



中國驗船中心 China Corporation Register of Shipping

技術通報 TECHNICAL CIRCULAR

編號 24A
日期 2005.11.30

本期摘要：

壹、2006 年間開始適用於貨船之 IMO 文件(含 MSC.142(77)、MSC.152(78)、MSC.153(78)、MSC.170(79)、MSC/Circ.1173)

貳、SN/ Circ.246 通報(VDR, S-VDR 資料讀取措施)

參、簡介歐盟 2005/35/EC 指令(有關船舶所造成的污染及罰則)

肆、船舶之腐蝕與防蝕(船舶技術)

(註：MSC/Circ 及 SN/Circ 通報詳細內容可參閱 IMO 網站<http://www.imo.org/>)

壹、2006 年間開始適用於貨船之 IMO 文件

一、2006/1/1 開始生效者(強制性文件)：

(一) MSC. 142(77)決議案 — 修正 SOLAS 第 V 章，將於 2006/7/1 開始生效。

1. 修正駕駛台視線要求的條件，由船長 (指計算乾舷所使用的船長) 45m 以上改為船長 (指船舶總長) 55m 以上。

2. 增訂要求船舶每日向船公司報告船位、航線及船速等影響船舶航程安全及操作的資料。

(二) MSC. 152(78)決議案 — 修正 SOLAS 第三章及第四章，將於 2006/7/1 開始生效。

修正 Reg. III/19, 20, 32 與 Reg. IV/15 及貨船安全設備證書附頁(Form E)，涉及救生設備檢查，浸水衣之增加及 EPRIB 之岸上保養等，要點如下：

1. Reg. III/19：調整 19.3.3.3 條文文字，不要求救生艇下水時應有操艇人員在艇上。

2. Reg. III/20：

(1) Reg. III/20.3 (保養) — 增列救生設備之保養、測試及檢查，應參考 MSC/Circ.1093

地址：104 台北市南京東路三段 103 號 8 樓

電話：02-25062711

電子郵件信箱：cr.tp@crclass.org.tw

傳真：02-25074722

網址：<http://www.crclass.org.tw>

This "Technical Information" is provided only for the purpose of supplying current information to its readers. China Corporation Register of Shipping, its officers, employees and agents or sub-contractors do not warrant the accuracy of the information contained herein and are not liable for any loss, damage or expense sustained whatsoever by any person caused by use of or reliance on this information.

(2) Reg. III/20.6 (每週檢查) , 新增 :

(A) 所有救生艇/筏、救難艇及下水設施的目視檢查, 應包含 hooks 暨附掛至救生艇之屬具及 on-load release gear 情況。

(B) 天候海況許可情況下, 貨船之救生艇(自落式除外), 應在儲位移動, 以證明下水設施情況良好。

(3) Reg. III/20.7.1(每月檢查) — 新增在天候海況許可情況下, 所有救生艇(自落式除外)應自儲位移出的要求。

(4) 修正 Reg. III/20.11 :

下水設施的徹底檢查(thorough examination)由「至少五年一次」改為「適用時, 年度檢查實施」。

(非五年一次之徹底檢查, 其動力測試之重量為救生艇重量即可。)

3. 修正 Reg. III/32.3 :

(1) 貨船上每人皆應備有一件浸水衣, 而距浸水衣儲位遠處之工作或瞭望站應另置足量浸水衣(散裝船以外之貨船, 若經常航行於溫暖氣候之航線, 而經主管機關同意時, 可免除之)。

(原規定為: 貨船上配備開放式救生艇時: 每一艘救生艇須備有至少 3 件浸水衣或主管機關認為必須船上每人備有一件浸水衣; 且應配置保溫衣給未持浸水衣的船上人員。但封閉式救生艇除外。)

(2) 2006/7/1 之前建造之貨船, 應於 2006/7/1 以後的第一次安全設備檢驗前滿足上述要求。

4. 修正 Reg. IV/15 :

配合安全無線電年度檢驗, Satellite EPIRBs 實施年度測試(安全無線電年度檢驗週年日之前或後三個月內實施)。且至少每 5 年要在認可的岸上保養工廠保養乙次。

