

船舶結構整合資訊系統的建構規畫及 應用研析

吳東明* 蘇東濤⁺

*中央警察大學水上警察學系暨研究所

+中國海事專校航管科

摘要

在現今計算機記憶體儲存量及系統處理能量等提昇整合下，該先進資料庫系統的妥善率，使得應用該整合資料庫系統，改善船舶設計、維保及任務運作等事項變得更為可能。本研究論文旨在說明一船舶結構整合資訊系統(SSIIS)的發展現況。並且對於船舶資訊系統的一般性需求作概括敘述。亦對於國際間現有資料庫系統進行綜合彙整及評估等作業。關於各種船舶分析軟體的資訊需求業已被審慎檢視，藉以決定該船舶結構整合資訊系統所必需擁有的資料庫架構。同時在本論文中亦將該系統的初始發展及執行等工作強調於船舶檢查結果的輸出顯示及說明等。

關鍵辭：船舶結構、裂縫追蹤、船舶資料庫、資料庫管理、結構整合資訊系統。

*中央警察大學水上警察學系暨研究所專任教授。英國格拉斯哥大學造船暨海洋工程學博士。國立台灣大學造船工程學碩士。國立交通大學航海暨輪機工程學學士。美國名人傳記協會海洋工程專業傑出名仕獎。歐盟國際工程技師。英國皇家工程技師。內政部警政署保七總隊造船顧問。研考會專案審查委員。國科會專案審查委員。經濟部技術處船舶產業諮詢委員。交通部科技顧問室專案審查委員。

⁺中國海事專校航管科專任講師。國防大學中正理工學院造船工程學碩士。國立台灣海洋大學航海學士。陽明海運公司一等船副。

內容大綱

壹、前言

貳、整合化船舶結構資訊系統的需求探討

參、現有船舶資料庫系統介紹

- 一、電腦輔助油輪結構檢驗及修護資訊系統
- 二、船舶結構裂損追蹤系統
- 三、船舶結構檢驗資料庫系統
- 四、船舶資訊管理系統

肆、船舶結構整合資訊系統的資料庫架構

- 一、船舶資料庫次系統說明
- 二、資料庫管理次系統說明

伍、系統應用實例研析－船舶結構重要區域檢驗計畫報告文件

- 一、歷史沿革及計畫目標
- 二、船舶結構重要區域檢驗計畫的功能要件
- 三、船舶結構重要區域檢驗計畫報告實例的功能評估
- 四、自動化船舶結構重要區域檢驗計畫報告

陸、結論與建議

參考文獻

壹、前言

本研究論文旨在綜合說明船舶結構整合資訊系統(SSIIS)計畫的第一階段研究成果。同時該第一階段研究計畫係透過美國政府海洋署(National Maritime Administration)的國家海事促進研究計畫所規畫，由美國海岸防衛隊(United States Coast Guard ; USCG)的研究發展中心所實際贊助執行。並且該船舶結構整合資訊系統計畫擁有兩個重要工作目標，即

- 一、油輪應用的電腦化船舶結構整合資訊系統標準之研究發展及文件彙總。
- 二、配合一設計架構在以個人電腦為基礎的先導型資料庫系統，進行該系統標準的實務應用示範。

隨著先進資料庫科技、功能強大及經濟便宜的電腦系統及記憶體儲存能量等快速發展，使得開發一套船舶整合資料庫系統成為可能完成任務。另基於該專案計畫工作的系統架構及複雜特性等因素，應模組設計概念，以容許系統內每一單元模組的個別開發及實踐是有其必要性的。

針對商用船舶，尤其是油輪船型，船舶結構委員會(Ship Structure Committee)募款贊助一個以建立海洋結構整合計畫(MSIP)發展作業程序的研究計畫。事實上該研究計畫的目的係研擬採用由美國空軍(United States Air Force)及聯邦政府航空署(Federal Aviation Agency)等籌設的航空器結構整合計畫(ASIP)模式，以建立一套效能類似的整合系統計畫。

在海洋結構整合系統計畫的研究工作中，有關油輪設計、建造及營運等各方面通用資訊系統架構被概略描述，並且該資訊系統架構詳如圖一所述。因此該船舶結構整合資訊系統即以此一資訊系統架構，作為研究開發一通用船舶資訊資料庫系統的初始起點。並且在評鑑出一船舶結構整合資訊系統的真正需要後，國際間現有各船舶相關資訊系統亦被作簡略說明。另有關船舶結構整合資訊系統計畫的研究項目，諸如業已開發的高階層資料庫架構亦被介紹出來。對於此一系統的應用案例功能測試方面，應用該船舶結構整合資訊系統的資料結構，以產出船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書內容均作詳實敘述。最後，對於該系統的現階段工作結論及未來發展建議等亦均被一一提及。

貳、整合化船舶結構資訊系統的需求探討

配合該資料庫系統發展設置目的構想，近年來諸多相關研究能量及發展計畫等均全力投注進行。至於該資訊系統內所儲存、處理及分析的船舶資料均係由商用船舶營運中所蒐集彙整得到。尤其是大多數的研究能量均集中於油輪船型方面，並以油輪的相關法規要求及特定結構等因素，因此必需實施週期性檢(Periodical Survey)

工作，進而亦導致大量檢驗調查資料產生。另者對於油輪船東及實際營運業者等而言，擁有快速立即進出獲得有關概括性船舶每天的營運、維修及保養等作業程序的特定資訊是極其重要的權益。

由於在跨阿拉斯加管路供油服務航線的營運航行船舶間，有異常高比例的船舶結構疲勞裂縫現象被發現，因此美國海岸防衛隊(USCG)即必需針對該航線航行船舶，研擬一套結構重要區域檢驗計畫(CAIP)，以加強維護船舶結構使用安全。並且對於各式船舶方面，該計畫內容必須詳細載明其船舶營運業者應用何種方法，以記錄及追蹤其船舶結構的相關損壞資料文件。其中每一重要區域檢驗計畫(CAIP)均涵括有關船體裂損歷史記錄、結構腐蝕控制系統構想及先前維修等詳細資訊。另者在該船舶結構重要區域檢驗計畫中，亦必須要求船舶營運業者對於船舶結構疲勞及腐蝕等事件發生情形作成一預測趨勢文件記錄。該檢驗計畫必須逐年進行資料更新(Information Update)作業，以確實登錄最新船舶結構檢驗調查資料，作為船舶結構重要區域檢驗計畫擬訂參考。為有效滿足前述功能要求，導致大量資料必須被彙總整理，惟假若船舶及檢驗調查等資訊業已被儲存在資料庫裡，達成該要求功能將會是相當容易的。

