

# 運輸系統安全檢核與評估作業之研究 ——以台北捷運公司為例<sup>1</sup>

## A SYSTEMATIC APPROACH TO EXPLORE AND EVALUATE THE TRANSPORTATION SAFETY ISSUES— A CASE STUDY OF TAIPEI RAPID TRANSIT CORPORATION

張新立 Hsin-Li Chang<sup>2</sup>

吳晉光 Jinn-Guang Wu<sup>3</sup>

(91 年 10 月 24 日收稿，92 年 3 月 6 日修改，92 年 12 月 31 日定稿)

### 摘 要

隨著運輸科技之迅速發展與民眾運輸需求之日益擴張，運輸系統無論在系統設備、操作環境及組織架構上均較以往複雜許多。如何維持此一龐大系統正常運作並保有一定之安全水準，確實需要一套有效率之系統安全檢核制度，隨時掌握系統之潛在安全問題，並作好事前之防範措施。本研究透過系統安全管理相關文獻之回顧與整理，嘗試為運作中之運輸系統建立一套如何檢核系統安全問題之作業流程，以引導運輸專業人員如何在錯綜複雜之運輸系統中蒐尋潛在之安全問題、評估其風險、分析其發生原因與時機、並研提改善之措施與建議。本研究並且以台北捷運公司為例進行實證之研究，研究結果顯示該公司所面臨之「高風險」系統安全問題計有「民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺」、「月台上乘客過多，發生人潮推擠情形」、「設備

- 
1. 本文之部分內容曾發表於中華民國第八屆運輸安全研討會，經主辦單位同意後改寫轉投。
  2. 國立交通大學運輸科技與管理學系教授（聯絡地址：300 新竹市大學路 1001 號交通大學運輸科技與管理學系；電話：03-5731908；E-mail：hlchang@cc.nctu.edu.tw）。
  3. 國立交通大學運輸科技與管理學系博士班研究生。

採購時間過長，導致短時間內無法維修」及「國內外材料短缺，導致無法進行維修」，值得台北捷運公司重視並加以注意改善。

**關鍵詞：**系統安全；安全管理；焦點團體法；捷運

## ABSTRACT

*With the rapid advances of transportation technology and rapid growth of demand in transportation, our transportation system has grown into a huge and complicated system. An efficient safety monitoring approach is then necessary to keep the transportation system operating with a high level of safety performance. This study aims to develop a systematic approach to explore the safety issues of transportation system and evaluate their corresponding risks individually. The focus group method was first used to collect the preliminary ideas about the safety issues of transportation system, and a questionnaire was then established based on those preliminary ideas to gather the opinions about the occurrence frequency and severity for each safety issue. The risk assessment was finally applied to determine the degree of danger for each safety issue. An empirical study of the Taipei Rapid Transit Corporation (TRTC) was conducted in this research. Some serious safety issues for TRTC are explored and several improvement suggestions are also raised in this study.*

**Key Words:** *System safety; Safety management; Focus group method; Mass rapid transit*

## 一、前言

科技發展雖為人類帶來福祉，但也給人類帶來許多的潛在傷害風險。現代化運輸系統裝備之設計日趨複雜，投資金額日漸提高，一旦發生事故，對於人員、裝備、及環境等均將造成極為重大之傷害。傳統之運輸安全管理多採「事後補救」之作法，即每當事故發生後，乃立即從事調查，找出事故發生之原因及改正之方法，以防止類似事故之再次發生。這種補救式之消極作法，往往需要付出極大之代價後才能發現安全問題。在「預防勝於治療」之認知下，世界各國對系統安全管理之作業，均已由「事後檢討」逐漸改為「事前防範」。而且隨著時代的演進，運輸業經營者及管理階層均越來越注意安全的重要性，並逐漸體會若能將安全管理理念融入營運中，不但能夠減少事故發生之成本損失，更能提升公司之營運效率、服務品質、及企業形象，對公司之永續經營具有相當正面之功效。

運輸系統之工程技術包含多種專業領域，對於安全之分析與研究，更需要有系統化與整合化之概念，因此「系統安全」概念之引入對運輸安全之研究與分析將有莫大之助益。而系統安全管理之目的即在利用分析、評估、及管理技術，對系統從設計到汰除之各個階段，分別蒐尋可能導致事故災害之危險因子，並嘗試將其風險減至最低，以確保人員無論在操作上、維護作業上，或運輸過程中均能安全無虞。

在抑制私人運具成長之政策目標下，發展大眾運輸已成為交通主管部門積極努力之方向。而台灣幾個都會型都市在發展大眾運輸系統之規劃上，均以軌道運輸為主要發展之方向。目前除已完工通車之台北捷運外，高雄、桃園、新竹、台中、台南等都市也都規劃有軌道式之大眾捷運系統，加上正在興建中之高速鐵路，很明顯地可以看出軌道運輸未來在我國整體運輸系統網路中之重要性。軌道運輸系統係由機務、車務、工務、電務、車輛、運務等部門組成，是一種規模龐大、組織複雜、作業項目繁多之系統，在營運過程中除了講求服務品質及經營效率之提升外，對於系統本身的安全性更是疏忽不得。因此如何預防軌道交通事故之發生，並降低軌道事故之傷亡嚴重程度，乃成為相當重要之研究課題。而國內外相關文獻也都一致地指出，意外事故的預防有賴於健全且系統化之安全管理，始能將事故風險加以有效控制。因此建立一套系統化安全之分析技術，對我國運輸科技之推動與發展實屬絕對之必要。本研究主要之目的即在建立一套運輸系統安全分析與管理之作業流程，運用系統化之分析技術來蒐尋並評估運輸系統之安全問題，而在實證研究上則以營運中之台北捷運公司為研究對象。

根據系統安全中事故預防之理論與執程序，系統安全之作業包含系統安全分析、系統安全評估及系統安全管理三大步驟。系統安全分析之主要目的在探索系統的安全問題、危害程度、及影響因素，以作為系統安全評估和系統安全管理之參考依據。系統安全評估則是按照一定之評估方法與指標，對系統之安全保障及防範效果所進行的總結性評估，以區別系統安全強弱之環節。而系統安全管理則是依據系統安全分析和系統安全評估之結果，按照「安全第一，預防為主」的原則，構建安全管理制度，強化並落實安全管理機制與措施。

本研究首先進行捷運系統安全分析，透過焦點團體法 (Focus group method)，發掘台北捷運潛在之安全問題，並藉由專家學者篩選適當之安全問題以構建系統安全管理檢核問卷後，再由台北捷運公司員工填答對系統安全管理檢核問卷中所列各安全問題之感認與意見。本研究繼而利用問卷調查之結果，進行捷運系統安全問題之風險評估，並對風險較高之少數幾個安全問題進行發生原因分析，且提出具體之改善措施，以防範該安全問題之發生。本研究不但為運輸系統安全建立一套完整之檢核作業流程，供實務界參考使用外，更透過實際案例之執行，為台北捷運公司檢驗目前在營運上所面臨之安全問題，以作為該公司未來改善營運安全之參考依據。

## 二、相關研究文獻回顧

系統安全最廣泛之應用領域為國防科技安全研究，而最早提出系統安全概念者，則可追溯至 1947 年 9 月美國航空科技研究院之一份研究報告，該報告曾提及『飛機設計應包括安全因素的考量，就如同對飛機性能、穩定性、以及完整結構的考量一樣。飛機之安全設計團隊應與飛機之應力、氣體動力、及重力平衡等設計團隊一樣重要』，該項主張至今

仍被認為是有關系統安全概念之最早文件<sup>[1]</sup>。系統安全理論直到 1960 年代才被正式引用，成為美國政府簽訂採購合約時之重要條款，理論中有關意外事故預防之觀念和方法，乃因此而受到廣泛重視並快速發展。以下將針對各國相關系統安全規範及國內外系統安全相關文獻進行回顧與探討。

