

出國報告(出國類別:其他)

MAN 175D主機維護保養訓練 出國報告

服務機關：海洋委員會海巡署艦隊分署

姓名職稱：科 員 洪瑞辰

隊 員 李長泰

派赴國家/地區：新加坡

出國期間：114 年 4 月 28 日起至 5 月 9 日止

報告日期：114 年 5 月 29 日

摘要

本次為海洋委員會海巡署艦隊分署「100 噸級巡防艇 17 艘採購案」(契約案號：B108330)主機(MAN 175D)維護保養訓練，係由該案決標廠商「中信造船股份有限公司」(下稱中信公司)洽 MAN 主機原廠爭取之訓練員額，目的在促進各項修護技術交流，以利推動後續保固維修工作的開展。

由本分署維修養護科科員洪瑞辰、第六海巡隊隊員李長泰等 2 員於 114 年 4 月 28 日至 5 月 9 日至新加坡 MAN Energy Solutions 分公司參加前開主機 Level 1 標準維護至 Level 3 進階維護保養訓練課程，熟悉 MAN 175D 引擎的基本結構、各系統的運行與維護技巧。

訓練內容包括引擎氣門間隙檢查及調整，柴油及滑油過濾器更換，渦輪增壓器、燃油高壓泵、噴油嘴及冷卻水泵等系統之重要機件拆裝，認識汽缸各單元，了解正確的拆卸方式及回裝等，通過本次訓練，得對 **MAN 175D** 該型主機作動原理有更深入的理解，並掌握原廠技術規範，有助於後續與承造廠商技術對接及履約審認作業，確保廠商保固維修服務符合原廠標準。

目錄

1. 目的	4
2. 行程表.....	5
3. MAN 175D 主機維護保養	7
3.1 主機標準維護.....	7
3.1.1 安全簡報.....	7
3.1.2 MAN 175D 主機介紹與概述	8
3.1.3 氣門間隙檢查及調整實作	9
3.1.4 燃油系統介紹及實作	10
3.1.5 冷卻水系統介紹及實作.....	11
3.1.6 滑油系統介紹及實作	13
3.1.7 壓縮空氣系統介紹與解說	14
3.1.8 引擎安全控制系統介紹與解說.....	14
3.1.9 選擇性還原觸媒系統介紹與解說	15
3.2 主機進階維護.....	15
3.2.1 TCR 渦輪增壓機介紹及實作	15
3.2.2 汽缸單元介紹及實作	17
3.2.3 內視鏡檢查實作.....	18
3.2.4 避震器介紹與解說	19
4. 心得及建議	20

1. 目的

本分署因應國艦國造政策，配合「籌建海巡艦艇發展計畫」，自 2019 年起建造新型 100 噸級巡防艇，該型艦艇在各方面性能皆有大幅躍進，船體尺寸增為長 40 公尺，寬 7.8 公尺，總噸位提升至 300 餘噸，單艘配置兩部 MAN 16V 175D-ML 型柴油主機，單部功率 3,200kW。

為確保該型艦艇交船後，各項保固維護落實，符合原廠國際標準，藉由派遣本分署人員至新加坡 MAN 分公司，由丹麥原廠技師親自教授專業訓練課程，讓學員實際操作各式機件與工具，熟稔系統結構與維修標準作業流程，提升其理論與實務並重的維保技能。本次訓練內容涵蓋基礎課程至進階課程(Lv1-Lv3)，訓後將大幅增進學員對高性能動力系統之故障排除與自主維修能力，減少對外部技術依賴。

本次參訓除本分署人員外，另有中信公司修護課和測試課計 4 名，及海軍 2 名共同參與，作為新加坡 MAN 分公司所屬訓練中心開幕的第一批受訓學員，丹麥原廠技師得透過各方使用者的反饋，掌握該型主機在實際使用上的優劣處，促進未來系統設計的改善；另就課程安排的部分，新加坡 MAN 分公司於每一階段課程結束時即進行意見交流，用以進一步調整未來課程方向與訓練深度，提供日後參訓學員更佳的訓練內容。

