

# 海事工程 工址調查與探勘技術

---

黃宗宸

環球測繪股份有限公司

宸泰大地技師事務所

臺灣仲裁協會

臺灣離岸風機基礎暨海事工程協會

臺灣風能協會

中華民國大地工程技師公會

成功大學 水利及海洋工程學系

臺灣大學 土木工程學 博士

總經理

負責人

仲裁人

理事

學術委員會委員

法規委員會主委

助理教授

中華民國109年11月21日

# Taiwan

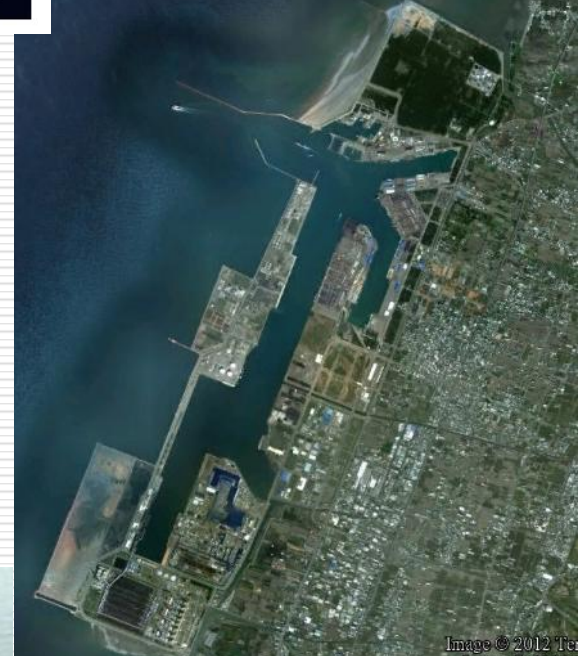
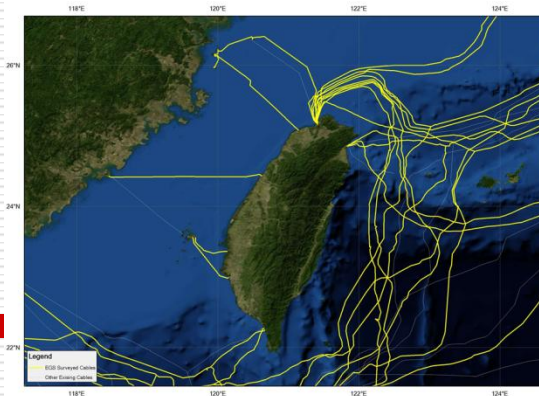
---

- 四面環海
  - 漁業、交通
  - 貿易、戰略位置
  - 對外通訊
  - 海底資源
  - 生態保育
  - 海洋研究
- 



# 海事工程調查

- ☐ 碼頭興(擴)建工程
- ☐ 海堤、防波堤工程
- ☐ 外海放流管線佈設工程
- ☐ 海上風力發電場風塔設置工程
- ☐ 海纜佈設工程
- ☐ 外海油田、天然氣開發、水下考古調查
- ☐ 填海造陸工程



# 場址調查之目的與項目

---

- ★ 目的在於取得與標的物**基礎設計**、**施工**和**使用期間**有關之地質資料。
  - ★ 這些地質資料包含：
    - 1.**工程性質**:滲透性、壓縮性、剪力強度。
    - 2.**地質構造**:沉積物種類、分佈與分層，摺皺、層次、斷層、弱面...等。
    - 3.**環境因素**:附近地形、地物、水文狀況、地震、地下洞穴及其他周圍環境。
-

# 離岸風場調查

---

- 依調查階段而言主要分為：
  - 環境影響評估階段調查
  - 風場開發設計施工階段調查
  - 營運維護階段調查



# 場址調查之原則

---

- 工程作業**每一階段**皆需進行工址調查。
  - 愈是在**前**的階段，工址調查：範圍愈廣  
精度愈低  
程度愈低
  - 愈是在**後**的階段，工址調查：範圍愈小(集中於結構處)  
精度愈高  
程度愈高而密集
  - 不同階段之工址調查，**不得替代使用**。
-

# 離岸場址調查重點

---

- 洋流、季風與氣候變化情形
  - 潮汐變化與地下水文特性
  - 海床掏蝕與泥砂淤積情形
  - 近岸海床與深海之海床地形與地層分層情形
  - 地質材料特性：物理性質、化學性質、  
工程性質、動態特性
  - 工址區域範圍地質構造狀況
-

# 離岸風場調查項目

---

- 海象調查
- 地球物理探測調查
- 海床地質鑽探與現場試驗調查



# 海象調査

---

Sea meteorology and ocean current survey

# 海象調查

## □ 海流、潮汐、及波浪量測

針對欲開發之場址，就海流之流速與流向變化、潮汐變化、波浪之波高與頻率變化等，進行一整年度之記錄與分析。

## □ 漂砂與底質粒徑分析量測

量測漂砂之粒徑分佈、各方向之輸砂速率大小及隨季節變化情形，以進行漂砂的長期優勢方向及漂砂量之推估。



# 海象調查

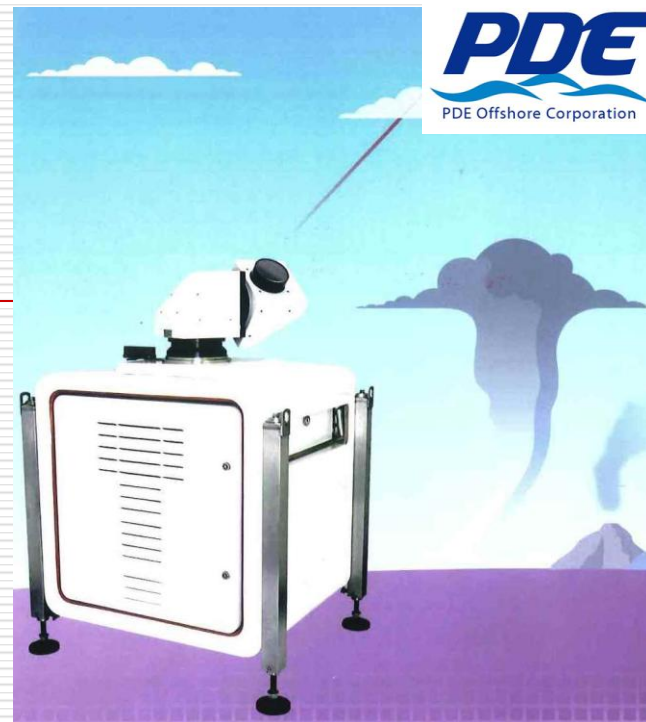
## □ 風速風向變化監測



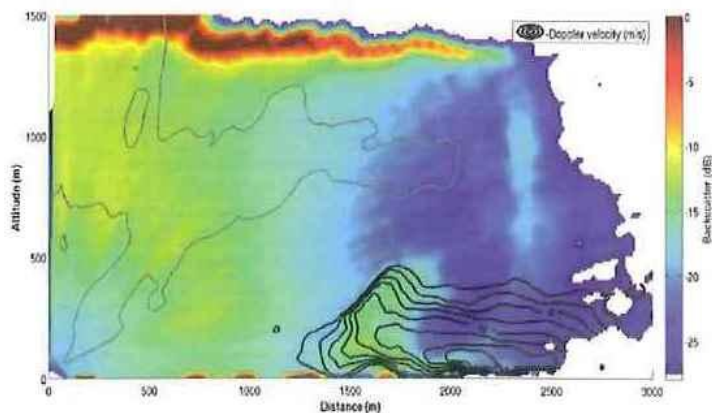
# 海象調查

## □ 風速風向變化監測(Lidar)

針對欲開發之場址，就風速與風向變化、懸浮物監測及大氣變化監測等，進行持續性之記錄與分析。

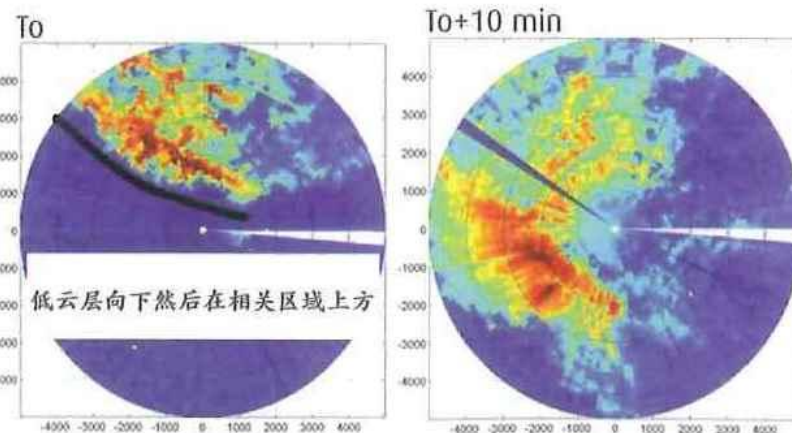


高分辨率大气动力学监测



由昆士兰大学气候研究小组  
Soderholm提供

大气结构监测



低云层向下然后在相关区域上方

澳大利亚昆士兰州伊普斯维奇地区雷雨阵风锋面的  
WINDCUBE 100S RHI横截面 (2013年12月27日)

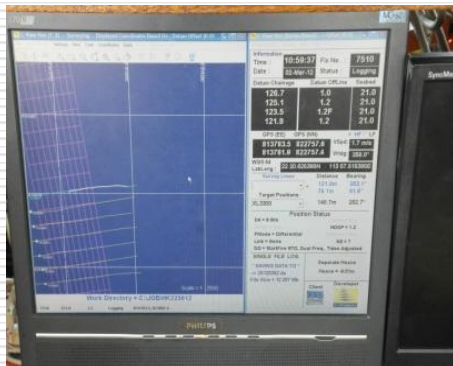
WINDCUBE 200S在低海拔的完整PPI  
相对减弱后向散射测量

# 地球物理探測調査

---

Geophysical Survey

# 導航與定位系統



透過**探測導航控制系統**控制並整合所有儀器設備達到**操作時間同步化**。

在進行多波束測深時，結合了**陀螺羅盤儀(Gyro compass)**與**運動感知器(motion sensor)**，修正船身晃動產生之誤差。

# 潮位變化記錄

---

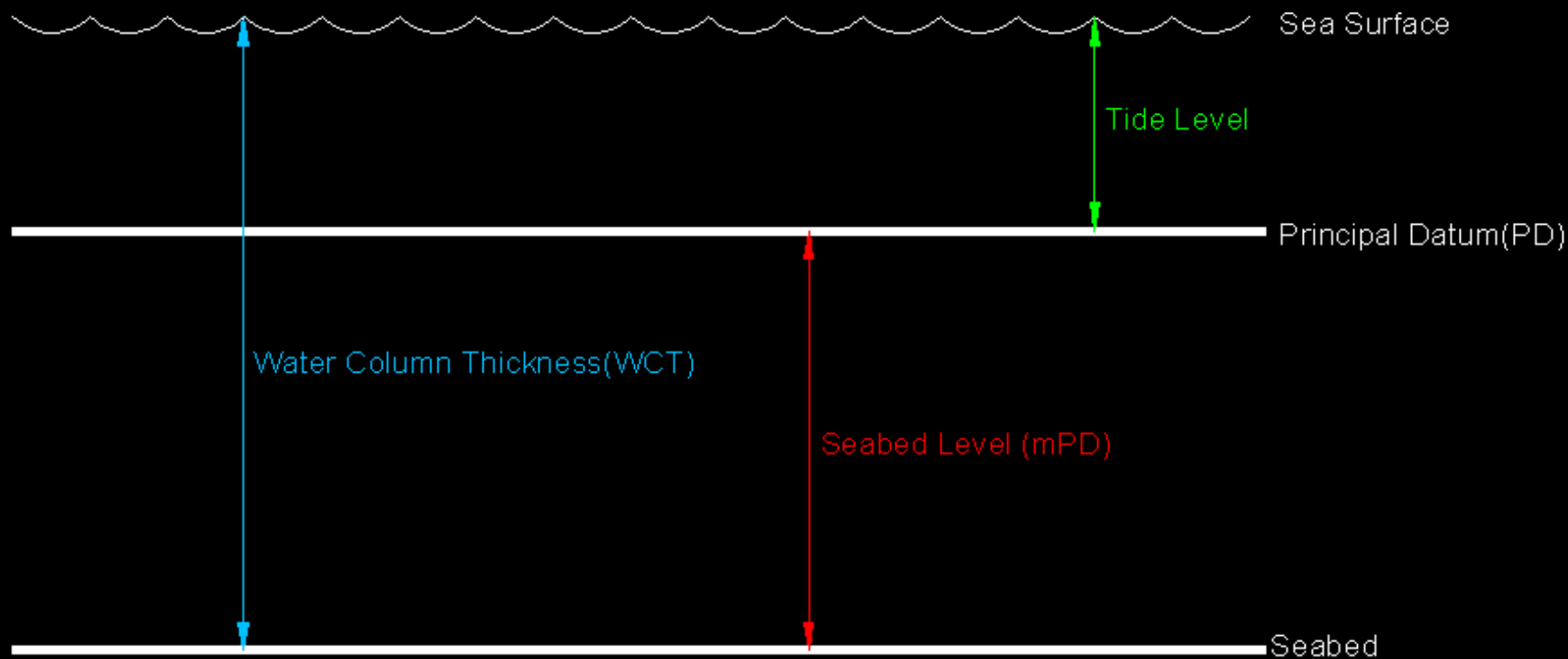
## □ 驗潮儀



# 潮位變化記錄之應用

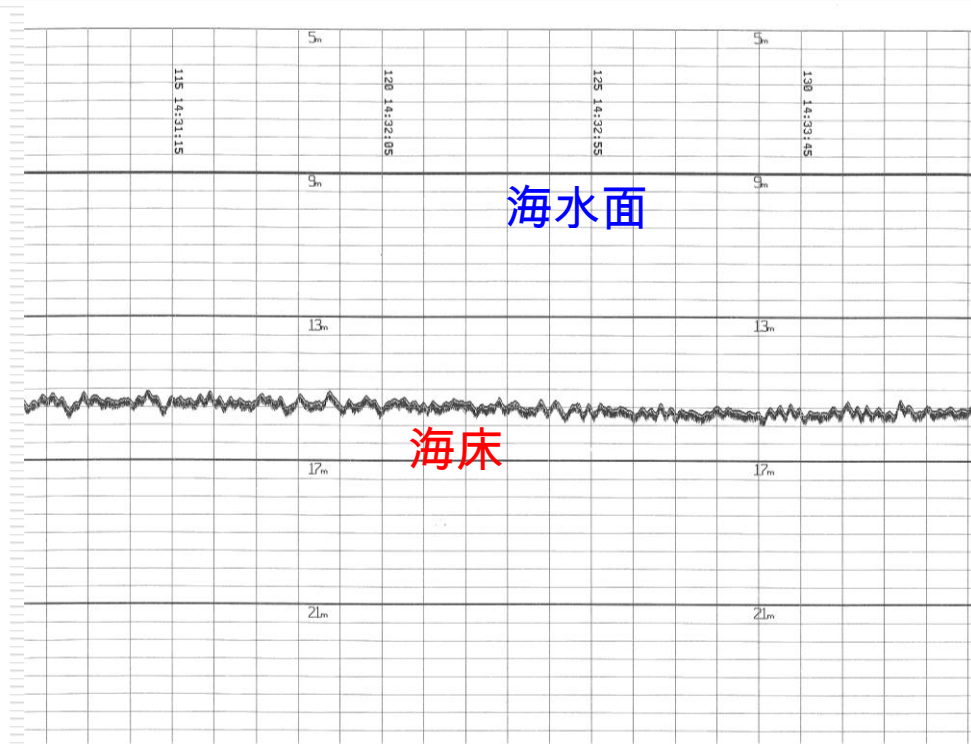
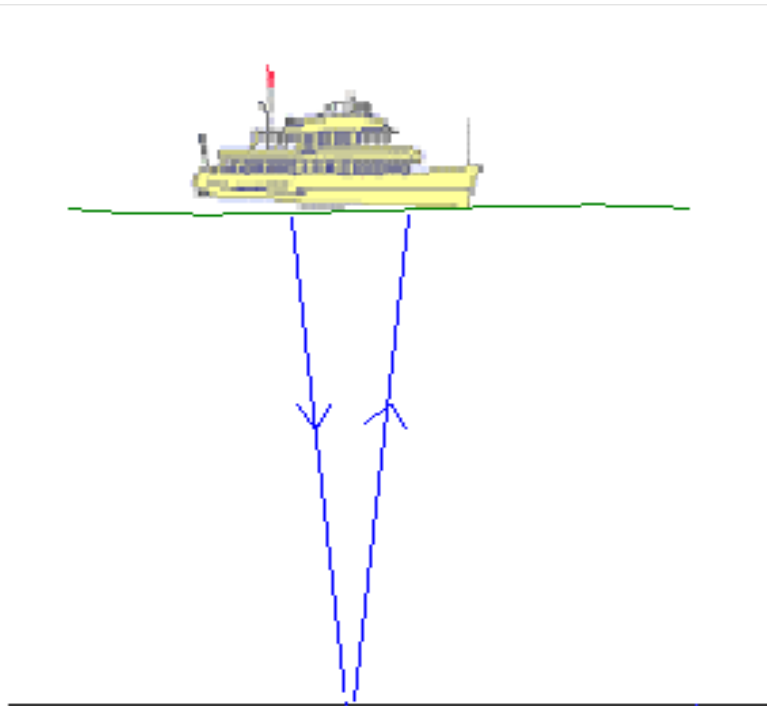
## SEABED LEVEL RELATIONSHIP

$$\text{Seabed Level (mPD)} = \text{Water Column Thickness(WCT)} - \text{Tide Level}$$



