

## 第五章 路網整合程序與評估方法之建立

### 5.1 公路危險物品運送路網與緊急應變路網影響因素之分析

#### 一、運送危險物品關係之群體

在一般的公路危險物品運送評估模式之問題系統中，所關心的不外乎有運輸業者及相關單位、在行經運輸路網遭受影響之民眾、政府主管機關等三大機關。這三大系統即是與運輸三大元素（人、車、路）汲汲相關，運輸業者扮演的是車的角色，民眾則是扮演人的角色，最後，政府主管機關是道路管理者，即為路的角色。對於公路危險物品運送問題的各個群體其所追求之目標皆各有不同，甚至目標或有衝突，本研究嘗試著考慮上述不同群體的標的，以構建整個公路危險物品運送評估模式。

1. 運輸業者及相關單位：在危險物品運送當中，最有直接關係就是運輸業者，負責危險物品從甲地運送到乙地的運輸安全。一般而言，其主要的目標是盡可能降低運輸成本與運送人員及運送車輛是否有效運用，其次才考慮減少運輸路途中可能遭遇的危險與損害等安全上的問題。
2. 在行經運輸路網遭受影響之民眾：在危險物品運送過程中，由於民眾對於運送之危險性缺乏認知，而且無從預防，於是民眾為了保護自己的身家安全以及利益，常常排斥危險物品的運送，並且希望運送時行經之路段儘量不要經過自己家門前或與自己相關的位置，以減少其受可能發生事故所外洩的危險物質威脅到他們的生命財產安全。但是危險物品的運送是必要的，所以站在社會大眾的立場來看，則其所追求的目標便是危險物品運送時所產生的風險要最小以及危險物品運送時對環境（人口、土地使用）之衝擊最小。
3. 政府主管機關：由於政府主管機關應站在公正、安全的立場，考量社會整體之福祉，在主要追求成本目標（業者與運輸公司）與風險目標（一般社

會大眾)兩者之間之權衡，一方面主管當局為了減少公路危險物品運送路段之風險，通常採取必要之管制措施，或繞道行駛，但一方面政府主管機關若只考慮一般社會大眾之立場而不顧相關業者與運輸公司的立場，完全禁運危險物品，則有失公允，所以在運送危險物品之必要前提下，政府為了妥協相關業者與運輸公司與民眾互相衝突的目標，則其追求之目標應為使民眾之抗拒程度為最小、並且加強防範措施，加強事故應變能力，使環境之衝擊程度達到最小。

## 二、公路危險物品運送之影響因素：

本研究藉由回顧國內、外危險物品運送之相關文獻、書籍、期刊、研究報告，盡可能詳細列舉出多項影響公路危險運輸路網之影響因素，並且作為之後在整合公路危險物品運輸路網與緊急應變路網之參考依據。本研究從相關文獻中萃取較重要且影響關係較密切的因素，作為考量因素。可能影響公路危險物品運送的因素有下列幾項：

### (一) 交通特性方面

1. 路網結構：目前台灣地區，公路危險物品大都利用國道高速公路運送，只有在台北市及高雄市的市區道路嚴格規定危險物品運送路線及時間，但是對於事故發生後的緊急應變處理方式並無詳細描述。
2. 公路幾何特性：公路線型、轉彎半徑、停車視距、坡度、隧道、橋樑（特殊路段）、車道寬度、路型等。
3. 交通特性：包括交通組成、交通量等。

### (二) 地區方面

1. 人口密度/數：危險物品運送路線必須避免經過人口密度高的地區，以減

少當災難發生時所造成的傷害。

2. 土地使用：在設計運送路網時，也必須考慮到附近地區的土地使用情形，盡量減少經過活動程度高的地區、商業區、或住宅區。

### (三) 緊急應變方面

1. 救難設施數目/分佈位置：衝擊（發生事故）區域內，救難設施的數目及分佈的相關位置，包括軍事、警察、消防、醫療等救難設施。
2. 現場疏散能力：為事故發生後，現場人員、車輛疏散的能力。
3. 到達事故現場所需之時間：當事故發生後，就難人員由其所駐地至事故現場救難時所需要花費的時間。
4. 人員調派問題
5. 附近區域支援能力

### (四) 成本

1. 運輸成本
2. 營運成本
3. 肇事/事故發生成本



### (五) 通訊設備

1. 車上聯絡設備：運送危險物品車輛或人員，必須要有能跟外界即時聯絡的通訊設備，在運輸途中若發生事故，能夠立即通知災害中心進行應變措施。
2. 即時偵測系統：運輸業者及高速公路交通行控中心能即時了解運送車輛目前的相關位置，以確保運送安全。

### (六) 其他

1. 天氣情況：在危險物品運送時，天氣因素也是需要考量的條件之一，例如：雨天、濃霧時，更需要小心謹慎。
2. 運送時間：目前高速公路、台北市與高雄市市區道路都有嚴格規定危險物

品運送時段，以確保道路安全性及統一管理。

3. 人員教育訓練：由於危險物品多屬於化學物，所以在運送危險物品的人員訓練上更顯得格外重要。

### 三、公路危險物品緊急應變路網之影響因素及功能需求分析：

在探討公路危險運送緊急應變路網的功能需求前，本研究須先探討緊急應變體系應考慮公路危險物品運送緊急應變特性，主要計有：

1. 危險物品特性及危害性差異性大，種類多。
2. 危險物品運送發生事故時緊應變處理方式可能不一。
3. 危險物品運送發生事故處理方式不同一般道路交通事故。
4. 運送路線要盡量避免經過車流量大或人口密度高的路段。
5. 事故發生後，緊急替代路線之規劃。
6. 考慮附近救援設施分佈之情形。
7. 快速與即時之通報與應變。
8. 現場指揮官的權責統一。
9. 緊急應變主體消防單位與廠商貨主運輸業者的功能。
10. 國軍、警政、醫療與民間單位的相互救援支援。
11. 考慮災害預防、準備、災害發生時緊急應變措施，災後追蹤處理及事後復原等階段。

公路危險物品運送緊急應變之主要相關單位計有各級災害防災會報、行政院災害防救委員會、災害防救業務主管機關、各級災害應變中心、各級應變小組、各級災害防救專家諮詢委員會、目的事業管理單位、交通監理單位、交通警察單

位、危險物品貨主、危險物品運送業者、駕駛人或隨車人員及政府民間救援支援單位等，因此由前述分析與上述各單位業者對於公路危險物品運送緊急應變體系功能需求分析，以做為研議緊急救援體系架構之依據，使系統之建立能更符合實際之應用。

因此，可知公路緊急應變體系架構應能滿足功能需求為：

1. 應有健全緊急應變之法令規章體系
2. 運送業主應依規定運送
3. 緊急應變之訓練及演習
4. 即時性及正確性的通報系統
5. 駕駛人或隨車人員正確初始緊急應變措施
6. 正確災害狀況之判斷與對應之應變措施
7. 緊急應變小組、支援單位、應變裝備等第一時間迅速到達現場
8. 有效交通管制及民眾之疏散
9. 即時性及有效性的政府國軍相關單位縱橫向溝通支援與申請
10. 完整性、正確性及即時性之通報系統，指揮系統、救援系統及諮詢服務之資訊與流程查詢系統
11. 運送車輛發生事故地點、時間及應變狀況隨時、即時報告或呈報
12. 符合不同相關單位之需求
13. 先進科學技術之運用

從上述之功能分析可歸納緊急應變系統架構，基本上應具有下列功能：

1. 確知運送車輛發生事故正確位置、時間
2. 查詢運送車輛之詳細運送危險物品及其相關資料
3. 緊急應變相關資訊具正確性，要能即時更新及安全性
4. 要能經由多方面的管道來查詢資料庫（資訊）
5. 即時性、有效性及正確性的通報系統，縱橫向協調支援系統
6. 緊急應變小組、支援單位、應變裝備等第一時間迅速到達現場
7. 緊急應變狀況隨時報告或呈報及提供媒體
8. 預留將來其他相關系統架構整合之空間
9. 配合交通管制與民眾疏散



從以往的相關研究報告中發現，在緊急應變規劃、計畫、處理方法上都較忽略，導致當災害發生時，運送人員及相關單位都無法緊急處理。如因遭遇車禍、道路封閉管制、濃霧、天氣不佳等情況，車輛駕駛員必須立即與公司車輛調度站作聯絡，並且請求更改運輸路線，調度員除了登陸意外事故外，並將緊急應變路線告知駕駛員、且每隔一段時間聯絡一次，以確定車輛所在位置（在車上加裝GIS系統），確保行車安全性。

因此，在探討上述之緊急應變路網特性及功能需求後，本研究將公路危險物品緊急應變路網之影響因素整理如下所示：

(1) 緊急應變路線應避免經過下列地區：

1. 人口居住稠密地區

2. 車流量大之路段
3. 窄橋、窄路
4. 未完工之道路
5. 市區道路、鄉村道路

(2) 考慮救援設施位置

1. 消防、警政單位、醫院位置設施分佈情形
2. 國軍單位與民間單位的相互救援與支援
3. 通訊系統（緊急電話、專用電話、維修電話系統）

(3) 事故發生後，緊急替代路線之規劃與疏導：危險物品運送時，風險程度最大為在運送過程，且當發生事故時，往往都會造成人員傷害及交通的中斷，所以替代路線的事前規劃也是本研究在考慮運輸路網時所必須考慮的。

(4) 快速且即時的通報系統

1. 運送車輛發生事故、地點、時間及緊急因應狀況即時通報系統
2. 先進通訊科技之應用（例如：無線通訊、衛星通訊、GIS、GPS）
3. 能從多方查詢災情及因應方法與相關交通情況

(5) 救援單位工作協調及分工情況

(6) 有效的交通管制及民眾之疏散

## 5.2 公路危險物品運送路網與緊急應變路網整合因素之研析

綜合上述兩運送路網之影響因素後，本研究試圖出歸納未來在規劃公路危險物品運送路網時，所必須考量的條件。表 5-1 為本研究經彙整後，所整理出來的可能影響整合公路危險物品運送路網的影響因素及可能造成之後果。

表 5-1 可能影響公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合因素表

類別	編號	整合可能影響公路危險物品運送路網之因素	可能造成後果	
交通特性	1	公路線型	不同的道路線型、寬度都是會影響到運送危險物品路網選擇時的因素，通常都會避免經過線型不良或路型設計不佳的道路。	
	2	車道寬度		
	3	路型		
	4	公路幾何特性	轉彎半徑	道路愈彎曲（轉彎半徑越小），車輛行經此路段時，往往因為離心力的關係，駕駛員容易因為操作不當或驚慌而肇事。
	5	停車（行車）視距	行車視距越長對運送安全越有保障。	
	6	坡度	坡度過大，會影響大型車的行進速度，進而影響公路上的交通秩序。	
	7	特殊路段（隧道、橋樑）	橋樑、隧道大都通過公路的重要地段，若發生事故，都會直接影響交通及附近居民。	
	8	交通特性	交通組成	當道路上，混合車流的情況越嚴重時，對危險物品運送的困難度會相對的增加。
	9	交通量	交通量越大的路段，危險性會相對提高。	
	10	路網結構	不同的路網結構會形成不同的運送路線。	
地區	11	人口密度/數（衝擊區域人口數）	運送危險物品時必須避免經過人口密度高的地區，當危險物品在發生洩漏時，由於擴散或風向因素，容易影響到附近居民的安全。	
	12	土地使用情形（衝擊半徑範圍）	危險物品在運送時，必須盡量避免將經過大都會區，若有必要時，也要嚴格規定其運送路線及時段。	
	13	沿線人口密度	運送路線沿途人口密度越高，受衝擊的範圍或人口數便相對的提高。	
通訊設備	14	車上聯絡設備（有線、無線電話）	事故發生時，可以利用緊急聯絡設備通知救援單位前來救援，避免錯失最佳搶救時間。	
	15	即時偵測系統（GPS、GIS 系統）	即時監控運送車輛動態，能夠確實掌握危險物品及時資訊，有助於增加安全管理。	
	16	電腦定位/監控系統	在行控中心裡，能夠確實瞭解目前所有運送車輛的相關資訊，能隨時監控車輛的運送狀況。	