## 2.1 各國相關系統安全規範之回顧

美國國防部為避免現代化科技系統意外事故之發生，以防止對人員、裝備、及環境之傷害，乃於 1979 年針對國防科技系統提出第一套系統安全作業需求規範，歷經多次修正後，在 1993 年提出軍事標準系統安全需求計畫書 (Military Standard System Safety Program Requirements, 簡稱 MIL-STD-882C)，並於 2000 年提出系統安全實施標準 (Standard Practice for System Safety, 簡稱 MIL-STD-882D)，藉以提升美國國防武器科技之系統安全<sup>[2]</sup>。實施標準大致將系統安全作業區分為系統安全規劃、系統安全分析、系統安全評估、系統安全管理等四大作業流程，內容包括研擬系統安全工作計畫書、系統安全部門整合、檢核系統安全工作計畫、危害與風險分類、系統安全進度管制、系統危害分析、安全與危害問題評估、安全測試與評估、安全與危害問題查核與驗證、研擬改善方案與評估、建立危害事故分類與資料庫等<sup>[2]</sup>。

英國國防部亦於 1996 年公布「國防系統安全管理規範(Safety Management Requirements for Defense System)」，其內容主要規範國防科技系統之安全目標及執行安全管理之指導方針。該規範強調各系統應透過設計分析與稽核技巧，來評估系統是否符合系統安全之要求<sup>[3]</sup>。

歐盟各國鑑於鐵路系統有別於其他科技系統，乃由歐盟電子技術標準委員會 (European Committee for Electrotechnical Standardisation) 針對軌道運輸系統制訂「軌道系統可靠度、妥善率、維護度及安全規範 (Railway Applications—The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety；簡稱 EN50126)」，該規範強調軌道運輸系統可靠度、妥善率、維護度、及安全標準之擬定及相關作業流程之規範，並以摘要方式列出軌道運輸系統生命週期中應執行之系統安全驗證與作業方法<sup>[4]</sup>。

澳洲鐵路安全管理規範 (Railway Safety Management, 簡稱 AS4292) 則由澳洲鐵路委員會所制訂，作為鐵路主管機關執行安全管理之依據，其內容包括鐵路安全管理系統之研擬、鐵路系統安全相關介面之整合、鐵路安全獨立認證與驗證之執行、及鐵路系統安全品質之稽核準則等<sup>[5]</sup>。

回顧各國之系統安全相關規範，雖可了解相關系統安全架構與相關作業之執行內容，惟其內容均屬摘要式之概念規範，並未有如技術手冊般之詳細作業說明。各國對運輸系統安全管理作業之執行，也都在上述規範之原則性指導下，發展出適合其環境與組織之作業方式，而各國運輸機構(公司)在系統安全管理上也因此而發展出獨特之運作模式。國內不論在運輸系統安全規範及主管機關組織上均尚未建置完成，在國情與環境不同之情況下，

要一成不變地援引國外作業方式亦有實質之困難。因此本研究乃參考各國系統安全相關規範與執行步驟，嘗試為我國運輸系統建立一套可執行之系統化安全檢核與評估作業之流程，為我國推動運輸系統安全管理踏出第一步。

## 2.2 系統安全分析與評估之相關文獻回顧

工業界之核能電廠及化工產業由於具有高污染及高危險之特性，一旦發生安全事故都會造成嚴重之傷亡與損失，因此對於風險評估及安全管理技術之使用也最為先進與成熟<sup>[6]</sup>。大眾運輸產業繼核能及化工產業之後，逐漸體認安全風險是一項嚴肅且必須務實面對之課題，乃陸續使用安全管理之觀念與技術於日常之營運業務中<sup>[7]</sup>。頃近歐美國家也漸漸運用安全管理理論於航空、海運及鐵路等運輸業上<sup>[8,9]</sup>。

Reason<sup>[10]</sup>曾提出一套診斷暨評估企業組織系統安全的方法，透過事故因果關係架構(如圖 1 所示)之建立與分析，以達到預防組織內發生事故之目的，此套分析架構與方法稱之為「REVIEW」。「REVIEW」係一套結合風險管理、組織行為、人因工程、心理學等學域理論而成之安全評估及管理作業程序，曾被廣泛地使用或修改使用於多種研究領域上。例如 Reason<sup>[11]</sup>曾使用 Tripod-DELTA 進行貨運公司之企業風險評估，並為英國航空公司設計出 MESH (Managing Engineering Safety Health) 來發掘在營運上所存在的安全問題。

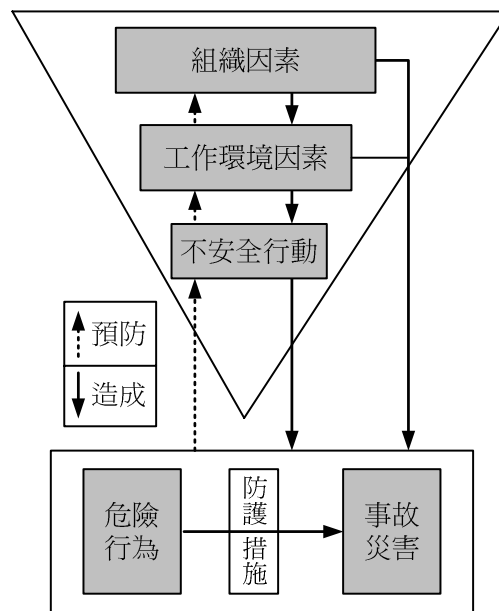


圖 1 事故因果架構圖<sup>[10]</sup>

Edkin 等<sup>[8]</sup>曾以 PASM (Pro-Active Safety Management) 及 REVIEW 等方法來檢核澳洲鐵路公司之安全管理問題，該研究透過對司機員及員工的焦點團體討論，得到 13 項影響澳洲軌道安全之因素，並透過因素分析法將該 13 項影響因素歸納成 (1) 政策之決定、(2) 組織及工作場所文化、及 (3) 營運狀況三大類。

張新立、陳家緯<sup>[12]</sup>曾以產業風險指標中之 ALARP (As Low As Reasonably Practical) 準則為基礎，利用事故頻次曲線 (FN-curves) 與相對風險概念作為評估運輸系統安全風險之指標，借助風險感認問卷之訪問調查，輔以模糊集合之理論，為我國各類運輸工具建立一個合理之社會可接受風險水準，提供研擬運輸安全管理政策之參考。

在軌道運輸安全管理研究方面，王隆昌<sup>[13]</sup>曾針對鐵路捷運系統災害發生原因與嚴重度衡量方法進行研究。交通部運輸研究所<sup>[14]</sup>曾在全國交通安全盲點掃描中，從法規、執行、及管理三大層面探討我國鐵路運輸安全之問題及改善對策。蔡明志與張新立<sup>[15]</sup>曾利用軌道運輸之安全管理技術，為我國軌道運輸勾勒出一套具共通性與一致性之安全管理架構。該研究根據風險管理理論及國際安全評估系統之技術，提出建立我國軌道安全管理制度之四項課題，分別為 (1) 建立軌道事故資料庫、(2) 衡量軌道營運安全風險、(3) 建立軌道營運安全風險評估架構及安全經濟分析方法、(4) 回顧國外民營化軌道安全管理經驗。而黃四昌與李文卿<sup>[16]</sup>之研究則建議軌道運輸風險管理工作應包含：設定可以客觀量度的系統安全目標、擬定安全計畫、建立系統危害登錄簿、選定風險接受準則、執行風險評估工作、及建立安全檔案等。

謝魁樹<sup>[17]</sup>曾對台鐵之安全衛生管理進行調查並分析其所面臨之問題，該研究發現聽力不良是多數台鐵行車員工所共有之現象，而列車長的手腕酸痛、司機員的血壓偏高、服務員的下背痛亦非常普遍。列車噪音除對行車員工會造成腸胃不適、食慾不佳、心跳加快、血壓升高及肌肉緊張、神經質等影響外，也會造成行車員工耳鳴、頭暈、焦慮及失眠等現象。

我國以往對於運輸系統安全之研究多屬「點」的探討，對於「面」之整體性檢討較少著墨，尤其是對「營運作業自成一體」之軌道運輸系統安全研究更形缺乏，即使有以系統工程概念審視軌道運輸安全之倡議，也未付諸實際行動。本研究因此乃嘗試以系統安全之觀點，審視軌道運輸系統之安全問題，以「事前預防」角度深入探討，而非舊有之「事後補救」方式，為我國軌道運輸系統設計一套安全檢核之方法。

