

出國報告（出國類別：進修）

參加海洋測繪跨學科發展中心
（CIDCO）「海道測量 B 類課程」出國
報告

服務機關：內政部

姓名職稱：鍾科員易臻、江科員德淑

派赴國家：加拿大

出國期間：114 年 06 月 06 日至 07 月 28 日

報告日期：114 年 09 月 30 日

摘要

加拿大海洋測繪跨學科發展中心（CIDCO）舉辦的「海道測量 B 類課程」共分為前期的線上理論課程及後期運用理論於實務的實體課程。實體課程訂於 114 年 6 月 9 日至 7 月 25 日於加拿大魁北克裡穆斯基舉行，為期 7 週。參與線上課程學員共有 6 人，因其中 2 人未能及時取得加拿大簽證，故本次僅有 4 位學員參與實體課程。課程內容涵蓋操作海道測量儀器及設備、使用專業軟體進行測量與處理資料、執行海道測量相關流程並製成產品以及資料品質控管等。課程最終需執行模擬的測量專案任務，整合及應用課程中包含理論及實務一切所學，產製符合標準的測量報告、各項水文產品，並在加拿大海測局職員及評審老師們面前完成口頭報告。所有成果將由 CIDCO 審查，通過者將獲頒 IHO 正式認可的「B 類海道測量員」官方證書。

透過參與此課程，以實務演練方式瞭解外業過程對水深測量產品成果的重要性，也深刻體認水深測量的跨領域專業，使得人才培養與留任不易。同時，藉由與其他國家專業人員交流，獲取寶貴經驗與拓展人脈，對未來推動我國水文測量及電子航行圖相關工作將帶來長遠助益。並獲以下建議：（一）參考 CIDCO 水深資料品質控制（QC）流程，精進我國作業方式；（二）培育我國水深測繪專業人才，相關海測課程納入教育訓練；（三）研議我國水深測量專業人員認證制度。

目次

摘要 I

目次 II

壹、緣起及目的.....	1
貳、出國行程.....	2
一、課程地點及時間.....	2
二、行程紀要.....	2
參、會議與參訪重要內容.....	3
一、課程概要.....	3
二、實體課程參與情形.....	3
肆、心得.....	17
一、水深測量涉及多項環節，透過實務演練瞭解外業過程對成果的重要性.....	17
二、參與 Cat-B 專業課程，體認水深測量人才培養不易.....	17
三、透過與其他國家專業人員交流，獲取寶貴經驗與拓展人脈.....	18
伍、建議.....	19
一、參考 CIDCO 水深資料品質控制（QC）流程，精進我國作業方式.....	19
二、培育我國水深測繪專業人才，相關海測課程納入教育訓練.....	19
三、研議我國水深測量專業人員認證制度.....	20
陸、課程參與照片.....	21
柒、附錄.....	40

壹、緣起及目的

加拿大「海洋測繪跨學科發展中心」(Le Centre Interdisciplinaire de Développement en Cartographie des Océans, 以下簡稱 CIDCO) 為一所專注於海洋測繪研發與教育的非營利組織, 長年與北美及歐洲多家企業、政府、大學均有合作。自西元 2016 年起, CIDCO 持續開辦「海道測量 B 類課程 (Hydrographic Survey Category B Course, Cat-B)」, 其課程符合國際海道測量組織 (International Hydrographic Organization, 以下簡稱 IHO) S-5 標準, 並獲得國際海道測量與航海製圖人員能力標準委員會 (International Board on Standards of Competence for Hydrographic Surveyors and Nautical Cartographers, IBSC) 認證。

該課程內容係以海道測量為主, 包含大地測量、定位、水深測量、潮汐與水位、航海科學、海洋法及數據管理等核心主題, 兼顧理論知識學習與實務操作。課程採混成學習方式, 總期程 40 週, 其中理論課程為期 33 週, 以線上授課、輔導、練習、考試與作業等模式進行。考量國際學員需求, 課程提供錄製教材以解決時區差異問題。完成理論課程後, 學員需參與 7 週的實務操作與期末外業專案 (Final Field Project, FFP)。今年外業專案於加拿大魁北克省裡穆斯基 (Rimouski) 港區進行。由講師指導學員操作無人船、單音束及多音束測深系統、聲速剖面儀、定位系統、側掃聲納等海道測量儀器, 完成自規劃、測量、資料處理、品質管控到成果產製之完整流程。除測量專業訓練外, 課程亦納入海上安全、紙海圖判讀及應用、電子設備整合等研習課程, 以增進學員實務操作及臨場應變能力。

我國近年積極推動電子航行圖, 相關水深資料主要來源為國內測繪業者或機關。為確保數據一致性與品質, 本部已公告「深度基準與深度系統」, 並訂頒「水深測量作業規範」, 作為國內水深測量作業依循之準則。惟水深測量精度及品質, 仍為電子航行圖優化之核心關鍵, 直接影響航行安全與後續資料加值應用之效能。因此, 有必要汲取國際專業技術及教育機構之經驗, 強化本部及相關人員之專業能力。

爰此, 本部派員赴加拿大參與 CIDCO 舉辦、並經國際組織 IBSC 認證之 Cat-B 專業課程, 目的在於透過系統性教育訓練, 增進專業素養。參與該課程不僅可使學員熟悉國際標準與測量實務流程, 並能實際掌握多項海上實務技能, 對於瞭解與監督國內測量廠商之作業模式極具助益。並且, 課程經驗可作為建立我國海域測繪人才培育體系之基礎, 支持未來電子航行圖維護更新、海域管理等業務推動, 進一步提升國家在國際海道測量領域之量能。

貳、出國行程

一、課程地點及時間

課程地點：加拿大魁北克省裡穆斯基（Rimouski）

課程時間：114 年 06 月 09 日起至 114 年 07 月 25 日（48 天）。

二、行程紀要

日期	停留地點	行程
06/06（五）	臺灣桃園－多倫多	啟程
06/07（六）	多倫多－魁北克	轉機
06/08（日）	魁北克－裡穆斯基	搭乘巴士至裡穆斯基
06/09（一）～07/25（五）	加拿大	參與課程
07/26（六）	裡穆斯基－魁北克	搭乘巴士至魁北克
07/27（日）	魁北克－多倫多－臺灣桃園	回程
07/28（一）		

參、會議與參訪重要內容

一、課程概要

CIDCO「海道測量 B 類課程」係依據國際海道測量組織（IHO）標準規劃，完整分為前期的線上理論課程及後期運用理論於實務的實體課程。實體課程係 114 年 6 月 9 日至 7 月 25 日於加拿大魁北克省裡穆斯基（Rimouski）舉辦。課程內容涵蓋操作海道測量儀器及設備、使用專業軟體進行測量與處理資料，以及執行海道測量相關流程並製成產品。課程最後安排期末口頭簡報與完整書面報告，藉以驗證學員能獨立完成專業測量專案。所有成果將由 CIDCO 審查，通過者將獲頒 IHO 正式認可的「B 類海道測量員」官方證書，代表其已具備國際專業資格，可執行海道測量相關任務。

二、實體課程參與情形

（一）第一週（114/06/09 至 114/06/13）

本次課程總共是 6 位學員參與，但在第一天報到時僅有 3 位學員，除了我國的兩位，另一位同學 Andrew 來自美國底特律地區。老師提到其中 1 位學員將在第二週加入，而剩下兩位學員分別來自巴基斯坦與非洲國家，因為簽證問題無法順利到來，可能會在 9 月時再為他們上實務課程。對此老師也提到為了解決這類的問題，他們計畫在摩洛哥開立課程，讓可能面臨簽證問題的學員，有更多機會可以取得 S-5B 認證。

在第一週的課程中，主要進行了環境導覽、課程計畫概述、儀器操作實習，以及測量系統整合的基礎訓練。CIDCO 海道測量 B 類課程（Cat-B Course）由 Ali Chouaer 主導，成員包含研究人員、技術人員與船長等。在介紹過程中提到課程教學只是 CIDCO 的一小部分，該中心主要是海洋測繪與水文空間的研究機構，也參與國際海床測繪計畫（Seabed 2030）計畫，透過研發安裝於船舶上的盒子，固定單音束測深系統（Singlebeam Echosounder, SBES）與全球定位系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）天線，使船舶能自動以 Wi-Fi 回傳資料，成為群眾來源測深（Crowd-Sourced Bathymetry, CSB）的重要貢獻，不僅能增補水深資料，也可作為判斷航道是否需要浚深的依據。

在設備部分，學員首先認識到 CIDCO 機房的重要性，因為高解析度水下攝影處理需要大量運算。課程亦展示了多種儀器，例如操作簡易的 HydroBall¹、超短基線水下定位系統（Ultra-Short Baseline, USBL）iXblue GAPS M7 用於提升側掃聲納定位精度、磁力儀用以偵測水下未爆彈藥（Unexploded Explosive Ordnance, UXO）與海床底下的錨鍊等，以及無人船（Autonomous Surface Vehicle,

¹ 一個由 CIDCO 研發的小型、自主式水深測量浮標，專門用於測繪傳統測量方式難以到達的水域。

ASV) 在未來測量發展上的應用與組合試驗。碼頭與船舶導覽則讓學員熟悉各式搭載方式與儀器配置的差異。

在實務訓練方面，學員親自進行全球定位系統 (GNSS) 架站測量，體驗尋找合適基站的挑戰，並透過潮位站架設與水準測量，學會壓力式潮位計、溫鹽深儀 (Conductivity Temperature Depth, CTD) 與 GNSS 觀測潮位間的比較與驗證。陸域即時動態定位 (Real-Time Kinematic, RTK) 測量也讓學員體會到儀器設置與天線高差對成果的影響。於港區內進行無人船 (ASV) 搭載 HydroBall 的單音束測量時，每位學員均實際操作，完成規劃的主要與檢核測線，並理解檢校板 (Bar check) 檢校測深儀零點誤差與聲速校正在品質控制上的重要性。

在資料處理與系統整合部分，課程涵蓋定位資料後處理，透過靜態定位 (Static Positioning) 與加拿大自然资源部精密單點定位服務 (Natural Resources Canada PPP Service, NRCAN PPP) 方法比較，學員認識到靜態定位方式因具差分修正²而精度較佳。多音束測深系統 (Multibeam Echosounder, MBES) 整合則是另一重點，多音束測深系統 (MBES) 主要由全球定位系統 (GNSS)、慣性測量單元 (Inertial Measurement Unit, IMU)、多音束聲納、船隻等移動載具與聲速剖面儀 (Sound Velocity Profiler, SVP) 組成。學員首先學習到，GNSS 提供水平定位基準，而 IMU 負責輸入姿態資訊 (包括橫搖、縱搖與艏向)；MBES 負責水深量測，而 SVP 則用來建立聲速剖面，以修正聲波在水中的傳播路徑。這四項子系統與船隻的精確整合，是保證測深成果可靠的關鍵。

在課程實務中，學員實際操作了系統串接，體驗如何將 GNSS、IMU 與 MBES 的訊號透過網路介面與同步機制進行資料連結。為確保時間同步，課程特別介紹了每秒脈衝訊號 (Pulse Per Second, PPS)、ZDA (時間和日期) 與 GGA (全球定位系統修正資料) 等時間戳記訊號，並由學員逐一設定與驗證其正確性。除了時間同步，網路參數的設定、通訊協定的選擇，以及頻率模式的調整，也是整合過程的重要環節。這些操作往往需要兼顧各儀器的更新率與資料格式，學員因此深刻體會到系統設定並非僅依照手冊即可完成，而是需要實際測試、調整與驗證。

