

第五章 台鐵營運安全事故之改善策略與成本效益

根據台鐵事故原始資料，經過本研究之第四章整理分類並計算後，可獲得台鐵各類事故之累積風險貢獻度與排序。本章將根據上述之結果針對每項事故原因擬定其對應之改善策略，並設計專家問卷以確認改善策略、其可改善之程度及所對應之改善成本，根據問卷結果即可估計各項改善策略所需之成本，以便在後續研擬安全風險標準時，可利用成本效益準則分析各類事故之安全風險標準。

5.1 問卷設計與改善策略之初擬

本研究在此階段必須確認各類事故之改善策略，並蒐集改善成本與改善效益等資料，但因國內有關台鐵事故改善成本與效益之研究相當少，且台鐵改善安全之預算係針對整體編列，故欲取得較為精準的成本與效益資訊就必須藉由面訪式的專家問卷向台鐵蒐集資料。而在進行專家問卷之前，必須先根據本研究希望獲得的資訊設計問卷之問項內容與格式。以下為本研究擬定之問項內容與說明：

(一)改善策略：此項將根據本研究第四章所整理之樹狀圖各子項，並回顧事故原始資料之記載，先就各類事故原因列出所有可能的改善策略，並預留欄位供受訪者填寫任何可能的改善策略。

(二)改善成本：成本通常可分為單位成本與總體成本，不過因部分改善策略其改善規模並非涵蓋台鐵全線或現有之全部設施、設備及車輛，因此改善成本乃區分為兩個子項，即「單位成本」與「改善規模」，由這兩個子項相乘以獲得改善所需之總成本。

1. 單位成本：即改善一個單位所需的成本，單位為每公尺(公里)、

每輛車、每人、每組(設備)、每處(地點)等，視改善策略所需之成本特性而定。

2. 改善規模：各項改善策略有其一定之規模，並非全部的設施、設備與車輛均可改善，以消除平交道為例，並非每座平交道均可立體化，必須視當地地形、經費、民意、交通量等因素而定，因此此處之改善規模係指「單位時間內可定期進行(例如人員訓練)、實際可行但是尚未進行(例如平交道立體化)、以及未來預定進行(例如車廂自動門改造)的規模」。

(三)改善效果：每一類事故其所有改善策略各有不同程度之改善效果，而本研究係由「發生機率 \times 嚴重程度 = 安全風險值」得到該類事故之安全風險值，因此在改善效果方面可分為「發生機率」與「嚴重程度」兩個子項分別估計。

1. 發生機率之改善效果：係指「該項改善策略可降低該類事故之發生機率百分比」，擬請受訪者根據其業務上的經驗或其擁有之統計數據做一估計。。
2. 嚴重程度之改善效果：係指「該項改善策略可減輕該類事故之嚴重程度百分比」，擬請受訪者根據其業務上的經驗或其擁有之統計數據做一估計。

決定專家問卷之問項之後，再針對各事故類別檢視事故原始資料，詳列其發生原因，並據此擬出所有可能的改善策略，以列入問卷供台鐵之專家確認。其中在「個人事故」類別中，除了「旅客墜車」及「旅客跳車」等子項之外，其他事故之發生機率甚少，或者其嚴重程度不大，因此在擬定改善策略的同時將予以排除忽略不計。另因「旅客被推下車」類事故明顯與墜車跳車類事故之改善策略相同，因此仍予以考量。下表 5-1 為初擬之事故改善策略。

表 5-1、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挫曲。 2. 鋼軌品質不良而挫曲變形。	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。

表 5-1(續一)、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。
	施工人員 或養護員工	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	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。	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。

表 5-1(續完)、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
個人事故	旅客墜車	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。	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	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。	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。	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

5.2 問卷試訪與修正

在上節中雖已將所有可能之改善策略擬定完成，不過因為必須確定所擬定之改善策略具有可行性，也必須將改善策略之陳述修正為台鐵專業人員可理解之用語，因此在進行正式面訪專家之前，先將上節暫定之所有可能改善策略擬成問卷，分別對台鐵四大部門(運務、工務、電務、機務)之主管先行試訪，藉此修正問題之陳述、修改並刪除較不適當之改善策略、並訂定該項改善策略其改善成本之單位，以為正式專家問卷之用。問卷試訪後整理各單位之意見與結果如下，表 5-2 為修改後之改善策略及其說明，表 5-3 為各項改善策略其成本之單位。

表 5-2、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」，其成因大都係養護不當與道碴不足，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		
	外物侵入 施工不慎	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。	運務處運轉課
		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。	

表 5-2(續一)、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		
列車撞及汽機車	道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	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聯鎖	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聯鎖，若可聯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

表 5-2(續二)、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。	
	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。		

表 5-2(續完)、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		
個人事故	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。	
		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。	運務處運轉課
	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 5-3、各項改善策略之成本單位

事故類別		改善策略	成本單位	說明	提供意見之單位
列車出軌或翻覆	鋼軌變形	路基夯實改良	元/公里	包含土木與施工費用。	工務處 路線課
		增加道碴			
	施工不慎 外物入侵	指派員工到施工現場 加強警戒瞭望	元/人	指派員工到施工現場需付給短 差費或夜間加班費。	工務處 橋隧課 與路線課
	車輛溜逸	設置防溜專用線	元/公尺	設置長度可視需要而有所不同。	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 加強調車工與替班人 員之訓練	元/人	台鐵目前每年均定期辦理行車 幹部與調車工之訓練講習，而參 加人員均付給加班逾時費，另有 講師鐘點費。	運務處 運轉課
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	元/人	台鐵目前每年均定期辦理行車 幹部之訓練講習，而參加人員均 付給加班逾時費，另有講師鐘點 費。	運務處 運轉課
		加強調車工與替班人 員之訓練		台鐵目前每年均定期辦理調車 工之訓練講習，而參加人員均付 給加班逾時費，另有講師鐘點 費。	運務處 運轉課
	司機員 疏失	加強司機員之訓練	元/人	司機員在發生事故後有加強訓 練之講習。	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	元/人	台鐵目前每年均定期辦理看柵 工之訓練講習，而參加人員均付 給加班逾時費，另有講師鐘點 費。	運務處 運轉課
		加強設備，使看柵工 有更完整之列車資訊	元/處	以平交道為單位。	
	強行闖越	裝設闖越平交道之照 相設備	元/套	包含購置與裝設費用。	運務處 運轉課
		將鐵路或公路立體化 以消除平交道	元/處	包含土木與施工費用。	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	元/套	每座平交道裝設一套。	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	元/套		
	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	元/公尺	包含材料與施工費用。	工務處 路線課

