C4ISR系統建置風險管理之研究－以「能力成熟度整合模式」(CMMI)分析

作者/李樹賢 上校．胡家嶺 博士

提要

能力成熟度整合模式（Capability Maturity Model Integration, CMMI）[1]已為美國國防部採購大型通資系統時評估供應商能力之重要參考要項之一；C4ISR（Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance）系統為現代化戰爭不可或缺的大型通資系統。兩者均為當前極為重要的項目。本文謹以採購者的立場將CMMI及C4ISR作一結合，並依國軍軍事建案投資規定，配合推動採取國內商源為主之政策，因此在評估供應商能力階段實為關係未來軍品品質優劣之重要關鍵，而能力成熟度整合模式即為評估供應商能力之重要工具，因此在推動建置如C4ISR重要之軍事投資項目時，特別介紹此一模式，並置重點於風險管理部份之探討，將可作為爾後建案投資之運用參考。

本文首先摘要敘述C4ISR發展過程作，考量實際C4ISR系統的機敏性，故本文引用文獻中之C4ISR基本架構作為敘述之用。然後對CMMI的發展加以敘述並對其模式作一整合。最後將CMMI模式中「風險管理」之流程領域，以模式化方式導入，建立C4ISR系統風險管理檢查控管表，並據以建構能力成熟度整合模式之風險管理之參考模式，作為系統專案人員自我檢視與評估之參考依據。

壹、前言

C4ISR系統為現代化戰爭不可或缺的大型通資系統，讀者大眾對此亦較為熟悉；然而讀者大眾對CMMI就陌生許多。因此以下先對C4ISR作扼要說明，然後再針對CMMI之發展背景、涵蓋要項及其基本精神進一步概述，並對兩者的整合概念加以說明。

美國C4ISR系統之發展係延續1962年籌建之戰略指揮控制系統。由於資料傳輸格式並未制式化，各系統並無法相互聯通，至1970 年以後將資料數據格式統一標準化，C4ISR 系統才逐漸顯現功效。波斯灣戰爭之後，美國國防部依據作戰經驗進行這套系統的「相容性」及「共通性」不良等缺點，著手大力改善。並於1996年6月7日發布其第1版C4ISR 架構框架，目前C4ISR架構框架的2.0版，於1997年12月出版[2]，美國國防部在2000年3月21日簽訂備忘錄，把C4ISR架構

框架範圍擴大為美國國防部架構框架，而美國國防部架構框架，目前僅有2.1版草稿亦已於2001年十月出爐。依美國C4ISR系統發展經驗，前後歷經近四十年始將系統架構確定。國軍已由國防部頒布通資電發展指導原則[3]，現正積極建置中。雖經美國協助建置此一系統，無避免亦將面臨各項系統建置期間所可能遭遇之內部系統工程、軟體工程、軟硬體系統整合等複雜與不確定等困境。

美國國防部（DOD）基於該部許多軟體標案欲委外承包時，因無法評估軟體公司對軟體標案之承接與執行能力，故提撥專款委託該國卡內基美隆大學(Carnegie Mellon University) 於1984年成立軟體工程學院 (Software Engineering Institute, SEI) 進行研究。卡內基美隆大學協同政府機構、產業界共同研究與發展一套工程發展與管理制度，使個人及組織在軟體發展上能有持續改善的依據。其目的為評估及改善軟體發展公司之軟體開發過程及軟體開發能力，並且協助軟體開發者持續改善軟體流程成熟架構及軟體品質，進而提昇軟體開發專案及軟體發展公司之軟體開發管理能力，達成軟體發展之功能正確、縮短開發時程、降低成本及確保品質等目標[4]。隨後陸續發展出不同之能力成熟度模式(CMM，即為CMMI之前身)，包括：軟體能力成熟度 (Software Capability Maturity Model, SW-CMM) 、系統工程能力成熟度模式 (Systems Engineering Capability Maturity Model, SE-CMM)、整合產品發展能力成熟度模式 (Integrated Product Development Capability Maturity Model, IPD-CMM)、人力資源管理能力成熟度模式 (People Capability Maturity Model, P-CMM)及軟體籌獲能力成熟度模式（Software Acquisition Capability Maturity Model, SA-CMM）等應用模式。然而這些專業領域特定模式的差異，包括他們的架構、內容及方法，限制了組織致力改善成功之可行性。亦即，使用未經整合的模式，在訓練、評鑑和改善活動的費用上，將顯得更昂貴。一套整合多個專業領域的模式，加上整合的訓練及評鑑技術的支援，將足以克服這類問題。於是，SEI於2000年12月公佈能力成熟度整合模式 (Capability Maturity Model - Integrated, CMMI ver. 1.0) ，以整合並取代當時之各CMM標準。現行版本為2002年頒布之CMMI 1.1版[5]。其內容包括：「系統工程」、「軟體工程」、「整合式產品與流程發展」及「供應商管理」四大主體(Body of Knowledge)，此即為CMMI-SE/SW/IPPD/SS。總計分成25個流程領域(Process Area)（可參閱表四流程領域成熟度暨分類），分屬於「流程管理」、「專案管理」、「工程」及「支援」四大分類(Category)。其相互關係將於後文介紹。

CMMI為企業組織執行專案之控管模式，其內容僅包含「要作什麼(What to Do)」，而未涉及「如何作(How to Do)」，因此組織可依據CMMI「要作什麼」的

項目、結合專案(包括C4ISR系統)的特性並選用特定或適當的方法，以達成「如何作」的需求。此外企業組織執行專案時亦經常有分包、委外的情況，針對此項需求CMMI亦包含對「委外作業」相關之「流程領域」。因而買方(政府或企業組織)亦可運用這些「委外作業相關之流程領域」對賣方進行管控。這也是本文「以採購者的立場將CMMI及C4ISR作結合」的主要依據。另本文有關專案風險界定及相關關鍵人員參與規劃，須另參考「專案規劃」流程領域；有關監控專案風險，參考「專案監控」流程領域；有關使用正式評估流程以評估選擇及降低已界定風險的備選方案，可運用「決策分析和解決方案」流程領域，以獲得更多資訊。限於篇幅無法將相關流程領域一一納入研討。