課程同時模擬了常見的接線與組態問題，例如網路 IP 衝突、訊號延遲、資料遺失與時間偏差等，讓學員在實驗中練習排除。透過這些練習，學員瞭解到即便是小小的接線錯誤，或是時間參考的偏移，都可能造成測深結果的系統性誤差。特別是在多音束測深中，若全球定位系統 (GNSS) 與慣性測量單元 (IMU) 未正確同步，將導致姿態與定位無法對應聲納回波，使得生成的水深點雲出現

² 利用一個已知坐標的基準站接收衛星訊號，計算其與真實位置之間的誤差，並將此誤差傳送給流動站 (Rover)，以即時或後處理方式修正流動站的定位結果，提升定位精度。

偏移或扭曲。因此，正確的整合程序與反覆的測試驗證，成為確保數據品質的必要步驟。

整體而言，第一週課程不僅讓學員熟悉 CIDCO 的研究環境與任務方向，更透過實務演練掌握了水深測量中潮位、全球定位系統 (GNSS)、單音束 (SBES) 與多音束系統 (MBES) 整合的核心概念，為後續進階課程奠定了堅實基礎。這樣的訓練使學員從單一儀器的操作，進一步理解整個測深系統的架構與相互依存關係，深刻體會到水深測量工程師所需具備的跨領域知識與綜合實務能力。

(二) 第二週 (114/06/16 至 114/06/20)

第二週加入了第 4 位同學，來自塞內加爾的 Medoune。他以前便是 CIDCO 的一員，目前在加拿大從事海道測量工作，希望取得 Cat-B 的文憑，後續再申請海道測量師資格認證。(在加拿大，若要成為認證的海道測量師有多種途徑，其一便是 Cat-B 的文憑加上三年相關工作經驗)。Medoune 對於海道測量的各項工作都很熟悉，加上身為英、法語雙語使用者，在許多課堂裡擔任類似助教的角色，除了擔任翻譯，也分享許多實際工作得到的經驗談，讓我們學到更豐富的知識。

1. 動態校正疊合測試 (Patch test) 實作及資料處理

(1) 外業實作概況：

6 月 16 日下午本課程於裡穆斯基 (Rimouski) 港外航道地形平坦區及佩爾角 (Pointe-au-Père) 一處已知海底特徵物附近進行多音束測深系統 (MBES) 之動態校正疊合測試 (Patch test)。學員使用船載控制軟體規劃測線，並由船長依指示執行航線，以檢驗慣性測量單元 (IMU) 與多音束測深系統間之時間延遲與安裝偏差角 (boresight angles) 的正確性與同步性。

原訂計畫當天應前往佩爾角 (Pointe-au-Père) 練習多音束水深測量，惟因當日受風浪影響，船長評估不利作業，遂臨時調整在裡穆斯基 (Rimouski) 港外航道進行疊合測試 (Patch test) 實測練習。此一調整不僅確保學員能順利完成動態校正演練，亦展現外業任務因應海況之靈活調度能力。

(2) 檢校原理：疊合測試 (Patch test) 旨在測量與修正多音束測深系統在三個軸向的安裝角度偏差，包含俯仰角 (Pitch)、搖擺角 (Roll) 及航偏角 (Yaw) 與訊號傳遞時間延遲上的系統性誤差，確保測深成果正確性。其主要項目如下：

- A. 俯仰角 (Pitch) 校正：於具有明顯坡度或於海底特徵物之區域，規劃同一條測線進行正、反向航行。比較同一特徵物於兩方向測線上測得的深度差異，可解算俯仰角誤差。

- B. 搖擺角 (Roll) 校正：在平坦海底區域同一直線上往返航行。比較兩測線成果的深度差異，可解算搖擺角誤差
- C. 航偏角 (Yaw) 校正：規劃兩條平行且同方向的測線，使一已知特徵物位於兩測線之間。比較該特徵物於兩測線成果中的位置差異，可解算航偏角誤差。
- D. 時間延遲 (Latency) 校正：在同一直線上以不同航速重複測量，以推算定位與聲納量測之間的時間延遲。

(3) 內業資料處理：

將外業獲取的定位資訊與聲納資料進行整合，並取得透過疊合測試 (Patch test) 得出的安裝偏差角 (boresight angles)，這些校正參數在後續施測與資料處理中須完整納入，以確保水深成果的精度與整體可靠性。

A. 導航資料處理

整合全球定位系統 (GNSS) 與慣性測量單元 (IMU) 之資料。將資料整合輸出為 SBET (Smoothed Best Estimate of Trajectory，平滑最佳軌跡估計) 格式，內容包含時間、位置、三軸姿態角 (Roll、Pitch、Yaw) 及每筆資料的均方根誤差 (Root Mean Square, RMS) 估計值。

該成果提供準確的定位與姿態資訊，取代原始的 GNSS 或船上導航資料，用以修正多音束及側掃聲納等儀器測得成果，並於 CARIS Hips and Sips 軟體³建立水深資料的總傳播不確定性 (Total Propagated Uncertainty, TPU) 模型。

B. 聲納資料處理

使用 CARIS Hips and Sips 軟體處理多音束聲納測量成果。流程如下：

- a. 建立並編輯船隻資料，填上各儀器手冊及靜態校準得到精度或估計值、軸臂 (lever arm)、安裝偏差角 (boresight angles)、聲納吃水深等資料。
- b. 匯入導航資料 (SBET)、每筆資料的誤差估計值 (RMS)、聲速剖面、離距模型等輔助資料，進行空間定位 (georeference)。
- c. 產製 CUBE (Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator，綜合不確定性和測深估計器) 網格，包含多種統計值用以視覺化水深成果，方便處理資料，並清理點雲雜點。
- d. 進行疊合測試 (Patch test) 姿態校正：需針對 Roll、Pitch、Yaw 分別挑選合適測線，老師示範以 FISHTRACK⁴標註各測線的行進方向，並用不

³由 Teledyne CARIS 開發，用於水深測量與側掃聲納影像的後處理。

⁴ CARIS Hips and Sips 軟體中顯示測線方向及路徑的一種圖示選項

同顏色表示不同測線，方便在資料處理時可明確知道要篩選那些測線。處理時並可將點雲垂直誇張最大化，方便辨識正確角度。

2. 潮位站資料處理

(1) 資料來源與處理流程：

比對三種不同來源之潮位成果：第一週所架設之自設潮位站（RBR 壓力式潮位計）、永久潮位站觀測資料，以及由 HydroBall 系統取得之 GNSS 潮位。GNSS 潮位處理流程為：先以 RINEX converter 軟體將二進位原始檔轉換為 RINEX⁵ (Receiver Independent Exchange Format, 接收機獨立交換格式) 檔案，並檢核天線高參數；隨後以 RTKlib 軟體進行後處理定位，解算成果再搭配離距模型（Separation Model, SEP）⁶ 轉換為潮位資料。自設潮位站潮位成果則透過壓力感測深度與直尺檢測數據比較，並以線性回歸（最小二乘法）進行改正。

(2) 定位解算軟體設定與精度改善：

為提升全球定位系統（GNSS）資料後處理精度，RTKlib 解算過程可依下列優先序調整：

- A. 提高遮罩角（Mask）以減少多路徑效應。
- B. 依經驗，移除 GLONASS 衛星觀測資料將優化成果。
- C. 導入 IGS（International GNSS Service，國際 GNSS 服務）精密星曆資料，改用精密星曆解算。

(3) 成果與比較：

GNSS 潮位與永久潮位站之比對結果顯示，垂直精度約 ± 2 cm，符合作業需求；自設潮位站與永久潮位站則出現約 30 cm 系統性差異，可能與設置當日風浪干擾壓力感測有關。

3. 電子設備研習課程（Electronic workshop）

本研習課程分為理論講授與實務操作，目的在於使學員熟悉海道測量作業中常用的電子通訊協定、資料傳輸方式及硬體維護技能，提升學員於外業環境中之系統整合與除錯能力。由於海上測量，尤其在遠洋作業中，常處於與外界隔離的狀況，若遇到設備故障或通訊異常，往往無法即時獲得設備廠商或岸上技術人員支援，因此測量人員需具備獨立判斷與排除問題的能力。實際上，執行遠洋測量任務時，測量隊除了測量組，往往會設置專責的「電子組」負責硬體維護與整合，可見其專業性與關鍵性。

⁵ RINEX：GNSS 資料標準交換格式

⁶ 加拿大使用之離距模型為最大潮低潮位（LLWLT, Lower Low Water, Large Tide）模型相對於參考橢球體之橢球高

(1) 理論授課內容：通訊協定 (Communication Protocols)、連接與硬體 (Connectors & Hardware)

A. 通訊協定

在硬體通訊中，資料傳輸可依傳輸量與需求分為「串列通訊 (Serial)」與「網路通訊 (Network)」。

若傳輸的是大量資料，如多音束聲納，通常使用網路通訊，此方式可附帶 UTC 時間標記 (UTC time tag)；而如 GPS 這類資料量較小的設備，則常使用串列通訊。

串列通訊的基本參數有 6 種，包括：連接埠 (COM Port)、傳輸速率 (Baud Rate)，接收方與傳輸方須在相同傳輸速率上、每組資料的資料位元 (Data Bits)、停止位元 (Stop Bits)、用於檢測傳輸錯誤的奇偶校驗 (Parity)、流量控制 (Flow Control)。

網路通訊部分，主要分為兩種協定：TCP (Transmission Control Protocol) 與 UDP (User Datagram Protocol)。

TCP 為點對點 (unicast) 連線，具有錯誤檢查機制，能保證資料百分百傳輸，但速度相對較慢；而 UDP 除了支援點對點，也支援廣播與多點傳輸 (multicast)，傳輸效率高，但不保證每個封包都能傳達成功，因此可能遺失部分資料。

TCP 與 UDP 均需設定 IP 位址，但 UDP 還需指定分開的讀寫埠號 (R/W ports)。各儀器之 IP 設定通常可在操作手冊上看到，如需讓電腦與裝置位於相同網段，須手動設定 IP。

B. 連接與硬體

在不同的串列通訊標準中，RS232 最常見，長度小於 30 公尺；RS422 使用四條線，長於 100 公尺適用深水環境，支援全雙工 (full-duplex) 且為點對點通訊；RS485 則使用兩條線，為半雙工 (half-duplex) 並可支援最多 32 個裝置同時連接 (multi-drop)。

實務上經常會使用 USB 轉串列轉接器 (USB to Serial Converter) 或 RS232 轉 RS422/485 轉換器，但轉換器有可能造成時間延遲與資料同步問題，建議可使用內建或擴充的串列卡 (Serial Card) 提高穩定性。

常見的連接器包括九針接頭 (DB9) 與網路接頭 (RJ45)。

DB9 可使用直通線 (Straight-through cable) 或交叉線 (Null modem cable) 連接設備；RJ45 則依照接線方式分為 T568A 與 T568B 兩種標準，需配合設備與網路架構選用正確的方式。

實際外業時，硬體維修的工程師工具箱中應包含基本焊接工具、熱風槍、RJ45 壓接工具組、壓接鉗、線材尋線與標示器 (Cable Identifier & Finder)、絕緣樹脂 (Electrical Insulating Resin)、萬用電表與絕緣測試儀等。

