

散裝貨輪安全研究(二)

散裝貨輪安全評估模式之研究[◆]

陳彥宏^{*}、張家榕^{**}

摘要

海難案件之發生往往伴隨著重大之損失，在散裝船全損海難方面，自 1992 年 1 月到 2002 年 5 月為止，全球共發生了 109 件散裝船全損海難案件，約佔了全球全損海難案件之 12%，但在所損失之載重噸位部分卻佔了所有全損案件之 38%，位居所有船舶海難損失載重噸位第一，就單一船舶種類而言，其所造成之損失可謂相當可觀。

海難之發生原因其牽連之範圍甚為廣泛，上至海事政策、公司管理，下至船體結構、人員操作等，往往在其中某一環節發生問題時，海難事故就有發生之可能，而由過去之海難案例中發現，大多數海難事故之發生，均係由於多重之風險相互影響，因而導致海難之發生。

鑒於散裝貨輪安全議題的重要性，本研究以國際上發生全損海難事故之散裝貨輪為主要研究對象，探討「散裝貨輪全損海難風險分析」與「散裝貨輪安全評估模式研究」等二大議題。透過文獻回顧、個案分析的方法，探討散裝貨輪因本身風險因素或航行環境所導致之海難，以確立散裝貨輪海難風險因素，並透過散裝貨輪安全評估模式，提出風險控制策略與風險控制方法。

關鍵字：散裝貨輪、海難、風險評估

一、前言

散裝貨輪對在全球的海洋運輸上扮演著舉足輕重的角色。根據航運期刊 Shipping Statistics and Market Review (SSMR)之統計，2002 年，世界上所航行的散裝貨輪數達 5907 艘，約佔全世界船舶數量的 15.1%，次於雜貨船、油輪，位居全球第三位，而在載重噸位而言，更佔了全球載重噸位總數之 34.6%，僅次於油輪，位居全球第二位。

由於散裝貨輪載運大宗散裝原物料的特殊性，裝卸貨港口的普遍偏遠、以及裝載貨物普遍沒

◆ 相關文章「散裝貨輪安全研究(一)散裝貨輪全損海難風險分析」刊載於 2003 年 10 月，國立台灣海洋大學海運學報 50 週年校慶紀念特刊。

* 國立台灣海洋大學商船學系副教授、英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士

** 國立台灣海洋大學導航與通訊系碩士

有像油輪一般載運民眾所關心具高海洋「油」污染風險的貨品，因此，散裝貨輪的安全議題一直沒有受到應有的重視。然而，隨著船舶型態大型化與專業化的演變趨勢，卻發現近年來散裝貨輪海難事件有不斷增加的趨勢。許多船齡較高之散裝貨輪，甚至配備精良的新型散裝貨輪，經常在航行途中發生船難而沉沒。特別是有些散裝貨輪一但發生海難往往造成全船沉沒，且沉沒的速度之快，往往使得船上之船員不及反應，在連遇險信號都不及發出之際，人船就已一同消失於大洋之中。

這樣的散裝貨輪海難風險的議題，在 1990 年之前還未浮現，但在 1991 年時，卻有 22 艘散裝貨輪發生海難事故而沉沒，同時也犧牲了 186 條人命，由此也使得散裝貨輪的安全風險問題受到重視，而在 1990 年到 2000 年之間，平均每年有 14 艘散裝貨輪遭遇海難，66 條人命犧牲；不例外的，在台灣海域近年來散裝貨輪也曾發生幾起重大之海難事故，例如「花蓮一號」案、「馬尼拉精神」案、「廣源輪」案等三個海難事故就造成了 63 條人命的喪失。

海洋是船舶安全最好的檢查員，所有具有問題之散裝貨輪，將逃不過天候因素的挑戰，但在海難問題顯現的同時，不論是船員、船東、社會或自然環境都將付出重大的代價，也因此真正海難發生前，應盡可能尋找可能之預防方法，以避免發生不必要之人貨損失。殷鑒於散裝貨輪安全議題的重要性，本研究以國際上發生全損海難事故之散裝貨輪為主要研究對象，透過文獻回顧、個案分析、風險評估、深度訪談的方法，分別探討「散裝貨輪全損海難風險分析」與「散裝貨輪安全評估模式研究」等二大議題。探討之範圍集中於散裝貨輪因本身風險因素或航行環境所導致之海難。本研究所分析散裝貨輪之風險因素，其內容主要包括船舶因素、貨物因素、人為因素、水域環境因素等，對於與他船碰撞之海難案件等類型，則不在本研究討論範圍之內。

在散裝貨輪全損海難資料來源方面，主要以國外主要海事機構如 IMO、Lloyd's 等，對國際上海難所作出之統計數據為基礎，藉此針對散裝貨輪海難進行統計分析，並透過重大散裝貨輪的海難案件分析，從中對各項風險因素與散裝貨輪之各項航行條件進行比較分析，以作為散裝貨輪海難風險因素之基礎。在散裝貨輪安全評估模式研究方面，則係採用國際上各海事機構於風險評估時所用 Formal Safety Assessment (FSA) 之方法，將其運用於散裝貨輪之風險評估，透過確認風險因素、評估風險、研擬風險控制策略、風險控制策略之成本效益分析以及對風險決策之建議等五個步驟，並以實際發生之案例為參考之對象，經由 FSA 之評估步驟，加以整理散裝貨輪海難之風險因素，以及配合國際海事組織等國際上之組織對於散裝貨輪海難風險之預防措施與建議，進而提出因應散裝貨輪海難風險之建議與策略，以提供我國航運界及政府相關機關之參考。

二、全球散裝貨輪全損海難分析

2.1 全球散裝貨輪概況

據 2002 年的統計資料顯示，全球船隊之分布情形，就船舶數量上而言，雜貨船以 16,770 艘位居世界第一，在全球總艘數中佔了 42.9%，但其在全球載重噸位上卻只有 96,128 千噸，佔全球載重噸位 12%。相對於在船舶艘數上排行第二與第三之油輪與散裝貨輪而言，其船舶艘數分別為 7,311 艘與 5,907 艘，於全球船舶數量分布上分別佔了 18.7%與 15.1%，與雜貨船數量上比較，雖有一段相當之距離，但在載重噸位上之分布上，全球油輪之總載重噸位為 303,234 千噸，佔了全球載重噸位的 37.9%，位居全球第一，而散裝貨輪方面，其載重噸位也有 277,067 千噸，佔了全球載重噸位的 34.6%，於全球載重噸位之分布上名列第二，僅次於油輪。詳細的船舶種類、數量、載重噸位分布詳如表 2.1 所示：

表 2.1 全球船舶數量與載重噸位統計表¹²

	全球船舶數量	1000dwt	佔全球船舶數量百分比	佔全球載重噸位百分比
油輪(Oil tanker)	7311	303234	18.7	37.9
化學船(Chemical tanker)	1291	8489	3.3	1.1
液化氣運載船(Liquefied gas tanker)	1114	18994	2.8	2.4
散裝貨輪(Bulk carrier)	5907	277067	15.1	34.6
礦/散/油運載船 (OBO carrier)	197	14108	0.5	1.8
貨櫃船(Container ship)	2726	76131	7	9.5
雜貨船(General cargo ship)	16770	96128	42.9	12
客船(Passenger ship)	3797	5611	9.7	0.7
Total	39113	799762	100	100

(噸位在 300gt 以上之船舶)

散裝貨輪船在全球貿易上之歷史由來已久，在數十年間航運界環境的改變中，散裝貨輪一直扮演著無可取代之角色。在近十年來之散裝貨輪數量變化方面，其大致上是呈現穩定的成長情況。詳如表 2.2 所示：

表 2.2 歷年全球散裝貨輪數量與載重噸位統計表¹³

	散裝貨輪數量	佔全球總船舶數百分比	1000dwt	佔全球總船舶載重噸位百分比
1992	4685	13.6	203306	30.9
1993	4608	13.3	201493.1	30.4

¹² 資料來源：ISL, Total merchant fleet-by size class and ship type as of January 1st, 2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.1/2, P36, 2002.

