

# 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

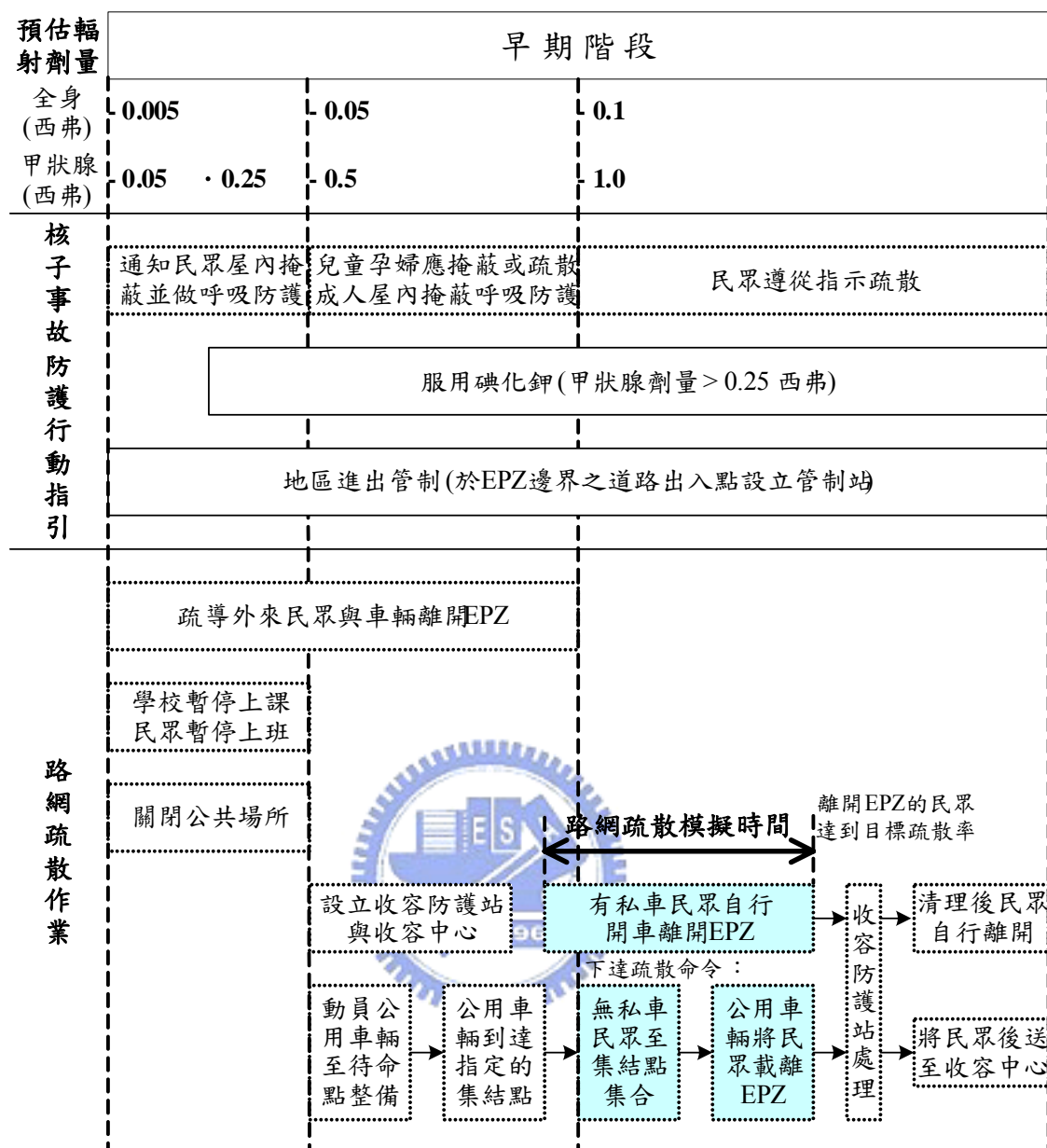
第一類緊急事故 (異常事件之示警通知)	<ul style="list-style-type: none"> <li>指運轉規範所規定之異常事件 (Reportable event)。</li> <li>事故電廠放射性物質外釋量超過運轉規範之限制值時。</li> <li>電廠狀況超過運轉規範之限制時。</li> <li>火災、風災、水災、地震等或保安事件影響到電廠正常運轉時。</li> </ul>
第二類緊急事故 (緊急戒備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故電廠放射性物質外釋超過運轉規範限制值之十倍時。</li> <li>電廠之異常事件狀況繼續惡化時。</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> 貝克或等效氙-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，或等效氙-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				
規劃原理	民眾自行尋找疏散路線離開	考慮多運具疏散				
		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。

