



2016 年 5 月 4 日

本地領牌平面工作躉 (B40535V)

於東區走廊北角段海旁

工人對黃色燈浮標燒焊時

發生致命爆炸意外調查報告



香港特別行政區政府
海事處
海事意外調查組

2018 年 9 月 14 日

調查目的

海事處海事意外調查及船舶保安政策部調查這宗意外事故和所作的結論的目的，在於確定事發經過和肇事原因，以期改善海上人命安全，避免日後再次發生同類事故。

我們無意將過失或責任歸咎於任何組織或人士，除非為達到上述目的而有需要這樣做。

海事意外調查及船舶保安政策部不會牽涉於海事處可能對這宗意外事故所採取的任何檢控行動或紀律處分。

目錄

	頁數
1. 總結	1
2. 船隻資料	2
3. 證據來源	3
4. 肇事始末	4
5. 證據分析	8
6. 結 論	11
7. 建 議	12
8. 送交文件	13
附件一： 燈浮標規定	14
附件二： 公司提供的“一般熱工作許可証”	16

1. 總結

- 1.1 2016 年 5 月 4 日早上約 0845 時，在本地領牌平面工作躉 19 - 11 EX.POE 1810（簡稱：平面躉）甲板上，發生一宗致命海上意外。
- 1.2 事發時，該平面躉繫泊於東區走廊北角段海旁以提供場地進行存放和維修器具，配合東區走廊北角段發展工程。
- 1.3 當天上午，由管工安排四名工作人員在平面躉上從事維修及保養五個黃色燈浮標。工作包括清除鐵銹、塗油漆、維修燈浮標燈座支架及加添吊環等。
- 1.4 其中一名工人被安排使用電弧焊焊接吊環於燈浮標圓筒浮體上，但在焊接期間筒體發生爆炸導致該筒體蓋頂飛出而擊中在附近工作的一名工人。工作人員立刻致電報警並召喚救護車，將傷者送往醫院，惜傷者最終傷重不治。
- 1.5 調查發現導致意外主要肇因如下：
 - i. 在開展熱加工作業前，並沒有對燈浮標圓筒浮體的結構及其填塞物作風險評估以找出可能涉及的存在危險（如當進行焊接時圓筒浮體因受熱而使其內部氣壓上升或其填塞物熔化及燃燒，產生可燃氣體及/或氣體積聚，引發燃燒或爆炸）；
 - ii. 工人對密封容器進行電弧焊熱加工作業帶來的潛在風險認識不足。
- 1.6 調查同時發現，雖然公司要求在開展熱加工作業前，相關人士簽署一份“一般熱工作許可証”，但是該許可証內的項目，沒有明確要求相關人士對需要燒焊的物件（如事件中的密封容器）列明特別事項要求，從而減少熱加工作業時的危險性。

2. 船隻資料

2.1 19-11 EX. POE 1810 (圖 1)

擁有權證明書號碼	: B40535V
船隻類別/分類/類型	: 第 II 類別/A 分類/平面工作躉
船隻名稱	: 19-11 Ex. POE 1810
安全航限	: 香港水域
長度 (總)	: 54.86 米
寬度 (最大)	: 15.25 米
總噸位	: 1,730
淨噸位	: 1,211
允許運載總人數	: 15 人
輔機及功率	: 柴油機 Hino 201.42 千瓦 x 1



圖 1：本地領牌平面工作躉 19 - 11 EX.PO E 1810

3. 證據來源

- 3.1 平面躉船上工人的會面記錄；
- 3.2 香港天文台提供的天氣報告；
- 3.3 衛生署提供的驗屍報告及政府化驗所提供的毒理分析報告。

4. 肇事始末

- 4.1 2016 年 5 月 4 日早上約 0845 時，在一艘繫泊於北角段海旁的平面趸上發生一宗致命海上意外。
- 4.2 該段區域已經劃為工程施工區（圖 2），並以黃色燈浮標標示施工區界限範圍。