¹³ 資料來源：ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1998-2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.5, P27, 2002. ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1993-1997, Shipping Statistics and Market Review, Vol.41, No.5, P27, 1997. ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1992-1996, Shipping Statistics and Market Review, Vol.40, No.5, P27, 1996.

1994	4590	13.1	205147.8	30.4
1995	5342	14.7	218931.1	32.1
1996	5560	15	232651	33.1
1997	5747	15.1	244622.3	33.9
1998	5903	15.3	256585	34.5
1999	5822	15.1	253444	33.8
2000	5763	14.8	255540	33.5
2001	5776	14.8	263044.8	33.8
2002	5907	15.1	277066.7	34.6
平均		14.54%		32.82%

(噸位在 300gt 以上之散裝貨輪)

2.2 全球散裝貨輪全損概況

依據 Shipping Statistics and Market Review (SSMR)之統計分類,將造成全損(Total loss)海難之原因主要分類為:天候因素(Weather damage)、船舶進水沉沒(Foundering)、觸礁(Strandings)、船舶碰撞(Collisions and Contact)、失火與爆炸(Fire and explosions)、機械故障(Damage to machinery etc.)、擱淺(Groundings)、其他因素(Other casualties)等八類。

自 1992 年 1 月起至 2002 年 5 月為止,近十年來,SSMR 統計全球一共發生了 873 起船舶全損海難,損失船噸達 11515 千載重噸,平均船齡為 23.4 年。詳如表 2.3 所示:

表 2.3 全球全損海難統計表^{14, 15}

風險種類		全球海難總數	佔全球海難總數百分比	散裝貨輪海難事件數量	散裝貨輪海難事件佔所有散裝貨輪海難百分比
天候因素 (Weather damage)	No	222	25.4	35	32.1
	1000dwt	3050	26.5	1663	38.4
	AV.age	21.7		20.2	
船舶進水沉沒 (Foundering)	No	57	6.5	4	3.7
	1000dwt	580	5	356	8.2
	AV.age	27.5		-	
觸礁 (Strandings)	No	57	6.5	10	9.2
	1000dwt	648	5.6	338	7.8
	AV.age	26.4		23.2	
船舶碰撞 (Collisions and Contact)	No	105	12	7	6.4
	1000dwt	851	7.4	198	4.6
	AV.age	21.1		18.6	
失火與爆炸 (Fire and explosions)	No	141	16.2	16	14.7
	1000dwt	2418	21	447	10.3
	AV.age	23		20.1	

¹⁴ 資料來源: ISL, Casualty returns-Reported world total losses by ship type and nature of casualty January 1992-May 2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.8/9, P42, 2002.

¹⁵ 資料來源: ISL, Casualty returns-Reported world total losses by ship type and nature of casualty January 1992-May 2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.8/9, P42, 2002.

機械故障 (Damage to machinery etc.)	No	40	4.6	7	6.4
	1000dwt	1102	9.6	197	4.6
	AV.age	24.2		20.8	
擱淺 (Groundings)	No	52	6	7	6.4
	1000dwt	748	6.5	324	7.5
	AV.age	21.5		22.1	
其他因素 (Other casualties)	No	199	22.8	23	21.1
	1000dwt	2117	18.4	805	18.6
	AV.age	23.4		22.1	
Total	No	873	100	109	100
	1000dwt	11515	100	4328	100
	AV.age	23.4		22.1	

(噸位在 500gt 以上之船舶)(自 1992 年 1 月起至 2002 年 5 月爲止)

若以船舶類別分析，以數量計，過去 10 年，散裝貨輪的平均總數量佔全球之 14.54%，數量損失 109 艘，佔全球全損海難案件之 12.49%；以載重噸位計，散裝貨輪的平均總載重噸佔全球之 32.82%，載重噸全損損失 4,328 千載重噸，佔了所有全損案件之 37.56%。換言之，散裝貨輪的損失率低於平均值 2%，不過在載重噸的損失卻高於平均值近 5%，顯見，散裝貨輪的損失比較偏向於較大型噸位的船舶。又依 SSMR 統計，自 1992 年 1 月起至 2002 年 5 月爲止，在 873 起船舶全損海難中，海難類別以天候因素居冠，佔全球海難總數百分比之 25.4%。但在散裝貨輪在因天候情況所造成之全損海難，卻佔所有散裝貨輪全損海難的 32.1%，顯著的高於平均值 6.7%。由此不難窺出天候因素對於船舶航行安全之重要性，同時也由此數據中可得知，天候因素對於散裝貨輪來說，其可能導致造成海難之可能性較其他種類之船舶爲高。(詳如圖 2-1)

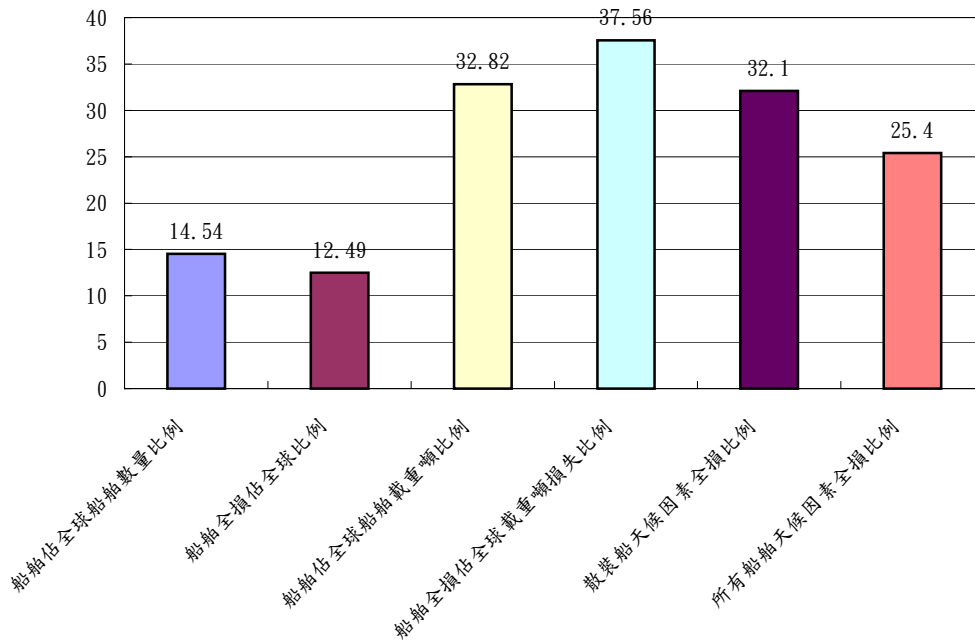


圖 2-1 散裝貨輪與散裝貨輪全損概況

三、散裝貨輪風險安全評估模式架構

3.1 風險因素關係與影響網絡

大部分之海難事故均肇始於環環相扣複雜的風險因素之中(如圖 3-1 所示)。因此在考慮海難事故成因時，沒有任何環節可以夠被孤立在外，也沒有任何因素可以隨意的忽略其與其他要素之關聯與影響，因此運用一具有系統性之方法來加以了解並控制這些風險因素也就顯得格外的重要。