(原規定為: Satellite EPIRBs 之測試時間間隔不超過 12 個月)

(三) MSC. 153(78)決議案 — 修正 SOLAS 第 V 章, 將於 2006/7/1 開始生效。

修正 Reg. V/2, 33, 34, 並增加 Reg. V/34-1, 要點如下:

1. Reg. V/2: 新增 Reg. V/2.5 搜救服務的定義。

2. Reg. V/33:

(1) 修正規則 33 條號標題為 Distress situations: obligations and procedures; 並於規則 33.1 新增強調援救義務係不分受難者國籍或狀況且不受所遇環境影響之規定。

- (2) 新增規則 33.1-1：關於締約國對海上遇難人員之支援合作。
- (3) 新增規則 33.6：對於所救助之人員須以人道主義對待之。
- 3. 修正 Reg.V/34：刪除規則 34.3 內容，並移至新增的 Reg.V/34-1：確立船長指揮權之規定。
- (四) MSC. 170(79)決議案 — 修正 SOLAS 第 II-1, III, V 及 VII 章並修訂第 XII 章，將於 2006/7/1 開始生效。

修正 SOLAS 第 II-1, III, V, VII 等章及相關證書，涉及現成船裝簡式航程記錄器及更新第 XII 章等。要點如下：

- 1. 修正 Reg.II-1/45.10：
有關在危險氣體存在之艙間裝設電氣設備之安全規定刪除包含液貨船，適用於 2007/1/1 以後建造的新船。
- 2. 新增 Reg.II-1/45.11：
液貨船引用“IEC60092-502 液貨船之電氣設備標準”，適用於 2007/1/1 以後建造的新船。
- 3. 新增 Reg.III/31.1.8：
2006/7/1 以後建造的散裝船皆應符合 Reg.III/31.1.2 的要求(即強制配備自落式救生艇及至少兩舷之一的救生筏應有下水設備)。
- 4. 新增 Reg.V/20.2：
要求 2002/7/1 之前建造之現成貨船逐步裝置航程紀錄器(VDR)或簡式航程紀錄器(S-VDR)。其期限為：
 - (1) 總噸 3,000 以上，但未滿 20,000 者：應於 2007 年 7 月 1 日以後之第 1 次計畫塢修日，但不遲於 2010 年 7 月 1 日。
 - (2) 總噸 20,000 以上者：應於 2006 年 7 月 1 日以後之第 1 次計畫塢修日，但不遲於 2009 年 7 月 1 日。
 - (3) 主管機關可豁免將於實施日期兩年內永久除役現成貨船之安裝要求。
- 5. 全面更新第 XII 章，主要內容摘要：
 - (1) 散裝船定義變更為「主要載運散裝乾貨(dry cargo)之船舶」。
 - (2) 規定散裝船船長 150 公尺以上、載運貨物密度 1,000kg/m³ 以上時，選擇雙舷側(double-side skin)構造的要求。
 - (3) 散裝船船長 150 公尺以上、載運貨物密度 1,000kg/ m³ 以上、且於 2006/7/1 以後建造者：

- (A) 貨物區結構應確保不因單一加強結構構件的毀損而立即導致其他結構構件的毀損，以致整個加強板架(panel)的崩塌。
- (B) 應確保舷側外板結構與其他船體結構間之有效連續性。
- (C) 貨物區結構應確保不因單一加強結構構件的毀損而立即導致其他結構構件的毀損，以致整個加強板架(panel)的崩塌。
- (4) Reg.7.2：強制要求船東實施 MSC. 169(79)(船東檢查及保養散裝船艙蓋標準，簡介詳技術通報編號 20 第貳(二)項)。
- (5) Reg.11.3：散裝船船長小於 150m，於 2006/7/1 以後建造者，應配置 loading instrument 以提供船舶穩度資料。
- (6) Reg.14：
單舷側構造之散裝船，其船長 $\geq 150\text{m}$ 、船齡超過 10 年、載貨密度 $\geq 1,780 \text{ kg/ m}^3$ 、不符合任一艙浸水後仍具足夠強度之要求(詳 Reg.5.1)、且不符合 MSC.168(79)(單舷側構造散裝船船舷結構標準及準則，簡介詳技術通報編號 20 第貳(三)項)者，任一艙載貨量小於該艙的最大容許載貨量之 10%時，不得滿載航行。
- (五) MSC/Circ.1173 — 修正 IAMSAR(Volume I，II，III)，將於 2006/6/1 開始生效。
依 SOLAS 規定，船上應備有最新的 IAMSAR MANUAL 第三冊(Volume III)。
- (六) MEPC.132(53)決議案 — 修正 MARPOL Annex VI 及 NO_x Technical Code，預計 2006/11/22 生效。
簡介詳技術通報編號 23 第壹項。

