

國立勤益科技大學

工業工程與管理系碩士班

碩士論文

不同殘差預測方法在不同資料分配型態下  
管制效果之研究

指導教授：李鴻濤 教授

研究生：陳思穎

學 號：49915031

中華民國一〇一年六月

不同殘差預測方法在不同資料分配型態下  
管制效果之研究

**Different deviation value prediction method to control the  
effect of the different data distribution patterns**

研究生：陳思穎  
指導教授：李鴻濤



國立勤益科技大學  
工業工程與管理系碩士班  
碩士論文

A Thesis  
Submitted to  
Institute of Industrial Engineering and Management  
National Chin-Yi University of Technology  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Engineering

June 2012  
Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇一年六月

國立勤益科技大學  
工業工程與管理系碩士班

論文口試委員會審定書

本校 工業工程與管理系 碩士班 陳思穎 君  
所提論文 不同殘差預測方法在不同資料分配型態下  
管制效果之研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：李鴻濤

曾清枝

楊如雲

指導教授：李鴻濤

系(所)主任：許水淵

中華民國 一〇一 年 六 月

# 不同殘差預測方法在不同資料分配型態下 管制效果之研究

學生：陳思穎

指導教授：李鴻濤 教授

國立勤益科技大學工業工程與管理系碩士班

## 摘要

「統計製程管制」(Statistical Process Control, SPC)與「工程製程管制」(Engineering Process Control, EPC)為兩種常用的製程管制技術。其中 SPC 是利用管制圖來監控品質特性並作為製程改善的依據。然而傳統管制圖在進行監控時，必須假設所量測的品質特性值彼此之間互相獨立且需符合常態分配，但在連續製程的製造環境中，數據之間會存在著顯著的相關性，造成可歸屬原因所產生的製程「擾動」使 SPC 管制效果降低。而 EPC 主要是利用製程中輸入與輸出之間的關係，藉由調整可控變數，對製程進行補償或調整，使得製程輸出值接近目標值，來提升製程品質。

本研究主要是利用灰色理論的預測功能及統計迴歸來建構 EPC 的調整模型，應用於製程輸出值的預測中，使其達到目標值上，同時以模擬數值來說明建構模型之運用，模擬結果顯示，灰預測可用在 EPC 之製程管制。

關鍵字：統計製程管制(Statistical Process Control, SPC)、工程製程管制(Engineering Process Control, EPC)、灰預測(Grey Prediction)

# **Different deviation value prediction method to control the effect of the different data distribution patterns**

Student : Sih-Ying Chen

Advisor : Dr. Hong-Tau Lee

**Industrial Engineering and Management  
National Chinyi University of Technology**

## **Abstract**

Engineering process control (EPC) and statistical process control (SPC) are two techniques that are commonly used in on line process control. The SPC technique using the control chart for monitoring the process based on the assumption that the data for each sample is satisfied a normal distribution and independent to each other. This may not true especially in a continuous manufacturing process. For handling this situation the EPC technique was developed. It forecasts the possible manufacturing disturbance for the next period based on the correlation property of the past data. An adjustment of the controllable (independent) variable is conducted for avoiding the happening of the forecasted possible disturbance of the respondent (dependent) variable. From this view point, the quality of the disturbance forecasting is essential for the effectiveness of EPC. In this research, a moving average approach and grey theory are applied to improve the precision level of the forecasting. Different distribution types of data are involved to illustrate the suitability of the EPC technique.

Key words: Statistical Process Control 、 Engineering Process Control 、 Grey Prediction

## 致謝

研究所兩年的求學生涯，很多人都說是熬過來的，我覺這樣的形容真的貼切；在大學學習了四年，或許涉略很多但也學的不精，剛進入研究所階段時真的很怕好像什麼都懂其實什麼都不會自己，不知該如何把研究所的課業完成並且做出一份論文。但在勤益六年結交了許多朋友及認識了很多願意細心指導的老師，也因為有他們，能讓我順利完成學業並且完成論文。當然也得先感謝研究所兩年來指導論文的李鴻濤教授，老師的教學及指導，不僅增進專業知識亦訓練學生邏輯思考的能力。

口試期間承蒙揚旭豪教授和曾清枝教授撥冗細審、不吝指正，提供寶貴建議，使本文更臻完善，也特別感謝兩位教授願意在颱風假時特地為了學生們口試南下來到學校替學生口試，在此特表謝意。

回首兩年的研究所生涯，一切喜怒哀樂點滴在心頭。與我同位指導教授的學生張孟婷，感謝她兩年來課業上的幫助，即使論文主題大不相同，但在論文上的問題卻也願意相互討論及研究。還有同學卓俞廷、曾慧瑄、王鑑豪、黃佳偉、官政宇等同學，在論文撰寫與研究期間，給予的幫忙，不論是編寫過程、文獻搜尋、方法的使用等等，更在論文生不出進度壓力超大時，你(妳)們都會在身邊一同鼓勵及打氣，愛死你(妳)們了！還有遠在台北的摯友陳文璇，大學同校四年的友誼沒斷，離開勤益後妳北上念研究所，課業上的壓力總在我回台北找妳出來聚聚時大聊特聊並且抒發掉；而在學校借不到相關研究書籍時，妳也願意不厭其煩幫我找並且寄到台中的宿舍給我，實在就甘心耶！

