

100-98-3382

MOTC-IOT-99-SBB005

風險管理應用於鐵路運輸安全 之初探-以臺鐵風險辨識為例

著者：鍾志成、李治綱、薛強、孫千山、林杜寰、張恩輔、
張仕龍、黃笙玹、林蓁、李永強、陳一昌、張開國、
賴靜慧、吳熙仁

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 6 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

風險管理應用於鐵路運輸安全之初探：以臺鐵風險
辨識為例 / 鍾志成等著. -- 初版. -- 臺北市：
交通部運研所，民 100. 06
面；公分

ISBN 978-986-02-8214-6(平裝)

1. 鐵路管理 2. 風險管理 3. 運輸系統

557.23

100011231

風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-以臺鐵風險辨識為例

著者：鍾志成、李治綱、薛強、孫千山、林杜寰、張恩輔、張仕龍、
黃笙玟、林蓁、李永強、陳一昌、張開國、賴靜慧、吳熙仁

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw(中文版>圖書服務>本所出品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 100 年 6 月

印刷者：立文印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010002036

ISBN：978-986-02-8214-6(平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-以臺鐵風險辨識為例			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-8214-6(平裝)	政府出版品統一編號 1010002036	運輸研究所出版品編號 100-98-3382	計畫編號 99-SBB005
本所主辦單位：運輸安全組 主管：陳一昌 計畫主持人：陳一昌 研究人員：吳熙仁 聯絡電話：(02)23496857 傳真號碼：(02)25450425	合作研究單位：財團法人中興工程顧問社 計畫主持人：鍾志成、李治綱、薛強、孫千山 研究人員：林杜寰、張恩輔、張仕龍、黃笙琰、林蓁、李永強 地址：臺北市南京東路5段171號 聯絡電話：(02)27692131 ext. 20956 傳真號碼：(02)27655010		研究期間 自 99年3月 至 99年11月
關鍵詞：風險管理、風險辨識、危害、平交道、失誤樹分析、事件樹分析			
<p>摘要：</p> <p>提供安全的運輸服務為軌道營運業者的首要目標之一，目前風險管理的技術已被廣泛應用在軌道運輸系統來提升安全水準，其中風險辨識為執行風險管理的首要工作，也是後續風險分析及風險評量的依據，營運單位可經由風險辨識的過程找出系統潛在的安全危害藉以研擬因應策略。</p> <p>本研究應用「類似系統比較」、「臺鐵歷史事故回顧」、「專家腦力激盪」等相關方法，以臺鐵為例研擬安全危害清單之雛形，並辨識出113項安全危害，主要區分移動、非移動、列車與天然危害四大類，該成果可協助臺鐵進行安全風險管理，並作為後續風險分析與風險評量的依據。</p> <p>本研究選定臺鐵兩項平交道危害，利用失誤樹與事件樹分析法進行深入分析，除探討所有可能導致危害發生的失效事件外，影響危害後果嚴重度的關鍵事件亦是分析重點，並根據分析結果建議相關改善方法，期提昇臺鐵平交道安全。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
100 年 6 月	424	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: A Preliminary Application of Risk Management of Railway Transportation Safety—A Case Study of Risk Identification for the Taiwan Railway Administration			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-8214-6(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010002036	IOT SERIAL NUMBER 100-98-3382	PROJECT NUMBER 99-SBB005
DIVISION: Safety Division PRINCIPAL INVESTIGATOR: Isaac I. C. Chen PROJECT STAFF: His-Jen, Wu PHONE: 886-2-23496857 FAX: 886-2-25450429			PROJECT PERIOD FROM March 2010 TO November 2010
RESEARCH AGENCY: Sinotech Engineering Consultants, Inc. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jyh-Cherng Jong, Chi-Kang Lee, Qiang Xue, Chian-Shan Suen, PROJECT STAFF: Tu-Huan Lin, En-Fu Chang, SLoan Cheng, Sheng-Hsuan Huang, Jen Lin, Yung-Chiang Li ADDRESS: 171 Nanking E. RD. SEC. 5, Taipei, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-2-27692131 ext. 20956 FAX: 886-2-27655010			
KEY WORDS: Risk Management, Risk Identification, Hazard, Level-Crossing, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis			
ABSTRACT: <p>Providing safe transportation service is one of the most important targets of railway operators. To achieve this objective, risk management techniques have been widely applied to railway industries to enhance the safety level. In the risk management process, the first step is risk identification, because it is essential to the following risk analysis and evaluation. Through risk identification, operators can discover potential safety hazards and then adopt appropriate mitigation measures.</p> <p>This study applied the techniques of “comparisons of similar systems”, “analysis of historical accident records”, “brain storming” and other methods to identify the safety hazards of the Taiwan Railway Administration (TRA). The study discovered 113 hazards, which can be further categorized into moving, non-moving, train, and natural hazards. The results can help the TRA to manage safety risks, and can be used as the basis for risk analysis and evaluation.</p> <p>This study also employed fault tree analysis and event tree analysis to investigate two hazards related to level-crossing. All possible failures leading to the hazards and the key events resulting in serious outcomes are analyzed. Based on the results, this study suggested some improvement strategies, which may be beneficial to the overall level-crossing safety.</p>			
DATE OF PUBLICATION June 2011	NUMBER OF PAGES 424	PRICE 200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

	頁 次
目 錄	III
圖 目 錄.....	VIII
表 目 錄.....	XI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究緣起.....	1-1
1.2 研究目標.....	1-2
1.3 研究範圍與對象.....	1-3
1.4 研究內容與項目.....	1-3
1.5 研究方法與流程.....	1-4
第二章 風險管理作法與標準.....	2-1
2.1 名詞定義.....	2-1
2.2 風險管理回顧.....	2-4
2.2.1 風險管理概念.....	2-4
2.2.2 風險管理理論.....	2-5
2.3 風險管理步驟.....	2-8
2.3.1 澳洲/紐西蘭.....	2-9
2.3.2 臺灣.....	2-11
2.3.3 英國.....	2-12
2.3.4 加拿大.....	2-13
2.3.5 南韓.....	2-16
2.3.6 學術研究之風險管理步驟.....	2-16
2.3.7 小結.....	2-17
第三章 軌道運輸風險管理實務.....	3-1
3.1 國外軌道運輸風險管理現況.....	3-1
3.1.1 歐盟規範.....	3-1
3.1.2 澳洲.....	3-13

3.1.3	美國	3-20
3.1.4	南韓	3-26
3.1.5	香港	3-33
3.1.6	日本	3-34
3.1.7	新加坡	3-39
3.2	國內軌道運輸風險管理現況	3-39
3.2.1	臺灣鐵路管理局	3-39
3.2.2	台灣高鐵	3-49
3.2.3	臺北捷運	3-56
3.2.4	高雄捷運	3-61
3.2.5	阿里山森林鐵路	3-64
3.2.6	台灣糖鐵	3-67
3.3	國內軌道運輸風險管理案例	3-69
3.3.1	臺鐵局新市站中正路平交道虛驚事件	3-69
3.3.2	台灣高鐵甲仙地震出軌事故	3-71
3.4	危害登錄表	3-75
3.4.1	危害登錄表生命週期	3-75
3.4.2	危害登錄表內容格式	3-77
3.4.3	軌道系統危害登錄表範例	3-79
3.5	小結	3-86
第四章	方法論回顧	4-1
4.1	軌道系統風險辨識方法回顧	4-1
4.1.1	經驗導向方法	4-3
4.1.2	歷史事故資料	4-4
4.1.3	類似系統比較法	4-4
4.1.4	檢核表分析法	4-4
4.1.5	結構化 What-If 分析法 (SWIFT)	4-7
4.1.6	危害與可操作性分析 (HAZOP)	4-8
4.1.7	工作分解結構與風險分解結構	4-11
4.1.8	情境分析法	4-16

4.2	軌道系統風險分析方法回顧.....	4-20
4.2.1	故障模式影響與嚴重性分析法（FMECA）	4-20
4.2.2	失誤樹分析法	4-24
4.2.3	事件樹分析法	4-26
4.3	小結	4-27
第五章	軌道系統危害與事故項目回顧	5-1
5.1	國外軌道系統危害與事故項目	5-1
5.1.1	英國	5-1
5.1.2	澳洲軌道	5-9
5.1.3	澳洲糖鐵	5-13
5.1.4	南韓	5-14
5.1.5	歐洲 MODURBAN.....	5-16
5.2	國內軌道系統危害與事故項目	5-18
5.2.1	臺灣鐵路管理局	5-19
5.2.2	台灣高鐵	5-22
5.2.3	臺北捷運	5-23
5.2.4	高雄捷運	5-24
5.2.5	阿里山森林鐵路	5-24
5.2.6	台灣糖鐵	5-28
5.3	綜合比較	5-28
5.4	小結	5-32
第六章	臺鐵安全危害項目辨識	6-1
6.1	風險辨識方法與流程	6-1
6.2	安全危害辨識實作	6-2
6.2.1	危害相關名詞定義	6-3
6.2.2	危害清單研擬原則	6-3
6.2.3	危害清單研擬過程	6-5
6.2.4	臺鐵安全危害清單	6-6
6.3	安全危害項目與臺鐵歷史事故之對應	6-11
6.4	小結	6-15

第七章 臺鐵二項危害風險分析	7-1
7.1 準備工作	7-1
7.1.1 失誤樹分析準備工作	7-2
7.1.2 事件樹分析準備工作	7-8
7.2 「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」分析結果	7-11
7.2.1 失誤樹分析結果	7-11
7.2.2 事件樹分析結果	7-25
7.2.3 分析過程調整事項	7-28
7.3 「鐵路列車與行人於平交道碰撞」分析結果	7-29
7.3.1 失誤樹分析結果	7-30
7.3.2 事件樹分析結果	7-30
7.3.3 分析過程調整事項	7-37
7.4 事件現有控制方法與建議	7-37
7.4.1 現有控制方法	7-37
7.4.2 控制方法改善建議	7-39
第八章 結論與建議	8-1
8.1 結論	8-1
8.2 建議	8-7
參考文獻	R-1
附錄 A 名詞對照表	A-1
附錄 B 國內外各軌道系統危害清單對照	B-1
B.1 英國	B-3
B.2 澳洲軌道	B-12
B.3 南韓	B-13
B.4 歐洲 MODURBAN	B-15
B.5 台灣高鐵	B-20
B.6 臺北捷運	B-22
B.7 高雄捷運	B-23
B.8 阿里山森林鐵路	B-24
B.9 臺灣糖鐵	B-25

B.10 軌道系統（一）	B-26
B.11 軌道系統（二）	B-33
附錄 C 科技新知	C-1
附錄 D 投稿論文	D-1
附錄 E 期中報告審查意見與處理情形	E-1
附錄 F 期末報告審查意見與處理情形	F-1
附錄 G 每月工作會議紀錄	G-1
G.1 第 1 次工作會議紀錄	G-3
G.2 第 2 次工作會議紀錄	G-5
G.3 第 3 次工作會議紀錄	G-7
G.4 第 4 次工作會議紀錄	G-9
G.5 第 5 次工作會議紀錄	G-11
G.6 第 6 次工作會議紀錄	G-15
附錄 H 教育訓練	H-1

圖 目 錄

	頁 次
圖 1-1 風險管理架構及程序	1-2
圖 1-2 研究流程圖	1-4
圖 1-3 辨識臺鐵安全危害項目方法	1-6
圖 2-1 英國 Yellow Book 定義事故發生順序	2-2
圖 2-2 骨牌理論示意圖	2-6
圖 2-3 乳酪理論示意圖	2-7
圖 2-4 AS/NZS 4360 之風險管理步驟	2-9
圖 2-5 風險管理及危機處理作業手冊之風險管理步驟	2-11
圖 2-6 英國風險管理模式架構圖	2-12
圖 2-7 加拿大整合性風險管理架構圖	2-13
圖 2-8 加拿大 CAN/CSA-Q850-97 風險管理步驟	2-15
圖 2-9 韓國之風險管理步驟	2-16
圖 2-10 Baker 等人研擬之風險管理步驟	2-17
圖 2-11 Smith 與 Harrison 研擬之風險管理步驟	2-18
圖 2-12 PDCA 整合性風險管理模式	2-19
圖 3-1 歐盟制定之 IEC61508&EN5012X 之架構	3-2
圖 3-2 降低系統風險的手段	3-3
圖 3-3 歐盟 EN50126、EN50128、EN50129 之範圍	3-4
圖 3-4 EN50126 之 RAMS 架構	3-5
圖 3-5 EN50126 之 V 型系統生命週期圖	3-6
圖 3-6 英國風險管理 ALARP 概念	3-9
圖 3-7 德國最低可接受死亡風險圖	3-9
圖 3-8 EN50128 設計、驗證、認證及評估者之獨立性需求	3-11
圖 3-9 EN50129 安全報告書格式	3-12
圖 3-10 澳洲塔斯馬尼亞州鐵路風險管理流程	3-17

圖 3-11 紐約地鐵安全相關部門	3-23
圖 3-12 南韓 KRRI 之風險評估程序	3-27
圖 3-13 南韓 KRRI 之風險辨識程序	3-27
圖 3-14 南韓風險評估管理機構	3-28
圖 3-15 南韓 RAIMS 系統模組	3-29
圖 3-16 香港地鐵生命週期內之安全風險管理	3-33
圖 3-17 東日本鐵道公司安全風險矩陣圖	3-37
圖 3-18 東日本鐵道公司三維風險矩陣示意圖	3-38
圖 3-19 東日本鐵道公司安全投資金額趨勢	3-38
圖 3-20 臺灣鐵路管理局行車保安委員會組織	3-40
圖 3-21 臺灣鐵路管理局風險管理推動小組組織圖	3-41
圖 3-22 臺鐵風險管理推動小組研擬之主要風險項目架構圖	3-42
圖 3-23 臺鐵 10×10 風險矩陣簡化示意圖	3-43
圖 3-24 高鐵公司風險評估分析模式	3-50
圖 3-25 台灣高鐵營運階段安全組織	3-54
圖 3-26 台灣高鐵營運階段危害管理流程圖	3-55
圖 3-27 臺北捷運營運可靠度相關組織架構與績效目標值	3-59
圖 3-28 臺北捷運「超過 5 分鐘延誤」事故數改善趨勢圖	3-61
圖 3-29 新市站與中正路平交道軌道佈設示意圖	3-69
圖 3-30 甲仙震央與各高鐵列車停車位置示意圖	3-72
圖 3-31 生命週期內之危害登錄表示意圖	3-76
圖 3-32 香港地鐵危害登錄表於生命週期內運作示意圖	3-77
圖 3-33 臺灣桃園國際機場聯外捷運系統風險管理資訊平台	3-80
圖 3-34 台灣高鐵風險管理系統	3-81
圖 3-35 台灣高鐵風險管理系統（續）	3-81
圖 3-36 英國設備監控商提出之軌道危害登錄系統	3-83
圖 3-37 歐洲 MODURBAN 系統危害登錄表	3-84
圖 3-38 香港地鐵危害登錄表	3-85
圖 4-1 實務危害辨識之可行方法	4-2
圖 4-2 檢核表分析法檢核流程	4-5

圖 4-3	HAZOP 之操作流程.....	4-10
圖 4-4	狀態轉換圖範例示意圖	4-11
圖 4-5	可靠性方塊示意圖	4-11
圖 4-6	階層式樹狀結構分解示意圖	4-12
圖 4-7	條列式樹狀結構分解示意圖	4-13
圖 4-8	工作分解樹.....	4-14
圖 4-9	風險分解樹.....	4-15
圖 4-10	WBS 與 RBS 矩陣.....	4-15
圖 4-11	天津快軌工程之 WBS-RBS 矩陣案例	4-16
圖 4-12	史丹福 SRI 情境分析六步驟.....	4-18
圖 4-13	失誤樹分析範例.....	4-25
圖 4-14	事件樹分析範例.....	4-26
圖 4-15	風險辨識方法之時間構面	4-27
圖 5-1	臺鐵事故分類與原因分析架構示意圖	5-20
圖 5-2	臺鐵事故原因分類樹狀圖(前三個階層)	5-21
圖 5-3	臺鐵事故原因分類-五個階層架構示意圖	5-22
圖 6-1	臺鐵安全風險辨識流程	6-2
圖 6-2	本研究安全危害分類原則	6-4
圖 7-1	以「空間」界定分析範圍示意圖	7-3
圖 7-2	以「流程」界定分析範圍示意圖	7-3
圖 7-3	用路人通過平交道行為	7-4
圖 7-4	構建「Or」閘關係之範例.....	7-5
圖 7-5	構建「And」閘關係之範例	7-6
圖 7-6	鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹（第 1 頁）	7-15
圖 7-7	鐵路列車與公路車輛碰撞事件樹.....	7-27
圖 7-8	鐵路列車與行人碰撞失誤樹（第 1 頁）	7-32
圖 7-9	鐵路列車與行人碰撞事件樹.....	7-36

表 目 錄

	頁 次
表 3.1 安全完整性等級標準	3-4
表 3.2 安全風險矩陣表	3-7
表 3.3 危害發生頻率	3-7
表 3.4 危害嚴重程度	3-8
表 3.5 風險分級範例	3-8
表 3.6 EN50128 軟體安全等級表	3-10
表 3.7 EN50129 系統/子系統/設備開發安全等級表	3-13
表 3.8 澳洲塔斯馬尼亞州嚴重程度分級	3-18
表 3.9 澳洲塔斯馬尼亞州發生頻率分級	3-18
表 3.10 澳洲塔斯馬尼亞州風險矩陣表	3-18
表 3.11 澳洲塔斯馬尼亞州風險矩陣值一覽表	3-19
表 3.12 澳洲糖鐵風險矩陣表	3-19
表 3.13 澳洲糖鐵風險矩陣值一覽表	3-20
表 3.14 南韓 RAIMS 事故分析子系統	3-30
表 3.15 南韓 RAIMS 風險分析子系統	3-31
表 3.16 南韓 RAIMS 軌道系統人員可靠度分析子系統	3-32
表 3.17 香港地鐵風險矩陣值一覽表	3-34
表 3.18 香港地鐵風險矩陣表	3-35
表 3.19 臺鐵局 96~98 年風險管理教育訓練情形	3-41
表 3.20 臺鐵局行車類風險-風險機率分級表	3-43
表 3.21 臺鐵局行車類風險-運務處之影響程度	3-44
表 3.22 臺鐵局行車類風險-工務處之影響程度	3-44
表 3.23 臺鐵局行車類風險-機務處之影響程度	3-45
表 3.24 臺鐵局行車類風險-電務處之影響程度	3-45
表 3.25 臺鐵局近兩年行車類風險比較表	3-46

表 3.26 臺鐵局非行車類風險機率分級表	3-47
表 3.27 臺鐵局非行車類風險影響程度等級表	3-47
表 3.28 臺鐵局近兩年非行車類風險比較表	3-48
表 3.29 臺鐵局近兩年三鐵共構車站風險比較表	3-48
表 3.30 台灣高鐵之風險目標值	3-49
表 3.31 各國風險目標值之比較	3-50
表 3.32 台灣高鐵之軌道承商提送風險預估值比較表	3-51
表 3.33 台灣高鐵風險分類矩陣－頻率估計	3-52
表 3.34 台灣高鐵風險分類矩陣－嚴重程度估計	3-53
表 3.35 台灣高鐵風險分類矩陣表	3-53
表 3.36 台灣高鐵風險矩陣值一覽表	3-54
表 3.37 臺北捷運風險矩陣值一覽表	3-57
表 3.38 臺北捷運風險矩陣表	3-58
表 3.39 高雄捷運系統各階段應執行的安全管理工作項目	3-62
表 3.40 高雄捷運系統安全風險標準	3-62
表 3.41 高雄捷運個別系統安全風險目標	3-63
表 3.42 高雄捷運安全風險矩陣表	3-63
表 3.43 中正路平交道虛驚事件原有風險矩陣	3-70
表 3.44 中正路平交道新增對策後風險矩陣	3-71
表 3.45 高鐵局之風險嚴重度等級	3-72
表 3.46 高鐵局之風險可能性等級	3-73
表 3.47 甲仙出軌事故原有風險矩陣	3-73
表 3.48 甲仙出軌事故新增對策後風險矩陣	3-74
表 3.49 危害登錄表之功能項目	3-78
表 3.50 國內外軌道風險管理綜整表	3-88
表 4.1 EN50126 軌道系統風險辨識之方法	4-2
表 4.2 What-If 分析表範例	4-7
表 4.3 HAZOP 之引導字範例	4-9
表 4.4 HAZOP 於行人通過平交道的應用範例	4-9
表 4.5 衝擊與不確定矩陣範例	4-19

表 4.6	FMEA 操作表格範例.....	4-22
表 4.7	FMEA 嚴重性等級範例.....	4-22
表 4.8	FMEA 發生率等級範例.....	4-22
表 4.9	FMEA 檢測率等級範例.....	4-23
表 4.10	失誤樹常用分析符號.....	4-25
表 5.1	英國列車危害分類項目.....	5-1
表 5.2	英國移動危害分類項目.....	5-3
表 5.3	英國非移動危害分類項目.....	5-5
表 5.4	澳洲糖鐵危害項目.....	5-13
表 5.5	南韓軌道事故報告法規中的事故分類表.....	5-15
表 5.6	歐洲 MODURBAN 危害項目.....	5-16
表 5.7	鐵路行車規則第一百二十二條律定之行車事故項目.....	5-19
表 5.8	臺鐵局原規章事故分類與整併後事故對應表.....	5-19
表 5.9	台灣高鐵危害項目.....	5-23
表 5.10	臺北捷運事故種類.....	5-23
表 5.11	高雄捷運事故種類.....	5-24
表 5.12	阿里山森林鐵路風險項目.....	5-25
表 5.13	台糖公司生產事業鐵路行車事故分類表.....	5-28
表 5.14	台糖公司生產事業鐵路行車事故死傷原因分類表.....	5-28
表 5.15	各系統之危害/事故項目總數、主要分類數、分類階層 數比較.....	5-29
表 5.16	各系統各階層之分類方式比較表.....	5-29
表 5.17	各系統各階層之分類方式比較表.....	5-30
表 5.18	各系統採用之分類比較與統計表.....	5-31
表 6.1	臺鐵危害清單.....	6-7
表 6.2	臺鐵列車衝撞事故與危害清單之關係.....	6-12
表 6.3	臺鐵列車出軌事故與危害清單之關係.....	6-12
表 6.4	臺鐵火災事故與危害清單之關係.....	6-12
表 6.5	臺鐵車輛故障事故與危害清單之關係.....	6-13
表 6.6	臺鐵路線故障事故與危害清單之關係.....	6-13

表 6.7	臺鐵電車線設備故障事故與危害清單之關係	6-13
表 6.8	臺鐵號誌設備故障事故與危害清單之關係	6-13
表 6.9	臺鐵列車障礙事故與危害清單之關係	6-13
表 6.10	臺鐵列車延誤事故與危害清單之關係	6-14
表 6.11	臺鐵行車運轉死傷事故與危害清單之關係	6-14
表 6.12	臺鐵其他事故與危害清單之關係	6-14
表 6.13	臺鐵營業科旅客傷亡事故與危害清單之關係	6-14
表 6.14	臺鐵勞安室員工職災事故與危害清單之關係	6-15
表 7.1	歷史資料統計範例	7-9
表 8.1	三甲平交道現況控制方法	8-6
表 8.2	三甲平交道建議新增控制方法	8-10

第一章 緒論

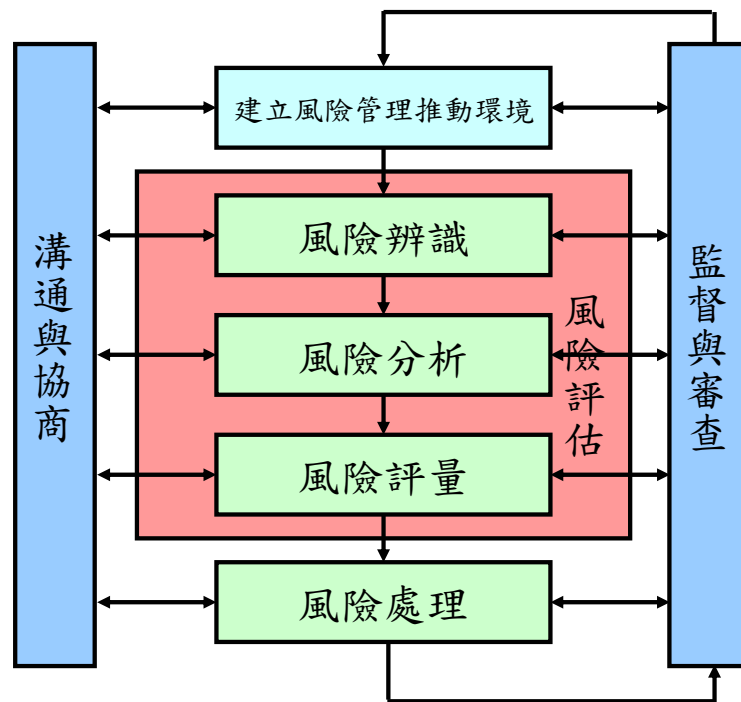
1.1 研究緣起

臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵）為國內歷史最悠久的鐵路營運單位，營運路線長達千餘公里，不但肩負每日高達 49 萬旅次（98 年）的運輸任務，更是年節例假日南北輸運的重要工具。近年來臺鐵事故頻傳，死傷較嚴重者如民國 96 年造成 5 死 15 傷的大里邊撞意外，或是民國 95 年花蓮崇德隧道導致 5 名道班工與電務工死亡的撞擊意外，均造成社會很大的衝擊。為提昇安全水準避免憾事一再重演，必須有系統地重視與審視安全課題，預設並推動排除與防範危害的措施。

先進國家運輸系統均藉著「安全管理系統」（Safety Management System），追求與提昇系統安全，例如國際航空組織（International Civil Aviation Organization）的安全管理手冊（Safety Management Manual）與國際海事組織（International Maritime Organization）的國際安全管理規範（International Safety Management Code）。軌道運輸先進國家之軌道安全監理（政府）與軌道安全管理（業者），均採用以「風險管理」（Risk Management）或「危害管理」（Hazard Management）為基礎之安全管理制度，據此才能面對現實的安全問題、篩選關鍵課題、探討危害之原因與後果、研擬排除危害之手段，以及推動安全改善。

建立以風險管理為基礎之安全管理系統，首要之務為導入風險管理的概念。任何組織皆存在影響組織目標之風險，而風險均有其發生的可能性與嚴重程度，為有效管理可能發生的風險，降低其不利的影響，所執行之步驟與過程即為風險管理。如圖 1-1 所示，風險管理包括風險辨識（Risk Identification）、風險分析（Risk Analysis）、風險評量（Risk Evaluation）、風險處理（Risk Treatment）、監督與審查

（Monitor and Review）及溝通與協商等 6 大步驟^[73,97]，其中又以風險辨識最為關鍵，若風險自始未能予以確認，自然談不上後續執行風險等級評估、對策研擬、監督與處理等程序，更談不上建立以風險管理為基礎的安全管理系統。此外，若辨識過程遺漏了重要的風險，將導致系統暴露於原本可規避的威脅下、錯失避開風險的機會。



資料來源：[73,97]

圖1-1 風險管理架構及程序

1.2 研究目標

本研究參考先進國家於軌道安全管理系統中，導入風險管理及提昇軌道運輸安全之經驗，針對臺鐵系統安全問題，研究適用於臺鐵風險辨識的可行作法，藉以辨識臺鐵的風險來源，釐清可能的危害項目。研究成果可做為臺鐵執行風險辨識之參考，更可作為導入風險管理制度之基礎。

1.3 研究範圍與對象

風險管理的應用範疇相當廣泛，對軌道營運機構而言，包括天然災害、行車事故、司機員罷工等，均為可能之風險。惟本研究主要是探討軌道運輸安全議題，因此研究範圍著重在風險管理於運輸安全之應用，以風險管理步驟中的風險辨識為研究重點，並以臺鐵系統為案例進行探討。

1.4 研究內容與項目

本研究案完成的工作項目包括：

1. 回顧並整理國內外鐵路風險辨識實務經驗、風險或危害項目及作法。
2. 針對鐵路運輸安全，蒐集並綜整國內外風險辨識理論、方法及應用等文獻。
3. 針對國內鐵路運輸業蒐集分析風險辨識的作法與對策。
4. 比較分析國內外風險辨識理論及實務，與臺鐵安全方面之風險辨識實務與實做方法，包括人員、運具、場站、設施及制度等。
5. 參考國內外鐵路運輸安全風險辨識實務經驗及臺鐵實務作業方式，列出臺鐵安全方面所有的可能危害項目。
6. 選擇臺鐵 2 項危害項目，依據風險辨識程序，辨識臺鐵安全之風險來源、可能導致的情況、可能對目標造成的影響、可能會涉入或受到衝擊的利害相關者、現有控制方法無法發揮控制功能的原因等，分析其風險是否需要管理，建立風險辨識之執行步驟與過程。
7. 辦理鐵路運輸風險辨識之訓練課程。
8. 邀集 7 位鐵路安全學者與專家，出席 6 次工作會議，使本研究案之建議具體可行。

9. 完成 2 篇學術論文，並於本所「運輸安全資訊網」刊登 2 篇科技新知，於「相關網站連結」推薦安全資訊網站連結。

1.5 研究方法與流程

本研究係應用風險管理的技術於軌道運輸安全的初步探討，綜合考量本研究的工作項目與特性，規劃研究流程如圖 1-2 所示：

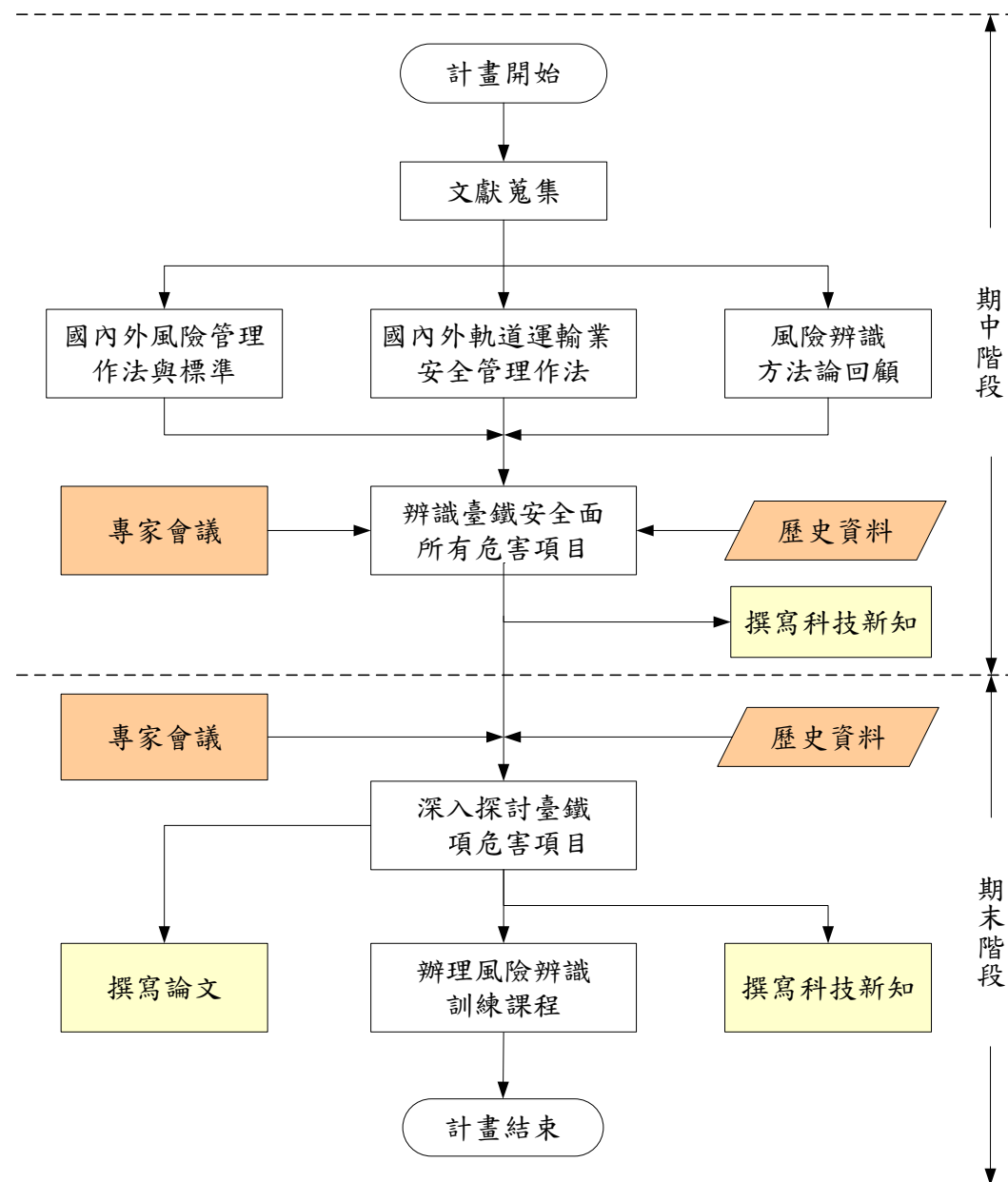


圖1-2 研究流程圖

根據該研究流程，茲將研究進行步驟與方法說明如下：

1. 文獻蒐集回顧

(1) 國內外風險管理作法與標準

風險管理應用的層面極廣，舉凡金融保險、專案管理、工程設計等都屬其應用範疇。透過風險管理的手段，管理階層可充分了解系統潛藏的危害，排除阻礙目標達成的障礙，因此，先進國家針對風險管理均已發展一套系統化的作法。本研究首先回顧國外風險管理的基本概念與作法，同時參考行政院研考會所研擬的「風險管理及危機處理作業手冊」，說明風險管理的 6 步驟。

(2) 國內外軌道運輸業安全管理作法

辨識臺鐵安全危害項目乃本研究重點，因此，在回顧完風險管理概念與風險辨識的方法論後，本研究蒐集整理國內外應用風險管理於軌道運輸安全的各項標準與作法，亦即軌道運輸業安全管理的作法，包括歐盟針對軌道建設的規劃設計、施工、以及營運等各階段所制訂的規範，同時亦蒐集整理國內外有關軌道安全管理的相關文獻作為後續研究之參考。

(3) 風險辨識方法論回顧

對企業而言，風險辨識的目的在於發掘並釐清影響企業經營目標的可能風險，其產出為風險登錄冊（Risk Register）。若應用在軌道安全研究，風險辨識的目的在於找出影響軌道系統營運安全的危害項目，其產出則稱為危害登錄表（Hazard Log）。為了順利達成研究目標，本研究回顧各種風險辨識的方法論，以便進行臺鐵安全危害的辨認，惟風險辨識的方法眾多，不同個案因環境背景差異並無標準的辨識作法，因此，本研究依據 EN50126^[12] 中的分類方式以及軌道業界常用的方法，逐一探討作為辨識臺鐵安全危害項目的參考。

2. 辨識臺鐵安全方面所有危害項目

本項工作係應用風險辨識的技術，找出臺鐵安全方面可能的危害項目。由於軌道系統相當複雜，包括土木建築、系統機電以及人員操作等，均潛藏安全的危害項目，若欲在研究的時程及經費下，從無到有的辨識出臺鐵所有的安全危害項目恐有困難。因此，本研究以其他軌道系統安全危害列表與一般系統安全原則為基礎，參酌臺鐵事故歷史資料，考慮組織架構、技術與系統設備更新，以及中長程經營策略，透過類似系統的比較以及學者專家的腦力激盪，以辨識臺鐵可能的安全危害項目，如圖 1-3所示。

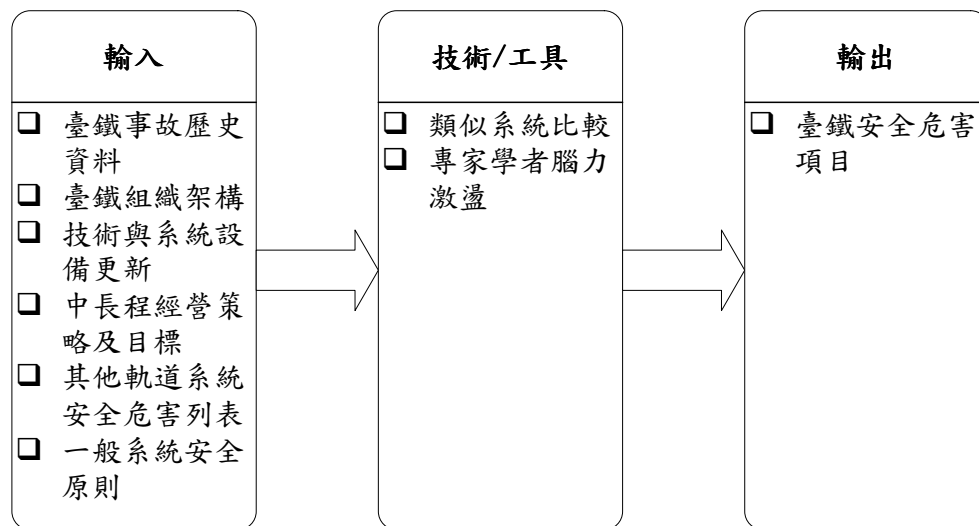


圖1-3 辨識臺鐵安全危害項目方法

3. 深入探討 2 項臺鐵危害項目

本研究經與臺鐵局討論後，選擇「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」及「鐵路列車與行人於平交道碰撞」2 項危害進行深入探討，其中考量平交道防護設備失效對此 2 項危害造成的影響。此外，包括危害的原因、可能導致的情況、可能涉入或衝擊的對象、控制方法等都是深入探討的內容，目的在建立風險分析的執行步驟與流程範例，供後續臺鐵持續提昇其安全水準之參考。有關危害的原因分析採用失誤樹分析（Fault Tree Analysis, FTA）技術，而危害的後果分析則採用

事件樹分析（Event Tree Analysis, ETA）技術，透過危害的原因及後果分析，建議臺鐵各部門可額外採取的控制方法。

4. 辦理風險辨識訓練課程

本研究於 99 年 10 月 26 日於臺鐵局辦理軌道系統風險辨識之訓練課程，課程主題分別為「風險辨識方法與實作」及「失誤樹與事件樹分析方法與實作」。該次會議除了分享本研究成果與經驗外，亦汲取參與人員的意見回饋與其他系統的風險辨識經驗，使研究成果更為完善。

5. 論文與科技新知撰寫

本研究共完成 2 篇學術論文，其一為「國外鐵路系統風險管理實務」，收錄於中興工程季刊第 110 期，其二為「鐵路安全風險辨識方法之回顧與案例分析」，收錄於 99 年中華民國運輸學會論文集，另撰寫 2 篇科技新知，分別為「軌道系統風險管理名詞定義」與「失誤樹運用」，收錄於本所之運輸安全資訊網。

第二章 風險管理作法與標準

風險管理的概念最早起源於金融保險業的風險評估，爾後專家學者陸續建立風險評估的科學方法，近年來企業管理、災害防治、醫療保健等領域均導入風險管理的概念，各先進國家亦發展許多標準與規範，一度蔚為風潮。整體來說，風險管理的功能在於協助管理者有系統的發現潛在風險，並分析評估可能帶來的影響，預先採取因應的措施予以防範。本章於2.1節說明軌道安全風險之名詞定義，2.2節進行風險管理的理論回顧，2.3節說明所蒐集到國內外風險管理的流程與步驟。

2.1 名詞定義

不同國家或者單位對於風險管理的名詞用法不盡相同，因此欲介紹風險管理之前，必須定義風險管理之名詞，茲將軌道系統安全相關的風險管理名詞定義如下：

1. 事故（Accident）與事件（Incident）

字典上對事故的定義為：非預期發生的情事，且往往導致不幸的後果；對事件的定義則為：意外發生的情事，從中無法看出明顯的區別。然而，事故與事件的定義影響安全績效甚鉅，因此國際上軌道運輸界對事故與事件的定義有明顯的分野^[2, 54, 70, 80]，其中，事故定義為：實際造成人員傷亡、財產損害或是環境破壞的情事；事件則定義為：不會造成實質損害，但會對軌道系統的營運與安全造成影響的情事。

2. 危害（Hazard）

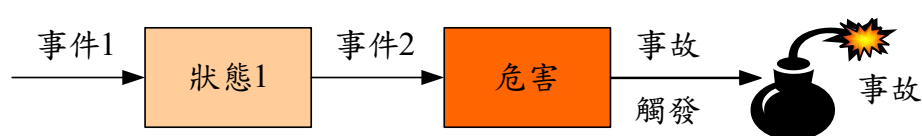
單純就 Hazard 這個字，字典的定義為，可能對人們的健康或安全或是對一個計畫造成損害的情事，亦即 Hazard 描述的是一種「潛在」的因素。例如英國鐵路安全標準委員會（Rail Safety and Standards

Board, RSSB) 將危害事件 (Hazardous Event) 定義為可能造成人員受傷或死亡的事件；美國聯邦緊急事故管理總署 (Federal Emergency Management Agency, FEMA) 定義 Hazard 為潛在危險或有害狀況的來源；我國行政院風險管理與危機處理手冊^[97]的定義為：一個潛在的損害或一個可能會造成損失的事態。

從上述定義可以發現，「危害」並不一定會造成損害的發生，除非同時滿足其他的條件。陳天健等人所著災害管理學辭典^[112]中亦說明「危害」指的是一種情況或連串狀況的改變，進而產生可能造成人們受傷、生病或財務損壞的潛在可能性；或指一種作業、情況或環境的潛能，亦或是先天本質會產生不良或有害的結果。也就是說，「危害」僅是構成災害的一個重要因素，無論人為或自然因素的潛在危害不一定會釀成災害，若事先妥善作好防備即可能化險為夷。

鄧家駒^[127]在其所著風險管理一書中將危害區分為 Hazard 與 Peril，並說明此二者與 Risk 的關係，意即 Risk 發生的近因或直接因素即是 Peril，至於發生的遠因或間接因素則稱為 Hazard。例如，「菸蒂火苗」、「人為疏失」屬於火災的 Peril，「天候乾燥」、「易燃建材」則屬於火災的 Hazard。然而，軌道運輸業界對 Risk 的定義與一般風險管理的定義略有不同。

英國的 Yellow Book^[57, 69]對於事件、危害以及事故的發生順序給予明確的定義，即：事件可能會引起危害、而危害可能會引起事故，其中危害可視為事故的前一項引發因子，若該系統有容錯設計或者已實施風險減緩措施，則事件未必會形成危害、危害也未必會直接觸發事故發生，其概念如圖 2-1 所示：



資料來源：[57, 69]及本研究繪製

圖2-1 英國 Yellow Book 定義事故發生順序

歐盟制訂的 EN50126^[17]規範軌道系統的安全規定，是國際上軌道界遵循的標準，該規範對 Hazard 的定義為：「可能會直接導致人員受傷的情事」，規範中也補充說明諸如財產損失、或是對環境造成傷害都屬 Hazard 的範疇，而 EN50129^[21]對 Hazard 的定義更為簡單直接，亦即「可能會直接造成事故的情事」即是 Hazard。本研究以 EN50126^[17]、EN50129^[21]、Yellow Book^[57, 69]對危害的定義為依據進行分析。

3. 風險 (Risk)

Risk 起源於希臘文的 Risa，是懸崖峭壁的意思^[113]；從 Webster's 字典^[106]中的解釋亦發現，風險定義為傷害、損毀、或損失。從中推論，早期對風險一詞的解釋即是危險。

隨著風險管理這門學科的發展，對風險的定義有了些微的變化。Mowbray^[45]認為風險可以分成純粹風險 (Pure Risk) 與投機風險 (Speculative Risk) 兩大類，前者表示其結果只會變壞，不會改善；後者則表示其結果可能變壞，也可能轉好。鄧家駒^[127]在其所著風險管理一書中亦引用上述對風險的定義，說明例如搭乘交通工具的風險即屬於純粹風險；投資股票等可能獲利的行為則屬於投機風險，無論哪一類風險，都隱含有機率的概念。

由於風險管理應用層面極廣，不同應用領域對風險都有不同的解讀。凌貳寶^[110]收集整理保險業與實務界對風險一詞的 8 種主張，包括：

- (1) 遭受損失的可能或情況
- (2) 損失發生的機率或機會
- (3) 損失發生的原因
- (4) 造成損失的條件因素
- (5) 遭受損失的主體：生命與財產
- (6) 潛在可能的損失
- (7) 潛在可能損失之變異性

(8) 攸關損失的不確定性

Eccles 與 Puschaver^[14]則提出商業風險的概念 (Business Risk)，認為風險主要由三個要素所組成，分別是危害 (Hazard)、機會 (Opportunity)、與不確定性 (Uncertainty)。有些學者亦提出風險的衡量方式，包括 Wharton^[79]將風險視為事件發生次數 (Frequency) 與事件規模 (Consequences) 的乘積；部分研究更直接從「機率」與「損害」2 個具體的構面來衡量風險^[4, 74, 120]；我國的行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準亦定義風險是影響組織目標之事件，及其發生之可能性與嚴重程度。

EN50126^[17]將風險定義為：「造成損害的危害 (Hazard) 之發生機率以及其損害的嚴重性」。必須特別強調的是，只有確實造成損害的事件才是風險的涵蓋範疇，因為風險必須能比較與衡量，若沒有造成損害則無法衡量。例如，「列車出軌」這件危害的發生機率與造成的嚴重性即是風險；「冒進號誌」則屬事件，並未造成損害，所以冒進號誌的發生機率與造成的嚴重性不算風險（實務上無法衡量其嚴重性）。更白話的說，風險即是「事故 (Accident) 之發生機率以及其嚴重性的乘積」，若以數學表示，其計算方式為：

$$\text{風險} = \text{事故的機率} \times \text{事故的嚴重程度} \quad (2.1)$$

本研究目的在辨識軌道系統安全層面的風險，因此，以 EN50126 對風險的定義為主要依據。

2.2 風險管理回顧

本節說明風險管理的整體概念，最後介紹風險管理的相關理論。

2.2.1 風險管理概念

風險管理 (Risk Management) 是門應用科學，其主要理念在於控管未來不確定性的各種結果，並探討為了控管結果所需支付的代價，

目的在於從「結果」與「代價」之間取得平衡，達到降低風險並減少非預期結果的發生^[127]。澳洲暨紐西蘭風險管理標準^[73]（Australian / New Zealand Standard on Risk Management）將「風險管理」定義為對於風險確認、分析、評估、處理和監督的任務，以管理政策、程序和手法並作系統性的應用^[123]。

綜合上述對風險管理的定義可以得知，若以組織安全目標為例來說明，由於達到絕對的安全必須投入極大的代價，相反的，若不願意做任何預防則必須忍受極大的危險，因此，此時的風險管理宗旨在於「合理的成本下換取可接受的風險」，意即在「結果」與「代價」的組合中尋求最經濟有效的管理策略，並運用系統的方法發掘風險並評估風險，尋求經濟合理的方案以降低風險^[91]。

若用數量化方法來表達風險管理的模式，可將風險的成本區分為「遭遇風險的損失」、「預防與控制風險的成本」。前者屬於被動的「損失支出」，後者屬於主動的「控制支出」，亦可視為預防成本^[127]。因此當個人或組織欲將實際遭遇風險的損失控制在極低的水準時，則必須支付高額的預防與控制成本；反之若希望節省預防與控制成本時，則可能遭受實際高額的損失。因此風險管理的總成本，即是遭遇風險的實際損失，加上預防及控制成本的總和。對個人或組織來說，應尋求最小總成本，所以風險管理的實際功用在於維持一種合理代價下的風險水準，也就是在有效配置總風險成本下，維護與調整風險存在於可接受的限度之內。

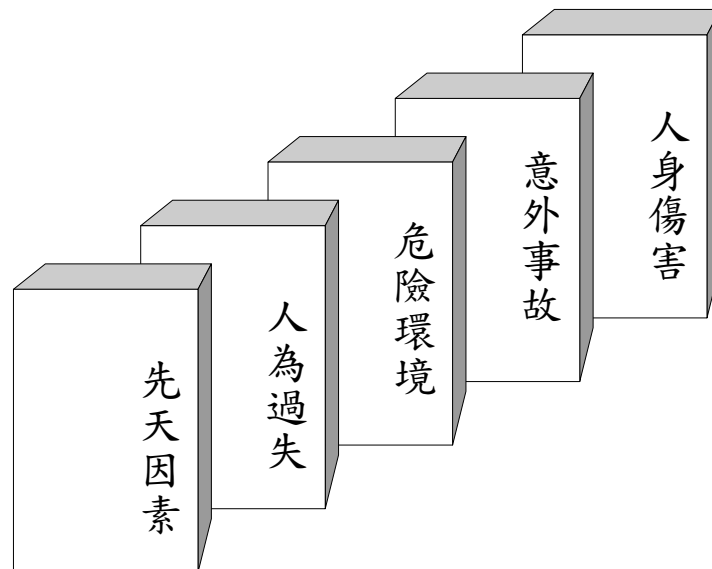
綜合上述得知，風險管理的最終目的並非不計代價的將風險或危險降至最低，而是要尋求一個均衡點，採取最經濟的作法讓風險或危險控制在可以接受的水準之內。

2.2.2 風險管理理論

風險理論（Risk Theory）目的在藉由科學分析的方法，探究風險發生的原因並尋求改善之道，本節簡要說明常見的風險理論。

2.2.2.1 骨牌理論

骨牌理論由 Heinrich^[29]提出，他認為人員意外傷害的結果乃源於一連串環環相扣、互為因果的事故所導致，類似像骨牌效應，其原理著重於探索風險發生的直接前因後果，據以追本溯源以杜絕風險發生的誘因。此一觀念可用五張骨牌的因果關係來說明闡述，第一張骨牌表示環境或先天上的因素，第二張骨牌表示人為的過失，第三章骨牌則是人為與機械之危險環境，第四張骨牌是意外事故，最後一張骨牌則是人身傷害，如圖 2-2所示^[91]。骨牌理論所要闡述的重點是，只要當中有一張骨牌能夠不被推倒，就不會發生人員的意外。例如，儘管火災（意外事故）發生，只要搶救處置得宜，不一定會造成人員傷亡。



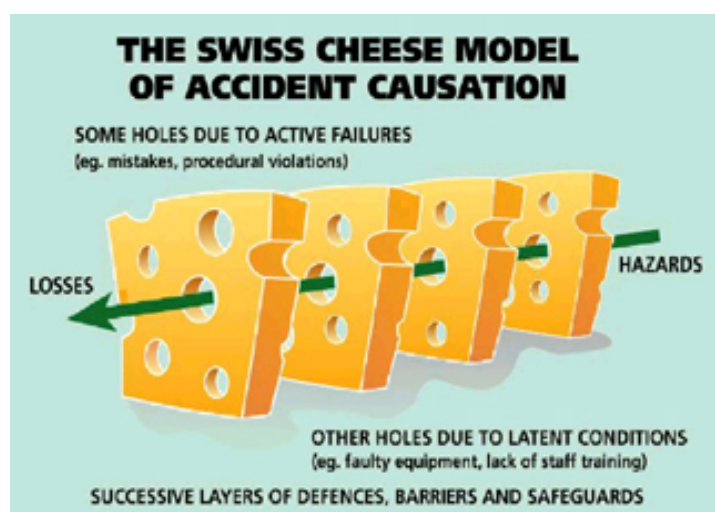
資料來源：[91]及本研究繪製

圖2-2 骨牌理論示意圖

Heinrich 並以此理論針對 75,000 件工業安全意外進行調查，發現其中高達 88%意外肇因於人員的不當行為，10%則是由於危險的物品或機具所致，若以圖 2-2為例說明，亦即只要預防第二張與第三張骨牌的倒下，即可避免最終人員的傷亡。

2.2.2.2 乳酪理論

乳酪理論由 James Reason^[35]所提出，如圖 2-3所示，由於乳酪發酵的過程中會自然產生空隙，當每片乳酪疊立在一起時，可將每片乳酪的空隙視為潛在的危害，若各個乳酪片的空隙剛好湊成一直線讓光線透過，則代表災害的發生。乳酪理論把每片乳酪視為不同的防護措施，空隙即代表此防護可能的失效，只要不是所有防護措施同時失效，不幸的事件就不會發生，此理論適用於說明已知各種防護措施的情況。



資料來源：[35]

圖2-3 乳酪理論示意圖

2.2.2.3 能量釋放理論

能量釋放理論由 Haddon^[28]所提出，其認為所有意外事故的發生均可視為一種「能量失控」的現象（Energy is out of Control），如地震、颱風等自然現象都是因大自然的能量累積到一定程度時，因張力到達極限將瞬間釋放出能量，Haddon 共提出十大策略以防治意外的發生^[127]：

1. 從開始就避免意外的發生
2. 減低意外發生的條件
3. 避免危險的釋放

4. 減低危險一旦釋放的條件
5. 利用時空將危險隔離
6. 利用物品將危險隔離
7. 修改危險的性質
8. 加強人員與財物的保護
9. 意外發生時立即加以補救
10. 持續提供損傷的修護

此理論與骨牌理論的不同點在於，能量釋放理論探討事故原因時並未有明確的因果關係，適用於分析原因不明確的事故或災害，也由於無法歸咎某一特定原因而造成該意外事故，因此決策者需要周延的考量，以預防意外事故發生，同時也需要妥善準備以減少事故發生後的損失。

2.2.2.4 數量化的風險理論

有關數量化的風險理論（Quantitative Risk Theory），在保險學理內已發展出深入的數學模式，其基本理論有下列三種計量基礎^[91]，各類計量方法均有許多文獻可供參考，本研究不加以贅述。

1. 機率基礎（Probability）
2. 期望值與變異數（Expected Value and Variance）
3. 損失基礎－損失頻率（Loss Frequency）、損失嚴重性（Loss Severity）

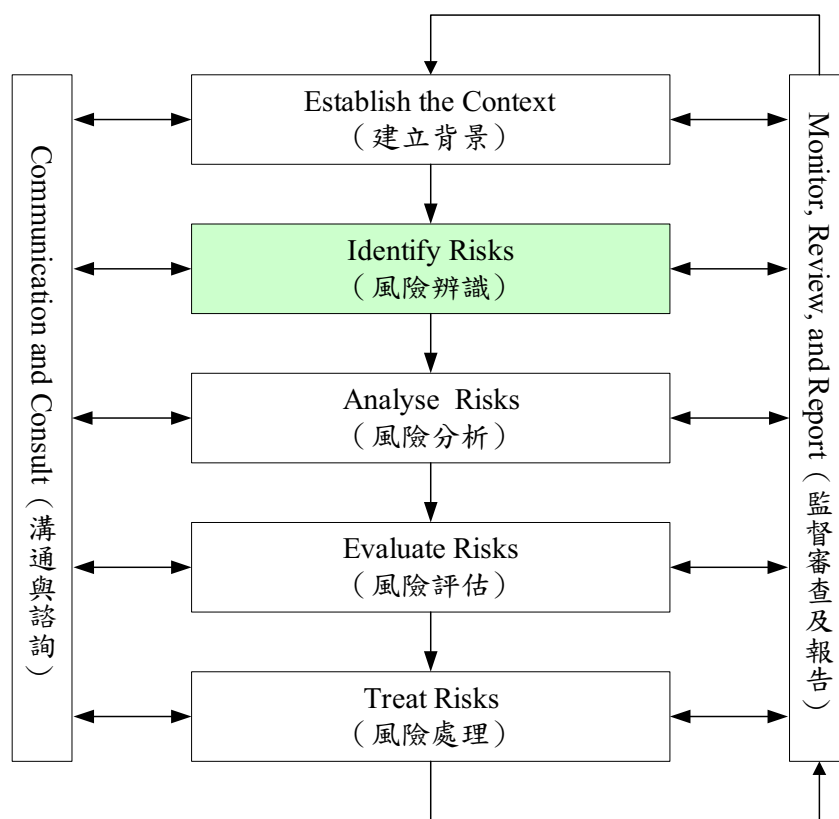
2.3 風險管理步驟

近年來，世界上許多先進國家均制訂風險管理規範，雖然這些規範的目標均為發掘系統風險並消弭潛在危害，但其中細部的執行步驟略有不同。本節首先依據蒐集到國內外制定之規範，回顧其風險管理

的步驟，之後再參考學術研究上所研擬的風險管理步驟，以利後續進行風險辨識工作時，能釐清作業範圍與內容。

2.3.1 澳洲/紐西蘭

1995 年由澳洲/紐西蘭所聯合制定的風險管理手冊為 AS/NZS 4360^[73]，為應用最為廣泛的風險管理概念。手冊中說明風險管理的相關流程包括有：溝通與諮詢、建立背景、風險識別、風險分析、風險評價、風險處置、監控與回報，如圖 2-4 所示，同時說明如下。



資料來源：[16,73]及本研究繪製

圖2-4 AS/NZS 4360 之風險管理步驟

1. 溝通與諮詢

在每個階段根據外部與內部的情形與執行者進行充分的溝通，並持續關心。

2. 建立背景

建立一個可以執行風險管理的內、外部環境，包含外部環境背景體系的「機會」與「威脅」，以及內部機關本身的「優勢」與「劣勢」。

3. 風險辨識

風險辨識的目的是找出需要管理的風險，必須使用一個有系統、結構化的方法來進行廣泛的搜尋，避免遺漏任何重大問題，搜尋的範圍應包括系統所有的風險，不論該風險是否已在機關的控制之下。

4. 風險分析

風險分析的內容應包括風險發生的原因以及所導致的結果，並評估這些原因與結果的發生機率，決定各個風險的等級，除此之外，也須檢視既有系統預防這些風險的控制措施。

5. 風險評量

風險評量是將前一步驟所決定的風險等級與系統本身的風險標準相比較，挑出其中不符系統安全標準的風險優先處理。

6. 風險處理

延續前一步驟，風險處理乃針對不符系統安全標準的風險採取因應對策，包括避免、轉移、減緩與接受，並擬定相關執行計畫。

7. 監控與回報

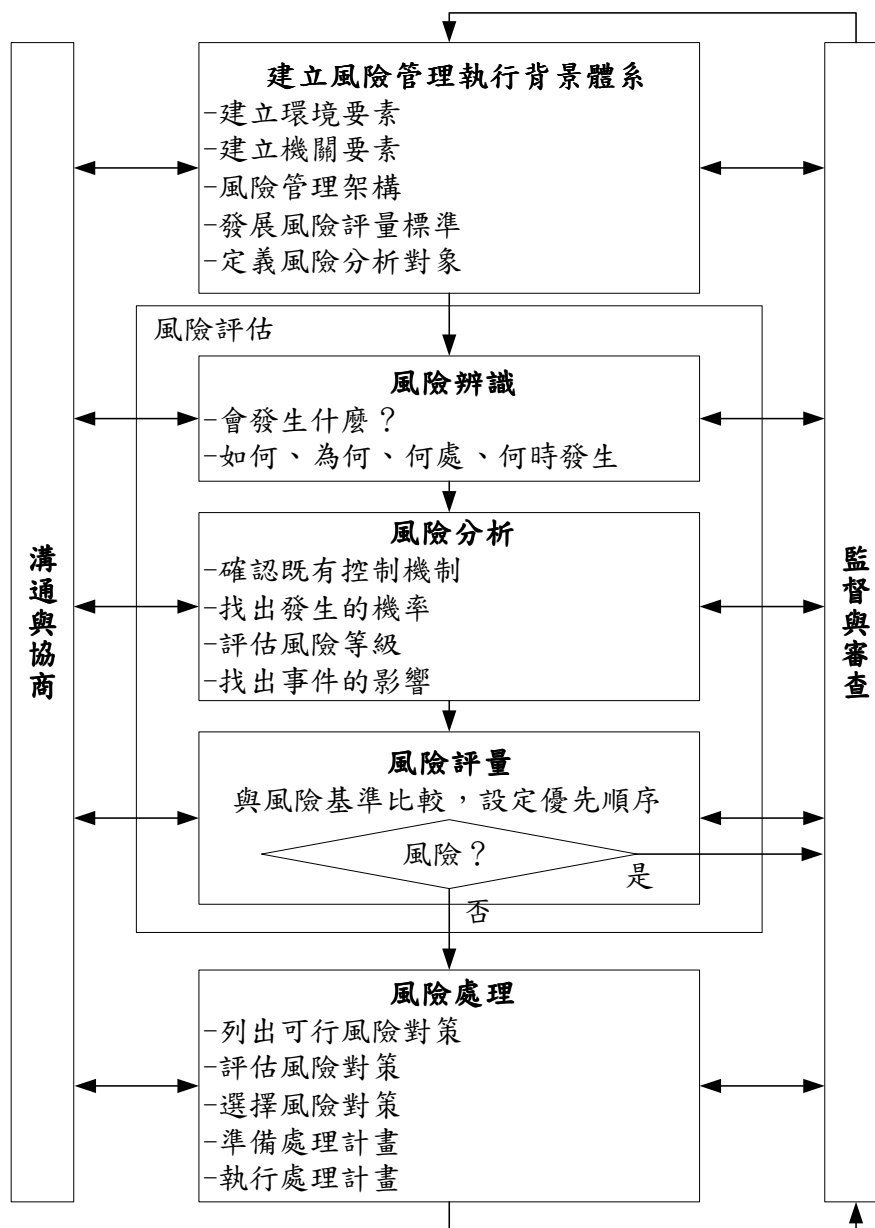
由於影響風險的因素會隨時間、環境持續改變，風險管理監控與回報的目的即是監督相關因素的變化，並觀察因應措施的成效與回報。

自 AS/NZS 4360 制定規範以來，世界各國紛紛以此為標準來訂定自己的風險管理程序或者直接依循採用，例如香港環境運輸及工務局（ETWB）於 2005 年 6 月訂定了適用於一般公共建設之「公共工程風險管理」^[16]，其中所提出之風險管理程序與 AS/NZS 4360 相同；另根據 Ingebrigtsen^[36]說明，芬蘭、瑞典與挪威等北歐國家直接依循 AS/NZS

4360 之規範進行風險管理之步驟；而第一個國際認可的風險管理標準是在 2009 年制定的 ISO 31000，該標準也是基於 AS 4360 的基礎上來制定。

2.3.2 臺灣

行政院研考會於 2009 年研擬「風險管理及危機處理作業手冊」^[97]，其明定之步驟與 AS/NZS 4360 近似，如圖 2-5 所示：

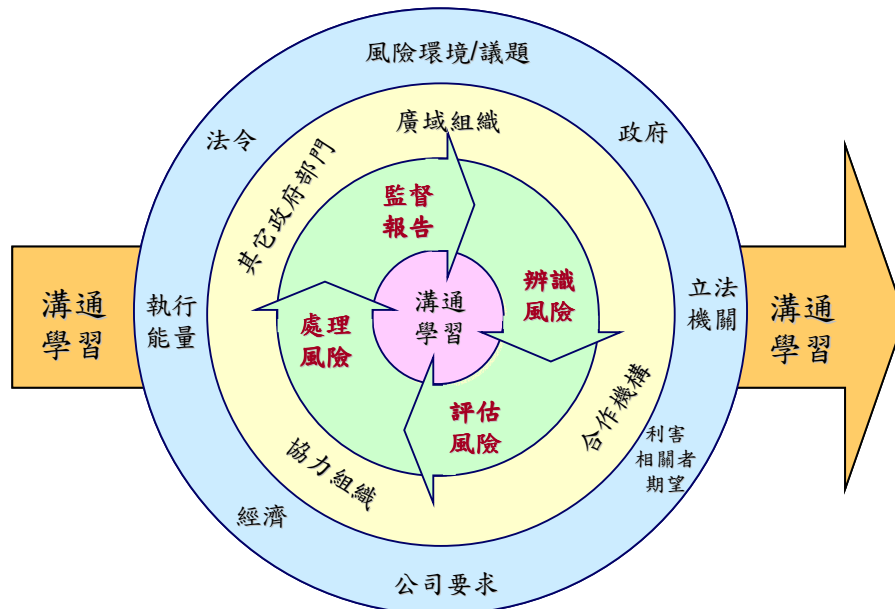


資料來源：[97]

圖2-5 風險管理及危機處理作業手冊之風險管理步驟

2.3.3 英國

英國標準協會制定的風險管理作業要點及標準為 BS 31100，其風險管理的是一個非線性的程序^[97]，由許多相互影響的要素組合而成，有效的風險管理源自於這些要素間的平衡，如圖 2-6所示。



資料來源：[97]

圖2-6 英國風險管理模式架構圖

該模式將風險管理程序分為辨識、評估、處理和監督與報告，同時該模式也顯示風險管理系統的運作，必須要考量外在的環境，而輸入條件的有效性則是維持系統運作和確保風險管理成效的關鍵。

1. 風險辨識

風險辨識可分為二個階段：

- (1) 初步風險辨識：適用於過去未以結構性方法辨識風險。
- (2) 持續性風險辨識：適用於不曾存在的新風險、既有風險的改變。

2. 風險評估

- (1) 基本原則為確認以「機率」與「嚴重性」為基準的評估程序。

(2) 評估過程必須書面化記錄。

(3) 訂出可容忍的風險，以有效管理風險。

3. 風險處理

以降低威脅與掌握機會處理機關的不確定性，以減少或規避風險所造成的損失。其處理的五個原則為：容忍、處置、轉移、終止及掌握機會。

4. 監督與報告

以持續的監督、定期檢討來維持風險管理的有效性與承諾。

2.3.4 加拿大

加拿大在風險管理上強調持續性的程序^[97]，透過機關內部與外部的交流以及持續性的學習，提昇各單位風險管理的技術能力，其架構如圖 2-7所示，茲將該程序說明如下：



資料來源：[97]

圖2-7 加拿大整合性風險管理架構圖

1. 確定議題與環境

確認問題或機會、範圍、議題和相關的風險課題，考慮必需的人員、專業知識、工具及技術，分析利害相關者以了解並確定風險容忍程度及利害相關者的認知和態度。

2. 評估主要風險議題

分析整體環境，決定何種類型的風險需要予以處理或機關及部門可能面臨的重要議題和問題。

3. 衡量可能性與嚴重性

決定所評估風險的暴露程度，以可能性及嚴重性表示，並選擇適合的工具。

4. 排列風險順序

排列風險順序，評估可容忍風險。

5. 設定預期的目標

針對確認且必須處理的風險，訂定近程和長程目標。

6. 發展代替方案

確認並分析替代方案，例如使威脅減到最小並且使機會達到最大的方法、做法和工具。

7. 選擇策略

以目標和問題（或機會）導向的判定基準選擇執行策略，並以謹慎小心的態度處理那些評估結果為，非常嚴重或不可挽救的災害及無法以科學方法判斷的不確定性。

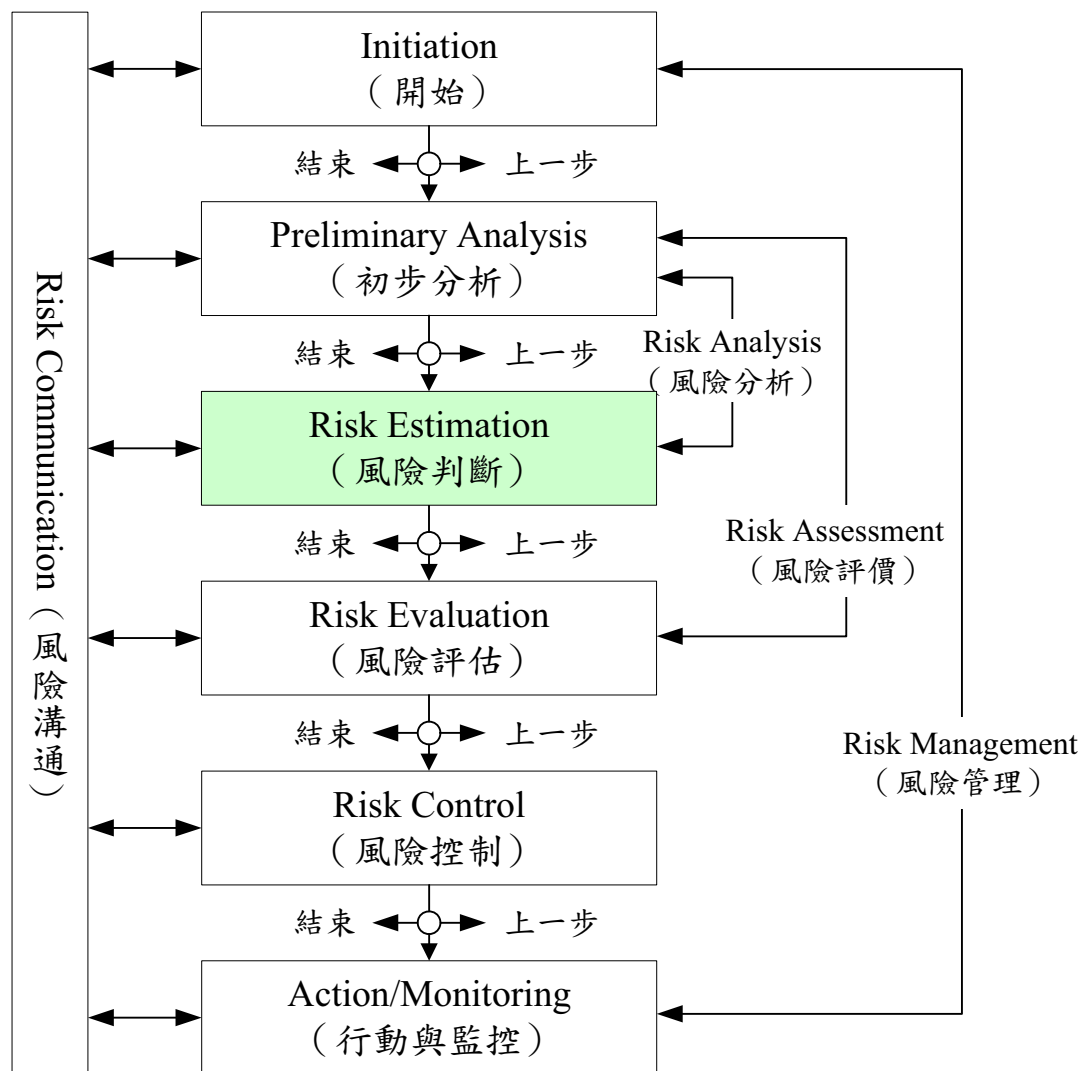
8. 執行決策

研擬和執行方案。

9. 監督、評価と調整

為了達到一致而且有效的風險管理，機構可以調整相關的步驟、系統並整合不同的作法。

此外，加拿大在決策風險管理標準所制訂的 CAN/CSA-Q850-97^[7]中，其風險管理步驟包含有初步分析、風險判斷、風險評估、風險控制、行動與監控、風險溝通，詳如圖 2-8 所示。



資料來源：[7]及本研究繪製

圖2-8 加拿大 CAN/CSA-Q850-97 風險管理步驟

2.3.5 南韓

南韓軌道研究中心 (Korea Railroad Research Institute, KRRI) ^[37, 38] 提出的風險管理步驟如圖 2-9所示，包含有：系統定義、風險分析、風險定義、風險評估、風險減緩、風險管理，該管理步驟為一循環的程序。

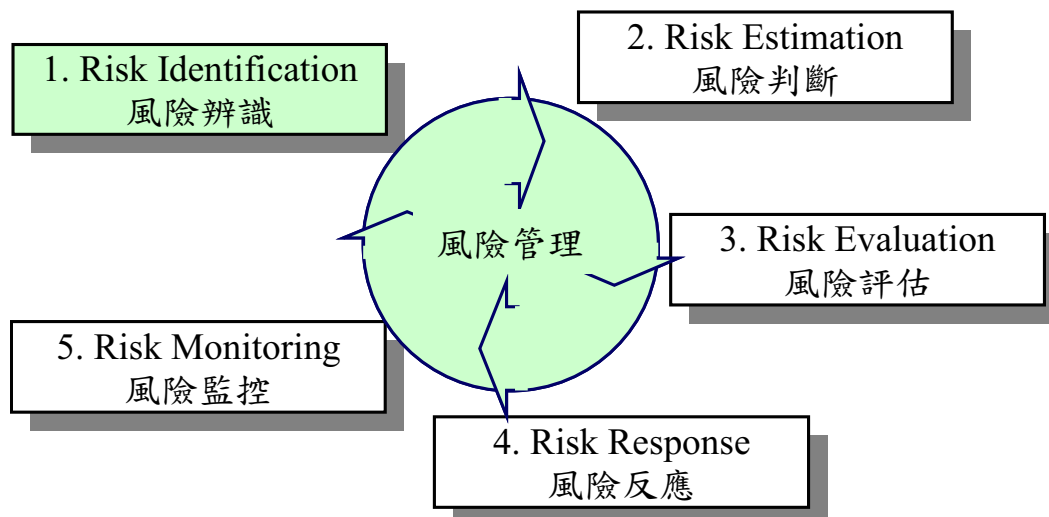


資料來源：[37, 38]及本研究繪製

圖2-9 韓國之風險管理步驟

2.3.6 學術研究之風險管理步驟

Baker 等人^[5]認為風險管理乃是一個週而復始循環的過程，包括一開始的風險辨識、風險判斷、風險評估、風險反應、以及風險監控，最後再從風險辨識重新作起，其步驟如圖 2-10所示。



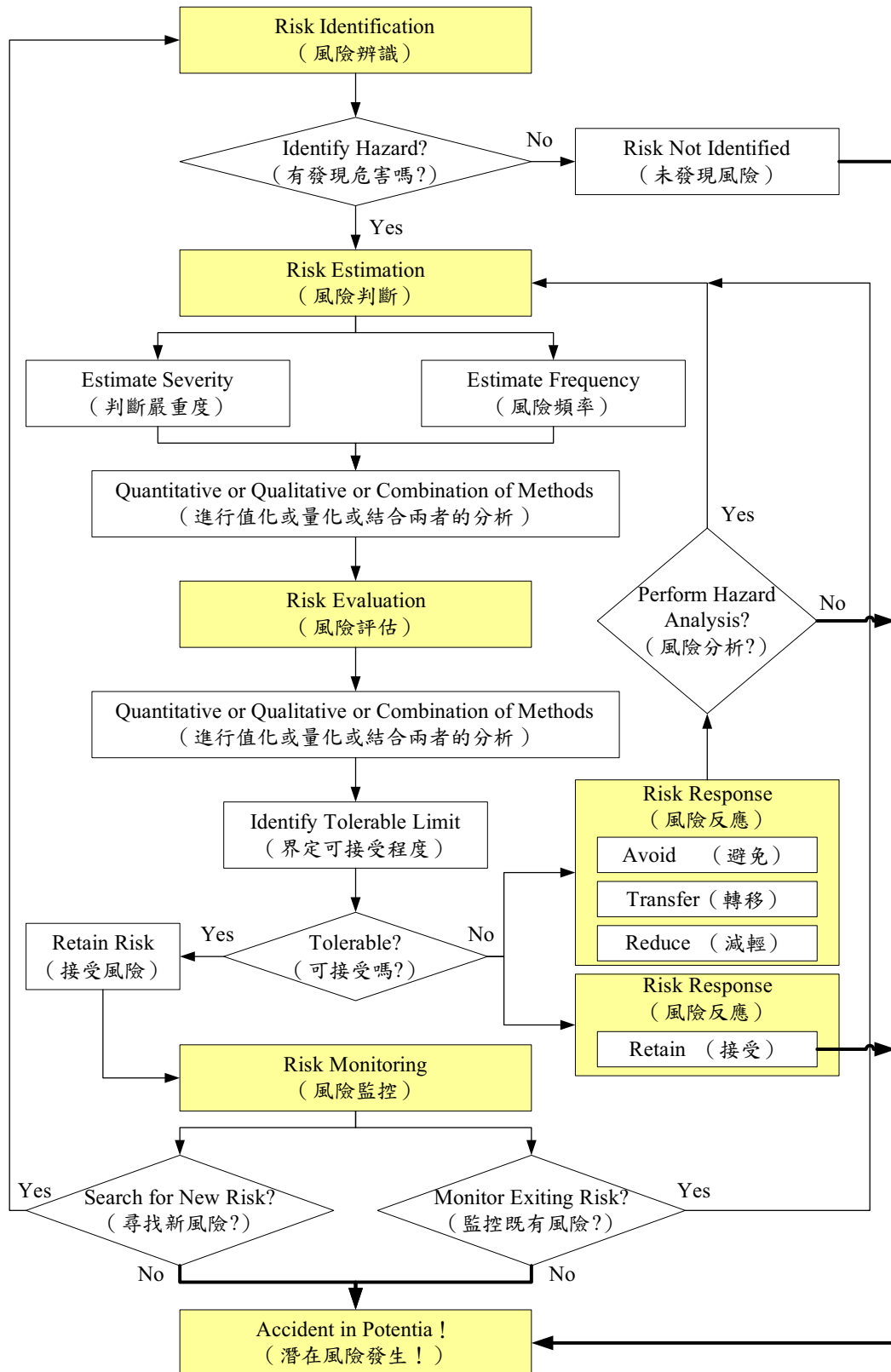
資料來源：[5]及本研究繪製

圖2-10 Baker 等人研擬之風險管理步驟

Smith 與 Harrison^[71]將危害 (Hazard) 的處理納入上述風險管理循環過程，補足了許多被遺漏的部份，其中更明確指出整個安全管理流程中會導致事故發生的關鍵步驟，提供風險管理人員更審慎的思考邏輯，其步驟如圖 2-11所示。

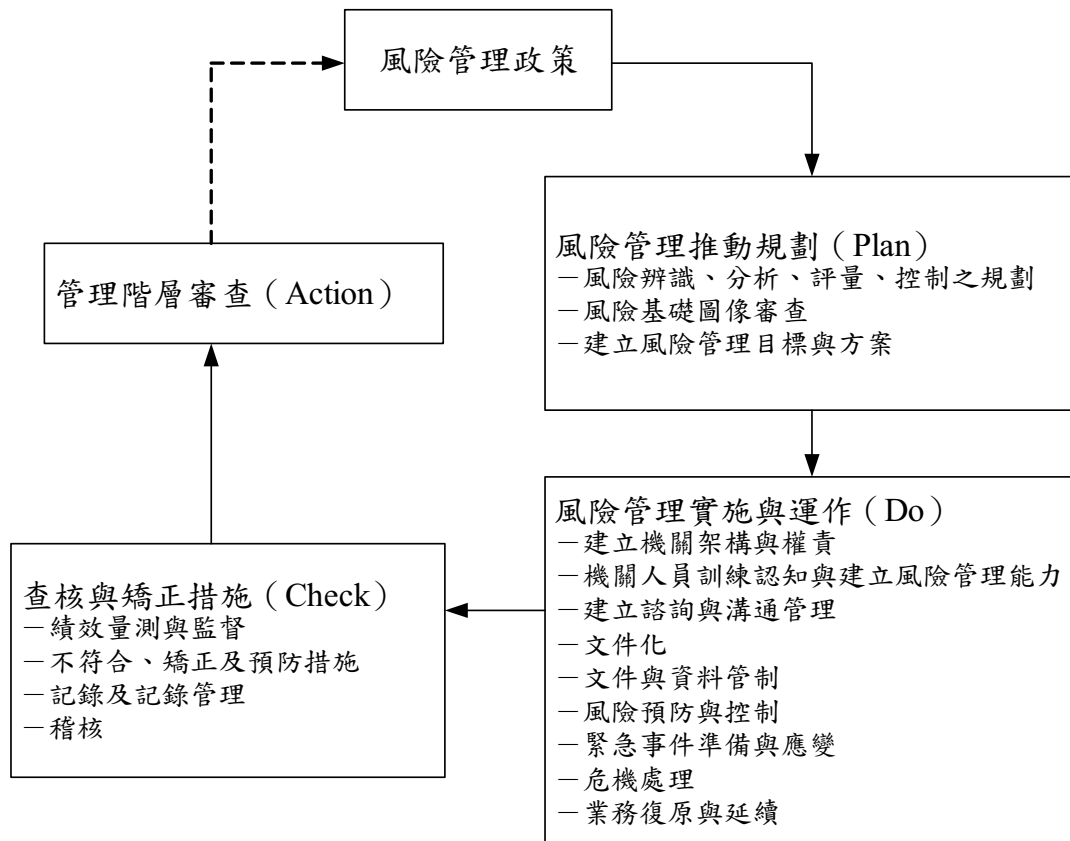
2.3.7 小結

透過以上的回顧，可知風險管理步驟中採用的均為閉環/滾動式持續改善的管理模式，即透過風險管理政策的規劃 (Plan)、運作推動 (Do)、查核矯正 (Check) 與審查改善 (Action) 的管理模式，進行推動風險管理之機制，依據行政院研考會之「風險管理及危機處理作業手冊」^[97]，可將 PDCA 之運作重點整理如圖 2-12所示。



資料來源：[37]及本研究繪製

圖2-11 Smith 與 Harrison 研擬之風險管理步驟



資料來源：[97]

圖2-12 PDCA 整合性風險管理模式

第三章 軌道運輸風險管理實務

本章依序回顧國內外軌道運輸系統風險管理實務狀況，最後歸納其共通點作為後續進行臺鐵風險辨識之考量。

3.1 國外軌道運輸風險管理現況

若將風險管理的概念應用到防治危害，則稱之為危害管理(Hazard Management)或是安全管理(Safety Management)，目的乃有系統地排除不安全問題，其程序是：系統性地找尋與界定可能的危害，進行風險評估，針對危害作原因與後果之風險分析，決定接受、控制、或排除該危害，研擬、分析與執行排除或降低危害之手段，紀錄、追蹤這些危害並作安全績效考核^[17, 97, 102]。

軌道系統的發展從規劃設計一直到營運維護均潛藏著不同類型的危害，管理單位應採用的防護方法也有所不同，因此，必須透過安全管理的手段，預先辨識出所有的危害項目，並研擬適當的預防與控制手段予以消除，減少危害發生的頻率以及可能造成的後果。目前世界上有關軌道系統安全管理的規範以歐盟(European Union)所制訂的標準為主，因此以下先介紹歐盟制所定的規範，之後再說明所蒐集之軌道系統安全管理的作法。

3.1.1 歐盟規範

歐盟為了使會員國的軌道安全管理有一致的標準，乃針對軌道運輸系統制定安全管理的規範，如 IEC61508、EN50126、EN50128、EN50129 等，其中 IEC61508 是一通用的規範，適用於軌道運輸、航太工業、核能電廠及一般製造業；EN50126、EN50128、EN50129 則是專門為軌道運輸系統所制定，內容包括從規劃設計、興建製造，一

直到營運階段的所有安全規範，其架構如圖 3-1所示。有關各規範的內容則分介紹明如下。

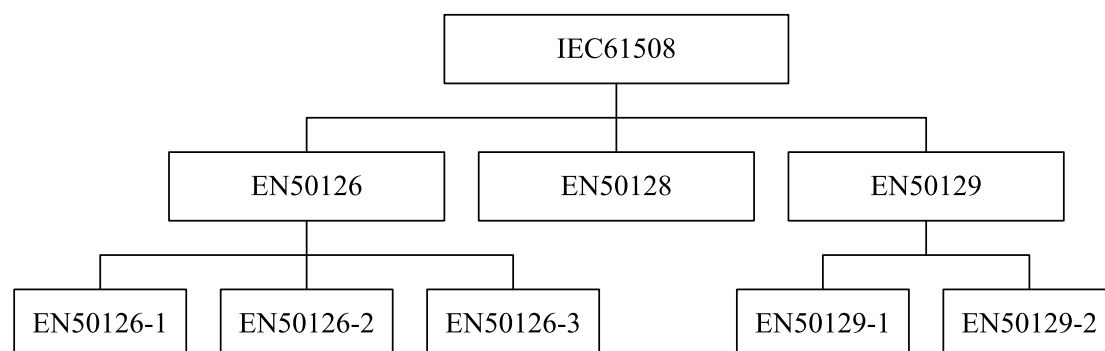


圖3-1 歐盟制定之 IEC61508&EN5012X 之架構

3.1.1.1 IEC61508

IEC61508^[34]（Standard for Functional Safety of Electrical / Electronic / Programmable Electronic Safety-Related Systems）是安全相關系統理論與技術的整合，用以規範電氣/電子/可程式化電子組件的整體安全生命週期，建立一個基礎的評估方法。目的是要針對以電子為基礎的安全系統提出一致且合理的技術方案，並統籌考慮單獨系統（如感測器、通訊系統、控制裝置、執行器等）中元件與安全系統組合的問題。

IEC61508 將風險作為度量衡危險的指標，這邊的風險指的是發生的概率（Likelihood）和危害嚴重性（Consequence）的組合，同時也定義了以下 4 種指標：

1. 被控裝置的風險：指被控制裝置及裝置間互相作用產生的風險。
2. 可容忍的風險：在現行標準基礎下可以被接受的風險。
3. 殘餘的風險：採取的防護措施後仍保留的風險。
4. 必須降低的風險：在對安全相關系統進行需求分析以及危險分析後，可以得到系統的可容忍風險以及被控裝置的風險（現存風險），兩者之差即是必須要降低的風險，管理者必須採取手段降低風險，以確保低於可容忍風險。

由於軌道運輸系統是藉由營運人員依循一定的程序操控硬體設施來達到營運的目的，因此可藉由硬體設備或人員的操作程序來減輕系統所存在的風險。大體而言，在系統建置階段會儘可能利用硬體的設計方案來降低風險，但若硬體設備的改善成本過高或技術無法達到時，則會進一步利用營運維修的程序來克服，直到系統殘餘的風險低於可接受風險為止，如圖 3-2所示。