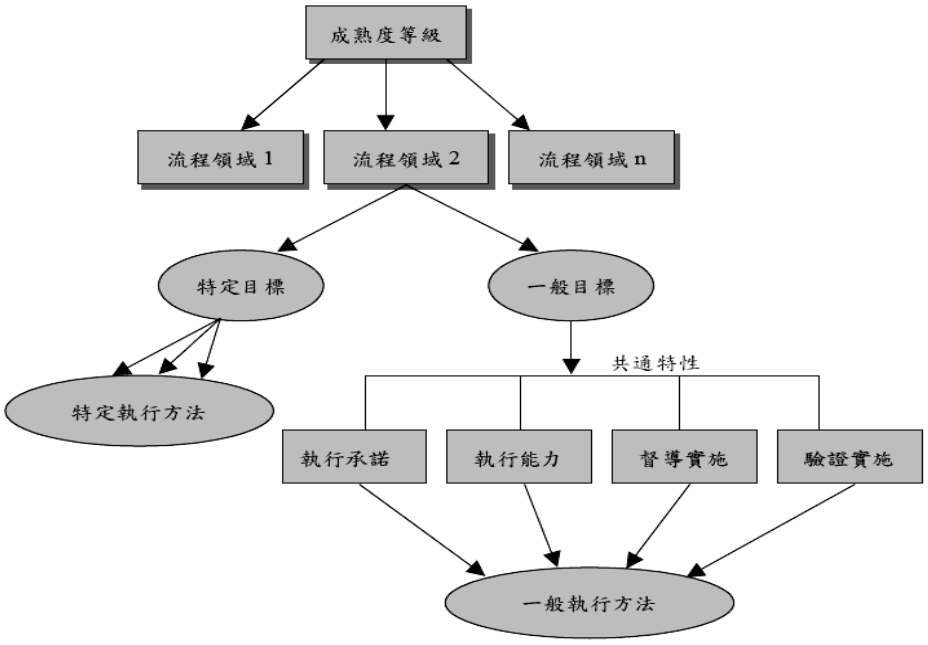
貳、能力成熟度模式整合模式（CMMI）系統架構簡述

CMMI目的在發展一個共通性之整合架構，以支援、整合不同專業領域之特定能力成熟度模式及相關產品，並致力提供系統工程及軟體工程之指導原則，期許在任何架構下的組織，皆能促進其流程改善。而CMMI 模式中的流程領域又分為分段表述方式(Staged Representation)與連續表述方式(Continuous Representation)二種，「階段式表述」採用成熟度等級，「連續式表述」則採用能力度等級以度量流程改善。我們必須選擇其中一種表述方式[6]，並決定組織將使用的模式要包括哪些知識領域(Bodies of Knowledge)。CMMI目前有下列四大主體(Body of Knowledge)可供使用：系統工程(Systems Engineering, SE)；軟體工程(Software Engineering, SW)；(三)「整合式產品與流程發展」(Integrated Product and Process Development, IPPD)；(四)供應商管理(Supplier Sourcing, SS）。

使用CMMI產品最大的利益就是營運績效的改善，這已由SW-CMM等其他成熟度模式而得到證明。CMMI 不但可用以提升軟體組織在開發管理上的能力，更可以達到降低成本、縮短開發時程、功能正確與確保品質等目標，有助於提昇國家軟體發展之國際競爭力。CMMI對於系統發展及管理的流程建立嚴謹的規範，可依流程改善標準評鑑程序(Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement，SCAMPI)執行認證，其認證共分為五級 (以分段式表述而言)，第一級：初始(Initial)、第二級：已管理(Managed)、第三級：已定義(Defined)、第四級：量化管理(Quantitatively Managed)、第五級：最佳化(Optimizing)。能力成熟度是漸進式的架構，每一階段成熟度，都是下一階段流程改善的基礎[7]，CMMI不僅提高每一級別成熟度要求之門檻，亦同時擴充能力成熟度評鑑適用範圍，使得軟體工程、系統工程之專業領域及整合性產品與流程發展之環境，皆能運用CMMI為軟體開發流程提供持續改善的指引，對軟體生產力與品質的提升

亦有顯著的實質效益，並確保所有發展的產品，能與國際標準組織ISO流程評鑑技術報告相容[8]。CMMI中的每個成熟度等級中各有多個流程領域（Process Ares），整個成熟度模式中，共有25個流程領域。其相互關係可綜合整理如附件之附表。

而在每個流程領域內都設定了一組特定目標（Specific Goals），並延伸出主要的特定執行方法（Specific Practices）；此外，每個流程領域內都有一組共同目標（Generic Goals），包括執行承諾（Commitment to Perform）、執行能力（Ability to Perform）、督導履行（Directing Implementation）、驗證實施（Verification Implementation）。圖一為CMMI模式組件架構圖，其中「目標」表示某個流程領域想要達到的最終狀態，因此又稱為必要的組件（Required component），而針對單一流程領域的目標，稱之為特定目標；可適用於所有過程域的目標則稱為共性目標；「執行方法」代表達到目標所期望的手段，只要能夠實現模式中規定的目標，組織可以採用其他經過公認的手段作為替代性的「執行方法」，而不一定非要採用模型中規定的執行方法，因此又稱為期望的組件（Expected component）。至於助益組件（Informative component）則為其他在組織追求達成必要組件和期望組件的要求時，幫助組織得到實作細節的部分。如細部執行方法、典型的工作產品、專業領域強等。



圖一　CMMI的模式組件(資料來源：CMMI Product Team (2002), p.10)

