

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鐵路營運安全風險管理之研究(II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-061-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

計畫主持人：黃台生

計畫參與人員：李元龍

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 4 月 15 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

鐵路營運安全風險管理之研究(II)

Risk Management for Railway Operations Safety (II)

計畫編號：NSC 91-2211-E-009-061

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：黃台生 國立交通大學交通運輸研究所副教授

計畫參與人員：李元龍 國立交通大學交通運輸研究所碩士

執行機構：國立交通大學交通運輸研究所

一、中文摘要

本研究為「鐵路營運安全風險管理之研究(I)」之後續研究，在其對台灣鐵路營運安全事故依肇因及嚴重程度分類、建立營運安全風險指標、並計算各項肇因之安全風險貢獻度後，繼續探討台灣鐵路營運安全事故改善之成本效益，計算在成本效益觀點下之營運安全標準、在台灣鐵路管理局之權限內之營運安全標準，並決定「不可忍受風險臨界值」及「可忽視風險臨界值」。研究結果顯示，台灣鐵路營運安全事故改善 $B/C > 1$ 之項目，可減少總風險值 0.5894 人/MVK(等值死亡之人數/百萬列車公里)，約占現有風險值 5.8786 人/MVK 之 6.6%；台鐵權限內之改善項目可減少總風險值 0.0326 人/MVK，約占現有風險值之 0.6%；而台鐵可忽視風險值 0.2703 人/MVK；不可忍受風險值為 0.3614 人/MVK。

關鍵詞：鐵路營運安全風險、安全風險標準、不可忍受風險臨界值、可忽視風險臨界值

Abstract

This study is a following research of "The Risk Management for Railway Operation Safety (I)". Based on its results of (1) cause and severity classification for Taiwan Railway operation safety accidents, (2) railway operation safety index building, (3) risk contribution of various accident causes, this study continues to explore following issues: (1) cost-benefit of various operation safety accident improvements, (2) operation safety risk standard based on cost-benefit, (3) operation safety risk standard under the control of Taiwan Railway

Administration (TRA), (4) critical value of intolerable risk and negligible risk for Taiwan Railway. The results show that (1) the improvements of operation safety accidents for Taiwan Railway with $B/C > 1$ will lower risk level 0.5894 EDP (Equivalent Dead Person)/MVK (Million Vehicle Kilometer), about 6.6% of its existing risk level 0.5876 EDP/MVK, (2) the improvements under control of TRA will lower risk level 0.0326 EDP/MVK, about 0.6% of its existing risk level, (3) the negligible value of risk for Taiwan Railway is 0.2703 EDP/MVK, and (4) the intolerable value of risk for Taiwan Railway is 0.3614 EDP/MVK.

Key Words: Railway Operation Safety Risk, Safety Risk Standard, the Critical Value of Intolerable and Negligible Risk

二、動機與目的

本研究係鐵路營運安全風險管理之研究(I)之後續研究，在前期之研究中，我們收集台灣鐵路 86 年至 90 年之營運安全事故資料，首先將其依事故肇因及事故嚴重程度分類，再以 Gratt「風險係事件發生機率與事件發生後果之乘積」之定義〔1〕，計算台鐵 86 年至 90 年營運安全風險值，以及設施、設備、管理及其他四類肇因之風險貢獻度，並計算台鐵 86 年至 90 年西幹線、東幹線、與南迴線之營運安全風險值，及上述四類肇因之風險貢獻度。本期則在以上之成果下，繼續探討各類營運安全事故之成本效果，並計算台灣鐵路營運安全「不可忍受風險臨界值」及「可忽視風險臨界值」兩個管理決策值，做為台灣鐵路管理局(以下簡稱台鐵)及交通部管制鐵路營運安全風險之參考。

三、研究範圍

本期研究基本上仍是運用台灣鐵路 86 年至 90 年之營運安全事故資料，但因要進行改善成本效益分析，並由其探討台灣鐵路營運安全之「不可忍受風險臨界值」及「可忽視風險臨界值」，前期只用設施、設備、管理、及其他四類肇因之分類即顯太過粗略，本期研究即依台鐵對事故之描述與 33 類肇因分類[2]、及事故主客體關係(列車、人及其他車輛)與事故發生位置(列車上、平交道、鐵路路段中、月台上)，將事故進一步分為以下六大類四十小類：

- (一) 列車出軌或翻覆
 - 1. 施工不慎
 - 2. 鋼軌挫曲變形
 - 3. 車輛溜逸
 - 4. 調車不當
- (二) 列車與列車相撞
 - 1. 調車不當
 - 2. 違章辦理行車閉塞
 - 3. 司機員冒進號誌
- (三) 列車與汽機車碰撞
 - 1. 平交道
 - (1) 有人看守平交道
 - λ 看柵工人疏失
 - λ 看柵工人無疏失：即闖越平交道
 - (2) 無人看守平交道
 - λ 平交道設備故障
 - λ 平交道設備無故障：即闖越平交道
 - 2. 鐵路路段中
 - 公路車禍彈入鐵路路線內。
- (四) 列車撞及人
 - 1. 平交道
 - (1) 有人看守平交道
 - λ 看柵工人疏失
 - λ 看柵工人無疏失：即闖越平交道
 - (2) 無人看守平交道
 - λ 平交道設備故障
 - λ 平交道設備無故障：即闖越平交道
 - 2. 鐵路路段中
 - (1) 民眾行走軌道、跨越軌道

- (2) 施工人員與進行養護工作之員工
- (3) 民眾由公路陸橋跳下鐵路路線內
- 3. 月台上
 - 離月台邊緣太近或跳下月台等。
- (五) 個人事故
 - 1. 列車上
 - (1) 墜車
 - (2) 跳車
 - (3) 病發或病故
 - (4) 自殺
 - (5) 被推下車
 - (6) 扭傷
 - (7) 司機員制軔失宜
 - 2. 鐵路路段中
 - (1) 跌倒
 - λ 民眾被列車驚嚇或列車通過之疾風震盪而跌倒
 - λ 病患跌倒於鐵路路線旁
 - (2) 觸電
 - λ 民眾垂釣或手持釣竿
 - λ 公路陸橋上
 - λ 民眾或施工人員攀爬車廂或工程車輛
 - λ 鐵路路線旁施工
 - 3. 月台上：施工觸電
- (六) 其他
 - 1. 民眾投石擊傷乘客或員工
 - 2. 列車廁所疑似因爆裂物爆炸
 - 3. 民眾死因待查
 - 4. 列車事故死因待查
 - 5. 民眾在車底下被輾斃
 - 6. 列車上受傷
 - 如列車故障、被車門夾傷、列車駛經轉轍器時車輛搖晃劇烈致旅客受傷、車窗玻璃破裂割傷旅客、為車上其他設備所傷等。

另外，本期研究不探討分線(西幹線、東幹線、南迴線)之狀況，只以台灣鐵路之整體作為分析對象，分析資料中亦依前期研究之原則，排除支線(平溪線、內灣線、集集線等)之資料。