### 三、捷運之系統安全分析

傳統運輸之系統安全概念大都著眼於營運安全，通常都在事故災害發生後，再來檢討事故發生之原因，謀求改善辦法以預防類似事故災害再發生。面對日趨複雜且精密之現代化運輸系統，歐美先進國家均已跳脫傳統這種亡羊補牢式的作法，而在系統概念設計之初就已將「安全概念」納入，隨後更在系統生命週期內之各階段執行必要的分析、評估、檢

核、驗證、改正、監測等工作，以確保從規劃、設計、興建、營運、維修、以至汰除之任何階段中，安全風險均能控制在合理之範圍內，以確保整個系統處於安全之運轉狀態。本研究基於系統化分析捷運系統安全之需要，也從捷運系統生命週期架構著手，透過捷運員工之焦點團體討論以發掘營運中之捷運系統安全問題與危害因子。

### 3.1 捷運員工焦點團體研究方法

焦點團體討論係集合具有不同經驗與知識之專業人員，針對所研擬之相關討論議題發表個人之意見，並與研究者進行互動式之討論，以達到腦力激盪之功效。由於討論係採開放問答方式進行，受訪者可以充分發表自己之意見，其他參與討論之人員亦可順勢提出更多問題或澄清別人所提之問題。因此有機會讓研究人員獲取更廣泛且豐富之資料，以發掘個別訪談中可能無法發現之問題與想法。

Edkin 等<sup>[8]</sup>曾使用焦點團體討論法蒐尋影響澳洲鐵路安全之管理因素，並認為焦點團體討論法是一種適合探索軌道運輸系統安全管理問題之方法。而 Stewart<sup>[18]</sup>與 Greenbaum<sup>[19]</sup>更認為焦點團體討論法最適合應用於：(1) 要獲得一項研究主題的背景資料；(2) 要產生可量化資料的方法；(3) 要調查新方案的潛在性；及 (4) 協助設計可被用於量化研究之問卷等方面。本研究在蒐尋捷運系統安全問題之階段，確實相當符合焦點團體討論法之研究背景條件，頗值加以借鏡使用。

本研究在進行焦點團體討論之前，為使討論之議題具有系統性與周延性，乃嘗試依據 Hale<sup>[20]</sup>所提之安全管理系統理論 (Safety Management System, SMS) 制訂出討論議題。Hale 提及安全管理系統應融入系統之整個生命週期，包括從設計到淘汰的所有階段，才能夠完整且周延地解決系統內各種不同且複雜之安全活動問題；而系統安全管理分析工作則應先從結構分析和設計技術 (Structure Analysis and Design Technique, SADT) 中切入，包含「輸入 (Input)」、「活動轉移 (Activity Transformation)」、與「輸出管理 (Output)」等三個系統生命週期重要過程，而其中在「活動轉移 (Activity Transformation)」更必須包含系統所需之安全資源及控制關鍵因素。

因此本研究乃遵循捷運系統之生命週期架構，分析捷運系統安全管理問題，從輸入管理 (系統安全規劃、系統安全設計、系統安全興建)、活動轉移管理 (運轉安全管理、工作環境安全管理、員工安全訓練管理、維修安全管理)、及輸出管理 (緊急事故預防處理、監督檢核管理) 等制訂出捷運系統九大安全管理項目，分別訂出焦點團體討論之議題，並以這些議題發展討論題目。

理論上進行焦點團體討論時應盡可能將相關之人員納入一起討論，以達到腦力激盪之目標。惟在實際進行大系統或大組織之安全問題蒐尋時，要將各部門之相關人員全部集結在一起討論，所需時間可能極為冗長，而討論之議題也不易集中收斂。本研究基於有效執行焦點團體討論之需要，乃依據捷運公司之組織架構與任務功能，將相關從業人員分成車務人員組、站務人員組、及維修人員組三組，各組分別進行焦點討論。各組所討論之議題係由研究人員透過專家訪談及文獻回顧整理而得，其中如有涉及跨組之安全問題，則由研

究人員整理後提到相關分組作為討論之議題。

分組焦點討論之過程可分成三個階段進行，首先由參與討論者針對本研究事先擬好之討論題綱發表意見，繼而由參與討論者對九大安全管理項目所遭遇之安全問題提出個人之經驗與看法，最後則開放讓所有參與者自由討論與問答。三組之焦點團體討論分別於民國九十年一月至二月間進行，其中車務人員組計有四人參與討論（車務副段長、領班、助管員、及司機員各一人），站務人員組亦有四人參與討論（站務段長、站務副段長、站長、站務員各一人），而維修人員組則有七人參與討論（車輛廠副工程師、電機廠技術員、通訊工廠領班、電子廠助理工程師、副工程師、支援課工程員、土木廠助理工程員各一人），每場焦點團體討論會議均約進行三個小時，並由工作人員全程錄音，以作為蒐尋整理安全問題之依據。

### 3.2 捷運系統安全問題及管理因素分析

焦點團體討論會議錄音經逐字作成文字之發言紀錄後，乃由研究人員反覆閱讀文字紀錄，從中找尋捷運安全管理上所面臨之問題及其相對應之安全管理概念，對不同之安全問題及安全管理概念並分別給予編號、整理歸納、且統計其出現之次數，再依據本研究所制訂之相似概念歸納原則審視各概念後，最後轉換成具體之安全問題與安全管理因素。例如發言紀錄中所記載之「許多安全問題之發生大都由於電腦失靈、號誌故障、或轉轍器失靈等原因」，先被歸納為「機械設備問題」之安全問題概念，給予編號後並計數此類安全問題及安全管理概念在討論紀錄中出現之次數，再依據本研究制定之相似概念歸納原則「凡提及機械設備問題、設備材料過期等概念歸納為『設備材料因素』，予以歸納為『設備材料因素』，作為隨後進行安全問題篩選作業之參考依據。

焦點團體討論紀錄經分析、歸類、統計與整理後，乃逐漸形成較為具體之安全問題。本研究經仔細審閱及分析會議紀錄後，總計整理出捷運系統安全管理上可能發生之安全問題概念 124 則，並將這些概念歸納成 19 個安全管理因素，分別為：(1) 乘客問題、(2) 設備材料、(3) 外在環境因素、(4) 公司管理方式及政策、(5) 經驗及教導方式、(6) 維修技術、(7) 設備設計、(8) 整體系統問題、(9) 員工個人特性、(10) 備品採購、(11) 部門介面溝通、(12) 監督、(13) 標示、(14) 保養檢查、(15) 規範／程序／規章、(16) 工程技術、(17) 興建承包商、(18) 興建／營運單位、(19) 工作環境。

## 四、捷運系統安全管理檢核問卷之建立與調查

### 4.1 捷運系統安全管理檢核問卷初稿之編製

在完成捷運系統安全問題概念之初步篩選工作後，本研究乃進一步以這些萃取之安全問題概念為基礎，發展、設計較為具體之捷運系統安全管理檢核問卷，協助蒐集捷運從業



員工對系統安全問題之感認資料，以作為檢核與評估捷運系統安全之依據。

在發展捷運系統安全管理檢核問卷初稿之始，本研究即發現從焦點團體討論所萃取出之 124 個安全問題概念中，有些概念所陳述之安全問題彼此具有相當高之因果關係，另有一些安全問題則涉及數個安全管理因素。因此，如果在問卷設計之初，不對這些安全問題加以歸類釐清，可能極易產生答卷者與問卷設計者間之認知落差，而讓調查所得之資訊無法滿足研究之需要。基於上述理由，本研究乃嘗試將前節所整理出之 19 個捷運系統安全管理因素，進一步歸納成「內外在環境」、「設備」、「公司管理制度」及「員工特性」等四大主因構面 (如表 1 所示)，並讓安全檢核問卷之設計能依照主因構面、安全管理因素、及安全問題之層級關係逐步設計，既有利於受調查者之閱讀與填答，亦方便於未來安全問題之分析與改善方案之研擬。

表 1 主因構面與相關安全管理因素一覽表

主因構面	安全管理因素
內外在環境構面	乘客問題、外在環境、承包商、工作環境。
設備構面	設備材料、維修技術、設備設計、整體系統問題、備品採購、標示、工程技術。
公司管理制度構面	公司管理方式及政策、部門介面溝通、監督、規範／程序／規章、興建／營運單位、保養檢查。
員工特性構面	經驗及教導方式、員工個人特性。