行政院科技顧問室表示由於我國目前面臨強大的產業需求及國際競爭，如果軟體產業能導入CMMI，進行流程與品質改善，不僅有利於進軍國際市場，面對大陸市場也同樣具備優勢。依據行政院科技顧問室統計資料顯示國內軟體業者導入CMM的實質效益，若以摩托羅拉大陸研發中心所公佈的統計數據來看，

該中心自從通過CMM第五級評鑑後，該中心1997年到2000年間每人平均生產率提高六倍，開發過程中的瑕疵率即軟體錯誤率下降十五倍，軟體上線後的錯誤率更下降二十四倍。而印度軟體產業亦藉由取得CMM國際評鑑，擁有於2000年印度佔全球軟體廠商委外製作產值高達90%的傲人成績。依據2004年3月行政院科技顧問組「資訊服務業發展策略會議」，訂定明確之行動方案「推廣 CMMI 評鑑制度，提升資訊服務業者之服務品質」。並且訂定計畫目標為：鼓勵廠商建立制度提升服務規模與品質－2007年促成LEVEL-3廠商達50家；2008年促成LEVEL-3廠商達70家及LEVEL-5廠商達3家。要躋身國際市場，CMMI將是未來軟體廠商遵循的目標。

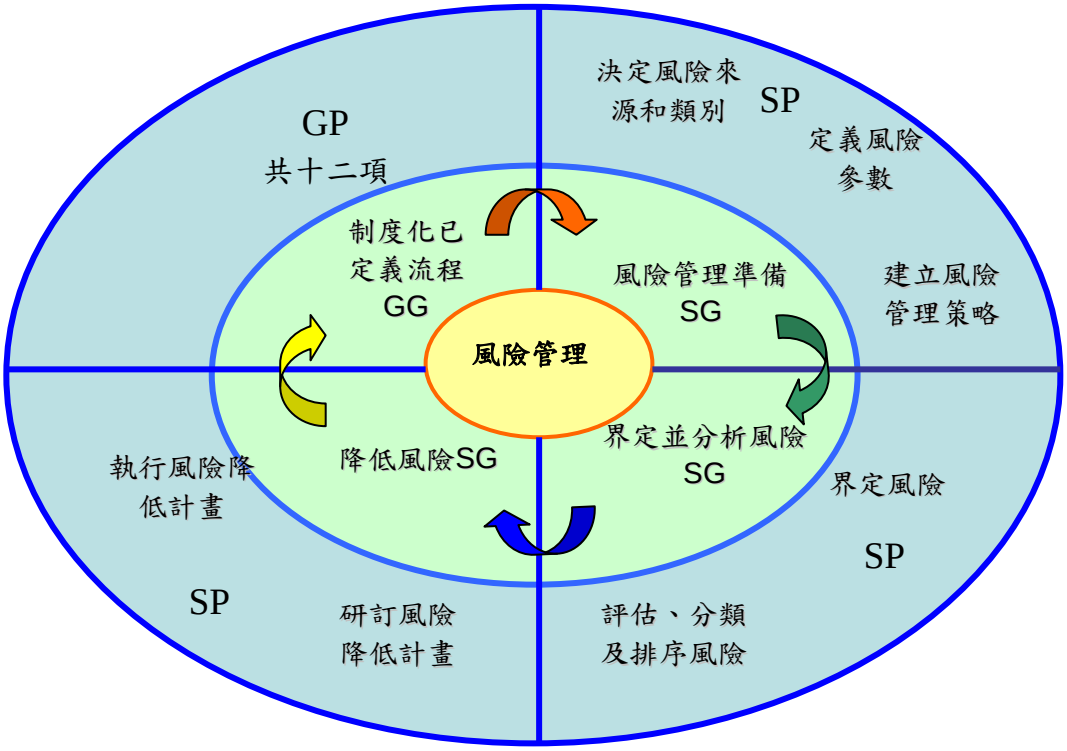
參、能力成熟度整合模式之風險管理

能力成熟度整合模式成熟度第三級、「專案管理」（Project Management）分類中對風險管理有特別之流程領域進行探討，此為整合模式中就重要議題之特別歸類，然不論如何單獨提列與歸類，流程領域間常有互動，且彼此相互影響。與風險管理相關之流程領域計有[9]：有關專案風險界定及相關關鍵人員參與規劃，有「專案規劃」流程領域；有關監控專案風險，則可參考「專案監控」流程領域；有關使用正式評估流程以評估選擇及降低已界定風險的備選方案，可運用「決策分析和解決方案」流程領域，以獲得更多資訊。因此，雖然在專案規劃和專案監控流程領域已包含了風險界定與監督，但風險管理流程領域則採取較持續性和前瞻性的方法來管理風險，這些活動包括風險參數的界定、風險評量及風險處理。