四、研究內容與流程

本期研究首先將台灣鐵路 86 年至 90 年之事故資料重新依前述六大類 40 小類之分類，整理其發生次數與嚴重程度，並計算其安全風險值與風險貢獻度(如表 1 所示)，以了解各類肇因之重要順序(如表 2 所示)。其次引用錯誤樹(Fault Tree)與事件樹(Event Tree)之概念[3]擬定除其他以外五大類事故之可能原因，並以各小類事故之發生機率、安全風險值、與風險貢獻度資料代入，估計各類事故可能原因之發生機率、安全風險值、與風險貢獻度(如圖 1 至圖 5 所示)。再以問卷方式詢問台鐵主管人員各類有關事故改善策略、改善成本與改善效果之經驗值，據以估計各項改善之成本效益。最後訂定台鐵營運安全之風險標準。本研究以(1)改善措施益本比 1 之事故風險值，(2)在台鐵權限內應予改善之事故風險值，(3)屬於個人意志(如自殺等)、難以防範，且無人傷亡等可忽視事故之可忽視風險臨界值，及(4)嚴重程度較高會造成社會注目之不可忍受事故之不可忍受風險臨界值四項準則計算台鐵營運安全可參考之風險標準值。

五、研究架構

依以上各類事故可能原因擬訂改善策略，並估計改善成本與效果係一非常困難之工作，本研究首先初擬改善策略(如表 3 所示)，經台鐵有關主管人員檢視修正(如表 4 所示)，再進行改善成本與效果之估算。改善成本基本上可分為單位成本(如改善一處平交道之成本)與改善規模(須改善之平交道數)兩個向度，改善效果亦可分為降低事故發生之機率及降低事故發生後之嚴重程度(死傷、人數、及財物損失等)。受訪者雖然有一大致之經驗值，但亦不致據予肯定，因此經過一連串之訪談、討論、修正，終於得到一可接受之值(如表 5 所示)，其中"—"線表示沒有降低發生機率或降低嚴重程度之效果。然而在進行改善策略成本效益分析時，本研究尚考慮各項改善策略完成時間不同，部分策略可以馬上實施，部分策略可能要好幾年才能完成，改

善效果會受完成程度之不同而異；另外，改善效果之年期亦不相同，有些比較短暫，有些比較長久；有些策略更同時可以改善數種事故。為使各改善策略有共同之比較基礎，本研究均以一年之時間衡量改善之成本與效益，無法在一年內完成之改善策略，即假設以直線分攤方式分年完成，效益則以其中間年($n/2$ 年)之效益表示。效益長於 1 年者亦將其折現至基年，折現率訂為 8%，修正後之結果如表 6 所示。某一策略同時改善數種事故亦整併如表 7，即得各項改善效益成本與效益成本比(如表 8 所示)及依效益成本比大小之改善策略優先順序。

六、結論與建議

1. 成本效益之風險標準值

若將效益成本比(B/C) 1 之策略視為應進行之改善，則(19)改用裝有自動門之車廂、(14)鐵路路線旁興建圍牆等防護措施、及(15)加強交通安全宣導均為 $B/C > 1$ 之改善策略，實施後台鐵營運安全總風險值可由 5.8786 人/MVK，減少 0.5894 人/MVK，降為 5.2892 人/MVK，此即為台鐵在成本效益準則下應達成之營運安全風險標準。

2. 台鐵權限內應達成之風險標準值

此一準則即以台鐵在其權限內可執行之改善策略訂定，此些策略包含(1)路基夯實改良，(2)增加道碴，(3)指派員工到施工現場加強警戒瞭望，(4)設置防溜專用線，(5)加強行車站長與副站長及替班人員之訓練，(6)加強調車工與替班人員之訓練，(7)加強司機員之訓練，(8)加強看柵工之訓練。此些策略實施後可降低之安全風險值如表 10 所示，總計為 0.0326 人/MVK，扣除後，台鐵在此準則下之營運安全標準應為 5.8460 人/MVK。

3. 不忽視風險臨界值

本研究定義可忽視風險為可忽略不計之事故所形成之安全風險值。此類事故包含個人事故(如旅客跳車、自殺等)或無人員傷亡之事故，其所形成

之安全風險值如表 11 所示，總計為 0.2703 人/MVK，此即為台鐵可忽視風險之臨界值。其風險貢獻度為 4.59%。

4. 不可忍受風險臨界值

本研究定義不可忍受風險為重大事故所形成之風險值，此類事故包含「列車出軌翻覆」及「列車相撞」兩類，其累計之安全風值如表 12 所示，總計為 0.3614 人/MVK，此即為台鐵不可忍受之安全風險臨界值，其風貢獻度為 6.15%。

綜合以上四者將台鐵營運安全風險標準以例三角型表示如圖 6，若以事故次數表示則以正三角型示如圖 7。

六、參考文獻

1. 蔡明志，「風險管理在大眾運輸安全管制課題之發展應用」，運輸計劃季刊，第 29 卷第 1 期，PP.181-212，民國 89 年 3 月。
2. 謝樹源，「行車事故處理」，台灣鐵路管理局員工訓練中心，民國 87 年 11 月修訂。
3. 蔡明志、張新立，「軌道運輸營運安全管理技術之研究」，中華民國第六屆運輸與安全研討會，PP.552-570，民國 88 年 11 月 11 日。
4. 林永昌，「台鐵營運安全風險之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 92 年 6 月。
5. Andrew W. Evans, "Estimating Transport Fatality Risk from Past Accident Data", Accident Analysis & Prevention, No. 35, PP.459-472, 2003

表1 台鐵5年間各類事故之安全風險值與風險貢獻度

事故類別		機 率 (次/MVK)	嚴 重 程 度 (人/次)	安 全 風 險 值 R (人/MVK)	風 險 貢 獻 度 (%)	
列車出軌 或翻 覆	施工不慎	0.0204	6.35	0.1295	2.202	
	鋼軌挫曲變形	0.0102	15.59	0.1589	2.703	
	車輛溜逸	0.0102	0.84	0.0085	0.145	
	調車不當	0.0051	5.03	0.0256	0.436	
列車相撞	調車不當	0.0051	0.68	0.0035	0.059	
	違章辦理行車閉塞	0.0051	1.36	0.0069	0.118	
	司機員冒進號誌	0.0051	2.03	0.0104	0.176	
列車與汽 機車碰撞	有人看守平交道	有疏失	0.0051	1.00	0.0051	0.087
		無疏失	0.0153	1.12	0.0171	0.291
	無人看守平交道	設備故障	0.0102	0.68	0.0069	0.118
		設備無故障	0.8764	1.21	1.0627	18.077
	路段中	公路車禍彈進路線內	0.0153	0.90	0.0138	0.235
列車撞及 人	有人看守平交道	有疏失	0.0408	3.21	0.1308	2.224
		無疏失	0.0153	0.79	0.0120	0.204
	無人看守平交道	設備故障	0.0000	0.00	0.0000	0.000
		設備無故障	0.3057	0.93	0.2857	4.860
	鐵路路段中	民眾行軌跨軌	2.1757	0.95	2.0753	35.303
		施工人員或養護員工	0.1070	0.94	0.1010	1.717
		民眾由公路陸橋跳進鐵路	0.0102	1.00	0.0102	0.173
	月台上	離邊緣太近或跳下月台等	0.1529	0.80	0.1219	2.073
個人事故	列車上	墜車	0.6267	0.81	0.5088	8.654
		跳車	1.1464	0.73	0.8363	14.226
		病發或病故	0.0255	0.81	0.0206	0.350
		自殺	0.0051	0.68	0.0035	0.059
		被推下車	0.0102	0.84	0.0085	0.145
		扭傷	0.0051	0.68	0.0035	0.059
		司機員制軔失宜	0.0051	0.68	0.0035	0.059
	鐵路路段中	民眾驚嚇跌倒或被風吹倒	0.0204	0.68	0.0138	0.235
		病患跌倒於路線旁	0.0051	0.68	0.0035	0.059
		民眾垂釣觸電	0.0510	0.77	0.0395	0.671
		公路陸橋上觸電	0.0102	0.68	0.0069	0.118
		民眾或工人攀爬觸電	0.0459	0.82	0.0378	0.643
		施工觸電	0.0153	0.68	0.0104	0.176
月台上	施工觸電	0.0102	1.00	0.0102	0.173	
其他	民眾投石擊傷乘客或員工	0.0459	0.75	0.0345	0.588	
	列車廁所疑似因爆裂物爆炸	0.0051	0.68	0.0035	0.059	