在確定捷運系統安全管理檢核問卷編製之特性與原則後，本研究乃依據焦點團體討論所整理出之系統安全問題概念、國內外軌道事故之發生經驗、及相關之研究與文獻報導，竭盡所能地羅列出各種安全問題概念之可量測問題。歷經多次檢討及反覆討論修正後，本研究最後所完成之捷運系統安全管理檢核問卷初稿總計包含了四大主因構面、19 個安全管理因素、及 98 個安全問題。

## 4.2 捷運系統安全管理檢核問卷之專家審查

由於捷運系統安全管理檢核問卷之內容包含了各類之安全問題，其中可能涉及頗為深入之專業知識與技術議題，確實需要專業之問題設計始能適當地捕捉捷運員工的經驗與感受。本研究為使安全管理檢核問卷調查所得之結果能夠確實反映現實並滿足研究之需要，乃安排在檢核問卷付諸調查之前，先由十一位軌道運輸安全專家共同進行檢核問題適宜性之審核。此項審核工作係由受邀之專家學者對每一個安全問題「是否適合由捷運員工作答」進行評估，評估之選項係採五尺度之指標，分別代表「非常適合」、「適合」、「無意見」、「不適合」及「非常不適合」。專家學者如果對檢核問題有所建議，亦可透過審查表提出必要之修正建議。本研究在完成專家學者對檢核問題之評估工作後，乃利用

Lawshe<sup>[21]</sup>所提出之 CVR (Content Validity Ration) 專業人員問卷評估模式，來建立專家問卷之評估值，以篩選合適之捷運安全檢核問題。CVR 評估模式之設計目的，在協助問卷設計者於問卷設計完成時，透過此一評估模式以建立「問卷內容與調查目的是否切合」之量化指標，提供問卷設計者再度審視問卷內容之參考，俾讓問卷之內容更為嚴謹與正確，以符合調查之目的。其評估方法如下所示：

$$C_i = \frac{N_{ei} - N_i/2}{N_i/2} \quad (1)$$

其中  $C_i$ ：檢核問題之專家評估值。

$N_{ei}$ ：對檢核問題填答「非常適合」及「適合」之專家人數。

$N_i$ ：對檢核問題填答「非常適合」、「適合」、「不適合」及「非常不適合」之專家人數。

CVR 專業人員問卷評估法乃是透過線性轉換，正確算出「填答該檢核問題合適」之專家學者人數所占比率，亦可直接反映出專家學者對該問題之認同度。上述公式 (1) 所計算出來之  $C_i$  值如果大於最小接受門檻值，則表示問題  $i$  獲得專家學者之認同，可以納入問卷作為蒐集資料之問題。最小接受門檻之  $C_i$  值係隨評估專家人數之多寡而變 (如表 2 所示)，在本研究擁有 11 位專家學者參與評估之情況下， $C_i$  值需大於 0.59，該問題始能通過評估。本研究所草擬之檢核表初稿中，19 個安全管理因素之 98 道安全問題，僅有 15 個安全管理因素，共 50 道檢核之安全問題通過檢定，正式被納入捷運系統安全檢核之問卷中 (如表 3 所示)，成為本研究對捷運公司員工蒐集相關資料之主要依據。

表 2 評估專家人數與最小接受門檻  $C_i$  值對照表

評估專家人數	最小接受門檻 $C_i$ 值
7	0.99
8	0.78
9	0.75
10	0.60
11	0.59

資料來源：Lawshe<sup>[21]</sup>。

#### 4.3 捷運系統安全管理檢核問卷之調查內容

通過 CVR 審核之安全問題所構成之捷運系統安全管理檢核問卷之調查內容共計包含三大部分，第一部分為受訪捷運公司員工之基本資料，其調查內容包括年齡、工作年資等；第二部分為安全問題發生頻率之意見調查；而第三部分則為安全問題發生後可能造成之傷害嚴重度之意見調查。捷運系統安全問題發生頻率計有五種選項，其中各選項之定義與權

表 3 捷運系統安全管理檢核問卷內容

構面	因素	捷運系統安全管理檢核表問題	構面	因素	捷運系統安全管理檢核表問題
內外環境	乘客問題	1. 老弱婦孺乘客因行動不便或電扶梯速度太快，在上下樓梯時摔倒。	管理政策		27.公司未持續推動營運安全政策。
		2. 民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺。			
	外在環境因素	3. 車廂內乘客過多，超過車廂內限定搭乘人數。	監督		28.員工厭煩「行前指示」的實施方式。
		4. 月台上乘客過多，發生人潮推擠情形。			29.上級主管未落實員工監督檢查工作。
		5. 發生無法預防的緊急突發狀況，員工不知如何處理。	規範程序規章		30.捷運規劃手冊內容不夠周詳。
	承包商	6. 外包工程的承包商施工興建疏忽，導致發生事故。			31.規劃人員對於法令規章了解不足。
		7. 工作輪班時間難以適應。			32.手冊內規範前後說法不一。
	工作環境	8. 工作時噪音太大，員工無法專心工作。			33.運轉規章內容不夠周詳。
		9. 工作安全空間狹小。			34.列車規劃調度出現問題。
		10.地下段工作環境不佳。			35.員工溫故訓練內容不足。
		11.在夜晚工作視線不良。			36.維修及事故通報系統失誤，導致搶修時間延後。
		12.下段空氣和空調不良。			37.維修計畫制度規劃不周詳。
規劃與設備	設備材料	13.車廂內消防設備未定期檢查或超過期限未更新。	保養檢查		38.公司主管對於保養檢查工作不重視。
		14.使用無線通訊設備時發生收訊不良情況，影響系統緊急通信。			39.員工對於預防保養工作不重視。
		15.車輛機械設備發生故障，導致無法由行控中心控制。	經驗及教導方式		40.維修人員的維修技術經驗不足。
	設備設計	16.月台與列車門間隙過大，導致殘障乘客上下列車不便。			41.維修技術人員無法傳承吸收國外維修技術。
		17.隧道設施配置缺乏整體規劃。			42.新進人員無法承傳資深人員的經驗。
		18.車站內緊急逃生裝置不足夠。			43.設備故障時，現場員工無法完整及正確描述設備故障情況，導致維修工作難以進行。
		19.隧道內緊急逃生裝置不足夠。			44.設備故障時，現場員工無法立即排除故障狀況，導致發生列車延誤。
		20.車廂內緊急逃生裝置不足夠。			45.員工無法熟記運轉規章內容。
		21.設施規劃缺乏整體設計，導致營運後才發現需加裝安全設施。			46.員工對周遭危險感覺及認知程度不足。
		22.當初設計不當，導致月台設計及配置不良。	員工個人特性		47.員工遇到事故時慌張失措，不知如何處理。
	系統問題	23.捷運系統整體設備種類多且複雜，導致員工難以熟記。			48.基層員工遭遇事故時，不敢先行處理或自行作決策。
	備品採購	24.國內外材料短缺，導致無法進行維修。			49.員工工作時發生態度懶散疏忽。
		25.設備採購時間過長，導致短時間內無法維修。			50.各部門間因本位主義，出現協調不良問題。
	標示	26.隧道內乘客逃生方向標示不清楚。			

重配分如表 4 所示；而捷運系統安全問題嚴重程度亦分成五尺度之選項，各選項之定義與權重配分如表 5 所示。

表 4 捷運系統安全問題發生頻率選項之定義及其權重配分

問題發生頻率選項	選項定義	權重配分 $W_i$
(1)經常發生	大約每星期內都會發生一次以上。	5
(2)偶爾發生	大約每半年內都會發生一次以上。	4
(3)不常發生	捷運運轉到現在曾經發生過，但次數很少。	3
(4)不太可能發生	捷運運轉到現在不曾發生過，但有可能發生。	2
(5)不可能發生	捷運不可能發生此類問題。	1