2. 行程表

「100 噸級巡防艇」MAN-175D 主機維修保養訓練行程規劃表		
日期	行程規劃	備註
第 1 天 4 月 28 日	台北桃園(TPE)-新加坡樟宜(SIN)	1、長榮航空 2、新加坡過夜
第 2 天 4 月 29 日	基礎課程 主機結構介紹。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 3 天 4 月 30 日	基礎課程 汽門間隙調整與檢查正確程序。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 4 天 5 月 1 日	基礎課程 1、 燃油系統佈局介紹。 2、 燃油噴射器進氣閥及高壓幫浦更換程序。 3、 冷卻水系統介紹及維護。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 5 天 5 月 2 日	基礎課程 1、 引擎滑油系統佈局及維護理論。 2、 滑油分離器實務操作。 3、 壓縮空氣系統介紹。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 6 天 5 月 3 日	基礎課程 1、 引擎排放控制系統佈局及檢查必要項目。 2、 泵浦和冷卻器更換。 3、 引擎控制系統介紹。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 7 天 5 月 4 日	進階課程 1、汽缸整體佈局及各零組件的組成。 2、內視鏡檢查教學。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 8 天 5 月 5 日	進階課程 1、 汽缸拆卸實作。 2、 各零件(缸套、活塞、連桿)製造商及其材質認識。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 9 天 5 月 6 日	進階課程 1、 搖臂總成拆解及檢查，識別磨損狀況需更換的標準。 2、 汽缸組拆解，辨識各部位磨損型態及	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd

	更換時間點。 3、缸套、活塞、連桿拆解及狀態評估。	
第 10 天 5 月 7 日	進階課程 1、 阻尼器的製造、組裝及基本組件檢查介紹。 2、 汽缸檢查完畢後的正確安裝。	MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd
第 11 天 5 月 8 日	進階課程 1、 軸承連桿檢查。 2、 渦輪增壓機的拆卸、運送及安裝。	1、 MAN Energy Solutions Singapore Pte.Ltd 2、新加坡過夜
第 12 天 5 月 9 日	新加坡樟宜(SIN)- 台北桃園(TPE)	長榮航空

3. MAN 175D 主機維護保養

本分署由科員洪瑞辰及隊員李長泰等 2 人赴新加坡 MAN Energy Solutions，參加由新加坡 MAN 主辦的 MAN 175D 主機維護保養訓練課程，本次課程亦有海軍維修廠士官長 2 人及中信造船廠技師 4 人一同參與。MAN 175D 主機主要於丹麥生產，本次訓練課程由新加坡分公司 Matthew Chua 特別自丹麥聘請負責教育訓練的技師 Peter Max 擔任訓練講師，工廠內放置一部 MAN 175D 主機供訓練使用，並備有基本工具、特殊工具及天車，提供完善的教育訓練環境。



圖 3.：本次參訓人員與丹麥講師於新加坡 MAN 分公司前合影

3.1 主機標準維護

3.1.1 安全簡報

進入教學工廠，在所有課程開始前，首要提醒工作安全，廠區的安全工程師為學員進行安全簡報，告知教學工廠及新加坡分公司廠區安全須知，說明工作注意事項、逃生路線、緊急集合地地點等。



圖 3.1.1-1：安全工程師進行安全簡報

3.1.2 MAN 175D 主機介紹與概述

針對 MAN 175D 主機的型號與類型進行說明，主機型號的命名方式，175D 的 175 是該主機氣缸直徑 175mm，D 則是燃料使用柴油，能夠選擇 12V、16V、20V 的汽缸數量，可以有 1,740-4,400kW 的輸出，依據不同的單汽缸輸出力量，有對應的大修時數，大修時間在主機運轉時數 16,000-30,000 小時；主機本體的完整導覽，識別主機各個主要部件位置，以及能夠讓主機運轉更加穩定的模組化選配設備。