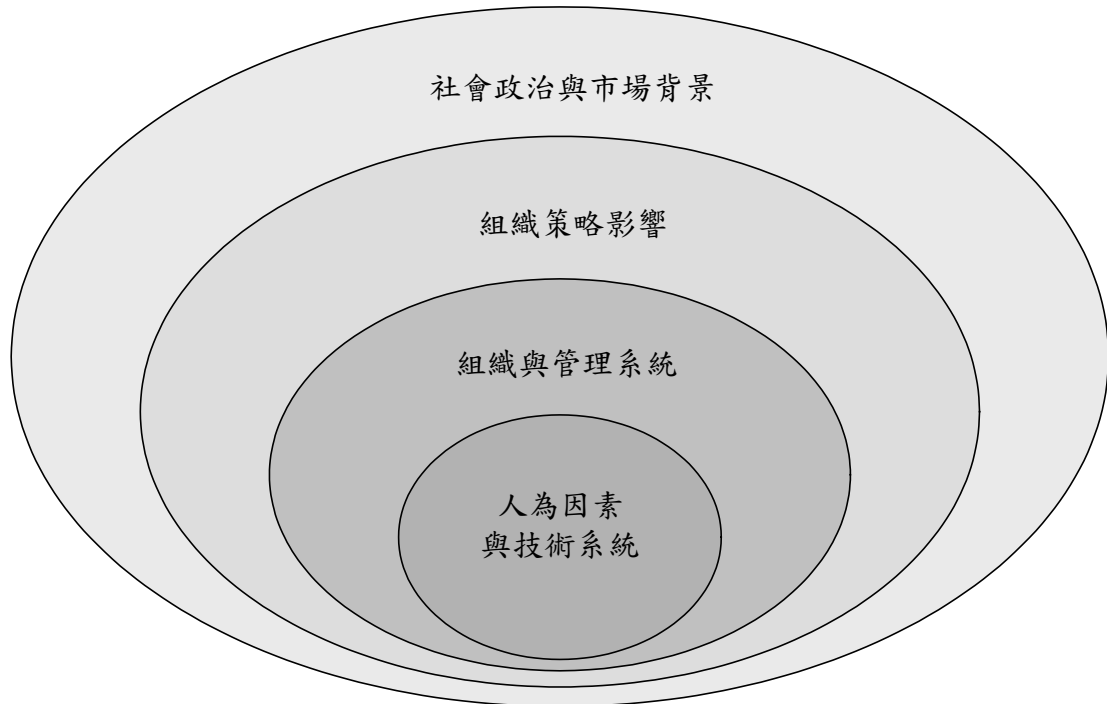


圖 3-1 風險因素關係圖¹⁶

植基於此，藉由影響網絡圖(Influence Network)概念的建立(如圖 3-2 所示)，對影響因素領域範圍之等級制度進行建構，並對於各影響因素之性質與種類進行分類，尋找出對於某一特殊影響因素，其在事故發生中所扮演之角色及造成之效果，也就更可以顯現其意義。

¹⁶ The Maritime and Coastguard Agency, <http://www.fsa.mcga.gov.uk/fsa.htm>, November 2002.

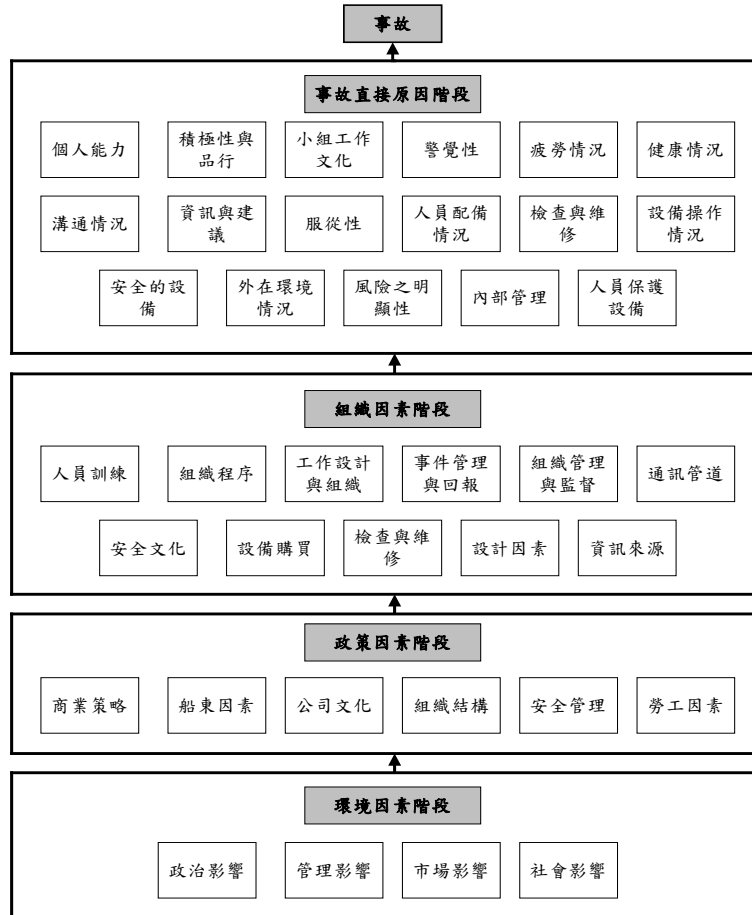


圖 3-2 影響網絡圖¹⁷

3.2 FSA 基本架構

為建議一套有效的風險評估制度，國際海事組織(IMO) 在海事安全委員會(Maritime Safety Committee, MSC)第 74 次會議，與海事環境保護委員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)第 47 次會議中，認可採用 Formal Safety Assessment (FSA)做為應用在海事領域風險安全評估的方法。

FSA 是一種結構化的系統方法，目的是要全面地考慮影響安全的諸方面因素，透過風險評估、費用和效益評估，提出合理並能有效地控制風險的規則要求，從而不斷改進和提高船舶安全規則、船舶的安全營運管理以及船舶設計規範水準。FSA 評估之流程詳如圖 3-3 所示，其評估步驟主要可以歸納如下：

1. 確認風險因素(Hazard)之存在
2. 風險之評估
3. 研擬風險控制策略(Risk Control Options,以下簡稱 RCO)