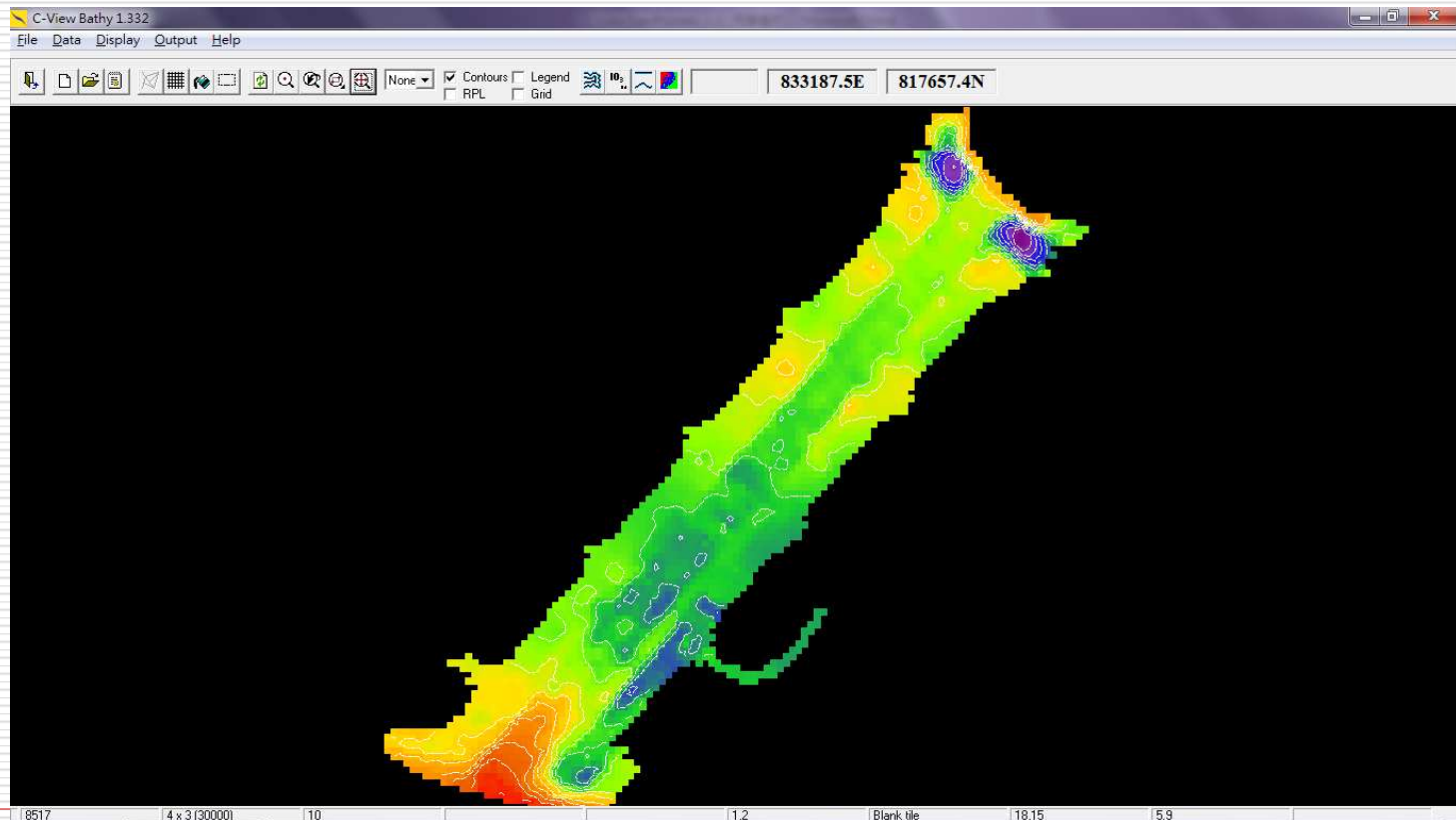
# 海床地形測量 Seabed Topography

## □ 單波束測深 Single Beam



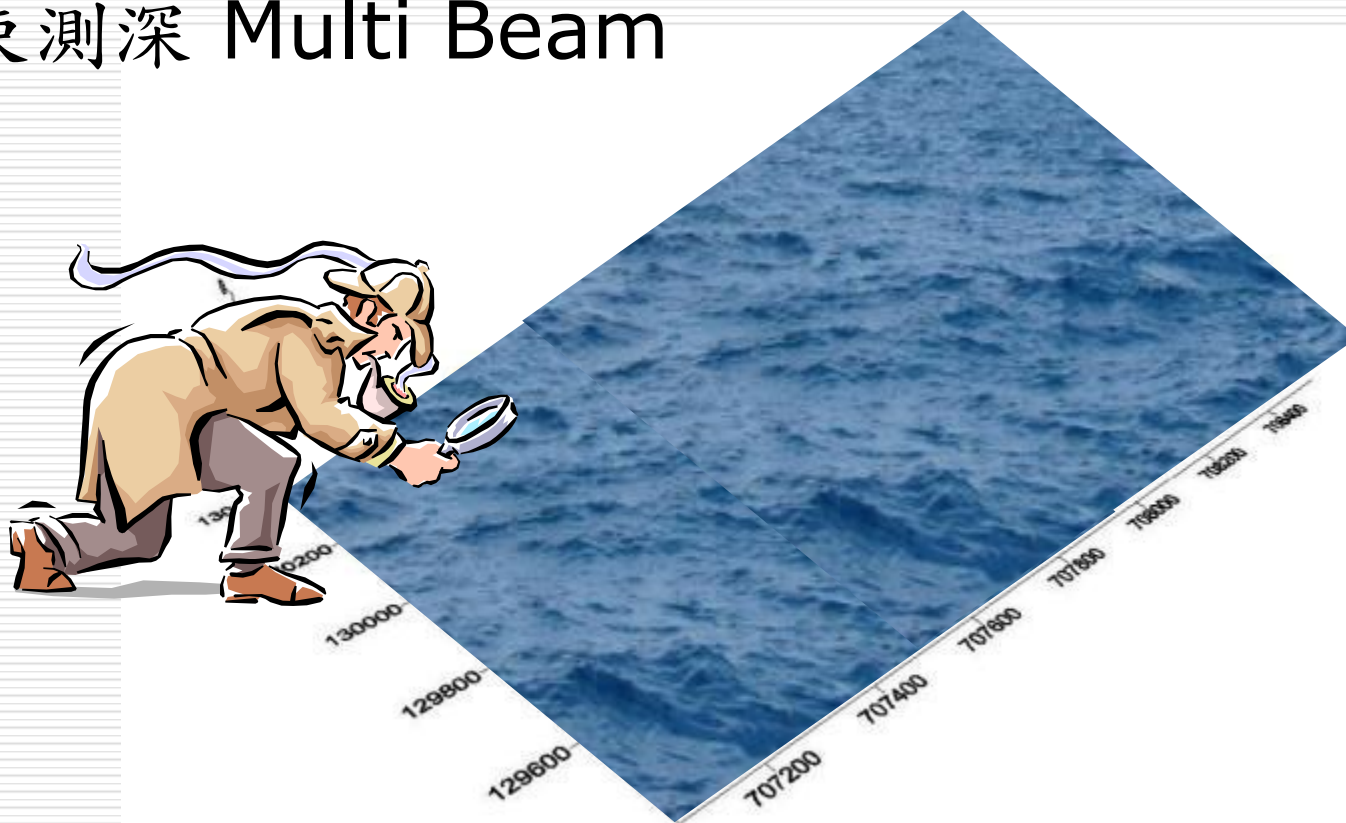
# 海床地形測量 Seabed Topography

## □ 單波束測深 Single Beam



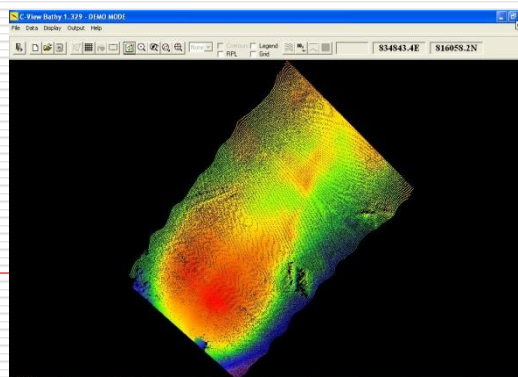
# 海床地形測量 Seabed Topography

## □ 多波束測深 Multi Beam



# 海床地形測量 Seabed Topography

## □ 多波束測深 Multi Beam

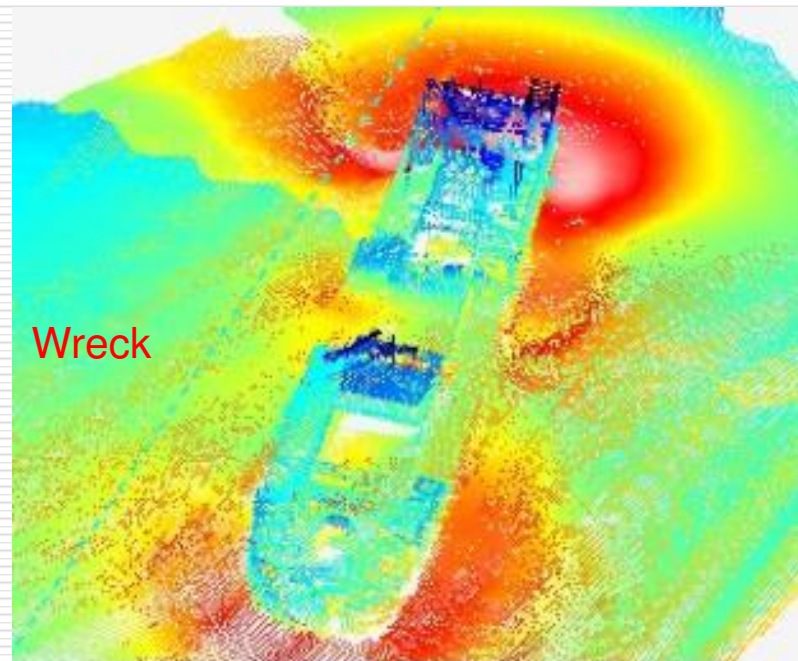
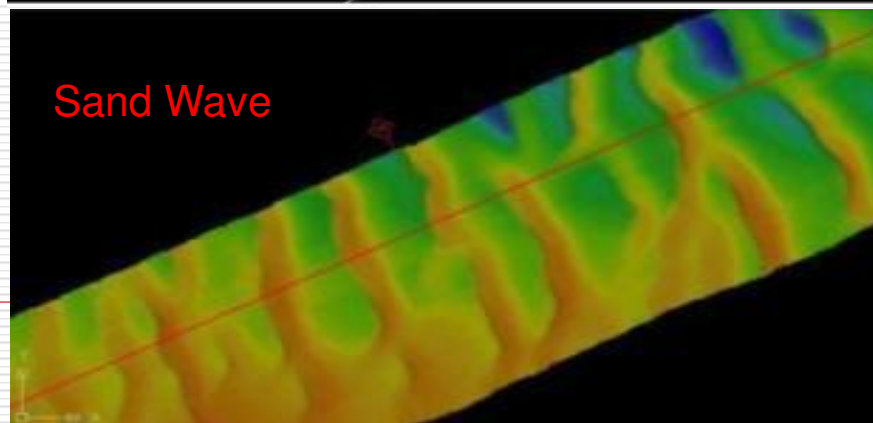
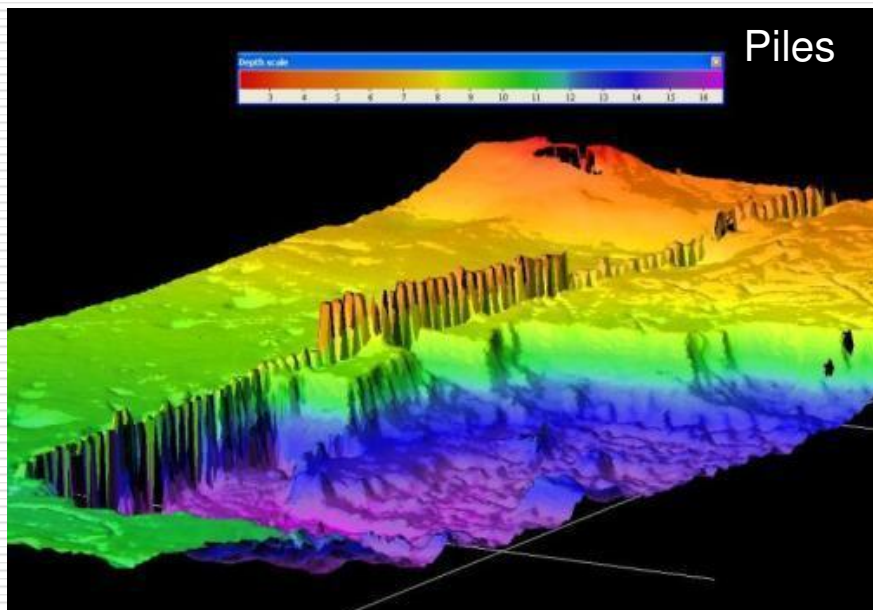