(2) 實務演練：以實際線材與接頭處理為主

學員操作 DB9 接頭的針腳（pin）與導線鋁芯線之焊接與拆解清理，並透過傳輸測試確認接線品質。並練習 RJ45 接頭之壓製作業，需依 T568A 或 T568B 標準正確排列色線，方能確保資料正確傳輸。課程亦安排學員透過軟體檢視 GNSS 接收器設定之傳輸速率（Baud Rate）及連接埠號設定，強化對通訊參數設置與驗證之實務理解。此外，另一種檢驗方式則是透過電腦終端程式進行測試與確認，常見的工具為 HyperTerminal⁷，本次課程則採用 Tera Term⁸。

4. 船舶基本安全研習課程

由已退休船長教學救生衣穿法、船上安全設備介紹、天氣預報使用方法、當人員落海時救生圈的使用方法、進出港口以電話或無線通報船舶交通服務機關，包含船上人員數量以防救難時確保支援人數，以及各種繩索打結方式等。

5. 海圖識讀研習課程

本研習課程目的為強化學員對紙海圖之閱讀、操作與測量技能，確保在電子導航系統失效或無法使用之情境下，仍能透過傳統方法維持基本航行與定位能力。雖然現代測量船多依賴 ECDIS（Electronic Chart Display and Information System，電子海圖顯示與資訊系統）及電子海圖進行導航與定位，但 IHO S-5B 標準當前仍規定課程要求測量人員具備紙海圖操作的能力，以應對電子設備失效或特殊作業需求。隨國際海道測量組織（IHO）S-100⁹系列產品標準之演進，講師提及後續將可能調整為 S-57 或 S-101 格式電子航行圖之識讀。課程設計兼顧理論知識與操作演練，內容涵蓋圖資基本元素、符號系統、比例尺運用、定位方法與航跡規劃等，幫助學員在野外測量時能靈活應用。

課程首先介紹各種助導航標之分類及判讀航行方向，世界航標系統共分為 IALA A 與 B，航行時需確認所在位置，用以確認航行方向，如美國、加拿大及臺灣皆為 IALA B，由出海口至上游時航道上之航標需為左綠右紅。

航標共分三類：

- A. 側面浮標（Buoy Lateral）：用於標示可航行範圍兩側。
- B. 基點浮標（Buoy Cardinal）：標識避開危險水域之可航行方向，例如東、西、南、北向。
- C. 特殊用途浮標（Buoy Special purpose）：標示危險水域、潛水區域、氣象浮標等特殊用途。

⁷ 早期 Windows 內建的終端機模擬程式，現已停用。

⁸ 常用的免費終端機模擬軟體，支援序列埠、SSH 等通訊協定。

⁹ IHO 開發的一個通用框架標準，規範未來所有數位化水文產品和服務的開發。

課程亦提到因航行不同區域會有不同的磁偏（傾）角，介紹海圖真北、磁北、羅盤北之間的轉換方式，確認航行路線及位置與現況相符。

實務演練透過分組完成判讀紙海圖之小考題目，例如圖名、圖號、發行及更新日期、基準、單位、比例尺等；透過圖上緯度 1 分等於 1 海浬來量測相關圖示距離以規劃航線；以及透過圖上三點航標或地標位置及方位，於圖上繪製線段交點，確認船舶位置。

6. 單音束測深資料後處理

針對上週使用無人船（ASV）搭載 HydroBall 進行之單音束測深資料，後處理作業主要透過 CIDCO 自行開發單音束測深資料的解算軟體 Depth Star 完成。

首先，以 RTKlib 或 Emlid Studio 等軟體處理 GNSS 觀測資料，將原始檔案轉為 RINEX 檔，以動態後處理（Post-Processed Kinematic, PPK）模式解算，以獲得可靠的定位成果。隨後將定位成果與聲納資料結合，輸入至 Depth Star 軟體中處理。處理過程中特別比較兩種水位化算方式而得的相對海圖基準之深度成果：一為 ERS（Ellipsoidal Reference Survey，橢球基準測量）使用離距模型（SEP）進行化算；一為 WLRS（Water Level Reference Survey，水位基準測量）採用永久潮位站之觀測資料。

7. 靜態校準（Static Alignment）實作練習——內業處理練習

練習計算無人船（ASV）搭載多音束測深系統中各儀器的整合參數、軸臂（lever arm）。包含多音束聲納（MBES）、慣性測量單元（IMU）、前後兩部全球定位系統（GNSS）接收機、船隻重心之相對位置。處理流程為將前一週以全測站獲得的觀測資料輸入 Scilab 程式，透過計算轉換矩陣建立各儀器間的相對幾何關係，並以聲納中心作為整體無人船（ASV）的參考原點。計算要點如下：

- （1）統一坐標系統：以船頭方向為正 X 軸、右舷方向為正 Y 軸、垂直向下為正 Z 軸，確保各儀器參數定義一致。
- （2）數據轉換與輸入：全測站測得的軸臂（lever arm）數據需依上述坐標系統，分門別類（依據不同儀器間、及各儀器自行的參數，參照各儀器說明書）轉化為正確的 XYZ 方向，再分別輸入至 Scilab 程式，計算 IMU 至多音束聲納及 IMU 至兩個 GNSS 天線之轉換參數。

成果驗證及精度分析：比較由兩個 GNSS 天線中心連線（前後佈設於船首與船尾）所定義之基線，與 IMU 測得之 X 軸方向（聲納中心指向船頭），其差異應控制於毫米等級，可以顯示靜態校準的精度也在毫米等級。

（三）第三週（114/06/23 至 114/06/27）

在第三週課程中，CIDCO 公布了「綜合最終實地專案 (Comprehensive Final Field Project, CFFP)」，並正式開始相關的測量工作。這個為期五週的專案，主要是要把前兩週學到的理論和實務技能全部串起來，模擬一個真實的港口水文測量任務。

CFFP 的目標是讓學員能自己規劃、執行，並完成一整套水文測量流程，包括資料蒐集、處理、品質檢查到成果產出，全部都要依照「水文作業指令 (Hydrographic Instructions, HI)」來執行。學員以小組方式進行，每組 2 個人，負責大約 0.2 平方公里的調查區域，整體調查範圍涵蓋加拿大裡穆斯基港 (Port of Rimouski) 和進港航道。

這個專案模擬的是港口在疏浚工程前的調查需求。由於 Bas-Saint-Laurent 與 Gaspésie 港務局 (SPBG) 關注港區泥沙淤積造成的航行與經濟影響，因此需要重新繪製海圖 (Nautical Chart 1236)。所以除了水深測量之外，還要做側掃聲納 (Side Scan Sonar, SSS) 調查，辨識水下障礙物，同時也要測港區周邊的基礎設施位置。

這次調查會用到的技術包括：以多音束測深系統 (MBES) 為主要工具，淺水區再用單音束 (SBES) 輔助；側掃聲納 (SSS) 用來找水下物體；潮位修正同時採用傳統潮位站和橢球基準以離距模型改正的方法；定位則結合即時動態定位 (RTK) 和動態後處理 (PPK)。另外還需要做靜態校正和動態校正疊合測試，整個調查會依據 IHO 的 S-44 專等 (Exclusive Order) 規範來執行。最後的成果要包括測深圖 (2 公尺間距等深線)、地形圖、側掃聲納拼圖、偵測物體清單，以及處理後的 CARIS 軟體格式測深面 (csar)，每位學員還要繳交完整報告並進行口頭簡報。

專案開始後，學員們首先在佩爾角 (Pointe-au-Père) 進行多音束的動態校正疊合測試 (Patch test)，檢查並修正多音束與慣性測量單元 (IMU) 之間的姿態誤差。課程中老師也示範了如何將無人船 (ASV) 上的各種儀器串接起來 (包含 GNSS、IMU、MBES、SVP 等)，並說明如何依據軸臂 (lever arm) 測量結果來進行系統整合。接著，學員分組實際操作，把各感測器整合到同一參考框架之下。

這個過程讓大家發現，光有理論知識是不夠的，真正難的地方在於實作細節。像是接線、通訊協定設定、時間同步和坐標轉換這些環節，只要有一點小誤差，最後的成果就可能出問題。

整體來說，第三週的課程就是從暖身練習正式走向「專案啟動」。透過 CFFP 的公布與執行，學員不只對專案的全貌有更清楚的認識，也開始體驗到跨系統整合的挑戰。這讓大家從學單一儀器，進一步跨到整合整個專案系統，為後面幾週更密集的工作打下基礎。

(四) 第四週 (114/06/30 至 114/07/04)

第四週由 CFFP 前置資料蒐集與準備開始，包含控制測量規劃、測線規劃，需要知道測區水深情況、合約需求等級、天氣與潮汐預報，決定主測線間距及檢核測線間距。原則上單音束主測線垂直等深線，以呈現坡度變化及最小化搖擺角 (Roll) 造成誤差；而多音束主測線以平行等深線為原則，減小地形變化產生的誤差，以及簡化測線規劃作業，因深度不同將有不同的測線間距。

外業部份執行單音束水深測量、多音束測量系統校準及設備整合。

1. 單音束測量與檢校板 (Bar check) 校正

(1) 檢校板校正

檢校板校正是驗證與校正單音束測深儀水深讀值的基本方法。其核心概念是利用已知距離 (人工尺量的深度) 對照聲納所測得的深度，建立修正方程式，以確認測深儀讀值是否正確，確保精度符合作業要求。在實施檢校板 (Bar check) 校正前，必須先量測當地的聲速剖面，並作為後續聲速校正依據。因為聲速會隨水溫、鹽度與深度變化，進而影響測深結果。

操作步驟為：將一塊金屬檢校板以已知長度之鍊條懸吊於測深儀正下方，形成固定且已知的垂直距離 (例如 0.66 公尺、0.76 公尺等)，並放入水中。測深儀於此狀態下進行量測，透過逐步調整鍊條長度，取得一系列回報的水深數據。接著比對實測距離與儀器回報深度，建立對照表或推導線性修正方程式。

此程序可補償如聲速誤差、設備安裝偏差、時間延遲等誤差來源，使整體測深資料更加精確，是任何高精度水深測量作業前不可少的校正步驟。

(2) 單音束測深

本次測量區位於遊艇港內下水坡道 (launching ramp)，水深僅 1 至 2 公尺，無法以多音束進行測量。因此，作業選擇以簡易無人船 (ASV) 搭載 HydroBall 進行坡道區域單音束水深測量。HydroBall 理論上可測量至 0.1 公尺淺水區，但實際受限於水深過淺，為避免船隻可能擱淺或儀器撞擊損壞。對於極淺區域，改以人工手持即時動態定位 (RTK) 測量補足，並與無人船 (ASV) 測得資料重疊區比對，以確認數據品質與一致性。建議單音束在高潮位時測量、RTK 在低潮位時觀測，將可以得到最多的重疊資料。

另外，無論測區鄰近是否已有全球定位系統 (GNSS) 連續站，仍建議另行設置 GNSS 基站，以避免因連續站資料缺失造成測量中斷或定位不穩定，確保整體測量成果可靠。

