

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

鐵路沿線施工侵入行車空間
之風險管理研究

Risk Management Study of Accident Invasion in the Train
Operating Space at the Railway Construction Site

研究生：陳俊男
指導教授：金大仁教授

中華民國九十九年七月

鐵路沿線施工侵入行車空間 之風險管理研究

Risk Management Study of Accident Invasion in the Train
Operating Space at the Railway Construction Site

研究生：陳俊男 Student : Chun-Nan Chen
指導教授：金大仁 Advisor : Tai-Yan Kam

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程



Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in
Industrial Safety and Risk Management
November 2009
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 七 月

鐵路沿線施工侵入行車空間之風險管理研究

學生：陳俊男

指導教授：金大仁

國立交通大學工學院產業安全與防災學程

摘 要

鐵路之立體化或地下化改建工程，具有減少公害、改善道路交通、消弭鐵路運行事故、空出土地提供公共空間規劃等效益，因此正積極推展中。目前全國進行之鐵路改建工程有屏東潮州、林邊、高雄、左營、沙崙、台南、嘉義、員林、台中、內灣、南港、基隆、花東電氣化及效能提昇等共 14 個計畫，其費用高、工期久、路線長、項目龐雜故風險極高，其中以緊鄰鐵路沿線施工，侵入行車空間造成觸電或火車碰撞之風險最高，應進行完善的風險管理以降低風險值。

故本文以鐵路改建工程為對象針對鐵路沿線施工時侵入行車空間含電氣化區間之風險項目，找出其中不可接受風險項目予以改善成可接受風險，方法以探究相關文獻並加上創新方法後建立風險辨識、分析、評估、改善、回饋等五項風險管理模式。

前述模式結合 5W2H、失誤模式及影響分析(FMEA)、因果分析法(CCA)進行風險辨識及分析，將結果繪製成風險管制曲線圖找出風險最高項目，並利用本質較安全方法結合創意手法來建立改善方案，並用層級分析法(AHP)及考量表來進行最佳方案選擇，應用選定方案降低其風險值之後再予以評估，若為不可接受風險則回模式繼續進行風險管理，若為可接受風險則將過程及成果回饋工程安全設計，並應用於類似之工程項目。

本文使用前述步驟，對風險要項先提出監測儀器方案使風險大幅降低，再提出鋼構覆蓋或操作程序兩個改善方案，讓管理者可依成本、時程考量來選擇適用方案改善剩餘風險，最後使平均風險值由 911 降為 16 或 45 達 20 至 56 倍之驚人成果，研究結果有層階分明、因果明確、量化精準、改良有法、選案公正、功效宏大等六項優勢，值得推廣。

關鍵字：鐵路改建工程、風險管理、因果分析法、本質較安全、層級分析法。

Risk Management Study of Accident Invasion in the Train Operating Space at the Railway Construction Site

Student: Chun-Nan Chen

Advisors: Tai-Yan Kam

Degree Program of Industrial Safety and Risk Management
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Three-dimensional or underground railway reconstruction project, with reduced pollution, improved road traffic, eliminated incidents of railway operations; Vacant land to provide public space planning and so on. So are moving ahead with the railway reconstruction projects. The ongoing project of the railway reconstruction has a total of 14 performance plan in Taiwan. They have high cost, long duration, long lines, items numerous, so risk very high, of which the highest risk of invade train operating space cause by electric shock and train crash when construction projects adjacent to railway, The Risk Management should be improved to reduce the risk value.

Therefore, this paper targeted the risk items of railway reconstruction project invaded the train operating space included electric range, to identify which projects to improve the unacceptable risk into an acceptable risk, Method to explore innovative approaches to literature and to add after the establishment of risk identification, analysis, evaluation, improvement, feedback the five risk management model.

Combination of the above model 5W2H, failure mode and effect analysis (FMEA), cause-consequence analysis (CCA) for risk identification and analysis, draw the Farmer risk assessment curve to identifying highest risk items, and the use of inherently safer method combines innovative approach to the establishment of improvement programs, and with Analytic Hierarchy Process (AHP) and consider the list table to make the best program selection, application programs reduce the risk of the selected value before it could be assessed as an unacceptable risk if the model is back to continue with risk management, if the acceptable risk for the process and outcome feedback engineering safety design, and applied to similar projects.

This paper use the previous steps before this, the first item on the risk to make monitoring instrument program significantly reduce that risk, next plant out steel covered or procedures of two improvement programs, so that managers can consider cost or schedule to select the appropriate program to improve the residual risk, Finally the average risk value from the 911 to 16 or 45 has been dropped 20 to 56 times the amazing results, the results have class clear, cause and effect clear, quantitative precision, improved methods are good, Program of improvement for a fair, such as the Six grand effect, should be promoted .

Keywords: Railway Reconstruction Project, Risk Management, Cause-Consequence Analysis, Inherently Safer, Analytical Hierarchy Process.

誌 謝

鳳凰花又開，驪歌滿校園，回首來時路，事經不知難，恩謝溢胸懷。本文雖非驚世駭俗之作也經一番精練琢磨，期間耗時無數，更改難計，終而有成乃恩澤予尊師 金大仁教授之循循善誘。恩師學養淵而博，態度慎而雅，循序漸進的引領學生完成論文，從理論的授課、實例的應用、過程的去蕪存菁與論文的撰寫均賴恩師之細心指導，學生內心充滿感謝，誠摯的向您致敬，願發揮所學利國淑世，不負您的期望。

口試期間蒙陳俊瑜院長與李文亮教授惠予珍貴的意見，使本文更趨完善，且學生受教於門下，應用所學完成論文，雖為口試，實為成果分享，在此真摯感謝您的指導，同時感謝有緣在此相互扶持的同學及同事們。

最後感謝我的家人，親愛的父母，謝謝您的支持與鼓勵，還有可愛的女兒巧芳與巧欣謝謝你們的乖巧與貼心，最特別的感謝給愛妻淑芬，因您勉勵我進修，無怨無悔的照顧家裏與提供經濟的支持，才有這一刻，真的是辛苦您了。星辰一夕晶亮，巧如玲瓏玉面，月如處子淑欣，夜風拂來芬芳，長夜終將有盡，黎明不遠而來，願致全力以赴，永遠珍惜至愛。



目 錄

摘 要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌 謝.....	iii
目 錄.....	iv
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的.....	3
1.1.1 動機.....	3
1.3 研究方法與流程.....	5
第二章 文獻回顧與背景說明	6
2.1 鐵路組成介紹.....	6
2.1.1 電車線用語說明.....	7
2.1.2 鐵路行車空間用語說明.....	8
2.2 行車空間防護之相關規定.....	8
2.3 誤觸高壓電的影響.....	9
2.3.1 人員誤觸的影響.....	9
2.3.2 機具誤觸的影響.....	9
2.4 風險的定義.....	9
2.5 風險管理方法簡介.....	10
2.5.1 5W2H.....	10
2.5.2 FMEA.....	12
2.5.3 FTA.....	12
2.5.4 ETA.....	13
2.5.5 CCTA.....	14
2.5.6 布林代數.....	15
2.5.7 層級分析.....	19
2.5.8 本質較安全策略.....	21
2.5.9 創意方法.....	22
第三章 五項管理模式	24
3.1 模式建立過程說明.....	24
3.1.1 收集風險管理相關資料.....	24
3.1.2 資料歸納與整理.....	25
3.1.3 風險管理模式建立.....	25
3.2 鐵路改建工程五項管理模式.....	26
3.2.1 危害辨識.....	27
3.2.2 危害分析.....	27
3.2.3 風險評估.....	30
3.2.4 風險改善.....	31

3.2.5	成果回饋.....	32
第四章	案例研討－鐵路沿線施工侵入行車空間風險管理.....	33
4.1	危害辨識.....	33
4.1.1	鑑定危害因子步驟.....	33
4.1.2	鐵路改建工程產生侵入行車空間之危害項目.....	33
4.2	危害分析.....	36
4.2.1	製作 FMEA 表.....	36
4.2.2	將 FMEA 表轉為失誤樹.....	38
4.2.3	依 5W2H 聯想表建立事件樹.....	41
4.2.4	建立因果樹.....	44
4.3	風險評估.....	46
4.3.1	機率、損失及風險計算.....	46
4.3.2	繪製管制曲線(Farmer risk assessment curve).....	47
4.4	風險改善.....	48
4.4.1	最弱點 C6 的風險改善.....	48
4.4.2	次弱點 C5 及 C7 風險改善.....	54
4.5	成果回饋.....	71
第五章	結論與建議.....	72
5.1.	結論.....	72
5.2.	建議.....	73
5.2.1	工程管理方面.....	73
5.2.2	後續研究方向.....	73
參考文獻	.....	74
附錄一	.....	76
附錄二	.....	80
附錄三	.....	88
附錄四	.....	104
附錄五	.....	105
附錄六	.....	107
附錄七	.....	115

表目錄

表 1	FMEA 分析表	12
表 2	布林代數簡化表	15
表 3	成對比較矩陣表	20
表 4	風險管理模式整理表	24
表 5	FMEA 與 5W2H 聯想表	28
表 6	初步歸類 5W2H 表	36
表 7	侵入行車空間 FMEA 表	37
表 8	機且失誤型式表	38
表 9	事件樹之 5W2H 聯想排序表	41
表 10	機率、損失及風險表	46
表 11	設計矛盾列表	49
表 12	儀器選擇考量表	51
表 13	AHP 評定結果	52
表 14	心智圖說明表	55
表 15	本質較安全改善列表	56
表 16	A 至 H 項改善原則表	62
表 17	功價比較表	70



圖目錄

圖 1	台灣鐵路改善計畫示意圖	1
圖 2	鐵路改建工程示意圖	2
圖 3	研究方法流程圖	5
圖 4	電氣化鐵路	7
圖 5	電路淨空示意圖	8
圖 6	風險危害等級	10
圖 7	5W2H 圖表	11
圖 8	失誤樹示意圖	13
圖 9	事件樹示意圖	14
圖 10	因果樹示意圖	14
圖 11	布林代數簡化圖	18
圖 12	風險改善之本質較安全策略圖	21
圖 13	安全帶之分析心智圖	22
圖 14	列表法創作流程圖	23
圖 15	本質較安全結合創意圖	23
圖 16	風險管理五項基本模式	25
圖 17	五項管理模式詳圖	26
圖 18	五項風險管理流程圖	26
圖 19	圖示化之 5W2H 聯想圖	27
圖 20	將直式因果樹改為橫式圖	29
圖 21	風險管制曲線圖	30
圖 22	風險改善流程圖	31
圖 23	吊掛作業示意圖	34
圖 24	限高門	35
圖 25	緊鄰行車空間堆放物品圖	35
圖 26	初步建立之失誤樹	38
圖 27	機具侵入初步分析失誤樹	39
圖 28	機具侵入詳細分析失誤樹	39
圖 29	組合後之失誤樹	40
圖 30	化簡並排序後之失誤樹	41
圖 31	初步事件樹	42
圖 32	完整之事件樹	42
圖 33	火車經過機具未停失誤樹	43
圖 34	產生侵入電車線淨空之失誤樹	43

圖 35	時序圖	44
圖 36	因果分析樹	45
圖 37	直接損失風險管制曲線圖	47
圖 38	全部損失風險管制曲線圖	47
圖 39	心智聯想圖	48
圖 40	改良前 TC 點失誤樹	50
圖 41	改良後 TC 點失誤樹	50
圖 42	監視儀器裝設系統圖	51
圖 43	改良後風險管制曲線圖	53
圖 44	裝監視儀器之風險管制曲線圖	53
圖 45	侵入電車線淨空失誤樹圖	54
圖 46	不侵入電車線心智聯想圖	55
圖 47	鋼構示意圖	57
圖 48	行車空間之鋼構覆蓋示意圖	57
圖 49	附設防護網之行車空間之鋼構覆蓋示意圖	58
圖 50	單面式鋼構覆蓋示意圖	58
圖 51	指數分佈圖	58
圖 52	3 至 7 年區間失效機率圖	59
圖 53	7 年內失效機率圖	60
圖 54	加設阻隔設施之失誤樹	60
圖 55	裝鋼構覆蓋之風險管制曲線圖	61
圖 56	加裝警示旗及電力線保護套管圖	63
圖 57	吊掛收線正確方向示意圖	63
圖 58	危險的吊掛作業	64
圖 59	吊掛範圍內淨空圖	64
圖 60	連續壁鋼筋籠吊掛示意圖	65
圖 61	吊掛作業示意圖	65
圖 62	吊掛支點加強圖	66
圖 63	支撐點受力面積擴大圖	66
圖 64	原有限高門	67
圖 65	限高門貼反光貼及加 LED 警示燈	67
圖 66	高架橋工程防護	68
圖 67	防護鋼管預埋座施工圖	68
圖 68	改良之侵入電車線淨空失誤樹	69
圖 69	操作與程序改良之風險管制曲線圖	70

第一章 緒論

臺灣鐵道自 1887 年(清光緒 13 年)建設至今已 123 年，因時空及營運背景的改變歷經單軌改雙軌及電氣化等重大改建工程，而近期之改建工程於民國 72 年 7 月 1 日由行政院核定正式成立「交通部臺北市區地下鐵路工程處」(簡稱地鐵處)，負責臺北市區鐵路地下化作業之規劃與執行，民國 88 年 7 月 1 日原臺灣省交通處東部鐵路改善工程局改隸於地鐵處，改名東部工程處(簡稱東工處)，專責辦理東部鐵路改善工程。民國 91 年 1 月 1 日，改制為「交通部鐵路改建工程局」(簡稱鐵工局)，業務為重大鐵路改建工程之綜合規劃、設計與施工等。

鐵路改建工程局業務範圍包括台北市、高雄市及全省各都會區，民國 96 年 1 月 2 日成立「南部工程處」，專責推動高雄、屏東等地工程，民國 98 年 7 月 1 日成立「中部工程處」，專責推動台中、員林、嘉義、台南等地工程，目前全國所推行的鐵路改善計畫如圖 1。

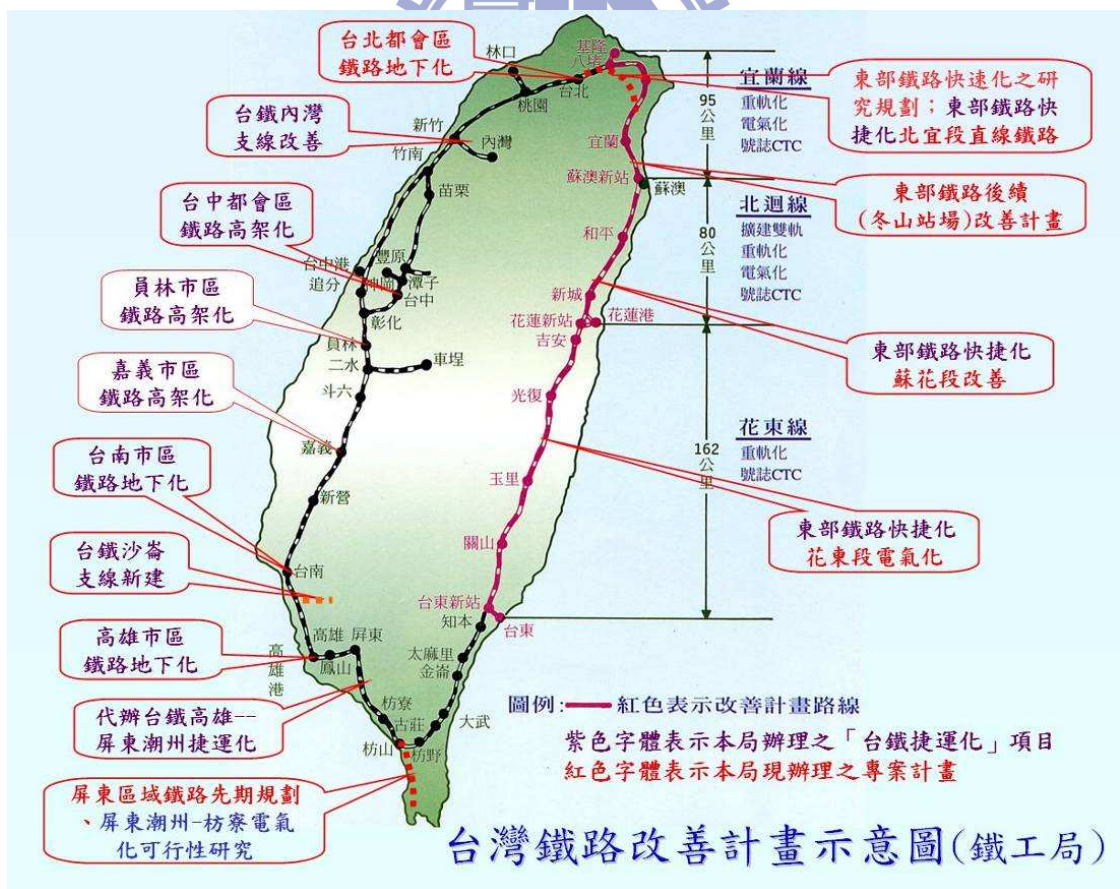


圖 1 台灣鐵路改善計畫示意圖[1]

鐵路的改建工程為大地、土木、建築與鐵道工程之綜合，尤其是位於都會中心之工程其車輛及人口密集施工難度極高其特性如下列 8 點，詳如圖 2 所示。

1. 施工用地受限，進出動線之管理規劃困難。
2. 施工中緊鄰鐵路且須維持鐵路正常營運及安全，。
3. 須維持鄰近道路交通之順暢及人車之安全。
4. 鐵路沿線之電力、電信、瓦斯等管線之功能需維持。
5. 緊臨民房施工，對民房設施之保護至為重要。
6. 於橋下施工因淨高不足，須以限高之改良機具施工，難度加高。
7. 施工區域狹長對環保、噪音、震動、空氣，水污染之管制困難。
8. 鐵路地下化工程，因受限於兩端未鐵路地下化之原有鐵路及引道坡度之限制，隧道上方覆土深度很淺，故採明挖覆蓋工法施工。



圖 2 鐵路改建工程示意圖

鐵路改建的效益有消除都市發展之阻礙，減少鐵路的噪音與震動等公害問題，可以改善道路交通，減少時間延滯成本及平交道與鐵路運行之肇事損失，健全都市之大眾運輸系統並提昇營運績效，空出土地進而規劃成道路、共同管線、停車場、共構商場、公園綠地、機關用地、居民活動中心等公共用地。

綜觀鐵路改建效益可觀且進行中的專案由北部擴大至全國正方興未艾，目前進行之鐵路改建工程有屏東潮州、林邊、高雄、左營、沙崙、台南、嘉義、員林、台中、內灣、南港、基隆、花東電氣化及效能提昇等共 14 個計畫，但是因其鄰近鐵路之特殊性與複雜度都使工程安全與進度難以

掌控，如何使工程順利進行，杜絕鐵路營運風險及確保鄰近居民之安全實為目前此一國家重大建設之最重要之課題。

1.1 研究動機與目的

1.1.1 動機

鐵路改建為未來國家重要建設目標，且工程金額及項目龐大複雜又危險，理應詳細分析研究其風險消弭災害以維公共工程安全與人民之福利。細究鐵路改建工程之風險，其項目除了一般營造業風險外另有緊鄰電化鐵路施工產生之風險項目，此風險項目中又以侵入車行淨空的風險最高，因改建工程緊鄰鐵路甚至在鐵路下方施工(如圖 2)，需顧及鐵路之營運安全，加上施工路線極長，且在台灣已施作超過 20 年其工期極長，各項施工的項目如測量、基礎、擋土、結構、建築裝修及路線改善工程等項目多又複雜，上述種種因素加起來可知其出事的機率極高，另外出事之後造成的損失有施工機具及車輛的損壞，施工及乘車人員受傷或生命的損失，火車運行受影響或出軌的交通損失等，在風險值為出事機率及損失的相乘，故可知其風險值極大，因此完善之風險管理刻不容緩，且由目前統計資料中顯示鐵路改建工程的各項風險中也是以侵入列車行車空間之事故最高[2]。

另外由全國碩博士論文資訊網中搜查(資料至民國 99 年 6 月止)，發現有關鐵路改建風險管理相關論文僅 3 篇，風險管理 2 篇(鐵路改建工程風險管理之研究、鐵路立體化工程施工災害及風險管理之研究)、風險評估 1 篇(緊鄰鐵路沿線移動式起重機具施工安全風險評估之研究)。且經研究後發現各論文提及侵入行車空間風險管理的篇幅不多尚無專論，且無提供改善方案，搜查 SCI 等論文期刊無類似論文，惟有鐵路營運風險、噪音、震動等公害及經濟層面等論文。

整理上述各因素後將其問題列於下：

1. 鐵路改建工程方興未艾，應重視其風險管理目前專論太少，且鐵路沿線施工時曾經發生過侵入行車空間而造成重大事故，其後果最嚴重，應予重點式研究進行完善的風險管理。
2. 鐵路改建工程施工環境變化大，風險變動大，評估不易，應提出模組化的風險管理方法，使安全管制工程人員可依循來進行管控。

3. 現行評估法無量化分析其定性分析以列表方式進行不易了解各風險因子的關係，最後分析結果亦以列表方式表示是否合適沒有準確曲線圖來管控，整個過程難以得知事件的前因及後果，因果不明故難以追蹤改善，且無提供改善方案及最佳改善方案選擇法。

本論文之動機就是如何解決上述 3 個重要問題。

1.1.2 目的

本文的目的在利用後續說明之方法來解決前述的動機所提出 3 個問題。

1. 針對鐵路改建工程風險值最大項目的侵入行車空間提出完整的風險管理專論。
2. 應用現有風險管理方法，研究改良後提出合適的管理模式
3. 在風險管理模式中，提出可完整呈現因果關係與建立改善方案及選擇最佳方案之方法。

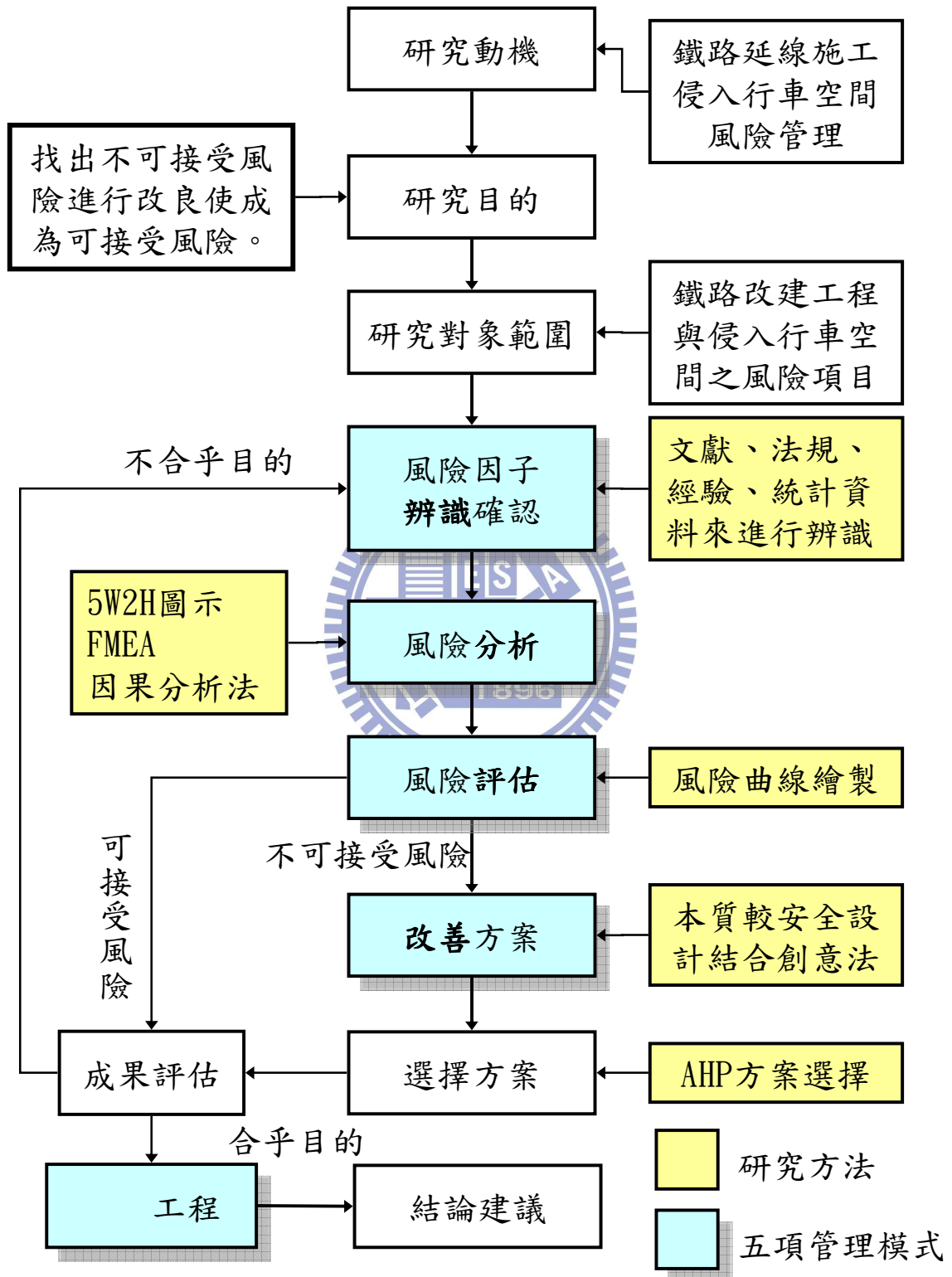
1.2 研究對象與範圍

對象為鐵路立體化或地下化改建工程，包含鐵路電氣化、場站改善、捷運化、三軌工程與效能提昇等沿鐵路建設之工程。

範圍以前述各工程項目中緊鄰鐵路沿線施工，有侵入行車空間造成觸電或火車碰撞之風險項目。各工程項目包含有大地工程(地質鑽探、地質改良、基樁、連續壁、擋土、祛水、排水等)、明挖覆蓋工法(土方開挖、支撐架設、結構體施作)、高架橋工法(整地、基樁、橋面版吊裝)為範圍，無道路工程是因為進行道路工程(土方回填、路面施作、綠美化等)時鐵路運行路線已移入地下或高架橋，無施工侵入行車空間之風險故不需列入範圍。

1.3 研究方法與流程

方法與流程詳如圖 3，其中藍色框為五項管理模式詳見第三章介紹。



第二章 文獻回顧與背景說明

蕭建和[2]研究鐵路沿線施工時以侵入行車空間風險值最大，前述風險項目由陳柏震[3]研究以吊掛作業最危險。黃清賢[4]整理目前風險評估方法，鐵路改建工程局之「工程紀要」[5]整理鐵路改建工程之工法，勞委會之技術指引[6]說明風險值計算方法。張承明與于樹偉[7]之索引式分析可引導聯想風險因子間關聯，交通部鐵路改建工程局「電化鐵路安全須知」[8]確認鐵路改建危害因子。台鐵統計資料[9]之事故資料可得知侵入行車空間事故發生的機率及影響，張應輝[10]研究鐵路事故損失，金大仁[11]整理系統可靠度評估，張承明[12]及林建明與陳俊瑜[13]提出本質較安全設計之策略，創意發展協會[14]提出腦力激盪、心智圖、列表法以進行創意設計，鄧振源、曾國雄[15]提出 AHP 層級方案選擇法，政府採購法[16]訂採購考量項目。本文參考保險[23]、公共工程[24][26]、社會經濟[25]、鐵路工程採購[27]等風險管理相關文獻建立五項管理模式，分析鐵路改建緊鄰鐵路之工程及項目，將風險因子列表並進行分類後使用 5W2H 及 FMEA 分析後製成因果分析樹，計算出風險並據以製作風險管制曲線，並針對風險最高項目來進行改善，使用本質較安全策略結合創意方法設計出改善方案，並選擇出適合之方案進行改善，當風險降低後將成果回饋施工安全設計。首先將本文應用並將本文有應用前述之文獻部份簡介於後。

2.1 鐵路組成介紹

目前台灣鐵路除了東部少數路段之外，已全面電氣化。未來將朝全面電氣化目標進行。電氣化鐵路其相關組成如圖 4



圖 4 電氣化鐵路

2.1.1 電車線用語說明

1. 活線：指帶電之導體，電氣化路線之電壓為 25K 伏特。
2. 電車線設備：在路線上方，固定於一定位置，以供應電力列車所需電源之設備，及其必要之附屬設備等之總稱，包含主吊線(吊掛電車線)、接觸線(接觸電車集電弓)、架空地線(連接接地線)、回流線等。
3. 自動平衡裝置：以懸鍾重量或油壓力量等，自動調整主吊線及接觸線之張力，使其達到所需之張力。
4. 連軌線：軌條間之連接線，用於電力系統之回流電路與號誌軌道電路。
5. 接地線：電車線設備之鋼架、橋樑或其他金屬構造物，連接至回流軌條或地線之連接線。
6. 回流軌：連接接地線與各路線設施，使短路時電流從此通過。
7. 號誌軌：連接各號誌設施，使其各設施之訊號得以互相連絡。
8. 斷路：切開開關或拆除電路某一接點等，使電流不能流通。
9. 短路：在電路上新添低電阻，能使電源上產生大電流流動之電路。
10. 分區間絕緣器：設在兩分區間電車線之接觸線間之絕緣裝置以分離兩分區間，使集電弓自一分區間順利滑至另一分區間，而繼續接觸接觸線。
11. 中性區間：用以分隔兩區間之電車線設備，即使在集電弓通過亦可確保兩個區間相互隔離。

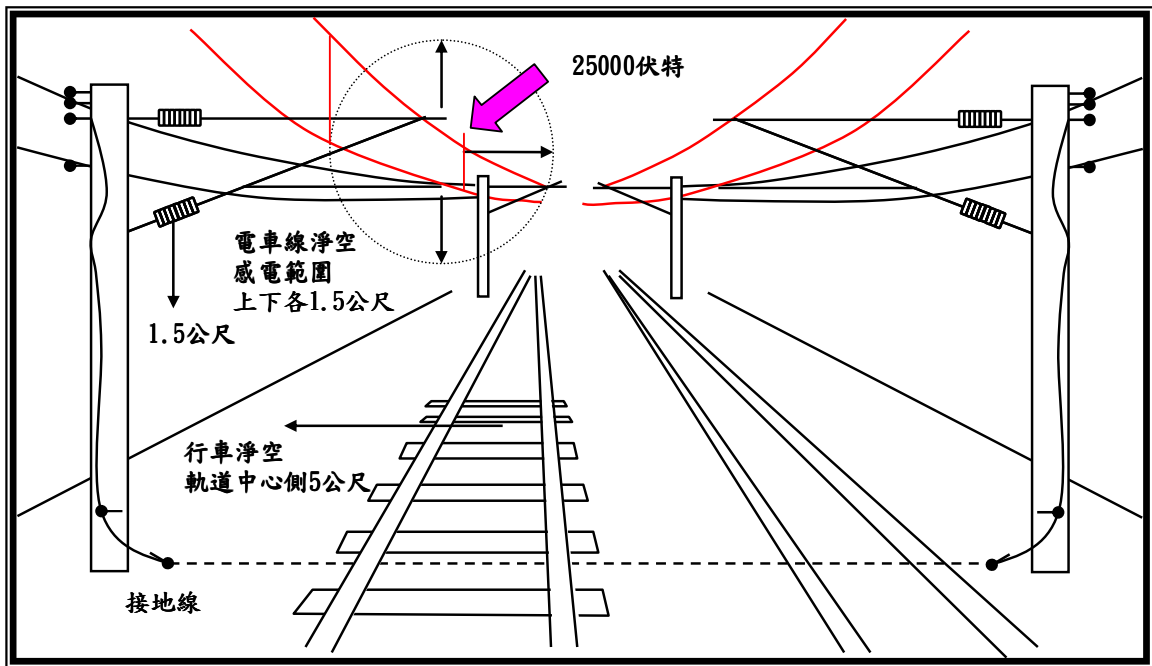


圖 5 鐵路淨空示意圖

2.1.2 鐵路行車空間用語說明

1. 施工地段距軌道之安全距離：在軌道旁施工，電化區間為離軌道中心 5 公尺以上，非電化區間可縮減為 3 公尺以上，以軌道中心側 5 公尺以上範圍為行車淨空。
2. 報請鐵工局同意施作安全距離：距最近軌道中心 2.3 公尺以上（含 5 公尺）範圍內。
3. 報請臺鐵同意施作安全距離：距最近軌道中心 2.3 公尺範圍內
4. 軌道上空之安全高度：電化區間需鐵工局現場會勘，視施工區域之電車線架設情況，決定其施工安全高度。非電化區間，則不需會勘。其電車線淨空為電車線上下左右各 1.5 公尺範圍。

以上詳如圖 5 其它相關的解釋請參閱附錄五鐵路法之鐵路用語說明。

2.2 行車空間防護之相關規定

目前台灣區防止意外侵入行車空間之相關規定如下：

1. 台灣鐵路管理局頒訂之鐵路法(附錄五)、平交道管理要點、纜線防護須知、管線處理要點。
2. 鐵工局頒訂之鐵工局電化鐵路安全須知[8]。
3. 鐵工局頒訂之鐵路沿線施工行車安全工作要點(附錄三)，包含工地進

出平交道簡易限高門、鐵路沿線施工圍籬、鐵路沿線安全警示帶設置、鐵路沿線工程施工行車安全檢查表、瞭望員之任務、配置、執行要領、承包商工程用汽車之引導員(誘導員)之任務、配置、執行要領、承包商指派重機械引導員(誘導員)之任務、配置、執行要領。

2.3 誤觸高壓電的影響

2.3.1 人員誤觸的影響[3]：

1. 胸部肌肉收縮，妨礙呼吸，導致窒息而死。
2. 神經中樞麻痺，導致呼吸停止。
3. 引起心肌局部顫動，而妨礙正常心跳。即心臟肌肉不同時收縮而各自發生收縮，且不能自然地復原，致血液循環停止而死亡。
4. 受大量電流後，心臟肌肉收縮，致心臟停止跳動，但受災者脫離電路後即可恢復正常的心跳。
5. 由大量電流產生的熱，使組織、器官、神經中樞及肌肉出血或壞死。
6. 電燒傷是觸及高壓電，電流通過身體各部份而引起生理失調與不可回復性組織的傷害，血管栓塞後肌肉組織壞死，而大範圍肌肉不可逆壞死，可釋放肌蛋白引起腎小管阻塞導致腎衰絕。
7. 感電後，肌肉收縮，失去平衡，致使從高處墜落造成二次性傷害。通過人體的電流其所造成的傷害。

一般 60Hz 且 100mA 的交流電就會使人心跳停止，若為 25KV 的電車線感電，其電流量會立即產生高熱將人體破壞呈焦黑狀，非常危險。

2.3.2 機具誤觸的影響

1. 高壓電流破壞絕緣部位，產生高熱引發火災，若延燒之部位有油箱、溶劑等可燃物後果更嚴重。
2. 對電流敏感的電子部份，即使是小電流即足以燒毀其電路而故障。
3. 高壓電產生的高熱，可使密閉空間含水氣或油氣之設備爆炸。
4. 動作中之機具會因電流通過產生干擾，進而誤動作產生危害。

2.4 風險的定義

依勞委會「危害辨識及風險評估技術指引」[7]之定義，風險是事故或

意外發生的機率乘上其損失，即風險=機率 X 損失，機率、損失及風險危害的等級如下，機率分不可能、可能、很可能，損失分不嚴重、嚴重、很嚴重，風險分極高風險、高度風險、中度風險、低度風險、極低風險五個等級。其之間的關聯繪如下圖所表示，縱軸表示機率由下至上增大，橫縱為損失由左至右增大，風險為兩軸所包之範圍，由左下至右上增大，其代表的意義如圖 6 所示。

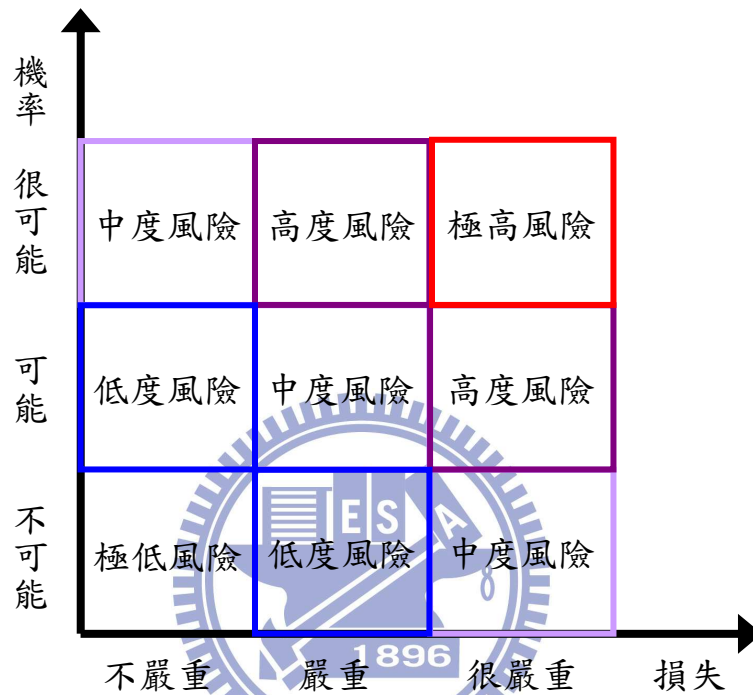
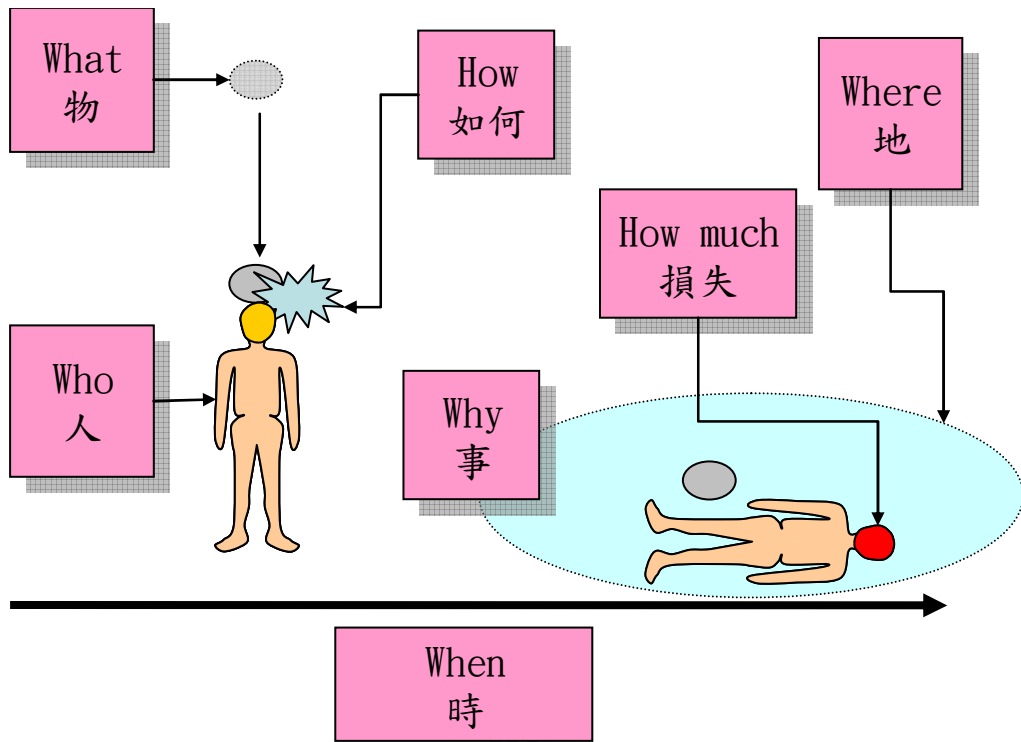


圖 6 風險危害等級

2.5 風險管理方法簡介[4]

2.5.1 5W2H

5W2H 是事件發展的描述項目，內容為 Who(人)、Why(事)、When(時)、Where(地)、What(物)、How(如何)、How much(損失)共七項，因為可以與事件的因果來結合，如圖 7 所示，一事件的產生，可大略以 5W2H 來進行歸因，由事件的產生、地點、組成物、關係人、發展時序、事件進行經過與其發生的後果，可發現有前後相聯之因果關係，故本文應用此方法提供分析者在推理發展因果樹時有可依循及聯想之依據。