# 海床地形測量 Seabed Topography

在進行量測之前，以Valeport聲波探頭，進行各深度海水聲波傳遞速度之測定，以掌握各深度波速變化情形，作為多波束測深系統輸入參數值修正之依據。



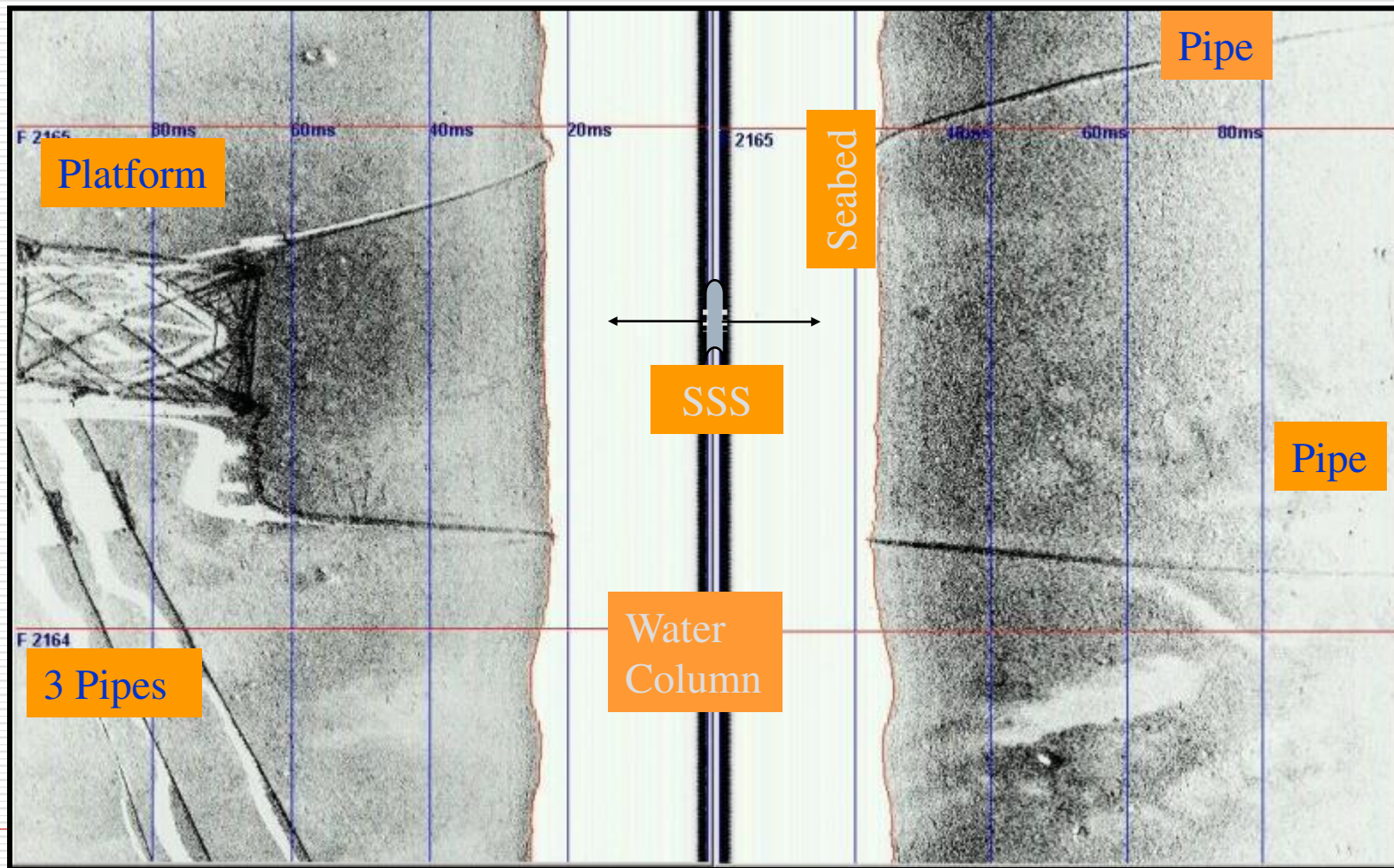
# 海床地形測量 Seabed Topography



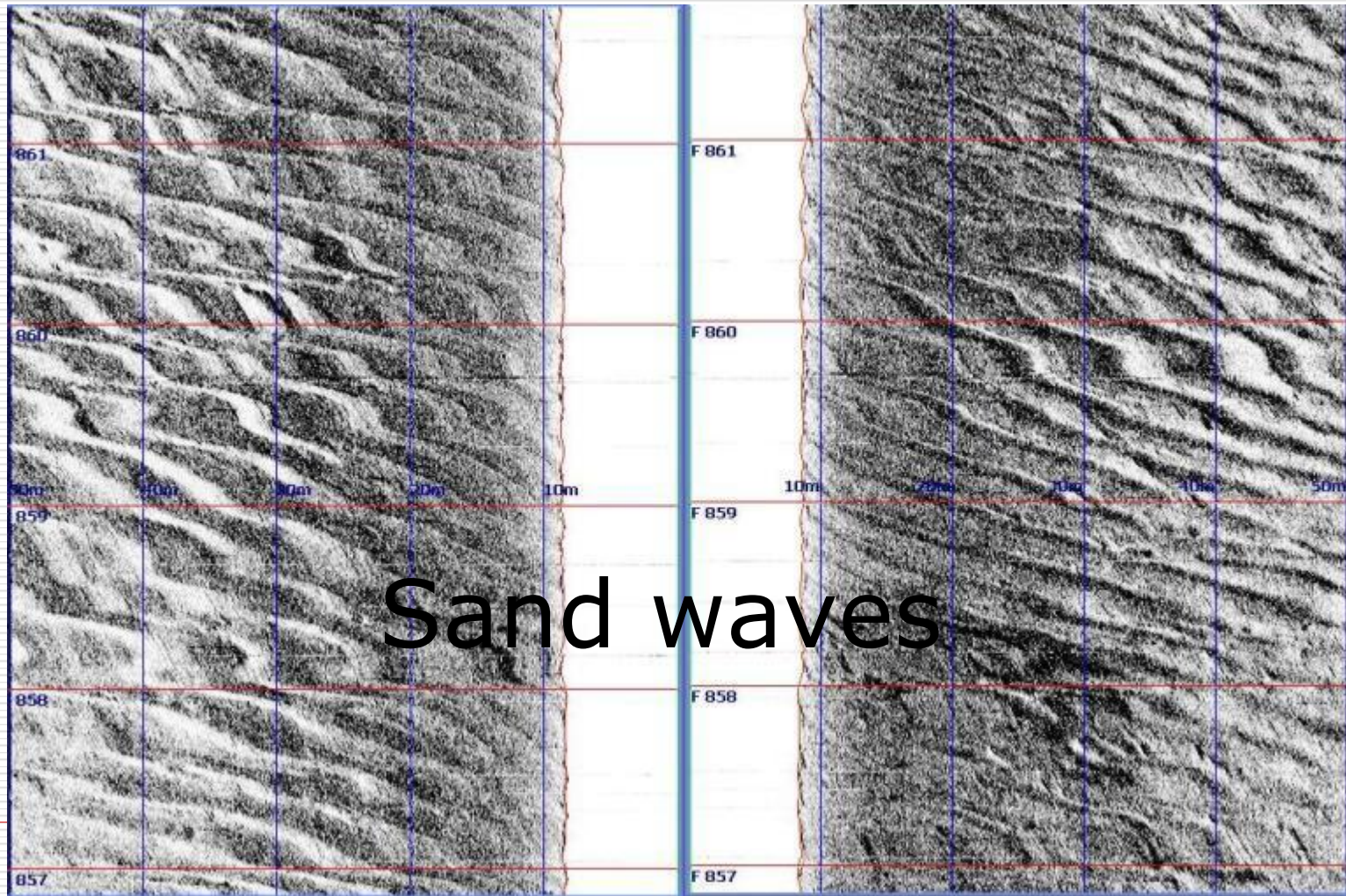
# 側掃聲納探測 Side Scan Sonar



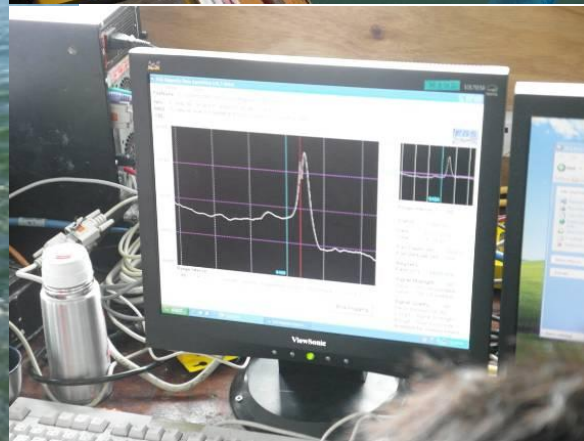
# 側掃聲納探測 Side Scan Sonar



# 側掃聲納探測 Side Scan Sonar

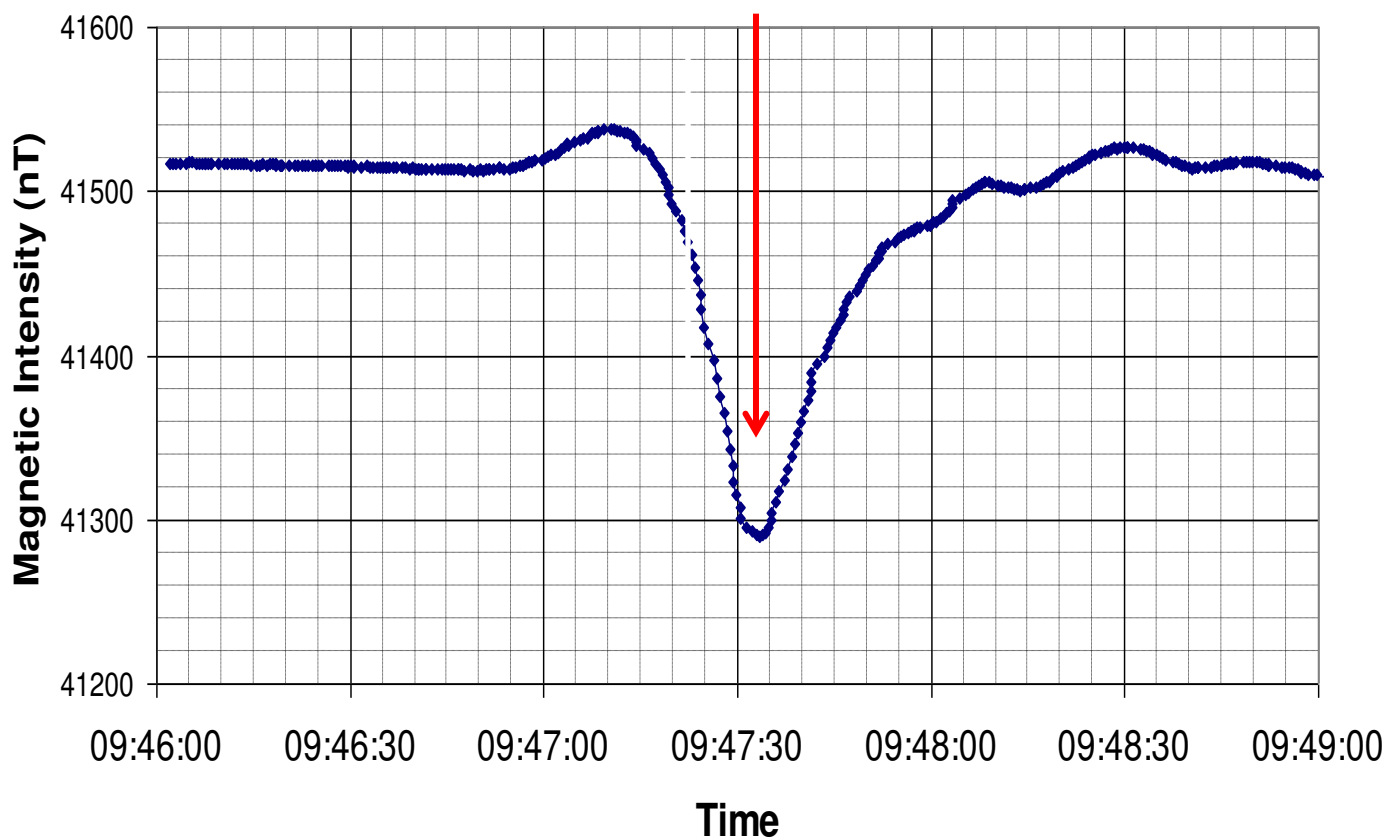


# 磁力儀探測 Magnetic



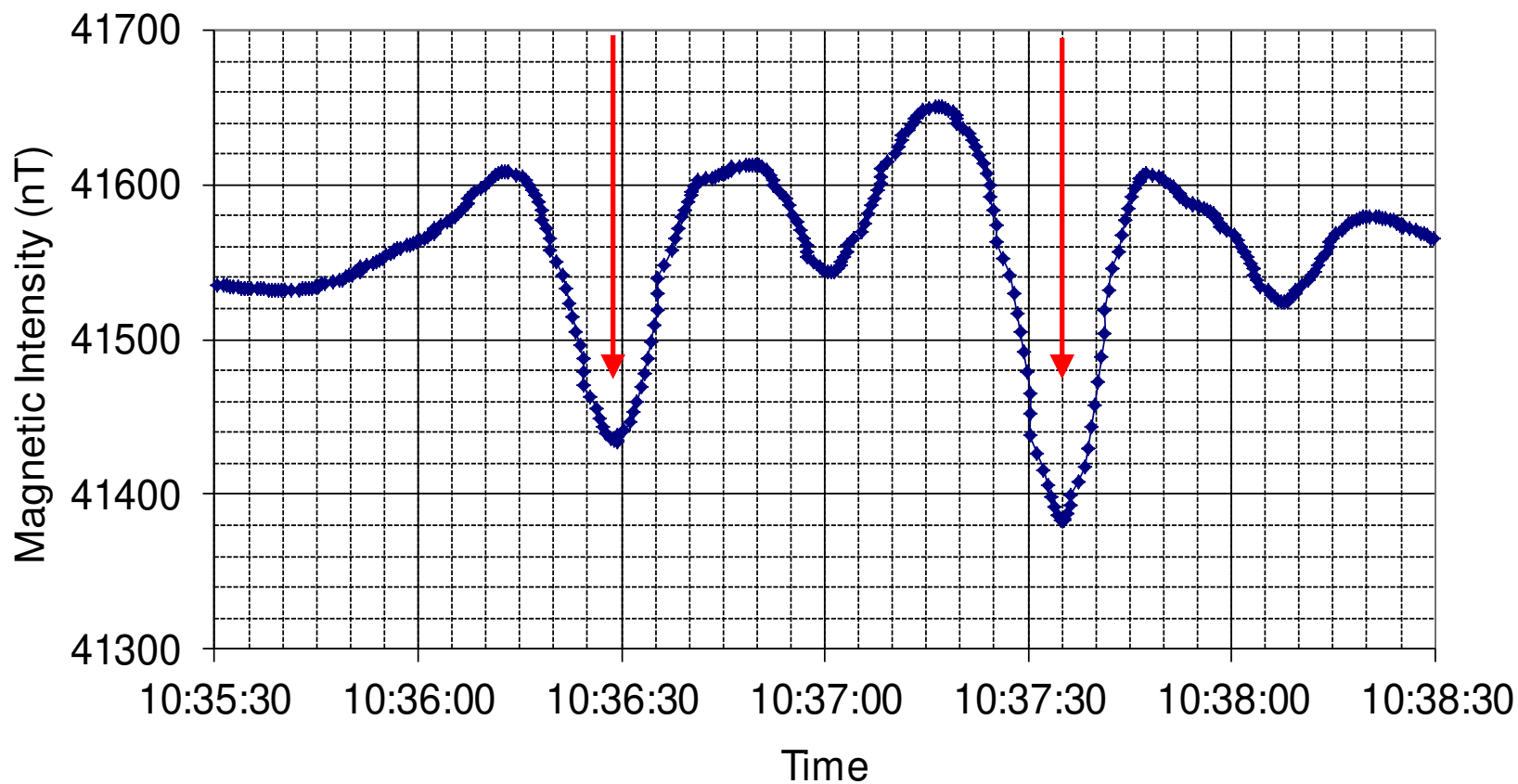
# 磁力儀探測結果判識

## Anomaly of a possible pipe



# 磁力儀探測結果判識

## Anomaly of 2 pipes



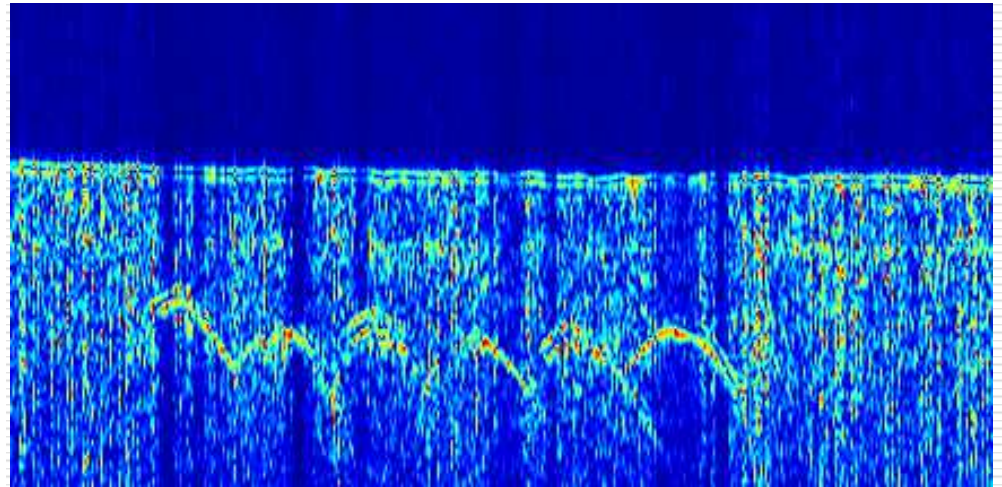
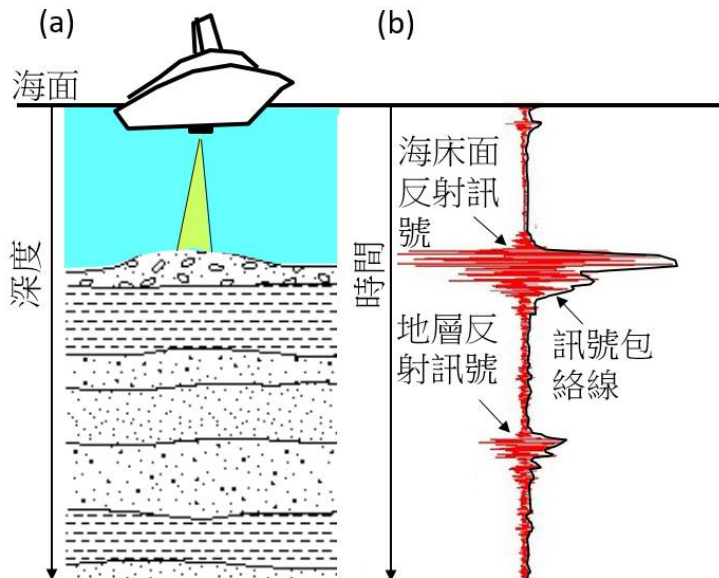
# ROV海床影像攝影



# 底層剖面儀

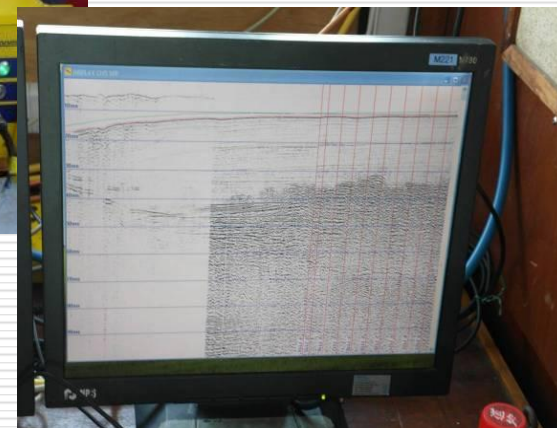


- 主要應用於調查海床下土層結構或是沉埋物
- 壓縮波的頻率選擇上採用較低頻之訊號(3~40kHz)
- 低頻音鼓(pingers, 單一頻率，常見頻率在3.5~15kHz)
- 變頻聲納(CHIRP, 帶寬之頻率，常見頻率在3~40kHz)



# 海底地層反射震測 Seismic

透過Boomer或Sparker產生聲波震動源，透過**聲波信號**傳輸時**折射**與**反射**之原理，可獲得**海床底下各層面**之輪廓。



**Boomer**：頻率0.5kHz-5kHz，最大探測深度30~100m，解析能力0.3~1.0m  
**Sparker**：頻率0.05kHz~4kHz，最大探測深度>1000m，解析能力0.3~3.0m

# 海底地層反射震測 Seismic



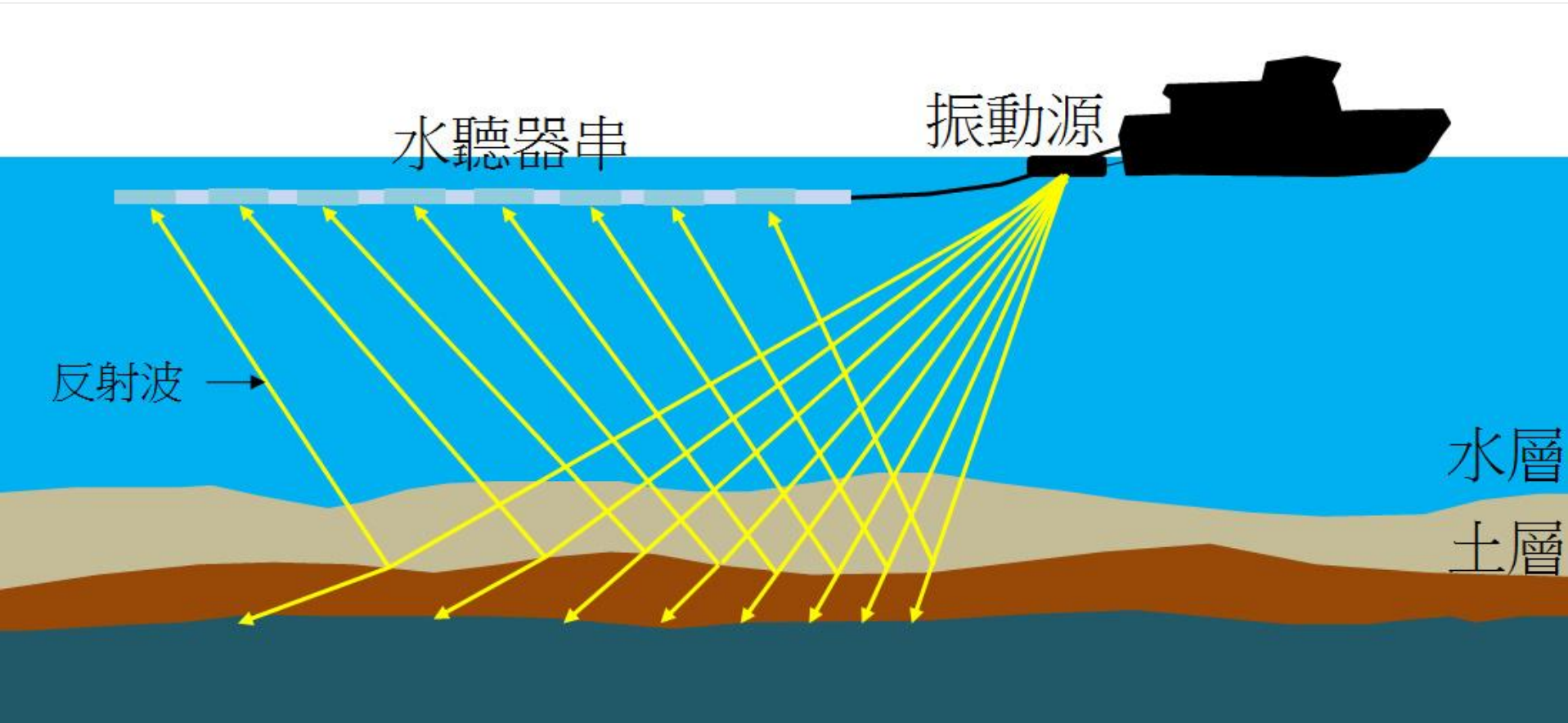
Boomer



Hydrophone

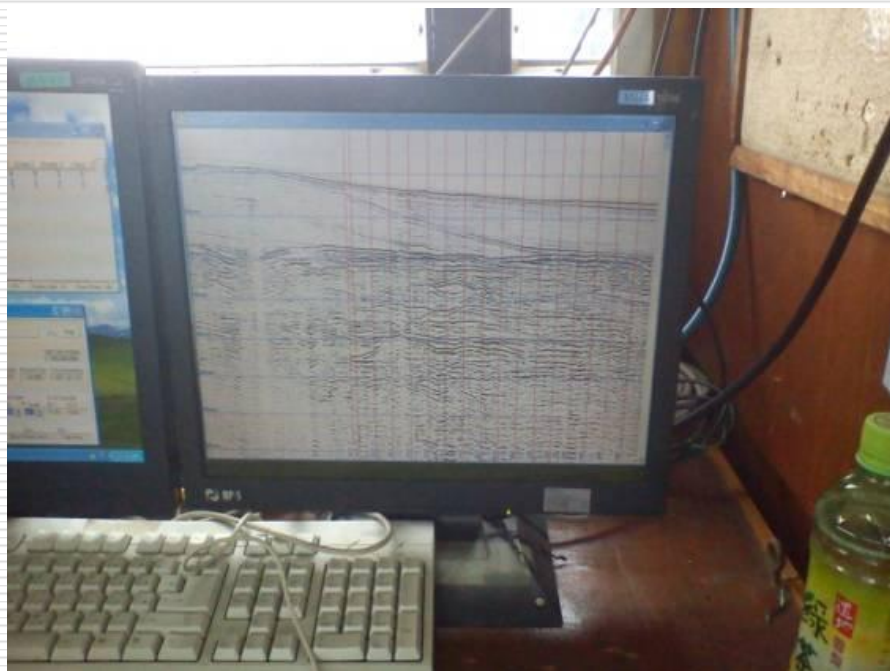


# 海底地層反射震測 Seismic

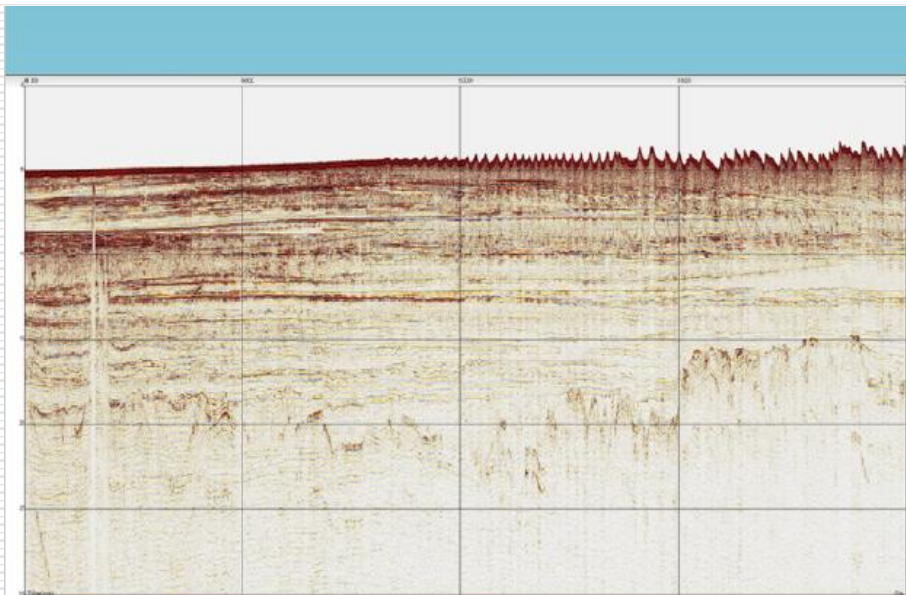


# 海底地層反射震測 Seismic

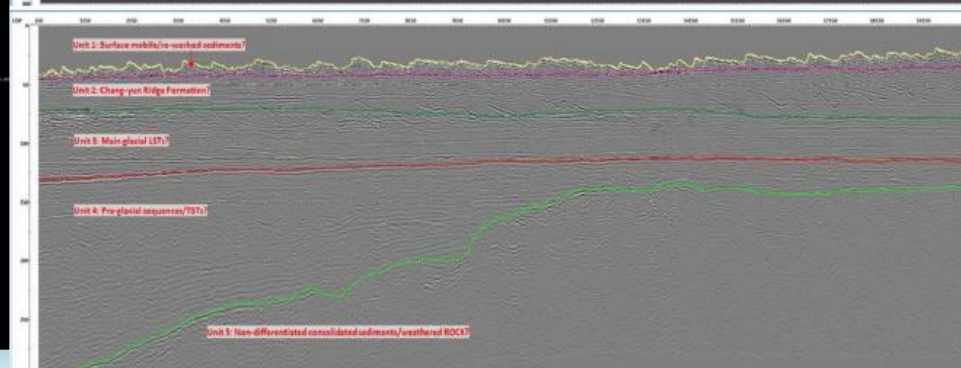
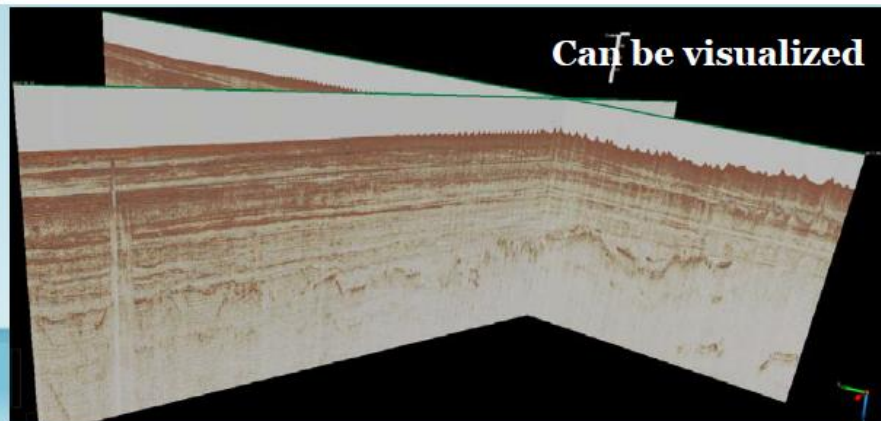
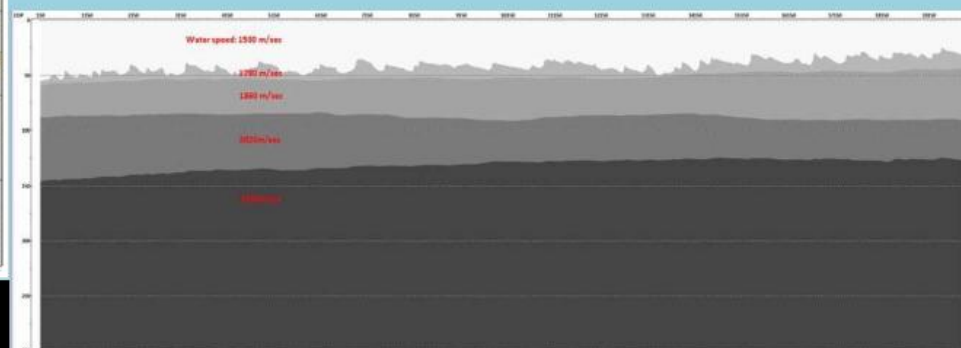
---