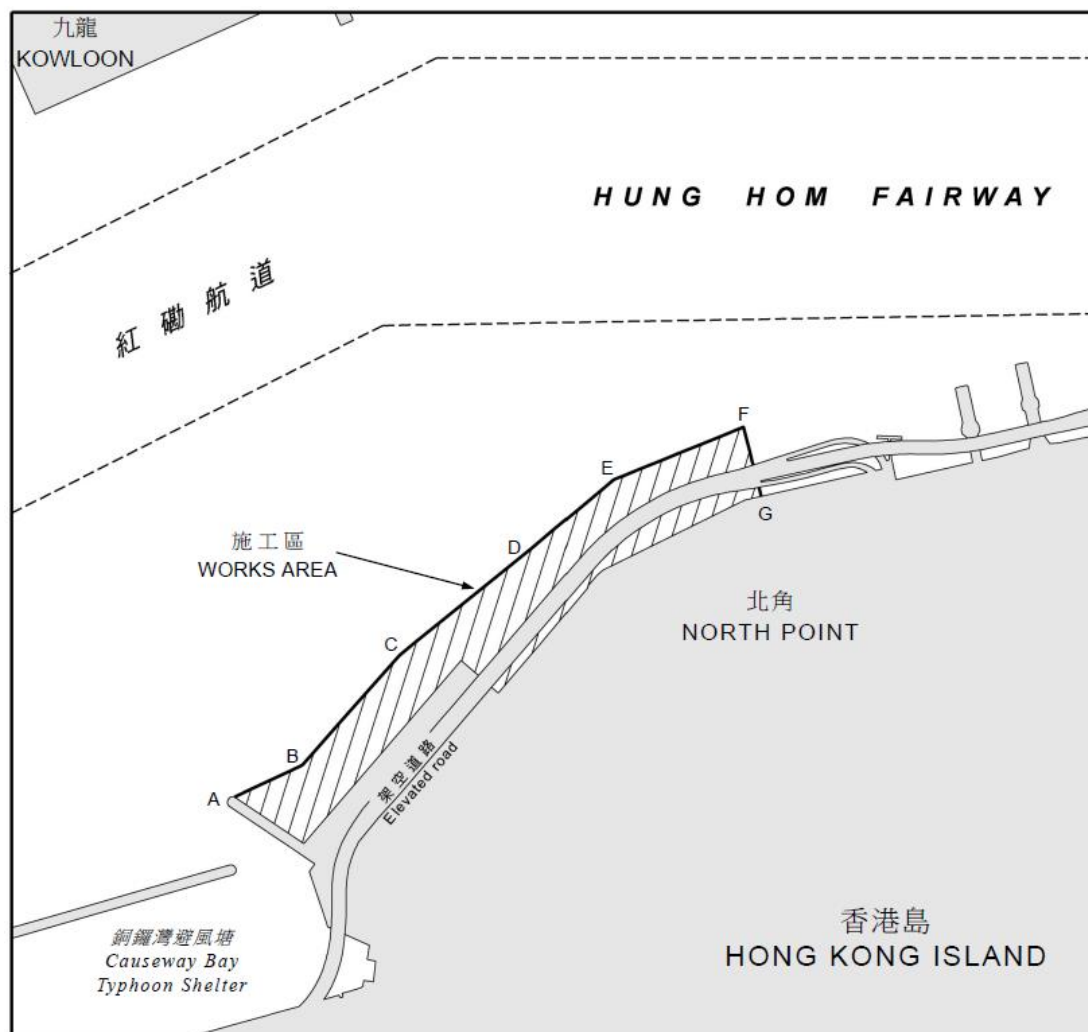


圖 2：工程施工區

- 4.3 事發當天，有四名工作人員在平面趸上工作，以維修及保養已經擺放在平面趸甲板上的五個黃色燈浮標。工作包括除鐵鏽、塗油漆、維修燈浮標燈座支架及加添吊環等。（圖 3）。

