

健康菜單

沙拉九孔

【資料來源：行政院農業委員會】

材料：

九孔12粒、沙拉1袋

做法：

九孔用沸水燙約1分鐘，取下體肉鹽揉洗乾淨，放入殼內，擠上沙拉擺盤即可。



專刊暨經驗交流

船舶氫氣系統與燃料電池應用之評估

張彥森¹、陳澍銘²

摘要

在全世界的運輸業中，海運所占比率約為90%以上，就貨櫃船船隊而言，燃油費用占總成本的20~30%，而一般船舶燃油費用方面占該船變動成本中的比重約在82%，占總成本比例的37%左右。全球爲了降低CO₂的排放量，一直著力於節能減碳的議題，若能在船舶動力系統及設備方面得到改善，便能在降低CO₂的排放量上，有很大的空間。根據聯合國國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)海洋環境保護委員會(MEPC)所訂定的「船舶污染防治國際公約(MARPOL)」規定：排放管制

區域(Emission Control Area, ECA)要求2010年7月以後在ECA航行船隻所用燃料之含硫量不能超過1.00%，2015年1月1日以後不能超過0.10%。因此，海上空氣污染防治的要求將成爲船用燃料應用考量的依據。近年來因新能源的推陳出新，綠色船舶的概念更是值得我們積極去思考及發展，應用LED代替一部分照明，加上氫引擎及燃料電池的應用，必能有效達到節能減碳的目的及改善海上環境污染的問題，但氫氣的來源及氫氣的儲存則是有待解決的問題。本文探討設置經濟型船舶氫氣系統配合燃料電池的應用，評估是否可提高氫能的應用效能，亦可達到降低海上空氣污染的問題。

1台北海洋技術學院輪機工程系講師

2台北海洋技術學院輪機工程系助理教授級專業技術教師

壹、緒論

依據【1】所提及有關「船舶污染防治國際公約（MARPOL）」的規定，船舶動力系統正緊鑼密鼓針對空氣污染相關指數進行性能改善，以及推出性能更好的動力引擎，以符合法規之要求。在【2】、【3】中爲了綠色航運的發展，提出有關LNG的應用，但它的壓力和存放之溫度便是讓人大費周章之事，需要高成本的設備及較大的存放空間。國立臺灣科技大學的永續能源發展中心資料【4】顯示，目前氫氣的充填和產生已有SOP及一定的生產規模，但還未達到最高的便利及安全性。在經濟部能源局於103年7月的報告中【5】，我們對化石燃料所造成的危害，已到了不可忽視的境界。Meyer Stanley A.是【6】所提Electrical Particle Generator的發明者，此發明不僅提供了最佳的氫氣產生的方式，亦無需儲存空間，且可直接提供給引擎燃燒或提供給燃料電池使用。它的氫氣產生的原料爲水的電解，無論應用於燃燒或燃料電池，產物皆爲水，可循環使用，在船舶的應用上，可替代柴油發電機的一部分功能，節省燃料，亦可降低海上空氣污染的機會。藉由【7】中燃料電池原理，希望未來能充分用於船舶的應用方面。我們亦可在【8】內文中瞭解近年來氫氣引擎的變化，提供給我們相關性的應用概念，由部分使用到全面使用，歷經對年，依據【9】經濟部能源局對燃料使用所提供的報告，充分告訴我們有關化石燃料所造成CO₂、NO_x

及Sox等排放，嚴重影響到生態，而【10】所提及符合IMO所述之Tier III或Tier IV的引擎，對排氣所採取的處理之方式，對半是利用空氣污染防治設備，在【11】、【12】、【13】和個人汽車加裝氫氣產生器的實驗證明，依【14】、【15】及【16】之參考依據所估算，燃料費平均值大約占20%~40%之間，在【17】得知HHO在柴油引擎的應用上，可得到較經濟之油耗，因此未來進行船舶氫氣系統與燃料電池應用之研究是可行的，亦將會有更具可靠度的結論。