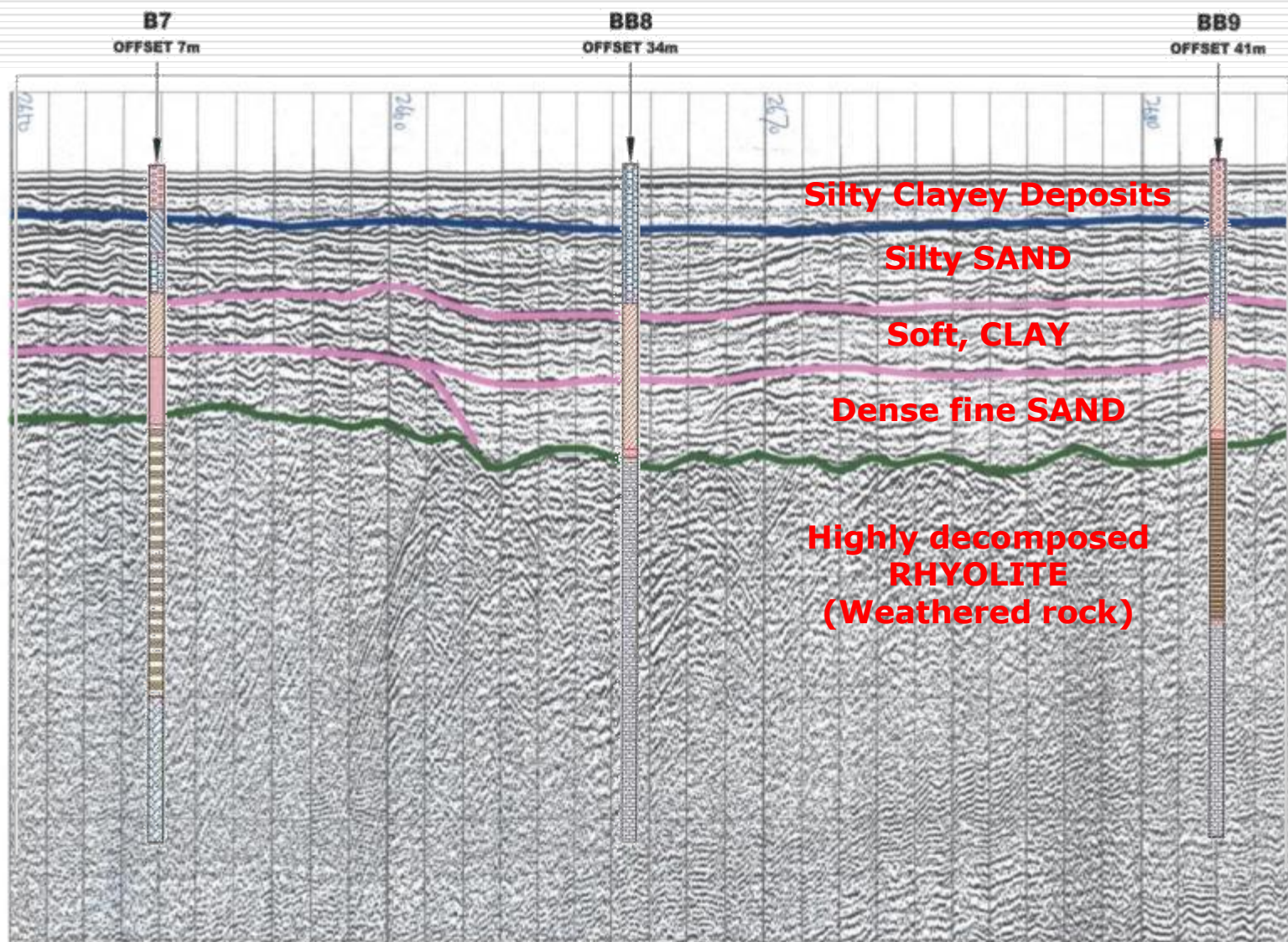
# 地層震測成果



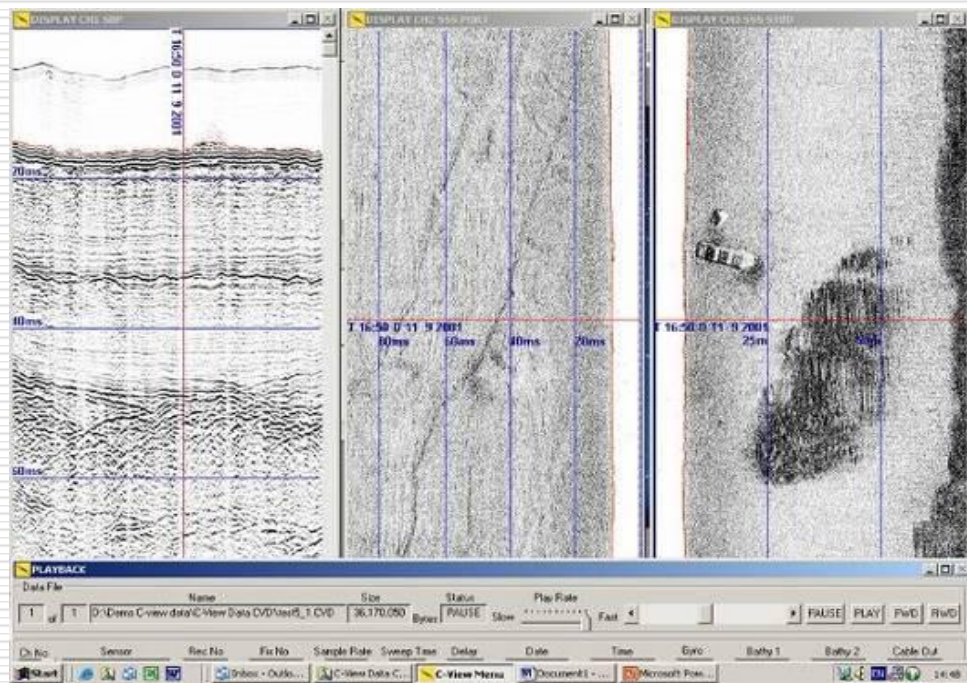
Very clear seismic profile for geology interpretation (Together with MBES data and borehole)



# 地層震測與鑽探成果整合

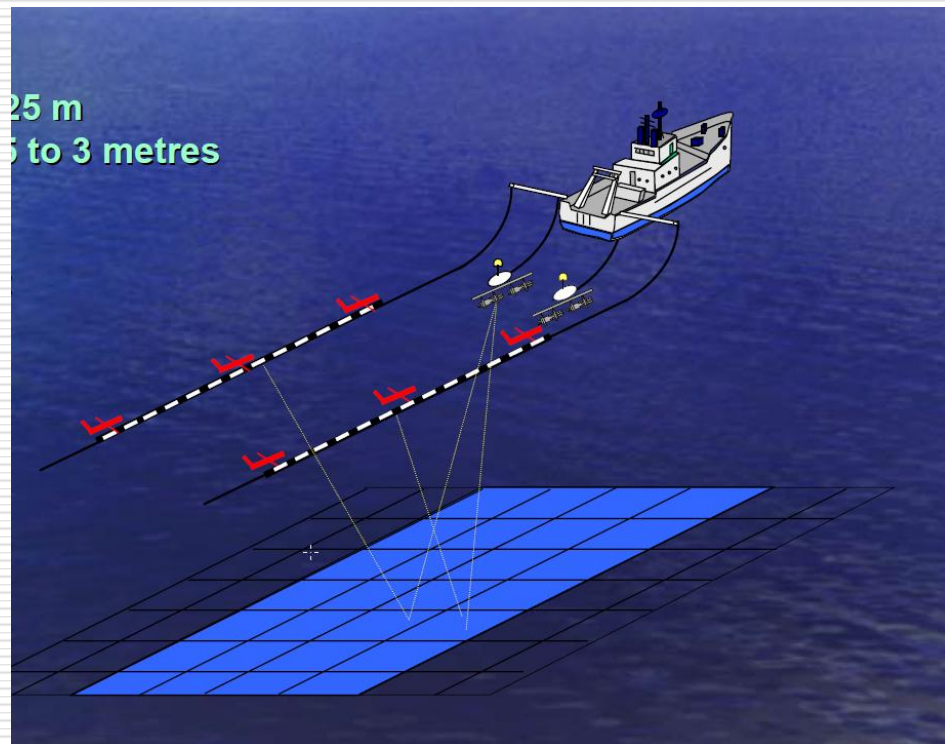
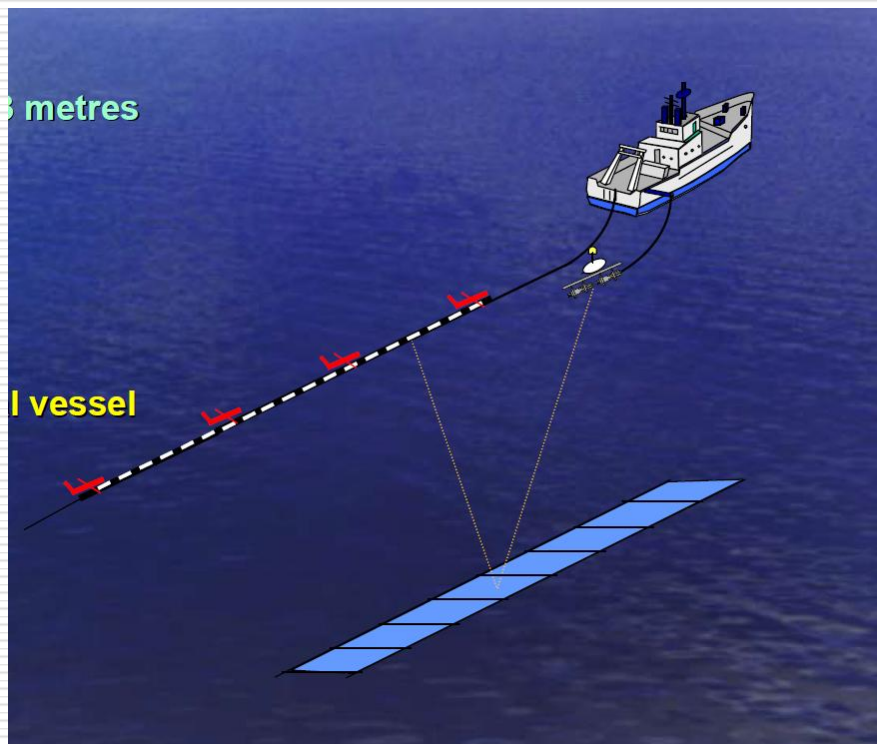


# 資料擷取與後處理系統



# Multi Channel Seismic Data Acquisition

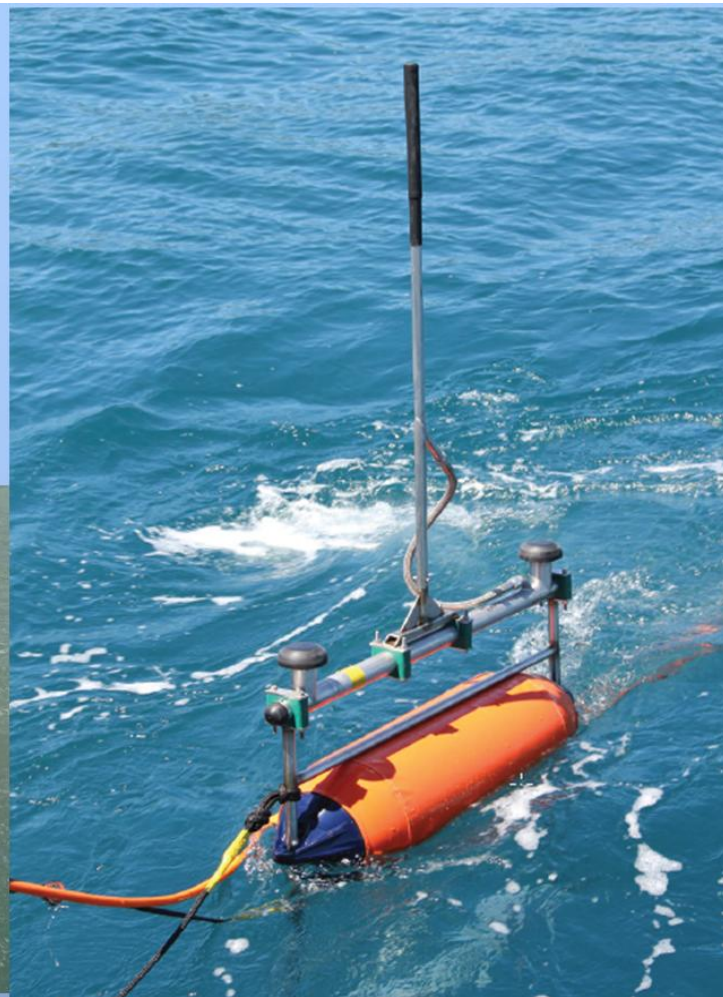
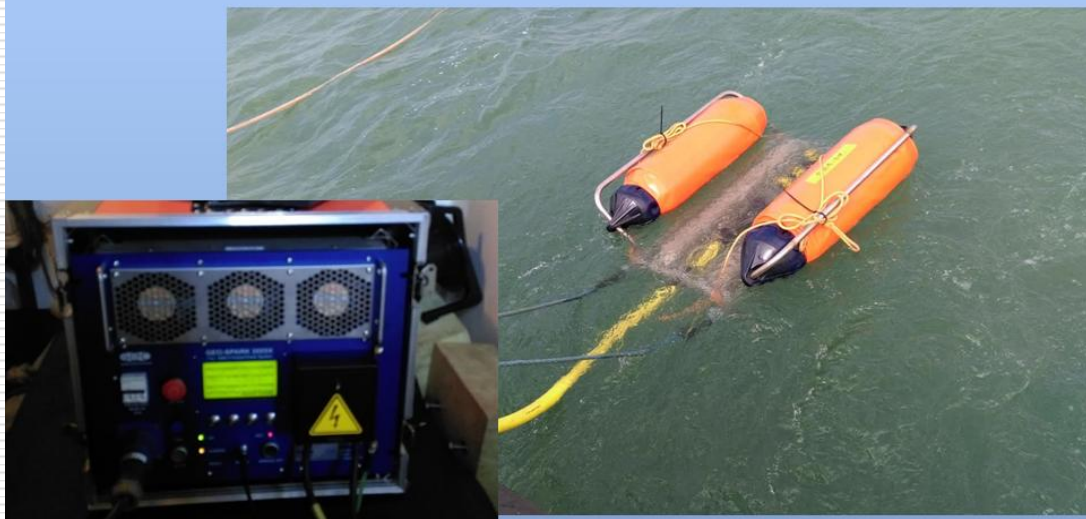
---



# 3D海底地層反射震測

## 主要設備

- Geo Sparker PPS (Pulse Power supply ) X2
- GeoSparker 200(等離子震源放電極架) X2
- GeoSense Hi-res streamer 高解析受波浮纜 X4
- GeoPos受波浮纜定位系統
- GeoRecorder 紀錄系統

