

造船過程中的品質管控

作者：丁岸群、霍萬興、鄭文達

一、前言

造船工程是一項結合技術、人力與時間的綜合性藝術。一艘船從鋼板下料、組裝、焊接、艤裝，到最終試航交船，往往需經歷數百道工序、數千個組件與上萬人次的協同作業；每一環節都牽動著結構安全、船舶壽命與營運成本。尤其在國際規範（如 IMO、IACS 等）日益嚴謹，以及環保與節能要求不斷提升的情況下，造船品質已不再只是「合格與否」的問題，而是延伸為整個生命週期的可靠性、可維護性與合規性。造船期程會依船型、噸位及功能而異，商船通常需時 9 至 18 個月，而軍艦或特殊艦艇則可能更久。

在如此龐大而複雜的工程體系中，「品質管控」是確保成果穩定與安全的關鍵核心。造船品質管理的目的，不僅在於「檢查是否合格」，更重點在於「預防不合格」與「確保一致性」。每一個生產節點皆須符合造船標準與船級規範；一旦發現偏差，品質管理系統必須能及時偵測並提出警示，使施工過程迅速回歸正軌，確保最終成果符合設計與安全要求。

為此，台灣國際造船（CSBC）建立了品質檢驗標準—SPAIS（Shipbuilding Process And Inspection Standards），而整個品質檢驗系統涵蓋材料進料、製程施工、焊接檢驗、塗裝監控、艤裝測試等各主要階段，形成「事前預防、事中監督、事後驗證」的三層防護網，達到即時掌控與持續改善的品質目標。

二、造船過程中的節點與品質把關

造船流程可大致分為六個主要階段：

1. 開工（Steel Cutting）
2. 安龍（Launching）
3. 下水（Floating）
4. 試俾（Sea Trial）
5. 最後塢檢（Final Docking）
6. 交船（Delivery）

以下將依據各階段，說明關鍵品質管控項目與檢驗手段。

（一）開工階段的品質管控

1. 鋼材材質驗證：
每批鋼板都必須具備「材質證明書」(Material Certificate)，如同鋼板的身分證，上面記載生產爐號、批號、材質規格與機械性質。品保人員會核對材證內容與實物鋼印，確保無誤後才能入庫。
2. 鋼板表面瑕疵檢查：
若鋼板表面出現麻點(Pitting)、鱗片剝痕(Flaking)、夾層(Lamination)等缺陷，品保依 SPAIS 規範判定等級與修補方式。修補可採研磨、鐸補或刨除，並需經二次檢查確認修補效果。
3. 主要機電設備的出廠檢驗(FAT)：
重要設備如主機、舵機、發電機、錨機、空調系統等，在運至造船廠前，須經船東與監造見證的「出廠測試」(FAT)。FAT 測試程序書(Test Procedure)需事前審核，並經廠家依文件測試合格後才能出貨。到廠後，再次進行開箱點檢，確認運送過程中無損傷。

[illegible]

