

調查意見：

本件海軍○○級巡防艦○○艦，於 98 年 6 月執行東北偵巡任務時，因鍋爐無法點火，失去動力乙案，案經調取相關卷證審閱，並詢問相關人員後，業調查竣事，茲將違失事項臚陳如下：

- 一、97 年 5 月○○號軍艦 1A 鍋爐 5 年完工檢驗時，鍋爐技師已指出吹灰器管正下方之 RE 排產汽管疏水不當，造成快速腐蝕，惟該艦遲未改善，嗣 RE 排產汽管復於 98 年 1 月、4 月及 6 月相繼洩漏，顯有違失。
 - (一)查○○艦 1A 鍋爐產汽管自 97 年 5 月五年例行性完工檢驗迄 98 年 6 月執行東北偵巡任務前，一年內累計已對 RE-1、RE-18、RE-19、RE-21、RE-22、RE-23、RE-29、RCC-25 等 8 根產汽管(1 吋)實施堵管，堵管位置幾乎都集中於 RE 排。其中 RE-1、RE-18、RE-23 等 3 根，於 97 年 5 月 31 日廠級入塢維修出廠，美鍋爐技師簽署鍋爐五年檢驗修後報告時因不合格而實施堵管。嗣 RE-21、RE-22、RE-29、RCC-25 等 4 根，復因使用期間爐水性質不穩定下降，經檢查研判係爐管洩漏，於 98 年 1 月 12 日又實施堵管；同樣的情形，於 98 年 4 月 8 日亦發生在 RE-19 上，結果亦是將之堵管，短期內連續發生堵管事件。
 - (二)次查該艦 98 年 6 月 10 日 14:31 點爐後，1A 鍋爐爐水復呈現不穩定狀態，連續執行批次加藥 5 次，仍因 RE-5、RE-17、RE-27、RE-35 等 4 根產汽管洩漏而停爐。累計自 5 年例行性檢驗迄 98 年 6 月 12 日熄爐止，產汽管累計堵管數已增至 12 根。
 - (三)惟查該艦 97 年 1A 鍋爐五年檢驗後報告(CAI)註釋 3 指出：「該艦水鼓上方產汽管損壞可能與吹灰蒸汽管系產生不當疏水有關」，海軍○○艦隊並研判：「此吹灰蒸汽疏水與鍋爐火側煙灰結合，形成硫化

物，沿水鼓圓頂鼓壁流至 RD 排爐磚與 RE 排排水鼓壁間之溝槽堆積，造成硫化物腐蝕。RD 排為 2 吋過熱器支管架，管壁較 RE 排 1 吋產汽管厚許多，故洩漏管均為 RE 排爐管。」此有海軍〇〇軍艦 980619 喪失動力故障案檢討報告在卷可稽。據此，〇〇號軍艦 1A 鍋爐吹灰蒸汽管系疏水不當，復未謀求解決方案，致短期內同一產汽管排一再發生洩漏，影響戰力，顯有違失。

二、按技令規定表面排放頻率為每周 1 次，惟 98 年 4 月〇〇艦 1A 鍋爐爐水氯化物頻頻上升，6 天內實施表面排放達 9 次，表排頻率確屬偏高，惟相關人員對業管裝備警覺性差，未切實查明異常原因，核有違失。

(一)按技令 220-21.45，鍋爐爐水內之氯會產生凹陷侵蝕和應力侵蝕破損。氯離子為一種活潑的離子，會導致鍋爐金屬表面的磁鐵礦保護層溶解，並阻止其再生成，而結果凹陷侵蝕比一般侵蝕更容易發生。為降低鍋爐內之氯離子含量，除上線(AOL 化驗合格)後執行實施浮渣排放(ScrumBlowdown, S-1)及視負載變化改變連續排放系統之排放率(技令 220-22.55)外，產汽中尚須定期執行表面排放(SurfaceBlowdown, 下稱表排, S)，以控制爐水性質(如：氯化物、導電度、過度處理及浮油等)。鍋爐水排放之目的，乃因爐水長時間持續蒸發後，爐內浮游物和溶解鹽類之濃度，會逐漸增加，使鍋爐易於發生汽水共騰現象，並產生淤泥與鍋垢等，肇致鍋爐安全與效率之降低。為防止此類情形發生，必須排出一部分爐水及雜質，並補充新的純淨給水入替，以使爐水內的雜質濃度降低，鍋爐才能繼續安全有效的運轉。於設有連續式排放系統和連續注入系統輔助的情況下，表排的頻率以每周定期實施