表 5-3(續完)、各項改善策略之成本單位

事故類別		改善策略	成本單位	說明	提供意見之單位
列車撞及人	有人看守 平交道 看柵工	加強看柵工之訓練	元/人	台鐵目前每年均定期辦理看柵工之訓練講習，而參加人員均付給加班逾時費，另有講師鐘點費。	運務處 運轉課
		加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊	元/處	以平交道為單位。	
	疏失 強行闖越	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)	元/處	以平交道為單位。	運務處 運轉課
		鐵公路立體化以消除平交道	元/處	以平交道為單位。	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	元/公尺	包含材料與施工費用。	運務處 運轉課 與 工務處 橋隧課
		增建人行天橋、地下道或涵洞	元/座	以一座為單位。	
	養護員工 或 施工人員	指派人員瞭望列車狀況	元/人	指派員工到施工現場需付給短差費或夜間加班費。	工務處 橋隧課 與 路線課
	跳下月台等 邊緣太近或 旅客離月台	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)	元/側	以每座月臺之單側為單位。	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)	元/座	以每座月臺為單位。	
	旅客墜車 旅客跳車 旅客被推下車	改用裝有自動門之車廂	元/輛	因每種車廂需改善之車門數不固定，故以車廂為單位。	機務處 車輛課

資料來源：本研究專家問卷之初訪

5.3 問卷結果整理

本研究之專家問卷原擬以本研究所訂定之五大分類，分別製作五類問卷，每類問卷分別面訪一至二位在台鐵內負責相關業務之專家或主管。但是在實際進行面訪時，發現除了「個人事故」類別因已剔除其他子項，保留之「旅客墜車、跳車、被推下車」屬於機務處之業務範圍而較單純之外，其他四類問卷均遭遇所需資料跨越台鐵工務處與電務處，甚至跨越機務處與運務處的業務範圍，因此必須依照該類問卷之改善策略與成本或統計資料之屬性，分別到台鐵各處進行問卷面訪，無法以本研究原訂之五大分類單獨進行。

而由於本研究之專家問卷係針對各項改善策略欲獲得改善成本與改善規模等資料，而大部分受訪者均無法立刻回覆此類問題，故需讓受訪者有足夠時間尋找與整理台鐵相關成本與統計數據以利回覆，因此每位受訪者必須至少面訪兩次以上才能獲得較為完整之問卷結果。

此外本專家問卷雖然經過本章前兩節之程序修訂過，然而當第一次面訪受訪者時，仍必須向受訪者說明改善策略之意義，並與受訪者溝通回覆問題之準確程度及確認在回覆成本與規模時是否有困難之處，例如計算改善成本時如何定義其範圍、部分成本項目屬於某類成本之細項卻因故無法細分出時可如何變通估計等。

本研究之受訪者均為台鐵資深主管或員工，除了各處業務分工精細之外，其專業知識亦相當豐富，故必須先確定其為適合該項改善策略之受訪者，若該受訪者表示其並非該項業務之主管或經辦，則尚需請受訪者告知經辦該項業務之單位或請其推薦經辦該項業務之人員供本研究進行問卷面訪。

至於在改善效果的估計部分，多數受訪者均表示難以答覆，原因主要是台鐵目前尚無針對某一類型事故進行改善效果的分析與追蹤；其次部分類型之事故在本研究範圍年限內其事故後果雖然嚴重，但其發生機率卻相當低，造成受訪者不易利用專業之經驗判斷作答，因此在改善效果這部分的問卷結果並不完整。另外部分改善策略之規模難以估計，主要是因許多改善工作均列入台鐵例行性的維修工作內，並不單獨進行，例如防止鋼軌變形之改善策略；而在車輛溜逸的改善策略中，止車楔均以每輛工程維修車配一組為原則，但是受訪者均無法估計台鐵擁有之工程維修車輛數，使改善規模難以推估。問卷所有結果整理如下表 5-4，上述因受訪者無法作答而空白之欄位以「*」註明。

表 5-4、問卷結果之初步整理

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	視路基狀況而定	*	*	工務處 路線課
		增加道碴	25 萬元/km		*	*	
	外物侵入 施工不慎	指派員工到施工現場 加強警戒瞭望	短差費 250 元/ 天-人次	1~100 天 不等，視 工期而定	*	*	工務處 路線課 與 橋隧課
			夜間加班費 700 元/天-人次				
	車輛溜逸	設置防溜專用線	3 萬元/m	300m	*	*	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/人次	636 人次/年	*	*	運務處 運轉課
		加強調車工與替班人 員之訓練	568 元/人次	1,144 人次/年	*	*	
列車相撞	疏失 操控人員	加強行車站長與副站 長及替班人員之訓練	835 元/人次	636 人次/年	*	*	運務處 運轉課
		加強調車工與替班人 員之訓練	568 元/人次	1,144 人次/年	*	*	
	司機員 疏失	加強司機員之訓練	47,280 元/人次	*	*	*	機務處 行車技 術課
列車撞及汽機車 內	道看柵工 有人看守平交 疏失	加強看柵工之訓練	1,087 元/人次	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
	道設備故障 無人看守平交	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%	
	彈進路 線	與公路相鄰之鐵路路 線旁興建圍牆等防護 措施	4,500 元/m	300km	*	*	工務處 橋隧課

