

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

我國電子電機產業未來之 3E 評估

The 3E Evaluation of Taiwan Electronic and Electrical Industry

計畫編號：1002001INER092

受委託機關(構)：行政院原子能委員會核能研究所

計畫主持人：陳彥豪

聯絡電話：02 25865000 ext938

E-mail address：d29579@tier.org.tw

核研所聯絡人員：卓金和

報告日期：100 年 12 月

目錄

目錄	i
中文摘要	1
英文摘要	1
壹、計畫源起與目的	1
一、計畫源起	1
二、計畫目的	8
貳、研究方法與過程	9
一、我國電機電子產業定義與說明	9
(一) 主計處標準行業分類	9
(二) 產業關聯表	20
(三) 台灣能源平衡表	29
(四) 小結	30
二、我國電子電機產業概況	32
(一) 電子業	32
(二) 電機產業	88
(三) 電子電機業相關專家訪談摘要	99
三、能源需求預測文獻整理	109
(一) 研究單位及政府機構能源預測模型	109
(二) 國內能源預測文獻整理	114
(三) 國外能源預測文獻整理	117
(四) 溫室氣體排放文獻整理	120
四、模型選用	130
(一) 基本計量方程式	130

(二) 相關預測資料收集.....	136
五、 台經院 3E 模型.....	139
(一) 3E 模型之能源替代機制.....	141
(二) 3E 模型之技術配套機制.....	143
(三) 3E 模型之動態機制.....	146
(四) 台灣 2050 年經濟、能源與環境發展情境設定.....	149
參、 主要發現與結論.....	153
一、 電子電機業產能推估結果.....	153
(一) 以電力消費量為代理變數之產量推估結果.....	153
二、 電子電機業能源消費推估結果.....	155
(一) 情境設定說明.....	155
(二) 電子電機業能源需求推估結果.....	170
(三) 電子電機業二氧化碳排放推估.....	179
(四) 估計方法之比較.....	184
(五) 電子電機業出口增加對台灣整體經濟與個別產業影響.....	185
三、 結論與建議.....	205
(一) 對能源需求與二氧化碳排放的影響.....	205
(二) 對總體經濟、產業關聯的影響.....	207
(三) 模型建議.....	208
(四) 政策建議.....	209
四、 研究限制.....	211
肆、 參考文獻.....	212
一、 中文部分.....	212
二、 英文部分.....	216
附件一、「我國電子電機產業未來之 3E 評估期末報告」意見回覆	

圖目錄

圖 1、2010 年底各部門別與工業部門內各子產業之能源消費比例	5
圖 2、能源查核申報設備所佔比	6
圖 3、晶圓代工產業發展歷程	36
圖 4、晶圓代工產業關聯圖	42
圖 5、晶圓封測產業發展歷程圖	46
圖 6、IC 構裝材料產業結構	54
圖 7、電信自由化時間表	56
圖 8、手機業發展歷程	60
圖 9、台灣手機產業關聯圖	63
圖 10、我國 LED 產業發展歷程	64
圖 11、LED 產業關聯圖	66
圖 12、Flash 產業關聯圖	68
圖 13、DRAM 產業產業關聯圖	69
圖 14、分離式元件製造業產業關聯圖	70
圖 15、被動元件產業結構	71
圖 16、印刷電路板產業結構	72
圖 17、TFT-LCD 產業關聯圖	73
圖 18、太陽能材料產業結構	74
圖 19、印刷電路板組件製造業產業關聯圖	75
圖 20、電子管製造業產業關聯圖	76
圖 21、通訊傳播設備製造業產業關聯圖	79
圖 22、視聽電子產品製造業產業關聯圖	80
圖 23、導航設備製造業產業關聯圖	85
圖 24、控制設備產業關聯圖	85
圖 25、幅射及電子醫學設備製造業產業關聯圖	86
圖 26、光學儀器產業關聯圖	88

圖 27、電機產業架構.....	89
圖 28、重電設備業構成分類.....	90
圖 29、重電產業關聯圖.....	91
圖 30、電線電纜業構成分類.....	92
圖 31、電線電纜上中下游產業結構圖.....	93
圖 32、電池產業結構.....	94
圖 33、家用電器業主要構成分類.....	95
圖 34、冷氣機及電冰箱上中下游產品關聯圖.....	96
圖 35、洗衣機及電冰箱上中下游產品關聯圖.....	97
圖 36、電風扇上中下游產品關聯圖.....	97
圖 37、照明產業構成分類.....	99
圖 38、台經院 3E 模型運作流程.....	140
圖 39、台經院 3E 模型生產結構.....	142
圖 40、台經院 3E 模型能源替代機制.....	143
圖 41、台經院 3E 模型能源部門技術配套機制.....	146
圖 42、資本成長率(KGR)與對投資報酬期望(EROR)關聯圖.....	148
圖 43、實質工資與勞動力之間相較於基礎情境變化圖.....	149
圖 44、以用電量為代理變數之產量預測結果.....	155
圖 45、晶圓代工產量變化說明.....	160
圖 46、封測產量變化說明.....	161
圖 47、VAR 推估 1982-2050 年電子電機業能源需求預測.....	173
圖 48、VAR 推估電子電機業二種情境之下整體能源需求預測 ...	174
圖 49、VAR 推估三種情境下電子電機產業整體能源需求預測 ...	175
圖 50、ARMA 或 ARIMA 推估 1982-2050 年電子電機能源需求預測	177
圖 51、ARMA 或 ARIMA 推估電子電機業二種情境下能源需求預測	178
圖 52、ARMA 或 ARIMA 推估電子電機業二種情境下能源需求預測	179
圖 53、VAR 推估情境一下二氧化碳排放量.....	180

圖 54、VAR 推估二種情境下二氧化碳排放量.....	181
圖 55、VAR 推估三種情境下二氧化碳排放量.....	181
圖 56、ARMA 或 ARIMA 推估情境一下二氧化碳排放量	182
圖 57、ARMA 或 ARIMA 推估二種情境下二氧化碳排放量	183
圖 58、ARMA 或 ARIMA 推估三種情境下二氧化碳排放量	184
圖 59、電子電機業產量增加模擬之總體效果(相較於 BAU)	191

表目錄

表 1、2008 年我國與全球能源/經濟/環境指標.....	3
表 2、我國電子業歷年能源使用效率與節能率.....	7
表 3、主計處標準行業分類：19 大類分類表.....	9
表 4、標準行業分類：電機電子產業相關分類定義.....	10
表 5、產業關聯表：電機電子產業部門.....	20
表 6、能源平衡表中與電機電子業對應部門.....	30
表 7、電機電子產業對應關係.....	30
表 8、晶圓十五廠基本資料.....	37
表 9、台積電與聯電產能現況與投資計畫.....	41
表 10、日月光重大投資案整理.....	50
表 11、矽品重大投資案整理.....	52
表 12、力成重大投資案整理.....	53
表 13、宏達電 (HTC) 重大投資案整理.....	62
表 14、LED 中上游擴產狀況.....	65
表 15、國內家電產業經營範圍與主要關鍵技術.....	96
表 16、IEA 及 EIA 兩套預測系統比較.....	111
表 17、能源消費轉換成二氧化碳排放相關參數整理.....	136
表 18、預測 BAU 之外生衝擊的設定值：2007 年~2050 年.....	151
表 19、電子電機業情境參數設定.....	156
表 20、2006-2010 電子電機業產值比.....	158
表 21、LED 中上游擴產狀況.....	161
表 22、電子電機業細產業產值佔比.....	164
表 23、晶圓代工與封測產量增加比例設定.....	166
表 24、LED 與手機業產量增加比例設定.....	167
表 25、電子電機業情境參數設定(情境三).....	169
表 26、利用 VAR 與 ARMA 或 ARIMA 估計結果比較表.....	184
表 27、出口增加設定衝擊比例.....	187
表 28、電子電機業出口增加模擬之總體變數效果(衝擊後之總影響)	

.....	190
表 29、至 2020 年美國白光 LED 及 OLED 發光效率與價格發展趨勢	190
表 30、電子電機業出口增加模擬之總體變數效果(和 BAU 比較)	191
表 31、2011-2030 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與 通訊傳播設備業變數效果(衝擊後之總影響).....	193
表 32、2031-2050 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與 通訊傳播設備業變數效果(衝擊後之總影響).....	193
表 33、2011-2020 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與通 訊傳播設備業變數效果(相較於 BAU).....	195
表 34、2021-2030 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與 通訊傳播設備業變數效果(相較於 BAU).....	195
表 35、2011-2050 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與 通訊傳播設備業新增 GDP 與產值效果.....	197
表 36、2011-2030 年電子電機出口增加模擬之產業關聯影響(相較於 BAU).....	203
表 37、2031-2050 年電子電機出口增加模擬之產業關聯影響 (相較於 BAU).....	204
表 38、不同情境下的能源需求與二氧化碳排放量.....	207

中文摘要

我國為一個自產能源不足的國家，能源依賴度達到 99.25%，因此能源價格的提高將會對我國經濟造成衝擊，因此，產業能源需求的了解成為相當重要的課題。電子電機業在我國產值高，出口為主，在 GDP 的推升上扮演重要的角色，所以本研究擬以我國電子電機產業為研究對象，利用向量自我回歸模型(VAR)與單變量模型分別探討當考慮節能與產量增加後，對整體能源需求與二氧化碳排放的影響，結果發現，有考慮 GDP 的 VAR 模型上所得之能源需求與二氧化碳排放量均較單變量模型為低，顯示當我國步入已開發國家，經濟成長率相對以往低時，其能源需求較低，反之則較高。再者，利用可計算一般均衡模型(Computable General Equilibrium, CGE)探討當出口增加時，對整體經濟狀況。結果發現，我國電子電機產業的能源需求依舊以用電為主，成長率則呈現趨緩的趨勢。對整體經濟正面的影響隨時間有遞減的趨勢；在相關產業關聯上，主要正面影響的產業大都為電子電機相關產業，而負面影響大都為紡織產業。綜上所述，我國電子電機產業以出口與代工型式為主，但在中國的興起與印度成為軟體開發中心的雙重夾擊下，更應思考發展高階產品以增加其產值。

英文摘要

Our energy dependency reaches 99.25%. So, the raising of energy price has a negative effect on economy, therefore, understanding the energy demand of industry becomes an important issue. The electric and electronic industry plays an important role in GDP because their value and export are high. As above reason, this study tries to discuss the effect of energy demand and carbon dioxide emissions when consideration of energy saving and product increasing. The result shows that the energy consumption is higher while use ARMA or ARIMA model. So while the growth of GDP is lower than before, the energy consumption is lower. On the other hand, their main energy demand is electricity and the growth rate is smoothing. Further, we use CGE model to discuss when the export of electric and electronic industry increases. The positive impact on the economy has a decreasing trend over time while export growth smoothly. The positive effect sometimes is related electric and electronic industry, the negative is textile industry. So, under the situation of faster development of China and the software development center in Indian may decline the output value of electric and electronic industry, we must think about upgrade our product to increase their value-added.

壹、 計畫源起與目的

一、 計畫源起

能源提供民生基本需求與經濟發展所需動力，未來的半個世紀伴隨著全球人口及新興國家經濟成長，全球對能源的需求將持續增加。石化能源消費有排放二氧化碳的污染外部性，面對未來國際間的對二氧化碳排放可能採取的制約措施，節能減碳勢在必行。隨著全球氣候變遷問題對環境衝擊的增加，在 2007 年美國與歐盟之聯合聲明中，給予能源安全更符合時代潮流的定義，除過去能源取得的多元化、價格合理與可靠性外，能源安全需兼顧取得之潔淨性與穩定性，以便支持經濟永續發展與環境保護¹。面對全球性能源需求增加與溫室氣體排放所引發之能源安全與全球暖化課題，有效掌握能源需求特性與型態，國內能源的實際需求趨勢與自然成長之二氧化碳排放，為協助政府就促進能源安全，整體規劃節能減碳與推動綠能產業的重要課題。

第十五屆於哥本哈根所舉行之聯合國氣候變遷會議(COP15) 已於 2009 年 12 月 19 日結束。此次大會最重要之成就在於將先進國家與開發中國家就氣候變遷問題已有共同認知，確立「致力減少碳排放，將全球平均溫度控制在工業化前 2 度的水準」為共同努力之長期目標，另外開發國家供應資金協助開發中國家進行減排整合機制也已成形，最重要的是 2010 年結束前，各國需將抗暖化目標轉化成「具有法律約束力」的規範。今年(2011)年底在南非召開 COP17 的

¹ 左峻德，陳彥豪，劉婉柔，“永續發展之經濟、能源與環境政策研究趨勢分析”，碳經濟，No. 14，2-11 頁，2009 年 8 月。

會議，提出更有雄心的減量目標；堵塞漏洞，以確保已開發國家誠實地履行其減排目標；連結開發中國家受協助與非受協助的減排行動間的紀錄；確保 REDD+ 具有合適、可預測、再生的財源；各國政府必須盡快大幅減少 HFCs 的使用量；各國政府必須同意 2015 年為溫室氣體排放之最高峰，並在 2050 年前減量至 1990 年之排放量的 80% 以下。我國方面，行政院「節能減碳推動委員會」於 2010 年召開首次會議，會中訂定節能目標於未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年相較於 2005 年下降 20% 以上，並透過技術突破與配套措施，至 2025 年時下降 50% 以上。其次，會中通過短、中、長期節能減碳目標，短期為 2020 年時回到 2005 年水準，即須減碳 8,700 萬噸，約當 2005 年排放量的三成；中期為 2025 年回到 2000 年水準；長期為 2050 年回到 2000 年水準的一半。會議中環保署亦公布政府節能減碳的減量目標、配額，象徵我國的溫室氣體排放將逐漸進入總量管制的階段。

台灣受限於自產能源不足且能源進口依存度高達 99.25% (至 2009 年底)，近幾年來國際能源價格持續飆漲，不但引發國內物價大幅波動，對國內經濟穩定也造成極大衝擊。2000 年以來因國際能源大價格上揚，台灣對外採購能源支出大幅成長，從占 GDP 的 3% 成長至 2007 年的 12.3%。而台灣的產業結構中製造業佔比高，消耗大量化石能源，使得經濟成長與二氧化碳排放量無法脫勾。近十年來二氧化碳的總排放量每年以 5.6% 的平均年成長率增加，根據全球能源總署 IEA 發表 2008 年的統計數字(如表 1 所示)顯示，我國二氧化碳總排放量達 2.64 億公噸，占全球 0.89%，人均排放量為 11.53 公噸，全球排行第 17 名，如何有效減少溫室氣體排放攸關我國未來經濟發

展。

表 1、2008 年我國與全球能源/經濟/環境指標

指標	台灣	全球	OECD	日本	韓國	中國	美國
排放總量 ^a (百萬公噸 CO ₂)	264	29,381	12,630	1,151	501	6,508	5,595
人口(百萬人)	22	6,688	1,190	127	48	1,325	304
人均 GDP(千美元)	27.80	9.55	27.62	28.17	23.44	8.15	38.56
每人平均排放量(公噸 CO ₂ /人)	11.53	4.39	10.61	9.02	10.319	4.91	18.38
每單位 GDP 排放 ^b (公斤 CO ₂ /美元)	0.41	0.46	0.38	0.32	0.44	0.60	0.48
每單位能源排放(公斤 CO ₂ /噸油當量)	2.51	2.40	2.33	2.32	2.21	3.08	2.45

註：a. 不包括國際貨運排放之二氧化碳； b. 以購買力平價 (purchasing power parity, PPP)及 2000 年美元幣為基期。

行政院於 2008 年 6 月通過「永續能源政策綱領」，政策目標係以兼具能源、環保、經濟為永續發展之願景，其基本原則將建構「高效率」、「高價值」、「低排放」及「低依賴」之二高二低能源消費型態與能源供應系統。二高二低的能源消費型態與供應系統包括：

- (1) 「高效率」：提高能源使用與生產效率。
- (2) 「高價值」：增加能源利用的附加價值。
- (3) 「低排放」：追求低碳與低污染能源供給與消費方式。
- (4) 「低依賴」：降低對化石能源與進口能源的依存度。

另外，永續能源政策的推動方式，將由能源供應面的「淨源」與能源需求面的「節流」做起。就淨源方面，主要係推動能源結構改造與能源使用效率提升，包括積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，希冀於 2025 年時占發電系統的 8% 以上；藉由與國際共同研發合作方式，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存，降低發電系統的碳排放；促進能源價格合理化，短期能源價格反映內部成本，中長期以漸進方式合理反映外部成本等。就節流方面，主

要係推動產業、運輸、住商、政府、社會大眾等五大部門的實質節能減碳措施，包含如促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於 2025 年下降 30% 以上；建構「智慧型運輸系統」，提供即時交通資訊，強化交通管理功能；推動低碳節能綠建築，全面推行新建建築物之外殼與空調系統節能設計與管理；政策規劃應具有碳中和(Carbon Neutral)概念，以預防、預警和篩選原則進行碳管理；紮根節能減碳環境教育，推動全民教育宣導及永續綠校園等內涵。

分析我國二氧化碳排放組成，在各部門不含電力消費排放的情境下，2008 年底能源、工業與運輸等三個部門的二氧化碳排放量佔總排放量的 95.78%。其主因在於能源與工業部門倚重煤碳使用，運輸部門則大量使用石油，從而產生大量的二氧化碳。若從台灣能源消費結構分析 2009 年各部門的能源消費比例，工業部門能源消費量占居各部門之首，占了 53%。進而分析工業部門的產業，以化學材料業的 53% 佔所有耗能產業的比率最大，其次為電腦通訊及視聽電子產品的 14% 與金屬基本工業的 9%。顯示能源大用戶中耗能最高占比為化工業(包含化材業、人纖業、石油及煤製品、化學製品、塑膠及橡膠製品業)，占工業部門工業部門的 52.0%；其次為電子電機產業(14%)、金屬基本工業(10.0%)。電機電子業在能源消費項目上分別為其他工業製品製造工業與電腦通信及視聽產品製造業，根據電機電子業的產值與能源消費，計算出我國電子電機業歷年來能源使用效率(參考表 1)，觀察近五年來的能源使用效率，除了 2008 與 2009 年由於 2008 年下半年美國華爾街引發全球金融海嘯，使通訊、消費性電子產品需求大幅縮減，多數電子零組件公司在第四季接單量驟

減、庫存提高，使得能源密集度上升；到了 2010 年，全球景氣復甦，加上智慧型手機的熱潮，使得我國電機電子產業的產值上升，加上節能技術的使用，因而使得能源密集度下降，效率提高。若以 2008 年營運成績檢視，電子業產值整體衰退，但以產值為基礎的能源密集度增加 10.31%，一方面顯示全球不景氣對電子業的打擊，另一方面也顯示電子業在節能方面還有努力的空間，尤其產業耗能高達 98% 的比重集中在電力，因此電子產業在節能方面應仍有很大空間。

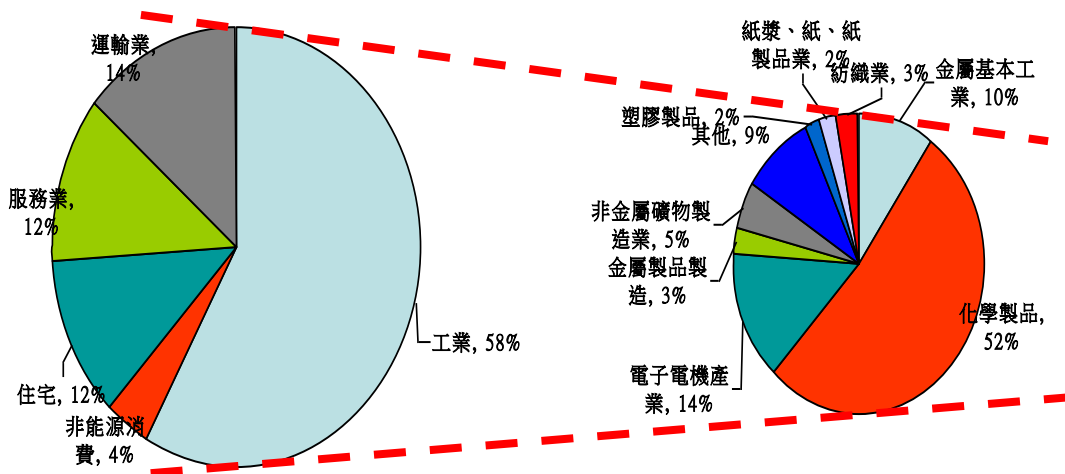


圖 1、2010 年底各部門別與工業部門內各子產業之能源消費比例

(資料來源：AREMOS；製圖：台灣經濟研究院)

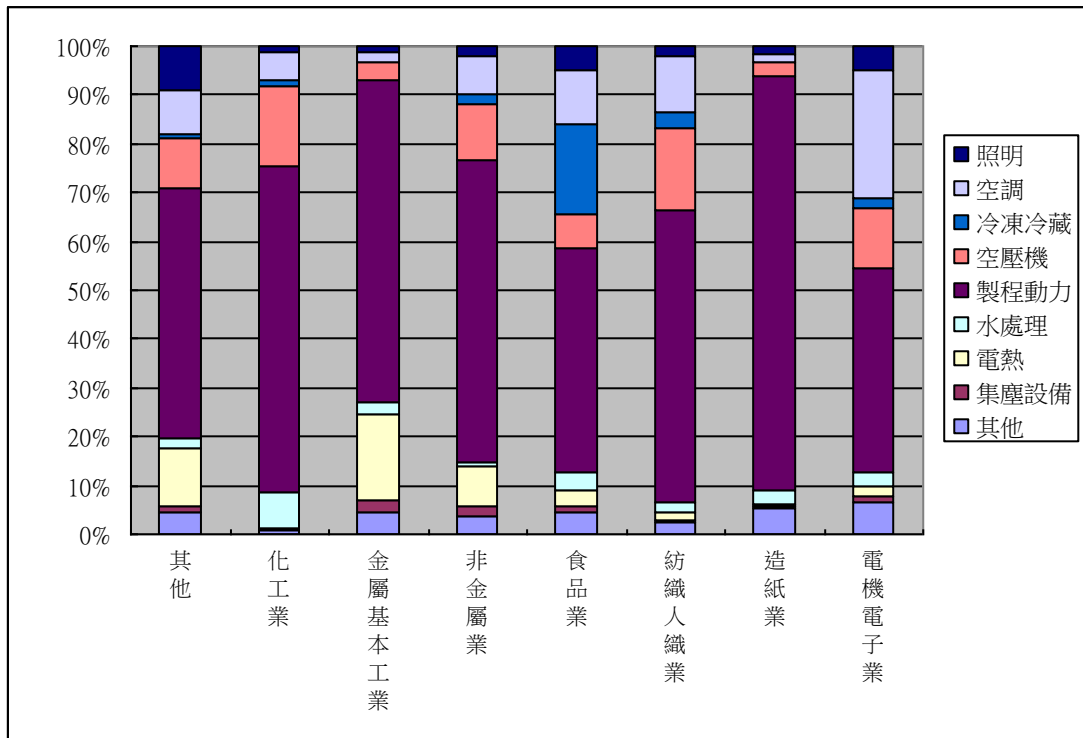


圖 2、能源查核申報設備所佔比

資料來源：工研院綠能所

我國電子電機產業過去 20 年來經政府大力推動產業升級為高技術及高資金密集重點培植的產業，2010 年電機電子產業年產值高達 3 兆元，其中以資訊電子業與通訊業的外銷比最高，達八成左右。根據 2010 年的「製造業能源查核年報」中所述，電子電機業中以製程動力耗能所佔比最高，達 42.0%，其次為空調設備，為 26.3%（參考圖 2）。電機電子產業可細分為電機工業與電子產業，其中電機工業中主要的產業包括重電設備、冷凍空調家用、電線電纜、電力監控或商用電器設備及照明系統設備等，此類工業製程環境需求較不嚴格，因此耗能相對較低。但在電子產業中主要的產業包含彩色映像管、晶圓、光電、TFT/LCD、印刷電路板、晶圓材料、IC 封裝、電子零組件及關鍵材料產業，此類產業的製程必須在 24 小時全年無

休運轉的恆溫恆濕潔淨室中進行，因此能源消耗上相對較高，其主要的耗能設備包括照明系統、電力系統、空調與製程冷卻系統、空壓系統及純水系統、製程排氣系統、鍋爐蒸汽系統等。再者，根據「電機電子業產業節能技術手冊」中揭露電機電子業中各項設備耗能分析，其中 IC 封裝廠空調耗電約佔廠區總耗電量的 40%，製程耗電約佔 35%，其他設備則為 25%。以晶圓生產為例，空調與冷藏系統的耗電量約佔廠區總耗電量的 50%；製程耗電約佔 30%；純水系統與照明 10%，而其他公共設施則佔 10%（參考圖 2）。在整體的耗能結構中，由於電機電子產業是以電力的消費為主，因此，電力消耗造成的二氧化碳排放，成為電機電子業二氧化碳排放的主要來源，在整體的耗能結構中，由於電機電子產業的設備機台以電力驅動為主，因此電力消耗造成的二氧化碳排放量佔總排放量的 93%，電機電子產業在 1995 年耗能量為 54.3 億度，到了 2004 年時增加到 230 億度，十年間成長高達 4.23 倍，每年以 17.6% 的幅度增加。由於電機電子產業間相關聯程度既深且廣，若能有效且合理的預測該產業的能源需求，將使政府在未來能源政策制定與溫室氣體減量策略上，提供較彈性的空間。

表 2、我國電子業歷年能源使用效率與節能率

年份	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
能源消費量(公秉油當量)	7604	8211	8709	8282	9183
產值(百萬元)	3,889,417	4,209,069	3,906,114	3,371,416	4,409,729
能源密集度(公升油當量/千元)	1.96	1.95	2.23	2.46	2.08
節能量(千公秉油當量)	141.9	122.4	168.2	140.5	NA
節能率(%)	1.35	1.33	1.87	1.49	NA

資料來源：工研院綠能所「工業部門能源查核管理與節能技術服務」計畫，2010 年 12 月、AREMOS、台經院產經資料庫、本研究計算整理。

二、 計畫目的

本研究旨在建立一套供我國未來在規劃能源相關的溫室氣體排放法規或政策時，可做為實際應用參考依據之預測模型。本計劃擬選定電子電機業作為研究對象，並以開發之模型進行在自然成長(Business As Usual)的狀態下，電子電機業的產能推估、能源消費及二氧化碳排放之預測，做為初期了解工業部門的能源相關二氧化碳排放的指標。為顧及長期需求預測的主要用途是提供未來長期能源相關的溫室氣體排放政策參考的重要指標，對於模型的選擇與改善，必須更加審慎。因此，有關模式的架構，將依照各行業使用最終能源的屬性、能源價格、國民所得、及電子電機產業生產指數等因素，選擇適當的計量經濟模型或最終需求預測模型，建構出預測績效最佳的整合模型。此外，未來我國國內廠商也會有一些擴產的計畫，這些擴產的計畫也會連帶增加能源的消耗，可能增加更多的溫室氣體的排放，因此，本研究所開發的模型亦當產量增加時對於能源需求的影響。

貳、 研究方法與過程

一、 我國電機電子產業定義與說明

(一) 主計處標準行業分類

行政院主計處制定標準行業分類提供產業分類的準則，是以聯合國行業標準為藍圖，並參考我國國情所制定。共分成 19 項大類、89 項中類、253 項小類、557 細類，以民國 95 年的第 8 次修訂。19 類非類對照表如下表 3。

表 3、主計處標準行業分類：19 大類分類表

第 A 大類	農、林、漁、牧業	第 K 大類	金融及保險業
第 B 大類	礦業及土石採取業	第 L 大類	不動產業
第 C 大類	製造業	第 M 大類	專業、科學及技術服務業
第 D 大類	電力及燃氣供應業	第 N 大類	支援服務業
第 E 大類	用水供應及污染整治業	第 O 大類	公共行政及國防、強制性社會安全
第 F 大類	營造業	第 P 大類	教育服務業
第 G 大類	批發及零售業	第 Q 大類	醫療保險及社會工作服務業
第 H 大類	運輸及倉儲業	第 R 大類	藝術、娛樂及休閒服務業
第 I 大類	住宿及餐飲業	第 S 大類	其他服務業
第 J 大類	資訊及通訊傳播業		

電子電機產業皆屬於第 C 類製造業。以中類而言，電子電機業包含了第 26 項的電子零組件製造業、27 項的電腦、電子產品及光學製品製造業與第 28 項的電力設備製造業。標準行業分類詳細定義如表 4。

表 4、標準行業分類：電機電子產業相關分類定義

中類	小類	細項	行業名稱及定義
26			<p>電子零組件製造業</p> <p>凡從事半導體及其他電子零組件製造之行業均屬之。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 智慧卡印刷應歸入 1611 細類「印刷業」。 • 顯示器製造應歸入 2712 細類「顯示器及終端機製造業」。 • 數據機製造應歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。 • X 射線管及類似輻射裝置之製造應歸入 2760 細類「輻射及電子醫學設備製造業」。 • 照明設備用安定器及電力用繼電器之製造應歸入 2810 細類「發電、輸電、配電機械製造業」。
	261		<p>半導體製造業</p> <p>凡從事半導體製造之行業均屬之，如積體電路（IC）及分離式元件製造。積體電路（IC）封裝及測試亦歸入本類。</p>
		2611	<p>積體電路製造業</p> <p>凡從事晶圓、光罩、記憶體及其他積體電路製造之行業均屬之。</p>
		2612	<p>分離式元件製造業</p> <p>凡從事分離式元件製造之行業均屬之，如二極體、電晶體、閘流體、積體電路引腳架、二極體及電晶體專用導線架等製造。</p>
		2613	<p>半導體封裝及測試業</p> <p>凡從事半導體封裝及測試之行業均屬之。</p>
	262	2620	<p>被動電子元件製造業</p> <p>凡從事被動電子元件製造之行業均屬之，如電子用之電容器、電阻器、變阻器、繼電器、電感器、電阻裝置等製造。</p>
	263	2630	<p>印刷電路板製造業</p> <p>凡從事印刷電路板製造之行業均屬之。印刷電路銅箔基板製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p>

		<ul style="list-style-type: none"> 從事印刷電路板組件製造應歸入 2691 細類「印刷電路板組件製造業」。
264		<p>光電材料及元件製造業</p> <p>凡從事光電材料及元件製造之行業均屬之，如液晶面板及其組件、電漿面板及其組件、發光二極體、太陽能電池等製造。</p>
	2641	<p>液晶面板及其組件製造業</p> <p>凡從事液晶面板及其組件製造之行業均屬之，如液晶面板、背光模組、彩色濾光片等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> 液晶高分子製造應歸入 1841 細類「合成樹脂及塑膠製造業」。 液晶顯示器用驅動積體電路（IC）製造應歸入 2611 細類「積體電路製造業」。 液晶顯示器製造應歸入 2712 細類「顯示器及終端機製造業」。
	2649	<p>其他光電材料及元件製造業</p> <p>凡從事 2641 細類以外光電材料及元件製造之行業均屬之，如電漿面板及其組件、發光二極體、太陽能電池等製造。</p>
269		<p>其他電子零組件製造業</p> <p>凡從事 261 至 264 小類以外電子零組件製造之行業均屬之。</p>
	2691	<p>印刷電路板組件製造業</p> <p>凡從事印刷電路板組件製造之行業均屬之，如主機卡、音效卡、網路卡、視訊卡、控制卡及其他印刷電路板組件製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> 僅從事將印刷電路板組件構裝於卡片型塑膠框體內之積體電路記憶卡製造應歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 數據機製造應歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。
	2692	<p>電子管製造業</p> <p>凡從事電子管製造之行業均屬之，如真空管、映像管、磁控管、陰極射線管等製造。</p>
	2699	未分類其他電子零組件製造業

		<p>凡從事 2691 及 2692 細類以外之其他電子零組件製造之行業均屬之，如電子連接器（線）、濾波器、轉換器、電磁閥、石英振盪器、通訊微波元件等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 數據機、橋接器、路由器、閘道器，以及網路用集線器及交換器等製造應歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。
27		<p>電腦、電子產品及光學製品製造業</p> <p>凡從事電腦及其週邊設備、通訊傳播設備、視聽電子產品、資料儲存媒體、量測設備、導航設備、控制設備、鐘錶、輻射設備、電子醫學設備、光學儀器及設備等製造之行業均屬之。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電子零組件製造應歸入 26 中類「電子零組件製造業」之適當類別。
	271	<p>電腦及其週邊設備製造業</p> <p>凡從事電腦及其週邊設備製造或組裝之行業均屬之。</p>
		<p>2711 電腦製造業</p> <p>凡從事電腦製造或組裝之行業均屬之，如大型主機、個人電腦、手提式電腦、電腦伺服器、個人數位助理器（PDA）、微型電腦等製造或組裝。從事組裝或整合處理器、記憶裝置、儲存裝置及輸出輸入裝置成為使用者可編寫程式的最終產品之行業亦歸入本類。</p>
		<p>2712 顯示器及終端機製造業</p> <p>凡從事顯示器及終端機製造之行業均屬之，如液晶顯示器、陰極射線管顯示器及終端機等製造。</p>
		<p>2719 其他電腦週邊設備製造業</p> <p>凡從事 2711 及 2712 細類以外電腦週邊設備製造之行業均屬之，如滑鼠、鍵盤、印表機、光碟機、光碟燒錄器、硬碟、軟碟機、掃描器、自動櫃員機（ATM）、生物辨識裝置、電腦控制桿裝置等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電腦用外掛喇叭製造應歸入 2730 細類「視聽電子產品製造業」。

272		<p>通訊傳播設備製造業</p> <p>凡從事電話、有線通訊傳播設備、無線通訊傳播設備、廣播及電視傳播設備等製造之行業均屬之。</p>
	2721	<p>電話及手機製造業</p> <p>凡從事電話（有線、無線）及手機製造之行業均屬之。電話答錄機製造亦歸入本類。</p>
	2729	<p>其他通訊傳播設備製造業</p> <p>凡從事 2721 細類以外通訊傳播設備製造之行業均屬之，如電話交換（PBX）設備、傳真設備、呼叫器、橋接器、路由器、閘道器、廣播及電視發射設備、區域網路（LAN）及廣域網路（WAN）之通訊傳播設備、數據機、防盜防災系統設備、遙控設備等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 應用於通訊傳播設備之電子零組件製造應歸入 26 中類「電子零組件製造業」之適當類別。 • 交通號誌燈或電子計分板之製造應歸入 2890 細類「其他電力設備製造業」。
273	2730	<p>視聽電子產品製造業</p> <p>凡從事供家庭娛樂、汽車、擴音用途之視聽電子產品製造之行業均屬之，如電視機、錄放影機、家庭劇院視聽設備、CD 及 DVD 播放機、點唱機、揚聲器、擴音器、麥克風、耳機、家用攝影機、插槽（片）式電視遊樂器等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 廣播及電視錄播音室設備，如複製設備、傳送及接收天線等製造應歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。 • 已燒錄軟體（固定不可更換）之電子遊樂器製造應歸入 3312 細類「玩具製造業」。
274	2740	<p>資料儲存媒體製造業</p> <p>凡從事磁性及光學之空白資料儲存媒體製造之行業均屬之，如空白錄音（影）帶、磁片（帶）、光碟片等製造。</p>

		<p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> 將母帶之聲音、影像資料複製到空白資料儲存媒體應歸入 1620 細類「資料儲存媒體複製業」。
275		<p>量測、導航、控制設備及鐘錶製造業</p> <p>凡從事供工業及非工業用途之量測、導航及控制設備製造之行業均屬之。計時功能之量測裝置（如鐘錶及相關裝置）製造亦歸入本類。</p>
	2751	<p>量測、導航及控制設備製造業</p> <p>凡從事量測、導航及控制設備製造之行業均屬之，如航空器專用儀器、飛行記錄器、衛星導航系統（GPS）設備、雷達系統設備、聲納系統及設備、環境自動控制及調節裝置、控制工業製程變數之儀器及裝置、計量器（量測氧氣、水、電流等）、停車計時器、計程車錶、機動車輛儀表、自動收票設備、半導體檢測設備、實驗室專用分析儀器及系統設備等製造。非電力之量測、檢查、導航及控制設備製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> 輻射及醫學檢測設備製造應歸入 2760 細類「輻射及電子醫學設備製造業」。 光學量測位置之設備製造應歸入 2779 細類「其他光學儀器及設備製造業」。 航空器引擎製造應歸入 3190 細類「未分類其他運輸工具及零件製造業」。 簡單的機械量測工具（如捲尺、卡尺）製造應按其主要材質歸入適當類別。
	2752	<p>鐘錶製造業</p> <p>凡從事鐘錶、計時器及其零配件製造之行業均屬之。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> 非金屬（如紡織、皮革、塑膠之材質）錶帶製造應歸入 1309 細類「其他皮革、毛皮製品製造業」。

		<ul style="list-style-type: none"> • 貴金屬及金屬錶帶製造應歸入 3391 細類「珠寶及金工製品製造業」。
276	2760	<p>輻射及電子醫學設備製造業</p> <p>凡從事輻射及電子醫學設備製造之行業均屬之，如 X 光設備、電腦斷層（CT）掃描儀、正子放射斷層（PET）掃描儀、食品殺菌輻射設備、磁共振造影（MRI）設備、醫學用超音波設備、心律調節器、助聽器、心電圖掃描器、電子醫學內視鏡設備等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 日光浴床製造應歸入 2929 細類「未分類其他專用機械設備製造業」。
277		<p>光學儀器及設備製造業</p> <p>凡從事光學儀器及設備製造之行業均屬之。</p>
	2771	<p>照相機製造業</p> <p>凡從事光學及數位式照相機製造之行業均屬之。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電視傳播專用攝影設備製造應歸入 2729 細類「其他通訊傳播設備製造業」。 • 家用攝影機製造應歸入 2730 細類「視聽電子產品製造業」。
	2779	<p>其他光學儀器及設備製造業</p> <p>凡從事 2771 細類以外光學儀器及設備製造之行業均屬之，如望遠鏡、顯微鏡、光學比較儀、光學槍械瞄準設備、光學量測位置設備、光學放大儀器、電影及幻燈片放映機、菱鏡、光學鏡片、光學鏡子、鏡片度膜或磨光、鑲嵌鏡片、火災控制或照相用途（如曝光計及測距儀）之光學量測及檢查裝置等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電子及質子顯微鏡製造應歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。 • 影印機製造應歸入 2936 細類「事務機械設備製造業」。

			<ul style="list-style-type: none"> • 眼鏡及其鏡片製造應歸入 3321 細類「眼鏡製造業」。
28			<p>電力設備製造業</p> <p>凡從事發電、輸電及使用電能之電力設備、器具及其零組件製造之行業均屬之。電力照明設備、家用電器及電力信號設備製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電子產品製造應歸入 27 中類「電腦、電子產品及光學製品製造業」之適當類別。
281	2810		<p>發電、輸電、配電機械製造業</p> <p>凡從事發電、輸電、配電機械製造之行業均屬之，如發電、配電設備及其專用變壓器、電動機、發電機、大電流控制開關及配電盤設備、電力用繼電器及工業用電力控制設備等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電子零組件型態之變壓器及開關製造應歸入 26 中類「電子零組件製造業」之適當類別。 • 配線用電力電流開關（如按鈕式、切換式）之製造應歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 • 固態換流器、整流器及變流器之製造應歸入 2890 細類「其他電力設備製造業」。 • 渦輪發電機組製造應歸入 2931 細類「原動機製造業」。 • 汽車用啟動馬達及發動機製造應歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
282	2820		<p>電池製造業</p> <p>凡從事電池製造之行業均屬之，如原電池（內含二氧化錳、氧化汞、氧化銀等）、電力用蓄電池及其零件（隔離板、容器、蓋子）、鉛酸電池、鎳鎘電池、鋰電池、乾（濕）電池等製造。</p> <p>不包括：</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • 太陽能電池製造應歸入 2649 細類「其他光電材料及元件製造業」。 • 燃料電池製造應歸入 2890 細類「其他電力設備製造業」。
283		<p>電線及配線器材製造業</p> <p>凡從事電線及配線器材製造之行業均屬之。</p>
	2831	<p>電線及電纜製造業</p> <p>凡從事電線及電纜（含光纖電纜）製造之行業均屬之。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 電腦用連接線、印表機連接線、USB 連接線及類似連接線組件之製造應歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 • 汽車用電纜組件及電線束之製造應歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
	2832	<p>配線器材製造業</p> <p>凡從事各種材質供控制電力迴路之配線器材製造之行業均屬之，如電力匯流排、電力連接器、接地短路保護裝置（GFCI）、配線用固定燈座、避雷器、電線開關、接線盒、開關箱、電線導管及配件、傳輸桿、架線五金器具、塑膠製非載電配線器材（如分線箱、面板、桿線配件）等製造。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 陶瓷絕緣體製造應歸入 2329 細類「其他陶瓷製品製造業」。 • 電子零組件型態之連接器、插座及開關之製造應歸入 2699 細類「未分類其他電子零組件製造業」。 • 大電流控制開關製造應歸入 2810 細類「發電、輸電、配電機械製造業」。
284		<p>照明設備製造業</p> <p>凡從事電燈泡、燈管及照明器具等製造之行業均屬之。</p>
	2841	<p>電燈泡及燈管製造業</p> <p>凡從事電燈泡及燈管與其零配件製造之行業均屬之。</p>
	2842	<p>照明器具製造業</p> <p>凡從事電力照明設備及其零件製造之行業均屬之，如吊燈、檯燈、</p>

		<p>手電筒、聚光燈、道路照明燈具等製造。以木炭、瓦斯、汽油、煤油等為燃料之非電力照明設備製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 用於照明器具之載電配線器材製造應歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 • 具有照明裝置之天花板風扇或浴室風扇製造應歸入 2854 細類「家用電扇製造業」。 • 電力交通號誌設備，如紅綠燈及行人號誌設備之製造應歸入 2890 細類「其他電力設備製造業」。 • 汽車燈座製造應歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。
	285	<p>家用電器製造業</p> <p>凡從事家用電器製造之行業均屬之。非電力家用器具製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 工商業用洗衣設備製造應歸入 2924 細類「紡織、成衣及皮革生產用機械設備製造業」。 • 工商業用冷凍箱（櫃）、通風扇，以及中央冷氣系統設備之製造應歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。
	2851	<p>家用空調器具製造業</p> <p>凡從事家用冷氣機、電除（加）濕器製造之行業均屬之。</p>
	2852	<p>家用電冰箱製造業</p> <p>凡從事家用電冰箱、家用電冷藏箱製造之行業均屬之。</p>
	2853	<p>家用洗衣設備製造業</p> <p>凡從事家用洗衣設備製造之行業均屬之，如洗衣機、烘乾機、脫水機等製造。</p>
	2854	<p>家用電扇製造業</p> <p>凡從事家用電扇及通風機製造之行業均屬之。</p>
	2859	<p>其他家用電器製造業</p> <p>凡從事 2851 至 2854 細類以外家用電器製造之行業均屬之，如電鍋、</p>

		<p>烤麵包器、微波爐、吹風機、電果汁機、按摩椅(器)、吸塵器、電動牙刷、電鬍刀、排油煙機、洗碗機、空氣清淨機等製造。非電力家用器具，如瓦斯爐、瓦斯烤箱、瓦斯熱水器等製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 家用縫紉機製造應歸入 2924 細類「紡織、成衣及皮革生產用機械設備製造業」。
289	2890	<p>其他電力設備製造業</p> <p>凡從事 281 至 285 小類以外電力設備製造之行業均屬之，如固態電池充電器、電力自動門裝置、電鈴、超音波洗滌機、不斷電設備(UPS)、電子記分板、電力交通號誌設備、燃料電池、具連接頭之延長線等製造。電力用之電容器、電阻器、換流器、整流裝置等製造亦歸入本類。</p> <p>不包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 玻璃絕緣體製造應歸入 2319 細類「其他玻璃及其製品製造業」。 • 陶瓷絕緣體製造應歸入 2329 細類「其他陶瓷製品製造業」。 • 定溫器製造應歸入 2751 細類「量測、導航及控制設備製造業」。 • 電力用開關及電鍵、電力用線圈及鐵心、電插座之製造應歸入 2832 細類「配線器材製造業」。 • 碳或石墨之墊片，以及非電力焊接設備之製造應歸入 2939 細類「其他通用機械設備製造業」。 • 汽車專用電力設備，如發電機、火星塞、點火線裝置、自動門窗系統、電壓穩定器等之製造應歸入 3030 細類「汽車零件製造業」。 • 實驗室及醫學用超音波洗滌機製造應歸入 3329 細類「其他醫療器材及用品製造業」。

(二) 產業關聯表

將一年期間的國民經濟活動，有關各產業相互間的貨品與服務之交易狀況，以矩陣型式呈現的一覽表，又稱投入(Input)產出(Output)表，或簡稱 IO 表。它解釋每一產業投入中間產品來源結構及附加價值結構，也闡述其產品銷售對象去路，及最終需求結構，俾瞭解產業間相互依存關係。它與國民所得統計之生產帳關係密切。產業關聯表會依產業現況定期更新，最新版本為民國 95 年版本。行政院主計處所編制的 95 年產業業關聯表將產業分類成 15 大類，按照生產活動性質分出 52 部門，並更細分 166 部門，每個主要部門之下再按產品特性分為若干子部門，全體產業共分為 554 個子部門。從 079 到 093 為電機電子相關部門，部門名稱、各部門主要活動及勞務與各部門生產活動說明如表 5 所示。

表 5、產業關聯表：電機電子產業部門

部門編號	部門名稱	各部門主要貨品及勞務	各部門生產活動之說明
079	半導體		凡從事半導體之設計、製造、封裝、測試活動均屬之
	07910 晶圓	晶圓 (已上電路)、晶圓測試	製造晶圓及其測試之生產活動均屬之
	07920 光罩	光罩	製造光罩之生產活動均屬之
	07930 記憶體	動態隨機存取記憶體 (DRAM)、靜態隨機存取記憶體 (SRAM)、唯讀記憶體 (ROM)、繪圖記憶體 (GRAM)、鐵電記憶體 (FRAM)、磁阻記	從事記憶體之設計、製造、封裝、測試之生產活動均屬之

080			憶體(MRAM)、快閃記憶體 (Flash)	
	07940	積體電路	標準邏輯積體電路 (ASIC、ASSP)、微元件積體電路 (CPU、MPU、MPR、DPS)、類比積體電路、其他積體電路	從事積體電路之設計、製造、封裝、測試之生產活動均屬之
	07990	分離式元件	電晶體、二極體、分離式元件專用導線架、積體電路引腳架、閘流體	從事分離式元件之設計、製造、封裝、測試之生產活動均屬之
		光電材料及元件		凡從事光電材料及元件之製造活動均屬之
	08010	液晶面板	液晶面板及其模組	製造液晶面板及其組件之生產活動均屬之
	08020	液晶面板元件	彩色濾光片、背光模組、玻璃基板、冷陰極燈管、偏光板	製造顯示面板主要元件之生產活動均屬之
	08030	發光二極體	發光二極體	製造發光二極體之生產活動均屬之
	08040	太陽能電池及其模組	太陽能電池及其模組	製造太陽能電池及其模組之生產活動均屬之
081	08090	其他光電材料及元件	雷射二極體、光電晶體、檢光元件、電藕合元件、電漿面板	製造其他光電材料及元件之生產活動均屬之
		印刷電路板組件		凡從事印刷電路板組件製造之生產活動屬之
	08100	印刷電路板組件	主機板、音效卡、網路卡、控制卡、視訊卡、記憶體模組、記憶卡等	從事印刷電路板組件製造之生產活動均屬之

082		其他電子零組件	各式介面卡及其他印刷電路板組件	凡從事 079~081 部門以外之電子零組件之製造等生產活動均屬之
	08210	被動電子元件	電子電容器、電子用電阻器及其裝置、電子電感器、電子變壓器、電子繼電器、偏向軌	製造被動電子零件之生產活動均屬之
	08220	印刷電路板	銅箔基板、印刷電路板	製造銅箔基板、印刷電路板之生產活動均屬之
	08290	其他電子零組件	電子管、電子開關、交換式電源供應器、整流器、連接器、濾波器、微波元件、感應器、等化器、電子槍、石英振盪器等	製造 079~081 部門及被動電子元件、印刷電路板以外之其他電子零組件之生產活動均屬之
083		電腦產品		凡製造電腦產品之生產活動均屬之
	08310	電腦主機	大型電腦、桌上型、筆記型、伺服器、準系統、個人數位助理器(PDA)、工業電腦、自動售票機(含電腦主機)、POS 收銀系統(含電腦主機)及其他微型、資料微處理機	製造電腦主機生產活動均屬之
	08390	其他電腦設備	電子計算器、電子字典、數值控制操作器、	製造其他電腦設備之生產活動均屬之

084		電腦週邊設備	程式燒錄器	凡製造電腦週邊設備之生產活動均屬之
	08410	顯示器	顯示器、終端機	製造顯示器之生產活動均屬之
	08490	其他電腦週邊設備	電腦機殼(已組裝零配 件)、光碟機、燒錄器、 掃描器、硬碟機、記憶 盤、讀卡機、磁帶機、 印表機(含多功能事務 機)、滑鼠、鍵盤、繪 圖機、IC 智慧卡及其他 週邊設備	製造其他電腦週邊設備之生 產活動均屬之
085		通訊傳播設備		凡從事各種通信器材之製造 活動均屬之
	08510	有線用戶端設備器材	有線電話機、有線主機 無線分機、傳真機、按 鍵電話系統、用戶專用 交換機、有線對講機、 電傳打字機、集線器、 網路連接器、機上盒、 電話答錄機	製造有線用戶端設備器材之 生產活動均屬之
	08520	無線通信機械器材	行動無線電話、呼叫 器、遙控設備(含遙控 器)、民用波段對講機、 電視信號播送設備、直 播電視衛星接收機、天 線	製造無線通信機械器材之生 產活動均屬之
	08530	交換機、有線傳輸設備器材	局端交換機、載波系 統、多工機、數位線路 倍增器、光終端機、其	製造有線傳輸設備器材之生 產活動均屬之

086			他同步、非同步傳輸設備	
	08540	數據機	數據機	製造數據機之生產活動均屬之
	08590	其他通訊傳播設備及零件	橋接器、路由器、閘道器、防盜防災系統設備、車用防盜器、電眼及其他通訊設備與零配件	製造其他通信機械器材之生產活動均屬之
		視聽電子產品		凡製造各種視聽電子產品之製造活動均屬之
	08610	電唱機、收錄音機	電唱機、無線電收音機、電唱收音機、電晶體收音機、音響組合、點唱機、收錄音機、錄音機、音碟機、語言學習機、MP3 錄放音機	製造收錄音機、電唱機音響組合之生產活動均屬之
	08620	電視機	彩色電視機、黑白電視機、手提電視機	製造電視機之生產活動均屬之
	08630	錄放影機	錄影機、錄放影機、雷射碟影機、數位影音光碟機、家用攝錄放影機、影帶(光碟)拷貝機	製造錄放影機、影音光碟機、家用攝影機等之生產活動均屬之
087	08690	其他視聽電子產品及影視音響零配件	電視遊樂器及其他視聽電子產品；麥克風、調諧器、揚聲器、擴音機、耳機等影視音響零配件	製造影視音響零配件之生產活動均屬之
		空白資料儲存媒體		製造製資料儲存媒體之生產活動均屬之
	08710	空白光碟片	各種空白光碟片	製造空白光碟片之生產活動均屬之

088	08790	其他空白 資料儲存 媒體 精密器械	各種空白錄音帶、錄影帶、唱片、磁片、磁碟、磁帶	製造其他各種資料儲存媒體之生產活動均屬之 凡從事製造各種量測、導航及控制設備、輻射及電子醫學設備、光學儀器及鐘錶等之生產活動均屬之
	08810	量測、導 航及控制 設備	水錶、電錶、度量衡儀器、測量儀器、精密標準儀器、核子反應器、轉數計、生產計數器及類似計數器、天平、衡重機及砝碼、其他科學儀器、羅盤、示波器、航海儀器、電子加速器、理化分析儀器、測重磅、計溫表、衛星導航系統(GPS)設備、聲納設備、航管系統、雷達、半導體檢測設備等其他科學度量器材	製造各種量測、導航及控制設備之生產活動均屬之
	08820	鐘錶	手錶、鐘、電子鐘錶、筆錶、機械鐘、機械錶、沙漏計時器、精密計時儀、時間控制系統、其他鐘錶及零件電子鐘錶零件除外	製造各種鐘錶之生產活動均屬之
	08830	輻射及電 子醫學設 備	X光器具、助聽器、醫療儀器、胃鏡、病床監視系統、矯治設備、心律調整器、超音波掃描	製造各種輻射及電子醫學設備之生產活動均屬之

089	08840	照相及攝影器材	機、手術設備、食品殺菌輻射設備、其他醫療儀器及用具 照相機、電影攝影機、放映機、攝影用閃光器材等	製造攝影器具與攝影材產活動均屬之
	08890	其他光學儀器	光學玻璃、投影機、望遠鏡、天文儀器、電子與質子顯微鏡及繞射設備、複式光學顯微鏡、其他光學儀器及設備	製造光學儀器、天文儀器之生產活動均屬之
		發電、輸電及配電設備		製造發電、輸電及配電設備之生產活動均屬之
	08910	電機	發電機、電動機(馬達)、電動機起動器、電動機控制器、小型馬達、電腦散熱模組	製造發電機、馬達之生產活動均屬之
	08920	輸配電系統設備	變壓器、斷路器、電力用繼電器及大電流控制開關、配電盤、配電器材、電磁制動器、線路切斷器、電力控制盤、自動電力開關	製造電力輸配電系統設備之生產活動均屬之
	090		電線、電纜及配線器材	
09010		電線及電纜	裸線、漆包線、電力電纜、通信電線電纜、光纖電纜	製造絕緣與未絕緣電線、電纜之生產活動均屬之
09020		配線及其	線圈、端子、轉子、定	製造控制電力迴路之配線器