¹⁷ MCA, FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

4. 風險控制策略之成本效益分析
5. 對風險決策之建議

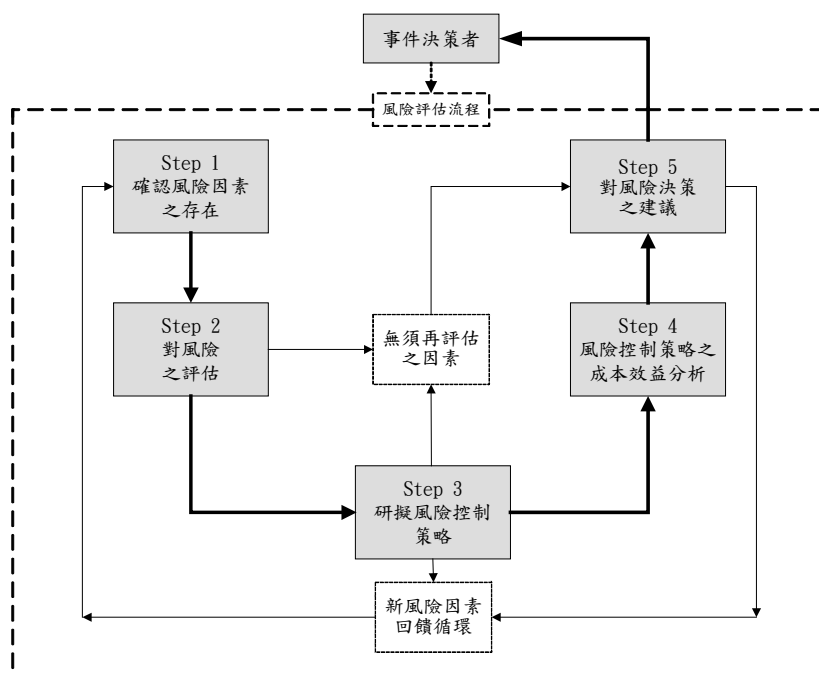


圖 3-3 FSA 評估之流程圖¹⁸

在評估初期應有必要對於相關船舶種類、船舶型態、推進系統、船舶運轉情況、外在環境對於船舶之影響、事故種類、風險間之相關性對於船上乘客與船員所造成之傷亡，對環境之衝擊，或對船舶本身與港口甚至於對商業上之影響與所有的風險等因素進行初步的評估，並藉由海難歷史資料，建立損害矩陣圖(Loss Matrix) (如圖 3-4 所示)，了解各項風險相關之成本考量，如船體成本、環境危害與污染清理成本，甚至人員傷亡之損失，進而發現該項風險所造成之影響、威脅及其嚴重程度。

	船舶事故成本	環境危害與清理成本	對人命損失之風險	人員受傷之風險	總成本
事故類型					

圖 3-4 Loss Matrix 示意圖¹⁹

對於有人為因素的部分，在 FSA 之架構中，可透過人的可靠性分析(Human Reliability Analysis, HRA)之方法進行評估，過濾出人的出錯或然率(Human Error Probability, HEP)，並進而做出可以減低人為錯誤的方法(Human Error Assessment Reduction technique, HEART)。²⁰

¹⁸ IMO, Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making Process, 17 November 1997.

¹⁹ MCA, FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

²⁰ MCA, FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

3.3 FSA 步驟 1--確認風險因素之存在

在 FSA 步驟 1 中所要達成之目的，為將可能造成威脅之風險因素列表整理，並將風險因素層級間之相關情況，依照先後及輕重之關係分類排序，並結合可用資訊與專家學者之判斷，以一套標準之準則來評估這些可能之風險因素，其是如何相互影響以促成事故之發生，而在確認風險因素是否存在時，應有系統的考慮到所建立之船舶類型與問題背景等之資料。評估風險層級高低之方法，可使用風險矩陣(Risk Matrix) 藉由風險發生頻率與事故之嚴重性等級來加以判斷(如圖 3-5 所示)，進而決定出真正具有威脅性之風險來源。

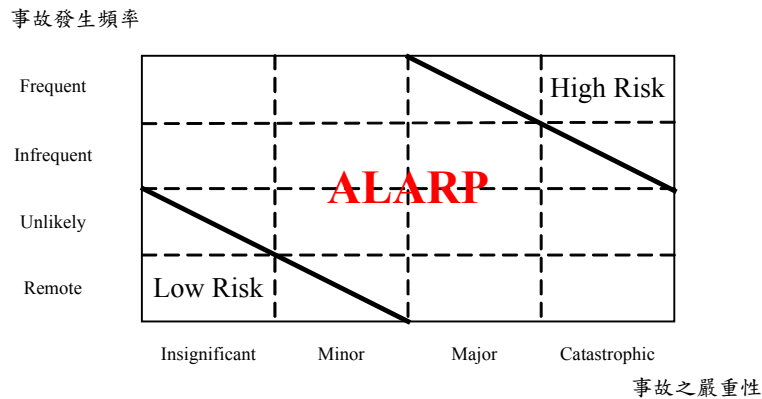


圖 3-5 風險矩陣示意圖^{21 22}

3.4 FSA 步驟 2--風險之評估

在步驟 2，必須使用適用之風險模型，將分析之焦點放在具高風險威脅之範圍上，並確認與評估該層級風險所造成之影響。在建立風險模型之方法上，一般都利用建構失誤樹狀圖(Fault Trees)與事件樹狀圖(Event Trees)作為標準之風險評估之技術，由圖 3-6 之 Risk Contribution Tree(RCT)中，可大略看出錯誤樹狀圖與事件樹狀圖之大略應用情形，在利用 RCT 之方法作為分析之方法之外，在分析之過程中，若有其他適用之分析方法，也可將其引入利用。

²¹ MCA ,FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

²² ALARP-As Low As Reasonably Practicable.

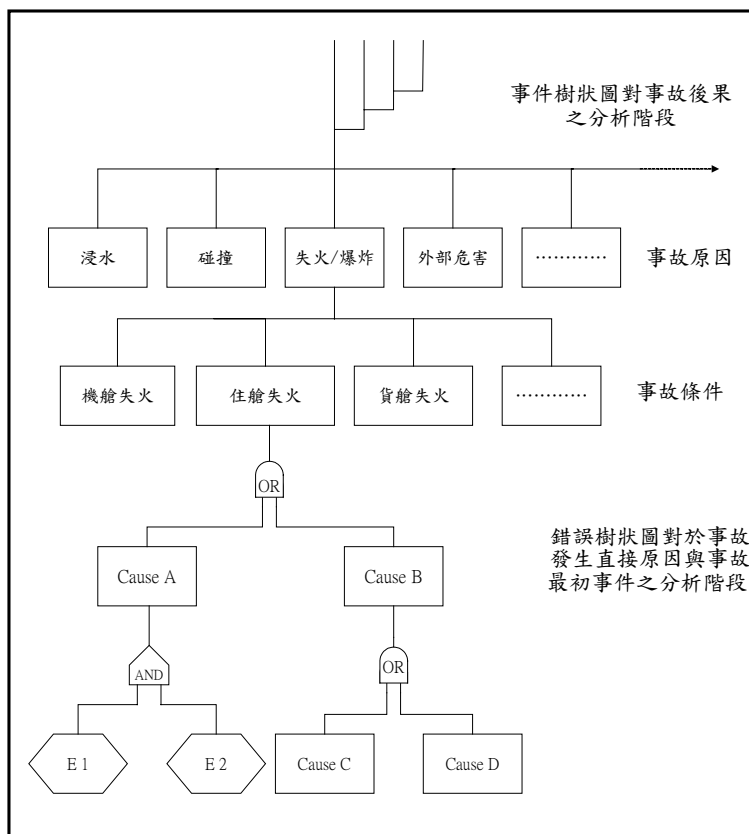


圖 3-6 Risk Contribution Tree²³

3.5 FSA 步驟 3--研擬風險控制策略

在步驟 3 中所要達成之目的，為針對前述步驟所列出之風險，包括風險層級之高低、事故發生之可能性、事故發生後之嚴重性、不確定性之風險等因素，提出實際並可行之風險控制策略，其內容包含主要下列四點要項：

1. 所欲擬定之風險控制策略，其重點範圍應集中於威脅層級到達認為有其必要進行管理控制程度之風險
2. 確認可行之風險控制方法(Risk Control Measures, RCM)
3. 評估該風險控制方法，其對於減低該項風險要素所造成風險威脅之成效
4. 將特性相近之風險控制方法(RCM)匯集歸納成風險控制策略(Risk Control Option, RCO)