表 5-4(續完)、問卷結果之初步整理

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(%)	
列車撞及人	道有人看守平交 看柵工疏失	加強看柵工之訓練	1,087 元/人次	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	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)	6,000 元/處	444 處	20%	*	運務處 運轉課
		鐵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	圍牆 4,500 元/m	300km	*	*	工務處 橋隧課
			鐵絲網 2,000 元/m				
		增建人行天橋 地下道或涵洞	500 萬元/處	*	95%	95%	
	施工人員或養護員工	指派人員瞭望列車狀況	短差費 250 元/天-人次	1~100 天不等,視工期而定	*	*	工務處 路線課
			夜間加班費 700 元/天-人次				
	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	*	*	*	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	*	*	*	
個人事故	旅客墜車 旅客跳車 旅客被推下車	改用裝有自動門之車廂	250 萬元/輛	274 輛	95%	95%	機務處 車輛課

資料來源：本研究問卷結果

5.3.1 改善成本欄位之討論

由表 5-4 之初步結果可知，在改善成本欄位中有部分必須加以簡化或估計，因此本小節就改善成本之「單位成本」與「改善規模」欄位進行相關討論與說明。

（一）人員訓練成本

台鐵之行車站長、副站長、調車工及看柵工係由運務處負責訓練與考核，每年均針對上述人員由運務處定期針對不同人員，分地、分梯舉辦相關訓練課程，其成本主要係講師費及發給參加人員之加班逾時費，因受訓人員為強制參加且必須為下班時間方可參加。

而台鐵之司機員則為機務處負責訓練與考核，但經訪談機務處後得知針對司機員雖有定期訓練課程，然而此一定期訓練課程時間係計入司機員正常上班時間內，與前述運務處所管轄之人員其訓練課程排在下班時間不同，且司機員之定期訓練課程其指導員之安排亦為各機務段內自行排定，故並無如運務處必須付給講師鐘點費之狀況，所以定期訓練之單位成本難以計算。至於不定期之訓練方面，此一不定期之訓練課程僅針對確定係因司機員疏失造成的列車相撞事故，則該司機員必須停止駕駛列車一個月，並由各機務段之指導員負責加強訓練與考核該名司機員，然而訓練與考核本屬於指導員其業務範圍之一，因此無法單獨估計訓練費用，但是在此訓練期間仍需付給該名司機員薪水，故以台鐵司機員之平均一個月月薪(\$47,280 元)訂為該項改善策略之成本。

至於司機員加強訓練之改善規模因屬不定期，由訪談得知根據經驗每年平均約有 16 位司機員因故必須接受此種加強訓練課程，故本研究在此擬以每年 16 位作為本項改善策略之改善規模。

（二）改用裝有自動門車廂之成本

改用裝有自動門之車廂是以現有台鐵之舊型車廂改造為主，但是因台鐵舊型車廂之車門較窄且多半僅在車廂一端設有車門，改造成車廂兩端均為自動門時，必須同時將車廂內部之空間配置略作修改與更新，才不致影響車內應有之服務空間，故此項改善策略之成本除了自動門之相關裝置之外，還包括車體內外之切割、調整車內設備之位置或數量、更新車內部分服務設備、改裝設屋頂型空調機、施工費等費用，但是並不包含後續之維修成本，因此本研究假設維修成本為製造成本之 20%，則將問卷所獲得之成本數值增加 20%後(300 萬元/輛)作為單位成本。

（三）指派員工到施工現場加強警戒瞭望

根據訪談台鐵工務處時得知，短差費係當員工必須因公赴外地時所需付給的差旅費，而夜間加班費則為夜間施工時所需付給員工之額外薪資。而因為台鐵的行車密度相當高，為了避免影響列車運轉，大部分施工多選擇夜間進行，因此本研究乃將短差費(250 元/天-人)與夜間加班費(700 元/天-人)相加後之數值作為此改善策略之單位成本。

而在改善規模方面，因無確切的資料，故經過再次面訪台鐵有關單位後可做一粗略之估計：台鐵全線每天平均約有 40 件工程進行，而一年扣掉國定假日及三節假日後約 350 個工作天，假設每件工程需要一位台鐵員工進行列車警戒瞭望之工作，即可估計台鐵執行此種改善策略之規模約為 14,000 人次/年。

（四）圍牆與鐵絲網等防護措施

由表 5-4 之「單位成本」欄位可知，鐵絲網的單位成本較圍牆為低，不過因為鐵絲網極易遭到沿線民眾之破壞，故台鐵目前在新建此類阻絕

措施時，均傾向以圍牆取代鐵絲網，因此本研究在此擬直接採用圍牆之單位成本作為此類改善策略之單位成本。

（五）增建人行天橋、地下道或涵洞

此項改善策略中雖有相當高的改善效果，但是其改善規模難以估計，因此本研究擬以一座天橋、地下道或涵洞等設施之行人可利用範圍為估計基礎。假設一座天橋、地下道或涵洞提供之利用範圍為平均步行距離 500 公尺內之民眾，則將台鐵截至民國 90 年底之主要幹線長度(1,002km)先減掉鐵路地下化、橋樑、隧道之長度後(926.977km)，除以 500 公尺之平均服務範圍，可得到台鐵全線初估之行人穿越設施數量，然此數量尚需扣除已有可提供民眾穿越主要幹線鐵路之車站、平交道、人行天橋、地下道、涵洞之數目，即可粗估改善之規模，約為 750 座。

〔 2 〕

（六）旅客離月台邊緣太近或跳下月臺而遭列車撞及

此類事故之兩項改善策略「加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)」及「加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)」均必須在月台上加裝相關設備。而因台鐵之特等站、一等站與二等站幾乎均配有旅客嚮導員，部分車站並有在旅客欲搭乘之列車尚未接近前管制月台保持淨空之慣例，甚至並招募志工以協助維護月臺秩序與安全；而三等以下之車站因人員精簡政策使人手不足，因此增加本研究之改善策略相對有較高之必要性，故本研究在估計此類改善策略之規模時，僅估算尚未裝設此設備之台鐵三等站、簡易站與招呼站之車站數目與月臺數目，估算後之月臺單側數量為 150 側，月臺數量為 103 座。

5.3.2 改善效果欄位之討論

由表 5-4 的問卷初步結果可發現，在「降低發生機率」及「改善嚴重程度」的部分有相當多的欄位因受訪者無法作答而呈現未知的情況，因此本研究針對這些未知的部分再次進行深入訪談，而有如下之結果與分析估計：

