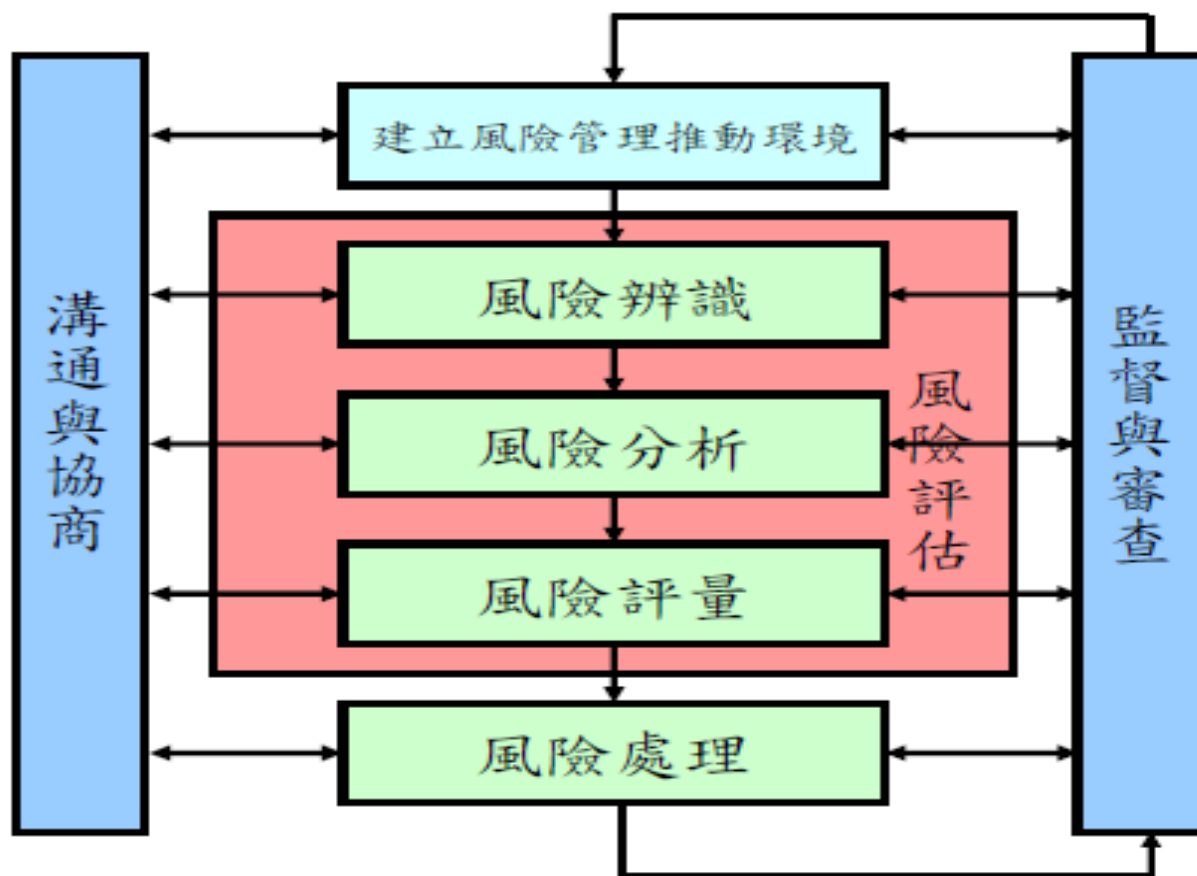


運輸安全初探- 以台鐵風險辨識為例

開南大學
陳一昌

風險管理架構及程序



[73,97]

圖1-1 風險管理架構及程序



台鐵運輸安全危害項目之辨識

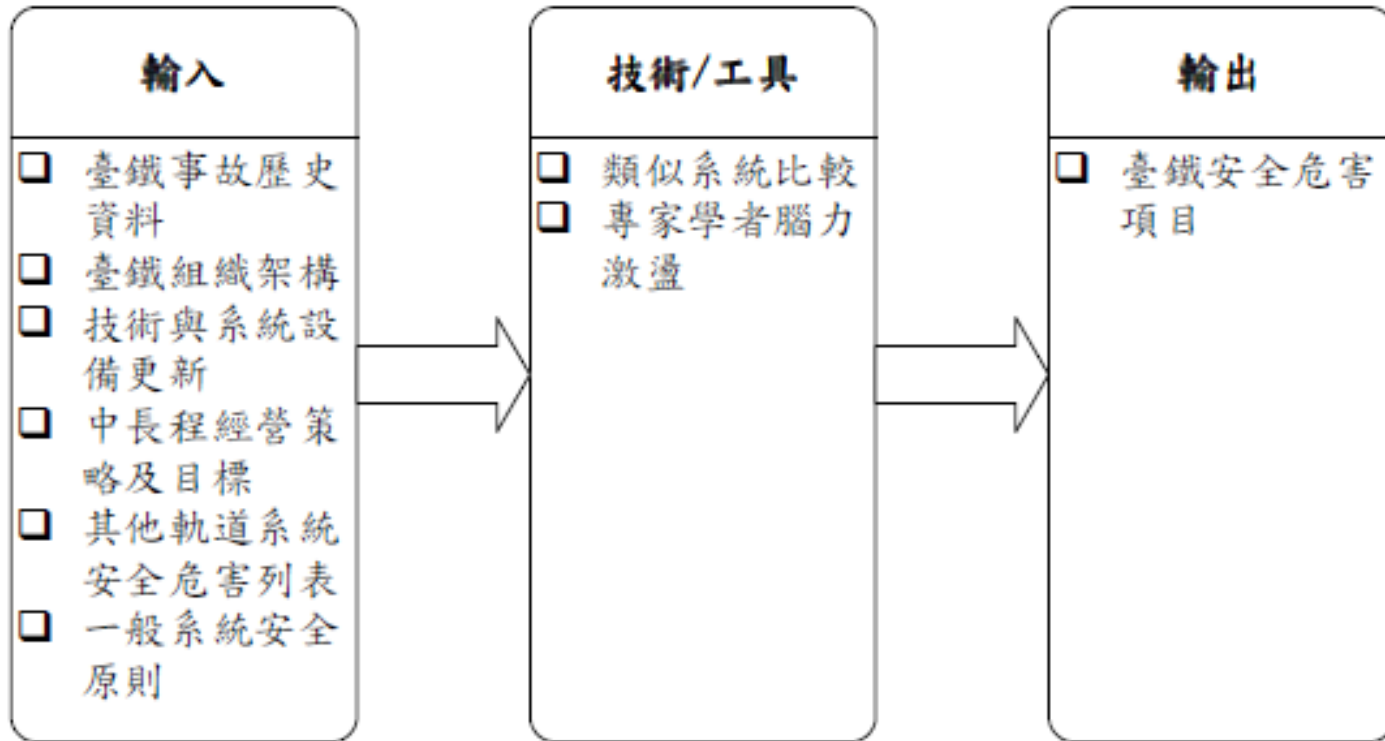


圖1-3 辨識臺鐵安全危害項目方法

一、各國風險管理步驟

□ 澳洲/紐西蘭(AS/NZS 4360)



□ 台灣



□ 英國(BS 31000)



□ 加拿大(CAN/CSA-Q850)

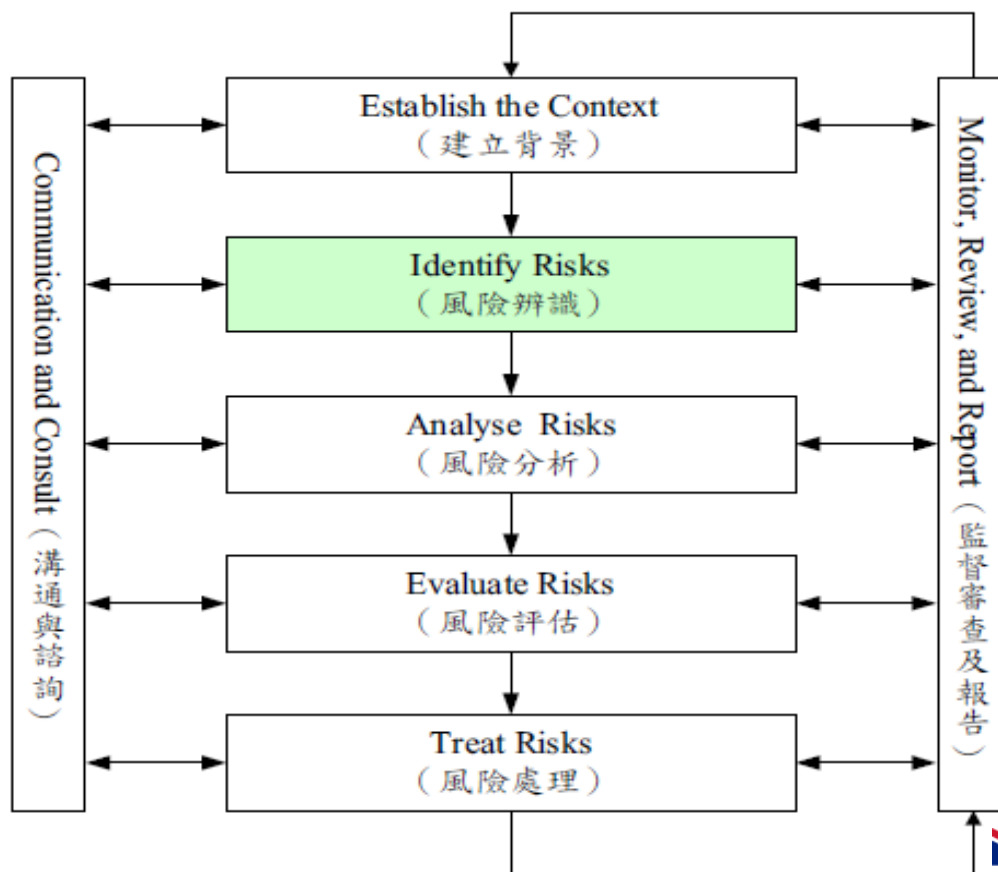


□ 南韓



□ 學術界

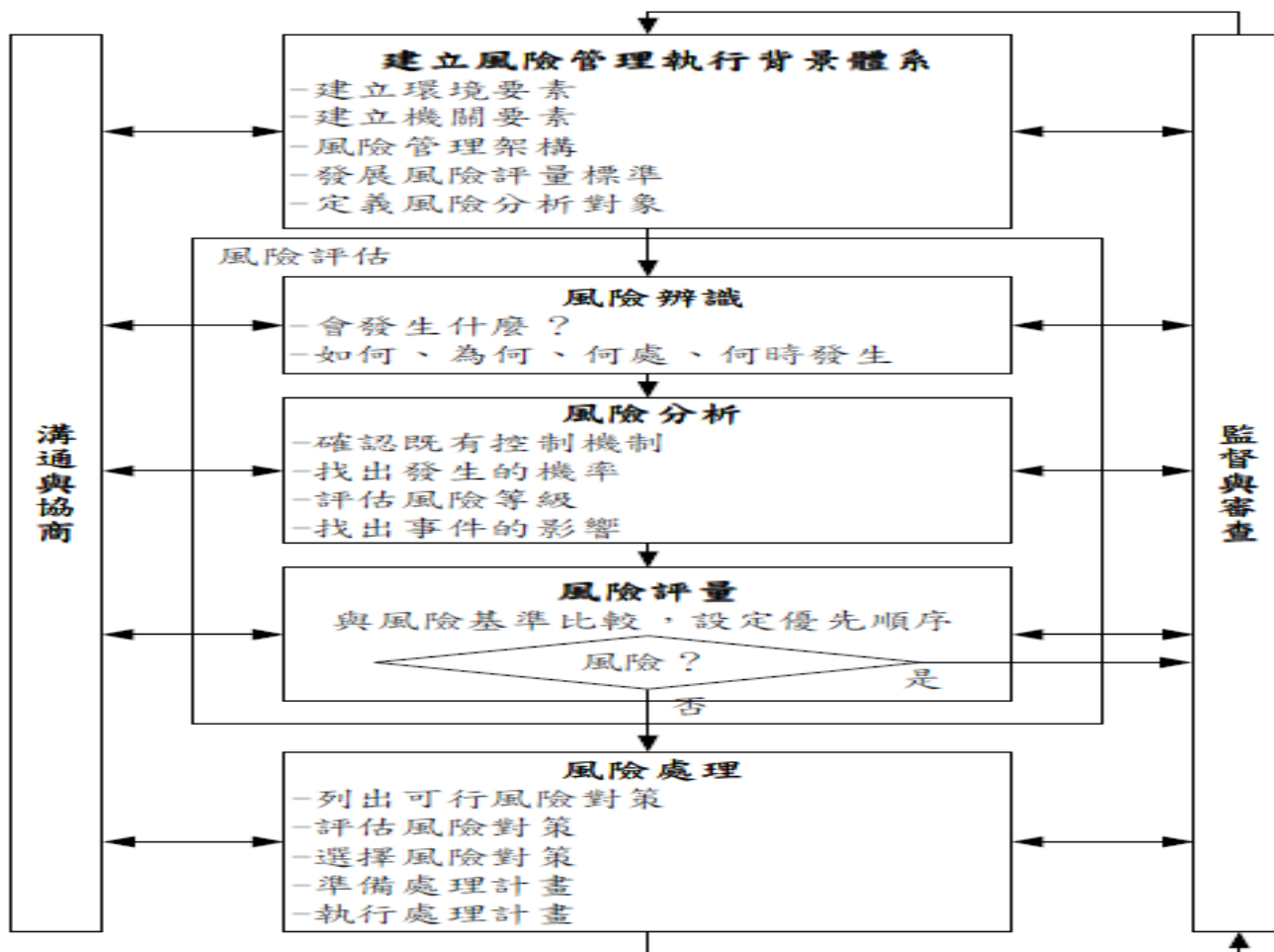
1. 風險管理步驟-澳洲/紐西蘭風險管理手冊(AS/NZS 4360) 1995年制定



資料來源：[16,73]及本研究繪製

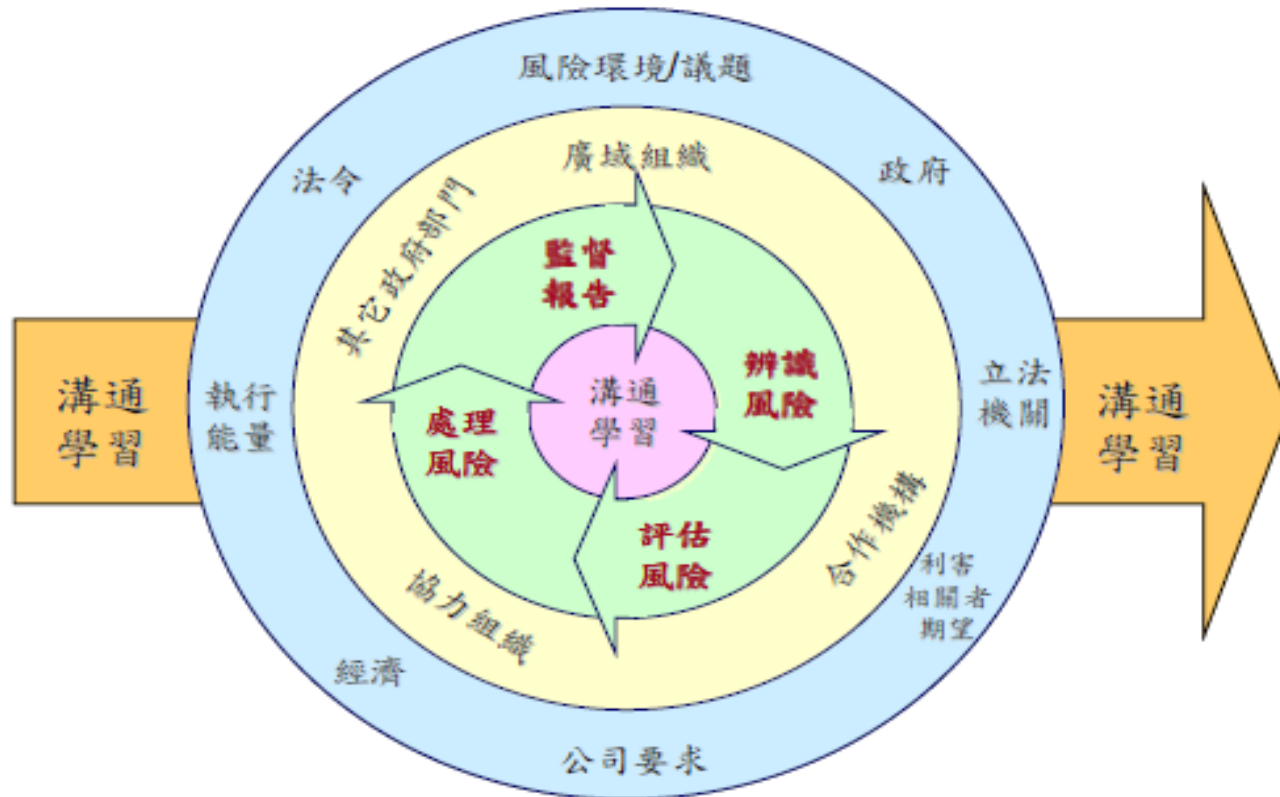
圖2-4 AS/NZS 4360 之風險管理步驟

2. 台灣-風險管理及危機處理作業手冊(行政院研考會)2009年研訂





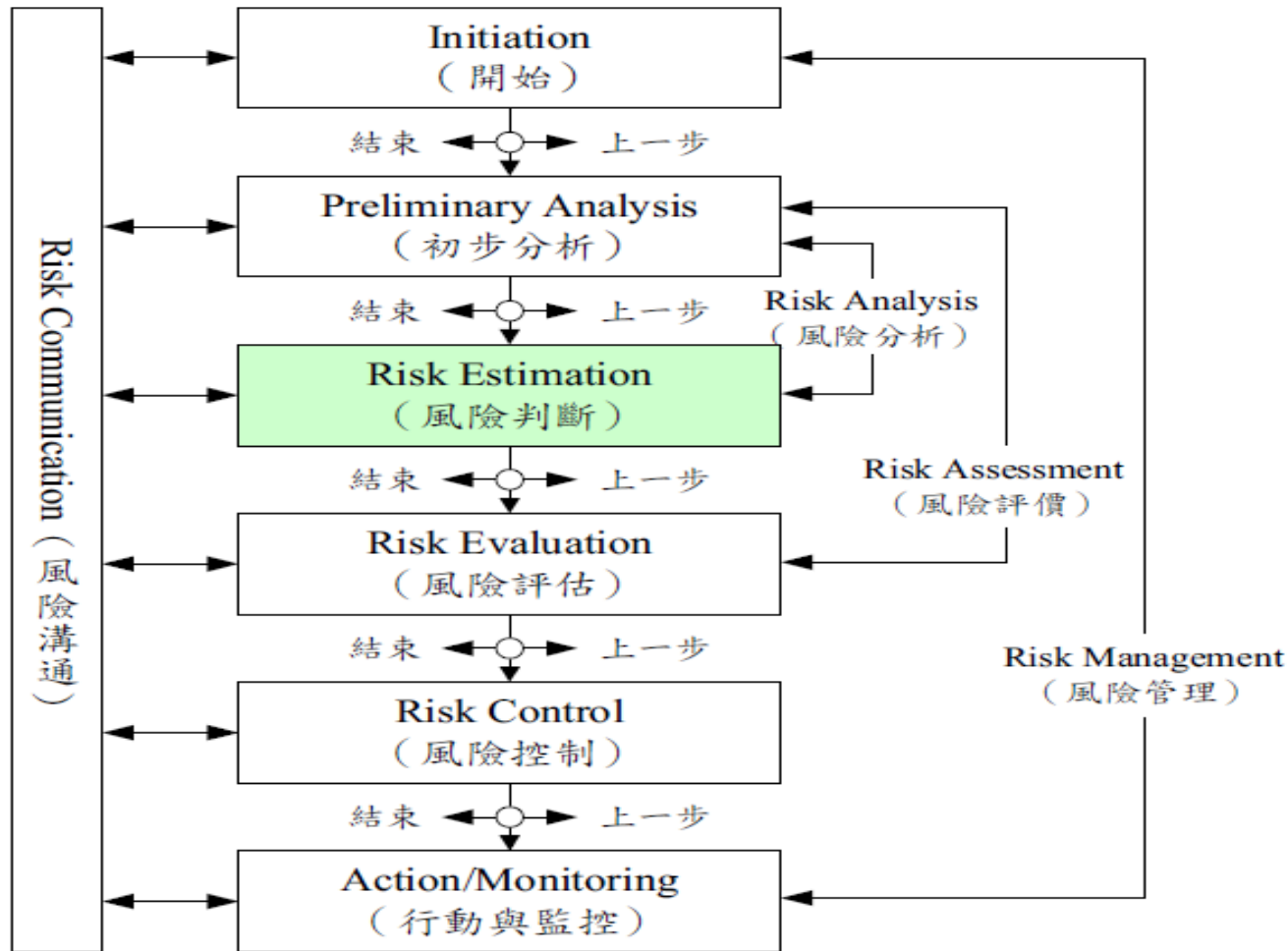
3. 英國-風險管理作業要點及標準 (標準協會BS 31000)



資料來源：[97]

圖2-6 英國風險管理模式架構圖

4. 加拿大-決策風險管理標準 (CAN/CSA-Q850-97)

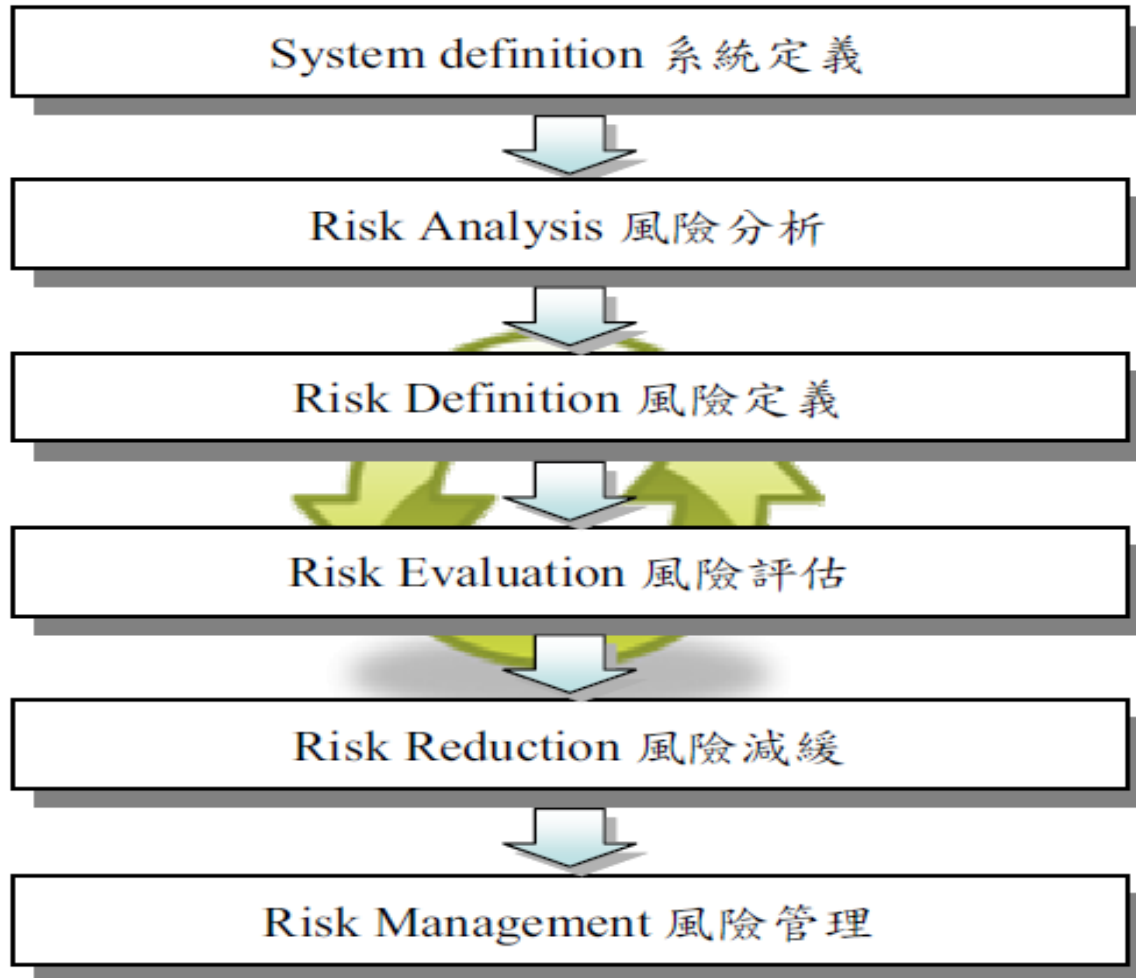


加拿大-風險管理架構

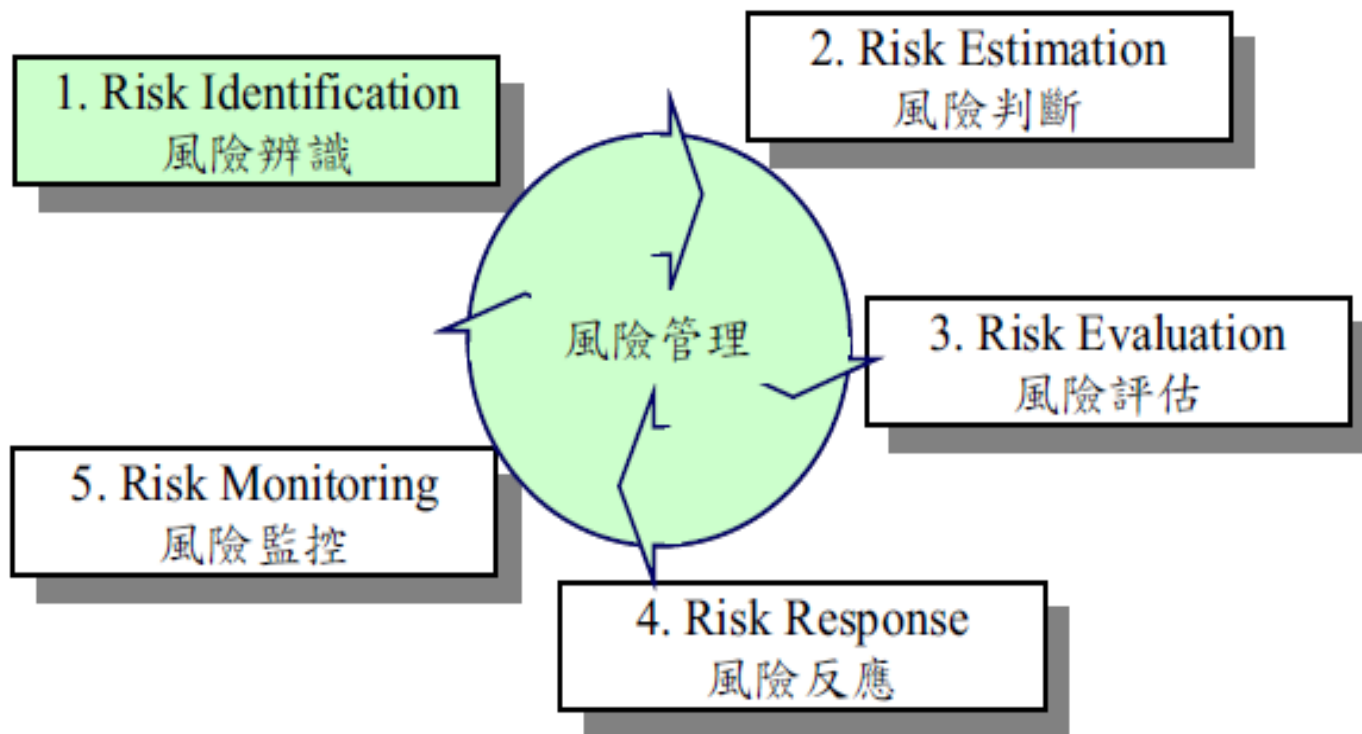




5. 南韓-軌道研究中心(KRRI)