新近國際船級聯誼協會(IACS)已經公佈一系列對於現有船舶檢驗調查作為的相關法規，即為強化現有船舶結構檢驗調查法規。另該法規文件的制訂係根據國際海事組織所提供的建議，並且油輪結構檢驗工作的指導手冊亦由油輪結構合作工會所發行。國際船級聯誼協會(IACS)所發表文件要求對於未作塗裝處理的壓艙艙間，必須縮短其船舶結構檢驗的時間間隔(Inspection Interval)，並且促使船東及營運者等更負責任地提供相關船舶結構裂損及腐蝕等調查結果的詳細資訊，當然其中亦涵括船舶結構調查結果趨勢及損壞統計等資訊。另自1993年1月1日起，美國驗船協會(ABS)亦針對美國旗下的所有船舶全面實施，並且確實執行前述所提及指導法規內容。

除這些法定報告要求外，該資訊系統能夠大幅促進及改善船舶

結構檢驗、維保及修護等業務的工程品質。此處一攸關船體結構疲勞問題，及疲勞裂損有效防止與控制的必要作業程序等流程邏輯架構，詳請參閱圖二所示。另有關於資訊管理(Information Management)、船體受力負載資訊(Load Information)及疲勞分析(Analysis)等三個不同模組的資料交流傳輸亦被清楚顯示出來。概括而言，能將分析結果儲存於資料庫中及從資料庫中作輸入參數的進出修正等系統功能係最為使用者所期待發展，並且其將引導研發成為更具應用效率的軟體工具。

定期規則化的船舶結構檢驗及維保等作業勢必累積大量船體檢驗資料數據，諸如腐蝕及裂損等，並且這般資料數據必須被有效率地管理。建構一個包含一般船舶概述資訊，及船舶結構腐蝕與裂痕等檢驗結果的資料庫系統可謂為最有效的資訊管理方法。另船舶運動加速度(Motion Accelerations)及結構應力(Structural Stress)等反應數據的系統化監視方法業已被發展，並且現已設置服役應用中。該船舶結構監視系統(Structural Monitoring System)所得資訊可導致船體結構長期受力負載(Long-term Loadings)預估精度的實質提昇。事實上，在船體結構疲勞壽期評估程序中，該結構長期受力負載預估數據引進極大的不確定性概念。因此研發改良現有船舶結構受力負載資訊的預估精度，對於未來建造更耐用船舶是有極大助益的。

綜觀而言，船舶結構疲勞損壞的分析工作必須從兩大方向著手進行，詳分述如后：

- 一、設計(Design)－降低應力集中設計概念的修改將會有效提昇其重要結構處的疲勞壽期(Fatigue Life)。同時對於製造流程及經濟成本等考量所導致的限制將會影響整個結構設計作業實務過程。
- 二、修護(Repair)－概括而言，現有若干結構修護工法可被應用，以處理船舶重要結構區域出現裂損問題。至於該可能擇用修護工法概括有從最簡單的再行電焊作業至整個結構區域細節的重

新設計等，惟該結構修護工方法擇用應以最佳經濟化考量 (Economic Optimisation Approach)為主。

應用已儲存於資料庫裡的船舶結構裂損檢驗調查資料為基礎的損壞統計資訊，作為重要結構細節處設計的改善依據。同時在結構重要區域的設計過程中，其結構應力集中係數 (Stress Concentration Factor ; SCF)的計算數值亦也可被儲存於該資料庫裡。因此該資訊系統功能亦可使這些係數值直接應用於船舶重要結構區域的修護作業上。由於該船舶結構應力集中係數計算值均已儲存於資料庫中，將可逐步建立一套結構應力集中係數值參考檔案。並且其將可在船舶結構設計及修護等工程實務方面，大量減少結構有限元素分析 (Finite Element Analysis)時所需的元素數量及計算時間等。該資訊系統中的分析模組 (Analysis Module)作業程序與資訊管理模組 (Information Management Module)間的網路連結將導致兩種傳統應用於船舶結構疲勞壽期預估方法得以結合互補運用，即為以有限元素分析計算結構應力集中係數值，或以幾何參數為基礎所製作圖表求取應力集中係數值等。

為求提供該資訊系統的最大程度功能，其資料庫系統應該涵括有與船舶設計、營運、檢驗及修護等所有相關資訊。並且藉由減少系統資料的重複輸入、提供最近的更新資訊及可容許不同分析應用作業間的資料分享等系統功能，該船舶結構資料庫系統將對船舶設計、維修及營運等各方面的成本降低與品質改善有極大助益。

參、現有船舶資料庫系統介紹

由於美國海岸防衛隊實施及維持該船舶結構重要區域檢驗計畫 (CAIP)要求，並且為求使船舶檢驗、維保及修護 (IMR)等作業能順利執行，現有各資料庫系統業已被發展完成，藉有效結合船舶檢驗調查資料 (Survey Data)，以儲存及評估一般概略船舶資訊。其中若干資料庫系統被審慎評估，期望能對未來系統的作業方法、資訊內容及整體有效性等規畫功能設定有所助益。

同時對應用於決定及顯示船體損壞位置，諸如結構裂損及腐蝕等，的方法被特別關注。資料圖示化方法應用被審慎分析，以決定資料輸入的成本與內容增加的數量，及整體應用功能間的關係。

這些現有被計畫評估系統包括有 1. 油輪結構檢查與維修資料庫系統(CATSIR)、2. 船舶結構裂損資料庫系統(HFDB)、3. 結構裂損追蹤系統(FracTrac)、4. 船舶結構檢驗資料庫系統(SID)及 5. 現行船舶結構維保計畫(SMP) 部份發展工作的船舶資訊管理系統(SIMS)等。

至於檢視現存各資料庫系統的主要目的係為研究採用各種不同方法來建構及使用船舶資訊與檢驗調查結果，並且以檔案記載各系統在未來船舶結構整合資訊系統(SSIIS)計畫的適用功能。尤其針對未來船舶結構整合資訊系統(SSIIS)的功能規範要求，各資料庫系統的助益及弊端等均被詳加歸納敘述。並且關於船舶可靠度、妥善率及維保性(RAM)等附加資料方面，現存各資料庫系統中所有研究成果均可在相關參考文獻中被發現。現有各有關船舶可靠性、妥善率、維保性(RAM)資料庫系統的發展背景及使用現況等均有描述，並且對於國內外多種類似功能資料庫系統亦被歸納說明。

在一種不同資料庫系統研發中，一份針對 10,000 或更多載重噸級油輪的擇用手冊業已完成開發，並且每年被更新及公佈。事實上，該手冊期望能協助油輪承租者、貨主及其他與油輪行業相關等人士，可順利擇用性能優越及最低海難發生風險的油輪。

一套評定油輪等級的系統業已被發展完成，惟其所依據的一系列評估標準，概括有海難發生率、船齡、船名更改次數、船東總虧損額及漏油發生率、船級協會、船東及註冊船旗國等。其中有關海難及漏油等兩項發生率係為最重要的評估標準。因此任一未來油輪資料庫系統發展必須評估可能資料儲存格式，以鑑別前述兩項所發