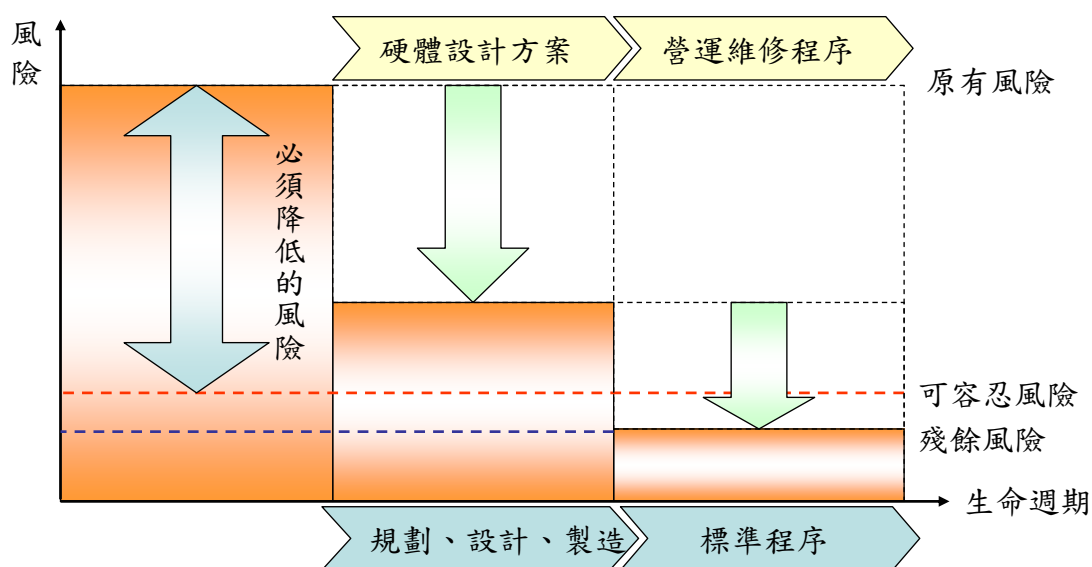


圖3-2 降低系統風險的手段

此外，IEC61508 用安全的完整性等級來說明安全相關系統的安全目標，安全完整性就是在規定的時間週期和條件下，系統成功的完成安全所需的功能，其標準如表 3.1所示，其中系統使用頻率低時採單次故障率，使用頻率高時採小時故障率。有關等級的訂定，如果等級定太低會直接威脅系統的安全性，如果等級定太高會浪費人力、物力和財力，因此應當根據系統安全要求計算出可以容忍的故障率，再依據表 3.1得出安全完整性等級。

之後歐盟即以 IEC61508 為標準，制定了 EN50126^[17]、EN50128^[20]、EN50129^[21] 三個規範，各規範對於軌道系統所囊括的範圍可參考圖 3-3所示。其中 EN50126 主要規範整體軌道系統的可靠度、妥善度、可維修度及安全性(Reliability, Availability, Maintainability

and Safety，以下簡稱 RAMS），EN50128 規範軟體開發的安全性，EN50129 規範號誌系統的安全性，茲將各規範的重點摘要說明如後。

表3.1 安全完整性等級標準

等級	單次平均故障率	小時危險故障率
4	$10^{-5} \sim 10^{-4}$	$10^{-9} \sim 10^{-8}$
3	$10^{-4} \sim 10^{-3}$	$10^{-8} \sim 10^{-7}$
2	$10^{-3} \sim 10^{-2}$	$10^{-7} \sim 10^{-6}$
1	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	$10^{-6} \sim 10^{-5}$

資料來源：[34]及本研究整理

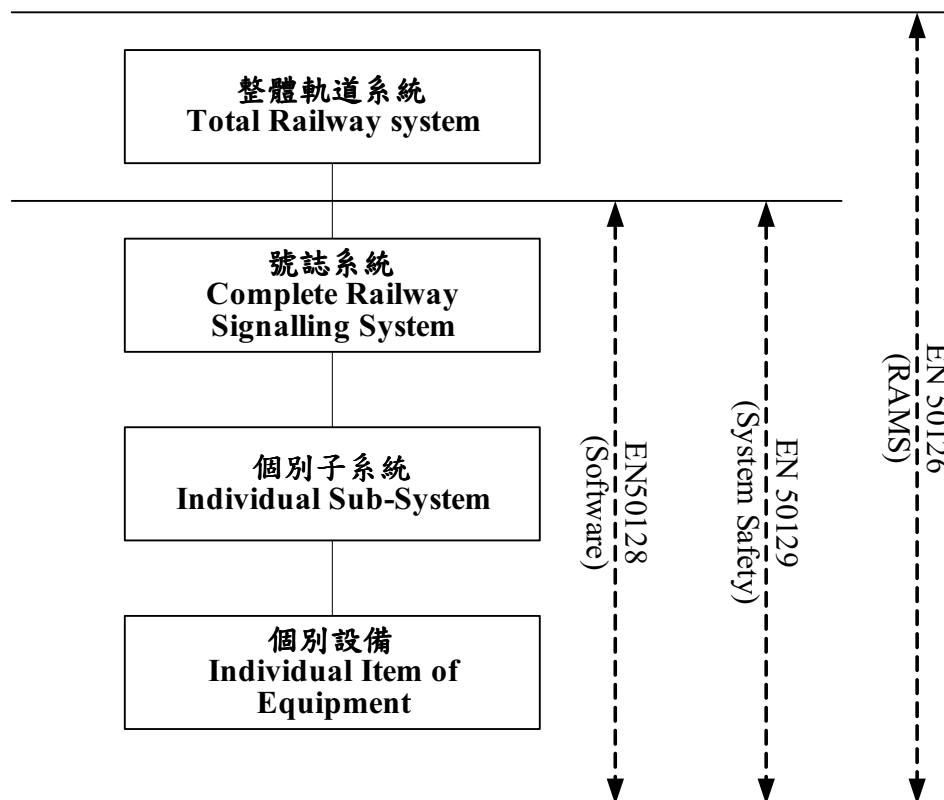


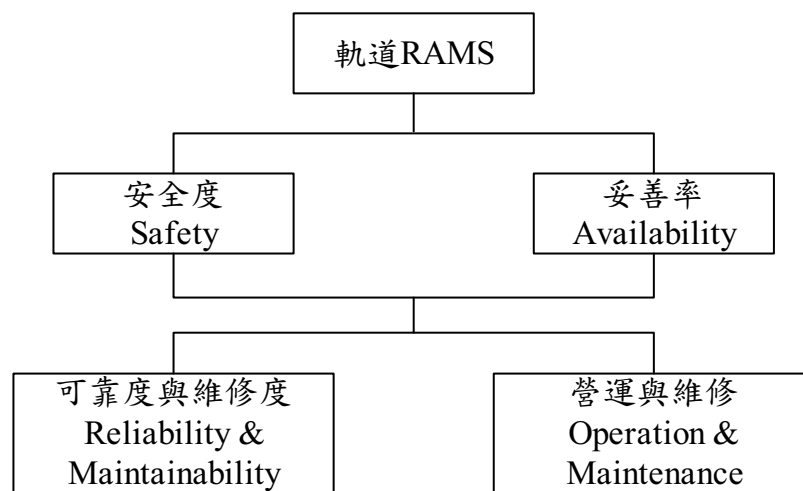
圖3-3 歐盟 EN50126、EN50128、EN50129 之範圍

目前除了歐盟各成員國遵循此標準外，美國、加拿大均認可採用 IEC61508 標準；日本則是將 IEC61508 國際標準轉化為 JIS-C-0508 日本國家標準，同時日本鐵路部門組成列車保安控制安全技術研討委員會，制定「列車保安控制系統的安全性技術指南」；中國則依據

IEC61508，於 2006 年制定 GB/T20438. 1~7 符合功能性安全的「中國國家標準」。

3.1.1.2 EN50126

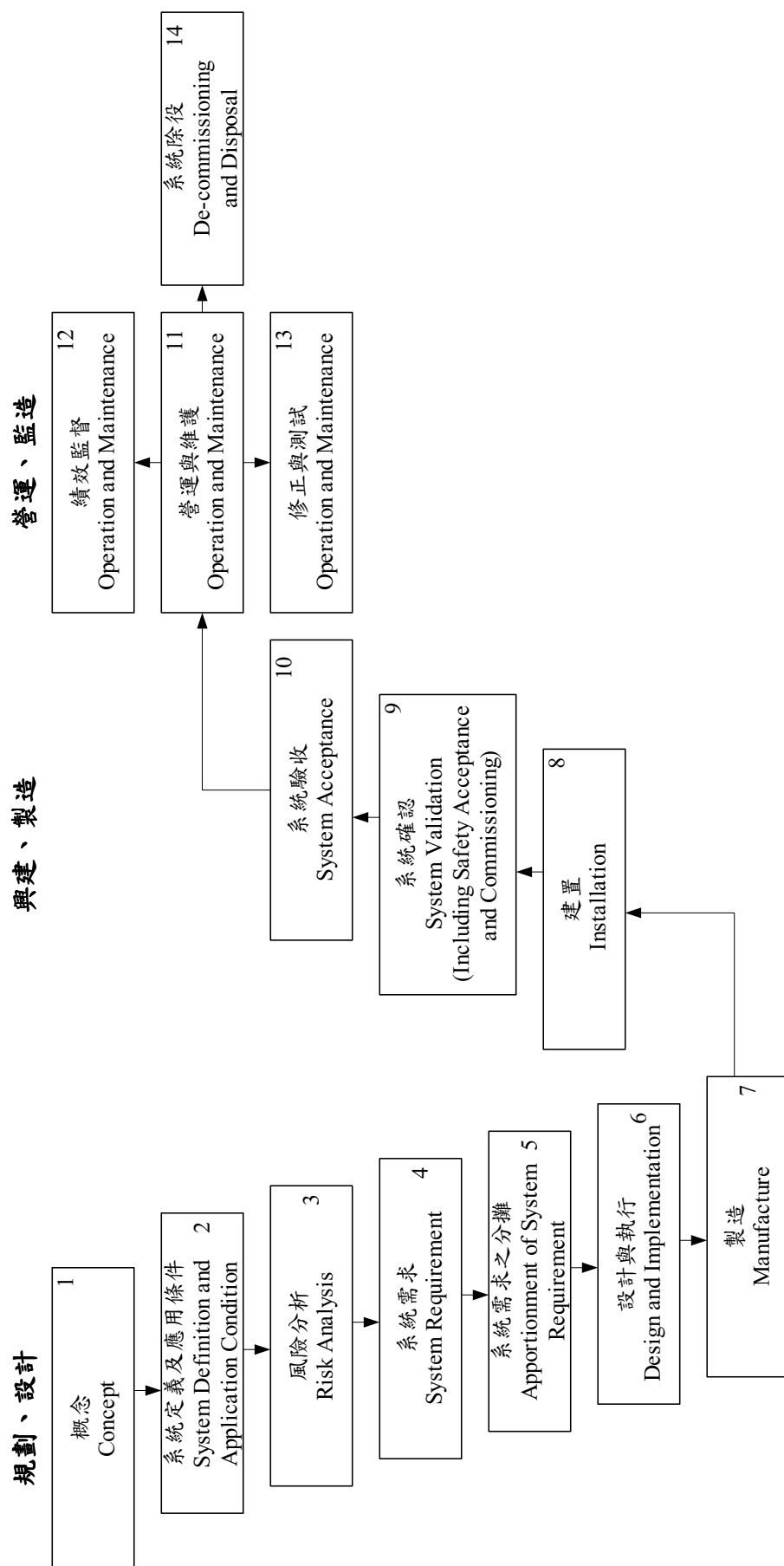
EN50126^[17]之規範全名為 Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety (RAMS)，主要是用來控制整體軌道系統的可靠度、妥善度、可維修度及安全性，且適用於整個軌道運輸系統。有關 RAMS 的架構可參考圖 3-4所示，特別需說明的是在此架構下，若安全性與妥善率任一項受到威脅，將會大幅影響整體軌道系統的 RAMS 程度。



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-4 EN50126 之 RAMS 架構

再者，規範中亦提出生命週期的觀念，規定各階段的作業內容及程序，同時採用故障自趨安全（Fail-Safe）之設計，經由一系列的作業，以確保軌道運輸系統滿足其 RAMS 目標，來達到預定的服務品質。圖 3-5之 V 型生命週期部份包括有：規劃、設計、製造、安裝、測試、驗證、可靠度、妥善度、可維修度及安全性的管控作業，共可分為三階段來檢視，分別為：左側由上往下（Top-Down）部份通常稱為發展與修正階段，右側由下往上（Bottom-Up）部分則為組合安裝與接受階段，最後則是整體的營運階段。



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-5 EN50126 之 V 型系統生命週期圖

在安全管理方面，該規範則提出構成安全風險矩陣的 2 項主要因素，其一是危害的可能性或其發生的頻率，其二是危害所造成後果的嚴重程度。由前述 2 項因素組成的安全風險矩陣表，可提供安全管理過程中風險量化的重要基礎，如表 3.2 所示，其中說明風險頻率、風險程度、與風險等級的關係。

表3.2 安全風險矩陣表

風險矩陣		嚴重程度			
		輕微	不嚴重	嚴重	災難
頻率	經常	R2	R1	R1	R1
	有可能	R3	R2	R1	R1
	偶然	R3	R2	R2	R1
	甚少	R4	R3	R2	R2
	不大可能	R4	R4	R3	R3
	不可能	R4	R4	R4	R4

資料來源：[17]及本研究整理

EN50126 將危害事故發生的頻率分為 6 個等級，各頻率等級的意義如表 3.3 所示；至於危害所導致的嚴重程度係依危害事故對人（或環境）及系統之服務所造成的衝擊來分類，共區分為 4 個程度如表 3.4 所示；除此之外，由危害頻率及嚴重程度交叉所得的風險等級亦是是可以分類的項目，但由於不同系統對風險忍受度不盡相同，表 3.5 之範例中將風險分為 4 級，並說明系統管理者對不同等級風險的因應措施。

表3.3 危害發生頻率

等級	發生頻率說明
經常	可能會經常發生，預料有關災害將持續出現
有可能	會發生多次，預料有關災害會時常出現
偶然	可能會發生數次，預料有關災害將發生數次
甚少	有可能在系統使用期限內發生，在合理情況下將預料有關災害發生
不大可能	幾乎不會但仍有可能發生，可以假定有關災害只會在特殊情況下發生
不可能	發生機率極微，可以假定有關災害將不會發生

資料來源：[17]及本研究整理

表3.4 危害嚴重程度

嚴重程度	對人或環境造成的影響	對服務造成的影響
災難	多人死亡及/或嚴重受傷及/或嚴重的環境破壞	列車服務中斷
嚴重	一人死亡及/或嚴重受傷及/或對環境造成相當程度的破壞	主要系統不能運作
不嚴重	有人輕微受傷及/或對環境有相當程度的威脅	系統嚴重損壞
輕微	可能有人受傷	系統輕微損壞

資料來源：[17]及本研究整理

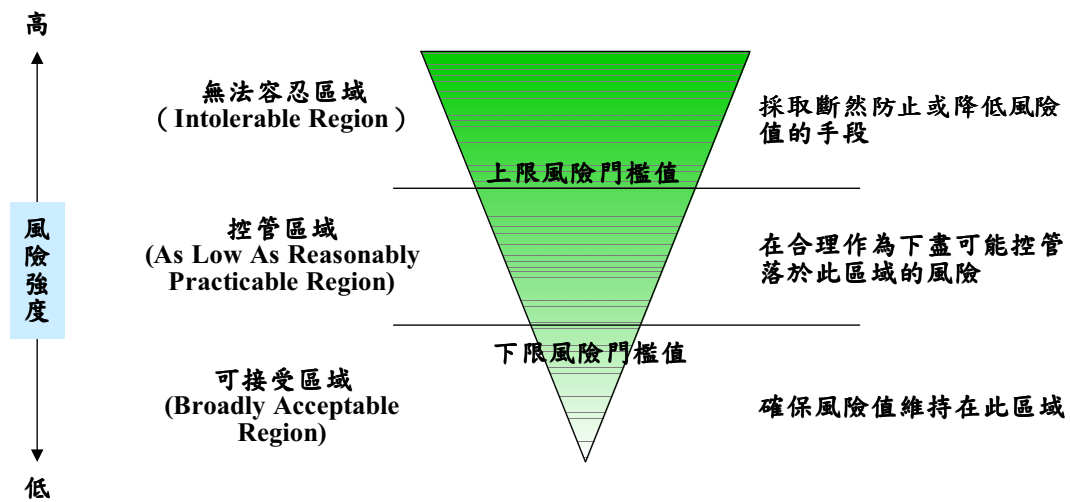
表3.5 風險分級範例

等級	因應措施說明
R1：不可忍受	必須消除該類風險
R2：不理想	在一般情況下，必須將風險減低；只在沒有可行的風險減輕解決方法方可接受，並須與業主達成協議
R3：可忍受	可接受，但須有適當的控制措施與業主達成協議
R4：可乎略	可接受

資料來源：[17]及本研究整理

有關「可接受風險」的觀念，EN50126 中提到英國、法國與德國所採用的標準，說明如下：

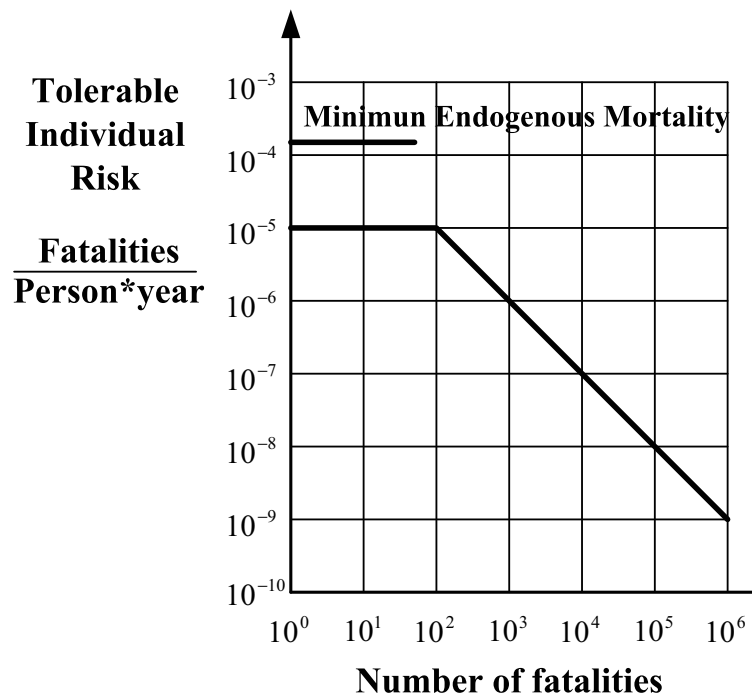
1. 英國：採用的是合理的情況下將風險降至最低（As Low As Reasonably Practicable，以下簡稱 ALARP）概念，其作法是依據風險強度訂出風險門檻值的上限及下限，超過上限者視為無法容忍風險，必須立即採取因應措施；低於下限者則為可接受風險；若風險介於上限與下限之間則應盡可能在合理的作為下降低風險強度，其內容可表示如圖 3-6所示。
2. 法國：採用的觀念是 Globalement Au Moins Aussi Bon (GAMAB)，即代表新系統安全性至少要與現有同類型系統一樣好。



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-6 英國風險管理 ALARP 概念

3. 德國：採用的觀念是 Minimum Endogenous Mortality (MEM)，即規範軌道系統中可接受的人員死亡率，詳如圖 3-7所示。其中因應系統規模不同，會隨總死亡人數增加而逐漸提高風險門檻。



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-7 德國最低可接受死亡風險圖

3.1.1.3 EN50128

EN50128^[20] (Railway Applications-Software for Railway Control and Protection Systems) 用於規範軌道運輸系統控制與保護相關軟體的開發過程，並對軟體開發的各個階段，提供作業程序與準則。此標準的適用範圍很廣，從與安全高度相關的系統，例如安全號誌系統，以至於與安全低度相關的系統，例如管理資訊系統，均可適用。

此項標準之主要概念在於將軟體的安全完整性等級 (Safety Integrity Level，以下簡稱 SIL) 分成 5 級，如表 3.6 所示。其中 SIL0 的安全等級最低，SIL4 則是最高，該規範對隸屬不同等級的軟體都提供技術及檢驗的作業規定。至於安全等級的區分，則需視軟體故障所導致系統的危害程度而異，針對影響較大的軟體，其設計規範理應更加嚴謹。

表3.6 EN50128 軟體安全等級表

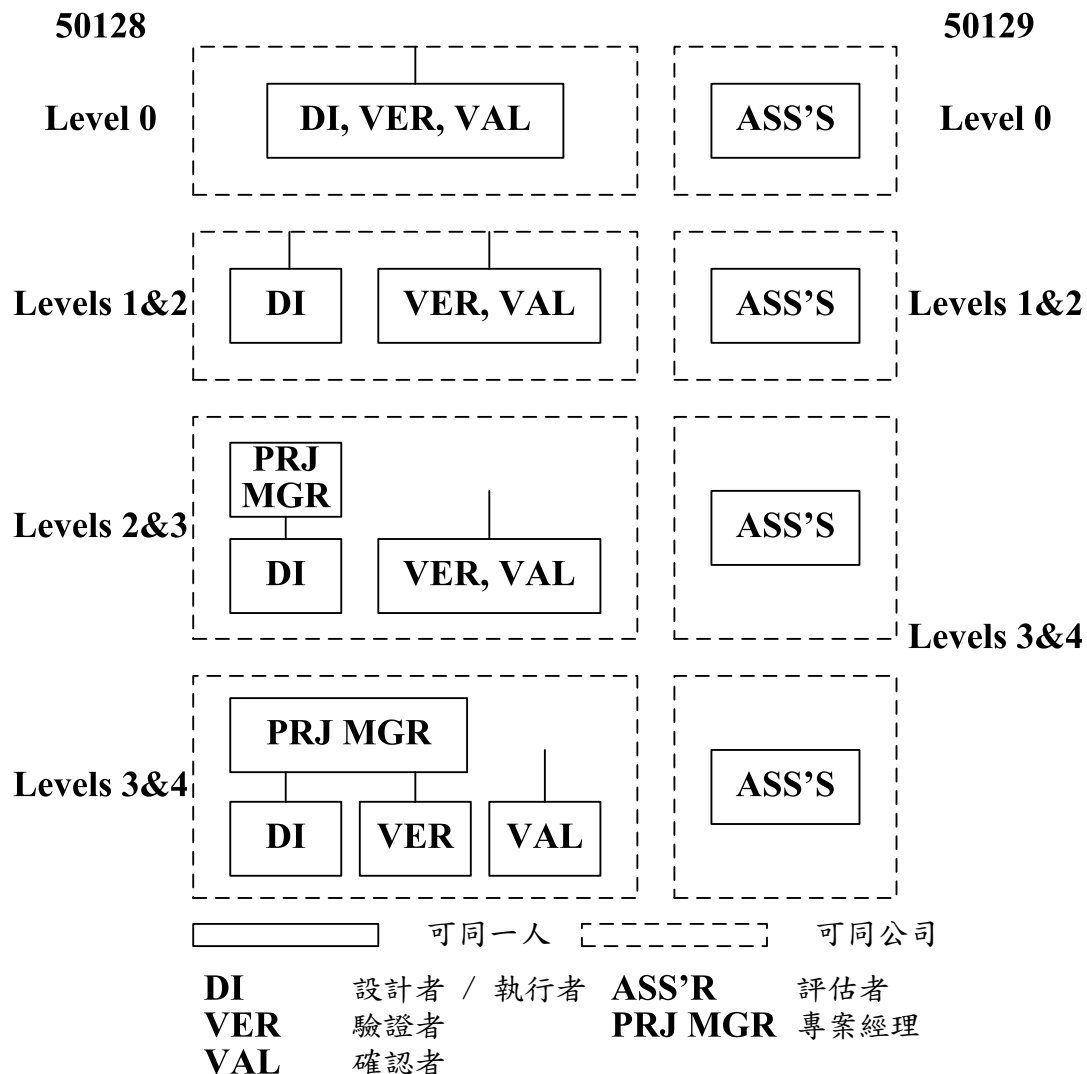
軟體安全等級 (SIL)	說明
SIL4	非常高
SIL3	高
SIL2	中等
SIL1	低
SIL0	與安全無關

資料來源：[20]及本研究整理

EN50128 中對於不同安全等級的軟體開發人員，也有嚴格的規範，從圖 3-8左側可得知，安全等級較高的軟體，於其開發過程中，為確保未來運作之安全性，必須由獨立第三者實施驗證與認證作業，例如標準中對於 SIL4 軟體開發相關人員之要求如下：

1. 專案經理、設計人員及驗證人員必須由不同的人員擔任。
2. 執行認證作業的人員須為專職人員，不得由設計人員或其他人員兼任，且認證人員不得隸屬專案經理指揮。

3. 評鑑或評估人員，須由他公司（即獨立第三者）指派。



資料來源：[20]及本研究繪製

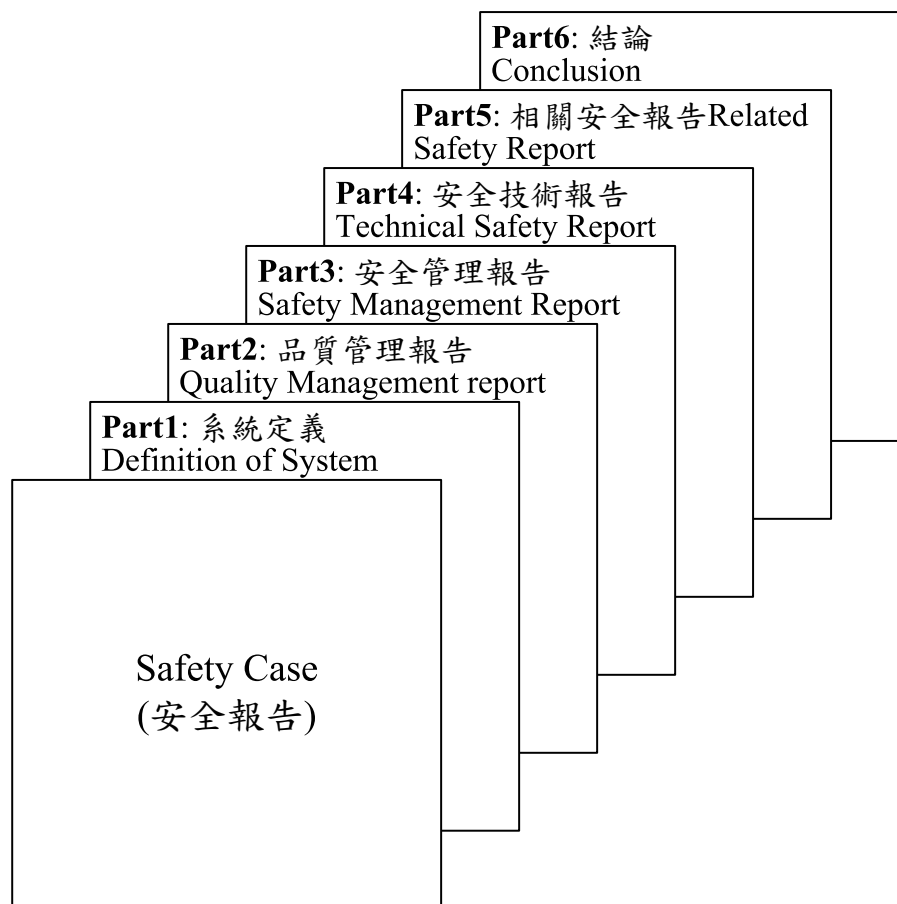
圖3-8 EN50128 設計、驗證、認證及評估者之獨立性需求

3.1.1.4 EN50129

EN50129^[21] (Railway Applications-Safety Related Electronic Systems for Signaling) 用以規範安全相關電子系統（包含其子系統及設備），主要是應用於「故障自趨安全」及「高度完整性」的系統，如主線號誌及自動列車保護（ATP）系統。此項標準可用於號誌系統

之規範訂定、設計、製造、安裝、驗收、營運、維修，以及修改或擴充等作業，相關作業規定也適用於號誌系統之子系統及設備。

EN50129 中對於安全報告書的要求有一既定的格式，包含系統定義、品質管理、安全管理、技術安全、相關安全以及結論，如圖 3-9 所示。



資料來源：[21]及本研究繪製

圖3-9 EN50129 安全報告書格式

此外，與 EN50128 類似的是 EN50129 對於不同安全完整性等級的組織管理，也有如圖 3-8右側相對應的人員規範，同時對於系統設計的開發，也會依據不同安全完整性等級，有不同深度與廣度的要求，表 3.7即是以系統/子系統/設備之開發為例。

表3.7 EN50129 系統/子系統/設備開發安全等級表

技術/措施	SIL1	SIL2	SIL3	SIL4
結構設計	HR：設計分等級的故障		HR：設計分等級的故障和充分的可追蹤的需求規範(包括規範、設計、電路圖的參考和應用文檔)	
模組化	R：限制模組大小，且每個模組是獨立的	HR：限制模組大小，且每個模組是獨立的	HR：需要全部驗證，易於理解的模組大小，每個模組功能獨立	
方法			R：電腦輔助設計	
電腦輔助設計		R：電腦支持複雜的設計	R：使用工具要被驗證或確認，支援電腦輔助開發	
環境研究	R	R	HR	HR

資料來源：[21]及本研究整理

註解：「R」代表推薦、「HR」代表強烈推薦

3.1.2 澳洲

本節先說明澳洲及紐西蘭聯合制定的風險管理相關法案與施行細則，之後再以塔斯馬尼亞州（Tasmania）所訂定的鐵路安全風險標準及澳洲糖鐵（Cane Rail）風險管理實務進行案例說明。

3.1.2.1 政府風險管理相關法案與施行細則

澳洲及紐西蘭聯合制定風險管理標準 AS/NZS4360，該標準介紹了風險管理的觀念，並採用下列定義以確保解釋之標準化，包括有：

1. 危害（Hazard）：一種潛在傷害的來源或一種可能造成損失的狀況。
2. 風險（Risk）：對某些事物造成衝擊之事件可能發生的機會。
3. 後果(Consequence)：以定性或定量的方式表示事件的嚴重性，它可能是損失、傷害、不利後果或是實質獲利。

4. 機率 (Probability)：一特定事件或結果之可能性，以特定事件和可能發生事件之總和或結果的比率計算之。
5. 可接受風險 (Risk Acceptance)：接受某些後果及某項特定風險的可能性。

之後澳洲又根據 AS/NZS4360 標準制定了鐵路安全專用的 AS4292^[72]，截至目前為止該標準最新版為 2006 年版，其規範包括以下 6 個部份：

1. AS4292.1-2006, Part 1: General Requirements
2. AS4292.2-2006, Part 2: Track, Civil and Electrical Infra -structure
3. AS4292.3-2006, Part 3: Rolling Stock
4. AS4292.4-2006, Part 4: Signalling and Telecommunications Systems and Equipment
5. AS4292.5-2006, Part 5: Operational Systems
6. AS4292.7-2006, Part 7: Railway Safety Investigation

其中規範草案原有 AS4292.6, Part 6: Railway Interface with Other Infrastructure 部份，於最終定案時已合併至其他部份，因此最後的規範並沒有 Part 6。

AS4292 主要由營運、設備、車輛、與其他運輸系統的介面以及與其他鐵路網路的介面等面向，探討維護鐵路安全所需建立的安全管理系統。在 AS4292.1 中開宗明義說明鐵路安全管理系統需建立風險管理系統、程序與規章，以確保鐵路安全，同時亦說明鐵路安全管理系統應包括以下幾個部份：

1. 安全管理政策
2. 組織內對於安全管理之責任與義務分配
3. 風險管理系統
4. 處理安全文件、資訊與資料之政策與程序

5. 人事管理程序
6. 物品與勞務採購管理程序
7. 資產及設備管理程序
8. 介面管理程序
9. 更新之管理方法與程序
10. 組織內部與組織之間資訊傳播程序
11. 危機管理
12. 營造即時處理事故通報、調查、分析、採取安全作為與報告之環境
13. 監控關鍵安全績效指標
14. 管理系統之檢查與稽核
15. 保安全管理
16. 安全文化之發展與維護

其中風險管理系統需具備下列功能：

1. 風險辨識、評估、分析與控制。
2. 維護風險登錄系統以確保所有風險都能有效管理與控制。
3. 擬定行動計畫以降低風險。

除了制定鐵路安全管理標準之外，由各州鐵路安全管理單位共同組成的鐵路安全管理小組（Rail Safety Regulators Panel, RSRP）亦制定相關準則^[75, 76]，以建立各州統一的標準，並可協助鐵路業者建立鐵路安全管理系統。國家鐵路安全認定準則^[75]甚至規定風險管理架構需內嵌（Embedded）於鐵路安全管理系統之中，建立有效的鐵路風險管理系統需具備下列要項或條件：

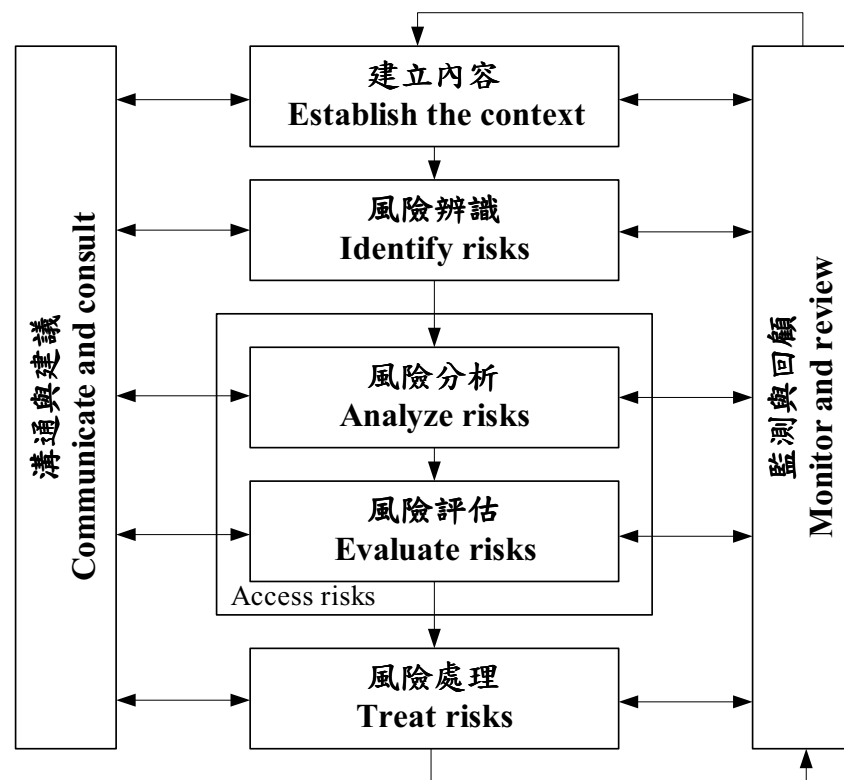
1. 風險管理政策。

2. 足以管理風險的資源與承諾。
3. 與所有可能影響的相關當事人進行商議。
4. 具備合適與足夠的程序以確保危害（Hazards）可以被系統化的辨識、評估與分級，具備確保所有的程序在以下時機皆可以被應用的機制：
 - (1) 第一次使用設備之前。
 - (2) 安裝、設立、啟用或變動鐵路設施、車輛或工廠之前或期間。
 - (3) 導入任何足以影響風險的改變之前。
 - (4) 其他任何適當的時間。
5. 具備辨識、評估、實作所有合理可行控制方式之程序，以確保剩餘風險「盡可能合理可行的降低」（ALARP）。
6. 對於運用於風險評估的方法論、假設、資料、判定與解釋，提供清楚且包羅萬象的文件。
7. 確保已辨識風險之控制方式可以有效運作與監視之程序。
8. 當發生以下狀況時，仍可確保風險評估與控制方式已被重新審視，並且是最新與正確有效的：
 - (1) 有證據顯示風險評估方式不再正確有效。
 - (2) 與暴露於危害導致傷亡、疾病或事故有關的風險評估方式。
 - (3) 與風險評估方式有關的重大改變被提出來。
9. 具備確保風險註冊表（Risk Register）處於維護狀態之程序。
10. 具備獨立驗證的機制。

3.1.2.2 塔斯馬尼亞州（Tasmania）安全管理作法

根據澳洲國家級的鐵路安全管理系統標準與相關準則，由各州分別訂定鐵路安全風險標準，各鐵路公司再根據國家與各州的標準設置鐵路安全管理系統。以塔斯馬尼亞州（Tasmania）為例，其所訂定的

鐵路安全風險標準^[13]（Rail Safety Risk Standard）係符合 EN50126 之標準，風險管理步驟包括建立內容、辨識、分析、評估、處理與回饋，關係如圖 3-10所示。



資料來源：[13]及本研究繪製

圖3-10 澳洲塔斯馬尼亞州鐵路風險管理流程

其風險是以事故的嚴重程度與發生頻率之半定量化評估來衡量，嚴重程度區分為 6 個等級，主要依其損失金額分類如表 3.8所示；事故的發生頻率也分為 6 個等級，各頻率等級的意義如表 3.9所示；2 者所組成之風險矩陣如表 3.10所示。其風險矩陣值係依據事故頻率及其損失程度評分相加所得，數值所代表的意義可參考表 3.11所示。

表3.8 澳洲塔斯馬尼亞州嚴重程度分級

評分	風險	財務損失或者認知
6	超過 4 位死亡	每年損失超過 1 億美元以上或者系統需關閉
5	2~3 位死亡	每年損失在 1 千萬~1 億美元之間
4	1 人死亡或多人重傷	每年損失在 1 百萬~1 千萬美元之間
3	嚴重受傷	每年損失在 10 萬~1 百萬美元之間
2	需醫療照顧	每年損失在 1 萬~10 萬美元之間
1	無災害或不需處理	每年損失小於 1 萬美元

資料來源：[13]及本研究整理

表3.9 澳洲塔斯馬尼亞州發生頻率分級

評分	頻率
6	每年發生超過 10 次
5	每年發生超過 1 次
4	每 1~10 年發生 1 次
3	每 10~100 年發生 1 次
2	每 100~1000 年發生 1 次
1	每 1000 年小於 1 次

資料來源：[13]及本研究整理

表3.10 澳洲塔斯馬尼亞州風險矩陣表

風險矩陣		嚴重性					
		1	2	3	4	5	6
頻率	6	7	8	9	10	11	12
	5	6	7	8	9	10	11
	4	5	6	7	8	9	10
	3	4	5	6	7	8	9
	2	3	4	5	6	7	8
	1	2	3	4	5	6	7

資料來源：[13]及本研究整理

表3.11 澳洲塔斯馬尼亞州風險矩陣值一覽表

風險值	說明	
11~12	無法忍受之風險，必須停止營運立即改善	
8~10	高度風險	此 2 者落於 ALARP 概念的管控範圍，應盡可能採取防範措施降低風險強度
5~7	中度風險	
2~4	可接受風險	

資料來源：[13]及本研究整理

3.1.2.3 澳洲糖鐵（Cane Rail）安全管理作法

澳洲糖鐵依據工作場所健康與安全法案（Workplace Health and Safety Act 1995）以及工作場所健康與安全施行細則（Workplace Health and Safety Regulation 2008），制定出符合澳洲 AS4292 標準的糖鐵安全實施規則^[81]（Sugar Industry Code of Practice 2005），用以確保澳洲糖鐵之安全運作。

此外，由於澳洲糖鐵路線範圍內包含有平交道設施，因此針對平交道的安全管理部分，又特別依循了 The Australian Level Crossing Assessment Model（ALCAM）^[3]以及 The Manual of Uniform Traffic Control Devices（MUTCD Queensland）^[54]來評估其風險與適合的控制減緩措施。

澳洲糖鐵風險矩陣表如表 3.12 所示，其中之風險值係採落點方式處理，詳細內容可參考表 3.13 所示。

表3.12 澳洲糖鐵風險矩陣表

嚴重性 機率	極端 Extreme	主要 Major	普通 Moderate	次要 Minor
非常可能 Very likely	1	2	3	4
可能 Likely	2	3	4	5
不可能 Unlikely	3	4	5	6
非常不可能 Very unlikely	4	5	6	7

資料來源：[81]及本研究整理

表3.13 澳洲糖鐵風險矩陣值一覽表

風險值	說明
1~3	無法忍受之風險，必須停止營運立即改善
4~5	中度風險，必須儘速改善
6~7	可接受風險，無需注意

資料來源：[81]及本研究整理

3.1.3 美國

美國各項政策的推動都以聯邦法案為最高指導原則，本節首先介紹美國與風險管理相關的法案與施行細則內容，再以紐約大眾運輸署為例說明營運單位如何應用風險管理來改善系統安全。

3.1.3.1 政府風險管理相關法案與施行細則

1991 年通過之 ISTEA 運輸法案 (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act) 要求美國大眾運輸署 (Federal Transit Administration, 本節以 FTA 簡稱)，建立與推動全美一致之都會區鐵路安全監理制度。在 FTA 之推動下，1995 年公佈了安全監理法規 CFR659，1996 年正式開始實施；又經過了多年實施經驗的反省，新一代的 CFR659^[25] 於 2005 年通過，2006 年開始實施。在此安全監理體系裡，界定了政府 (FTA 與州政府)、監理單位 (Oversight Agency)、軌道營運業者等三者之間的關係與互動模式。

安全監理單位對軌道營運業者的基本項目有 2 項，系統安全促進計畫 (System Safety Program Plan, 以下簡稱 SSPP) 與系統保全計畫 (System Security Plan, 以下簡稱 SSP)。SSPP 有 21 項基本要求：政策、目標、組織、變動管理、計畫執行、危害管理、安全認證、安全考量、安全資料、事故之通報與調查、緊急管理、計畫執行之檢討、規章與作業程序、設施安全檢查、維修體系之監督與檢查、訓練與認證、型態管理、外包工作安全、危險物料、酒精與藥品、採購之安全控制。SSP 有五項基本要求：政策/方向/目標、對系統弱點之管理與安

全認證、旅客/員工人身安全重要地點之確認與管制、計畫之實施績效與內部評鑑、計畫文件建立與送審。從這些規定可以發現，軌道營運業者必須具備「危害管理」(Hazard Management)機制乃 SSPP 與 SSP 關注重點。

為了達到 CFR 659 的要求，FTA 研擬了相關的施行細則^[26]，主要補充說明軌道營運業者與監理單位在進行風險管理時各項作業的細節。例如在風險辨識的方法部分，建議可說明風險發生的地點、牽涉的元件、發現此風險的來源（如事故調查報告、虛驚報告、維修報告）等；在風險回報部分則可說明如何辨識出此風險、誰發現了此風險、預計如何減輕此風險等內容。

有關風險辨識詳細的執行內容，在州政府所制定的 SSPP 執行守則中有詳細的規範，以紐約州為例，從 1996 年起即已針對轄內重軌、輕軌、通勤鐵路研擬 SSPP 的執行守則^[47, 48, 49]，其中建議營運業者在進行風險辨識時應該進行的工作包括：

1. 制定風險辨識的政策。
2. 制定風險辨識的計畫。
3. 擬定風險辨識的流程。
4. 指派安全部門專責人員負責。
5. 利用內部的安全分析、測試報告、異常報告、事故報告、故障報告、調度日報等資料進行風險辨識。
6. 利用外部的資料進行風險辨識。
7. 傳遞相關資料給安全負責部門進行分析。
8. 人員接受並投入整個風險辨識程序。
9. 持續的監控。
10. 路線部門 (Line Department) 的參與。

此外亦建議風險辨識的範圍除了應涵蓋既有系統內的元件外，新採購或建設的設備以及牽涉工程改變的計畫都應該進行風險辨識。在設備部分則建議至少應檢視下列系統：

1. 車廂
2. 通訊
3. 號誌
4. 牽引動力
5. 火災偵測設備
6. 火災防護設備
7. 不斷電系統
8. 售票系統
9. 保全系統

關於營運程序部分亦應針對下列各個項目進行風險辨識：

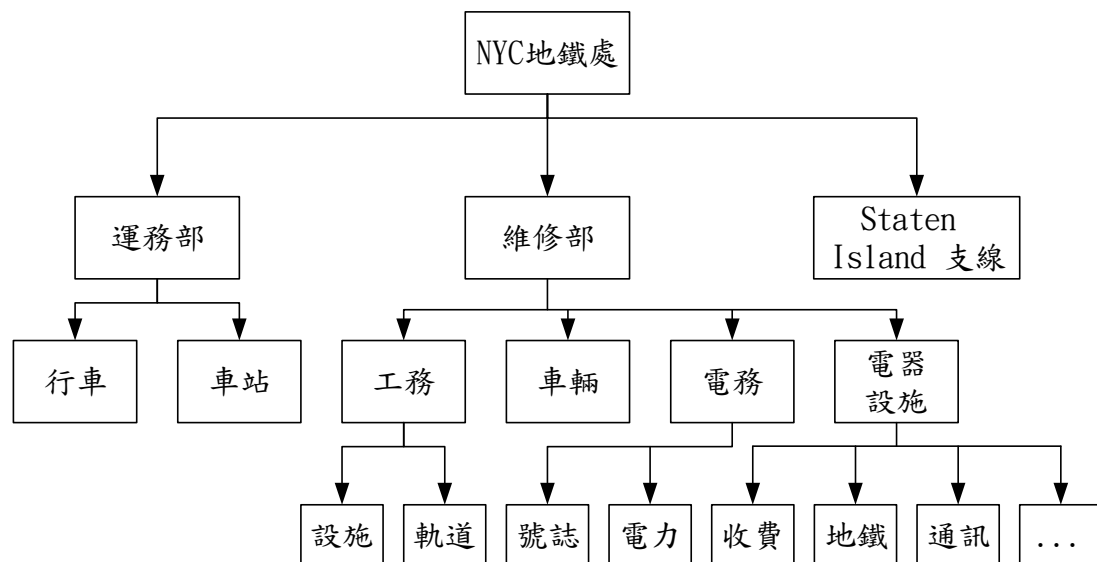
1. 例行程序
2. 異常程序
3. 緊急程序
4. 結構維修程序
5. 設備養護程序
6. 軌道養護程序
7. 電力號誌系統保養程序

3.1.3.2 紐約大都會運輸署安全管理作法

紐約大都會運輸署（Metropolitan Transportation Authority，以下簡稱 MTA）管理紐約包括公車、地鐵、渡輪等大眾運輸系統，其中，地鐵路網近 370 公里，多達 470 車站，是美國最具歷史與規模的都會

捷運系統。為了確保整個紐約大眾運輸系統安全，MTA 設置一專責處理安全相關事宜的系統安全辦公室（Office of System Safety，以下簡稱 OSS），負責訂定整體系統的安全目標，並綜合考量各個安全相關部門所應遵循的規範，藉以降低旅客安全風險並提昇工作環境安全，以達到最初設定的安全目標。

紐約地鐵部門下轄組織眾多，其中與安全相關的部門如圖 3-11 所示，根據 OSS 規劃，各安全相關部門均設有安全目標，並進一步分析可能阻礙目標達成的危害，據以擬定相關防護作法。以運務部行車部門為例，所擬定的安全目標如下^[41]：



資料來源：[41]及本研究繪製

圖3-11 紐約地鐵安全相關部門

1. 將調度疏失導致的列車碰撞與出軌事故降到 0。
2. 減少責任事故次數，例如將年度旅客遭受車門夾傷的次數降到 47 件以下。
3. 減少工作損失時間 20%。
4. 將每百名員工事故數降到 1.38 以下。
5. 降低員工因傷缺勤天數至 2.012 天以下。

6. 要求場站之碰撞與出軌次數在 4.0 以下。

為了達成這些目標，OSS 從許多構面探討運務部行車部門可能阻礙目標達成的情況，並擬定相關改善作法如下：

1. 規章與作業流程

- (1) 要求員工遵循相關安全規章。
- (2) 要求部門擬定相關安全守則。

2. 維修/營運程序

- (1) 要求列車落實行前檢查（無論是營運或回送列車）。
- (2) 要求列車操作遵循標準程序（無論是營運或回送列車）。

3. 員工的錄用與評估

- (1) 制訂完善的篩選機制招募優秀員工。
- (2) 制訂完善的考核機制確保新進員工的工作績效。
- (3) 確保員工能否勝任職務。
- (4) 制訂查核機制確保員工的工作績效。
- (5) 制訂員工再訓練與資遣標準。
- (6) 執行員工藥物與酒精管理。

4. 員工訓練

- (1) 制訂有效的員工訓練課程。
- (2) 確保員工熟悉所有必要的技術訓練。
- (3) 因應新技術制訂搭配的訓練課程。
- (4) 確認員工已知悉所有安全知識。

5. 緊急處理

- (1) 制訂緊急作業程序（包括設備故障、列車出軌、火災等）。

- (2) 設置緊急處理機構。
 - (3) 規劃替代的緊急事件指揮中心。
 - (4) 確保員工能遵循緊急作業流程。
6. 事件報告與調查
- (1) 將安全關鍵設備（例如車門、軌道）失效報告送交 OSS。
 - (2) 回報所有可能造成損害的虛驚（Near Miss）事件。
 - (3) 根據員工事故報告找出根本原因並研擬改進手段。
 - (4) 確保調查作業有效進行。
7. 資料蒐集與趨勢分析
- (1) 蒐集分析安全關鍵設備的失效資料並分析趨勢。
 - (2) 分析員工事故趨勢。
8. 因應系統/設備變動所對應的規則/程序更動
- (1) 預先考量作業程序更動對安全的影響。
 - (2) 因應新的技術準備足夠的個人防護設備。
9. 員工/旅客環境所遭逢的危害
- (1) 確保勞工署或相關部門所提危害均已排除。
 - (2) 確保提昇工作或旅客環境安全的改進措施已被執行。
 - (3) 確保有關員工安全與健康的規範被推動。
 - (4) 定期評估工作環境排除可能危害。
 - (5) 將改進報告送交權責部門並追蹤改善進度。
 - (6) 舉辦並讓安全關鍵人員參與安全改善會議。
10. 環境污染管理
- (1) 監控污染物質以符合安全標準。

(2) 確實回報污染物質溢出狀況。

11. 安全規劃作業

要求提出年度安全改善報告。

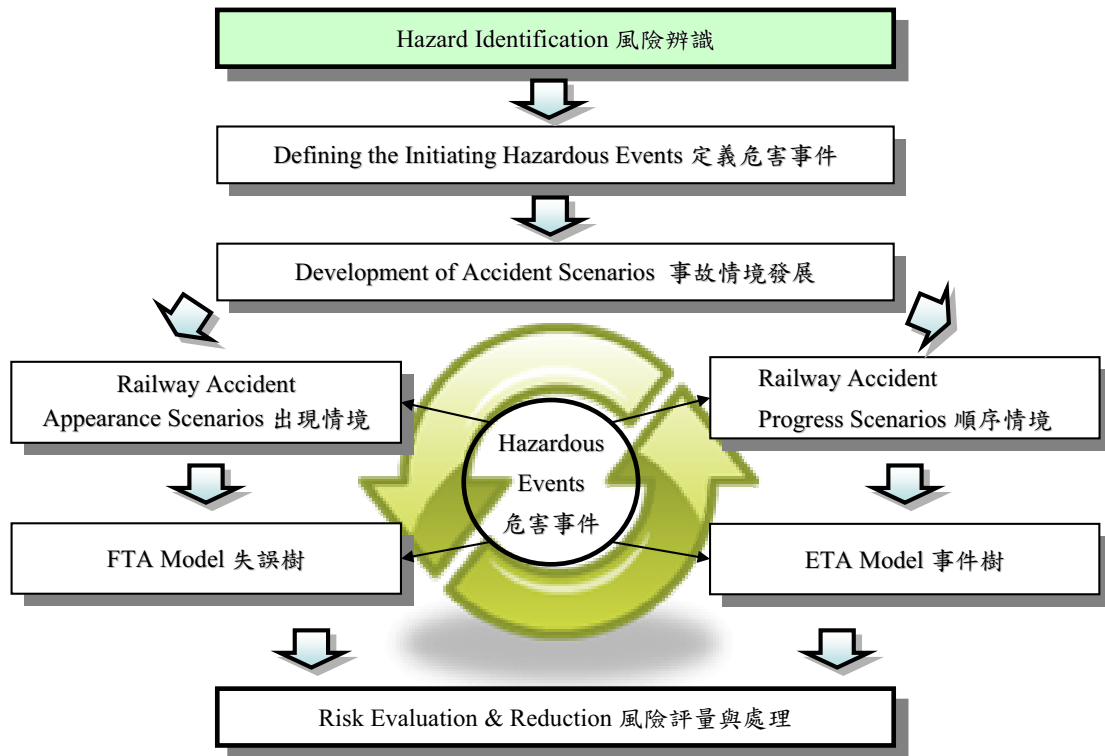
事實上，上述各個構面同樣適用於分析其他部門，例如對維修部工務部門來說，同樣具有「維修/營運程序」面的問題，但因部門性質不同，應有不同的改善作為。此外，維修部工務部門也有不同的安全目標，例如「減少火災事故」為其目標，因此會額外考量「發生火災」面的問題，並分析潛藏危害以擬定改善手段。

3.1.4 南韓

以下先說明南韓於風險管理的實務作法，之後再說明其風險管理分析系統的網頁介面。

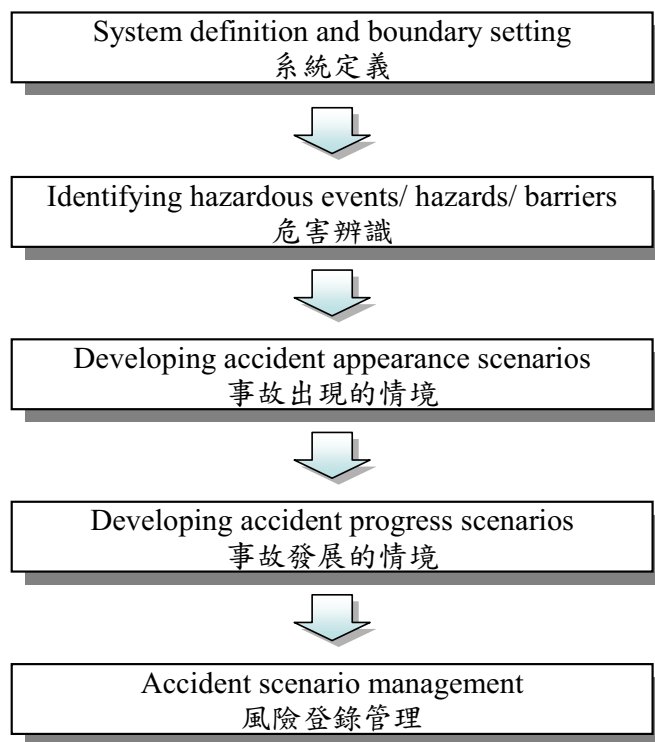
3.1.4.1 風險管理實務

南韓的高鐵系統（Korea Train eXpress, KTX）於 2004 年開始營運，而同年間也一併公布鐵路安全法案（Railway Safety Act），自此之後南韓開始著重於以風險為基礎的安全管理。南韓鐵道研究中心（Korea Railroad Research Institute，以下簡稱 KRRI）於 2005 年提出風險管理的架構與分析模型，已應用在南韓的鐵道路網上，同時也提出如圖 3-12 的風險評估程序，包含有：風險辨識、危害定義、情境分析、失誤樹模型、事件樹模型，以及風險評估與減緩，其中 KRRI 對於風險辨識部分，又額外提出如圖 3-13 更細節的程序供參考。



資料來源：[37, 38]及本研究繪製

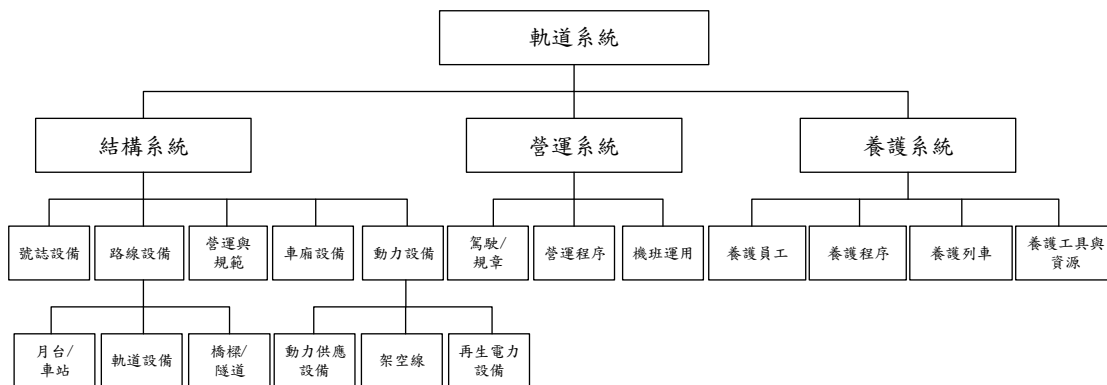
圖3-12 南韓 KRRI 之風險評估程序



資料來源：[37, 38]及本研究繪製

圖3-13 南韓 KRRI 之風險辨識程序

此外，南韓亦成立如圖 3-14 的管理機構以進行風險評估模型的發展，該機構將軌道系統分為結構、營運與養護三大區塊，各自發展相關的風險模型。



資料來源：[37, 38]及本研究繪製

圖3-14 南韓風險評估管理機構

在風險模式上 KRRI 採用的是死亡與加權受傷之等效死亡的觀念（Fatalities and Weighted Injuries，以下簡稱 FWI），究其數值顯示 10 個重傷或者 200 個輕傷會等於一個死亡事件，其風險值的計算方式為：

$$\text{累積風險值} = \text{頻率} \times \text{嚴重性} \quad (3.1)$$

其中：

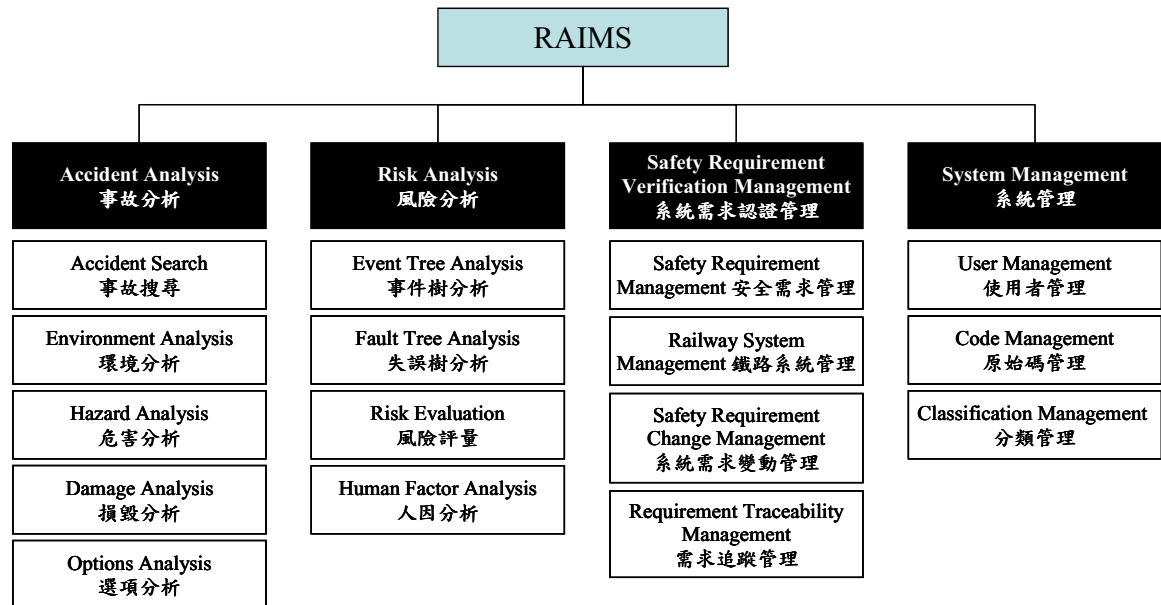
累積風險值：平均每年 FWI 數

頻率：平均每年發生頻率

嚴重性：平均每個事件造成的 FWI 數

3.1.4.2 分析系統網頁介面

RAIMS（Railway Risk Assessment & Information Management System）是南韓 KRRI 用來專門分析軌道系統的軟體，分別由事故分析、風險分析、安全需求確認管理及系統管理四個子系統組成，如圖 3-15 所示。



資料來源：[37, 38]及本研究繪製

圖3-15 南韓 RAIMS 系統模組

以下則呈現所蒐集到的子系統畫面，包括有：

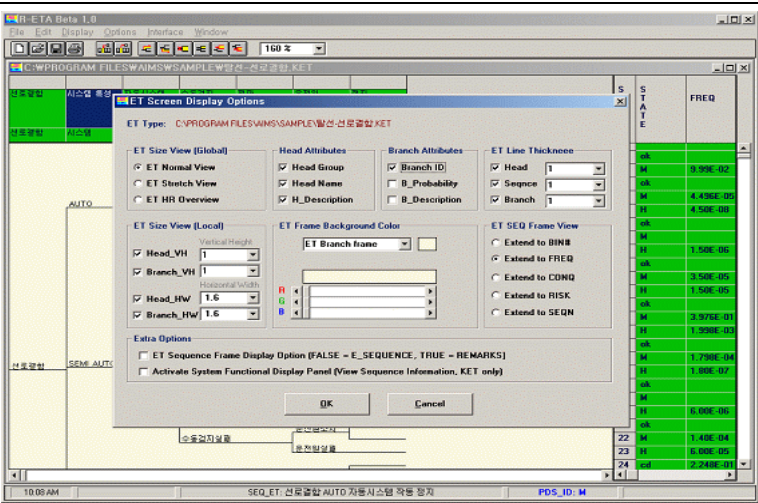
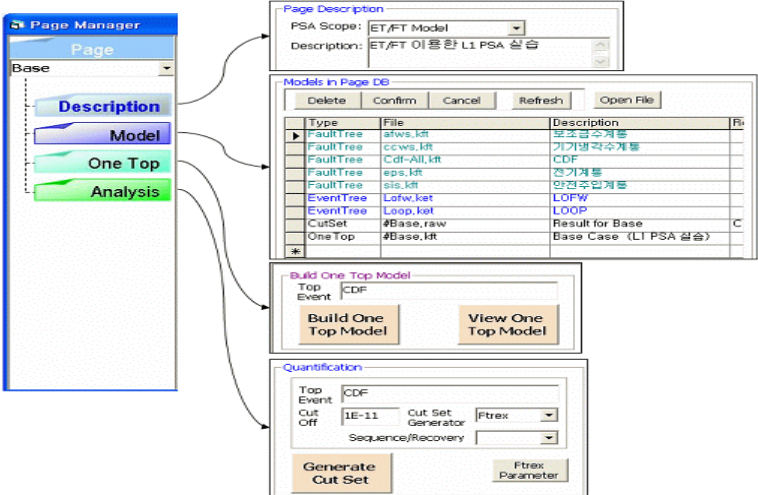
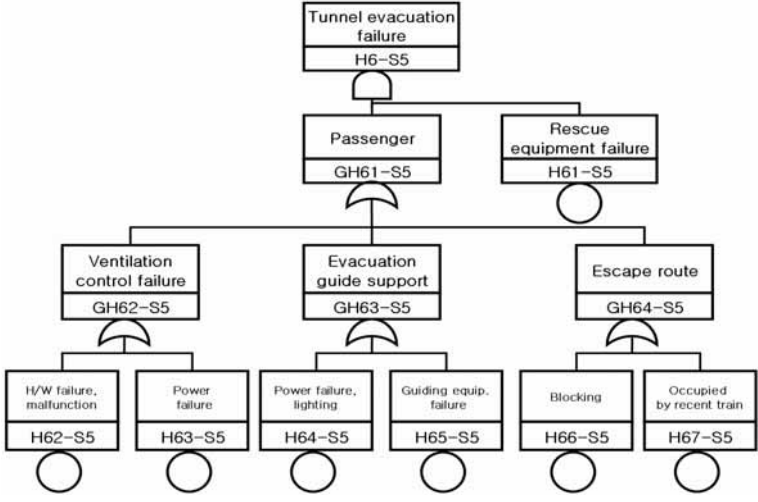
1. 事故分析子系統，如表 3.14所示。
2. 風險分析子系統，如表 3.15所示。
3. 軌道系統人員可靠度分析，如表 3.19所示。

表3.14 南韓 RAIMS 事故分析子系統

<p>環境分析</p> <p>Environment Analysis</p>	
<p>事故分析</p> <p>Accident Analysis</p>	
<p>事故統計分析</p> <p>Accident Statistic Analysis</p>	

資料來源：[37, 38]及本研究整理

表3.15 南韓 RAIMS 風險分析子系統

<div>事件樹分析</div> <div>Event Tree Editor</div>	
<div>事件樹/失誤樹連結</div> <div>ET/FT Linking approach</div>	
<div>失誤樹分析</div> <div>Fault Tree Editor</div>	

資料來源：[37, 38]及本研究整理

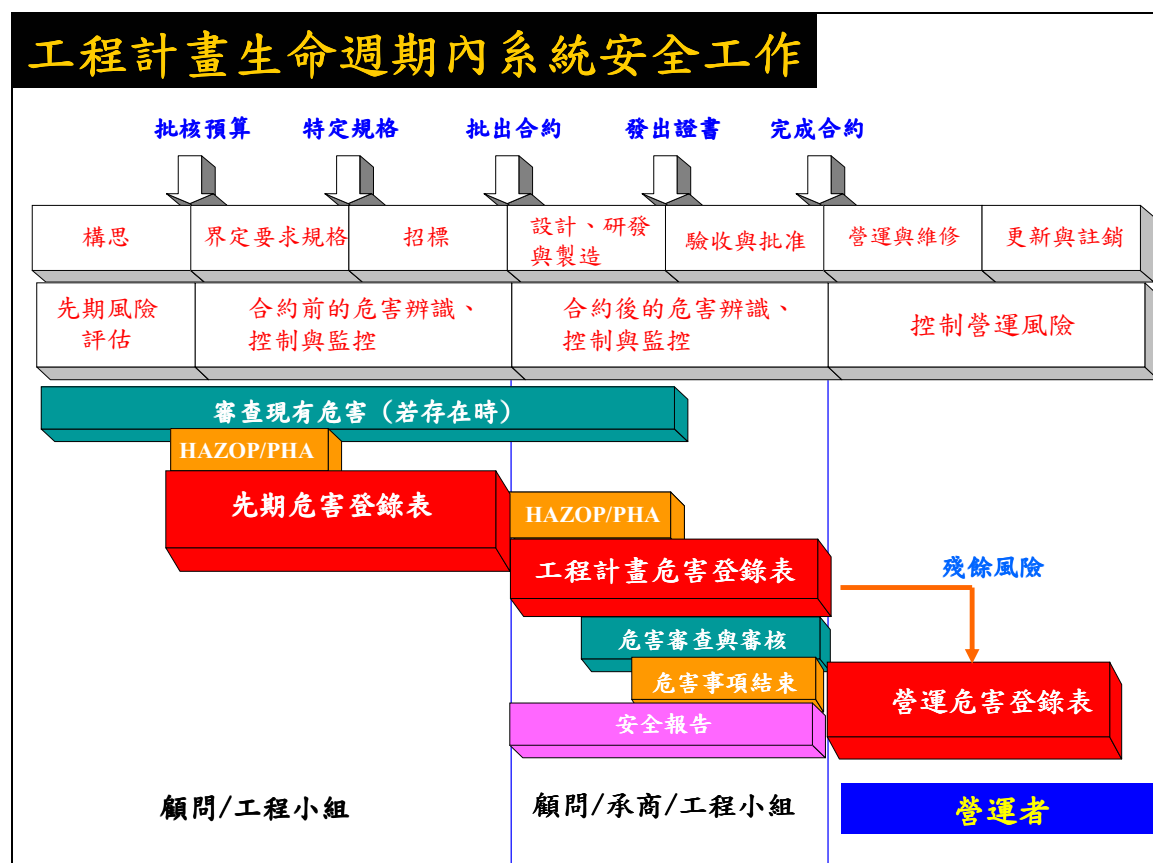
表3.16 南韓 RAIMS 軌道系統人員可靠度分析子系統

<p>一般資料輸入</p> <p>General Information Input</p>	
<p>失誤分析與量化</p> <p>Error Analysis & Quantification</p>	
<p>報表結果</p> <p>Reporting Results</p>	

資料來源：[37, 38]及本研究整理

3.1.5 香港

香港地鐵在 1990 年初期建立了一套考慮軌道系統生命週期的風險管理系統，主要元素包括有效的安全風險管理組織架構、全面的系統保證方案規劃、從鐵路專案初期開始辨識及控制安全風險，以及營運階段對安全風險做積極的監控，藉以實現安全管理。



資料來源：[32]及本研究繪製

圖3-16 香港地鐵生命週期內之安全風險管理

如圖 3-16所示，該系統從安全的角度出發，自系統初始構思到招標階段主要是由工程小組負責；設計建造階段，承商會在工程小組的監督下執行各項風險控制任務，以確保設計建造的潛在風險得到妥善處理，並將殘餘風險合理的降到最低；營運階段時，將持續監控從建造階段轉移過來的剩餘風險，並建立完善的風險控制機制，持續管理已確認的安全風險，並找出其他潛在的危害。此外，確保風險管理得以貫通各階段的一個重要手段，就是維持有效的危害登錄表（Hazard

Log)，將各階段的危害辨識、評估、減緩措施、落實情況等記錄於登錄表內。

香港地鐵公司將影響旅客、員工、承商及車務運營的風險矩陣值分為 R1~R4 之 4 個等級，如表 3.17 所示，該風險值主要是透過 7 個等級的嚴重性以及 10 個等級的頻率，以半定量的級距落點得出，詳如表 3.18 所示。

表3.17 香港地鐵風險矩陣值一覽表

風險值	說明	
R1	風險必須降低	
R2	風險在切實可行的情況下必須降低	其中 R2 及 R3 界定為可容許區域，並需符合可行的最低風險程度（ALARP）原則
R3	風險可以忍受，但當符合成本效益時，應進一步降低	
R4	風險是可接受的	

資料來源：[101]及本研究整理

3.1.6 日本

早期日本雖沒有以 RAMS 作為鐵路系統安全評估之標準，但其軌道系統的安全水準卻是舉世聞名^[104]，但在各國普遍接受 RAMS 的國際標準概念下，日本近年來亦開始導入 RAMS 的概念進行安全管理。

以東日本鐵道公司^[77, 103]而言，該公司針對 2013 年的安全目標擬定了「精進人力資源與系統相關安全」與「透過風險評估預防事故」2 個展望，同時透過 4 個構面分別來達成目標，這四個構面分別為：塑造安全文化、重建安全管理系統、採正確方法減緩風險、提倡安全設施的安置，分別說明如下。

表3.18 香港地鐵風險矩陣表

Double Click The Item For Selecting		CONSEQUENCE							
		7	6	5	4	3	2	1	
		Trivial	Negligible	Marginal	Serious	Critical	Catastrophic	Disastrous	
Staff/Contractor Safety	Fatality					<5	5 or more		
	Major Injury				<5	5 or more			
	Minor Injury			<5	5 or more				
	with >=3 days sick leave								
Passenger /Public Safety	Minor Injury		<5	5 or more					
	Fatality								
	Major Injury					<5	5-50	51-500	
	Minor Injury			<5	5-50	51-500	501-5000	>5000	
Service	System Disruption			<20 min	1 hour	1 day	1 week	1 month	
	Line Disruption		20-60 min	few hours	1 day	1 week	1 month	few months	
	Station Disruption	<20 min	few hours	1 day	1 week	1 month	few months	1 year	
A Few times per week or more		R3	R1	R1	R1	R1	R1	R1	
B Few times per month		R4	R2	R1	R1	R1	R1	R1	
C Few times per year		R4	R2	R2	R1	R1	R1	R1	
D Few times in 10 years		R4	R3	R2	R1	R1	R1	R1	
E Once since operation		R4	R3	R3	R2	R1	R1	R1	
F Unlikely to occur		R4	R4	R3	R3	R2	R1	R1	
G Very unlikely to occur		R4	R4	R4	R3	R3	R2	R1	
H Remote		R4	R4	R4	R4	R3	R2	R1	
I Improbable		R4	R4	R4	R4	R4	R3	R2	
J Incredible	< 1E-6/year	R4	R4	R4	R4	R4	R4	R3	

資料來源：[101]

1. 塑造安全文化

日本的軌道安全文化向來著名於全球，其成功的原因與方法分別為：

- (1) 正確與快速的回報機制。
- (2) 注意、察覺與分享虛驚事件。
- (3) 預防機制的探討。
- (4) 從其他系統的事故中記取經驗教訓與學習改善之道。
- (5) 確實執行。

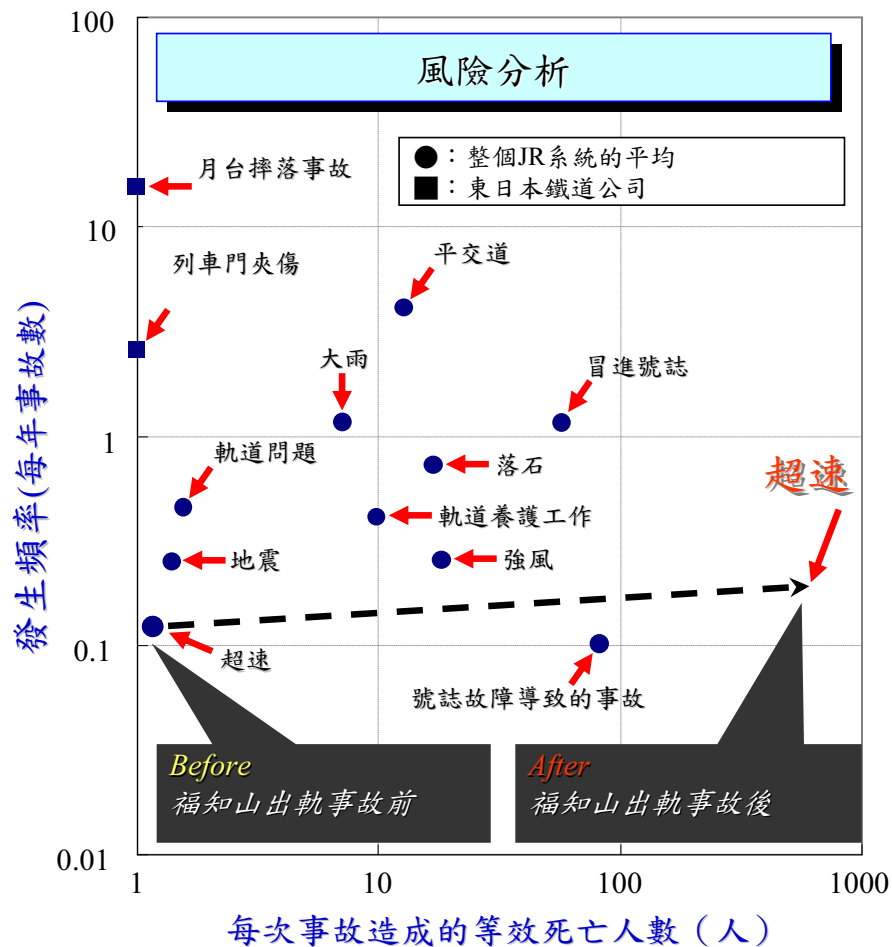
2. 重建安全管理系統

主要分為三個方向來進行，分別為：

- (1) 關鍵的安全領導者：透過知識的累積，使員工對於弱點與過去的事故有更清楚的了解。
- (2) 安全專業：對於可能的危害研擬對策。
- (3) 安全知識的貫連：持續的對員工進行訓練。

3. 採正確方法減緩風險

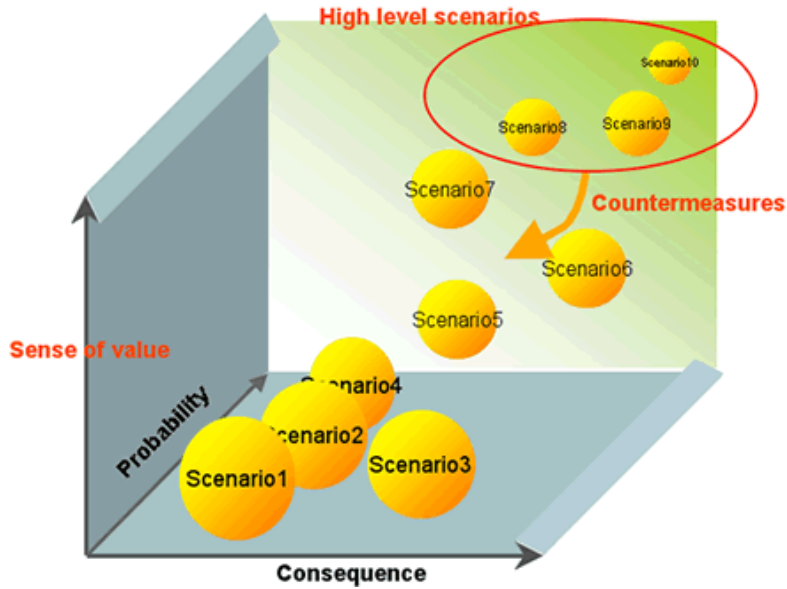
有關風險值的評估，東日本鐵道公司提出了如圖 3-17的風險矩陣，圖中可以看出超速項目在福知山線（Fukuchiyama Line）超速事故造成一百多人死亡及數百人受傷後，已將該項之嚴重度大幅往上修正。透過風險分析，東日本鐵道公司挑選出特別重視的危害項目並研擬減緩措施，包括有：東京都會區大地震、平交道闖越、列車超速、出軌、車站月台安全與落石山崩自然災害。



資料來源：[77]及本研究繪製

圖3-17 東日本鐵道公司安全風險矩陣圖

再者，除了以等效死亡人數作為嚴重性指標外，東日本鐵道公司亦將受影響系統的資產價值視為另一項嚴重性指標予以綜合考量，衍生出三維空間的風險矩陣如圖 3-18所示，圖中框起來的危害即代表迫切需要改善的風險。

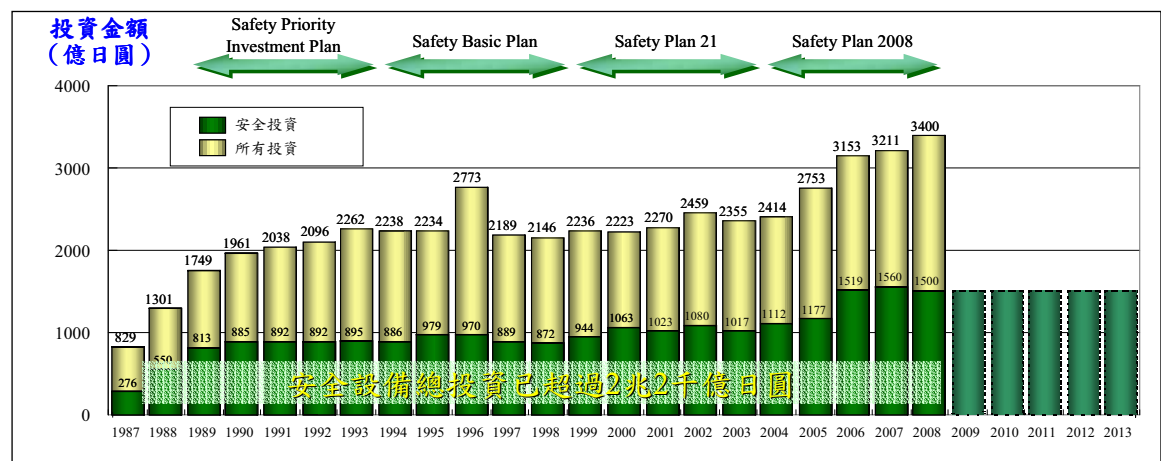


資料來源：[103]

圖3-18 東日本鐵道公司三維風險矩陣示意圖

4. 提倡安全設施的安置

圖 3-19顯示日本自 1987 年以來每項計畫的設備與安全投資金額與比例，這些計畫包括有：Safety Priority Investment Plan、Safety Basic Plan、Safety Plan 21、Safety Plan 2008，且自 1987 年累計至 2008 年為止，針對安全方面的投資已經達到 2.2 兆日圓，以絕對安全的目標邁進。



資料來源：[77]及本研究繪製

圖3-19 東日本鐵道公司安全投資金額趨勢

3.1.7 新加坡

新加坡地鐵在風險管理實務的作法上，主要採取方式為：選定風險管理顧問協助確定、評估計畫之風險，分析其潛在影響，並提出改善方法。範圍包括有隧道、高架、鋼構架設、路軌施工、設備安裝等複雜危險性工作，而實施要領包含有：

1. 促進立法及建立周詳之合約文件。
2. 精選工程顧問及承包商：專業能力與財務能力評估。
3. 實施控制與監工管理：施工前建物調查、不穩定或高危險性工作防制計畫、監工、品管與安衛管理。
4. 辦理工程統保：營造綜合保險、第三人意外責任險、勞工保險與海運險。

3.2 國內軌道運輸風險管理現況

過去臺灣的軌道運輸營運單位並未正式導入風險管理的標準程序，而是憑著經驗法則來維護系統安全，但隨著時代的進步及新軌道系統建置，近年來陸續導入風險管理的制度，由於各營運單位成立的時空背景與條件均不相同，故風險管理的項目與程度亦有所差異，以下就蒐集到的文獻，介紹臺灣軌道營運單位之安全管理作為，包括安全管理的專責組織、管理目標或管理手段。

3.2.1 臺灣鐵路管理局

臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵）是國內軌道運輸的始祖，早年主要以「行車保安委員會」負責執行安全管理任務。但行車保安委員會並非正式編制的組織，而是依「交通部臺灣鐵路管理局行車保安委員會設置要點」所設立，其組織架構圖如圖 3-20所示，除了運務處長、機務處長、工務處長、電務處長與鐵路警察局局長為當然委員之外，亦包含學者專家 6 人、交通部推薦 1 人為聘任委員，主任委員則由主管營運副局長兼任。該委員會組織下設有「行車事故獎懲審議小組」、

「行車事故預防稽核小組」及三個工作小組（審核組、調查組與預防組），審議會由行車事故獎懲審議小組召開，針對審核組提供之行車事故原因、責任歸屬及獎懲等審查意見做出決議；審查會則由審核組負責召開，對於行車事故原因、責任歸屬之審核及員工獎懲等作成結論，再提供「行車事故獎懲審議小組」進行審議。

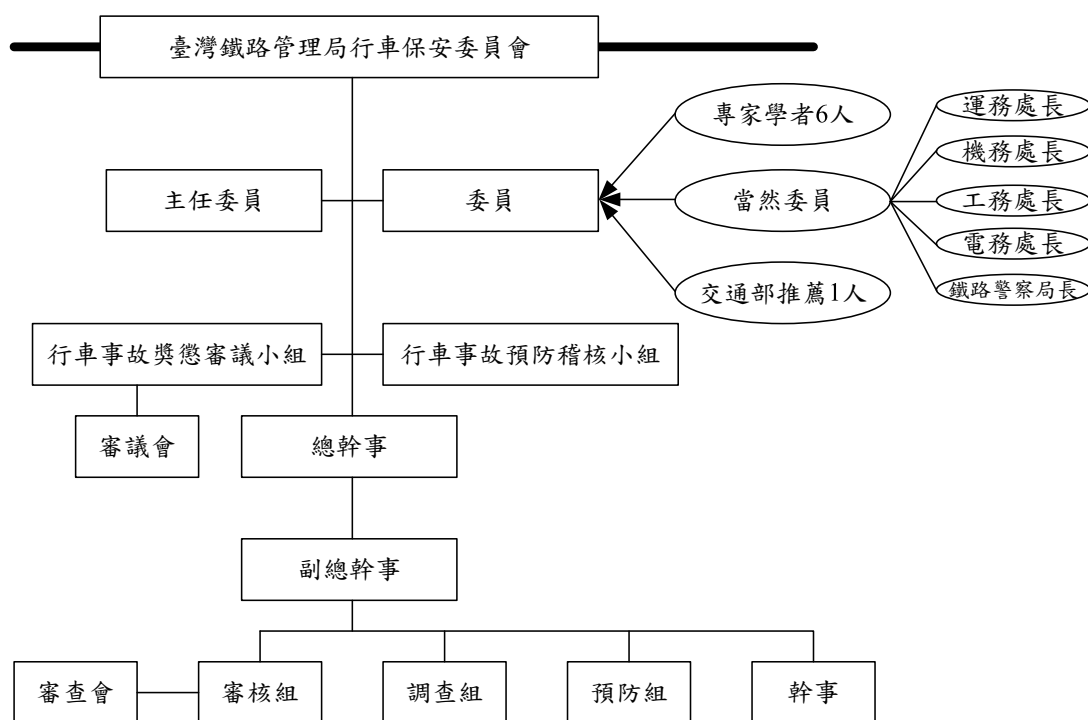


圖3-20 臺灣鐵路管理局行車保安委員會組織

行車保安委員會雖為安全管理的組織，但該組織的任務偏重於鐵路事故的調查、分析與檢討，屬於事故指標或落後指標的層次，雖可作為亡羊補牢的基礎，但仍缺乏領先指標的考量。

有鑑於此，臺鐵局近年來開始執行風險管理業務，由副局長擔任召集人成立「風險管理推動小組」，該小組之組織架構如圖 3-21，相較於行保會僅有運工機電四處的處長參與，本組織更納入「臺灣鐵路管理局組織編制」中的一級單位，包括行政處、材料處、企劃處、人事室、會計室、政風室、餐旅服務總所及貨運服務總所等單位。甚至包含勞安室、員工訓練中心、專案工程處等單位。

