

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 太陽能產業的生產排程決策支援系統之建置 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2622-E-029-007-CC3  
執行期間：98年11月01日至99年10月31日  
執行單位：東海大學工業工程與經營資訊學系

計畫主持人：鄭辰仰  
共同主持人：翁紹仁  
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：莊閔智  
碩士班研究生-兼任助理人員：楊閔雄  
碩士班研究生-兼任助理人員：徐誌宏

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 100 年 03 月 24 日

## 行政院國家科學委員會補助產學合作研究計畫成果精簡報告

計畫名稱：太陽能產業的生產排程決策支援系統之建置

計畫類別：技術及知識應用型

計畫編號：NSC 98-2622-E-029-007-CC3

執行期間：98年11月1日至99年10月31日

執行單位：東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

計畫主持人：鄭辰仰 博士

共同主持人：翁紹仁 博士

計畫參與人員：楊閔雄-東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

莊閔智-東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

徐誌宏-東海大學工業工程與經營資訊學系研究所

研究摘要(500字以內)：

人才培育成果說明：

技術研發成果說明：

技術特點說明：

可利用之產業及可開發之產品：

推廣及運用的價值：如增加產值、增加附加價值或營利、增加投資/  
設廠、增加就業人數.....等。

## 研究摘要

在邁入 21 世紀之際，由於環保意識高漲與京都議定書（Kyoto Protocol）的簽定，加上近來國際原油價格飆漲與能源危機的陰霾下，太陽能光電產業在全球各地快速興起並高速的成長；因此，近年來台灣也有許多廠商紛紛投入太陽能光電產業，將太陽能光電產業視為最重要的明星產業之一。由於此產業的蓬勃發展與激烈的競爭，如何在現有的機台設備資源下提高產量，以面對未來產品與客戶的快速增長需求，將是企業即將面臨的一大挑戰。

本專案合作之企業，在太陽能電池產業屬於新興企業，現階段產品與客戶結構也相對簡單，但面對可預期的市場需求增長，亦急於有效提高生產效率、降低生產成本。因此，本研究旨在協助個案公司補強生產排程上的需求，在考慮產品特性與有限的生產資源下，進行生產排程模擬，以達到產出最大化之目標，並協助建置一生產排程的決策支援系統，進而提昇產業競爭能力，以幫助企業立足於競爭激烈的太陽能電池產業。

關鍵詞：太陽能電池製程、生產排程、模擬

## 人才培育成果說明：

透過本專案執行期間，實際與現場專業人員溝通，以瞭解產業目前發展之現況，並藉此機會訓練自己有系統性的邏輯思考，並從自有的理論基礎中，尋找產業問題之原因，或許實務經驗，並且協助並提出可行之改善方案，以作為業界改善參考之依據。

主持人：鄭辰仰 博士

1. 研究計畫之統籌規劃、進度掌控與執行之能力
2. 指導研究助理規劃與建置生產排程決策支援系統
3. 協調與業界之訪談溝通技術研發成果說明

碩士班研究生：楊閔雄

1. 了解業界訪談之相關事宜
2. 生產排程模擬方法設計
3. 文獻資料蒐集
4. 報告撰寫之能力

碩士班研究生：莊閔智

1. 了解業界訪談之相關事宜
2. 決策支援系統建構之程式撰寫能力
3. 生產排程決策建議系統驗證
4. 報告撰寫之能力

碩士班研究生：徐誌宏

1. 了解業界訪談之相關事宜
2. 學習瞭解合作企業 MES 規格與系統整合方式
3. 增加製造現場資料蒐集之能力
4. 報告撰寫之能力

## 技術研發成果說明：

### ● 插單系統建置

除了固定的代工訂單外，業務單位亦會接小批量的顧客訂單或自製訂單，然而這些訂單並沒有明確的交貨日期，僅有越快交貨越好的目標。因此，在資訊充足的決策支援系統中，將可有效分析可允交貨日，並對現場已排訂之工單影響程度最小。