生的原因，在油輪營運作業中，評估人為及組織等錯誤(Human and Organisational Errors)的程度是特別重要的。

一、電腦輔助油輪結構檢驗及修護資訊系統

美國雪芙蘭油輪航運公司及海洋工程顧問機構等共同合作發展及建置的電腦輔助油輪結構檢驗及修護資訊系統(CATSIR)，並且該系統係為一般船舶資料及結構調查結果等資訊管理用途，尤其是裂損及腐蝕等資訊。有關該資訊系統架構及功能等說明，詳見參考文獻。至於該油輪結構檢查與修護資料庫系統(CATSIR)主要涵括有兩大部份，即為資料庫及設定電腦輔助繪圖(AutoCAD)程式等。其中有關資料庫功能係應用於儲存所有相關資訊。假如該資料庫系統可被用為獨立操作應用，則與船舶結構腐蝕量測及裂損發生等位置，及結構裂損型態描述相關的資訊等，均被以應用船舶肋骨位置編碼及不同密碼文字等表達方式鍵入。另有關電腦輔助自動繪圖(AutoCAD)功能方面，可容許油輪結構檢查與修護資料庫系統(CATSIR)將指示位置的資訊，直接傳達反應至建造設計圖樣(Construction Drawings)上。除外自動電腦輔助繪圖功能模組亦可被用來鍵入，諸如鋼板更新及塗漆等面積的相關修護資訊。同時這些修護資訊亦會被轉移至資料庫中，以為資訊更新處理。事實上，該油輪結構檢查與修護資料庫系統所期望達到的三個目標，詳分述如后：

- (一)藉由減少人工繪圖與現場報告，及減少量測報告彙整時間等，以改善結構量測團隊效率。
- (二)藉由船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)作業協助、改善主管辦公室與量測團隊間的聯繫通訊，及經由對未來可能發生結構問題區域的快速鑑識等，以提昇船舶結構檢驗工作的效率及品質等。
- (三)藉由減少使用鋼板規格的人工書寫、鋼板重量與塗裝面積

等的人工計算，及結構修護工程設計圖的人工繪製樣等作業，及經由施工現場結構修護工程技術規範與設計圖樣等的快速更新，以改善船舶結構修護作業的計畫生產力。

再者該油輪結構檢查與修護資料庫系統(CATSIR 3.0)第三版設計的主要功能係為彙整結構檢驗調查結果，並且促使船舶結構修護及維保等作業執行更為順利。並且藉由電腦輔助自動繪圖程式(AutoCAD)應用，亦將船舶結構組件的繪圖顯示功能整合於該系統內。將結構設計圖樣融入船舶資料庫內，可被認為是未來船舶結構整合資訊系統(SSIIS)設置時的一個示範應用例。惟無論如何，改善資料儲存方法係極為必要，以有效提供必要數量的資訊儲存空間。

現今該油輪結構檢查與修護資料庫系統(CATSIR)能被輕易改善，以容許船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書的製作。另外有關資料分析作業功能模組亦必須被設置，以使未來發展趨勢的觀察工作更為容易。再者該油輪結構檢查與修護資料庫系統亦必須將結構重要檢驗調查區域分類功能涵括在內。

二、船舶結構裂損追蹤系統

該船舶結構裂損追蹤系統(FracTrac)係為一被設計來電腦化追蹤船舶結構損壞的資料庫系統。同時該系統係美國庫斯達梅薩(MCA)工程公司研發完成，藉以促使船舶結構裂損細部資料的輸入及儲存等工作更為容易。同時該追蹤系統被期望能結合各別損壞的詳細資料，以圖像表達方式將船舶結構裂損的詳細圖樣展現出來。至於為有效達到此一功能目標，本資料庫系統涵括有三個相互關聯的功能模組，詳分述如后：

- (一)應用自動繪圖程式(AutoCAD)所完成的主要結構組件圖樣等，將船舶結構幾何關係以圖像方式顯示出來(繪圖模組)。
- (二)有關結構裂損資料庫模組。
- (三)報導模組。

該船舶結構裂損追蹤系統(FracTrac)擁有電腦輔助自動繪圖(AutoCAD)程式，以圖像方式顯示船舶結構等功能，使得本系統計畫在檢視及快速鑑識結構問題發生區域等方面更為有用。並且在電腦輔助自動繪圖的圖樣繪製詳細程度之彈性方面，使得依據各船東偏好所特定格式，來表達船舶結構圖樣變得更為可能。另藉由系統報導模組(Reporting Module)功能應用，船舶結構破裂分佈情形被清楚顯現表達，詳請參看圖三所示。有關全船長度的結構破損分佈圖樣表達及個別顯示不同破損型態等功能，使得本追蹤系統報導模組非常適合於船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書製作產出，及油輪結構疲勞裂損問題的內部檢視等作業推展。

三、船舶結構檢驗資料庫系統

該船舶結構檢驗資料庫系統(SID)係為一軟體程式，其被設計來彙整校正加拿大海軍用船舶的結構檢驗調查、缺失及修護等資料。並且對於結構整體性評估、船舶檢驗及修護等策略管理，及多樣相關研究發展計畫動機探索等方面，均有重要助益。該船舶結構檢驗資料庫系統(SID)係由密爾系統工程公司(MIL System Engineering Inc.)，代表加拿大海軍身份，所研發完成的。該資料庫系統研發的主要用途係是為建立船舶檢驗資料的自動化記錄處理流程，及促使結構整體性報告書製作產出更為容易等。

在該船舶結構檢驗資料庫系統中，結構幾何關係的圖像顯示功能並未被採用。因此該系統優點即是有關船舶所需的初始輸入資料數量將可以顯著地減少。對於一個被設計為容納大量不同船型的資料庫而言，不採用結構幾何關係圖像顯示功能的選擇可大幅降低系統建構成本及所需資料儲存容量等。至於有關結構缺陷處被由缺陷發生位置、受影響結構部份及缺陷種類等來明確定義。其中結構缺陷發生位置係由船體肋骨編碼、相對於甲板的橫向位置及垂直方向位置等來描述。

此處一樹狀結構法(Tree Structure Approach)常被用來鑑識船舶結構受影響部份位置。有關船側外板構件的描述結構的資料輸入邏輯等，詳請參看圖四所示。事實上，透過該樹狀結構描述方法應用，使得精確鑑識結構缺陷發生位置，及對於一特定結構位置與詳細構件作資訊搜尋等作業更為可能。另對於船舶結構疲勞裂損問題而言，正確鑑識出結構裂損初始發生的局部構件位置功能更是重要。該船舶結構檢驗資料庫系統的報導功能係依以加拿大海軍所設定的需求規範為基準。並且透過完全自動化程序，即可製作完成標準格式的報告書文件。

四、船舶資訊管理系統

該船舶資訊管理系統(SIMS)係為針對新造及現有船舶所建立船舶結構維保計畫(SMP)下的一部份研發工作項目。並且該資訊管理系統研發的目標係為建立一個資料庫系統，其內容能彙整涵括油輪的檢驗、維保及修護(IMR)等所有相關資訊。因此在實務應用下，該船舶結構維保計畫(SMP)所研發的資料庫系統應提供兩大主要功能用途，詳分述如后：