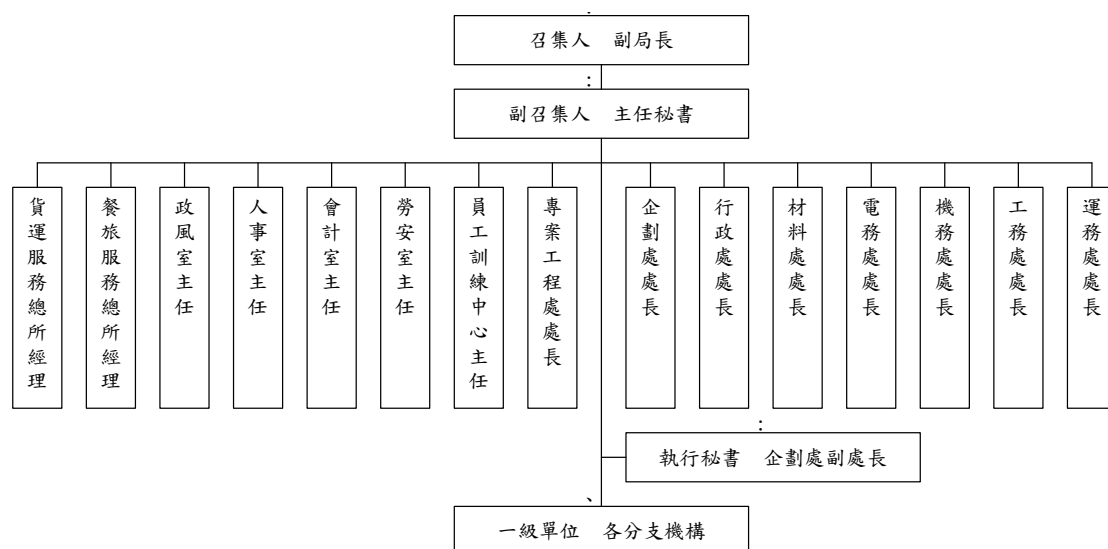


圖3-21 臺灣鐵路管理局風險管理推動小組組織圖

由於該小組的成員均為一級主管，為了將風險管理落實到基層的一線人員，臺鐵局自 96 年～98 年已陸續辦理近 3 萬人時的員工訓練課程，其課程內容與受訓人數等資訊如表 3.19。

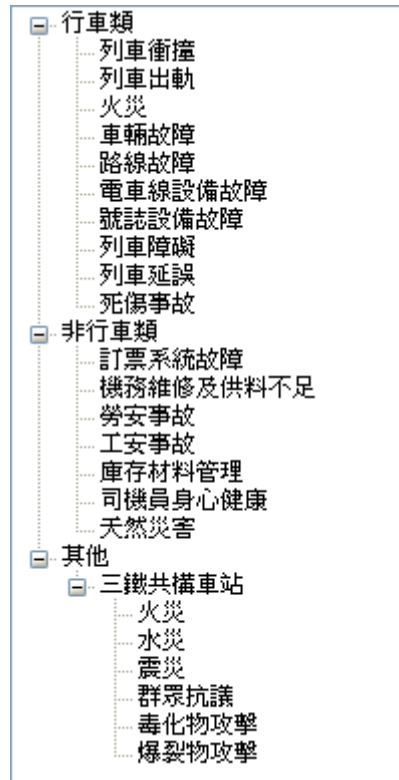
表3.19 臺鐵局 96～98 年風險管理教育訓練情形

年份	課程內容	受訓人數	人時合計
96 年	危機處理、事故應變處理及事故之防範、勞工衛生與職業病預防概論。	1,384	4,227
97 年	通報及緊急應變措施、風險管理、災害防救、風險與危機管理。	3,662	10,797
98 年	職業安全管理系統(TOSHMS)、災害防救、風險管理、風險及安全管理。	4,743	14,186

註解：僅列計員工訓練中心開授之時數，且 98 年只含 1～10 月

「風險管理推動小組」所關心的風險項目分為「行車類¹」、「非行車類」與「其他」三大類共 18 個子項目如圖 3-22，以下分節說明各類風險的風險矩陣、風險評量、風險值現況等內容。

¹ 行車類風險有更細部的說明，詳細內容請見研究報告第 5.2.1 節



資料來源：臺鐵局及本研究繪製

圖3-22 臺鐵風險管理推動小組研擬之主要風險項目架構圖

3.2.1.1 行車類風險

由於臺鐵行車環境的複雜，因此臺鐵在行車類風險評量採用 10×10 的風險矩陣，同時可視需要簡化為 5×5 矩陣或 3×3 矩陣，如圖 3-23 所示。有關臺鐵之風險發生機率共分 10 級，如表 3.20 所示；影響程度亦分為 10 級，表 3.21～表 3.24 分別展示運務處、工務處、機務處、電務處不同單位所關注的分級指標與內容。

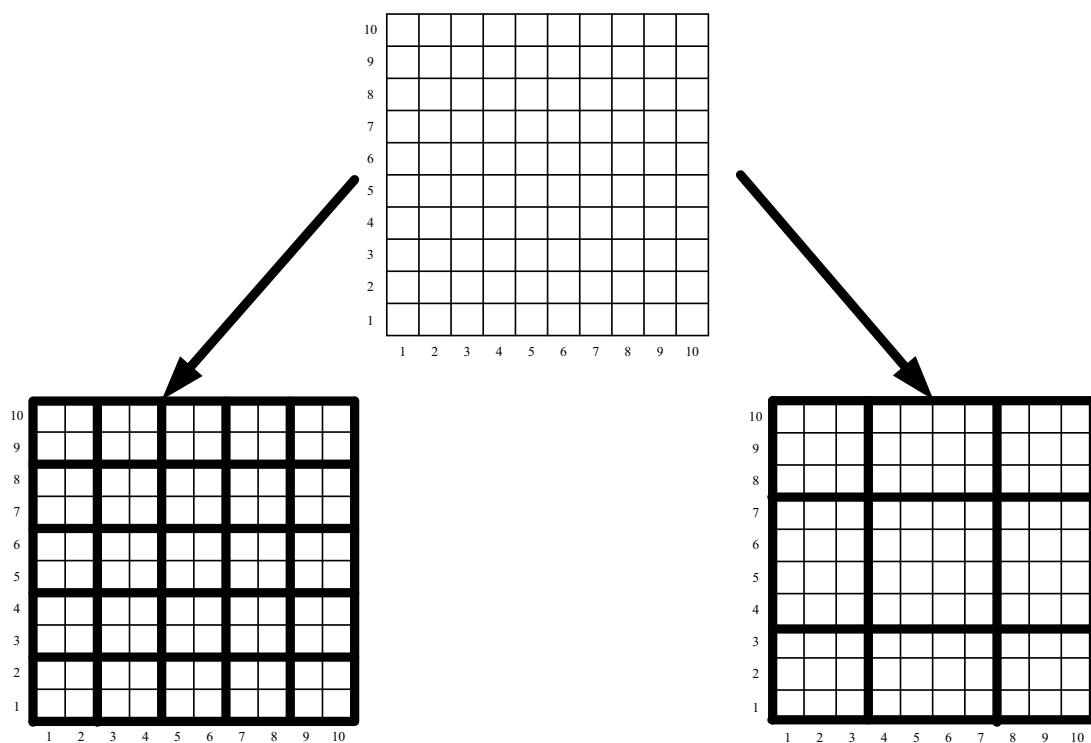


圖3-23 臺鐵 10×10 風險矩陣簡化示意圖

表3.20 臺鐵局行車類風險-風險機率分級表

可能性分類	等級	頻率狀況
幾乎不可能	1	10 年從未發生
	2	10 年發生件數 1 次
不太可能	3	10 年發生件數 2 次
	4	10 年發生件數 3 次
可能	5	10 年發生件數 4~10 次
	6	10 年發生件數 11~20 次
非常可能	7	10 年發生件數 21~30 次
	8	10 年發生件數 31~49 次
幾乎確定	9	10 年發生件數數 50~99 次
	10	10 年發生件數 100 次以上

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.21 臺鐵局行車類風險-運務處之影響程度

嚴重等級	列車延誤 時分（分）	財務損失 搶修費用	平交道及跨越軌道		形象
			旅客死傷	民眾死傷	
10	241 以上	501 萬以上	死亡 10 人以上	死亡 10 人以上	國際性報導
9	181~240	101~500 萬	死亡 6~9 人	死亡 8~9 人	國際性報導
8	151~180	81~100 萬	死亡 4~5 人	死亡 6~7 人	全國性電子媒體 頭版報導
7	121~150	51~80 萬	死亡 2~3 人	死亡 4~5 人	全國性電子媒體 頭版報導
6	61~120	21~50 萬	死亡 1 人	死亡 2~3 人或 受傷 4 人以上	全國性報導
5	46~60	11~20 萬	受傷 3 人以上	死亡 1 人或受 傷 3 人	地方平面及電 子媒體報導
4	31~45	6~10 萬	受傷 2 人	受傷 2 人	電子媒體報導
3	21~30	1~5 萬	受傷 1 人	受傷 1 人	地方平面報導
2	11~20	1 萬元以下	0	撞到不明物體	無
1	10 以內	5 千元以下	0	0	無

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.22 臺鐵局行車類風險-工務處之影響程度

嚴重等級	颱風、豪雨災害 列車延誤時分（分）	路線故障 列車延誤時分（分）	施工事故 列車延誤時分（分）
10	停駛	停駛	停駛
9	1001 以上	301 以上	2001 以上
8	751~1000	251~300	1501~2000
7	601~750	201~250	1001~1500
6	501~600	151~200	501~1000
5	401~500	101~150	301~500
4	301~400	51~100	151~300
3	201~300	31~50	101~150
2	101~200	11~30	51~100
1	0~100	0~10	0~50

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.23 臺鐵局行車類風險-機務處之影響程度

嚴重等級	車輛故障 列車延誤時分（分）
10	停駛
9	91 以上
8	81~90
7	71~80
6	61~70
5	51~60
4	41~50
3	31~40
2	21~30
1	10~20

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.24 臺鐵局行車類風險-電務處之影響程度

嚴重等級	號誌搶修時間（分）	電力搶修時間（分）	通訊系統中斷時間
10	601 以上	1081 以上	5 天以上
9	361~600	841~1080	3~5 天
8	241~360	601~840	1~3 天
7	181~240	421~600	12~24 小時
6	121~180	241~420	6~12 小時
5	91~120	121~240	3~6 小時
4	61~90	61~120	1~3 小時
3	41~60	31~60	30 分~1 小時
2	21~40	0~30	0~30 分
1	0~20	不影響營運	不影響營運

資料來源：臺鐵局及本研究整理

至於各種風險項目的風險計算，臺鐵局針對每一種風險（事故）在某特定期間發生的頻率與影響程度依式(3.2)與式(3.3)計算。

$$L = \frac{\sum L_j}{n}, I = \frac{\sum I_j}{n} \quad (3.2)$$

$$SR = \frac{\sum SR_j}{n} = \frac{\sum (L_j \times I_j)}{n} \quad (3.3)$$

式中： L_j = 個別事故機率等級

L = 事故機率等級

I_j = 個別事故影響程度

I = 事故影響程度

SR = 風險值，0~100，數值越小則越安全

根據上述計算方式計算出之近 2 年臺鐵行車類風險值比較如表 3.25。

表3.25 臺鐵局近兩年行車類風險比較表

風險項目	97 年			98 年			變化趨勢
	機率等級	影響程度	風險數值	機率等級	影響程度	風險數值	
列車衝撞	3.5	1.5	5.0	3.0	7.4	10.4	↑
列車出軌	5.0	4.9	9.9	6.0	6.0	12.0	↑
火災	0	0	0	0	0	0	—
車輛故障	9.2	4.9	14.1	9.1	5.7	14.8	↑
路線故障	8.6	3.0	11.6	9.5	3.1	12.6	↑
電車線設備故障	8.4	4.6	13.0	9.1	4.2	13.2	↑
號誌設備故障	5.2	4.3	9.5	5.6	4.3	9.9	↑
列車障礙	8.6	3.0	11.7	8.4	2.7	11.1	↓
列車延遲	7.7	3.3	10.9	7.9	4.4	12.3	↑
死傷事故	2.1	1.1	3.2	1.7	0.7	2.0	↓

資料來源：臺鐵局及本研究整理

從表 3.25 內容之 97 年與 98 年而言，除了列車障礙與死傷事故之風險趨勢呈現下降外，其餘項目之風險趨勢則是呈現升高的情況。

3.2.1.2 非行車類風險

臺鐵的非行車類風險採用 5x5 的風險矩陣，風險機率以表 3.26 方式分級；影響程度分級則如表 3.27。風險評量的計算方式則與行車類風險一致，在此分析基礎下，臺鐵近 2 年的非行車類風險如表 3.28，從中可發現所有的非行車風險值均有下降趨勢。

表3.26 臺鐵局非行車類風險機率分級表

可能性分類	等級	詳細的描述
幾乎不可能	1	只會在特殊的情況下發生
不太可能	2	在少數情形下會發生
可能	3	在有些情形下會發生
非常可能	4	在許多情形下會發生
幾乎確定	5	在絕大多數的情況下會發生

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.27 臺鐵局非行車類風險影響程度等級表

分級	形象	人員	民眾抗爭	財務損失
5 非常嚴重	國際媒體持續負面報導	死亡 3 人以上	持續大規模抗爭	1 億以上
4 相當嚴重	國際媒體負面報導	死亡 1~2 人	至院級機關抗爭	0.5~1.0 億
3 嚴重	全國媒體負面報導	重傷 1 人以上	至中央部會抗爭	1000~5000 萬
2 輕微	區域媒體負面報導	輕傷 1 人以上	少數電話抱怨	200~1000 萬
1 極輕微	極少數媒體負面報導	無人員傷亡	極少數電話抱怨	200 萬以下

資料來源：臺鐵局及本研究整理

表3.28 臺鐵局近兩年非行車類風險比較表

風險項目	97 年		98 年		變化趨勢
	機率等級	影響程度	機率等級	影響程度	
訂票系統故障	1	2	1	2	↓
機務維修零件不足	2	1	1	1	↓
勞安事故	3	2	2	1	↓
工安事故	3	3	2	2	↓
庫存材料管理	2	1	1	1	↓
司機身心健康	4	2	3	2	↓
天然災害	3	5	1	5	↓

資料來源：臺鐵局及本研究整理

3.2.1.3 其他風險

臺鐵局針對三鐵共構的台北站亦採取如3.2.1.2節非行車風險的方法進行風險管理，其風險項目與近2年的風險值如表3.29，由表中可知所有的風險值在97年～98年間均有下降趨勢。

表3.29 臺鐵局近兩年三鐵共構車站風險比較表

風險項目	97 年		98 年		變化趨勢
	機率等級	影響程度	機率等級	影響程度	
火災	4	4	3	2	↓
水災	3	3	2	2	↓
震災	3	3	2	2	↓
群眾抗議	3	3	2	2	↓
毒化物攻擊	2	4	2	2	↓
爆裂物攻擊	2	3	2	2	↓

資料來源：臺鐵局及本研究整理

3.2.2 台灣高鐵

以下先說明台灣高鐵的安全目標，之後再說明其風險矩陣以及營運安全管理。

3.2.2.1 安全目標

台灣高鐵公司的安全政策即是以「高鐵系統安全」作為最高指導原則與目標^[87]，因此台灣高鐵在設計、興建及營運階段，均參照 EN50126 的標準，訂定風險管理目標值，以作為高鐵系統生命週期（Life Cycle）內之基準，同時妥善運用「風險評估及安全管理」，以降低危害發生的可能性。

台灣高鐵公司依據所估計之旅運量及系統營運密度，同時參照 EN50126 標準後訂出表 3.30 三種人員（旅客、員工、大眾）的安全風險目標值，以協助系統安全要求的發展，並分配至各個系統進行設計、施工與營運。在設立量化目標時，高鐵公司採用的方式係「等效死亡（Equivalent Fatality, EQF）」的觀念而非死亡或者受傷程度的嚴重度，究其數值顯示 10 個重傷或者 200 個輕傷會等於一個死亡事件，透過這種等效死亡的統計可反映出高鐵公司年度死傷的全貌。

表3.30 台灣高鐵之風險目標值

群組	安全管理風險目標值	單位
旅客	1.0×10^{-10}	EQF/延人公里
員工	3.5×10^{-4}	EQF/人/年
大眾	3.0×10^{-5}	EQF/人/年

資料來源：[87]及本研究整理

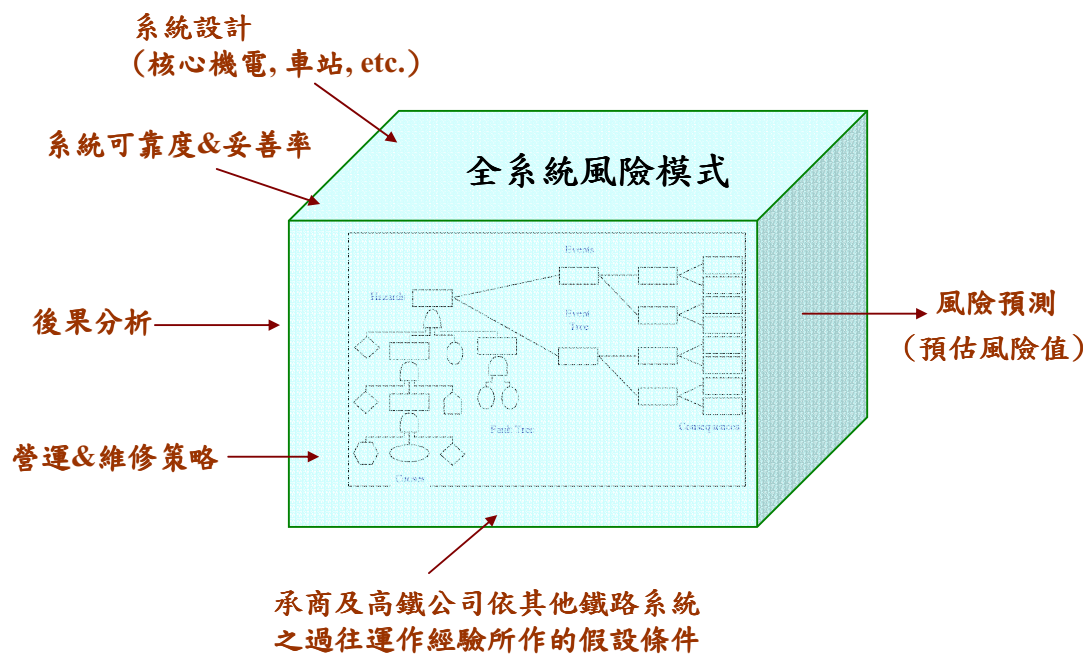
若單純以旅客的風險目標值而言，表 3.31 顯示台灣高鐵所訂的數值是相對高於英國、法國、新加坡與香港的標準，此亦代表台灣高鐵願意投入更多的成本來增加預防措施以維護旅客之安全。

表3.31 各國風險目標值之比較

國家	軌道系統	旅客風險目標值 EQF/延人公里
中華民國台灣	台灣高鐵	1.0×10^{-10}
英國/法國	歐洲之星	4.70×10^{-8}
英國	英國地鐵	4.20×10^{-9}
新加坡	新加坡捷運	2.20×10^{-9}
香港	香港地鐵	7.50×10^{-9}

資料來源：[87]及本研究整理

此外，為了達成表 3.30的目標，高鐵公司除了會要求承商提送風險預估的數值外，亦會採圖 3-24之方式依據系統設計、可靠度與妥善率、後果分析、營運維修策略以及其他軌道系統的相關資料等，提出一份風險預估值，以檢視是否達到目標，表 3.32即是部分合約系統的範例。



資料來源：[87]

圖3-24 高鐵公司風險評估分析模式

表3.32 台灣高鐵之軌道承商提送風險預估值比較表

Contract	Ref	Exposed Group	Individual Risk	
			Targets	Results
T200	Sect 5.6.4, T200 SAP	Passenger	1.67×10^{-11} EQF/延人公里	1.66×10^{-11} EQF/延人公里
		Staff	1.00×10^{-4} EQF/人/年	1.46×10^{-5} EQF/人/年
		Public	1.00×10^{-5} EQF/人/年	2.88×10^{-7} EQF/人/年
T210	Sect 5.6.4, T210 SAP	Passenger	1.42×10^{-11} EQF/延人公里	1.07×10^{-11} EF/延人公里
		Staff	2.00×10^{-4} EQF/人/年	1.75×10^{-4} EQF/人/年
		Public	1.00×10^{-5} EQF/人/年	1.09×10^{-8} EQF/人/年
T220	Sect 5.6.4, T220 SAP	Passenger	1.52×10^{-11} EQF/延人公里	1.38×10^{-11} EQF/延人公里
		Staff	2.0×10^{-4} EQF/人/年	1.89×10^{-4} EQF/人/年
		Public	1.0×10^{-5} EQF/人/年	2.23×10^{-8} EQF/人/年
T230	Sect 5.6.4, T230 SAP	Passenger	1.57×10^{-11} EQF/延人公里	1.14×10^{-11} EQF/延人公里
		Staff	2.00×10^{-4} EQF/人/年	1.43×10^{-4} EQF/人/年
		Public	1.0×10^{-5} EQF/人/年	2.52×10^{-8} EQF/人/年
T240	Sect 8.4.3.4,	Passenger	1.60×10^{-11} EQF/延人公里	1.45×10^{-11} EQF/延人公里

Contract	Ref	Exposed Group	Individual Risk	
			Targets	Results
	T240 SAP	Staff	2.00×10^{-4} EQF/人/年	1.85×10^{-4} EQF/人/年
		Public	1.00×10^{-5} EQF/人/年	1.26×10^{-8} EQF/人/年

資料來源：[87]及本研究整理

3.2.2.2 風險矩陣

高鐵公司參考 EN50126 之規範，訂定出表 3.33 之十種風險頻率以及表 3.34 之七種嚴重程度，並組成如表 3.35 的風險矩陣。有關風險矩陣內的可接受標準部分，台灣高鐵採用的是 ALARP 原則，除了經成本效益分析需達合理程度外，同時要求符合現有法令或規範之規定，相關內容可參考表 3.36。

表3.33 台灣高鐵風險分類矩陣－頻率估計

類別	危害事件機率	頻率範圍
A 持續發生 Continuous	每週發生數次或更頻繁	$>10^2/\text{year}$
B 經常發生 Very Frequent	每月發生數次	$10/\text{year} \sim 10^2/\text{year}$
C 有時發生 Frequent	每年發生數次	$1/\text{year} \sim 10/\text{year}$
D 可能發生 Probable	十年發生數次	$10^{-1}/\text{year} \sim 1/\text{year}$
E 偶爾發生 Occasional	設計年限內可能發生	$10^{-2}/\text{year} \sim 10^{-1}/\text{year}$
F 不常發生 Unlikely	設計年限內不容易發生	$10^{-3}/\text{year} \sim 10^{-2}/\text{year}$
G 不太可能發生 Very Unlikely	設計年限內發生機率很小	$10^{-4}/\text{year} \sim 10^{-3}/\text{year}$
H 罕見 Remote	設計年限內單一事件	$10^{-5}/\text{year} \sim 10^{-4}/\text{year}$
I 不可能發生 Improbable	設計年限內幾乎不會發生	$10^{-6}/\text{year} \sim 10^{-5}/\text{year}$
J 竟然發生 Incredible	只能以機率估算其出現機會	$<10^{-6}/\text{year}$

資料來源：[87]及本研究整理

表3.34 台灣高鐵風險分類矩陣-嚴重程度估計

後果	無足輕重	可忽略	輕微	嚴重	重大	悲慘	災難性
死亡	—	—	—	—	少數(<5)	多數(5-50)	眾多(51-500)
重傷	—	—	—	少數(<5)	多數(5-50)	眾多(51-500)	無數(>500)
輕傷	—	—	少數(<5)	多數(5-50)	眾多(51-500)	無數(>500)	無數(>500)
心理影響	未造成個人心理衝擊/影響之事件	造成個人沮喪或憂慮	造成群體沮喪或憂慮	造成相關人員短期重大衝擊	造成相關人員長時間精神創傷	許多民眾因經驗或相關報導而害怕搭乘高鐵列車	高鐵運輸安全聲譽受到嚴重影響
造成不便	營運中斷少於10分鐘	高鐵部分關閉在1小時之內或計畫關閉	非計畫關閉部分高鐵達1小時以上	部分高鐵關閉達1日：輕度維修	部分高鐵關閉達1週：重大維修	部分高鐵關閉達1週：重大重建或維修	部分高鐵因重大重建工程長期關閉

資料來源：[87]及本研究整理

表3.35 台灣高鐵風險分類矩陣表

嚴重性 頻率	無足輕重	可忽略	輕微	嚴重	重大	悲慘	災難性
A 持續發生	Ar	Un	Un	Un	Un	Un	Un
B 經常發生	Ac	Un	Un	Un	Un	Un	Un
C 有時發生	Ac	Ud	Un	Un	Un	Un	Un
D 可能發生	Ac	Ar	Ud	Un	Un	Un	Un
E 偶爾發生	Ac	Ar	Ar	Ud	Un	Un	Un
F 不常發生	Ac	Ac	Ar	Ar	Ud	Un	Un
G 不太可能發生	Ac	Ac	Ac	Ar	Ar	Ud	Un
H 罕見	Ac	Ac	Ac	Ac	Ar	Ar	Ud
I 不可能發生	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ar	Ar
J 竟然發生	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ar

資料來源：[87]及本研究整理

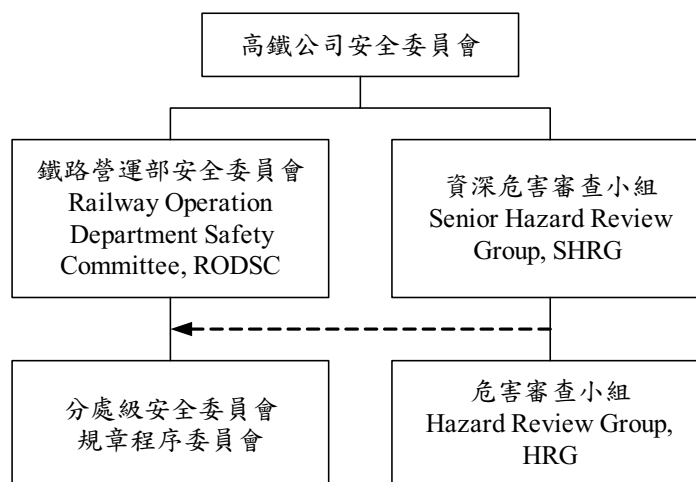
表3.36 台灣高鐵風險矩陣值一覽表

風險等級	處理原則
Un	不允許存在之風險，必須盡力將風險降低
Ud	不願見到之風險，必須依據 ALARP 原則，優先降低其風險。若必須勉予接受，必須經危害審查小組(Hazard Review Group, HRG)/資深危害審查小組(Senior Hazard Review Group, SHRG)之審核
Ar	雖可接受，但須經 HRG 技術審查同意；同時仍應依 ALARP 原則，持續降低其風險但其優先順序低於 Ud
Ac	可接受之風險

資料來源：[87]及本研究整理

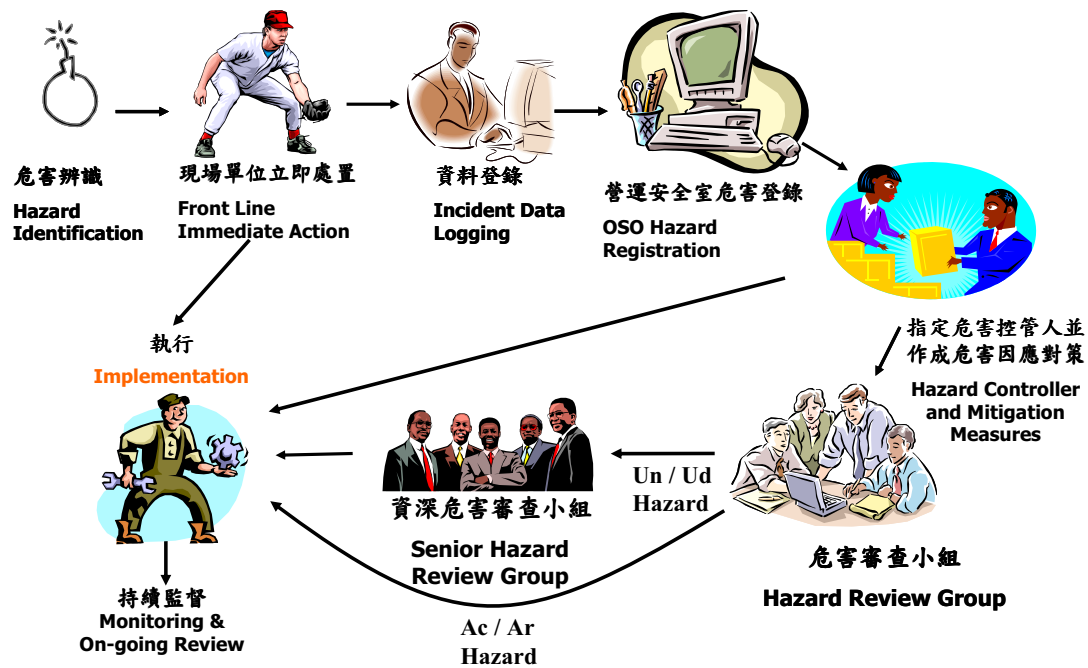
3.2.2.3 營運安全管理

高鐵公司在興建期間，各個系統（如土建、車站、軌道、核心系統等）均依系統保證規定建立危害管理紀錄，於設計施工期間持續加以控管，並於竣工時成立如圖 3-25的安全委員會組織進行管理，並以圖 3-26的危害管理流程持續控管移轉之相關危害。



資料來源：[87]及本研究繪製

圖3-25 台灣高鐵營運階段安全組織



資料來源：[87]

圖3-26 台灣高鐵營運階段危害管理流程圖

有關危害控管之對策，高鐵公司採用的方式包括有：

1. 消除可能造成危害之情況、物質、條件或行為。
2. 降低發生之機率。
3. 減輕發生後所導致之結果。

其中有關危害審查小組、資深危害審查小組、危險控管人之職責，分別說明如下。

1. 危害審查小組（Hazard Review Group, HRG）

鑒於軌道系統涵蓋多種技術領域，包括電子、機械、通訊暨自動控制、土建及運轉等，需由具相關系統專長之人員審查有關危害，因此高鐵公司成立獨立的危害審查小組，成員包括：運務、站務、工程、設施維護、車輛、號通、系統保證及安全等各單位之資深員工，以求完整客觀之審查危害內容，其審查範圍包括：

- (1) 指派危害控管人負責減輕危害。
- (2) 危害控管人所提出之風險評估減輕對策。

- (3) 認可危害殘餘風險在「Ac」及「Ar」等級之危害結案。
2. 資深危害審查小組（Senior Hazard Review Group, SHRG）
由副總級以上之高級主管組成，主要審視：
 - (1) 危害殘餘風險仍在「Ud」或以上之危害及其減輕對策。
 - (2) 審查 HRG 所提出之未決事項並提出指導原則。
 - (3) 審視 HRG 所提出之作業報告
3. 危害控管人（Hazard Controller, HC）
危害減輕對策控管人，簡稱危害控管人，主要負責提出減輕危害之因應對策，包括有：
 - (1) 檢視危害內容描述：是否正確適當的描述可能發生之危害。
 - (2) 檢視現存之控制措施：對現有之控制措施之敘述是否正確且均已運作中，以及現有風險等級評估。
 - (3) 後續所需之控制措施：找出後續可行之控制措施，並依此評估危害之殘餘風險，並評估 ALARP 之原則是否達到。

3.2.3 臺北捷運

以下分別說明臺北捷運風險管理機制的導入以及營運可靠度的管例方式案例。

3.2.3.1 風險管理導入

臺北捷運於規劃設計初期(民國 75 年)，歐盟尚未訂定出 EN50126 等相關的風險管理規範，因此臺北捷運工程局於設計規劃時，主要是參考美國 MIL-STD-882 (System Safety Program Requirements/Standard Practice for System Safety) 之標準，其內容主要分為四部分，分別為：

1. 計畫管理與控制 (Program Management and Control)
2. 設計與整合 (Design and Integration)

3. 設計與評估 (Design Evaluation)
4. 確認符合與驗證 (Compliance and Verification)

此外，針對機電與號誌系統部分，所採用的安全管理方式係以故障模式影響與嚴重性分析法 (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis，以下簡稱 FMECA) 為主，同時搭配獨立驗證之作業程序執行安全性認證，並在完成各項安全認證作業後，提出安全報告以詳細說明任何與安全相關且需注意的事項。

於民國 85 年～民國 89 年臺北捷運營運初期之安全管理方式，主要係以承接捷運局 FMECA 及 RAMS 等相關文件，同時輔以其他軌道系統的營運經驗，並搭配公司同仁的腦力激盪與事件樹分析，由事故導向的列管追蹤方式來進行安全管理。民國 90 年間，臺北捷運公司為符合國際上在軌道安全管理之趨勢，因此請香港地鐵公司 (MTR Corporation Limited) 協助導入風險管理的機制。當時臺北捷運的風險管理係由工安室 (現今已改為工安處) 主導，以 AS/NZS4360 為規範，由其下所轄管之各級單位分別辨識與列管可能之危害，並於每季定期舉辦會議討論減緩措施，採用組織導向的管理來處置危害。

與香港地鐵相似的為：對於風險值的計算係採半定量的風險矩陣值，如表 3.37、表 3.38 所示，同時依循 ALARP 原則來避免、降低、分散與轉移可能的危害。

表3.37 臺北捷運風險矩陣值一覽表

風險等級	說明
R1	無法容忍之風險。須取得主管機關同意或相關委員會特准方可豁免，否則不得營運且必須執行風險降等措施
R2	不可以容忍之風險。如果有合理可行降低風險措施，必須執行風險降等措施
R3	可以容忍之風險。但如果風險降等措施符合成本效益，則應執行風險降等措施
R4	可以接受之風險。不需要再採行任何風險降等措施

資料來源：臺北捷運公司及本研究整理

表3.38 臺北捷運風險矩陣表

			事故規模						
			7	6	5	4	3	2	1
			微不足道	可以忽略	輕微	嚴重	重大	災難	大災難
	職工/ 承包商安全	死亡					<5	≥5	
		重傷				<5	≥5		
		輕傷	≥3 日病假		<5	≥5			
		傷	<3 日病假	<5	≥5				
	旅客/ 大眾安全	死亡					<5	5-50	51-500
		重傷				<5	5-50	51-500	501-5000
		輕傷			<5	5-50	51-500	501-5000	>5000
	營運服務	系統中斷			<20 分	1 小時	1 天	1 週	1 個月
		路線中斷		20-60 分	幾小時	1 天	1 週	1 個月	數個月
		車站關閉	<20 分	幾小時	1 天	1 週	1 月	數個月	1 年
頻 率	A	≥每週數次	≥100/年	R3	R1	R1	R1	R1	R1
	B	每月數次	10 - 100/年	R4	R1	R1	R1	R1	R1
	C	每年數次	1 - 10/年	R4	R2	R1	R1	R1	R1
	D	每十年數次	0.1 - 1/年	R4	R3	R2	R1	R1	R1
	E	不常發生	10^{-2} - 10^{-1} /年	R4	R3	R3	R2	R1	R1
	F	不大可能發生	10^{-3} - 10^{-2} /年	R4	R4	R3	R3	R2	R1
	G	非常不大可能發生	10^{-4} - 10^{-3} /年	R4	R4	R4	R3	R3	R2
	H	絕少發生	10^{-5} - $<10^{-4}$ /年	R4	R4	R4	R4	R3	R3
	I	未必會發生	10^{-6} - $<10^{-5}$ /年	R4	R4	R4	R4	R4	R3
	J	難以置信會發生	$<10^{-6}$ /年	R4	R4	R4	R4	R4	R3

資料來源：臺北捷運公司及本研究整理

此外，臺北捷運為確認本身的風險管理機制是否完善，更在民國94年採以高規格的實施標準來審視其安全管理，主要針對美國系統安全促進計畫（System Safety Program Plan，SSPP）與系統保全計畫（System Security Plan，SSP）進行管理作業現況之比對與策略發展，以構建更完整的風險管理作業項目，此舉亦證實臺北捷運一直不遺餘力的提供資源、時間與人力在維護安全管理，以確保整體系統安全。

3.2.3.2 營運可靠度管理方式

臺北捷運公司採用「營運可靠度」管理方式對系統進行全面的管理，該管理方法考量 2 項重要的績效指標，分述如下：

1. 平均延誤失效發生之間隔車公里 (Mean Car-Kilometers Between Service-Delay Failure, MKBF)

此指標表示每發生一次延誤 5 分鐘以上事故之平均間隔行駛車廂公里數，此值越大代表事故發生的頻率越低，也就是系統越可靠。

2. 超過 5 分鐘延誤的事故數

雖然根據系統延誤時間的長短可將事故區分為重大行車事故、一般行車事故與其他行車事故，但北捷並沒有根據事故的嚴重程度給予權重，亦即無論最後事故造成多少系統延誤，一旦超過 5 分鐘均以一次事故計算。以 93 年為例，與本項績效指標有關的部門如圖 3-27 所示，各部門該年度「超過 5 分鐘延誤」之目標事故數同樣標示於圖中：

	維修部				運務部			資訊部	木柵處		
	車輛廠	電子廠	電機廠	土木廠	行控中心	車務中心	運務中心	系統課	電機廠	車輛廠	運務中心
93年目標	11.2	10.25	3.4	1	3.025	2.625	0.5	0.5	1.5	1	0

資料來源：[90]及本研究整理

圖3-27 臺北捷運營運可靠度相關組織架構與績效目標值

雖然本研究範圍主要針對軌道系統安全面的問題進行探討，但臺北捷運針對影響可靠度事件的管理概念亦可供安全管理仿效。因此，以下以臺北捷運公司於民國 93 年針對「5 分鐘延誤之事故」所進行的可靠度管理作介紹，相關的實施步驟如下：

- (1) 統計上一年度超過 5 分鐘延誤之事故總數。

- (2) 訂定今年度的改善目標，例如比起 92 年 83 件事故數，93 年便訂定事故減半的 41 件事故數目標。
- (3) 扣除肇因於不可控因素之事故後，根據上一年度各部門實際發生的事故數，乘上今年與去年度的列車營運公里數比率，再乘上欲改善的比率即為新年度各部門可容忍的事故數上限。如式(3.4)：

今年度各部門可容忍事故數 =

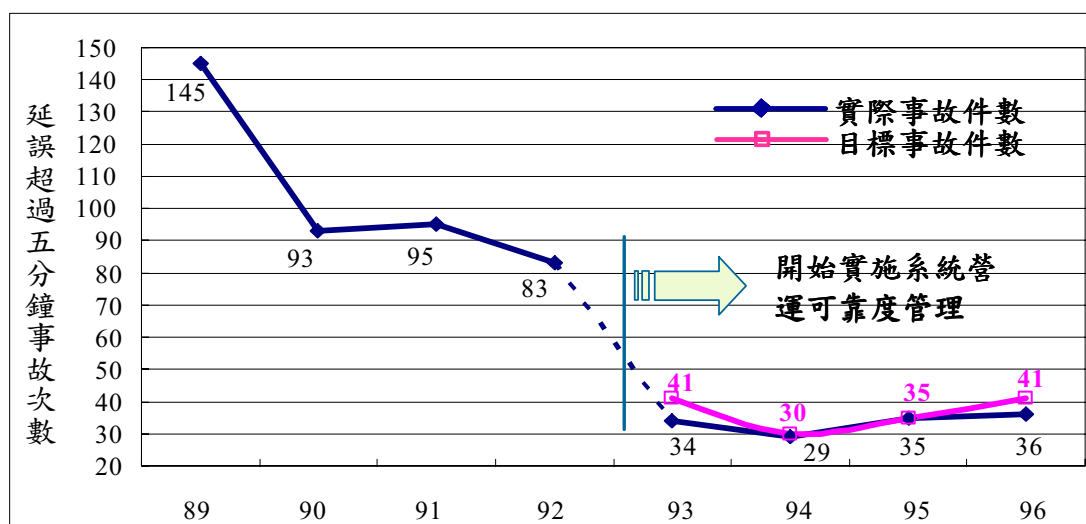
$$\text{去年度各部門實際事故數} \times \frac{\text{今年預計總營運車公里數}}{\text{去年實際總營運車公里數}} \times \text{今年預計改善比率} \quad (3.4)$$

- (4) 依目標的達成與否施行賞罰。

系統可靠度管理相關施行細節如下：

- (1) 將可容忍事故數上限除以 52（一年的週數），再以每週上限值進行控管。
- (2) 每週五固定舉行「技術會報」，（每週三會先舉辦「技術會報」會前會），針對當週發生之事件與事故逐一檢討，並提出具體改善方案並且落實執行。
- (3) 對每一事件發生之原因，均分析應由那些部門負責及責任之比重，並具體反應於成績考評上。
- (4) 獎勵與懲罰均及時且嚴明。

上述管理手段的具體成效如圖 3-28，由臺北捷運公司的經驗可知，使用適當的管理手段將有助於提昇系統績效，特別是執行前與執行後的績效值有顯著差異。



資料來源：[90]及本研究整理

圖3-28 臺北捷運「超過 5 分鐘延誤」事故數改善趨勢圖

3.2.4 高雄捷運

高雄捷運的安全管理計畫（Safety Management Plan, SMP）不單只限定於營運階段，而是包含設計、規劃、施工、驗收與維修等^[11]。以下分別就安全管理組織、安全管理過程、安全風險三項分別介紹之。

1. 安全管理組織

高雄捷運公司裡與安全管理相關的組織包含以下三個：

- (1) 勞工安全衛生委員會
- (2) 行車保安委員會
- (3) 全面品質管理委員會

上述三個機構在組織架構上均直接隸屬總經理。其中勞工安全衛生委員會在興建過程中即已成立，行車保安委員會與全面品質管理委員會則在營運後方成立。

2. 安全管理過程

高雄捷運公司的管理過程是先頒布安全政策，闡述安全目標，同時對設計、施工、測試、驗收、試運轉、營運等方面說明安全承諾。

由捷運公司、顧問或承包商將安全管理控制作業納入，各階段所執行的安全管理工作項目如表 3.39。

表3.39 高雄捷運系統各階段應執行的安全管理工作項目

階段	安全管理工作項目	
設計	-初步安全計畫的編輯 -安全要求的定義及規範 -承包商的安全管理計畫 -災害確認及減輕過程的發展	-中央工程災害登記系統及註冊 -承包商安全提案的審查 -風險標準達成的評估 -設計/系統安全計畫的編輯
施工	-施工安全計畫的執行 -管理施工風險 -災害確認與減輕	-中央工程災害登記系統及註冊 -承包商安全提案的審查 -確認安全功能之測試/驗收整合
測試 驗收	-工程安全驗證的規劃與執行 -災害確認與減輕 -中央工程災害登記系統及註冊	-承包商安全提案的審查 -先期營運安全計畫的編輯 -捷運安全批核
試運轉	-營運安全驗證的規劃與執行 -災害確認與減輕 -災害登記冊的終結及移交	-捷運安全批核 -捷運安全計畫的編撰
營運	-營運安全管理	

資料來源：[111]

3. 安全風險

高雄捷運參考國際上軌道先進國家的作法，制定安全風險標準，包含整體風險目標如表 3.40以及個別系統的安全風險目標如表 3.41。

表3.40 高雄捷運系統安全風險標準

安全風險標準	個別風險死亡率（每年）	
	可接受值	目標值
單一乘客的風險 ^(A)	10^{-5}	10^{-7}
單一大眾的風險	10^{-5}	10^{-7}
單一員工 ^(B) 的風險	2×10^{-4} (C)	10^{-6}

註解：(A)假設單一乘客 1 年搭乘 500 次、(B)員工含承包商員工、(C)營運前 2 年內為 10^{-3} 。

資料來源：[111]

表3.41 高雄捷運個別系統安全風險目標

安全風險目標	單一乘客的風險（每旅程）	單一員工的風險（每年）
電聯車	0.58×10^{-9}	1×10^{-4}
號誌	0.1×10^{-9}	0.1×10^{-4}
軌道設備	1.1×10^{-9}	0.4×10^{-4}
電扶梯	0.14×10^{-9}	0.2×10^{-4}
供電	0.01×10^{-9}	0.4×10^{-4}
月台門	0.02×10^{-9}	0.1×10^{-4}
電梯	不適用	0.2×10^{-4}
其餘機電系統	不適用	0.1×10^{-4}
土木結構	不適用	0.1×10^{-4}

資料來源：[111]

至於風險分析的程序，高雄捷運採用歐洲 EN50126 標準，其生命週期圖等概念與 EN50126 相同（圖 3-5），在此不再贅述。另外有關災害評估與分級的作業上，高雄捷運採取的風險矩陣如表 3.7所示，其中 R1~R4 四種風險等級如前述3.1.1.2節表 3.5所示。

表3.42 高雄捷運安全風險矩陣表

			後果			
			輕微	不嚴重	嚴重	災難
服務			系統輕微損壞	系統嚴重損壞	主要系統不能運作	列車服務中斷
影響安全／環境			可能有人輕傷	有人輕傷及／或對環境有相當程度的威脅	一人死亡及／或重傷及／或對環境造成相當程度的損壞	多人死亡及／或重傷及／或對環境造成嚴重損壞
頻率	經常	每年 ≥ 100 次	R2	R1	R1	R1
	有可能	每年 $\geq 1 < 100$ 次	R3	R2	R1	R1
	偶然	每年 $\geq 1E-4 < 1$ 次	R3	R2	R2	R1
	甚少	每年 $\geq 1E-4 < 1E-2$ 次	R4	R3	R2	R2
	不太可能	每年 $\geq 1E-6 < 1E-4$ 次	R4	R4	R3	R3
	不可能	每年 $< 1E-6$ 次	R4	R4	R4	R4

資料來源：[111]

3.2.5 阿里山森林鐵路

阿里山森林鐵路為台灣唯一仍處於營運狀態的高山森林鐵路系統，路線全長約 85 公里，全線皆位於嘉義縣市境內，原為行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處主管及經營，於民國 97 年 6 月 19 日至 99 年 3 月 22 日間曾以委外經營（Operation and Transfer, OT）模式轉由宏都阿里山公司經營，目前由嘉義林區管理處收回自管。

在委託民間機構經營期間，民間機構並沒有建置安全管理系統，因此監理單位為健全森林鐵路防範於未然之體系，降低行車事故風險，有效執行搶救及善後處理，加強災害防救訓練與宣導，以提昇整體應變能力，並減輕事故傷害程度，遂訂定「阿里山森林鐵路營運風險及危機管理機制」。

營運風險及危機管理機制主要包括以下部份：

1. 營運風險項目
2. 採取對策措施
3. 危機處理準則及監控措施

其中「營運風險項目」類似風險管理中的風險辨識，其主要目的為詳列出可能影響阿里山森林鐵路營運的風險，該詳細項目說明於第四章。而「採取對策措施」則是針對所有的風險項目擬定降低或排除風險的對策，雖然不若正規風險管理採用定量分析的方法，以系統化的方式分析可能風險，並明確的分析可能採取的對策與效用，但定性分析的作法亦不失為缺乏風險管理機制下的可行方式。除了針對每個營運風險項目分別提出對策措施之外，該機制亦參考風險管理的精神提出減緩措施（Mitigation Measure），以降低營運風險與事故嚴重性，即使無法降低剩餘風險，亦有利於督促民間機構全面審視營運作業程序與規章制度。相關對策如下：

1. 建立標準作業程序及規章

應於營運前依契約規定，訂定阿里山森林鐵路站務標準作業程序、阿里山森林鐵路路線養護標準作業程序及阿里山森林鐵路機車車輛檢修程序，並依鐵路法報經交通部核定、核准及備查，或自行核定。

2. 加強員工管理及教育訓練

應定期舉辦講習及在職訓練，以充實員工安全理念，提昇工作技能及服務品質，落實乘務人員管理。成立鐵道事業處專責辦理鐵路營運，遴聘交通專業相關人員擔任顧問與諮詢，負責營運相關事宜。

3. 加強基礎及營運設施

須依所訂相關規定，逐年編列預算進行基礎設施改善與維護，並辦理營運設備更新與改善，同時依投資執行計畫書所提出之營運資產重置計畫將已達使用年限之營運設施汰舊換新，以確保行車安全。

4. 強化資通訊聯繫暢通

確保車站、行車控制、列車與號誌等資訊聯繫的暢通，加強各層級通訊系統，擴大經驗共享平台，累積防災知識，以達到預警功效。

5. 建立督導及查察制度

組成安全檢查小組定期實施檢查並做成檢查紀錄表，逐項編號列管改善，且視需要不定期派員督導，以維行車安全。根據「阿里山森林鐵路委託民間機構營運履約查察計畫」進行「平時查察」（每月）、「定期查察」（每季）及「專案查察」（視需要），依查察報告通知民間機構限期內改善或說明，其改善處理情形列管追蹤，並同時函知交通部作為日後辦理監督或監查工作之參考。於林務局成立阿里山森林鐵路營運管理委員會協助監督管理，提供專業意見。

6. 加強緊急應變措施

依據阿里山森林鐵路行車實施要點等規定，作為發生行車事故、路線事故、颱風豪雨等之執行準則，使應變人員熟練各項作業，強化緊急事故時所應採取的預防和處理措施，以提昇緊急應變能力。

7. 責任保險

依據鐵路法第 62 條規定投保責任保險，透過保險以轉嫁或移轉風險。

在「危機處理準則及監控措施」方面，主要是以指導方針的形式提出建議，說明如下：

1. 準則與程序

- (1) 危機處理原則包括：確認危機、掌握時效立即處理、運作危機處理小組、隔絕危機避免擴大（控制損害、重視公關與溝通）、執行（規劃適宜時程執行、及時公布成果、掌握狀況適時修正對策）及事後檢討等。
- (2) 遇有重大行車事故立即依「阿里山森林鐵路重大行車事故緊急救難執行計畫」，啟動阿里山森林鐵路行車重大事故緊急救難指揮系統，並依阿里山森林鐵路重大行車事故緊急救難處理程序表展開緊急處理事宜，分成勘查小組、搶修組、現場車站（成立緊急救難等 6 組）、聯絡組、供應組、發言人制度，辦理勘查、搶救、搶修、通報、聯絡、調度等相關事宜，使傷害減至最低程度，並迅速妥善處理善後。

2. 監控措施

- (1) 定期進行安全檢查，分別就鐵路各項影響安全的可能因素加強檢查、追蹤改善情形。
- (2) 蒐集行車事故報告紀錄，整理統計分析、探討原因及採取矯正措施。

- (3) 檢討改進歷年因應事故之作為，適時納入機制，建立各種標準作業程序。向事故學習，避免類似事故再次發生，同時加強危機處理方式。
- (4) 透過林務局定期及不定期之查察，提供改善建議事項，協助民間機構落實危機管理工作。

3.2.6 台灣糖鐵

台灣糖業（以下簡稱台糖）公司早期在全台各處設有製糖廠，同時為了運送甘蔗等製糖原料而修築鐵路，全盛時期全台總計有 816 公里長的自營鐵路，然而隨著公路運輸的快速發展，加上製糖產業沒落導致許多糖廠關閉，截至目前（99 年 6 月）僅剩下數十公里於產糖季節運送蔗糖的鐵路及專供休閒遊憩的觀光鐵路，分別由「砂糖事業部」與「休憩事業部」負責管理^[121]。

民國 94 年 6 月台糖制定了首份針對台糖鐵路的「風險評估作業要點」，並於 98 年 9 月根據「經濟部及所屬機關機構風險管理及危機處理作業原則」進行修正，本節說明其風險管理的方針及各安全相關部門職責，並簡述台糖的風險管理作業程序。

3.2.6.1 台糖鐵路風險管理方針與各部門職責

根據台糖鐵路的「風險評估作業要點」，風險的嚴重程度與發生頻率各區分為高中低三級，並對不同等級的風險訂有不同的處置原則，例如發生頻率與嚴重性均低者以「風險保有」為原則，發生機率高但嚴重性低者以「風險降低」為原則，發生機率低但嚴重性高者以「風險移轉」為原則，若發生機率與嚴重性均高者，則以「風險規避」為原則。

在各部門職責部分，除了由企劃處負責規劃及彙辦各單位風險評估事宜及災害處理要點規定事項外，每年底要求各單位就其當年度經營業務之風險事項，檢討各項潛在損失事件之風險管理執行成效，並

應就其次年度經管業務之風險事項，評估各項潛在損失事件來源並選擇風險管理辦法。

3.2.6.2 台糖鐵路風險管理作業程序

台糖風險管理作業程序如下：

1. 確認潛在損失事件來源：各單位應於每年 11 月 15 日前，進行業務流程分析，就當年度各項潛在損失事件之風險管理對策進行成效檢討，並列出次年度可能發生之潛在危害以便確認風險來源。
2. 實地查察無法確認之風險：對於無法經由業務流程確認之風險，要求各單位實地查察。
3. 衡量潛在損失事件：分析估計潛在損失事件的發生機率與嚴重程度。
4. 選擇並執行風險管理方法：根據風險特性選擇適當的處置措施，若採用保險方式移轉風險者，應依保險相關規定辦理。
5. 表單填列：台糖公司擬有各式風險管理表單供各單位填寫。
6. 定期檢討與修正風險管理情形：要求各單位主管應藉由定期或不定期的模擬演練確認風險處理對策的有效性。
7. 風險管理之監督、稽核、追蹤：要求主管部門應定期或不定期監督稽核待改善之風險，並持續追蹤風險處理情形。
8. 損失事件通報範圍：除了應依經濟部相關規定進行緊急事件通報程序外，亦應依台糖內部作業規定辦理。
9. 風險評估作業陳報：待企劃處統整各部門當年度風險處理成效及次年度風險處理對策後，依行政程序彙編後陳報經濟部。

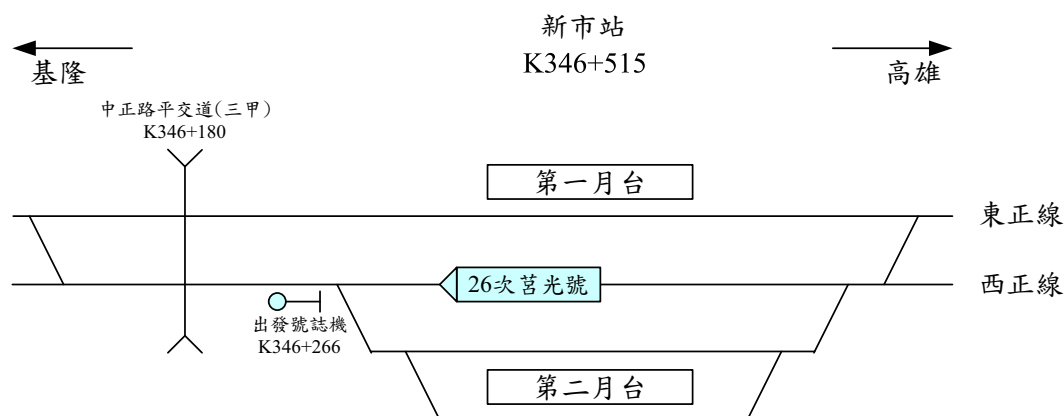
3.3 國內軌道運輸風險管理案例

以下分別以臺鐵與台灣高鐵之風險管理案例進行說明。

3.3.1 臺鐵局新市站中正路平交道虛驚事件

1. 事件說明

民國 99 年 5 月 15 日下午 13 時 28 分，臺鐵第 26 次莒光號列車行駛西正線，擬準點通過新市站之際，在距離出發號誌機約 100 公尺處，司機員發現上行出發號誌由綠燈突然變為紅燈，此時出發號誌機防護區間內之中正路三甲平交道遮斷桿同時升起，行人及車輛均已進入平交道裡，司機員立即鳴笛警告與緊急煞車，所幸行人與車輛均已閃避而未遭撞及損傷，事發處軌道佈設如圖 3-29 所示。



資料來源：[92]

圖3-29 新市站與中正路平交道軌道佈設示意圖

2. 原因分析

經調查後發現該虛驚事件係起因於：

- (1) 路基鬆軟致轉轍器定位轍查桿走位，致使出發號誌機突變紅燈。
- (2) 在號誌突變時，前方平交道原本應有延時功能，惟因邏輯設計尚未納入延時功能，使平交道人車產生危險。

3. 風險分析與評量

依據表 3.20 之臺鐵局風險機率分級與表 3.21 臺鐵局運務處風險影響等級，臺鐵訂定此虛驚事件的發生頻率為中等、嚴重等級為非常嚴重，因此可以得出初始的本質風險如表 3.43 所示。

表3.43 中正路平交道虛驚事件原有風險矩陣

非常嚴重（5）			本質風險		
相當嚴重（4）					
嚴重（3）					
輕微（2）					
極輕微（1）					
影響 可能性	幾乎不可能（1）	不太可能（2）	可能（3）	非常可能（4）	幾乎確定（5）

資料來源：[92]及本研究整理

4. 風險處理與控制

原有處理對策為：

- (1) 有關平交道保安設施均與號誌連鎖而動作，臺鐵局電務人員依標準作業程序定期進行保養與檢測，若有安全疑慮則立即檢討改善。
- (2) 每年舉辦災害應變的演練與員工訓練，使同仁瞭解及熟悉危機事故處理與培養風險概念。

此虛驚事件發生後的新增對策為：

- (1) 各電務段提出轄區受出發號誌控制之平交道防護電路圖，供與會熟悉平交道防護控制電路人員檢視檢討。
- (2) 全面檢測轄區平交道防護電路安全邏輯。
- (3) 利用每月派員赴現場工作督導行程，一併隨機抽查鄰近平交道防護電路安全邏輯及其改善情形。

(4) 各工務段加強各轉轍器道床強度。

經由此虛驚事件研提前述新增風險對策，重新修改三甲平交道受出發號誌機控制之電路，縱使出發號誌機突變為險阻，仍有鎖定一定時間後，方能升起遮斷桿。電路修改完成後，經檢測電路與現場模擬測試，其殘餘風險之發生可能性等級可由 3 降為 1、影響程度等級由 5 降為 1，因此可得殘餘風險矩陣值如表 3.44 所示。

表3.44 中正路平交道新增對策後風險矩陣

非常嚴重 (5)			本質風險		
相當嚴重 (4)					
嚴重 (3)					
輕微 (2)					
極輕微 (1)	殘餘風險				
影響 可能性	幾乎不可能 (1)	不太可能 (2)	可能 (3)	非常可能 (4)	幾乎確定 (5)

資料來源：[92]及本研究整理

3.3.2 台灣高鐵甲仙地震出軌事故

1. 事故說明

民國 99 年 3 月 4 日上午 8 時 18 分，高雄甲仙發生芮氏規模 6.4 地震，造成高鐵 T110 營運列車出軌、集電弓受損及部分軌道、號誌、電車線設備損毀，影響台中至左營路段正常運轉，當日有 6 部列車約 2 千餘名旅客須進行疏散，整體疏散作業耗費 4 小時 17 分，有關震央與列車停車位置如圖 3-30 所示。



資料來源：[89]

圖3-30 甲仙震央與各高鐵列車停車位置示意圖

2. 高鐵局之風險分佈標準

依據高鐵局的風險評量標準，風險嚴重度等級如表 3.45所示、另風險可能性等級如表 3.46所示。

表3.45 高鐵局之風險嚴重度等級

評分	影響等級				
5	非常嚴重	國際負面新聞	1 名輕傷	抗爭遊行	10 億以上
4	相當嚴重	國際負面新聞	2 名以上輕傷	至 2 個以上機關抱怨	1 億~10 億
3	嚴重	台灣負面新聞	1 名以上重傷	至中央機關抱怨	1000 萬~1 億
2	輕微	地區負面新聞	1 名死亡	民眾至機關抱怨	5000~1000 萬
1	極輕微	地區負面新聞	2 名以上死亡	多位民眾電話抱怨	<500 萬

資料來源：[89]

表3.46 高鐵局之風險可能性等級

評分	可能性等級
5	極高 81~100%
4	高 61~80%
3	中 41~60%
2	低 11~40%
1	極低 0~10%

資料來源：[89]

3. 風險分析與評量

高鐵局訂定本項風險發生可能性等級為 3，影響程度為等級 4，屬於 RB 不理想的等級，須研擬對策消除或降低風險，如表 3.47 所示。

表3.47 甲仙出軌事故原有風險矩陣

風險矩陣		可能性等級				
		1	2	3	4	5
影響等級	5	RA	RA	RA	RA	RA
	4	RB	RB	RB	RA	RA
	3	RC	RC	RB	RB	RB
	2	RD	RC	RC	RC	RC
	1	RD	RD	RD	RD	RD

註：RA:不可忍受、RB:不理想、RC:可忍受、RD:可忽略

資料來源：[89]及本研究整理

4. 風險處理與控制

原有處理對策為：

- (1) 高鐵沿線設置地震儀告警系統。
- (2) 高鐵局依據「台灣高速鐵路交通事故整體防救災應變計畫」每年定期監察，遇有須改善事項，則要求高鐵公司改進。
- (3) 高鐵局與高鐵公司依據「高鐵災害防救業務聯繫會報」，邀請沿線各縣市外援單位進行介面協調。

(4) 每年定期舉辦災害防救講習、演練及天然災害大型演練。

甲仙地震事故後所新增的對策為：

- (1) 作業程序之檢討改進以提昇緊急應變效率，減少旅客抱怨。
- (2) 強化通報系統，將簡訊通報納入災害防救系統。
- (3) 邀集緊急接駁業者定期至緊急出口現勘，同時研議更好的引導機制。
- (4) 加強地震演練劇本之真實性，納入多組列車中斷情境。
- (5) 由高鐵局成立「高鐵地震告警系統檢討專案小組」，強化地震告警及提昇預警的可行性。

經評估認為地震發生屬不可預期之天然災害，即使日本已發展先進之地震預警系統，仍發生新幹線列車因強震出軌之案例，故本項風險發生機率及影響程度（人員傷亡情形及財損金額）仍難以降低，但是透過高鐵局研提前述新增風險對策，可以確保發生機率及影響程度不會更加嚴重，且能提昇緊急應變效率及減少抱怨，因此高鐵局訂定可能性降為等級 2、影響程度降為等級 3，如表 3.48 所示。

表3.48 甲仙出軌事故新增對策後風險矩陣

風險矩陣		可能性等級				
		1	2	3	4	5
影響等級	5	RA	RA	RA	RA	RA
	4	RB	RB	RB	RA	RA
	3	RC	RC	RB	RB	RB
	2	RD	RC	RC	RC	RC
	1	RD	RD	RD	RD	RD

註：RA:不可忍受、RB:不理想、RC:可忍受、RD:可忽略

資料來源：[89]及本研究整理

3.4 危害登錄表

危害清單 (Hazard List) 是風險辨識的產物，通常會與風險分析、風險評量及風險處理的過程一併記錄在危害登錄表內 (Hazard Log)，此亦為風險管理中記錄危害項目與管理安全的主要工具。以下針對一般危害登錄表的內容格式進行說明，並整理本研究所蒐集到國內外軌道系統登錄危害的方法。

3.4.1 危害登錄表生命週期

危害登錄表之生命週期並非僅限於風險辨識初期，EN50126 建議在其定出系統生命週期的 14 個階段內，都需進行維護與更新如圖 3-31 所示，說明如下：

1. 系統生命週期階段 1~2：EN50126 建議參考先前系統的危害登錄表以取得之前的經驗，同時將既有的方法與假設轉移到新的危害登錄表。
2. 階段 3：此時之風險分析係危害登錄表主要的產出階段。
3. 階段 4：依據系統需求可訂出風險減緩措施，而危害登錄表則可詳細的記錄減緩措施的內容。
4. 階段 5~7：包含設計與製造，此時危害登錄表扮演著支援安全計畫的角色，除了避免危害的發生外，同時亦將設計製造過程所發現的新危害更新。
5. 階段 8~10：為建置、確認與驗收，此時危害登錄表則為持續的更新。
6. 最後階段 11~14：危害登錄表除了更新額外的危害之外，更須加入持續校正的風險減緩措施。



資料來源：[44]及本研究繪製

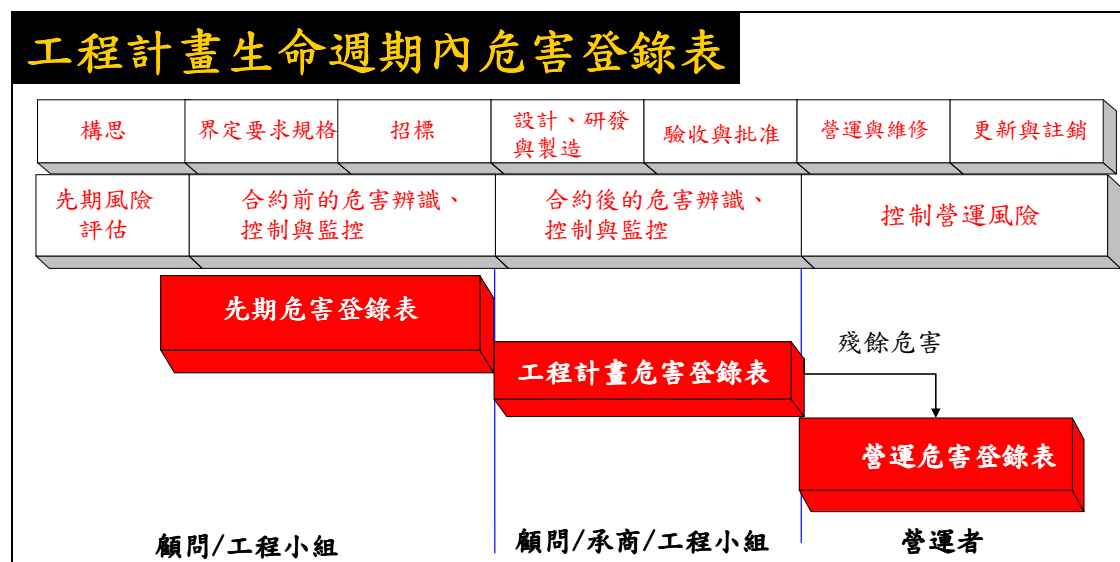
圖3-31 生命週期內之危害登錄表示意圖

此外，有關圖 3-31 右側「檢查先前的危害登錄表」作法，建議可參照以下資料來歸納初步危害：

1. 事故資料庫
2. 國內外類似系統資料
3. 專業判斷
4. 結構化訪談與討論
5. 商業策略與計畫
6. 保險申請報告
7. 個人組織過去的經驗

8. 問卷調查
9. 檢核表
10. 歷史事故
11. 失效分析

再者，透過圖 3-16 香港地鐵在風險管理的實際案例，可了解香港地鐵在整體生命週期不同的階段中，均包含有危害登錄表的功能方塊。由此可知，危害登錄表在不同階段雖然扮演不同的角色提供不同的功能，惟持續且不間斷的更新是不變的原則，直到系統生命週期結束才會停止。



資料來源：[32]及本研究繪製

圖3-32 香港地鐵危害登錄表於生命週期內運作示意圖

3.4.2 危害登錄表內容格式

危害登錄表會依據各系統的需求而相異，由於沒有既定的格式，因此本研究依據 EN50126-2^[18]的建議與軌道系統實務^[44]，將危害登錄表內建議包含的功能項目列出如表 3.49 所示。

表3.49 危害登錄表之功能項目

功能	內容
說明	撰寫文件說明 Written document
日誌	日期 Date 登錄號碼 Entry number 管理或登錄人員 Person 修改原因 Description of change – Cause 參考文件 Referenced documents
危害資料	參考編號 Referenced number 危害名稱 Name 內容敘述 Description 負責單位 Responsibility 危害原因 Hazard Cause
事故資料	參考 Reference 描述說明 Description 觸發事故原因 Accident Trigger
風險評估	嚴重性 Severity of consequences 發生頻率 Likelihood of occurrence 風險值 Risk：可忽略 negligible、可忍受 tolerable、不期望發生 undesirable、無法忍受 intolerable
風險減緩措施	參考編號 Reference number 內容描述 Description 日期 Date 負責單位或人員 Responsibility
參考資料	參考文件 Referencing document
控制狀態	危害狀態 Status of Hazard 風險減緩措施狀態 Status of risk Reduction Measure
備註	註記與建議 Notes and Comments

資料來源：[18, 44]及本研究整理

表 3.49 的危害登錄項目須在風險管理步驟完整作業下方能完整取得，由於本研究範圍係風險管理中之危害辨識，因此研究產出係以危害清單來展示，而非危害登錄表之格式。

3.4.3 軌道系統危害登錄表範例

本節介紹所蒐集到不同軌道營運機構中，考量不同構面與方法所建立的危害登錄系統，包含有臺北捷運、臺灣桃園國際機場捷運、台灣高鐵、英國軌道設備商、歐洲 MODURBAN 系統與香港地鐵。

3.4.3.1 臺北捷運系統

臺北捷運每季要求各部門研擬可能遭遇風險清單與改善措施，由工安處負責彙整，該回報格式欄位下：

1. 項次
2. 系統
3. 次系統
4. 系統操作模式
5. 風險說明
6. 易發生的位置
7. 易發生的時間
8. 潛在原因
9. 效應（對員工或乘客）
10. 頻率（改善前/改善後）
11. 嚴重性（改善前/改善後）
12. 風險指數（改善前/改善後）
13. 風險控制員
14. 已採行措施/建議降低風險措施
15. 歷史紀錄
16. 登錄日期

3.4.3.2 臺灣桃園國際機場聯外捷運系統

臺灣桃園國際機場聯外捷運系統（以下簡稱機場捷運系統）為落實「全面性施工風險管理」，除了在招標文件中要求得標廠商必須依照 EN50126、EN50128、EN50129 之標準提出系統保證外，更要求建立「風險管理資訊平台」，以有效率提供施工風險管理執行現況資料，同時完整建構施工風險管理資料庫。

圖 3-33 為機場捷運系統施工風險管理資訊平台的風險辨識功能頁面，其記載的項目包括：風險工作項目、風險等級、初步分析與列管控制。

風險工作項目	風險等級	原分析等級	相關說明	初步分析	列管控制	刪除項目
跨基中山高速公路橋樑08P015橋墩井式基礎工程 風險描述:橋墩08P015井式基礎位於高速公路南下主線路肩外側,其施工範圍侵入高速公路路肩。1.開挖支撐間因地質因素或施工不當引致井壁崩塌。2.開挖壁面因開挖車輛側傾其震動超載引致井壁崩塌。前兩項因素引致之井壁崩塌可能造成高速公路路面龜裂沉陷甚至坍塌,嚴重影響行車安全。	R2	註記			(已列管)	X刪除
跨基中山高速公路橋樑08P016橋墩井式基礎工程 風險描述:08P016橋墩均為井式基礎,其位置位於高速公路主線路肩外側,施工範圍侵入路肩。1.開挖支撐間因地質因素或施工不當引致井壁崩塌。2.開挖壁面因開挖車輛側傾其震動超載引致井壁崩塌。前兩項因素引致之井壁崩塌可能造成高速公路路面龜裂沉陷甚至坍塌,嚴重影響行車安全。3.高速公路路肩封閉,因路型改變或交通維持設施設置不當,可能發生道路車輛衝撞交通設施甚至衝入基礎開挖區域之交通事故危害。	R2	註記			(已列管)	X刪除
跨基中山高速公路橋樑08P015橋墩V型墩柱及柱頂箱型樑 風險描述:08P015、08P016橋墩V型墩柱及柱頂箱型樑結構採用斜撐型支撐工法,侵入高速公路主線車道上方。1.V型墩柱施工模板支撐設備及工法不良,引致模板支撐倒塌事件。2.模板支撐荷重能力不足,造成土塊置施工不當,引致橋樑倒塌事件。前述因素引致之橋樑支撐倒塌物倒塌可能掉落高速公路主線或匝道路面,嚴重危害行車安全。	R2	註記			(已列管)	X刪除
跨基中山高速公路橋樑08P015間歇管工法橋樑型樑 風險描述:08P015及08P016橋墩柱頂箱樑間,跨越高速公路主線車道之上部結構箱型樑(75m)採懸臂工法施工。1.懸臂工作車組裝、推進作業,因未按程序操作或工作車結構固定不當,引致工作車傾斜倒塌或掉落。2.懸臂結構支撐系統不穩定,造成工作車傾斜倒塌。	R2	註記			(已列管)	X刪除

資料來源：[115]

圖3-33 臺灣桃園國際機場聯外捷運系統風險管理資訊平台

3.4.3.3 台灣高鐵系統

圖 3-34與圖 3-35為台灣高鐵 Web-Based 之危害登錄系統：

Last Update : 2009/5/6 下午 05:22:49 (4095) Microsoft Internet Explorer

System Maintain Query Report Form Help

Back to Query Save Result Filter Query Result record count : 144

Select	Hazard ID	System	SubSystem	Hazard Description	Potential Cause	Effect Consequence	Hazard Mitigation Controller	Hazard Status
<input type="checkbox"/>	MH04008	Civil	Miscellaneous	The open position of the office door leaves obscure the view of the cars approaching from left...	Door opened with left leaves toward outside...	Staff hit by the car approaching from the left...	DMD	P4
<input type="checkbox"/>	MH04057	Civil	Viaduct & Bridge	Sparkling / electric shock during maintenance of pot bearing at steel girder...	Ground wire lost...	A shock with no injury (voltage may increase when train pass)...	MD	P4
<input type="checkbox"/>	MH04054	Civil	Tunnel	Maintainer left unsecured aluminium ladder or work tools in safety walkway...	1. Staff careless. 2. Regret use of work tools (eg. metal ladder)...	1. Work tools dragged by train passing pressure into track leading to derailment 2. Staff electrocution when performing maintenance activities near OHL using aluminium ladder 3. Violation of regulation...	OSO	P4
<input type="checkbox"/>	MH00030	Civil	Tunnel	Concrete pieces falling from tunnel side wall...	Poor concrete lining workmanship or failure of lining repair work...	1. Major Damage of the rolling stock. 2. Derailment Possible fatalities/ major injuries 3. Suspend operation for extended period 4. Distortion/deformation of track 5. Major Damage to equipment in the tunnel...	MD	P4
<input type="checkbox"/>	MH00058	Civil	Viaduct & Bridge	Loss of Civil Works Ancillary Items or core system equipment cover (anything bolted on, eg. point machine cover, viaduct / parapet expansion joint metal cover, cable connection box & longitudinal cover plate for girders within station area)...	1. Fasteners loosenedDue to trainborne vibration or slipstream effect from passing train 2. Improper installation and lack of maintenance 3. Improper Design...	1. Structure (eg. metal cover) loosened and blown awayDue to the slip stream effect of passing train and cause further Damage. 2. Damage to rolling stock or the neighbouring public. 3. Metal cover sit on TOR and causeDerailment...	MD	P4
<input type="checkbox"/>	MH00059	Civil	Viaduct & Bridge	Unauthorized access by Human (maintenance staff or public), subsequently hit by a train...	1. No control of access. 2. Damage to security fencing. 3. Ad change ofDouble box girder to single box girder 4. Maintainer forget to lock theDoor after works. 5. Access from adjacent structure in close proximity to guideway... 1. Parapet wall failure. 2. Noise Barrier failure	1. People may be knockedDown by train. 2. Train service interrupted for line clear...	MD	P4

where system_id like '%Civil%'

Message

資料來源：[46]

圖3-34 台灣高鐵風險管理系統

Hazard ID	MH04117 .VS. 2.0	Hazard Status	P2	HC	TNN	Classification	Frequency	Severity	Risk
System	Station	Subsystem	Fire Services System			Original	Unlikely	Serious	Ar
Operational Mode	Emergency	Exposed Group	Passenger			Mitigated	Remote	Marginal	Ac
Hazard Source/ Initiator	100SOD00055 2010/2/1 Hazard Identification Workshop			HRG / SHRG Ref & Date	2010/4/1 HRG#19 ref. 100SOD00124		Expected Mitigation Completion Date		
Hazard Description	Passenger moving toward the station which is in fire 台/高鐵車站失火，旅客卻仍向失火車站行進			Element			Location	TNN 台南車站	
Potential Cause	Transition passenger unaware of the emergency situation and still moving toward the other station 轉乘旅客未經告警，仍依原計畫向轉乘車站行進			Effect/ Consequence	人員傷亡 Injury				
Existing Design Measures	車站消防警報系統 Station Fire Alarm System			Existing O & M Measures	車站防災業務計畫 Station disaster prevention				
Existing Closure Reference	THSRC-CF3-600-007 台南車站防災業務計畫								
Further Mitigation Description	Coordination with TRA on the emergency process interface and update into existing station prevention procedure 就緊急狀況下旅客示警及逃生導引之作業方式與台鐵沙崙車站協調，並將之納入車站防災程序書內			Further Mitigation Closure Ref.					
Remarks	待台鐵沙崙站營運人員進駐後(預計2010/07),本(台南)站將與其協調下列事項: 1. 建立緊急狀況之通報機制(值班手機或控制室電話) 並增修於台南車站防災業務計畫 2. 確認台鐵/高鐵車站發生火災時,車站內旅客之疏散作業方式 3. 預計每半年邀請台鐵站務人員參與本站消防演練.								

