

逢甲大學學生報告 ePaper

透過 VSM 運用系統模擬優化紡織工廠之生產

Optimize production in textile factories through VSM system simulation

作者：蘇愉涵、李采錡、邱媛偵

系級：工業三乙

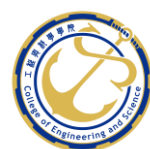
學號：D0973706、D0947256、D0915475

開課老師：周哲維

課程名稱：模擬學

開課系所：工業工程與系統管理學系

開課學年：111 學年度 第二學期



中文摘要

現今快時尚聲勢大漲，從設計至銷售的時間逐漸縮短，然而，這種快速發展也隨之而來的是產品生命週期急遽縮短的挑戰。紡織產業必須面對需要彈性和快速的反應、品質穩定以及交期掌控的議題。於品質穩定方面，盡可能降低布疋的等待時間更是至關重要。如果布疋無法及時檢驗及包裝，可能導致布匹受潮並且發霉，造成不必要的浪費。因此，本研究旨在建立一紡織工廠之模擬系統，並借助通過精實生產中的精實價值流（Lean Value Stream）此目視化管理流程的工具作為輔助，探討在訂單數增加並且多元化之情況下，如何在有限的資源下有效的增加產出，於此同時也能盡可能地減少等待檢驗和等待包裝之布疋等待時間，從而消除不必要的浪費。另一方面，也可通過產線模擬，提供給個案一未來決策之參考。

關鍵字：精實管理、系統模擬、價值溪流圖



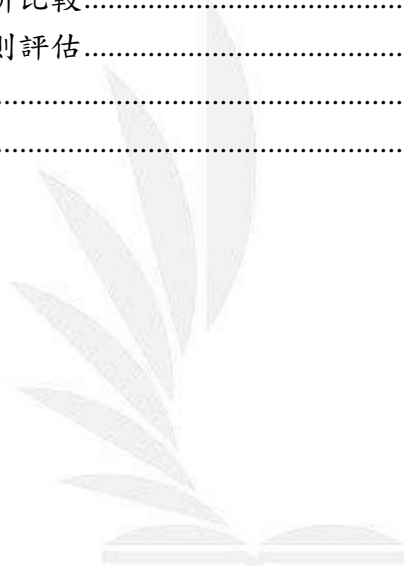
Abstract

Today's fast fashion is booming, and the time from design to sales is gradually shortening. However, this rapid development also brings with it the challenge of a sharply shortened product life cycle. The textile industry must face issues that require flexibility and quick response, stable quality, and delivery control. In terms of quality stability, it is even more important to minimize the waiting time for fabrics. If the cloth cannot be inspected and packaged in time, it may cause the cloth to be damp and moldy, resulting in unnecessary waste. Therefore, this study aims to establish a simulation system of a textile factory, and with the aid of the visual management process tool of Lean Value Stream in lean production, it explores the increase in the number of orders and diversification. Under such circumstances, how to effectively increase output with limited resources, and at the same time reduce the waiting time for inspection and packaging cloth as much as possible, so as to eliminate unnecessary waste. On the other hand, the production line simulation can also be used as a reference for case 1 to make future decisions.

Keywords: Lean Management 、 System Simulation 、 Value Stream Mapping

目次

第一章 緒論.....	4
第一節 研究動機及背景.....	4
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究範圍與架構.....	5
第二章 文獻探討.....	7
第一節 研究主題－台灣紡織產業.....	7
第二節 研究主題－精實生產.....	7
第三節 研究主題－系統模擬.....	8
第三章 研究方法.....	8
第四章 研究步驟.....	16
第五章 實證結果與分析.....	17
第一節 改善方法分析比較.....	17
第二節 排程法則準則評估.....	18
第六章 結論與建議.....	22
參考文獻.....	23



第一章 緒論

第一節 研究動機及背景

紡織布匹的特性會依據其原料的組成與比例而有所不同，在梭織面料時，是藉由織機以投梭的形式，將兩組紗線通過經紗及緯紗交織組成，經紗需要先經過整經與漿紗的流程，在這過程中就會產生一定的耗損，而大部分的布匹也需要有切邊的工序以方便後續作業的進行，因此對於紡織業者，是否能精確的計算布匹的耗用率也會影響到工廠的營運績效及生產排程。

而布匹除了上述製作過程會有一定的損耗率，同時也需要即時地檢驗及包裝，若拖沓一段時間，可能會使布匹受潮而發霉，進而導致額外的耗損，徒增生產成本，所以對於大多數的織布廠來說，布匹在暫存區的停留如果可以盡可能的縮短，便可降低布料存貨受損的風險。

本研究透過模擬織布廠，在訂單量與業務量擴展之下，為了於有限的資源當中，增加生產效率同時維持產品的布料品質是本研究的方向，因此將會導入精實生產（Lean Production）作為改善的方向依據。

精實生產來源於日本的製造業是一種系統性的生產方法，能夠讓永續企業經營有效改善的基礎，透過精實價值流（Lean Value Stream）是強力目視化管理流程的工具，為其在目標使得效益最大而減少生產過程中無效的浪費，提高工廠生產效率與品質，有利於充分展現出工廠的競爭優勢與實際情形的現象。

第二節 研究目的

精實本身的意涵為減少不必要的浪費，呼應到紡織生產過程中含有許多潛在損耗率的特性，本研究透過精實管理中的價值溪流圖（Value Stream Mapping, VSM）進行生產線分析，快速找出生產痛點，並利用 Flexsim 進行模擬分析，找尋合適的改善方法，作為工廠未來決策參考之依據。綜合上述，本研究目的如下：

1. 繪製個案改善前之價值溪流圖，分析個案現況，針對現有價值流程中的異常流程，進行進一步地分析，並且提出可能改善方法。
2. 運用 Flexsim 對現況及改善後之工廠流程進行模擬分析，並且給予個案未來決策之參考。