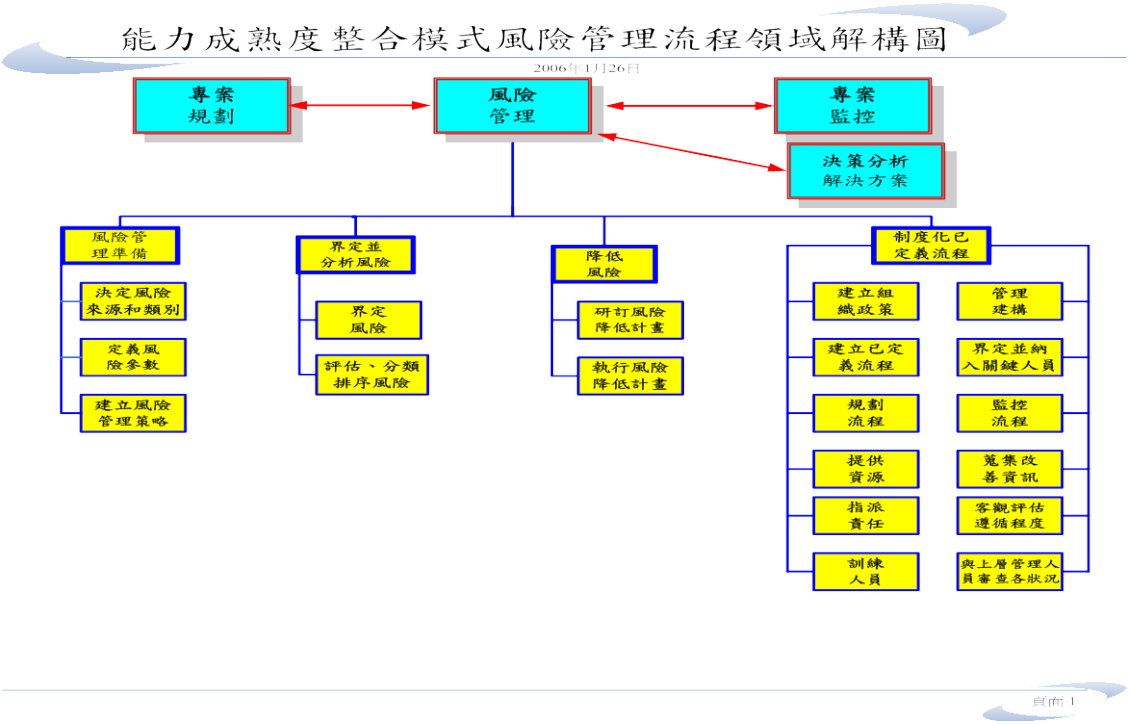
風險管理的目的是在風險發生前，界定出潛在的問題，以便在產品或專案的生命週期中規劃風險處理活動，並於必要時啟動，以降低對達成目標的不利衝擊。為達成風險管理之目標[10]，依風險管理流程領域，管理者必須置重點於執行特別目標（Specific Goals）：風險管理準備、界定並分析風險及降低風險；及一般目標（Generic Goals）：制度化已定義流程。而其中每個特別目標與一般目標均有其個別的執行方式（Practices），彼此間之關聯性彙整後詳如圖二。其中一般目標「制度化已定義流程」之所以稱為「一般」，因為相同目標的敘述可適用於多個流程領域。達成某流程領域的一般目標，代表該流程領域相關流程的規劃和實施獲得控制與改善；也象徵這些流程是有效、可重複及可持續的。制度化已定義流程之執行方式計有： 建立組織政策、 建立已定義流程、規劃流程、提供資源、 指派責任、訓練人員、管理建構、界定並納入相關的關鍵人員、監控流程、蒐集改善資訊、客觀評估遵循程度、與上層管理人員審查各狀

況等共十二項。

能力成熟度整合模式如依據專案管理常用的工作分解圖(Work Breakdown Structure，WBS)，本文中風險管理之流程領域可解構為風險管理準備、界定並分析風險、降低風險及制度化已定義流程等四大區塊，整理如圖二。



圖二　能力成熟度整合模式風險管理流程領域解構圖(作者繪製)



圖三　能力成熟度整合模式之風險管理(作者繪製)

依據能力成熟度整合模式中風險管理之四大面向，針對美國防部C4ISR架構框架：作戰架構、系統架構、技術架構觀點，可結合「國軍軍事投資計畫建案作業規定」中，主要武器系統與裝備投資個案類型相關規定，由裝備作戰需求階段、系統功能、系統規劃、文件審查等各階段即逐步分析C4ISR系統風險，並進行風險之控管，如此將可使專案風險降至最低。以下本文將以能力成熟度模式中「風險管理流程領域」之特定執行目標（SG）為分類，並按其各特定執行方法（SP）（如表一、二、三），歸納詳列每一細部執行方法，以模式化方式建立C4ISR系統風險管理檢查控管表，作為C4ISR系統風險管理之參考。其中每一細部執行方法均可對應於我建案與執行各階段，例如SP 1.1 決定風險來源和類別，其細部執行方法不確定的需求，正是C4ISR系統專案及其他大型專案風險產生之根本，美軍於一九九五年即因本案軟體發展失敗而耗費八百十一億美元，一九九六年此一金額更高達一千億[11]。在美國175,000件執行的IT專案中，有31%將以失敗收場，而又有33%將面臨大幅進度落後或追加預算等問題[12]。因此各風險管理之細部執行方法可逐一落實於我專案之風險控管中。

表一　運用CMMI執行風險管理準備檢查表之一

C4ISR風險管理---風險管理準備(SG1)		
特定執行方法	細部執行方法	說明
SP1.1決定風險來源和類別	➢不確定的需求。 ➢無前例的工作量─無法取得預估值。 ➢不可行的設計。 ➢不存在的技術。 ➢不實際的時程估計值或配置 。 ➢不充分的人員配置和技能。 ➢成本或資金議題。 ➢不確定或不充分的分包商能力。 ➢不確定或不充分的供應商能力。 ➢風險類別反映「貯存倉」的概念，用來蒐集和組織風險。界定風險類別的原因之一是它可協助未來整合風險降低計畫的各項活動。	風險來源，專案有許多內部及外部的風險來源。風險來源是界定風險可能發生的共同來源，細部執行方法中，說明典型的內部及外部風險來源。越早界定內部和外部的風險來源，愈可排除風險的發生，或降低發生時的嚴重性。

SP1.2定義風險參數	➢定義一致性的準則，以評估及 量化風險的可能性及嚴重程度。 ➢定義每個風險類別的門檻 ➢定義某風險類別門檻的範圍。	用來評估、分類和排序風險的參數，包括：風險可能性(即風險發生的機率)、風險結果(即風險發生的影響和嚴重性)、驅動管理活動的門檻。
SP1.3建立風險管理的策略	➢風險管理投入的範圍。 ➢使用於風險界定、風險分析、風險降低、風險監控及溝通的方法及工具。 ➢專案特定的風險來源。 ➢如何組織、分類、比較及整合風險。 ➢對已界定風險採取行動的參數，包括可能性、結果及門檻。 ➢風險降低所使用的技術，例如：雛型製作、模擬、備選方案設計或漸進式發展。 ➢定義風險度量，以監控風險狀況。 ➢風險監控或再評量的時間間隔。	風險管理策略應由共同的成功願景所導引。風險管理策略通常記錄於組織或專案的風險管理計畫。風險管理策略由相關的關鍵人員審查，以增進承諾和瞭解。