資料來源：[46]

圖3-35 台灣高鐵風險管理系統（續）

其內容包含有：

1. 發生危害的系統/次系統
2. 影響群組：乘客/員工/大眾
3. 現存/改善後之頻率
4. 現存/改善後之嚴重度
5. 現存減輕對策
6. 後續減輕對策
7. 現存/改善之風險等級：可接受/可接受但須依據 ALARP 降低風險
/不願見到/不允許
8. 危害控管人
9. 危害目前狀態

3.4.3.4 英國軌道設備商提供之系統

Fararooy^[22]針對軌道系統之遠端偵測設備與英國伯明翰大學（University of Birmingham）產學合作開發出了一套整合性安全管理系統，圖 3-36即為該系統下的風險辨識登錄頁面。該危害登錄系統中記載了辨識出的危害、造成原因、後果、事前事後的嚴重等級、頻率與風險等級、風險減緩措施。

3.4.3.5 歐洲 MODURBAN 系統

歐洲 MODURBAN 系統採用 Excel 表格來建立其危害登錄表，其內容記載項目包括：文件說明、日誌記錄、危害資料、事故資料、風險評估、風險減緩措施、參考資料、控制狀態、備註，其格式之範例可參考圖 3-37所示。

Hazard Log Form - DOORS

Hazard ID: Issue:

Category/Scenario:

Hazard:

Cause:

Consequence(s):

(Before Mitigation) Severity: Probability: Overall risk rating:

Safeguard / Mitigation:

(After Mitigation) Severity: Probability: Overall risk rating:

Action: Owner:

Notes:

資料來源：[22]

圖3-36 英國設備監控商提出之軌道危害登錄系統

Hazard Description							
System Hazards	Initial Risk Owner	MODURBAN Relevance	Input by	Reference Source	Remarks	Date of Change	Hazard Cause
Train Movement Hazards		ULH					
Train infringes clearance envelope		ULH					
Train (car) leaves guideway (momentarily or irrevocably / derailment)		ULH					
Inappropriate speed		ULH					
VT(x) > VL(x)		ULH					
Wrong position registered	Operator	Yes	MODURBAN	MODURBAN Preliminary Hazard Analysis	No		Odometer failure
							Derailment

Risk Evaluation - Before			Risk Reduction Measure				GOA				Risk Evaluation - After		
Severity	Likelihood	Risk	Reference	Measure / Function	Description	Responsibility	1a	1b	2	3	4	Severity	Likelihood
Catastrophic	Occasional	Intolerable	WP21 D77 3.2.2	Determine Train Location - This function determines the location of all MODURBAN equipped trains.	Design and installation of absolute and relative position measurement	System supplier	M	M	M	M	M	Catastrophic	Improbable
			WP 21 D77 3.6.1	Respond to Train Location Failure - The following requirements are intended to respond to train location failure except for the part related to recovery of train location which is already managed in chapter 3.2. (of D77).		System supplier	M	M	M	M	M		

資料來源：[43]及本研究繪製

圖3-37 歐洲 MODURBAN 系統危害登錄表

3.4.3.6 香港地鐵

香港地鐵將影響營運安全的風險資料，綜合記錄於營運危害登錄系統內，其內容包括有：危害編號、範圍、主危害管控員、危害管控員、合約編號、工作活動、系統、子系統、危害性質、工作組回應、風險指數、剩餘風險指數、減輕措施狀態、登記日期、風險管理表現指數、部門、前後頻率、前後嚴重程度、負責工作組、排列次序，其格式之範例可參考圖 3-38所示。

資料來源：[101]

圖3-38 香港地鐵危害登錄表

為了方便授權人員可以翻閱與更新，該系統以互動式網頁設計來輸入資料，成為風險管理體系中的一個核心部分，協助管理和評估危害的風險，監察控制措施進展的情況。同時系統設有簡易多元化的尋和報告方式，以方便集中管理、訊息更新與共享。

3.5 小結

從國內外許多系統的風險管理作法可以發現，風險矩陣為各系統評估危害嚴重性與頻率常用的工具，一般可區分為定性、定量與半定量風險矩陣，其中又以半定量最為常見，包括香港、澳洲、台灣高鐵、高雄捷運等系統都是採用類似作法。風險矩陣的主要功能在於輔助決策者評估各種危害處置的優先順序，然而因其具有頻率與嚴重性 2 個維度，故衍生許多計算方法綜合考量以評估風險高低，茲整理如下：

1. 落點法

此法可直接利用定性之頻率與嚴重性在風險矩陣中找落點之位置，或者將頻率與嚴重性以某門檻值分類後，將排序後的半定量數值採落點方式得出危害在矩陣內的位置，經比對其落點區塊屬於預設高風險、中風險或低風險來進行分析，惟此法無法判別落於同一區塊內之不同危害間的優先等級。

2. 相加法

承上，除了落點得知風險區塊外，同時將頻率與嚴重性於分類且排序後之半定量數值，以相加方式得出風險矩陣值，此法除了可知落點在哪一風險區塊外，相同風險等級的危害之間有較多資訊可比較優先等級。

3. 相乘法

若危害的嚴重性與頻率是不經排序或分類所計算出來的原始資料，則適合用相乘的方式得出矩陣值。由於需有嚴重性與發生頻率之初始資料，因此需花費較多的時間、人力與經費來調查。

除了上述風險矩陣的概念外，從本章所回顧國內外軌道系統的風險管理實務經驗中，亦發現許多共通點，例如：

1. 立法要求：多數國家均能接受「風險存在」的事實，因此各國家之主管機關採立法方式，訂定出合理的運輸安全風險評估指標，同時要求軌道業者進行風險管理並提出能達成安全指標的策略與計畫，以降低事故發生的頻率並減輕其影響的嚴重性。
2. 管理標準：大多數的鐵路營運機構均依照 EN50126 規範的原則進行風險管理，即利用頻率與嚴重性得出風險矩陣，再依據風險值大小決定處理危害的優先順序。
3. 風險處理：除法國與德國外，蒐集案例中大多採用 ALARP 概念決定風險應該排除、轉移、減輕或接受。
4. 風險評估：財損、死傷、延誤、負面媒體...等都是評估風險的指標。

此外，危害登錄表是目前國內外軌道系統用來進行風險管理的主要文件，除收錄經辨認之危害相關訊息外，同時也有助於監控危害管理流程，更針對安全分析及風險減緩或控制其至合理可行範圍內之各項措施加以記載，但須視情況更新登錄表內容以確保危害持續受到適當的控管。本研究經與專家學者討論，認為危害登錄表之更新頻率應視系統安全需求而定，但在下述幾種情況發生時建議宜一併檢討危害登錄表內容：

1. 檢討事故與虛驚事件時
2. 引入新設備時
3. 規章修改時
4. 系統重大改變時

最後，透過表 3.50 比較國內外軌道風險管理的差異。

表3.50 國內外軌道風險管理綜整表

國家/ 區域	依循標準	主要精神	硬體風險管理 相關規範	軟體風險管理 相關規範
歐盟	IEC61508 EN50126 EN50128 EN50129	主張軌道系統生命週期的概念，提倡 RAMS 的風險管理精神	除透過 RAMS 概念控管各項硬體設備安全外，亦特別針對電子類設備訂定安全規範	針對號誌系統、安全相關軟體、安全相關人員訂有規範
澳洲	AS/NZS4360 AS4292	主要宣導風險應辨識、評估、分析與控制	針對軌道、土建機電、列車、號誌等硬體設備訂有安全規範	對號誌與通訊系統訂定安全規範
美國	CFR659	透過 SSPP 與 SSP 的要求推動軌道系統風險管理	建議對車廂、通訊、火災偵測防護等設備進行風險辨識	建議對各類安全相關程序進行風險辨識，例如異常處理程序、養護程序等。
臺灣	無硬性標準，目前依據風險管理及危機處理作業手冊推廣	推廣 PDCA 的風險管理流程，宣導風險辨識、分析、評量與處理	無統一安全標準與風險管理規範	無統一安全標準與風險管理規範

第四章 方法論回顧

本研究除了進行風險辨識外，同時針對二項危害進行深入探討，因此以下首先對軌道系統「風險辨識」常用之方法進行回顧，之後再針對本研究所採用「風險分析」之方法進行說明。

4.1 軌道系統風險辨識方法回顧

風險辨識是風險管理的首要步驟，目的在使決策個體自我發掘並認知當前與未來的風險為何，若沒有將所有危害辨識出，將影響整體風險管理的品質，因此，無論危害是否在機構內被控管，都應該將其納入風險辨識範圍內。

適用於軌道系統的風險辨識方法相當多，例如純粹經驗導向的專家會議、歷史資料、調查問卷…等，此類方法僅憑藉專家知識與有限資料，有可能發生掛一漏萬的情形，因此，結合經驗與結構導向的方法逐漸受到重視。表 4.1 係摘錄自 EN50126-2^[18]所整理的軌道系統風險辨識的方法，由於風險辨識、風險分析、風險評估與風險處理通常都是在一系列的程序中完成，因此表 4.1 除了列出風險辨識方法外，也同時將各方法在每個步驟的適用程度一併顯示。

上述方法中，某些是具創造性的，某些則是基於過去的經驗，某些可以由個人來執行，某些則需要小組討論完成，某些途徑簡單且迅速，某些則是勞力密集又耗時。由於單一方法通常無法辨識出系統所有的危害，因此實務的作法上可綜合各種方法如圖 4-1 之方式來處理。

圖 4-1 說明於初步危害辨識時，可先採用過去經驗、歷史事故資料以及類似系統比較，同時搭配既有的檢核表複查後，歸納整理初步的危害項目，之後再經由腦力激盪的方式系統化的找出其他可能危害，其方法包括有：What-IF、危害與可操作性分析等。

表4.1 EN50126 軌道系統風險辨識之方法

技術/方法	風險辨識	風險分析/評估	風險處理
結構性 What If 法	初步辨識用 For preliminary purposes		
危害與可操作性分析 (Hazard and Operational Analysis, HAZOP)	有用的 Useful		部分適用 Partially useful as supporting element
故障模式影響與嚴重性分析 (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, FMECA)	建議使用 Recommended	適用於事件樹 Useful for parallel structures in addition to ETA	適用於失誤樹 Useful for single and parallel structures in addition to FTA and for causal analysis
狀態轉換圖 (State Transition Diagram, STD)	輔助 HAZOP 使用 Useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and states transition events	有時適用 Sometimes useful in addition to other methods to visualise states and states transition events	有時可輔助 HAZOP 使用 Sometimes useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and states transition events
可靠度方塊圖 (Reliability Block Diagram, RBD)	輔助 HAZOP 使用 Useful as a support to HAZOP	有時適用 Sometimes useful	適用於不可修復的系統 Useful for non-repairable systems

資料來源：[18]及本研究整理

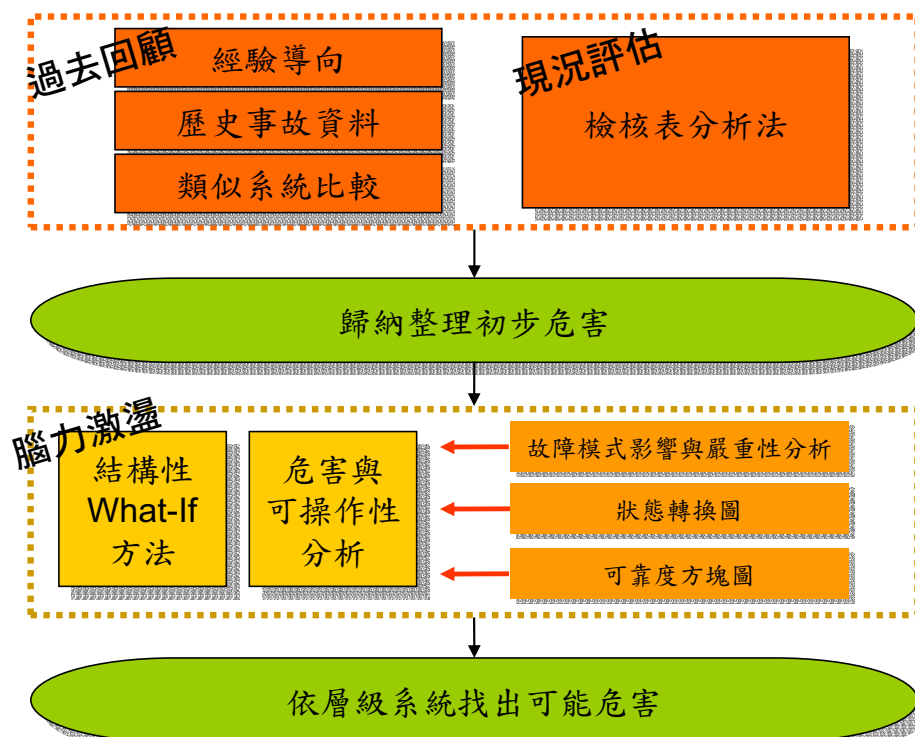


圖4-1 實務危害辨識之可行方法

本節參考 EN50126 的建議以及軌道業界實務經驗，依序說明適用於軌道系統的風險辨識方法。

4.1.1 經驗導向方法

經驗導向的方法很多，通常倚賴專家的經驗，本節說明的方法包含有：調查/問卷法、文件檢視法、流程圖法、親自檢視法與請教專家法^[126]。

1. 調查/問卷法

調查表或問卷通常為標準化的格式，其所列的問題涵蓋了所有的風險管理問題，不但可促使風險管理人去注意重大或顯著的損失風險，且其問題之邏輯順序，也有助於風險管理人去拓展其他組織有關的損失風險資訊。

2. 文件檢視法

財務報表、會計紀錄為探知組織風險的重要文件，透過檢視資產負債表、損益表與現金流量表等財務報表，可了解在財務方面需進一步分析的損失風險；而其他涵蓋整個組織的紀錄文件，例如契約內容、往來信件內容、會議紀錄內容，以及組織內部的備忘錄等，都可協助判斷組織潛在的風險。

3. 流程圖法

以流程圖來分析組織風險，是把組織看作是一個價值流通的單位，亦即價值流入這個單位，經過處理後會增值再流出，因此，在流程中的「事故」即是阻流，阻流的程度越大或時間越長，所引起的損失就會越嚴重。透過流程圖法可觀察每個流程中的細節，並從中看出整個組織可能發生阻流的地方，以及一旦阻流產生，組織被影響的範圍與程度。

4. 親自檢視法

某些風險無法藉由書面資料或腦力激盪察覺，只有靠親自檢視才得以發現。此方法通常需要心思敏銳且富有想像力的專業人士親自對系統進行勘查或評估，否則無法認知出其潛在的風險。

5. 請教專家法

組織的風險管理人員應盡力提昇自我在各種風險管理方面的能力，因此，不斷由組織內外的專家學者身上吸取各種風險知識甚為重要。

4.1.2 歷史事故資料

系統若已經營運多年且記錄有歷史事故資料，則可從過去的事故記錄與調查報告中尋找系統可能存在的危害項目，同時亦能協助危害的分類。此類資料通常包含有：事故統計資料、事故一覽表、事故報告書與鑑定報告...等。

4.1.3 類似系統比較法

軌道系統在基礎功能上是類似的，但其核心技術可能不同，因此針對功能類似的部分，可透過相近似系統的危害登錄表來歸納整理可能發生的危害；針對系統本身較為特殊之處，則可再利用其他的方法來找出可能危害項目。例如：台灣桃園國際機場捷運可參考香港機場快鐵系統的危害，而臺灣高鐵系統則可參考日本新幹線系統的危害，之後再依據本地的特性來找出其他特有的危害。

4.1.4 檢核表分析法

檢核表分析法乃是預先設定各項檢查細目，逐一探討可能危害的一種方法，其製作的流程可如圖 4-2所示，分為開放式、封閉式與混合式三類，說明如下。

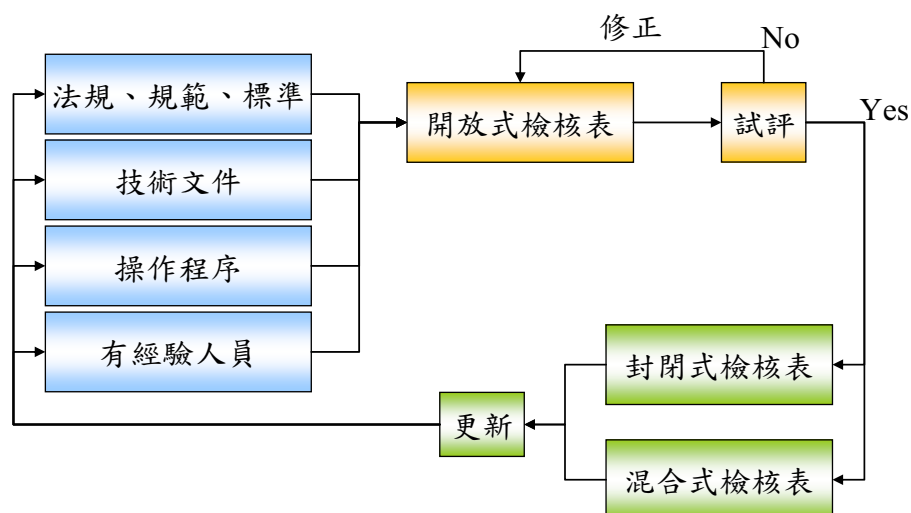


圖4-2 檢核表分析法檢核流程

1. 開放式檢核表

開放式的檢核通常應用在新的設備、系統或是過去從未製作檢核表的對象，主要參考規章標準、技術文件、資深人員的意見，從不同的構面針對系統內不同的人員，探討可能會採取的行為以及衍生的檢核項目。在使用開放式檢核表時，為防止分析有所遺漏，其分析要項除了引導檢核問題外，還應設有「設備檢查結果說明」、「缺失點是否存在」和「改善建議」三個要項。例如 EN50126^[19]針對列車安全項目建議應該思考的開放式檢核表構面包括：

- (1) 營運型態
- (2) 號誌運作程序
- (3) 營運模式
- (4) 規範與法令限制
- (5) 技術與設備規格
- (6) 維修與供應鏈
- (7) 人為因素
- (8) 環境與設備間的影響

除了上述項目外，由於員工與旅客是軌道系統內最主要的人員，因此 EN50126^[19]亦建議逐一針對以下項目來探討員工與旅客的安全：

- (1) 列車上行為
- (2) 上下列車行為
- (3) 鄰近軌道行為
- (4) 車站內行為
- (5) 執行維修任務行為

2. 封閉式檢核表

此種檢核表是比較固定的分析工具，要檢查的項目已經制式地逐條列出，檢核時並不需要太多的技巧，其內容包括檢查項目和是否有符合檢查標準的兩大主要欄位，有時還會註明檢查方式和結果說明。此種檢查表之檢查項目早已由專人設計完成，又因檢查之項目完整且固定，故較適合於一般的例行性檢查。例如 EN50126^[19]建議列車的封閉式檢核表可包含以下構面，並從中探討更細部的安全項目：

- (1) 電力面
- (2) 機械面
- (3) 氣壓/水壓面
- (4) 加減速面
- (5) 溫度面
- (6) 火災/易燃/噪音面
- (7) 洩漏/外溢面
- (8) 人為因素面
- (9) 人體工學面
- (10) 控制系統面

3. 混合式檢查表

綜合開放式與封閉式 2 種型式，其內容包括了檢查問題項目、是否符合檢查之欄位、檢查結果說明及改善建議等事項。混合的檢核表於分析使用時，除依循其問項外，亦可由評估人員之專業視情況衍生原先問項之外的涵義，並在檢查結果說明欄中做出進一步的解釋，發揮腦力激盪的功效，以檢核出更多的危害。

4.1.5 結構化 What-If 分析法（SWIFT）

結構化 What-If 分析法（Structured What-If Technique，以下簡稱 SWIFT）是一種系統化的腦力激盪方法，透過專家學者集思廣益的方式，思考「可能的危害」、「導致的後果」、「發生頻率」、「嚴重程度」進而思考「改善建議」的一種分析方式。SWIFT 法採用開放式的問答，可以激發出可能被忽略的潛在危害，其步驟包括^[116]：

1. 發展假設性問題
2. 定義問題的原因
3. 評估問題的風險並提出建議
4. 回報評估結果給關係者

此方法的每一步驟都提問：「如果/萬一...則/後果…」，分析後的結果則可記錄至表 4.2 之表格。

表4.2 What-If 分析表範例

如果/萬一	則/後果	現有保護措施	改善對策	備註
列車動力失效	列車無法運作	...	...	...
鋼軌斷裂	列車駛過出軌	...	...	...
...

從上述步驟可以發現，步驟 1 乃 SWIFT 分析的關鍵，亦即本研究的重點——「風險辨識」。一般來說，SWIFT 思考的問題點包括：

1. 錯誤的作業程序所導致的問題。
2. 營運者疏失或是未受過訓練所導致的問題。
3. 因應混亂而修正的作業程序所導致的問題。
4. 設備故障所導致的問題。
5. 儀器評估數值失準所導致的問題。
6. 程式軟體錯誤所導致的問題。
7. 公營事業服務異常所導致的問題（電力公司、瓦斯公司等）。
8. 外來因素干擾所導致的問題（大雨、地震、破壞公物等）。
9. 多個事件同時發生所衍生的問題。

4.1.6 危害與可操作性分析（HAZOP）

本節先說明危害與可操作性分析法（Hazard and Operability Study，以下簡稱 HAZOP）概念，接著說明執行此方法可採用的支援工具。

4.1.6.1 HAZOP 概念

HAZOP 最早應用在化學產業製程的安全管理上，此方法乃透過不同領域專家開會討論的過程，逐一檢核製程中各個階段可能發生的異常，進一步探討造成異常的原因與後果以謀求改善之道，屬於創造性、系統性與腦力激盪的一種方法^[17, 85]。

HAZOP 分析的主軸乃利用引導字（Guide Word）與參數（Parameter）來探討系統、設備、程序等各種可能的偏離（Deviation），其中「引導字」表示的是一種可能的狀態，包括「沒有」、「較多」、「較少」、「部分」等，如表 4.3 所示；「參數」代表系統內應該考量的安全因子，而「偏離」則是表示該參數在該引導字的狀態下可能造

成的異常。須注意的是並非所有參數於各種引導字下都有意義，如「列車動力」搭配「相反」便沒有意義，再者有時雖然有意義，但卻不會有偏離發生，如「旅客」搭配「較少」時雖然會影響營收但不會有安全問題，因此在分析時必須特別注意。

表4.3 HAZOP 之引導字範例

引導字	引導字意義
沒有、不是、無	完全不具備設的功能
較多、較高	定量增加
較少、較低	定量減少
不僅...又	定性增加
部分	定性減少
除...之外	完全取代
相反	與設計邏輯完全相反
遲、早	與目標時間不符
事前、事後	步驟與程序不符
快、慢	在時間內完成/未完成

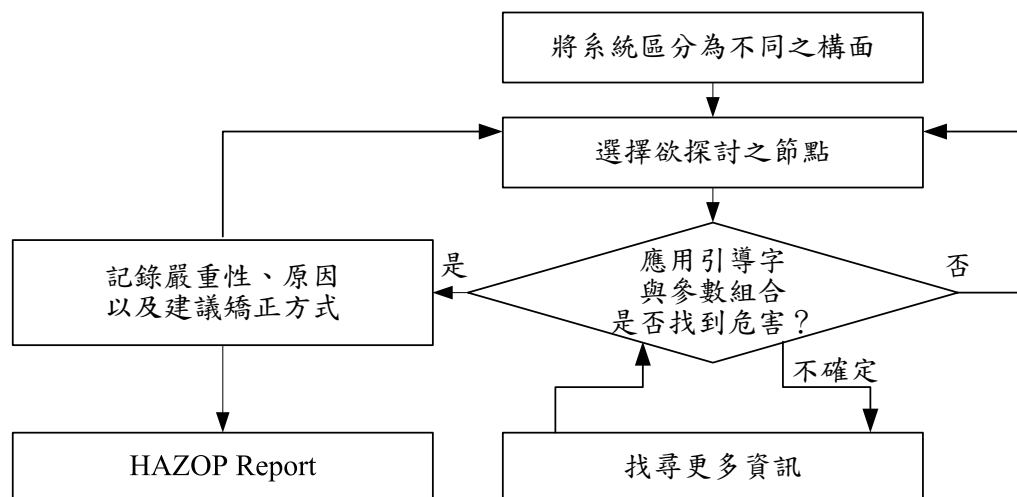
表 4.4 乃 RSSB^[68]將 HAZOP 應用於行人通過平交道的例子，從表中可以發現，HAZOP 可依據系統特性加入適合的引導字來分析。

表4.4 HAZOP 於行人通過平交道的應用範例

參數	引導字	偏誤	嚴重程度	處理方式
列車準備通過平交道，行人等待中	違規	行人闖越平交道	行人與列車碰撞 行人與第二輛列車碰撞	列車通過時將行人專用平交道鎖定，讓使用者無法闖越
	錯誤的資訊	平交道沒有放下且行人正常通過		

資料來源：[68]及本研究整理

由此可見，HAZOP 方法需要匯集各領域專家學者集思廣益開會討論，雖然耗費時間但可以周詳思考系統中各種可能的偏離情況，茲將其操作流程圖說明如圖 4-3所示。



資料來源：[44]及本研究繪製

圖4-3 HAZOP 之操作流程

4.1.6.2 HAZOP 支援工具

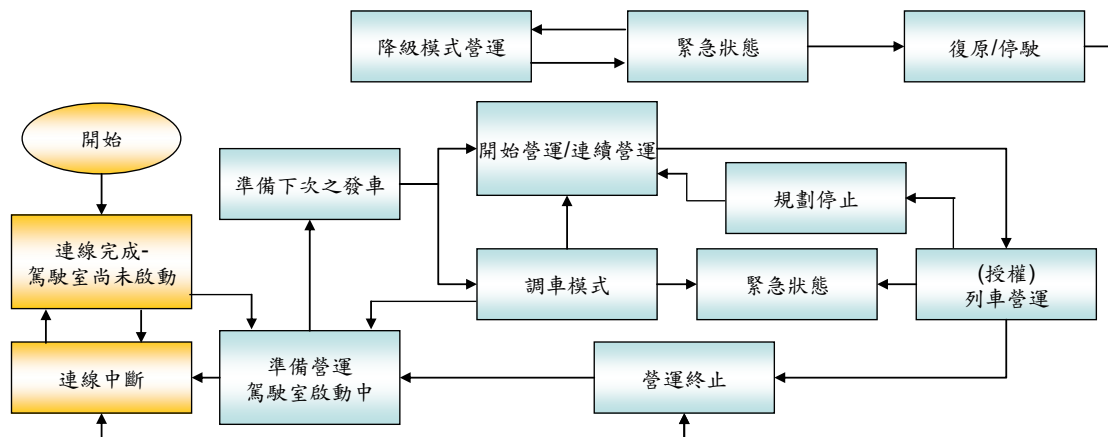
狀態轉換圖與可靠性方塊圖乃執行 HAZOP 時常用的支援工具，以下逐一說明：

1. 狀態轉換圖（STD）

狀態轉換圖（State Transition Diagrams, STD）主要係透過圖形來了解系統間狀態轉換的運作情形，以協助 HAZOP 進行辨識。例如圖 4-4即表示列車運行間可能的狀態，圖中若有狀態的轉換，其過程即可能存有潛在的危害，如此則可提供 HAZOP 操作上之導引。

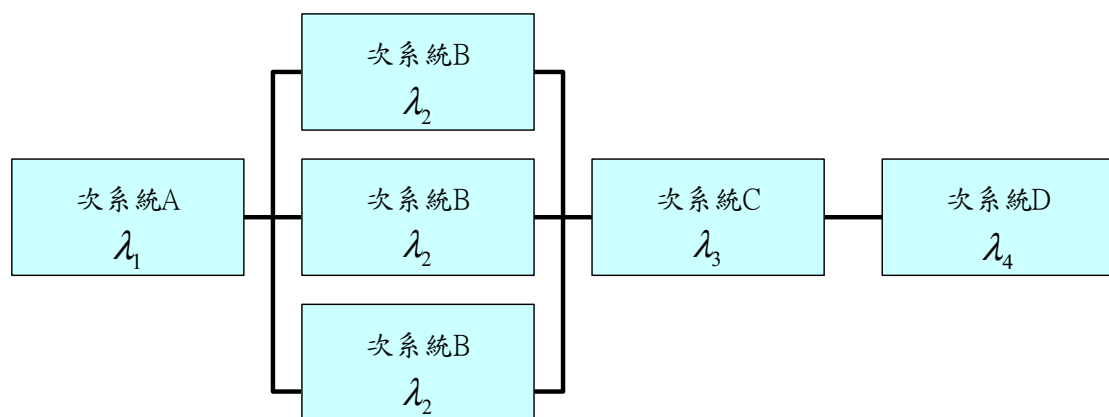
2. 可靠性方塊圖（RBD）

圖 4-5之可靠性方塊圖（Reliability Block Diagrams, RBD）主要係透過系統的可靠度與可用性分析來了解系統成功或失敗的關鍵因子，方塊圖從左側輸入並從右側輸出，其中並排的方塊代表該子系統具有備援方案，透過此種方式亦可提供 HAZOP 操作導引。



資料來源：[18]及本研究繪製

圖4-4 狀態轉換圖範例示意圖



資料來源：[18]及本研究繪製

圖4-5 可靠性方塊示意圖

4.1.7 工作分解結構與風險分解結構

工作分解結構（Work Breakdown Structure，以下簡稱 WBS）為專案管理（Project Management）中最基本之技巧之一。WBS 使用階層樹狀結構（Hierarchical Tree Structure）與 100%原則（100% Rule）來定義專案範圍（Project Scope）。以下4.1.7.1節說明 WBS 的基本概念，4.1.7.2節則說明將其應用於風險管理之風險分解結構方法（Risk Breakdown Structure，以下簡稱 RBS）^[12]。

4.1.7.1 工作分解結構（WBS）

工作分解結構是屬於專案架構（Project Framework）的分析方法，透過樹狀結構的方式，將分解標的進行分割，直到可以管理的最小單位。工作分解結構有三個主要重點，分別為「分解標的」、「樹狀結構」，以及「100%原則」，以下分別說明之：

1. 分解標的

「分解標的」為 WBS 分析的對象，通常是針對專案之產出（Outcomes）進行拆解，而非對工作項目（Actions）進行拆解，一來結果產出較易定義，二來結果的量化較為容易，使量化評估指標得以導入。

2. 樹狀結構

工作分解結構使用之工作分解方法為樹狀結構（Tree Structure）分解法，須與「100%原則」配合使用，圖 4-6與圖 4-7為 WBS 最為常見的表示方式。

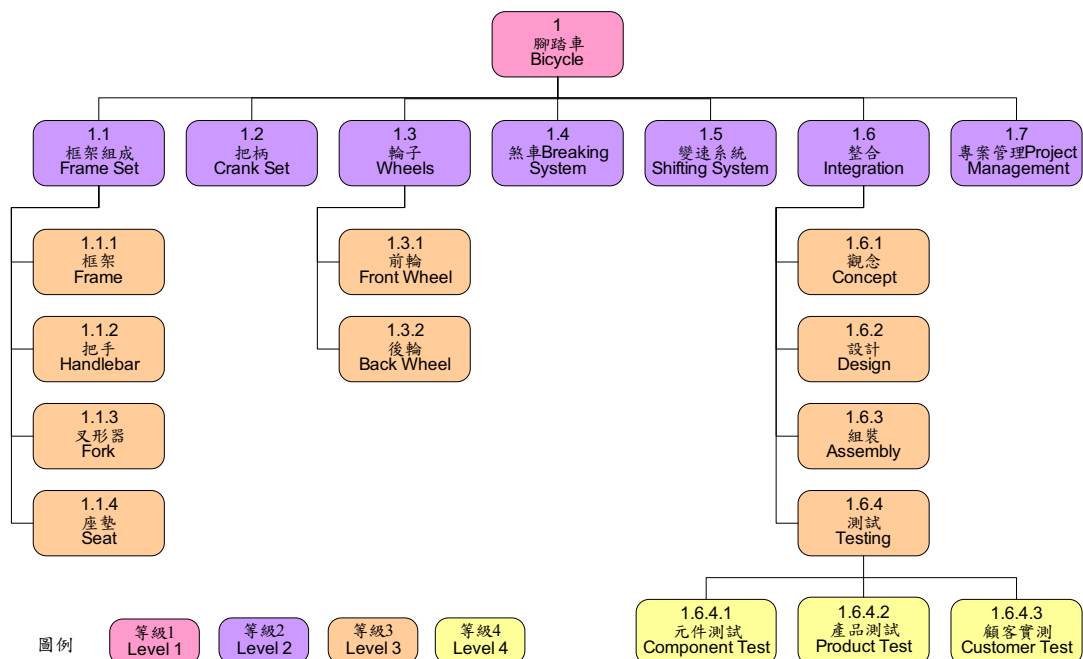


圖4-6 階層式樹狀結構分解示意圖

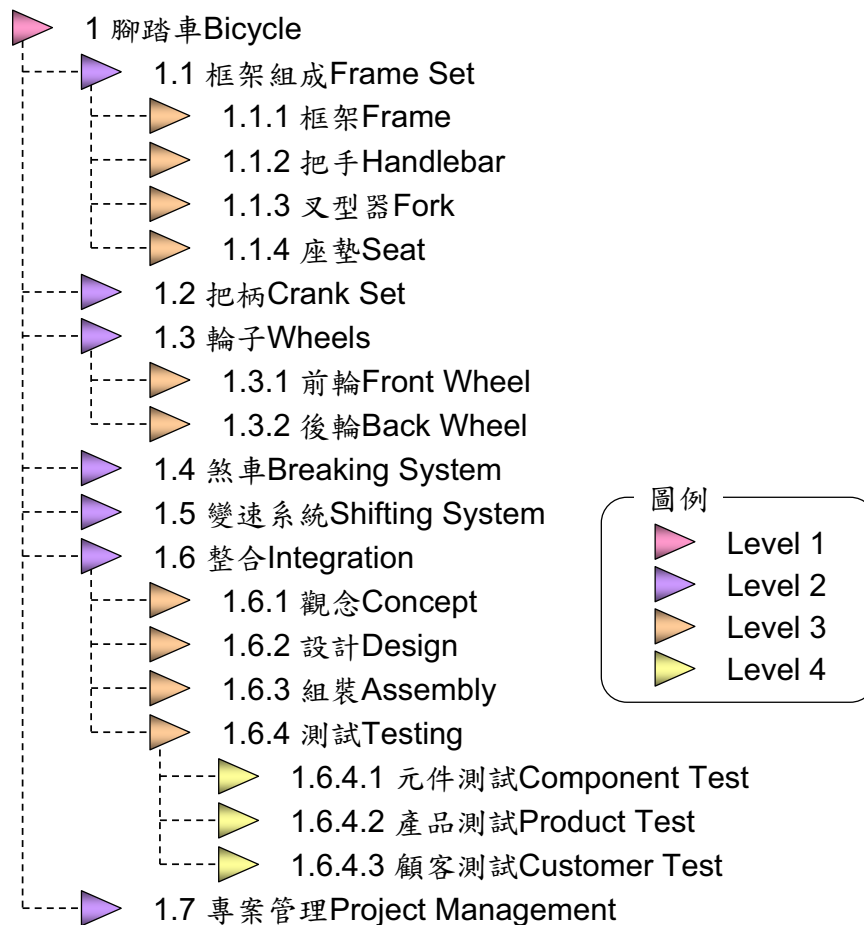


圖4-7 條列式樹狀結構分解示意圖

圖 4-6以腳踏車組成原件為例進行專案分析，最上層是專案本身（Bicycle），稱之為 Level 1 WBS。第二層（Level 2）則是此專案的主要「交付標的」，有時主要交付標的仍相當籠統或抽象，為方便進行專案管理，通常會繼續往下延展，直到可以確實掌握足夠清晰的標的為止。在 WBS 的方法中，每一項交付標的皆稱為「分解元素」，他們必須互相獨立，且可完整描述其上層，亦即每一層 WBS 為下層交付標的之總合，每一次的拆解也更加詳述專案的最終產出。

3. 100%原則

WBS 在分解交付標的時，除不同的分解元素須互相獨立外，分解元素的總和要能完整，此即符合 100%原則。也就是說，一個有效的拆解，除了個別元素要能互斥外，整合後的元件亦須具備完整性。以

圖 4-6為例，每一個「子層」的分解，必須百分之百地表示「父層」的元素。

根據上述三項重點完成專案的分解後，亦即表示已列出、也具體化了所有專案中預期產生的結果或目的，即表示具備了一份可以對照、檢視、與查驗專案完整度的結構化清單。

4.1.7.2 風險分解結構（RBS）

上一節說明了 WBS 的基本概念與分析方法，本節簡要說明實際應用 WBS 於風險管理的方法，亦即 RBS。在前一小節的說明中提到 WBS 的重點包含了「分解標的」、「樹狀結構分解」以及「100%原則」，而其中的分解標的通常為專案的產物，若將分解標的面向設定為專案的風險，則稱之為為 RBS。因此，風險分解結構可說是對專案的風險以一種階層方式組成的描述，將風險以階層的方式分類，用以辨識潛在風險的所在與原因^[11]。

4.1.7.3 工作分解與風險分解結合（WBS-RBS）

此方法通常應用在工程的風險辨識，通常循以下的五個步驟來進行：

1. 確定風險辨識對象與範圍。
2. 進行工作分解，直到形成最佳的辨識單元，以構成工作分解樹。
此處所謂的最佳辨識單元，係指工作規模較適合風險辨識，如圖 4-8所示。

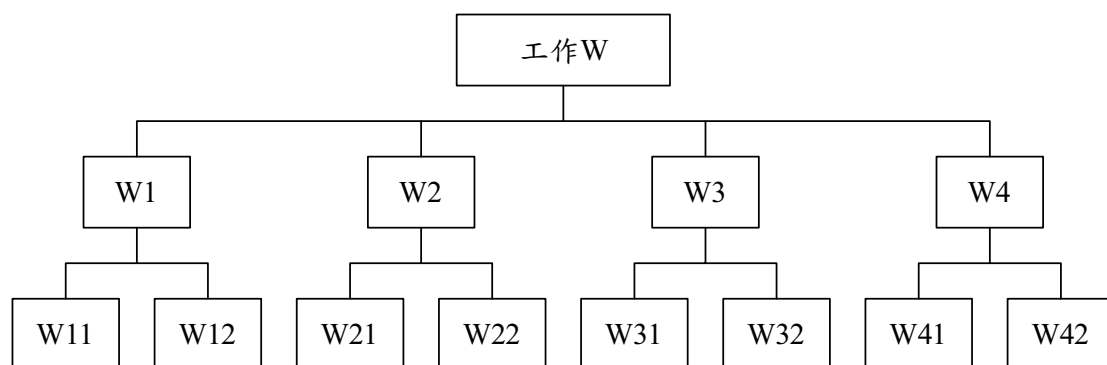


圖4-8 工作分解樹

3. 進行風險分解，形成風險分解樹，如圖 4-9所示。

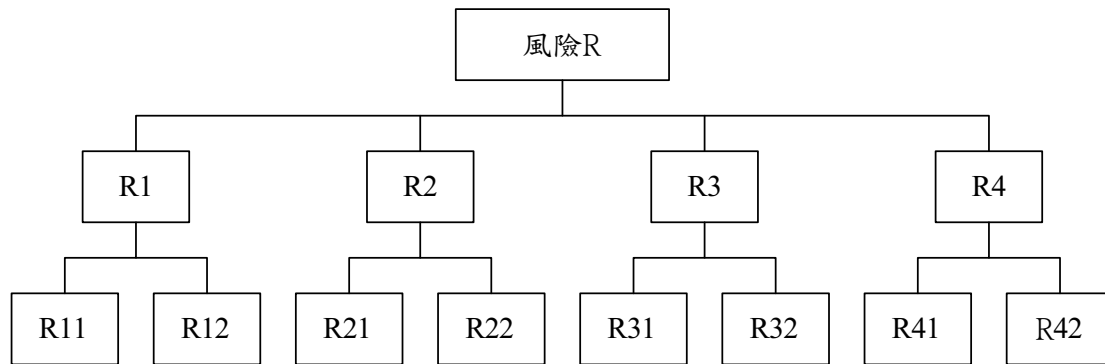


圖4-9 風險分解樹

4. 構建風險辨識矩陣，把工作分解最下層之作業以及風險分解最下層之風險分別作為矩陣的列與行，構建風險矩陣，如圖 4-10所示。
5. 判斷風險存在的可能性，依據風險矩陣元素 a_{ij} ，逐一探討第 i 工作的第 j 風險是否存在，若存在則為「1」，否則為「0」。圖 4-11 即為天津快軌^[118]在施工時所進行之 WBS-RBS 風險辨識的案例。

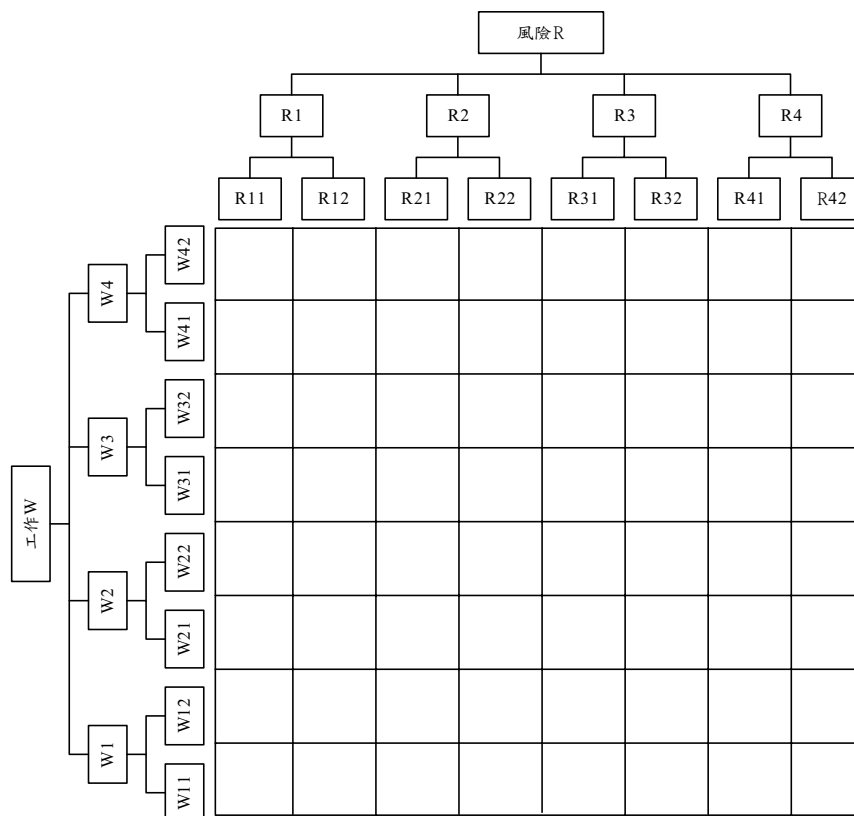
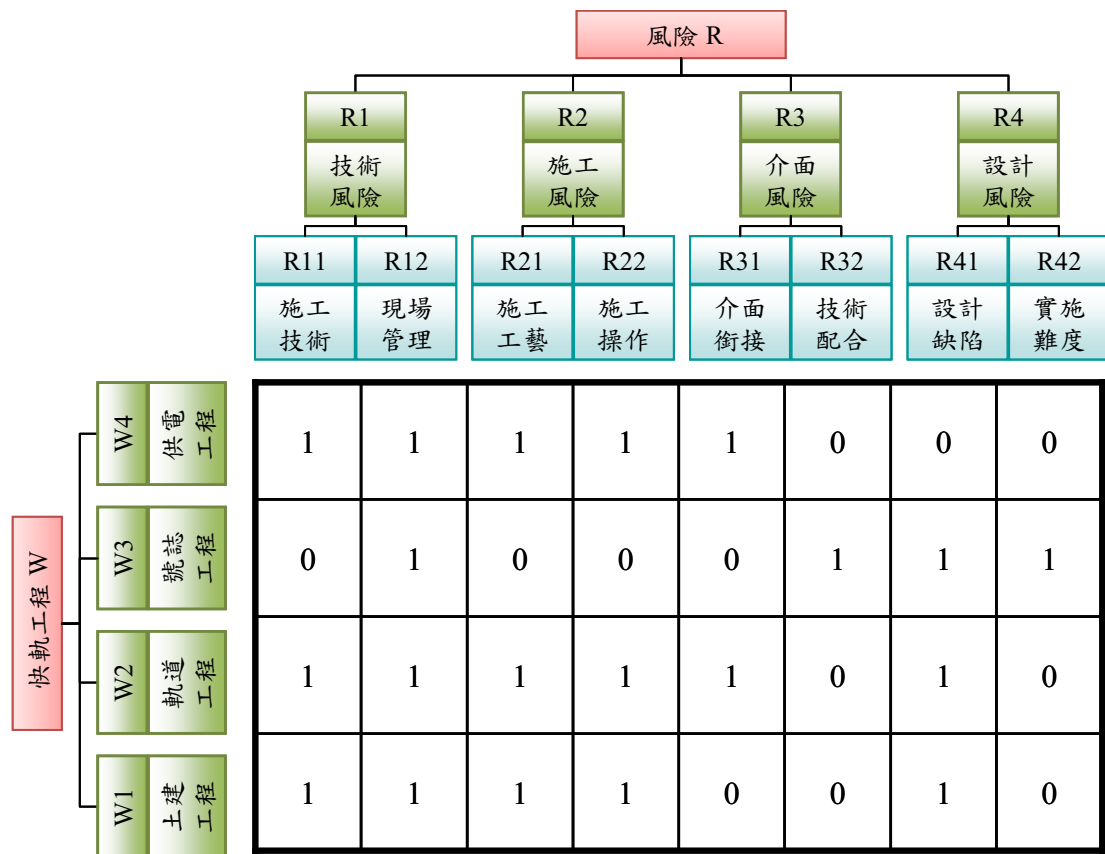


圖4-10 WBS 與 RBS 矩陣



資料來源：[118]及本研究繪製

圖4-11 天津快軌工程之 WBS-RBS 矩陣案例

4.1.8 情境分析法

在情境分析法（Scenario Analysis）中，「情境」是指對策略具有重要性的各種可能狀況，也包含每一種可能狀況對組織產生的影響與結果。情境的建立可以來自理性的分析，也可以來自創意的發想，而情境分析法則是藉由改變一些現況的假設，同時參考可能的科技或環境發展趨勢，建立假想的未來情境，用以判斷未來的優勢與可行性。因此，情境分析法不只在基礎狀況做上下變動式調整的預測，亦可對未來的可能發展路徑，做有架構且具體式的呈現。簡而言之，情境分析乃建構未來可能發生的各種狀況，討論其中的不確定性與影響層面，並擬定應變方案。此方法應用於安全層面的風險辨識上，可將系統安全目標視為情境，進而分析影響情境的不確定性，即是危害，因此本節較深入的說明情境分析法的適用時機與執行步驟：

1. 情境分析法之通用時機

情境分析有其特別之適用時空條件，簡述如下^[100]：

(1) 大幅度變化的環境

當環境不確定程度高且歷史資料不可靠時，意即未來不是過去的延伸時，傳統預測模型（例如趨勢分析模型）之預測結果不易準確。故此時宜使用情境分析，以較廣泛的角度進行預測。

(2) 長期預測

一般而言，當規劃時間長，適合使用情境分析法以勾勒未來可能發生的狀況。

(3) 不確定衝擊多時

當外來衝擊多且不確定性高時，亦即包含多種不穩定因素時，不宜僅參考個別專家意見，而應廣泛蒐集資料，以提供充足資訊予決策者，此時集合專家群智慧之情境分析法為良好選擇。

(4) 當非技術性因素影響力高時

一旦非技術性因素（如政治、經濟、法規或法律等因素）較技術性因素來得重要時，在此情況下，可採用情境分析對背景環境做廣度探討。

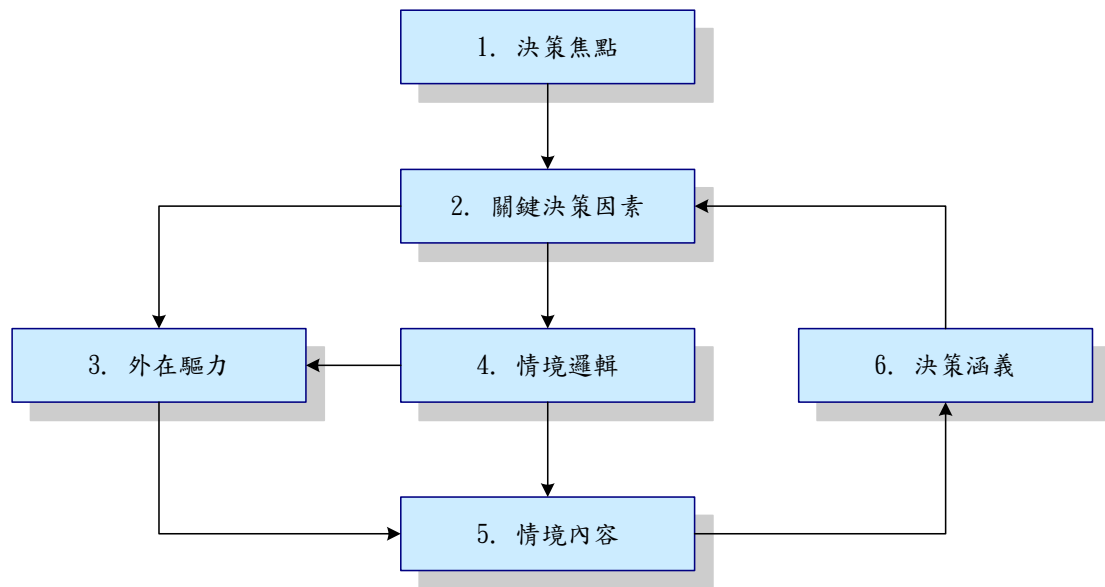
(5) 不需估計未來逐年的實際數值時

數量模型可以推測出單點預測值，而情境分析則是勾勒未來可能的包絡曲線（Envelope Curve）。欲描繪未來某一目標的影象，而不須精確推算在此一時間過程中的每一個演變結果時，可選用情境分析法。

2. 情境分析法之執行步驟

有許多學者提出情境分析法之執行步驟，以下僅介紹由史丹福國際研究院（Stanford Research Institute，以下簡稱 SRI）所提出之情境

分析法（簡稱 SRI 情境分析法）的操作程序。SRI 情境分析法之操作程序共分為 6 個步驟^[82, 100]，如圖 4-12 所示，說明如下：



資料來源：[82, 100]及本研究繪製

圖4-12 史丹福 SRI 情境分析六步驟

(1) 認定決策焦點

進行情境分析之首要步驟是將決策焦點、範圍界定清楚，使後續步驟得以順利進行。

(2) 認定關鍵決策因素

訂定決策焦點後，則依此焦點進行思考與討論，並透過與會者對決策焦點之認識，找出影響決策焦點之因素。

(3) 分析驅動力量

驅力（Trends）是來自社會、技術、法律及產業等，會影響決策的力量，亦即決策背後的力量，因此若欲找出決策發展的趨勢，則須先找出這些背後的力量。驅動力量的分析包含了「界定驅動力量」與「驅動力量之不確定性評估」2 步驟，根據對決策問題的「衝擊程度」與「不確定性」2 項指標，以衝擊與不確定

矩陣（如表 4.5所示）對驅動力量進行評估，進而建構出情境骨架。

表4.5 衝擊與不確定矩陣範例

不確定性 衝擊程度	高不確定性	中不確定性	低不確定性
高衝擊	A1	A2	A3
中衝擊	B1	B2	B3
低衝擊	C1	C2	C3

(4) 選擇不確定軸面

根據上一步驟由衝擊與不確定矩陣歸納出之「高衝擊高不確定性」、「高衝擊中不確定性」與「中衝擊高不確定性」3 群驅動力量（即表 4.5之 A1、A2 與 B1），經由專家學者針對這些驅動力量進行推理與探討，可歸類出 3 至 4 個相關構面，稱為不確定軸面，作為建構情境內容的中心主軸。不確定軸面數量不宜超過 4 個，亦應避免產生過多情境。

(5) 選擇並增修情境

前一步驟通常會選出 3~4 個軸面，而每個軸面有正、反 2 種出象，因此可產生 2 的 3~4 次方個情境（通常為 8 或 16 個情境），為達最有效之分析，可依「一致（Consistency）」與「共識（Commonality）」2 原則進行篩選。所選出的情境應具備下列條件：

- 每個情境的架構不同，具有獨特性。
- 每個情境之內部皆具一致性，意即各不確定軸面不互相矛盾。

- 每個情境都是未來可能發生的，因此可藉由不確定軸面的組合來發現潛在情境，以演繹未來可能的結果並發展其解決之道與策略。
- 彙總每個情境所涵蓋的範圍與內容，所產生不確定包絡曲線，可包絡未來狀態。

之後再串連各個不確定軸面、關鍵決策因素與驅動力量等，即可成為情境內容。

(6) 分析決策涵義

最後，回到決策主體，分析每個情境的機會（Opportunities）、威脅（Threats）、組織需求，以及達成需求的技術方案等內容，以認定其在管理決策的涵義。

4.2 軌道系統風險分析方法回顧

本研究辨識出臺鐵之危害清單後，須選擇 2 個臺鐵的安全危害項目，深入探討其風險來源以及可能導致的後果，因此本章節依據 EN50126 的建議，回顧軌道系統中常用的風險分析方法，包括有：故障模式影響與嚴重性分析法、失誤樹分析法（Fault Tree Analysis）與事件樹分析法（Event Tree Analysis）。其中，故障模式影響與嚴重性分析法在軌道業界被普遍採用，可分析危害的原因與後果並討論防護措施的成效；失誤樹分析主要探討事故發生的原因，以邏輯的關係探討危害原因之間的關連；事件樹分析則是探討危害發生後影響後果的主要關鍵，供營運單位研擬防護措施降低危害的嚴重性^[10, 24, 105]，以下逐一說明這些方法的基本概念。

4.2.1 故障模式影響與嚴重性分析法（FMECA）

故障模式影響與嚴重性分析法^[97]（Failure Mode Effects and Criticality Analysis，以下簡稱 FMECA）主要是作為風險分析與評估的工具，但其中亦具備風險辨識的功能。本方法主要包含 2 種分析技術，

分別是故障模式及其影響分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 與嚴重度分析 (Criticality Analysis, CA)，茲分別說明如下：

1. 故障模式與影響分析法 (FMEA)

相對於 HAZOP 之操作是以參數與導引字來找出危害，FMEA 考量的對象是系統中的元件，例如「集電弓」、「鋼軌」、「輪軸」、「車門」等軌道系統元件。FMEA 法所稱的「故障模式」指的是元件可能故障的狀況，例如集電弓斷裂、鋼軌挫曲、輪軸不整、車門無法閉合等，而且每一個元件可能有多個故障模式，例如鋼軌除了挫曲也可能斷裂，車門除了無法閉合也可能無法開啟，必須集合專家學者逐一探討系統各項元件可能衍生的故障模式，再進一步探討該故障模式衍生的後果，即是系統潛藏的危害。

一般而言，FMEA 是一種由下而上的歸納式系統分析或流程分析方法，主要用來評估潛在性的錯誤，包含找出什麼會造成錯誤，以及會發生錯誤的失效模式。FMEA 的主要內容乃分析關鍵因素，即失效模式影響系統運作的情形，在進行 FMEA 時，要說明失效模式和潛在性項目失效的原因，並探討失效反映的結果，過程中可採取改變設計或流程步驟，藉以降低失效機率或減少失效衝擊，並對產生的不良影響進行彌補。惟 FMEA 法較不易處理多個元件同時失效所衍生的危害，必須藉由專家經驗，周延地考量每一元件失效可能潛藏的各種危害來克服此一缺點^[17]。

實際操作上，FMEA 法透過風險優先數值 (Risk Priority Numbers, RPN) 的計算來確認風險值的大小，藉以評估危害處理的優先等級順序，其數學式如(4.1)所示。

$$\text{風險優先數值 RPN} = \text{嚴重性(S)} \times \text{發生率(O)} \times \text{檢測率(D)} \quad (4.1)$$

FMEA 的操作範例如表 4.6 所示，ISO 2007 Security^[1]中亦指出嚴重性、發生率與檢測率可採用如表 4.7～表 4.9 所示之範例。

表4.6 FMEA 操作表格範例

系統	失效模式	...	嚴重性	發生率	檢測率	...
車門	車門無法開啟	...	...	...	...	...
	車門無法關閉	...	...	...	...	...
...

表4.7 FMEA 嚴重性等級範例

嚴重性	嚴重性說明	等級
大災難 Catastrophic	Resource not available / Problem unknown	10
極端的 Extreme	Resource not available / Problem known and cannot be controlled	9
非常高 Very High	Resource not available / Problem known and can be controlled	8
高 High	Resource Available / Major violation of policies	7
普通 Moderate	Resource Available / Major violations of process	6
低 Low	Resource Available / Major violations of procedures	5
非常低 Very Low	Resource Available / Minor violations of policies	4
次要 Minor	Resource Available / Minor violations of process	3
非常次要 Very Minor	Resource Available / Minor violations of procedures	2
無 None	No effect	1

資料來源：[1]及本研究整理

表4.8 FMEA 發生率等級範例

故障發生機率	故障機率值	等級
非常高 Very High: Failure is almost inevitable	>1 in 2	10
	1 in 3	9
高 High: Repeated failures	1 in 8	8
	1 in 20	7
普通 Moderate: Occasional failures	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
低 Low: Relatively few failures	1 in 15,000	3
	1 in 150,000	2
極少的 Remote: Failure is unlikely	<1 in 1,500,000	1

資料來源：[1]及本研究整理

表4.9 FMEA 檢測率等級範例

檢測率	檢測率說明	等級
完全不確定 Absolute Uncertainty	Control cannot prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	10
非常極少 Very Remote	Very remote chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	9
極少的 Remote	Remote chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	8
非常低 Very Low	Very low chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	7
低 Low	Low chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	6
普通 Moderate	Moderate chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	5
普通偏高 Moderately High	Moderately High chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	4
高 High	High chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	3
非常高 Very High	Very high chance the control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	2
幾乎確定 Almost Certain	Control will prevent / detect potential cause/mechanism and subsequent failure mode	1

資料來源：[1]及本研究整理

2. 嚴重度分析 (CA)

嚴重度分析 (Criticality Analysis, CA) 是把 FMEA 中確定的每一種故障模式按其影響的嚴重程度類別及發生概率的綜合影響加以分析，以便全面地評價各種可能出現的故障模式的影響。嚴重度分析可

以是定性分析也可以是定量分析，若為定量則是根據結構及可靠性數據以獲得嚴重度情況。

4.2.2 失誤樹分析法

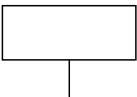
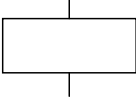
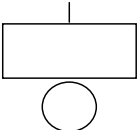
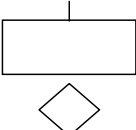




失誤樹分析法（Fault Tree Analysis, FTA）是一種逆向推論的方法，用來探究引起危害的原因，可就每一造成事故的因素，了解各因素間相互的因果關係，並作定性與定量分析，一般多用於分析具有高度風險性、有一定複雜度的災難事件。

失誤樹分析法的流程大致包含下列幾項步驟：

1. 定義系統與其邊界範圍。
2. 選擇頂端事件（Top Event）。
3. 建構失誤樹。
4. 定性檢查，找出最小分割集合（Minimal Cut Set）。
5. 定量評估，求出頂端事件和最小分割集合之失誤率。

其中有關失誤樹建構方面，在決定頂端事件之後，配合系統的動作原理、操作條件與環境等因素，往下追蹤造成頂端事件的原因。頂端事件可能由其他的事件引起，而其他事件亦可能由另外不同的事件造成，以此方法不斷向下展開，直到無法繼續展開為止，最終的事件則稱為基本事件（Basic Event），可能是系統中組件故障或人為失誤等因素，將這些事件以「或（OR）」或「且（AND）」等邏輯符號串聯起來，便成為一棵失誤樹，如表 4.10顯示幾種失誤樹常用的分析符號，其中包括事件與邏輯閘符號，而圖 4-13則為一個簡單的失誤樹範例。

表4.10 失誤樹常用分析符號

頂端事件 	代表「危害項目」，是失誤樹分析的起點。	中間事件 	通常代表「失效」，為分析過程中的事件
基本事件 	分析的末端，通常是設備、元件故障，或人為失效，可用圓形表示	未發展事件 	有時因資料有限或超出分析範圍時，用來表示無法深入分析之事件，可用菱形表示
「或」邏輯閘 	只要其中一種「下層失效」發生，就會導致「上層失效」。	「且」邏輯閘 	當所有「下層失效」都發生，才會導致「上層失效」發生。
條件邏輯閘  INHIBIT	描述下層事件只有在某一種「情況」下才會導致上層事件發生。	順序的「且」邏輯閘 	當所有「下層失效」都按照順序發生（通常由左至右），才會導致「上層失效」發生。

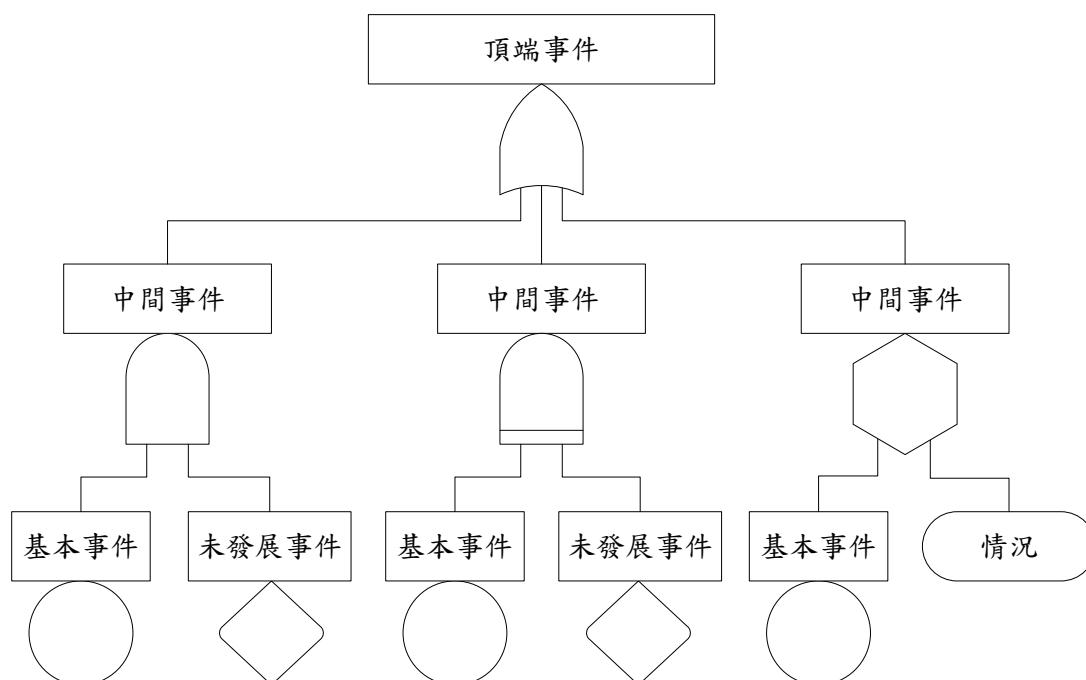


圖4-13 失誤樹分析範例

4.2.3 事件樹分析法

和失誤樹相反，事件樹分析法（Event Tree Analysis, ETA）是一種順向推論的方法，辨識出由某一危害所引發的各種可能後果或影響，並可將其發生機率加以量化，適合應用於分析可能引發出不同情況的基本事件，或於意外發生後作為鑑定結果之工具。

事件樹分析法包含下列幾項步驟：

1. 了解起始事件（Initiating Event）、系統及系列事件相關資料。
2. 建構事件樹。
3. 計算每對分枝（發生/不發生）之個別機率值。
4. 完成每個結果之機率值計算。

其中有關事件樹建構的部份，從起始事件開始，試圖找出起始事件所引發的後續事件，相對地，後續事件亦有可能再造成其他的後續事件，如此逐一分析下去，直到發生結果為止。將這些事件與結果依發展先後順序串聯起來，且同時考慮正常與故障狀態（Success State and Failure State），便是一棵事件樹，可參見圖 4-14之範例。

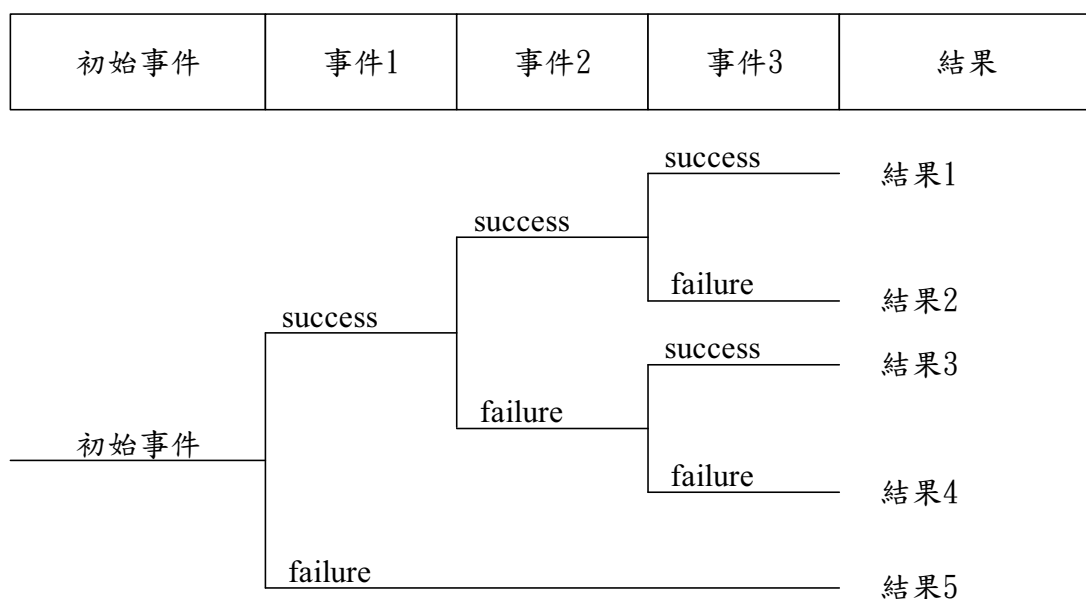


圖4-14 事件樹分析範例

4.3 小結

有關各種形式的風險辨識技術都有其優點與缺點，Hillson^[108]說明實務上亦沒有單一技術可發現所有可能的危害，因此可依據時間觀點的方式，從三個構面探討風險辨識技術，分別為過去、現在及未來，如圖 4-15 所示，茲將其概念應用於軌道系統風險辨識的對照說明如下：

1. 歷史回顧（過去）

從歷史事故資料挖掘系統風險，永遠是軌道營運單位最直接卻也付出最多代價的方法，然而實務上的經驗亦證明，亡羊補牢的作法雖遲，但若避免同樣事故再次發生亦不失為提昇安全的良方。

2. 現況評估（現在）

軌道營運單位中，各部門定期的針對現況作業程序、設備進行體檢與反省，無論使用結構化的 HAZOP、FMEA 等方法，或是直接採用腦力激盪法，都是對現況環境進行風險辨識的範例。

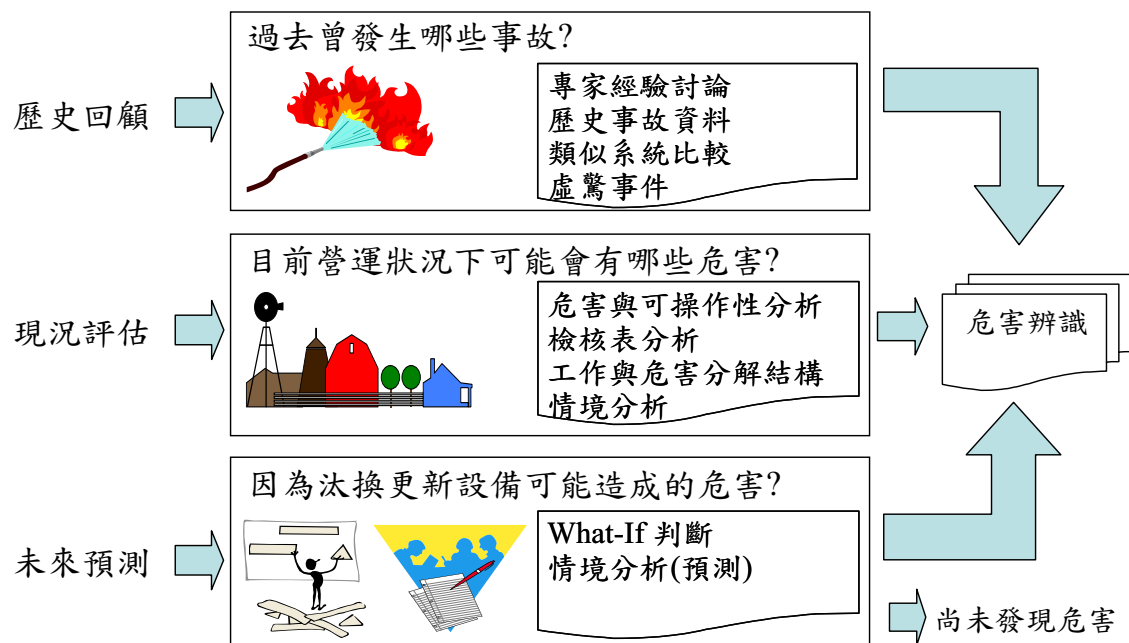


圖4-15 風險辨識方法之時間構面

3. 創意技術（未來）

一般而言，善用現況與過去資料來進行風險辨識已能發現並排除絕大多數的危害，然而軌道乃百年大業，許多設備在整個軌道系統的生命週期中勢必經過多次汰舊換新，加上軌道系統牽涉層面極廣，各子系統之間互相牽連，若能善用情境分析等方法假設未來發生的情況並進行風險辨識，將使辨識成果更為完善。例如探討未來設備年久失修將提高故障率，採購新列車可能造成過去不曾存在的安全問題，或是採用防護措施後可能衍生新的威脅等都是用想像的方式，從未來的角度探索系統可能的危害。

整體來說，以軌道系統風險辨識為例，歷史回顧技術須考量過去資料記錄的詳實程度，以及現在與過去系統的差異程度；現況評估技術須仰賴軌道系統內安全專業人員對系統的認知程度；創意技術能否成功則靠參與討論者的想像力。因此風險辨識最適合的方法，即是同時從過去、現在、及未來三個角度思考，以辨識出最為完備的風險。

第五章 軌道系統危害與事故項目回顧

本研究目的是研擬臺鐵所有的安全危害項目，因此除了直接回顧國內外各軌道系統的危害項目外，相關的事故分類方式也值得參考，以便進一步思考導致事故發生背後潛藏的危害。特別須說明的是，本研究欲找出的「危害」係依據英國工程安全管理手冊（以下簡稱 Yellow Book^[57, 69]）之定義，亦即可能導致事故的前一個因子，而非導致事故的眾多「原因」或者「事故」本身。本章於5.1節回顧國外軌道系統的危害項目，5.2節回顧國內軌道系統的危害項目，並於5.3節進行綜合比較，最後在5.4節探討臺鐵危害清單的制定原則。

5.1 國外軌道系統危害與事故項目

本節蒐集英國、澳洲、南韓與 MODURBAN 規範的危害與事故項目。

5.1.1 英國

英國在軌道運輸安全領域方面的發展相當成熟，除了已研擬軌道系統各類風險項目外，亦發展出安全風險模式（Safety Risk Model，以下簡稱 SRM），以 SRM v5（第五版）為例，研擬 5 大類共 125 項危害項目（2009 年 5 月後已改採 SRM v6），表 5.1、表 5.2、表 5.3 整理其中列車危害（Hazardous Event Train，以下簡稱 HET）、移動危害（Hazardous Event Movement，以下簡稱 HEM）與非移動危害（Hazardous Event Non-movement，以下簡稱 HEN）三類危害項目。

表5.1 英國列車危害分類項目

事故編號	內容
HET1	Collision between two passenger (other than at platform) 2 列旅客列車發生碰撞（非月台）

事故編號	內容
HET2	Collision between a passenger train and non-passenger train 1 列旅客列車與 1 列非旅客列車發生碰撞
HET3	Collision between two non-passenger trains 2 列非旅客列車發生碰撞
HET4	Collision of train with object on line (not resulting in derailment) 列車撞擊軌道上的異物（沒有導致出軌）
HET5	Collision of train with object large enough to cause structural damage to the train 列車撞擊大型異物導致車體結構上的損壞
HET6	Collision between two passenger trains in station (permissive working) 2 列旅客列車於車站內發生碰撞（作業許可）
HET7	Collision between a passenger train and a non-passenger train in station 1 列旅客列車與 1 列非旅客列車於車站內發生碰撞
HET8	Collision between two non-passenger trains in station 2 列非旅客列車於車站內發生碰撞
HET9	Collision with buffer stops 撞擊止衝檔
HET10	Passenger train collision with road vehicle on level crossings 旅客列車與公路車輛於平交道相撞
HET11	Non-passenger train collision with road vehicle on level crossings 非旅客列車與公路車輛於平交道相撞
HET12	Derailment of passenger train 旅客列車出軌
HET13	Derailment of non-passenger train 非旅客列車出軌
HET14	Derailment of passenger train in station 旅客列車於站內出軌
HET15	Derailment of non-passenger train in station 非旅客列車於站內出軌

事故編號	內容
HET16	Abnormal dynamic forces, e.g. abnormal deceleration 運行異常。例如：異常的減速
HET17	Fire on passenger train in station 旅客列車於站內失火
HET18	Fire on passenger train 旅客列車失火
HET19	Fire on freight train in station 貨車於站內失火
HET20	Fire on freight train 貨車失火
HET21	Train crushed by structural collapse or large object 列車遭受建築崩塌物或是大型異物之壓損
HET22	Structural collapse station 站內建築崩塌物之壓損
HET23	Explosion on passenger train 旅客列車發生爆炸
HET24	Explorsion on freight train 貨車發生爆炸

資料來源：[46]及本研究整理

表5.2 英國移動危害分類項目

事故編號	內容
HEM1	Evacuation following topped train 端門疏散旅客至後方列車
HEM2	Passenger falls from train in running 旅客從運行中之列車摔出
HEM3	Passenger struck while leaning out of train 旅客因倚靠車身不慎摔出遭受撞擊
HEM4	Passenger struck by object through train window 旅客遭受車窗外丟入之異物擊傷
HEM5	Train door closes on passenger 列車門關閉時夾傷旅客
HEM6	Passenger falls between train and platform 旅客陷落於列車與月台之間隙

事故編號	內容
HEM7	Passenger falls out of train on to track at station 旅客於站內摔落至軌道上
HEM8	Passenger falls from platform and struck by a train 旅客從月台上摔落且遭受列車撞擊
HEM9	Passenger falls/injured while boarding or alighting train 旅客於上下列車時不慎跌傷
HEM10	Passenger hit by object while on platform 旅客於月台上遭異物擊傷
HEM11	Passenger struck while crossing track at station on crossing 旅客跨越站內軌道時遭受撞擊
HEM12	MOP trespasser struck while crossing track at station 大眾闖越者跨越站內軌道時遭受撞擊
HEM13	Train overcrowding 列車過度擁擠
HEM14	Train crew struck/crushed by train 列車服務人員遭受列車撞擊
HEM15	Train crew falls/from train running 列車服務人員從行駛中列車摔出
HEM16	Train crew falls/injured while boarding or alighting train 列車服務人員於上下列車時跌傷
HEM17	Train crew struck while leaning out of train 列車服務人員因倚靠車身不慎摔出後遭受撞擊
HEM18	Train crew hit by object through train window 列車服務人員遭受車窗外丟入之異物擊傷
HEM19	Worker struck/crushed by train 工作人員遭受列車撞擊
HEM20	Worker struck by flying object 工作人員遭受丟擲物襲擊
HEM21	Worker falls between train and platform 工作人員陷落於列車與月台之間隙
HEM22	Worker/train crew falls out of train on to track at station 工作人員/列車服務人員於站內從列車摔出至軌道上

事故編號	內容
HEM23	Train door closes on rail workers 列車門關閉時夾傷工作人員
HEM24	Worker struck while leaning out of on-track machine/vehicle 工作人員因倚靠不慎從機具/車輛上摔落至軌道上而遭受撞擊
HEM25	Adult trespasser struck/crushed while on the RCI 成年的闖越者於 Railtrack 所轄設施上遭受撞擊
HEM26	Child trespasser struck/crushed while on the RCI 幼年的闖越者於 Railtrack 所轄設施上遭受撞擊
HEM27	MOP pedestrian struck/crushed by train on level crossing 大眾於平交道被列車撞擊
HEM28	MOP pedestrian struck/crushed by train on footpath crossing 大眾於人行平交道被列車撞擊
HEM29	MOP outside RCI struck/crushed as a result of RCI operations Railtrack 所轄設施操作不當而導致設備外之大眾遭受撞擊
HEM30	MOP fall while riding illegally on train 大眾非法搭乘列車時跌傷
HEM31	MOP suicide or suspected suicide (open verdict) 大眾自殺或是嫌疑自殺
HEM32	MOP struck by objects from RCI 大眾遭受來自 Railtrack 所轄設施之異物襲擊

資料來源：[46]及本研究整理

表5.3 英國非移動危害分類項目

事故編號	內容
HEN1	Lineside fire (other than in station) 軌道側發生火災（站內除外）
HEN2	Lineside fire in station 站內軌道側發生火災
HEN3	Fire in station 站內發生火災
HEN4	Lineside explosion 軌道側發生爆炸
HEN5	Explosion at station 站內發生爆炸

事故編號	內容
HEN6	Passenger exposure to hazardous substances leakage 旅客暴露在外洩之有害物質中
HEN7	Passenger exposure to hazardous substances at station 旅客於站內暴露在外洩之有害物質中
HEN8	Passenger exposure to electrical arcing at station 旅客於站內暴露在電弧中
HEN9	Passenger electric shock at station (OHL) 旅客於站內不慎觸電（因架空線）
HEN10	Passenger electric shock at station (conductor rail) 旅客於站內不慎觸電（因導電軌）
HEN11	Passenger electric shock at station (non-traction supplies) 旅客於站內不慎觸電（非因牽引電力線）
HEN12	Passengers at station exposed to smoke or fumes 旅客於站內暴露在有害濃煙
HEN13	Passenger falls from platform on to track (no train present) 旅客從月台跌落至軌道（沒有列車在場）
HEN14	Passenger slips, trips and falls 旅客滑/絆/跌倒
HEN15	Passenger falls from overbridge at station 旅客從站內天橋上跌落
HEN16	Passenger falls during evacuation at station 旅客站內疏散時跌傷
HEN17	Passenger crushing caused by overcrowding at station 旅客因站內過度擁擠被人群踩傷
HEN18	Train crew exposure to hazardous substances 列車服務人員暴露在危險物質中
HEN19	Train crew electric shock (conductor rail) 列車之服務人員不慎觸電（因導電軌）
HEN20	Train crew electric shock (OHL) 列車之服務人員不慎觸電（因架空線）
HEN21	Worker struck/crushed by structural collapse or large object 工作人員遭受建築崩塌物或是大型異物之壓傷

事故編號	內容
HEN22	Worker trapped in machinery 工作人員受困在機具中
HEN23	Worker struck/crushed or hit while on platform area 工作人員於月台區域受到擊傷
HEN24	Worker slips, trips and falls (<2m) 工作人員滑/絆/跌倒 (小於 2 公尺)
HEN25	Worker slips, trips and falls (>2m) 工作人員滑/絆/跌倒 (大於 2 公尺)
HEN26	Worker struck/crushed by non-train vehicle 工作人員遭受非列車車輛撞傷
HEN27	Worker burns 工作人員燒燙傷
HEN28	Worker exposure to arcing 工作人員暴露在電弧中
HEN29	Worker exposure to hazardous substances 工作人員暴露在危險之物質中
HEN30	Worker electric shock (conductor rail) 工作人員不慎觸電 (因導電軌)
HEN31	Worker electric shock (OHL) 工作人員不慎觸電 (因架空線)
HEN32	Worker electric shock (non-traction supplies) 工作人員不慎觸電 (非因牽引電力線)
HEN33	worker asphyxiation/drowning 工作人員窒息/溺水
HEN34	Worker exposure to explosions 工作人員暴露在爆炸中
HEN35	Worker involved in road traffic accident while on RCI 在 Railtrack 所轄之設施上因道路交通事故死傷之工作人員
HEN36	Adult trespasser falls while inside RCI 成年之闖越者於 Railtrack 所轄設施內跌倒
HEN37	Adult trespasser electric shock (contact with OHL) 成年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸架空線)

事故編號	內容
HEN38	Adult trespasser electric shock (contact with conductor rail) 成年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸導電軌)
HEN39	Adult trespasser electric shock (contact with non-traction supplies) 成年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸非牽引電力線)
HEN40	Child trespasser falls while inside RCI 幼年之闖越者於 Railtrack 所轄設施內跌倒
HEN41	Child trespasser electric shock (contact with OHL) 幼年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸架空線)
HEN42	Child trespasser electric shock (contact with conductor rail) 幼年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸導電軌)
HEN43	Child trespasser electric shock (contact with non-traction supplies) 幼年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸非牽引電力線)
HEN44	MOP struck/trapped by level crossing equipment 大眾被平交道設施撞擊或困住
HEN45	MOP fall from outside on to RCI 大眾從外側摔落至 Railtrack 所轄設施內
HEN46	MOP slip, trip and fall on level crossing 大眾於平交道滑/絆/跌倒
HEN47	MOP slip, trip and fall on footpath crossing 大眾於人行平交道滑/絆/跌倒
HEN48	MOP exposed to fire on RCI 大眾於 Railtrack 所轄設施遭遇到火災
HEN49	MOP exposed to explosion on RCI 大眾於 Railtrack 所轄設施遭遇到爆炸
HEN50	MOP exposed to electric arcing 大眾遭遇到電弧
HEN51	MOP electric shock (contact with OHL) 大眾不慎觸電 (誤觸架空線)
HEN52	MOP electric shock (contact with conductor rail) 大眾不慎觸電 (誤觸導電軌)
HEN53	MOP trespasser electric shock (contact with non-traction supplies inside the RCI) 大眾不慎觸電 (於 Railtrack 所轄設施內誤觸非牽引電力線)

事故編號	內容
HEN54	MOP exposed to hazardous substances leakage on RCI 大眾於 Railtrack 所轄設施且暴露於外洩之有害物質中

資料來源：[46]及本研究整理

5.1.2 澳洲軌道

澳洲軌道系統安全危害分類項目主要規範於 Standard ON-S1^[2]，茲整理如下：

1. 出軌 (Derailment)

列車正在運行時，有一個或多個車廂的車輪脫離軌道。

2. 碰撞 (Collision)

當列車或是車廂撞擊到另一組列車或車廂，或是列車撞擊到障礙物、人員、其他物體，以及被其他物體所撞擊都屬於碰撞的範疇。

3. 平交道災害 (Level Crossing Occurrence)

任何發生在平交道，肇因於列車與道路車輛、行人、平交道設施或柵欄發生的碰撞，或是其他威脅到列車運行安全的災害。

4. 冒進號誌 (Signal Passed at Danger)

當列車未經許可闖越禁止號誌時屬於此類危害範疇，又可依發生原因區分為：

- (1) 駕駛的誤判 (Driver Misjudged)：駕駛在未經許可的狀況下闖越禁止號誌。包括駕駛在通過禁止號誌前曾試圖煞車但因種種原因而沒有達成均屬之。
- (2) 完全的疏忽 (Completely Missed While Running)：駕駛在完全沒有任何煞車行為的狀況下闖越未經許可進入的區間，直到下一個警告標誌或是無線電訊息通知，甚至釀成更重大的災害後才知覺。

(3) 列車接近時號誌燈號突然的改變 (Signal Restored as Train Approached)：當列車駛近號誌位置時，因為燈號突然的改變導致駕駛沒有辦法緊急的煞停於燈號前。

(4) 違反號制的發車 (Starting Against Signal)：列車未經許可駛離車站進入禁止駛入的區間。

(5) 其他：所有不在上述分類的冒進號誌行為均屬之。

5. 闖越可行區間 (Proceed Authority Exceeded)

列車闖越允許行駛的區間。

6. 異常的號誌 (Signal Irregularity)

任何對人員、鄰近建築或是列車營運安全產生影響的號誌故障均屬之。

7. 滑倒、絆倒、摔落 (Slip, Trip or Fall)

任何發生在軌道系統設施內的滑倒、絆倒、摔落，包括乘客被車門夾傷。其中根據發生地點又可細分為：

(1) 從列車 (From train)

(2) 在月台與列車間隙 (Between Platform and Train)

(3) 在列車上 (On Train)

(4) 在軌道上 (On Track)

(5) 在月台或是人潮的匯流處 (On Platform /Concourse)

(6) 電扶梯或是電梯 (On Escalator/Lift)

(7) 樓梯 (On Stairs)

(8) 從建築物 (From Structure)

(9) 被列車門夾傷 (Caught in Train Doors)

(10) 其他

8. 不合規定的裝載 (Loading Irregularity)

任何會對列車行駛以及生命財產的安全造成危險的裝載，包括：

- (1) 車門誤開 (Door Open)：任何艙門或車門不正確的開啟，有可能導致貨物的損失或是因晃動的車門所產生的風險。
- (2) 超載 (Out of Gauge)：任何不合規定的裝載，在路線上行駛時過高、過長、過寬的裝載都屬之。
- (3) 貨物滑動 (Load Shift)：任何貨物的滑動、散落而可能產生風險影響安全者均屬之。
- (4) 裝載不均 (Uneven Distribution of Load)：因裝載的不均導致運行時可能產生的風險均屬之。
- (5) 其他：任何不屬於上述分類中的違規裝載。

9. 危險物品 (Dangerous Goods)

任何因危險物品所引起會對列車營運、生命財產造成威脅的事故或事件均屬之。

10. 不遵守或是違反安全工作 (Safeworking Irregularity/Breach)

沒有遵守營運上的安全規定或是安全程序。

11. 軌道或公共設備的異常 (Track and Civil Infrastructure Irregularity)

可能影響列車行進安全的軌道損壞或是可能造成人員受傷的設備損壞，包括：

- (1) 鐵路損壞 (Broken Rail)
- (2) 軌道挫曲 (Buckled Track)
- (3) 軌道彎曲 (Spread Track)
- (4) 轉轍器的失效 (Points Failure)
- (5) 其他

12. 車廂的異常 (Rollingstock Irregularity)

任何會影響列車正常營運的車廂異常狀況，包括：

- (1) 列車解聯 (Train Parting)
- (2) 輪軌輪軸的失效 (Wheel/Axle Failure)
- (3) 軸承的故障 (Defective Bearing)
- (4) 故障的客車車門 (Faulty Passenger Train Door)
- (5) 煞車系統異常 (Braking System)
- (6) 其他

13. 電力設備的異常 (Electrical Infrastructure Irregularity)

電力系統或元件的異常，導致電力事故或是對安全產生威脅。

14. 火災 (Fire)

影響鐵路設施、車廂或是可能影響列車營運的火災。

15. 爆炸 (Explosion)

對鐵路設施、車廂造成影響的爆炸，會對列車安全營運造成影響。

16. 疑似攻擊 (Alleged Assault)

在鐵路設施內，無論動機為何，有人意圖攻擊與遭受攻擊的事故。

17. 嫌疑的自殺或是企圖自殺 (Suspected Suicide or Attempted Suicide)

「自殺」表示人員因自己的行為所造成的傷害，無論其是否有服用過多的藥物或是酒醉均屬於此類範疇。

18. 酒精或是藥物的異常 (Alcohol or Drugs Irregularity)

涉及危害的人員，經血液或尿液檢驗確定酒精或藥物異常的狀況。

19. 破壞公物（Vandalism）

鐵路設施或是車廂遭受外人破壞而可能造成事故的情事。

5.1.3 澳洲糖鐵

澳洲昆士蘭省針對轄下糖業鐵道的營運，在其既有的安全營運規範外補充制定了相關的安全文件^[81]，其中說明了糖業鐵路營運過程中經常遭逢的危害及可以探討的方向。本節僅摘錄其中的危害項目供後續研究參考，共包括四個構面如表 5.4 所示：

表5.4 澳洲糖鐵危害項目

構面	危害
車廂的收集運送	列車互相碰撞
	列車與其他物體碰撞
	出軌與入軌
	調車
	機廠內調車（不同於使用機車頭）
	車頭乘載特性
	操作員能力不足或受傷
軌道與土建	列車與軌道工人之接觸
	車輛復原
	橋樑損壞與洪水後清淤
	第三方的交互影響
側線與運送點介面	與農場的機具或者列車碰撞
	外來物體造成機車與車廂出軌
	工作環境
	溢出
	與工人、搬運者車廂或者機車碰撞
	架空線
	人員闖入側線
	經驗不足的工人

構面	危害
機車與車廂	設備失效（煞車、引擎、變速箱）
	火災（車內或車外）
	連鎖與解連導致壓碎
	出軌
	軸承失效
	暴露在移動的設備中
	滑到摔倒
	連結器系統
	車廂潤滑
	結構受損（連結斷裂與溢溜）
	工作環境
	控制系統失效

資料來源：[81]及本研究整理

5.1.4 南韓

根據南韓 2006 年的「Railway Accident Report Regulation」法規中定義四大類事故^[9]，包括移動事故、列車運轉延滯事故、非移動事故與天然災害如表 5.5。值得特別說明的是表 5.5 第一類與第三類事故原文分別是 Railway Traffic Accident 與 Railway Safety Accident，但深究其子項目，其實與英國 Safety Risk Model 中的移動危害（HEM）與非移動危害（HEN）相似，故以移動事故、非移動事故翻譯之。

另外，值得強調的是該分類架構將導致列車損壞的列車事故（相對於英國的 HET）也納入移動事故內。此外，將「平交道事故」獨立出來亦是此分類架構的特點之一，且該分類架構將列車撞擊公路車輛與撞擊大眾予以區隔。南韓之架構還有一個重要特色是區隔「列車」與「車輛」之差異，例如「列車火災 Train Fire」與「車輛火災 Rolling Stock Fire」係屬不同事故。

表5.5 南韓軌道事故報告法規中的事故分類表

第一層事故	第二層事故	第三層事故
移動事故	列車事故	列車碰撞事故
		列車出軌事故
		列車火災事故
		其他列車事故
	平交道事故	列車碰撞公路車輛（不含撞人）
	運轉死傷事故	旅客死傷
		員工死傷
		大眾死傷(含平交道上列車撞人)
列車運轉延滯事故	車輛出軌	—
	車輛損害	—
	車輛火災	—
	車輛分離	—
	車輛溜逸	—
	違規行為如冒進號誌	—
	路線鐵軌故障	—
	供電系統故障	—
	號誌系統故障	—
	車輛故障	—
非移動事故	死傷事故	—
	火災	—
	基礎設施/設備事故	—
	施工事故	—
天然災害	天然災害	—

資料來源：[9]及本研究整理

南韓軌道研究中心（KRRI）亦曾根據上述架構繼續深入發展一套共計 177 個危害項目^[37, 38]之架構，唯在國際安全研討會中發表時僅展示少部分的項目，故未能窺其全貌。

5.1.5 歐洲 MODURBAN

MODURBAN (Modular Urban Guided Rail System) ^[42] 是一個從 2005 年 1 月開始為期 4 年，由歐盟出資 50% 邀集歐洲許多都會捷運業者與城際軌道業者共同進行的研究計畫，主要目的是設計發展出新一代通用的軌道系統核心介面提供給所有軌道營運業者參考。該計畫共包含 6 個子計畫，其中的 MODSYSTEM 計畫研擬了軌道系統可能遭逢的危害項目^[44、43] 共計 9 個層次 315 個項目，但許多較深階層的项目實際上屬於原因分析，故表 5.6 僅整理前 2 層的危害項目：

表5.6 歐洲 MODURBAN 危害項目

第一層危害	第二層危害
列車移動危害	列車侵入淨空區域
	物體/人員侵入列車淨空區域
	列車於非淨空區域內之碰撞危害
列車內部危害	人員因物體撞擊受傷
	爆炸
	人員掉落列車
	火災
	溫度異常
	窒息
	毒氣
	輻射
	車內觸電
	人員接觸機械設備
	人員暴露於噪音
列車-車站介面危害 (列車已在站內)	旅客從車上掉落至軌道
	列車關門受傷
	列車離開時旅客陷於車門
	旅客上下車時列車移動

第一層危害	第二層危害
	旅客於列車間的間隙
	旅客掉落列車月台間隙
	觸電
車站內部危害 (列車不在站內)	人員被掉落物擊中
	人員被尖銳物體刺傷
	人員遭凸出物體受傷
	輪椅危害
	車站內跌落
	人員掉落/侵入站內軌道
	站內觸電
	煙霧
	爆炸
	火災
	毒氣
機廠危害	運作中的機械設備導致員工受傷
	調車危害
	過多列車進入營運區域
	機廠區域內之旅客
	被列車輾過
行控中心危害	火災
	觸電
	爆炸
	倒塌
	恐怖/犯罪攻擊
維修危害	運作中的機械設備導致員工受傷
	觸電
	移動中列車導致受傷