1 次即可。其排放水位，相較浮渣排放水位自汽鼓中線下方-3 吋至-4 吋，表排則係自汽鼓中線下方-1 吋至-4 吋，表排量較大，此於技令 220-22.51~220.22.54 及 KNOX-1200 磅鍋爐系統與運用訓練教材(第一冊)第 1-4 頁敘明綦詳。

(二)查○○艦 1A 鍋爐自 98 年 4 月 21 日點爐迄同年月 26 日熄爐止，分別於 21 日(03:35、17:22)、22 日(09:38、14:03)、23 日(10:28)、24 日(0:15、22:25)、25 日(14:35、20:54)實施表面排放(表 2¹，S，S-1 除外)，表排次數多達 9 次。嗣同年 5 月因用爐時間短暫(僅 30 小時左右)，迄同年 6 月執行東北偵巡任務之前，則處於蒸汽毯及聯胺馬弗林保養狀態。

(三)惟查上開爐水氯化物上升，於 98 年 4 月 21 日至 25 日實施表排次數多達 9 次，非屬正常現象。縱 98 年 6 月東北偵巡任務前，○○艦隊長於同年月 8 日親率監察官至該艦實施內部管理及 PMS 裝備保養訪查，督導期間，亦叮嚀落實裝備保養及航前檢查相關措施，以利任務安全執行，然相關人員仍未積極切實查明爐水氯化物上升、表排頻率偏高原因。加上離港前忽視爐水鹼度及磷酸值異遽降至下限之警訊，足徵值更及輪機人員對於業管裝備警覺性差，判斷力不足，遲未處置，輪機長、艦長及相關後勤主管實難卸操作不當或監督不周之責，核有違失。

三、○○艦 1A 鍋爐航前爐水性質(鹼度及磷酸值)遽降至下限值，耗用水量大增，輪機長對業管裝備警覺性不足，且航前未向艦長報告，致該艦離港後翌日即因產

¹ ○○艦 1A 鍋爐爐水化學處理表資料(98 年 3 月至 6 月)，於 98 年 6 月 25 日傳真請海軍確認無訛。

汽管洩漏而熄爐，確有違失。

- (一)查 98 年 6 月初○○艦 1A 鍋爐係處於聯胺馬弗林之濕保養狀態，為執行東北偵巡任務，於同年月 10 日 13:39 加入新爐水，批次加入磷酸三納(TSP)12 盎司後，於 14:31 以岸電點 1A 鍋爐，是日 18:00 艦長○○○主持航前會，輪機長○○○報告業管裝備正常。點爐後雖於同年月 11 日 0:49 批次加入 DSP3 盎司，惟爐水鹼度及磷酸值仍持續下降(合格範圍，鹼度為 0.100~1.000EPM、磷酸值為 10~40PPM)，當日凌晨 04:25 並同時降至合格下限，爐水耗水量亦達 500 加侖，較正常耗水量(350 加侖/小時)高出甚多，此有該艦 1A 鍋爐「CHELANT 系統爐水化學處理報表」及「海軍○○軍艦 980619 喪失動力故障案檢討報告」在卷可稽。
- (二)次查鹼度及磷酸值同時降至合格下限值後，輪機長復於同年月 11 日 5:35 實施整批次化學藥劑添加，加入 DSP7.5 盎斯，因見爐水化學性質略有回升，當日 8 時許上呈東北偵巡航前會議紀錄時，即未將 1A 鍋爐異常狀況回報艦長，嗣 10 時許，雖向艦長報告 1A 鍋爐耗水量較大，惟艦長於本院約詢時證稱：「出港前我沒有得到裝備故障的訊息」，該艦因此於同年月 11 日 10:30 離港，擔任東北巡任務。惟離港後 1A 鍋爐上開現象並未改善，輪機長方於同日傍晚向艦長報告該爐一直耗水量較大，建議換爐，艦長考量夜間換爐風險大，指示延至同年月 12 日 09:42 始換用 1B 鍋爐，10:09 熄 1A 鍋爐，熄爐後於 15:20 發現 1A 鍋爐夾層殼積水，研判係爐管洩漏所致。
- (三)惟查 1A 鍋爐點爐後爐水化學性質遽降，耗水量持續增加，鍋爐士官長○○○於裝備異常狀況發生後

