

## 第四章 模式應用

### 4.1 屏東平原區域現況概述

#### 4.1.1 屏東平原水文地質

屏東平原地質為一構造陷落之谷地，東側沿平原有一主要斷層，據前人研究為地下水主要補給帶，斷層之西向下陷落，形成谷地。區域內地層大致由西向東逐漸變老，其變質程度亦由西向東漸次趨深，其東、西、北三面山麓丘陵地區岩層屬第三紀上新世至漸新世之固結岩層，黑色板岩為主，偶夾石英岩，結構細緻，透水性及含水性均低。而平原內地下水主要含水層之地質均為未固結岩層，屬第四紀沖積岩層，依其性質可分為：平原北端之嶺口礫岩層；平原東面山麓邊緣地帶之古期沖積扇堆積層以及分布最廣、為平原內地下水主要含水層之現代沖積層。

#### 4.1.2 地下水範圍及邊界

依據地調所調查研究成果，本區為一南北延展之長條行平原，北側和東側以中洲、美濃、泰山、大響及枋山沿線平原和山區交換處為邊界。西側中洲、溪埔、永芳、及林園附近，則以旗山至鳳山丘陵之稜線為邊界；此一邊界主要通過嶺口礫岩層，若假設稜線即為礫岩層之地下水分水線，則分水線兩側之降雨入滲形成地下水後，將各自向東西分流，因此西側邊界亦屬於零流邊界。南側邊界以海岸線為準，如此面積約 1,330 平方公里。屏東平原區域範圍及觀測站網分佈如圖 4.1-1 所示。

#### 4.1.3 地下分層

依據中央地質調查所之報告(台灣地區地下水觀測網第一期計畫—屏東平原水文地質調查研究總報告，2002)，屏東平原深約 250 公

尺內之水文地質分層由上而下可劃分為富水層一、阻水層一、富水層二、阻水層二、富水層三-1、阻水層三及富水層三-2 等七層。此外，為便於地下水模式建立及站網密度檢討，將富水層一和阻水層一、富水層二和阻水層二、富水層三-1 和阻水層三結合；亦即以三個組水層底部為概念分層介面，化分成四層之結構。