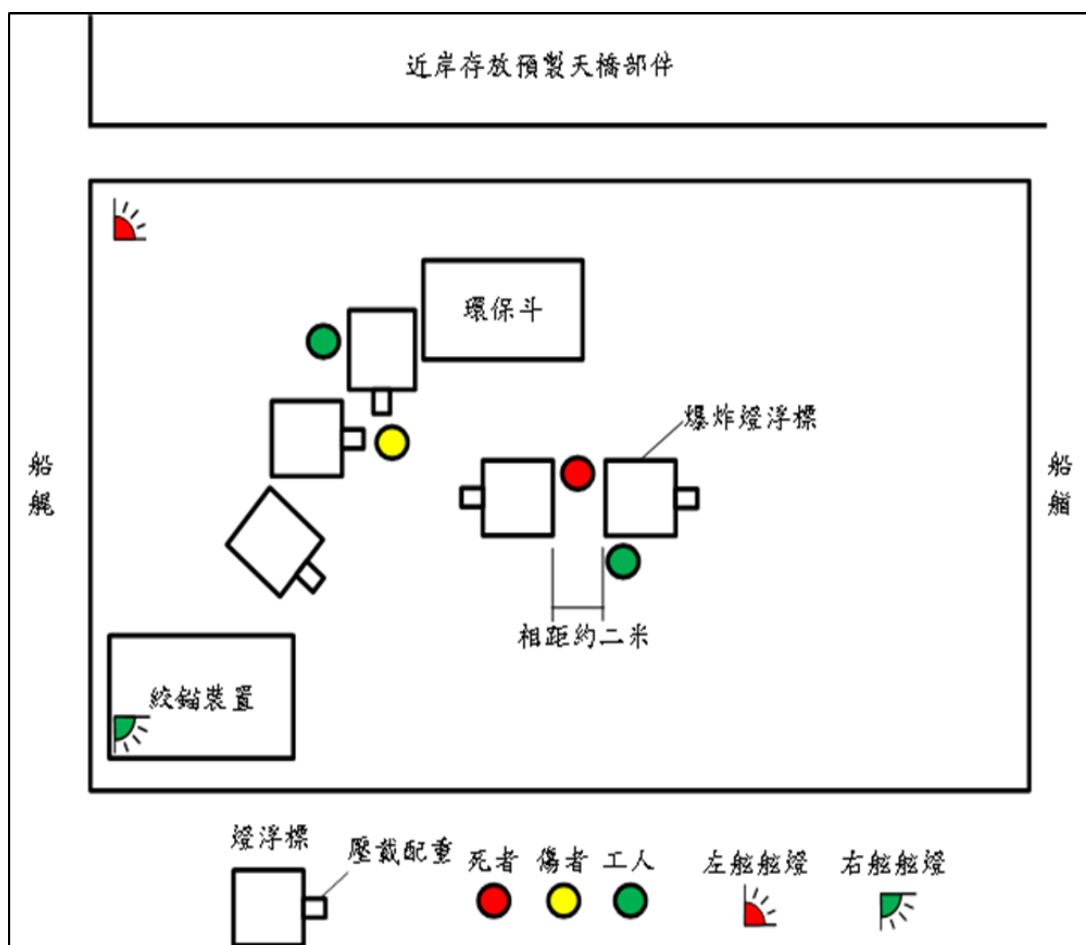


圖 3：平面躉甲板上待維修的五個黃色燈浮標分佈圖

- 4.4 黃色燈浮標的功用是以標示海上施工區界限範圍。黃色燈浮標的圓筒形浮體（圓筒浮體）直徑約一米，其上部支架配有燈光裝置，使在晚間時亦能標示施工區界限範圍。有關黃色燈浮標構造規定，請參閱附件一。
- 4.5 當天開工後，三名工人分別負責對維修的燈浮標除鐵銹及塗油漆。另外一名工人則負責使用電弧焊焊接一對半圓形鋼質吊環在燈浮標圓筒浮體的頂蓋邊沿。
- 4.6 據事後了解，肇事的圓筒浮體在前一天下午約五時已經焊接了一隻吊環。在肇事當日的焊接工作進行前，該名焊接工人和其管工一起填寫了公司要求的“一般熱工作許可証”，以繼續早一天未完成的焊接工作，焊接另一隻吊環於該圓筒浮體的頂蓋邊沿。據該名焊接工人所述，一根焊條還未耗盡，便發生爆炸。

- 4.7 爆炸所產生的壓力把圓筒浮體的頂蓋沖開並飛出，擊中一名相距不足二米距離，正在對另一隻燈浮標塗油漆的工人，頂蓋繼而掉進海裡。爆炸中，該圓筒浮體連著配重工字鐵塊的底蓋亦被炸開，但是沒有飛出。爆炸亦使整個圓筒浮體在甲板上彈起轉了一個圈，然後倒轉落於平面躉甲板上。
- 4.8 爆炸後遺留在甲板上的底蓋和圓筒浮體嚴重變形，內裡所注入的填塞物已被燃燒並熔化，留下類似塑膠的黑色燒焦物殘渣附在其內板上（圖 4，5 及 6）。
- 4.9 意外發生後，拖船把平面躉拖到岸邊靠泊，以方便救援人員將傷者送往醫院搶救，惜傷者最終証實死亡。