上述圖表之實例聯想如下：

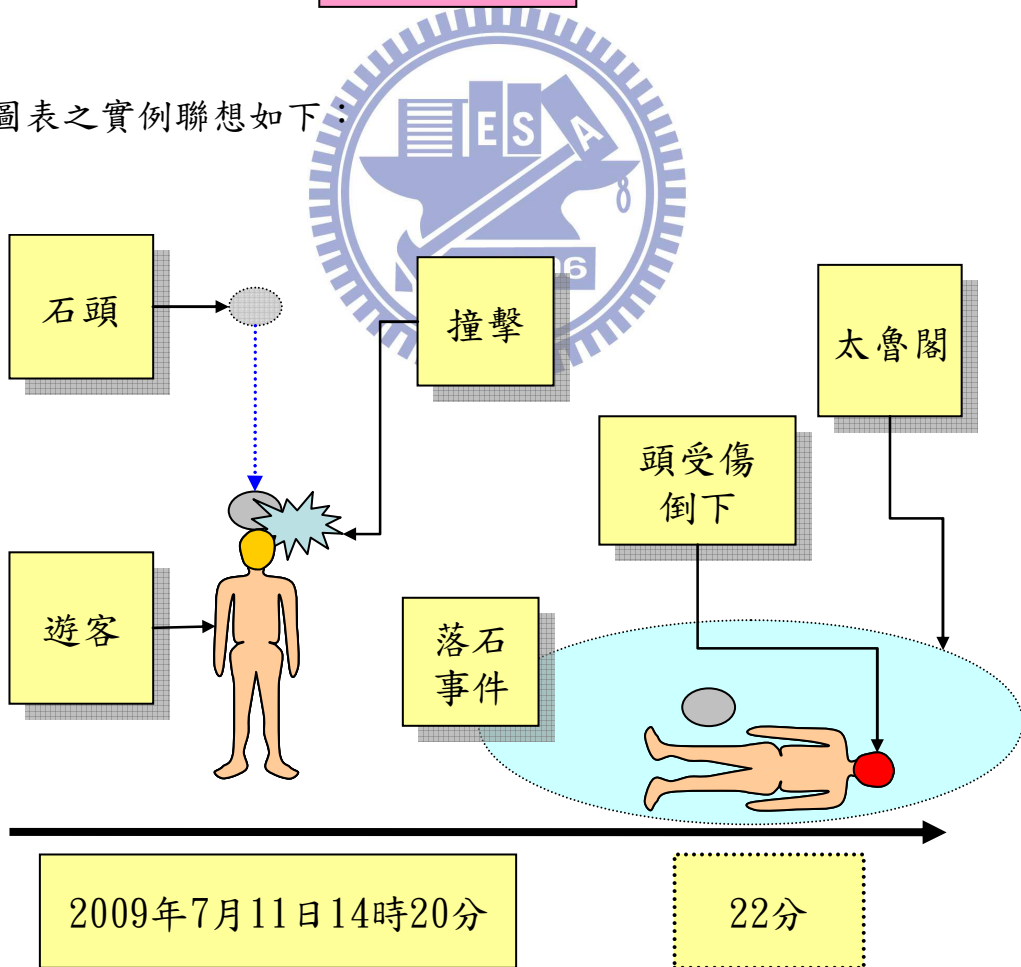


圖 7 5W2H 圖表

2.5.2 FMEA

失誤模式及影響分析(Failure Modes and Effects Analysis)之目的在於鑑認單一設備和系統的失誤模式，以及每一個失誤模式對系統或程序的潛在影響，並提出可增加設備可靠度之改善建議，藉以提昇製程的安全性。

其使用方法如表 1 所示，將構成的項目、零件名稱或編號列於表頭，依項目進行失誤型式、可能原因、造成影響、機率、嚴重性及建議改善措施詳列於上。

表 1 FMEA 分析表

項目、零件名稱或編號	失誤型式	失誤可能原因	失誤造成的影響	失誤機率	嚴重性	建議改善措施

2.5.3 FTA

失誤樹又稱故障樹分析(Fault Tree Analysis)

將各種不欲發生之事故意外之情境，利用一套推理圖由上而下的方式，回溯發展模式，演繹或推論至其原因來進行分析的方法，其特色如下：

1. 強迫分析者應用推理的方法，努力思考可能造成故障之原因。
2. 提供明確的圖示方法，以使設計者以外之人，也可很容易地明瞭導致系統故障的各種途徑。
3. 可顯示系統較脆弱的環節。
4. 提供了評估系統改善策略的工具。
5. 實施失誤樹分析之步驟如下：
 - (1). 定義分析範圍、分析邊界、起始條件、頂端事件。
 - (2). 系統邏輯模型建構以建立失誤樹。
 - (3). 建立失誤率資料檔。
 - (4). 依工程條件、環境因素等資料修正基本事件失誤率。
 - (5). 定性分析:布林代數化簡、找出最小分割集合。

- (6). 定量分析: 求出頂端事件及最小分割集合之失誤率及機率。
- (7). 最小分割集合排序。

如圖 8 所示

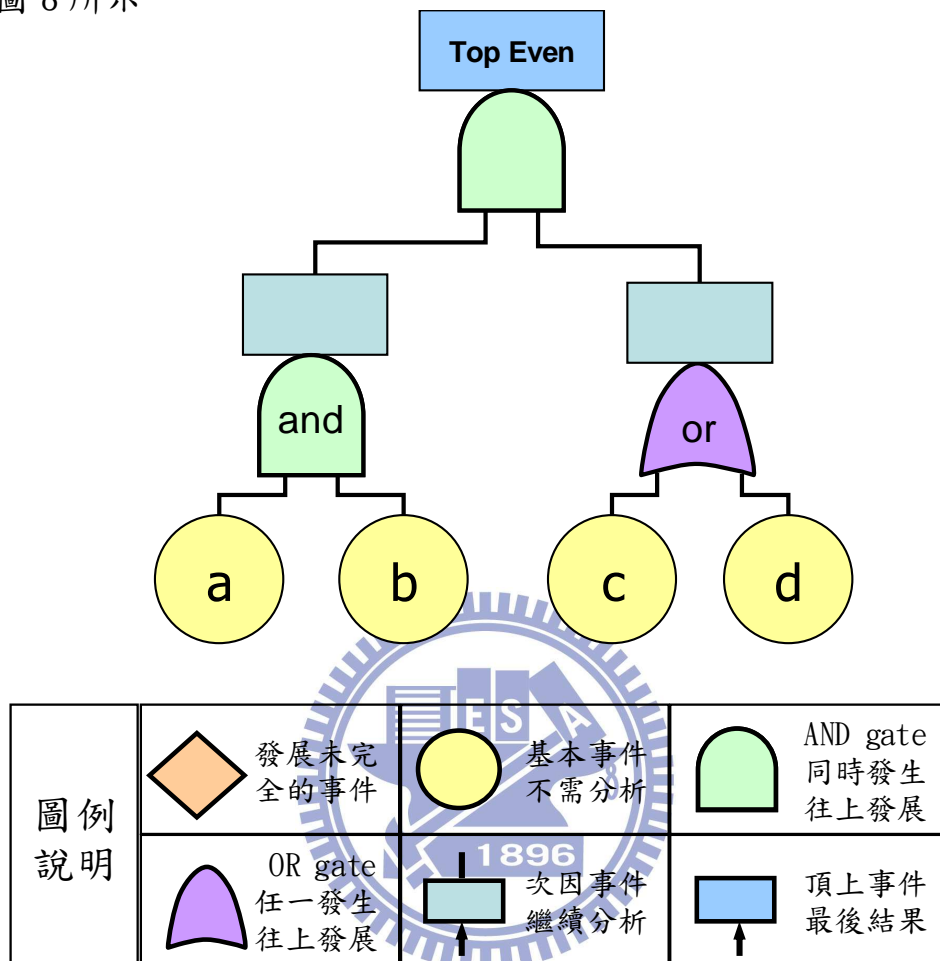


圖 8 失誤樹示意圖

2.5.4 ETA

事件樹分析(Event Tree Analysis)

1. 事件樹是以下而上的前向發展模式，歸納或導引原因(Cause)至其後果，其特色亦與失誤樹相同，如圖 9。
2. 其建立方式也與失誤樹相同。
 - (1). 定義分析範圍、各階段場景、開始事件。
 - (2). 各階段場景模型建構以建立事件樹。
 - (3). 建立損失資料檔。
 - (4). 依工程條件、環境因素等資料修正事件及損失組合。
 - (5). 決定各場景產生事件之機率及其損失。

(6). 計算各事件的風險。

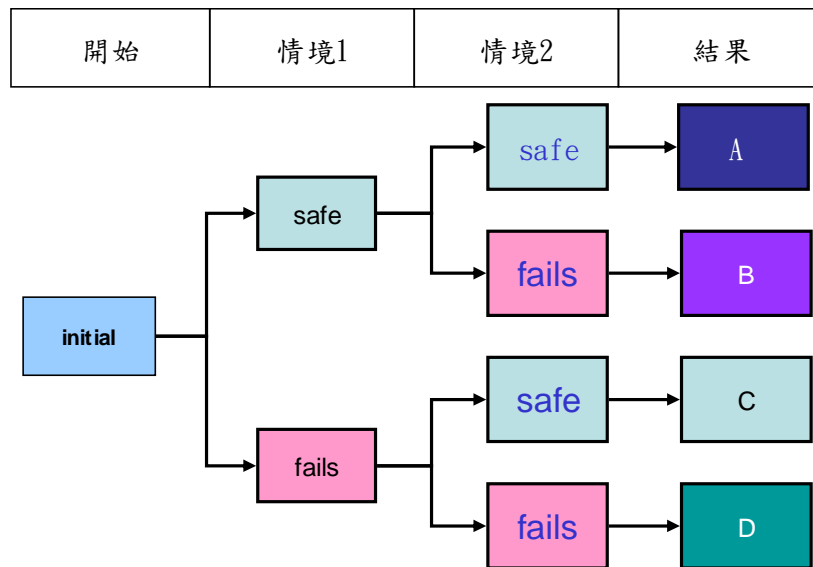


圖 9 事件樹示意圖

2.5.5 CCTA

因果樹分析(Cause-Consequence Tree Analysis)，即組合前述失誤樹與事件樹兩者之分析法。

如圖 10

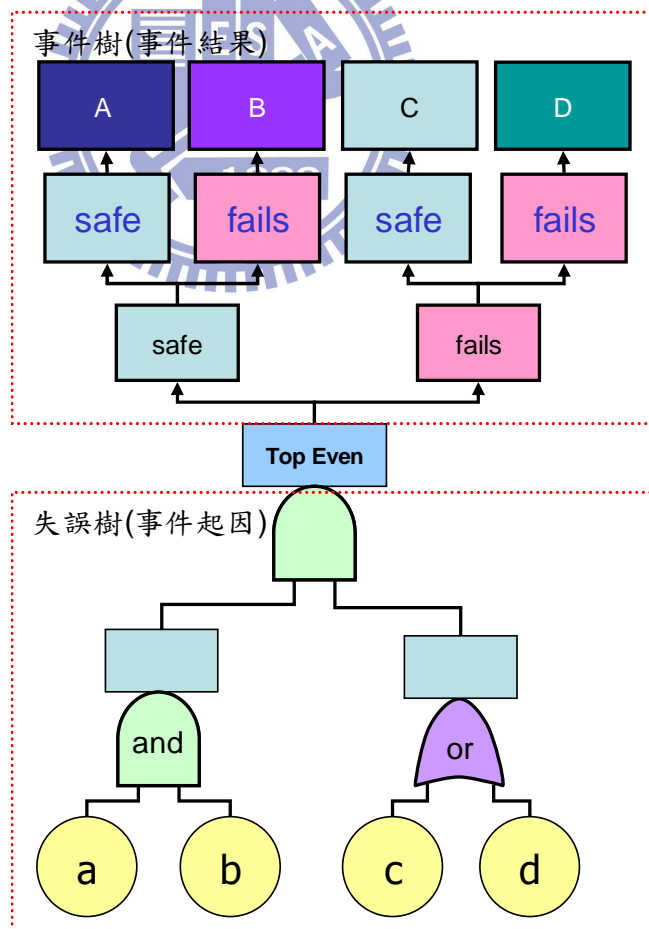


圖 10 因果樹示意圖

2.5.6 布林代數

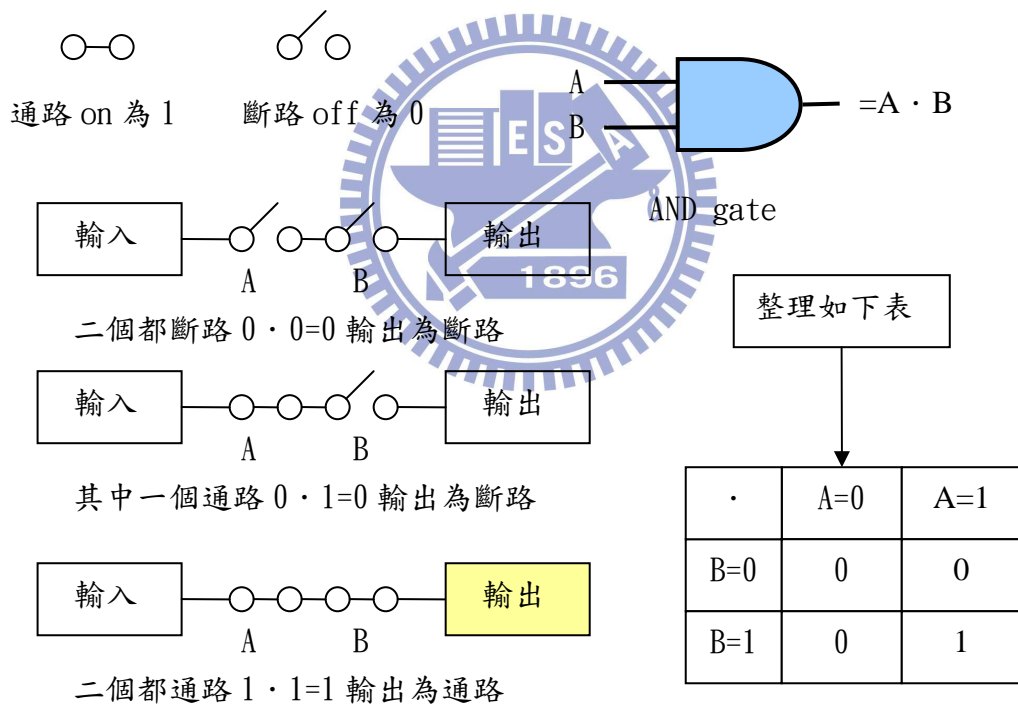
布林代數(Boolean algebra)[11]

失誤樹的簡化，必用布林代數來運算，可靠度分析人員應熟通之。

1. 布林代數原理是由電路之通路及斷路而來，令通電為 1，斷電為 0。
2. 很多現象如安全分析、機率分析、電子網路與流體力學與此電路之通與斷相同，故均可使用來化簡。
3. 應用上類同二進位的 0 與 1 之運算。
4. 邏輯 0 與 1 之意思如表 2 所示。

表 2 布林代數簡化表

邏輯 0	邏輯 1
偽(false)	真(true)
斷、開(off)	通、閉(on)
低(low)	高(high)
否(no)	是(yes)
閉(closed)	開(open)



推理如下：

$$0 \cdot A = 0$$

(若 $A=0$ 則 $0 \cdot 0=0$ 若 $A=1$ 則 $0 \cdot 1=0$)

$$1 \cdot A = A$$

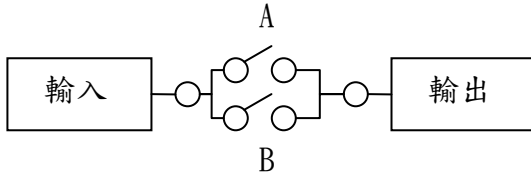
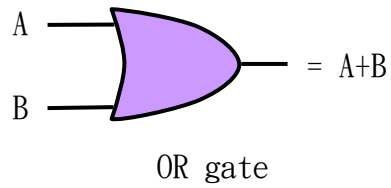
(若 $A=0$ 則 $1 \cdot 0=0$ 若 $A=1$ 則 $1 \cdot 1=1$)

$$A \cdot A = A$$

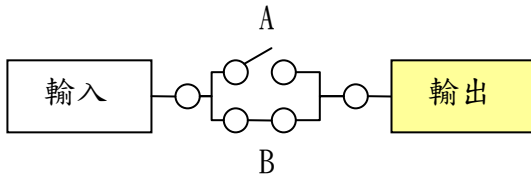
(若 $A=0$ 則 $0 \cdot 0=0$ 若 $A=1$ 則 $1 \cdot 1=1$)



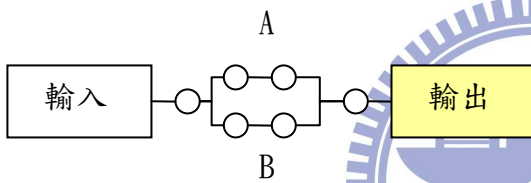
通路 on 為 1 斷路 off 為 0



二個都斷路 $0+0=0$ 輸出為斷路



其中一個通路 $0+1=1$ 輸出為通路



兩個都通路 $1+1=1$ 輸出為通路

整理如下表

+	A=0	A=1
B=0	0	1
B=1	1	1

故可以推論如下：

$$0+A=A$$

(若 $A=0$ 則 $0+0=0$ 若 $A=1$ 則 $0+1=1$)

$$1+A=1$$

(若 $A=0$ 則 $1+0=1$ 若 $A=1$ 則 $1+1=1$)

$$A+A=A$$

(若 $A=0$ 則 $0+0=0$ 若 $A=1$ 則 $1+1=1$)

$A \cdot A' = 0$ (若 $A=0$ 則 $0 \cdot 1=0$ 若 $A=1$ 則 $1 \cdot 0=0$) 稱為互補律

$A + A' = 1$ (若 $A=0$ 則 $0 + 1=1$ 若 $A=1$ 則 $1 + 0=1$) 稱為互補律

$(A \cdot B)' = A' + B'$ (此式一般稱為狄摩根定理)

$$A=0 \text{ 且 } B=0 \text{ 則 } (0 \cdot 0)' = 1=1+1$$

$$A=0 \text{ 且 } B=1 \text{ 則 } (0 \cdot 1)' = 1=1+0$$

$$A=1 \text{ 且 } B=0 \text{ 則 } (1 \cdot 0)' = 1=1+1$$

$$A=1 \text{ 且 } B=1 \text{ 則 } (1 \cdot 1)' = 0=0+0$$

其中 $0' = 1$ 且 $1' = 0$

5. 綜合上面的屬性可依數學定義歸納如下：

(1). 交換律

$$\textcircled{1} : A \cdot B = B \cdot A$$

$$\textcircled{2} : A + B = B + A$$

(2). 結合律

$$\textcircled{1} : A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

$$\textcircled{2} : A + (B + C) = (A + B) + C$$

(3). 分配律

$$\textcircled{1} : A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$\textcircled{2} : A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$$

(4). 恆等律(全等性)

$$\textcircled{1} : A \cdot A = A$$

$$\textcircled{2} : A + A = A$$

(5). 吸收律

$$\textcircled{1} : A \cdot (A + B) = A$$

$$\textcircled{2} : A + A \cdot B = A$$

(6). 互補律

$$\textcircled{1} : A \cdot A' = 0$$

$$\textcircled{2} : A + A' = 1$$

$$\textcircled{3} : (A')' = A$$

(7). 狄摩根定理(De Morgan's Theorem)

$$\textcircled{1} : (A \cdot B)' = A' + B'$$

$$\textcircled{2} : (A + B)' = A' \cdot B'$$

(8). 0 與 1 運算

$$\textcircled{1} : 0 \cdot A = 0$$

$$\textcircled{2} : 1 \cdot A = A$$

$$\textcircled{3} : 0 + A = A$$

$$\textcircled{4} : 1 + A = 1$$

$$\textcircled{5} : 0' = 1$$

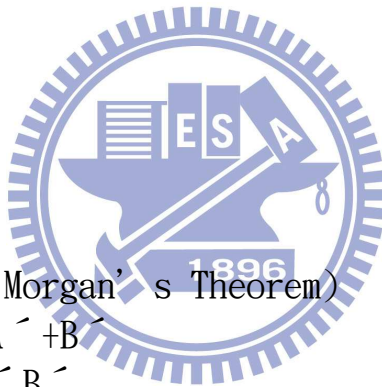
$$\textcircled{6} : 1' = 0$$

(9). 其它運算

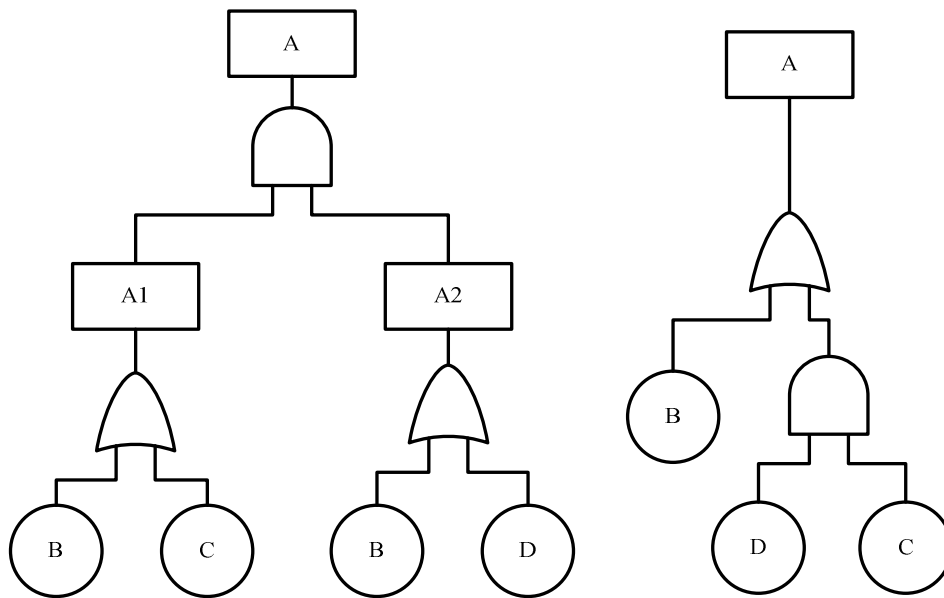
$$\textcircled{1} : A + A' \cdot B = A + B$$

$$\textcircled{2} : A \cdot (A' + B) = A \cdot B$$

$$\textcircled{3} : A' \cdot (A + B') = A' \cdot B' = (A + B)'$$

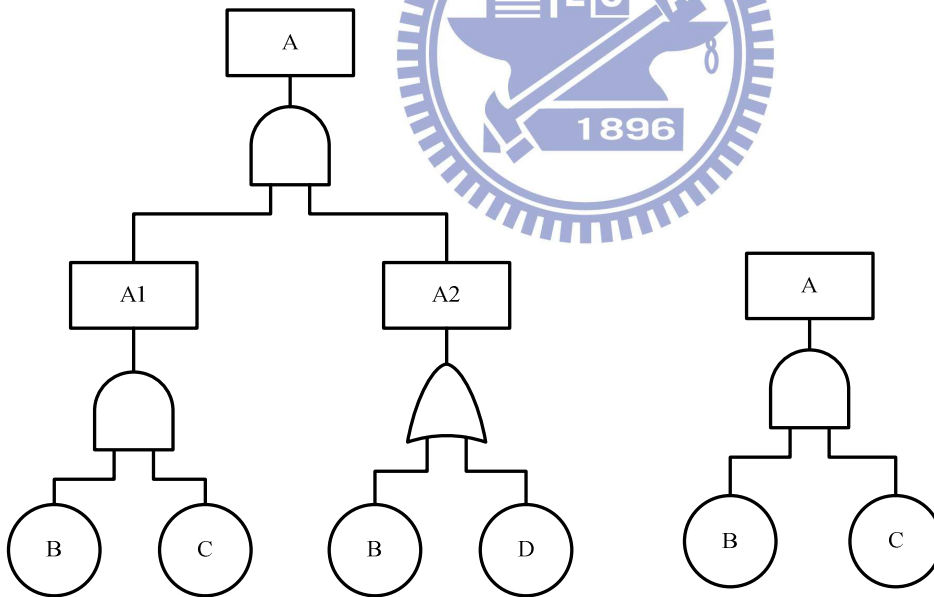


舉例如圖 11 所示



左圖可化簡為右圖

$$\begin{aligned}
 A &= A1 \cdot A2 \\
 &= (B+C)(B+D) \text{ 使用分配律} \\
 &= B+CD
 \end{aligned}$$



左圖可化簡為右圖

$$\begin{aligned}
 A &= A1 \cdot A2 \\
 &= (B \cdot C)(B+D) \\
 &= BC+BCD = BC(1+D) \\
 &= BC
 \end{aligned}$$

圖 11 布林代數簡化圖

2.5.7 層級分析

層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) [15]

最早為 Saaty 所提出 (Saaty, 1977), 是公認可協助決策者進行方案評估之有效方法。首先將要分析的問題使用層級結構的方式分解成好幾個評估因子, 再利用群體的評論方式來進行每一階層各個因子間之成對比較及評量, 最後形成比對矩陣計算後, 提供數據來讓決策者來選擇最要方案, 其建立方法如下。

1. 建立層級結構：

將欲評選之各方案中所有重要的評估因子予以納入, 並以層級的結構方式建立。

2. 問卷設計及調查：

以各因子間成對比較之問卷設計方式, 並將比較結果區分為非常重要、較重要、同等重要、較不重要及非常不重要五個等級, 用以評量兩兩因子間之相對重要度。問卷是以目標層 (第一層) 為基準, 進行主評估因子間 (第二層) 之相對比較。同理, 次評估因子間 (第三層) 之相對比較, 係以主評估因子 (第二層) 為基準。最後, 再以次評估因子 (第三層) 為基準, 針對各次因子對每兩個間之相對重要度進行詢問。

3. 一致性檢定

在問卷回收後需對問卷進行一致性的檢定, 其主要目的在於確認受訪者在成對比較過程中, 其評估與判斷為前後一致, 此可以一致性指標 (Consistency Index, C. I.) 來加以檢定。若 $C. I.$ 等於 0, 表示受訪者的前後判斷完全具有一致性, 否則表示存有不一致性。通常以小於或等於 0.1, 作為一致性之可容許誤差。

4. 建立成對比較矩陣

由各專家對因子間的評量結果, 利用表列可據以建立比較矩陣: 如表 3 所示。

表 3 成對比較矩陣表

$$A\bar{w} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad a_{ij} = a_{ik}/a_{jk} \quad \bar{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^t$$

$$A\bar{w} = \lambda_{\max} \bar{w} \quad w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

5. 計算因子之相對權重：

在建立成對比較矩陣後，運用矩陣運算可求得矩陣之特徵值（ λ ）與其特徵向量。特徵向量（ $n \times 1$ ， n 為因子個數）是各評估因子所對應的權重向量，代表優先向量或排序向量。特徵向量愈大，表示該因子之相對重要度愈大；反之，則其相對重要度則愈小。由上式的結果，可獲得矩陣之最大特徵值（ $\max \lambda$ ）， $\max \lambda$ 所對應的特徵向量，即為評估因子間的相對權重。

6. 整合群體意見：

由於方案評選往往是基於數位受訪者或領域專家之評量與討論的結果，故須綜合群體的評選結果，以獲得最後的評估值。

7. 計算各因子及方案之相對權重值：

由步驟（5）所獲得之同一層級之各因子（準則）間的權重，可據以評量各方案或各因子的相對權重值， Rw 。如下式

$$Rw = \sum_{j=1}^n w_{jk} w_{kl}$$

其中， $i = 1, 2, \dots, n$ ，為評估因子； $jk w$ 為第 j 層對應第 k 層之相對權重； $kl w$ 為第 k 層對應第 l 層之相對權重， $j = 1, 2, \dots, n$ ， $k = j+1$ ， $l = k+1$ 。由上式求得之各方案或因子的 Rw 值，可用以評定方案或評估因子的優先順序；即當方案或評估因子之 Rw 值愈大時，表示該方案或評估因子的排序應愈為優先。

2.5.8 本質較安全策略[13][30]

傳統的風險管理策略所採取的預防保護措施可分為 4 種：

- (1) 本質採用不具危害性質的物質以及製程條件來消除危害。
- (2) 被動式消除或減低因製程及設備設計特色所產生之危害，不動用任何裝置即可減少事故發生之頻率或危害之後果。
- (3) 主動式工程控制、安全互鎖裝置及緊急停機系統去偵測製程偏離，並在該偏離造成任何嚴重後果前採取適當的矯正措施。
- (4) 程序採用操作程序、行政控制、緊急應變及其他管理方式來預防事故的發生或減低事故發生之嚴重性。

本質較安全之設計，是在找尋方法使基本製程較不具危險性，即便是安全系統發生故障，後果也是可以接受的。其重點是在避免危害而不是控制危害，特別是減少使用或處理危害物質之數量，以及減少危害作業之數量來達到安全的目的，同時影響製程設計作業較大，為安全專家們在進行設計時 優先考慮之項目，如果在設計階段就能考慮本質安全性，則更容易應用，同時省下費用較高，其策略如圖 12。

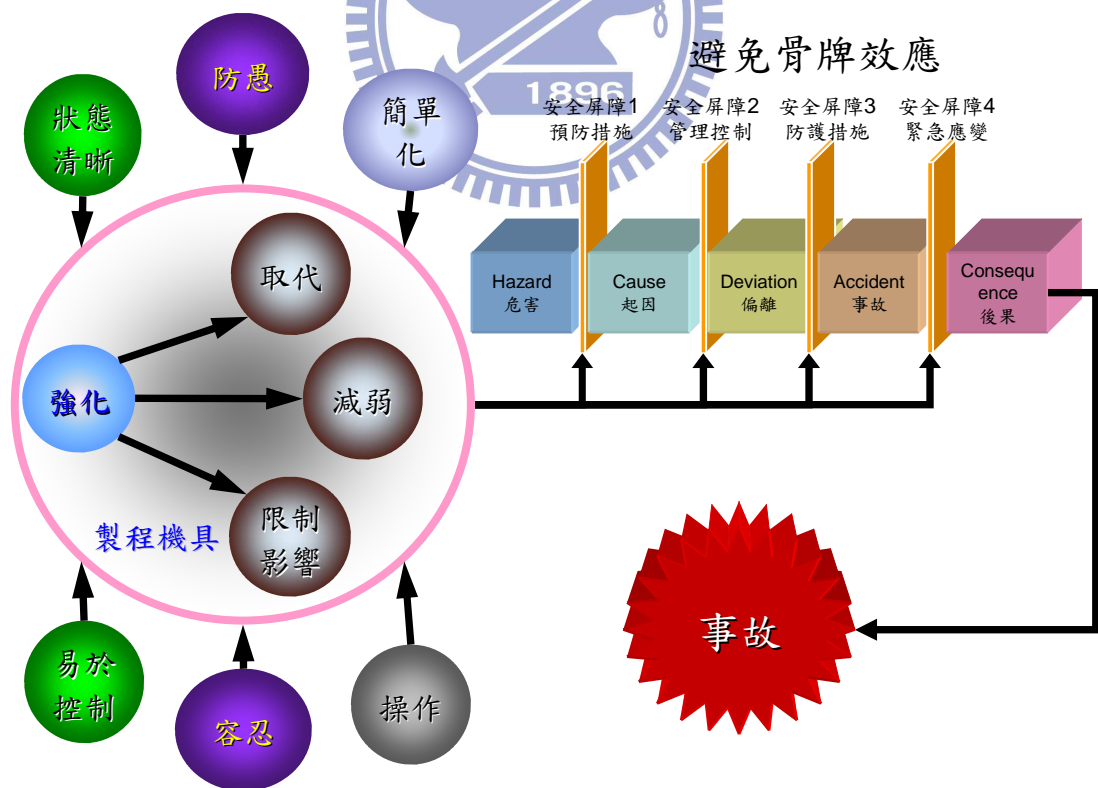


圖 12 風險改善之本質較安全策圖

2.5.9 創意方法[14]

創意方法有腦力激盪、卡片法、心智圖、列表法、因果法、NM法、演繹法、歸納法、魚骨圖法、PERT法、得懷術(Delphi)、複眼思考、三維思考、TTHS法、TRIZ法等。本論文採用心智圖及列表法來進行最佳方案的製作。

1. 心智圖將欲改善目標列於中心，改善的連想列於旁邊，各相關的事件以箭線互相連接來發展關係，今舉防墜落安全帶分析之例，將思考的事件置於中心，依分析的要項，進行相關性的發展與連想如圖13。值得注意的是創意方法會依每個人的思想方式不同而產生很大的差異，這也是創意的特色，與有邏輯性的分析用樹狀圖如失誤樹或失誤樹來比，心智圖是漫無目的，依個人的思想與聯想來進行串聯，在過程中來引發不一樣的想法，進而產生創意。而分析用樹狀圖旨在找出事件的來龍去脈，其必需依一定的程序來進行，以確保不同的人來分析也有相同的結果。

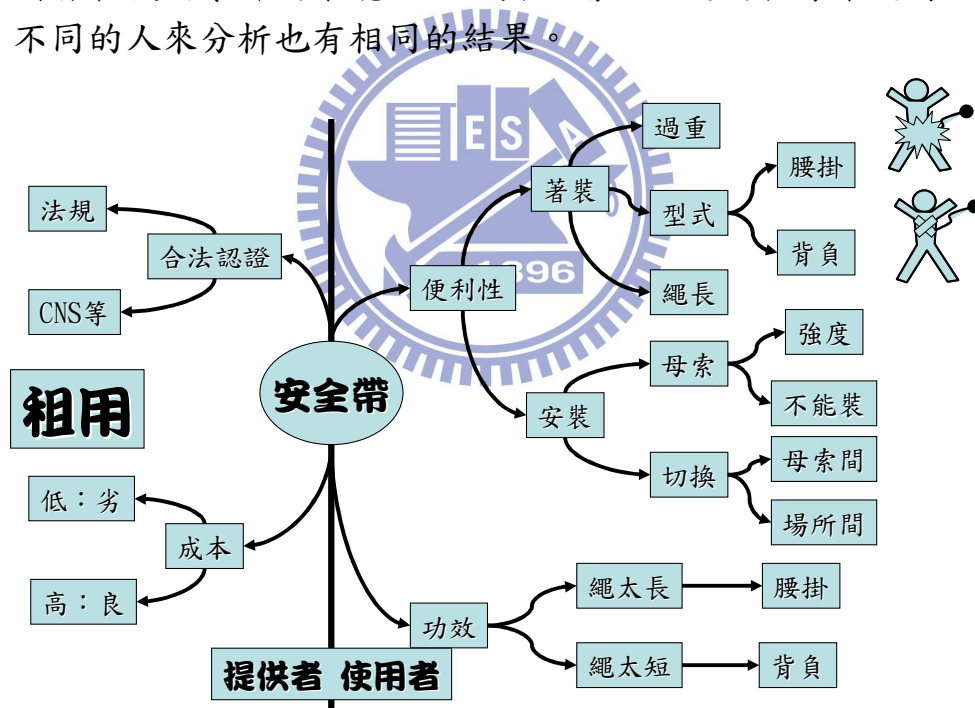


圖 13 安全帶之分析心智圖

2. 列表法又稱矛盾矩陣表(Contradiction Sheet)

將待解決的問題以文字敘述，試著找出問題的矛盾，由那些相互矛盾的屬性所引起的問題，利用矩陣找出這兩相互矛盾屬性交叉方格，將解決的相關聯想填入，依照解決聯想找出解決原則再依此原則轉換原先問題為一般性解決方法，找出可能的有效解決之道。如

圖 14 所示。

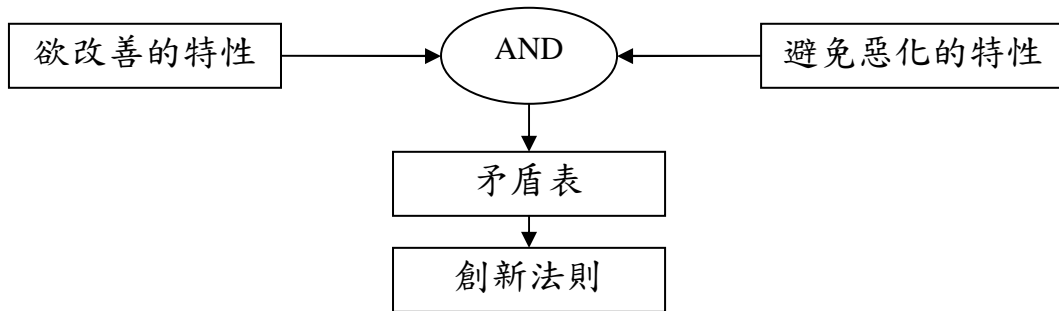


圖 14 列表法創作流程圖

本文應用前述兩種方法，首先將不確定性的觀念，利用心智圖作一大致的關連與腦力激盪，在得出一些心得或聯想之後，可以將上述的聯想與心得利用矛盾表來分類，首先將可改善的特性列為一列，將想避免惡化的特性列為一列，想辦法來增進可改善並避免想惡化的，如此讓創意有一大原則性的聯想，不致天馬行空，或漫無目的使創意無法成為法則，在上述兩個大致法則下，儘量使自己各種不同的想法呈現，不管是可行或不可行，甚至是無邏輯或異想天開的念頭都可納入，這就是創意的源頭。將上述過程與本質較安全策略整合如圖 15 所示。

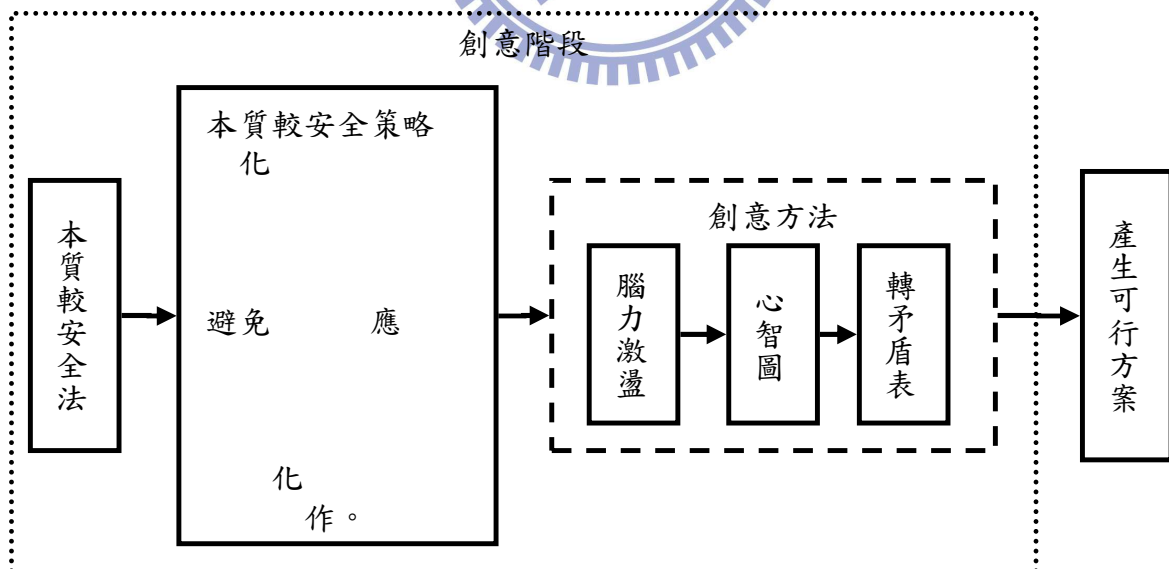


圖 15 本質較安全結合創意圖

第三章 五項管理模式

3.1 模式建立過程說明

3.1.1 收集風險管理相關資料

1. 相關論文、期刊、著作收集。
2. 風險管理方法及理論收集、研究、比對、及適用性研討。
3. 國內相關工程應用案例研討。
4. 相關風險管理模式表列，分析、歸納。