3.6 FSA 步驟 4--風險控制策略之成本效益分析

步驟 4 之目的，是要對於執行之風險控制策略作成本與效益之分析與比較，成本效益之評估將由下列數個階段所組成：

1. 依據步驟 3 之結論，安排適合之風險控制策略，並針對單一之風險控制策略，分析其所可能產生之成本與效益結果。

²³ MCA ,FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

2. 適當的對於所有的風險控制策略進行成本與效益之評估。
3. 對於每一個風險控制策略之成本效益進行評估與比較，以每降低一單位風險之成本作考量，即以所需淨成本除以執行風險控制策略後，所降低之風險表示之。
4. 從成本效益之觀點，為所欲實行之風險控制策略排序，以排除不具成本效益或無實踐能力之風險控制策略，以利於步驟 5 中對風險之決策與建議作出適當之判斷。

有關於成本效益之評估方式，有多種方法以表示之，例如利用 Gross Cost of Averting a Fatality (Gross CAF) 與 Net Cost of Averting a Fatality (Net CAF)，其他有關財產與環境之成本效益評估，或有關風險控制策略施行成本效益之比較，也可利用此種計算方法得到大略之結果。其大略之計算方法如下：

$$\text{Gross CAF} = \frac{\Delta C}{\Delta R}$$

$$\text{Net CAF} = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta R}$$

ΔC 為風險控制策略中每艘船舶所花費之成本。

ΔB 為每艘船舶由於執行風險控制策略而產生之經濟效益(其可能包括預防環境污染)。

ΔR 為風險控制策略所避免之每艘船所減低之事故數量。²⁴

3.7 FSA 步驟 5--對風險決策之建議

步驟 5 之目的在於作決策之過程中，提供相關之決策者有關審查與具根據性方法之建議，這些建議必須以上述步驟之評估結果為基礎，其所提出之風險控制策略也必須與風險成本效益之評估作結合，並確認這些風險控制策略在具合理性且能夠實際施行之前提下，儘可能將風險之威脅性降低至最低之程度。

在建議之方式上，不論在風險種類方面、成本效益之評估方面或相關之技術上，都應以能夠被了解之形式表達之，這些經 FSA 程序評估後之結論與建議應適時提供支持其結論之文件或資料，同時也應提供適當之管道與機會以包容其他之批評建議。在對風險決策之建議步驟中其所應完成之目標內容如下：

1. 對於所作出之建議要作出比較與選擇時，應依據該建議能夠減低風險威脅之程度與成本效益之分析而作出決策，另外對於法規與標準之規範內容也應加以注意。
2. 對於在之前 FSA 步驟中，回饋資訊，以便覆查前述步驟之結果。

四、因應散裝貨輪風險之策略

依據前文「散裝貨輪安全研究(一)散裝貨輪全損海難風險分析」所界定的散裝貨輪風險，採用

²⁴ MCA, FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.

IMO 建議的 FSA 模式進行評估前節所述的重點風險，並擬定可能之風險控制策略(Risk Control Options, RCO)，以減低事故發生之可能性或事故後果之嚴重性，並擬定可行之風險控制方法(Risk Control Measures, RCM)，以期尋找消除風險本體之方法，阻絕風險生成之機會；或是盡可能降低風險發生之頻率；或是盡可能降低事故發生後之嚴重性。基本的散裝貨輪全損的風險控制策略(Risk Control Options, RCO)簡列如下：

1. RCO A：於散裝貨輪上改善其硬體設備之使用標準
2. RCO B：建立散裝貨輪相關之證照制度
3. RCO C：改進船舶進水時第二道阻隔之使用與改善船體建材
4. RCO D：增加船體之破損穩度
5. RCO E：加強壓艙泵系統
6. RCO F：改進船舶艙門性能
7. RCO G：以更有效率之方法進行船舶檢查

4.1 RCO A：於散裝貨輪上改善其硬體設備之使用標準

在風險控制策略 RCO A 內容中，其中所指之硬體設備包括：裝卸貨電腦、應力監控系統、船體吃水與艙櫃之量測裝置等設備。相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 船體所承受之應力與船體之穩度對於散裝貨輪來說，是極需要受到考慮之風險之一，改善散裝貨輪上硬體設備之使用標準，可減低散裝貨輪營運上之風險，如使用裝卸貨電腦可提高船員在裝卸貨過程中之警覺性，並提供船體應力與穩度之相關資料。
- RCM 2 裝置船體吃水與艙櫃之量測裝置，其能夠減低不適當貨物裝載或壓艙操作錯誤之可能性。
- RCM 3 裝置應力監控系統不但可提供被監測物之應力承受情況，同時也能夠提高船員之警覺性。
- RCM 4 船體 GM 值監控系統與警報系統之採用，其將能夠提供早期船體不穩定之徵兆。
- RCM 5 船底壓艙之警報系統應被裝置在所有之船舶上，其能夠提供船上船員逃脫之機會，並協助船員對於船底壓艙系統運作故障情形之判斷。

4.2 RCO B：建立散裝貨輪相關之證照制度

建立散裝貨輪相關之證照制度，使其能夠就藉由增加對於船員訓練與警覺性進而減低風險之威脅，在風險控制策略 RCO B 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 依照國際安全管理章程(International Safety Management Code, ISM Code)之規定，對相關人員進行更好之訓練。
- RCM 2 在散裝貨輪上服務之船員，建議其應接受專門散裝貨輪之船員訓練，經訓練後取得正式之證照後，始具備於散裝貨輪上服務之資格，就如同油輪上服務之船員，其需接受危險貨之訓練相同。
- RCM 3 對於碼頭工人與岸上工作人員進行訓練與發證之程序，以確保裝卸貨時之正確性。
- RCM 4 改善船員對於船舶管理與航海技術應用之警覺性。
- RCM 5 在船上安全管理系統之範圍之內，對不論是現存或新執行之程序進行改善，並確保船上 ISM Code 或其他規定程序之執行。

- RCM 6 船長應負起應有之責任以確保船舶航行之安全，其可藉由維修與確實之檢查紀錄以達成此一目的。
- RCM 7 綜合之操作檢查表與維修制度，其應被應用於船舶艙門與其他具有高風險之區域，並依 ISM Code 所規定之內容，使用適當合格且有經驗之人員嚴格的執行該規定之內容。
- RCM 8 在散裝貨輪船員部分應改進船舶艙門設備與訓練之知識，以確保艙門能夠正確的關閉，與加強船員對於艙門密閉之警覺性。
- RCM 9 改進船員船藝或訓練方式，以使得在船上裝卸貨物時之風險減至最小。
- RCM 10 隨著執行 ISM Code 之內容，船東部分應保證維修紀錄之真實性，以使檢查員能夠確保船舶之情況。
- RCM 11 船齡方面之適任性證書。
- RCM 12 改進艙蓋關閉設備操作之程序與訓練。

4.3 RCO C：改進船舶進水時第二道阻隔之使用與改善船體建材

在風險控制策略 RCO C 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 在新建船舶方面，可考慮雙層船殼之使用，其在減低船體進水之風險上有相當之助益。
- RCM 2 對於現成船舶方面，在貨艙第二道阻隔之使用將可改善對於船舶穩度之要求規定，但其牽涉到後續之維修工作、減少貨艙容量與執行成本等問題，因此考慮改善船殼之塗層，其或許是防止船殼破損導致進水之替代方法之一。

4.4 RCO D：增加船體之破損穩度

在風險控制策略 RCO D 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 在新建船舶上，可考慮增加船體艙區之劃分，而在現成船舶方面，對於不符合破艙穩度規定之船舶，應建議其採用在船體最前艙考慮雙層船殼之設計。
- RCM 2 對於未符合 SOLAS Chapter XII 中對於散裝貨輪之破損穩度要求之船舶，其應進行更進一步之調查，以改善其穩度，以符合公約上之規定。