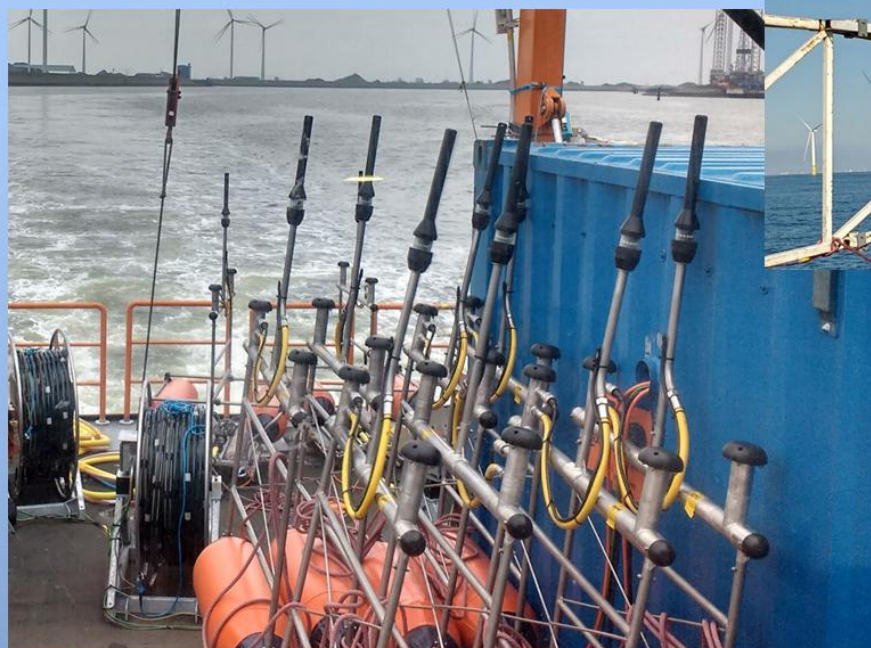


# 3D海底地層反射震測設備

## 受波浮纜定位系統

\*Wifi DGPS

\* $\pm 1\text{m}$  accuracy



# 3D海底地層反射震測

三維震測  
系統配置



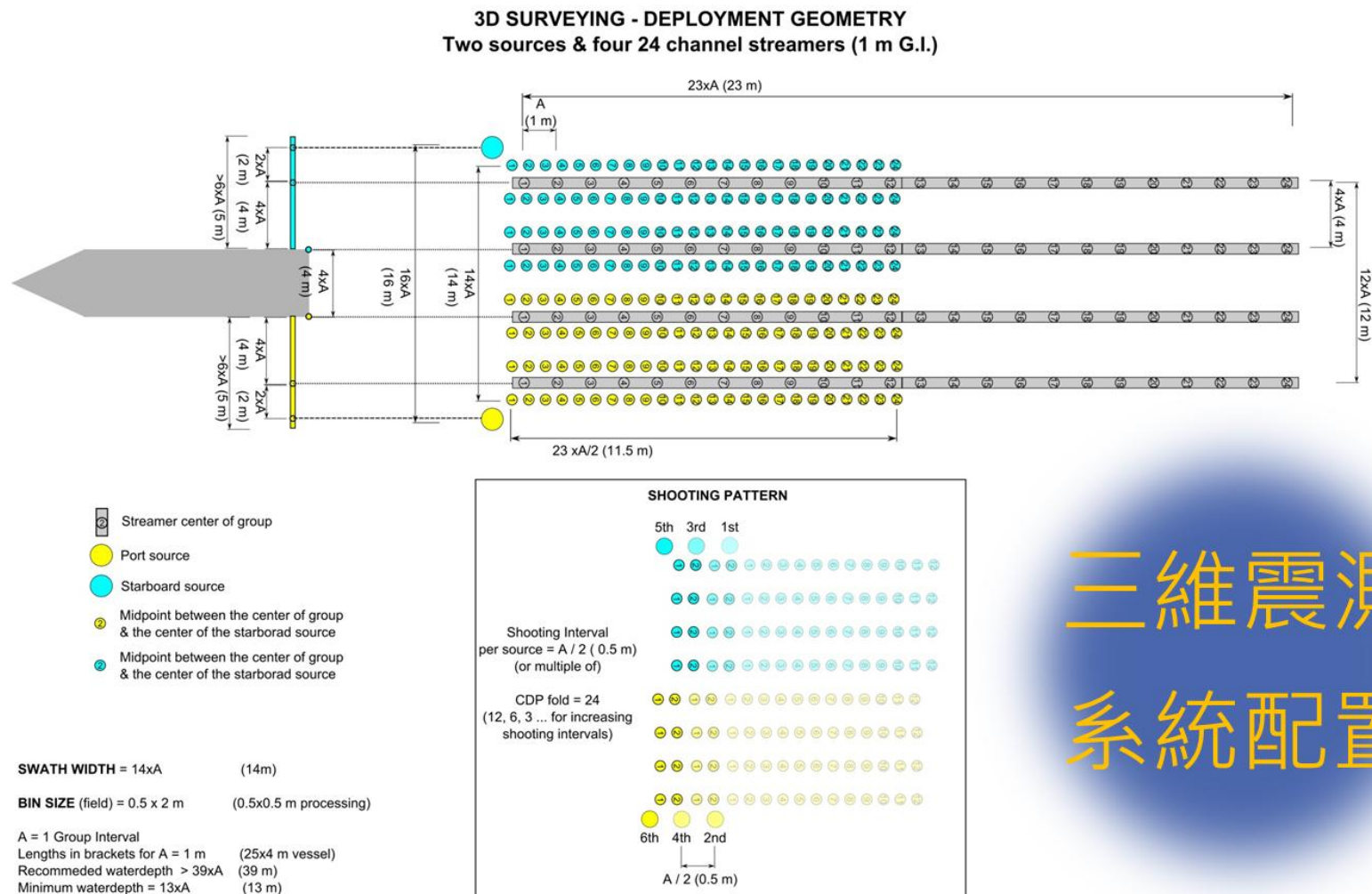
# 3D海底地層反射震測

3D UHRS SPARKER SURVEYING Seismic Spread - Deployed



三維震測  
系統配置

# 3D海底地層反射震測



# 三維震測 系統配置

# 3D海底地層反射震測

## 三維震測 系統配置

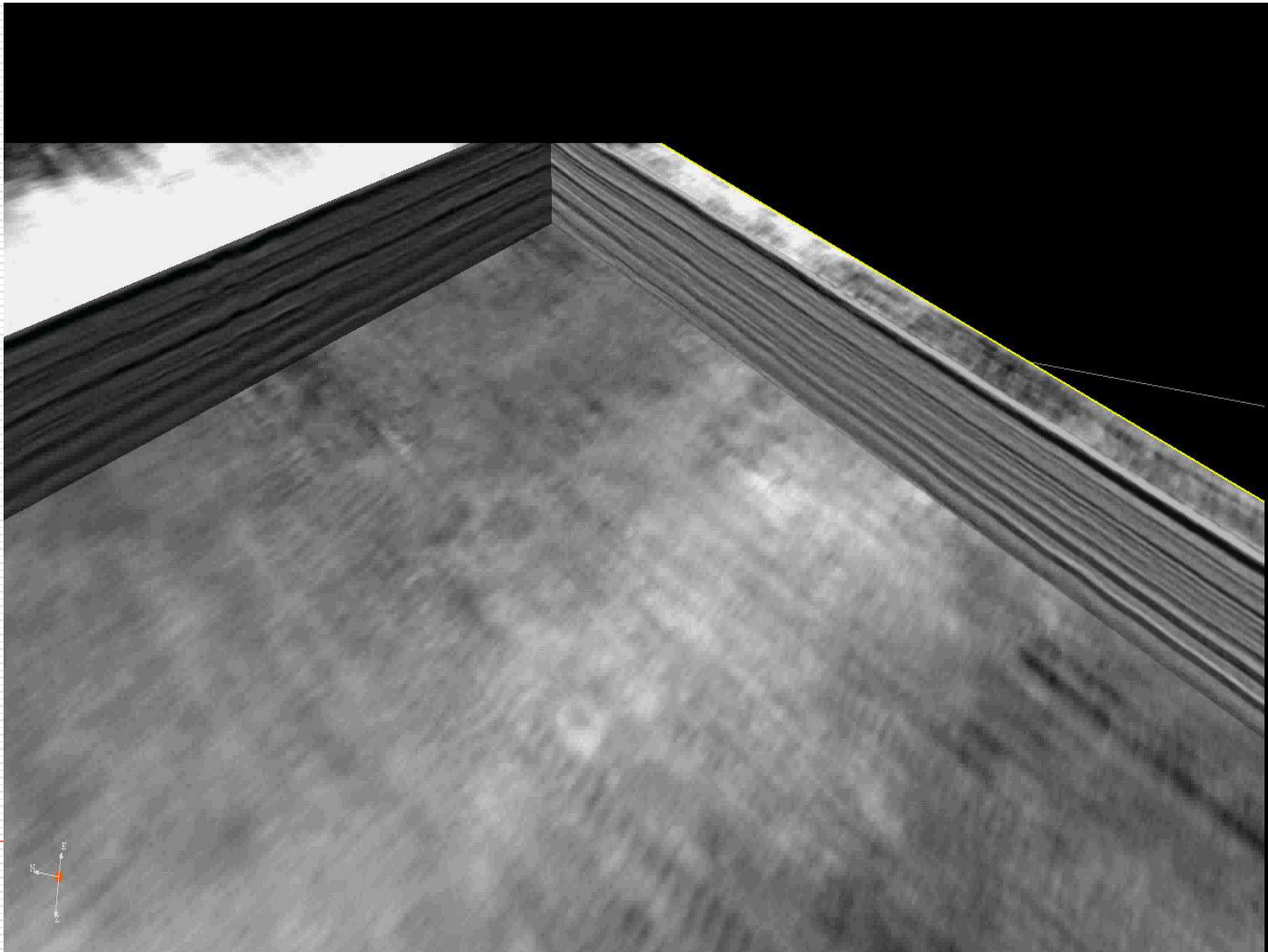
震源距離外側受波電纜

2 M

受波電纜間距離

4 M

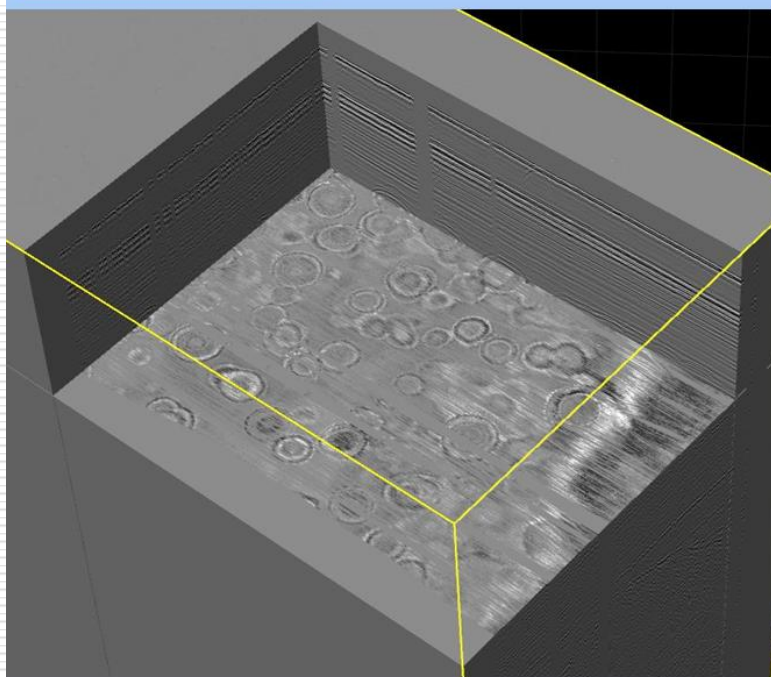
# 3D海底地層反射震測成果展示



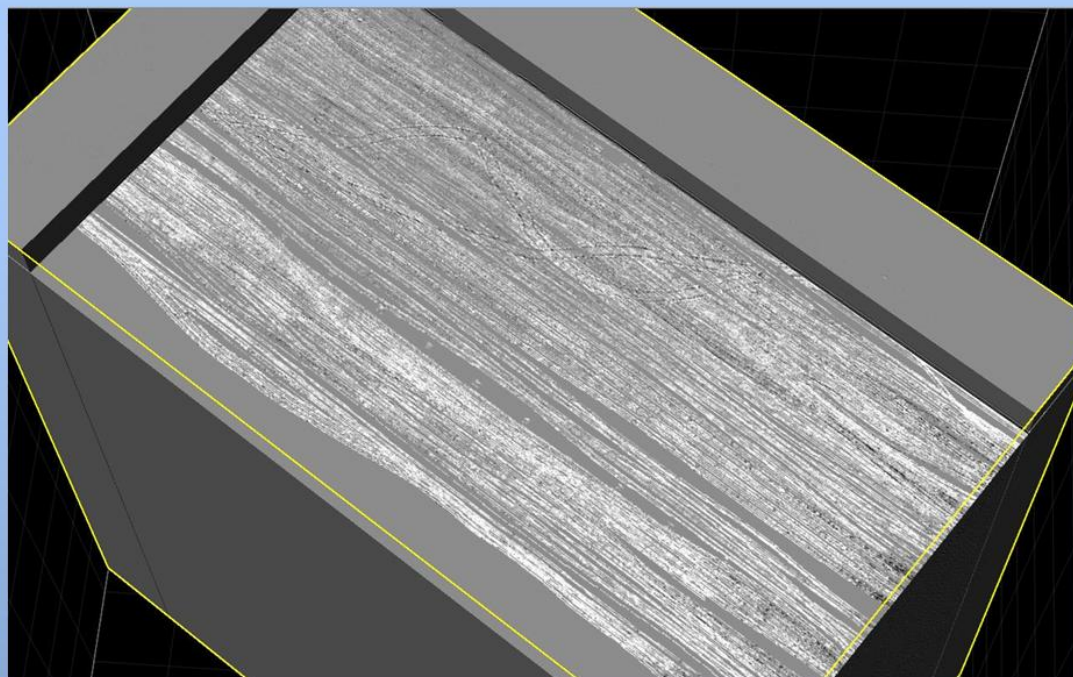
# 3D海底地層反射震測成果展示

多重-全面向的檢視

垂直向檢視



水平向檢視



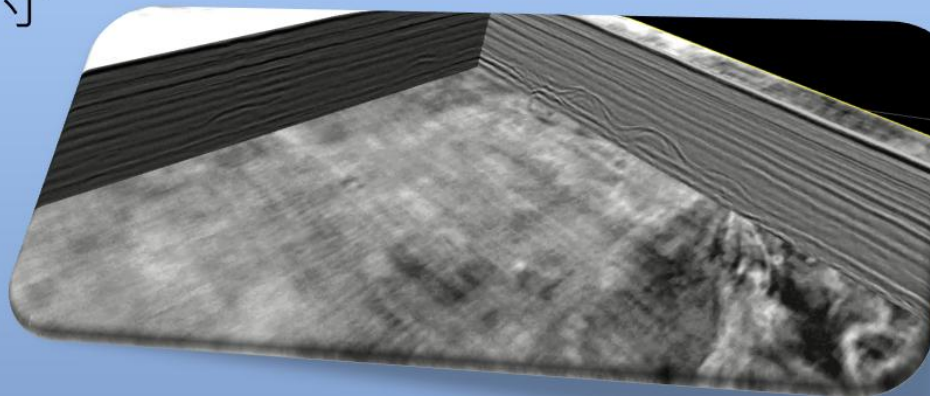
# 断層ビジョン(剖面透視儀)



# 3D海底地層反射震測

## 三維超高解析反射震測(3D UHR)特點

- 1.準確的定位系統(10部DGPS 定位所有拖曳物件)
- 2.全覆式的面狀覆蓋
- 3.無死角的多面向展示
- 4.超高解析的地層垂直及垂直解析能力
- 5.能夠偵側埋沉物件
- 6.能夠準確量化掩埋物件/地質體尺寸
- 7.地質建模(Geo Modeling)之用