貳、IMO規範之調查與分析

根據聯合國國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)海洋環境保護委員會(MEPC)所訂定的「船舶污染防治國際公約（MARPOL）」第6範疇(ANNEX VI)規定：排放管制區域(Emission Control Area, ECA)要求2010年7月以後在ECA航行船隻所用燃料之含硫量不能超過1.00%，2015年1月1日以後不能超過0.10%。此ECA範圍包括：波羅的海、北海到英吉利海峽南端的連續海域，未來北美部分地區也將納入，可由圖1和圖2可見其規範之要求。

目前世界各引擎製造廠，已紛紛投入甚至已製造出符合國際海事組織(IMO)規範要求之船用引擎，而各副機製造廠亦共襄盛舉，配合生產高科技化之污染處理與防治設備，以達到未來的環保水平。早在Meyer Stanley A.發明Electrical Particle

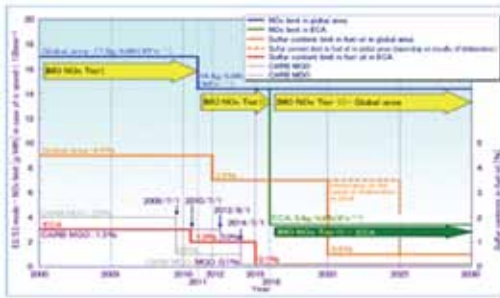


圖1 國際海事組織(IMO)船舶空氣污染物排放標準圖



圖2 國際海事組織(IMO)全球SO_x排放管制區圖

Generator時，水引擎已開發出來，不過在船用引擎方面未見推廣，各船東爲了減少成本，提昇攬貨之競爭力，更是廣泛運用重油以減少成本。因大小船舶載重量的不同，有關船舶之成本分析亦有相異之處，因燃油費用爲變動成本的重要影響因素，當然也是考量有效控管，減少成本的選項之一，更讓我們可著力於改善化石燃料的應用模式。因此，亦有研究者提出以LNG來替代，雖然可降低成本及改善海上空氣污染問題，但LNG儲存所需之相關設備及環境要求的配合度較高，若採用氫引擎及燃料電池提供電力，將節省大量燃料所消耗的成本及減少污染物的產生，亦可達到節能減碳的效果。

參、氫氣系統與燃料電池之原理

氫氣產生系統乃利用圖3之電壓增強電路的功能，將自然界中的水，利用高頻電壓之振盪頻率和很小的電流在很短的時間，將水電解，其氫氣的產生量約爲傳統的19倍，此時電解所產生的氧，約爲傳統的9.5倍，但所耗之功率小於傳統的1/3，這樣的氫氣系統可在很短的時間，產生足夠水引擎所需之燃料，當無需氫氣時，亦可免除於使用LNG的儲存問題，就整體而言，較占優勢。

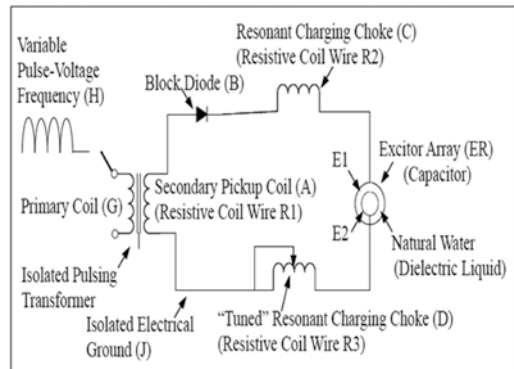


圖3 電壓增強電路

在圖4中，主要陳述有關燃料電池之工作原理，它主要是透過觸媒材料把含氫分子的燃料，如甲醇或氫氣，與空氣中的氧氣產生電催化反應而產生電能，電池中之燃料，可由外部連續供給，則具永久性之壽命。目前效率較高者爲質子交換膜燃料電池(Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)，爲低溫型的燃料電池，使用溫度約爲室溫至200°C間，效率爲60~80%，輸出功率亦較大，爲較合適之船用系統之選擇，且所需燃料爲氫氣或甲醇，氧化劑爲空氣或氧氣，正符合所需。在這樣的

