

第六章 數例分析

綜合第三章與第四章之理論基礎、評估方法與現況回顧分析之敘述，透過第5.1節～第5.3節對影響因子的危害分析、及第5.4節的路網整合程序之構建與評估後，為驗證本研究之可行性，本章節提出一個假設的路網，並且說明其整合方法程序與評估；首先將按照5.4.1節整合之方法程序（一）確認危險物品運送流向，依整合之方法程序（二）、（三）、（六）進行運送路網與應變路網資料蒐集，得到程序（四）初步規劃危險物品運送路網。然後按照整合之方法程序（五）、（七）考量運送周邊救援資源分佈，得到初步緊急應變路網。按照整合之方法程序（八）、（九）進行運送路網與應變影響因素的資料分析及整合原則。最後，按照整合之方法程序（十）～（十二）進行路網整合與調整。

由於，國內危險物品運送資料可獲得性較低，所以本研究試圖以假設數例針對危險物品運送路網與緊急應變路網之整合方法程序作數例分析。

6.1 危險物品運送資料可獲性探討

目前國內有許多業者從事危險物品運送工作，但是相關監理機關對於公路危險物品運送路線及時段並無統一且完善之規定來管理運送車輛，以保障危險物品行經路線沿途的居民、環境安全。又運送路線資料的缺乏，公路主管機關或警政單位亦產生路線管制執法上的困難，基於上述之因素，本研究採取虛構數例加以說明路網之整合方法程序。

6.2 數例路網整合分析

（1）運送流向確認

由於，公路危險物品可能在路網中只限於某一區域，所以必須確認在運輸區域裡危險物品的運送流向，劃定可能運送的範圍，下圖為本研究假設公路危險物品運送路網，如圖 6-1 所示，紅色框線內為本研究假定危險物品運送的範圍，細

