

如何有效執行捷運統包工程之需求管理

新北市政府捷運工程局副總工程司 / 林逸羣

台灣世曦公司經理 / 于新源

台灣里卡多鐵路公司經理 / 王耀德

關鍵字：需求管理、業主需求、變更管理

摘要

需求管理計畫的目的，是確保所有專案需求都能被滿足，專案需求係由需求發展、需求驗證與認證所組成。需求管理計畫必須包括型態管理計畫、變更管理計畫及驗證與認證計畫完整納入考量。需求管理是廠商查證與確證（V&V）小組工作的源頭，統包商必須由上而下依層級逐級分解發展至子系統，最後再由下階層往上整合，並驗證與認證其需求是否滿足上位需求的預期目標，由此確保所有計畫需求均已獲得實現。

一、何謂需求管理？

需求管理的目的是要盡早發現規範及產品在建置中發生的錯誤或缺失，以免因為這

些錯誤或缺失在日後變得更为嚴重，且增大擴及之層面，同時將嚴重地影響專案的成功及增加成本。

需求管理是一種用於查找、記錄、組織和追蹤系統需求變更的系統化方法，可用於獲取、組織和記錄系統需求，並使客戶和計畫團隊在系統之需求變更上保持一致。有效的需求管理在於維護清晰明確的需求闡述、每種需求類型所適用的屬性，以及與其他需求和其他計畫工作之間的可追蹤性。

需求管理須確保專案組織能順利引出（elicitation）、發展、分析、配置與驗證，並滿足客戶內部或外部權責相關者的需求和期望。透過需求引出（elicitation）、需求發展的程序所產出的結果再行配置，整合上



階層需求內容再將需求配置給下階層單位執行，最後由下階層往上整合並驗證其需求是否滿足上階層需求的預期目標。

在需求發展、配置及驗證過程中所交付的資訊都必須進行完整的記錄，以確保內部需求、客戶指定需求、當地與國際法規、國際規範標準等資訊均得以被掌握、釐清，使得所有權責關係人均能清楚理解每個需求，並且建立其可追溯性之管理機制。

變更管理也是需求管理的一部分，透過需求分析來確認變更所造成的影響範圍，並建立可追溯性來監控這些變更項目的發展，此部份涉及專案團隊成員和權責關係人之間的溝通，以及在整個專案過程中對需求變化的調整，為了避免某一項需求與其它需求相抵觸或是無法完成界面功能的整合，專案團

隊成員之間的持續溝通至關重要，並且須要貫穿整個專案生命週期。（如圖1）

（一）需求管理組織及管理流程目的

需求管理團隊必須建立一個完整的組織架構，及發展出一套需求管理流程，並確認組織各成員之職掌與職位。經由管理的流程以確保在整個專案生命週期內，所有合約需求均得以被嚴格控管、精確得到滿足。各項流程作業是為了即時獲得並釐清所有業主需求，排除各項需求之間的不一致與矛盾，及確保每項需求均有一可量測的標準。完善的需求管理，可使所有需求在初期階段均得以獲得釐清，所有權責關係人對專案需求有相同的理解，以降低將來變更需求所帶來的成本損失。需求管理必須仰賴具有豐富工程經驗的團隊來執行。