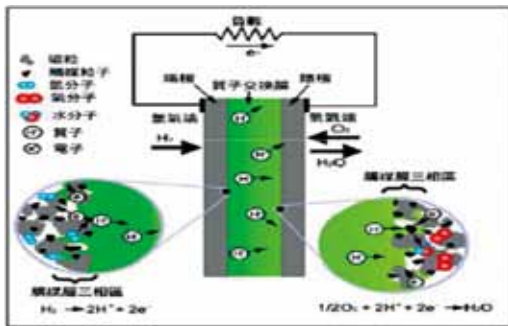


圖4 燃料電池的工作原理

搭配之下，真可說是天作之合，氫氣產生系統除產生氫氣和氧氣供燃料使用外，亦可利用加壓設備，充填船上乙炔焊接所需之氧氣，並且降低機艙噪音，改善輪機人員之工作環境。

將此氫氣產生系統和燃料電池搭配，預期可大幅降低整體的成本支出，亦可預防未來海上之空氣污染問題，符合法規之要求。因此，結合氫氣產生系統和燃料電池發電系統，是本文所強調之重點，茲就整體架構和未來研究發展方向陳述於後，希望能因應能源短缺和空氣污染所造成的環境惡化的問題。

肆、氫氣系統與燃料電池之應用架構

於氫能系統應用於船舶上，大體可由圖5可建立基礎應用概念，氫

能系統所需之水源除一般淡水外，亦能採用淡水製造機所造的水，氫能系統中氫氣產生器(又可視為氫氣產生系統)所需電源可以蓄電池先提供基本電源，接著再以燃料電池供應，若以燃料電池為發電系統，不僅節能，亦可降低發電機所產生的噪音，應用於主動力上亦有同樣的功效，在空氣污染的問題方面也同時得到大大的改善。以往花費在燃油方面的成本除油價，還有重油所造成的保養問題。在 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ 的化學式中，可見氫氣和氧氣的作用形成水，然而，為將此化學式轉變為 $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$ 相反的結果，亦產生電能。

我們如果從所需之應用面來論，此舉將符合IMO在規範上的要求，亦同時可降低副機於船舶之需求性，整體效益大幅提昇，讓航運更具競爭力，亦讓船舶的動力系統進入新紀元，亦可讓我們的地球減低污染源。全世界的運輸以航運為大宗，占90%以上，若新的能源的應用可改善環境所遭受的破壞，也算是功德一件，在需求和環境保護上求得雙贏的結果。