部路線圖如圖 6-2 所示。

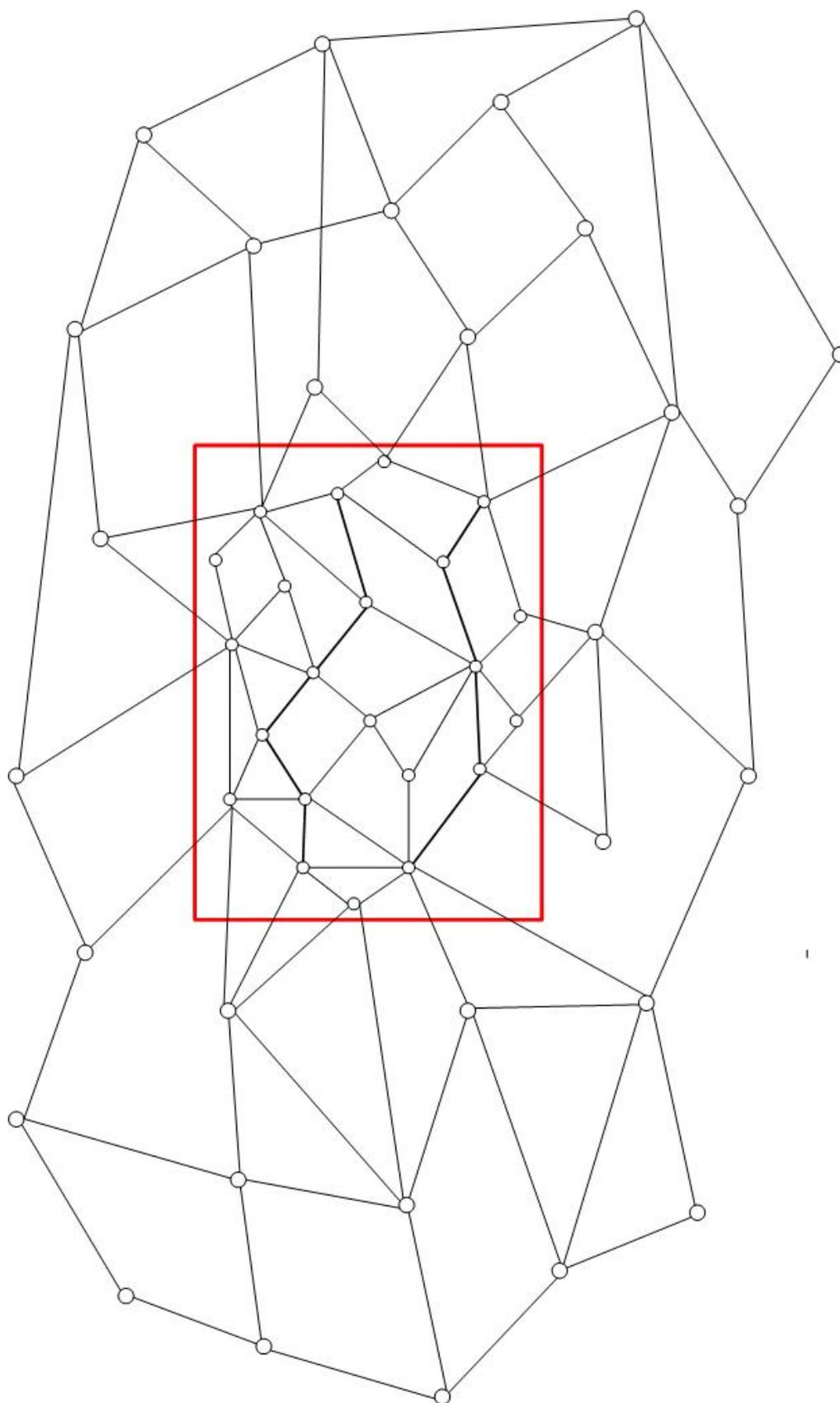


圖 6-1 危險物品可能運送範圍

(2) 運送路網與應變路網資料蒐集分析

本研究由於受限於時間和經費，所以採用之假設路網是依據現階段台灣地區各類道路交通量、人口密度等條件屬性，以及加入各類救援設施（如醫院、警察局、消防單位、工程單位等）位置來假設本研究的危險物品運輸路網，在固定某一危險物品運送路網之起、迄點，針對數條路線所形成的運輸路網，並且以第5.4節的整合程序進行路網整合。

將圖6-1可能運送範圍細部運送圖放大如圖6-2所示，假設共有22個節點與40條路段，其中含有高速公路（中山高速公路、第二高速公路）9段、一般道路（省、縣道路）22段、市區道路9段；並且假設每一道路皆為雙向四車道，並且分別以 L_{ij} （ $i, j=0\sim 21$ ）命名之。

此外為了盡量符合真實的運輸系統，本研究將台灣的人口密度的資料分別以直轄市、省轄市、縣三個部分，求算平均人口的密度值。以市區道路為例，利用行政院主計處91年公布的直轄市（台北市、台中市、高雄市）人口密度平均值來設定衝擊區域人口密度；而一般道路則以省轄市人口密度平均值設定衝擊區域人口密度；高速公路則以低於1500人/平方公里設定衝擊區域人口密度。其基本資料如表6-1所示。

表 6-1 假設路網基本資料

路段編號	道路類別	路段長度 (公里)	人口密度 (人/公里 ²)	交通流量 (PCU)	救援設施 (輛/單位)	估計救援人員到 達現場時間(分)	路段平均 救援時間
L _{0,1}	一般道路	8.5	3200	1700	8	2.1~8.4	3.25
L _{0,2}	市區道路	9.3	8300	1100	4	5.8~11.2	8.5
L _{1,2}	一般道路	11.3	3300	1850	5	6.2~13.5	9.85
L _{1,4}	一般道路	23.1	2500	1550	11	3.9~7.6	5.75
L _{1,5}	一般道路	15.3	2950	1900	6	4.7~10.3	7.5
L _{1,6}	高速公路	19.6	690	2160	5	5.5~13.1	9.3
L _{2,3}	一般道路	9.2	3700	1600	9	3.7~6.4	5.05
L _{2,4}	高速公路	8.4	1200	2500	4	4.5~9.2	6.85
L _{3,4}	一般道路	8.9	2800	1800	6	7.2~15.6	11.4
L _{3,7}	市區道路	8.3	6400	730	3	8.6~14.1	11.35

表 6-1 假設路網基本資料 (續)

路段編號	道路類別	路段長度 (公里)	人口密度 (人/公里 ²)	交通流量 (PCU)	救援設施 (輛/單位)	估計救援人員到 達現場時間(分)	路段平均 救援時間
L _{3,12}	市區道路	32.3	7400	1300	5	6.9~15.8	11.35
L _{4,7}	高速公路	9.5	950	2300	8	3.9~7.3	5.6
L _{4,8}	一般道路	17.2	1650	1650	14	5.9~9.4	7.65
L _{5,8}	一般道路	6.8	1850	1300	3	6.2~12.5	9.35
L _{5,11}	市區道路	19.5	8000	1650	13	7.3~14.9	11.1
L _{6,9}	一般道路	6.2	1650	1300	5	8.9~12.3	10.6
L _{6,11}	高速公路	15.2	920	1950	7	4.5~7.6	6.05
L _{7,10}	高速公路	11	1000	2000	10	5.9~8.3	7.1
L _{7,12}	一般道路	15.7	3100	1350	19	6.9~8.9	7.9
L _{8,10}	一般道路	7.2	1300	1700	6	11.3~15.4	13.35
L _{8,11}	市區道路	18.9	8150	1750	20	3.7~10.4	7.05
L _{9,11}	一般道路	7.5	1500	1350	13	3.6~6.2	4.9
L _{10,12}	一般道路	13.1	3300	1800	15	4.1~7.1	5.6
L _{10,13}	高速公路	13.1	1030	2150	7	4.5~6.9	5.7
L _{10,16}	一般道路	15.2	3550	2000	6	5.2~8.4	6.8
L _{11,13}	一般道路	24.6	4000	1400	8	4.6~10.2	7.4
L _{11,14}	一般道路	8.9	1450	1100	6	3.7~11.3	7.5
L _{11,17}	高速公路	17.5	1050	2140	11	6.3~13.2	9.75
L _{12,15}	一般道路	16.1	4000	1600	11	4.1~8.5	6.3
L _{12,16}	市區道路	9.6	9000	1600	9	7.4~16.1	11.75
L _{13,18}	一般道路	24.1	3200	1800	7	5.7~11.3	8.5
L _{13,19}	高速公路	17.2	800	1800	12	4.9~8.7	6.8
L _{14,20}	一般道路	22.5	1350	1400	16	4.6~11.2	7.8
L _{15,18}	市區道路	7.6	8200	1450	4	6.9~8.4	7.65
L _{16,18}	市區道路	8.5	8500	1800	14	3.1~7.4	5.25
L _{17,19}	市區道路	21.3	7600	1550	12	5.2~11.6	16.8
L _{17,20}	高速公路	9.8	1400	2200	5	6.1~9.9	8.0
L _{18,19}	一般道路	11.1	2800	1350	8	5.9~12.3	9.1
L _{19,21}	一般道路	5.3	3000	1350	8	3.5~6.9	5.2
L _{20,21}	一般道路	19.2	3300	2000	9	5.7~9.6	7.65