- (一)依據現已儲存於資料庫中的量測資訊為基礎，以定義及計算出船舶結構的平均腐蝕率(Average Corrosion Rates)。
- (二)開發建立足夠大量樣本資料，並且依據實際結構破損資料為基礎，以計算出結構損壞發生的目標或然率。同時這些目標或然率值可被應用，以驗證及校正已開發船舶結構疲勞壽期評估程序(Fatigue Life Evaluation Procedure)的可行性。

有關此系統的資料分析結果顯示方面，四艘 15 年使用船齡的 165,000 載重噸級單殼油輪(Single Skin Tankers)的船殼外板結構裂損次數分佈圖，以船舶長度為座標表示者，詳請參看圖五所示。並且該這個資料庫結構不採用船舶結構的圖示方式，以定義結構裂

損及腐蝕等位置，因此其亦可減少所需輸入資料數量。另一組關鍵字語與船體肋骨編碼結合等亦被應用，以描述船舶結構缺陷發生位置。

肆、船舶結構整合資訊系統的資料庫架構

該船舶結構整合資訊系統(SSIIS)的全部模組結構規畫，係均根據國際間現有各船舶資料庫系統及各不同船舶分析程序等評估結果所建構完成的。並且該資訊系統的所有資料結構定義均設計為未來研發商業應用的船舶結構整合資訊系統資料庫之指導原則。關於船舶結構整合資訊系統的全部資料庫系統架構說明，詳請參看圖六所示。其中該資訊系統的核心部份係為是船舶資料庫(Vessel Database)次系統，概括區劃有八個不同功能的資訊模組。並且該八個不同功能模組亦可被彙整歸納為船舶構型(Vessel Configuration)、船舶維保及船舶營運等三大功能組合。

為達成有效應用已儲存於船舶資料庫次系統的資訊，建立一個資料庫管理 (Database Management ; DBMS)次系統是有其必要性的。並且該資料庫管理系統包括有三大主要功能，即為行政管理、資料操作及資料分析等模組。該雙生資訊系統架構(Dual Structure)促使研發出可容納所有船舶相關資料的模組化資料庫架構(Modular Database Structure)理念，得以成為可能。同時其資料庫管理系統亦可被精心設計，以滿足船舶營運者、船籍協會及法定權責機關等單位的個別特定需要。

一、船舶資料庫次系統說明

在船舶結構整合資訊系統架構下的船舶資料庫研發之核心工作應涵括所有資料庫架構設計作業。並且這些資料必須被系統化歸納至各功能模組裡，以便容許該系統被逐步開發及設置應用。事實上，該系統的模組化概念(Modular Concept)亦使吾人更容易理解，必須將大量的船舶相關資訊彙總於船舶結構整合資訊系統的資料庫架構

中。另該船舶資料庫次系統下的各不同功能模組架構等，詳參看圖七所述。至於該船舶結構整合資訊系統下的船舶資料庫次系統內之八個功能模組內容，詳分述如后：

- (一) **設計**(Design) - 該模組內涵括各種船型的一般概述船舶資訊。並且期望能完整建立各艘船舶與營運無關及可代表其最初建造時等的所有資料檔案。對於各種船舶資料均必須包括有船殼線型及艙區佈置等。
- (二) **建造**(Construction) - 本模組內涵括有各艘船舶的結構設計圖樣。另有關船舶結構的肋骨位置需被登錄表列，而且結構細節幾何關係的非圖像定義敘述亦被涵括。至於結構型樣的圖形表達方式必須被研發出來。
- (三) **修改**(Modifications) - 若干船舶結構修改作業，諸如船體加長、船內艙區規劃變更及一般結構細節處的設計改變等資料均需被清楚製成檔案文件。應用本功能模組將可使各船舶結構修改作業的歷史記錄保存成為可能，並且對於船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書的製作方面，該修改檔案記錄將是極其重要的。
- (四) **檢查**(Inspection) - 有關各別船舶結構檢驗事項的資料，諸如檢驗種類、實施檢驗單位及時程等，均被納入表列記錄。另有關結構檢驗及腐蝕調查等結果亦均被登錄存檔。同時有關結構缺陷的發生位置表達亦是非常重要的。
- (五) **保養**(Maintenance) - 有關結構的更新塗裝、消耗性陽極的汰換及一般性引擎保養等工作記錄均需被涵括。
- (六) **修護**(Repair) - 本模組工作包括結構裂損的修護及鋼板的換新等資料記錄，藉以評估一艘船舶的結構整體性及確保該結構強度符合船級協會的安全要求，尤其是先前已進行修護的結構細微部份之修護作業更是要緊。為求評估一件修護作業的品質及效率，有效鑑別成功及失敗的修護結果是極其必要的。有關本模組的未來發展之另一重要目標

係將每件結構修護工作的耗費工時及成本等資料均需被詳實記錄。因此該記錄資訊可幫助船東，作出一基於經濟化考量的最適修護作業決定。

(七) 營運(Operations) - 所有與營運相關資訊均被登錄於本模組內，其中概括有詳細船艙的貨物裝運資料、航線資訊、氣象資料、海員名冊、引擎日誌及每日正午位置等。對於每天營運管理及營運程序分析等作業而言，前述所提資訊是極為重要的。因此與油輪營運者的實質合作關係即是研發一個完整且有效率的船舶資料庫次系統架構所必要的。

(八) 監控(Monitoring) - 藉由船上量測所得的船舶反應資料均儲存於本模組裡。額外增加的研究工作必須被推展，以決定最適當的資料儲存格式。並且該資料儲存格式應儘可能縮小其所需佔用的儲存空間，惟必須以能提供足夠的結構受力負載預估數值精度所需為主要考量。

二、資料庫管理次系統說明

在已研發資料庫架構中，涵括與油輪檢驗調查結果相關的所有必要資訊，並且期望其能有效替換現有檢驗調查結果及船舶資訊等資料的儲存型式。該資料儲存型式的改變目的在為將來可供船東或營運者等應用於每天的營運操控管理。因此欲有效達成該營運管理應用目標，必須開發一資料庫管理次系統方能有所助益。至於該資料庫管理系統的功能用途即可概分為三個主要模組如后：

- (一) 行政管理。
- (二) 資料輸入及編輯等操作。
- (三) 諮詢及報導等分析。

該資料庫管理次系統設置有圖示化的使用者介面，可供作資料輸入及編輯等操作功能，並且該資料輸入程序提供檢核及驗證等功能，僅允許符合設定格式的資料輸入。另本系統亦俱備分析及諮詢等功能。該系統容許預設式的諮詢產生旨在為提供一較有彈性的工

具，以利適時適切地調整因應各種評估需求。該系統提供一僅需使用者輸入最少資料，即可製作出標準化格式的報告書功能，並且亦可確保其能滿足既定標準及建議等要求的一致性報告書格式。

伍、系統應用實例研析－船舶結構重要區域檢驗計畫報

告文件

一、歷史沿革及計畫目標

美國海岸防衛隊(USCG)於1991年10月所發行編碼15-91號的航海及船舶檢驗內規準則(Navigation and Vessel Inspection Circular No. 15-91)中提供有關船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)的研發、應用及設置等作業的指導原則。並且該船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)的功能要求係被期望，可提供若干預設用途，詳分述如后：