，未能積極尋找故障原因；輪機長○○○，對於業管裝備故障未提高警覺，離港前仍採批次加藥方式(同年月 11 日 0:49 加磷酸氫二鈉 DSP3 盎司、同日 5:35 加磷酸三鈉 TSP7.5 盎司)，拉高爐水之鹼度及磷酸值。然此一做法，終究僅能治標，根本無助於故障原因之早期發現(熄爐後，發現係 RE-5、RE-17、RE-27 及 RE-35 等產汽管洩漏所致)，消弭可能潛藏之風險，加上離港前未將上開異常情形報告艦長，致該艦擔任東北偵巡期間，大部分時間僅能單爐航行，大幅增加海上航行之風險。據此，海軍○○○艦 1A 鍋爐航前 6 小時已知出現爐水性質(鹼度及磷酸值)遽降、耗用水量大增現象，惟輪機長對業管裝備喪失警覺，僅採批次加藥治標手段提高爐水化性，未查明原因，復未立即向艦長報告，致該艦離港後翌日即因產汽管洩漏而熄爐，為同年月 19 日海上失去動力之重要因素，確有違失。

四、○○艦艦長航前未掌握裝備狀況，知悉 1A 鍋爐爐管不正常耗水及單爐航行後，未適時向艦隊部回報，且平時未督導所屬落實裝備保養，致該艦因 1B 鍋爐過熱器管爆管、柴油機墊片破損，夜間於海上失去動力，陷全艦二百多位官兵於危險情境，允有違失。

(一)查○○艦於 98 年 5 月 20 日執行北運策護後，泊基隆港整備 20 天，依海軍○○艦隊 98 年 6 月份兵力使用計畫，該艦本納編○○支隊，嗣於同年月 11 日改納編為○○支隊，於同年月 11 日至 20 日執行東北偵巡任務。航前○○艦隊部要求該艦加強裝備檢整，做好東北偵巡任務前整備；艦隊長於同年 6 月 8 日 10:00 親率監察官張少校，至該艦實施內部管理及 PMS 裝備保養訪查，督導期間，亦叮嚀艦長○○○上校落實裝備保養及航前檢查相關措施，以

利任務安全執行，本院 98 年 9 月 28 日約詢筆錄載明綦詳，艦長○○○亦坦承不諱。

(二)惟查該艦自 98 年 6 月 10 日點爐後至翌日 10:30 出港前，艦長均向艦隊部回報裝備正常，出港駛向東北偵巡區後，於同年月 11 日傍晚知悉 1A 鍋爐不正常耗水及爐水性質下降，輪機長建議 1A 鍋爐轉為備用爐，換用 1B 鍋爐時，亦未回報○○艦隊。迨同年月 19 日 20:30 左右 1B 鍋爐過熱器管爆管後始向艦隊部報告。輪機長於 21:00 建議換用 1A 鍋爐，惟點爐時發現 1A 柴油發電機淡水膨脹水櫃有油溢出(因墊片破損，潤滑油流至膨脹水櫃)，滑油低壓警報器警示，緊急熄 1A 鍋爐及停用 1A、1B 柴油發電機，21:23 重新啟用 1B 柴油發電機，並實施電力負載管制，於海上失去動力 5 個多小時後，迨同年月 20 日 02:15 由大台軍艦開始拖帶 8 小時，於 10:34 始靠泊基隆東五碼頭。

(三)綜上，○○艦艦長於航行前未確實掌握裝備狀況，知悉 1A 鍋爐爐管洩漏故障後，復未適時向艦隊部回報故障情形，加上平時未督促所屬落實裝備保養，致該艦相繼因 1B 鍋爐過熱器爆管、柴油發電機滑油冷卻器墊片破損，於海上失去動力近 10 餘小時，陷全艦二百多位官兵於危險情境，允有違失。