(一)鋼軌變形導致列車出軌或翻覆

因鋼軌變形而導致列車出軌或翻覆之事故在本研究範圍年限內僅發生 2 次，亦即每百萬行車公里(MVK)發生 0.0102 次，而嚴重程度各為 2.034 等值死亡人數與 29.154 等值死亡人數，且均為受傷並無死亡，因此本研究認為若能針對其發生原因進行改善，則較針對減輕嚴重程度之改善更為有效，故本研究不予估計減輕嚴重程度。另由訪談中得知台鐵每年平均約有兩億元的預算是用於抽換鋼軌與枕木及更新或補充道碴，然而並無法區分出本項事故改善策略之費用，也就無法估計每年更新或補充道碴與夯實路基的規模，因此必須藉由相關統計資料概估〔1〕。又因為此類事故之發生機率甚小，顯示台鐵目前對於此類事故之防範已有一定之成效，因此在可降低發生機率之效果方面給予較低之估計值(10%)，因為若再增加改善此類事故之投資可能成為預算上的浪費，故建議維持現有之維修規模及預算比例或額度即可。

(二)施工不慎外物入侵導致列車出軌或翻覆；列車撞及養護員工或施工人員

以上二類事故之發生乃因施工時機具不慎侵入鐵路路線淨空內導致列車撞及出軌或翻覆，或是養護員工與施工人員不慎侵入鐵路路線淨空內遭到列車撞及，故「指派員工到施工現場加強警戒瞭望」之改善策略可直接降低此種情況之發生機率，但是此一改善策略並無法減輕此種

事故之嚴重程度，因此本研究將不予估計減輕嚴重程度之效果。至於可降低之發生機率程度方面，因改善策略屬於「瞭望觀察」的性質，與平交道看柵工之工作專責性質類似，因此本研究擬採「加強看柵工訓練」之可降低發生機率百分比作為此類改善策略之可降低發生機率百分比(30%)。

(三)車輛溜逸導致列車出軌或翻覆

根據由台鐵相關單位所提供之資料，防溜專用線之設置係在民國 90 年台鐵在豐原台中間發生嚴重死傷之溜逸事故後，在相關規章之外所新增之設施，故目前尚無法得知其成效如何。然而由改善成本(共計九百萬元)與設置地點(豐原台中間之潭子站)觀之，防溜專用線應至少可防止人員死亡的發生，並可減輕受傷程度，也就是對此一事故而言，其結果將可由原先之 3 人死亡 3 人受傷降低至僅 3 人受傷，換算成等值死亡人數的變化則是由 5.034 人降低至 2.034 人，降低幅度約為 60%，因此本研究將嚴重程度百分比之估計定為 60%。另由表 5-2 可知設置防溜專用線之改善策略屬於可減輕嚴重程度之方法，故在降低發生機率百分比方面本研究將不予估計。

(四)調車不當導致列車出軌或翻覆；操控人員疏失或司機員疏失造成列

車相撞

以上這三類事故之改善策略均係針對特定人員加強訓練而定，然而受訪者對於改善效果均無法作答，故本研究擬以另一類似之改善策略「加強看柵工之訓練」之可降低發生機率百分比作為估計基礎，並由各種人員其起薪之相對高低關係進行改善效果之估計。

在調車工的訓練效果部分，根據台鐵之相關規定，調車工與看柵工

之起薪均相同，然而由表 5-4 之相關欄位可知訓練成本卻相差一倍，因此本研究擬將調車工在加強訓練後可降低之發生機率訂為看柵工之一半，也就是 15%。

而行車副站長與站長之起薪約為看柵工起薪之 1.3 倍，而訓練成本僅為看柵工之 77%，因此對行車副站長與站長而言，其受訓時付給之費用相較於起薪比例甚低，且行車副站長與站長之工作內容並不如調車工或看柵工之專職性高，因此訓練效果應較看柵工為低。本研究根據上述推論擬定行車副站長與站長在加強訓練後，可降低發生機率之百分比約為 $30\% \times (77\% \div 130\%) = 17\%$

在司機員的部分，本研究認為其工作內容之專職性質可與看柵工比擬，因此本研究擬將司機員加強訓練後可降低發生機率之百分比訂為與看柵工受訓後相同之效果(30%)。

以上加強特定人員之訓練均屬於可降低事故發生機率之改善策略，無助於減輕事故嚴重程度，因此本研究將不估計此類人員加強訓練後可減輕之嚴重程度百分比。

(五)有人看守平交道因看柵工疏失遭列車撞及

因看柵工受訓主要係防止事故之發生，對於減輕嚴重程度並無直接的幫助，因此本研究不予估計此項改善策略之可減輕嚴重程度百分比。

(六)汽機車強行闖越平交道遭列車撞及

此類事故之改善策略中，「裝設闖越平交道之照相設備」之部分明顯係針對防止事故之發生機率而訂定，與減輕嚴重程度方面無關，因此本研究不予估計減輕嚴重程度百分比。

(七)公路車輛彈進路線內遭列車撞及

此類事故之改善策略「與公路相鄰之鐵路路線旁興建圍牆等防護措施」係與防止民眾行軌跨軌之改善策略相同，不過圍牆等防護措施對於公路車輛侵入可達到完全的防範效果，因此本研究估計此一改善策略之降低發生機率可達 100%，而減輕嚴重程度亦可達 100%。

(八)民眾強行闖越平交道遭列車撞及

在此類事故之改善策略中，「加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)」的部分，經再度詢問受訪者後得知，其給予之成本資料僅為裝設警告標誌之成本，然而加強交通安全宣導尚有其他之方式如媒體宣導等，但是並無此方式之成本資料可供參考，因此本研究擬將受訪者原填寫之可降低發生機率(20%)向下修正。本研究認為裝設警告標誌與平面媒體之宣傳效果類似，經費上可視為在平面媒體上刊登廣告之費用，而電視媒體之廣告費用常數十倍於平面媒體之廣告費用，因此本研究認為警告標誌之效果亦有數十分之一的差異，故針對「加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)」中有關「裝設警告標誌」之部分，其可降低之發生機率百分比將向下修正為原數值之十分之一，亦即 2%。