圖 1 為插單系統的畫面，包含訂單的開始加工日期、交期與數量，接著輸入插單的數量、相關參數設定；當所有相關資訊輸入完畢後，即可透過插單系統了解插單的相關訊息，如插單造成原本訂單的延後天數與交貨日期、插單的交貨日期等。由以上的資訊，可以讓決策者更方便，了解插單的生產日期，對於原本生產線上之訂單的影響及插單本身的交貨日期，以便於做決策。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1							日期	7月2日	7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	7月7日	7月8日	7月9日	
2	Line 1	開始日期	交貨日期			插單對LINE 1的影響	生產時間(分鐘)	5417	3977	2537	1097	-343	-1783	-3223	-4663	
3	Date	2009/7/1	2009/7/7				交貨時間(分鐘)	7200	5760	4320	2880	1440	0	-1440	-2880	
4	數量(片)	100000					Delay(天)	3,607	3,607	3,607	3,607	3,607	3,607	3,607	3,607	
5							交貨日期	7月10日	7月10日	7月10日	7月10日	7月10日				
8	Line 2	開始日期	交貨日期			插單對LINE 2的影響	生產時間(分鐘)	5143	3703	2263	823	-617	-2057	-3497	-4927	
9	Date	2009/7/1	2009/7/8				交貨時間(分鐘)	8640	7200	5760	4320	2880	1440	0	-1440	
10	數量(片)	75000					Delay(天)	2,417	2,417	2,417	2,417	2,417	2,417	2,417	2,417	
11							交貨日期	7月10日	7月10日	7月10日	7月10日	7月10日				
13		插單				插單之結果	生產時間(分鐘)	6977								
14	數量	100000					交貨日期	7月6日	7月7日	7月8日	7月9日	7月10日	7月11日	7月12日	7月13日	
18	註：黃色底為可輸入之變數，可供使用者做更改															
20	參數表															
21	最大產能(Line 1)	21000														
22	最大產能(Line 2)	21000														
23	產能(片/分鐘)	14,583														
24	setup time(分鐘)	120														

範例結果：

- 在7/2接到一張插單，於7/2-7/6之間進行插單，均會對於產線1造成3,607天延後時間，交貨日期變為7/10
- 若在7/2-7/7之間進行插單，則會造成2,417天的延後時間，使交貨日期變為7/10
- 從插單的結果可看出，若在7/2進行插單，則交貨日期為7/6；7/6進行插單，交貨日期則為7/10
- 由以上的資訊，可以讓決策者更方便，了解插單的生產日期，對於原本生產線上之訂單的影響及插單本身的交貨日期，以便於做決策

圖 1 插單系統畫面

### ● 生產現場機台排程系統建置

製造單位並不瞭解生管的作業排程、以及業務單位的未來訂單需求，製造單位以現有的資源去滿足生管單位的生產排程，所以當有不同訂單的需求時，製造單位會將所有的生產線全部換線來生產同一個規格的產品，但由於沒有通盤的考慮，對於換線停機時間、準備時間、設備預防維修時間等等，導致生產線的產出未能達到預期的生產目標。

因此，除了插單系統外，本計劃提出一個以模擬方式的生產排程系統，根據不同的派工法則，如 EDD(以交期為基礎)、CR(處理時間與交期的組合)及 SLACK(寬裕時間)作為模擬派工法則之依據，透過三種不同的派工法則，以及電腦模擬的快速推演，可大幅提升決策的速度，也增加其精準度。