- (一)為一種管理工具－可提供追蹤一艘船舶的性能歷史記錄，鑑別結構問題的發生區域，並且提供週期性結構檢驗應集中加強處。
- (二)指出結構問題的發生原因，而不僅是作癥候說明。並且導致船舶管理作業的更深刻投入於已鑑別結構或保養等問題的處理解決。
- (三)協助驗船師、監工者及船上人員等，能清楚確定該船舶業已被適當地檢驗及保養著。

有關各別船舶或一完整系列船舶是否實施船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)要求，或許係根據各船舶的歷史記錄、航行營運性質，甚至航運路線的天候海象等考量因素。目前該船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)已被要求實施於跨阿拉斯加管路供油服務(TAPS)航線的所有船舶。

二、船舶結構重要區域檢驗計畫的功能要件

根據美國海岸防衛隊所發行航海及船舶檢驗內規準則 (Navigation and Vessel Inspection Circular No. 15-91) 的附錄二中所述，每一船舶結構重要區域檢驗計畫應該涵括功能內容要項等，詳分述如后：

- (一)執行總結。
- (二)船舶特徵尺寸資料。
- (三)歷史記錄 - 諸如結構損壞及結構修改等。
- (四)正進行修護區域 - 結構損壞、結構修改、結構分析及統計趨勢等。
- (五)結構檢驗 - 涵括船體內部及外部等。
- (六)艙間塗裝系統。
- (七)結構重要區域檢驗計畫的更新。

有關船舶結構重要區域檢驗計畫報告的內容佈置及組織架構等，可以根據船東意願所需來規畫選擇。至於採用圖表及船圖等來顯示結構裂損及發生問題區域等，係被高度鼓勵重視的。

三、船舶結構重要區域檢驗計畫報告實例的功能評估

在本船舶結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書的功能評估研究中，作者仔細檢視從四位實際營運者所得到六份不同的結構重要區域檢驗計畫報告書版本，以決定結構重要區域檢驗計畫報告書所應包括資訊的內容，並且評估該報告書內容與美國海岸防衛隊所提航海及船舶檢驗內規準則(NVIC No. 15-91)的附錄二中所述主要表列功能的切合程度。再者總結推論該船舶結構重要區域檢驗計畫報告書達到需求規範目標的有效程度，以支持該報告書製作需求性的設置實施。

所有被檢視結構重要區域檢驗計畫報告書內容大致皆依照航海及船舶檢驗內規準則(NVIC No. 15-91)的附錄二中所述主要表列功

能要件來製作。對於重要結構維修區域方面，係為結構重要區域檢驗計畫要求規範的主要關鍵項目之一，惟大多數的結構重要區域檢驗計畫報告書內均未提供充實資訊。並且對於結構損壞的發展趨勢及發生原因等描述方面，亦未有見足夠的說明。結構重要區域檢驗計畫報告書內容既未包括執行作業總結說明，亦未詳列出各指定結構重要檢驗區域(Critical Inspection Area)等資訊。所有報告書內容均強調於船舶結構損壞的歷史記錄說明。無論如何，僅有一份報告書利用結構損壞分佈的圖示方法，以說明結構裂損問題的概略趨勢。

根據前述六份報告書的內容資訊及表達型式等檢視結果後，所歸納結論係未見一份報告書內容完全滿足結構重要區域檢驗計畫中所設定的目標及目的等。概括而言，大多數的結構重要區域檢驗計畫(CAIP)報告書均包含若干附屬資訊，諸如檢驗調查報告、檢驗表格樣本及實施檢驗指導準則等。惟以該附屬資訊內容，增加報告書篇幅故，因此降低結構重要區域檢驗計畫報告書的有效性。事實上，該船舶結構重要區域檢驗計畫報告書係被期望是一以船舶結構損壞歷史記錄為主的簡潔精要總結報告文件，尤其是強調在重要結構修護區域(Critical Repair Area)，及永久性結構修護與修改作業的有效性。

四、自動化船舶結構重要區域檢驗計畫報告

根據現存船舶結構重要區域檢驗計畫報告書的評估結果，一種改良過的報告書格式被研發出來。其能針對船舶結構整合資訊系統資料庫所設定資料內容，自動產生所需的船舶結構重要區域檢驗計畫報告書。並且在船舶結構整合資訊系統(SSIIS)計畫的第二年研究的設定成果中，亦涵括研發出一先導型報告書製作的功能模組。因此該船舶結構重要區域檢驗計畫報告書的製作功能模組開發，可証實船體結構整合資訊系統資料庫在商業用途上的發展及實踐。

陸、結論與建議

在該船舶結構整合資訊系統(SSIIS)研究計畫下，一個以油輪為主的通用性資料庫系統業已經被研究開發。並且該資料庫系統的研發工作項目概括有 1. 對國際間現有船舶資料庫系統作詳實檢核。2. 對船舶結構重要區域檢驗計畫報告書(CAIP Reports)的必要內容格式進行明確定義。3. 對現行船舶分析軟體的資料需求進行調查等。

雖然現有資料庫系統均擁有強大應用功能，諸如船舶結構檢驗結果的資料管理及結構圖樣彙整顯示等，惟一般而言這些系統均未涵括整合所有相關油輪船型設計、檢驗、維修及營運等資訊的設計理念。檢視現有系統資料分析的應用功能結果，業已明白瞭解在船舶生命週期過程中所有必要的船舶資料範圍，並且進一步地提示建構一套整合船舶資訊系統的助益。

為建立一套功能完備的船舶結構整合資訊系統，吾人必須審慎評鑑定義出該研發系統資料庫結構的所有主要組成模組。並且這些系統設計模組必須涵括輸出 1. 船舶結構檢驗結果的正式文件及 2. 結果重要區域檢驗計畫報告書(CAIP Reports)內容繪訂等業已被詳實研發完成。根據船舶結構重要區域檢驗計畫報告書需求規範，及業經改進定義的結構重要區域檢驗計畫報告書格式等主要基準進行系統功能評估，吾人可獲致一清楚結論，即該船舶結構整合資訊系統的資料庫結構可被應用來建立一套對船舶結構重要區域檢驗計畫報告書(CAIP Reports)的自動產出作業程序。無論如何，為求有效達到此一成功實踐目標，對於船舶結構上損壞位置的詳實顯現功能之定義及研發等工作是迫切必須的。並且該詳實顯現功能可以圖樣或非圖樣等方式來完整顯現。

更進一步深入研究工作即是必需決定船舶分析軟體所必要資料規範，尤其是有關船隊營運及船舶管理程序等方面。另對於船舶反應監控功能提昇及最終報告資料的可能資料儲存格式等發展情況均

需審慎調查。並且被應用來顯現一船舶整體結構圖樣資料格式規範的詳實定義必需確實研發完成。該研發工作內容亦應涵括至船舶結構圖樣的細節部份及各結構圖樣間組合架構關係等層面，亦必須確實保證在船舶結構圖樣中的結構缺陷位置能夠與其在資料庫中所描述位置相吻合。該業已研發的資料結構可謂為建構此一通用船舶結構整合資訊系統的重要出發里程碑。同時該資訊系統必須與油輪船東、營運者、船級協會及相關航政法制機構等密切合作，以為其部份商業化研究發展的應用成效。

