

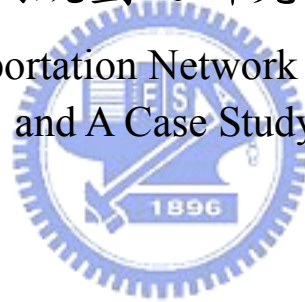
國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

多運具疏散路網規劃之研究—以核四廠為例

Multi-Mode Transportation Network Evacuation Planning  
and A Case Study



研究生：陳佳貝

指導教授：韓復華 教授

中華民國九十四年六月

多運具疏散路網規劃之研究—以核四廠為例

Multi-Mode Transportation Network Evacuation Planning  
and A Case Study

研究生：陳佳貝

Student : Jia-Bay Chen

指導教授：韓復華

Advisors : Anthony Fu-Wha Han

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文



Submitted to Institute of Transportation Technology & Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

in Traffic and Transportation

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十四 年 六 月

# 多運具疏散路網規劃之研究—以核四廠為例

學生：陳佳貝

指導教授：韓復華 教授

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

## 摘要

核電廠周圍地區之安全防護奠基於核子事故之預防、監測、應變與復原各階段相關之審慎規劃與分工，建立完備的路網疏散計畫是核子事故安全防護在緊急應變階段重要的一環。核電安全與路網疏散均是以核能電廠為中心，半徑 5 至 10 公里範圍內所定義的緊急計畫區(EPZ)為計畫範圍。路網疏散計畫的決策分析即在研擬最佳疏散方案，期能在最短時間內將 EPZ 區內民眾疏散儘快疏散至區外。現有文獻中，核能電廠疏散研究仍以公路車輛疏散為主。本研究以 TEVACS (Transportation EVACuation System)路網疏散決策支援系統為基礎，除延伸原系統中私人車輛與公用車輛共同疏散功能外，亦針對 EPZ 內其他運具之疏散可行性及多運具疏散模式進行探討。研究發現，緊急疏散在陸運方面除公路外，以鐵路疏散之可行性較高；海運(漁船)在緊急疏散上之可行性較低；空運(直昇機)對病患或行動不便之特定民眾較為可行。

本研究對單線與雙線鐵路疏散之單趟次列車調派模式進行分析，依單線與雙線鐵路上車站數之不同建立 15 種進場模式與 26 種離場模式，經搭配後共計 76 種組合。本研究並以核四廠為例，針對其單線雙站鐵路與公路之複合疏散研擬集結與收容地點、民眾分派、車輛配置與疏散路線安排等適當疏散方案，進行路網疏散決策支援系統之模擬。結果發現，在特殊假日白天東北風全區 EPZ 疏散的情境下，公路疏散改善前疏散時間為 348 分鐘，如搭配鐵路疏散，其疏散時間為 315 分鐘；公路疏散改善後，疏散時間降為 135 分鐘；而再搭配鐵路疏散，疏散時間則為 123 分鐘。本研究亦發現，鐵公路多運具路網緊急疏散時，因公路路網較鐵路路網複雜，其改善空間較大，鐵路列車調派策略單純，其改善空間較小。個案結果顯示，公路疏散之改善效果可達 61%，鐵路疏散之改善效果約為 9%。本研究建立之鐵公路複合疏散模式亦可提供對非核電事故之其他緊急疏散計畫之決策參考。

關鍵詞：緊急計畫、多運具疏散規劃、路網疏散模式、決策支援系統、核電安全

# Multi-Mode Transportation Network Evacuation Planning and A Case Study

Student: Jia-Bay Chen

Advisor: Anthony Fu-Wah Han

Institute of Transportation Technology and Management  
National Chiao Tung University

## Abstract

Network evacuation planning is a critical part of a nuclear safety plan. In nuclear safety planning, the emergency planning zone (EPZ) is defined as the area within 5 to 10 kilometers surrounding the nuclear power plant. The purpose of emergency network evacuation is to plan for an optimal plan which can evacuate the public from EPZ in a minimal amount of time. In current literature, the mode of transportation for evacuation is considered only to those vehicles on street networks, such as cars, buses and motorcycles. This research is based upon the TEVACS (Transportation EVACuation System), except for the function of extending from the original system to evacuate both the private and the public vehicles, it also focuses on the feasibility of other evacuation modes within EPZ and the exploration of multi-mode evacuation. This research found that in the emergent evacuation on land transportation except for the highway, the feasibility of railroad evacuation is higher; and it is lower in the sea transportation (fishing vessels) for emergency evacuation; in the air transportation (helicopters) it is more feasible for specific people like the sick or the handicapped.

We first developed train-dispatching models for multi-mode evacuation, and applied them to the case of the Forth Nuclear Power Plant in Taiwan. We proposed and tested alternative multi-mode evacuation plans on the TEVACS system. The analysis results show that under the scenario of a special holiday, day time, northeastern wind and the whole area of EPZ evacuation, it takes 348 minutes for the evacuation before the improvement, and if it collocates with the railroad, the evacuation time is 315 minutes; after the improvement the time is decreased to 135 minutes; and if it collocates with railroad, the evacuation time is then 123 minutes. This research also found that when in railway/highway multi-mode emergent evacuation, because the highway network is more complicated than the railway network, the room for improvement is larger, while the strategy for railroad train assignments is simple, the room for improvement is smaller. The conclusion of this case study manifested that the effect of the improvement for the highway evacuation could reach to 61%, and the improvement effect of the railway evacuation was about 9%. The models developed in this paper should be applicative to emergency scenarios other than nuclear power plants.

**Keywords:** Emergency Plan, Multi-Mode Evacuation Planning, Network Evacuation Model, Decision Support System

## 致謝

本篇碩士論文在經歷一年的撰寫終於順利完成，首先感謝恩師 韓復華教授在這三年來的悉心指導與照顧，不論是邏輯架構的訓練、理論觀念的啟迪、治學態度之嚴謹、問題之解惑、甚至於人生中做人處事的大道理，都讓學生獲益匪淺。師恩浩蕩，永銘在心！在此致上最高之謝忱。

論文期中進度審查時，感謝系上任維廉教授與吳水威教師撥空詳閱並提供寶貴意見；論文口試期間亦承蒙 中華大學 卓裕仁教授與 吳水威教授不吝指教及惠予論文修正之建議，使論文更趨完整，學生由衷感謝。論文撰寫時也感謝一同奮鬥的小刀、昆諭、俊德以及過來人威哥，提供論文寫作細節的資訊與技巧，讓我這本論文能順利完成。

這段不算長的三年研究所生活即將劃下句點，想起過去生活中的酸甜苦辣，真是點滴在心頭。感謝逢甲大學與交通大學的師長們在我求學階段中對我的循循善誘與教授浩瀚學海知識，也感謝實驗室同甘苦共患難的小刀、昆諭與俊德，大家總是一起在實驗室拼死拼活趕計畫、一起去調查順便去礁溪洗溫泉、一起在煩悶時殺一場 AOC 或 CS 解悶，因為有你們的陪伴讓我度過了多次的低潮。也謝謝實驗室博士生威哥這一年對我生活上的照料與幫忙，還有陪我一年的志仁學長、依伶、詩芹學姊、兩位可愛又認真的學妹淑詩與俐諭、程式構建能力頗強的育廷與英文流利的裕智、每逢 Lab 成員生日必定從上海打電話祝賀的陳娟、以及搞笑瑰寶阿昌、經濟魔人輝鵬，在我求學路上因為有你們使我的生活更為燦爛美麗。

此外，也謝謝吃飯與哈拉一族的阿界與承正，讓我吃遍新竹美食也聊遍天南地北，沒有你們我的研究所生活肯定失色不少。同時要特別感謝胡大瀛老師在我大學時對我的指導與照顧，記得那時胡 Lab 的英志、百賢、達禮與阿 van 學長們以及大學同窗好友許董與仲強，大家總是吃完飯來一場 4 打 4 互 K 到沒資源可用的 AOC，更常在 Dead Line 前熬夜趕工到早上吃早餐，這段革命情感我想這輩子我永遠不會忘記。

最後，我要將此篇論文獻給我摯愛的爸媽與嫁到新加坡的大姊與嫁到日本的二姊，感謝爸媽們的辛苦撫養與栽培，也感謝兩位姊姊在求學過程中給予許多精神鼓勵與支持，讓我能克服層層關卡與考驗取得碩士學位，我只想跟你們說：我愛你們！

此篇碩士論文的完成要感謝的人太多，族繁不及備載，僅將這份榮耀與你們分享！

陳佳貝 謹誌  
記于 交大網路實驗室 2005.6

# 多運具疏散路網規劃之研究—以核四廠為例

## 目 錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
致謝 .....	iii
目 錄 .....	iv
表目錄 .....	vii
圖目錄 .....	ix
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究範圍與內容 .....	4
1.3 研究方法與流程架構 .....	6
第二章 文獻回顧 .....	8
2.1 災害管理與疏散行為 .....	8
2.1.1 災害管理概念 .....	8
2.1.2 疏散行為分析 .....	8
2.2 路網疏散模式相關研究 .....	9
2.2.1 疏散時間估算 .....	9
2.2.2 Simulation .....	10
2.3 路網疏散決策支援系統 .....	11
2.3.1 TEDSS .....	11
2.3.2 IDYNEV/PREDYN .....	11
2.3.3 TEVACS .....	12
2.4 運輸問題 .....	16

2.5	交通指派問題	17
2.5.1	交通量指派問題	17
2.5.2	路段績效函數(Link Performance Function)	18
2.5.3	最短路徑問題(Shortest Path Problem)	18
第三章	不同運輸系統疏散可行性分析	19
3.1	可行性分析架構	19
3.2	鐵路疏散分析	20
3.3	海運疏散分析	22
3.4	空運疏散分析	23
3.5	小結	25
第四章	鐵公路聯合疏散模式構建	27
4.1	鐵路列車調派模式構建	27
4.2	待命點、集結點與收容站評選規則	39
4.3	疏散人口之指派	42
4.4	鐵公路列車車輛聯合調派	44
第五章	個案應用與疏散策略研擬	48
5.1	TEVACS' 2004 系統內容說明	48
5.2	核四廠 EPZ 運輸系統現況	49
5.2.1	公路運輸系統	50
5.1.2	鐵路運輸系統	51
5.1.3	海運運輸系統	52
5.3	人口車輛資料彙整歸納	53
5.4	疏散設施評選及公用車輛路線規劃	55
5.4.1	公路疏散設施可能位置	55
5.4.2	公路疏散設施評選	57
5.4.3	公路公用車輛路線規劃	62

5.4.4	鐵路疏散設施評選及路線規劃 .....	69
5.5	疏散情境與策略研擬 .....	70
5.5.1	疏散情境分析 .....	70
5.5.2	疏散策略研擬 .....	72
第六章	疏散策略結果分析 .....	82
6.1	改善前分析 .....	82
6.2	改善措施方案研擬與分析 .....	83
6.2.1	瓶頸路段判定 .....	83
6.2.2	單行道改善 .....	85
6.2.3	提高公用車輛承載 .....	86
6.2.4	單行道與提高公用承載共同運用 .....	86
6.3	公鐵路聯合疏散模擬分析 .....	87
6.4	各種疏散方案結果比較 .....	91
第七章	結論與建議 .....	95
7.1	結論 .....	95
7.2	建議 .....	96
參考文獻	.....	97





## 表目錄

表 1.1	各類事故影響程度之劃分	2
表 1.2	緊急事故處理之類別劃分原則	2
表 1.3	研究範圍表	4
表 3.1	各列車車種性能比較	20
表 3.2	EMU600 型電聯車性能與規格	21
表 3.3	S-76 直昇機性能與規格	24
表 3.4	各種運輸系統之疏散可行性評比	26
表 4.1	鐵路列車進場與離開調派模式組合	34
表 4.2	鐵路列車進場調派模式(1)	34
表 4.3	鐵路列車進場調派模式(2)	35
表 4.4	鐵路列車進場調派模式(3)	36
表 4.5	鐵路列車離場調派模式(1)	36
表 4.6	鐵路列車離場調派模式(2)	37
表 4.7	鐵路列車離開調派模式(3)	38
表 4.8	人口、車輛在不同時段之調查與推估	43
表 5.1	鐵路車站調查狀況結果	52
表 5.2	漁港狀況調查結果	53
表 5.3	各宗教、旅遊景點外來人口推算	54
表 5.4	轉換各種車輛的小客車當量表	54
表 5.5	核能四廠緊急計畫區內人口與車輛資料彙整	54
表 5.6	集結點可能位置清單	56
表 5.7	收容站可能位置清單	56
表 5.8	待命點可能位置清單	57
表 5.9	民眾疏散集結點評選結果表	59

表 5.10	收容站評選結果表 .....	60
表 5.11	公用車輛待命點評選結果表 .....	60
表 5.12	疏散集結點對應之公用車輛待命點與收容站 .....	60
表 5.13	各車種白天夜晚承載率表 .....	62
表 5.14	集結點指派人數與公用車輛資料 .....	63
表 5.15	公用車輛進場路線規劃結果表 .....	64
表 5.16	公用車輛疏散路線規劃表 .....	67
表 5.17	路網疏散模擬情境編碼表 .....	71
表 5.18	核能四廠風向情境對應之路口轉向比率檔案 .....	72
表 5.19	核能四廠疏散模擬主要控制參數一覽表 .....	72
表 5.20	貢寮車站(D4002)吸收之集結點與疏散人數 .....	75
表 5.21	福隆車站(D4003)吸收之集結點與疏散人數 .....	75
表 5.22	福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 A 之變化 .....	76
表 5.23	福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 B 之變化 .....	77
表 5.24	福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 C 之變化 .....	77
表 5.25	各種疏散策略整理 .....	78
表 6.1	核能四廠改善前基本狀況之路網疏散模擬時間 .....	82
表 6.2	核四廠各時段瓶頸路段 .....	84
表 6.3	核能四廠單行道改善措施路段編碼 .....	85
表 6.4	各種時段實施單行道改善措施前後之疏散時間比較 .....	86
表 6.5	各種時段提高公用車輛承載措施之疏散時間比較 .....	86
表 6.6	各種時段單行道下提高公用車輛承載措施比較 .....	87
表 6.7	各種時段鐵路疏散方案 A 之疏散模擬時間比較 .....	88
表 6.8	各種時段鐵路疏散方案 B 之疏散模擬時間比較 .....	90
表 6.9	例假日白天各種風向不同改善措施之模擬疏散時間比較 .....	91

## 圖目錄

圖 1.1	EPZ 路網疏散作業流程示意圖 .....	3
圖 1.2	研究流程圖 .....	7
圖 2.1	路網疏散車流模擬模式架構圖 .....	14
圖 2.2	路網車流組成示意圖 .....	15
圖 2.3	車輛產生行為分析圖 .....	15
圖 4.1	候選集結點、收容站與待命點之選擇流程 .....	41
圖 4.2	人口與車輛資料組成示意圖 .....	43
圖 4.3	鐵公路集結點與民眾疏散示意圖 .....	45
圖 4.4	鐵公路集結點涵蓋範圍界線圖 .....	45
圖 4.5	公用車輛行駛路線受下風向輻射劑量影響示意圖 .....	46
圖 4.6	鐵路列車行駛路線受下風向輻射劑量影響示意圖 .....	47
圖 5.1	TEVACS 疏散決策支援系統之組成架構 .....	48
圖 5.2	核四廠緊急計畫區示意圖 .....	50
圖 5.3	核能四廠緊急計畫區內各運輸系統位置分佈示意圖 .....	51
圖 5.4	研究範圍內各鐵路車站位置示意圖 .....	52
圖 5.5	無適當集結點分區 .....	58
圖 5.6	集結點位置圖 .....	61
圖 5.7	收容站位置圖 .....	61
圖 5.8	公用車輛待命點位置圖 .....	62
圖 5.9	公用車輛進場路線圖(1) .....	65
圖 5.10	公用車輛進場路線圖(2) .....	65
圖 5.11	公用車輛進場路線圖(3) .....	66
圖 5.12	公用車輛疏散路線圖(1) .....	67
圖 5.13	公用車輛疏散路線圖(2) .....	68

圖 5.14	公用車輛疏散路線圖(3)	68
圖 5.15	鐵路車站與電聯車行車時間示意圖	69
圖 5.16	鐵路疏散模式 A 示意圖	69
圖 5.17	鐵路疏散模式 B 示意圖	70
圖 5.18	鐵路疏散方案 C 示意圖	70
圖 5.19	雙溪—貢寮車站車行速率分佈圖	74
圖 5.20	貢寮—福隆車站車行速率分佈圖	74
圖 5.21	福隆—石城車站車行速率分佈圖	75
圖 5.22	外來、當地車輛轉移示意圖(1)	79
圖 5.23	外來、當地車輛轉移示意圖(2)	79
圖 5.24	外來、當地車輛轉移示意圖(3)	80
圖 5.25	外來、當地車輛轉移示意圖(4)	80
圖 5.26	外來、當地車輛轉移示意圖(5)	81
圖 5.27	外來、當地車輛轉移示意圖(6)	81
圖 6.1	例假日白天瓶頸路段示意圖	84
圖 6.2	特殊假日白天瓶頸路段示意圖	84
圖 6.3	特殊假日夜晚瓶頸路段示意圖	84
圖 6.4	核能四廠單行道改善路段示意圖	85
圖 6.5	例假日白天東北風各種疏散策略時間比較圖	93
圖 6.6	特殊假日白天東北風各種疏散策略時間比較圖	93
圖 6.7	特殊假日夜晚東北風各種疏散策略時間比較圖	94

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

核電廠周圍地區之安全防護奠基於核子事故之預防、監測、應變與復原各階段相關之審慎規劃與分工，建立完備的路網疏散計畫是核子事故安全防護在緊急應變階段重要的一環。核電安全與路網疏散均是以核能電廠為中心，半徑 5 至 10 公里範圍內所定義的緊急計畫區(EPZ)為計畫範圍。有關緊急災變概念，最早係由美國提出，美國政府在 1979 年 3 月美國發生三哩島事件後，為強化過去災害救援機構而成立聯邦緊急災變管理署(FEMA)。FEMA 首先將災害分為平時預防(Mitigation)、災前準備(Preparedness)、災害應變(Response)、災後復健(Recovery)四階段，路網疏散規劃是屬於災前準備之範疇中。原子能委員會早於民國 70 年時即呈行政院頒佈「全國核子事故緊急應變計畫」，此計畫最主要目的乃在於利用最短的時間集中人力與物力，依照事先的妥善規劃，採行適當的防護動作，以保障民眾的安全。當核能發電廠發生核子意外事故，達到核能電廠核子事故程度區分之「廠區緊急事故」(含)以上程度，預估有實施民眾疏散之可能時，由原子能委員會負責召集各執行委員，並應於十六小時內向行政院報備。執行委員研判狀況後認為有必要時再召集其他委員共同執行任務。

依照事故之影響程度與演變之順序，可將核能電廠可能發生之緊急情況分成四類：(1) 第一類緊急事故：異常事件之示警通知。(2) 第二類緊急事故：緊急戒備。(3) 第三類緊急事故：廠區緊急事故。(4) 第四類緊急事故：全面緊急事故。各類事故可能影響程度之劃分，如表 1.1 所示；按事故處理之形式劃分各類事故之級別則如表 1.2 所示。該表顯示，當發生第四類緊急事故 B 級狀況時，為顧及當地民眾之生命安全，必須請民眾開始採取防護動作並進行疏散，如迅速進入鋼筋水泥遮蔽建築體中緊掩門窗以免受到放射性微塵粒子的傷害，或要求 EPZ 內民眾收拾家中貴重物品前往離家最近之集結點，再搭乘公用車輛離開緊急計畫區前往區外收容所暫時居住[25]。國內對 EPZ 之定義係以核電廠為中心，依 1km 為 1 圈畫 5 圈，再依 16 方位角區分為 80 個計畫的分區(zone)，如圖 1 所示，正北方最外圈之分區代碼為 1E，正南方最內圈之分區代碼為 9A。

根據「核子事故防護行動指引(民國 90 年 6 月)」[38]之規範，整個核子事故緊急應變作業可分成三個階段：(1) 早期，當有嚴重外釋危機存在時，或已經外釋數小時之後；(2) 中期，指事故發生後已對外釋來源加以控制，並已得到可靠的環境偵測資料做為判定採取防護行動的依據；(3) 復原期，指決定解除早期與中期階段實施之防護行動，回復正常生活狀態的時期。「核子事故防護行動指引」亦訂定事故早期民眾防護行動劑量標準為：當預估輻射劑量達到全身 0.1 西弗或甲狀腺 1.0 西弗時，必須進行 EPZ 內之民眾疏散。而在執行路網疏散作業前，應依序完成「通知學校停課，民眾暫停上班」、「關閉公共場所」、「疏導外來民眾與車輛離開 EPZ」、「設立收容防護站與收容中心」與「公用車輛之動員、待命與集結」等工作項目。

表 1.1 各類事故影響程度之劃分

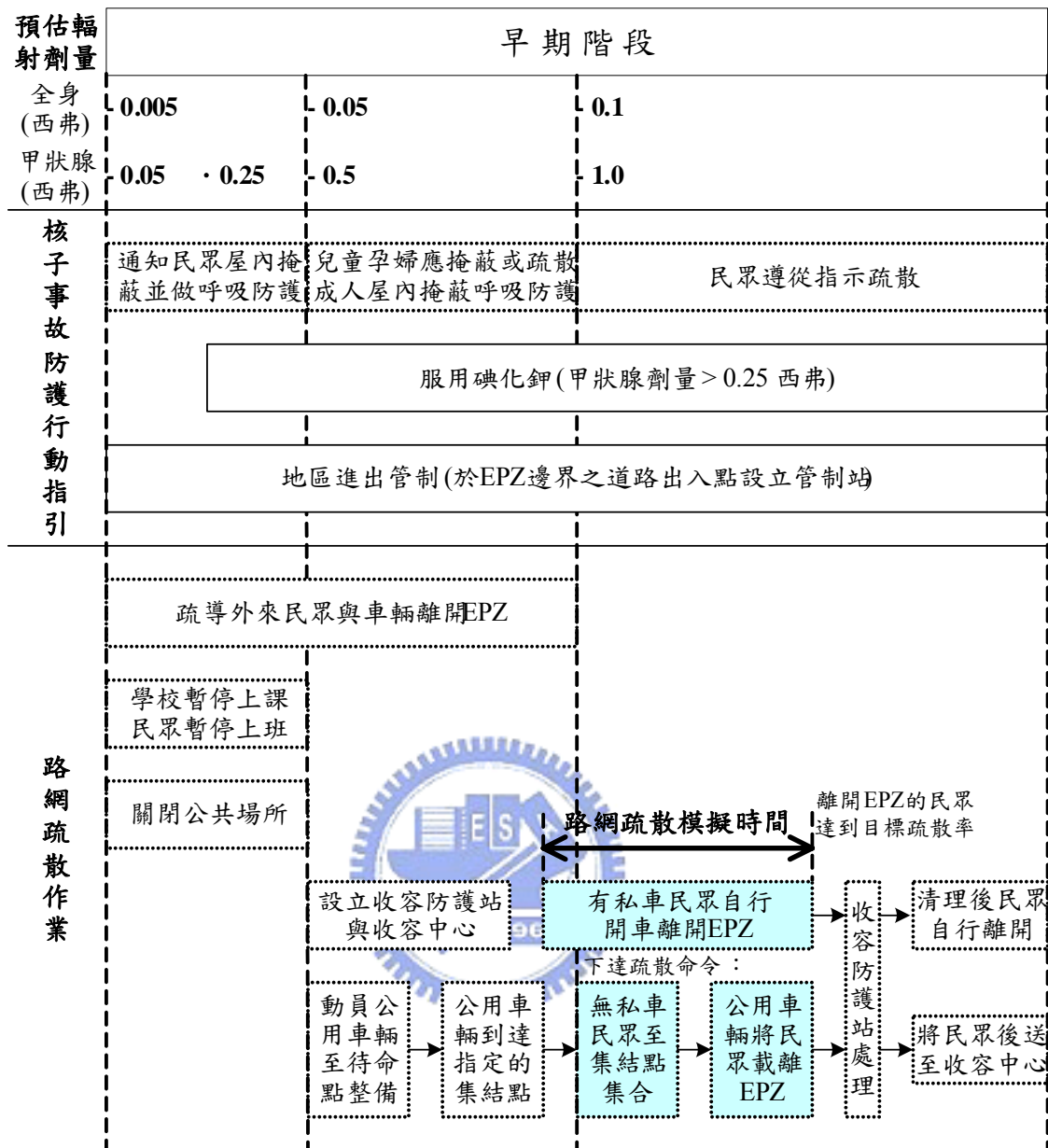
第一類緊急事故 (異常事件之示警通知)	<ul style="list-style-type: none"> <li>指運轉規範所規定之異常事件 (Reportable event)。</li> <li>事故電廠放射性物質外釋量超過運轉規範之限制值時。</li> <li>電廠狀況超過運轉規範之限制時。</li> <li>火災、風災、水災、地震等或保安事件影響到電廠正常運轉時。</li> </ul>
第二類緊急事故 (緊急戒備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故電廠放射性物質外釋超過運轉規範限制值之十倍時。</li> <li>電廠之異常事件狀況繼續惡化時。</li> <li>發生相當於運轉基礎限值之風災、水災、地震等，而對電廠安全有影響時。</li> </ul>
第三類緊急事故 (廠區緊急事故)	<ul style="list-style-type: none"> <li>發生放射性物質外釋事故，且外釋之等效碘-131 含量介於 <math>3.7 \times 10^{11}</math>-<math>3.7 \times 10^{13}</math> 貝克或等效氫-133 含量介於 <math>3.7 \times 10^{14}</math>-<math>3.7 \times 10^{16}</math> 貝克時。</li> <li>事故電廠廠界個人全身劑量率達 0.5 毫西弗/小時。</li> <li>發生超過設計基礎限值之地震、風災、水災時。</li> </ul>
第四類緊急事故 (全面緊急事故)	<ul style="list-style-type: none"> <li>發生放射性物質外釋事故，且外釋之等效碘-131 含量多於 <math>3.7 \times 10^{13}</math> 貝克，或等效氫-133 含量多於 <math>3.7 \times 10^{16}</math> 貝克時。</li> <li>同時發生燃料嚴重破損與一次系統破漏，且圍阻體完整性堪虞。</li> <li>發生核心熔化事故時。</li> <li>事故電廠廠界個人全身劑量率達 0.01 西弗/小時。</li> </ul>

資料來源：核子事故緊急應變計畫(民國 91 年 4 月)[38]

表 1.2 緊急事故處理之類別劃分原則

事故類別	級別	劃分原則
第一類緊急事故		異常事件之示警通知。
第二類緊急事故	A 級	無放射性物質外釋之緊急戒備事故。
	B 級	有放射性物質外釋之緊急戒備事故。
第三類緊急事故	A 級	無放射性物質外釋之廠區緊急事故。
	B 級	有放射性物質外釋，但廠界最大個人全身劑量率小於 0.5 毫西弗/小時之廠區緊急事故。
	C 級	有放射性物質外釋，且廠界最大個人全身劑量率大(等)於 0.5 毫西弗/小時之廠區緊急事故。
第四類緊急事故	A 級	指已下令執行民眾防護行動之全面緊急事故(自第三類 B、C 級事故惡化演變者)。
	B 級	指突發性之全面緊急事故(事故發生或演變突然，而無法按序準備與下令執行各項民眾防護行動者)。

資料來源：核子事故緊急應變計畫(民國 91 年 4 月)[38]



註：收容防護站處理包含檢測輻射劑量、車輛清洗、民眾淋浴更衣、發放碘片與臨時收容等作業。

圖 1.1 EPZ 路網疏散作業流程示意圖

資料來源：[32]

故疏散時間的長短將直接影響民眾生命安全，當決策者開始下達疏散命令前，擁有私人運具的家戶民眾將會最早駛離緊急計畫區，而沒有私人運具的民眾則需前往附近的集結點搭乘公用車輛離開緊急計畫區。為使民眾更迅速離開緊急計畫區、疏散更有效率，緊急疏散路線規劃之研究便因應而生。根據圖 1.1 可知，下達疏散命令前，緊急計畫區 5km 界線已封鎖，區內之公共場所關閉，外來遊客亦已離開，同時成立收容防護中心，下令公用車輛抵達待命點整備。本研究對整個模擬疏散時間之定義為：自私人車輛產生開始計時，至離開 EPZ 車輛達到目標疏散率的時間為止。整個模擬疏散時間之定義為：自私人車輛產生開始計時，至離開 EPZ 車輛達到目標疏散率的時間為止。

過去國內外核電疏散的研究是以公用車輛為運具，如公車、軍車等，並規劃自集結點至緊急計畫區外的收容站之疏散路線為主，主要原因在於陸上運具機動性高，民眾在搭乘時之安全性與便利性亦高於其他運具。因此，相對來說，位於緊急計畫區內之鐵路列車、船舶、直昇機等運具，以及公用車輛調派過程如公用車輛自緊急計畫區外公用車輛待命點進入區內集結點的路線規劃部分，過去文獻上甚少探討。

因此，本研究主要目的即是將對核能四廠緊急計畫區內之公車、鐵路列車、航運船舶等多運具公用車輛調度與疏散路線規劃納入研究考量，依不同運具，研擬適當疏散方案，以妥善、迅速疏散緊急計畫區內之民眾離開。同時將以韓復華教授及其交通大學研究團隊過去在個人電腦上發展之 TEVACS (Transportation EVACuation System) 路網疏散決策支援系統為基礎[31]，建立一套路網疏散規劃決策支援系統，此系統除繼續沿用原系統私人車輛與公用車輛疏散功能，再因加入了多運具疏散之考量，將能使該決策支援系統模擬功能更符合現狀，讓整體疏散計畫更臻完備。

## 1.2 研究範圍與內容

核能電廠緊急計畫區中由於人口稀少，車輛持有率較低，會有部分民眾無法搭乘私人運具來離開緊急計畫區。在疏散時，有私人運具可使用的民眾即自行尋找疏散路線離開緊急計畫區。而這些缺乏私人運具使用的民眾便需倚賴政府所調派之公用車輛，方能離開緊急計畫區。

因此，本研究範圍如表 1.3，主要是針對這些缺乏私人運具使用的民眾構建一套合適的疏散計畫，包含從運輸系統的選擇、疏散設施(待命點、集結點、收容站)評選以及疏散路線的規劃。過去在路網疏散規劃決策支援系統(TEVACS)系統中主要是以公路運輸為主，並未考慮其他運輸系統在疏散上之應用，故此次研究擬針對多運具公用車輛疏散為研究核心範圍，除了傳統公用車輛之外，亦將鐵路、海運、空運運輸系統納入考量，對多運具公用車輛調度和疏散路線規劃進行探討。

表 1.3 研究範圍表

旅次來源	有私人運具	無私人運具				
		考慮多運具疏散				
規劃原理	民眾自行尋找疏散路線離開	運輸系統	陸運	鐵路	海運	空運
		運輸工具	公用車輛	列車	船舶	航空器
		依不同運具規劃疏散設施(待命點、集結點、收容站)與疏散路線				

本系統係以路網疏散模擬模式為基礎，構建於個人電腦上，於疏散規劃時輔助災難管理者作決策之用，系統中主要包括使用者介面、系統控制、資料檔案管理、圖形檔案管理與路網疏散模擬模式庫五個子系統，其中，路網疏散模擬模式庫包括公用車輛疏散模擬模式與私人運具疏散模擬模式兩部份。



在私人運具疏散方面，由韓復華教授和胡大瀛教授發展之 TEVACS 系統係以巨觀車流模式為基礎，將私人運具車輛行進在公路道路上時，區分成「產生源」、「路段車流」、「路口車流」和「吸收端」等步驟，分別對各步驟之車輛行進過程與狀態進行模擬；在公用車輛疏散方面，該 TEVACS 系統首先將「公用車輛調配」納入模式分析中，後續由韓復華與卓裕仁發展之 TEVACS-II 則以數學規劃方法建立「集結點區位-分派模式」，在相異之目標準則下決定最佳集結方案，並動態模擬產生數條公用車輛疏散路線方案，以時間最短者為最佳建議之公用車輛疏散路線 [3] [26] [27][29]。

故對於路網疏散規劃決策支援系統，本研究範圍即著眼於路網疏散模擬模式庫中之多運具公用車輛模擬疏散方面，研究內容方面包括：多運具疏散可行性分析、最常使用運具疏散模式構建、個案應用與疏散策略研擬，以及疏散策略結果之分析等四大要項，各項說明分述如下：

### 1. 多運具疏散可行性分析

本研究除了傳統公用車輛疏散路線規劃之外，對於使用鐵路列車、漁船及直昇機方式疏散民眾之方案亦一併考慮在內。因此，必須對使用不同運具進行疏散之可行性深入瞭解探討後，選擇適合之疏散運具，方能分派民眾搭乘不同運具疏散離開，以期縮短疏散時間並提升疏散效率。

### 2. 最常使用運具之疏散模式構建

因疏散運具種類增加，傳統的疏散模式勢必需加以調整，首先即需對所增加之疏散運具構建該運具之調派模式，包含該運具進出 EPZ 範圍之方式以及在 EPZ 中需於何處搭載民眾離開等；第二，列出疏散設施的評選規則，所謂疏散設施乃是包含待命點、集結點及收容站；第三則說明疏散人口指派之方法，亦即先瞭解 EPZ 內各分區中之當地人口有多少民眾需以公用車輛來疏散，再將這些民眾指派至適當的集結點中。最後即說明在多運具疏散下，如何指派民眾搭乘不同之疏散運具以離開 EPZ 範圍的方法。

### 3. 個案應用與疏散策略研擬

本研究以核四廠為例，介紹 EPZ 內運輸系統現況，並蒐集 EPZ 內人口與車輛資料，對可行之疏散運具評選疏散設施及規劃疏散路線。其次再依不同疏散運具研擬各種疏散策略，對疏散策略進行模擬。若產生疏散瓶頸路段時擬以運輸系統管理策略解決問題，如實施交通改善手段：調撥車道、單行道或是提高公用車輛承載等改善措施，使疏散時減低壅塞時間，讓民眾可更迅速離開緊急疏散計畫區，並將可能受到的傷害減至最低。

### 4. 疏散策略結果分析

首先對未使用改善措施前的基本狀況之疏散時間加以分析，再瞭解是否產生瓶頸路段及產生瓶頸路段之位置，並執行前述之各種瓶頸路段改善措施方案以及多運具疏散方案，以獲取改善後之疏散時間。最後則對各疏散方案分析比較，找出各疏散方案之改善效益，求得效益較佳之方案。

### 1.3 研究方法與流程架構

關於本研究方法與流程架構如圖 1.2，內容分述如下：

1. 研究範圍與問題界定：找尋現今國內外核子事故緊急疏散事件發生時未被考慮或忽略之疏散方式，納入緊急疏散計畫。
2. 文獻回顧：回顧目前有關核子事故發生時緊急疏散之處理方法、核子事故緊急疏散決策支援系統之路網疏散模式理論與其發展情況、集結點分派方法理論等，以確實瞭解核能電廠緊急事件的定義與過去應用之解決方法。
3. 多運具疏散可行性分析：由於研究範圍內存在各種運輸系統，除原本以公路運輸系統之公用車輛來疏散民眾外，亦將對其他運輸系統之運具進行疏散可行性之分析，用以找出合適之運具，期能輔助原疏散運具，使民眾之疏散時間更為短縮。
4. 最常使用運具之疏散規劃：經過各種運輸系統之運具可行性分析後，找出除了一般公路運輸系統外最常、最可能使用的運輸工具。
5. 疏散設施規劃：依據公路與最常使用之運輸系統，分別列出疏散設施(待命點、集結點與收容站)評選規則，同時依這些規則決定研究範圍內公路與最常使用運輸系統之妥當待命點、集結點與收容站的地點或設施。
6. 疏散人口指派：將緊急計畫區人口依當地人口與外來人口分類，配合其他合適之運具，再依人口與集結點地理位置分佈狀況，指派需搭乘公用車輛之民眾至適當集結點集結與搭乘公用車輛離開。
7. 多運具車輛調派規劃：考慮公路疏散車輛及公路運輸系統以外最常使用的運具，共同規劃多運具車輛進場路線與疏散路線，同時亦深入探討多運具集結與疏散時之車輛調派方式。
8. 資料蒐集與整理：蒐集研究範圍—核能四廠 10 公里內之道路屬性資料、集結點、收容站與待命點資料、鐵路車站與漁港資料、及人口與車輛資料等基本資料，並調查當地居民車輛持有數及交通車流參數，其次則對上述蒐集之基本資料作一整理，使一般資料轉為可有效應用之資訊。
9. 個案應用分析與疏散方案研擬：研擬各種不同時段、風向、疏散範圍之情境下之多運具疏散方案，當產生瓶頸路段時則提出減少需求或增加供給等運輸系統管理改善措施，期能消弭壅塞的瓶頸路段。
10. 疏散方案評估：應用 TEVACS 系統對不同方案模擬求得疏散時間，進行比較與評估。
11. 結果分析與比較：分析不同方案下多運具公用車輛之疏散時間，並比較其差異，嘗試找出其原因所在且提出建議之疏散方案。