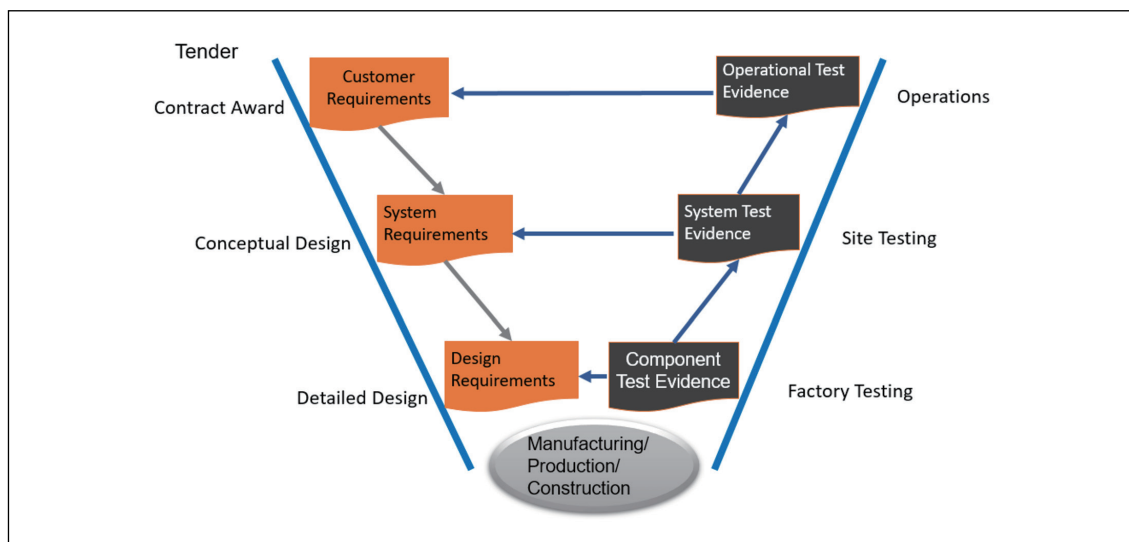


圖 1 需求管理 V 模型

(二) 需求管理流程

需求管理的流程主要分為3個階段

1. 需求準備階段

在需求準備階段，專案需求管理團隊應確認相關權責關係人對於需求的理解、需求來源以及專案使用的需求管理工具。此階段最重要的產出是完成所有權責關係人均同意的需求管理計畫書（Requirements Engineering Plan），並正式公告需求管理計畫書作為專案團隊成員的依據，需求管理計畫書的內容大致如下，但不限於：

- (1) 目的與範圍。
- (2) 需求管理團隊組織圖。
- (3) 指派專案需求管理過程中的責任分工角色。
- (4) 辨識所有需求的來源與原始文件。（譬如：業主需求）。
- (5) 需求分解架構。
- (6) 需求管理工具。
- (7) 供應商或子系統承商的需求管理流程。
- (8) 需求管理與型態、變更管理的關係。
- (9) 需求資訊的可追溯性。
- (10) 需求驗證與認證的方法。

值得探討的是，目前國內捷運系統專案管理團隊所建置使用的需求管理工具大多為Microsoft Excel。但是作為一個專業的需求管理工具，必須能以程式來自動拆解需求及以程式來基準化需求，以進行版本辨識與進一步的需求變更管理，並以程式來記錄所有變動細節，於全專案生命週期的發展過程中，能確實

追蹤需求，及能夠設定管理權限，以保護資料庫的安全，且可使多人同時於工具中來進行作業，並能與型態變更管理工具與型態管理工具相互連結，以確保需求與型態之間的一致性。為達此目的，僅採用Microsoft Excel是不夠的，因為Microsoft Excel無法進行需求項目所需之多重屬性建置、分析、雙向追蹤……等。建議可使用國際上普遍使用的專業軟體，譬如DOORS、ComplyPro、Polarion、或以Polarion為基礎建置的RCT（Ricardo Compliance Tool）……等。

2. 需求發展階段

需求發展階段之目的，是將所有需求建置出客戶期望的產品或系統，實質上是將位於系統分解架構圖（如圖2）之第一層級的需求細節，經由轉化（transform）並精煉（refine）成下一層級的需求細節。例如，自業主層級需求至系統層級需求，自系統層級需求至子系統層級需求等。此作業活動在捷運三鶯線合約規範中已有明確訂定。本階段是一個持續且反覆的活動，最重要的產出是獲得所有權責關係人同意，並認可所發展之需求，各區塊的需求負責人，也需要在此階段完成確認，需求發展又可分為需求引出（elicit）、需求識別、需求分析、需求配置以及需求確認5項流程。