二、2006/1/1 之前生效者(強制性文件)：

- (一) 1997 年 SOLAS 締約國會議決議案—新增 SOLAS 第 XII 章散裝船額外安全措施：1999/7/1 之前建造之單船殼散裝船(船長 150m 以上)，其第一貨艙破損穩度及浸水強度之要求期限為：
船齡達 15 年後之第一個換證檢驗，但不能超過 17 年船齡。(此為 1999/7/1 開始持續適用之要求)
- (二) MSC.134(76)決議案—增訂 SOLAS 第 XII 章規則 13 (泵系統之可用性)：
 - (1) 位於防撞艙壁(collision bulkhead)前端的壓水艙管路系統及在最艏端貨艙前的乾燥空間艙口管路系統，應可由駕駛台或推進機控制站容易出入、且不必穿越暴露甲板之圍蔽空間內操作。

(2) 適用於所有散裝船；但 2004/7/1 前建造的散裝船，應不遲於 2004 年 7 月 1 日後第一個中期檢驗或換證檢驗到期日符合規定，但無論如何不得遲於 2007 年 7 月 1 日。

(三) 2002 年 SOLAS 締約國會議決議案：

1. 修正規則 XI-1/3-IMO 船舶編碼(Ship Identification Number)：

(1) 船舶編碼應永久顯示在船艙或船艙兩邊或船艙前端或船艙兩邊等的可見位置或(客船時)可由空中俯視之平面上；以及易於接近之機艙兩端隔艙壁之一，或艙口之一，或(易燃液貨船時)泵間內，或(裝有滾裝空間之船舶時)滾裝空間兩端隔艙壁之一。

(2) 適用於所有客船 $\geq 100\text{GT}$ 及所有貨船 $\geq 300\text{GT}$ 。但 2004/7/1 之前建造的船舶期限為：2004/7/1 之後第一次預定進塢日期。

(3) 標示船舶編碼應易於辨識；大小在船舶外部者高度為 $\geq 200\text{mm}$ ，在內部者高度為 $\geq 100\text{mm}$ ，寬度則按高度比例；方式為凸出、切割、或中心鑽孔等不易毀損之方法；非金屬船之標示方式須經認可。

2. 增訂規則 XI-2/6-船舶保全警示系統(Ship Security Alert System)：

2004/7/1 之前所建船舶之適用期限為：

(1) 客船(含高速客船)；及 500GT 以上之油輪、化學品船、氣體船、散裝船及高速貨船，最遲於 2004/7/1 之後第一個安全無線電設備檢驗日。

(2) 其他貨船 $\geq 500\text{GT}$ ，以及移動式海域鑽油台，最遲於 2006/7/1 之後第一個安全無線電設備檢驗日。

(四) MSC.151(78)及 MSC.158(78)決議案：

1. MSC 151(78) — 要求油輪及散裝船在貨艙區內及前之空間設置交通通道。係修正 MSC.134(76)所新增 SOLAS Reg. II-1/3-6 之規定：

(1) 預定於 2006/1/1 開始生效，適用於 2006/1/1 以後建造的新船；但締約國政府可提前適用於 2005/1/1 以後建造的新船。

(2) 修正之主要內容：

(A) 要求裝設交通通道之範圍，除貨艙區空間外，並擴及貨艙區前之空間。

(B) 需裝設「永久性交通通道」改為「交通通道」。

2. MSC 158(78) — 修正 MSC.133(76) 決議案(檢查通道措施技術規定)：

(1) 配合 MSC.151(78)決議案修正。

(2) 修正後之技術條款顯得較為合理，並符合安全原則，具有實際效益。

註：國際船級協會聯合會(IACS)決定將 MSC.151(78) 及 MSC.158(78)兩決議案適用於 2005/1/1 以後建造的新船，除非委託之當事國另有規定。