專業術語

1. 美國驗船協會 ABS(American Bureau of Shipping)
2. 航空器結構整合計畫 ASIP(Airframe Structural Integrity Programs)
3. 重要區域檢驗計畫 CAIP(Critical Area Inspection Plan)
4. 電腦輔助油輪結構檢驗及維護資訊系統 CATSIR(Computer Aided Tanker Structures Inspection and Repair)
5. 重要結構細節資料 CSD(Critical Structural Detail)
6. 資料庫管理系統 DBMS(Database Management System)
7. 結構裂損追蹤系統 FRACTRAC(Fracture Tracking)
8. 船舶結構裂損資料庫系統 HFDB(Hull Fracture Database)
9. 國際船級聯誼協會 IACS(International Association of Classification Societies)
10. 國際海事組織 IMO(International Maritime Organisation)
11. 船舶檢驗、維保及修護 IMR(Inspection, Maintenance and Repair)
12. 海洋結構整合計畫 MSIP(Marine Structural Integrity Programs)
13. 可靠度、妥善率及維保 RAM(Reliability, Availability and Maintenance)
14. 結構應力集中係數 SCF(Stress Concentration Factor)
15. 船舶結構檢驗資料庫系統 SID(Structural Inspection Database)
16. 船舶資訊管理系統 SIMS(Ship Information Manageme System)

17. 船舶結構維保計畫 SMP(Structural Maintenance Project for New and Existing Ships)
18. 船舶結構整合資訊系統 SSIIS(Ship Structural Integrity Information System)
19. 跨阿拉斯加管路供油服務系統 TAPS(Trans-Alaska Pipeline Service)

參考文獻

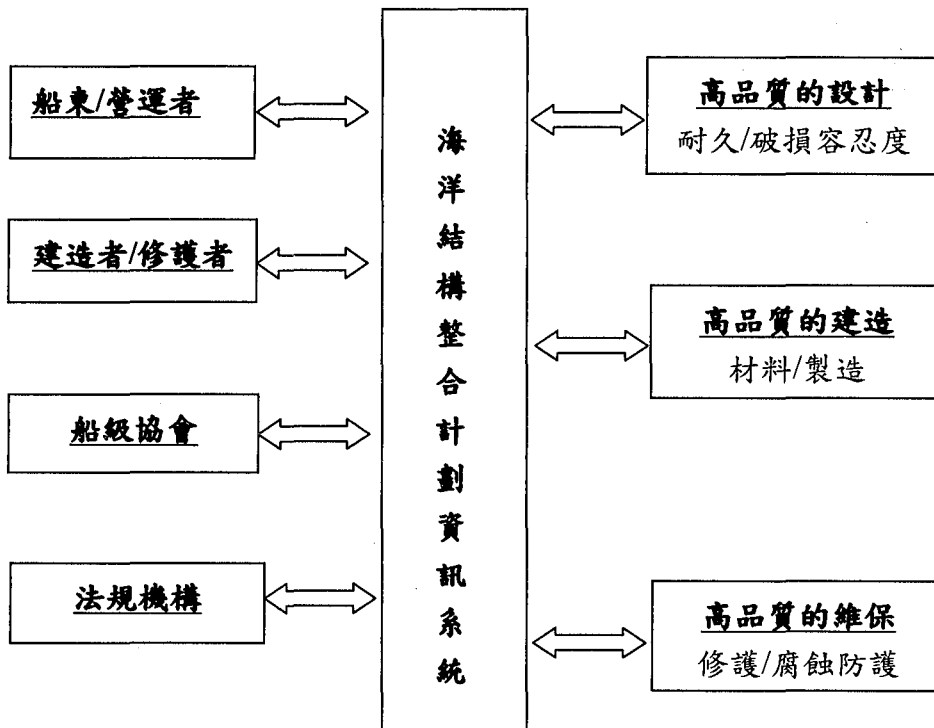
1. Bea, R.G., Schulte-Strathaus, R., and Dry, M., 'Ship Quality Information System', Proceedings of the 7th International Conference on Marine Engineering Systems – Safe and Efficient Ships : New Approaches for Design, Operation and Maintenance, ICMES 96, The Institute of Marine Engineers, London, United Kingdom, 1996.
2. Lacey, P., and Chen, H., 'Improved Passage Planning Using Weather Forecasting, Manoeuvring Guidance, and Instrumentation Feedback', Marine Technology Journal, Vol. 32, No. 1, SNAME, U.S.A., 1995.
3. Bea, R.G., 'Marine Structural Integrity Programs', Technical Report SSC-365, Ship Structure Committee, Washington D.C., 1992.
4. Schulte-Strathaus, R. and Bea, R.G., 'The Ship Structural Integrity Information System(SSIIS)', Technical Report SSC-380, Ship Structure Committee, Washington D.C., 1994.
5. Dry, M. and Bea, R.G., 'Ship Structural Integrity Information System SIISS Phase II', Technical Report to Ship Structure Committee, Washington D.C., 1995.
6. Schulte-Strathaus, R. and Bea, R.G., 'SSIIS – The Ship Structural Integrity Information System', Marine Technology Journal, Vol. 33, No. 4, SNAME, U.S.A., 1996.

Practical Application and Implementation of The Ship Structure Integrity Information System