6. 學術界1 - Baker 風險管理步驟

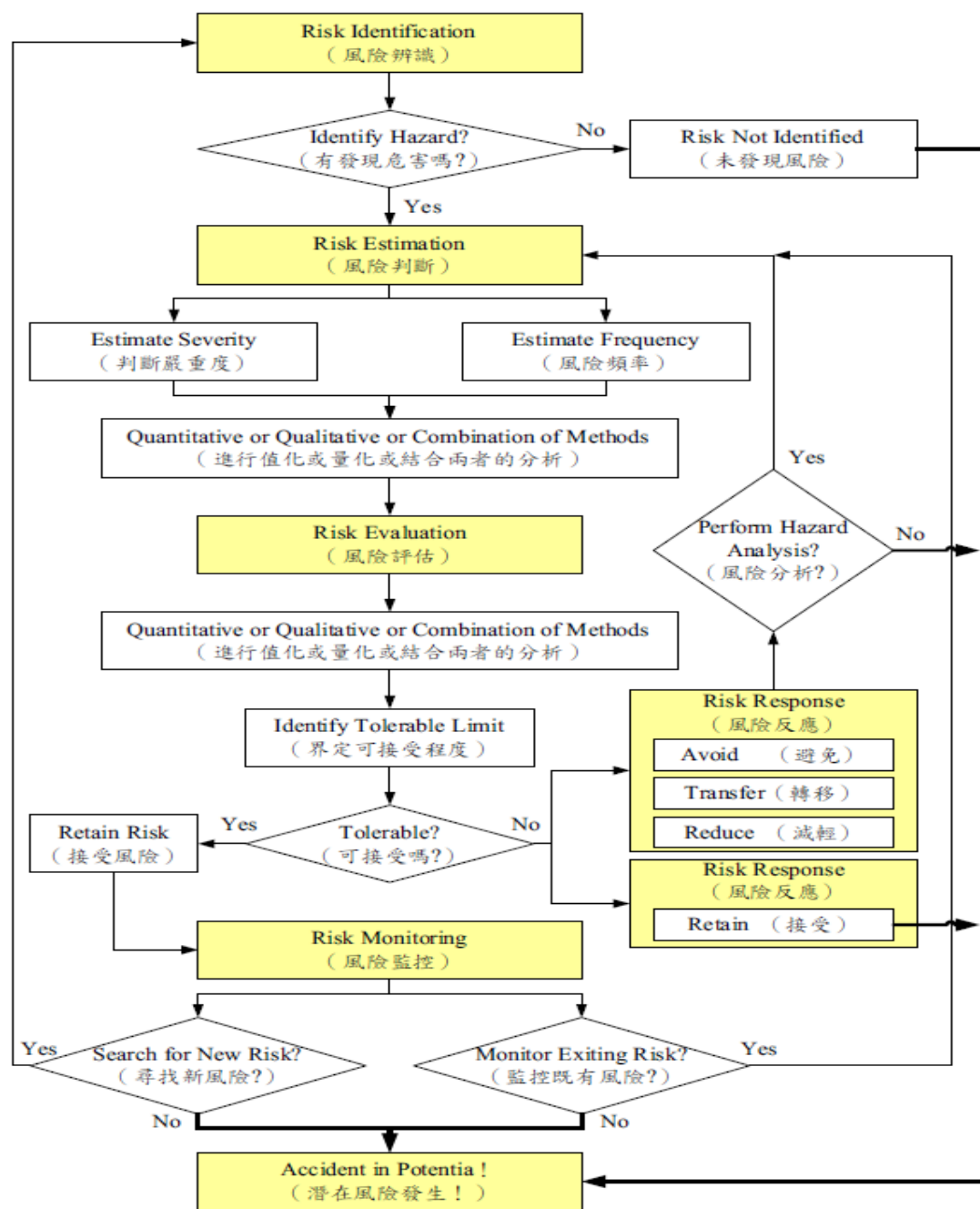


資料來源：[5]及本研究繪製

圖2-10 Baker 等人研擬之風險管理步驟

6. 學術界2

-Smith & Harrison 風險管理步驟



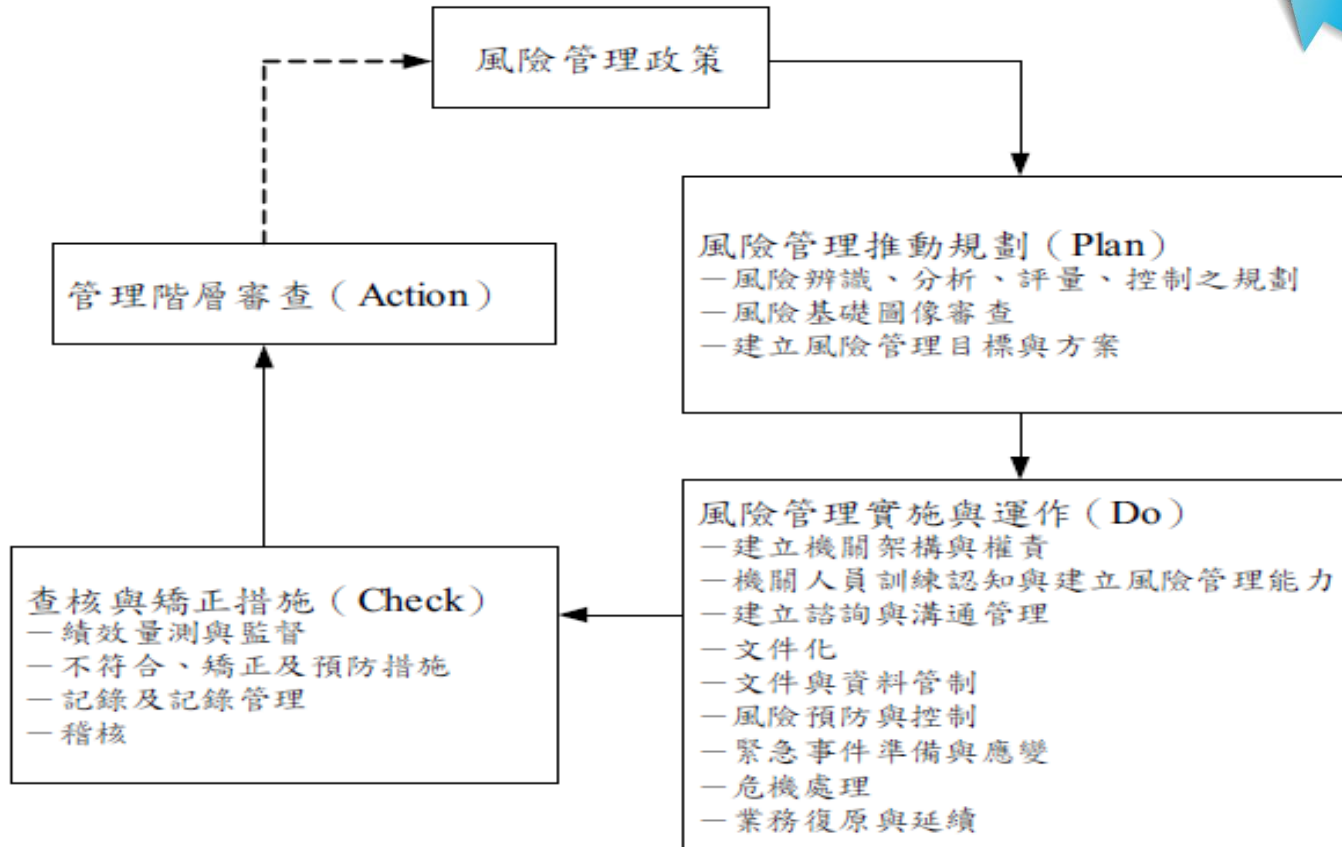
2014/10/25

資料來源：[37]及本研究繪製

圖2-11 Smith 與 Harrison 研擬之風險管理步驟



7. PDCA整合性風險管理模式



資料來源：[97]

圖2-12 PDCA 整合性風險管理模式

二、軌道運輸風險管理實務

- 歐盟
- 澳洲
- 美國
- 韓國
- 香港
- 日本
- 新加坡



1. 歐盟IEC 61508

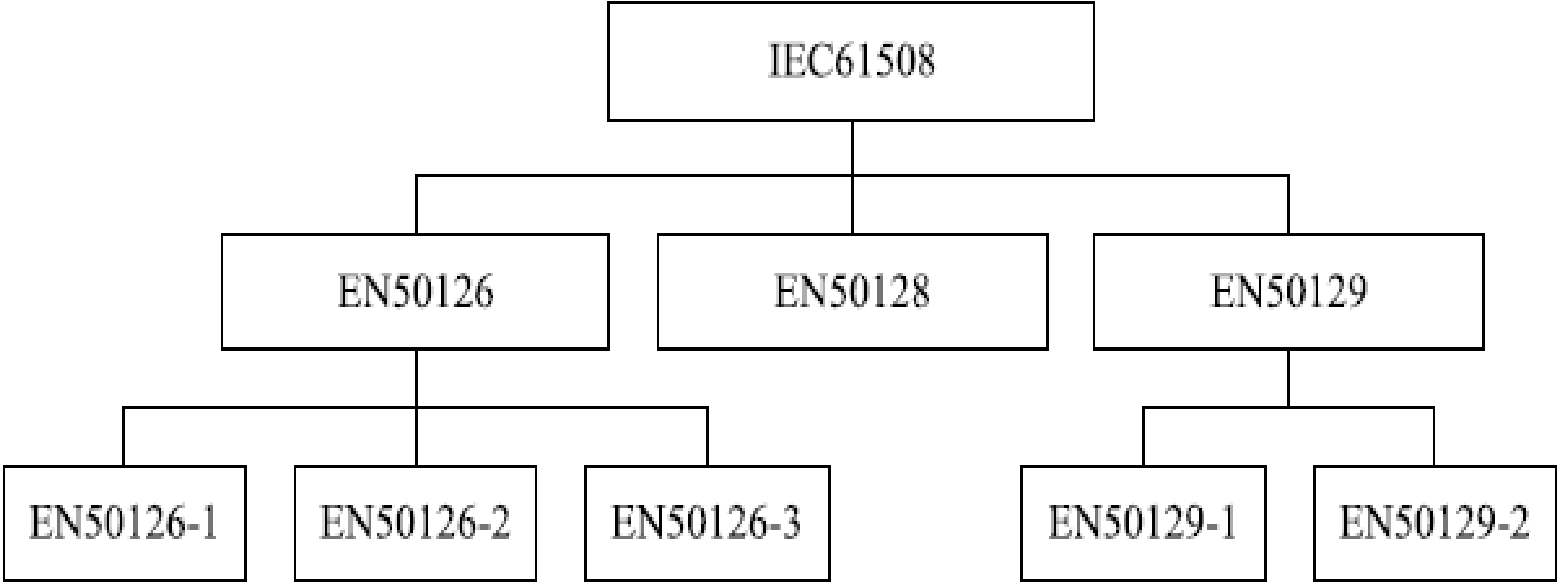
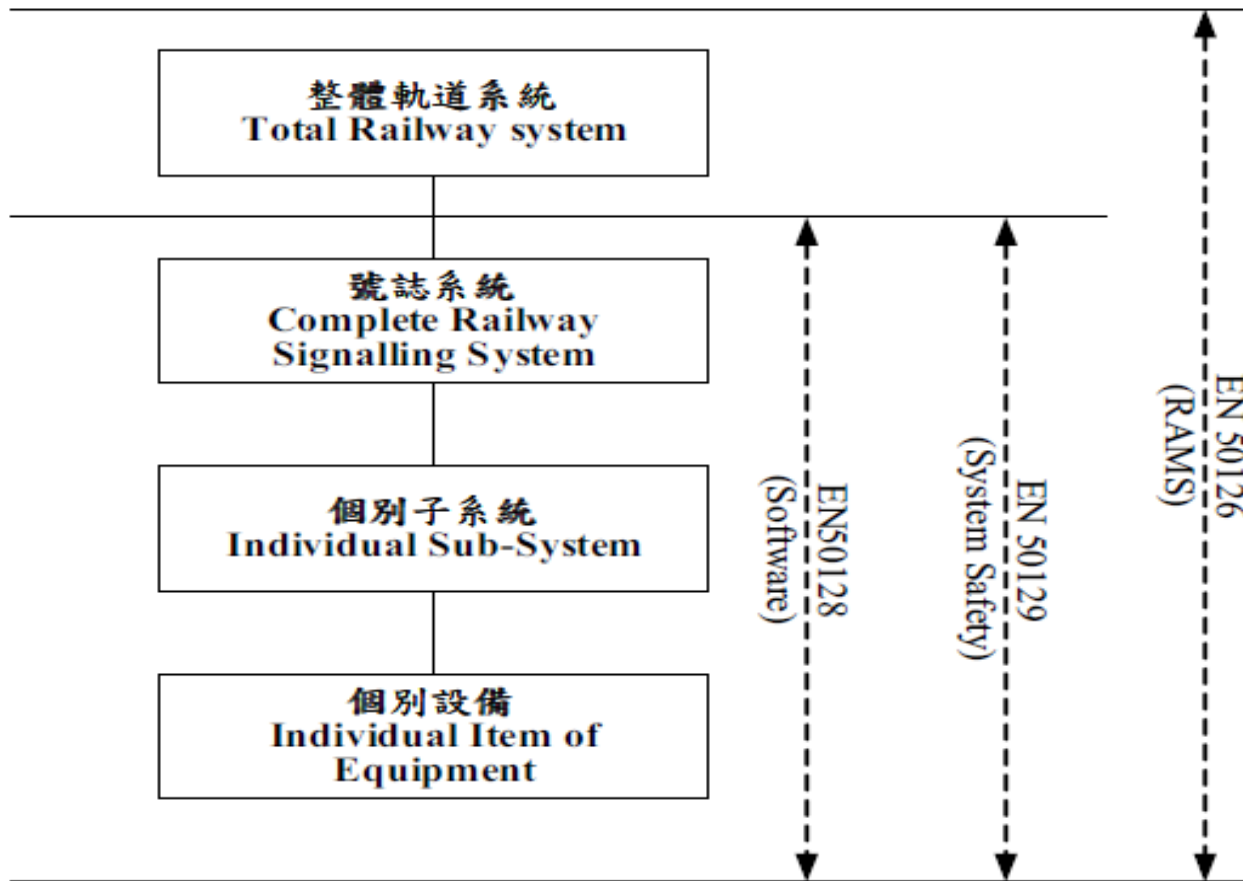


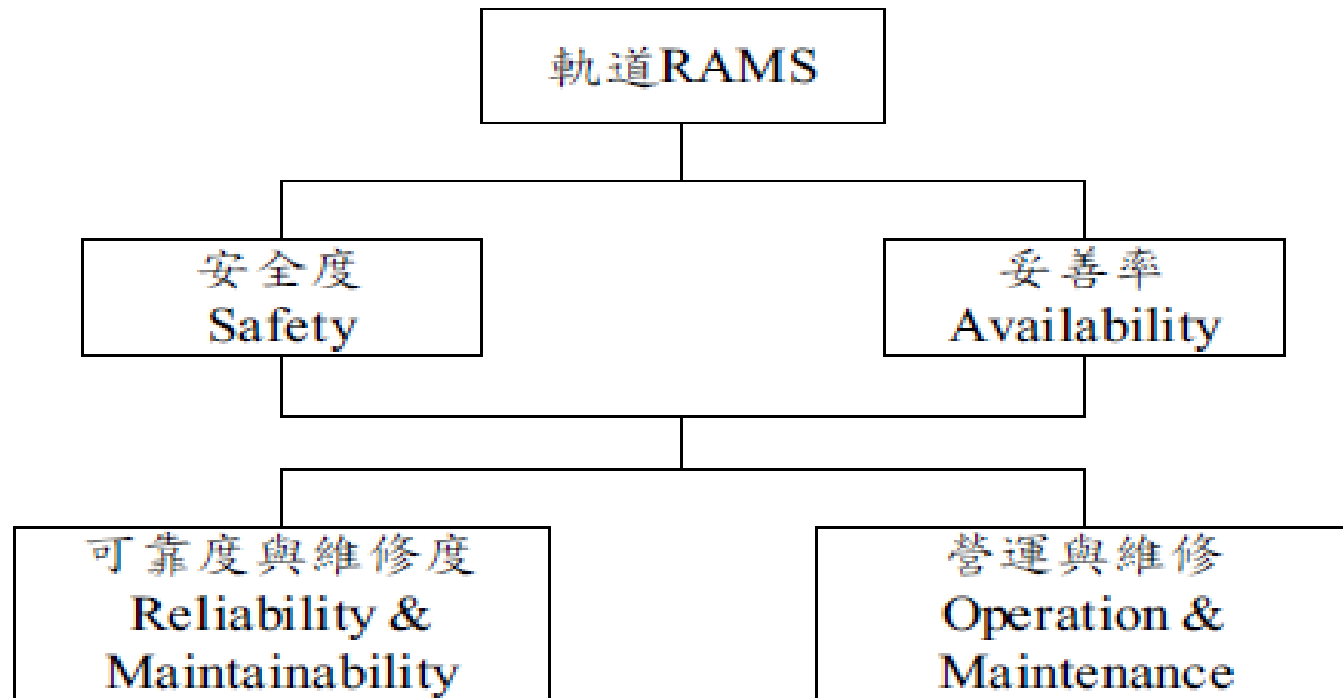
圖3-1 歐盟制定之 IEC61508&EN5012X 之架構

EN50126, EN50128, EN50129 規範範圍



EN50126 之RAMS架構

(Railway Applications-The Specification & Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety)



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-4 EN50126 之 RAMS 架構

1.1 安全風險矩陣

表3.2 安全風險矩陣表

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

表3.5 風險分級範例

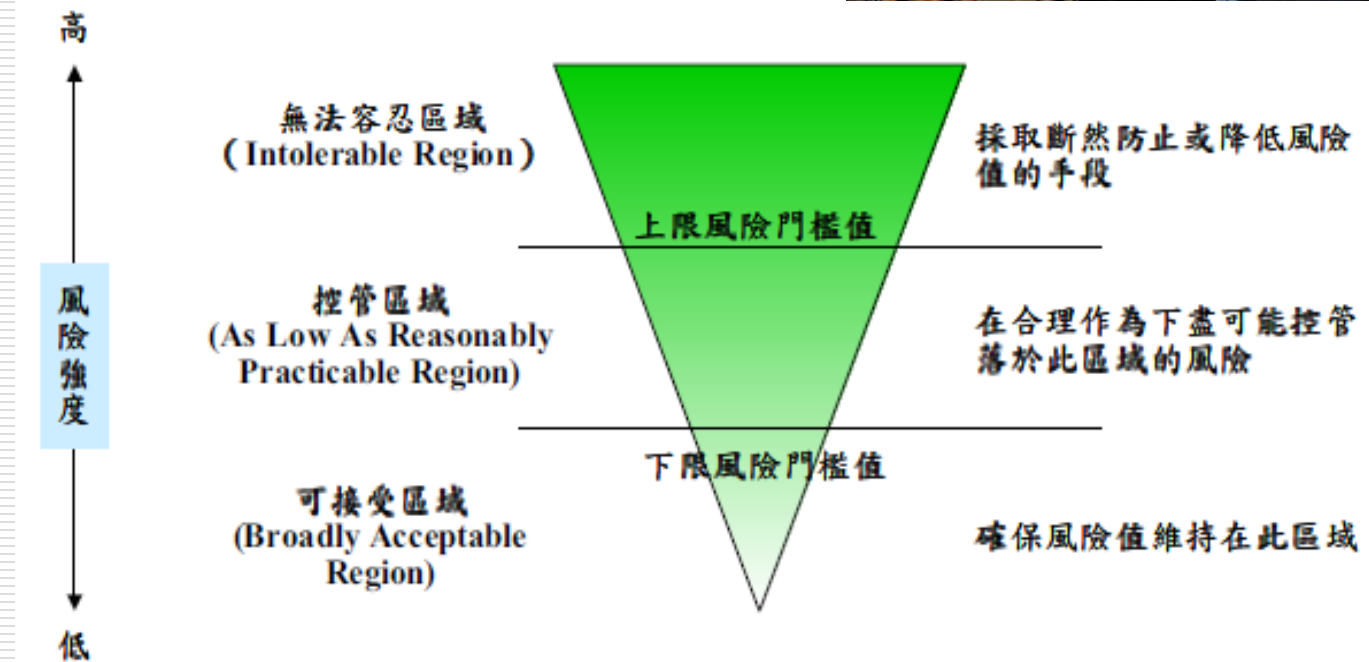
等級	因應措施說明
R1：不可忍受	必須消除該類風險
R2：不理想	在一般情況下，必須將風險減低；只在沒有可行的風險減輕解決方法方可接受，並須與業主達成協議
R3：可忍受	可接受，但須有適當的控制措施與業主達成協議
R4：可忽略	可接受



1.2 風險管理概念

英國：As
Low As
Reasonably
Practicable;

ALARP：
合理情況下
將風險降至
最低



資料來源：[17]及本研究繪製

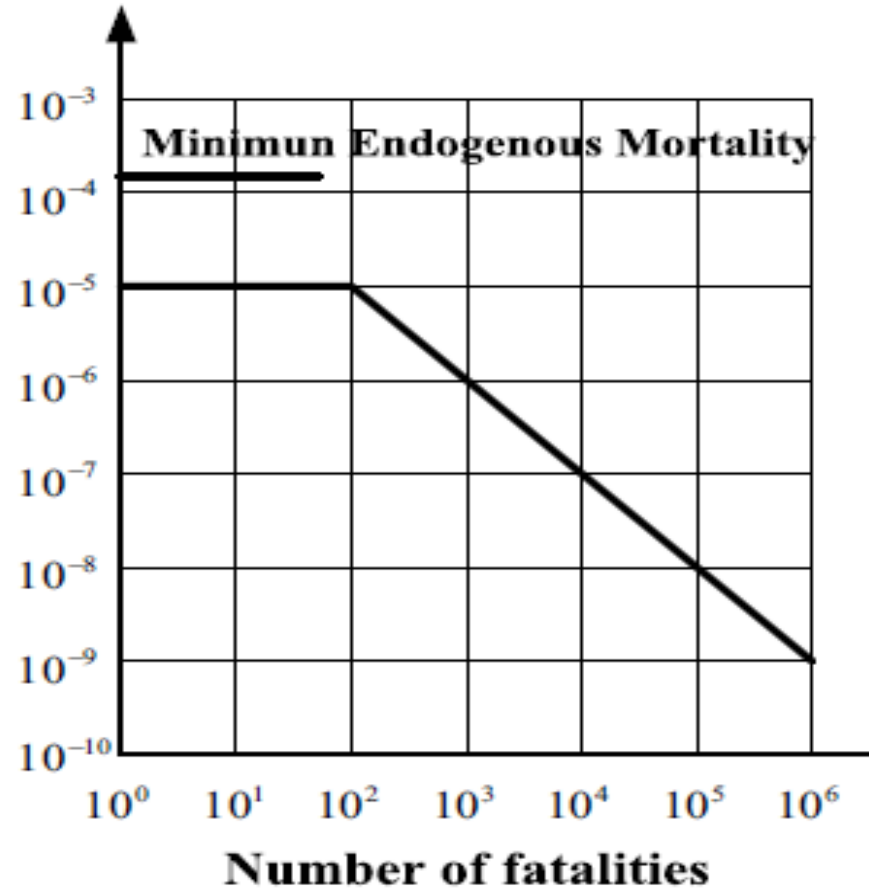
圖3-6 英國風險管理 ALARP 概念



德國：
Minimum
Endogenous
Mortality,
MEM：可接受的人員死亡率

Tolerable
Individual
Risk

 $\frac{\text{Fatalities}}{\text{Person*year}}$



資料來源：[17]及本研究繪製

圖3-7 德國最低可接受死亡風險圖

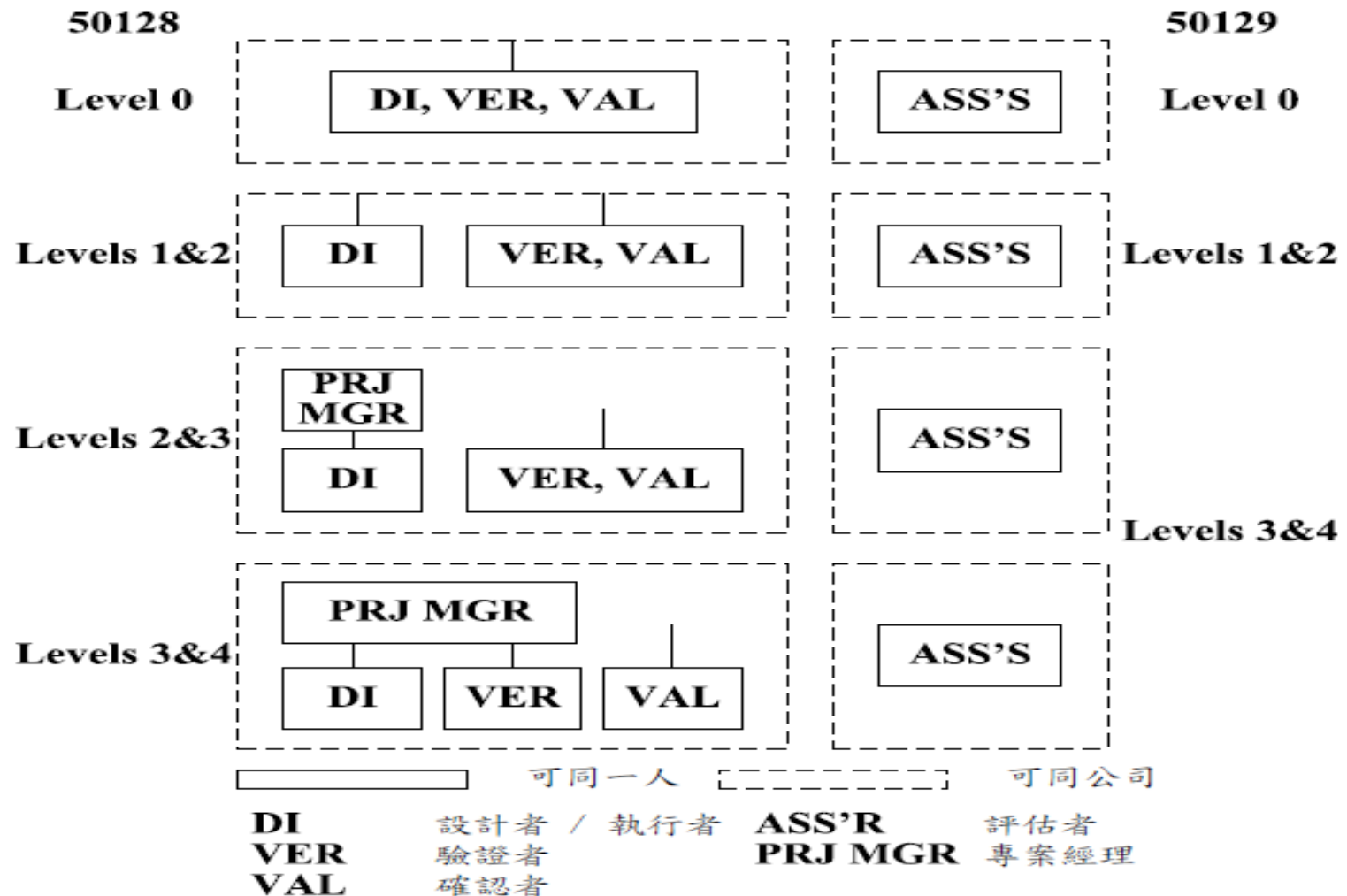
1.2 EN50128

(Railway Applications-Software for Railway Control & Protection Systems)

表3.6 EN50128 軟體安全等級表

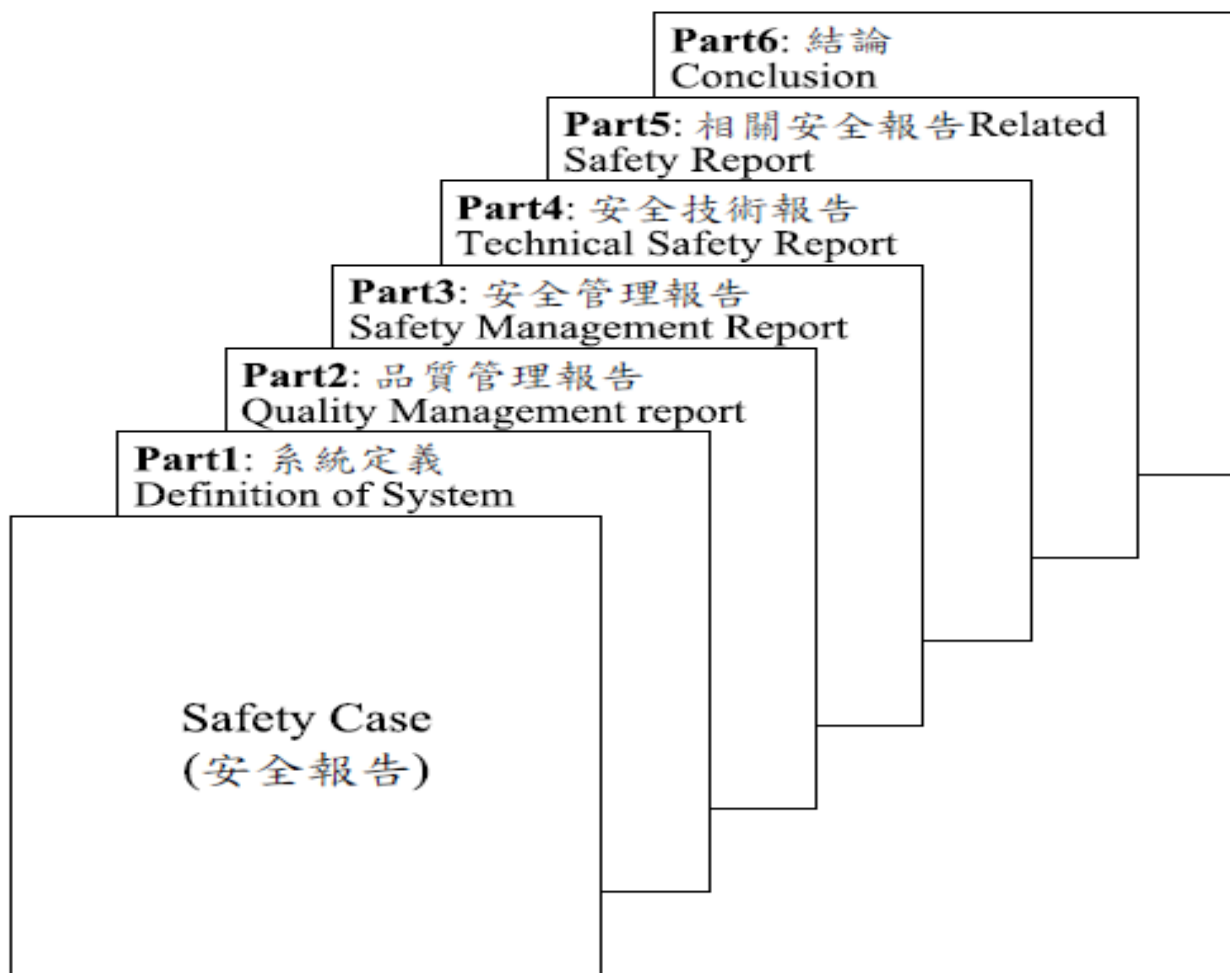
軟體安全等級 (SIL)	說明
SIL4	非常高
SIL3	高
SIL2	中等
SIL1	低
SIL0	與安全無關