鋼板品質證明書

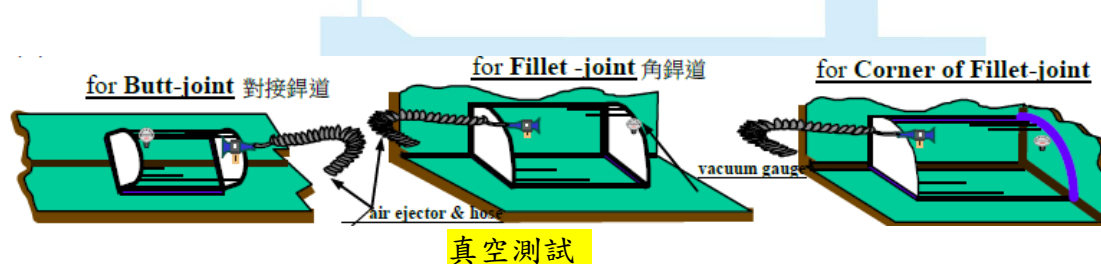


鋼板上的資訊

(二) 安龍前的品質把關

安龍代表船體結構基本成形，通常此階段船體廠已完成了鋼板切割(Steel Cutting)、彎製(Bending)與小組立 (Sub-Assembly)。

1. 焊接製程控制文件 (WPS / PQR) & 焊工資格確認：
每種類型的母材與焊接方式應有對應的焊接程序規範 (Welding Procedure Specification, WPS) 與對應 WPS 的程序資格試驗 (Welding Procedure Qualification Record, PQR)。品保人員須確認施工銲接人員具備合格證照。
2. 焊接品質檢查：
結構銲接是造船的關鍵製程。此階段除了一開始的目視檢查外，須執行角銲道氣密試驗 (Fillet Air Test) 與真空測試 (Vacuum Test)。若氣密試驗受限空間無法執行，則以真空試驗取代。
3. 結構尺寸檢查：
使用雷射量測儀或尺規確認主體結構垂直度、船體中線、龍骨平直度是否符合公差範圍。



(三) 下水前的檢驗項目

此階段進入大組作業。船體內部結構與水密艙逐步完成，是品質控管的重要節點。

1. 非破壞檢測 (NDT Plan) 執行：

- VT (目視檢查)：這是最基本的方法，直接用眼睛或工具檢查材料表面的缺陷，應在每次銲接施工後實行施工人員自主檢查或內部班長檢查。
- MT (磁粉探傷)：適用於鐵磁性材料，將磁粉施加在帶電工件表面，缺陷處會吸引磁粉而顯現。此為選擇性使用，可通知品保具證照人員實行。
- PT (液體滲透檢測)：適用於非多孔材料，讓有色滲透液進入表面裂縫，再透過顯影劑顯示出來。此為選擇性使用，可通知品保具證照人員實行。
- UT (超音波檢測)：利用高頻聲波穿透材料，透過接收反射或穿透的聲波來偵測內部缺陷，此為每次重要銲道(如外殼接板)完工後，由現場人員進行 100% 檢測，並經監造確認無誤後，再進行下一道製程；如有缺陷，則需漏除後，執行磨邊重銲，並再進行之前相同的銲前、銲後檢驗。
- RT (X 光射線檢查)：利用 X 光或 γ 射線穿透工件，在感光底片上顯現內部結構影像，可偵測內部缺陷。RT 因為需要專業證照人員執行檢測，與拍攝後的底片需要經過船級社與監造的認證，所以委由第三方機構執行，又因執行檢驗成本較高，所以主要針對重要焊縫與十字焊道進行抽驗，並監控複檢率不得超過 9.5%。

2. 艙區水密試驗 (Tank Test)：

依 Tank Test Plan 執行，包含氣壓試驗(Tank Air testing)、水壓試驗(Hydrostatic Testing & Structural Testing)、沖水測試(Hose Testing)，用以驗證艙體結構強度與氣密性。以下簡述各測試之方法：

- 氣壓試驗(Tank Air testing)：將該艙間施以 0.153 Kg/cm^2 ($0.15 \times 10^5 \text{ Pa}$) 的壓力持續一小時。
- 水壓試驗(Hydrostatic Testing & Structural Testing)：以該艙櫃溢流管之頂端水頭壓力或該艙間頂部上方 2.4 公尺處，兩者取其高。
- 沖水測試(Hose Testing)：使用至少 2.0395 Kg/cm^2 ($2 \times 10^5 \text{ Pa}$) 之壓力在垂直距離不超過 1.5 公尺的噴射距離進行，噴嘴內徑至少應為 12mm。

3. 主軸、舵系看中：

軸舵看中は下水前的重要工作，偏差將直接影響航行穩定與振動，需使

用專業儀器，如雷射全站儀來進行量測作業。螺旋槳軸與舵軸須保持在正確中心線上，若偏差，會造成軸承磨損、震動、漏油、操舵變重或卡死。正確看中可讓推進順暢、減少磨耗、延長壽命，是艤部裝配最關鍵的步驟。

（四）試車階段的檢驗

試車前後是品保最忙碌的階段，涵蓋艤裝、電機、管路與各系統功能試驗。

1. 管路檢查：包含管路接地確認、支架固定方式、間距與材質、管件壓力測試與洩漏檢查、系統管路清潔檢驗（Flushing）等。
2. 電氣與控制系統測試：包含配電盤絕緣測試、電纜連接確認、馬達啟停測試、火警與航儀系統測試、照明與岸電切換等。
3. 艤裝功能檢驗：吊車、電梯、冷凍冷藏系統、空調風量測試、艙口蓋氣密試驗、泡沫滅火系統等皆需逐項確認。