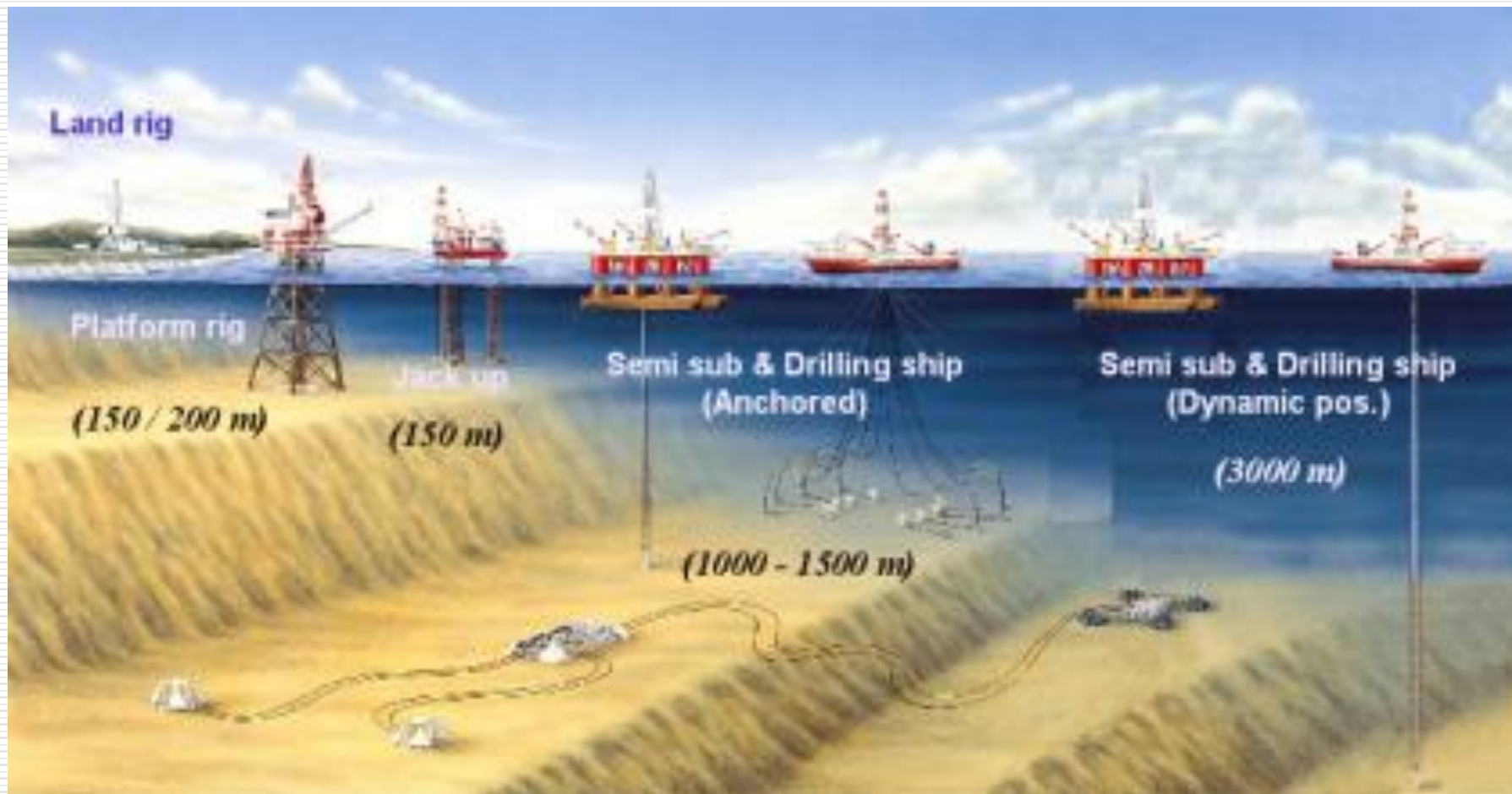


# 海床地質鑽探與現場試驗調查

---

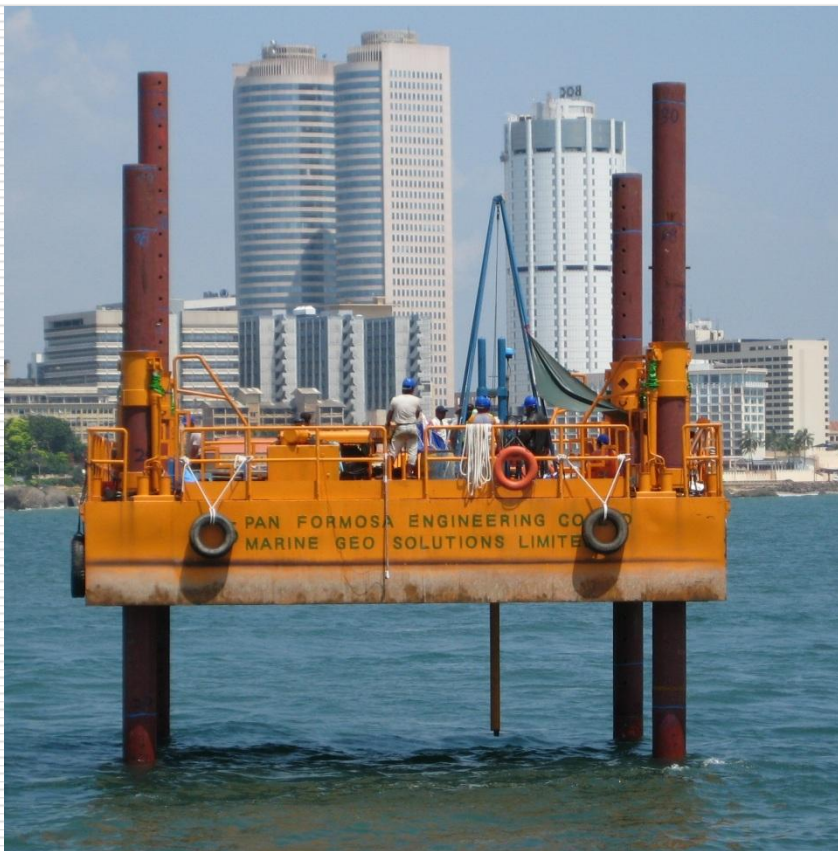
Geotechnical Investigation

# 海床地質鑽探調查



# 海床地質鑽探調查

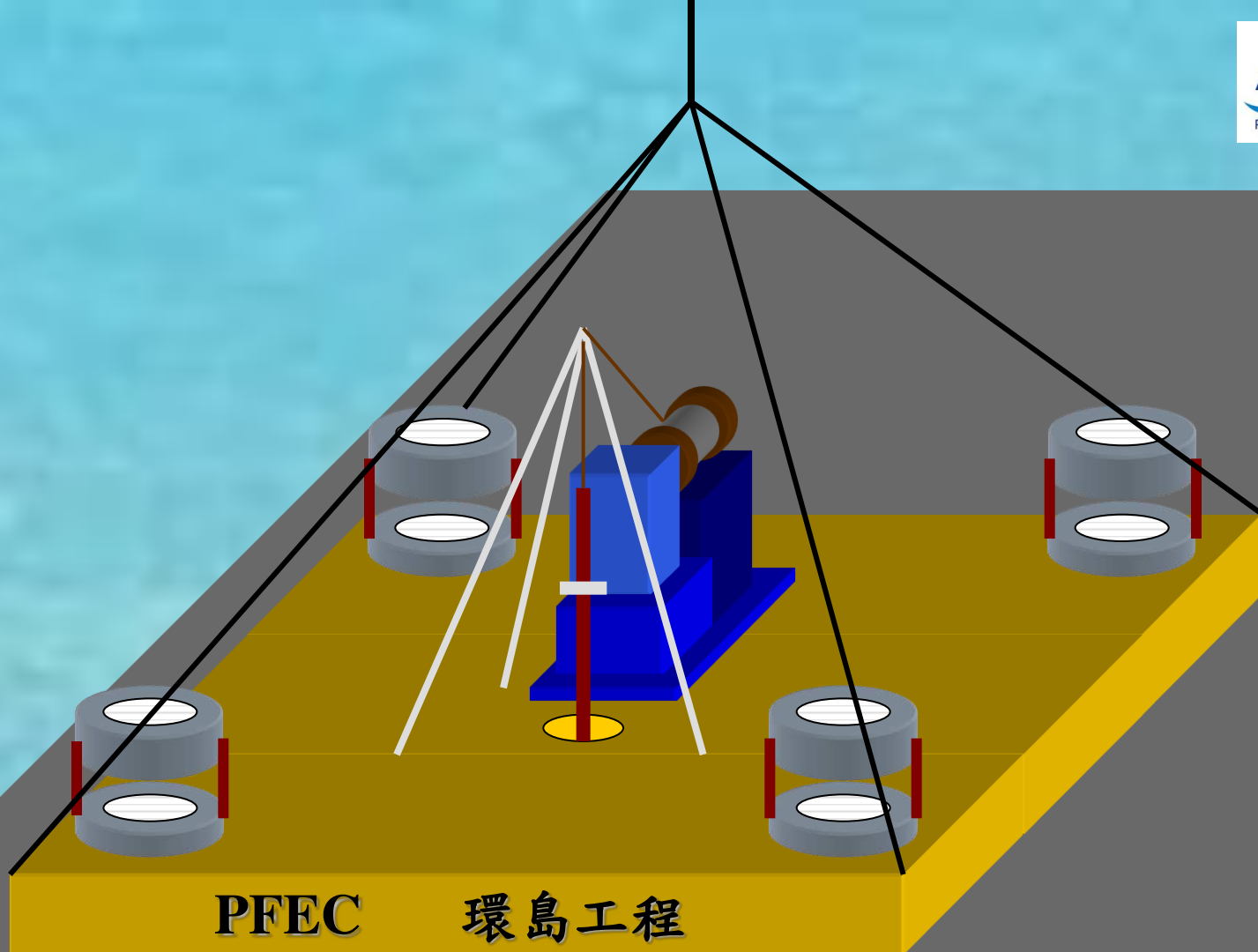
- 於水深<30m之海域，可利用海上油壓固定式工作平台進行海床地質鑽探



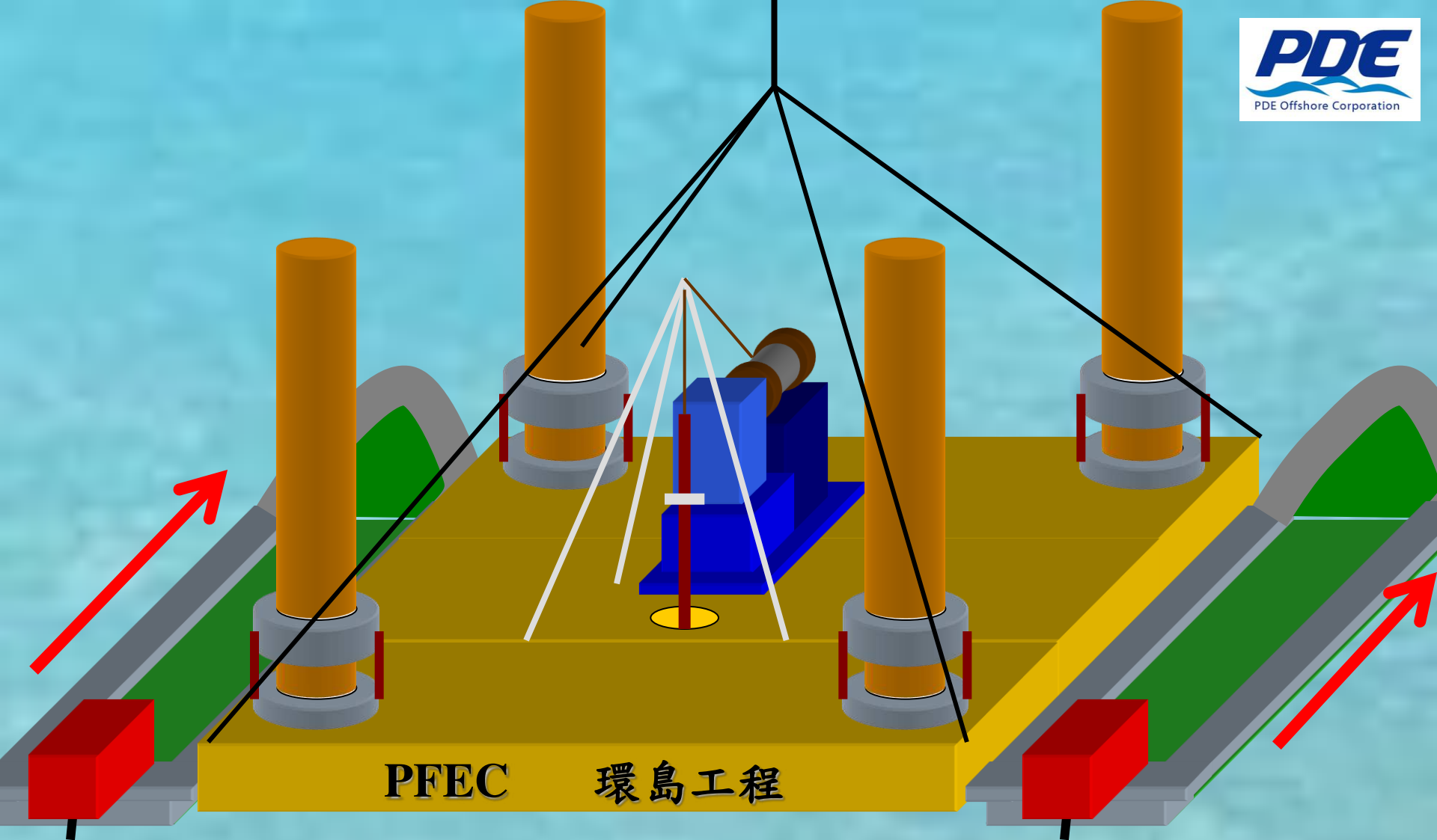
# 海床地質鑽探調查

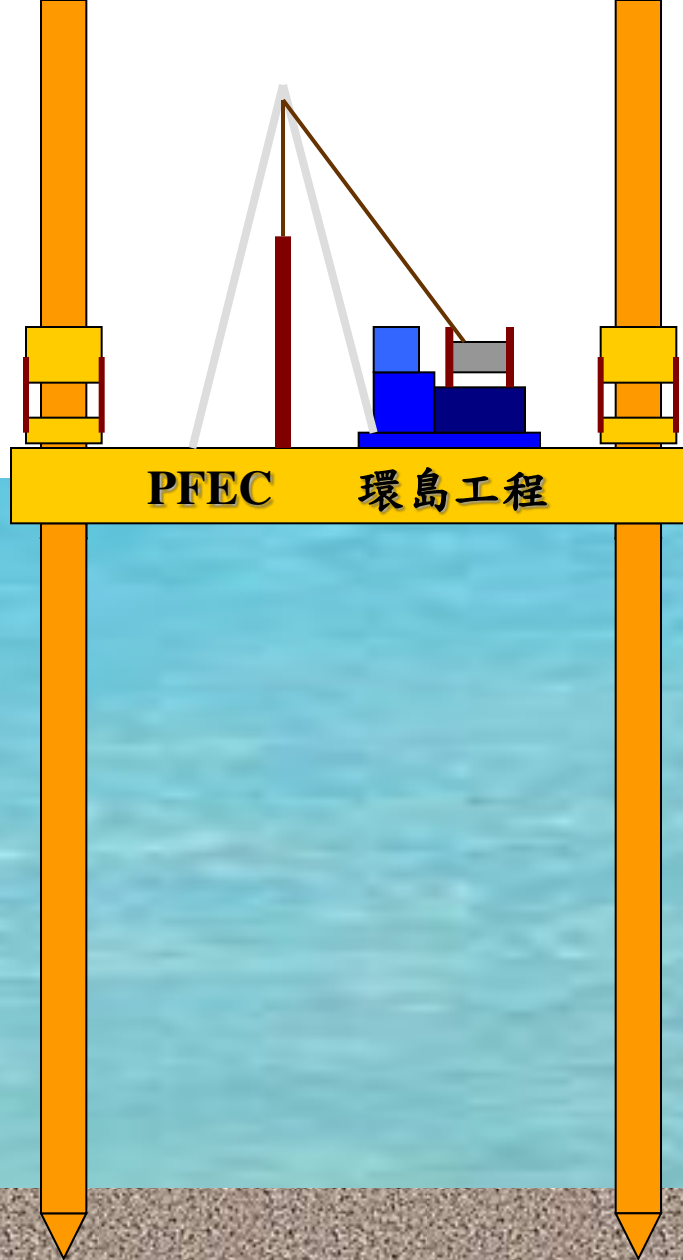
---

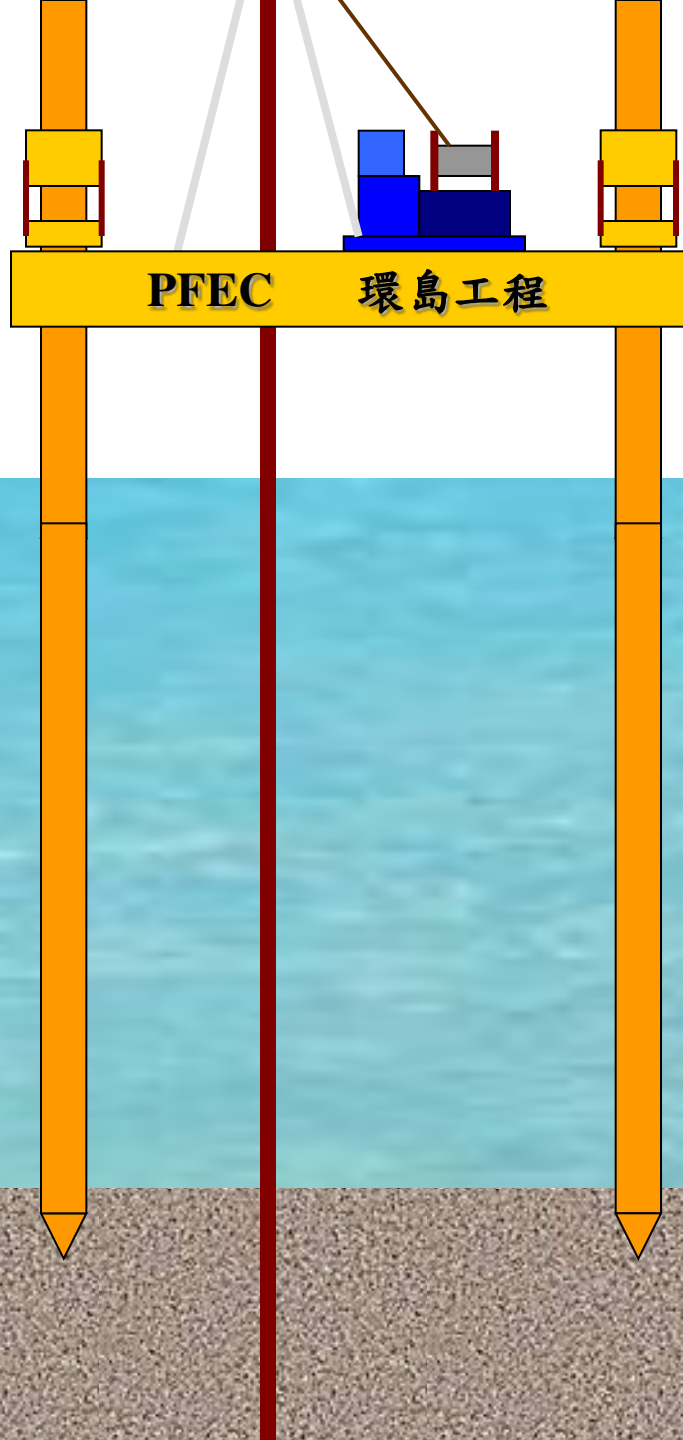
- 利用海上油壓固定式工作平台進行海床地質鑽探之優點：
    - 固定式工作平台可直接立於海床上。
    - 鑽探施工時，可降低受外力(風力、波浪)干擾之風險。
    - 提高定位之精確性與施工之安全性。
    - 可以平台本身之自重作為鑽探之反力，達到在堅硬地層(卵礫石層、岩層、堅硬土層)中鑽探進尺以及取樣之目的。
-



PFEC 環島工程







# 岩心取樣 Core Barrel Sample

## 卵礫石鑽探(Gravel)



# 岩心取樣 Core Barrel Sample

## 花崗岩鑽探(Granite)



# 岩心取樣 Core Barrel Sample

## 風化砂岩鑽探(Sandstone)



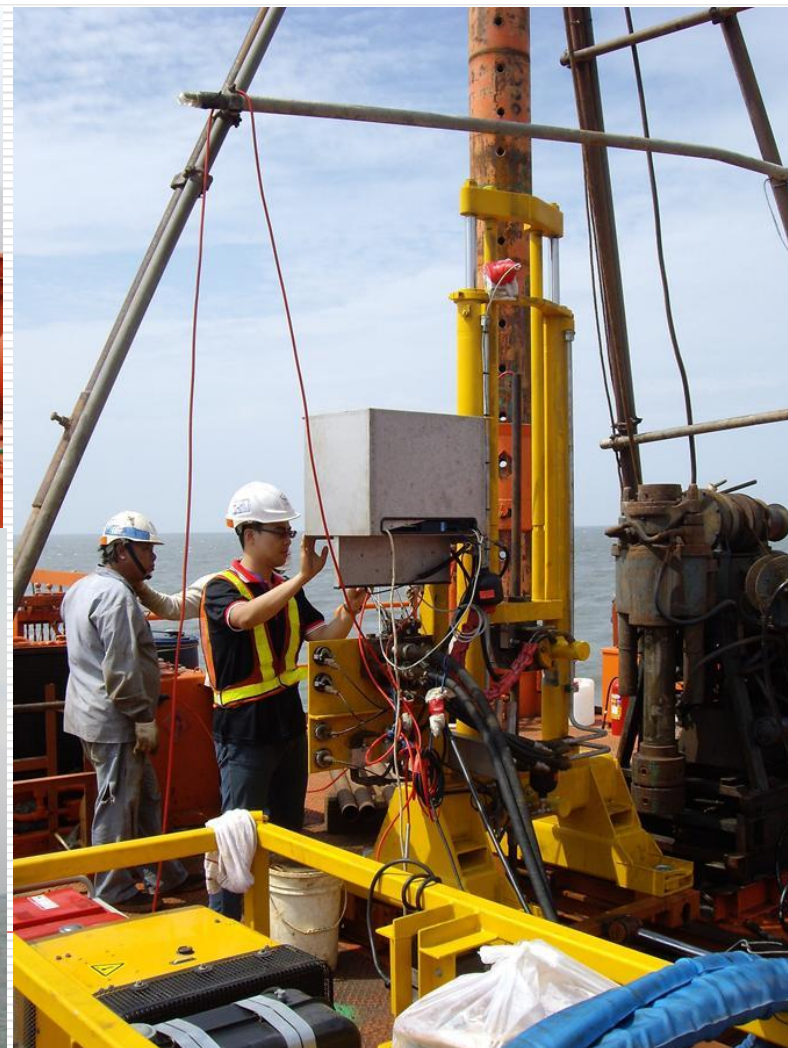
# 海床地質鑽探調查

- 於水深30~150m之海域，可利用大型海上固定式平台進行承載層(硬土層、卵礫石層、岩層)海床地質鑽探進尺。



# 海床(近岸)圓錐貫入試驗

## Cone Penetration Test on Jack-up Barge



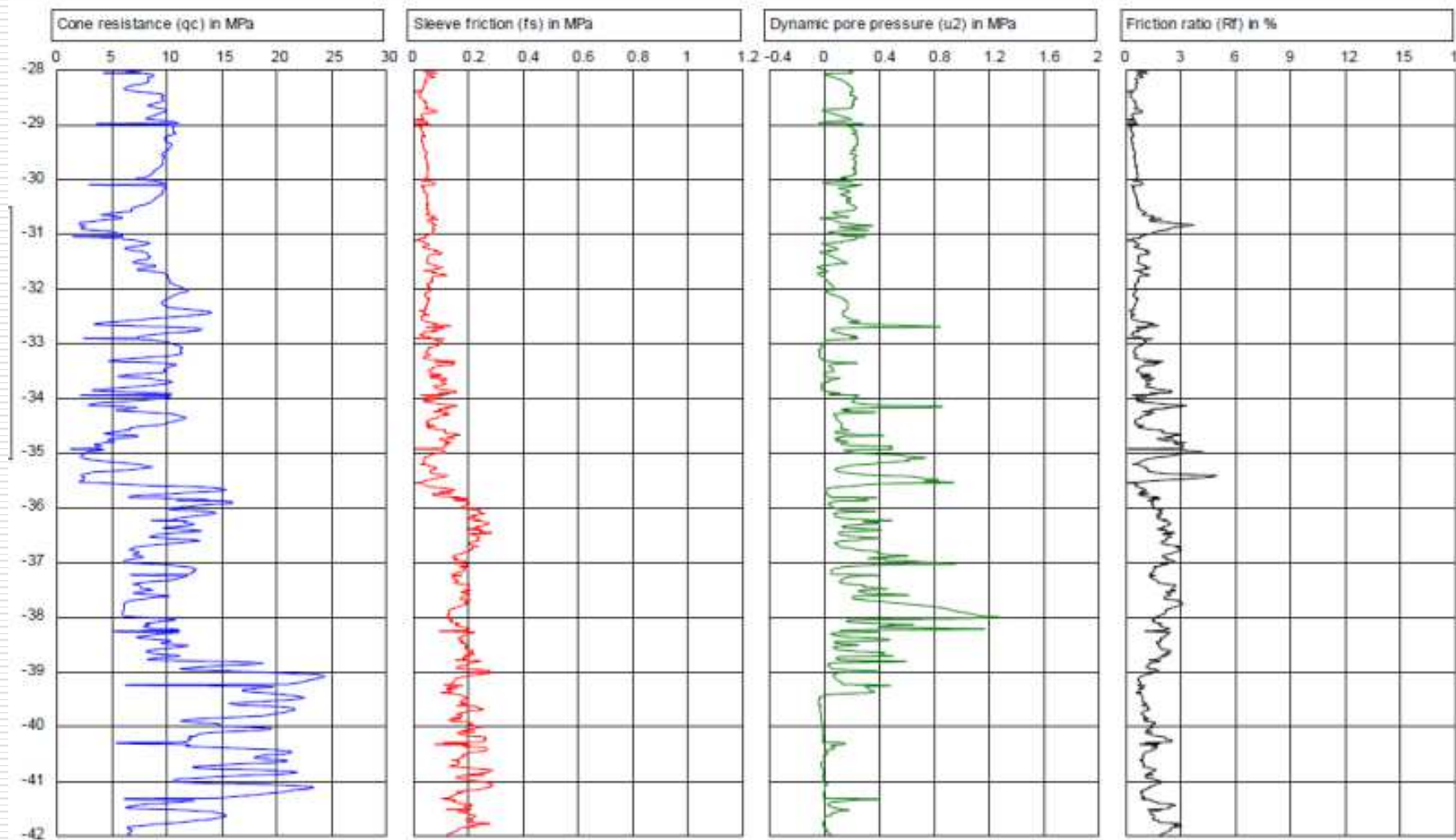
# 海床(近岸)圓錐貫入試驗

## Cone Penetration Test on Jack-up Barge



(35噸CPT)

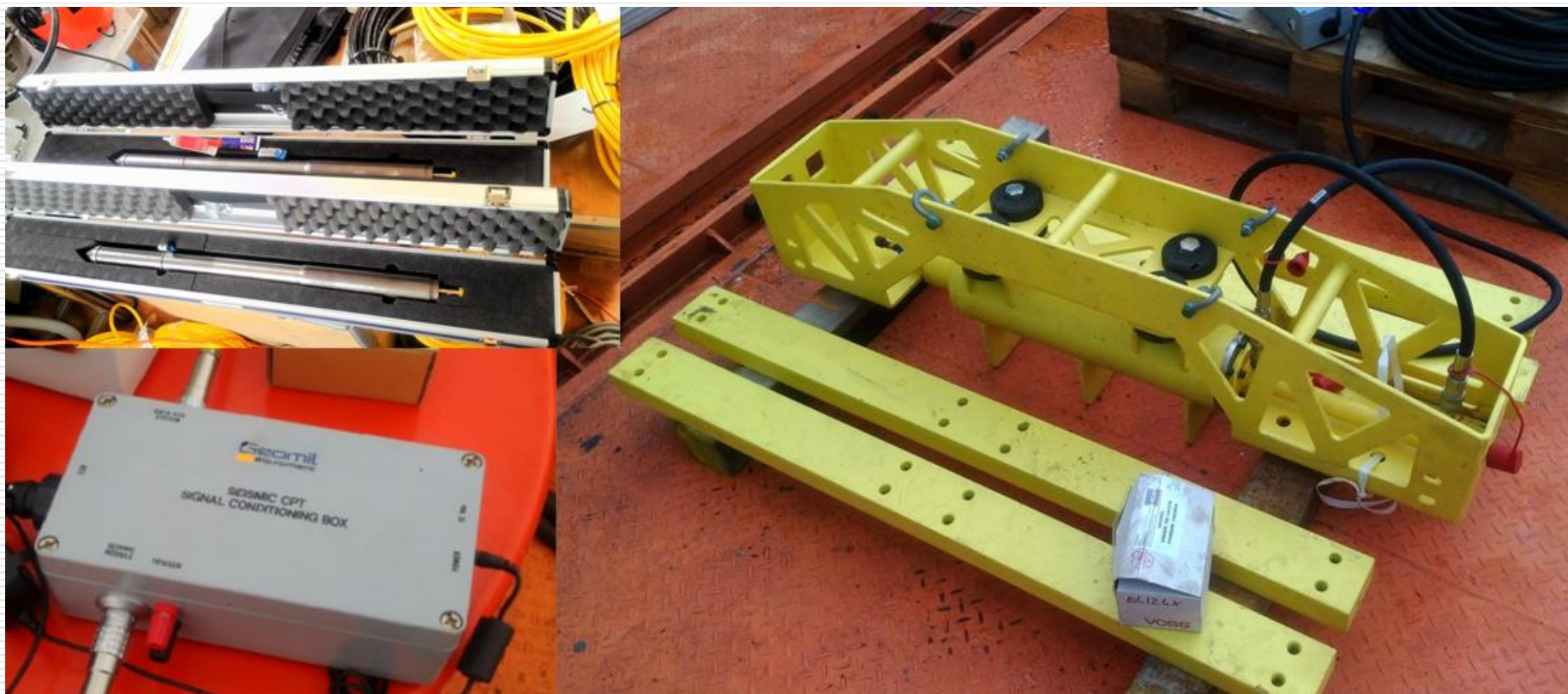




# 海床(近岸)圓錐貫入試驗

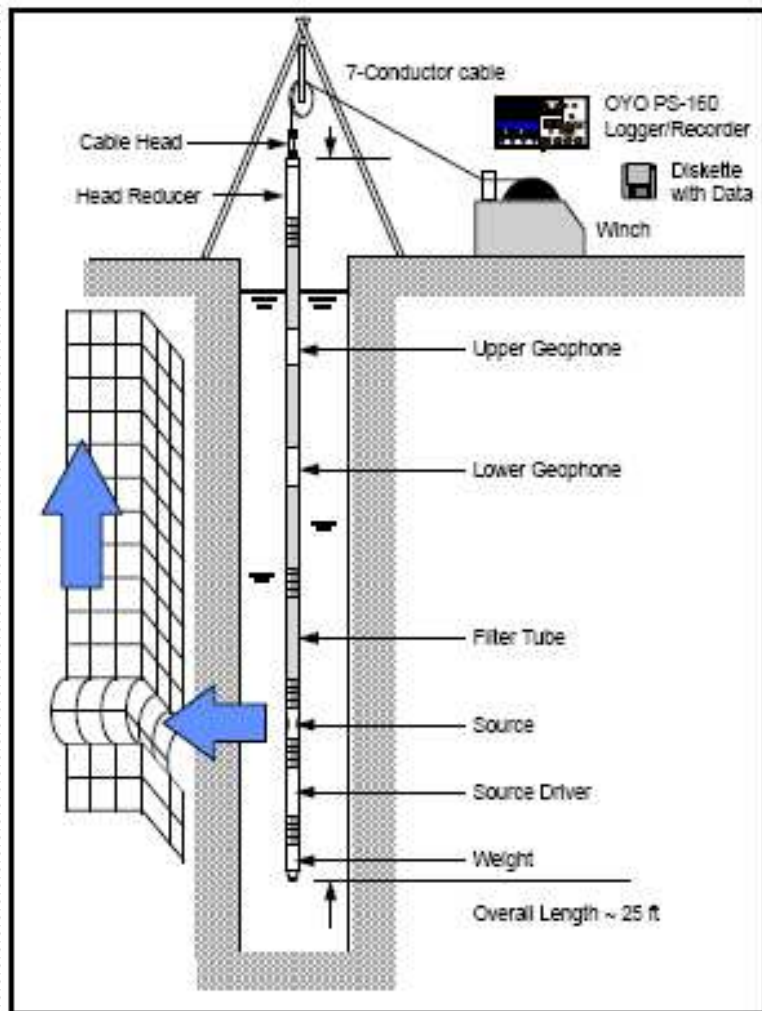
## Cone Penetration Test on Jack-up Barge

(三軸震測SCPT套件)