(3) 初步規劃危險物品運送路網

根據，上述路網資料分析後，初步規劃危險物品運送路網，如圖 6-2 所示。

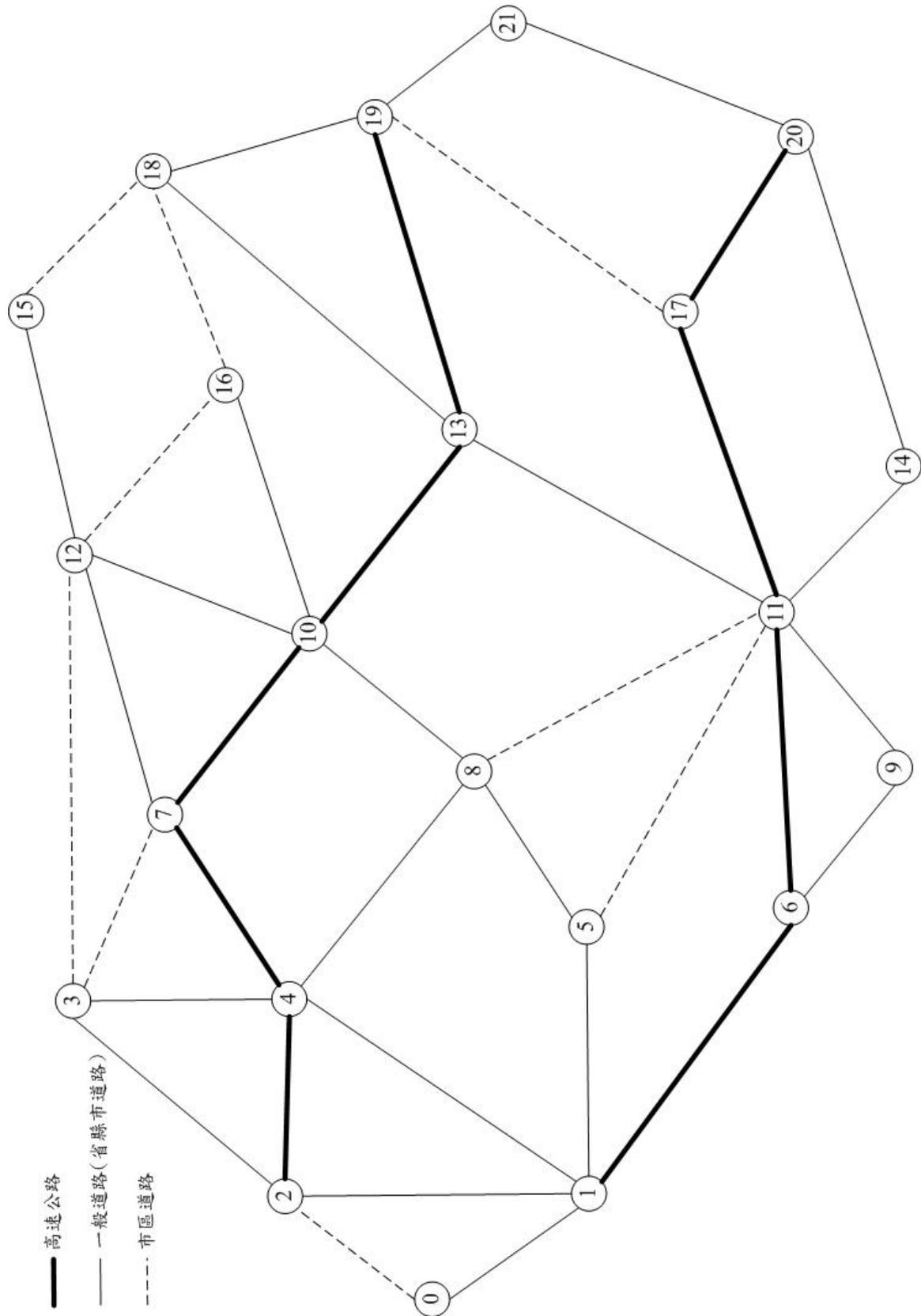


圖 6-2 危險物品初步運輸路網

(4) 考量加入運送周邊救援資源分佈

並且假設救援設施的相關位置如圖6-3所示，其中救援設施包括醫院、警局、消防局、工務局等，本研究為簡化問題都將其統一歸類為救援設施，而各單位所配置的救護車數（或消防車數、工程車數），如表6-1與表6-2所示。

表 6-2 各救援設施所配置的救援車輛數

救援設施編號	R.F ₁	R.F ₂	R.F ₃	R.F ₄	R.F ₅	R.F ₆	R.F ₇	R.F ₈	R.F ₉
救援車輛數	8	9	11	5	14	13	19	15	20