(1) 需求引出（elicit）：

此作業的重點是在確認“輸入需求”（input requirements）的適用性，不管是明示或暗示的陳述，輸入包括業主需

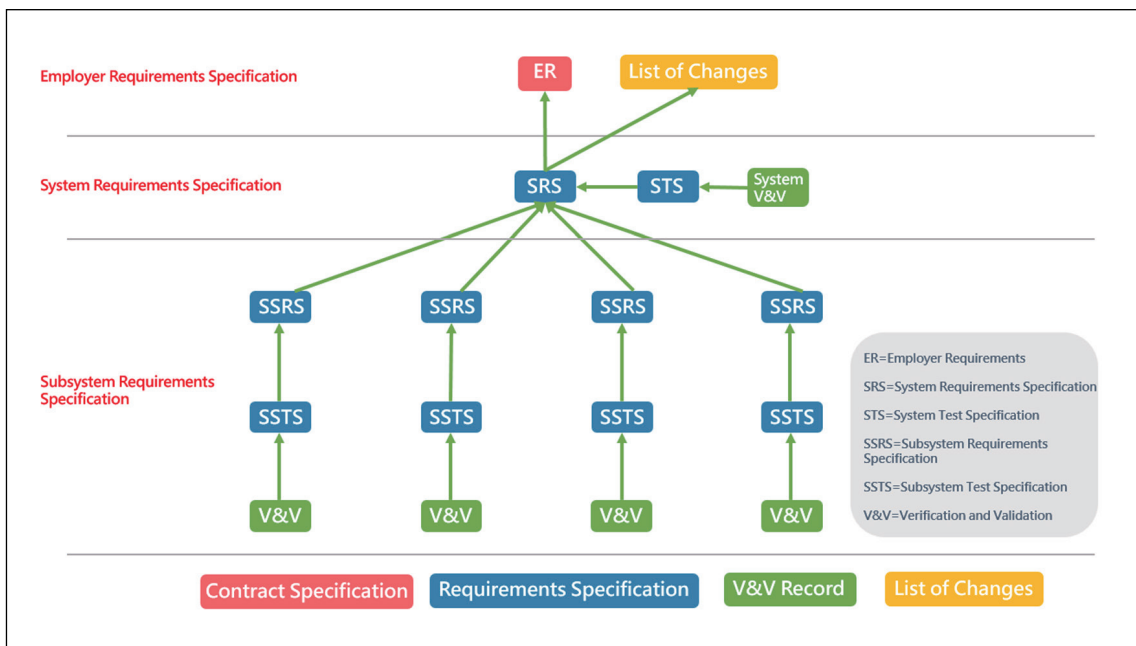


圖 2 系統分解架構圖

求、工程需求、界面需求、國際標準與規範及安全等需求。透過需求引出，可將所有之需求全部納入需求管理的項目內，以做到最大範圍的收集，而需求引出的流程需要仰賴對專案、系統具有豐富經驗的專業人員來執行。

(2) 需求識別 (identify) :

在需求識別流程，目的是要找出需要被管理的需求項目，如何有效攫取關鍵性的顧客需求，識別來自不同來源的需求、類別，並解決需求之間可能的歧異及刪除重覆的需求。另外，有些需求可能只是訊息資訊，並不需要納入管理，而有些需求是來自於各層級之危害分析後，而新增之安全相關的減輕措施，在

這個階段都要清楚地識別完成並且納入管理。一般廠商針對需求辨識僅分為技術需求與非技術需求、安全與非安全、內部與外部介面。上述這些識別的屬性，在實務上應再更詳細進行分析。

(3) 需求分析 (Analyze) :

本項需求分析流程係在呈現一套系統可供滿足權責關係人對所有需求分析，需求管理團隊應闡述其定義、分析與維持之系統需求、所採用的方法與及相關的作業與任務。

識別出需求項目後，就必須開始釐清需求項目之間的複雜關係。由於需求必須經過所有權責相關人的研讀，而每位權責相關人研讀需求的切入面向，將會影

響如何詮釋其所研讀之需求。故而需求必須以精確的、可溝通的、可量測的語言陳述，以確保所有權責關係人對需求的理解都是一致的。若需求無法被精確陳述，則會增加設計錯誤的風險。因為這些無法被精確描述與理解的需求，可能會在高階的系統架構層級中，滲入概念設計工作中，隨著需求的轉化經由錯誤的流向（errors flow），而滲入下階層的子系統細部設計工作中。而需求釐清目的，就是要用精確、可量測的語言來陳述需求，並且協助盡早揭露這些錯誤，持續追蹤這些以後可能成為問題的需求；精確的需求陳述例如：系統需能達成在早上7:00~9:00的尖峰時刻期間，以平均每90秒發出一班列車。