表 5-1 可能影響公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合因素表（續）

類別	編號	整合可能影響公路危險物品運送路網之因素	可能造成後果
緊急應變	17	救難設施數目/分佈位置	災害發生區域內，必須有足夠的警消、醫療、軍事等救難設施，降低擴散或救助該事故所造成之人員傷亡。
	18	現場疏散能力	事故發生後，若現場道路（車流）密度越高，對於車輛及人員的疏散也相對的增加。
	19	到達事故現場所需之時間	救難人員月快到達現場，則救護能力越高，相對事故嚴重則越低，人員傷害則越低。
	20	替代路線規劃	當災害發生時，除了對事故現場人員機具的搶救外，還必須在事先規劃替代道路，以供事故現場交通之疏散。
	21	人員調派問題	事故發生時，相關單位必須能緊急調派救援人員前往現場，若人力不足時，必須立即向附近單位請求支援。
	22	附近區域支援能力	事故現場附近救援單位的數量會決定救援的時程與效率，支援能力越強越能減少事故所造成的損失。
	23	緊急應變計畫	一旦啟動緊急應變計畫，救難小組便能在危害發生時，迅速的發揮作用。但是必須具有彈性和經常檢討修正。
成本	24	運輸成本	單位里程運送成本 = $\frac{\text{運送總成本}}{\text{運送總里程}}$
	25	營運成本	
	26	肇事/事故發生成本	個路段之平均肇事成本 = $\frac{\text{個路段之總肇事成本}}{\text{個路段之肇事次數}}$
其他	27	天氣能見度	當遭遇到雨天或霧區時，能見度下降，車輛駕駛員在行駛中的危險程度亦相對性的增加。
	28	運送時間	目前高速公路及台北市、高雄市都以對危險物品運送時段嚴格規定，只允許白天時間運送，減少可能夜晚發生事故而緊急應變人手不足之情況。
	29	人員教育訓練	在危險物品運送員的教育訓練也是相當的重要，必須使運送人員了解危險物品的相關特性及緊急應變事故發生時，需注意的事項與步驟。
	30	暴露量	以公路危險物品運送車輛暴露在外的時間為主，運送時間或距離越長，風險相對提高。

下列是本研究整理上表，所選取較重要的影響因素綜合分析如下：

1.轉彎半徑：車輛在曲線路段高速行駛時，其所受離心力，需藉超高度及路面摩擦力使車身保持平衡，所以為確保行車安全及舒適性所須最低限度之曲線半徑，即為轉彎半徑。謝孟昌君[23]研究高速公路幾何設計與肇事關係得到曲度愈大的路段愈容易發生單車碰撞的交通事故，因為道路愈彎曲，車輛行經此類路段往往因離心力之關係必須旋轉方向盤，駕駛員容易因操作不當或驚慌而肇事。換言之，轉彎半徑愈大的路段行車愈安全。

2.坡度：坡度對於行車的影響主要在於速率。根據研究，對小型車而言，上坡 3% 僅對車速有輕微的減低，上坡 4~5% 亦不對小型車構成重大的阻滯；但對大型車而言，坡度對車速的妨礙即非常明顯。在平坡路段，大、小型車之速率相當，但在上坡路段，僅大於 3% 之上升坡度即可使重型貨車之速率明顯降低（周義華，運輸工程）。

3.行車（停車）視距：駕駛人在公路上發現前面有障礙物，自反應煞車至車輛完全停止所需之距離。距離越長對行車及運送安全愈有保障。

由於評估準則 1.轉彎半徑（公尺）、2.坡度（%）與 3.行車（停車）視距（公尺）皆與設計速率有著密不可分的關係，但是為充分描述公路幾何特性的緣故，所以本研究將轉彎半徑、坡度與行車（停車）視距三者同時萃取出來以作為本模式之評估準則。

4.橋樑：我國台灣地區之橋樑大都越過重要的河川，而這些河川大部分都是民生用水的源頭，且橋樑大都通過公路重要地段，為避免危險物品運送因事故而污染到這些水源及影響交通，所以為了保障社會大眾的健康，所以將橋樑列入本模式評估準則之一。

5.隧道：隧道為一高度、寬度、通風、照明等均受限制的密閉空間，如壓縮性液體、壓縮性氣體、可燃性物質（包括氣體、液體及固體）、爆炸性物質、氧化劑、

傳染性物質與毒性氣體等，若因事故而造成洩露，可能發生一連串擴散、燃燒與爆炸等反應所產生的高熱、火燄、颶風、震波，可能對於，均足以對隧道內人員、車輛造成立即且嚴重的傷害，並可能延燒所有滯留其中之大小車輛；而且壓力容器則受高溫後如緊急排放閥無法及時減壓則有爆炸的危險。所以隧道也必須列入在規劃路線時的考慮因素之一。

6.衝擊半徑範圍：以危險物品運送路段為中心向左右各延伸一定距離稱之。為危險物品因事故造成洩露所可能影響的範圍，然而危險物品運送車輛為動態風險系統，並沿著其運輸路線運行，故將其衝擊半徑範圍以所經路線兩側若干寬之帶狀區域來定義。

7.衝擊區域人口數：衝擊半徑範圍之人口數。由於危險物品之運送，基本上容易受到民眾之排斥抗拒，故在阻力程度上，可以危險物品洩露時暴露於物理或化學反應侵害範圍下之人口數為指標。

8.救難人員到達事故地點所需花費時間：此項指標則為事故發生後，救難人員由其所駐地至事故現場救難時所需花費時間。若救難人員越快抵達現場救護，則救護能力越高，相對事故嚴重則越低，人員傷害則越低。

9.疏散能力：此為事故發生後，事故地點之人員、車輛疏散能力，由於事故發生後，若道路密度越高，且與路段交會之出入口數越高，則動植物與車輛疏散與救難能力越強，因此，此項指標之衡量則主要以與路段交會之道路數目為衡量之指標。

10.救難設施數目：衝擊區域內所配置之軍事、消防、警察、醫療等救難設施之數目。衝擊區域內配置適當數目的軍事、消防、警察、醫療設施等較有可能預防危險物品發生外洩、降低擴散或救助該事故所造成之傷害，其衡量方式是計算在該衝擊區域內之消防隊、醫療院所等之救難設施數。

11.運送成本：其衡量之指標為總運送成本÷總運送里程；而路段運送成本為單位

里程運送成本×路段長度。(運送成本即為每一路段之行車成本，而此項則包含了人力花費、車輛折舊、油料耗費等三項直接因運送所產生之成本)。

$$\text{單位里程運送成本} = \frac{\text{運送總成本}}{\text{運送總里程}}$$

12.平均肇事發生成本：其衡量之指標為事故發生所造成之〔死亡人數×1,200,000(元) + 受傷人數×600,000(元) + 車輛損壞(元) + 醫藥費(元) + 其他(元)〕 ÷ 肇事件數。

$$\text{個路段之平均肇事成本} = \frac{\text{個路段之總肇事成本}}{\text{個路段之肇事次數}}$$

13.天氣能見度：在各種天氣狀況下，車輛行駛中駕駛人可以看見之距離，例如霧區、雨天等。

14.人員教育訓練：不管是運送人員還是緊急應變救災人員，都必須受過良好且完善的教育訓練，才能在運送過程或災害搶救時，發揮最大的效用。

15.暴露量：暴露量的衡量以公路危險物品運送車輛暴露在外的時間為主。在衡量事故發生機會時，以暴露量來表示運送危險物品事故純粹是由交通事故所引起的，還是因天然災害或其他不可抗力之因素的影響，較為合理。因為以車輛行駛於路段之暴露時間較能反應出其他因素之影響，而其數學式如下：

$$E_i = \frac{L_i}{V_i}$$

$E_i$ ：暴露時間

$L_i$ ：路段  $i$  之長度

$V_i$ ：路段  $i$  之平均行車速率

16.公路危險物品運送緊急應變計畫：最後，政府應計畫一套屬於公路危險物品運送與緊急應變災害處理辦法，以供相關人員在事故發生時的參考，並且必須每年都增修其相關內容。

### 5.3 公路危險物品運送路網與緊急應變路網現況之危害分析

#### 5.3.1 公路危險物品整合路網因素之初步危害分析

本研究以工安界普遍採用之進行初步危害分析 PHA(preliminary hazard analysis)與故障型式、影響及嚴重度分析 FMECA(failure mode effects and criticality analysis)為基礎，發展出適合軌道運輸安全使用之分析方式。PHA 與 FMECA 最早是由美國國防科技中研究發展，且目前普遍應用於核能、化工、石化、交通運輸等領域。PHA 是初步評估該問項上的危害及風險，評估範圍包括危害的認知、原因、不良影響、有無安全防護之機率、安全防護設施等。FMECA 則是指出該問項發生之潛在原因及其可能產生的不良影響[1]。本研究合併兩者分析之精華，且符合軌道運輸安全評估，建立危險物品運輸安全之危害分析與錯誤形式、影響及嚴重度分析。危險物品運送之危害、影響及嚴重度分析，分析項目包含問項、原因、發生後可能影響、發生機率及暴露頻繁度、防護設施、危險性、建議措施。未來實務單位，可參考此模式將表內各種相關危害分析調查製作完整，可有效防止事故發生。[1,2]

從文獻回顧及相關報告資料蒐集後，本研究將針對蒐集之危害因子進行初步危害分析 (PHA) 為美國陸軍首先發展並運用的一種系統安全分析方法，常在系統生命週期中的概念階段或設計階段，甚至在初期的發展階段時實施之。雖名為『初步』，但絕非暗示草率或粗略的分析方法。初步危害分析是對於陌生系統或是對系統進行的第一次危害分析，此分析可以作為未來實施更廣泛或更深入的分析初測，所謂見林不見樹的巨觀分析方法。

本研究進行初步危害分析 (PHA) 如表 5-2~表 5-7 所示，各表之橫軸分別表示整合影響公路危險物品運送之因素，發生後可能造成之影響，發生機率，嚴重程度，風險等級，危害影響，建議措施等項目。其中發生危害的機率、嚴重程度與風險等級將在後續的專家問卷進行資料蒐集，在配合故障型式影響及嚴重程度分析 (FMECA) 與風險矩陣評估中一併呈現。