091		他電工器材	子、保險絲、鐵心、電鍵、電插座、插頭、開關箱、接線盒、傳輸桿、避雷器、電線開關、電力連接器、電力匯流排、散熱片	材之生產活動均屬之
		照明設備		凡從事電燈泡、燈管及電器照明器具等照明設備之製造活動均屬之
	09110	電燈泡及燈管	電燈泡、日光燈管、水銀燈管(泡)、霓虹燈管、車用燈泡、信號燈管、石英燈管、集魚用燈泡、紫外線燈、LED燈泡、其他未列名電燈泡及燈管	製造電燈泡及燈管之生產活動均屬之
	09120	照明器具	日光燈、水銀燈、壁燈、檯燈、吊燈、螢光燈、閃光燈、美術燈、廣告燈、霓虹燈、聖誕裝飾燈、指示燈、手電筒、乙炔燈、煤油燈、煤氣燈及其他未列名照明器具	製造各種電力及非電力照明器具之生產活動均屬之
092	09191	零件	安定器及各種照明設備之零件	製造各種照明設備零件之生產活動均屬之
		家用電器		凡製造各種主要供家庭使用之電器之製造活動均屬之
	09210	電冰箱	家用電冰箱及冷凍機櫃、冷凍庫、冷藏箱	製造各種家用冷凍機及組件之生產活動均屬之
	09220	洗衣設備	家用洗衣機、脫水機、	製造家用洗衣設備之生產活

093	09230	電風扇	乾衣機 家用電扇及家用通風電扇(抽風機)	動均屬之 製造各種電扇之生產活動均屬之
	09240	空氣調節器	空氣調節器(冷、暖氣機)、汽車冷氣機、除濕器、加濕器	製造家庭用空氣調節器之生產活動均屬之
	09290	其他家用電器	電鍋、微波爐、電烤箱、電磁爐等家用電熱器具、果汁機、電按摩器、電鬚刀、電髮剪、吸塵器、打蠟機、抽油煙機、空氣清淨機、洗碟機、電捕蟲器、非電熱式金屬製家用取暖及烹飪用具(如：瓦斯爐、火爐、煤氣灶、烤箱)、瓦斯熱水器、濾水器、加燃器及類似品及其他未列名家電	製造其他各種家用電器設備之生產活動均屬之
	09291	家用電器零件	各種家用電器之零件	製造各種家用電器零件之生產活動均屬之
		其他電機器材		凡從事製造其他電機器材之製造活動均屬之
	09310	電池	乾電池、鉛酸蓄電池、鋰電池及其他類型電池	製造各類電池之生產活動均屬之
	09390	其他電力設備	電力用整流器、電容器、電阻器、充電器、電力用電源供應器、變頻器、警報器、電鈴、電笛、電子記分板、電力交通號誌設備、LED	製造其他電力設備之生產活動均屬之

			全彩看板、不斷電設備 (UPS)、超音波洗滌機 (實驗室及醫學用除 外)、電焊機、點焊機、 輪焊機、高週波焊接 機、高週波熔接機、氣 焊機、電磁鐵
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------

資料來源：產業關聯表，2006年

(三) 台灣能源平衡表

能源需求預測計算之原始基礎資料主要是由經濟部能源局編製的「台灣能源平衡表」為主。該表以縱行能源產品與橫列能源流程交叉之矩陣格式，呈現歷年全國整體之各種能源產品，由供給經轉變以至歸屬各部門與主要行業使用之能源流程資訊。該表可查得能源部門、運輸部門、工業部門、農業部門、住宅部門、商業部門及其他部門等七大部門包含煤（發電用煤、汽電共生用煤與最終用煤等）、焦炭、煤氣（最終用煤氣）、液化石油氣、汽油、柴油、航空燃油、燃料油（發電燃料油、最終用燃料油等）與天然氣（最終用途天然氣）等能源消費量²。OECD/IEA 平衡表為反映各國能源供需情勢變遷並配合計算溫室氣體如二氧化碳排放等需求而有調整，為與國際能源統計接軌並便於國際比較研究，經濟部能源局自民國 96 年起參考經濟合作暨發展組織國際能源總署(OECD/IEA)之能源統計，採用新格式出版我國能源平衡表。

根據能源平衡表，電機電子業均屬於 32 工業部門。能源平衡表使用較廣泛的分類方法，其分類方式與標準行業雷同。

² 經濟部能源局、能源平衡表簡要說明及 97 年能源平衡表編製說明、2009

表 6 為電機電子業隸屬於能源平衡表部門別的分類。

表 6、能源平衡表中與電機電子業對應部門

63 電腦通信及視聽產品製造業	64 電子零組件製造業
66 精密光學醫療器材及鐘錶製造業	
67 其他工業製品製造工業	

資料來源：本研究整理

(四) 小結

對照行政院標準行業分類、產業關聯表與能源平衡表之對應關係如

表 7 所示。

表 7、電機電子產業對應關係

標準行業分類	產業關聯表	能源平衡表	雙面平減表
26 電子零組件製造業	079 半導體 080 光電材料及元件 081 印刷電路板組件 082 其他電子零組件	64 電子零組件製造業	CR 電子零組件製造業
27 電腦、電子產品及光學製品製造業	083 電腦產品 084 電腦週邊設備 085 通訊傳播設備 086 視聽電子產品 087 空白資料儲存媒體 088 精密器械	63 電腦通信及視聽產品製造業 66 精密光學醫療器材及鐘錶製造業	CS 電腦、電子產品及光學製品製造業
28 電力設備製造業	089 發電、輸電及配電設備 090 電線、電纜及配線器材 091 照明設備	67 其他工業製品製造工業	CT 電力設備製造業

	092 家用電器		
	093 其他電機器材		

資料來源：本研究整理

二、 我國電子電機產業概況

電子電機產業為高技術高資金密集產業，分為電子零組件製造業、電腦、電子產品及光學製造業與電力設備製造業，前兩者屬於電子業，後者則屬電機業，產業涵蓋範圍與面向廣，2010 年台灣電子電機上下游產業產值 2471 億美元，占工業總產值的 53.1% 並有 14 項資通訊產品全球占有率排名世界第一，其產業向後向後關聯程度大，表示推動有關產業發展之力量較大。在感應度方面，電子零組件業感應度大於 1，表示多生產為中間財產業，電腦、電子產品及光學製造業電力設備業感應度小於 1，表示生產多為最終需要使用。影響度均大於 1，表示中間投入率高。電子零組件中的如：晶圓、IC 封裝等製程需在恆溫與恆濕的環境中，因此對能源的使用相對較高，相反的，電力設備業的工業製程環境需求較不嚴格，因此耗能相對較低。光電半導體與光儲存產業耗能較高。所以，在產業分析中，以晶圓代工、封測、LED 與手機產業為分析之依據，並以此為將來欲模擬產業，其餘產業則簡述其產業結構。

(一) 電子業

1. 晶圓代工

我國 IC 產業可分為 IC 製造、IC 設計與 IC 封測業者，其中 IC 製造又可分為晶圓代工與記憶體製造兩種類型。在 IC 製造業中，以晶圓代工業務為主的台積電與聯電排名第一與第二，尤其龍頭業者台積電在全球主要半導體業者排名中，列入第五大供應商，故以下

的分析主要以台積電和聯電這兩大廠為主。

(1) 晶圓代工產業的發展歷程

台灣在 1970 年代大膽地投入當時號稱只有美國人做得到的半導體產業，成立工研院，後來更催生出台積電、聯電等晶圓代工的龍頭廠商。1970 年代，台灣政府有感於初級出口導向產業面臨後進國家的替代壓力而必須加以轉型，因而投資設立「電子所」，發展積體電路工業計畫專案，進而於 1980 年代衍生出台灣第一家 IDM（整合元件製造）廠——聯華電子。在 1970 年代左右，電腦系統中的微處理器、記憶體與其他小型 IC 元件的逐漸標準化，使廠商能利用標準元件設計系統，節省不少麻煩。因此，半導體產業中的開始區分出系統公司與專業積體電路製造公司的差別。

全球晶圓代工的模式興起於 1980 年，當時係因應 Fabless 客戶的需求而產生，在 1985-1986 年 IC 產業成長趨緩之際，代工業卻更為興盛。而自 1987 年，全球第一家提供晶圓專業製造服務(晶圓代工)廠商台積電的成立，開啟了專業晶圓代工之時代，初期由於製程技術之不足，故以低成本策略切入市場，歷經十多年的苦心經營，我國晶圓代工之製程技術水準已經足與世界一流大廠並駕齊驅，甚至領先 ITRS 之技術藍圖，競爭策略亦由原來的低成本策略轉變至以技術服務為主的差異化策略。1980 年至 1990 年間，雖有部分的積體電路標準化，但在整個電腦等系統中，仍有其他不少的獨立 IC，但過多的 IC 常使得運作效率不如預期，因此特殊應用積體電路 ASIC 的技術因應而生。ASIC 大量使用 Gate Array 與 Standard Cell，使系統工程師可以直接利用邏輯閘元件資料庫設計 IC，不必瞭解電晶體線

路設計的細節部分。1995 年聯電加入晶圓代工營運行列，初期雖然產能、規模落後於台積電，但全球佔有率仍有 65%。且聯電在 2000 年初，透過五合一計畫，使年產能達 240 萬的水準，更在先進的 0.15、0.13 微米製程開發上，亦領先台積電有近三個月的時程，進展神速。在半導體景氣一片繁榮之下，晶圓代工市場成長的幅度顯著，1999 年全球晶圓代工市場為 70 億美元，較 1998 年的 53 億美元大幅成長 32%。在製程方面，1980 年代 IDM 廠商的製程技術領先於專業晶圓代工業者，但自 1990 年代開始 IDM 廠商與專業晶圓代工業者的技術能力差距已逐漸縮小，IC 製程技術在 1990 年時為 0.8 微米，不過到 1996 年時已到 0.35 微米，今年包括 IDM 大廠及台積電等業者更以 0.15 微米製程為研發重點。2000 年台積電購併德基與世大、矽統的自建八吋晶圓廠，產能大幅提升。2003 年，經濟部跨部會審查及監督小組原則同意台積電以直接投資方式，在大陸設立台積電(上海)有限公司，在補足大陸晶圓廠資金運用方式等書面文件後，投審會確認核可，再報行政院核定，即可取得第一階段許可函，惟台積電若要將 8 吋廠舊設備交給上海廠使用，必須通過第二階段審查。

2008 年，國內晶圓代工業者所面臨的經營環境情勢呈現逐步轉差的態勢，且出現大幅波動的情勢，特別是第四季景氣因金融海嘯風暴席捲全球經濟而開始出現顯著惡化，導致 2008 年第四季國內外各大晶圓代工廠的業績均受到重創，此亦造成 2008 年全年國內晶圓代工業產值出現近年來罕見的衰退；事實上，此波金融風暴對於國內晶圓代工業營運造成不小的衝擊，各晶圓代工廠也陸續實施無薪休假、取消主管的交通津貼、拉長廠房歲修時間，甚至緊縮資本支出。但是台灣 IC 設計產業在金融風暴期間，領先全球 IC 產業復甦，

在台灣各次產業中表現最佳，主因在於以中國為首的新興國家，在 2009 上半年的復甦狀況優於美歐日等成熟國家，而台灣 IC 設計產品銷售地區在中國及其他新興國家之比重相對國際 IC 商較高之故。另外，2009 年業內競爭壓力趨增，晶圓雙雄紛紛赴印度設置據點，以開發新市場。

2011 年，MIC 產業顧問兼副主任洪春暉表示，全球半導體市場將在 2011 年恢復以往緩慢成長的步調，如此一來，競爭更加激烈，尤以積極提高產能的晶圓代工廠競爭最為顯著。另根據工研院 IEK 的預測數據可知，2011 年國內晶圓代工業產值年增率仍可持續呈現正數，漲幅為 22.1%，除智慧型手機將成為晶圓代工服務需求成長的主要來源之外，主要是受惠於 IDM 委外代工商機、委外釋單範圍亦由先進製程延伸至成熟製程，以及客戶對於 40 奈米及其以下之先進製程需求依舊強勁；值得一提的是，IDM 廠為確保產能，將會持續加深與晶圓代工廠的合作關係，且兩者亦可共同開發符合 IDM 廠需求的先進製程，故在 2011 年 IDM 廠擴大委外訂單的態勢下，我國業者將因具備成熟先進技術、快速產品開發能力、生產效率佳等優勢而持續受惠，預計 2011 年國內晶圓代工業者將以台積電受惠程度最大，其次則為聯電。但 2011 年國內晶圓代工產值增幅預估將由 2010 年 39.9% 降至 2011 年的 22.1%，與全球晶圓代工業產值同步呈現走緩態勢，主要是基於 2011 年 3 月日本宮城發生芮氏規模 9.0 的大地震，造成晶圓代工業的關鍵材料—矽晶圓短缺，進而影響第二季的出貨動能，加上先前基期過高，以及 2011 年先進製程產能將大幅提升，且 2010 年大舉擴產 12 吋廠的產能也將逐步釋出，使得 2011 年晶圓代工業的平均代工價格仍為跌勢等因素的考量。圖 3 則說明了

晶圓代工產業的發展歷程。

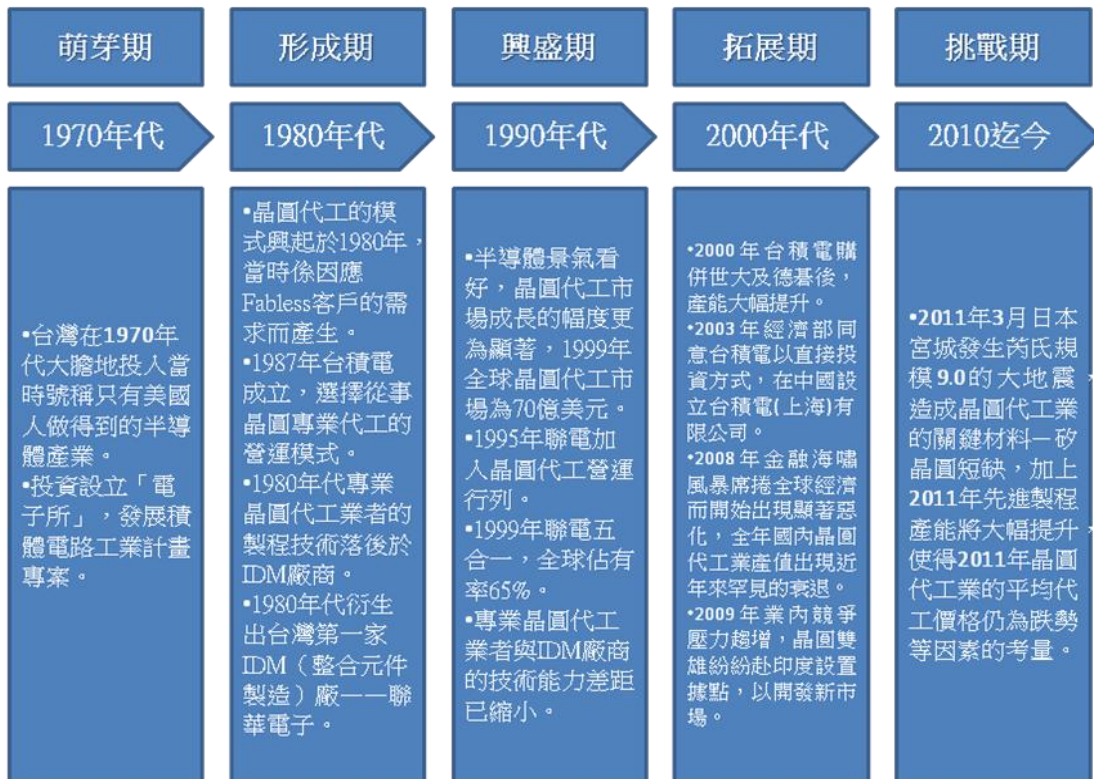


圖 3、晶圓代工產業發展歷程

資料來源：台經院產經資料庫、IEK 產業情報網、MIC AISP 情報顧問服務網站，本研究繪製

A. 晶圓代工業重大投資案

台積電

■ 投資晶圓廠

2010年7月，台積電擴大在台投資，擴大在台投資，在台中科學園區舉行第三座12吋超大型晶圓廠(GIGAFAB)——晶圓十五廠動土典禮。圓十五廠是台積電第二座具備28奈米製程能力的超大

型十二吋晶圓廠，基地面積 18.4 公頃，總建築面積 430,000 平方公尺，預計規劃晶圓廠兩棟、辦公室一棟，總潔淨室面積為 104,000 平方公尺(約 14 座足球場大)。晶圓十五廠是台積電第三座每個月超過十萬片十二吋晶圓的超大型十二吋晶圓廠，未來幾年內的總投資金額將超過新台幣 3,000 億元。其中第一期廠房預計於明(2011)年六月開始裝機，並於後年(2012)第一季開始量產，為客戶生產 40 奈米及 28 奈米的產品。之後將繼續隨著台積電先進技術的發展，導入更先進世代的製程。在晶圓十五廠動土興建的同時，台積公司不斷進行位於竹科晶圓十二廠以及南科晶圓十四廠的產能擴充。目前晶圓十二廠與晶圓十四廠兩座十二吋超大型晶圓廠的單月產出量，合計已經超過二十萬片十二吋晶圓，預計今年底這兩座廠房的單月建置產能更將擴充至二十四萬片十二吋晶圓的規模。

表 8、晶圓十五廠基本資料

基地面積	18.4 公頃
計畫內容	台積公司第三座超大型 12 吋晶圓廠(晶圓廠兩棟、辦公室一棟)
總建築面積	430,000 平方公尺
總潔淨室面積	104,000 平方公尺(約 14 座足球場大)

資料來源：台積電網站

其他擴產活動還有 18 吋晶圓廠的投資計畫，台積電預計 2013 年導入試產線，2015 年以 20 奈米開始量產。據了解，台積電 18 吋晶圓廠第 1 條試產線將架設在竹科 12 廠第六期，2015 年於中科 15 廠第五期量產。業界估計，屆時台積電投資金額上看百億美元(折合台幣約 2,900 億元)，拉開與三星、全球晶圓的資金與技術門檻差距，進度與英特爾幾乎同步。

■ 產能擴充

台積電自 2010 年開始擴大資本支出，投入高達 59 億美元的資本支出，擴充先進製程，大舉提升台積電產能與技術量能，在擴大投資的第 1 年，已開始回收投資效益，並在 45/40 奈米製程大幅領先競爭對手，未來 28 奈米技術及產能將有更大幅度的領先，競爭者將難以抗衡。台積電 40 奈米製程業績仍將持續成長，第 4 季佔營收比重可望自第 3 季的 17%，進一步攀升至 2 成，2011 年會快速成長。在 28 奈米製程方面，成長速度亦不亞於 40 奈米，目前已有 71 個產品設計定案 (tape-out)，預期在 2011 年下半就可貢獻營收約 1~2%。2011 年資本支出將達 78 億美元，主要用擴充 65、45 及 28 奈米產能。根據台積電規劃，在 78 億元的資本支出中，其中 81% 用以擴充 65、45 及 28 奈米產能，在 81% 中的 9%，將用作 20 奈米及 14 奈米的研發，預計 2011 年總產能將成長 20%，其中，12 吋產能將增加 35%。

聯電

■ 技術開發

聯電 2011 年 4 月宣布將以新台幣 5.61 億元金額，買回旗下轉投資宏寶科技的機器設備，逐漸完成將宏寶併入聯電內部研發團隊的目標。由於宏寶從事 3D IC 技術，聯電在 2010 年中才宣布與記憶體大廠和爾必達(Elpida)合作開發 3D IC 技

術，未來可望結合宏寶的技術團對和既有資源，強化 3D IC 技術實力，未來將順勢提供客戶 28 奈米 TSV 3D IC 技術的產品。2010 年，聯電也向德州儀器 (Texas Instruments, TI) 購買大批的先進 12 吋晶圓 CMOS 製程設備，將能進一步提昇公司的產能。

■ 擴廠計畫

2010 年 5 月，聯電執行長孫世偉指出，為因應客戶端對於先進製程技術的需求持續成長，公司已決定在原有的 Fab12A 既有廠區旁，擴建第三期與第四期廠區，隨著此案的啟動，目前已正在進行無塵室的配置與機台移入，並將裝設最先進的自動化與生產製造系統，預估完成後，聯電全年度 12 吋晶圓年產能將達 100 萬片的規模。聯電在 1999 年 11 月於南科園區興建國內第一座 12 吋晶圓廠 Fab 12A，佈局迄今已逾 10 年，2001 年正式開始生產，2004 年研發總部也已一併遷入南科廠區，使先進製程均能順利快速的進入量化生產階段，且目前也已進入 45/40 奈米製程技術的量產階段。另外，南科廠區自主研發高階製程已進展至 28 奈米，並已按原定計畫預計於 2010 年底前達成矽智財試製的能力，同時先進 20 奈米製程技術也於今年初與客戶合作進行規劃與先期開發工作。

■ 其他投資

聯電統計投資 DRAM 廠茂德至今，虧損金額達新台幣 40 億元，目前帳面價值僅剩 1 億元，加上投資太陽能、UMC Japan 等轉投資，第 2 季合計投資損失約 2.5 億元；再者，聯電執行

長孫世偉 3 日也強調，在為 2012 年公司營運成長性做準備下，2011 年本業將持續投資 40 奈米和 28 奈米製程，因此 2011 年資本支出目標 18 億美元不會改變。關於台積電與聯電的產能現況、投資計畫、專案目的與時程規劃如表 9 所示。

表 9、台積電與聯電產能現況與投資計畫

廠商	產能現況	投資計畫	專案目的	時程規劃
台 積 電	擁有二座先進的十二吋超大型晶圓廠、四座八吋晶圓廠和一座六吋晶圓廠，民國一百年，台積公司所擁有及管理的產能預計將達到 1,360 萬片八吋約當晶圓	動土興建晶圓十五廠	擴大在台投資、奈米製程能力	2010-2011
		竹科晶圓十二廠及南科晶圓十四廠產能將擴充至二十四萬片十二吋晶圓的規模	產能擴充	2010 年起
		竹科 12 廠第六期架設 18 吋晶圓廠第 1 條試產線	產能擴充	2013-2015
		投入高達 59 億美元的資本支出	擴充先進製程，大舉提升台積電產能與技術量能	2010
		投入高達 78 億美元的資本支出	擴充 65、45 及 28 奈米產能	2011
聯電	擁有兩座 12 吋晶圓廠、七座 8 吋廠與一座 6 吋廠，其中 12 吋廠的單月晶圓產能為 44,000~45,000 片	以新台幣 5.61 億元金額，買回旗下轉投資宏寶科技的機器設備	技術開發	2011 年 4 月
		向德州儀器購買大批的先進 12 吋晶圓 CMOS 製程設備	提升產能	2010 年
		在原有的 Fab12A 廠區旁，擴建第三期與第四期廠區	提升產能	2010 年起

資料來源：台積電官方網站、聯電官方網站、DIGITIMES 資料庫、MoneyDJ 財經知識庫、電子工程專輯、拓璞產業研究所，本研究整理

(2) 晶圓代工產業關聯圖

晶圓代工是針對晶圓設計所設計出來的晶圓以進行生產，其進入障礙較高，由於要投入較多的資本設備，如晶圓切斷、清洗、研磨、蝕刻..等設備，其相關材料則包含如矽晶片、特殊氣體等，可應用的層面相當廣泛，舉凡各種資訊產品、消費性電子產品、精密器械業、通訊產品…等，都需要用到晶圓。晶圓代工的產業關聯如圖 4。

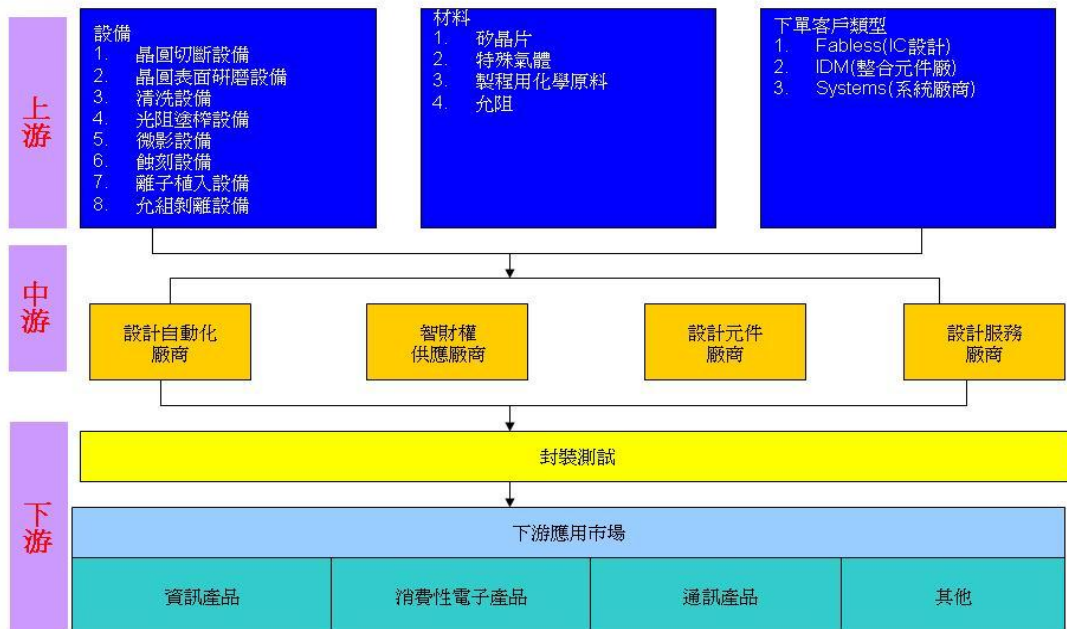


圖 4、晶圓代工產業關聯圖

資料來源：台經院產經資料庫

2. 晶圓封測

(1) 產業發展歷程

1960 年代美國半導體產業即開始在亞洲尋找低成本製造機會，把勞力密集、技術層次較低的封裝業交給東南亞開發中國家(吳思華、沈榮欽，1999)。當時我國經濟正面臨由農業經濟轉型為工業經濟的關鍵點，政府在 1962 年公布「技術合作條例」，期望藉由本條例，吸引外國人提供專門技術，生產國內所需或可供外銷之產品，為大此政策目標，政府 1966 年在高雄設置全球第一個「加工出口區」，以擴張出口。這樣的政策適時吸引美商前來設廠，高雄電子就在當年成立，並進駐「加工出口區」從事晶片後段封裝—開始電晶體封裝(陳宗文，2000)；同年，通用器材也設立了半導體封裝廠。1967 年，高雄電子更開始從事積體電路封裝。1969 年，飛利浦建元電子公司開始做「積體電路」的裝配，台灣通用器材開始生產「二極體」。環宇電子公司成立開始做「電晶體」，「積體電路」的裝配。1970 年，德儀公司、菱生精密工業公司也開始積體電路封裝。

1971 年，RCA 與台灣安培開始做『積體電路』的裝配，華泰電子公司開始做「積體電路」的裝配。此一時期外資在促成產業的技術學習中佔有重要的角色。幾個大的電子公司如通用、德州儀器、飛利浦從最簡單的電容、電阻零件……等做起，隨著台灣經濟結構轉變，提升其產品水準，開始針對電腦周邊設備、IC 包裝，採取自動化的方式。除此之外，更投入大量的研發人員，負責產品的發展與改進。飛利浦建元電子及台灣標準電子更派遣工程師或管理人員，到國外的公司參與產品設計及管理。1973 年，萬邦電子公司開始做「積體電路」的裝配；菱生公司與三菱公司開始做「電晶體」的裝配。1974 年，州際電子公司開始二極體封裝；集成電子公司開始生產電晶體。當年，工研院也創立了電子工業研究所，負責積體

電路工業的推展，提供技術移轉之基本研究室與人員。在經濟部長孫運璿支持下，選定以電子錶用 IC 為技術引進的載具，從美國引進積體電路設計及製造技術(蘇立瑩，1944)，並在 1975 年推「設置積體電路示範工廠計畫」，積極引進國外技術，目標是要帶動國內電子產品革新，引導勞力密集產業轉向技術密集產業發展。1976 年，工研院電子所 1976 年工研院引進 RCA 技術，並與 RCA 簽訂技術轉移協定，轉移 7 微米 CMOS 與 bipolar 製程；SIA 技術藍圖為 3 微米。

1980 年代以後，電子產品逐漸輕薄短小的趨勢，表面粘著技術(Surface Mounting Technology,SWT)應然產生，成為主要的構裝型態，產品以 SOP(Small Out-Line Package)、SOJ(Small Out-Line J-Lead)、QFP(Quad Flat Package)等型態為主。聯華電子為在政府為後盾的情形下設立，代表台灣電子業由 IC 封裝跨進 IC 製造的第一步，而台積電更再 1987 年時以台灣第一個從事 IC 設計公司角色，切入台灣電子產業市場，亦開創了專業半導體代工的經營型態。正因為美、日爭奪半導體市場的主導權，台灣成為美日的原廠設備代工製造生產基地。

1990 年代構裝技術的發展更著重於小型化、窄腳距、散熱……等問題的改善，因此，1.0mm 或 0.8mm 厚的 TSOP(Thin SOP)更應聲而起成為構裝產品的主流，構裝產業以蓬勃發展。此段期間，產業開始建構積體電路供應鏈，並成立園區的整體半導體製造基地。1999 年，日月光透過福電電子收購全美最大的獨立測試廠 ISE Labs 過半數股權，擴展日月光全球測試實力。併購摩托羅拉台灣中壢廠及南韓 PAJU 廠，創下與 IDM 大廠之合作先例，擴大產品範圍，購得環隆電氣逾兩成控股權及經營主導權，進一步拓展系統組裝事業版圖。

近年來台灣的專業封測代工業者因為受到訂單客戶的壓力，期望能至大陸建立封測廠，但政府方面初期是強力禁止，之後於 2006 年有條件鬆綁，以 SOP 封裝、TSOP 封裝、QFP 封裝等低層次技術的封測業務，允許至大陸設廠。簡單地說，傳統打線式封裝幾乎都能放行，但較先進的覆晶式封裝則仍期望留在台灣。

2009 年 7 月，經濟部研議產業類別鬆綁登陸，12 吋晶圓廠，中大尺寸面板、IC 設計及高階封測，登陸紅線將由禁止類改為專案審查。其中，半導體晶圓廠將比照美國依瓦聖納協定 (Wassenaar Arrangement) 規範與國際接軌，屆時 0.18 以上製程 12 吋晶圓廠，經部將依個案專案審查，不再禁止半導體設備出口，但會守住核心技術在台灣。另外，經濟部也計畫在年底前完成兩岸經貿開放第三部曲，提出製造業、服務業、基礎建設甚至農業等產業類別登陸鬆綁檢討方案。

另外，2009 年「SEMI 台灣封裝測試委員會」會議中日月光、矽品和京元電等台灣 3 大封測廠齊聚在 SEMI 的平台上，未來將與設備材料商及政府定期交流，共同促進產業發展，致力於推升系統級封裝技術，讓台灣經驗成為全球新典範。2009 年 10 月金價攀高，國際金價曾一度升抵每盎司 1684.9 美元歷史天價，過去 1 年漲幅更高達 38%，是新台幣升值之外，對 IC 設計廠與封裝廠毛利率造成壓力的另一主因，故各大封裝廠發展銅製以降低成本，將帶動銅打線封裝需求依然暢旺。

後段封裝	引進RCA技術	跨入製造設計	SOP、DFP封裝	SiP、SoC導向
1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001以後
<ul style="list-style-type: none"> •1966年高雄電子開始電晶體封裝；通用器材設立半導體封裝廠 •1967年高雄電子開始積體電路封裝 •1969年飛利浦建元公司開始積體電路封裝；寰宇電子開始電晶體、積體電路封裝 •1970年德儀公司開始積體電路封裝；菱生精密工業公司開始積體電路封裝 	<ul style="list-style-type: none"> •1971年RCA與台灣安培開始積體電路封裝；華泰電子開始積體電路封裝 •1973年萬邦電子開始積體電路封裝；菱生公司與三菱合作封裝電晶體 •1974年工研院創立電子工業研究所，提供了技術移轉之基本研究室與人員；州際電子公司開始二極體封裝；集成電子公司開始生產電晶體 •1976年工研院引進RCA技術 	<ul style="list-style-type: none"> •80年代以後，電子產品逐漸輕薄短小的趨勢，表面粘著技術應然產生，成為主要的構裝型態，產品以SOP、SOJ、QFP等型態為主 •1980年聯華電子為在政府為後盾的情形下設立，代表台灣電子業由IC封裝跨進IC製造 •1987年台積電以台灣第一個從事IC設計公司角色，切入台灣電子產業市場，開創專業半導體代工的經營型態 	<ul style="list-style-type: none"> •90年代構裝技術的發展更著重於小型化、窄腳距、散熱等問題的改善 •成立園區的整體半導體製造基地 •1999年7月日月光併購 Motorola 中壢廠與韓國廠 •1999年7月日月光取得環電逾兩成股權及經營主導權 	<ul style="list-style-type: none"> •2006年有條件鬆綁SOP、TSOP、QFP封裝等低層次技術的封裝業務，允許至大陸設廠 •2009年7月起經濟部鬆綁登陸，包括 12 吋晶圓廠，中大尺寸面板、IC設計及高階封測，登陸將由禁止類改為專案審查 •2009年9月日月光、矽品、京元電齊聚 SEMI台灣封裝測試委員會 •2009年10月金價攀高，封裝廠發展銅製程降成本

圖 5、晶圓封測產業發展歷程圖

資料來源：鉅亨網、電子月刊發展、DIGITIMES 資料庫、林金雀，IC 構裝材料需求及技術發展趨勢、經濟部工業局半導體產業推動辦公室專刊

(2) 晶圓封測業重大投資案

在我國 IC 封測產業方面，不但在全球具有高市占率，在我國產業中亦呈現高度集中的現象。以 2009 年而言，我國 IC 封裝與測試產業之集中度分別達 78%與 69%，主要廠商日月光、矽品在全球亦具領導地位。前三大封測廠為日月光、矽品和力成，故以下的投資案分析以上述三家廠商為主。

日月光

■ 技術進步

2.5D IC 封裝技術

2010年9月，全球封測龍頭日月光在半導體設備展，公開亮相首片先進的矽鑽孔(TSV)封裝技術晶圓，宣告以矽基板為主的2.5D IC封裝技術已完備，並在二年後接單。其研發長唐和明表示，以矽基板為材料的2.5D IC，主要扮演半導體製程推向3D IC封裝的過渡角色。他強調，因應手持行動裝置走向輕薄短小，未來晶片製程持續推進到40奈米以下，將會面臨極大瓶頸，藉由系統與晶片間的連結，以封裝技術做整合是最適當的解決方式，不但可以協助半導體製程快速導入40奈米、甚至到2X奈米。未來的主流則是3D IC，但目前3D IC距離量產時間仍有三到五年的時間，主要還是需要克服成本、設計、量產、測試及供應鏈等多項挑戰。唐和明指出，使用矽基板的2.5D IC封裝技術，將會成為短期內要過度到3D IC的主流封裝技術，預定二年內就能達到量產階段。

日月光交大聯合研發中心

2011年5月，「日月光交大聯合研發中心」成立，以最先進的三維積體電路(3D IC)封測技術為研發主題。總經理暨研發長唐和明表示，日月光積極和半導體產業供應鏈進行技術整合，3D IC預計2013年導入量產，將應用在手機、PC及生醫等高階產品。3D IC是將晶片立體堆疊化的整合封裝模式，特點在於將不同功能、性質的晶片，

各自採用最合適的晶圓製程分別製作後，再利用矽穿孔 (TSV)技術進行立體堆疊整合封裝，具有封裝微形化、高整合度、高效率、低耗電量及低成本的優勢，符合數位電子產品輕、薄、短、小發展趨勢的要求，是下一代半導體晶片、消費性電子產品乃至未來的生物晶片不可缺乏的技術。3D IC 封裝也會應用到 SoC 最先進的技術，尤其晶圓製造廠從 28 奈米、20 奈米，甚至以下，3D IC 和 SoC 技術更是相輔相成，系統功能整合透過 3D IC，IC 的密度、效率會更高，耗電量更低，但是 3D IC 的技術難度比目前產業所知至少高出 10 倍，除了日月光，交大已有多位教授在 3D IC 關鍵技術研發多年，雙方結合後期望將 3D IC 封測的關鍵技術再加強。日月光更希望國內的半導體產業供應鏈也加入合作，讓 3D IC 技術走得更快。

■ 建廠計畫

2011 年 6 月，經濟部加工處長沈榮津北上展示近期招商成果，拜景氣全面回升所賜，加工處年度招商目標 560 億元，已在近日達成近八成。其中，日月光成為加工處年度指標大案，五年內將以一年蓋一座廠速度，將砸下 282.3 億元，在高雄興建高階封測廠與研發中心，全力發展智慧型通訊事業。新投資主要座落在今年 3 月才完工的楠梓第二園區，包括興建高階封測製造廠及研發中心，一廠在 2011 年 9 月就可興建，二廠 2012 年興建，將連結成兩棟十層樓的雙子星大樓。

■ 製程轉變

根據國際半導體設備材料產業協會（SEMI）幫世界黃金協會所做的一項調查顯示，儘管金導線（gold wire）具有穩定性高、質軟、延展性佳等物理特性優勢，但是隨著金價一路走高，基於成本的考量下，已有 85% 的半導體業者，已考慮導入銅導線（copper wire）製程並量產。日月光至 2010 年底，成本較低的銅打線製程占營收比重約提高至三成。關於日月光近期產能現況、投資計畫、時程規劃如表 10 所示。

表 10、日月光重大投資案整理

產能現況	投資計畫	專案目的	時程規劃
封裝產量： 2,689,82 千 個 測試產量： 46,167 千個 合計產量： 2,735,993 千個 (至 2010 年 底)	在半導體設備展上亮相首片先進的矽鑽孔封裝技術晶圓，宣告以矽基板為主的 2.5D IC 封裝技術已完備，預計 2 年後可對外接單生產。此外，目前技術領先其他業者的銅製程，亦將再推進以銅柱體堆疊式封裝（Copper Pillar POP）	2.5D IC 封裝技術已完備，銅製程開發	2010-2012 年
	2011 年 5 月 23 日成立「日月光交大聯合研發中心」，積極和半導體產業供應鏈進行技術整合	2013 年導入量產 3D IC，將應用在手機、PC 及生醫等高階產品	2011-2014 年
	因應國際金價高漲，改投入銅製程開發	銅製程開發，預計可節省 20% 的成本	2011 年 6 月起
	2011 年 3 月才完工的楠梓第 2 園區，一廠在 2011 年 9 月即可興建，二廠於 2012 年興建，將連結成 2 棟 10 層樓的雙子星大樓	興建高階封測製造廠及研發中心	2011-2012 年
	高雄興建高階封測廠與研發中心，計畫 5 年內將以 1 年蓋 1 座廠的速度，總斥資 282.3 億元	預計 5 年內擴建 5 座廠	2011-2016 年

資料來源：工商時報、聯合人力網、中時行銷知識庫，本研究整理

矽品

■ 擴廠計畫

2010 年大幅擴充資本支出，宣布資本支出將由去年的新台幣 47.39 億元增至 115 億元，增幅達 143%，其中銅製程將是重點，將積極擴充銅製程打線機台，預計到今年第 3 季止，台灣矽品與大陸蘇州廠的銅打線機台數量將達到 2150 台，佔所有打線機台數量的 35%。在擴廠方面，矽品 2010 年有積極的擴廠、添購機台動作，包括現有台中廠有 3500 坪空間可供擴產，彰化二廠 (8000 坪)預計 2011 年完工，蘇州廠現有 3800 坪可供擴產，蘇州三廠(7200 坪)預計 2011 年第 4 季完工，總計兩岸共有 2.8 萬餘坪空間，可供未來 3 到 5 年擴產需求使用。

■ 添購機台

在擴增銅製程機台進度方面，銅製程產能可由修改現有機台或購買新機台兩種方式增加，2010 年第 1 季止，台灣部分有 500 台打線機台可修改為適用銅製程，蘇州廠有 100 台可修改為銅製程機台。到 2010 年第 2 季底止，台灣部分將有 1400 台銅製程機台，其中有 450 台為新購機台，蘇州廠的銅製程機台將有 250 台，其中 100 台為新購機台；到第 3 季止，台灣銅製程機台有 1900 台，其中 450 台為新購機台，蘇州廠維持 250 台銅製程機台；到第 4 季止，台灣廠區已有 5037 台打線機台。關於矽品近期產能現況、投資計畫、時程規劃如表 11 所示。

表 11、矽品重大投資案整理

產能現況	投資計畫	專案目的	時程規劃
封裝銲線機 4939 部、 測試機 361 部。 封裝產量：4,725,837 千個 測試產量：1,247,276 千個 其他產量：501 千個 合計產量：5,973,614 千個 (至 2009 年底)	擴廠：包括現有台中廠有 3500 坪空間可供擴產，彰化二廠 (8000 坪)預計 2011 年完工	興建廠房	至 2011 年底
	添購機台：銅製程產能由修改現有機台或購買新機台兩種方式增加，至 2010 年第 1 季止，台灣部分有 500 台打線機台修改為適用銅製程。至 2010 年第 2 季底止，台灣部分將有 1400 台銅製程機台，其中有 450 台為新購機台；到第 3 季止，台灣銅製程機台有 1900 台，其中 450 台為新購機台。至 2010 年第 4 季時，台灣廠區已有 5037 台打線機台	擴充設備	至 2011 年底

資料來源：台灣時報，本研究整理

力成

■ 廠房投資

子公司聚成科技，主要投入非記憶體封測市場，斥資 11.78 億元，向母公司遠東金士頓買下竹科內大樓，做為實驗工廠，以開發新技術為主，製程涵蓋銅柱凸塊、線路重布／晶圓級封裝技術、矽中介層(Si-Interposer)、矽穿孔(TSV)技術等。

■ 技術佈局

力成科技積極自記憶體封測業務往先進封裝技術布局，繼先前買下茂德廠房以作為實驗工廠後，轉投資公司聚成科技的新竹廠也在 2011 年 3 月動土，預計 2012 年第 3 季裝機試產。實驗工廠以開發新技術為主，包括晶圓級封裝、3D IC 及銅柱凸塊等，估計開發時程約 1 年，屆時新竹廠正好開始啟用，新產品效益可望適時於 2012~2013 年發酵。關於力成近期產能現況、投資計畫、時程規劃如表 12 所示。

表 12、力成重大投資案整理

產能現況	投資計畫	專案目的	時程規劃
N/A	購置測試生產設備計 602,000 仟元，座落台中市北區	擴充設備	2010 年 3 月至 2010 年 6 月
	購置封裝生產設備計 467,000 仟元，座落台中市北區	擴充設備	2010 年 12 月至 2011 年 5 月

資料來源：工商時報、DIGITIMES 資料庫，本研究整理

(3) 封測業產業關聯圖

我國構裝材料在主要的 IC 載板、導線架、金線、錫球、凸球、模封材料、導線接著膠...等，國內均有設廠投入進行生產。然而除了 IC 載板規模較大外，其餘多以進口為主。由於 IC 載板對於精密度要求較高，一旦通過顧客的認證之後，除了成本考量外，客戶較不會輕易轉換供應商的部份。我國 IC 載板廠商在製程控制、品質控制、成本控管上有相當的能力與優勢，將有助於產業未來之發展。另外在加上廠商可以善用其在中國已經設立的生產基地進行載板生產，未來我國在全球 IC 載板的地位有機會趕上並超越日本，成為領導國家。在其餘材料的部份，我國投入的廠商較少，且在規模也相對較小，技術能力發展有限，也限縮了產業之發產。目前除了導線架較具規模外，其餘主要為小量生產供應國內製造商，亦或為進口國外廠商之商品在台進行銷售。

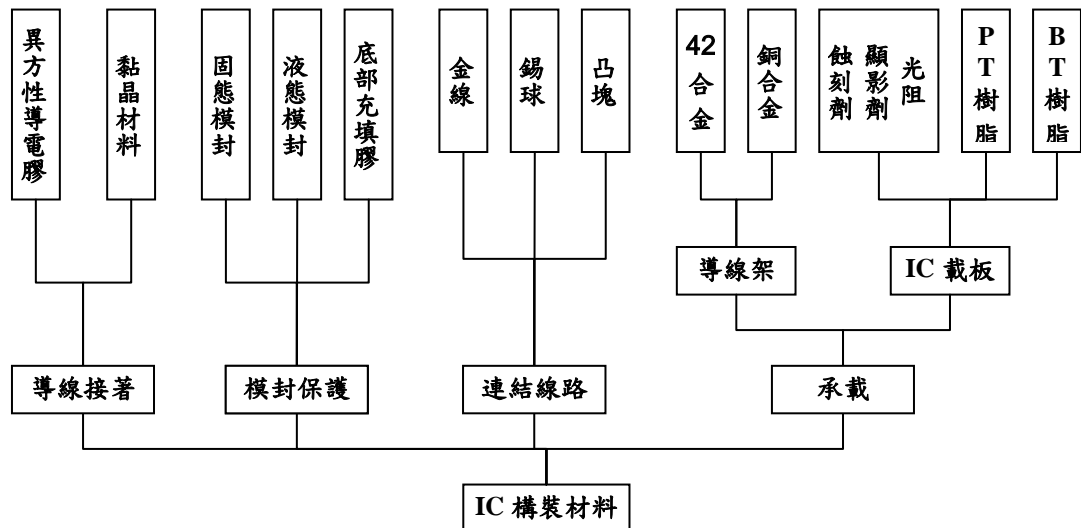


圖 6、IC 構裝材料產業結構

資料來源：工研院 IEK(2010/04)

3. 手機業

(1) 手機業發展歷程

1973 年，摩托羅拉公司的工程技術人員，也就是手機的發明者馬丁·庫帕，在紐約街頭掏出一個約兩塊磚頭大、重達兩磅的無線電話成功通話。該年，手機註冊專利。一直到 1985 年，才誕生出第一台現代意義上的、真正可以移動的電話，手機就此誕生。在傳統電信事業中，由於電信設備的傳輸設備規模龐大，需要高度資本投入基礎通訊設備之佈建，所以發展初期一般民間企業難有足夠資源獨立開發建設相關設備，亦難研發相關技術；加上電信與政治、國家安全關係密切，因此電信事業多被視為自然獨占產業且由官方經營之。但是由於資訊通信技術的進步，發展出新的替代傳輸技術以及新的應用商機，所以電信自由化成為必然的趨勢。直到 80 年代初期，各國才陸續進行電信業自由化。台灣電信自由化始於 1987 年，當年政府宣佈用戶可自備電話機，而開始了用戶終端設備自由化的措施。

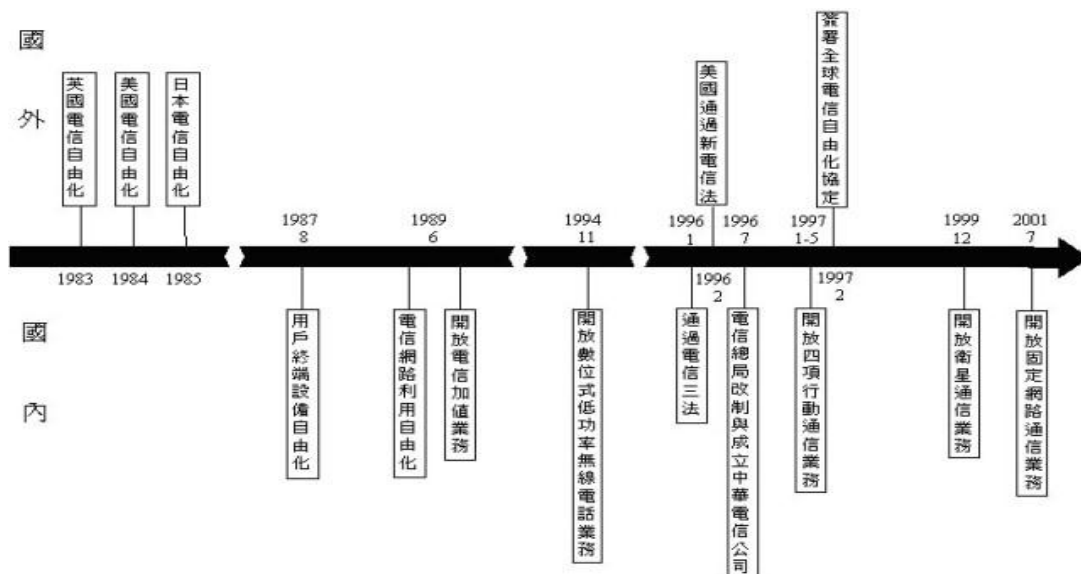


圖 7、電信自由化時間表

資料來源：交通部電信總局

1989 年台灣最早的類比式行動電話(以 090 為首的 AMPS 系統)開始營運，其特點是具有無遠弗屆的特性，因此深受消費者接受，在市場中一直有不錯的潛在市場，但受到國營體制市場開發步調較慢。此時行動電話與無線電叫人業務佔營收比重已有明顯成長，但受限於門號不足以及手機價格仍昂貴，行動電話用戶數仍相當少。1994 年正式開放數位式低功率無線電話業務 (CT2) 給民間企業經營。受到經濟發展及國民所得增加，國人對於通信消費量增加，提高了國內的通信業的營收。1994 年電信事業營收增加為 1,466 億元，而行動通訊業的營收則有 437 億元水準佔了 29.8%。但這些都是在球員兼裁判之電信總局時期開放的，開放幅度與成效都有限。

1996 年通過電信三法，電信事業之監理(由交通部電信總局負責)與經營(由中華電信股份有限公司負責)分離後，自由化才真正展開。中華電信公司由交通部電信局改制為公司體系，經營我國所有的電

信業務。依據此法，大概分三階段開放我國電信業務，分別為第一階段的行動通訊業務自由化—1997 年開放行動電話、無線電叫人、行動數據與中繼式無線電話等四項行動通信業務、第二階段的衛星通訊業務自由化，以及第三階段的固網業務自由化—1989 年開放 1900 低階行動電話等，這些業務主要是無線頻譜資源的開放，且較無牽涉困難之基礎網路建設，故開放與建設難度較低，後來行動電話業務確實蓬勃發展，行動電話普及率於 2002 年達 108%，為當時之世界第一。

1999 年，各家行動電話服務業者以快速爭取用戶數為核心策略，紛紛推出各項優惠方案，年底行動電話使用戶數共有 1,154 萬戶，總用戶數正式超過市內電話總戶數，普及率亦已接近 50%。當時，台灣行動電話的市佔率就已經超過固網，但是，2002 年時，全球行動電話的佔有率才超過固網，由此可見，台灣民眾很早就仰賴行動電話的方便性。另外，無線電叫人的部分受到行動電話普及率增加的壓力下，用戶數明顯減少。

2002 年政府將數位台灣計畫列為「挑戰 2008 國家發展重點計畫」分項之一，由行政院國家資訊推動小組(NICI)負責推動。數位台灣計畫又可細分為五大重點目標，分別是「六百萬戶寬頻到家」、「e 化生活」、「e 化商務」、「e 化政府」與「e 化交通」，期望藉由基礎環境、產業發展以及應用需求三個構面，來發展資、通訊基礎環境、扶植新興且具高潛力的數位產業、並推動政府與民間電子化的應用，以實現高科技服務島的願景，並使台灣在 2008 年成為亞洲最 e 化的國家。為邁向建構無線寬頻環境，台灣也在 2002 年初舉行第三代行動通訊業務執照的競標，開放 5 張 3G 執照，計有中華電信、

台灣大哥大、遠致電信、亞太行動寬頻、聯邦電信、以及世界全通等六家業者參與競標，總共競價 180 回合，歷時 19 天，總標金達新台幣 488 億 9 千 9 百萬元。其中，亞太行動寬頻於 2003 年 7 月正式開台營運，正式宣告台灣邁入 3G 時代。

自 2005 年 5 月起，我國 3G 行動電信服務業者陸續開台，我國行動通信服務正式邁入 3G 時代，惟開台初期在業者提供之服務內容不足下，消費者接受度仍不高。2006 年，國家通訊傳播委員會成立後，交通部即依據通訊傳播基本法第三條第二項規定，負責辦理通訊傳播整體資源有關無線電頻率之規劃分配，為促進無線電頻率和諧有效使用及周全無線電頻段規劃分配作業，於當年 11 月 1 日完成「無線電頻段規劃分配作業程序」，可避免頻率規劃分配不當而造成各類電臺間發生妨礙性干擾，提升無線電頻率使用效益與管理功能。2007 年，考量目前國防、救災、產業發展等通訊服務多樣化與市場多層次需求，提供衛星通信業務服務。由於民國 87 年 6 月第一次衛星通信業務開放距今已有相當時日，交通部因應業務需要，經於民國 96 年 2 月 26 日函請行政院同意再次公告開放衛星通信業務。2008 年，為利無線寬頻接取業務（WBA）使用電信號碼，以促進無線通訊產業發展，交通部規劃無線寬頻接取業務電信號碼使用區塊。2009 年對於手機業者來說的確是困苦的一年，為了積極搶佔市場，以及在不景氣中突圍，許多手機廠商採取降價策略，可是在已開發市場並沒有因為降價而得到好處，反而在利潤上損失嚴重。從消費面看來，因為受到國內外景氣不佳影響，國內消費意願明顯滑落，但我國電信業者雖減少資本支出，但仍積極研發更吸引使用者的加值服務，並隨著 Apple iPhone 帶來的智慧型手機風潮，拓展商

用或高階使用者的比重，加上 2009 年起，行動數據在業者降低資費吸引更多消費者使用下，用戶數大幅擴增，帶動無線通信業者增值服務占營收比重持續成長，亦使得本產業在經濟情勢不佳下，營運仍能維持平穩的成長。