(4) 需求配置（allocate）

需求管理團隊必須先將整體需求，配置給下一層級或子系統層級的需求，直到上層級之需求能夠被清楚執行為止。這些配置的原則必須在需求管理計畫中明訂，以利於各權責關係人來執行，這些作業活動稱為需求配置。需求配置的具體成果，即是產生需求分解架構圖（Requirements Breakdown Structure, RBS），RBS是整個專案生命週期執行驗證與認證的唯一標準。需求分解過程將會決定每個需求區塊的負責人；同時也要在需求管理工具中，將需求管理權限指定給對應的需求區塊負責人，再透過需求管理工具的使用，在整個專案生

命週期中進行最有效地管理並追蹤。另外，在配置過程中，也會有識別與討論出各種界面的需求，這些界面需求的管理，對於設計階段制定系統功能，會扮演重要影響的角色。配置後的界面需求項目，應依循界面管理機制予以控管，同時併入架構設計解決方案，並且隨時反饋至需求管理系統。已完成配置的結果，可彙整予型態管理納入控管。對照至捷運三鶯線計畫合約執行，因為合約規定廠商必須提出4階層的驗證與認證報告，但未明確要求執行需求管理，惟廠商內部已有針對部份子系統，展現發展需求管理的機制，用以確認其專案目標與業主需求是否相符；同時IV&V也將確認廠商驗證與認證計畫書中所述，將契約需求配置到系統需求、子系統需求、安裝測試需求，是否完成落實。

(5) 需求確認（整個專案生命週期都必須持續執行）

由上層級需求完成需求配置後，不表示需求發展階段已經結束。各區塊負責人接獲需求配置後，必須藉由會議、討論、審查機制，再行確認其適切性及可行性。需求確認是專案各階段過程一再被反覆循環執行，其重點是確認設計、施工、測試各階段的需求，是被一致理解並且達成共識。實際執行過程，需要與各子系統工程師不斷地確認需求已經被正確滿足，如果對於配置需求有疑



慮，仍須跟上層需求負責人持續溝通，直到能獲得配置的需求為止，尤其是界面需求在專案全生命週期期間，都必須持續去溝通確認，因為新的界面需求，會隨著專案生命週期於不同階段工作的開展，不斷被發現。必要時亦可循環至需求識別、需求分析、需求配置等流程，進行變更需求的屬性、類別及其負責人。（如圖3）。而設計審查也可透過專案稽核活動發現統包商的设计需求是否有失蹤的連結（missing link）項目，並且與廠商溝通確認該失蹤的連結（missing link）應於期末設計階段完成連結，設計審查單位也應該持續追蹤統包商辦理情形。

3. 需求管理階段

需求發展後的產出即是需求分解架構（Requirements Breakdown Structure, RBS），它必須獲得所有權責關係人一致同意並且認可的明確需求，這些需求必須被基準化（baseline）建立基準並且完善管理。通常是由需求管理經理來執行最終的管理。需求管理團隊應說明專案需求管理所使用的需求管理工具，該工具的使用是貫穿整個專案生命週期各個需求管理流程，並且儲存於這些需求管理工具中的資料，並須具備一致性。而需求管理的基本原則，就是要達到「可追溯性」、「可分析性」，同時也須執行「需求查核」。