(九)旅客離月台邊緣太近或跳下月臺而遭列車撞及

此類事故之兩項改善策略「加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)」及「加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)」與行人強行闖越平交道之改善策略之一「加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導)」相當類似，均屬於警告警示之預防措施，因此改善效果可據此推估其可降低發生機率程度亦與「加強交通安全宣導(警告標誌、警

語、電視媒體宣導)」之整體降低發生機率程度相同(20%)；而上述改善策略均屬防止事故發生之作為，對於減輕嚴重程度方面並無助益，因此在減輕嚴重程度方面不予估計。

經過深入訪談與以上之分析與估計後，即可得到下表 5-5 之結果，在上述討論中不予估計改善效果者以「 」註明。

表 5-5、再度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%		
	外物施工不慎 侵入	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

表 5-5(續完)、再度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%		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	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

5.4 各項改善策略之成本效益

根據前述之問卷結果，即可計算各項改善策略之成本與效益。但在進行成本效益分析之前，必須先解決前述之問卷結果所產生的時間基礎不同之問題，因為成本與效益之單位必須相同才可進行計算，故以下將根據表 5-5 的問卷結果先針對改善成本與改善效果分別進行時間基礎之一致化，也就是將改善成本之單位均改以年度表示。之後還必須進行改善策略之整併，將相同或類似的改善策略合併為同一項，使之後可計算該項改善策略之總體效益，亦即「可降低之安全風險值(ΔR)」，最後即為計算各項改善策略之成本效益。

5.4.1 時間基礎一致化

由表 5-5 中「改善規模」欄位之資料可知，部分改善策略之改善規模並非以年度為單位陳述，乃因這一類改善策略之實施或施工期間至少超過一年、多則數年，因此必須將這類非以年度為單位陳述的改善規模根據其最低耐用年限轉換成以年度表示，使其可用於後續成本效益之計算；此外部分改善措施之效益也必須轉換成單一年度之效益，因為由表 5-5 之問卷結果可知，此類改善策略之效果係指完成全部規模後才能獲得的效益，故以下即針對上述兩部分之轉換分別進行討論與計算：

(一)改善規模之轉換：

一、設置防溜專用線

在台鐵之財產編號目錄〔3〕中，並無此項設施的最低耐用年限規定，因為此項設施是民國 90 年豐原台中間發生溜逸事故後才新設的，且僅設有一處，因此本研究擬以類似設施「止衝檔」之最低耐用年限(15 年)作為防溜專用線之最低耐用年限。以年度為單位轉換後，改善規模為 $300\text{m} \div 15 \text{ 年} = 20\text{m}/\text{年}$ 。

二、加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊

本項改善策略總共需設置 41 處，因工程繁瑣且地點遍佈台鐵全線，故本研究假設需 5 年才可完成全部數量，因此轉換後的改善規模為 $41 \div 5 = 8.2$ 處/年。

三、裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位；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

這兩項改善策略總共需分別設置 444 套，因工程繁瑣且地點遍佈台鐵全線，故本研究假設需 5 年才可完成全部數量，因此轉換後的改善規模兩者均為 $444 \div 5 = 88.8$ 套/年。

四、裝設闖越平交道之照相設備

在台鐵之財產編號目錄內並無登記此類設備，因此本研究擬根據其他有類似功能設備之最低耐用年限，估計此項策略之最低耐用年限為 10 年，故其改善規模可換算為 $489 \div 10 \text{ 年} = 48.9$ 處/年。

五、將鐵路或公路立體化以消除平交道

平交道立體化之方式均是以鐵路高架或公路高架/地下化的形式改善之，而不論其改善形式如何，立體化的型態幾乎均是以橋樑方式改善，因此可視為與鋼筋混凝土橋樑相同，故本研究根據台鐵之財產編號目錄將其最低耐用年限視為與鋼筋混凝土橋樑相同(40 年)，故其改善規模可換算為 $75 \div 40 \text{ 年} = 1.875$ 處/年。

六、興建圍牆等防護措施

在台鐵之財產編號目錄中根據不同材料所興建之圍牆，分別訂定其最低耐用年限自 10 至 25 年不等，本研究乃取其中最低者(10 年)作為此類策略之最低耐用年限，故其改善規模可換算為 $300\text{km} \div 10 \text{ 年} = 30\text{km}/\text{年}$ 。

七、加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣導等)

此項改善策略雖然需設立多達 489 處標誌，但因設立標誌屬於較簡單之工程，因此本研究估計一年內即可完成本項改善策略，故年度規模即為 489 處/年

八、增建人行天橋、地下道或涵洞

人行天橋、地下道在台鐵之財產編號目錄中有明確訂定，其最低耐用年限均為 40 年，供人車通行之涵洞其最低耐用年限在此亦視為與人行天橋、地下道相同，故此項改善策略之改善規模可換算為 $600 \text{ 處} \div 40 \text{ 年} = 15 \text{ 處/年}$ 。

九、加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)

在台鐵之財產編號目錄中並無此類設備，因此本研究擬參考該目錄內其他可發出燈光之類似設備其最低耐用年限估計之。經查該目錄內有「列車出發訊號器」一項，此為各站行車副站長向列車發出允許開車之色燈號誌，而此項設備之最低耐用年限為 10 年，因此本研究擬採用 10 年作為本項改善策略之最低耐用年限，故其改善規模可換算為 $150 \text{ 側} \div 10 \text{ 年} = 15 \text{ 側/年}$ 。

十、加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)之改善規模

在台鐵之財產編號目錄中，播音設備之最低耐用年限為 8 年，然而若要達成自動播音警告之目的，則必須同時加裝聯動裝置等設備才可達到自動播音之要求，不過聯動裝置在財產編號目錄內之最低耐用年限為 20 年，考量到兩者之耐用年限差距甚大，本研究乃將此策略之耐用年限根據較低者訂為 8 年，故其改善規模可換算為 $103 \text{ 座} \div 8 \text{ 年} = 12.875 \text{ 座/年}$ 。