4.5 RCO E：加強壓艙泵系統

在風險控制策略 RCO E 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 在新建船舶方面，應考慮加強壓艙泵系統之性能，而泵系統故障之後備系統與故障警報也應考慮設置。

4.6 RCO F：改進船舶艙門性能

在風險控制策略 RCO F 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 當在造船廠階段時，在艙門設置之前，應利用適當之檢查方法，與配合船級協會之檢查，以確保艙門表層有適當之塗層，而船舶操作者與船東對於船殼塗層之歷史與所有裝載之貨物也應有完整之紀錄。
- RCM 2 應確保艙門塗層之正確性，即使是 0.5mm 之腐蝕情況也可能導致與當初設計強度不符之嚴重損害情況。
- RCM 3 艙門製造者應提供綜合之檢查表與維修方法指示，並將其與 ISM 中船舶維修計劃相結合。
- RCM 4 船上船員應利用檢查表之方法並經常性的檢查艙門之情況。
- RCM 5 對於散裝貨輪之艙蓋應進行艙蓋完整性之測試，除此之外，船員也應接受適當之訓練，並確保紀錄保存之正確性與持續性。
- RCM 6 改善艙門之設計，設計成使艙門可自行成爲水密之狀態，不需人爲手動之操作。

- RCM 7 於設計上考慮裝置可能之導流之設備，避免可能之水流衝擊艙門。
- RCM 8 確認船上可活動之關閉裝置，如艙門、艙蓋等，其均擁有適當之設計與足夠之強度。

4.7 RCO G：以更有效率之方法進行船舶檢查

在風險控制策略 RCO G 內容中，相關之風險控制方法(RCM)歸納如下：

- RCM 1 改善潛在高風險區域之建材與方法。
- RCM 2 改善方法使得船舶檢查、維修與損壞修理更為容易。
- RCM 3 改善到達船上所有艙區與空間之通道設計，使得船舶檢查、維修與損壞修理更為容易。
- RCM 4 每五年應依慣例進行船舶之特別檢查，應考慮依船舶之情況而縮短進行特別檢查之時間。
- RCM 5 在船舶檢查之過程中，應依檢查之結果，考慮對於船舶進行貿易上之懲罰，如減少船貨裝載容積，直到船舶改善其船體之狀況為止。
- RCM 6 加強對於船殼與機械裝置情況之檢查，除此之外也應包含對於船員訓練之改善。

五、散裝貨輪風險策略之成本效益分析

基於前述有關散裝貨輪所可能遭遇之風險情況，及所可能對應之風險控制策略分析，在進行 FSA 有關風險控制策略的成本效益分析過程中，礙於實際成本數據資料取得上之困難，因此本研究僅針對實行上述風險控制策略可能之成本及效益來源作分析，了解施行該風險控制策略之大略情況。若於業界之實際使用上，則可針對可能之成本及效益作數據上之估算，便可得到各風險控制策略之實際分析結果，再根據分析之結果，可排列出施行各風險控制策略之經濟效益順序，以作為風險控制策略之決策參考。

5.1 RCO A：於散裝貨輪上改善其硬體設備之使用標準

1. 成本
在硬體裝設之成本考慮上，應考慮兩種可能之情況，一為新造船舶設備上之設計更改與裝設情況，另一為現成船對於船體現有硬體設備進行翻修與更新之情況。
 - .1 在新造船舶方面包括：硬體設備之成本、裝設之成本、硬體裝設後維修之成本、人員訓練之成本。
 - .2 在現成船舶方面，其成本所包含之種類應與新造船舶相同，然而在新造船舶上應額外考慮其所可能增加之成本，如船舶進行更新時，船舶無法營運之成本情況。
2. 效益
在此項風險控制策略中，其可能對下列三種主要風險減低中獲益：a. 對於散裝貨輪船艙第一貨艙艙壁之破損情況之改善、b. 對高齡船舶船況之維持以及 c. 船舶傾覆風險減低等。此外，施行該項風險控制策略，其將能對風險之預防及減輕事故之嚴重性等兩方面獲益，在風險預防方面，如早期警告系統之運作，在船舶進水或船舶穩度開始有不穩定之徵兆時，其將能夠及時提醒船員進行應有之預防工作，如在更嚴重的情況下，這些裝置之設備甚至將能夠提醒船員棄船之最好時機，藉由如此之方式以減少事故發生人命之損失。

5.2 RCO B：建立散裝貨輪之證照制度

1. 成本
執行此項風險控制策略所需付出之成本，其類似於在油輪上所執行之危險貨訓練，可由各海事學校或經認可之船員訓練單位籌設此種專業訓練之課程，課程內容大綱應由 IMO 頒布實行，籌設此種訓練之成本可能由船員支付，或者由船員服務之船公司或政府單位對於船員訓練費用進行補助。
2. 效益
對於此項風險控制策略之效益來說，可能較難將其以量化之方式加以呈現，但可由已施行於油輪之危險貨訓練中或可預見出其成效，雖說預防散裝貨輪事故對於環境保護上來說也有一定之助益，但相對於油輪來說，散裝貨輪事故對環境之影響遠小於油輪事故對環境之破壞程度，故在散裝貨輪上之主要效益應著重於船員生命威脅之減少。而在另一方面之效益，可提升世界散裝貨輪船隊在營運操作上之品質，以避免相同散裝貨輪海難再次的發生，或減輕散裝貨輪海難所造成之影響。

5.3 RCO C：改進船舶進水時第二道阻隔之使用與改善船體建材

1. 成本
在各項風險控制策略施行所需之成本中，此項策略極可能是花費成本最昂貴之控制策略，船體裝設第二道阻隔將可能造成船舶載重噸位之減少。
 - .1 對於新造船舶而言，可能增加之成本如：增加船體設計之成本、增加船體鋼材之重量，相對減少裝載船貨之容積，進而影響裝載船貨之收益、在高風險區域所使用新建材之成本，如特別之鋼材、使用更好之塗層的成本、增加船舶之建造成本、增加船體維修之成本等。
 - .2 在現成船方面，其可能付出之成本不同於新造船舶，對於船體之第二道阻隔設計，若於現成船上施行，如雙層船殼等方法，其成本可能太過於昂貴，故可能使用其他可行之方法替代，在此情況下其可能增加之成本如：增加船體鋼材之重量，相對減少裝載船貨之容積，進而影響裝載船貨之收益、在高風險區域所使用新建材之成本，如特別之鋼材、使用更好之塗層、增加船體維修之成本、進行改裝時無法營運效益之成本。
2. 效益
增加船體結構之強度，減少因船艙船殼破損而造成之船體進水情況、增加貨艙進水後船體存活之機會、對於貨艙更易於清理與維修。

5.4 RCO D：增加船體之破損穩度

1. 成本
 - .1 對於新造船舶可能增加之成本如：增加船體設計之成本、增加船體鋼材之重量，相對減少裝載船貨之容積，進而影響裝載船貨之收益、增加船體壓艙操作之次數、增加船舶之建造成本、增加船體維修之成本。
 - .2 對於現成船舶可能增加之成本如：增加船體鋼材之重量，相對減少裝載船貨之容積，進而影響裝載船貨之收益、增加航次之成本、增加船體維修之成本、進行改裝時無法營運獲益之成本。
2. 效益
增加船舶進水時存活之能力、對於貨艙更易於清理與維修。