設計、驗證、認證及評估者之獨立性需求



1.3 EN50129

(Railway Applications-Safety Related Electronic Systems for Signaling)



資料來源：[21]及本研究繪製

1.4 EN50129

系統/子系統/設備開發安全等級

表3.7 EN50129 系統/子系統/設備開發安全等級表

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

資料來源：[21]及本研究整理

註解：「R」代表推薦、「HR」代表強烈推薦

2. 澳洲(AS/NZS4360)



1. 危害 (Hazard)：一種潛在傷害的來源或一種可能造成損失的狀況。
2. 風險 (Risk)：對某些事物造成衝擊之事件可能發生的機會。
3. 後果(Consequence)：以定性或定量的方式表示事件的嚴重性，它可能是損失、傷害、不利後果或是實質獲利。
4. 機率 (Probability)：一特定事件或結果之可能性，以特定事件和可能發生事件之總和或結果的比率計算之。
5. 可接受風險 (Risk Acceptance)：接受某些後果及某項特定風險的可能性。

表3.9 澳洲塔斯馬尼亞州發生頻率分級

評分	頻率	風險值	說明
6	每年發生超過 10 次		
5	每年發生超過 1 次		
4	每 1~10 年發生 1 次	11~12	無法忍受之風險，必須停止營運立即改善
3	每 10~100 年發生 1 次	8~10	此 2 者落於 ALARP 概念的管控範圍，應盡可能採取防範措施降低風險強度
2	每 100~1000 年發生 1 次	5~7	
1	每 1000 年小於 1 次	2~4	可接受風險

表3.10 澳洲塔斯馬尼亞州風險矩陣表

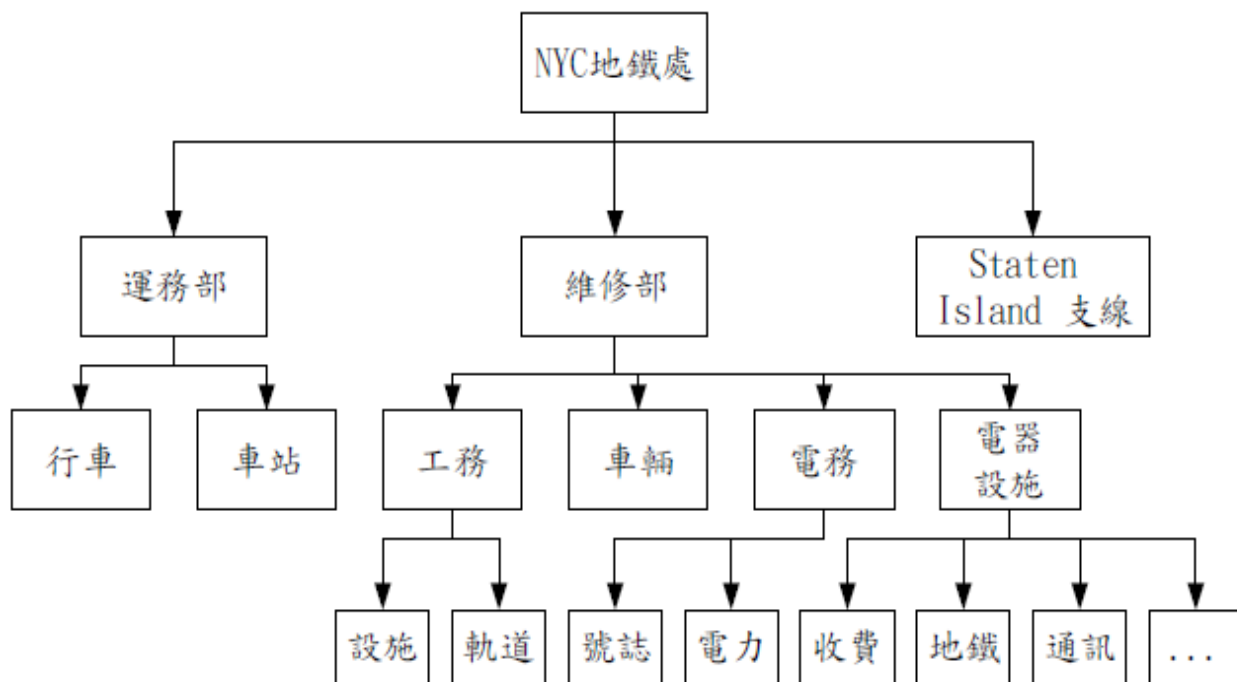
風險矩陣		嚴重性					
		1	2	3	4	5	6
頻率	6	7	8	9	10	11	12
	5	6	7	8	9	10	11
	4	5	6	7	8	9	10
	3	4	5	6	7	8	9
	2	3	4	5	6	7	8
	1	2	3	4	5	6	7

3. 美國(CFR659)



設備部分則建議至少應檢視下列系統：

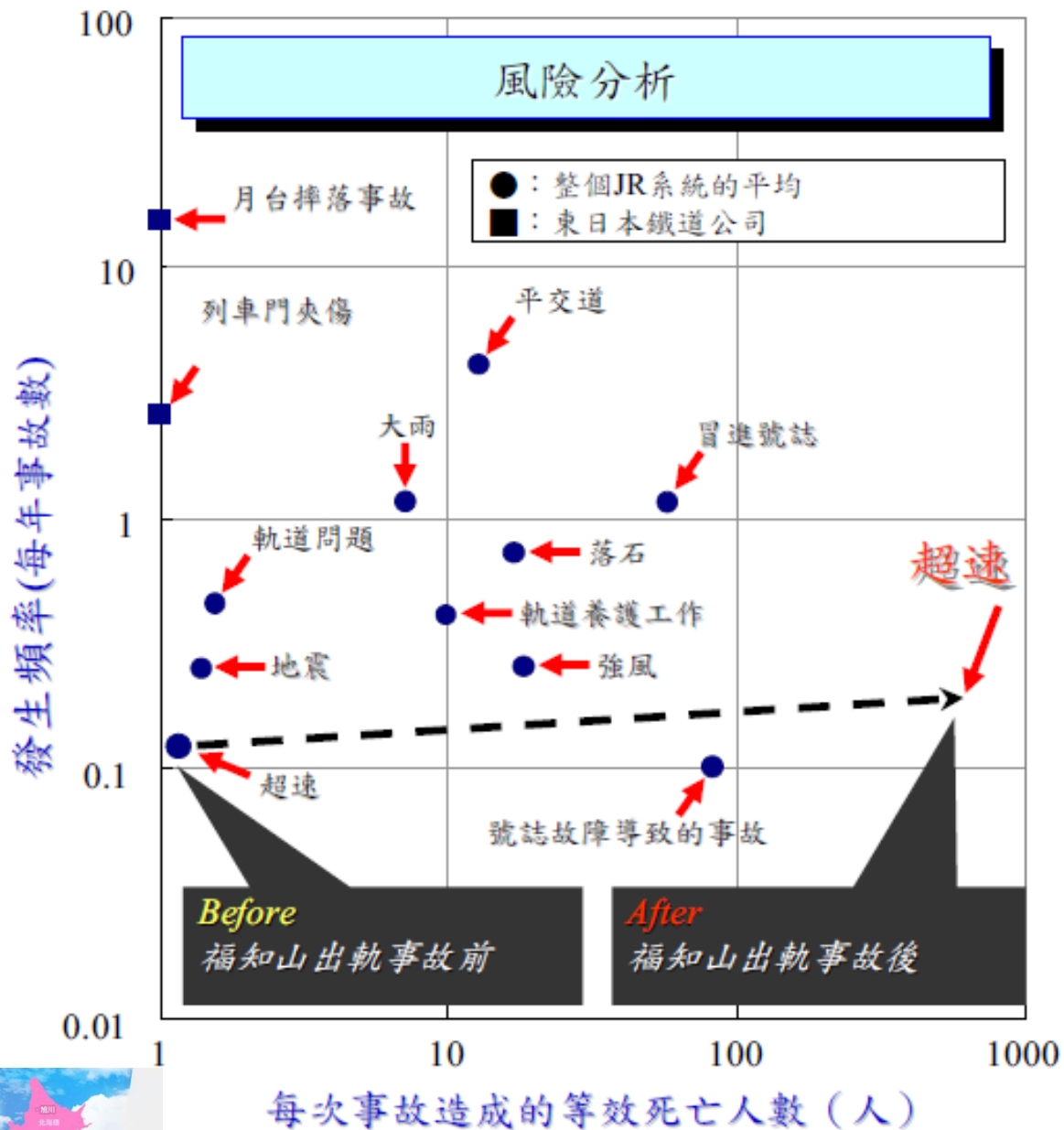
1. 車廂
2. 通訊
3. 號誌
4. 牽引動力
5. 火災偵測設備
6. 火災防護設備
7. 不斷電系統
8. 售票系統
9. 保全系統



□ 安全目標：

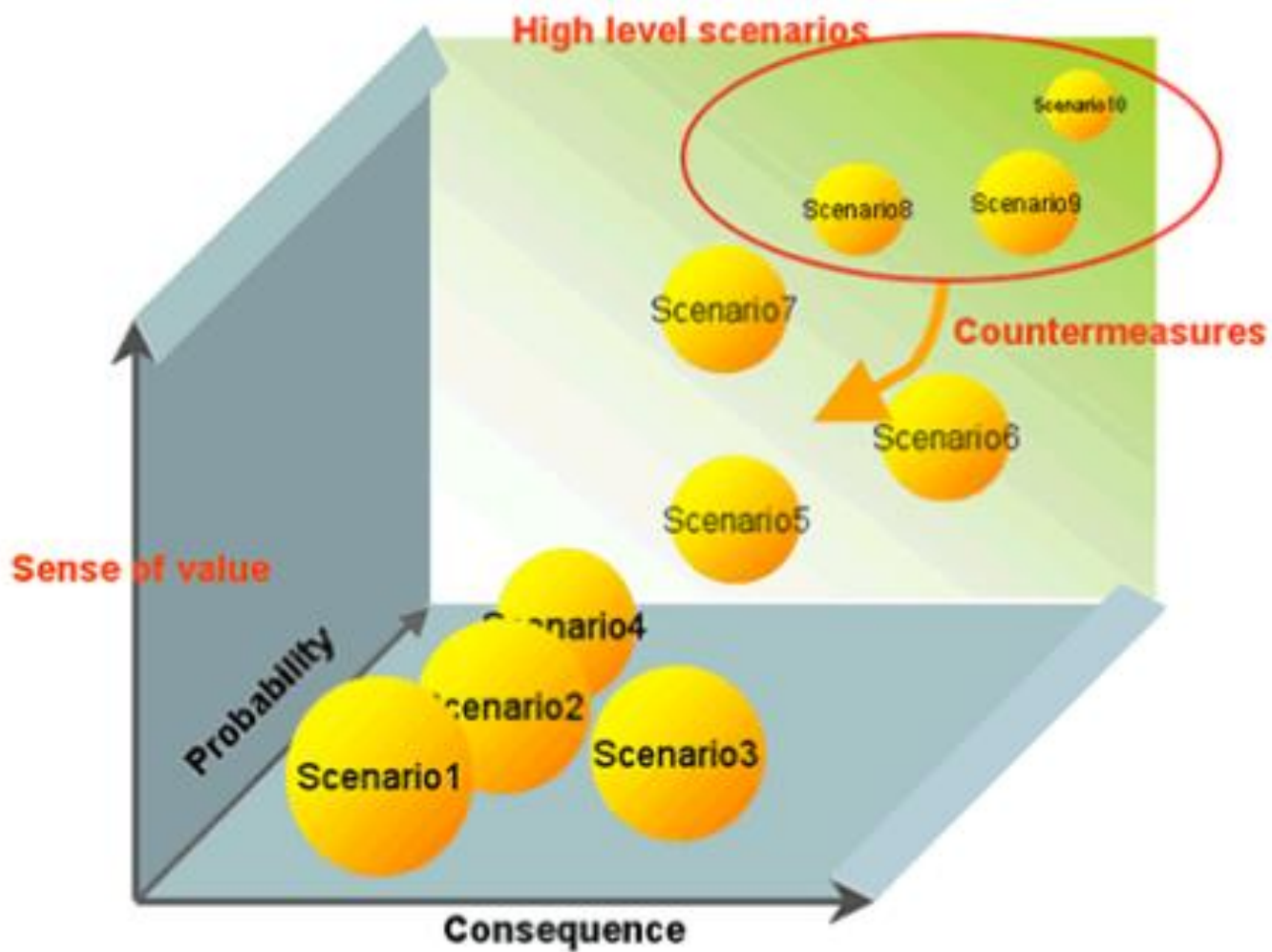
1. 將調度疏失導致的列車碰撞與出軌事故降到 0。
2. 減少責任事故次數，例如將年度旅客遭受車門夾傷的次數降到 47 件以下。
3. 減少工作損失時間 20%。
4. 將每百名員工事故數降到 1.38 以下。
5. 降低員工因傷缺勤天數至 2.012 天以下。

6. 日本



本研究繪製

圖3-17 東日本鐵道公司安全風險矩陣圖



資料來源：[103]

圖3-18 東日本鐵道公司三維風險矩陣示意圖

8. 台灣鐵路管理局

主要風險項目/架構



2014/10/25

- [-] 行車類
 - 列車衝撞
 - 列車出軌
 - 火災
 - 車輛故障
 - 路線故障
 - 電車線設備故障
 - 號誌設備故障
 - 列車障礙
 - 列車延誤
 - 死傷事故
- [-] 非行車類
 - 訂票系統故障
 - 機務維修及供料不足
 - 勞安事故
 - 工安事故
 - 庫存材料管理
 - 司機員身心健康
 - 天然災害
- [-] 其他
 - [-] 三鐵共構車站
 - 火災
 - 水災
 - 震災
 - 群眾抗議
 - 毒化物攻擊
 - 爆裂物攻擊

8.1 行車類風險

表3.25 臺鐵局近兩年行車類風險比較表

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

8.2 非行車類風險

表3.28 臺鐵局近兩年非行車類風險比較表

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

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

8.3 其他風險

表3.29 臺鐵局近兩年三鐵共構車站風險比較表

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

9. 台灣高鐵



表3.30 台灣高鐵之風險目標值

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

表3.31 各國風險目標值之比較

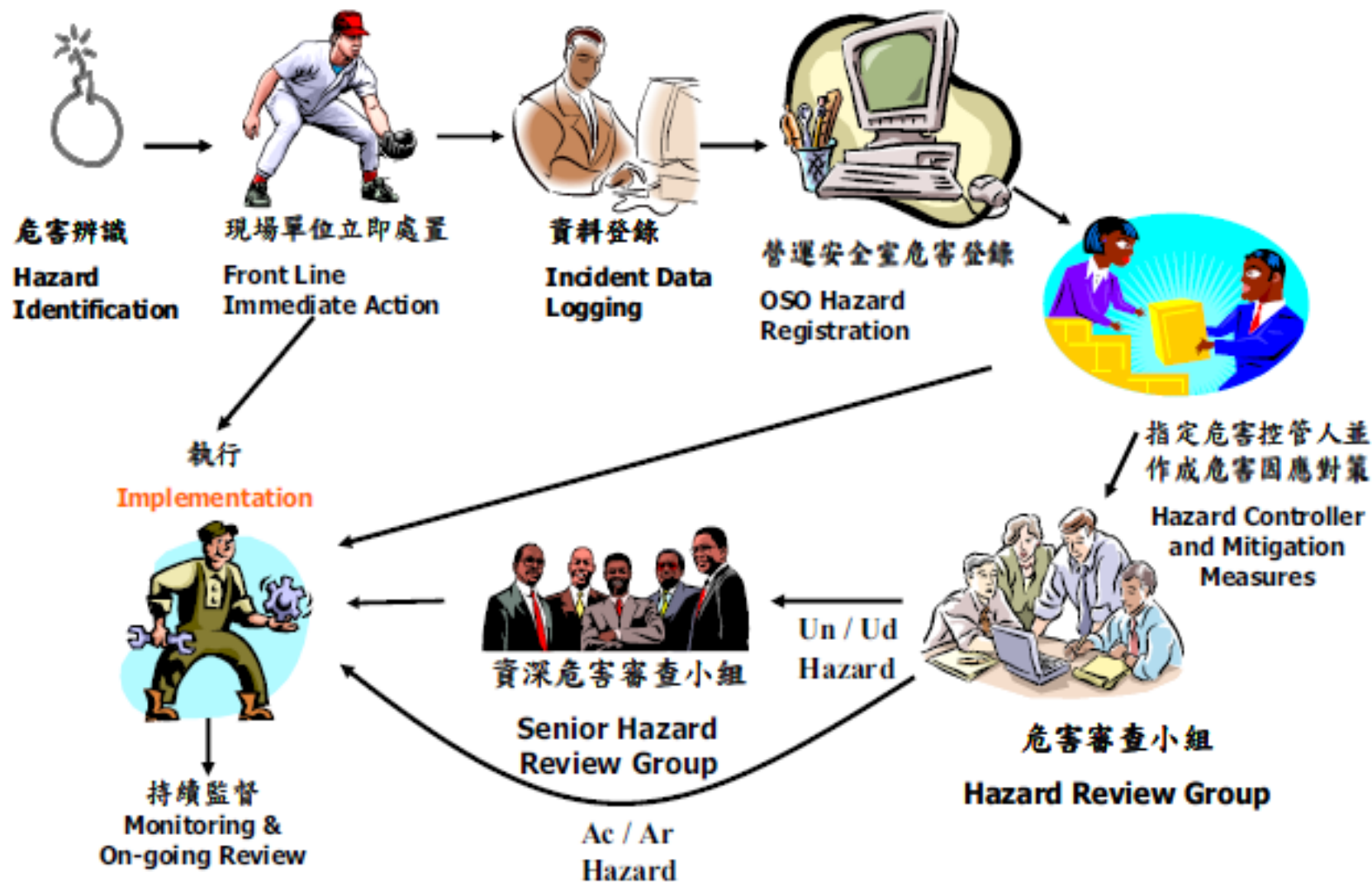
國家	軌道系統	旅客風險目標值 EQF/延人公里
中華民國台灣	台灣高鐵	1.0×10^{-10}
英國/法國	歐洲之星	4.70×10^{-8}
英國	英國地鐵	4.20×10^{-9}
新加坡	新加坡捷運	2.20×10^{-9}
香港	香港地鐵	7.50×10^{-9}

表3.33 台灣高鐵風險分類矩陣－頻率估計

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

表3.34 台灣高鐵風險分類矩陣-嚴重程度估計

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



資料來源：[87]

圖3-26 台灣高鐵營運階段危害管理流程圖

8.3 台北捷運

表3.38 臺北捷運風險矩陣表

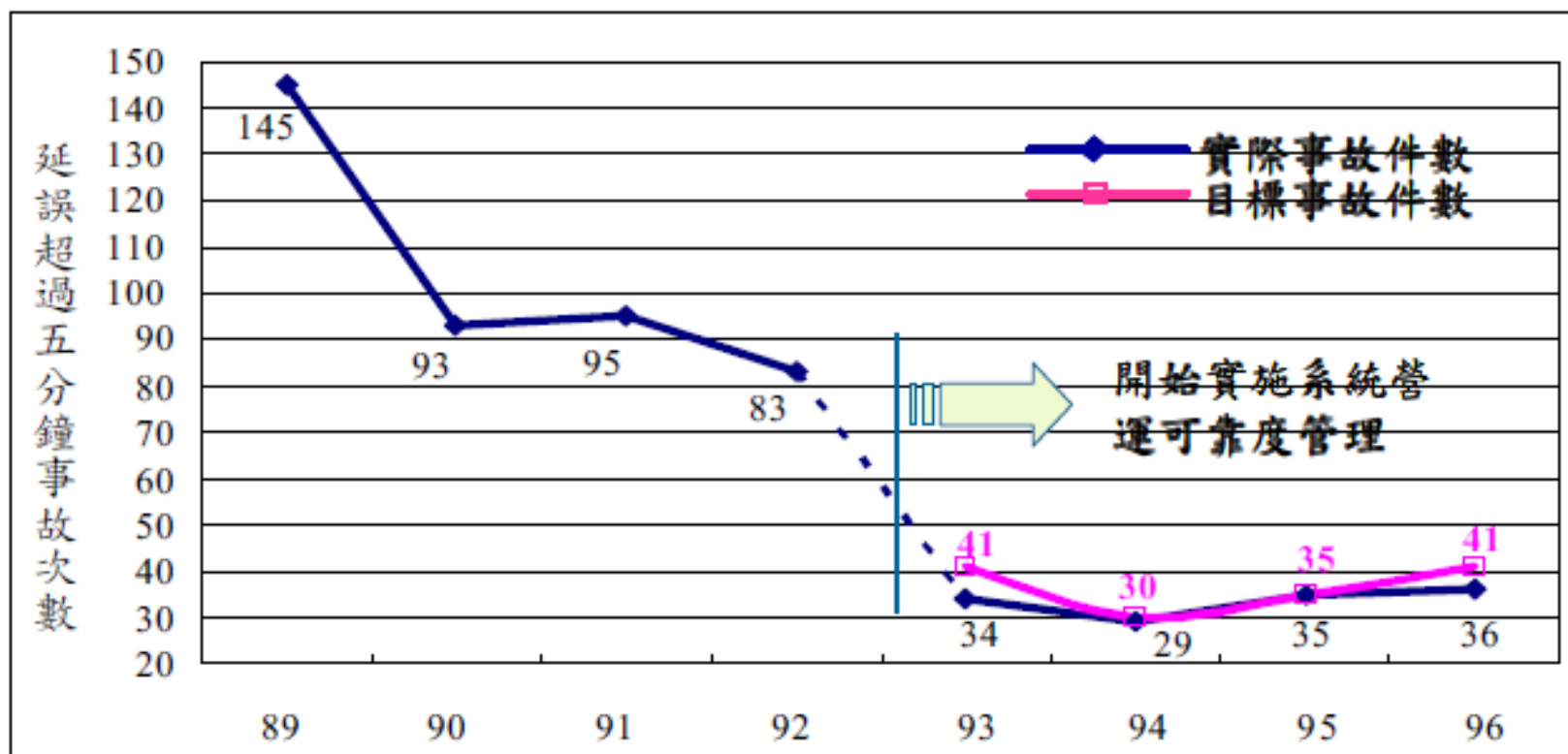
		事故規模							
		7	6	5	4	3	2	1	
		微不足道	可以忽略	輕微	嚴重	重大	災難	大災難	
職工/ 承包商安全	死亡					<5	≥5		
	重傷				<5	≥5			
	輕傷	≥3 日病假			<5	≥5			
		<3 日病假		<5	≥5				
旅客/ 大眾安全	死亡					<5	5-50	51-500	
	重傷				<5	5-50	51-500	501-5000	
	輕傷			<5	5-50	51-500	501-5000	>5000	
營運服務	系統中斷			<20 分	1 小時	1 天	1 週	1 個月	
	路線中斷		20-60 分	幾小時	1 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



營運可靠度

各部門超過5分鐘延誤之目標事故數

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



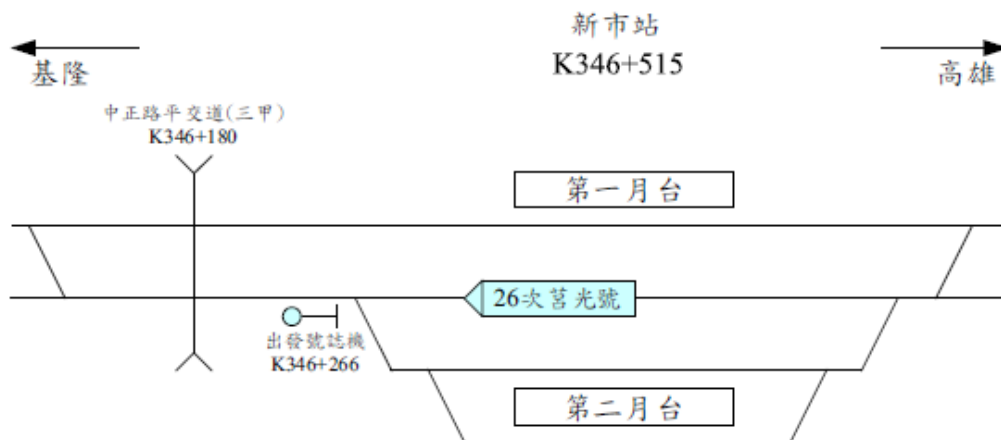
資料來源：[90]及本研究整理

圖3-28 臺北捷運「超過5分鐘延誤」事故數改善趨勢圖

4. 國內軌道運輸風險管理案例

4.1 台鐵新市站中正路平交道虛驚事件

- 時間：99/5/15/13:28
- 台鐵26次莒光號準點通過新市站，離出發號誌機約100公尺處，駕駛員發現號誌突然變為紅燈，同時平交道遮斷桿已升起。
- 立即鳴笛警告並緊急煞車，幸未造成傷亡。