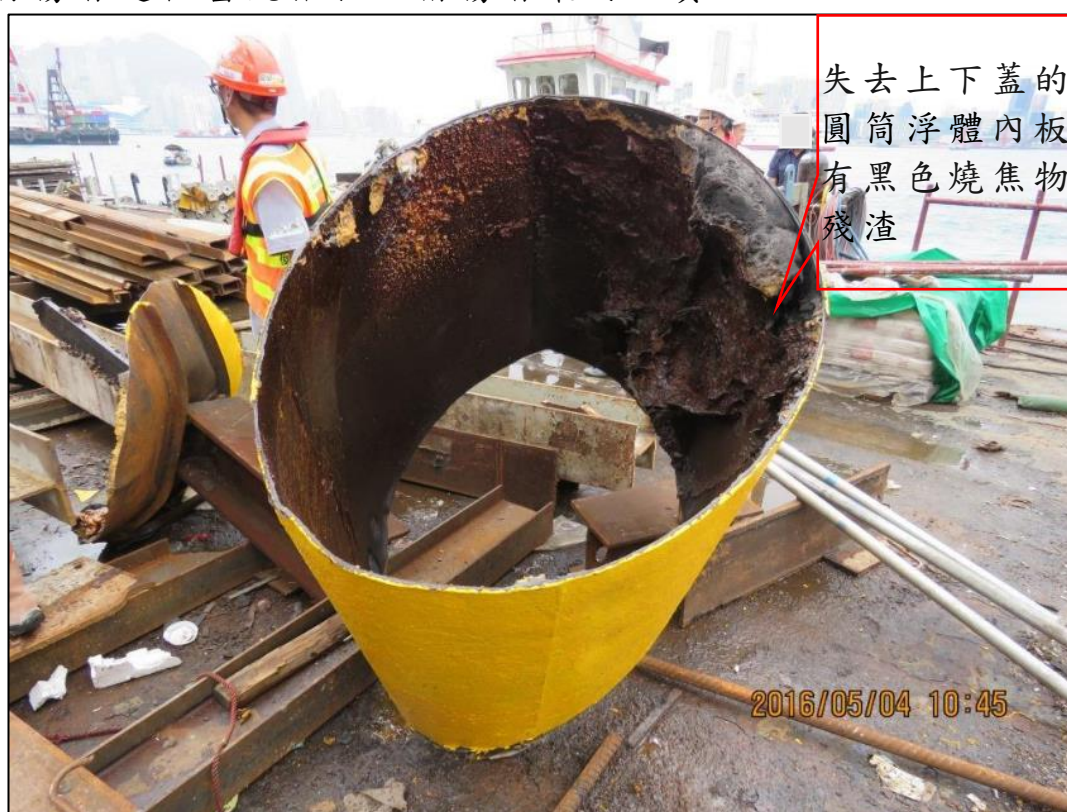


圖 4：嚴重變形的燈浮標圓筒浮體



圖 5：爆炸後，脫離的底蓋連著配重工字鐵塊



圖 6：燃燒後的填塞物殘餘（黑色燒焦物）附著在底蓋內

5. 證據分析

船舶證書，配員要求，及工人素質

- 5.1 該平面躉擁有有效的驗船證明書和運作牌照。由於平面躉並沒有推進系統，而其用途是為提供一個海上工作平台，以方便工人在甲板上進行與海事工程相關的工作，故此船隻並不須要配有最低配員人數。當天船上的工作人員所進行的工作與船舶本身的操作沒有關連。
- 5.2 據事後調查，四名工人皆為白天上班，上班記錄正常。因此排除工人因工作疲勞而對作業安全產生不良影響。
- 5.3 當天進行焊接維修的工人持有“船上貨物處理基礎安全訓練證明書”和“建造業安全訓練證明書”。根據平面躉管理公司的資料，該工人曾接受入職安全培訓及定期的工地培訓，約有五年燒焊經驗。管工則擁有“船上貨物處理基礎安全訓練證明書”、“船上貨物處理”及“海上建造工程”工程督導員安全訓練證明書，管工對燒焊有一定的安全知識。

天氣

- 5.4 當天的天氣情況為多雲，東風 3 至 4 級，氣溫攝氏 25 至 29 度，空氣相對濕度 70%左右，能見度良好。天氣與事故的發生沒有關連。

燈浮標的構造及其圓筒浮體內的填塞物特性

- 5.5 平面躉管理公司聲稱肇事的燈浮標是依照海事處佈告 2009 年第 23 號規定而建造(附件一)。該佈告說明屬第 2 類的肇事燈浮標圓筒浮體內裏應以發泡膠芯填塞，或等分為兩個水密隔層。由於該圓筒浮體內部結構沒有兩個水密隔層，所以其內部空間應是以發泡膠芯填塞。填塞發泡膠芯的作用是旨在減少圓筒浮體內部空間，使浮標在有任何輕微破損時減少可滲入其內部空間的海水量從而保持燈浮標可繼續浮於水面而維持其應有的功能。
- 5.6 據管理公司人員陳述及現場顯示，船上沒有肇事燈浮標建造的相關資料，如生產廠家，產品編號，內部結構、圖則說