五、○○艦 1B 鍋爐爆管前 1 個月之爐水氯化物即屢屢上升，於短時間內實施表面排放次數偏高，非屬正常現象，惟相關人員對業管裝備警覺性差，未能積極尋找異常原因，核有違失。

(一)按鍋爐過熱器損壞之原因²，計有：1. 鍋爐高水位、汽水共騰或汽水分離器效果差而造成過熱器內結

² 鍋爐學，張逢隆、方福樑、劉祖彰、郭振亞等著，教育部出版，我國航海、輪機海事教材編撰委員會、國立高雄海洋科技大學編印，第 196~197 頁。

垢，導致過熱器爆管；2. 受熱偏差或流量偏差致使個別過熱器管子超溫而爆管；3. 啟動、停用時對過熱器操作不當而導致過熱器爆管；4. 因負荷變化、給水溫度變化、燃料變化等使過熱蒸汽溫度上升，造成金屬超溫爆管；...7. 爐管長期為煙氣或吹灰不當所磨損，導致管壁變薄，不能承受原工作壓力而爆破；8. 由於鍋爐受熱面中過熱器的使用溫度最高，導致過熱器溫度變化的因素很多，相應造成過熱器超溫的因素也很多，因而過熱器損壞的原因也比較複雜，往往和溫度工況有關，在分析問題需要綜合各方面的因素考慮。至過熱器損壞之預防，則應：1. 防止過熱器管內結垢以致過熱而爆管；2. 避免高水位、汽水共騰現象的發生或改善汽水分離效果，避免水份進入過熱器管內；3. 鍋爐啟動、停爐時對過熱器操作要特別注意，正確使用保安蒸汽以保護過熱器；4. 過熱器管外經常使用吹灰器吹淨。另海軍依 EOCC(Engineering Operation Casualty Control)，鍋爐過熱器管爆管之可能原因，計有鍋爐低水位、爐管腐蝕、水側結垢、火側煙垢/過度侵蝕及燃燒率過高等 5 種原因，合先敘明。

(二) 查 98 年 6 月 12 日 1A 熄爐後，換點 1B 鍋爐續執行東北偵巡任務，嗣該爐復於同年月 19 日 20:41 因 21 排 S-2 過熱器管爆管而熄爐。依「海軍○○軍艦 980619 喪失動力故障案檢討報告」，蘇支部執行非破壞性檢驗結果，測出 1B 鍋爐過熱器管管壁最小值為 0.136 吋，均介於標準範圍之內(原始設計厚度為 ≥ 0.145 吋，最小容許厚度為 0.72 吋)，本次爆管之 21 排 S-2 過熱器管測厚值為 0.148 吋，顯示 1B 鍋爐過熱器管管壁均未超限。另蘇支部鍋爐檢驗師開啟過熱器管聯箱檢查，內部亦清潔良好。

海軍爰依據過熱器管厚度未超限且無異物附著或堵塞卻發生爆管，研判管壁強度已減弱，應為材質變質所致。

(三)惟查 1B 鍋爐過熱器爆管之原因：

- 1、海軍稱考量 21 排 S-2 過熱器位於鍋爐內部深處，倘對之取樣截管進行晶像分析，須將相鄰 1 吋產汽管 130 根、4 根 2 吋過熱器管支架 1 根、2 吋水屏管 3 根一併割除，基於成本及戰備考量，僅得以剔除法研判管壁強度已減弱，非謂無據。惟剔除法之前提：海軍檢討報告稱過熱器管無異物附著或堵塞，容有可議。蓋海軍並未將爆管之 21 排 S-2 過熱器管碎片或其周遭管壁送專業單位檢驗，所稱無異物附著或堵塞，應非爆管處，因爆管前縱有異物附著，爆管時因高壓緣故，必早已散失。破管處既未取樣、碎片亦未拾獲，破管處究有無異物附著，導致受熱不均，即難排除。海軍依據「過熱器管厚度未超限且無異物附著或堵塞卻發生爆管」，導出管壁強度已減弱、材質變質之結論，即非可採。
- 2、再者 1B 鍋爐設有連續排放與注入系統，依技令 220-22.54 規定，表面排放每周實施 1 次即可，然該艦自 98 年 5 月 11 日點爐迄同年月 21 日熄爐止，因爐水氯化物上升，於 12、15、16、17、18、19 及 20 日均實施表面排放(S, S-1 除外)，於同年月 12 至 20 日短短幾日內實施達 7 次表排，實屬異常，「人員對連續注入與連續排放系統等操作有待改善」，此於海軍 98 年 9 月 28 日答覆本院詢問參考問題三之(二)坦承不諱，不符前揭技令規定。惟值更及輪機人員對於業管裝備警覺性差，判斷力不足，遲未處置。縱 98 年 6