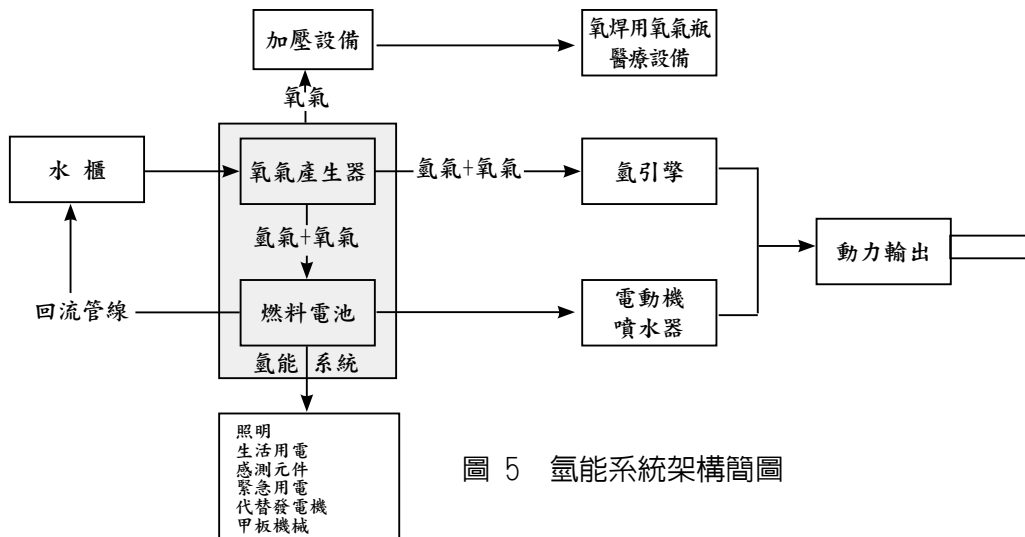


圖5 氫能系統架構簡圖

伍、成效評估

在本篇評估當中，筆者將個人的手排檔用車，車齡約11年，利用氫氣產生裝置所產生之氫氣，成功導入與汽油混合燃燒，所得效率約為15~20%之間，以往每公升汽油約行走8.5公里左右，現在每公升約行走10.5公里，甚至更高，如表1和圖6可見未來致力於氫能系統的開發是深具潛力，同時可應用於潛艇上。

表1 汽油混合氫氣之應用紀錄

參數次數	行駛公里數(km)	加油量(公升)	每公升公里數(km/公升)
1	348.00	40.57	8.5778
2	432.90	48.27	8.9683
3	397.30	42.96	9.2481
4	475.30	49.58	9.5865
5	395.60	41.12	9.6206
6	418.60	43.10	9.7123
7	439.10	45.17	9.7211
8	433.70	44.04	9.8479
9	398.00	40.28	9.8808
10	427.90	43.23	9.8982
11	375.60	37.77	9.9444
12	477.90	48.00	9.9563
13	439.50	43.79	10.0365
14	413.10	40.83	10.1176
15	374.00	36.82	10.1575
16	440.45	42.64	10.3295
17	433.70	41.10	10.5523

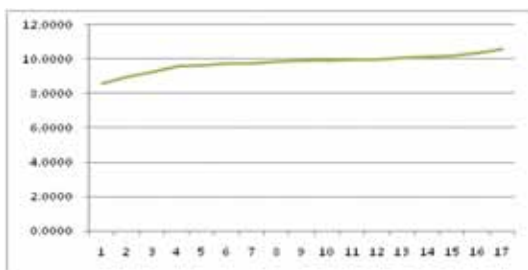


圖6 汽油混合氫氣之應用統計圖

本評估預期未來的成效如下：

降低燃油需求量，第一期由原來的100%降到85%左右，第二期期望降到65%以下，最後達到全面替代的狀況。

將全球運輸所使用之燃料，在燃燒時所造成空氣污染的增加率降到25%以上，讓我們的地球有時間喘息。

機艙主機和副機所產生的噪音降低，避免輪機人員於工作時所造成之職業病—重聽。

藉由能源應用的型式改變，讓船舶航行時所產生的污染源減少，以改善生態環境，讓我們有潔淨的海洋。

提昇船舶資源管理的最佳化，讓船舶有效地應用有限資源，降低不要的浪費及增進人員安全。

希望在動力系統這樣的研究開發和改善過程，不僅得到人類與大自然環境的雙贏局面，亦同時減緩溫室效應的負面影響，讓我們的生活得到改善，同時船東也能節省成本，並盡到環境保護的職責，讓地球的風貌保持宜人的景象。

陸、結論與建議

對於船舶推進所需的動力，氫能系統不僅使船舶推進性能提昇外，亦讓海上的環境保護有了更好的方法，同時兼顧運輸工作所需之獲利，達到雙贏的境界。在全球馬不停蹄地開發綠色能源外，氫能的應用將會是一個未來趨勢，也建議有志於海上工作的人們，在有效控管資源分配，讓機艙資源得到適切的管理。