第三節 研究範圍與架構

此間來自彰化的紡織工廠，由織布 A 廠、織布 B 廠及整經廠三大廠房所組成，A 廠的規模較 B 廠規模大，因此以 A 廠作為探討。資料的來源是工廠內部所提供的實際資訊，進行規模等比例的縮減，運用工廠設施平面圖、三月份訂單、廠房內機台設備個數及生產流程、前置、加工、機台設定時間等，作為本研究的主要內容。

本研究透過上述工廠提供的資訊，製作該月份布疋的流程，從布疋經紗的前置作業包含整經、穿綜，再將緯紗一起放入織布機開始作業，直到最後的產出，分別分析檢驗品質過程、產出情形、使用效率，作為研究範疇。

綜合上述，本研究根據研究動機與目的進行文獻蒐集與探討，藉此釐清本研究之研究方向，其次，根據研究方向建構本研究之研究模式，以此由溪流圖探討所有流程，針對利用率與工廠實際情況做出改善，最後，以實際案例進行相應比較驗證，進而確定本研究所發展之方法的實用價值與未來發展。本研究之研究架構如圖 1.1 所示。

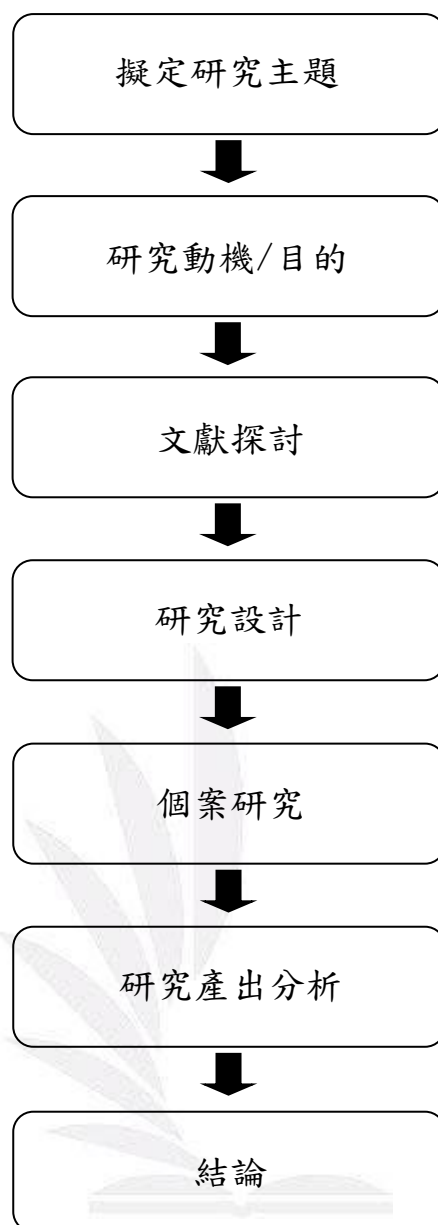


圖 1.1、研究架構圖

第二章 文獻探討

本研究涉及之研究主題包括「台灣紡織產業」、「精實生產」以及「系統模擬」研究議題進行文獻回顧與討論，以下即針對此兩大議題之相關研究進行文獻回顧與探討。

第一節 研究主題—台灣紡織產業

台灣的紡織產業萌芽於日治時期，於 1970 年代更是達到紡織出口貿易的高峰，占出口貿易總額的三成左右，堪稱台灣當時的領導產業，即使紡織產業有著良好的發展歷程，甚至具備完整的上、中、下游產業鏈，卻受到經濟蓬勃發展後，人力成本的大幅上升與國際相關政策的限制，導致台灣的紡織產業發展發展勢頭逐漸呈現趨緩。

台灣的紡織產業屬於高比重的資本技術，這個意味著紡織對於機台的依賴性將會有著一定的依賴，對專業程度的需求相對沒那麼高，卻非常需要紡紗機、染整設備等生產資本財。設備的使用與維護將會大幅度的影響到紡織產業的生產效率。呼應到產業特色，若能有效的辨別出紡織流程中的價值判別，並進行機台設備的生產效率優化，對於紡織產業的持續發展，將會有一個健康的成長前景。

第二節 研究主題—精實生產

環保意識盛行，聯合國的 SDGS 發展目標、企業的社會責任執行，種種跡象都導向永續經營是未來各行各業都會面臨到的問題。而這份永續概念不只是針對企業外部的負責任態度，以企業的營運面來說，維持企業的健康體質持續營運茁壯，更能符合永續之概念，經實生產便是能協助企業達成永續的重要工具。

經實生產的概念由日本豐田公司所提出，最主要的效用就是協助業主辨別出生產過程中，潛在的無效價值活動，並分析出價值溪流。而價值溪流圖便是可視化的有效工具。若能透過系統模擬的方式，構建出企業生產模型，並以價值溪流圖辨別出現有的生產過程浪費，便能分析所得數據，提供企業做為後續生產調整

之參考。

第三節 研究主題一系統模擬

系統模擬在應用於製造行業時，廣泛的被認為是解決實際生產情況的最佳解決辦法，透過電腦為基礎的邏輯模式建構出與生產現場相似的仿真模型，並透過在模型上對各式決策進行排列組合，便能評估不同決策之排列組合對於生產系統的影響，除了可以透過所獲得的數據進行組合比較，也可以協助使用者了解整體系統的運作模式。透過系統模擬找到最佳的應對方法時，便可以將模擬內容套用到實務或生產製造現場，可以大幅降低企業的實際決策與時間成本，在時程的安排上也可以更有彈性。

在模擬的系統建構中，有許多的因子會影響建模的能力，例如製造過程、生產系統的動態分析、各式生產場景等，越詳盡的實際運作因子被保留於系統內，模擬系統的準確性也會隨之提高。FlexSim 便是強大的模型建立應用程式，其 3D 模擬的特色對於使用者來說，可以獲得更直觀的視覺化效益，導入 FlexSim 系統將可以針對企業的模擬情形進行動態分析，可以透過參數的調整，在模擬的系統中摸索出適合的企業發展方向。FlexSim 可以協助判斷生產過程中的瓶頸站，企業可以透過模擬系統的調整狀況，評估調整方向，以符合經實生產之目標，降低企業的營運成本。

