的速度，往前拖來探測這個黑煙，然後來確定這個黑煙函。我這裡有個動畫可能會更形象點，我們就是依靠這樣的一個技術，找到第一個海底的黑煙函，當時的技術就是這麼一個水平，這是 2005 年的時候。2007 年，我們在西南印度洋，馬達加斯加正南方這個地方，我們找到了第一個熱液活動區，因為這個地方的地質跟生物都非常特殊，以前在這 6000 公里長的地方沒發現過熱液活動區，這是第一個，所以引起了廣泛的關注，這是 2007 年 3 月 1 日發現現場的照片，成了 InterRidge 網站的封面，當時我們途徑香港訪問，對公眾開放得到了廣泛的歡迎，當時的我比現在年輕一點。在這十年的過程中，我們發展了「綜合信息快速找礦方法」，也就是說我們現在預測哪個地方有，然後縮小範圍，最後我們經過機器人、ROV (遙控潛水器)或者蛟龍號進行觀測，這麼一個三部曲。在這個過程中，我們 2007 年發現了，第一個西南印度洋的熱液區，然後我們 2008 年，就在東太平洋海隆赤道附近，以前沒有發現過的地方，發現大量的熱液活動，2009 年在南大西洋，10 度以南，也是從來沒有發現過的地方，我們發現了熱液活動，這就是我們中國科學家，對世界海底熱液活動一個重要的貢獻，也通過三大洋的發現，確定了我們國家三個調查靶區。

隨後 2011 年我們向國際海底管理局，提出了第一個硫化物的勘探合同，整個勘探活動是一千公里長，一萬平方公里，我們看看跟香港比較，長度是香港的寬度的十幾倍，面積比香港稍微略小一點，這是我們在國際上的第一個勘探合同。隨後俄羅斯、法國、韓國、印度和德國相繼也申請了海底熱液化區，現在已經成為了一個研究的熱點。海底的熱液活動，主要通過中國的大洋協會來主導開展的，在這個調查過程中，我們發展了三龍系列，第一個就是有纜的機器人海



龍系列，當時我也是作為首席科學家，2009 年在東太平洋海試成功，第二個就是蛟龍系列，2012 年成功地進行了 7062 米的海上試驗，這個我沒有參與，我主要是 2015 年在西南印度洋，有幸乘坐蛟龍號進行西南印度洋的下潛，還有一個今年我作為首席科學家，讓潛龍二號也在我們西南印度洋得到成功的應用，我們通過這十年的發展，形成了三龍系列，這已經是站在國際深海技術上非常重要的一個舞台。我們為什麼要到西南印度洋去下潛呢？因為通過蛟龍號，我們可以精確地研究西南印度洋，這個熱液活動跟別的大西洋和太平洋有什麼樣的特點，而且可以更好的研究這邊的熱液生物，跟太平洋和大西洋有什麼樣的區別，我們通過蛟龍號來完成。

大家可以看到蛟龍號這個模型，實際上我們真正乘坐的模型，是一個兩米直徑的球，裡面坐三個人，中間是駕駛員，前面就是國家深潛英雄，左邊是輔助的副駕駛員，科學家一般坐在這個位置，通過三個觀測窗來觀測，然後通過我們這個機械手，來進行海底的採樣。我們本來一開始是到龍旗熱液區，我們合同區開展，但是由於海況不好，所以我們先到天成熱液區。但是當時的天成熱液區是備用的，我們對它下面準確的位置還不是很了解，所以當時就派我第一次下潛，我們一般是早上七點鐘進行下潛，觀測下潛。剛才也提到過我們對它的正確位置不是很了解，所以對於我來說，有非常大的壓力，我們第一次下潛，能不能夠成功，壓力是非常大的，駕駛員的壓力，海底這麼複雜的地形、高溫，他怎麼去克服，所以大家都是很有壓力。在這個過程中，我們知道這個船一般都是比較搖晃的，所以一進去潛水器，一旦注水下降的時候，它就是非常非常的安靜，非常非常的平穩，你好像已經脫離了地球，你已經進入了別的世界了，非常的安靜，你可以看到外面的海水愈來愈藍，愈來愈深藍，非常非常的清澈，到了兩三百米之後，外面就什麼都看不到了，這個時候你把燈一關，你可以看到外面很多很多發光的生物，這就是浮游生物的光。在這個過程中，非常重要的就是，你在下潛時，因為下面都是岩石，所以離地一百米的時候，你一定要觀測到，不要竄到底了，在這個過程中，你還要注意這些工具不要丟了，你都要看著它，有些工具在晃動，不要把它晃下來了，所以整個下潛過程是一個非常舒服的，但是你要做好準備。離地一百米的時候，我們把壓載鐵一拋就準備著底，當時一著底的時候，尤其駕駛員他沒見過這樣的海底，我們