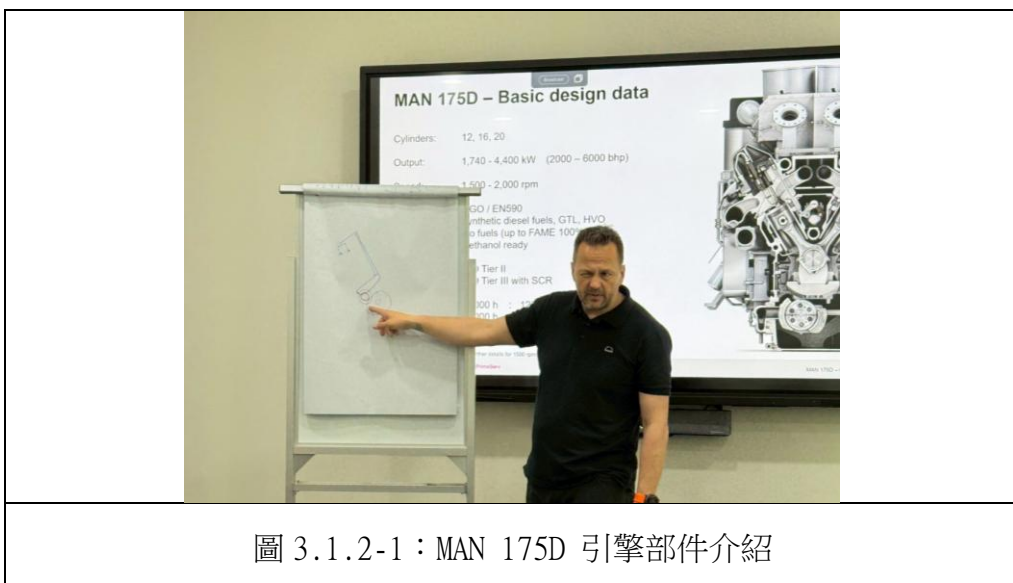


圖 3.1.2-1：MAN 175D 引擎部件介紹



3.1.3 氣門間隙檢查及調整實作

正確的氣門間隙可以讓主機運轉穩定，保持良好的燃燒效率，減少機件的損耗，主機在長時間運轉後，零件會熱漲冷縮、磨耗或是老化，都會造成氣門間隙變化，必須依據維修手冊定期對主機進行氣門間隙檢查及調整，使用厚薄規插入進/排氣閥的搖臂與氣閥閥橋間進行量測，若間隙不在標準值，透過搖臂上的間隙調整螺絲進行調整。



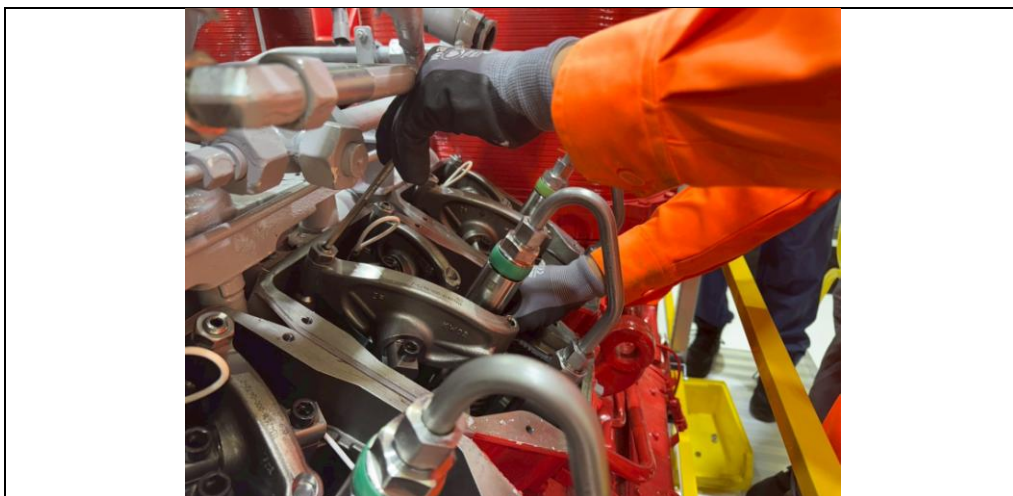


圖 3.1.3-2：進氣閥氣門間隙調整

3.1.4 燃油系統介紹及實作

MAN 175D 引擎燃油系統由燃油供應泵，提供燃油系統初始壓力，經過一道燃油過濾器後，進入燃油高壓泵，燃油高壓泵將高壓燃油(壓力可高達 2,200Bar)輸送至燃油共軌系統，經過進油管到噴油嘴，噴油嘴透過電子控制進行噴油，未噴發的燃油則經過燃油冷卻器，再回到燃油系統；由於燃油高壓泵零件精密且工作壓力高，建議於燃油供應泵前再增設一道油水過濾器及燃油過濾器。標準維護只准許成員進行噴油嘴與燃油高壓泵的拆卸與安裝，不能細部拆解，在系統部件到達使用時數上限時，將部件卸下更新，依照維修手冊進行部件的安裝。