表 5-2 整合危險物品運送與應變路網交通特性課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1	路網結構	不同的路網結構會形成不同的運送路線。				運送路網無法配合緊急應變路網時，將會無法即時發揮道路救援功能。	必須將現有路網作適當調整，以符合路網的需要。
2	公路線型	不同的道路線型、寬度都是會影響到運送危險物品路網選擇時的因素，通常都會避免經過線型不良或路型設計不佳的道路。				公路線型不佳，會直接影響運送安全。	在設計高速公路線型時，亦必須考量未來運送車輛或物品。
3	車道寬度					車道寬度過寬，亦使駕駛員分心。	建議將目前寬度小幅修改到最適寬度。
4	路型					路型不良，亦會導致危害風險增加。	在設計或規劃時，就必須考量選擇路線的線型。
5	轉彎半徑	道路愈彎曲(轉彎半徑越小)，車輛行經此路段時，往往因為離心力的關係，駕駛員容易因為操作不當或驚慌而肇事。				轉彎半徑過大，亦造成運送車輛在過灣時發生翻覆情形。	盡量避免路線通過轉彎半徑過大之路段。
6	停車(行車)視距	行車視距越長對運送安全越有保障。				適當的行車視距可以減少駕駛員行車所造成的不適。	減少通過都會區及市區不良之道路。
7	坡度	坡度過大，會影響大型車的行進速度，進而影響公路上的交通秩序。				坡度過大會間接影響車流行進速度，造成交通壅塞。	在設計或路線選擇規劃時，盡量減少坡度大的路段。
8	特殊路段(隧道、橋樑)	橋樑、隧道大都通過公路的重要地段，若發生事故，都會直接影響交通及附近居民。				1. 隧道發生意外事故時，化學危險物可能無法排出隧道外。 2. 危害物質可能流入河裡，造成民生用水污染。	1. 平時多演練標準作業程序(SOP)，使災害成減至最低。 2. 除被動式安全措施外，還須建立主動式安全。
9	交通組成	當道路上，混合車流的情況越嚴重時，對危險物品運送的困難度會相對的增加。				1. 車流分流不易，其他道路上的行進車輛會間接或直接影響危險物品運送車輛。 2. 緊急應變救難時的困難度。	1. 在高速公路上，可以將大客車與小汽車分流，減少衝突機率。
10	交通量	交通量越大的路段，危險性會相對提高。				流量大的道路，在緊急搶救時，往往會造成時間上的延誤。	1. 避免經過交通擁擠的道路。 2. 藉由警車前導，幫助救援車輛快速到達事故現場。

表 5-3 整合危險物品運送與應變路網地區特性課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1 1	人口密度/數 (衝擊區域人口數)	運送危險物品時必須避免經過人口密度高的地區，當危險物品在發生洩漏時，由於擴散或風向因素，容易影響到附近居民的安全。				當運送化學危險物品發生災害時，可能因為風向因素而使災害範圍擴大，及而危及附近區域人民。	1. 建立完整的救災制度，並且在平時演練操作。 2. 可以利用人口活動時間較少的時段進行運送。
1 2	土地使用情形 (衝擊半徑範圍)	危險物品在運送時，必須盡量避免將經過大都會區，若有必要時，也要嚴格規定其運送路線及時段。				經過都會區時，可能會影響都會區內的活動，	利用時段管制或運送路線限制，針對危險物品在市區道路之運送規則。
1 3	沿線人口密度	運送路線沿途人口密度越高，受衝擊的範圍或人口數便相對的提高。				運送路線沿途的人口密度是最直接受到危害影響的族群，當災害發生時，人口密度月高代表影響的人數相對增加。	1. 建立完整的救災制度，並且在平時演練操作。 2. 可以利用人口活動時間較少的時段進行運送

表 5-4 整合危險物品運送與應變路網通訊設備課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1 4	車上聯絡設備 (有線、無線電話)	事故發生時，可以利用緊急聯絡設備通知救援單位前來救援，避免錯失最佳搶救時間。				1.造成搶救時間之延誤，因而增加人員機具的傷亡機會。 2.若車上的通訊設備受損，就必須仰賴附近居民緊急通知救援單位，	1.除了車上聯絡設備外，監控中心必須利用即時監控系統隨時注意運送車輛之情況。
1 5	即時監控系統 (GPS、GIS系統)	即時監控運送車輛動態，能夠確實掌握危險物品及時資訊，有助於增加安全管理。				無法在災害發生的第一時間確實掌握事故地點，進而延誤搶救時間。	在為了考量安全的條件下，在車輛上加裝即時監控系統，確實掌握運輸車輛動態。
1 6	電腦定位/監控系統	在行控中心裡，能夠確實瞭解目前所有運送車輛的相關資訊，能隨時監控車輛的運送狀況。				搶救中心可能無法在第一時間確實掌握運輸車輛事故地點，而延誤搶救時間。	運輸業者應建立一套完整的公路危險物品運送車輛監控定位系統，確保運輸安全。

表 5-5 危險物品運送與應變路網緊急應變特性課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1 7	救難設施數目/分佈位置	災害發生區域內，必須有足夠的警消、醫療、軍事等救難設施，降低擴散或救助該事故所造成之人員傷亡。				救難設施不足或其分佈位置無法涵蓋災區往往會造成救災行動的延滯、增加人員傷亡。	路線規劃時，必須考慮日後災難發生時緊急應變設施的相關因素。
1 8	現場疏散能力	事故發生後，若現場道路（車流）密度越高，對於車輛及人員的疏散也相對的增加。				影響道路車輛通行，造成塞車或救援車輛無法迅速到達事故現場。	配合公路警察及消防單位的現場指揮及疏散。
1 9	到達事故現場所需之時間	救難人員月快到達現場，則救護能力越高，相對事故嚴重則越低，人員傷害則越低。				延誤傷亡人員的就醫時間，到達事故現場的時間越少，傷亡機會就會相對減少。	從最接近災區的救援單位請求支援，
2 0	人員調派問題	事故發生時，相關單位必須能緊急調派救援人員前往現場，若人力不足時，必須立即向附近單位請求支援。				若在夜晚時間發生災害，救難人員可能不足，導致救災延誤。	平時必須規劃救難人員排班，隨時待命。
2 1	附近區域支援能力	一旦啟動緊急應變計畫，救難小組便能在危害發生時，迅速的發揮作用。但是必須具有彈性和經常檢討修正。				搶救資源的不足，會直接影響救援之成效，一個良好的路網必須同時考慮災害發生時所有資源分佈的情形。	必須建立一套完整救援系統，在災害發生時，能迅速通知請求支援。
2 2	緊急應變計畫					缺少一套完整緊急應變救難計畫，將會讓救難人員沒有標準參考。	制定一套完整屬於公路危險物品運送路網與緊急應變的計畫。
2 3	替代路線規劃	當災害發生時，除了對事故現場人員機具的搶救外，還必須在事先規劃替代道路，以供事故現場交通之疏散。				無法將肇事現場的車輛即時疏散，造成事故現場交通擁擠，影響附近交通情況。	事前必須規劃多條替代道路，以供災害發生時事故現場運輸車緊急疏散。

表 5-6 危險物品運送與應變路網成本特性課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
2 4	運輸成本	站在運輸業者的角度，可能因為運輸過程成本過高，為了減少成本而忽略其他安全課題。				在本研究中，綜合考慮政府、業者、民眾及搶救單位後，成本課題影響因素層面必非為主要考量。	在考慮運輸成本時，僅須考量最適成本。當同時考量其他因素課題，成本最小就不適用了。
2 5	營運成本	運輸業者可能在運輸車輛及廠房上，減少成本，危害危險物品運送安全管理。				危險物品運送廠房（源頭）安全管理不當，除了增加總成本，亦增加危害風險。	危險物品從源頭管理，運送過程中，成本因素只是考慮的其中一個因素，總成本最低已經不是本研究所考量的。
2 6	肇事/事故發生成本	路段肇事率高的地點，容易造成運送事故的發生，進而增加總成本。				事故發生多的路段，在運送過程中會間接影響到危險物品的運送安全。	盡量避免經過路段肇事率高的地區。

表 5-7 危險物品運送與應變路網其他特性課題之初步危害分析 (PHA)

編號	整合運送路網之危害因素	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
2 7	天氣能見度	當遭遇到雨天或霧區時，能見度下降，車輛駕駛員在行駛中的危險程度亦相對性的增加。				影響運送駕駛者的行車視距，可能導致運送車輛發生肇事擦撞翻覆等意外。	當遭遇天氣情況不佳時，應該擇期再運送，避免事故發生。
2 8	運送時間	目前高速公路及台北市、高雄市都以對危險物品運送時段嚴格規定，只允許白天時間運送，減少可能夜晚發生事故而緊急應變人手不足之情況。				1. 白天運送可能會危害到附近的民眾安全。 2. 夜晚發生事故而緊急應變人手不足之情況。	1. 白天運送必須盡量減少經過人口密度高之地區。 2. 夜間的安全維護必須更加小心謹慎。
2 9	人員教育訓練	在危險物品運送員的教育訓練也是相當的重要，必須使運送人員了解危險物品的相關特性及緊急應變事故發生時，需注意的事項與步驟。				發生災害的第一時間，隨行的運送人員無法正確的做第一時間的搶救，將災害程度減低。	加強所有危險物品運送人員的教育安全訓練，並且確實執行。
3 0	暴露量	以公路危險物品運送車輛暴露在外的時間為主，運送時間或距離越長，風險相對提高。				危險物品暴露在公路運送的相對時間越長，風險亦相對的增加，	確實加強執行所有危險物品運送安全，並且做好所有的緊急應變準備工作。

## 5.3.2 專家問卷調查結果分析評估

### 5.3.2.1 安全管理檢核問卷選項定義

在這一章節裡，本研究必須先針對問卷內容作一詳細描述及定義然後再下一小節裡，在對回收之問卷作資料分析與說明，本研究的問卷主要是設計做為可以測量公路危險物品整合運送路網安全管理評估之檢核評估表。

本研究所設計的安全檢核評估表內容主要有兩大部分。第一部份告知填答問卷之專家學者，本問卷調查目的、填答方式、注意事項、事故定義及選項定義。

第二部分為整合公路危險物品運送路網之危害因子之安全管理檢核問項表，並且將同一問項分為三個部分填答，分別為危害因子發生機率、嚴重程度、暴露的嚴重程度，本研究所選用之尺度及定義主要參考歐洲安全管理定義規範 EN-50126[45]與安全風險評估[2]一書，本研究考量此規範之適用性進行修正及校估。

1. 請專家學者勾選該危害因子在危險物品運送路網中發生的機率，選項分成六尺度，定義分別敘述如下，或如表 5-8 與 5-9 所示：
  - (1) 不可能發生：極不可能發生。可以假設危險事件不會發生。
  - (2) 不太可能發生：可能不會，但有發生之可能性。可以假設危險事件在異常狀況下才可能會發生。
  - (3) 或許會發生：可能會在系統的生命週期中發生。可以合理地預期危險事件將會發生。
  - (4) 偶爾發生：可能發生數次。而危險事件預期將會發生數次。
  - (5) 會發生數次：將會發生數次。而危險事件預期將會經常地發生。
  - (6) 經常發生：可能會經常發生。而將會持續地遭遇到危險事件。
2. 請專家學者勾選該危害因子在危險物品運送路網中發生災害時，將造成危險物品運送事故的嚴重程度，選項分成四尺度，定義分別敘述如下，或如表所示：
  - (1) 細微重大意外：可能造成一人的輕度傷害。

- (2) 輕度意外事故：造成輕度傷害。
- (3) 關鍵意外事故：造成一人死亡或是嚴重受傷。
- (4) 重大意外事故：造成很多人死亡及/或嚴重受傷。
3. 請專家學者勾選該危害因子在環境中暴露頻繁程度，選項分成六尺度，定義分別敘述如下：
- (1) 非常罕見暴露
- (2) 每年幾次暴露
- (3) 每月一次暴露
- (4) 每週一次或偶然暴露
- (5) 每天都會暴露一次
- (6) 連續不斷暴露