此排程系統共分為四大區塊，分別是訂單數據、參數表、派工法則模擬與結果，圖 2 為訂單數據，包含了訂單編號、產品別、需求量、投料量與到期日，使用者只需要將以上數據分別鍵入系統即可，接著進行參數表的設定，參數表除了產品的每單位加工時間外，更有細節的設定，如生產批量、換線換磨時間與機台保養維修設定，除了提供更準確的模擬結果外，此設計也因應未來生管人員在有變動的情況下，能進行更改數據的動作，強調系統的彈性。演算結果則顯示於結果的表單中，如圖 3 所示，根據各種不同之派工法則模擬後，將結果顯示於表單中，結果資訊包含了訂單的開始加工時間與結束加工時間，以及是否有達交的提示，更計算了整體訂單規劃後的達交率，則生管人員可由各種不同之派工法則所演算出來的整體達交率，進行評估，選擇較為適用的派工法則，做為生產排程的依據。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	1. 假設有 10 筆訂單										
3	2. 一條產能平均一天約為 20000 單位										
4	3. 需求量為假設(以 100 為單位)										
5	4. 投料量是依據需求量與良率計算而得										
6	5. 到期日為假設(天)										
9	訂單資料										
10	訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	產品別										
	單晶: 0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
	多晶: 1										
12	需求量	19,400	26,800	48,700	10,900	34,500	13,900	49,300	38,000	28,600	21,300
13	投料量	19,594	27,068	49,187	11,009	34,845	14,039	49,793	38,380	28,886	21,513
14	到期日(天)	5	13	14	3	9	6	8	8	12	7

圖 2 訂單資料介面

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1																		
2	以EDD模擬之結果					以CR模擬之結果					以SLACK模擬之結果							
3																		
4	訂單排序	ST	ET	Due Day	是否達交		訂單排序	ST	ET	Due Day	是否達交		訂單排序	ST	ET	Due Day	是否達交	
5	4	0.00	1.25	3	YES		7	0.00	5.80	8	YES		4	0.00	1.25	3	YES	
6	1	0.11	2.36	5	YES		3	0.54	7.71	14	YES		1	0.11	2.36	5	YES	
7	6	0.34	2.78	6	YES		4	1.09	7.82	3	NO		7	0.34	6.18	8	YES	
8	10	0.51	3.75	7	YES		6	1.24	7.95	6	NO		8	0.92	7.42	8	YES	
9	7	0.77	6.66	8	YES		1	1.38	8.77	5	NO		5	1.33	8.71	9	YES	
10	8	1.36	7.90	8	YES		10	1.60	9.63	7	NO		6	1.72	8.84	6	NO	
11	5	1.76	9.19	9	NO		8	1.86	11.50	8	NO		10	1.85	9.78	7	NO	
12	9	2.15	10.16	12	YES		9	2.26	12.36	12	NO		3	2.11	12.29	14	YES	
13	2	2.47	11.15	13	YES		2	2.58	13.35	13	NO		9	2.66	12.92	12	NO	
14	3	2.78	13.55	14	YES		5	2.89	14.86	9	NO		2	2.97	13.91	13	NO	
15																		
16		訂單數				10		訂單數				10		訂單數				10
17		總訂單達交率				90%		總訂單達交率				20%		總訂單達交率				60%

圖 3 系統之演算結果

● 矽晶圓物料延遲

因整個太陽能電池製造上，矽晶圓亦屬於關鍵性原物料，所以當矽晶圓短缺時，則會造成整個產線無法加工，也沒有所謂的替代料可用，且有些客戶會自行提供矽晶圓，讓合作企業生產成太陽能電池，所以，當供應商無法在預計規劃的時間點送達，則會造成已排定的生產排程，會因無矽晶圓物料，導致無法生產，生管人員必須再重新規劃，將原本規劃好的訂單，但因供應商無法及時提供物料，而需延後生產，而重新規劃訂單生產之順序，造成生管人員規劃上的困難。

對於此問題，合作企業希望能在他們使用的 Excel 規劃檔案中，加入搜尋演算的功能，當有預計規劃的物料有延遲時，會造成已經規劃好的訂單有什麼影響，希望能迅速的透過系統找出來，進行調整與更動。因此，本計劃亦透過 Excel VBA 的撰寫，在原本的 Excel 檔案中，增加其功能(圖 4)；在矽晶圓供應商的部分，將原本一個欄位擴充為兩個，一個為規劃的數量，另一個為實際到的數量，當規劃與實際的不相符時，則表示此矽晶圓之供應有異動，程式就會自動以紅色 Er. 表示，直接讓生管人員可以快速的瞭解影響到哪些訂單，進而重新規劃新的生產排程，以提升整個規劃的速度。