2. 多音束靜態校準與電子設備整合

(1) 多音束靜態校準

在正式實施水深測量前，須先完成多音束測量系統的靜態校準。首先依據操作手冊，確認各儀器的參考點（reference point）位置。外業時，將船隻拖離水面架高，以全測站測量船隻上搭載之多音束聲納、慣性測量單元（IMU）、全球定位系統（GNSS）天線等儀器間相對角度距離，並同時計算各儀器之間的角度與空間關係參數。另需測定船隻旋轉中心（COG）以及船隻吃水參考點。

所有測量結果須統一至相同坐標框架下進行整合，慣例上以船頭方向為正 X 軸、右舷方向為正 Y 軸、垂直向下為正 Z 軸。經由此步驟，能獲得各儀器間之精確位置與相對關係，作為後續數據處理與校正之依據。

(2) 電子設備整合

進行多音束測深系統設備整合時，需將船隻搭載的各項觀測設備（慣性測量單元、多音束聲納、全球定位系統、電腦以及即時水深處理軟體）依序連接，並於系統中輸入先前靜態校準所得的軸臂（lever arm）。

在本次課程中，在電子設備整合步驟曾遭遇多次不順利，例如船載工作站電腦故障，花費約半天進行檢查，最後確認問題為電腦記憶體不足。老師提醒，水深測量員在實際作業中常會遇到類似設備或系統問題，因此必須具備即時診斷與排除故障的能力，才能確保測量工作持續且可靠地進行。

(五) 第五週（114/07/07 至 114/07/11）

第五週的課程安排在加拿大裡穆斯基港（Port of Rimouski）的進出航道進行多音束水深測量。該航道為南北向，為了提升作業效率並減少轉彎次數，有學員建議將航道分為東、西兩個區塊，由兩組學員分別進行測量。此舉的考量在於船舶於轉彎時，資料往往容易受到姿態變化與航向不穩定的影響而產生品質較差的資料，因此透過有效的測線規劃可以有效降低誤差風險。

在正式開始作業前，我們首先確認所有儀器與系統的連接是否正確，並完成時間同步設定。同時，也必須確保全球定位系統（GNSS）與慣性測量單元（IMU）能夠於測量前即開始記錄，以便在後續多音束測量資料中，每個時間段都能對應到精確的位置與姿態資訊。

第一天（7 月 7 日）的作業由另外兩位同學率先進行。不過在初始設定上花費了不少時間，且過程中也遇到無法讀取聲速剖面（SVP）資料的問題。而午休後又接獲船長通知，因故無法繼續協助下午的測量，導致尚未完成的測區只能延後至第二天處理。

吸取前一天的經驗，我們在第二天（7 月 8 日）攜帶了兩種不同品牌的 SVP 儀器，作為備援方案，以避免再度發生資料無法讀取的情況。這一天的測量分

為上午與下午兩個時段，分別由兩組學員進行，整體流程順利且成功完成了航道的測量任務。

後續三天的課程則聚焦於資料後處理。我們主要使用 CARIS HIPS and SIPS 軟體進行多音束資料的靜態校正成果建立船隻資料（vessel file）與處理動態校正疊合測試（Patch test）資料，包括姿態誤差（Roll/Pitch/Yaw）、以及多音束聲束指向（Beam Angle）等參數的修正。這些校正過程不僅提升了資料的品質與可靠性，也讓我們體會到在多音束測量中需要同時考量設備設定、環境條件、資料處理等多個面向，才能確保最終成果的正確性與一致性。

另外老師也在這週進一步講解了無人船（ASV）的整合應用。我們學習如何將無人船與多音束系統及定位儀器進行結合，並瞭解其在近岸測量或港區作業中的優勢。如可以無礙地在淺水區進行測量，及消除租用或購買船隻等成本門檻

第五週的學習兼具理論與實務，從現地測量、問題排除，到後續的資料校正與新技術的應用，都讓學員更加熟悉多音束測量的完整流程，也體會到專業水深測量作業中「計畫、執行、檢核」三者環環相扣的重要性。

（六）第六週（114/07/14 至 114/07/18）

第六週原預計為資料處理周，處理上週測量得到的各式 CFFP 水文資料，進行解算及產品產製。但因為前幾周外業時遇到不少突發狀況，多花了時間解決問題，致部分外業仍未完成，因此本周除了龐大的內業工作，另有無人船搭載多音束測量及側掃聲納測量外業。

1. 無人船（ASV）搭載多音束測深儀測量

本實作原非課程計畫內容，老師額外安排我們練習整合無人船搭載多音束測深系統。由於無人船吃水較淺，能夠進入淺水區域測量，因此選擇於下水坡道（與單音束相同測區）進行實測，並比較多音束與單音束測深成果。

在練習無人船搭載多音束測深儀測量過程中，我們再次練習了靜態校準、電子設備整合、外業水深測量以及資料後處理等步驟。過程中再次遇到電子設備整合問題，經過一整天的問題排查，才確認是整合階段將慣性測量單元（IMU）軸向設定顛倒，導致定位成果異常。此經驗顯示水深測量作業的複雜性，即使僅是小小錯誤或故障，也需耗費大量時間才能找出問題。

測量完成後，將無人船（ASV）搭載多音束的測深成果與搭載 HydroBall 的單音束測深結果進行比對，整體約有 8 公分差異。此誤差不小，但仍符合本次測量所需之精度標準，亦在 HydroBall 儀器規格精度範圍內。

2. 側掃聲納測量

依照 CFFP 計畫，在港區東側碼頭外海域進行側掃聲納測量，測量時間約為 1 小時。本次作業使測量船 *FJ Saurcier*（同航道多音束測量），於左舷安裝 StarFish 側掃聲納，搭配全球定位系統（GNSS）天線接收儀（側掃聲納測量不需太高精度的定位，因此未使用 IMU）。

資料處理使用 SonarWiz 軟體，流程包含：資料匯入、底部追蹤（bottom tracking）將斜距轉換為水平距離、調整影像亮度參數（BAC、AGC、EGN、UGC 等），並進行特徵物標註與量測。

3. 航道多音束水深測量—資料處理

處理前一週多音束測量的資料。本次 CFFP 航道測區共完成 17 條測線，資料處理流程包含導航資料整合、船隻檔設定、水深資料空間定位（georeference）、點雲雜點清理與網格化、品質檢核（QA, Quality Assurance / QC, Quality Control）、成果網格及等深線產製。

（1）導航資料整合

先用 Delph INS Apps 軟體將全球定位系統（GNSS）與慣性測量單元（IMU）資料整合，產製導航資料（SBET）與每筆資料的誤差估計值（RMS）檔。分析後發現有些測線的 SBET 品質不佳，因此在 CARIS 處理時，那些測線改回用船載導航資料；其餘則正常使用 SBET 成果。

（2）使用 CARIS Hips and Sips 軟體進行水深資料處理

在船隻檔中輸入先前校準得到的儀器間距、吃水深、安裝偏差角（boresight angles），以及各儀器的誤差參數。再匯入導航資料與聲速剖面，並搭配潮位或離距模型（SEP）做深度化算。資料清理時手動剔除雜點，再用 CUBE 演算法生成 25 公分解析度的水深網格，最後輸出等深線與成果圖面。

（3）成果檢核與精度

利用 CARIS 軟體「Line QC」功能進行精度分析，由主測線產製基準面，分析檢核測線的各音束測量結果與基準面的差異，進而得到精度分析。本次測量結果於橢球基準測量（ERS）化算方式下的不確定度約為 5 公分，水位基準測量（WLRS）則約為 13 公分，兩者皆符合 IHO 專等標準（ ≤ 16 公分）。橢球基準測量（ERS）的表現較佳，主要差異來自於潮位修正方式。

（七）第七週（114/07/21 至 114/07/25）

這一週的重點主要放在資料處理與成果彙整。我們依序整理並分析了前幾週所蒐集的各類資料，包括在下水坡道區域所取得的單音束測深（SBES）與無人船（ASV）多音束測深（MBES）資料、裡穆斯基港（Port of Rimouski）進出航道的 MBES 資料，以及碼頭區域的側掃聲納（SSS）影像。透過這些資料的

整合與比對，不僅讓我們更加熟悉各種測量方法的特性與限制，也能檢視不同工具在實務應用上所呈現的差異。

除了資料處理之外，我們同時投入時間撰寫書面報告，並著手準備最終的期末口頭報告。口頭報告安排在最後一天舉行，評分委員陣容相當正式，除了 CIDCO 主任與兩位授課老師外，還特別邀請了加拿大漁業與海洋部（Fisheries and Oceans Canada, DFO）的主管擔任審查委員，為整個學習成果增添更多專業與權威性。

而在處理資料期間，CIDCO 人員安排了影片拍攝。每位學員各進行約 1 分鐘的影片拍攝，從簡短的自我介紹開始，說明為何選擇參與 CIDCO 的 Cat-B 課程，以及課程本身有哪些值得推薦的特點。而這影片主要是 CIDCO 作為招生使用，除了放上官網（<https://cidco.ca/en/education-and-training/category-b-course/testimonials-faqs>），也放到其主要社群媒體 LinkedIn，用以讓預計報名的學員有更多的參考資源。

在期末報告流程的安排上，老師特別指定由我國學員擔任首位發表者，以展現我們在課程中的成果與努力，接著再依序穿插其他國家的學員。我國兩位學員則分別擔任第一位與第三位報告人。每位學員的簡報時間規劃為 15 分鐘，並在結束後安排大約 5 分鐘的問答。問答過程除了檢視學員對課程內容的理解與掌握程度外，也提供了一個與專家進行技術交流的寶貴機會。

在所有發表與討論結束後，CIDCO 招待學員們與 CIDCO 成員一同共進午餐，氣氛相當輕鬆愉快，也為整個密集的課程畫下了一個充實而溫馨的句點。

肆、心得

一、水深測量涉及多項環節，透過實務演練瞭解外業過程對成果的重要性

此次出國學習過程，從老師的課程講解與實務指導開始，逐步帶領學員熟悉各種水深測量技術，並實際操作完成多音束、單音束及側掃聲納等成果。課程設計強調完整的專案流程訓練，讓學員體會水深測量並非單純資料蒐集，而是涵蓋外業前準備、現場執行與後續資料分析，每一環節皆直接影響成果品質與可靠性。相較之下，國內目前仍缺乏具系統性的水深測量專業課程，即使是從事水深測繪的單位與廠商，也多依經驗傳承，缺乏標準化的作業訓練。此次課程內容完整，涵蓋外業規劃、資料蒐集、成果檢核與品質管理，對我國建立水深測量訓練體系具有高度參考價值。

在外業階段，我們學習挑選合適儀器與測量模式、進行靜態與動態校正，並整合各項感測器以確保系統同步運作；作業過程除依測線規劃蒐集資料外，亦須留意天氣、潮汐與環境變化，妥善記錄作業狀況；外業完成後，則投入大量時間於資料處理與品質檢核，包括點雲檢視、雜點剔除、測線疊合與成果拼製。

對照臺灣電子航行圖中心的工作職掌，目前我們主要負責蒐整周邊海域水文調查資料，透過品質檢核（QA/QC）流程，將其他單位提供的水深測量成果進一步處理，包含人工剔除雜點、判釋水下特徵物，最後轉製為符合國際規範的水深物件，用以提供電子航行圖（ENC）更新之用。然而實務上這些資料往往在品質檢核過程中出現問題，需與外業測量團隊持續溝通調整，才能確保成果可順利採用。