表 5-8 危害因子嚴重程度等級分析

等級	敘述	定義
F	不可能發生	極不可能發生。可以假設危險事件不會發生
E	不太可能發生	可能不會，但有發生之可能性。可以假設危險事件在異常狀況下才可能會發生。
D	或許會發生	可能會在系統的生命週期中發生。可以合理地預期危險事件將會發生。
C	偶爾發生	可能發生數次。而危險事件預期將會發生數次。
B	會發生數次	將會發生數次。而危險事件預期將會經常地發生。
A	經常發生	可能會經常發生。而將會持續地遭遇到危險事件。

資料來源：[2,45]

表 5-9 危害因子發生機率等級區分

等級	敘述	定義	
		對人員造成的結果	對運輸系統造成的結果
1	細微重大意外	可能造成一人的輕度傷害	造成一個系統的損害
2	輕度意外事故	造成輕度傷害	造成系統的嚴重損害
3	關鍵意外事故	造成一人死亡或是嚴重受傷	損失一重要系統
4	重大意外事故	造成很多人死亡及/或嚴重受傷	造成整個運輸系統停擺

資料來源：[2,45]

### 5.3.2.2 問卷結果分析與評估

本研究將所篩選的 30 個危害因子，分為六大課題針對專家、學者、業者、政府機關進行目前公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合系統安全檢核問卷調查。本節將針對問卷調查結果，藉由統計分析（利用 SPSS 與 EXCEL），並且將問卷評估分析分為四個步驟，分別為敘述統計次數分析、安全風險矩陣評估、危險性綜合評估、故障模式影響及嚴重度分析（FMECA）等。藉由上述四個評估步驟分析，將可以對整合危險物品運送與緊急應變路網系統每一項危害因子進行風險評估、影響以及改善建議與，並且對整合系統進行風險衡量工作。

### 5.3.2.3 敘述統計次數分析

由於國內進行危險物品運送之相關人員較少，故本研究問卷對象針對相關專家學者、政府機關進行問卷發放與調查，調查日期為民國 93 年 3 月 10 日至 4 月 10 日，發放問卷數為 40 份，統計有效問卷回收數為 31 份，問卷回收有效率達 77.5%，並且超過有效最低問卷數 30 份。問卷調查對象普遍都對危險物品運送與緊急應變有相當深入之瞭解與經驗，故調查結果應能與現實情況符合。

本研究問卷共分為三大部分，分別為危害因子發生機率、嚴重程度發生機率、該危害因子在環境中暴露頻繁程度，其中危害因子發生嚴重程度分為四尺度量表，而危害因子發生機率及該危害因子在環境中暴露頻繁程度則是分成六尺度量表。最後本研究針對專家問卷受訪者所填答的內容進行量化，四尺度量表依其程度由小至大分別以 1~4 表示，而六尺度量表依其程度由小至大分別以 1~6 表示之。將資料輸入電腦完成後，將輸入各項數據次數統計資料與原始資料校對並修正錯誤後，利用 SPSS 與 EXCEL 統計軟體，將各項危害因子之次數統計、百分比、平均數、標準差及變異數統計資料如表 5-10 所示。

表 5-10 危險物品整合路網系統安全檢核問卷次數分配統計表

歸納課題	危害因子	發生機率 【次數(百分比)】						嚴重程度 【次數(百分比)】				暴露頻繁程度 【次數(百分比)】					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
		不可能發生	不太可能發生	或許會發生	偶爾發生	會發生數次	經常發生	細微重大意外	輕度意外事故	關鍵意外事故	重大意外事故	非常罕見暴露	每年幾次暴露	每月一次暴露	每週一次或偶然暴露	每天都會暴露一次	連續不斷暴露
交通特性課題	1.路網結構	0 (0)	0 (0)	5 (16)	18 (58)	6 (19)	2 (6)	16 (52)	9 (29)	2 (6)	4 (13)	0 (0)	3 (10)	2 (6)	6 (19)	8 (26)	12 (39)
	2.公路線型	0 (0)	0 (0)	11 (35)	4 (13)	9 (29)	7 (23)	2 (6)	12 (39)	13 (42)	4 (13)	0 (0)	0 (0)	2 (6)	2 (6)	8 (26)	19 (61)
	3.車道寬度	8 (26)	6 (19)	7 (23)	6 (19)	2 (6)	2 (6)	12 (39)	17 (55)	1 (3)	1 (3)	2 (6)	0 (0)	1 (3)	3 (10)	12 (39)	13 (42)
	4.路型	1 (3)	8 (26)	9 (29)	8 (26)	4 (13)	1 (3)	7 (23)	15 (48)	7 (23)	2 (6)	1 (3)	2 (6)	0 (0)	0 (0)	11 (35)	17 (55)
	5.轉彎半徑	1 (3)	3 (10)	13 (42)	11 (35)	3 (10)	0 (0)	6 (19)	9 (29)	11 (35)	5 (16)	1 (3)	3 (10)	11 (35)	9 (29)	6 (19)	1 (3)
	6.停車(行車)視距	1 (3)	4 (13)	16 (52)	3 (10)	5 (16)	2 (6)	3 (10)	13 (42)	12 (39)	3 (10)	0 (0)	1 (3)	0 (0)	3 (10)	12 (39)	15 (48)
	7.坡度	3 (10)	12 (39)	11 (35)	4 (13)	1 (3)	0 (0)	17 (55)	8 (26)	5 (16)	1 (3)	1 (3)	1 (3)	5 (16)	4 (13)	7 (23)	13 (42)
	8.特殊路段(隧道、橋樑)	1 (3)	1 (3)	3 (10)	9 (29)	4 (13)	13 (42)	4 (13)	8 (26)	10 (32)	9 (29)	2 (6)	0 (0)	6 (19)	13 (42)	8 (26)	2 (6)
	9.交通組成	4 (13)	7 (23)	8 (26)	11 (35)	1 (3)	0 (0)	8 (26)	11 (35)	7 (23)	5 (16)	2 (6)	2 (6)	1 (3)	7 (23)	8 (26)	11 (35)
	10.交通量	0 (0)	0 (0)	2 (6)	3 (10)	12 (39)	14 (45)	0 (0)	4 (13)	14 (45)	13 (42)	0 (0)	0 (0)	2 (6)	6 (19)	8 (26)	15 (45)
地區特性課題	1.人口密度/數(衝擊區域人口數)	0 (0)	0 (0)	5 (16)	10 (32)	13 (42)	3 (10)	1 (3)	15 (48)	12 (39)	3 (10)	3 (10)	2 (6)	7 (23)	9 (29)	8 (26)	2 (6)
	2.土地使用情形(衝擊半徑範圍)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	11 (35)	14 (45)	6 (19)	0 (0)	16 (52)	14 (45)	1 (3)	2 (6)	7 (23)	6 (19)	11 (35)	4 (13)	1 (3)
	3.沿線人口密度	0 (0)	0 (0)	0 (0)	14 (45)	17 (55)	0 (0)	1 (3)	15 (48)	13 (42)	2 (6)	1 (3)	4 (13)	11 (32)	7 (23)	6 (19)	2 (6)

表 5-10 危險物品整合路網系統安全檢核問卷次數分配統計表 (續)

歸納課題	危害因子	發生機率 【次數 (百分比%)】						嚴重程度 【次數 (百分比%)】				暴露頻繁程度 【次數 (百分比%)】					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
		不可能發生	不太可能發生	或許會發生	偶爾發生	會發生數次	經常發生	細微重大意外	輕度意外事故	關鍵意外事故	重大意外事故	非常罕見暴露	每年幾次暴露	每月一次暴露	每週一次或偶然暴露	每天都會暴露一次	連續不斷暴露
緊急應變特性課題	1. 救難設施 數目/分佈位置	0 (0)	0 (0)	3 (10)	11 (35)	8 (26)	9 (29)	0 (0)	2 (6)	13 (42)	16 (52)	0 (0)	0 (0)	10 (32)	8 (23)	4 (13)	9 (29)
	2. 現場疏散 能力	0 (0)	0 (0)	3 (10)	12 (39)	14 (45)	2 (6)	0 (0)	8 (26)	12 (39)	11 (35)	0 (0)	1 (3)	0 (0)	13 (42)	3 (10)	14 (45)
	3. 到達事故 現場所需之 時間	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (13)	14 (45)	13 (42)	0 (0)	3 (10)	15 (48)	13 (42)	1 (3)	3 (10)	1 (3)	14 (42)	1 (3)	11 (35)
	4. 人員調派 問題	0 (0)	0 (0)	1 (3)	6 (19)	11 (35)	13 (42)	2 (6)	1 (3)	12 (39)	16 (52)	0 (0)	5 (16)	1 (3)	11 (35)	1 (3)	13 (42)
	5. 附近區域 支援能力	0 (0)	0 (0)	1 (3)	8 (26)	7 (23)	15 (48)	3 (10)	4 (13)	10 (32)	14 (45)	0 (0)	0 (0)	13 (42)	3 (10)	4 (13)	11 (35)
	6. 緊急應變 計畫	0 (0)	0 (0)	5 (16)	4 (13)	5 (16)	17 (55)	3 (10)	9 (29)	11 (35)	8 (26)	0 (0)	6 (19)	12 (39)	11 (35)	2 (6)	0 (0)
	7. 替代路線 規劃	0 (0)	6 (19)	8 (26)	9 (29)	7 (23)	1 (3)	2 (6)	11 (35)	6 (19)	12 (39)	0 (0)	7 (23)	13 (42)	10 (32)	1 (3)	0 (0)
通訊設備課題	1. 車上聯絡 設備	0 (0)	0 (0)	1 (3)	7 (23)	11 (35)	12 (39)	1 (3)	8 (26)	11 (35)	11 (35)	0 (0)	1 (3)	3 (10)	8 (26)	5 (16)	14 (45)
	2. 即時監控 系統	0 (0)	0 (0)	8 (26)	2 (6)	13 (42)	8 (26)	0 (0)	9 (29)	9 (29)	13 (42)	0 (0)	3 (10)	0 (0)	9 (29)	11 (35)	8 (26)
	3. 電腦定位/ 監控系統	0 (0)	0 (0)	3 (10)	11 (35)	10 (32)	7 (23)	0 (0)	16 (52)	7 (23)	8 (26)	0 (0)	2 (6)	2 (6)	11 (35)	10 (32)	6 (19)

表 5-10 危險物品整合路網系統安全檢核問卷次數分配統計表 (續)