12. 結論與建議：根據前述各步驟所得結果，提出具體之結論與建議，並研擬後續研究之方向與重點項目。

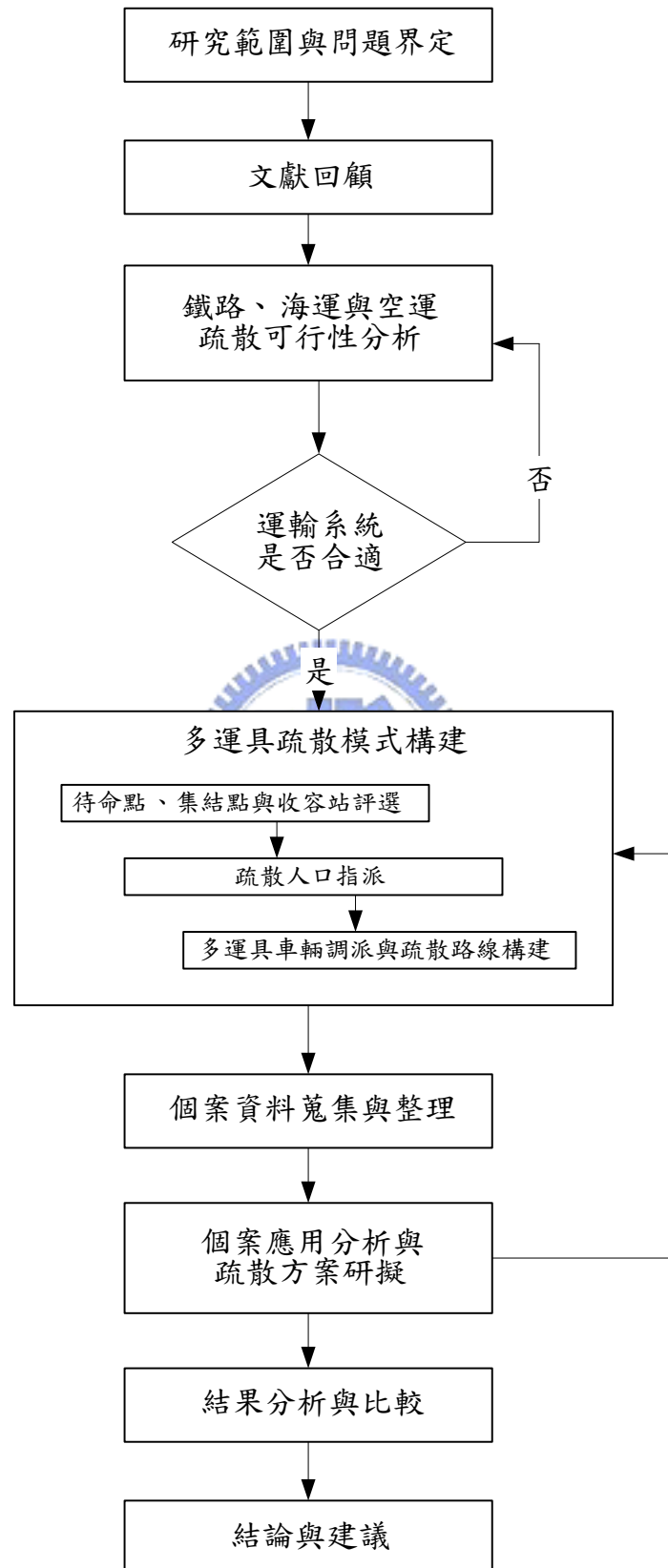


圖 1.2 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

在文獻回顧部分，將分成五部分陳述：首先闡述災害管理概念，並對民眾疏散行為加以分析；其次，對路網疏散決策支援系統中最核心部分之路網疏散模式進行介紹；第三，對國內外路網疏散決策支援系統發展狀況深入瞭解與探討；第四，民眾集結點之規劃選擇乃屬於集結—分派之問題，此類問題可以最簡單運輸問題來求解，在此則對運輸問題定義提出說明；最後，由於路網疏散模擬模式庫需對公用車輛之行駛路徑加以指派，因此亦對過去在交通指派問題方法約略簡述之。

### 2.1 災害管理與疏散行為

#### 2.1.1 災害管理概念

一般而言災害可分為天然災害與人為技術災害，其發生原因與性質各有不同，但對於民眾而言，此前後兩者在生命與國家經濟之威脅程度上並未有所不同，因此面對災害隨時可能發生的情況下，必須有一災害管理(Disaster Management)步驟，或稱災變管理(Emergency Management)步驟，以預防災害發生或災害擴大，同時也能將災害發生後對民眾生命財產的傷害減至最低。Petak[15]認為災變管理的基本架構分為平時預防、災害準備、事故回應與災後復健四個層面，即所謂整體災變管理(Comprehensive Emergency Management, CEM)，各層面內容如下：

1. 平時預防(Mitigation)：在一般日常生活中處處可見潛在危機，應時時加以留意，並減低或排除危機爆發之機會，以防患未然。
2. 災前準備(Preparedness)：在災變發生前研擬各項應變計畫、救災物資、訓練救災人員應變能力，以備不時之需，而核子事故緊急應變計畫即是屬於此層面。
3. 災害應變(Response)：在災害發生時採取適當之應變措施，並提供緊急救援以穩定災情，使其不再擴大，並為災後復健清除各項障礙。
4. 災後復健(Recovery)：於災害發生後持續提供支援，直至災區社會經濟回復至受災害以前的狀況。

#### 2.1.2 疏散行為分析

1979年美國三哩島事件發生後，美國曾對該事故區域民眾進行事故反應行為問卷調查[1]。調查報告中顯示，此事故為美國第一次發生顯著的核子事故，在資訊傳遞速度不若今日發達以及當局決策措施與處置不純熟下，當局並未下令展開疏散作業，使得民眾有絕大多數前往旅館或親友家中躲避，當局所規劃之收容站反而無人前往進行掩蔽；還有一部份民眾是受鄰居疏散之影響而跟著疏散；另有一部份人因教育程度偏低，認為災害危險性不高，因此並未進行疏散之動作。

在民眾考慮疏散的當爾，首要牽涉之因素即為個人對暫時或長期生活的環境能否割捨，且不僅僅是外在的物理環境，內心情緒的切斷與割捨也使民眾在疏散前增添更多掙扎。Quarantelli[16]在 1980 年針對在有預警災害或有經過縝密規劃的疏散計畫狀態下，發現民眾的疏散行為約可分為下列幾項：

1. 民眾多以機動車輛做為疏散時之主要交通工具。
2. 因為是在有預警的狀態，民眾在撤離過程中，其行為是有秩序、理性且不易產生恐慌之心情。
3. 道路中車輛之間的肇事比率或故障率極低。
4. 由於具有預警，疏散過程裡許多人或親友團體多半不會在感受到危險時便即刻行動，通常會先評估災害是否具有急迫性、是否會對生命財產有所損失以及與外界親屬朋友有所聯絡後，才與周遭鄰居或同伴親友一同疏散。
5. 此外，除非是巨大災變，否則勢必有一部份民眾不願意離開他們的家園。

此外，1981 年 Perry 等[14]學者對人類在疏散時之行為描述也有許多著墨，針對上述幾種狀況，他認為如這種有預警或是有較長預警時間之災變，位於可能受影響災區之民眾認為並無立即生命危險，因而較不容易產生恐慌情緒，但相對地也容易輕忽災害所帶來的危險性。

## 2.2 路網疏散模式相關研究

路網疏散方面的研究乃自 1970 年代起開始發展，而自 1979 年美國三哩島事件發生後，有關核能電廠緊急事故之疏散問題便更受到重視與關注。

### 2.2.1 疏散時間估算

#### 1. 消散率模式(Dissipation Rate Model)

1974 年 Hans[4]提出一個估算疏散時間的簡單總計(Aggregate)公式，稱為消散率模式(Dissipation Rate Model)，是最早應用於疏散分析上的模式。模式中結合疏散區域大小與區內之人口密度，以迴歸方式進行疏散時間估算。模式並假定每條疏散路徑有一固定的流出率，時間延滯的公式則是負指數函數。此模式有容易使用之優點，但因採總計性模式，故對於許多區域性的變數，如路網型式、路口容量、交叉路口管制型式等，解釋較為不足，且模式亦受到參數影響極大，不能幫助使用者進行路網規劃等分析。

#### 2. 人工容量分析(Manual Capacity Analysis)

人工容量分析法乃利用公路容量手冊(Highway Capacity Manual)中所提供的容量分析方法來計算某一疏散區域中每條道路的容量，並由使用者定義該區域中可能疏散的路徑與疏散人口數。而各區之疏散時間則由欲疏散的人口數與車輛數除以各路徑的容量求

得。1974 年 Wilbur Smith [22]以及 1980 年 Voorhees[21]便以此方法對 Hampshire 的 Seabrook 核能電廠以及 California 的 Diablo Canyon 電廠進行疏散分析與疏散時間估算。惟此法缺點在於不容易反應整體路網的實際疏散狀況，也不能解釋車流的關係，對於疏散過程中可能發生的混亂情況則完全忽略，最大的缺點是在疏散路徑抉擇上受使用者主觀意識判斷的影響頗大，可能會產生差異極大的結果。

## 2.2.2 Simulation

### 1. 微觀交通車流模擬模式

有些學者以現成的交通模擬模式(如：NETSIM)進行疏散分析，用以改善疏散時間估算方式不合理的現象。這類模式主要用在小區域路網上評估交通管制策略的績效，並以跟車(Car-following)理論等微觀車流為基礎，主要著眼在處理路網中每部車與每部車移動的情形。這種模式的缺點是在電腦執行時會受到電腦記憶體容量的限制，僅能處理較小型的路網。過去使用微觀模擬模式進行疏散分析的例子很少，僅知曾有學者以 NETSIM[2]進行核能電廠的疏散研究[18]。

### 2. 巨觀車流模擬模式

1981 年 Sheffi[19]等人於 MIT 發展出專為處理緊急事故之路網疏散巨觀車流模擬模式 NETVAC 1 (NETwork eVACuation Model 1)；此模式利用模擬法及巨觀車流模式來估算路網疏散時間，並將路網特性、號誌策略、轉向行為分析等因素納入考量，以車流模式來計算各路口車輛分配以及路段上的車流性質。NETVAC1 主要係適用於美國地區，在地理環境不同的情況下，使得 NETVAC1 較不適用於台灣，如該模式中即未考慮公用車輛之調派，對家戶車輛持有率較美國為低的台灣而言影響甚大。

1982 年 Louisiana Power & Light Company[11]為 Louisiana 的 Waterford 3 核能電廠發展一套路網疏散巨觀車流模擬模式。研究中以核能電廠為中心，在 10 哩半徑內區分成 0-2 哩、2-5 哩、5-10 哩與東北、東南、西南、西北四方向等十二個分區。利用車流性質，以巨觀模擬法估算出各分區與十哩內整個路網所需之疏散時間。其中，疏散時間包含動員時間(Mobilization Time)30 分鐘、發佈警報與民眾準備時間(Individual Preparation Time)15 分鐘，故路網疏散時間是在 45 分鐘之後才開始進行。

該模式對路網特性、路段容量與限速、路口管制措施等因素加以考慮，且假設車輛產生率為類似常態分配型態，同時亦考慮民眾疏散順序，疏散順序先後分別為學校教職員學生與醫院病患、工廠員工、最後則為當地居民，至於無私人車輛可搭乘的民眾則以公用車輛為運具來進行疏散。值得一提的是此模式會顯示各路段等候車輛大於 50 部車的路段名稱及車輛平均延滯時間，以供使用者參考。

## 2.3 路網疏散決策支援系統

### 2.3.1 TEDSS

1985 年 Hobeika 與 Hwang[6][7][8] 等人針對天然災害之疏散，發展出 TEDSS (Transportation Evacuation Decision Support System) 運輸疏散決策支援系統，系統包括「系統控制」、「資料庫」、「模擬模式」和「圖形顯示」四個部分。此系統是以消散率模式為基礎，以其求得之疏散時間做更仔細的指派分析。該模擬模式可分為三個階段：

1. MACROVAC 模式：假設民眾是有秩序的自範圍區進行疏散撤離，其離開率是一常態分佈圖形，則疏散時間函數假設為一負指數函數。

$$CP = \frac{1}{1 + e^{(-\alpha \times (T - \beta))}}$$

$CP$ ：車輛產生的累積率       $\alpha$ ：負載因數(loading factor)

$T$ ：時間       $\beta$ ：疏散時間的二分之一

函數中  $\alpha$ 、 $\beta$  兩參數是用以估計當  $CP=100\%$  時的  $T$ ，並以流入、流出的觀念估計所需疏散時間。其中  $\alpha$  為與人口密度成反比的參數， $\beta$  為根據疏散時間修正的參數。

2. MASSVAC2 模式：利用 MACROVAC 模式所得之疏散時間進行增量指派。在指派過程中以最短路徑搜尋法與重力模式建立一起迄表，並以達爾(Dial)指派法進行指派。
3. HEUORAE 模式：以上述兩種模式為基礎，由路段指標與路線指標決定權重，然後進行啟發式路徑記錄(heuristic path recording)指派。

此模式之缺點在於使用路網指派模式計算每一條路徑的流量，對路網交叉路口混亂的情形亦無法反映出來，且所用之均衡指派觀念並不適用於疏散行為。

### 2.3.2 IDYNEV/PREDYN

1986 年 Goldblatt 等人[9][10]在 KLD 公司亦發展出一套 IDYNEV /PREDYN 模式。該模式整合交談式資料輸入與緊急災變路網疏散模擬及疏散時間估算模式，主要包含「交談式資料輸入」、「路網疏散模擬」以及「疏散時間估算」三種模式，而 IDYNEV 模式則包含「資料處理」、「模擬模式」、「容量限制」與「旅次交通量指派模式」四個部分。此系統利用 PREDYN 模式提供之「使用者螢幕操作」功能來輸入資料進行處理。模式之優點在於對疏散時所需考量之因素定義十分詳細，惟該模式在路口轉向處理上採用靜態的交通量指派，並無法代表車輛在實際狀況下路口轉向選擇的動態行為，且亦未對公用車輛調派之模式納入考量。

### 2.3.3 TEVACS

國內有關核能電廠路網疏散的研究，最早可追溯至民國 76 年，由韓復華教授與胡大瀛之路網疏散模式研究 TEVACS(Transportation EVACuation System)[27]開始，此後歷經蘇志哲[33]、顏應明[36]、石丸[24]與卓裕仁[26]，陸續在 NEC 個人電腦及 SUN 電腦工作站上發展完成一套 TEVACS (Transportation EVACuation System)路網疏散決策支援系統，並可協助分析在不同疏散作業方式下所需之疏散時間。此模式係以人機交談方式為介面，包含「資料處理」、「圖形輸入」、「模擬模式」及「圖形顯示」等四個部分。

TEVACS 系統在車流模擬模式的部分採巨觀車流模式為基礎，至於路網疏散車流模擬模式乃考慮混合車流，故以小客車為車流的單位 (PCU)。由於緊急計畫區內仍有民眾家中並無私人車輛可使用，故除了一般有私人車輛可使用之民眾外，對於這類民眾之疏散同樣必須加以考慮在內。這些民眾需仰賴政府所派遣之公用車輛，方能離開緊急計畫區。因此模擬時將車輛分成公用車輛和私人車輛兩種，公用車輛假定依事先指定的疏散路線移動，私人車輛以儘速離開緊急計畫區範圍為目的，並參考路口下游路段的車速來選擇轉向。至於模擬的執行則採「間斷時間推移」方式，每隔一模擬時距 (interval) 才計算並更新系統資料一次，由此可知模擬時距的選取影響模擬結果甚鉅，必須謹慎地選擇。根據經驗，模擬時距多選擇路網中最短節線的通過時間。

對路網上的車輛而言，車流的組成可分為：車輛產生、負載，路段行進、移動，路口停等、轉向，離開路網等動作。雖然這些動作是同時進行的，但對個別的車輛而言，則依上述動作的先後順序在運作。因此，路網車流模擬模式即可分成：產生源處理、路段處理、路口處理及吸引端處理等四個程式，並依「產生源→路段→路口→吸收端」的順序逐步推演。路網疏散車流模擬模式的架構如圖 2.1 所示，路網車流組成示意圖則如圖 2.2。各處理程式的細節步驟說明如下：

#### 1. 產生源處理程式

- (1) 車輛產生：假設私人車輛之累積產生率為羅吉斯特 (Logistic) 函數，公用車輛則為固定產生率，並有一段反應時間讓民眾集結 (如圖 2.3 所示)。由圖 2.3 得知，私人車輛累積產生率函數的形式可由  $t^*$  (從私車產生至疏散開始之時間) 及  $\lambda$  (疏散開始時尚未產生之私車比率) 求出。
- (2) 車輛負載：假設車輛自產生源以一虛擬連線 (Connector) 負載到鄰近節線的起點上；一個產生源可連接到多條節線，一條節線亦可被多個產生源負載。在此並不考慮路邊停車的影響，自路邊起動進入路段的車輛即視為車輛產生與負載。

#### 2. 路段處理程式

- (1) 車輛移動：以巨觀車流模式為基礎，由移動車輛數計算路段車流密度(K)，然後代入速率－密度車流關係式中求得車流速率(V)，再以流量公式( $Q=KxV$ )



計算車流流率。本研究選擇 Drew 巨觀車流模式，其速率－密度車流關係式為  $V = V_f [1 - (K / K_j)^{0.5}]$ ，其中  $V_f$  為自由速率、 $K_j$  為擁擠密度。

- (2) 車輛到達：將車流速率乘以模擬時距，即可求得該時距內到達下游路口的車輛數與停等車隊長度。

### 3. 路口處理程式

疏散時為避免路口運作失控，常由管制人員（如交通警察）來指揮、疏導交通，因此本研究假設實際疏散時各路口之運作皆由管制人員來控制。

- (1) 路口使用時間分配：以模擬時距為一週期，再根據各臨近路段之停等車隊長度計算其等效綠燈時間。
- (2) 路口轉向比率分配：假設疏散時私車駕駛人係選擇行駛時間最短的吸收端為其目的地，因此各路口臨近路段會有一轉向偏好係數；然而當駕駛人到達路口時，仍會參考當時各臨近路段的車流狀況（如速率）來決定最後的轉向。
- (3) 公用車輛轉向比率：由於公用車輛有一定的疏散路線，因此其路口轉向比率視疏散的路線而定；疏散路線經過的下游路段，轉向比率為 1，否則為 0。

### 4. 吸收端處理程式

所謂吸收端係指自緊急計畫區外圍離開緊急計畫區之路段，因緊急計畫區外的路段可延伸任意長度，故 TEVACS 係以半徑五至六公里的範圍來限制吸收端長度。

- (1) 吸收路段：假設吸收路段之車流僅受路段容量的限制，流量計算比照一般路段的方式處理。
- (2) 吸收端點：假設容量無限大，車輛自吸收路段到達吸收端點後即視為離開，因此並無停等車隊產生。

路網車流模擬模式係同時產生私人車輛與公用車輛至路網上，然後依照巨觀車流理論來模擬車輛在道路上的行止，並藉以推估其行駛時間。根據圖 2.3 可知，在正式下達疏散命令之前即有少數民眾自行駕車離開，因此通常對整個模擬疏散時間之定義為：自私人車輛產生開始計時，至離開 EPZ 車輛達到目標疏散率的時間為止。

TEVACS 系統除了對各步驟之車輛行進過程與狀態進行模擬之外，也將電腦模擬結果與圖形顯示系統相互結合，用以輔助緊急應變決策單位進在各種不同車輛調派與交通管制措施下進行模擬與分析，以瞭解道路的擁擠情形和疏散時間。

TEVACS 系統最大之貢獻在於模式中將機車與公用車輛納入模式處理，其主要用意乃考慮國內混合車流特性與小汽車持有率較歐美地區國家為低，期望藉由增加機車與公用車輛模式處理使 TEVACS 模擬結果能更符合台灣現今環境狀況。又，該模式亦偵測出路段因道路容量不足而對疏散所產生之延誤情況，並可預測路網改善後之疏散效果。

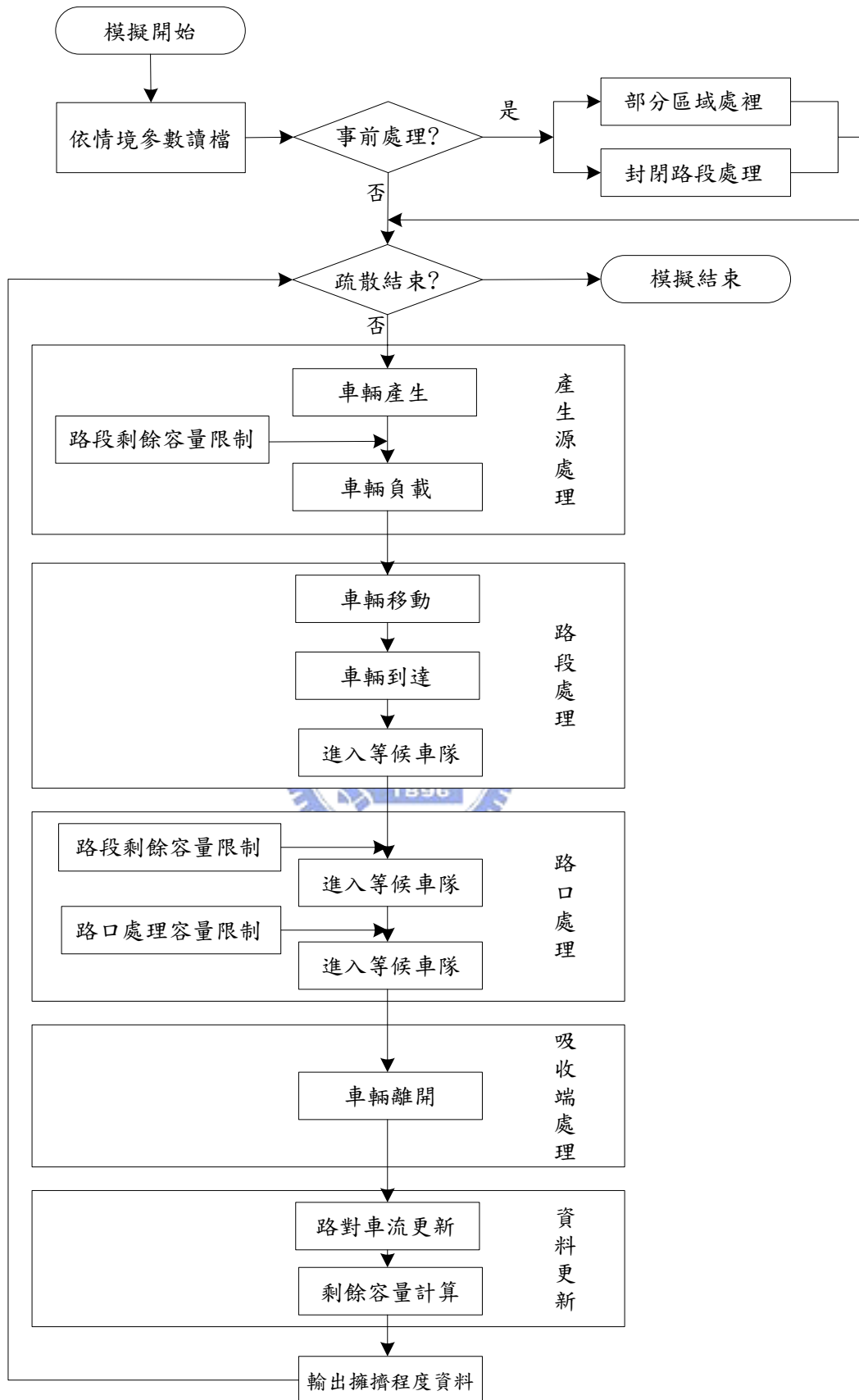


圖 2.1 路網疏散車流模擬模式架構圖

資料來源：[30]

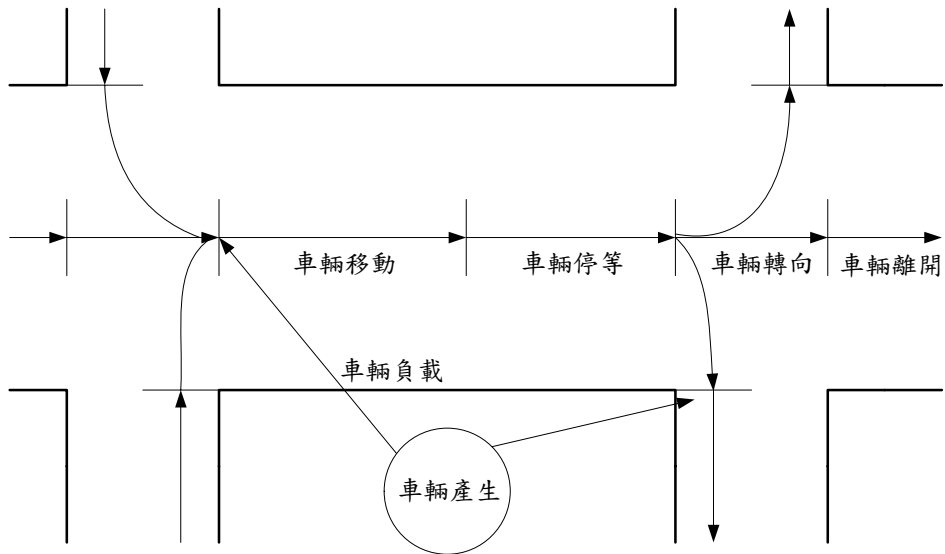


圖 2.2 路網車流組成示意圖

資料來源：[30]

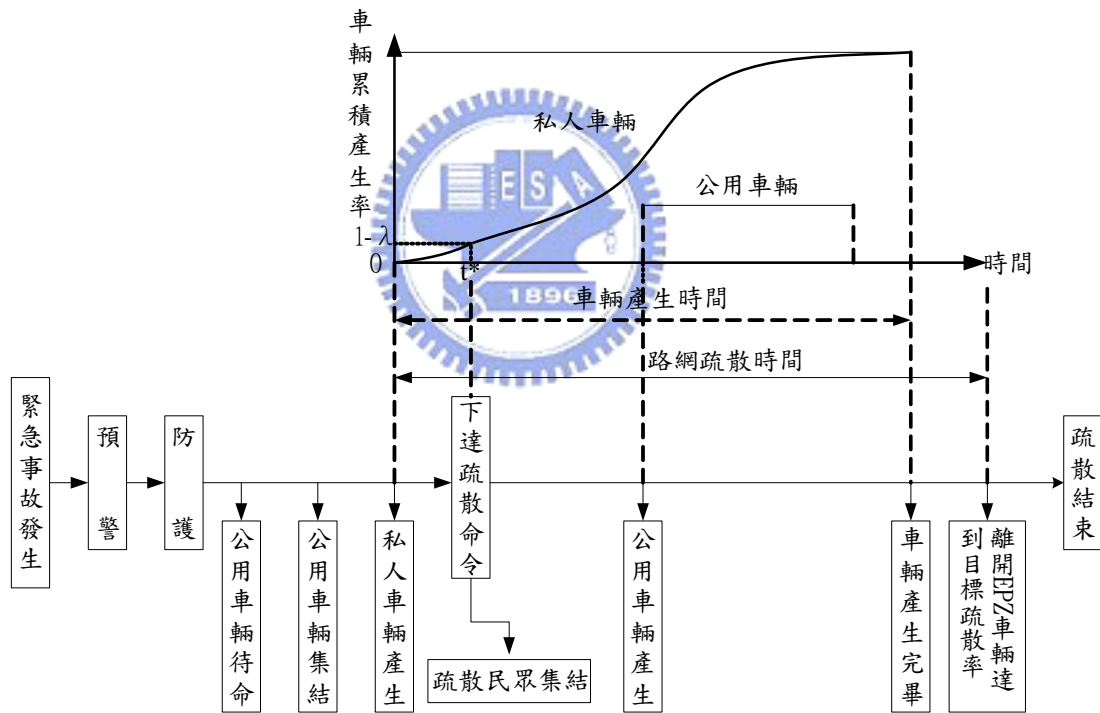


圖 2.3 車輛產生行為分析圖

資料來源：[30]

1996 年韓復華教授接受台電公司委託完成「依最新人口、道路及交通運輸狀況更新核一、二、三廠廠外民眾路網疏散模式及展示系統」[30]計畫，首度利用多媒體技術將 TEVACS 系統轉移至 WINDOWS 視窗環境下，並針對實際需求擴增系統模擬情境與地理資訊展示功能，開發完成 TEVACS'96 疏散決策支援系統。TEVACS'96 共包含：系統控制與使用者介面、路網疏散模擬模式、網路與疏散資料管理以及地理圖形資料展示等四個模組。

1999 年全國核子事故處理委員會委託交通大學運輸工程與管理學系進行「核一、二、三廠緊急計畫區民眾疏散模式及展示系統更新案」[31]，完成更新 TEVASC'96 系統為 TEVACS'99 系統，並重新模擬估算核一、核二、核三電廠的民眾疏散時間，根據模擬結果研擬各集結點公用車輛疏散路線建議方案，以及分析疏散瓶頸路段，提出交控改善措施方案。TEVACS'99 系統可提供六種時段情境、十七種風向情境、兩種範圍情境（全 EZP 疏散、下風向疏散），以及五種狀況情境（基本狀況、劑量狀況、調撥車道、單行道、封閉路段）等，共 1020 種情境組合模擬功能，比原 TEVACS'96 系統的 510 種情境多一倍。其中，劑量狀況係配合核安二號演習而增加之功能，可將風向與劑量的影響納入疏散模擬考量中。

2004 年韓復華教授再度接受台灣電力公司委託，完成「核能四廠疏散路網分析專案計畫調查工作」[32]，研究中除彙整 EPZ 區域人口、車輛資料，並探勘現場道路、車站等設施，同時規劃出共同使用公鐵路運輸系統下，公共疏散所需之列車與車輛及其進出場之路線與集結點。

此外，研究內容也包含核四廠 EPZ 範圍內 GIS 地理資訊系統資料庫之建立，並結合 TEVACS 路網疏散模擬系統，構建出 TEVACS'2004 系統。此系統可查詢展示核四廠 EPZ 範圍內之相關資料，並可動態顯示各種模擬情境之道路擁擠狀況。

研究中依據 TEVACS'2004 分析之擁擠瓶頸路段，研擬不同之改善疏散之路網方案，結果發現最佳的疏散方案可有效降低各種疏散情境至 2 小時內，以例假日白天東北風全區 EPZ 疏散的情境為例，改善前疏散時間為 4 小時 0 分，經綜合單行道與公鐵路最佳疏散方案改善後，可改善至 1 小時 12 分鐘。

## 2.4 運輸問題

運輸問題，顧名思義，它是將貨物由甲地送到乙地的問題。問題定義的陳述如下所示：有  $m$  個起點  $O_i (i=1, 2, \dots, m)$ ， $n$  個迄點  $D_j (j=1, 2, \dots, n)$ ；每一起點  $O_i$  有  $p_i$  個貨物運送到  $n$  個迄點  $D_j$ ，而每一迄點需求量为  $q_j$ 。 $c_{ij}$  表示由起點  $i$  運送一單位貨物到迄點  $j$  的運輸成本、運輸時間、利潤或收益等，統稱為懲罰值。傳統運輸問題之數學模式如下：

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z_k &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}^k x_{ij} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m x_{ij} &= p_i \quad i=1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &= q_j \quad j=1, 2, \dots, n \\ x_{ij} &\geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

$k = 1$  時為單目標運輸問題， $k \geq 2$  時為多目標運輸問題。 $p_i, q_j$  分別表示第  $i$  個起點及第  $j$  個迄點的供給量與需求量。 $c_{ij}^k$  表示由起點  $i$  運送一單位貨物到迄點  $j$  的懲罰值。 $x_{ij}$  表示由第  $i$  個起點運送至第  $j$  個迄點的物品數量。模式中限制條件有  $m + n$  個，變數則有  $m \times n$  個。運輸問題基本型態即是假設總供給量等於總需求量，即  $\sum_{i=1}^m p_i = \sum_{j=1}^n q_j$ ，亦稱為平衡運輸問題(Balanced Transportation problem)。由上式可知運輸問題是一標準線性規劃模式，具有下列幾項特性：

1. 運輸問題的限制條件僅有  $m + n - 1$  個。
2. 運輸問題並不會發生無限界解的情形。
3. 運輸問題必存在適合條件解。
4. 運輸問題必有最佳解存在。

運輸問題是標準線性規劃問題，但運輸問題模式存在特殊性，變數間存在特定關係，因此許多演算法便陸續被發明，使求解運輸問題時能將過程更為簡化。傳統運輸問題求解方法分兩階段：先求得初始解，再求最佳解。初始解求解方法有西北角法(Northwest Corner Method Rule)、最小成本法(Least Cost Rule)等；而最佳解求法則可以 Charnes and Cooper 發展之 Stepping Stone Method 以及修正分配法(Modified-Distribution Method)求得。現實生活中有許多決策問題，雖非屬於運輸問題，但因運輸問題擁有許多利於求解的特性，故仍可將決策問題模式轉為運輸問題求解，如生產排程問題(Production Scheduling Problem)、指派問題(Assignment Problem)與筵席承包商問題(Cater Problem)等。[23]

## 2.5 交通指派問題

### 2.5.1 交通量指派問題

一般而言，交通量指派可分為靜態指派與動態指派，傳統的交通指派是以靜態指派為主，但因傳統的靜態指派對時間因素未加以考慮，故並不適合應用在計算疏散時間上。後來學者為改善傳統指派方法的缺點，因而發展出動態指派法。在靜態指派法方面，如依是否有容量限制來分，有下列兩者：

1. 無容量限制指派法：忽略流量大小對旅行時間影響，路徑阻抗值維持一定。
2. 容量限制指派法：當流量逐漸增加時，阻抗值亦增加，即路徑混亂情形也跟著增加，相對於無容量限制指派法，此法較符合路徑實際狀況。

此外，若以指派方法的技術將傳統的靜態指派模式分類，則可分為：全有或全無指派法(All-or-nothing Assignment)、逐步增量指派法(Incremental Assignment)、均衡指派法(Equilibrium Assignment)、曲線轉換法(The Diversion Curve Method)、達爾指派法(The Dial Assignment)等。

在動態指派法方面，主要觀念是在 1978 年時由 Merchant 與 Nemhauser [12][13] 兩位學者所提出，此模式乃假設旅行時間為一依時函數，接著再以數學規劃型式求解均衡指派問題。此外，該模式亦假設：流出量函數為一非遞減、連續之凹函數；成本函數為非負、非遞減且連續之凸函數。

這些假設主要乃為了使車流運作情形更符合實際狀況。在上述假設之下，可將原數學規劃模式簡化為求解「非線性方程式」問題，並將問題化為「片斷(piecewise)連續函數」，即可以線性規劃方式求解。Ho[5]即在 1980 年應用連續性最佳化方法求解片斷線性函數之動態指派問題。

### 2.5.2 路段績效函數(Link Performance Function)

路段績效函數之推導源自於巨觀車流模式和交叉路口車輛延滯模式，是一種流量相關(Volume-dependent)函數，最常用的公式為 BPR 曲線函數。路段績效函數乃用以估算某一路段流量下的旅行時間或成本，並據以搜尋最短路徑，接著再進行交通量指派。Spiess[20]認為 BPR 公式有以下幾個缺點：

1. 當  $V/C \geq 1$  後，函數值會急驟上升。
2. 當  $V/C \leq 1$  時，可能產生退化情形，容易造成多重解。

因此，Spiess 考慮事實現象的限制，提出圓錐形(Conical)擁擠函數，使公式較符合實際道路狀況。

### 2.5.3 最短路徑問題(Shortest Path Problem)

最短路徑分為一點至多點、多點至多點以及多條最短路徑問題等[17]，其中，多條最短路徑問題可應用於道路遭到阻斷的情況。一點至多點最短路徑問題求解方法分為兩種：

1. 標記設定法(Label Setting)：如 Dijkstra 演算法。
2. 標記修正法(Label Correcting)：如 Moore 演算法。

多點至多點最短路徑求解法以 Floyd 矩陣演算法較具效率；多條最短路徑問題則以 Yen 演算法較為著名也較為廣泛使用。

## 第三章 不同運輸系統疏散可行性分析

為瞭解整個緊急計畫區不同運輸系統疏散可行性在未來作為緊急事故疏散之可能，本研究針對鐵路、海運與空運運輸系統之特性及功能進行疏散可行探討，其中假設鐵路運具為台灣鐵路管理局之電聯車，而海運運具為國內漁民使用之近海漁船，以20噸以下漁船為主，至於空運運具則為緊急救難直昇機。首先在3.1小節中先構建一運輸系統疏散可行性分析架構，進而以此架構來分析各運輸系統之疏散可行性：3.2小節係針對鐵路，3.3小節為海運，3.4小節為空運，最後3.5小節乃對各種運具疏散可行性分析整理列表比較之，並提出除公路運輸以外亦適用於核能電廠緊急事故疏散時之運輸系統。在本研究中，主要疏散運具仍以公路運輸為優先，經本章之分析後找出適合之運具，做為輔助之疏散運輸系統，因此本研究並不考慮鐵路、海運、空運混合疏散之情形。