都非常非常的興奮，你看原來是這樣的，從來沒有這樣近距離的看過。它非常新鮮，我們叫枕狀玄武岩，海底火山冒出來跟海水反應的岩石，像個枕頭一樣的枕狀玄武岩，沿著這個枕狀玄武岩慢慢地朝我們的方向走，到下面的一個重要任務，就是你要海底定位跟蹤上，這個位置方向慢慢看到一些，熱液區的生物，你知道熱液區慢慢的接近了，這裡有一片很神奇的海底綠洲，別的地方是沒有的，慢慢的你看到很多海葵，這個是熱液區一個非常好的特徵。隨後我們到達熱液區噴口的地方，但沒有想到的是，這只是一個洞，這些生物都聚集在這個洞裡，我們想走進去看，但是很害怕蛟龍號掉進去洞裡，所以你能在外面非常小心的看。這裡面有很多各種顏色的，黃的、紫的、白的這種海葵，圍湖各種生物，然後我們把下潛的標誌，87號下潛標誌放在這裡進行定位，最後我們取了很多很多熱液生物。這個地方非常奇特的就是，我們測到它的溫度只有13度，它沒有高溫的，沒有硫化物，所以我們取了一點岩石就上來了，它是一個低溫的熱液區，當時也是非常幸運，這個低溫熱液區的熱液就在噴口裡面冒出來，所以這樣的一個研究，可以對後面一個熱液區進行對比，那邊是個高溫的，這邊完全是一個低溫的熱液的地方。隨後我們就真正到了龍旗的熱液區，這個地方煙囪林立，黑煙瀰漫，我們下去的時候要非常小心，在煙囪邊上我們看到這樣的魚，熱液區的魚它會引導我們到熱液區，可以看到這麼多熱液的生物，生物學家非常非常的興奮，這裡你可以看見一些螺，看到一些貽貝，一些生物的景色等等。我們稍微輕輕的採幾個樣，作為回來的研究，不能對它進行破壞性的作用，在這個裡面可以看出來，它慢慢的冒出一些低溫的流體。隨後我們見到高溫的流體，可以看出來從比我話筒稍微粗一點的噴口裡噴出來，我們要對它進行採樣，測它的溫度，379.3度，這個煙囪有幾十米高，我們22噸重的潛水器，要放在這個上面是非常非常困難的，我們在尋找海底黑煙囪的過程中，要穿過茫茫的黑煙是非常非常危險的，因為玻璃窗兩邊的溫差一旦大的話，玻璃就會炸掉，就會有生命危險。我們可以看出來，這個煙囪裡，高溫地方的生物不是很多，不像大西洋有那麼多蝦，這裡很少很少的蝦，這些蝦叫熱液盲蝦，實際上它們有眼睛，但它看不見光線，卻可以感受到高溫的地方。同時黑煙囪也有一些發光的現象，當然我們肉眼是很難看見這個發光的現象，這裡有幾十米高的黑煙囪，最高的有二十米高的煙囪，我們不斷地航行。像這樣的煙囪實際上是已經不冒黑煙了，它裡面的溫度核心有一百



多度，但外面就不冒了，所以這個蝦就在這裡吃微生物，我們把這個煙囪一掰開之後，可以看到黑煙馬上拼命地冒出來了，這次我們把流體也取上來，我們來研究這些熱液、生物跟生存的環境之間的關係，這是一個非常重要的工作。海底的熱液生物非常珍貴，我們一定要在這個調查過程中也要保護、愛護這些生物，我們剛才看到，在這個用機械手取樣的過程中，看到這個蝦它不肯走，後來發現它好像是懷孕了，這是它的家，所以我們也不再打擾它了。

通過蛟龍號這樣的一個深潛過程，我們在探索熱液系統，認識熱液系統，也要保護熱液的生物，通過這麼一個調查，也弄清楚了整個熱液區，各個高溫的低溫的煙囪的分佈，海底生物的分佈情況。然後到下午三點鐘的時候我們必須回來，大概五點鐘，天黑之前我們就會到達水面，整個深潛過程，它是一個非常緊密、嚴密的團隊合作過程，開始我總感覺這個深潛過程，是科學家的事情，實際上是整個團隊的奉獻，才能到達每個科學的發現。我們通過這樣的下潛，可以回答前面的問題，熱液生物方面，大西洋的蝦與太平洋的管狀蠕蟲不一樣，它的生物群落初步認為更接近西太平洋，它有非常獨特的生態系統。我們可以看出來，海底硫化物的資源調查工作，它嚴重依賴於科學和技術，依賴於科學思想的指導來尋找，預測海底硫化物的分佈，生態系統多樣性的研究，但是更依賴於我們深海技術的支撐，像我們蛟龍號、潛龍號這樣，三龍系列來支撐我們的勘探，同時有這樣的技術，我們才能發展更好的科學，向技術提出更大更深的需求，從而來推動我們整個深海科學的研究。因此說，深海科學的研究將往「深網、深鑽、深潛、深站」方向發展，也就是說我們通過蛟龍號的故事，可以看到我們只有一個白天的海底探索，我們希望對海底進行觀測網的長期研究，我們更希望通過深海的空間站，有更多的科學家在一起，在下面待更長的時間，幾十天甚至一個月的時間，沿著洋中脊進行深海的探索。我的彙報就到這裡，只是講了一個深潛的故事，實際上每一個深潛都有一個讓人非常難忘的故事，謝謝大家！