□ 原因分析

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

- 風險分析與評量：
- ✓ 發生頻率：中等
- ✓ 嚴重等級：非常嚴重
- ✓ 初始本質風險：

表3.43 中正路平交道虛驚事件原有風險矩陣

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

□ 風險處理與控制：

□ 原有處理對策

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

□ 新增對策

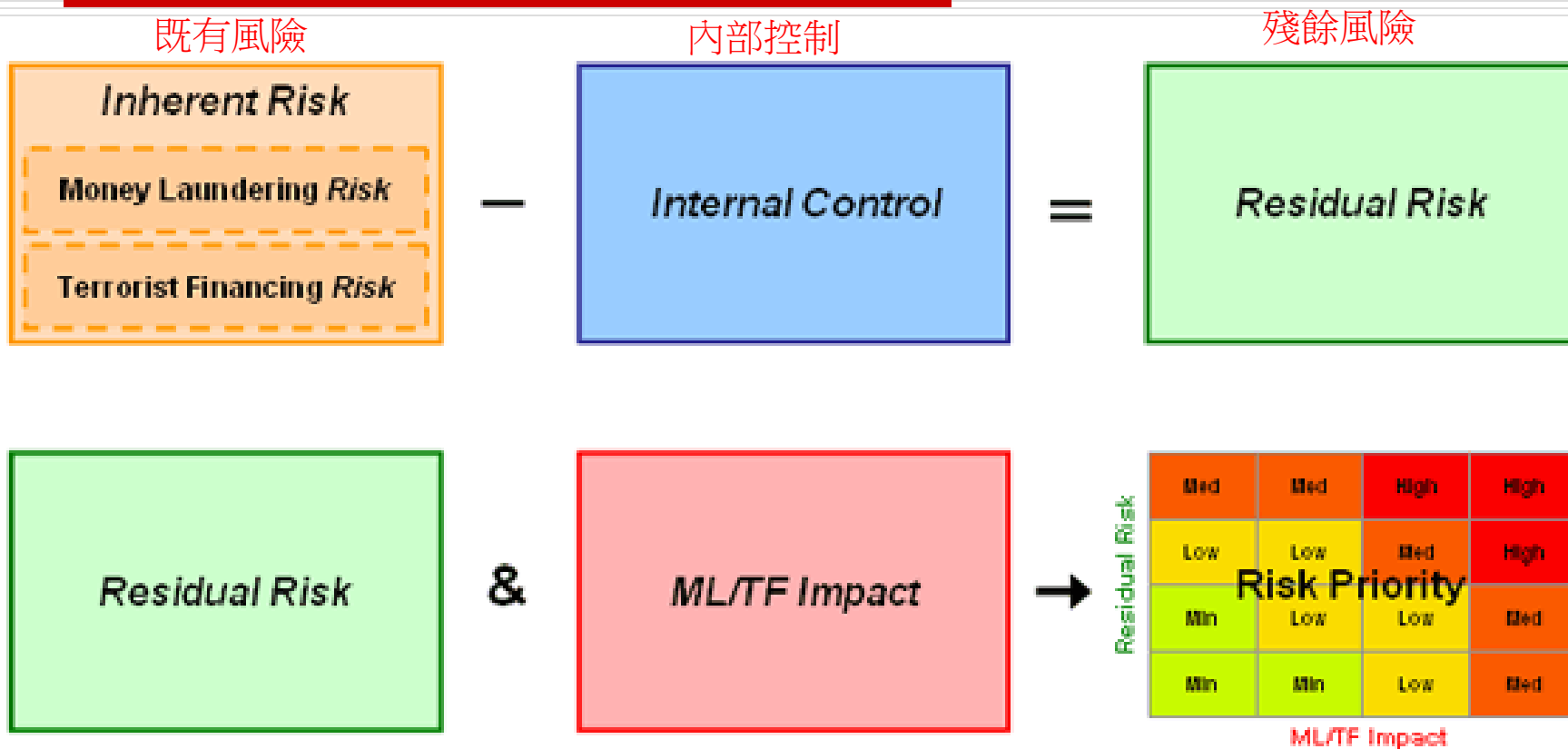
- (1) 各電務段提出轄區受出發號誌控制之平交道防護電路圖，供與會熟悉平交道防護控制電路人員檢視檢討。
- (2) 全面檢測轄區平交道防護電路安全邏輯。
- (3) 利用每月派員赴現場工作督導行程，一併隨機抽查鄰近平交道防護電路安全邏輯及其改善情形。
- (4) 各工務段加強各轉轍器道床強度。

□ 殘餘風險矩陣值

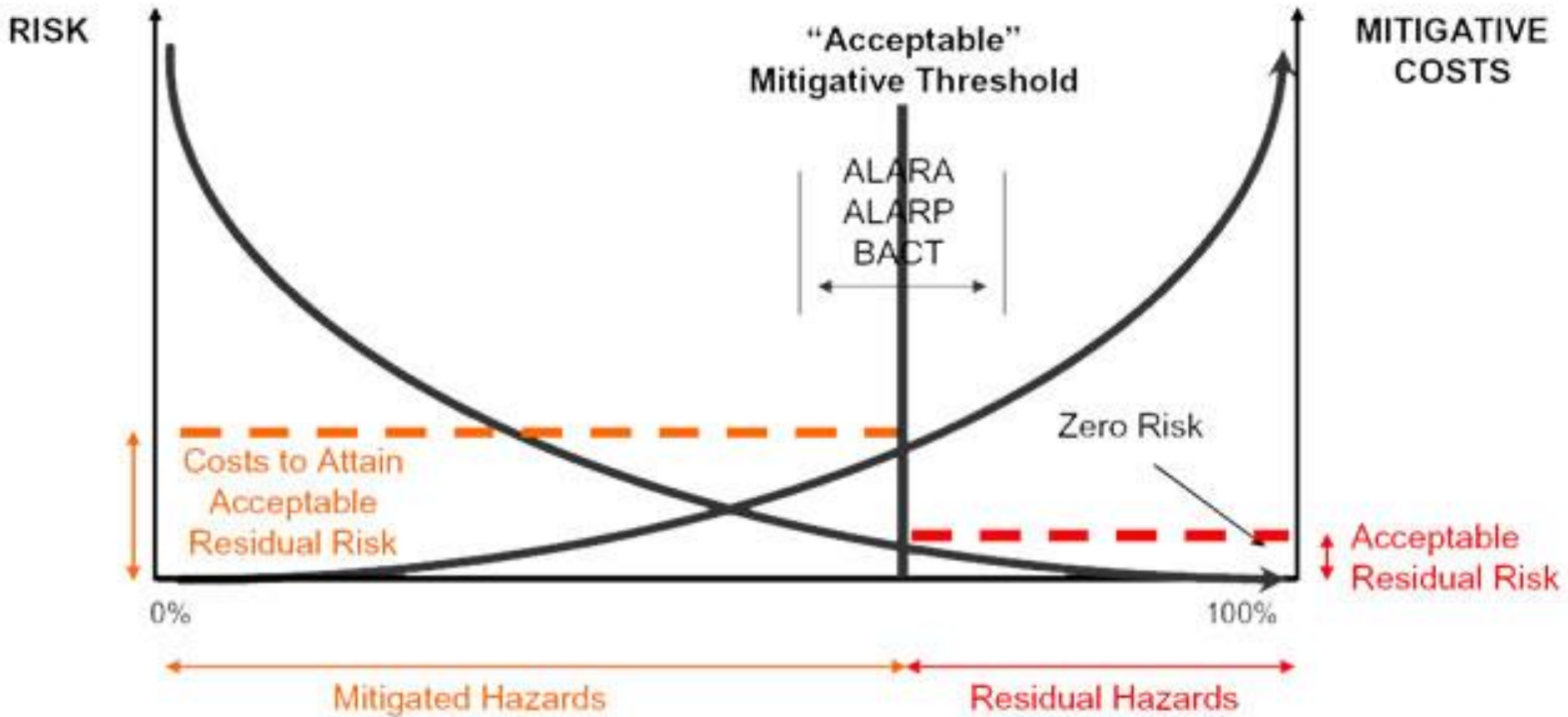
表3.44 中正路平交道新增對策後風險矩陣

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

殘餘風險(residual risk)



殘餘風險



4.2 高鐵甲仙地震出軌事件

- 時間：99/3/4/08:18
- 高雄甲仙發生芮氏6.4規模地震，造成T110營運列車出軌，集電弓受損，部分軌道、號誌、電車線設備損毀，台中-高雄運轉受影響，6部列車約2000名旅客進行疏散，費時4小時17分鐘。



表3.47 甲仙出軌事故原有風險矩陣

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

註：RA:不可忍受、RB:不理想、RC:可忍受、RD:可忽略

表3.45 高鐵局之風險嚴重度等級

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

表3.46 高鐵局之風險可能性等級

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

□ 風險處理與控制

原有處理對策為：

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

□ 新增對策

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

殘餘風險

表3.48 甲仙出軌事故新增對策後風險矩陣

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

註：RA:不可忍受、RB:不理想、RC:可忍受、RD:可忽略

2014/10/25

風險管理作業綜整(小結)

表3.50 國內外軌道風險管理綜整表

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

三、方法論

3.1 風險辨識方法

表4.1 EN50126 軌道系統風險辨識之方法

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

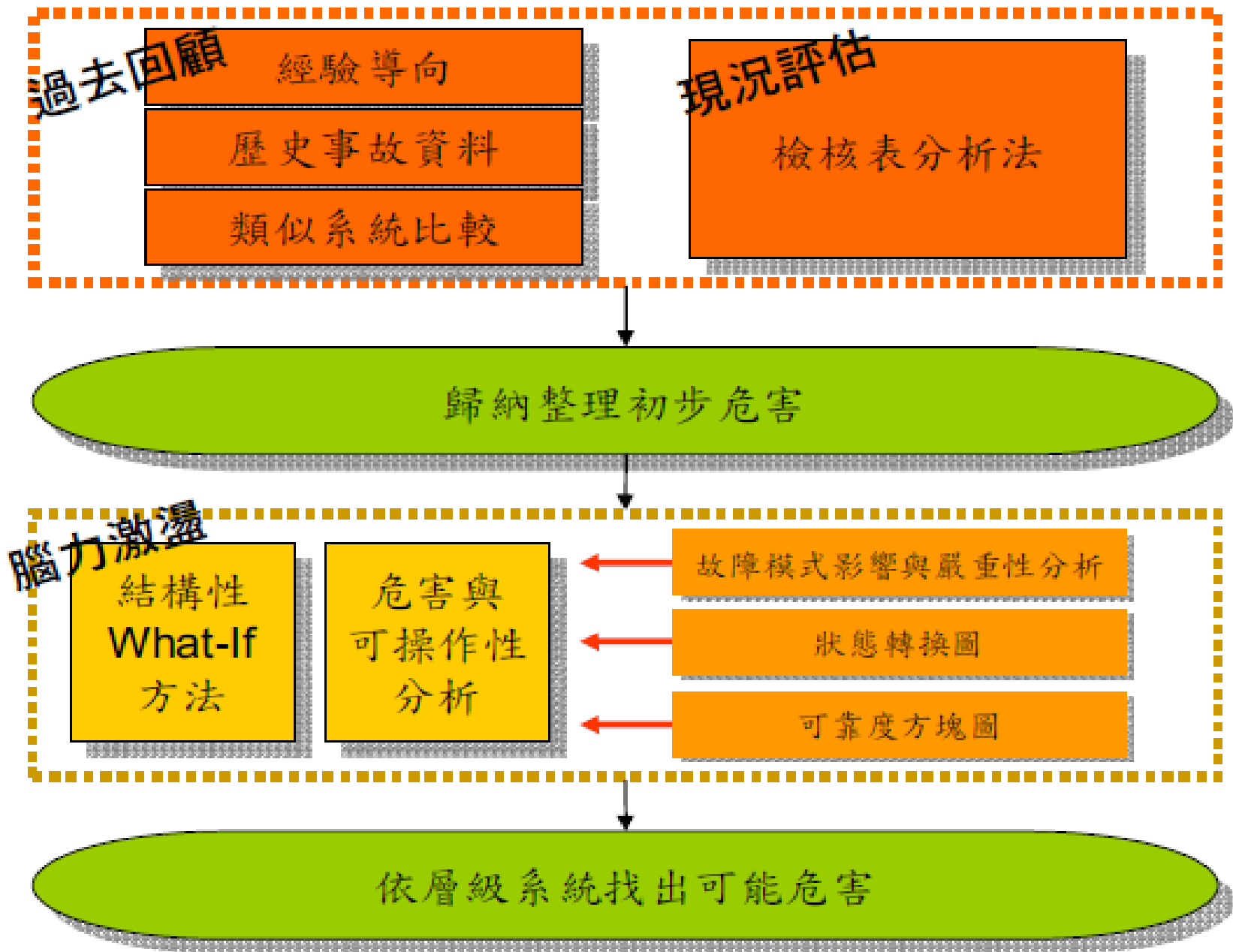


圖4-1 實務危害辨識之可行方法

風險辨識方法比較

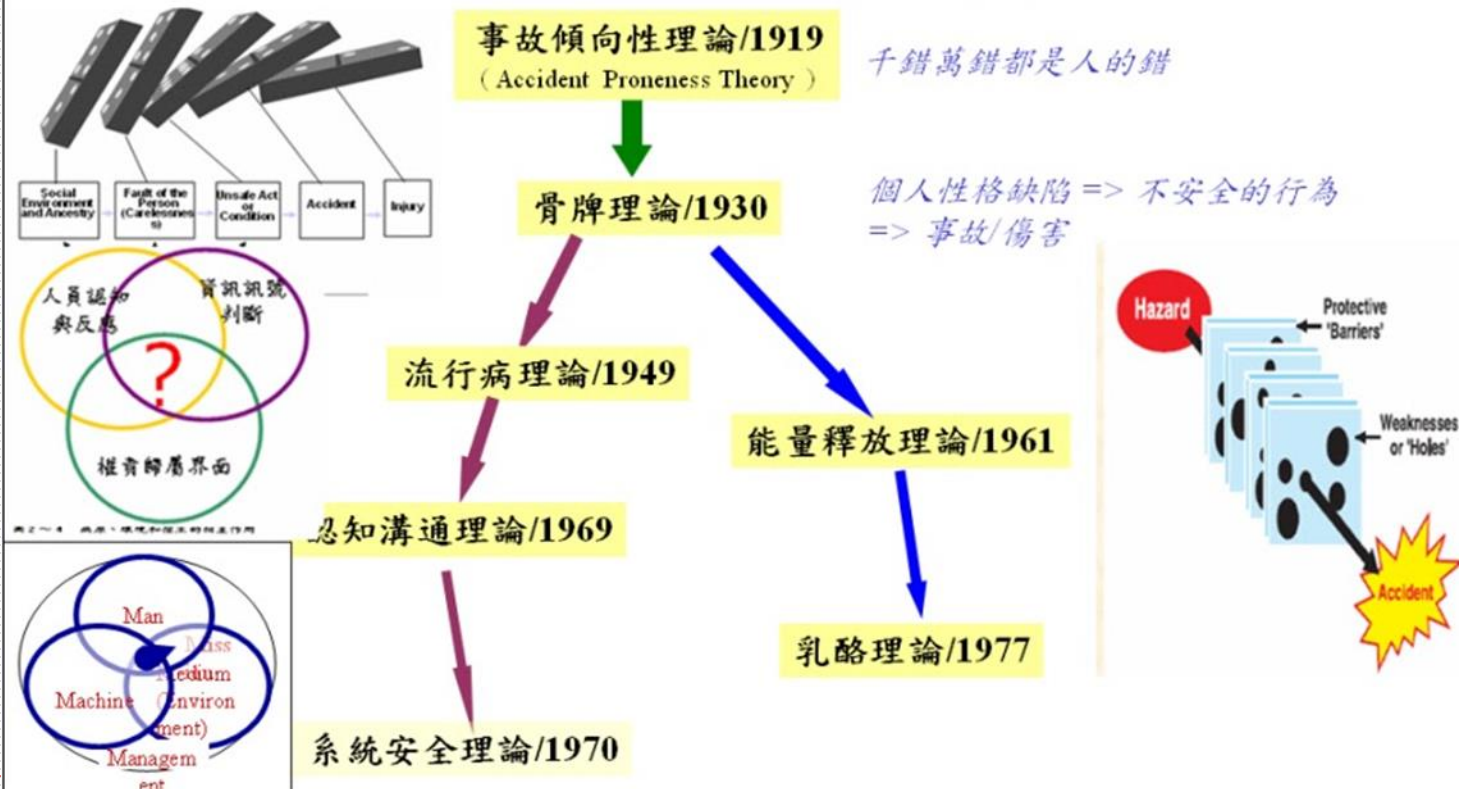
	如果...怎么办 (What If)	核对清单 (Checklist)	如果...怎么办/核对清单	危險可操作性研究 (HAZOP)	失效模式影响危险分析 (FMECA)	失效树分析 (FTA)
应用	小型/简单系统, 大系统第一步要通过的分析	有悠久历史的标准流程—模型分析	任何已有好的设计与实践系统的分析	大型流程设备	任何系统—流程, 电气, 机械; 任何规模—小型到大型	任何系统—流程, 电气, 机械; 任何规模—小型到大型
优点	快速, 简单	快速, 简单, 能够标准化	快速, 简单, 比如果...怎么办更彻底	非常彻底, 可以设置参数	非常彻底, 工作可以由团队或者个人来完成	非常彻底—图形化
缺点	不是非常彻底, 依赖操作者的经验	仅仅涉及过去的设计经验	依赖操作者和过去设计的经验	非常枯燥, 耗费时间, 多次重复看同样的节点	耗时和沉闷, 但比危險可操作性研究少一点枯燥	不适合团队操作—更适合单兵作战

事故風險理論演變

工安基礎理論

上醫醫未病、中醫醫欲病、下醫醫已病
上醫醫國、中醫醫人、下醫醫病

過去近百年來的事務經典理論演化圖像(典範轉移)



3.2 經驗導向方法(過去回顧1/3)

- 1. 調查/問卷法
- 2. 文件檢視法(檢視資產負債表、損益表、現金流量表)
- 3. 流程圖法(視事故為阻流)
- 4. 親自檢視法(需要心思敏銳/富有想像力之專業人士)
- 5. 請教專家法(組織內外之專家學者)

3.3 歷史事故資料檢視法(過去回顧2/3)

- 系統若已營運多年且紀錄有利是事故資料者
- 由事故資料與調查報告中尋找可能存在之危害項目
- 如：事故資料統計、事故一覽表、事故報告書、鑑定報告書

3.4 類似系統比較法 (過去回顧3/3)

- 透過相似系統的危害登錄表來歸納可能之危害
- 針對系統本身較為特殊之處，利用其他方法找出可能危害項目
- 如：台灣高鐵與日本新幹線系統、桃園機場捷運與香港機場快鐵系統

3.5 檢核表分析法(現況評估1/1)

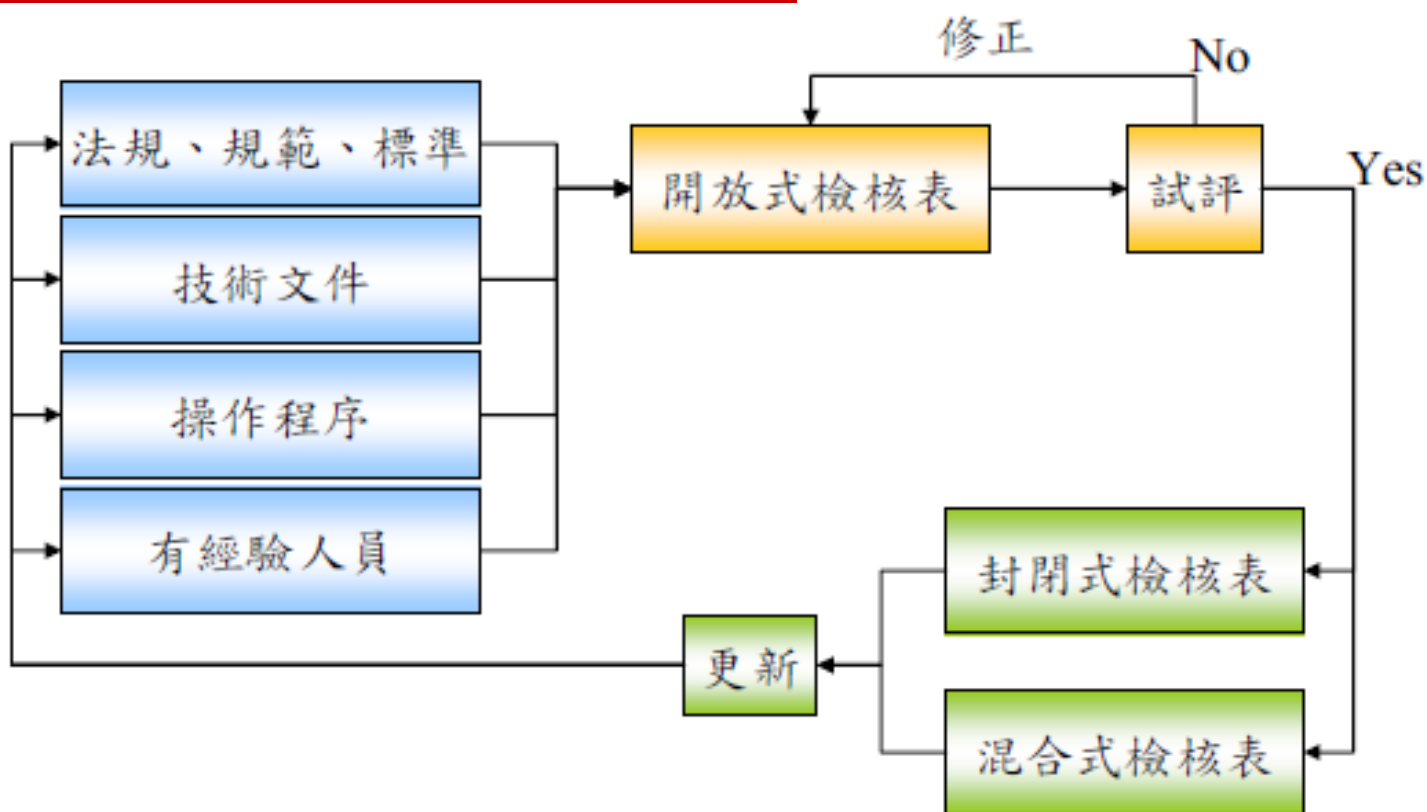


圖4-2 檢核表分析法檢核流程

3.6 結構性What-If分析法(SWIFT)

(腦力激盪1/2)

□ 步驟：

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

What-if 觀念

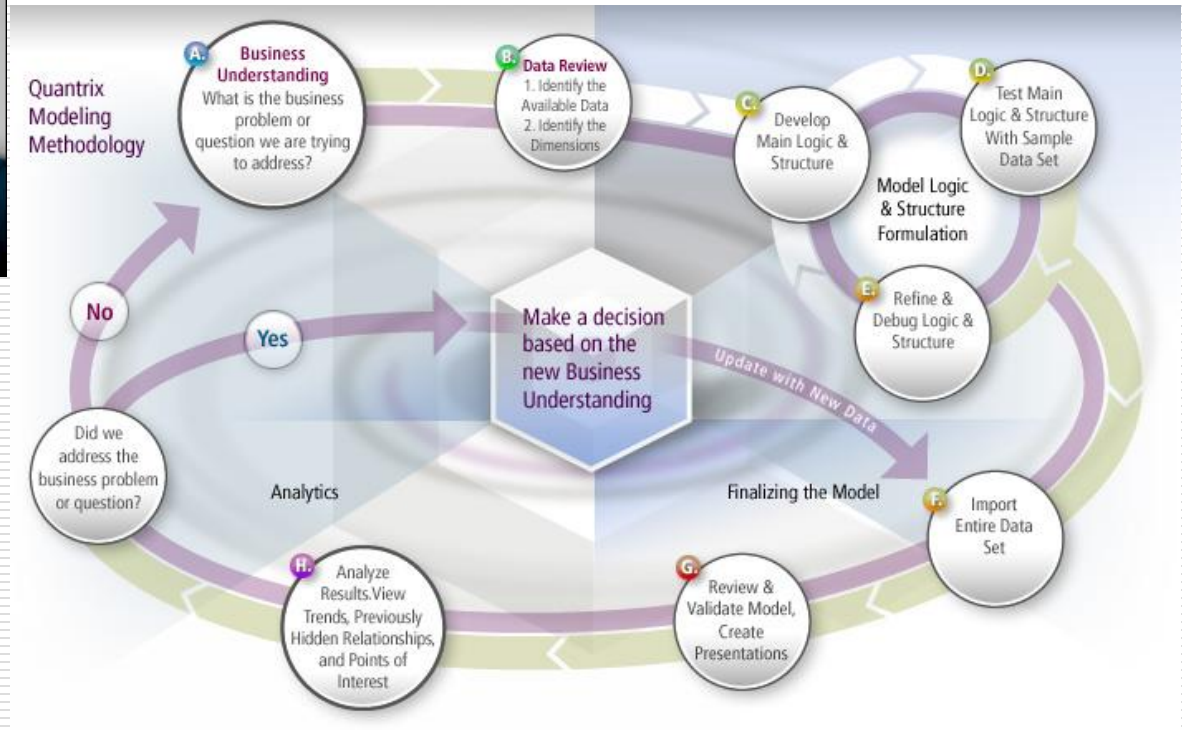


表4.2 What-If 分析表範例

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

□ 思考之問題點：

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

3.7 危害與可操作性分析(HAZOP)

(腦力激盪2/2)

- 利用引導字(guide word)與參數(parameter)來探討系統、設備、程序等各種可能的偏離(deviation)

表4.3 HAZOP 之引導字範例

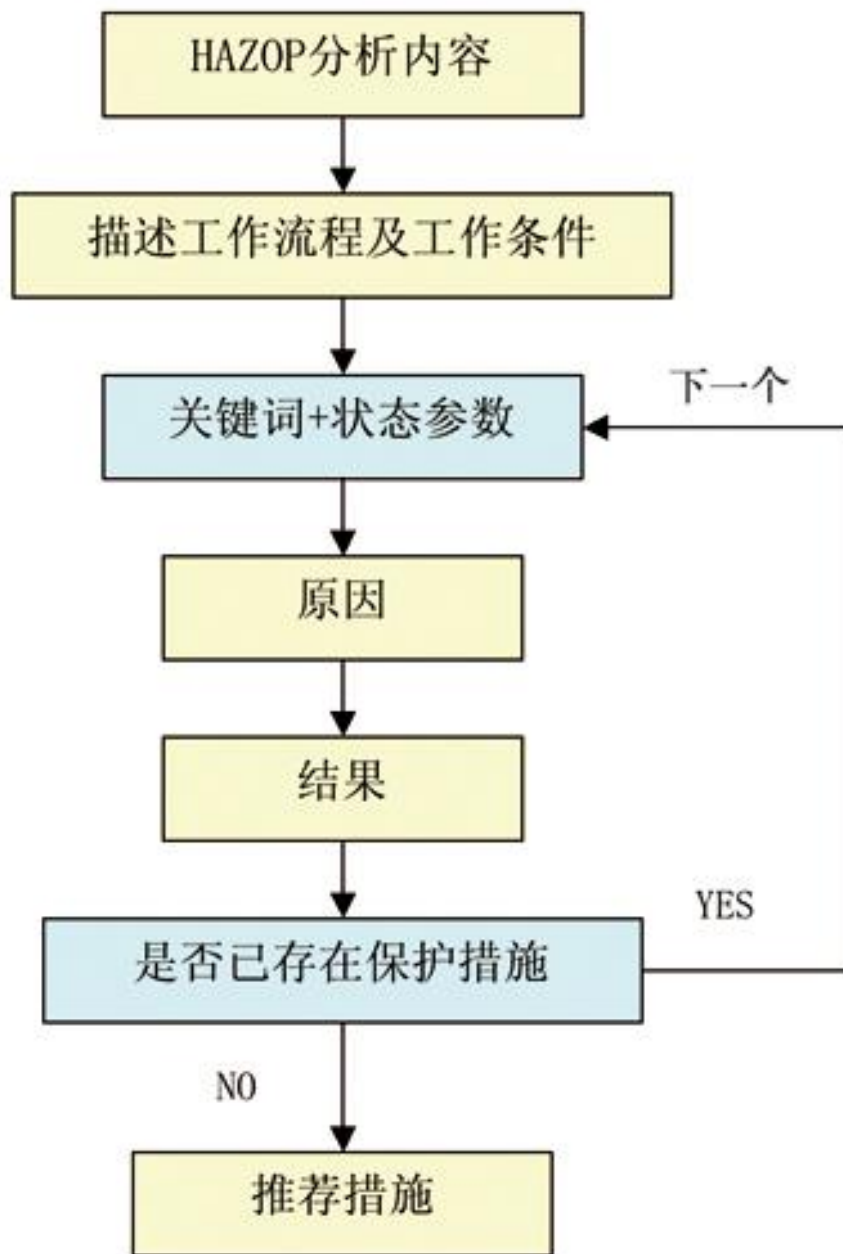
引導字	引導字意義
沒有、不是、無	完全不具備設的功能
較多、較高	定量增加
較少、較低	定量減少
不僅...又	定性增加
部分	定性減少
除...之外	完全取代
相反	與設計邏輯完全相反
遲、早	與目標時間不符
事前、事後	步驟與程序不符
快、慢	在時間內完成/未完成

HAZOP主要引導詞

表 1 HAZOP 方法的引导词及其含义

引导词	含义
MORE (多)	比标准在量上增加了
LESS (少)	比标准在量上减少了
NO 或者 NOT (否)	没有达到设计或者操作功能要求
AS WELL AS (多余)	在完成规定要求的同时伴随其他事件发生
PART OF (部分)	部分达到设计操作要求
REVERSE (相反)	出现与设计或者操作相反的事件
OTHER THAN (其他)	发生常规操作以外的事件