第三章 研究方法

本研究運用品管大師戴明（William Edwards Deming）提出的 SIPOC 模型（Supplier、Input、Process、Output、Customer Model）找出流程中有價值的活動，並進一步利用精實管理中的價值溪流圖（Value Stream Mapping，VSM）進行生產線分析與改善，清楚地顯示工廠流程，找出問題點，並提出改善方法。

本研究首先根據 SIPOC 模型（如圖 3.1 所示），尋找有價值的流程，並進一步利用價值溪流圖（如圖 3.2 所示）進行現況分析，初步找出生產流程中的瓶頸流程。

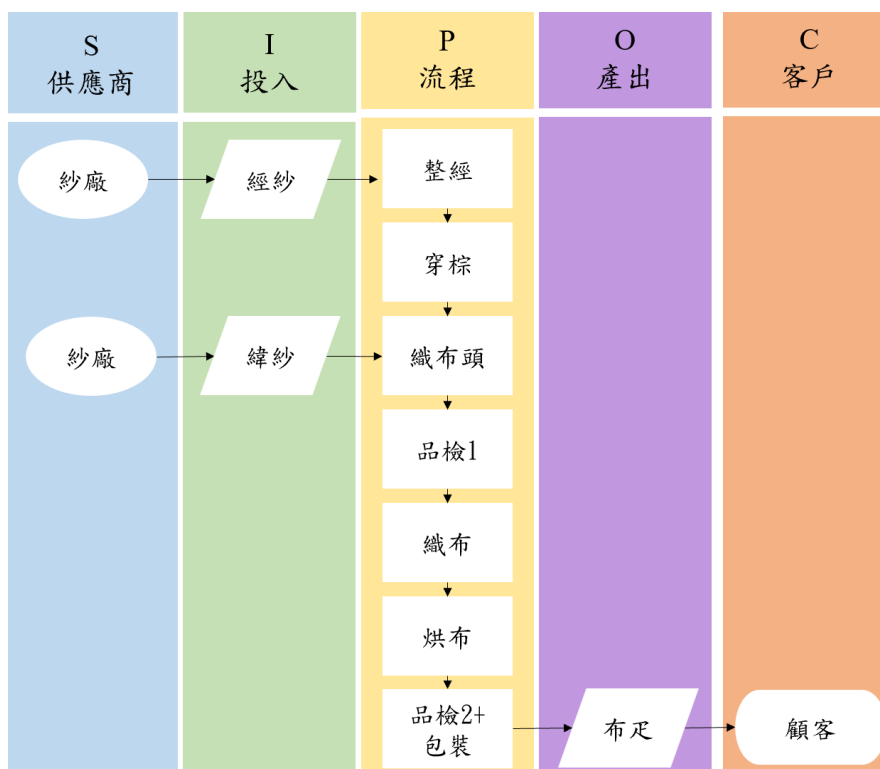


圖 3.1、SIPOC 模型

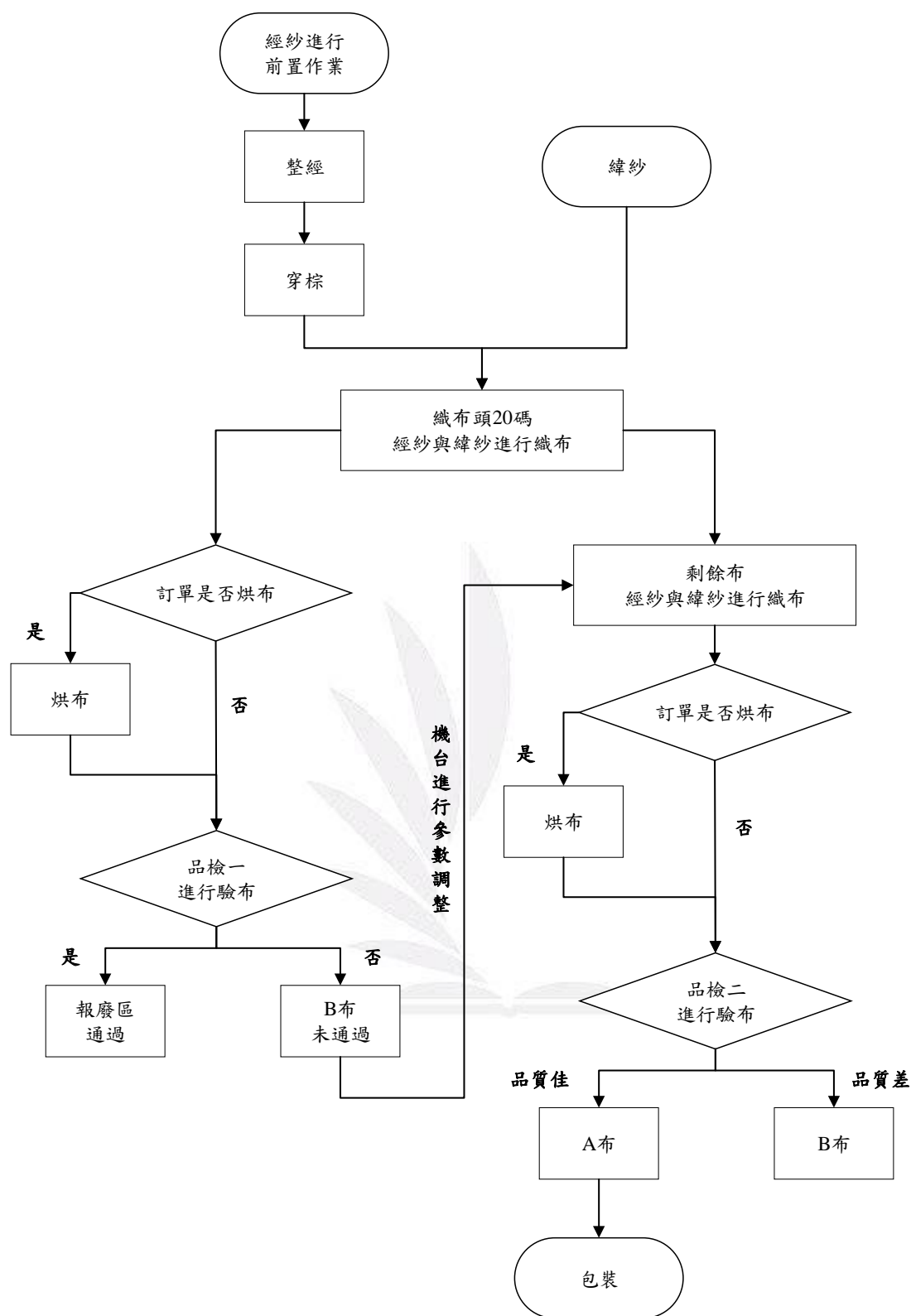


圖3.2、工廠作業流程圖

本研究透過工廠平面圖製作模型（如圖 3.3 所示）。生產流程為本研究定義之有價值的活動進行配置，首先，經紗進行整經作業，由推高機載至穿棕區進行穿棕作業，將完成前置作業的經紗與緯紗放置於暫存區等候人員搬運至織布區。

每台機台根據不同訂單，設定所需的參數值，於織布期間，織造 20 碼布疋時，將進行第一階段品檢，若測試品通過驗布則將測試品進行報廢，若未通過第一階段檢驗，則通知現場操作人員進行停機並重新調整機台參數以符合訂單需求，此步驟是為了檢視機台的設定是否符合訂單需求。

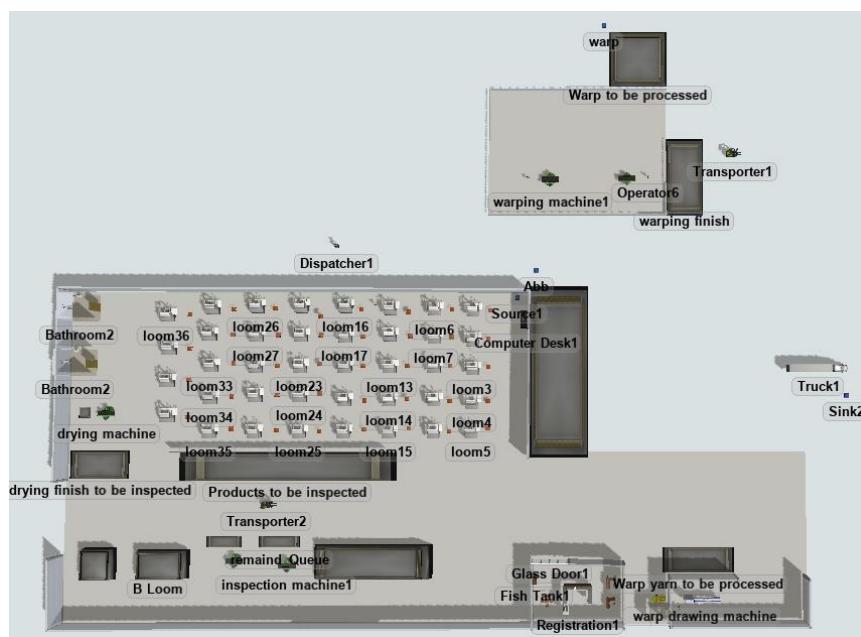


圖3.3、工廠平面圖

於此同時，訂單需求之布疋持續進行織造作業，將訂單的需求碼數織造完成後，根據訂單決定是否需要烘布，若訂單需求為乾布，則先進行烘布作業再進行第二階段驗布作業；若訂單無特別提出烘布需求，則直接進行第二階段驗布作業，品質不合格之布疋將放置於 B 布區，於日後低價售予顧客，品質合格之布疋則進行包裝並放置於 A 布區，完成訂單。

首先，模型根據實際工廠狀況等比例地縮減，以小規模形式呈現，訂單數量根據工廠給予之三月訂單取一成數量進行模擬，原物料投入之數據包括訂單數量、標籤 Type、標籤 Turn 以及標籤 loom，「Type」是讓機台辨別是否需要烘布，0 為需要進行烘布作業，1 則是不需要進行烘布作業；「loom」是讓該布疋運送對應的織布機；「Turn」為訂單順序（如圖 3.4 所示）。