執行				Everenergy 2010 October Solar Cell Production Plan																								Total							
Unit	K	P	C	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	
Wafer Input	156 multi	GET	C	Plan	41										100																			100	
	156 multi	SAS	C	A'	16							125			100				125															500	
	156 multi	Sra	A	Plan	140																													1,056	
	156 multi	Danen	C	Plan				493																										30	
	156 multi	DC	C	Plan				493																										450	
	156 multi	HEKLON	B	Plan	200																													0	
	156 multi	SWISS	C	Plan	100																													0	
	156 multi	DS	B	Plan	75																													0	
	EE6MB	Anji	B	Plan	51																													80	
	EE6MB	Solargate	B	Plan	385																														358
EE6MB	A2Peak	C	Plan	257																														273	
EE6MB	solarwatt	C	Plan	237																														271	
EE6MB	MC	B	Plan	128																														135	
EE6MB	PST	B	Plan	58																														63	
EE6MB	Ritek	C	Plan	51																														55	
Plan				0	0	40	63	63	51	63	63	63	63	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,243	
Actual				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

圖 4 具搜索功能之生產排程規劃表

### 技術特點說明：

本專案計畫之主要應用技術，分為兩個階段，如圖 5 所示，前段為系統模擬之技術，使用 Simul 8 模擬軟體，就夠出合作廠商實際的製造生產狀況，與相關參數設定，分析不同的生產條件下的最佳生產規劃配置，找出產能負荷。第二階段則進行生產排程決策支援系統之建構，此階段屬於系統建置的部分，與合作廠商商討後，考慮到未來的使用者的便利性，決定利用最常見的 Microsoft Excel 來進行本專案生產系統的基底，利用 Excel 內涵的 Visual Basic for Applications(VBA)，進行程式撰寫的動作，將其規算法則、演算功能與派工法則透過 VBA 的程式，運行於 Excel 中，以達成本計畫之目的。

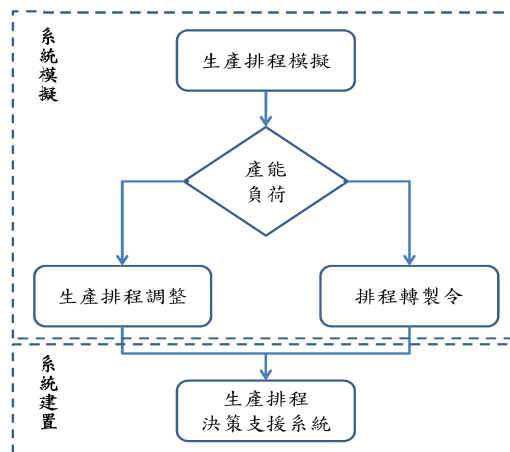


圖 5 技術應用

### 可利用之產業及可開發之產品：

為建置太陽能產業的生產排程決策支援系統，本產學合作計畫在執行過程中即需對整個企業與產業的背景作一深入的了解與探討，經由標準化與正規化的過程，探討生產排程決策過程中可能發生的問題而提出生產排程決策支援系統，這對太陽能產業的生產排程決策具有極重大的助益，由於對該企業與產業的深入了解，因此所建置的生產排程決策支援系統，可符合業企業現況的需求，而能被企業所接受。對於將成果推廣至產業或市場將有很大的助力，期望能協助太陽能產業的發展，進而提升產業的競爭力。

推廣及運用的價值：如增加產值、增加附加價值或營利、增加投資/

設廠、增加就業人數.....等。

為因應太陽光電市場的蓬勃發展與激烈的競爭，本研究為建構長期的生產排程規劃，在太陽能電池產品特性與有限的生產資源下，為目標最大產能進行生產排程模擬，以求得產出最適解，做為業者進行長期規劃與策略佈局依據，未來將有可能擴大經營版圖，將產品外銷至國際市場，提高企業與產業競爭力。