第一層危害	第二層危害
	導軌或者通道的障礙物
	維護時爆炸
	維護時火災
	窒息/中毒
	溫度異常
	員工於危險時無法離開軌道
	輻射
	員工被設備鉤住
緊急疏散危害	鄰近軌道車輛的移動
	火災
	窒息/中毒
	觸電
	撤離時爆炸
	溫度異常
	輻射
	洪水
	水災/淹溺
	疏散時受傷

資料來源：[44, 43]及本研究整理

5.2 國內軌道系統危害與事故項目

「鐵路行車規則」第一百二十二條雖律定了 17 項事故如表 5.7，然而我國各軌道系統因營運設備與特性不盡相同，因此實際記錄的行車事故項目亦有所差異。本節蒐集整理國內各軌道系統的危害與事故項目，包括臺鐵、高鐵、北捷、高捷、林鐵、糖鐵，作為後續研擬臺鐵安全危害項目之參考。

表5.7 鐵路行車規則第一百二十二條律定之行車事故項目

編號	行車事故項目名稱	編號	行車事故項目名稱
1	列車或車輛衝撞	10	車輛故障
2	列車或車輛傾覆	11	路線故障
3	列車或車輛火災	12	電車線故障
4	列車或車輛出軌	13	號誌機故障
5	列車分離	14	列車障礙
6	列車進入錯線	15	號誌機外停車
7	車輛溜逸	16	列車遲延
8	止衝擋衝撞	17	人員死傷
9	閉塞錯誤	—	—

5.2.1 臺灣鐵路管理局

過去「交通部臺灣鐵路管理局行車事故調查報告與救援須知」^[93]中將臺鐵事故種類共區分為 33 類，而近年來臺鐵內部為方便分析將此 33 種進行類似項目整併，同時也對原 33 項中的每一項目進行更細部的原因分類與責任歸屬分類，最後整理出 5 個階層，多達 961 個細項，其架構如圖 5-1。其中原 33 項事故整併是將同性質的事故整併為一類，例如把機動車故障、客車故障、貨車故障、機車故障、電車故障 5 項整併為「車輛故障」，詳細的整併對應如表 5.8。

表5.8 臺鐵局原規章事故分類與整併後事故對應表

整併後事故種類	原規章規定事故分類 33 種
列車衝撞	衝撞、車輛邊撞、車輛衝擊、止衝擋衝擊、列車邊撞
列車出軌	傾覆、列車出軌、車輛出軌
火災	火災
車輛故障	機車、客車、電車、貨車、機動車故障
路線故障	路線故障

整併後事故種類	原規章規定事故分類 33 種
電車線設備故障	電車線設備故障
號誌設備故障	號誌機故障、閉塞裝置故障、轉轍器擠壞
列車障礙	列車障礙、車輛遺留、列車妨礙、工程車輛障礙
列車延遲	列車延誤、號誌機外停車、進入錯線
死傷	死傷
其他	列車分離、路牌錯誤、車輛溜逸、無閉塞行車、辦理閉塞違章

資料來源：臺鐵局及本研究整理

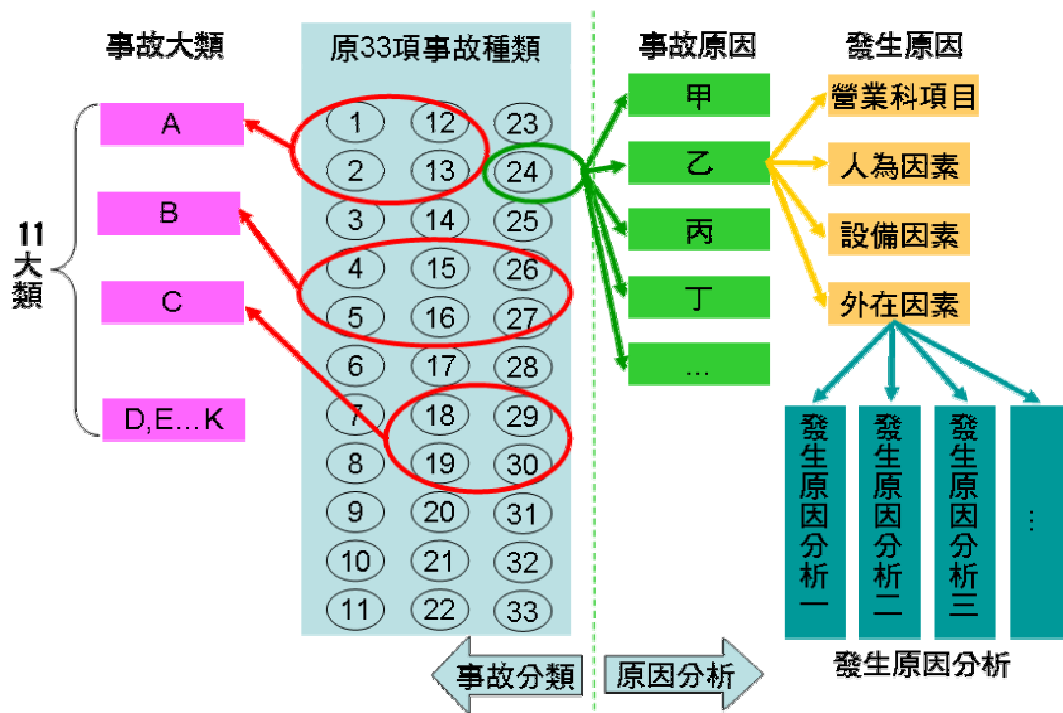
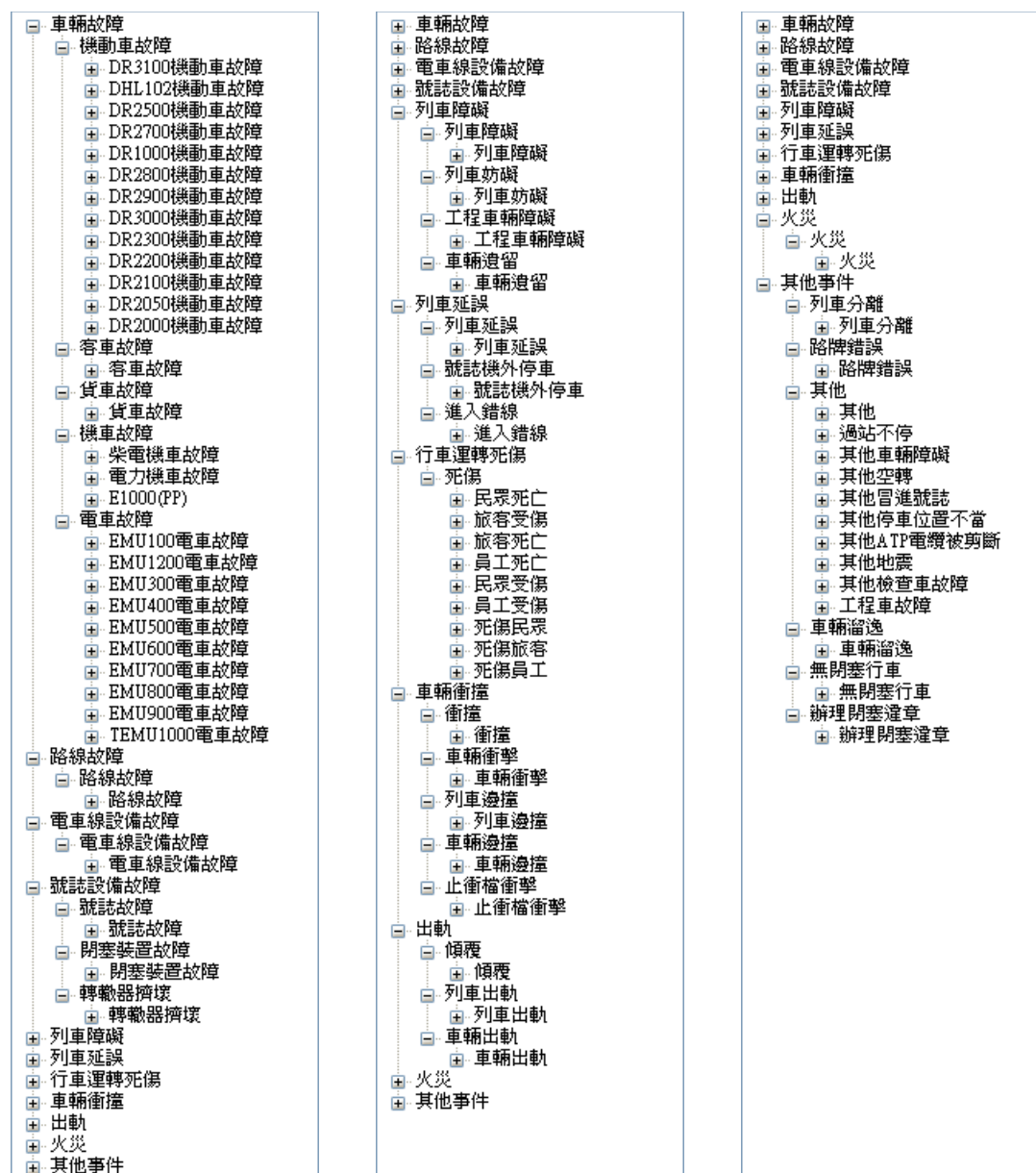


圖5-1 臺鐵事故分類與原因分析架構示意圖

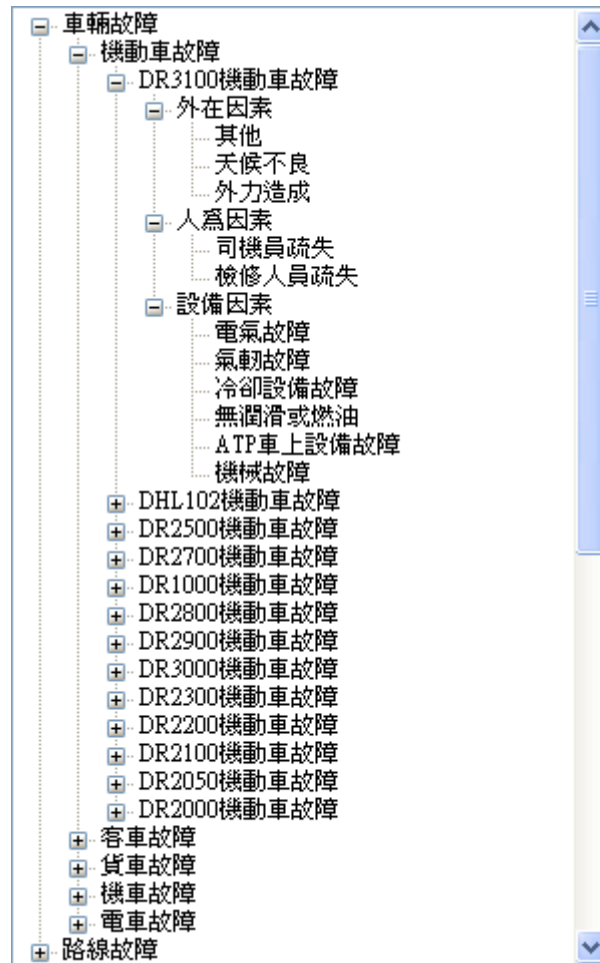
除了整併之外，臺鐵亦針對原來的 33 項事故進行三層次的分類，包括「事故原因」、「發生原因」以及「發生原因分析」，其中「事故原因」主要是將事故做進一步的分類，例如「機車故障」再更細分為「柴電機車故障」、「電力機車故障」以及「推拉式電車故障」。在此原則下，臺鐵局事故與原因分類的前三階層如圖 5-2所示。



資料來源：臺鐵局及本研究繪製

圖5-2 臺鐵事故原因分類樹狀圖(前三個階層)

此外，臺鐵亦針對圖 5-2 中的每一項目進行「發生原因」以及「發生原因分析」分類，有關「發生原因」的分類除了少數的項目（例如死傷）之外，均分為「人為因素」、「設備因素」與「外在因素」三大項。每一項又再深入說明所謂的「發生原因分析」，例如將人為因素再區分為司機員疏失或檢修人員疏失等如圖 5-3。由於所有分支均展開時將有 961 項之多，受限篇幅將不逐一展示。



資料來源：臺鐵局及本研究繪製

圖5-3 臺鐵事故原因分類-五個階層架構示意圖

5.2.2 台灣高鐵

台灣高鐵的危害項目在辨識過程中，採用了歷史資料法、類似系統比較法、內部系統安全原則、危害與可操作分析（HAZOP 法）、故障模式與影響分析法（FMEA 法）等 5 個方法，最後的危害項目呈現則採用英國等軌道先進國家慣用的架構，共可分為二層，第一層主要分類包括：自然危害、列車危害、移動危害、非移動危害 4 大類，第二層再以災害類別來分類，總計共有 17 個危害項目如表 5.9。但在呈報交通部的事故分類則仍遵循「鐵路行車規則」第一百二十二條所律定的 17 項事故種類如表 5.7

表5.9 台灣高鐵危害項目

危害大項	危害子項
自然危害	地震、水災、山崩、強風
列車危害	撞車、脫軌、列車失火、行進障礙
移動危害	上下列車、車廂門開關、掉落月台後遭列車撞擊、穿越車站軌道
非移動危害	滑倒、跌倒或摔跤、電扶梯/電梯使用、由月台跌落軌道、樓梯使用、電擊

資料來源：台灣高鐵公司及本研究整理

5.2.3 臺北捷運

臺北捷運 16 項事故種類如表 5.10：

表5.10 臺北捷運事故種類

事故種類	說明
行控電腦故障	含行控號誌電腦及 VDU 等
電聯車故障	含車載號誌及車載通訊
轉轍器故障	指轉轍器本體及連動機構、潤滑不良等
號誌故障	不含車載號誌及不含轉轍器
通訊故障	不含車載通訊
供電故障	—
火災	—
天災	如颱風、地震、雷擊等
外來因素	如旅客違規行為、外來物或動物侵入等
可控人為因素	如承商維修或處置不當、員工違反規定或作業疏失等
土建	如軌道積水、軌道或帽樑受損等

事故種類	說明
人員入侵軌道	—
列車擠軌、出軌或傾覆	—
列車衝撞	—
不明原因	—
其他	—

資料來源：[90]及本研究整理

5.2.4 高雄捷運

高雄捷運的事故項目共有 11 類，如表 5.11所示：

表5.11 高雄捷運事故種類

項次	事故項目
1.	設備故障
2.	火災
3.	天然災害
4.	旅客行為因素
5.	員工行為因素
6.	承包商疏失
7.	列車擠軌
8.	列車出軌
9.	列車傾覆
10.	列車衝撞
11.	其他

資料來源：[90]及本研究整理

5.2.5 阿里山森林鐵路

本節主要回顧阿里山森林鐵路之營運風險項目，共分為運務、機務、工務及綜合等四大類如，以下依序詳細說明之。

表5.12 阿里山森林鐵路風險項目

類別	風險項目
運務	平地線鐵路平交道列車通行
	奮起湖車站至阿里山車站閉塞區段過長
	祝山線清晨高運量運轉
工務	高山鐵路大坡度、小曲線半徑
	天然災害
	祝山車站結構缺陷
機務	列車上山推進運轉安全
	高山鐵路上山推進運轉故障或雨天打滑或超速出軌
	高山鐵路下山運轉之滑輪失速
	祝山線重聯運轉行車
	列車駕駛人員未領有駕駛執照駕駛列車
綜合	未依照標準程序
	民間機構無法營運

資料來源：[98]及本研究整理

1. 運務營運風險

(1) 平地線鐵路平交道列車通行風險

平地線平交道間距過短，多數平交道司機瞭望公路視線不佳，且由於車速不到 30 公里/小時，偶有公路用路人搶越平交道之情事，增加列車通過鐵路平交道之風險。

(2) 奮起湖車站至阿里山車站閉塞區段過長運轉風險

奮起湖車站至阿里山車站之閉塞區段內經常同時行駛一車次以上列車，與單線雙向運轉之閉塞區段內僅能行駛一列車相違背，存在運轉風險。

(3) 祝山線清晨高運量運轉之風險

祝山線為單線雙向運轉鐵路，假日乘客量甚多，由於日出前光線昏暗，且祝山站至阿里山站計有沼平車站、十字分道、對高

岳車站等交會場站，車輛調度與運轉閉塞稍有疏失，就有造成重大行車事故之風險。

2. 工務營運風險

(1) 高山鐵路大坡度、小曲線半徑行車風險

阿里山鐵路山地線最大坡度千分之 62.5，最小曲率半徑 40 公尺，由於山區多霧潮濕，許多路線亟待改善，若存在路線嚴重缺失將增加行車風險。

(2) 因天然災害所產生行車風險

地震可能引起土石崩落，連續豪大雨沖刷可能造成邊坡崩塌、路基流失，為行車另一種風險。

(3) 祝山車站結構缺陷風險

祝山車站受限於腹地狹窄及山形限制，月台中段略為凹入，列車停靠月台時，凹入地方與列車客車廂之間產生最小 5 公分，最大 45 公分空隙，造成乘客上、下車踏空之潛在危險。另外第 4 及第 5 股線因長度不足無法停靠整列重聯列車（2 輛柴油機車與 8 輛祝客車廂編組），如需停放需拆成 2 組分別進入，即使第 1、5、3 股線長度也不是很長，列車進出調度容易造成事故。

3. 機務營運風險

(1) 列車上山推進運轉安全上風險

推進運轉係以動力機車在後推動，客車守車乘務員在前監看，並以車長（緊急）閘做為列車煞車控制之運轉方式。由於後方司機無法第一時間掌握前方路況，當須靠守車乘務員緊急煞車時，若後方司機經驗不足未能配合切斷動力，恐造成事故。

(2) 高山鐵路上山推進運轉故障或雨天打滑或超速出軌風險

本線列車過竹崎大橋後，需於平均坡度約千分之五十山地連續高負載出力推進運轉，若柴油機車引擎冷卻循環、液體變速機

驅動、逆轉機與減速機機油潤滑循環、轉向架行走裝置等重要系統無法保持在最佳狀態，會因途中故障而衍生救援上的風險。另雨天車輪易打滑，如操控或撒砂不當，可能產生誤點並損及車輪組件及鐵軌，超速亦可能導致出軌。

(3) 高山鐵路下山運轉之滑輪失速風險

本線坡度甚大，列車速度需控制在 18~22 公里/小時，若列車操控不當就有可能滑輪。滑輪可能導致速度無法有效掌控、車輪踏面凹陷使車輪運行不正常跳動、車軸內部因應力增加而產生龜裂以及鋼軌與車輪踏面不當磨擦使得軌面不平等不良後果。

(4) 祝山線重聯運轉行車風險

觀日出列車因乘客多及搶時間，大都以二輛 25 噸柴油機車與八輛祝客車廂重聯運轉行車，由前面祝客守車之車長擔任守車乘務員，2 組司機分別在中間及後面之柴油機車，由中間柴油機車為輔助，後面柴油機車主控共同出力。由於該區段經常多霧潮濕，如 2 輛柴油機車操控配合不佳，不論上山或下山皆存在打滑或失速之風險。

(5) 列車駕駛人員未領有駕駛執照駕駛列車風險

阿里山森林鐵路原已交由民間機構採 OT 方式營運（已於 99 年 3 月解除契約），因此存在民間機構違法採用未領有交通部核發駕駛執照駕駛人員之風險，恐嚴重影響行車及旅客安全。

4. 綜合營運風險

(1) 92 年 3 月 1 日阿里山森林鐵路神木線意外事故風險

由於乘務人員在發車前未依標準作業程序開啟角旋塞，使得機車頭內煞車高壓空氣無法貫通到 4 節車廂，造成小火車因煞不住車而撞上山壁的重大事故。

(2) 民間機構無法營運風險

民間機構倘遇不可抗力之天然災害所生重大損害或營運不善時，將導致影響森林鐵路營運安全及民眾觀感不佳之風險。

5.2.6 台灣糖鐵

台糖公司目前並無定義危害分類項目，但從其內部的「風險評估作業要點」文件中可知該單位提送交通部統計處第二科的行車事故分類方式如表 5.13：

表5.13 台糖公司生產事業鐵路行車事故分類表

事故名稱	出軌	衝撞	接觸	傾覆	列車事故								路線障礙		其他
					分離	進入錯線	水災	火災	防礙	障礙	受傷	其他	天災	人為	

資料來源：[32]及本研究整理

但特別一提的是該文件對於行車事故死傷統計表則有另一種分類方式如表 5.14：

表5.14 台糖公司生產事業鐵路行車事故死傷原因分類表

項別	列車未停跳車	由車廂顛落	跨越路線	行走路線	跨越橋樑	穿過隧道	不由月台上下車	強越平交道	道班查道	調車工作	授受路牌	觸撞設備材料	行車事故	自殺	原因不詳	其他
----	--------	-------	------	------	------	------	---------	-------	------	------	------	--------	------	----	------	----

資料來源：[32]及本研究整理

5.3 綜合比較

綜觀前 2 節國內外各系統的危害項目架構，彙整各系統的危害項目總數、第一層次的主要分類數、分類階層數如表 5.15。

表5.15 各系統之危害/事故項目總數、主要分類數、分類階層數比較

簡稱	危害/事故總數	主要分類數	分類階層數
英國 SRM	125	5	2
澳洲軌道	19	19	1
澳洲糖鐵	31	4	2
南韓	23	4	3
MODURBAN	315	8	9
臺灣鐵路管理局	33	11	2
台灣高鐵	17	4	2
臺北捷運	16	16	1
高雄捷運	11	11	1
阿里山森林鐵路	13	4	2
台灣糖鐵	14	6	2

若就分類的方式而言，大體上可歸納分為 6 種，如表 5.16 所示：

表5.16 各系統各階層之分類方式比較表

分類方式	代號	內容
業務內容	A	例如依運務、工務、機務、電務等
受危害地點	B	例如依機廠、行控中心、車站、月台、列車等
受危害人員	C	例如依旅客、司機、員工、大眾、入侵者等
災害類別	D	例如依碰撞、出軌、爆炸、火災、地震、強風等
故障設施	E	例如依路線故障、車輛故障、號誌故障等
移動與否	F	即區分為移動事故、非移動事故

本研究亦將各系統之危害項目逐層檢視其分類方式彙整如表 5.17 所示，該表除將本章提及之 11 個系統之危害項目列入比較之外，同時亦將額外蒐集到 2 個已研擬危害項目的軌道系統納入，惟礙於營運單

位安全之考量，因此在表 5.17 中分別以「軌道系統（一）」與「軌道系統（二）」稱之。

表5.17 各系統各階層之分類方式比較表

簡稱	第一層	第二層	第三層
英國 SRM	F	B、C、D	—
澳洲軌道	D、E	—	—
澳洲糖鐵	A	—	—
南韓	F	D、E	C、D
歐洲 MODURBAN	B、F	D	—
臺灣鐵路管理局	D、E	—	—
台灣高鐵	F	D	—
臺北捷運	D、E	—	—
高雄捷運	D、E	—	—
阿里山森林鐵路	A	—	—
台灣糖鐵	D	—	—
軌道系統（一）	D、F	B	—
軌道系統（二）	F	C、D	B、D

註解：A-業務內容、B-危害地點、C-危害人員、D-災害類別、E-故障設施、F-移動與否

若將表 5.17 中的 13 個系統分別彙整其分類架構所使用的分類方法可得到如表 5.18 之統計。從中可知各種分類方式被各系統採用的次數，從中可發現幾乎所有的危害分類架構均會以「災害項目」來予以分類，諸如區分為火災/爆炸/碰撞/出軌等。此外亦會發現有過半數的客運系統均採「移動危害」、「非移動危害」來做為危害的主要分類。

表5.18 各系統採用之分類比較與統計表

簡稱	業務 內容	危害 地點	危害 人員	災害 類別	故障 設施	移動 與否
英國 SRM		●	●	●		●
澳洲軌道				●	●	
澳洲糖鐵	●					
南韓			●	●	●	●
歐洲 MODURBAN		●		●		●
臺灣鐵路管理局				●	●	
台灣高鐵				●		●
臺北捷運				●	●	
高雄捷運				●	●	
阿里山森林鐵路	●					
台灣糖鐵				●		
軌道系統（一）		●		●		●
軌道系統（二）		●	●	●		●
總計	2	4	3	11	5	6

另外包含「危害地點」與「故障設施」亦常被用來作為分類的索引，特別是許多事故分類均會以「故障設施」的項目來做分類。最後，雖然以「危害人員」來區分的系統較少，但英國 SRM 本身在軌道運輸安全領域方面相當成熟權威，同時每一項危害背後均已發展出分析模式，故亦具相當代表性。至於以「業務內容」來區分的系統多半是規模較小而且並非客運軌道系統，因此參考性相對較低。

5.4 小結

本節蒐集整理國內外許多軌道系統的事故與危害項目後發現，各軌道系統「事故」種類的差異性不大，碰撞、出軌、火災等都是普遍關注的事故，然而「危害」的分類方式卻存在很大的差異，包括危害分類的層級架構、危害是否說明原因、危害是否說明牽涉人員等，不同的系統根據各自的特性與長久以來的經驗均發展出專屬的危害清單。

臺鐵近年來不遺餘力提昇系統安全，除了已建構事故資料庫系統外，亦導入風險管理之概念，研擬了臺鐵系統可能遭逢的各種危害項目如5.2.1節所述。然而，本研究回顧國內外軌道系統之危害項目後，認為臺鐵目前之危害清單可朝以下幾點原則改善。

1. 危害分類應與國際接軌

從英國、南韓、MODURBAN 及國內較近期興建的軌道系統來看，「列車危害」、「移動危害」、「非移動危害」已是國際上軌道系統危害項目的主要分類方式，若臺鐵也能採用此一通則，未來不僅在與國際標準比較時困擾較少外，欲評估導入國外安全相關設備或改善措施時亦能有一致的評比基礎。

2. 危害分類方式應周延互斥

臺鐵現行危害項目雖多，但許多項目均有重複的情形。以臺鐵關注的「行人闖越平交道」危害為例，於許多分項中均可找到此項危害。此外，許多危害項目僅因後果不同便予以分類，例如「旅客死亡」與「旅客受傷」，由於重疊性高，後續欲發展風險模式預測系統安全時會有重複計算之問題。

3. 安全度與可靠度的危害應有所區隔

RAMS 包含了可靠度 (Reliability)、妥善率(Availability)、維修度 (Maintainability)、安全度 (Safety) 四個構面，從不同的構面出

發來探討危害項目會有不同的指標考量，例如可靠度關注的可能是「延誤時分」，安全度關注的則是「等效死亡」。然而，臺鐵目前的危害清單混合了四個構面，同時考量設備故障與人員死傷，除了無法突顯出「安全」關注課題外，也將造成後續分析風險時選用指標的困擾。

4. 危害的分類與定義應考量後續風險衡量的可行性

由於「風險」必須可以被衡量，臺鐵部分現行危害清單並未考量後續能否進行風險分析之問題。例如「行車運轉死傷-死傷-民眾死亡-人為因素-值班站長疏失」這項危害，由於牽涉範圍過廣且未定義危害發生地點與肇因事故，後續將無從分析該風險的發生頻率及後果的嚴重性，亦無法有效研擬預防措施與防護措施。

5. 避免危害名稱納入危害原因

單一危害發生的原因很多，例如出軌可能因為超速導致，也可能因為路基流失導致，編擬危害清單時若考量危害原因，除了將產生大量危害項目外，為符合周延原則勢必讓清單更加複雜（例如一旦納入「超速導致的出軌」項目，則勢必再有「其他原因導致的出軌」以符合周延原則）。此外，同樣的原因可能導致不同的危害，為方便後續風險分析作業，應避免危害名稱納入危害原因。

本研究參酌國內外各軌道系統的危害訂定方式，研擬出符合上述原則之危害清單供臺鐵局參考。

第六章 臺鐵安全危害項目辨識

本章於6.1節說明本研究辨識臺鐵風險所採用的方法，6.2節則說明臺鐵危害清單辨識的結果，包括危害項目中名詞的定義、分類的層級與辨識過程的重點，6.3節統整本研究辨識出的危害項目與臺鐵歷史事故比較，最後透過專家會議腦力激盪的方式確保危害清單能涵蓋臺鐵所有的安全項目。

6.1 風險辨識方法與流程

由於軌道系統安全牽涉層面極廣，欲在短時間內完成從無到有的辨識方法相當困難，因此本研究採「類似系統比較法」為主，同時搭配「臺鐵歷史事故回顧」為輔來辨識臺鐵安全危害，最後再透過「專家腦力激盪」與「教育訓練回饋」來檢視是否有遺漏或須要調整的危害項目，整體辨識流程如圖 6-1所示。

一般而言風險辨識必須要有以下四類的參與者加入，包括有：

1. 安全風險分析者
2. 處理安全專案者
3. 系統專家
4. 系統使用者

本研究主要擔任前二者之角色，除研究團隊既有之成員外，亦積極與興建中的台灣桃園國際機場聯外系統總顧問之風險管理專家請教，同時向臺北捷運、台灣高鐵、高雄捷運之營運機構風險管理者請益，一方面彙整安全風險之觀念，另一方面則採系統化方式找出臺鐵營運安全可能的危害；後二者的角色則邀請臺鐵局的局長、副局長以及行保會、秘書室、運務處、工務處、機務處、電務處的專家來擔任，透過營運的實務經驗與過去的事故資料來協助可能之危害，透過研究

團隊與臺鐵局彼此互相的討論與激盪，辨識出營運單位可能的所有安全危害。

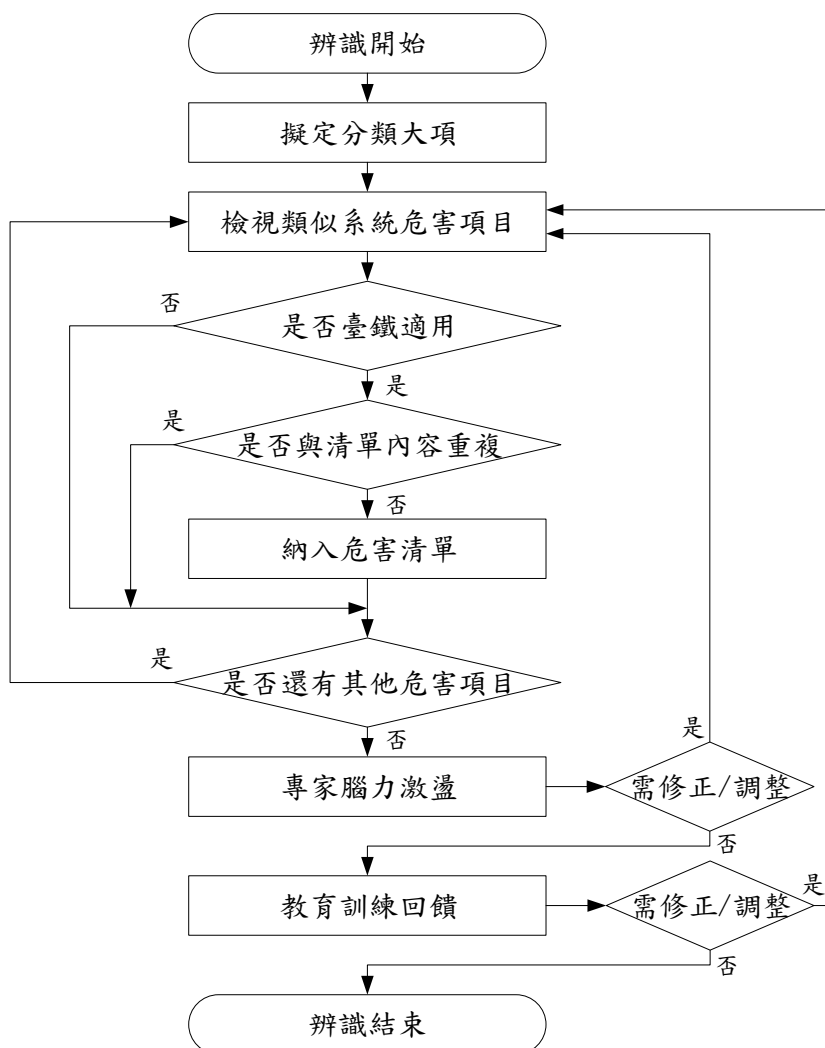


圖6-1 臺鐵安全風險辨識流程

6.2 安全危害辨識實作

本研究回顧國內外軌道系統及臺鐵現有危害與事故分類方式，經過專家腦力激盪後於本節整理出適合臺鐵的危害清單，6.2.1節先說明危害項目中專有名詞的定義，6.2.2則說明本研究研擬危害清單之原則，最後於6.2.3節提出臺鐵安全危害辨識結果。

6.2.1 危害相關名詞定義

研擬風險清單前必須對名詞定義有所釐清，從國外經驗得知，同樣的名詞在不同國家有著不同的定義。由於這些名詞目前在我國仍未有明確之共識，因此本研究參考運研所過去曾進行的研究^[90]、英國安全風險模式^[65,66]及臺鐵規章之規定^[88,94]，於本節說明後續各項風險項目中關鍵名詞之定義，未來視相關法令修改或增訂可再進行調整。

1. 旅客：車上非員工人員、付費區內欲搭乘列車或送行之人員，包含持票及未持票者^[70]。
2. 員工：如司機、車長、勤務員、售票員、剪票員、行車副站長...等屬於營運單位或其承商（含下包與分包）的人員。
3. 大眾：不屬於旅客與員工的其他人員；另旅客如有違規行為者，亦歸屬於大眾^[70]。
4. 列車危害：可能會導致載客列車、非載客列車或鐵路車輛損壞的危害。
5. 移動危害：在列車上或與列車營運相關的危害。
6. 非移動危害：不在列車上且與列車營運無關的危害。
7. 載客列車：具有完備列車標誌者，在正線運轉且載客之列車。
8. 非載客列車：具有完備列車標誌者，在正線運轉且非載客之列車，如貨物列車、迴送列車、工程車...等。
9. 鐵路車輛：不具有完備列車標誌者，指動力車、客車、貨車及特殊車輛。
10. 障礙物：非人員（旅客、員工、大眾）及公路車輛的軌道上異物。

6.2.2 危害清單研擬原則

本研究參酌國內外軌道系統之危害分類原則與考量臺鐵特性後，將臺鐵安全危害清單依三層方式編列，各層危害編列原則說明如下：

1. 第一層

危害項目第一層主要參酌先進國家經驗，區分為列車危害、移動危害、非移動危害與自然危害，相關定義已於6.2.1節說明。此分類方式對應於臺鐵現行事故記錄方式來說，可將列車危害與移動危害視為造成行車事故的危害，目前由運轉科記錄；非移動危害則視為造成站內旅客受傷與員工受傷的潛在危害，分別由營業科與勞安室負責記錄。至於自然災害則是因為非屬營運部門責任且僅能從防護措施著手來減輕危害嚴重性，因此建議獨立為一類，詳如圖 6-2所示。

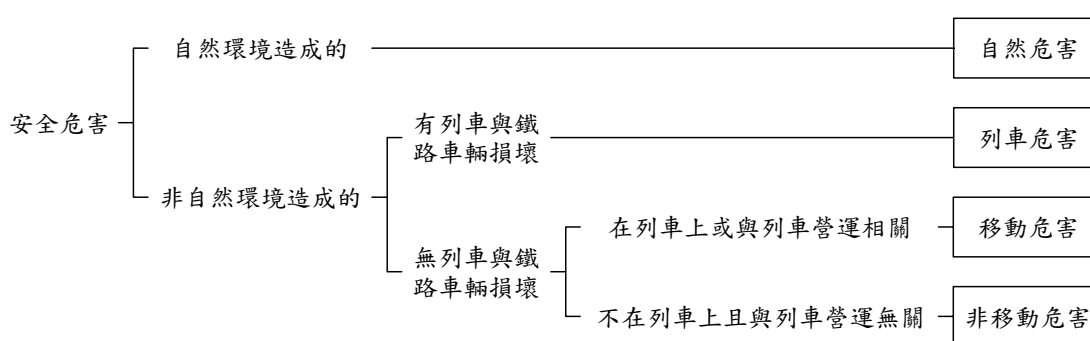


圖6-2 本研究安全危害分類原則

2. 第二層

本研究彙整蒐集到的國內外軌道系統危害項目後，秉持異中求同與周延互斥原則，於第二層歸納出簡潔的危害項目，且不考慮「何人（Who）」、「何處（Where）」，而是以能周延涵蓋其他系統所有危害項目及臺鐵特有的危害項目為目標來研擬第二層危害清單。

3. 第三層

危害名稱中「何人（Who）」、「何處（Where）」的敘述於第三層中考量，然而從許多軌道系統的危害項目亦發現，「為何（Why）」經常出現於危害名稱，例如 Modurban 有「運作中的機械設備導致員工受傷」或「維護中爆炸」這類描述原因的危害，此外很多營運機構都有各式各樣設備故障的危害。上述隱含危害原因的項目在本研究研擬臺鐵安全危害清單時則不予納入，主要是考量危害的原因應屬於風

險分析時探討的一環，危害名稱本身納入原因並非合適作法，此外諸如「受困」、「擁擠」、「恐慌」等項目應視為可能導致「窒息」或「滑倒/跌倒/摔倒」的原因故未納入。最後要說明的是，部分第二層危害項目並未細分成因人因地的第三層項目，主要是考量後續風險分析時的差異性不大，未來視情況需求可再予以細分。

6.2.3 危害清單研擬過程

本研究所研擬的危害清單係團隊成員與臺鐵局專家不斷討論與整理之辨識成果，共參考 13 個軌道系統的危害或事故項目，並利用臺鐵局近 10 年的事故資料（民國 89 年~民國 99 年）來協助辨識，期間並透過六次工作會議與一次教育訓練，分別將當次所擬好的初步成果交付會議中供專家審視與討論，以得出本研究的危害清單。

為便於閱讀，文章中有關危害項目之層級與內容的表示方式，本研究採[中括弧]來顯示，說明如下：

1. [第一層]：表示第一層危害的內容。
2. [第一層][第二層]：同時表示第一與第二層的危害內容。
3. [第一層][第二層][第三層]：同時表示第一、第二與第三層的危害內容。

茲將本研究於臺鐵安全危害辨識期間的主要決議事項記錄如下：

1. 針對 13 個軌道系統之危害或者事故，本研究採聯集方式將適用於臺鐵的危害項目一一列出討論，並依據屬性歸類到第一層之[列車危害]、[移動危害]、[非移動危害]、[自然危害]項目內。
2. 臺鐵既有的危害分類項目中，諸多項目均為「原因說明」，由於不屬於本研究之「危害」定義，因此不納入危害項目之考量。例如臺鐵原本有「車輛故障」、「路線故障」、「供電設備故障」、「號誌設備故障」、「通訊系統故障」、「違反規章或作業規定」等等應屬於危害原因的項目，本研究均予以排除在三層危害清單之外。

3. 危害清單原於第二層列有[非移動危害][危險環境]與[非移動危害][職業災害]2 項，但若以此細分至第三層探討溫度異常、有害液體/氣體、觸電、灼傷等危害時恐無法確保互斥，未來記錄人員欲釐清 2 者差異時也易造成混淆。因此，本研究改於第二層區分[移動危害][觸電]、[非移動危害][觸電]、[移動危害][灼傷]、[非移動危害][灼傷]...等可能因危險環境或職業災害造成的危害。
4. 本研究參考台北捷運之經驗，將[自然危害][雷擊]納入考量。
5. 本研究參考災害防救法之內容，將[自然危害][土石流]納入考量。
6. [非移動危害][火災]之第三層內之原本僅考量車站、站間、機廠與行控中心而沒有考量其空間所在位置，經研究團隊討論後一併將地下、平面、高架納入考量。
7. 原有考量[自然危害][洪水][行控中心洪水]，惟台鐵行控中心在台北車站 4F，因此該危害不予採納。
8. 經檢視臺鐵事故資料後，決議[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]下應涵蓋「天橋」、「月台」、「地下道」、「電扶梯」、「樓梯」、「平交道」與「其他地點」。
9. 研究過程中曾參考國外類似系統研擬[列車危害][碰撞][車站間-載客列車與止衝檔碰撞]、[列車危害][碰撞][車站間-非載客列車與止衝檔碰撞]2 項危害，但經工作會議討論，確認臺鐵站間路線並無止衝檔故予以刪除。
10. 經工作會議討論，為使危害之項目更為周延並符合臺鐵需要，將原本危害清單中使用「機廠內」之描述均改為「機廠（段）內」。

6.2.4 臺鐵安全危害清單

經與臺鐵局及運研所專家互相討論及腦力激盪，有關本研究研擬之臺鐵 113 項危害清單整理如表 6.1 所示：

表6.1 臺鐵危害清單

第一層	第二層	第三層
列車危害	出軌	1. 車站內-載客列車出軌
		2. 車站內-非載客列車出軌
		3. 車站間-載客列車出軌
		4. 車站間-非載客列車出軌
		5. 機廠（段）內-鐵路車輛出軌
		6. 平交道-載客列車出軌
		7. 平交道-非載客列車出軌
	碰撞	8. 車站內-載客列車碰撞
		9. 車站內-非載客列車碰撞
		10. 車站內-載客列車與止衝檔碰撞
		11. 車站內-非載客列車與止衝檔碰撞
		12. 車站內-載客列車與障礙物碰撞
		13. 車站內-非載客列車與障礙物碰撞
		14. 車站間-載客列車碰撞
		15. 車站間-非載客列車碰撞
		16. 車站間-載客列車與障礙物碰撞
		17. 車站間-非載客列車與障礙物碰撞
		18. 機廠（段）內-鐵路車輛碰撞
		19. 機廠（段）內-鐵路車輛與與公路車輛碰撞
		20. 機廠（段）內-鐵路車輛與止衝檔碰撞
		21. 機廠（段）內-鐵路車輛與障礙物碰撞
		22. 平交道-載客列車與公路車輛碰撞

第一層	第二層	第三層
		23. 平交道-非載客列車與公路車輛碰撞
		24. 平交道-載客列車與障礙物碰撞
		25. 平交道-非載客列車與障礙物碰撞
	火災	26. 車站內-載客列車火災
		27. 車站內-非載客列車火災
		28. 車站間-載客列車火災
		29. 車站間-非載客列車火災
		30. 機廠（段）內-鐵路車輛火災
	爆炸	31. 載客列車爆炸
		32. 非載客列車爆炸
		33. 鐵路車輛爆炸
移動危害	撞擊（含自殺）	34. 車站內-撞擊旅客
		35. 車站內-撞擊員工
		36. 車站內-撞擊大眾
		37. 車站間-撞擊旅客
		38. 車站間-撞擊員工
		39. 車站間-撞擊大眾
		40. 機廠（段）內-撞擊員工
		41. 機廠（段）內-撞擊大眾
		42. 平交道-撞擊員工
		43. 平交道-撞擊大眾
	滑倒/跌倒/摔倒	44. 旅客滑倒/跌倒/摔倒
		45. 員工滑倒/跌倒/摔倒
		46. 大眾滑倒/跌倒/摔倒
	摔入軌道	47. 旅客摔入軌道

第一層	第二層	第三層
		48. 員工摔入軌道
		49. 大眾摔入軌道
	攻擊	50. 旅客遭受攻擊
		51. 員工遭受攻擊
		52. 大眾遭受攻擊
	窒息	53. —
	觸電	54. 旅客觸電
		55. 員工觸電
		56. 大眾觸電
	物體墜落	57. —
	掉落月台間隙	58. —
	夾傷	59. 遭列車門夾傷
		60. 遭其他物體夾傷
	有害氣體/液體	61. —
	電磁波/輻射	62. —
	噪音	63. —
	溫度異常	64. —
	灼傷	65. —
非移動危害	火災	66. 車站（地下段）火災
		67. 車站（平面段）火災
		68. 車站（高架段）火災
		69. 站間（地下段）火災
		70. 站間（平面段）火災
		71. 站間（高架段）火災
		72. 機廠火災

第一層	第二層	第三層
	爆炸	73. 行控中心火災
		74. 車站爆炸
		75. 站間爆炸
		76. 機廠爆炸
	滑倒/跌倒/摔倒	77. 天橋-滑倒/跌倒/摔倒
		78. 月台-滑倒/跌倒/摔倒
		79. 地下道-滑倒/跌倒/摔倒
		80. 電扶梯-滑倒/跌倒/摔倒
		81. 樓梯-滑倒/跌倒/摔倒
		82. 平交道-滑倒/跌倒/摔倒
		83. 其他地點-滑倒/跌倒/摔倒
	摔入軌道	84. —
	攻擊	85. 旅客遭受攻擊
		86. 員工遭受攻擊
		87. 大眾遭受攻擊
	窒息	88. —
	觸電	89. 旅客觸電（牽引電力系統）
		90. 旅客觸電（非牽引電力系統）
		91. 員工觸電（牽引電力系統）
		92. 員工觸電（非牽引電力系統）
		93. 大眾觸電（牽引電力系統）
		94. 大眾觸電（非牽引電力系統）
	物體墜落	95. —
	夾傷	96. —
	非列車、車輛之撞	97. —

第一層	第二層	第三層
	擊	
	有害氣體/液體	98. —
	電磁波/輻射	99. —
	噪音	100. —
	溫度異常	101. —
	灼傷	102. —
	溺斃	103. —
自然危害	地震	104. —
	洪水	105. 車站（地下段）洪水
		106. 車站（平面段）洪水
		107. 站間（地下段）洪水
		108. 站間（平面段）洪水
		109. 機廠內洪水
	強風	110. —
	山崩	111. —
	土石流	112. —
	雷擊	113. —

6.3 安全危害項目與臺鐵歷史事故之對應

為使臺鐵歷史事故與本研究所辨識出的安全危害可以相互對照，因此本節將 2 者的對應關係找出來。臺鐵事故資料分別記錄於運轉科的「行車事故資料」、營業科的「旅客傷亡資料」以及勞安室的「員工職災資料」^[8]，目前已統整至臺鐵事故記錄資料庫。本節依序說明 6.2.3 節研擬的危害清單與上述三個臺鐵既有的事故記錄方式之關係。

根據臺鐵規章行車事故共計 33 類，目前臺鐵事故項目已整併為 11 類，表 6.2～表 6.12 分別說明 11 類事故涵蓋的 33 類事故項目，並探討本研究研擬之危害清單中可能導致該事故發生的危害。表 6.13 則說明可能導致營業科旅客受傷事故的危險，由於幾乎所有非移動危害都可能導致旅客受傷，故表中僅列舉幾項。表 6.14 說明可能導致勞安室職災事故的危險，由於所有第三層危害名稱提及「員工」的危險都可能導致員工受傷事故，部分第三層未細分的危險也可能導致職災事故，故表中同樣僅列舉幾項。另有關其他軌道營運系統的危險項目與本研究所擬出之危險清單對應表，則可參閱附錄 B 的說明。

表6.2 臺鐵列車衝撞事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
衝撞	[列車危害][碰撞]之部分子項目
車輛衝擊	[列車危害][碰撞]之部分子項目
列車邊撞	[列車危害][碰撞]之部分子項目
車輛邊撞	[列車危害][碰撞]之部分子項目
止衝檔衝擊	[列車危害][碰撞][撞擊止衝檔]相關子項目

表6.3 臺鐵列車出軌事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
傾覆	[列車危害][出軌]之部分子項目
列車出軌	[列車危害][出軌]之部分子項目
車輛出軌	[列車危害][出軌][機廠（段）內-鐵路車輛出軌]

表6.4 臺鐵火災事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目
	[非移動危害][火災]之 8 個子項目

表6.5 臺鐵車輛故障事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
機車故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
客車故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
電車故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
貨車故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
機動車故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.6 臺鐵路線故障事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
路線故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.7 臺鐵電車線設備故障事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
電車線設備故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.8 臺鐵號誌設備故障事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
閉塞裝置故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
轉轍器擠壞	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
號誌故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.9 臺鐵列車障礙事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
列車障礙	[列車危害][碰撞]中，包括[撞擊公路車輛]、[撞擊障礙物] [移動危害][撞擊]的各項第三層危害
列車妨礙	範圍牽涉太廣，凡可能影響列車運行的危害均屬之
工程車輛障礙	[列車危害][碰撞]中涉及車輛與非載客列車的第三層危害
車輛遺留	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.10 臺鐵列車延誤事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
列車延誤	屬於可靠度議題，不納入考慮
號誌機外停車	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
進入錯線	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表6.11 臺鐵行車運轉死傷事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
死傷	此為危害的結果，故不納入考慮

表6.12 臺鐵其他事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
列車分離	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
路牌錯誤	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車輛溜逸	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
無閉塞行車	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
辦理閉塞違章	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
其他	未明確定義

表6.13 臺鐵營業科旅客傷亡事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
營業科 旅客傷亡事故	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]的所有第三層危害 [非移動危害][摔入軌道] [非移動危害][攻擊]

註解：可能導致旅客傷亡事故的危害甚多，本表僅列舉。

表6.14 臺鐵勞安室員工職災事故與危害清單之關係

事故項目	可能導致事故發生的危害
勞安室 員工職災事故	[非移動危害][觸電][員工觸電（牽引電力系統）] [非移動危害][攻擊][員工遭受攻擊] [非移動危害][灼傷]

註解：可能導致職災事故的危害甚多，本表僅列舉。

6.4 小結

茲將本章節之內容整理如下：

1. 本研究採用「類似系統比較法」、「臺鐵歷史事故回顧」與「專家腦力激盪」來進行臺鐵安全危害項目辨識。
2. 依據國際慣例，本研究於危害辨識時採用「列車危害」、「移動危害」、「非移動危害」、「自然危害」四個項目來分類。
3. 臺鐵安全危害清單採三層方式編列，第一層為主要分類，第二層為危害項目，第三層為情境描述。
4. 本研究共辨識出 113 項臺鐵安全危害項目，未來臺鐵可定期檢視其適用程度來進行修正改版。
5. 為了與臺鐵目前事故分類相對應，本研究依據臺鐵既有事故項目，提出可能會造成該事故之危害對照表說明。

第七章 臺鐵二項危害風險分析

風險辨識乃風險管理的第一步，本研究透過歷史資料、專家討論、腦力激盪等方法，已辨識出臺鐵的安全危害，然而，辨識出的危害尚須探討其發生頻率與嚴重程度，並思考既有防護措施是否足夠、新增的防護措施是否有效，此乃風險管理後續之步驟。目前國際上慣用於軌道領域風險分析的方法主要有「故障模式影響與嚴重性分析法」（Failure Mode Effects and Criticality Analysis，以下簡稱 FMECA）與「失誤樹分析法」（Fault Tree Analysis，以下簡稱 FTA），前者乃透過下而上的思考方式，探討各系統元件可能的失效情形及可能導致的危害，後者則是針對某一種危害從上而下的思考可能造成其發生的原因。FMECA 雖然較為直覺，但在某些情況下較不適用，例如失效原因彼此之間具有互相影響的特性時，FMECA 無法釐清各失效之間的關係，相反地，失誤樹分析法則能清楚說明各種人為、設備、環境失效的交互影響情況。

本研究依據工作會議之決議，選定「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」以及「鐵路列車與行人於平交道碰撞」1 個危害深入探討，惟平交道安全牽涉層面極廣，包括鐵路側與公路側，且涵蓋許多人員與設備，須透過失誤樹分析法方能深入探討各種失效的關係。此外，失誤樹分析法僅能瞭解危害發生之原因，因此有關危害的嚴重性則採用事件樹分析法，以探討可能影響危害嚴重性的主要關鍵。

7.1 節說明失誤樹與事件樹分析的準備工作，7.2、7.2.3 節分別說明 2 項危害的分析結果，最後於 7.3.3 節探討現有控制方法並提出建議

7.1 準備工作

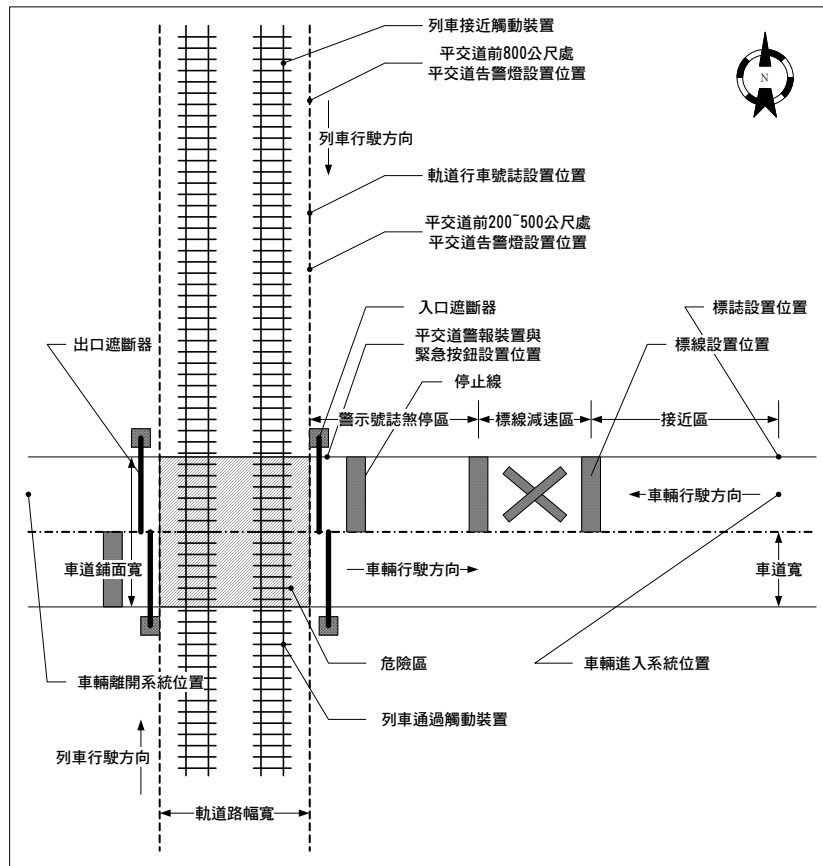
本節分別說明失誤樹與事件樹分析的準備工作。

7.1.1 失誤樹分析準備工作

失誤樹分析主要目的在探究危害發生的各種原因，深入了解各種人為、設備失效事件（Event）可能對危害造成的影響，並透過邏輯閘（Gate）的方式有系統的表達，本研究已於 4.2.2 節簡單說明失誤樹分析法之概念，詳細內容建議可參考文獻資料^[31, 40, 51, 99]。本節主要說明研擬失誤樹的過程中，經與臺鐵專家多次會議討論所歸納出的 6 項步驟，期作為未來臺鐵欲分析其他危害之依據，亦可提供國內其他軌道系統進行風險分析之參考。

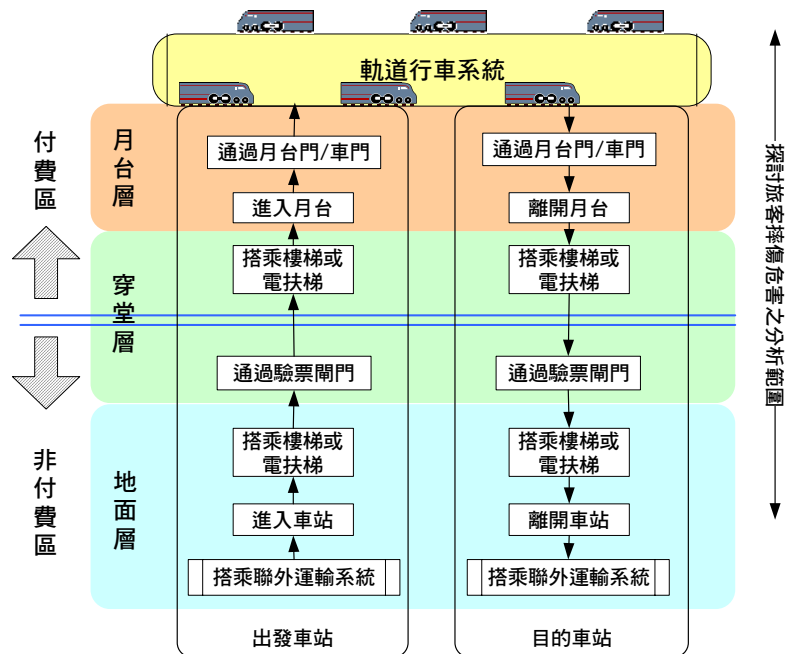
1. 界定範圍

界定範圍可從幾個構面思考，例如「空間」的範圍或「流程」的範圍。界定「空間」範圍通常可從危害名稱探討，例如「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」危害已描述危害發生地點在平交道，但仍須定義空間上的界線，圖 7-1 可說明包括平交道各項防護設備一直到公路側警告標誌與鐵路側警告燈（五角形）都是分析範圍。而除了「空間」的範圍之外，「流程」也是界定範圍的一種方法，以圖 7-2 旅客進出軌道系統的流程為例，若欲分析旅客摔傷危害，則無論從付費區與非付費區，或是從地面層、穿堂層與月台層等不同「空間」的角度都無法清楚釐清範圍，此時從「流程」的角度思考較合適，例如圖 7-2 中以旅客完成「進入/離開車站」為界來劃定分析範圍。



資料來源：[90, 109]

圖7-1 以「空間」界定分析範圍示意圖



資料來源：[84]與本研究修訂

圖7-2 以「流程」界定分析範圍示意圖

2. 釐清設備與關係者

界定分析範圍後，應進一步思考範圍內所有與危害有關的設備與人員，思考方向應包括：

(1) 防止危害發生之設備與人員

一般來說軌道營運機構均已針對潛在危害設置許多防護設備或防範措施，例如列車門安裝感測元件避免人員遭到夾傷，地面貼有防滑貼條避免旅客滑倒，平交道更設有遮斷桿、警示燈、警鈴等提醒用路人列車即將抵達之訊息避免其進入危險淨空區域，這類防範危害發生之設備在建構失誤樹前應周全考量。此外，包括尖峰時刻車站旅客導引人員、平交道保全人員亦是避免危害發生的其中一道防線，同樣須納入考慮。

(2) 故障或失效後可能導致危害發生之設備與人員

部分設備或人員雖非直接阻止危害發生，然而其故障或失效後可能營造危險環境時同樣須納入考量範圍。例如列車空調系統故障可能導致旅客窒息，平交道鄰近公路號誌故障可能導致平交道路塞進而遭受列車撞擊，看柵人員疏失可能導致用路人誤闖而遭受列車撞擊，由於失誤樹分析最終目的在探討危害發生之頻率，因此任何可能導致危害發生之異常事件都不應遺漏。

3. 思考可能的失效情形

任何人員與設備均有可能發生失效，此步驟應從正常運作程序思考人員與設備可能的失效情形。例如用路人是平交道事故的主要關係者，仔細思考用路人正常通過平交道的行為並從中探討可能的失效如圖 7-3 所示，相關失效原因舉例說明如下：

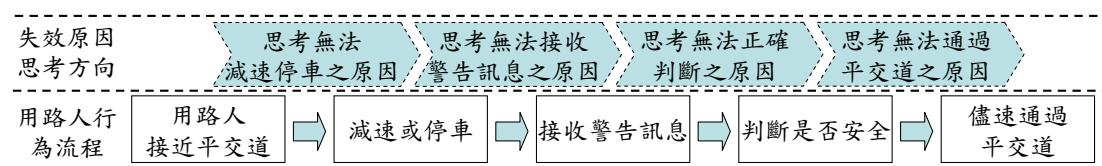
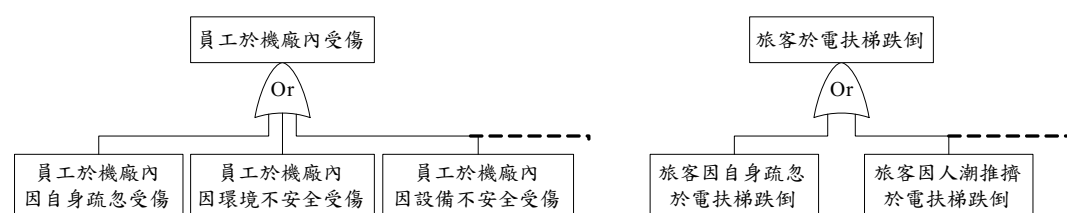


圖7-3 用路人通過平交道行為

- (1) 用路人無法減速之原因：例如失能、不耐久候。
- (2) 用路人無法接收警告訊息之原因：例如視線受到干擾、天候不佳影響。
- (3) 用路人無法正確判斷之原因：誤判短時間無列車通過、誤判無後續列車通過。
- (4) 用路人無法儘速通過平交道之原因：路塞、擦撞、駛出道版。

4. 分析失效或危害情境與原因

一個危害或失效可能肇因於許多不同的情境，例如員工於機廠內受傷有可能因自身疏忽受傷、環境不安全受傷或是設備不安全受傷，旅客於電扶梯跌倒也有可能因為自身疏忽跌倒或是人潮推擠跌倒，這些都是針對危害所進行的情境分析，後續構建失誤樹時則以「或(OR)」開建立關係，如圖 7-4範例所示。



註：本圖僅輔助說明。

圖7-4 構建「Or」開關係之範例

此外，某些危害或失效須滿足特定原因時才有可能發生，例如平交道列車與公路車輛發生碰撞危害，便須同時滿足「用路人因故滯留淨空區」與「列車司機員煞車不及」才有可能發生，「失去電力」之類的失效事件則須同時滿足「正常電源失效」與「備援系統故障」才有可能發生，這類事件之間通常使用「且(AND)」開建立關係，如圖 7-5所示。



註：本圖僅輔助說明，正確性尚待研議。

圖7-5 構建「And」閘關係之範例

5. 構建失誤樹

雖然上述步驟已盡可能作足構建失誤樹之前置工作，然而構建過程中仍有賴風險管理專家、營運機構的管理人員與第一線工作人員共同參與，以下說明構建過程應注意的事項：

(1) 失誤樹中的事件均為「異常」或「失效」事件

一般來說，邏輯閘的上方稱之為上層事件，下方稱之為下層事件，邏輯閘的目的乃說明上下層事件之間的關係，特別須注意的是，構建過程中應確保事件均屬於異常或失效的事件，若要強調在某種非屬異常的情況下，下層事件方導致上層事件發生時，應使用條件閘（Inhibit Gate）描述。

(2) 「且」閘的下層事件為原因

構建過程中若欲使用「且」閘，應確定下層事件為上層事件的「原因」之一，且須有其他同層事件（原因）也發生的情況下才會導致上層事件發生，此外，構思「且」閘下的同層事件時，應確保事件之間沒有必然的相關性。

(3) 「或」閘的下層事件為情境

以[移動危害][攻擊][旅客遭受攻擊]作為上層事件為例，無論採用地點來區分下層事件如「旅客於車上廁所遭受攻擊」與「旅客於座位上遭受攻擊」，或採用時間區分如「旅客於白天在車上遭受攻擊」與「旅客於晚上在車上遭受攻擊」，均應確保每一個下層事件都代表上層事件的一部分，亦即上層事件使用的部分字

眼會出現在下層事件，例如圖 7-4中上層事件的描述均於下層事件中出現（7.2.1與7.3.1節的分析結果中，「或」開的下層事件有時並未引用上層事件的部份文句，此乃礙於版面空間之因素），此外，下層事件彼此之間是否周延互斥是使用「或」開必須特別注意的原則。

(4) 釐清防護作為與失效之間的關係

防護作為與各種失效之間的關係可大致區分為三類：

- 防護作為異常與失效之間屬於「或」的關係。
- 防護作為異常與失效之間屬於「且」的關係。
- 防護作為僅減少失效發生的機率。

其中以第三項最常遭到誤解並影響分析涵蓋範圍，例如「平交道違規照相設備」通常被視為平交道設備之一，然而實際上違規照相僅能嚇阻用路人減少闖越之機率，並無法直接阻止闖越行為，故分析闖越行為的失誤樹時不會出現「違規照相設備故障」之類的失效事件，而是在探討「不耐久候」機率時納入有無照相設備的影響因子。

6. 驗證失誤樹

構建失誤樹的過程須經過反覆的驗證，確認失誤樹已涵蓋所有可能造成危害發生的失效事件，以及各項防護設備異常與相關人員可能的疏失，建議可從 2 個方向著手驗證：

(1) 從歷史事故資料驗證

構建完成的失誤樹至少要能說明過去曾導致危害發生的各種原因，因此從歷史資料驗證是必須的過程。以臺鐵為例，過去已累積數十年的事故資料，但考量較早期的系統設備已與現況有所不同，應適度予以篩選。此外，其他系統的經驗亦可納入參考，

部分普遍性較高的危害例如「旅客摔倒」等，參考的範圍亦不限於軌道系統。

(2) 從專家經驗驗證

由於許多虛驚事件或潛在危害無法從歷史資料中發現，且實務上營運可能遭逢的問題還是有賴營運單位內部專家提供建議，此外考量非營運單位的專家學者因不具備刻板印象，有時較容易發現系統既有人員一直忽視的安全問題，因此構建的失誤樹務必經由系統內部專家與外部學者共同審視，反覆討論並修改確認後才算完成。

7.1.2 事件樹分析準備工作

風險分析除了探討危害發生的頻率，還須要探討危害的嚴重度，然而同樣的危害在不同外在環境與演變過程下可能造成不同的後果，事件樹分析的主要目的便是探討影響危害嚴重度的關鍵。有關事件樹分析方法已於 4.2.3 節概述，詳細內容建議可參考文獻資料^[31, 40]，本節主要說明研究過程中經與專家學者討論的準備工作與建議步驟，期作為未來臺鐵欲分析其他危害之依據，亦可提供國內其他軌道系統進行風險分析之參考。

1. 選定嚴重性指標

不同領域的事件樹分析會關注不同的影響指標，以安全領域的分析為例，關注的指標不外乎「等效死亡」、「財產損失」與「環境影響」，分析人員於回顧歷史資料過程中，若能先擬定觀察指標，可便於統計過去事故的嚴重性，例如利用表 7.1 的統計範例，經由簡單加權計算後，將結果作為後續量化分析的基礎。

表7.1 歷史資料統計範例

指標 情境	等效死亡					財產損失				環境影響			
	0	1~2	3~5	6~20	>20	無	低	中	高	無	低	中	高
情境 A													
情境 B													
情境 C													

註：表中的財產損失與環境影響若有合適量化範圍亦可採用，本表僅舉例說明。

2. 分析關鍵事件

危害發生時不一定會造成人員財產的損失，只有當某些關鍵事件同時發生時才會引發嚴重的後果，這些影響危害後果的關鍵即是事件樹的「分支」，亦是建構事件樹的重點。分析影響關鍵事件的方式除了可以歸納系統本身的歷史事故外，亦可從相關的研究中探討，或是參考其他系統的經驗，重點則在於須考量該關鍵是否有被記錄的可能，因無法被記錄的關鍵事件後續欲進行量化分析時將造成困擾。例如本研究分析平交道撞擊時，除了從歷史事故資料發現「公路駕駛人行為」、「公路機動車輛車種」乃影響危害後果的主因外，參酌國外的研究^[67]亦發現「列車速度」、「列車載重」、「公路車輛是否起火」亦是影響危害後果的關鍵，其中「列車速度」可由行車記錄器取得相關資料，「公路車輛是否起火」可從事故報告中得知，惟「列車載重」實務上欲記錄有其困難，因此最終構建的事件樹則不納入此關鍵事件。

3. 釐清各關鍵事件的因果關係

各個影響危害後果的關鍵事件有時具有明顯的因果關係須予以釐清，但有時在分析過程中亦會發現無明顯因果關係的情形，以軌道系統站內火災為例，一般構建事件樹時會考慮以下幾項關鍵事件：

- (1) 滅火設備是否成功滅火
- (2) 排煙系統是否正常運作
- (3) 員工是否正確迅速疏散旅客
- (4) 火災發生位置

(5) 火災發生時段

上述(1)~(3)關鍵事件具有明顯的因果關係，惟(4)與(5)較不明顯，針對此類關鍵事件應進一步思考，例如火災發生位置可能與灑水器與抽風口有關，因此可作為事件樹最初的分支，而火災發生時段與旅客數量有關，意即影響旅客疏散的難易程度，故可放置於關鍵(3)之前，因此建議最後關鍵事件的順序應為：火災發生位置→滅火器是否成功滅火→排煙系統是否正常運作→火災發生時段→員工是否正確迅速疏散旅客。

4. 構建事件樹

完成前述步驟後即可開始構建事件樹，須注意的是關鍵事件的敘述通常包含 2 類：

(1) 提出問題

大多數的關鍵事件屬於問題的敘述，例如前述「滅火設備是否成功滅火」、「排煙系統是否正常運作」等，通常分支結果屬於二元的 Yes 或 No。

(2) 描述情境

前述提到的「火災發生地點」、「火災發生時段」即屬情境的描述，這類關鍵事件分支的結果不限於二元，例如火災發生時段可分為尖峰、離峰、非營運時段等。

5. 驗證事件樹

除了從歷史事故資料中驗證是否影響危害後果的關鍵事件均已納入分析外，應檢視每一個關鍵事件是否於事發後都能被觀測並記錄，確保後續量化分析的可行性。

7.2 「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」分析結果

本節說明「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」的失誤樹與事件樹分析結果，須特別說明本研究主要以定性分析為主，有關各項失效事件之機率屬於量化分析範疇，不在本研究探討範圍。

7.2.1 失誤樹分析結果

本研究同時考慮鐵路列車撞擊公路車輛以及公路車輛撞擊鐵路列車的 2 種情境。依據聯合國亞太地區經濟社會發展委員會之報告^[78]說明，列車與公路車輛在平交道撞擊時的條件為「列車接近平交道」與「公路車輛欲通過平交道」同時成立，也就是說 2 個事件具有「且」的關係。

由於上述 2 項條件成立所牽涉的範圍極廣，因此本研究依據 Johan^[27]在平交道事故的失誤分類，採用「人為」、「設備」、「環境」、「車輛」4 個因素來探討，因此以下依據此 4 項因素來說明可能導致本項危害發生的各種失效事件。

1. 人為失效

從歷史資料可以明顯發現平交道事故最主要的原因來自於人為因素，其中又以公路駕駛人因素為主，然而失誤樹除了忠實反應歷史事故資料外，亦須設想所有可能的失效原因，故以下除了說明本研究考量的公路駕駛人失效外，亦思考鐵路側司機員可能導致危害發生的失效行為。

(1) 公路側駕駛人

「因公路駕駛人因素導致公路車輛滯留在平交道危險區」是失誤樹中探討公路駕駛人失效的主要方向，此外，從歷史資料中亦發現少數事故乃肇因於通過中列車遭受公路車輛撞擊，以下條列可能的人為失效原因：

- 違規行駛禁止大型車輛通過之平交道導致受困。

- 未保持安全間距而因路塞受困平交道。
- 駛出平交道鋪面區域而受困平交道。
- 誤認已離開危險區但實際上仍有部分車體侵入危險區。
- 公路駕駛人失能（包括酒醉、吸毒、疲勞等）。
- 認定列車短時間內不會抵達而侵入危險區。
- 誤判無後續列車而提早侵入危險區。
- 接近平交道時煞車不及而侵入危險區。
- 發生事故而受困平交道（含擦撞、摔倒）。
- 自殺。

(2) 鐵路側司機員

列車司機員的人為失效主要會導致「列車煞車不及」事件發生，茲整理可能的失效原因包括：

- 司機員收到警告訊息後因動作遲緩而煞車不及。
- 司機員因疏忽而沒接受到警告訊息。
- 因超速或未遵循規章要求而導致煞車不及。

2. 設備失效

臺鐵在平交道設有許多防護設備，在正常運作情況下，事故原因主要來自人為疏失，然而近年來發生數起平交道設備故障而引發的虛驚事件，突顯被高度依賴的防護設備也可能有失效問題，以下分別說明公路側、鐵路側相關設備可能的失效原因。

(1) 公路側防護設備

公路側防護設備包括遮斷桿、警鈴、警示燈與方向指示器，這些設備可能遭逢共同的失效原因包括：

- 訊號傳送線路故障。

- 軌道電路誤訊號。
- 控制電路失效。
- 失去電力。

各別設備可能發生的失效則包括：

- 異物卡住（遮斷桿）。
- 馬達故障（遮斷桿）。
- 煞車電磁鐵故障（遮斷桿）。
- 顯示燈故障（警示燈、方向指示器）。
- 鈴響設備故障（警鈴）。

值得一提的是，設備故障會衍生 2 種情形，一種是失效自趨防護狀態（Fail-Safe），另一種則會處於危險狀態，例如失去電力時遮斷桿會自動落下屬於防護狀態，但若備援電力系統也失效則警鈴與警示燈無法作動而處於危險狀態。

(2) 鐵路側防護設備

鐵路側防護設備包括平交道障礙物自動偵測設備、緊急按鈕、緊急告警燈（五角型）、列車防護無線電系統，這些設備可能遭逢的失效原因包括：

- 用路人未按緊急按鈕。
- 失去電力。
- 障礙物位於自動偵測設備之死角。
- 訊號傳送線路故障。
- 緊急告警燈（五角型）故障。
- 緊急按鈕故障。
- 列車防護無線電系統故障。

與公路側防護設備一樣，鐵路側防護設備故障後同樣可能發生防護狀態或危險狀態，例如障礙物自動偵測設備故障則緊急告警燈仍會作動屬於防護狀態，但列車防護無線電系統若故障則無法讓列車司機員接收到告警訊號屬於危險狀態。

3. 環境失效

除了人為疏失與設備故障外，許多環境與外在因素亦有可能導致危害發生，茲整理如下：

- 軌道電路同區間內有其他列車因故停車而持續觸動告警設備。
- 公路車輛於通過平交道過程中遭異物卡住。
- 公路車輛受後方車輛推擠或追撞而侵入危險區。
- 天候狀況不佳導致駕駛人誤判情勢。
- 公路與鐵路線形不佳導致駕駛人誤判情勢。

4. 車輛失效

車輛失效可能導致危害發生的原因包括有：

- 公路車輛因拋錨滯留危險區。
- 公路車輛底盤過低而滯留危險區。
- 公路車輛裝載過高而受困危險區。
- 公路車輛煞車失靈。
- 列車煞車系統故障導致煞車不及。

依據以上分析，本研究擬出之鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞失誤樹分析圖共有 10 頁，如圖 7-6 所示。

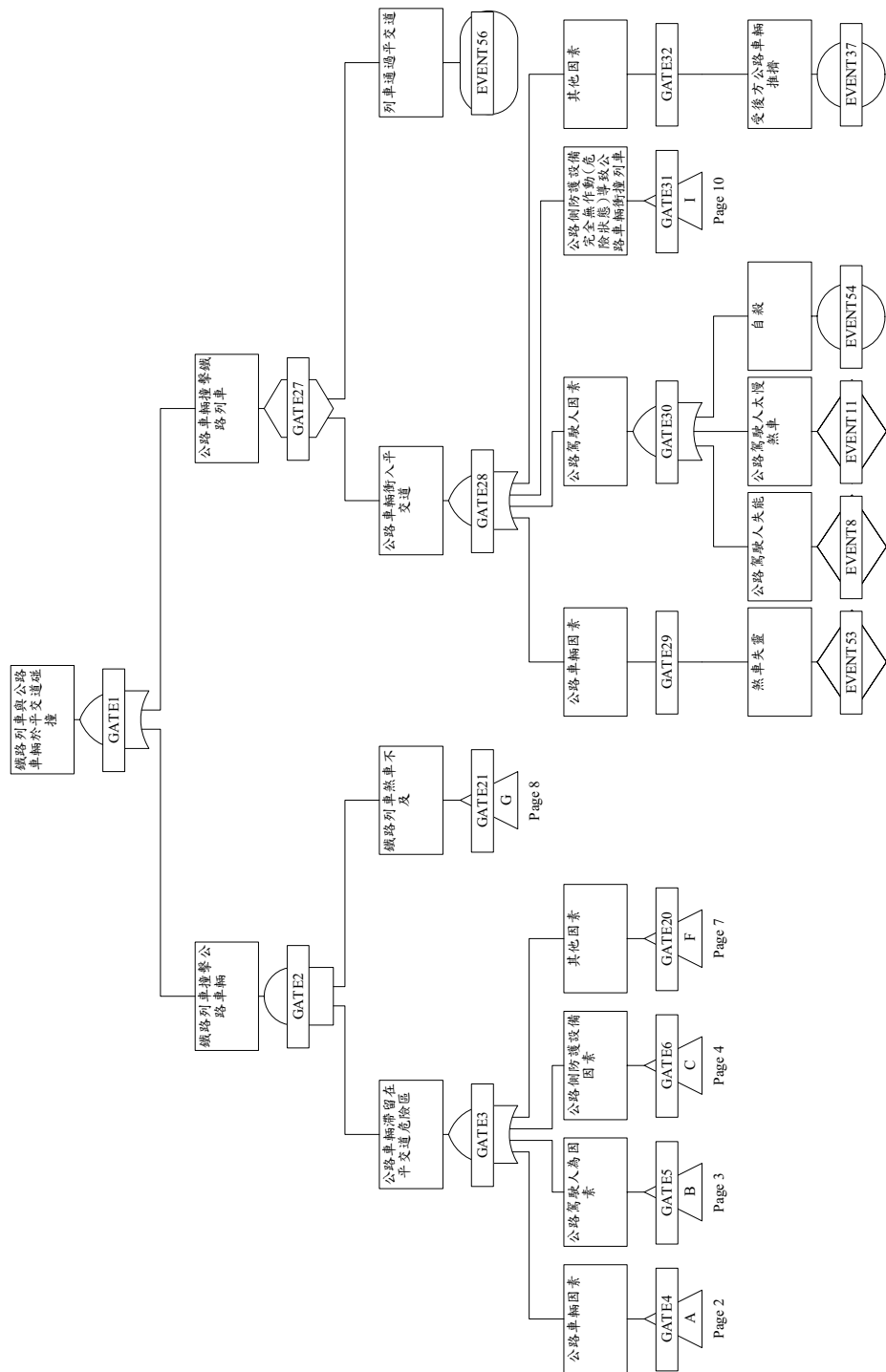


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 1 頁)

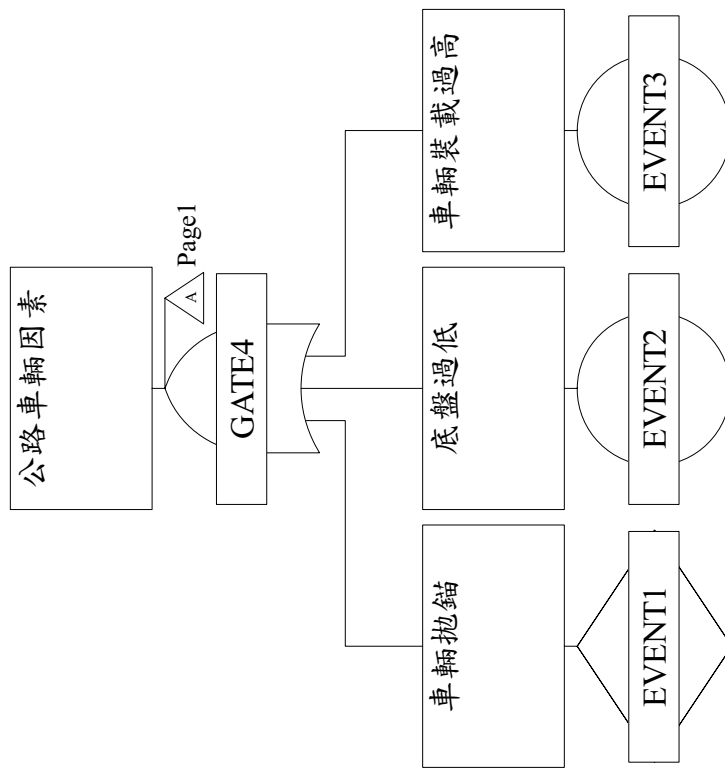


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹（第 2 頁）

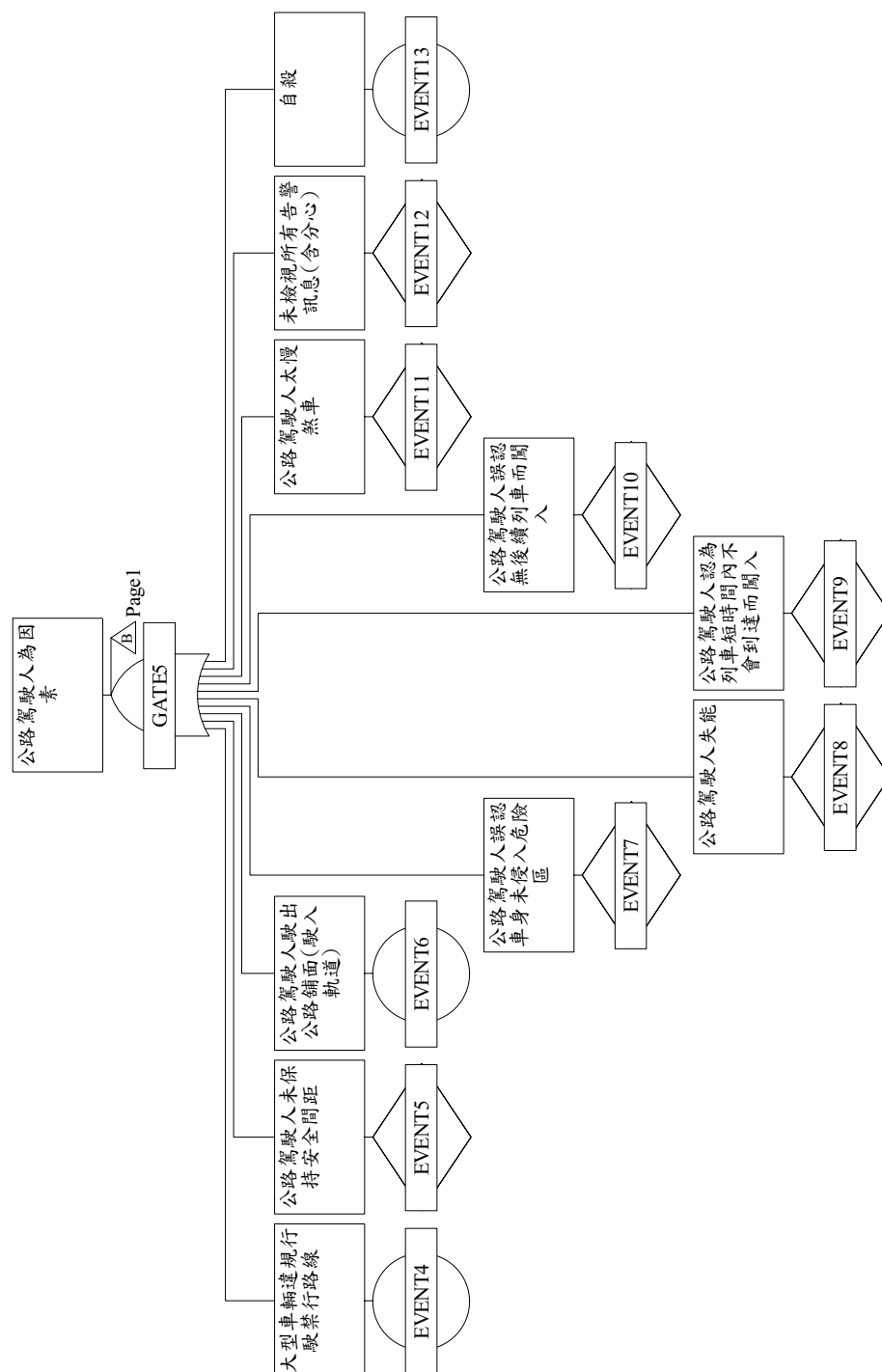


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 3 頁)

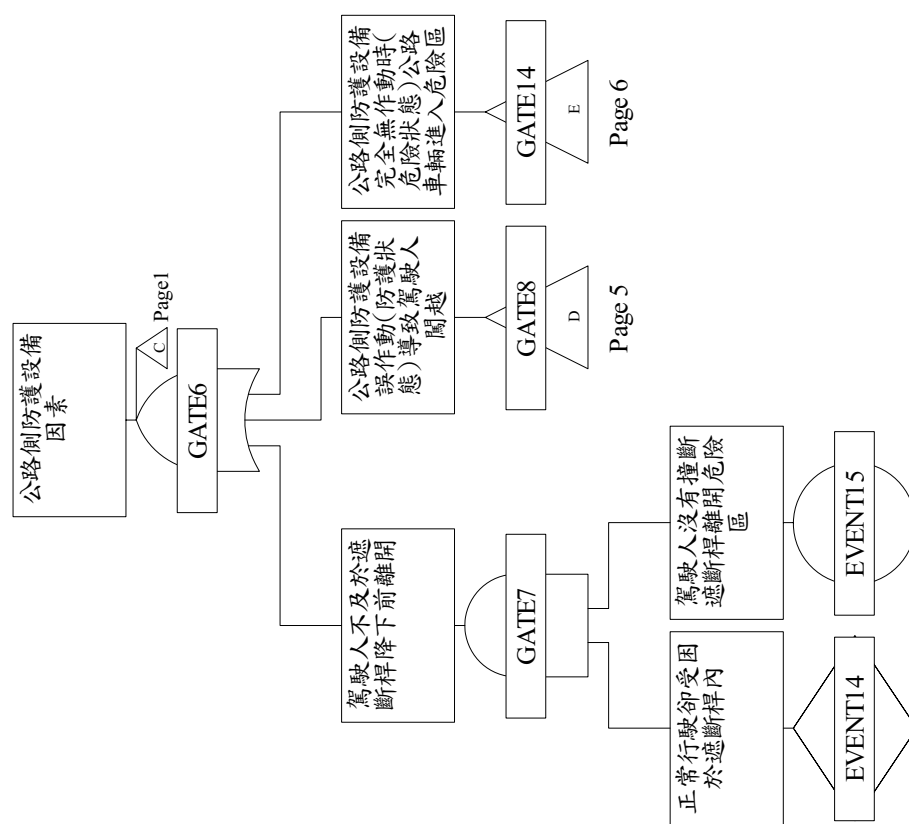


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 4 頁)