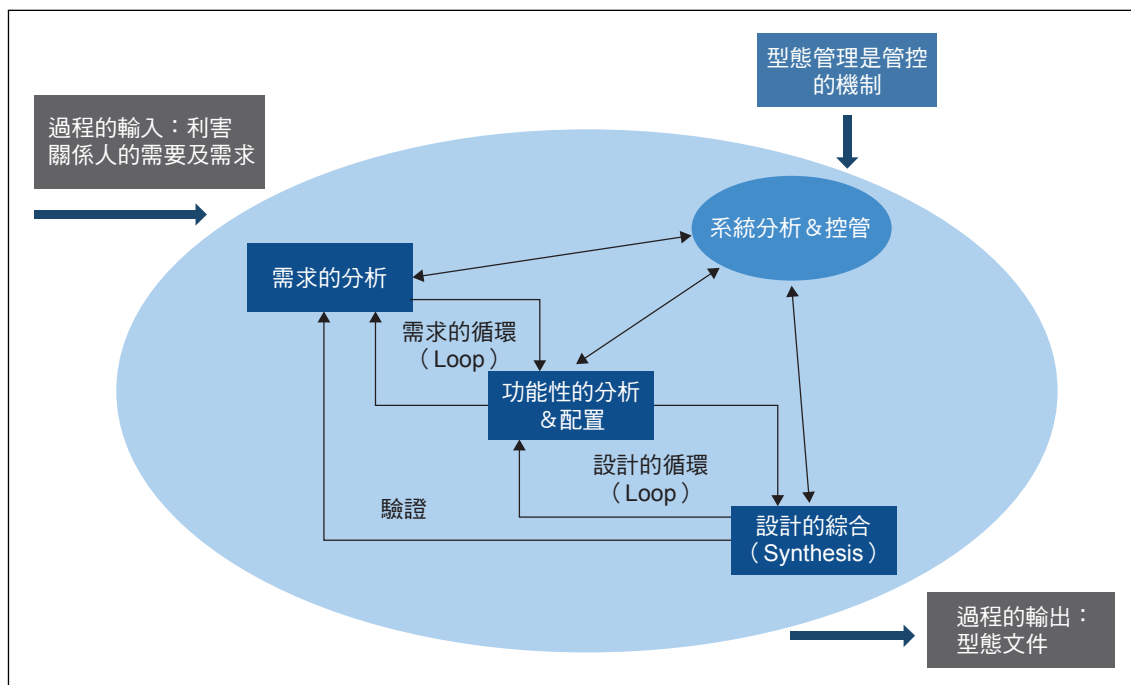


圖 3 需求發展說明 來源：張琇璋簡報資料

(1) 可追溯性

需求管理團隊應闡述自最頂層之業主需求規範，至最底層之子系統測試規範之需求可追溯矩陣（Requirements Traceability Matrix, RTM）的方式。此需求可追溯矩陣（RTM），應包括驗證並認證各層級規範的證據。通常是透過一個專業軟體完成由上層至下層之需求，及下層至上層的雙向連結。雙向連結的需求須為可追溯性，有助於確認所有上層的業主需求，均已被完全解決並滿足，所有下層需求可以被有論據的追溯至上層需求，同時也包括界面需求及安全相關需求的可追溯性。需求管理團隊必須定期審視需求符合性，並且提出「需求符合性可追溯矩陣報告」給予外部權責關係人進行查證與確證。

(2) 可分析性

在需求管理的流程中，需求管理團隊應使用專業軟體，執行各種需求分析並提出報告，需求相關統計資料，應包括但不限於以下項目：

- a. 需求的趨向。
- b. 需求變更的比率及待完成數量。
- c. 已完成查證之需求的比率。
- d. 已完成確證之需求比率。
- e. 需求發展的各種進度，譬如：待決定需求、待解決需求、待供應需求等。

(3) 需求查核

需求管理團隊應說明各種需求查核的方

式、時間點及頻率，而這些審查的執行細節應寫入需求管理計畫書內，並且提送專案團隊及業主審核，其中需求的查核應包括以下三種型式：

a. 專案團隊的需求查核

各種需求規範，包括系統需求規範、系統設計規範、系統測試規範、各個子系統之子系統需求規範、各個子系統之子系統設計規範、各個子系統之子系統測試規範、外部與內部界面需求規範等，均應先經由專案團隊完成審查。

b. 需求管理作業的查核

需求管理作業，包括需求管理團隊與專案團隊間、需求管理團隊與型態管理團隊間、以及需求變更與型態變更間的溝通機制，如何在需求管理資料庫〔工具〕中追蹤，並管理失蹤的連結（missing links）、需求管理計畫中的需求分解架構（RBS）與執行於需求管理資料庫〔工具〕中的需求分解架構（RBS）間之連結一致性等，均應經由組織層級之獨立資深管理團隊、內部／或外部獨立稽核機構等進行作業審查。

c. 業主的需求審查

需求管理團隊應建議業主對需求審查的機制與頻率，以供業主對需求管理的理解。



(三) 需求查證與確證

1. 全系統需求的查證與確證，依據ISO 15288技術流程的說明如下

- (1) 查證過程是確證設計需求已被系統完全滿足。
- (2) 確證過程是提供客觀證據，證明系統在使用時所提供的服務，符合權責相關人的要求，在其預期的營運環境中實現了預期之用途。