經過此次實務訓練，不僅更清楚理解點雲雜點產生的可能原因，也能判斷不同測線未能疊合的成因，進一步將外業觀測與內業處理連結起來。特別是在與老師和其他國家學員交流過程中，學習到多種處理方式與技術經驗，這些收穫不僅強化了自身對水深測量流程的理解，也為未來執行資料檢核與品質把關提供更多技術參考與改進方向。

二、參與 Cat-B 專業課程，體認水深測量人才培養不易

CIDCO Cat-B 課程採混成學習方式，除了 7 週在加拿大裡穆斯基（Rimouski）的實體課程，還包含此前長達 33 週的理論學習課程。雖有目前已有許多國家提供經 IBSC 認證的 Cat-B 課程，但並非所有課程都像 CIDCO 一樣，提供長時間的遠距教學與完整的學習規劃。對我國人員而言，這樣的安排可在不影響原本工作崗位的情況下兼顧專業進修，因此最終選擇報名參與此課程。

在申請資格方面，課程規定學員需具備測量、測繪或相關專業的學位或技術文憑，並需提供水文測量相關工作經驗的佐證紀錄。由於課程設計中包含大量外業測量實習，受限於場域環境與師資人力，每梯次僅能錄取六位學生。在報名後該課程導師透過視訊的方式與我方進行面試，同時告知本課程申請人數眾多，有可能會安排到下一年度

的課程。然而很幸運地，我國兩位學員都能在首次報名就成功錄取，得以在同一梯次中參與訓練。

進入實體課程後，挑戰不僅是語言上的溝通，更在於如何將先前遠距課程所學的理论，應用於現場操作。從外業規劃到資料獲取與成果處理，每一環節都必須謹慎執行，任何細節的偏差都可能影響最終品質。而在學習過程中，遇到問題時必須勇於提出疑問，方能獲得立即的指導，避免因誤解而影響後續操作或成果品質。課程設計需在戶外長時間作業，這不僅考驗專業技術能力，也對體耐力與對不同氣候環境的適應提出高度要求。尤其對來自臺灣的學員而言，加拿大東部沿岸的作業環境與國內截然不同，更增添挑戰性。

水深測量屬於跨領域專業，涉及測量學、水文學、航海科學、地球科學、水下聲學乃至電子整合技術等多方面知識。除此之外，並需能在實務上克服長時間乘船作業所帶來的暈船與體能挑戰。這樣高強度與高標準的培訓，不僅凸顯出水深測量專業養成的艱鉅，亦讓學員深刻體會人才培養與留任並非易事。透過跨國學習與實務演練，不僅能提升專業技術水準，也累積了與國際專業人員交流的寶貴經驗，對未來推動我國水文測量及電子航行圖相關工作將帶來長遠助益。

三、 透過與其他國家專業人員交流，獲取寶貴經驗與拓展人脈

此次參與 CIDCO Cat-B 課程，不僅是專業知識與技能的培養過程，更是一個與不同國家專業人員交流、互相學習的重要契機。在這段學習旅程中，有幸與來自不同文化與專業背景的師生共同切磋，過程中所獲取的寶貴經驗與人脈資源，無疑是未來專業發展的重要助力。

課程由兩位資深講師授課，分別來自摩洛哥與突尼西亞，他們不僅具備深厚的專業知識，也結合自身的研究與實務經驗，讓我們在學理與應用之間建立起清晰的連結。除此之外，實體課程中有來自不同國家的學員參與，扣除我國人員外，尚有兩位國際學員：一位來自美國，另一位則來自塞內加爾，目前定居加拿大，兩位皆任職於當地民間公司。來自美國的學員以地球科學為學術背景，長期在五大湖區域從事海道測量工作，熟悉地層剖面探測，並對測掃聲納資料的獲取與後處理具備深刻見解。他的分享讓我們對水下地質構造與探測技術有更全面的認識，也加深了對不同應用場域需求差異的理解；來自塞內加爾的學員則與我們一樣具備土地測量與空間資訊的背景，並且曾在 CIDCO 任職，對課程內容相當熟悉，且擁有豐富的實務經驗。在資料處理的過程中，他展現出高度的效率與完整性，充分顯示其專業能力的紮實與成熟。

在課程實作中，由於大家學習背景與工作經歷各異，使我們能從不同角度看待相同的問題。實際交流後發現彼此在技術掌握上並無明顯差距，然透過比較不同軟體工具與資料處理流程，大家仍能分享使用經驗與操作心得，進而對流程優缺點有更全面的理解。這樣的跨國交流，不僅驗證了自身的專業能力，也讓我們意識到專業發展若能結合多元視野，仍可激盪出新的想法與啟發。

伍、建議

一、參考 CIDCO 水深資料品質控制 (QC) 流程，精進我國作業方式

本次課程中，CIDCO 所示範的水深資料品質控制流程，從規劃檢核測線、儀器靜態校準、動態校正疊合測試、外業測量到內業處理，每一步驟皆有檢驗機制，並可計算該項測量的精度範圍，以確保成果品質。其最終產品的水深資料品質，是透過 CARIS「Line QC」功能來評估檢核測線與主測線重疊區域的差異，做法是將主測線測得的水深資料做為基準面，將檢核測線每一條音束測得的成果與基準面比較，輸出均值、標準差等統計值，並生成圖表幫助檢視，檢查水深資料是否一致，判斷數據是否符合 IHO S-44 精度標準。

相較之下，我國現行檢核國土測繪中心年度水深測量作業案時，方式略有不同，係由檢核測線生成基準面，再與主測線比較。由於一般主測線成果，測帶之間會有重疊資料，若是用 CIDCO 的方式檢核，將可能在將主測線資料轉為基準面時，概略化了重疊的部份。因此若調整以檢核測線作為基準面，將能檢查出更多差異，檢核強度更高，有助於得到更優質的水深資料，在後續 ENC 中心做水深資料處理時，減輕工作負擔，加速製圖效能，使整體工作流程更有效率。

另外，CIDCO 在佩爾角 (Pointe-au-Père) 附近也有提供參考水深基準面 (Reference Surface) 讓學員外業時測量，做為 QA/QC 的依據。其水深和 CFFP 的測區相近，為一個被重複測過、可信度高的「標準海底地形模型」，用來當作水深的真值基準。雖然這個概念很理想，但是此作法在臺灣短期內或許不易直接複製，因為我國周邊海域地形多變、深度差異大，不易找到穩定且深度適合各測區的合適區域。

水深先驗精度的部分，CIDCO 也會由年度室內檢校完成，室內檢校是將測量船置於可控環境下的水槽中，在無浪的室內檢校場測量，針對儀器本身精度進行評估。由於為一年一度的檢校，本次課程未實作，僅由講師及同學口述分享。

建議未來可將這類檢核方法正式納入我國作業流程，如水深測量作業規範、水文作業指令等，改善測量廠商提交的資料品質，讓不同測量專案能達到一致的品質要求，進一步提升臺灣電子航行圖及後續資料加值應用之效能。

二、培育我國水深測繪專業人才，相關海測課程納入教育訓練

水深測量和海圖製作是複雜且技術性的領域，需要整合多層面的專業知識及技能。有別於陸域的光學測距技術，水深測量多為聲納反射。測量技術不同加上傳播介質為水體，相較於穩定的大氣，受氣象、水流、溫度、鹽度、潮位等影響顯著，需進行更多數據校正以取得準確成果。此外，實務上還需考慮測繪載具運動、各式儀器整合的影響。因此辦理海道測量必須具備除陸域測量外之其他專業，如地球航海科學、水下聲學、水位和流等專業知識，並累積充足實務經驗方能應付各種突發狀況。

建議除本中心同仁應持續精進相關海測知識，有助後續水深資料處理及海圖製作上，有效增加判讀資料及應用的能力。同時，因應我國政策向海發展，海域測繪業務需求增加，建議將 CIDCO Cat-B 課程內容納入國內相關教育訓練，提升業界測量品質，並研擬與具相關師資及設備之教育機構合作，研議辦理海道測繪及實作課程，系統性培養海測專業人才，滿足日益增長的海域測繪需求，提升海域測繪整體能量及品質。

三、 研議我國水深測量專業人員認證制度

目前我國尚無海道測量專業技師，現行多由測量技師主導相關業務，惟該專業資格考試科目偏重陸域及航空測量，與海測實務結合有限，因海、陸域環境差異，造成業者良莠不齊，影響測量成果品質，導致後續資料使用及整併困難。另水深測量專業人員培養不易且供不應求，國際上，各國訓練好的人力常常在業界待不到十年就流失到其他市場（特別是需長期待在船上的外業人員）。

為解決上述問題，除了加強教育及實務訓練，建議未來建立我國水深測量專業人員認證制度，以確立專業標準，確保人員具備必要素質，提升測量成果品質，並提供海測產業人力保障及支持，以減少專業人力外流，健全我國海測產業發展，促進國家航行安全與海洋經濟發展。