明、填塞物資料及其數量和填塞物在受熱時會否釋放可燃氣體等。燈浮標外部亦沒有任何警示標誌如“不可熱工作”；“不可明火”等。該平面躉管理公司其後亦未能提供任何有關該燈浮標的上述資料及維修注意事項。

- 5.7 發泡膠（Polystyrene）一般含有聚苯乙烯成份，當燃燒或加熱時，會成為液態化的可燃物。同時，它的聚合物（Polymer）會分解成單體（Monomer），其閃點約攝氏 32⁰度，具備在受熱時可釋放可燃氣體及毒氣的條件。肇事燈浮標圓筒浮體內的填塞物在燃燒爆炸後，只剩下類似塑料因不完全燃燒而產生的黑色的燒焦物（圖 4 及 6）。

燈浮標吊環焊接工作及推斷的爆炸成因

- 5.8 裝有填塞物的燈浮標圓筒浮體是屬密封容器。雖然在開始燒焊前，焊接工人和其管工簽署了公司提供的“一般熱工作許可証”（附件二），但焊接工作的安排低估了對密封容器進行電弧焊燒焊時所帶來的潛在風險。再者，該許可証的乙部“指定之安全措施”只是對從事燒焊的工人和燒焊的工具，及環境防火提出了具體的安全要求，但沒有要求對焊接物件的風險作評估和記述，例如該物件內部是否存有燃燒或爆炸危險，通風及採取了何種防範措施等。
- 5.9 簽署“一般熱工作許可証”後，焊接工人繼續前一天未完成的工作，焊接另一隻吊環在圓筒浮體上。
- 5.10 調查發現，在前一天新焊接在圓筒浮體的吊環位置旁的焊接受熱區，有一燒穿了的小孔，這個小孔在發生爆炸前並未被該負責焊接工人所察覺（圖 7）。小孔的形成，相信是因前一天電弧焊操作時因受某個因素影響所致（如電流過大或焊接時於該處停留時間過長等）。