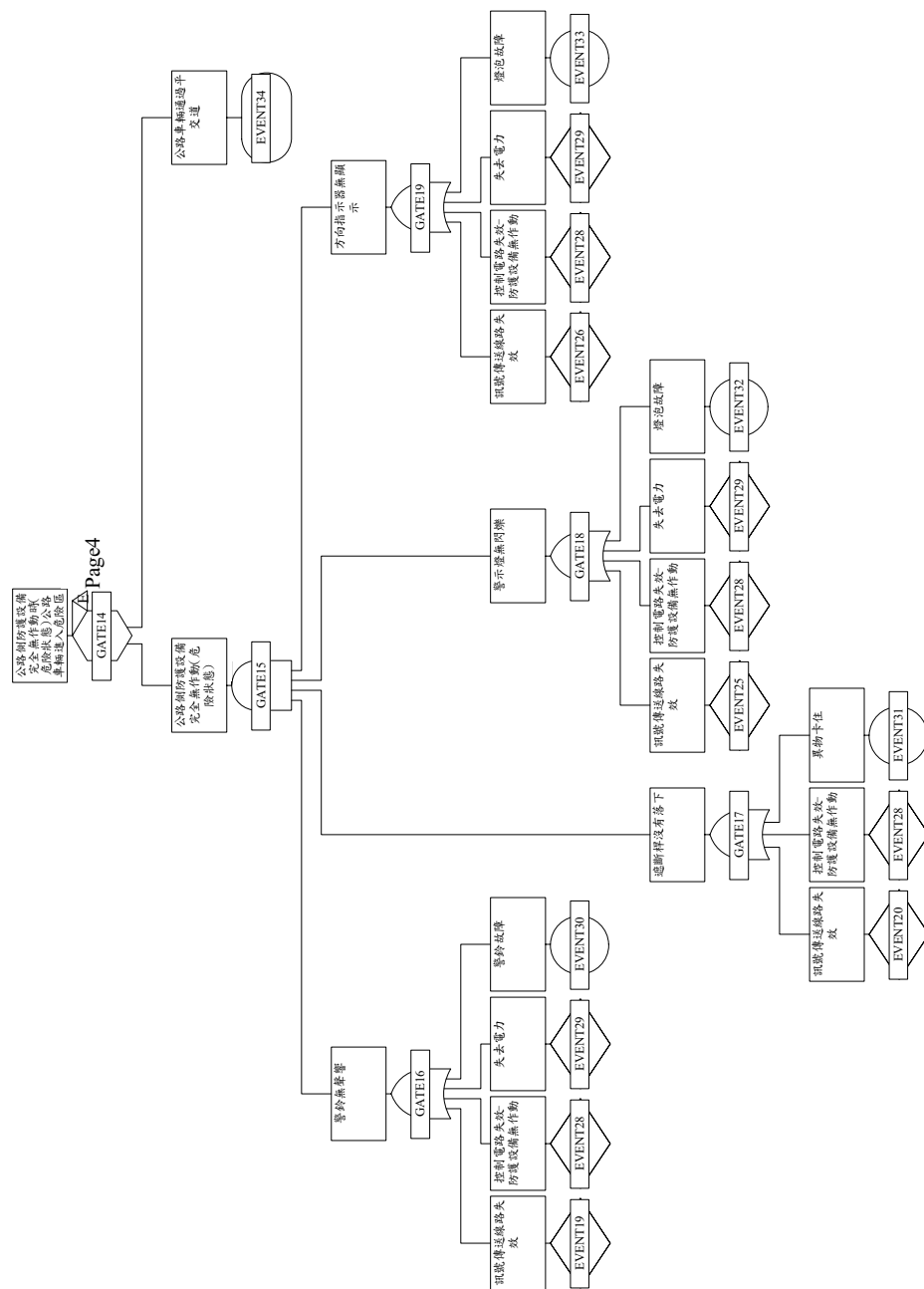


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 6 頁)

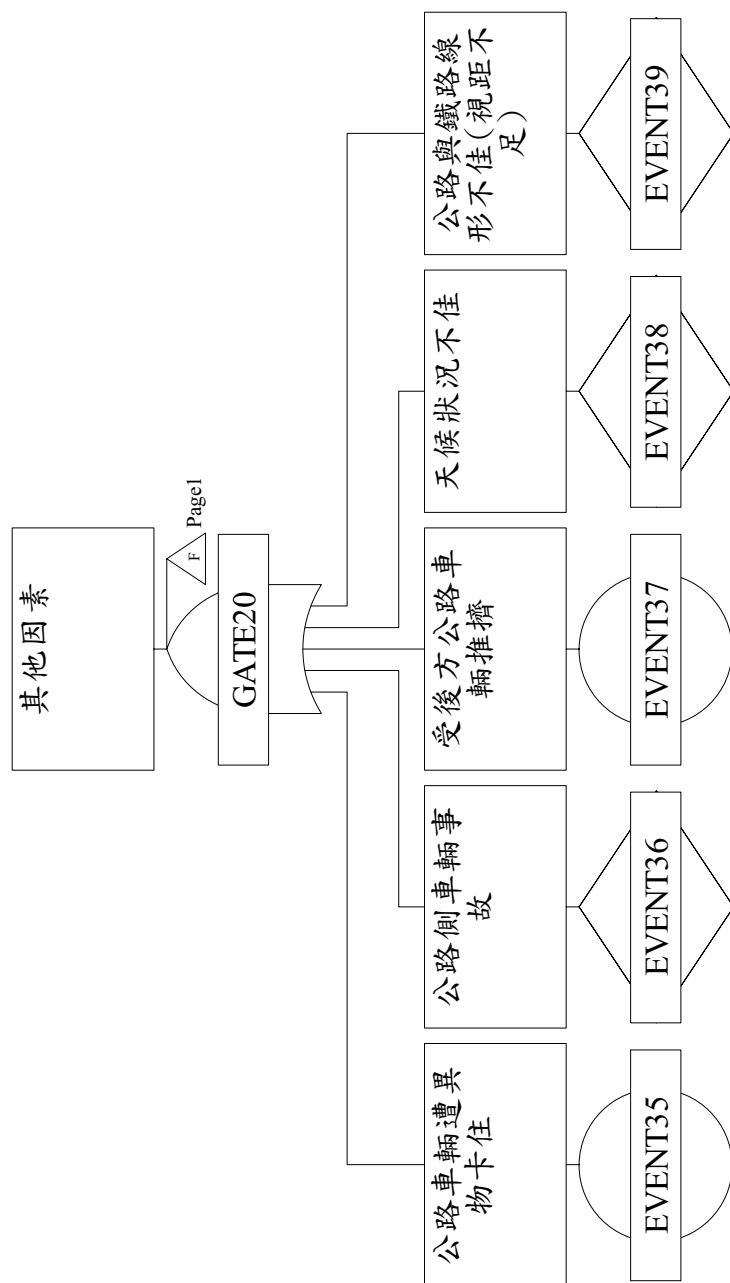


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 7 頁)

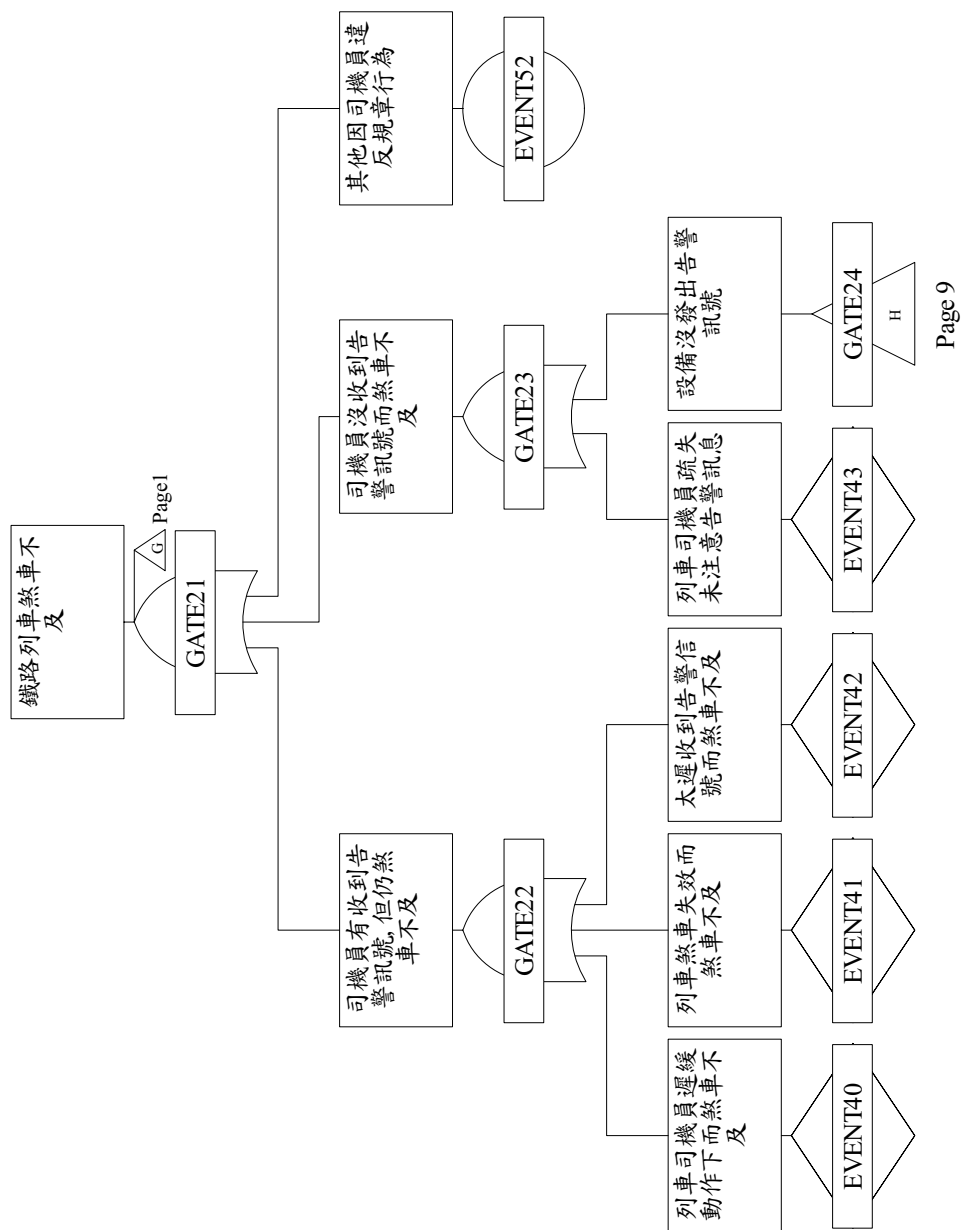


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 8 頁)

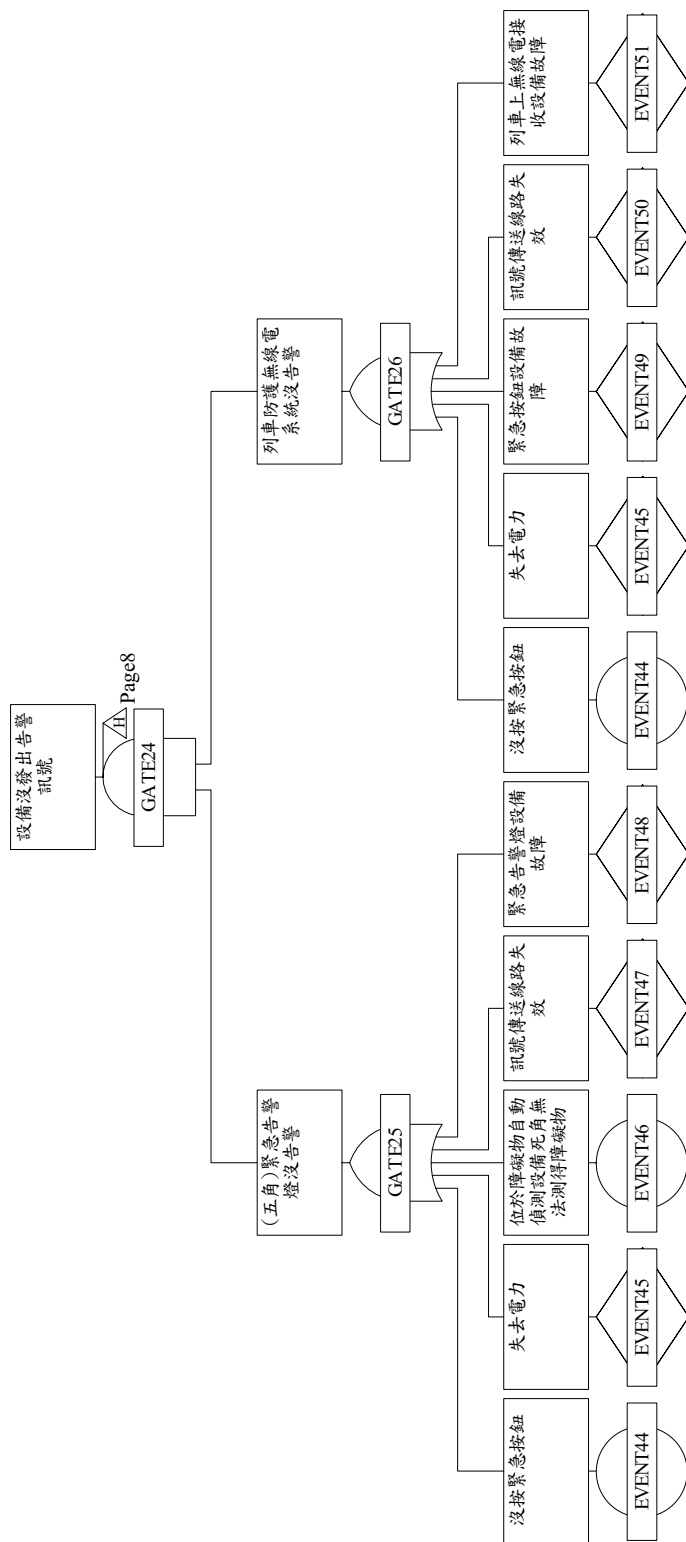
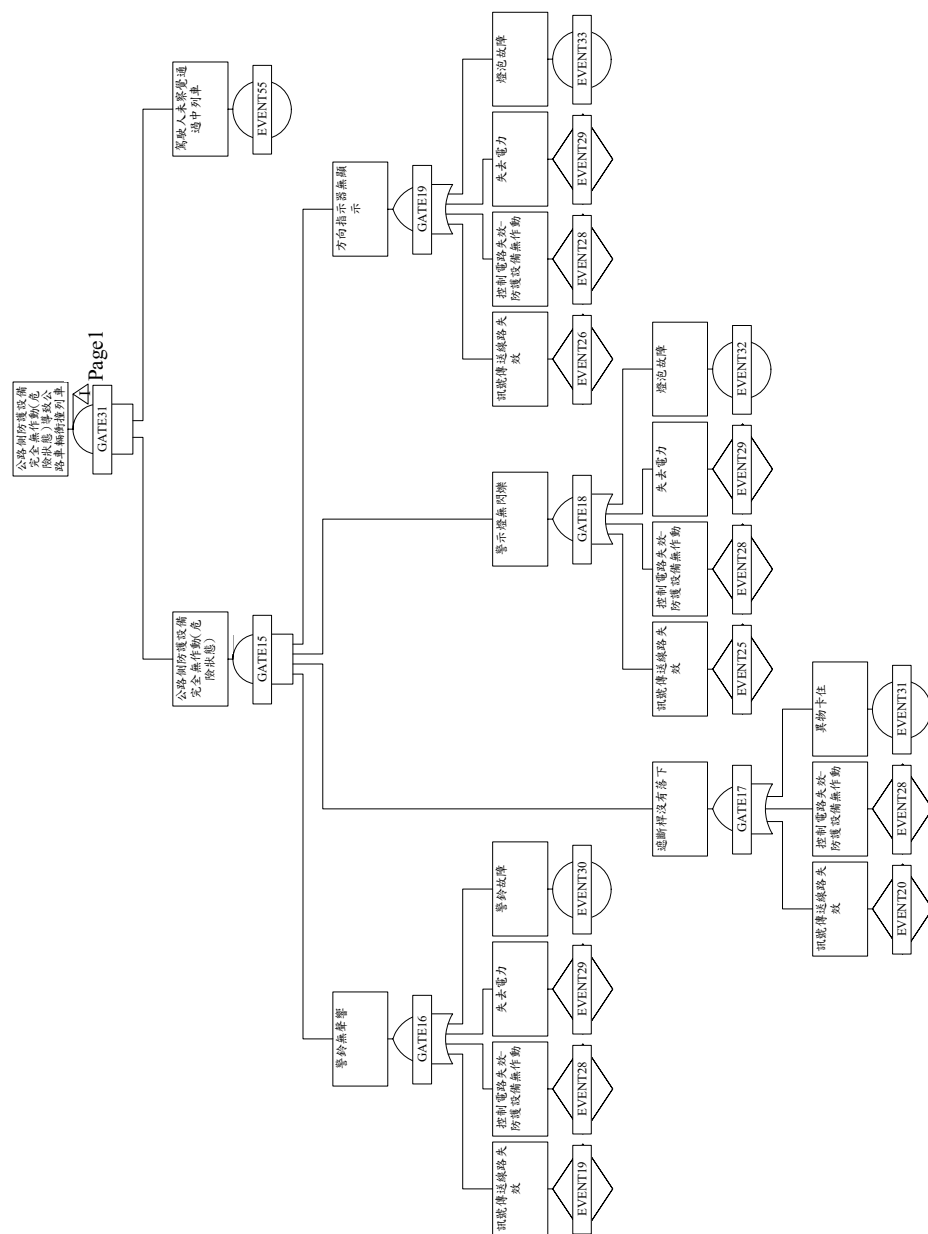


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 9 頁)



7.2.2 事件樹分析結果

本研究參考文獻^[67, 78]與臺鐵近 10 年之歷史事故資料，將鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞後嚴重程度的關鍵事件歸類為 4 項，說明如下：

1. 公路駕駛人是否於碰撞前逃離危險區

若公路駕駛人在撞擊前逃離危險區，則可直接避開撞擊而傷亡，因此納入第一個考量的關鍵事件。

2. 列車撞擊之速度

英國 Atkins 顧問公司曾在 Accident Consequence Model 表示列車速度越快下，撞擊時所造成的傷害程度越大^[67]；澳洲在平交道評估模式 ALCAM^[3]中提到事故嚴重性與列車速度成正向的關係，所以在其平交道事故調查檢核表^[33]中，都會要求記錄撞擊時速度之實際值或估計值；Evans^[22]則依據 1967-2000 年間所有列車事故死亡人數與撞擊速度所得到的迴歸關係式，如式(7.1)所示。

$$f = 0.062s \quad (7.1)$$

其中：

f :表示每次事故之等效死亡人數

s :平均列車撞擊速度(公里/小時)

由以上可知，撞擊速度對於傷亡是一個重要的關鍵，所以將其納入考量。

3. 被撞擊公路車輛之車型

依據國外文獻與臺鐵歷史資料發現，車型大小對於傷亡會有影響，本研究參考文獻並考量我國交通特性後將車型區分為機車、小型車、大型車三類。

4. 被撞公路車輛是否起火燃燒

依據國外文獻指出公路車輛被撞後若起火燃燒，會造成更嚴重的死傷，同時本研究參考臺鐵近 10 年之歷史事故資料亦發現有此情況，因此將其納入參考。

依據以上的考量因素與順序，可得出圖 7-7 之事件樹。

鐵路列車與公路車輛 於平交道碰撞	駕駛人與乘客是否於 碰撞前逃離平交道危 險區	撞擊當下之列車時速	被撞擊公路車輛之車 型	被撞擊公路車輛是否 起火燃燒	Consequence	Frequency
鐵路列車與公路車輛於 平交道碰撞	是	低	機車	是		
				否		
			小型車	是		
				否		
			大型車	是		
				否		
		中	機車	是		
				否		
			小型車	是		
				否		
			大型車	是		
				否		
	否	高	機車	是		
				否		
			小型車	是		
				否		
			大型車	是		
				否		

圖 7-7 鐵路列車與公路車輛碰撞事件樹

7.2.3 分析過程調整事項

圖 7-6與圖 7-7的分析結果乃經由多次專家討論修改而得，茲將討論過程中重要的調整事項摘述如下供後續研究參考：

1. 失誤樹調整事項

- (1) 構建過程中曾考量依駕駛知覺與否區分不同失效事件，例如「駕駛有察覺列車」與「駕駛未察覺列車」，主要目的乃考量有無知覺將影響緊急按鈕被按下的機率，進而影響列車駕駛能否順利煞停，但考量實務上欲判別駕駛是否察覺有困難，故刪除此構想。
- (2) 構建過程中曾考量依平交道「警告開始前」或「警告開始後」區別駕駛闖入的失效事件，然而考量實務上無法明確區分何時算警告開始，故刪除此構想。
- (3) Gate28「公路車輛衝入平交道」原先未考量應滿足「列車通過平交道」情況下方會造成「公路車輛撞擊鐵路列車」的失效發生，經專家建議後加入 Gate27 的條件間以符合實際情形。
- (4) 由於臺鐵近年發生數起平交道設備誤作動與無作動的虛驚事件，經了解後發現 2 者肇因不同，故於失誤樹中分別探討 2 者的可能失效原因。
- (5) Event3 最初設計為「車體過高」，但經臺鐵專家建議「車輛裝載過高」較符合實際情形故予以修訂。
- (6) Event4「大型車輛違規行駛進行路線」乃臺鐵專家建議經常發生的失效事件。
- (7) 路塞導致公路車輛受困平交道的的原因很多，經專家討論後認為主要以 Event5「公路駕駛人未保持安全間距」與 Event36「公路車輛事故」為主要關鍵。

- (8) Gate31「公路側防護設備完全無作動（危險狀態）導致公路車輛衝撞列車」經專家建議後，加入條件 Event55「駕駛人未察覺通過中列車」取代原先僅考量 Gate15「公路側防護設備完全無作動（危險狀態）」的方式。
- (9) 經臺鐵專家建議納入 Event17「軌道電路區間內有其他列車停靠」所造成的誤訊號失效事件。
- (10) 部分底層事件經專家建議後調整為待發展事件。

2. 事件樹調整事項

- (1) 原先循發生順序所構建的事件樹中，「駕駛人是否逃離」乃位於最後的分支，經討論後認為此事件影響甚鉅故移為第一個關鍵事件。
- (2) 曾討論採「是否按下緊急按鈕」取代「撞擊當下之列車車速」，因是否按下緊急按鈕較易從事故資料中取得，然而後續考量是否按下緊急按鈕與列車撞擊時的車速並非全然相關，且列車裝有行車記錄器，未來欲推估撞擊當下車速應屬可行，故最終仍採用列車車速作為其中一項關鍵事件。
- (3) 撞擊當下之列車時速原本以 20km/h 作為門檻，考量該數值為主觀判斷所擬出，因此參酌聯合國亞太經濟社會發展委員會在平交道事故嚴重程度採三種速度分類方式處理。

7.3 「鐵路列車與行人於平交道碰撞」分析結果

本節說明「鐵路列車與行人於平交道碰撞」的失誤樹與事件樹分析結果，須特別說明本研究主要以定性分析為主，有關各項失效事件之機率屬於量化分析範疇，不在本研究探討範圍。

7.3.1 失誤樹分析結果

本項危害的分析架構與潛在原因大致與7.2.1節討論鐵路列車與公路車輛發生碰撞雷同，除了不包括「車輛失效」外，無論鐵路側或公路側的失效事件均相同，環境失效部分則僅包含天候不佳導致行人誤判因素，最主要的差異在於人為失效中的駕駛人因素改為行人因素，茲整理可能導致行人滯留平交道危險區的原因如下：

- 行人於平交道等候時誤判已保留足夠安全距離。
- 失能（含酒醉、吸毒、疲勞）。
- 無判別能力者（如失智者與幼童）。
- 行動不便而滯留危險區（如老人與殘障者）。
- 誤判列車短時間內不會通過而闖越者。
- 誤判無後續列車通過而闖越者。
- 分心而未注意列車接近者。
- 受暴力威脅被迫滯留危險區者。
- 發生事故而受困平交道（含摔倒）。
- 自殺。

依據以上分析，本研究擬出之鐵路列車與行人於平交道碰撞失誤樹分析圖共有 4 頁，如圖 7-8所示。

7.3.2 事件樹分析結果

由於行人與列車之間質量差距過大，從歷史資料發現一旦發生撞擊通常行人都是直接死亡，只有在列車速度極慢或行人僅部分身軀遭受撞擊等極少數情況下尚有機會存活，相關因素說明如下：

1. 列車撞擊之速度

與7.2.2節之原因相同，列車撞擊速度越快，傷亡越大。

2. 行人被撞擊身體部位為四肢或全身

依據臺鐵近 10 年之歷史事故資料，絕大多數撞擊到行人均造成死亡，僅少部分撞擊到行人四肢之情況下可能有生存的機會，因此將此項因素納入考量。

依據以上的考量因素與順序，則可得出圖 7-9之事件樹。

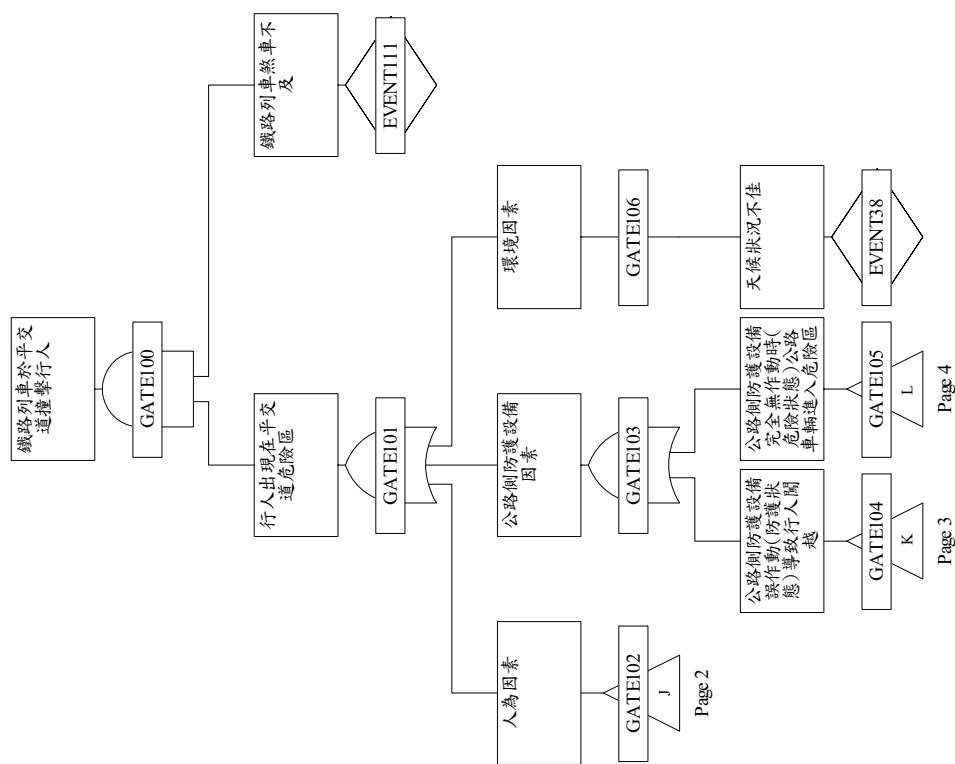


圖7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹 (第 1 頁)

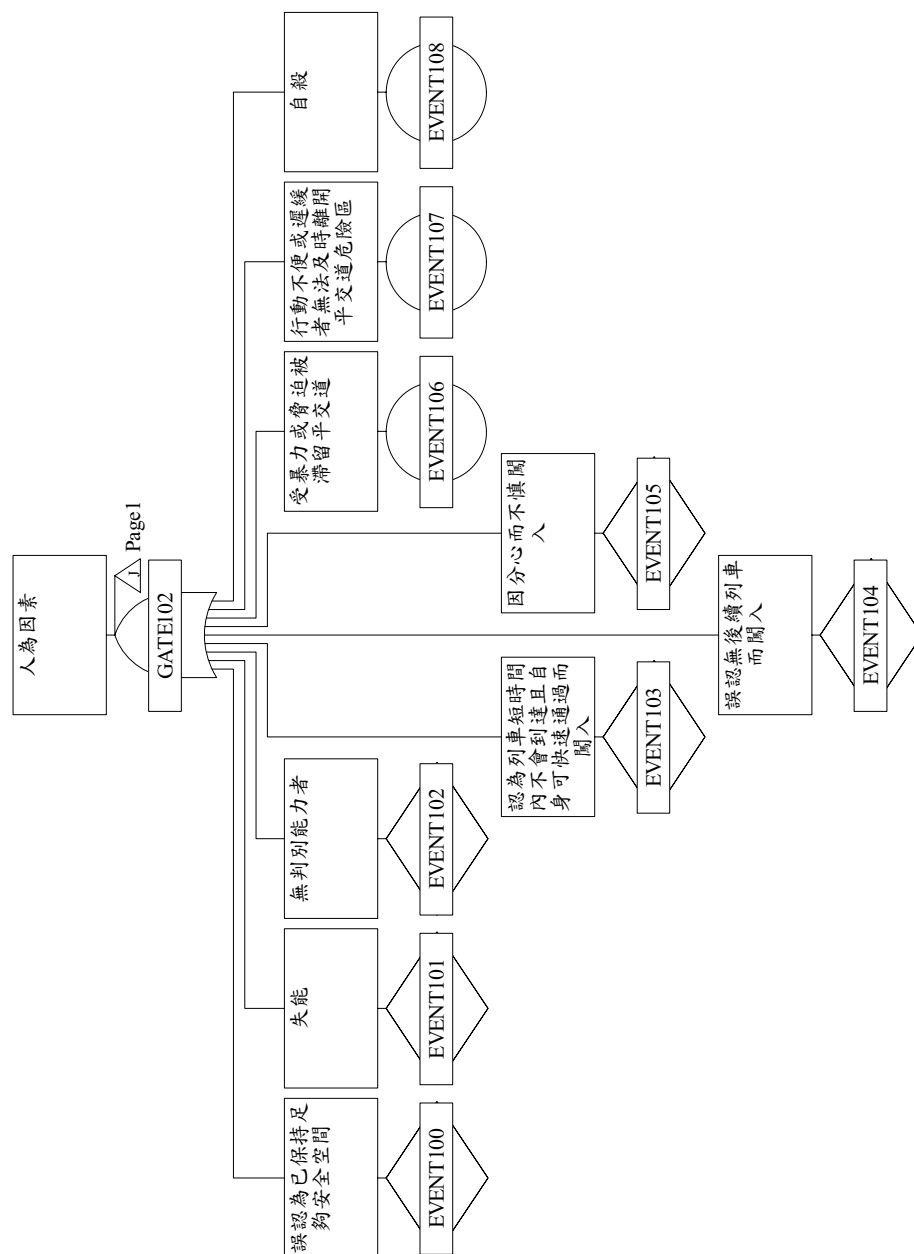


圖 7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹（第 2 頁）

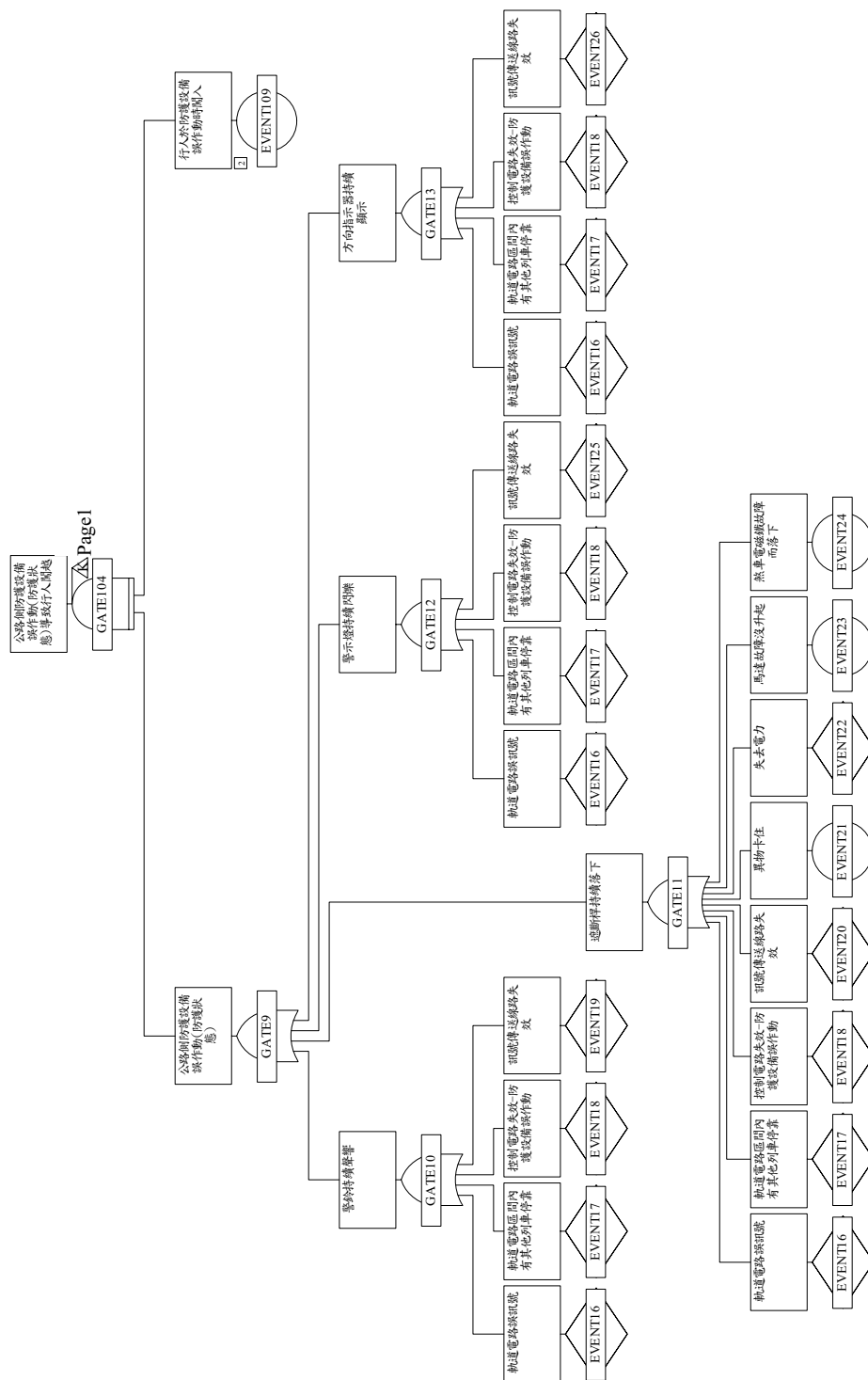


圖 7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹 (第 3 頁)



鐵路列車於平交道撞擊行人(含腳踏車)	撞擊當下之列車時速	撞擊行人之四肢或全身	Consequence	Frequency
鐵路列車於平交道撞擊行人(含腳踏車)	低	<div>四肢</div> <div>全身</div>		
	中	<div>四肢</div> <div>全身</div>		
	高	<div>四肢</div> <div>全身</div>		

圖 7-9 鐵路列車與行人碰撞事件樹

7.3.3 分析過程調整事項

圖 7-8與圖 7-9的分析結果乃經由多次專家討論修改而得，茲將討論過程中重要的調整事項摘述如下供後續研究參考：

1. 失誤樹調整事項

- (1) Event111「鐵路列車煞車不及」原先欲沿襲7.2.1節的分析結果，然而經討論後認為行人誤闖時暗緊急按鈕機率較低，且紅外線偵測器較不易察覺體型較小的行人，故最後以待發展事件表示。
- (2) 關於弱勢行人通過平交道可能遭遇的失效事件原先只區分為「行動不便」與「無判別能力」，後續經討論後認為尚有喝醉或吸毒等異於自殺的情事，故加入 Event101「失能」。
- (3) 為呼應 Gate15 採用「且」邏輯閘，於人為失效中補充 Event105「因分心而不慎闖入」，用以表示尚有部分防護設備正常作動下，行人未確認所有告警訊息時可能造成的失效事件。

2. 事件樹調整事項

有關撞擊當下之列車時速沿襲7.2.3節的分析結果。

7.4 事件現有控制方法與建議

本研究以臺鐵三甲平交道為分析範圍，有關三甲平交道既有的控制方法於本節彙整說明，並從失誤樹與事件樹分析結果思考可能的改善方案，同時參酌國外經驗提出建議。

7.4.1 現有控制方法

現階段三甲平交道安全危害的控制方法包括硬體面與軟體面：

1. 硬體面控制方法

可簡單區分為公路側與鐵路側的硬體控制方法：

- (1) 公路側：全遮斷式的自動遮斷桿、警示燈、警鈴、方向指示器、限高門架、道版與鋪面改善。
- (2) 鐵路側：障礙物自動偵測設備搭配緊急告警燈、緊急按鈕
搭配緊急告警燈與列車防護無線電系統。

上述各項硬體設備中，包括自動遮斷桿、警鈴、警示燈、方向指示器、障礙物自動偵測設備、緊急按鈕等防護設備除定期維修確保正常外，均採 Fail-Safe 原則運作，以在故障或接收誤訊號時能自動啟動防護。此外，近年來臺鐵亦陸續於危險平交道安裝錄影監視設備，並於部分平交道增設違規照相取締設備，總計於民國 99 年 9 月已於 170 處平交道設置錄影監視設備，並預計於民國 100 年 10 月前於全線平交道安裝錄影監視設備以及遠端監視系統嚇阻不法的闖越行為。

2. 軟體面控制方法

- (1) 司機員於執勤前，按規定應測試列車防護無線電系統。
- (2) 臺鐵近年來透過各項媒體管道宣導用路人平交道安全觀念，並推廣「按、推、跑」口訣輔助用路人危急時能迅速作出正確反應。
- (3) 於部分車流量大或者發生過重大事故的三甲平交道加派保全人員維繫安全。
- (4) 旅客、民眾及維修人員對於平交道異常事件的回報與處理。
- (5) 道路交通處罰條例明訂許多與平交道有關規定，並重罰闖越平交道的用路人。
- (6) 與地方政府號誌控制中心連鎖平交道鄰近的公路號誌。
- (7) 與公路主管機關定期選定危險平交道進行會勘提昇安全。

7.4.2 控制方法改善建議

臺鐵三甲平交道之安全防護措施等同於日本的第一類平交道，屬於較完整與安全的平交道，參考歷史事故資料可發現，絕大多數的事故起因於用路人的搶越與闖越，另少部分原因則為防護措施失效所造成，因此本研究根據7.2與7.2.3節的分析結果，對臺鐵平交道安全提出以下的建議。

1. 強化燈光告警訊息

此舉可減少駕駛人與行人因分心闖入危險區域的機率，亦即降低 Event 12 與 Event 105 的發生機率，執行時建議可從以下 2 方向著手：

- (1) 依據 RSSB 文獻[61]指出，對於環境陌生的用路人而言，燈光告警之效果優於警示音，因此建議臺鐵可研究增設燈光告警設備或將告警燈尺寸加大之可行性。
- (2) 原本警示燈採用傳統燈泡者，建議可於未來汰換更新時改用 LED 燈泡，增加其亮度。

2. 加強方向指示器功能

依據 RSSB 之文獻^[59]，第二輛列車通過平交道時，裝設固定告警標誌之效果不大，但是若有聲音以及燈光的告警方式，則會有明顯的效果，建議可優先選擇尚未安裝方向指示器的重點平交道裝設。且考量公路駕駛與行人都有獲知此資訊的需求，建議除了安裝於門欄上提供汽機車駕駛資訊外，路側亦需有適當的資訊以警示行人，此舉可減少誤認無後續列車經過的失效事件發生機率(Event 10 與 Event 104)。

3. 強化障礙物自動偵測設備功能

目前障礙物自動偵測設備僅與路側緊急告警燈連動，建議可比照緊急按鈕運作模式，同樣與列車防護無線電系統連動，除了增加列車駕駛反應時間降低太遲收到告警訊號失效的機率(Event 42)外，也可減少因駕駛員沒收到告警訊息而煞車不及之機率(Event 43 與 Gate 24)。

4. 定時啟動告警時間

依據 RSSB 研究^[61]顯示，過長的告警時間會降低用路人對平交道風險的認知，且不會增加安全，最好的方式為使用合理的告警時間且要給予用路人明確的輔助資訊。臺鐵現行規定要求任何列車通過平交道時，至少應有 30 秒的告警時間，故須於平交道前至少 1083 公尺（以車速 130km/h 自強號列車估算）設置感測器，實際距離仍須視軌道電路位置而定。然而此定點佈設方式若為慢速列車通過時，則用路人等待時間會較久，造成風險認知較低而增加闖越之機率。建議臺鐵未來可考量將告警時間依據列車車速改採定時啟動，盡可能使防護設備開始作動與列車通過平交道的時間差為固定值，可大幅提昇用路人對告警訊息的風險認知，減少誤認短時間列車不會到達而闖越之失效事件發生的機率（Event 9 與 Event 103）。

5. 遮斷桿改善措施

- (1) 建議既有門欄式之遮斷桿應盡可能改成懸臂式，此配置下可利用入口端與出口端遮斷桿封閉之秒差，使危險區內的用路人可以有時間離開，減少正常行駛卻受困遮斷桿之失效事件的發生機率（Event 14）。
- (2) 建議可針對入口端與出口端遮斷桿之秒差進行深入研究，探討平交道縱深、鄰近道路坡度、幾何配置等因素對駕駛人與行人之影響，研擬最合適之秒差，減少正常行駛卻受困遮斷桿之失效事件的發生機率（Event 14）。
- (3) 平交道告警開始後，若障礙物自動偵測設備偵測出有障礙物出現在平交道危險區時，建議可參考美國奧勒岡高速鐵路走廊平交道之處理方式^[123]，將出口端遮斷桿上升至開啟位置，直到平交道上障礙物清除後再放下，減少駕駛人沒有撞斷遮斷桿離開危險區之失效事件的發生機率（Event 15），唯此舉恐造成行人誤判而進入平交道，增加行人因分心而不慎闖

入平交道之機率（Event 105），建議可再深入研究相關配套措施。

6. 加強用路人之違規取締、宣導與訓練

許多失誤樹中的失效事件均可透過教育宣導、違規取締來降低發生機率，例如大型車輛違規行駛進行路線（Event 4）、公路駕駛人未保持安全間距（Event 5）、用路人誤認短時間無列車到達而闖入（Event 9 與 Event 103）、用路人誤認無後續列車而闖入（Event 10 與 Event 104）、自殺（Event 12 與 Event 108）、用路人於防護設備誤動作時闖入（Event 27 與 Event 109）等等，建議可著手的方向有：

- (1) 依據國外研究顯示，利用攝影機/照相機來取締違規搶越、闖越之成效良好，可大幅降低違規事件，建議臺鐵在可支配的預算內，擴大違規照相取締設備的安裝範圍。
- (2) 無論錄影監視設備或違規照相取締設備，其目的均為了嚇阻用路人勿違規闖越，因此建議臺鐵會同平交道所在地的公路監理機構比照測速照相警告標誌，於平交道鄰近公路側加設明顯的違規照相警告標誌。
- (3) 建議效法國內環保局施行拍照/錄影取締亂丟菸蒂、垃圾之罰款 30%作為獎金之制度，鼓勵民眾協助拍照/錄影檢舉，嚇阻平交道違規行為。
- (4) 加強用路人平交道安全之宣導與訓練，建議交通部編列預算，針對平交道安全及用路人行經平交道應注意事項及違規處罰等事宜，於媒體密集宣導並規劃違規訓練。

7. 公路主管機關加強平交道周邊硬體設備

- (1) 全面檢視平交道鋪面寬度是否有加寬必要，尤其重型車通過數量較高之平交道，以及鄰近路口恐因重型車輛轉彎內輪差而駛出鋪面之平交道，可減少公路駕駛人駛出鋪面之失效事件的發生機率（Event 6）。建議可修改鐵路立體交叉及平交

道防護設施設置標準與費用分擔規則第 17 條規定，將「...應比道路寬度每側加寬 30 公分...」修改為「...至少加寬 30 公分...」。

- (2) 全面檢視平交道夜間照明設備是否足夠，尤其鄰近產業道路或與公路非直交之平交道，避免深夜照明不足時用路人不慎駛入軌道，可減少公路駕駛人駛出鋪面之失效事件的發生機率（Event 6）與未檢視所有告警訊息與分心的機率（Event 12 與 Event 105），此外也可降低駕駛人未察覺通過中列車的機率（Event 55）。
- (3) 於鄰近平交道公路側除了裝設限高門外，視情況可於平交道進入側加設減速塊，一方面強迫用路人減速，另一方面可作為測試重型車輛底盤高度之工具，避免因車輛底盤高度不足而受困平交道，減少公路車輛底盤過低（Event 2）與公路駕駛人太慢煞車而闖入（Event 11）2 項失效事件之發生機率。

8. 建立回報平台鼓勵司機員回報異常狀況

儘管平交道各項防護設備均依循 Fail-Safe 設計原則，然而從國內外經驗都可發現，當涉及軌道電路的設備進行維修或更動時，若施工人員疏失且驗證人員疏漏，極有可能使 Fail-Safe 的功能失效，進而導致嚴重事故發生。建議臺鐵應建立異常回報平台，鼓勵員工（尤其是司機員）回報任何異常事件，使鄰近列車第一時間可降低車速，亦即從事件樹分析的第一個關鍵事件著手降低危害可能造成的後果。因從國外經驗發現因 Fail-Safe 失效所導致的事故發生前，行經事故路段的司機員往往會發現到異常，但卻沒有即時回報，錯失避免事故發生的最後一線機會。

9. 減少平交道設備故障時間

當 Fail-Safe 機制啟動時，雖然能暫時確保平交道安全，然而隨著故障時間拉長，用路人失去耐心後隨時可能發生闖越的行為。目前臺鐵已著手於各號誌分駐所建置平交道遠端監控設備，建議可進一步建

置故障聯繫系統，亦即當平交道設備故障時，該訊息除了能於遠端監控設備顯示外，亦能主動傳達給維修人員（如 PDA 或手機等手持設備），能有效提昇維修效率並減少維修時間，減少各項公路側防護設備誤動作所可能導致用路人闖越事件的發生機率（Event 27 與 Event 109）。

第八章 結論與建議

本研究主要探討軌道運輸安全議題，著重在風險管理於安全面之應用，並以風險管理中的風險辨識為重點，辨識出臺鐵營運安全的各種危害項目，再透過失誤樹及事件樹分析法深入探討其中 2 項危害，最後針對該 2 項危害之現有控制方法提出改善建議，作為臺鐵未來研擬營運安全策略之參考，以下說明本研究的結論與建議。

8.1 結論

本研究主要研究課題包括有：「國內外風險管理作法與標準」、「國內外軌道運輸業安全管理作法」、「風險辨識方法回顧」、「臺鐵安全危害項目辨識」、「深入探討臺鐵 2 項危害項目」與「既有控制方法之探討」，本節除說明各項課題研究結論外，亦說明「教育訓練」之成果，分述如下。

1. 國內外風險管理作法與標準

- (1) 進行風險管理研究前須對相關名詞有統一的定義，本研究整理國際上軌道業界對「事件」、「事故」、「危害」、「風險」之慣用解釋，作為後續分析之依據。
- (2) 風險管理理論包括有：「骨牌理論」、「乳酪理論」、「能量釋放理論」、「數量化的風險理論」。
- (3) 1995 年由澳洲及紐西蘭聯合制訂之 The Risk Management Standard AS/NZS 4360 風險管理標準，其程序包括：溝通與諮詢、建立背景、風險識別、風險分析、風險評價、風險處置、監控與回報，這些步驟均採閉環/滾動式之持續改善的管理模式，為應用最廣泛的風險管理概念，因此紛紛被先進國家所仿效。

- (4) 國際上與風險管理相關的標準規範很多，例如英國標準協會制定的風險管理作業要點及標準 BS 31100 (Code of practice for risk management)，加拿大在決策風險管理標準所制訂的 CAN/CSA-Q850-97 (Risk Management: Guideline for Decision Makers)，而第一個國際認可的標準則是在 2009 年制定的 ISO 31000 (Risk Management Standard)，該標準主要是基於 AS/NZS 4360 的基礎來制定。
- (5) 風險管理各步驟所得出之結果會登錄在「危害登錄表」內，且該登錄表會依據系統安全需求，於系統生命週期中各個階段進行更新。

2. 國內外軌道運輸業安全管理作法

- (1) 目前世界上有關軌道系統安全管理的規範以歐盟 (European Union) 所制訂的 EN50126、EN50128、EN50129 標準為主。在安全管理方面，該規範提出安全風險矩陣的 2 項主要因素，其一是危害的可能性或其發生的頻率，其二是危害所造成後果的嚴重程度。
- (2) 有關危害嚴重程度的風險指標部分，從文獻中可知包括：財損、死傷、延誤、負面媒體新聞...等，都可作為評估的指標。
- (3) 有關「可接受風險」的觀念，多數系統採用英國 ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 之概念；法國則以新系統安全性至少要與現有同類型系統一樣好；德國則是訂定出最小之死亡率。
- (4) 風險矩陣之 2 軸可區分為定性、定量與半定量 3 類，其中又以半定量最為常見，包括香港、澳洲、台灣高鐵、高雄捷運等系統都是採用類似作法。
- (5) 風險矩陣中之風險值可採用落點法、相加法、相乘法來得出，針對精確度而言，相乘法優於相加法，而相加法又優於落點法。

- (6) 多數國家均能接受「風險存在」的事實，因此主管機關均採立法方式，訂定出合理的安全評估指標與期望目標，同時要求軌道業者進行風險管理並提出能達成安全目標的策略與計畫，以降低事故發生的頻率並減輕其影響的嚴重性。
- (7) 目前臺鐵局已依據行政院研考會之風險管理與危機處理作業手冊，將風險管理及危機處理融入日常作業及決策運作，以降低災害發生之程度及後果，並在教育訓練或勤前教育時灌輸風險管理的觀念及辦理相關演練，以提升整體安全。

3. 風險辨識方法回顧

- (1) 本研究回顧軌道系統常用之風險辨識方法包括有：經驗導向法、歷史事故資料、類似系統比較法、檢核表分析法、結構化 What-If 分析法、危害與可操作性分析法、故障模式影響與嚴重性分析法、工作分解與危害分解結構、情境分析法。
- (2) 本研究選擇以失誤樹分析法來找出可能的危害原因，並利用事件樹分析法來探討影響危害後果的關鍵事件。
- (3) 風險辨識無法以單一技術來發現所有可能危害，最適合的方法即是同時從過去、現在、及未來 3 個角度思考，以辨識出最為完備的危害清單。

4. 臺鐵安全危害項目辨識

- (1) 回顧國內外軌道系統之危害項目，發現「列車危害」、「移動危害」、「非移動危害」是國際軌道系統危害項目之主要分類方式，本研究考量臺鐵之危害分類應與國際接軌，同時該指標門檻值未來可與各國相互比較，因此沿用此分類方式，並加上「自然危害」研擬臺鐵所有安全危害項目。
- (2) 危害分類與辨識時，應以周延互斥為目標，同時避免納入危害原因的描述或既成之事故（例如「旅客死亡」已屬事故結果，不應作為危害項目），以方便後續風險分析作業。

(3) 本研究依據「列車危害」、「移動危害」、「非移動危害」、「自然危害」4項分類，共辨識出臺鐵113項危害項目。

(4) 危害辨識結果仍有後續發展空間，包括：

- 僅說明營運階段之安全危害，未辨識規劃與興建階段之安全危害。
- 雖已綜和類似系統比較、歷史事故檢視與腦力激盪之成果，但仍可能有未被辨識出的危害，因此須定期檢討。

5. 深入探討臺鐵2項危害項目

(1) 本研究分別探討「鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞」以及「鐵路列車與行人於平交道碰撞」2項危害。

(2) 失誤樹分析部分從「人為」、「設備」、「環境」、「車輛」4方面說明可能導致本項危害發生的失效事件。事件樹分析部分，主要探討事故發生時，有哪些關鍵事件會對結果造成衝擊，兩者均只做到定性之分析。

(3) 本研究分析成果具有本土性、可用性、執行性與示範性，以下逐一說明：

- 本土性：此2項危害分析成果係參考國內外文獻，考量臺鐵與我國鐵公路特性所研擬而成，具有本土性特質。
- 可用性：分析成果可依據實際環境需求而進行微調，因此較易符合實務情況。
- 執行性：失誤樹分析可找出危害發生的癥結，事件樹分析亦可判斷影響危害後果之關鍵，使管理者容易操作上手，並機動調整營運資源防止危害發生。
- 示範性：本研究詳細說明構建失誤樹與事件樹的準備工作，同時針對2項危害進行範例分析，雖然平交道乃臺鐵特有之環境，但分析原則仍適用於其他危害項目。

(4) 2 項危害分析結果仍有使用上的限制，包括：

- 僅適用三甲平交道。
- 屬於類似系統比較、歷史事故檢視與腦力激盪之成果，仍可能有未被分析出的失效，因此須定期檢討。

6. 既有控制方法之探討

由於本研究選定的 2 項危害均與平交道有關，除了於第七章已探討平交道既有控制方法外，表 8.1 分別從運、工、機、電各處探討既有的控制方法與失效原因之關係，其中亦納入公路主管機關與鐵路警察局既有的控制方法。

7. 教育訓練

- (1) 本研究邀集我國各軌道監理、營運與興建單位參與教育訓練課程，包括臺灣鐵路管理局、鐵路改建工程局、高速鐵路工程局、台灣高鐵公司、台北捷運公司、高雄捷運公司、林務局嘉義林區管理處。
- (2) 教育訓練過程除探討「風險辨識方法與實作」與「失誤樹與事件樹分析與實作」2 項主題外，各單位亦回饋風險管理實務經驗，相關資料詳述於附錄 H。

表8.1 三甲平交道現況控制方法

單位	類別	人員失效	設備失效	環境失效	車輛失效
臺鐵局	運務	接獲異常回報，聯繫相關單位處理	接獲異常回報，聯繫相關單位處理		接獲異常回報，聯繫相關單位處理
	工務	改善道版與鋪面	維修人員發現異常時儘速回報	定期與公路單位會勘檢討平交道周邊設備配置、標誌與標線	
	機務	1. 車上設有列車防護無線電系統 2. 司機員發現障礙時鳴笛	司機員發現異常時儘速回報	司機員發現障礙時鳴笛	1. 定期維修煞車系統 2. 要求司機員勤前檢查
	電務	裝設遮斷桿、警燈、警鈴、方向指示器、錄影監視設備、照相取締設備	以 Fail-Safe 原則設計防護設備運作邏輯	定期與公路單位會勘檢討平交道周邊設備配置、標誌與標線	1. 設有限高門 2. 設有障礙物偵測器 3. 設有緊急按鈕
重點平交道派有保全因應突發狀況					
公路主管機關		1. 法規要求用路人遵守各項規定 2. 鄰近路口號誌連鎖 3. 宣導守法觀念		1. 定期與臺鐵會勘檢討平交道周邊設備配置、標誌與標線 2. 教育用路人應「停、看、聽」	1. 定期檢驗公路車輛煞車功能 2. 與臺鐵局共同推廣「按、推、跑」概念

8.2 建議

對於提昇國內軌道建設之風險管理及平交道安全水準，本研究提出以下建議事項。

1. 風險管理作法與標準建議

- (1) 參考蒐集之危害登錄表，部分為 EXCEL 表單，部分為電腦資料庫系統，建議未來臺鐵建置一套可增、刪、改、查之危害登錄系統，以方便風險分析時使用。
- (2) 由於風險管理的主要精神是 ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 的觀念，建議未來臺鐵進行改善措施時可納入成本效益比的分析。
- (3) 風險管理作法除了適用於安全管理外，亦是工程與經營管理常用的工具，例如窄軌系統在國際上市場較小，臺鐵可能遭遇的採購與後續維護問題都可利用風險管理手段及早因應可能的危害。

2. 軌道運輸業安全管理作法建議

- (1) 目前臺鐵的風險管理作法乃以每 10 年發生之危害次數作為衡量頻率之基準，然而 10 年之期間相當長，各項軟硬體可能已經過多次的變動，因此數值之意義可能與現況不符。建議可以「每年」頻率變化作為安全水準的比較依據，另針對部分發生機率極低的危害項目（每年僅發生 1~2 次，甚至多年才發生 1 次），應發展該危害的風險模式，選取其中每年變動性高又與危害有高度相關的指標進行比較分析。
- (2) 建議臺鐵後續可研擬完整之 OHL (Operating Hazard Log)，俾利實質提昇臺鐵經營之安全。

- (3) 從專家會議與教育訓練的交流過程中，各軌道營運機構均認為風險管理及安全管理乃工作習慣養成的一環，建議應長期辦理相關的訓練、演講、競賽...等，以期望風險及安全的文化深植到臺鐵的企業文化中。

3. 風險辨識方法建議

由於軌道系統之風險辨識的邏輯推演過程不易在文獻中尋得，通常文獻中多為風險辨識後的結果。建議未來在危害辨識的過程中，可將每次會議腦力激盪的紀錄留下，作為後續審視危害項目是否周全及應用風險辨識方法之參考。

4. 臺鐵安全危害項目辨識建議

- (1) 本研究所研擬之危害清單與國外的分類方式相同，建議未來可將同性質危害項目之嚴重度、頻率與國外相互比較，以檢視國內外安全水準之差異。
- (2) 建議須定時檢討已辨識出的危害是否與營運現況吻合，同時繼續探尋是否仍有未找出之危害。
- (3) 建議後續臺鐵局可與鐵工局合作針對軌道系統規劃與興建階段進行研究，辨識可能的安全危害項目。
- (4) 建議後續研究可持續進行風險辨識後的風險分析、風險評量、風險處置等工作。

5. 後續危害分析建議

- (1) 本研究雖已綜合考量臺鐵現況研擬出 2 項危害的失誤樹與事件樹，然而在各項系統與設備均持續更新的情況下，建議須定時審視最新情形來檢討失誤樹與事件樹之內容。
- (2) 至今平交道事故仍無法完全避免，建議臺鐵應於每次平交道危害發生後（無論最後造成事故或僅是虛驚事件），檢討危

害發生原因是否已包含在失誤樹內，以及事件樹中的關鍵事件是否能佐證危害所造成的後果。

- (3) 本研究僅針對一般路線上的三甲平交道進行分析，建議後續可延伸探討臺鐵其他種類平交道，以及部分與車站出發號誌連動之平交道特有的失效事件。
- (4) 後續可繼續針對高風險危害，例如旅客摔傷等危害項目進行風險分析以找出潛在的失效。
- (5) 本研究所研擬之失誤樹與事件樹為定性分析，建議臺鐵未來可持續進行各項定量分析工作，作為分析各項防護措施成本效益之依據。

6. 新增控制方法建議

針對平交道安全，本研究建議臺鐵運、工、機、電各處可新增的控制方法與各種失效原因之關係如表 8.2 所示，其中亦說明公路主管機關與鐵路警察局應新增的控制方法。

表8.2 三甲平交道建議新增控制方法

單位	類別	人員失效	設備失效	環境失效	車輛失效
臺鐵局	運務				
	工務		「鼓勵」維修人員發現異常儘速回報		
	機務	連動障礙物自動偵測設備與列車防護無線電系統	「鼓勵」司機員發現異常儘速回報		
	電務	1. 加強警燈功能（改採 LED 燈） 2. 連動障礙物自動偵測設備與列車防護無線電系統 3. 採「定時法」設計警告時間 4. 研究遮斷桿秒差			
路警局		1. 加強違規取締與執法 2. 安全宣導並規劃違規訓練			
公路主管機關		1. 考慮入口端增設減速塊可行性 2. 檢視夜間照明是否足夠 3. 增設錄影照相警示標誌 4. 審視鋪面寬度規定是否須調整 5. 加強宣導守法觀念		1. 檢討預先號誌或標誌之必要 2. 全面探討各項設備、標誌設置處是否恰當，用路人視角是否被遮蔽	考慮入口端增設減速塊可行性

參考文獻

1. An illustration of the application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) techniques to the analysis of information security risks, ISO 2007 Security, 2008.
2. Australian Transport Council (ATC) , Standard ON-S1: Occurrence Categories and Definitions, 2004.
3. Australian Transport Council (ATC) , The Australian Level Crossing Assessment Model (ALCAM) , 2010.
4. Ayyub, B. M., Risk Analysis in Engineering and Economics, Chapman & Hall/CRC, USA, 2003.
5. Baker, S., et al., “Risk response techniques employed currently for major projects”, *Construction Management and Economics*, Vol.17, No 2, 1999.
6. Ballantye T. R., Infrastructure Risk Modelling Automatic Level Crossing Automatic Half Barrier Type (Consequence Models), Railtrack, 1998.
7. Bousquet Paul, Use of New Technology for Highway Rail Intersections and Train Control, 2005.
8. Canadian Standards Association, Risk management: Guidelines for decision makers CAN/CSA-Q850-97, Canadian Standards Association, 1997.
9. Chanwoo Park., et al., Risk-based Evaluations and Trends of Railway Casualty Accidents on the National Railway of South Korea, International Railway Safety Conference 2007.

10. Clifton A. Ericson, Hazard Analysis Techniques for System Safety, John Wiley & Sons, 2005.
11. David Hillson, “Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks”, Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, 2002.
12. David Hillson, Sabrina Grimaldi, and Carlo Rafele, “Managing Project Risks Using a Cross Risk Breakdown Matrix”, *Risk Management*, Vol.8, 2006.
13. Department of Infrastructure, Energy & Resources (DIER) , Railway Safety Risk Standard, Tasmania, 2004.
14. Eccles, R. G., Jr., and Lee Puschaver, “In Pursuit of the Upside: The New Opportunity in Risk Management”, *Pricewaterhouse Review*, 1996.
15. EN50126 Blog Website: <http://en50126.blogspot.com/>.
16. ETWB, Risk Management for Public Works-Risk Management User Manual, Environment Transport and Works Bureau, Hong Kong SAR, 2005.
17. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 1: Basic requirements and generic process, EN50126-1, 1999.
18. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety, EN50126-2, 2007.

19. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 3: Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAMS, EN50126-3, 2006.
20. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-Communications, Signalling and Processing Systems-Software for Railway Control and Protection systems, EN50128, 2001.
21. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-Communication, Signalling and Processing Systems-Safety Related Electronic Systems for Signalling, EN50129, 2003.
22. Evans, A. W., "Speed and rolling stock of trains in fatal accidents on Britain's main line railways: 1967-2000", *Proc Instn Mech Engrs*, Part F: J Rail and Rapid Transit, Vol 216, 2002.
23. Fararooy, S., Managing a System Safety Case in an Integrated Environment, 2004.
24. Fault-Tree.net Website:<http://www.fault-tree.net/>.
25. Federal Transit Administration (FTA) , 49CFR659:Rail Fixed Guideway System:State Safety Oversight, 2005.
26. Federal Transit Administration (FTA) , Implementation Guidelines for 49 CFR Part 659, 2006.
27. Johan Bäckman, Railway Safety - Risks and Economics, KUNGL. TEKNISKA HÖGSKOLAN Royal Institute of Technology Doctoral thesis, 2002.

28. Haddon, W. Jr., M. D., “On the Escape of Tigers: An Ecological Note”, *Institute for Highway Safety*, 1970.
29. Heinrich, H. W., *Industrial Accident Prevention*, McGraw-Hill, 1959.
30. Her Majesty’s Stationery Office (HSE), *Investigation into the Clapham Junction Railway Accident*, 1989.
31. Hiromitsu Kumamoto, Ernest J. Henley, *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists 2nd Ed.*, IEEE Press, 1996.
32. Hong Kong MTR Network, *Safety Management Systems*, 2007.
33. Independent Transport Safety Regulator, *Checklist for Level Crossing Investigations-Version 1.0*, Australia, 2010.
34. International Electrotechnical Commission (IEC) , *Standard for Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems*, IEC61508, 2005.
35. James Reason, *Human Error*, N. Y., Cambridge University Press, 1990.
36. Karl Ove, Ingebrigtsen, *Risk Management in Railway Projects*, International Railway Safety Conference 2007.
37. Korea Railroad Research Institute (KRRI) , *Development and Application of Hazard Analysis & Risk Assessment Models for the Korea Railway*, 2008.
38. Korea Railroad Research Institute (KRRI), *Review and Assessment of the Korea Rail Safety Performance using Risk Assessment Models*, 2008.
39. Lorna Love, Chris Johnson, “Using Diagrams to Support the Analysis of System ‘Failure’ and Operator ‘Error’”, *Proceedings of HCI on People and Computers XII*, 1997.

40. Marvin Rausand, Arnljot Høyland, System Reliability Theory Models, Statistical Method, and Application 2nd Ed., Wiley Inter-Science, 2004.
41. Metropolitan Transportation Authority (MTA) , Department of Subways System Safety Program Plan, 2005.
42. MODURBAN Website: <http://www.modurban.org/>
43. MODURBAN, Example of an Application of the Preliminary Hazard Log for MODURBAN, Final Draft, 2008.
44. MODURBAN, Preliminary Hazard Log, Final Draft, 2008.
45. Mowbray, A. H., Insurance, McGraw-Hill, 1930.
46. Muttram, R. I., “Railway Safety’s Safety Risk Model”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 216, No 2, 2002.
47. New York State Department of Transportation Public Transportation Safety Board Commuter Rail and Subway Safety Section, System Safety Program Plan Guidelines for Commuter Rail Transit Systems, 1996 °
48. New York State Department of Transportation Public Transportation Safety Board Commuter Rail and Subway Safety Section, System Safety Program Plan Guidelines for Heavy Rail Systems, 1996 °
49. New York State Department of Transportation Public Transportation Safety Board Commuter Rail and Subway Safety Section, System Safety Program Plan Guidelines for Light Rail Systems, 1996 °
50. Office of Nuclear Regulatory Research , PRA Procedures Guide, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983.
51. Office of Nuclear Regulatory Research , Fault Tree Handbook, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1981.

52. Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis, Military Standard, U.S.A., 1980.
53. Proctor P., Infrastructure Risk Modelling Automatic Level Crossing Automatic Half Barrier Type, Railtrack, 1997.
54. Queensland Government, The Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD Queensland) , 2010.
55. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Annual Safety Performance Report, U.K., 2006.
56. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Development of a Level Crossing Risk Management Toolkit – Summary Report, 2008.
57. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Engineering Safety Management (The Yellow Book) , Volume 1 and 2 Fundamentals and Guidance Issue 4, 2007.
58. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Evaluating the safety benefits from miniature warning lights at user worked crossings, 2007.
59. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Examining the benefits of ‘another train coming’ warnings at level crossings, 2008.
60. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Half-year safety performance report 2009/10, U.K.,2009.
61. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Human factors risk at user worked crossings, 2004.
62. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Optimising public communication with signallers in emergencies at level crossings, 2009.
63. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Research into obstacle detection at level crossings, 2006.

64. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Research into the safety benefits provided by train horns at level crossings, 2006.
65. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Risk Profile Bulletin version 5.5, U.K.,2008.
66. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Risk Profile Bulletin version 6.0, U.K.,2009.
67. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , D3 - Report on Risk Modelling Techniques for level crossing risk and system safety evaluation, Safer European Level Crossing Appraisal and Technology (SELCAT) , 2008.
68. Rail Safety and Standards Board (RSSB) , Understanding human factors and developing risk reduction solutions for pedestrian crossings at railway stations, 2009.
69. Railtrack PLC, Engineering Safety Management (The Yellow Book) , Volume 1 and 2 Fundamentals and Guidance, Issue 3, 2000.
70. SAMRAIL, European Commission Fifth Framework programme SAMRAIL-WP 2.4.1 Definition of Risk, 2004.
71. Smith, S. P., and Harrison, M. D., “Measuring reuse in hazard analysis”, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 89, No 1, 2005.
72. Standards Australia, AS 4292.1-2006 Railway Safety Management Part 1: General Requirements, Standards Australia, 2006.
73. Standards Australia/Standards New Zealand, RISK MANAGEMENT GUIDELINES Companion to AS/NZS 4360:2004, 2004
74. Stephans, R. A., System Safety for the 21st Century, Wiley, USA, 2004.

75. The Rail Safety Regulators Panel Australia, National Rail Safety Accreditation Guideline Version 2.0, The Rail Safety Regulators Panel Australia, 2005.
76. The Rail Safety Regulators Panel Australia, Safety Management System Guidance for Tourist & Heritage Railway Operators, The Rail Safety Regulators Panel Australia, 2006.
77. Tsugio Sekiji (JR EAST), “Details of 2013 Safety Vision-The 5th Five-year Safety Plan for East Japan Railway Company”, Proceedings of the International Railway Safety Conference (IRSC), 2009.
78. United Nations, Evaluation Of Cost-Effective Systems For Railway Level-Crossing Protection, Economic And Social Commission For Asia And The Pacific, N.Y., 2000
79. Wharton, F., “Risk Management : Basic Concepts and General Principle”, in: Ansell, J., Wharton, F., Risk : Analysis, Assessment and Management, John Wiley & Sons, 1992.
80. Woolford, P., “Railway Group Safety Performance Monitoring - Definition and Guidance”, *Railway Safety London*, U.K., 2003.
81. Workplace Health and Safety Queensland Department of Justice and Attorney-General, Cane Rail Safety-A Supplement to the Sugar Industry Code of Practice 2005, 2008.
82. 卜賢琳，以技術預測方法探討傳統電信網路及網路電話的發展，中原大學碩士論文，2004 年。
83. 工業技術研究院知識分享網，網址：<http://www.ipc.itri.org.tw>。
84. 中興工程顧問社，捷運系統旅客流模擬模式及程式研發，民國 98 年。
85. 王世煌，工業安全風險評估，揚智文化，2002 年 9 月。

86. 台灣高速鐵路股份有限公司，ROD Incident and Accident Reporting and Investigation Procedure，2006 年。
87. 台灣高速鐵路股份有限公司，台灣高速鐵路公司風險危害管理，軌道運輸系統經營管理研討會簡報資料，2010 年 5 月。
88. 交通部，鐵路行車規則，2008 年 8 月修正。
89. 交通部高速鐵路工程局，「甲仙地震高鐵列車出軌及設備損壞案」風險案例檢討報告，2010 年。
90. 交通部運輸研究所，建立臺鐵安全績效指標之研究，2009 年 7 月。
91. 交通部運輸研究所，應用風險管理於航空安全之研究，2002 年 2 月。
92. 交通部臺灣鐵路管理局，風險管理案例分析，2010 年。
93. 交通部臺灣鐵路管理局，規章（運轉）（下），2002 年 1 月。
94. 交通部臺灣鐵路管理局，規章（運轉）（上），2002 年 1 月。
95. 交通部臺灣鐵路管理局，赴日本考察平交道設施及技術，行政院及所屬各機關出國報告，2007 年。
96. 交通部臺灣鐵路管理局，實用鐵路號誌，1996 年 6 月。
97. 行政院研究考核委員會，風險管理及危機處理作業手冊，2009 年。
98. 行政院農業委員會林務局，阿里山森林鐵路營運風險及危機管理機制，2008 年。
99. 何耀輝，預防性失效分析—FMECA&FTA 之應用，中華民國品質學會，2001 年。
100. 余序江、許志義、陳澤義，科技預測與規劃，五南出版公司，1998 年。
101. 吳道章，「香港地鐵的安全風險管理」，都市快軌交通，第 20 卷，第 6 期，2007 年。

102. 李治綱等，「公共運輸之安全績效：臺灣鐵路管理局之個案分析」，*運輸計劃季刊*，第 38 卷，第 4 期，2009 年。
103. 東日本旅客鐵路株式會社網站，網址：
<http://www.jreast.co.jp/tc/index.html>
104. 施文雄，「實務觀點下的鐵路系統安全發展趨勢」，*交通部運輸研究所科技新知*，2004 年。
105. 施伯杰，以故障樹與事件樹分析法探討平交道風險事故，成功大學碩士論文，2008 年。
106. 施嘉申、錢雪軍、趙惠祥，「基于初步危害分析的城市軌道交通系統安全性分析」，*城市軌道交通研究*，第 9 卷，第 1 期，2006 年。
107. 韋伯線上字典查詢網站，網址：
<http://machaut.uchicago.edu/websters>。
108. 風險博士—Dr. David Hillson 網站，網址：
<http://www.risk-doctor.com/>。
109. 唐鵬州，平交道模擬模式建構與肇事風險分析，國立成功大學交通管理學系碩士論文，民國 94 年。
110. 凌氫寶，「企業經營的風險（上）（下）」，*華僑產物保險雙月刊*，第 5 卷，第 3、4 期，1983 年。
111. 張有恆，軌道運輸管理，華泰文化，2007 年 1 月。
112. 陳天健等，災害管理學辭典，五南圖書，2007 年。
113. 陳繼堯，危險管理論，三民書局，1993 年。
114. 陶冶中，軌道運輸系統智慧化之安全分析方法研究，2003 年。
115. 章艾霞，施工風險管理資訊平台建置成果及系統展示，中興工程顧問股份有限公司人員儲備訓練課程講義，2010 年。
116. 麻省理工學院網頁，網址：<http://web.mit.edu>。

117. 黃荻昌，捷運工程，北門出版社，2006 年。
118. 黃艷敏、郝建新，「WBS-RBS 法在城市軌道工程風險辨識中的應用」，*都市快軌交通*，第 17 卷，第 4 期，2004 年。
119. 葉名山、邱品翰、劉欣憲，「我國軌道行車保安委員會組織之研究」，*運輸計劃季刊*，第 35 卷，第 3 期，2006 年。
120. 臺灣糖業股份有限公司，風險評估作業要點，98 年 9 月。
121. 臺灣糖業股份有限公司，網址：<http://www.taisugar.com.tw>。
122. 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 29 卷，第 1 期，2000 年。
123. 鄭子良，先進偵測系統對鐵路平交道安全之影響研究，國立中央大學土木工程學系碩士論文，2002 年。
124. 鄭自隆，高雄市設立都市危機溝通管理之研究，行政院研考會，1999 年。
125. 鄭裕哲，整合環境與安全衛生風險評估方法之研究，成功大學碩士論文，2008 年 7 月。
126. 鄭燦堂，風險管理理論與實務，五南圖書出版股份有限公司，2009 年 9 月。
127. 鄧家駒，風險管理，華泰文化，2005 年 6 月。

附錄 A 名詞對照表

1.	ALARP	As Low As Reasonably Practicable，合理的情況下將風險降至最低
2.	ETA	Event Tree Analysis，事件樹分析
3.	FEMA	Federal Emergency Management Agency，美國聯邦緊急事故管理總署
4.	EN50126-1	Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety
5.	EN50126-2	Guide to the application of EN 50126-1 for safety
6.	EN50126-3	Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAMS
7.	EN50128	Railway Applications-Communications, Signaling and Processing Systems-Software for Railway Control and Protection systems
8.	EN50129	Railway Applications-Communication, Signaling and Processing Systems-Safety Related Electronic Systems for Signaling
9.	EQF	Equivalent Fatality，等效死亡
10.	ETWB	Environment, Transport and Works Bureau，香港環境運輸及工務局
11.	FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis，故障模式影響與嚴重性分析
12.	FTA	Fault Tree Analysis，失誤樹分析
13.	FTA	Federal Transit Administration，美國大眾運輸署
14.	FWI	Fatalities and Weighted Injuries，死亡與加權受傷
15.	GAMAB	Globalement Au Moins Aussi Bon，法國接受安全風險之標準，新系統安全性至少要與現有同類型系統一樣好
16.	HAZOP	Hazard and Operational Analysis，危害與可操作性分析
17.	HEM	Hazardous Event Movement，移動危害
18.	HEN	Hazardous Event Non-movement，非移動危害
19.	HET	Hazardous Event Train，列車危害
20.	ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act，美國陸面複合運輸效率法案
21.	KRRI	Korea Railroad Research Institute，南韓軌道研究中心
22.	KTX	Korea Train eXpress，南韓高鐵系統
23.	MEM	Minimum Endogenous Mortality，德國接受安全風險

		之標準，訂出可接受的死亡率
24.	MKBF	Mean Car-Kilometers Between Service-Delay Failure，平均延誤失效發生之間隔車公里
25.	MTA	Metropolitan Transportation Authority，紐約大都會運輸署
26.	OSS	Office of System Safety，紐約大眾運輸系統安全辦公室
27.	OT	Operation and Transfer，委外經營
28.	PDCA	Plan, Do, Check, Action，規劃、推動、矯正、審查之管理程序
29.	RAMS	Reliability, Availability, Maintainability and Safety，可靠度、妥善率、維修度、安全度
30.	RBD	Reliability Block Diagram，可靠度方塊圖
31.	RBS	Risk Breakdown Structure，風險分解結構方法
32.	RPN	Risk Priority Numbers，風險優先數值
33.	SIL	Safety Integrity Level，安全等級
34.	SMP	Safety Management Plan，高雄捷運的安全管理計畫
35.	SRI	Stanford Research Institute，史丹福國際研究院
36.	SRM	Safety Risk Model，英國安全風險模式
37.	SSP	System Security Plan，系統保全計畫
38.	SSPP	System Safety Program Plan，系統安全促進計畫
39.	STD	State Transition Diagram，狀態轉換圖
40.	SWIFT	Structured What-If Technique，結構化 What-If 分析法
41.	WBS	Work Breakdown Structure，工作分解結構

附錄 B 國內外各軌道系統危害清單對照

國內外各軌道系統危害清單對照

本附錄依序整理國內外各軌道系統或有關計畫所研擬之危害項目，並說明與本研究所辨識出臺鐵危害清單之對應關係。此外，部分軌道系統僅能蒐集到事故項目，故探討內容著重於該事故可能由清單內何項危害造成。此外，有兩個系統礙於營運安全之考量，因此以「軌道系統（一）」與「軌道系統（二）」稱之，說明如下。

B.1 英國

本研究整理英國 SRM 第五版內容，將其中列車危害、移動危害、非移動危害與臺鐵危害清單分別對照如表 B.1~表 B.3所示：

表B.1 英國 SRM 列車危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
兩列非旅客列車發生碰撞	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
列車撞擊軌道上的異物(沒有導致出軌)	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
列車撞擊大型異物導致車體結構上的損壞	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
兩列旅客列車於車站內發生碰撞(作業許可)	[列車危害][碰撞][車站內-載客列車碰撞]
一列旅客列車與一列非旅客列車於車站內發生碰撞	[列車危害][碰撞][車站內-載客列車碰撞]
兩列非旅客列車於車站內發生碰撞	[列車危害][碰撞][車站內-非載客列車碰撞]
撞擊止衝檔	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮

危害項目	對照狀況
旅客列車與公路車輛於平交道相撞	[列車危害][碰撞][平交道-載客列車與公路車輛碰撞]
非旅客列車與公路車輛於平交道相撞	[列車危害][碰撞][平交道-非載客列車與公路車輛碰撞]
旅客列車出軌	[列車危害][出軌][車站間-載客列車出軌]
非旅客列車出軌	[列車危害][出軌][車站間-非載客列車出軌]
旅客列車於站內出軌	[列車危害][出軌][車站內-載客列車出軌]
非旅客列車於站內出軌	[列車危害][出軌][車站內-非載客列車出軌]
運行異常。例如：異常的減速	設備故障屬於危害原因故不納入
旅客列車於站內失火	[列車危害][火災][車站內-載客列車火災]
旅客列車失火	[列車危害][火災][車站間-載客列車火災]
貨車於站內失火	[列車危害][火災][車站內-非載客列車火災]
貨車失火	[列車危害][火災][車站間-非載客列車火災]
列車遭受建築崩塌物或是大型異物之壓損	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
站內建築崩塌物之壓損	[非移動危害][物體墜落]
旅客列車發生爆炸	[列車危害][爆炸][載客列車爆炸]
貨車發生爆炸	[列車危害][爆炸][非載客列車爆炸]

表B.2 英國 SRM 移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
端門疏散旅客至後方列車	牽涉範圍太廣不宜作為危害項目
旅客從運行中之列車摔出	[移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道]

危害項目	對照狀況
旅客因倚靠車身不慎摔出遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊旅客]
旅客遭受車窗外丟入之異物擊傷	[移動危害][攻擊][旅客遭受攻擊]
列車門關閉時夾傷旅客	[移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
旅客陷落於列車與月台之間隙	[移動危害][掉落月台間隙]
旅客於站內摔落至軌道上	[非移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道]
旅客從月台上摔落且遭受列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊旅客]
旅客於上下列車時不慎跌傷	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][旅客滑倒/跌倒/摔倒]
旅客於月台上遭異物擊傷	[移動危害][物體墜落] [移動危害][攻擊][旅客遭受攻擊]
旅客跨越站內軌道時遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊旅客]
大眾闖越者跨越站內軌道時遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊大眾]
列車過度擁擠	擁擠不列入危害
列車服務人員遭受列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊員工] [移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊員工] [移動危害][撞擊（含自殺）][機廠-撞擊員工]
列車服務人員從行駛中列車摔出	[移動危害][摔入軌道][員工摔入軌道]

危害項目	對照狀況
列車服務人員於上下列車時 跌傷	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][員工滑倒/跌 倒/摔倒]
列車服務人員因倚靠車身不 慎摔出後遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊 員工]
列車服務人員遭受車窗外丟 入之異物擊傷	[移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]
工作人員遭受列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊 員工] [移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊 員工]
工作人員遭受丟擲物襲擊	[移動危害][攻擊][員工遭受攻擊] [非移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]
工作人員陷落於列車與月台 之間隙	[移動危害][掉落月台間隙]
工作人員/列車服務人員於站 內從列車摔出至軌道上	[移動危害][摔入軌道][員工摔入軌道]
列車門關閉時夾傷工作人員	[移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
工作人員因倚靠不慎從機具/ 車輛上摔落至軌道上而遭受 撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊 員工]
成年的闖越者於 Railtrack 所 轄設施上遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊 大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][機廠（段） 內-撞擊大眾]
幼年的闖越者於 Railtrack 所 轄設施上遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊 大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][機廠（段） 內-撞擊大眾]

危害項目	對照狀況
大眾於平交道被列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][平交道-撞擊大眾]
大眾於人行平交道被列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][平交道-撞擊大眾]
Railtrack 所轄設施操作不當而導致設備外之大眾遭受撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][機廠（段）內-撞擊大眾]
大眾非法搭乘列車時跌傷	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][大眾滑倒/跌倒/摔倒]
大眾自殺或是嫌疑自殺	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][平交道-撞擊大眾]
大眾遭受來自 Railtrack 所轄設施之異物襲擊	[移動危害][攻擊][大眾遭受攻擊]

表B.3 英國 SRM 非移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
站內軌道側發生火災	[非移動危害][火災][車站（地下段）火災] [非移動危害][火災][車站（平面段）火災] [非移動危害][火災][車站（高架段）火災]
站內發生火災	[非移動危害][火災][車站（地下段）火災] [非移動危害][火災][車站（平面段）火災] [非移動危害][火災][車站（高架段）火災]

危害項目	對照狀況
軌道側發生爆炸	[非移動危害][爆炸][站間爆炸] [非移動危害][爆炸][機廠爆炸]
站內發生爆炸	[非移動危害][爆炸][車站爆炸]
旅客暴露在外洩之有害物質中	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
旅客於站內暴露在外洩之有害物質中	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
旅客於站內暴露在電弧中	[非移動危害][觸電][旅客觸電（牽引電力系統）]
旅客於站內不慎觸電(因架空線)	[非移動危害][觸電][旅客觸電（牽引電力系統）]
旅客於站內不慎觸電(因導電軌)	臺鐵不適用（無導電軌）
旅客於站內不慎觸電(非因牽引電力線)	[非移動危害][觸電][旅客觸電（非牽引電力系統）]
旅客於站內暴露在有害濃煙	[非移動危害][有害氣體]
旅客從月台跌落至軌道(沒有列車在場)	[非移動危害][摔入軌道]
旅客滑/絆/跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中除[平交道-滑倒/跌倒/摔倒]不適用旅客外，所有子項目均適用
旅客從站內天橋上跌落	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][天橋-滑倒/跌倒/摔倒]
旅客站內疏散時跌傷	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中除[平交道-滑倒/跌倒/摔倒]不適用外，所有子項目均適用。
旅客因站內過度擁擠被人群踩傷	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中除[平交道-滑倒/跌倒/摔倒]不適用外，所有子項目

危害項目	對照狀況
	均適用。
列車服務人員暴露在危險物質中	[非移動危害][有害氣體/液體] [非移動危害][電磁波/輻射]
列車之服務人員不慎觸電(因導電軌)	臺鐵不適用(無導電軌)
列車之服務人員不慎觸電(因架空線)	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)]
工作人員遭受建築崩塌物或是大型異物之壓傷	[非移動危害][物體墜落]
工作人員受困在機具中	受困不列入危害
工作人員於月台區域受到擊傷	[非移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]
工作人員滑/絆/跌倒(小於 2 公尺)	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中所有子項目均適用。
工作人員滑/絆/跌倒(大於 2 公尺)	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中,除了[平交道-滑倒/跌倒/摔倒]外,所有子項目均適用。
工作人員遭受非列車車輛撞傷	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
工作人員燒燙傷	[非移動危害][灼傷]
工作人員暴露在電弧中	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)]
工作人員暴露在危險之物質中	[非移動危害][有害氣體/液體] [非移動危害][電磁波/輻射]
工作人員不慎觸電(因導電軌)	臺鐵不適用(無導電軌)
工作人員不慎觸電(因架空線)	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)]