隨著無線寬頻與行動上網趨勢成形，企業加快投資網通設備，NB、小筆電對於 WLAN 需求穩定成長，外加 LCD TV、手機、遊戲機對於無線模組的需求持續增加，2010 年全球通訊產業產值可望首度突破 4,500 億美元，來到 4,678 億美元，年成長率上看 9.1%，台灣今年通訊產值可望達到 236 億美元，可望較去年 198 億美元，成長 19.6%。整體看來，2010 年雖然本產業資費競爭仍然持續，而 WiMAX 營運商陸續開台也為本產業帶來競爭，但整體而言，在國內經濟回升刺激各產業景氣明顯回溫下，加上消費意願回升，帶動本產業服務需求亦呈現回升，業者營運亦較 2009 年明顯好轉。在國內市場概況方面，受惠於智慧型手機及周邊產品的熱銷，加上新興經濟體持續佈建網路寬頻設備的帶動，估計 2011 年我國通訊設備產值較 2010 年成長 32.96%。至於在子項產品表現上，其中仍以 Mobile Phone 成長態勢較為顯著，上半年產值表現較 2010 年同期成長 146.30%，估計下半年成長力道受到歐美景氣趨緩影響，成長力道將逐步減緩。至於國際市場方面，2011 年上半年手機總銷售量來到 8.57 億支，較 2010 年同期成長 17.72%，2011 年全球通訊產業仍是以手機為主要成長動能，而其中仍是以智慧型手機為主；全球手機大廠競爭態勢激烈，從硬體規格競爭到開發平板電腦，加上專利權收購競賽；2011 年全球手機出貨表現，仍以 Apple、HTC 和 Samsung 為主要成長力道來源，而市佔率第一的 Nokia 出貨表現則持續衰退中。

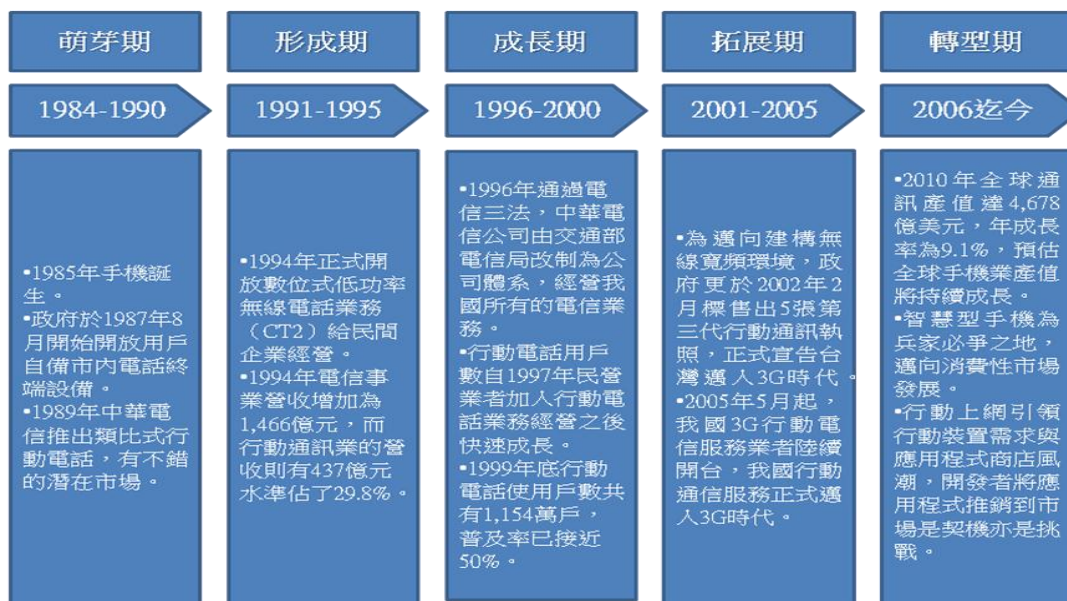


圖 8、手機業發展歷程

資料來源：本研究繪製

(2) 手機業重大投資案

全球前五大的手機製造商為：Nokia, Apple, Research in Motion and Samsun 以及台灣的 HTC，故以下的投資案分析以 HTC 為主。HTC 的投資案大部分以海外為主，在台灣本島的投資占極少數。HTC 今年二月宣佈投資總部位於英國倫敦、在全球無線多媒體傳輸領域位居領導地位的 Saffron Digital。HTC 執行長周永明表示：「隨著數位內容的種類愈來愈複雜與在地化，內容傳輸最佳化在未來已成為企業發展非常重要環節。Saffron Digital 在無線多媒體傳輸領域所累積了豐富的經驗與專業將成為極為重要的資產。與 Saffron Digital 合作將增進 HTC 全球內容傳輸的能力與專業，對此我們感到非常興奮。」所以，HTC 和 SAFFRON DIGITAL 以確保各種行動裝置的客戶皆能享有最優質的影音經驗。同樣在二月，HTC 也宣布與

隨選、即時(on-demand instant-play)影音遊戲先鋒 OnLive 建立策略聯盟，並將策略性投資 OnLive 約美金四千萬，讓消費者有更優質的遊戲體驗。

在音樂服務方面，今年三月，HTC 宣布確定以 1000 萬美元金額，投資線上音樂服務 KKBOX (願景網訊)，將取得該公司增資後 11.1% 股權，並取得一席董事，將與 KKBOX 結為策略性的投資夥伴。在這次的投資案中，KKBOX 希望能藉此拓展並強化與 HTC 目前在現有產品與商業合作的關係；而 HTC 也期望能強化隨選、即時影音遊戲服務、線上多媒體娛樂與閱讀功能等網路連結服務，讓使用者經驗提昇到新的境界 (KKBOX 新聞)。HTC 更在今年(2011) 8 月宣佈對美國知名的專業音效品牌大廠 Beats Electronics LLC (以下簡稱『Beats Electronics』) 進行策略聯盟及投資。其實，HTC 與 Beats 早已啟動合作機制，致力為消費者提供卓越的音質體驗，HTC 預計今年秋季將推出一系列整合了 Beats 在音質上創新技術的無線通訊產品。

表 13、宏達電（HTC）重大投資案整理

產能現況	投資計畫	專案目的	時程規劃
年產能上看至六千萬隻手機	投資無線多媒體傳輸領導公司 Saffron Digital	確保各種行動裝置的客戶皆能享有最優質的影音經驗	2011年2月起
	策略性投資影音遊戲領導公司 OnLive 約美金四千萬	讓消費者有更優質的遊戲體驗	2011年2月起
	投資線上音樂服務 KKBOX 1000 萬美元金額	強化與 HTC 目前在現有產品與商業合作的關係；強化隨選、即時影音遊戲服務…等功能	2011年3月起
	與音效品牌大廠 Beats Electronics LLC 策略聯盟及投資	提供消費者卓越的音質體驗	2010年8月

資料來源：本研究整理

(3) 手機產業產業關聯圖

手機產業大概可分為上游的手機零組件廠商，中游的代工廠及下游的品牌廠商，由於國際品牌大廠囊括大部分的手機終端市場，因此，國內手機廠商主要集中在上游的手機零組件及中游的代工廠，相關產業關聯如圖 9 所示

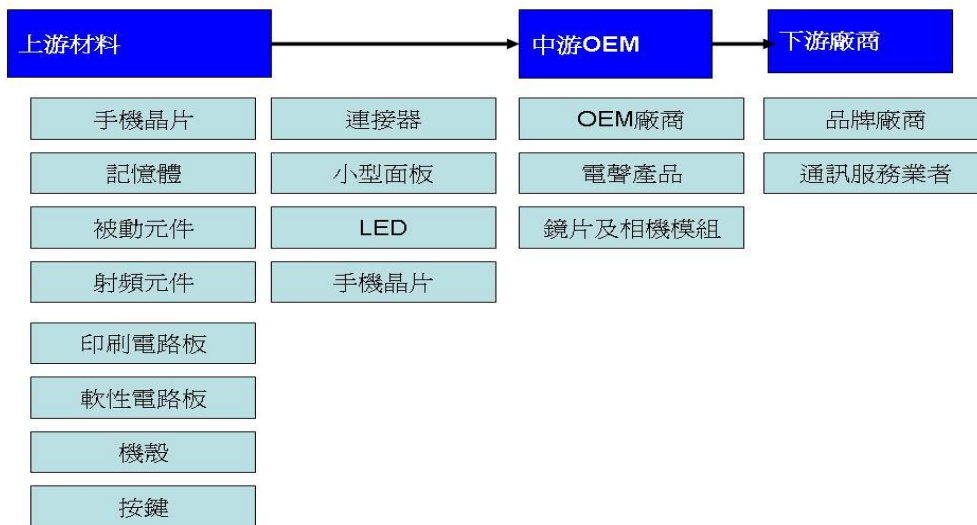


圖 9、台灣手機產業關聯圖

資料來源：台經院產經資料庫

4. LED 產業

(1) 產業發展歷程

LED 產業大體上可分為中上游的磊晶與晶粒、下游的封裝，應用層面則相當廣，舉凡背光面板、車燈、號誌…照明等。我國 LED 產業是由下游的封裝開始發展，慢慢往中上游發展，其產業歷程如圖 10 所示，目前著重在應用層面的發展，舉凡背光面板、照明應用，照明方面，則是 LED 產業的一個新契機。

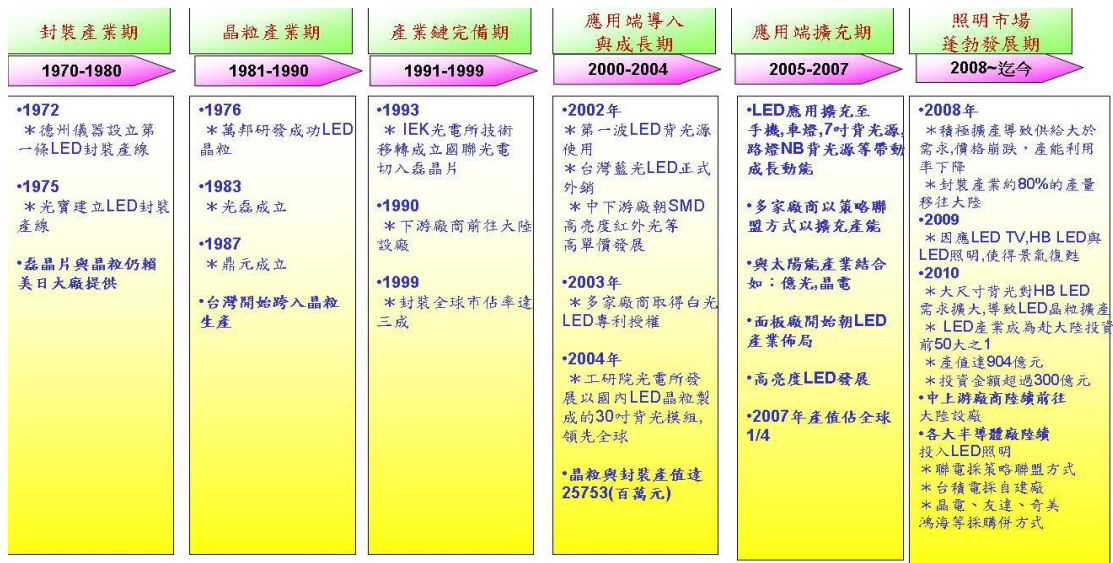


圖 10、我國 LED 產業發展歷程

資料來源：本研究繪製

(2) 投資說明

A. 產量增加的原因

第一，應用端的多元化，由於 LED 應用於背光面板，如：LED TV, LED Monitor，亮度的提升與其低耗電的特性與 2012 年全球陸續禁用白熾燈，LED 燈將成主要替代產品。第二，獨立的 LED 製造商增加產能，製造商為了擴張其市場佔有率與強化強化垂直整合的能力，所以會新增機台或是往上中下游進行整合，第三，現有的半導體製造商將觸角延伸到 LED 生產將導入半導體產業的高生產效率與管理方式，如：台積電、聯電。第四，良率的提高，例如透過製程改善，使得發光平均、磊晶片面積變大、HV LED 的推出與新製程的開發都會提高良率。

B. LED 產量增加說明

因應未來各國將以 LED 照明取代傳統照明的趨勢下，LED 將成為未來照明市場的主流，因應此一趨勢，因此各家大都有擴產的計畫，而 LED 廠均以採購 MOCVD 機台做為擴產的基本設備，因此本研究以 MOCVD 機台做為 LED 廠擴產的分析依據。各廠商擴產計畫如表 14 所示。

表 14、LED 中上游擴產狀況

MOCVD 機台數	廣稼	隆達	燦圓	新世 紀	泰谷	華上	晶電	奇力	旭明	南亞 光電	鼎元	光磊	台積 電	聯電
2009 年	38	19	43	25	28	40	190	43	10	5	3	6	0	0
2010 年	60	70	57	55	46	40	250	50	10	10	7	8	0	7
2010 年 增產比 例(%)	58	268	33	120	64	0	32	16	0	100	133	33	0	0
2011 年	80	90	70	80	58	40	300	60	10	20	30	8	12	17
2011 年 增產比 例(%)	33	29	23	45	26	0	20	20	0	100	329	0	NA	143

資料來源：各公司、本研究整理

在 2009-2010 年，因應 LED TV, HB LED, LED 照明與大尺寸背光，全台 LED 產量約增加 49%，2010-2011 預計增加 29% 產量。2012 年全球禁用白熾燈，因此 2012 年應用將會達到高峰，廠商會於 2012 年前將所需產能擴充完畢，因此，2012 年後成長率趨緩，因此預計 2012 年台灣的產量增加約 5-10%，之後增加量有限。但若 HV LED 發展成熟或是新製程的開發，也將使得 LED 產業產量增加。

(3) LED 產業關聯

我國 LED 產業由下游往中上游發展，各階段均有廠商投入，產業鏈完備，近期則有許多廠商陸續投入照明及背光面板的應用。其產業關聯如圖 11 所示。



圖 11、LED 產業關聯圖

資料來源：本研究繪製

5. 快閃記憶體(Flash)與動態隨機存取記憶體(DRAM)產業結構

Flash 與 DRAM 產業密切相關，且大都掌握在韓國大廠的手上，其有價格變動快速的特性。2008 年金融海嘯時，台灣曾經醞釀 DRAM 產業「五合一」的方案，台灣方面曾經得到世界級的 PC 大廠，不願 DRAM 產業完全控制在韓國兩大廠手上的訊息。過去 DRAM 產業是每兩年轉進一個新製程技術世代，但在 DRAM 廠競爭激烈，轉為一年橫跨兩個製程技術，以目前各大廠技術能力來說明，三星仍穩居全球第一大 DRAM 廠，2011 年第一季 DRAM 市占率為 39.9%，製

程轉進速度優於其他廠商，估計 2011 年年底將有 50% 以上的 DRAM 產出採用 35nm 製程技術，而排名第二大的海力士市占率為 22.9%，由於 38nm 製程需同時切入 6F2 領域，以透過設計概念的改變方式，在相同面積的晶圓片上，增加晶圓的產出顆數，估計至 2011 年年底貢獻產出的比例有限，另外排名第三大的爾必達市占率為 13.5%，其子公司瑞晶 38nm 製程已於 2011 年第二季末開始量產，並朝 32nm 製程目標邁進。至於台系廠商方面，南科與華亞科持續拉高 42nm 的投片比重以及良率穩定度，並將於 2011 年年底試產 30nm 製程技術，在 NAND Flash 方面，三星於 2010 年 4 月開始量產 27nm NAND Flash，開啟全球 20nm 等級製程的時代，而 2011 年 7 月又宣布跨入 21nm NAND Flash 量產，其技術水準領先全球，2011 年第二季市占率為 40.1%。至於第二名的東芝市占率為 27.8%，與新帝合資的晶圓廠於 2011 年 7 月正式量產，主流製程為 24nm 製程，接下來也將導入 19nm 製程。另外第三名的海力士市占率為 13.1%，於 2011 年 7 月與東芝合作，未來將共同開發次世代記憶體 STT-MRAM。後 PC 時代來臨，不論台系或是國際 DRAM 廠皆力求轉型，將現有的產能轉往 Mobile RAM 和伺服器 DRAM 等，以避免後續 PC DRAM 需求減少所造成的供過於求，而記憶體模組廠也跟著上游 DRAM 廠轉型，由於 DRAM 模組營收比重不斷下降，加上報價下跌，使得 DRAM 模組利潤持續被壓縮，目前記憶體模組廠營運都是以 NAND Flash 產品為主要發展目標，不過在快閃記憶卡、隨身碟等外接式需求市場進入飽和後，也開始面臨內嵌式記憶體(eMMC)趨勢崛起，如 Apple 所推出的平板電腦及超薄筆電，均把 NAND Flash 晶片直接內嵌至系統中，而智慧型手機內建大容量 NAND Flash 記憶體，亦取代外接式

小型記憶卡的需求，但要進入 eMMC 必須與專門 NAND Flash 控制晶片業者技術合作，不是一般記憶體模組廠可輕易跨入，目前只有龍頭廠金士頓布局此領域，其他記憶體模組廠多轉型為全方位 IT 公司，發展 DRAM 與 NAND Flash 以外的產品，多元化布局外接式硬碟盒、固態硬碟(SSD)、數位相框、MP3 播放器、工業用產品等，以降低價格波動造成的營運起伏。相關產業關連如圖 12 與圖 13 所示。

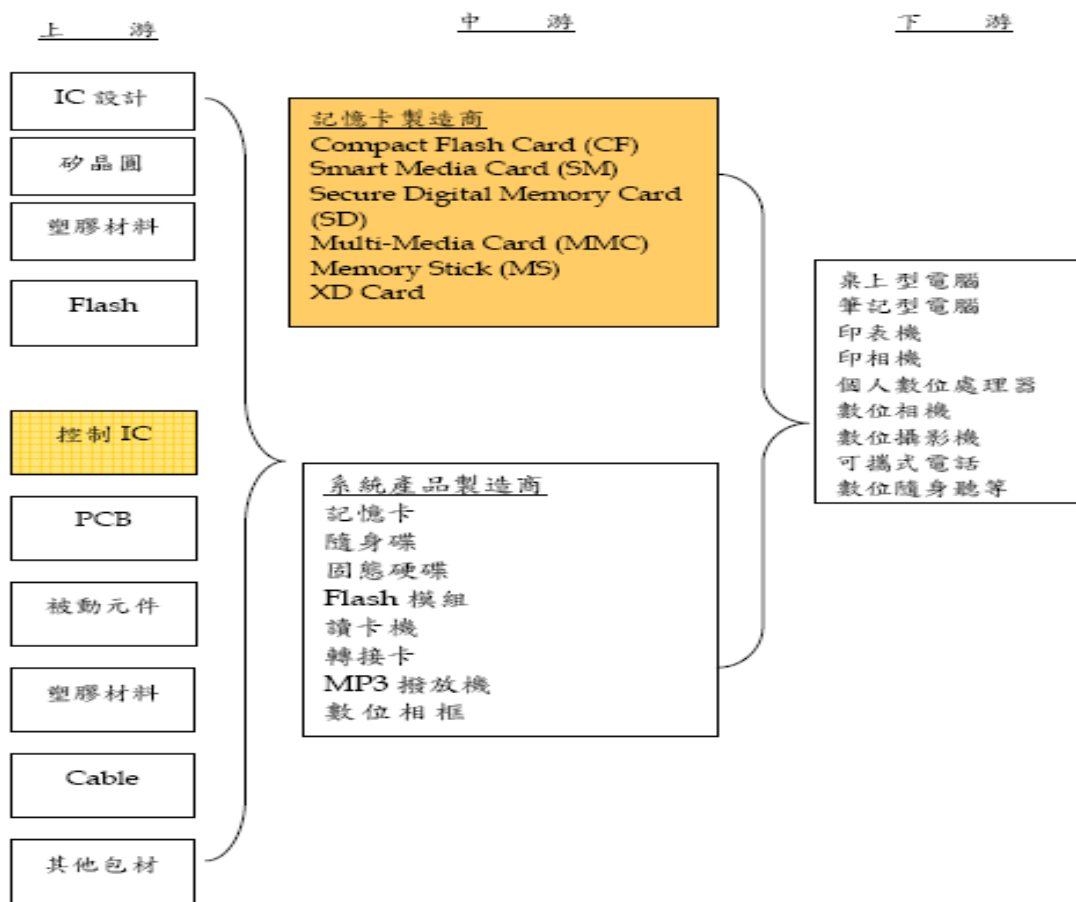


圖 12、Flash 產業關聯圖

資料來源：協同商務電子報，2011 年 6 月

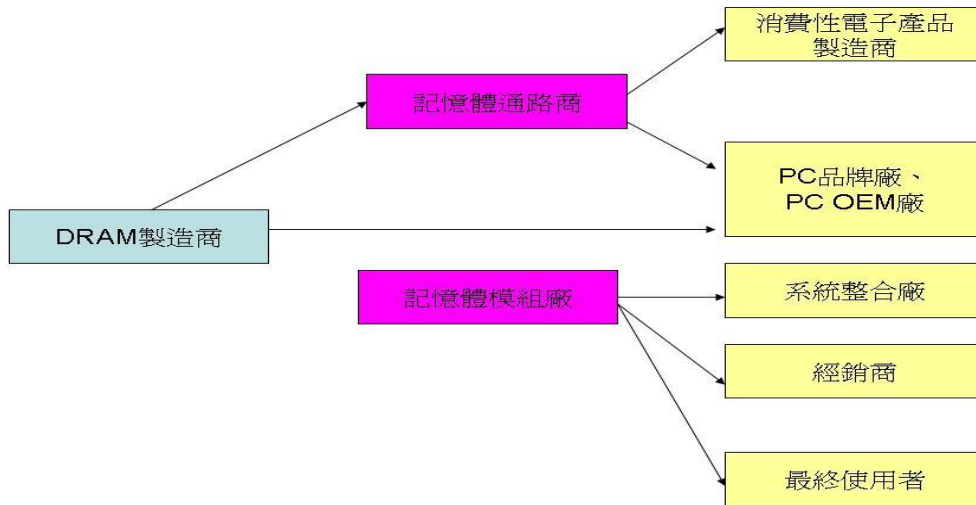


圖 13、DRAM 產業產業關聯圖

資料來源：台灣經濟研究院產經資料庫，2008/11

6. 分離式元件製造業

分離式元件包含了整流二極體、切換/檢波/混頻/穩壓/突波抑制二極體等，均可應用在相關電子產品上，由於分離式元件製造業使用範圍遍及 PC、通訊、消費性電子、汽車市場等，以及其市場規模與 IC 產品新開發的數量及晶片生產工廠之產量息息相關，因此終端應用市場--PC、通訊、消費性電子、汽車市場的出貨量狀況與整體半導體市場皆將影響本產業的景氣表現。



圖 14、分離式元件製造業產業關聯圖

7. 被動元件產業

被動電子元件製造相較於其他電子業而言發展甚早，最初以專業代工（Original Equipment Manufacturer，OEM）方式生產，之後為了提高附加價值並掌握關鍵客戶而轉為設計代工製造（Original Design Manufacturer，ODM）模式；在半導體產業興起之後，被動元件幾乎成為電子業的傳統產業，扮演著帶動週邊與設備產業的角色，下游應用廠商以電腦設備製造商為主（約占 75%），其次為通訊市場（約占 10%）。被動元件主要產品有電容器（以靜電形式儲存和釋放電能）、電阻器（降低電壓與限制電流以調節電路特性）、電感器（產生電磁通量以防止電磁波干擾）、振盪器、濾波器等。上游關鍵材料，國內雖有業者可以提供，但高階材料仍然仰賴日本業者。被動元件產品雖然價格很低廉，然而所需原料多為化學材料及金屬，佔全部成本比重很高，多種關鍵原料台灣業者仍然無法自給自足，必須透過日本進口。目前我國在晶片電阻領域已經取得全球第

一的地位（約有全球七成市佔率），其他領域我國廠商著墨較少，佔全球比重低，然而，近幾年我國在規模、體質及技術上均有明顯改善，部分技術已可以達到日本水準，在 2010 年全球市佔率可望微幅上升。

	電阻器	電容器	電感器
上游	氧化鋁陶瓷基板 導電漿墨	電蝕鋁箔 化成鋁箔 介電瓷粉	鐵養體
中游	晶片電阻 熱敏電阻 固定式非晶片電阻	鋁電解電容器 MLCC 塑膠薄膜電容器	晶片電感 線圈
下游	主機板 電源供應商 通路商	筆記型電腦 手機 WLAN	

圖 15、被動元件產業結構

資料來源：工研院 IEK(2010/04)

8. 印刷電路板產業結構

我國印刷電路板產亦從早期以單面印刷電路板切入該產業之後，隨著佈線密度、傳輸速率及訊號干擾等效能需求提高，故傳統印刷電路板朝向多層板發展，並隨著終端電子產品要求更小面積，所以開發出高密度連結板(HDI)。為符合訊號連接上需要彎曲的特性，所以從傳統的硬板發展出軟性印刷電路板(F 印刷電路板)，同樣在電子傳輸要求越來越高，亦開發出多層的 F 印刷電路板。為了使得軟、硬板的連接更薄型化及減少連接端子，所以現正導入軟/硬複

合板，以提高軟、硬板連接的可靠性。我國目前是全球 IC 主要的生產重鎮，隨著封裝技術的改變，其 IC 載板的種類從打線載板演進至覆晶載板。此外，我國印刷電路板產業佈局完整，不論是下游電子應用產品以及上游主要元聊銅箔基板，甚至在上一層玻纖紗(布)及銅箔都有國內廠商提供，但是成本比重較小的化學品則是仰賴日本進口。印刷電路板之所有產品，國內都有其專業之生產廠商可以供應。相關產業關聯如圖 16。

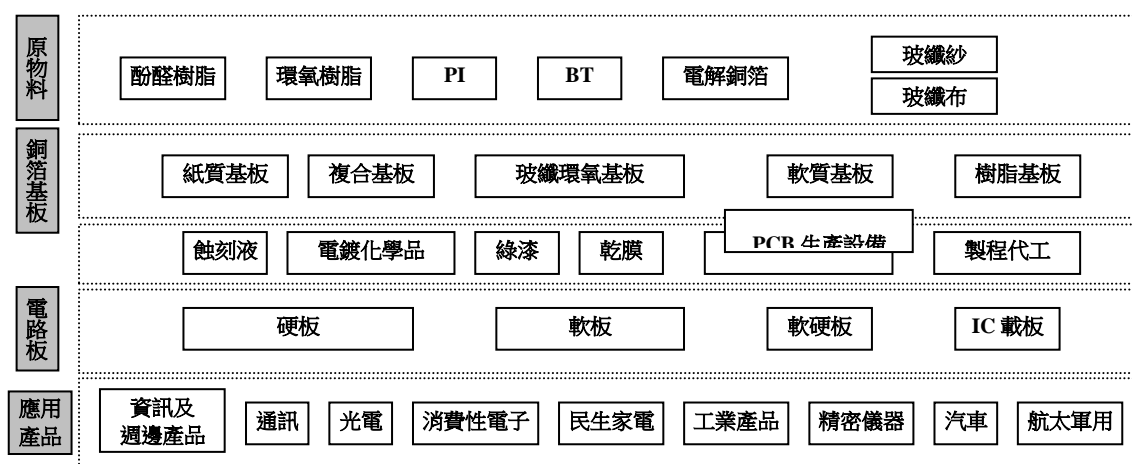


圖 16、印刷電路板產業結構

資料來源：工研院 IEK(2010/04)

9. 液晶面板製造業

我國 TFT-LCD 產業上、中、下產業結構分工清楚，從材料、零組件到面板和後端模組廠形成完整的產業鏈。TFT-LCD 產業上游原材料如玻璃基板和偏光板上游的 TAC 膜與 PVA 膜材料等，仍掌握在日系廠商中，本土廠商仍無法完全自製與在地供給。但在背光模組的光學膜，如擴散板，稜鏡光和 CCFL 燈管等，國內廠商的技術與產品已達面板廠商的要求而出或供給給國內市場需求。TFT 產業下

游的面板廠商，在金融海嘯和全球不景氣的情況下，對於成本的控管更加要求，盡年來已集團力量積極往前垂直整合。除了掌握上游材料供應穩定和議價方便外，因應國際綠色潮流趨勢，從材料採用與製程設計，納入產品生命週期的觀點考量，提供價值更高成本更低的面板產品。

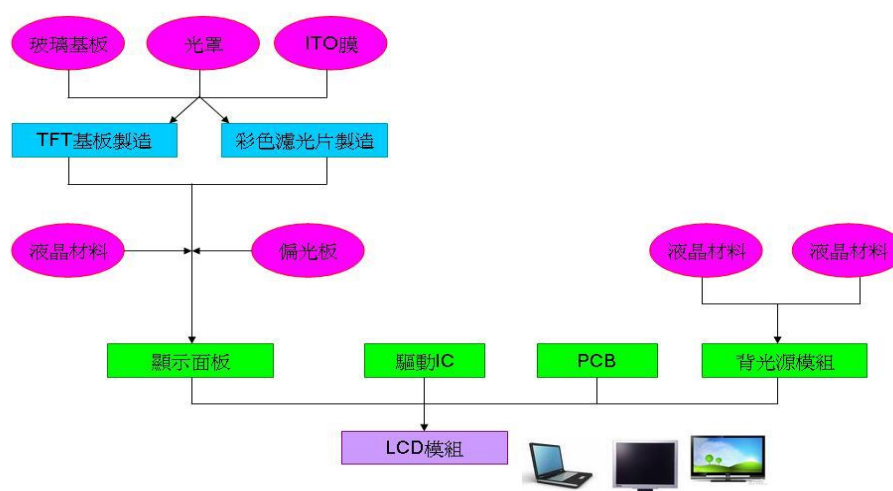


圖 17、TFT-LCD 產業關聯圖

資料來源：日本野村綜合研究所，台經院產經資料庫

10. 太陽光電材料製造業

目前我國主要之光電材料仍然以進口居多，多晶矽材料自國外進口後，在台灣生產矽晶片供應給電池廠。導電膠目前以 DuPont 為主，其他相關生產廠商越來越多；模組廠之材料來源幾乎為進口，因此使得購料成本總是居高不下。

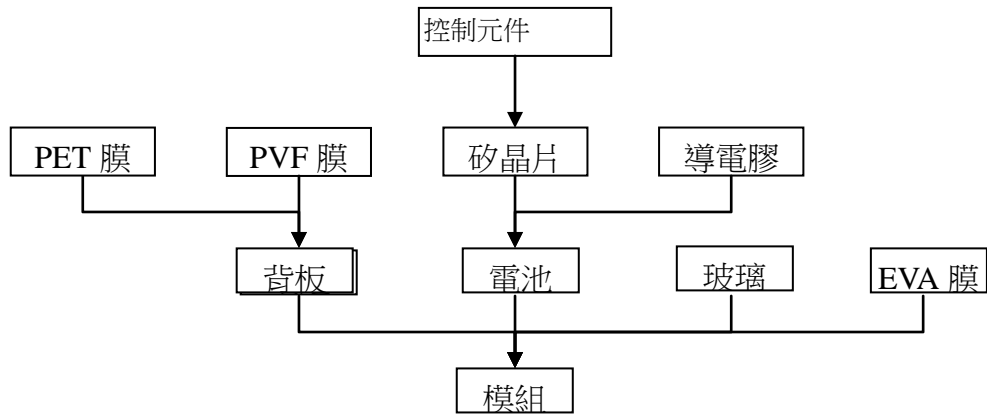


圖 18、太陽能材料產業結構

資料來源：工研院 IEK(2010/04)

11. 印刷電路板組件製造業

包含了如主機板、音效卡、網路卡、控制卡…等產業，應用面則有個人電腦、筆記型電腦為大宗，根據統計台商在主機板、網路卡等產品的市佔率高居世界第一。在產業漸漸飽和下，為來主機板廠商家數會再收斂，而平板電腦的發展將是另一個新契機。在 2011 下半年面臨市況需求放緩，但我國 PCB 業者透過產品組成、成本控制以及新客戶接觸等方面致力於改善財務結構，加上下游客戶進行庫存調節，且全球總體環境尚存諸多變數，使得 PCB 產品價格走勢轉趨持平，因此多家業者對於第四季營運轉趨保守看待，另一方面，受到泰國洪災影響，硬碟板接單與出貨受阻，預測將於 2012 年第二季後恢復正常，至於汽車板業務反而有部分轉單效應加持，將對我國汽車板業務反而另闢轉單商機。相關產業關聯圖如圖 19 所示。

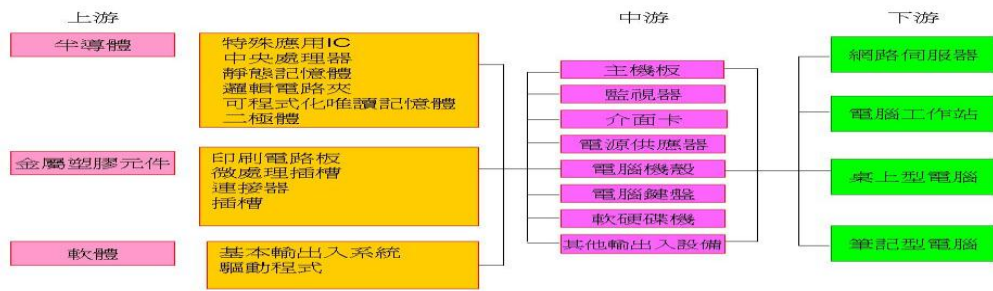


圖 19、印刷電路板組件製造業產業關聯圖

資料來源：技嘉年報,2009/08

12. 電子管製造業產業關聯

由於映像管生產在資金與技術的要求上均高，因此家數一直以來即不多，近年來本產業場所數目與企業數目呈現衰退走勢，主要是在競爭激烈與產品市場需求減少下，主要廠商退出市場或外移，主要營收乃來自出口，加上國內電腦與電視普及率已高，所以由監視器與電視所衍生的映像管國內需求成長不易，且在國內監視器廠商多已在海外設廠生產。相關產業關連如

圖 20 所示。

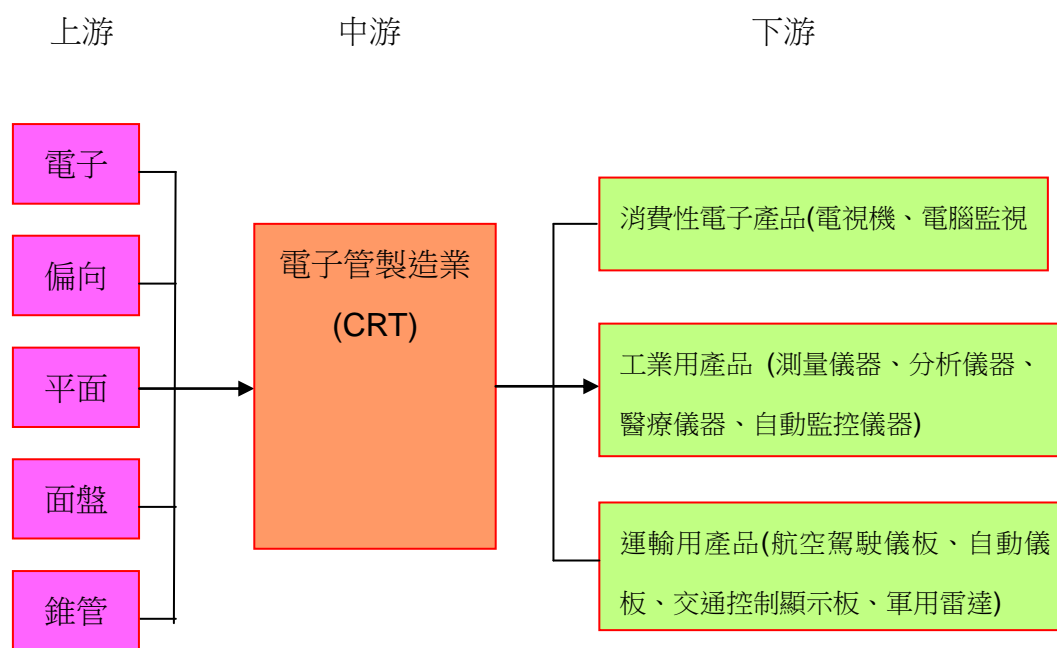


圖 20、電子管製造業產業關聯圖

資料來源：華映年報,台經院產經資料庫整理,2009/07

13. 電腦及周邊設備製造業

本產業與全球經濟成長相關，預估 2011 年全球經濟成長率為 3.4%，相較 2010 年減少 0.7 個百分點，顯示全球經濟成長呈趨緩態勢，消費力道減緩，預期將間接影響本產業的景氣表現。因新產品推出及新興市場需求成長帶動提升出貨量表現，2011 年第二季全球 PC 出貨量相較 2010 年同期成長 2.29%。針對國內而言，因我國筆記型電腦製造業出貨量之全球市占率超過八成以上，故出貨量變化趨勢如同全球市場走勢，加上因歐美景氣復甦緩慢，以及平板電腦持續取代等因素，2011 年第二季我國 NB 出貨量年增率呈現微幅下滑，產業景氣不佳。至於單價方面，我國可攜式電腦銷售平均單價呈成長態勢，惟年增率逐漸減少。在出口值方面，因加拿大出口市場明

顯成長的帶動下，2011 年第一季我國電腦製造業出口值年增率相較 2010 年同期大幅成長 54.31%，因既有系統的升級與擴增需求帶動，2011 年第一季我國伺服器廠商營收年增率成長為 27.5%，而出貨量年增率成長 11.2%。至於未來的態勢方面，第一，雖然全球 PC 市場需求成長力道有減弱的情況，但在工業電腦及伺服器市場需求推升下，故估計本產業 2011 下半年的景氣將呈持平態勢。第二，平板電腦自蘋果於 2010 年 1 月發表 iPad，因具備多功能而熱銷，帶動三星、華碩等智慧型手機及 PC 廠商紛紛推出相關機種，故預估未來平板電腦出貨量呈成長態勢，而價格則在各家產品競爭下呈下滑態勢。

14. 通訊傳播設備製造業

本產業的經營環境情勢方面，由於宅經濟及數位家庭議題持續發酵，加上社群網站、網路購物、家庭影音和電玩線上遊戲已成為有線寬頻傳輸之主要應用，持續帶動國內有線寬頻用戶數成長，故估計 2011 年我國有線寬頻上網用戶數呈現穩定成長態勢。而國內行動上網用戶受到智慧型手機、平板電腦等可攜式行動裝置熱銷的影響，加上國內電信業者亦同步推出行動上網資費優惠方案，因此進一步提升消費者申購意願，故 2011 年國內行動上網用戶數仍是呈現成長態勢。在國內市場概況方面，受惠於智慧型手機及周邊產品的熱銷，加上新興經濟體持續佈建網路寬頻設備的帶動，估計 2011 年我國通訊設備產值較 2010 年成長 32.96%。至於在子項產品表現上，其中仍以 Mobile Phone 成長態勢較為顯著，上半年產值表現較 2010 年同期成長 146.30%，估計下半年成長力道受到歐美景氣趨緩影響，成長力道將逐步減緩。至於國際市場方面，2011 上半年手機總銷售

量來到 8.57 億支，較 2010 年同期成長 17.72%，2011 年全球通訊產業仍是以手機為主要成長動能，而其中仍是以智慧型手機為主；全球手機大廠競爭態勢激烈，從硬體規格競爭到開發平板電腦，加上專利權收購競賽；2011 年全球手機出貨表現，仍以 Apple、HTC 和 Samsung 為主要成長力道來源，而市佔率第一的 Nokia 出貨表現則持續衰退中。在無線通訊廠商方面，由於智慧型手機熱銷，加上平板電腦、智慧電視、遊戲機等消費性電子產品內建 WLAN 模組比重提升，我國主要無線通訊業者以手機和 WLAN 廠商表現較佳，惟 PND 持續受到智慧型手機替代效應衝擊，導致 PND 廠商營運表現不佳；在有線通訊廠商方面，受到庫存消化和標案延遲影響，2011 上半年除友訊、合勤和聯光通信表現較佳外，其餘廠商表現均不盡理想；下半年受惠中國商團採購和標案持續開出挹注，廠商營運表現可望回穩。2012 年我國通訊產業景氣在寬頻基礎建設、光纖設備、智慧型手機、智慧電視等通訊產品蓬勃發展之下，仍可望維持成長力道，惟受到歐美經濟成長趨緩影響，預估 2012 年我國通訊產業產值表現，以成長趨緩看待。就產業發展趨勢而言，在網路通訊設備方面，由於行動寬頻人口日益提升，將有更多通訊產品加入行動網路，而隨著全球主要電信業者陸續啟動 LTE 商用化服務，LTE 市場及用戶規模可望成長；在個人行動裝置方面，智慧型手機硬體規格可望持續提升，其中處理器(AP)將以雙核心為主，面板技術仍以 AMOLED 和 LTPS 為主流，且將有更多手機業者選擇搭載 Windows 作業系統；受到智慧汽車概念的興起，車載導航影音設備的研發將是 GPS 廠商日後前進的方向；至於在數位匯流概念的帶動下，智慧電視(Smart TV)的崛起亦是本產業另一項具有潛力的通訊產品。相關

產業關聯如圖 21 所示。

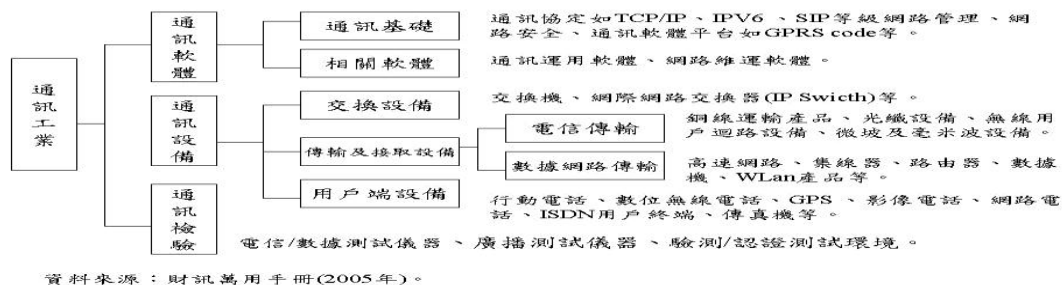
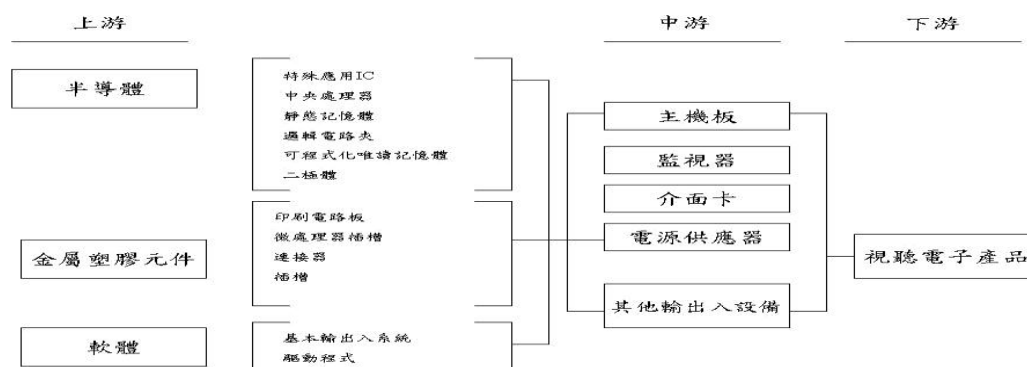


圖 21、通訊傳播設備製造業產業關聯圖

15. 視聽電子產品製造業

根據市調機構 DisplaySearch 的調查顯示，2010 年全球電視總出貨量為 2.48 億台，較 2009 年成長 18%，其中液晶電視仍為電視出貨的主流，平面電視主要成長動能來自新興市場替換 CRT 電視需求，2010 年平面電視出貨量成長率為 32%，預估 2011 年將減緩至 12%。國內市場方面，2011 年第一季視聽電子製造業受液晶電視需求減弱，導致生產值、銷售值雙雙較 2010 年第四季衰退，估計第二季仍為淡季，電視機出貨量將與第一季持平，到第三季新機種推出後及銷售旺季到來，市場需求才會轉好，使得 2011 年第二季我國視聽電子製造業的生產值與銷售值估計僅與首季持平。2011 年第一季受到傳統淡季影響，電視面板價格接續 2010 年下半年來的跌勢，不過進入 5 月後，面板價格開始出現止跌持平的現象，且中國五一假期帶動液晶電視銷售，逐漸消化品牌及通路廠商的庫存，將重新帶動面板的補貨需求，再加上第三季旺季即將來臨，將可帶動面板價格小幅上漲。2011 年 1~4 月我國視聽電子廠商營收相較於 2010 年同期大多呈

現衰退，只有一線的安控廠商奇偶、晶睿與陞泰受惠於安控產業回溫而呈現成長，電視製造大廠瑞軒營收因北美消費市場疲弱以及終端液晶電視價格缺少促銷激勵而小幅走弱，揚聲器大廠則受到客戶提前結束銷售不佳的機種，加上新機種量產計畫又尚未啟動，營收因而衰退。展望未來，我國視聽電子產品製造業隨著全球經濟維持成長走勢，使得消費者對於購買消費性電子產品的意願逐漸增加，加上 2011 下半年進入出貨旺季，使得市場的需求將較 2011 上半年成長，但歐、美經濟景氣不明朗，加上中東、北非地緣政治的持續動盪，及日本節能補貼政策結束後恐影響終端消費需求，因此 2011 下半年本產業景氣將較上半年呈小幅成長的態勢。相關產業關連如圖 22 所示。



資料來源：台經院產經資料庫製作整理，2009年8月

圖 22、視聽電子產品製造業產業關聯圖

16. 資料儲存媒體製造業

就全球而言，受惠於藍光播放器終端售價快速下滑，以及 3D 電影對藍光光碟片的需求成長，帶動藍光光碟片的快速普及，2010 年全球藍光光碟片市場需求量達到 1.13 億片，較 2009 年大幅成長

156.8%，預估 2011 年將突破 2 億片的水準。國內方面，受到光碟片產業景氣不佳的影響，2010 年第四季我國「資料儲存媒體製造業」整體生產值與銷售值明顯衰退，而在業者為反映成本而調漲價格，將進一步壓縮消費力道的情況下，估計 2011 年第一季整體銷售狀況仍將持續下滑。雖然空白光碟為我國資料儲存媒體製造業之主要產品，近年來均超過六成以上，不過因該產品市場規模的逐漸萎縮，導致銷售值比重逐年下降，估計 2011 年第一季在延續此趨勢下，使得空白光碟片銷售值比重則持續降至 65.44%，其他資料儲存媒體製造業則進一步增加至 34.56%。價格方面，雖然 2010 年第四季及 2011 年第一季之 DVD 光碟片代工價並無任何變動，但因 CD-R 光碟片代工價卻進一步下滑，且因上游原物料價格的明顯上漲，故導致近二季國內業者將面臨不小的虧損壓力。加上國際主要 PC 原料廠商持續轉移重心至一般級 PC 料領域，加上原物料價格的大幅上漲，使得近二季光學級 PC 料價格持續調漲，並已達到近二年的高點水準，同時因 TFP 在中國管制出口的情況下，也對本產業廠商形成成本上升的壓力，顯示本產業已面臨嚴重的成本上升壓力。而空白光碟片市場的持續萎縮，造成 2010 年第四季以及 2011 年前二月我國主要資料儲存媒體製造業業者營收表現並不佳，成長動能不若 2010 上半年強，且受原物料價格大漲影響，廠商毛利率多呈現負值，僅藍光光碟片比重較高的業者維持正值表現，雖然藍光光碟片產值仍可望維持高度成長態勢，不過因網路儲存服務、隨身碟及可攜式硬碟的取代效應持續發酵，加上中國及印度等國家當地生產產值持續成長，因此估計 2011 年磁帶產品成長幅度仍難以彌補光碟片產品產值衰退幅度，本產業總產值將較 2010 年小幅衰退 1.32%。在未來發展方面，

雖然雲端運算的發展趨勢將促使網路營運商需要更多的資料儲存空間，但短期內的服務內容，如免費的 2~5Gb 容量網路儲存業務等，將僅帶動硬碟商機，對磁帶產品帶來的成長動能仍有限。此外，受到全球光碟片市場持續萎縮、藍光光碟片商機僅有一線大廠可分得的競爭態勢下，國內二線光碟片廠商積極尋求轉型，預期 2011 年轉型成效將逐漸發酵，且在廠商轉型成功的表現下，預期未來兩年內我國二線光碟片廠商將可能完全退出光碟片市場。

17. 量測、導航及控制設備及鐘錶製造業

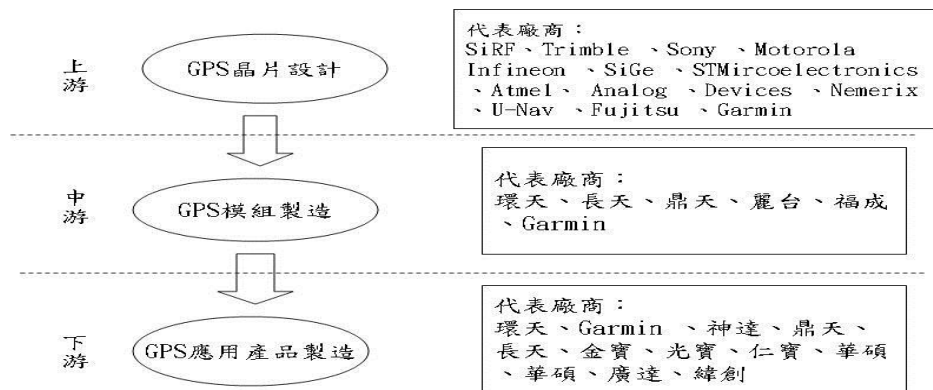
台灣從 1983 年 7 月開始施行度量衡器型式認證制度，型式認證制度為國際對法定度量衡器共通認可之管理方式。而國內量測產業的發展，除政府補助、業者積極自行開發技術外，1985 年，量測技術發展中心在前經濟部中央標準局(今標準檢驗局)與工業技術研究院的共同推動下成立，執行國家度量衡標準實驗室運作計畫，以建立、維持及傳遞國家最高量測標準，並與國際標準維持一致性。1991 年起，我國量測中心接受經濟部委託，執行「計量儀器設計與製造技術發展五年計畫」，有助於我國量測儀器設備產業技術的發展；並自 1999 年起，執行「產品及製程精密量測技術發展計畫」，以發展關鍵性及包容性儀器設計及製造技術，開發具市場性計量儀器，推動建立精密儀器產業。此外，量測中心於 1998 年獲得美國 FDA 認可，成為當時亞洲唯一的醫療器材審查機構，且於 2001 年獲得行政院衛生署公告為醫療器材優良製造規範代施查核機構，接受衛生署委託執行國內外醫療器材製造商品質系統評鑑。2000 年初期，由於本產業在國內仍處於發展階段，我國設備廠商仍無法與國外廠商競

爭，且關鍵零組件多須依賴國外大廠提供，當時本產業業者尚未突破技術及成本上的窘境，業者多仍以代工或組裝中低階產品銷售為主。2002年，我國成為國際度量衡大會(CGPM)之會員，參與簽署全球相互認可協定，與各會員國相互承認登錄於各國國家計量標準機構所核發之校正與測試報告。2003年起，受惠於產業界對量測儀器的建置日趨重視，促使儀器產業的市場規模明顯擴大，國內相關業者亦爭相進駐，包括致茂電子開發出超大型半導體測試系統，使台灣成為繼美、日等國後，可量產半導體設備國家；建曄公司開發三機一體的三次元量測儀，搶占電子業檢測儀器市場；均豪精密則開發奈米級量測儀器等皆是。

由於本產業與各種消費性電子、電機、光學、通訊、電腦等設備製造業的發展息息相關，故在各個電子產業中最新發展的新技術皆需要新式電子檢測設備來加以評斷其技術之穩定性，而2010年起軟性電子產業開始發展，舉凡可撓曲電子報紙、捲軸式顯示器、攜帶式軟性太陽能電池、大面積軟性薄膜照明、LED固態照明積分球量測系統、薄膜型超音波診療器及智慧型醫用貼布等，而最新式的軟性電子檢測設備也必須達到如何得知電子紙之類紙化的對比度、色差、白度等光學參數之檢測技巧。同時國內大力發展微奈米科技，需要超精密量測儀器來輔助製造精密零件，更促進精密量測儀器的發展。此外2011年之後，由於智慧電網的興起，關於智慧電網數位化與網路通訊技術整合，因智慧電網須投入開發智慧電表、電力監控裝置、輸/配電站之中央控制設備等相關產品，亦有助於本產業控制設備相關業者的營運。影響本產業的因素有：產業景氣、技術的提升、政府政策、產業系統與技術、匯率變動與國際法規等。其產

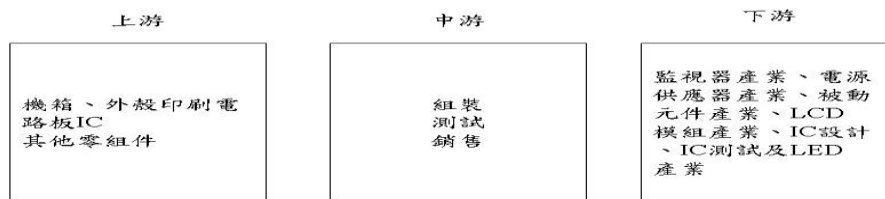
業關聯如：由於規格標準變動甚快，為求能爭取國際大廠之訂單，業者在研發量產之時，勢必將多方投入協定標準。因此，本產業之系統與技術能否適時推出及是否符合認證標準，將影響產業未來發展競爭力。再者，由於本產業產品須不斷創新與增加新功能才能與市場接軌，但部分關鍵技術仍掌握在國際大廠手上，因此新進入業者所面對的將是研發技術能力、技術人才取得與品牌的挑戰等。