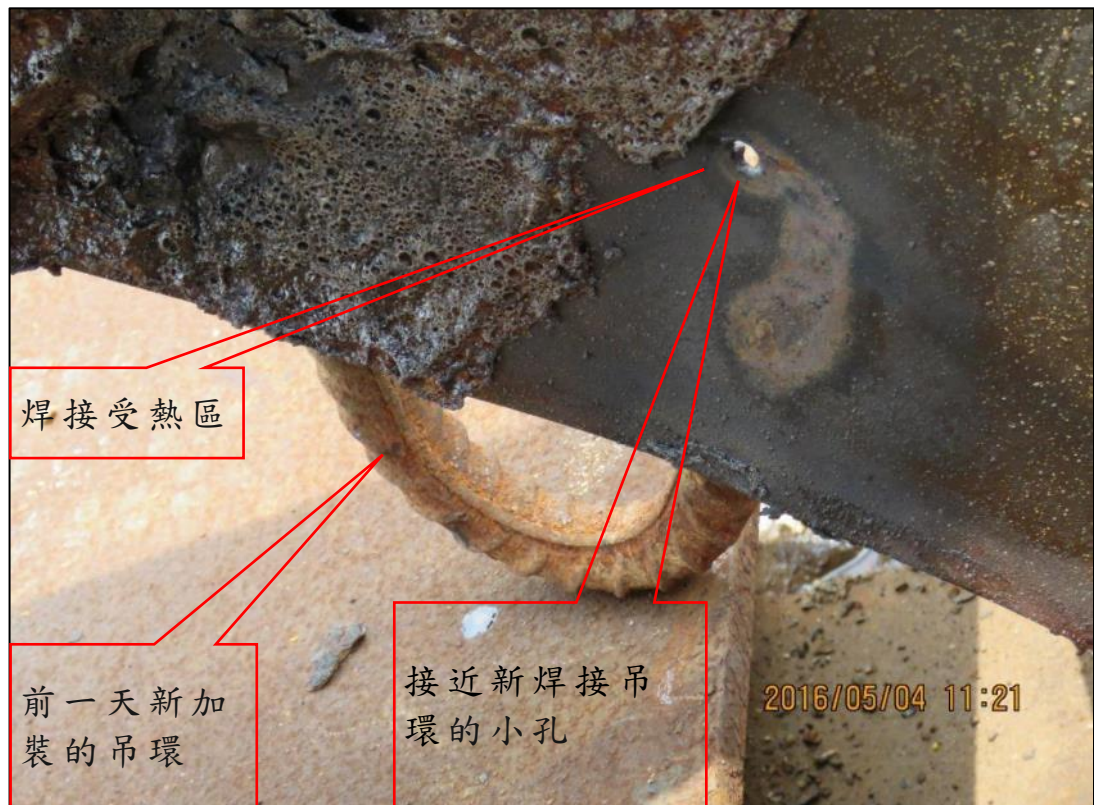


圖 7：前一天新焊接在圓筒浮體的吊環附近的小孔

- 5.11 一般電弧焊接過程中可產生近千度的高熱，其高溫可把圓筒浮體內的發泡膠芯成為液態化的可燃物並釋出可燃氣體及毒氣。燃燒需要滿足三個要素，即有可燃物、足夠的氧氣及熱源。推斷在事發前一天焊接吊環時由於當時圓筒體浮內的氧氣量不足以觸發燃燒，故此沒有發生事故。但當天收工後，因停止焊接，熱源消失，而圓筒浮體內的空氣慢慢冷卻，並造成體內氣壓減少於大氣壓力，導致空氣從該小孔（圖 7）被吸進圓筒浮體內，增加筒內的氧氣和可燃氣體的混合量，由是滿足了燃燒其中的兩個要素，即可燃氣體及足夠氧氣的存在。
- 5.12 第二天早上，負責焊接的工人再以電弧焊焊接另一隻吊環於肇事的燈浮標圓筒浮體。由於此時圓筒浮體內已積聚足夠的可燃氣體和氧氣，焊接時的熱源正好補上需產生燃燒的最後一個要素，導致圓筒浮體（密封容器）內的填塞物燃燒；燃燒過程中產生的熱膨脹，令筒內壓力猛然增大，繼而產生爆炸。

6. 結 論

- 6.1 2016 年 5 月 4 日約 0845 時，一艘繫泊於北角海旁段的平面躉上，發生一宗致命海上意外。
- 6.2 當天四名工作人員在該平面躉上對一個燈浮標圓筒浮體進行電弧焊時發生爆炸，導致一名工人死亡。
- 6.3 調查發現導致意外的主要肇因如下：
- i. 在開展熱加工作業前，並沒有對燈浮標圓筒浮體的結構及其填塞物作風險評估以找出可能涉及的存在危險（如當進行焊接時圓筒浮體因受熱而使其內部氣壓上升或其填塞物熔化及燃燒，產生可燃氣體及/或氣體積聚，引發燃燒或爆炸）；
 - ii. 工人對密封容器進行電弧焊熱加工作業帶來的潛在風險認識不足。
- 6.4 調查同時發現，雖然公司要求在開展熱加工作業前，相關人士簽署一份“一般熱工作許可証”，但是該許可証內的項目，沒有明確要求相關人士對需要燒焊的物件（如事件中的密封容器）列明特別事項要求，從而減少熱加工作業時的危險性。

7. 建議

- 7.1 報告副本送平面躉的船東及管理公司，當天的管工和燒焊工人，讓他們知悉這宗意外的調查結果。
- 7.2 平面躉管理公司應明確要求其員工在進行密封容器熱加工作業前，進行適當的風險評估，確保密封容器在熱加工作業時，內部及其填塞物(如有的話)不會發生燃燒或爆炸。並考慮在其熱工作許可証檢查表內，增加燒焊物件的記錄及其風險評估的項目。
- 7.3 報告副本送交香港海事處本地船舶安全組，香港海事處海事工業安全組，以供參閱。
- 7.4 報告副本送交建造業協會以供參閱。
- 7.5 發出海事處佈告，載述從這宗意外中汲取的教訓。