救援設施編號	R.F ₁₀	R.F ₁₁	R.F ₁₂	R.F ₁₃	R.F ₁₄	R.F ₁₅	R.F ₁₆	R.F ₁₇	R.F ₁₈
救援車輛數	8	13	11	14	7	12	8	9	16

單位：輛

至於，推估救援人員到達事故現場的時間，則由在假設路網中救援設施的相關位置來加以估計救援人員到達的時間，但是本研究裡的救援人員到達現場時間只考慮從出發～到達事故現場的時間，對於從事故發生到接獲通報的時間並未考慮，並且假設救援車輛在高速公路行駛的時速為 90 公里/小時，在一般道路為則以 60 公里/小時，在市區道路考慮其道路條件與週邊環境等因素，以 40 公里/小時的時速估算。

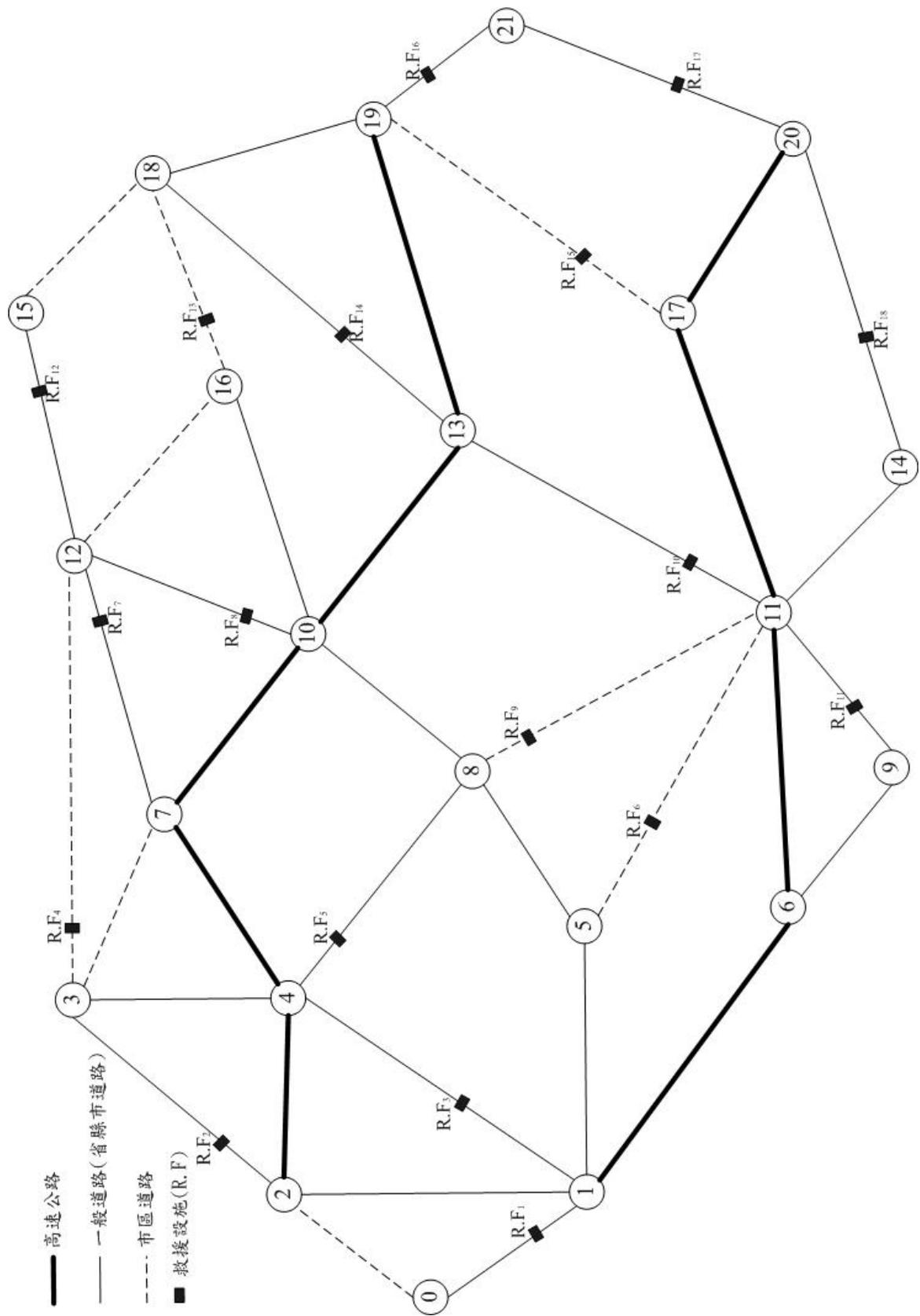


圖 6-3 危險物品運送周邊救援資源分佈路網圖

(5) 初步規劃緊急應變運送路網

經由，路網應變資源分配分析後，本研究刪除不合適的緊急應變路線，進而形成危險物品初步緊急應變路網，如圖 6-4 所示。

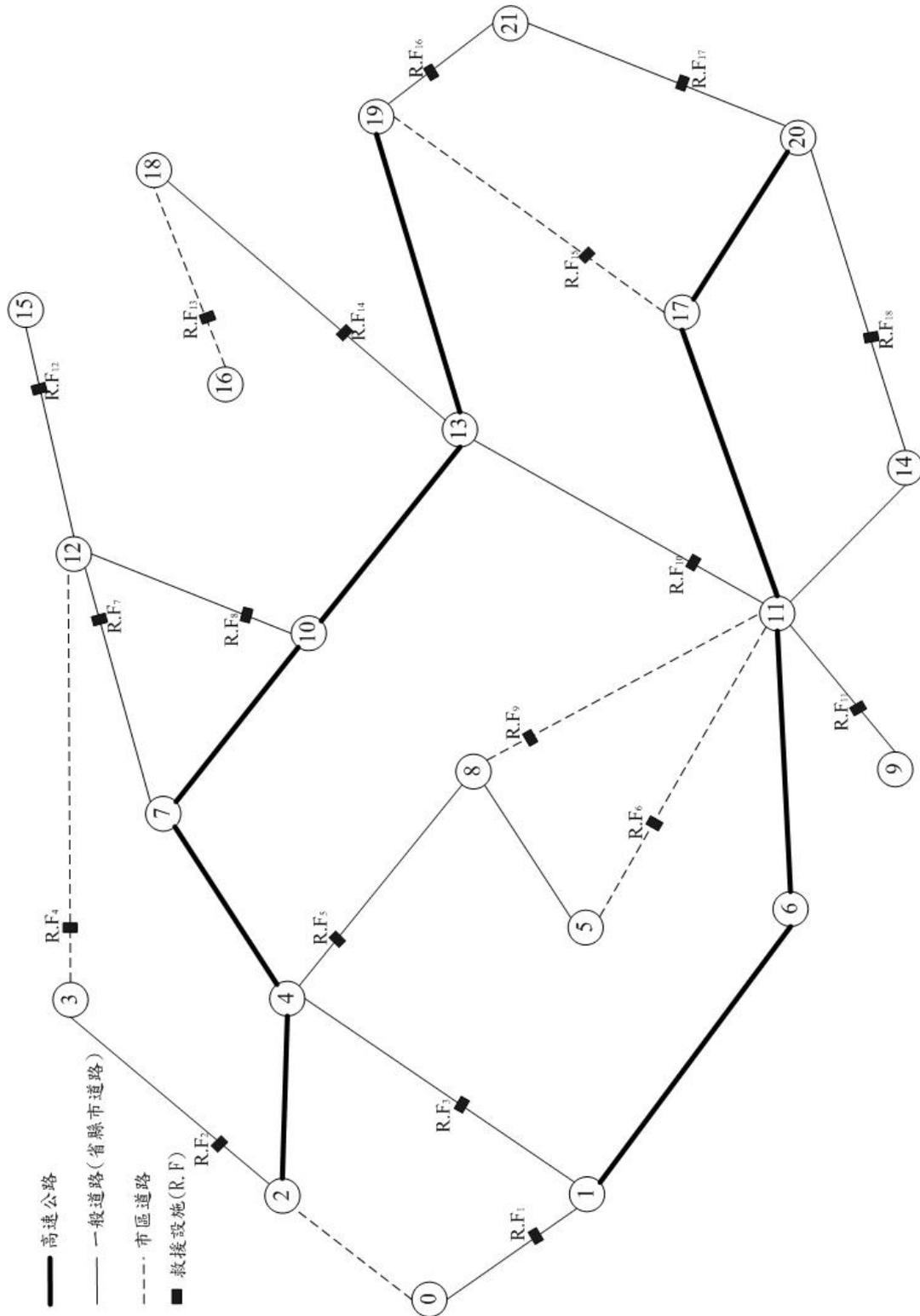


圖 6-4 危險物品初步緊急應變路網

(6) 運送與應變路網資料分析

根據本章所假設之路網進行分析探討，在進行準則評估時，由於評估準則之單位不同，為使評估標準相同，因此必須將準則評估值標準化，以便進行評估。