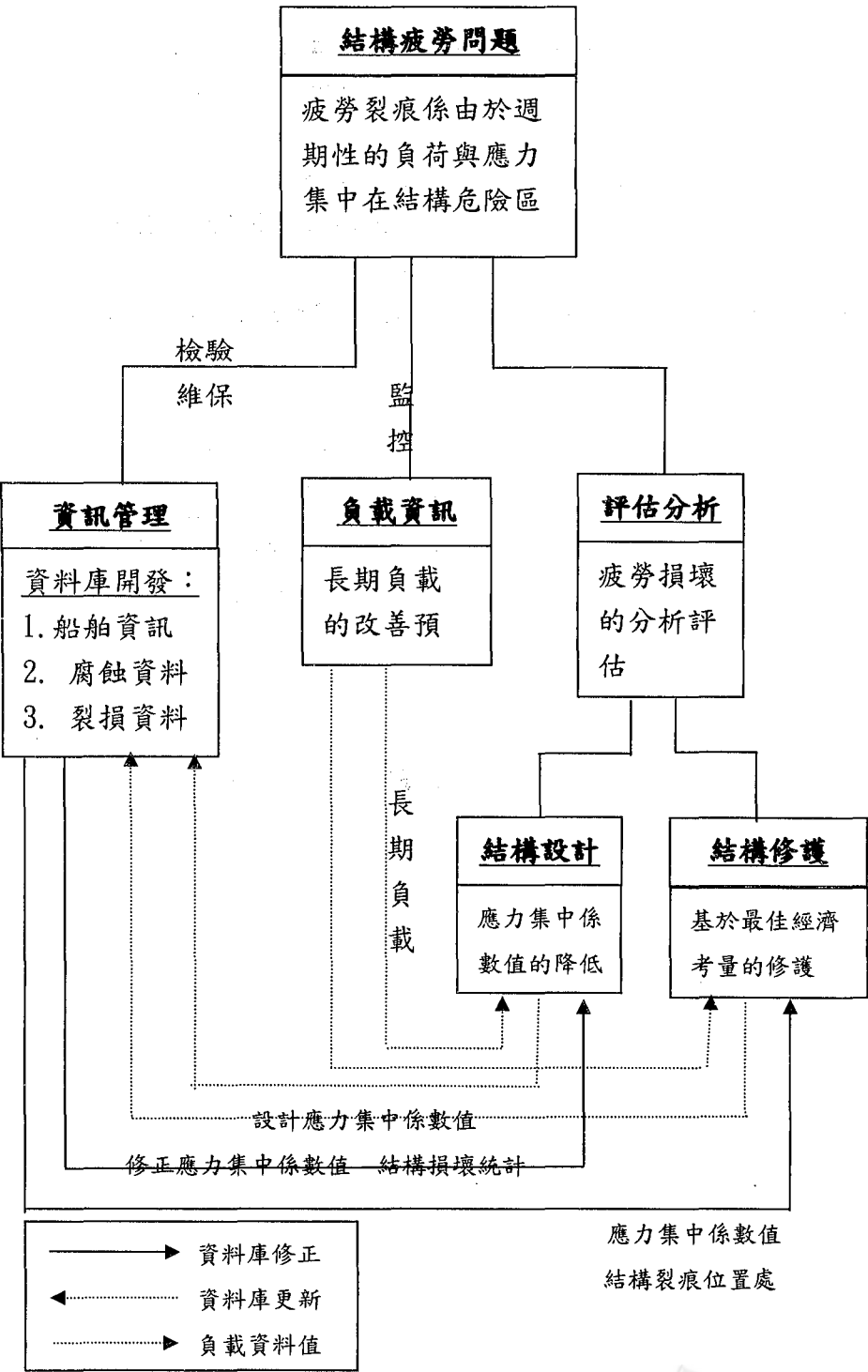
Eur Ing Dr Tong-Ming Wu and Tong-Tau Su

Department of Maritime Police Department of Navigation
Management

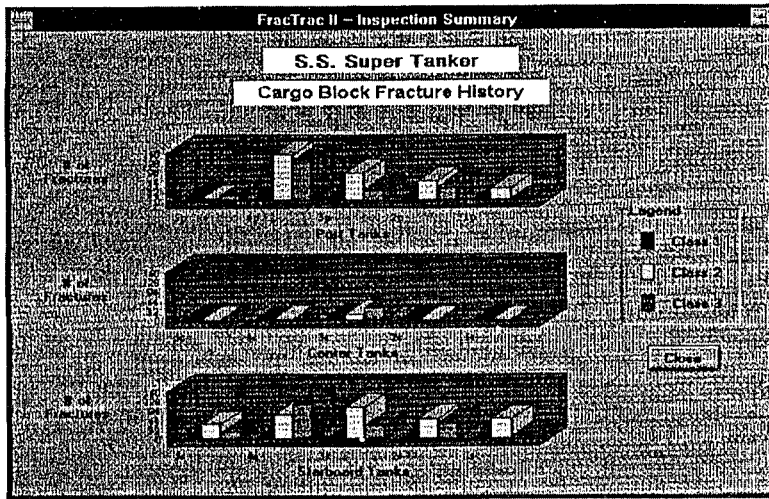
Central Police University China College of Marine Technology