將上述的資料整理如下表所示

表 4 風險管理模式整理表

項目	應用範圍	風險管理模式	主要內容	參考文獻
1	社會 經濟 保險	1. 風險之鑑定與認識。 2. 風險之衡量與分析。 3. 選擇風險管理技術。 4. 執行與評估。	研究風險的結構來應用決策行為，以經濟保險之成本效益來分擔風險。	[23]
2	公共 工程	1. 風險確認。 2. 風險量化。 3. 風險損失分析。 4. 風管理策略。	收費道路與隧道之風險考量與維護管理模式，探討相關風險管理技術。	[24]
3	社會 經濟	1. 風險辨識。 2. 風險評估。 3. 風險控制。	應用於社會經濟的風險管理，提供管理者決策使用。	[25]
4	公共 工程	1. 風險辨識。 2. 風險量測。 3. 風險評估。 4. 風險演算。 5. 風險管控。	以風險管理制度來討論公共建設生命週期中之不確定風險因素與建立風險管理之依據。	[26]
5	鐵路 工程 採購	1. 風險辨識。 2. 風險分析。 3. 風險改善。 4. 成果回饋。 5. 風險監視。	以聯合風險管理(JRM)的角度來探討建設計畫之採購風險，與管理之技術。	[27]

參考表 4 各項內容後取各模式的交集，風險辨識→風險評估→風險控制三者為骨幹，各模式中如風險演算、分析等集同等為風險分析，加上最新的觀念即回饋，因本文旨在鐵路改建工程，特性為一段時間並非常設性故去除監督，成立五項模式如圖 16，接著進行細部建構。

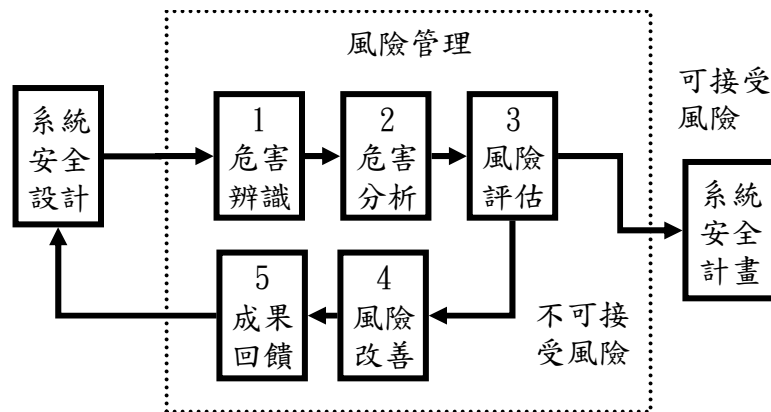


圖 16 風險管理五項基本模式

3.1.2 資料歸納與整理

1. 本文的緒論介紹動機、目的、對象、範圍、方法、流程等。
2. 文獻回顧與應用說明，將鐵路背景、改建工程的項目、產生侵入行車空間危害之方式、本文所應用之文獻及改良創新之方法作一說明。
3. 從文獻、歷史資料、訪談紀錄、統計資料來進行風險的辨識，應用 FMEA 及加上結合失誤樹 (Fault Tree Analysis, FTA) 及事件樹 (Event Tree Analysis, ETA) 之因果樹分析法再加上 5W2H (who why when where what how how much) 方法來進行風險的評估，評估的結果以風險曲線 (Farmer risk assessment curve) 來呈現，將其中不可接受之風險項目找出進行改善，使用化學工業上常用之本質較安全的觀念，加上創意的手法進行改善方案，當方案超過一個時應用 AHP 及考量表來進行最佳方案選擇，應用選定方案降低其風險值之後再予以評估，若為不可接受風險則回模式繼續進行風險管理，若為可接受風險則將過程及成果回饋工程安全設計，並應用於類似之工程項目。綜合上述的流程建立風險辨識、風險分析、風險評估、風險改善、成果回饋五大風險管理模式。
4. 提出模式，將前述過程作整理提出五項管理模式於 3.1.3 節。

3.1.3 風險管理模式建立

1. 應用文獻及統計資料之整理來建立風險因子辨識確認之程序。

2. 結合 5W2H 及 FMEA 與改良之因果分析法進行風險的定性及定量分析。
 3. 利用分析結果建立風險管制曲線(Farmer risk assessment curve) 進行風險評估。
 4. 應用本質較安全與創意法來建立改善方案，接著使用層級分析法、列表法進行最佳方案選擇來改善風險。
 5. 風險改善結果回饋工程設計、施工與類似工程。
- 結合 1 至 5 建立風險辨識、分析、評估、改善、回饋等五項風險管理模式如圖 17。

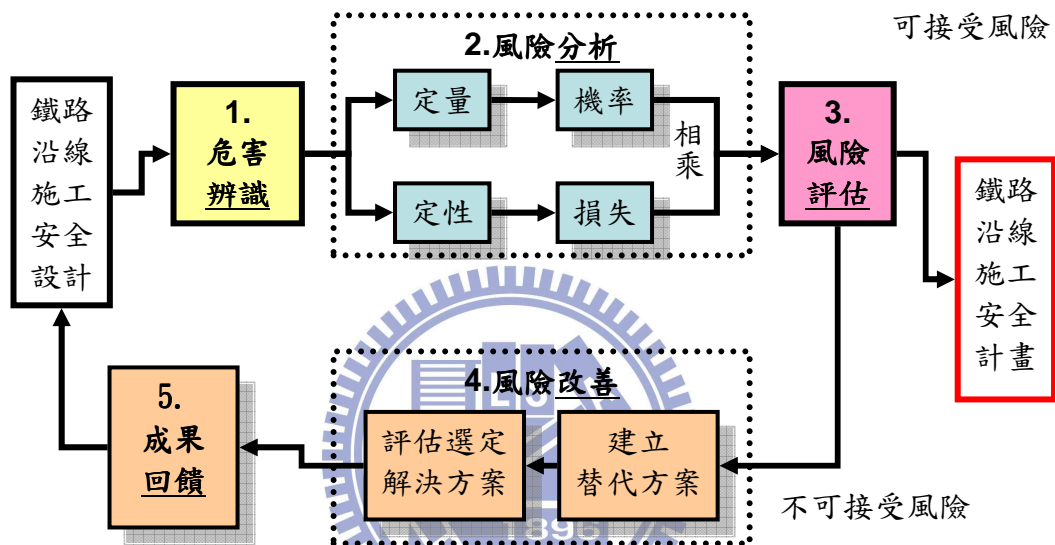


圖 17 五項管理模式詳圖

3.2 鐵路改建工程五項管理模式

本文經由 3.1 節步驟整理後提出五大風險管理模式包含危害辨識、危害分析、風險評估、風險改善、成果回饋來進行管理簡化後如圖 18。

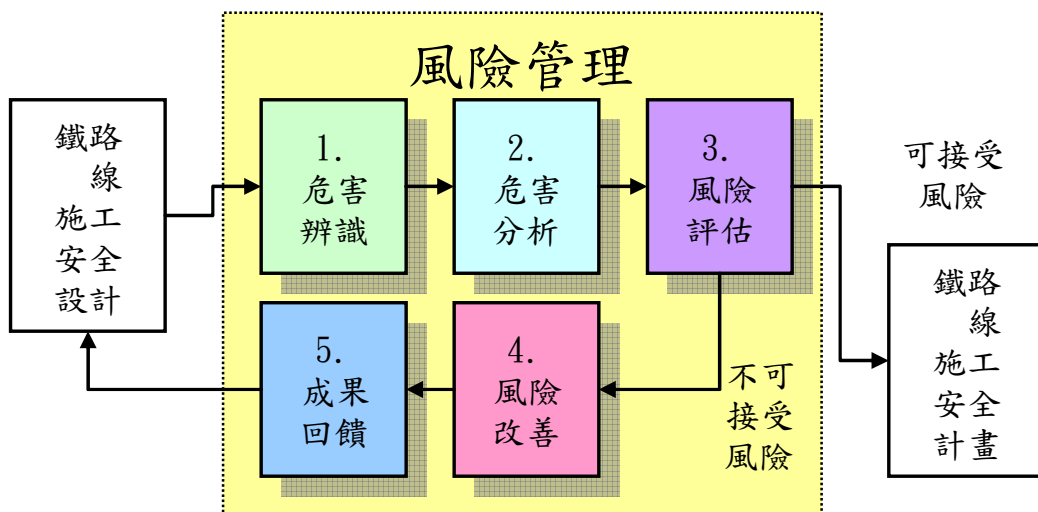


圖 18 五項風險管理流程圖

3.2.1 危害辨識

鑑定危害因子步驟：以下列步驟得出危害的因子。

1. 文獻，整理鐵路改建工程風險、安全相關文獻[1][2][3]所列之風險。
2. 法規，電化鐵路安全須知[8]、施工規範、圖說、技術文件[5]所列危害項目。
3. 經驗，訪談有經驗之現場施工人員。
4. 統計資料，依民國 79 至 98 年共 19 年間之事故紀錄統計資料[9]。

綜合上述 1 至 4 項目的各種資料後，將可能之危害一一表列，可初步使用 5W2H 來分門別類，大致分類後將可以進行下一階段的危害分析。

3.2.2 危害分析

1. 上一階段資料細部過程使用失誤模式及影響分析 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)加以分析，並加上 5W2H 以利轉換為因果樹時之聯想，其中事為因果樹的事件，時為時間軸，人、物、地及如何為失誤樹與事件樹的組成要件，如圖 19。

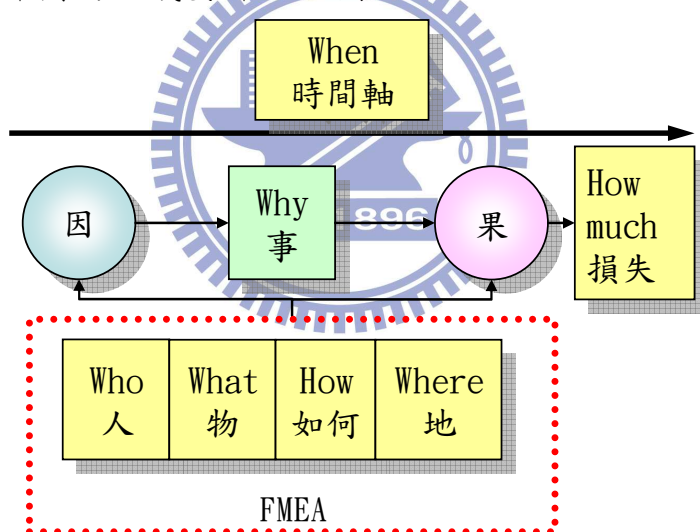


圖 19 圖示化之 5W2H 聯想圖

2. 最重要的是如何為各失誤樹與事件樹發生的關聯，要使用 FMEA 來進一步分析，在下列 FMEA 表中，項目為失誤樹的主要失效形態、失誤型式為次要失效形態、失誤可能原因為事故的遠因或近因、失誤造成的影響為事件樹中最後之損失，其中頻率為事件發生次數。

在本文中使用 5W2H 聯想圖來輔助 FMEA 表，其過程依什麼人→什麼物→什麼行為→什麼時間→什麼地點→如何產生→其後果如何來考量，可以在定性分析的過程上輔以明確及邏輯性的分析，故在製 FMEA 表時

有一可發展性的思維，更可作出明確並完整的分析表。

轉入 FMEA 表時，詳見表 5

- (1). 項目→事(Why)、地(Where)
- (2). 失誤型式→人(Who)、物(What)
- (3). 可能原因→如何(How)
- (4). 造成的影響→損失(How much)
- (5). 事件前後→時(When)

表 5 FMEA 與 5W2H 聯想表

項目	失誤型式	可能原因 (如何)	造成的影響 (損失)	機率	嚴重性	建議改善 措施
侵入 (事)	工人(人)	疏忽	死傷	0.3	中	教育
		酒醉	死傷	0.2	中	酒測
鐵軌 (地)	車輛(物)	疏忽	車撞擊	0.1	大	訓練
		故障	車撞擊	0.1	大	維修
侵入 (事) 電車線 (地)	吊車(物)	...	...	...	...	...
...
左側定性分析←				→右側定量分析		

使用 FMEA 表之優勢尚可將機率，嚴重度與改善措施填入，可初步的進行量化，在表格的前半為定性分析，即事件的發生經過描述，後半為定量分析，即事件的機率、嚴重度資料的填寫，其缺點是發生的過程與相依性無法以表格方式來呈現，且若無 5W2H 來輔助，表格的製作也有因果不明的缺失，因此本文加入 5W2H 與因果分析樹，將以上缺點改正，並互相輔助，除去各項缺點。

3. 因果分析之建構理論係結合失誤樹與事件樹成因果樹[28]，其機率之計算與損失之計算階可依邏輯圖之相互關係來進行，另參考最近之論文，學者提出演繹因果分析 DCCA(Deductive Cause-Consequence Analysis)[29]，其提出 FMEA 結合因果分析可更仔細的了解事件發生的前因後果，其演繹的過程將更加完整，因此本文利用 FMEA 來輔助因果分析，另外本文首創將因果樹由直式改為橫式並加上時序，將各因子之機率及損失依大小由上至下排列以彰顯其重要性，接著進行定性定量分析，並將計算式與後果的嚴重度填列於圖中如圖 20。其優點條列於下：

- (1). 時間由左至右排序，可大致了解事件發生的過程，利用最左之原因可進行發生原因的治本防制，在時間緊迫下可利用最右之損失最大之項目進行治標但快速收效的防制。
- (2). 人的左右視野大於上下，故目前電腦螢幕寬高比均趨向 16:9，故將圖型橫置更方便閱讀。
- (3). 嚴重度與發生頻率作一大致的分類，由上至下來排序，可讓人們立刻掌握重要的項目。
- (4). 利用圖型，可進行布林代數化簡，更可精確的量化

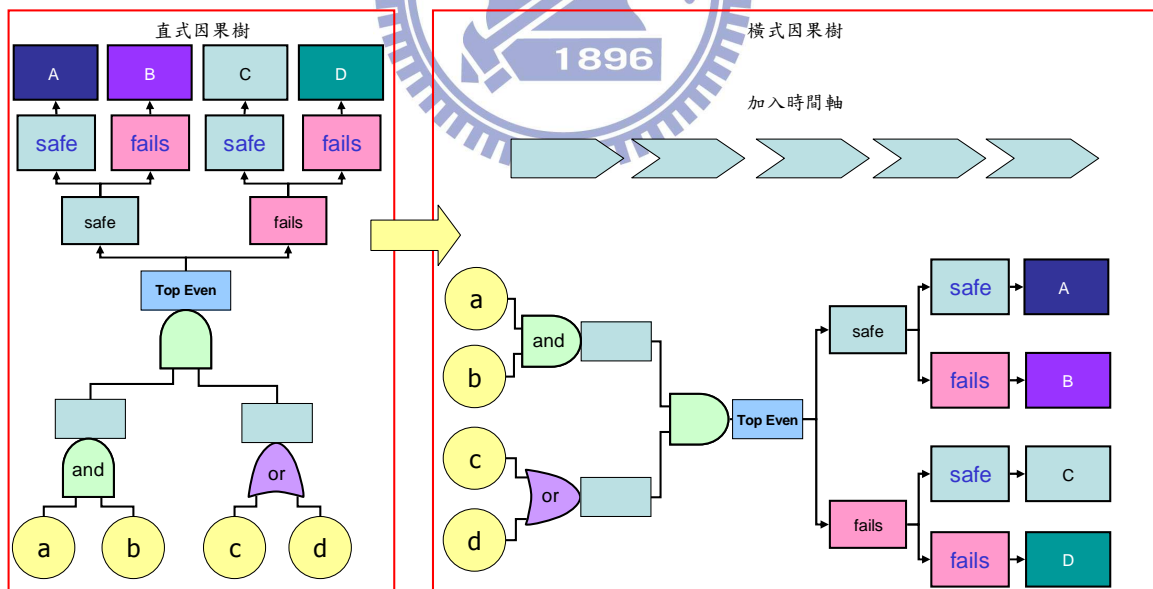


圖 20 將直式因果樹改為橫式圖

3.2.3 風險評估

風險評估必需製作風險曲線(Farmer risk assessment curve)，以上一階段計算得出之風險之平均值建立風險管制曲線如下圖所示，曲線內側為可接受風險，而曲線外側為不可接受風險，在不可接受風險側選出其中風險值最高的項目(位於右上角方塊項目)來進行改善，目的是讓其機率及損失或兩者降低至曲線內側成為可接受風險。

此外在風險管理的階段，不可接受風險是相對而非絕對，其影響因素有下列3點。

1. 社會安全意識提昇，風險容忍度降低。
2. 工藝水準進步，不可接受風險增加。
3. 安全管理研究得到突破，找出降低風險方法。

因此，製作風險曲線並非定義可接受或不可接受風險，而是找出風險最高之項目予以改善，在可能的範圍內儘量使管制曲線降低，達成持續改善，提昇整體安全進化之目的。

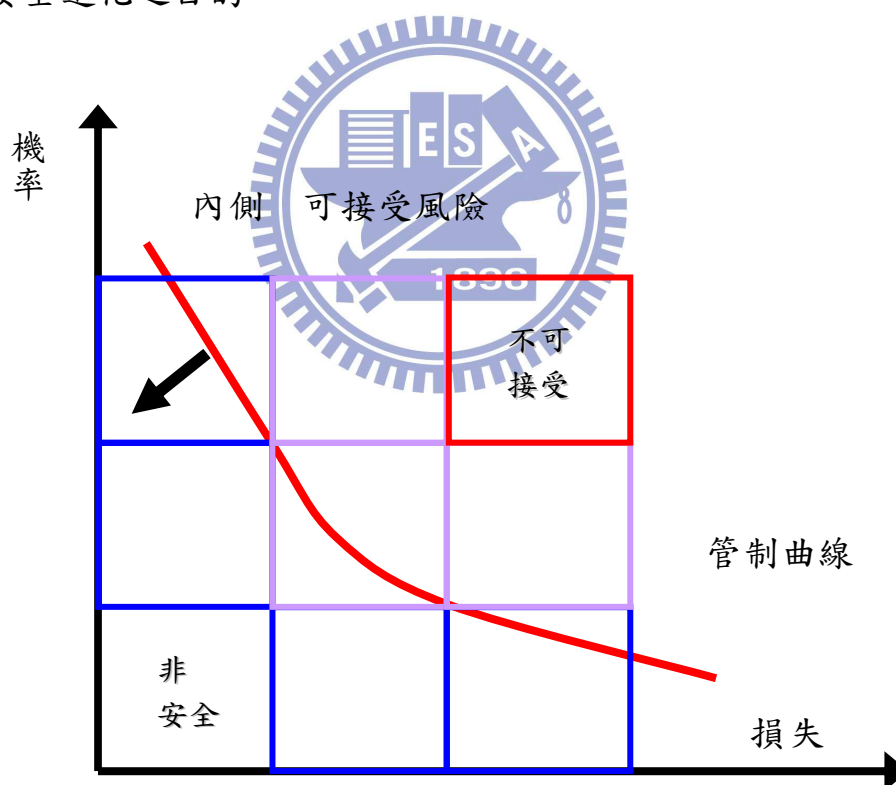


圖 21 風險管制曲線圖

3.2.4 風險改善

本文提出本質較安全[13]設計結合創意方法來建立改善方案，如果改善方案超過兩個以上時若方案考量項目單純使用列表法，較複雜使用AHP(Analytical Hierarchy Process)層級分析法來決定要使用那一個方案，其流程如圖 22。針對欲改善項目，收集分析資料後，應用創意方法來輔助本質較安全策略來創造改善方案，若方案超過一選擇方案，最後為應用改善方案及後續的評估檢討。

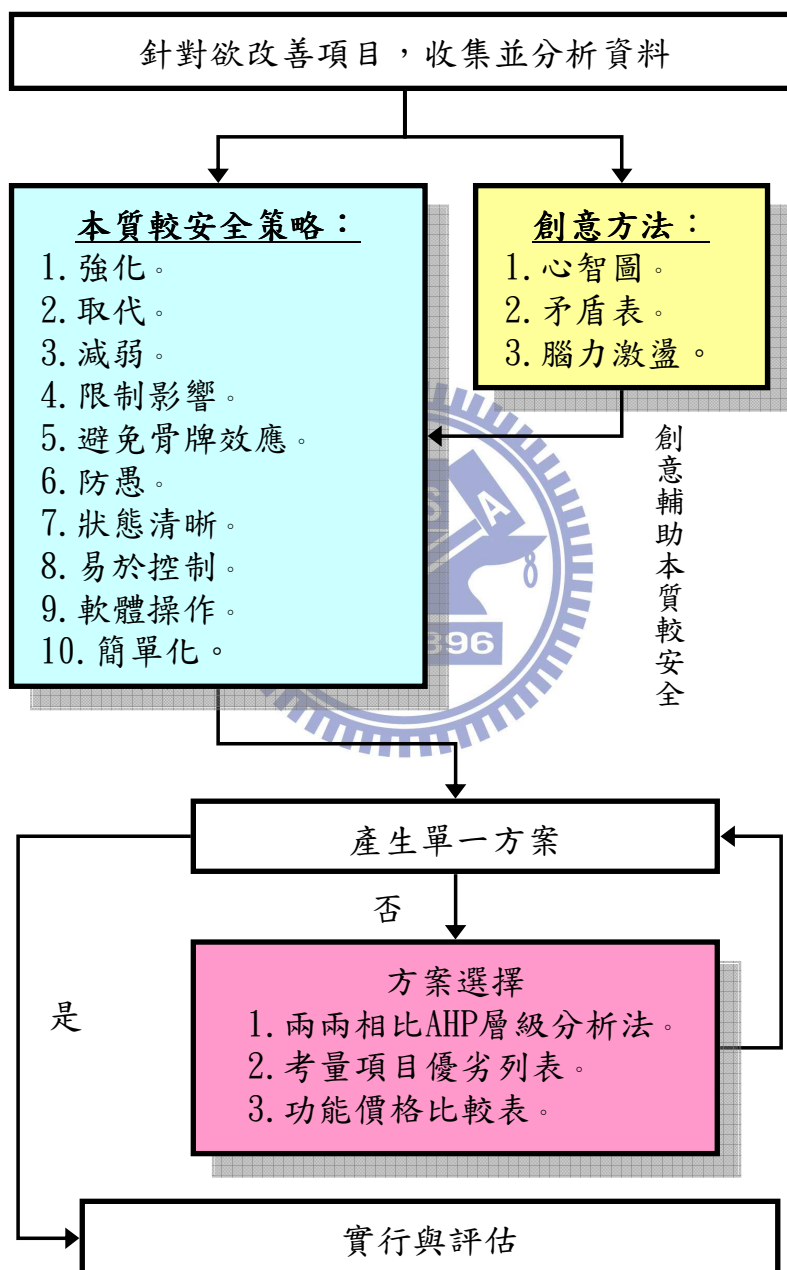


圖 22 風險改善流程圖

3.2.5 成果回饋

經過上述之改良後，其成果回饋有下列 8 方面。

1. 提供施工規劃設計與管理考量。

此為最重要項目，在設計規劃時放入改良方案所得到的效能是最高的，也是本質較安全策略之最高指導原則。

2. 提供安全管理指標。

改良方案可提供工程安全管理之指標，使安全管理作業有可依循之項目與量化依據，量化後可形成績效，提供考核與激勵工程人員士氣之參考。

3. 增進工程可靠度。

若工程已在進行，改良方案可改善不安全狀況，增進可靠度，降低危險，使施工人員安全。

4. 增進營運可靠度。

因鐵路改建工程均位於鐵路營運路線，改良方案可提昇營運可度，降低事故，減少營運意外支出，增加準點率，進而改善獲利或營運績效。

5. 降低保險金額。

整合至安全計劃，可爭取較低之保險金。

6. 提昇風險管理技術。

改善計畫之積極目標。

7. 提供事故損失統計與分析。

後續再改善計畫之依據

8. 提供類似型態工程參考。

它山之石可以攻錯，改善計畫可提供其它工程參考。



第四章 案例研討－鐵路沿線施工侵入行車空間風險管理

本章依第三章介紹之五項管理模式來進行實際案例研討，鐵路沿線施工侵入行車空間之風險管理。

4.1 危害辨識

4.1.1 鑑定危害因子步驟

以下列步驟得出危害的因子。

1. 文獻，整理鐵路改建工程風險、安全相關文獻[1][2][3]所列之風險。
2. 法規，電化鐵路安全須知[8]、施工規範、圖說、技術文件[5]所列危害項目。
3. 經驗，訪談有經驗之現場施工人員。
4. 統計資料，依民國 79 至 98 年共 19 年間之事故紀錄統計資料[9]。

由 1 至 4 之資料進行下一步確定危害項目

4.1.2 鐵路改建工程產生侵入行車空間之危害項目

1. 鐵路改建工程項目如下

- (1). 假設工程(測量、管線探測遷移、臨時水電、臨時道路、圍籬等)。
- (2). 大地工程(地質鑽探、地質改良、基樁、連續壁、擋土、祛水等)。
- (3). 明挖覆蓋工法(土方開挖、支撐架設、結構體施作)。
- (4). 高架橋工法(整地、基樁、橋面版吊裝、裝修)。
- (5). 建築裝修(車站、通風口、抽水站等)
- (6). 道路工程(土方回填、路面施作、綠美化工)此時鐵路運行路線已移入地下或高架橋，故無侵入鐵路行車空間之虞。

各工程項目只要是緊鄰鐵路均可能侵入行車空間，此空間有一般運行區間與電氣化區間二種，侵入方式中人員、機器、車輛為主動侵入，物品材料則因固定不良加上重力或風力產生被動侵入，侵入後即產生觸電及列車碰撞等後果，說明如下。

2. 侵入行車空間之方式

侵入電車線的空間必侵入行車空間，後果必定是觸電及影響列車行駛甚至產生列車碰撞。但侵入行車空間只要高度未達電車線範圍則不會侵入電車線空間，達電車線則後果同前，未達則後果為列車碰撞。

- (1). 吊掛作業：各種方式中以吊掛作業風險值最高，其作業流程如下

- ①為避免誤觸高壓電車線造成人員觸電，機具必需接地，使用接地線將其與鐵軌之回流軌互相連接。
- ②作業時依瞭望員之任務、配置、執行要領(附錄三)設立瞭望員監視火車有無通過，瞭望員配戴安全帽、穿著反光背心、攜帶警示旗、口哨、對講機及行車時刻表等配備，負責列車監視工作。
- ③自列車接近到通過期間，應即通知吊車操作手停止操作，以防止操作不慎或意外，而危及行車安全，俟列車通過後，始得繼續動作。
- ④為求安全前項工作同時以無線電通知指揮手、工程(軌道)管理者，引導員(誘導員)，指揮手立刻指揮吊車之操作手停止作業，避免吊掛作業誤入區間造成火車撞擊之意外事故。

流程：緊鄰鐵路吊掛作業→派瞭望員→操作手使機具接地→瞭望員監視→火車接近→瞭望員通知操作手或指揮人員停止操作→火車通過→繼續吊掛。詳見下列圖 23

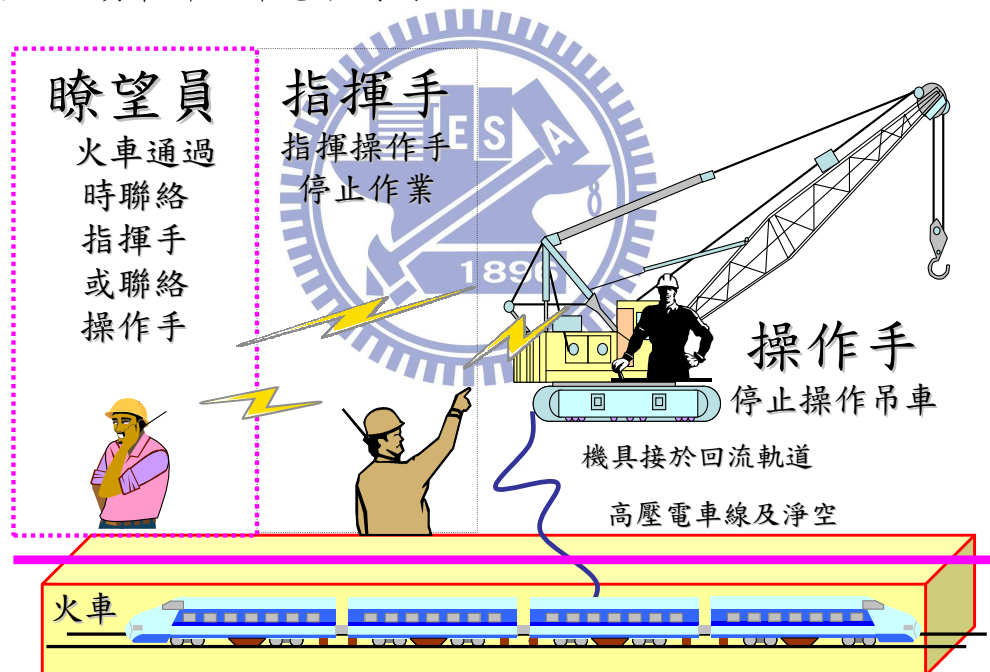


圖 23 吊掛作業示意圖

(2). 限高門失誤使車輛侵入電車線空間

限高門如圖 24，因工地緊鄰鐵路，各工程車輛均會通過平交道，若車輛及其設施或載貨超過限高門時將卡在架上，不使車輛誤碰高壓電車線，因此工地進出平交道有簡易限高門的施作規定，若限高門失效(損壞或高度太高)則有車輛侵入電車線空間產生觸電的危害，因此提醒司機注意限高門高度是非常重要的環。



圖 24 限高門

- (3). 物品的掉落或侵入：高架橋施工、吊掛作業、緊鄰鐵路沿線的基樁作業都會產生物品掉落侵入行車空間，若將電車線打斷，將引起火車停駛之意外，若掉落物品很大又在鐵軌上，可能會引起火車出軌之意外，另外基礎施作時，若鐵路邊圍籬之防溢座失效，其泥流會流入鐵軌，輕則造成號誌短路使火車無法行駛，重則會引起火車出軌之意外，又物品放置於鐵路邊之圍籬旁時，如基樁之鋼筋籠等重物，在固定失效時會不慎滾入鐵路行車空間造成火車碰撞或出軌之意外，如圖 25 所示非常的危險。



圖 25 緊鄰行車空間堆放物品圖

- (4). 人員入侵：人員因施工、測量、引導、維修、裝置等因素，都會進入鐵路行車空間操作，若教育訓練、危機意識、不良環境、生病不適、醉酒暈眩等因素，未在火車通過時閃避，往往發生傷已等意外，此一項風險占相當大的比例。

經由前述(1)至(4)可得出危害因子資料，利用 5W2H(Who 人、Why 事、When 時、Where 地、What 物、How 如何、How much 損失)來初步歸類危害因，並整理如表 6，其目的除了製作 FMEA 表時方便聯想找出事故的關聯。

表 6 初步歸類 5W2H 表

項	5W2H 相關項目
人	駕駛、操作手、指揮手、瞭望員、一般工人
事	侵入火車行車淨空、侵入高壓電車線之淨空；其中電車線之淨空，含高壓電車線上下各 1.5M。軌道淨空，為軌道中心側 5M。侵入電車線之淨空必定侵入行車淨空，但侵入行車淨空未必侵入電車線之淨空。
時	遠因(教育、訓練、檢修)、近因(疏忽、故障)、發生之歷時狀況。
地	靠近鐵路專行空間之施工場所。
物	機具(吊車、吊卡車、怪手、卡車、施工車)、物料。
如何	機具侵入、吊物侵入、物料侵入、人員侵入，使用 FMEA 分析。
損失	跳電、碰撞、人傷亡、電車線斷裂及機具車輛損壞產生營運損失、人員傷亡、工期損失。

4.2 危害分析

上一階段資料細部過程使用失誤模式及影響分析 FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)加以分析，並加上 5W2H 以利轉換為因果樹時之聯想，並且在後續分析中的事件樹分析。

最重要的如何為各失誤樹與事件樹發生的關聯要使用 FMEA 來進一步分析，在表 7 之侵入行車空間 FMEA 表中，項目為失誤樹的主要失效形態、失誤型式為次要失效形態、失誤可能原因為事故的遠因或近因、失誤造成的影響在後續的分析中非常重要，屬於事件樹中最後之損失，其中頻率為事件發生次數。

4.2.1 製作 FMEA 表

FMEA 填寫說明：

1. 在表 6 中的如何，可見 4 種侵入方式，列為 FMEA 表主要項目。
2. 主要項目之可能原因依人、物、地三方來進行細部考量，。
3. 失誤造成的影響為表 6 之損失，依性質予歸類。
4. 頻率由附錄一之統計資料來計算。
5. 依發生的頻率來決定嚴重度。
6. 最後提供一般性的建議改善措施。

表 7 侵入行車空間 FMEA 表

項目	失誤型式	失誤可能原因	失誤造成的影響	發生頻率	嚴重性	建議改善措施
機具	吊掛作業侵入	人員操作、指揮、溝通不當	電車線短路或列車碰撞	8	最高 機具車輛損毀 人員傷亡	教育訓練
		機具錯誤或故障	電車線短路或列車碰撞或列車碰撞	3	中 機具車輛損毀 人員傷亡	教育訓練
		桁架或鋼索斷裂	電車線斷裂或列車碰撞	2	低 機具車輛損毀 人員傷亡	檢查維修
	機具傾倒	吊掛物品超過吊車負荷	電車線斷裂或列車碰撞	3	中 機具車輛損毀 人員傷亡	檢查維修
		地基不穩	電車線斷裂或列車碰撞	1	低 機具車輛損毀 人員傷亡	巡查 地質改善
	動力車輛侵入	人員失誤	列車碰撞	7	高 車輛損毀人員 傷亡	教育訓練
物料	堆放或產物侵入	固定不當或失效	列車碰撞	1	低 列車損毀人員 傷亡	檢查 加強固定
		防護失誤	列車碰撞	1	低 列車損毀人員 傷亡	檢查維修 防護增強
人員	人員侵入	疏忽	列車碰撞	6	高 人員傷亡	教育訓練

註：(1). 嚴重性依發生次數大致分為：

最高(9~8)、高(7~5)、中(4~3)、低(2~1)、四項分類。

(2). 建議改善措施為一般性之建議，創新方法於本文後介紹。

4.2.2 將 FMEA 表轉為失誤樹
 首先將表中項目建立為失誤樹如圖 26

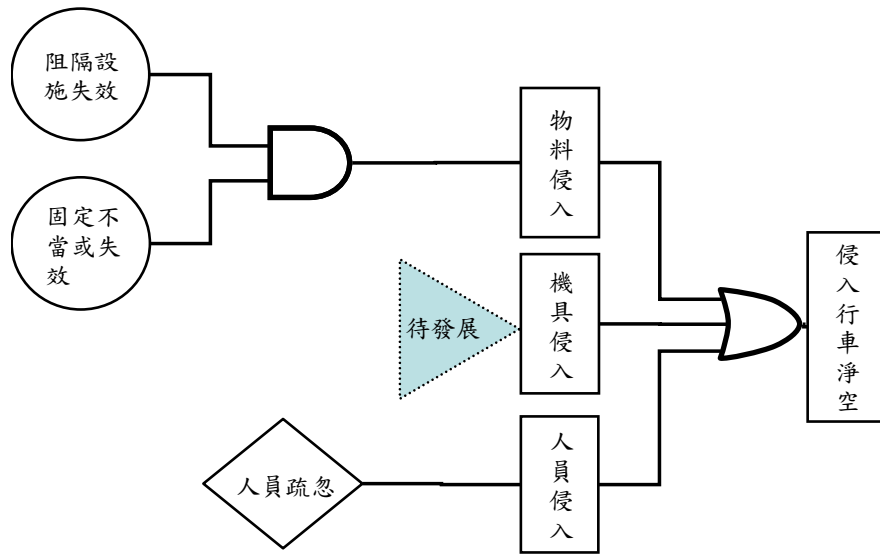
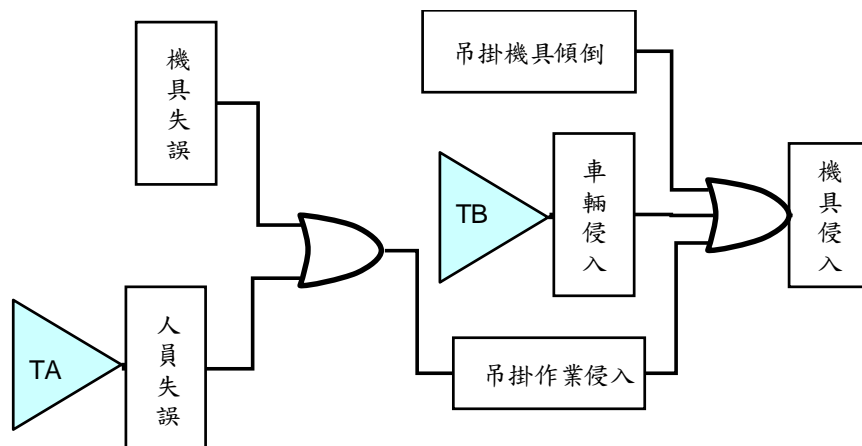


圖 26 初步建立之失誤樹

1. 圖 26 中因機具侵入形成原因複雜，先將 FMEA 表中相關各項目列如表 8，接依序來製作失誤樹如圖 27，另人員疏忽應以 HRA 來分析，在此當成單一事件來分析。

表 8 機具失誤型式表

項目	失誤型式	失誤可能原因	進一步分析
機具	吊掛作業侵入	人員操作、指揮、溝通不當	代號 TA
		機具錯誤或故障	無
		桁架或鋼索斷裂	無
	機具傾倒	吊掛物品超過吊車負荷	無
		地基不穩	無
動力車輛侵入	人員失誤	代號 TB	