以一艘中型軍艦為例，試車前需完成約 196 項細項檢查。

（五）最後塢檢與交船階段

試車完成後，使用單位會針對測試結果提出修改意見（Trial Card 或俗稱菜單）。這些修改若部分施工需在乾塢進行，則安排「Final Docking」再入塢作業。

此階段的品保重點在於：

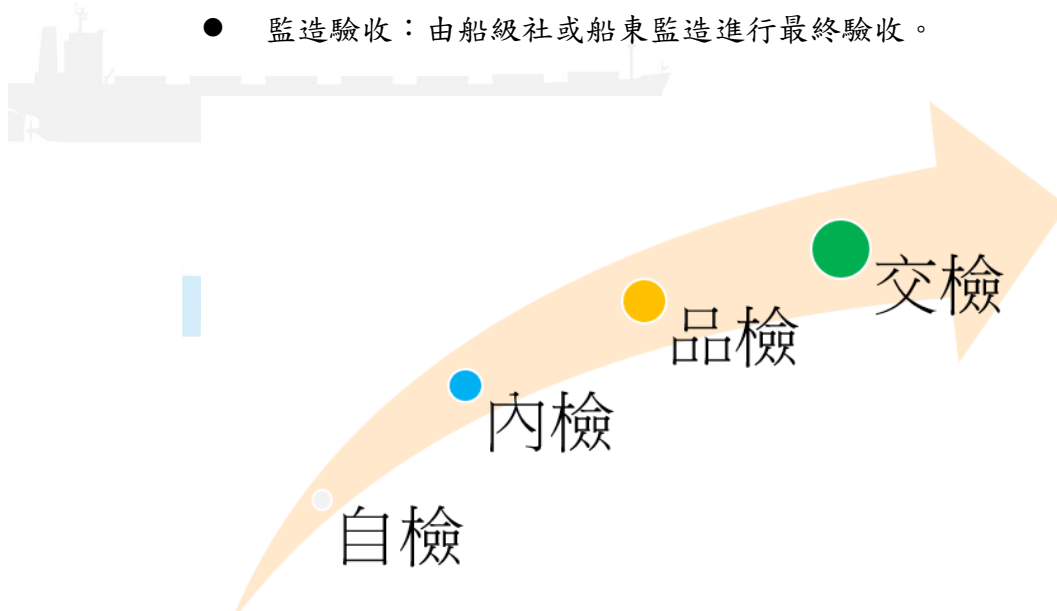
1. 確保所有試車意見皆有對應的施工單位進行改善。
2. 監控各項客要單工程進度，督促施工單位依計畫進行，防止延誤交船。
3. 於每張客要單施工完成後，確認開單單位皆已檢驗完成，並收集彙整簽核表單列於交船文件中。

三、造船品質監控手段與制度

整個造船過程中的品質監控，並非僅著重於最終的交驗是否合格，而是需透過一套完整且持續運作的品質管理制度來確保穩定性與一致性。唯有建立制度化、可追溯的監控機制，才能在複雜的製造流程中確保各項作業依據標準執行，並及時發現異常、預防缺失。以下列舉主要的品質監控方式：

1. 四道檢驗機制：

- 自檢：施工人員於施工完成後自主檢查。
- 內檢：施工單位內檢班申請交驗前自主檢查。
- 品檢：品保人員於正式檢驗前至現場確認，確保工程、環境已達可驗收之程度，並回報給監造與船級。
- 監造驗收：由船級社或船東監造進行最終驗收。