單一需求或一組需求的查證和確證方式，可以根據專案的不同給予客製化。需求查證與確證作業，將隨著專案生命週期不斷的持續進行著。而查證與確證流程與需求配置最大的差異，在於它是由下往上收集證據，來確認滿足上位的需求。

2. 需求的查證Requirements in Verification

在此查證過程中，需求管理團隊應詳細說明其計劃、方法、活動和任務，以確證系統滿足設計要求。針對系統需求確定之查證方法，該查證方法須確認每一個需求如何執行、誰執行、何時執行、及何處執行以達成可接受。而任何有關於系統架構、設計或參數的變更都必須在可追蹤的流程中被記錄，同時透過查證的系統元件、系統架構、設計也需要跟系統需求之間須保持雙向之可追蹤性。

3. 需求的確證Requirements in Validation

在此確證流程中，需求管理團隊應闡述

所做的規劃、採用的方法、相關的作業與任務，並且提供客觀證據以證明系統所提供的服務，可以符合權責關係人的需求，而權責關係人的要求通常在合約中指定。例如系統在其預期的操作環境中，達到其預期之功能。確證範圍取決於適合各專案生命週期階段的內容；它可以是系統或任何系統元素或工程的結果。執行確證過程的結果，將與預期結果進行比較，如果存在差異必須確定根本原因，啟動糾正或改進措施，並進行記錄；或是重新定義確證之程序或方法。

需求查證與確證只是需求管理的一部份，它並非是需求管理全部；而業界往往誤以為可用查證與確證報告，可用來取代需求管理作業，這部分需要加以澄清及說明，對於查證與確證的證據收集，可以透過外部審查先行確認，而IV&V也能透過稽核作業來確認其是否落實執行管理機制。

(四) 變更管理

當需求被基準化並且納入軟體管理之後，若是需要執行變更時，需求管理團隊應針對該變更之影響進行詳細分析，並且記錄、追蹤、管理、控制需求之變更。需求管理團隊應定義需求變更的管理方式，並闡述其用以產出變更可追溯矩陣的方式。

(五) 型態管理

需求管理計畫中的型態管理範圍，是指

建立並維持專案所有識別出之產出的完整性，並確保相關單位可隨時獲得這些產出。當需求發展完成基準後，即需要建置型態基準，並且開始執行型態管理。型態管理必須跟需求管理密切連結確認，當需求有變更，型態也必須跟著更新。

從需求發展到需求的管理，過程中結合型態與變更管理，最後完成需求的驗證與認證等一系列之管理機制才能統稱為需求管理。（如圖4）

二、結論

捷運系統是一個複雜的整合性專案，各

種產品、子系統發展必須從概念、研究、分析、發展、製造、組裝、測試、整合測試等階段進行管理。而專案的規範及產品於建置實現過程中可能發生之錯誤及缺失，必須要被盡早發現並解決，否則這些錯誤及缺失，日後會更形嚴重且擴及更大的層面，將嚴重影響專案的成功及整體成本。建置完善需求管理，是任何一個專案能否完善執行的關鍵跟基礎，因為有了需求管理，讓專案全生命的發展過程都有可追溯性、可分析性，使得專案可順利進行及符合預期目標，並且降低專案執行的風險與成本。另外，目前國內捷運系統專案管理團隊所使用的需求管理工具，建議能與世界接軌使用國際上普遍使用的專業軟體，並且需求管理團隊應完成相關