### 3.1 可行性分析架構

若要評估一運輸系統能否適合於疏散時使用，將可從供給與需求兩大方向著手分析。所謂供給即是此運輸系統之運具所能提供之功能與特性，而需求則是用以瞭解此運輸系統在疏散時之能否滿足其疏散之基本所需。針對這兩項分述如下：

#### 1. 供給分析

一個運輸系統的運具所能提供之功能特性概括而言即是運能、運輸距離、運輸速度與加速度。運能若大，則表示在同一時間內可搭載大量人數；運輸距離若長，則代表所搭載之人員可被載運至目的地之距離也較遠；而運輸速度若快，則能將搭載之人員迅速移動至目的地，縮短旅行時間；加速度數值越高也表示此運具從0km/hr起加速至一般運轉速度之時間越短，亦代表著該運具能更快速離開原出發地。

供給分析考量運能、運輸距離、運輸速度與加速度四項因子，然而由於是以疏散大眾為前提，故在疏散時以運能之重要性較高，運輸速度、加速度與運輸距離則為次要考量。

#### 2. 需求分析

在疏散時，所使用運輸系統之運具應考慮安全性以及使用便利性。在進行疏散時，即表示災害已經發生，因此疏散時必須以高安全性之運具為第一優先考量，該運具必須能確保民眾安全離開，以免民眾受到雙重災害導致身心重創，本研究以運具行駛的安全性、搭乘離開運具之安全性以及氣候影響運具之安全性來分析之；而使用便利性表示該運輸系統在民眾集結時運具是否方便民眾搭乘(上下車便捷與否)以及場站是否方便民眾集結(場站位置與數量是否恰當、是否充足)...等等。

## 3.2 鐵路疏散分析

鐵路運輸系統之特性包含了運量大、速度快、行車路權等級高等等，如以一般列車而言，運量可達五百人以上，當列車經過編組、重聯運轉後，運量往往超過一千人，是一般30人座公車三十倍以上。假如有大量人口需疏散時，鐵路運輸系統可發揮前述之特性，短時間內即能將人口安全地疏散。依據前述基本架構，鐵路疏散可行性分析如下：

### 1. 供給分析

台灣地區民眾一般使用的交通工具除了傳統公路系統外，鐵路系統經常是民眾另一考慮的重要交通工具之一。最常使用的鐵路系統係為台灣鐵路管理局的環島各線鐵路，各線鐵路已雙軌電氣化的路線包括西部縱貫線基隆至屏東，宜蘭花東線的八堵至花蓮，班次十分密集。若以東北角宜蘭線鐵路為例，平日行駛南下與北上列車超過六十班次，車種涵蓋自強號、莒光號、復興號與電車，其中電車停靠班次十分頻繁，南下與北上電車約三十班次，由此可見電車已成為當地民眾短程旅次最常使用之車種。

本研究依據供給分析中運能、運輸距離、運輸速度與加速度等因子對台灣鐵路管理局各車種進行比較，其結果如表3.1，表中數值1表示最佳，數值2次之，數值3為第三。由表中得知，EMU600型電聯車具有加速度最快與載運量最大之性能，雖運輸速度並非最快，且其運輸距離屬中短程運輸，但因運輸速度與運輸距離在疏散時所佔的重要性較低，故EMU600型電聯車仍舊是各車種中較合適的疏散運具，因此本研究即以台灣鐵路局電聯車EMU600型作為鐵路疏散之疏散運具。EMU600型電聯車性能與規格則如表3.2。

透過台鐵時刻表(民國94年2月)之查詢，電車穿越與緊急計畫區相當約10~15km的距離，其所需花費時間在12至18分鐘間，這段時間包含電車停靠車站之時間，如將停站時間扣除，則一般在緊急計畫區10~15km的距離中，行駛時間約控制在15分鐘內。若再將電聯車容量大的特性納入考量，即可快速抒解人潮。

表 3.1 各列車車種性能比較

列車車種	運能 (單節車廂)	運輸 距離	運輸 速度	加速度
EMU-1000(推拉式自強號)	2	1	1	3
DR-3100(柴聯車自強號)	2	1	2	2
E-400 (莒光號)	2	1	2	3
E-400 (復興號)	2	1	2	3
EMU-600(電聯車)	1	2	2	1



表 3.2 EMU600 型電聯車性能與規格

型 式	EMU-600
編組配置	EMC 駕駛馬達車--ET 拖車 EP--動力車 EM--駕駛馬達車
單組全長/重量	80 公尺/130 噸 最多可四組重聯作總控制運轉
加速度	0.8 m/s <sup>2</sup>
最大再生電軔力	167.4kN
最大牽引力	194.2kN
最大軸重	14 噸
牽引馬達	三相交流感應 240KW/1380V 連續
出 力	2000 KW/組
最高車速	110 公里／小時
座 位	各車廂座位： 60 位 立位： 120 位
軔機系統	電軔與氣軔並用（再生式電軔）
保安裝置	自動警告停車輔助系統(ATW/S)/警醒裝置運轉/專用無線電話
製造廠商	2001 年南韓 Rotem 公司製

資料來源：[34]

## 2. 需求分析

就安全性的角度來切入，首先是關於列車行駛安全方面。鐵路運輸有其專用路權，台灣鐵路管理局列車行駛路線是屬於B級路權，即有其專用軌道，但仍與一般道路有平面交叉。為避免列車與汽車發生碰撞事故，於平面交叉點設置平交道，可讓列車優先通行，當列車遵守行車號誌行駛時，列車可一路暢行，並不會如一般道路上發生車輛擦撞之事故。

其次，是民眾搭乘與離開該運具之安全性方面。鐵路運輸系統與民眾生活息息相關，民眾早已習慣搭乘列車，上下車僅需稍加注意列車與月台之間的縫隙以及列車門口的台階即可，如採用EMU600型電聯車為疏散運具，其單節單側車門有三個，加上車門寬將近比舊有列車如舊型莒光號、自強號多出一倍，使民眾在上下車時發生推擠事故的機率大幅減低。

第三，需考慮氣候對該運輸系統安全性之影響。鐵路列車無論晴天或雨天皆可正常運行，台灣鐵路管理局的軌道承托系統多半使用道碴為主，道碴有良好的排水性，即使在一般的下雨天也不必擔心積水而影響列車行車安全。然而過去列車仍有行駛受限制之情況發生，這些情況是因為天災而導致，主要目的在於避免因天災而危害列車上旅客之生命安全。天災包括颱風、豪雨、地震等，在這些災害即將來襲前(地震以外)中央氣象局會發佈各類警報，台灣鐵路管理局可依照氣象警報中列出的預測降雨量或預測風速判斷是否影響列車行車安全，進而決定列車是否繼續行駛。而地震災害則至目前為止全球尖端科技皆無法預測，值得一提的是，核能電廠位址是座落在無地下斷層、地震影響最小的地方，因此在緊急計畫區內的鐵路路線受地震影響機率也較低。

如果就便利性的角度來切入，如同前所提及，鐵路列車有專用軌道，且列車必須停在車站月台中以方便民眾搭乘，若沒有車站月台之處將無法隨意停靠列車，因此鐵路列車無法像公車一樣可隨處停車，鐵路路線車站數少，所能服務之範圍就越少，能涵蓋的集結範圍亦越少，因此就便利性而言與傳統公車疏散相比仍欠佳。

### 3.3 海運疏散分析

根據行政院漁業署提供之相關訊息，台灣海域海上航行船舶甚多且冬季東北季風自台灣海峽北端灌入，風大浪湧航行風險極高，再加上台灣與大陸眾多漁船經常作業其間，漁民為生計謀，不少漁民常奮不顧身，不考慮惡劣的天氣就冒險出航，使台灣海域之海上遇險事件發生頻率很高。依據前述基本架構，海運疏散可行性分析如下：

#### 1. 供給分析

台灣是個四面環海的島國，海洋資源豐沛，海岸線長，大小漁港因而遍佈各地，近來更由於政府大力推動觀光旅遊，原本有些沒落的漁港如東港漁港，即因特產如黑鮪魚等而聲名大噪，也使得近五年的漁船數量有遞增之趨勢。

根據民國93年漁業署漁業年報[40]中動力漁船之統計，全台共有13,527艘，其中動力舢舨有4,173艘，占總數之30.85%，5噸以下動力漁船有2,357艘，占總數之17.42%，兩者合計6,530艘，占全部動力漁船的48.27%。因此可見台灣漁港停靠的船舶是以舢舨與5噸以下漁船為主，而舢舨是漁民在近海捕魚時所使用之運輸工具，漁業法規中之舢舨定義為：凡小船舶型且開敞式不具船艙及全閉式甲板結構者。舢舨承載人數係在三人以下，船長約5至10公尺，寬度在2公尺左右，船深約2公尺，僅適合漁家自行使用，速度在20節至30節不等(37km/hr~56km/hr)。

台灣地區各漁港規模大小有所不同，漁港中所能停靠之漁船大小也不同，但可確定各漁港皆可容納5噸以下漁船以及動力舢舨。漁船或動力舢舨主要功用乃是以近海捕魚為主，漁船的人員容納不及十人。因此，在考量現實狀況後可知各漁港停靠船舶是以5噸以下漁船與動力舢舨為主，故若以此做為疏散之運具，可顯而易見的是這類運具體積小且運能低、運輸距離中等，在運輸速度方面即使疏散時間可在20分鐘內離開5公里的區域範圍到達緊急計畫區外的港口，但做為大眾疏散運具仍不甚適合。

#### 2. 需求分析

就安全性的角度來看，首先關於漁船行駛安全方面，漁船在港口內並無特定行駛路線，但需以低速行駛，以避免船舶碰撞事故的發生。至於在港口以外的範圍，則以水面下之暗礁較易使船舶觸礁、擱淺或翻覆造成人員或船舶傷害，同時從搭乘者的角度來想像，非從事漁業之民眾對漁船不熟悉之因素下將容易有暈船現象發生。

其次，在民眾搭乘與離開該運具之安全性方面，關懷海洋台灣文教基金會的網頁內容有提到，台灣海難發生率甚高，遇難者卻常只在距海岸僅三百公尺範圍內，卻無法獲救，使得台灣附近之水域被公認為「危險海域」。當海象不佳時，即使漁船停靠在碼頭中仍會搖擺晃動，使得民眾在上下船舶時將具危險性。

第三，氣候對該運輸系統安全性之影響方面，漁船在陰雨天時不方便出海，最主要是因為陰雨天時海上浪朝野隨著不平靜。此外不同季節所吹拂的風向亦會使漁船行駛受到限制。根據逢甲大學「核四廠附近人口、道路、交通工具及公共設施調查」[28]可知：不同的風向將會影響到未來船舶疏散的方向、船隻動力與行進阻力，而台灣地區沿海有50%時間都受到季風吹拂的影響，使得漁民出海捕魚都必須十分注意天氣的變化以及海浪洶湧的程度，更何況是非從事漁業的一般民眾，稍有不慎即會因海浪過大而落海，對生命造成影響。

若以核四廠東北角地區為例，此區域以北北東風為主要風向，大約佔23%。而每年九月至次年五月長達九個月的時間，都受到東北季風影響，吹北北西、北、北北東、東北風，其風向佔全年風向的50%左右；而六月至八月受夏季季風影響，風向轉為東南、南南東、南風，其風向佔27%。在緊急計畫區範圍內，會影響到海上疏散的風向有：南南東、南、南南西、西南、西南西、西、北北西與西北風等8個風向。東北角地區風速多在蒲福風級三級至五級間，無風約佔1.98%，風速在五級（<10.7m/sec）以下者約佔81.93%，六級風（10.8~13.8m/sec）約佔13.14%，七級以上強風約佔2.40%。因此海上疏散若以5噸以下漁船或動力舢舨為主時，在氣候因素影響大、設備不齊全、乘載量低、周邊的港埠安全設施不足下，其安全性有待考量，要疏散大量的居民不太容易，在此情況下要求民眾至漁港搭乘漁船疏散比民眾搭乘公用車輛離開更不可行。

再從便利性角度切入觀察，漁船僅能停靠港口碼頭，絕對無法在岸邊任意停靠，故民眾必須前往港口碼頭方能搭乘漁船，一般海岸邊則無法乘船或下船。也就是說港口數少服務範圍也少，所涵蓋集結範圍亦少，其便利性與鐵路運輸系統相當，與傳公車疏散相比亦欠佳。

### 3.4 空運疏散分析

台灣本島因位於歐亞板塊與菲律賓板塊交界處，受板塊擠壓而形成島上丘陵、高山多平原少的地形，因此機場多位在西半部人口聚集的西部平原，東半部則有花蓮、台東兩座航空站，如以東北角地區來看，地形更是崎嶇不平，機場航空站也當然不可能在此設置。在缺乏航空站的情況下，加上一般疏散時民眾僅需離開緊急計畫區，距離約在5~10km之間，這樣短的距離下，擁有長程飛行能力的一般客機即毫無用武之地，因此，在這崎嶇的地形下，空運疏散時即是以擁有方便起降性能的直昇機作為主要的疏散運輸工具。依據3.1節的架構，空運運疏散可行性分析如下：

## 1. 供給分析

本研究從直昇機運能、運輸距離、運輸速度等因子來探討該運具是否具疏散可行性。在運能上，由於直昇機載重有限，一次搭載人數約在10人上下，僅是一般30人坐公用車輛的三分之一。而運輸距離方面，直昇機飛行距離可達數百公里遠，將其用於疏散上並不會有問題。至於運輸速度，直昇機飛行速度快，不需一般飛機跑道即可垂直起降，相當便利，但是在這種極低的運量下，如仍要用以疏散民眾，則直昇機來回飛行次數恐將暴增，對直昇機機身的負荷十分龐大。因此以直昇機疏散民眾離開著實不易執行，直昇機仍應以救災或救難為其主要肩負之任務。下面兩種情形則是必須使用直昇機來運送：1. 重傷患有生命危險，必需緊急送醫治療者。2. 症傷患於該地區無法治療，且無適當交通工具可供使用者。

根據直轄市縣市消防機關及衛生機關災害現場緊急救護配合作業要點，在位處偏遠、交通不便、地勢險峻或離島地區者，救災救護指揮中心應視事故狀況向行政院國家搜救指揮中心或內政部消防署申請派遣空中消防隊、空中員警隊、國軍救護隊直昇機或行政院海岸巡防署船艇迅速趕赴災害現場或至預定集結地點載運救護人員、醫療器材及藥品送抵現場施行救護，並運送傷病患就醫。目前海巡署與空中員警隊共同支援使用之直昇機機型之一為S-76，其詳細規格與性能可參照表3.3。如依據表3.3直昇機的性能來分析，直昇機可以以時速200公里飛行，在短短3、4分鐘就可飛離5~10km的緊急計畫區範圍，疏散時間極短，但由於每次運輸入數偏低，使其疏散效率大打折扣。

表 3.3 S-76 直昇機性能與規格

機型	S-76	
性能規格	馬力 x 發動機數	1725 x 2
	續航時間	3.5 小時
	最大航程	250 浬
	內載人數	10-13 員
	配備	機腹吊掛
	螺旋槳直徑	13.41m
	機身高度	4.41m
	機身全長	16.0m
	機身寬度	3.05m
	機身重量	2.849kg
	載重量	2,457kg
	最大巡航速度	269km/時

資料來源：行政院海岸巡防署網頁(94年2月)[39]

## 2. 需求分析

有關安全性的部分，先就直昇機行駛安全加以探討。直昇機飛行高度可達3000公尺，一般平地飛行高度則在300公尺以上。空中飛行時需注意高樓、電塔與電線之位置，以免因疏忽而釀巨災。此外直昇機飛行時其載重程度的掌控也十分重要，行政院飛安會在民國94年1月5日公佈發生在民國九十二年三月一日阿里山小火車重大事故，報告指出，消防署空中消防隊所屬的UH1H編號901的救難直昇機，在阿里山停機坪起飛後失事，當時直昇機一共搭載了多達九名傷患，嚴重超載，最後導致兩人死亡、五人重傷。直昇機原本應該是救難的，但卻因忽略載重程度而超重，造成新的意外事故的發生，也使直昇機充滿了潛在的危險。直昇機飛行過程中機身受氣流影響顛簸，且機上更因螺旋槳高速運轉所產生之聲響而十分吵雜，在民眾搭乘直昇機機會不大之下，民眾也是與搭乘漁船一樣不易適應。

其次，在民眾搭乘與離開直昇機的安全性方面，直昇機因螺旋槳高速運轉所產生的風力可讓大樹連根拔起，民眾必須壓低身體前行，以免遭強風之襲擊而被吹離。在接近直昇機時螺旋槳聲響龐大，對民眾同樣產生極大負擔，亦使民眾產生身心不適之現象。

第三，氣候對該運輸系統安全性之影響方面，直昇機容易受到氣候之影響而無法飛行，雖然說直昇機與一般飛機不同，可實施目視飛行，但若是在陰雨天，雲層低，能見度不佳，此種氣候下如執意飛行，結果將造成直昇機意外事故的發生。

至於有關便利性的部分，直昇機起降地點係需在空曠之地，只要足夠寬敞便可供直昇機起飛與降落，如學校之操場、社區廣場皆可，但依舊需對附近之電線、電塔或招牌廣告多加留意。故其便利性仍略遜於傳統公車疏散，但卻較鐵路、海運兩者為佳，可涵蓋集結範圍也較廣，惟運量低，因而本研究認為直昇機仍適合執行傳統運送急症、傷殘病患之任務，使病患能以最快速度抵達重要醫療院所進行治療或急救。

## 3.5 小結

綜合上述幾個小節內容，將各種運具疏散可行性分析表3.4中列表整理。經過分析，鐵路、海運與空運如作為疏散時的運輸工具時，鐵路運具—電聯車可發揮運量大、速度快、上下車便利、安全性高之特性，能以較佳之效率疏散民眾；空運運具—直昇機速度最快，但運能小，且同樣會受到氣候之限制，故僅適合急症傷殘救助；海運運具—舢舨則是速度最慢、運量最小、受氣候因素影響最大者，同時缺乏安全救難設施，以此運具疏散時，民眾生命安全不易確保。由上述可知，三者之中較適宜者為鐵路，其次則為空運，海運第三，因此本研究對於海運疏散搭配公車疏散或空運輸送搭配公車疏散較不適合，後續章節則專對公路運輸與鐵路運輸二者聯合疏散下之整體架構、集結點及收容站之評選、疏散人口指派與車輛調度進行更深入的探討。

表 3.4 各種運輸系統之疏散可行性評比

運輸系統		鐵路運輸	海運運輸	空運運輸
使用運具		EMU600 電聯車	5 噸以下漁船 或動力舢舨	S-76 直昇機
考量因子				
供給	運能評比	1	3	2
	運輸速度評比	2	3	1
	運輸距離評比	2	3	1
需求	安全性評比	1	2	2
	便利性評比	2	2	1
疏散可行性評比		1	3	2



## 第四章 鐵公路聯合疏散模式構建

本研究於首章內容曾提及核能事故乃屬於循序漸進性質，因此核能事故之應對辦法亦是依序而執行。在執行緊急計畫區路網疏散作業前，政府應依序完成「通知學校停課，民眾暫停上班」、「關閉公共場所」、「疏導外來民眾與車輛離開EPZ」、「設立收容防護站與收容中心」與「公用車輛之動員、待命與集結」等工作項目，而政府在正式下達疏散命令之後，無私人運具使用之民眾亦需遵從指示至規劃之集結點，於此處搭乘公用車輛離開緊急計畫區，前往收容防護站進行輻射劑量測、除汙動作。其中，「設立收容防護站與收容中心」、「公用車輛之動員、待命與集結」以及「無私車疏散民眾之指派」等工作項目即是本章所探討之內容。

TEVACS在過去是以共同疏散私人車輛與公用車輛為主要功能，未將其他運具納入疏散考量。根據前面章節之分析，本研究已確定鐵路運輸可作為公路疏散之輔助系統，故本章首節(見4.1節)即是將鐵路疏散納入路網疏散規劃之考慮，依EPZ內車站數之不同，建構出多種鐵路疏散模式，與公路運輸共同疏散民眾。後續則對鐵公路聯合疏散下各疏散設施如待命點、集結點與收容站之評選規則加以說明(請見4.2節)，進而對疏散人口進行指派(請見4.3節)。最後則是鐵公路列車車輛聯合調派之內容說明(請見4.4節)。

### 4.1 鐵路列車調派模式構建

由於鐵路運輸系統與公路運輸系統兩者並不相同且不會相互干擾，因此鐵路列車之調派即可與公路上公用車輛的調派獨立分開作業。在鐵路列車調派上，車輛(或列車)之調派作業又可分為二，一為車輛(或列車)進場，一為車輛(或列車)離開。首先，應需瞭解鐵路在經過緊急計畫區時，其路線或路網分佈狀況及在範圍中所能設置之車站數目，在路線或路網分佈狀況不同以及車站數目不同下，列車調派作業將會有所差異。

此外，本研究將核能電廠緊急計畫區附近地理環境考慮在內，因核能電廠係位於人口較少之地區，附近交通路網不會有綿密路網的產生，故本研究最多僅考慮2條鐵路路線通過緊急計畫區內。而在緊急計畫區直徑10km內，參考台灣鐵路管理局網頁中之各站營業里程距離，最短站間距離約在2.5km至3km，因此緊急計畫區中最多可設置3座車站，最少可能無車站或設置一座車站，由於不同車站數目其調派結果會有所不同，當路線受到下風向輻射劑量影響時決策單位即可對不同的列車調派策略加以考慮，使輻射劑量影響減至最低(進場路線不受風向之影響)，因此以列車進場與離開之組合即能產生多種列車調派方式。

本研究將列車之進場設定為參數，列車之離開則視為變數。在參數部分主要是受到緊急範圍區外的列車待命設施數量之影響，使列車進場方式有所不同。而變數部分則是受列車進場方式之影響，會產生數種相對之離開模式。以下將針對列車進場與離開之調派模式加以說明，鐵路列車進場與離開調派模式之內容亦可參閱表4.1~4.7。

## 1. 列車進場模式

列車進場意指列車自緊急計畫區5km外的調車廠、車站或號誌站等具有儲放列車功能之待命設施發車，前往緊急計畫區中之車站搭載民眾。依據緊急計畫區中鐵路路網或車站數量的不同，本研究將模式予以命名，共計15種進場模式，其中模式名稱第1碼以數字表示緊急計畫區內之鐵路路線數，第2碼以後為英文編碼，如英文編碼有1碼時表示緊急計畫區內有一個車站、2碼時有2個車站、3碼時有3個車站...以此類推。英文編碼以A、a、B、b、X<sub>A</sub>、X<sub>a</sub>、X<sub>B</sub>、X<sub>b</sub>、Y<sub>A</sub>、Y<sub>a</sub>、Y<sub>B</sub>、Y<sub>b</sub>表示列車進場、離開之行進方向，若緊急計畫區內有兩條以上的鐵路路線，則以加註X、Y來區分路線。

### (1) 1A模式

係指緊急計畫區內有1條鐵路、車站數量為1個下(車站編號1)之列車進場模式。此狀況是最基本的考量，是故，列車進場模式僅有1種方式，為基本模式，即列車由緊急計畫區外側的列車待命設施駛入緊急計畫區內的車站1，這種列車進場方式為單向進場，將進場方向設為主方向(方向編號A)，本研究即以「1A」表示列車進場之基本模式。

### (2) 1AA模式：

係指緊急計畫區內有1一條鐵路、車站數量為2個時(車站編號1、2)，有2列列車由緊急計畫區外側的列車待命設施分別駛入緊急計畫區內的車站1與車站2，其中一列火車將通過一個車站抵達另一個車站。當列車進場方式為同向進場，將進場方向設為主方向(方向編號A)，本研究即以「1AA」表示列車進場之基本模式。

### (3) 1AB模式：

狀況與上一模式相似，惟列車進場方式為雙向進場，將其中一進場方向設為主方向(方向編號A)，則另外的進場方向為副方向(方向編號B)，本研究即以「1AB」表示列車進場之基本模式。

### (4) 1AAA模式：

係指緊急計畫區內有1條鐵路、車站數量為3個時(車站編號1、2、3)，有3列列車由緊急計畫區外側的列車待命設施分別駛入緊急計畫區內的車站1、車站2與車站3，其中一列直接駛抵車站1，一列將通過車站1與車站2抵達車站3，另一列則通過車站1抵達車站2。當列車進場方式為同向進場，將進場方向設為主方向(方向編號A)，本研究即以「1AAA」表示列車進場之基本模式。

### (5) 1AAB模式：

與1AAA模式狀況相似，當列車進場方式為2列同向進場、1列反向進場，將2列同向進場的方向設為主方向(方向編號A)，另1列反向進場的方向則為副方向(方向編號B)，本研究即以「1AAB」表示此列車進場之基本模式。



(6)  $2X_A$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為1個時(車站編號1)，有1列列車自X路線緊急計畫區外側列車待命設施駛入緊急計畫區內車站1。本研究即以「 $2X_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(7)  $2Y_A$ 模式：

與上述狀況類似，但有1列列車為自Y路線緊急計畫區外側列車待命設施駛入緊急計畫區內車站1。本研究即以「 $2Y_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(8)  $2X_A X_A$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為2個時(車站編號1、2)，有2列列車皆自X路線緊急計畫區外側的列車待命設施分別駛入緊急計畫區內的車站1與車站2，其中一列火車將通過車站1抵達車站2。此時列車進場方式為同向進場且皆使用X路線，將進場方向設為主方向(方向編號A)，本研究即以「 $2X_A X_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(9)  $2X_A X_B$ 模式：

與(8)情況類似，兩列列車皆行駛X路線進場，但是以雙向方式進入到車站1與車站2，本研究以「 $2X_A X_B$ 」表示列車進場之基本模式。

(10)  $2Y_A X_A$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為2個時(車站編號1、2)，有1列列車自Y路線緊急計畫區外駛入區內車站1，另一列火車自X路線緊急計畫區外駛入區內並通過車站1抵達車站2。本研究以「 $2Y_A X_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(11)  $2Y_A X_B$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為2個時(車站編號1、2)，有1列列車自Y路線緊急計畫區外駛入區內車站1，另一列火車自X路線緊急計畫區外駛入區內直抵車站2。本研究以「 $2Y_A X_B$ 」表示列車進場之基本模式。

(12)  $2X_A X_A Y_A$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為3個時(車站編號1、2、3)，有2列列車皆自X路線緊急計畫區外分別駛入區內車站1與車站2，其中一列火車將通過車站1抵達車站2。另外第3列列車自Y路線緊急計畫區外駛入區內車站3。本研究以「 $2X_A X_A Y_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(13)  $2X_A X_A Y_B$ 模式：

與(12)情況類似，惟行駛Y路線的列車由原進場方向(A)改為另一方向(B)進場，同時通過車站1抵達車站3，本研究以「 $2X_A X_A Y_B$ 」表示列車進場之基本模式。

(14)  $2X_A X_B Y_A$  模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為3個時(車站編號1、2、3)，有2列列車皆自X路線緊急計畫區外分以不同方向別駛入區內車站1與車站2，兩列列車不經過任何一個車站。另外第3列列車自Y路線緊急計畫區外駛入區內車站3且不經過車站1。本研究以「 $2X_A X_A Y_A$ 」表示列車進場之基本模式。

(15)  $2X_A X_B Y_B$  模式：

與(14)情況類似，惟行駛Y路線的列車由原進場方向(A)改為另一方向(B)進場，同時通過車站1抵達車站3，本研究以「 $2X_A X_B Y_B$ 」表示列車進場之基本模式。

## 2. 離開模式

列車離開模式是指列車自緊急計畫區中的民眾集結車站發車，向緊急計畫區5km外行駛，並駛至民眾收容車站讓疏散民眾安全下車為止。依據緊急計畫區中鐵路路網或車站數量的不同，本研究將模式予以命名，共計26種列車離開模式：

(1) 1a 模式：

係指緊急計畫區內有1條鐵路、車站數量為1個下(車站編號1)所產生的列車離開模式之一，即列車由緊急計畫區內的集結點車站1向緊急計畫區外的列車待命設施駛出。若列車駛出方向是順著列車進場方向駛出時(即同方向)，將此方向設定為a，本研究即以「1a」表示此列車離開之模式。

(2) 1b 模式：

情況與1a模式類似，但若列車駛出方向是逆著列車進場方向駛出時(即相異方向)，將此方向設定為b，本研究即以「1b」表示此列車離開之模式。

(3) 1aa 模式：

係指緊急計畫區內有1條鐵路、車站數量為2個下(車站編號1與車站2)所產生的列車離開模式之一，即兩列車由緊急計畫區內的集結點車站1與車站2向緊急計畫區外的列車待命設施駛出。假設有一主從方向，將此方向設定為a，若兩列車駛出方向與此方向相同，本研究即以「1aa」表示此列車離開之模式。

(4) 1bb 模式：

與(3)條件情況相似，當兩列車駛出方向相同，但卻是逆著主從方向駛出時，將此逆方向設定為b，本研究即以「1bb」表示此列車離開之模式。

(5) 1ab 模式：

與(3)條件情況相似，但當兩列車駛出方向不同，其中一列是順著主從方向駛出，將此順方向設定為a；另一列為逆著主從方向駛出，將此逆方向設定為b，本研究即以「1ab」表示此列車離開之模式。

(6) 1aaa模式：

係指緊急計畫區內有1條鐵路、車站數量為3個下(車站編號1、車站2與車站3)所產生的列車離開模式之一，即三列列車由緊急計畫區內的集結點車站1、車站2與車站3向緊急計畫區外的列車待命設施駛出。假設有一主從方向，將此方向設定為a，若三列車駛出方向皆與此方向相同，本研究即以「1aaa」表示此列車離開之模式。

(7) 1bbb模式：

與(6)條件情況相似，當三列車駛出方向相同，但卻是逆著主從方向駛出時，將此逆方向設定為b，本研究即以「1bbb」表示此列車離開之模式。

(8) 1baa模式：

與(6)條件情況相似，但三列車駛出方向不同，其中兩列是順著主從方向駛出，將此順方向設定為a；另一列為逆著主從方向駛出，將此逆方向設定為b，本研究即以「1baa」表示此列車離開之模式。

(9) 1bba模式

與(8)條件情況相似，同樣是三列車駛出方向不同，其中一列是順著主從方向駛出，將此順方向設定為a；另兩列為逆著主從方向駛出，將此逆方向設定為b，本研究即以「1bba」表示此列車離開之模式。

(10) 2X<sub>a</sub>模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為1個下(車站編號1)所產生的列車離開模式，即列車從X路線上車站1向緊急計畫區外的列車待命設施駛出。若列車駛出方向是順著A進場方向駛出時，將此方向設定為a，本研究即以「2X<sub>a</sub>」表示此列車離開之模式。

(11) 2X<sub>b</sub>模式：

與(10)條件情況相似，但該列車由X路線上車站1以逆著A進場方向—(b)駛出，本研究即以「2X<sub>b</sub>」表示之。

(12) 2Y<sub>a</sub>模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為1個下(車站編號1，為XY兩路線交叉車站)所產生的列車離開模式，即列車從Y路線上車站1向緊急計畫區外的列車待命設施駛出。若列車駛出方向是順著A進場方向駛出時，將此方向設定為a，本研究即以「2Y<sub>a</sub>」表示此列車離開之模式。

(13) 2Y<sub>b</sub>模式：

與(12)條件情況相似，但該列車由Y路線上車站1以逆著A進場方向—(b)駛出，本研究以「2Y<sub>b</sub>」表示之。

(14)  $2X_aX_a$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為2個下(車站編號1、2，車站1為YX兩路線交叉車站)所產生的列車離開模式，即兩列車從X路線上車站1與車站2以同方向向緊急計畫區外駛出，本研究以「 $2X_aX_a$ 」表示此列車離開之模式。

(15)  $2X_aX_b$ 模式：

與(14)條件情況相似，但兩列車分別從X路線上車站1與車站2以相反方向向緊急計畫區外駛出，即一列車以逆著A進場方向—(b)駛出，另一列車則順著X路線A進場方向—(a)駛出，本研究以「 $2X_aX_b$ 」表示之。

(16)  $2X_bX_b$ 模式：

與(14)條件情況相似，但兩列車皆從X路線上車站1與車站2以逆著A進場方向—(b)駛出，本研究以「 $2X_bX_b$ 」表示之。

(17)  $2Y_aX_a$ 模式：

係指緊急計畫區內有2條鐵路、車站數量為2個下(車站編號1、2，車站1為XY兩路線交叉車站)所產生的列車離開模式，其中一列車從Y路線上車站1以順著Y路線A進場方向—(a)駛出，另一列車從X路線上車站2以順著X路線A進場方向—(a)向外駛出，本研究以「 $2Y_aX_a$ 」表示此列車離開之模式。

(18)  $2Y_aX_b$ 模式：

與(17)條件情況類似，但X路線上之列車從車站2以逆著X路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2Y_aX_b$ 」表示此列車離開之模式。

(19)  $2Y_bX_a$ 模式：

與(17)條件情況類似，但Y路線上之列車從車站1以逆著Y路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2Y_bX_a$ 」表示此列車離開之模式。

(20)  $2Y_bX_b$ 模式：

與(17)條件情況類似，不過兩列車行駛方向皆改變，Y路線上之列車從車站1以逆著Y路線A進場方向—(b)向外駛出，X路線上之列車從車站2以逆著X路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2Y_bX_b$ 」表示此列車離開之模式。

(21)  $2X_aX_aY_a$ 模式：

係指區內有2條鐵路、車站數量為3個下(車站編號1、2、3，車站1為XY兩路線交叉車站)，一列車從X路線上車站1以順著X路線A進場方向—(a)經過車站2後駛出，第二列列車從X路線上車站2以順著X路線A進場方向—(a)駛出，第三列列車則從Y路線上車站3以順著Y路線A進場方向—(a)並經過車站1後向外駛出，本研究以「 $2X_aX_aY_a$ 」表示此列車離開之模式。

(22)  $2X_aX_aY_b$ 模式：

與(21)條件情況相似，但第三列列車則從Y路線上車站3以逆著Y路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2X_aX_aY_b$ 」表示此列車離開之模式。

(23)  $2X_bX_aY_a$ 模式：

與(21)條件情況相似，但車站1之列車從X路線上以逆著X路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2X_bX_aY_a$ 」表示此列車離開之模式。

(24)  $2X_bX_aY_b$ 模式：

與(21)條件情況相似，車站1之列車從X路線上逆著A進場方向—(b)駛出，第二列列車從X路線上車站2以順著X路線A進場方向—(a)駛出，第三列列車則從Y路線上車站3以逆著Y路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2X_bX_aY_b$ 」表示之。

(25)  $2X_bX_bY_a$ 模式：

與(21)條件情況相似，其中一列車從X路線上車站1以逆著X路線A進場方向—(b)向外駛出，第二列列車從X路線上車站2以逆著X路線A進場方向—(a)並通過車站1向外駛出，第三列列車從Y路線上車站3以順著Y路線A進場方向—(a)並經過車站1後向外駛出，本研究以「 $2X_bX_bY_a$ 」表示此列車離開之模式。

(26)  $2X_bX_bY_b$ 模式：

與(25)條件情況相似，但第三列列車從Y路線上車站3以逆著Y路線A進場方向—(b)向外駛出，本研究以「 $2X_bX_bY_b$ 」表示之。

鐵路列車各種進場與離開調派模式經過組合，可產生76種方式，如表4.1。若緊急計畫區中僅有1條鐵路、1個車站，當列車以1A模式進場，則該列車有1a、1b兩種模式離開；若緊急計畫區中有1條鐵路、2個車站，當列車以2AA模式進場，則該列車有2aa、2ab、2bb三種模式離開；當列車以2AB模式進場，則該列車有2aa、2ab、2bb三種模式離開；若緊急計畫區中有1條鐵路、3個車站，當列車以3AAA模式進場，則該列車有3aaa、3bbb、3baa、3bba四種模式離開；當列車以3AAB模式進場，則該列車同樣有3aaa、3bbb、3baa、3bba四種模式離開。