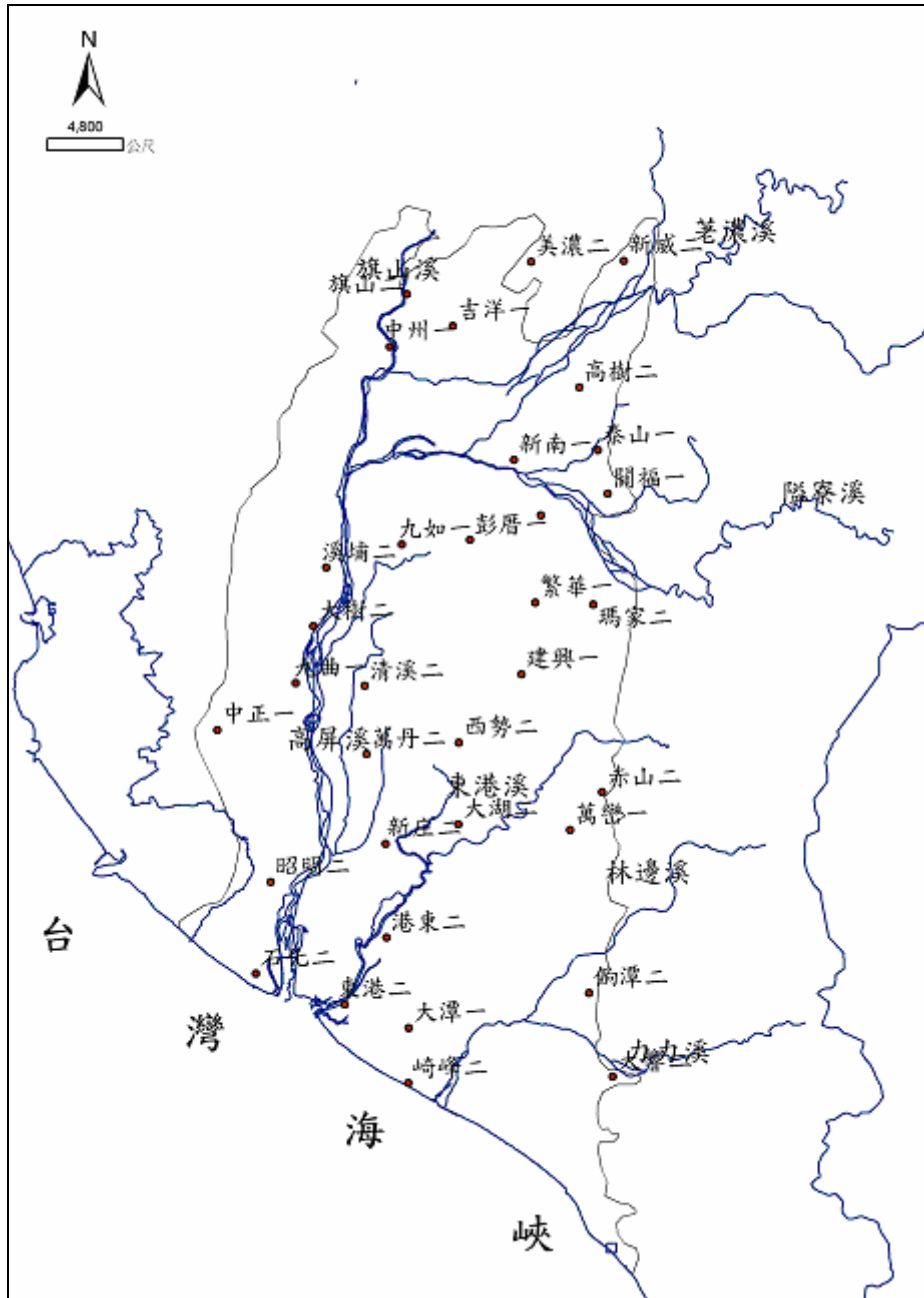


圖 4.1-1 屏東平原區域範圍及觀測站井位置

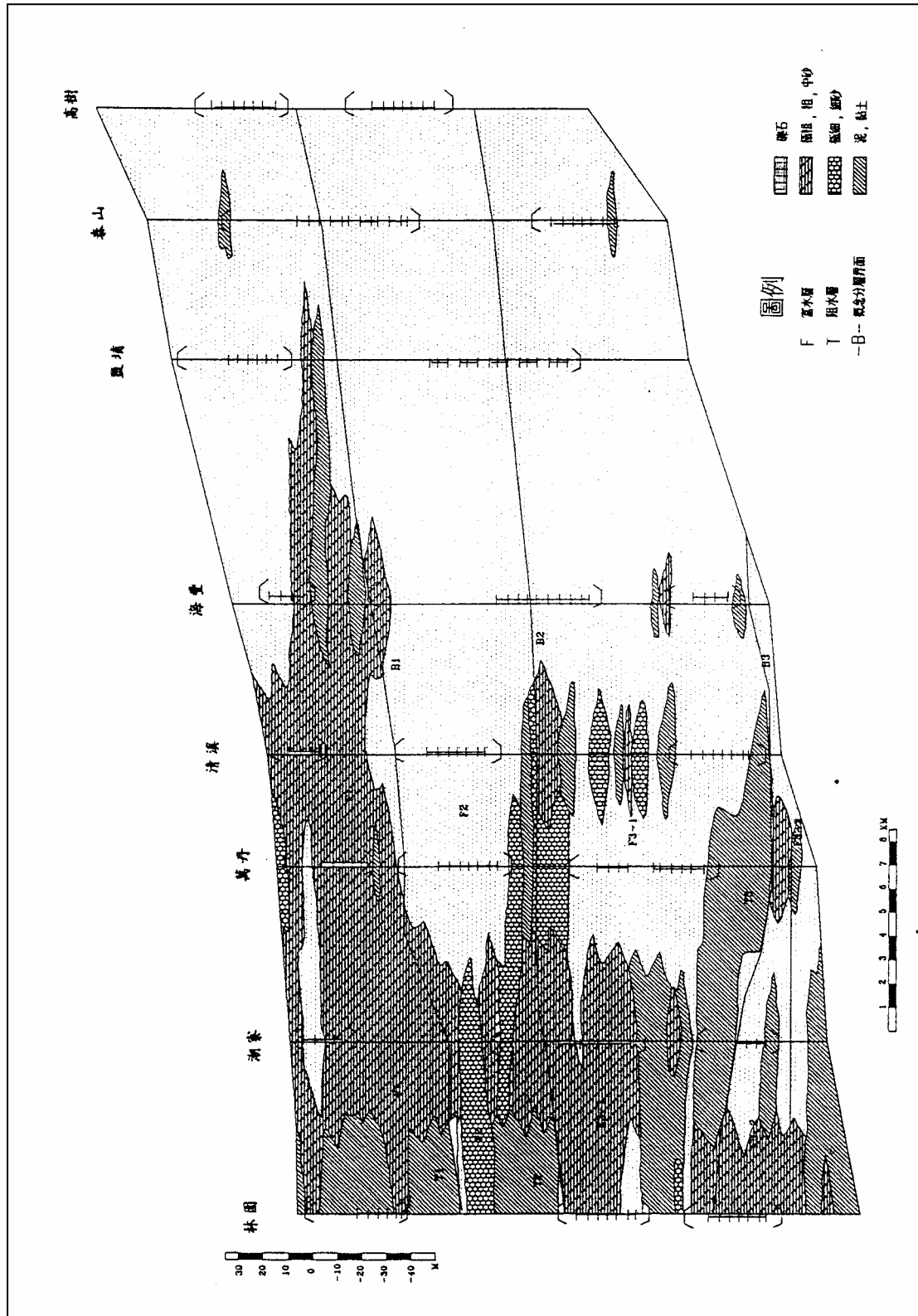
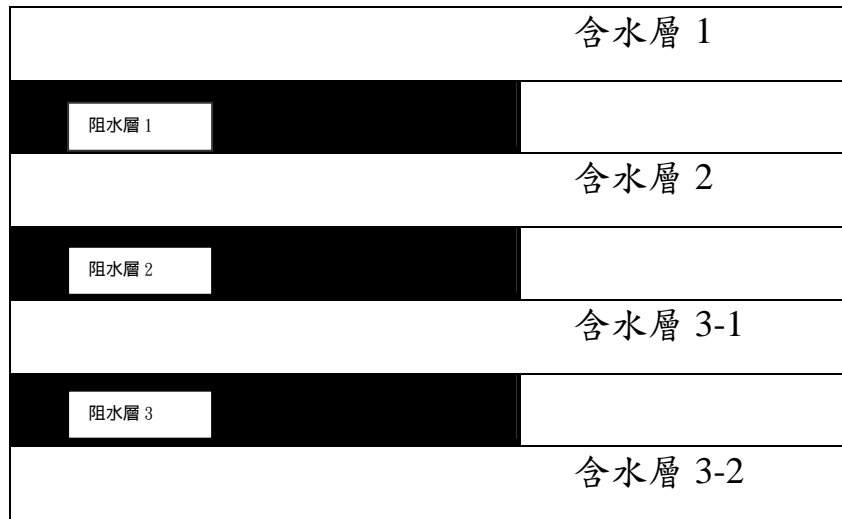


圖 4.1-2 屏東平原水文地質剖面圖

資料來源：經濟部水資源局，區域性地下水觀測站網檢討（III），民國 86 年 6 月。



海岸

流域上游

圖 4.1-3 屏東平原地區地下分層概念圖



## 4.2 屏東平原水質監測井網分析

### 4.2.1 屏東平原含水層二監測井網優選佈井模式分析

本研究以屏東平原含水層二作為實際應用之探討，在選定分析水質項目時，乃是以掌握長期地下水的整體水質變化為主，因此，以對長期水質變化影響最深遠的地質化學相關項目為主。故選定EC、TDS、Cl<sup>-</sup>、Na、Ca、Mg、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Fe及Mn，9項水質作為分析項目，後續之分析即是以此9項水質項目視為9個變數，而觀測井之水質數據即為樣本。

下面依照圖 3.2-1 將地下水質監測井網優選模式的步驟於實際應用中一步一步說明：

#### (1) 選定水質項目分析及水質資料常態化

本研究之水質資料由台灣地區地下水觀測井水質監測調查分析(4/5)(1991)得，屏東平原含水層二原水質數據及水質標準化(Standardized，即平均為零、標準差為1)後之資料如表 4.2-1 所示。

表 4.2-1 屏東平原含水層二水質及常態化後之資料(34 口)

井名	位置		分層	EC	EC	TDS	TDS	Cl	Cl	Na	Na	Ca	Ca	Mg	Mg	SO4(2-)	SO4(2-)	Eh	Eh	Fe	Fe	Mn	Mn
	X(m)	Y(m)		(umho/cm)	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化	mg/l	常態化
九如一	196776	2515370	2	582	-0.245	424	-0.234	46.8	-0.244	23.7366	-0.228	58.7809	-0.145	9.2224	-0.297	40.8	-0.398	-198	-1.100	0.1741	-0.486	0.1279	-0.317
九曲一	190015	2506507	2	270	-0.288	270	-0.268	19.5	-0.255	45.5710	-0.208	40.5438	-0.443	15.6587	-0.232	47	-0.355	-61	0.060	4.4819	2.129	0.3734	0.437
大潭一	197221	2484469	2	764	-0.220	468	-0.224	11	-0.259	78.1881	-0.177	19.1788	-0.793	24.5705	-0.143	0	-0.677	-220	-1.286	0.8253	-0.090	0.0398	-0.587
大響二	210206	2481360	2	274	-0.288	184	-0.286	8.86	-0.260	5.9974	-0.245	30.4702	-0.608	10.6973	-0.282	31.7	-0.460	-19	0.416	0.1123	-0.523	0.0070	-0.688
中州一	195993	2528009	2	522	-0.253	405	-0.238	8.86	-0.260	11.4071	-0.239	65.4135	-0.036	13.1979	-0.257	84	-0.103	-139	-0.600	0.7252	-0.151	0.1270	-0.319
西勢二	200397	2502704	2	516	-0.254	374	-0.245	6.02	-0.261	7.8929	-0.243	76.3034	0.142	12.9530	-0.260	62.9	-0.247	-158	-0.761	0.8646	-0.067	0.1764	-0.168
東港二	193156	2485971	2	19600	2.398	11750	2.248	5976	2.201	1576.3144	1.216	299.7251	3.799	233.8117	1.954	392	2.002	-156	-0.744	8.2476	4.415	0.7159	1.489
建興一	204395	2507086	2	666	-0.233	436	-0.231	19.5	-0.255	7.8725	-0.243	86.2896	0.306	18.5900	-0.203	66.4	-0.223	59	1.076	0.1074	-0.526	0.0089	-0.682
美濃二	205000	2533450	2	610	-0.241	400	-0.239	13.9	-0.258	13.1807	-0.238	66.8161	-0.013	21.4270	-0.175	75.6	-0.160	-34	0.289	0.0617	-0.554	0.0112	-0.675
泰山一	209266	2521392	2	222	-0.295	153	-0.293	9.93	-0.259	7.5666	-0.243	18.6402	-0.801	7.3788	-0.315	10.1	-0.608	336	3.420	0.1188	-0.519	0.0061	-0.691
高樹二	208068	2525407	2	498	-0.257	358	-0.248	11	-0.259	10.0138	-0.241	60.8729	-0.110	13.9205	-0.250	112	0.089	0	0.576	0.0538	-0.559	0.0045	-0.696
崎峰二	197199	2480945	2	5180	0.394	3620	0.466	2162	0.628	537.5870	0.250	42.4668	-0.412	97.8846	0.592	240	0.964	-241	-1.464	0.2848	-0.419	0.0544	-0.542
清溪二	194408	2506330	2	776	-0.218	335	-0.253	21.7	-0.254	11.7056	-0.239	108.0698	0.662	20.3159	-0.186	103	0.027	-104	-0.304	0.0656	-0.552	0.8633	1.942
新庄二	195738	2496246	2	471	-0.260	286	-0.264	7.8	-0.260	16.9474	-0.234	55.8012	-0.193	11.0157	-0.279	69.6	-0.201	-163	-0.803	1.9118	0.569	0.3074	0.235
溪埔二	191978	2513893	2	293	-0.285	230	-0.276	13.1	-0.258	14.8748	-0.236	20.9301	-0.764	13.2482	-0.257	3.36	-0.654	-76	-0.067	0.5733	-0.243	0.1758	-0.170
萬丹二	194540	2501970	2	580	-0.245	448	-0.229	13.1	-0.258	10.8889	-0.240	80.6520	0.213	15.0353	-0.239	104	0.034	-123	-0.465	0.1682	-0.489	0.4037	0.530
萬巒一	207502	2497136	2	373	-0.274	325	-0.256	13.1	-0.258	15.3879	-0.236	60.1327	-0.122	19.0914	-0.198	40.3	-0.401	108	1.491	0.0847	-0.540	0.0184	-0.653
瑪家二	208976	2511539	2	444	-0.264	268	-0.268	8.15	-0.260	5.0555	-0.245	55.2350	-0.203	12.1655	-0.267	82.6	-0.112	10	0.661	0.1466	-0.502	0.0061	-0.691