2. 進料檢驗管理：
透過《進料檢驗單》，將所有證書、文件、拓印影像等相關資料編製成附件，並列入後續交船資料之完整紀錄。
3. 不合格品管制 NCP (Non-Conforming Product)：若出現不合格之物料或施工缺失，則可開立《NCP 表單》，再請施工單位提出書面之修改計畫《REPAIR PROPOSAL》，內容應明確列出改善步驟與負責人，改善後由品管人員及船級社實施複驗，確認無虞後方能解除管制。
4. 重大缺失管制 NCA (NON-Conformance Action)：如有重大缺失或屢次重複問題，品管人員可開立《NCA 矯正措施單》，要求施工單位研擬根本原因分析與系統性改善對策，NCA 處理情況須納入定期品保會議回報與交船前品質總結報告中。
5. 不定期品質巡查：在整個造船施工過程中，品保人員可透過不定期地巡迴，針對會影響品質的工法、環境、材料等不合格事項，開立《巡迴品質抽查表》來及時告知施工單位，避免後續累積重大失誤。
6. 交驗單 (INSPECTION CARD) 管理：
現場依各工程所含管制節點（如焊接前、銲後檢查、試壓、NDT、安裝等）進度申報檢驗，品保安排監造與船級檢查，並於交驗單記錄結果。若有瑕疵，需勾選「Recheck」並列入複檢追蹤。同時確保船段交驗複檢率控制在 6.5% 以下。
7. 銲工資格的管制：透過持續教育與定期焊工測試，確保人員技能穩定，並透過《承商銲工資格抽查紀錄》來不定期稽核。

8. 客戶要求單(OWNER Requirements & Recommendations)：監造單位也會於監造過程中針對違反合約、影響品質、使用便利性等事項開立客要單，品保單位需於收到要求單後，判斷對應的施工或設計單位，使問題能及時被反應，避免後續翻工的情況。

四、品質文化與教育訓練

在造船產業中，品質不僅是一項制度，更是一種文化。唯有讓品質意識深入每一位同仁的日常工作之中，才能真正達到「由被動檢查，轉為主動確保，進而形成全員共識」的品質境界。

1. 品保意識提升：
品質不只是品保處的責任，而是全員的工作。透過內部教育訓練、案例檢討會與經驗分享，讓每位同仁了解品質異常的根源與後果。
2. 建立正確態度：
品保工程師應具備「預防思維」，在施工過程中發現異常即時介入。正所謂「勝兵先勝而後求戰」，優秀的品保人員應「先控品質，再求驗收」。
3. 持續改善（PDCA 循環）：
計畫（Plan）→執行（Do）→檢查（Check）→改善（Act）
每次檢驗結果都應回饋至設計、製造、採購單位形成閉環，促進制度優化。

五、品保工程師的角色演進

現代造船的品質管理，已從「結果把關」進化為「全程監督」。

1. 知識導向的品保：
需熟悉施工圖、規範、設備說明書，理解製程要求，才能判斷風險。
2. 過程參與式監督：
品保不只是最後的驗收者，更應參與安裝、試壓、調整等過程，確保每一關皆符合標準。
3. 跨部門溝通橋樑：
品保處在設計、施工與監造間擔任溝通者角色，協助釐清技術疑義，確保資訊一致。
4. 由被動檢查轉為主動確保再到全員共識：
傳統造船品質管理多屬「被動檢查」
一問題發生後由品保人員進行檢驗與修正，往往耗時且增加成本。隨著造船技術與管理思維的進步，品質觀念已逐漸轉向「主動確保」，即在設計、採購、施工等各階段即建立預防機制。然而，真正的品質成熟階段

在於「全員共識」，不再只由品保部門負責，而是每一位設計師、施工員、現場監督者都將品質視為自己的職責。唯有當品質意識滲透至組織文化，從制度到行為都以品質為核心時，造船品質才能真正穩定、持續地提升。

六、未來展望

面對全球造船產業的競爭與數位化轉型趨勢，品質管控將進一步邁向智能化與數據化。未來將針對客要單與交驗單建立數位化平台：

- 客戶要求單電子化，減少紙本流轉與時間延遲。
- 電子簽核系統導入，提高可追蹤性。
- 檢驗資料雲端化或區塊鏈留存，確保數據完整。
- 保固階段可直接調閱歷史紀錄，快速定位問題。

七、結論

造船品質控管是一場長期且全員參與的戰役。

從材料驗收、焊接施工、艙裝安裝、試車驗收到交船，每一環節都必須以制度化、數據化與持續改善為核心。

CSBC 透過降低複驗率、推動文件電子化、優化檢驗流程與強化教育訓練，已逐步將品保工作從「檢查結果」轉化為「確保品質」的專業實踐。

未來，唯有持續深化品質意識、擴大數位監控與人才培育，才能讓「台船品質」成為國際造船業的信任標竿。

傳承造船  守護海洋