根據蘇傳翔君[25]運輸成本之估算方式，以及由交通部運研所所進行之台灣省公路車輛行車成本之調查報告中中，發現省道、縣道及高速公路 耗油量成一比例，又省道之行車成本大約為每公里 9 元，所以假設高速公路、省道及縣道之運輸成本為 7 元、9 元和 12 元，而一般道路與市區道路均屬省道及縣道，故將省道與縣道之運送成本合併為 10.5 元，在經由表 6.1 各路段之路段長度標準化程序後，可得各路段運輸成本評估值如表 6.3 所示。

表 6.3 各路段運輸成本表

路段	L _{0,1}	L _{0,2}	L _{1,2}	L _{1,4}	L _{1,5}	L _{1,6}	L _{2,3}	L _{2,4}	L _{3,4}
運送成本	89.25	97.65	118.65	242.55	160.65	137.2	96.6	58.8	93.45

路段	L _{3,7}	L _{3,12}	L _{4,7}	L _{4,8}	L _{5,8}	L _{5,11}	L _{6,9}	L _{6,11}	L _{7,10}
運送成本	87.15	339.15	66.5	180.6	71.4	204.75	65.1	106.4	77

路段	L _{7,12}	L _{8,10}	L _{8,11}	L _{9,11}	L _{10,12}	L _{10,13}	L _{10,16}	L _{11,13}	L _{11,14}
運送成本	164.85	75.6	198.45	78.75	137.55	91.7	159.6	258.3	93.45