對於氫能的開發與配套提出幾項建議如下：

學校應致力於綠色能源的開發和應用規劃，讓學生平時就能瞭解有關「船舶氫氣系統與燃料電池之應用」。

增進學生學前的瞭解程度，陸地和海上船舶的動力系統接軌，不致在銜接時有所脫節。

理論和實務是可有效的結合，利用教學和實作的過程中，把氫能發展視為未來的重要工作。

向設備製造商提供學界的研究成果，加強產學合作的機會及達成率，讓廠商更願意投資產品的開發。

規格化的商品對未來的航運市場頗具吸引力，希望對於船舶的使用與維護成為輕而易舉的工作項目，在人員短缺的同時，吸引更多的人才投入海洋事業，以期獲得最佳的發展。

參考文獻

1. <http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx>
2. 李正明，「綠色航運新「氣」象－船用燃料LNG新趨勢」能源報導－能源油蹤，P31，2011年2月，
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201102&Page=31>
3. 黃道祥，「綠色航運」，科學發展，482期，P60-67，2013年2月。
4. 「能源科技政策人才培育計畫成果－氫能燃料電池機車實車確證」國立臺灣科技大學永續能源發展中心，<http://sedc.ntust.edu.tw/files/15-1051-29233,c2493-1.php>
5. 經濟部能源局，「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計」，2013年7月。
6. Meyer Stanley A. U.S.A. 「Electrical Particle Generator」, No.1213671，Issued 861104.
7. 白益豪，「再生能源暨氫能與燃料電池」，100年度暑期能源科技教育種籽教師培訓課程講義，2011。
8. 張歲縉、李卓昱，「高耗能引擎的未來」，科學發展，483期，P16-25，2013年3月。
9. 能源局，「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計」，經濟部，2014年7月。
10. Michael C. Block，「Engine Technologies for Nonroad Tier 3 and Tier 4」，MvMA/MSHA/NIOSH DPM Workshop，Elk. NV, June 6th 2007。
11. 石育岑、林克衛、盧昭暉，「汽油引擎使用富氫氣體輔助燃燒之可行性探討」，第十二屆車輛工程學術研討會，Nov. 16, 2007。
12. 徐業良，「談氫燃料內燃機引擎」，汽車購買指南雜誌，2005年一月號，史丹福專欄。
13. 黃鎮江，「燃料電池」，全華書局，2005年。
14. 曾義，「原油價格大跌集裝箱航運面臨新一輪聯盟競爭」，CNSS，2014/12/22
15. <http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E8%88%B9%E8%88%B6%E8%Bf%90%E8%BE%93%E6%80%B%E6%88%90%E6%9C%AC>
16. 曾義，「大船时代：集裝箱支線船如何落子？」，CNSS，2015/02/04
17. Rick Cameron，「Effects of On-board HHO and Water Injection in a Diesel Generator」，Dissertation of University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying，October，2012. (ENG4111 Research Project Part 1, ENG4112 Research Project Part 2)

輪機長經驗談（二） （1980~1981，台航台蓮輪）

文：李為國

主機十字頭軸承及導板，太平洋漂流搶修記(2/3) — 人在海上，三天三夜，獎金USD 6000

人在江湖的豪氣承諾，使得台蓮輪能夠從台中港，準時開船，航向太平洋，到美國西岸裝貨。領港下船後，我就停俾漂流檢查，因為天氣非常壞，沒有辦法頂開十字頭銷，檢查白合金表面砂孔的狀況，只能目視檢查主機第二、四、六缸的十字頭軸承和十字頭導板，用手摸摸軸承溫度，插一插軸承和導板間隙，一切正常，沒有發現任何異狀。

放大洋後，天氣非常壞，白浪滔天，沒有辦法再停俾漂流檢查。每次下機艙，看到機艙有這麼多工作，不知道什麼時候才能作得完。想到聽說的USD 999萬滑落到USD 399萬的謠傳。想到接船首航的王輪機長，航線這麼好，停靠碼頭時間這麼長，卻要堅決請假下船。想到這次船在台中港卸貨停那麼久，航修工程修那麼多，卻在開船前一天，公司才緊急派我上船代理一趟輪機長。想到第四缸十字頭白合金軸承上的2個大砂孔，和十字頭導板上的裂痕，不知道什麼時候會出事，一點安全感都沒有。

每天提心吊膽又暈船，睡都睡不著，真不知道那一段日子是怎麼熬過來的。當初人在江湖準時開船的英雄豪氣，到了時時刻刻都在真正面對大自然的嚴厲考驗審判時，只剩下狗熊的一肚子傻氣和窩囊氣了。