表二　運用CMMI執行風險界定暨分析檢查表之二

C4ISR風險管理---界定並分析風險(SG2)		
特定執行方法	細部執行方法	說明
SP2.1界定風險	➢在產品生命週期所有適當的階段，界定與成本、時程及績效相關的風險。 ➢審查可能影響專案的環境因素。 ➢專案經常疏忽的風險，包含那些被認為在專案範圍外的風險(即專案無法控制他們是否發生，但可降低其衝擊)。 ➢審查分工結構圖所有元件，作為風險界定的一部分，以協助確保所有的工作投入均已考慮。 ➢審查專案計畫的所有元件，作為風險界定的一部分，以確保專案在各方面均已考慮 ➢有關界定專案風險，請 參考專案規劃流程領域，以獲得更多資訊。 ➢記錄風險之內容、條件及可能的結果。 ➢界定每一風險相關的關鍵人員。	界定風險的方法有很多，典型的界定方法如下： ➢檢查專案分工結構圖的每個元件以找出風險。 ➢使用風險分類表來評量風險。 ➢訪談主題事務專家。 ➢由類似產品的比較來審查風險管理投入。 ➢檢查學習心得文件或資料庫。 ➢檢查設計規格和協議書需求。
SP 2.2 評估、分	➢利用已定義的風險參數，評估已界定的風險。	➢ 風險評估、分 類及排序的活動，有時被稱為「

類及排序風險	➢依照定義的風險類別，將風險分類並分組排列降低風險的優先順序。	風險評量」或「風險分析」。 ➢根據定義的風險參數，評估每個風險並指定數值，數值可包括可能性、結果(嚴重性或衝擊度)及門檻。可整合這些指定的風險參數值以產生額外的度量，例如：風險曝光程度可用來排列風險的優先順序，以便處理。

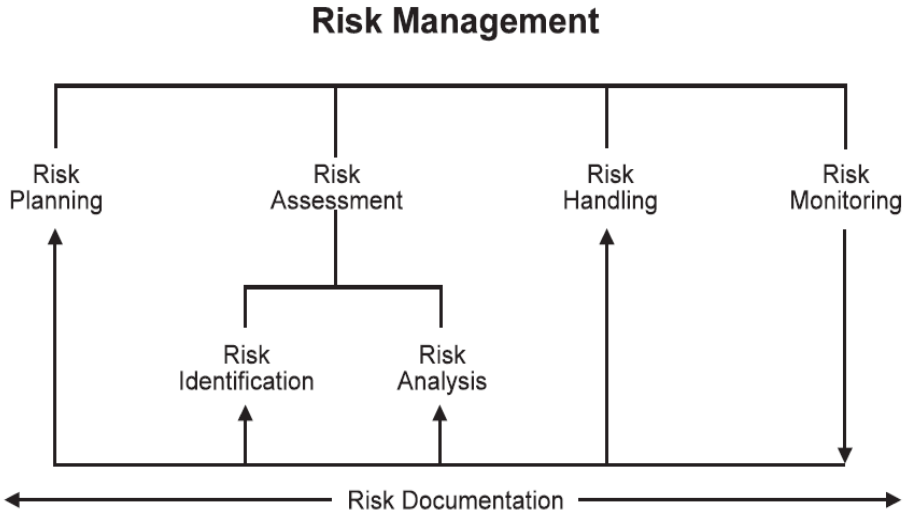
表三　運用CMMI降低風險檢查表之三

C4ISR風險管理---降低風險（SG 3）		
特定執行方法	細部執法	說明
SP3.1研擬風險降低計畫	➢ 決定風險的等級及門檻，以定義風險在什麼情況下是變成無法接受，並啟動風險降低計畫或緊急應變計畫。 ➢ 界定負責處理每個風險的個人或團隊。 ➢ 決定實施每個風險之風險降低計畫的成本效益比。 ➢ 發展專案整體的風險降低計畫，以協調個別的風險降低計畫和緊急應變計畫，取捨分析，以對風險降低計畫排定優先順序。 ➢ 針對選取的關鍵風險，研擬當其發生時的緊急應變計畫。	風險處理方案，通常包括下列各種備選方案： ➢風險規避：改變或降低需求，但仍符合使用者需要。 ➢風險控制：採取主動的步驟，以降低風險。 ➢風險轉移：重新配置設計需求，以降低風險。 ➢風險監控：就指定之風險參數的變化，觀察並定期重新評估風險。 ➢風險接受：對風險有認知，但不採取任何動作。
SP3.2執行風險降低計畫	➢監控風險狀況。 ➢風險降低計畫啟動後，仍然要監控風險。評量門檻以檢查是否要執行緊急應變計畫 ➢應使用定期監控的機制。 ➢提供方法，以追蹤未完成的風險處 理行動項目，一直到結案。 ➢當監控的風險超過定義的門檻時，引用選定的風險處理方案。	為了在工作期間有效控制和管理風險，需遵守事先安排的計畫，定期監控風險及其狀況，以及風險處理活動的結果。風險管理策略定義風險狀況應再評量的間隔。這個活動可能導致發現新風險，或可能

	➢針對每個風險處理活動，建立時程或某段期間的績效，包括起始日期和預計的完成日期。 ➢對每個計畫提供持續性的資源承諾，以使風險處理活動成功的執行。 ➢ 蒐集風險處理活動的績效度量。	需要重新規劃或重新評量新風險的處理方案。

風險管理概念，須基於前瞻性、結構性、知識性及連續性之原則，其成功之關鍵在於早期規劃並積極執行。良好的規劃可提供具組織化、易於理解及並反覆執行之方式，以辨識及評估風險，並可控制精進專案獲得策略之方案。為支持這些成效，必須儘早開始執行評估，以確保關鍵性技術、時程及成本風險能有效降低。因此愈早界定內部和外部的風險來源，愈可排除風險的發生，或降低發生時的嚴重性。