(五) MSC.157(78)決議案 — 修正 IMDG Code：

1. 局部修正 IMDG Code 2002 年版第 1 及 2 冊。
2. 預定於 2006/1/1 開始生效，但建議各政府自 2005/1/1 開始局部或全部採行修正部份。

(六) MEPC.111(50)決議案：

1. 修訂 MARPOL Annex I Reg.13(G)，並增訂 Reg.13(H)，主要為加速淘汰單船殼油輪案。
2. 已於 2005/4/5 生效，若干現成單船殼油輪依其船齡最多使用至 2010 年船舶交船週年日，或經特准再延一段時間。
3. 內容詳技術通報編號 13 第 (貳) 項。

(七) MARPOL1997 年議定書：

1. 本議定書增訂 MARPOL Annex VI (防止船舶空氣污染規則)。
2. 已於 2005/5/19 開始生效，其強制性 NO_x Technical Code 文件亦同時生效。
3. 現成船取得國際防止空氣污染 (IAPP) 證書之期限為：2005/5/19 後第一次進塢(但最長不得超過 3 年)。
4. 簡介詳技術通報編號 16 第 (肆) 項。

(八) MEPC.115(51)決議案：

1. 修正 MARPOL Annex IV (防止污水污染規則修正案)，已於 2005/8/1 開始生效。
2. 該附錄已於 2003/5/19 開始生效，現成船應於該附錄生效 5 年內符合相關要求，取得國際防止污水污染(ISPP)證書。

貳、SN/ Circ.246 通報(從航程紀錄器和簡式航程紀錄器中讀取儲存數據供調查機關使用之建議)

IMO 發布本通訊，希望能讀取 VDR 及 S-VDR 內儲資料，以供調查意外事故參考。其要點如下：

1. 為能更有效利用 VDR、S-VDR 調查意外事故，需讓調查人員可即時下載並錄放儲存數據。(目前 VDR 或 S-VDR 並未要求此介面供調查人員使用)
2. 建議：2006 年 7 月 1 日以後安裝之 VDR 和 S-VDR，應設置存取方式，可供擷取 VDR 或 S-VDR 之儲存數據至手提電腦。對已裝船之 VDR 或 S-VDR，若已裝有下面 3(1)

所述之輸出埠者，應於 2007 年 7 月 1 日以後設置存取方式。

3. 製造商應提供：
 - (1) 輸出埠(以國際認可規格提供資料)，如乙太網路(Ethnet)、USB、防火牆(Fire Wire)、或等效之裝置；
 - (2) 軟體(與市售手提電腦之作業系統相容)儲存在可攜式儲存裝置，如 CD-ROM、DVD、USB-記憶卡等；和
 - (3) 執行軟體與連接手提電腦至 VDR/S-VDR 之說明書
4. 該軟體須能下載及錄放儲存數據。
5. 可攜式儲存裝置、說明書和其他硬體連接所需之特別（非市售）部分，應置於 VDR/S-VDR 的主機，並專供意外事故調查機關使用。
6. 若需要，則 VDR 和 S-VDR 製造商應提供可下載及錄放儲存數據之軟體，包括更新資料和船舶特定軟體給調查機關。

參、簡介歐盟 2005/35/EC 指令(有關船舶所造成的污染及罰則)