鹽埔二	205622	2517240	2	387	-0.272	310	-0.259	9.93	-0.259	5.9246	-0.245	47.3363	-0.332	14.5702	-0.243	53.8	-0.309	54	1.033	0.0443	-0.564	0.0065	-0.690
大湖二	200368	2497500	2	441	-0.264	338	-0.253	22.7	-0.254	9.9196	-0.241	61.2910	-0.103	11.7497	-0.272	65.54	-0.229	-140	-0.609	0.7552	-0.133	0.1743	-0.174
大樹二	191135	2510159	2	167	-0.303	89	-0.307	8.88	-0.260	20.0509	-0.231	9.6817	-0.948	6.3497	-0.326	5.04	-0.642	22	0.763	0.1918	-0.475	0.2811	0.154
中正一	185015	2503504	2	657	-0.234	386	-0.242	19.5	-0.255	59.6291	-0.195	56.5789	-0.181	9.6815	-0.292	30.1	-0.471	-141	-0.617	1.5823	0.369	0.4364	0.631
石化二	187485	2487965	2	38400	5.010	24650	5.075	12942	5.074	6144.2824	5.465	275.2350	3.398	555.5888	5.178	678	3.957	-215	-1.244	2.8389	1.132	1.6094	4.234
吉洋一	200032	2529333	2	513	-0.254	336	-0.253	12.8	-0.258	12.6975	-0.238	63.0901	-0.074	13.8549	-0.251	99	0.000	-12	0.475	0.2666	-0.430	0.0100	-0.679
赤山二	209521	2499542	2	501	-0.256	335	-0.253	15.6	-0.257	62.6600	-0.192	35.0838	-0.532	8.4469	-0.305	504	2.768	-119	-0.431	0.1647	-0.491	0.2515	0.063
昭明二	188414	2493802	2	578	-0.245	329	-0.255	32.3	-0.250	32.8544	-0.220	59.7227	-0.129	15.0247	-0.239	3.31	-0.654	-159	-0.770	1.6857	0.432	0.4170	0.571
彭厝一	201104	2515658	2	424	-0.267	296	-0.262	19.5	-0.255	7.9031	-0.243	56.3781	-0.184	13.9666	-0.249	56.4	-0.291	46	0.966	0.1034	-0.529	0.0131	-0.669
港東二	195798	2490241	2	1336	-0.140	698	-0.174	179	-0.190	43.6416	-0.209	119.1599	0.844	32.0485	-0.068	30.8	-0.466	-174	-0.897	2.4875	0.919	0.4484	0.668
新南一	203915	2520763	2	566	-0.247	410	-0.237	9.94	-0.259	12.6798	-0.238	71.5359	0.064	15.0851	-0.238	10.6	-0.604	12	0.678	0.1027	-0.529	0.0162	-0.660
新威二	210915	2533502	2	1251	-0.152	614	-0.192	22.7	-0.254	215.2394	-0.050	13.1441	-0.891	2.8209	-0.361	97.8	-0.008	-111	-0.363	0.0126	-0.584	0.1202	-0.340
旗山二	197100	2531368	2	478	-0.259	319	-0.257	6.75	-0.261	29.8000	-0.222	52.4	-0.249	14.5	-0.244	22.8	-0.521	-167	-0.837	1.78	0.489	0.22	-0.034
餉潭二	208707	2486714	2	484	-0.258	246	-0.273	26.6	-0.252	73.4481	-0.182	22.2673	-0.742	9.3701	-0.295	12	-0.595	-92	-0.202	2.0129	0.631	0.4080	0.544
繁華一	205264	2511656	2	544	-0.250	374	-0.245	11.7	-0.259	5.3140	-0.245	68.7845	0.019	15.9964	-0.229	80.7	-0.125	14	0.695	0.0539	-0.559	0.0090	-0.682
關福一	209883	2518620	2	339	-0.279	240	-0.274	3.91	-0.262	5.2484	-0.245	40.7549	-0.440	11.8324	-0.271	50.9	-0.329	46	0.966	0.0319	-0.572	0.0067	-0.689

## (2) 套配變異圖及複變異圖

將上述 9 個水質項目配對進行變異元分析，其中 EC 之變異元分析如圖 4.2-1 所示； $\text{Ca-SO}_4^{2-}$  之複變異元分析如圖 4.2-2。屏東平原含水層二之所有變異元分析結果如附錄一所示。