月東北偵巡任務前，○○艦隊長曾同年月 8 日親率監察官至該艦實施內部管理及 PMS 裝備保養訪查，督導期間，亦叮嚀落實裝備保養及航前檢查相關措施，以利任務安全執行，然相關人員仍未積極尋找爐水氯化物上升、表排頻率偏高原因。嗣同年 6 月用爐期間，爐水氯化物又上升，相關人員於 6 月 13、15、16 及 19 日實施表面排放，7 天內表排 4 次，非屬正常現象。足徵該爐於設有連續注入系統、連續排放系統的情況下，操作、裝備保養未盡確實，輪機長、艦長及相關後勤主管實難卸操作不當或監督不周之責。據此，○○艦 1B 鍋爐爆管前 1 個月之爐水氯化物即屢屢上升，短期內密集實施表面排放，非屬正常現象，亦不符技令 220-22.54 規定，惟相關人員對業管裝備警覺性差，未能積極尋找異常原因，核有違失。

六、按保養需求卡，○○艦柴油發電機每週均應實施「負載測試」，惟該艦卻以「無載測試」代之，便宜行事，致本次海上偵巡任務執行換爐時，滑油冷卻器墊片破損，無法提供點爐所需電力，且於事發後逕稱滑油、淡水溫度未超限，墊片無更換必要，誤導調查方向，均有違失。

(一)查○○艦柴油發電機，設柴油引擎 2 部、發電機 1 部，提供點爐之必要電力，其重要性不言可喻。惟 98 年 6 月 19 日 1B 鍋爐因過熱器管爆管熄爐，換點 1A 鍋爐，啟動緊急柴油機，卻發現 1A 柴油發電機引擎端淡水膨脹水櫃有油溢出，滑油低壓警報器警示，無法提供點 1A 鍋爐所需電力而緊急熄爐，致該艦夜間於海上失去動力。

(二)次查 1A 引擎滑油冷卻器墊片破損之原因，「海軍

○○艦 960619 喪失動力故障案檢討報告」稱，依發電機保養需求(MR)卡限-12 工程，當淡水或滑油冷卻器滑油分別大於 185°F、235°F 時，始須檢查淡水及滑油冷卻器。經查柴油機啟停紀錄，自 97 年出廠迄今，淡水及滑油溫度均未達最大限制，故毋須執行清潔檢查淡水及滑油冷卻器，故研判為墊片材質不佳導致。

(三)惟查 MR 卡規定，柴油發電機每週應實施負載測試 1 次。該艦 98 年 4 月 1 日迄同年 6 月 19 日滑油冷卻器墊片破損之「SSDG 柴油發電機操作紀錄」，分於 4 月 6、10、13、21、26 日、5 月 1、8、12、15、18、20、29 日及 6 月 2、6、11 日執行柴油機測試，其中除 4/26 執行點爐外，餘均為無載測試，核與 MR 卡規定不符。據此，海軍○○艦柴油發電機未依規定實施負載測試，以無載測試代之，便宜行事，致該機滑油冷卻器墊片破損，無法提供點爐所需電力，復於事發後，逕稱滑油、淡水溫度未超限，該墊片無更換必要，意圖將責任歸諸於墊片材質不佳，誤導調查方向，均有違失。

七、海軍○○艦隊未對○○艦實施戰備檢查，即納編為○○支隊，執行東北偵巡任務，核有疏失。

依據○○東北區巡邏支隊作戰與作業規定(97 年修訂版)-參、一般規定-五、戰備規定-(二):「支隊依各艦隊檢派兵力納、解編電報，適時對納編兵力實施戰備檢查……」惟支隊作戰官○○○少校因同年月 10 日副司令率隊實施戰備抽測，致○○艦納編○○支隊任務前，未對之戰備檢查，於本院約詢筆錄坦承不諱，亦有疏失。