5.5 RCO E：加強壓艙泵系統

1. 成本

- .1 對於新造船舶可能增加之成本如：增加泵系統之數目或加強泵之運作性能、增加管道之尺寸、增加壓艙泵系統額外之控制系統、增加額外之動力供給設備、額外之船員訓練。
 - .2 對於現成船舶可能增加之成本如：更新現有之泵系統或增加新的泵系統、更新現有之管道或增加新的管道系統、更新或增加現有之閥系統、更新或結合泵系統之控制系統、增加額外之動力供給設備、更新配電盤系統之成本、進行改裝時無法營運獲益之成本、額外之船員訓練。
2. 效益
- 雖然加強泵系統不能夠完全防止突然性艙蓋破損所導致之大量進水，但卻能減低船舶因進水而沉沒的發生機會，絕大部分突然大量進水之事故往往是由於疏忽少量之漏水情況，尤其是在船艙區域之貨艙，在散裝貨輪航行時，如艙蓋漏水或船殼破損，因而導致貨艙進水之情況下，藉由裝設泵系統快速將進入船體內之海水排出船外，以維持船體之吃水情況。在一般之進水情況下，泵系統可提供較多之時間，使船舶能夠航駛到最近之港口以進行船體之修理工作，以確保船舶及船員之安全，而在最嚴重之事故情況下，泵系統之運作將可提供船員有更多的時間可安全地從船上撤離，減少因船體進水事故所造成之人員傷亡。

5.6 RCO F：改進船舶艙門性能

1. 成本
 - .1 對於新造船舶可能增加之成本如：增加船體設計之成本、使用新建材之成本，如特別之鋼材、使用更好之塗層等。
 - .2 對於現成船舶可能增加之成本如：艙門重新設計之成本、更換現有艙門設備之成本、進行改裝時無法營運獲益之成本。
 2. 效益
- 增加船體艙門或艙蓋之強度，減少因水密情況不良而造成之船體進水、減少船體維修之成本。

5.7 RCO G：以更有效率之方法進行船舶檢查

1. 成本
- 此項風險控制策略之成本可分為兩個方面，其一是在改善船舶檢查方式方面，首先將會有最初檢查機構設置之成本，包含檢查硬體設備與檢查人員訓練之成本，此項成本可能由船旗國或港口國支出，此外在執行計劃之過程中，必須建構一負責收集與紀錄資料之體制，以監測所有船舶並提供往後進行風險評估之相關資料。其二是在改善船舶結構設計方面，對於新造船舶來說，其可能之成本為重新設計通往船上所有空間之通道；對於現成船舶來說，其可能之成本則為須以更便利之通道設計以替換船上原本空間分配，此外在進行改裝時無法營運獲益之成本、更換船上舊有之鋼材與架構，包含對於船殼塗層之更新、加強維修之工作以確保能夠通過檢查。
2. 效益
- 施行此項風險控制策略之效益應包含時間與金錢兩方面，依改善後之檢查方式，檢查之焦點將集中在該型船舶所可能之風險來源上，對於高風險之區域將是檢查時之重點，將花費較多之時間與資源進行檢查，包含其所裝載之船貨類型、該船之船齡、停靠港及營運之歷史，諸如此類之資料對於不論是船旗國、港口國甚至是船級協會等都將是十分有用之資料。依此種方式檢查，將可使檢查過程具有效率與更為快速，同時也能節省檢查時所花費之成本，而在船旗國與港口國方面則能用有限之資源以進行更多船舶之檢查。改善船上空間分配將可提供更容易與更經濟之維修方式，甚至更容易找出錯誤發生之地點，改善船舶建材之效益在於可減少耗損、腐蝕或機械操作上之磨損，同時也減少維修

時之成本支出。

六、結論

綜觀全球所發生之全損海難事件統計中，就單一船舶種類而言，散裝貨輪所發生之全損海難，在全球海難案例上佔了相當之比例。就全球船舶之統計數據，散裝貨輪之船舶數量與載重噸位上均次於油輪，但在全損海難數據上，不論是發生案件數目或是所損失之載重噸位上，散裝貨輪卻均較為嚴重，很明顯的現今散裝貨輪存在著某些安全上之問題，有其進行改善之必要。

國際海事組織所通過的 FSA 風險評估模式，是一極佳之風險評估工具，在進行風險評估時，其可對於所欲評估之問題提供十分有效率之方式而達到所要之評估結果，並提出許多可行之改善方法，目前已有許多國家與組織使用此一方法以進行風險相關之評估。

透過 FSA 風險評估模式，本研究依據「散裝貨輪安全研究(一)散裝貨輪全損海難風險分析」所界定的散裝貨輪風險因素，研擬風險控制策略(Risk Control Options, RCO) 據於此，本研究並擬定各種可行之風險控制方法(Risk Control Measures, RCM)，並探討風險控制策略之成本效益分析，惟礙於實際成本數據資料取得上之困難，本研究僅針對實行上述風險控制策略可能之成本及效益來源作分析，以了解施行該風險控制策略之大略情況。透過 FSA 風險評估模式，本研究主要發現的風險控制策略如下：

1. RCO A：於散裝貨輪上改善其硬體設備之使用標準
2. RCO B：建立散裝貨輪相關之證照制度
3. RCO C：改進船舶進水時第二道阻隔之使用與改善船體建材
4. RCO D：增加船體之破損穩度
5. RCO E：加強壓艙泵系統
6. RCO F：改進船舶艙門性能
7. RCO G：以更有效率之方法進行船舶檢查

在台灣散裝貨輪公司現況，散裝貨輪國輪目前有 44 艘，平均船齡 11.1 年，約佔台灣散裝貨輪船東所擁有散裝貨輪總數之 26.8%，載重噸位約佔 31.6%，而在外國籍散裝貨輪方面，目前有 120 艘，船齡平均 12.9 年，約佔台灣散裝貨輪船東所擁有散裝貨輪總數之 73.2%，載重噸位約佔 68.4%。有關台灣散裝貨輪公司對於海難風險預防方面，在本研究訪談 5 家散裝船公司²⁵及 2 家船舶保險業者及 1 家 P&I Club 之過程中，發現所有訪談之散裝貨輪公司，現今均無設置專責之散裝貨輪海難風險評估部門，也並無專責人員編制，以負責有關散裝貨輪海難風險評估之業務。而在訪談中也發現，船公司部分先前並未接觸過如 FSA 等風險評估之工具，更遑論將其運用在散裝貨輪海難風險之評估上，這個現象倒是比較值得有關單位深思的。

²⁵ 在所訪談之 5 家船公司中，其擁有之散裝船總數為 73 艘，約佔台灣散裝船船東擁有數量之 44%。

參考文獻

【中文部分】

1. 陳彥宏，蘇克明，電腦化海事資料庫之建立研究，航運季刊，第十卷，第一期，2001年5月。
2. 陳彥宏，謝弘毅，我國海事安全運作機制現況分析，航運季刊，第十一卷，第一期，2002年5月。
3. 郭俊良，陳彥宏，我國海事調查現況之研究，第一屆兩岸航運科技學術研討會，國立台灣海洋大學，2000年5月。
4. 陳彥宏，台灣海難搜救體系之分析與檢討，運輸計畫季刊，第三十一卷，第三期，2002年9月。
5. 周和平，船藝學，周氏兄弟出版社，1984年9月第二版。
6. 任建新，朱曾杰、高傳來，海商法教程，人民法院出版社，1988年2月。
7. 梁國慶，行政訴訟法律法規彙編，紅旗出版社，1993年11月北京第一版。
8. 王海東、陳鵬，國際國內海事法規全書，山東人民出版社，1993年11月第一版。
9. 吳兆麟，海上交通工程概論，大連海運學院自編講義，1989年。
10. 李清烈著，海事處理問答，大連海運學院出版社，1993年7月。
11. 藤岡賢治，海難政策論，成山堂書店，平成6年（1994）4月18日改訂版。
12. 司玉琢、汪鵬南、朱清、李海、胡正良、傅廷忠，海商法詳論，大連海事大學出版社，民國84年10月。
13. 沈玉如，船舶貨運，大連海事大學出版社，1998年8月。
14. 交通部，中華民國船長公會，散裝固體化學品：散裝固體貨物安全作業準則，1992年6月。
15. 林長浩，船藝，大連海事大學出版社，1997年3月。
16. 國際海事組織，國際散裝穀物安全運輸規則，國際海事組織，1991年。
17. 張鑑，談海事評審兩級制度，航運季刊，第16卷第1期。
18. 林彬，海難發生原因之分析與對策，航運季刊，第25卷第2期，民國79年12月31日。