在導航設備方面，受到智慧型手機熱銷和小尺寸平板電腦投入市場，加上網路圖資使用便利，使得 PND 功能性逐漸被取代，我國導航設備製造業 2011 年 1~5 月生產值為新台幣 118.89 億元，年增率為-2.54%；銷售值則為新台幣 122.55 億元，較 2010 年同期衰退 1.42%，產銷值均較 2010 年同期呈現衰退態勢。產品報價方面，受到北美和西歐主要銷售市場已趨飽和，加上第一季美元持續走貶影響，使國內 PND 銷售單價持續下滑，2011 年第一季銷售平均單價為新台幣 1,760 元，年增率-3.29%。2011 年 1~6 月我國 PND 廠商營收表現，國內大廠神達和研勤呈現衰退態勢，首季獲利表現也處於衰退態勢，但鼎天及長天 2011 年第一季獲利則呈現成長和轉虧為盈，營運表現也優於其他廠商。而在智慧型手機普和平板電腦的排擠效應下，第一線導航設備業者積極併購其他二線廠；國內 PND 業者持續轉型投入開發行車紀錄器(EDR)等商品，並將數位電視結合在 PND 的應用上。未來的發展上，由於智慧汽車概念的興起，車載導航影音設備將成為高級車款的標準配備，隨著中國車市活絡，在業者打入汽車製造供應鏈後，可望為本產業挹注新一波成長動能。相關產業關聯如圖 23 與圖 24 所示



資料來源：環天科技2008年年報。

圖 23、導航設備製造業產業關聯圖



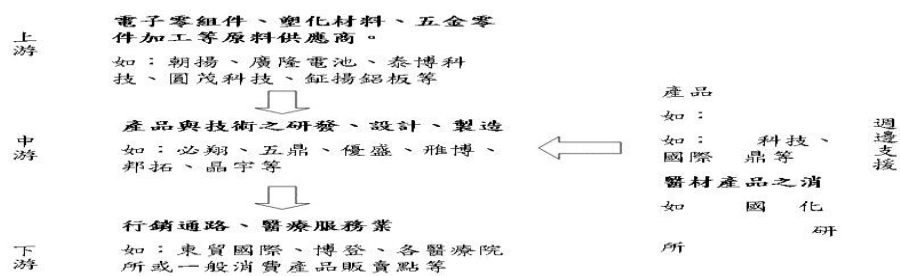
資料來源：致茂電子2008年年報。

圖 24、控制設備產業關聯圖

18. 幅射及電子學設備製造業

我國醫療器材及設備製造產業早期由少數代理商為維修各大醫療院所，開始進口所需之相關醫療器材，或進行委託加工、自行研製部分相關零件，而後逐漸發展為專業的醫療器材及設備製造廠，隨著國內電子、機械等科技進步，帶動本產業逐步發展。我國醫療器材製造業以外銷為主，過去由於國內市場規模有限，促使本產業

的業者經營模式多以承接國際品牌、通路大廠代工訂單為主，值得注意的是，近年來國內醫療器材及設備製造業的外銷比重提升有趨緩的態勢，主要是來自於國內健保給付制度的改變，醫療院所開始尋求成本較低、品質相當穩定的醫療器材，國內醫療器材廠商隨著技術日漸提升下，成為國內醫療院所採購醫療器材的另一選擇，促使內銷市場亦有進一步成長的趨勢。在國內市場需求略微提升之下，使得 2008 年以來國內醫療器材及設備製造業外銷比重未有明顯的提升。隨著內視鏡逐步成為外科手術重要的應用趨勢，顯見全球內視鏡設備市場深具發展潛力著眼於新興國家未來對於醫學影像設備的需求將大幅增加，經濟部選定三大高階醫學影像器材醫用超音波、數位 X 光機以及核磁共振造影(MRI)作為主要發展的標竿產品，鎖定高階醫學影像器材市場為主要拓展目標，以提升國內醫療器材產業的市場競爭力。其產業關聯如圖 25 所示。



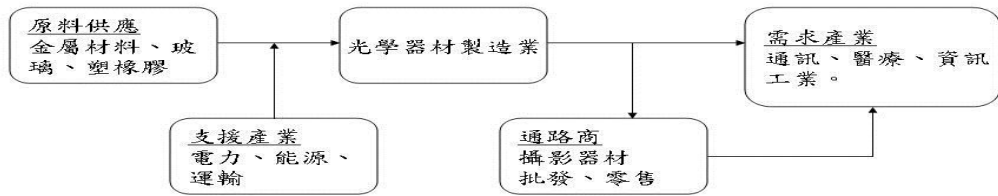
資料來源：工研院IEK-ITIS計畫，2004年

圖 25、幅射及電子醫學設備製造業產業關聯圖

19. 光學儀器及設備製造業

繼 2010 年蘋果電腦推出的 iPad 及 Samsung 推出 GalaxyTab 之後，平板電腦風潮席捲全球，吸引各家 PC 與手機大廠紛紛加入平板

電腦的市場，2011 年包括 Motorola、RIM、HTC、HP 以及國內兩大 PC 大廠 Acer、Asus 均宣布將投入平板電腦產品的開發。在 iPad 搭載雙鏡頭之下，預計雙鏡頭設計將成為平板電腦的主流。2011 年雖面對中國缺工的問題，但國內主要數位相機代工廠因新增品牌客戶，促使代工規模仍持續成長。而在光學元件方面，隨著各大品牌的智慧型手機銷售仍持續攀高，加上蘋果新一代平板電腦 iPad 的推出，都使得光學鏡頭的市場需求持續成長。在數位相機、光學元件出貨皆進一步成長下，2011 年第一季我國光學器材製造業產銷值仍呈現持續成長的態勢。再者，由於類單眼相機銷售表現相當亮眼，因此 2011 年各家廠商將持續投入類單眼市場的開發，其中 Nikon 已正式宣佈未來將積極投入類單眼相機市場的開發。此外，日本宮城大地震導致部分高階數位相機鏡頭廠的廠房受損、加上後續電力供應不穩定，使得數位單眼相機的相關零組件的供貨，將成為影響 2011 年數位單眼相機銷售的重要關鍵，而成為後續市場關注的焦點。受惠於智慧型手機、iPad 熱賣、新款遊戲機的推出，加上廠商切入主要品牌廠商供應鏈，2010 年光學元件廠商獲利表現相對表現較佳。未來隨著光學鏡頭的應用範圍逐步擴大，平板電腦、智慧型手機市場規模的持續放大，將成為帶動我國光學器材製造業的主要成長動能，估計 2011 年我國光學器材製造業景氣仍可呈現成長的態勢。其產業關聯如圖 26 所示。



資料來源：經濟部工業局、台經院產經資料庫整理，2005年。

圖 26、光學儀器產業關聯圖

(二) 電機產業

電機產業所涵蓋的範圍十分廣泛，其多為技術密集、資金密集且與民生息息相關之內需型產業。根據行政院之『中華民國行業標準分類』一書中之定義，「凡從事電力產業、通信器材、家用電器、照明設備等製造、修配之行業均屬於電機產業」。廣義來說，凡使用能做為動力機器裝置者均屬之。在國內慣於將電機產業依發電、變電、輸電、配電、用電等順序分類定義，一般皆不將通訊器材業包含在內，故我國電機產業之領域範圍包含重電設備業、電線電纜業、家用電器業、照明產業、工商用電設備業、其他電工器材業等。由於工商用電設備業及其他電工器材業涵蓋範圍較廣、產品種類繁多、故不列入探討之討論。

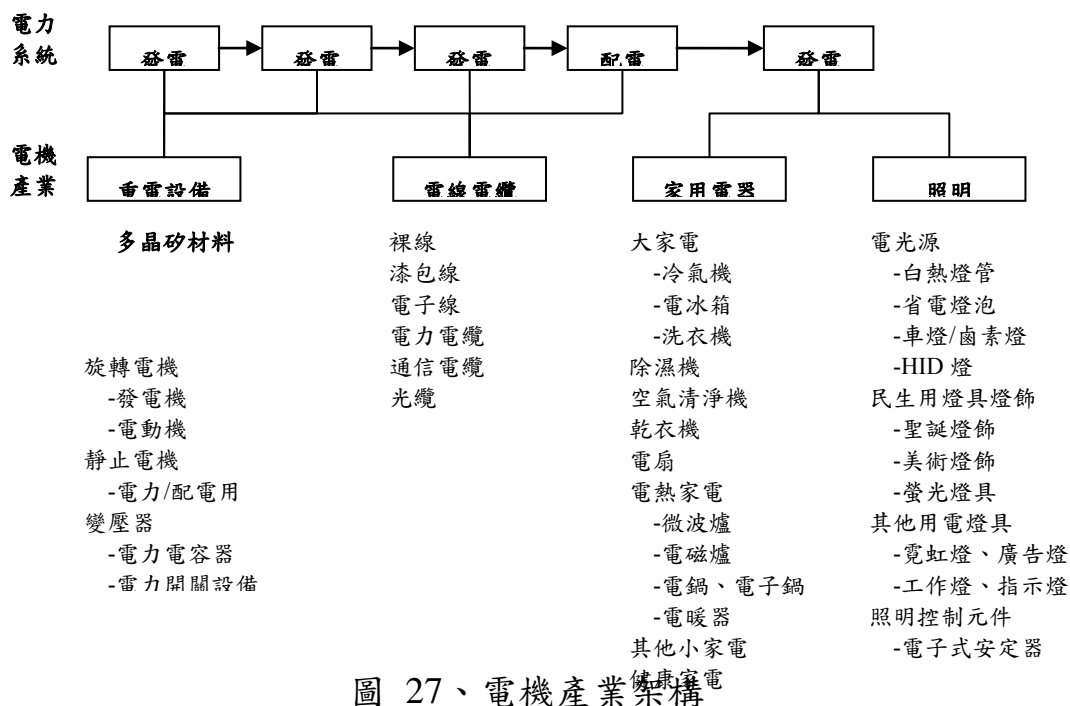


圖 27、電機產業架構

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

電機產業依屬性分類可大致歸納為兩大類，一類是具民生基礎產業屬性，另一類則是具電力電子關聯中間產品屬性；前者包括與發輸配電、用電、儲電、基礎建設息息相關的產業產品，此一特性在經濟景氣指標中係屬落後指標，景氣走勢波形會比一般營建工程為慢，約半年至一年之間；，包括工業及民生方面的用電器具中將電能轉換、電機驅動控制關鍵之中間產品特性，產業的榮枯與經濟景氣及節能、環保政策趨勢息息相關。

1. 重電產業

重電產業是指與電力系統中之發電、變電、輸電、配電及用電之相關產業。由於這些產業所生產出來之產品，其使用之電壓、電

流及容量比一般產品較高或較大，故稱「重電產業」。重電產品係利用電磁感應原理作能量之轉換及運用，產品範圍主要包括發電機、電動機(俗稱馬達)、變壓器、開關設備(含開關器、斷路器、熔絲)、配電盤及其他電力轉換裝置，整個重點產業涵蓋領域如圖 28 所示。

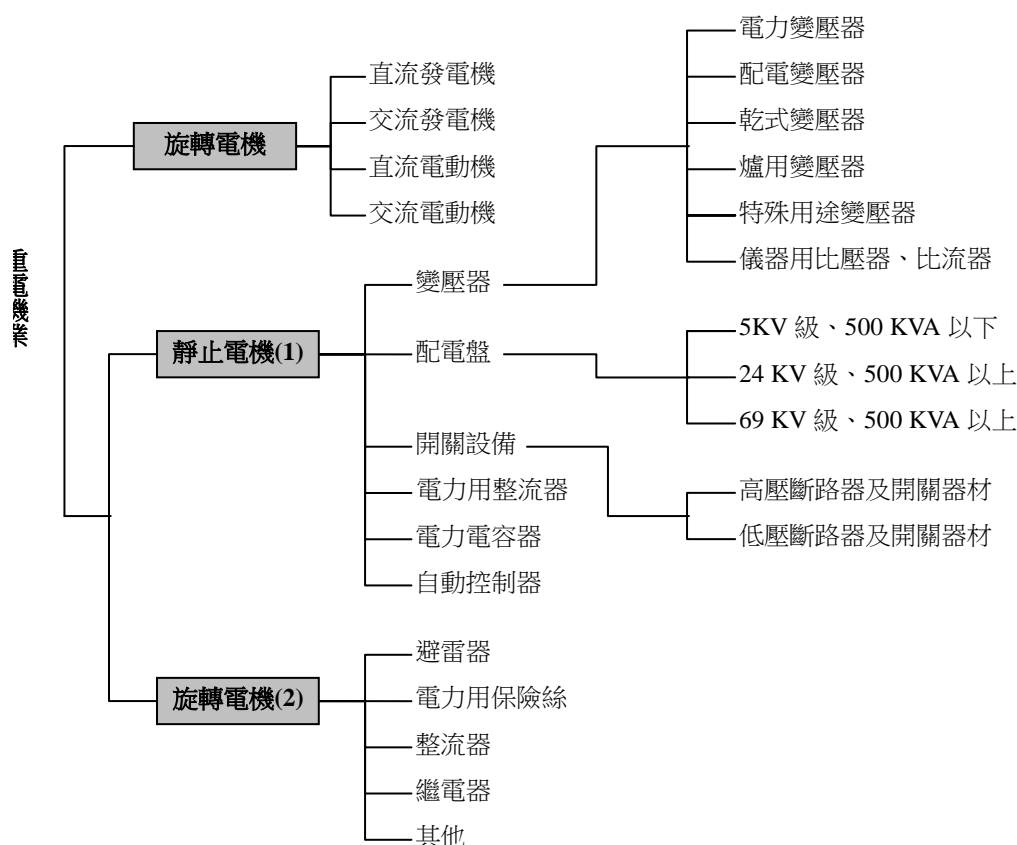


圖 28、重電設備業構成分類

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

隨著我國電力需求持續增加，加上政府推動國產化政策的支援，使得台灣原有重電產業結構已由早期簡易電機器材製造維修，發展至今日成為一全面性發輸配電器材生產製造。此外，由於國產重電產品在市場上已受到肯定，並以供應國內市場需求為主。目前我國重電產品主要行銷對象可分為三大類，第一類為台灣電力公司所使用的發輸配電用重電產品。台電是我國重電設備產業最大單一

買主，占有國內重電設備廠商營業額約 3—5 成甚至有些廠商更高達 7 成，因此台電對外採購對於國內重電產值影響相當深遠。第二類行銷對象為新建廠、擴廠及新大樓等使用發、輸配電產品。第三類行銷對象則是公共工程；由於一般公共工程必須同時建造水電等公共設施，因此公共工程易是重電設備廠商主要銷售對象之一。重電產業之關聯圖如圖 29 所示。

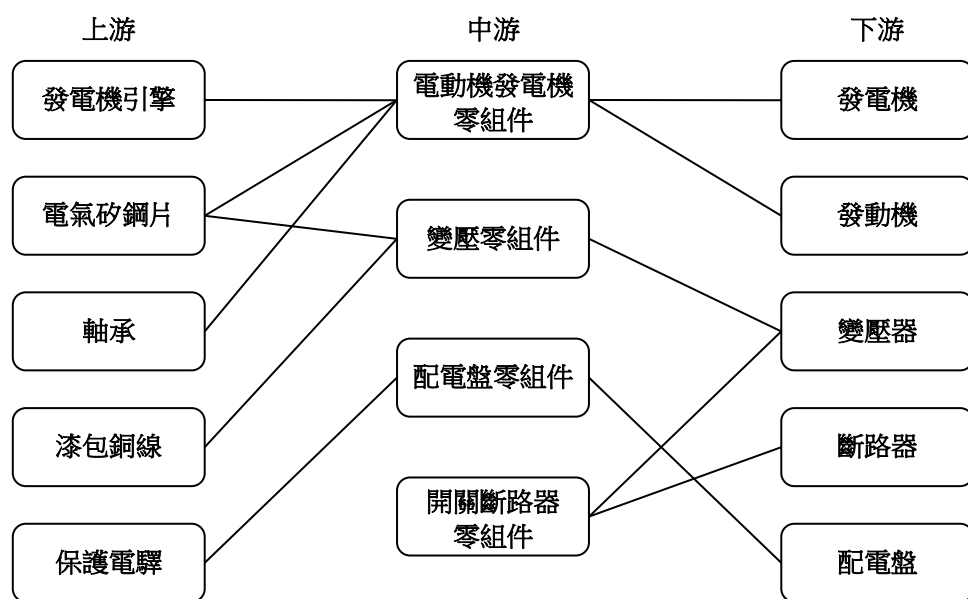


圖 29、重電產業關聯圖

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

2. 電線電纜業

電線電纜是資本且技術密集的產業，可作為電力電子、通訊及資料傳輸的傳播媒介，屬於國家基礎工業，其產業關聯性高且市場潛力大。我國電線電纜產業配合國家基礎建設發展至今已四十餘年，民國 70 年代初期由經濟部列為策略性工業項目而納入重點輔導，國內電線電纜產業在政府政策性的輔導及與國外大廠技術合作

的雙重進展下，國內產品技術水準已有大幅度的提升。隨著國內經濟的日益發展，社會環境的變遷，民眾對環保意識的體認，而對於電線電纜在使用上的安全性及可靠度要求越來越高，也就促成了我國電線電纜產業今日的發展，整個電線電纜產業涵蓋領域如圖 30 所示。

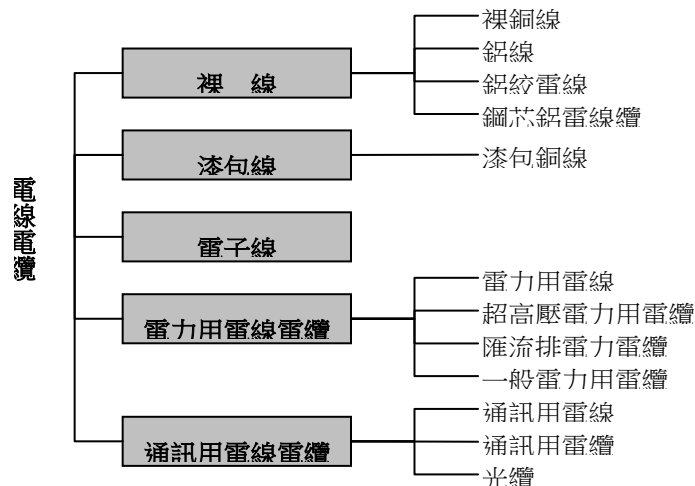


圖 30、電線電纜業構成分類

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

目前國內除了同原料必須仰賴進口外，電線電纜上中下游產業結構相當完整，國內廠商由國外進口廢銅、再生銅或純銅後加工製成裸線或裸銅，然後再製造出各式各樣的電線電纜產品，如圖 31 所示。

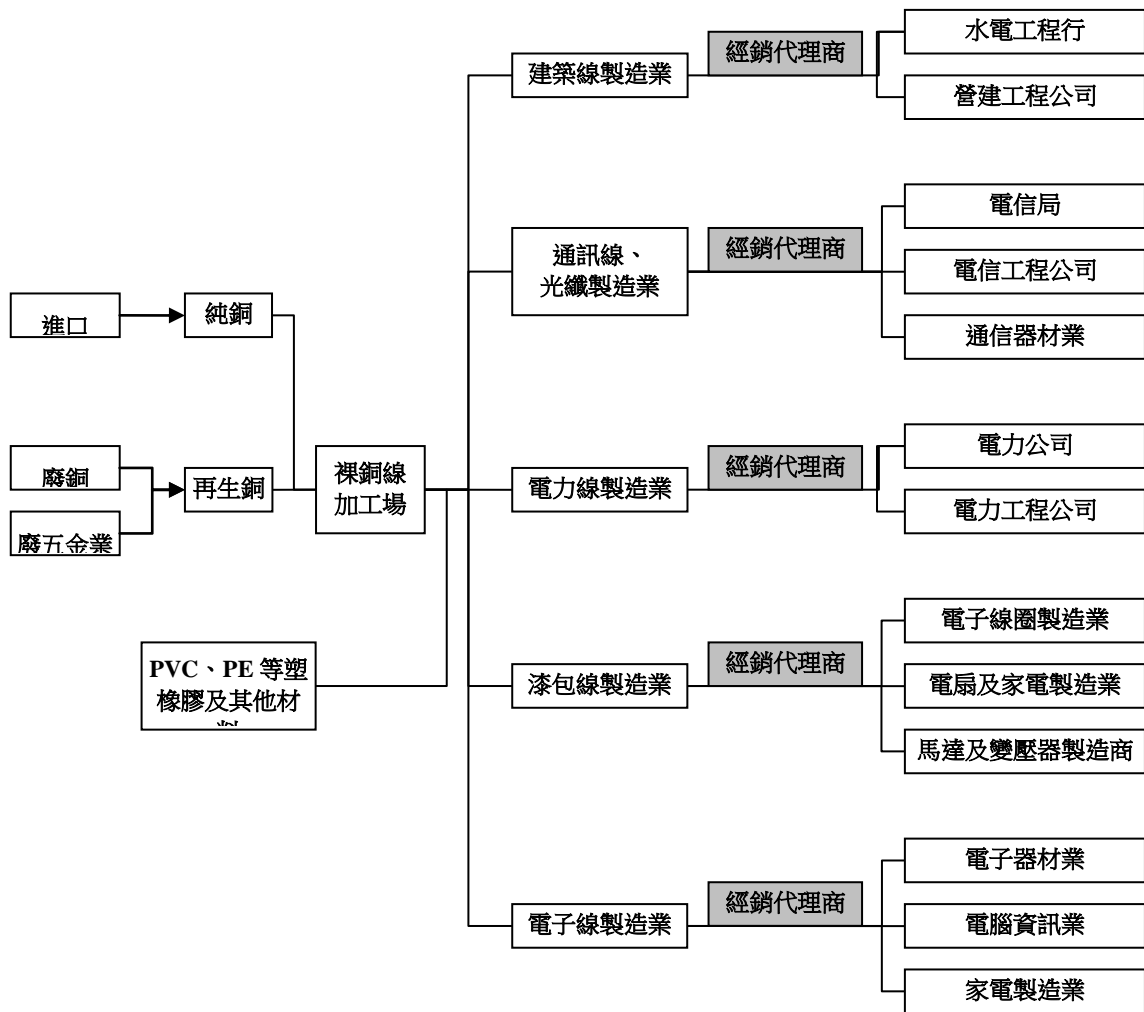


圖 31、電線電纜上中下游產業結構圖

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

3. 電池製造業

我國電池產業主要分為上游材料、電池製造、電池組裝與下游應用四大部分。上游材料中可約略分為正極材料、負極材料、黏結劑、基材、正負極板、電解質、隔離模與罐體等。在中游電池製造部分主要可以分為鎳氫電池、鎳鎘電池與鋰離子電池三大主流，皆有不少廠商投入，目前以鋰離子最受看好，投入的廠商也最多。下游電池組裝部份台灣廠商多以此類為主。在終端應用部份，3C 產品製造

是台灣廠商的強項，舉凡筆記型電腦與行動電話代工，台灣廠商皆佔有重要的地位，有助於台灣電池廠商打入終端產品供應鏈。

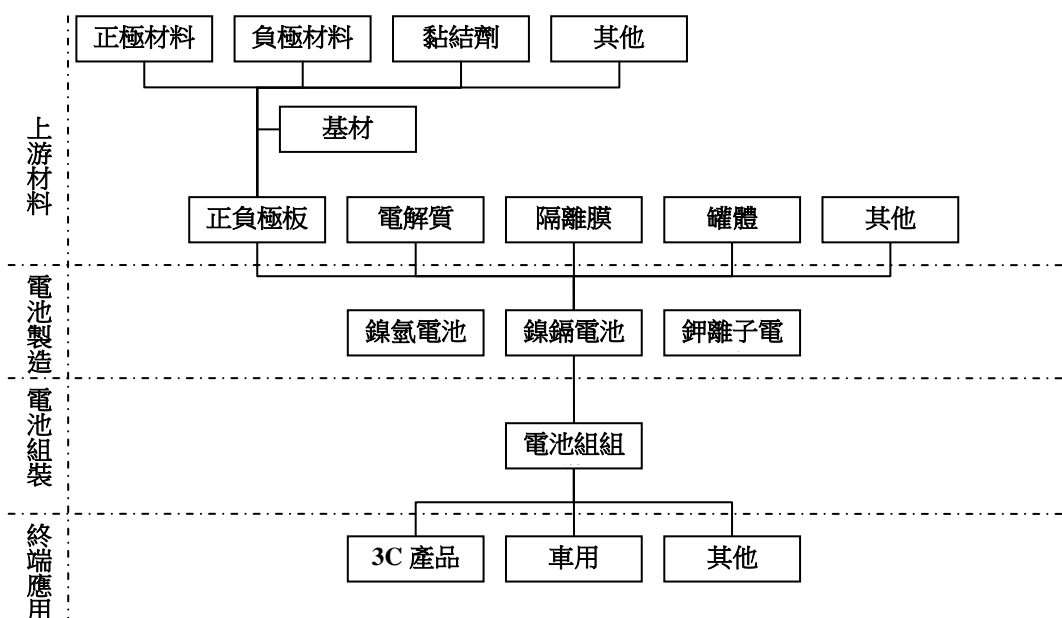


圖 32、電池產業結構

資料來源：工研院 IEK(2010/04)

4. 家用電器業

家電產品廣義定義泛指家庭用電器產品；狹義定義則是扣除資訊、通訊及視聽產品之家用電器，即包括了空調環境設備、洗衣設備、廚房調理設備、健康理容器具及其他家用電器產品。此外，一般而言，家用電器常有大小家電之分，根據經濟部工業局的定義，大家電是指冷氣機、電冰箱、洗衣機、電視機及音響等大型家用電器產品，而小家電則包括電風扇、電磁爐、刮鬍刀等項目，相關之家電產品項目如圖 33 所示。

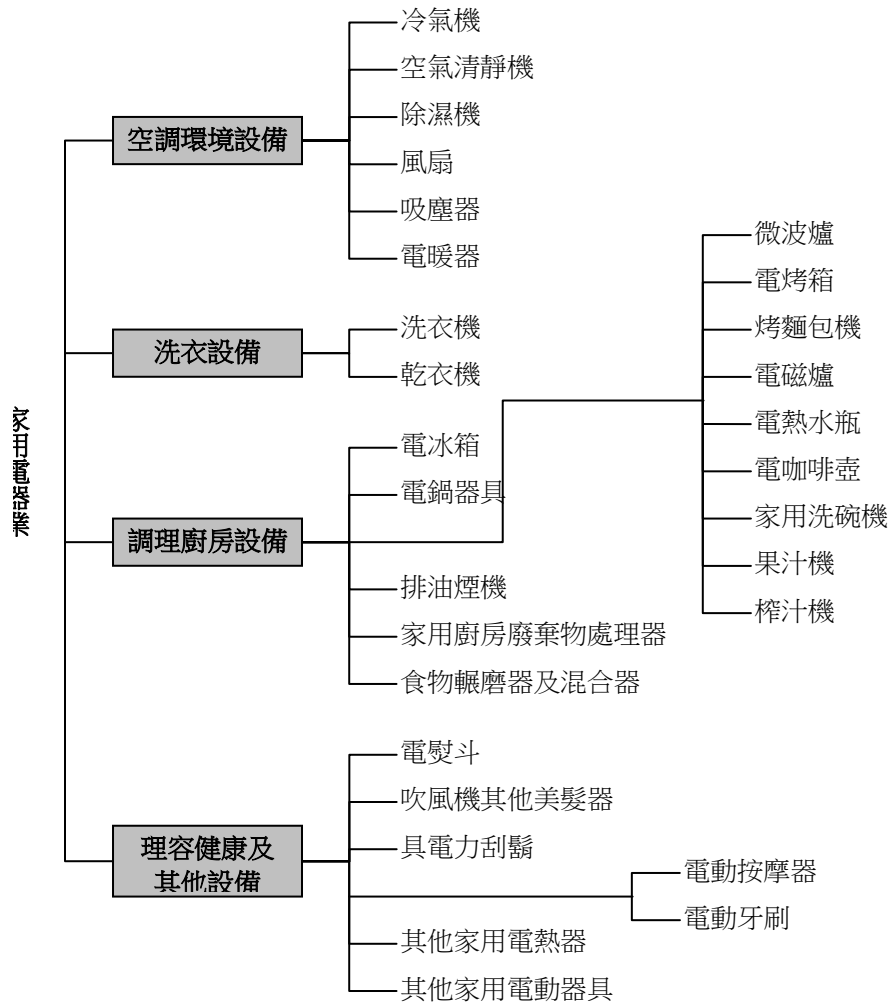


圖 33、家用電器業主要構成分類

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

家用電器產品之關鍵技術涵蓋多種電子技術，包括省能技術、環保技術、馬達控制技術、資訊網路技術(智慧家電)、及應用在電冰箱、洗衣機、冷氣機等產品之變頻技術等；各類家電產品之主要關鍵技術，如表 15 所示。各產品主要關鍵零組件之產品上中下游關聯性如圖 34-圖 36 所示。

表 15、國內家電產業經營範圍與主要關鍵技術

分類	關 鍵 技 術						
	省能 技術	環保 技術	馬達控制 技術	電元轉 換技術	資訊智 慧技術	變頻 技術	商品 技術
空調環境設備	•	•	•	•	•	•	•
洗衣設備	•	•	•	•	•	•	•
廚房調理設備	•	•	•	•	•	•	•
裡容健康設備	•	•	•	•	•	•	•

註：變頻技術主要應用產品為電冰箱、洗衣機、冷氣機，資料來源：工研院 IEK(2007/06)

上 游	中 游	下 游
1. 銅管 2. 鋁片 1. 鐵板 2. 矽鋼片 3. 微電腦零組件 4. 電線 5. 塑膠零件 6. 粉體塗料 7. 其他	1. 冷媒、壓縮機 2. 風扇馬達 3. 冷卻器 4. 恆溫器 5. 蒸發器 6. 毛細管 7. 起動器 8. 乾燥過濾器 9. 電子基板 10. 其他	空 調 電冰箱

圖 34、冷氣機及電冰箱上中下游產品關聯圖

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

上游	中游	下游
1. 塑膠 2. 鐵片 3. 銅 4. 鋁 5. 矽鋼 6. PE 線 7. 其他	1. 計時器 2. 洗衣水槽 3. 脫水槽 4. 馬達 5. 軸受組立 6. 底座 7. 電子控制基板 8. 其他	洗衣機其他

圖 35、洗衣機及電冰箱上中下游產品關聯圖

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

上游	中游	下游
1. 塑膠 2. 鐵材 3. 矽鋼 4. PE 線 5. 電線 6. 木板 7. 其他	1. 馬達 2. 定轉子 3. 葉片 4. 葉片架 5. 扇網 6. 開關 7. 定時器 8. 外殼 9. 其他	洗衣機

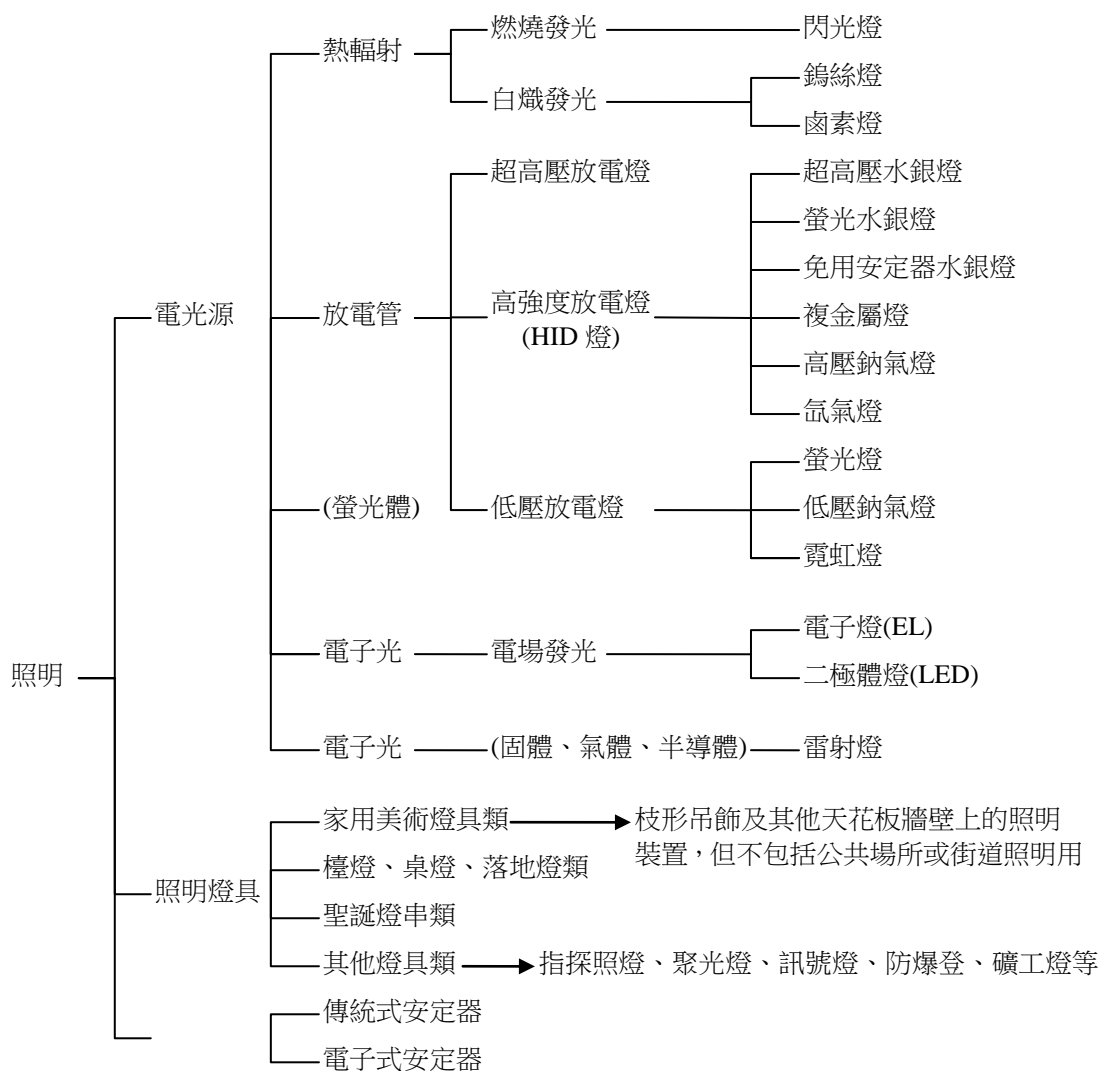
圖 36、電風扇上中下游產品關聯圖

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

5. 照明產業

根據行政院主計處所編中華民國行業標準分類之定義，凡從事電燈泡、燈管及電器照明器具等照明設備製造之行業均屬照明產業。若就其產業結構而言，大致可分為電光源與其他照明設備等兩大部分。電光源包括了電燈泡及螢光燈管；而其他照明設備則包含

各式燈具及其他特殊燈泡。照明用光源可依發光原理分為四大類(1)熱輻射、(2)放電管、(3)電子光、(4)雷射光。其中放電燈管之發光原理是由管壁上之螢光物質所產生之可視光，雷射光係利用光共振器將排列整齊之同相位光波，以強大能量發射出來的光，此處所探討之照明光源僅涵蓋熱輻射及放電管二種照明光源，另根據行政院主計處所邊詹中華民國商品標準分類定義，我國照明燈飾主要產品大致可分為以下四大類(1)家用美術燈具類、(2)檯燈/桌燈/落地燈類、(3)聖誕燈串類、(4)其他用電燈具類；而安定器方面，所謂安定器乃是一種使用於放電燈(如螢光燈、水銀燈、鈉氣燈)，且由電機電子零件所構成的點燈裝置，其主要之功用為提供高壓以啟動點亮燈管，然後在供給燈管穩定的工作電流，一般而言，將安定器再分為傳統式及電子式。由於電子式安定器具有節省能源、提升燈具效率、相同的照度基準下減少燈具安裝數量、燈管不閃爍等特點，目前為全球最熱門的節能產品，圖 37 為照明領域之分類架構圖。



註：非熱輻射之發光體可分為螢光體與磷光體兩種。含磷光體之夜光漆可保存太陽紫外線之刺激，於夜間仍能發光。

圖 37、照明產業構成分類

資料來源：工研院 IEK(2007/06)

(三) 電子電機業相關專家訪談摘要

1. 能源技術服務產業協會陳輝俊理事長

簡單來講，電子電機產業關於減碳的新知非常少，冷凍空調好

的 VOC、排氣系統及蒸汽鍋爐等，基本上都做得很成熟了。如果現在講說要更進一步的話，可能就是製成設備的提升，透過製成設備的提升運用在空調、照明及蒸汽等，非運用在非生產設備的附屬設備。

國內廠商已經做到非常好的技術，包含聯電及台積電等，如果從將來新技術的觀點來說，製成設備的耗能要訂立能源最佳化，這就是說最佳化製成效率的指標，技術也可能會出來，會讓台灣從附屬端的設備到製成端的節能技術從此站起來。講到台灣的話，我們會有一個問題，節能技術中的碳足跡或碳認證，已經獲得認可，但很多電機電子公司投入的綠建築，唯一的擔憂是用電部分之碳排放太高了。

我們現在一電度是 0.623 元，韓國是 0.4，日本是 0.41，北歐是 0.2，所以碳足跡以 life cycle 作為節能的綠建築，碳排放使電力浪費太高是唯一的隱憂，現在不用煤發電又怕碳排放太多，用核能發電卻又面臨很大的反對聲浪。

一個新技術的突破、一個新概念的發明或一個製程設備的改善，可能又是另外一條路，而法規制度的突破又是另外一條路。我舉個例子來說，大前年我去參加台日能源會議，有個日本朋友說他們已經節能到 37%，這幾年只有 5% 可以做，但未來二十年要在減到 30%，我說妳是在吹牛，他承認因為是政策法規的緣故。

另一方面，節能另一個途徑是增加新能源使用，尤其是提升能源效率，台灣學術界已經推得如火如荼，但實務界做得不多，其中一種是能源管理的效率，包含雲端控制的效率上，但能不能達到系統整合，台灣目前還是戰國時代，所以現在有點分散，動作並不一

致。

跨廠議題以後也會是非常熱門。譬如說環保署的焚化爐，焚化爐產生熱的蒸汽，用去發電的效率太差，但是用在產業的料率較高了，焚化爐的蒸汽只有 0.3 或 0.4，但用在民生的用水或游泳池可以變成 0.8 或 1.0 的蒸汽產出，所以區域性的能源整合或許很有看頭，由鄉鎮聯合起來做蒸汽的使用，運用在發電或其他方面，將會十分有可看性。在政院近期推動的能源效率提升目標，未來八年要每年提高 2%，我相信電機電子產業，包括台積電已經開始做，站在能源局的評審委員的立場，我認為他們應該可以做得好，高耗能的甚至可以做到 2-3%，經年累月參與節能競賽的，可能會越來越少，所以電機電子產業的節能用二氧化碳的目標我相信可以，但是如果用減碳來計算，涉及碳足跡的問題。我認為就很難，因為用電率高，減碳的功用就會減少，台灣的電子電機產業的節能做得甚至比國外廠商還好，但碳足跡就很難了，很難達到世界的要求，所以節能和減碳的兩者目標就差很多。節能率的平均值很難談，如果我能計算出來，我就是台灣 NO.1。中鋼和中下游的鋼鐵業，彼此是命運共同體，但電機電子產業卻是相當封閉，彼此資資訊都不公開，尤其是現在電機電子產業，除了晶圓代工、IC 封裝等，其他生產量和利潤都往下降，LCD 的量都不大，DRAM、CDR 和 DVD 也都往下降。這種情形很難去抓電機電子產業的平均值，個別產業已經很難抓了，那要抓整體電機電子產業就更難了。基本上來說，九家半導體消耗能量來看，非製成耗能大概佔了 60.6%，生產設備只佔 40.4%，這部份先讓妳瞭解一下。夏季可以減少 5%，冬季可以減少 12%，這些數據可以說明一下半導體產業節能的平均值。電子電機產業中

的 DRAM 很慘，TFT 也開始下滑，DVD 也是一樣，都外移了，我之前做的廠都已經收掉。

二氧化碳的問題，不是單一產業的問題，是國家電價結構的問題，因為台電的電價太低了，大家都在浪費。你們台經院找我合作的項目，我就去做產業類別的分析，預估電價提高以後，第一類的產業別哪些會消失，第二類的產業會要死不活，第三的產業就是這些產業需要政府的補助，第四類就是受害布大的產業，分門別類將台灣分成四個產業類別，只政府的配套有個方向感。

從電子電機產業來看，映像管的產業可能不會回來，尤其韓國廠商一直以低價打台灣，IC 封裝及 TFT 狀況都不好。我過去也是希望說把過去電子電機產業的耗能用這個圖表來表示，現在我們推動 ESCO 的技術，希望可以幫助製成技術的節能改善。至於熱能，以後也是跑不掉的趨勢，我擔任評審的時候，熱能比都小於 1，熱能加進來也是很好。我預測台灣的電子電機產業會和日本一樣，受到大陸和印度的挑戰，一直在外移，除非有創新的製成技術可以持續增強，國內大廠擴廠的機會不大。

2. 晶元光電股份有限公司林敬哲資深工程師

LED 產業在做修正非常快，一季產線上就會有新的突破，可以三個月的時間，就有一個新技術的開發出來。延伸的就是，他會有一些新的貴金屬或新的一些化學品使用這部份來講，會衝擊到我們現有的技術有沒有辦法去處理，符合我們法規的污染性防治。第二個突然間，廠務要評估完成供應給他，其實這很恐怖，每三個新的技術就出來，如果沒有新的應用的話，其實他的利潤是降低。LED

來講，應該就這幾年我們在參予一些不管是台南科學園區或新竹科學園區，或者是工研院辦的一些節能的會議上，我們見到一些能源上的問題，那在 LED 看起來，我們算是我們產品的一個耗電量。相較於 LED 同產業來講，可能是他們的十分之一。

其實很多 LED 產業裡面，也不會有一些廠注重公共安全設備，一些設施，那我相信這也會增加一些能耗的部份，那其實我覺得晶電在節能減碳上的部份，最主要是來自於 2008 那個金融風暴影響，而李總那時也下了一個決定，他說能耗這個部份，對於我們產業是一個最大影響。那對於我們最大的問題是不斷的降價，產品不斷降價，這不斷降價的情況下，一定要去降低成本，不管是原物料的成本，還是一個廠的水電的費用。

以往我們在做節能的部份，回收都要在三年內。我們評估一些節能案都是五年。其實做節能的部份，做三個區塊，我們也才剛完成第一個區塊，最主要就是能耗的整合。相對於老廠跟新廠之間，基本上都差了快七年，在一些廠務設備的技術上。一個廠比較耗能的就是轉動設備，如冰水主機跟空壓設備。舊廠用螺旋式編機，新廠是用離心式編機，能源效率差了快三成有，我們把老舊的廠完全由新廠去做供應。比如說，這個舊廠，他的冰水主機是很耗能的，那我們就把它停掉，由新廠這邊供應過來，因為做節能會遇到一個問題是廠商時常會遇到不可能把廠房停下來換上一個設備，這會讓我一個月以上沒有辦法生產。改善的過程，或多或少都會影響生產，那會減少生產是很多企業主不願意去推動的原因之一。2009 年的時候，我們產能的生產成長一倍的產能，但我們董事長跟總經理就跟每一個生產單位的主管，我們在成長一倍的產能的情況下，我們的

電費沒有成長。三年過去，我們現況在前三年來講，我們的節電的效率在 15% 左右。

第二個區塊，我們要做的就是生產單位的整合，也就是產線跟生產單位溝通，他的生產站別的設備，這設備我們要去定義多少需求，去定義多少排氣與耗電。在待機的情況下，有多少馬達是不需要運轉的，可不可以我們在去跟設備的廠商做溝通，修改程式，把馬達關閉，或者他不需要用到這麼多的水，只是為了產品的良率訂的很高，是不是可以下降可以減少耗水量，那這部份是我們第二階段要去執行。我們希望去檢討我們設備是不是高耗能，這一塊已經完成，那我們廠務每年節能率一定做 5%，那第二個產線部分每年是 3%。第三階段的話，我們要把我們的廠房的全部拉到我們的監控設備做到一個自動化的管控，我們今年裝了 20 顆電表在做管控。

台灣的 LED 在於 LED 與照明產業的整合尚未發展出來，因此成長目前有限，但照明這塊規格沒有定義一個標準規格出來。在市面上可以看到奇奇怪怪的規格，沒有很統一的規格，甚至像國際性的標準規格。我覺得台灣 LED 在台灣產業的總營收可能比例性不是很大，但是真的是一個影響未來性的產業。遲未發展的原因有兩個，有一些奇奇怪怪小型的封裝廠，就是把 LED 封一封，賣檯燈或是水族箱的燈，讓消費者覺得很刺眼、很不舒服，就對 LED 產品很沒有信心。那第二個原因是，他可能去用了一些大陸 LED 廠做的 LED，那根本品質就不好。當 LED 無法展現一個壽命的時候，那對 LED 的產品就是一個損失了。我們自己是預估 2012 會有真正的照明，因為晶電是每年蓋一個廠，在大陸地區。台灣來講的話，台灣不蓋廠，台灣新年底會新蓋一個廠在竹科，後面不太會蓋，會透過合併其他

公司來快速地提高公司產能。真的沒有辦法決定獲利是客戶，所以希望透過節能的方式，去降低每單位的成本。

3. 製造業節能減碳服務團馬勝雄資深經理

假設到 2050 年的時候，情境控制在 2 度 C 之內，CO₂ 的濃度控制在 480PPM 裡面，這樣的話，我們需要全世界降低 480 億噸 CO₂，其中裡面有 48% 是能源效率提升。那另外有接近 17% 可以用 CCS，但是畢竟這個封存成本相當高，一般氣體產生 CO₂，一般在氣體體系太大，以那個電廠出來，他體系只有 15%-17% 是 CO₂，所以他還有其他氣體，所以你一定要分離、濃縮，那這成本相當高，那這個 potential 可以解決的問題很大。提升效率，一般我們會針對比較容易切入的 utility。公共設施包括電，他的用電狀況，它裡面也有用到壓縮空氣，另外，他們也可以用到蒸氣去做熱傳。電、壓空、蒸氣再來就是空調，未來我們有些會針對製程面來做改善，製程面作改善，量比較大。製程上面，或許你也有可能定義新的技術像 CCS，你光捕捉的技術就很多，不管是物理性捕捉、化學性、生物性的捕捉，這裡面很多這種技術。以製程來講，有新技術在裡面，應該就會有提升能源效率。另一方面，只要產能利用率做到滿載，能源效率將達到最高。所以說工廠要做節能減碳，產能滿載最容易。就節能減碳的新技術來說，傳統產業可以透過某部分小改，或是更改幾個部分，可是，像半導體廠、TFT LCD 等，就是整個製程去改，而無法如同傳統產業般一部分一部分的改。

以台積電為例，幾十奈米或多少奈米，就純粹一種技術提升，通常是針對他們技術、他們產量，良率越高，產量越高，單位成本

就會降低，以前也不會在過程中評估使用污染物質的問題，現在大家會去評估。因為這種溫室氣體，除了 CO2，還有很多其他的氣體。他們就會去評估就是有些比較清潔的清潔器，以前不會思考，現在會慢慢思考。

假設到 2020 年要回到 2005 年的水準，搭配經濟成長，到 2005 年的水準是 2.57 億噸。那都沒有改善，到時候 2020 年會到 4 億六千七百萬噸，還有要減量這麼大。現在服務團的作法，從他一些效率提升去作，那這些再生能源，能源局有在推一些專案，像離岸風力發電，或是什麼都有，那原本會思考說核能，特別因為今年(福島核災)，所以以核能發電將會較難做調整，每年都會調整，但差不多是在能源使用上。

電子業的排碳量是要看電子廠，愈上游的製程，例如：一般半導體、光電產業等，他們的 CO2 排放量會比較大。未來一些溫減法，第一波會被管制的應該是排放七萬噸以上的廠，但一般的組裝廠或系統廠，就我所知應該沒有這麼大，所以被管制到很有限，被管制到是半導體廠，針對此情況，半導體協會與光電協會有一個 TTLA，很早就因這些問題了，一般系統廠或是 component 頂多一兩萬噸。但是他們協會裡面，就會有一些制入性減量，有一些要求，協會去要求制量性檢驗的會員，每年要達到什麼東西。環保署針對減碳的問題有兩個作法，一是先期減量，一是抵換專案，兩案廠商只能擇其一，前者是溫減法公布前廠商所減的量，後者則是以專案為單位，例如：廠商改善照明可以節省多少碳，兩者都可以在環保署開一個帳戶，將所減的量存在裡面，之後可以用來交易或是供以後使用。限制排放量，實施的困難點在於說，以現在來講就是沒有法

源依據，沒有法令的要求。所以就說你一定要一些配套措施或是誘因，有一些獎勵，廠商才有比較有可能去推這些東西。那當然未來有法源，像實施溫減法後，超過排放量後，就有法源依據可以處罰廠商。

關於節能率方面，電子電機業的節能率差異很大，只要把算法與基準講清楚就可以。電子電機業應要轉型為一些高附加價值的產業，這樣產能的增加就可以跟 CO2 成長脫鉤，就是說慢慢朝向一些高附加價值低碳產業，朝向那個方向邁進，但是我們這邊製造代工為主，要減量還是會有他的困難。

當景氣持續回溫時，電、油、火力的需求會持續增加，那核能不太可能會再增加。行政院政府都講說要演繹，按時間處理核能會減少，因為核能造成衝擊超過我們實用，包括德國或是歐洲一些國家，以前核能都是六七成或以上，現在都思考要不要把他停下來，台灣以後比較主要會需求電最多，其中一定還是燒煤需求最大，煤還是最基本的。因為裡面還是有一些機載跟電動負載，機載一定是用煤的，民營用天然氣的。未來我國政府會增加再生能源。

目前電子電機業幾乎沒有擴張，加上現在建廠，環評要通過，有時環評沒過，就可能導致建廠變慢，可是大體來說，很多廠商都沒有擴廠的想法。

4. 經濟部能源局韋潤生科長

電子電機業以用電為主，其餘的能源消費佔比都不多，可是在使用能源平衡表部門分類時，要特別注意的是我們的資料都是台電給的，當初廠商去申請電錶填入何種產業，若廠商無去更動，即到

現在都是當初所填的產業，再者，現在有許多廠商都跨領域經營，但是，能源平衡表中的產業別，是無法反映此一現象的，所以在使用時，是有其限制的。

5. 日月光吳小姐

目前我們節能都是自己做的，三年內，平均每年 5%，在業界來講算是高的。主要是在空壓、空調、冰水主機與照明，還有一些汰舊換新的設備。目前也有在做整併的工作，例如以大系統供應小系統，以做最佳化能源效率的使用。目前新建的廠房，不論是台灣或是大陸的，都有在從事綠建築的設計，雖然花費較高，可是，我們看的是長遠的趨勢。在節能設備投資上，我們是計算單一投資的設備的 ROI、回收年限，雖然節能使得設備支出成本增加，可是這是未來的趨勢，是一定要做的。

關於政府將來要課徵碳稅的議題上，應考量企業產能產量的擴充，如果按照企業所排放的總排放量來課徵，可能會影響企業的投資意願，所以，應該是以排放強度的概念，例如我一單位產品的碳排放是較之前為低，這樣就是有做到節能減碳的效果。

三、 能源需求預測文獻整理

(一) 研究單位及政府機構能源預測模型

能源需求預測模型之建立在國內外皆相當受到重視，不論是各國政府、研究機構或是學者對於此議題都有十分深入的成果。在國際研究機構方面比較權威和有代表性的是國際能源署(International Energy Agency, IEA)和美國能源部(Energy Information Administration, EIA)，它們擁有各自獨立的資料庫和預測模型系統，每年更新和發佈最新預測結果。

EIA於1985年構建了全球能源預測模型(World Energy Projection System, WEPS)來對全球能源進行中期至長期走勢的預測，自1986年起每年出版《國際能源展望》(International Energy Outlook)發佈當年預測結果。在1985-1989年期間的預測範圍僅限於實行市場經濟體制的國家和地區；自1990年起，其預測範圍才真正擴展到全球幾乎所有的國家和地區。2008年，EIA在原有模型的基礎上建構了最新的WEPS+模型系統。2010年《國際能源展望》中的WEPS+能源模型系統從原有的12組模型又另外增加了一組區域暖氣模型(District Heat Model)；雖然內含13個分開各自估計預測的能源模型，但是由於皆是使用相同的資料庫來源以及良好完善的定義與設計，使得這13個能源模型能夠相互資訊交流進而建構統整為WEPS+模型系統。至於IEA則是自1993年起透過全球能源預測模型體系(The World Energy Model, WEM)來進行中期至長期的能源計畫，透過該模型的參考情境模擬可以了解不同行業與區域的能源市場運作方式。該模型由終端能源需求、電力供應、精煉油生產和加工、石

化能源供應、二氧化碳排放以及能源投資六個主要的模組所構成。WEM 模型需要投入大量的歷史經濟資料以及能源變數，這些資料大多數來源都是來自 IEA 資料庫，同時也採用部分外部資料來源。至 2010 年第 14 版的模型中已經涵蓋了將近 16,000 條方程式，以及 24 個地區的預測推估。

IEA 和 EIA 能源綜合預測模型系統具有以下主要特點：(1) 兩者皆以地區與典型國家為基本的預測單位，相較之下 IEA 的預測區域劃分更細、更多；(2) 皆以終端能源消費預測為預測的基本方法，以區域預測的結果加總得出全球能源需求預測的最終結論；(3) 兩個預測系統涵蓋的內容全面且具體，除了包括能源需求預測之外，亦包含了能源供應、能源環境、能源生產等相關領域的預測模組。結果依地區、部門、品種劃分列出了一次能源消費量和終端能源消費量的預測。