十一、 改用裝有自動門之車廂

在台鐵之財產編號目錄中有明確訂定，所有無動力之客車、柴油客車、電聯車等車廂，其最低耐用年限均為 30 年，因此本研究亦採用此年限作為此項策略之最低耐用年限，故其改善規模可換算為 $274 \text{ 輛} \div 30 \text{ 年} = 9.13 \text{ 輛/年}$ 。

(二)改善效果之轉換：

此部份之轉換係針對最低耐用年限相當長的改善策略進行改善效果之年度轉換，轉換的概念如下：

< 假設 >

該項改善策略之最低耐用年限為 n 則取 $n/2$ 年時之改善程度作為平均改善程度，即：
$$\frac{n/2}{n} = 0.5$$

該項策略全部規模改善完畢後所得之總效果為 $R(\%)$ 根據工程經濟的折現觀念，將整個 n 年改善期間之效果，以利率為 i 折現到第一年之後，該項改善策略之年度效果 =
$$\frac{1}{(1+i)^n} \times 0.5 \times R$$

本研究在此擬將利率 i 訂為 8%，然後根據上述推論將需要轉換改善效果之改善策略逐一轉換。

一、 設置防溜專用線

$n = 15 \text{ 年}$ ， $R = 20\%$ ， $i = 8\%$

年度改善效果 =
$$\frac{1}{(1+0.08)^{15}} \times 0.5 \times 20\% = 3.2\%$$

二、 加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊；裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位；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

因在台鐵之財產編號目錄〔17〕內並無登記此類設備，但上述三類改善策略有一共通點：主要均由電腦、資訊顯示器、聯動裝置、號誌線路所構成，故可由台鐵之財產編號目錄得到上述四種主要構成零件之最低耐用年限為 8 年，因此本研究將此兩項改善策略之最低耐用年限訂為 8 年，以下分別計算各項改善效果：

< 加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊 >

$n = 8$ 年， $R_1 = 16\%$ ， $R_2 = 14\%$ ， $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 16\% = 4.3\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 14\% = 3.8\%$$

< 裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位 >

$n = 8$ 年， $R_1 = 10\%$ ， $R_2 = 14\%$ ， $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 10\% = 2.7\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 14\% = 3.8\%$$

< 增設平交道設備故障裝置與號誌機及自動偵測告警裝置聯鎖 >

$n = 8$ 年， $R_1 = 30\%$ ， $R_2 = 50\%$ ， $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 30\% = 8.1\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 50\% = 13.5\%$$

三、裝設闖越平交道之照相設備

$n = 10$ 年 , $R = 30\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 30\% = 6.9\%$$

四、將鐵路或公路立體化以消除平交道

$n = 40$ 年 , $R_1 = 100\%$, $R_2 = 100\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{40}} \times 0.5 \times 100\% = 2.3\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{40}} \times 0.5 \times 100\% = 2.3\%$$

五、興建圍牆等防護措施

< 防止汽車衝入 >

$n = 10$ 年 , $R_1 = 100\%$, $R_2 = 100\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 100\% = 23.2\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 100\% = 23.2\%$$

< 防止民眾闖入路線 >

$n = 10$ 年 , $R_1 = 50\%$, $R_2 = 50\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 50\% = 11.6\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 50\% = 11.6\%$$

六、增建人行天橋、地下道或涵洞

$n = 40$ 年 , $R_1 = 95\%$, $R_2 = 95\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{40}} \times 0.5 \times 95\% = 2.2\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{40}} \times 0.5 \times 95\% = 2.2\%$$

七、加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)

$n = 10$ 年 , $R = 20\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{10}} \times 0.5 \times 20\% = 4.6\%$$

八、加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)之改善規模

$n = 8$ 年 , $R = 20\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^8} \times 0.5 \times 20\% = 5.4\%$$

九、改用裝有自動門之車廂

$n = 30$ 年 , $R_1 = 95\%$, $R_2 = 95\%$, $i = 8\%$

$$\text{年度可降低發生機率} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{30}} \times 0.5 \times 95\% = 4.7\%$$

$$\text{年度可減輕嚴重程度} = \frac{1}{(1 + 0.08)^{30}} \times 0.5 \times 95\% = 4.7\%$$

經過以上之分析與估計後 , 可將表 5-5 再作修正如下表 5-6 :

表 5-6、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聯鎖	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%

表 5-6(續完)、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 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	4,500 元/m (圍牆)	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

5.4.2 改善策略之整併與計算可降低之風險

由表 5-5 與上一小節之討論中可發現，部分改善策略可改善超過一種以上的事故類型，因此必須將此種改善策略整併以計算該項改善策略可降低之總安全風險值。另為了後續列表之便，改善策略在整併後將給予編號以簡化表格，整併與編號後的改善策略如下表 5-7。

表 5-7、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
	司機員疏失	加強司機員之訓練	7	
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	8	
		加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊	9	
	強行闖越	設置闖越平交道之照相設備	10	
		將鐵路或公路立體化以消除平交道	11	
	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	12	
		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	
	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	14	

表 5-7(續完)、改善策略之整併與編號

事故類別		改善策略	編號	說明
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	
		將鐵路或公路立體化以消除平交道		與 11 相同 故合併
	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

經由整併與編號之過程後，以下即可根據表 5-6 及 5.4.1 節討論之結果將計算各項改善策略其成本與可減少之風險值。成本(C)與可減少之安全風險值(ΔR)之基本計算式分別如下，其中如該項改善策略曾經過上述合併程序，則其對應之可降低安全風險值則將其所併入之原始事故項目安全風險值加總計算，計算後之結果分別如下表 5-8 及表 5-9。