事故類別		機 率 (次/MVK)	嚴 重 程 度 (人/次)	安 全 風 險 值 R (人/MVK)	風 險 貢 獻 度 (%)
	民眾死因待查	0.0051	0.68	0.0035	0.059
	列車事故原因待查	0.0051	12.88	0.0656	1.117
	民眾在車底下被輾斃	0.0051	1.00	0.0051	0.087
	列車上受傷	0.1019	0.73	0.0742	1.262
總 計				5.8786	100.000

資料來源：本研究計算

表2 台鐵各類事故依風險貢獻度排序與累加

事故類別		風險貢獻度(%)	累加風險貢獻度(%)
列車撞及人	(鐵路路段中)民眾行軌跨軌	35.303	35.303
列車與汽機車碰撞	無人看守平交道設備無故障	18.077	53.381
個人事故	跳車	14.226	67.606
個人事故	墜車	8.654	76.261
列車撞及人	無人看守平交道設備無故障	4.860	81.120
列車出軌或翻覆	鋼軌挫曲變形	2.703	83.824
列車撞及人	有人看守平交道看柵工疏失	2.224	86.048
列車出軌或翻覆	施工不慎	2.202	88.250
列車撞及人	離月台邊緣太近或跳下月台	2.073	90.323
列車撞及人	(鐵路路段中)施工人員或員工	1.717	92.040
其他	列車上受傷	1.262	93.302
其他	列車事故原因待查	1.117	94.419
個人事故	民眾垂釣觸電	0.671	95.090
個人事故	民眾或工人攀爬觸電	0.643	95.734
其他	民眾投石擊傷乘客員工	0.588	96.321
列車出軌或翻覆	調車不當	0.436	96.758
個人事故	病發或病故	0.350	97.107
列車與汽機車碰撞	有人看守平交道無疏失	0.291	97.398
列車與汽機車碰撞	公路車禍彈入路線內	0.235	97.633
個人事故	民眾受驚嚇震盪跌倒	0.235	97.868
列車撞及人	有人看守平交道無疏失	0.204	98.073
個人事故	鐵路路段中施工觸電	0.176	98.249
列車相撞	司機員冒進號誌	0.176	98.425
列車撞及人	民眾由陸橋跳進路線	0.173	98.598
個人事故	月台上施工觸電	0.173	98.772
列車出軌或翻覆	車輛溜逸	0.145	98.917
個人事故	被推下車	0.145	99.063
列車相撞	違章辦理行車閉塞	0.118	99.180
列車與汽機車碰撞	無人看守平交道之設備故障	0.118	99.298
個人事故	公路陸橋上觸電	0.118	99.415

事故類別		風險貢獻度(%)	累加風險貢獻度(%)
列車與汽機車碰撞	有人看守平交道看柵工疏失	0.087	99.502
其他	民眾在車底下被輾斃	0.087	99.589
列車相撞	調車不當	0.059	99.647
個人事故	列車上自殺	0.059	99.706
個人事故	扭傷	0.059	99.765
個人事故	司機員制軔失宜	0.059	99.824
個人事故	病患跌倒於路線旁	0.059	99.882
其他	列車廁所疑似爆裂物爆炸	0.059	99.941
其他	民眾死因待查	0.059	100.000
總計	100.000	100.000	