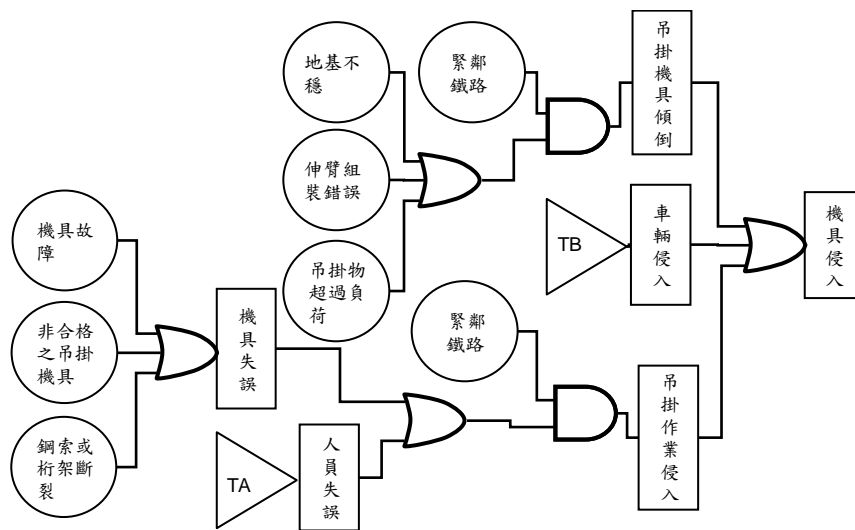


圖 27 機具侵入初步分析失誤樹

2. 將上面失誤樹中應進一步分析之 TA 及 TB 分析如圖 28

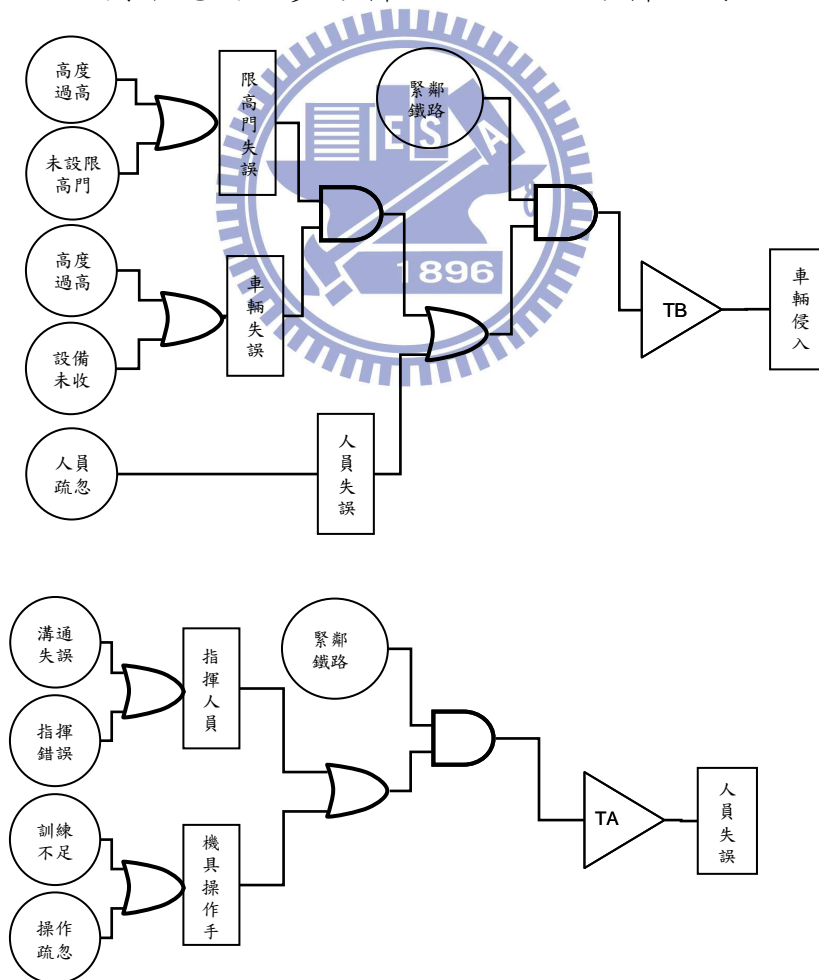


圖 28 機具侵入詳細分析失誤樹

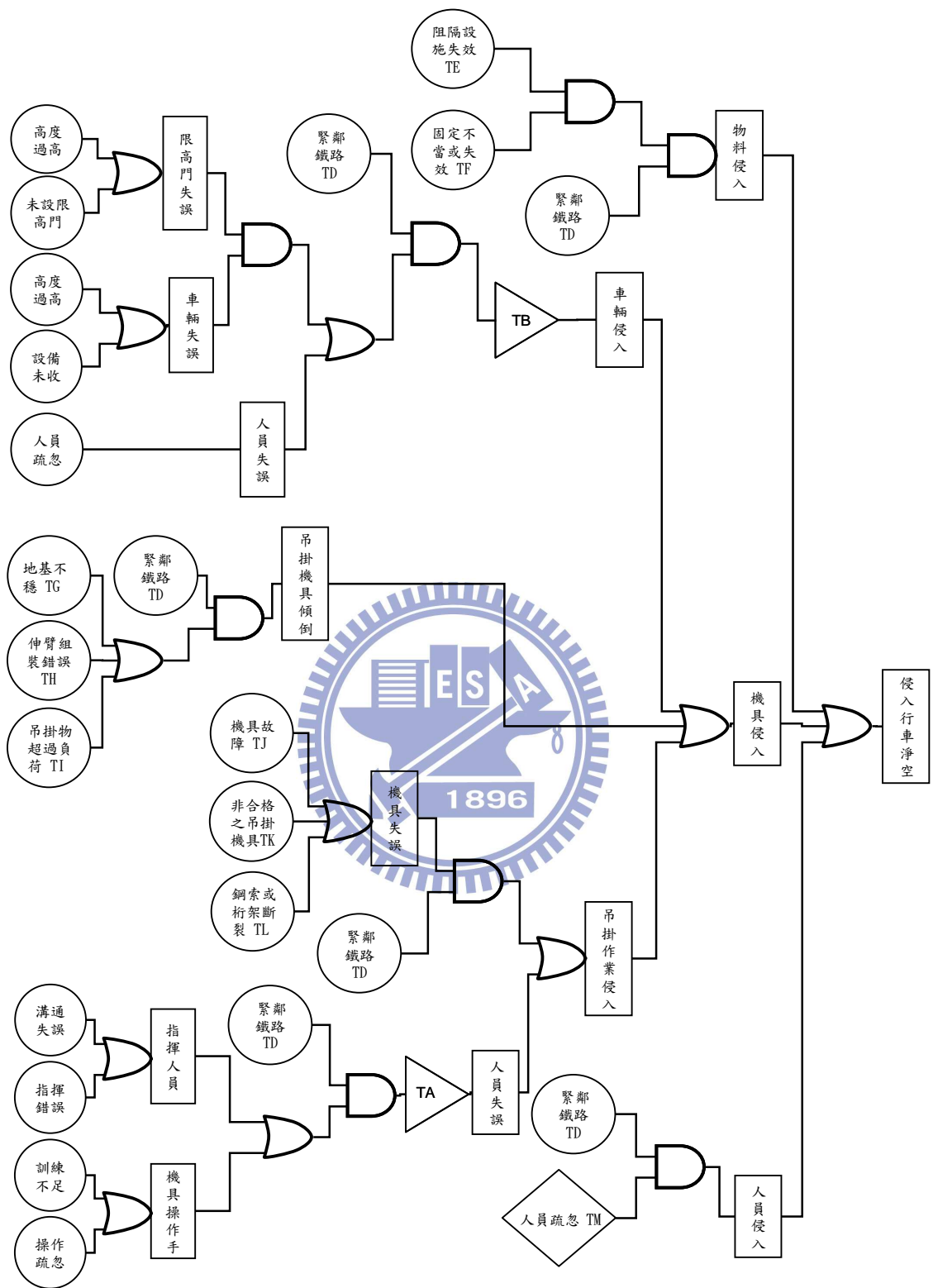


圖 29 組合後之失誤樹

3. 組合失誤樹如圖 29，利用此樹進行布林代樹之化簡，侵入行車淨空
 $=TD(TE \cdot TF) + (TD \cdot TB) + TD(TG+TH+TI) + TD(TJ+TK+TL) + (TD \cdot TA) + (TD \cdot TM)$
 應用分配律及吸收律可得下式如可 30。
 $=TD\{(TE \cdot TF) + TB + TG + TH + TI + TJ + TK + TL + TA + TM\}$

4. 利用簡化的式子進行失誤樹的簡化使圖型精簡，並進行發生頻率的排序：

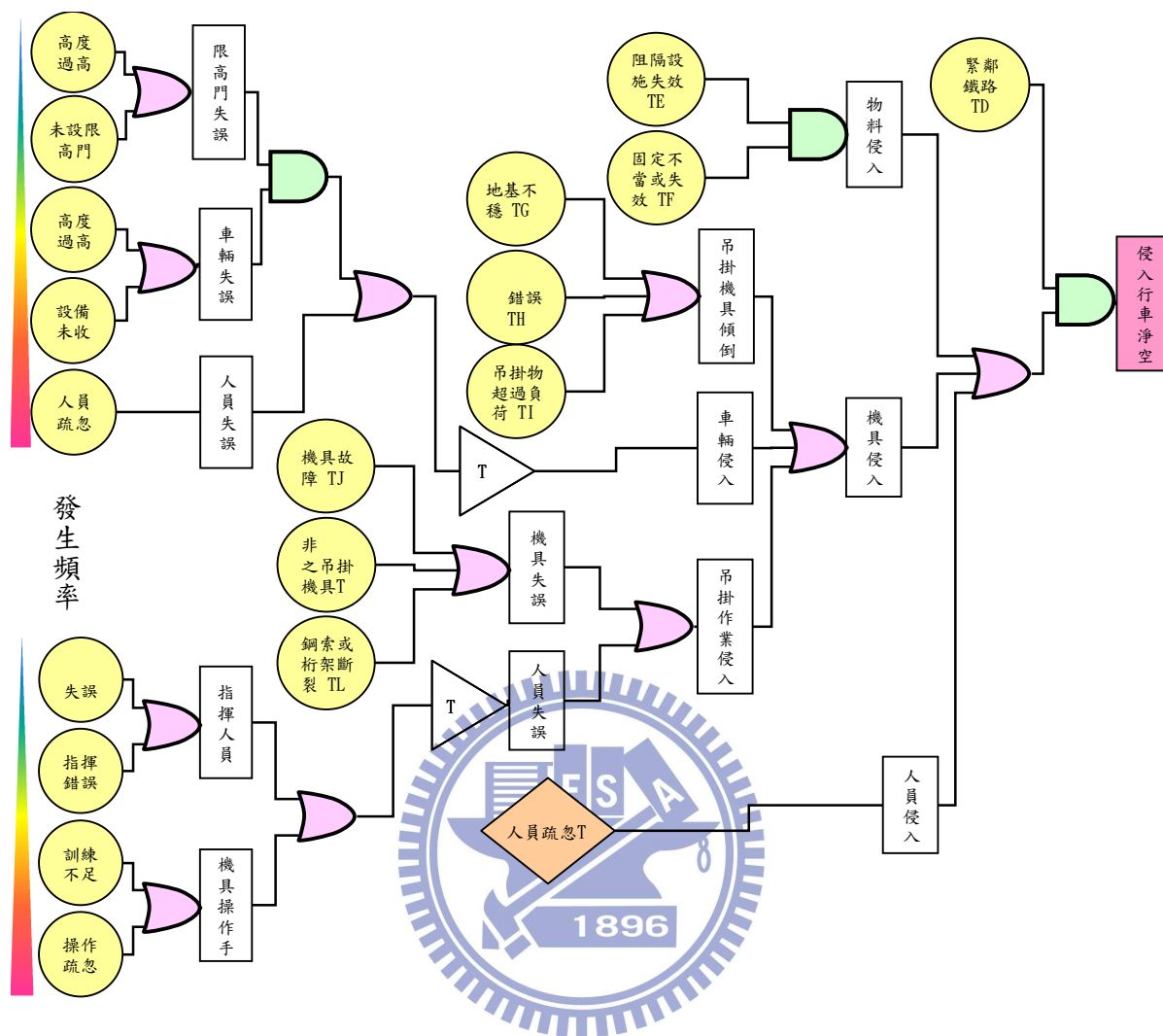


圖 30 化簡並排序後之失誤樹

4.2.3 依 5W2H 聯想表建立事件樹

表 9 事件樹之 5W2H 聯想排序表

項	5W2H 相關項目	排序(說明)
時	遠因、近因、發生之歷時狀況。	事件前後依據(P1~P4)
人	駕駛、操作手、指揮手、瞭望員、一般工人	P1 單一(人或非人)
事	侵入火車行車淨空、侵入高壓電車線之淨空	P2 複雜事件(TS)
物	機具、物料及有無接地。	P3 單一(有或無)
地	靠近鐵路專行空間之施工場所，火車有無經過	P4 複雜事件(TC)
如何	何種情況侵入電車線空間及何種情況火車經過而機具沒有停止。	TC 及 TS 失誤樹(分析之依據)
損失	跳電、碰撞、人傷亡、電車線斷裂及機具車輛損壞產生營運損失、人員傷亡、工期損失。	結果(依統計資料分析其損失金額)

1. 利用 5W2H 圖表製作初步之事件樹如圖 31

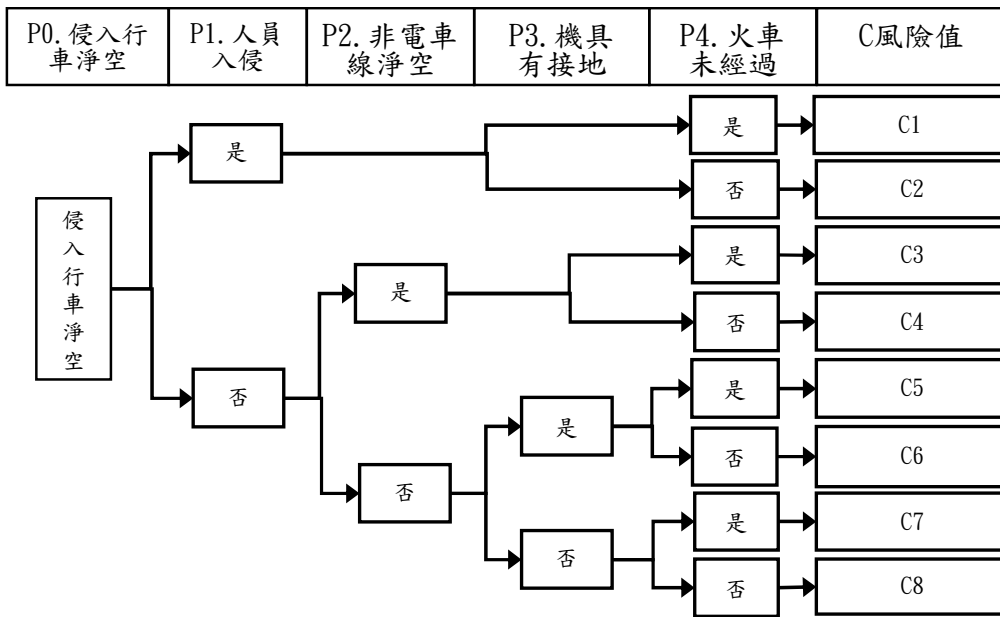


圖 31 初步事件樹

2. 將應細部分析之失誤樹、發生的機率、後果的組合以填入圖 32 成為完整的事件樹，其中 TS 與 TC 為需進一步分析項目。

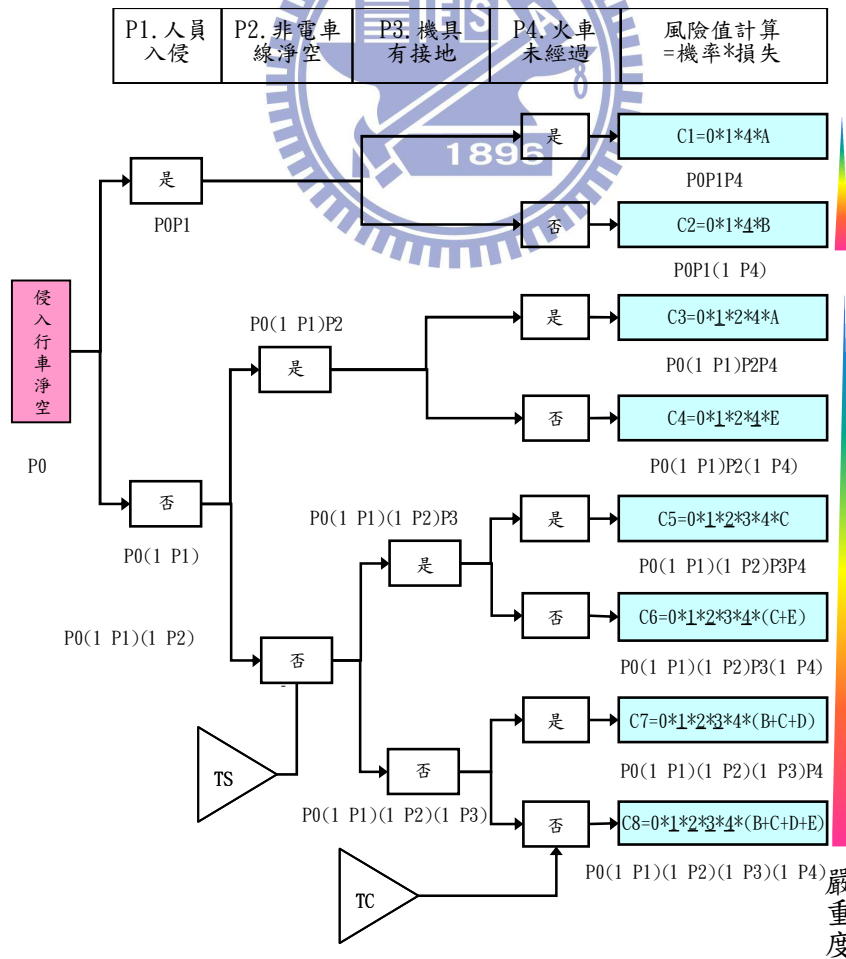


圖 32 完整之事件樹

說明如下

- (1). A 安全、B 人員傷亡、C 火車斷電、D 機具損壞、E 火車損壞。
 - (2). C1 至 C8 為損失的 8 種組合，由上述 A 至 E 組合。
 - (3). P0 至 P4 為各事件的機率。
 - (4). 嚴重度由上至下排序，後果最嚴重排於最下。
3. 事件樹中 P2 及 P3 為是與否兩狀況不用分析而 P2 及 P4 成因(TS 及 TC)複雜繼續依失誤樹分析的步驟進行細部分析，其中 TC 為火車經過機具未停之失誤樹如圖 33，而 TS 為侵入行車淨空之電車線淨空之失誤樹如圖 34

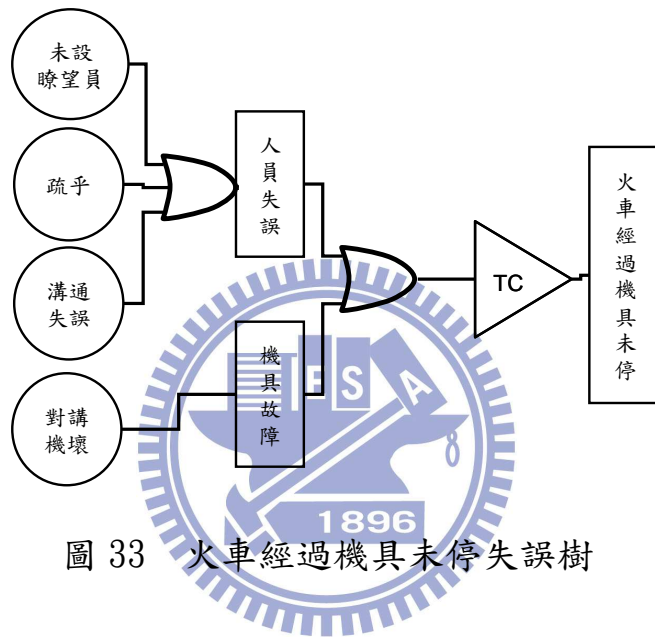


圖 33 火車經過機具未停失誤樹

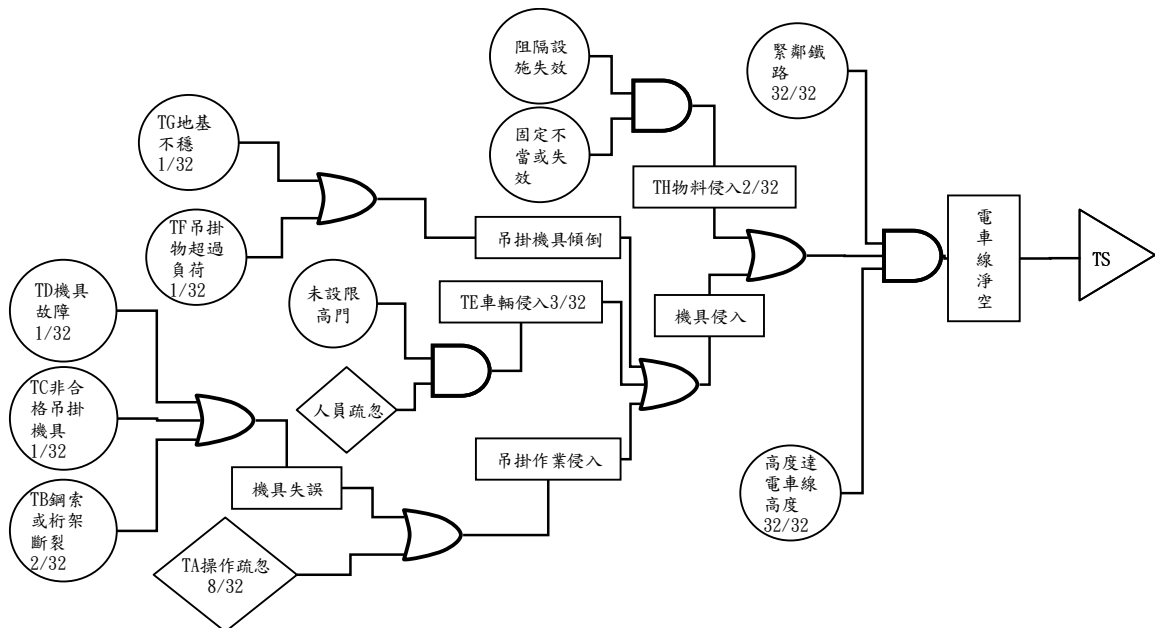


圖 34 產生侵入電車線淨空之失誤樹

4. 將各事件發生的時序製成橫向圖 35 之時序圖

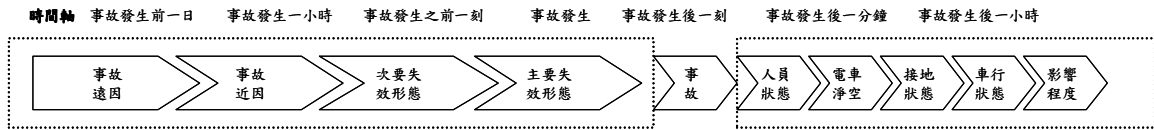
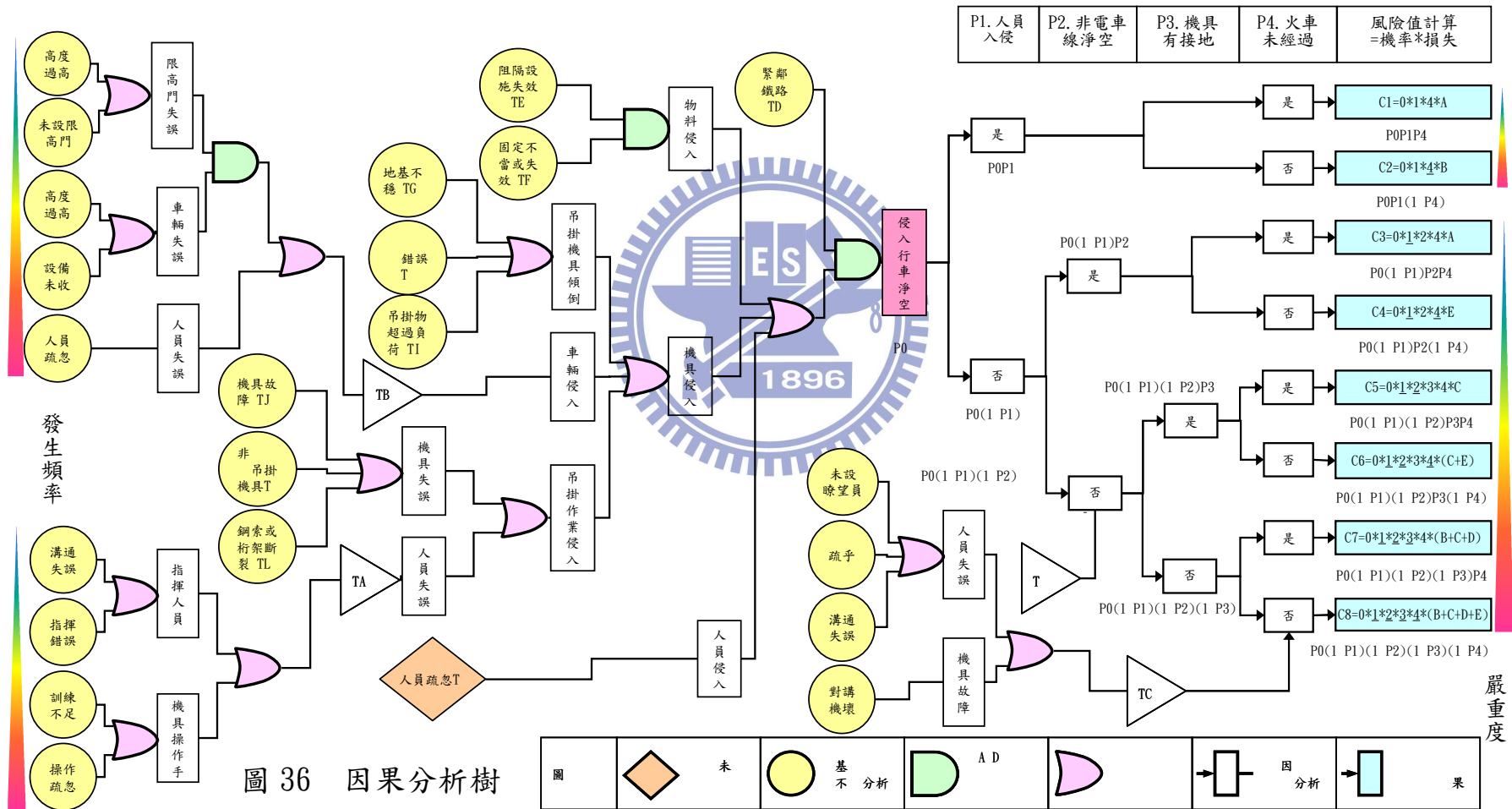
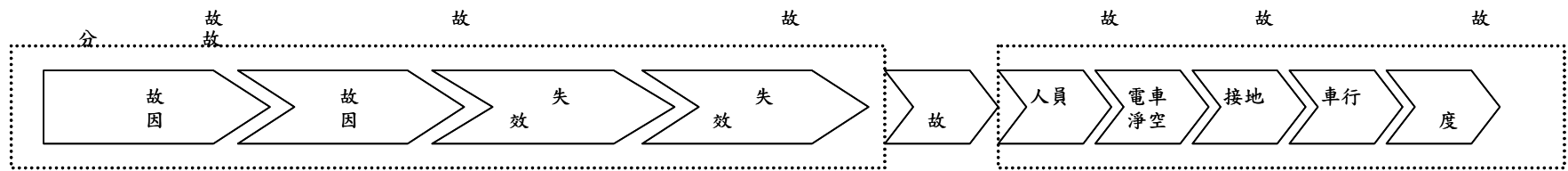


圖 35 時序圖

4.2.4 建立因果樹

將上述各圖表組合起來形成因果樹，圖 30 失誤樹為因果樹之左邊，圖 32 之事件樹為因果樹之右邊，圖 35 為最上層之時序圖，另將圖例說明標上顏色並列於圖下，組合後如圖 36，說明如下。

1. 圖中 TA 至 TM 為可找出發生次數之項目，其發生次數的統計來源為附錄一，而其細部資料如附錄二表 1。
2. 本案例最核心事件為「侵入行車淨空」，位於圖型的中間位置，左側為產生核心事件之失誤樹，各事件發生機率由上而下相對排列並加上三角線圖，以概略標明其發生機率大小。
3. 圖中右側為事件樹，其各細項說明如下：
 - (1). 推演至最右側的結果列有 C1 至 C8 為損失的 8 種組合，由 A 至 E 與 P0 至 P4 組合而成。
 - (2). P0 至 P4 為各事件的機率，P0 為侵入行車淨車空之機率、P1 為人的侵入機率、P2 為侵入電車線淨空的機率、P3 為機具有接地的機率、P4 為侵入事件發生時火車沒有經過的機率。
 - (3). A 至 E 項為各種損失的情況：A 安全、B 人員傷亡、C 火車斷電、D 機具損壞、E 火車損壞
 - (4). 嚴重度由上至下相對排序，後果最嚴重排於最下並加上三角線圖，因 C1 及 C3 為安全無事故以三角線圖最小點來標明。
4. 圖中三角型 TA、TB、TC、TS 為需進一步分析項目，因 TS 的進一步分析資料太大無法納入圖型中，詳見圖 34。
5. 本圖之詳細解說與後續計算置於附錄二。
6. 圖中各計算之公式建立於附錄六 EXCEL 檔中，使用超連結，點二下即可展開 EXCEL 檔進行追蹤與修改。若轉為 PDF 檔無法連結亦可使用附錄二之條列程式來進行修改。



4.3 風險評估

風險評估必需製作風險曲線(Farmer risk assessment curve)，而風險曲線必須計算機率、損失再互乘得出風險值。

4.3.1 機率、損失及風險計算

可由圖 36 因果樹得出機率、損失及風險計算，其計算式、計算過程、項目說明詳附錄二，其結果如表 10。

表 10 機率、損失及風險表

狀況	組合	組合說明	機率 (次/日)	直接損失		全部損失(註 2)	
				損失 (萬元)	風險值 (元/日)	損失 (萬元)	風險值 (元/日)
C1	A	安全	6.24×10^{-4}	0	0	0	0
C2	B	人員傷亡	2.44×10^{-4}	200	487	600	1462
C3	A	安全	1.09×10^{-3}	0	0	0	0
C4	E	火車損壞	4.27×10^{-4}	499	2133	1975	8442
C5	C	火車斷電	1.54×10^{-3}	59	906	348	5346
C6	C+E	火車斷電 +火車損壞	6.00×10^{-4}	558	3350	2323	13946
C7	B+C+D	人員傷亡 +火車斷電 +機具損壞	6.40×10^{-5}	325	208	1039	665
C8	B+C+D+E	人員傷亡 +火車斷電 +機具損壞 +火車損壞	2.50×10^{-5}	824	206	3014	754

註：1. 利用附錄六 EXCEL 表格建立計算式後即可輕易的計算各風險值。
2. 全部損失為含台鐵求償之損失，因台鐵求償僅有金額無細項資料無法進行分析，故供比對參考之用，製圖如圖 38。

1. 由表 10 可知風險大小的排列， $C6 \rightarrow C4 \rightarrow C5 \rightarrow C2 \rightarrow C7 \rightarrow C8 \rightarrow C3 = C1 = 0$ ，最高為 C6、C4，次高為 C5、C2、較低為 C7、C8 而 C1 及 C3 為安全。
2. 平均風險值為 $C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8 / 8 = 911$ 。
4. 應用表 10 進行下一階段，風險管制曲線繪製如圖 37。

4.3.2 繪製管制曲線(Farmer risk assessment curve)

據表 10 將發生機率列為縱軸、損失列為橫軸，將各狀況製圖繪點於上，再將風險值相加平均後得圖 37 之 911 元/日平均值得出風險曲線，由風險曲線可知 C1 及 C3 的損失為 0 故屬於安全點不用進行改善，其它除 C7、C8 在平均值以下其它點都在平均值之上，而 C6 狀況風險值最高，故列為優先改善點，當此點改善後再進行評估，依評估結果接著進行其它點的改善。而全部損失之風險曲線圖如圖 38，與 911 元/日風險曲線完全相同，只是損失點位向右移，其平均風險值為 3827 元/日，值得注意的是其風險之高遠超可接受範圍，故保險公司不承保[2]。

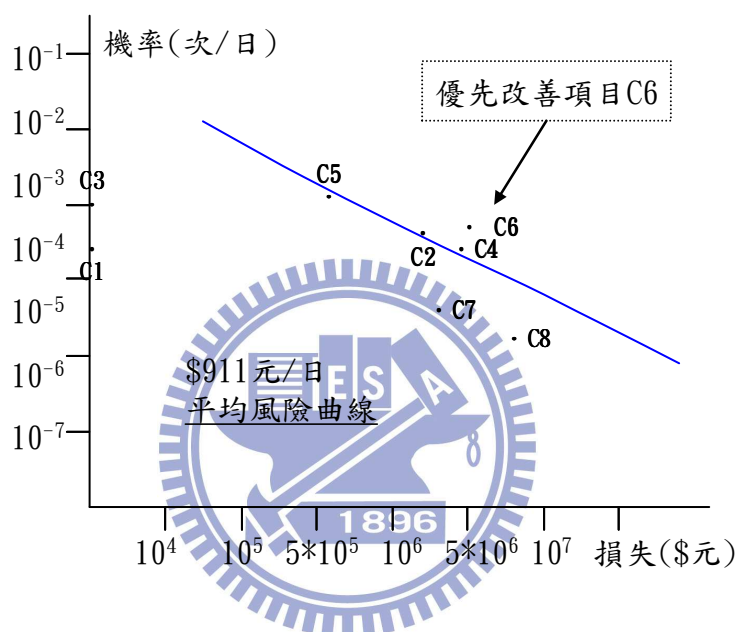


圖 37 直接損失風險管制曲線圖

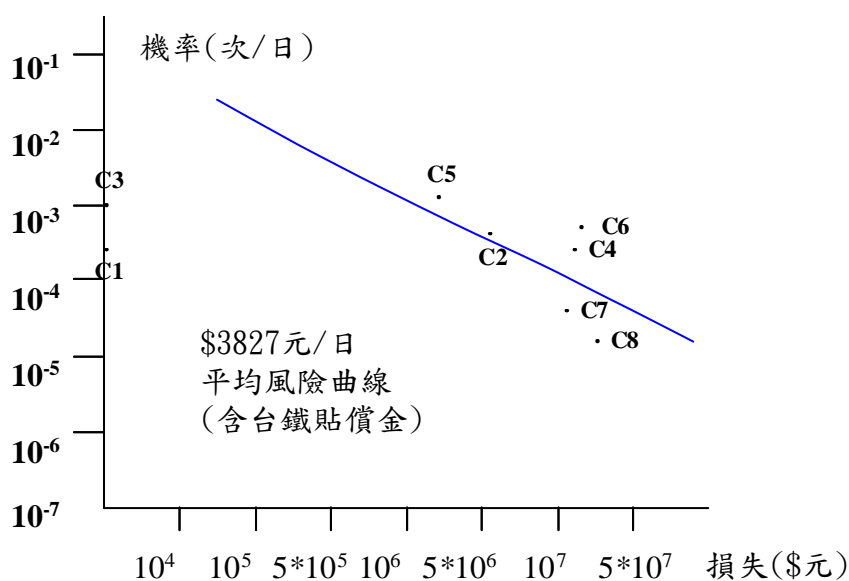


圖 38 全部損失風險管制曲線圖

4.4 風險改善

首先以 C6 點(風險值最大)為目標，進行改善。

4.4.1 最弱點 C6 的風險改善

由圖 31 因果樹可知，因監視作業出錯導致侵入行車淨空且火車經過產生 C6 事故，應用心智聯想圖分析主要原因如圖 39 所示。

1. 經由聯想圖得知溝通不良是主要原因，接著進行矛盾列表(表 11)，進行創意聯想。

值得注意的是心智聯想圖是因人而異的，此圖為作者依

(1). 個人二十年之鐵路改建工程勞工安全衛生工作經驗。

(2). 鐵路改建工程圖說、法令及規定之收集比對。

(3). 經常與現場有安衛工作經驗之同仁之訪談資料。

(4). 相關論文與類似工程資料之收集研究。

借由上述(1)至(4)的各項資料綜合後並予以圖示化得出圖 39，此圖不同之人來製作其結果亦不相同，在創意的範圍中此為合理，因創意本來就是一種開前人之所未發現之研論結果，自然無範例可循，因此每個人所製作之心智圖必不相同，本文提出心智圖主要是使心智的連想與創意有可依循之方向可進行，故圖 39 之心智聯想圖與表 11 之設計矛盾列表無法使之邏輯化之原因即在此。

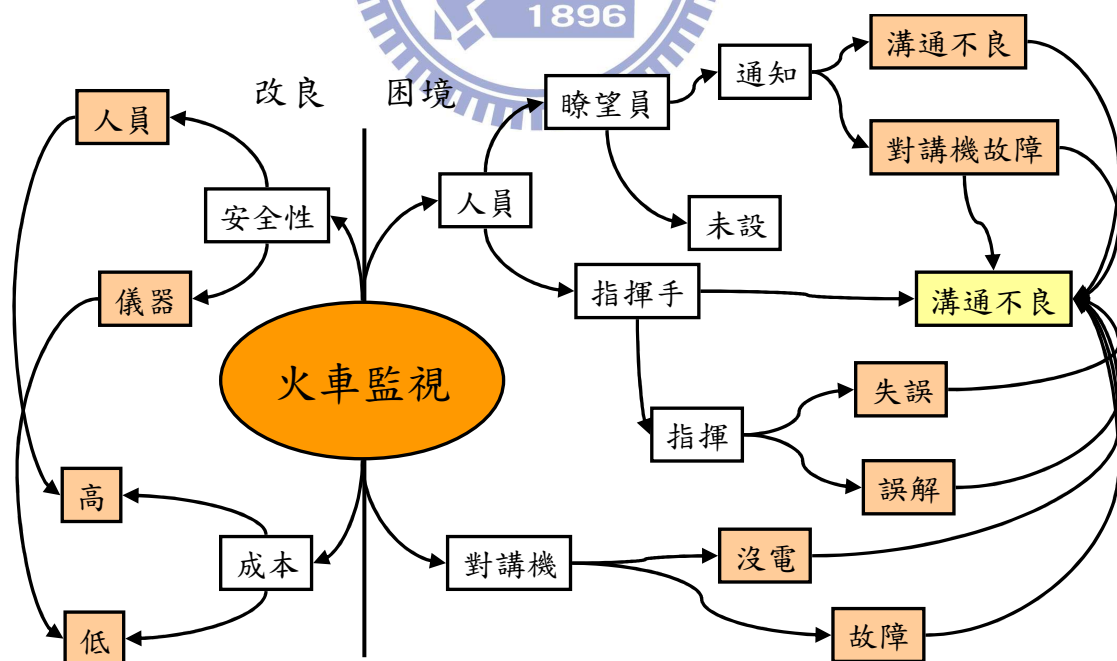


圖 39 心智聯想圖

表 11 設計矛盾列表

項目	缺點	改善	優點	保持	本質安全 改善創意
人員	未設瞭望員	替代方式	省成本	降低成本	取代-使用 監視器
	人員疏忽	教育訓練	無	無	狀況清晰-責任制、定時回報 強化-裝設 監視器
	溝通失誤	教育訓練	無	無	操作控制-統一或簡化語法。 防愚-裝設 監視器
機具 (對講機)	易故障或沒電	維修備用電源	遠程連網	可遠程服務	強化-太陽能或備用電池。 取代-加設 監視器

將創意結合本質較安全之項目，強化、取代、減弱、限制為最其本之項目，而我國學者增為 10 項[13]，由文獻[30]了解其最終目標為增加安全範圍，增加 AND 閘，阻止骨牌效應，經腦力激盪創意過程後如表 11，可知加設監視儀就可免除各項缺失且符合本質較安全理論，取代(取代人為監視)、避免骨牌效應(增加安全屏障)、狀態清晰(監視器比人監視明確)強化(監視器可強化監看作業)五大項。市面上監測儀器很多，但多為光電式及震動式，今光電式取雷射式與震動式開關來進行評估。

2. 接著進行可靠度的計算來評估監視儀器，原如圖失誤樹如圖 40

- (1). 監視儀器是使用各自動開關進行監控作業，因火車每日最大通行量為每 3 分 1 班，故 1 小時 20 班，1 日 480 班的最大量來計算，每日開關會動作 480 次，為了安全取保守值，依 CNS7621 中等級 3 型可耐 1 百萬次動作開關來計算約 $1000000/480=2083$ 天就會故障 1 次，故約推算可靠度為 $1/2083=4.8 \times 10^{-4}$ ，
- (2). 現在再取最保守值每 100 天就會故障來計算其可靠度為 $1/100=10^{-2}=0.01$ 由圖 12 知失誤機率為 $PC=1-P4=0.281$ ，加裝監視儀自後由 0.281 降為 0.00281，其可靠度仍大幅提高如圖 41。
- (3). 震動開關壽命達 2 百萬次(附錄六)。
- (4). 雷射光電開關壽命達 1 千萬次(附錄六)。