表 16 列出 IEA 及 EIA 兩套預測系統的簡單比較：

表 16、IEA 及 EIA 兩套預測系統比較

	IEA	EIA
模型名稱	The World Energy Model	World Energy Projections Plus
啟用時間	1993 年	1985 年
預測期限	中期至長期（30 年）預測	中期至長期 25 年）預測
預測區域劃分	包括全球 21 個國家和地區，依據地域劃分國家群體	包括全球 16 個國家和地區，依據地域劃分國家群體
預測基本方法	終端部門能源消費的綜合區域能源消費預測	終端能源消費預測
數據來源	IEA 資料庫	EIA 資料庫
預測系統構成	由終端能源需求、電力供應、精煉油生產和加工、石化能源供應、二氧化碳排放以及能源投資等六模組組成	以 WEPS+ 為核心模型，輔以 SAGE/GEM 作為電力預測；Generate World Oil Balance Model 進行石油製品預測
主要功能	全球能源預測 能源利用對環境的影響	全球能源預測 石油價格預測和分析

	能源政策和科技進步的影響 能源投資分析	二氧化碳排放量的預測分析
預測結果輸出	在各種情境下，分行業、地區、品種輸出終端和一次能源需求結構	分行業、地區、品種輸出終端和一次能源需求結構
其他	考慮到影響未來能源需求的諸多可能因素之影響，採用情境分析的方式，設定不同情境對全球能源進行預測分析，核心預測為參考情境下得出的預測結果	採用情境分析的方式，設定不同情境對全球能源進行預測分析，核心預測為參考情境下得出的預測結果

資料來源：本研究整理

除了 EIA 與 IEA 之外，歐盟統計局和石油輸出國組織都根據自身的需要研究出了以模型為基礎的量化分析方法。模型涵蓋了能源生產和供應、能源加工與轉換、能源消費與需求等的典型的中長期能源預測模型。分地區、分行業，綜合考慮經濟社會發展、能源替代彈性、負荷曲線等要素。該類模型既可作為能源展望的情景預測分析方法，也可作為政策模擬分析手段，以及能源規劃、能源戰略制定、能源投資決策、能源政策模擬、環境與氣候變化分析的有效工具。

在亞洲地區的專門研究方面，APEREC(Asia-Pacific Energy Research Centre)於 1996 年開始針對 APEC 會員國能源預測的研究計劃。APEREC 為 APEC 下之研究組織，該計畫是以簡便之時間序列方法為預測模型。該模型先將一經濟體分作各個部門，再依不同部門之屬性與資料進行時間序列分析；其主要的解釋變數包括：產業生產量、能源價格、前期能源消費量，並採用情境分析模擬不同情況下之能源供需結果(廖惠珠，1998)。後續 APEREC 持續出版有關 APEC 各會員國能源供需展望之研究報告。

EnFore(Energy Forecasting System)是由我國經濟部能源委員會與中華經濟研究共同研發完成之預測系統，可提供我國能源供需、二氧化碳排放預測及展望(巫和懋等，2002；林建甫等，2003；柏雲昌等，2004)。柏雲昌(2004)利用此一預測系統進行 2004 年台灣地區能源供需之預測，研究指出 EnFore 系統依據最終能源需求預測結果，配合追求成本最小化的多期線性規劃法，及能源相關政策考量下，可進行能源總需要之長期規劃。根據該研究結果，顯示 2004 年我國能源總需求達 115,080 千公秉油當量，其中煤炭占 35.8%、原油產品占 42.2%。

至於我國經濟部能源局針對民國 99~108 年所進行的我國電源長期負載及電源開發規劃報告的預測模型則採用動態迴歸分析方法，結合計量迴歸分析與時間序列分析方法，針對殘差進行處理，並多方納入外生預測變數的探討以增進預測績效。模型內相關的變數包含了經濟成長、產業結構、人口成長、氣溫、電價、需求面管理以及大型開發案或規劃案七大面向，並針對產業結構以及電價給定假設條件（政府重大投資案投資期程為 TaiSEND 研究團隊參照政府推動政策相關資料假設各項計畫陸續於 2010 至 2020 年之間展開，2021 年之後則維持 2020 年投資水準，故模型模擬情境皆按其假設期程分年進行投資與生產。電價變數假設民國 99 年與 100 年不調漲，未來則假設實質電燈與電力電價每年均成長 1%）。預測未來全國發電能源在優先開發再生能源、配合天然氣使用目標及經濟調度等前提下，推估煤炭耗用量將由 99 年的 4,485 萬公噸逐年緩升至 108 年的 5,655 萬公噸；燃料油耗用量由 99 年的 220 萬公秉降至 108 年的 210 萬公秉；輕柴油由 99 年的 5 萬公秉逐年小幅增加至

108 年的 7 萬公秉；核能發電之耗用量則由 99 年 248 萬磅逐步增加至 108 年的 373 萬磅；天然氣則由 99 年的 821 萬公噸逐年成長至 108 年的 1,173 萬公噸。

(二) 國內能源預測文獻整理

有關我國早期能源供需預測的有梁啟源(1987)與于宗先等(1988)透過經濟增長的 KLEM 模型—以資本 (K)、勞動 (L)、能源 (E) 和材料 (M) 等利用能源與勞動對原材料投入生產過程的要素所建構的函數來進行預測分析。羅紀瓊(1983)、薛立敏(1985)及梁明義(1988)則是透過台灣家計單位的電力需求估計後再加總為最終需求模型進行預測。90 年代後陸續有學者透過時間序列分析法來建立能源需求模型。

吳榮華與陳家榮(1995)針對台灣地區鋼鐵與石化產業之能源消費進行 KLEM I-O 的實證研究，分別從產出效果、要素替代效果與技術進步效果等面向，探討各效果影響能源消費的幅度。該研究結果發現鋼鐵產業在產出效果方面，能源消費增加主要是國內需求擴充所致，反觀石化業方面則是受到出口之成長影響較大；替代效果方面，該研究發現自 1984 年之後，中間投入進口替代效果對於能源密集產業包括鋼鐵與石化產業的能源消費減量具有正面的貢獻。

周鳳瑛等(1998)採用我國煤、油、氣、電四大類能源消費量、GDP、工業生產指數以及能源價格指數等資料，先以指數平滑法預測最終能源需求的長期需求，再建構多變量向量自我迴歸(VAR)模型進行能源消費的情境分析(即所謂的政策模擬)。情境模擬結果發現，經濟成長率的變動、總工業生產結構調整都會造成煤與其他三類能

源之間需求的替代效果，煤的需求成長將減緩，而油品的增加最為明顯，電力的需求則較為穩定。天然氣的需求在產業調整初期影響最大，之後隨著能源使用的替代效果將漸趨平緩。能源價格的調漲對各能源需求的影響都相當明顯，尤其是油品與電力的需求。

Yang (2000)主要利用 1954 年至 1997 年的資料檢驗台灣各類能源消費與 GDP 的因果關係，其中發現台灣整體能源消費與 GDP 呈現雙向的因果關係。Oh 和 Lee (2004)則是以 1970 年至 1999 年之間韓國為例，探討能源消費與 GDP 之間的因果關係，其中發現長期之下，能源消費與 GDP 呈現雙向的因果關係，但是短期之下，卻呈現單向的因果關係。因此，從上述可發現長、短期之下與不同國家別，能源使用與經濟發展的因果關係並非全然相同。

許哲強、賴正文(2001)利用類神經網路模式，建立我國長期電力需求之預測模型。該研究以 1981-1996 年為建模時期，1997-1999 年為事後預測時期，並以 2000-2016 年為事前預測時期。根據事後預測結果，該模式在 1997-1999 年的 RMSE 僅有 1.35%，顯示其預測能力良好。而在事前預測(2000-2016 年)的部分，每年成長率為 4.67%、且根據預測結果所求算未來之電力需求彈性係數值約為 0.99。在區域電力需求預測方面，北部地區每年成長率為 4.93%；中部地區每年成長率為 4.56%；南部地區每年成長率為 4.89%；東部地區每年成長率為 4.18%。

Hsu and Chen (2003)透過台灣 1985-1998 年的電力需求為基礎進行事後比較推估台灣 1999-2000 年的電力需求，比較灰色理論、修正後灰色理論、ARIMA 三者的預測能力。結果發現修正後的灰色理論誤差最小、ARIMA 次之，灰色理論最差。

Lee 和 Chang (2005)利用 1954 年至 2003 年的資料，加入結構變動(Structural Break)探討台灣各項能源消費如：煤、油、天然氣以及電力與經濟成長的關係，其分析發現，在天然氣消費序列在考慮 1960 年結構變動之下，單根檢定結果顯示，若台灣採取擴張性出口貿易政策，該序列呈現穩態情況。其研究亦發現，各分項的能源消費與 GDP 皆存在不同的因果關係，以及發現能源消費與 GDP 之間共整合關係呈現不穩定的情況，其中原因可能是受到一些經濟事件的影響而造成該情況。因此，若是進一步要對於能源消費需求作預測，能源消費與經濟發展變數的 Granger 因果關係必須加以考量，以及對於其他經濟事件的影響因素如各產業特徵、政府政策、國際經濟情勢…等因素須加以納入考量。

許哲強、劉春初(2007)特別針對運輸部門能源需求進行預測系統之建立。根據研究所建構台灣運輸部門能源需求預測分析系統、計量經濟模式以及灰色預測系統預測結果發現：該研究所建構之需求預測分析系統與計量經濟模式事後預測與事前預測所得之結果相當接近，而灰色預測方法所得之事後預測與事前預測結果則明顯較前兩者偏高許多。而根據該研究預測結果顯示民國 100 年台灣運輸部門能源需求將達 18,850 千公秉油當量；以 95 年為基期每年成長率約為 2.6%。

戴維德與余政達(2007)利用 LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System)能源模擬軟體，針對台灣工業部門中，耗能產業如：鋼鐵與石化業的能源消費進行分析探討，除了了解歷年影響國內工業部門能源使用之主要因素外，並進行 2000 年至 2020 年的節能潛力評估。該研究發現，在鋼鐵業未來能源預測，透過 BAU

情境假設結果為 2004 年至 2020 年鋼鐵業的能源使用量持平維持不變，但若是透過 P&M 情境設定，第一階段 2006 年至 2010 年共可節約 190,630 KLOE，第二階段 2011 年至 2020 年共可節約 182,720 KLOE。

畢威寧、劉亮成(2007)以灰預測模型嘗試建構台灣地區電力需求預測模型的事後驗證研究，該模型預測結果與經濟部能源局發布之資料進行比對，以確認其準確性。在與官方發布之 2001-2005 年的實際電力消耗資料進行驗證時發現精準度相當高，誤差多維持在 2% 以內，因而提供電力需求預測之另一種選擇。

邢治宇(2008)則以台灣 1986-2006 年能源消費總量為原始數據，建立迴歸預測模式，並將其結果與灰色系統理論中的 GM(1, 1)四個影子模式的預測結果相互比較。研究顯示預測模式 MAPE 值小於 10 為具極佳預測能力，由於灰色理論 GM(1, 1)模式不需太多歷史資料即可進行預測推估，且其結果精確度亦可有極佳的表現，因而證明運用灰色 GM(1, 1)預測可以替代迴歸模式預測方法。

(三) 國外能源預測文獻整理

Das 和 Kandpal(1998)指出相對於其他產業來說，鋼鐵製造業屬於高度能源密集產業，若能進一步有效運用能源使用，對於二氧化碳減排將會有顯著的貢獻，該文章首先主要利用迴歸方法分析印度的能源需求，以及利用線性動態規劃(Linear Dynamic Programming)方法首先推導出產業能源需求函數，並利用兩種不同的情境分析法(Scenario Analysis):BAU 情境與高度成長情境，分別估計與預測 1996 年至 2021 年印度鋼鐵業的鋼鐵需求與所需能源需求。其結果發現若

是經濟成長率為 5.7%與 6.1%時，在 30 年之間整體鋼鐵需求分別以 6%與 6.4%成長，而在兩種情境分析之下，相對於 1992 年平均每人每年的鋼鐵消費是 17 公斤，在 2021 年時則為 64 與 72 公斤。至於能源需求方面，發現從 2017 年至 2021 年之間相較於 1992 年的 160 MM Gcal(1Gcal=106kcal)，在 BAU 情境與高度成長情境分析之下，每年鋼鐵業的能源需求分別為 646 以及 757 MM Gcal。另外，在每年二氧化碳減排上，根據情境分析發現，減排範圍將在 207 至 240MM mt，若是進一步採取低碳的生產技術，則在 2017 年至 2021 年之間每年將會減少 41 MM mt 二氧化碳排放，而成本方面將會是每一 mt 單位 11 塊美金。

Horn (1999)則是利用由上而下(top-down)的情境分析法分析烏克蘭 2010 的能源需求，第一種情境分析法主要是將每個部門的 GDP 成長、能源消費的所得彈性、能源消費的價格彈性以及其他影響技術進步的效果納入假設。第二種情境分析法，主要是若將特定能源消費發展假設與東德相同之下，進行情境分析以及跨國比較。其情境分析結果發現，即使有較高的經濟成長，烏克蘭直到 2010 年的能源消費量將會低於 1995 年的水準。另外，烏克蘭每人平均電力消費方面則是反而趨於較低的平均所得，所以若是已整體能源需求呈現較慢成長的觀點來看，加速擴展煤的生產以及發展核能發電已減少能源進口反而不是那麼迫切需要。

Asafu-Adjaye (2000)主要針對亞洲發展中國家，檢驗能源消費與所得的 Granger 因果關係(Granger Causality)，並利用共整合與誤差修正模型估計係數。其中發現短期之下，印度與印尼只存在能源消費對所得的單向因果關係(Causal Relationship)。然而，泰國與菲律賓則

具有能源消費與所得的雙向因果關係。

Ozawa et al. (2002)使用 Farla et al. (1997)提出的分解法(Decomposition Analysis)來探討影響墨西哥能源消費與二氧化碳減排的因素。其分解法主要能將能源需求分為兩部份：產業內的結構變動以及效率改善。根據分解法的分析發現，在 1970 年與 1996 年之間，持續的鋼鐵生產成長將會使得主要的能源使用增加 211%，但若產業內有結構變動的情況時，將會降低 12% 的主要能源使用，以及透過能源效率的改善將會降低 51% 的能源使用，此外該研究亦發現，若是對於墨西哥鋼鐵業主要使用的燃料種類加以改變，將會降低大約 9% 的二氧化碳排放。

Erdogdu (2007) 透過 ARIMA 及共整合模型，使用土耳其 1984-2004 年每人電力需求、實質電價、每人實質 GDP 的季資料來預測 2005-2014 年的總電力需求、電價以及實質 GDP。Mucuk and Uysal (2009)則運用了 Box-Jenkins 法預測土耳其 2007-2015 年期間主要的能源需求。能源及自然資源局提供 1970-2006 的年度資料在一階差分後通過單根檢定(呈現穩態)，進行分析後發現能源需求數列最適模型為 ARIMA (3,1,3)。預測結果顯示在 2015 年時能源需求會達到 119.472 噸，相較於 2006 年將會成長約 22%。

Sheinbaum et al. (2010)使用自然對數平均 Divisia 指標，分析墨西哥鋼鐵業在 1970 年至 2006 年之間，能源使用變動與二氧化碳排放趨勢。首先能源使用方面發現，持續的鋼鐵生產成長將會使得主要的能源使用增加 277%，但若產業內有結構變動的情況時，將會降低 5% 的主要能源使用，以及透過能源效率的改善將會降低 90% 的能源使用。其中透過能源使用效率的改善，將會縮小實際主要能源使

用與最佳國際水準的差距，從 1970 年的 103% 差距直到 2006 年降至只剩 15% 的差距。此外該研究亦發現，若是對於墨西哥鋼鐵業主要使用的燃料種類以及生產過程加以改變與改善，將會降低大約 134% 的二氧化碳排放。

有鑑於前所述，若是依照一般大部分研究採取的情境分析法來針對鋼鐵與石化產業的能源需求進行預測，則可能因為對於情境的錯誤設定，而使得模擬分析結果偏離合乎於經濟直覺的結果，並可能提高造成在制定相關措施與政策失效的可能性。但若是利用分解法或是相關實證分析方法，針對過去的資料來進行分析，也可能使得實證結果只能侷限於該研究期間內，並無法實際掌握與了解未來的產業的能源需求，因此若能藉由時間序列分析中向量自我迴歸模型，利用既有的資料首先釐清出能源需求變數與相關經濟變數的因果關係，亦能加入許多實際政策以及環境變數，估計模型內重要解釋變數的係數，如此便能避免對於所處的情境錯誤假設的可能性，並且更能進一步加以準確預測未來的電子電機業的能源消費需求。至於詳細的時間序列模型請參考模型方法設定章節。

(四) 溫室氣體排放文獻整理

二氧化碳排放量之推估可分為直接測量法和間接推估法。前者係使用儀器設備針對各種不同地區，利用實際觀察的方式來測量二氧化碳排放情形，屬於較為可靠與直接之方法，但所需成本甚高；後者則採用間接的、學理的推估方法，進行各種排放源之排放量推估，以過去相關文獻而言，多數研究仍採用間接法來對於二氧化碳進行評估。

1. 國內二氧化碳排放評估文獻整理

(1) 投入產出與乘數分析

利用投入產出法和乘數分析法作為架構，評估我國主要產業能源使用與環境污染之關聯性，以作為相關能源及產業政策擬定之參考(王塗發,1986；許志義、劉彩雲,1989；林素貞,1994)。例如：林文信和張聰明(2002)應用投入產出分析法結合產業關聯效果與能源生產指標，提出「產業關聯性能源使用係數矩陣」及「產業關聯性能源密集度」，作為衡量各產業能源生產力之標準。另外林憲德等人(2003)則是針對台灣建材生產耗能產生二氧化碳排放進行分析，該研究將單位建材生產過程中所使用之化石燃料逐一加總統計，將燃料煤、燃料油、天然氣及液化石油等用像統計出來再各自乘上其能源熱值。再以各種不同能源的熱值單位乘上各自的碳排放係數，可得到碳排放量的初步估計。最後再考慮燃燒的不完全以及乘上分子量的比值及可得到建材生產階段能源使用的二氧化碳排放量。林素貞、盧怡靜、沈宗桓(2003)利用投入產出與乘數分析法，探討我國工業部門各產業之關聯效果與對能源耗用及二氧化碳之排放乘數效應。張翊峰等人(2006)在分析台灣鋼鐵業二氧化碳排放量時以迪式指數法將 1981 至 2001 年之二氧化碳排放量增量組成因素分解為排放係數、能源配比、總能源密集度及生產總值四項因素，其中以鋼鐵業之生產總值為關鍵之主要增量因素。該研究發現 1986 至 1991 年間以鋼鐵業國內最終需求及出口成長為 CO₂ 排放量增加的最主要因素；1991 至 1996 年間以鋼鐵業出口成長及國內最終需求為 CO₂ 排

放量增加的最主要因素；1996 至 2001 年間以鋼鐵業出口成長為 CO₂ 排放量增加的最主要因素。

(2) 產業關聯性分析

許志義和許宏敏(1999)分析二氧化碳排放減量管制對臺灣經濟可能造成的衝擊，其結果作為政府政策擬訂之依據。林素貞和張翊峰(1995)為分析台灣地區在產業能源消費和二氧化碳減量之關聯性，分別利用產業關聯分析法及模糊目標規劃模型進行模擬分析，其結果發現運輸業和鋼鐵業應優先列為二氧化碳排放減量之耗能產業。周桂蘭(2009)則是採用能源工程經濟模型—MARKAL 模型，進行完整 (Well to Wheel) 的生質燃油使用對能源系統整體影響分析，MARKAL 模型結構係透過各種能源投入與技術的聯結而形成一個複雜的由下而上的能源技術供給系統。模型本身融合數學線性規劃及經濟學的市場供需均衡等理論，在滿足能源服務需求及其他限制條件下，同時求解全期能源系統成本最低的能源供給技術組合。該研究主要分析內容包括：上游生質燃油料源潛力評估，中游的產製技術及下游車輛摻配使用後對能源供需規劃及 CO₂ 排放影響分析。

(3) 因素分析法

林素真和張翊峰(1995)利用因素分析探討台灣地區二氧化碳排放量之變動趨勢與關鍵因素。林素真、盧怡靜、施念青(2002)分別探討公路運輸部門二氧化碳及二氧化氮歷年來排放特性，並進一步利用因素分析法來找出影響公路運輸部門二氧化碳及二氧化氮排放的關鍵因素及其變動量，以作為公路運輸部門二氧化碳及二氧化氮未來減量策略參考。黃運貴和曹壽民(2005)針對台灣運輸部門國內運輸部分之客貨運輸能源消費量影響因素進行分解分析，蒐集運輸部門的運輸活動量與能源消費量，並就各運輸系統的延人公里數及延噸公里數進行推估。並透過迪氏對數平均指數分解法發現影響運輸部門能源消費量的因素可分為運輸部門活動強度、運輸系統運量市場占有率、運輸系統能源密集度三種。張翊峰、林建廷、張家鳳(2009)就台灣地區服務業部門 1982-2008 年能源消費、二氧化碳排放變動關聯分析及其影響因素。首先利用因素分析迪氏指標法，探討影響其排放變動之關鍵因素，最後並利用脫鉤指標分析服務業部門能源消費、二氧化碳排放與 GDP 互動效應。分析結果顯示，主要影響二氧化碳排放增量的因素為生產總值和排放係數為主要增量因素，其中以生產總值成長影響最大，其次為排放係數，能源密集度則是唯一減量因素。

(4) 模糊多目標線性規劃法

施勵行、吳榮華、林裕文(1995)利用多目標線性規劃模型，探討在二氧化碳排放限制下，台灣未來能源和產業發展互動之關係，並

進一步提出各產業之未來能源發展政策。吳榮華和林青宏(1999)利用多目標規劃方法，建立製程產業二氧化碳減量模式，分別探討在不同狀態下之二氧化碳減量成本。此外，張翊峰、林素貞、陳貞秀、陳煜斌(2002)結合投入產出法及模糊目標規劃法來建構系統模型，針對產業結構調整對台灣地區二氧化碳減量之衝擊評估，並模擬產業結構調整對二氧化碳削減的貢獻量，其結果發現產業調整的過程中確實有利於國內生產毛額的成長，並可有效降低能源消費量二氧化碳排放量，故產業升級及結構的調整為重要的二氧化碳之減量手段。張翊峰等人(2007)探討台灣電力產業二氧化碳排放趨勢，以投入產出分析法及模糊目標規劃法搭配 IPCC 法，推估 1996~2006 年間整體產業各能源二氧化碳排放量重點為次級能源電力與二氧化碳間的關聯性，並依據長期開發方案之資料，推估 2007~2015 年間二氧化碳排放量，並進一步建構投入產出模糊規劃模式，並且分析減量方案中產業二氧化碳與 GDP 兩者間的關係。

(5) 其他工業生產部門

談駿嵩和馬振基(2004)分別探討：(1)工業製程二氧化碳排放量之查核技術研究探討，(2)二氧化碳減量技術研究探討及成本效益評估，(3)二氧化碳回收再利用技術研究探討及成本效益評估。其結果發現：(1)在查核各工業之二氧化碳排放數據時，最重要的工作是各工廠充分做好紀錄其能源使用。因此，建議將溫室氣體二氧化碳之查核技術配合 ISO 14000 予以實施。(2)利用二氧化碳製造有機化學品及一些共聚物 (Copolymers) 等之技術，不但可利用二氧化碳作為原料，且可採用對環境友善之方式來生產各種化學品，此對於

環境保護及溫室氣體減量皆是相當不錯的，因此建議選定項目作進一步的應用研究以促成其商業化。(3)以目前國際上對溫室氣體減量方面尚未促成京都議定書正式生效之前，要評估二氧化碳控制(減量)技術之成本效益相當不易。因此，建議經濟部技術處科技專案及國科會工程處投入相當之研發能量深入研究。楊任徵(1999)以二氧化碳排放總量、每人平均排放量、單位 GDP 排放量及單位能源排放量四個排放指標，進行我國與世界其他國家 1996 年二氧化碳排放之跨國性比較。

2. 國外二氧化碳排放評估文獻整理

Farla et al. (1995) 以荷蘭產業作為評估對象，分別針對鋼鐵業、石化業與肥料業探討降低二氧化碳所需成本，其結果發現每減少一噸二氧化碳所需成本為鋼鐵業 35 美元、石化產業為 46 美元與肥料業 8 美元，其中又以石化產業減量成本為最高。Giovani et al. (2001) 應用產業關聯表估算國際貿易對巴西能源使用與二氧化碳排放量的影響。該研究將巴西 1995 年產業關聯表分為能源部門與非能源部門，結果顯示：非能源財貨進口造成的二氧化碳排放量為 9.9 百萬公噸、非能源財貨出口造成的二氧化碳排放量為 13.5 百萬公噸。相對於巴西 1995 年二氧化碳排放總量為 99.4 百萬公噸，研究顯示非能源財的出口與進口二氧化碳排放量約占總二氧化碳排放量的 14% 與 10%。因此，巴西 1995 年淨出口的二氧化碳排放量為 3.6 百萬公噸，並建議政策制定者關切貿易政策對能源使用與二氧化碳排放量之影響。

Fisher-Vanden, et al. (1997) 以印度政府開徵碳稅為例，探討該國

產業二氧化碳排放與經濟發展之關聯及影響。Mathur et al. (2003) 利用 MARKAL 模式調查印度電力部門在不同碳稅方案下，五種發電機組選擇性及二氧化碳排放之減量效果，其結果發現以水力經濟效益最佳，此外，就碳稅對二氧化碳排放減量效果，以高碳稅和無碳稅於 2025 年相較下可減少二氧化碳排放量 26%。以日本為例，Lamont and Nakata (2001) 分析日本徵收能源稅所遭受之衝擊，並進一步提出影響經濟發展層面以及 CO₂ 減量之效果。在日本、歐盟與開發中國家之環境契約逐步進展中，而美國與開發中國家之環境契約則隨時間相對減少下，Muradian et al. (2002) 探討已開發國家之貿易造成污染流動情形，其結果發現：空氣污染物在西歐、美國與日本的進口多於出口。

Christodoulakis et al. (2000) 在評估希臘能源需求量以及二氧化碳排放程度時，將歐盟支援架構(Community Support Framework, CSF) 發展過程以及天然氣的滲透程度的影響納入了考量。將所有經濟活動(貿易以及非貿易、公眾以及農業)以及各式能源(油品、電力以及固體燃料)都納入推估需求的方程式。透過這個能源系統整合成為一個完善的總體計量經濟模型，使得能源、價格以及生產要素都能完全的納入考量。能源二氧化碳的預測方面亦是透過希臘可能經濟發展的四種情境下來進行模擬。研究結果顯示這個總能源消費成長模型的預測結果與實際需求相近，但在二氧化碳的排放方面則是以高於全球預測成長率持續增長。

Ozawa et al. (2002) 以墨西哥為例，探討 1970 年至 1996 年期間墨西哥鋼鐵業能源消費與二氧化碳排放之組成因素，並進一步提出鋼鐵業因應國際環保公約之能源效益改善策略及產業發展之方向。

Mahlia (2002) 評估馬來西亞發電事業利用燃料替代降低二氧化碳之排放，其結果發現，為符合京都議定書環保公約，以水力發電機組比例增加有助於減少溫室氣體排放量。

Ahmad and Wyckoff (2003) 估算 OECD 國家為主的各國消費面二氧化碳排放量。Ahmad and Wyckoff (2003) 指出，造成生產面與消費面的二氧化碳排放量的差異之因：生產面估算的二氧化碳排放量多於消費面是由於：貿易順差、傳統化石燃料發電結構、一國的生產模式多屬上游產業、出口品為二氧化碳排放密集商品。其次，當一國擁有位居上游的產業，則生產面估算的二氧化碳排放量將多於消費面估算的二氧化碳排放量。當出口品為二氧化碳排放密集商品時，相對於進口或國內商品使用造成二氧化碳時，由於出口品為國內生產用作國外消費，則生產面估算的二氧化碳排放量亦將多於消費面估算的二氧化碳排放量。結果顯示，美國為全世界二氧化碳排放量最多的國家，其 1997 年消費面二氧化碳排放量為 5,684 百萬公噸、生產面排放量為 5,421 百萬公噸，其次分別為中國大陸、俄羅斯、日本、德國、印度、英國等。

Sánchez-Chóliz and Duarte (2004) 以西班牙 1997 年產業關聯表估算各部門出口與進口二氧化碳排放量情形。估算結果發現消費財二氧化碳排放量之進口為 25.89 百萬公噸，投入面二氧化碳排放量之進口為 89.99 百萬公噸及二氧化碳排放量之出口為 120.12 百萬公噸。化學金屬製品、非金屬製品、運輸設備及礦物能源為二氧化碳排放量出口主要部門，此外，運輸設備、食品部門、公共建設及其他服務為二氧化碳排放量進口主要部門，最終需要之二氧化碳排放量占總二氧化碳排放量 70% 以上。

Lanne and Liski (2004) 運用多重斷開(multiple-break)的時間序列法估計 16 個較早工業化國家人均二氧化碳 1870-2028 年的排放趨勢。發現在 1970 年代較早人均二氧化碳排放量下降趨勢的證據多於稍晚油價衝擊下降的趨勢。該研究同時考量二氧化碳排放組成的趨勢，並且發現樣本內(in-sample)使用液態至氣態燃料排放二氧化碳的高峰。該研究結果給予拒絕將油價衝擊當作對二氧化碳結構性排放造成永久破壞衝擊事件的證據。

Chang and Lee (2008) 檢視是否人均二氧化碳排放量的隨機集中假設在其他相同發展程度的國家中也能獲得支持。透過近年來開發出來的拉氏乘數(Lagrange Multiplier, LM)單根檢定來檢測 Lee and Strazicich (2003, 2004)提出那些具有影響力的內生變數是否對於相對的人均二氧化碳排放量在工業國家中只是一種暫時現象。當控制了 1960-2000 年間的截斷點後，該研究的實證結果發現 21 個 OECD 國家的相對人均二氧化碳排放量呈現隨機集中的狀態，因而提供了有力的證據。每個國家中確實存在著結構性的破壞，整體來看可以發現在 1990 年代兩次的能源危機時確實具有截斷點。該研究穩健的檢定清楚地指出最原始的人均二氧化碳排放量以及平均後的序列皆為穩態的時間序列。

Lua et al. (2009)採用灰預測模型 GM(1,1)對台灣 2007-2025 年間的車輛能源消費以及二氧化碳排放項進行預測推估，並且採用了不同的經濟成長率情境來進行模擬及係數修正。研究結果顯示透過道路運輸系統持續的改善，車輛和能源需求以及二氧化碳的排放量在未來的 18 年的成長分別為 3.64%、3.25% 以及 3.23%。此外，在 2025 年實不同的經濟成長率模擬情境下，車輛數預估最少達 3,020 萬輛、

最多達 3,630 萬輛；交通燃料消費介於 2,580 至 3,100 萬公升之間。
相關的二氧化碳排放量介於 6,110 至 7,340 萬噸之間。

四、 模型選用

根據上述的理論分析，本研究擬採用計量經濟與最終需求之混合模型，以多變量迴歸分析法，對電子電機業的原油、天然氣、電力、熱能等最終能源消費量進行分析預測，也對產生之溫室氣體排放量進行預測分析。由於各行業能源使用常受到行業特性之影響，因此加入了該產業的工業生產指數，又電子電機業以出口為主，而我國 GDP 有六成以上是來自出口的貢獻，因此再加入 GDP 為預測的變數，分別探討各種能源需求的預測。

一般進行相關能源經濟議題分析時，所選取的總體經濟時間序列資料必須為穩態或稱具有穩定性。穩態資料亦即表示該時間序列資料的平均數與變異數不會隨時間變動而改變，若未檢定時間序列資料是否為穩態即進行迴歸分析時，會產生 Granger and Newbold(1974)所提出假性迴歸問題，亦即會造成迴歸分析判定係數或是調整後的判定係數可能會較高，並大於 Durbin-Watson 檢定值，使得 t 統計量和 F 統計量會相當顯著，易於拒絕虛無假設因而得到錯誤結論。因此，自從 Nelson and Plosser(1982) 指出總體經濟變數普遍存在單根(或稱穩態)的情況，進行時間序列分析時，必須先進行單根檢定來檢測時間序列資料是否為穩態，若當時間序列資料為非穩態資料時，通常會藉由差分來使得資料為穩態，再進行迴歸分析以避免得到錯誤結果。

(一) 基本計量方程式

以能源需求量(Q_t)做為應變數，能源消耗量(C_t)、製造生產指數

(MPI_t)、國內生產毛額(GDP_t)做為自變數。

$$\ln Q_t = \beta_0 + \beta_1 \ln C_t + \beta_2 \ln MPI_t + \beta_3 \ln GDP_t + \varepsilon_t$$

判斷原則為各變數是否具有經濟意義，以及是否具有統計性意義(顯著與否)，此方程式判斷須靠經驗法則。

1. 單變量模型

分為自我迴歸移動平均模型(Autoregressive Moving Average model, ARMA)或自我迴歸整合移動平均模型(Autoregressive Integrated Moving Average model, ARIMA)

(1) 自我移動平均模型(ARIMA)

ARMA 模型結合了落後 p 期的自我迴歸模型 AR(p)，以及落後 q 期移動平均模型 MA(q)。因此，ARMA(p, q)模型的型式如下：

$$y_t = \mu + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q} \Rightarrow \varphi(L)y_t = \mu + \theta(L)\varepsilon_t$$

其中， y_t 為任一與時間數列有關之變數（例如：1980 年至 2008 的國內能源消費的數列）； $(y_{t-1} \dots y_{t-p})$ 代表時間落後一期至落後 p 期的變數； $(\varepsilon_{t-1} \dots \varepsilon_{t-q})$ 代表時間落後一期至落後 q 期的變數 ε_t ； $\varepsilon_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$ 。

Box and Jenkins (1976)提出一個三階段方法來選取最適的

ARMA(p, q)模型，作為估計和預測某一單變量時間數列。第一階段為考量模型的精簡性。通常當迴歸模型當變數加入越多的時候，模型估計後的 R^2 就會增加。Box and Jenkins 則認為模型倘若具有精簡性，則在預測方面會優於參數過多的模型。因此，有以下三種統計量來選取 ARMA(p, q)模型中最合適的落後 p 期與落後 q 期：

(a) Akaike' s Information Criterion (AIC)：

$$AIC = \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) + \frac{2k}{T}$$

(b) Schwarz' s Bayesian Information Criterion (SBIC)：

$$SBIC = \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) + \frac{k}{T} \ln(T)$$

(c) Hannan-Quinn Criterion (HQIC)：

$$HQIC = \ln(\hat{\sigma}_\varepsilon^2) + \frac{2k}{T} \ln(\ln(T))$$

其中， $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ 為殘差變異數， T 為總樣本數， $k=p+q+1$ ，

第二階段為模型的估計，得到待估計的參數（包括 $\alpha_1 \cdots \alpha_p$ 以及 $\beta_1 \cdots \beta_q$ ），通常 ARMA 模型係利用最小平方法(OLS)進行估計。第三階段為模型診斷，一般乃繪出迴歸模型估計後所得到的殘差散佈圖，來檢視有無極端值存在，以及模型是否配適資料的情況良好，倘若殘差變異數變大時，則可透過對數轉換方式解決。此外，亦須檢驗模型估計後所得到的殘差項是否存在序列相關的問題，可以透過 Ljung-Box Q 統計量加以檢定之：

$$Q = T(T+2) \sum \gamma_k^2 / (T-K)$$

其中， γ_k 為自我相關係數 ACF。Ljung-Box Q 統計量的功用在於

於：可以檢定一組自我相關係數是否為 0，以及估計一個 ARMA(p, q) 模型的殘差是否符合白噪音過程。在估計 ARMA(p, q) 模型之後，欲預測單一變數 y_{t+j} 從第 t 期至第 j 期(亦即 y_{t+j})，則 y_{t+j} 的預測函數為：

$$E_t(y_{t+j}) = \alpha_0(j) + \alpha_1(j)y_t + \alpha_2(j)y_{t-1} + \cdots + \alpha_p(j)y_{t-p} + \gamma_1(j)\varepsilon_t + \cdots + \gamma_q(j)\varepsilon_{t-q+1}$$

其中， $\alpha_i(j)$ 和 $\gamma_i(j)$ 為待估參數。

(2) 自我迴歸整合移動平均模型(ARIMA)

ARIMA 模型為 ARMA 模型的另一考量模型，當單一變數的原始數列若本身不具有穩定的特性，則須先將該變數的原始數列進行一階差分後，再進行 ARMA 模型的估計，此時差分之後待估計的模型則稱之為 ARIMA(p,d,q) 模型。其中，d 代表原始數列差分的次數。例如，我們可將 ARMA(p,q) 模型改寫成為 ARIMA(p,d,q) 模型，其型式如下：

$$\Delta y_t = \mu + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \cdots + \alpha_p \Delta y_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \beta_q \varepsilon_{t-q} \Rightarrow \varphi(L) \Delta^d y_t = \mu + \theta(L) \varepsilon_t$$

2. 多變量模型

向量自我迴歸模型(VAR)是一組由多變數、多條迴歸方程式所組成。在每一條方程式中，因變數皆以本身的落後期，再加上其他變數的落後期來進行迴歸分析，使模型可以涵括所有變數所釋出的訊息。以下以一個簡單的三變數、一階自我相關的 VAR 模型來進行說明。假設有三個變數，分別為 x_t 、 y_t 以及 z_t ，則 VAR 模型包含了三

條迴歸式：

$$x_t = a_{10} + a_{11}x_{t-1} + a_{12}y_{t-1} + a_{13}z_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$y_t = a_{20} + a_{21}x_{t-1} + a_{22}y_{t-1} + a_{23}z_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

$$z_t = a_{30} + a_{31}x_{t-1} + a_{32}y_{t-1} + a_{33}z_{t-1} + \varepsilon_{3t}$$

其中 ε_{1t} 、 ε_{2t} 、 ε_{3t} 為統計噪音，上面這個 VAR 模型可以以矩陣與向量的模式來表示：

$$\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix},$$

$$\text{再令 } Y_t = \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{pmatrix}, A_0 = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ a_{30} \end{pmatrix}, A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}, \text{ 則上述矩陣的形}$$

式可以簡化寫成：

$$Y_t = A_0 + A_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

則可以稱上式為一個 VAR(1) 模型。如果要把模式再擴充至 n 個變數 p 階自我相關的 VAR(p)，則可表示為：

$$Y_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

而上式必須符合下列統計條件 $E(\varepsilon_t) = 0$ 、 $E(\varepsilon_t, Y_{t-i}) = 0$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, p$ 、 $\text{Var}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = \sigma_{2k}$ 與 $\text{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-i}) = 0$ 。

3. 二氧化碳排放量之轉換

目前國際間統計及估算溫室氣體的排放，係以政府間氣候變化專家委員會(IPCC)推出的「溫室氣體統計初步準則」(IPCC Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)為參考基準。我國

近年來，溫室氣體的排放統計資料，主要是依據 IPCC 方法估算。溫室氣體排放量推估前將先用「台灣能源平衡表」與本計畫所發展之能源需求模型進行能源需求之推估，在已知能源消費量以後，即可進行二氧化碳推估。由於 IPCC 排放係數原始使用單位為熱值單位，需要經過熱值單位轉換，換算整理出各能源別與其相對應之二氧化碳排放係數表一，根據表 17 即可將台灣地區過去能源消費所排放的二氧化碳估計出來。

表 17、能源消費轉換成二氧化碳排放相關參數整理

	各能源熱值單位換算		IPCC 公式使用相關參數		
	轉換比例	單位	碳排放係數 (kg C/GJ)	碳固定化 (Kg C/GJ)	碳氧化因子
煤	6,400	千卡/公斤	25.8	0	1
天然氣	8,900	千卡/立方公尺	15.3	0	1
汽油	6,700	千卡/公斤	18.9	0	1
柴油	8,800	千卡/公斤	20.2	0	1
航空用油	7,500	千卡/公斤	19.1	0	1
燃料油	9,200	千卡/公斤	21.1	0	1
其他油製品	9,000	千卡/公斤	20	0	1
原油	9,000	千卡/立方公尺	20	0	1

資料來源：IPCC, 2006 Guidelines

(二) 相關預測資料收集

1. 能源平衡表

能源平衡表代表我國能源使用情形，本研究採用能源平衡表內的能源消費量作為模型之變數，資料期間為民國 71 年(1982 年)之季(年)資料至民國 98 年(2009 年)第四季。資料由能源局提供。儘管 40 化學材料製造業可能包含少數下游或是上游之資料，然而根據能源局之解釋，鑽研於子項目並無特別之意義。因此本研究考慮能源平衡表中的電腦通訊設備及視聽產品製造業與其他工業製品製造業，

其中電腦通訊設備製造業有包含電子零組件，在進行估計時，會將其分開處理。根據能源平衡表，2010 年底我國電子電機產業的能源消費總共是 9,183,967 千公秉油當量，其中以電力的使用最多，佔 96.14%，其次是煤，佔 2.29%，天然氣則佔了 1.51%，位居第三，煤則佔了 1.51%，較特別的是電子零組件有使用熱能，但比例並不高。

2. 工業指數

工業生產指數是屬於生產數量指數，表示工業部門生產水準變動情況的經濟指標，反映本地製造業及水電供應業總產出的變動，是觀察各產業生產消長情形之重要指標，工業生產指數採用拉氏指數(Laspeyres Index)計算指數的基期為 2006 年，而相關的權數是根據每五年工商業普查結果各項產品之生產淨值加權所計算得出的。電子零組件工業生產指數包含積體電路製造業、被動元件製造業、印刷電路板製造業、光電材料及元件製造業、印刷電路板組件製造業與電子管製造業；電腦、電子產品及光學製品製造業則包含了電腦暨週邊設備製造業、通訊傳播製造業、視聽電子產品製造業、資料儲存媒體製造業、量測、導航、控制設備及鐘錶製造業、輻射及電子醫學設備製造業與光學儀器及設備製造業；電力設備製造業則包含了發電、輸電、配電機械製造業、電池製造業、電線及配線器材製造業、照明設備製造業與家用電器製造業。資料期間為 1982 年到 2010 年，資料來源為經濟部主計處。

3. 國內生產總值(Gross Domestic Production,GDP)

為一個國家地區內一段特定時間（一般為一年）裡生產的所有最終商品和服務的市價。資料期間為 1982-2050 年，其中，1982-2010 年為主計處公佈的資料，2011-2029 年根據台綜院所估計出來我國 GDP 成長率，2030-2050 年則根據核研所提供之資料。

五、 台經院 3E 模型

台經院 3E 模型最初發展是以澳洲 MONASH 模型為基礎，並參考 TAIGEM-E (Taiwan General Equilibrium Model - Energy) CGE 動態模型修正而成。該模型為結合能源替代、CO₂ 排放基線預測、20 種能源技術之技術配套之動態可計算一般均衡模型 (Computable General Equilibrium, CGE)，適合多投入、多產出、多部門之總體經濟模型，為一種結合由上而下與部分由下而上方式之重要模型。台經院 3E 動態 CGE 模型較其他模型優越，特別在二氧化碳排放基線預測方面，主要理由如下所示：

將電力部門以技術配套建構，將所有發電技術拆解為 14 種，並將風力發電、汽電共生、太陽光電及煤炭氣化複循環發電技術 (IGCC) - 電力等再生能源與新能源發電技術納入電力部門，再將電力全部售予輸配電部門，以符合台灣電力部門現狀。兼具由上而下與部分由下而上之優點，可詳細刻劃市場與經濟體系全面性的反饋與交互作用，並詳細描繪電力部門。屬於可計算一般均衡模型，考慮了市場價格機能，允許價格的變動與決策的調適，資源可在不同部門間作有效率的移轉與配置。並同時考慮了電力部門與非電力部門的能源替代可能性。亦考慮了技術變動與社經變數的成長趨勢，可避免因假設固定 (例如產業結構) 不變所造成的偏誤。

上述的模型設定都可讓台經院 3E 模型所描繪的情境更接近台灣實際情況，使得以台經院 3E 模型在進行各項情境及政策模擬時，更具參考價值。此外，為了凸顯再生能源在未來我國能源使用結構之重要性，有必要特別將再生能源由發電技術中拆離，而形成本文研究特別不同其他研究之電力部門技術配套 (Technology Bundle) 方

法，而電力部門的技術配套方法亦為本計劃能源經濟模型之重要方法論。

以電力部門為例，在台經院 3E 模型中，我們將電力生產技術依不同的發電機組及不同的燃料投入分成 10 種，分別是：水力發電、火力發電-汽力機組-燃油、火力發電-汽力機組-燃煤、火力發電-汽力機組-燃氣、火力發電-複循環機組-燃油、火力發電-複循環機組-燃氣、火力發電-氣渦輪機組-燃油、火力發電-氣渦輪機組-燃氣、火力發電-柴油機機組、核能發電等既有之發電技術。在 96 年度計劃中，為因應新能源與再生能源之採用，特將風力發電、汽電共生、太陽光電及煤炭氣化複循環發電技術(IGCC)-電力視為新型發電技術，因此，台經院 3E 模型共包括 14 種發電技術。各發電機組所產生的電力全部輸送至輸配電部門，再由輸配電部門統一銷售給其他的使用者。

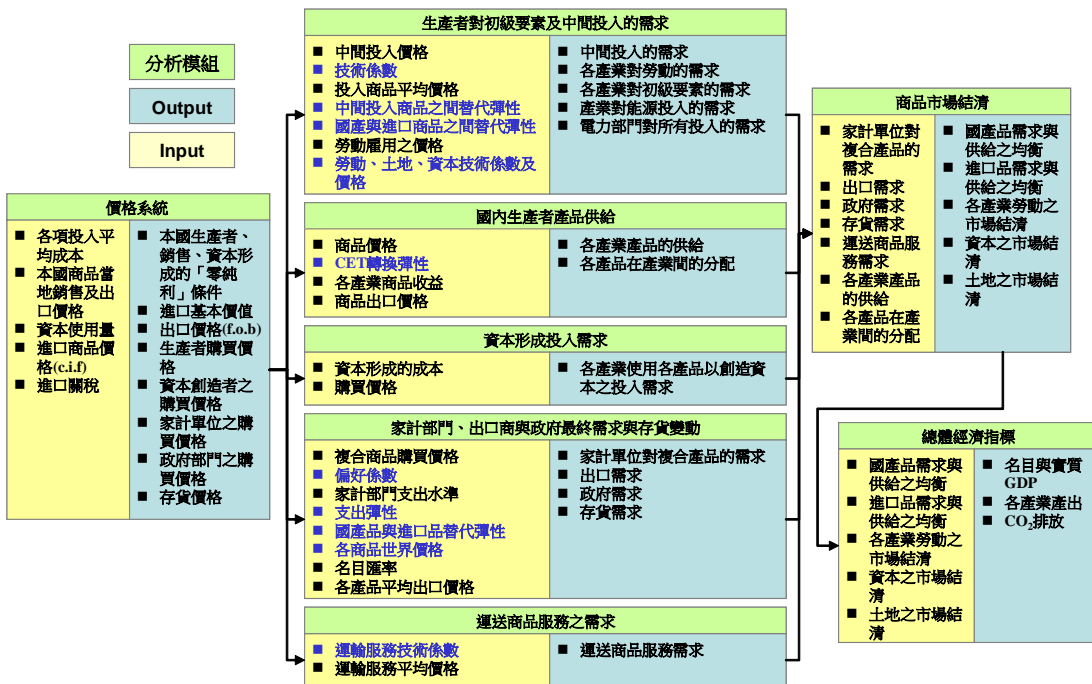


圖 38、台經院 3E 模型運作流程

(一) 3E 模型之能源替代機制

台經院 3E 模型中允許非電力部門產業生產不同的產品，使用的生產投入包含國產商品與進口商品，不同勞動的組合、土地、資本、能源以及其他成本。另外出口商品與國內商品會有所區別。此種多種投入、多種產出的生產特徵均是根據可分割性假設(separability assumptions)而來。

產品的生產結構是由五層的巢式架構所組成：每一層都是互相獨立的生產決策，在成本最小化的假設與該層生產函數的限制下，生產者決定最適的投入組合。第一層為產業之產出，使用的生產投入包含中間投入以及初級要素總和投入，這些投入透過 Leontief 函數進行加總成產業產出，Leontief 函數表示生產投入會隨著產業產出成等比例的增減；第二層各種中間投入之組合是由國產品和進口品透過 CES 函數(Armington 假設產品具不完全替代性)加總，能源與初級要素總和投入是由初級要素及能源總和透過 CES 函數加總；第三層為初級要素與能源總和，初級要素是由勞動總和、土地、和資本三種原始投入透過 CES 函數加總，而能源總和是由複合煤產品、複合油品、複合天然氣產品、和電力四種能源透過 CES 函數加總；第四層為勞動總和、資本、土地等初級要素以及複合煤產品、複合油品、複合天然氣產品、電力和新能源五種能源，勞動總和是六種勞動職業別投入透過 CES 函數加總，複合煤產品是由煤礦產品及煤製品兩種投入透過 CES 函數加總，複合油品由汽油、柴油、燃料油及煤油四種投入透過 CES 函數加總，而複合天然氣產品則由煉油氣、燃氣及天然氣三種投入透過 CES 函數加總；複合新能源則以太陽電熱、生質柴油、生質酒精、氫能及燃料電池等投入透過 CES 函數加

總。第五層為上述各種能源產品，各區分為國產品與進口品，國產品與進口品間也是透過 CES 函數進行加總。

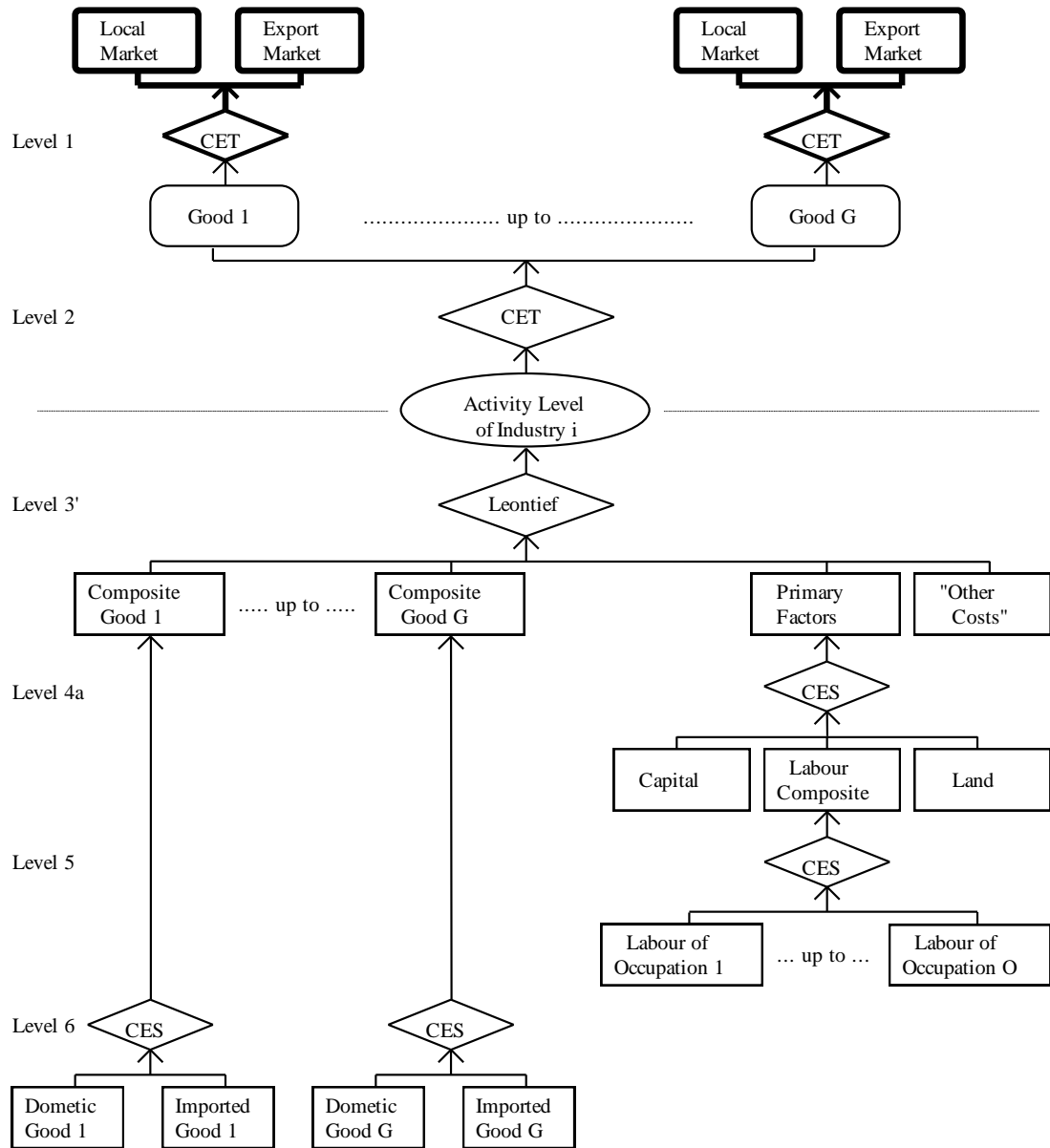


圖 39、台經院 3E 模型生產結構

由於採用 MONASH 模型的假設，故台經院 3E 模型的產出結構允許各產業生產各種產品，而且一件商品要出口或是提供為供給國內需求則是透過 CET 函數來決定其應為出口品或是做為國內消費。