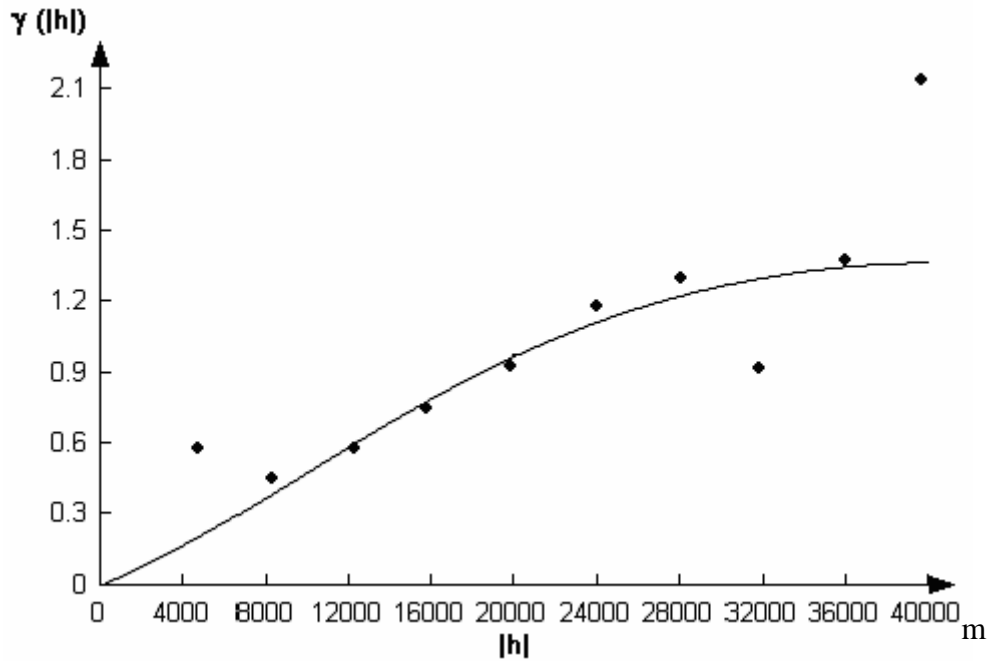


圖 4.2-1 屏東平原含水層二 EC 之變異元圖

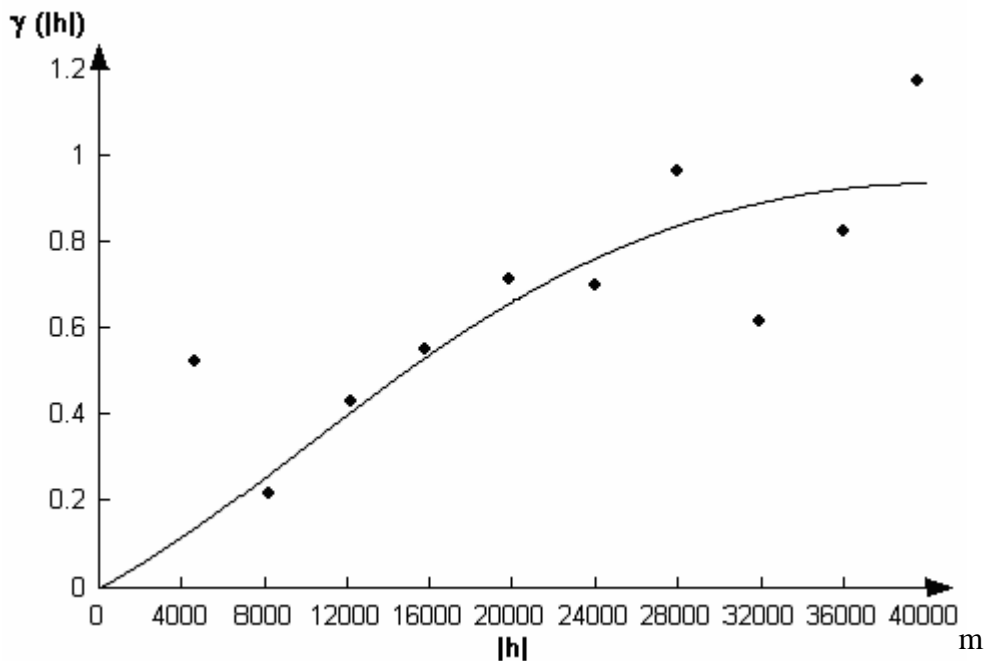


圖 4.2-2 屏東平原含水層二  $\text{Ca-SO}_4^{2-}$  之變異元圖



(3) 找出不同尺度之影響範圍及基值

配合使用 VARIOWIN2.2 變異元分析軟體，不同水質項目配對之巢式變異元分析結果如表 4.2-2。表中所列，屏東平原含水層二之巢式變異元主要由高斯模式(Gaussian Model)、球型模式(Spherical Model)所組成的。各尺度之影響範圍與基值如表：

表 4.2-2 屏東平原含水層二之巢式複變異元分析結果

	EC	TDS	Cl	Na	Ca
EC	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.4 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--	--	--	--
TDS	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.4 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--	--	--
Cl	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.39 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--	--
Na	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.261 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.41 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--

Ca	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.243 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.328 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.224 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.48 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.97
Mg	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.36 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.38 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.37 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.9	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.328 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.32 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.32 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.32 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.288 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.238 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.7
Fe	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.114 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.6	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.185 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.5	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.175 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.5	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.124 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.4	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.203 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.7
Mn	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.272 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.264 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.264 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.28 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.208 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8

	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Mn
Mg	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.4 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1	--	--	--

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.312 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.49 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--	--
Fe	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.145 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.5	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.072 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.4	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.42 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0	--
Mn	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.272 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.8	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.182 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.7	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.156 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 0.6	<b>Gaussian :</b> range : 28500 sill : 0.46 <b>Spherical :</b> range : 40000 sill : 1.0

(4) 藉由步驟(3)得共變異矩陣並進行不同尺度之因子分析(Factor Analysis)

由表 4.2-2 中不同水質項目配對之巢式變異元之基值(Sill)，即可組成不同空間尺度之共變異矩陣，其中屏東平原含水層二 28.5 公里之空間尺度共區域化矩陣如表 4.2-3；40 公里之空間尺度共區域化矩陣如表 4.2-4。後續之因子分析乃將共區域化矩陣視為共變異矩陣，進行不同尺度之因子分析。

表 4.2-3 屏東平原含水層二 28.5 公里之空間尺度共區域化矩陣

	EC	TDS	Cl	Na	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Mn
EC	0.4	--	--	--	--	--	--	--	--
TDS	0.36	0.4	--	--	--	--	--	--	--
Cl	0.36	0.36	0.39	--	--	--	--	--	--
Na	0.36	0.36	0.36	0.41	--	--	--	--	--
Ca	0.261	0.243	0.328	0.224	0.48	--	--	--	--
Mg	0.36	0.36	0.38	0.37	0.328	0.4	--	--	--
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.32	0.32	0.32	0.288	0.238	0.312	0.49	--	--
Fe	0.114	0.185	0.175	0.124	0.203	0.145	0.072	0.42	--
Mn	0.272	0.264	0.264	0.28	0.208	0.272	0.182	0.156	0.46

表 4.2-4 屏東平原含水層二 40 公里之空間尺度共區域化矩陣

	EC	TDS	Cl	Na	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Mn
EC	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--
TDS	0.9	1.0	--	--	--	--	--	--	--
Cl	0.9	0.9	1.0	--	--	--	--	--	--
Na	0.9	0.9	0.9	1.0	--	--	--	--	--
Ca	0.9	0.9	0.8	0.8	0.97	--	--	--	--
Mg	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	--	--	--
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	1.0	--	--
Fe	0.6	0.5	0.5	0.4	0.7	0.5	0.4	1.0	--
Mn	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	1.0

(5) 隨機產生多條染色體(佈井方案)

到前一步驟已完成因子克利金之前端分析，而此步驟開始優選監測井網。

(6) 計算格網點之因子克利金的推估值與推估誤差

由步驟(5)所得之染色體(佈井方案)，挑出被染色體選中的站井，利用被挑選出的站井資料，推估格網點上之因子克利金的值與推估誤差。

(7) 計算各染色體之適合度

步驟(6)可得各條染色體(佈井方案)，在目標區域上每個格網點的因子推估誤差。本模式以格網點上因子克利金推估誤差的總和為最小當作目標函數，所以本模式之適合度為因子克利金之推估誤差總和。

#### (8) 判斷是否收斂

本研究之收斂條件訂為至少繁衍 50 代，且連續 15 代最佳值不變。如果達到收斂條件，則結束模式計算；如未符合收斂條件，則進入下一步驟。

#### (9) 複製、交配、突變

上一步驟判斷模式是否結束，如未結束則進入此步驟。本步驟為遺傳演算法的運算元，經過此步驟產生下一代染色體(佈井方案)後，回到步驟(6)~步驟(8)。本模式使用比較選取法，訂交配率為 0.8、突變率為 0.1，且採用菁英政策，保留當代前三條最佳解的染色體。

### 4.2-2 屏東平原含水層二水質資料分析結果

將步驟(4)所得之共區域化矩陣(表 4.2-3、表 4.2-4)，利用 SPSS 統計分析軟體進行不同尺度之因子分析，含水層二 28.5 公里空間尺度與 40 公里空間尺度之各因子特徵值與貢獻率如表 4.2-5。另外，各空間尺度中之變數(不同水質項目)的因子負荷量如表 4.2-6、表 4.2-7。