台蓮輪是B&W的主機，我當時對B&W主機，一點經驗都沒有，再加上在台中港連夜應急修理時，已經知道船上的十字頭軸承備品尺寸不對，螺栓孔要擴很大才能用，軸承白合金厚度又超厚。可是還不知道十字頭正俾導板備品，有沒有問題，能不能用，萬一要換裝，如何換裝。雖然暈船暈得很厲害，我還是開始仔細研讀B&W主機說明書，和相關的主機原廠資料文件，預作準備，以免萬一再出狀況時，措手不及。

從台灣到美國西岸，散裝船大概要開兩個禮拜。我們開了6天左右，在太平洋中央，還沒有到國際換日線時，第四缸十字頭軸承就開始有金屬敲擊的聲音。請吳船長設法緊急短暫停俾，漂流檢查，發現這次台中港新換的、有2個砂孔的、第四缸十字頭船艙側軸承白合金，整個打出來了。十字頭正俾導板和白合金在中間處，也快要裂成上下兩半，正俾導板白合金也全部刮傷了。曲柄室第四缸船艙側機架隔板，也被撞變形了。

12月底的太平洋中央，天氣非常壞，停俾漂流非常危險，連續兩個側浪，全船人鐵定會一起到太平洋底，拜見海龍王當女婿。所以，我們不敢再停俾漂流，我也就沒有辦法進行任何主機運動機件的固定或拆除工作，只能切掉第四缸油門，移除十字頭軸承和導板的爆發壓力負荷，減輕金屬敲擊的力量。

另外再稍微把主機減速運轉，降低十字頭運動速度，盡量設法防止曲柄室油氣爆炸的可能性。因為減速減多了，停留在危險壞天氣的海域時間被拉長，更加危險。兩難之下，又沒主機原廠的技術指導文件可作減速依據，只能在主機俾頭雙手合十拜一拜，隨便減幾轉，祈求老天保佑。

我向船長報告目前狀況，船現在太平洋中央，天氣非常壞，停俾漂流非常危險，我們必須要往南直走，盡快脫離目前所在的低氣壓籠罩範圍，到達天氣好一點的海域後，看情況再作決定。船上自己能修就修，必要時拆除第四缸的運動機件，減缸航行。萬一不能修也不能拆，要找拖船，拖到關島或夏威夷廠修時，航程也近一點，也安全一點。

同時發電報給公司，呈報詳細的現況，以及我們的決定，請求指示。我們的決定就是，往南直走到好天氣的海域，先自修，或拆除第四缸運動機件，減缸航行。不行的話，再請拖船拖去廠修。

船長同意後，我們就往南直走，第四缸的敲擊聲音起先變的更大，然後就穩定住了。每天提心吊膽，害怕曲柄室會爆炸，害怕其它機件再敲壞，也怕南方天氣不好或不穩定，沒路可走。因為船上自己搶修，最少也要漂流三、四天，大洋中水深，漂流半徑還好，可是漂流時的天氣非常重要，萬一變天，就是死路一條。