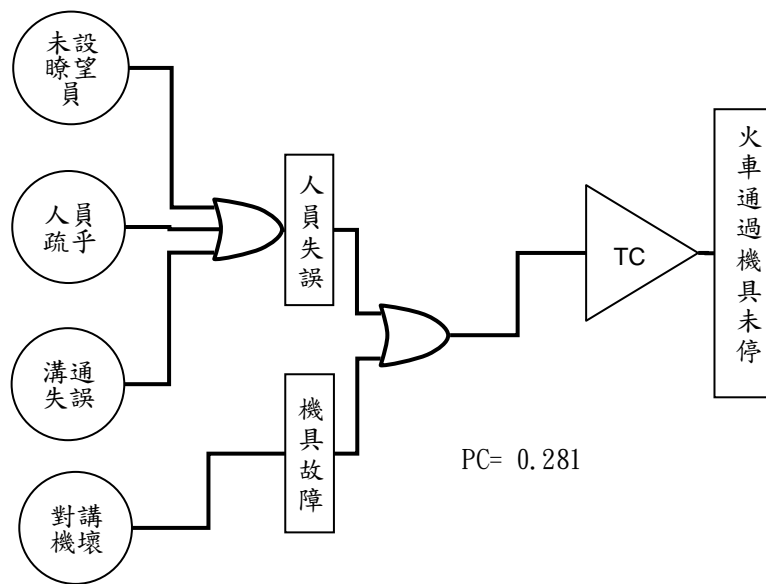


圖 40 改良前 TC 點失誤樹

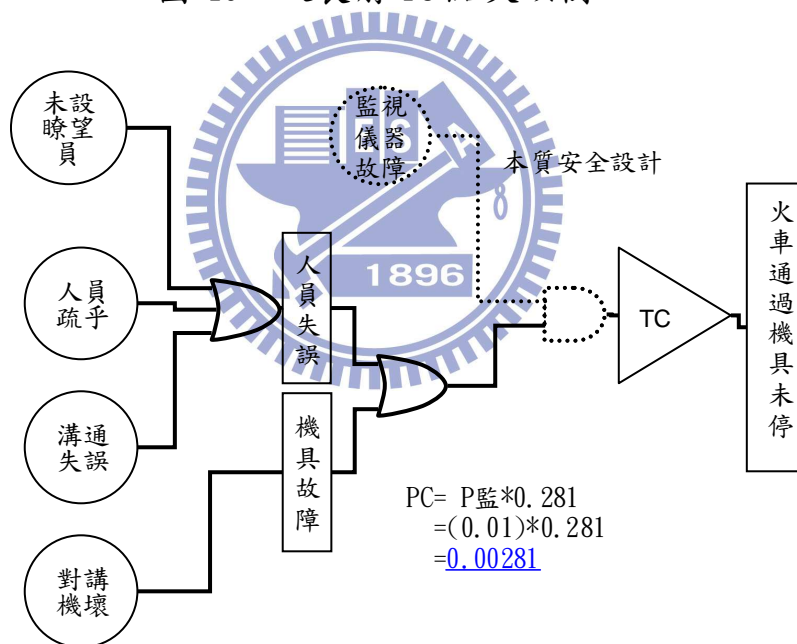


圖 41 改良後 TC 點之失誤樹

3. 選用監測儀器

- (1). 本文參考市售之監視儀器有雷射光電開關、震動開關等，因方案超過 2 個故進行方案選擇，列表法或以 AHP 法考量合適方案。一般是使用功能價格比較表來比較，但兩者的功效與價格相當的接近，故需利用其它考量指標來評斷，其裝設如圖 42。
- (2). 由政府採購法 [16] 得出採購可考量項目有：價格、技術、品質、

功能、履約地、商業條款、評分或使用效益等項目。再依此來進行考量項目的決定，價格要便宜，技術上要易於裝設、品質要好減少維修、功能要靈敏，而履約地、商業條款、評分三項此處不適用，最後使用效益要能確實可靠監視火車通過，故由上可化為下列可靠、價格、效能、裝設、維修 5 項為儀器選購的考量項目，將各項目製成表，並詳細註明其的內容後，進行下一階段方案的選擇。

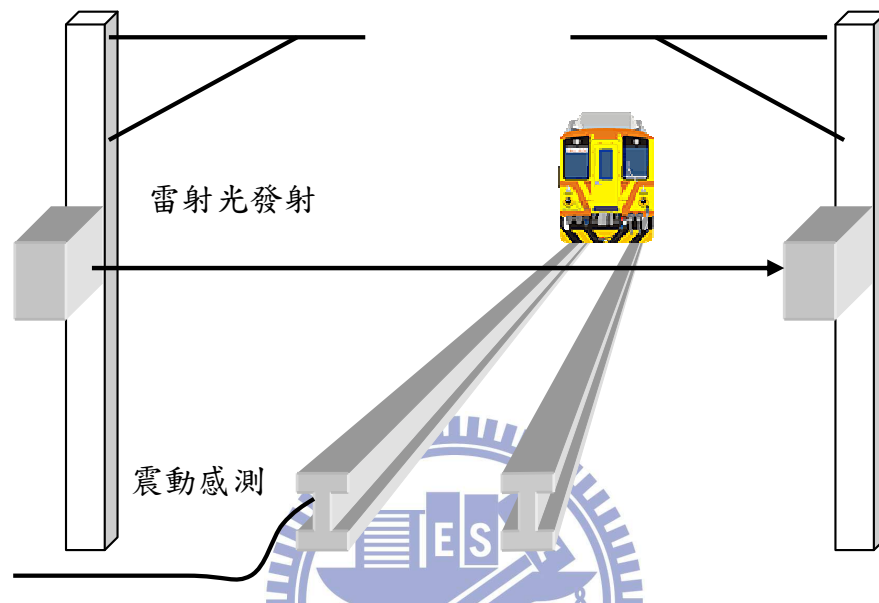


圖 42 監視儀器裝設系統圖

4. 列表選擇法，將考量項目列表，將其優點寫於其下並加一分，將各項得分平均後整理如下表

表 12 儀器選擇考量表

項目	雷射光電開關	震動開關
可靠	故障可得知 1	較差 0
價格	貴 0	便宜 1
效能	快又準確 1	需要震動 0
裝設	位置彈性大 1	軌道下 0
維修	軌道外容易 1	軌道內不易 0
得分	$4/5=0.8$	$1/5=0.2$

由表 12 可知應使用雷射光電開關，其優勢是震動開關的 4 倍。(附錄 6)

5. 應用 AHP (Analytical Hierarchy Process) 層級分析法進行評估，設計評估表，依下列程序進行。

- (1) 兩兩相比量尺表可分相同 1、有些重要 3、重要 5、很重要 7、極重要 9。值介於兩者之間則填中間值(如重要及很重要之間填 6)。
- (2) 第一層為目的，第二層為各比較項目，第三層為考量之儀器。
- (3) 向有 10 年以上安全管理專業人員 4 人說明各儀器的各考量項目內容後，將此表格交予填表進行評估，將各項平均後將平均值輸入附錄六之 EXCE 軟體後結果如表 13 所示，因本案之填表人員為現場工作 10 年以上之專業人員，雖採樣人員少但屬於專家問卷，仍具有代表性。

表 13 AHP 層級分析表

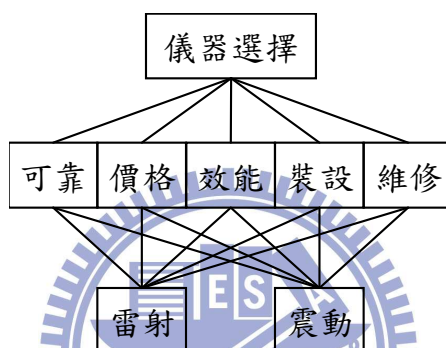


表 13 AHP 評定結果

結果	有一致性(無矛盾現象)	
評定	雷射 0.6792	震動 0.3208

由表 13 得出光電開關比壓力開關好上約 2 倍的結論，故選擇雷射光電開關儀器。另外因雷射儀器正常時有光線射出及接受而發出訊號，當火車經過遮光則無訊號知火車通過，故當儀器故障或沒有電力時則無訊號發出，吾人可得一直有火車通過進而判斷儀器故障或沒電，如此即使儀器故障亦安全，這一點相當符合本質較安全的原則，而使用監測儀器的其它方案則無此優點，另外如雷達測距儀、音波測量儀成本較高，若無成本考量可使用。經由前述程序改善風險後重新計算得出新的風險曲線圖如下經由前述的過程採用監視儀器後整體的風險值可由因果樹得知，改善監視作業不僅使 C6 點的風險值大幅降低，相關事件之 C2、C4、C6、C8 風險值亦由 487、2132、3350、206 下降為 5、21、33、2，經計算後整體風險曲線由 911 元/日降至 147 元/日，由圖 43 可知風險值大幅的降低故可靠度大幅提昇。

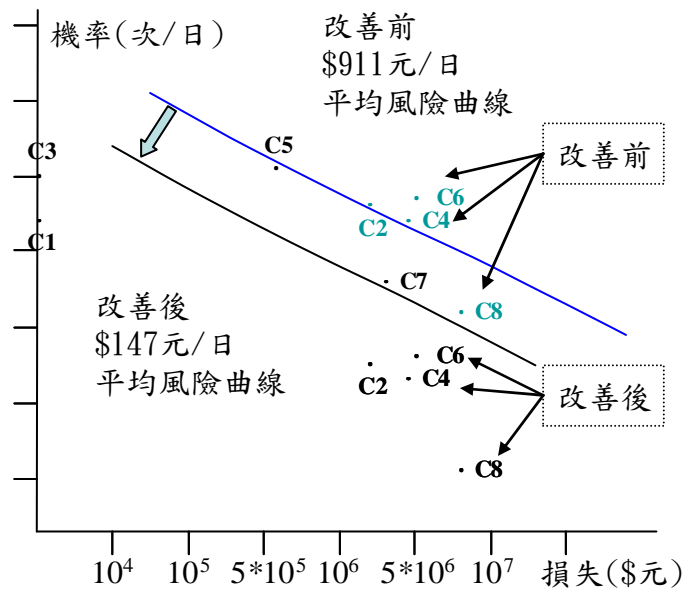


圖 43 改良後風險管制曲線圖

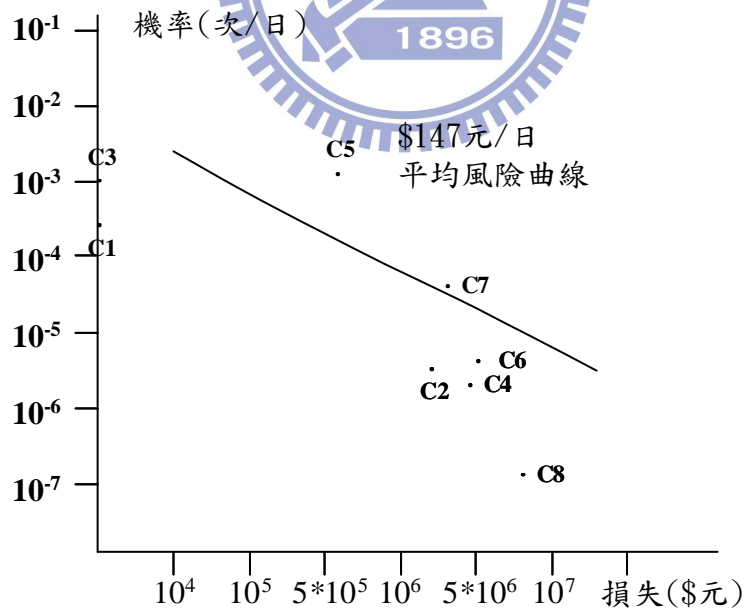


圖 44 裝監視儀器之風險管制曲線圖

由圖 44 可知經前述方式改善後 C5 及 C7 點的風險值變為最高，接著再進一步進行改善。

4.4.2 次弱點 C5 及 C7 風險改善

由圖 36 的因果樹可知，C5 點的產生是侵入鐵路淨空之事故並非人的侵入，其高度達高壓電車線的高度，而機具有接地並且火車沒有經過，後果為電車線因短路而產生斷電並影響火車的運行。C7 點的產生同 C5 點，唯一的不同是機具沒有接地，後果除了影響火車的運行，另有人員觸電及機具受高壓電的影響而故障。在圖 34 中因分析中成因 TS 並製作成失誤樹，今將其相關的後續發展組合後提出如圖 45。

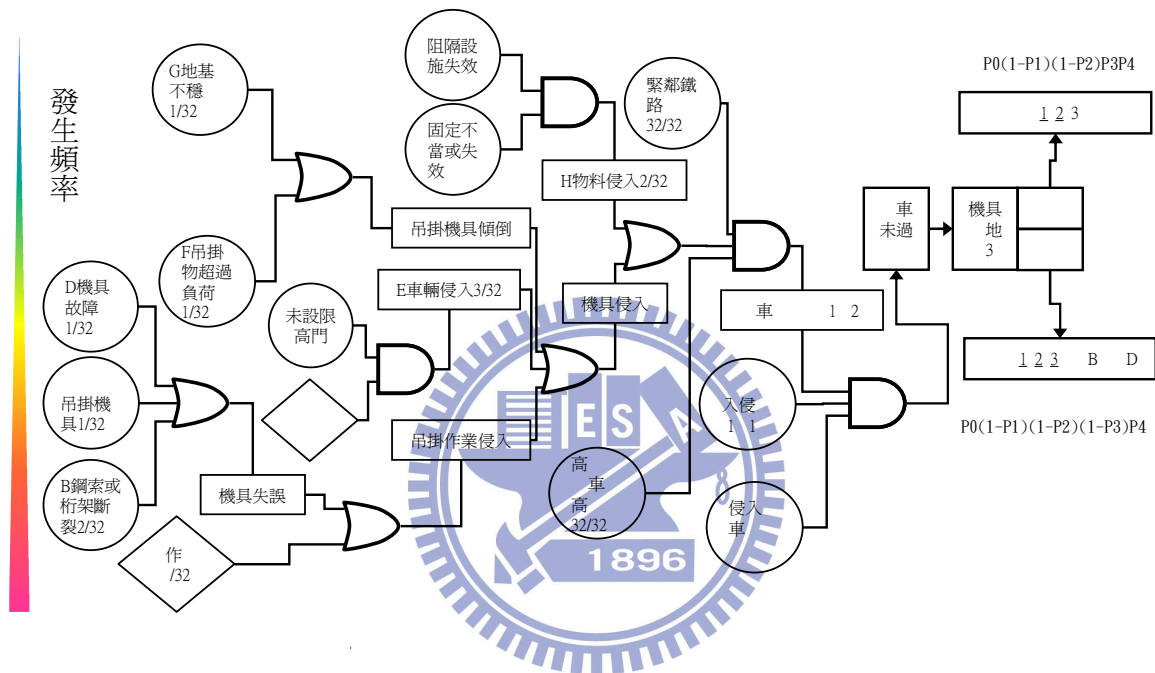


圖 45 侵入電車線淨空失誤樹圖

由失誤樹圖分析後可知侵入高壓電車線淨空(1-P2)事故的發生的各因素，在本圖中已將各因素依發生的頻率大小共 8 項並由 A 至 H 進行編號，全部發生事件 32 件，其中屬電車線淨空的有 19 件將各因素發生的次數除以全部發生的案件即得出機率，可提供後續的分析計算依據，接著使用本質較安全化設計結合創意方法來產生改善方案進行改善。

1. 進行心智圖聯想，將目的圈為中心，將危害因子列出如表 14

表 14 心智圖說明表

A 操作疏忽	色塊說明： 白色→媒介物或主因。 粉紅→事故原因。 藍色→人為事故。 青色→人為改善項目。 紫色→本質安全考量。 黃色→可行方案
B 吊具斷裂	
C 非合格吊具產生掉落	
D 機具故障	
E 限高門失效	
F 超負荷	
G 地基不穩	
H 物料入侵	

進行相依性的連接，最後將可能的改善方案亦同樣的進行聯接，其說明如 4.4.1，本案較複雜，最終方案為黃色方塊，如圖 46。

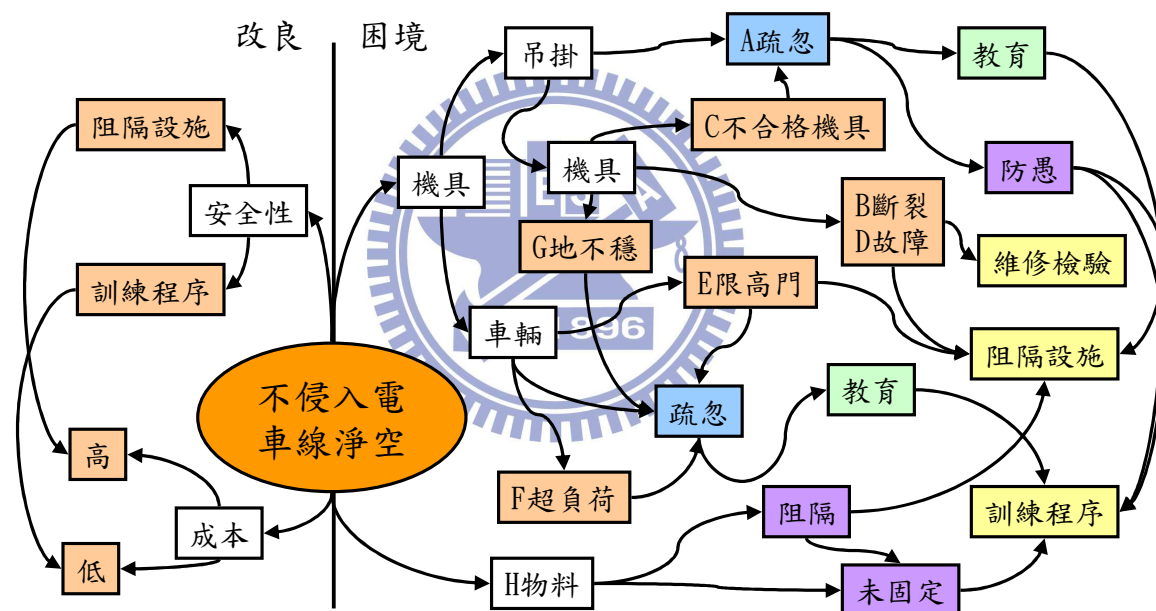


圖 46 不侵入電車線心智聯想圖

2. 由聯想圖中黃色區塊可知，將危害阻隔與訓練或程序改善即可解決困境，但前者的成本高後者的成本低，檢查與維修是(附錄三)原有的項目不列入討論，利用心智聯想圖，將目標集中於訓練程序及阻隔設施兩大項來利用質較安全策略繼續進行腦力激盪。

(1) 選擇適用之本質較安全策略：

強化、取代、減弱、限制影響、避免骨牌效應、防愚設計、狀態清晰、易於控制、操作項目。

(2) 全部發生事件 32 件，各機率及可用改善法如表 15。

表 15 本質較安質改善列表

項目	危害因子	機率	產生主要原因	可使用之本質較安全改善法
人員	A 操作疏忽	8/32	電車線空間不明、收副吊索時反彈	狀況清晰→使用警示提醒裝置 操作→改善收吊索程序 強化→使用阻隔設施
機具	B 吊具斷裂	2/32	吊具劣化、過負載	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
	C 非合格吊具產生掉落	1/32	吊具不合適	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
	D 機具故障	1/32	維修、檢查不確實	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
	E 限高門失效	3/32	限高門不明顯	狀況清晰→使用閃亮警示裝置
	F 超負荷	1/32	吊掛人員無判斷基準	操作程序→步測及單位重估 強化→使用阻隔設施
	G 地基不穩	1/32	軟弱地盤	強化→加設鋼板支撐面 強化→使用阻隔設施
	H 物料入侵	2/32	固定不實 防護失效	限制影響→固定物強度檢查 強化→使用阻隔設施
位置	緊鄰鐵路	32/32	調整位置	限制影響→吊車位置及堆物料位置 強化→使用阻隔設施
	高度達電車線	32/32	調整位置	操作程序→限高工法 強化→使用阻隔設施

3. 建立改善方案，由上表經由強化手段可改善所有情況，經過腦力激盪後，將全部行車空間以鋼構覆蓋是最理想的方式，但是成本太高，且只能利用夜間火車停止營運時以斷電封鎖方式施作工期極長，是不可行的方式。創意手法是在行車空間兩側施作軌道，裝上可自動行走的鋼構覆蓋，當有緊鄰鐵路工程出現時可前往施工地點進行防護，其成本大幅降低，並且設計成能承受作業中重量最高之連續壁鋼筋籠重量之強度以上，就可大幅降低出事機率。其方式如圖 48 所示

(1). 鋼構覆蓋改善方案



圖 47 鋼構示意圖

鋼結構計鋼構由厚薄不同的鋼板，經過下列流程成為鋼柱或鋼樑等不同之鋼構造。施作流程設如下

→鋼板進料→切割→開孔→銲接(cross, box)→成品→噴砂→上漆→運送→組立→完工。其完工後之整體圖類似圖 47，應用上如圖 48 所繪。

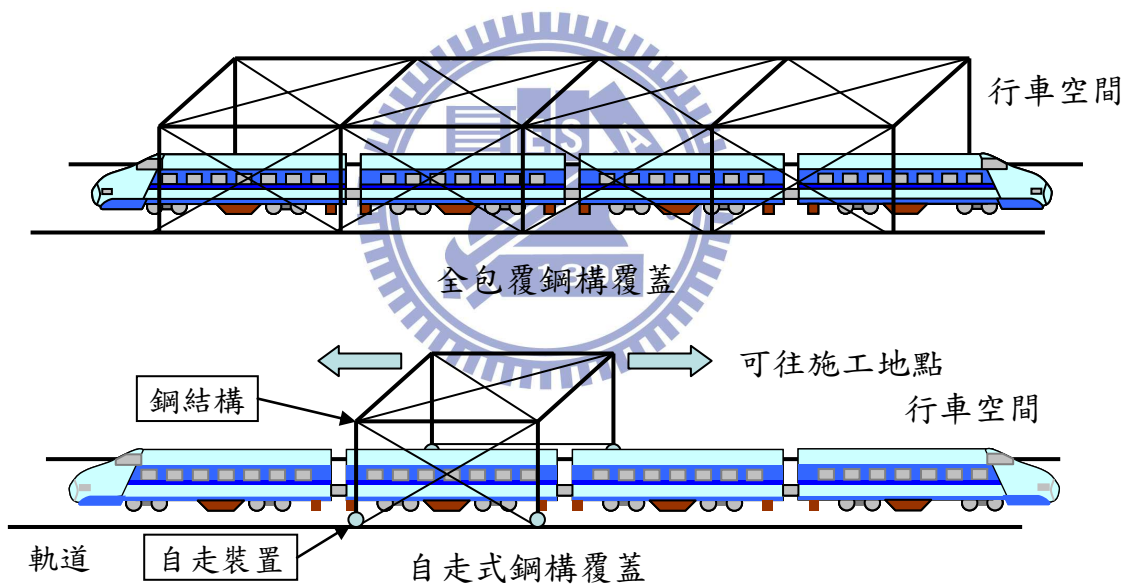


圖 48 行車空間之鋼構覆蓋示意圖

進一步加強以配合工地的各種狀況，如果是輕作業的防護，或是防止物品掉入行車空間，使用可捲動的防護網，附設於自走式鋼構覆蓋結構之上，如此不僅可大幅增加防護的面積，並且可省下許多成本，然應注意其強度及適用性，以免造成物體侵入行車空間造成短路與列車撞擊之事故，其輕作業使用防護網，如圖 49 所示。

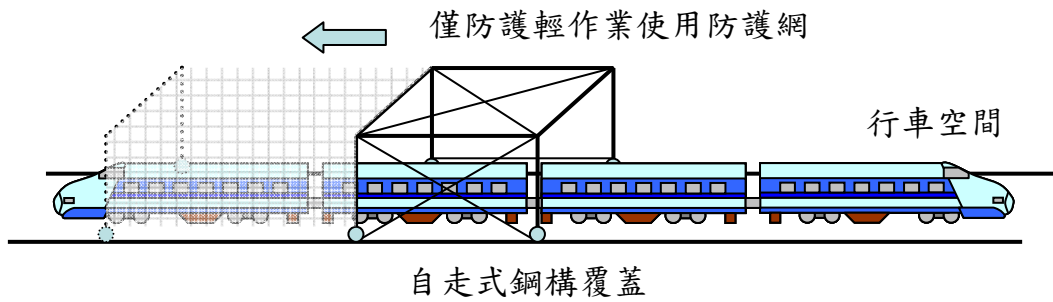


圖 49 附設防護網之行車空間之鋼構覆蓋示意圖

如果沒有從正上方侵入電車線淨空疑慮之場所可再進一步降低成本，僅施作單面，使用內側有配重的輪子或可動之固定拉索如圖 50，如此可再省下成本，然防護效果不如前述之全覆蓋的好。

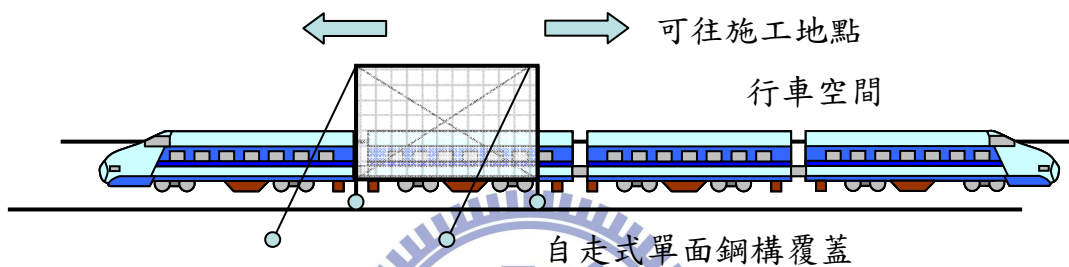


圖 50 單面式鋼構覆蓋示意圖

(2)鋼構可靠度的評估，鋼構的可靠度非常的高[17]耐用年限(平均壽命)達 60 年，其失效率的計算可用連續機率分配中的指數分配(exponential distribution)來計算，如果 X 是一個指數隨機變數，與指數隨機變數相關的機率為：

機率密度函數 P.D.F (probability density function)

$$f_T(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$\mu = \int_0^{\infty} \lambda t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad \text{如圖 51。}$$

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} \lambda t^2 e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda^2}$$

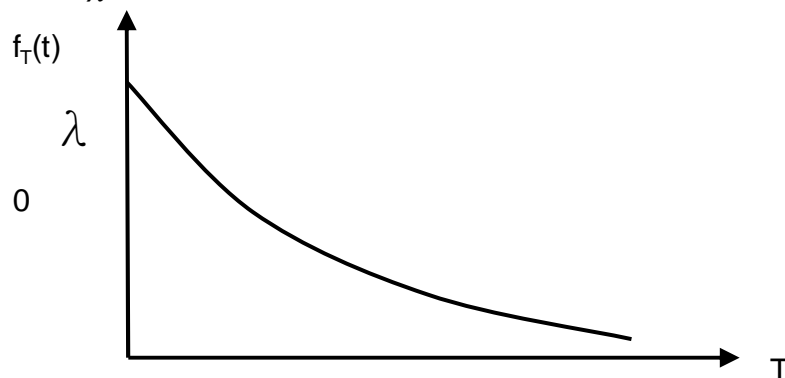


圖 51 指數分佈圖

而其累積之機率密度函數

C.D.F(cumulative probability distribution function)

$$F_T(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = -\int_0^t de^{-\lambda t} = -e^{-\lambda t} \Big|_0^t = 1 - e^{-\lambda t}$$

在決定鋼構的可靠度上，選用指數分配有兩個重要的意義：

其一：指數分配通常用在與時間相關的現象，且時間是非負數的數量即 $t > 0$ 。

其二： λ 為失效率是定值 $h(t) = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda = \text{失效率}$ ，可簡化計算。

因此使用指數分配來計算失效率，而一段時間的失效率計算如下：

$$P(X > x) = e^{-\lambda x}$$

$$P(X < x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

$$P(x_1 < X < x_2) = P(X < x_2) - P(X < x_1) = e^{-\lambda x_1} - e^{-\lambda x_2}$$

利用上式進行鋼構壽命的評估，因鐵路地下化各項工程短則 3 年長為 7 年，故鋼構覆蓋於鐵軌上時間由 3 年至 7 年不等，計算此一區間的失效率即可進行評估，鋼構的平均壽命在第 60 年時尚有 40% 的殘值，因此其最終壽命為殘降為 0 時等於 100 年，故保守估計其平均壽命為 75 至 90 年 [17]，為了保守本文取其平均壽命 75 年為計算基準而介於 3 至 7 年的機率計算如圖 52：

$$\frac{1}{\lambda} = 75 \text{ 因此 } \lambda = 0.013333$$

$$P(3 < X < 7) = e^{-0.013333(3)} - e^{-0.013333(7)} = 0.96079 - 0.91089 = 0.0499$$

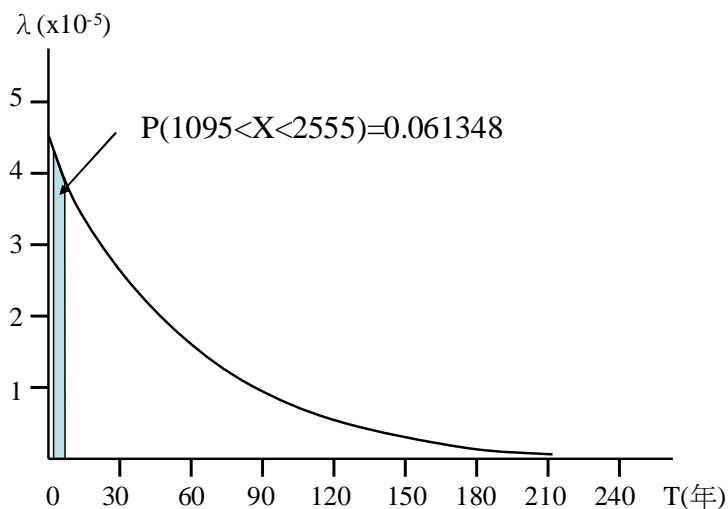


圖 52 3 至 7 年區間失效機率圖

為了安全取更保守值，我們取整個 7 年的失效率計算如圖 53：

$$P(X < x) = 1 - e^{-\lambda x}$$

$$P(X < 7) = 1 - e^{-0.013333(7)} = 1 - 0.91089 = 0.08911$$

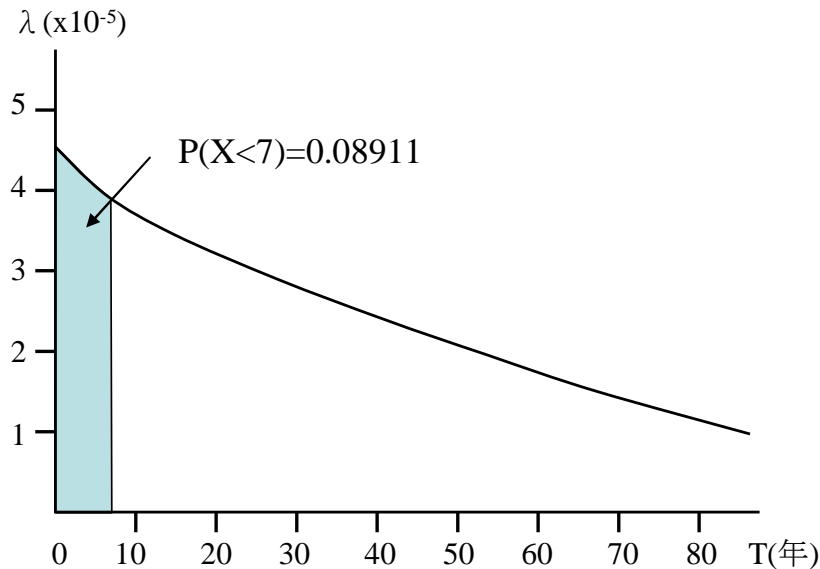


圖 53 7 年內失效機率圖

接著進行可靠度計算，本方案之失誤樹可繪如圖 54 所示，失誤機率為 0.08911，則其侵入電車線的機率如下 $1 - P_2 = 0.594 * 0.08911 = 0.052931$ 從原來的 0.594 大幅的下降。經附錄 5 之 EXCRE 表格計算後 C5 至 C8 點風險值從由 906、33、208、2 降低為 81、3、16、0.2。平均風險值由 147 元/日降為 16 元/日如圖 55，可說風險值已低至很難發生的安全階段。

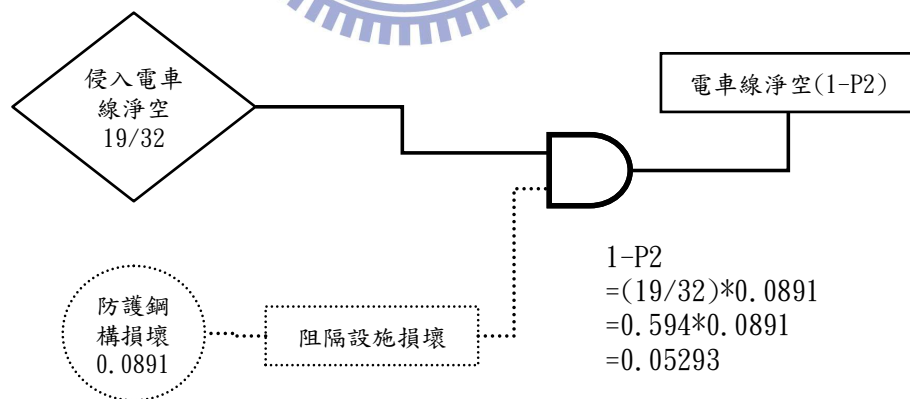


圖 54 加設阻隔設施之失誤樹

(3) 鋼構覆蓋方案的缺失：

- ①. 成本太高，需整地、鋪鐵軌、組立鋼構、施作防護網、接地等成本相當的高。計算如下：今以行政院主計處之估價資料[21]可知鋼構的成本是 21,000 元/m²以防護尺寸長 20m(連續壁最大寬度)寬 10m(兩個軌道)計算為 200 m²不計自走機動裝置之已成本達

420 萬元，為省成本以 700*300*13*24 之 H 型鋼來組立，長 20m 寬 10m 高 7m 之鋼構，重量為 185kg/m，材料價格每公噸 26,400 元含組裝約為 200 萬元，加上浪板、油漆、自走構件，成本共約 300 萬元，若設置 2 個以主計處資料來估價超過 840 萬元，以自組估價約 600 萬元，工地的距離長時需設多座成本更驚人。

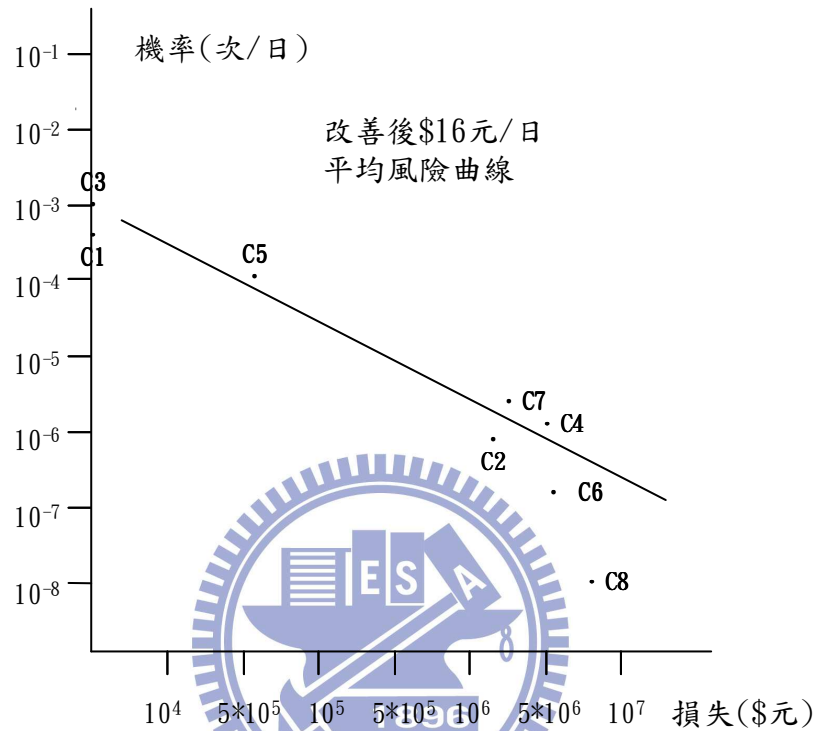


圖 55 裝鋼構覆蓋之風險管制曲線圖

- ②. 工法複雜，首先要挪出鐵軌兩側的空間將地面整平並使其強度能承受鋼構的重量再鋪上鐵軌，其次需在夜間火車停止營運時方能進場施作，施做時電車線需斷電及封鎖路線，在施作時容易產生鋼構的構件掉落打斷電車線的危害，並且施作的精度要求非常的高，兩側測量需非常的準確，才不致使鋼構構件在移動時脫軌。
- ③. 天候因素，台灣每年均受到颱風的侵襲，鋼構的受風面大，容易受風力影響產生脫軌或構件脫落而危害鐵路行車，另外在臺灣的都會區域的降雨酸度極高，尤其是台北區，其 PH 值低於 5 的發生率達 85%，而全台的發生率為 52% [19]，因酸雨的導電度相當好，若鋼構構件導致雨水集中流下，極易因觸及電車線而導電，加上電車線的電壓高達 2500 伏特，產生短路時不僅使火車跳電無法營運，也會產生兩側施工人員觸電的危害。
- (4) 鋼構覆蓋改善方案總結：因為上述之因素，本方案在時間、資金充裕之情況下方可進行。

2. 操作及程序改善方案：

因為鐵路改建工地的情況複雜，當場地因素無法以前述方法改良時，利用表 16 的分析資料針對各產生的危害因子及產生原因，改變其施作注意事項及程序加上創新的改善方案，可在低成本下達成降低風險的目的，在經腦力激盪後將改良方整理如下。

表 16 A 至 H 項改善原則

危害因子	機率	產生主要原因	可使用之本質較安全改善法
A 操作疏忽	8/32	電車線空間不明、收副吊索時反彈	狀況清晰→使用警示提醒裝置 操作→改善收吊索程序 強化→使用阻隔設施
B 吊具斷裂	2/32	吊具劣化、過負載	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
C 非合格吊具產生掉落	1/32	吊具不合適	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
D 機具故障	1/32	維修、檢查不確實	限制影響→不倒向電車線 強化→使用阻隔設施
E 限高門失效	3/32	限高門不明顯	狀況清晰→使用閃亮警示裝置
F 超負荷	1/32	吊掛人員無判斷基準	操作程序→步測及單位重估評 強化→使用阻隔設施
G 地基不穩	1/32	軟弱地盤	強化→加設鋼板支撐面 強化→使用阻隔設施
H 物料入侵	2/32	固定不實 防護失效	限制影響→固定物強度檢查 強化→使用阻隔設施

其中各方案之程序改善方式、加設警示裝置、強化裝置及補強裝置之工法及所需費用詳述於後，並且予以綜合計算後與前一案來比較。

(1)A 項操作疏忽的改善：對人員疏忽的案件最高佔 8 件之多，依歷次事故調查的資料[20]，得知係操作人員看不到電車線的位置，故應用本質較安全化之狀況清晰原則，在行車空間靠工地側之電力桿上方回流線上，裝設能耐 2500 伏特之黃色螢光電力線保護套管，並在圍籬上方架設鋼管並加上三角警示旗，使吊車操作手可清晰的了解電車線的區域及位置，如此就可防止操作的疏忽，如圖 56 所示。本方案已於 94 年 2 月 2 日開始於 CL308 標松山車站地下化工程試行，施行之後成果良好，工程開始至地下化 1500 個工作日均無侵入電化區間的事故發生，評估成效良好值得推廣，費用約 150 元/公尺。

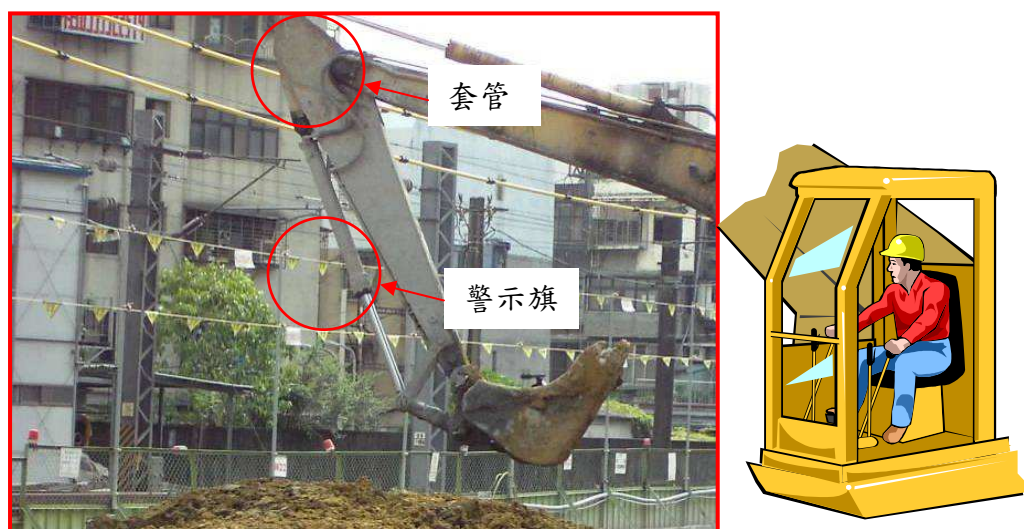


圖 56 加裝警示旗及電力線保護套管圖

A 項中收副吊索時產生反彈而導致電車線感電，使用本質較安全化之操作程序改善，吊掛作業常有不慎反彈至電力線之情況，規定其作業完成後開脫側必需向內，不可向電車線側，就可以避免反彈至電力線造成觸電，如圖 57