歸納課題	危害因子	發生機率 【次數(百分比)】						嚴重程度 【次數(百分比)】				暴露頻繁程度 【次數(百分比)】					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6
		不可能發生	不太可能發生	或許會發生	偶爾發生	會發生數次	經常發生	細微重大意外	輕度意外事故	關鍵意外事故	重大意外事故	非常罕見暴露	每年幾次暴露	每月一次暴露	每週一次或偶然暴露	每天都暴露一次	連續不斷暴露
成本特性課題	1.運輸成本	1 (3)	0 (0)	0 (0)	11 (35)	8 (26)	11 (35)	2 (6)	16 (52)	10 (32)	3 (10)	0 (0)	5 (16)	2 (6)	12 (39)	5 (16)	7 (23)
	2.營運成本	2 (6)	1 (3)	0 (0)	12 (39)	7 (23)	9 (29)	0 (0)	14 (45)	13 (42)	4 (13)	0 (0)	0 (0)	7 (23)	8 (26)	11 (35)	5 (16)
	3.肇事/事故發生成本	0 (0)	0 (0)	3 (10)	11 (35)	13 (42)	4 (13)	4 (13)	7 (23)	11 (35)	9 (29)	0 (0)	2 (6)	6 (19)	11 (35)	8 (26)	4 (13)
其他特性課題	1.天氣能見度	0 (0)	0 (0)	2 (6)	12 (39)	14 (45)	3 (10)	3 (10)	8 (26)	14 (45)	6 (19)	0 (0)	6 (19)	10 (32)	15 (48)	0 (0)	0 (0)
	2.運送時間	0 (0)	1 (3)	4 (13)	14 (45)	9 (29)	3 (10)	4 (13)	11 (35)	15 (48)	1 (3)	0 (0)	3 (10)	8 (26)	9 (29)	4 (13)	7 (23)
	3.人員教育訓練	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (26)	12 (39)	11 (35)	1 (3)	3 (10)	12 (39)	15 (48)	0 (0)	0 (0)	3 (10)	11 (35)	5 (16)	12 (39)
	4.暴露量	0 (0)	0 (0)	4 (13)	9 (29)	13 (42)	5 (16)	2 (6)	8 (26)	11 (35)	10 (32)	0 (0)	2 (6)	0 (0)	5 (16)	8 (26)	16 (52)

由表 5-11 之次數統計可以看出，在危害因子發生機率的評量上，本研究整理超過 50% 之專家受訪者認為次危害因子會發生次數與經常發生者，包括：『公路線型、特殊路段（隧道、橋樑）、交通量、人口密度/數（衝擊區域人口數）、土地使用情形（衝擊半徑範圍）、沿線人口密度、救難設施數目/分佈位置、現場疏散能力、到達事故現場所需之時間、人員調派問題、附近區域支援能力、緊急應變計畫、車上聯絡設備、即時監控系統、電腦定位/監控系統、運輸成本、肇事/事故發生成本、天氣能見度、人員教育訓練、暴露量』等 20 個危害因子。

在危害因子嚴重程度評量上，本研究整理超過 50%之專家受訪者認為次危害因子會導致關鍵意外事故或重大意外事故者，包括：『公路線型、轉彎半徑、特殊路段（隧道、橋樑）、交通量、救難設施數目/分佈位置、現場疏散能力、到達事故現場所需之時間、人員調派問題、附近區域支援能力、緊急應變計畫、替代路線規劃、車上聯絡設備、即時監控系統、肇事/事故發生成本、天氣能見度、運送時間、人員教育訓練、暴露量』等 18 個危害因子。

危害因子在環境中暴露頻繁程度評量上，本研究整理超過 50%之專家受訪者認為次危害因子會以每天都會暴露一次或連續不斷暴露者，包括：『路網結構、公路線型、車道寬度、路型、停車（行車）視距、坡度、交通組成、交通量、現場疏散能力、車上聯絡設備、即時監控系統、電腦定位/監控系統、營運成本、人員教育訓練、暴露量』等 15 個危害因子。

另外，本研究整理專家受訪者分別對各危害因子之發生機率的評量、嚴重程度評量、及在環境中暴露頻繁程度評量之平均值、標準差與變異數，如下表 5-11 所示。



在危害因子發生機率的評量方面，專家受訪者認為危害因子發生機率平均數最高之前五項依序為：『到達事故現場所需之時間、交通量、人員調派問題、附近區域支援能力、人員教育訓練』。

在危害因子嚴重程度的評量方面，專家受訪者認為危害因子嚴重程度平均數最高之前五項依序為：『救難設施數目/分佈位置、人員調派問題、人員教育訓練、附近區域支援能力、即時監控系統』。

在危害因子在環境中暴露頻繁程度的評量方面，專家受訪者認為危害因子暴露頻繁程度平均數最高之前五項依序為：『公路線型、停車（行車）視距、路型、交通量、暴露量』。

表 5-11 危險物品整合路網系統安全檢核問卷平均數、標準差及變異數統計表

歸納因素	危害因子	發生機率		嚴重程度		暴露頻繁程度	
		平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)
交通 特 性 課 題	1.路網結構	4.1613	0.7788 (0.6065)	1.8387	1.0360 (1.0731)	4.7742	1.3092 (1.7140)
	2.公路線型	4.3871	1.2022 (1.4452)	2.6129	0.8032 (0.6452)	5.4194	0.8860 (0.7850)
	3.車道寬度	2.8065	1.5148 (2.2946)	1.7097	0.6925 (0.4796)	5	1.3166 (1.7333)
	4.路型	3.2903	1.1887 (1.4129)	2.1290	0.8462 (0.7161)	5.2258	1.2835 (1.6473)
	5.轉彎半徑	3.3871	0.9193 (0.8452)	2.4839	0.9957 (0.9914)	3.6129	1.1159 (1.2452)
	6.停車視距 (行車)	3.4194	1.2048 (1.4516)	2.4839	0.8112 (0.6581)	5.2903	0.9016 (0.8129)
	7.坡度	2.6129	0.9549 (0.9118)	1.6774	0.8713 (0.7591)	4.7419	1.4135 (1.9979)
	8.特殊路段 (隧道、橋樑)	4.7097	1.3710 (1.8796)	2.7742	1.0234 (1.0473)	4	1.1547 (1.3333)
	9.交通組成	2.9355	1.1234 (1.2624)	2.2903	1.0390 (1.0796)	4.6129	1.4984 (2.2152)
	10.交通量	5.2258	0.8835 (0.7807)	3.2903	0.6925 (0.4796)	5.1613	0.9694 (0.9398)

表 5-11 危險物品整合路網系統安全檢核問卷平均數、標準差  
及變異數統計表 (續)

歸納因素	危害因子	發生機率		嚴重程度		暴露頻繁程度	
		平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)
地區特性課題	11.人口密度/數 (衝擊區域人口數)	4.4516	0.8884 (0.7893)	2.5807	0.7199 (0.5183)	3.7419	1.3655 (1.8645)
	12.土地使用情形 (衝擊半徑範圍)	4.8388	0.7347 (0.5398)	2.5161	0.5699 (0.3247)	3.3548	1.2530 (1.5699)
	13.沿線人口密度	4.5484	0.5059 (0.2559)	2.5161	0.6768 (0.4581)	3.6129	1.2296 (1.5118)
緊急應變特性課題	14.救難設施數目/ 分佈位置	4.7419	0.9989 (0.9979)	3.4516	0.6239 (0.3893)	4.3871	1.2296 (1.5118)
	15.現場疏散能力	4.4838	0.7690 (0.5914)	2.7419	0.4448 (0.1979)	4.9355	1.0935 (1.1957)
	16.到達事故現場 所需之時間	5.2581	0.6816 (0.4645)	2.9032	0.3005 (0.0903)	4.4194	1.4324 (2.0516)
	17.人員調派問題	5.1613	0.8601 (0.7398)	3.3548	0.8386 (0.7032)	4.5161	1.4803 (2.1914)
	18.附近區域支援 能力	5.1613	0.9344 (0.8731)	3.1290	0.9914 (0.9828)	4.4194	1.3607 (1.8516)
	19.緊急應變計畫	5.0968	1.1649 (1.3570)	2.7742	0.9560 (0.9140)	3.2903	0.8639 (0.7462)
	20.替代路線規劃	3.6452	1.1416 (1.3032)	2.9032	1.0118 (1.0237)	3.1613	0.8204 (0.6731)

表 5-11 危險物品整合路網系統安全檢核問卷平均數、標準差  
及變異數統計表 (續)

歸納因素	危害因子	發生機率		嚴重程度		暴露頻繁程度	
		平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)	平均數	標準差 (變異數)
通訊設備課題	21.車上聯絡設備	5.0968	0.8701 (0.7570)	3.0323	0.8750 (0.7656)	4.9032	1.19312 (1.4237)
	22.即時監控系統	4.6774	1.1369 (1.2925)	3.1290	0.8462 (0.7161)	4.6774	1.1658 (1.3591)
	23.電腦定位/監控系統	4.6774	0.9447 (0.8925)	2.7419	0.8551 (0.7312)	4.5161	1.0915 (1.1914)
成本特性課題	24.運輸成本	4.8710	1.1178 (1.2495)	2.4516	0.7676 (0.5893)	4.2258	1.3344 (1.7807)
	25.營運成本	4.5184	1.3623 (1.8559)	2.6774	0.7018 (0.4925)	4.4516	1.0276 (1.0559)
	26.肇事/事故發生成本	4.5801	0.8475 (0.7183)	2.8065	1.0139 (1.0280)	4.1936	1.1081 (1.2280)
其他特性課題	27.天氣能見度	4.5801	0.7648 (0.5850)	2.7419	0.8932 (0.7979)	3.2903	0.7829 (0.6129)
	28.運送時間	4.2303	0.9379 (0.8796)	2.4194	0.7648 (0.5850)	4.1290	1.3100 (1.7161)
	29.人員教育訓練	5.0968	0.7897 (0.6237)	3.3226	0.7911 (0.6258)	4.8387	1.0676 (1.1398)
	30.暴露量	4.6129	0.9193 (0.8452)	2.9355	0.9286 (0.8624)	5.1613	1.1283 (1.2731)

#### 5.3.2.4 危險物品整合運送路網系統安全風險矩陣評估

系統安全風險矩陣評估方法是目前在運輸安全領域的評估方法之一，他根據把評估項目自身及周圍的潛在危險集中起來，列成檢查項目的清單，評估時依照清單項目，逐項查核與評估。這種方法雖然容易操作，但目前世界各國的軌道運輸安全系統獲其他相關安全領域都頗為重視之，例如美國及歐洲皆有對於此類評估方法進行規範與定義。其加權評估公式如下所示，而風險矩陣如表 5-12 所示，風險等級劃分如表 5-13 所示[45]：

$$S = \sum_{i=1}^n w_i k_i$$

$$W = S/n$$

S：實際評估值。

n：評價等級數。

w<sub>i</sub>：評估等級i權重。(按「優」、「良」、「可」、「差」評估各項，權重分別為

w<sub>1</sub>=4，w<sub>2</sub>=3，w<sub>3</sub>=2，w<sub>4</sub>=1。)

k<sub>i</sub>：評估為等級i之次數。

W：整體評估等級。

表 5-12 風險矩陣表

嚴重程度 發生機率		重大意外事故	關鍵意外事故	輕度意外事故	細微意外事故
		4	3	2	1
經常發生	A	4A	3A	2A	1A
會發生次數	B	4B	3B	2B	1B
偶而發生	C	4C	3C	2C	1C
或許會發生	D	4D	3D	2D	1D
不太可能發生	E	4E	3E	2E	1E
不可能發生	F	4F	3F	2F	1F

資料來源：[2,45]

表 5-13 風險等級評價表

風險程度等級範圍 Risk Class Range	敘述 Description	定義 Definition	評價等級
4A,4B,4C, 3A,3B	不能接受	應儘速改善以使風險等級降至可接受範圍內。	差
4D,3C,3D, 2A,2B, 2C,1A	不宜接受	應於合理期限前改善，以使風險等級降至可接受範圍內。	可
4E,3E, 2D, 2E,1B,1C	條件接受	確認其是否有適當之作業程序控制與安全保護，並能適當運作發揮應有之功能。	良
4F, 3F, 2E, 2F, 1E, 1F	接受現況	可以不採取任何措施	優

資料來源：[2,45]