若緊急計畫區中僅有2條鐵路、1個車站，列車可以 $2X_A$ 、 $2Y_A$ 兩種模式進場，並有 $2X_a$ 、 $2X_b$ 、 $2Y_a$ 、 $2Y_b$ 四種模式離開；若緊急計畫區中有2條鐵路、2個車站，列車有 $2X_AX_A$ 、 $2X_AX_B$ 、 $2Y_AX_A$ 、 $2Y_AX_B$ 四種模式進場，並有 $2X_aX_a$ 、 $2X_aX_b$ 、 $2X_bX_b$ 、 $2Y_aX_a$ 、 $2Y_aX_b$ 、 $2Y_bX_a$ 、 $2Y_bX_b$ 七種模式離開。

若緊急計畫區中有2條鐵路、3個車站，列車可以 $2Y_BX_BY_A$ 、 $2Y_BX_AY_A$ 、 $2Y_AX_BY_A$ 、 $2Y_AX_AY_A$ 四種模式進場，並有 $2X_bX_bY_b$ 、 $2X_bX_bY_a$ 、 $2X_bX_aY_b$ 、 $2X_bX_aY_a$ 、 $2X_aX_aY_b$ 、 $2X_aX_aY_a$ 六種模式離開。

表 4.1 鐵路列車進場與離開調派模式組合

列車進場	1A	1AA	1AB
列車離開	1a、1b	1aa、1ab、1bb	1aa、1ab、1bb
列車進場	1AAA		1AAB
列車離開	1aaa、1bbb、1baa、1bba		1aaa、1bbb、1baa、1bba
列車進場	$2X_A$		$2Y_A$
列車離開	$2X_a、2X_b、2Y_a、2Y_b$		$2X_a、2X_b、2Y_a、2Y_b$
列車進場	$2X_A X_A$		$2X_A X_B$
列車離開	$2X_a X_a、2X_a X_b、2X_b X_b、2Y_a X_a、2Y_a X_b、2Y_b X_a、2Y_b X_b$		$2X_a X_a、2X_a X_b、2X_b X_b、2Y_a X_a、2Y_a X_b、2Y_b X_a、2Y_b X_b$
列車進場	$2Y_A X_A$		$2Y_A X_B$
列車離開	$2X_a X_a、2X_a X_b、2X_b X_b、2Y_a X_a、2Y_a X_b、2Y_b X_a、2Y_b X_b$		$2X_a X_a、2X_a X_b、2X_b X_b、2Y_a X_a、2Y_a X_b、2Y_b X_a、2Y_b X_b$
列車進場	$2X_A X_A Y_A$		$2X_A X_A Y_B$
列車離開	$2X_b X_b Y_b、2X_b X_b Y_a、2X_b X_a Y_b、2X_b X_a Y_a、2X_a X_a Y_b、2X_a X_a Y_a$		$2X_b X_b Y_b、2X_b X_b Y_a、2X_b X_a Y_b、2X_b X_a Y_a、2X_a X_a Y_b、2X_a X_a Y_a$
列車進場	$2X_A X_B Y_A$		$2X_A X_B Y_B$
列車離開	$2X_b X_b Y_b、2X_b X_b Y_a、2X_b X_a Y_b、2X_b X_a Y_a、2X_a X_a Y_b、2X_a X_a Y_a$		$2X_b X_b Y_b、2X_b X_b Y_a、2X_b X_a Y_b、2X_b X_a Y_a、2X_a X_a Y_b、2X_a X_a Y_a$

表 4.2 鐵路列車進場調派模式(1)

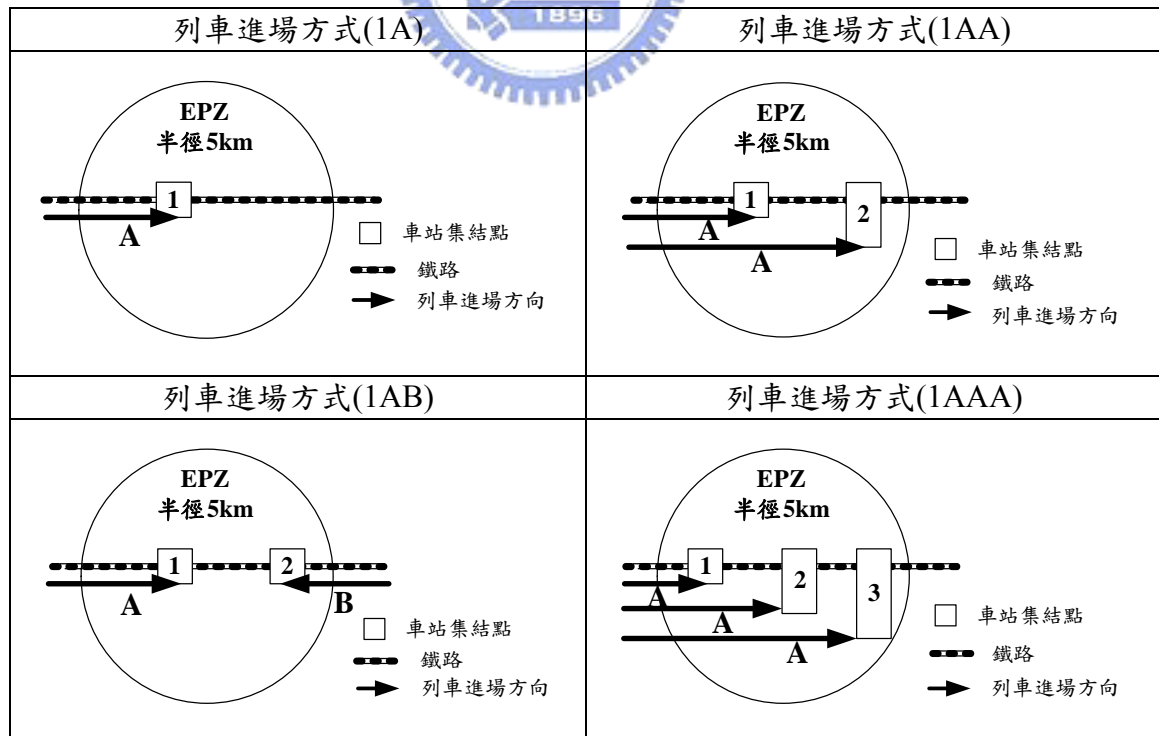


表 4.3 鐵路列車進場調派模式(2)

<p>列車進場方式(1AAB)</p>	<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>)</p>
<p>列車進場方式(2Y<sub>A</sub>)</p>	<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>X<sub>A</sub>)</p>
<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>X<sub>B</sub>)</p>	<p>列車進場方式(2Y<sub>A</sub>X<sub>A</sub>)</p>
<p>列車進場方式(2Y<sub>A</sub>X<sub>B</sub>)</p>	<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>X<sub>A</sub>Y<sub>A</sub>)</p>
<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>X<sub>A</sub>Y<sub>B</sub>)</p>	<p>列車進場方式(2X<sub>A</sub>X<sub>B</sub>Y<sub>A</sub>)</p>

表 4.4 鐵路列車進場調派模式(3)

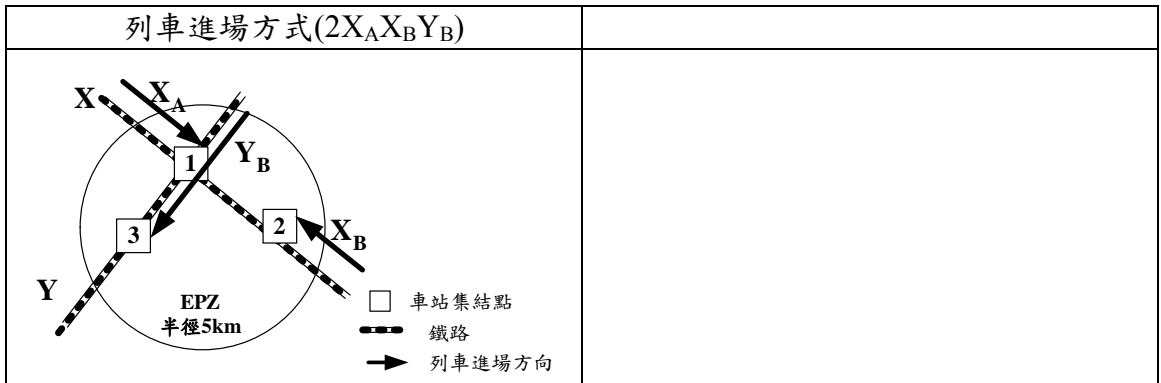


表 4.5 鐵路列車離場調派模式(1)

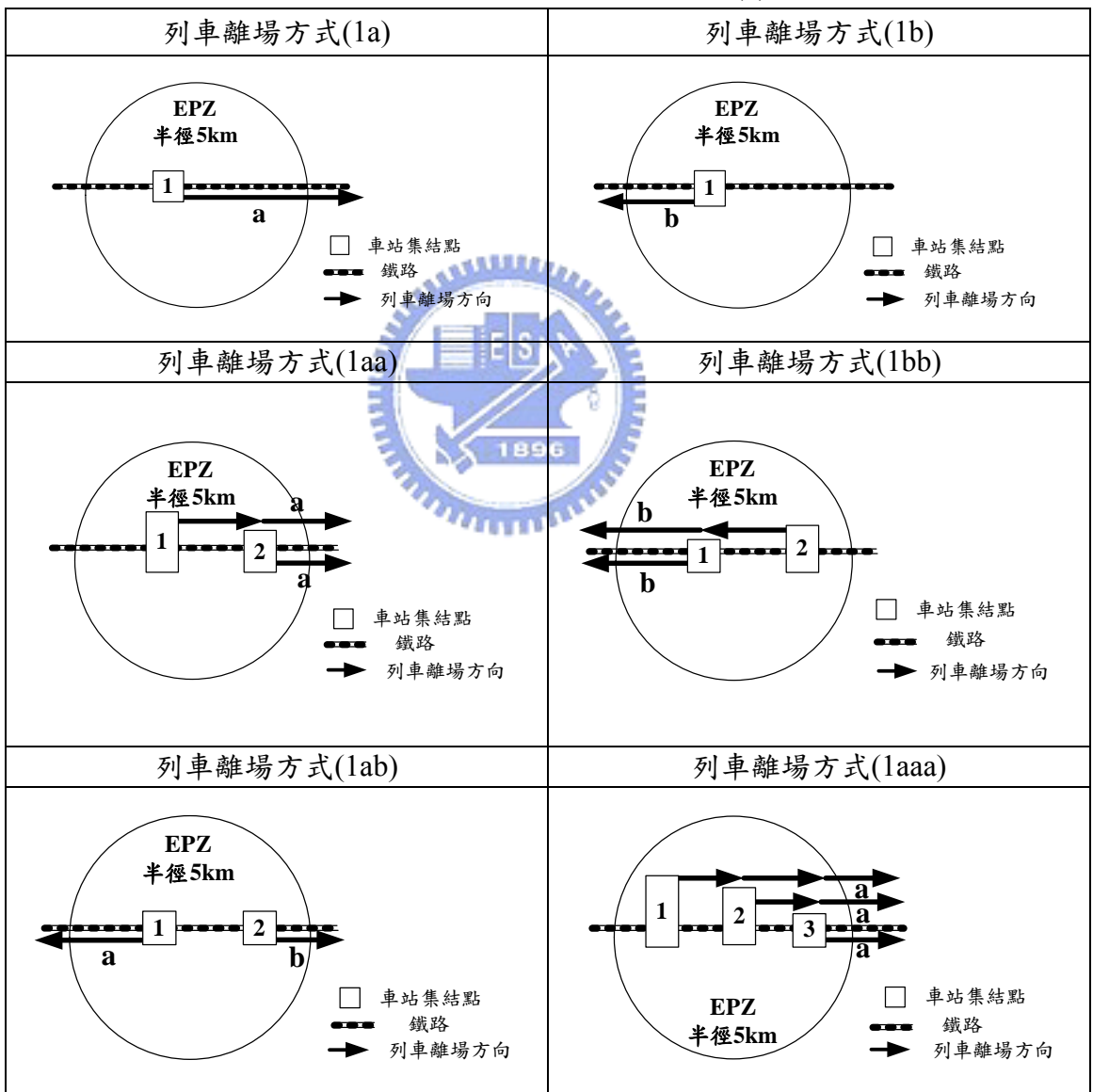




表 4.6 鐵路列車離場調派模式(2)

<p>列車離場方式(1baa)</p>	<p>列車離場方式(1bba)</p>
<p>列車離場方式(1bbb)</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>a</sub>)</p>
<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>)</p>	<p>列車離場方式(2Y<sub>a</sub>)</p>
<p>列車離場方式(2Y<sub>b</sub>)</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>a</sub>X<sub>a</sub>)</p>
<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>a</sub>)</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>b</sub>)</p>

表 4.7 鐵路列車離開調派模式(3)

<p>列車離場方式(2Y<sub>a</sub>X<sub>a</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>	<p>列車離場方式(2Y<sub>a</sub>X<sub>b</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>
<p>列車離場方式(2Y<sub>b</sub>X<sub>a</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>	<p>列車離場方式(2Y<sub>b</sub>X<sub>b</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>
<p>列車離場方式(2X<sub>a</sub>X<sub>a</sub>Y<sub>a</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>a</sub>X<sub>a</sub>Y<sub>b</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>
<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>a</sub>Y<sub>a</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>a</sub>Y<sub>b</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>
<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>b</sub>Y<sub>a</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>	<p>列車離場方式(2X<sub>b</sub>X<sub>b</sub>Y<sub>b</sub>)</p> <p>EPZ 半徑5km</p> <p>□ 車站集結點          鐵路          → 列車離場方向</p>

## 4.2 待命點、集結點與收容站評選規則

在鐵公路聯合疏散下，鐵路之待命點、集結點與收容站之設置會與公路疏散時有所區別，以下分別對公路與鐵路的疏散設施(待命點、集結點與收容站)評選規則詳加說明。

### 1. 公路系統

#### (1) 待命點評選

待命點是指在政府下達疏散命令前，為方便公用車輛動員，使車輛有其可停放之場所。在決策單位「有可能」疏散民眾時，便調派公用車輛前往待命點待命；當決策單位「決定」需進行疏散時，公用車輛即從待命點出發進入緊急計畫區內之集結點，等候民眾搭乘。待命點之位置需設置在緊急計畫區(核能電廠5km)以外，設置條件如下：

- a. 需位於路旁，方便公用車輛進出之場所，並有寬闊平坦的場地，足以容納數十輛公用車輛，且具備車輛迴轉空間。
- b. 距離緊急計畫區越近越好，使公用車輛能儘早抵達集結點。
- c. 如有既有設施如學校、廣場、自然休閒遊憩區或遊樂場所等，應先考慮利用之，如設施不足時再加以擴建。
- d. 設置數量不只一處，可配合緊急計畫區的道路路網與集結點分佈情形，在區外之重要道路旁適當地點增設之。

#### (2) 集結點評選

集結點係供無私人運具使用的民眾聚集、搭乘公用車輛之地點，必須有寬敞的空間與通路以便民眾聚集及車輛進出，且以民眾熟悉的公共場所為佳。設計緊急疏散民眾集結點設計位置決策準則如下，其中第1至第7項為候選集結點的區位問題(Location Problem)，而第8與第9兩項則屬於分派(Allocation)時的原則：

- a. 需位於人口集居地附近以求能於較短時間內順利集結，但不能在人口集居地內部以免構建成本過鉅。
- b. 需距離道路較近，以便利公用車輛到達及出發。
- c. 設置成本小且對環境影響程度小：如土方挖填少、土地徵收面積小或伐木量需少等等。
- d. 必須考慮地形與地貌的限制，如高山、河流及山谷等對民眾集結動作的阻礙之因素。
- e. 如有既有設施如學校、廣場、自然休閒遊憩區或遊樂場所等，應先考慮利用之，如設施不足時再加以擴建。

- f. 集結點服務區內應考慮劑量分佈對人員健康所造成的影響，其設施以具有掩蔽效果者為佳。
- g. 候選集結點之面積需足夠停車及迴車。
- h. 集結點服務區應能均勻服務需求點之分佈，並在最大可允許的集結時間內，使民眾能夠到達某一集結點。
- i. 集結點設置數目需合理經濟，並需在其容量限制下，容納所有需要公用車輛疏散的民眾。

### (3) 收容站評選

核四廠緊急計畫民眾收容站之建置是在緊急計畫區五公里外之公眾場所，足以暫時容納疏散民眾，照顧民眾，且又可進行輻射劑量測、除汙動作的地方，一般而言，大都選擇學校作為收容站的地點。而疏散路線則應以收容站為終點。根據文獻[28]，本研究將其設置條件整理為：

- a. 能對民眾傳達疏散注意事項與訊息。
- b. 能對疏散民眾等提供輻射偵測與除汙。
- c. 可提供處理災民容量，並可得到掩蔽、水的供應與衛生措施。
- d. 可對民眾提供食物與醫療照顧。
- e. 對民眾提供確實的保證與安全。
- f. 提供民眾訊息與收音機服務。

## 2. 鐵路系統

### (1) 待命點評選

- a. 鐵路疏散之待命點以距離緊急計畫區邊緣最近之車站、號誌站或調度場為主，該處至少需足夠停放兩列以上之電聯車，以備不時之需(如故障或運量不足時等)。

### (2) 集結點評選

- a. 鐵路疏散之集結點是以緊急計畫區中已設置之車站為考量，原因在於車站內設有可供民眾安全上下車之月臺，不易發生民眾跌落鐵軌之事件。此外，車站內需設置具有掩蔽效果之設施為佳。

### (3) 收容站評選

- a. 鐵路疏散之收容站仍以緊急計畫區外之車站為考量對象，同樣是因為車站內設有可供民眾安全上下車之月臺，不易發生民眾跌落鐵軌之事件。此外，與集結點相同的是，車站內需設置具有掩蔽效果之設施為佳。

根據前面所列出之條件，即可進行核能電廠周遭之實地踏勘與調查，並可選出較為適當之集結點、收容站與待命點，其選擇流程如圖4.1所示，詳細之資料將於圖後說明。

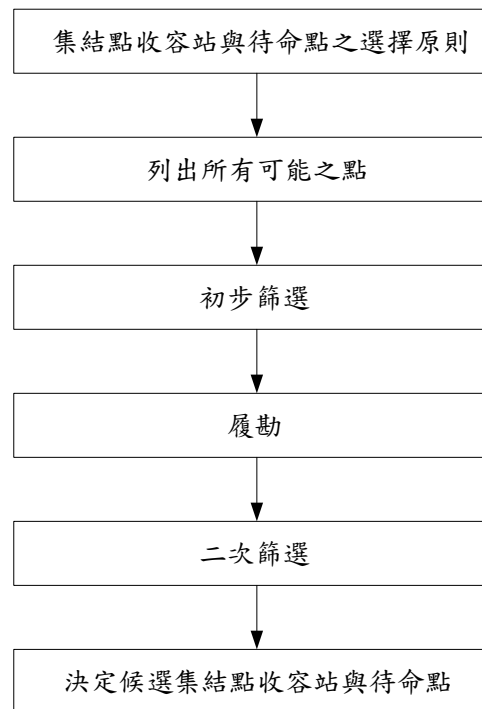


圖4.1 候選集結點、收容站與待命點之選擇流程

資料來源：[28]

1. 根據緊急計畫區所涵蓋鄉鎮之地圖，於核能電廠半徑五公里內，挑選適當之公共設施作為集結點可能名單，於核能電廠半徑五公里至十公里內，挑選適當之公共設施作為收容站、待命點可能名單。
2. 根據所列之集結點、收容站及待命點可能名單，派遣調查員前往進行踏勘，勘查項目包括集結點、收容站及待命點可能名單之有遮蔽最大人口容量、最大人口容量、最大車輛容量及進出條件。
3. 根據踏勘蒐集之資料，將集結點、收容站及待命點可能名單間之地理位置及交通狀況列入考慮，選擇適當地點作為候選集結點、收容站及待命點。
4. 調查項目說明：
  - (1) 所在位置：集結點、收容站或待命點所在之村裏。
  - (2) 距離核能電廠之直線距離：單位為公尺，由地圖上概略估算而得。
  - (3) 有遮蔽最大人口容量：建築物所能容納之最大人口數。
  - (4) 最大人口容量：包含建築物所能容納之最大人口數及建築物附近區域(如停車場、空地等)可供民眾停留之最大人口數
  - (5) 最大汽車容量：集結點、收容站及待命點附近，可供停放車輛之空間，以小型車為單位。
  - (6) 進出條件：可分為三種。A.佳：大型車容易進出或到達其主要出入口附近；B.普通：小型車容易進出；C.不佳：車輛不易進出。

5. 若範圍區內之既有設施機構人口容量與車輛容量皆很小，即可自候選名單中剔除。
6. 容量之估計是以每人使用2平方公尺為假設，收容站如為學校，則以操場一半加上教室空間之面積來計算人口容量，操場另一半則做為公用車輛停放之用；收容站如為一般設施則以設施建築物大小來計算人口容量。車站則以車站候車處之面積(包含月臺)計算人口容量。

### 4.3 疏散人口之指派

在進行疏散人口指派前，需先將核能電廠進行區域劃分，以便調查各分區之當地人口數或車輛數。有了各分區的人口與車輛資料後，計算各分區是否有民眾需依賴公用車輛疏散，最後則將疏散民眾指派至鄰近之集結點。

區域劃分方法是以核能電廠廠為中心向外擴展，半徑每增加一公里畫一圈，五公里之緊急計畫區（EPZ）共可畫分A、B、C、D、E五個同心圓；再按十六方位的方式，以正北方向為基準向左、向右各11.25°圓周角的範圍為第一方位，然後依順時針方向每隔22.5°圓周角為一方位，共可將整個EPZ分成80個扇狀的分區。此80個分區此即為資料的蒐集單位。

一般來說，在一範圍區內，人口與車輛係由「當地」及「外來」兩部份組合而成，在外來人口與車輛方面又可分成觀光旅遊、宗教活動及夜晚住宿三部份。其中，當地人口與車輛即是由80個分區的資料調查而來，觀光旅遊以及宗教活動之之人口與車輛資料則可根據實地踏勘之調查與觀光局近年旅遊人數統計資料加以彙整而獲得，至於夜晚住宿部分則同樣可調查當地合法登記之旅館與民宿可容納的人數進行推估得知，圖4.2為人口與車輛資料組成之示意圖。

由於不同時段（如白天與夜晚、平常日與例假日）的人口與車輛數資料會有明顯的差異，因此本研究將人口與車輛資料再按時段分成：平常日白天、平常日夜晚、例假日白天、例假日夜晚、特殊假日白天及特殊假日夜晚等六種情境。其中，平常日是指週一至週五之正常上班（課）日，例假日為週六與週日，特殊假日則指舉辦特定大型活動之日期，例如宗教慶典、觀光旅遊旺季。表4.8顯示不同時段情境下所涵蓋的人口與車輛資料來源。

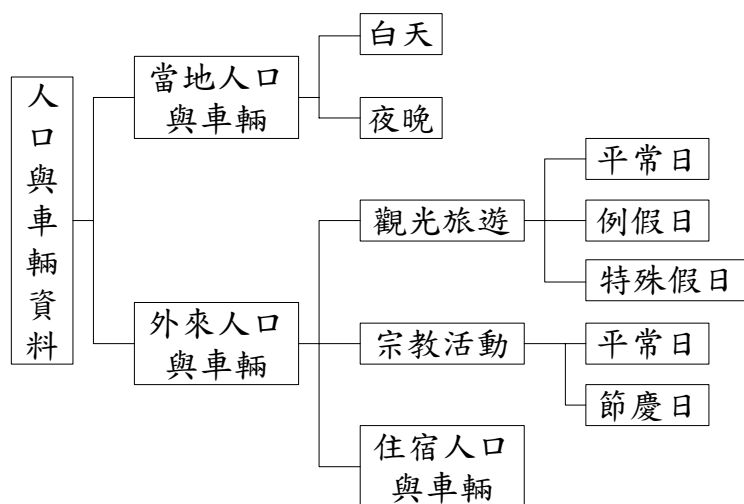


圖 4.2 人口與車輛資料組成示意圖

資料來源：[32]

表 4.8 人口、車輛在不同時段之調查與推估

時段	當地				外來											
	白天		夜晚		宗教活動				觀光旅遊							
					平常日		節慶日		平常日		例假日		特殊假日		住宿	
	人	車	人	車	人	車	人	車	人	車	人	車	人	車	人	車
平常日白天	√	√			√	√			√	√						
平常日夜晚			√	√	√	√									√	√
例假日白天	√	√			√	√					√	√				
例假日夜晚			√	√	√	√									√	√
特殊假日白天	√	√					√	√					√	√		
特殊假日夜晚			√	√	√	√									√	√
資料來源	分區資料調查				實地踏勘調查與觀光局統計推估											

資料來源：[32]

當確定民眾疏散集結點、收容站、公用車輛待命點後，配合不同時段下的人口與車輛資料，即可估算當地人口在各分區不同時段下需要公用車輛疏散的人數，其次再指派民眾至特定集結點，並計算各集結點所需之公用車輛數。以下說明整個處理步驟：

1. 計算私車總乘載人數  $P_p$

$$P_p = \sum_i^n m_i \cdot f_i \dots\dots\dots (1)$$

$i=1.2\dots n$

假設在緊急計畫區一分區內有  $n$  種車種，第  $i$  車種承載率為  $f_i$ ，且在一分區內該車種數量為  $m_i$ ，將車種數量  $m_i$  與承載率  $f_i$  兩者相乘，並分別計算  $n$  種車種之結果後加總之，即可求出分區內私車總承載人數  $P_p$ 。

## 2. 計算需以公用車輛疏散人數 $P_b$

$$P_b = k \cdot (A - P_p) \dots\dots\dots (2)$$
$$\begin{cases} k = 1, \text{ when } A \geq P_p \\ k = 0, \text{ when } A < P_p \end{cases}$$

假設緊急計畫區內一分區人口數為 $A$ ， $k$ 表示一分區是否有人員需以公用車輛來疏散，若 $A < P_p$ ，表示一分區人口數小於該區總承載人數 $P_p$ ，則該區無需要公用車輛疏散的民眾，即 $k = 0$ ；若 $A \geq P_p$ ，表示一分區人口數多於該區的總承載人數，表示該區需要使用公用車輛來疏散，即 $k = 1$ ，則需以公用車輛疏散人數 $P_b =$ 該區總人口數 $A -$ 該區總承載人數 $P_p$ 。

## 3. 指派民眾至集結點

根據各分區與各集結點距離的近遠順序，以及各集結點的容量限制，將各分區需要公用車輛疏散的人數就近指派給集結點，而每分區以指派一個集結點為基本原則。在指派時，不論是公路疏散之集結點或鐵路疏散之集結點皆等同視之。

## 4. 計算各民眾疏散集結點需要之公用車輛數

加總指派到各集結點的人數，然後依每公用車輛承載30人的承載率，計算各集結點需要的公用車輛數及其PCU。



## 4.4 鐵公路列車車輛聯合調派

在確認待命點、集結點與收容站評選後，經過上述步驟計算出公用車輛需要使用之數量，即可調派鐵公路車輛進入緊急計畫區中之集結點，並在承載疏散民眾後離開緊急計畫區。現在緊急計畫區中有兩種集結點：一種為鐵路車站集結點，另一種為公路上之公用車輛集結點。當兩者地理位置相近時，則選擇疏散時間短者作為集結點，在此種情況下必定是選擇鐵路車站，至於另一個集結點則不使用或者可供其他分區使用。經過此一步驟後可避免多餘車輛之調派，以節省不必要之社會成本支出，其基本概念如下：

1. 估算各分區的民眾分別使用鐵路或公用車輛進行疏散所需花費的時間（實線箭頭為使用鐵路疏散，虛線箭頭為使用公路疏散），如圖 4.3 所示。
2. 比較兩種疏散時間，取其少者指派之，可得到鐵公路集結點之涵蓋範圍界線，如圖 4.4。透過圖 4.4 的示意圖表示，當第 1 區內有集結點<sup>①</sup>與集結點<sup>⑤</sup>時，由於鐵路疏散速度快，因此原本皆指派到<sup>⑤</sup>的民眾，現在則全部指派到<sup>①</sup>。

換句話說，當在一個分區中同時有鐵路車站集結點與一般公車集結點可指派時，因鐵路疏散時間比一般公路疏散時間為短，故此區民眾將指派至鐵路車站集結點搭乘列車離開，以期能更快離開緊急計畫區。



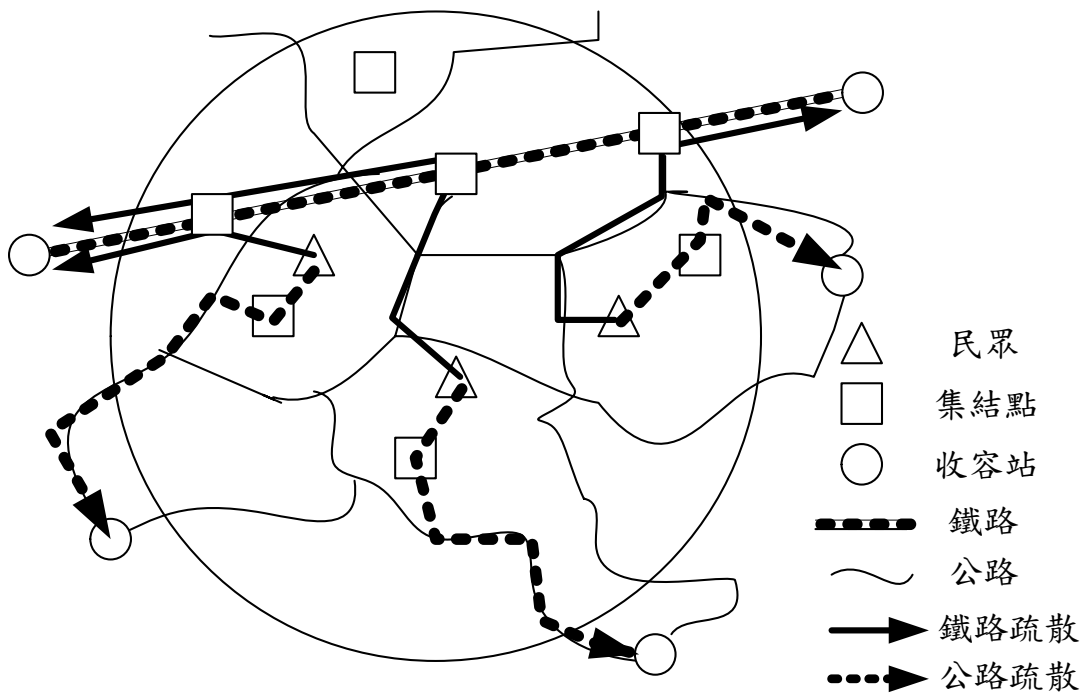


圖 4.3 鐵公路集結點與民眾疏散示意圖

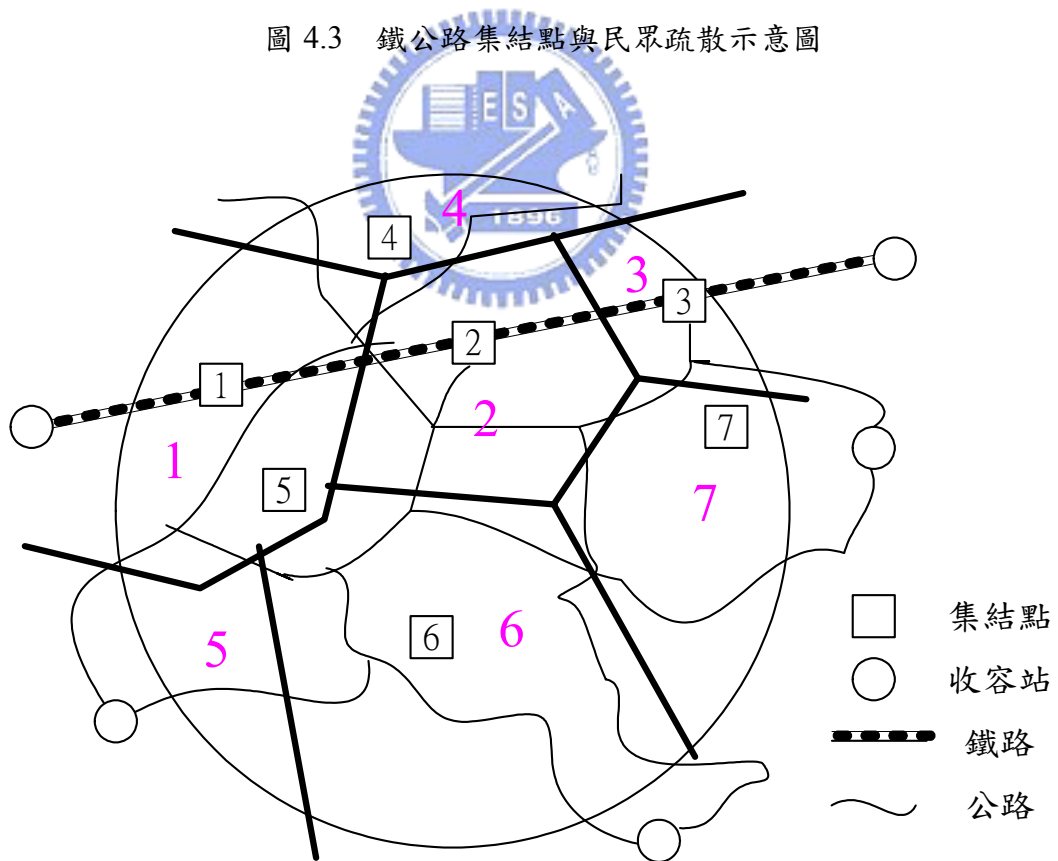


圖 4.4 鐵公路集結點涵蓋範圍界線圖

至於在車輛調派方面，在公路車輛調派上，車輛進場時，乃是以待命點至集結點間之最短路徑為公用車輛之行駛路線；而車輛離開時，則是以集結點至收容站間之最短路徑為公用車輛行駛路線。值得注意的是，後者必須考量風向影響之因素。

當公用車輛行駛路線恰好位在下風向輻射劑量影響範圍時，則需選擇其他路線以避開輻射劑量影響範圍；但若是連收容站也位在下風向輻射劑量影響範圍內時，則需更換為其他收容站，使民眾受到輻射劑量影響減至最低，如圖4.5中，緊急計畫區內有一條向東南方之虛線為原本公用車輛之行駛路線，因行駛路線與收容站皆受到下風向影響(中間類似鑰匙孔陰影部分)，路線便更改為向西方行駛，收容站亦更換為緊急計畫區外西方之收容站。

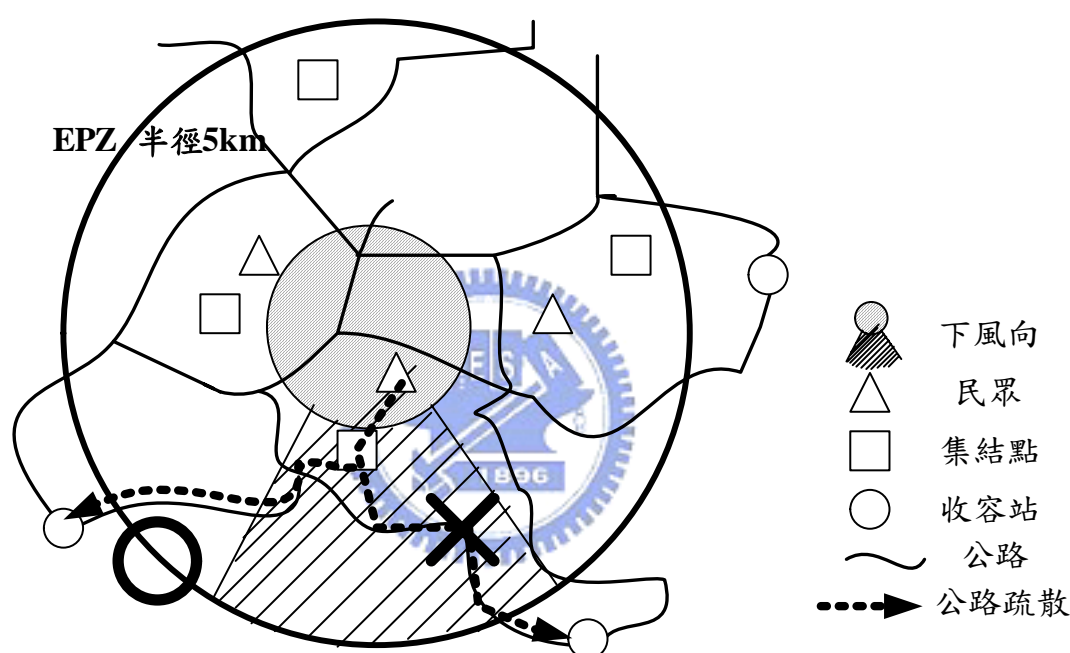


圖4.5 公用車輛行駛路線受下風向輻射劑量影響示意圖

此外，與公路車輛調派相同地，在鐵路調派時，必須考量風向影響之因素。當鐵路列車行駛路線恰好位在下風向輻射劑量影響範圍時，則需選擇其他路線以避開輻射劑量影響範圍；但若是連收容站也位在下風向輻射劑量影響範圍內時，則需更換為其他收容站，使民眾受到輻射劑量影響減至最低，如圖4.6中，緊急計畫區內有一條向東北方之虛線為原本鐵路列車之行駛路線，因行駛路線與收容站皆受到下風向影響(中間類似鑰匙孔陰影部分)，路線便更改為向西方行駛，收容站亦更換為緊急計畫區外西方之收容站。如果套用4.1節中鐵路調派模式，以圖4.6的情況觀之，其鐵路列車可能是以1aaa、1baa、3bba的方式離開，但由於東北方向受下風向因素之影響，必須轉為使用1bbb的方式離開，以避免民眾受到輻射劑量之污染。