表 4.2-5 屏東平原含水層二 28.5 公里與 40 公里空間尺度之各因子特徵值與貢獻率

28.5 公里				40 公里			
主要因子	特徵值	貢獻率(%)	累計貢獻率(%)	主要因子	特徵值	貢獻率(%)	累計貢獻率(%)
一	2.66	69.1	69.1	一	7.211	80.394	80.394
二	0.427	11.091	80.191	二	0.796	8.874	89.267
三	0.298	7.734	87.925	三	0.27	3.016	92.283
四	0.217	5.637	93.562	四	0.242	2.694	94.977
五	0.155	4.021	97.583	五	0.167	1.86	96.837
六	0.04382	1.138	98.721	六	0.1	1.115	97.951
七	0.02849	0.74	99.461	七	0.1	1.115	99.066
八	0.01169	0.304	99.764	八	0.0658	0.734	99.8
九	0.00907	0.236	100	九	0.0179	0.2	100

表 4.2-6 屏東平原含水層二 28.5 公里各變數(不同水質項目)於各因子之負荷量

	因子一	因子二	因子三	因子四	因子五	因子六	因子七	因子八	因子九
EC	0.934	-0.189	0.067	0.015	-0.102	0.250	0.120	0.029	-0.006
TDS	0.938	-0.059	0.072	0.230	-0.093	0.079	-0.202	-0.007	0.049
Cl	0.979	-0.005	-0.081	-0.017	-0.103	-0.025	0.017	-0.144	-0.054
Na	0.912	-0.168	0.194	0.077	-0.231	-0.172	0.095	0.014	0.071
Ca	0.740	0.322	-0.423	-0.409	0.016	0.011	-0.008	0.009	0.048
Mg	0.968	-0.059	-0.046	-0.093	-0.145	-0.086	-0.057	0.086	-0.097
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.767	-0.373	-0.284	0.202	0.387	-0.043	0.023	0.009	0.003
Fe	0.457	0.800	-0.029	0.381	0.052	-0.007	0.047	0.016	-0.011
Mn	0.710	0.160	0.570	-0.250	0.288	-0.006	-0.012	-0.005	-0.001

表 4.2-7 屏東平原含水層二 40 公里各變數(不同水質項目)於各因子之負荷量

	因子一	因子二	因子三	因子四	因子五	因子六	因子七	因子八	因子九
EC	0.963	0.007	-0.003	-0.138	0.018	0.148	0.081	-0.150	-0.054
TDS	0.954	-0.103	-0.077	-0.129	-0.141	-0.148	-0.081	0.055	-0.076
Cl	0.941	-0.133	-0.035	-0.022	0.191	-0.182	0.155	-0.031	0.028
Na	0.932	-0.242	-0.109	-0.013	0.032	0.148	0.081	0.175	0.006
Ca	0.930	0.217	-0.073	-0.154	-0.225	0.000	0.000	-0.030	0.086
Mg	0.941	-0.133	-0.035	-0.022	0.191	0.033	-0.237	-0.031	0.028
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.852	-0.236	0.447	0.107	-0.081	0.000	0.000	0.006	0.008
Fe	0.625	0.760	0.127	-0.013	0.106	0.000	0.000	0.070	-0.018
Mn	0.884	0.113	-0.171	0.413	-0.074	0.000	0.000	-0.041	-0.010

根據因子貢獻率與因子負荷量，發現空間尺度 28.5 公里前兩個主要因子合計貢獻率 80.191%，主要因子一與 EC、TDS、Cl、Na、Ca、Mg、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Mn 有高度正相關，且主要因子一的解釋變異量為 69.1%；而主要因子二與 Fe 有較高的正相關性，解釋變異量百分比為 11.1%。空間尺度 40 公里中，主要因子一的解釋變異量高達 80.4%，亦與 EC、TDS、Cl、Na、Ca、Mg、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Mn 有高度正相關；主要因子二的解釋變異量為 8.9%，與 Fe 有較高的正相關性。

表 4.2-8 為空間尺度 28.5 公里與空間尺度 40 公里中，各觀測站的因子得點。由表中可發現無論空間尺度為 28.5 公里或空間尺度為 40 公里，其主要因子一得點高者大多集中在沿海地區，且兩個空間

尺度的主要因子一都與 EC、TDS、Cl、Na、Ca、Mg...等，呈現高度正相關，故推斷屏東平原含水層二水質的主要變因是受鹽化的影響。此一結果與王瑞君[1998]，針對屏東平原地下水水質進行分析所得出之結果類似，所以本研究將兩個空間尺度的主要因子一視為『海水入侵因子』。

而兩空間尺度之主要因子二與 Ca、Fe、Mn 呈正相關。屏東沖積平原東側之礫石台地屬於紅棕壤，應富含鐵氧化物。此外，根據王瑞君[1998]之研究指出因屏東平原沖積扇群由細粒礫石、砂、沉泥、黏土沉積組成，質地愈往西南方愈細，沉積物中含有以碳酸鹽存在之碳酸鎂礦物質，因溶解和離子交換使鎂鐵等礦物質溶於地下水中，造成阻水層附近的鐵濃度離子較高。

根據兩種空間尺度中之主要因子二的因子得點分佈，顯示有較明顯的往北遞減趨勢，應該是受到高屏溪沖積構造之影響。因此，兩空間尺度之主要因子二可視為『含水層質地因子』。



表 4.2-8 屏東平原含水層二 28.5 公里與 40 公里空間尺度之各因子得點(34 口)

井名	位置		28.5 公里		40 公里	
	X(m)	Y(m)	主要因子一	主要因子二	主要因子一	主要因子二
九如一	196776	2515370	-0.3408	-0.2033	-0.3217	-0.2244
九曲一	190015	2506507	-0.1030	1.8651	-0.0459	2.2852
大潭一	197221	2484469	-0.4622	-0.0670	-0.4271	0.0130
大響二	210206	2481360	-0.4783	-0.4246	-0.4535	-0.4017
中州一	195993	2528009	-0.2663	-0.0238	-0.2494	0.0419
西勢二	200397	2502704	-0.2396	0.1960	-0.2195	0.2357
東港二	193156	2485971	2.3778	3.5186	2.2923	3.8822
建興一	204395	2507086	-0.3050	-0.2101	-0.2932	-0.2418
美濃二	205000	2533450	-0.3420	-0.3718	-0.3296	-0.3700
泰山一	209266	2521392	-0.5269	-0.4275	-0.4973	-0.4052
高樹二	208068	2525407	-0.3270	-0.5168	-0.3193	-0.4746
崎峰二	197199	2480945	0.1726	-1.0997	0.1365	-1.0430
清溪二	194408	2506330	0.0986	0.2431	0.1004	0.1242
新庄二	195738	2496246	-0.1852	0.6258	-0.1550	0.7967
溪埔二	191978	2513893	-0.4395	-0.0909	-0.4059	-0.0495
萬丹二	194540	2501970	-0.1308	-0.1132	-0.1242	-0.1374
萬巒一	207502	2497136	-0.3937	-0.2870	-0.3746	-0.3093
瑪家二	208976	2511539	-0.3677	-0.4159	-0.3537	-0.3807
鹽埔二	205622	2517240	-0.4168	-0.4264	-0.3984	-0.4170
大湖二	200368	2497500	-0.2770	0.0482	-0.2565	0.1007
大樹二	191135	2510159	-0.4460	-0.2846	-0.4144	-0.2741
中正一	185015	2503504	-0.1744	0.6447	-0.1421	0.7295
石化二	187485	2487965	4.4723	-0.8833	4.1703	-1.6700
吉洋一	200032	2529333	-0.3232	-0.3617	-0.3119	-0.3134
赤山二	209521	2499542	0.0984	-1.6377	0.0491	-1.2243
昭明二	188414	2493802	-0.2021	0.7872	-0.1648	0.8571
彭厝一	201104	2515658	-0.3882	-0.3499	-0.3708	-0.3471
港東二	195798	2490241	0.0387	1.4332	0.0691	1.5123
新南一	203915	2520763	-0.3914	-0.1308	-0.3692	-0.1918
新威二	210915	2533502	-0.3539	-0.7681	-0.3424	-0.6906
旗山二	197100	2531368	-0.2738	0.6306	-0.2372	0.7584
餉潭二	208707	2486714	-0.2648	0.6891	-0.2217	0.8550
繁華一	205264	2511656	-0.3372	-0.3768	-0.3257	-0.3742
關福一	209883	2518620	-0.4381	-0.4606	-0.4184	-0.4440