美軍風險管理區分為風險計畫、風險評估、風險處理與風險監控等四大部分，經由風險管理流程，循序漸進，週而復始，賡續執行風險管理與掌控而最終落實於完成數位化管理文件之發展，作為後續監控與回報風險管理之依據。美專案管理中對風險管理要求建立數位化文件管理之要求，可作為我執行專案之參考。美國防部風險管理架構圖如圖四所示。



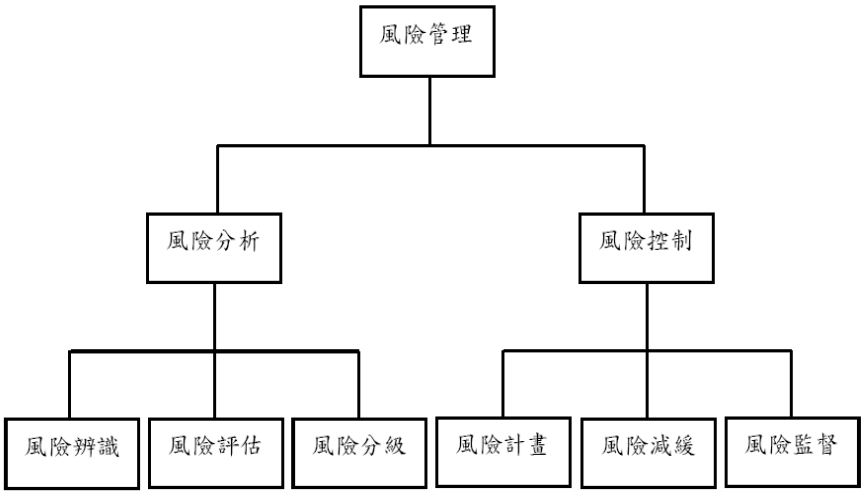
圖四　美國防部風險管理架構

(資料來源：U.S. Department of Defense Extension to: A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), First Edition Version 1.0, June 2003)

肆、C4ISR 系統建置之風險管理

依[Pinto & Slevin, 1987]調查專案與專案經理人發現，危機處理(Crisis Management)是專案執行的10個關鍵成功因素之一，而本文中所提風險管理(Risk Management)與危機管理關鍵之差異在於，前者不僅可用於事前防範，亦可用於事後減少傷害的管理；後者則是亡羊補牢，於事後減少傷害的管理。因此C4ISR系統專案成功之關鍵不應只在事後的亡羊補牢，而應對相關問題防範未然，找出潛在威脅，落實風險管理[13]。

有關風險管理之研究，學者已有許多相關的專論與著作。例如，[Boehm, 1991]對於風險管理提出風險分析與風險控制之研究架構如圖五。另美國學者Y.Y. Haimes提出階層全像圖模式（Hierarchical Holographic Model, HHM），利用圖像原理之多維度（Multi-dimension）與多角度（Multi-view）之特性，全面透視分析風險。現美國國防部、太空總署（NASA）、聯邦調查局（FBI）等機構均使用此一風險分析模型評估與辨識風險，並透過交叉分析，推論風險預防與處理[14]。



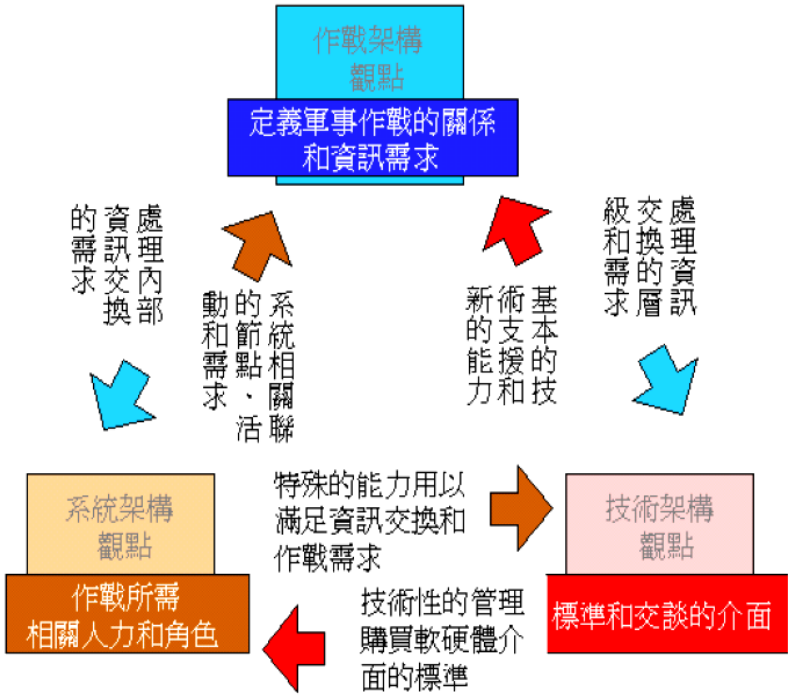
圖五　Boehm 的風險管理架構

(資料來源：陳玉波，企業專案管理之風險評估流程，國立中山大學碩士論文。)