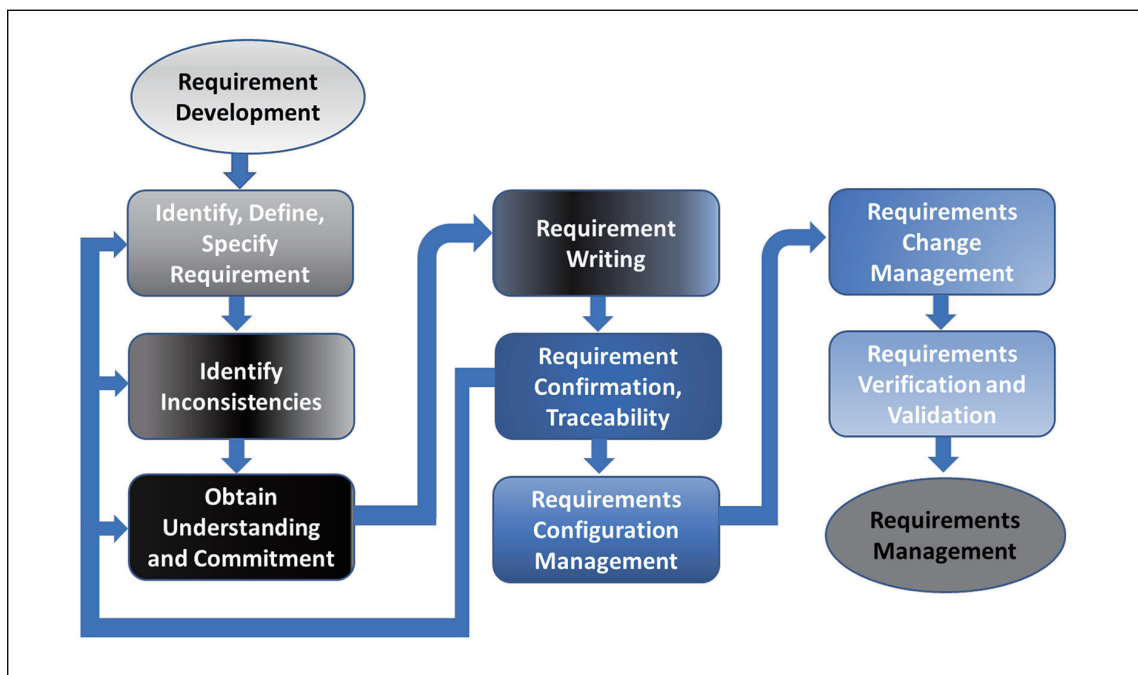


圖 4 需求發展 vs 需求管理



的訓練；同時也把「需求查證與確證」作業跟「需求管理」區分清楚，不可混為一談。落實專案管理機制必須重源頭做起，制定出符合國際慣例要求的契約規範，由專案廠商加以確實執行，才能達到事半功倍的效果，進而降低專案目標遺漏或是偏差的風險。

參考文獻

1. ISO15288-2008 Systems and software engineering - System life cycle processes
2. 三鶯線 業主需求書（一）整體服務需求及規定 8.11 驗證與認證管理。
3. 三鶯線捷運系統計畫統包工程驗證與認證管理計畫核定版。
4. Verification, Validation, and Testing of Engineered Systems, by Avner Engel.
5. The Requirements Engineering Handbook, by Ralph R. Young.
6. Requirements Management - The Interface between Requirements Development and all other Systems Engineering Processes, by Colin Hood, Simon Wiedemann, Stefan Fichtinger, Urte Pautz.
7. Requirements Management - A Practice Guide, published by PMI, Inc.
8. Requirements Engineering, by Elizabeth Hull, Ken Jackson and Jeremy Dick
9. Requirements Engineering Fundamentals, by Klaus Pohl, Chris Rupp.
10. Requirements Engineering for Software and Systems, by Phillip A. Laplante.
11. Model-Based Requirements Engineering, by Jon Holt, Simon A. Perry, Mike Brownsword.
12. Engineering and Managing Software Requirements, by Aybüke Aurum, Claes Wohlin.
13. Competitive Engineering - Handbook for Systems Engineering Requirements Engineering, and Software Engineering Using Planguage, by Tom Gilb.
14. ISO IEC 12207 2008 Systems and software engineering Software life cycle processes.
15. ISO 16404 2013 Space systems Programme Management Requirements Management.
16. BS ISO IEC 26551 2016 Software and systems engineering - Tools and methods for product line requirements engineering.
17. PD ISO IEC TR 24766 2009 Information technology Guideline to requirement engineering tool capabilities.