資料來源：本研究計算

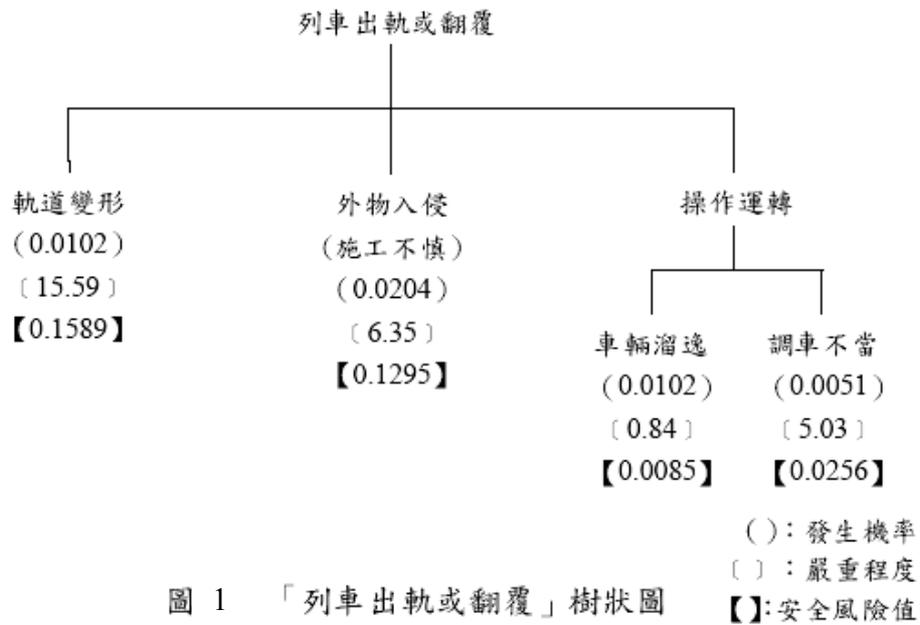


圖 1 「列車出軌或翻覆」樹狀圖

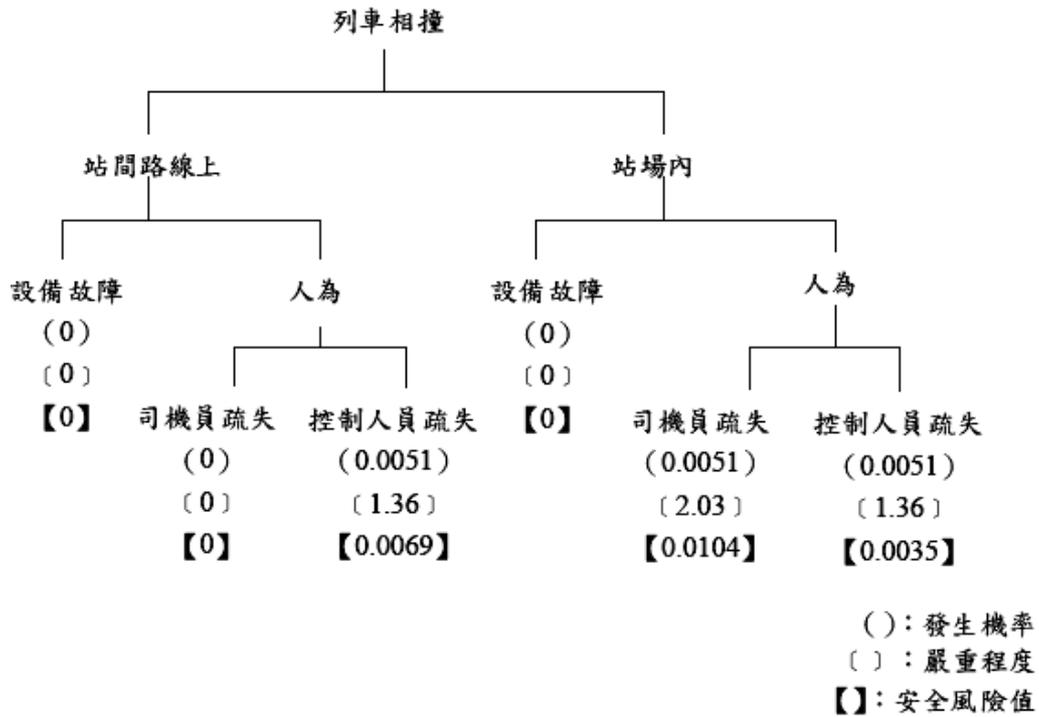


圖 4-2 「列車相撞」樹狀圖

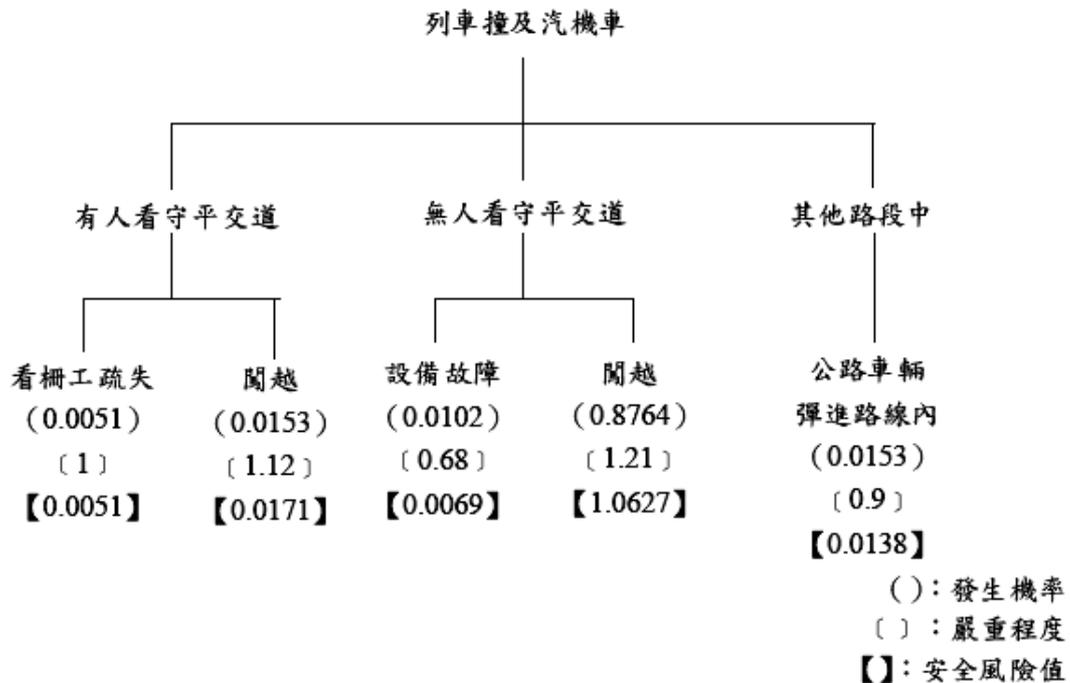


圖 3 「列車撞及汽機車」樹狀圖



圖 4 「列車撞及人」樹狀圖

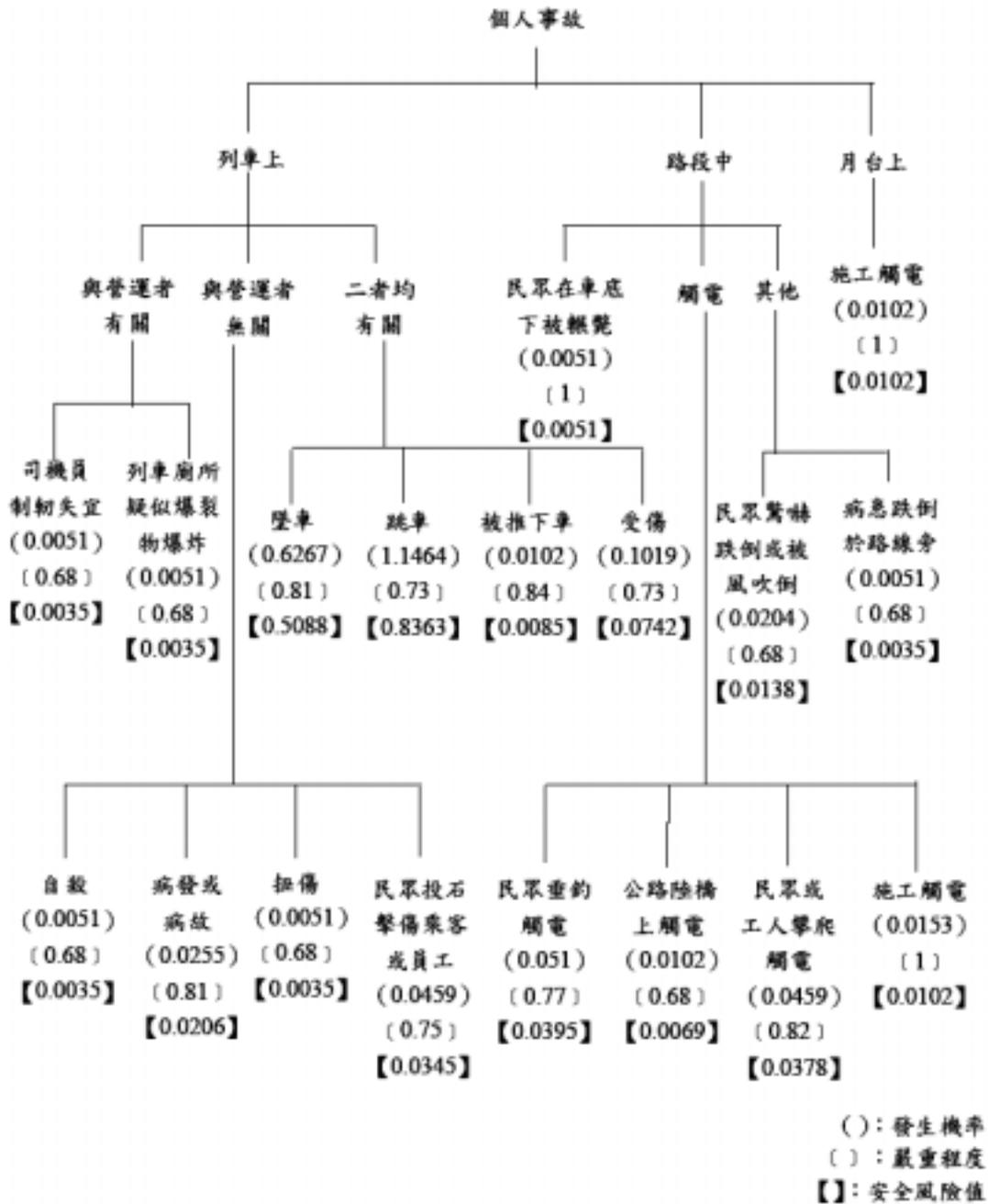


圖 5 「個人事故」樹狀圖

表3 該類事故所有可能改善策略之初擬

事故類別	事故可能原因	初擬之所有可能改善策略	
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	1. 天氣炎熱導致道渣橫向阻力不足造成鐵軌扭曲。 2. 鋼軌品質不良而扭曲變形。	1. 加強軌道基礎。 2. 換用較強之鋼軌。
	施工不慎外物入侵	施工之承包商其施工用之機具或車輛侵入鐵路淨空，列車撞擊因而出軌或翻覆。	1. 加強施工現場之管理。 2. 指派攜帶無線電之員工駐守現場，當列車接近時以便警戒施工人員。
	車輛溜逸	施工用之車輛未確實停妥而溜逸出軌。	加強施工單位之管理。
	調車不當	調車時未貫通氣軔而逕行調車。	1. 加強值班站長之管理。 2. 對於調車工施予定期訓練與考核。
列車相撞	操控人員疏失	1. 單線區間之相鄰兩站值班站長違章辦理行車閉塞手續，導致列車相撞。 2. 調車時司機員與調車工聯繫不週而衝撞另一停留列車。	1. 加強值班站長之訓練。 2. 加強司機員與調車工之定期訓練與考核。
	司機員疏失	司機員冒進出發號誌造成列車相撞。	1. 加強司機員之管理。 2. 增派助理司機員協助瞭望與確認。
列車與汽機車碰撞	有人看守平交道看柵工疏失	1. 看柵工在前一列車通過後未注意對向亦有列車接近而提早升起柵欄。 2. 看柵工延遲降下柵欄。 3. 看柵工未放下柵欄。	1. 加強看柵工之管理。 2. 加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊。
	強行闖越	汽機車駕駛人強行闖越。	1. 裝設闖越平交道之照相設備。 2. 將鐵路或公路立體化以消除平交道。
	無人看守平交道設備故障	平交道之警告設備或遮斷器故障，而無法阻擋汽機車與行人。	加強平交道設備之維修。
	公路車輛彈進路線內	1. 公路車輛在公路上發生車禍而彈進鐵路路線內遭列車撞及。 2. 公路車輛不慎翻落進入鐵路路線內。	於鐵路沿線增設防護柵欄或圍牆，防止公路車輛因故侵入鐵路路線淨空內。
列車撞及人	有人看守平交道看柵工疏失	1. 看柵工在前一列車通過後未注意對向亦有列車接近而提早升起柵欄。 2. 看柵工延遲降下柵欄。 3. 看柵工未放下柵欄。	1. 加強看柵工之管理。 2. 加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊。
	強行闖越	行人強行闖越。	1. 改進柵欄遮蔽程度。 2. 改良柵欄遮蔽形式。 3. 提高闖越平交道之罰責。
	民眾行軌跨軌	1. 民眾因貪圖便利而不經由平交道、天橋或地下道跨軌。 2. 或相鄰平交道、天橋或地下道太遠。 3. 民眾意圖逃票。 4. 民眾因農事行走鐵路旁。	1. 沿線興建完全密閉之護欄或圍牆。 2. 增建天橋或地下道。

事故類別		事故可能原因	初擬之所有可能改善策略
	施工人員 或養護員工	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道班工人巡查路線或進行例行維修時被撞。 2. 檢車人員在車下檢查設備時被輾斃。 3. 列車長於調車作業中被撞。 4. 外包工程之承包商工人施工時被撞。 5. 司機員跨越軌道被撞。 6. 站員保養號誌機時被撞。 	加強員工之管理。