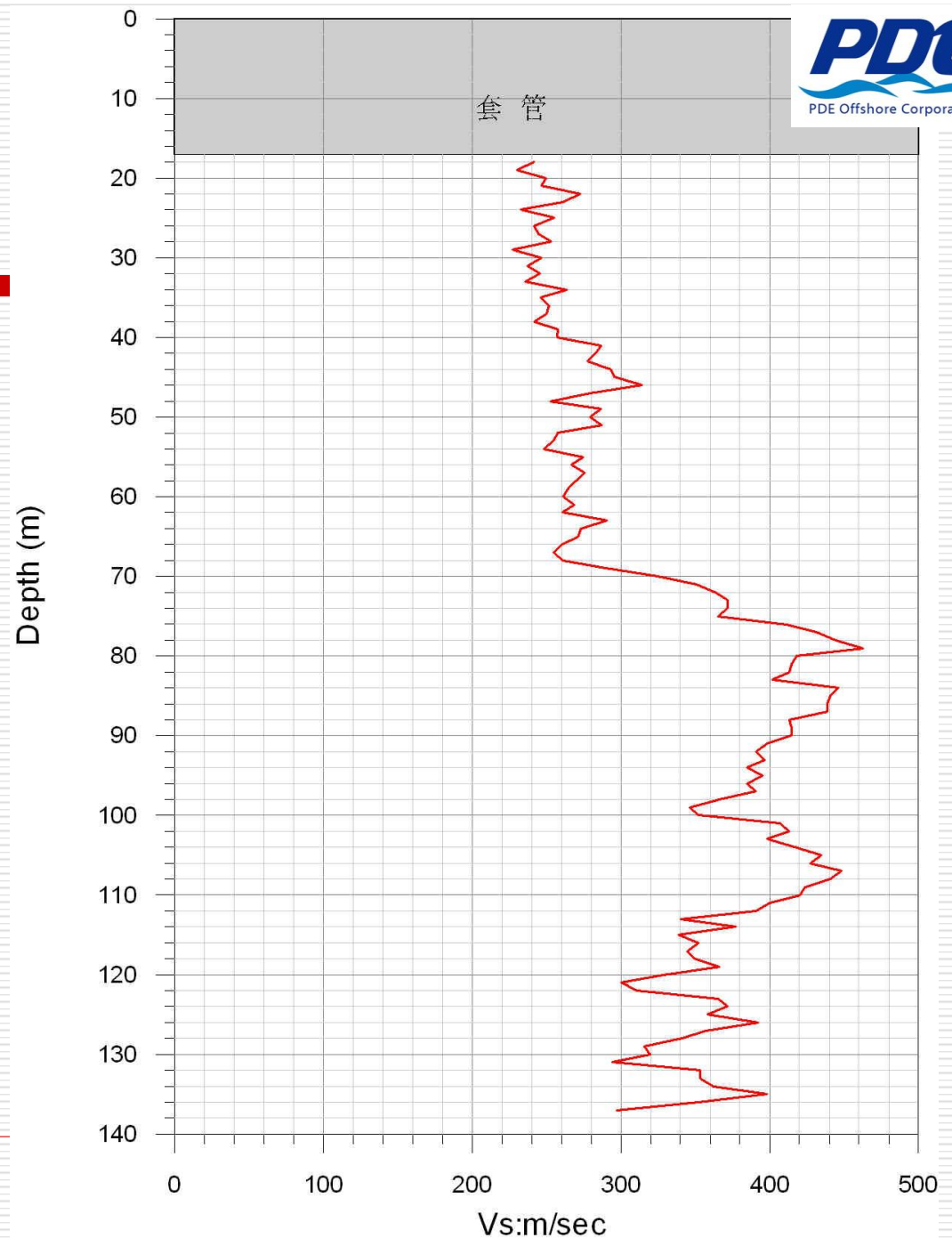
# 懸盪式震測試驗

## PS Logging Test on Jack-up Barge



# 彰化外海

## PS Logging 成果



# 十字片剪試驗

## Vane Shear Test on Jack-up Barge



# 孔內側向載重試驗

## Lateral Load Test on Jack-up Barge

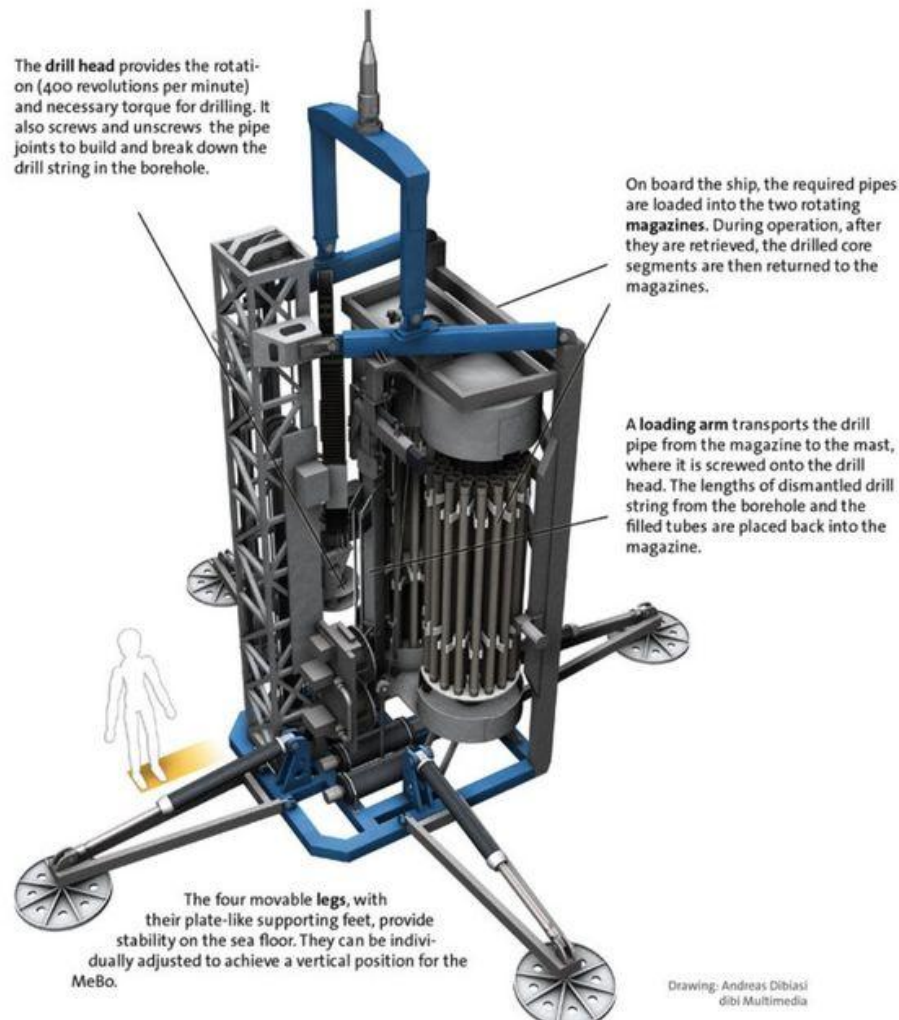


# HSE System



# 海床地質鑽探調查

- 於水深150m以上之海域，可採用沉底式鑽機進行土層鑽探進尺與取樣。



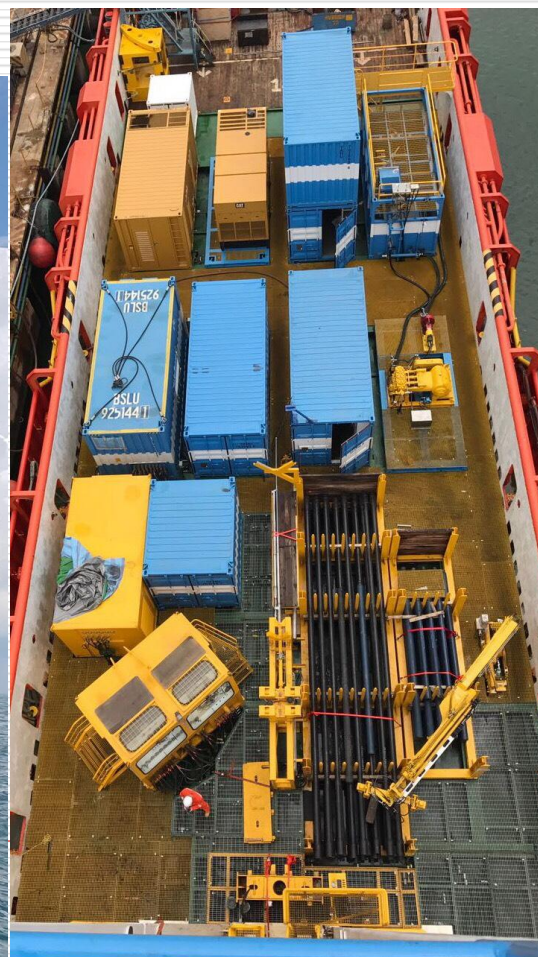
# 海床地質鑽探調查

- 於水深較深之海域採用探勘船(exploration vessel)進行海床地質鑽探與下孔式CPT調查。



# 探勘船MV Geo Energy

72x16m 3302 T DP2  
Drilling & Offshore Support Vessel



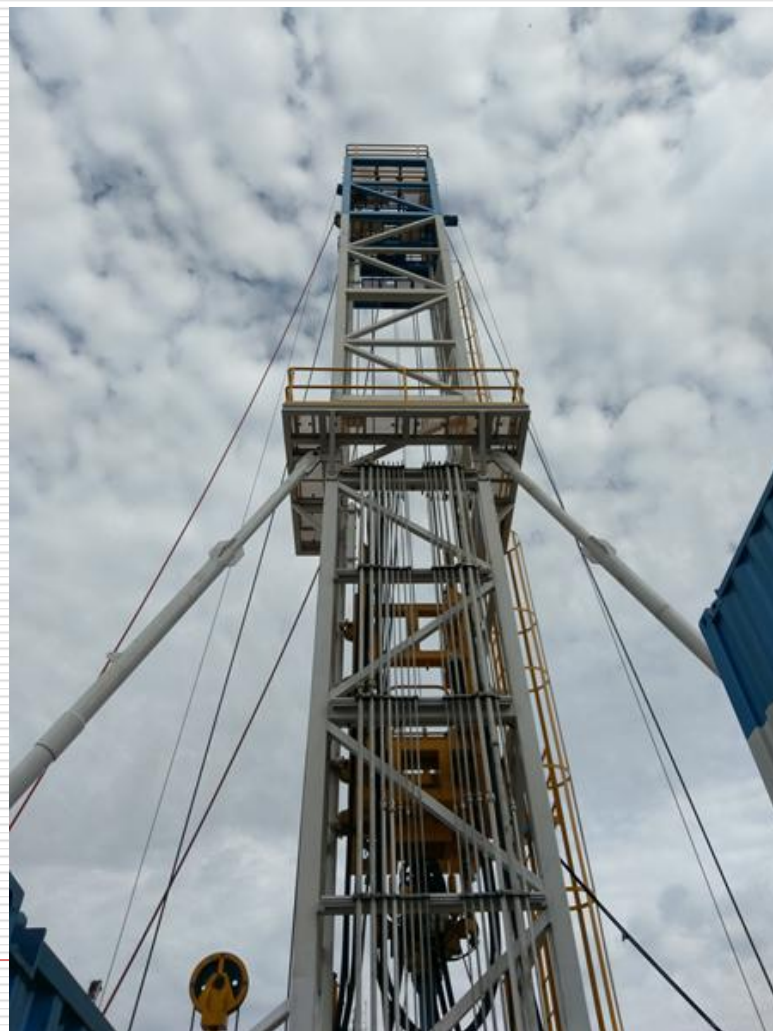
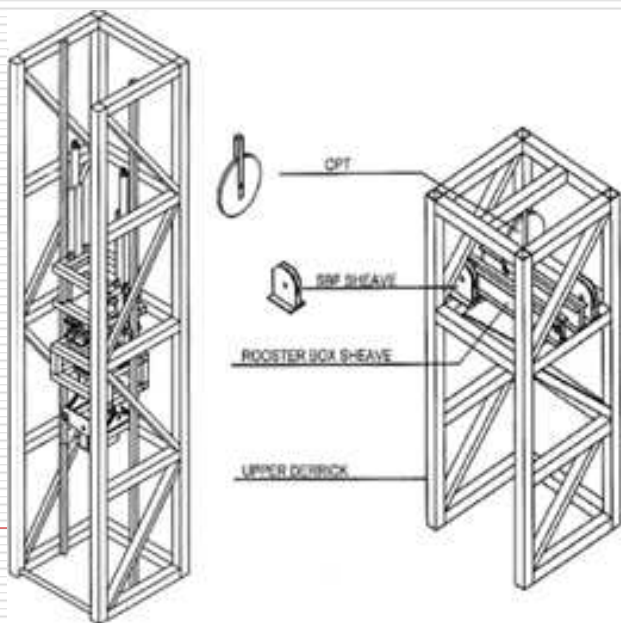
# 船載式鑽機系統之組成

- ❑ 井架與鑽管(drilling derrick and drilling piping)
- ❑ 油壓系統(hydraulic system)
- ❑ 補償系統(compensator system)
- ❑ 海底桁架與鑽管佈放系統(seabed frame and deployment system)
- ❑ 泥漿泵送系統  
(mud pumping system)
- ❑ 取樣設備  
(sampling equipment)



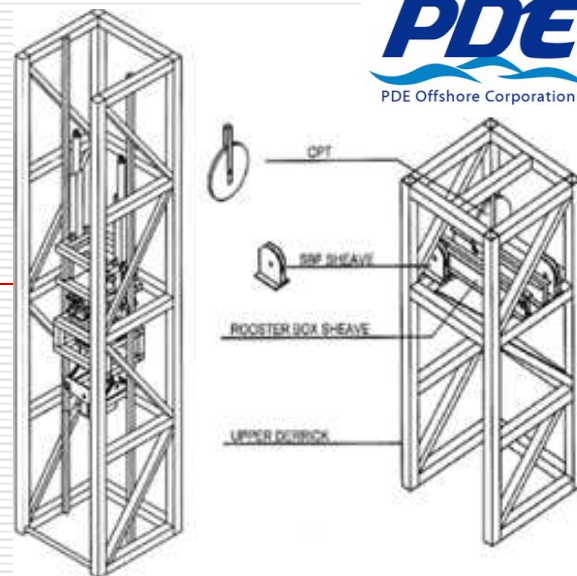
# 鑽台井架系統

- 鑽台井架系統為鑽機之主要結構體，總高約24m，可容納一支9m鑽管。桁架系統包含**主要井架**(main derrick)以及**上部井架**(upper derrick)兩個部份。



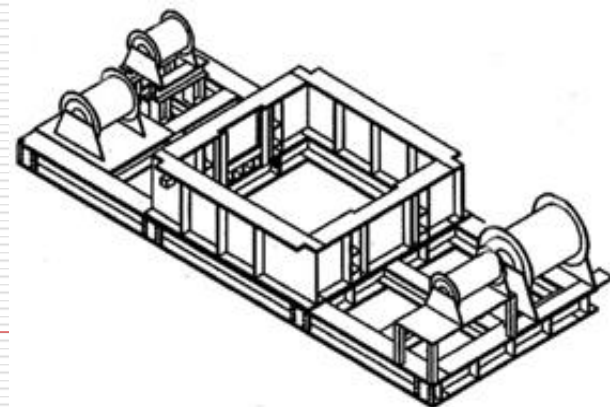
# 鑽台井架系統

- **主要井架**(上圖左)為桁架結構組成，中間中空的部分為**活動式動力管鉗**(下圖)之軌道；**上部井架**(上圖右)其結構與主要井架類似，位於主要井架之上，其頂部設有**三組滑輪系統**，分別用於控制**活動式動力管鉗**、**海床導板**以及**下孔式CPT錐管**之升降。



# 井架底座

- 井架底座位於**主要井架**下方，於**重型底座**上設有**煞車系統**，用於**支撐井架系統**並**保護所有絞盤**。



# 活動式動力管鉗

- 活動式動力管鉗之構造可分為上盒與下盒兩部分：上盒之功能在於與主要井架上之尼龍滑桿連接，使之可於主要井架內上下移動，以降低波浪導致船隻上下運動對鑽探作業之影響；下盒之功能在於夾取並鎖緊鑽管，並提供旋鑽進尺之動力。
- 鑽管夾取機械手臂，用於夾取鑽管至鑽探井架，以提高鑽探工作效率。



# 重力式海床框架與導板

- 於進行鑽探時，先將**重力式海床框架**與**導板**降至海床，用於**引導鑽管**，並可使**鑽管置中**，確保鑽管施鑽時之**垂直度**。



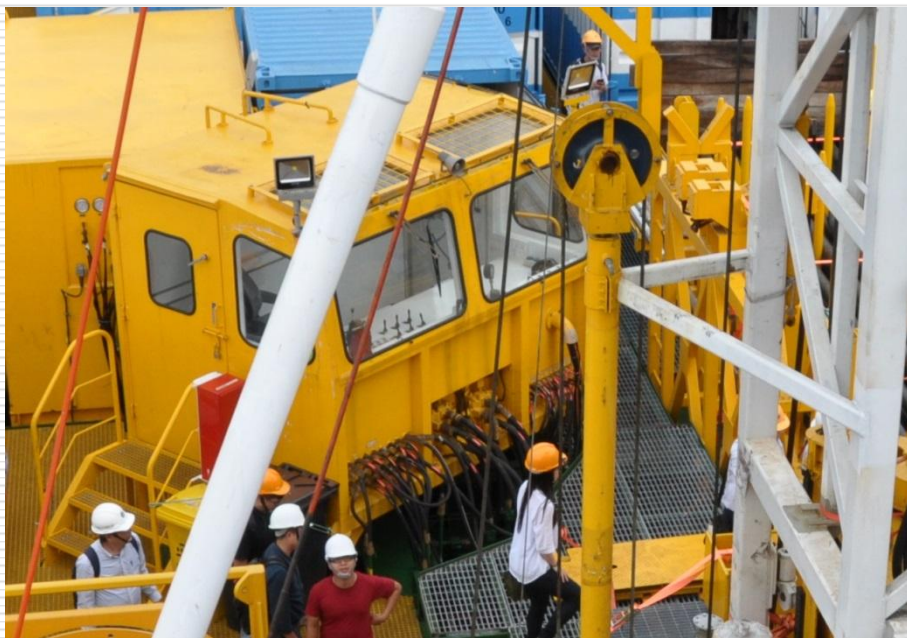
# 泥漿拌合槽系統與油壓幫浦系統

- 泥漿拌合槽系統係用於拌合皂土或超泥漿，並透過泥漿幫浦及泥漿拌合槽油壓系統將泥漿注入鑽孔內，以清除孔底泥砂並達到保護孔壁之效果。



# 控制室

- 控制室內設置各種操縱桿與儀表，以控制整個鑽機之元件，並配置有通訊系統以及安全玻璃，以保護操作人員之安全。



# 鑽探油壓動力系統

- ❑ 鑽探油壓動力系統(左圖)為鑽機運作之動力來源，主要係採用柴油引擎作為動力，並透過油壓系統(右圖)控制所有的機件裝置。



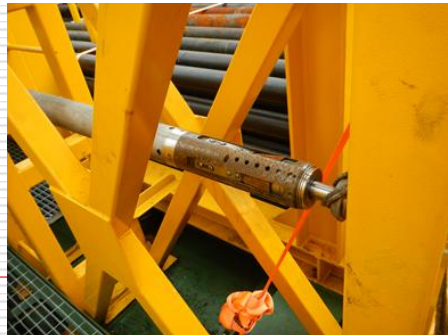
# 氣壓儲存系統

- 氣壓儲存系統(左圖)則由許多高壓鋼瓶串聯所組成，用於提供活動式動力管鉗(右圖)進行鑽管位置動態修正時所需之高壓空氣。



# 下孔式套件

- 於鑽探調查的過程中，可透過鋼索系統將各式之下孔式套件置於鑽管內，於孔底進行取樣及各類孔內試驗(如圓錐貫入試驗、震測、十字片剪試驗等)。
- 鑽管(pipe)與鑽頭(bit)
- 取樣器(Downhole Sampler)