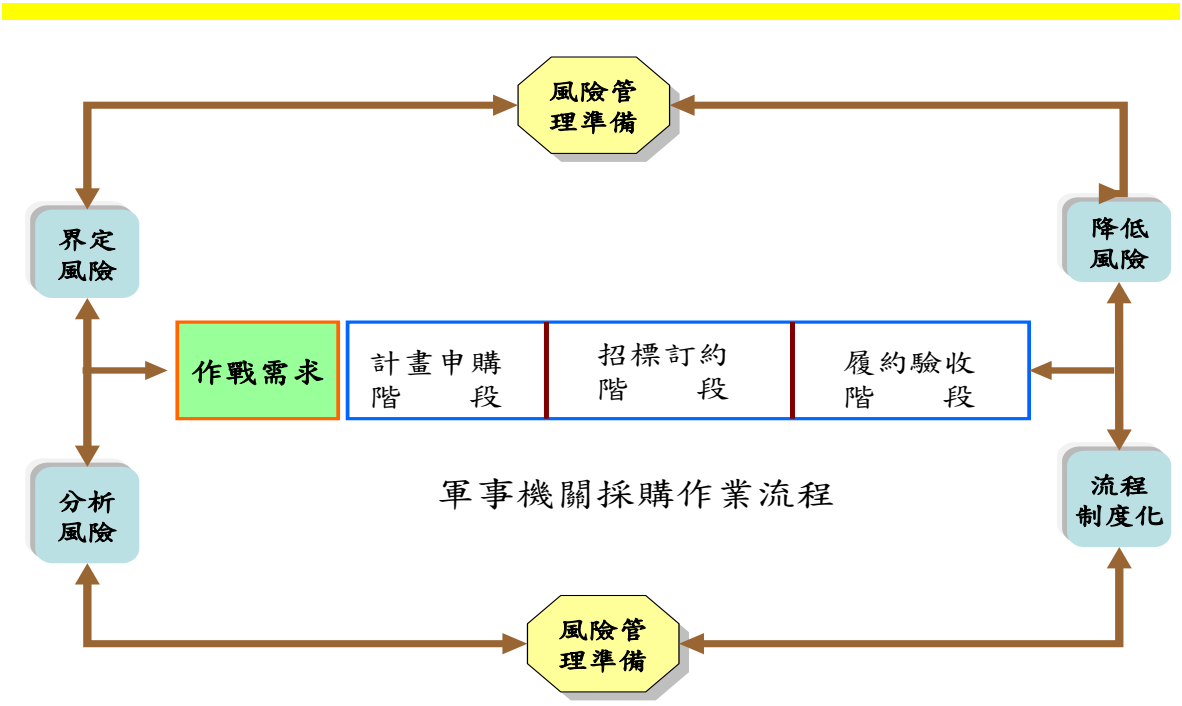
企業專案風險管理之重要乃在評估風險、預知風險並提早採取因應措施，以提高專案的成功率。尤其 C4ISR 系統，包含數以千計之不同項目與次系統，其概可區分為：人員、武器系統、載具、感測器平台及通信鏈路等五大部分[15]國軍從未有整合如此大型軍事系統之專案經驗，尤其建置過程中，系統需求常因國家戰略、作戰需求及戰場資源分配而不斷修訂，更增加系統建置之風險[16]。為此美國國防部確定架構標準，頒訂 C4ISR 架構框架（2.0 版與 2.1 版）之內容大綱，由作戰架構、系統架構、技術架構觀點，結構化分析說明實施 C4ISR

架構框架過程，目的即在希望藉此降低系統發展風險，確保系統順利建置成功。C4ISR 架構如圖六。

綜上所述，有關系統建案之風險管理，能力成熟度整合模式提供了整合性的參考架構（如圖三所示），依據此一架構，本文結合軍事機關採購作業規定之相關流程圖[17]，並嘗試建構風險管理之參考模式，如圖七。



圖六　C4ISR基本架構關係(資料來源：DoD,C4ISR Architecture Framework 2.0)



圖七 能力成熟度整合模式風險管理參考模式(作者繪製)

依據此一參考模式，C4ISR 系統建置期間，風險管理準備須全程不間斷地執行，專案小組隨時針對系統需求、架構設計、技術、供應商執行進度、履約督導所見缺失等可能之風險因子，進行系統性之評估並完成風險管理策略擬定。而界定風險、分析風險、降低風險及相關作業流程制度化等，則依據各階段不同之問題，定期監控並賡續執行各項風險管理工作，隨時視狀況及反饋情形，更新風險參數、建立風險分類評量並紀錄風險、調整優先順序、修正緊急應變計畫，針對關鍵之風險因子立即處理，避免問題擴大而影響全案。此一參考模式之建立，在提供建案人員一個系統性之風險管理模式，並配合本文綜整之風險檢查表，作為審視及實際執行全案風險管理之參考。

結論與建議

一、為何要CMMI

如前文說明，CMMI軟體能力成熟度模式是美國國防部在1984年因當時該機構軟體標案委外承包時，無法評估軟體公司對軟體標案之承接及執行能力，故委託美國卡內基美隆大學的軟體工程學院所進行的一項研究成果，試圖於軟體產業建立一套工程制度，使個人及組織在軟體發展上能有持續改善的依據。參考美國防部之經驗，國軍若可將此一成熟度模式導入，進而結合資策會針對任務需求單位開授相關課程，將可大幅改善單位作業流程、提升任務執行效率、強化建案管制與專案管理能力，由其對未來大型專案之建案能力、目標管理效能與品質之精進，助益將更為直接與顯著。

二、風險管理的相互關聯性

國軍武獲專案常隱藏許多相互關連之風險，通常並不明顯，且關係不明，存在於專案執行之各層面，如專案計畫、威脅評估、相關支援、合約商作業、技術開發、工程發展及製造程序等；可能會因為某一風險事件之發生，而引發相關事件產生，例如交貨期程延後，可能影響訓練時程，導致戰備整備時程相對延後。風險另一項重要特性是處理時間點往往在事件發生之前，因為時程為控制專案風險之重要關鍵因素，如果事件即將發生或已發生，專案人員必須採取危機處理之方式，若距事件發生時點仍有足夠時間規劃管理作為，則風險管理目標應避免重蹈危機處理模式，及早規劃管理。因此風險管理不是獨立自各成一範疇。

三、C4ISR系統風險管理具體評估

(一)C4ISR系統本身為一龐大且由許多次系統組成之複雜之系統，又稱系統中之系統（System of System）。美軍基於長期發展C4ISR系統之教訓與經驗[18]，美國國防部為此訂頒C4ISR架構框架（C4ISR architecture framework）以確定系統架構發展之標準，同時配合CMMI評估軟體公司對軟體標案之承接及執行能力。事實上，CMMI除可作為評鑑承商之執行能力外，採購方（需求方）亦可藉由此一模式做為自我檢視與改善作業流程之依據。