	旅客離月台邊緣太近 或跳下月台等	<ol style="list-style-type: none"> 1. 列車進站時旅客距離月台邊緣太近遭列車擦撞。 2. 下車旅客貪圖方便或意圖逃票而跳下月台遭列車撞及。 3. 列車長協助行李包裹裝卸時不慎摔落月台下。 4. 旅客不慎跌落月台下。 5. 旅客腳部伸出車外碰及月台。 6. 旅客在月台上暈倒而擦碰列車。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加強月台秩序之管理。 2. 裝設月台門或可控制開閉之安全柵欄。
個人事故	旅客墜車	<ol style="list-style-type: none"> 1. 旅客習於站立車門邊，但車門並非自動門導致墜車。 2. 旅客自行打開車門或車廂最末端之通道門而墜車。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採購自動門之車廂。 2. 更新現有舊車之車門為自動門。
	旅客跳車	<ol style="list-style-type: none"> 1. 旅客搭錯車。 2. 旅客坐過站。 3. 送客者上車後來不及在開車前下車。 4. 旅客強行登上已開動之列車。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採購自動門之車廂。 2. 更新現有舊車之車門為自動門。 3. 月台增設月台門或可控制開閉之安全柵欄。
	旅客被推下車	旅客站立車門邊遭不明人士推下車，而車門並非自動門。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採購自動門之車廂。 2. 更新現有舊車之車門為自動門。

資料來源：本研究整理

表4 改善策略之修正表

事故類別		改善策略		說明	提供意見之單位
		初擬	修正或補充		
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	加強軌道基礎	路基夯實改良	一般來說鋼軌變形即為「軌道挫曲」，其成因大都係 <u>養護不當與道碴不足</u> ，導致橫向阻力不足所致。	工務處 路線課
		換用較強鋼軌	刪除		
			增加道碴		
	施工不慎外物入侵	加強施工現場之管理	刪除	難以量化成本。	工務處 橋隧課 與 路線課
		指派攜帶無線電之員工駐守現場，當列車接近時以便警戒施工人員	指派員工到施工現場加強警戒瞭望	目前施工或養護時均配有無線電，但工地噪音甚大，常難以收聽無線電，故將敘述略作修正。	
	車輛溜逸	加強施工單位之管理	刪除	難以量化成本。	工務處 路線課
			設置防溜專用線	在路線為長大坡度且人口較不密集之處設置專用之防溜逸側線，使溜逸之車輛出軌或翻覆時不致傷及民眾。	
	調車不當	加強值班站長之管理	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練	目前掌管行車事宜之幹部為站長、副站長及相關替班人員，而每年均有定期舉辦行車幹部之講習與訓練。	運務處 運轉課
		對於調車工施予定期訓練與考核	加強調車工與替班人員之訓練	敘述略作修正。	
	列車相撞	操控人員疏失	加強值班站長之訓練	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練	目前掌管行車事宜之幹部為站長、副站長及相關替班人員。
加強司機員與調車工之定期訓練與考核			加強調車工與替班人員之訓練；加強司機員之訓練	此為司機員(機務)與調車工(運務)雙方均有疏失的情況下，必須同時加強雙方相關人員之訓練。	運務處 運轉課 及 機務處行 車技術課
司機員疏失		加強司機員之管理	加強司機員之訓練	因司機員疏失造成之列車相撞事故唯有「加強訓練」才可避免再度發生。	機務處行 車技術課
		增派助理司機員協助瞭望與確認	刪除	不可行，台鐵因應上級要求已實施人力精簡多年。	
列車撞及汽	有人看守平交道看柵工	加強看柵工之管理	加強看柵工之訓練	因看柵工疏失造成之平交道事故可藉目前台鐵每年定期舉辦之看柵工講習活動加強訓練。	運務處 運轉課