表 5-14 各危害因子與所組成危害課題之風險評估結果

危害課題	危害因子	危害因子			危害課題	
		風險評估值	風險等級	評鑑等級	風險評估值	評鑑等級
交通特性	1.路網結構	2.984	2B	條件接受～ 不宜接受	3.010	不宜接受～ 不能接受
	2.公路線型	3.500	3B	不宜接受～ 不能接受		
	3.車道寬度	2.258	2D	條件接受～ 不宜接受		
	4.路型	2.710	3C	條件接受～ 不宜接受		
	5.轉彎半徑	2.935	3C	條件接受～ 不宜接受		
	6.停車視距(行車)	2.952	3C	條件接受～ 不宜接受		
	7.坡度	2.145	2D	條件接受～ 不宜接受		
	8.特殊路段(隧道、橋樑)	3.742	3B	不宜接受～ 不能接受		
	9.交通組成	2.613	3D	條件接受～ 不宜接受		
	10.交通量	4.258	3A	不宜接受～ 不能接受		
地區特性	11.人口密度/數 (衝擊區域人口數)	3.500	3B	不宜接受～ 不能接受	3.570	不宜接受～ 不能接受
	12.土地使用情形 (衝擊半徑範圍)	3.677	3B	不宜接受～ 不能接受		
	13.沿線人口密度	3.532	3B	不宜接受～ 不能接受		
緊急應變特性	14.救難設施數目/分佈位置	4.097	4B	不宜接受～ 不能接受	3.972	不宜接受～ 不能接受
	15.現場疏散能力	3.790	3B	不宜接受～ 不能接受		
	16.到達事故現場所需之時間	4.306	3A	不宜接受～ 不能接受		
	17.人員調派問題	4.258	4A	不宜接受～ 不能接受		
	18.附近區域支援能力	4.145	4A	不宜接受～ 不能接受		
	19.緊急應變計畫	3.935	3B	不宜接受～ 不能接受		
	20.替代路線規劃	3.274	3C	不宜接受～ 不能接受		

表 5-14 各危害因子與所組成危害課題之風險評估結果 (續)

危害課題	危害因子	危害因子			危害課題	
		風險評估值	風險等級	評鑑等級	風險評估值	評鑑等級
通訊設備	21.車上聯絡設備	4.065	4A	不宜接受~不能接受	3.892	不宜接受~不能接受
	22.即時監控系統	3.903	4B	不宜接受~不能接受		
	23.電腦定位/監控系統	3.710	3B	不宜接受~不能接受		
成本特性	24.運輸成本	3.661	3B	不宜接受~不能接受	3.656	不宜接受~不能接受
	25.營運成本	3.613	3B	不宜接受~不能接受		
	26.肇事/事故發生成本	3.694	3B	不宜接受~不能接受		
其他特性	27.天氣能見度	3.661	3B	不宜接受~不能接受	3.750	不宜接受~不能接受
	28.運送時間	3.355	3B	不宜接受~不能接受		
	29.人員教育訓練	4.210	4A	不宜接受~不能接受		
	30.暴露量	3.774	3B	不宜接受~不能接受		

本研究將公路危險物品整合運輸路網安全檢核問卷之 30 個危害因子，根據根據工業安全風險評估[2]與 EN-50216 規範[45]之風險矩陣，進行風險評估值之計算，表中風險評估值越高代表風險程度最高。而各危害因子與所組成危害課題之評估結果如表 5-14 所示。由表中之結果可得知，以『交通量』、『救難設施數目/分佈位置』、『到達事故現場所需之時間』、『人員調派問題』、『附近區域支援能力』、『緊急應變計畫』、『車上聯絡設備』、『即時監控系統』、『人員教育訓練』等項目風險評估值較高，介於不宜接受~不能接受的風險等級之間。

而以整體危害課題來看，六大課題的風險皆介於”不宜接受~不能接受”之間，其中又以『緊急應變特性課題』、『通訊設備課題』兩項課題的風險評估值最高。從結果得知，目前公路運送路網與緊急應變路網之運輸現況風險值皆偏高。

### 5.3.2.5 危險物品整合運送路網危險性綜合評估

危險性綜合評估法是一種衡量在某一種具有潛在危險的環境中作業危險性的半定量評估方法[44]。該方法以量測與系統風險有關的三種因素指標值，來評估系統風險值，並將所得各問項危險性數值與規定的各問項危險性等級相比較，進而確定各問卷的危險程度。其評估方法如下所示[44]：

$$D_i = L_i \times E_i \times C_i$$

$$L_i = \sum_{j=1}^6 w_j k_{ij}$$

$$C_i = \sum_{j=1}^6 v_j h_{ij}$$

$D_i$ ：i項危害因子安全評估值。

$L_i$ ：i項危害因子發生頻率值。

$E_i$ ：暴露於i項危害因子環境中的頻繁程度。

$C_i$ ：i項危害因子發生時可能造成的損失後果。

$w_j$ 、 $v_j$ ：選項j所代表之分數值。

$k_j$ 、 $h_j$ ：選項j人數佔i項危害因子總人數百分比。

本研究參照中國大陸鐵路當局[44]與王世煌[2]所計算出來的等級分數值，如表 5-15～表 5-18 所示，對照本研究檢核表問項定義，在進行後續評估工作。D值越大，代表該運輸系統的危險程度越大，月需要增加安全安全措施，減少發生事故的可能性，或者降低危害因子的暴露頻率，或者減輕事故損失，直到允許控制的範圍裡。

表 5-15 事故發生機率分數值 (L)

分數值	對照本研究問卷之問項
10	經常發生
6	會發生數次
3	偶而發生
1	或許會發生
0.5	不太可能發生
0.1	不可能發生

資料來源：[2,44]

表 5-16 暴露於危險環境的頻繁程度分數值 (E)

分數值	對照本研究問卷之問項
10	連續不斷暴露
6	每天都會暴露一次
3	每週一次或偶然暴露
2	每月一次暴露
1	每年幾次暴露
0.5	非常罕見暴露

資料來源：[2,44]

表 5-17 發生時可能會造成的損失後果 (C)

分數值	對照本研究問卷之問項
15	重大意外事故
7	關鍵意外事故
3	輕度意外事故
1	細微意外事故

資料來源：[2,44]

表 5-18 風險危害等級

風險評分 (D 值)	對照本研究問卷之問項
>400	極其危險，立即採取改善或應變措施
200~399	高度危險，優先執行進一步評估後立即改善
70~199	顯著危險，考慮採取改善措施
20~69	一般危險，需要觀察
<20	稍有危險，注意防止

資料來源：[2,44]

由 5.4.4 小節的公式可求得各項危害因子之危險性綜合評估，其中包括事故發生機率分數值 $L_i$ 、暴露於危險環境的頻繁程度分數 $E_i$ 、發生時可能會造成

的損失後果 $C_i$ ，及風險危害等級 $D_i$ ，如表 5-19 所示，其中風險值落於「極其危險」之危害因子有『交通量』、『人員調派問題』、『人員教育訓練』等三項。風險值落於「高度危險」之危害因子有『公路線型』、『救難設施數目/分佈位置』、『現場疏散能力』、『到達事故現場所需之時間』、『附近區域支援能力』、『車上聯絡設備』、『即時監控系統』、『暴露量』等八項。其餘風險值則落在「顯著危險」與「一般危險」間。

表 5-19 各項危害因子之危險性綜合評估結果

危害因子	綜合評估結果				風險等級
	$L_i$	$E_i$	$C_i$	$D_i$	
1. 路網結構	3.71	3.7742	6.226	87.168	顯著危險
2. 公路線型	4.742	6.0968	8	231.28	高度危險
3. 車道寬度	1.961	2.7419	6.903	37.124	一般危險
4. 路型	2.294	4.2258	7.694	74.567	顯著危險
5. 轉彎半徑	2.116	5.9677	3.177	40.126	一般危險
6. 停車（行車）視距	2.487	5.5161	7.484	102.67	顯著危險
7. 坡度	1.139	2.9355	6.306	21.08	一般危險
8. 特殊路段 （隧道、橋樑）	5.955	7.5161	3.871	173.25	顯著危險
9. 交通組成	1.642	5.3226	5.935	51.872	一般危險
10. 交通量	7.194	9.8387	7.097	502.28	極其危險
11. 人口密度/數 （衝擊區域人口數）	4.613	5.6452	3.629	94.502	顯著危險
12. 土地使用情形 （衝擊半徑範圍）	5.71	5.1935	2.806	83.221	顯著危險
13. 沿線人口密度	4.645	5.3871	3.274	81.933	顯著危險
14. 救難設施數目/分佈位 置	5.613	10.871	5.097	310.99	高度危險
15. 現場疏散能力	4.613	8.8065	6.387	259.47	高度危險
16. 到達事故現場所需之 時間	7.29	9.9677	5.274	383.27	高度危險
17. 人員調派問題	6.935	10.613	5.677	417.89	極其危險
18. 附近區域支援能力	7	9.5161	5.452	363.15	高度危險
19. 緊急應變計畫	7	7.3226	2.419	124.01	顯著危險
20. 替代路線規劃	2.903	8.2903	2.226	53.572	一般危險

表 5-19 各項危害因子之危險性綜合評估結果 (續)

危害因子	綜合評估結果				
	L <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	風險等級
21. 車上聯絡設備	6.71	8.6129	6.484	374.7	高度危險
22. 即時監控系統	5.548	9.1935	5.677	289.6	高度危險
23. 電腦定位/監控系統	5.355	7	5.129	192.26	顯著危險
24. 運輸成本	6.165	5.3226	4.677	153.47	顯著危險
25. 營運成本	5.442	6.2258	4.968	168.31	顯著危險
26. 肇事/事故發生成本	4.968	7.6452	4.355	165.39	顯著危險
27. 天氣能見度	4.903	6.9355	2.29	77.885	顯著危險
28. 運送時間	4.21	5.0645	4.516	96.284	顯著危險
29. 人員教育訓練	6.645	10.29	6.097	416.9	極其危險
30. 暴露量	5.129	8.1613	7.258	303.82	高度危險

### 5.3.3 問卷信度分析

本研究本研究利用 Cronbach's  $\alpha$  來評估問卷整體與各項課題間的內部一致性 (internal consistency)，瞭解測量相同相同概念的問項時，填答者是否呈現一致的情形，若在統計檢定 Cronbach's  $\alpha \geq 0.7$  則表示內部一致性很高。由表 5-20 所示，本研究將危險物品風險管理課題分為六個部分，分別對應問卷中的三個選項，其  $\alpha$  值皆大於 0.7，具有很高之信度。以整體來看，其  $\alpha$  值亦大於 0.7，具有很高之信度。

表 5-20 問卷信度分析結果

評估課題 \ 問項	發生機率	嚴重程度	暴露頻繁程度
交通特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9805	0.9791	0.9845
地區特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9066	0.9646	0.9705
緊急應變特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9741	0.9466	0.9741
通訊設備特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9564	0.9489	0.9689
成本特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9302	0.9135	0.9675
其他特性課題 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9567	0.9599	0.9428
整體 Cronbach's $\alpha$ 值	0.9928	0.9911	0.9942

### 5.3.4 故障型式影響及嚴重度分析 (FMECA)

本研究經由專家問篩選公路危險物品運送與緊急應變整合路網之危害因子後，再藉由危險物品運送系統安全檢核問卷蒐集各危害因子之發生機率與嚴重程度，在藉由此兩項定性與定量的資料蒐集步驟，及可以進行故障模式影響及嚴重程度分析 (FMECA)，本研究希望藉由 FMECA 可做為未來降低公路危險運送與緊急應變整合路網事故風險改善方案之參考資料，如表 5-21~表 5-26 所示。