#### 4.2.3 屏東平原含水層二監測井網設計

本分析方法係針對每一個在區域內的格網進行變異數的推估，故需將本區域劃分為格網，並將每個格網中心視為一個待測格點來計算。本研究將目標區域劃分為一  $32 \times 69(\text{km}^2)$  之格網如圖 4.2-3，圖 4.2-3 上之各井位即為已設置之 34 口井位。

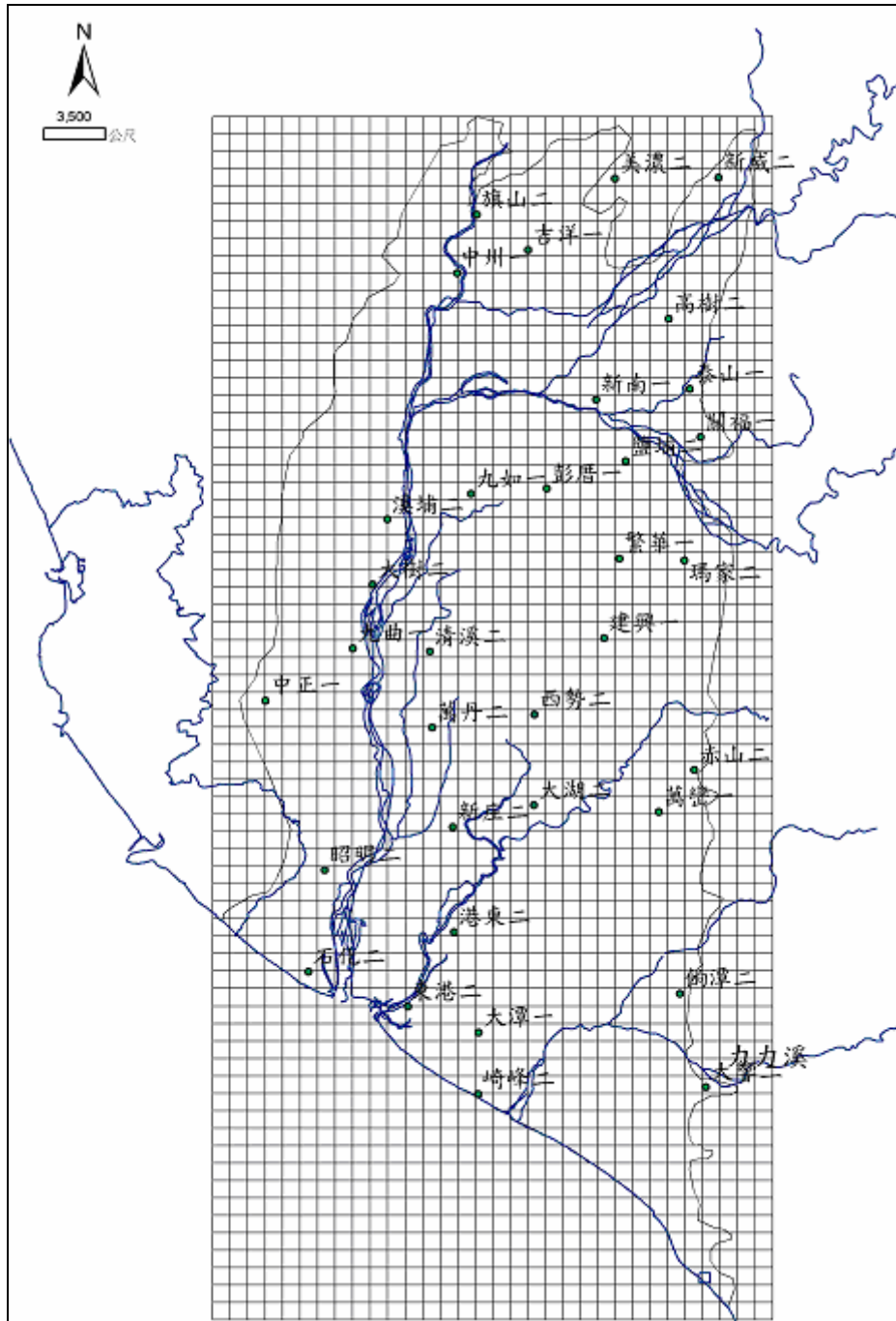


圖 4.2-3 屏東平原區域範圍之劃分格網及觀測站井位置

由於本研究是以因子克利金為主要分析方法，所以在分析目標區

域時，會將目標區域的地質狀況分成多個空間尺度後再加以分析，因此在設置監測井網時便可依據需求挑選出適合之監測站井。

接下來以兩種不同的目的設計案例，找出各自合適的監測井網。  
設計方案一：同時考慮兩個空間尺度，依照不同的監測井數佈置監測井；設計方案二：考慮單一空間尺度中，監測單一因子與多個因子在佈置監測井時的差異。

- 設計方案一：同時考慮兩個空間尺度，以各空間尺度中的主要因子一為主要目標，由 34 個已佈井位置選取 10 個、20 個、30 個的最佳監測井位

本設計方案為同時考慮兩個空間尺度的主要因子一，在 34 口已佈設的井中挑選出 10 口、20 口與 30 口監測井，使其監測效能為最佳。遺傳演算法部份，採用固定繁衍 50 代，族群採 50 條染色體與單點交配，複製率用 0.8、突變率採 0.1。

模式之目標函數為：空間尺度 28.5 公里中主要因子一的因子克利金變異數之總和，與空間尺度 40 公里中主要因子一的因子克利金變異數之總和，兩者相加為最小。

$$\text{Min}(\sigma_{FK}^2) = \sigma_{u_1}^2 + \sigma_{u_2}^2 \quad (4.2-1)$$

其中， $u_1$  代表空間尺度 28.5 公里；

$u_2$  代表空間尺度 40 公里；

$\sigma_{u_1}^2$  代表空間尺度 28.5 公里的因子克利金變異數；

$\sigma_{u_2}^2$  代表空間尺度 40 公里的因子克利金變異數。

經過模式計算後，可得監測井數為 10 口井、20 口井及 30 口井時其最佳觀測站網。下表 4.2-9 為模式優選後所得之結果，“\*” 代表優選出之監測站井。

表 4.2-9 各監測井數中所優選出之監測井網

	34 口 監測井	33 口 監測井	30 口 監測井	20 口 監測井	10 口 監測井
九如一	*	*	*	*	
九曲一	*	*	*		
大潭一	*	*	*		
大響二	*	*	*	*	
中州一	*	*	*	*	
西勢二	*	*	*	*	
東港二	*	*	*	*	
建興一	*	*	*	*	
美濃二	*	*	*		*
泰山一	*	*			
高樹二	*	*	*	*	
崎峰二	*	*	*		
清溪二	*	*	*		
新庄二	*	*	*	*	
溪埔二	*	*	*		
萬丹二	*	*	*	*	*
萬巒一	*	*	*		
瑪家二	*	*	*		*
鹽埔二	*	*	*	*	
大湖二	*	*	*	*	
大樹二	*				*
中正一	*	*	*	*	*
石化二	*	*	*	*	
吉洋一	*	*	*	*	*
赤山二	*	*	*	*	
昭明二	*	*	*	*	
彭厝一	*	*			*
港東二	*	*	*		
新南一	*	*	*		
新威二	*	*	*	*	
旗山二	*	*	*	*	*
餉潭二	*	*	*	*	
繁華一	*	*	*	*	*
關福一	*	*	*		*
因子克利金 變異量	4736.838	4737.163	4741.694	4802.355	4825.233

