

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, Safety of Nuclear Power Plants

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、達樟與阿 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