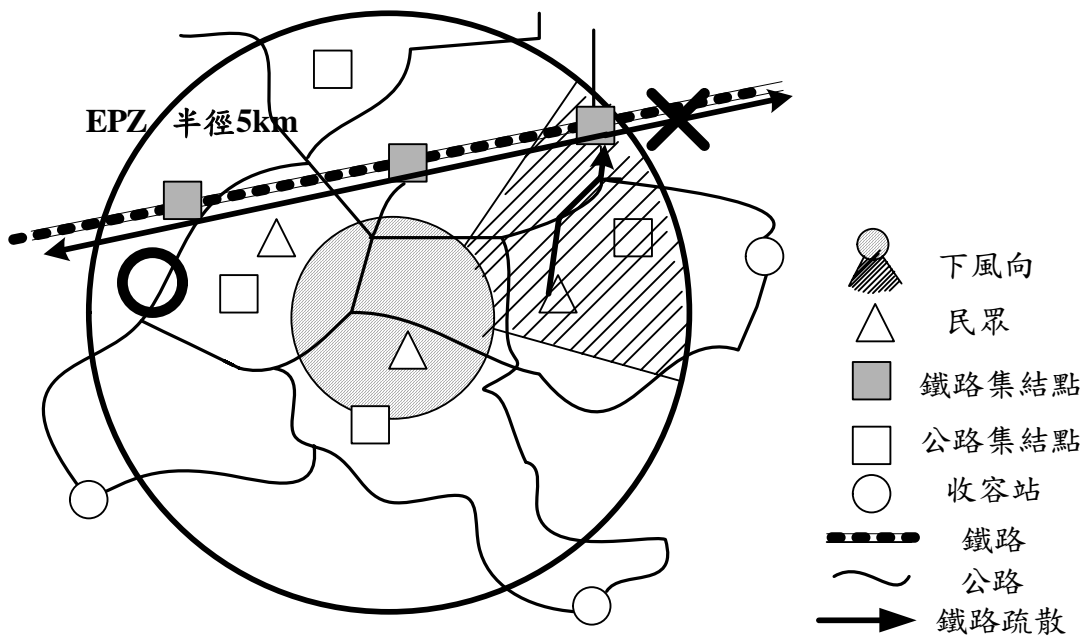


圖4.6 鐵路列車行駛路線受下風向輻射劑量影響示意圖



## 第五章 個案應用與疏散策略研擬

本研究在第三章內容中已對台灣地區使用之各種運輸系統加以介紹，進而分析出鐵路運輸為適合疏散之運具，接著在第四章更進一步對集結點、收容站、待命點評選、疏散人口指派方法及公鐵路派車模式的細節提出說明。本章是以核四廠作為個案應用實例，並構建 TEVACS' 2004 系統。因此在 5.1 節係對 TEVACS' 2004 系統組成架構詳加敘述；而為建立 TEVACS' 2004 系統，必須依此架構進行個案資料之蒐集，故 5.2 節即是介紹核能四廠緊急計畫區範圍內運輸系統現況；5.3 節乃將對所蒐集的核能四廠緊急計畫區人口與車輛資料彙整與歸納；5.4 節則套用第四章的集結點、收容站、待命點評選法則來決定本研究範圍內適合的疏散設施地點(集結點、收容站及待命點)，同時分派民眾至適當地點集結後，針對公路與鐵路計算所需的公用車輛數及規劃車輛進場與離開的最佳路線；最後的 5.5 節是依疏散情境列出各種疏散策略，包含傳統公路疏散及公鐵路聯合疏散，並研擬 TSM 管理手段用以減低疏散時的壅塞程度，以期縮短車輛疏散時間。

### 5.1 TEVACS' 2004 系統內容說明

TEVACS 系統組成架構包括「系統控制」、「模擬模式庫」、「圖資檔案庫」以及「使用者介面」等基本功能，此系統自民國 76 年發展至今已邁入第 18 個年頭，系統功能與介面不斷演進，本研究發展之系統考慮了多運具疏散，在圖資檔案庫部分則使用目前聞名全球的地理資訊系統軟體 ArcView，將此新的決策支援系統稱為 TEVACS' 2004，其組織架構如圖 5.1。各組成構件功能說明以及所使用的軟體或程式語言說明如下：

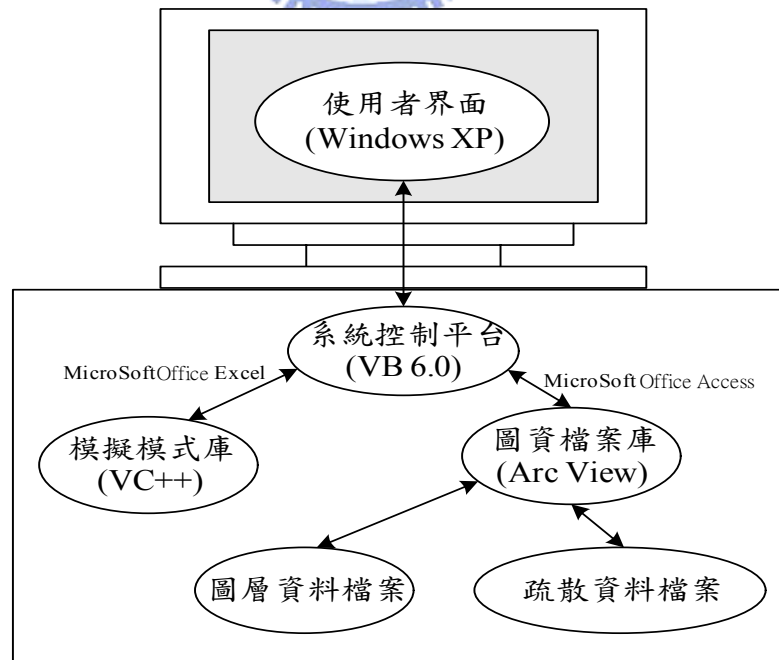


圖 5.1 TEVACS 疏散決策支援系統之組成架構

資料來源：[32]

### 1. 系統控制與使用者介面模組：

用以整合、控制系統各組件之運作與連結，並經由螢幕畫面將相關訊息展示給使用者。由於 TEVACS'2004 系統強調與多軟體相容及展示功能，因此作為控制整個系統運作的程式，必須有可控制其他軟體的能力，因此此部分採用 Visual Basic 6.0 程式，作為發展系統控制與使用者介面等組件之基礎。Visual Basic 6.0 提供設計者以視覺規劃的方式迅速設計介面，對於圖資軟體所需使用的「Arc View 8.3」亦可進行相關物件的控制。

### 2. 圖資檔案庫管理模組：

圖資檔案庫管理系統主要分為圖層資料管理系統以及疏散資料管理系統兩部分。在圖層資料管理系統部分，Arc View 8.3 對於資料屬性的管理以及圖層的管理均提供完整的功能來以予建置編輯。故在這個模組中使用 Arc View 8.3 來對其相關圖層資料屬性進行建置。而將所需各種資料的屬性以及圖層建置編輯後，利用 Visual Basic 6.0 所撰寫的展示介面相互連結，以達到疏散計畫資料查詢以及路網疏散動態模擬的使用功能。

### 3. 模擬模式庫資料模組：

這部份的內容包括路網車流模擬模式架構、疏散模擬情境分析以及因應路段封閉之路口轉向處理等功能。其功能主要提供估算核能電廠廠外民眾路網疏散時間之模擬模式。在路網疏散模擬程式部分是以 MicroSoft Visual C++來撰寫，並透過 MicroSoft Excel、MicroSoft Access 與 Visual Basic 6.0 以及 Arc View 8.3 相互連結。

## 5.2 核四廠 EPZ 運輸系統現況

核能四廠廠址位於臺北縣貢寮鄉仁裏村鹽寮地區，約在基隆市東南方 20 公里，臺北市東方 40 公里處，宜蘭市東北方 33 公里處，廠址面積約 480 公頃，核四廠址約位於大地座標北距 2770322，東距 342660，座標係以核四廠兩座反應爐連線的中心點為準。本研究在資料蒐集項目部分，包含了道路屬性資料、集結點、收容站與待命點資料、鐵路車站與漁港資料、及人口與車輛資料等，其中，集結點是位在核能四廠半徑五公里內，收容站與公用車輛待命點必須位在核四廠 EPZ 五公里範圍以外，至於核四廠緊急計畫區示意圖請見圖 5.2。

本研究分別在民國92年8月及10月份實施核能四廠週邊道路屬性、漁港、車站資料勘查。在這一節中將對蒐集後之資料進行整理，並對整個研究範圍內的運輸系統現況詳加描述：5.2.1為公路運輸系統；5.2.2為鐵路運輸系統；5.2.3為海運運輸系統。由於本研究範圍區內並無任何空運運輸系統設施，故在本節中對於空運運輸系統不多加描述，核能四廠緊急計畫區內各種運輸系統位置分佈示意圖請參考圖5.3。

### 5.2.1 公路運輸系統

本研究範圍內公路系統包括台2省道、縣102、縣102甲及北40鄉道，各等級道路皆為柏油路面。台2省道由北至東南貫穿整個核能四廠緊急計畫區，為本區對外的主要聯絡道路，亦是基隆-宜蘭往來車輛必經道路。台2省道路寬為14公尺，車道配置為雙向各一線道，部分路段拓寬為28公尺，車道配置為雙向各兩線道。縣102及縣102甲僅有單向速限標誌，兩條縣道路寬分別為7.2公尺及6.6公尺，為雙向各一線道，皆為貢寮鄉聯絡雙溪鄉的重要道路。至於北38鄉道則未設置里程碑，道路彎曲，路寬僅4公尺，但同樣是聯絡雙溪鄉與貢寮鄉的重要幹道之一。而北40鄉道設有里程碑，路寬4公尺至6公尺，路況較北38鄉道為佳，為台2省道與貢寮車站之聯絡道路。

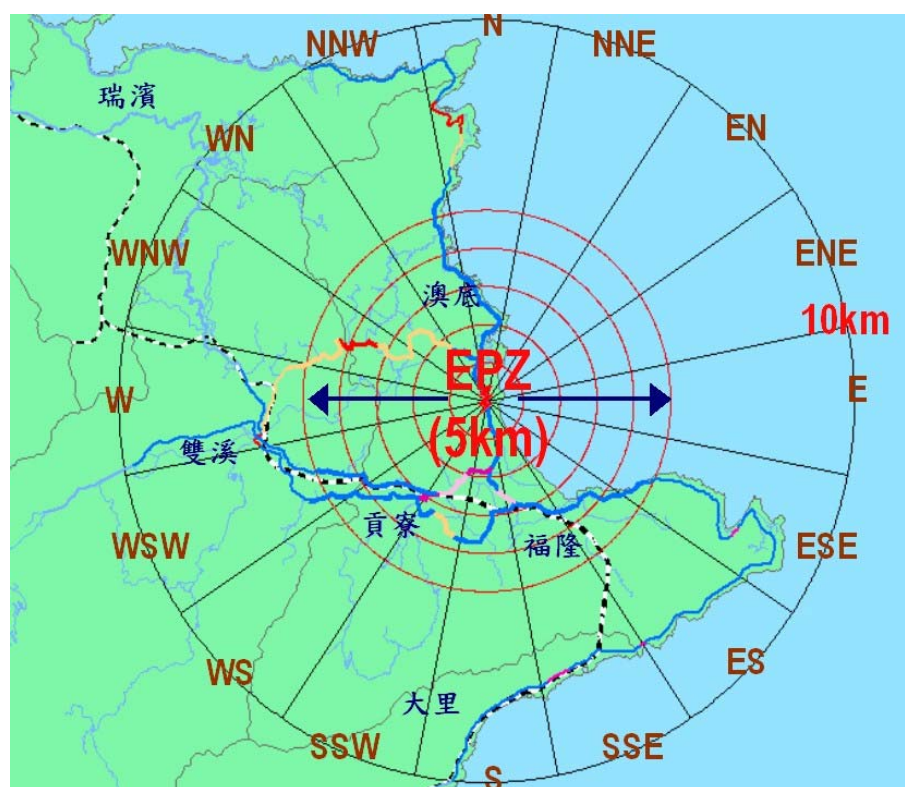


圖 5.2 核四廠緊急計畫區示意圖

資料來源：[32]

因本區恰與東北角海岸國家風景區有所重疊，觀光人口眾多，致使台2線之實際行駛速率在平常日與例假日有極大差異，平常日車速約可達70~80 km/hr，但一到例假日尖峰時段，部分路段則呈現擁擠現象，車速在10km/hr以下。縣102、縣102甲、北38及北40鄉道之實際行駛速率，平常日達50~60 km/hr，例假日雖車流量較平常日大，然而實際行駛速率並未降低。

另外，本研究在路況調查期間，民眾也曾表示當地交通設施方面有幾件事亟待解決：包括(1)砂石車的不當使用道路，如超速、超重等違規情形嚴重；(2)旅遊旺季旅客的人車常造成交通的擁擠，居民生活上的不便。(3)道路設施不足，聯外道路受到地形限制容量非常有限。



圖 5.3 核能四廠緊急計畫區內各運輸系統位置分佈示意圖  
資料來源：[32]

### 5.1.2 鐵路運輸系統

本研究區有台灣鐵路管理局宜蘭線鐵路(八堵-蘇澳)通過，宜蘭線往西可連接縱貫線(基隆-高雄)至台中、高雄，往南則連接北迴線(蘇澳新站-花蓮)、花東線(花蓮-台東)至花蓮、台東。於本研究範圍內包括有牡丹、雙溪、貢寮、福隆、石城與大里等共計六座鐵路車站，位置、站距如圖5.4所示，其中雙溪站為二等站，貢寮、福隆、大里為三等站，牡丹站為簡易站，於每日固定時間由雙溪站派員售票管理，石城站則為招呼站，僅由大里站派員按時清掃管理之，並無售票業務。

關於各車站附近的狀況，在核能四廠緊急計畫區內的車站為福隆車站及貢寮車站，兩座車站小型車皆容易到達，車站前僅有少許停車空間，但常有車輛停放於車站前，因此會有擁擠情形發生。至於緊急計畫區外的四個車站，分別是雙溪車站、牡丹車站、石城車站與大里車站，其中石城車站與大里車站位於台2省道的路旁，但車輛僅可停於路邊，民眾需自台2省道路旁走下樓梯後方可抵達車站出入口。雙溪車站與牡丹車站前亦有些許停車空間，雙溪車站因車站等級較高，高級列車停車頻率高，出入口明顯較牡丹車站多。本研究一併將調查與履勘的鐵路車站狀況整理如表5.1。

表 5.1 鐵路車站調查狀況結果

位置	站名	小型車 易達性	小型車 停車空間	小型車 停車數量	小型車 迴轉空間	容納 人數	是否有 掩蔽物體
5km 內	福隆站	√	√	15	√	600	√
	貢寮站	√	√	15	√	400	√
5 km   10 km	雙溪站	√	√	10	√	750	√
	牡丹站	√	√	15	√	350	√
	石城站	X	X	0	X	300	X
	大里站	X	X	0	X	300	√

資料來源：[32]



圖 5.4 研究範圍內各鐵路車站位置示意圖

資料來源：[28]

### 5.1.3 海運運輸系統

經過本研究勘查，在核能四廠緊急計畫區5公里內有美灩山漁港、澳底漁港以及福隆漁港，而5公里到10公里則包含了鼻頭角漁港、龍洞漁港、馬崗漁港、大里漁港以及石城漁港。就漁港規模比較之，以澳底漁港的規模為最大，可停放75噸漁船，鼻頭角漁港次之，最小為美灩山漁港與馬崗漁港，僅可停放5噸以下漁船。在緊急計畫區範圍內的漁港，小型車皆可輕易抵達，並擁有小型車停車空間及迴轉空間，各漁港可容納20輛以上的小型車，其中美灩山漁港接近台2省道，在路旁可設7個大型車停車格，福隆漁港的空間廣闊，具有設置民眾集結點的可能且漁港廣場能停放1架直昇機。在5公里到10公里內的鼻頭角漁港，可劃設2個大型車停車格，而大里漁港與石城漁港其易達性較不佳，停車數量也少。本研究之調查與履勘之漁港狀況結果整理如表5.2。



表 5.2 漁港狀況調查結果

位置	地點	小型車 易達性	小型車 停車空間	小型車 停車數量	車輛 迴轉空間	漁船最大 停泊噸數	其他
5 km 以 內	美灩山漁港	√	√	20	√	5 噸以下	7 個大型停車格
	澳底漁港	√	√	50	√	50 噸~75 噸	-
	福隆漁港	√	√	大型車:20 小型車:50	√	10.47 噸	可設集結點 可停 1 直昇機
5 km	鼻頭角漁港	√	√	40	√	50 噸以下	2 個大型停車格
	龍洞漁港	√	√	10	√	10 噸以下	-
10 km	馬崗漁港	√	√	10	√	5 噸以下	-
	大里漁港	△	√	15	√	20 噸以下	-
	石城漁港	X	√	10	√	20 噸	-

資料來源：[32]

### 5.3 人口車輛資料彙整歸納

本研究範圍內的人口與車輛資料主要是透過文獻資料以及現場實地踏勘調查而獲得，同時以 4.2 節的疏散人口計算方法，分析研究範圍內各分區的當地、外來的人口與車輛資料。在 4.2 節中已提到人口與車輛係由「當地」及「外來」兩部份組合而成，「外來」又分觀光旅遊、宗教活動及夜晚住宿三部份。故一開始需調查本研究範圍區內的各宗教與旅遊景點，其次再對這些地點之外來人口加以推估。

上述提及的「當地」人口車輛及「外來」宗教活動外來人口車輛係直接引用台灣大學謝英雄教授[35]的資料，觀光旅遊與夜晚住宿人口車輛即是引用觀光局遊人口統計與本研究實地踏勘調查等兩種方式綜合推估而成。表 5.3 顯示本研究範圍內共有宗教廟宇 8 座(仁和宮、慶安廟、…等)，旅遊景點 5 處(龍門公園、福隆蔚藍海岸、…等)，合法旅社 3 處。在觀光旅遊人口部分，由於本研究發現觀光局的統計資料僅有歷年之每月旅遊人數，並無單日或特定假日之旅遊人數，因此須由單月旅遊人數換算成單日旅遊人數。

本研究根據過去相關計畫[31]對混合車流特性之研究結果，訂定轉換各種車輛的小客車當量如表 5.4。處理外來的遊憩車輛數的步驟如下，首先將台灣大學所估計之外來遊憩人數資料按分區加以彙整，並分成平常日、例假日及特殊假日三種狀況。假設到風景名勝的遊客中，每 4 人視為 1.0PCU，到廟宇教堂的遊客則假設使用大客車(遊覽車)，每 30 人視為 1.6PCU。此外，本研究亦針對合法旅館進行容量調查，以推估夜晚的人口數與車輛數。

核能四廠人口車輛資料經本研究整理結果如表 5.5。其中人口資料係以人為單位，車輛資料則以小客車單位 (Passenger Car Unit, PCU) 為單位元，其目的是將各種不同類型、大小的車輛，藉由小客車當量 (Passenger Car Equivalent, PCE) 將車流量轉換成特性一致的小客車單位流量，藉以有效評估車輛在道路上的交通狀況。

表 5.3 各宗教、旅遊景點外來人口推算

分區	地點	單月最高 旅遊人數	平日		假日		特殊假日	
			白天	夜晚	白天	夜晚	白天	夜晚
1B	仁和宮	-	150	150	150	150	2000	2000
1B	慶安廟	-	50	50	50	50	300	300
1B	銘興旅社	-	0	24	0	24	0	24
5A	鹽寮海濱公園	18,865	363	0	1451	0	1935	0
7C	福隆蔚藍海岸	168,179	3234	0	12937	0	18889	18889
7C	東興宮	-	100	100	100	100	500	500
7C	基督教會 福隆營地	-	50	50	50	50	300	300
7C	海都旅社	-	0	50	0	50	0	50
7C	大東旅館	-	0	56	0	56	0	56
8B	昭惠廟	-	200	200	200	200	500	500
8C	龍門公園	30,143	580	580	2319	1500	3092	1500
8C	東北角風景 特定區管理處	58,697	1129	0	4515	0	6020	0
9B	慈仁宮	-	5	5	5	5	300	300
10C	德心宮	-	200	200	200	200	2000	2000
12E	保民殿	-	3	3	3	3	100	100
14E	慈安宮	-	3	3	3	3	90	90

資料來源：[32]

表 5.4 轉換各種車輛的小客車當量表

腳踏車	0.2PCU	小客車	1.0 PCU	大客車	1.6 PCU
機車	0.3 PCU	小貨車	1.0 PCU	大貨車	1.8 PCU
曳引搬運車	2.0 PCU	中型車	1.2 PCU	聯結車	3.0 PCU

資料來源：[31]

表 5.5 核能四廠緊急計畫區內人口與車輛資料彙整

	平常日 白天	平常日 夜晚	例假日 白天	例假日 夜晚	特殊假日 白天	特殊假日 夜晚
人口	10307	7886	26223	8806	34476	27234
車輛	2479.5	2014.5	4569.0	2244.5	5930.5	4257.5

單位：人口(人)；車輛(PCU)

資料來源：[32]

六個時段的總人口數，在平日白天為 10307 人，平日夜晚為 7886 人，例假日白天為 26223 人，例假日夜晚為 8806 人，特殊假日白天為 34476 人，特殊假日夜晚為 27234 人；總車輛數，在平日白天為 2479.5 PCU，平日夜晚為 2014.5 PCU，例假日白天為 4569.0 PCU，例假日夜晚為 2244.5 PCU，特殊假日白天為 5930.5 PCU，特殊假日夜晚為 4257.5 PCU。例假日白天人數約為平日白天的 2.54 倍，特殊假日白天人數約為平日白天的 3.34 倍。車輛數方面，變化在 2014.5PCU 至 5930.5PCU 之間，增幅約為 2.94 倍。

本節所考量的人口資料，係假設具有自主行動能力的民眾，而重度殘障或行動不便的居民，經調查後發現 EPZ 範圍區內並無大型的醫院或療養院，因此無法確切掌握重度殘障與行動不便居民的住所與人數。地方行政與社福體系應建立這些無法由家人協助疏散的重度殘障與行動不便居民之資料庫，並安排專車（醫護車）負責前往其住所載運疏散。至於專車的待命與派遣時機，應與公用疏散車輛之調度方式相同。

## 5.4 疏散設施評選及公用車輛路線規劃

在前面 4.2 節已提及疏散設施評選規則，本節以核四廠為例，套用此評選規則，分別找出公路與鐵路疏散設施位置並規劃其疏散路線。有關公路疏散設施可能候選位置之內容，請見 5.4.1 小節；其次，於 5.4.2 小節考慮公路疏散設施地理位置對民眾疏散造成之影響，將其疏散設施數目與位置微幅調整後，完成公路疏散設施位置與數目評選；5.4.3 小節是以 4.3 節疏散人口指派的方法，求得各集結點需以公用車輛疏散的民眾數，同時計算需派遣的公車數目後，對公路公用車輛進場與疏散路線加以規劃；最後在 5.4.4 小節則是鐵路疏散設施評選與列車路線規劃。

### 5.4.1 公路疏散設施可能位置

本研究根據調查與履勘後所獲得之資料，將集結點、收容站與公用車輛待命點等疏散設施整理如表 5.6、表 5.7 與表 5.8 所示，同時詳細列出各疏散設施的可容納人口數、公用車輛數、公用車輛進出方便與否及有無空間讓公用車輛迴轉等細部資料。

在集結點部分，可能候選地點選擇的重點在於擁有公用車輛停車空間、村民熟悉之各地中小學或有名景點，這些地點因屬於既有設施，較適合做為民眾疏散集結點。透過表 5.6，可看出集結點可能位置有 17 處，包括澳底國小、東北角風景管理處、和美國小... 等，這些集結點多在緊急計畫區內，但有些則位在緊急計畫區的邊緣附近，如雙溪國小、雙溪國小三港分班、南天宮，因本研究以可能位置來考慮，故仍暫時先將其納入考量範圍之內。此外因設施點的不同，造成人口與公用車輛容量差異極大，人口容量在 100 人至 1600 人之間，車輛容量則在 5 輛至 93 輛之間。

表 5.6 集結點可能位置清單

集結點名稱	所在分區	人口容量 (人)	車輛容量 (公用車輛)	進出條件
澳底國小	1C	1000	23	佳
福隆火車站	7C	150	5	普通
龍門露營區	7C	250	50	佳
福隆國小	7D	200	10	佳
東北角風景特定區管理處	8C	800	93	佳
福隆加油站	8C	100	5	佳
貢寮國小	11B	750	50	佳
貢寮國中	11C	1500	70	佳
貢寮火車站	11C	100	5	佳
慈仁宮	15C	200	5	普通
豐珠國小	15E	200	10	普通
仁和宮	16B	500	12	佳
金沙灣	16E	150	15	佳
和美國小	16E	300	2	普通
雙溪國小	魚行村	1600	15	佳
雙溪國小三港分班	三港村	300	5	佳
南天宮	新基村	1500	10	佳

資料來源：[32]

表 5.7 收容站可能位置清單

所在位置	收容站	有遮蔽最大 人口容量	最大人口 容量	最大車輛容量 (公用車輛)	進出條件
和美村	龍洞南口 海洋公園	500	4500	35	佳
	和美國小分校	200	350	5	普通
大里村	天公廟及大里 遊客服務中心	600	1800	30	佳
平林村	雙溪中學	2700	4000	30	佳
福連村	福連國小	150	200	4	佳
	大里國小	150	250	2	佳
	上林國小	400	900	12	佳

資料來源：[32]

收容站必須位在核四廠 EPZ 五公里範圍以外，若考慮民眾疏散方向之移動、區域特性與收容站性質，初步判斷，多以擁有操場的地方中小學為適合之收容站，或以擁有寬闊的人口與公用車輛容納之空間為主要考量。表 5.7 顯示，可能之收容站包含龍洞南口海洋公園、天公廟及大里遊客服務中心、雙溪中學、福連國小、大里國小、上林國小等等。各收容站有遮蔽最大人口容量在 150 人至 2700 人之間，可容納公用車輛在 2 輛至 35 輛之間。

表 5.8 待命點可能位置清單

待命點	大型車 可否進入	大型車 停車空間	大型車 停車數量	大型車 迴轉空間
雙溪中學	√	√	30	√
龍洞南口海洋公園	√	√	35	√
南海休息站	√	√	24	√
力代咖啡	√	√	5	X
天公廟及大里 遊客服務中心	√	√	30	√
鼻頭角服務區	√	√	8	√
和美國小(分校)	√	√	5	√

資料來源：[32]

待命點是提供公用車輛集合待命的地點，需寬廣平坦、方便停車及大型車進出容易的場地為第一選擇條件，由表 5.8 來看，可能選擇的位置主要以娛樂觀光景點、休息站或中小學等擁有大量停車空間的設施為主，包含雙溪中學、龍洞南口海洋公園、南海休息站、天公廟及大里遊客服務中心等。這些地點大型車停車數量在 5 至 35 輛之間。

#### 5.4.2 公路疏散設施評選

前一小節已列出研究範圍內各疏散設施可能清單，但部分設施地理位置接近，會造成重複設置之疑慮，故必須依據緊急計畫區內 80 分區中民眾分佈的情形加以調整，包含增加設置疏散設施或是將位置相近的疏散設施降為備用疏散設施等。各疏散設施的評選結果將依集結點、收容站與待命點陸續說明，同時亦可參閱表 5.9、表 5.10 與表 5.11 的內容。

在集結點部分，依據前一小節現場勘查資料，核能四廠 EPZ 範圍內雖有 17 處民眾疏散集結點可能清單，但因 EPZ 範圍內地形崎嶇，無法提供更多的集結公車所需之停車場地，將分區民眾指派至集結點後，便發現部分偏遠地區民眾無適當集結點可集結，如圖 5.5 中之分區 15E。為解決民眾無法集結的現象，當民眾集結人數較少時可考慮於產業道路內設立集結站牌，依車輛巡迴方式進入產業道路搭載民眾離開；若集結人數較多時則需規劃路邊停車之民眾疏散集結點供民眾集結。

本研究針對無適當集結點的分區是採取增加路邊停車之民眾疏散集結點為考慮方案，預計增加 3 處路邊停車之民眾疏散集結點，如下所列：

1. 台 2 集結點，天外天東林靜修佛陀山寺，位於台 2 省道 105k+730m 處。
2. 北 38 集結點，魚行村土地公廟，位於北 38 鄉道 2k+790m 處。
3. 縣 102 甲集結點，三港村土地公廟，位於縣 102 甲線道 3k+830m 處。

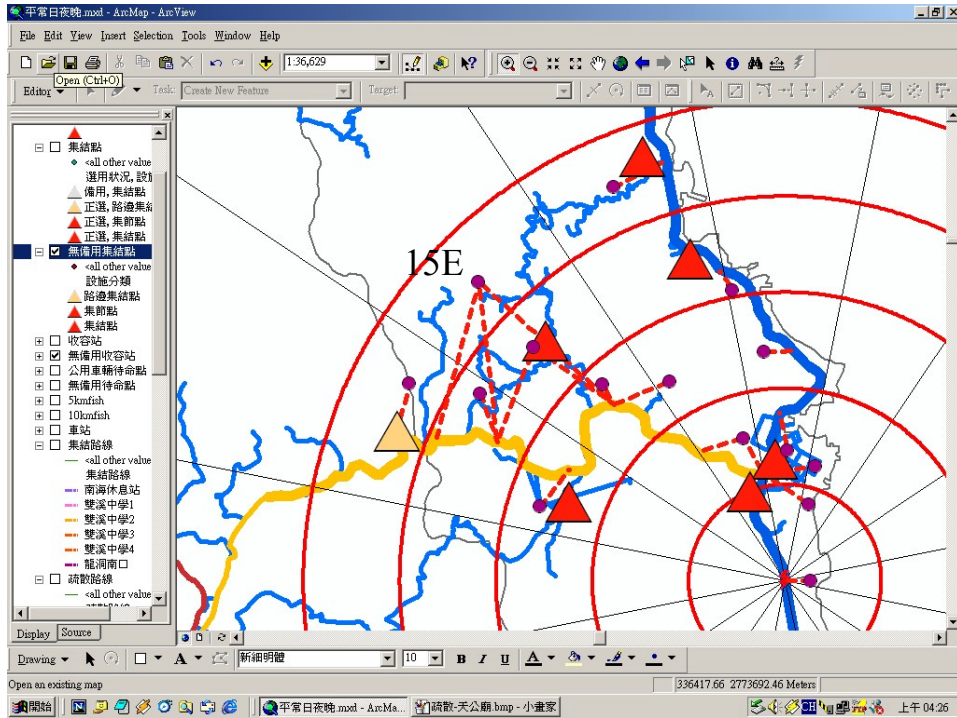


圖 5.5 無適當集結點分區

資料來源：[32]

增加這三處集結點後，總計候選集結點共 17 處，規劃選擇 14 處使用，剩餘 3 處候選集結點，分別為福隆加油站、福隆火車站與龍門露營區。此 3 處因與東北角風景特定區管理處集結點距離甚近，且人口容量以東北角風景特定區管理處 800 人為最大，故將 3 處候選集結點轉為備用集結點。將各集結點所在分區、人口容量、車輛容量與各集結點涵蓋分區彙整可得一民眾疏散集結點評選結果表，如表 5.9 所示。

在收容站部分，依現場勘查資料，核能四廠 10 公里範圍內有 7 處候選民眾收容站，配合民眾疏散集結點之地理位置，規劃選擇 3 處人口容量較大處使用，分別為龍洞南口海洋公園、福連國小與雙溪中學，剩餘 4 處為和美國小龍洞分部、大里國小、天公廟及大里遊客服務中心與上林國小，暫作為預備收容站之用。其中，福連國小人口容量較天公廟及大里遊客服務中心小，且福連國小缺乏寬闊的停車空間，並非是收容站之最佳選擇。但因天公廟及大里遊客服務中心位於宜蘭縣，會有跨縣市相關問題的發生，故在此選擇福連國小做為規劃之收容站。彙整各收容站人口容量與車輛容量資料如表 5.10 所示。

在公用車輛待命點部分，待命點主要考慮擁有寬闊的公用車輛停車場地。依現場勘查資料，核四廠 10 公里範圍內有 7 處候選公用車輛待命點，配合民眾疏散集結點之地理位置，規劃選擇 3 處使用，分別為龍洞南口海洋公園、南海休息站與雙溪中學，剩餘 4 處為力代咖啡、天公廟及大里遊客服務中心、和美國小分校與鼻頭角服務區，此 4 處離核能四廠 EPZ 範圍區較遠，在公用車輛進場需越快越好的原則下，將作為備用待命點。各公用車輛待命點停車數量、車輛進出與迴轉空間資料如表 5.11 所示。

表 5.9 民眾疏散集結點評選結果表

集結點名稱	所在分區	可容納集結人數(人)	可停放公用車輛數(車)	涵蓋分區
澳底國小	1C	1000	23	1B、1C、16C
福隆國小	7D	200	10	7D、7E
東北角風景特定區管理處	8C	800	93	7C、8B、8C、9C
貢寮國小	11B	750	50	9B
貢寮國中	11C	1500	70	10C、11E
貢寮火車站	11C	100	5	11C
慈仁宮	15C	200	5	14C、14D、15C
豐珠國小	15E	200	10	15E
仁和宮	16B	500	12	2A、2B、5A、16B
金沙灣	16E	150	15	1D
和美國小	16E	300	2	16E
天外天東林靜修 佛陀山寺 (台 2 105k+730m)	6E	120	4	6E
魚行村土地公廟 (2k+790m)	12E	120	4	12D、12E
三港村土地公廟 (縣 102 甲 3k+830m)	14E	120	4	14E、15D
福隆加油站(備)	8C	100	5	7C、7D、8B、8C、9C
福隆火車站(備)	7C	150	5	7C、7D、8B、8C、9C
龍門露營區(備)	7C	250	50	7C、7D、8B、8C、9C

註：(備)表示備用民眾疏散集結點

資料來源：[32]

如將民眾疏散集結點、收容站與公用車輛待命點以民眾疏散集結點為基準，可分為三群並找到各疏散集結點所對應之收容站與公用車輛待命點。民眾疏散集結點如以貢寮國中為例，該點對應之收容站與公用車輛待命點皆為雙溪中學。將其餘集結點彙整，可發現民眾疏散集結點對應之收容站與公用車輛待命點大多相同，惟天外天東林靜修佛陀山寺、福隆國小與東北角風景特定區管理處此一分群之公用車輛待命點與收容站相異，分別為南海休息站與天公廟及大里遊客服務中心。其原因在於南海休息站離 EPZ 範圍更接近，公用車輛進場時間較天公廟及大里遊客服務中心為短。各民眾集結點所對應之收容站與公用車輛集結點如表 5.12，集結點、收容站與公用車輛待命點位置如圖 5.6~5.8。

表 5.10 收容站評選結果表

收容站名稱	人口容量(人)	車輛容量(公用車輛)
龍洞南口海洋公園	500	35
福連國小	150	4
雙溪中學	2700	30
和美國小分校(備)	200	5
大里國小(備)	150	2
天公廟及大里遊客服務中心(備)	600	30
上林國小(備)	400	12

(備)：備用收容站

資料來源：[32]

表 5.11 公用車輛待命點評選結果表

公用車輛 集結點名稱	大型車 可否進入	停車數量 (公用車輛)	大型車 迴轉空間
雙溪中學	√	30	√
龍洞南口海洋公園	√	35	√
南海休息站	√	24	√
力代咖啡(備)	√	5	X
天公廟及大里 遊客服務中心(備)	√	30	√
鼻頭角服務區(備)	√	8	√
和美國小分校(備)	√	5	√

(備)：備用待命點

資料來源：[32]