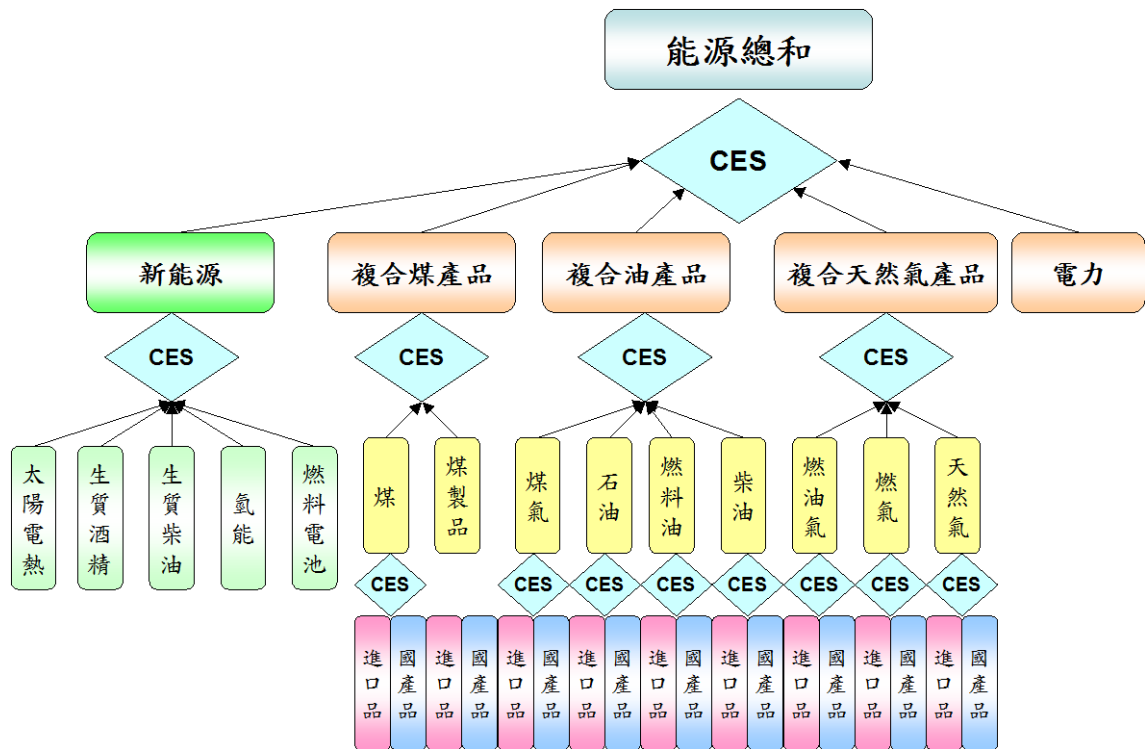


圖 40、台經院 3E 模型能源替代機制

(二) 3E 模型之技術配套機制

為凸顯電力部門在溫室氣體減量議題中的重要性，台經院 3E 模型模型參考澳洲 MEGABARE 多國模型、ORANI-E 能源經濟模型，引進技術配套(technology bundle)法來刻劃電力部門的生產結構。技術配套法的引進使得台經院 3E 模型一方面保留其原本「由上而下」模型中電力部門、能源部門與整個經濟體系各部門間互動回饋(feedback)關聯，同時也部分擁有「由下而上」模型中對電力生產技術間替代選擇的反映。視實際應用的需求及生產技術資料的取得與否，技術配套法可適用於各個產業部門。

在技術配套法中台經院 3E 模型藉由假設各生產技術間不完全替代關係以反映各種生產技術隱含的特性。以電力為例，水庫的最

大儲水量、貯煤場及天然氣貯氣槽的大小及其與發電廠的距離、核能發電可能對環境造成的破壞等都是影響各發電技術間的替代可能性。因此，雖然各發電機組(技術)所生產出來電力產品都是齊質的，但是，各機組則因其生產上的特性而無法達到百分之百地完全替代。

綜合以上所述，技術配套法的優點在於更符合實際地刻劃要素投入價格變化所牽動之要素使用型態的改變。而由於技術配套法中設定產業生產之要素使用型態與實際可行之生產技術的要素使用型態一致，因此，技術配套法下因要素價格變動所引發的產出變動情形也會與「由上而下」模型中的產出變動情形不一樣，而與實際的情形比較相近。在給定某一政策變動下，我們可以藉由技術配套法得知各種技術使用的消長變動情形；相對地，典型的「由上而下」模型則只能知道政策變動下要素投入組合(例如勞動、資本)的改變，但我們很難從這樣的要素組合變動得知各生產技術使用的消長變動情形是如何。

在資料需求方面，技術配套法所需要的替代彈性值設定可參考「由下而上」模型的求解結果或是計量方法所推估的估計值。取得高度可信之替代彈性計量推估值有其技術上的困難，而且，函數形式(functional form)的選取及計量方程式中巢式型態的設定也會影響參數值的推估。此外，若計量推估方法中的假設與 CGE 模型的假設不一致，將計量推估之參數值放入 CGE 模型中在其適切性上則有待商榷。而若一定要使用計量推估值，則最好是再對照參考「由下而上」模型所求解出來的結果。我們可透過變動「由下而上」模型中的要素價格來觀察生產技術使用型態的變動，再將這些彈性值帶入模型中校準(calibrate)選取出合適的替代彈性值，亦即，設定電力部

門以外的變數不變，在與「由下而上」模型的實驗(experiment)中相同的要素價格變動下產生相同型態之技術使用變動的替代彈性值則為合適的彈性值。本計畫未來將以台灣能源整合模型為由下而上之基礎，以 MONASH 由上而下模型為輔。

以電力部門為例，在台經院 3E 模型中，我們將電力生產技術依不同的發電機組及不同的燃料投入分成 14 種，分別是：水力發電、火力發電-汽力機組-燃油、火力發電-汽力機組-燃煤、火力發電-汽力機組-燃氣、火力發電-複循環機組-燃油、火力發電-複循環機組-燃氣、火力發電-氣渦輪機組-燃油、火力發電-氣渦輪機組-燃氣、火力發電-柴油機機組、核能發電、汽電共生以及再生能源風力與新能源之離岸風電、煤炭氣化複循環發電技術(IGCC)-電力。各發電機組所產生的電力全部輸送至輸配電部門，再由輸配電部門統一銷售給其他的使用者。

模型中的技術配套法係透過一個 CRESH 函數將各發電技術的產出(也就是輸配電部門的要素投入)加總成輸配電部門的產出，而各發電技術發電所需之要素投入則與其電力產出成一固定比例。輸配電部門在 CRESH 生產函數的設定下選擇其發電技術組合以極小化其生產成本(要素價格為完全競爭市場價格)，因此，對於輸配電部門而言，當各發電技術間的相對成本變動時，輸配電部門可因應這樣的變動而調整其對各發電技術的電力需求。

技術配套法的長處在於其對生產技術的詳實刻劃，但其所需求之資料在取得上卻有相當程度的限制及困難。各技術間之替代彈性值的取得是困難之一，而各生產技術所使用的要素投入型態相關資料亦不易獲得。97 年度的台經院 3E 模型則是利用 2004 年台灣電力

公司決算書及各發電機組之發電成本報告中各發電機組之各項成本比例來將產業關聯表中的電力部門拆解成十二種發電技術及輸配電部門。風力發電與 IGCC - 電力則以台經院產業調查報告取得後拆解計算得知。

京都議定書強調經濟誘因機制，台經院 3E 模型透過產業關聯及價格內生化，可用來評估二氧化碳排放或京都議定書相關因應對策。透過台經院 3E 模型提供產業結構預測及價格訊息，使得電力部門與總體經濟產生互動。

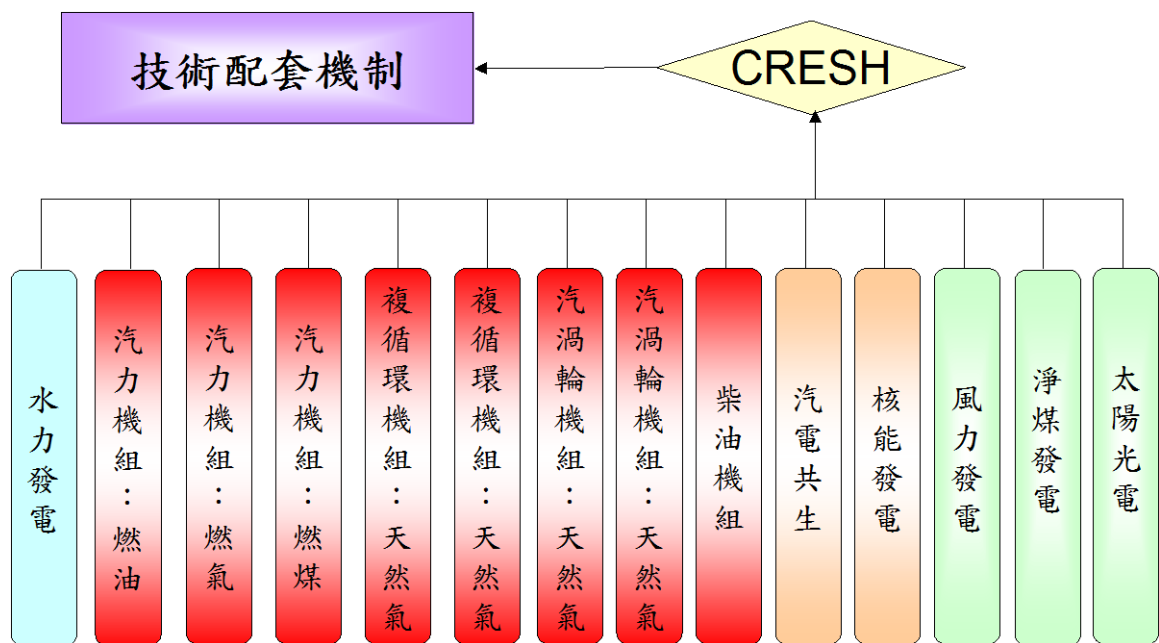


圖 41、台經院 3E 模型能源部門技術配套機制

(三) 3E 模型之動態機制

目前在 CGE 的文獻最受矚目的一個研究領域為動態機制的研發與在經濟預測的應用。由於動態機制的引進，CGE 模型可用來預測不同能源別、產業別、勞動別、地區別未來的消長變動，而這些預測值將進一步影響私部門與公部門的投資決策。台經院 3E 模型可用

來規劃電源開發之裝置容量配比、發電量配比、燃料供需耗用、二氧化碳排放、供電可靠度和地區供需平衡；亦可用來作其他有關長期負載預測、長期電源開發規劃及發電部門二氧化碳排放相關政策模擬。另外，台經院 3E 模型與其他用於分析溫室氣體減量議題的 CGE 模型均利用不同的動態機制，也可以作溫室氣體排放的基線預測及相關減量政策的模擬。

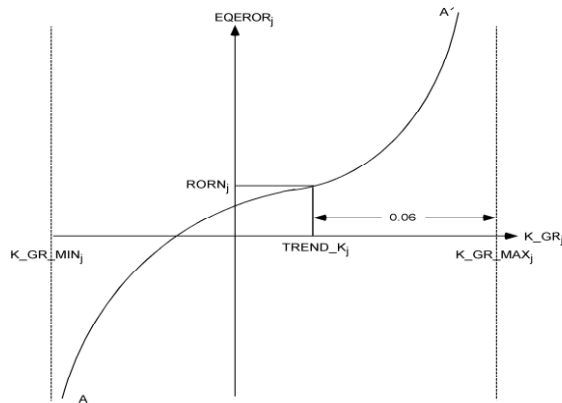
3E 模型動態化主要參考澳洲 MONASH 大學政策研究中心 (CoPS) 所研發的單國動態可計算一般均衡 MONASH 模型中的動態設計機制，透過三種跨期預算限制來運作，即資本的累積、勞動市場的動態調整、以及負債的累積。由於目前模型中的報酬率採靜態預期，故 3E 動態一般均衡模型即是以靜態預期下進行遞迴動態分年衝擊分析之政策工具。以下為 3E 模型之動態機制說明：

1. 資本的累積

模型在進行模擬的計算求解時，是以第 $t-1$ 期期末資本做為第 t 期期初資本，而影響各期資本存量因素為本期新增投資與資本損耗。意即，第 t 期期末資本為第 t 期之期初資本扣除折舊加上新增投資所求得。由於短期封閉準則中資本為外生變數，而投資報酬為內生變數，因此須設定資本成長率(KGR)與投資報酬期望(EROR)間之關聯。報酬率的高低則會影響投資者的投資意願，進而影響產業的資本存量的累積。在澳洲 MONASH 動態模型中設定其關聯為 \ln 函數，關係式中最大、最小資本成長率(KGR_MAX, KGR_MIN)與資本成長率趨勢(TREND)需從各產業歷史資料取得。資本成長率如圖 42 所示，有其邊界性。

$$E(\text{ROR}) = \text{RORN} + \frac{1}{C} \ln \left\{ \left(\frac{\text{KGR} - \text{KGR_MIN}}{\text{KGR_MAX} - \text{KGR}} \right) * \left(\frac{\text{KGR_MAX} - \text{TREND}}{\text{TREND} - \text{KGR_MIN}} \right) \right\} + \text{FROR}$$

$$\text{KGR} = h(\text{E}(\text{ROR}))$$



30

圖 42、資本成長率(KGR)與對投資報酬期望(EROR)關聯圖

2. 勞動市場的動態調整

3E 動態模型中設定實質工資與勞動力之間在短期符合工資僵固假設，故短期政策衝擊會增加就業與實質工資水準，但是長期而言經濟體會回復到古典模型所描繪的充分就業和工資可調整狀態。因此，短期而言實質工資為外生給定，長期而言勞動力僱用為外生給定，工資成長會逐漸趨緩。實質工資與勞動力之間相較於基礎情境變化關係式如下圖 43。

$$\frac{W}{W0} - 1 = \frac{WL}{WLO} + \alpha \left(\frac{E}{EO} - 1 \right)$$

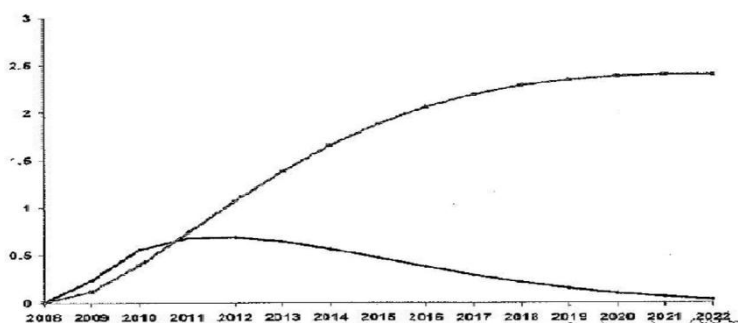


圖 43、實質工資與勞動力之間相較於基礎情境變化圖

3. 負債的累積

在進行動態分析時，各期之間的負債(包括經常帳赤字和預算赤字)累積需連續，意即第 t 期期初負債為第 $t-1$ 期期末負債，影響各期負債之因素為維持資本的投入扣除儲蓄。此外，經常帳赤字是由進口減去出口加上國外負債利息支出扣除國外資產的利息收益。在計算國外負債利息支出時，國外負債的計算是以期初與期末國外負債平均值為計算基礎，同理應用於國外資產利息收益計算。國外負債利率、國外負債匯率、國外資產利率、國外資產匯率等，在模型中為外生給定，而模型中亦假設期末國外資產和國內生產毛額比例為外生給定。

(四) 台灣 2050 年經濟、能源與環境發展情境設定

基線預測(baseline forecasting)的基準情境(BAU)為某國家地區在不考慮其他政策措施情形下，假設其人口、技術與經濟成長率等外在變數成長值，任由自由市場力量引導的經濟成長下，相關內生變數成長率的預測值。本研究進行 BAU 預測時，2007 年至 2050 年主要經濟變數的外生成長率變動之設定值如表 18，所引用之統計資料

包括行政院主計處出版之「物價統計」、「中華民國統計月報」、「國民所得統計」、「家庭收支調查報告」、「人力資源統計」、「國民經濟動向統計季報」；勞委會職訓局「就業服務統計」；財政部貿易統計；經濟部能源局「中華民國 98 年能源統計手冊」；國際貨幣基金 (International Monetary Fund, IMF)「國際金融統計」³。本模型採五年成長率移動平均來計算進口品到岸外幣價格指數及消費者物價指數 (CPI)。以下就本年度研究於 3E 模型中所設計的基準情境設定原則做一重點描述。3E 模型基準情境將透過以下基本假設條件來計算模擬推估：

³ IMF, World Economic Outlook. April 2010.

表 18、預測 BAU 之外生衝擊的設定值：2007 年~2050 年

總體經濟變數	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011-2050 年
成長率(%)					
能源密集度成長率	內生	內生	內生	內生	內生
國民生產毛額(GDP)	5.98	0.73	-1.91	9.98	4~2*
進口 (M)	8.17	9.67	-27.48	42.46	內生
家計消費 (C)	0.43	-1.49	0.04	1.11	內生
出口 (X)*	內生/外生	內生/外生	內生/外生	內生/外生	內生/外生
總投資 (I)	0.55	-11.17	-11.06	17.10	內生
政府消費 (G)	3.53	2.85	2.85	2.20	內生
家庭戶數	1.45	1.76	1.90	1.64	外生*
就業	1.81	1.06	-1.20	內生	內生
匯率	-0.49	1.29	-2.53	內生	內生
進口品到岸外幣價格指數	6.43	10.00	-15.17	5.57	外生*
出口品價格	內生	內生	內生	內生	內生
初級要素生產力	內生	內生	內生	內生	內生
消費者物價指數	內生	內生	內生	1.19	外生*

* 另行預測說明如下，以做為 3E 模型之設定值。

資料來源：本研究整理

1. GDP 成長率

根據行政院主計處公布資料，我國 2008 年經濟成長率為 0.73%，2009 年為-1.91%，預估 2010 年為 9.98%，2011 年為 4.51%。2012 年至 2050 年因台灣逐步邁入已開發國家，GDP 成長率逐年遞減，各年成長率約略介於 2%~4%之間。

2. 人口預估

根據行政院主計處公布資料，我國 2008 年人口成長率為 3.42‰，

2009 年為 3.59%。根據經建會 2010 年之「中華民國臺灣 99 年至 149 年人口推計-中推計」，2013 年年底總人口成長率為 1.6%，2018 年為 -0.1%，至 2017 年間將達到人口零成長。

3. 進口品到岸外幣價格指數

根據財政部貿易統計資料，採 5 年移動平均法進行估算。

4. 消費者物價指數

過去研究大多假設未來各年之消費者物價指數為一固定常數，這樣的假設過於簡易而誤差甚大。本研究根據主計處公布之歷史消費者物價指數年增率，採 5 年移動平均法進行估算。

5. 出口

除了半導體業、光電材料及元件業與通訊傳播設備業的出口，本研究按照過去歷史資料與將來出口增加比進行估算外，其於產業均由模型內生決定。

參、 主要發現與結論

一、 電子電機業產能推估結果

(一) 以電力消費量為代理變數之產量推估結果

由於電子電機業中的產業，其產出產品的單位不一，以晶圓代工為例，以「片」為單位，封測則以「顆」為單位，因此在 2011 年 5 月時詢問核研所：「直接以個別產品產量預測結果所推算之總耗電量，作為電子電機業加總產量指標」，並獲得同意，而總耗電量即為電子電機業用電量資料，因此，以此資料為基礎，進行推估。

可是，由於並無電子電機業的工業生產指數，又其包含三種產業，分別是電子零組件業、電腦通信設備業與電力設備業，分別都有各自的工業生產指數與能源消費資料，因此，本研究將個別推估，在將所得資料進行加總，成為電子電機業以電力消費為產能的代理變數之結果。將個別的工業生產指數、電力消費量與經濟成長率等三個內生變數進行模擬，資料期間除了電子零組件業從 1998 年開始外，其餘兩產業均由 1982 年開始，採季資料，共 52 筆。本研究以 AIC 或 SBIC 值作為選取最適落後期的判斷準則，結果發現，電子零組件以落後一期，電腦通訊設備業以落後四期，電力設備業以落後四期的分析上較為合適。其模型表示如下：

$$Y_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

其中，

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電子零組件電力消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電子零組件工業生產指數} \end{Bmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}, \quad A_i = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{pmatrix},$$

$$\varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}$$

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電腦通信與視聽產品製造業電力消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電腦通信與視聽產品製造業工業生產指數} \end{Bmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}$$

$$A_i = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{pmatrix}, \quad \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}$$

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電力設備業電力消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電力設備業工業生產指數} \end{Bmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}, \quad A_i = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{pmatrix},$$

$$\varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}$$

再利用單變量模型對總耗電量進行推估，結果發現電子零組件產業中的電力無需經過一階差分即達定態，電腦通訊設備業與電力設備業的電力資料須經過一階差分方能達到定態，而三者都以落後一期與零階移動平均的分析較為合適，因此，電子零組件產業中的

電力以 ARMA(1,0)，其餘兩產業則以 ARIMA(1,1,0)分析之。關於以電子電機產業的總耗電量做電子電機業加總產量指標的結果如圖 44 所示。ARIMA 模型隱含當期的數值會和過去的數值有某種關聯性，因此，當期的變數設定為該變數過去變數值之函數，所以，依照 ARIMA 估計的結果，隱含未來的產量增加將會與過去趨勢一樣，可是，我國電子電機業的產量與 GDP 的成長是密切相關的，利用 VAR 分析將可使得此一因素納入考量。利用 VAR 估計的結果顯示：由於 2016-2050 年假定我國已步入已開發國家，經濟成長率趨緩，加上產業外移與增建新廠有限的效果影響下，因此產量上升有限。

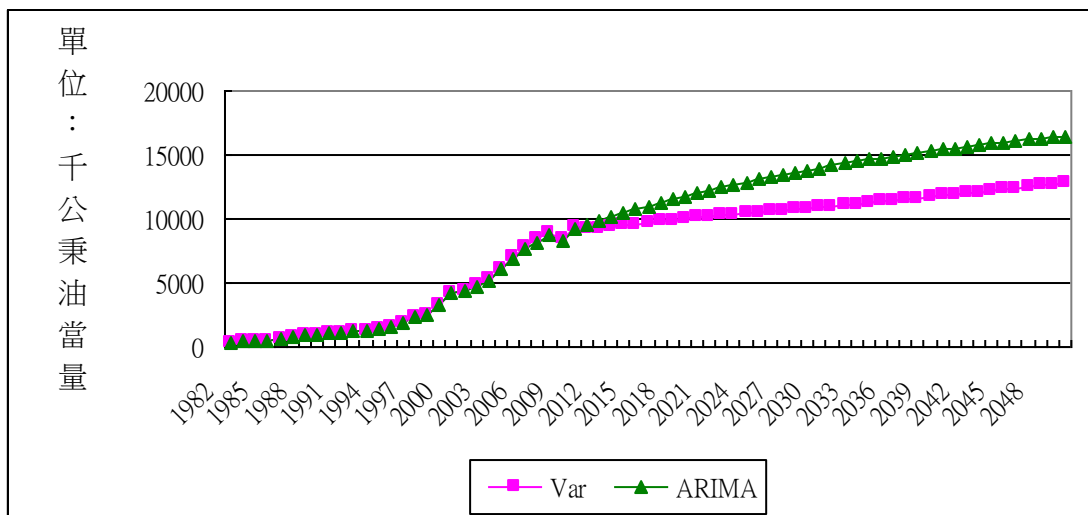


圖 44、以用電量為代理變數之產量預測結果

二、 電子電機業能源消費推估結果

(一) 情境設定說明

本研究參考「2010 年製造業能源查核年報」電子電機業在 2001-2009 年節約率平均為 2.05%，再者，根據李正義(2003)針對電子電機產業中的各項產品進行節約率的分析，依照每項產品佔該行

業的節約率比例進行拆解，以作為各細項產業的節能率(參考表 19)。

表 19、電子電機業情境參數設定

	產業	GDP 成長率	節約率(%)
情境一	電子零組件	1982-2010：-1.93%-10.88%(行政院主計處)	0
	電腦通訊與視聽產品製造業	2011-2016：4.8%-5.2%(IMF) 2017-2050：2%-4%	0
	電力設備業		0
	電子零組件	1982-2010：-1.93%-10.88%(行政院主計處)	1.76
情境二	電腦通訊與視聽產品製造業	2011-2016：4.8%-5.2%(IMF) 2017-2050：2%-4%	0.26
	電力設備業		0.02
	電子零組件		

資料來源：本研究整理

除了考慮經濟成長與節約率的影響外，未來電子電機產量的增加亦會對能源需求造成影響。根據工業生產統計月報的資料，本研究將電子電機產業的產值進行近五年來的整理，結果發現電子零組件業的產值在近五年均佔電子電機業的七成以上，且有逐年上升的趨勢，其次為電腦通訊設備業、電力設備業，而兩者之產值都有逐年減少的趨勢，加上此兩產業佔電子電機業的產值為九成(參考

表 20)，且能源消費部分也佔了電子電機業的九成五以上，基於以上理由，本研究在產量的增加上，僅考慮電子零組件業與電腦通訊設備業。再者，在電子零組件業中，晶圓代工與封測產業所佔產值最大，其次為液晶面板產業，但是，液晶面板產業之產值所佔比大致維持不變，而發光二極體之佔比則上升，加上節能議題的興起，各國都欲以 LED 燈取代傳統照明的趨勢下，所以，本研究在電子零組件業選擇晶圓代工與封測產業及發光二極體產業的產量增加作為考慮未來產量增加後的能源需求推估。在電腦、電子產品及光學製品製造業中，通訊傳播設備業的產值所佔電子電機業為最大，因此，本研究即以該行業中的手機業作為考慮未來產量增加後的能源需求進行推估。關於推估的方法說明如下：

表 20、2006-2010 電子電機業產值比

		2006	2007	2008	2009	2010
電 子	晶圓代工與封測	24.77%	23.22%	23.85%	24.66%	26.47%
零 組	DRAM 及分離式元件製造業	6.13%	6.08%	6.07%	6.09%	6.16%
件 製	被動電子元件	1.09%	1.08%	1.11%	0.92%	0.89%
造業	印刷電路板	5.27%	4.77%	4.56%	4.53%	4.48%

	液晶面板	22.00%	27.39%	26.68%	27.69%	26.16%
	太陽能	0.36%	0.87%	2.10%	2.05%	2.93%
	發光二極體	1.53%	1.71%	1.84%	2.12%	2.83%
	其他	11.37%	8.94%	8.19%	8.38%	7.71%
電子零組件小計		72.53%	74.05%	74.41%	76.46%	77.64%
電腦、電子產品及光學製品製造業	電腦及周邊設備製造業	5.68%	4.12%	3.93%	3.78%	3.50%
	通訊傳播設備製造業	5.14%	5.57%	5.75%	5.10%	4.69%
	視聽電子產品製造業	1.94%	1.99%	1.27%	1.04%	0.96%
	資料儲存媒體製造業	2.33%	1.88%	1.47%	1.64%	1.29%
	量測、導航、控制設備	1.46%	2.10%	2.01%	1.87%	1.59%
	輻射及電子醫學設備製造業	0.04%	0.05%	0.07%	0.10%	0.09%
	光學儀器及設備製造業	0.60%	0.45%	0.71%	0.84%	0.99%
電腦、電子產品及光學製品製造業小計		17.19%	16.16%	15.21%	14.37%	13.12%
電力設備業	發電、輸電、配電機械製造業與電線及配線器材製造業	6.25%	6.14%	6.40%	5.33%	5.47%
	照明設備+家用電器製造業	1.32%	1.17%	1.25%	1.36%	1.27%
	電池+其他電力設備製造業	2.72%	2.49%	2.73%	2.48%	2.50%
	電力設備業小計	10.28%	9.79%	10.38%	9.17%	9.24%

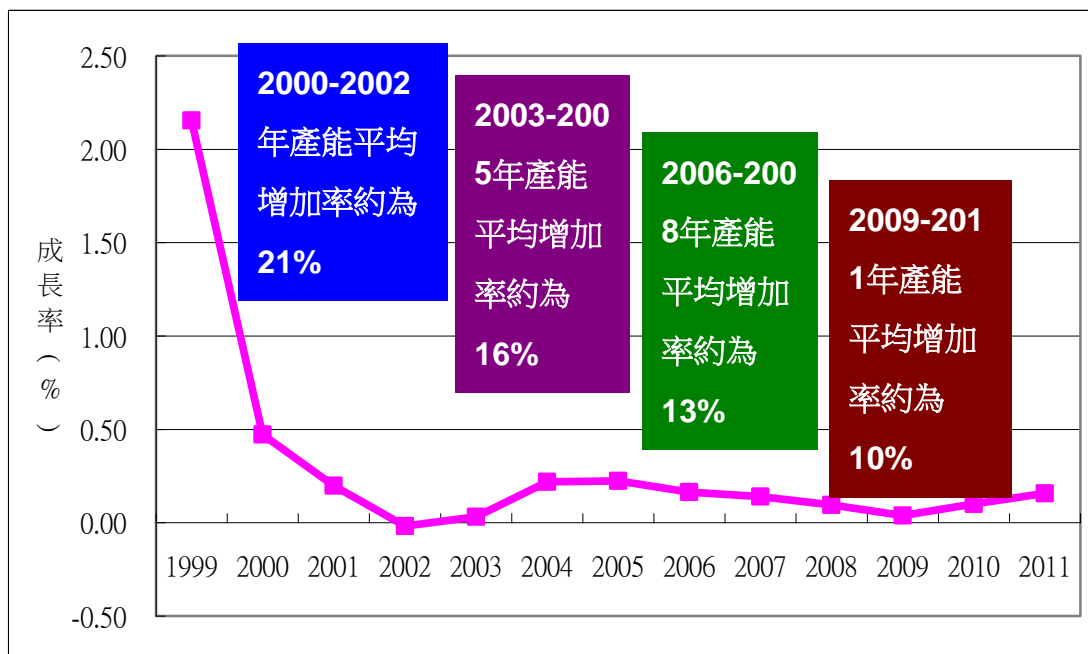
資料來源：工業生產統計月報、本研究整理

1. 晶圓代工產業產量推估明

根據 1999-2011 年聯電與台積電在台產量統計分析結果可知 2000-2002 年產量平均增加率為 21%，2003-2005 年產量平均增加率為 16%，2006-2008 年產能平均增加率為 13%，2009-2011 年產量平均增加率為 10%，由歷史資料可以發現，平均而言，每三年為一循環。除了 2001 年開始新製程(12 吋)，因此成長率較高外，每三年為

之產量成長率較前一個三年減少 3%，但若考慮新製程的加入，則產量增加率將會提高(參考註：均以八吋約當產能計算

圖 45)。



註：均以八吋約當產能計算

圖 45、晶圓代工產量變化說明

資料來源：台積電、聯電網站，本研究整理繪圖

2. 封測業產量推估說明

根據歷史出貨資料，封測產業平均而言每三年為一循環。例如：1994 出貨量大減，1995-1996 則上升；2001 年產量大減，2002-2004 產量則上升（參考圖 46），平均而言，每三年均產量增加率約為前三年的 47%，加上封測廠近年來已不再肆意投資，而是謹慎控制產能與隨大陸市場興起，各家封測廠也紛紛轉向大陸設廠，以抓取大陸市場商機，因此，預估每三年的平均產量的增加率約為前三年的三成。所有產量增加的比例將會根據該產業在佔電子零組件產值比

例進行調整。

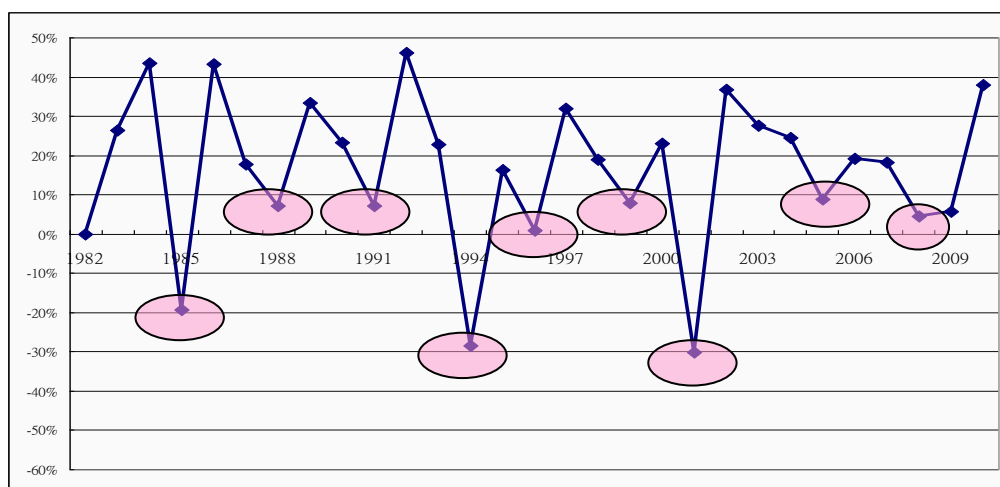


圖 46、封測產量變化說明

資料來源：經濟部工業生產統計月報、本研究整理繪圖

3. LED 產業產量增加推估說明

因應未來各國將以 LED 照明取代傳統照明的趨勢下，LED 將成為未來照明市場的主流，因應此一趨勢，因此各家大都有擴產的計畫，而 LED 廠均以採購 MOCVD 機台做為擴產的基本設備，因此本研究以 MOCVD 機台做為 LED 廠擴產的分析依據。各廠商擴產計畫如。

表 21。

表 21、LED 中上游擴產狀況

MOCVD 機台數	廣稼	隆達	燦圓	新世紀	泰谷	華上	晶電	奇力	旭明	南亞 光電	鼎元	光磊	台積 電	聯電
2009 年	38	19	43	25	28	40	190	43	10	5	3	6	0	0
2010 年	60	70	57	55	46	40	250	50	10	10	7	8	0	7

2010 年增 產比例%	58	268	33	120	64	0	32	16	0	100	133	33	0	0
2011 年	80	90	70	80	58	40	300	60	10	20	30	8	12	17
2011 年增 產比例%	33	29	23	45	26	0	20	20	0	100	329	0	NA	143

資料來源：各公司、本研究整理

2009-2010 年，因應 LED TV, HB LED, LED 照明與大尺寸背光，全台 LED 產量約增加 49%，2010-2011 預計增加 29% 產量。2012 年全球禁用白熾燈，因此 2012 年應用將會達到高峰，廠商會於 2012 年前將所需產能擴充完畢，因此，2012 年後成長率趨緩，因此預計 2012 年台灣的產量增加約 5-10%，之後增加量有限。但若 HV LED 發展成熟或是新製程的開發，也將使得 LED 產業產量增加。所增加的比例將會根據 LED 產值佔電子零組件產值比例進行調整。

4. 手機業產量增加推估說明

手機是屬於消費性產品，和人口與經濟的成長是息息相關的，在產量方面，我國手機代工業者從 2007 年開始受到摩托羅拉等手機大廠營運下降的衝擊，因此代工量大幅下降，2008-2009 手機代工受到全球經濟不景氣的影響，導致整體出貨量持續下滑，到了 2010 年，代工業務仍然不好，惟智慧型手機的出貨量持續攀升，根據一項統計顯示，2011 年低價智慧型手機出貨量將從 2010 年的 300 萬支快速攀升至 4,000 萬支，因此 2011 年可說是智慧型手機低價普及化的元年，因此預計我國功能型的手機出貨量將減少，取而代之的是智慧型手機。有鑒於此，加上手機與人口和經濟的成長密切相關，因此，

未來中產階級將會是智慧型手機的主要消費者，加上我國目前的智慧型手機出貨量在 2011 年第二季時達歷史新高，因此預計出貨量將持續增溫。基於以上分析，本研究擬以中產階級的人口成長比例⁴做為手機產量增加比例，並且根據手機普及率、我國手機出貨量佔全球之比例與該產業產值佔電腦通訊與視聽產品製造業產值比例進行調整。

5. 小結

產量增加比例的設定，說明如下：以晶圓代工為例，根據前述，晶圓代工平均三年為一循環，每三年為之產量成長率較前一個三年減少 3%，因此本研究首先計算出晶圓代工平均每年的產量成長率（參考表 23），然後再依照表 22 之晶圓代工產值佔電子零組件產比例進行調整，結果則呈現於表 23 的結果欄位上。晶圓封測與 LED 產業計算方式亦同，結果則呈現於表 23 與表 24。至於手機產業，本研究根據中產階級的人口增加數與手機普及率(設定為 1)及我國手機產值佔全球手機產值比例(0.005)三者相乘，得出我國手機增加量，再者根據 2010 年我國手機總產量為 10,275,000 隻，加上手機增加量，即得我國手機產量，再來計算其增加率，再依照表 22 通訊設備業佔電腦、電子產品及光學製品製造業產值比例進行調整，結果則呈現於表 24。

根據過去出貨的歷史資料與各廠的擴產計畫，本研究設定情境

⁴ 2010-2030 年的中產階級人口資料來自於 A Cross-Over from West to East, Wolfensohn Center for Development at Brookings，其對中產階級的定義為家庭年收入在 US\$14,533-US\$95,6345 之間。2031-2050 的中產階級人口資料則來自於高盛證券，其對中產階級的定義為中產階級定義：每人每年所得在 US6,000-US30,000 美元的族群。)

三為考慮未來產量增加的能源需求，亦分別對電子零組件、電腦、電子產品及光學製品製造業與電力設備業進行推估，再將所得結果相加，即為電子電機業考慮未來產量增加的能源需求，情境三的設定說明如表 25。

表 22、電子電機業細產業產值佔比

產業	細產業	2006	2007	2008	2009	2010	平均
電子零組件製	晶圓代工	23.45	21.26	21.80	21.57	24.48	22.51
	晶圓封測	10.71	10.10	10.26	10.68	9.61	10.27
	DRAM 及分離式元件製造業	8.45	8.21	8.15	7.97	7.94	8.15

造業	被動電子元件	1.50	1.46	1.50	1.20	1.15	1.36
	印刷電路板	7.27	6.44	6.13	5.93	5.76	6.31
	液晶面板	30.34	36.98	35.85	36.22	33.69	34.62
	太陽能	0.49	1.17	2.83	2.69	3.78	2.19
	發光二極體	2.11	2.30	2.47	2.77	3.65	2.66
	其他	15.68	12.08	11.01	10.96	9.94	11.93
電子零組件		100	100	100	100	100	100
電腦、電子產品及光學製品製造業	電腦及周邊設備製造業	33.07	25.52	25.80	26.32	26.72	27.49
	通訊傳播設備製造業	29.89	34.46	37.80	35.47	35.79	34.68
	視聽電子產品製造業	11.28	12.29	8.33	7.22	7.35	9.29
	資料儲存媒體製造業	13.54	11.65	9.68	11.44	9.81	11.22
	量測、導航、控制設備	8.47	13.01	13.24	12.98	12.11	11.96
	輻射及電子醫學設備製造業	0.24	0.31	0.49	0.73	0.66	0.49
	光學儀器及設備製造業	3.50	2.76	4.66	5.84	7.56	4.87
電腦、電子產品及光學製品製造業		100	100	100	100	100	100
電力設備業	發電、輸電、配電機械製造業	60.76	62.66	61.63	58.15	59.21	60.48
	與電線及配線器材製造業						
	照明設備+家用電器製造業	12.79	11.94	12.03	14.84	13.77	13.07
	電池+其他電力設備製造業	26.45	25.39	26.34	27.00	27.02	26.44
電力設備業		100	100	100	100	100	100

資料來源：工業生產統計月報，本研究整理

表 23、晶圓代工與封測產量增加比例設定

年	代工業			封測業		
	成長率(%)	佔比(%)	結果(%)	成長率(%)	佔比(%)	結果(%)
2011	0.15	0.2251	0.033765	0.1	0.1027	0.01027
2012	0.0233	0.2251	0.005245	0.1	0.1027	0.01027
2013	0.0233	0.2251	0.005245	0.1	0.1027	0.01027
2014	0.0233	0.2251	0.005245	0.1	0.1027	0.01027
2015	0.0133	0.2251	0.002994	0.1	0.1027	0.01027
2016	0.0133	0.2251	0.002994	0.1	0.1027	0.01027
2017	0.0133	0.2251	0.002994	0.1	0.1027	0.01027
2018	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2019	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2020	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2021	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2022	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2023	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2024	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2025	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2026	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2027	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2028	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2029	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2030	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2031	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2032	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2033	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2034	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2035	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2036	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2037	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027

2038	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2039	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2040	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2041	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2042	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2043	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2044	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2045	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2046	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2047	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2048	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2049	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027
2050	0.0033	0.2251	0.000743	0.1	0.1027	0.01027

資料來源：本研究整理

表 24、LED 與手機業產量增加比例設定

年	LED			手機		
	成長率(%)	佔比(%)	結果(%)	成長率(%)	佔比(%)	結果(%)
2011	0.29	0.0266	0.007714	0.499006	0.3468	0.173055
2012	0.1	0.0266	0.00266	0.350466	0.3468	0.121541
2013	0.09	0.0266	0.002394	0.273215	0.3468	0.094751
2014	0.08	0.0266	0.002128	0.225916	0.3468	0.078348
2015	0.07	0.0266	0.001862	0.194012	0.3468	0.067283
2016	0.06	0.0266	0.001596	0.171066	0.3468	0.059326
2017	0.05	0.0266	0.00133	0.153789	0.3468	0.053334
2018	0.04	0.0266	0.001064	0.140327	0.3468	0.048665
2019	0.03	0.0266	0.000798	0.129555	0.3468	0.04493
2020	0.02	0.0266	0.000532	0.120751	0.3468	0.041876
2021	0.01	0.0266	0.000266	0.089378	0.3468	0.030996
2022	0.01	0.0266	0.000266	0.085458	0.3468	0.029637

2023	0.01	0.0266	0.000266	0.082005	0.3468	0.028439
2024	0.01	0.0266	0.000266	0.078942	0.3468	0.027377
2025	0.01	0.0266	0.000266	0.07621	0.3468	0.02643
2026	0.01	0.0266	0.000266	0.073759	0.3468	0.02558
2027	0.01	0.0266	0.000266	0.07155	0.3468	0.024814
2028	0.01	0.0266	0.000266	0.06955	0.3468	0.02412
2029	0.01	0.0266	0.000266	0.067733	0.3468	0.02349
2030	0.01	0.0266	0.000266	0.066075	0.3468	0.022915
2031	0.01	0.0266	0.000266	0.031775	0.3468	0.01102
2032	0.01	0.0266	0.000266	0.030797	0.3468	0.01068
2033	0.01	0.0266	0.000266	0.029877	0.3468	0.010361
2034	0.01	0.0266	0.000266	0.02901	0.3468	0.010061
2035	0.01	0.0266	0.000266	0.028192	0.3468	0.009777
2036	0.01	0.0266	0.000266	0.027419	0.3468	0.009509
2037	0.01	0.0266	0.000266	0.026687	0.3468	0.009255
2038	0.01	0.0266	0.000266	0.025994	0.3468	0.009015
2039	0.01	0.0266	0.000266	0.025335	0.3468	0.008786
2040	0.01	0.0266	0.000266	0.024709	0.3468	0.008569
2041	0.01	0.0266	0.000266	0.024113	0.3468	0.008362
2042	0.01	0.0266	0.000266	0.023545	0.3468	0.008166
2043	0.01	0.0266	0.000266	0.023004	0.3468	0.007978
2044	0.01	0.0266	0.000266	0.022487	0.3468	0.007798
2045	0.01	0.0266	0.000266	0.021992	0.3468	0.007627
2046	0.01	0.0266	0.000266	0.021519	0.3468	0.007463
2047	0.01	0.0266	0.000266	0.021066	0.3468	0.007306
2048	0.01	0.0266	0.000266	0.020631	0.3468	0.007155
2049	0.01	0.0266	0.000266	0.020214	0.3468	0.00701
2050	0.01	0.0266	0.000266	0.019813	0.3468	0.006871

資料來源：本研究整理

表 25、電子電機業情境參數設定(情境三)

	產業	GDP 成長 率	節能率 (%)	產量增加比例 (%)(2011-2050)
情 境 三	電子零組件	同情境二	同情境二	晶圓代工：0.07-3.38 封測：1.03 LED：0.03-0.77
	電腦通訊與視聽 產品製造業			手機：0.06-17.31
	電力設備業			--

註：產量增加比例均經過該產業產值佔電子電機業產值比例進行調整

(二) 電子電機業能源需求推估結果

能源需求的推估上，本研究擬採向量自我回歸（VAR）與單變量模型進行分析。

1. 向量自我回歸(VAR)模型

對於電子電機業的能源消費推估，本研究利用統計軟體 Eviews 進行時間序列模擬，在進行時間序列分析之前，需先檢定時間序列資料是否為定態 (stationary)，倘若時間序列為非定態 (Non-stationary)，則可能會出現假性迴歸的問題。關於定態檢定部份，本研究主要採用 Augmented Dickey-Full 檢定 (ADF test) 單根檢定來檢定時間序列是否為定態(包含截距項與時間趨勢)。首先所有資料先取自然對數，再進行差分，得到連續型的成長率。經上述步驟處理的所有序列均呈現定態序列。最後在預測未來電子電機業的能源使用，初步假設無重大投資案與無技術進步之下的單純情境下境行模擬。由於能源消費資料中並無電子電機業能源消費，因此會將個別產業分別進行推估，將所得結果相加，成為電子電機業能源消費結果。首先，就電子電機業各項能源需求進行推估，將各別種類之能耗量成長率與其工業生產指數成長率及經濟成長率等四個內生變數間模擬，資料期間除了電子零組件業資料期間為 1998 年至 2010 年，共計 52 筆季資料外，其餘資料期間均為 1981-2010 年，共計 116 筆季資料。本研究以 AIC 或 SBIC 值作為選取最適落後期的判斷準則，結果發現，電子零組件以落後一期、電腦通訊設備業以落後四期、電力設備業以落後四期為最適模型之選擇。

其模型表示如下：

$$Y_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

其中，

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電子零組件電力消費量} \\ \text{電子零組件熱能消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電子零組件工業生產指數} \end{Bmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}, \quad A_i = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{13} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{31} \dots a_{33} \end{pmatrix},$$

$$\varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}$$

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電腦通訊設備與視聽產品製造業電力消費量} \\ \text{電腦通訊設備與視聽產品製造業油品消費量} \\ \text{電腦通訊設備與視聽產品製造業天然氣消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電腦通訊設備與視聽產品製造業工業生產指數} \end{Bmatrix} A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}$$

$$Y_t = \begin{Bmatrix} \text{電力設備業電力消費量} \\ \text{電力設備業天然氣消費量} \\ \text{電力設備業油品消費量} \\ \text{GDP}_t \\ \text{電力設備業工業生產指數} \end{Bmatrix}, \quad A_0 = \begin{pmatrix} a_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}, \quad A_i = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{13} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{31} \dots a_{33} \end{pmatrix},$$

$$\varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_{3t} \end{pmatrix}$$

在情境一的設定下，2011-2012 年會有微幅下滑趨勢，之後呈穩定成長後趨緩。2011-2020 年期間，油品需求平均年成長率為 1.79%、天然氣需求平均年成長率為 2.27%、電力需求平均年成長率為

0.84%、熱能需求年平均成長率 0.88%；2021-2030 年期間，油品需求平均年成長率為 1.85%、天然氣需求平均年成長率為 2.26%、電力需求平均年成長率為 0.71%、熱能需求年平均成長率 1.09%；2031-2040 年期間，油品需求平均年成長率為 2.06%、天然氣需求平均年成長率為 0.02%、電力需求平均年成長率為 0.71%、熱能需求年平均成長率 1.09%；2041-2050 年期間，油品需求平均年成長率為 2.27%、天然氣需求平均年成長率為 0.001%、電力需求平均年成長率為 0.73%、熱能需求年平均成長率 1.09%。預計 2050 年油品需求為 552 千公秉油當量、天然氣需求為 116 千公秉油當量，電力需求為 12,798 千公秉油當量，熱能需求為 100 千公秉油當量，總能源需求為 13,567 千公秉油當量。2010-2050 的總能源需求之平均年成長為 8.60%，至於電力則平均年成長為 8.13% 成長，油品則為 23.53% 成長，天然氣以 6.50% 成長，熱能則以 11.61% 成長(參考

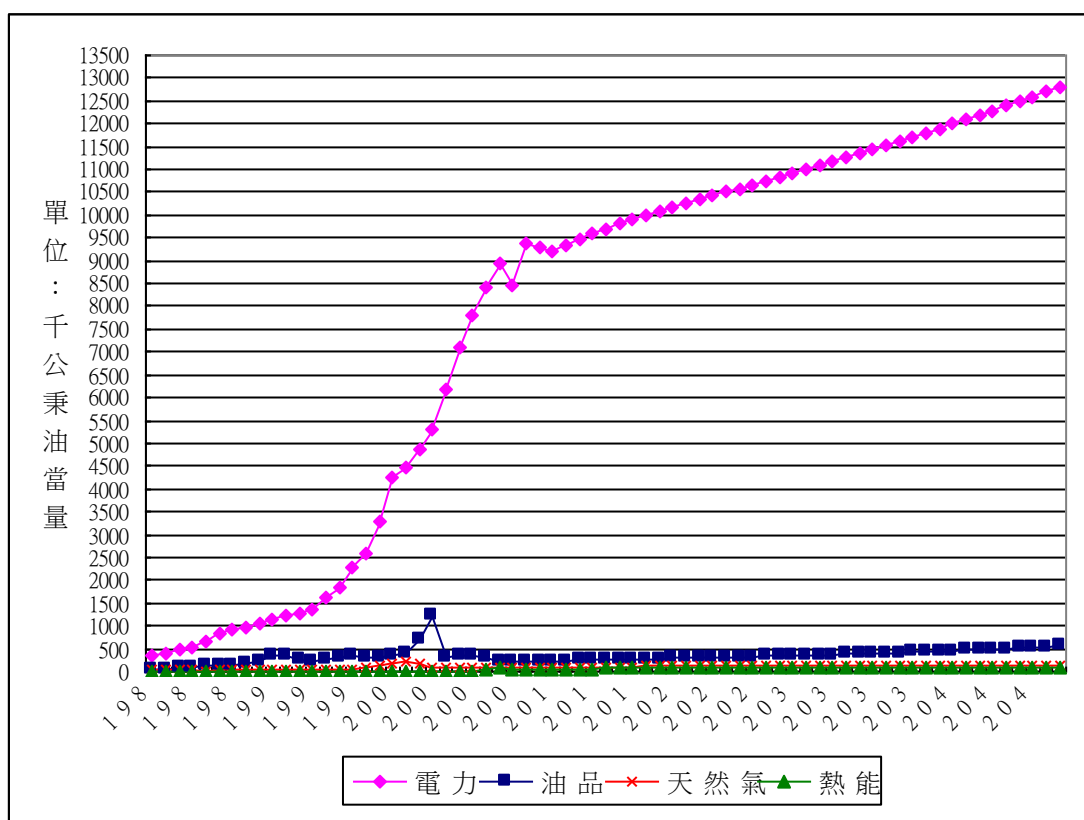


圖 47、)。

從能源的需求比例來看，電子電機業仍以電力為主要能源消費，約佔 97%，其次則為油品，約佔 4.06%，第三為天然氣，約佔 0.86%，最後為熱能，約佔 0.74%。由此趨勢可知，雖然電力仍為電子電機業的能源消費之主力，但是考慮到未來能源價格上升的趨勢，我國發電成本勢必提高，進而衝擊到產業的獲利，因此預計電子零組件產業會透過如熱能等方式獲得能源，加上目前政府鼓勵以多用熱能而減少用電，因此，電熱比逐漸下降。天然氣方面，初期成長較高，未來受限於我國契約價較高的影響下，成長率趨緩。

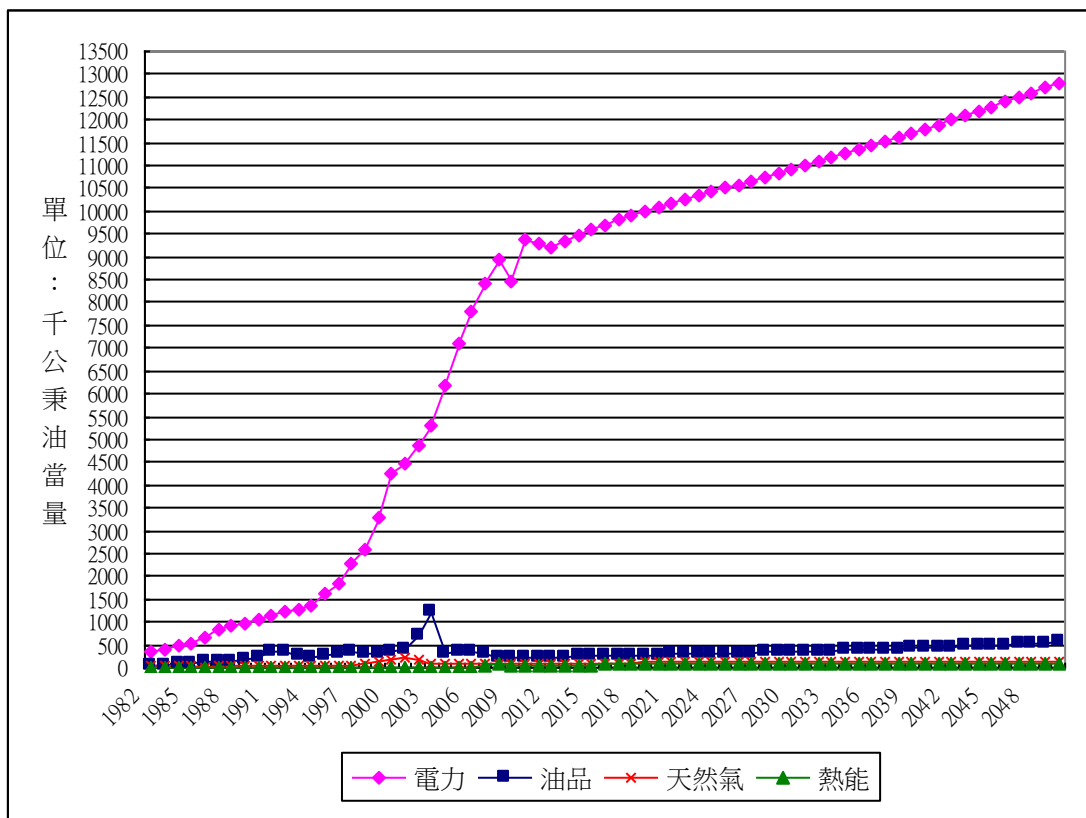


圖 47、VAR 推估 1982-2050 年電子電機業能源需求預測

註 1：熱能的使用目前僅在電子零組件業

註 2：電子零組件業資料僅從 1998 年開始

在情境二的設定之下，能源消費則在 2050 年時減少為 8,723 千公秉油當量，約為不考慮節能效果之結果的 64%，若考慮節能的情況下，2011-2020 年期間，能源需求平均年成長率為 0.11% 負成長，2021-2030 年期間之年平均成長率為 0.22% 負成長，2031-2040 年的年平均成長率則為 0.19% 負成長，2041-2050 年則為 0.10% 負成長，整體從 2010-2050 之年平均成長為 2.19% 負成長(參考錯誤! 找不到參照來源。)。由推估得到的能源需求發現，由於本研究將節約率設為一固定值，因此由於技術進步而產生的節約率的外溢效果將隨時間因而遞減，也因此 2031 年開始，能源需求的年平均成長率增長，根據專家意見，目前電子電機業的節能措施，大都集中在非製程設備上，如：冰水機、冷凍空調、照明設備…等，雖然目前是可達到節能的成效，並且降低成本，但未來仍要考慮針對製程的節能提高，方能使得優勢繼續。