	ArrivalTime	ItemName	Quantity	Type	loom	Turn
Arrival1	26	warp	518	0	39	1
Arrival2	38	warp	468	0	2	1
Arrival3	54	warp	412	1	36	1
Arrival4	84	warp	192	1	21	1
Arrival5	171	warp	830	0	24	1
Arrival6	240	warp	840	0	29	2
Arrival7	252	warp	129	0	29	1
Arrival8	311	warp	526	0	29	3
Arrival9	340	warp	349	0	34	1
Arrival10	359	warp	55	1	24	2
Arrival11	377	warp	857	0	6	1
Arrival12	523	warp	664	0	30	1
Arrival13	540	warp	360	0	38	1
Arrival14	655	warp	662	0	35	1
Arrival15	739	warp	482	0	8	1
Arrival16	750	warp	837	0	10	1
Arrival17	768	warp	194	0	29	4
Arrival18	768	warp	50	1	32	1
Arrival19	822	warp	715	1	16	1
Arrival20	897	warp	365	1	33	1
Arrival21	930	warp	741	0	13	1
Arrival22	1090	warp	739	1	14	1

圖 3.4、原物料投入設定

首先由經紗進行整經作業，接著送至穿棕區，進行穿棕作業。經紗前置作業完成後，經紗與緯紗在暫存區等候將投入織布機。其次，為了符合實際織布機之運作，於模型中使用兩台組合器實現實際運作。第一台組合器為將一個緯紗物料與一個經紗物料進行結合，結合為一碼布，第二台組合器則是為了使機台產出之布疋碼數符合訂單，因此當物料數量達到訂單需求碼數時，才會將布疋產出，當一筆訂單織造結束後，人員將會前往機台重新設定機台參數，以符合下一筆訂單需求，此外，於織造過程中，若發生斷紗情形，將會造成機台停機，需要人員前往機台接紗，織布機之停機設定如圖 3.5 所示。