表 5.12 疏散集結點對應之公用車輛待命點與收容站

公用車輛待命點	民眾疏散集結點	收容站
雙溪中學	貢寮國中	雙溪中學
	貢寮火車站	
	貢寮國小	
	三港村土地公廟	
	慈仁宮	
	豐珠國小	
龍洞南口 海洋公園	和美國小	龍洞南口 海洋公園
	金沙灣	
	澳底國小	
	仁和宮	
南海休息站	天外天東林靜修佛陀山寺	天公廟及大里 遊客服務中心
	福隆國小	
	東北角風景特定區管理處	

資料來源：[32]





圖 5.6 集結點位置圖

資料來源：[32]



圖 5.7 收容站位置圖

資料來源：[32]



圖 5.8 公用車輛待命點位置圖

資料來源：[32]

### 5.4.3 公路公用車輛路線規劃

在疏散設施評選完成後，需計算出至集結點集結的民眾數以及需要之公用車輛數，方可對公用車輛路線進行規劃。本研究所採用的各車輛承載率如表 5.13，透過此表以求得上述資訊。

表 5.13 各車種白天夜晚承載率表

腳踏車	白天：1 人/車	小客車	白天：1 人/車	大客車	白天：3 人/車
	夜晚：1 人/車		夜晚：2 人/車		夜晚：5 人/車
機車	白天：1 人/車	小貨車	白天：1 人/車	大貨車	白天：3 人/車
	夜晚：2 人/車		夜晚：2 人/車		夜晚：5 人/車
曳引搬運車	白天：1 人/車	中型車	白天：2 人/車	聯結車	白天：2 人/車
	夜晚：3 人/車		夜晚：3 人/車		夜晚：3 人/車

資料來源：[31]

四個主要步驟如下：

1. 計算私車總乘載人數
2. 計算需以公用車輛疏散人數
3. 指派民眾至集結點
4. 計算各民眾疏散集結點需要之公用車輛數

經過上述四步驟計算，可得核能四廠各集結點所在分區、集結人數、所需車輛與集結點涵蓋分區，至於更詳密的計算過程請參閱 4.3 節疏散人口指派之內容。

從表 5.14 可知，不論白天或夜晚，疏散人數最多的集結點為東北角風景特定區管理處，白天 203 人，夜晚 110 人，因此相對而言所需公用車輛數亦為最多，一輛公用車輛以承載 30 人為最大限制下，白天與夜晚分別需要 7 輛與 4 輛。部分集結點夜晚人數為 0，本研究考慮這些集結點仍可能會有少數民眾前來搭乘公用車輛，故指派一輛公用車輛給這些集結點。總計白天需疏散的人口為 837 人，夜晚為 312 人，所需派遣的車輛白天需派 34 輛，夜晚需派遣 20 輛。依據上述公用車輛資訊，即可著手規劃公用車輛公用車輛路線。

公用車輛路線分為進場路線與疏散路線，所謂進場路線是指規劃自公用車輛待命點至民眾疏散集結點間最短路線，作為公用車輛進場路線之選擇；而疏散路線則是規劃自民眾疏散集結點至收容站間最短路線，作為公用車輛疏散路線之選擇。在進場路線的部分因僅為車輛之派遣，與民眾無關，故並不需考慮風向之影響，但疏散路線由於必須避開下風向的範圍以減少輻射污染程度，故在不同風向下，疏散路線會有所更動。

表 5.14 集結點指派人數與公用車輛資料

集結點名稱	所在分區	可容納集結人數(人)	車輛容量(公用車輛)	指派集結人數(人)		所需車輛(車)		涵蓋分區
				白天	夜晚	白天	夜晚	
澳底國小	1C	1000	23	116	13	4	1	1B、1C、16C
福隆國小	7D	200	10	28	14	1	1	7D、7E
東北角風景特定區管理處	8C	800	93	203	110	7	4	7C、8B、8C、9C
貢寮國小	11B	750	50	2	4	1	1	9B
貢寮國中	11C	1500	70	46	24	2	1	10C、11E
貢寮火車站	11C	100	5	58	0	2	1	11C
慈仁宮	15C	200	5	35	13	2	1	14C、14D、15C
豐珠國小	15E	200	10	45	1	2	1	15E
仁和宮	16B	500	12	16	0	1	1	2A、2B、5A、16B
金沙灣	16E	150	15	77	0	3	1	1D
和美國小	16E	300	2	55	8	2	1	16E
天外天東林靜修佛陀山寺	6E	120	4	11	20	1	1	6E
魚行村土地公廟	12E	120	4	69	103	3	4	12D、12E
三港村土地公廟	14E	120	4	76	2	3	1	14E、15D
總計				837	312	34	20	

資料來源：[32]

在路線的規劃方面，進場路線是以待命點至各集結點間的最短路線當作路線選擇的依據，而疏散路線同樣是以最短路線做為路線選擇依據，但路線起迄點變更為各集結點與待命點。因此進場路線規劃結果如表 5.15，表中最大車輛分派數是取集結點白天與夜晚兩者所需的公用車輛數目較大者，在雙溪中學需有 16 輛公用車輛待命，龍洞南口海洋公園需有 10 輛，在南海休息站則需 9 輛公用車輛待命。



以雙溪中學公用車輛待命點為例，總共需從此處派遣 16 輛公用車輛至各集結點：其中有 2 輛經過縣 102 往東前往貢寮國中；亦有 2 輛經過縣 102 後轉至北 40 鄉道抵達貢寮火車站；有 1 輛經過縣 102 後轉至北 40 鄉道抵達貢寮國小；3 輛走縣 102 甲往東至三港村土地公廟；2 輛亦依循縣 102 甲路線往東行駛，進入產業道路後抵達慈仁宮；另 2 輛同樣也行駛縣 102 甲，轉不同產業道路至豐珠國小；最後 4 輛則行駛北 38 鄉道往東抵達魚行村土地公廟... 等等，以此類推，其他待命點派遣路徑亦同。若依待命點區分，雙溪中學、龍洞南口海洋公園與南海休息站進場路線分別為圖 5.9、圖 5.10 與圖 5.11，圖中代表公用車輛待命點，三角形代表各集結點，而深色路線則表示公用車輛進場路線。

表 5.15 公用車輛進場路線規劃結果表

公用車輛待命點	民眾疏散集結點分派	最大分派車輛數	公用車輛進場路線初步規劃
雙溪中學	貢寮國中	2	起—縣 102 往東—迄
	貢寮火車站	2	起—縣 102 往東—北 40—迄
	貢寮國小	1	起—縣 102 往東—北 40—迄
	三港村土地公廟	3	起—縣 102 甲往東—迄
	慈仁宮	2	起—縣 102 甲往東—產業道路—迄
	豐珠國小	2	起—縣 102 甲往東—產業道路—迄
	魚行村土地公廟	4	起—北 38 往東—迄
	小計	16	
龍洞南口海洋公園	和美國小	2	起—台 2 往南—迄
	金沙灣	3	起—台 2 往南—迄
	澳底國小	4	起—台 2 往南—迄
	仁和宮	1	起—台 2 往南—迄
	小計	10	
南海休息站	天外天東林靜修 佛陀山寺	1	起—台 2 往北—迄
	福隆國小	1	起—台 2 往北—迄
	東北角風景 特定區管理處	7	起—台 2 往北—迄
	小計	9	

資料來源：[32]

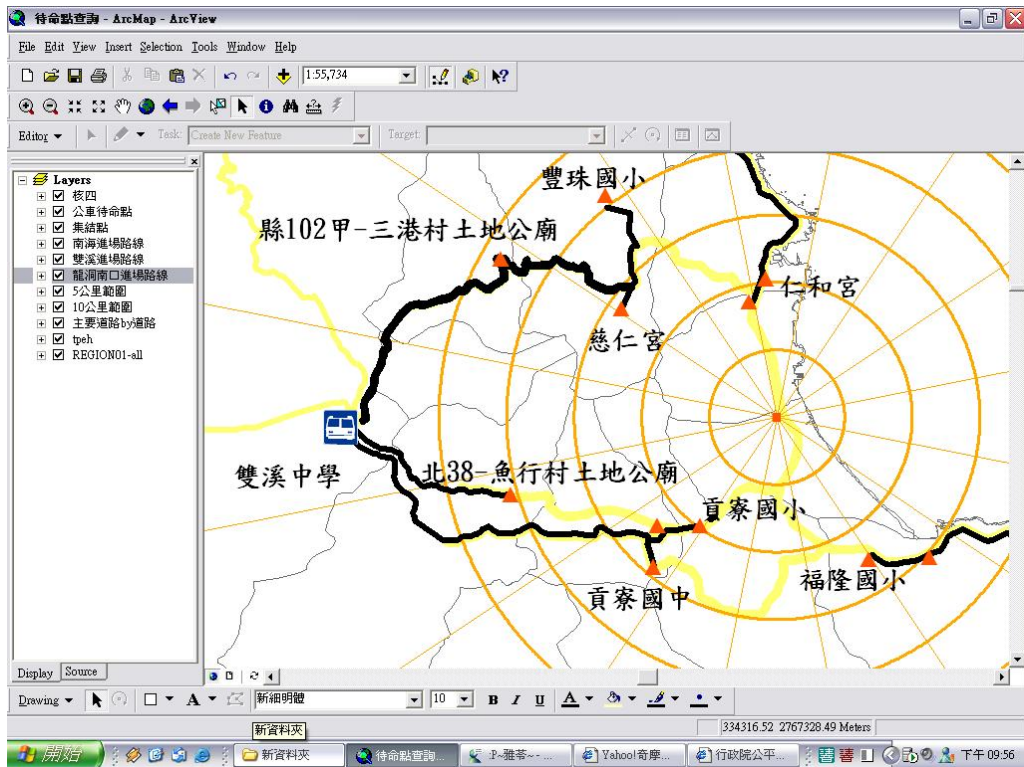


圖 5.9 公用車輛進場路線圖(1)

資料來源：[32]

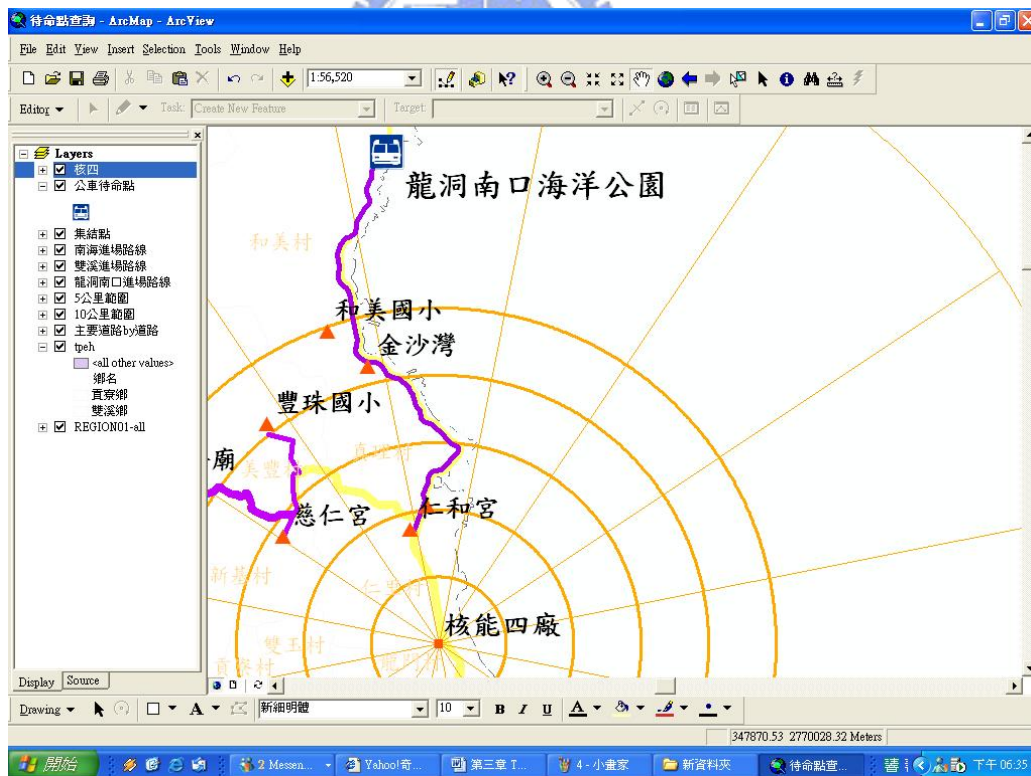


圖 5.10 公用車輛進場路線圖(2)

資料來源：[32]

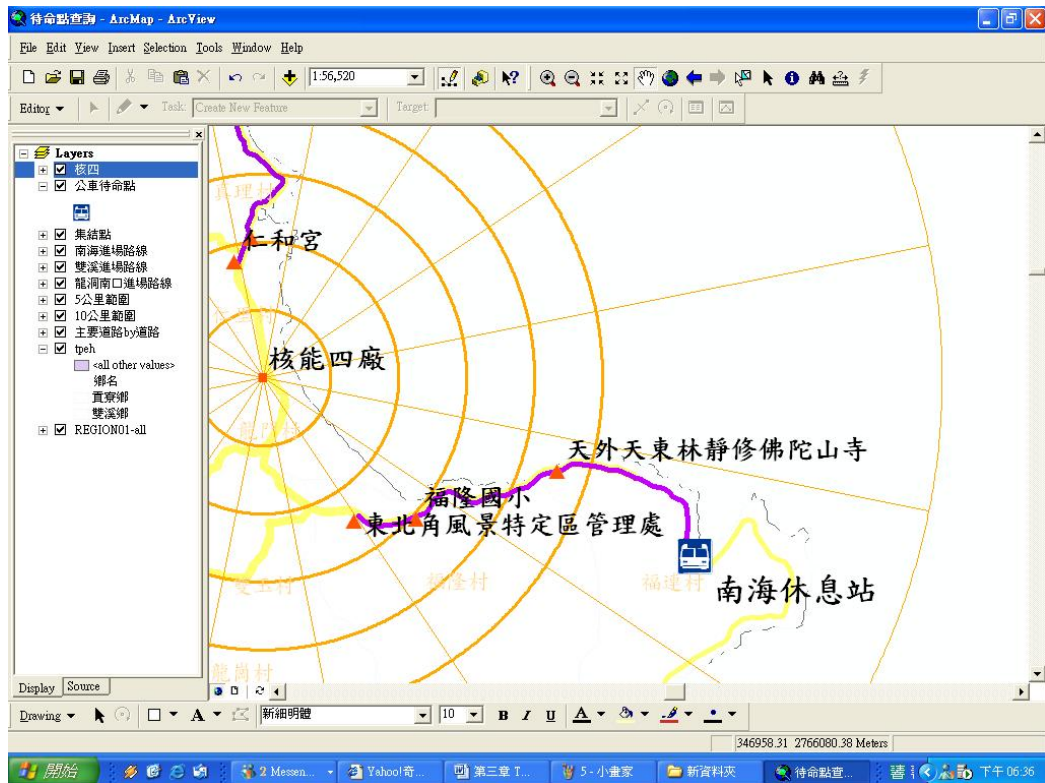


圖 5.11 公用車輛進場路線圖(3)

資料來源：[32]

疏散路線規劃結果如表 5.16，各集結點將分別指派到福連國小、雙溪中學或龍洞南口海洋公園等三處收容站。以雙溪中學收容站為例，共有 7 處集結點的民眾將搭乘公用車輛前來，集結點與疏散路線分別如下所述：公用車輛自貢寮國小出發，沿北 40 至縣 102 往雙溪鄉抵達雙溪中學；公用車輛自貢寮火車站出發，沿北 40 至縣 102 往雙溪鄉抵達雙溪中學...同理，若收容站為福連國小，則公用車輛自最後一處集結點—天外天東林靜修佛陀山寺出發，沿濱海公路(台 2)往宜蘭縣方向行駛，最後即抵達福連國小收容站。值得注意的是，此表的路線規劃是適用在無風、北北西風、北風、北北東風、東北風、東南風、西南風、西南西風等 8 種風向情境下的公用車輛疏散路線。

此外，本研究針對無風狀況時，依收容站區分下，雙溪中學、龍洞南口海洋公園與天公廟及福連國小疏散路線分別為圖 5.12、圖 5.13 與圖 5.14 所示。■代表各收容站所在的位置，▲代表各集結點，而深色路線則表示公用車輛疏散路線。

表 5.16 公用車輛疏散路線規劃表

民眾疏散集結點	收容站名稱	疏散路線規劃
貢寮國小	雙溪中學	沿北 40 至縣 102 往雙溪鄉
貢寮火車站		沿北 40 至縣 102 往雙溪鄉
慈仁宮		沿產業道路至縣 102 甲往雙溪鄉
豐珠國小		沿產業道路至縣 102 甲往雙溪鄉
魚行村土地公廟		沿北 38 往雙溪鄉
貢寮國中		沿縣 102 往雙溪鄉
三港村土地公廟		沿縣 102 往雙溪鄉
仁和宮	龍洞南口 海洋公園	沿濱海公路(台 2)往瑞芳鎮
澳底國小		沿濱海公路(台 2)往瑞芳鎮
金沙灣		沿濱海公路(台 2)往瑞芳鎮
和美國小		沿濱海公路(台 2)往瑞芳鎮
東北角風景 特定區管理處	福連國小	沿濱海公路(台 2)往宜蘭縣
福隆國小		沿濱海公路(台 2)往宜蘭縣
天外天東林靜修 佛陀山寺		沿濱海公路(台 2)往宜蘭縣

資料來源：[32]

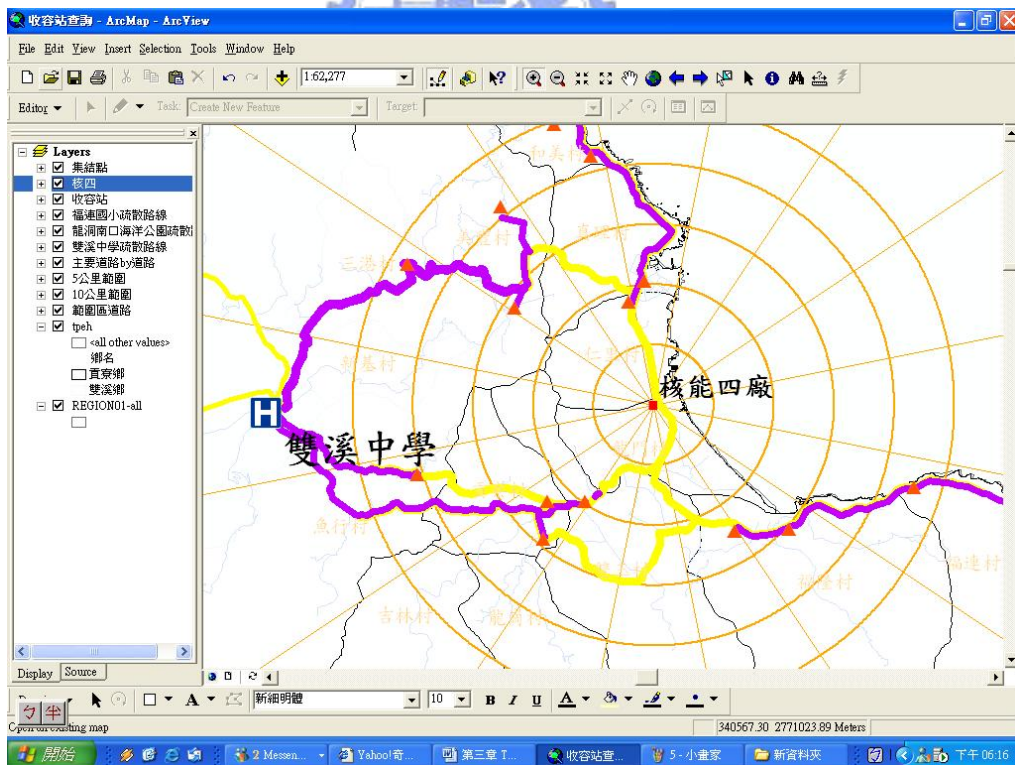


圖 5.12 公用車輛疏散路線圖(1)

資料來源：[32]

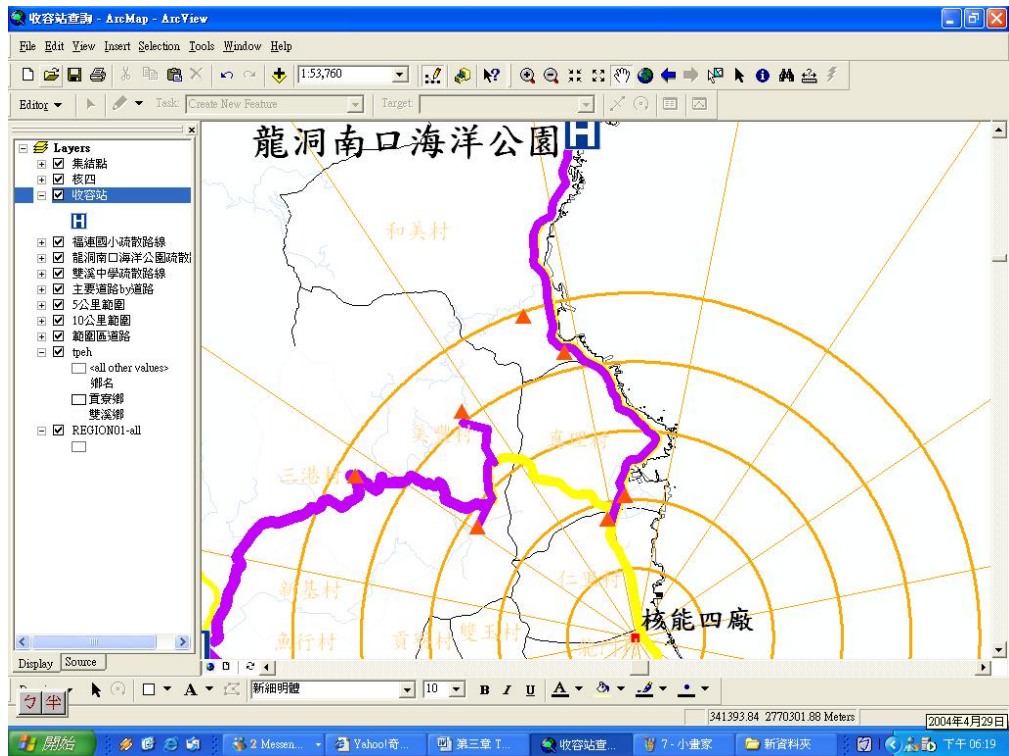


圖 5.13 公用車輛疏散路線圖(2)  
資料來源：[32]

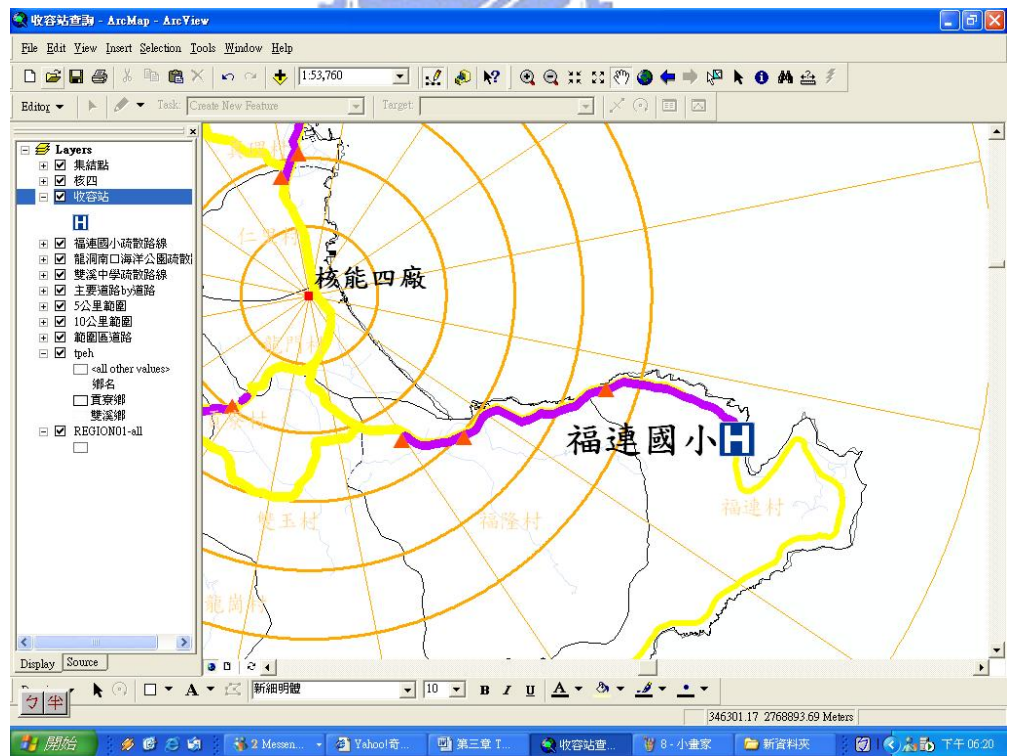


圖 5.14 公用車輛疏散路線圖(3)  
資料來源：[32]



#### 5.4.4 鐵路疏散設施評選及路線規劃

以往在核能一廠、二廠、三廠所訂定之疏散計畫皆以公路疏散為首要考量，這主要和台灣公路路網的高密度化以及小客車的家戶擁有數日漸升高與普及有極大關係。然而，核能四廠因地理位置特殊，EPZ 範圍區內恰有台灣鐵路管理局宜蘭線鐵路(八堵-蘇澳)通過此處，並在 EPZ 範圍區內設有貢寮、福隆兩座車站，在 EPZ 範圍區外(5-10km)則有雙溪、石城兩座車站，參考台灣鐵路管理局車站位置與 94 年 2 月的列車時刻表，得知各車站地理位置及車站間電聯車行駛時間，如圖 5.15 所示。

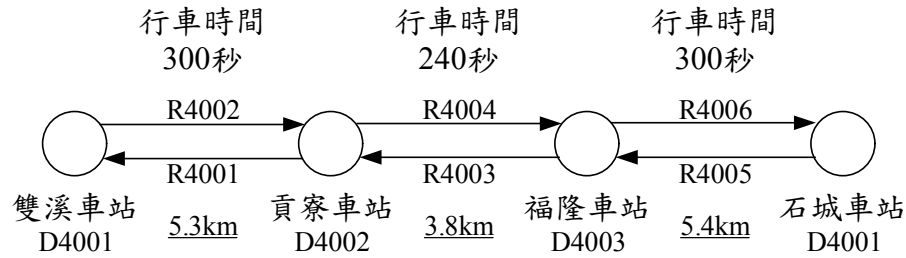


圖 5.15 鐵路車站與電聯車行車時間示意圖

資料來源：[32]

本研究以實際鐵路路線與車站分佈狀況配合 4.2 節集結點與收容站的評選規則，將核能四廠 EPZ 內的貢寮車站與福隆車站評選為鐵路疏散集結點，在 EPZ 外的雙溪車站與石城車站則評選為鐵路疏散的列車收容站。至於鐵路列車待命點則以等級較高之鐵路車站為優先評選對象，車站等級是根據各車站的營運收入、客貨運業務、運轉行車和其他因素等為評定標準，作為其派員之標準，並非單純以客運業務作為依靠[34]。車站等級較高之鐵路車站也表示車站營運收入較高、使用人數高，且站內可能有有較充裕之列車儲放或待閉空間等運轉行車的空間。因此，經過評選結果，本研究選擇車站等級為二等站的雙溪車站做為鐵路列車之待命點。

由上述疏散設施評選結果可知，鐵路列車待命點係設置在雙溪車站，而核能四廠 EPZ 範圍內計有 2 座車站。如套用 4.3 節鐵路列車進場與離開模式，可瞭解在鐵路列車模式分為 2ab、2aa 與 2bb 三種，將實際的車站名稱加以套用，即如圖 5.16、圖 5.17 與圖 5.18 所示，簡稱為 A、B、C 三種疏散模式。

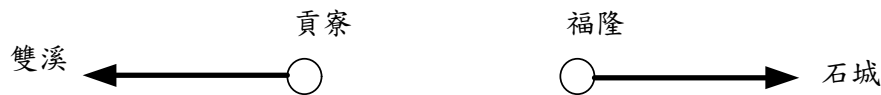


圖 5.16 鐵路疏散模式 A 示意圖

資料來源：[32]

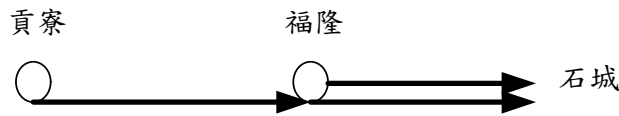


圖 5.17 鐵路疏散模式 B 示意圖

資料來源：[32]

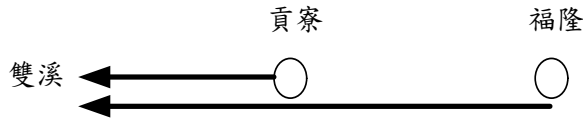


圖 5.18 鐵路疏散方案 C 示意圖

資料來源：[32]

## 5.5 疏散情境與策略研擬

本節內容將分為疏散情境與疏散策略研擬兩部分：一為疏散模擬情境分析，情境分析主要是針對各種環境影響因素進行模擬情境之參數設定，俟參數設定完成後即可進行路網疏散模擬，內容請見 5.5.1；二為疏散策略研擬，基於前述設定的參數，可列出各種路網疏散模擬策略，包含最基本的疏散狀況、改善瓶頸路段的 TSM 手段、公鐵路聯合疏散等等內容請見 5.5.2，。

### 5.5.1 疏散情境分析

疏散情境是參考美國 NUREG-0654 附錄四（緊急計畫區內疏散時間評估）所定要項，對各種環境影響因素進行模擬情境之參數設定，本研究根據核能四廠環境狀況設定其影響因素，包含 6 種時段、17 種風向、2 種疏散範圍與、5 種公路方案與 4 種鐵路方案，上述五種參數經組合後共達 4080 種情境。各影響因素詳列於下：

#### 1. 6 種時段

此六時段是指平常日白天、平常日夜晚、例假日白天、例假日夜晚、特殊假日白天與特殊假日夜晚。

#### 2. 17 種風向

除了平常的 16 方位風向，尚須加入無風的狀況，共計 17 種風向，如下：無風、北風、北北東風、東北風、東北東風、東風、東南東風、東南風、南南東風、南風、南南西風、西南風、西南西風、西風、西北西風、西北風、北北西風。

### 3. 2 種疏散範圍

係指全 EPZ 疏散與下風向疏散，所謂下風向係指以核電廠為中心，半徑兩公里全圓加三至五公里下風向(含左右)共三個方位所形成之類似鑰匙孔的區域。全 EPZ 疏散是 EPZ 範圍內所有民眾皆進行疏散，而下風向疏散僅有下風向鑰匙孔範圍內的民眾進行疏散。

### 4. 5 種公路方案

公路方案包括基本狀況、劑量狀況、調撥車道、單行道、封閉路段，其中劑量狀況是指輻射劑量散佈狀況，劑量多寡乃透過原能會之劑量擴散模擬系統來提供。本研究主要針對基本狀況、調撥車道與單行道進行路網疏散之模擬。

### 5. 4 種鐵路方案

鐵路方案共有無、A 方案、B 方案、C 方案等四種。其中，無代表公路基本狀況；A 方案代表東西雙向向外疏散；B 方案代表向東疏散；C 方向代表向西疏散。

為了使電腦在執行疏散模擬時能方便讀取所有情境狀況，本研究編設 7 碼數字，以涵蓋各種不同情境。第 1 碼表示核能電廠編號；第 2 碼表示時段編號；第 3、4 碼則為風向編號；第 5 碼為疏散範圍編號；第 6 碼是公路方案；第七碼則是鐵路方案。表 5.17 是以 4109100 情境編碼為例，代表核能四廠、平常日白天、吹北風、全 EPZ 疏散、公路基本狀況、無鐵路方案，並配合當地人口與車輛狀況計算得 EPZ 疏散模擬數據，包括總疏散人數 10307 人、私車產生源 30 區、公車集結點 14 處以及吸收路段數共 5 條。

表 5.17 路網疏散模擬情境編碼表

情境編號	4109100
編號意涵	核能四廠、平常日白天、北風、全 EPZ 疏散、基本狀況
總疏散人數	10307 人
私車產生源	30 區
公車集結點	14 處
吸收路段數	5 條
調撥車道路段	無
單行道路段	無
被封閉路段	無
鐵路方案	無

## 5.5.2 疏散策略研擬

依疏散情境分析，本小節可將疏散策略概分為下列幾種情況：基本狀況、瓶頸路段下之交控改善措施、公鐵路聯合疏散、公鐵路聯合疏散與交控改善措施整合運用。有關各種疏散策略更深入之探討將依序於後續文章列出。

### 1. 基本狀況

基本狀況包含有 6 種「時段」、17 種「風向」、2 種「範圍」，共 204 種模擬情境，本節針對核能四廠在各種時段、風向、範圍與未實施任何交控改善措施、也未執行公鐵路聯合疏散的「基本狀況」下，進行路網疏散模擬。表 5.30 列出各種風向情境下對應之路口轉向比率檔案，數種風向情境可能對應到相同的路口轉向比率檔案，因此在全 EPZ 範圍情境下，每一個路口轉向比率檔案只需選擇一種風向情境來模擬（模擬結果相同）。根據表 5.18，共選擇：無風、南風、西北風、北風、東北風、東南東風等情境進行模擬。至於模擬時的主要控制參數資料如表 5.19 所示。

表 5.18 核能四廠風向情境對應之路口轉向比率檔案

風向情境	方位	轉向比率檔案	風向情境	方位	轉向比率檔案
無風	0	NODE4.NP4	北風	9	NODE43.NP4
南風	1	NODE41.NP4	北北東風	10	NODE43.NP4
南南西風	2	NODE41.NP4	東北風	11	NODE44.NP4
西南風	3	NODE4.NP4	東北東風	12	NODE44.NP4
西南西風	4	NODE4.NP4	東風	13	NODE45.NP4
西風	5	NODE4.NP4	東南東風	14	NODE45.NP4
西北西風	6	NODE42.NP4	東南風	15	NODE45.NP4
西北風	7	NODE42.NP4	南南東風	16	NODE41.NP4
北北西風	8	NODE42.NP4			

資料來源：[32]

表 5.19 核能四廠疏散模擬主要控制參數一覽表

模擬時距(秒)	180
最大模擬時間(秒)	50000
目標疏散率	0.95
公用車輛產生率	0.2
巨觀車流模式代碼	1
天氣狀況代碼	1
私車產生率參數	$\lambda = 0.95$
	$a = 7.2$
疏散命令下達時間(秒)	1200
小客車當量門檻值(PCU)	15.0
車流密度門檻值(PCU/公尺)	0.01

資料來源：[32]

表 5.19 中的疏散命令下達時間為 1200 秒，這是指有關單位在下達疏散命令後，經過 1200 秒，公用車輛便開始發車搭載民眾疏散離開 EPZ 範圍。根據前面第三章中圖 3.4 可知，本研究假設在正式下達疏散命令之前即有少數民眾自行駕車離開，因此整個模擬疏散時間之定義為：自私人車輛產生開始計時，20 分鐘(1200 秒)後疏散命令正式下達，40 分鐘(2400 秒)後公用車輛正式開始疏散，並直到離開 EPZ 的車輛數達到目標疏散率的時間為止。

## 2. 瓶頸路段下之交控改善措施

TEVACS 過去在執行核一、核二與核三疏散模擬的基本狀況時，為判斷各種時段下所產生的瓶頸路段，即已訂定一套判斷標準來判別何謂瓶頸路段，本研究乃繼續沿用此套標準來判斷研究範圍中所產生的瓶頸路段。

瓶頸路段的判斷標準有兩種：一為路段擁擠程度，二為累積時間。從交通車流之觀點，當路段擁擠程度超過 50%時，其道路服務水準極為不佳；若過於擁擠的時間累積太長久，則此路段即可視為瓶頸路段。因此，其判斷標準為當路段擁擠程度超過 50%、達到 50%擁擠程度的累積時間佔總疏散時間之 20%且超過 30 分鐘者即為瓶頸路段之判定標準。

因此，透過此判斷標準，將可獲得瓶頸路段之資訊，隨後即可對這些路段實施 TSM 交控改善措施，以抒解壅塞路段並降低擁擠程度。TSM 交控改善措施可以增加供給，也可減少需求，甚至可以兩者同時實施。

增加供給方面，若欲在短期內將道路容量提升，是以調撥車道或單行道的 TSM 手段來實施。惟本研究範圍區內道路皆為雙向 2 車道(以 1-1 雙向配置)，實施調撥車道和單行道乃同屬相同措施，故在此乃以單行道做為改善措施之代表。

此外，除了增加供給，減少需求也可達到減低擁塞時間與消除瓶頸路段之目的。原基本狀況乃假設核能四廠 EPZ 範圍內的外來人口有一固定比例是搭乘遊覽車前來遊玩，另有絕大多數遊客仍以搭乘小客車前來此區。現假若將搭乘小客車者中，50%與 100%比例轉移至搭乘公用車輛，讓這 50%與 100%比例的遊客將自用的小客車暫留在 EPZ 範圍內並搭乘公用車輛離開，使疏散時的小客車數量銳減，勢必可達成減低壅塞時間與消除瓶頸路段的目的。