其各目標監測口數之監測井網佈置如下圖 4.2-4

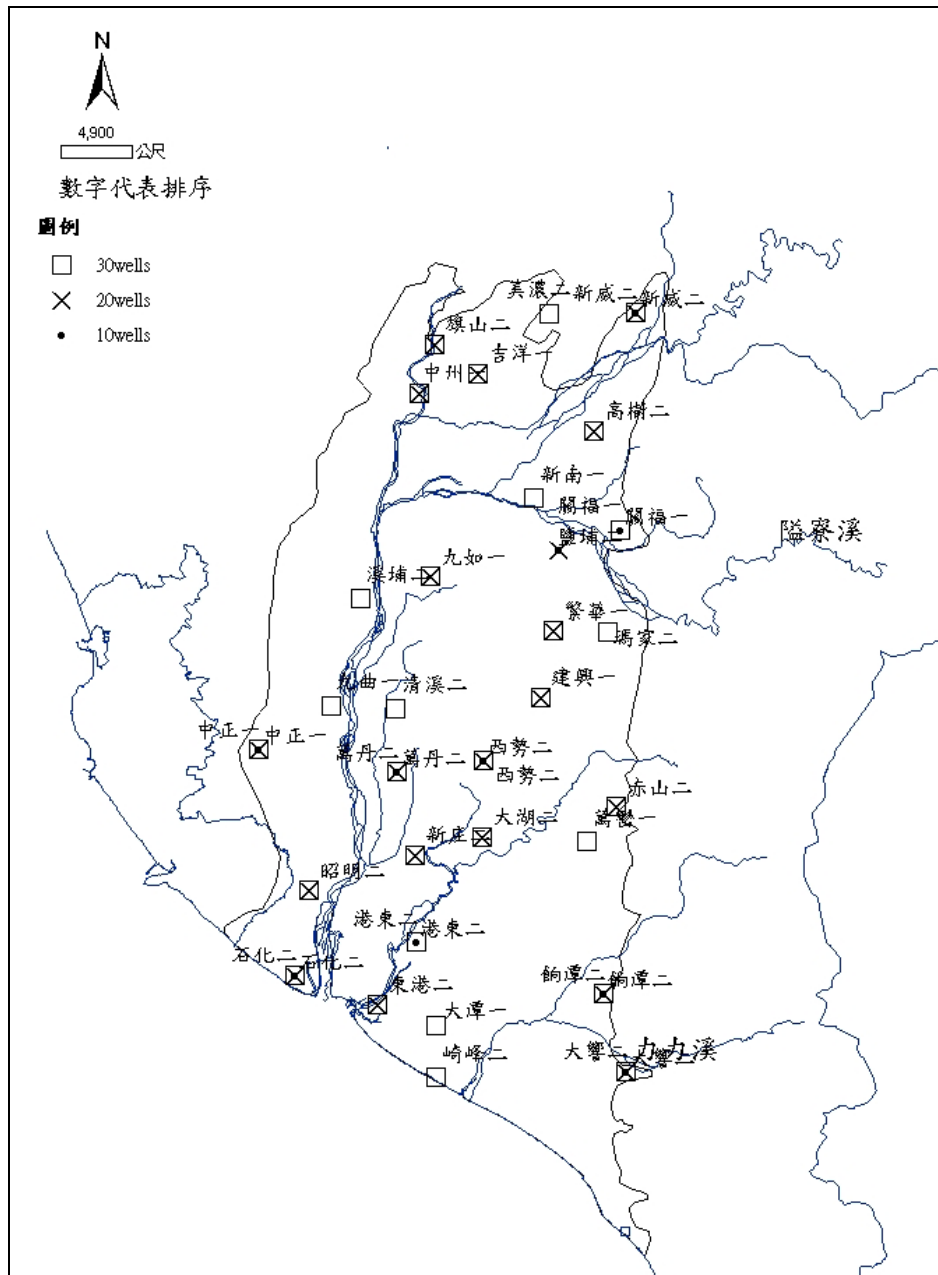


圖 4.2-4 各目標監測口數之監測井網佈置

而監測井數為 10 口之最佳監測井網與 20 口之最佳觀測井網、30 口之最佳觀測井網，共有五口相同之地下水監測井，分別為：萬丹二、中正一、吉洋一、旗山二和繁華一。由上圖 4.2-4，發現五口共站之監測井大多位於屏東平原東南方，造成此一結果，研判為本設計方案主要以兩個不同空間尺度之主要因子一為監測目標。經由前面的分析，我們將兩個不同空間尺度之主要因子一定義為「海水入侵因子」，

所以造成五口共站之監測井皆位於屏東平原東南方，應為監測目標為「海水入侵因子」所導致。

由表 4.2-9，當監測井數為 10 口時，其優選出監測站井與 20 口、30 口最佳監測井網之站井有較大的差異；而監測井數為 20 口之最佳監測井網則與 30 口最佳監測井網相當類似。此一結果表示，當監測井數少於可設井位置達到一定程度時，則優選出之監測井網彼此間的差異會較大；而當監測井數與可設井位置相差不多時，則優選出之監測井網大致上是由相同之監測井所組成的。

下圖 4.2-5 為目標監測井數為 10 口時，固定繁衍 50 代，各代最佳適合度值的變化，第一代最佳染色體的適合度為 4957.466，經過 50 代的優選之後，第 50 代最佳染色體的適合度為 4825.233。

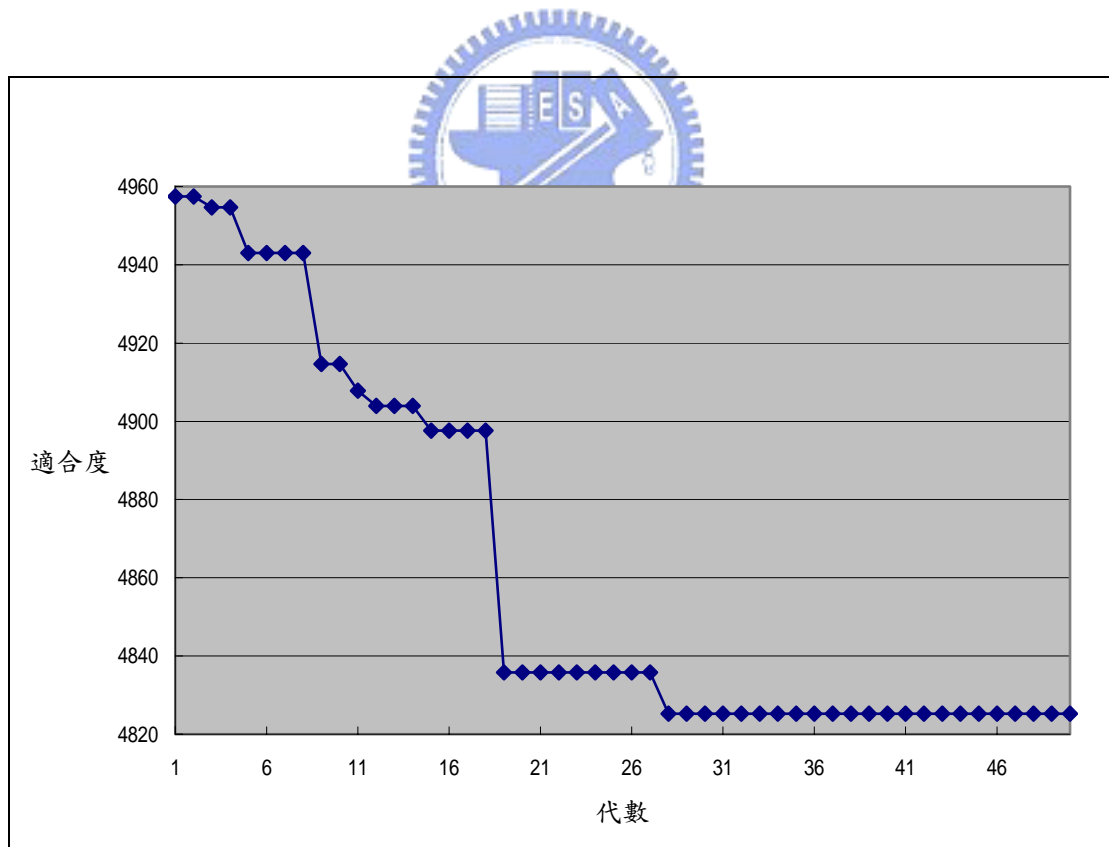


圖 4.2-5 目標監測井數 10 口，各代最佳染色體適合度的變化

- 設計方案二：於空間尺度 28.5 公里中，考慮單一因子(主要因子一)與多個因子(主要因子一和主要因子二)，從 34 個已佈井位置選取 25 個最佳井位

本設計方案為在同一空間尺度中，若考慮的因子個數不同時，是否會影響佈置的監測井網。模式之目標函數，在單一因子時為空間尺度 28.5 公里之主要因子一的總因子克利金推估變異數最小；