HAZOP分析



HAZOP分析例

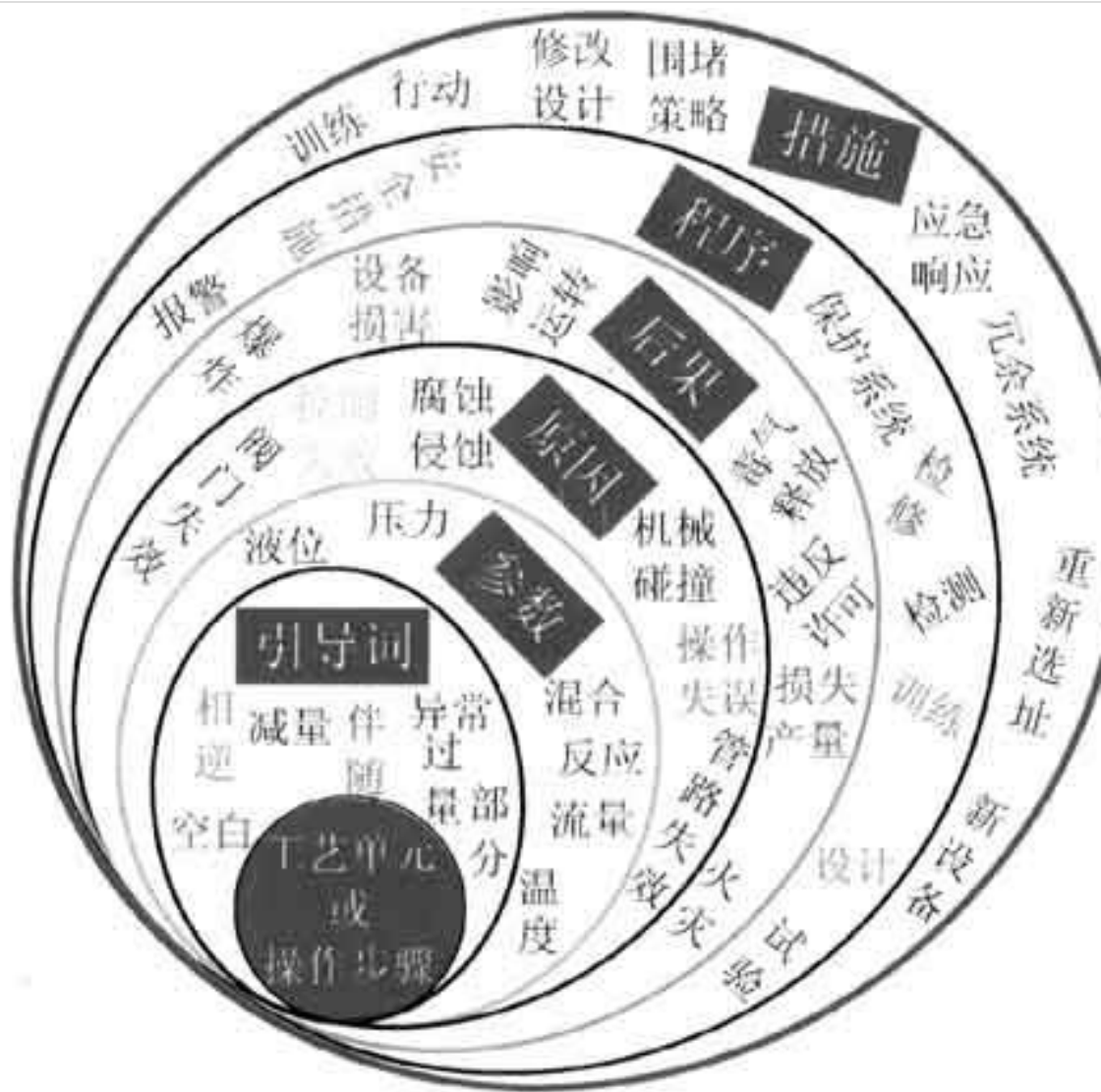


图1 HAZOP分析图

HAZOP常用支援工具：狀態轉換圖(STD)、可靠性方塊圖(RBD)

□ 範例：

表4.4 HAZOP 於行人通過平交道的應用範例

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

3.8 工作分解結構(WBS)與風險分解結構(RBS)

(腦力激盪3/5)

工作分解結構(work breakdown structure)

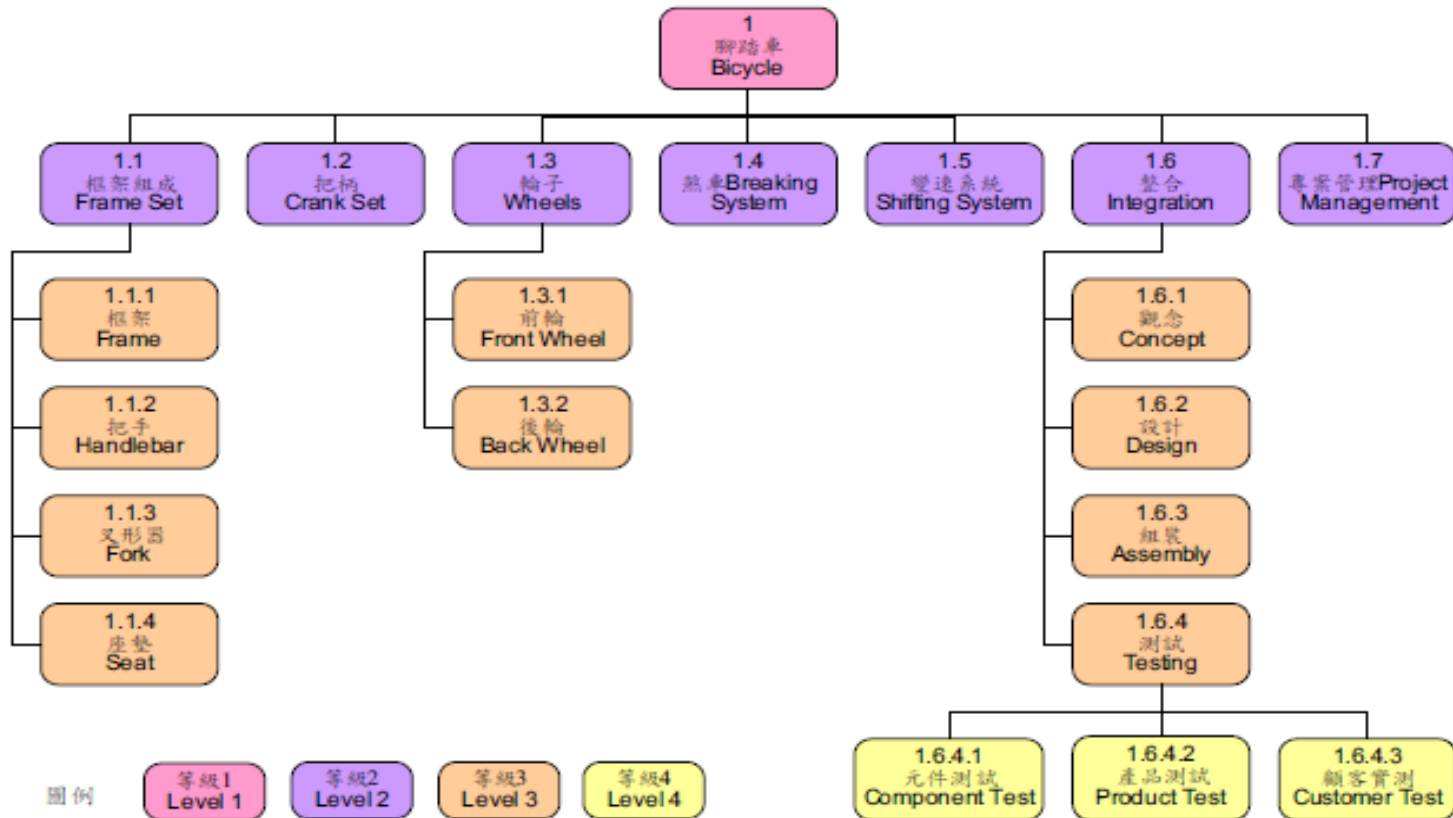


圖4-6 階層式樹狀結構分解示意圖

工作分解與風險分解結合(WBS-RBS)

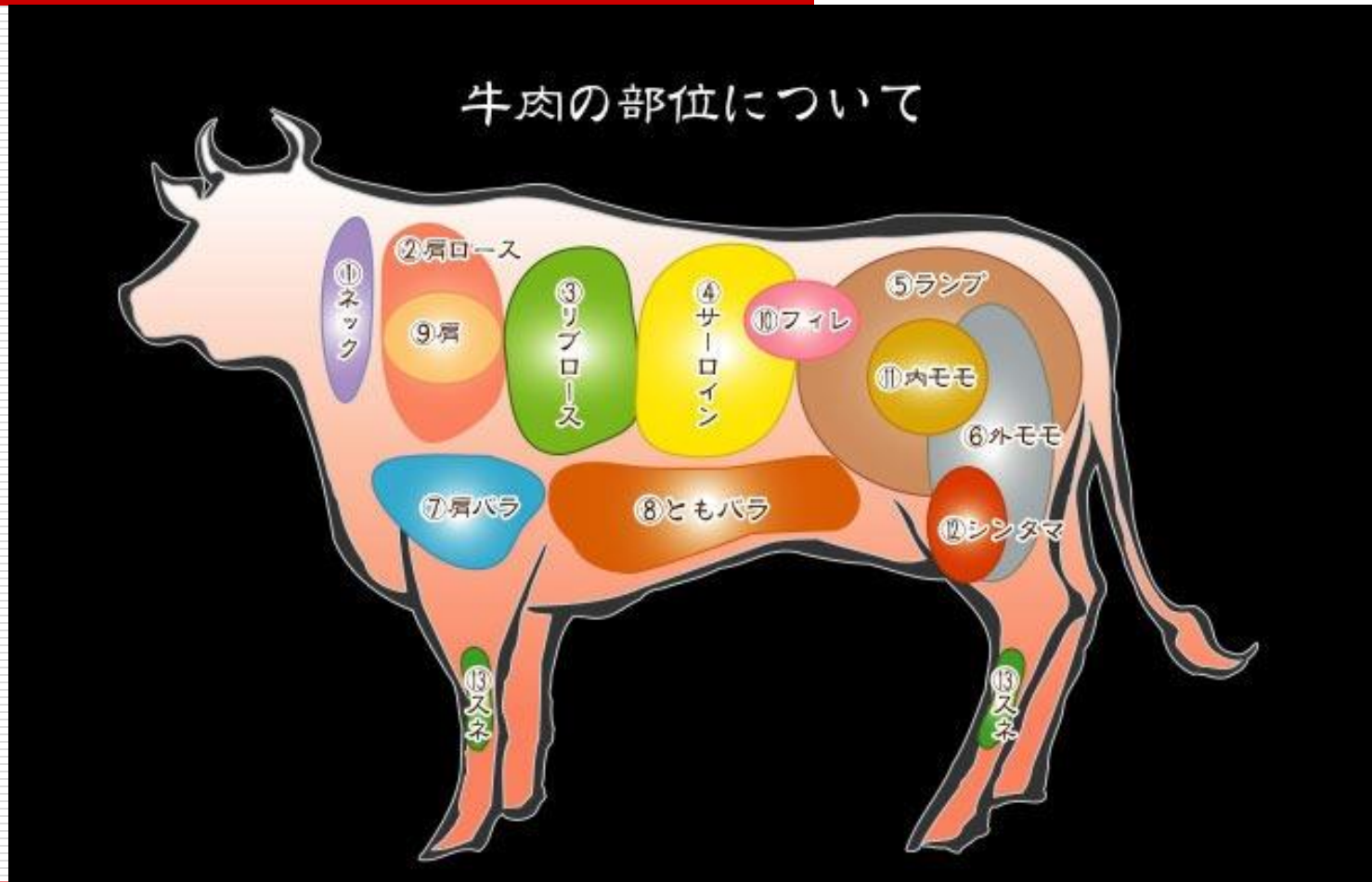
(用於工程的風險辨識)



資料來源：[118]及本研究繪製

圖4-11 天津快軌工程之 WBS-RBS 矩陣案例

工作分解結構 (Work Breakdown Structure, WBS)



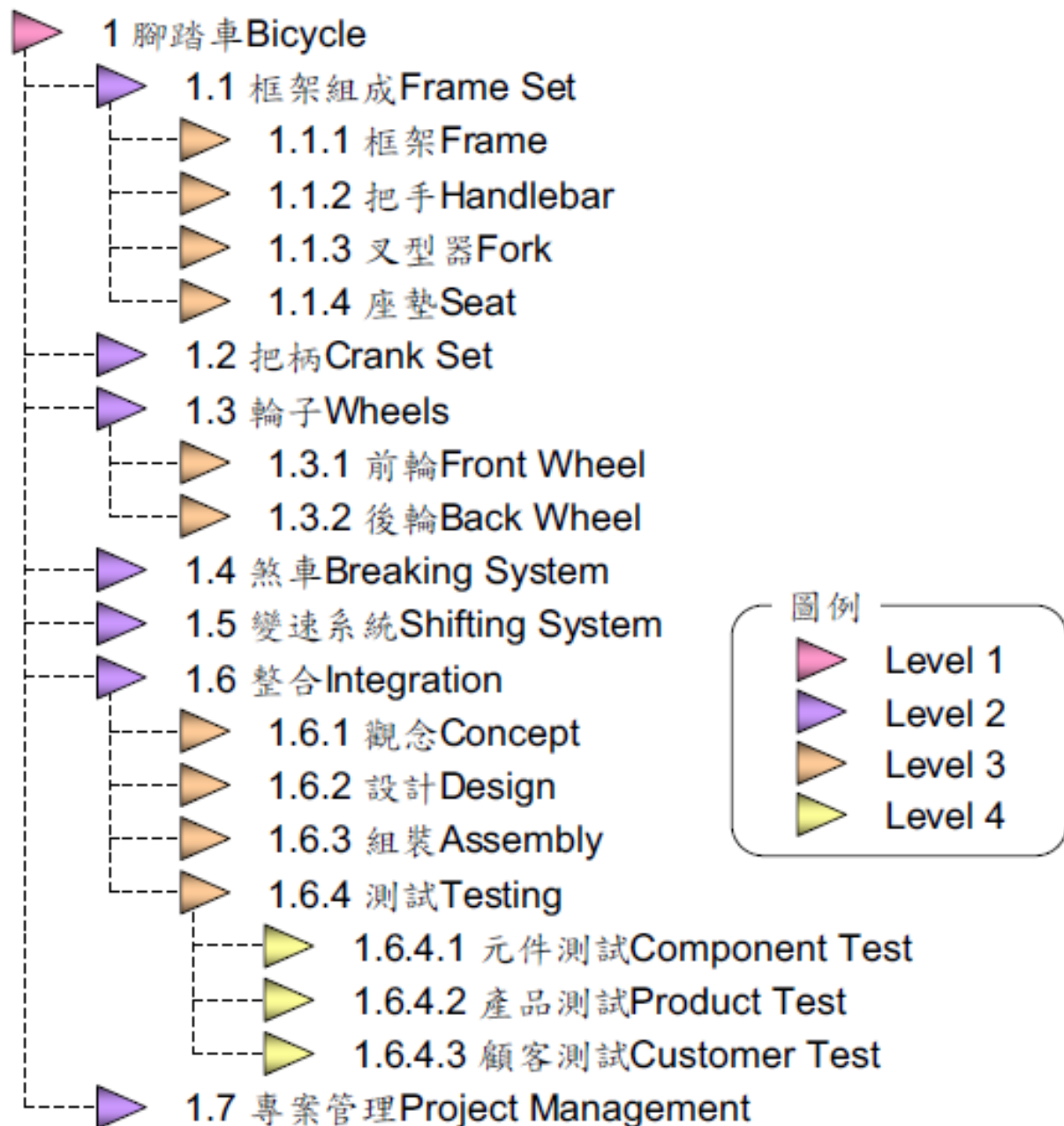
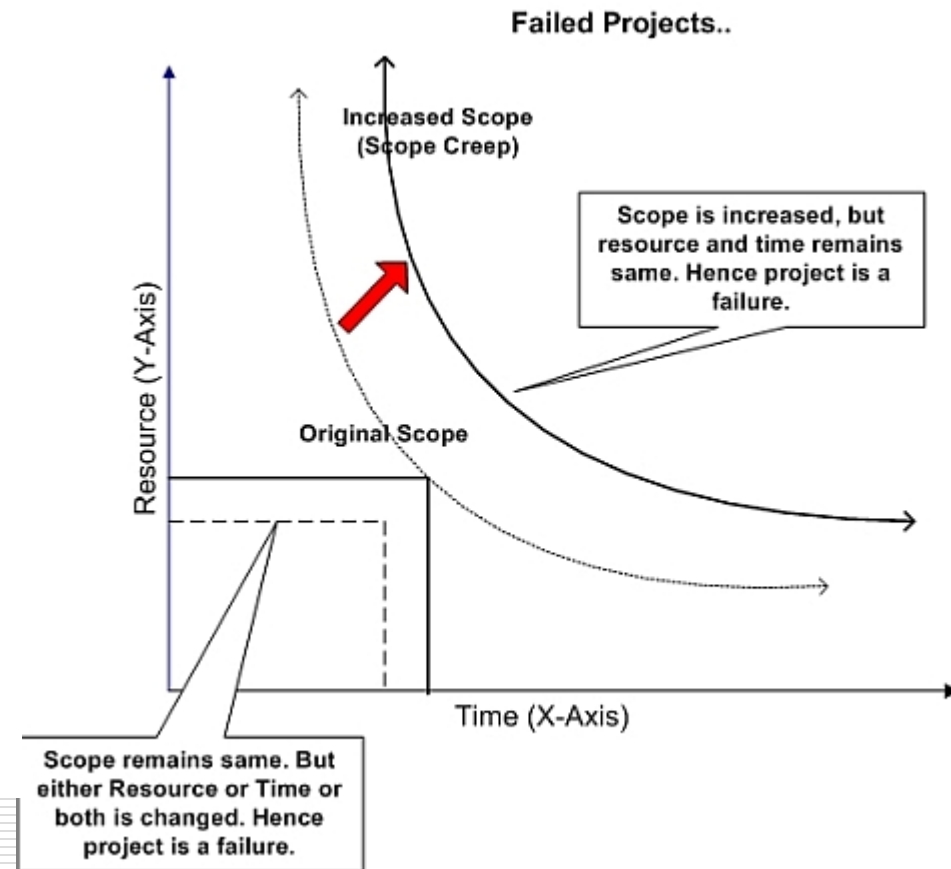
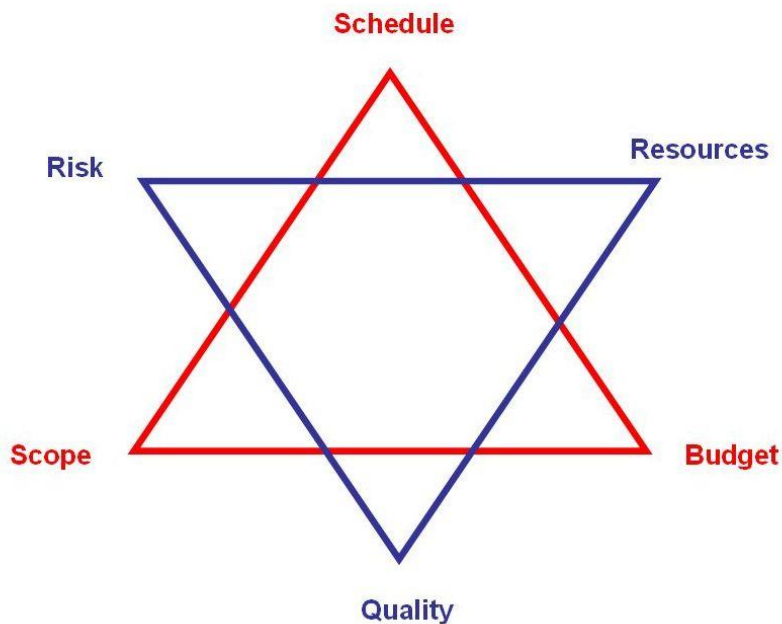


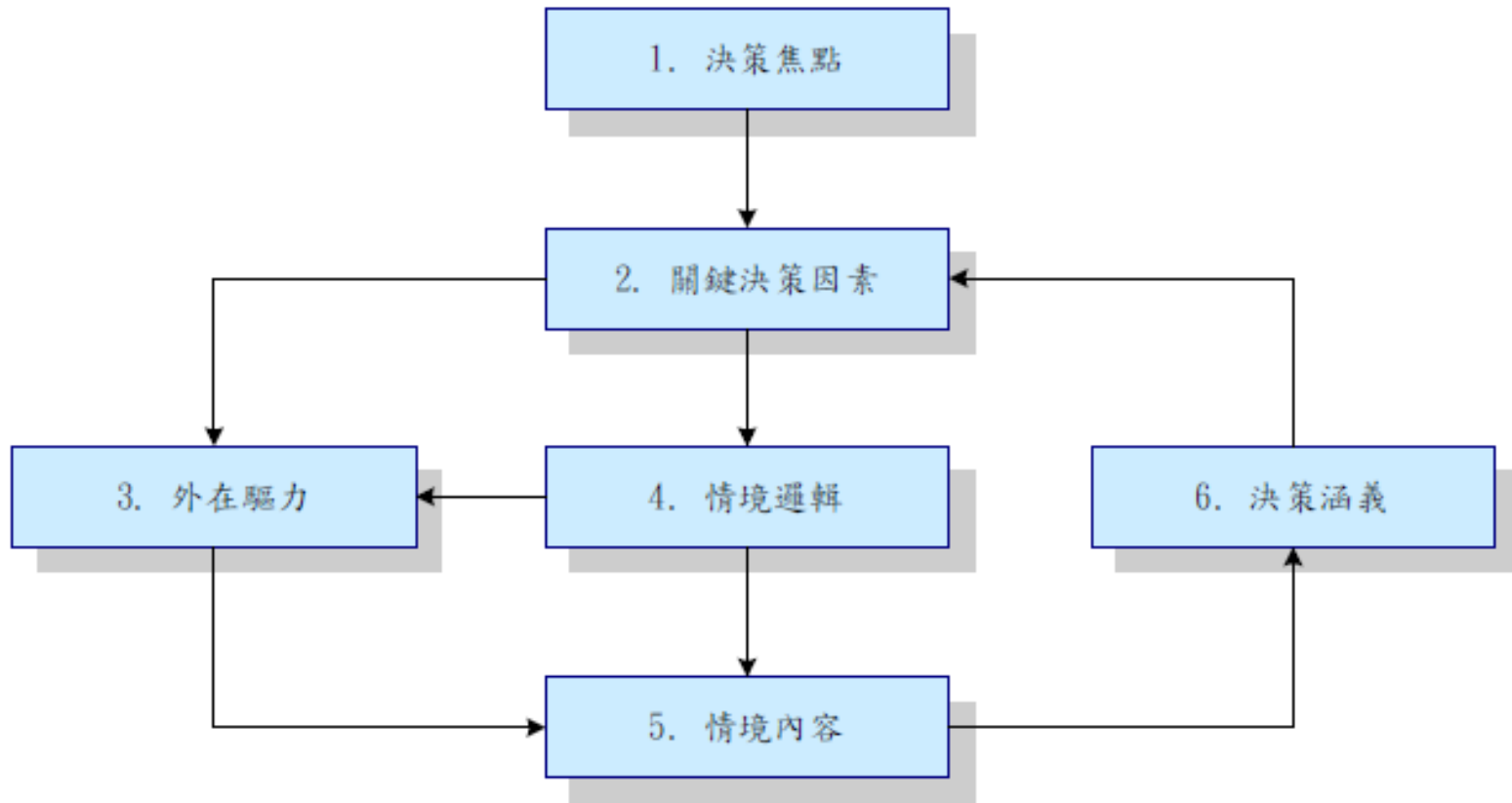
圖4-7 條列式樹狀結構分解示意圖

三重限制 vs. 計畫成敗

“Triple Constraint” in Project Management



3.9 情境分析法(scenario analysis)

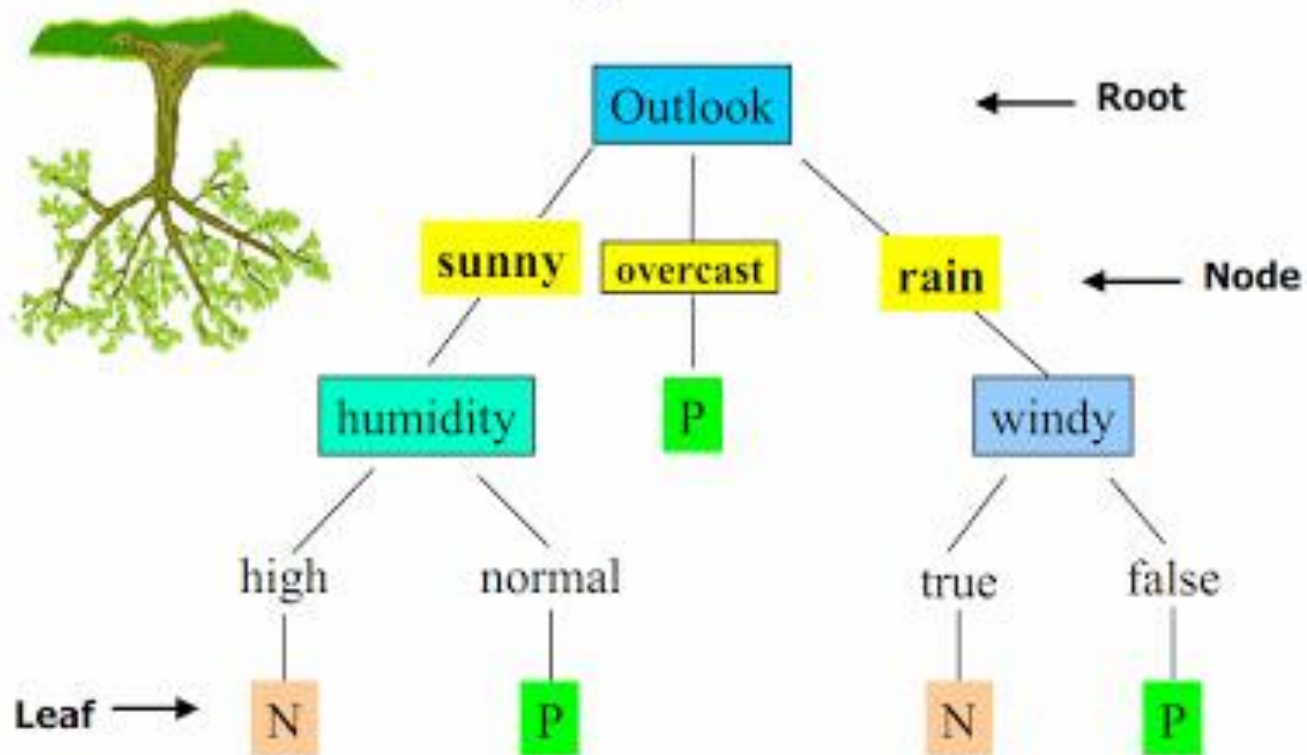


資料來源：[82, 100]及本研究繪製

圖4-12 史丹福 SRI 情境分析六步驟

決策樹(decision tree)

Output: A Decision Tree for *“Play tennis or not”*



四、軌道系統風險分析方法

FMEA / FMECA Overview

- FMEA / FMECA 所需基本資訊：
 - Item(s) 項目
 - Function(s) 功能
 - Failure(s) 失效
 - Effect(s) of Failure 失效影響
 - Cause(s) of Failure 失效原因
 - Current Control(s) 現行控制
 - Recommended Action(s) 建議行動
 - Plus other relevant details 其他

4.1 故障模式影響與嚴重性分析法(FMECA)

□ Failure Mode Effects & Criticality Analysis, (FMECA)

故障模式影響與嚴重性分析

□ Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

故障模式與影響分析

- ✓ 考量對象為系統中之元件，如：集電弓、鋼軌、輪軸、車門等
- ✓ 故障模式如：集電弓斷裂、鋼軌挫曲、輪軸不整、車門無法閉合等
- ✓ 透過風險優先數值(risk priority numbers, RPN)來確認風險值大小
- ✓ $RPN = \text{嚴重性}(S) * \text{發生率}(O) * \text{檢測率}(D)$

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

RPN - FMEA Risk Priority Number

- Severity (S)
- Severity X Occurrence (S X O)
– Criticality
- Severity X Occurrence X Detection
(S X O X D) = RPN

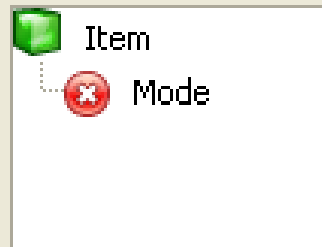
Criticality Analysis (FMEA with Criticality Analysis = FMECA)

FMEA數據結構

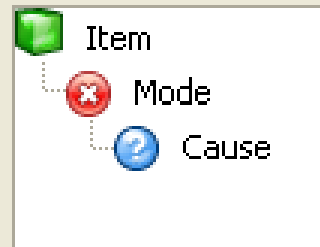
选择 FMEA 数据结构

选择您的 FMEA 数据结构

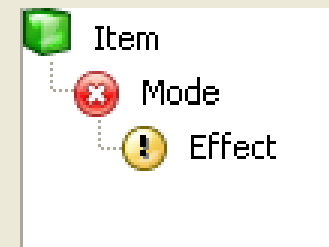
仅模式



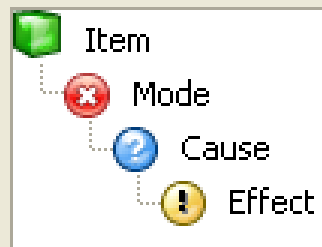
标准 FMEA



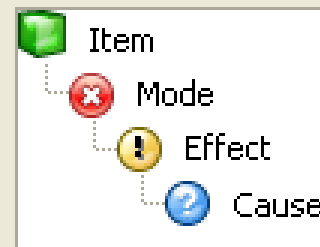
每个模式多个效果



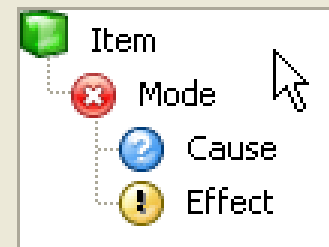
每个原因多个效果



每个影响多个原因



每个模式多个原因和效果



确定

取消

帮助(H)