		加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊	不變	無		
	強行闖越	裝設闖越平交道之照相設備	不變	無		
		將鐵路或公路立體化以消除平交道	不變	無		
	無人看守平交道設備故障	加強平交道設備之維修	裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位	無人看守平交道之設備均有定期維修，但發生故障時不易察覺，因此目前已裝設故障訊息遠端顯示資訊於電務維修單位供其緊急搶修之參考。		
			增設平交道設備故障裝置與號誌機及自動偵測告警裝置連鎖	目前雖設有平交道設備故障偵測裝置，但尚未與號誌機及自動偵測告警號誌連鎖，若可連鎖則將更有效防止此類事故發生。		
	公路車輛彈進路線內	於鐵路沿線增設防護柵欄或圍牆，防止公路車輛因故侵入鐵路路線淨空內	與公路相鄰之鐵路路線旁興建圍牆等防護措施	敘述略作修正。	工務處 路線課	
列車撞及人	有人看守平交道看柵工疏失	加強看柵工之管理	加強看柵工之訓練	因看柵工疏失造成之平交道事故可藉目前台鐵每年定期舉辦之看柵工講習活動加強訓練。	運務處 運轉課	
		加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊	不變	無		
	強行闖越	改進柵欄遮蔽程度	刪除	無法有效遏止行人闖越。		
		改良柵欄遮蔽形式	刪除			
		提高闖越平交道之罰責	刪除	行政成本難以估算		
			加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)	較為可行且成本較低，但效果有限。		
			鐵公路立體化以消除平交道	幾乎可完全避免闖越行為。		
	民眾行軌跨軌	沿線興建完全密閉之護欄或圍牆	鐵路沿線加強圍牆或鐵網等阻絕措施	目前在車站附近與人口聚集處均設有圍牆或鐵網，效果良好但可再加強。		工務處 橋隧課
		增建天橋或地下道	增建人行天橋、地下道或涵洞	在適當地點增設人行天橋、地下道與涵洞亦可防止民眾任意穿越鐵路。		

個人事故	施工人員或養護員工	加強員工之管理	刪除	難以量化成本。	工務處 橋隧課 與 路線課	
			指派人員瞭望列車狀況	目前施工或養護時均配有無線電，但工地噪音甚大，常難以收聽無線電，故需指派專人負責瞭望列車狀況。		
	旅客離月台邊緣太近或跳下月台等	加強月台秩序之管理	刪除	難以量化成本。	運務處 運轉課	
		裝設月台門或可控制開閉之安全柵欄	刪除	因台鐵列車車門位置不固定，且停車位置不夠準確，故不可行。		
			加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)	目前在地下車站均有此裝置，但地上車站僅新設之「太原站」與「大橋站」有裝設。		
			加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)	目前所有車站均無此裝置，但可考慮增設。		
	旅客墜車	旅客墜車	採購自動門之車廂	刪除	對於現有之非自動門車廂較無直接幫助。	機務處 車輛課
			更新現有舊車之車門為自動門	改用裝有自動門之車廂	目前修改為自動門之計劃常配合車廂內裝與外觀之更新，故敘述略作修正。	
		旅客跳車	採購自動門之車廂	刪除	對於現有之非自動門車廂較無直接幫助。	運務處 運轉課
			更新現有舊車之車門為自動門	改用裝有自動門之車廂	目前修改為自動門之計劃常配合內裝與外觀之更新，故敘述略作修正。	
			月台增設月台門或可控制開閉之安全柵欄	刪除	因台鐵列車車門位置不固定，且停車位置不夠準確，故不可行。	
		旅客被推下車	採購自動門之車廂	刪除	對於現有之非自動門車廂較無直接幫助。	機務處 車輛課
更新現有舊車之車門為自動門	改用裝有自動門之車廂		目前修改為自動門之計劃常配合內裝與外觀之更新，故敘述略作修正。			

資料來源：本研究專家問卷之初訪

表5 多次訪談與估計後之問卷結果

事故類別		改善策略	改善成本		改善效果		面訪單位
			單位成本 (新台幣)	改善規模	降低發生 機率(%)	減輕嚴重 程度(%)	
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	路基夯實改良	58萬元/km	300km/年	10%	—	工務處 路線課
		增加道碴	25萬元/km	10%	—		
	施工不慎 外物入侵	指派員工到施 工現場加強警 戒瞭望	950元/天- 人	14,000 人次/年	30%	—	工務處 路線課 與 橋隧課
	車輛 溜逸	設置防溜專用 線	3萬元/m	300m	—	20%	工務處 路線課
	調車不當	加強行車站長 與副站長及替 班人員之訓練	835元/人	636 人次/年	17%	—	運務處 運轉課
加強調車工與 替班人員之訓 練		568元/人	1,144 人次/年	15%	—		
列車相撞	操控人員 疏失	加強行車站長 與副站長及替 班人員之訓練	835元/人	636 人次/年	17%	—	運務處 運轉課
		加強調車工與 替班人員之訓 練	568元/人	1,144 人次/年	15%	—	
	司機員 疏失	加強司機員之 訓練	47,280元/ 人	16人次/年	30%	—	機務處 行車技 術課
列車撞及汽機車	有人看守平 交道看柵工 疏失	加強看柵工之 訓練	1,087元/人	182 人次/年	30%	—	運務處 運轉課
		加強設備,使看 柵工有更完整 之列車資訊	480萬元/處	41處	16%	14%	
	強行闖越	裝設闖越平交 道之照相設備	50萬元/處	489處	30%	—	運務處 運轉課
		將鐵路或公路 立體化以消除 平交道	2.66億元/ 處	75處	100%	100%	工務處 橋隧課
	無人看守 平交道設 備故障	裝設平交道設 備之故障訊息 遠端顯示於電 務維修單位	150萬元/套	444套	10%	14%	電務處 號誌課 與 電訊課
		增設平交道設 備故障裝置與 號誌機及自動 偵測告警裝置 聯鎖	250萬元/套	444套	30%	50%	
公路車輛彈 進路線內	與公路相鄰之 鐵路路線旁興 建圍牆等防護 措施	4,500元/m (圍牆)	300km	100%	100%	工務處 橋隧課	
列車	有人看守平 交道看柵工	加強看柵工之 訓練	1,087元/人	182 人次/年	30%	—	運務處 運轉課