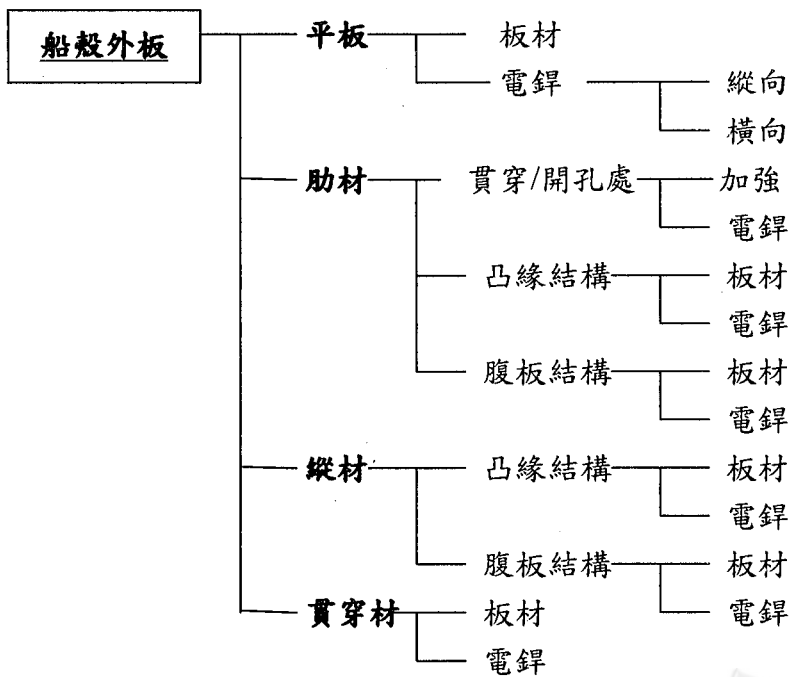
圖一 船舶管理通聯及資訊系統規畫架構



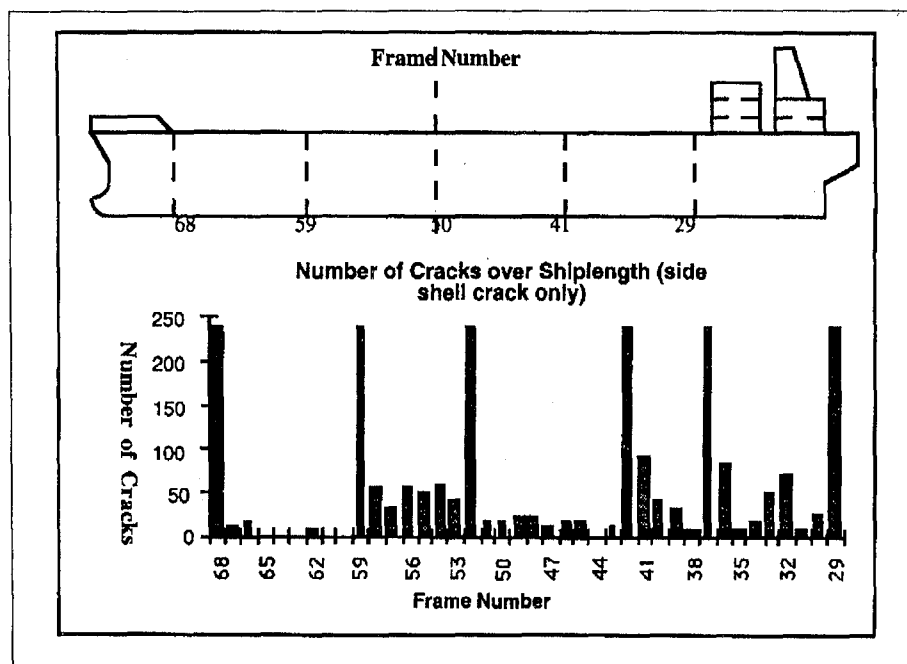
圖二 船舶結構疲勞問題的圖解概述



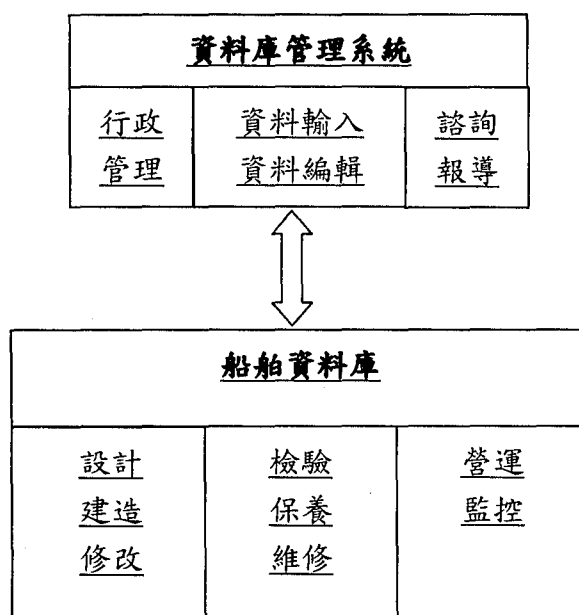
圖三 船舶結構裂損追蹤系統的結構破損分佈情形



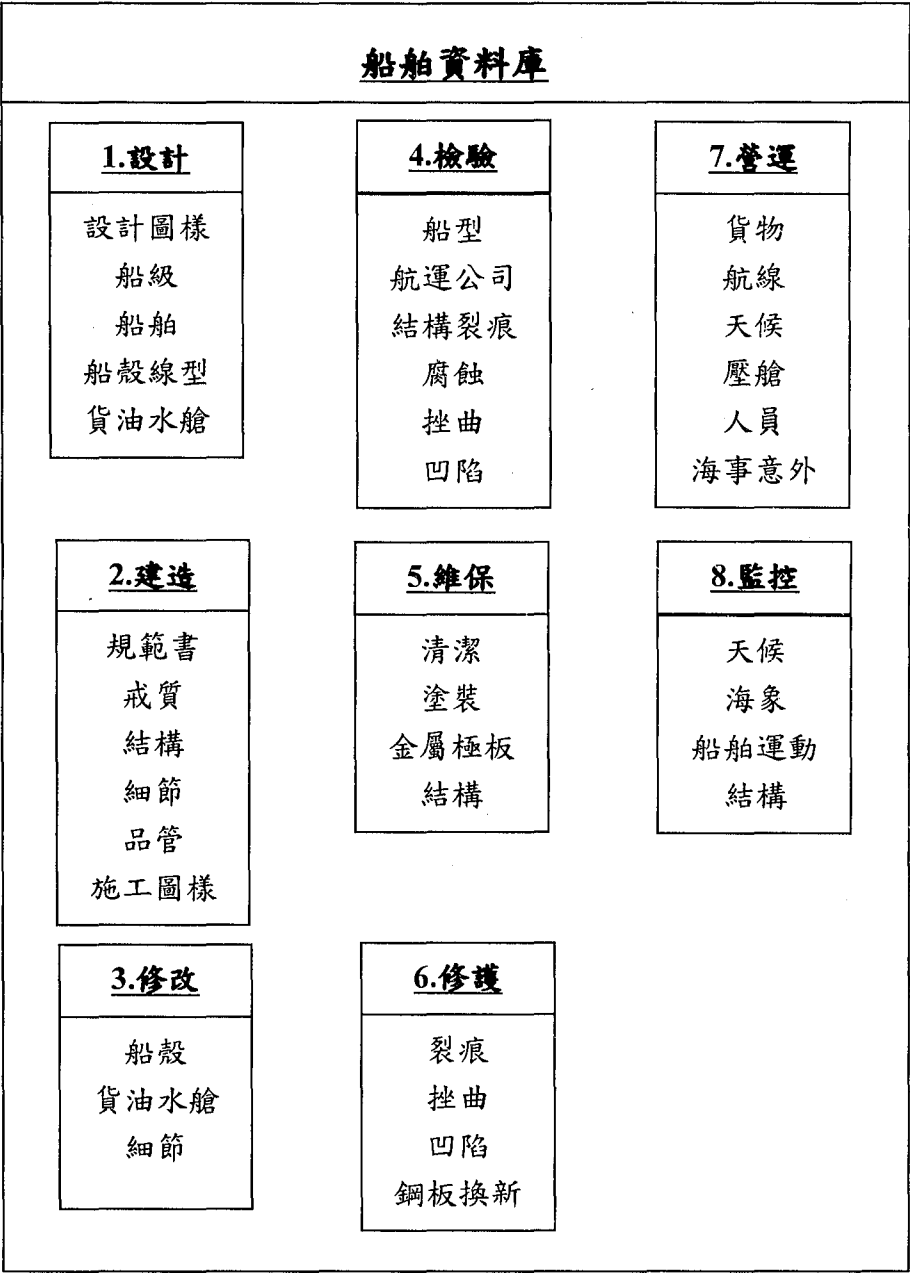
圖四 船舶結構檢驗資料庫系統的船側外板結構總合說明



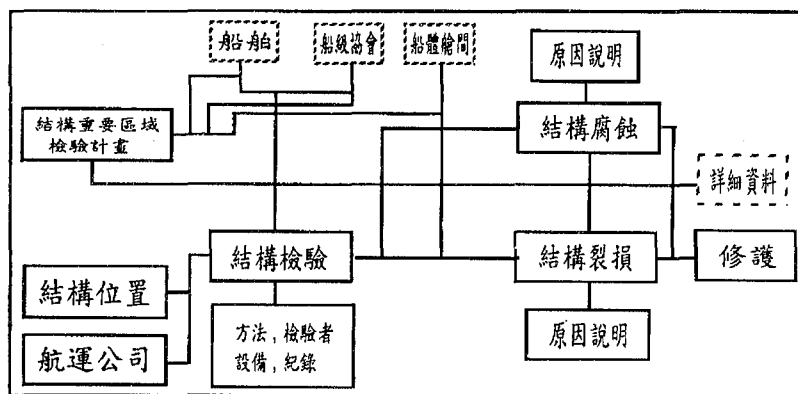
圖五 船舶資訊管理系統的船側外板結構裂損次數說明



圖六 船舶結構整合資訊系統的整體規畫架構



圖七 船舶結構整合資訊系統的船舶資料庫架構



圖八 船舶結構整合資訊系統的船舶檢驗功能模組架構