危害項目	對照狀況
工作人員不慎觸電(非因牽引電力線)	[非移動危害][觸電][員工觸電(非牽引電力系統)]
工作人員窒息/溺水	[非移動危害][溺斃]
工作人員暴露在爆炸中	[非移動危害][爆炸][車站爆炸] [非移動危害][爆炸][站間爆炸] [非移動危害][爆炸][機廠爆炸]
在 Railtrack 所轄之設施上因道路交通事故死傷之工作人員	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
成年之闖越者於 Railtrack 所轄設施內跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][平交道-滑倒/跌倒/摔倒] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][其他地點-滑倒/跌倒/摔倒]
成年之闖越者不慎遭受電擊(誤觸架空線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)]
成年之闖越者不慎遭受電擊(誤觸導電軌)	臺鐵不適用(無導電軌)
成年之闖越者不慎遭受電擊(誤觸非牽引電力線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
幼年之闖越者於 Railtrack 所轄設施內跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][平交道-滑倒/跌倒/摔倒] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][其他地點-滑倒/跌倒/摔倒]
幼年之闖越者不慎遭受電擊(誤觸架空線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)]
幼年之闖越者不慎遭受電擊(誤觸導電軌)	臺鐵不適用(無導電軌)

危害項目	對照狀況
幼年之闖越者不慎遭受電擊 (誤觸非牽引電力線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
大眾被平交道設施撞擊或困住	撞擊可歸類於[非移動危害][物體墜落]; 收困不屬於危害未列入。
大眾從外側摔落至 Railtrack 所轄設施內	[非移動危害][摔入軌道]
大眾於平交道滑/絆/跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][平交道-滑倒/跌倒/摔倒]
大眾於人行平交道滑/絆/跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][平交道-滑倒/跌倒/摔倒]
大眾於 Railtrack 所轄設施遭遇到火災	[非移動危害][火災][站間(地下段)火災] [非移動危害][火災][站間(高架段)火災] [非移動危害][火災][站間(平面段)火災]
大眾於 Railtrack 所轄設施遭遇到爆炸	[非移動危害][爆炸][站間爆炸]
大眾遭遇到電弧	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
大眾不慎觸電(誤觸架空線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)]
大眾不慎觸電(誤觸導電軌)	臺鐵不適用
大眾不慎觸電(於 Railtrack 所轄設施內誤觸非牽引電力線)	[非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
大眾於 Railtrack 所轄設施且暴露於外洩之有害物質中	[非移動危害][有害氣體/液體] [非移動危害][電磁波/輻射]

B.2 澳洲軌道

本研究僅蒐集到澳洲軌道事故分類方式，故表 B.4探討臺鐵危害清單中可能造成這些事故的危害項目。

表B.4 澳洲軌道系統事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
出軌	[列車危害][出軌]之 7 個子項目
碰撞	[列車危害][碰撞]之 20 個子項目
平交道災害	[列車危害][碰撞]中的 4 個子項目 [移動危害][撞擊(含自殺)]中的 2 個子項目
冒進號誌	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
闖越可行區間	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
異常的號誌	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
滑倒、絆倒、摔落	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]
不合規定的裝載	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
危險物品	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
不遵守或是違反安全工作	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
軌道或公共設備的異常	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車廂的異常	
電力設備的異常	
火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目 [非移動危害][火災]之 8 個子項目
爆炸	[列車危害][爆炸]之 3 個子項目 [非移動危害][爆炸]之 3 個子項目

事故項目	可能導致事故發生之危害
疑似攻擊	[移動危害][攻擊]之 3 個子項目 [非移動危害][攻擊]之 3 個子項目
嫌疑的自殺或是企圖自殺	[移動危害][撞擊(含自殺)]之 10 個子項目
酒精或是藥物的異常	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
破壞公物	破壞公物不列入危害

B.3 南韓

南韓於 2006 年制定 Railway Accident Report Regulation，其中亦規定了安全事故項目，主要區分為移動事故、列車運轉延滯事故、非移動事故、天然災害四類，茲整理臺鐵危害清單中可能導致上述事故發生對照清單如表 B.5～表 B.8。

表B.5 南韓移動事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
列車 事故	列車碰撞事故
	[列車危害][碰撞]中所有子項目
	列車出軌事故
	[列車危害][出軌]中所有子項目
平交 道事 故	列車火災事故
	[列車危害][火災]中所有子項目
運轉 死傷 事故	其他列車事故
	未明確定義
	列車碰撞公路車輛 (不含撞人)
	[列車危害][碰撞]中涉及公路車輛項目
運轉 死傷 事故	旅客死傷
	此為危害發生的後果，故不予考慮
	員工死傷
運轉 死傷 事故	大眾死傷(含平交道 上列車撞人)
	此為危害發生的後果，故不予考慮

表B.6 南韓列車運轉延滯事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
車輛出軌	[列車危害][出軌][機廠(段)內-鐵路車輛出軌]
車輛損害	牽涉範圍太廣不予考慮
車輛火災	[列車危害][火災][機廠(段)內-鐵路車輛火災]
車輛分離	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車輛溜逸	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
違規行為如冒進號誌	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
路線鐵軌故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
供電系統故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
號誌系統故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車輛故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.7 南韓非移動事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
死傷事故	此為危害發生的後果，故不予考慮
火災	[非移動災害][火災]中所有子項目
基礎設施/設備事故	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
施工事故	未明確定義

表B.8 南韓天然災害項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
天然災害	[自然災害]中所有子項目

B.4 歐洲 MODURBAN

MODURBAN 所研擬的危害項目架構共分為 9 層，經檢視後確認前二層可視為危害項目，而後 3~9 層則可視為原因說明與描述，因此本節僅以前 2 層與臺鐵危害清單作分類對照如表 B.9~表 B.15 所示：

表B.9 MODURBAN 列車移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
列車侵入淨空區域	[列車危害][出軌]之 7 個子項目
物體/人員侵入列車淨空區域	[列車危害][出軌]之 7 個子項目 [列車危害][碰撞]之 20 個子項目 [移動危害][撞擊]之 10 個子項目 [移動危害][摔入軌道]之 3 個子項目 [移動危害][觸電]之 3 個子項目
列車於非淨空區域內之碰撞危害	[列車危害][出軌]之 7 個子項目 [列車危害][碰撞]之 20 個子項目

表B.10 MODURBAN 列車內部危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
人員因物體撞擊受傷	[移動危害][物體墜落]
爆炸	[列車危害][爆炸]之 3 個子項目
人員掉落列車	[移動危害][摔入軌道]之 3 個子項目
火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目
溫度異常	[移動危害][溫度異常]
窒息	[移動危害][窒息]
毒氣	[移動危害][有害氣體/液體]

危害項目	對照狀況
輻射	[移動危害][電磁波/輻射]
車內觸電	[移動危害][觸電]之 3 個子項目
人員接觸機械設備	[移動危害][灼傷] [移動危害][窒息]
人員暴露於噪音	[移動危害][噪音]

表B.11 MODURBAN 列車-車站介面危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
旅客從車上掉落至軌道	[移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道]
列車關門受傷	[移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
列車離開時旅客陷於車門	[移動危害][掉落月台間隙] [移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
旅客上下車時列車移動	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊旅客] [移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道] [移動危害][掉落月台間隙] [移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
旅客於列車間的間隙	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊旅客] [移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道] [移動危害][掉落月台間隙]
旅客掉落列車月台間隙	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊旅客] [移動危害][摔入軌道][旅客摔入軌道] [移動危害][掉落月台間隙]
觸電	[移動危害][觸電]

表B.12 MODURBAN 車站內部危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
人員被掉落物擊中	[非移動危害][物體墜落]
人員被尖銳物體刺傷	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
人員遭凸出物體受傷	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
輪椅危害	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
車站內跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]
人員掉落/侵入站內軌道	[非移動危害][摔入軌道] [非移動危害][觸電]
站內觸電	[非移動危害][觸電]
煙霧	[非移動危害][窒息]
爆炸	[非移動危害][爆炸]之 3 個子項目
火災	[非移動危害][火災]之 8 個子項目
毒氣	[非移動危害][窒息]

表B.13 MODURBAN 機廠危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
運作中的機械設備導致員工受傷	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
調車危害	[列車危害][出軌][機廠（段）內-鐵路車輛出軌] [列車危害][碰撞]與機廠相關之若干項目
過多列車進入營運區域	[列車危害][出軌][機廠（段）內-鐵路車輛出軌] [列車危害][碰撞]與機廠相關之若干項目

危害項目	對照狀況
機廠區域內之旅客	[移動危害][撞擊][機廠（段）內-撞擊大眾]
被列車輾過	[移動危害][撞擊][機廠（段）內-撞擊大眾] [移動危害][撞擊][機廠（段）內-撞擊員工]

表B.14 MODURBAN 行控中心危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
火災	[非移動危害][火災][行控中心火災]
觸電	[非移動危害][觸電][員工觸電（非牽引電力系統）]
爆炸	[非移動危害][爆炸][車站爆炸] [非移動危害][爆炸][機廠爆炸]
倒塌	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
恐怖/犯罪攻擊	[非移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]

表B.15 MODURBAN 維修危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
運作中的機械設備導致員工受傷	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
觸電	[非移動危害][觸電][員工觸電（牽引電力系統）] [非移動危害][觸電][員工觸電（非牽引電力系統）]
移動中列車導致受傷	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][車站間-撞擊員工]

危害項目	對照狀況
	[移動危害][撞擊][機廠（段）內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][平交道-撞擊員工]
導軌或者通道的障礙物	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]
維護時爆炸	[非移動危害][爆炸]之 3 個子項目
維護時火災	[非移動危害][火災]之 8 個子項目
窒息/中毒	[非移動危害][窒息]
溫度異常	[非移動危害][溫度異常]
員工於危險時無法離開軌道	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][車站間-撞擊員工] [移動危害][撞擊][機廠（段）內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][平交道-撞擊員工]
輻射	[非移動危害][電磁波/輻射]
員工被設備鉤住	[非移動危害][非列車、車輛之撞擊]

表B.16 MODURBAN 緊急疏散危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
鄰近軌道車輛的移動	[列車危害][出軌]之 7 個子項目 [列車危害][碰撞]之 20 個子項目 [移動危害][撞擊]之 10 個子項目 [移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 3 個子項目 [移動危害][摔入軌道]之 3 個子項目

危害項目	對照狀況
火災	[非移動危害][火災]與車站、站間相關之若干子項目
窒息/中毒	[非移動危害][窒息] [非移動危害][有害氣體/液體]
觸電	[非移動危害][觸電]之 6 個子項目
撤離時爆炸	[非移動危害][爆炸]之 3 個子項目
溫度異常	[非移動危害][溫度異常]
輻射	[非移動危害][電磁波/輻射]
水災/淹溺	[非移動危害][溺斃]
疏散時受傷	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 3 個子項目 [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 7 個子項目

B.5 台灣高鐵

高鐵系統共分為四類危害項目，與臺鐵危害清單的對照如表 B.17～表 B.20所示。

表B.17 台灣高鐵自然危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
地震	[自然危害][地震]
水災	[自然危害][洪水]之 5 個子項目
山崩	[自然危害][山崩]
強風	[自然危害][強風]

表B.18 台灣高鐵列車危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
撞車	[列車危害][碰撞]20 個子項目中，排除平交道後與列車、車輛相關之若干項目
脫軌	[列車危害][出軌]之 7 個子項目
列車失火	[列車危害][火災]之 5 個子項目
行進障礙	[列車危害][碰撞]20 個子項目中，排除平交道後與障礙物相關之若干項目

表B.19 台灣高鐵移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
上下列車	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒] [移動危害][摔入軌道] [移動危害][掉落月台間隙]
車廂門開關	[移動危害][夾傷][遭列車門夾傷]
掉落月台後遭列車撞擊	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊旅客] [移動危害][撞擊][車站內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][車站內-撞擊大眾]
穿越車站軌道	[移動危害][撞擊][車站內-撞擊旅客] [移動危害][撞擊][車站內-撞擊員工] [移動危害][撞擊][車站內-撞擊大眾]

表B.20 台灣高鐵非移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
滑倒、跌倒或摔跤	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 3 個子項目
電扶梯/電梯使用	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][電梯] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][其他]

危害項目	對照狀況
	[非移動危害][夾傷][遭其他物體夾傷]
由月台跌落軌道	[非移動危害][摔入軌道]
樓梯使用	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][樓梯]

B.6 臺北捷運

本研究僅蒐集到臺北捷運系統事故分類方式，故表 B.21 僅探討臺鐵危害清單中可能導致事故的項目。

表B.21 臺北捷運系統事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
行控電腦故障	設備故障僅為安全危害發生的原因之一，故不予納入。
電聯車故障	
轉轍器故障	
號誌故障	
通訊故障（不含車載通訊）	
供電故障	
火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目 [非移動危害][火災]之 8 個子項目
天災（如颱風、地震、雷擊等）	[自然危害]之 6 個子項目
外來因素（如旅客違規行為、外來物或動物侵入等）	[列車危害][撞擊][撞擊障礙物]
可控人為因素（如承商維修或處置不當、員工違反規定或作業疏失等）	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
土建（如軌道積水、軌道或帽樑受損等）	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

事故項目	可能導致事故發生之危害
人員入侵軌道	[移動危害][摔入軌道] [非移動危害][摔入軌道]
列車擠軌、出軌或傾覆	[列車危害][出軌]之 7 個子項目
列車衝撞	[列車危害][碰撞]之 20 個子項目
不明原因	未明確定義
其他	未明確定義

B.7 高雄捷運

本研究僅蒐集到高雄捷運系統事故分類方式，故表 B.22 僅探討臺鐵危害清單中可能導致事故的項目。

表B.22 高雄捷運系統事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
設備故障	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目 [非移動危害][火災]之 8 個子項目
天然災害	[自然危害]中之所有子項目
旅客行為因素	此為事故原因而非危害
員工行為因素	此為事故原因而非危害
承包商疏失	此為事故原因而非危害
列車擠軌	[列車危害][出軌]之部分子項目
列車出軌	[列車危害][出軌]之 7 個子項目
列車傾覆	[列車危害][出軌]之部分子項目
列車衝撞	[列車危害][碰撞]之部分子項目
其他	未明確定義

B.8 阿里山森林鐵路

阿里山森林鐵路雖有運務、機務、工務及綜合四種風險項目，惟其內容多屬於原因描述，故表 B.23～表 B.26 中僅探討臺鐵危害清單中可能造成這些風險的危害項目。

表B.23 阿里山森林鐵路運務風險項目與本研究研擬之危害清單對照

風險項目	可能導致事故發生之危害
平地線鐵路平交道列車通行	[列車危害][碰撞][平交道-載客列車與公路車輛碰撞] [移動危害][撞擊][平交道-撞擊大眾]
奮起湖車站至阿里山車站閉塞區段過長	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
祝山線清晨高運量運轉	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.24 阿里山森林鐵路工務風險項目與本研究研擬之危害清單對照

風險項目	可能導致事故發生之危害
高山鐵路大坡度、小曲線半徑	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
天然災害	[自然危害][地震] [自然危害][洪水][車站（平面段）洪水] [自然危害][洪水][站間（平面段）洪水] [自然危害][山崩] [自然危害][土石流]
祝山車站結構缺陷	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.25 阿里山森林鐵路風險項目與本研究研擬之危害清單對照

風險項目	可能導致事故發生之危害
列車上山推進運轉安全	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
高山鐵路上山推進運轉故障或雨天打滑或超速出軌	[列車危害][出軌][車站內-載客列車出軌] [列車危害][出軌][車站間-載客列車出軌]
高山鐵路下山運轉之滑輪失速	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
祝山線重聯運轉行車	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
列車駕駛人員未領有駕駛執照駕駛列車	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.26 阿里山森林鐵路綜合風險項目與本研究研擬之危害清單對照

風險項目	可能導致事故發生之危害
未依照標準程序	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
民間機構無法營運	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

B.9 臺灣糖鐵

臺糖目前僅區分事故類別，尚未有深入的安全危害項目，表 B.27 說明臺鐵危害清單中可能導致台糖事故的項目。

表B.27 臺灣糖鐵一般事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
出軌	[列車危害][出軌]中所有子項目
衝撞	[列車危害][碰撞]中所有子項目
接觸	[移動危害][撞擊]中所有子項目
傾覆	屬於出軌的可能後果之一，故不予考慮

表B.28 臺灣糖鐵列車事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
分離	僅為危害可能原因之一，不列入考慮
進入錯線	僅為危害可能原因之一，不列入考慮
水災	[自然災害][洪水]中所有子項目
火災	[列車危害][火災]中所有子項目 [非移動危害][火災]中所有子項目
妨礙	範圍牽涉太廣，凡可能影響列車運行的危害均屬之
障礙	[列車危害][碰撞]中，包括[撞擊公路車輛]、[撞擊障礙物] [移動危害][撞擊]的所有子項目
受傷	此為危害可能導致的結果，故不納入考慮
其他	未明確定義

表B.29 臺灣糖鐵路線障礙事故項目與本研究研擬之危害清單對照

事故項目	可能導致事故發生之危害
天災	[自然災害]中所有子項目
人為	未明確定義

B.10 軌道系統（一）

表 B.30~表 B.43說明軌道系統（一）之各種危害項目與本研究研擬之危害清單對照。

表B.30 軌道系統（一）火災危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
月台火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]

危害項目	對照狀況
聯合出入口火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]
大廳火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]
車站販賣部火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]
廠房火災	[非移動危害][火災][機廠火災]
隧道火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][站間(地下段)火災]
行控中心火災	[非移動危害][火災][行控中心火災]
站務室/車站控制室火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]
機廠火災	[非移動危害][火災][機廠火災]
列車火災	[列車危害][火災]之 5 個子項目
月台的軌道火災	[非移動危害][火災][車站(地下段)火災] [非移動危害][火災][車站(平面段)火災] [非移動危害][火災][車站(高架段)火災]

表B.31 軌道系統（一）毒氣危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
列車上流出有毒物質	[移動危害][有害氣體/液體]
車站內流出有毒物質	[非移動危害][有害氣體/液體]
機廠裡流出有毒物質	[非移動危害][有害氣體/液體]
附屬建築物流出有毒物質	[非移動危害][有害氣體/液體]
廢氣/煙及其他有害氣體堆積	[非移動危害][有害氣體/液體]
外部有害物質進入車站	[非移動危害][有害氣體/液體]
鄰近化學工廠意外或瓦斯站爆炸	[非移動危害][有害氣體/液體]

表B.32 軌道系統（一）爆炸危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
車站內爆炸	[非移動危害][車站爆炸]
列車上爆炸	[列車危害][爆炸][載客列車爆炸] [列車危害][爆炸][非載客列車爆炸] [列車危害][爆炸][車輛爆炸]
隧道爆炸	[非移動危害][爆炸][車站爆炸] [非移動危害][爆炸][站間爆炸]
高架段爆炸	[非移動危害][爆炸][車站爆炸] [非移動危害][爆炸][站間爆炸]
鄰近的瓦斯站爆炸	[非移動危害][爆炸][站間爆炸]

表B.33 軌道系統（一）洪水危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
車站內洪水	[自然危害][洪水][車站(平面段)洪水] [自然危害][洪水][車站(地下段)洪水]

隧道內洪水	[自然危害][洪水][車站(地下段)洪水] [自然危害][洪水][站間(地下段)洪水]
機廠內洪水	[自然危害][洪水][機廠內洪水]
行控中心內洪水	臺鐵行控中心於臺北車站 4F，納入車站洪水考慮

表B.34 軌道系統（一）地震強風危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
耐震設計下的地震	[自然危害][地震]
超過耐震設計的地震	[自然危害][地震]
強風強雨的颱風	[自然危害][強風]
強風將異物吹入高架軌道	[自然危害][強風]
強風對列車產生極端側力	[自然危害][強風]

表B.35 軌道系統（一）窒息危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
車站空調不足	輕微者不考慮，嚴重者納入[非移動危害][窒息]考慮
列車空調不足	輕微者不考慮，嚴重者納入[移動危害][窒息]考慮
疑似流入一氧化碳	[移動危害][有害氣體/液體] [非移動危害][有害氣體/液體]

表B.36 軌道系統（一）結構倒塌與侵入建築安全界限危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
隧道倒塌	[列車危害][碰撞][車站內載客列車撞擊障礙物]
高架橋倒塌	[列車危害][碰撞][車站內非載客列車撞擊障礙物]
侵入建築安全界限	[列車危害][碰撞][車站間載客列車撞擊障礙物] [列車危害][碰撞][車站間非載客列車撞擊障礙物]

表B.37 軌道系統（一）統事故危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
觸電事故	[移動危害][觸電]之 3 個子項目 [非移動危害][觸電]之 6 個子項目
樓梯電扶梯跌落事故	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][電扶梯] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][樓梯]
滑倒事故	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 7 個子項目
物體墜落事故	[移動危害][物體墜落] [非移動危害][物體墜落]
人工搬運事故	[移動危害][物體墜落] [非移動危害][物體墜落]
機械搬運事故	[移動危害][物體墜落] [非移動危害][物體墜落]
狹窄空間事故	狹窄空間事故不列入危害
旅客第三軌觸電意外	[非移動危害][觸電][旅客觸電(牽引電力系統)]
員工第三軌觸電意外	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)]
鄰近月台的設備短路	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.38 軌道系統（一）外部威脅危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
鄰近公路車輛外部威脅	[列車危害][碰撞][平交道]相關之 4 個子項目
公路側的外部威脅	[列車危害][碰撞][平交道]相關之 4 個子項目
社區威脅	社區威脅不列入危害
破壞公物威脅	破壞公物不列入危害

表B.39 軌道系統（一）碰撞危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
列車前後碰撞	分別對應[列車危害][碰撞]中 20 個子項目中的若干項目。
列車側邊碰撞	
列車撞擊障礙物	
列車撞擊臨停列車	
列車撞擊車站結構物(月台(門))	
員工被列車撞擊	[移動危害][撞擊][車站內撞擊員工] [移動危害][撞擊][車站間撞擊員工] [移動危害][撞擊][機廠撞擊員工] [移動危害][撞擊][平交道撞擊員工]
旅客被列車撞擊	[移動危害][撞擊][車站內撞擊旅客] [移動危害][撞擊][車站間撞擊旅客]
正線與側線間的碰撞	[列車危害][碰撞]之 20 個子項目

表B.40 軌道系統（一）出軌危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
車站/機廠內出軌	[列車危害][出軌][車站內-載客列車出軌] [列車危害][出軌][車站內-非載客列車出軌] [列車危害][出軌][機廠（段）內-鐵路車輛出軌]
站間出軌	[列車危害][出軌][車站間-載客列車出軌] [列車危害][出軌][車站間-非載客列車出軌]
轉轍點出軌	[列車危害][出軌]之 7 個子項目

表B.41 軌道系統（一）緊急運轉危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
列車清車	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車站疏散	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
機廠疏散	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮
車站過度擁擠	僅為危害發生的可能原因之一，故不予考慮

表B.42 軌道系統（一）移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
掉落月台間隙	[移動危害][掉落月台間隙]
由列車掉落軌道	[移動危害][摔入軌道]
列車內跌倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][旅客] [移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][員工] [移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][大眾]
發生於月台門或車門事故	[移動危害][夾傷]
月台門與列車間夾縫事故	臺鐵不適用（無月台門）
機廠車輛碰撞	[列車危害][碰撞][機廠（段）內-鐵路車輛碰撞]
降級運轉時列車在月台門開啟時移動	臺鐵不適用（無月台門）

表B.43 軌道系統（一）非移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目	對照狀況
於電扶梯或樓梯跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][電扶梯] [非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][樓梯]
於車站或機廠跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]之 7 個子項目

危害項目	對照狀況
月台上跌倒	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][月台]
從月台跌落軌道	[移動危害][摔入軌道]之 3 個子項目 [非移動危害][摔入軌道]

B.11 軌道系統（二）

表 B.44~表 B.46說明軌道系統（二）之各種危害項目與本研究研擬之危害清單對照。

表B.44 軌道系統（二）車輛危害項目與本研究研擬之危害清單對照

	危害項目	對照狀況
碰撞 災害	兩列車碰撞	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
	列車與軌道上物體碰撞	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
	止衝擋/防撞桿碰撞	[列車危害][碰撞]中許多子項目已考慮
	列車與非鐵路車輛碰撞	[列車危害][碰撞][機廠（段）內-鐵路車輛與公路車輛碰撞] [列車危害][碰撞][平交道-載客列車與公路車輛碰撞] [列車危害][碰撞][平交道-非載客列車與公路車輛碰撞]
	自然災害造成之碰撞	[自然災害]所有子項目
出軌 災害	列車出軌	[列車危害][出軌]中許多子項目已考慮
	自然災害造成之出軌	[自然災害]所有子項目
火災	列車火災	[列車危害][火災]中許多子項目已考慮
	沿線火災	[非移動危害][火災][站間（地下段）火災] [非移動危害][火災][站間（平面段）火災]

危害項目		對照狀況
		[非移動危害][火災][站間（高架段）火災]
	車站火災	[非移動危害][火災][車站（地下段）火災] [非移動危害][火災][車站（平面段）火災] [非移動危害][火災][車站（高架段）火災]
	機廠火災	[非移動危害][火災][機廠火災]
爆炸	列車爆炸	[列車危害][爆炸][載客列車爆炸] [列車危害][爆炸][非載客列車爆炸] [列車危害][爆炸][車輛爆炸]
其他	乘客下軌道災害	牽涉範圍太廣不宜作為危害項目

表B.45 軌道系統（二）移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目		對照狀況
疏散 災害	乘客/員工於疏散時被列車撞擊	[移動危害][撞擊（含自殺）]之3個子項目
	乘客/員工於疏散時跌倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][旅客滑倒/跌倒/摔倒] [移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][員工滑倒/跌倒/摔倒]
	乘客/員工於疏散時受傷	受傷不列入危害
	乘客/員工於疏散時恐慌	恐慌不列入危害
	乘客/員工於疏散時觸電	[移動危害][觸電][旅客觸電] [移動危害][觸電][員工觸電]
	乘客/員工於疏散時灼傷	[移動危害][灼傷]

危害項目		對照狀況
	乘客/員工於疏散時窒息	[移動危害][窒息]
	乘客/員工於疏散時受困	受困不列入危害
乘客 移動 災害	乘客被物體擊中/撞擊	[移動危害][物體墜落]
	乘客受困	受困不列入危害
	乘客跌倒滑倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][旅客滑倒/跌倒/摔倒]
	乘客車上事故	牽涉範圍太廣不宜作為危害項目
	乘客遭受攻擊	[移動危害][攻擊][旅客遭受攻擊]
司機 移動 災害	司機被擊中/撞擊	[移動危害][物體墜落]
	司機受困	受困不列入危害
	司機跌倒滑倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][員工滑倒/跌倒/摔倒]
	司機車上事故	牽涉範圍太廣不宜作為危害項目
	司機遭受攻擊	[移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]
員工 移動 災害	員工被擊中/撞擊	[移動危害][物體墜落]
	員工受困	受困不列入危害
	員工跌倒滑倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][員工滑倒/跌倒/摔倒]
	員工遭受攻擊	[移動危害][攻擊][員工遭受攻擊]
民眾 移動 災害	民眾被擊中/撞擊	[移動危害][物體墜落]
	民眾跌倒/滑倒	[移動危害][滑倒/跌倒/摔倒][大眾滑倒/跌倒/摔倒]
	民眾自殺	[移動危害][撞擊（含自殺）][車站內-撞擊大眾] [移動危害][撞擊（含自殺）][車站間-撞擊大眾]

危害項目		對照狀況
		[移動危害][撞擊（含自殺）][平交道-撞擊大眾]
入侵者移動災害		牽涉範圍太廣不宜作為危害項目
其他	列車擁擠	擁擠不列入危害

表B.46 軌道系統（二）非移動危害項目與本研究研擬之危害清單對照

危害項目		對照狀況
爆炸	沿線爆炸影響列車	[非移動危害][爆炸][站間爆炸]
	車站爆炸影響列車	[非移動危害][爆炸][車站爆炸]
乘客	乘客暴露於危險物質中	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
	乘客在車站觸電	[非移動危害][觸電][旅客觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][旅客觸電(非牽引電力系統)]
	乘客暴露於噪音環境中	[非移動危害][噪音]
	乘客窒息	[非移動危害][窒息]
司機	司機暴露於危險物質中	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
	司機在車站觸電	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][員工觸電(非牽引電力系統)]
	司機暴露於噪音環境中	[非移動危害][噪音]
	司機窒息	[非移動危害][窒息]
員工	員工遭受到結構崩塌或大型物件碰撞	[非移動危害][物體墜落]

危害項目		對照狀況
	員工受困於機器中	受困不列入危害
	員工滑倒/跌倒/掉落	[非移動危害][滑倒/跌倒/摔倒]中許多子項目
	員工灼傷	[非移動危害][灼傷]
	員工暴露於危險物質中	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
	員工在車站觸電	[非移動危害][觸電][員工觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][員工觸電(非牽引電力系統)]
	員工窒息或溺死	[非移動危害][窒息] [非移動危害][溺斃]
	員工暴露於爆炸中	[非移動危害][爆炸]中許多第三層項目已考慮，EX：[車站爆炸]
	員工遭受雷擊	[自然災害][雷擊]
民眾	員工暴露於噪音環境中	[非移動危害][噪音]
	民眾暴露於火災之主線上	[非移動危害][火災]中許多第三層項目已考慮，EX：[站間（高架段）火災]
	民眾暴露於爆炸之主線上	[非移動危害][爆炸]中許多第三層項目已考慮，EX：[車站爆炸]
	民眾在軌道建築物觸電	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
	民眾暴露於噪音環境中	[非移動危害][噪音]

危害項目		對照狀況
	民眾暴露於有洩漏危險物質的主線上	[非移動危害][有害氣體] [非移動危害][電磁波/輻射]
入侵者	入侵者在主線軌道內掉落	未明確定義
	入侵者在車站觸電	[非移動危害][觸電][大眾觸電(牽引電力系統)] [非移動危害][觸電][大眾觸電(非牽引電力系統)]
	入侵者進入鐵路幹線/車站/機廠	牽涉範圍太廣不宜作為危害項目

附錄 C 科技新知

軌道系統風險管理名詞定義

中興工程顧問社

風險管理的概念最早起源於金融保險業的風險評估，爾後專家學者陸續建立風險評估的科學方法，近年來企業管理、災害防治、醫療保健等領域均導入風險管理的概念，各先進國家亦發展許多標準與規範，一度蔚為風潮。整體來說，風險管理的功能在於協助管理者有系統的發現潛在風險，並分析評估可能帶來的影響，預先採取因應的措施予以防範。然而不同國家或者單位對於風險管理的名詞用法不盡相同，因此欲進行風險管理之前，必須對風險管理之名詞要有統一的定義與用法，以下分別說明事故（Accident）、事件（Incident）、虛驚事件（Near Miss）、危害（Hazard）、風險（Risk）的定義。

名詞定義

1. 事故（Accident）與事件（Incident）

字典上對事故的定義為：非預期發生的情事，且往往導致不幸的後果；對事件的定義則為：意外發生的情事，從中無法看出明顯的區別。然而，事故與事件的定義影響安全績效甚鉅，因此國際上軌道運輸界對事故與事件的定義有明顯的分野，其中，事故定義為：實際造成人員傷亡、財產損害或是環境破壞的情事；事件則定義為：不會造成實質損害，但會對鐵路的營運與安全造成影響的情事。

2. 虛驚事件 (Near Miss)

虛驚事件表示有可能但實際上並未造成人員死亡或財產損失之事件，或潛在可能造成設備損失或影響營運公司形象之事件。例如臺鐵曾發生列車落鎖未完全，經車長發現即時回報避免列車發生解聯事故即為虛驚事件，或是英國年度安全績效報告 (Annual Safety Performance Report, ASPR) 所統計駕駛員判斷有可能發生撞擊的事件（無論最後是否造成事故），亦是虛驚事件的一種。

3. 危害 (Hazard)

單純就 Hazard 這個字，字典的定義為，可能對人們的健康或安全或是對一個計畫造成損害的情事，亦即 Hazard 描述的是一種「潛在」的因素。例如英國鐵路安全標準委員會 (Rail Safety and Standards Board, RSSB) 將危害事件 (Hazardous Event) 定義為可能造成人員受傷或死亡的事件；美國聯邦緊急事故管理總署 (Federal Emergency Management Agency, FEMA) 定義 Hazard 為潛在危險或有害狀況的來源；我國行政院風險管理與危機處理手冊的定義為：一個潛在的損害或一個可能會造成損失的事態。

從上述定義可以發現，「危害」並不一定會造成損害的發生，除非同時滿足其他的條件。陳天健等人所著災害管理學辭典中亦說明「危害」指的是一種情況或連串狀況的改變，進而產生可能造成人們

受傷、生病或財務損壞的潛在可能性；或指一種作業、情況或環境的潛能，亦或是先天本質會產生不良或有害的結果。也就是說，「危害」僅是構成災害的一個重要因素，無論人為或自然因素的潛在危害不一定會釀成災害，若事先妥善作好防備即可能化險為夷。

鄧家駒在其所著風險管理一書中將危害區分為 Hazard 與 Peril，並說明此二者與 Risk 的關係，意即 Risk 發生的近因或直接因素即是 Peril，至於發生的遠因或間接因素則稱為 Hazard。例如，「菸蒂火苗」、「人為疏失」屬於火災的 Peril，「天候乾燥」、「易燃建材」則屬於火災的 Hazard。然而，鐵路業界對 Risk 的定義與一般風險管理的定義略有不同。

英國的 Yellow Book 中對於事件、危害以及事故的發生順序給予明確的定義，即：事件可能會引起危害、而危害可能會引起事故，其中危害可視為事故的前一項引發因子，若該系統有容錯設計或者已實施風險減緩措施，則事件未必會形成危害、危害也未必會直接觸發事故發生，其概念如圖 1 所示：

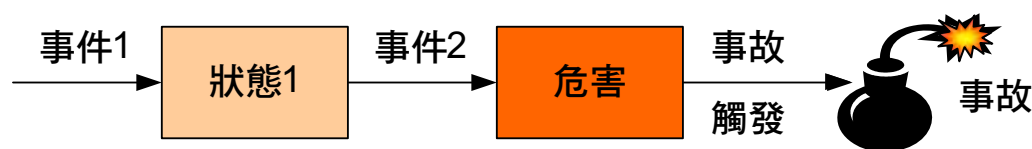


圖 1 事故發生順序圖

歐盟制訂的 EN50126 規範鐵路系統的安全規定，是國際上鐵路界遵循的標準，該規範對 Hazard 的定義為：「可能會直接導致人員受傷的情事」，規範中也補充說明諸如財產損失、或是對環境造成傷害都屬 Hazard 的範疇，而 EN50129 對 Hazard 的定義更為正確，亦即「可能會直接造成事故的情事」即是 Hazard。

4. 風險 (Risk)

Risk 起源於希臘文的 Risa，是懸崖峭壁的意思；從 Webster's 字典中的解釋亦發現，風險定義為傷害、損毀、或損失。從中推論，早期對風險一詞的解釋即是危險。

隨著風險管理這門學科的發展，對風險的定義有了些微的變化。Mowbray 認為風險可以分成純粹風險 (Pure Risk) 與投機風險 (Speculative Risk) 兩大類，前者表示其結果只會變壞，不會改善；後者則表示其結果可能變壞，也可能轉好。鄧家駒在其所著風險管理一書中亦引用上述對風險的定義，說明例如搭乘交通工具的風險即屬於純粹風險；投資股票等可能獲利的行為則屬於投機風險，無論哪一類風險，都隱含有機率的概念。

由於風險管理應用層面極廣，不同應用領域對風險都有不同的解讀。凌氫寶收集整理保險業與實務界對風險一詞的 8 種主張，包括：

- (1) 遭受損失的可能或情況
- (2) 損失發生的機率或機會
- (3) 損失發生的原因
- (4) 造成損失的條件因素
- (5) 遭受損失的主體：生命與財產
- (6) 潛在可能的損失
- (7) 潛在可能損失之變異性
- (8) 攸關損失的不確定性

Eccles 與 Puschaver 則提出商業風險的概念（Business Risk），認為風險主要由三個要素所組成，分別是危害（Hazard）、機會（Opportunity）、與不確定性（Uncertainty）。有些學者亦提出風險的衡量方式，包括 Wharton 將風險視為事件發生次數（Frequency）與事件規模（Consequences）的乘積；部分研究更直接從「機率」與「損害」兩個具體的構面來衡量風險^[2, 9]；我國的行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準亦定義風險是影響組織目標之事件，及其發生之可能性與嚴重程度。

EN50126 將風險定義為：「造成損害的危害（Hazard）之發生機率以及其損害的嚴重性」。必須特別強調的是，只有確實造成損害的

事件才是風險的涵蓋範疇，因為風險必須能比較與衡量，若沒有造成損害則無法衡量。例如，「列車出軌」這件危害的發生機率與造成的嚴重性即是風險；「冒進號誌」則屬事件，並未造成損害，所以冒進號誌的發生機率與造成的嚴重性不算風險（實務上無法衡量其嚴重性）。更白話的說，風險即是「事故（Accident）之發生機率以及其嚴重性的乘積」，若以數學表示，其計算方式為：

$$\text{風險} = \text{事故的機率} \times \text{事故的嚴重程度} \quad (1)$$

參考文獻

1. Australian Transport Council (ATC), Standard ON-S1: Occurrence Categories and Definitions, 2004.
2. Ayyub, B. M., Risk Analysis in Engineering and Economics, Chapman & Hall/CRC, USA, 2003.
3. Eccles, R. G., Jr., and Lee Puschaver, "In Pursuit of the Upside: The New Opportunity in Risk Management", *Pricewaterhouse Review*, 1996.
4. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 1: Basic requirements and generic process, EN50126-1, 1999.
5. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications-Communication, signalling and processing systems-Safety related electronic systems for signalling, EN50129, 2003.

6. Mowbray, A. H., Insurance, McGraw-Hill, 1930.
7. Queensland Government, The Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD Queensland), 2010.
8. SAMRAIL, European Commission Fifth Framework programme SAMRAIL-WP 2.4.1 Definition of Risk, 2004.
9. Stephans, R. A., System Safety for the 21st Century, Wiley, USA, 2004.
10. Rail Safety and Standards Board (RSSB), Engineering Safety Management (The Yellow Book), Volume 1 and 2 Fundamentals and Guidance Issue 4, 2007.
11. Wharton, F., "Risk Management : Basic Concepts and General Principle", in: Ansell, J., Wharton, F., Risk : Analysis, Assessment and Management, John Wiley & Sons, 1992.
12. Woolford, P., "Railway Group Safety Performance Monitoring - Definition and Guidance", *Railway Safety London*, U.K., 2003.
13. 行政院研究考核委員會，風險管理及危機處理作業手冊，民國 98 年。
14. 凌氫寶，「企業經營的風險（上）（下）」，*華僑產物保險雙月刊*，第 5 卷，第 3、4 期，民國 72 年。
15. 陳繼堯，危險管理論，三民書局，民國 82 年。
16. 鄧家駒，風險管理，華泰文化，2005 年 6 月。

失誤樹應用

中興工程顧問社

失誤樹是一種逆向的推論方法，主要用來探究引起危害的原因，並可就各因素間的因果關係，做定性與定量的分析。一般多用於分析具有高度風險性、有一定複雜度的災難事件。

失誤樹分析法的流程大致包含下列幾項步驟：

1. 定義系統與其邊界範圍
2. 選擇頂端事件（Top Event）
3. 建構失誤樹
4. 定性檢查，找出最小分割集合（Minimal Cut Set）
5. 定量評估，求出頂端事件和最小分割集合之失誤率

有關失誤樹建構方面，在決定頂端事件之後，配合系統的動作原理、操作條件與環境等因素，往下追蹤造成頂端事件的原因。頂端事件可能由其他的事件引起，而其他事件亦可能由另外不同的事件造成，以此方法不斷向下展開，直到無法繼續展開為止，最終的事件則稱為基本事件（Basic Event），可能是系統中組件故障或人為失誤等因素。將這些事件以「或（OR）」或「且（AND）」等邏輯符號串

聯起來，便成為一棵失誤樹。如圖 1 為失誤樹的標準分析符號，而圖 2 則為一個簡單的失誤樹範例，說明如下。


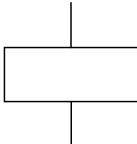
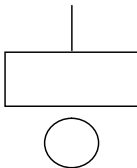
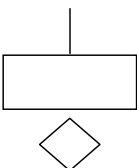


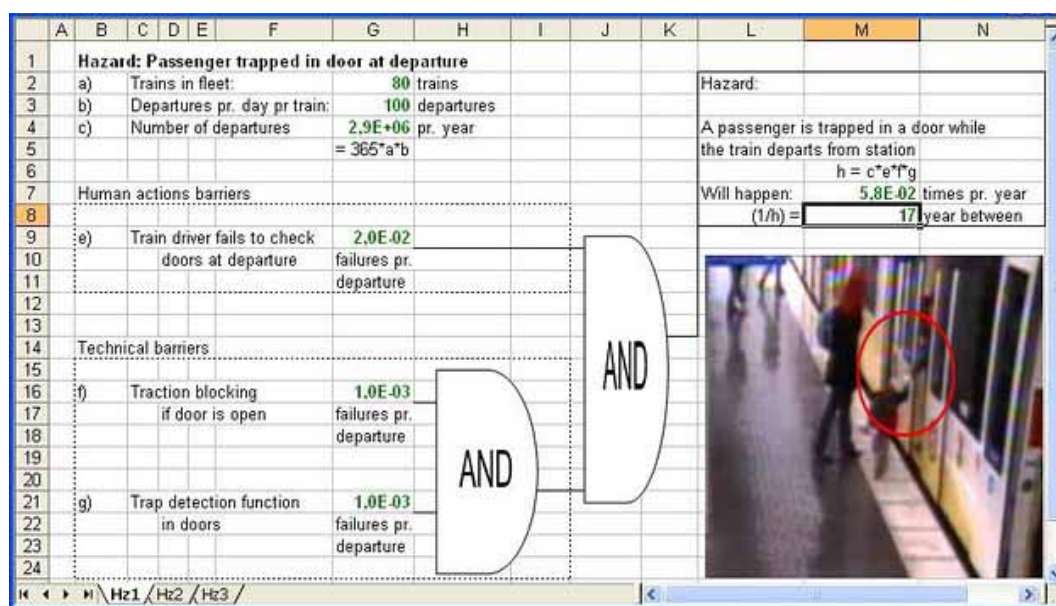
頂端事件 	係危害清單中的危害項目，是失誤樹分析中邏輯演繹推論的起點	中間事件 	失誤樹分析中邏輯演繹過程中的任一事件
基本事件 	失誤樹分析邏輯演繹的末端，通常是設備或元件故障，或人為失誤，可用圓形表示	未發展事件 	失誤樹分析中因系統邊界或分析範圍之限制，未能繼續分析下去之事件；或指人為失誤，而不在深究人為失誤的原因，可用菱形表示
“或”邏輯閘 	失誤樹分析中兩個或兩個以上原因其中之一發生，就會導致某一中間事件或頂端事件發生，以半月型表示	“且”邏輯閘 	失誤樹分析中兩個或兩個以上原因同時發生，才會導致某一中間或底端事件發生，以鐘形表示

圖 1 失誤樹標準分析符號

圖 2 為 Troels^[2]針對列車車門夾傷的危害進行分析，從該失誤樹之分析可知該危害包含有人為及設備因素，其內容為：

1. 確認關門人為因素：列車司機員於開車前沒有確認列車門是否關閉，此失誤發生的機率為 2.0E-02。
2. 電子鎖設備因素：開啟車門列車仍能移動，即列車電子鎖失效，此失誤發生的機率為 1.0E-03。

3. 偵測異物設備因素：車門夾到異物無法自動開啟的功能失效，此失誤發生的機率為 $1.0E-03$ 。







資料來源：[2]

圖 2 國外夾傷案例-處置前

圖 2 中說明人為與設備因素為 AND 閘，亦即二者均發生失誤的狀況下才會發生車門夾傷的頂端事件，透過整體的分析可知危害處置前，平均約每 17 年會發生一次車門夾傷旅客的危害事件。

為了降低夾傷危害之機率，Troels^[2]在人為與設備各採取了一些方法。由圖 3 可知，在月台層增加了勤務人員一起與司機員檢查發車前列車門是否關閉，該勤務人員失誤的機率為， $2.0E-03$ ，同時也提昇車門夾到異物自動開啟的靈敏度，使其失誤機率由 $1.0E-03$ 降為 $2.0E-04$ 。經過以上的減緩措施處置後，車門夾傷旅客的危害發生頻

率已從每 17 年發生一次改善為每 42,808 年發生一次，已遠過系統的生命週期。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Hazard: Passenger trapped in door at departure													
2	a)	Trains in fleet:					80	trains	Hazard:					
3	b)	Departures pr. day pr train:					100	departures	A passenger is trapped in a door while					
4	c)	Number of departures					2.9E+06	pr. year	the train departs from station					
5							= 365*a*b		h = c*d*e*f*g					
6														
7	Human actions barriers													
8														
9	d)	Departure procedure					2.0E-03							
10		with train crew					failures pr.							
11		supervising doors					departures							
12														
13	e)	Train driver fails to check					2.0E-02							
14		ready lamp at					failures pr.							
15		departure					departures							
16														
17	Technical barriers													
18														
19	f)	Traction blocking					1.0E-03							
20		if door is open					failures pr.							
21							departure							
22														
23														
24	g)	Trap detection function					2.0E-04							
25		in doors with					failures pr.							
26		adjusted sensors					departure							
27														

資料來源：[2]

圖 3 國外夾傷案例-處置後

參考文獻

1. European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Railway Applications- The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Part 1: Basic requirements and generic process, EN50126-1, 1999.
2. Troels Winther, Quick Guide to the Cenelec RAMS Standard EN50126, 2010.

附錄 D 投稿論文

鐵路安全風險辨識方法之回顧與案例分析

A Review and a Case Study of Risk Identification for Railway Safety

孫千山 Chian-Shan Suen¹

鍾志成 Jyh-Cherng Jong²

李治綱 Chi-Kang Lee³

陳一昌 I-Chang Chen⁴

吳熙仁 Hsi-Jen Wu⁵

摘要

提供安全的運輸服務為軌道營運業者的首要目標之一，而風險管理則是目前鐵路安全管理重點，其中風險辨識為執行風險管理最重要的基礎，也是後續風險分析及評量的依據。因此，本研究回顧首先回顧風險管理的文獻，說明風險管理的架構，接著深入探討適用於鐵路安全風險辨識之方法。此外，本研究應用「類似系統比較」、「臺鐵歷史事故回顧」、「專家腦力激盪」等相關方法，以臺鐵安全危害進行實作，研擬臺鐵危害清單之雛形，結果顯示共辨識出 115 項安全危害，該成果除可供臺鐵參考外，亦可作為後續風險分析與評量之依據。

關鍵詞：鐵路系統、風險管理、風險辨識

Abstract

Providing safe transportation service is one of the most important targets of railway operators. Currently, the concept of risk management is widely applied to railway safety management, in which risk identification is the requirements of risk analysis and evaluation, and is the foundation of the entire risk management process. Therefore, this study first reviewed the literature on risk management to illustrate its framework. The methodologies especially suitable for hazard identification were then introduced. Furthermore, this study applied the techniques of “comparisons of similar systems”, “analysis of historical accident records”, “brain storming” and other

¹ 財團法人中興工程顧問社研究員(聯絡地址：台北市南京東路五段 171 號，電話：02-27692131，E-mail: james_suen@sinotech.org.tw)。

² 財團法人中興工程顧問社交通組組長。

³ 南台科技大學行銷與流通管理系所教授。

⁴ 交通部運輸研究所運安組組長。

⁵ 交通部運輸研究所運安組研究員。

methods to identify the hazards of Taiwan Railway Administration (TRA). We found that there were totally 115 hazards existing in TRA. The results would help TRA manage safety risks, and can be used as the basis for risk analysis and evaluation.

Keywords: Risk Management, Risk identification, Hazard

一、前言

先進國家運輸系統均藉著「安全管理系統」(Safety Management System)，追求與提昇系統安全，例如國際航空組織(International Civil Aviation Organization)的安全管理手冊(Safety Management Manual)與國際海事組織(International Maritime Organization)的國際安全管理規範(International Safety Management Code)。鐵路運輸先進國家之鐵路安全監理(政府)與鐵路安全管理(業者)，均採用以「風險管理」(Risk Management)或「危害管理」(Hazard Management)為基礎之安全管理制度，據此才能面對現實的安全問題、篩選關鍵課題、探討危害之原因與後果、研擬排除危害之手段，以及推動安全改善。

建立以風險管理為基礎之安全管理系統，首要之務為導入風險管理的概念。任何組織皆存在影響組織目標之風險，而風險均有其發生的可能性與嚴重程度，為有效管理可能發生的風險，降低其不利的影響，所執行之步驟與過程即為風險管理。行政院於風險管理及危機處理作業手冊(民98)中，將風險管理程序歸納為：風險辨識(Risk Identification)、風險分析(Risk Analysis)、風險評量(Risk Evaluation)、風險處理(Risk Treatment)、監督與審查(Monitor and Review)及管理改善等6大步驟，其中又以風險辨識最為關鍵，若風險自始未能予以確認，自然談不上後續執行風險等級評估、對策研擬、監督與處理等程序，更談不上建立以風險管理為基礎的安全管理系統。此外，若辨識過程遺漏了重要的風險，將導致系統暴露於原本可規避的威脅下、錯失避開風險的機會。

由於風險管理應用範疇相當廣泛，對鐵路營運機構而言，包括天然災害、行車事故、司機員罷工與財務狀況等，均為可能之風險。本研究主要是探討鐵路運輸安全議題，因此研究範圍著重在風險管理於運輸安全之應用，以風險管理步驟中的風險辨識為研究重點，回顧國內外風險管理的基本概念與實務作法，同時參酌各系統的危害項目，最後再以臺鐵系統為案例進行案例分析。

二、風險管理回顧

2.1 節首先定義風險管理的相關名詞，2.2 節說明風險管理的理論回顧，2.3 節則蒐集國內外執行風險管理的流程與步驟。

2.1 風險管理相關名詞定義

不同國家或者單位對於風險管理的名詞用法不盡相同，因此欲進行風險管理之前，必須對風險管理之名詞要有統一的定義與用法，與鐵路安全相關的風險管理名詞定義如下：

1. 事故（Accident）與事件（Incident）

字典上對事故的定義為：「非預期發生的情事，且往往導致不幸的後果」；對事件的定義則為：「意外發生的情事」，從上述說明中無法看出明顯的區別，然而，事故與事件的定義影響安全績效甚鉅，因此國際上軌道運輸界對事故與事件的定義有明顯的分野，其中，事故定義為：「實際造成人員傷亡、財產損害或是環境破壞的情事」；事件則定義為：「不會造成實質損害，但會對鐵路的營運與安全造成影響的情事」。

2. 危害（Hazard）

單純就 Hazard 這個字，字典的定義為：「可能對人們的健康或安全或是對一個計畫造成損害的情事」，亦即 Hazard 描述的是一種「潛在」的因素。例如英國鐵路安全標準委員會（Rail Safety and Standards Board, RSSB）將危害事件（Hazardous Event）定義為：「可能造成人員受傷或死亡的事件」；美國聯邦緊急事故管理總署（Federal Emergency Management Agency, FEMA）定義 Hazard 為：「潛在危險或有害狀況的來源」；我國行政院風險管理與危機處理手冊的定義為：「一個潛在的損害或一個可能會造成損失的事態」。

從上述定義可以發現，「危害」並不一定會造成損害的發生，除非同時滿足其他的條件。陳天健等人（民 97）所著災害管理學辭典中亦說明「危害」指的是一種情況或連串狀況的改變，進而產生可能造成人們受傷、生病或財務損壞的潛在可能性；或指一種作業、情況或環境的潛能，亦或是先天本質會產生不良或有害的結果。也就是說，「危害」僅是構成災害的一個重要因素，無論人為或自然因素的潛在危害不一定會釀成災害，若事先妥善作好防備即可能化險為夷。

鄧家駒（民 94）在其所著風險管理一書中將危害區分為 Hazard 與 Peril，並說明此二者與 Risk 的關係，意即 Risk 發生的近因或直接因素即是 Peril，至於發生的遠因或間接因素則稱為 Hazard。例如，「菸蒂火苗」、「人為疏失」屬於火災的 Peril，「天候乾燥」、「易燃建材」則屬於火災的 Hazard。然而，鐵路業界對 Risk 的定義與一般風險管理的定義略有不同。

英國的 Yellow Book（RSSB, 2007）對於事件、危害以及事故的發生順序給予明確的定義，即「事件可能會引起危害、而危害可能會引起事故」，其中危害可視為事故的前一項引發因子，若該系統有容錯設計或者已實施風險減緩措施，則事件未必會形成危害、危害也未必會直接觸發事故發生，其概念如圖 1 所示：

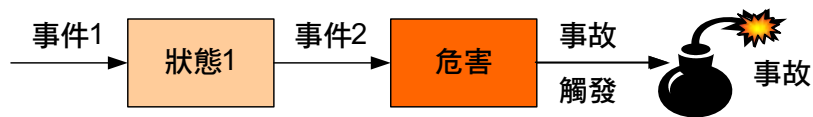


圖1 英國 Yellow Book 定義之事故發生順序

歐盟制訂的 EN50126 (CENELEC, 1999) 規範鐵路系統的安全規定，是國際上鐵路界遵循的標準，該規範對 Hazard 的定義為：「可能會直接導致人員受傷的情事」，規範中也補充說明諸如財產損失、或是對環境造成傷害都屬 Hazard 的範疇，而 EN50129 (CENELEC, 2003) 對 Hazard 的定義更為正確，亦即「可能會直接造成事故的情事」即是 Hazard。本研究後續將以 EN50126、EN50129、Yellow Book 對「危害」的定義為依據進行分析。

3. 風險 (Risk)

Risk 起源於希臘文的 Risa，是懸崖峭壁的意思；從 Webster's 字典中的解釋亦發現，風險定義為傷害、損毀、或損失。從中推論，早期對風險一詞的解釋即是危險。

隨著風險管理這門學科的發展，對風險的定義有了些微的變化。Mowbray (1930) 認為風險可以分成純粹風險 (Pure Risk) 與投機風險 (Speculative Risk) 兩大類，前者表示其結果只會變壞，不會改善；後者則表示其結果可能變壞，也可能轉好。鄧家駒 (民 94) 在其所著風險管理一書中亦引用上述對風險的定義，說明例如搭乘交通工具的風險即屬於純粹風險；投資股票等可能獲利的行為則屬於投機風險，無論哪一類風險，都隱含有機率的概念。

由於風險管理應用層面極廣，不同應用領域對風險都有不同的解讀。凌甯寶 (民 72) 收集整理保險業與實務界對風險一詞的 8 種主張，包括：

- (1) 遭受損失的可能或情況
- (2) 損失發生的機率或機會
- (3) 損失發生的原因
- (4) 造成損失的條件因素
- (5) 遭受損失的主體：生命與財產
- (6) 潛在可能的損失
- (7) 潛在可能損失之變異性
- (8) 攸關損失的不確定性

Eccles 與 Puschaver (1996) 則提出商業風險的概念 (Business Risk)，認為風險主要由三個要素所組成，分別是危害 (Hazard)、機會 (Opportunity)、與不確定性 (Uncertainty)。有些學者亦提出風險的衡量方式，包括 Wharton (1992) 將風險視為事件發生次數 (Frequency) 與事件規模 (Consequences) 的乘積；部分研究更直接從「機率」與「損害」兩個具體的構面來衡量風險；我國的行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準亦定義風險是影響組織目標之事件，及其發生之可能性與嚴重程度。

EN50126 (CENELEC, 1999) 將風險定義為：「造成損害的危害 (Hazard) 之發生機率以及其損害的嚴重性」。必須特別強調的是，只有確實造成損害的事件才是風險的涵蓋範疇，因為風險必須能比較與衡量，若沒有造成損害則無法衡量。例如，「列車出軌」這件危害的發生機率與造成的嚴重性即是風險；「冒進號誌」則屬事件，並未造成損害，所以冒進號誌的發生機率與造成的嚴重性不算風險（實務上無法衡量其嚴重性）。更白話的說，風險即是「事故 (Accident) 之發生機率以及其嚴重性的乘積」，若以數學表示，其計算方式為：

$$\text{風險} = \text{事故的機率} \times \text{事故的嚴重程度} \quad (1)$$

本研究目的在辨識鐵路系統安全層面的風險，因此，後續將以 EN50126 對「風險」的定義為主要依據。

2.2 風險管理理論

風險理論 (Risk Theory) 目的在藉由科學分析的方法，探究風險發生的原因並尋求改善之道，本節簡要說明常見的風險理論。

1. 骨牌理論

骨牌理論由 Heinrich (1959) 提出，他認為人員意外傷害的結果乃源於一連串環環相扣、互為因果的事故所導致，類似像骨牌效應，其原理著重於探索風險發生的直接前因後果，據以追本溯源以杜絕風險發生的誘因。此一觀念可用圖 2 五張骨牌的因果關係來說明闡述，第一張骨牌表示環境或先天上的因素，第二張骨牌表示人為的過失，第三章骨牌則是人為與機械之危險環境，第四張骨牌是意外事故，最後一張骨牌則是人身傷害。骨牌理論所要闡述的重點是，只要當中有一張骨牌能夠不被推倒，就不會發生人員的意外。例如，儘管火災（意外事故）發生，只要搶救處置得宜，不一定會造成人員傷亡。

2. 乳酪理論

乳酪理論由 James Reason (1990) 所提出，如圖 3 中每片乳酪的漏洞空隙是發酵製程的自然現象，當每片乳酪疊立在一起時，可將每片乳酪各不同的漏洞空隙視為潛在的危害，若各個乳酪片的漏洞空隙剛好湊成一直線讓光線透過，則代表這些危害就會造成嚴重的災害。乳酪理論把每片乳酪視為不同的防護措施，代表只要不是所有防護措施同時失效，不幸的事件就不會發生。此理論適用於知悉防止災害發生的各種防護措施的情況。

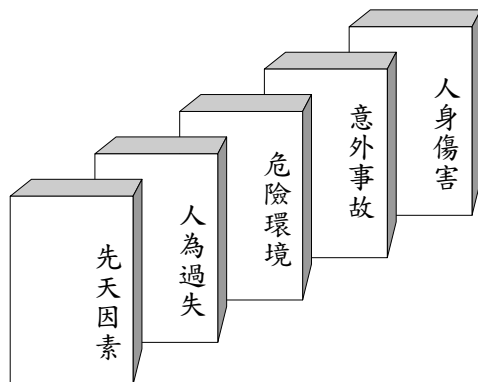


圖2 骨牌理論示意圖

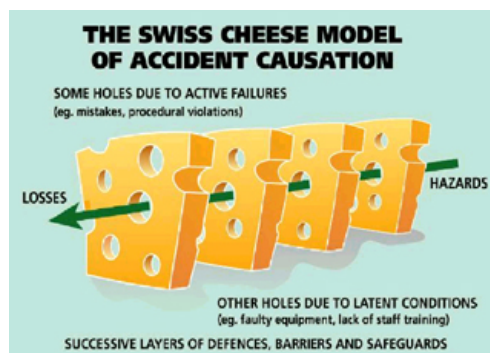


圖3 乳酪理論示意圖

3. 能量釋放理論

能量釋放理論由 Haddon (1970) 所提出，其認為所有意外事故的發生均可視為一種「能量失控」的現象 (Energy is out of Control)，如地震、颱風等自然現象都是因大自然的能量累積到一定程度時，因張力到達極限將瞬間釋放出能量，Haddon 共提出十大策略以防治意外的發生：

- (1) 從開始就避免意外的發生
- (2) 減低意外發生的條件
- (3) 避免危險的釋放
- (4) 減低危險一旦釋放的條件
- (5) 利用時空將危險隔離
- (6) 利用物品將危險隔離
- (7) 修改危險的性質
- (8) 加強人員與財物的保護
- (9) 意外發生時立即加以補救
- (10) 持續提供損傷的修護

此理論與骨牌理論不同點在於，能量釋放理論探討事故原因時並未有明確的因果關係，適用於分析原因不明確的事故或災害，也由於無法歸咎某一特定原因而造成該意外事故，因此決策者需要面面俱到，以預防意外事故發生，同時也需要妥善準備補救事故發生後的損失。

4. 數量化的風險理論 (Quantitative Risk Theory)

目前數量化的風險理論中，在保險學理中已發展出深入的數學模式，交通部運輸研究所 (民 91) 列出基本的三種計量基礎，分別為：

- (1) 機率基礎 (Probability)
- (2) 期望值與變異數 (Expected Value and Variance)
- (3) 損失基礎—損失頻率 (Frequency)、損失嚴重性 (Severity)

2.3 風險管理步驟

世界上許多先進國家均制訂風險管理規範，雖然這些規範的目標均為發

掘系統風險並消弭潛在危害，但其中細部的執行步驟略有不同，以下簡單舉出國內外的一些案例後，再異中求同歸納其步驟。

1. 英國

英國的風險管理是一個非線性的程序（行政院，民 98），由許多相互影響的要素組合而成，有效的風險管理源自於這些要素間的平衡，如圖 4 所示。

2. 加拿大

加拿大在風險管理上強調持續性的程序（行政院，民 98），透過機關內部與外部的交流以及持續性的學習，提昇各單位風險管理的技術能力，其架構如圖 5 所示。

3. 其他國家

包括有澳洲、紐西蘭、香港、南韓與臺灣之風險管理均呈現如圖 6 之流程。其中澳洲/紐西蘭是最早發行風險管理手冊 Risk Management（1997）的國家；香港則是制定在工作人員的風險管理手冊中（ETWB, 2005）；南韓則是由國家級的軌道研究中心（KRRI, 2008）提出該程序；臺灣則由行政院發行之風險管理及危機處理作業手冊（民 98）中提到。

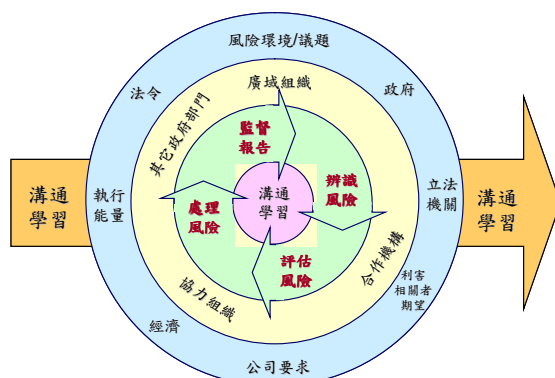


圖4 英國風險管理模式架構圖

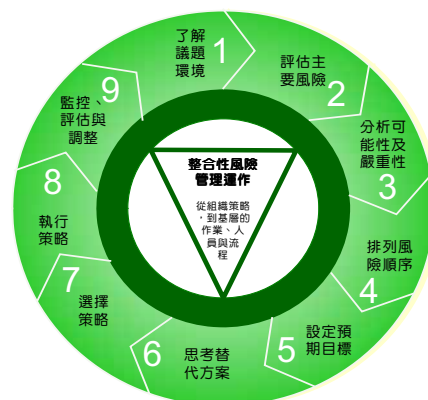


圖5 加拿大整合性風險架構圖

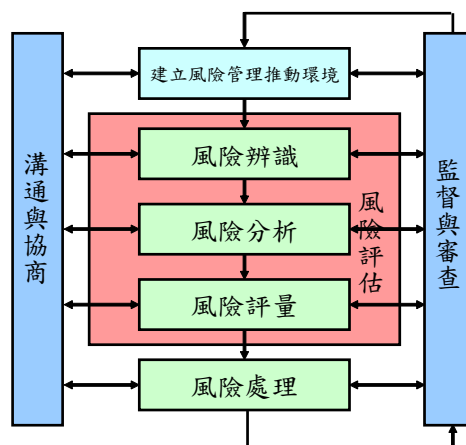


圖6 風險管理架構及程序

三、鐵路系統風險辨識方法

風險辨識是風險管理的首要步驟，目的在使決策個體自我發掘並認知當前與未來的風險為何，若沒有將所有危害辨識出，將影響整體風險管理的品質，因此，無論危害是否在機構內被控管，都應該將其納入風險辨識範圍內。

適用於軌道系統的風險辨識方法相當多，例如純粹經驗導向的專家會議、歷史資料、調查問卷…等，此類方法僅憑藉專家知識與有限資料，有可能發生掛一漏萬的情形，因此，結合經驗與結構導向的方法逐漸受到重視，包括危害與可操作性法、故障模式與影響分析法…等均屬於結構化的風險辨識方法。

表 1 係整理自 EN50126 (CENELEC, 1999) 中軌道系統風險辨識的方法，由於風險辨識、風險分析、風險評估與風險處理通常都是在一系列程序中完成，因此該表除了列出風險辨識方法外，同時也一併顯示各方法在每個步驟的適用度。

表 1 整理 EN50126 中軌道系統風險辨識之方法

技術/方法	風險辨識	風險分析/評估	風險處理
Structured What If Technique, SWIFT	For preliminary purposes		
Hazard and Operational Analysis, HAZOP	Useful		Partially useful as supporting element
Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, FMECA	Highly Recommended	Useful for parallel structures in addition to ETA	Useful for single and parallel structures in addition to FTA and for causal analysis
State Transition Diagram, STD	Useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and states transition events	Sometimes useful in addition to other methods to visualise states and states transition events	Sometimes useful in addition to e.g. HAZOP to visualise states and states transition events
Reliability Block Diagram, RBD	Useful as a support to HAZOP	Sometimes useful	Useful for non-repairable systems

再者，由於危害大多無法以單一方法單獨完成辨識，因此鐵路實務的作法可採圖 7 之方式進行，亦即初步危害辨識時，可先採用過去經驗、歷史事故資料以及類似系統比較，同時搭配既有的檢核表複查後，歸納整理初步的危害項目，之後再經由腦力激盪的方式系統化的找出其他可能危害，其方法包括有：What-IF、危害與可操作性分析 (HAZOP)、狀態轉換圖 (STD)、可靠性方塊圖 (RBD) 及故障模式影響與嚴重度分析 (FMECA)。此外，亦可採用風險分解結構法與情境分析法，依序說明如下。

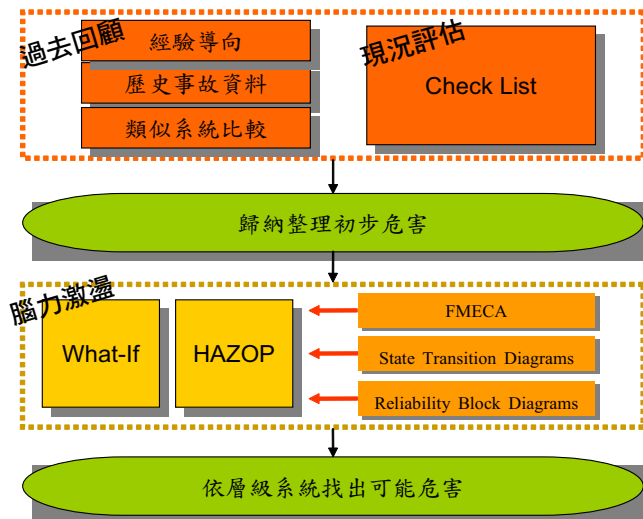


圖7 實務危害辨識之可行方法

3.1 經驗導向方法

以下依序說明：調查/問卷法、文件檢視法、流程圖法、親自檢視法與請教專家法。

1. 調查/問卷法

調查表或問卷通常為標準化的格式，其所列的問題涵蓋了所有的風險管理問題，不但可促使風險管理人去注意重大或顯著的損失風險，且其問題之邏輯順序，也有助於風險管理人去拓展其他組織有關的損失風險資訊。

2. 文件檢視法

財務報表、會計紀錄為探知組織風險的重要文件，透過檢視資產負債表、損益表與現金流量表等財務報表，可了解在財務方面需進一步分析的損失風險；而其他涵蓋整個組織的紀錄文件，例如契約內容、往來信件內容、會議紀錄內容，以及組織內部的備忘錄等，都可協助判斷組織潛在的風險。

3. 流程圖法

以流程圖來分析組織風險，是把組織看作是一個價值流通的單位，亦即價值流入這個單位，經過處理後會增值再流出，因此，在流程中的「事故」即是阻流，阻流的程度越大或時間越長，所引起的損失就會越嚴重。透過流程圖法可觀察每個流程中的細節，並從中看出整個組織可能發生阻流的地方，以及一旦阻流產生，組織被影響的範圍與程度。

4. 親自檢視法

某些風險無法藉由書面資料或腦力激盪察覺，只有靠親自檢視才得以發現。此方法通常需要心思敏銳且富有想像力的專業人士親自對系統進行勘查或評估，否則無法認知出其潛在的風險。

5. 請教專家法

組織的風險管理人應盡力提昇自我在各種風險管理方面的能力，因此，不斷由組織內外的專家學者身上吸取各種風險知識甚為重要。

3.2 歷史事故資料

系統若已經營運多年且記錄有歷史事故資料，則可從過去的事故記錄與調查報告中，尋找系統可能存在的危害項目，同時亦能協助危害的分類。此類資料通常包含事故統計資料、事故一覽表、事故報告書與鑑定報告…等。

3.3 類似系統比較法

軌道系統在基礎功能上是類似的，雖然其核心技術可能不同，但針對功能類似的部分，可透過相近似系統的危害登錄表來歸納整理可能發生的危害；針對系統本身較為特殊之處，則可再利用其他的方法來找出可能危害項目。例如：臺灣桃園機場捷運可參考香港機場快鐵系統的危害，而台灣高鐵系統則可參考日本新幹線系統的危害，之後再依據本地的特性來找出其他可能的危害。

3.4 檢核表分析法

檢核表分析法乃預先設定各項檢查細目，再逐一探討可能危害，其製作的流程可如圖 8 所示，分為開放式、封閉式與混合式三類，說明如下：

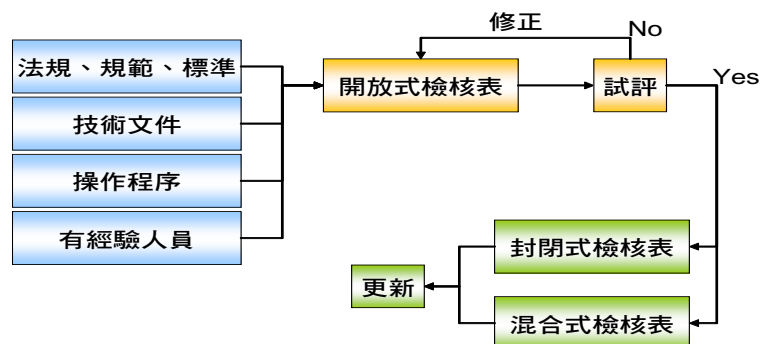


圖8 檢核表分析法檢核流程

1. 開放式檢核表

開放式的檢核通常應用在新的設備、系統或是過去從未製作檢核表的對象，主要參考規章標準、技術文件、資深人員的意見，從不同的構面針對系統內不同的人員，探討可能會採取的行為以及衍生的檢核項目。在使用開放式檢核表時，為防止分析有所遺漏，其分析要項除了引導檢核問題外，還應設有「設備檢查結果說明」、「缺失點是否存在」和「改善建議」三個要項存在。

2. 封閉式檢核表

此種檢核表是比較固定的分析工具，要檢查的項目已經制式地逐條列出，檢核時並不需要太多的技巧，其內容包括檢查項目和是否有符合檢查標準的兩大主要欄位，有時還會註明檢查方式和結果說明。此種檢查表之檢查項目早已由專人設計完成，因檢查之項目完整且固定，故較適合於一般的例行性檢查。

3. 混合式檢查表

綜合開放式與封閉式兩種型式，其內容包括了檢查問題項目、是否符合檢查之欄位、檢查結果說明及改善建議等事項。混合的檢核表於分析使用時，除依循其問項外，亦可由評估人員之專業視情況衍生原先問項之外的涵義，並在檢查結果說明欄中做出進一步的解釋，發揮腦力激盪的功效，以檢核出更多的危害。

3.5 結構化 What-If 分析法 (SWIFT)

結構化 What-If 分析法 (Structured What-If Technique，以下簡稱 SWIFT) 是一種腦力激盪方法，透過專家學者集思廣益的方式，思考「可能的危害」、「導致的後果」、「發生頻率」、「嚴重程度」進而思考「改善建議」的一種分析方式。其步驟可分為 4 項，分別為：

1. 發展假設性問題
2. 定義問題的原因
3. 評估問題的風險並提出建議
4. 回報評估結果給關係者

從上述步驟可以發現，步驟 1 乃 SWIFT 分析的關鍵，亦即本研究的重點——「風險辨識」。再者，SWIFT 法採用開放式的問答，透過「如果/萬一...則/後果…」以激發出可能的潛在危害，分析後的結果可記錄如表 2 所示。

表2 What-If 分析表範例

如果/萬一	則/後果	現有保護措施	改善對策	備註
列車動力失效	列車無法運作	...	...	...
鋼軌斷裂	列車駛過出軌	...	...	...

一般來說，SWIFT 思考的問題點包括：

1. 錯誤的作業程序所導致的問題
2. 營運者疏失或是未受過訓練所導致的問題
3. 因應混亂而修正的作業程序所導致的問題
4. 設備故障所導致的問題
5. 儀器評估數值失準所導致的問題
6. 程式軟體錯誤所導致的問題
7. 公營事業服務異常所導致的問題（電力公司、瓦斯公司等）
8. 外來因素干擾所導致的問題（大雨、地震、破壞公物等）
9. 多個事件同時發生所衍生的問題

3.6 危害與可操作性分析（HAZOP）

本節將先說明危害與可操作性分析法（Hazard and Operability Study，以下簡稱 HAZOP）概念，接著說明執行此方法可採用的支援工具。

3.6.1 概念說明

HAZOP 最早應用在化學產業製程的安全管理上，此方法乃透過不同領域專家開會討論的過程，逐一檢核製程中各個階段可能發生的異常，進一步探討造成異常的原因與後果以謀求改善之道，屬於創造性、系統性與腦力激盪的一種方法。HAZOP 分析的主軸乃利用引導字（Guide Word）與參數（Parameter）來探討系統、設備、程序…等各種可能的偏離（Deviation），其中「引導字」表示的是一種可能的狀態，包括「沒有」、「較多」、「較少」、「部分」…等；「參數」代表製程中應該考量的安全因子；「偏離」則是表示該參數在該引導字的狀態下可能造成的異常。

表 3 乃 HAZOP 應用於鐵路系統的例子，所考量的是整個軌道系統，而非系統中某一個過程（例如列車維修過程）。從中可以發現，並非所有參數於各種引導字下都有意義，例如參數「列車動力」於引導字「相反」下沒有意義；且有時雖然有意義，卻不會有偏離發生，例如「車站旅客量」於引導字

「較少」的情況下雖然有意義，卻不會發生偏離。

表3 What-If 分析表範例

引導字	引導字意義	參數	偏離
沒有、無	完全不具備設的功能	列車動力	列車完全無法運作
較多、較高	定量增加	車站旅客量	車站旅客過多擁擠
較少、較低	定量減少	鋼軌摩擦阻力	列車煞車距離拉長
不僅…又	定性增加	列車速度	列車超速
部分	定性減少	列車動力	列車無法正常加減速
除…之外	完全取代	平交道防護	平交道防護設備故障
相反	與設計邏輯完全相反	號誌訊號	錯誤的號誌燈號
遲、早	與目標時間不符	駕駛反應時間	駕駛反應不及
事前、事後	步驟與程序不符	指差確認	夾傷旅客
快、慢	在時間內完成/未完成	到站時間	列車延誤

由此可見，HAZOP 方法需要匯集各領域專家學者集思廣益開會討論，雖然耗費時間但可以周詳思考系統中各種可能的偏離情況，茲將其操作流程圖說明如圖 9所示。

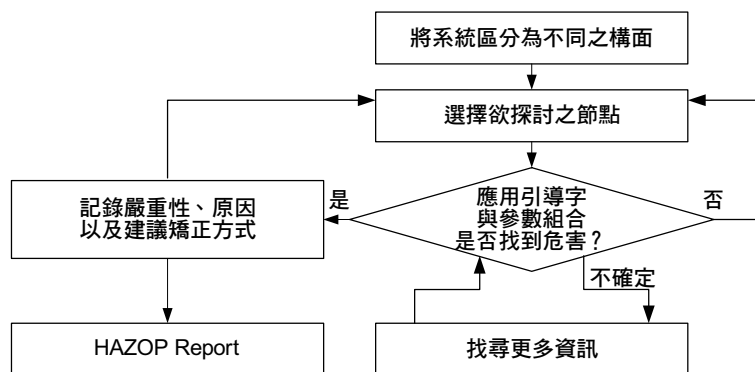


圖9 HAZOP 之操作流程

3.6.1 支援工具

狀態轉換圖與可靠性方塊圖乃執行 HAZOP 常用的支援工具，說明如下：

1. 狀態轉換圖（State Transition Diagrams, STD）

狀態轉換圖主要係透過圖形來了解系統間狀態轉換的運作情形，以協助 HAZOP 進行辨識。例如圖 10即表示列車運行間可能的狀態，圖中若有狀態的轉換，其過程即可能存有潛在的危害，如此則可提供在 HAZOP 操作上之導引。

2. 可靠性方塊圖（Reliability Block Diagrams, RBD）

圖 11之可靠性方塊圖主要係透過系統的可靠度與可用性分析來了解系

統成功或失敗的關鍵因子，方塊圖從左側輸入並從右側輸出，其中並排處的方塊代表該子系統具有備援方案，透過此種方式來提供 HAZOP 操作導引。

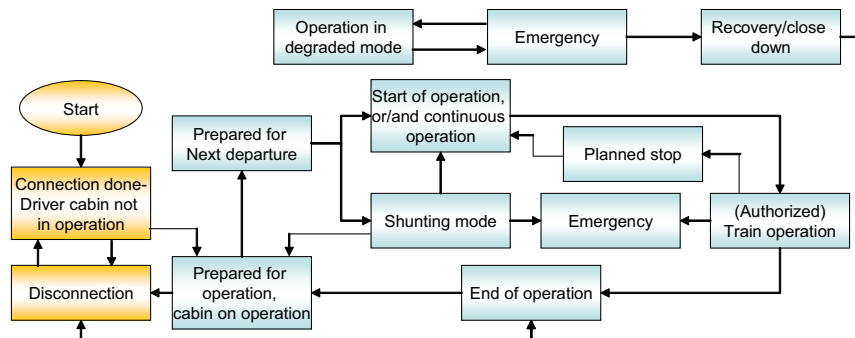


圖10 狀態轉換圖示意圖

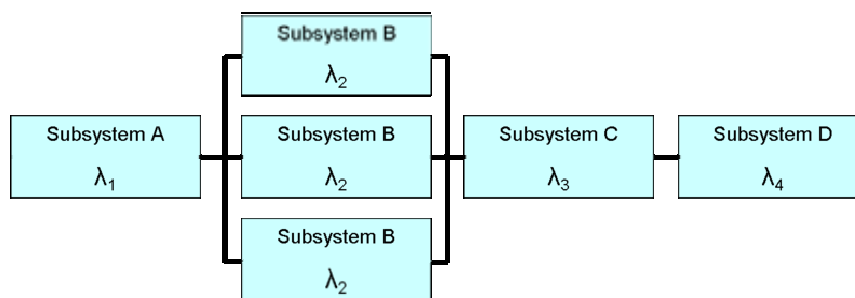


圖11 可靠性方塊示意圖

3.7 故障模式影響與嚴重性分析法（FMECA）

雖然故障模式影響與嚴重性分析法（Failure Mode Effects and Criticality Analysis，以下簡稱 FMECA）主要是作為風險分析與評估的工具，而非專作風險辨識的方法，但在操作過程中亦有可能發現之前不曾辨識到的風險，因此針對操作過程中所辨識出的危害而言，可視為 FMECA 的附加產物，故本節亦簡單介紹其中包含的兩種分析技術，分別是故障模式及其影響分析（Failure Mode and Effects Analysis, FMEA）與嚴重度分析（Criticality Analysis, CA），茲分別說明如下：

1. 故障模式與影響分析法（FMEA）

相對於 HAZOP 之操作是以參數與導引字來找出危害，FMEA 考量的對象是系統中的元件，例如「集電弓」、「鋼軌」、「輪軸」、「車門」等軌道系統元件。

FMEA 法所稱的「故障模式」指的是元件可能故障的狀況，例如集電弓斷裂、鋼軌挫屈、輪軸不整、車門無法閉合等，而且每一個元件可能有多個故障模式，例如鋼軌除了挫屈也可能斷裂，車門除了無法閉合也可能無法開啟，必須集合專家學者逐一探討系統各項元件可能衍生的故障模式，再進一步探討該故障模式衍生的後果，即是系統潛藏的危害。

一般而言，FMEA 是一種歸納式系統分析或流程分析方法，主要用來評估潛在性的錯誤，包含找出什麼會造成錯誤，以及會發生錯誤的失效模式。FMEA 的主要內容乃分析關鍵因素，即失效模式影響系統運作的情形，在進行 FMEA 時，要說明失效模式和潛在性項目失效的原因，並探討失效反映的結果，過程中可採取改變設計或流程步驟，藉以降低失效機率或減少失效衝擊，並對產生的不良影響進行彌補。惟 FMEA 法較不易處理多個元件同時失效所衍生的危害，必須藉由專家經驗，周延地考量每一元件失效可能潛藏的各種危害來克服此一缺點。

實際操作上，FMEA 法透過風險優先數值（Risk Priority Numbers, RPN）的計算來確認風險值的大小，藉以評估危害處理的優先等級順序，其計算方式為：

$$\text{風險優先數值 RPN} = \text{嚴重性(S)} \times \text{發生率(O)} \times \text{檢測率(D)} \quad (2)$$

FMEA 的操作範例如表 4 所示，其中嚴重性、發生率與檢測率可依據實際需求來分等級，若依據 ISO 2007 Security (2008) 在各指標 10 等級的分類下，RPN 的值域則介於 1~1000 之間，其中 RPN 之數值越小代表風險相對越低。

表4 FMEA 操作表格範例

系統	失效模式	...	嚴重性	發生率	檢測率	...
車門	車門無法開啟	...	...	...	...	...
	車門無法關閉	...	...	...	...	...
...