# 下孔式套件

## □ 圓錐貫入試驗儀(Downhole CPT)

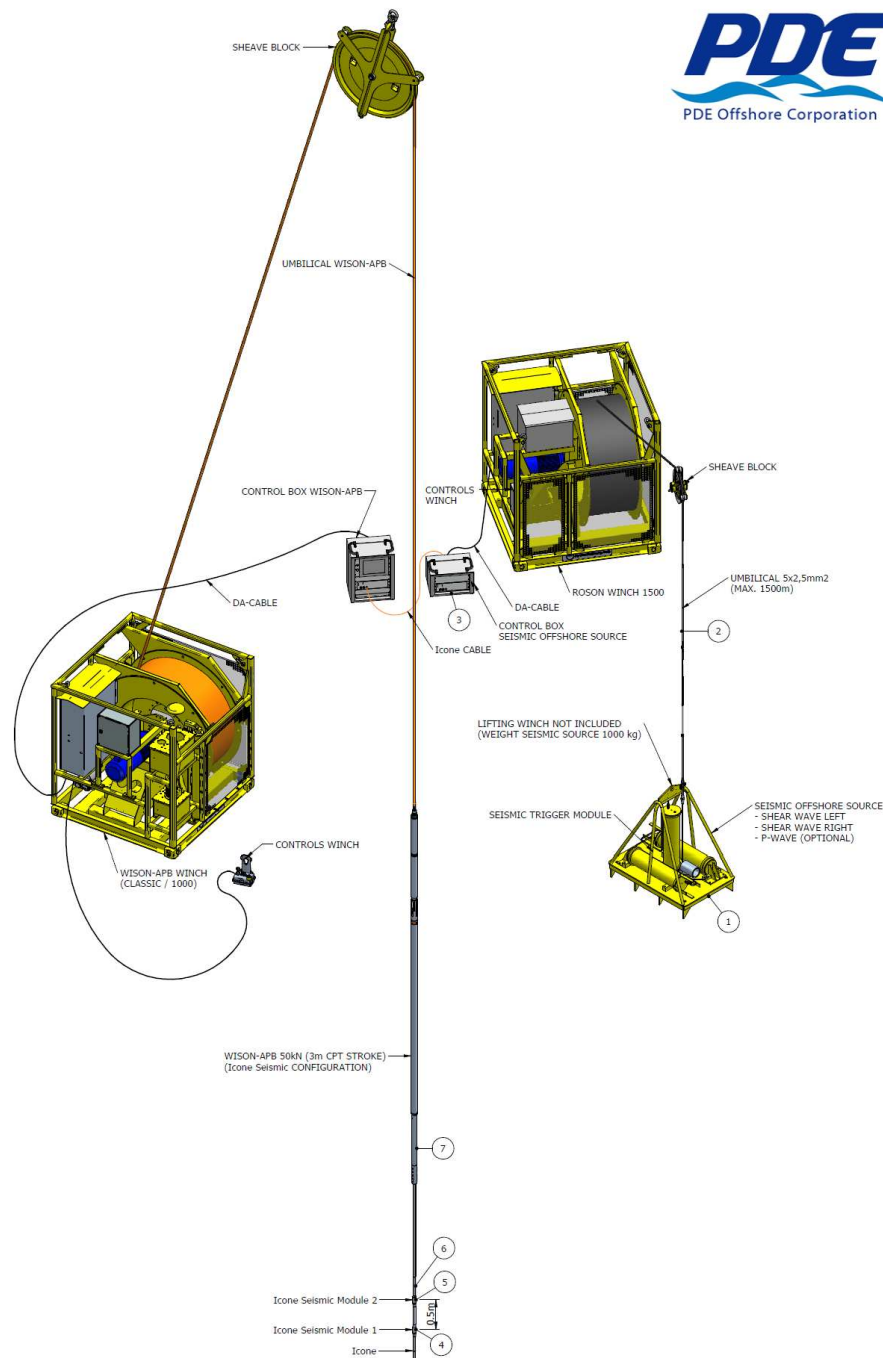


# 下孔式套件

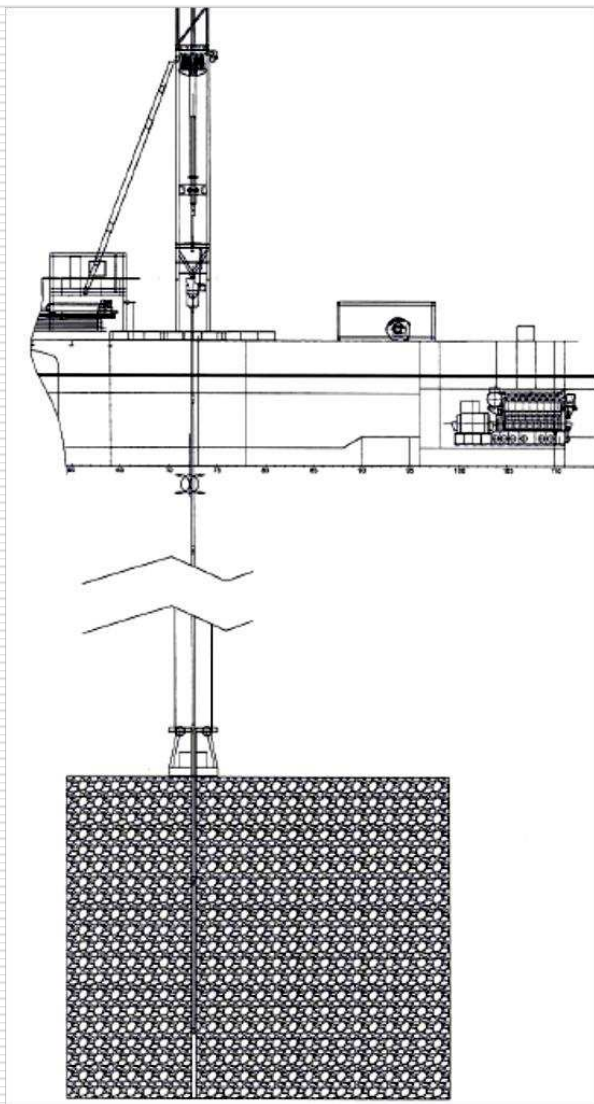
## □ 震測錐孔內震測試驗 (Siesmic CPT)

於Downhole CPT施作過程中採用**震測錐**進行貫入後，透過油壓鎚於海床產生剪力波，利用震測錐上之速度計接收振波，透過分析求得地盤之振動特性。

(設備限制：最深可量測至海床下30m)



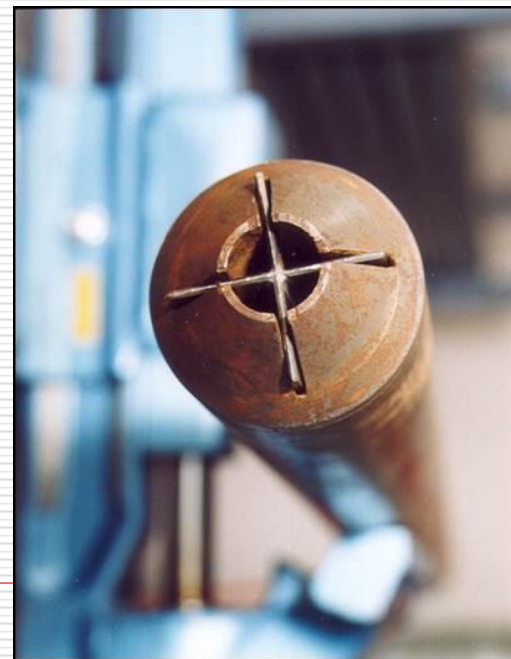
# PS Logging



# 下孔式套件

## □ 下孔式十字片剪試驗(Icone Vane)

於探勘船進行鑽探過程中，於特定深度時，將**下孔式十字片剪儀**放至孔底後，透過cable操作將十字片貫入孔底地層，於孔底進行十字片剪試驗，分析求得土層之剪力強度。



# 船載試驗室

- 於海上完成鑽探取樣後，可直接於船上試驗室將土樣頂出進行土壤試驗(如三軸UU試驗、含水量、單位重、室內十字片剪、口袋式扭轉儀與貫入儀試驗等)。

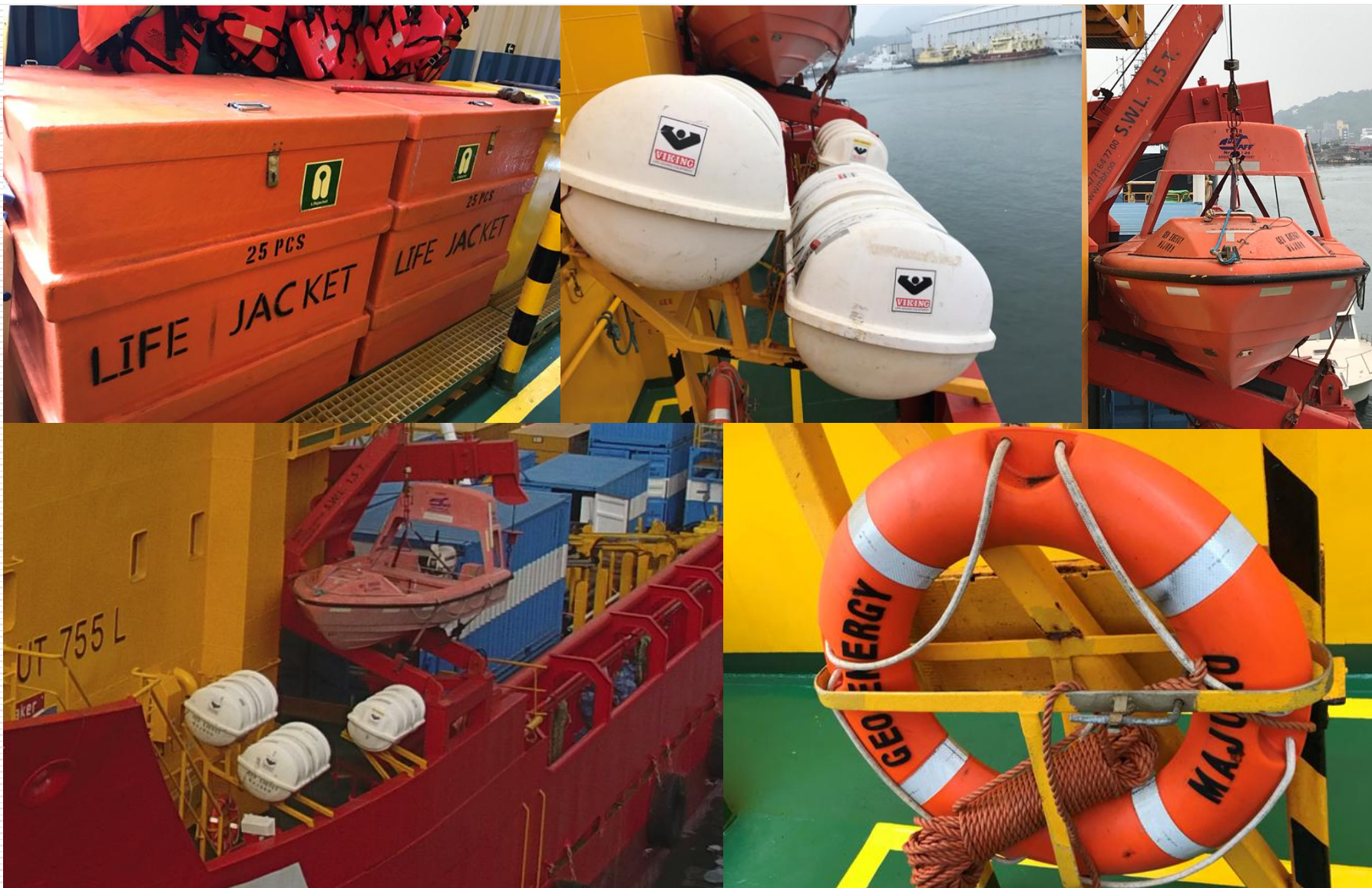


# HSE System

---



# HSE



# Infirmary

---



# Kitchen & Restaurant



# Gym & Bedroom

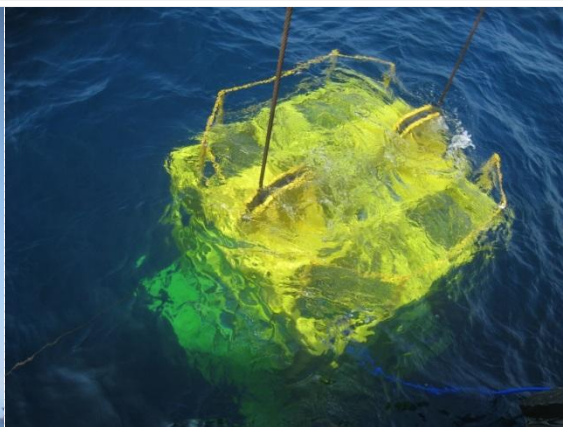
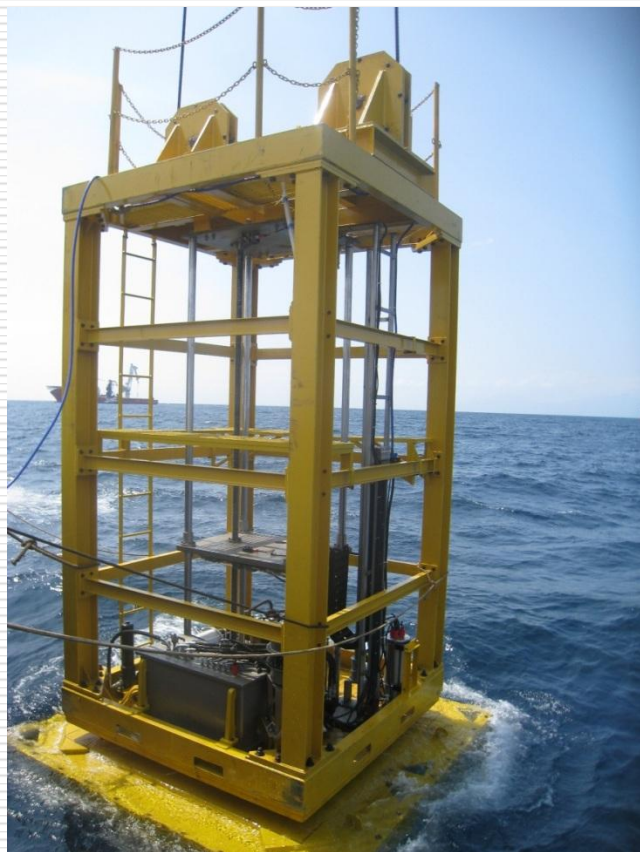
---



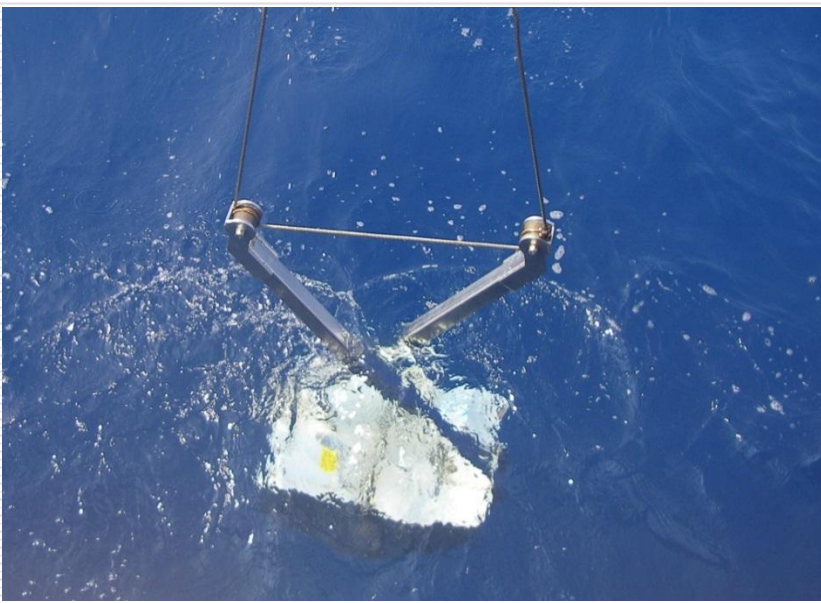
# 海底(深海)圓錐貫入試驗

## Seabed Cone Penetration Test

---



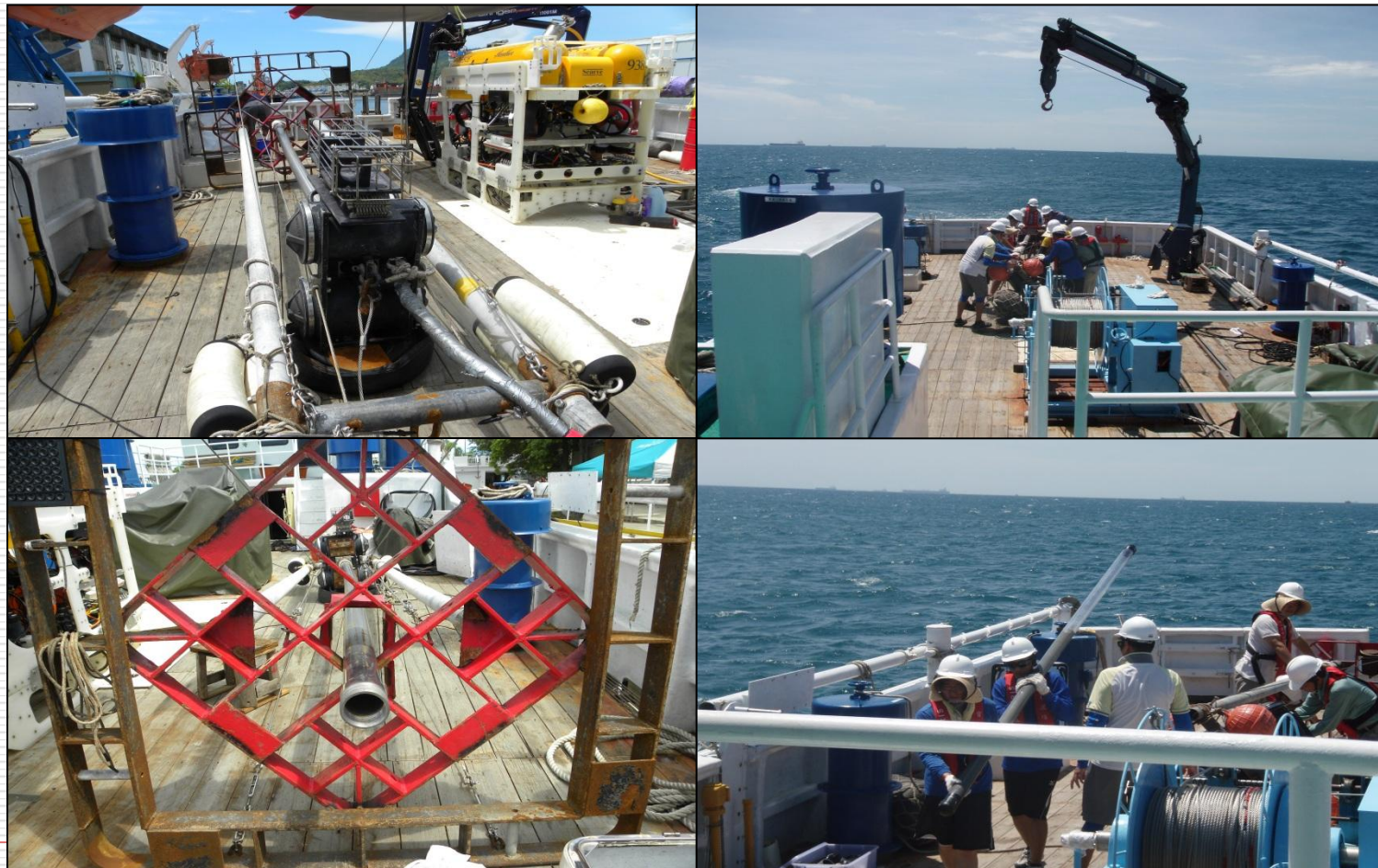
# 抓斗式採樣器



# 海床重力落錘取樣(海床沉泥) Drop-Core Sampling



# 海床振動取様(海床沉泥) Vibro-Core Sampling



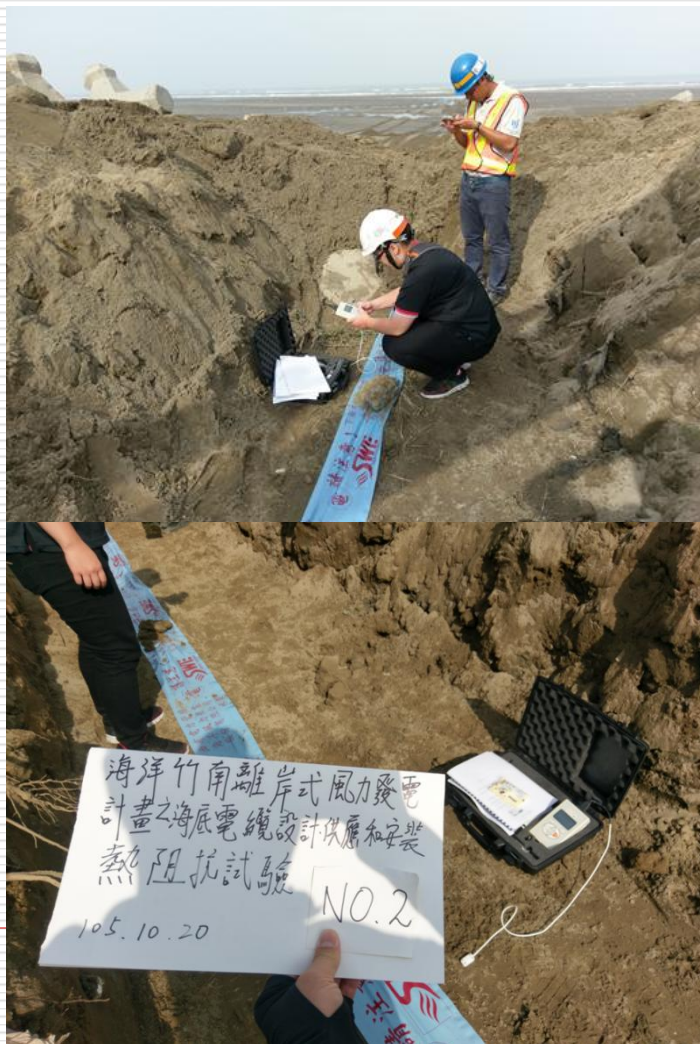
# 口袋扭轉儀試驗 & 口袋貫入儀試驗

## Torvane & Pocket Penetrometer



# 熱阻抗試驗

## Thermal Conductivity Test

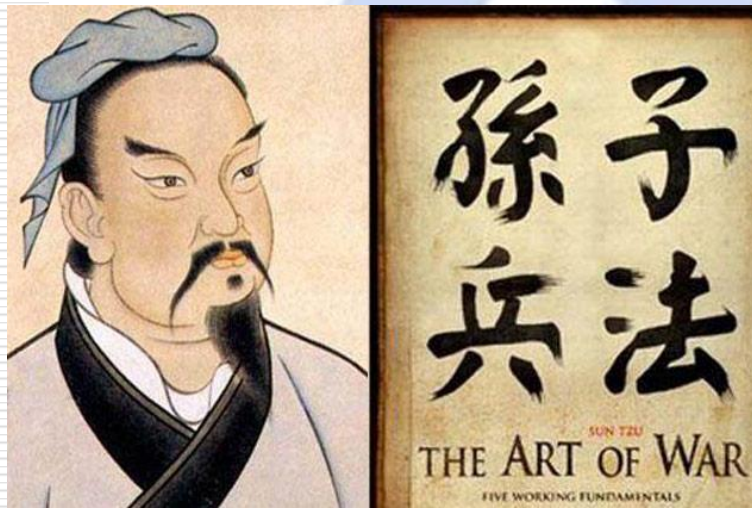


# 土壤電阻率試驗

## Electrical Resistivity Test



依ASTM G57-06規範之方法執行



### 謀攻第三

知彼知己，百戰不殆；  
不知彼而知己，一勝一負；  
不知彼不知己，每戰必殆。

PDE Offshore Corporation

**簡報完畢 敬請指教**  
**Thanks for your attention**

PDE Offshore Corporation