■ 改善總成本(C) = 單位成本 × 改善規模

表 5-8、各項改善策略之成本

策略編號	單位成本 (新台幣)	改善規模 (年)	改善總成本 (萬元/年)
1	58 萬元/km	300km	17,400.00
2	25 萬元/km	300km	7,500.00
3	950 元/人次	14,000 人次	1330.00
4	3 萬元/m	20m	60.00
5	835 元/人次	636 人次	53.11
6	568 元/人次	1,144 人次	64.98
7	47,280 元/人次	16 人次	75.65
8	1,087 元/人次	182 人次	19.78
9	480 萬元/處	8.2 處	3,936.00
10	50 萬元/處	48.9 處	2,445.00
11	2.66 億元/處	1.875 處	49,875.00
12	150 萬元/套	88.8 套	13,320.00
13	250 萬元/套	88.8 套	22,220.00
14	4,500 元/m	30,000m	13,500.00
15	6,000 元/處	489 處	293.40
16	500 萬元/處	15 處	7,500.00
17	75 萬元/單側	15 側	1,125.00
18	200 萬元/座	12.875 座	2,575.00
19	300 萬元/輛	9.13 輛	2,739.00

資料來源：本研究計算

■ 可減少安全風險值(ΔR) = \sum (原發生機率 \times 可降低發生機率之百分比 \times 原嚴重程度 \times 可減輕嚴重程度百分比)

【 上式中，若該項改善策略僅可降低發生機率，其對應之「減輕嚴重程度百分比」則去除不乘，並以「 」標示該欄位；反之若該項改善策略僅可減輕嚴重程度，對應之「降低發生機率百分比」則去除不乘，並以「 」標示該欄位。】

表 5-9、各項改善策略可減少之安全風險值

策略 編號	原發生機率 (次/MVK)	可降低 發生機率	原嚴重程度 (人/次)	可減輕 嚴重程度	可減少安全風險值 ΔR (人/MVK)	
1	0.0102	10%	15.594		0.0159	
2	0.0102	10%	15.594		0.0159	
3	0.0204	30%	6.3520		0.0388	0.0691
	0.1070	30%	0.9435		0.0303	
4	0.0102		0.8390	3.2%	0.0002	
5	0.0051	17%	5.0340		0.0044	0.0056
	0.0051	17%	1.3560		0.0012	
6	0.0051	15%	5.0340		0.0038	0.0043
	0.0051	15%	0.6780		0.0005	
7	0.0051	30%	2.0340		0.0031	
8	0.0051	30%	1.0000		0.0015	0.0408
	0.0408	30%	3.2078		0.0392	
9	0.0051	4.3%	1.0000	3.8%	0.0004	0.0108
	0.0408	4.3%	3.2078	3.8%	0.0104	
10	0.0153	3%	1.1187		0.0005	0.0324
	0.8764	3%	1.2126		0.0319	
11	0.0153	2.3%	1.1187	2.3%	0.0008	0.0626
	0.8764	2.3%	1.2126	2.3%	0.0483	
	0.0153	2.3%	0.7853	2.3%	0.0005	
	0.3057	2.3%	0.9345	2.3%	0.0130	
12	0.0102	2.7%	0.6780	3.8%	0.0004	
13	0.0102	8.1%	0.6780	13.5%	0.0014	
14	0.0153	23.2%	0.9040	23.2%	0.0057	0.4592
	2.1757	11.6%	0.9535	11.6%	0.4536	
15	0.0153	2%	0.7853		0.0002	0.0060
	0.3057	2%	0.9345		0.0057	
16	2.1757	2.2%	0.9535	2.2%	0.0903	
17	0.1529	4.6%	0.7972		0.0056	
18	0.1529	5.4%	0.7972		0.0066	
19	0.6267	4.7%	0.8118	4.7%	0.0467	0.1242
	1.1464	4.7%	0.7294	4.7%	0.0768	
	0.0102	4.7%	0.8390	4.7%	0.0008	

資料來源：本研究計算

5.4.3 成本效益之計算

根據表 5-8 與表 5-9 之計算結果即可進行各項改善策略之成本效益分析，不過必須先將表 5-9 中 ΔR 之單位換算成「萬元/年」以配合改善成本之單位。由表 4-13 可計算出平均每年之行車公里數為 39.252 百萬車公里；另由林永昌之研究〔12〕可知每一等值死亡人數之生命損失約為新台幣 16,401,370 元，因此可整理出 ΔR 的單位換算式如下：

$$\Delta R = \frac{\text{等值死亡人數}}{\text{百萬車公里}} \times 39.252 \frac{\text{百萬車公里}}{\text{年}} \times 16,401,370 \frac{\text{萬元}}{\text{等值死亡人數}}$$

下表 5-10 即為各項改善策略之成本與效益及成本效益比，根據表 5-10 可得到依照成本效益比由大而小的排序表，如下表 5-11。

表 5-10、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)
	ΔR (人/MVK)	ΔR (人/年)	ΔR (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	0.0691	2.7123	4,450.2	1330.00	3.346
4	0.0002	0.0107	17.6	60.00	0.294
5	0.0056	0.2198	356.3	53.11	6.710
6	0.0043	0.1687	281.1	64.98	4.325
7	0.0031	0.1216	200.2	75.65	2.646
8	0.0408	1.6014	2,623.8	19.78	132.624
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：本研究整理

表 5-11、依效益成本比之大小排序

效益成本比 B/C	改善策略	
	編號	內 容
132.624	8	加強看柵工之訓練
6.710	5	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練
4.325	6	加強調車工與替班人員之訓練
3.346	3	指派員工到施工現場加強警戒瞭望
2.920	19	改用裝有自動門之車廂
2.646	7	加強司機員之訓練
2.190	14	鐵路路線旁興建圍牆等防護措施
1.306	15	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣傳等)
0.853	10	設置闖越平交道之照相設備
0.775	16	增建人行天橋、地下道或涵洞
0.321	17	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)
0.294	4	設置防溜專用線
0.176	9	加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊
0.165	18	加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)
0.136	2	增加道碴
0.081	11	將鐵路或公路立體化以消除平交道
0.059	1	路基夯實改良
0.004	13	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
0.002	12	裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位

資料來源：本研究整理

5.4.4 初步成果之修正

由表 5-11 成本效益之排序可發現，屬於加強人員訓練與指派人員瞭望之改善策略，其成本效益比均有偏高的情況，其中又以「8 加強看柵工之訓練」為最。因人員訓練之成本主要為講師費與付給人員之額外薪資，而這兩項成本均係由台鐵相關單位提供且十分明確，故成本方面應不至有太大的變化，因此有關人員類別之改善策略成本效益比過高的原因，就可能係受訪者對於人員受訓後的效益有高估的現象。