（二)有關C4ISR系統建案之風險管理，依本文能力成熟度整合模式風險管理參考模式（如圖七），配合提出之相關檢查表，建案人員可逐一檢視、評估與管制全案執行期間各階段所可能面臨之風險。此一風險將隨時間、空間及國、內外環境改變、供應方態度與專案能力等而有不同，因此本文風險管理參考模式，在強調風險管理於「輸入—執行—結果—反饋」之過程中，須全程、循環且不間斷地執行，直至專案結束。

(三)以美國及其他國家之發展經驗，系統中之系統其發展之風險遠遠大於單一之武器系統，愈早發現可能之風險因子並進行控管，將可大幅提升專案之成功機率。以系統規格訂定時之風險管理為例，即可依據「風險管理準備」分類標準，先行評估國外類案之經驗、蒐集相關技術、商情（成本或資金)、期程估算等，建立基本資料，作為後續C4ISR系統之風險分析與降低風險之依據。本文藉由能力成熟度模式中之風險管理流程領域導入，並建構風險管理之參考模式作為執行C4ISR系統風險管理之依據，並藉此突顯風險管理在C4ISR系統建置中扮演之關鍵性角色。

附表 流程領域成熟度暨分類(PA's for Each Staged Maturity Level vs. Categories)

Categories / Staged M.L.	Process Management	Project Management	Engineering	Support	No. of PA's		
					SE, SW SE/ SW	IPPD	SS
2		PP, PMC SAM	REQM	CM, PPQA MA	7		
3	OPF, OPD OT	IPM, RSKM IT ISM	RD, TS, PI VER VAL	DAR OEI	11	2	1
4	OPP	QPM			2		
5	OID			CAR	2		
Total no. of PA's	5	6+1+1	6	5+1	22	22+2	22+1

Total No.of PA's： 共 25 個

Process management process areas

OPF：Organizational Process Focus

OPD：Organizational Process Definition

OT ：Organizational Training

OPP：Organizational Process Performance
OID：Organizational Innovation and Deployment

Project Management process areas
PP ：Project Planning
PMC：Project Monitoring and Control
SAM：Supplier Agreement Management
IPM ：Integrated Project Management
RSKM：Risk Management
IT ：Integrated Teaming
ISM：Integrated Supplier Management
QPM：Quantitative Project Management

Engineering process areas
REQM ：Requirements Management
RD ：Requirements Development
TS ：Technical Solution
PI ：Product Integration
VER：Verification
VAL：Validation

Supporting process areas
CM ：Configuration Management
PPQA：Process and Product Quality Assurance
MA ：Measurement and Analysis
DAR：Decision Analysis and Resolution
OEI ：Organizational Environment for Integration
CAR：Causal Analysis and Resolution

註釋

1.能力成熟度整合模式（CMMI）為美國國防部委託卡內基美隆大學 (Carnegie Mellon University) 軟體工程學院協同政府機構及產業界共同研究與發展的一套系統/軟體工程發展與管理制度。

2. C4ISR Architecture Framework Version 2.0, C4ISR Architecture Working Group (AWG), (December 1997), pp.1-2.

3.國防報告書，民國 93 年，國防部。

4. CMMI Product Team, Capability Maturity Model Integration, Version 1.1, CMMI-SW/SE/IPPD/SS, Staged Representation CMU/SEI-2002-TR-011,(2002).

5.同註 4。

6.(一)分段表述方式：利用被分組和設定好先後順序的流程領域為基礎，提供如何提升與組織相關活動的準則，此方式最能提供一個以循序漸近為主的實施方式。(二)連續表述方式：允許選擇最符合組織經營目標的流程領域的改善順序，以降低組織經營風險，它適合單一流程領域（process area），主要為可提供最大的彈性以專注於特定的流程重點。CMMI Product Team, (2002),pp.2-3.

7. CMMI Product Team, (2002), pp.11-14.

8.資訊工業策進會，CMMI 導入指引 V1.0，(台北，經濟部技術處，2002)，

http://cmmi.iii.org.tw。
9. CMMI Product Team ,(2002), p.48.
10.同註 9, p.397.
11.Luqi and J. A. Goguen, Formal Methods Promises and Problems, IEEE Software, (January 1997), pp. 73-85 轉引自 M. Harn, V. Berzins, Luqi, and W. Kemple, "Evolution of C4I Systems," Proceedings of 1999 Command and Control Research and Technology Symposium, United States Naval War College, Newport, Rhode Island, (June 29 - July 1,1999), pp.1361-1380.
12.國軍主要武器系統與裝備獲得專案管理教則(書稿) ，第０五一００條，（台北：國防部，民國 92 年 6 月 12 日）。
13.陳玉波，「企業專案管理之風險評估流程」，國立中山大學碩士論文，（民國 92 年 6 月），頁 20。
14.楊淑慧，「以雛形系統正規化描述語言為基之軟體元件整合風險評估」，國防大學國管院資訊研究所碩士論文，（民國 91 年 6 月），頁 55。
15.M. Harn, S. Hsu, V. Berzins, and Luqi, "Battlefield Object Control via Internet Architecture," Proceedings of 2002 Command and Control Research and Technology Symposium, United States Naval Postgraduate School, Monterey, California, (June 11 - 13, 2002).
16.Luqi, "Computer-Aided Prototyping for a Command-And-Control System Using CAPS," IEEE Software, January 1992, pp. 56-67.轉引自 Harn et al., (2002).
17.國軍軍事機關採購作業規定，國防部，中華民國九十二年十一月十七日。頁 3-4。
18. Larry K. Wentz, " Lessons from Bosnia : The IFOR Experience ", National Defense University, Center for Advanced Concepts and Technology, Ft McNair, Washington, D.C., 1997.