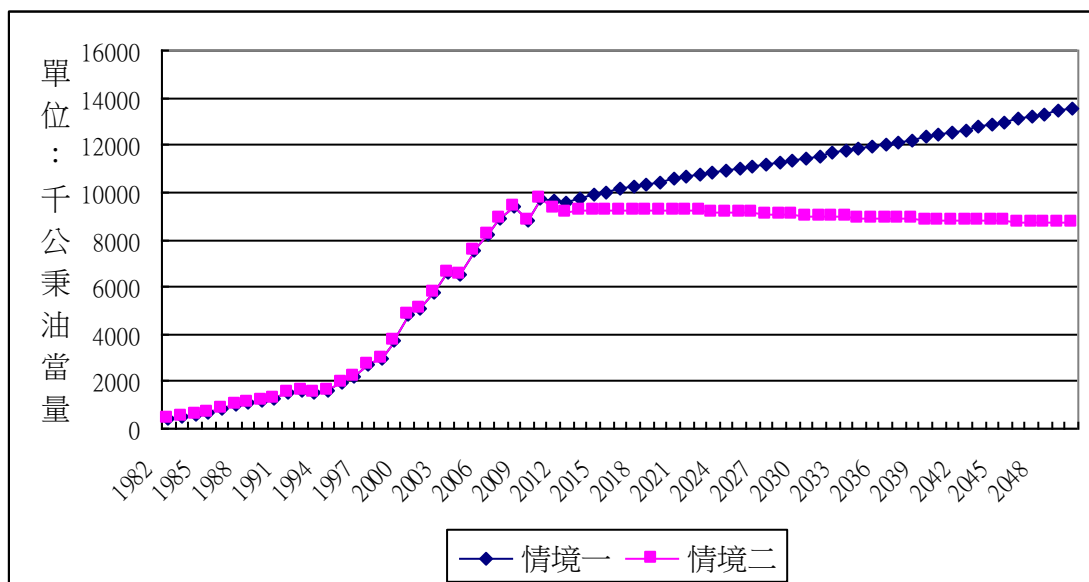


圖 48、VAR 推估電子電機業二種情境之下整體能源需求預測

根據考慮未來可能增加的產量之後，並且假設未來生產技術相同，使用能源的方式亦不變，在情境三的模擬下，2011-2020 年期間，能源需求平均年成長率為 2.38% 成長，2021-2030 年期間之年平均成長率為 0.95% 成長，2031-2040 年的年平均成長率則為 0.26% 成長，2041-2050 年則為 0.22% 成長，整體從 2010-2050 之年平均成長為 12.47% 成長，比較三種情境結果發現，以情境三的平均成長率為最高，其次為情境一。再者，至 2050 年，情境三相較於情境二增加約 6,530 千公秉油當量，相較於情境一，則增加約 1,688 千公秉油當量(參考錯誤! 找不到參照來源。)，在在顯示當廠商未來擴充其產能時，若無進行節能或是發展新的節能技術，所需的能源消耗是相當大的，當預期為來國際能源價格上漲，能源的成本將會對於企業本身獲利有相當大的衝擊。

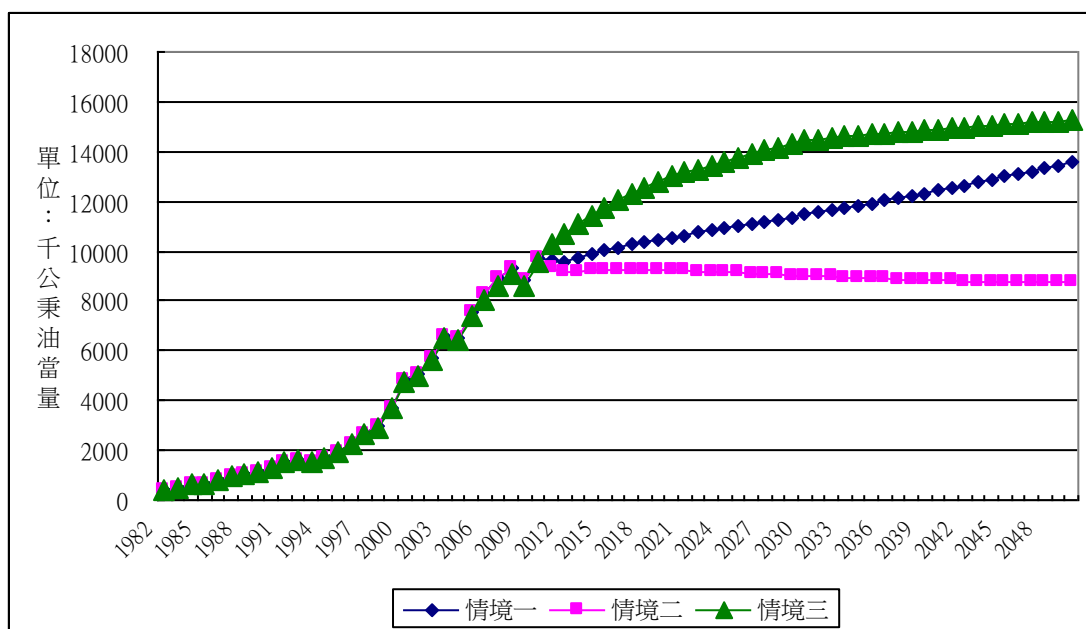


圖 49、VAR 推估三種情境下電子電機產業整體能源需求預測

2. 單變量模型

再者，本研究利用單變量模型，針對情境一到三進行推估。在電子零組件業方面的電力消費量，電腦通訊設備業中的天然氣與油品消費量，電力設備業的油品消費量都無須經過一階差分即達到定態，而電子零組件業方面的熱能消費量、電腦通訊設備業中的電力消費量及電力設備業中的電力與天然氣消費量都須經過一階差分方能達到定態，而上述能源消費量都已落後一期與零階移動平均的分析較為合適，因此，無須經過一階差分的能源消費量，本研究以 ARMA(1,0)分析之，而需經過一階差分的則以 ARIMA(1,1,0)分析。

在情境一的設定下，2011-2020 年期間，油品需求平均年成長率為 1.24%、天然氣需求平均年成長率為 1.73%、電力需求平均年成長率為 0.40%、熱能需求年平均成長率 5.27%；2021-2030 年期間，油品需求平均年成長率將近為 0%、天然氣需求平均年成長率為 1.39%、電力需求平均年成長率為 0.87%、熱能需求年平均成長率 3.31%；2031-2040 年期間，油品需求平均年成長率達到持平階段、天然氣需求平均年成長率為 1.20%、電力需求平均年成長率為 0.84%、熱能需求年平均成長率 2.42%；2041-2050 年期間，油品需求平均年成長率持平、天然氣需求平均年成長率為 1.06%、電力需求平均年成長率為 0.77%、熱能需求年平均成長率 1.90%。預計 2050 年油品需求為 296 千公秉油當量、天然氣需求為 184 千公秉油當量，電力需求為 13,625 千公秉油當量，熱能需求為 257 千公秉油當量，總能源需求為 14,363 千公秉油當量。2010-2050 的總能源需求之平均年成長為 13.87%，至於電力則平均年成長為 94.86% 成長，油品則為 5.06% 成長，天然氣以 26.02% 成長，熱能則以 72.57% 成長(參考圖

50)。

從能源的需求比例來看，電子電機業仍以電力為主要能源消費，約佔 94.86%，其次則為油品，約佔 2.06%，第三為熱能，約佔 1.79%，最後為天然氣，約佔 1.06%。由 ARIMA 的結果得知，電力仍為電子電機業的能源消費之主力，可是，ARIMA 僅用資料本身估計本身，例如用歷史電力消費估計未來電力消費，並沒有考慮到結構轉變的問題。

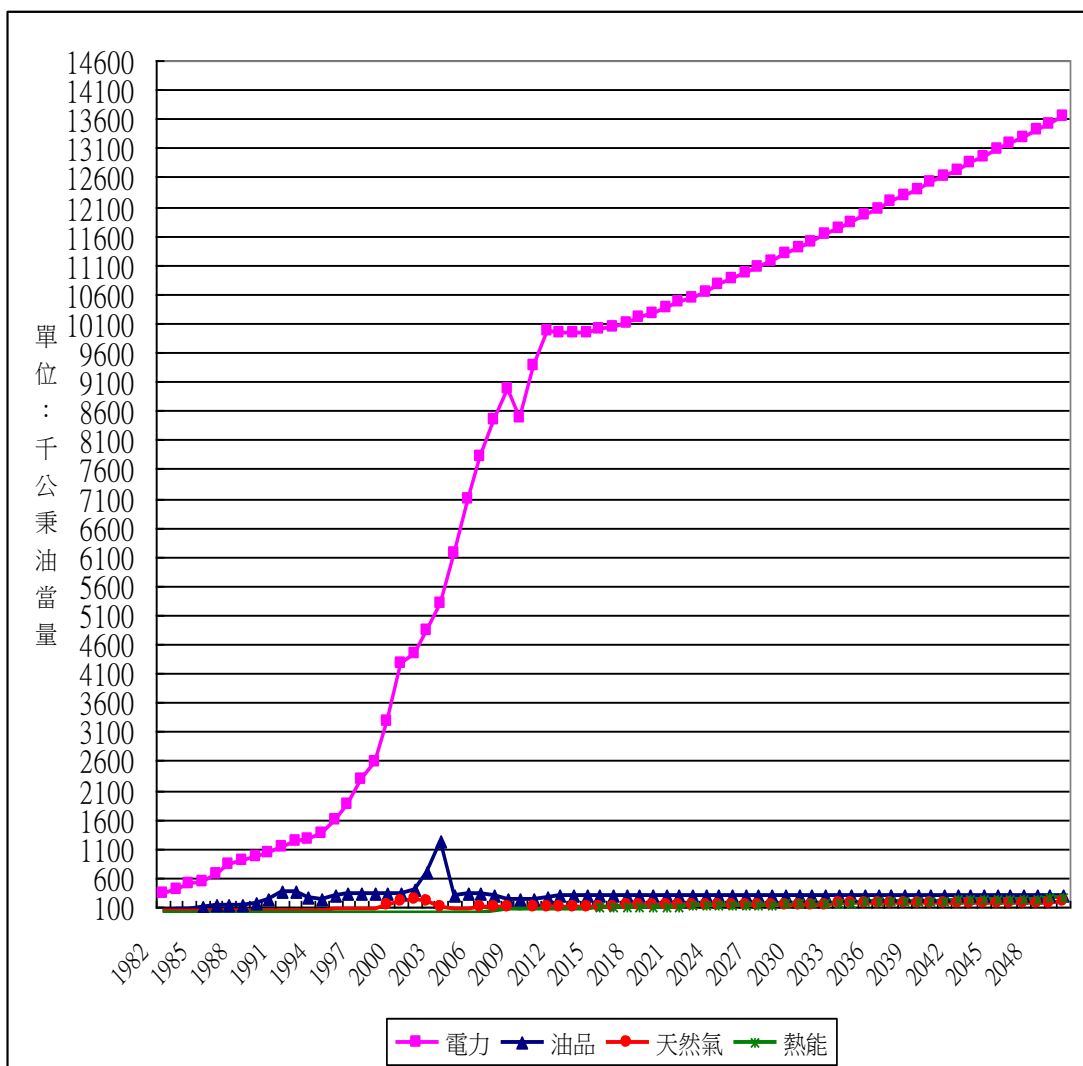


圖 50、ARMA 或 ARIMA 推估 1982-2050 年電子電機能源需求預測

註 1：熱能的使用目前僅在電子零組件業、註 2：電子零組件業資料僅從 1998 年開始

在情境二的設定之下，能源消費則在 2050 年時減少為 10,249 千公秉油當量，約為不考慮節能效果的 70%，減少 4,113 千公秉油當量，在考慮節能的情況下，2011-2020 年期間，能源需求平均成長率為 0.5 負成長，2021-2030 年期間之年平均成長率為 0.23%，2031-2040 年的平均成長率為 0.25%，2041-2050 年期間的成長率則為 0.29%，2010-2050 之年平均成長為 2.8% 成長(參考錯誤! 找不到參照來源)。

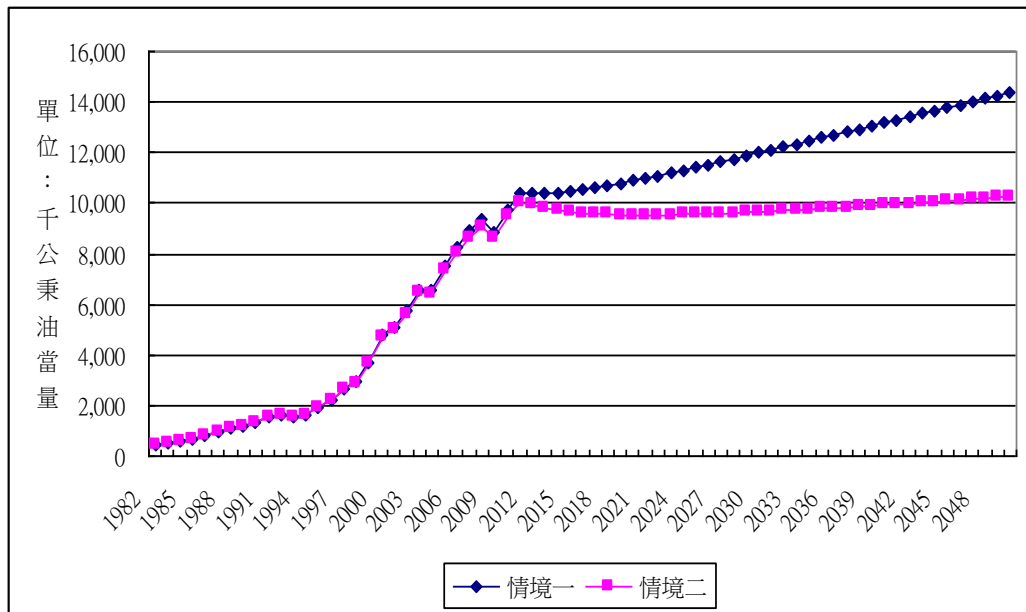


圖 51、ARMA 或 ARIMA 推估電子電機業二種情境下能源需求預測

在情境三的設定下，考慮可能增加的產量後，假設未來生產技術相同，使用能源的方式不變。2011-2020 年期間，年平均成長率為 2.47%，2021-2030 之年平均成長率為 0.95% 成長，2031-2040 年平均成長率則為 0.20% 成長，2041-2050 年則為 0.11% 成長，整體從 2010-2050 之年平均成長為 12.39% 成長。比較三種情境結果發現，以情境三的平均成長率為最高，其次為情境一，至 2050 年，相較於情境二增加約 4,843 千公秉油當量，相較於情境一，則增加約 1,198 千公秉油當量。顯示當廠商未來擴充其產能時，若無持續進行節能

或是發展新的節能技術，所需的能源消耗是相當大的，當預期未來國際能源價格上漲，能源的成本衝擊企業本身獲利（參考錯誤！找不到參照來源。）。

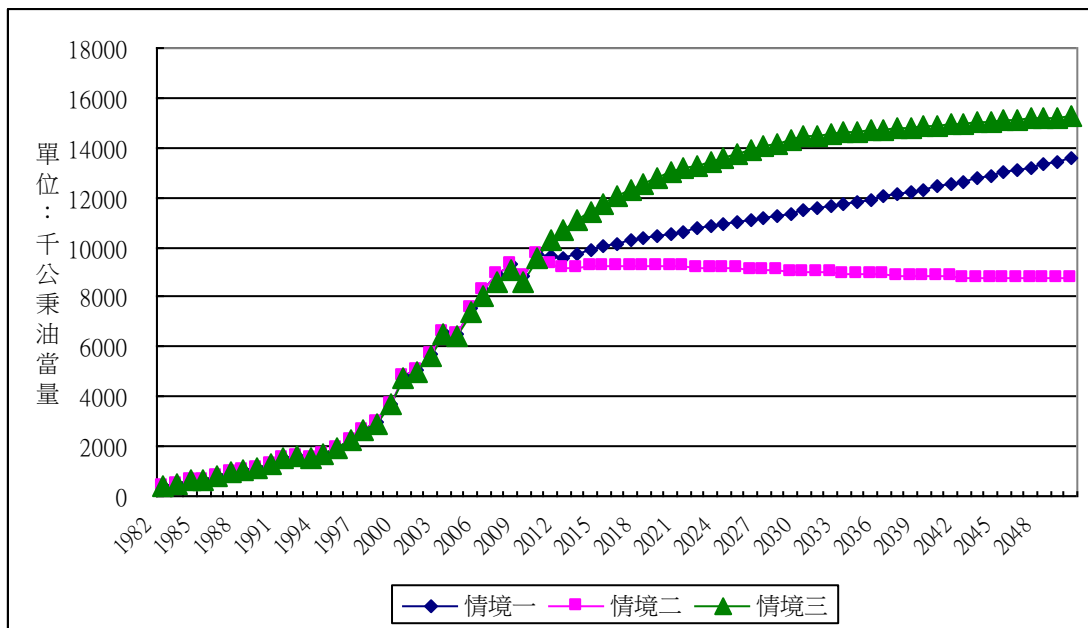


圖 52、ARMA 或 ARIMA 推估電子電機業二種情境下能源需求預測

(三) 電子電機業二氧化碳排放推估

在不考慮節能與增加產量的情境一下，2011-2020 期間，二氧碳排放量年平均成長率為 0.88%，2021-2030 年間，平均成長率則到 0.74%；2031-2040 期間則為 0.75%；2041-2050 年期間平均成長率則到 0.79%。預計碳放量到 2050 年達到 33,334 千噸(參考錯誤！找不到參照來源。)

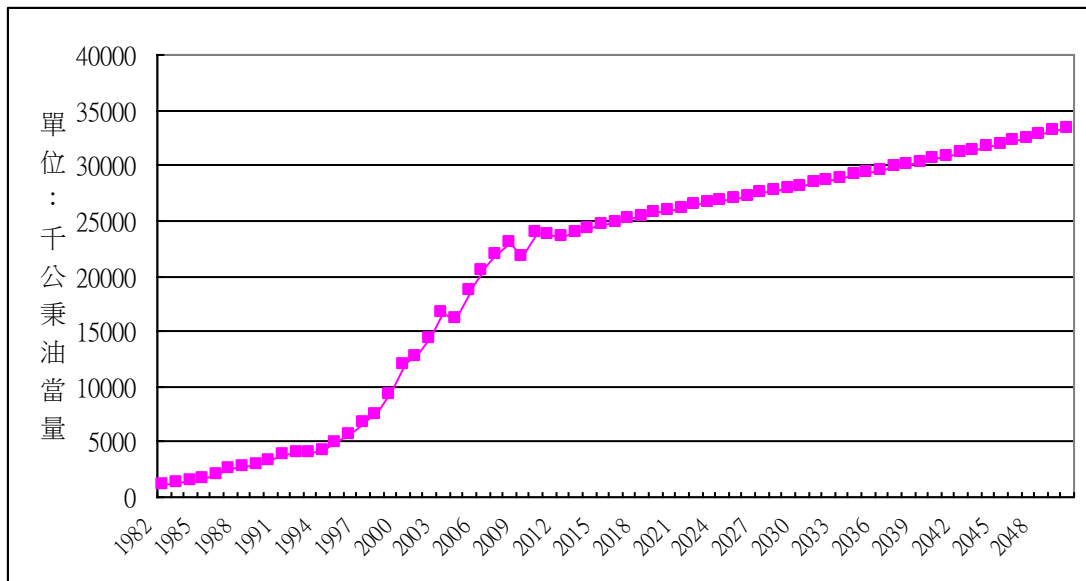


圖 53、VAR 推估情境一下二氧化碳排放量

在情境二之下，2011-2020 期間，二氧化碳排放量年平均成長率為 -0.15%，2021-2030 年間，平均成長率則到 -0.26%；2031-2040 期間則為 -0.23%；2041-2050 年期間平均成長率則到 -0.14%，預計碳排放量到 2050 年達到 21,020 千噸，約減少 12,315 千噸。值得注意的一點是：即使考慮到節能率，但是，減少的二氧化碳排放之增加率亦隨時間而增加，表示若無進一步的節能技術使得節能率持續上升，則因節能率而降低的能源消費效果會因此而減少的效果會下降(參考錯誤! 找不到參照來源。)

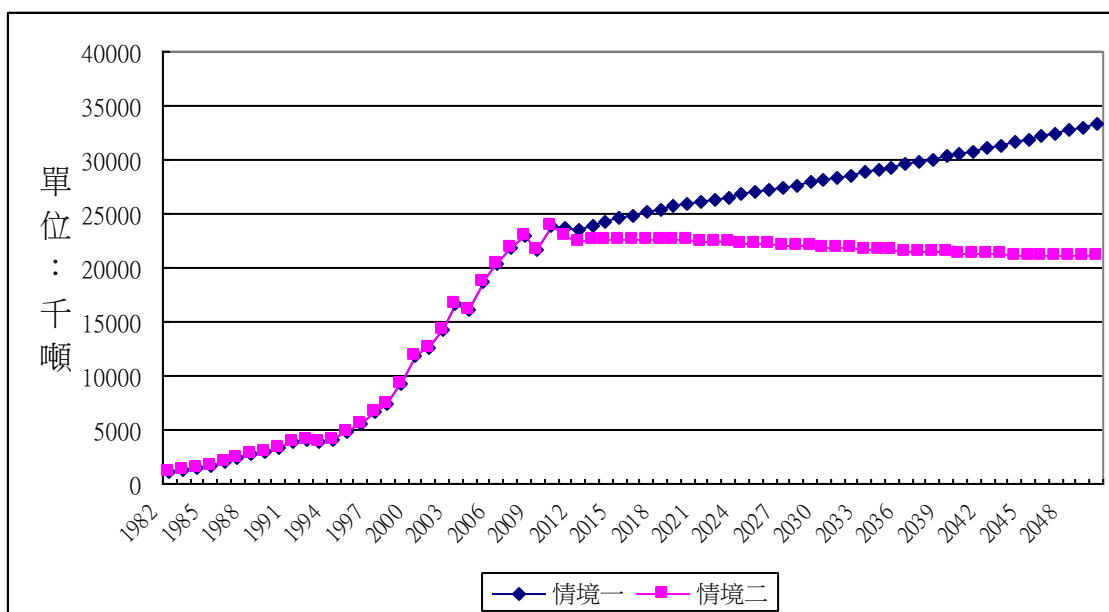


圖 54、VAR 推估二種情境下二氧化碳排放量

根據考慮未來可能增加的產量之後，並且假設未來生產技術相同，使用能源的方式亦不變，在情境三的模擬下，二氧化碳排放量 2011-2020 年平均成長率為 2.40%；在 2021-2030 年間，平均成長率則到 0.97%；2031-2040 期間則為 0.27%；2041-2050 年期間平均成長率則到 0.23%，預計碳排放量到 2050 年達到 37,694 千噸，較情境一增加 4,359 千噸，較情境二增加 16,674 千噸(參考圖 55)。

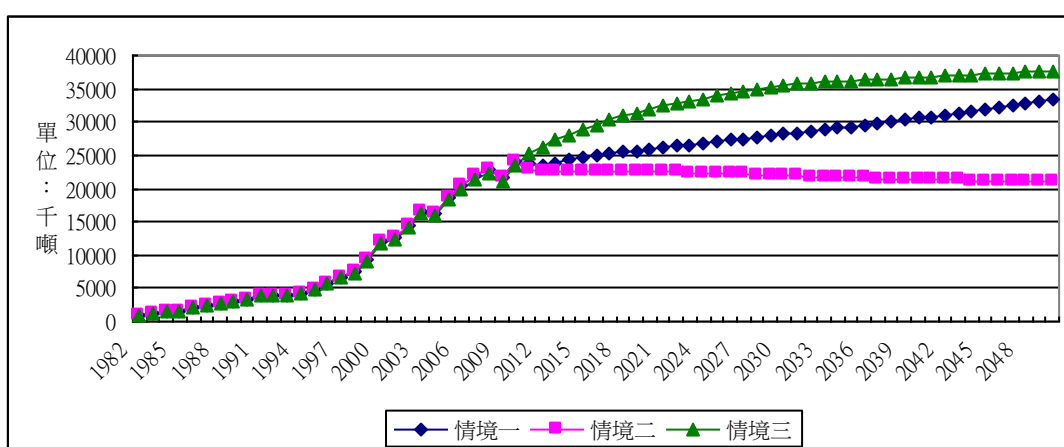


圖 55、VAR 推估三種情境下二氧化碳排放量

利用 ARMA 或 ARIMA 模型估計出的能源消費量計算二氧化碳排放量，在不考慮節能與增加產量的情境一下，2011-2020 期間，二氧化碳排放量年平均成長率為 0.44%，2021-2030 年間，平均成長率則到 0.85%；2031-2040 期間則為 0.82%；2041-2050 年期間平均成長率則到 0.76%。預計碳排放量到 2050 年達到 34,844 千噸(參考圖 56)。較以 VAR 估計得到的量為多。

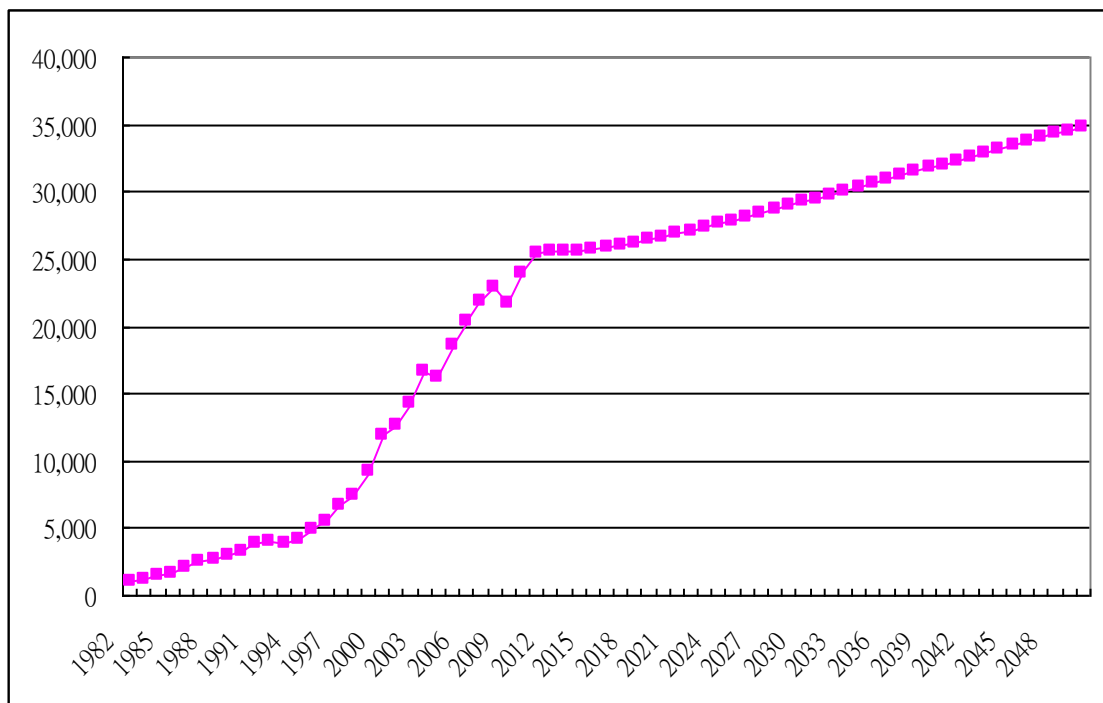


圖 56、ARMA 或 ARIMA 推估情境一下二氧化碳排放量

在情境二之下，2011-2020 期間，二氧化碳排放量年平均成長率為 -0.42%，在 2021-2030 年間，平均成長率則到 0.18%；2031-2040 期間則為 0.29%；2041-2050 年期間平均成長率則到 0.33%，預計碳排放量到 2050 年達到 25,869 千噸，約減少 8,975 千噸（參考圖 57）。

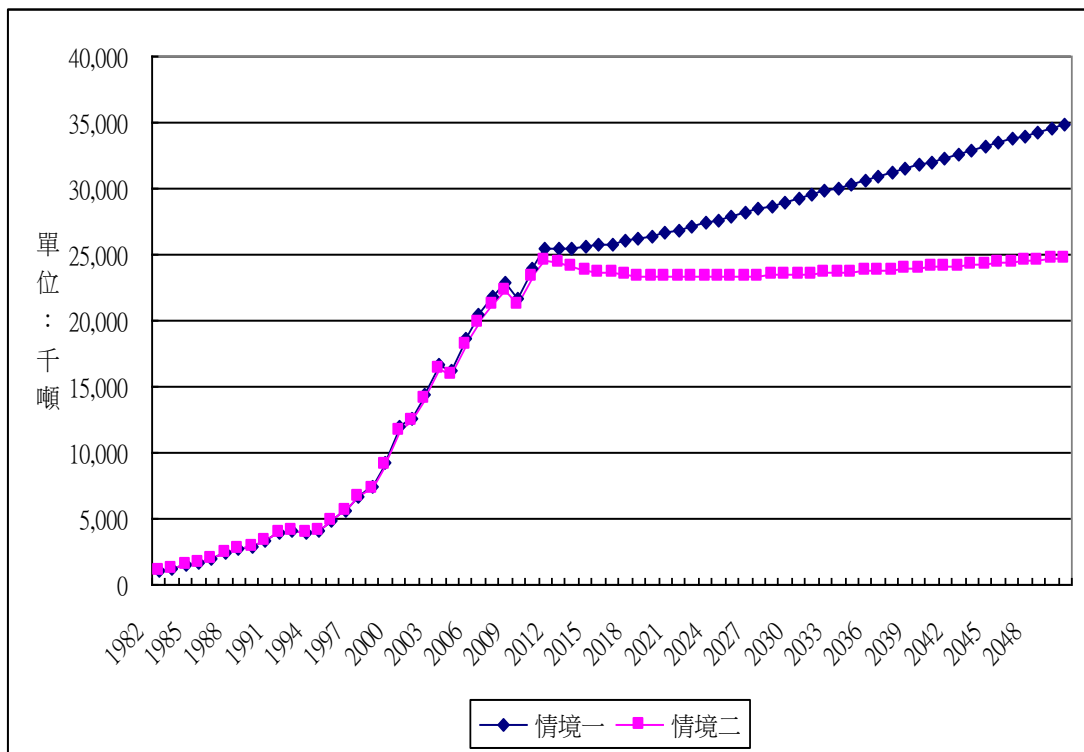


圖 57、ARMA 或 ARIMA 推估二種情境下二氧化碳排放量

根據考慮未來可能增加的產量之後，並且假設未來生產技術相同，能源的方式使用亦不變。情境三的模擬下，二氧碳排放量 2011-2020 年平均成長率為 2.49%；在 2021-2030 年間，平均成長率則到 0.96%；2031-2040 期間則為 0.21%；2041-2050 年期間平均成長率則到 0.12%。預計碳排放量到 2050 年達到 38,381 千噸，較情境一增加 3,536 千噸，較情境二增加 12,513 千噸（參考圖 58、）。

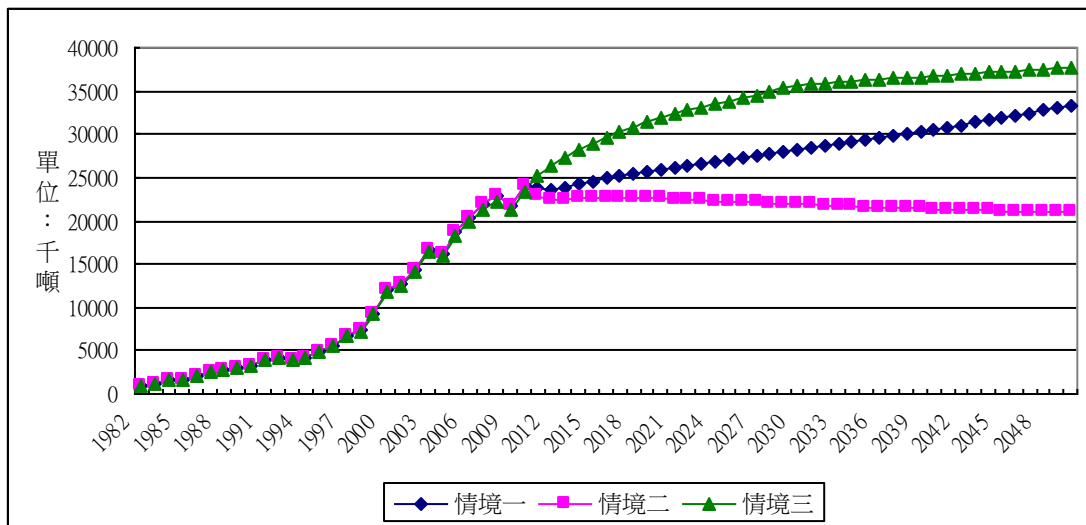


圖 58、ARMA 或 ARIMA 推估三種情境下二氧化碳排放量

(四) 估計方法之比較

接著比較利用 VAR 與 ARMA 或 ARIMA 估計的結果如表 26。顯示以 ARMA 或 ARIMA 估計法所得之能源消費量與二氧化碳排放量均較 VAR 法為高。利用 VAR 法所得的結果，能源消費量除了受其本身歷史資訊的影響外，還有受到 GDP 與該產業工業生產指數的影響。ARMA 或 ARIMA 模型以過去歷史資料推估自己本身未來的能源需求，即表示觀察值會受到本身前期所影響，若是以 ARMA 模型估計之（電子零組件的電力、電腦通訊設備的天然氣、油品、電力設備業的油品）表示距離現在愈遠的過去觀察值，對現在的影響愈小，而以 ARIMA(1,1,0)估計之（電子零組件的熱能、電腦通訊設備的天然氣、油品、電力設備業的電力、天然氣）表示有很高的序列相關。

表 26、利用 VAR 與 ARMA 或 ARIMA 估計結果比較表

情境	項目	年	模型	
			VAR	ARMA 或 ARIMA
情境一	能源消費成長率(%)	2011-2020 年	0.88	0.47
		2021-2030 年	0.74	0.88
		2031-2040 年	0.74	0.85
		2041-2050 年	0.79	0.78
	至 2050 年能源消費(千公秉油當量)		13,567	14,363
	二氧化碳排放成長率	2011-2020 年	0.88	0.44
		2021-2030 年	0.74	0.85
2031-2040 年		0.75	0.82	
2041-2050 年		0.79	0.76	
至 2050 年二氧化碳排放(千噸)		33,334	34,844	
情境二	能源消費成長率	2011-2020 年	-0.11	-0.42
		2021-2030 年	-0.22	0.18
		2031-2040 年	-0.19	0.29
		2041-2050 年	-0.10	0.33
	至 2050 年能源消費(千公秉油當量)		8,723	10,719
	二氧化碳排放成長率	2011-2020 年	-0.15	-0.47
		2021-2030 年	-0.26	0.14
2031-2040 年		-0.23	0.25	
2041-2050 年		-0.14	0.29	
至 2050 年二氧化碳排放(千噸)		21,020	25,869	
情境三	能源消費成長率(%)	2011-2020 年	2.38	2.47
		2021-2030 年	0.96	0.95
		2031-2040 年	0.26	0.20
		2041-2050 年	0.22	0.11
	至 2050 年能源消費(千公秉油當量)		15,254	15,562
	二氧化碳排放成長率	2011-2020 年	2.40	2.49
		2021-2030 年	0.97	0.96
2031-2040 年		0.27	0.21	
2041-2050 年		0.23	0.12	
至 2050 年二氧化碳排放(千噸)		37,694	38,381	

資料來源：本研究

(五) 電子電機業出口增加對台灣整體經濟與個別產業影響

1. 電子電機模擬情境設定

未來電子電機產量的增加亦會對能源需求造成影響。根據工業生產統計月報的資料，本研究將電子電機產業的產值進行近五年來的整理，結果發現電子零組件業的產值在近五年均佔電子電機業的七成以上，且有逐年上升的趨勢，其次為電腦通訊設備業、電力設備業，而兩者之產值都有逐年減少的趨勢，加上此兩產業佔電子電機業的產值為九成(參考

表 20)，且能源消費部分也佔了電子電機業的九成五以上，基於以上理由，本研究在產量的增加上，僅考慮電子零組件業與電腦通訊設備業。再者，在電子零組件業中，晶圓代工與封測產業所佔產值最大，其次為液晶面板產業，但是，液晶面板產業之產值所佔比大致維持不變，而發光二極體之佔比則上升，加上節能議題的興起，各國都欲以 LED 燈取代傳統照明的趨勢下，所以，本研究在電子零組件業選擇晶圓代工與封測產業及發光二極體產業的產量增加作為模擬產業。在電腦、電子產品及光學製品製造業中，通訊傳播設備業的產值所佔電子電機業為最大，因此，本研究即以該行業中的手機業作為模擬產業。相關的產量推估已在前面說明，故此不再贅述，惟台經院的 3E 模型資料庫是以主計處所公佈之三碼產業為依據編制，晶圓代工與封測業的產量增加會以其佔半導體產業的產值比例進行調整，LED 產業則以其佔光電材料及元件業的產值比例進行調整，手機業則以其佔通訊傳播設備業的產值比例進行調整。由於我國電子電機產業均以出口為主，因此，假設所增加的產量廠商均拿來出口，所有設定的衝擊比例如表 27。本研究以此情境，分析當電子電機產業出口增加時對經濟、環境及能源需求的影響，並利用台經院 3E 模型為分析工具。

表 27、出口增加設定衝擊比例

產業	2011-2020 年平均	2021-2030 年平均	2031-2040 年平均	2041-2050 年平均

半導體	3.55%	2.64%	2.64%	2.64%
光電材料及元件	0.56%	0.07%	0.07%	0.07%
通訊傳播設備	13.04%	4.39%	1.62%	1.26%

資料來源：本研究

2. 模擬結果分析

(1) 總體經濟變數影響

對整體的經濟總影響參考表 28。2011-2020 年間，以 LED 產業為例，第一，由於全球在 2012 年均陸續禁用白熾燈，以美國為例，緩衝期為 2012 年 1 月到 2014 年 1 月，且大多白熾燈炮於 2014 年在美禁止銷售，日本則到 2012 年止，停止製造並銷售高耗能白熾燈，中國則在 2016 年底將徹底淘汰普通照明用白熾燈，歐盟在 2012 年起禁用所有瓦數的傳統燈泡，加拿大亦在 2012 年起禁用白熾燈，第二，根據工研院調查，未來 10 年內 LED 在整體照明市場的滲透率可達 80%，第三，根據表 29，整體代工價格下降，表示 LED 燈市場將在 2020 年邁入成熟市場，在此之前，企業均會增加投資，也因此相較於 BAU，實質投資增加比例最多，再者，我國 LED 產業以出口為主，再者，2006-2010 年台灣出口商品在過去 5 年平均占 GDP 約 62%，加上設備投資 9%，等於是 71% 的 GDP 與全球需求直接相關，因此，出口拉升實質 GDP 的成長。若以手機產業來看，目前台灣手機出貨的成長動能來自於智慧型手機，根據資策會預估，2011-2016 年手機的年複合成長率為 25.8%，預計 2016 年全球智慧型手機出貨量達 14 億隻，這也是造成實質投資增加高的一項因素。雖然目前半導體產業呈現產能過剩的現象，使得預估 2012 年的資本

支出會較 2011 年減少，連帶使得供給相對減少，但智慧型手機出貨量的增加，整體消費性電子產品的出貨量增加，將會帶動半導體產業的成長，因而使得擴充其資本支出。2021 年開始到 2050 年，成長率較 2011-2020 年為低，顯示目前的產品，在 10 年後均達成熟市場，若無進一步增加其附加價值或是使用新技術，電子電機業產品即使出口增加，將對整體經濟影響的幅度逐漸變小(參考表 28)。

在與 BAU 比較之後（參考

表 30 與圖 59），發現成長率均有限，在實質投資方面，從 2031 年開始呈現負成長，這是由於此時技術成熟，但若無新的技術加入以增加投資金額，將會導致對目前技術的投資減少，加上國內廠商對於新建廠房持審慎的態度，加上若工資如不調漲，則會將此產業的人吸引至其他產業就業，而進入其他產業就業時，可能產生摩擦性失業的問題，再者，我國在 2021 年開始即步入已開發國家之林，加上根據本年度(2011)7 月，施部長對於 2020 年的產業結構改變中提到要大量出口相關服務業，因此面臨產業轉型之際，所以結構性的失業也會上升，因此造成就業產值的下降。

表 28、電子電機業出口增加模擬之總體變數效果(衝擊後之總影響)

變數	2011-2020 年度平均		2021~2030 年度平均		2031~2040 年度平均		2041~2050 年度平均	
	%	mNT\$	%	mNT\$	%	mNT\$	%	mNT\$
實質民間消費(C)	3.35	324461.255	2.2949	358,562.99	2.1870	519,983.88	1.9959	710,736.83
實質投資(I)	6.2367	254,339.79	1.7820	139,397.88	1.9802	233,529.81	1.8635	331,134.41
實質政府消費(G)	3.3519	59,891.93	2.2949	63,559.25	2.1870	90,081.62	1.9959	121,062.45
出口量(X)	3.7792	599,084.76	2.4483	659,072.08	2.1921	929,439.86	1.9220	1,238,646.57
進口量(M)	3.2832	434,446.68	1.7691	415,225.07	1.6842	621,916.26	1.5109	849,305.55
實質GDP	4.4130	802,261.38	2.7010	803,967.58	2.5380	1,149,669.03	2.2860	1,551,074.11
就業	2.7880	230,309.48	2.3837	306,697.47	2.2402	442,191.51	2.0919	622,951.61
實質工資	0.0113	N/A	0.0222	N/A	0.0235	N/A	0.0220	N/A

資料來源：本研究

表 29、至 2020 年美國白光 LED 及 OLED 發光效率與價格發展趨勢

項目 \ 年	2009	2010	2012	2015	2020
冷白光 LED 元件發光效率(lm/W)	113	140	173	215	243
冷白光 LED 元件代工價格(美元/klm)	25	13	128	184	234
暖白光 LED 元件發光效率(lm/W)	70	90	11	3.3	1.1
暖白光 LED 元件代工價格(美元/klm)	36	25	128	184	234
冷白光 LED 燈具整體效率(%)	61	64	71	80	90
OLED 面板發光效率(lm/W)	45	60	80	105	157
OLED 面板代工價格(美元/klm)	-	450	45	9	6
OLED 面板代工價格(美元/m ²)	-	1,200	270	90	80
OLED 面板壽命(千小時)	-	5	25	50	50

資料來源：DOE，DIGITIMES 整理，2010/12

表 30、電子電機業出口增加模擬之總體變數效果(和 BAU 比較)

變數	2011-2020 年度平均		2021~2030 年度平均		2031~2040 年度平均		2041~2050 年度平均	
	%	mNT\$	%	mNT\$	%	mNT\$	%	mNT\$
實質民間消費 (C)	0.00230	200.2355	0.00045	70.0161	0.00018	42.2583	0.00007	25.2147
實質投資 (I)	0.00370	96.6589	0.00034	26.7310	-0.00006	-7.3183	-0.00016	-28.1256
實質政府消費 (G)	0.00230	37.9208	0.00045	12.4159	0.00018	7.3097	0.00007	4.3261
出口量 (X)	0.00162	259.2700	0.00051	136.9323	0.00026	110.9228	0.00018	116.8174
進口量 (M)	0.00355	422.1264	0.00071	165.4883	0.00033	120.1493	0.00024	135.3298
實質 GDP	0.00106	188.2834	0.00024	70.8140	0.00007	28.2976	-0.00002	-13.6365
就業	0.00012	4.3840	-0.00010	-12.0477	-0.00002	-4.0061	0.00000	0.5558
實質工資	0.00196	NA	0.00037	NA	-0.00004	NA	-0.00022	NA

資料來源：本研究

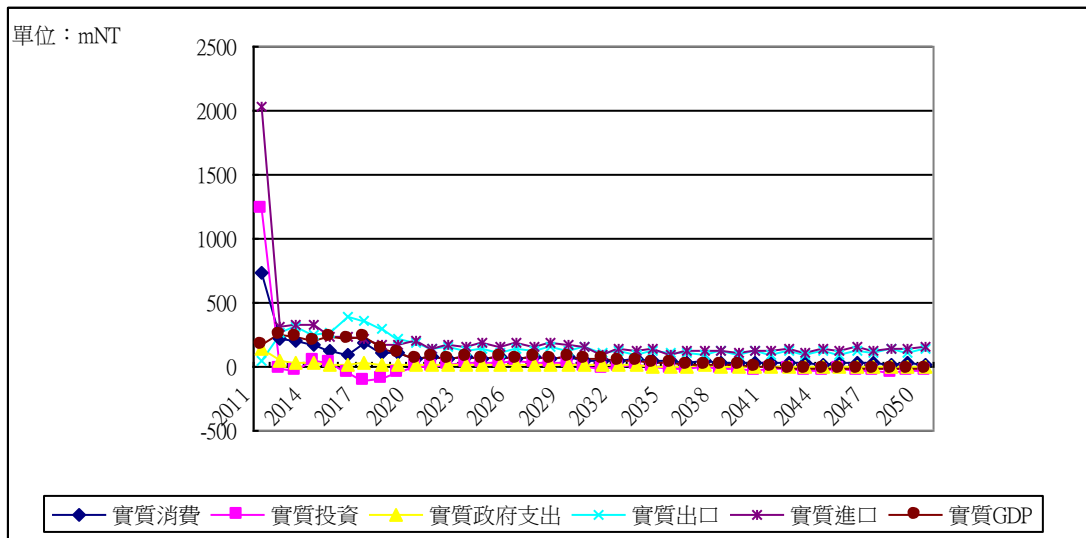


圖 59、電子電機業產量增加模擬之總體效果(相較於 BAU)

(2) 電子電機業經濟變數影響

2011-2020 年，半導體產業價格總共上升幅度較低，這是由於半

導體產業的價格在 2011 與 2012 年呈現下滑的趨勢，起因於產能利用率下降，導致價格下跌，此一趨勢與目前半導體產業的景氣現況一致，產生供過於求的現象，加上目前需求疲弱，訂單減少，因此，上升的力道有限，可是，在 2013 年之後，預期將會有新的應用，因此，需求逐漸回穩，價格將逐漸上升，上升幅度持平，所以會造成 2011-2020 年半導體產業平均價格上升幅度較其他年度為低(參考

表 31)。2021-2050 年間價格呈現穩定成長趨勢。在產出方面，由於我國半導體產業以出口為主，目前而言，需求成長有限，因此，過剩的產能即轉嫁到本土銷售，也因此 2011-2020 年間的實質本土銷售之總成長較其他年度的總成長為高，之後由於國外需求回穩，因此產出總成長趨於穩定，2021-2050 年，在半導體產業沒有新技術的應用下，預計總產出的成長有限。反觀 LED 市場，2012 年各國陸續以 LED 燈取代傳統照明的趨勢下，產出則在 2011-2020 年度增加比例較高，未來若沒有新的應用，產出的總增加幅度則呈現遞減的狀況。至於通訊設備產業，以我國而言，目前的手機普及率達到 100% 以上，表示一個人平均有一隻以上的手機，而我國目前的手機生產是以功能型手機為主，預期未來我國未來手機消費趨勢是以智慧型手機為主的情況下，進口供給將會增加，並且未來 10 年全球以智慧型手機或低價手機出貨為主流，加上目前我國智慧型手機出貨比例已漸漸超越功能型手機，因此，我國手機產業勢必轉型為生產智慧型手機為主，因此產出亦會增加，就業產值也會因此而增加；2021 年之後，若手機產業無新的應用模式出現，預計成長力道將不若 2011-2020 年般強勁(參考

表 31 與
表 32)。

表 31、2011-2030 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與
通訊傳播設備業變數效果(衝擊後之總影響)

變數	2011-2020 年度平均			2021-2030 年度平均		
	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備
	%	%	%	%	%	%
價格 (本土=出口)	0.9385	2.0263	1.9881	2.5367	2.5378	2.5526
價格 (進口)	2.5175	2.5175	2.5175	2.9605	2.9605	2.9605
總產出	1.3916	0.4716	1.9162	0.6360	0.3700	0.9639
產出 (本土市場)	5.1128	1.6252	7.0289	1.7798	1.1642	2.5803
進口總供給	0.3627	0.2778	5.8679	0.5491	0.0416	1.3750
實質本土銷售	1.8737	1.0780	6.4202	1.0125	0.7302	1.9768
生產活動水準/附加價值	1.3916	0.4716	1.9162	0.6360	0.3700	0.9639
mNT\$	34363.04	6650.10	6520.83	23458.97	7224.76	5202.92
就業	-1.4355	-0.7199	1.1854	0.5190	0.2202	0.7713

資料來源：本研究

表 32、2031-2050 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與
通訊傳播設備業變數效果(衝擊後之總影響)

變數	2031-2040 年度			2041-2050 年度		
	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備
	%	%	%	%	%	%
價格 (本土=出口)	2.4282	2.4402	2.4332	2.3376	2.3411	2.3352
價格 (進口)	2.7531	2.7531	2.7531	2.7531	2.7531	2.7531
總產出	0.5986	0.3431	1.0219	0.5206	0.3049	1.0082
產出 (本土市場)	1.5123	1.0034	2.4082	1.2117	0.8403	2.1068
進口總供給	0.5594	0.1669	1.4799	0.5336	0.2335	1.4522
實質本土銷售	1.0141	0.8351	0.8615	0.8096	0.6210	1.7990

生產活動水準/附加價值	0.5986	0.3431	1.0219	0.5206	0.3049	1.0082
mNT\$	29950.11	8875.35	7779.05	34825.75	10303.45	10732.99
就業	0.4697	0.2187	0.7978	0.4683	0.2551	0.8851

資料來源：本研究

相較於 BAU，半導體產業的出口價格除了在 2011-2020 年平均較高外，其於均呈現下滑的趨勢，這是由於產量上升，單位成本下降，價格下降所致，可是整體產出、本土銷售、附加價值與就業產值，都呈現正成長；光電材料及元件業方面，如前所述，在 2013 年之後，預期將會有新的應用，因此，需求逐漸回穩，價格將逐漸上升，所以可以看到 2021-2030 年價格下跌的幅度較 2011-2020 為低，2031-2050 年間，價格則持續上升，唯上升幅度不大。至於手機產業方面，2011-2020 年間，進口總供給的增加幅度大於本土產出，可到了 2021 年開始，本土產出的增加幅度大於進口總供給，且進口減少，表示我國手機在 2021-2030 年的國內產出足以應付本土需求，並且有多餘產能外銷。但是，在 2031-2040 年，由於出口價格的持續下降，將導致我國產出增加量的減少，附加價值開始下降，但產出減少，帶動了價格的回升，因此，在 2041-2050 年間，價格回穩(參考表 33 與

表 34)。

表 33、2011-2020 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與通訊傳播設備業變數效果(相較於 BAU)

變數	2011-2020 年度平均			2021-2030 年度平均		
	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備
	%	%	%	%	%	%
價格 (本土=出口)	0.0018	-0.0007	0.0006	-0.0005	-0.0002	-0.0009
價格 (進口)	-0.0017	-0.0017	-0.0017	-0.0001	-0.0001	-0.0001
總產出	0.0274	0.0055	0.0866	0.0192	0.0009	0.0195
產出 (本土市場)	0.0111	0.0054	0.0013	0.0097	0.0013	0.0014
進口總供給	0.0219	0.0082	0.0076	0.0104	0.0011	-0.0007
實質本土銷售	0.0179	0.0065	0.0045	0.0099	0.0012	0.0003
生產活動水準/附加價值	0.0274	0.0055	0.0866	0.0192	0.0009	0.0195
mNT\$	717.39	72.39	288.29	707.48	17.13	102.86
就業	0.0304	0.0046	0.0919	0.0185	0.0005	0.0154

資料來源：本研究

表 34、2021-2030 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與通訊傳播設備業變數效果(相較於 BAU)

變數	2031-2040 年度			2041-2050 年度		
	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備	半導體	光電材料及元件	通訊傳播設備
	%	%	%	%	%	%
價格 (本土=出口)	-0.0002	0.0001	-0.0003	-0.00004	0.0001	0.0001

價格 (進口)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
總產出	0.0171	0.0006	-0.0010	0.0158	0.0006	-0.0035
產出 (本土市場)	0.0072	0.0005	0.0003	0.0060	0.0004	-0.0001
進口總供給	0.0080	0.0002	-0.0011	0.0070	0.0001	-0.0006
實質本土銷售	0.0061	0.0044	0.0035	0.0064	0.0003	-0.0004
生產活動水準/附加價值	0.0171	0.0006	-0.0010	0.0158	0.0006	-0.0035
mNT\$	856.97	16.33	-8.28	1058.80	19.54	-38.07
就業	0.0168	0.0006	-0.0030	0.0157	0.0007	-0.0036