歐盟為有效制止污染行為，於日前通過 EU 指令(directive) 2005/35/EC，並於 2005/10/1 生效，且會員國須於 2007/3/1 前立法實施指令 2005/35/EC 之規定。凡經過歐洲海域的各國船舶都必須遵守該等規範，否則將受到處罰。該指令與 MARPOL Annex I (防止油污染規則)及 Annex II (管制散裝有毒液體物質污染規則)主要不同在於：在內水及領海內發生船舶受損污染事件，即使是嚴重疏忽(serious negligence)也要受罰(可能包含刑罰和行政罰)。

歐盟 2005/35/EC 指令可由網路下載：

http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/en/oj/2005/l_255/l_25520050930en00110021.pdf

肆、船舶腐蝕與防蝕(船舶技術)

一、船舶防蝕的重要性

在船舶的使用年限中，如何避免船舶因腐蝕而減少其有效營運時間，是船東必須面對的問題。而隨著船齡的增加，處理腐蝕所需的維修費用與時間也相對遞增。如何避免或延緩船舶產生腐蝕是船舶技術中重要的課題。

現成船的維修經驗，是規劃新船防蝕措施的重要依據。必要時可能追加合理的船價，

以免除日後船舶營運中可能支出的昂貴維修費用與時間；但有些防蝕措施，祇要在船舶建造階段稍加用心即可獲得效果，並不須花費太多成本的。

本文主要簡述船舶可能遇到的腐蝕，並提供一些防蝕的觀念，作為業界技術參考。

二、腐蝕分類

依發生腐蝕的原因分類，一般有以下 4 類：

(一) 電化學腐蝕(Electrochemical Corrosion)

1. 電化學腐蝕的必備條件為：

- (1) 陽極(Anode)：為進行腐蝕的金屬。
- (2) 陰極(Cathode)：為金屬或電子導體，提供還原反應的位置。
- (3) 電解質(Electrolyte)：
一般為水溶液，與陽極及陰極相接觸，以提供離子傳導的路徑。
- (4) 兩極之間電路(Metallic Path)：
為陽極及陰極間之電子傳導路徑。

2. 水溶液中加速腐蝕之因素：

- (1) 足量的氧氣(Oxygen)
- (2) 足量的水(Water)
- (3) 足量的離子(Ion)
- (4) 兩極之間電位(Potential)差大
(如銅閥鐵座造成閥失效)
- (5) 陽極面積小、陰極面積大 (如圖 1)
- (6) 兩極距離小
- (7) 兩極間電阻小(鋼板表面塗以漆膜，即可增加其間電阻)
- (8) 電解質流速大
- (9) 較高的溫度。

(二) 化學腐蝕(Chemical Corrosion)：

如金屬溶解於有機溶劑、熔融鹽液中，即為化學腐蝕現象。

(三) 微生物腐蝕(Microbial Corrosion)：

因細菌、黴菌、酵母等微生物的參與而衍生的局部腐蝕現象。例如海水壓載艙內存在硫酸根還原菌(SRB)時，可能將硫酸鹽還原成 硫化物，而形成黑色沉澱物，因而加速鋼板的腐蝕效果。

(四) 速度效果腐蝕：

指金屬表面因介質速度而產生的金屬損耗。

三、金屬腐蝕型態

金屬的腐蝕型態，可分為：

(一) 全面腐蝕(General or Uniform Corrosion)：

為金屬處在侵蝕性環境中所受的腐蝕，例如在大氣、海水、酸液、或鹼類環境中，某些金屬本身同時作為陽極與陰極，而呈全面性腐蝕。例如：

- (1) 鋁合金表面氧化皮膜、中間軸表面生銹等。
- (2) 一般碳鋼在常溫下海水中銹蝕可以 0.1-0.2mm/年計。船舶結構設計時，一般亦留有每年耗損 0.1mm 的預留量。
- (3) 船舶建造中鋼板在不同成份大氣中的銹蝕：[\(如圖 2\)](#)
 - (A) 相對溼度(RH)在 70%以下時，會形成見不到的氧化保護膜。
 - (B) 空氣乾淨(CLEAN)時，即使 RH 達到 99%，銹蝕亦可忽視。
 - (C) 鹽水的存在會加速銹蝕(因離子增加)。
- (4) 鋼板表面有黑皮(MILL SCALE)時，腐蝕速度可達一般的數十倍(如約 80 倍)。黑皮是鋼熱延壓加工時，從高溫急冷下過程中受到不完全氧化作用所形成。這層黑皮看似結實，實際上因有很多空隙存在，使得大氣中氧氣與水份很容易浸透而形成激烈腐蝕。
- (5) 碳鋼對較濃硫酸的抗蝕性較佳，但鹽酸對碳鋼卻有較大的侵蝕力。