船往南直走了兩天多，老天有保佑，運氣也不錯，敲擊沒再惡化，曲柄室也沒爆炸。到了天氣比較好的海域，雖然還是有湧浪，船搖擺的角度

很大，可是至少沒有白浪，未來三天的天氣預測也穩定時，我們就準備停俾漂流自修。

民國69年12月29日早上8點整，我們開始了三天三夜，不眠不休，全船動員，二十四小時分三班工作的搶修。這次的停俾漂流搶修工作，全部過程大概是這樣的：

- 1). 船長負責督導甲板部值班船副，確實掌握本船漂流時的安全、避碰、流向、水深；密切注意未來三天的天氣變化，及時通知輪機長緊急應變。必要時，拆除主機第四缸的運動機件，減缸航行。
- 2). 本船漂流時，全船甲板部和機艙部，按正常航行值班表值班。值班人員下班後，假如體力許可，請到機艙向值班管輪報到，接受工作分派。情況緊急，事非得已，請全船同仁體諒配合，同舟一命，共渡難關。
- 3). 除了前述航行值班表上的值班人員外，全船動員，由輪機長派工，二十四小時分三班，連續工作搶修。假如體力許可，請同意連續工作兩班，休息一班。情況緊急，事非得已，請全船同仁體諒配合，同舟一命，共渡難關。
- 4). 漂流時，天氣還是不太好，船搖擺的角度很大。所以，先把機艙底層，主機兩側的鍊條滑車軌道樑，加強固定，以免吊重搖擺時受力變形，影響搶修工作。所有吊重工作，一定要用副吊穩住，防止重物擺盪出事。
- 5). 把第四缸活塞頂起固定，拆出受損的第四缸十字頭船艙側軸承及

正俾導板後，將稍微受損的十字頭船艙側軸承白合金，在現場仔細研磨。徹底清潔檢查滑油噴嘴及滑油通路。再將曲柄室內運動機件及機架隔板等，整理清潔研磨乾淨。被撞變形的曲柄室機架隔板，稍作整形後，加焊扁鐵加強。主機各缸曲柄室內全面徹底清潔。

- 6). 十字頭軸承備品的白合金厚度超厚，派專人仔細研磨，這是細活，千萬要小心，磨過頭就完了。還好運氣不錯，白合金雖然超厚，但是品質均勻正常，沒有砂孔。軸承螺栓孔距不對，船上沒有搪孔機器或擴孔工具，只能用手提砂輪機等小型工具，慢慢研磨，直到軸承螺栓裝得進去為止。
- 7). 仔細檢查正俾導板備品後，發現導板備品上下端長度各多出5公分，上下端還各少一個繫固螺絲孔，其它都正常。鑽孔、攻牙、鋸短後，順利裝好正俾導板，再把導板間隙調整正常。這個工作，現在寫來好像很容易，當時作的時候，因為船搖晃的角度很大，導板很長，大約有2.5公尺左右，船上人員技術不好，船上攻牙的牙攻品質也不好，真是困難重重，耽驚受怕，傷透腦筋。
- 8). 十字頭銷表面只有輕微刮傷，沒有任何機械損傷變形，但是有大面積過熱變色痕跡，可能表面硬度會受損軟化。因為船上沒有備品可換，也沒有硬度計可以測量確認，為保險起見，我就以當年

在名古屋新手修船時，從宇野廠長學來的，十字頭銷在船上現場的表面硬化處理方法，依樣畫葫蘆，找了兩個人，用麻繩沾氣焊用的硼砂粉加滑油，繞在十字頭銷上反覆來回轉，把硼砂滲進去使表面硬化。至於有沒有效果，我自己到今天也不能確定，但是至少日本三菱的專家是這樣作的。

- 9). 全部都組裝好後，把十字頭銷底部表面塗抹紅丹，研磨軸承白合金表面磨合度，調整十字頭軸承組的軸承間隙，再用壓鉛法確認間隙數值正常。接著調整十字頭導板間隙，量測記錄各間隙值正常。最後，全面徹底清潔，我自己再把主機各缸所有軸承檢查一遍，開始試俾。

試俾時，主機分段加速，每20分鐘停俾檢查，用手摸摸軸承和導板溫度，並且量測間隙，三次停俾檢查正常後，開始全速試俾一小時，停俾頂開第四缸十字頭銷檢查正常後，再全速連續試俾四小時，再停俾頂開第四缸十字頭銷檢查正常後，大功告成，全速航向美國西岸。這次的太平洋中央停俾漂流搶修，全部花了三天三夜。

民國70年1月1日早上8點整，大功告成後，我們發電報向公司報告，停俾漂流三天三夜，全船同仁努力搶修，完工全速試俾四小時後，停俾檢查一切正常，現正全速航向美國西岸裝貨。

電報發出後，馬上就接到總經理陳東海具名的回電，慰勉有加，發獎金USD 6000，船就一路順利，開到美國西岸裝貨。

《本文作者任職CR高雄連絡處驗船師》