撞及人	疏失	加強設備,使看柵工有更完整之列車資訊	480萬元/處	41處	16%	14%	
		加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導等)	6,000元/處	489處	2%	—	運務處 運轉課
		鐵公路立體化以消除平交道	2.66億元/處	75處	100%	100%	工務處 橋隧課
	民眾行軌跨軌	鐵路沿線加強圍牆或鐵網等阻絕措施	4,500元/m(圍牆)	300km	50%	50%	工務處 橋隧課
		增建人行天橋、地下道或涵洞	500萬元/處	750處	95%	95%	
	施工人員或養護員工	指派人員瞭望列車狀況	950元/天-人	14,000人次/年	30%	—	工務處 路線課
	旅客離月台邊緣太近或跳下月台等	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)	75萬元/月臺單側	150側	20%	—	電務處 號誌課 與 電訊課
		加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)	200萬元/座	103座	20%	—	
個人事故	旅客墜車	改用裝有自動門之車廂	300萬元/輛	274輛	95%	95%	機務處 車輛課
	旅客跳車						
	旅客被推下車						

資料來源：本研究專家問卷之結果及本研究估計

表6 時間基礎一致化後之問卷結果

事故類別		改善策略	改善成本		改善效果	
			單位成本 (新台幣)	改善規模 (年)	降低發生機 率(%)	減輕嚴重程 度(%)
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	路基夯實改良	58萬元/km	300km/年	10%	—
		增加道碴	25萬元/km	10%	—	
	施工不慎 外物入侵	指派員工到施工現場加強警戒瞭望	950元/天-人	14,000 人次/年	30%	—
	車輛溜逸	設置防溜專用線	3萬元/m	20m/年	—	3.2%
	調車不當	加強行車站長與副 站長及替班人員之 訓練	835元/人	636人次/年	17%	—
加強調車工與替班 人員之訓練		568元/人	1,144人次/年	15%	—	
列車相撞	操控人員 疏失	加強行車站長與副 站長及替班人員之 訓練	835元/人	636人次/年	17%	—
		加強調車工與替班 人員之訓練	568元/人	1,144人次/年	15%	—
	司機員疏失	加強司機員之訓練	47,280元/人	16人次/年	30%	—

列車撞及汽機車	有人看守 平交道 看柵工疏失	加強看柵工之訓練	1,087元/人	182人次/年	30%	—
		加強設備,使看柵工有更完整之列車資訊	480萬元/處	22.5處/年	4.3%	3.8%
	強行闖越	裝設闖越平交道之照相設備	50萬元/處	48.9處/年	6.9%	—
		將鐵路或公路立體化以消除平交道	2.66億元/處	1.875處/年	2.3%	2.3%
	無人看守 平交道 設備故障	裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位	150萬元/套	88.8套/年	2.7%	3.8%
		增設平交道設備故障裝置與號誌機及自動偵測告警裝置連鎖	250萬元/套	88.8套/年	8.1%	13.5%
公路車輛 彈進路線內	與公路相鄰之鐵路路線旁興建圍牆等防護措施	4,500元/m	30km/年	23.2%	23.2%	
列車撞及人	有人看守 平交道 看柵工疏失	加強看柵工之訓練	1,087元/人	182人次/年	30%	—
		加強設備,使看柵工有更完整之列車資訊	480萬元/處	22.5處/年	4.3%	3.8%
	強行闖越	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導等)	6,000元/處	489處/年	2%	—
		鐵公路立體化以消除平交道	2.66億元/處	1.875處/年	2.3%	2.3%
	民眾 行軌跨軌	鐵路沿線加強圍牆或鐵網等阻絕措施(圍牆)	4,500元/m	30km/年	11.6%	11.6%
		增建人行天橋、地下道或涵洞	500萬元/處	15處/年	2.2%	2.2%
	施工人員 或養護員工	指派人員瞭望列車狀況	950元/天-人	14,000 人次/年	30%	—
	旅客離月台邊緣太近或跳下月台等	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)	75萬元/ 單側月臺	15側/年	4.6%	—
加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)		200萬元/座	12.875座/年	5.4%	—	
個人 事故	旅客墜車	改用裝有自動門之車廂	300萬元/輛	9.13輛/年	4.7%	4.7%
	旅客跳車					
	旅客被推下車					

資料來源：本研究之計算

表 7 改善策略之整併與編號

事故類別		改善策略	編號	說明
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	路基夯實改良	(1)	
		增加道碴	(2)	
	施工不慎 外物入侵	指派員工到施工現場加強警戒瞭望	(3)	
	車輛溜逸	設置防溜專用線	(4)	
	調車不當	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練	(5)	
		加強調車工與替班人員之訓練	(6)	
列車相撞	操控人員 疏失	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練		與(5)相同，故合併
		加強調車工與替班人員之訓練		與(6)相同，故合併
列車撞及汽機車	有人看守 平交道 看柵工疏失	加強司機員之訓練	(7)	
		加強看柵工之訓練	(8)	
	強行闖越	加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊	(9)	
		設置闖越平交道之照相設備	(10)	
	無人看守 平交道 設備故障	將鐵路或公路立體化以消除平交道	(11)	
		裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位	(12)	
公路車輛彈進路線內	增設平交道設備故障裝置與號誌機及自動偵測告警裝置聯鎖	(13)		
	與公路相鄰之鐵路路線旁興建圍牆等防護措施	(14)		
列車撞及人	有人看守 平交道 看柵工疏失	加強看柵工之訓練		與(8)相同，故合併
		加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊		與(9)相同，故合併
	強行闖越	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣傳等)	(15)	與(11)相同，故合併
		將鐵路或公路立體化以消除平交道		
	民眾 行軌跨軌	鐵路沿線加強圍牆或鐵絲網等阻絕措施		與(14)類似，故合併
		增建人行天橋、地下道或涵洞	(16)	
施工人員或養護員工	指派人員瞭望列車狀況		與(3)類似，故合併	
旅客離月台邊緣太近或跳下月臺等	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)	(17)		
	加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)	(18)		
個人事故	旅客墜車	改用裝有自動門之車廂	(19)	
	旅客跳車			
	被推下車			

資料來源：本研究整理

表8 修正後各項改善策略之成本效益分析

改善策略編號	B			C	效益成本比(B/C)
	R (人/MVK)	R (人/年)	R (萬元/年)	改善成本 (萬元/年)	
(1)	0.0159	0.6241	1,023.1	17,400.00	0.059
(2)	0.0159	0.6241	1,023.1	7,500.00	0.136
(3)	0.000175	0.0069	11.3	1330.00	0.008
(4)	0.0002	0.0107	17.6	60.00	0.294
(5)	0.000009	0.0003	0.6	53.11	0.011
(6)	0.000006	0.0002	0.4	64.98	0.007
(7)	0.000259	0.0102	16.7	75.65	0.220
(8)	0.000118	0.0046	7.6	19.78	0.385
(9)	0.0108	0.4239	694.1	3,936.00	0.176
(10)	0.0324	1.2717	2,085.5	2,445.00	0.853
(11)	0.0626	2.4571	4,032.4	49,875.00	0.081
(12)	0.0004	0.0157	28.5	13,320.00	0.002
(13)	0.0014	0.0549	91.2	22,220.00	0.004
(14)	0.4592	18.0245	29,564.2	13,500.00	2.190
(15)	0.0060	0.2355	383.3	293.40	1.306
(16)	0.0903	3.5444	5,814.1	7,500.00	0.775
(17)	0.0056	0.2198	360.9	1,125.00	0.321
(18)	0.0066	0.2590	423.6	2,575.00	0.165
(19)	0.1242	4.8751	7,998.8	2,739.00	2.920