路段	L _{11,17}	L _{12,15}	L _{12,16}	L _{13,18}	L _{13,19}	L _{14,20}	L _{15,18}	L _{16,18}	L _{17,19}
運送成本	122.5	169.05	100.8	253.05	120.4	236.25	79.8	89.25	223.65

單位：元

路段	L _{17,20}	L _{18,19}	L _{19,21}	L _{20,21}					
運送成本	68.6	116.55	55.65	201.6					

單位：元

而肇事率與事故嚴重程度則由曹至宏君[11]之危險物品公路運送路線風險評估模式之研究中得知高速公路、一般道路、市區道路之肇事率分別為(1:9.22:7.694)，而事故嚴重程度分別為(1:1.145:0.37)，以及由蘇傳翔君[25]之毒性化學物質公路運送路線替選方案多目標決策之研究得知人口密度與交通流量之權重分別為(0.25:0.6883:0.875)，及(0.125:0.3117:0.75)，並且由表 6.1

的資料，加以標準化後，求得各路段之風險評估權重值，如表 6-4 所示。

表 6-4 各路段之風險評估權重值

路段	成本	衝擊區域 人口數	交通量	救援設 施數	路段救 援時間	肇事率	暴露量	天氣 能見度	綜合評 估值
L _{0,1}	0.8799	0.2967	0.4332	0.2593	0.9675	0.9179	0.9179	0.1000	4.9392
L _{0,2}	0.8594	0.8571	0.1903	0.1111	0.7403	0.8062	0.8062	0.1565	4.5482
L _{1,2}	0.8082	0.3077	0.4939	0.1481	0.6818	0.8605	0.8605	0.6217	4.7378
L _{1,4}	0.5060	0.2198	0.3725	0.3704	0.8593	0.6185	0.6185	0.8000	4.1456
L _{1,5}	0.7057	0.2692	0.5142	0.1852	0.7835	0.7785	0.7785	0.4391	4.2780
L _{1,6}	0.7629	0.0209	0.6194	0.1481	0.7056	0.8243	0.8243	0.3565	3.4887
L _{2,3}	0.8620	0.3516	0.3927	0.2963	0.8896	0.9036	0.9036	0.0565	4.7545
L _{2,4}	0.9541	0.0769	0.7571	0.1111	0.8117	0.9774	0.9774	0.1000	3.9073
L _{3,4}	0.8696	0.2527	0.4737	0.1852	0.6147	0.9097	0.9097	0.0826	4.4242
L _{3,7}	0.8850	0.6484	0.0405	0.0741	0.6169	0.8369	0.8369	0.1826	4.2114
L _{3,12}	0.2704	0.7582	0.2713	0.1481	0.6169	0.0985	0.0985	0.8913	3.2929
L _{4,7}	0.9354	0.0495	0.6761	0.2593	0.8658	0.9624	0.9624	0.0174	3.8712
L _{4,8}	0.6571	0.1264	0.4130	0.4815	0.7771	0.7395	0.7395	0.3304	4.0610
L _{5,8}	0.9234	0.1484	0.2713	0.0741	0.7035	0.9528	0.9528	0.0478	4.4772
L _{5,11}	0.5982	0.8242	0.4130	0.4444	0.6277	0.4923	0.4923	0.4304	4.2248
L _{6,9}	0.9388	0.1264	0.2713	0.1481	0.6494	0.9651	0.9651	0.0522	4.6384
L _{6,11}	0.8380	0.0462	0.5344	0.2222	0.8463	0.8844	0.8844	0.3348	3.7721
L _{7,10}	0.9098	0.0549	0.5547	0.3333	0.8009	0.9419	0.9419	0.2565	3.9429
L _{7,12}	0.6955	0.2857	0.2915	0.6667	0.7662	0.7703	0.7703	0.3957	4.4589
L _{8,10}	0.9132	0.0879	0.4332	0.1852	0.5303	0.9446	0.9446	0.1870	4.5620
L _{8,11}	0.6135	0.8407	0.4534	0.7037	0.8030	0.4071	0.5108	0.5783	4.9105
L _{9,11}	0.9055	0.1099	0.2915	0.4444	0.8961	1.2293	0.9385	0.1783	4.9935
L _{10,12}	0.7621	0.3077	0.4737	0.5185	0.8658	0.7038	0.8236	0.3000	4.7752
L _{10,13}	0.8739	0.0582	0.6154	0.2222	0.8615	0.0763	0.9132	0.1870	3.8077
L _{10,16}	0.7083	0.3352	0.5547	0.1852	0.8139	0.6066	0.7805	0.1565	4.1409
L _{11,13}	0.4676	0.3846	0.3117	0.2593	0.7879	0.3748	0.5877	0.4391	3.6127
L _{11,14}	0.8696	0.1044	0.1903	0.1852	0.7835	1.0360	0.9097	0.1087	4.1874
L _{11,17}	0.7988	0.0604	0.6113	0.3704	0.6861	0.0571	0.8530	0.5391	3.9762
L _{12,15}	0.6852	0.3846	0.3927	0.3704	0.8355	0.5727	0.7621	0.4913	4.4945
L _{12,16}	0.8517	0.9341	0.3927	0.2963	0.5996	0.8015	0.7969	0.2565	4.9293
L _{13,18}	0.4804	0.2967	0.4737	0.2222	0.7403	0.3826	0.5979	0.3826	3.5764
L _{13,19}	0.8039	0.0330	0.4737	0.4074	0.8139	0.0581	0.8571	0.4478	3.8949