(二) 異金屬接觸腐蝕(Bimetallic or Galvanic Corrosion)：

- (1) 金屬與另一金屬(如鋼板之黑皮)或導電非金屬(Conducting Nonmetal)(如碳棒)電路連接在一起，一同浸在電解液中，產生電化作用而使低電位金屬腐蝕。[\(如圖 3\)](#)
- (2) 改善方法，如：
 - (A) 阻隔金屬--嵌入非金屬或隔離層。
 - (B) 避免在加凡尼系列中相距太遠之兩金屬接觸。

(三) 脫合金腐蝕(Dealloying corrosion、Selective leaching、或 Parting)：

合金中較活潑金屬成分易發生溶解。如黃銅(brass)脫鋅(dezincification)使得合金顏色由黃色變成帶有紫紅色，並使其機械性能減弱，且呈現多孔。

(四) 粒界腐蝕(Intergranular Corrosion)：

- (1) 為高溫下金屬產生滲碳(carburizing)或氮化(Nitriding)現象的結果。如沃斯田(含鉻鎳)不銹鋼在電焊熱影響區(Heat Affected Zone)內或於高溫下(如 SUS304 在

425-870°C 之間)徐冷後，其結晶粒界之鉻與碳(大部份沈積在晶粒界處)結合成鉻碳化物，其近鄰因缺乏鉻成分而易產生腐蝕 (如圖 4)。電鍍所發生者亦可稱為鍍接衰弱(weld decay)。

(2) 不銹鋼改善方法，如改採低碳含量不銹鋼(如 SUS304L)等。

(五) 應力腐蝕(Stress Corrosion)：

(1) 金屬局部受應力而變形時，不僅破壞其表面保護膜，且受力部份變成陽極而產生腐蝕，稱為應力腐蝕。(如圖 5)。

(2) 金屬受殘留(residual)應力或施加之外力(容許應力內)情況下，若放置於腐蝕環境中，則會產生裂傷，稱為應力腐蝕裂痕(Stress- Corrosion- Cracking，SCC)。

(3) 改善方式—可經熱處理以消除內應力，並遠離腐蝕環境。

(六) 金屬離子濃淡電池(Metal Ion Concentration Cell)：

同一金屬材料，局部離子密度不一而產生電位差。如水中轉盤邊緣較易生銹即是。(如圖 6)

(七) 間隙腐蝕(Crevice Corrosion,deposit attack)：

(1) 因位置狹窄使電解液流通不順，氧氣缺乏而生(即同一金屬材料局部氧含量不一致而產生電位差)。電解液含氯離子時更易發生。不銹鋼及鋁合金亦會發生。兩片同質金屬間螺栓週遭較易生銹即是。(如圖 7)

(2) 改善方式，如：

(A) 以電鍍替代使用墊片(gaskets)

(B) 避免尖銳邊緣(sharp edges)

(C) 使用橡膠(rubber)或鐵弗龍(Teflon)為材質的墊圈(washers)

(八) 孔蝕(Pitting Corrosion)：

(1) 不銹鋼等鈍態型合金處在氯離子等侵蝕性陰離子下常會生成此現象。且常發生在以下之孔穴或受損部位上：(如圖 8)