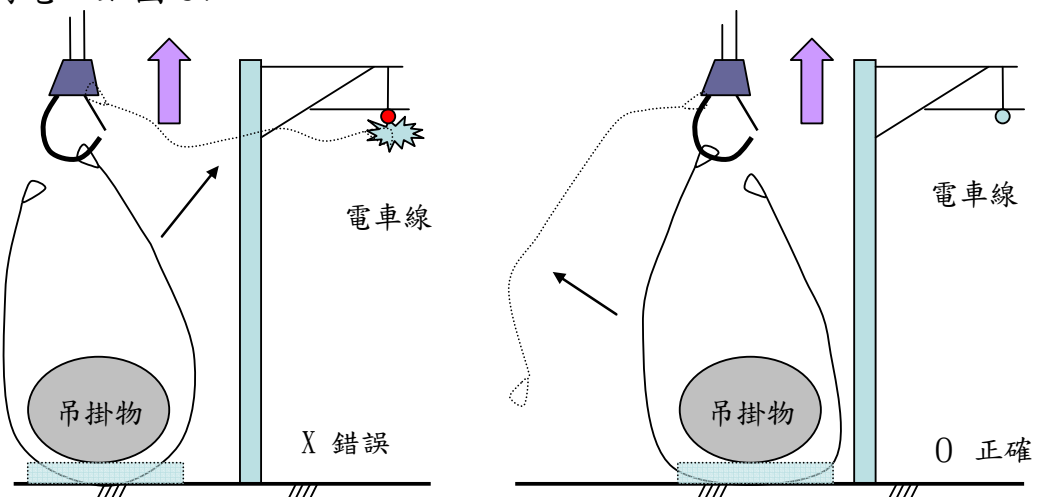


圖 57 吊掛收線正確方向示意圖

(2)針對 B、C、D 三項使用本質較安全之限制影響來改善，原來的設計在吊車設備斷裂時，極易侵入行車淨空，如圖 58。



圖 58 危險的吊掛作業

- ①進行創意設計，發現只要重心向電車線的內側，萬一有鋼索斷裂或物品掉落等意外都不會讓物品掉入行車空間。
- ②以風險值最高的連續壁施作為例，鋼筋籠吊掛時規定靠行車淨空內側傾斜吊掛，在吊掛作業的半徑內禁止人員進入如下圖以防物品掉落，且於連續壁導溝內側開挖成傾斜面，當吊車設備斷裂，因重心靠內側，鋼筋籠也會向內側傾倒，不會侵入行車淨空如圖 60。



圖 59 吊掛範圍內淨空圖

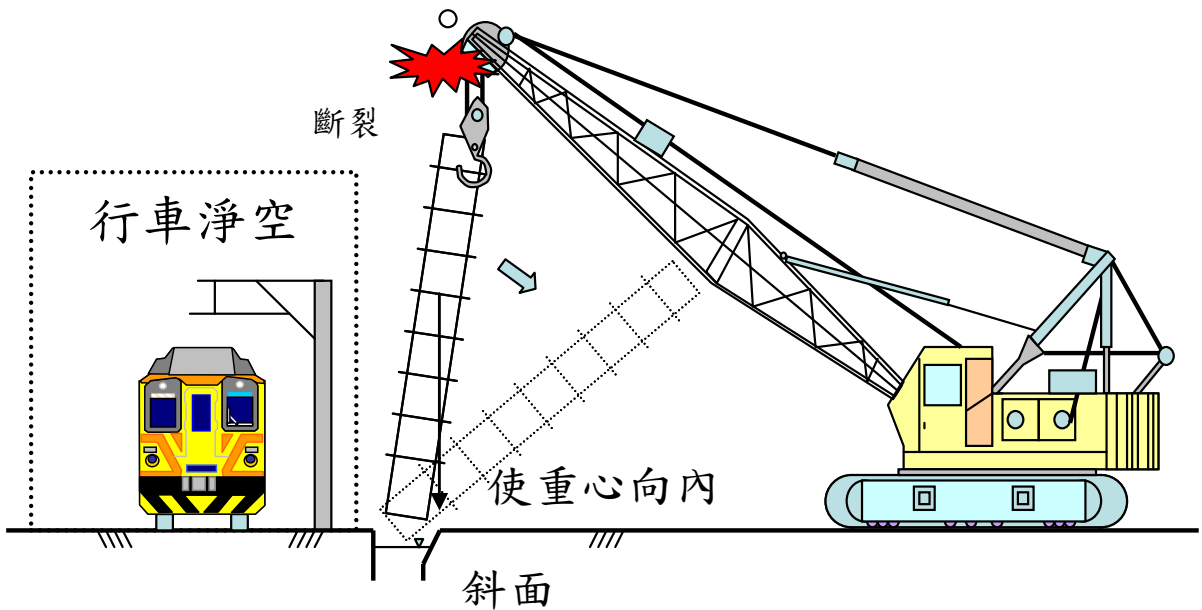


圖 60 連續壁鋼筋籠吊掛示意圖

(3)針對F項，吊掛人員因不知掛吊物超重，應用本質較安全之操作程序來改善，吊車常有荷負過重而產生傾倒對應表不實用(附錄八)，經事故調查原因是吊掛手不知如何評估物體的安全荷重，今提出以步行距離乘上吊重即可得出，若不知吊物重可以自身的高度加上步行距離粗估體積，乘上密度即可得出吊物的重量，今評估實例如下：假設吊車可吊重45T。今設一吊掛手身高168公分，1步約80公分，欲吊鋼筋一堆，由吊車支點走了8步至鋼筋堆，鋼筋堆高約身體1/4，寬約1步，長約5步，鋼鐵的密度 $7.9(g/cm^3)$ 以 $8(T/m^3)$ 計算：

①判斷條件：荷重 < 45t

②利用步長乘上步行距離= $0.8*8=6.4m$ 。

③鋼筋重=長*寬*高*比重= $(1.68*1/4)*(0.8*1)*(0.8*5)*8=10.752$

荷重= $17.2032t*6.4m=68.812 m \cdot t > 45t$ 超過，將有傾倒之危險。

將鋼筋分2堆， $68.812/2=34.406 m \cdot t < 45t$ 可以進行吊掛。

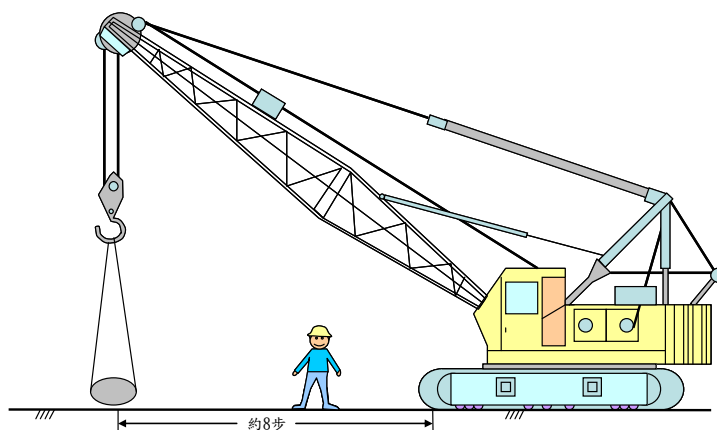


圖 61 吊掛作業示意圖

(4) 針對 G 項地基不穩，應用本質較安全設計原則之強化來改善，因工地地面不平或是強度不足而產生傾倒，首先擴大吊車支點的面積，地面不平整使用整片鐵板，平整面使用木塊等墊片，如圖 62。



圖 62 吊掛支點加強圖

原支撐伸臂的受力面積很小，產生應力集中下使支撐的地面下陷而使吊車翻倒，今日上鐵板後面積增為 9 倍，其應力分散，使地面承力變小而不會有應力集中之現象，工地常有覆蓋用的施工鐵板，故不需另外之成本，另外鐵板的自重大，建議使用木塊，好攜帶且效果不錯，如圖 63。

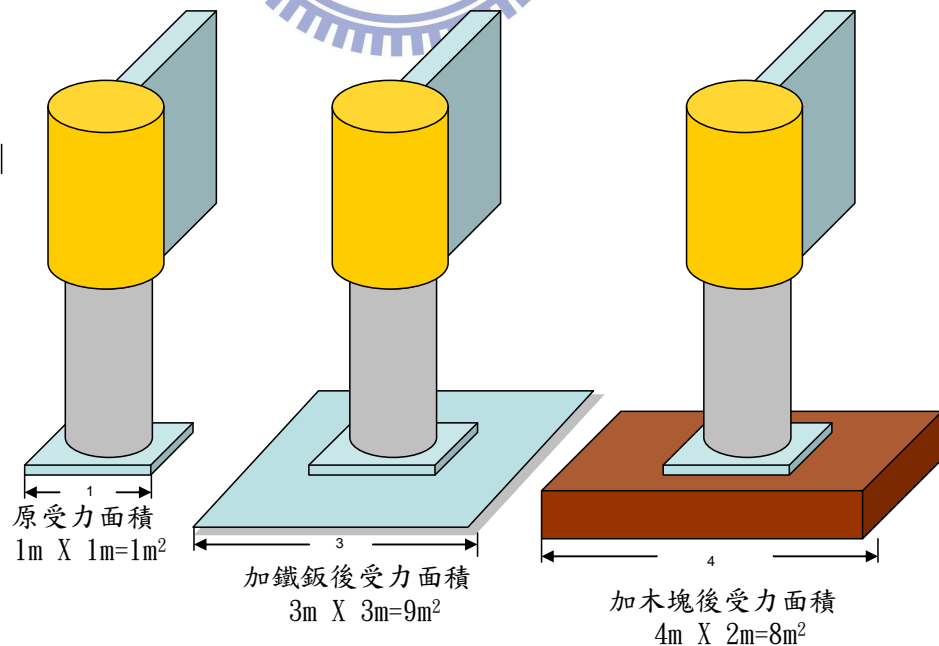


圖 63 支撐點受力面積擴大圖

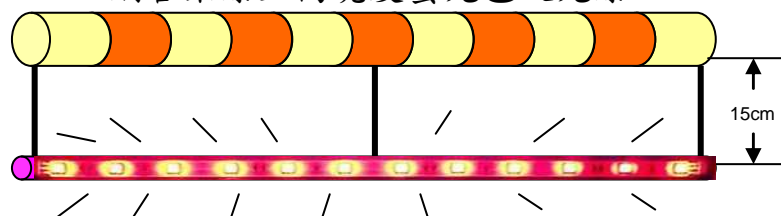
(5) 針對 E 項因限高門不明顯，使駕駛看不清楚而撞上限高門產生侵入行車空間意外，應用本質較安全之狀況清晰原則來改善，因為限高門型架的高度在駕駛的視線上因此駕駛往往在不注意時撞上，輕則卡在門上，重則使門型架倒下影響鐵路行車。現有的限高門如圖 64 所示現行已有裝上 LED 自動警示看板貼上螢光膠條並如圖 65。



圖 64 原有限高門



鋼管架漆上高亮度螢光色反光漆



鋼管 15cm 下方吊掛發亮 LED 燈條
提供車輛預警及預防卡在限高門

圖 65 限高門貼反光貼及加 LED 警示燈

圖中的 LED (附錄六)，整組價格約 4900 元。

(6)針對H項的物料吊掉而產生的危害，可在高架橋的範圍使用防護網加圍起加以防護，不但可以防止人員的掉落，也可以防止物品的掉落，如圖 66。



圖 66 高架橋工程防護

事故的產生是因為橋面版吊裝後，防護設設備不及安全而產生掉落，創意手法是在橋面版施作混凝土澆置前放置比防護鋼管略大的塑膠管，如此一來在吊裝橋面版後可以立即設置防護鋼管，立即達成防護功效如圖 67，所花費用非常的低，可用工地常有之廢棄臨時用水管切段來用不需成本。

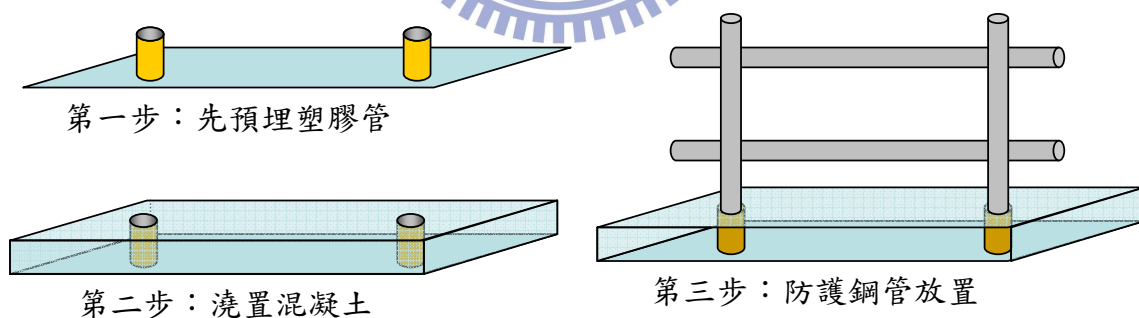


圖 67 防護鋼管預埋座施工圖

(7)將上述各項針對曾發生的事故並經由腦力激盪後新設計的標準程序加入舊有的鐵路沿線施工檢查要點[18]並訓練現場安全巡查人員，依每日依新的施工標準巡查工地，能大幅降低風險，風險計算如下。

①決定機率，

將上述各新設的程序加入施工標準後分析其失誤樹如圖 64，各程序的機率假設如下，因 19 年發生事故 32 次其機率 $32/6935=0.004614$ 太低不予採用，以事件來評估，發生侵入電車線事故中以操作疏忽 8 件最高機率為 $8/32=0.25$ ，最低只發生一次為 $1/32=0.03125$ ，平均為 0.14，為了安全取最保守值 0.25 為機率值來計算如圖 68。

②風險值計算

$$(1-P2)=2/32*0.25+(1/32+1/32)*0.25+3/32*0.25+1/32+(1/32+2/32)*0.25+8/32*0.25=0.171875$$

以此為基準使用附錄六 EXCEL 表格計算可知風險值由 906、33、208、2 降為 262、10、60、0.6。

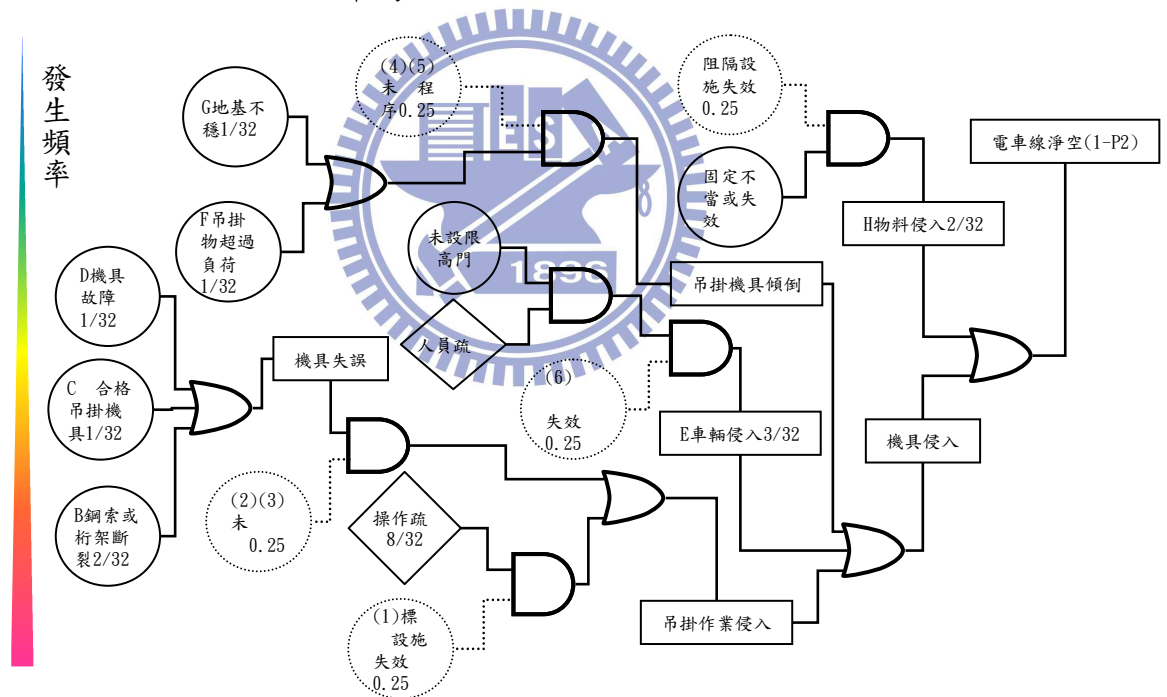


圖 68 改良後之侵入電車線淨空失誤樹

③結果:在取各程序失效值為實際失效值的 10 倍後整體的風險值由 147 元/日降為 45 元/日，降幅達 3 倍多。雖略少於鋼構覆蓋方案的效果，但本案的特色是不需大量的成本，不用大幅的更動現有的施工方式，所設計的標準程序均針對曾發生的事故來改善有其實效性，其過程簡單，仍然大幅的降低風險，如果實際應用時嚴格落實程序，應可將原有的風險降至更低，相當符合本論文的本意，在效能及價格的比較下為首選改善方案今將改善後的風險曲線繪製如圖 69：

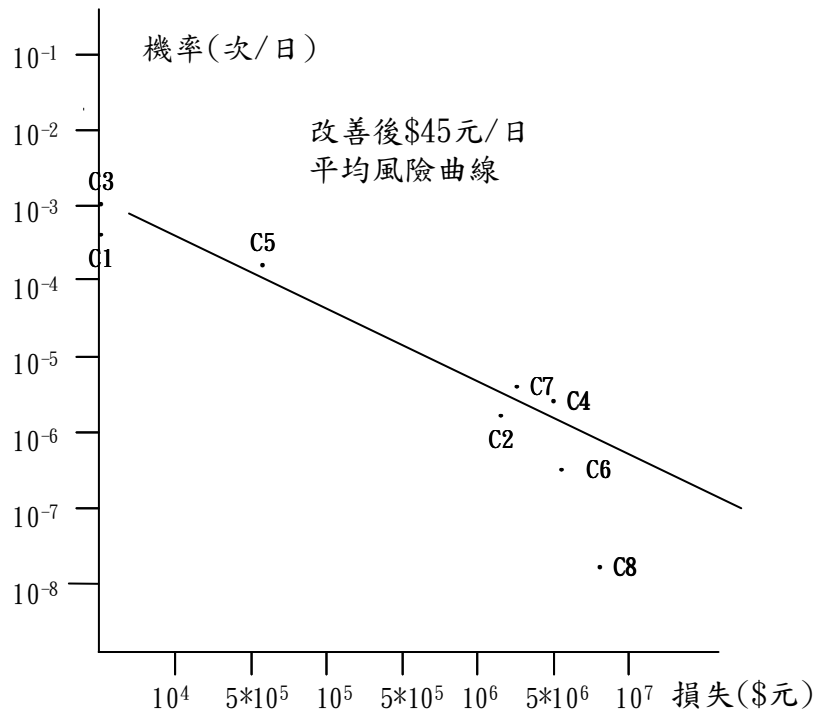


圖 69 操作程序之風險管制曲線圖

本方案的成本低廉，高壓電保護套管每支長 4m 需 400 元故 100 元/公尺，警示旗及固定鋼柱約 50 元/公尺，合計 150 元/公尺，每公里約 15 萬元，可在施工重點路段上架設即可，且可重覆使用，重點工程路段以 2 里來計算共需 30 萬元，另限高門上的 LED 顯示器每具 4900 元，一個工地出入口一個，一個工程以 10 個出入口來計算約 5 萬元，整體花費約 35 萬元，與方案一近千萬成本來比省下很多的經費，值得大力推展。

(8)操作程序改善方案缺點：

- ①. 需要說服主管支持並對現場施工人員進行新的教育訓練，推展有一定困難。
- ②. 新的程序造成安全分析複雜度增加。

3. 鋼構覆蓋方案及操作程序方案的選擇：

(1)因為兩者的差距很大不需使用 AHP 法，使用功價比就可得出答案，功價比的值愈大愈好，代表價格少而功效大，比較如表 17：

表 17 功價比較表

方案	降低風險值	功效 A	價格 B	功價比 A/B
鋼構覆蓋	147→16 元	131 元/日	840 萬元	0.156
操作程序	147→45 元	102 元/日	35 萬元	2.914

2.914 除以 0.156=18.679 操作程序的功價比是鋼構覆蓋的 19 倍，很明顯的，操作程序的改善方式是最適當的。

4.5 成果回饋

本次設計各方案均可列入施工吊掛作業的標準流程，在設立瞭望員同時亦加裝常設性雷射光電開關監視儀器並定期維護保養，可補人為疏失，其代替功能讓瞭望員休息更可確保人員不因疲勞而出錯，若成本許可，使用鋼構覆蓋防護行車淨空，若有成本的考量，訓練現場施工安全人員使用新的防護程序，回饋方案整理如下。

1. 提供施工規劃設計與管理考量。

- ①火車監視設計，編列維修檢查時機使監視儀器可靠度提高
- ②警視設計，緊鄰施工區之鐵路段在架空地線及回流線上加上保護套管下方圍籬加裝鐵管施作警示旗，限高架加上反光貼及 LED 警示裝置或使用下垂之長條式預警 LED 燈。
- ③吊掛程序設計，吊掛作業項目，將加大支撐點，重心靠施工區內側、脫鉤方向向施工區內側，吊掛物重乘上距離來評估吊重列入標準作業程序與檢查重點。
- ④安全防護設計，橋面版防護套管座的預埋。
- ⑤在經費與時間充裕下，可考量使用鋼構覆蓋於行車空間上。

2. 利用因果樹找出被動及主動安全管理績效指標進行管理，

- ①主動指標為左側失誤樹之遠因，管理此項可收預防之功效。
- ②被動指標為事件樹之各事件，管理此項可避免嚴重後果發生。

3. 改善結果可避免營運及施工時程損失，增加旅客及施工人員雙方安全增進鐵路改建及營運可靠度。

4. 經過詳細的因果分析，針對弱點進行改善，可有效降低風險並依資料說服上級長官支持，另可提供營運單位台鐵詳細風險資料促進施工營運兩方良好溝通。

5. 整合至安全計劃，藉完整的風險管理來證明風險值經改良已降低進而可說服保險業者降低保險金額(目前為保險業者不保事項)。

6. 本文之 5W2H、改良因果樹分析、本質較安全與創意法，均為鐵路改建工程風險管理之首創，大幅提昇風險管理技術。

7. 加入台鐵求償金額之風險值為 3827，使用附錄六 EXCEL 表計算第一段監視儀器改善後降為 782 達 5 倍，第二段改善使用鋼構覆蓋再降為 81 降 10 倍，而使用操作程序降為 235 亦為 3.3 倍，結果依然良好。

8. 提供類似型態工程(道路沿線施工侵入車行空間等)參考。

第五章 結論與建議

5.1. 結論

1. 經過整個設計流程執行下來，所有預設的目標全部達成，使用 5W2H 結合圖示法使各風險因子易確認且其關聯及時程亦可明確的找出，而改良因果分析法使用橫式列表除了符合人體工學中人的左右視野比上下寬之外，因現在電腦螢幕設計已趨向以 16:9 來顯示，更見橫式列表的優點，其中風險管制圖使發生機率嚴重度及管制曲線一目了然，由此管制圖可以很輕易的找出關鍵項目來進行改善。
2. 本文首先針對最重要的 C6 點應用本質較安全設計來進行改善方案，因本質安全設計就是創意過程，以往的本質較安全設計為整理並提出設計上可參考的項目來進行腦力激盪，本文進一步加入創意的過程提出心智圖、矛盾列表、因果樹輔助設計後得出使用監測儀器之改善方案，因方案超過 2 種，本文提出列表法與 AHP 法來進行最佳方案的選擇避免主觀認定，在列表法與客觀的兩兩相比下均得出使用雷射光電開關監測儀器，符合本質較安全設計的原意，且不止 C6 點風險下降，相關項目之 C2、C4、C8 亦下降，整體風險值由 911 降至 147 達 6 倍多。
3. 後續殘餘風險 C5 及 C7 點的管理，本文提出鋼構包覆，整體風險值在鋼構覆蓋下可由 147 再降至 16 達 9 倍，且再提出加裝警示裝置、改善吊掛作業等操作及程序改善方案亦可使整體風險值由 147 降低 45 達 3 倍，並且提供功能及價格的比較讓風險管理人員有選擇的依據，因此整個風險的管控不但快速、完整、前瞻且成效驚人。
4. 本文之損失資料為作者任勞安職時，親自收集可詳細分析之直接損失資料，經統計分析其風險值 911 元/日與含台鐵求償之全部風險值 3826 元/日差接近 4 倍，其各細目分析後也呈近 4 倍之差距(詳附錄六)，可知事故求償金額愈高，承包商搶救與善後之金額也愈高，可供後續研究者參考。

總結鐵路沿線施工風險以侵入行車空間最高其中又以火車碰撞後果最嚴重，借改良因果分析法及本質較安全設計提出 2 個監測儀器改善計劃方案，在評估方案後選定雷射光電開關之監測儀器使風險大幅降低並具本質安全的效果，再利用鋼構覆蓋或操作程序改善兩個方案，依成本時間選擇適用方案改善剩餘風險，最後使風險大幅降低，得到相當滿意的結論。本文所用方法如 5W2H 結合 FMEA、橫置因果樹加上時間演譯、本質較安全結合創意等均為首創，比較文獻上論文有層階分明、因果明確、量化精準、改良有法、選案公正、功效宏大等六項優勢，值得推廣。

5.2. 建議

5.2.1 工程管理方面

1. 本文所收集與創新之改善方案所列舉風險值假設均為最差狀況與實際應有出入，後續於實際應用後應繼續統計其結果來驗證本風險管理研究使臻完美。
2. 本次案例研討中機率資料比較完整，而損失方面資料難以尋找，因為事故產生後承包商之善後費用依合約規定應自己承受支付，故鐵工局無相關計價資料可尋；另事故處理過程承包商均採低調態度且極不願讓資料曝光，因此搜查更不易。因無早期損失統計資料，故本文所應用計算損失之資料只限最近7年間所發生之事故，建議工程事故發生後應建立搶救及善後等損失金額之收集與統計機制，使後續風險分析控管有所依據。
3. 另本次案例研討中全部損失之風險值與直接損失之風險值相當類似，但仍有差異尤其在機具損失部份最大。因直接損失之風險值為鐵路改建工程人員所掌控，易於分析計算故本文採取來設計並進行風險管控。而全部損失因跨台灣鐵路管理局之不同部門，難以得其原始分析資料，為了更精確的計算與比對，建議後續研究能收集並分析台鐵之求償資料，繼續製作更完整且精確之因果分析。

5.2.2 後續研究方向

1. 本文之人為疏忽以因果樹分析有其困難，建議後續使用 HRA(Human reliability analysis)人的可靠度分析繼續進行風險管控。
2. 本文所用創意手法為廣為人知且易了解之基礎方法來進行，建議後續可使用更進階的方法如 NM (日本發明家中山正和縮寫) 法或 TRIZ(發明創新問題解題理論)法等，讓創意更進一步的發揮。
3. 改善方案間優劣差異性大時，使用列表法即可選擇實行方案，若方案間差異性很小或考量方案多組，應使用 AHP 之兩兩相比方法方可客觀的得出評估數據並選出可行方案。
4. 本文之風險改善方式屬治本的改善方式，以降低事件發生機率為主，後續可針對降低損失之治標方式，應用本文方法繼續研究改善方案，以使風險管理技術更進一步提昇。

參考文獻

1. 交通部鐵路改建工程局網站
<http://www.rbtr.gov.tw/main.aspx?lan=ch>.
2. 蕭建和，「鐵路立體化工程施工災害及風險管理之研究」，私立中華大學，碩士論文，第 20 至 24 頁與 41 至 62 頁，民國 94 年 6 月。
3. 陳柏震，「緊鄰鐵路沿線移動式起重機具施工安全風險評估之研究」，國立交通大學，碩士論文，第 8 至 9 頁與 41 至 56 頁，民國 98 年 9 月。
4. 黃清賢，危害分析與風險評估，三民科學技術叢書，民國 85 年 2 月。
5. 交通部鐵路改建工程局，「工程紀要」，台北，民國 97 年。
6. 行政院勞工委員會，「危害辨識及風險評估技術指引」，台北，98 年 1 月 21 日勞安 1 字第 0980145019 號函。
7. 張承明、于樹偉，「系統化事故原因調查技術研究」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，民國 98 年 3 月。
8. 交通部鐵路改建工程局，「電化鐵路安全須知」，台北，民國 94 年。
9. 台鐵統計資料網
<http://www.railway.gov.tw/intro/introduction-7-3.aspx>.
10. 張應輝，「台鐵營運安全之研究」國立交通大學，碩士論文，民國 90 年。
11. 金大仁，「可靠度評估」，國立交通大學，機率統計與可靠度分析課程講義，民國 97 年 12 月。
12. 張承明，「本質安全在化學製程設計之應用」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，論文，民國 90 年 11 月。
13. 林建明、陳俊瑜，「以本質較安全設計探討浸油式變壓器危害預防」，勞工安全衛生研究季刊第 15 卷第 4 期，民國 96 年 12 月。
14. 中華創意發展協會，http://www.cdda.org.tw/sing_up/index_in.htm。
15. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法的內涵特性與應用上」，中國統計學報，第廿七卷，六，七期，民國 78 年。
16. 公共工程委員會，「政府採購法」，民國 88 年。
17. 內政部消防署，「消防機關辦理火災後建築物及物品損失估算暫行基準」，民國 85 年 11 月 14 日。
18. 交通部鐵路改建工程局，「鐵路沿線工程施工行車安全須知」，台北，民國 99 年 1 月。
19. 行政院環保署酸雨資料網，<http://acidrain.epa.gov.tw/>。
20. 交通部鐵路改建工程局，「鐵路沿線施工安全暨災害案例檢討」，台北，民國 99 年。
21. 行政院主計處全球資訊網，<http://www.dgbas.gov.tw/>。

22. 中華民國人壽保險商業同業公會，「人壽保險業務統計年報」
<http://www.lia-roc.gov.tw/>。
23. 宋明哲，「風險管理」，五南圖書出版公司，第4至7頁，民國79年11月。
24. 謝定亞、蔣偉寧、蔡義本、王弓、許文科，「公共建設風險管理之研究」，行政院公共工程委員會，第1至6頁，民國90年12月。
25. M. F. NG, V. M. Rao Tunnala and Richard C. M. Yam, 「Construction Management & Economics」, Vol, No7, pp. 719-728, 2003。
26. Emmett J. Vaughan, 「Risk Management」, 賴麗華譯，台灣西書出版社，第7至11頁，民國89年8月。
27. Motiar Rahman, 「Revitalising Construction Project Procurement Througe Joint Risk Management」, The University of HONG KONG, pp. 16-34, 2003。
28. Jumanoto, H. and Henley, E. J., 「 Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists」, IEEE Press, 1996
29. Frank Ortmeier, Wolfgang Reif and Gerhard Schellhorn, 「Deductive cause-consequence analysis (DCCA)」, Lehrstuhl for Softwaretechnik and Programmiersparachen, University Augsburg, D-86135, Aug. 2009。
30. Jaffee Suardin, 「The Integration of Dow' s Fire and Explosion Index Into Process Design And Optimization to Achieve an Inherently Safer Design」, pp16-38, Texas A&M University, August 2005

附錄一

鐵路改建工程事故統計表

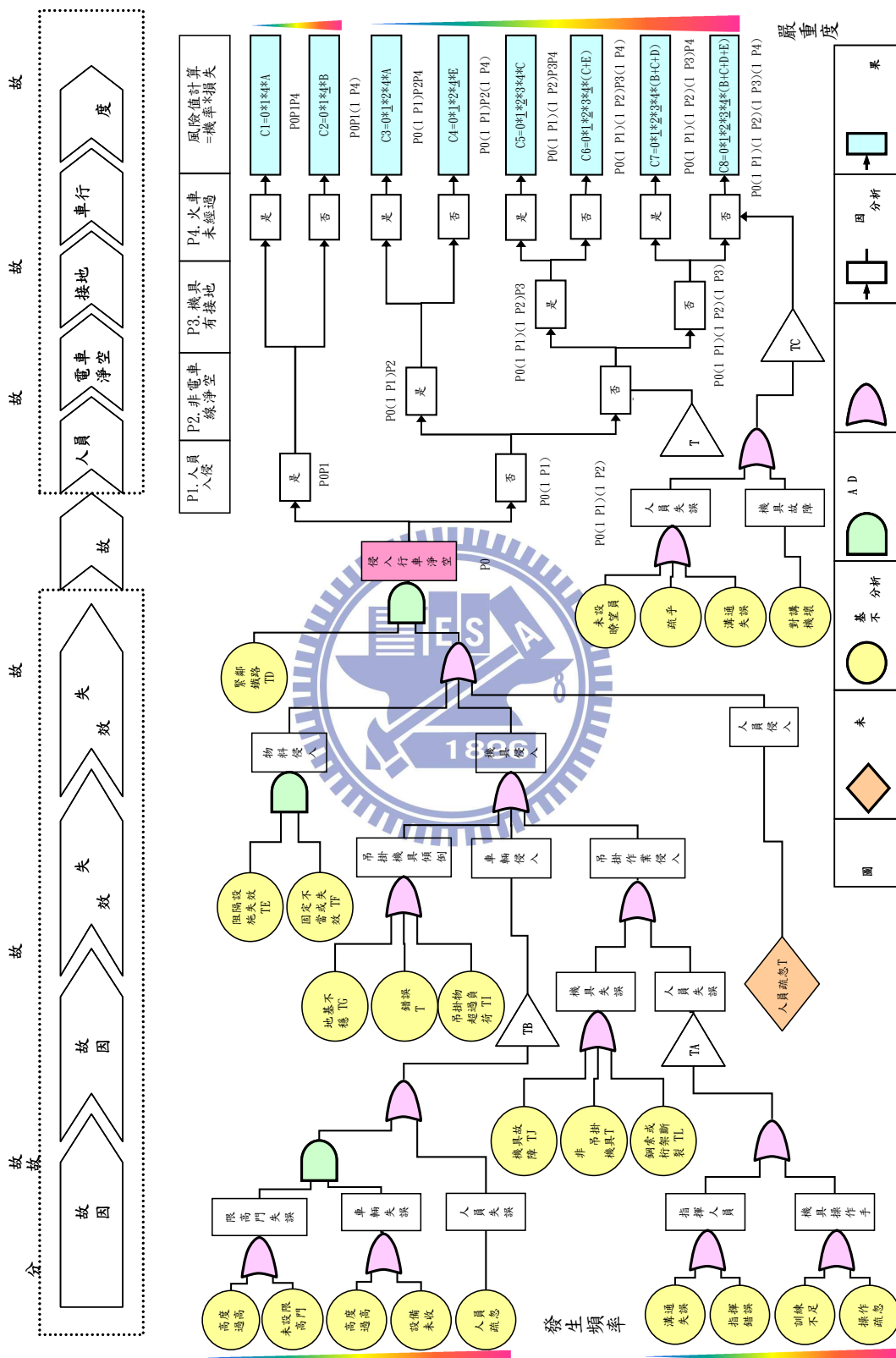
項次	時間	地點	事故型式	事故原因	影響及損失	備註
1	79.05.08	八德路平交道	工人穿越軌道遭列車強風絆倒致胸部大量內出血致死	不當進入	死亡	
2	79.05	台北松山間	吊裝作業碰觸電車線	操作不慎	列車延誤	
3	79.06.27	八德路	連續壁吊桿掉落致電車線損壞	機具損壞	列車延誤	
4	79.09.15	八德路平交道	八德路平交道工人跨越平交道遭列車撞擊致死	不當進入	死亡	
5	79.11.08	復旦橋	挖土機作業時吊物損壞鐵路電車線影響鐵路行車。	非合格吊車作業	列車延誤	
6	80.03.21	復旦橋平交道	平交道限高門遭超車貨車撞倒，壓壞電車線及號誌設施，影響鐵路行車安全。	交通違規	無法行車	
7	80.05	台北松山間	吊裝作業碰觸電車線	操作不慎	列車延誤	

8	80.10.18	UK25+218	吊車作業吊物侵入	操作不慎	列車碰觸	
9	80.10.19	復旦橋平交道	預拌混凝土車未依平交道限高門規定強行通過，撞毀平交道限高門。	交通規定	響影行車	
10	81.1	台北松山間	吊卡車作業時吊物碰觸高壓電車線致作業工人感電	操作不當	死亡	
11	89.08	台北萬華間	吊車地基因豪雨軟化使吊車傾協。	地基陷落	列車延誤	
12	90.07.17	六堵	搬運枕木工配件掉落鐵軌邊俯身撿拾時，遭列車撞擊。	作業疏乎	死亡	
13	91.10.10	11K+620	吊車鋼索接頭斷裂，吊桿桁架傾倒造成電車線損壞。	機具故障	無法行車	
	91.11.04	15K+730	水電工人施工時未注意平交道號誌，致閃避電聯車摔倒撞傷手臂。	作業疏乎	受傷	
14	92.04.25	11K+304	鋼軌樁打設時鋼軌斷裂，斷裂之鋼軌碰撞電力線，致電車線損壞。	物料強度不足	無法行車	

15	92.05.08	11K+200	夜間斷電封鎖區間進行電纜回填作業，工人遭電力線修車碰撞當場死亡。	區間封鎖不確實	死亡	
16	92.08.25	1K+350	PC 枕木抽換作業，工人於封鎖區內遭單機列車撞擊死亡。	作業疏乎	死亡	
17	92.09.18	K29+750	工人隧道內躲避列車遭列車撞擊死亡。	不當進入	死亡	
18	92.1	松山站南港間	吊車碰撞電力線桁架使基座脫而柱變型。	作業疏乎	列車延誤	
19	92.11.21	UK395+200	運輸車輛於狹窄處迴轉車輛，後車斗遭自強號列車輕微擦撞。	操作不當	響影行車	
20	92.12	松山南港間	機具碰觸主吊線。	操作不當	列車延誤	
21	93.05	松山站	吊放鋼筋籠副吊索反彈碰觸電車線。	操作不當	列車延誤，此次含前共 27 次 台鐵求償 300 萬元	
22	94.03	松山南港間	機具組裝不當侵入淨空	組裝不當	列車延誤	
23	94.08.30	汐止	早上鋼筋掉落打斷電車線下午模板掉在電車線上	材料散落	列車延誤， 台鐵求償 173 萬元	

24	94.10.24	松山南港間 向陽路 20K+200	吊車吊連續壁鋼筋籠桁架斷裂 砸斷東西正線電車線。	機具斷裂	無法行車列車出軌，台鐵求償 1476 萬元，承包商損失 499 萬 元。	
25	94.11.30	松山南港間	吊卡車吊臂未收勾斷電車線。	操作不當	無法行車，台鐵求償 27.7 萬 元	
26	95.02.16	七堵調車場	泰工下怪手衣勾開關使衝向火 車造成損害	操作不慎	列車延誤，台鐵求償 10 萬元	
27	95.03	松山南港間	吊車吊重行走傾倒。	量測錯誤	無法行車	
28	95.4.13	K5+85	載運鋼筋之吊卡車不慎碰斷電 車桿。	操作不當	列車延誤	
29	95.5.5	松山站	水泥車拉斷遮斷桿後停車，車頭 傾入平交道妨礙行車	操作不當	列車延誤，機具損失含前 8 次統計 528 萬	
30	95.5.22	汐止車站	怪手施吊鋼筋時傾入路線淨空	操作不當	列車延誤，95.4.4 南港專案 高架啟用	
31	95、7、5	松山站北	司機員操作不慎翻覆，吊桿壓斷 轉轍器橫渡線上方之電車線。	操作不當	列車停駛，斷電含前 10 次統 計 590 萬元 97.9.21 南港專案 鐵路移入地下化	
32	98.11.04	新竹車站	施工機械碰觸到西正綫電車 綫，引發短路斷落。	操作不當	列車延誤 2 小時	