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2010/02/02

國科會補助計畫	計畫名稱: 太陽能產業的生產排程決策支援系統之建置		
	計畫主持人: 鄭辰仰		
	計畫編號: 98-2622-E-029-007-CC3		學門領域: 生產系統規劃與管制
研發成果名稱	(中文) 太陽能產業的生產排程決策支援系統之建置		
	(英文)		
成果歸屬機構	東海大學	發明人 (創作人)	鄭辰仰
	<p>(中文) 在邁入21世紀之際,由於環保意識高漲與京都議定書(Kyoto Protocol)的簽定,加上近來國際原油價格飆漲與能源危機的陰霾下,太陽能光電產業在全球各地快速興起並高速的成長;因此,近年來台灣也有許多廠商紛紛投入太陽能光電產業,將太陽能光電產業視為最重要的明星產業之一。由於此產業的蓬勃發展與激烈的競爭,如何在現有的機台設備資源下提高產量,以面對未來產品與客戶的快速增長需求,將是企業即將面臨的一大挑戰。</p> <p>本研究合作的企業,在太陽能電池產業屬於新興企業,現階段產品與客戶結構也相對簡單,但面對可預期的市場需求增長,亦急於有效提高生產效率、降低生產成本。因此,本研究旨在協助個案公司補強生產排程上的需求,在考慮產品特性與有限的生產資源下,進行生產排程模擬,以達到產出最大化之目標,並協助建置一生產排程的決策支援系統,進而提昇產業競爭能力,以幫助企業立足於競爭激烈的太陽能電池產業。</p>		
	(英文)		
產業別	光學及精密器械製造業		
技術/產品應用範圍			
技術移轉可行性及預期效益			

註:本項研發成果若尚未申請專利,請勿揭露可申請專利之主要內容。



98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：鄭辰仰		計畫編號：98-2622-E-029-007-CC3				計畫名稱：太陽能產業的生產排程決策支援系統之建置	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	3	3	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	



本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫 <b>預估</b> 研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 0 項	完成技轉授權 0 項
專利	國內	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
	國外	預估 0 件	提出申請 0 件，獲得 0 件
人才培育		博士 0人，畢業任職於業界0人	博士 0人，畢業任職於業界0人
		碩士 3人，畢業任職於業界0人	碩士 3人，畢業任職於業界0人
		其他 0人，畢業任職於業界0人	其他 0人，畢業任職於業界0人
論文著作	國內	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		研討會論文 2 件	發表研討會論文 2 件
		SCI論文 0 件	發表SCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 1 件	完成技術報告 1 件
	國外	期刊論文 0 件	發表期刊論文 0 件
		學術論文 0 件	發表學術論文 0 件
		研討會論文 1 件	發表研討會論文 0 件
		SCI/SSCI論文 0 件	發表SCI/SSCI論文 0 件
		專書 0 件	完成專書 0 件
		技術報告 0 件	完成技術報告 0 件
其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 0 家	設立新公司或衍生公司(名稱)：
<u>計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限 600 字以內)</u>		除了固定的代工訂單外，業務單位亦會接小批量的顧客訂單或自製訂單，然而這些訂單並沒有明確的交貨日期，僅有越快交貨越好的目標。因此，在資訊充足的決策支援系統中，將可有效分析可允交貨日，並對現場已排訂之工單影響程度最小。包含訂單的開始加工日期、交期與數量，接著輸入插單的數量、相關參數設定；當所有相關資訊輸入完畢後，即可透過插單系統了解插單的相關訊息，如插單造成原本訂單的延後天數與交貨日期、插單的交貨日期等。由以上的資訊，可以讓決策者更方便，了解插單的生產日期，對於原本生產線上之訂單的影響及插單本身的交貨日期，以便於做決策。	