當然，若同時使用增加供給與減少需求的手段，也就是將搭乘小客車者前來遊玩的旅客的 50%與 100%比例轉移至搭乘公用車輛，讓這些旅客將小客車暫留在 EPZ 範圍內並搭乘公用車輛離開，以求讓小客車數量減少；同時間，再使用單行道改善措施，以提升道路容量。在雙管齊下的管制措施手段下，與前兩者相比較，對於抒解瓶頸路段必會產生良好效果，至於其效果以及疏散時間的改善程度，將於第六章中詳列並闡述之。

### 3. 公鐵路聯合疏散

為了使用公鐵路聯合疏散，本研究事先需針對鐵路基本資料與屬性做以下幾點假設：

- (1) 以行駛於宜蘭線鐵路、加速度達  $0.8\text{m/s}^2$ 、最高速度為  $110\text{ km/hr}$  的 EMU600 型電聯車作為運輸工具，在列車編組上則採用台灣鐵路管理局於民國 94 年春節假期與連續假日時實際運轉的三組電聯車串聯列車(共 12 節車廂)，來進行民眾之疏散。
- (2) EMU600 型電聯車每節車廂座位 60 人，立位 120 人，保守假設一節車廂共可搭載 100 人，如以三組電聯車進行疏散時將可疏運 1200 人。
- (3) 配合電聯車性能，假設加速度與減速度相同，並依照各站間電聯車行駛時間，可列出各站間運行狀況(圖 5.19~圖 5.21)。
- (4) 民眾於下達疏散命令後 20 分(1200 秒)內可抵達車站。
- (5) 宜蘭線鐵路穿越範圍區內核能四廠的南方，位在核能四廠北方的民眾將不會穿越核能四廠中心至南方搭乘鐵路，故對核能四廠北方人口不會有所影響。
- (6) 在使用鐵路疏散的對象方面，主要乃吸收原鄰近貢寮、福隆兩座車站 1 公里的集結點民眾，這些民眾將由公用車輛疏散轉為鐵路疏散。至於其他地區仍舊以原公路疏散方式離開 EPZ 範圍。
- (7) 依內政部營建署在人行道設計手冊中[37]所提及，一般行人散步時之步行速率 45 公尺/分鐘，而正常步行速率為 75 公尺/分鐘，而本研究是假設在下達疏散命令後 20 分鐘內民眾可至集結點集結完畢，則步行 20 分鐘之距離為 900 公尺至 1500 公尺。考量讓民眾有充裕的時間至各集結點，故本研究即以 1000 公尺(1 公里)當作為兩車站吸收之集結點範圍。貢寮車站與福隆車站所吸收的集結點、民眾數、PCU 數如表 5.20 與表 5.21。

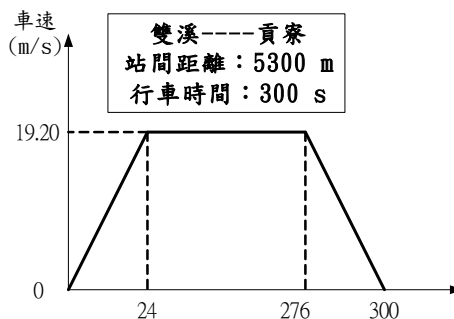


圖 5.19 雙溪—貢寮車站車行速率分佈圖

資料來源：[32]

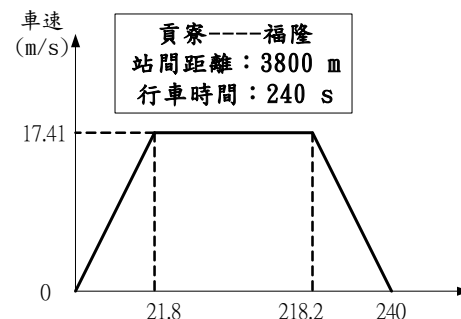


圖 5.20 貢寮—福隆車站車行速率分佈圖

資料來源：[32]

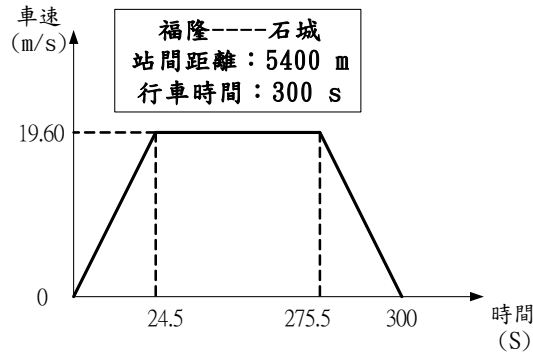


圖 5.21 福隆—石城車站車行速率分佈圖  
資料來源：[32]

表 5.20 貢寮車站(D4002)吸收之集結點與疏散人數

貢寮車站	可吸收產生源或集結點人數	白天人數		夜晚人數	
電聯車容量 1200 人	貢寮國小(C4038)	2 人	106 人	4 人	28 人
	貢寮國中(C4037)	46 人		24 人	
	貢寮車站(C4036)	58 人		0 人	
電車剩餘容量 (用以吸收福隆蔚藍海岸遊客數)		1094 人		1176 人	
將所吸收福隆蔚藍海岸(S4007)遊客數 轉換為小客車 PCU(4 人=1PCU)		273.5 PCU		294 PCU	

資料來源：[32]

表 5.21 福隆車站(D4003)吸收之集結點與疏散人數

福隆車站	可吸收產生源或集結點人數	白天人數		夜晚人數	
電聯車容量 1200 人	東北角風景特定區管理處 (C4039)	203 人	231 人	110 人	124 人
	福隆國小(C4040)	28 人		14 人	
電車剩餘容量 (用以吸收福隆蔚藍海岸遊客數)		969 人		1076 人	
將所吸收福隆蔚藍海岸(S4007)遊客數 轉換為小客車 PCU(4 人=1PCU)		242.3 PCU		269.0 PCU	

資料來源：[32]

因福隆蔚藍海岸產生源(S4007)為研究範圍區內車輛數最多者(福隆蔚藍海岸所在位置為 7C，車輛數特殊假日白天為 2077.1PCU，特殊假日夜晚為 2104.1PCU)，如能使福隆蔚藍海岸車輛數降低，使遊客暫時捨棄小客車轉為使用鐵路，將可減低疏散時間。透過表 5.31、表 5.32，即可瞭解電聯車在貢寮、福隆兩車站承載鄰近集結點的民眾後，電聯車在白天時所剩餘之容量分別 1094 人與 969 人，夜晚則分別為 1176 人與 1076 人，轉換為小客車 PCU 後，即可計算出福隆蔚藍海岸(S4007 產生源)遊客轉移至鐵路的小客車 PCU 數，白天為 273.5PCU 與 242.3PCU，夜晚為 294PCU 與 269PCU。至於上述兩表中各車站所吸收之集結點白天、夜晚人數來源則是採用第五章表 5.14 中各集結點白天與夜晚的集結指派人數。

依據上述 7 項假設，本研究可研擬出鐵路在不同風向下之疏散路線，並計算出鐵路在不同疏散路線下福隆蔚藍海岸產生源(S4007)可減少的 PCU 數。依 5.4.4 小節規劃結果，鐵路疏散路線分為三種—A、B 與 C，詳細說明如下：

(1) 鐵路疏散方案 A

- a. 在貢寮車站與福隆車站各停放一列電聯車，如前述圖 5.16。
- b. 適用風向：無、北、北北東、西、西南西、西南、南南西、南、南南東、東南、東南東。
- c. 於貢寮車站內停車之電聯車在下達疏散命令後 20 分發車，向雙溪方向開車，於 5 分後抵達雙溪車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間 25 分鐘。
- d. 於福隆車站內停車之電聯車在下達疏散命令後 20 分發車，向石城方向開車，於 5 分後抵達石城車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間 25 分鐘。
- e. 福隆蔚藍海岸產生源(S4007)減少的 PCU 數如表 5.32，其中，以特殊假日白天為例，PCU 數由 2077.1PCU 減少為 1834.8PCU；而平常日夜晚原為 53.5PCU，由於可全部轉移至鐵路，故該地點所剩餘 PCU 為 0。

表 5.22 福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 A 之變化

時段	平常日 白天	平常日 夜晚	例假日 白天	例假日 夜晚	特殊假日 白天	特殊假日 夜晚
福隆蔚藍海岸 原 PCU	368.07	53.50	1392.89	53.50	2077.1	2104.1
轉移至鐵路 之 PCU	242.3	269.0	242.3	269.0	242.3	269.0
福隆蔚藍海岸 剩餘 PCU	125.77	0	1150.59	0	1834.80	1835.10

資料來源：[32]

(2) 鐵路疏散方案 B

- a. 貢寮車站與福隆車站各停放一列電聯車，如前述圖 5.17。
- b. 適用風向：東、東北東、東北。
- c. 在貢寮車站內停車之電聯車於下達疏散命令後 20 分發車，向福隆車站開車，於 4 分後抵達福隆車站，停站 5 分鐘，搭載旅客後，向石城方向開車，於 5 分後抵達石城車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間為 34 分。
- d. 在福隆車站內停車之電聯車於下達疏散命令後 20 分發車，向石城方向開車，於 5 分後抵達石城車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間為 25 分。
- e. 福隆蔚藍海岸產生源(S4007)減少的 PCU 數如表 5.23，其中，以特殊假日白天為例，PCU 數由 2077.1PCU 減少為 1561.3PCU；而平常日夜晚原為 53.5PCU，由於可全部轉移至鐵路，故該地點所剩餘 PCU 為 0。



表 5.23 福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 B 之變化

時段	平常日 白天		平常日 夜晚		例假日 白天		例假日 夜晚		特殊假日 白天		特殊假日 夜晚	
福隆蔚藍海岸 原 PCU	368.07		53.50		1392.89		53.50		2077.1		2104.1	
轉移至鐵路 之 PCU	福隆	貢寮	福隆	貢寮	福隆	貢寮	福隆	貢寮	福隆	貢寮	福隆	貢寮
	242.3	273.5	269.0	294	242.3	273.5	269.0	294	242.3	273.5	269.0	294
	515.8		563		515.8		563		515.8		563	
福隆蔚藍海岸 剩餘 PCU	0		0		877.09		0		1561.30		1541.10	

資料來源：[32]

### (3) 鐵路疏散方案 C

- a. 貢寮車站與福隆車站各停放一列電聯車，如前述圖 5.18。
- b. 適用風向：西北、西北西、北北西。
- c. 在貢寮車站內停車之電聯車於下達疏散命令後 20 分發車，向雙溪方向開車，於 5 分後抵達雙溪車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間為 25 分鐘。
- d. 在福隆車站內停車之電聯車於下達疏散命令後 20 分發車，向雙溪方向開車，於 9 分後抵達雙溪車站，離開 EPZ 範圍，總計疏散時間為 29 分鐘。
- e. 福隆蔚藍海岸產生源(S4007)減少的 PCU 數如表 5.24，其中，以特殊假日白天為例，PCU 數由 2077.1PCU 減少為 1834.8PCU；而平常日夜晚原為 53.5PCU，由於可全部轉移至鐵路，故該地點所剩餘 PCU 為 0。

由本小節中可確定的是：部分由公用車輛轉移至使用鐵路疏散的民眾，將可在 25 分鐘至 34 分鐘內疏散完畢，十分迅速。另外，經過仔細觀察，在鐵路疏散方案 C 可減少福隆蔚藍海岸 PCU 數與鐵路疏散方案 A 相同，在效果等同之下，以鐵路疏散方案 A 進行疏散模擬的時間將與鐵路疏散方案 C 相同，故在第六章結果分析的部分將不特別列出使用鐵路疏散方案 C 時之疏散效果。

表 5.24 福隆蔚藍海岸 PCU 數在鐵路疏散方案 C 之變化

時段	平常日 白天	平常日 夜晚	例假日 白天	例假日 夜晚	特殊假日 白天	特殊假日 夜晚
福隆蔚藍海岸 原 PCU	368.07	53.50	1392.89	53.50	2077.1	2104.1
轉移至鐵路 的 PCU	242.3	269.0	242.3	269.0	242.3	269.0
福隆蔚藍海岸 剩餘 PCU	125.77	0	1150.59	0	1834.80	1835.10

資料來源：[32]

#### 4. 公鐵路聯合疏散與交控改善措施整合運用

上述三種疏散策略可單獨運用，也可同時整合使用，本研究嘗試以多管齊下之方法，來縮短整體疏散時間。本研究研擬數種整合運用的疏散策略，加上原有的疏散策略單獨運用，合計 18 種，依序列舉如下，各疏散策略整理如表 5.25。

表 5.25 各種疏散策略整理

疏散策略代號	基本狀況	減少需求 (單行道)	減少需求 (公車疏散)		鐵路疏散	
			50%	100%	方案 A	方案 B
(a)	★					
(b)		★				
(c)			★			
(d)				★		
(e)					★	
(f)						★
(g)		★	★			
(h)		★		★		
(i)			★		★	
(j)				★	★	
(k)			★			★
(l)				★		★
(m)		★			★	
(n)		★				★
(o)		★	★		★	
(p)		★		★	★	
(q)		★	★			★
(r)		★		★		★

- (a) → 基本狀況
- (b) → 增加供給—單行道
- (c) → 減少需求—50%公車疏散
- (d) → 減少需求—100%公車疏散
- (e) → 鐵路疏散方案 A
- (f) → 鐵路疏散方案 B
- (g) → 50%公車疏散 + 單行道
- (h) → 100%公車疏散 + 單行道
- (i) → 50%公車疏散 + 鐵路疏散方案 A
- (j) → 100%公車疏散 + 鐵路疏散方案 A
- (k) → 50%公車疏散 + 鐵路疏散方案 B

- (l) → 100%公車疏散 + 鐵路疏散方案 B
- (m) → 鐵路疏散方案 A + 單行道
- (n) → 鐵路疏散方案 B + 單行道
- (o) → 50%公車疏散 + 鐵路疏散方案 A + 單行道
- (p) → 100%公車疏散 + 鐵路疏散方案 A + 單行道
- (q) → 50%公車疏散 + 鐵路疏散方案 B + 單行道
- (r) → 100%公車疏散 + 鐵路疏散方案 B + 單行道

除此之外，對於外來小客車轉移 50%、100%至公用車輛來離開 EPZ 範圍、使用鐵路疏散時部分集結點民眾因轉移使用鐵路列車，使部分集結點公用車輛停駛等，有關核四廠 EPZ 範圍內外來、當地車輛轉移的細節示意，請參考圖 5.22~圖 5.27，各圖圖後將有所代表意涵之說明。

圖 5.22 即為上述的基本狀況疏散策略(a)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在基本狀況疏散策略(a)下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載民眾後直接離開。

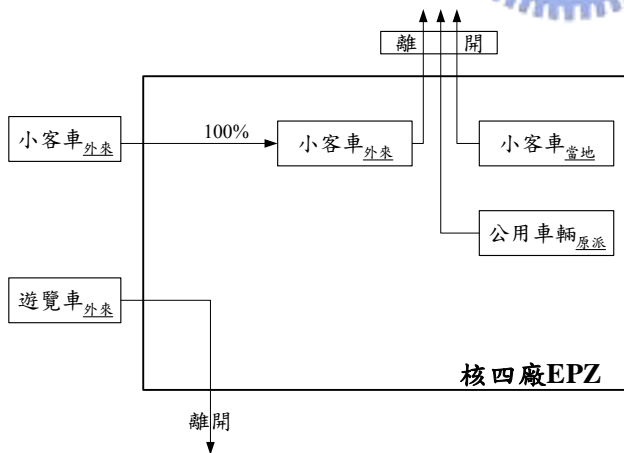


圖 5.22 外來、當地車輛轉移示意圖(1)

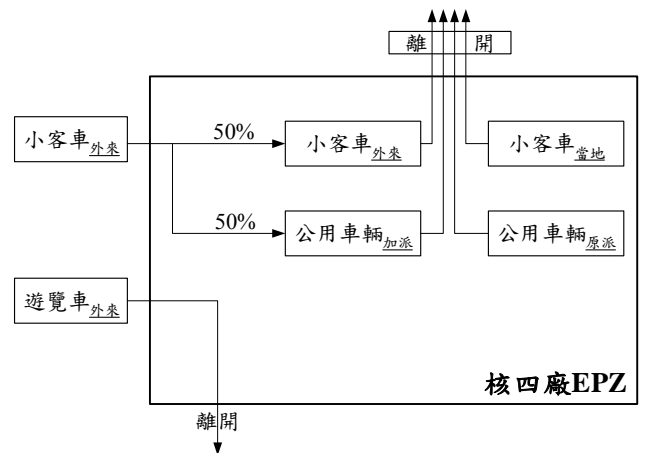


圖 5.23 外來、當地車輛轉移示意圖(2)

圖 5.23 為上述的疏散策略(c)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車、為搭載 50%外來遊客離開所加派的疏散公用車輛以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在疏散策略(c)下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後 50%遊客直接離開，另外 50%遊客搭乘加派公用車輛離開。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載民眾後直接離開。

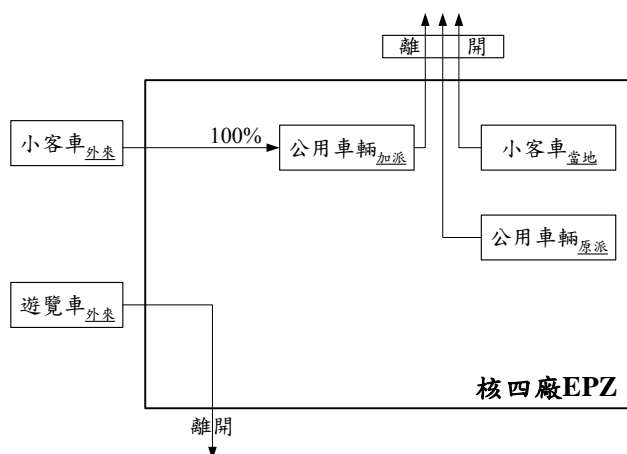


圖 5.24 外來、當地車輛轉移示意圖(3)

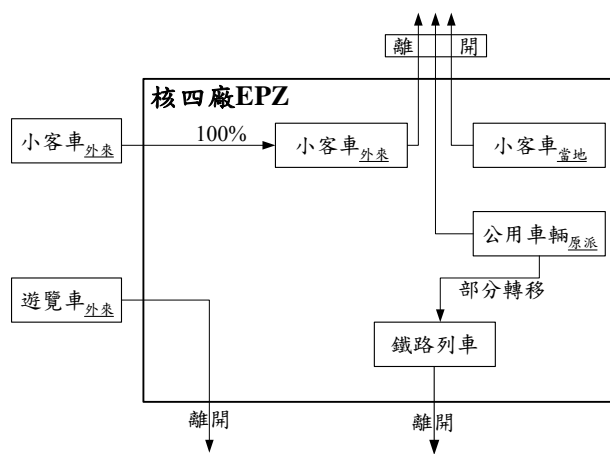


圖 5.25 外來、當地車輛轉移示意圖(4)

圖 5.24 為上述的疏散策略(d)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車、為搭載 100%外來遊客離開所加派的疏散公用車輛以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在疏散策略(d)下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後 100%遊客搭乘加派公用車輛離開。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載民眾後直接離開。

圖 5.25 為上述的疏散策略(e)或(f)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車、在當地車站停放等待民眾搭乘的鐵路列車以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在此種疏散策略下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載一部分民眾後直接離開，另一部份由於集結點位置與鐵路車站接近，部分民眾為迅速疏散，捨棄原派公用車輛而轉搭鐵路列車離開。

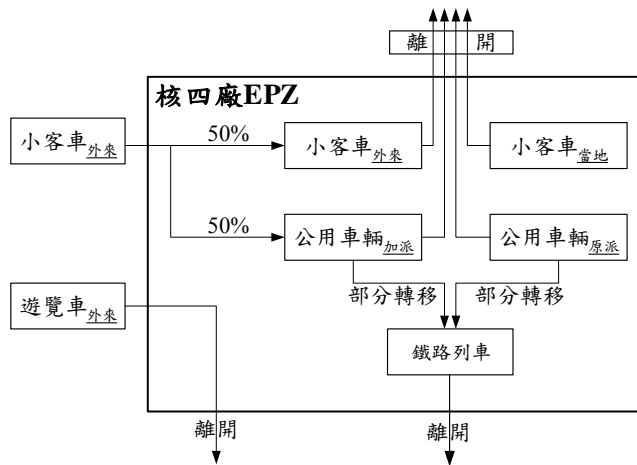


圖 5.26 外來、當地車輛轉移示意圖(5)

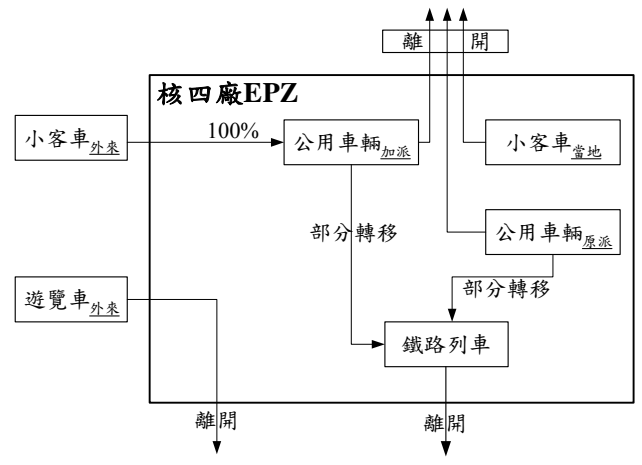


圖 5.27 外來、當地車輛轉移示意圖(6)

圖 5.26 為上述的疏散策略(i)或(k)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車、在當地車站停放等待民眾搭乘的鐵路列車、為搭載 50%外來遊客離開所加派的疏散公用車輛以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在此種疏散策略下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後 50%遊客直接離開，另外 50%遊客搭乘加派公用車輛離開，但這 50%搭乘加派公用車輛離開的遊客中又因鄰近鐵路車站，部分遊客即可轉搭鐵路列車離開，比如：福隆蔚藍海岸鄰近福隆車站的狀況。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載一部分民眾後直接離開，另一部份由於集結點位置與鐵路車站接近，部分民眾為迅速疏散，捨棄原派公用車輛而轉搭鐵路列車離開。

圖 5.27 為上述的疏散策略(j)或(l)，核四廠 EPZ 範圍中有當地民眾自有小客車、外來遊客自有小客車、外來遊客搭乘的遊覽車、在當地車站停放等待民眾搭乘的鐵路列車、為搭載 100%外來遊客離開所加派的疏散公用車輛以及當地無私人運具使用之民眾所需仰賴的疏散專用公用車輛。在此種疏散策略下，各車輛運行或移轉方式如下：

- (1) 外來小客車自外地至本地遊憩後 100%遊客搭乘加派公用車輛離開，但在這 100%搭乘加派公用車輛離開的遊客中又因鄰近鐵路車站，部分遊客即可轉搭鐵路列車離開，比如：福隆蔚藍海岸鄰近福隆車站的狀況。
- (2) 外來遊覽車自外地至本地遊憩後直接離開。
- (3) 當地小客車直接疏散離開。
- (4) 原派公用車輛搭載一部分民眾後直接離開，另一部份由於集結點位置與鐵路車站接近，部分民眾為迅速疏散，捨棄原派公用車輛而轉搭鐵路列車離開。

## 第六章 疏散策略結果分析

本章在 6.1 節先針對未實施任何改善措施前之「基本狀況」情境進行疏散模擬，並對模擬結果予以整理分析以瞭解各種情境組合下所需之疏散時間。6.2 節列出各種基本狀況情境所造成的疏散瓶頸路段與，而對於疏散瓶頸路段則運用 TSM 策略改善方案，其實施改善措施後的模擬結果亦列於 6.2 節。除了基本的公路疏散模擬之外，本研究亦對公鐵路聯合疏散進行模擬，相關內容與疏散模擬結果請參考 6.3 節；最後，於 6.4 節彙整所有疏散模擬結果。

### 6.1 改善前分析

本研究在未實施任何改善措施前之「基本狀況」下各種情境組合之疏散模擬後，所獲得結果如表 6.1 所示。

表 6.1 核能四廠改善前基本狀況之路網疏散模擬時間

範圍		全 EPZ 疏散											
風向 時段	無風		南風		西北風		北風		東北風		東南東風		
	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	
平常日白天	1	12	1	12	1	12	1	15	1	18	1	12	
平常日夜晚	1	9	1	6	1	3	1	3	1	6	1	3	
例假日白天	3	36	3	33	3	33	3	42	4	0	3	33	
例假日夜晚	1	12	1	6	1	3	1	3	1	6	1	3	
特殊假日白天	4	51	5	6	5	3	5	6	5	48	5	6	
特殊假日夜晚	2	51	2	51	2	51	2	51	3	18	2	51	
範圍		下風向疏散											
風向 時段	無風		南風		西北風		北風		東北風		東南東風		
	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	
平常日白天	1	18	1	12	1	12	1	6	1	12	1	6	
平常日夜晚	1	12	1	9	1	6	1	6	1	9	1	6	
例假日白天	1	30	1	18	3	36	1	42	1	15	1	12	
例假日夜晚	1	12	1	9	1	3	1	6	1	9	1	6	
特殊假日白天	1	42	1	27	4	39	2	9	1	27	1	27	
特殊假日夜晚	1	15	1	9	2	45	1	6	1	18	1	6	

資料來源：[32]

由表 6.1 中可發現：核能四廠基本狀況之六種時段在不同疏散範圍及風向等情境下，疏散時間有很大的差異。全 EPZ 疏散時間在 1 小時 3 分至 5 小時 48 分之間，時間差距約 4 小時 45 分之多；下風向疏散時間則在 1 小時 6 分至 4 小時 39 分之間，時間差

距達 3 小時 33 分。全 EPZ 疏散中以東北風情境所需的疏散時間為最久，「特殊假日白天」疏散時間為 5 小時 48 分、「例假日白天」與「特殊假日夜晚」的疏散時間分別為 4 小時 0 分及 3 小時 18 分；至於其他三種時段情境則無明顯差異，均在 1 小時 3 分至 1 小時 18 分左右。下風向疏散則以西北風情境所需的疏散時間較長，「特殊假日白天」、「例假日白天」及「特殊假日夜晚」的疏散時間分別為 4 小時 39 分、3 小時 36 分與 2 小時 45 分。西北風下風向由於涵蓋遊客人數最多的福隆海水浴場，所以其疏散時間高於其他風向。

經過分析，疏散時間達 5 小時 48 分主要關鍵點在於外來人口(請參考 2.5 節)，平常日外來人口少，因此疏散時間短，約 1 小時 30 分以內；在例假日白天下，疏散時間約為 3 個多小時，至於造成特殊假日疏散時間較長的原因在於：臺北縣政府自民國 89 年起，每年七月中旬於核能四廠 EPZ 範圍內之貢寮鄉福隆蔚藍海岸所舉辦為期三天的「海洋音樂祭」。每屆海洋音樂祭皆吸引上萬名民眾前往，旅遊人數之詳細推算請參考 2.3 節敘述之內容。此外，因海洋音樂祭活動時間為自下午一點至夜晚十點，橫跨白天與夜晚兩時段，加上舉辦地點又僅單獨在福隆蔚藍海岸，緊急疏散時此處必然成為主要瓶頸處，故將此盛大活動考量在內之後，特殊假日白天與夜晚疏散時間自然會比平常日甚至假日的疏散時間增加許多。又，貢寮鄉福隆蔚藍海岸地理位置恰位於 EPZ 之東南方位，當風向為東北風時，僅能往東南方疏散，是造成東北風情境的疏散高的主要因素。

值得注意的是部分下風向疏散時間會大於全 EPZ 疏散的時間，其原因可能在於目標疏散率固定設為 0.95 之故。舉例來說，假設全 EPZ 內小客車當量數為 100 PCU，以 0.95 目標疏散率計算，模擬疏散時間是指全 EPZ 內需疏散 95 PCU、區內剩下 5 PCU 所花費的時間；再假設下風向區域內為 95 PCU，以 0.95 目標疏散率計算，模擬疏散時間為下風向內疏散 90.25 PCU、區內剩下 4.75 PCU 的時間。當下風向區內為剩下 4.75 PCU 時，疏散時間即已高於全 EPZ 內所剩下 5 PCU 時之時間，換句話說，下風向疏散在目標疏散率為 95% 的時間將等於全 EPZ 疏散在目標疏散率為 95.25% 的時間，故造成下風向疏散時間大於全 EPZ 疏散時間的現象。此乃目標疏散率設定所造成的影響，因此並不宜直接拿全 EPZ 疏散與部分或下風向疏散相互比較。

## 6.2 改善措施方案研擬與分析

本節分三部分，6.2.1 小節判定核能四廠六種時段之瓶頸路段；6.2.2 小節與 6.2.3 小節分別為實施運輸系統管理(TSM) —增加供給(單行道)與減少需求(提高公用車輛承載)等手段進行瓶頸路段之改善，以及其改善後的疏散模擬結果；6.2.4 小節則是實施增加供給與減少需求兩種手段下的疏散模擬結果。

### 6.2.1 瓶頸路段判定

依照 5.3.2 的瓶頸路段判別標準，即在路段擁擠程度超過 50%、累積時間佔總疏散時間之 20% 且超過 30 分鐘之狀況下，各種時段疏散的瓶頸路段如表 6.3。

瓶頸路段包含 L4019~L4025 和 L4028~L4036，即以台 2 省道與縣 102 交叉路口為起點，台 2 省道往南、縣 102 往西之路段為瓶頸路段。此乃因此東北角海岸風景區緊鄰台 2 省道旁，遊客眾多，尤以福隆蔚藍海岸一帶最為明顯，故此處擁擠程度最為嚴重，並也因此提高這帶車輛從縣 102 往雙溪疏散之可能性，加上縣 102 道路路況不如台 2 省道佳，故會在縣 102 上形成多處瓶頸路段。例假日白天、特殊假日白天以及特殊假日夜晚瓶頸路段請參考表 6.3、圖 6.1、圖 6.2 與圖 6.3。

表 6.2 核四廠各時段瓶頸路段

時段	瓶頸路段	
	縣 102	台 2
例假日 白天	L4028	L4019
	L4030	L4021
	L4032	L4023
	L4034	
	L4036	
特殊假日 白天	L4028	L4019
	L4030	L4021
	L4032	L4023
	L4034	L4025
	L4036	
特殊假日 夜晚	L4030	L4019
	L4032	L4021
	L4034	L4023
	L4036	L4025

資料來源：[32]



圖 6.1 例假日白天瓶頸路段示意圖

資料來源：[32]



圖 6.2 特殊假日白天瓶頸路段示意圖

資料來源：[32]



圖 6.3 特殊假日夜晚瓶頸路段示意圖

資料來源：[32]



## 6.2.2 單行道改善

本研究針對例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚三種時段來實施運輸系統管理(TSM)—單行道改善措施。單行道改善措施之施行細節描述如下：

1. 因 L4019 與「台 2 省道 - 縣 102」路口連接，對於 L4019 將不實施單行道，以避免福隆蔚藍海岸一帶之遊客如行駛縣 102 往雙溪時造成嚴重阻塞之現象發生。
2. 台 2 省道自 L4021 以南(L4021~L4027)全部改成雙車道之單行道；縣 102 自 L4028 以西(L4028~L4040)全部改成雙車道之單行道，如表 6.3、圖 6.4 所示。

表 6.3 核能四廠單行道改善措施路段編碼

運輸系統管理 改善措施	路段一 (台 2 往南)	路段二 (縣 102 往西)	
單行道	L4021 L4023 L4025 L4027	L4028 L4030 L4032 L4034	L4036 L4038 L4040

資料來源：[32]



圖 6.4 核能四廠單行道改善路段示意圖

資料來源：[32]

表 6.4 為例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚在實施單行道前(基本狀況)與實施單行道後之模擬疏散時間。由表 6.4 可發現，在使用單行道改善後，改善時間自 36 分至 1 小時 51 分不等，最長疏散時間(表 5.7 特殊假日白天、東北風)從原來的 5 小時 48 分減為 2 小時 15 分，改善時間達 3 小時 33 分，減少約 61%的疏散時間。而實施單行道改善之後，疏散時間則控制在 1 小時 24 分至 2 小時 15 分之間，由此可知，運用低成本的單行道改善方案後，即能產生非常好的改善效果，可使疏散時間縮減一半以上甚至更長，在未來疏散道路若有拓寬需求時，可從這些實施單行道措施之路段優先選擇，以解決路段擁塞之問題並使疏散時間大幅縮短。

表 6.4 各種時段實施單行道改善措施前後之疏散時間比較

全 EPZ 疏散		例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
方案	風向	東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
	基本狀況	4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2	56
單行道	1	51	1	39	2	15	2	4	1	30	1	28	
改善時間	2	9	2	0	3	33	3	7	1	48	1	28	

### 6.2.3 提高公用車輛承載

本將搭乘小客車者中，50%與 100%比例轉移至搭乘公用車輛，使小客車數量減少，並針對基本狀況例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚全 EPZ 疏散的時段來實施此改善措施，則 50%與 100%外來人口使用公車疏散後其疏散時間與改善時間則如表 6.5 所示。

表 6.5 各種時段提高公用車輛承載措施之疏散時間比較

全 EPZ 疏散		例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
方案	風向	東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
	基本狀況	4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2	56
50%公車疏散	2	18	2	6	3	24	3	0	2	23	2	9	
改善時間	1	42	1	34	2	24	2	10	1	40	0	54	
100%使用公車疏散	1	42	1	31	2	9	2	0	1	30	1	24	
改善時間	2	18	2	9	3	39	3	10	1	48	1	32	

表中 50%或 100%公車疏散係表示搭乘小客車者中有 50%或 100%比例乘客轉移至搭乘公用車輛，而改善時間則代表該情境下之疏散時間與基本狀況疏散時間之差值。使用提高公用車輛承載之改善措施後，由表 6.5 可發現，在 50%使用公車疏散時，改善時間自 37 分至 2 小時 24 分不等，特殊假日東北風疏散時間從基本狀況的 5 小時 48 分減為 3 小時 24 分，改善時間為 2 小時 24 分，減少約 41%的疏散時間；在 100%使用公車疏散時，改善時間自 1 小時 24 分至 3 小時 39 分不等，特殊假日東北風疏散時間從基本狀況的 5 小時 48 分減為 2 小時 9 分，改善時間為 3 小時 39 分，減少約 63%的疏散時間。

### 6.2.4 單行道與提高公用承載共同運用

在此小節，本研究將 50%與 100%比例搭乘小客車者轉移至搭乘公用車輛，使小客車數量減少，並且再使用單行道改善措施，其中針對全 EPZ 疏散的時段(例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚)實施，則在使用單行道下 50%與 100%外來人口使用公車疏散後其疏散時間與改善時間則如表 6.6 所示。

表 6.6 各種時段單行道下提高公用車輛承載措施比較

全 EPZ 疏散		例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
方案	風向	東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
基本狀況		4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2	56
50%公車疏散+單行道		1	27	1	20	1	48	1	39	1	15	1	15
改善時間		2	33	2	20	4	0	3	31	2	3	1	41
100%公車疏散+單行道		1	15	1	13	1	30	1	25	1	3	1	5
改善時間		2	45	2	27	4	18	3	45	2	15	1	51

表中 50%或 100%公車疏散+單行道係表示搭乘小客車者中有 50%或 100%比例乘客轉移至搭乘公用車輛之外，再使用單行道改善措施後所求得之疏散時間；而改善時間則代表該情境下之疏散時間與基本狀況疏散時間之差值。使用提高公用車輛承載與單行道之改善措施後，由表 6.6 可發現，在 50%使用公車疏散加上單行道時，改善時間自 1 小時 27 分至 4 小時不等，特殊假日東北風疏散時間從基本狀況的 5 小時 48 分減為 1 小時 48 分，改善時間為 4 小時，減少約 69%的疏散時間；在 100%使用公車疏散加上單行道時，改善時間自 1 小時 39 分至 4 小時 18 分不等，特殊假日東北風疏散時間從基本狀況的 5 小時 48 分減為 1 小時 30 分，改善時間為 4 小時 18 分，減少約 74%的疏散時間。

### 6.3 公鐵路聯合疏散模擬分析

本研究在此一節的內容是將原始疏散時間(基本狀況下的疏散時間)與公鐵路聯合疏散時間進行比較，以例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚三時段分析，求得詳細疏散時間，如表 6.7。