附錄二



附錄二圖 1 因果分析樹

因果樹為侵入行車淨空風險之機率、損失及風險值計算依據，應用附錄二圖 1 因果樹(與圖 36 相同)進行機率、損失及風險計算。

1. 機率損失計算，機率計算以 79 至 98 年 19 年間之 32 件侵入鐵路行車淨空事故(附錄一)來統計其頻率，經由失誤樹計算後得出機率。

(1). 進行日數的計算：

$$\text{日數} = 368 \times 19 = 6935 \text{ 天}$$

(2). 各事故發生次數與頻率的計算：

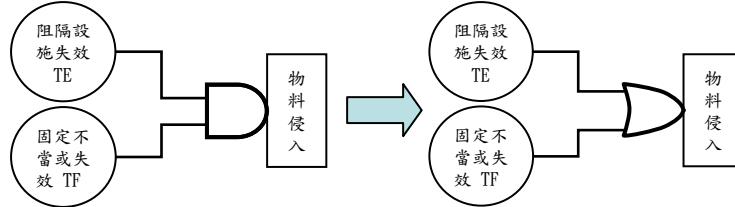
因果樹說明如下，TA 至 TM 為因果樹中可歸納原因之項目，其中之 TC(火車未停) 是表示各事件發生時火車正好通過，故發生列車碰撞等意外其發生頻率最高，TD(緊鄰鐵路)因為各事件均為緊鄰鐵路方發生，故緊鄰鐵路為每天必發生故機率 $TD = 6935 / 6935 = 1$ ，即表示此狀況必發生，其它項目發生次數如附錄二表 1，將其發生次數除以日數 6935 天即得出各事件之機率。另外人為事件不易由因果樹來分析，因此以菱形表示，代表後續可繼續以其它方法來進行研究，在此僅以單一事件來分析之。

附錄二表 1 事件發生次數表

代號	事件簡述	發生次數	等級與說明	頻率
TA	吊掛作業	8	很高	8/6935
TB	車輛入侵	7	很高	7/6935
TC	火車未停	12	極高	12/6935
TD	緊鄰鐵路	32	必發生	6935/6935
TE	阻隔失效	1	低	1/6935
TF	固定不當	1	低	1/6935
TG	地基不穩	1	低	1/6935
TH	組裝錯誤	1	低	1/6935
TI	過負荷	1	低	1/6935
TJ	機具故障	1	低	1/6935
TK	不合格機具	2	中	2/6935
TL	鋼索斷裂	1	低	1/6935
TM	人員入侵	6	高	6/6935

(3). 機率的計算，

$$\begin{aligned}
 P_0 &= TD\{(TE \cdot TF) + TB + TG + TH + TI + TJ + TK + TL + TA + TM\} \\
 &= 1 * (1/6935 * 1/6935) + 7/6935 + 1/6935 + 1/6935 + 1/6935 + 1/ \\
 &\quad 6935 + 2/6935 + 1/6935 + 8/6935 + 6/6935 = 0.0038
 \end{aligned}$$



附錄二圖 2 失誤樹修正圖

修正值：在失誤樹中物料侵入事故發生為物料未固定且阻隔設施失效兩者為 AND 閘，實際現場常見有阻隔時物料即無固定或物料只有固定設施未有阻隔設施，故可能只要發生一項就會發生，為了安全故改 AND 為 OR 可得正確的機率如下：

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 1 * (TE + TF + TB + TG + TH + TI + TJ + TK + TL + TA + TM) \\
 &= 32/3935 = 0.004614
 \end{aligned}$$

接著應用附錄二圖 1 之因果樹進行 P1 至 P7 機率計算，

$$P_1 = 6/32 = 0.188 \text{ (人員入侵 7)}$$

$$\underline{P_1} = (1 - P_1) = 1 - 0.188 = 0.812$$

$$P_2 = 13/32 = 0.406 \text{ (非電車線淨空共 13 件)}$$

$$\underline{P_2} = (1 - P_2) = 1 - 0.406 = 0.594$$

$$P_3 = 24/25 = 0.96 \text{ (機具共 25 件有接地共 24 件)}$$

$$\underline{P_3} = (1 - P_3) = 1 - 0.96 = 0.04$$

$$P_4 = 23/32 = 0.719 \text{ (火車無經過共 23 件)}$$

$$\underline{P_4} = (1 - P_4) = 1 - 0.719 = 0.281$$

附錄二表 2 事故機率統計表

項目	機率說明	機率數值	等級
P0	產生侵入行車空間	0.0046	極低
P1	人員入侵	0.1875	中
1-P1	非人員入侵	0.8125	極高
P2	非電車線淨空	0.4063	高
1-P2	是電車線淨空	0.5936	中
P3	機具有接地	0.9583	低
1-P3	機具無接地	0.0417	極高
P4	火車無經過	0.6250	中
1-P4	火車有經過	0.3750	高

註：本表依附錄六 EXCEL 計算後取至小數位數 4 位來製表

2. 損失計算

說明一：依事件樹的發展可得 A 安全、B 人員傷亡、C 火車斷電、D 機具損壞、E 火車損壞等五種狀況。

說明二：損失有工程直接損失及台鐵求償之間接損失，因鐵路改建工程直接損失資料為作者任松山車站工程勞安衛職務所統計比較準確可靠故本文僅考量直接損失，另外因為台鐵求償金額與鐵路改建工程直接損失成等比例(約 4 倍)，即直接損失愈高，台鐵求償也愈高，加入台鐵求償金額之風險曲線與鐵路改建工程直接損失風險曲線相同見圖 33，故刪除此項不予考量，使風險回歸鐵路改建工程本身所產生影響。

說明三：依附錄一及文獻[20]與作者收集之統計資料(附錄一)，鐵路改建工程局與承包商直接損失 632 萬，台鐵求償(附錄一、21、23、25、26、28 項資料)共 2022 萬元，全部 2654 萬元說明如附錄二表 3。

附錄二表 3 損失對象及金額說明表

對象	損失(萬)	損失來源	搶救單位
鐵路改建 工程局與 承包商	直接損失 632	搶救費用、人員傷 亡、停工損失	鐵工局自辦 工程隊及承 包商緊急動 員編組
	間接損失 2022	台鐵求償(註 1)	
	註 1、依合約台鐵求償由承包商負責		
台鐵	2022 (註 2)	搶救費用、人員傷 亡、營運損失	台鐵工務段
	註 2、因台鐵損失可向鐵工局承商求償故無金額損失		
合計	2654 萬元		

(1) 直接損失之計算如下：

首先 A 項為安全屬無損失，並不用進行分析計算。

- ①. B 人員傷亡損失計算：依鐵路行車其他事故損害賠償暨補償發給辦法第三、四條之賠償金額(附錄三)加上中華民國統計年鑑人壽保險給付及保費收入之年平均給付金額及工程保險年平均給付金額[22]=140 萬+10 萬+40 萬=200 萬元。
- ②. C 火車斷電損失計算：依事故案例統計資料[20]，其損失金額=鐵工局自辦工程隊搶救(復舊)成本+承包商搶救成本+承商停工損失，由統計資料因電車線斷電產生損失 10 次 590 萬，故除 10=59 萬(平均數)。
- ③. D 機具損壞損失計算：依事故案例統計資料，其損失金額=承包商修理費用+承商停工損失 8 次共 528 萬元，528 萬元除 8=66 萬元(平均數)。
- ④. E 火車損壞損失計算：依事故案例統計資料[20]，其損失金額=鐵工局自辦工程隊搶救(復舊)成本+承包商搶救成本+承商停工損失，以統計資料(附錄一、24 項)計算=499 萬元。

(2). 全部的損失含台鐵求償金額之計算如下：

首先 A 項為安全屬無損失，並不用進行分析計算。

- ①. B 人員傷亡損失計算：依鐵路行車其他事故損害賠償暨補償發給辦法第三、四條之賠償金額(附錄三)加上中華民國統計年鑑人壽保險給付及保費收入之年平均給付金額及工程保險年平均給付金額[22]+撫卹金=前述損失+撫卹金=200 萬+400 萬=600 萬元。
- ②. C 火車斷電損失計算：依事故案例統計資料[20]，其損失金額=鐵工局自辦工程隊搶救(復舊)成本+承包商搶救成本+承商停工損失+台鐵搶救(復舊)成本+台鐵營運損失=前述損失+台鐵求償=59 萬+276 萬 =335 萬元(平均數)。
- ③. D 機具損壞損失計算：依事故案例統計資料，其損失金額=承包商修理費用+承商停工損失+配合台鐵整修設施=前述損失+台鐵求償=66 萬+25 萬=91 萬元。
- ④. E 火車損壞損失計算：依事故案例統計資料[20]，其損失金額=鐵工局自辦工程隊搶救(復舊)成本+承包商搶救成本+承商停工損失+台鐵搶救(復舊)成本+台鐵營運損失=前述損失+台鐵求償=499 元+1476 元=1975 萬元。

全部損失的計算在附錄六之 EXCEL 表中，整理如附錄二表 4。

附錄二表 4 損失統計表

代號	狀況	損失
A	安全	0 元
B	人員傷亡	200 萬元
C	火車斷電	59 萬元
D	機具損壞	66 萬元
E	火車損壞	499 萬元

3. 風險值的計算：前列各狀況的損失金額計算如下而表中 C1 至 C8 為各狀況的組合。其風險值(元/日)=機率(次/日)*損失(萬元)，經過因果樹計算得出各狀況之機率、損失及風險值如下。

(1). 損失計算(萬元)

由附錄二圖 1 因果分析樹可得 C1 至 C8 各項目中損失的組合說明如下

C1 損失=A=0 元。

C2 損失=B=200 萬元。

C3 損失=A=0 元。

C4 損失=E=499 萬元。

C5 損失=C=59 萬元。

C6 損失=C+E=59+499=558 萬元

C7 損失=B+C+D=200+59+66=325 萬元。

C8 損失=B+C+D+E

(2). 機率計算(次/日)

由附錄二圖 1 因果分析樹可得 C1 至 C8 各項目中機率的組合說明如下

C1 機率= $P_0 * P_1 * P_4$

= $6.24 * 10^{-4}$

C2 機率= $P_0 * P_1 * (1 - P_4)$

= $2.44 * 10^{-4}$

C3 機率= $P_0 * (1 - P_1) * P_2 * P_4$

= $1.09 * 10^{-3}$

C4 機率= $P_0 * (1 - P_1) * P_2 * (1 - P_4)$

= $4.27 * 10^{-4}$

C5 機率= $P_0 * (1 - P_1) * (1 - P_2) * P_3 * P_4$

= $1.54 * 10^{-3}$

C6 機率= $P_0 * (1 - P_1) * (1 - P_2) * P_3 * (1 - P_4)$

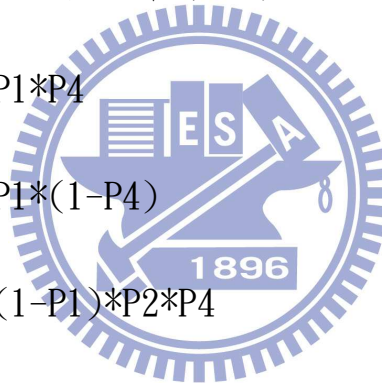
= $6.00 * 10^{-4}$

C7 機率= $P_0 * (1 - P_1) * (1 - P_2) * (1 - P_3) * P_4$

= $6.40 * 10^{-5}$

C8 機率= $P_0 * (1 - P_1) * (1 - P_2) * (1 - P_3) * (1 - P_4)$

= $2.50 * 10^{-5}$



(3). 風險值計算(元/日)

由附錄二圖 1 因果分析樹可得 C1 至 C8 各項目中風險值的組合說明如下

$$C1 \text{ 風險值} = P0 * P1 * P4 * A$$

$$= 0$$

$$C2 \text{ 風險值} = P0 * P1 * (1 - P4) * B$$

$$= 487$$

$$C3 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * P2 * P4 * A$$

$$= 0$$

$$C4 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * P2 * (1 - P4) * E$$

$$= 2132$$

$$C5 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * (1 - P2) * P3 * P4 * C$$

$$= 906$$

$$C6 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * (1 - P2) * P3 * (1 - P4) * (C + E)$$

$$= 3350$$

$$C7 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * (1 - P2) * (1 - P3) * P4 * (B + C + D)$$

$$= 280$$

$$C8 \text{ 風險值} = P0 * (1 - P1) * (1 - P2) * (1 - P3) * (1 - P4) * (B + C + D + E)$$

$$= 206$$

今將全部結果整理如附錄二表 5 之風險值總表

附錄二表 5 風險值總表

狀況	機率(次/日)	損失(萬元)	風險值(元/日)
C1	$6.24 * 10^{-4}$	0	0
C2	$2.44 * 10^{-4}$	200	487
C3	$1.09 * 10^{-3}$	0	0
C4	$4.27 * 10^{-4}$	499	2133
C5	$1.54 * 10^{-3}$	59	906
C6	$6.00 * 10^{-4}$	558	3350
C7	$6.40 * 10^{-5}$	325	208
C8	$2.50 * 10^{-5}$	824	206

註：使用附錄六之 EXCEL 計算後將小數位數定於後 2 位製表。

平均風險值 = (C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8) / 8 = 911 元/日

附錄三

交通部鐵路改建工程局「鐵路沿線施工行車安全工作要點」

95.05.25 鐵工採字第 0950005011 號函修訂

- 一、為確保鐵路行車及在鐵路沿線施工安全，避免造成行車事故，特訂定本工作要點。
- 二、在鐵路沿線施工前：
 - (一)施工承商應於施工前擬妥鐵路沿線施工計劃，檢附施工平面配置圖等，函送本局主辦單位(工區、隊)，會同臺鐵(工務、電務單位)及本局工務組、機電組、運務組等單位實地勘察，並確認其各項計劃與安全防護設施，均符合臺鐵安全要求；本局如認為對臺鐵行車安全有所顧慮時，得要求施工承商修正或加設適當之安全設施，經本局同意後始得施工。
 - (二)對行車安全有顧慮者，施工承商應申請利用夜間(斷電)封鎖路線施工；若需日間施工，則應於該施工路段申請列車慢行，經同意後施工。較重大型工程施工或路線切換申請斷電封鎖時，施工承商需檢附施工計劃書。
 - (三)施工地段距軌道之安全距離-在軌道旁施工，電化區間應離軌道中心 5 公尺以上，非電化區間可縮減為 3 公尺以上。如因工程特殊，請依下列事項辦理：
 - (1)須進入距最近軌道中心 2.3 公尺以上(含 5 公尺)範圍內，施工承商應事先擬妥施工安全措施計劃，報請本局主辦單位同意後方可施工。
 - (2)須進入距最近軌道中心 2.3 公尺範圍內，施工承商應事先擬妥施工安全措施計劃(含慢行、封鎖路線等)，報請本局主辦單位轉請臺鐵同意後方可施工。
 - (四)軌道上空之安全高度-電化區間，需由本局工務組會同機電單位現場會勘，視施工區域之電車線架設情況，決定其施工安全高度。非電化區間，由本局工務組會同機電單位，決定其施工安全高度。
 - (五)原則上不得跨越軌道上空施工，若特殊情況必需跨越軌道上方施工時，本局得視實際情況，要求施工承商在安全高度以

上，架設安全網或臨時梁架及電車線主吊線保護套管等防護措施，以防止施工物料不慎損害電車線設備，危及行車安全。

- (六) 穿越軌道之地下道，管線埋設等工程，需設適當軌道加強保護設施，確保列車可照常行駛，對挖掘地點距鐵路設施各種基礎如電車線電桿基礎、號誌機基礎等 5 公尺以上者，施工方式不予限制，惟應注意查看塌方情形，距基礎 3 公尺至 5 公尺，施工前應加釘基礎防護樁，距基礎不足 3 公尺者，以遷移基礎為原則。
- (七) 施工承商之工作負責人、工地主任、勞安人員等，於鐵路沿線開工前一律要接受主辦單位之「電化鐵路安全須知」暨「鐵路行車安全」說明或講習，否則不得進入鐵路沿線施工。(施工承商亦應對其進入鐵路沿線施工之所屬員工施以「電化鐵路安全須知」暨「鐵路行車安全」說明或講習)。
- (八) 施工承商之工作，有危及鐵路行車安全時，如架設跨越軌道上空之大樑、靠近電車線打設鋼板樁等工作，必須事先申請斷電封鎖後施工，其施工日期與時間應事先向本局有關單位申請，經台鐵同意後實施。
- (九) 施工承商事先應有完善之施工計劃，具備足夠之材料機具與人力，夜間施工時應於施工前備妥充足之照明設備，並必須在核准之時間內完工，否則其後果，概由施工承商負責。
- (十) 施工承商於鄰近鐵路施工前，各機具車輛如需進出臺鐵平交道，應於工地進出平交道處設置簡易型限高門(如圖一)，如未設置，肇致工安事故，其後果概由施工承商負責。

三、在鐵路沿線施工中：

- (一) 施工場所作業人員均須配戴安全帽、穿著反光背心。
- (二) 在電車線鄰近地區工作時，應依台鐵「電化鐵路安全須知」辦理。
- (三) 施工時施工承商監工人員必須駐守工地監視工程進行，並按照「鐵路沿線工程施工行車安全檢查表」(如附件一)確實執行每日安全檢查工作。於路線封鎖、電車線斷電施工時，監工人員並應注意下列事項：

1. 確認施工範圍斷電、接地及路線封鎖區間。
 2. 在電車線開關處所、中性區間及異群交叉處所等複雜帶電區域施工時，應採兩群以上同時斷電。
 3. 施工完畢確認人員均離開帶電區域，方可拆除接地線，再行送電(若有共同施工者，需與對方監工聯絡確認)。
- (四) 靠近軌道邊施工，除應遵照規定之安全距離外，其臨時設施及建物之架構應須堅固可靠，以防止受列車通過時之震動與風壓而致歪斜變形。
- (五) 施工承商之施工機械、工具、材料以及車輛等，嚴禁侵入鐵路建築淨空以內(距最近軌道中心 1.9 公尺範圍內)，為防止意外發生，原則上承商應在施工地點距最近軌道中心 3 公尺以上處所，沿著鐵路路線設置警示帶(圖二)或簡易施工圍籬(圖三)，如經主辦單位檢查不符規定者，主辦單位得要求停工，如因工程特殊，須進入距最近軌道中心 2.3 公尺範圍內施工時，施工承商應事先擬妥鐵路沿線施工計劃(含慢行、封鎖路線等)，報請本局主辦單位轉請台鐵同意後方可施工。
- (六) 施工承商在鐵路沿線淨空範圍內施工時，應於施工地點兩端指派列車瞭望員，瞭望員應攜帶警示旗、口哨、對講機等配備，負責列車監視工作，確保施工及行車安全，其任務配置、執行要領如附件二。
- (七) 對可能影響行車之工程，施工作業之移動機械，自列車接近到通過期間，應即停止操作，以防止操作不慎或意外，而危及行車安全；施工承商應指派重機械或工程用汽車引導員(誘導員)，其任務配置、執行要領如附件三、四。
- (八) 具有危險性機械或設備之操作人員，均需經中央主管機關認可之訓練技能檢定合格始可充任。
- (九) 跨越軌道之陸橋工程，施工承商應設置防護設施，以防止落水水泥漿等之濺落及施工物件掉落，施工所裝模板及其支架等結構物，應距離電車線設備 0.6 公尺以上，並作好接地措施；在橋上工地，應設置警告標誌，並派人巡察檢視。
- (十) 如架設跨越軌道上空之電線及以潛盾或推進工法施工之穿

越軌道下方之管道等工作，應有適當之安全措施；如經主辦單位審核同意，可在不需辦理封鎖路線情形下施工者，則應確實注意，不得妨礙鐵路之正常行車與安全。

- (十一) 施工途中如發生土方鬆動、崩坍等影響台鐵行車安全時，應即停止施工，並作適當處置，且立即通報臺鐵前、後站站長、當地運務段段長及綜合調度所。
- (十二) 在軌道上空架樑，如發現有機具不正常或其他不妥現象，應即停止施工，撤離機具，回復原狀。
- (十三) 施工途中如發生任何有危及安全之情況，施工承商應遵從本局在場人員之指示，作緊急處理。
- (十四) 施工承商應在工地裝置電話機(或指定通訊方式)，以便發生緊急情況時，可隨時通知臺鐵前、後站站長、當地運務段段長及綜合調度所。
- (十五) 臨近鐵路或地下管線穿越鐵路施工時施工承商應經常檢視路基、軌道是否沉陷；於高低差(含邊坡)太大，填土或土質不穩定區域施工時，施工承商應定時觀測電桿(基礎)、軌道有無位移或傾斜，並作成紀錄備查。
- (十六) 跨越電車線上方施工時，應遵守下列規定：
1. 電車線上方(含高架橋)之施工機具及設施與台鐵帶電之電車線設備至少應保持 1.5 公尺之安全距離。
 2. 施工單位在電車線上方應加設密閉之防護設施，以防止施工機具線類等墜落損害電車線設備。
 3. 電焊施工時，應作好安全防護措施，嚴禁火星觸碰電車線設備。
 4. 施工中操作之移動機械(如怪手等，須做好接地措施)，施工負責人應指派引導員引導，以防施工機械誤入安全淨空。
 5. 陸橋底面，施工所用之模板，務必牢固，以防震動或其他原因掉落；施工完後拆除時亦須謹慎小心，不得墜

落，損壞電車線設備。

(十七)為避免施工挖損台鐵纜線及管道，施工時應依下列規定辦理：

1. 於新設線槽路徑時，應依台灣鐵路管理局「電訊纜線工程規範書」規定辦理。
2. 站內電纜之徑路應儘量利用側線通過，避免從主正線通過，並嚴禁從道岔下方通過；施工前，主辦單位應通知轄區內之台鐵工務、電務單位及車站。
3. 主辦單位，應於工程(含代辦推管作業)施工前辦理會勘並做成紀錄，以避免施工時損及纜線及路線。
4. 採重機械施工(如挖土機)處所於進、出點地面應敷設鋼板或相同功能之防護措施，以免壓壞電纜及線槽，嚴禁重機械通過無防護措施之區段。
5. 直埋區間以機械施工時，必須以人工先行橫向試挖。
6. 特殊地形以機械施工可能損及電纜之區間、應改以人工施作。
7. 事故之處理，如因意外挖斷或損害纜線時，主辦單位應立即通知台鐵電務單位前往修護。

(十八)電化鐵路等教育訓練或講習，由本局不定期辦理。

(十九)如需於軌道邊挖掘土方，應有適當之擋土設施(擋土板或鋼板樁等)，其施工圖需函送本局主辦單位(工區、隊)審查同意後始得施工。

(二十)與鐵路行車有關工程，其施工位址若與臺鐵現有設備有介面衝突情形時(如電力、電務、號誌、站房及軌道等設施)，應透過本局主辦單位(工區、隊應指派經臺鐵訓練及測驗合格並取得證照之人員)與該設備管轄單位詳細研討施工內容、項目、步驟，如認為有礙行車安全時，得隨時制止施工，另擇期協商解決。

(二十一)封鎖路線辦理斷電施工，必須由本局派經臺鐵訓練及測驗合格並取得證照之人員，到現場辦理封鎖、斷電事宜。

(二十二)施工時，如需臺鐵協助架設鋼軌吊梁或臨時鋼梁等加強

軌道措施，或其他防護設施，應事先協調並設置完成後，始得施工，其所需費用概由施工承商負責。

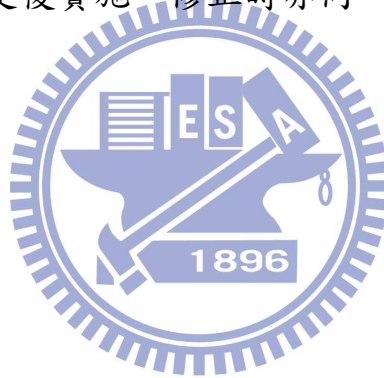
四、在鐵路沿線施工後：

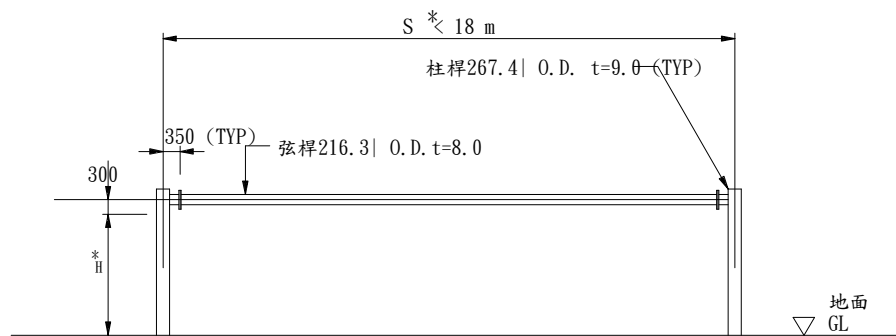
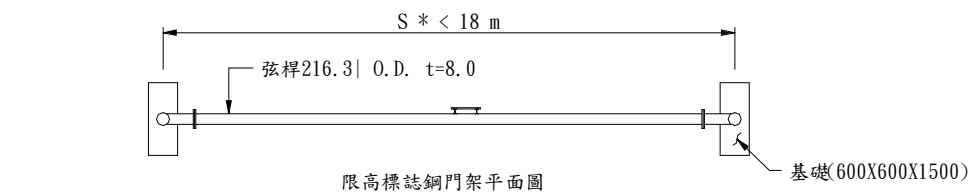
- (一)施工中之工程，收工後應作好施工範圍之警戒設置，並對必須留置於現場之機器、工具及材料等應有妥善之安全措施，並派人看管，以防止被搬移，而危及行車安全。
- (二)施工後施工承商應將挖出之廢土清運離場，並將機具臨時設施等撤離現場，回復原狀。

五、事故責任：

- (一)如發生危及鐵路行車安全事故，概由施工承商負全責。
- (二)封鎖路線施工，如未能在規定時間內完成，而延誤行車，施工承商應負責賠償台鐵之營運損失。

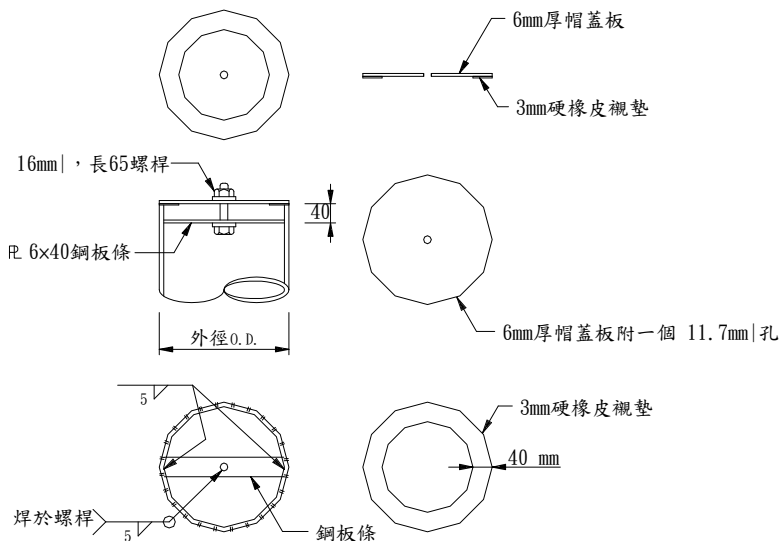
六、本工作要點奉核定後實施，修正時亦同。



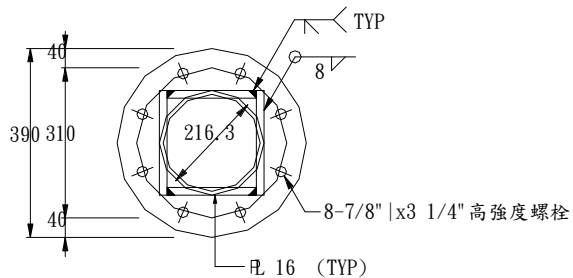


*H及S由工程司指示

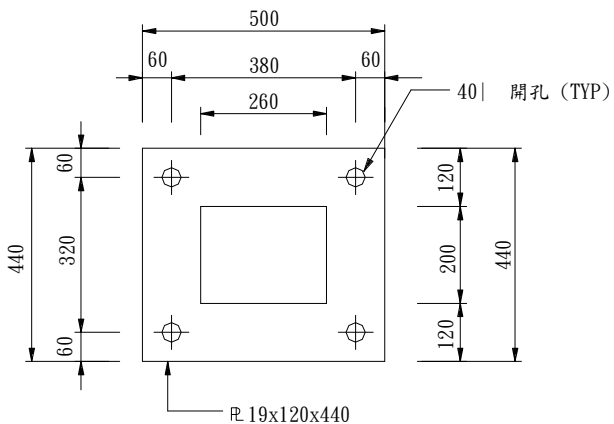
限高標誌鋼門架立面圖



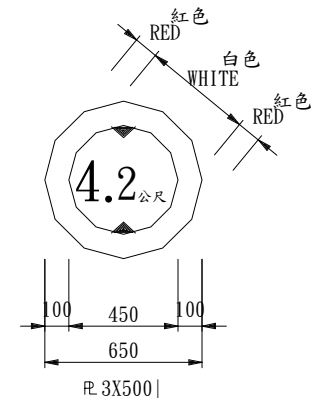
柱頂端帽蓋詳圖



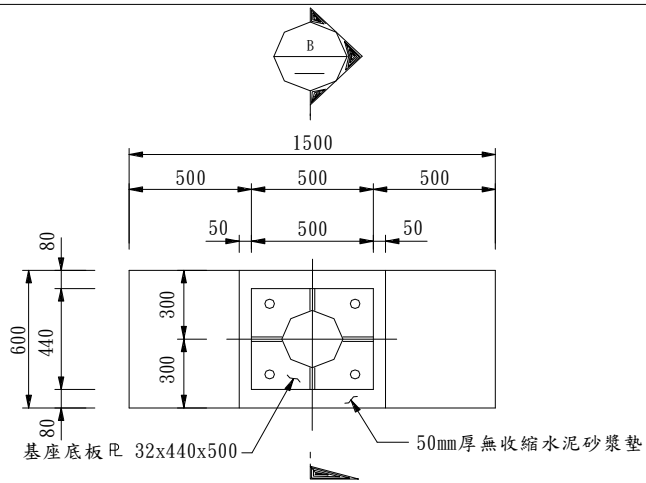
剖面



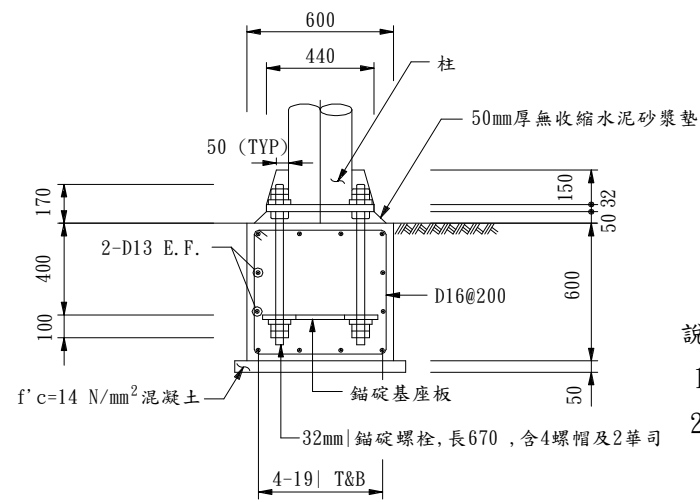
錨碇基座板詳圖



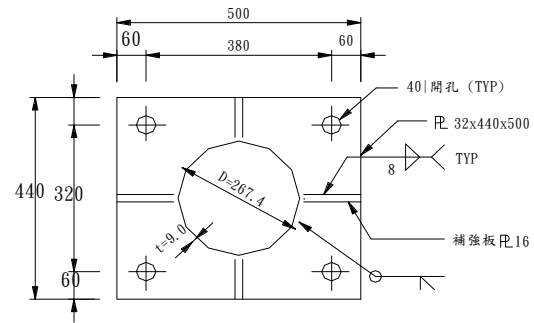
圖一 工地進出平交道簡易限高標準圖(1/2)



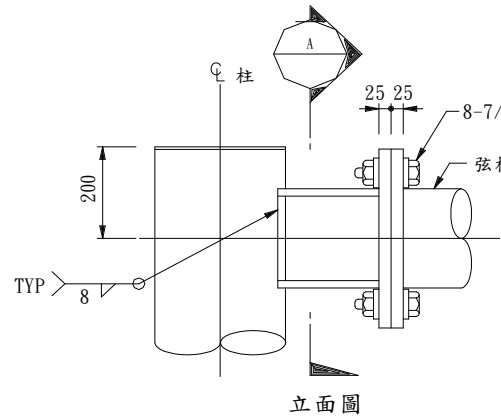
基礎平面圖



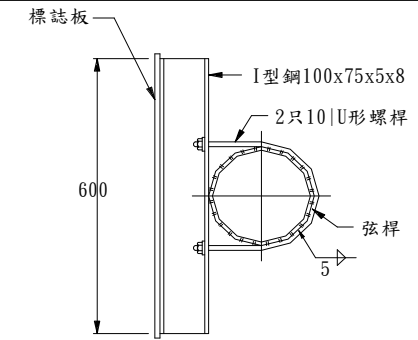
剖面B



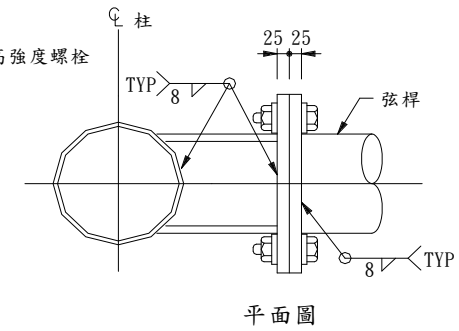
基座底板詳圖



柱與弦桿接合詳圖



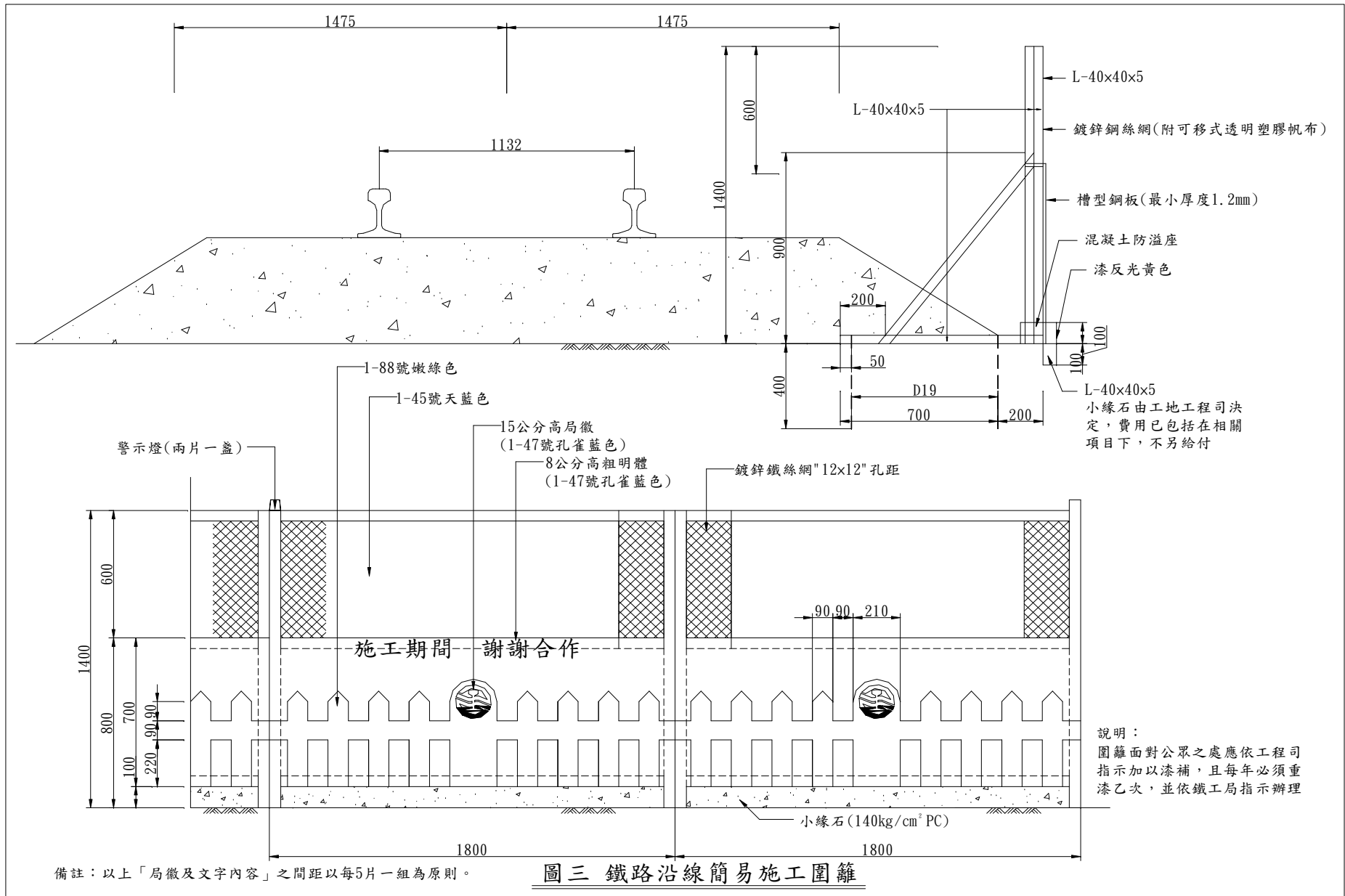
標誌固定架詳圖



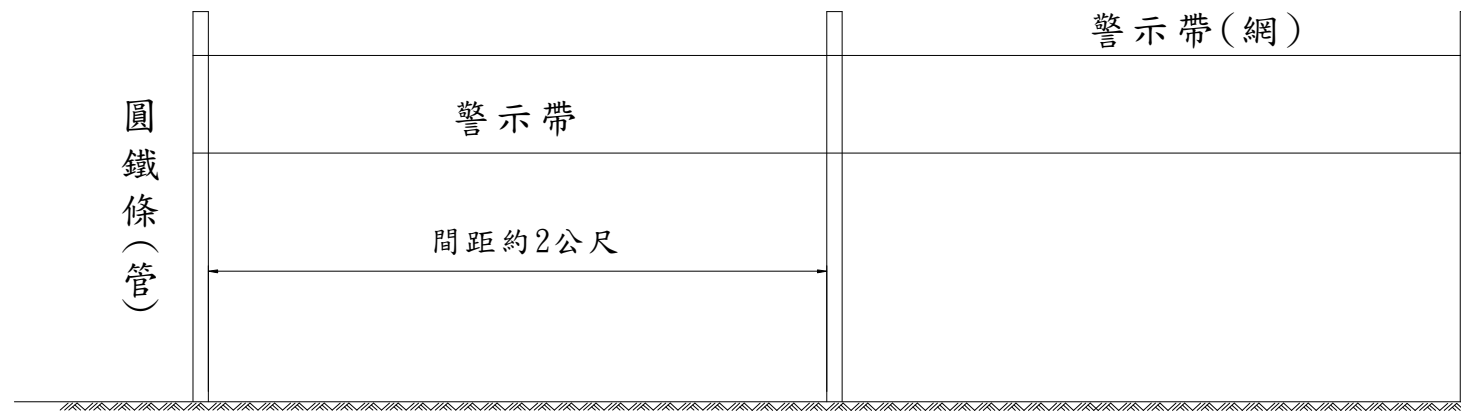
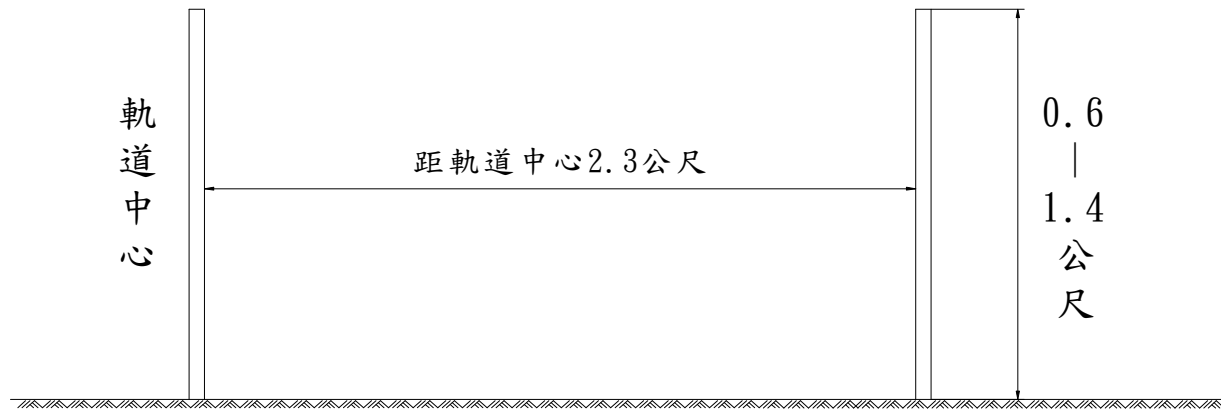
說明：