資料來源：本研究計算

表9 B/C比>1之改善策略及可降低之安全風險值

B/C比>1之改善策略		可降低安全風險值 R(人/MVK)
編號	內容	
(19)	改用裝有自動門之車廂	0.1242
(14)	鐵路路線旁興建圍牆等防護措施	0.4592
(15)	加強交通安全宣導 (警告標誌、警語、電視媒體宣導等)	0.0060
R總計(人/MVK)		0.5894

資料來源：本研究計算

表10 台鐵權限內可執行之改善策略及可降低之安全風險值

台鐵權限內可執行之改善策略		可降低安全風險值 R(人/MVK)
編號	內容	
(1)	路基夯實改良	0.0159
(2)	增加道碴	0.0159
(3)	指派員工到施工現場加強警戒瞭望	0.000175
(4)	設置防溜專用線	0.0002
(5)	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練	0.000009
(6)	加強調車工與替班人員之訓練	0.000006
(7)	加強司機員之訓練	0.000259
(8)	加強看柵工之訓練	0.000118
R總計(人/MVK)		0.0326

資料來源：本研究計算

表11 可忽視風險事故之安全風險值

可忽視風險之事故內容	安全風險值R (人/MVK)
司機員制軔失宜而受傷	0.0035
列車廁所疑似爆裂物爆炸而受傷	0.0035
列車上意圖自殺	0.0035
列車上病發或病故	0.0206
列車上扭傷	0.0035
民眾投擲石頭擊傷乘客或員工	0.0345
在列車上因其他設備受傷	0.0742
民眾在車底下被輾斃	0.0051
民眾垂釣觸電	0.0395
公路陸橋上觸電	0.0069
民眾或工人攀爬觸電	0.0378
路段中施工觸電	0.0102
列車駛近民眾受到驚嚇跌倒或被風吹倒	0.0138
病患跌倒於路線旁	0.0035
月台上施工觸電	0.0102
總計(人/MVK)	0.2703

資料來源：本研究計算

表12 不可忍受事故之安全風險值

事故內容	安全風險值R (人/MVK)
施工不慎造成列車出軌或翻覆	0.1295
鋼軌變形造成列車出軌或翻覆	0.1589
調車不當造成列車出軌或翻覆	0.0256
違章辦理行車閉塞導致列車相撞	0.0069
司機員冒進號誌造成列車相撞	0.0104
總計(人/MVK)	0.3614

資料來源：本研究計算

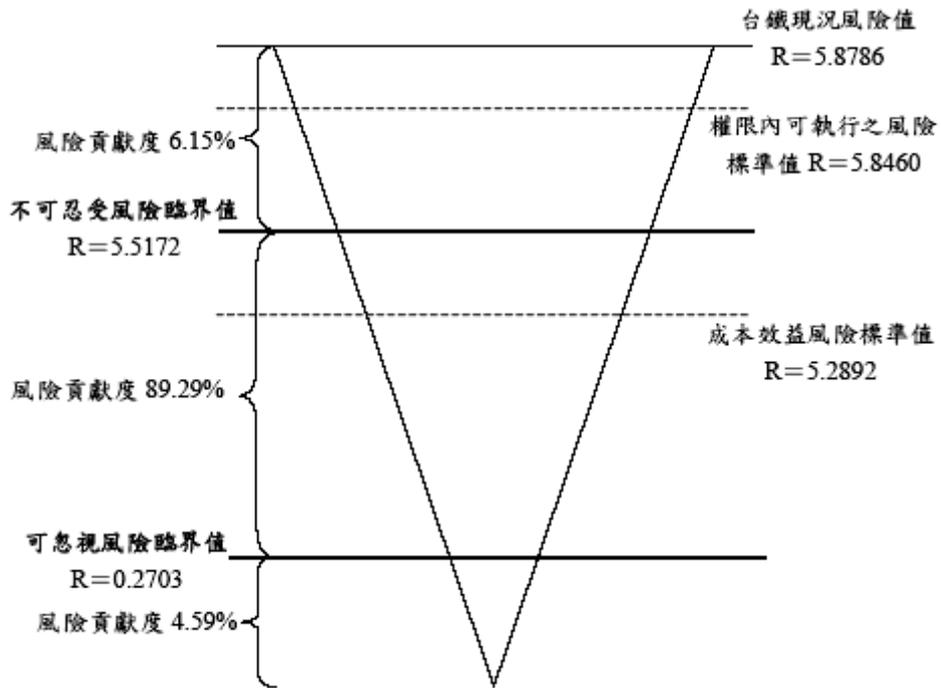


圖 6 台鐵之安全風險評估三角形(以風險值呈現)

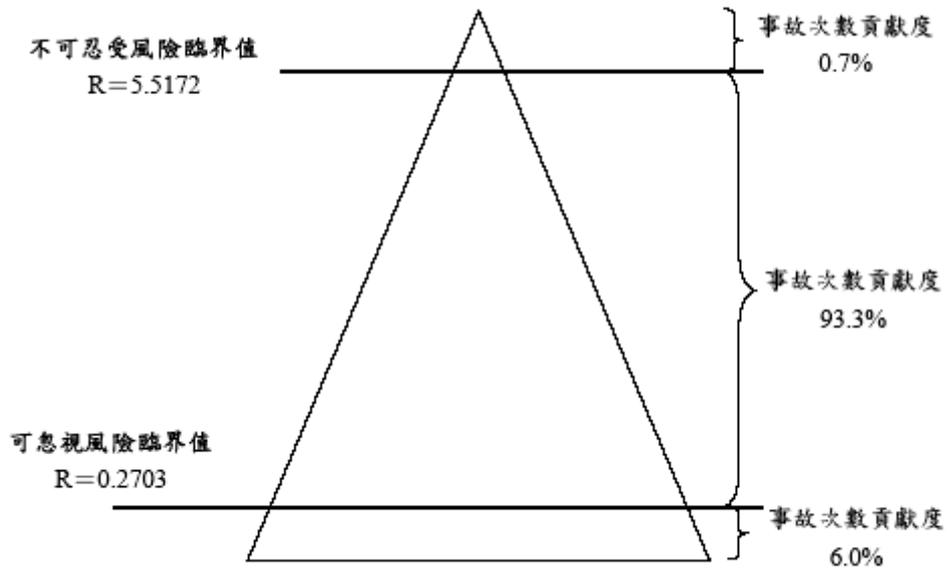


圖 7 台鐵之風險評估三角形(以事故次數呈現)