2. 嚴重度分析 (CA)

嚴重度分析 (Criticality Analysis, CA) 是把 FMEA 中確定的每一種故障模式按其影響的嚴重程度類別及發生概率的綜合影響加以分析，以便全面地評價各種可能出現的故障模式的影響。嚴重度分析可以是定性分析也可以是定量分析，若為定量則是根據結構及可靠性數據以獲得嚴重度情況。

3.8 工作分解結構與風險分解結構

工作分解結構法 (Work Breakdown Structure, WBS) 使用階層樹狀結構 (Hierarchical Tree Structure) 與 100% 原則 (100% Rule) 來定義專案範圍 (Project Scope)；若將其應用於風險管理則為風險分解結構法 (Risk Breakdown Structure, RBS)，依序說明如下。

3.8.1 工作分解結構法

工作分解結構是屬於專案架構（Project Framework）的分析方法，透過樹狀結構的方式，將分解標的進行分割，直到可以管理的最小單位。工作分解結構有三個主要重點，分別為「分解標的」、「樹狀結構」，以及「100%原則」，以下分別說明之：

1. 分解標的

「分解標的」為 WBS 分析的對象，通常是針對專案之產出（Outcomes）進行拆解，而非對工作項目（Actions）進行拆解，一來結果產出較易定義，二來結果的量化較為容易，使量化評估指標得以導入。

2. 樹狀結構

工作分解結構使用之工作分解方法為樹狀結構（Tree Structure）分解法，須與「100%原則」配合使用，圖 12與圖 13為 WBS 最為常見的表示方式。

圖 12以腳踏車組成原件為例進行專案分析，最上層是專案本身（Bicycle），稱之為 Level 1 WBS。第二層（Level 2）則是此專案的主要「交付標的」，有時主要交付標仍相當籠統或抽象，為方便進行專案管理，通常會繼續往下延展，直到可以確實掌握足夠清晰的標的為止。在 WBS 的方法中，每一項交付標的皆稱為「分解元素」，他們必須互相獨立，且可完整描述其上層，亦即每一層 WBS 為下層交付標的之總合，每一次的拆解也更加詳述專案的最終產出。

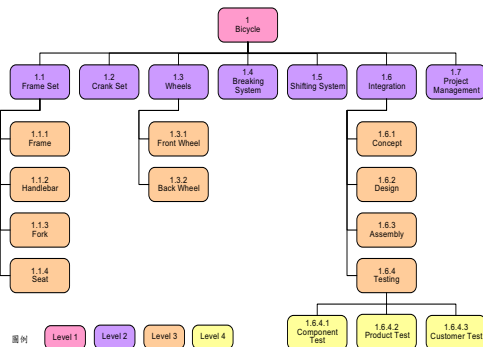


圖 12 階層式樹狀結構分解示意圖

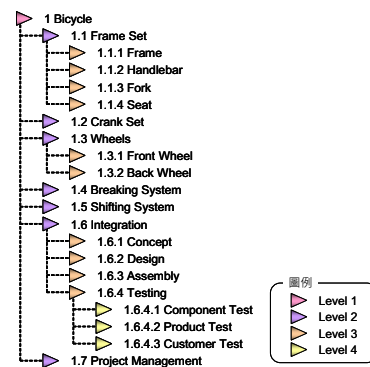


圖 13 條列式樹狀結構分解示意圖

3. 100%原則

WBS 在分解交付標的時，除不同的分解元素須互相獨立外，分解元素的總和要能完整，此即符合 100%原則。也就是說，一個有效的拆解，除了個別元素要能互斥外，整合後的元件亦須具備完整性。以圖 12為例，每一個「子層」的分解，必須百分之百地表示「父層」的元素。

根據上述三項重點完成專案的分解後，亦即表示已列出、也具體化了所有專案中預期產生的結果或目的，即表示具備了一份可以對照、檢視、與查驗專案完整度的結構化清單。

3.8.2 風險分解結構

若將分解標的面向設定為專案的風險，則稱之為為 RBS。因此，風險分解結構可說是對專案的風險以一種階層方式組成的描述，將風險以階層的方式分類，用以辨識潛在風險的所在與原因。

3.9 情境分析法

在情境分析法（Scenario Analysis）中，「情境」是指對策略具有重要性的各種可能狀況，也包含每一種可能狀況對組織產生的影響與結果。情境的建立可以來自理性的分析，也可以來自創意的發想，而情境分析法則是藉由改變一些現況的假設，同時參考可能的科技或環境發展趨勢，建立假想的未來情境，用以判斷未來的優勢與可行性。因此，情境分析法不只在基礎狀況做上下變動式調整的預測，亦可對未來的可能發展路徑，做有架構且具體式的呈現。簡而言之，情境分析是去建構未來可能發生的各種狀況，討論其中的不確定性與影響層面，並擬定應變方案。

3.10 小結

各種形式的風險辨識技術都有其優點與缺點，實務上沒有單一技術即可發現所有可能的危害（Hillson, 2006），因此建議以時間觀點的方式，從三個構面探討風險辨識技術，分別為過去、現在、及未來，茲將其概念應用於軌道系統風險辨識的對照說明如下：

1. 歷史回顧（過去）

從歷史事故資料挖掘系統風險，永遠是軌道營運單位最直接卻也付出最多代價的方法，然而實務上的經驗亦證明，亡羊補牢的作法雖遲，但若避免同樣事故再次發生亦不失為提昇安全的良方。

2. 現況評估（現在）

軌道營運單位中，各部門定期的針對現況作業程序、設備進行體檢與反省，無論使用結構化的 HAZOP、FMEA 等方法，或是直接採用腦力激盪法，都是對現況環境進行風險辨識的範例。

3. 創意技術（未來）

一般而言，善用現況與過去資料來進行風險辨識已能發現並排除絕大多數的危害，然而軌道乃百年大業，許多設備在整個軌道系統的生命週期中勢必經過多次汰舊換新，加上軌道系統牽涉層面極廣，各子系統之間互相牽連，若能善用情境分析等方法假設未來發生的情況並進行風險辨識，將使辨識成果更為完善。例如探討未來設備年久失修將提高故障率，採購新列車可能造成過去不曾存在的安全問題，或是採用防護措施後可能衍生新的威脅等都是用想像的方式，從未來的角度探索系統可能的危害。

四、案例分析-以臺鐵風險辨識為例

4.1 節先說明風險辨識時會使用到的相關名詞定義，4.2 節則說明本研究於危害清單的研擬原則，最後則在 4.3 節呈現辨識出臺鐵危害清單的成果。

4.1 辨識相關名詞定義

研擬風險清單前必須對名詞定義有所釐清，從國外經驗得知，同樣的名詞在不同國家有著不同的定義。由於這些名詞目前在我國仍未有明確之共識，因此本研究參考運研所過去曾進行的研究、英國安全風險模式及臺鐵規章之規定，於本節說明後續各項風險項目中關鍵名詞之定義。

1. 旅客：車上非員工人員、付費區內欲搭乘列車或送行之人員，包含持票及未持票者。
2. 員工：如司機、車長、勤務員、售票員、剪票員、行車副站長...等屬於營運單位或其承商（含下包與分包）的人員。
3. 大眾：不屬於旅客與員工的其他人員；若旅客有違規行為亦歸屬於大眾。
4. 列車危害：可能會導致載客列車、非載客列車或鐵路車輛損壞的危害。
5. 移動危害：在列車上或與列車營運相關的危害。
6. 非移動危害：不在列車上且與列車營運無關的危害。
7. 載客列車：具有完備列車標誌者，在正線運轉且載客之列車。
8. 非載客列車：具有完備列車標誌者，在正線運轉且非載客之列車，如貨物列車、迴送列車、工程車...等。
9. 鐵路車輛：不具有完備列車標誌者，指動力車、客車、貨車及特殊車輛。
10. 障礙物：非人員（旅客、員工、大眾）及公路車輛的軌道上異物。

4.2 危害清單研擬原則

臺鐵近年來不遺餘力的提升系統安全，除構建事故資料庫系統外，亦導入風險管理之概念。臺鐵現行危害清單多達 9 百多項，惟許多項目有重複情形，無法達到周延互斥，後續欲發展風險模式預測系統安全時也會有重複計算之問題，因此本研究在研擬危害辨識時係以「周延互斥」之目標來研擬。此外，軌道系統安全牽涉層面極廣，因此本研究採「類似系統比較法」為主，同時搭配「臺鐵歷史事故回顧」、「專家腦力激盪」為輔來辨識臺鐵安全危害，並透過結構化辨識方法來檢視是否有遺漏或需要調整的危害項目，整體辨識

流程如圖 14所示。有關「類似系統比較法」部分，本研究蒐集國內外共 12 個軌道系統之危害清單或事故分類，由於部分軌道系統基於安全考量不便公開，加上整體資料過於龐大，故本文並無展示參考系統的危害清單資訊。

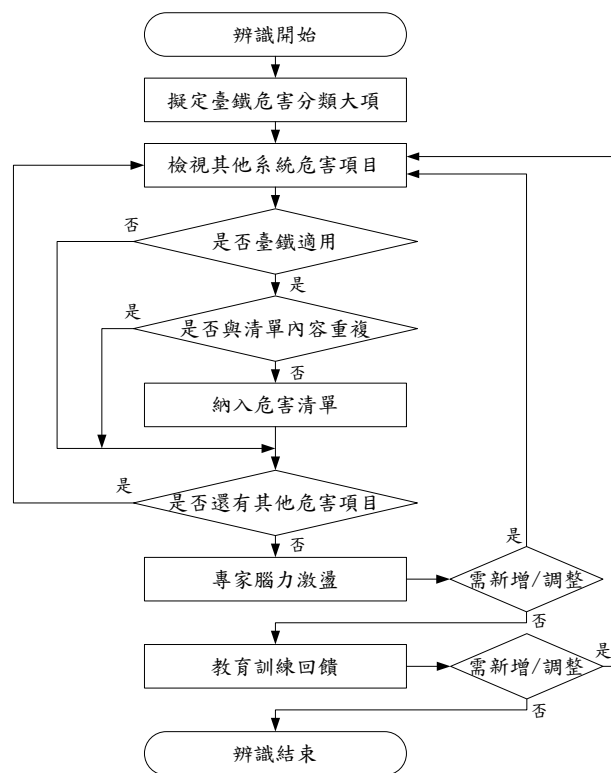


圖14 臺鐵安全風險辨識流程

本研究建議臺鐵安全危害清單可採三層方式編列，各層危害編列原則說明如下：

1. 第一層

危害項目第一層主要參酌先進國家經驗，區分為列車危害、移動危害、非移動危害與自然危害。此分類方式對應於臺鐵現行事故記錄方式來說，可將列車危害與移動危害視為造成行車事故的危害，目前由運轉科記錄；非移動危害則視為造成站內旅客受傷與員工受傷的潛在危害，分別由營業科與勞安室負責記錄。至於自然災害則是因為非屬營運部門責任且僅能從防護措施著手來減輕危害嚴重性，因此建議獨立為一類，詳如圖 15所示。

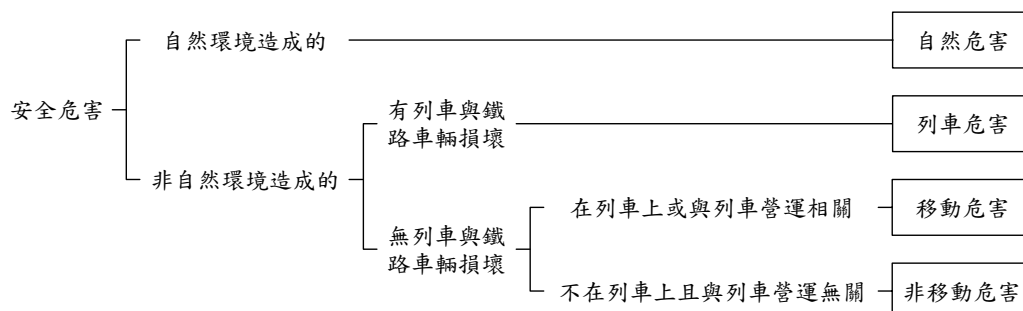


圖15 本研究安全危害分類原則

2. 第二層

本研究彙整蒐集到的國內外軌道系統危害項目後，秉持異中求同與周延互斥原則，於第二層歸納出簡潔的危害項目，且不考慮「何人（Who）」、「何處（Where）」，而是以能周延涵蓋其他系統所有危害項目及臺鐵特有的危害項目為目標來研擬第二層危害清單。

3. 第三層

危害名稱中「何人（Who）」、「何處（Where）」的敘述於第三層中考量，然而從許多軌道系統的危害項目亦發現，「為何（Why）」經常出現於危害名稱，例如有「運作中的機械設備導致員工受傷」...等描述原因的危害，此種隱含危害原因的項目在本研究研擬臺鐵安全危害清單時不予納入，主要是考量危害的原因應屬於風險分析時探討的一環，危害名稱本身納入原因並非合適作法。此外，諸如「受困」、「擁擠」、「恐慌」等項目應視為可能導致「窒息」或「滑倒/跌倒/摔倒」的原因亦未納入。最後要說明的是，部分第二層危害項目並未細分成因人因地的第三層項目。

4.3 臺鐵安全危害清單

經與臺鐵局及運研所多位專家互相討論及腦力激盪後，本研究共研擬115項之臺鐵安全危害清單，相關內容整理如圖16～圖17所示：

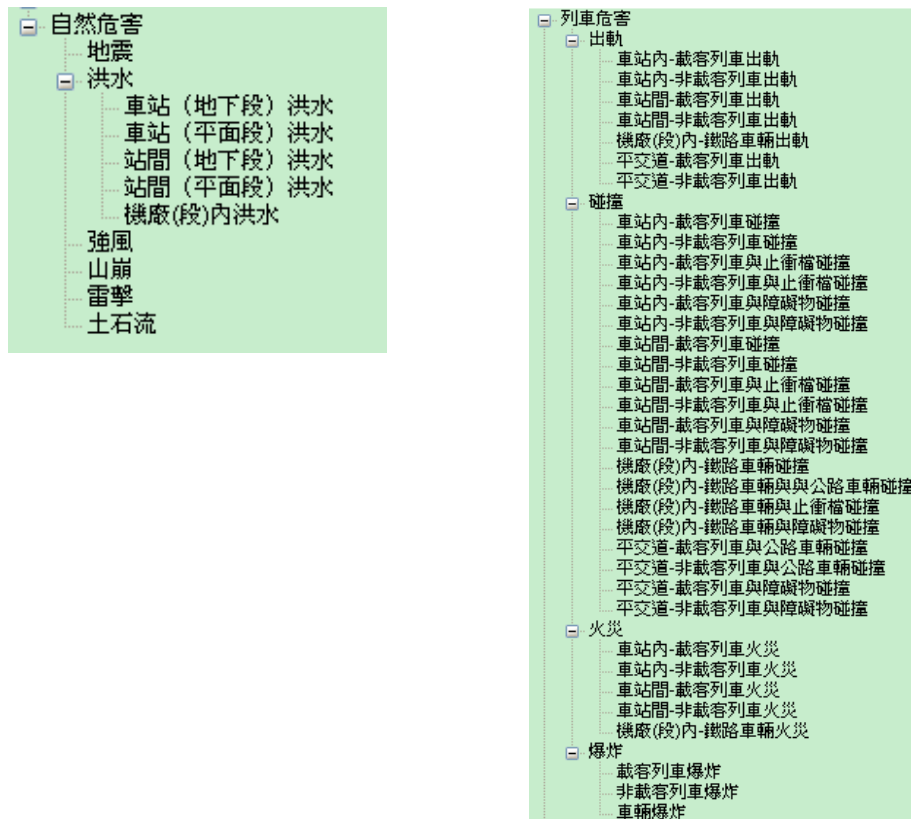


圖16 本研究研擬之臺鐵危害清單雛形

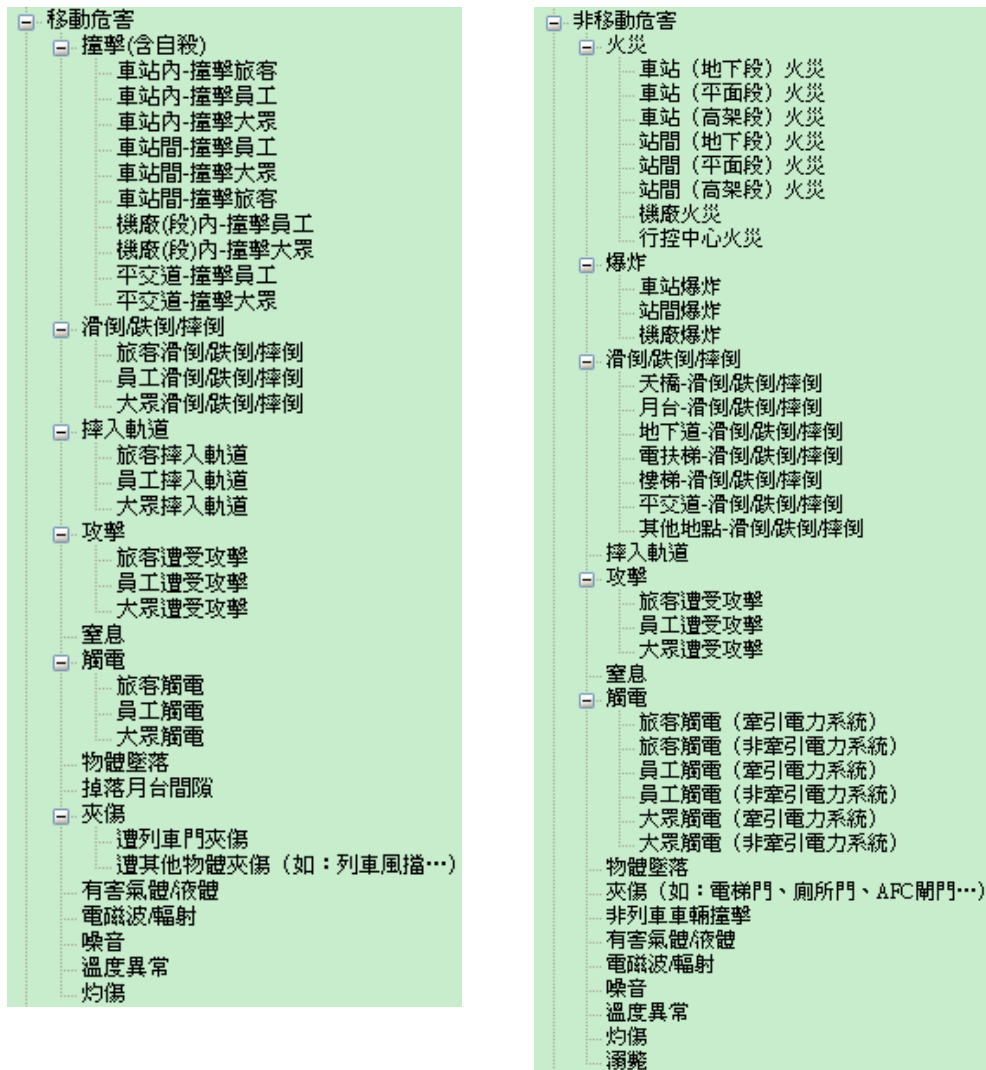


圖17 本研究研擬之臺鐵危害清單雛形 (續)

五、結論建議

5.1 結論

整體而言，軌道系統辨識方法眾多，以軌道系統風險辨識為例，歷史回顧技術需要考量過去資料記錄的詳實程度，以及現在與過去系統的差異程度；現況評估技術須仰賴軌道系統內安全專業人員對系統的認知程度；創意技術能否成功則靠參與討論者的想像力。因此風險辨識沒有所謂最好的方法，只有最適合的方法，若能同時從過去、現在、及未來三個角度思考，則辨識出的風險將最為完備。

本研究依據「類似系統比較法」、「臺鐵歷史事故回顧」、「專家腦力激盪」

以及相關的結構化方法，研擬臺鐵危害清單之雛形，共計三個層次 115 項危害。所研擬之危害清單一方面符合國際上分類之慣例，另外一方面則參酌所蒐集之國內外鐵路系統的危害項目，同時依據臺鐵系統特性來擬出適用於臺鐵的安全風險危害清單。

5.2 建議

本研究之臺鐵危害清單係以周延互斥的目標來研擬，雖已將大部分危害納入考慮，惟仍可能有少部分危害不在清單之中（如英國安全風險模式 Safety Risk Model, SRM 亦同），這部份有可能是風險太小可忽略無需納入，或者是至今尚未發現的危害。因此，危害清單需持續的隨系統的生命週期演進進行更新，未來若系統有升級或者設備之更換，則需依據最新情況進行修正與改版（如英國安全風險模式 SRM，自發行以來已經修改至第六版）。

本研究所研擬之臺鐵危害清單，一方面除可供臺鐵在危害的分類上參考外，另一方面亦可作為後續臺鐵在風險分析與風險評量的依據。

※ 本研究為交通部運輸研究所與財團法人中興工程顧問社合作研究計畫「風險管理應用於鐵路運輸安全之初探——以臺鐵風險辨識為例」（MOTC-IOT-99-SBB005）的部份成果，已獲交通部運輸研究所授權刊出。

參考文獻

王世煌（民 91），*工業安全風險評估*，揚智文化。

交通部臺灣鐵路管理局（民 91），*規章（運轉）（下）*。

交通部運輸研究所（民 98），*建立臺鐵安全績效指標之研究*。

交通部運輸研究所（民 91），*應用風險管理於航空安全之研究*。

行政院研究考核委員會（民 98），*風險管理及危機處理作業手冊*。

余序江、許志義、陳澤義（民 87），*科技預測與規劃*，五南出版公司。

李治綱等（民 98），「公共運輸之安全績效：臺灣鐵路管理局之個案分析」，*運輸計劃季刊*，第 38 卷，第 4 期。

施伯杰（民 97），以故障樹與事件樹分析法探討平交道風險事故，成功大學碩士論文。

韋伯線上字典查詢網站，網址：<http://machaut.uchicago.edu/websters>。

凌氫寶（民 72），「企業經營的風險（上）（下）」，*華僑產物保險雙月刊*，第 5 卷，第 3、4 期。

陳天健等（民 96），*災害管理學辭典*，五南圖書。

陳繼堯（民 82），*危險管理論*，三民書局。

葉名山、邱品翰、劉欣憲（民 95），「我國軌道行車保安委員會組織之研究」，*運輸計劃季刊*，第 35 卷，第 3 期。

蔡明志（民 89），「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 29 卷，第 1 期。

鄭自隆（民 88），*高雄市設立都市危機溝通管理之研究*，行政院研考會。

鄭裕哲（民 97），*整合環境與安全衛生風險評估方法之研究*，成功大學碩士論文。

鄭燦堂（民 98），*風險管理理論與實務*，五南圖書出版股份有限公司。

鄧家駒（民 94），*風險管理*，華泰文化。

ISO 2007 Security (2008), An illustration of the application of Failure Modes and Effects Analysis techniques to the analysis of information security risks.

Australian Transport Council [ATC]. (2004), Standard ON-S1: Occurrence Categories and Definitions.

Ayyub, B. M. (2003), *Risk Analysis in Engineering and Economics*, Chapman & Hall/CRC, USA.

Baker, S., et al. (1999), "Risk response techniques employed currently for major projects", *Construction Management and Economics*, Vol.17 , No 2.

Canadian Standards Association (1997), *Risk management: Guidelines for decision makers CAN/CSA-Q850-97*.

- Clifton A. Ericson (2005), *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, John Wiley & Sons.
- David Hillson (2002), “Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks”, *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*.
- David Hillson, Sabrina Grimaldi, and Carlo Rafele (2006), “Managing Project Risks Using a Cross Risk Breakdown Matrix”, *Risk Management*, Vol.8.
- Department of Infrastructure, Energy & Resources (2004), *Railway Safety Risk Standard*, Tasmania.
- Eccles, R. G., Jr., and Lee Puschaver (1996), “In Pursuit of the Upside: The New Opportunity in Risk Management”, Pricewaterhouse Review.
- Environment Transport and Works Bureau [ETWB] (2005), *Risk Management for Public Works-Risk Management User Manual*, Hong Kong SAR.
- European Committee for Electrotechnical Standardization [CENELEC]. (1999), *Railway Applications-The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)*, EN50126.
- European Committee for Electrotechnical Standardization [CENELEC]. (2001), *Railway Applications-Communications, Signalling and Processing Systems-Software for Railway Control and Protection Systems*, EN50128.
- European Committee for Electrotechnical Standardization [CENELEC]. (2003), *Railway Applications-Communication, Signalling and Processing Systems-Safety Related Electronic Systems for Signalling*, EN50129.
- Federal Transit Administration [FTA]. (2005), *49CFR659:Rail Fixed Guideway System: State Safety Oversight*.
- Haddon, W. Jr., M. D. (1970), “On Escape of Tigers: An Ecological Note”, Institute for Highway Safety.
- Heinrich, H. W. (1959), *Industrial Accident Prevention*, McGraw-Hill.
- International Electrotechnical Commission [IEC]. (2005), *Standard for Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems*, IEC61508.
- James Reason (1990), *Human Error*, N. Y., Cambridge University Press.

- Korea Railroad Research Institute [KRRRI]. (2008), Development and Application of Hazard Analysis & Risk Assessment Models for the Korea Railway.
- Metropolitan Transportation Authority [MTA]. (2005), Department of Subways System Safety Program Plan.
- Mowbray, A. H. (1930), *Insurance*, McGraw-Hill.
- Muttram, R. I. (2002), "Railway Safety's Safety Risk Model", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Vol. 216, No 2.
- Rail Safety and Standards Board [RSSB]. (2006), Annual Safety Performance Report, U.K.
- Rail Safety and Standards Board [RSSB]. (2009), Half-year safety performance report 2009/10, U.K.
- Rail Safety and Standards Board [RSSB]. (2007), Engineering Safety Management (The Yellow Book), Volume 1 and 2 Fundamentals and Guidance Issue 4.
- SAMRAIL (2004), European Commission Fifth Framework Programme SAMRAIL-WP 2.4.1 Definition of Risk.
- Smith, S. P., and Harrison, M. D. (2005), "Measuring reuse in hazard analysis", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 89, No 1.
- Stephans, R. A. (2004), System Safety for the 21st Century, Wiley, USA.
- Wharton, F. (1992), "Risk Management: Basic Concepts and General Principle", in: Ansell, J., Wharton, F., Risk: Analysis, Assessment and Management, John Wiley & Sons.
- Woolford, P. (2003), "Railway Group Safety Performance Monitoring - Definition and Guidance", Railway Safety London, U.K.

附錄 E 期中報告審查意見與處理情形

「MOTC-IOT-99-SBB005 風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-
以臺鐵風險辨識為例」期中報告審查會議

壹、開會時間：99 年 7 月 29 日(星期四)下午 2 時 30 分

貳、開會地點：運輸研究所 5 樓會議室

參、主持人：吳副所長玉珍

肆、紀錄：吳熙仁

伍、出(列)席者：	
交通部臺灣鐵路管理局張副局長應輝	張應輝
臺北市政府捷運局張副總工程司志榮	張志榮
高雄捷運股份有限公司張副總經理辰秋	張辰秋
交通部高速鐵路工程局胡副局長湘麟	胡湘麟
臺灣高速鐵路股份有限公司營運安全室 鄭經理榮幫	鄭榮幫
成功大學交通管理科學系鄭教授永祥	(請假)
交通部路政司	(請假)
交通部臺灣鐵路管理局	吳熙仁 傅宗鴻
孫郁 藍惠誠 張喜美 劉博奇 侯楚興	
高速鐵路工程局	劉博奇
鐵路改建工程局	于大全 張國治 王香桂

臺北市政府大眾捷運股份有限公司	(請假)
高雄捷運股份有限公司	(請假)
臺灣高速鐵路股份有限公司	李光隆
台糖公司休閒遊憩事業部	
行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處	趙偉
財團法人中興工程顧問社	鍾芳武 孫千山 張國帥 林孔憲
本所運安組	吳起仁

陸、主席致詞：(略)

柒、簡報：(略)

捌、審查意見與處理情形：

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
臺鐵 局湯 副總 工程 司坤 仁	研究主題非常恰當。	敬悉。	悉。
	希望研究團隊後續可以找出平交道碰撞公路車輛的解決方案與作法。	本研究案在擬出臺鐵危害清單後，目前已確定會針對平交道的二項危害進行分析，其內容即包括有預防與控制措施。	悉。
高速 鐵路 工程 局	資料蒐集完整，可供後續參考使用。	敬悉。	悉。
	臺鐵危害清單原有 961 項，本研究重新分類後危害有 115 項，請問其優缺點為何。	由於危害項目後續進行風險分析時需綜合考量人為、環境、設備等因素，方能進行控制措施與防護措施的成本效益比較。然而依臺鐵現行分類方式將同一類危害（例如碰撞）依不同原因區分，未來分析時恐有困難。此外，多數新建系統對於危害的定義都依據 EN50126，依據此種分類方式，未來臺鐵在做風險評量時，可以與國外作接軌。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	危害清單中對維修作業產生的人員受傷似乎較少，是否可說明。	本研究的危害清單表 5.1 中，在第三層已有許多描述到維護人員的危害項目，例如「員工觸電」、「灼傷」、「有害氣體/液體」等。未來若有發現新的危害，亦可再修正。	悉。
鐵路 改建 工程 局	若列車撞擊，同時有列車以及人員損傷，是屬於列車危害或者移動危害。	依據 5.2.2 節危害清單研擬原則，若有列車損傷者，優先歸類屬於「列車危害」。	同意。
	消除平交道、提昇平交道等級以及提昇號誌系統可以降低風險。	敬悉。	悉。
	針對攻擊之事件，可以設置安全保護區，亦可列入危害。	本研究危害清單表 5.1 中，移動危害與非移動危害中均有「攻擊」此項危害項目。	悉。
	建議後續要有延伸的研究案，並將施工的危害納入考量。	本研究的危害清單表 5.1 中，在第三層已有許多描述到施工的危害項目，例如「員工觸電」、「灼傷」、「有害氣體/液體」等。未來若有發現新的危害，亦可再修正。	同意。
台灣 高速	針對 ALARP 的觀念中，應該要納入成本效益比。	遵照辦理，本研究會將此概念納入建議事項。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
鐵路 股份 有限 公司 鄭經 理榮 幫	各個系統的風險矩陣都是依據安全政策來決定。	敬悉。	悉。
	風險辨識時，本研究參考很多軌道系統的經驗，由於各國的環境不同，因此仍必須透過大家的腦力激盪使其更完整。	遵照辦理，本研究每月均定期與運研所及臺鐵局召開專家會議。	悉。
	建議研究團隊可參考ISO31000 中相關的安全管理資料。	遵照辦理。	悉。
	人為因素的錯誤應納入後續風險分析的考量。	遵照辦理，後續風險分析時將考慮人為疏失的影響。	同意。
	要降低危害的成本很重要。	敬悉。	悉。
	依據經驗，危害與原因在某些情況下是很難區分的。	敬悉。	悉。
高鐵 局胡 副局 長湘 麟	報告蒐集了完整的國內外資料。	敬悉。	悉。
	目前挑選出來的二個危害都與平交道有關，但由於平交道乃臺鐵特有設施，後續風險分析的結果對國內其他軌道系統幫助有限。	本研究欲探討之二個危害係工作會議中由運研所與臺鐵局專家討論後，針對臺鐵當前最嚴峻課題而擬定。雖然平交道課題乃臺鐵獨有，然而本研究後續進行風險分析之經驗，例如研擬 Fault Tree 的原則亦可提供其他系統參考。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	研究團隊提出之 115 項危害與臺鐵目前 961 項危害差異甚大，後續整合可預期需要花費相當多的人力。	敬悉。	悉。
	目前鐵路法修訂因涉及事故定義，研究團隊是否有相關建議？	建議可參考運研所過去進行的「建立臺鐵安全績效指標之研究」，其中有關事故定義的內容，未來亦會補充收錄於本研究。	同意。
	有關危害清單的更新部分，何時需要更新，頻率又是多少。	危害清單更新的時機點包括有： 1. 檢討事故與虛驚事件時 2. 引入新設備時 3. 規章修改時 4. 系統重大改變時 因此沒有一定的頻率，端視系統安全需求而定。	同意。
台北市政府捷運工程局 張副總工程師 志榮	建議報告 2-19 頁第 2.2.3.1 節中，對於名詞定義部分，就事故、事件、風險、危害，從本研究的觀點提出整合性之定論。	遵照辦理，本研究將提出整合性之定論。	悉。
	有關風險管理執行步驟，建議直接採用行政院研考會研擬之「風險管理及危機處理作業手冊」所訂之步驟(即 2-18 頁之圖 2-11)，不需再另立如圖 2-12 之架構。	圖 2-11 為行政院研考會之風險管理步驟，圖 2-12 係綜整各國家、學者與實務作法後之共同特性，並非重新研擬風險管理步驟。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	依 1-4 頁之「圖 1-2 研究流程圖」顯示，2-19 頁之「2.3 軌道系統風險辨識方法回顧」宜另立一章論述，既能對應原訂之研究流程，以才能符合 1-2 頁「1.2 研究目標」所列示，本研究重點為尋求適用於臺鐵之風險辨識方法並清楚顯示該部份之重要內容。	遵照辦理，將於另一章節論述「軌道系統風險辨識方法回顧」。	悉。
	建議加強檢核圖表內容之品質：(1)圖 2-27 及圖 2-28 模糊不清，難以辨識。(2)本研究係以中文進行研究過程及內容之撰述，相關圖表應以中文為主或中英文並列方式表達，似不宜全面性摘附英文，表 2.1、圖 2-13、表 2.5、表 2.6、表 2.7 等建請加強中文部分之補充。(3)2-46 頁之「2.4.3.2 機場捷運系統」，其全名為「臺灣桃園國際機場聯外捷運系統」，目前全線施工中，其風險管理重點為施工安全，而非本研究重點之營運安全。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 圖 2-27 將改以文字表列附加部分表格內容方式呈現；圖 2-28 由於資料來源取得不易，將以影像處理方式增進清晰度。 2. 遵照辦理，已修正於報告內。 3. 遵照辦理，已修正於報告內，並強調該系統為施工安全。 	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	第五章臺鐵危害項目辨識中之第 5.2.3 節(5-14 頁～5-48 頁)，係以「類似系統比較法」運用英國 SRM、澳洲軌道系統、南韓鐵路事故報告規章、歐洲 MODURBAN 等所列示之危害項目，與本研究研擬之項目比對，以求驗證。前述之系統或者危害項目是否「類似」或適合臺鐵之系統與營運特質，進而能夠兩相比較，似應先探討釐清後再做處理。縱使可相互比較，建議將該等眾多比較表格整理後列為附件，而不需要作為無實質意義之內文。	<ol style="list-style-type: none"> 欲找到完全與臺鐵類似的軌道系統，如：相同的規模、場站、車輛、營運方式...等，不太容易；另外的困難是該完全類似系統的營運單位是否願意提供相關資料，較無法掌握。因此本研究報告於 2.3.3 節定義「類似比較法」時，係以基礎功能類似為原則。 遵照辦理，各類似系統與本研究研擬之危害清單對照表，將挪至附件中。 	同意。
	圖 1-3 的內容與 5.2.3 節之實際不符，建議修改流程步驟	遵照辦理，已修正於報告內。	悉。
	第五章內 5-1 頁至 5-5 頁多次提及「臺鐵安全危害清單」都是經過專家腦力激盪後產生，並亦將搭配「臺鐵歷史事故」輔助驗證此安全危害清單，惟未見此部分之敘述及相關文件，建議加強補充，以求完整。	遵照辦理，將補充專家討論之工作會議記錄，分享腦力激盪之經驗。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	期望本研究最後建立的風險管理模式能夠具有：(1)本土性-符合臺鐵環境與特質(2)有效性-容易更新達成效果(3)執行性-容易操作與機靈調整(4)示範性-作為其他軌道系統營運單位的參考。	敬悉。	悉。
	第五章要有總結，有關危害清單的格式請作說明。	遵照辦理。	悉。
運輸 研究所 陳組長 一昌	工作會議記錄可納入報告附錄。	遵照辦理。	悉。
	報告中若提及運研所過去的研究成果，宜摘錄相關內容至報告內。	遵照辦理。	悉。
高雄 捷運 股份 有限 公司 張副 總經 理辰 秋	臺鐵歷史資料豐富，因此建議採歷史事故資料作辨識的主要參考。	敬悉。	悉。
	危害辨識之後的分析、評量會是一個重點。	敬悉。	悉。
	可辦理各項競賽，俾利風險辨識的推動。	參酌評審意見，將納入報告建議。	悉。
	執行面的有效性和可行性建議納入考量，俾利本研究之具體落實。	後續風險分析時將深入探討執行面的有效性與可行性。	同意。
	可參考英國鐵路調查局(RAIB)公布於其官方網站的資料，俾利本案風險的辨識。	敬悉。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	<p>臺鐵係一營運單位，建議建立 OHL(Operating Hazard Log)。不宜完全引用 EN50126，因 EN50126 係從規劃設計階段開始逐步檢討建立 Hazard Log，臺鐵則係一面營運，遷就既有設施，一面辨識風險，提昇安全度，思維模式異於 EN50126 之安全管理模式。</p>	<p>本研究主要目的乃研擬臺鐵之危害清單 (Hazard List)，亦即 OHL (Operating Hazard Log) 之部分內容。研擬過程中除了參考 EN50126 概念外，亦回顧歷史事件並經由專家腦力激盪，得出適用臺鐵的安全危害清單。</p>	<p>同意。</p>
	<p>建議選擇乙項容易進行風險管理的安全危害項目，建立其風險管理的標準作業程序 (Standard Operation Procedure, SOP) 及工作說明書 (Working Instruction, WI) 形塑一套完整的作業模式，俾利後續其他風險辨識及管理工作遵循辦理。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究預計針對兩項安全危害項目進行風險分析。 2. 有關風險管理的標準作業程序及工作說明書非本研究範圍，將納入後續研究建議。 	<p>同意。</p>
	<p>風險管理、風險辨識及安全管理均為工作習慣養成的一環，亦即應長期辦理相關的訓練、演講、競賽…等，以期望風險及安全的文化深深注入到臺鐵局的企業文化中。</p>	<p>參酌評審意見，將納入報告建議。</p>	<p>悉。</p>
	<p>請研究單位從組織面提出風險管理單位的定位及組織內之運作機制，俾能建立風險管理單位納入正常組織編制中。</p>	<p>研究範圍不涉及風險管理單位的定位及組織內之運作機制。</p>	<p>同意。</p>

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
臺鐵 局張 副局 長應 輝	感謝以臺鐵作案例分析，尤其以平交道作為深入探討，是非常好的方式。	敬悉。	悉。
	臺鐵局有依循行政院研考會的風險管理架構進行風險分析，目前已經可以得知每年的風險值。	敬悉。	悉。
	臺鐵有特有的危害（如跳墜車），這部份也是呼應之前提到本土化的結果。	敬悉。	悉。
臺鐵 局傅 科長 義鴻	平交道的分析希望可以納入環境因素。	後續風險分析時將考量環境因素。	同意。
成功 大學 鄭教 授永 祥(書 面意 見)	在運研所招標時所擬訂計劃之預期工作項目中要求：比較分析國內外風險辨識理論及實務與台鐵有關安全之風險辨識及實作方法，包括人員、運具、場站及設施制度等，但審視目前之報告內容，仍有落差，請修正。	國內外風險辨識理論與已於第 2 章內說明，實務作法則分述於第 3 章與第 4 章，其中臺鐵安全之風險辨識及實作方法於 3.2.1 節內說明。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	建議利用本研究目前所研擬之危害清單來檢核目前台鐵過去幾年所發生的事故或是虛驚事件(near miss)，是否均能夠有效被涵蓋？此外可趁此機會檢討目前台鐵事故的分類及登錄是否能够有效掌握可能之潛在風險？	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究危害清單同時參酌臺鐵歷史事故，因此可涵蓋過去發生的事故與虛驚事件。 2. 臺鐵目前風險分類與登錄方式僅能涵蓋「已發生事故」，故本研究參酌國外鐵路系統經驗並透過腦力激盪方式，研擬能涵蓋所有尚未發生但有可能發生之事故的危害清單。 	同意。
	可否就目前國內軌道運輸系統之風險管理目前所可能存在之問題加以檢討與分析？	國內多數營運單位基於安全考量，攸關其本身之風險管理內部資料不便公開，本研究一方面資料取得困難，再則公司文化與內部經驗無法客觀比較，因此檢討分析恐有困難。	同意。
	有關鐵路風險辨識之訓練課程之內容設計應進一步說明	遵照辦理，教育訓練擬於 99 年 10 月份舉辦，會提前於工作會議中提出內容設計。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	有關研究內容所提之至少五次之工作會議，其可能議題設計為何？如何檢核本案之建議？	本研究案預計舉辦6次工作會議，有關每月工作會議內容已於第1次工作會議中提出。另每次會議均會回饋之前的建議，同時工作會議記錄將顯示於附錄中。	悉。
高雄捷運股份有限公司 (書面意見)	報告中較大篇幅多偏EN/IEC等國際規範之介紹與比較，惟對於營運之安全成效及對效率等等之評比，建議可先以CoMET/NOVA所定之安全指標自我評估(如:MKBF)以國際的標準了解臺鐵努力之成效，亦可作為臺鐵設定KPI的參考。	本研究主要在研擬臺鐵之危害清單，不涉及臺鐵安全及效率之KPI設定。	同意。
	本研究報告應以建立臺鐵之Hazard Log為目標，故應可參考各軌道公司在此方面之實際作法，並著手輔導臺鐵人員如何辨識風險、減輕措施、量化風險等級，並實際召開HAZOP會議，以逐步建立並推廣Hazard管理制度。	本研究主要在研擬臺鐵之危害項目，不涉及危害登錄表(Hazard Log)之建置。	同意。
	研究單位已探討二項臺鐵危害項目，該二項的辨識內容及流程，包括風險等級、造成影響與預防措施，可呈現在報告內，資以實際操作範例，給予後續相關作業之遵循，達事半功倍之效。	遵照辦理，有關欲探討臺鐵之二項危害內容已於工作會議中決定，該工作項目將於期中審查報告後進行。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	先進地區軌道發展之風險管理，始於系統概念成形，經設計、施工、試車、營運至系統註銷，惟目前臺鐵系統皆已運行多年，研究單位是否給予風險管理切入的適當時機點與建議。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攸關安全的作為刻不容緩，本研究建議風險管理應立即切入。 2. 臺鐵已有百年歷史，興建時並無風險管理概念，於營運階段方導入風險管理更須謹慎。本研究建議可從歷史事故資料、規章著手，輔以專家經驗最能有助於臺鐵推動風險管理。 3. 目前臺鐵局已依據行政院研考會之風險管理步驟導入風險管理。 	同意。
	圖 2-22 與圖 3-19 屬香港地鐵對工程生命週期的風險管理，表現應一致以避免混淆，同時強調其在本報告之應用。	遵照辦理，本研究利用該圖首先表達危害登錄表的持續性，之後再說明其整體系統生命週期的理念。	同意。
	第 3-26 頁「…南韓於風先管理…」應為繕打錯誤，請修正。	遵照辦理，已修正。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	<p>第 3-61 頁報告 3.2.4 節所引用 KRTC 之資訊，係 KRTC 自系統設計階段即引入之 RAMS 的成果，如表 3.38 及表 3.39 皆是 KRTC 系統設計標，並依循 EN/IEC 等規範要求於各階段作業之結果，不斷驗證比對各目標達成狀況，並於營運階段所發生之事故案件及維修記錄再檢討各系統 RAMS 目標達成狀況，此種自設計階段一脈傳承銜接的作法係 EN50126 的精髓與目標；對臺鐵現階段是否適用？亦或台鐵對旅客、員工、大眾之風險量化標準為何？應先予釐清定義。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究回顧 EN50126 係為了解國際上風險管理的慣用作法，並非全盤套用，研究過程中亦回顧歷史事件並經由專家腦力激盪，方能得出適用臺鐵的安全危害清單。 2. 有關旅客、員工、大眾風險量化的標準不在本研究範圍，須視臺鐵的安全政策而定。 	<p>同意。</p>
	<p>第 4-19 頁「表 4.8 臺鐵局原規章事故分類整併後事故對應表」與第 5-5 頁「表 5.1 臺鐵危害清單」給予二種不同風險管理訊息，研究單位是否說明二者之間相互關係與差異為宜，提供使用者未來風險管理建議。</p>	<p>表 4.8 係臺鐵局目前使用的事故分類與事故大類的對照表；表 5.1 係本研究所研擬的臺鐵危害清單雛形；5.3.1 節表 5.2~表 5.14 更進一步說明臺鐵現有事故與本研究研擬危害項目之關係。</p>	<p>同意。</p>

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	本報告第 2 章及第 3 章介紹規範及各捷運系統的作法，目前國際亦以 RAMS 作為軌道系統安全的檢核標準，故在「4.4 小節」對臺鐵的建議應再明確，亦即目前臺鐵是否要對 RAM 作精進或是僅需對 Safety 作檢討。	本研究範圍著重於安全之風險辨識，因此僅提出 Safety 的建議。	同意。
交通部運輸研究所運安組(書面意見)	期中報告所完成的工作內容符合本計畫方向，惟在第五章之臺鐵危害清單採三層方式編列，是否符合後續風險分析、監督與改善，以及實務作業之需要，建議補充說明，或者參考 MODURBAN 作法，前幾層為危害項目，後幾層為原因說明與描述，以利實務作業需要。	危害項目研擬須考量後續能否進行風險分析並從中探討各項防護的效益。本研究後續針對兩項危害項目深入探討時，將補充危害名稱不應納入原因的論述。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	<p>依據本計畫的研究主題與重點，尚有如下工作內容需執行，請納入後續辦理工作中：(1)針對二項可能危害(「列車於平交道碰撞公路車輛」與「列車於平交道撞擊大眾」)，依據風險辨識程序，辨識其風險來源、可能導致的情況、可能對目標造成的影響、可能會涉入或受到衝擊的利害相關者、現有控制方法無法發揮控制功能的原因等項目，分析其風險是否需要管理，建立風險辨識之執行步驟與過程；(2)辦理鐵路運輸風險辨識之訓練課程。</p>	<p>遵照辦理，後續將分析二項危害與辦理教育訓練。</p>	<p>悉。</p>
	<p>4-16 頁 MODURBAN 之 9 個層次 315 項目建議以附錄方式呈現。</p>	<p>該文件資料為公開閱覽可方便下載取得，因此本研究將於參考文獻內說明網址資訊，供下載參考。</p>	<p>同意。</p>
	<p>澳洲軌道系統安全危害分類項目包含冒進號誌(4-9 頁)，但於表 5.18(5-23 頁)中則列為事故項目，建請檢視其一致性。</p>	<p>遵照辦理，將於報告內修正其一致性。</p>	<p>同意。</p>

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	研究團隊中將英國危害項目中的運轉異常、列車過度擁擠與端門疏散旅客至後方列車，不列為臺鐵危害項目，其理由不夠充分，請加強說明。	1. 本研究依據 2.1.1 對「危害」的定義，係觸發事故的前一項因子，研擬出臺鐵危害清單。 2. 由於運行異常、列車過度擁擠與端門疏散旅客尚未到達危害的定義，因此於對照表中並無法參照到本研究之危害清單，但並非否定英國 SRM 之定義。	同意。
	請於期末報告書中，加強內容撰寫之正確性與圖表之清晰度。期中報告書中明顯可見之文字疏漏或錯誤之處，包括有：2-45 頁倒數第 5 行、HET5 之英文 damage；圖表模糊處包括 2-50 頁圖 2-27、2-51 頁圖 2-28。	1. 遵照辦理，將修正報告內容。 2. 有關圖 2-28 由於資料來源取得不易，將以影像處理方式增進清晰度，同時輔以文字說明圖片內容。	同意。
主席 裁示	請研究單位針對期中審查委員與機關代表之意見(含書面意見)，整理列表檢討回應，並納入期末報告書。	遵照辦理。	悉。
	原則上期中報告通過審查。	敬悉。	悉。

附錄 F 期末報告審查意見與處理情形

「MOTC-IOT-99-SBB005 風險管理應用於鐵路運輸安全之初探-
以臺鐵風險辨識為例」期末報告審查會議

壹、開會時間：99 年 11 月 30 日(星期二)上午 10 時

貳、開會地點：運輸研究所 10 樓會議室

參、主持人：陳組長一昌

肆、記錄：吳熙仁

伍、出(列)席者：	職稱	簽到
臺灣鐵路管理局張副局長應輝	副局長	
臺北市政府捷運局張副總工程 司志榮	副總工程司	張志榮
高雄捷運股份有限公司張副總 經理辰秋	副總經理	
高速鐵路工程局胡副局長湘麟	副局長	
鐵路改建工程局方副局長文志	副局長	方文志
成功大學交通管理科學系 鄭教授永祥	教授	鄭永祥
臺灣高速鐵路股份有限公司營 運安全室鄭經理榮幫	經理	蘇文傑代
交通部路政司		(請假)
交通部臺灣鐵路管理局	科員	高尚瑋
	專員	劉傳章

高速鐵路工程局		
鐵路改建工程局		
臺北市政府大眾捷運股份有公 司	評長	林賢榕
高雄捷運股份有限公司		(請假並提供書面意見)
臺灣高速鐵路股份有限公司	經理	蘇文傑
台糖公司休閒遊憩事業部		(請假)
行政院農業委員會林務局嘉義 林區管理處		(請假)
財團法人中興工程顧問社		林杜宸 孫山 鍾吉成
本所運安組		吳建輝 吳熙仁

陸、主席致詞：（略）

柒、簡報：（略）

捌、審查意見與處理情形：

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台北 市政 府捷 運工 程局 張副 總工 程司 志榮	肯定研究團隊的努力，定稿完成修正後應有更好表現。	謝謝評審的肯定。	悉。
	建議加強第六章「臺鐵安全危害項目辨識」有關辨識及整理出 113 項危害清單的過程敘述。例如：P6-1 與 P6-5 所述「類似系統比較」、「歷史系統比較」、「專家腦力激盪」過程中，來自風險分析者、安全專家、系統專家、系統使用者的看法為何，以及最後整合的論點。	除於附錄 G 記錄每次工作會議主要討論內容外，亦於 6.2.3 節補充說明。	同意。
	期中報告原本整理 115 項危害項目，期末報告改為 113 項，請說明其原因。	由於臺鐵系統之站間並無止衝檔，因此在工作會議與臺鐵專家討論後，將站間撞擊止衝檔之兩項危害刪除。	同意。
	建議加強第七章「臺鐵二項危害風險分析」有關兩項平交道危害失誤樹分析的描述，利用圖文並列方式使其容易閱讀。	遵照辦理，增加圖 7-1~7-5 輔助說明。	同意。
	請說明本研究建立之臺鐵風險辨識分析模式的「可用性」、「執行性」以及「示範性」，可否作為其他營運單位的作業參考。	遵照辦理，於定案報告 8.1 節結論第 5 點補充說明其可用性、執行性、示範性，並於第 4 點與第 5 點補述使用限制。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	辦理鐵路系統風險辨識教育訓練為本研究業主要求辦理重點之一，建議整合 P1-7 及附錄 G 的資料，以文字撰述方式加強，列示各參加單位人員討論的重點。	遵照辦理，於定案報告附錄 G 內整合資料與列述討論內容。	同意。
鐵路 改建 工程 局方 副局 長文 志	有關鐵路改建的過程中，有關規劃與設計部分，建議鐵路局與鐵路改建工程局應該積極合作。	參酌評審意見，納入定案報告 8.2 節第 4 點建議內。	同意。
	臺鐵為窄軌系統，長期而言在設備採買或者維護，營運安全勢必會有風險存在，建議應即早處理。	窄軌系統的確為臺鐵於採購與維護時應考量風險，惟此議題不在本研究範圍，建議另案研究，委員意見將於 8.2 節第 1 點補充建議。	同意。
成大 交管 系鄭 教授 永祥	有關國內外之案例分析，建議以表格整理，並輔以比較說明分析，可增加閱讀性。	由於資料取得不易，定案報告表 3.50 儘可能針對資料蒐集相對完善的國內外資料進行比較。	

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	失誤樹與事件樹分析所產生的結果是否有一定之關連性？所推估之風險清冊是否已經有效涵蓋虛驚事件？	<p>1. 透過失誤樹可探尋危害發生的原因，而事件樹則可分析危害發生後導致的結果。</p> <p>2. 風險清冊僅作到風險辨識，尚須深入分析後方能探討潛藏的虛驚事件。例如本研究分析兩項平交道危害所探討的各項失效，即是可能的虛驚事件。</p>	同意。
	二項危害分析是如何一開始就確認？	兩個危害係工作會議中由運研所與臺鐵局專家討論後，考量臺鐵當前最嚴峻課題所擬定。	同意。
	結論與建議部分，希望能增加更多篇幅，如簡報中的一些補充，以增加可讀性。	遵照辦理。	悉。
	可補充說明如何將風險管理的機制、運作及成果落實在第一線工作人員。	於 8.2 節第 2 點建議中補充說明。	悉。
台灣 高速 鐵路 公司 蘇經	風險管理的觀念應落實到第一線的同仁，因此建議可於報告中加強說明如何對臺鐵人員進行落實、推展與訓練之事宜。	於 8.2 節第 2 點建議中補充說明。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
理文 傑	有關風險管理是否於規劃及設計階段導入是個政策議題，由交通部來制定會較妥。	敬悉。	悉。
	台灣高鐵於設計、興建與營運階段，以 EN50126 為標準進行風險管理，由興建期的四千多個危害，到營運期的一百多個危害，每年仍持續進行檢討中，目前則請核能研究所協助 PSM 之訓練。	敬悉。	悉。
	簡報中「先行指標」的概念對提昇安全水準的效果良好，建議後續可研擬更多先行指標。	敬悉。	悉。
臺鐵 局高 科員 尚瑋	研究報告中對於二項危害分析與對策的方法很好。路局自己也建立事故資料庫，找出嚴重的平交道來進行設備改善與加強管理。	已將委員意見納入 8.1 節第 2 點結論。	悉。
臺鐵 局劉 專員 傳彥	路局本身正積極推動第一線同仁在安全風險之落實。	已將委員意見納入 8.1 節第 2 點結論。	悉。
	有關平交道安全部分，鐵路側與公路側之整合很重要，路局也期望可有所突破。	如委員所述，本研究亦於 8.2 節所述的控制方法建議中提出許多公路側的改善方向。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
台北 捷運 公司 林課 長賢 樑	本研究所找出之危害共 113 項，對臺鐵局是一個初步的起點，接下來每一項都要依據失誤樹展開後，才能有效管理。	將委員意見納入 8.2 節第 5 點建議補充說明。	同意。
	台北捷運對於虛驚事件也很重視，環境中有很多小事情都需要注意，因此有許多反應管道可供第一線同仁提出來檢討。	第一線人員的異常回報對安全提昇有很大的幫助，故本研究亦於 8.2 節第 6 點建議新增的控制方法中納入相關建議。	同意。
	失誤樹中，若頂端事件之下為「或」閘，則機率會相加變大，因此要特別注意是否有遺漏哪些重要的原因。此外，部分失誤樹的底端事件有相同之編號，則要確定是否為同一事件均會導致多個失誤發生。	兩個失誤樹內容經重新檢視並修正後，於 7.2 與 7.3 節說明。	同意。
高雄 捷運 公司 (書面 意見)	報告中 P3-41 臺鐵行車類風險更細部分類詳見 4.2.1，惟 4.2.1 節是故障模式影響與嚴重性分析法 FMECA，請確認。	已更正為 5.2.1 節。	悉。
	4.2.2 節失誤樹分析法 FTA 以「及 (AND)」閘表示，惟 7.1.1 節另以「且 (AND)」閘表示，建議應確認表示一致。	已統一改用「且 (AND)」表示。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	表 7.1 歷史資料統計範例中，影響指標「財產損失」嚴重性以分級高、中、低，臺鐵及高鐵均係以金額費用作為分類依據，建議參考表 3.21 臺鐵以金額費用作分級，以利觀察影響指標。	該表為舉例說明，於定案報告內已說明表中的財產損失與環境影響若有合適量化範圍，亦可採用量化分類方式。	同意。
	報告中已說明列車撞擊行人，只有在速度極慢情況下有機會存活，但其事件樹 ETA 分析撞擊車速分高、中、低，請確認已三種車速進行分析之必要性。建議以兩種速度，極慢速與快速進行分析。	由於臺鐵目前並未記錄平交道撞擊事故發生當下的列車車速，故本研究沿用聯合國亞太經濟社會發展委員會在平交道事故嚴重程度採三種速度分類方式處理。未來若有詳細資料可供分析時，可再深入研究予以調整。	同意。
	報告中已對兩項危害進行深入探討並有控制方法，建議將過程以危害登錄表（Hazard Log）呈現，以作為臺鐵執行參考。	現階段臺鐵尚未有危害登錄表之建置，建議後續可另案研究，建置臺鐵的危害登錄表。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	附錄 H-臺鐵平交道二項危害失誤樹中，公路側防護設備無動作（危險狀態）以「AND」閘分析，惟當遮斷桿沒有落下時，即有危險狀態，請確認以「AND」閘分析是否適當。建議遮斷桿沒有落下時，列為危險狀態，其餘三項以「AND」閘分析。	本研究定義只要任一種防護設備處於正常運作狀況下，用路人即須遵守，否則視為人為因素之違規或無法接收告警訊息來處理（P7-17 的 Event 12），因此在公路側防護設備無動作係以「且」閘來處理。	同意。
	建議後續可依據及參考本報告，建議臺鐵完整之 OHL（Operating Hazard Log），俾利實質提昇臺鐵之安全經營。	參酌評審意見，於定案報告內納入 8.2 節第 2 點建議。	同意。
運研 所運 安組	期末報告所完成的工作內容大致符合本計畫方向，惟在比較分析國內外風險辨識理論及實務，以及臺鐵有關安全方面之風險辨識與實作方法部分，包括人員、運具、場站、設施及制度等，建議可列出綜合比較表補充說明。	從文獻回顧過程中發現，欲瞭解國內外各軌道系統採何種風險辨識方法有困難，故本研究僅能針對軌道風險管理方式於 3.5 節表 3.50 補充說明各國比較情形。	同意。
	3-47 頁表 3.26、3-48 頁表 3.29、3-49 頁表 3.30 比較基礎建議以完整的 97 年與 98 年進行比較分析。	已與臺鐵聯繫並更新資料，惟 98 年 11 與 12 月並無新增風險，故表格內容仍相同。	同意。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	7-1 頁之 7.1「準備工作」，建議依內容特性，說明辦理完成工作內容。	遵照辦理，並新增圖 7-1~7-5 輔助說明各項工作內容。	同意。
	建議針對第七章之其他失誤樹與事件樹可增加文字說明而非僅參閱附錄，並說明控制方法與建議與上述失誤樹或事件樹之關聯性。	1. 已於定案報告 P4-25 表 4-10 與圖 4-13 補充說明本研究失誤樹中所使用的事件與邏輯閘類型，建議可對照查閱。 2. 已於 7.4.2 節補充說明各項改善建議欲降低的失效事件發生機率，以及所呼應事件樹分析結果的關鍵事件來降低危害後果。	同意。
	少數文字請檢視並更正，例如 5-2 頁 HET5 之英文 dimage 應為 damage，5-28 頁「原因不祥」應為「原因不詳」，7-17 頁「詳可參閱…」。	遵照辦理，已更正。	悉。
主席	請研究單位針對期末審查委員與機關代表之意見（含書面意見），整理列表檢討回應，並納入定稿之期末報告書。	遵照辦理。	悉。
	原則上通過期末報告審查。	敬悉。	悉。

單位/ 姓名	審查意見	承辦單位處理情形	主辦單位 審查意見
	請中興工程顧問社於 12 月 20 日前函送定稿之期末報告書，並請配合行政作業進行結案。	遵照辦理。	悉。

附錄 G 每月工作會議紀錄

G.1 第 1 次工作會議紀錄

時間：99 年 3 月 31 日（星期三） 下 午 2 時 30 分

地點：交通部運輸研究所七樓會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、中興工程顧問社

討論內容：

1. 工作進度報告

進度報告綱要如下，詳細內容參見會議資料。

- (1) 研究方向與內容之確認
- (2) 資料蒐集需協助之發文
- (3) 確認工作會議討論內容
- (4) 確定欲邀請的專家名單
- (5) 確定臺鐵二個危害項目

2. 討論事項

- (1) 章節 2.2 討論的為風險管理步驟，如何導出 2.3 節的風險辨識方法。

（第二章首先討論風險管理整體概念，之後探討風險管理的程序步驟，最後再討論第一步驟-風險辨識，因此係採由大而小的方式來收斂主題）

- (2) 國外軌道運輸風險管理實務是否納入日本的現況。

（據李教授治綱在日本客座的經驗，日本早期並未導入風險管理的觀念，其軌道安全管理主要係透過民族文化自制力的方式達成，直到近年日本才開始導入歐盟 EN50126 的規範，中興社將盡力蒐集日本相關資料，以納入文獻回顧中）

- (3) 欲討論臺鐵危害項目中，為何選擇第二名與第三名的項目？另外是否待專家學者一起決定較妥適。

（第一名的侵入軌道已可由圍籬方式阻絕該風險，因此選擇第二名臺鐵特有的平交道搶越闖越項目，以及第三名較具代表性的站內滑倒摔傷項目；

臺鐵局專家的參與與意見相當重要，預計於下次的工作會議邀請臺鐵局專家與會，並針對欲深入討論臺鐵的二項危害選擇交換意見)

(4) 下次工作會議是否仍為月底舉辦。

(本案需較充裕的時間來進行分析與整理資料，因此建議月底舉辦下次工作會議較為妥適)

3. 運研所建議事項

(1) 風險管理相關資料，可由所內同仁提供相關資料。

(中興社會後將主動索取，感謝協助)

(2) 欲向軌道營運單位索取資料之公文，建議可以提早擬定內容，以利發文作業。

(中興社將儘快處理欲蒐集的資料議題，屆時再請運研所協助辦理)

(3) 有關欲邀請的專家學者，可以先將名單列出供臺鐵局參考。

(遵照辦理)

4. 散會

G.2 第 2 次工作會議紀錄

時間：99 年 4 月 28 日（星期三） 上 午 10 時

地點：交通部運輸研究所七樓會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、臺鐵局楊專門委員正德、湯副總工程司坤仁、彭科長明光、藍正工程司憲誠、許正工程司調泰、沈幫工程司獻超、張科長喜美、中興工程顧問社

討論內容：

1. 工作進度報告

- (1) 風險管理概論
- (2) 歐盟軌道相關規範
- (3) 軌道系統風險管理實務
- (4) 確定臺鐵二個危害項目 & 專家意見回饋

2. 討論事項

- (1) 有關臺鐵二個危害項目之選擇，是否可採用「延誤」作為選擇依據？
例如：探討造成延誤的號誌故障與動力車故障等因素。

（分析「安全」與分析「可靠度」所蒐集的資料內容不同，由於本研究以「安全」為主題，建議採安全的風險來選擇危害項目；有關「延誤」之風險分析，建議可以採另案辦理）

- (2) 有關本研究之二個危害項目選定，其一為平交道事故，另一為站內滑倒。其中，後者是否可採用「站內旅客受傷事故」進行探討？亦即包含有滑倒、月台邊側事故、上下車摔傷。

（原則上同意，惟考量本案研究時程，會以站內滑倒危害作為優先分析項目，之後再依據可用時間之多寡來對站內月台邊側事故以及站內上下車摔傷事故作探討）

- (3) EN50126 是否詳細規定風險值的計算方式為加法或者乘法得出。

（依據文獻可知包含有落點法、相加法、相乘法）

(4) 是否可取得各營運公司的危害項目列表，並於研究報告中呈現。

（會盡可能透過發文或者親洽方式索取。若營運公司考量智慧財產...等因素無法提供資料時，會以「資訊公開化」之精神與營運單位協調，盡可能取得資料）

(5) 台灣是否有依據 IEC61508 標準制定規範。

（目前台灣尚未依據 IEC61508 標準制定國家規範，但是許多業者為了將產品進入歐美等國，已自行採用該標準生產產品。就軌道系統而言，臺鐵「南港專案」亦符合 IEC61508 安全完整性等級 2(Safety Integrity Level 2) 標準；桃園機場捷運在合約中亦要求承包廠商必須依據 EN50126、EN50128、EN50129 之標準提出系統保證）

(6) 有關風險管理的 PDCA 部分，為何 C&A 步驟會在一起實施。

（這邊的 PDCA 要表示的是建立風險管理機制的 C&A，而非風險管理處理危害之 C&A）

(7) 風險矩陣中，位在中間的數值是否有意義？

（數值上雖有比例尺度，但是實際的社會觀感並非比例可表示出來的，惟目前尚未有不同數值可供使用）

3. 運研所建議事項

(1) 在網路上取得國外軌道營運業者的 9 百多項危害項目，可提供研究使用。

（中興社會後將主動索取，感謝協助）

(2) 未來可考量在臺鐵局開會。

（中興社配合辦理）

4. 結論

本案針對臺鐵局二個危害項目欲進行風險辨識程序部分，選定為「搶越闖越平交道」以及「站內旅客事故」，其中後者以滑倒摔傷危害作為優先分析項目，之後再依據可用時間之多寡來對站內月台邊側事故以及站內上下車摔傷事故作探討。

5. 散會

G.3 第 3 次工作會議紀錄

時間：99 年 6 月 2 日（星期三） 下 午 3 時 30 分

地點：臺鐵局台北車站 4052 會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、臺鐵局范局長植谷、黃副局長民仁、楊專門委員正德、湯副總工程司坤仁、彭科長明光、藍正工程司憲誠、許正工程司調泰、傅科長義鴻、張科長喜美、中興工程顧問社

討論內容：

1. 工作進度報告

進度報告綱要如下，詳細內容參見會議資料。

(1) 風險辨識

(2) 軌道系統危害項目回顧

2. 討論事項

(1) 有關風險辨識的方法及適用情形是否可於報告內呈現？

（本研究團隊將會於報告內呈現方法的適用性）

(2) 有關類似系統比較法部分，預計採用何系統作為參考依據？

（本研究團隊預計取各系統危害項目的聯集，再依據臺鐵特性來篩選，並經專家討論增加臺鐵特有的危害項目）

(3) 是否有台北捷運的風險管理危害清單？

（台北捷運的確曾進行危害辨識工作，但因危害清單涉及系統營運安全，故本研究並未取得台北捷運危害清單）

(4) 臺鐵的設備持續在更新，請問如何整理危害項目？

（風險辨識與危害登錄表在系統的生命週期中會持續進行，持續的辨識過程中也會一併回饋到危害登錄表的項目內）

(5) 有關未來預計採用的危害分類中，以移動/非移動/列車危害/自然災害是否適宜？

(此分類乃參考國際慣例，危害於分類後亦會有數值代號，未來可依據該代號的特性快速搜尋到同性質之危害)

(6) 以平交道為例，要如何實際進行降低風險？

(本研究將採案例分析方式，對臺鐵兩項危害進行原因與後果的案例分析以實際降低風險)

(7) 有關本研究之二個危害項目選定，其一為平交道事故，另一為站內滑倒。其中，後者是否可採用「號誌」進行探討？

(主席同意在中興社盡力分析的前提下，將二項危害更新為「平交道闖越」與「平交道設備故障」)

(8) 有關危害矩陣值用相加方式是否得宜？

(若嚴重度與頻率均為原始數值則可相乘，若已依據級距分類的話，則可用落點方式來評量，若是要再細分危害等級大小，EN50126 建議採用相加方式會較適合)

3. 建議事項

(1) 若需要臺鐵局提供資料，可以提出需求申請。

(中興社將儘快整理所需資料，並將主動索取，感謝協助)

4. 結論

本案針對臺鐵局二個危害項目欲進行風險辨識程序部分，更新為「平交道搶越闖越」以及「平交道設備故障」。

5. 散會

G.4 第 4 次工作會議紀錄

時間：99 年 7 月 5 日（星期一） 下 午 2 時 30 分

地點：臺鐵局台北車站 5047 會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、楊專門委員正德、湯副總工程司坤仁、彭科長明光、藍正工程司憲誠、許正工程司調泰、張科長喜美、中興工程顧問社
討論內容：

1. 工作進度報告

進度報告綱要如下，詳細內容參見會議資料。

- (1) 臺鐵安全危害清單
- (2) 二個危害項目建議
- (3) 平交道危害項目分析方向

2. 討論事項

- (1) 平交道事故是否完全肇因於大眾闖越？例如二個柵欄（半封閉）之設計是否可減少將人車困住的機率，因而比四個柵欄（全封閉）安全？

（依據國外經驗，四柵欄的平交道可避免人車以逆向 S 型方式闖越，安全性較高，至於困住人車的議題，可以透過遮斷桿放下的秒差設計來減緩）

- (2) 臺鐵的列車於鐵路行車規則有明確定義，因此「列車危害」內是否不應該包含機廠內的車輛危害？

（該分類是翻譯自英國 SRM 的 Hazardous Event Train，而國外並沒有將「列車」與「車輛」進行明確的區分，本研究將在期中報告解釋說明）

- (3) 車輛故障、路線故障、號誌故障等並未直接列入危害項目，是否可能造成危害項目不完整之問題。

（由於同一設施故障可能會以 AND 或 OR 的形式搭配其他不同條件才衍生後續各種不同危害，故若直接將單一設施故障列入危害項目，將導致後續分析不易或錯亂之問題，故不建議採用。）

- (4) 清單中區分載客列車與非載客列車之主因為何？

(由於風險辨識後會進行事件樹分析，而載客列車與非載客列車在危害發生的後果上有明顯的差異，故英國 SRM 予以區分兩者，本研究即依據該模式建議臺鐵區分載客與非載客列車)

(5) 危害清單中所謂的「車輛」是指鐵路車輛或公路車輛？

(未來期中報告將明確以「鐵路車輛」、「公路車輛」用字來避免混淆)

(6) 本研究是否會將平交道的風險值計算出來？

(依據招標文件之要求，本研究主題在於風險辨識，計算風險值乃風險評量之範疇，同時風險值的計算需要許多設備/人員可靠度參數，例如遮斷器每幾千次操作會有一次失誤等，故恐無法在結案前完成此額外工作)

(7) 簡報中第 25 頁之 Railway RMAS 為何？

(為 RAMS 之誤植，期中報告時會進行修訂)

(8) 簡報中附件中危害清單的「機廠內」用字是否可改為「機廠(段)內」使之更周延完整？

(依委員之意見辦理，將於期中報告納入此建議)

(9) 簡報中第 19 頁中的「闖越平交道」與「平交道防護設施失效」兩案例情境是否可能相互影響？

(的確可能相互影響，因此簡報中的 28 頁中的失誤樹已將上述兩種情境同時列入考慮)

3. 結論

1. 本案針對臺鐵局欲進行深入探討的二個危害項目，原則上同意以簡報中的「列車於平交道碰撞公路車輛」與「列車於平交道撞擊大眾」兩危害進行。

2. 臺鐵局同意儘快提供簡報中提及需要蒐集之平交道相關資料(如附件所示)，以提供本研究分析使用。(另請中興社附上資料檔案保密切結書)

4. 散會

G.5 第 5 次工作會議紀錄

時間：99 年 8 月 26 日（星期四） 上 午 10 時

地點：交通部運輸研究所 7 樓會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、楊專門委員正德、湯副總工程司坤仁、彭科長明光、藍正工程司憲誠、許正工程司調泰、張科長喜美、中興工程顧問社
討論內容：

1. 工作進度報告

進度報告綱要如下，詳細內容參見會議資料。

- (1) 失誤樹與事件樹簡介
- (2) 事前準備工作
- (3) 列車與公路車輛碰撞之失誤樹
- (4) 列車與公路車輛碰撞之事件樹
- (5) 後續工作說明

2. 討論事項

- (1) 簡報 17 頁中鐵路側防護設備故障是否要考量 Fail-Safe 的狀況？

（於會議中確認紅外線偵測器若設備故障也會使五角警示燈亮起，因此必須要一併考量 Fail-Safe 狀況）

- (2) 事件樹中第一個狀況為判別是否低於 20km/h，請問是否有何考量或者依據？是否改為有按緊急按鈕較妥？

（20km/h 為一假設值，原本的考量係撞擊點當下車速若在該門檻下，可減緩所造成的嚴重性。由於該數值不易判別且容易造成困擾，後續將找出適合的情境判別方式。）

- (3) 平交道與公路的號誌連鎖是否會納入失誤樹的考量中。

（此部份會於人為疏失中綜合考量。）

- (4) 平交道是否一定要有出口端遮斷桿，國外案例為何？

(依據國外資料顯示，有進出口端的平交道相對於僅有進口端平交道安全，其中進出口端的遮斷桿放下秒差是值得探討的研究課題，建議可另案辦理)

(5) 有關平交道淨空不足，是目前臺鐵遇到一個很大的問題。

(平交道淨空是否足夠的確會影響安全，除了加強宣導之外，應該同時加強執法面，此外警告之標誌、標線與號誌亦可一併檢討，建議可另案辦理)

(6) 是否可將平交道自動偵測設備與手動告警的裝設前後事故資料作分析比較？

(此項目是一個值得重視的分析課題，惟不在研究範圍內，建議可另案辦理)

(7) 用路人於平交道注意到柵欄放下的比例多於告警燈與聲響的警告，主要係臺鐵之告警裝置設置於側邊，相較於較佳的設計應該是在用路人正前方可直接目視的位置。

(設置位置確實會影響到用路人的習慣，建議可參考國外較佳的設計方式，於未來佈設時納入規範中)

(8) 由於車輛駕駛人習慣緊閉車窗，平交道的告警鈴聲未必能傳達到駕駛人車內，若車內有開收音機的前提下，是否可參考雪山隧道之作法將收音機的頻道強制播放平交道告警內容？

(原則上技術應可達成，惟廣播蓋台可能會造成鄰近居民的收聽困擾)

(9) 是否可將闖越的違規照相納入失誤樹考量？

(取締照相設備會影響公路側駕駛是否闖越的意願，後續會審慎考量是否有符合納入失誤樹之節點)

(10) 失誤樹是否依據臺鐵歷年事故來研擬？

(研究團隊依據臺鐵 2000 年至今約 10 年的事故與虛驚事件來研擬)

(11) 本次僅以 3 甲平交道為例，請問之後的報告是否會納入其他種類的平交道？

(由於臺鐵 3 甲的平交道數量最多，因此本研究在時間有限之前提下，以完成最關鍵的 3 甲平交道失誤樹與事件樹分析為目標)

(12) 桃園建國東路平交道因大型車輛經過造成鋼軌斷裂事件是否會納入失誤樹內？

（此部份會於其他環境因素中考量。）

(13) 教育訓練建議可至臺鐵局內辦理，可讓更多臺鐵同仁參與。

（研究團隊配合辦理）

3. 結論

1. 本次會議了解失誤樹與事件樹工具在風險分析上的應用，將對未來分析有幫助。

2. 在臺鐵局願意協助之下，同意將教育訓練移至臺鐵局內辦理。

4. 散會

G.6 第 6 次工作會議紀錄

時間：99 年 9 月 28 日（星期二） 下 午 2 時 30 分

地點：交通部運輸研究所 10 樓會議室

主席：陳組長一昌

出席人員：吳熙仁研究員、楊專門委員正德、湯副總工程司坤仁、彭科長明光、藍正工程司憲誠、許正工程司調泰、傅科長義鴻、張科長喜美、劉專員傳彥、中興工程顧問社

討論內容：

1. 工作進度報告

進度報告綱要如下，詳細內容參見會議資料。

- (1) 前次工作會議問題回覆
- (2) 失誤樹與事件樹準備工作
- (3) 列車與公路車輛碰撞之分析
- (4) 列車與行人碰撞之分析
- (5) 後續工作說明與討論

2. 討論事項

- (1) 關於平交道遮斷桿秒差議題有必要深入探討。

（此課題需考量平交道縱深、坡度、路寬等因素對公路車輛通過平交道速度的影響，建議可另案探討）

- (2) 簡報第 8 頁研究範圍部分，「CTC、號誌分駐所、車站內的平交道各項警示器不在分析範圍」建議修改用詞，否則易引起誤解。

（該用詞本意乃說明 CTC、號誌分駐所、車站內顯示的平交道設備故障訊號燈不在探討範圍，因其無法避免平交道撞擊事故發生，不屬於防護設備的一環。後續撰寫報告時將修改用詞避免誤解）

- (3) 失誤樹中「列車經過平交道煞車不及」建議修改，因司機員僅有見到障礙物的情況需要煞車。

（將修改為「列車煞車不及」）

(4) 失誤樹中「因公路車輛因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，似乎未考量軌道損壞（例如鋼軌翹起）導致車輛卡住的情況。

（將於「因其他因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，新增「公路車輛遭異物卡住」）

(5) 失誤樹中「因公路車輛因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，建議「車體過高」應予以修改。

（將修改為「裝載過高」）

(6) 失誤樹中「因公路車輛駕駛人因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，未考量公路車輛行駛禁行路段的情況，例如大型車輛違規通過禁止大型車行駛之平交道。

（將新增「大型車輛違規行駛禁行路線」）

(7) 失誤樹中「因公路車輛駕駛人因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，建議「公路駕駛人未保持淨空」應予以修改。

（將修改為「公路駕駛人未保持安全間距」）

(8) 失誤樹中「因公路側防護設備因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，建議「秒差不足」應予以修改。

（將以「不及離開」取代「秒差不足」）

(9) 失誤樹中「因公路側防護設備因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，建議「防護設備異常」應予以修改。

**（「防護設備異常-防護狀態」將修改為「防護設備誤作動-防護狀態」；
「防護設備異常-危險狀態」將修改為「防護設備無作動-危險狀態」）**

(10) 失誤樹中「因公路側防護設備因素導致滯留平交道危險區」的子樹中，未考量列車因故停駛，導致連鎖平交道誤作動的情況。

（將於該子樹各分支中新增「軌道電路區間內有其他列車停靠」）

(11) 建議「控制電路失效」應區分為防護設備作動與無作動兩種狀態。

**（於「公路側防護設備誤作動」子樹中採用「控制電路失效-防護設備作動」；
於「公路側防護設備無作動」子樹中採用「控制電路失效-防護設備無作動」）**

(12) 建議「天候異常」應修改用詞。

（將修改為「天候不佳」）

(13) 失誤樹中「鐵路列車經過平交道煞車不及」的子樹中，是否應有「列車司機員疏失而煞車不及」請再研議。

(國外案例中的確有因司機員疏失所導致之事故，例如未採用緊急緊勒或未降至安全速度，然而臺鐵目前規章中並無此項規定，經審視過去事故中僅發現電搖車未遵照規章指示停車再開通過平交道，擬先改為「列車司機員遲緩動作下而煞車不及」，同時新增「其他因司機員違反規章行為」，並請臺鐵專家再行確認)

(14) 失誤樹中「鐵路列車經過平交道煞車不及」的子樹中，「紅外線設備沒告警」與「緊急按鈕設備沒告警」應予以修改。

(將修改為「五角燈沒告警」以及「防護無線電沒告警」)

(15) 機車事故是否有一併納入考量。

(機車部分納入公路車輛之分析中；同時腳踏車則納入行人之分析中)

(16) 教育訓練相關資料若能及早提供能有助於臺鐵安排適宜參加人員。

(將儘快整理相關資料與臺鐵聯繫)

3. 結論

關於兩項危害之事件樹與失誤樹，經臺鐵專家檢視與指正後已能確實反應平交道列車撞擊事故的各項風險，後續將針對臺鐵專家有疑慮處進行微幅修改，並辦理教育訓練相關事宜。

4. 散會

附錄 H 教育訓練

風險管理應用於鐵路運輸安全之初探 — 以臺鐵風險辨識為例

【教育訓練】

緣起：鐵路運輸先進國家之鐵路安全監理與鐵路安全管理，均採用以「風險管理」(Risk Management)或「危害管理」(Hazard Management)為基礎之安全管理制度，據此才能面對現實的安全問題、篩選關鍵課題、探討危害之原因與後果、研擬排除危害之手段，以及推動安全改善。風險管理包括風險辨識、風險分析、風險評量、風險處理、監督審查及管理改善等 6 大步驟，本研討會著重於風險管理於運輸安全之應用，探討風險管理步驟中之風險辨識，並以臺鐵系統為案例進行說明。

主辦單位：交通部運輸研究所

協辦單位：臺灣鐵路管理局

承辦單位：財團法人中興工程顧問社

時間：民國 99 年 10 月 26 日

地點：臺灣鐵路管理局臺北車站 5 樓第一會議室（5036 室）

風險管理應用於鐵路運輸安全之初探- 以臺鐵風險辨識為例

【議程安排】

場次	時間	講題
報到	09：00～09：30	
開幕	09：30～09：40	主辦單位 運研所運安組 陳組長一昌 致詞 協辦單位 臺鐵局 楊專門委員正德 致詞
場次一	09：40～10：30	風險辨識方法與實作
休息	10：30～10：50	
場次二	10：50～11：40	失誤樹與事件樹分析與實作
綜合討論	11：40～12：00	分享、回饋與閉幕

【課程內容】

1.風險辨識方法與實作

- 風險管理步驟
- 軌道系統安全風險管理實務
- 軌道系統安全風險辨識方法
- 實例應用-臺鐵風險辨識危害項目

2.失誤樹與事件樹分析與實作

- 失誤樹與事件樹使用時機
- 使用失誤樹與事件樹的步驟
- 失誤樹建構流程
- 事件樹建構流程
- 實例應用-臺鐵平交道危害、英國列車相撞

一、參訓名單：共計 63 位

序號	單位名稱	職稱	姓名
1	鐵路改建工程局	正工程司	曹玉城
2	鐵路改建工程局	副工程司	施能豪
3	鐵路改建工程局	技術員	王小珠
4	鐵路改建工程局	技術員	簡淨榮
5	高速鐵路工程局	副工程司	劉建宏
6	高速鐵路工程局	幫工程司	劉建愷
7	台北捷運公司	課長	林賢樑
8	台北捷運公司	副工程師	游凱
9	高雄捷運公司	管理師	莊景斌
10	林務局嘉義林區管理處	技士	連祥益
11	林務局嘉義林區管理處	技士	劉育銘
12	台灣高鐵公司	經理	蘇文傑
13	台灣高鐵公司	副工程師	李佩純
14	台灣高鐵公司	專員	林懷文
15	交通部運輸研究所	組長	陳一昌
16	交通部運輸研究所	研究員	吳熙仁
17	臺灣鐵路管理局	契約人員	陳伯賢
18	臺灣鐵路管理局	副段長	周延岳
19	臺灣鐵路管理局	主任	黃國成
20	臺灣鐵路管理局	科長	彭明光
21	臺灣鐵路管理局	專員	林小紅
22	臺灣鐵路管理局	所長	黃士弦
23	臺灣鐵路管理局	技術助理	蔡孟璋
24	臺灣鐵路管理局	科長	宋鴻康
25	臺灣鐵路管理局	技術助理	陳逸華
26	臺灣鐵路管理局	管理師	侯壽興
27	臺灣鐵路管理局	契約人員	蔡正兆
28	臺灣鐵路管理局	工務員	黎世俊
29	臺灣鐵路管理局	幫工程司	吳元復
30	臺灣鐵路管理局	司機員	林武鍵
31	臺灣鐵路管理局	工務員	楊金海

序號	單位名稱	職稱	姓名
32	臺灣鐵路管理局	正工程司	林俊杰
33	臺灣鐵路管理局	正工程司	陳宏光
34	臺灣鐵路管理局	副工程司	古寶興
35	臺灣鐵路管理局	副工程司	鄭建榮
36	臺灣鐵路管理局	專員	侯美靜
37	臺灣鐵路管理局	科員	翁素惠
38	臺灣鐵路管理局	幫工程司	劉昌隆
39	臺灣鐵路管理局	主任	洪文欽
40	臺灣鐵路管理局	幫工程司	黃清景
41	臺灣鐵路管理局	視察	葉雲清
42	臺灣鐵路管理局	科員	陳宥豪
43	臺灣鐵路管理局	副工程司	陳允進
44	臺灣鐵路管理局	副工程司	陳元盈
45	臺灣鐵路管理局	副工程司	王宜達
46	臺灣鐵路管理局	工務員	徐嘉良
47	臺灣鐵路管理局	主任	鍾萬煌
48	臺灣鐵路管理局	松山站站長	古時彥
49	臺灣鐵路管理局	科長	邱家財
50	臺灣鐵路管理局	科員	許乃文
51	臺灣鐵路管理局	副工程司	蔡崇榮
52	臺灣鐵路管理局	正工程司	藍憲誠
53	臺灣鐵路管理局	組長	廖萬輝
54	臺灣鐵路管理局	科員	高尚瑋
55	臺灣鐵路管理局	專員	劉鑑禮
56	臺灣鐵路管理局	設計員	李立偉
57	臺灣鐵路管理局	處長	詹鴻漳
58	臺灣鐵路管理局	科員	王昱凱
59	臺灣鐵路管理局	科長	張喜美
60	臺灣鐵路管理局	專員	劉傳彥
61	臺灣鐵路管理局	幫工程司	蘇義宗
62	臺灣鐵路管理局	工務員	蔡永昶
63	臺灣鐵路管理局	科長	傅義鴻

二、教材：與研究報告內容一致，故省略

三、教育訓練照片

說明	照片
主辦單位致詞	
學員參與情況	

說明	照片
授課進行中	
分享與回饋	

四、討論內容：

1. 是否可說明移動危害與非移動危害之差別？
（二者主要差別在發生地點的不同，若在列車上或與列車有關之危害，則歸類為「移動危害」，若不在列車上或與列車無關者，則為「非移動危害」）
2. 失誤樹可以做危害預防嗎？

(失誤樹即將上層的危害，依據可能造成的原因利用邏輯閘將可能的原因依序拆解，因此若能排除掉失誤樹上的某分支，則可達成災害預防)

3. 為何在導入風險管理後，仍有施工的風險？

(本研究係以營運時的安全風險為研究範圍，若對於工程施工的風險有興趣，這邊可舉高雄捷運西子灣 O1 站以及美麗島站 R10/O5 為例來說明。此二車站於施工時都有進行工程的風險管理，O1 站相對是比較簡單的工程，但是因為沒有落實風險管理而發生工安事件；另 R10/O5 車站是一個圓形的車站，相對而言是難度非常高的工程，該車站實際進行風險管理時，由於嚴守準則並提前處理可能之危害，因此整體工程均順利完成)

4. 工作分解結構與危害分解結構，有助於鐵工局日後的施工危害分析。
(敬悉)

5. 臺鐵在頻率的算法上，採每 10 年平均發生的次數來計算，是否可給予意見。

(由於 10 年的觀察期間內系統可能會汰換，因此數值所代表的意義會有不同，且鐵路系統中某事故發生的期間是有可能超過 10 年以上的，因此不用刻意將該時間拉長，而是應該選擇危害模式中適合每年觀察的指標較為妥適)

6. 主席邀請台灣高鐵公司分享經驗。

(蘇經理說明：台灣高鐵公司從興建開始即導入風險管理，自營運三年來目前正積極在探討是否重新檢討之前所辨識出之危害，同時也期望藉助國內核能研究所在安全風險的經驗，將目前高鐵一千多份的災害記錄，重新檢討以獲得一個收斂的效果)

7. 主席邀請臺北捷運公司分享經驗。

(林課長說明：由於危害的數量眾多，因此不太可能把所有的危害都拿來做量化分析，因此在營運初期，臺北捷運是先進行初步危害分析(PHA)，之後再篩選出較為嚴重者進行量化分析(QRA)。至於利用落點法所得出來的風險矩陣值是否會有誤差的疑慮，另根據國外專家經驗，若將兩軸的數值放大 10 倍，若沒有太大的波動，則表示該風險值趨於穩定收斂，若是波動較大，則風險分析需要重新的探討)

8. 有關實施風險管理所能提昇安全之倍數是如何得知？

(此部份為英國勞氏的經驗值，這邊為提供一個正向的數值供參考)