(A) 金屬表面之鈍態表層(如氧化膜)；

(B) 賤金屬(base metal)上之貴金屬(noble metal)表層，此可能導致賤金屬產生針孔。

(2) 一般孔徑較其深度小或相等。

(3) 可以不銹鋼 SUS316(含鉬，即 Mo，一般用於舵軸承)取代 SUS304(屬 18-8 不銹鋼，一般用)，以降低產生孔蝕的風險。

(九) 腐蝕疲勞(Corrosion Fatigue)：

在腐蝕環境中，金屬受到疲勞應力時，其疲勞強度會降低，更易加速疲勞破裂。

(十) 迷散電流腐蝕(Stray Current Corrosion)：

船舶泊岸進行電銲修補作業，若使用直流電機且在陸上接地(而不在船體接地)，則發生迷散電流而使船體腐蝕。若使用交流電機則損失遠較輕微。

(十一) 磨動腐蝕(Fretting Corrosion)

金屬表面承受高負荷，且在空氣中因振動或微短距離滑動而產生。

(十二) 沖蝕(Erosion Corrosion)

(1) 金屬表面與液體或氣體相互運動而生，因腐蝕生成物一直被沖走，而使得腐蝕更形加速。軟金屬(如 copper, brass, pure aluminum and lead)較易發生。

(2) 可能發生場合，如：

(A) 管徑突然改變。

(B) 加上不當接頭或襯墊，使滑順金屬表面變得不順。

(C) 有間隙而使液體外洩

(D) 腐蝕生成物等沉積，干擾層流(laminar flow)

(十三) 空蝕(Cavitation)

金屬處在溶液中，溶液流經金屬表面產生壓力變化時，在低壓處產生汽泡，至高壓處崩破衝撞金屬表面而致凹凸不平。若螺槳葉片設計不良即可能發生空蝕現象，導致葉片受損、效率降低、並產生振動。(如圖 9)

(十四) 鈮侵蝕(Vanadium Attack)

又稱燃燒之高溫腐蝕(High Temperature Corrosion)。燃燒時，燃油所含鈮及鈉會產生鈮鈉化合物，在高溫下(約 450-650°C)會熔解氧化鐵而伴隨腐蝕。如氣缸活塞冠(Piston Crown)頂部發生燒陷即是。該熔解溫度值受鈮與鈉成份的比例影響甚大，一般較其黏著溫度(即煙灰黏著在燃燒室壁上的溫度)高些。鈮/鈉比率與黏著溫度的關係如圖 10 所示。

(十五) 硫酸露點腐蝕(Dew point Corrosion of Sulfuric Acid)

又稱燃燒之低溫腐蝕(Low Temperature Corrosion)，燃燒中硫與氧合成硫氧化物後，再與水份或水汽結合成硫酸，在露點(130-160°C 左右)以下侵蝕金屬。如特殊情況下，出現在氣缸襯套(liner)內壁上或節熱蒸汽盤管上。露點視燃油含硫量及缸內含氧量而定，如圖 11 所示。一般設計(如節熱器)時腐蝕設定在 175°C。

四、防蝕方法

一般避免產生腐蝕的方法有：

(一) 被覆隔離保護層(Barrier)

可利用下列材料，以裏襯(lining)、塗層(coating)、或塗裝(painting)等方式來進行隔離保護：

- (1) 有機物：如環氧樹脂、油漆等。
- (2) 無機物：如珐瑯、耐蝕磚、陶瓷等。
- (3) 耐蝕金屬：如
不銹鋼包覆(clad)鋼板、
熔融鋅電鍍(electroplated)鋼、
熱浸鍍鋅(hot dip galvanized)鋼、
鋅熔射(thermal sprayed)塗層等。

(二) 電化學防蝕

係利用電化學原理來防蝕，主要有：

(1) 陰極保護 (Cathodic Protection):

(A) 犧牲陽極法(Galvanic or Sacrificial Anode): (如圖 12)

如船舶外板加裝陽極板(鋅塊等)為陽極，將外板變成陰極(保護對象)，利用溶解鋅塊發出電流，來保護外板。(應注意陽極板大小、數量、及分佈等)

(B) 強制電流法(Impressed Current): (如圖 13)

如船舶加裝 ICCP 系統(Impressed Current Cathodic Protection System)，以外板為陰極(保護對象)，加裝白金等不溶性電極為陽極，外供直流電流由陽極流出，以保護外板。

(2) 陽極保護(Anodic Protection)