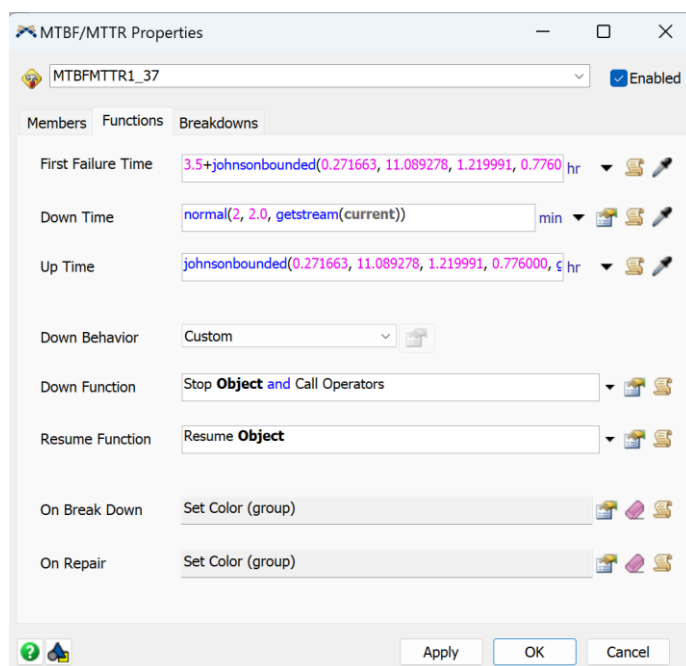


圖 3.5、織布機台停機設定

接著，織造後將會於暫存區中判斷是否需要進行烘布作業，本研究利用 Process Flow 進行流程判斷（如圖 3.6 所示），烘布時間由 Flexsim 中的分配擬和軟體（ExpertFit）得出時間的分佈結果，20 碼烘布時間為 Beta 分佈（如圖 3.7 所示）；剩餘碼數烘布時間則為 Weibull 分佈（如圖 3.8 所示）。

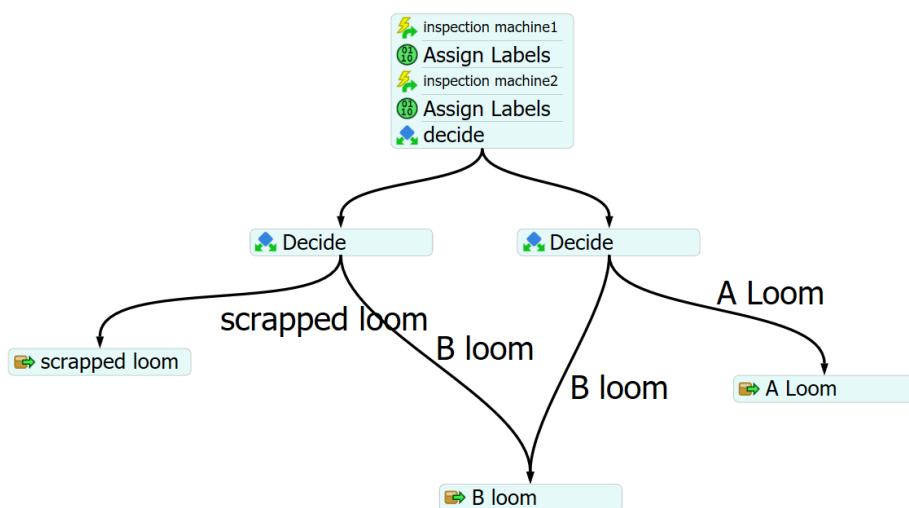


圖 3.6、Process Flow

Flexsim Representation of Model 1 - Beta

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Beta
Minimum	2.590414
Maximum	6.172113
Shape1	0.849192
Shape2	4.258170
When using code:	
beta(2.590414, 6.172113, 0.849192, 4.258170, <stream>)	

圖 3.7、20 碼布疋烘布時間分佈

Flexsim Representation of Model 1 - Rayleigh

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Weibull
Location	0.000000
Scale	82.463429
Shape	2.000000
When using code:	
weibull(0.000000, 82.463429, 2.000000, <stream>)	

圖 3.8、訂單碼數布疋烘布時間分佈

最後，驗布機台為兩台，分別為不同作業內容，第一台為專門檢驗 20 碼布疋之驗布機；第二台則是檢驗剩餘碼數布疋之驗布機，驗布時間透過 Flexsim 的分配擬和軟體 (ExpertFit) 得出適配之分佈，兩者烘布時間均符合 Log-Logistic(E) 分佈，如圖 3.9 及圖 3.10 所示。於第一階段檢驗時，若通過檢驗將會將測試品報廢；若未通過檢驗，將會通知現場人員重新調整機台參數，於第二階段品檢時，若品質不合格將會放置於 B 布區，日後低價售予顧客；品質合格者，放置於 A 布區，等待出貨，完成訂單。

Flexsim Representation of Model 1 - Log-Logistic(E)

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Log-Logistic
Location	5.542351
Scale	5.602580
Shape	5.466565
When using code:	
loglogistic(5.542351, 5.602580, 5.466565, <stream>)	

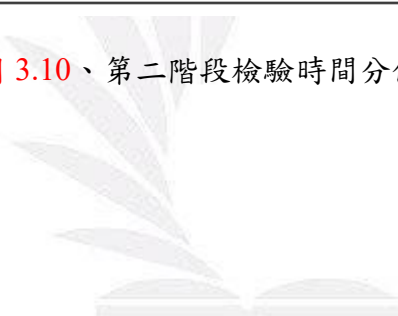
圖 3.9、第一階段檢驗時間分佈

Flexsim Representation of Model 1 - Log-Logistic(E)

Use:

When using a picklist option:	
Distribution	Log-Logistic
Location	146.004479
Scale	147.591127
Shape	5.466565
When using code:	
loglogistic(146.004479, 147.591127, 5.466565, <stream>)	

圖 3.10、第二階段檢驗時間分佈



第四章 研究步驟

首先，本研究模擬五天工廠實際生產流程，將生產流程利用價值溪流圖進行現況分析，計算出每個流程的作業時間如圖 3.11。其中可於圖中發現驗布流程所花費的時間較長，而於實際模擬後，本研究發現驗布前暫存區有明顯積貨，實際產出的布疋 20 碼數的機台產出 103 匹；剩餘碼數的機台則產出 19 匹，產出數量相差較遠，初步判定驗布區為瓶頸站。由平均等待時間與稼動率分析可發現，20 碼布疋之平均等候時間為 0.84 小時，機台稼動率 10.3%；剩餘碼數布疋之平均等候時間為 50.53 小時，其機台稼動率為 84.4%，初步推測，發生此情形是由於採取作業內容分流的方式進行檢驗，20 碼布疋因此很快便能檢驗完成，造成其機台稼動率有所差異。有鑑於此，本研究發現等待檢驗之剩餘碼數布疋於暫存區平均等候時間長，而驗布機台稼動率也有不平均的情況發生，故本研究判定品檢區為瓶頸站，並針對品檢流程進行模擬改善。

於此同時，布疋在暫存區積貨等待驗布，導致布疋停滯時間過長，有可能會因為受潮導致發霉的潛在風險發生，反而徒增額外的成本修補布匹，結合本研究動機進而改善此種情形，提出流程改善的兩種方法：

(一) 調整作業內容，將作業內容分配平均化，通過先進先出 (First in First out, FIFO) 原則進行品檢作業，使兩台驗布機均可進行第一階段品檢與第二階段品檢。

(二) 利用最短作業時間優先派工法則 (Shortest Processing Time, SPT)，優先選擇作業時間較短的布疋進行檢驗。

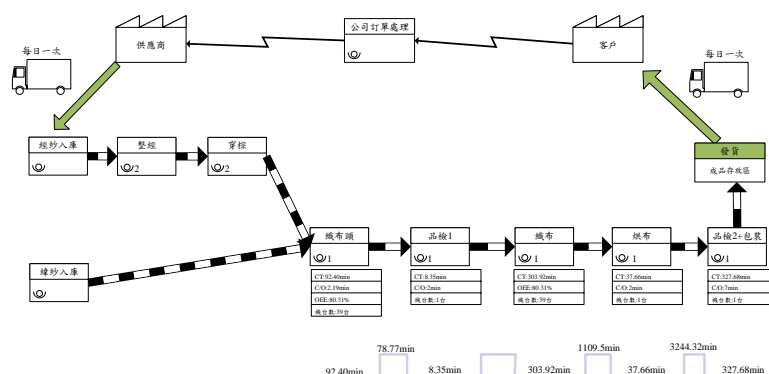


圖 3.11、價值溪流圖

第五章 實證結果與分析

根據實際的流程找出問題及解決方式，改善作業流程，目的為提高生產效率及提高整體產出率。

第一節 改善方法分析比較

原先驗布的機台分為 20 碼與剩餘碼數的驗布機，調整後，兩台驗布機都可以檢驗所有的布疋沒有區分碼數，且以先進先出為原則。經過改善後以相同時間五天為基準，驗布機一產出 63 匹；驗布機二產出 44 匹，可以發現總產出沒有原始設定的檢驗機台來的多，我們推測是因為 20 碼檢驗的布疋數較少，能夠更快的檢驗，因此產出量較好。其次，改善後平均的等待時間為 36.29 小時，與原始的等候時間比較，等候時間較短，有效的提高布疋等候效率。

與改善一做比較，改善二的兩台驗布機仍都可以檢驗，沒有布疋數量的區分，以最短加工時間為原則。經過改善後以相同五天為基準，驗布機一產出 61 匹；驗布機二產出 45 匹，由此可以發現改善二的總產出量沒有改善一多。其次，改善一經過初始模型的改善平均等候時間為 36.29 小時，明顯提高等待效率，進一步改善，於改善二的平均等候時間為 22.99 小時，與初始模型相比較，更大幅提升布疋在等候區的等待效率，分析如圖 4.1。

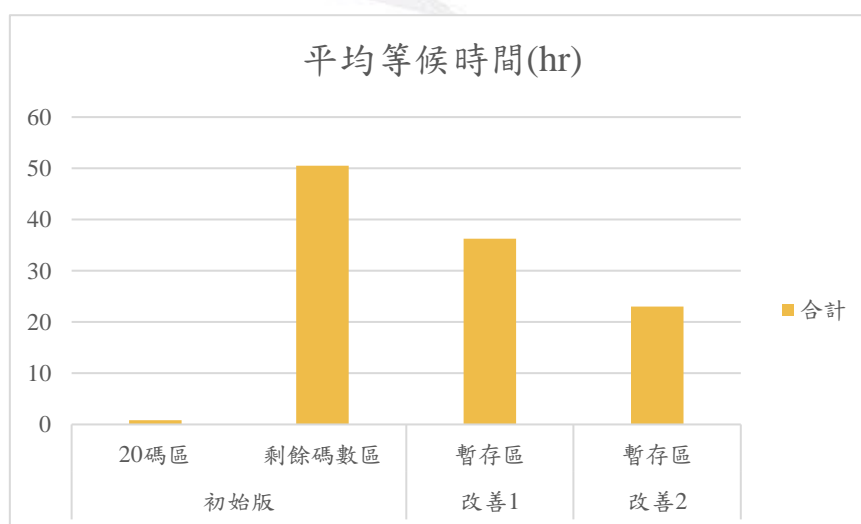


圖 4.1、平均等候時間分析

將上述兩者改善方案的等待時間做成對 t 檢定 (t-test)，從 t 檢定檢驗結果

得知，p-value 值小於 0.001，呈極度顯著，拒絕原假設，表示兩方案之間等待時間有所差異，如圖 4.2 所示。

双样本 T 检验和置信区间: X2, X3

方法

μ_1 : X2 的总体均值

μ_2 : X3 的总体均值

差值: $\mu_1 - \mu_2$

未针对此分析假定等方差。

描述性统计量

样本	N	均值	标准差	均值标准误
X2	108	126924	112758	10850
X3	107	80375	69132	6683

差值的估计值

差值	差值的 95% 置信区间
46549	(21400, 71697)