表 5-21 整合危險物品運送與應變路網交通特性課題之 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1	路網結構	不同的路網結構會形成不同的運送路線。	4.16	1.84	2B	運送路網無法配合緊急應變路網時，將會無法即時發揮道路救援功能。	必須將現有路網作適當調整，以符合路網的需要。
2	公路線型	不同的道路線型、寬度都是會影響到運送危險物品路網選擇時的因素，通常都會避免經過線型不良或路型設計不佳的道路。	4.39	2.61	3B	公路線型不佳，會直接影響運送安全。	在設計高速公路線型時，亦必須考量未來運送車輛或物品。
3	車道寬度		2.81	1.71	2D	車道寬度過寬，亦使駕駛員分心。	建議將目前寬度小幅修改到最適寬度。
4	路型		3.29	2.13	3C	路型不良，亦會導致危害風險增加。	在設計或規劃時，就必須考量選擇路線的線型。
5	轉彎半徑	道路愈彎曲(轉彎半徑越小)，車輛行經此路段時，往往因為離心力的關係，駕駛員容易因為操作不當或驚慌而肇事。	3.39	2.48	3C	轉彎半徑過大，亦造成運送車輛在過灣時發生翻覆情形。	盡量避免路線通過轉彎半徑過大之路段。
6	停車(行車)視距	行車視距越長對運送安全越有保障。	3.42	2.48	3C	適當的行車視距可以減少駕駛員行車所造成的不適。	減少通過都會區及市區不良之道路。
7	坡度	坡度過大，會影響大型車的行進速度，進而影響公路上的交通秩序。	2.61	1.68	2D	坡度過大會間接影響車流行進速度，造成交通壅塞。	在設計或路線選擇規劃時，盡量減少坡度大的路段。
8	特殊路段(隧道、橋樑)	橋樑、隧道大都通過公路的重要地段，若發生事故，都會直接影響交通及附近居民。	4.71	2.77	3B	1.隧道發生意外事故時，化學危險物可能無法排出隧道外。 2.危害物質可能流入河裡，造成民生用水污染。	1.平時多演練標準作業程序(SOP)，使災害成減至最低。 2.除被動式安全措施外，還須建立主動式安全。

表 5-21 整合危險物品運送與應變路網交通特性課題之 FMECA 一覽表 (續)

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
9	交通組成	當道路上，混合車流的情況越嚴重時，對危險物品運送的困難度會相對的增加。	2.94	2.29	3D	1.車流分流不易，其他道路上的行進車輛會間接或直接影響危險物品運送車輛。 2.緊急應變救難時的困難度。	1.在高速公路上，可以將大客車與小汽車分流，減少衝突機率。
10	交通量	交通量越大的路段，危險性會相對提高。	5.23	3.29	3A	流量大的道路，在緊急搶救時，往往會造成時間上的延誤。	1. 避免經過交通擁擠的道路。 2.藉由警車前導，幫助救援車輛快速到達事故現場。

表 5-22 整合危險物品運送與應變路網地區特性課題 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
11	人口密度/數 (衝擊區域人口數)	運送危險物品時必須避免經過人口密度高的地區，當危險物品在發生洩漏時，由於擴散或風向因素，容易影響到附近居民的安全。	4.45	2.58	3B	當運送化學危險物品發生災害時，可能因為風向因素而使災害範圍擴大，及而危及附近區域人民。	1.建立完整的救災制度，並且在平時演練操作。 2.可以利用人口活動時間較少的時段進行運送。
12	土地使用情形 (衝擊半徑範圍)	危險物品在運送時，必須盡量避免將經過大都會區，若有必要時，也要嚴格規定其運送路線及時段。	4.84	2.52	3B	經過都會區時，可能會影響都會區內的活動，	利用時段管制或運送路線限制，針對危險物品在市區道路之運送規則。
13	沿線人口密度	運送路線沿途人口密度越高，受衝擊的範圍或人口數便相對的提高。	4.55	2.52	3B	運送路線沿途的人口密度是最直接受到危害影響的族群，當災害發生時，人口密度月高代表影響的人數相對增加。	1.建立完整的救災制度，並且在平時演練操作。 2.可以利用人口活動時間較少的時段進行運送

表 5-23 整合危險物品運送與應變路網通訊設備課題 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1 4	車上聯絡設備 (有線、無線電話)	事故發生時，可以利用緊急聯絡設備通知救援單位前來救援，避免錯失最佳搶救時間。	5.10	3.03	4B	在本研究中，綜合考慮政府、業者、民眾及搶救單位後，成本課題影響因素層面必非為主要考量。	在考慮運輸成本時，僅須考量最適成本。當同時考量其他因素課題，成本最小就不適用了。
1 5	即時監控系統 (GPS、GIS系統)	即時監控運送車輛動態，能夠確實掌握危險物品及時資訊，有助於增加安全管理。	4.68	3.13	3B	危險物品運送廠房(源頭)安全管理不當，除了增加總成本，亦增加危害風險。	危險物品從源頭管理，運送過程中，成本因素只是考慮其中一個因素，總成本最低已經不是本研究所考量的。
1 6	電腦定位/監控系統	在行控中心裡，能夠確實瞭解目前所有運送車輛的相關資訊，能隨時監控車輛的運送狀況。	4.68	2.74	3A	事故發生多的路段，在運送過程中會間接影響到危險物品的運送安全。	盡量避免經過路段肇事率高的地區。

表 5-24 整合危險物品運送與應變路網緊急應變特性課題 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
1 7	救難設施數目/分佈位置	災害發生區域內，必須有足夠的警消、醫療、軍事等救難設施，降低擴散或救助該事故所造成之人員傷亡。	4.74	3.45	4A	救難設施不足或其分佈位置無法涵蓋災區往往會造成救災行動的延滯、增加人員傷亡。	路線規劃時，必須考慮日後災難發生時緊急應變設施的相關因素。
1 8	現場疏散能力	事故發生後，若現場道路（車流）密度越高，對於車輛及人員的疏散也相對的增加。	4.48	2.74	4A	影響道路車輛通行，造成塞車或救援車輛無法迅速到達事故現場。	配合公路警察及消防單位的現場指揮及疏散。
1 9	到達事故現場所需之時間	救難人員月快到達現場，則救護能力越高，相對事故嚴重則越低，人員傷害則越低。	5.26	2.90	3B	延誤傷亡人員的就醫時間，到達事故現場的時間越少，傷亡機會就會相對減少。	從最接近災區的救援單位請求支援，
2 0	人員調派問題	事故發生時，相關單位必須能緊急調派救援人員前往現場，若人力不足時，必須立即向附近單位請求支援。	5.16	3.36	3C	若在夜晚時間發生災害，救難人員可能不足，導致救災延誤。	平時必須規劃救難人員排班，隨時待命。
2 1	附近區域支援能力	一旦啟動緊急應變計畫，救難小組便能在危害發生時，迅速的發揮作用。但是必須具有彈性和經常檢討修正。	5.16	3.13	4A	搶救資源的不足，會直接影響救援之成效，一個良好的路網必須同時考慮災害發生時所有資源分佈的情形。	必須建立一套完整救援系統，在災害發生時，能迅速通知請求支援。
2 2	緊急應變計畫		5.10	2.77	4B	缺少一套完整緊急應變救難計畫，將會讓救難人員沒有標準參考。	制定一套完整屬於公路危險物品運送路網與緊急應變的計畫。
2 3	替代路線規劃	當災害發生時，除了對事故現場人員機具的搶救外，還必須在事先規劃替代道路，以供事故現場交通之疏散	3.65	2.90	3B	無法將肇事現場的車輛即時疏散，造成事故現場交通擁擠，影響附近交通情況。	事前必須規劃多條替代道路，以供災害發生時事故現場運輸車緊急疏散。

表 5-25 整合危險物品運送與應變路網成本特性課題 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
2 4	運輸成本	站在運輸業者的角度，可能因為運輸過程成本過高，為了減少成本而忽略其他安全課題。	4.87	2.45	3B	在本研究中，綜合考慮政府、業者、民眾及搶救單位後，成本課題影響因素層面必非為主要考量。	在考慮運輸成本時，僅須考量最適成本。當同時考量其他因素課題，成本最小就不適用了。
2 5	營運成本	運輸業者可能在運輸車輛及廠房上，減少成本，危害危險物品運送安全管理。	4.52	2.68	3B	危險物品運送廠房（源頭）安全管理不當，除了增加總成本，亦增加危害風險。	危險物品從源頭管理，運送過程中，成本因素只是考慮的其中一個因素，總成本最低已經不是本研究所考量的。
2 6	肇事/事故發生成本	路段肇事率高的地點，容易造成運送事故的發生，進而增加總成本。	4.58	2.81	3B	事故發生多的路段，在運送過程中會間接影響到危險物品的運送安全。	盡量避免經過路段肇事率高的地區。

表 5-26 整合危險物品運送與應變路網其他特性課題 FMECA 一覽表

編號	危害因子	發生後可能造成之影響	發生機率	嚴重程度	風險等級	危害影響	建議措施
2 7	天氣能見度	當遭遇到雨天或霧區時，能見度下降，車輛駕駛員在行駛中的危險程度亦相對性的增加。	4.58	2.74	3B	影響運送駕駛者的行車視距，可能導致運送車輛發生肇事擦撞翻覆等意外。	當遭遇天氣情況不佳時，應該擇期再運送，避免事故發生。
2 8	運送時間	目前高速公路及台北市、高雄市都以對危險物品運送時段嚴格規定，只允許白天時間運送，減少可能夜晚發生事故而緊急應變人手不足之情況。	4.23	2.42	3B	1. 白天運送可能會危害到附近的民眾安全。 2. 夜晚發生事故而緊急應變人手不足之情況。	1. 白天運送必須盡量減少經過人口密度高之地區。 2. 夜間的安全維護必須更加小心謹慎。
2 9	人員教育訓練	在危險物品運送員的教育訓練也是相當的重要，必須使運送人員了解危險物品的相關特性及緊急應變事故發生時，需注意的事項與步驟。	5.10	3.32	4A	發生災害的第一時間，隨行的運送人員無法正確的做第一時間的搶救，將災害程度減低。	加強所有危險物品運送人員的教育安全訓練，並且確實執行。
3 0	暴露量	以公路危險物品運送車輛暴露在外的時間為主，運送時間或距離越長，風險相對提高。	4.61	2.94	3B	危險物品暴露在公路運送的相對時間越長，風險亦相對的增加，	確實加強執行所有危險物品運送安全，並且做好所有的緊急應變準備工作。

## 5.4 公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合程序與評估

### 5.4.1 整合之方法程序

本主要是構建未來規劃危險物品運送路網與緊急應變路網之可操作整合程序與評估方法。因此，本研究針對前述所探討的理論方法與現有運輸路網之危害分析後，研提一套針對公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合程序方法，其程序如下：