根據以上的推論，本研究擬針對人員訓練與指派類別之五項改善策略(3、5、6、7、8)，對其效益面作一修正。修正的概念係假設該類人員之受訓成本視為對該類人員之額外加薪，以看柵工為例，看柵工之受訓成本(1,087 元/人次-年)相對於年平均起薪(373,050 元/人-年)之比例為 0.29%，而原定看柵工受訓後之可降低發生機率百分比為 30%，因此將這兩個比例相乘後之數值視為修正後可降低發生機率之百分比($0.29\% \times 30\% = 0.087\%$)。根據台鐵之相關規定，看柵工、調車工與指派前往施工現場瞭望列車之道班工其起薪均相同(27,610 ~ 34,565 元/人)，故本研究乃將此三類人員之年平均起薪視為相同(373,050 元/人-年)；而副站長與站長之起薪較高(30,910 ~ 53,465 元/人)，因此其年平均起薪為 506,250 元/人-年；司機員的部分因為是取其單月之平均起薪作為其訓練成本，故年平均起薪乃直接乘以 12 個月後即為 567,360 元/人-年。依照上述之平均起薪，可對前述五項改善策略之可降低發生機率百分比作一調整如下表 5-12。

表 5-12、可降低發生機率百分比之修正

策略 編號	訓練成本 (年)	平均起薪(年)	訓練成本與平 均起薪之比	可降低發生機率之百分比	
				原定	修正後
3	950 元/人	373,050 元/人	0.25%	30%	0.076%
5	835 元/人	506,250 元/人	0.16%	17%	0.028%
6	568 元/人	373,050 元/人	0.15%	15%	0.023%
7	47,280 元/人	567,360 元/人	8.3%	30%	2.5%
8	1,087 元/人	373,050 元/人	0.29%	30%	0.087%

資料來源：本研究計算

而根據此修正結果可將表 5-9 隨之修正，並得到修正後的安全風險值如下表 5-13，灰色網底之欄位係經由表 5-9 修正過之結果。

表 5-13、修正後各項改善策略可減少之安全風險值

策略 編號	原發生機率 (次/MVK)	可降低 發生機率	原嚴重程度 (人/次)	可減輕 嚴重程度	可減少安全風險值 ΔR (人/MVK)	
1	0.0102	10%	15.594		0.0159	
2	0.0102	10%	15.594		0.0159	
3	0.0204	0.076%	6.3520		0.000098	0.000175
	0.1070	0.076%	0.9435		0.000076	
4	0.0102		0.8390	3.2%	0.0002	
5	0.0051	0.028%	5.0340		0.000007	0.000009
	0.0051	0.028%	1.3560		0.000002	
6	0.0051	0.023%	5.0340		0.000005	0.000006
	0.0051	0.023%	0.6780		0.000001	
7	0.0051	2.5%	2.0340		0.000259	
8	0.0051	0.087%	1.0000		0.000004	0.000118
	0.0408	0.087%	3.2078		0.000113	
9	0.0051	4.3%	1.0000	3.8%	0.0004	0.0108
	0.0408	4.3%	3.2078	3.8%	0.0104	
10	0.0153	3%	1.1187		0.0005	0.0324
	0.8764	3%	1.2126		0.0319	
11	0.0153	2.3%	1.1187	2.3%	0.0008	0.0626
	0.8764	2.3%	1.2126	2.3%	0.0483	
	0.0153	2.3%	0.7853	2.3%	0.0005	
	0.3057	2.3%	0.9345	2.3%	0.0130	
12	0.0102	2.7%	0.6780	3.8%	0.0004	
13	0.0102	8.1%	0.6780	13.5%	0.0014	
14	0.0153	23.2%	0.9040	23.2%	0.0057	0.4592
	2.1757	11.6%	0.9535	11.6%	0.4536	
15	0.0153	2%	0.7853		0.0002	0.0060
	0.3057	2%	0.9345		0.0057	
16	2.1757	2.2%	0.9535	2.2%	0.0903	
17	0.1529	4.6%	0.7972		0.0056	
18	0.1529	5.4%	0.7972		0.0066	
19	0.6267	4.7%	0.8118	4.7%	0.0467	0.1242
	1.1464	4.7%	0.7294	4.7%	0.0768	
	0.0102	4.7%	0.8390	4.7%	0.0008	

資料來源：本研究計算

由表 5-13 得到修正後的安全風險值之後，根據前一小節對於 ΔR 之計算式可獲得各項改善策略之成本效益分析，如下表 5-14，灰色網底之欄位係根據表 5-13 之修正結果。最後並可依照各項改善策略之成本效益大小作一排序，如下表 5-15。

表 5-14、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)
	ΔR (人/MVK)	ΔR (人/年)	ΔR (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 5-15、修正後依效益成本比之大小排序

效益成本比 B/C	改善策略	
	編號	內 容
2.920	19	改用裝有自動門之車廂
2.190	14	鐵路路線旁興建圍牆等防護措施
1.306	15	加強交通安全宣導(警告標誌、警語、電視媒體宣傳等)
0.853	10	設置闖越平交道之照相設備
0.775	16	增建人行天橋、地下道或涵洞
0.385	8	加強看柵工之訓練
0.321	17	加強月台邊緣候車安全警示(閃爍紅燈)
0.294	4	設置防溜專用線
0.220	7	加強司機員之訓練
0.176	9	加強設備，使看柵工有更完整之列車資訊
0.165	18	加強月台邊緣候車安全警示(自動播音警告設備)
0.136	2	增加道碴
0.081	11	將鐵路或公路立體化以消除平交道
0.059	1	路基夯實改良
0.011	5	加強行車站長與副站長及替班人員之訓練
0.008	3	指派員工到施工現場加強警戒瞭望
0.007	6	加強調車工與替班人員之訓練
0.004	13	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
0.002	12	裝設平交道設備之故障訊息遠端顯示於電務維修單位

資料來源：本研究整理