陸、課程參與照片



圖 1、CIDCO 外觀



圖 2、CIDCO Cat-B 導師介紹相關儀器設備



圖 3、CIDCO 研究人員展示即時獲取船載單音束測量水深的畫面

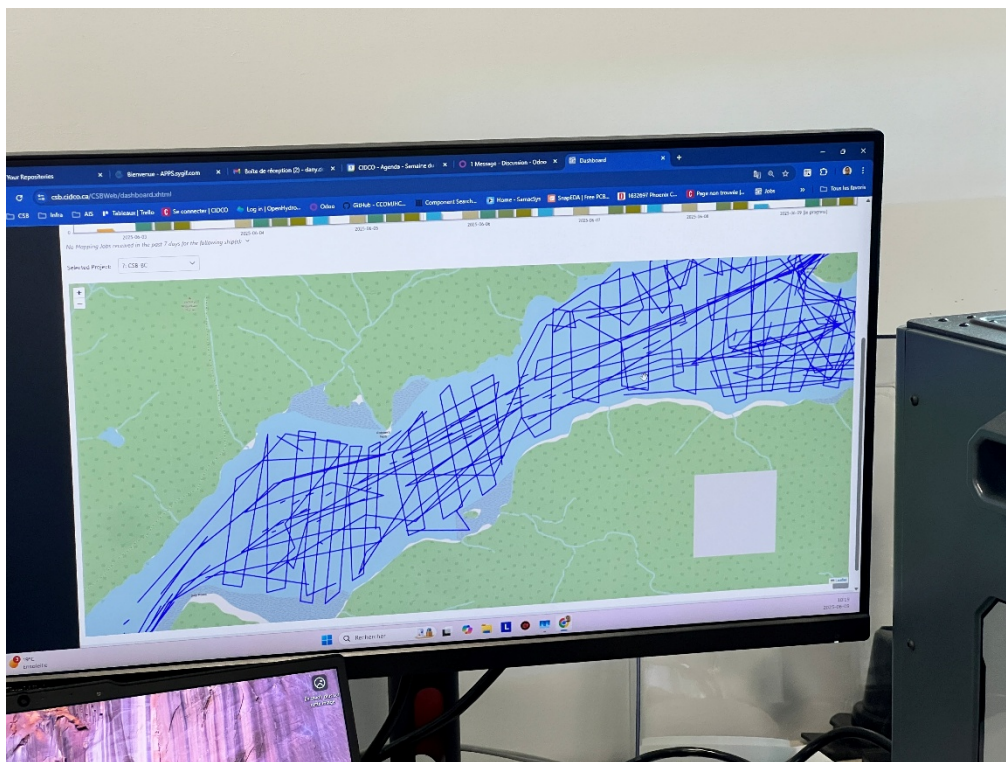


圖 4、統整獲取水深介面



圖 5、測量前使用清單向設備管理人員索取儀器



圖 6、無人船（ASV）搭載儀器介紹



圖 7、無人船（ASV）底下裝載多音束測深儀並貼有校準標籤



圖 8、對無人船（ASV）進行軸臂（lever arm）靜態校準測量



圖 9、自設壓力式潮位計



圖 10、以水準儀測量自設潮位站高程



圖 11、投放聲速剖面儀（SVP）



圖 12、使用 HydroBall 進行潮位觀測



圖 13、CIDCO 地圖用圖釘標計來自世界各地參與人員



圖 14、CIDCO 測量船上的測量儀器配置

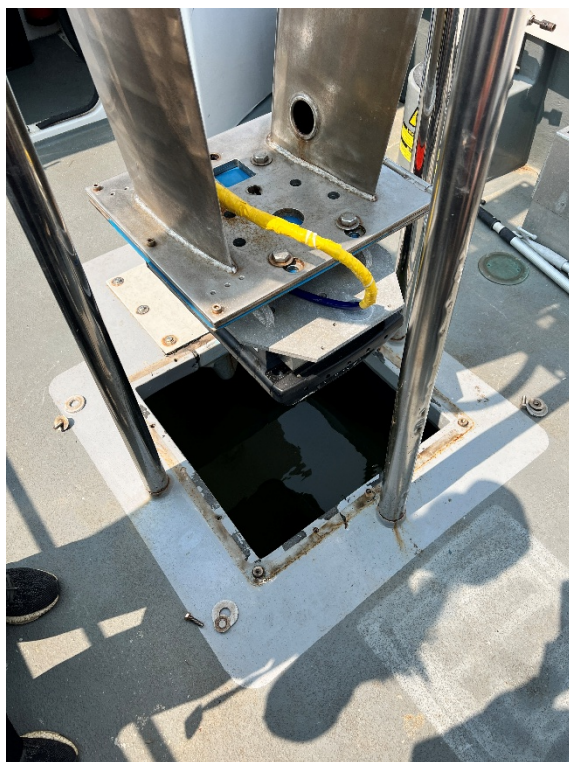


圖 15、CIDCO 測量船設計月池（moonpool）放置測量中的儀器



圖 16、老師說明進行多音束測深時的軟體操作



圖 17、電子設備研習課程（electronic workshop）教學



圖 18、電子設備研習課程（electronic workshop）實作



圖 19、海圖識讀研習課程（Chart reading workshop）



圖 20、船舶基本安全研習課程（Basic safety workshop）



圖 21、無人船搭載多音束系統整合教學



圖 22、練習透過電腦設定無人船搭載多音束之系統整合



圖 23、練習操作無人船搭載 HydroBall 進行港內測量



圖 24、即時動態定位（RTK）測量下水坡道水深極淺處



圖 25、CIDCO 測量車與測量船



圖 26、對測量船進行軸臂（lever arm）靜態校準測量



圖 27、進行靜態校準測量時於船底多音束測深儀擺放稜鏡



圖 28、以檢校板（Bar check）檢校單音束測深儀 HydroBall

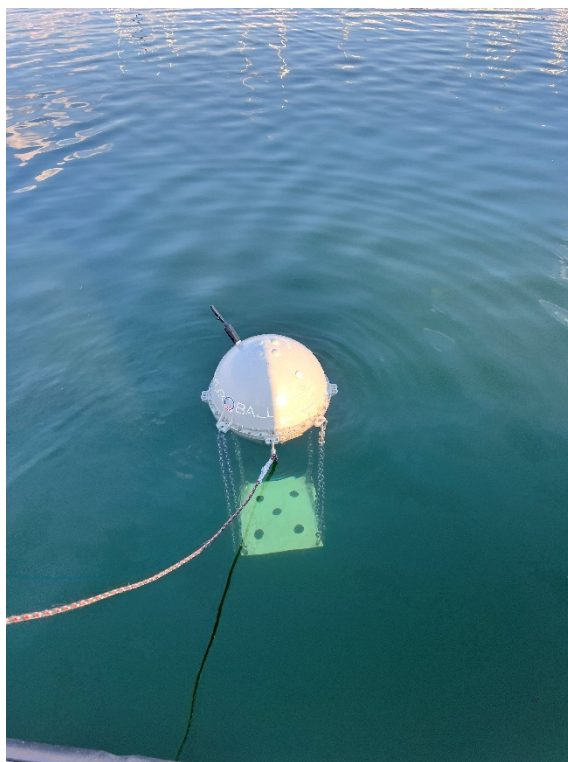


圖 29、以檢校板（Bar check）檢校單音束測深儀 HydroBall



圖 30、實作船載多音束測深



圖 31、執行多音束測深時與船長溝通

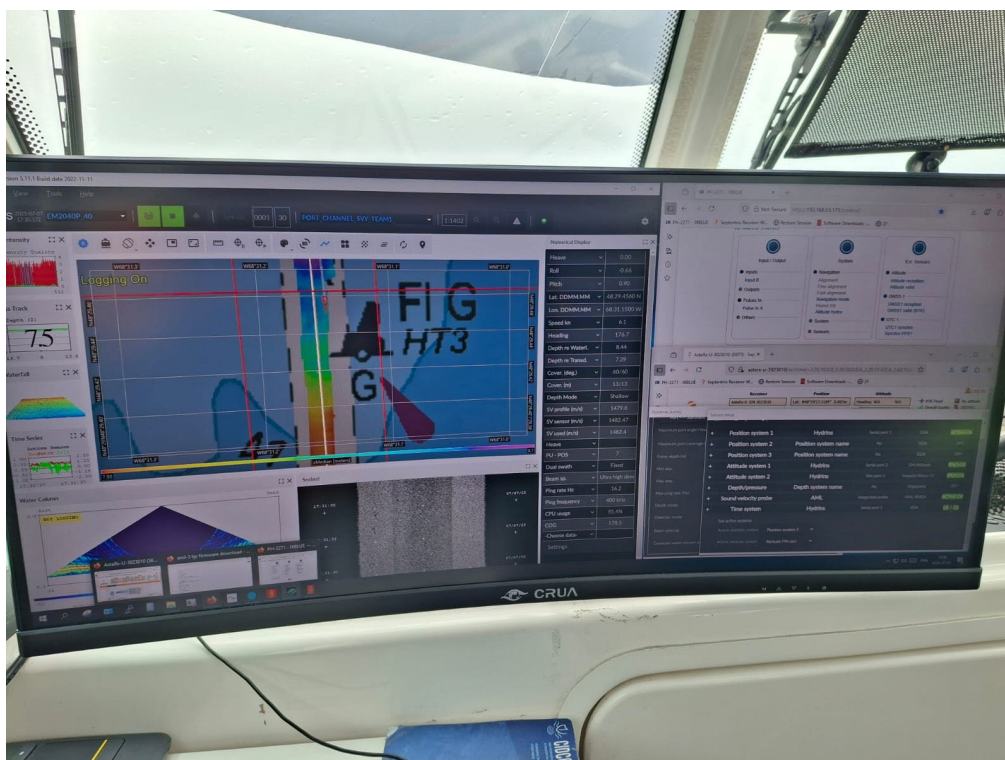


圖 32、執行多音束測深時工作站電腦畫面



圖 33、測量前確認各儀器連接狀況



圖 34、透過下水坡道將無人船放進水域



圖 35、透過下水坡道將無人船放進水域



圖 36、CFFP 期末口頭報告



圖 37、CIDCO 成員與參與學員合影

柒、附錄

附錄 1、綜合最終實地專案（CFFP）計畫表

Final Project (Hydrographic) Description Table (CFFP) - 2025				
Phase & Task	Task Outcome	Instructors	Resources	Date
Field Exercises				
Welcome	Welcome, CIDCO and Marina visit, CFFP Timeline and activities' description	CIDCO staff	N/A	June 9, 2025
P1: Positioning & Land Surveying	GNSS base station installation Positioning system set-up: reference station, GNSS receiver configuration, GNSS mode selection	Ali	GNSS receiver, Total station	June 10, 2025
	Infrastructure's survey - Surveying of harbor infrastructures (quay walls, lights, bollards, etc.) using a total station and GPS receivers. - Fix and describe conspicuous objects. - Position buoys from shore.	Ali		
P2: Tide-Gauge Data Acquisition	Tide gauge installation and acquisition - Install the tide gauge and level a reference point using control points. Determine level accuracy. - Assess the precision of the tide gauge, calibrate the tide gauge. GNSS tide acquisition - Hydroball buoy deployment for GNSS tide data acquisition to use in the bathymetric processing data and for comparison with the official observed tide.	Bacem	Hydroball buoy, RBR tide gauge, Level	June 11, 2025
P3: SBES Data Acquisition	SBES Installation and set up, calibration and survey	Bacem, Steeve	Hydroball, Catarob, Toughbook	June 12, 2025
P4: SSS Data Acquisition	SSS Installation and set up, calibration and survey	Bacem, Steeve	Starfish, Catarob, Toughbook	
P5: MBES Data Acquisition	Lever-arm micro-geodesy measurements Integration and system set-up	Ali	Survey vessel, MBES, INS, GNSS, SIS5, Total Station	June 13, 2025
Workshops & Courses' Review				
P5: MBES Data Acquisition	Patch-test and MBES survey	Ali, Bacem	Survey vessel, MBES, INS, GNSS, SIS5	June 16, 2025
Workshop 1: Marine Chart reading	Read, understand and interpret key Marine Chart Elements.	Ali	Marine charts	June 17, 2025
Tide data processing and comparison	Processing the Tide data from Tide-Gauge and Hydroball Comparison with CHS tide-Gauge	Ali	Excel, Scilab	
Workshop 2: Electronic workshop	Electronic workshop: Connector pinout diagram, connector repairation, electronic welding, corrosion, connector and cable maintenance	Bacem	Wires, cables, connectors, tools...	June 18, 2025
SSS Data Processing	Processing SSS data	Bacem	SonarWiz	
Workshop 3: Safety rules at sea	Adopting safe behavior at sea, knots, meteo consideration, Towed and over the side instruments etc.	Alain	Personal protective equipment, rope, VHF radio	June 19, 2025
SBES data processing and QC	Processing Hydroball SBES data	Bacem	DepthStar, RTKLib	
MBES data processing and QC	Lever-arm computation Navigation processing	Ali	Delph INS, Scilab	June 20, 2025
Planning & Preparation				
MBES data processing and QC	Patch-test computation MBES survey data processing and QC	Ali	Caris HIPS	June 23, 2025
Holiday				
Objectives of the survey project	Understanding the objectives of a survey project.	Ali, Bacem	N/A	June 25, 2025
Hydrographic instructions	Understanding hydrographic instructions related to a survey project.		N/A	
Quality assurance plan	Writing a Quality Assurance Plan from Hydrographic Instructions.		Microsoft Office suite	
Instrumentation	Review of available instruments and their specs.		GNSS, Sonars, INS, tide gauge, Total station, Level	
Survey preparation	Identify and mark the survey area, existing control points. Survey line planning according to survey scale. Evaluation of survey time. Prepare survey log-book, log-sheets, documents and equipment user manuals.. Define appropriate logistics.	Ali, Bacem	Teledyne PDS or Qinsy or SIS, QGIS, Google Earth Pro, Excel	June 26, 2025
Geodesy preparation	Locate geodetic monuments and collect geodetic information. Select an appropriate location for a GNSS reference station.	Ali, Bacem	Geodetic BM Data sources, QGIS, Google Earth Pro	June 27, 2025
Tide data preparation	Choose a tide gauge installation location. Predict tide using numerical software and tide tables for survey preparation purposes.	Ali, Bacem	Scilab, QGIS, Excel, Google Earth Pro	
Charts support data	Collect available bathymetric data from CHS data, historical data, available charts. Collect ENC available data for the survey area.	Ali, Bacem	Charts and ENC data sources	
Acquisition				
Positioning	GNSS set-up Positioning system set-up: reference station, GNSS receiver configuration, GNSS mode selection	Bacem	GNSS receiver	June 30, 2025
	Define control points Define control points by total station measurements and adjustment		Total Station	
Holiday				
Land Surveying	Infrastructure's survey Surveying of harbor infrastructures (quay walls, lights, bollards, etc.) using a total station and GPS receivers. Fix and describe conspicuous objects. Position buoys from shore.	Ali	Total station, GNSS base station and rover	July 2, 2025
MBES	MBES system Installation Install components of the survey system, fit electronic equipment.	Ali	Survey vessel, MBES, INS, GNSS antennas, Total station	July 3, 2025
	MBES survey set-up Connect all sensors to the acquisition system. Set-up a proper time-tagging strategy, check for the safe operation of power, and safe electrical and data cable routes.	Ali	Survey vessel, MBES, INS, GNSS antennas, Teledyne PDS or Qinsy or SIS	
	MBES Calibration and QC Patch test and Quality Control w/r to reference surface	Ali		July 4, 2025
	MBES survey MBES data acquisition	Ali	Survey vessel, Teledyne PDS or Qinsy or SIS, MBES, INS, GNSS, SVS, SVP	July 7, 2025