【外文部分】

一、外文文獻

1. Transport Canada, "Marine Casualty Investigations", Statistical Summary of Marine Accidents, 1986。
2. A . R . G . McMillan," Shipping Inquires and Courts", Stevens and Sons Ltd. London, 1929.
3. Code of Federal Regulations, Title 46-shipping, Volume 1(Parts4), sec. 4.03-Definitions, MARINE CASUALTIES AND INVESTIGATION, Revised as of October 1, 1997.
4. Code of Federal Regulations ,Title 46-shipping, Volume 1(Parts4), sec. 4.40-Definitions, MARINE CASUALTIES AND INVESTIGATION, Revised as of October 1, 1997.
5. Lloyd's Register of Shipping, Work Package 7 of the Formal Safety Assessment of Bulk Carriers,

July 2002.

6. LLP, Maritime Casualties 1963-1996 –second edition,1997.
7. MCA, FSA of bulk carrier-development and quantification of influence networks final report, July 2002.
8. IMO, Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making Process, 17 November 1997.
9. International Association of Classification Societies, Bulk carriers : Guidance and information on bulk cargo loading and discharging to reduce the likelihood of over-stressing the hull structure, 1997.
10. IMO, Focus on IMO:IMO and the safety of bulk carriers, September 1999.
11. ISL, Total merchant fleet-by size class and ship type as of January 1st, 2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.1/2, 2002.
12. ISL, Casualty returns-Reported world total losses by major flags and division of age January 1992-May 2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.8/9, 2002.
13. ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1998-2002, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.5, 2002.
14. ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1993-1997, Shipping Statistics and Market Review, Vol.41, No.5, 1997.
15. ISL, Special fleets-bulk and OBO carriers-fleet development by ship type as of January 1st, 1992-1996, Shipping Statistics and Market Review, Vol.40, No.5, 1996.
16. ISL, Seaborne trade-Development of major dry bulk commodities 1982-2000, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.5, 2002.
17. ISL, Total merchant fleet-by country of domicile and ship type-bulk carriers, Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.4, 2002.
18. ISL, Casualty returns-Reported world total losses by ship type and nature of casualty January 1992-May 2002 ,Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.8/9, 2002.
19. ISL, Casualty returns-Reported world total losses by major flags and division of age January 1992-May 2002 ,Shipping Statistics and Market Review, Vol.46, No.8/9, 2002.
20. IMO, Resolutions and Other Decisions (17th-Assembly), London, 1991.
21. IMO, Resolutions and Other Decisions (18th-Assembly), London, 1993.
22. IMO, Resolutions and Other Decisions (19th-Assembly), London, 1995.
23. International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974. 1997/1998 Amendment. 1988 edition.
24. IACS, Guidance and information on bulk cargo loading and discharging to reduce the likelihood of over-stressing the hull structure. London, 1997.
25. Formal Safety Assessment of bulk carriers. London, IACS, 2002.
26. Lloyd's Register of Shipping, Work Package 7 of the Formal Safety Assessment of bulk carriers. 11

July 2002.

27. CBS MARINE & BMT RCL, Work Package 6A Collation of Historical Data. October 2001.
28. CBS MARINE & BMT RCL, Work Package 6A Hazard Identification. October 2001.
29. CBS MARINE & BMT RCL, Work Package 6A Risk Control Option Report. December 2001.
30. CBS MARINE & BMT RCL, Work Package 6A Cost Benefit Assessment Report. February 2002.
31. CBS MARINE & BMT RCL, Work Package 6A Risk Balance Report. February 2002.
32. IMO, Recommendations for the fitting of hull stress monitoring systems for improving the safe operation of ships carrying dry cargo in bulk. 06 June 1994.
33. IMO, Guidelines for the selection, application and maintenance of corrosion prevention systems of dedicated seawater ballast tanks. 1995.
34. IMO, Safety of ships carrying solid bulk cargoes. 1991.
35. IMO, Guidelines on the enhanced programme of inspections during surveys of bulk carriers and oil Tankers. 1993.
36. IMO, Guidance for planning the enhanced programme of inspections during surveys of bulk carriers and oil tankers. 06 June 1994.
37. IMO, Questionnaire on the condition of ships carrying solid bulk cargoes. 18 June 1993.
38. IMO, Duties of chief mate and officer of the watch (OOW) at loading and discharging ports. Containers and cargoes : loading and unloading of bulk cargoes. 22 December 1994.
39. IMO, Ship/shore safety checklist for loading or unloading dry bulk cargo carriers. 01 June 1995.
40. IMO, Cargo operation form. Containers and cargoes : loading and unloading of bulk cargoes. 22 December 1994.
41. IMO, Safe practice on board bulk carriers. 22 December 1994.
42. IMO, Safety of ships carrying solid bulk cargoes. 1995.

二、網站資料

1. Chamber of Maritime Commerce, <http://www.cmc-ccm.com/>, October 2002.
2. MAIB, <http://www.open.gov.uk/maib/>, October 2002.
3. The Maritime and Coastguard Agency, <http://www.fsa.mcga.gov.uk/>, November 2002.
4. IMO, <http://www.imo.org/>, August 2002.
5. IACS, <http://www.iacs.org.uk/>, November 2002.
6. <http://www.itf.org.uk/sections/mar/bulk3.htm>, November 2002.

散裝貨輪安全研究(二)

散裝貨輪安全評估模式之研究[◆]

陳彥宏^{*}、張家榕^{**}

Abstract

Maritime casualties often result in tremendous losses. Between January 1992 and May 2002, there were 109 total loss maritime casualties for bulk carrier vessels worldwide. These casualties accounted for 12% of worldwide total loss casualties, however, they accounted for 38% in terms of deadweight loss, which was ranked first in deadweight loss among various types of fleet.

Maritime casualties may arise from any of the following causes, such as improper maritime policy, management and crew operations, and bad condition of ship structure, however, according to the historical cases, many casualties occurred because of the result that the above causes had interacted with each other.

Concerning the safety issues to the bulk carriers, this study focused on the total loss cases of bulk carriers and set to analysis the risk of total loss to bulk carriers and also set to employ a safety assesment model for bulk carriers. Through a comprehensive literature review and cases study investigating into the risk embedded on bulk carriers and their environment, the hazards concerned are indentified. Based on these outcomes, the Formal Safety Assessment (FSA) has been employed in this study to evaluate and to analyze the safety improvement measures for the bulk carrier vessels.

Key word : bulk carrier, casualty, risk assessment

◆ 相關文章「散裝貨輪安全研究(一)散裝貨輪全損海難風險分析」刊載於 2003 年 10 月，國立台灣海洋大學海運學報 50 週年校慶紀念特刊。

* 國立台灣海洋大學商船學系副教授、英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士

** 國立台灣海洋大學導航與通訊系碩士