检验

原假设 $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

备择假设 $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T 值	自由度	P 值
3.65	177	0.000

圖 4.2、等待時間之成對 t 檢定

第二節 排程法則準則評估

透過排程法則的評估準則，進而提高生產效率，我們利用所有完工時間 (Makespan)、平均完工時間 (Average Number of Job, ANJ)、平均完工時間 (Average Job Flow Time, AJFT) 的三大績效指標分析該研究的排程問題。

我們利用此三種指標，計算驗布所需的時間，應用於原始、改善一與改善二的模型進行比較。所有完工時間即為在五天內驗布的所有時間，計算方式為：

$$\text{Makespan} = \text{總完工時間} \dots (1)$$

分析結果如圖 4.3，可以看到初始品檢的驗布完工時間，兩機台所花費時間相較改善一與改善二均為最短，發生此情況是初始模型中品檢作業採用分流之方式進

行作業，因此在機台一時會發生前 20 碼布的作業很快便能完成並進入待機狀態；於此同時，驗布花費時間最長為改善二，但改善一與改善二的表現其實不分軒輊。

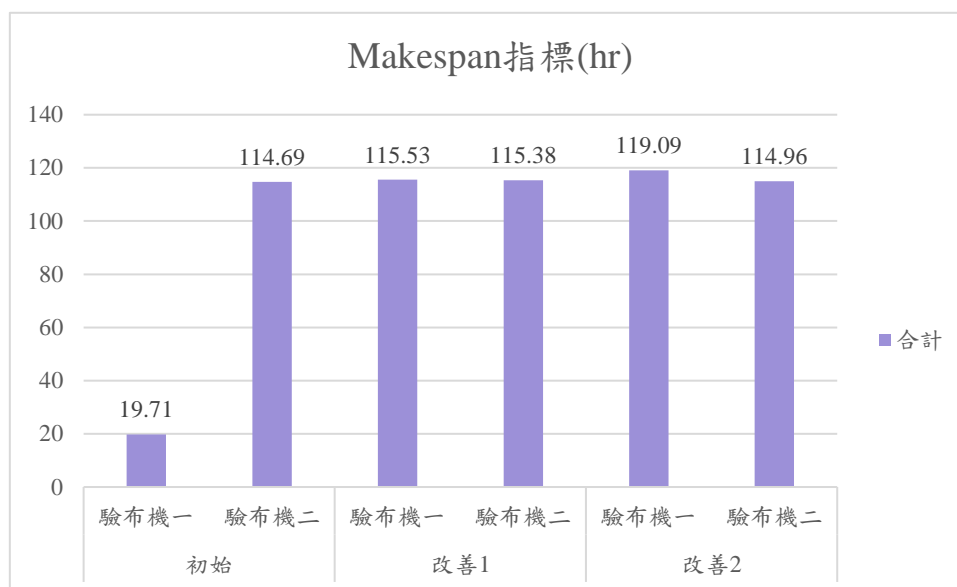


圖 4.3、Makespan 分析圖

接著，計算平均完工數量，計算方式為：

$$ANJ = \frac{\text{總完工時間}}{\text{總加工時間}} \dots\dots(2)$$

本研究將模擬時間設為五日，計算出時間達五日時，初始模型與提出的兩種改善方式之平均完工的數量(如圖 4.4)，可以發現在改善一的方式完工的數量較多，與初始模型作探討，確實不分碼數在機台進行檢驗能夠使得產量提高，改善方案一能夠大幅提升產出率。

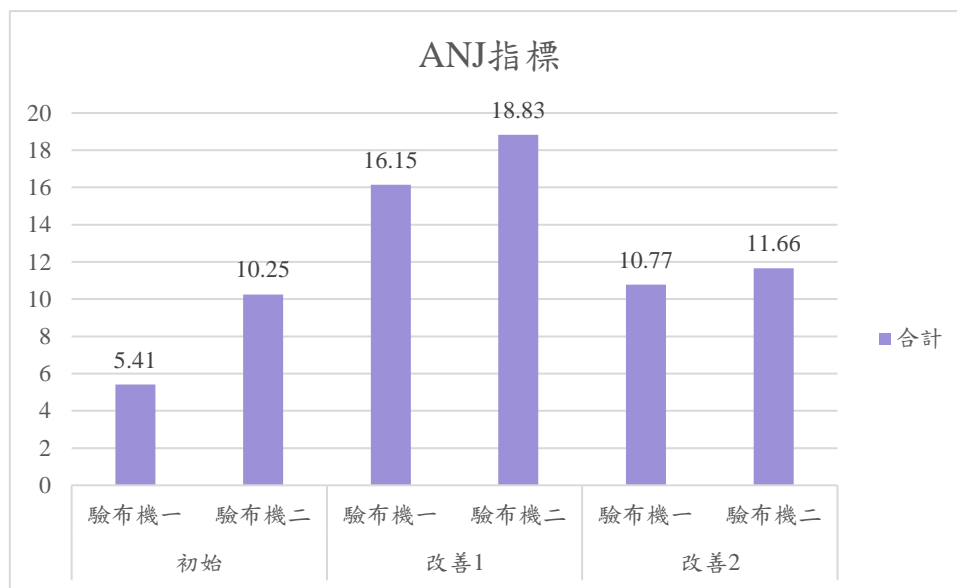


圖 4.4、ANJ 分析圖

最後，計算平均完工時間，計算方式如下：

$$AJFT = \frac{\text{總完工時間}}{\text{總工件數}} \dots\dots(3)$$

此分析意旨為一筆數量完成後的所有平均完工時間如圖 4.5，由於改善二的作業方式以最短作業時間優先進行驗布，因此可以看到改善二平均作業時間較短，能夠於短時間內完成訂單。另一方面，與初始的驗布情況相比，由於初始方案在一開始便進行作業的分流，進而讓諸多布疋都在等候區上進行等候，因此會有無法及時完成訂單的潛在風險。