8. 送交文件

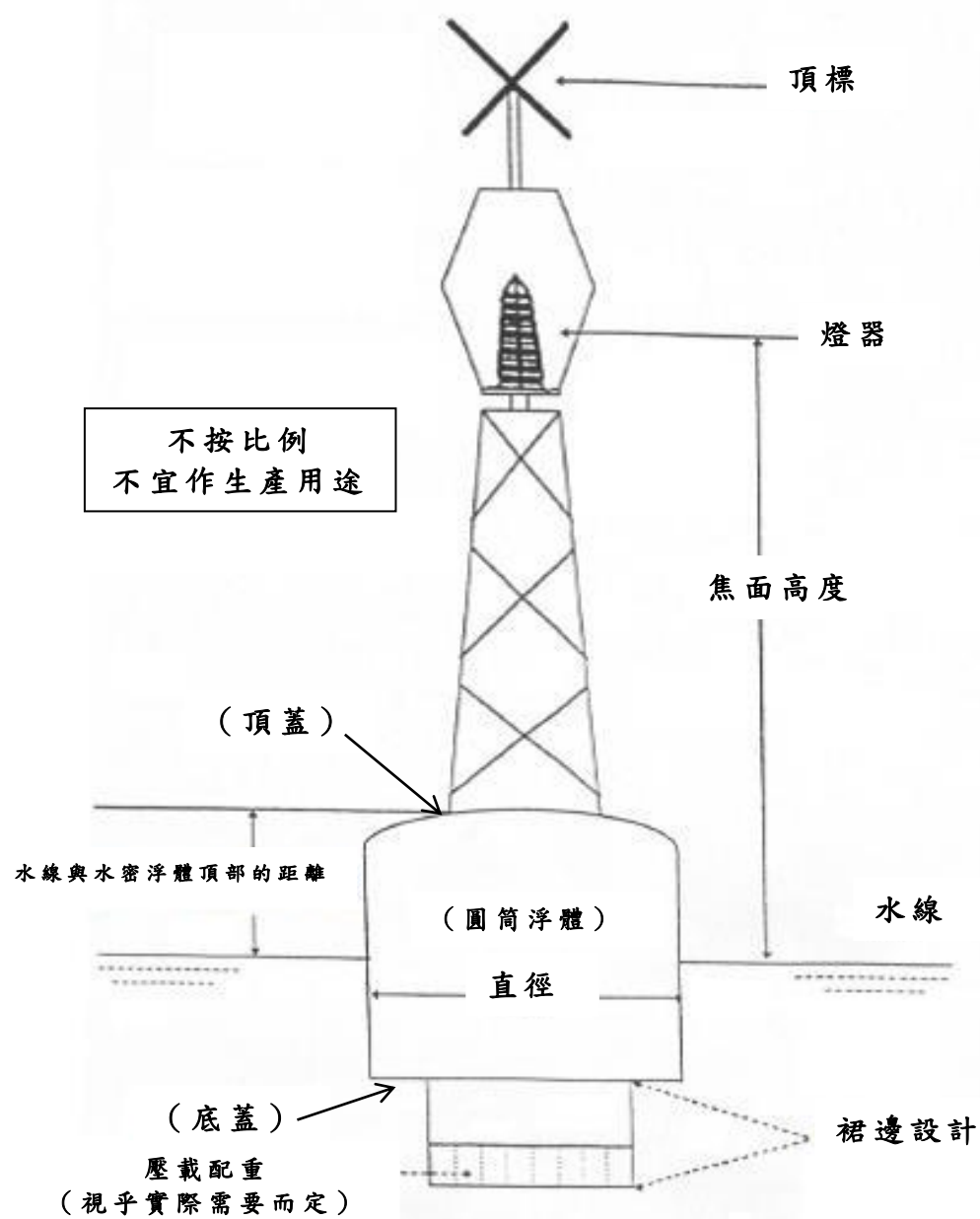
8.1 調查報告擬稿已送交下列人士及組織，讓他們提出意見：

- i. 平面躉的船東及管理公司，及其管工和燒焊工人；
- ii. 香港海事處本地船舶安全組；
- iii. 香港海事處海事工業安全組；
- iv. 建造業議會。

8.2 截至諮詢期屆滿，上述相關人士和組織所提出的意見，報告作了適當修改。

附件一： 燈浮標規定

用以標示海上施工區的燈浮標的規定



海事處佈告 2009 年第 23 號附件

用以標示海上施工區的燈浮標
適用範圍、詳情和規格

類別	第 1 類	第 2 類
適用範圍	在主要航道、分道航行制、通往踏石角或南丫島等地的深水航道的範圍內進行的海事工程。	在錨地內、繫泊浮泡四周、主要港口設施的進口航道及其毗連範圍內，第 1 類燈浮標適用範圍毗鄰或其他指定範圍內進行的海事工程。
設計	底部為裙邊設計，浮體等分為 4 個水密隔層。	浮體內裏以發泡膠芯填塞，或等分為兩個水密隔層。
製造物料	鋼材／塑膠 — 其他船隻或會碰撞浮標，故浮標須能抵受合理程度的碰撞，確保被撞後不會變形，仍能浮於水面。	鋼材／塑膠 — 其他船隻或會碰撞浮標，故浮標須能抵受合理程度的碰撞，確保被撞後不會變形，仍能浮於水面。
直徑	不少於 2 米	不少於 1 米
筒面高度	不少於 3 米	不少於 2 米
水線與水密浮體頂部的距離	不少於 0.9 米	不少於 0.6 米
板厚	鋼材須 10 毫米厚，塑膠則須具同等強度。	鋼材須 5 毫米厚，塑膠則須具同等強度。
形狀	任擇，惟不得與側面標記或安全水域標記的形狀相同。	任擇，惟不得與側面標記或安全水域標記的形狀相同。
頂標	頂部裝上單一黃色十字形標記，尺寸為 500×45×6 毫米。	非必要項目；如有，則在頂部裝上單一黃色十字形標記。
電池格	水密	水密
面漆	黃色	黃色
繫鏈	25-26 毫米無檔鏈環	15-19 毫米無檔鏈環
沉錘重量	因應施工區的海床和在區內可能遇上的潮汐和天氣情況來釐定足以固定浮標位置的重量。	因應施工區的海床和在區內可能遇上的潮汐和天氣情況來釐定足以固定浮標位置的重量。
燈光	燈質 射程 裝置類型 電池	黃色快閃光 以 0.74 大氣透射系數計算，射程為 5 海里。 裝置類型須獲國際航標協會認可。 防水、防漏