1. 本圖可依現場條件做適當調整，惟應經工程司核可。
2. 鋼管、鋼板螺栓(含螺帽及墊圈)及錨碇螺栓(含螺帽及墊圈)外露及埋入混凝土10公分之部份應予熱浸鍍鋅處理 鋼管及鋼板之鍍鋅量不得少於 550g/m^2 螺栓含螺帽及墊圈之鍍鋅量不得少於 400g/m^2 柱桿及弦桿部份需漆黃黑相間斜紋黃色部分採螢光漆線寬0.1-0.3公尺。
3. 限高門架不得懸掛高度限制標誌牌以外之物件

圖一 工地進出平交道簡易限高標準圖(2/2)



圖三 鐵路沿線簡易施工圍籬



圖二 鐵路沿線安全警示帶(網)設置標準

附件一

交通部鐵路改建工程局 鐵路沿線工程施工行車安全檢查表

工程名稱			
主辦單位		施工單位(承商)	
開工日期	年 月 日	檢查日期	年 月 日
檢查結果	合格=√ 不合格=×		
項次	項	目	備註
1	確認是否依照路線封鎖、電車線斷電規定程序辦理，以及有無依申請地點施工。		
2	施工時監工人員是否駐守工地監視工程進行。		
3	施工時地下管線之確認保護及號誌設備防護措施是否依照台鐵「纜線防護須知」規定辦理。		
4	施工時有否指派列車瞭望員，負責監視工作。		
5	大型施工機械或工程用汽車操作時有否派員引導指揮及觀察防止損害鐵路行車設備。		
6	列車慢行區段是否按規定設立臨時慢行號誌。		
7	未封鎖路線施工之路段，有否設置警示帶，施工機械、工具、車輛等是否有侵入距最近軌道中心3公尺範圍內。		
8	臨時設施或建築物是否堅固可靠，且應距最近軌道中心是否5公尺以上。		
9	臨近鐵路或地下管線穿越鐵路施工時是否有經常檢視軌道、路基沉陷，並作成紀錄。		
10	臨時鐵路或軌道旁施工挖掘土方時是否有堅固之擋土設施。		
11	收工後留置現場之機械、工具、材料是否有妥善、安全之固定措施，不得影響行車安全。		
12	軌道旁施工，其靠軌道側是否設立警告標示，嚴禁侵入鐵路建築淨空(距最近軌道中心1.9公尺)範圍內。		
13	在電化鐵路沿線施工之機具有否妥善接地。		
14	施工場所作業人員是否均配戴安全帽及穿著反光背心。		
15	夜間施工時，是否備妥照明設備、通訊方式。		
16	施工機具性能是否完善良好。		
17	施工圍離、施工機具、材料等有無妨礙號誌、號訊、標誌等之瞭望視距。		
18	施工時平交道有無安全防護。		
19	施工車輛、機具有無碰損電車線及號誌設施。		
20	平車、電搖車等施工車輛停留時，有無防動措施。		
21	各級施工安全措施及防範措施有否每日檢查及檢查記錄。		
22	行車安全設備之新建或改建是否依台鐵認可之設計圖說施作。		

註：本表依施工作業性質擇項檢查，無檢查者在備註欄內註明。

檢查人：

工地主管：

瞭望員之任務、配置、執行要領 一、任務

附件二

瞭望員應執行事項如下：

1. 施工機具於鄰近鐵路吊裝時，自列車接近到通過期間，應即通知吊車操作手停止操作，以防止操作不慎或意外，而危及行車安全，俟列車通過後，始得繼續動作。
2. 精神不可鬆懈，瞭望員應不斷叮嚀及警告，隨時提醒作業人員以減低事故之發生。
3. 如認為會出差錯之處就一定出差錯者，應立即制止。
4. 施工途中如發生任何有危及安全之情況，瞭望員及施工承商應遵從本局在場人員之指示，作緊急處理。
5. 嚴禁施工機具、材料及車輛侵入鐵路建築界線（距最近軌道中心 1.9 公尺）。（為防止意外發生，原則上承商應在施工地點距最近軌道中心 3 公尺以上處所，沿著鐵路路線設置警示帶或簡易施工圍籬）

二、配置及資格

1. 瞭望員應配戴安全帽、穿著反光背心、攜帶警示旗、口哨、對講機及行車時刻表等配備，負責列車監視工作，確保施工及行車安全。
2. 施工承商聘用之瞭望員，於鐵路沿線施工前一律要接受主辦單位之「電化鐵路安全須知」暨「鐵路行車安全」說明或講習，否則不得進入鐵路沿線擔任此職務。

三、執行要領

1. 作業開始前，工程(軌道)管理者，引導員(誘導員)、重機械司機、瞭望員，應洽妥聯絡方式、手作號誌等方法，並為澈底了解舉行作業前之訓練。
2. 確認施工中操作之移動機械(如怪手等，須做好接地措施)，以防施工機械誤入安全淨空。
3. 作業開始前，應充分掌握電桿、架線、電纜等之危險物，必要時設置注意標誌。
4. 制止施工中操作之移動機械不得作不必要及危險之運轉。
5. 其他應注意重機械之運轉狀況，如認為有不安全之狀態時應即時中止作業，及採必要之措施。

承包商工程用汽車之引導員(誘導員)之任務、配置、執行要領

(一)任務

工程用汽車之引導員(誘導員)，應執行之事項如下：

1. 事先與司機訂妥手作號誌顯示方法，以利安全且適當的引導工程用汽車，防止事故發生，以確保列車轉運及旅客安全。
2. 事故發生或有發生之虞時，應即採取列車防護，並聯絡有關單位。

使用工程用汽車有下列情形時，應設引導員(誘導員)：

1. 有妨礙運轉之虞時。
2. 有造成旅客，公眾等安全之虞時。
3. 有妨礙架空線，地下埋設物或重要構造物之虞時。
4. 有妨礙道路交通之虞時。

(三)服裝及攜帶品

引導員服裝應整齊，且必須攜帶引導工程用汽車所需用具以及萬一有異常時，所需列車防護用具。

(四)執行工作要領

1. 作業開始前點名時，由工程(軌道)管理者指定當日擔任工程汽車之「引導員(誘導員)」。
2. 如靠近營業線工作時，工程(軌道)管理者，引導員(誘導員)、工程用汽車司機、與包含列車瞭望員、平交道看柵工等相互間之聯絡，以及手作號誌之方式等，應於作業開始前辦理勤前訓練，對於平交道、架線等作業上需要注意之處所，應於事前充分掌握。
3. 聯絡方式，儘可能以耳、眼均能確認之方式為之。
4. 工程用汽車引導員(誘導員)之作業位置：
 - (1) 易與工程用汽車之司機作號誌之位置。
 - (2) 靠近營業線之工程，能確認瞭望員手作號誌之位置。
 - (3) 自身安全之位置。
5. 靠近營業線工程時應確認列車瞭望員就位後，始可開始作引導工作。另列車接近至通過期間，應中止汽車

行走。

6. 傾卸車應確認其車台已降下後，始可讓其行走。
7. 通過平交道必須一度停車，確認安全後，始可通過。
8. 不要做無理及危險之駕駛。
9. 其他應注意工程用汽車之運轉狀況，如有不安全之狀態況應即時中止作業，並採必要之措施。



承包商指派重機械引導員(誘導員)之任務、配置、執行要領

(一)任務

重機械之引導(誘導員)，應執行下列各項任務：

1. 事先與重機械司機訂妥手作號誌顯示方式，以利安全且適當的引導工程用重機械，並專心工作防止事故發生，以確保列車轉運及旅客安全。
2. 事故發生或有發生之虞，應立即採取列車防護措施並聯絡有關單位。

(二)配置有下列情形使用工程重機械時，需派引導員(誘導員)：

1. 有妨礙運轉安全之虞時。
2. 有危害旅客，公眾等安全之虞時。
3. 有妨礙架空線、地下埋設物或重要結構物之虞時。
4. 有妨礙公路交通之虞時。

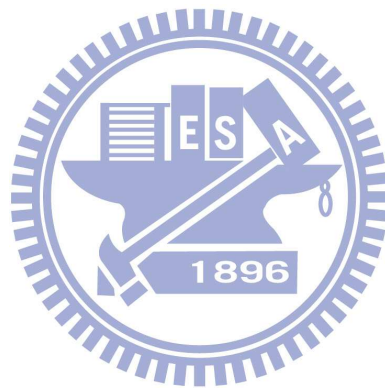
(三)服裝及攜帶品

引導員之服裝應整齊，並攜帶引導所需之用具以及列車防護所需之物品。

(四)執行工作要領

1. 作業開始前點名時，由工程管理者(或軌道管理者)指定當日重機「引導員(誘導員)」
2. 作業開始前，工程(軌道)管理者，引導員(誘導員)、重機械司機、瞭望員，應洽妥聯絡方式、手作號誌等方法，並為澈底了解舉行作業前之訓練。
3. 號誌(訊)之顯示，儘可能以耳、眼均能確認之方式為之。
4. 重機械引導員(誘導員)之作業位置：
 - (1)對重機械司機易顯示號誌(訊)之位置。
 - (2)靠近營業線之工程，易與瞭望員聯絡確認之位置。
 - (3)自身安全之處所。
5. 作業開始前，應充分掌握電桿、架線、電纜等之危險

- 物，必要時設置注意標誌。
6. 靠近營業線工程時，確認瞭望員就位在適當之位置後，才開始引導重機械。
 7. 移動式吊車移動時，應確認吊桿固定妥當後，始打行走之號誌(訊)。
 8. 不得作無理及危險之運轉。
 9. 其他應注意重機械之運轉狀況，如認為有不安全之狀態時應即時中止作業，及採必要之措施。



附錄四

鐵路行車及其他事故損害賠償暨補償費發給辦法
交通部公報 第四十三卷 第四期

(節錄)

第三條 鐵路因行車及其他事故，致人死亡、傷害或財物毀損喪失，應歸責於鐵路機構者，除治療期間之醫療費用，由鐵路機構賽責支付外，其賠償額之標準如左：

- 一、死亡者，最高金額新台幣一百四十萬元。
- 二、者，依殘廢等級最高金額新台幣一百四十萬元。
- 三、運人託運對貨物、行李、包裹，按民法之規定賠償，旅客未託運之隨身攜帶物品，除依照規定之免票孩童不予補償外，每一旅客最高金額不超過新台幣一萬元。
- 四、前款以外非運送財物毀損喪失者，由雙方協議定之。

第四條 鐵路因行車及其他事故，致人死亡、傷害或財物毀損、喪失。如能證明其事故之發生非由於鐵路機構之過失者，對於人之死亡、傷害仍應酌給卹金或醫藥補助費。但事故之發生係出於被害人之故意行為者，不予給付。前項發給標準如左：

- 一、非由於受害人之過失所致者。
 - (一). 旅客死亡者，最高金額新台幣一百二十萬元；重傷者，最高金額新台幣八十萬元；非重傷者，最高金額新台幣四十萬元。
 - (二). 非旅客按前目旅客之標準減半辦理。
- 二、由於受害人之過失所致者。
 - (一). 旅客：死亡者，最高金額新台幣十萬元。受傷者，按實補助醫藥費，最高金額不超過新台幣七萬元。
 - (二). 非旅客不予補助，但得按實際情形酌給慰問金，其最高額不得超過新台幣五萬元。

第七條 鐵路機構與死者之繼承人或傷者之雙方，就賠償或補助金額獲致協議時，應簽訂協議書，依協議事項行使權利履行義務，故後不得再有異議。

附錄五

鐵路法本法所用名詞，定義如左：

- 一、鐵路：指以軌道或於軌道上空架設電線，供動力車輛行駛及其有關之設施。
- 二、國營鐵路：指國有而由中央政府經營之鐵路。
- 三、地方營鐵路：指由地方政府經營之鐵路。
- 四、民營鐵路：指由國民經營之鐵路。
- 五、專用鐵路：指由各種事業機構所興建專供所營事業本身運輸用之鐵路。
- 六、捷運系統鐵路：指供都市及其鄰近衛星市、鎮使用之有軌迅捷公共運輸系統。
- 七、電化鐵路：指以交流或直流電力為行車動力之鐵路。
- 八、輸電系統：指自變電所至鐵路變電站間輸送電力之線路及其有關之斷電及保護設施。
- 九、淨空高度：指維護列車車輛安全運轉之最小空間。
- 十、限高門：指限制車輛通過鐵路平交道時裝載高度之設施。

鐵路法中相關法條摘錄

第五十八條（電化鐵路電力、通信等線路安全措施）

橫越電化鐵路之電力、通信等線路，應依左列規定：

- 一、低於電車線電壓之電力、通信或其他線路，應在鐵路下穿過。其距離軌面之深度由管線單位與鐵路機構協商定之。
- 二、高於電車線電壓之電力線路，應與電車線保持規定之距離。

第五十九條（臨近電化鐵路設施安全措施）

臨近電化鐵路之各項設施，應依左列規定：

- 一、距鐵路軌道中心五公尺以內，不得在地面上裝設金屬管線、金屬結構物或建造建築物。但係屬原有或與行車有關，經施予適當之防護措施者，不在此限。
- 二、距鐵路軌道中心五公尺以外、四十公尺以內之明線或未含金屬遮蔽之通信線路，與鐵路平行之長度超過一公里以上者，應對電力干擾採取適當之防護措施。
- 三、沿鐵路敷設之油管、氣管線路，應儘量避免與鐵路平行；如無法避免，應採取適當之防護措施。
- 四、臨近鐵路之公路高於鐵路之地段，應由該公路之主管機關，在其臨近鐵路之一邊設置護欄。
- 五、跨越電化鐵路之人行天橋及公路橋樑，應設安全防護裝置。

前項防護辦法，由交通部定之。

第六十條（電化鐵路架空電車線之淨空高度）

電化鐵路架空電車線，在平交道上之高度，應容許裝載四點二公尺高度之道路車輛安全通過；如因特殊狀況不能保持其淨空高度者，應在平交道兩側設置限高門，禁止超過規定裝載高度之車輛通行。

第六十一條（鐵路沿線公私建築之限制）

鐵路沿線兩側之公私建築，由鐵路機構商請當地縣（市）政府勘定鐵路行車視距及電車線供電線路之需要後限制之。

原有建築物妨礙行車視線者，得商請主管建築機關依法限期修改或強制拆除。

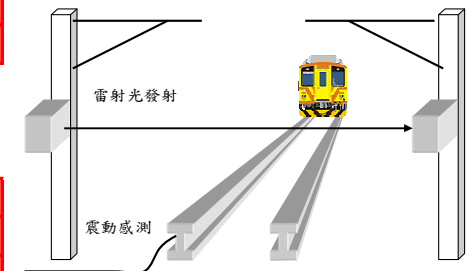


附錄六

交通部鐵路改建工程局CL308標松山車站地下化工程進行「雷射光電」或「震動開關」儀器選擇專家問卷調查
 (使用監測儀器替輔助瞭望員監視火車通過，兩儀器之優劣請依說明，將相對的數字填入空格，謝謝您的幫忙)

		量					尺						
可靠	數字	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	價格	3
可靠	可靠	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	愈	效能	4
可靠	愈	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	往	裝設	1
可靠	往	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	左	維修	6
價格	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	效能	2
價格	表	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	表	裝設	5
價格	示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	示	維修	5
效能	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	裝設	3
效能	邊	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	邊	維修	4
裝設	項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	項	維修	3
	愈	極	很	重	些	相	些	重	很	極	愈		
	重要	重	重	重	重	同	重	重	重	重	重要		
		要	要	要	要	要	要	要	要	要			
可靠	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	7	
價格	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	1/5	
效能	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	5	
裝設	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	2	
維修	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	8	

編號	1
姓名	陳XX
職稱	安全管理師
經歷	15年
單位	鐵工局
時間	98.06.12
地點	松山車站



儀器相關圖

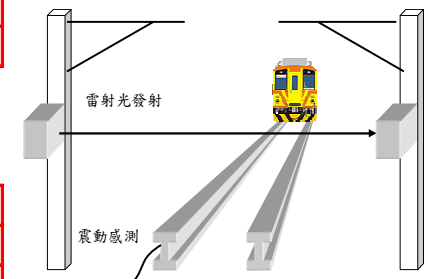
1. 兩兩相比量尺表分相同1、有些重要3、重要5、很重要7、極重要9，請將認定值填入右側紅格內。
2. 依表格內之重要度填入數值，當填入值介於兩者間填兩者中間值(如重要及很重要之間填6)
3. 上一層為各考量項目之間的重要度考量，如可靠與價格來比，您覺得誰重要，重要的程度多少。
4. 下一層為兩儀器間各考量項目之兩兩優勢比較，如以可靠而言，您覺得雷射與震動開關誰較重要。

交通部鐵路改建工程局CL308標松山車站地下化工程進行「雷射光電」或「震動開關」儀器選擇專家問卷調查

(使用監測儀器替輔助瞭望員監視火車通過，兩儀器之優劣請依說明，將相對的數字填入空格，謝謝您的幫忙)

		量					尺						
可靠	數字	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	價格	3
可靠	愈	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	效能	裝設	5
可靠	往	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	往	維修	6
價格	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	效能	7
價格	表	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	表	裝設	4
價格	示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	示	維修	4
效能	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	裝設	5
效能	邊	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	邊	維修	3
裝設	項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	項	維修	4
	愈										愈	維修	1
	重	極	很	重	些	相	些	重	很	極			
	要	重	重	重	重	同	重	重	重	重			
	要	要	要	要	要	要	要	要	要	要			
可靠	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動		7
價格	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動		1/5
效能	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動		5
裝設	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動		2
維修	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動		9

編號	2
姓名	陳XX
職稱	安衛管理師
經歷	12年
單位	鐵工局
時間	98.06.12
地點	松山車站



儀器相關圖

說明

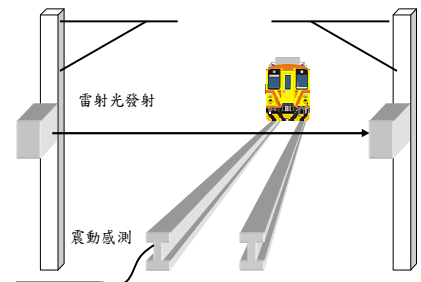
1. 兩兩相比量尺表分相同1、有些重要3、重要5、很重要7、極重要9，請將認定值填入右側紅格內。
2. 依表格內之重要度填入數值，當填入值介於兩者間填兩者中間值(如重要及很重要之間填6)
3. 上一層為各考量項目之間的重要度考量，如可靠與價格來比，您覺得誰重要，重要的程度多少。
4. 下一層為兩儀器間各考量項目之兩兩優勢比較，如以可靠而言，您覺得雷射與震動開關誰較重要。

交通部鐵路改建工程局CL308標松山車站地下化工程進行「雷射光電」或「震動開關」儀器選擇專家問卷調查

(使用監測儀器替輔助瞭望員監視火車通過，兩儀器之優劣請依說明，將相對的數字填入空格，謝謝您的幫忙)

		量					尺						
可靠	數字	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	價格	4
可靠	愈	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	愈	效能	5
可靠	往	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	往	裝設	6
可靠	價格	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	價格	維修	7
價格	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	左	效能	3
價格	表	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	表	裝設	4
價格	示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	示	維修	5
效能	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	左	裝設	2
效能	邊	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	邊	維修	5
裝設	項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	項	維修	2
愈	愈	極	很	重	些	相	些	重	很	極	愈	愈	重
重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重
要	要	要	要	要	同	要	要	要	要	要	要	要	要
可靠	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	可靠	震動	8
價格	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	價格	震動	1/4
效能	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	效能	震動	4
裝設	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	裝設	震動	1
維修	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	維修	震動	8

編號	3
姓名	呂XX
職稱	安全主管
經歷	20年
單位	日商清水
時間	98.06.12
地點	松山車站



儀器相關圖

說明

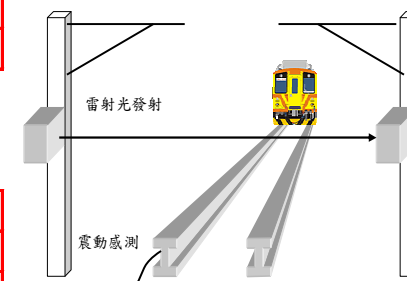
1. 兩兩相比量尺表分相同1、有些重要3、重要5、很重要7、極重要9，請將認定值填入右側紅格內。
2. 依表格內之重要度填入數值，當填入值介於兩者間填兩者中間值(如重要及很重要之間填6)
3. 上一層為各考量項目之間的重要度考量，如可靠與價格來比，您覺得誰重要，重要的程度多少。
4. 下一層為兩儀器間各考量項目之兩兩優勢比較，如以可靠而言，您覺得雷射與震動開關誰較重要。

交通部鐵路改建工程局CL308標松山車站地下化工程進行「雷射光電」或「震動開關」儀器選擇專家問卷調查

(使用監測儀器替輔助瞭望員監視火車通過，兩儀器之優劣請依說明，將相對的數字填入空格，謝謝您的幫忙)

		量					尺						
可靠	數字	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	價格	2
可靠	愈	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	愈	效能	6
可靠	往	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	往	裝設	6
可靠	價格左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	維修	8
價格	表示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	效能	3
價格	示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	表	裝設	3
效能	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	示	維修	5
效能	邊	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	裝設	4
裝設	項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	邊	維修	3
愈	愈	極	很	重	些	相	些	重	很	極	項	維修	2
重	重	重	重	重	重	同	重	重	重	重	愈	愈	愈
要	要	要	要	要	要	要	要	要	要	要	重	重	重
可靠	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	震動	6
價格	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	震動	1/6
效能	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	震動	6
裝設	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	震動	3
維修	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	震動	7

編號	4
姓名	郭XX
職稱	安全管理師
經歷	10年
單位	日商清水
時間	98.06.12
地點	松山車站

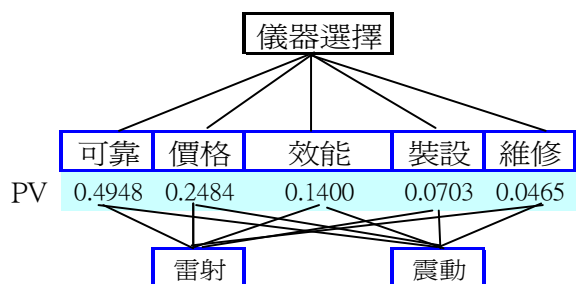


儀器相關圖

1. 兩兩相比量尺表分相同1、有些重要3、重要5、很重要7、極重要9，請將認定值填入右側紅格內。
2. 依表格內之重要度填入數值，當填入值介於兩者間填兩者中間值(如重要及很重要之間填6)
3. 上一層為各考量項目之間的重要度考量，如可靠與價格來比，您覺得誰重要，重要的程度多少。
4. 下一層為兩儀器間各考量項目之兩兩優勢比較，如以可靠而言，您覺得雷射與震動開關誰較重要。

AHP 計算結果

層次分析法(Analytical Hierarchy Process, 簡稱AHP)進行「雷射光電」或「震動開關」儀器選擇計算結果



1. 將目標一一填入上入藍色方框內。
2. 將兩兩之間相對量尺之重要度填入紅框內。
3. 評估的結果將在理想度(淡藍)中出現值愈大愈好。
4. 一致性比率(檢查有無矛盾)會在一致性(淡黃)中出現

結果：**有一致性**

評	雷射	0.6792
定	震動	0.3208

可靠	雷射
價格	雷射
效能	雷射
裝設	雷射
維修	雷射

		量 尺											
可靠	數字	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	價格	3
可靠	可靠	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	數字	效能	5
可靠	可靠	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	愈	裝設	6
可靠	可靠	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	往	維修	7
價格	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	效能	3
價格	表	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	表	裝設	4
價格	示	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	示	維修	5
效能	左	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	右	裝設	3
效能	邊	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	邊	維修	4
裝設	項	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	項	維修	2
愈	極	極	很	重	些	相	些	重	很	極	愈		
重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	重		
要	要	要	要	要	要	同	要	要	要	要	要		
雷射	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	7	
雷射	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	1/5	
雷射	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	5	
雷射	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	2	
雷射	雷射	9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9	震動	8	

說明

1. 兩兩相比量尺表分相同1、有些重要3、重要5、很重要7、極重要9。 權數值=優先向量(Priority Vector)，簡稱PV
2. 當填入值介於兩者間填兩者中間值(如重要及很重要之間填6) 名 一致性指標(Consistency Index)，簡稱CI
3. 上一層為各考量項目之間的重要度考量。 隨機一致性指標(Random Consistency Index)，簡稱RI
4. 下一層為兩儀器間各考量項目之兩兩優勢比較。 詞 一致性比率(Consistency Ratio)，簡稱CR

風險值計算表之原始 EXCEL 檔案

	機率	損失	轉換	風險值		改為後		
c1	0.000623684	0	0	0	0	A安全	0	0
c2	0.000243748	200	2000000	487.497	487.497	B人死200	4.87497	4.87497
c3	0.001093676	0	0	0	0	A	0	0
c4	0.000427431	499	4990000	2132.88	2132.88	E撞車499	21.3288	21.3288
c5	0.000165247	59	590000	97.496	97.496	C電線壞59	97.496	0.0975
c6	6.45821E-05	558	5580000	360.368	360.368	C+E	3.60368	0.0036
c7	6.88531E-06	325	3250000	22.3773	22.3773	B+C+D	22.3773	0.02238
c8	2.69092E-06	824	8240000	22.1732	22.1732	B+C+D+E	0.22173	0.00022
				3122.79		D機壞66	149.902	26.3275
				390.349			18.7378	3.29093

附錄

	機率	損失	轉換	風險值		改為後		
c1	0.000623684	0	0	0	0	A安全	0	0
c2	0.000243748	200	2000000	487.497	487.497	B人死200	4.87497	4.87497
c3	0.001093676	0	0	0	0	A	0	0
c4	0.000427431	499	4990000	2132.88	2132.88	E撞車499	21.3288	21.3288
c5	0.00023032	59	590000	135.889	135.889	C電線壞59	135.889	0.13589
c6	9.00137E-05	558	5580000	502.276	502.276	C+E	5.02276	0.00502
c7	9.59665E-06	325	3250000	31.1891	31.1891	B+C+D	31.1891	0.03119
c8	3.75057E-06	824	8240000	30.9047	30.9047	B+C+D+E	0.30905	0.00031
				3320.64		D機壞66	198.613	26.3762
				415.079			24.8267	3.29702

附錄

EXCEL 風險值計算結果表(含台鐵求償全部風險值計算)

狀況	機率	損失 (萬元)	轉換為元	風險值	損失狀況	加監視器後 風險值	鋼構覆蓋 風險值	軟體程序 風險值
c1	0.000623684	0	0	0	A安全	0	0	0
c2	0.000243748	600	6000000	1462.490352	B人死600	14.62490352	14.62490352	14.62490352
c3	0.001093676	0	0	0	A安全	0	0	0
c4	0.000427431	1975	19750000	8441.761398	E撞車1975	84.41761398	84.41761398	84.41761398
c5	0.001536102	348	3480000	5345.6366	C電線壞348	5345.6366	476.3496774	1544.888977
c6	0.00060034	2323	23230000	13945.909	C+E=2323	139.45909	12.42719951	40.30367702
c7	6.40043E-05	1039	10390000	665.0043615	B+C+D=1039	665.0043615	59.25853865	192.1862605
c8	2.50142E-05	3014	30140000	753.9275674	B+C+D+E=3014	7.539275674	0.671824855	2.17885067
				30614.72928	D機壞91	6256.681845	647.7497579	1878.600283
				3826.84116		782.0852306	80.96871974	234.8250354

EXCEL 風險值計算結果表(直接損失風險計算表)

狀況	機率	損失 (萬元)	轉換為元	風險值	損失狀況	加監視器後 風險值	鋼構覆蓋 風險值	軟體程序 風險值
c1	0.000623684	0	0	0	A安全	0	0	0
c2	0.000243748	200	2000000	487.496784	B人死200	4.87496784	4.87496784	4.87496784
c3	0.001093676	0	0	0	A	0	0	0
c4	0.000427431	499	4990000	2132.880475	E撞車499	21.32880475	21.32880475	21.32880475
c5	0.001536102	59	590000	906.300458	C電線壞59	906.300458	80.76043381	261.9208324
c6	0.00060034	558	5580000	3349.899795	C+E=558	33.49899795	2.985095708	9.681210408
c7	6.40043E-05	325	3250000	208.0138763	B+C+D=325	208.0138763	18.53611652	60.11601025
c8	2.50142E-05	824	8240000	206.116893	B+C+D+E=824	2.06116893	0.183670763	0.595677821
				7290.708281	D機壞66	1176.078274	128.6690894	358.5175034
				911.3385352		147.0097842	16.08363617	44.81468793

相關儀器型錄：雷射光電開關型錄

光電開關	放大器內藏型光電開關(雷射型) E3Z-LT/LR/LL
感測器指南	

光纖型	體積最小的雷射感測器 最令人放心的E3Z型 <ul style="list-style-type: none"> ■符合雷射等級1 (JIS IEC)，使用時更安全、更安心 ■具備長距離、低應差等優異的檢測性能 ■完全符合歐洲RoHS指令之規定 ■光點直徑可依客戶需求進行客製化。 ■例如將透過型的光點直徑擴大，讓光軸調整更為簡單
放大器分體型	
放大器內藏型	
內藏電氣型	
用途別	



說明 請參閱218頁的「正確使用須知」。

技術指南 **應用**

檢測大型磁磚的側面



光束的辨識性極佳，且感測器的光軸易於調整

瓶罐數量的計數



採用小光點的方式，即使在小體積、狹小間隙中亦能穩定檢測

檢測輸送膠帶上是否有晶片等零件



300mm的長距離檢測(白紙)

檢測吸管是否突出



適用於黑白顏色小、色彩混雜的應用檢測

- E3Z
- E3Z-C
- E3Z-M
- E3Z-M
- E3Z-M
- E3Z-LT/LR/LL
- E3Z Easy Order
- E3Z-LS
- E3Z-L
- E3Z-B
- E3Z-G

透過光學客製化的方式，讓E3Z型雷射感測器「更為適用！」

E3Z型雷射的光學系統採用獨創的模組結構，光點直徑可依客戶需求做變更。例如，將透過型用於長距離用途時，能夠擴大光點並且讓光軸的調整更為容易，還可在近距離將距離設定型的光點最小化，以便能夠更輕易地檢測出微小物體，有效提升產品價值。

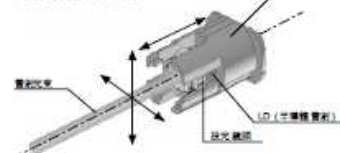
E3Z型雷射的先進光學技術

抑制雷射光束在方向上的差異，並且可任意客製化光點直徑...

實現此目標是依LD及投光鏡頭模組化的方式，以達高精密度的定位(Alignment)技術。

直列式設計可調整鏡頭的位置。

雷射模組概念圖




將投光鏡頭依垂直、水平、深度方向進行高精度度的調整，藉以實現方向差異性低(能力：±1度)的定位(對軸)目標。

震動開關(2至5G)型錄

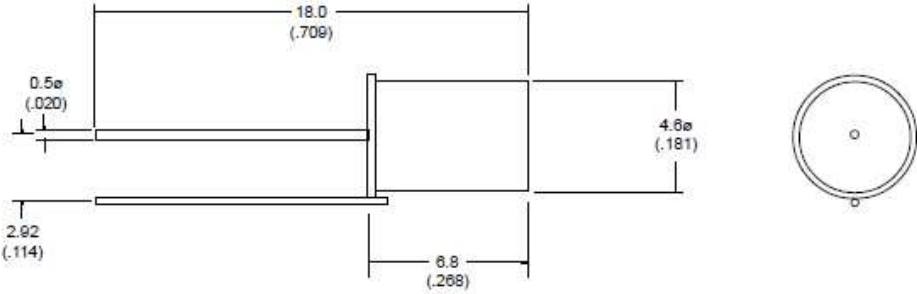
FORM AE043 ISS1

Comus Group of Companies
PRODUCT DATA SHEET

Manufactured in UK



Direction of acceleration to close contacts
→



Drawings not to scale
All dimensions in mm (inches) nominal

SPECIFICATION

CONTACT FORM/STYLE		Normally open
SWITCHING VOLTAGE	Max. Vac	24
SWITCHING CURRENT	Max. A	0.25
SWITCHING CAPACITY (RESISTIVE)	Max. VA	5
CONTACT RESISTANCE	Max. Ω	10
OPERATING TEMPERATURE	Deg. °C	-20° + 85°
STORAGE TEMPERATURE	Deg. °C	-25° + 90°
ACTIVATION LEVEL	G	2 - 4.9
CASE MATERIAL		Steel - gold plated

NOTE: When cutting or bending switch leads it is important that the glass seal is not damaged. The cutting or bending point should be no closer than 3mm (.118) to the glass to metal seal and the lead should be supported between the cutting or bending point and the glass to metal seal.

ACCELERATION and SHOCK SWITCH

PART NUMBER
ASLS-2

Rev. No.	Revision Note	Date	Signature
B	Web Site 2001	1-2-01	RG

As part of the company policy of continued product improvement, specifications may change without notice. Our sales office will be pleased to help you with the latest information on this product range and details of our full design and manufacturing service. All products are supplied to our standard conditions of sale otherwise agreed in writing.

© 2001 Copyright Comus Group of Companies

The Comus Group of Companies consist of:
 Assemtech Europe Limited
 E. Bachem GmbH
 Comus International
 W. Gunther GmbH
 Gunther Belgium
 Gunther France
 S.T.G.

LED 燈型錄

含接頭控制器每公尺 450 元，限高門寬約 10m 共 4500 元加配件為 4900 元
資料來源：

<http://tw.page.bid.yahoo.com/tw/auction/e41161350?u=stihks8819>



吊車承載荷重與角度關係表

BOOM LIFTING CAPACITIES

RK200

Main Boom Lifting Capacities with Outriggers

Unit: metric ton

MAIN Operating radius (m)	With outriggers in 5.1m position 360° swing area					With outriggers in 4.8m position Over the side					With outriggers in 4.2m position Over the side					With outriggers in 3.2m position Over the side				
	Boom length in meters					Boom length in meters					Boom length in meters					Boom length in meters				
	6.7	11.3	15.9	20.4	25.0	6.7	11.3	15.9	20.4	25.0	6.7	11.3	15.9	20.4	25.0	6.7	11.3	15.9	20.4	25.0
2.5	20.00	12.00	9.00	7.00		16.00	12.00	9.00	7.00		16.00	12.00	9.00	7.00		16.00	12.00	9.00	7.00	
3.0	16.00	12.00	9.00	7.00		16.00	12.00	9.00	7.00		16.00	12.00	9.00	7.00		13.00	12.00	9.00	7.00	
3.5	14.00	12.00	9.00	7.00	5.00	14.00	12.00	9.00	7.00	5.00	14.00	12.00	9.00	7.00	5.00	10.00	10.00	9.00	7.00	5.00
4.0	12.50	12.00	9.00	7.00	5.00	12.50	12.00	9.00	7.00	5.00	12.50	12.00	9.00	7.00	5.00	7.70	7.80	7.20	7.00	5.00
4.5	11.50	11.10	8.50	7.00	5.00	11.50	11.10	8.50	7.00	5.00	11.20	10.55	8.30	7.00	5.00	5.40	6.20	6.10	6.45	5.00
5.0		10.25	8.05	7.00	5.00		10.15	8.05	7.00	5.00		9.15	7.65	7.00	5.00		5.10	5.00	5.30	5.00
5.5		9.40	7.60	6.60	4.75		9.10	7.60	6.60	4.75		7.75	6.95	6.55	4.75		4.30	4.20	4.50	4.70
6.0		8.55	7.15	6.20	4.55		8.05	7.10	6.20	4.55		6.55	6.30	6.10	4.55		3.60	3.60	3.85	4.05
6.5		7.70	6.70	5.80	4.35		7.00	6.60	5.80	4.35		5.65	5.60	5.70	4.35		3.10	3.10	3.35	3.55
7.0		6.85	6.20	5.50	4.15		6.20	6.05	5.50	4.15		4.90	4.95	5.25	4.15		2.70	2.70	2.95	3.10
7.5		6.00	5.70	5.15	3.90		5.40	5.45	5.15	3.90		4.30	4.40	4.70	3.95		2.40	2.35	2.60	2.80
8.0		5.30	5.20	4.85	3.70		4.75	4.80	4.80	3.70		3.80	3.85	4.20	3.70		2.10	2.05	2.30	2.50
9.0		4.25	4.25	4.30	3.30		3.80	3.85	4.10	3.30		3.05	3.10	3.40	3.30		1.65	1.60	1.85	2.00
10.0			3.50	3.75	3.00			3.15	3.45	3.00			2.60	2.80	2.90			1.25	1.50	1.65
11.0			2.90	3.20	2.70			2.60	2.90	2.70			2.05	2.35	2.50			1.00	1.20	1.35
12.0			2.45	2.75	2.50			2.20	2.45	2.45			1.70	1.95	2.15			0.80	1.00	1.15
13.0			2.05	2.35	2.30			1.85	2.10	2.20			1.40	1.65	1.85			0.63	0.80	0.95
14.0			1.85	2.05	2.10			1.70	1.80	1.95			1.25	1.45	1.60			0.50	0.65	0.80
15.0			(13.6m)	1.75	1.90			(13.6m)	1.55	1.70			(13.6m)	1.20	1.40			(13.6m)	0.55	0.65
16.0				1.50	1.70				1.35	1.50				1.00	1.20				0.40	0.55
17.0				1.32	1.50				1.15	1.30				0.80	1.00					0.45
18.0				1.15	1.30				0.95	1.15				0.65	0.85					0.35
19.0				1.15	1.15				0.90	1.00				0.60	0.70					
20.0				(18.1m)	1.00				(18.1m)	0.85				(18.1m)	0.60					
21.0					0.90					0.75					0.50					
22.0					0.80					0.65					0.40					
22.7					0.74					0.60					0.35					
Min. boom angle	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	29°	37°

MAIN Operating radius (m)	With outriggers in min. position Over the side				
	Boom length in meters				
	6.7	11.3	15.9	20.4	25.0
2.5	7.75	7.80	7.80	7.00	
3.0	5.55	5.60	5.60	6.10	
3.5	4.20	4.30	4.25	4.70	4.70
4.0	3.30	3.40	3.35	3.70	3.80
4.5	2.65	2.70	2.70	3.00	3.10
5.0		2.20	2.25	2.55	2.65
5.5		1.80	1.85	2.10	2.25
6.0		1.50	1.55	1.80	1.90
6.5		1.25	1.30	1.55	1.65
7.0		1.05	1.05	1.30	1.45
7.5		0.85	0.85	1.15	1.30
8.0		0.70	0.70	0.95	1.10
9.0			0.45	0.70	0.85
10.0			0.30	0.50	0.65
11.0				0.29	0.50
12.0					0.30
13.0					
14.0					
15.0					
16.0					
17.0					
18.0					
19.0					
20.0					
21.0					
22.0					
22.7					
Min. boom angle	0°	29°	45°	52°	57°

Working Ranges

*Boom/jib bending with load is not involved in figure of working ranges.