表 5 捷運系統安全問題嚴重程度選項之定義及其權重配分

問題嚴重度選項	選項定義	權重配分 $W_i$
(1)非常嚴重問題	可能造成多人死亡或嚴重傷亡，或捷運系統嚴重損壞造成一天以上暫停運轉。	5
(2)嚴重問題	可能造成一人死亡或多人嚴重受傷，或造成捷運系統停止運轉一天以內。	4
(3)輕微問題	可能造成多人輕度傷害，或造成捷運系統某一裝備損壞，或造成捷運系統停止運轉一小時以內。	3
(4)非常輕微問題	可能造成一人輕度傷害，或造成捷運系統某一裝備輕度損壞，但不影響營運。	2
(5)完全沒有問題	將不會造成任何捷運事故。	1

#### 4.4 捷運系統安全管理檢核問卷調查之實施

本研究在完成安全管理檢核問卷之設計後，乃由捷運公司員工進行檢核問卷之填答，藉以了解捷運同仁對於捷運系統安全問題之發生頻率與嚴重程度之看法。由於捷運系統安全管理檢核問卷之內容對專業性技術之要求頗高，因此對調查對象之篩選更顯重要，本研究在樣本代表性、調查有效性、及成本效益之考量下，最後選定捷運公司運務部之車務及站務人員，維修部之電子、電機、車輛、土木各廠、以及工安室員工等 825 位捷運員工作為調查對象。捷運系統安全管理檢核問卷係於民國 90 年 4 月間透過台北捷運公司之行政管道發放給相關員工，並委請專人負責收回。

系統安全管理檢核問卷之調查，計收回 462 份受調樣本，經本研究仔細檢視問卷填答情況，刪除「缺漏太多」、「草率填答」、及「不盡合理」之樣本後，總計剩下 439 份有效樣本，有效回收比率為 53.21%。在有效調查樣本中，計有站務人員 81 位 (占 18.46%)，

車務人員 157 位 (占 35.76%)，維修人員 196 位 (占 44.64%)，及工安室員工 5 位 (占 1.14%)。有效樣本員工之平均年齡為 28 歲，進入捷運公司之平均年資為 2.76 年。在安全檢核問卷之信度分析方面，問題為「問題發生頻率」之 Cronbach  $\alpha$  值為 0.97，而問題為「問題嚴重程度」之 Cronbach  $\alpha$  值為 0.98，兩者皆大於 0.9，顯示兩類問題之量表信度均相當良好。

## 五、捷運系統安全問題之風險評估與管理

### 5.1 捷運系統安全問題之發生頻率與嚴重程度分析

捷運系統安全管理檢核問卷之部分調查內容頗具專業性，宜由具相關專業背景與經驗之從業人員回答始能反映真實之情況。因此本研究在計算部分專業問題之評分時，僅採計對該問題具有相關專業知識之人員評分，而將非相關專業人員之評分給予剔除。例如在第 1 題問題中，考量該問題與站務人員較為相關，因此僅採計站務人員之評分，以作為風險評估之依據；在第 13、28 題中，考量該問題與車務人員較為相關，因此僅採計車務人員之評分；在第 2、4、16、33、34、45 題中，考量該問題與站務及車務人員較為相關，因此僅採計站務及車務人員之評分；在第 24、40、41 題中，考量該問題與維修人員較為相關，因此僅採計維修人員之評分。其他未涉及特定專業之問題，則採計全部填答人員之評分。

在確認有效樣本評分之採計原則後，本研究乃進行受訪者對「安全問題發生頻率」及「安全問題嚴重程度」評分之統計分析，其統計結果顯示在 50 個問題中，「安全問題發生頻率」之平均評分值均落於 2.08~3.89 之間 (如表 6 所示)。進一步將各問題之評分平均值採四捨五入法化成整數，並依表 4 之權重配分歸類後，則將發現有 10 個問題屬於「不太可能發生」、31 個問題屬於「不常發生」、另有 9 個問題屬於「偶爾發生」。員工認為「發生頻率」最高的五大安全問題依序為：「月台上乘客過多，發生人潮推擠情形」、「使用無線通訊設備時發生收訊不良情況，影響系統緊急通信」、「車廂內乘客過多，超過車廂內限定搭乘人數」、「地下段空氣和空調不良」、及「老弱婦孺乘客因行動不便或電扶梯速度太快，在上下樓梯時摔倒」。

而「安全問題嚴重程度」之平均評分值則集中於 2.67~4.02 之間 (如表 6 所示)，採四捨五入法化成整數，並依表 5 之權重配分歸類後，計有 45 個問題屬「輕微問題」、5 個問題為「嚴重問題」。員工認為「問題嚴重程度」最高之五個安全問題依序為：「民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺」、「月台上乘客過多，發生人潮推擠情形」、「設備採購時間過長，導致短時間內無法維修」、「車輛機械設備發生故障，導致無法由行控中心控制」、及「國內外材料短缺，導致無法進行維修」。

表 6 捷運系統安全問題與風險評估結果一覽表

構面	因素	安全問題	發生頻率 評分之 平均值	嚴重程度 評分之 平均值	風險 等級	風險評 估等級	管理因 素風險 評估值	管理因素 風險評估 等級	主因構 面風險 評估值	主因構面 風險評估 等級
內 外 在 環 境	乘客問題	1. 老弱婦孺乘客因行動不便或電扶梯速度太快，在上下樓梯時摔倒。	3.63	3.12	3B	中風險	3.50	高風險	3.17	中風險
		2. 民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺。	3.57	4.02	4B	高風險				
	外在環境因素	3. 車廂內乘客過多，超過車廂內限定搭乘人數。	3.68	3.19	3B	中風險	3.33	中風險		
		4. 月台上乘客過多，發生人潮推擠情形。	3.89	3.59	4B	高風險				
		5. 發生無法預防的緊急突發狀況，員工不知如何處理。	2.57	3.12	3C	中風險				
	承包商	6. 外包工程的承包商施工興建疏忽，導致發生事故。	2.89	3.47	3C	中風險	3.00	中風險		
	工作環境	7. 員工工作輪班時間難以適應。	3.29	3.16	3C	中風險	3.00	中風險		
		8. 工作時噪音太大，員工無法專心工作。	3.33	3.20	3C	中風險				
		9. 工作安全空間狹小。	3.10	3.26	3C	中風險				
		10.地下段工作環境不佳。	3.60	3.38	3B	中風險				
		11.在夜晚工作視線不良。	3.29	3.32	3C	中風險				
		12.地下段空氣和空調不良。	3.67	3.47	3B	中風險				
規 劃 與 設 計	設備材料	13.車廂內消防設備未定期檢查或超過期限未更新。	2.08	2.99	3D	低風險	2.67	中風險	2.86	中風險
		14.使用無線通訊設備時發生收訊不良情況，影響系統緊急通信。	3.74	3.37	3B	中風險				
		15.車輛機械設備發生故障，導致無法由行控中心控制。	2.92	3.53	4C	中風險				
	設備設計	16.月台與列車門間隙過大，導致殘障乘客上下列車不便。	3.06	3.06	3C	中風險	2.57	中風險		
		17.隧道設施配置缺乏整體規劃。	2.57	3.10	3C	中風險				
		18.車站內緊急逃生裝置不足夠。	2.23	3.14	3D	低風險				
		19.隧道內緊急逃生裝置不足夠。	2.35	3.32	3D	低風險				

表 6 捷運系統安全問題與風險評估結果一覽表 (續 1)