以能鈍化的金屬為陽極(保護對象)，加裝陰極金屬，外供直流電流將陽極表層鈍化，而達到陽極免受高侵蝕性電解液的腐蝕。

(三) 腐蝕抑制劑(Corrosion Inhibitor)

添加少量化學品於腐蝕環境中,以有效減低腐蝕速率。

(1) 吸附型(Absorption Inhibitor)：

抑制劑吸附於腐蝕進行中的金屬表面，以降低反應。

(2) 皮膜型(Barrier Inhibitor)：

抑制劑與金屬離子反應，產生難腐蝕性皮膜。

(3) 鈍化型(Passivator)：

即化學性之陽極防蝕。添加具還原力之氧化劑，使保護物表層呈鈍態現象。

(四) 改用抗蝕金屬或合金

如碳鋼改用不銹鋼。需電鍍不銹鋼時,可使用低碳含量之不銹鋼或鍍後熱處理等,以免產生粒界腐蝕。

(五) 防蝕結構設計

結構設計時,祇要稍加留意,即可有效避免結構的潛在腐蝕威脅。以下提供若干情境,作為船東執行新船審圖與監工時參考:

(1) 考量均勻腐蝕的容許量:

如船舶設計決定鋼材結構尺寸時,一般均預留船舶使用年限內每年 0.1mm 的容許量。

(2) 考量排水問題: 以免除金屬腐蝕生成條件。(如圖 14)

(3) 避免構成異金屬接觸腐蝕的條件:

隔離異金屬或電解質的接觸,以降低造成電化學腐蝕的風險。(如圖 15,16)

(4) 避免構造型縫隙,以減少金屬發生間隙腐蝕的機會。(如圖 17)

(5) 考慮銲接位置:

因銲接部位易產生腐蝕,因此其接頭儘量避免位於潮溼等利於構成電化學現象的環境。(如圖 18)

(6) 考慮殘留內應力部位的位置:

金屬承受內應力的地方易生腐蝕,因此避免處於易構成電化學現象的環境。(如圖 19)

(7) 注意溫度的傳導,避免凝結成水而生成金屬腐蝕的環境。(如圖 20)

(8) 避免產生磨動腐蝕、沖蝕、及空蝕等現象,如:

(A) 兩金屬之間使用潤滑劑,以減少磨動腐蝕。

(B) 妥善設計螺槳,避免在葉片範圍內發生空蝕現象;在物件空蝕發生部位預先覆蓋耐撞擊材料等。

(C) 降低流速、避免紊流或衝擊等狀況,以減少沖蝕。(如圖 21)

(9) 考慮未來保養方便性,預留保養空間。(如圖 22)

(10) 結構上減少開孔、以成型型鋼(rolled profile)取代銲接型鋼(built-up profile),以利塗裝效果。

(11) 修飾最終表面,使表面呈現光滑,除有安全及美觀上的好處外,亦可確保防蝕措施的效果。

(六) 為避免金屬腐蝕,常用的控制環境因素如下:

- (1) 溫度：避免高溫。
- (2) 流速：避免瞬間流速變化過大。
- (3) 應力：注意避免產生應力腐蝕與腐蝕疲勞。
- (4) 保持乾燥的環境。

五、參考資料

- (1) 劉國雄等, 工程材料科學, 全華科技圖書股份有限公司, 民國 81 年
- (2) 劉富雄, 防蝕技術, 全華科技圖書股份有限公司, 民國 88 年
- (3) 鮮祺振, 腐蝕控制, 徐氏基金會, 1998 年
- (4) 黃忠良, 金屬材料之高溫氧化與腐蝕, 復漢出版社, 民國 88 年
- (5) Bureau Veritas, Frosio Coating Courses, Taiwan, 1996
- (6) Fuel Oil Qualities and Additive, The Motor Ship, Feb. 1980
- (7) Is there an SRB in your tanks ? The Motor Ships, March 1996
- (8) Corrosion Principles, Hempel Marine Paints
- (9) T.P.O'BRIEN, The Design of Marine Screw Propellers, 皇家圖書有限公司, 1962