圖 3.1.4-1：燃油高壓泵拆卸與安裝



圖 3.1.4-2：噴油嘴拆卸與安裝

3.1.5 冷卻水系統介紹及實作

冷卻水系統包含低溫淡水系統、高溫淡水系統及海水系統，三個系統分別有各系統的離心式泵浦，泵浦以引擎主齒輪驅動替系統建立壓力與循環；海水由海水底門進入板式熱交換器，對低溫淡水及高溫淡水進行冷卻，最後排出船外，低、高溫冷卻水系統皆設有溫控閥，使冷卻水維持在正確的工作溫度。

低溫淡水(約 36-38 度)進入空氣冷卻器和燃油冷卻器，用以冷卻進氣和燃油，空氣冷卻器則用以冷卻進氣管的高溫高壓空氣，使汽缸有更好的燃燒效率，燃油冷卻器係冷卻經過噴油嘴未噴發的高溫燃油，回到主機燃油系統。

高溫淡水(約 85-86 度) 約進入滑油冷卻器冷卻滑油，進入機殼內部冷卻缸套、缸頭及搖臂箱，進入渦輪增壓機冷卻軸承殼，降低高溫的工作環境；



圖 3.1.5-1：高溫淡水泵拆卸與安裝



圖 3.1.5-2：低溫淡水泵拆卸與安裝



圖 3.1.5-3：高溫淡水系統溫控閥

3.1.6 滑油系統介紹及實作

滑油從油底殼，透過油底殼內部的滑油泵建立滑油循環，經過滑油冷卻器進行冷卻，滑油過濾器過濾雜質後進入機體及渦輪增壓機，進入機體的滑油對曲拐軸、凸輪軸、軸承、缸套、活塞、搖臂組等旋轉及摩擦部件進行潤滑、冷卻，也具清潔及防鏽的功能；同時滑油系統配備離心式滑油過濾，利用離心力，將滑油中的積碳及油泥分離。



圖 3.1.6-1：滑油冷卻器拆卸與安裝



圖 3.1.6-2：滑油過濾器更換



圖 3.1.6-3：離心式滑油過濾器更換濾紙

3.1.7 壓縮空氣系統介紹與解說

MAN 175D 主機完全透過電子系統控制，不會使用壓縮空氣控制主機閥件的開啟和關閉，唯一需要使用壓縮空氣的是空氣啟動馬達；若是配備電力啟動馬達，則完全不須壓縮空氣，即可使主機正常啟動及穩定運轉。

3.1.8 引擎安全控制系統(SaCoS)介紹與解說

引擎安全控制系統(SaCoS)為 Safety Control System，是用來操控引擎運轉、監控引擎數值、安全機制保護引擎功能，整合在一套系統內的控制系統。透過控制單元、系統模組、感應器，啟動/關閉主機，增加/降低主機轉速，顯示主機各系統部件的工作溫度、壓力、轉速，在數值超出標準時發生警報，提醒輪機當值檢查引擎工作狀態，必要時系統也會直接介入降速或停機，保護引擎避免不可逆的損害發生。



圖 3.1.8-1：引擎安全控制系統模擬操作

3.1.9 選擇性還原觸媒系統(SCR)介紹與解說

引擎排氣中含有少部分的氮氧化物(NO_x)，會形成酸雨和空氣污染物，隨著環保要求日益嚴格，為減少排氣中的氮氧化物，在排氣管路中加入選擇性還原觸媒系統(SCR)，透過噴灑尿素與排氣混和，進到觸媒反應使氮氧化物分離成氮氣和水，達到減少氮氧化物排放的目的。

3.2 主機進階維護

3.2.1 TCR 渦輪增壓機介紹及實作

TCR 的 TC 表示 Turbo Charger，R 代表徑向渦輪，利用引擎排氣驅動，增加進氣空氣壓力，空氣密度提升，增加汽缸燃燒效率，提升引擎功率輸出，軸心採用半浮動軸承，滑油包圍軸承使軸心懸浮，提供更好的潤滑和較低的軸承阻力，因渦輪增壓機運轉轉速極高，葉片和軸心內部不可拆解，必須經過工廠高速平衡後，才可確保渦輪增壓機穩定運行；進氣空氣被壓縮後溫度提高，會導致含氧量降低，降低燃燒效率，為了提高燃燒效率，壓縮空氣會進入空氣冷卻器進行冷卻降溫，再送入汽缸。