構面	因素	安全問題	發生頻率 評分之 平均值	嚴重程度 評分之 平均值	風險 等級	風險評 估等級	管理因 素風險 評估值	管理因素 風險評估 等級	主因構 面風險 評估值	主因構面 風險評估 等級		
規劃與設計	設備設計	20.車廂內緊急逃生裝置不足夠。	2.36	3.17	3D	低風險						
		21.設施規劃缺乏整體設計，導致營運後才發現需加裝安全設施。	3.25	3.38	3C	中風險						
		22.當初設計不當，導致月台設計及配置不良。	3.09	3.22	3C	中風險						
	系統	23.捷運系統整體設備種類多且複雜，導致員工難以熟記。	2.95	3.16	3C	中風險	3.00	中風險				
	備品採購	24.國內外材料短缺，導致無法進行維修。	3.52	3.51	4B	高風險	4.00	高風險				
		25.設備採購時間過長，導致短時間內無法維修。	3.53	3.56	4B	高風險						
	標示	26.隧道內乘客逃生方向標示不清楚。	2.56	3.32	3C	中風險	3.00	中風險				
公司管理制度	管理	27.公司未持續推動營運安全政策。	2.10	2.91	3D	低風險	2.00	低風險			2.54	中風險
	監督	28.員工厭煩「行前指示」的實施方式。	2.51	2.73	3C	中風險	2.50	中風險				
		29.上級主管未落實員工監督检查工作。	2.19	2.67	3D	低風險						
	規範程序規章	30.捷運規劃手冊內容不夠周詳。	2.50	2.82	3D	低風險	2.75	中風險				
		31.規劃人員對於法令規章了解不足。	2.55	2.90	3C	中風險						
		32.手冊內規範前後說法不一。	2.60	2.93	3C	中風險						
		33.運轉規章內容不夠周詳。	2.59	2.93	3C	中風險						
		34.列車規劃調度出現問題。	2.76	3.11	3C	中風險						
		35.員工溫故訓練內容不足。	2.45	2.84	3D	低風險						
		36.維修及事故通報系統失誤，導致搶修時間延後。	2.56	3.18	3C	中風險						
		37.維修計畫制度規劃不周詳。	2.64	3.10	3C	中風險						
	保養檢查	38.公司主管對於保養检查工作不重視。	2.16	3.01	3D	低風險	2.00	低風險				
		39.員工對於預防保養工作不重視。	2.18	2.88	3D	低風險						

表 6 捷運系統安全問題與風險評估結果一覽表 (續 2)

構面	因素	安全問題	發生頻率 評分之 平均值	嚴重程度 評分之 平均值	風險 等級	風險評 估等級	管理因 素風險 評估值	管理因素 風險評估 等級	主因構 面風險 評估值	主因構面 風險評估 等級
員工特性	經驗及教導方式	40.維修人員的維修技術經驗不足。	2.84	3.21	3C	中風險	3.00	中風險	2.91	中風險
		41.維修技術人員無法傳承吸收國外維修技術。	2.96	3.25	3C	中風險				
		42.新進人員無法承傳資深人員的經驗。	2.93	3.10	3C	中風險				
		43.設備故障時，現場員工無法完整及正確描述設備故障情況，導致維修工作難以進行。	2.75	3.05	3C	中風險				
		44.設備故障時，現場員工無法立即排除故障狀況，導致發生列車延誤。	2.87	3.24	3C	中風險				
		45.員工無法熟記運轉規章內容。	2.58	2.80	3C	中風險				
		46.員工對周遭危險感覺及認知程度不足。	2.52	3.04	3C	中風險				
	員工個人特性	47.員工遇到事故時慌張失措，不知如何處理。	2.54	3.10	3C	中風險	2.75	中風險		
		48.基層員工遭遇事故時，不敢先行處理或自行作決策。	3.03	3.26	3C	中風險				
		49.員工工作時發生態度懶散疏忽。	2.36	2.83	3D	低風險				
		50.各部門間因本位主義，出現協調不良問題。	3.17	3.23	3C	中風險				

## 5.2 捷運系統安全問題之風險評估

在檢視過捷運系統安全問題之「發生頻率」與「嚴重程度」後，緊接著乃是如何結合上述兩項指標，以評估各安全問題之風險等級。風險矩陣評估法是一種簡便易行，且在系統安全研究領域中廣被使用之風險評估方法。它主要係對問題本身及周圍環境之潛在情況加以分級，透過逐項之評估與分析後，再將問題劃分成不同之風險等級。本研究經審慎分析與評估後，認為在當前我國軌道運輸系統安全資料尚不健全之階段，風險矩陣評估法是一種可行且簡單之風險評估方法，中山科學研究院在其研究中亦建議交通部引進該評估方法，以落實我國軌道運輸系統之安全檢核工作<sup>[22]</sup>。

在使用風險矩陣評估法中，首先面臨之問題乃是如何結合「發生頻率等級」與「嚴重程度等級」以決定其「風險等級」。基本上，「風險等級」之劃分級數、及「發生頻率等



級」與「嚴重程度等級」組合後之風險等級歸屬均可能對風險評估結果造成影響。理想之作法應視研究系統之特性，審視考量後制訂相關之「發生頻率、嚴重程度、及風險」之等級指標，必要時並可進行等級劃分對風險評估之敏感度分析以求研究之完整性。由於我國目前尚無相關之風險等級指標可用，而所探討之台北捷運系統安全風險評估議題又缺乏先前文獻可供參考，因此本研究乃暫行使用美國國防部軍事系統安全標準規範 (MIL-STD-882C) 之「風險矩陣評估法」之風險分類。

美國國防部軍事系統安全標準規範 (MIL-STD-882C)<sup>[2]</sup>中之「風險矩陣評估法」係將系統安全問題中「發生頻率之五個等級」與「嚴重程度之五個等級」，構建成一個含有二十五種組合情況之風險矩陣如表 7 所示。繼而將風險矩陣內之二十五種組合情況劃分成「無風險」、「低風險」、「中風險」、及「高風險」等四個風險等級，其中有八種情況被劃為「無風險」、七種情況為「低風險」、六種情況為「中風險」，而僅有四種情況被劃為「高風險」，有關各級風險之敘述與定義如表 8 所示。

表 7 風險矩陣之風險等級劃分表

嚴重程度等級區分 發生機率等級		非常嚴重問題 5	嚴重問題 4	輕微問題 3	非常輕微問題 2	完全沒有問題 1
經常發生	A	5A	4A	3A	2A	1A
偶爾發生	B	5B	4B	3B	2B	1B
不常發生	C	5C	4C	3C	2C	1C
不太可能發生	D	5D	4D	3D	2D	1D
不可能發生	E	5E	4E	4E	2E	1E

表 8 風險等級之評價表

風險程度等級範圍	敘述	定義	風險等級	權重配分
5E、4E、3E、2E、1B、1C、1D、1E	可忽略風險	安全處於合理風險下，不需採取任何措施即可接受。	無風險	$W_1 = 1$
5D、4D、3D、2B、2C、2D、1A	可接受風險	安全處於合理風險下，只要決策層級同意即可接受。	低風險	$W_2 = 2$
5C、4C、3A、3B、3C、2A	不期望存在風險	在採取適當的控制且獲得決策層級同意即可接受。	中風險	$W_3 = 3$
5A、5B、4A、4B	不可接受風險	須加以消除避免其發生。	高風險	$W_4 = 4$

在建立好風險等級劃分表後，本研究乃進一步將表 6 中之 50 個問題之「安全問題發生頻率」與「安全問題嚴重程度」之平均評分值，以四捨五入方式取其整數值，並依表 7

與表 8 之風險等級劃分準則，得出各安全問題之風險評估等級如表 6 所示。風險評估結果顯示，在 50 個安全問題中計有 4 個被評為「高風險」，11 個被評為「中風險」，其餘 35 個則被評為「低風險」。被評為「高風險」之捷運系統安全問題計有「民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺」、「月台上乘客過多，發生人潮推擠情形」、「設備採購時間過長，導致短時間內無法維修」、及「國內外材料短缺，導致無法進行維修」。

### 5.3 捷運系統安全管理因素與主因構面之風險評估

在完成各安全問題之風險評估後，本研究更進一步利用趙吉山等<sup>[23]</sup>所提出之「風險因素加權評估法」進行各項安全管理因素及主因構面之風險評估，藉以了解與這些安全問題所對應之安全管理因素及主因構面之風險程度。「風險因素加權評估法」係對不同風險等級之安全問題賦予不同之權重配分，同一安全管理因素下之所有安全問題之風險等級權重配分的平均值即為該管理因素之風險評估值，而同一主因構面下之所有安全問題之風險等級權重配分的平均值也就是該主因構面之風險評估值。本研究在進行「風險因素加權評估法」時，分別對「無風險」、「低風險」、「中風險」、及「高風險」之安全問題給予  $W_1=1$ 、 $W_2=2$ 、 $W_3=3$ 、及  $W_4=4$  之風險權重配分 (如表 8 所示)。透過風險因素加權平均法，求得各因素與主因構面之風險評估值如表 6 所示，本研究最後並以四捨五入法將風險評估值給予整數化，再按 1、2、3、4 分別賦予「無風險」、「低風險」、「中風險」、及「高風險」等四個風險等級。