表 6-4 各路段之風險評估權重值（續）

路段	成本	衝擊區域 人口數	交通量	救援設 施數	路段救 援時間	肇事率	暴露量	天氣 能見度	綜合評 估值
L _{14,20}	0.5213	0.0934	0.3117	0.5556	0.7706	0.4098	0.6308	0.8391	4.1323
L _{15,18}	0.9029	0.8462	0.3320	0.1111	0.7771	1.0124	0.8585	0.2000	5.0402
L _{16,18}	0.8799	0.8791	0.4737	0.4815	0.8810	0.9052	0.8308	0.1826	5.5138
L _{17,19}	0.5521	0.7802	0.3725	0.4074	0.3810	0.3612	0.4369	0.4565	3.7478
L _{17,20}	0.9302	0.0989	0.6356	0.1481	0.7619	0.7851	0.9583	0.3174	4.6355
L _{18,19}	0.8133	0.2527	0.2915	0.2593	0.7143	0.8306	0.8646	0.1087	4.1350
L _{19,21}	0.9618	0.2747	0.2915	0.2593	0.8831	1.7396	0.9836	0.1435	5.5371
L _{20,21}	0.6059	0.3077	0.5547	0.2963	0.7771	0.4802	0.6985	0.5304	4.2508

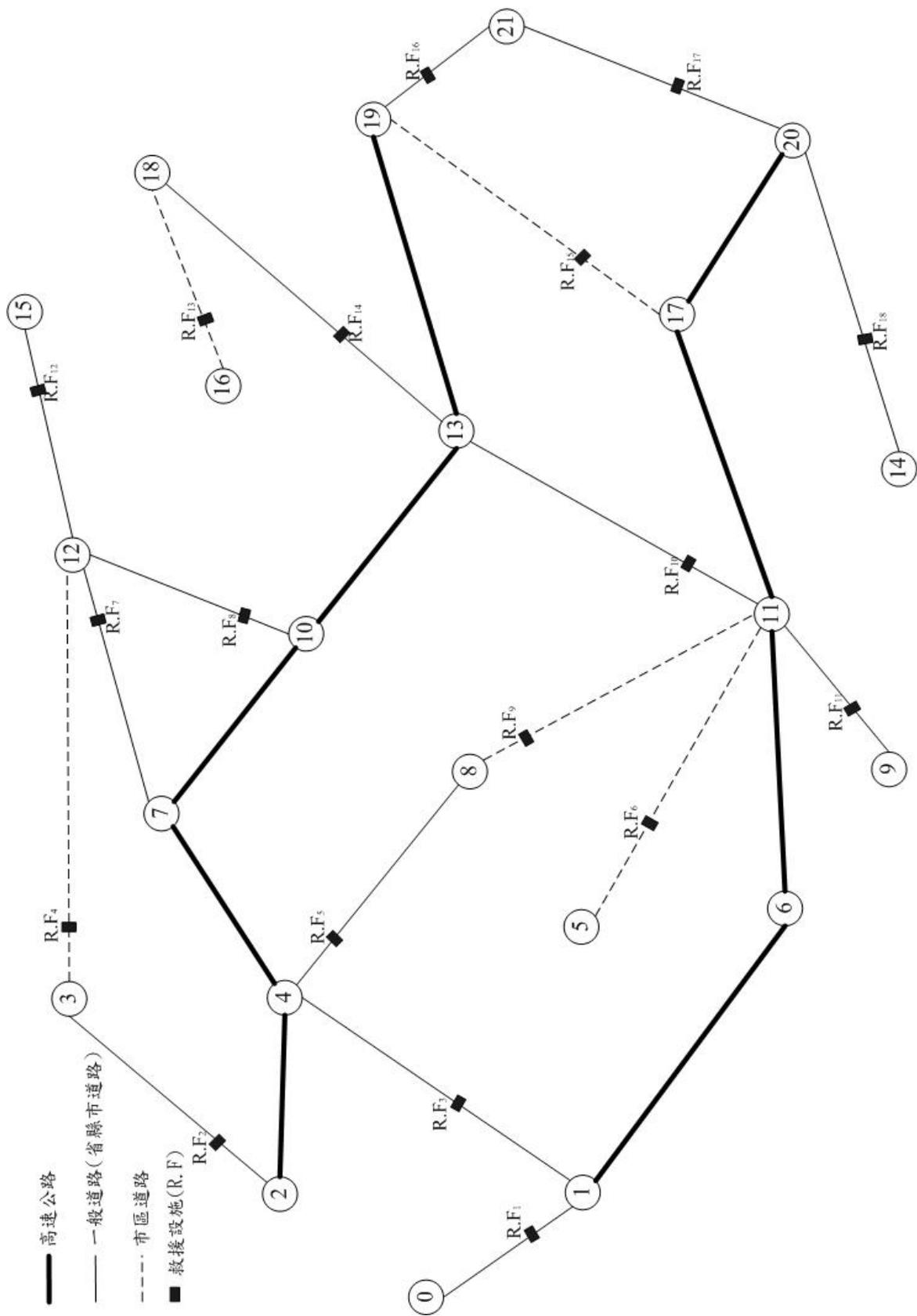
(7) 路網整合原則

運輸路網必須涵蓋緊急應變路網，當兩運送路網無法配合時，必須立即調整運送路網或增加應變救援點，已滿足兩路網之運輸需求與安全性。並且同時考量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，進一步規劃危險物品整合運送路網。