附件二： 公司提供的“一般熱工作許可証”

Contract

一般熱工作許可証 General Hot Work Permit

甲部：申請許可証
PART A: Application for a Permit

參考號碼 Ref No. : _____

焊工名稱 Name of Welder : _____

須進行熱工作日期 Date of hot work requested : 4/5/2016

熱工作種類: 電焊 / 火焰切割 / 明火 Type of Hot Works: Electric Arc Welding / Flame Cutting Work / Naked Flame Work

所使用之工具及裝備 (請說明類型及數量)
Tools and Equipment Required (Please state type & quantity) : 風機 電焊

地點 (請填寫每一工作位置):
Location (Please state each location.) : 1810

申請日期 Date : 4/5/2016 簽署 Signature : _____

乙部：指定之安全措施 (須由Foreman填寫)
PART B: Specified Safety Precautions (To be completed by responsible Foreman.)

- ☒ 申請者必須是合資格焊工 Applicant is competent welder
- ☒ 本人已確認申請者已進行檢查並已在氣體焊接 / 切割檢查表上簽署
I verify that the checklist for Gas Welding and Flame Cutting has been signed off by the Applicants
- ☒ 有足夠通風 Adequate ventilation provided
- ☒ 逃生出口及路線暢通 Emergency exit and route cleared
- ☒ 所有切割及燒焊機械是良好運作 Cutting and welding equipment checked and found to be in good conditions
- ☒ 有電擊自動防止裝置在燒焊機械上 No-load voltage reducing device installed on welding machine
- ☒ 有防止回火器在風煤樽上 Automatic flashback arrestor installed on gas cylinder
- ☒ 有安裝止回閥在噴燈 / 吹管上 Non-return valve installed on flame cutting torch
- ☒ 地面清潔, 如有需要應灑水 Floor swept clean / wetted down when necessary
- ☒ 可燃 / 易燃物品放在屏障後, 並與熱工作地點隔離 Flammable materials separated from hot works area by screen
- ☒ 用不易燃物料覆蓋易燃物品, 而牆身開口亦用不易燃物料覆蓋
Non-combustible covers provided to protect nearby combustible materials and also to floor and wall openings
- ☒ 有適當滅火筒 (種類: 水 / 劑 / 泡劑 / 乾粉劑 / 二氧化碳 (氣體) / 沙桶 / 其他)
Appropriate fire extinguishers provided (Type: Water / Foam / Dry Powder / CO2 / Sand Bucket / Others: _____)
- ☒ 配備適當個人防護裝備 Appropriate PPE should be used
- ☒ 設有濕沙的承接盤 Catch tray with wet sand
- ☒ 防火觀察員 Fire warden

Foreman : _____ 聯絡電話 Mobile Phone : _____

日期 Date : 4-5-2016 簽署 Signature : _____

丙部：接收熱工作証 (須由焊工簽收)
PART C: Receipt of Hot Work Permit (To be completed by Welder)

本人聲明已明白此熱工作証之內容和願意遵守在乙部指定之安全措施。
I declare that I have read and understood this permit and shall follow the relevant safety precautions specified in PART B during the work.

焊工簽署 Welder's Signature : _____ 日期 Date : 4-5-2016

丁部：工作完成及已檢查該工作地點並認真安全 (須由Foreman填寫)
PART D: Works Completed and Satisfactorily Checked the Area is Safe (To be completed by Foreman)

本人聲明此熱工作已完成且令人滿意及就這已檢查工地點和確認其安全性。
I declare that the hot work has been completed and I am satisfied and that I have checked the work area and confirmed its safety.

此工作許可証除銷於
This Hot Work Permit is cancelled at : _____ 在 On : _____ (日期 Date)

簽署必須與乙部相同
Signed by Part B Signatory (Foreman) : _____ 日期 Date : _____

2016/05/04 11:11