$$\text{Min}(\sigma_{FK}^2) = \sigma_{PC1}^2 \quad (4.2-2)$$

其中，PC1代表主要因子一；

$\sigma_{PC1}^2$ 代表主要因子一的因子克利金變異數。

若為考慮多個因子時，則為空間尺度 28.5 公里之主要因子一的總因子克利金推估變異數乘上主要因子一特徵值之貢獻度，加上主要因子二的總因子克利金推估變異數乘上主要因子二特徵值之貢獻度

$$\text{Min}(\sigma_{FK}^2) = \lambda_1 \sigma_{PC1}^2 + \lambda_2 \sigma_{PC2}^2 \quad (4.2-3)$$

其中，PC1代表主要因子一；

PC2代表主要因子二；

$\lambda_1$ 代表主要因子一之特徵值貢獻度；

$\lambda_2$ 代表主要因子二之特徵值貢獻度；

$\sigma_{PC1}^2$ 代表主要因子一的因子克利金變異數；

$\sigma_{PC2}^2$ 代表主要因子二的因子克利金變異數。

經過模式優選後可得空間尺度 28.5 公里中，單一因子之最佳觀測井網與多個因子之最佳觀測井網。表 4.2-10 為模式優選後所得之結果，“\*”代表優選出之監測站井；圖 4.2-9 為優選出之監測井網。

表 4.2-10 不同因子個數所優選出之監測井網

	單一因子		多因子	
	34 口監測井	25 口監測井	34 口監測井	25 口監測井
九如一	*		*	
九曲一	*	*	*	*
大潭一	*	*	*	*
大響二	*	*	*	*
中州一	*	*	*	*
西勢二	*	*	*	*
東港二	*		*	
建興一	*	*	*	*
美濃二	*		*	
泰山一	*	*	*	*
高樹二	*	*	*	*
崎峰二	*	*	*	*
清溪二	*	*	*	*
新庄二	*	*	*	*
溪埔二	*	*	*	*
萬丹二	*		*	
萬巒一	*	*	*	*
瑪家二	*	*	*	*
鹽埔二	*		*	
大湖二	*		*	
大樹二	*	*	*	*
中正一	*	*	*	*
石化二	*	*	*	*
吉洋一	*		*	
赤山二	*	*	*	*
昭明二	*	*	*	*
彭厝一	*	*	*	*
港東二	*	*	*	*
新南一	*	*	*	*
新威二	*	*	*	*
旗山二	*	*	*	*
餉潭二	*	*	*	*
繁華一	*		*	
關福一	*		*	
因子克利金變異量	2634.513	2648.294	1894.407	1904.252



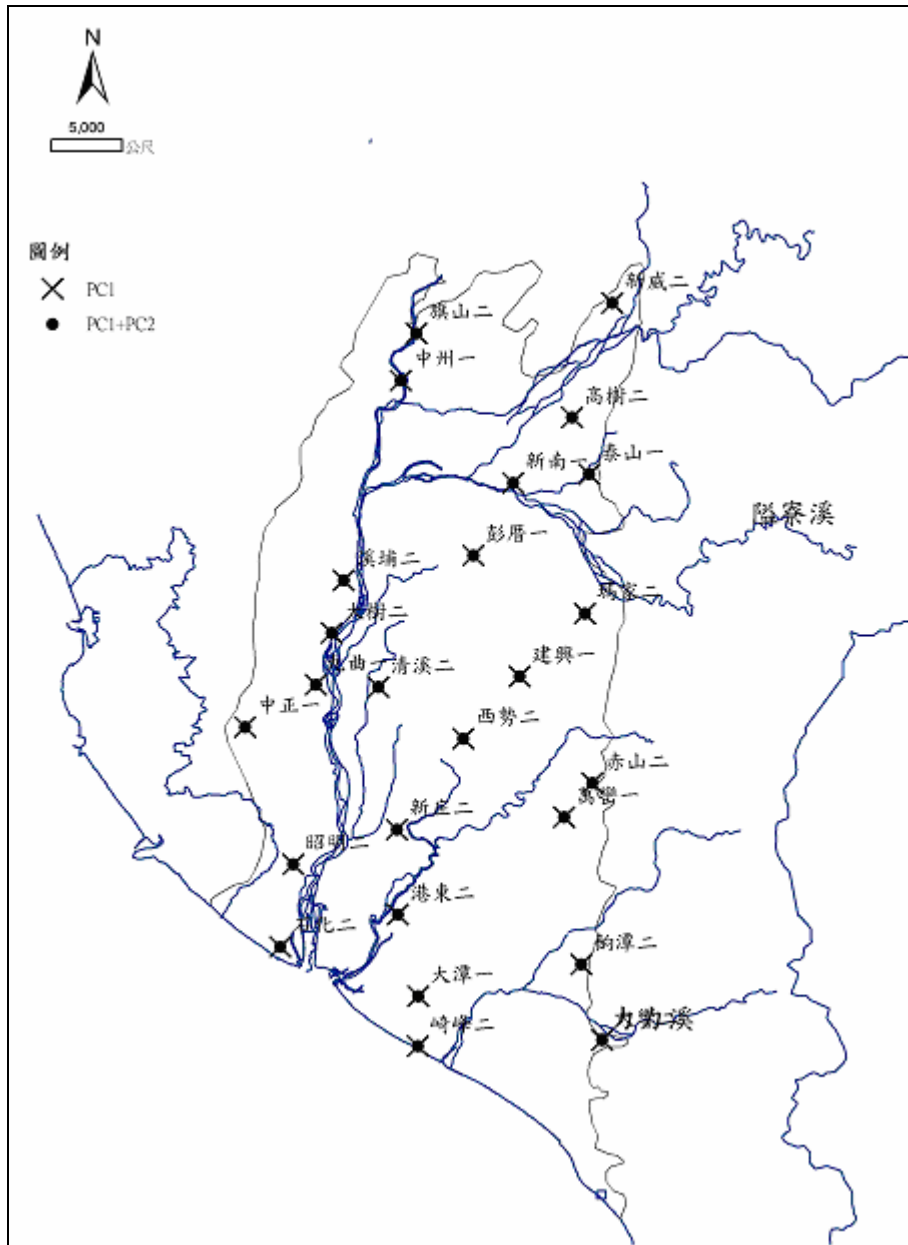


圖 4.2-9 監測因子數不同時之優選監測井網

結果顯示，在同一空間尺度中，監測單一因子與多個因子所優選出的監測井網一樣。多因子監測井網之設計案例，其目標函數如式(4.2-3)，但主要因子一之因子貢獻度(69.1%)與主要因子二之因子貢獻度(11.1%)差距較大，所以在優選多因子之監測井網時仍以主要因子一為主，即主要因子二對監測井網的影響較小。