在十五個被評估之安全管理因素中，計有八項安全管理因素之風險評估值高 (等) 於 3.0，其中「乘客問題」與「備品採購」兩個安全管理因素更被評為高風險。「公司管理方式及政策」與「保養檢查」兩個安全管理因素被評為低風險；其餘之另十一個安全管理因素則均被評為中風險。而在主因構面之風險評估方面，雖然四個主因構面均被評為「中風險」，惟在「構面風險評估值」上仍然存在些許之落差。「內外在環境構面」之風險評估值為 3.17，遠較其他三個構面為高，屬偏高之「中風險」；「員工特性構面 (2.91)」與「規劃與設備構面 (2.86)」之風險評估值極為接近，屬偏低之「中風險」；而「公司管理制度構面」之風險評估值則僅為 2.54，幾近於低風險等級之範圍。

「內外在環境構面」中所包含之四個因素，即「乘客問題」、「外在環境」、「承包商」、與「工作環境」，其風險評估值均超過 (或等於) 3.0，也是台北捷運公司員工在營運過程中，咸認影響捷運系統安全最為嚴重之問題構面，究其原因可能與捷運公司內部員工較不易掌控有關，是台北捷運未來改善系統安全之方向與重點。「規劃與設備構面」中備品採購因素之風險評估值高居本研究所列十五項安全管理因素之榜首，是台北捷運公司務必迅速改善之系統安全問題。另整體系統之銜接問題、標示與指示系統、及員工之經驗傳承與指導也是台北捷運未來亟待努力、力求改善之安全課題。

## 5.4 捷運系統之安全管理

捷運系統安全問題風險評估之目的旨在確認問題之風險高低，以作為規劃系統安全管理作業之依據。因此，風險高之安全問題乃成為捷運公司必須優先安排人力與資源進行改善之課題。惟在發現安全問題後，更重要的則是如何剖析問題之發生原因，研擬有效之安全改善措施及執行程序，始能防範問題之發生於未然。美軍在執行系統安全之過程中，最為強調的乃是系統安全管理的手段，認為系統安全管理是集眾之智，對已發掘確認之安全問題所採取之一系列管理作為<sup>[2]</sup>。

本研究認為台北捷運系統安全問題經風險評估並確認後，應進一步深究其安全問題發生之原因、發生後可能影響、發生及暴露時機、防護設施、並研提改善措施與建議，始能達成系統安全管理之目的。本研究為證實所提之作業程序可落實執行，在研究資料、時間與經費均顯不足之情況下，乃先選擇捷運公司風險最高之四個安全問題進行安全管理分析如表 9 所示，提供一套執行之示範程序以供參考。未來實務單位可參考此作業模式，選派一組專責人員深入研究探討，針對各種相關安全問題，進行完整之危害分析，並提出具體可行之改善措施，俾讓潛在之安全問題均能事先加以防範。

表 9 捷運系統安全管理分析一覽表

安全問題	原因	發生後可能影響	發生及暴露時機	防護設施	建議措施
民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺。	1. 媒體刻意渲染自殺事件。 2. 乘客具有精神方面疾病。	1. 全線暫停營運，列車暫停行駛。 2. 自殺乘客死亡或受傷。 3. 嚴重影響肇事司機員之心理及精神狀況。	1. 民眾自殺事件，遭媒體報導。 2. 媒體過分報導自殺事件。 3. 未設置月台門之月台。	1. 月台門。 2. 站務員隨時注意行動異常乘客。 3. 提醒司機員的預警裝置。	1. 加裝月台門或其他防範措施。 2. 訓練站務員具備高度警覺性。 3. 要求媒體不要刻意渲染自殺事件。 4. 增設預警裝置。
月台上乘客過多，發生人潮推擠情形。	1. 月台供乘客等待空間不足。 2. 月台規劃設計不當。 3. 乘客間發生不當的推擠行為。	1. 乘客跌倒或跌落軌道，造成死亡或受傷。 2. 全線暫停營運，列車暫停行駛。	1. 尖峰時間，或乘客過多時段。 2. 人潮較密集之車站月台。 3. 出口或手扶梯數太少。	1. 月台門。 2. 控制進站乘客人數。 3. 月台上劃設乘客排隊等待區域。 4. 規劃乘客路線動向。	1. 考慮加裝月台門。 2. 隨時注意控制進站或進入月台人數。 3. 勸導乘客排隊等待。 4. 增加出口及手扶梯數。

表 9 捷運系統安全管理分析一覽表 (續)

安全問題	原因	發生後可能影響	發生及暴露時機	防護設施	建議措施
設備採購時間過長，導致短時間內無法維修。	1. 遭採購法規限制。 2. 需採購設備缺貨或停產。 3. 無替代品或備份品可供採購。	1. 全線暫停營運，列車暫停行駛。 2. 部分設備停止運作。	1. 裝備供應商已停產。 2. 無替代品或備份之零件材料。 3. 特殊性之裝備故障。 4. 需向國外採購之裝備。	1. 裝備採購時考量替代品或備份材料。 2. 建立物料管理系統。 3. 彈性化採購法規。 4. 定期檢測裝備之備份零件材料。	1. 規劃有效率裝備材料之產品資料或物管系統。 2. 制定有效率之採購法規。 3. 提升倉庫與備份材料之管理。 4. 提早提出需長時間採購之裝備材料需求。
國內外材料短缺，導致無法進行維修。	1. 需採購設備缺貨或停產。 2. 無替代品或備份品可供採購。	1. 全線暫停營運，列車暫停行駛。 2. 部分設備停止運作。	1. 裝備供應商已停產。 2. 無替代品或備份之零件材料。 3. 材料具特殊性或不易採購。	1. 裝備採購時就考量替代品或備份材料。 2. 定期檢測裝備之備份零件材料。	1. 規劃有效率裝備材料之產品資料或物管系統。 2. 提早提出易短缺之裝備材料需求。

## 六、結論與建議

隨著運輸科技之迅速發展與民眾運輸需求之日益擴張，運輸系統無論在系統設備、操作環境及組織架構上均較以往複雜許多，某些環節之疏忽與故障均可能造成系統之癱瘓，甚至帶來極大之災害。因此如何讓此龐大且複雜之系統能夠維持正常運作並保有一定之安全水準，除有賴於事前之妥善規劃與設計外，更需要在系統運作中隨時進行安全檢核，掌握系統潛在之安全問題，設法加以改善，以防事故之發生於未然。

系統安全管理理論之應用及管理制度之建立，在對系統安全水準要求極高之國防部門、核能與化工產業已行之有年，然而在運輸系統之應用則尚屬萌芽階段。本研究透過系統安全管理相關文獻之回顧與整理，嘗試為運作中之運輸系統建立一套如何檢核系統安全問題作業流程，引導運輸專業人員如何在錯綜複雜運輸系統中蒐尋潛在之安全問題、評估其風險、分析其發生原因與時機、並研提改善之措施與建議。本研究為證實所規劃作業程序可行，更以台北捷運公司作為實證研究之對象，嘗試協助台北捷運公司蒐尋所潛存之安全問題，並提出相對應之安全改善建議。本研究所完成之成果及對未來繼續推動運輸系統安全管理之建議分別敘述如后。