表4.7 FMEA 嚴重性等級範例

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



表4.8 FMEA 發生率等級範例

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

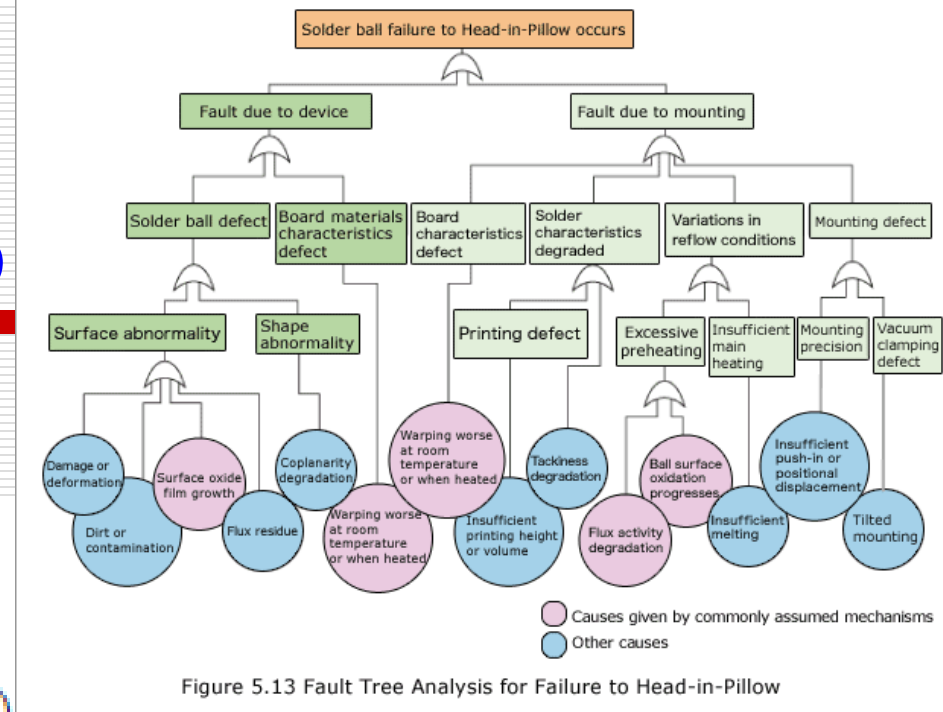
表4.9 FMEA 檢測率等級範例

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

4.2 失誤樹分析法 (FTA, Fault Tree Analysis)

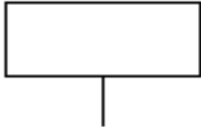
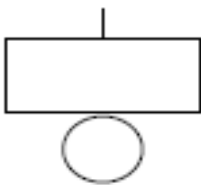
□ 流程

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



-
- ✓ 一個失誤樹圖是從上到下逐級建樹並且根據事件而聯繫，它用圖形化"模型"路徑的方法，使一個系統能導致一個可預知的，不可預知的故障事件（失效），路徑的交叉處的事件和狀態，用標準的邏輯符號（與，或等等）表示。
 - ✓ 在失誤樹圖中最基礎的構造單元為門和事件，這些事件與在可靠性框圖中有相同的意義並且門是條件。

表4.10 失誤樹常用分析符號

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

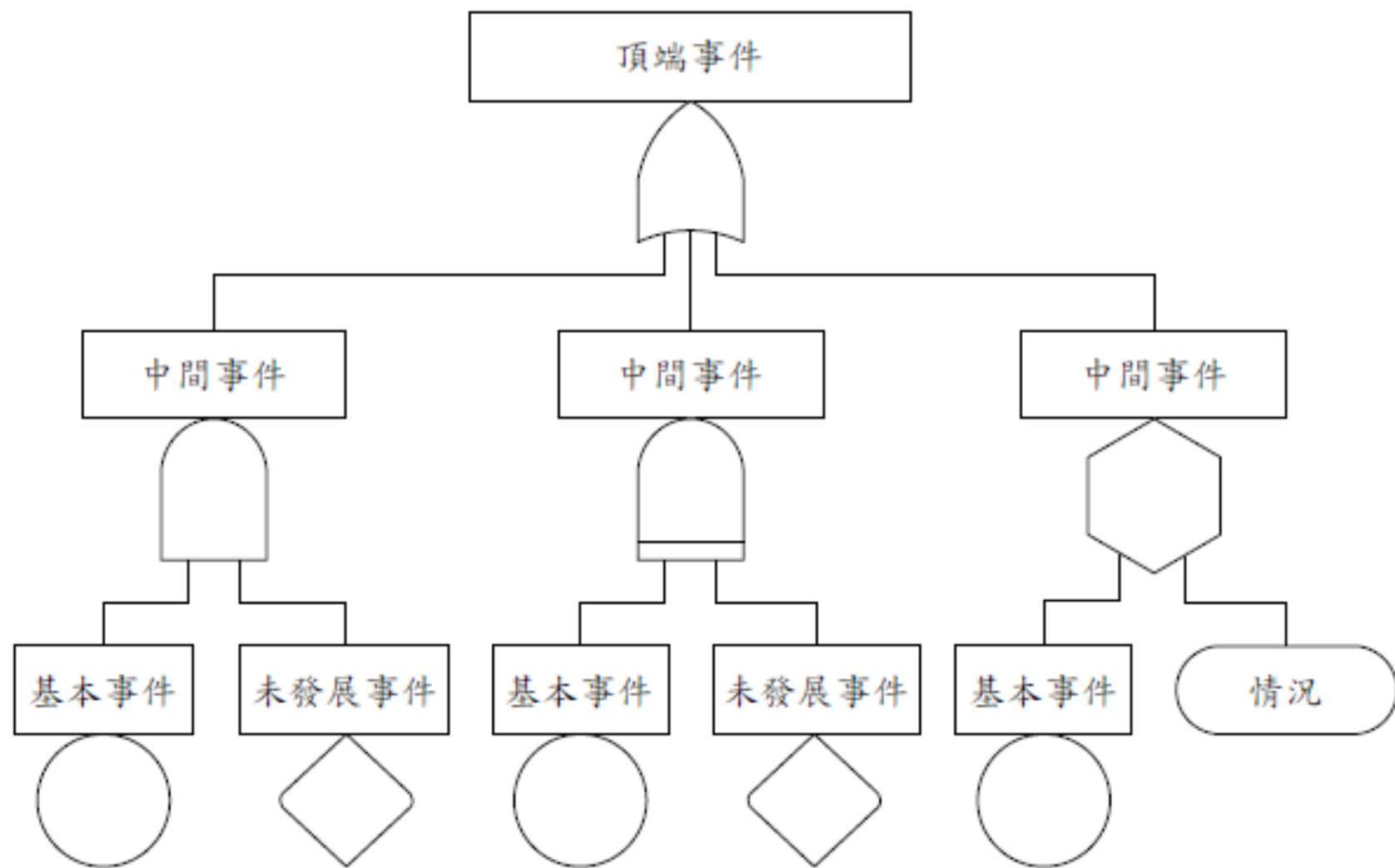


圖4-13 失誤樹分析範例

失誤樹分析法的優點

- (1) 失誤樹的果因關係清晰、形象。對導致事故的各種原因及邏輯關係能做出全面、簡潔、形象地描述，從而使有關人員瞭解和掌握安全控制的要點和措施。
- (2) 根據各基本事件發生故障的頻率數據，確定各基本事件對導致事故發生的影響程度——結構重要度。
- (3) 既可進行定性分析，又可進行定量分析和系統評價。

4.3 事件樹分析法 (ETA, Event Tree Analysis)

□ 步驟

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

- ✓ 事件樹分析 (Event Tree Analysis, 簡稱ETA) 起源於決策樹分析 (簡稱DTA), 它是一種按事故發展的時間順序由初始事件開始推論可能的後果, 從而進行危險源辨識的方法。
- ✓ 與失誤樹不同的是: 其樹形圖從作為危險源的初始事件出發, 根據後續事件或安全措施是否成功作分支, 最後到災害事件的發生為止可提供紀錄事故後果的系統性方法

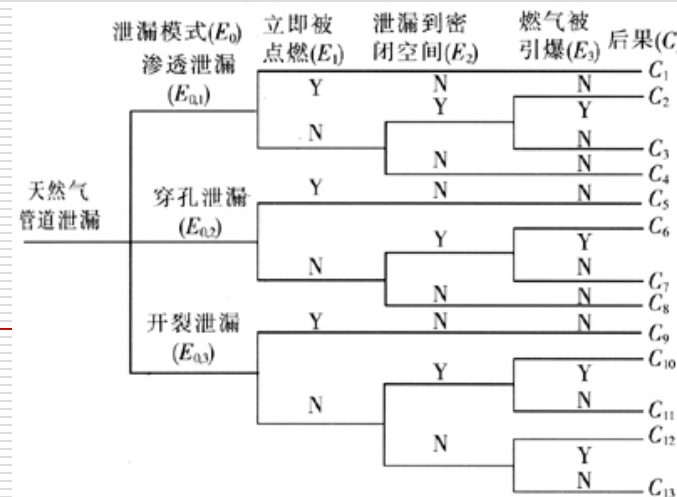


图1 天然气管道系统泄漏事件树

事件樹功能

- 1、ETA可以事前預測事故及不安全因素，估計事故的可能後果，尋求最經濟的預防手段和方法。
- 2、事後用ETA分析事故原因，十分方便明確。
- 3、ETA的分析資料既可作為直觀的安全教育資料，也有助於推測類似事故的預防對策。
- 4、當積累了大量事故資料時，可採用電腦模擬，使ETA對事故的預測更為有效。
- 5、在安全管理上用ETA對重大問題進行決策，具有其他方法所不具備的優勢。

案例

火車上有 易燃品引起火災事故的事件 樹分析





圖4-15 風險辨識方法之時間構面

表5.5 南韓軌道事故報告法規中的事故分類表

五、軌道系統 危害項目舉例

□ 韓國

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

表5.6 歐洲 MODURBAN 危害項目

□ 歐洲MODURBAN
(Modular Urban
Guided Rail System)



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

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

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



英國
 列車
危害
分類
項目

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

✓ 移動危害

表5.2 英國移動危害分類項目

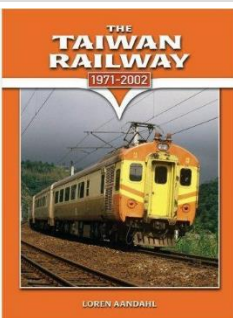
事故編號	內容
HEM1	Evacuation following topped train 端門疏散旅客至後方列車
HEM2	Passenger falls from train in running 旅客從運行中之列車摔出
HEM3	Passenger struck while leaning out of train 旅客因倚靠車身不慎摔出遭受撞擊
HEM4	Passenger struck by object through train window 旅客遭受車窗外丟入之異物擊傷
HEM5	Train door closes on passenger 列車門關閉時夾傷旅客
HEM6	Passenger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

✓ 非移動危害

表5.3 英國非移動危害分類項目

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

表5.8 臺鐵局原規章事故分類與整併後事故對應表



□ 台鐵

整併後事故種類	原規章規定事故分類 33 種
列車衝撞	衝撞、車輛邊撞、車輛衝擊、止衝檔衝擊、列車邊撞
列車出軌	傾覆、列車出軌、車輛出軌
火災	火災
車輛故障	機車、客車、電車、貨車、機動車故障
路線故障	路線故障
電車線設備故障	電車線設備故障
號誌設備故障	號誌機故障、閉塞裝置故障、轉轍器擠壞
列車障礙	列車障礙、車輛遺留、列車妨礙、工程車輛障礙
列車延遲	列車延誤、號誌機外停車、進入錯線
死傷	死傷
其他	列車分離、路牌錯誤、車輛溜逸、無閉塞行車、辦理閉塞違章

□ 台灣高鐵

表5.9 台灣高鐵危害項目

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

表5.10 臺北捷運事故種類



台北
捷運

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



高雄捷運

表5.11 高雄捷運事故種類

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



表5.12 阿里山森林鐵路風險項目

□ 阿里山森林鐵路

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

各國比較

表5.15 各系統之危害/事故項目總數、主要分類數、分類階層數比較

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

表5.16 各系統各階層之分類方式比較表

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

表5.17 各系統各階層之分類方式比較表

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

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

表5.18 各系統採用之分類比較與統計表

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

六、台鐵危害項目辨識

□ 風險辨識參與者：

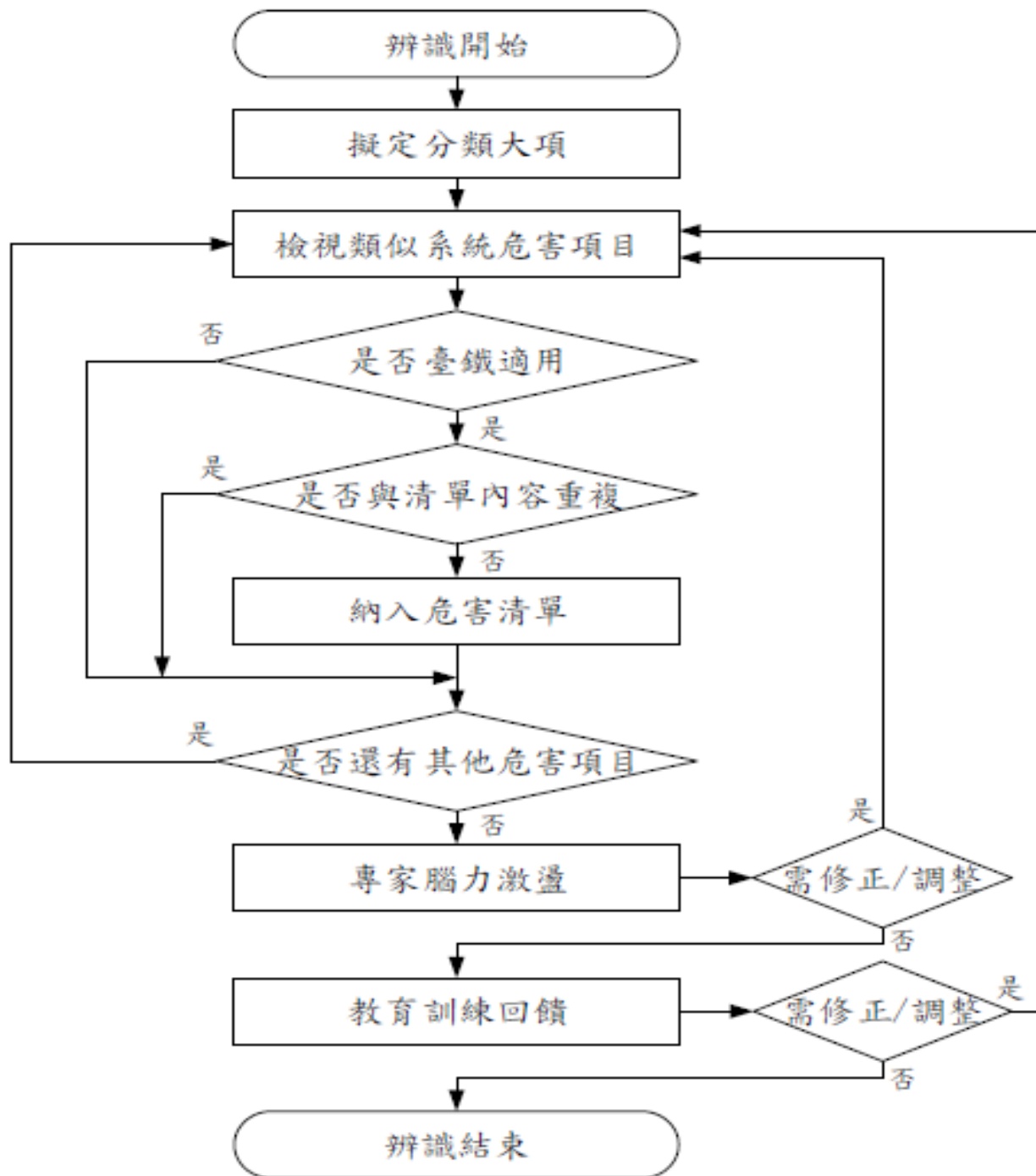
✓ 安全風險分析者

✓ 處理安全專案者

✓ 系統專家

✓ 系統使用者(局長、副局長、行保會、秘書室、運務處、工務處、機務處、電務處)

辨識流程



關鍵名詞定義

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

分類原則

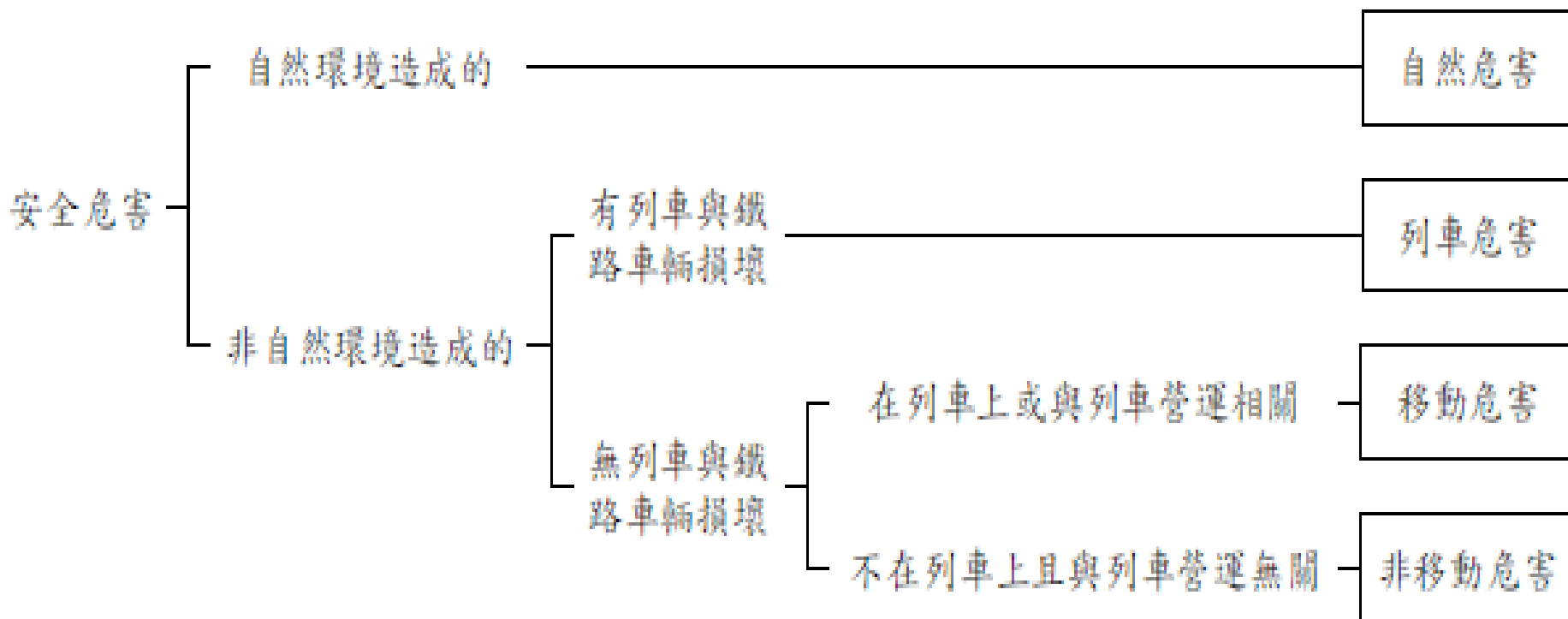


表6.1 臺鐵危害清單

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

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

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

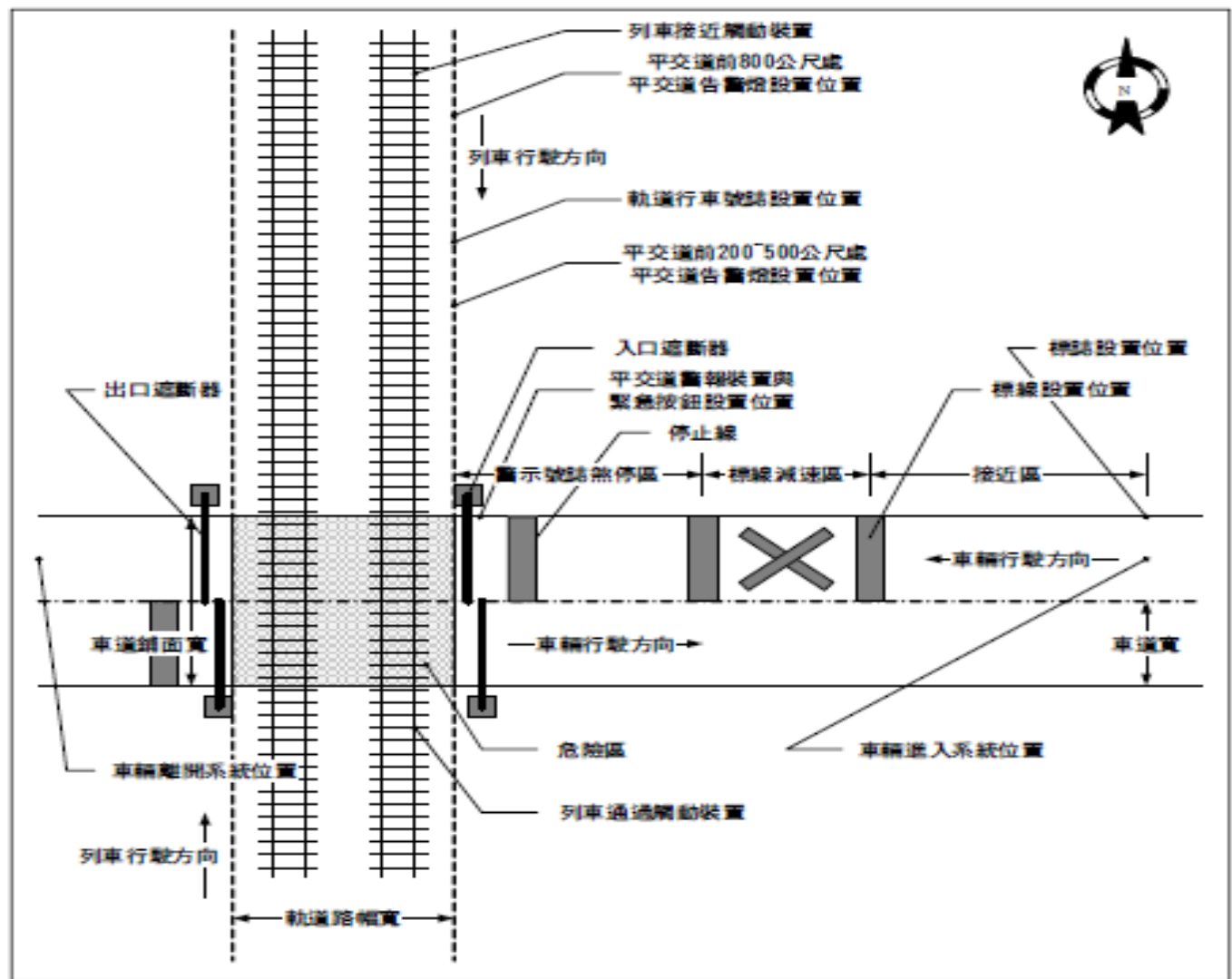
第一層	第二層	第三層
	爆炸	73. 行控中心火災
		74. 車站爆炸
		75. 站間爆炸
		76. 機廠爆炸
	滑倒/跌倒/摔倒	77. 天橋-滑倒/跌倒/摔倒
		78. 月台-滑倒/跌倒/摔倒
		79. 地下道-滑倒/跌倒/摔倒
		80. 電扶梯-滑倒/跌倒/摔倒
		81. 樓梯-滑倒/跌倒/摔倒
		82. 平交道-滑倒/跌倒/摔倒
		83. 其他地點-滑倒/跌倒/摔倒
	摔入軌道	84. —
	攻擊	85. 旅客遭受攻擊
		86. 員工遭受攻擊
		87. 大眾遭受攻擊
	窒息	88. —
	觸電	89. 旅客觸電（牽引電力系統）
		90. 旅客觸電（非牽引電力系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

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

七、台鐵2項危害風險實例探討

7.1 鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞

分析
範圍
界定
(空間)



7.2 分析事件樹

□ 選定嚴重性指標

表7.1 歷史資料統計範例

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

註：表中的財產損失與環境影響若有合適量化範圍亦可採用，本表僅舉例說明。

□ 分析關鍵事件

- ✓ 平交道撞擊：「公路駕駛人行為」、「公路車輛種類」、「列車速度」、「列車載重」、「公路車輛是否起火」等

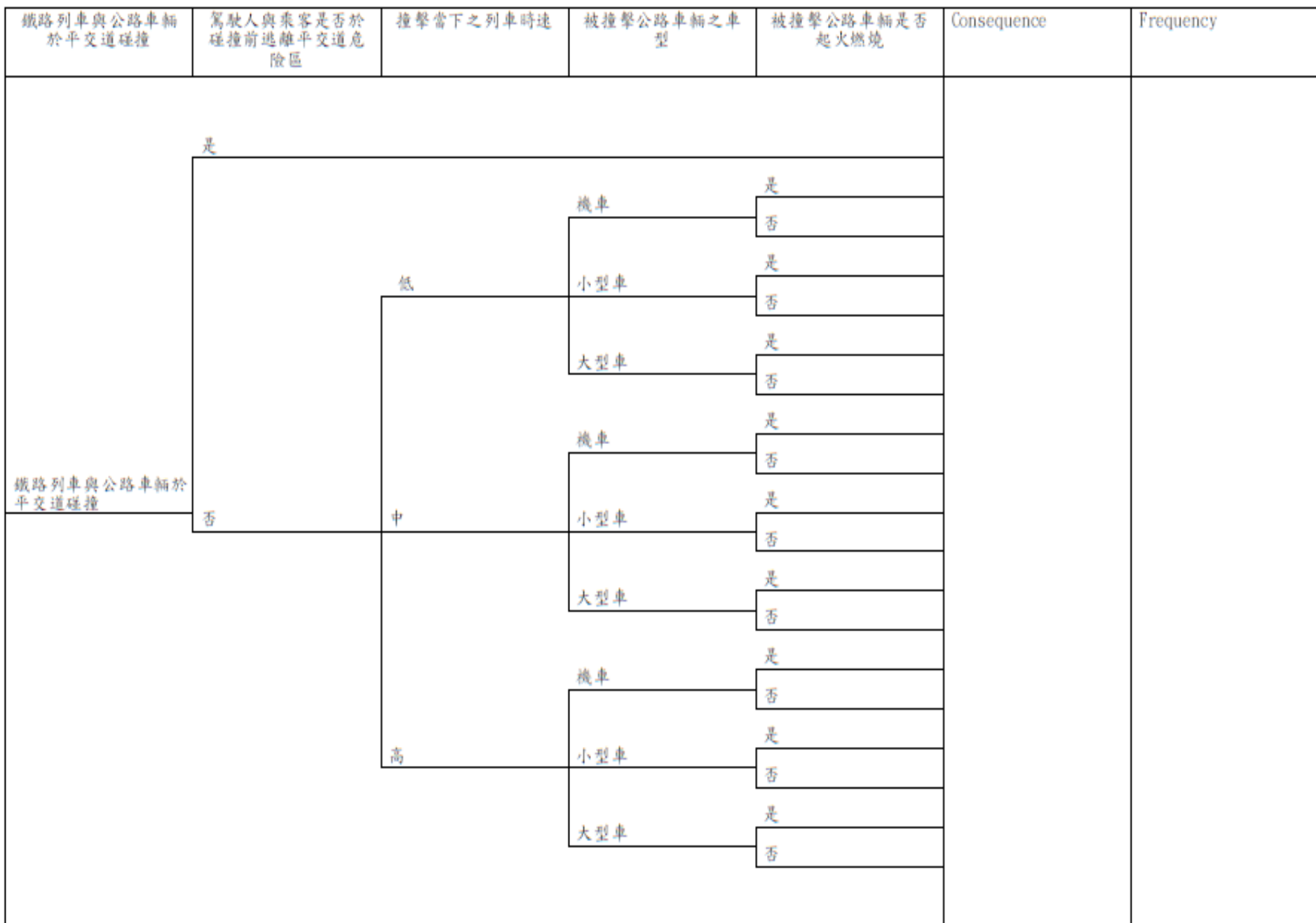


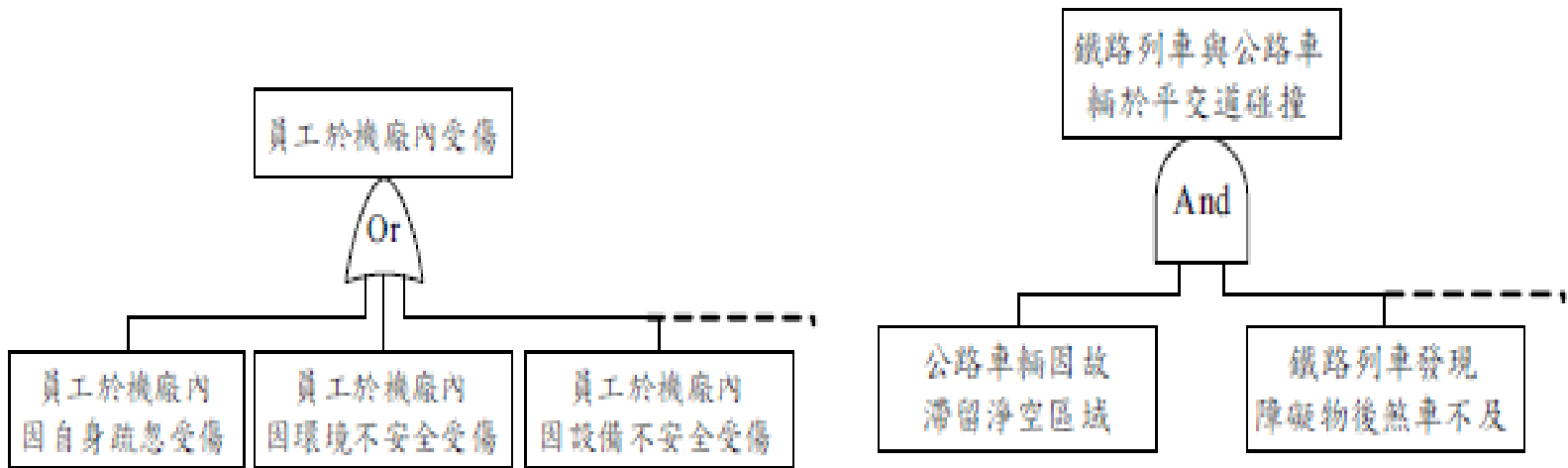
圖7-7 鐵路列車與公路車輛碰撞事件樹

7.3 事件樹分析結果

- 公路駕駛人是否於碰撞前逃離危險區
- 列車撞擊速度
- ✓ **f=0.062s**
 - **f**:每次事故之等效死亡人數
 - **s**:平均列車撞擊速度(kph)
- 被撞擊公路車輛之車型
- 被撞擊公路車輛是否起火燃燒