SSS	SSS Installation and set-up Side scan sonar installation and set up on a survey vessel.	Bacem	Survey vessel, Side scan sonar, GNSS, SonarPro	July 8, 2025
	SSS survey Side scan lay back determination and surveys.	Bacem	Survey vessel, SonarPro, SSS, GNSS	
SBES	SBES Installation and set up Install components of the single beam system on an ASV -Connect all sensors and set up. -Measure lever arms with tape.	Bacem, Natalie	ASV, SBES, INS, GNSS antennas	July 9, 2025
	SBES calibration SBES Bar-check. Perform a bar-check table correction.		ASV, Sound velocity profiler (SVP), SBES	
	SBES survey with ASV SBES data acquisition using ASV		ASV, Hydromagic, MBES, INS, GNSS, SVS, SVP	
Processing				
Data Preparation	- Data processing softwares installation and licencing - Data preparation and organisation	Ali	APPS, Caris HIPS, DepthStar, SonarWiz	July 10, 2025
SBES data processing and QC	- SBES data processing (apply draft correction, tide reduction/GNSS Tide, bar-check correction, cleaning). - Apply appropriate filters on all survey data, Check cross lines, Compare high-low frequencies SBES data. - Produce standard deviation charts.	Bacem	DepthStar	July 11, 2025
Navigation data processing and QC	- Post-processing navigation raw data (GNSS and Attitude data) and generate an SBET file. - Analyze raw data sets: Navigation, attitude, observed tide, and check navigation data with respect to control point measurements and line keeping records. - Filter positioning data according to quality factors.	Ali	ixblue APPS, NRCAN PPP tool, RTKLib, MERN GNSS data sources, Caris HIPS&SIPS	July 14, 2025
MBES data processing and QC	Process MBES data (apply SVP corrections, attitude corrections, tide and draft/GNSS tide, data cleaning) - Apply appropriate filters on all survey data. - Perform a QC analysis on overlapping swaths and cross lines. - Produce standard deviation charts.	Ali	Caris HIPS&SIPS	15-16 July 2025
SSS data processing	- Side scan sonar images processing	Bacem	Caris SIPS, SonarWiz	17-18 July 2025
Deliverables				
Data integration and products	Produce DTMs from MBES data, SBES data. Produce side scan sonar mosaics. Correlate MBES data and Side Scan mosaics for object detection.Compare DTMs for the 2 sounding reduction methods (observed tide, use of separation model). Integrate DTMs in a GIS including aerial photos, shoreline, navigation marks, harbor infrastructures. Produce contour maps. Produce minutes of bathymetry.	Ali	Caris HIPS&SIPS, SonarWiz, DepthStar, QGIS, Scilab, Inkscape	21-24 July 2025
Final report	Produce a complete survey report	Ali	Microsoft Office suite, Adobe PDF, Inkscape	
Oral presentation	Presentation of the final field project	CIDCO/CHS/Industry	Microsoft Office suite	July 25, 2025

IHO

S-5B Standards of Competence for Category "B" Hydrographic Surveyors

CIDCO Hydrographic Surveying Course *CFFP – Comprehensive Final Field Project*

1. Project description

A five (5) weeks Comprehensive Final Field Project is organized at the end of the CIDCO hydrographic surveying course in order to put into practice the theory learned during the modular e-learning courses and to carry out the various hydrographic surveying tasks. This project is supervised at all time by tutors of the CIDCO. The main learning outcomes of the final field project are:

1. Planning and organization of data acquisition tasks for a hydrographic survey;
2. Using the hydrographic instructions and detailed specifications in survey data acquisition, processing and quality control;
3. Producing various survey data and proceeding to the quality analysis in order to respect the standards;
4. Production of hydrographic products from acquired data;
5. Producing reports and survey documentation.

The student group will be divided in teams of 2-3 students each. Each team will perform a comprehensive hydrographic survey of a small area (about 0.2 km²), part of a larger area to be surveyed by the whole student group.

Each team will receive the same list of objectives which they will have to follow in accordance with the quality standards detailed in hydrographic instructions (HI).

The survey area will be chosen in the Rimouski area, and will include the harbor area and its access channel, as shown in the following map:

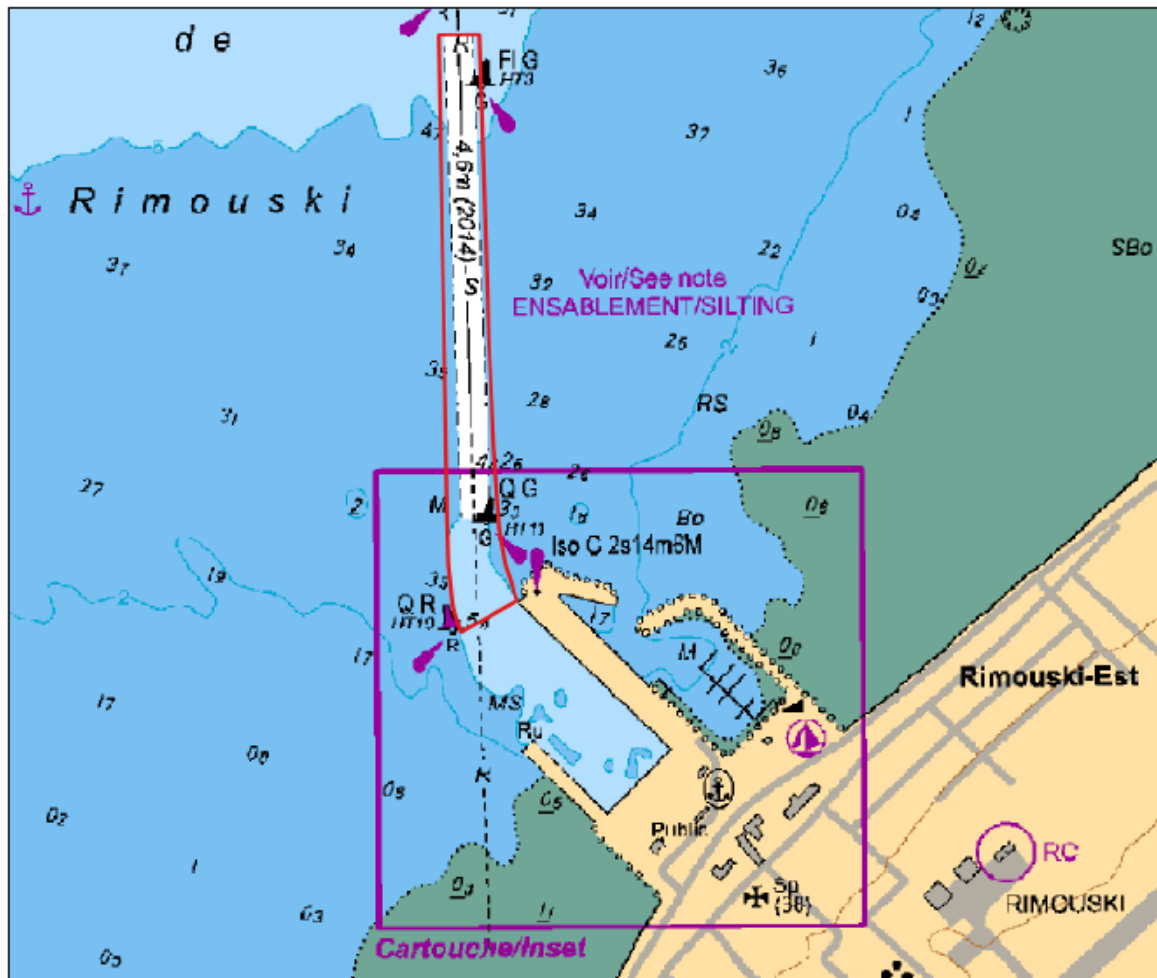


Figure 1. Map of the study area

The survey will mix MBES, SBES and side scan sonar surveys. One objective is to show that these systems are complementary. The area to be surveyed will comprise very shallow areas (for coastal erosion applications and protection of the harbor), and up to 10m depth areas including Rimouski Port channel.

The survey will be executed by using two types of tide reduction methods: tidal reduction, and ellipsoidal reduction. Different positioning methods will be used: GNSS/RTK mode, and GNSS/PPK post-processing. Results will be compared and interpreted accordingly.

1.1 Evaluation scheme

The reports are produced individually and will cover all the phases of the field project from the planning to the products delivery.

Each student will make a 20 minutes oral presentation followed by a questioning period of 15 minutes.

The marking scheme will be:

- Report:60%
- Presentation/Questions: 20%/20%

1.2 Final Field Project instruction

The Final field project consists of a series of hydrographic instructions that simulate the needs for different type of survey before channel dredging works in a port. At the beginning of the Final Field Project, the instructions are given to the students. The next steps are then dedicated to the preparation, the execution, the processing and the presentation of the different surveys' tasks and survey data.

This section presents the instructions given to the students at the beginning of the Final Field Project.

Context

The Bas-Saint-Laurent and Gaspésie Port Authority (SPBG) is studying the increase in sedimentation at the entrance to the Port of Rimouski. This sedimentation is causing numerous logistical and economic problems, particularly due to the reduced keel clearance of certain commercial vessels, which must decrease their tonnage. This reduction in tonnage leads to significant economic and environmental impacts, notably through the reduction in the ships' payload and associated revenues, which must be compensated for by an increased number of transits, drastically increasing the environmental footprint.

Restoration works took place in the port of Rimouski during winter and spring 2024. These works have changed the configuration of the port and therefore led changes to infrastructure and the bathymetry of the port and **channel area**. To obtain an updated chart, the Port of Rimouski wants to obtain bathymetric data to be used to update the nautical chart 1236.