## 6.1 結論

- (1) 本研究經由系統安全管理相關文獻之回顧、運輸系統安全分析、安全問題檢核流程設計、及實際操作演練，原則上已為我國運輸系統之安全管理檢核制度完成一套可行之作業雛型。運輸業者可依此雛型自我檢核系統內所潛存之安全問題，而學術界亦可據此發展延伸研究課題。
- (2) 本研究以軌道運輸系統生命週期中所面臨之安全管理課題，作為捷運員工進行焦點團體討論之議題，計蒐集台北捷運公司 124 個安全問題概念。這些安全問題概念經本研究分析彙整後，轉化成 98 道安全問題以作為安全檢核問卷之草稿，再經專家學者審核問題之適合度，最後通過審核之 50 道安全問題乃被編製成正式之安全檢核問卷，且分別隸屬於 15 個安全管理因素及 4 個主因構面。
- (3) 安全檢核問卷之各安全問題經台北捷運公司員工填答「發生頻率」及「問題嚴重程度」之評分後，乃利用美國國防部軍事系統安全規範及風險矩陣評估法進行安全問題、安全管理因素、及主因構面之風險評估。
- (4) 在 50 個安全問題中計有 4 個被評為「高風險」，11 個被評為「中風險」，其餘 35 個則被評為「低風險」。被評為「高風險」之捷運系統安全問題計有「民眾臥軌自殺事件被媒體報導出來後，造成其他民眾仿效臥軌自殺」、「月台上乘客過多，發生人潮推擠情形」、「設備採購時間過長，導致短時間內無法維修」、及「國內外材料短缺，導致無法進行維修」。
- (5) 在 15 個安全管理因素中，計有「乘客問題」與「備品採購」兩個安全管理因素更被評為高風險；有 11 個安全管理因素被評為中風險；而僅有「公司管理方式及政策」與「保養檢查」兩個安全管理因素被評為低風險。
- (6) 雖然 4 個主因構面均被評為「中風險」，惟在「構面風險評估值」上仍然存在些許之差異。「內外環境構面」之風險評估值遠較其他三個構面為高，屬偏高之「中風險」；「員工特性構面」與「規劃與設備構面」之風險評估值極為接近，屬偏低之「中風險」；而「公司管理制度構面」之風險評估值則幾近於低風險等級之範圍。

## 6.2 建議

- (1) 建立完整的系統安全管理檢核機制是國際安全管理的趨勢，交通主管單位宜儘早建立我國運輸系統之安全管理組織及檢核制度，參考國外運輸系統安全檢核之內容，結合台灣本土運輸系統可能遭遇之問題，制訂各類運輸工具之安全管理檢核表、各類系統安全認證之法規、規範與標準，有效督促管理各類運輸工具之安全。
- (2) 本研究在時間、經費與人力等資源條件之限制下，所舉辦之焦點團體討論會議不論在會議時間、場次數目、及參與人員數目上均有不足之嫌，因此本研究所檢核出之安全問題仍難免有遺漏之憾。未來在進行焦點團體討論時，除了不同單位之人員分開討論外，建議增加不同單位人員共同討論之機會，期望透過不同專業人員之腦力激盪，以

增加安全問題概念蒐集之廣度。另在安全因素之歸納作業上，亦建議邀請具相關實務經驗之專家學者參與討論，以便讓完成之研究成果能更符合實務之應用需要。

- (3) 在系統各元件故障資料並不完整之情況下，本研究在風險評估時所選用之「風險矩陣評估法」仍屬質化之評估。建議交通主管單位及運輸營運單位應積極建立運輸系統安全資料庫，例如「營運延滯」及「事故傷亡件數」，俾讓未來運輸系統安全之風險評估能夠使用較具客觀基礎之量化評估模式。此外，運輸系統安全資料庫亦能提供系統安全相關議題之研究，增加研究人員對基本安全問題特性之認知，以便深入討論安全問題之癥結與關連結構。
- (4) 本研究各安全問題之風險評估結果，大都集中於「低風險」與「中風險」間，風險等級之鑑別度並不特別明顯。此種現象可能與捷運通車時間尚短，捷運員工之服務年資與經驗尚淺有關。另外在風險等級之歸類上，本研究係採評分平均值四捨五入之作法歸類，是否因此而讓個別之差異被稀釋，導致風險等級之鑑別度不易凸顯。上述兩種可能之原因，均值得日後之研究加以深入探討。
- (5) 安全問題之風險評估只是確認問題之工作，更重要的任務則是如何分析安全問題之發生原因，研擬並執行防範措施，以避免潛在安全問題之發生。本研究為台北捷運公司所研擬之系統安全管理措施，值得台北捷運公司參考使用，並建議可進一步進行其有效性與經濟性之探討。
- (6) 系統安全之問題不但會隨著外在環境之變化而改變，亦會隨著系統之老化而出現不同之問題。因此，運輸系統安全檢核工作是一項必須長期且持續進行之工作，是以健全之運輸系統安全管理制度才是維繫運輸系統永續安全之最根本辦法。
- (7) 本研究係屬國內首度對運輸系統安全管理檢核作業之研究，不論參與研究之工作人員或受訪之捷運員工，對焦點團體討論方法之進行仍多處於學習與實驗之狀況，難免在安全問題概念之蒐尋上多所疏漏。建議未來交通主管機關及運輸營運單位能多辦理類似之安全問題蒐尋研討，既能加強從業人員對安全問題之認知與體驗，亦能協助未來學術界從事運輸系統安全管理之研發。

## 參考文獻

1. 中山科學研究院系統維護中心，**系統安全簡介**，中山科學研究院，民國九十年。
2. USA Department of Defense, *Standard Practice for System Safety* (MIL-STD-882C), 1993.
3. United Kingdom Ministry of Defense, *Defense Standard: Safety Management Requirements for Defense System*, 1996.
4. British Standards Institution, *Railway Applications —The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety*, EN50126, 1999.
5. Railway of Australian Committee, *Australian Standard: Railway Safety Management*, AS4292, 1995.

6. Papazoglou, Ioannis A. and Aneziris, Olga, ‘On the Quantification of the Effects of Organizational and Management Factors in Chemical Installations’, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 63, 1999, pp. 33-45.
7. 蔡明志, 「風險管理在大眾運輸安全管理管制課題之發展應用」, **運輸計劃季刊**, 第二十九卷, 第一期, 民國八十九年, 頁 181-212。
8. Edkins, G. D. and Pollock, C. M., ‘Pro-Active Safety Management: Application and Evaluation within a Rail Context’, *Safety Science*, Vol. 24, No. 2, 1996, pp. 83-93.
9. Edkins, G. D., ‘The INDICATE Safety Program: Evaluation of a Method to Proactively Improve Airline Safety Performance’, *Safety Science*, Vol. 30, 1998, pp. 275-295.
10. Reason, J., ‘A System Approach to Organizational Error’, *Ergonomics*, Vol. 38, 1995, pp. 1708-1721.
11. Reason, J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Publishing Company, 1997.
12. 張新立、陳家緯, 「城際運輸系統之可忍受風險與可接受風險水準量測之研究」, 中華民國運輸學會第十五屆學術論文研討會, 台北市, 民國八十九年, 頁 569-578。
13. 王隆昌, 「鐵路捷運系統災害之研究」, 國立交通大學交通運輸研究所碩士論文, 民國七十七年。
14. 交通部運輸研究所, **全國交通安全盲點掃描行動—鐵路安全計畫**, 民國八十二年。
15. 蔡明志、張新立, 「軌道運輸營運安全管理技術之研究」, 民國八十八年海峽兩岸交通大學跨世紀科技與教育研討會—軌道工程與運輸, 民國八十八年, 頁 13-31。
16. 黃四昌、李文卿, 「軌道運輸之風險管理設計」, 新世紀軌道運輸國際學術研討會, 民國八十九年, 頁 203-218。
17. 謝魁樹, 「台灣地區鐵路運輸安全衛生管理之研究」, 私立中國文化大學勞工研究所碩士論文, 民國八十五年。
18. Stewart, D. W. and Shamdasani, P. N., *Focus Group: Theory and Practice*, Sage Publications Inc., 1990.
19. Greenbaum, Thomas L., *The Handbook for Focus Group Research*, SAGE Publications, Inc., 1998.
20. Hale, A. R., Heming, B. H. J., Carthey, J., and Kirwan, B., ‘Modeling of Safety Management System’, *Safety Science*, Vol. 26, 1997, pp. 121-140.
21. Lawshe, C. H., ‘A Quantitative Approach to Content Validity’, *Personal Psychology*, Vol. 28, 1975, pp. 563-575.
22. 中山科學研究院, **交通部軍民通用科技計畫—發展軌道運輸工程系統安全之獨立驗證與確認技術總結報告**, 交通部委託辦理, 民國八十七年。
23. 趙吉山、肖貴平, **鐵路運輸安全管理**, 中國鐵路出版社, 1999 年。