7.4 建構失誤樹

- 確保失誤樹中的事件均為「異常」或「失效」事件
- 「且」閘的下層事件為原因
- 「或」閘的下層事件為情境
- 釐清防護作為與失效之間的關係
 - 防護作為異常與失效之間屬於「或」的關係。
 - 防護作為異常與失效之間屬於「且」的關係。
 - 防護作為僅減少失效發生的機率。



建構關係閘(AND, OR)

鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹

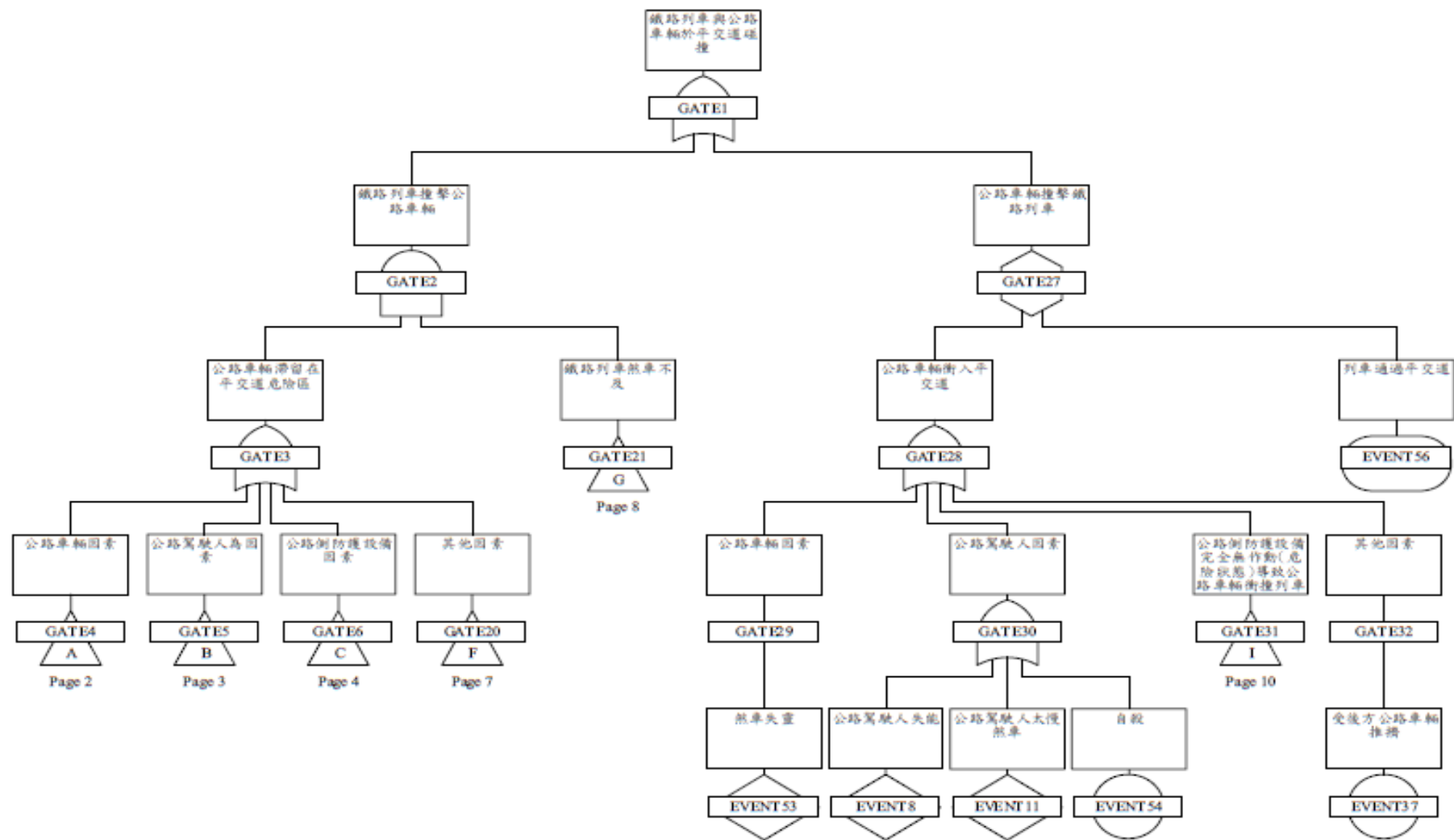
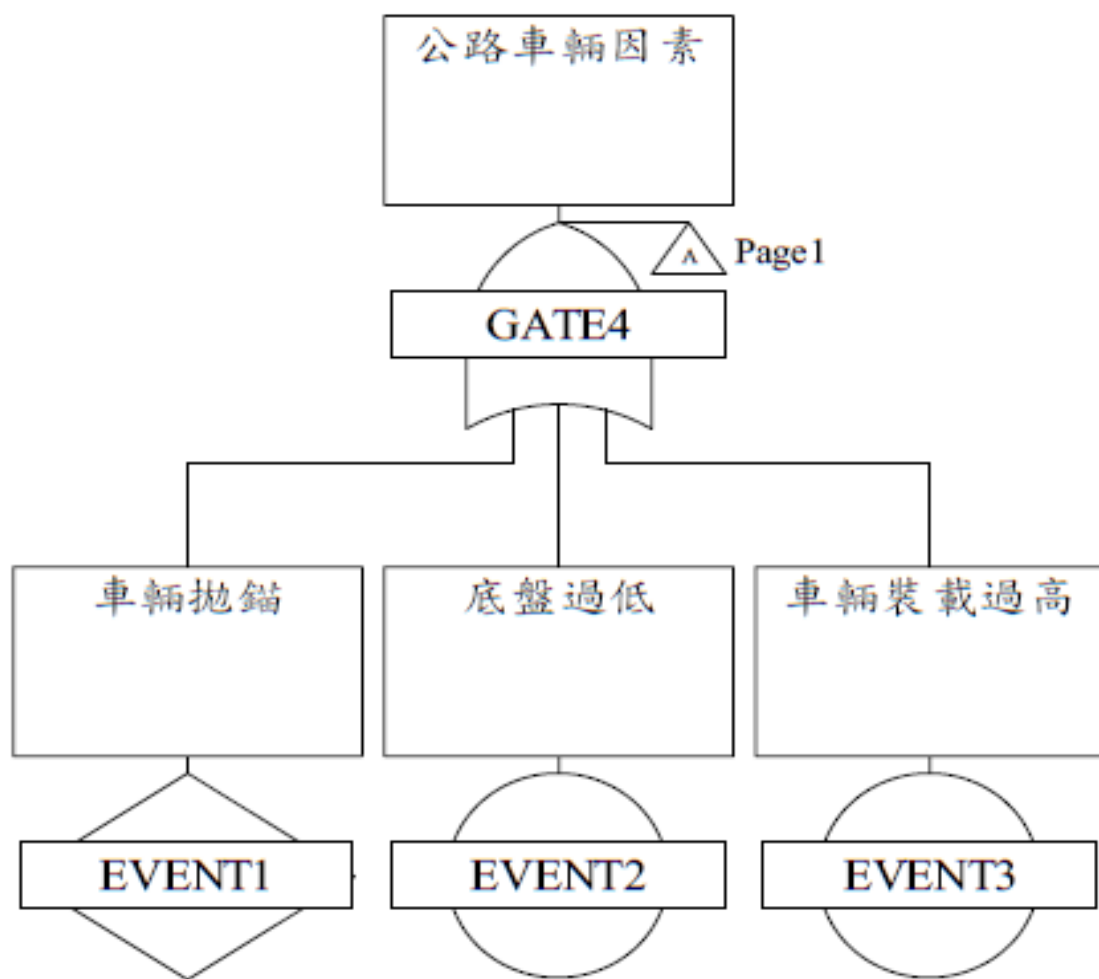


圖7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 1 頁)



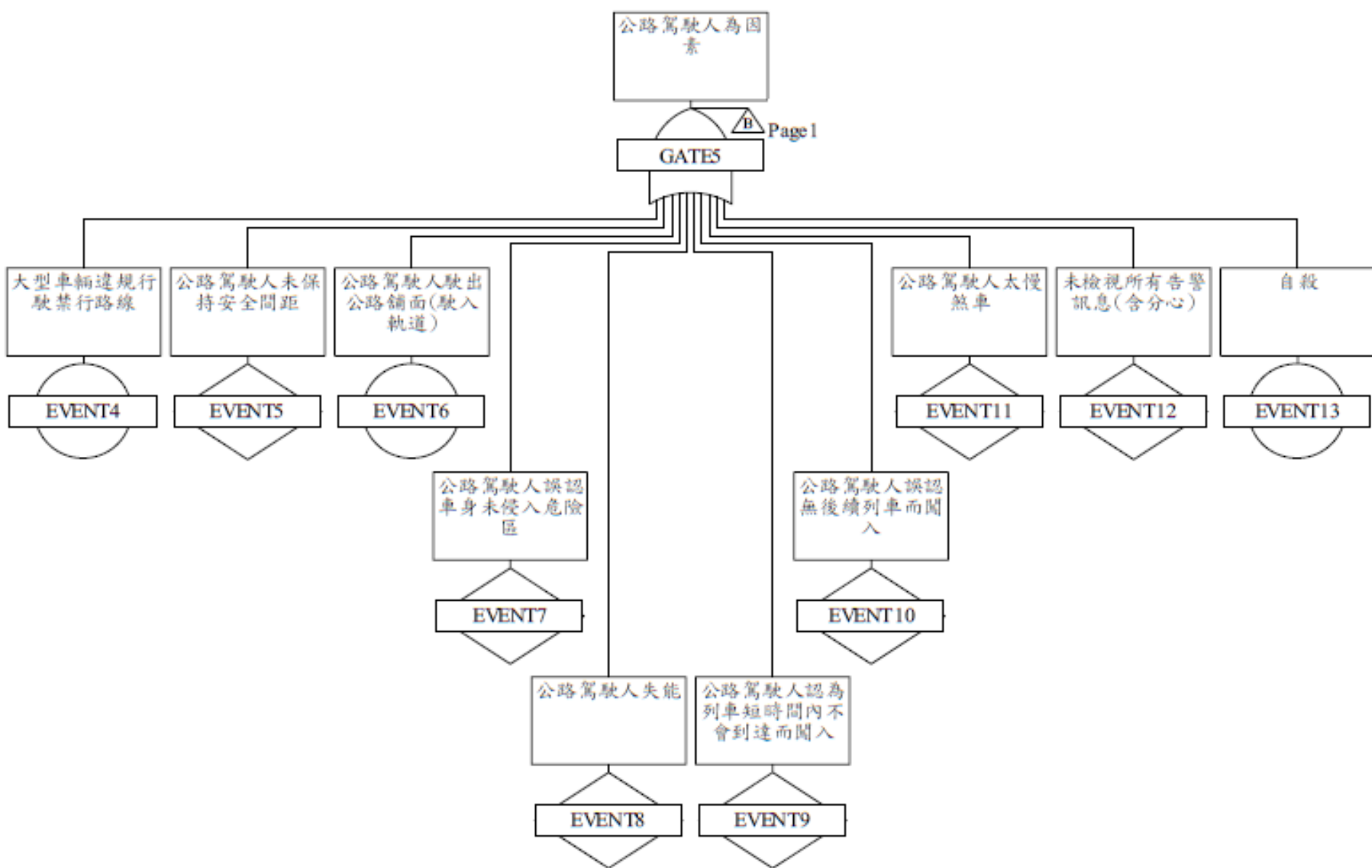


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 3 頁)

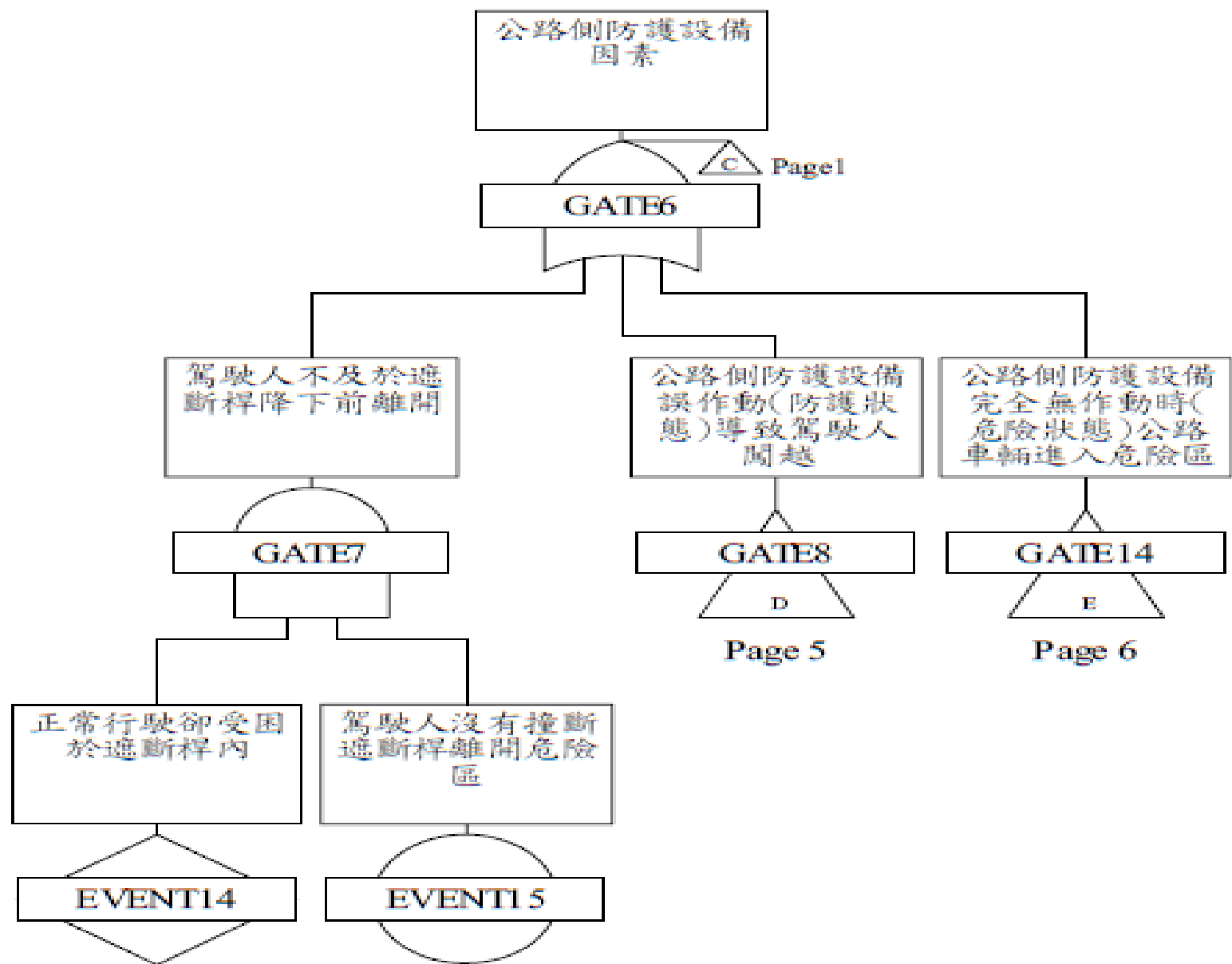


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 4 頁)

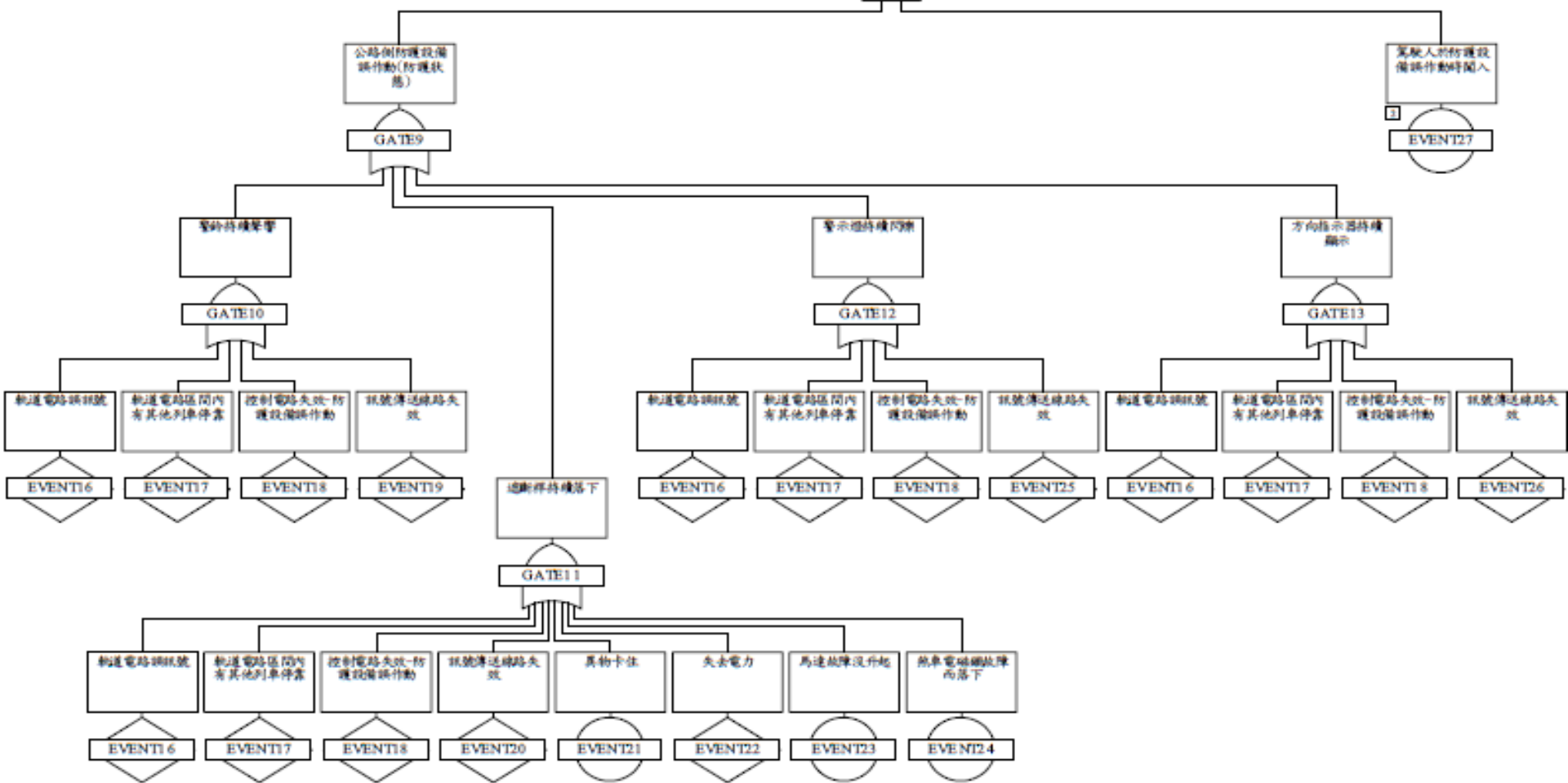


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 5 頁)

公路側防護設備
完全無作用時(危
險狀態)公路
車輛進入危險區

GATE14

Page4

公路側防護設備
完全無作用(危
險狀態)

GATE15

公路車輛通過平
交匯

EVENT34

警鈴無聲響

GATE16

訊號傳送線路失
效

EVENT19

控制電路失效-
防護設備無行動

EVENT28

失去電力

EVENT29

警鈴故障

EVENT30

方向指示器無顯
示

GATE19

訊號傳送線路失
效

EVENT26

控制電路失效-
防護設備無行動

EVENT28

失去電力

EVENT29

燈泡故障

EVENT33

警示燈無閃爍

GATE18

遮斷桿沒有落下

GATE17

訊號傳送線路失
效

EVENT20

控制電路失效-
防護設備無行動

EVENT28

異物卡位

EVENT31

遮斷桿沒有落下

GATE17

訊號傳送線路失
效

EVENT20

訊號傳送線路失
效

EVENT25

控制電路失效-
防護設備無行動

EVENT28

失去電力

EVENT29

燈泡故障

EVENT32

圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 6 頁)

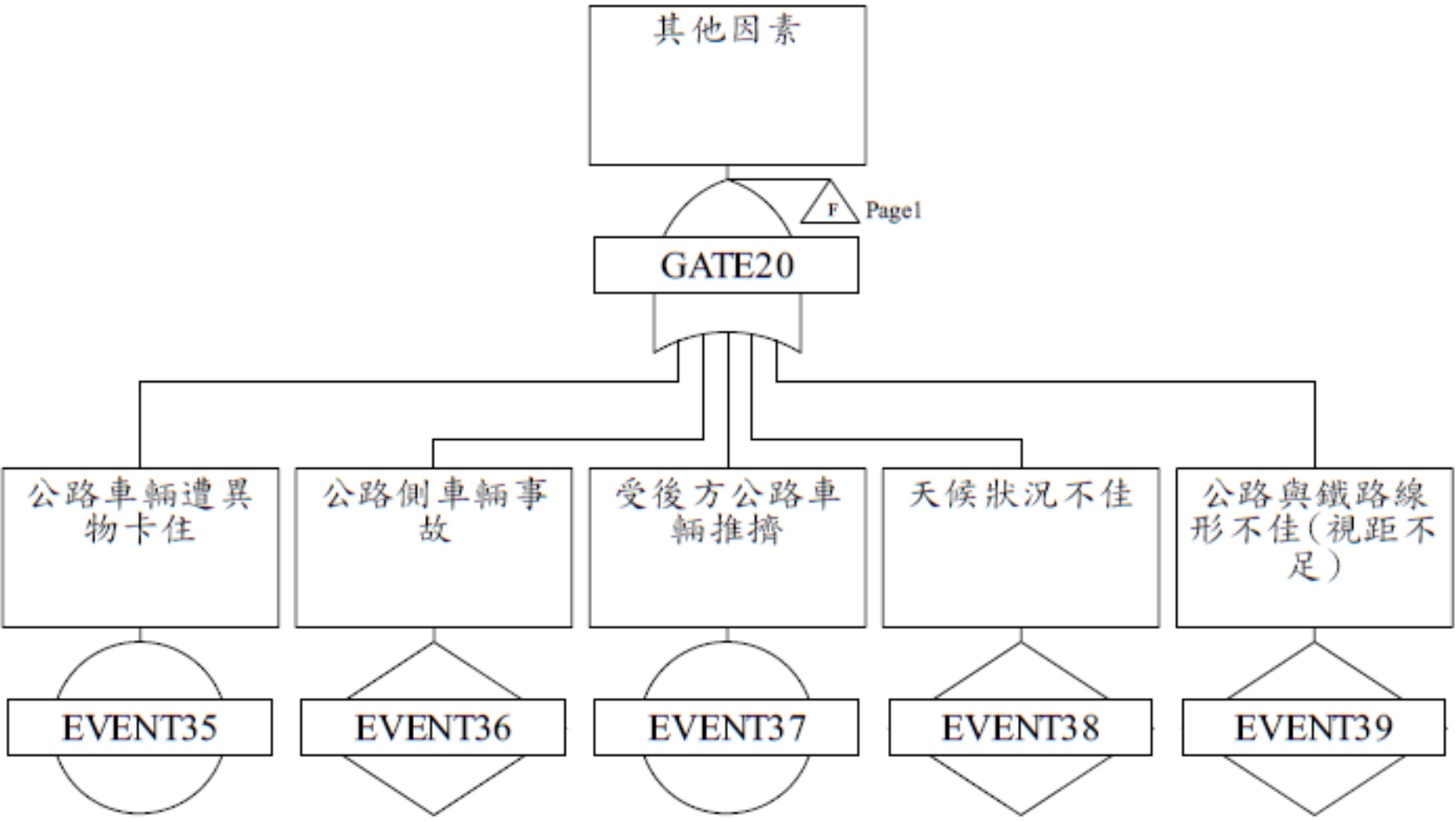


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 7 頁)

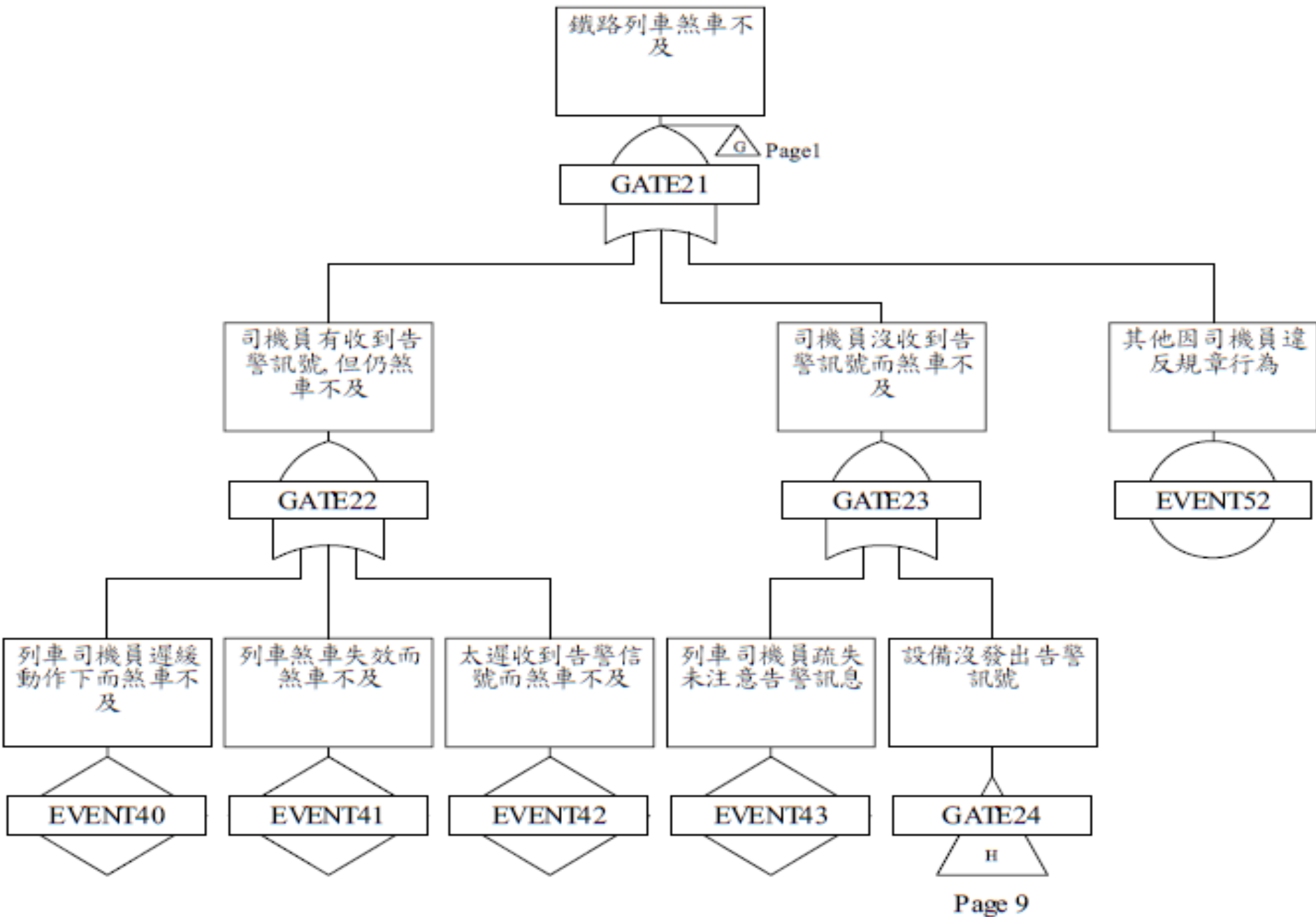


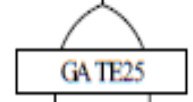
圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 8 頁)