Due to the possible presence of objects on the seabed arising from work inside the **port area**, SPBG also wants to obtain side-scan sonar images to help identify those objects that may have been missed by the bathymetric data and that can be a hazard to navigation.

In addition, the Port of Rimouski wants to validate the position of its infrastructure and monitoring the coastline for infrastructure protection and preventing coastal risks. Topographic and coastline surveys are therefore also required.

Finally, the Port of Rimouski wants to validate the tides data recorded by the tide gauge in the Port of Rimouski. A second tide gauge must be installed to compare the data observed by the latter with the official tide gauge in the Port of Rimouski

1. Bathymetry

1.1 Standards for Hydrographic Surveys

To update the nautical chart 1236, the hydrographic survey will follow the IHO Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication no. 44, September 2022. The minimum standards of the IHO S-44 are presented in Figure 2. The hydrographic surveys carried out under this mandate must meet the minimum requirements for the Special order with a full bottom coverage. The total horizontal uncertainty will not exceed 2 m (95% confidence level). With a maximum depth estimated at 10 m in the shallow area and 20 m in the deepest area, the total vertical uncertainty (TVU) will not exceed 0.17 m and 0.21 m respectively (95% confidence level).

ORDER		Exclusive	Special	1	2	3	4 (Imprecise)
Examples of Typical Areas		Shallow water in Harbours, berthing areas, and associated critical channels with minimum under-keel clearances or engineering surveys	Harbours, berthing areas, and associated critical channels with minimum under-keel clearances	Harbours, harbour approach channels, recommended tracks and some coastal areas with depths up to 100m	Areas up to 200m water depth	Offshore areas not described in the previous orders	All areas where the accuracies do not meet the requirements of the previous orders
H	Horizontal Accuracy (95% Confidence Level)	1m	2m	5m + 5% of depth	20m + 5% of depth	150m + 5% of depth	> 150m + 5% of depth
V	Depth Accuracy for Reduced Depths (95% Confidence Level) ^(a)	a = 0.15m b = 0.0075	a = 0.25m b = 0.0075	a = 0.5m b = 0.013	a = 1.0m b = 0.023	Same as Order 2	> than values of order 2
D	System Detection Capability	Features > 0.5m cubed	Features > 1m cubed	Features > 2m cubed in depths up to 40 m; 10% of depth beyond 40m ^(a)	N/A	N/A	N/A
C	Type of coverage (M270)						
	1. complete coverage (multibeam, multi-transducer, acoustically swept);						
	2. systematic survey (single-beam echo sounder lines run parallel at pre-planned line spacing, LIDAR);						
	3. sparse coverage (lead-line surveys, reconnaissance, track soundings, spot soundings);						
	4. unsurveyed						
Guidelines for single beam and punctual surveys							
SBES	Maximum Line Spacing ^(a)	The lesser of: 3x average depth or 25m in depths to 10m; or 50m in depth of 10-40m; or 100m in depths deeper than 40m. Closer line spacing may be required in doubtful areas.			The lesser of: 3x average depth or 200m.	The lesser of: 3x average depth or 1000m.	N/A

Figure 2. Standards for Hydrographic Surveys

1.2 Hydrographic survey equipment

The bathymetric surveys must be carried out with a multibeam echosounder providing a full coverage of the seafloor. In areas where the multibeam is not able to survey because of the low depths, a Singlebeam echosounder must be used.

1.3 Density of the survey

The final bathymetric grid should have a minimum density of 40 sounding points per square meter except for areas surveyed with the Singlebeam echosounder. In this case, survey lines should be carried out every 25 meters maximum.

1.4 Swath overlapping

The overlap between the swaths will be determined by the density of the survey. For Singlebeam surveys, a minimum of one point every 30 cm is required along the survey lines.

1.5 Calibration

1.5.1 Static calibration

Before starting the survey, a static calibration using Total station will be made for the multibeam system to be deployed. The static calibration consists in the measurement of the lever arms between the instruments on the boat. The lever arms must have a common reference frame.

1.5.2 Dynamic calibration

A dynamic calibration (patch test) must be made to measure residual angular bias between the multibeam echosounder and the inertial measurement unit (IMU). The following should be measured:

- Roll angular bias between the IMU and the multibeam
- Pitch angular bias between the IMU and the multibeam
- Yaw angular bias between the IMU and the multibeam

1.6 horizontal and vertical uncertainties

It must be demonstrated that the horizontal and depth uncertainties meet the requirements outlined in section 1.1 of this document.

1.7 Soundings reduction

The final bathymetric data should be reduced in reference to chart datum. In Canada, this level corresponds to the lower low water, large tide (LLWLT).

The survey will be executed by using two types of tide reduction methods: tidal reduction, and ellipsoidal reduction (see Tide instructions in section 3.1).

1.8 Measurement of speed of sound in water

Speed of sound measurements in the water column will be performed to calculate the acoustic refraction of beams. These measures should be carried out at regular intervals to minimize errors caused by refraction. The speed of sound profiles should be applied in real time during the multibeam surveys.

1.9 Cross lines

A minimum of two cross lines will be made daily on the surveyed area. These cross lines must be perpendicular to the general direction of the main survey.

1.10 Depths precision

The depth data must be acquired and presented at centimeter precision.

2. Topography, geodesy, positioning and control

2.1 Surveying equipment

Surveying equipment to be used are:

- Leica TS06 total station
- Stonex S900A GNSS receiver (base)
- Stonex S990+ GNSS receiver (mobile)

2.2 Infrastructures to survey

The following facilities will be measured during the surveys:

- The docks of concrete and metal (in accessible area)
- Boat launch ramp
- Lighted beacon towers
- Benchmarks

2.3 Datum

All work will be referenced relative to the datum NAD83 (CSRS). The representation of planimetric data is the Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 19 North.

2.4 Positioning

The positioning data will be made in real time kinematic (RTK) with respect to an official benchmark near the facilities of the Port of Rimouski. Before using a benchmark, it is asked to confirm that it meets acceptable criteria mentioned at section 1.1. In this case, the benchmark's attributes (latitude, longitude, altitude, quality) will be explicitly indicated. An observation time of at least 5-6 hours of observation will be allocated. Then precise point positioning service (PPP) will be used to define the attributes of the geodetic benchmark to be used. As a quality criterion, the resulting error must not exceed 10 cm at a confidence level of 95% compared to WGS84.

Positioning in RTK mode can also be performed using cellular corrections broadcasted by the permanent reference station of the Ministry of Energy and Natural Resources of Quebec. To this end, the corrections from the base of Rimouski will be used (Table 1).

In order to improve the accuracy of GNSS data, you should perform a post processing of the navigation data (PPK mode) by using both the permanent base station and the installed base station.

Table 1. IP address of the Rimouski base station of the Ministry of Energy and Natural Resources of Quebec

Ville	CMR+	RTCM V3	Antenne
Rimouski	http://142.41.245.88:2001	http://142.41.245.88:2101	TRM59900.00 SCIS

3. Tides

3.1 Observation of water levels

To validate the observations of the official tide gauge in Rimouski, independent observations of the water level must be made. These observations must be made using a second tide gauge. To ensure the quality of data, tide gauge must first be calibrated and tied to chart datum by leveling from a bench mark.

The survey will be executed by using two types of tide reduction methods: tidal reduction, and ellipsoidal reduction.

The ellipsoidal heights (NAD83 CSRS) will be reduced to chart datum using the separation model produced by the Canadian Hydrographic Service (Estuaire2012.bin).

4. Deliverables

4.1 Survey Report

The survey report must include all the phases of the Final Project. It must include the objectives, a description of the equipment used, a description of field work, including calibration, geodetic control, data acquisition, data processing and the quality control that have been made on the data.

4.2 Products

The bathymetric data will be made available in the form of a processed data set and fully cleaned. All outliers will be deleted. The relevant topographic features will be added to the final product. The following deliverables will be provided:

- Bathymetric map in (pdf) format (see example figure 3), including the MBES and SBES data with isobaths every 2m;
- Topographic map in (pdf) format including relevant topographic features;
- Side scan sonar mosaics in (pdf) format;
- Listing of the objects detected including the object position and dimension;
- Bathymetric surface at CARIS Format (.csar).

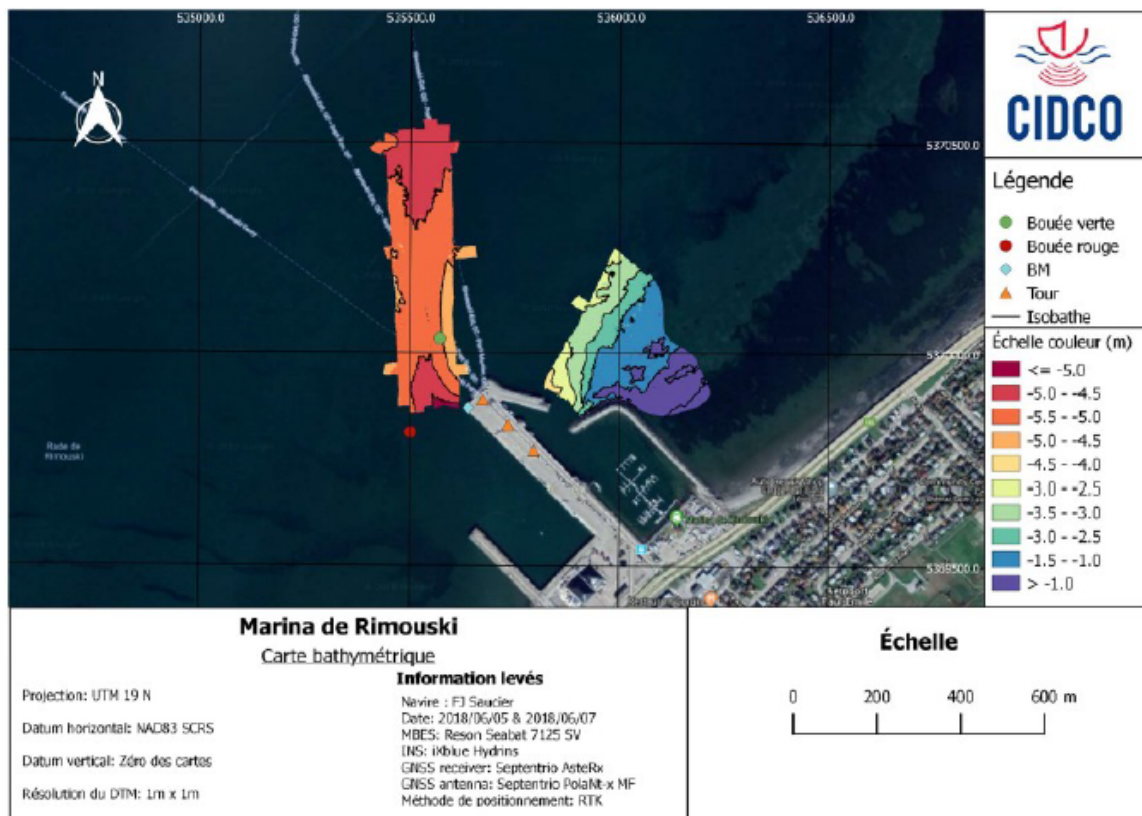


Figure 3. Example of a bathymetric map to be provided. Channels and Marina entrance.