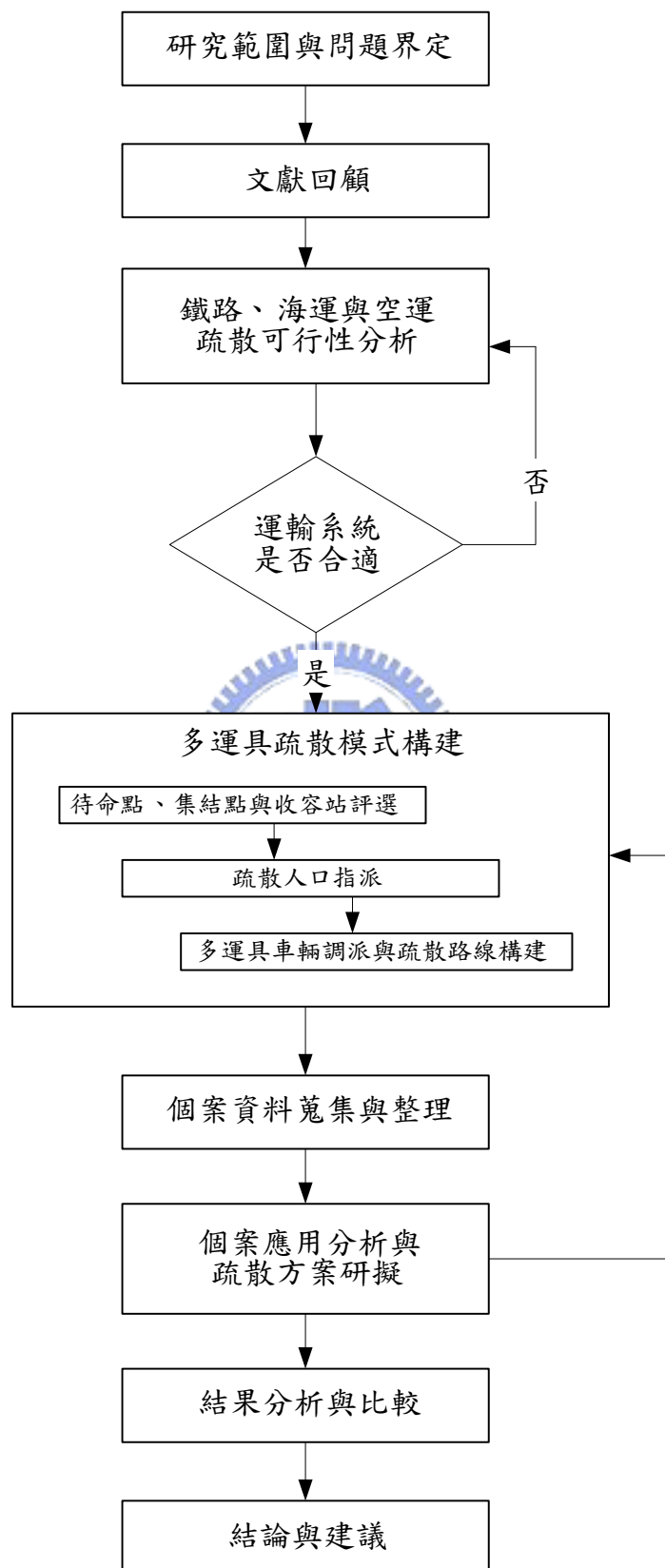


圖 1.2 研究流程圖