圖 3.2.1-1：渦輪增壓機拆卸與安裝



圖 3.2.1-2：渦輪增壓機大部拆解



圖 3.2.1-3：空氣冷卻器拆卸與安裝

3.2.2 汽缸單元介紹及實作

汽缸單元包含搖臂蓋、搖臂組、進排氣管道、缸頭、缸套、活塞、連桿，依循上述部件逐個拆除，分解後進行表面目視檢查，最後依照維修手冊依序回裝，熟悉安裝流程，確認安裝程序符合手冊規範，完成一個汽缸單元的拆裝。



圖 3.2.2-1：搖臂組拆除與安裝



圖 3.2.2-2：缸頭拆除與安裝



圖 3.2.2-3：缸套、活塞、連桿拆卸與安裝



圖 3.2.2-3：活塞、活塞環、連桿目視檢查

3.2.3 內視鏡檢查實作

在不易操作或是拆解過程繁複的部件，例如：凸輪軸、凸輪軸從動件，可利用內視鏡進行檢查，確認機件表面狀況。



圖 3.2.3-1：使用內視鏡檢查凸輪軸

3.2.4 避震器介紹與解說

用來減少或抑制引擎的振動和曲拐軸旋轉造成的擺動，避震器密封的外殼內部有一個飛輪環，包裹著矽膠，利用慣性和機械原理，達到減振的效果，矽膠運轉溫度 80℃，運轉 6,000-7,000 小時後，需進行矽膠採樣分析。

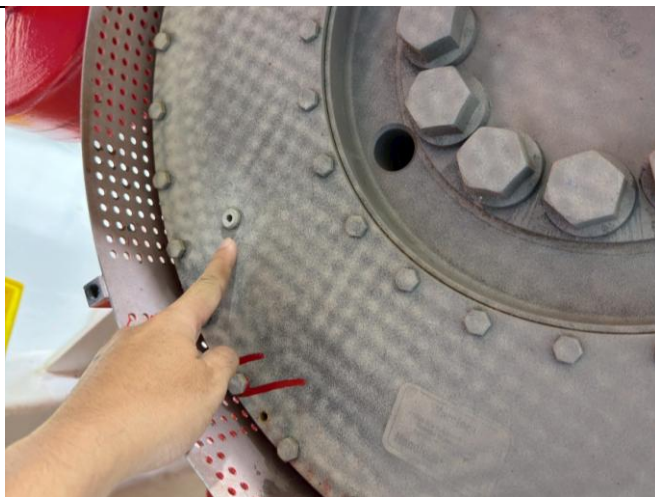


圖 3.2.4-1：避震器檢查與矽膠取樣孔

4. 心得及建議

(1) 訓練課程安排精實，師資及場地專業

整體課程緊湊、精實，涵蓋理論講解與實際操作，新加坡 MAN 分公司在教學工廠內提供實機設備，讓學員能夠親自操作加深印象，使訓練更加直觀與深入，場地更配備專用的特殊工具，於拆卸及安裝各式重要部件時，對學員與主機皆有更安全的保障。課堂中輔以原廠維修手冊，得以熟稔各安裝步驟，以及螺絲上緊的順序與扭力，並與不同背景的學員互相討教與經驗交流，有助於實務應用；對引擎的認知、工具的使用與操作方法獲益良多，對 MAN 175D 主機有更加深入理解。

(2) 對 MAN 175D 主機的認識與操作心得

MAN 175D 主機雖然設計與測試相當多年時間，但實際量產與使用仍只有百餘部，現階段使用時數與狀況尚需大量資料累積與回饋，操作與運轉過程中的回饋紀錄將做為後續維護與調整的重要依據；本次訓練為「標準維護」和「進階維護」，涵蓋維護等級 Level 2 及 Level 3，訓練讓學員理解哪些項目屬於船上人員可執行的保養，哪些則須送回原廠處理。然現代引擎都是講求單元化及模組化，部件損壞時通常需整組更換，並向原廠購買，維修成本高昂，縱使此舉可保障主機品質與可靠性，但相對而言維修費用壓力也較高，海外進口待料時間冗長，亦導致修期延長。

(3) 實機操作有助提升訓練品質

本次訓練於新加坡 MAN 分公司所副建之教學工廠進行，理論與實作教室皆完善，直接在教學工廠進行實作拆解，能夠及時修正操作缺失，雖然教學環境為陸基環境，未能直接模擬艦船艇內部狀況，但整體訓練效果良好，未來若仍有開設是類課程，鼓勵內、外勤同仁參與，能有效強化本分署自主維保的觀念與品質。