資料來源：本研究

表 35 則說明了當出口增加時，對 GDP 與產值的影響，以新增 GDP 而言，半導體產業相較於其他兩產業的增加幅度較大，可以成長率而言，2011-2020 年以通訊傳播設備業的成長率較高，有 11.92%，其次為半導體業的 6.56%，光電材料及元件的 0.62%。

2021-2030 年間，以半導體產業的成長率較高，為 6.98%，其次為通訊傳播設備業的 4.29%，光電材料及元件則有 3.81%。2031-2040 年間依舊以半導體產業的增加率較高，有 5.46%，接下來為光電材料及元件的 3.54%。2041-2050 年間以半導體產業的增加幅度較其他兩產業高(4.76%)，光電材料及元件達到 3.36%，通訊傳播設備業則有 2.63%。整體而言，成長率提高，但幅度趨緩，另外值得注意的是光電材料及元件在 2011-2020 年成長率不高，2021 開始的成長率均較 2011-2020 年為高，可能由於 LED 產業應用在照明上的逐漸發酵。

表 35、2011-2050 年電子電機業模擬之半導體、光電材料及元件與通訊傳播設備業新增 GDP 與產值效果 單位：百萬元/人

年度	半導體			光電材料及元件			通訊傳播設備		
	新增 GDP	新增產值	新增就業	新增 GDP	新增產值	新增就業	新增 GDP	新增產值	新增就業
2012	1,783.15	24,302.66	609	170.51	13,270.32	71	156.22	3,313.25	363

2013	1,544.31	24,676.17	783	150.11	13,465.94	82	263.39	3,484.31	495
2014	1,638.61	25,408.52	1,260	137.26	13,842.12	127	321.05	3,618.90	724
2015	1,831.51	26,392.56	1,585	136.92	14,325.56	153	319.05	3,790.84	862
2016	1,981.84	27,521.36	2,007	144.50	14,890.01	193	322.42	3,941.75	1,017
2017	2,216.08	28,653.44	2,107	157.87	15,467.72	195	331.17	4,114.69	1,005
2018	2,478.76	29,744.22	2,159	168.55	16,026.24	202	348.78	4,263.52	1,014
2019	2,670.20	30,801.42	2,121	176.69	16,558.91	185	376.97	4,432.48	972
2020	2,906.07	31,839.74	2,189	178.43	17,076.26	183	402.53	4,581.34	990
2021	3,159.96	32,897.60	2,279	180.22	17,591.53	175	430.39	4,756.44	987
2022	3,411.83	33,972.32	2,427	177.12	18,119.04	180	441.31	4,917.32	1,016
2023	3,681.52	35,077.05	2,537	184.91	18,658.03	182	461.90	5,101.39	1,028
2024	3,961.59	36,202.50	2,695	190.53	19,208.24	187	481.02	5,273.44	1,067
2025	4,257.62	37,359.61	2,826	198.47	19,770.93	186	504.62	5,467.09	1,084
2026	4,563.13	38,538.41	2,989	205.04	20,344.66	192	525.54	5,650.87	1,122
2027	4,883.18	39,749.32	3,135	213.66	20,931.53	195	550.03	5,854.84	1,150
2028	5,213.87	40,982.58	3,304	221.09	21,529.34	200	572.07	6,050.68	1,186
2029	5,558.88	42,248.13	3,461	230.24	22,140.76	200	597.33	6,265.51	1,211
2030	5,915.97	43,571.91	3,808	238.33	22,762.84	215	620.52	6,486.05	1,302
2031	6,263.91	44,936.37	4,019	248.00	23,418.52	222	644.06	6,720.80	1,318
2032	6,637.51	46,322.01	4,180	254.17	24,085.14	225	648.07	6,948.84	1,327
2033	7,035.71	47,739.96	4,359	264.04	24,764.46	233	664.74	7,192.72	1,345
2034	7,448.87	49,191.22	4,585	273.06	25,453.44	235	682.26	7,436.89	1,376
2035	7,867.81	50,699.66	4,905	283.43	26,162.50	246	702.22	7,704.58	1,434
2036	8,292.31	52,234.88	5,105	292.87	26,893.48	253	719.52	7,966.48	1,452
2037	8,747.60	53,804.09	5,298	303.54	27,638.83	253	740.46	8,244.56	1,471
2038	9,223.24	55,416.23	5,584	313.84	28,395.46	265	760.53	8,525.46	1,515
2039	9,701.93	57,080.00	5,886	325.32	29,175.73	273	781.67	8,827.60	1,561
2040	10,197.45	58,781.62	6,145	335.95	29,974.75	278	801.34	9,128.84	1,592
2041	10,714.15	60,517.29	6,358	347.75	30,793.89	284	823.31	9,444.82	1,608
2042	11,261.73	62,285.08	6,578	359.19	31,623.74	287	845.28	9,760.34	1,629
2043	11,821.50	64,104.63	6,882	372.10	32,472.50	297	868.97	10,098.62	1,667
2044	12,393.07	65,960.90	7,133	384.69	33,340.40	301	890.99	10,436.32	1,696
2045	12,986.37	67,854.10	7,352	397.98	34,228.33	303	915.04	10,790.57	1,712
2046	13,610.77	69,784.72	7,593	410.82	35,129.11	309	938.97	11,145.80	1,731
2047	14,248.03	71,768.05	7,901	425.22	36,051.25	318	964.43	11,524.15	1,769
2048	14,902.40	73,797.71	8,203	438.91	36,993.16	322	988.65	11,905.24	1,802
2049	15,573.34	75,876.91	8,494	453.81	37,959.62	330	1,014.41	12,306.76	1,832
2050	16,275.91	77,998.52	8,765	468.32	38,944.26	335	1,040.00	12,709.22	1,858

資料來源：本研究

(3) 產業關聯影響分析

相關模擬產業對其他產業的影響如表 36 與表 37 所示，每十年為一分析的基礎，分別根據受影響的產值變動大小，分別排出正向

與負向的前 10 名。不論是哪一年度區段，均以對本身的產業影響最大，又雖然我國是以製造業為經濟發展主體，但是隨著產業結構及消費需求的不斷改變下，不能僅單靠製造業的力量或是低廉的成本為經營手段來帶動國家經濟，透過整合資訊、軟體、設計、研發、行銷等服務能量，提升產品生產技術等，以創造產品的特色與差異化，因此，在 2011-2030 年間，研究發展服務業均是受影響相對較大的產業；而晶圓代工、封測、LED 與手機產業都需要用到如被動元件、印刷電路板、石英震盪器…等電子零件，因此，其他電子零組件產業也會受到影響。而機器設備需要維修，出口的增加，也會使得機台增加，因而帶動機械設備修配及安裝業產值的增加。基本化學材料方面，例如，晶圓代工需要用到如 NH₄(氨)、CF₄(四氟化碳)、CHF₃(三氟甲烷)、SF₆(六氟化硫)等化學材料，因此也會帶動化學材料業成長，但是，卻會衝擊到產業用化學製品的產值，這是由於基本化學材料拿去使用在如晶圓代工、LED 與手機產業上使用，進而使得產業用化學用品的原料來源可能短缺，因而使得產量下降，產值降低。由於我國電子電機是以外銷為主，因此對於客戶的信用調查是相當重要的，加上大都需要出國參展，因此，也會帶動展覽服務業的產值提高，這些都屬於其他支援服務業。至於照明設備方面，20 多年前，台灣曾是燈飾王國，如今是面對傳統照明轉為 LED 照明，在 2011-2030 年間，由於處於各國陸續替換傳統照明的階段，因此，照明設備在 2011-2030 年間呈現負成長的趨勢，可到了 2031-2050 年間，LED 照明市場成熟，相對也會帶動照明設備產業的發展。半導體等產業均屬製造業，以製造業而言，25-44 歲的就業人口佔 68.1%，當出口增加，表示訂單數增加，因此加班情形增多，外食增加，所

以，餐飲服務、家事服務與其他個人產業的服務需求增加，因而產值增加，之後，成長率趨緩，加班時數減少，服務需求也相對減緩。又我國電子電機產業以出口為主及有許多廠商大都至大陸設廠，因此相關產業必需出國拜訪客戶、參展或是到大陸巡視工廠，因此，旅行服務業受到的影響會較大。出口增加，勢必需要更多的產量來因應，加上如晶圓代工、光電材料及元件等產業都需要大量的用水與電，因此需要更多的像是戶外輸配電路工程、自來水設施工程等，另外，出口的增加，所需要的水上運輸與空中運輸也會更多，所以，使用量的增加，連帶可能使得目前港埠與機場不夠使用，因此擴增或是增加其修護的比率，也帶動了公共工程的成長。另一個值得注意的是精密器械業，剛開始受到衝擊，產值下降，這是由於雖然精密器械業中都會使用到 IC，可是，當晶圓代工與封測的出口增加，顯示 DRAM 與 Flash 的需求增加，相較於精密器械業，DRAM 與 Flash 對於晶圓的使用量多，因此，對於廠商而言，在產能利用率的考慮上，會接 DRAM 與 Flash 廠商的單子多於接精密器械需要用到的 IC 單子，在此一情況下，可能導致精密器械產業產生缺料問題，因而使得產量下降，進而衝擊到產值，爾後，成長率趨緩，晶圓代工與封測廠釋出產能給精密器械需要用到的 IC，因而使得精密器械業缺料問題得以解決。其他金屬業也是呈現先下後上的趨勢，LED 產業會使用到鎳、鈹、鈹、稀土金屬等，封測業中可能會使用到金、錫、鎂等金屬，手機業也會使用到金屬，若出口增加，表示代工、封測、LED 與手機的產量上升，此時需要用到更多的金屬，價格勢必上升，可是針對廠商而言，對於金屬的進料，都是在淡季的時候，此時，價格較低，對於其成本而言是有利的，因此，當所衝擊的產業出口

增加，會使得其他金屬因需求增加而價格增加，可是，廠商此時不會購入，所以造成對其他金屬產業的衝擊，爾後，隨著成長率趨緩，金屬的使用減少，價格下跌，廠商因而購入，產值上升。金屬家具業產值亦呈現相同趨勢，金屬加具舉凡金屬桌椅、文件櫃、金屬旋轉椅…等辦公家具，廠商剛開始使用既有的辦公設備，之後汰換辦公設備所致。橡膠產業方面，在半導體的生產過程中，都需要用到橡膠，出口增加，產量提高，使得對於橡膠的需求增加，可是，大部分生產橡膠的廠商，其原料橡膠液的進口來源都固定在某些國家，如印尼，加上橡膠原料備貨有其週期性，所以，橡膠需求的增加，但橡膠的產能卻沒有增加，所以我國產生可能傾向向外採購，因而導致我國橡膠產業的產值下降，但爾後所衝擊產業的國外需求漸趨平穩，原本向外採購的廠商進而向國內採購，所以產值回升。其他製品中的珠寶及金工製品、珊瑚、象牙等產品都屬高價品，科技廠商的員工相對收入較高，因此較可以消費得起此類商品，但由於出口量增加，表示接單量增加，員工加班時數較多，因此較無時間去消費此類商品，所以，此類產業的產值會下降。目前無塵衣可用人造長纖維織造，這些織物可以是針織、梭織或紡黏合方式織造；根據紡拓會資料，產業用紡織品中的抗靜電纖維紡織品，可應用於抗靜電無塵服，所以，當出口增加量有限後，表示產量增加有限，無塵室作業員或是工程師的需求減少，所以對於對於無塵衣的使用量也就減少，因而造成如人造纖維及紡織品、針織布、其他紡織品業的產值下降。相較於主機版、音效卡、網路卡…等印刷電路板組件與空白資料儲存媒體業，台灣在晶圓代工、LED 與手機產業相對較有競爭力，也因此會吸引較多的資金投入，原來的印刷電路板組

件、空白資料儲存媒體業等產業將可能產生外移，因而使得該產業的產值下降。而由於之後產量增加有限，出口增加亦有限，所以對於新建廠房的需求亦有限，因此，從 2031 年開始到 2050 年，建築、工程及相關技術檢測的產業產值會受到影響。

表 36 、2011-2030 年電子電機出口增加模擬之產業關聯影響(相較於 BAU)

2011-2020 年平均			2021-2030 年平均		
產業	%	產值 (百萬元)	產業	%	產值 (百萬元)
半導體	0.027414	196.0442	半導體	0.019238	287.7574
光電材料及元件	0.005543	128.9244	光電材料及元件	0.000884	41.90333
通訊傳播設備	0.086648	43.34099	通訊傳播設備	0.019498	18.69113
旅行服務	0.001672	23.01272	其他電子零組件	0.001198	13.46405
研究發展服務	0.007883	22.71023	產業用機械設備修配及安裝	0.000574	13.31278
餐飲服務	0.001257	21.69825	研究發展服務	0.002327	10.88263
產業用機械設備修配及安裝	0.001883	19.68923	餐飲服務	0.000303	9.302494
公共工程	0.002244	14.85760	旅行服務	0.000322	7.873506
家事服務	0.001118	13.85436	基本化學材料	0.001802	5.441796
其他個人服務	0.001713	13.69807	其他支援服務	0.000961	5.034405
人造纖維及玻璃纖維紡織品	-0.00407	-19.20700	人造纖維及玻璃纖維紡織品	-0.00054	-5.52356
焦炭及其他煤製品	-0.00395	-20.4379	其他金屬	-0.0004	-5.78356
非金屬家具	-0.00436	-21.2837	照明設備	-0.00045	-6.20749
其他化學製品	-0.00168	-22.9095	通用機械	-0.00077	-6.76997
其他金屬	-0.0038	-29.3253	焦炭及其他煤製品	-0.00088	-7.5865
橡膠製品	-0.00302	-32.7900	非金屬家具	-0.00078	-7.59731
照明設備	-0.00387	-34.4272	橡膠製品	-0.00039	-7.65541
金屬家具	-0.00607	-41.3152	金屬家具	-0.00095	-13.4036
其他製品	-0.00523	-46.6141	針織成衣	-0.00333	-14.7335
精密器械	-0.00501	-125.323	其他製品	-0.00105	-19.8957

資料來源：本研究

表 37、2031-2050 年電子電機出口增加模擬之產業關聯影響
(相較於 BAU)

2031-2040 年平均			2041-2050 年平均		
產業	%	產值 (百萬元)	產業	%	產值 (百萬元)
半導體	0.017147	450.6097	半導體	0.015812	682.2237
光電材料及元件	0.000634	50.64544	光電材料及元件	0.000578	73.34479
精密器械	0.000766	39.92324	精密器械	0.000891	61.50542
其他化學製品	0.000329	17.11208	其他製品	0.000573	33.01066
產業用機械設備修配及安裝	0.000391	15.72698	金屬家具	0.000809	32.44093
其他電子零組件	0.000773	15.20401	其他金屬	0.000682	27.0559
金屬家具	0.000460	12.42757	橡膠製品	0.000450	24.2181
其他金屬	0.000429	11.38853	其他化學製品	0.000276	22.66627
橡膠製品	0.000290	10.45569	其他電子零組件	0.000637	20.47513
照明設備	0.000413	9.215608	照明設備	0.000626	19.13807
空白資料儲存媒體	-0.00002	-0.78966	其他紡織品	-0.000157	-2.17859
建築、工程及相關技術檢測	-0.000029	-0.97327	印刷電路板組件	-0.000105	-2.27015
印刷電路板組件	-0.000073	-1.01851	建築、工程及相關技術檢測	-0.000058	-2.6305
毛及毛紡織品	-0.001393	-1.45698	設計服務	-0.000158	-2.80807
設計服務	-0.000145	-1.71796	毛及毛紡織品	-0.001496	-3.20658
棉及棉紡織品	-0.000234	-2.02513	空白資料儲存媒體	-0.000080	-4.69892
印染整理	-0.000983	-3.17022	印染整理	-0.001115	-6.62031
人造纖維及玻璃纖維紡織品	-0.000294	-5.64974	人造纖維及玻璃纖維紡織品	-0.000512	-16.5742
針織布	-0.002687	-15.5759	針織布	-0.001800	-23.287
針織成衣	-0.002911	-38.9463	針織成衣	-0.001420	-48.6052

資料來源：本研究

三、 結論與建議

(一) 對能源需求與二氧化碳排放的影響

我國電子電機產業包含電子零組件、電腦通訊設備與電力設備業，前兩者以出口為主，且佔了電子電機業產值的九成以上，加上此類產品需恆溫恆溼，因此在電子電機業中屬較高耗能的產品；後者以內需為主，佔電子電機也產值約 10%，且屬較不耗能的產品。三者都以電力的使用為主。

以電力為產量的代理變數做產量推估發現，假設我國已邁入已開發國家之列，經濟成長率在 2-4% 之間，則 2011-2050 年的年複合成長率約為 1.30%，表示每年均較前一年成長 1.3%。但是，若考慮較高的經濟成長率(1982-2010，平均經濟成長率 5%)，則 2011-2050 年的年電力為產量的代理變數的年複合成長率約為 1.37%。

從能源消費的比例來看，依照 VAR 估計出的結果，未來電子電機業仍倚賴電力消費為主，至 2050 年時電力的消費量佔整體能源消費約為 94.34%，其次為油品占 4.47%，天然氣為 0.86%，熱能為 0.74%。在沒有考慮節能的情況下，能源消費在 2020 年時依照 VAR 方法所得為 10,548 千公秉油當量，二氧化碳排放為 25,896 千噸，是 2005 年的 1.39 倍，2025 年則到達 11,414 千公秉油當量，是 2005 年是 2000 年的 2.27 倍，2050 年則為 14364 千公秉油當量，為 2005 年的 1.39 倍；考慮節能的情況下，二氧化碳排放 2020 年則為 9540 千公秉油當量，為 2005 年的 1.21 倍，至 2025 年二氧化碳排放約為 2000 年的 1.86 倍；若加入產量增加的情況下，2020 年的碳排放是 2005 年的 1.72 倍，2025 年的碳排放為 2000 年的 2.84 倍，2050 年的碳排

放則為 2010 年的 1.57 倍。若以 ARMA 或 ARIMA 模型估計時，至 2050 年時電力的消費量佔整體能源消費約為 94.86%，其次為油品占 2.06%，熱能為 1.79%，天然氣則為為 1.28%。在沒有考慮節能的情況下，能源消費在 2020 年時為 10,881 千公秉油當量，二氧化碳排放為 26,624 千噸，為 2005 年的 1.43 倍，2025 年是 2000 年的 2.34 倍，到 2050 年為 2010 年的 1.46 倍；若考慮節能的情況下，二氧化碳排放 2020 年是 2005 年的 1.29 倍，至 2025 年二氧化碳排放約為 2000 年的 2.03 倍，2050 為 2010 的 1.08 倍，再者，加入考慮產量增加後，二氧化碳排放 2020 年為 2005 的 1.72 倍，2025 則為 2000 年的 2.95 倍，2050 年則是 2010 年的 3.22 倍(參考表 38)。不論是否有考慮節能，排碳量均無法達到政府所定之目標，顯示目前的節能，還有許多廠商需要加入與配合。

表 38、不同情境下的能源需求與二氧化碳排放量

年度	情境	項目	模型	
			VAR	ARMA 與 ARIMA
2020	情境一	能源消費(千公秉油當量)	10,548	10,881
		二氧化碳排放(千噸)	25,896	26,624
	情境二	能源消費(千公秉油當量)	9,230	9,832
		二氧化碳排放(千噸)	22,551	24,040
	情境三	能源消費(千公秉油當量)	12,893	13,490
		二氧化碳排放(千噸)	31,950	33,208
2025	情境一	能源消費(千公秉油當量)	11,002	11,414
		二氧化碳排放(千噸)	27,012	27,879
	情境二	能源消費(千公秉油當量)	9,127	9,893
		二氧化碳排放(千噸)	22,245	24,133
	情境三	能源消費(千公秉油當量)	13,739	14,274
		二氧化碳排放(千噸)	33,838	35,158
2050	情境一	能源消費(千公秉油當量)	13,567	14,364
		二氧化碳排放(千噸)	33,334	34,845
	情境二	能源消費(千公秉油當量)	8,724	10,720
		二氧化碳排放(千噸)	21,020	25,869
	情境三	能源消費(千公秉油當量)	15,254	15,562
		二氧化碳排放(千噸)	37,694	38,381

資料來源：本研究

(二) 對總體經濟、產業關聯的影響

關於電子電機業的出口增加，利用台經院 3E 模型模擬後，對台灣總體經濟與產業關聯的影響說明如下：

相較於基準情境(BAU)，2011-2020 年平均而言，是有正面助益的，但到了 2021-2040 年，在就業產值方面，與 BAU 相較，呈現較低的趨勢，但其他變數（2031-2040 年實質投資除外）仍舊效果良好，這是由於產量上升有限，平均薪資沒有調整，導致該業員工至其他產業找尋工作機會，與面臨到產業結構的轉型，所以結構性失業會增加，就業產值因而受到影響。2031 年開始，產量目前的成長有限，使得企業的實質投資減少，大體而言，對於整體經濟影響有良好效果。

電子電機產業間的產業差異性大，就半導體產業而言，出口價格多低於基準情境，但產出上升，附加價值亦上升，以光電材料元件而言，出口價格在起初是低於基準情境，可之後高於基準情境，可能起因於應用層面的增多，供給小於需求的原因，此因素亦造成整體附加價值高於基準情境。針對通訊傳播設備業而言，預期未來智慧型手機會為手機產業帶來高的產值，因此，附加價值因而上升，可是若無新的應用產生，附加價值將於 2031 年開始低於基準情境，產出亦低於基準情境。

本研究模擬的產業，晶圓代工與封測、LED 與手機業，其在電子電機的上下游關聯強，以晶圓代工為例，幾乎所有電子產品都需要用到晶圓，主要正面影響的產業大都為電子電機相關產業，而負面影響大都為紡織產業。

(三) 模型建議

本研究利用兩種模型對能源需求進行推估，結果發現不論以哪種模型推估，未來能源需求呈現先上後趨緩的趨勢，由於能源消費

與產業結構有相當大的關係，根據民國 99 年能源局「長期負載與電源開發摘要報告」中的產業結構⁵中所述，工業部門大成長率大致維持持平趨勢加上專家意見訪談，此一趨勢為未來電子電機部門能源需求的趨勢，但是，利用 ARMA 或 ARIMA 模型所估計出的能源需求與二氧化碳排放的量都較以 VAR 模型推估較高，因此，可以建議，由於 VAR 模型中考慮到 GDP 的成長率，又之後假定我國邁入已開發國家，經濟成長率趨緩，因此能源需求量也相對會較少，所以，若經濟成長率為 2-4% 之間，則建議使用 VAR 模型，反之，若經濟成長率如同我國在 1982-2010 年，則建議使用 ARMA 或 ARIMA 模型。

(四) 政策建議

我國電子電機產業以出口為主，所以經濟成長率與其產量呈現密切相關，長期而言，電子電機業的能源消費於二氧化碳排放呈現上升的趨勢，在僅考慮節能率和不考慮產量增加時，我國電子電機業的二氧化碳排放量在 2020 年的確是可以回到 2000 年的排放標準，但即使如此，在 2025 年依舊無法回到 2000 年的標準，若加入產量增加的因素，二氧化碳排放在 2020 年是無法回到 2000 年的標準的。因此，現階段為達到能源永續發展、環境保護與經濟成長三者兼顧的同時，可分為對政府對廠商的政策與對發電端的建議。

政府除了目前透過節能服務團輔導廠商進行節能外，針對節能獎項的頒布，應可考慮以分產業來獎勵，例如：觀察節能廠商得主，幾乎都是中鋼，其他產業在做節能時，由於產業特型的關係，

⁵ 係根據清華大學永續發展研究室 TasiSEND 模型，台綜院。

因此常常無法超越中鋼，因此使得獲獎機會減少，而產業在做節能之時，廠長的態度是相當的重要，若能有所獎勵，將會使得想要做節能的廠長意願提高，因而提升節能率，使得電子電機產業的整體節能率提高。另外，電子電機廠商在做節能是與其營收有相關，當廠商營收佳時，比較願意投入節能，因此，政府可針對當景氣較差時，鼓勵廠商投入節能。則當景氣變好時，因節能而節省的成本，就反應在廠商的價格上，因而使得我國廠商的產品更有競爭力。再者，可獎勵設備廠商進行節能設備的開發，以減少能源的使用。

針對發電端，我國電子電機產業以用電為主，而我國一度電產生 0.62 公斤的碳排放，可是其他國家如韓國，僅產生 0.4 公斤的碳排放，在未來可能課徵碳稅的情況下，此政策勢必會為企業帶來成本，因此，在發電的投入上，盡量減少使用會產生較高碳排放的能源，另一方面，可建置有二氧化碳捕捉的電廠，將可減少因發電而產生二氧化碳排放至空氣中，亦可發展二氧化碳封存、再利用等技術。

四、 研究限制

本研究進行電子電機業能源需求推估時，因人力、時間與資料之可獲得性因素，使得本研究有以下之限制：

1. 本研究期間經歷我國經濟快速成長、亞洲金融風暴、網路泡沫化、美國信債危機...等事件，對於我國產業結構有重大影響，過去時間序列文獻中曾發現，當一組定態（stationary）的時間序列若有偶發性的結構改變將產生類似緩長記憶的現象，進而導致偏誤。

2. 電子電機業產業涵蓋面向廣，耗能狀況彼此間差異也大，除非使用田野調查，針對公司做耗能的調查，否則無法一一推估，因此本研究僅就電子電機業中產值較大者進行推估。

肆、 參考文獻

一、 中文部分

1. 于宗先、林安樂、周濟，中油公司產銷策略分析及其整合企劃模型之建立及運用，中華經濟研究院，1988。
2. 王塗發，投入產出分析及其應用—臺灣地區實證研究，臺灣銀行季刊，第37卷，第1期，pp. 186-218，1986。
3. 半導體產業推動辦公室，「半導體產業推手」，經濟部工業局，台北，NO.29，2007年11月
4. 台灣積體電路公司官網，「台積公司將低耗電高介電層/金屬閘製程納入28奈米技術藍圖」，2009年8月24日
5. 朱家伸，「台灣購併架構之研究——以聯電五合一案為例」，2000年
6. 朱博湧，藍海策略台灣版，台北市：天下文化，2006年01月20日
7. 吳榮華、林青宏，產業二氧化碳減量措施之多目標規劃模式，能源季刊，第29卷，第2期，pp. 79-96，1999。
8. 吳榮華、陳家榮，台灣能源密集產業之能源消費變動因素分析，能源經濟學術研討會論文集，1995。
9. 巫和懋，我國能源供給規劃與需求預測系統網路化建置與運用，2002。
10. 李洵穎，「日月光購併史」，DIGITIMES 資料庫，台北：DIGITIMES，2009年6月26日
11. 邢治宇，基於迴歸方法與灰色模式的能源消費預測比較之研究，

- 石油季刊，第 44 卷，第 2 期， pp. 83-94，2008。
12. 周桂蘭，我國生質燃油推動對能源供需規劃及 CO₂ 排放影響分析，石油季刊，第 45 卷，第 3 期， pp. 27-44，2009。
 13. 周鳳瑛、劉曦敏、柏雲昌，經濟衝擊對長期能源需求的影響—政策模擬之研究，經濟研究，第 35 卷，第 2 期， pp. 139-162，1998。
 14. 林文信、張聰明，投入產出分析應用於產業-能源-環境政策之研究，能源季刊，第 32 卷，第 1 期， pp. 2-17，2002。
 15. 林建甫，產業結構變動及能源自由化對我國能源供需預測之衝擊分析，2003。
 16. 林素貞、張翊峰，以投入產出分析產業能源耗用與污染排放量之關聯性—以 1991 年臺灣地區為例，能源季刊，第 25 卷，第 4 期， pp. 52-74，1995。
 17. 林素貞、盧怡靜、沈宗桓，工業部門產業關聯對能源及二氧化碳排放之乘數效應，工業污染防治，第 22 卷，第 2 期， pp. 27-46，2003。
 18. 林素貞、盧怡靜、施念青，公路運輸部門 CO₂ 及 NO_x 排放變動因素分析，工業污染防治，第 84 期， pp. 64-77，2002。
 19. 林憲德、張又升、歐文生，台灣建材生產耗能與二氧化碳排放之解析，中華民國建築學會建築學報，第 40 期， pp. 1-15，2002。
 20. 施勵行、吳榮華、林裕文，二氧化碳限量排放下之能源策略及產業發展，能源季刊，第 25 卷，第 2 期， pp. 5-24，1995。
 21. 柏雲昌，2004 年台灣地區能源需求預測，經濟前瞻，第 91 期， pp. 108-116，2004。
 22. 徐作聖、陳仁帥，產業分析，台北市：全華科技，2005

23. 徐睦鈞，「利多雙出 晶圓雙雄回神！」，2011年10月11日
24. 張彥文，「工研院電子報第9910期」，工業技術研究院，2010年10月20
25. 張翊峰、林建廷、張家鳳，台灣地區服務部門能源消費與二氧化碳排放關聯分析，嘉南學報，第35期，pp. 301-315，2009。
26. 張翊峰、林素貞、陳貞秀、陳煜斌，產業結構調整對台灣地區二氧化碳減量衝擊評估，第八屆海峽兩岸環境保護學術研討會，2002。
27. 梁明義，能源終端需求預測之研究，經濟部能源委員會，1989。
28. 梁啟源，中研院經濟所現代經濟探討叢書，中央研究院，1987。
29. 畢威寧、劉亮成，灰預測在台灣地區電力需求上之應用研究，科學與工程技術期刊，第3卷，第2期，pp. 11-18，2007。
30. 許志義、許宏敏，溫室效應與台灣產業發展：多目標模糊規劃法之應用，能源季刊，第29卷，第1期，pp. 51-64，1999。
31. 許志義、劉彩雲，臺灣地區能源消費與經濟成長之投入產出分析，能源季刊，第19卷，第4期，pp. 1-34，1989。
32. 許哲強，台灣運輸部門能源需求預測系統之建立與應用研究，國科會，計畫編號：NSC 96-2415-H-309-0001。
33. 許哲強，賴正文，灰色預測在電力負載預測之應用研究，2001年灰色系統理論與應用學術研討會論文集，2001。
34. 曾憲文，「投資八吋以上晶圓廠 水電無虞」，2000年10月30日
35. 黃運貴、曹壽民，我國運輸部門能源消費量分解分析，運輸學刊，第17卷，第2期，pp. 175-208，2005。
36. 楊任徵，我國能源排放 CO₂ 跨國比較與分析，能源季刊，第29

- 卷，第3期，pp. 14-25，1999。
37. 經濟部能源局，www.moeaboe.gov.tw/。
 38. 經濟部產業技術資訊服務推廣計畫，「全球 IC 構裝材料市場發展趨勢」，工業技術研究院
 39. 資策會 MIC 晶片系統產業發展計畫工作小組，「國內晶片產業發展趨勢報告」，晶片系統產業發展計畫，98 年 10 月 30 日
 40. 電子發展月刊，工業技術研究院電子工業研究所，1982 年 2 月
 41. 廖惠珠，臺灣能源需求之預測，行政院國家科學委員會專題研究計畫，計畫編號：NSC 87-2415-H-032-002，1998。
 42. 劉佩真，「晶圓代工業基本資料」，台經院產經資料庫，台北：臺灣經濟研究院，2011 年 5 月 13 日
 43. 談駿嵩、馬振基，溫室氣體二氧化碳減量、回收利用及查核技術研究，環保署國科會空污防制科研合作計畫，計畫編號：NSC 92-EPA-Z-007-001，2004。
 44. 鄭杰，「經濟部放行 高階半導體將依瓦聖納協定登陸 其餘產業也將跟進」，鉅亨網，2009 年 6 月 1 日
 45. 戴維德、余政達，臺灣地區工業節能及二氧化碳減量潛力評估，資源與環境學術研討會，花蓮，2007。
 46. 薛立敏，臺灣地區家計部門電力需求在分級遞增電價結構下之估計，臺灣能源經濟論文集，1988。
 47. 羅紀瓊，從民國 70 年家庭收支調查看經濟、社會人口因素對儲蓄的影響，中國經濟學會論文，pp. 189-209，1983。
 48. 羅凱琳，「日月光、京元電、矽品台灣三大封測大廠齊聚 SEMI 台灣封裝測試委員會」，SEMI 新聞資源中心，2009 年 8 月 12 日

二、 英文部分

1. Ahmad, N., Wyckoff, A., 2003, *Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods*, OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/15, OECD, Directorate for Science, Technology and Industry.
2. Asafu-Adjaye, J., 2000, *The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: Time series evidence from Asian developing countries*, Energy Economics 22, 615-625.
3. Box G. E. P, Jenkins G. M., 1976, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-day: San Francisco.
4. Das, A., Kandpal, T. C., 1998, *Energy demand and associated CO2 emissions for the Indian steel industry*, Energy 23, 1043-1050.
5. Energy Information Administration (EIA), [http : //www.eia.doe.gov/](http://www.eia.doe.gov/)
6. Erdogdu, E., 2007, *Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modeling: A case study of Turkey*, Energy Policy 35(2), 1129-1146.
7. European Community, 1990, *Report of the commission of the European Community: Cost-effectiveness analysis of CO2 reduction options*, Paper presented at a workshop on Economic/Energy/Environment Modeling for Climate Policy Analysis, Washington D. C.
8. Farla, J. C. M., Hendriks, C. A., Blok, K., 1995, *Carbon dioxide recovery from industrial processes*, Energy Convers 36, 827-830.
9. Farla, J., Blok, K., Schipper, L. J., 1997, *Energy efficiency developments in the pulp and paper industry—A cross-country*

- comparison using physical production data*, Energy Policy 25, 745-758.
10. Fisher-Vanden, K., Shukla, P. R., Edmonds, J. A., Kim, S. H., Pitcher, H. M., 1997, *Carbon taxes and India*, Energy Economics 19(3), 289-325.
 11. Giovani, M., Roberto, S., Ernst, W., 2001, *Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: An Input - output approach*, Ecological Economics 39(3), 409-424.
 12. Granger, C., Newbold, P., 1974, *Spurious regressions in econometrics*, Journal of Econometrics 2, 111-120.
 13. Horn, M., 1999, *Energy demand until 2010 in Ukraine*, Energy Policy 27, 713-726.
 14. Hsu, C. C., Chen, C. Y., 2003, *Application of improved grey prediction model for power demand forecasting*, Energy Conversion and Management 44, 2241-2249.
 15. International Energy Agency (IEA), [http : //www.iea.org/](http://www.iea.org/)
 16. Lamont, A., Nakata, T., 2001, *Analysis of the impacts of carbon taxes on energy systems in Japan*, Energy Policy 29(2), 159-166.
 17. Lee, C. C., Chang, C. P., 2005, *Structural breaks, energy consumption, and economic growth revisited: Evidence from Taiwan*, Energy Economics 27, 857-872.
 18. Mahlia, T. M. I., 2002, *Emissions from electricity generation in Malaysia*, Renewable Energy 27, 293-300.
 19. Mathur, J., Bansal, N. K, Wagner, H. J, 2003, *Investigation of greenhouse gas reduction potential and change in technological selection in Indian power sector*, Energy Policy 31(12), 1235-1244 .
 20. Mucuk, M., Uysal, D., 2009, *Turkey's energy demand*, Current

Research Journal of Social Sciences 1(3), 123-128.

21. Muradian, R., O' Connor, M., Martinez-Alier, J., 2002, *Embodied Pollution in Trade: Estimating the 'environmental load displacement' of industrialised countries*, Ecological Economics 41(1), 41-57.
22. Nelson, C. R., Plosser, C. I., 1982, *Trends and random walks in macroeconomic time series: Some evidence and implications*, Journal of Monetary Economics 10, 139-162.
23. Oh, W., Lee, K., 2004, *Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970 - 1999*, Energy Economics 26, 51-59.
24. Ozawa, L., Sheinbaum, C., Martin, N., Worrell, E., Price, L., 2002, *Energy use and CO2 emissions in Mexico's iron and steel industry*, Energy 27, 225-239.
25. Sanchez-Choliz, J., Duarte, R., 2004, *CO2 emissions embodied in international trade: evidence for Spain*, Energy Policy 32(18), 1999-2005.
26. Sheinbaum, C., Ozawa, L., Castillo, D., 2010, *Using logarithmic mean Divisia index to analyze changes in energy use and carbon dioxide emissions in Mexico's iron and steel industry*, Energy Economics Energy Economic 32, 1337-1344.
27. Yang, H. Y., 2000, *A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan*, Energy Economics 22, 309-317.


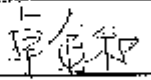
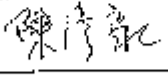
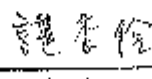
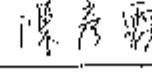
附件一、「我國電子電機產業未來之 3E 評估期末報告」意見回覆

我國電子電機未來之 3E 評估-期末報告會議

簽到表

時間：2011年11月18日(星期五) 13:00

地點：世界之頂大樓8樓會議室

	單位名稱	出席者姓名/職稱	簽名處
1	核能研究所	葛復光副研究員	
2	核能研究所	卓金和博士	
3	台灣經濟研究院	陳彥豪副研究員	
4	台灣經濟研究院	譚香伶助理研究員	
5	台灣經濟研究院	陳彥霖助理研究員	
6			
7			
8			
9			
10			

項次	問題	回覆
1	<p>文獻的年份有點舊 (P74,75, P76)</p>	<p>謝謝委員。 已補上新文獻。</p>
2	<p>P93 頁:『本研究以以 AIC 或 SBIC 值作為選取最適落後期的判斷準則，發現落後 1 期之 VAR 模型進行分析較為合適，符合模型精簡性原則與較具有經濟上解釋的意涵』，精簡原則是不是指在 AIC 和 SIC 認為落後一期或落後二期都是最適落後期的情況下，選擇第一期而不選擇第二期才是所謂的精簡原則。而不是選擇落後一期就是精簡原則。另外落後一期較有經濟上解釋意涵也請再解釋清楚。</p>	<p>謝謝委員。 我們選取的變數：能源消費量、工業生產指數都為同時指標。 已根據不同的產業選擇其落後期數。</p>
3	<p>P93 頁『將個別的工業生產指數、電力消費量與經濟成長率等三個內生變數進行模擬，資料期間除了電子零組件業從 1998 年開始外，其餘兩產業均由 1982 年開始，採季資料，共 52 筆。』 電子零組件業的資料是 52 筆，</p>	<p>謝謝委員。 會修正為：電子零組件的資料是 52 筆，其餘兩產業為 116 筆。</p>

	但其餘兩個產業的資料長度也是 52 筆嗎，請再確認	
4	P94 頁圖 44『利用 VAR 分析將可使得此一因素納入考量。利用 VAR 估計的結果顯示：由於 2016-2050 年假定我國已步入已開發國家，經濟成長率趨緩，加上產業外移與不再增建新廠的效果影響下，因此產量上升有限。』但在圖中看到產量似乎上升的很快，另外在 2012 和 2020 有明顯的結構轉換點，也請再解釋	謝謝委員。 會修正文字為” 2016-2050 年假定我國已步入已開發國家，經濟成長率趨緩，加上產業外移與減少增建新廠的效果影響下” 已修正過模型。
5	請修改錯字，例如 P123 頁第一行前兩者『已』，以及 P125 頁第一行仍『就』等。	謝謝委員。 會依照修改。
6	頁『人口估計根據經建會 2008 年之「中華民國臺灣 97 年至 145 年人口推計-中推計」 P91 ，以 2007 年為基年，2013 年年底總人口成長率為 3.1‰，2018 年為 2.1‰，2026 至 2027 年間將達到人口零成長』。經建會在 2010 年有出版更新的「2010 年至 2060	謝謝委員。 會依照修改。

	年臺灣人口推計」報告，其中修改人口零成長將提前於 2022 年，再請修改	
7	以 VAR 模型估計出之熱能上升太多，似乎不合理，請解釋	謝謝委員。 已修正過模型。
8	報告中請寫清楚產量上升之設定情形	謝謝委員。 已補充說明
9	VAR 與 ARMA 哪種較好	謝謝委員。 已補充說明
10	ARMA 請再加 GDP 為控制變數	謝謝委員。 VAR 模型中已考慮 GDP 為控制變數，而 ARMA 或是 ARIMA 模型基本上是以假設目前的情形會受到前期的影響，是以自己本身落後其估計自己，因此，基本上是沒有考慮加入控制變數的。 另一方面，本研究亦有試著加入 GDP 為控制變數，進行 ARMA 或 ARIMA 分析，結果發現，從估計的那年起(2011)，能源消費即呈

		現持平狀態，解釋上呈現不合理現象，因此，暫不予以考慮。
--	--	-----------------------------

附件二、「我國電子電機產業未來之 3E 評估專家會議」意見回覆

臺灣經濟研究院 研究一所 開會通知單

受文者：詳如出席名單

發文日期：中華民國 100 年 11 月 25 日

送別：遠件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議議程

開會事由：我國電子電機產業未來能源需求專家會議

開會時間：中華民國 100 年 11 月 30 日(星期三)上午 10:00

開會地點：世界之頂大樓 8 樓會議室(台北市德惠街 9 號 8 樓之 2)

主持人：行政院原子能委員會核能研究所 葛復光副研究員

聯絡人及電話：張鈺照小姐 (02)2586-5000 分機 969

出席者：真明麗集團有限公司 鄭建文總經理、台灣產業服務基金會 馬勝雄經理、台灣能源技術服務產業發展協會 陳輝俊理事長、台北商業技術學院 楊浩彥教授、行政院原子能委員會核能研究所 卓金和副研發師、

列席者：台灣經濟研究院 陳彥豪副研究員、台灣經濟研究院 譚香伶助理研究員、台灣經濟研究院 陳彥霖助理研究員

副本：

備註：

台灣經濟研究院研究一所

「我國電子電機產業未來能源需求」專家會議

時間：中華民國 100 年 11 月 30 日上午十點

地點：世界之頂大樓 8 樓會議室

(台北市德惠街 9 號 8 樓之 2)

主席：行政院原子能委員會核能研究所 葛復光副研究員

議程：

時間	內容
10：00~10：05	主席致詞
10：05~10：35	電子電機能源需求預測與經濟分析簡報
10：35~12：00	討論及意見交換

專家	項次	意見	回覆
能源技術服務產協合理事長陳輝俊博士	1	<p>這個計畫做的不錯。</p> <p>我在 2004 年時有做一個電子電機業產業技術即能手冊，裡面說明了哪些是比較耗能的設備。</p> <p>可以利用 3E 評估將產業做一個重整，哪些需要保留，哪些需要淘汰。我曾經提過台灣的電價結構沒有做好分析，基本上是傷害到台灣的產業，以菲律賓為例，他們的電價結構從 6.7-12，但我們還是在 2 元多，所以我們可以考慮當我們的電價結構升到多少的時候，哪些產業會蓬勃發展，放第一象限，哪些會死，放第四象限，要死不活的放在第二或第三象限，之後提出辦法，配套措施，把這點做好，哪些是新興產業或是有些新專利翻新舊專利，如此一來，可以提供若將來有人要設立公司的一項參考，能夠重新創造新興產業。</p>	謝謝理事長的肯定

	2	<p>研究背景之中，現在能源安全的潔淨性與穩定性，是由何種來評估，若是以潔淨性來做，我這邊可以提供一個方向，大陸在煤的潔淨，目前有一個潔淨煤的新技術，山西的華省理工大學專門在做煤的潔淨性與穩定性的問題，這部份可以闡述的更清楚會較好。</p>	<p>謝謝理事長的指導。</p> <p>能源安全包括能源供應的可靠性和能源設施的運轉與維護安全。從前者來考量，台灣是能源極端缺乏的國家，因此，了解能源需求的趨勢是相當重要的一點。</p>
	3	<p>2010 年的產值年產值高達四兆，2011 年的產值應該是 3 億，這是由於目前景氣的原因，訂單突然減少，可能是無法再達到 2010 年的產值。</p>	<p>謝謝理事長的意見。</p>
	4	<p>電機電子產業中，相較於電機業，電子業的耗能相對較高。目前是電高於熱，是沒有問題的，但是目前在推動一個新的觀念，我們是希望用電盡量減少，盡量用熱，這時由於熱的</p>	<p>謝謝理事長的意見。</p> <p>根據我們的估計出的能源需求，將來用熱的成長率會高於用電的成</p>

	<p>節能效率較高，以台電綠島節能減碳計畫，我們以電廠中發出的熱(目前是 300 多度)，我們就利用排出的熱再重新做發電，因為外島的電跟我們本島的發電成本是不一樣的，目前台電每發一度電，會損失 7-8 元左右，所以綠島那兒成本大概是 11 元左右，如果目前排出的廢氣溫度這麼高，而又用 ORC 來做的話，效率大概只有 20% 左右，所以利用排氣溫度這麼高，利用其來做一個熱水，熱水供應所有綠島地區，綠島地區大概循環一圈 18 公里，相當小的地方，整個島有熱水管，熱水供應旅館、民宿、住家等，基本上能源效率就提高。</p>	<p>長率。</p>
<p>5</p>	<p>我在做能源局的節能評審時，剛剛簡報中有提到，無法使要做節能的企業願意投入，目前節能以電熱比小於 1 的歸於一類，可是，中小企業的因為節</p>	<p>謝謝理事長的意見與肯定。</p>

		<p>能的二氧化碳跟大廠是比不上的，永遠無法拿到獎，就可能造成劣幣驅逐良幣的現象，造成許多傳統中小企業不願意投入，因為節能的二氧化碳跟大廠是比不上的，永遠無法拿到獎，所以我們會按照油當量用多少來歸類，例如用到五萬噸油當量，1-3 萬噸歸第二類，3000 以下是第四類別，這樣就會鼓勵很多電子電機產業很多製程減少用電，多用熱能</p>	
	6	<p>相關模型 ARIMA、ARMA 或 VAR 的模型是如何估出的。</p>	<p>是利用 E-view 軟體所估計出的。</p>
	7	<p>目前我們是動態的資訊，但是現在是靜態的，我們目前有引進美國的計算節能方法，總共有四種方法，我們在做 baseline 是相當嚴謹的，改善前與改善後，靜態因子或是動態因子進去就會有不同的結果。而本篇研究是一個固定數值的，是否會有準確性的問題。目前做固定，是可以的，我們在做節能</p>	<p>目前本研究的設定是設為一固定數值，是屬於靜態的。由於電子電機產業的節能率彼此之間差異相當大，因此，本研究採製造業查核年報中的數值，以一平均數值來計算。</p>

		上，是做動態的。	
	8	2011 年低價智慧型手機出貨量將從 2010 年的 300 萬支攀升至 4,000 萬支，資料是如何來的？	謝謝理事長。 這是全球的資料
	9	基準情境設定上，出口部分有說到半導體、光電材料及元件與通訊設備業有根據歷史資料調整，請問歷史資料是指？	以 2007-2010 年的資料來進行調整。
	10	基準情境設定的自發性能源效率，每年都提升 0.75%，來源的部份是？備註一下 這個部份就會是一個很大的貢獻。	台經院 3E 模型是與澳洲的 Monash 政策中心合作，此自發性能源效率是根據澳洲的專家參考台灣的情況所設定的，設定為每一產業每年都提升 0.75% 的自發性能源效率。
	11	產業關聯效果分析做的很好，但是我們希望比較我國產業與國外產業	謝謝理事長的肯定。 目前我們的模型是以分析台灣產業為主。

	12	<p>政策建議方面，寫得很好。</p> <p>我想也可從法治面、政策面、財務融資面、人才技術面與市場面來分析，與中國結合的有哪些方向。</p>	<p>謝謝理事長的肯定與意見。</p>
<p>節能減碳服務團</p> <p>馬勝雄 經理</p>	1	<p>在研究背景上，電子零組件中的晶圓代工大部份都在無塵室，電力使用較多，但電力業不見得是製程不嚴謹，雖然真的是較電子零組件業用電量較少。以輸配電來講，電線電纜產業中要把銅塊變成銅條，需要相當的耗能。</p>	<p>謝謝專家的意見。</p> <p>本研究中說明電子零組件相較於其他電腦通訊與視聽設備還有電力設備業較不耗能，電子電機業主要的耗能為電子零組件業。</p>
	2	<p>產業關聯上的說明敏感度，中間財說明一開始會看不懂，主要用量比較大的是在components，例如聯電、台積電、被動元件、友達、華新科，下端的一些組裝，如 ACER，台灣幾乎都是沒有生產線了，再說明清楚一點。</p>	<p>謝謝專家意見</p> <p>已於報告中說明。</p>

	3	Boundary 的部份再說明清楚。	<p>本研究將電子電機業分為電子零組件、電腦通訊設備業、電力設備業，不論是在模型的模擬或是分析上都不脫此產業範疇，而在產量的增加與節能率的設定上，都有按照欲模擬的產業進行調整，數值都呈現於報告中。</p> <p>根據標準行業分類、產業關聯表與能源平衡表的對應關係表，在能源需求預測上，本研究是根據標準行業分類進行分別估算，特別的是能源平衡表中，其中電腦通信與視聽產品製造業中有</p>
--	---	--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>包含電子零組件業，因此在計算電腦通信設備業的能源需求時，本研究亦有將電子零組件的能源需求扣除，再行計算，以避免雙重計算的問題。</p> <p>台經院的 3E 模型資料庫是以產業關聯表為主，因此在模擬時，亦將欲模擬的產業對照到產業關聯表中的產業，再行依比例進行調整。</p>
	4	<p>節能利用率的設定方面，有利用平均 2.5%，有用到李博士的資料，我來分享一下節能服務團的經驗，百分比是跟誰比較？</p> <p>協助廠商做一些改善，3 年來總共協助 1500 家廠商，以電子電機業來說，加起來 3-4 成左</p>	<p>百分比是跟前一年比較。</p>

		<p>右廠商，總共減量接近 120 幾萬噸，各行各業減量的空間不太一樣，可是大部份都還是在電的部份，量較大的部份是在空調與無塵室的部份，因為你這邊還有包括光電，像是 LCD 如果以電來講的話，可能還是比較不足，像是一些半導體或是 LCD 在製程中用許多特殊的氣體，例如：SF6，一公斤的 SF6 會產生 22.6 噸的二氧化碳，所以在光電產業來說，如果單就電來推估，可能會有些迷失。但現在光電半導體協會目前會將此氣體排放出的二氧化碳收集，然後全部拿去燒掉，這樣減的量應該是蠻大的。</p>	
	5	<p>模擬分析上用晶圓代工、封測、手機、LED 產業來分析，以這樣來推估，可能會造成多估。</p>	<p>有按照其產值比進行調整，依照調整過後的資料，再進行推估。</p>
	6	<p>對能源需求與二氧化碳排放的影響的分析，可能和目前現況</p>	<p>已經修正過模型，並將結果呈現</p>

		不太合	於報告中。
	7	<p>針對行業別部份，能源局目前有在從事。</p> <p>最好的節能減碳是在產能利用率最高的時候最好，再景氣差時，鼓勵廠商來做節能是很好，但是會較困難。</p> <p>目前已有針對單位成本能耗來做考量，有針對五大耗能產業公布排放強度，其中包含水泥、鋼鐵、半導體產業。按照政府的目標，2020 年要回到2005 年目標，目前還需很多的努力。</p>	謝謝專家意見。
台北商業技術學院 楊浩彥教授	1	電子電機業的產值與排放的比重與京都議定書推翻對電子電機業的影響，都可再做探討	謝謝專家意見。
	2	能源使用效率的計算上用到產業關聯表、能源平衡表，這些表的產業分類不太一致，因此在計算時若沒有精準，可能有落差。	<p>謝謝專家意見。</p> <p>經過比較過後，電子零組件、電腦通訊設備與精密光學醫療器材及鐘錶業都有對應關</p>

		<p>係，而電力設備業中的大部分產業都隸屬於能源平衡表中的其他工業製品製造業。</p> <p>在詢問過能源局後，由於能源局的資料都由台電給，而隸屬的產業都以當初業者申請電錶中所填報的行業類別為歸類，若產業營業品項有所調整，但沒有去台電更改業別，都還是隸屬於當初申請時的類別。</p> <p>根據剛剛馬經理所說的電子零組件用電量相對較高，其實跟實際資料的趨勢是一致的。</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	3	<p>模型上所估出來的結果有所落差，看起來是 GDP 所造成的效果，所以，可否用個別產業的 GDP 來估計，是否較為理想</p>	<p>目前已有用各產業的工業生產指數，再者，我國電子電機產業以出口為出，出口又佔我國 GDP 比例達六成以上，這也是我們使用 GDP 為估計變數的原因。</p>
	4	<p>模型的寫法可能要再修改</p>	<p>謝謝專家。 已作修正</p>
	5	<p>提到自發性能源效率的提升，是否效率可用政策的目標來做設定？但是我也沒有什麼特別的想法，而能源局是有其政策目標</p>	<p>目前台經院 3E 模型的設定是美個產業每年都增加 0.75% 的自發性能源效率提升，政府的政策目標是全國性的。 兩者的設定可能會有些不同。</p>
	6	<p>每度電二氧化碳的排放，未來可以跟各國做比較，問題點是在於能源結構的問題，如果將</p>	<p>謝謝老師的意見</p>

		<p>個別能源發電所產生的二氧化碳來看，我們所產生的二氧化碳比大陸還多，這是很奇怪的事情，所以我們現在比別人高，是結構的問題，再者，各國都是往下，我們卻是往上。</p>	
<p>真明麗集團有限公司 郭虹好小姐</p>	1	<p>我們希望透過 3E 的報告中，可以知道光電產業在能源上所扮演的角色。</p> <p>目前以 LED 產業來說，製程成本是不斷的在下降，技術也是不斷突破，加上日韓廠商的專利配合，但是，市場的需求真的不大，所以，藉由一些補貼與獎勵，才可使得更多人想要使用 LED 產品，進而降低能源的使用。</p> <p>目前我們在看市場，未來主要用 LED 會是在終端的消費者，希望滲透率由 3.5% 到 8.5%，價格方面則要比目前低 3.5 倍。</p>	<p>謝謝專家的意見。</p>
核研所	1	請回覆專家的意見	已回覆如附件

葛復光 組長	2	VAR 估計出往下講似乎不合理	已修正過模型
	3	就業下降的原因	已於期末報告中 說明