(8) 初步整合路網

根據本研究確認的危險物品運送範圍區域之路網，透過整合程序與各路段評估權重值後，去除高風險的運送路段，在考量必須滿足每一個節點都有運送路線可到達與需有緊急應變救援點的分佈，初步整合兩運送路網如圖 6-5 所示。

由於，台灣危險物品主要是經由高速公路運送，具有車速快、影響區域人口數較少、暴露時間較短、肇事率較一般道路與市區道路低，所以在運送危險物品時，風險值為最低。在加入考量緊急應變救援措施位置及各路段平均救援時間，及為了避開市區道路，而採行繞道之路線，可能會增加成本及風險程度，但基於安全的考量上，還是將之歸納入運送路網中。



(9) 調整兩路網，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援地點，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。

(10) 公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合路網

經由上述幾點的整合程序與評估後，本研究提出可適合運送危險物品之整合路網，如圖 6-6 所示。



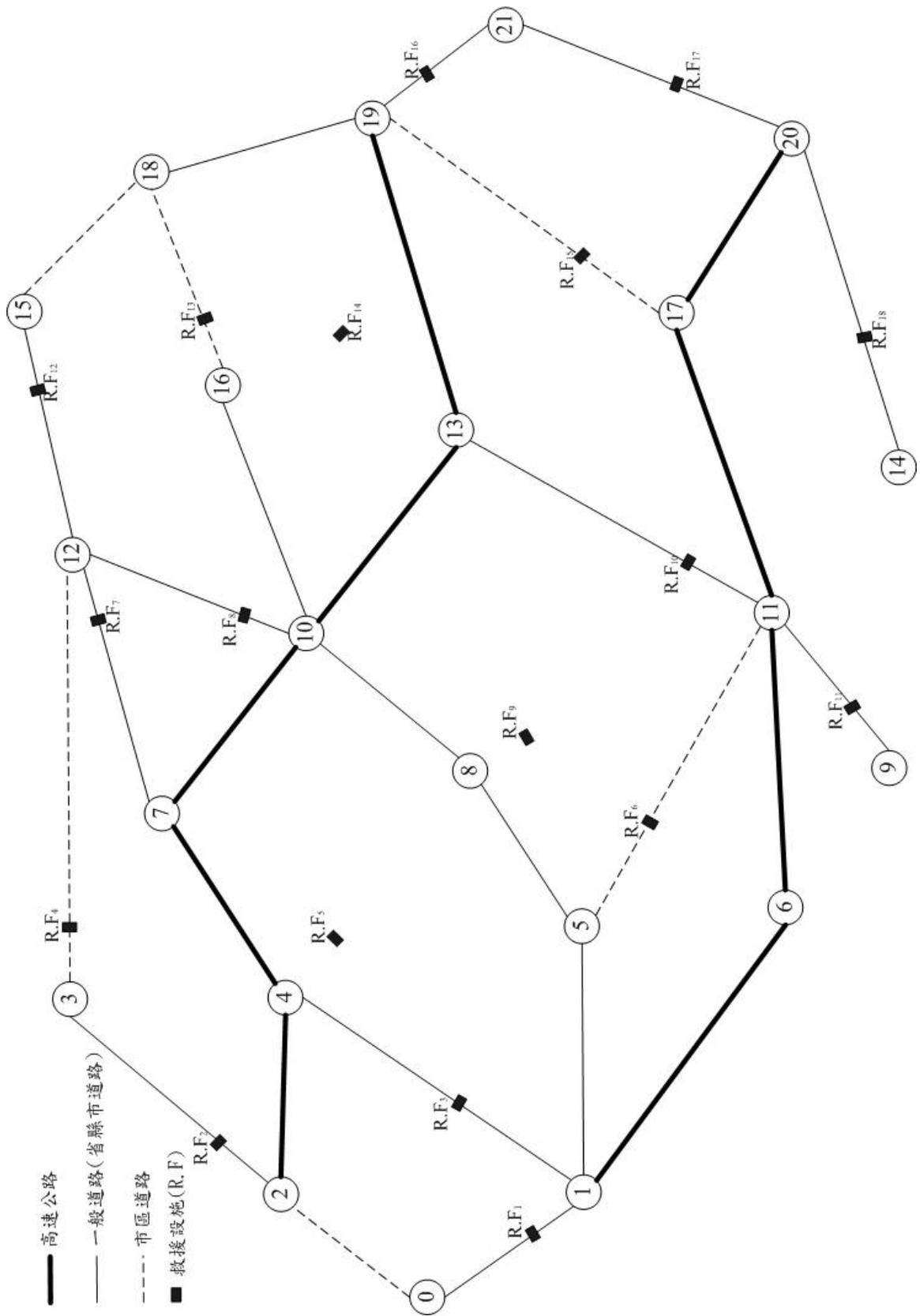


圖 6-6 公路危險物品運送路網與緊急應變路網之整合路網圖