表 6.7 中，「鐵路 A」表示使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 A；「鐵路 A+單行道」係為使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 A，並在公路方面使用單行道改善措施；「50%+鐵路 A」、「100%+鐵路 A」為在使用提高公用車輛承載措施下同時進行公鐵路疏散措施；「鐵路 A+單行道+50%」、「鐵路 A+單行道+100%」則是使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 A，並在公路方面使用單行道改善措施與提高公用車輛承載措施。而改善時間則代表各情境下之疏散時間與基本狀況疏散時間之差值。

由表 6.7 可知，例假日白天時段以東北風情境之疏散時間為最長，可達 4 小時 0 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 A」疏散時間降為 3 小時 6 分，改善 54 分鐘，減少約 23%的疏散時間；「50%+鐵路 A」疏散時間降為 2 小時 9 分，改善 1 小時 51 分，減少約 46%的疏散時間；「100%+鐵路 A」疏散時間為 1 小時 39 分，改善 2 小時 21 分，減少約 59%的疏散時間；「鐵路 A +單行道」疏散時間為 1 小時 51 分，改善 2 小時 9

分，減少約 54%的疏散時間；「鐵路 A+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 24 分，改善 2 小時 36 分，減少約 65%的疏散時間；「鐵路 A+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 12 分，改善 2 小時 48 分，減少約 70%的疏散時間。就例假日白天的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 A+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 3 小時 40 分降至 1 小時 11 分，改善幅度為 68%。

表 6.7 各種時段鐵路疏散方案 A 之疏散模擬時間比較

全 EPZ 疏散		例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
方案	風向	東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
		基本狀況	4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2
鐵路 A	3	6	2	39	5	24	4	56	3	9	2	45	
改善時間	0	54	1	1	0	24	0	14	0	9	0	11	
50%+鐵路 A	2	9	1	56.5	2	45	2	30.5	2	6	1	55	
改善時間	1	51	1	43.5	3	3	2	39.5	1	12	1	1	
100%+鐵路 A	1	39	1	27.5	2	6	1	56.5	1	27	1	21.5	
改善時間	2	21	2	12.5	3	42	3	13.5	1	51	1	24.5	
鐵路 A+單行道	1	51	1	37	2	6	1	58	1	27	1	24	
改善時間	2	9	2	2	3	42	3	13	1	51	1	32	
鐵路 A+單行道+50%	1	24	1	19	1	39	1	31	1	12	1	12	
改善時間	2	36	2	21	4	9	3	39	2	6	1	44	
鐵路 A+單行道+100%	1	12	1	11	1	27	1	24	1	3	1	5	
改善時間	2	48	2	29	4	21	3	46	2	15	1	51	

表 6.7 中特殊假日白天時段以東北風情境之疏散時間為最長，可達 5 小時 48 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 A」疏散時間降為 5 小時 24 分，改善 24 分鐘，減少約 7%的疏散時間；「50%+鐵路 A」疏散時間降為 2 小時 45 分，改善 3 小時 3 分，減少約 53%的疏散時間；「100%+鐵路 A」疏散時間為 2 小時 6 分，改善 3 小時 42 分，減少約 64%的疏散時間；「鐵路 A+單行道」疏散時間為 2 小時 6 分，改善 3 小時 42 分，減少約 64%的疏散時間；「鐵路 A+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 39 分，改善 4 小時 9 分，減少約 72%的疏散時間；「鐵路 A+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 27 分，改善 4 小時 21 分，減少約 75%的疏散時間。就特殊假日白天的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 A+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 5 小時 10 分降至 1 小時 24 分，改善幅度為 73%。

由表 6.7 亦可知，特殊假日夜晚時段以東北風情境之疏散時間為最長，可達 3 小時 18 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 A」疏散時間降為 3 小時 9 分，改善 9 分鐘，減少約 5% 的疏散時間；「50%+鐵路 A」疏散時間降為 2 小時 6 分，改善 1 小時 12 分，減少約 36% 的疏散時間；「100%+鐵路 A」疏散時間為 1 小時 27 分，改善 1 小時 51 分，減少約 56% 的疏散時間；「鐵路 A + 單行道」疏散時間為 1 小時 27 分，改善 1 小時 51 分，減少約 56% 的疏散時間；「鐵路 A+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 12 分，改善 2 小時 6 分，減少約 64% 的疏散時間；「鐵路 A+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 3 分，改善 2 小時 15 分，減少約 68% 的疏散時間。就特殊假日夜晚的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 A+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 2 小時 56 分降至 1 小時 5 分，改善幅度為 63%。

表 6.8 中，「鐵路 B」表示使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 B；「鐵路 B+單行道」係為使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 B，並在公路方面使用單行道改善措施；「50%+鐵路 B」、「100%+鐵路 B」為在使用提高公用車輛承載措施下同時進行公鐵路疏散措施；「鐵路 B+單行道+50%」、「鐵路 B+單行道+100%」則是使用公路疏散時同時使用鐵路疏散方案 B，並在公路方面使用單行道改善措施與提高公用車輛承載措施。而改善時間則代表各情境下之疏散時間與基本狀況疏散時間之差值。

表 6.8 中例假日白天時段以東北風情境之疏散時間為最長，可達 4 小時 0 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 B」疏散時間降為 2 小時 51 分，改善 1 小時 9 分鐘，減少約 29% 的疏散時間；「50%+鐵路 B」疏散時間降為 2 小時 0 分，改善 2 小時 0 分，減少約 50% 的疏散時間；「100%+鐵路 B」疏散時間為 1 小時 39 分，改善 2 小時 21 分，減少約 59% 的疏散時間；「鐵路 B + 單行道」疏散時間為 1 小時 51 分，改善 2 小時 9 分，減少約 54% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 18 分，改善 2 小時 42 分，減少約 68% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 12 分，改善 2 小時 48 分，減少約 70% 的疏散時間。就例假日白天的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 B+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 3 小時 40 分降至 1 小時 11 分，改善幅度為 68%。

由表 6.8 亦可知，特殊假日白天時段東北風情境之疏散時間為最長，可達 5 小時 48 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 B」疏散時間降為 5 小時 15 分，改善 33 分鐘，減少約 9% 的疏散時間；「50%+鐵路 B」疏散時間降為 2 小時 33 分，改善 3 小時 15 分，減少約 56% 的疏散時間；「100%+鐵路 B」疏散時間為 2 小時 6 分，改善 3 小時 42 分，減少約 64% 的疏散時間；「鐵路 B + 單行道」疏散時間為 2 小時 3 分，改善 3 小時 45 分，減少約 65% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 39 分，改善 4 小時 9 分，減少約 72% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 27 分，改善 4 小時 21 分，減少約 75% 的疏散時間。就特殊假日白天的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 B+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 5 小時 10 分降至 1 小時 24 分，改善幅度為 73%。

表 6.8 各種時段鐵路疏散方案 B 之疏散模擬時間比較

全 EPZ 疏散		例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
方案	風向	東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
	基本狀況		4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2
鐵路 B		2	51	2	31	5	15	4	48	2	54	2	35
改善時間		1	9	1	9	0	33	0	22	0	24	0	21
50%+鐵路 B		2	0	1	47	2	33	2	20	1	54	1	43.5
改善時間		2	0	1	53	3	15	2	50	1	24	1	12.5
100%+鐵路 B		1	39	1	27	2	6	1	55	1	24	1	17.5
改善時間		2	21	2	13	3	42	3	15	1	54	1	38.5
鐵路 B+單行道		1	51	1	37	2	3	1	55	1	24	1	21
改善時間		2	9	2	3	3	45	3	16	1	54	1	35
鐵路 B+單行道+50%		1	18	1	15	1	39	1	31	1	9	1	9
改善時間		2	42	2	25	4	9	3	39	2	9	1	47
鐵路 B+單行道+100%		1	12	1	11	1	27	1	24	1	3	1	5
改善時間		2	48	2	29	4	21	3	47	2	15	1	51

由表 6.8 亦可知，特殊假日夜晚時段以東北風情境之疏散時間為最長，可達 3 小時 18 分。在此情境下，各改善措施之效果為：「鐵路 B」疏散時間降為 2 小時 54 分，改善 24 分鐘，減少約 12% 的疏散時間；「50%+鐵路 B」疏散時間降為 1 小時 54 分，改善 1 小時 24 分，減少約 42% 的疏散時間；「100%+鐵路 B」疏散時間為 1 小時 24 分，改善 1 小時 54 分，減少約 58% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道」疏散時間為 1 小時 24 分，改善 1 小時 54 分，減少約 58% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+50%」疏散時間為 1 小時 9 分，改善 2 小時 9 分，減少約 65% 的疏散時間；「鐵路 B+單行道+100%」疏散時間為 1 小時 3 分，改善 2 小時 15 分，減少約 68% 的疏散時間。就特殊假日夜晚的各種風向情境平均值而言，透過「鐵路 B+單行道+100%」措施可將疏散時間自基本狀況之 2 小時 56 分降至 1 小時 5 分，改善幅度為 63%。

若比較鐵路疏散方案 A 與 B 之結果，以特殊假日白天東北風為例，從原本 5 小時 24 分降為 5 小時 15 分，僅縮短 9 分鐘，這是因為鐵路疏散方案 B 可疏運較多人數之關係，時間改善效果依然有限，各分別減少約 7% 與 9% 的疏散時間，效果有限，且使用鐵路疏散之配套措施較使用單行道等公路改善措施來得複雜，成本也較高，因此本研究建議在實施改善措施時，仍以公路方面的運輸系統管理手段為主，鐵路疏散為輔。

## 6.4 各種疏散方案結果比較

綜觀各種改善措施與公鐵路聯合疏散方案，可看出以運輸系統管理手段做為改善措施時，將使疏散時間最短，改善幅度亦為最大。原本公鐵路聯合疏散之改善效果並不明顯，再以單行道改善措施，使疏散時間降低。以例假日白天、特殊假日白天、特殊假日夜晚全 EPZ 疏散為例，將基本狀況、單行道、50%外來人口使用公車疏散、100%外來人口使用公車疏散、50%外來人口使用公車疏散下再以單行道改善、100%外來人口使用公車疏散下再以單行道改善、公鐵路聯合疏散方案 B、公鐵路聯合疏散下再以單行道改善、公鐵路聯合疏散下 50%外來人口使用公車疏散並進行單行道改善、公鐵路聯合疏散下 100%外來人口使用公車疏散並進行單行道改善等各種模擬結果進行比較，如表 6.9，可看出各方案明顯之差異。

就例假日白天的各種風向情境而言，基本狀況之疏散時間為平均 3 小時 40 分鐘，透過各種疏散策略，平均疏散時間最低可降至 1 小時 11 分。各種改善策略中，以單行道改善策略效果最佳，單獨採用此策略即可縮短疏散時間至 1 小時 39 分鐘。以公車承載疏散策略而言，若 100%以公車承載疏散外來人口，可改善疏散時間至 1 小時 31 分鐘；以公車疏散加鐵路疏散策略而言，可改善疏散時間至 1 小時 27 分鐘。若採單行道策略加公鐵路聯合疏散，則可再進一步降至本情境的最佳結果，即 1 小時 11 分鐘。

表 6.9 例假日白天各種風向不同改善措施之模擬疏散時間比較

全 EPZ 疏散 方案	風向	例假日白天				特殊假日白天				特殊假日夜晚			
		東北風		平均		東北風		平均		東北風		平均	
		時	分	時	分	時	分	時	分	時	分	時	分
基本狀況		4	0	3	40	5	48	5	10	3	18	2	56
50%公車疏散		2	18	2	6	3	24	3	0	2	23	2	9
100%公車疏散		1	42	1	31	2	9	2	0	1	30	1	24
公鐵路聯合疏散方案 B		2	51	2	31	5	15	4	48	2	54	2	35
50%+公鐵路聯合疏散方案 B		2	0	1	47	2	33	2	20	1	54	1	44
100%+公鐵路聯合疏散方案 B		1	39	1	27	2	6	1	55	1	24	1	18
單行道		1	51	1	39	2	15	2	4	1	30	1	28
50%公車疏散+單行道		1	27	1	20	1	48	1	39	1	15	1	15
100%公車疏散+單行道		1	15	1	13	1	30	1	25	1	3	1	5
公鐵路聯合疏散方案 B+單行道		1	51	1	37	2	3	1	55	1	24	1	21
50%公車疏散+ 公鐵路聯合疏散方案 B+單行道		1	18	1	15	1	39	1	31	1	9	1	9
100%公車疏散+ 公鐵路聯合疏散方案 B+單行道		1	12	1	11	1	27	1	24	1	3	1	5

就特殊假日白天的各種風向情境而言，基本狀況之疏散時間為平均 5 小時 10 分鐘，透過各種疏散策略，平均疏散時間最低可降至 1 小時 24 分。各種改善策略中，以單行道改善策略效果最佳，單獨採用此策略即可縮短疏散時間至 2 小時 4 分鐘。以公車承載疏散策略而言，若 100% 以公車承載疏散外來人口，可改善疏散時間至 2 小時 0 分鐘；以公車疏散加鐵路疏散策略而言，可改善疏散時間至 1 小時 55 分鐘。若採單行道策略加公鐵路聯合疏散，則可再進一步降至本情境的最佳結果，即 1 小時 24 分鐘。

就特殊假日夜晚的各種風向情境而言，基本狀況之疏散時間為平均 2 小時 56 分鐘，透過各種疏散策略，平均疏散時間最低可降至 1 小時 5 分鐘。各種改善策略中，以單行道改善策略效果最佳，單獨採用此策略即可縮短疏散時間至 1 小時 28 分鐘。以公車承載疏散策略而言，若 100% 以公車承載疏散外來人口，可改善疏散時間至 1 小時 24 分鐘；以公車疏散加鐵路疏散策略而言，可改善疏散時間至 1 小時 18 分鐘。若採單行道策略加公鐵路聯合疏散，則可再進一步降至本情境的最佳結果，即 1 小時 5 分鐘。

若考慮各種風向情境中疏散時間最長的東北風情境來分析各種疏散策略的效果，如圖 6.5 示，例假日白天基本狀況疏散時間為 4 小時(240 分鐘)，公鐵路聯合疏散方案 B 可改善疏散時間為 2 小時 51 分鐘(171 分鐘)，50% 公車承載外來人口疏散方案可改善疏散時間為 2 小時 18 分鐘(138 分鐘)，類此依序排列至最佳疏散方案，則可降低疏散時間至 1 小時 12 分鐘(72 分鐘)。圖中亦可觀察單獨採行單行道疏散策略時，即可顯著把 240 分鐘之基本狀況改善為 111 分鐘，為最有效之疏散策略。

如圖 6.6 所示，特殊假日白天基本狀況疏散時間為 5 小時 48 分鐘(348 分鐘)，公鐵路聯合疏散方案 B 可改善疏散時間為 5 小時 15 分鐘(315 分鐘)，50% 公車承載外來人口疏散方案可改善疏散時間為 3 小時 24 分鐘(204 分鐘)，類此依序排列至最佳疏散方案，則可降低疏散時間至 1 小時 27 分鐘(87 分鐘)。圖中亦可觀察單獨採行單行道疏散策略時，即可顯著把 348 分鐘之基本狀況改善為 135 分鐘，為最有效之疏散策略。

如圖 6.7 所示，特殊假日夜晚基本狀況疏散時間為 3 小時 18 分鐘(198 分鐘)，公鐵路聯合疏散方案 B 可改善疏散時間為 2 小時 54 分鐘(174 分鐘)，50% 公車承載外來人口疏散方案可改善疏散時間為 1 小時 54 分鐘(114 分鐘)，類此依序排列至最佳疏散方案，則可降低疏散時間至 1 小時 3 分鐘(63 分鐘)。圖中亦可觀察單獨採行單行道疏散策略時，即可顯著把 198 分鐘之基本狀況改善為 90 分鐘，為最有效之疏散策略。

普遍看來，當使用單行道進行改善時，疏散時間都將抑制在 2 小時內，最短則為 1 小時 3 分鐘；在公鐵路聯合疏散時間方面，疏散時間大多未有大幅改善的情形出現，惟再使用單行道改善後時間會比僅使用單行道的疏散時間微幅縮減。因此，當使用低成本的運輸系統管理手段，如單行道或調撥車道疏散策略做為改善措施時，其疏散時間已大幅改善。結果亦發現使用公鐵路聯合疏散時，其疏散時間的改善則不如單行道疏散策略來得佳，未來仍建議有關單位在進行疏散相關決策時以運輸系統管理之改善措施為優先考量，方可在花費極低成本下即可達成大幅改善疏散時間的效果。



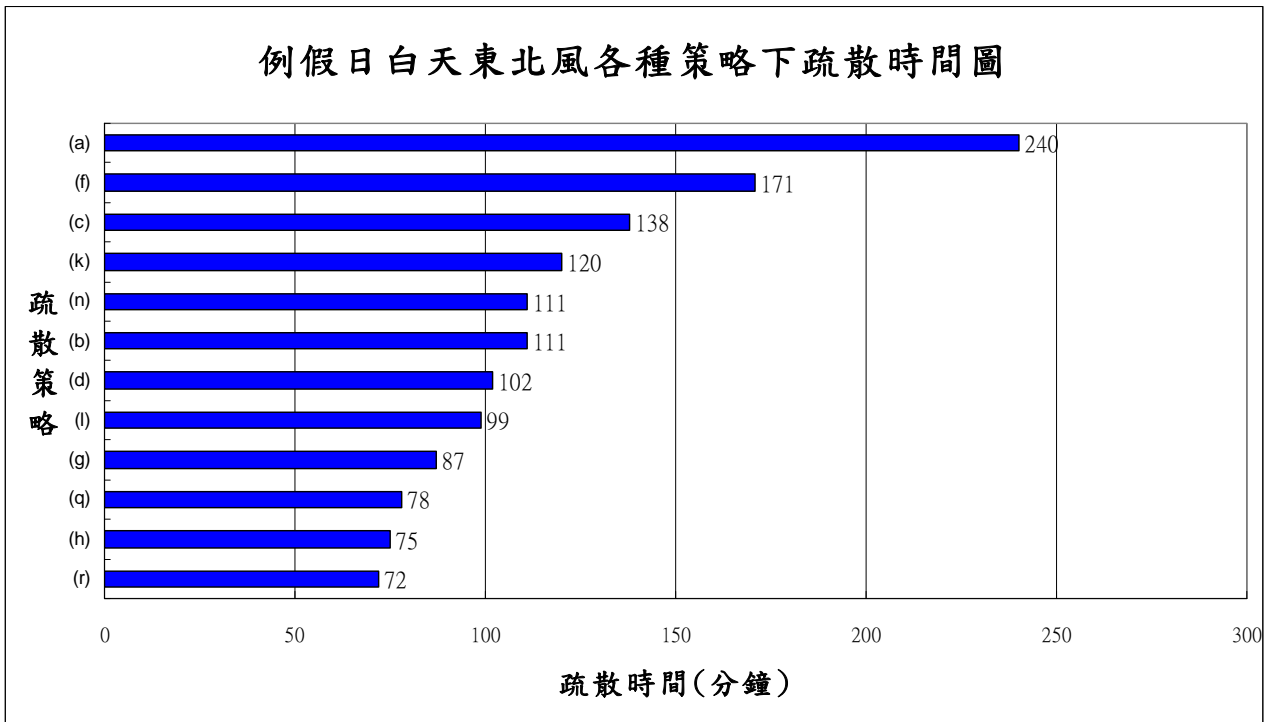


圖 6.5 例假日白天東北風各種疏散策略時間比較圖

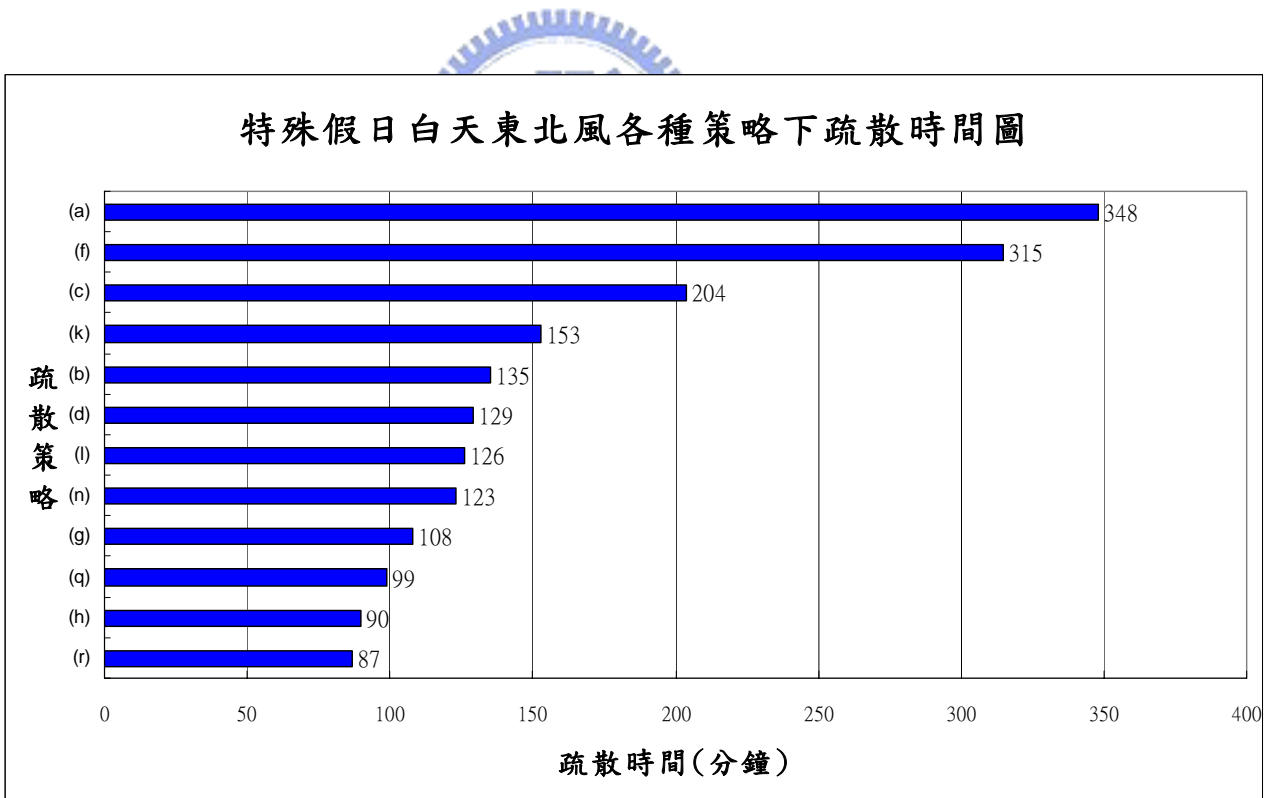


圖 6.6 特殊假日白天東北風各種疏散策略時間比較圖

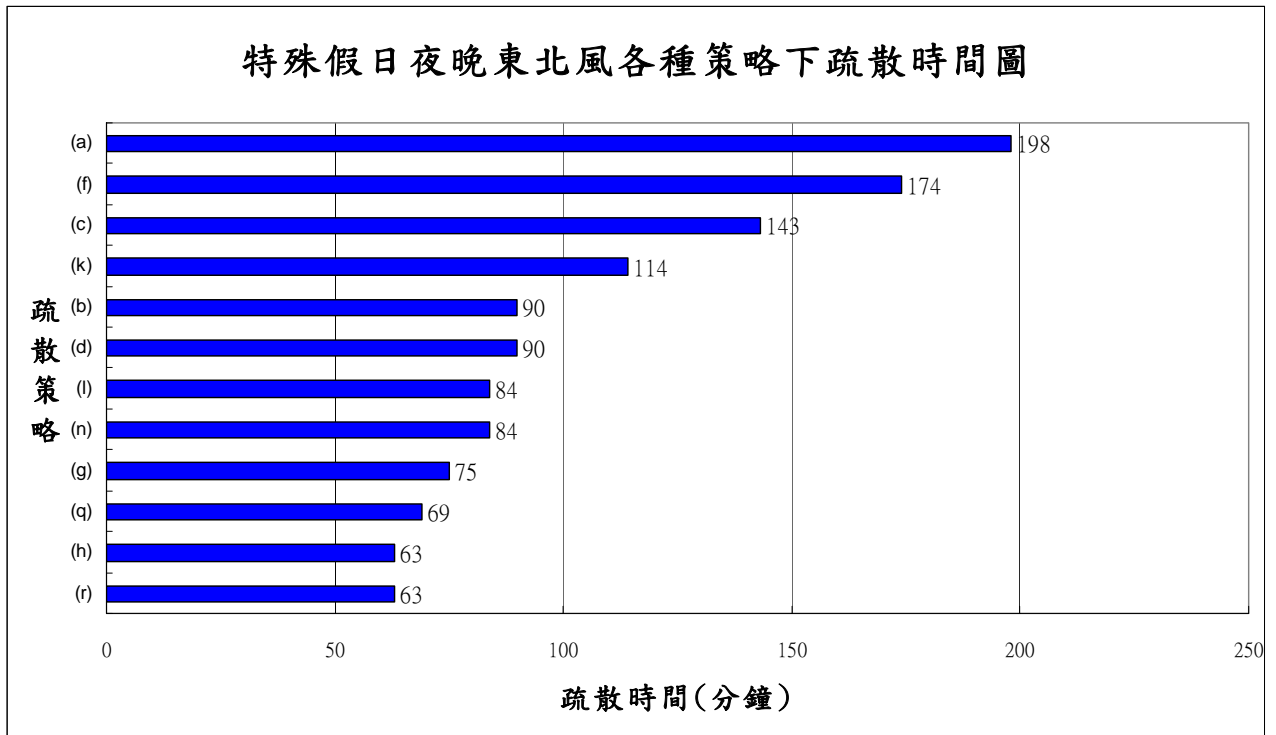


圖 6.7 特殊假日夜晚東北風各種疏散策略時間比較圖

註：疏散策略請參照 5.4.2 節中公鐵路聯合疏散與交控改善措施整合運用的各種疏散策略代號。



## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

核能電廠周圍地區之安全防護奠基於核子事故之預防、監測、應變與復原各階段相關之審慎規劃與分工，建立完備的路網疏散計畫是核子事故安全防護在緊急應變階段重要的一環。過去國內外路網疏散模擬模式對多運具疏散多未納入考量，本研究首次將其加入分析，完成之重要結果分述如下：

1. 本研究除了公路運輸系統外，亦針對鐵路運輸系統、海運運輸系統以及空運運輸系統進行疏散可行性分析，分析項目包含供給層面中各運輸系統運具之運能、速度、運輸距離，以及疏散需求層面的安全性與便利性。結果發現，三者之中較適宜者為鐵路，其次則為空運，至於海運疏散之可行性則不高。其中，空運運具雖然速度最快，但因使用運具為直昇機，運能小，易受到氣候限制而對安全性有所影響，故僅適合使用於急症傷殘救助，不適合成為大眾疏散之主要運具。
2. 本研究針對鐵路系統建立多種列車進場與離開的調派模式，其中列車進場模式可分為 19 種，列車離開模式分為 26 種，經列車進場與離開共同組合後共計 76 種模式。
3. 此外，本研究結合前期研究發展之 TEVACS 路網疏散模擬系統，以核四廠為個案，構建出 TEVACS'2004 系統，並完成核四電廠緊急計畫區(EPZ)內之人口車輛、道路路網和鐵路車站及漁港位置等資料之蒐集。
4. 本研究構建之 TEVACS'2004 疏散決策支援系統可提供六種時段、十七種風向情境、兩種疏散範圍、五種公路方案與四種鐵路方案，共 4080 種情境以上之模擬功能，至於配合各種改善措施下，鐵公路聯合疏散策略則共計有 18 種之多。
5. 本研究依 TEVACS'2004 分析之擁擠瓶頸路段，研擬不同之改善疏散之路網方案，結果發現最佳的疏散方案可有效降低各種疏散情境至 2 小時內，即使是保守的考慮，例假日白天東北風全區 EPZ 疏散的情境下，改善前疏散時間為 4 小時 0 分，經綜合單行道與公鐵路最佳疏散方案改善後，可改善至 1 小時 12 分鐘。
6. 在改善措施實施效益方面，效果最為顯著者為單行道改善措施，在特殊假日東北風的情境下，改善效果達 61%；在提高公用承載措施下，小客車 50%與 100%比例轉移至搭乘公用車輛的效果分別為 41%與 63%，依轉移比例之差異會有不同之效果；若以鐵公路聯合疏散來看，雖可對縮短疏散時間有所幫助，但其邊際效益並不高，改善效果在 9%~29%之間；但當鐵公路疏散搭配單行道改善措施時，改善效果則提高為 54%~64%；最後如將鐵公路疏散搭配單行道改善措施與提高公用車輛承載(100%)時，改善效果則為 63%~73%。

## 7.2 建議

本研究規劃有關核四廠疏散計畫之車輛待命點、民眾集結點、公用車輛疏散路線、收容站位置與各種情境下之路網疏散計畫均可提供有關未來建立核四廠 EPZ 完整之緊急應變計畫之決策參考。而核四廠 EPZ 疏散計畫在運輸需求管理方面，建議有關單位應以公路單行道改善措施配合提高公用車輛承載措施為主要考慮，鐵路疏散措施考量成本因素下，則適合作為輔助的疏散措施。

本研究係針對核能事故所研擬之疏散計畫，因其性質與其他災變有所差異，故本研究結果不便應用於其他事故災變中，後續研究可嘗試將本研究之疏散模式套用於不同類型災變中，並加以改良應用之。

此外針對一分區鄰近鐵路與公路集結點時，本研究認為如鐵路集結點在範圍 1Km 內有公路集結點時，其疏散運具之選擇即以鐵路為優先考量，未來研究可對鐵路集結點涵蓋範圍再多加探討，以找出其精確涵蓋範圍距離。至於對 EPZ 內行動不便之傷殘人士疏散計畫本研究尚未深入探討，未來可考慮將這些民眾先以中小型巴士搭載至火車站，再重新估算疏散時間。同時亦可利用列車內空間較公車寬闊之條件，在列車上成立看護專區，以照顧這些弱勢族群

有鑑於路網疏散係完整核子事故防護計畫之一環，而我國「核子事故緊急應變法」方於去年(民國 92 年)12 月 24 日發佈，其中對原先之「全國核子事故委員會」之組織分工架構，與「核子事故防護行動指引」之關聯性尚未釐清。在本研究主題「路網疏散」作業之前，緊急應變仍須依序完成「通知學校停課，民眾暫停上班」、「關閉公共場所」、「疏導外來民眾與車輛離開 EPZ」、「設立收容防護站與收容中心」與「公用車輛之動員、待命與集結」等工作項目。對於各工作項目在逐級應變程式中正式啟動的時機尚未有明確之法規定義，建議後續相關研究可對此方面再深入探討研議，並可建立核子事故防護計畫之標準作業流程，做為政府對此方面相關法規推動之依據，以期早日建立我國完整之核子事故安全防護系統。

## 參考文獻

1. Cutter, S. and K. Barnes (1982), "Evacuation Behavior and Three Mile Island," *Disasters*, Vol. 6, No. 2, pp. 116-124.
2. Federal Highway Administration (1980), *NETSIM Implementation Package*, FHWA-IP-80.
3. Han, A. F. (1990), "TEVACS: Decision Support System for Evacuation Planning in Taiwan," *ASCE Journal of Transportation Engineering*, American Society of Civil Engineering, Vol. 116, No. 6, pp. 821-830.
4. Hans, J. M. and T. C. Sell (1974), *Evacuation Risk - An Evaluation*, U.S. Environmental Protection Agency.
5. Ho, J. K. (1980), "A Successive Linear Optimization Approach To The Dynamic Traffic Assignment Problem," *Transportation Science*, Vol. 15, No. 4, pp. 200-207.
6. Hobeika, A. G., K. P. Hwang, and L. D. Han (1987), "TEDSS: A Transportation Evacuation Decision Support System," research paper, Department of Civil Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
7. Hobeika, A. G., A. E. Radwan, B. Jamei, and K. P. Hwang (1985), *MASSVAC2 User Guide*, Virginia Tech. .
8. Hwang, K. P. (1986), *Applying Heuristic Traffic Assignment in Natural Disaster Evacuation – A Decision Support System*, Ph.D. Dissertation, VPI & State University.
9. KLD Associates Inc.(1986), *PREDYN/DYNEV Training Guide*, KLD TR-155A.
10. KLD Associates Inc. (1986), *Updated User's Guide for the IDYNEV System Including the TRAD Model*, Prepared for Pacific Northwest Laboratories Richland, Washington 99352., KLD TR-188.
11. Louisiana Power and Light Company (1982), *Evacuation Time Estimate*, Prepared for Louisiana LP&L Waterford and Stream electric station, Docket No. 50-382.
12. Merchant, D. K. and G. L. Nemhauser (1978), "A Model and a Algorithm for the Dynamic Traffic Assignment Problem," *Transportation Science*, Vol. 12, No. 3, pp. 183-199.

13. Merchant, D. K. and G. L. Nemhauser (1978), "Optimality Conditions for a Dynamic Traffic Assignment Problems," *Transportation Science*, Vol. 12, No. 3, pp. 200-207.
14. Perry, W. R., M. K. Lindell, and M. R. Greene (1981), *EVACUATION PLANNING IN EMERGENCY MANAGEMENT*, Battel Human Affairs Research Centers, pp.1-9.
15. Petak, W. J. (1985), "Emergency Management: A Challenge for Public Administration," *Public Administration Review*.
16. Quarantelli, E. L. (1980), *EVACUATION BEHAVIOR AND PROBLEM: Findings and Implications from the Research Literature*, Miscellaneous Report, No. 27, Disaster Research Center.
17. Sheffi, Y. (1985), *URBAN TRANSPORTATION NETWORKS: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*, Prentice-Hall Inc. .
18. Sheffi, Y., H. Mahmassani, and W.B. Powell (1981), "Evacuation Studies for Nuclear Power Plant Sites: A New Challenge for Transportation Engineering," *ITE Journal*, 51(6), pp. 25-28.
19. Sheffi, Y., H. Mahmassani, and W. B. Powell (1982), "A Transportation Network Evacuation Model," *Transportation Research A*, 16(3), pp. 209-218.
20. Spiess (1989), H., "Conical Volume-Delay Functions," *Transportation Science*, Vol. 24, No. 2, pp. 153-158.
21. Voorhees, A. M. and Associates Inc. (1980), *Evacuation Times Assessment for the DIABLO CANYON Nuclear Power Plant*, Prepared for Pacific Gas & Electric Comp.
22. Wilbur Smith and Associates (1974), *Roadway Network and Evacuation Study*, Seabrook, New Hampshire, Report Prepared for the Public Service Company of New Hampshire.
23. Winston, W. L. (2000), *Operation Research: Applications and Algorithms*, THIRD EDITION, International Thomson Publishing Asia A division of Thomson Asia Pte Ltd.
24. 石丸(1989), 「核電安全動態疏散模式之研究」, 國立交通大學交通運輸研究所, 碩士論文。
25. 全國核子事故處理委員會(1998), 「核子事故緊急應變計畫簡介」, 全國核子事故處理委員會。
26. 卓裕仁(1991), 「路網疏散車流模擬與公用車輛調派之研究」, 國立交通大學交通運輸研究所, 碩士論文。

27. 胡大瀛(1987)，「路網疏散模式之研究」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
28. 胡大瀛(2000)，「核四廠附近人口、道路、交通工具及公共設施調查」，全國核子事故處理委員會委託逢甲大學交通工程與管理學系研究報告。
29. 韓復華(1990)，「北部核能電廠廠外民眾路網疏散模式研究」，行政院原委會委託國立交通大學運輸工程與管理學系研究報告。
30. 韓復華(1996)，「依最新人口、道路及交通運輸狀況更新核一、二、三廠廠外民眾路網疏散模式及展示系統」，台灣電力股份有限公司緊急計畫執行委員會委託國立交通大學運輸工程與管理學系研究報告。
31. 韓復華(1999)，「核一、二、三廠緊急計畫區民眾疏散模式及展示系統更新案」，全國核子事故處理委員會委託國立交通大學運輸工程與管理學系研究報告。
32. 韓復華、卓裕仁(2004)，「核能四廠疏散路網分析專案計畫調查工作」，台灣電力股份有限公司核能技術處委託國立交通大學電子商務研究中心研究報告。
33. 蘇志哲(1988)，「路網疏散模式在核能事故應變計畫上之應用」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
34. 蘇昭旭(2001)，「台灣鐵路火車百科」，人人出版社。
35. 謝英雄(2002)，「核四廠半徑五十公里範圍內人口分佈與飲食習慣調查」，台灣電力公司委託台灣大學研究報告。
36. 顏應明(1988)，「路網疏散時間敏感度分析及災後救援路線之研究」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
37. 行政院內政部營建署網頁，<http://www.cpami.gov.tw/>。
38. 行政院原子能委員會網頁，<http://www.aec.gov.tw/www/index.php>。
39. 行政院海岸巡防署網頁，<http://www.cga.gov.tw/>。
40. 行政院農委會漁業署網頁，<http://www.fa.gov.tw/>。