設備沒發出告警訊號



Page8

(五角)緊急告警燈沒告警



列車防護無線電系統沒告警

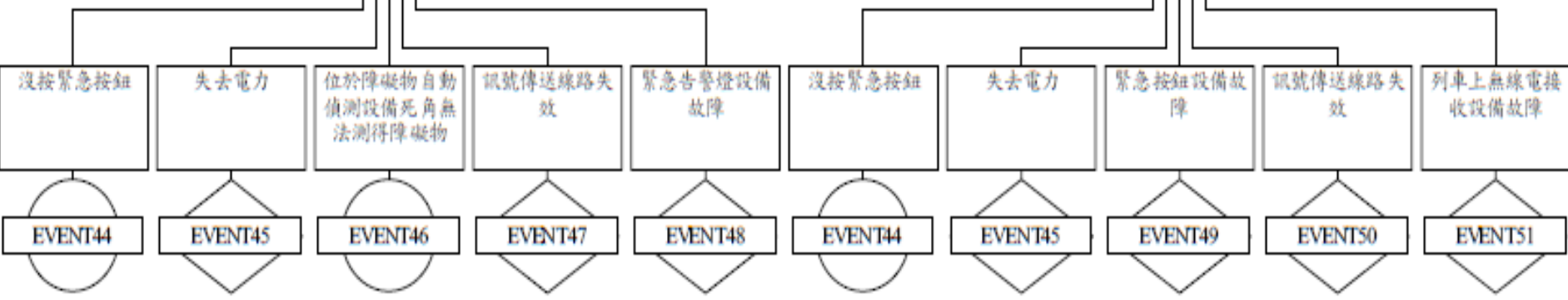
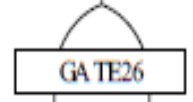


圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 9 頁)

公路側防護設備
完全無作用(危
險狀態)導致公
路車輛衝撞列車

Page1

GATE1

公路側防護設備
完全無作用(危
險狀態)

GATE15

駕駛人未察覺通
過中列車

EVENT55

警鈴無聲響

GATE6

訊號傳送線路失
效
控制電路失效-
防護設備無作用
失去電力
警鈴故障

EVENT19
EVENT28
EVENT29
EVENT30

方向指示器無顯
示

GATE9

訊號傳送線路失
效
控制電路失效-
防護設備無作用
失去電力
燈泡故障

EVENT26
EVENT28
EVENT29
EVENT33

警示燈無閃爍

GATE18

訊號傳送線路失
效
控制電路失效-
防護設備無作用
失去電力
燈泡故障

EVENT25
EVENT28
EVENT29
EVENT32

遮斷桿沒有落下

GATE17

訊號傳送線路失
效
控制電路失效-
防護設備無作用
異物卡位

EVENT20
EVENT28
EVENT31

圖 7-6 鐵路列車與公路車輛碰撞失誤樹 (第 10 頁)

7.5 鐵路列車與公路車輛於平交道碰撞失誤樹分析

□ 1. 人為失效

□ 1.1 公路側駕駛人

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

□ 1.2鐵路側司機員

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

□ 2. 設備失效

□ 2.1 公路側防護設備

- 訊號傳送線路故障。
- 軌道電路誤訊號。
- 控制電路失效。
- 失去電力。
- 異物卡住（遮斷桿）。
- 馬達故障（遮斷桿）。
- 煞車電磁鐵故障（遮斷桿）。
- 顯示燈故障（警示燈、方向指示器）。
- 鈴響設備故障（警鈴）。

□ 2.2鐵路側防護設備

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

□ 3. 環境失效

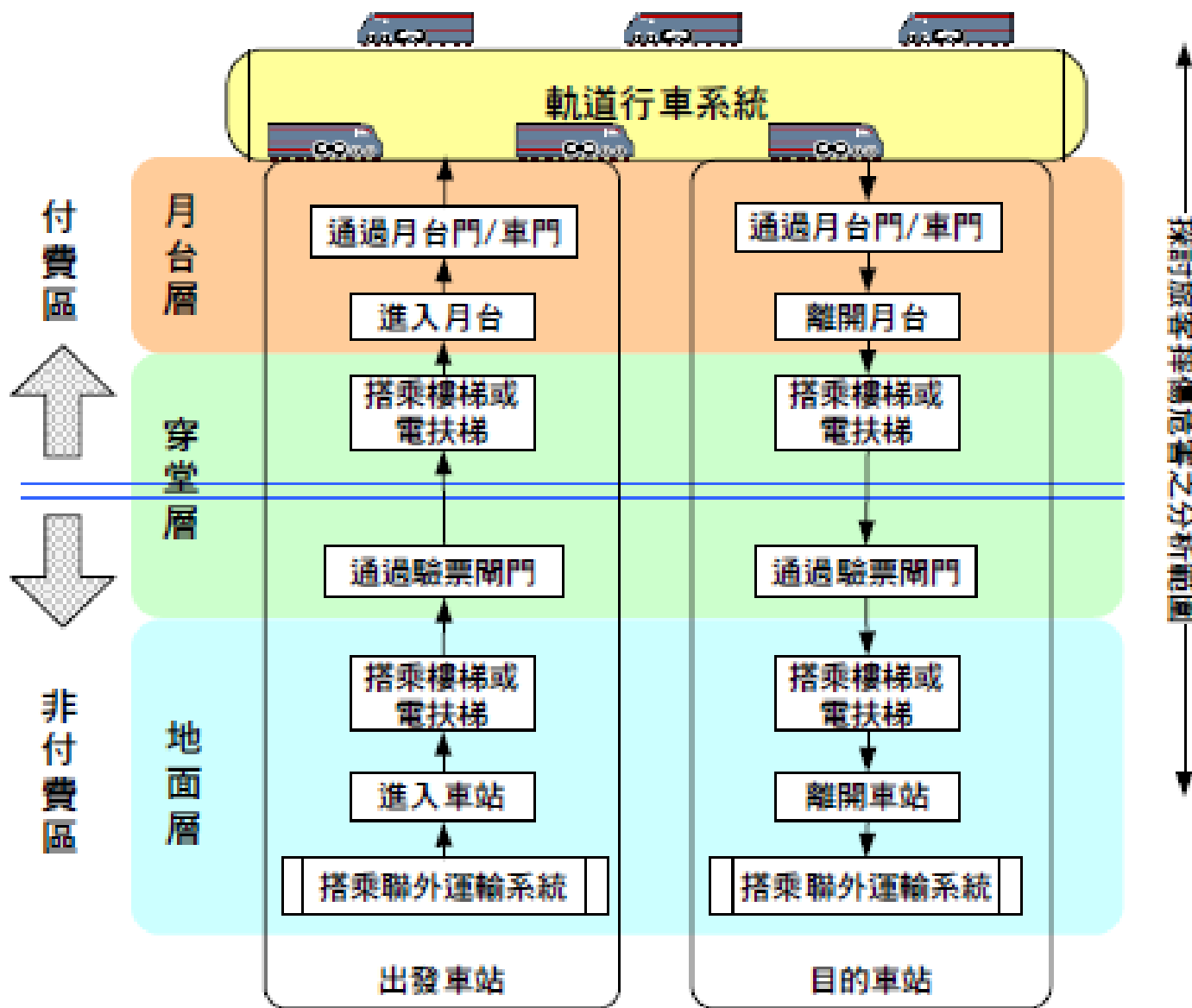
- 軌道電路同區間內有其他列車因故停車而持續觸動告警設備。
- 公路車輛於通過平交道過程中遭異物卡住。
- 公路車輛受後方車輛推擠或追撞而侵入危險區。
- 天候狀況不佳導致駕駛人誤判情勢。
- 公路與鐵路線形不佳導致駕駛人誤判情勢。

□ 4. 車輛失效

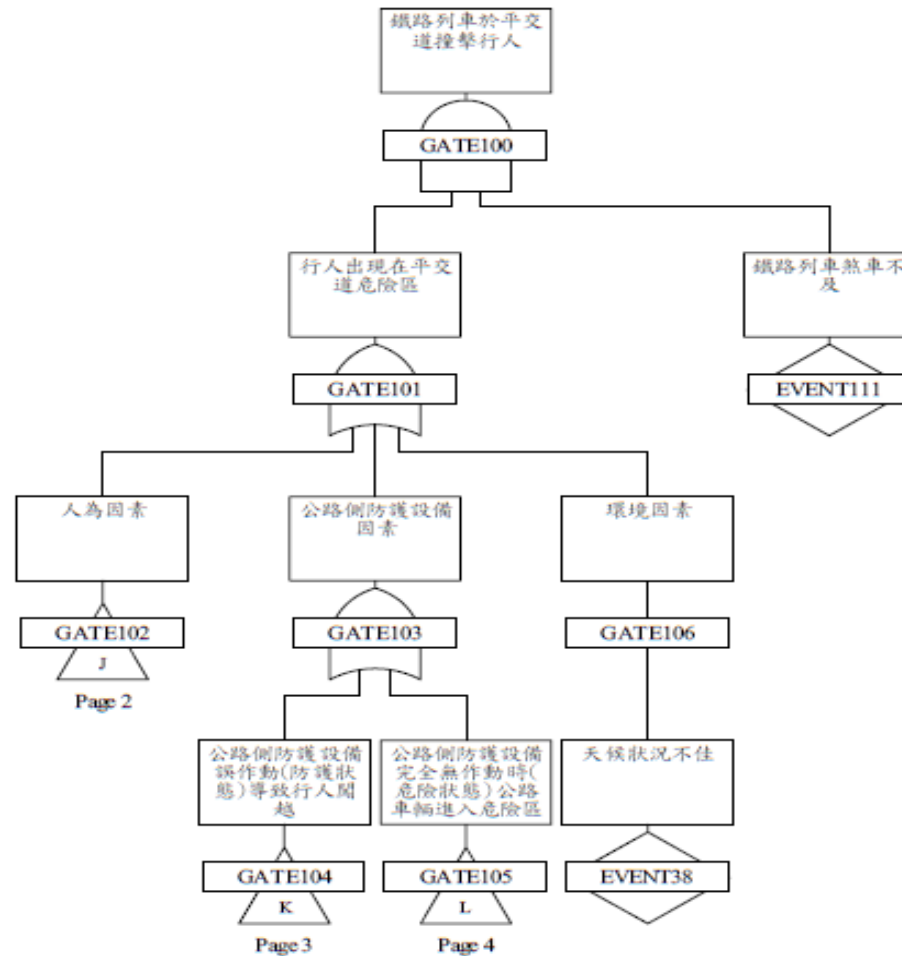
- 公路車輛因拋錨滯留危險區。
- 公路車輛底盤過低而滯留危險區。
- 公路車輛裝載過高而受困危險區。
- 公路車輛煞車失靈。
- 列車煞車系統故障導致煞車不及。

7.6 鐵路列車與行人於平交道碰撞

分析範圍
界定
(流程)



鐵路列車與行人碰撞失誤樹



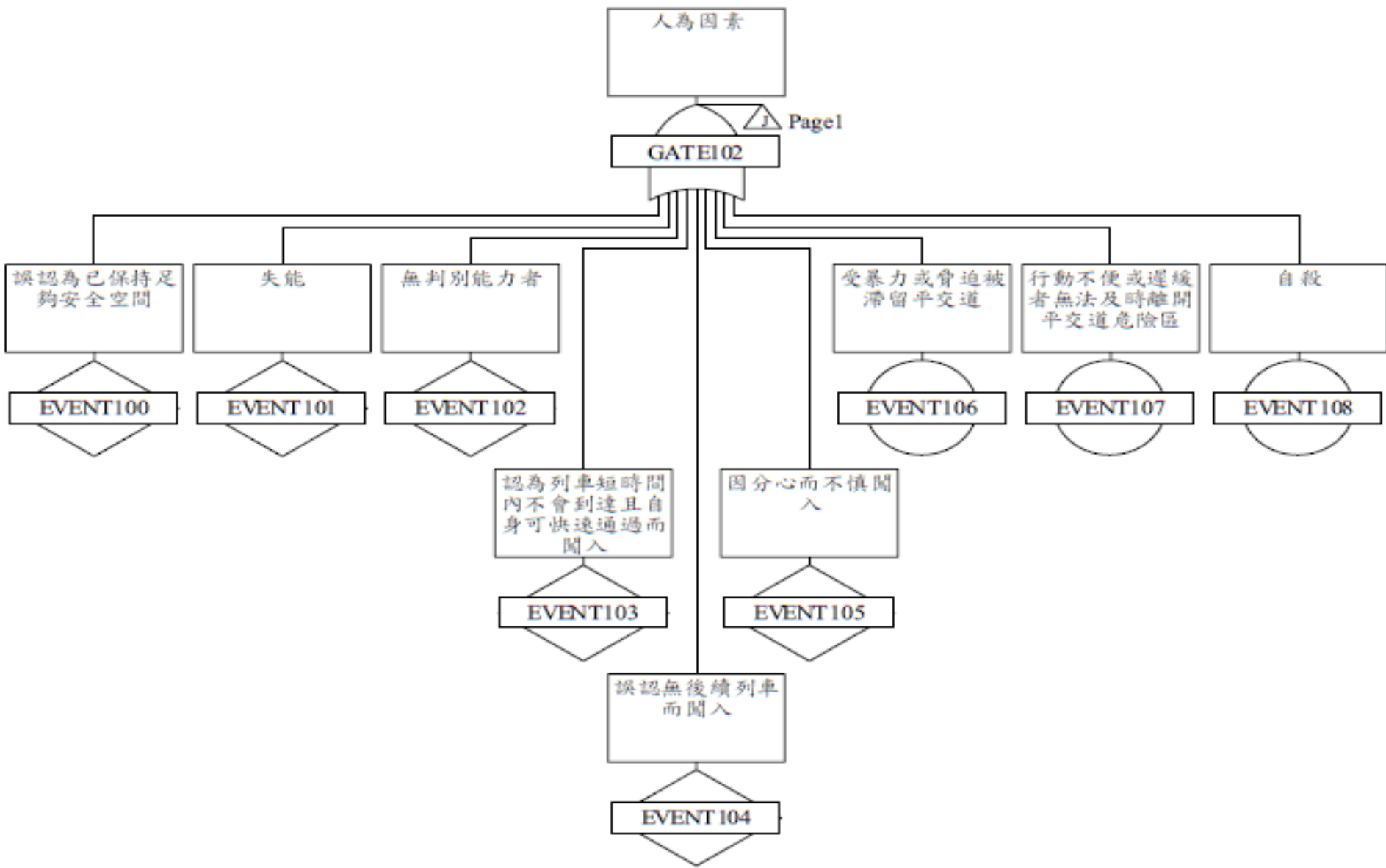


圖 7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹 (第 2 頁)

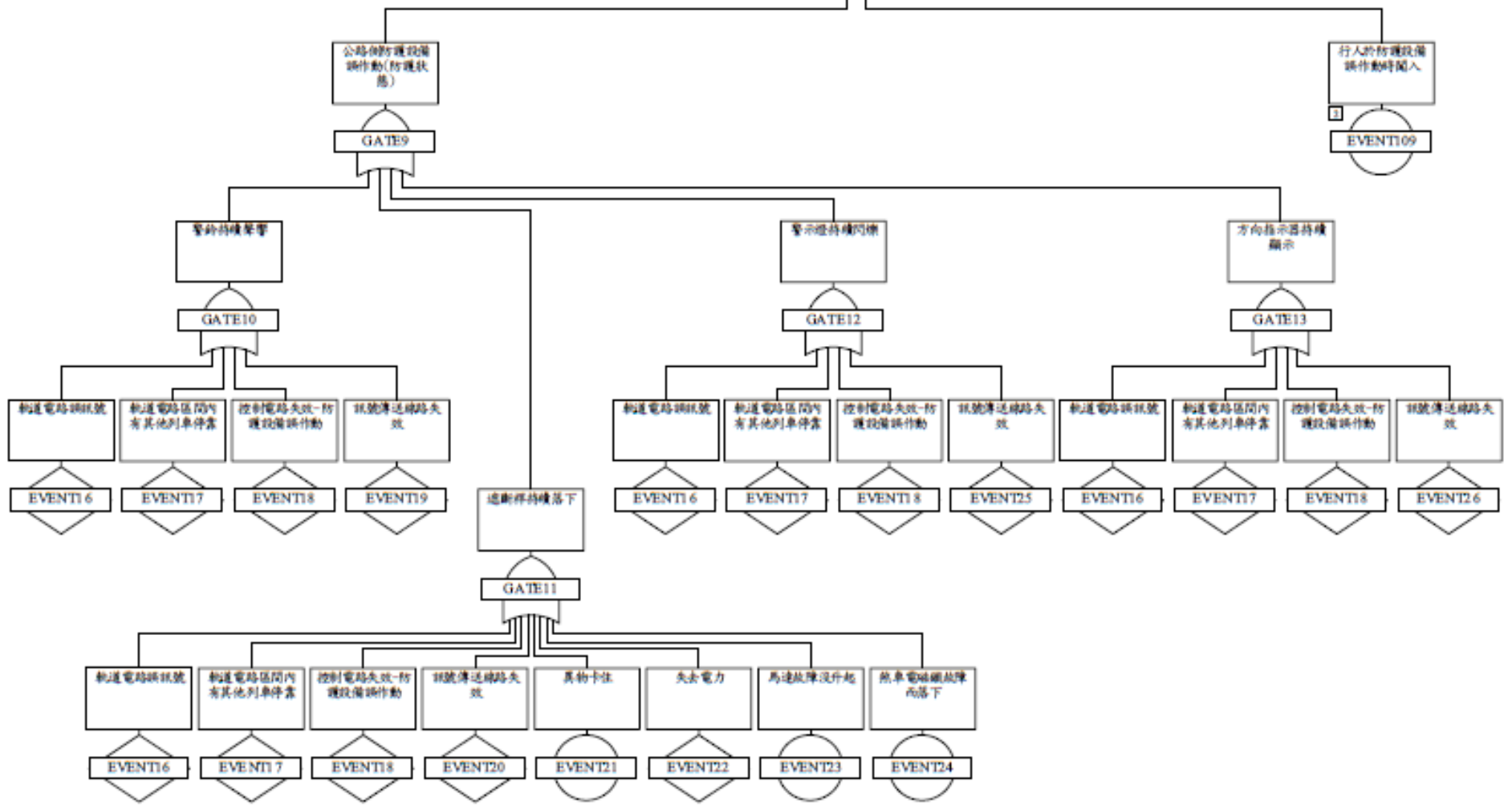


圖 7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹 (第 3 頁)

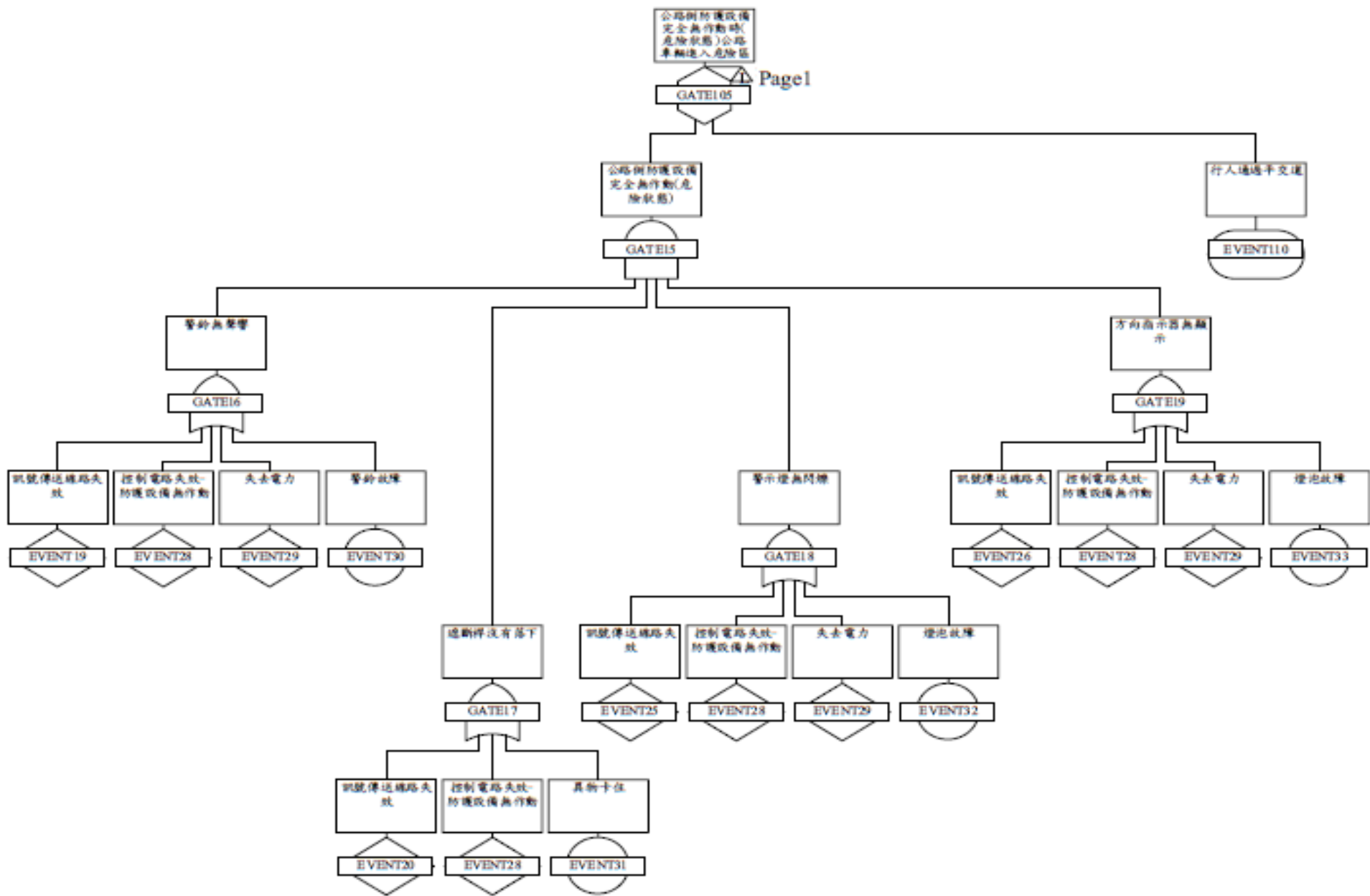


圖 7-8 鐵路列車與行人碰撞失誤樹 (第 4 頁)

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

圖7-9 鐵路列車與行人碰撞事件樹

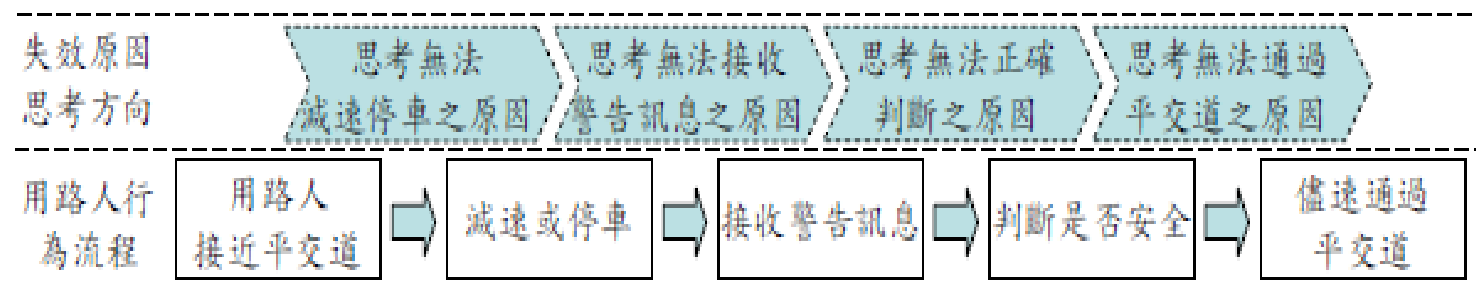


圖7-3 用路人通過平交道行為

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

7.7 失誤樹分析結果

- ✓ 行人滯留於平交道危險區之原因
- ✓ 誤判已保留足夠安全距離
- ✓ 失能(如：酒醉、吸毒、疲勞)
- ✓ 無判斷能力(如：失智者、幼童)
- ✓ 行動不便(如：老人、殘障者)
- ✓ 誤判列車短時間內不會通過而闖越
- ✓ 誤判無後續列車通過而闖越
- ✓ 分心而未注意列車接近
- ✓ 受暴力威脅而被迫滯留危險區
- ✓ 發生事故而受困(如：摔倒)
- ✓ 自殺

7.8 事件現有控制方法

□ 1. 硬體面

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

- A. 170處平交道於99年9月設置錄影監視設備
- B. 全線平交道於100年10月安裝完成

□ 2.軟體面

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

7.9 既有控制方法之檢討

表8.1 三甲平交道現況控制方法

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

表8.2 三甲平交道建議新增控制方法

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

7.10 改善控制方法建議

- 1. 強化燈光告警訊息(event 12, 105)
 - ✓ 以減少駕駛人與行人因為分心闖入危險區域之機率
 - ✓ 改用LED燈泡，以增加亮度
- 2. 加強方向指示器功能(event 10, 104)
 - ✓ 選擇尚未安裝方向指示器的重點平交道安裝，路側亦須有適當的資訊以警告行人

□ 3. 強化障礙物自動偵測設備功能

- ✓ 比照緊急按鈕運作模式，亦與列車防護無線電系統連動，以增加列車駕駛員反應時間與及時煞車之機率

□ 4. 定時啟動告警時間

- ✓ 將告警時間依據列車車速改採定時啟動，使防護設備開始作動與列車通過平交道的時間差為固定值，以提升用路人風險認知

□ 5. 遮斷桿改善

- ✓ 盡可能改為懸臂式，駛危險區用路人有時間離開
- ✓ 研擬入口與出口端遮斷桿之最適秒差，減少正常行駛卻受困遮斷桿之失效事件發生機率
- ✓ 若障礙自動偵測設備發現有障礙物出現於危險區，可考慮將出口端桿開啟至障礙物清除後再放下，惟須避免行人誤判進入反增危險

□ 6. 加強用路人違規取締、宣導與訓練

- ✓ 擴大違規照相取締設備安裝範圍
- ✓ 於平交道鄰近公路側，加設違規照相警告標誌
- ✓ 以罰款30%作為獎金，鼓勵民眾拍照檢舉違規行為
- ✓ 針對平交道安全及用路人應注意是祥及違規處罰事宜，利用媒體密集宣導並規劃違規者之訓練

□ 7. 公路主關機關加強平交道周邊硬體設備

- ✓ 平交道鋪面寬度應比道路寬度至少加寬30公分
- ✓ 全面檢視平交道夜間照明設備之充足性
- ✓ 臨近平交道之公路側裝設限高門架，並視需要於進入側加裝減速墊

-
- 8. 建立回報平台，鼓勵司機員回報異常狀況
 - ✓ 平交道各項設備均已依循Fail-Safe設計原則
 - ✓ 涉及軌道電路設備進行維修或更動時，若因疏失導致功能失效，會發生嚴重事故
 - ✓ 建立異常回報平台，鼓勵員工及駕駛員回報任何異常事件，使鄰近列車得以於第一時間降低車速

□ 9. 減少平交道設備故障時間(event 27, 109)

- ✓ 設置故障聯繫系統，訊息除能於遠端監控設備顯示外，亦能主動傳達給維修人員，以減少維修時間，減少各項公路測防護設備誤動作所可能導致用路人闖越事件發生機率



END

鐵路風險辨識