#### (一) 公路危險物品運送流向之確認。

應先確認危險物品之流向，劃定運送可能範圍區域，以供進一步規劃運送路網與緊急應變路網整合之依據。

#### (二) 公路危險物品運送路網現況分析。

針對上述劃定運送可能範圍區域內運送公路路網，進行公路幾何特性、交通特性、路網結構、土地使用情形、人口分佈等現況進行蒐集調查與分析。

#### (三) 公路危險物品運送路網影響因素之研析。

針對公路運送路網可能影響因素進行分析，以確定影響運送路網之因素，例如交通特性、公路幾何特性、人口分佈、土地使用情形等。

#### (四) 初步確認危險物品運送路網。

在經過運送現況分析與運送路網影響因素研析後，進一步規劃公路危險物品運送的初步路網。

#### (五) 考量運送路網周邊的緊急救援資源分佈。

蒐集運送路網附近所有救援措施（包括警察局、消防局、醫院、工程局等）分佈位置、替代路線規劃與疏導與救援到達時間，並且加入考慮現有運輸路網資料，進行公路危險物品運送路網周邊緊急應變資源分佈與救援能力之狀況蒐集調查、分析。

#### (六) 進行緊急應變路網影響因素分析。

針對緊急應變路網可能影響因素進行分析，以確定影響緊急應變路網之因素，包括：應避免經過的地區或路段、救援設施數目、現場疏散能力、人員調派問題、附近區域支援能力等影響因子。

(七) 規劃初步緊急應變路網。

在經過運送路網周邊的緊急救援設施分佈與緊急應變路網影響因素研析後，進一步規劃危險物品運送的初步緊急應變路網。

(八) 收集、歸類可能影響整合路網之風險因子，針對目前現有運送路網與緊急應變路網進行危害分析。

透過相關資料蒐集、與問卷訪談，彙整可能影響危險物品運送與緊急應變的危害因子，並透過問卷訪談歸納影響因素是否重要。由危害分析與風險理論可歸納出影響因素，下列為本研究進行危害因子風險分析的方法步驟。

1. 利用初步危害分析的定性方法探討影響因素對系統所發生之影響。

以系統安全的初步危害分析 (PHA) 分法針對所歸納出的影響危害因素，進行質化 (定性) 分析，探討其發生後可能造成之影響、危害影響、及其建議改善措施。

2. 利用故障型式影響及嚴重程度分析的量化方法求取其風險等級與危害程度。

這一部分主要在進行蒐集影響因素的危害發生機率、嚴重程度、風險等級以及危害形式的歸類，最後在配合故障型式、影響及嚴重程度分析 (FMECA) 以次數統計確認各項輸入資料與原始資料之錯誤並修正。

3. 透過專家問卷，篩選影響因素權重。

透過專家問卷發放，篩選各項危害因子的權重。問卷分成三大部分，分別為危害因子發生機率、危害因子嚴重程度、以及該危害因子在環境中暴露的頻繁程度，其中危害因子嚴重程度分成四尺度量表，

而危害因子發生機率以及該危害因子在環境中暴露的頻繁程度則是用六尺度量表。最後本研究針對受訪者填答內容進行量化，針對四尺度量表依其程度由小至大分別以1~4 表示之，而六點尺度量表依其程度由小至大分別以1~6 表示之。

4. 針對整合路網所篩選的影響因素，個別對質化與量化指標進行分析。

針對所要評估的指標進行質化與量化分析；在質化分析部分，則是以初步危害分析方法，針對危害因子探討其發生後可能造成之影響、危害影響、建議措施等；在量化分析部分，主要利用專家問卷，針對各危害因子評估其發生危害程度與機率，採用古典量測法 Likert Scale 將每一個受測項目分為四或六個等距尺度，分別給定 1~4 分、1~6 分，藉以衡量受測項目之平均發生機率。本研究以專家問卷為主。

5. 結合評估值與權重值，分析整合路網問題所在。

由於公路危險物品運送路網與緊急應變整合路網之安全評估系統包括了許多質化與量化的指標，透過系統安全的質化與量化方法，建立一套綜合評估的影響指標所構成的評估績效架構，最後在根據所評估出指標作一綜合評估。

(九) 公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合原則。

在整合路網時必須同時考慮危險物品運送路網與緊急應變路網的運送現況、公路幾何特性、土地使用情形、人口分佈、通訊設備、附近救援設施分配等因素，且滿足兩運送路網之需求，進而挑選適合公路危險運送的整合路網。整合原則需滿足完整性、合理性、配合性、低風險性、可操作性、與實用性等。

(十) 公路危險物品運送路網與緊急應變路網初步整合與評估。

概括上述整合程序(一)~(七)、(九)所研析之程序，與整合程序(八)之評估方法利用系統安全對現況進行評估，則可根據評估結果與整

合程序進行路網的初步整合與評估。

(十一) 調整兩運輸路網，期使符合現實的運輸情況。

根據前述各項綜合評估分析後，再調整適合公路危險物品運送路網與緊急應變路網。在本研究中，當兩路網無法相互符合時，建議改善或調整原有的運輸路網或考慮增設救接地點，使其也符合緊急應變救援措施的分佈位置，進而規劃出一套運送危險物品整合路網。

(十二) 公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合路網。

經過調整修正而可得適合公路危險物品運送的整合路網，藉以提供危險物品適宜運送之整合路網。



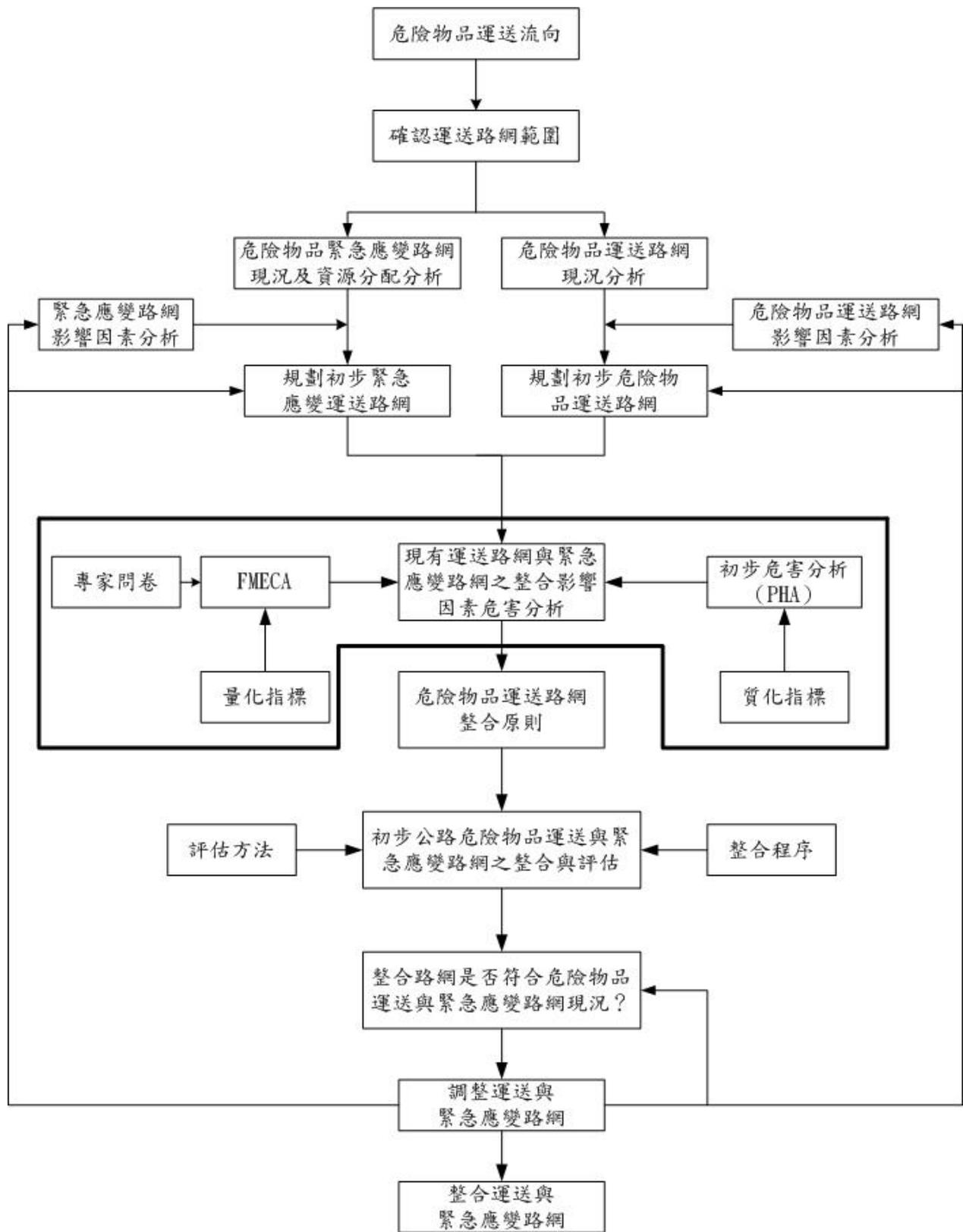


圖 5-1 整合流程圖

## 5.4.2 整合方法程序之評估

本研究所研擬整合程序流程之評估將分為完整性、合理性、配合性、低風險性、可操作性、與實用性等六個方向進行綜合評估，茲分述如下：

### 1. 整合方法程序之完整性

整合方法程序是考慮未來危險物品運送路網與緊急應變路網整合時，所必須共同考慮課題、危害影響因素與整合流程。過去研究對於危險物品運送與緊急應變的整合評估程序並無非常完善之敘述，且多著墨於危險物品之運送，未將緊急應變一併考慮，因此本研究將整合方法程序如圖 5-1 所示。

### 2. 整合程序與評估方法之合理性

由於整個評估程序是以路網概念整合其運送路網與應變路網，具有基本的網路理論支持，網路的形成可大可小，取決於危險物品運送的區域範圍。另外，危害因子的影響因素則是以系統安全的 PHA、FMECA、風險矩陣與危險性綜合分析方法探討影響危險物品運送路網與緊急應變整合路網的定性與定量影響因素，而整合程序則是彙整本研究所提出的理論、方法與流程步驟所構建的，因此整合程序與評估方法具有相對的合理性。

### 3. 路網之可配合性

在進行運送路網與緊急應變路網之整合時，必須考慮兩路網能夠相互配合，若運送路網無法相互配合時，進而調整兩路網之運送路線或增加救援點的分配，期使兩路網能夠滿足運輸需求。

### 4. 路網之低風險性

危險物品運送的過程中，「安全」還是首要的考量因素，因此，在整合運送路網與緊急應變路網時，路網的風險性就顯得相當重要，本研究

以系統安全之評估方法，有效提供風險危害程度之參考依據。藉由評估結果，以供未來規劃路網考慮因素之用。

#### 5. 實務上之可操作性

本研究整合程序圖大致如圖 5-1 所示，藉由本研究的整合程序與評估方法，可應用於目前公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合。不過，在整合可能因為範圍或考慮因素過於廣泛，在實務上將導致大量人力與時間上的消耗，且作業程序繁瑣，不利實務上的操作。再者，在整合過程中必須同時考慮兩運送路網之條件，且運送路網需包含緊急應變路網，並從中擷取適合運送之路線。因此，整合時必須有適當的程序方法，以提高實務上的可操作性。

#### 6. 評估結果之實用性

公路危險物品整合路網危害因子評估的目的在於排序影響的課題之危害因素權重，並且透過評估結果協助系統管理規劃者發現效率不佳的癥結。評估結果對管理者的意義，不單是指出哪些評估指標的表現相對較差，更須將整體營運安全績效依各影響特性的範圍與功能予以分解，進而比較其風險危害程度與嚴重性，做為未來改善或規劃整合路網之參據。本文採用專家學者與政府單位的觀點進行問卷調查，更能突顯出整合問題所在，對於後續研究有助益良多，因此本評估流程具有高度客觀性。