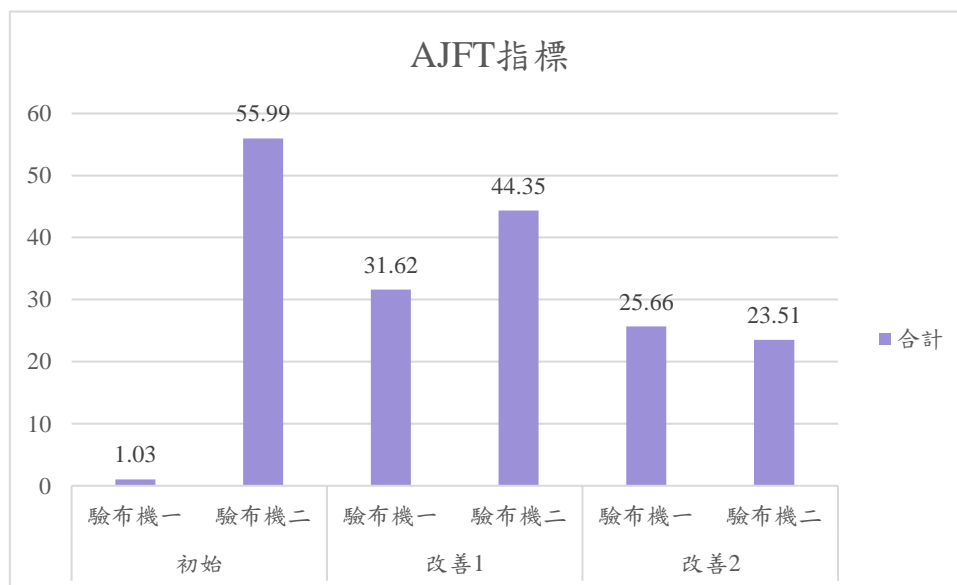
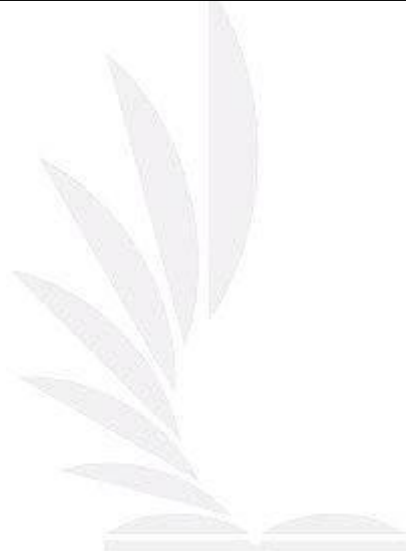


圖 4.5、AJFT 分析圖

本研究將上述所有考量的指標與產出結果進行分析比較，如下表 4.1，可以發現在改善二的分析結果比改善一整體之綜合表現較佳。

表 4.1、產出結果分析

分析	初始		改善 1	改善 2
前 20 碼產出(驗布機一)	103		63	61
剩餘碼數產出(驗布機二)	19		44	45
平均等待時間(hr)	0.843	50.526	36.292	22.991
Makespan 指標	134.4042		230.912	234.05
ANJ 指標	15.657		34.9815	22.4294
AJFT 指標	57.0216		75.9675	49.1686



第六章 結論與建議

首先，從產品產出的數據中可得知，初始模型因將前 20 碼品檢作業與剩餘碼數品檢作業進行分流，因此導致剩餘碼數暫存區等待時間過長並且產生稼動率不均的情況產生。於此同時，等候時間也有明顯差異，因此本研究透過以等候時間作為改善的基礎，提出改善一不分機台先到先加工，以及改善二在最短時間先加工，根據此兩種改善方式，通過產品等候時間之成對 t 檢定進行分析，結果可知兩種方案有顯著差異。

其次，再透過績效指標進行分析。在 Makespan 與 ANJ 績效指標中，改善一的表現優於改善二；而 AJFT 績效指標，則是改善二優於改善一。於此同時，根據平均等待時間，改善二等待時間較短。

最後，根據本研究的目的與動機，本研究為了解決布疋等待時間過長其造成布疋品質不穩定的潛在風險，降低工廠之額外成本。因此，本研究提出兩種改善方案。經過分析比較後，儘管改善一的績效指標綜合表現較優於改善二，但由於改善二的執行方式較為高效，即使平均完工數量較少，該方案整體完成訂單的表現仍然最佳。綜合上述，本研究在考量 SPT 績效指標之表現下，同時考量平均等待時間以及完成訂單數的數據表現下，本研究認為改善方案二對於初始模型改善的效益較大。

參考文獻

- [一].Brahmadeep, & Thomassey, S. (2014). A simulation-based comparison: manual and automatic distribution setup in a textile yarn rewinding unit of a yarn dyeing factory. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 45, 80-90.
- [二].J. Banks.(1998).Handbook of Simulation. Wiley Interscience.
- [三]. 丘偉秀 (2013)。整合價值溪流圖與成本評估以減少生產成本及前置時間 - 以製鞋模具業為例〔未出版之碩士論文〕。中原大學。
- [四]. 林佳蓮 (2020)。實驗室排程之系統模擬-以 A 公司為例〔未出版之碩士論文〕。中原大學。
- [五]. 洪金耀 (2017)。以價值溪流圖探討特用化學品的浪費根源〔未出版之碩士論文〕。國立勤益科技大學。
- [六]. 黃啟維 (2022)。應用精實價值溪流圖與電腦模擬於生產流程改善，以 A 公司為例〔未出版之碩士論文〕。元智大學。