最後，謹將本文獻給所有關心我和幫助我的人，願與你們分享這份難得的喜悅，祝你們永遠平安快樂。

# 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
致謝 .....	III
目錄 .....	IV
表目錄 .....	VI
圖目錄 .....	VII
一、 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究流程 .....	3
二、 文獻探討 .....	5
2.1 製程管制 .....	5
2.1.1 統計製程管制 .....	5
2.1.2 工程制程管制 .....	6
2.2 灰色系統理論 .....	10
2.2.1 灰色系統理論之內涵 .....	10
2.3 灰色預測相關文獻回顧 .....	14
三、 研究方法 .....	17
3.1 EPC 製程調整模式 .....	17
3.1.1 製程調整範例 .....	19

3.2 灰色預測-數列預測.....	20
3.3 EPC 製程調整法與灰色預測法結合.....	23
四、各種分配修正結果之比較.....	24
4.1 常態分配樣本修正結果.....	24
4.1.1 常態分配樣本-EPC 修正.....	25
4.1.2 常態分配樣本-灰預測法修正.....	26
4.1.3 常態分配樣本-EPC 與灰預測法結合修正.....	27
4.2 均勻分配修正結果.....	28
4.2.1 均勻分配樣本-EPC 修正.....	28
4.2.2 均勻分配樣本-灰預測法修正.....	29
4.2.3 均勻分配下樣本-EPC 與灰預測法結合修正.....	30
4.3 指數分配修正結果.....	31
4.3.1 指數分配樣本-EPC 修正.....	31
4.3.2 指數分配樣本-灰預測法修正.....	32
4.3.3 指數分配樣本-EPC 與灰預測法結合修正.....	33
五、 結論與後續研究方向.....	34
參考文獻.....	35



## 表目錄

表 1	SPC 與 EPC 之比較 .....	8
表 2	EPC 相關文獻.....	9
表 3	灰色系統理論主要文獻.....	14
表 4	原始樣本-製程品質數值.....	19
表 5	EPC 製程調整後品質數值.....	19
表 6	常態分配模擬之數值.....	24



## 圖目錄

圖 1	研究流程圖.....	4
圖 2	製程管制流程圖.....	5
圖 3	統計製程管制示意圖.....	6
圖 4	工程製程管制示意圖.....	7
圖 5	數列生成轉換之示意圖.....	11
圖 6	灰色預測模型.....	22
圖 7	常態分配樣本未修正製程之管制圖.....	25
圖 8	常態分配樣本透過 EPC 修正結果.....	25
圖 9	常態分配樣本透過灰預測修正結果.....	26
圖 10	常態分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果.....	27
圖 11	均勻分配樣本未修正製程之管制圖.....	28
圖 12	均勻分配樣本透過 EPC 修正結果.....	29
圖 13	均勻分配樣本透過灰預測修正結果.....	29
圖 14	均勻分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果.....	30
圖 15	指數分配樣本未修正製程之管制圖.....	31
圖 16	指數分配樣本透過 EPC 修正結果.....	31
圖 17	指數分配樣本透過灰預測修正結果.....	32
圖 18	指數分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果.....	33

# 一、緒論

## 1.1 研究背景與動機

在塑化劑風暴後，消費者對商品品質意識也跟著高漲，不僅對原物料の種類、來源嚴格要求外，產品製程方式也會跟著把關。而在如此高變動與高競爭壓力的產業環境下，商品的競爭力決定產業在現實環境中立足的主要因素。如何提昇競爭力成為產業不斷自我提昇的要項，各企業與製造廠商無不竭盡所能提升產品良率以求降低生產成本，因此，製造業者無不致力於產品製程的品質改善，以提升效能。唯有提昇產品品質使顧客滿意才能做到競爭力的維持與提昇，才不為產業淘汰。

過去的品質提昇著重製程監控，透過統計製程管制(Statistical Process Control, SPC)此一手法作為品質控管，移除不良與變異的來源並建立管制圖。運用傳統管制圖進行監控時，往往會假設所選取的樣本間品質為相互獨立，並且母體為常態分配；但在科技進步的同時，製造廠商的連續生產狀態下，使得自我相關性存在於製程當中，往往讓此傳統獨立性假設下所發展出的管制圖使用效果不彰。當連續變動的製程活動中發現造成製程變異增加之可歸屬原因才進行移除時，通常製程輸出已出現大量偏移，並且需費時尋找確認變異來源才能真正有效移除，往往無法即時採取有效的製程補償，無法快速回應系統資訊也將造成系統停機的狀態，不僅耗時且耗成本，而建立有效的製程管制系統，不僅需有效移除變異來源，更應能即時回饋系統資訊，有效的即時做出管制動作。

系統會因一些已知但不易控制、或需昂貴控制成本的因素所影響，這些因素與現象為存在系統內之干擾現象，修正使製程產出偏離目標值的「擾動」方式可利用工程製程管制(Engineering Process Control, EPC)的概念來降低製程變異。EPC

管制法透過回饋(feedback control)控制方式，並假設製程的輸出與輸入在明確的定義模式下，調整可操控之製程變數，針對系統不可控之因素所造成的偏移進行補償並穩定系統輸出，使製程維持在目標值上。

在過去許多研究證實(Box and Kramer, 1992; Montgomery, Keats, Runger, and Messina, 1994; Box, Jenkins, and Reinsel, 1994; and Box Luceno, 1997)，整合SPC與EPC會比單獨使用一種製程管制法來的有效。但也有研究者將此兩種製程管制技術分別與其他研究方法相結合，探討製程品質改善之相關研究問題；例如結合SPC/EPC管制法與ICA影像重建技術(黃獻平，2009)，或EPC管制法結合類神經網路預測法(呂立旭，2007)亦或是EPC管制法結合灰預測(李芸茜，2006；葉靜雯，2010)等方式去提升此兩管制技術。

綜觀各種研究方式，灰色理論中的灰色預測法是預測方法中演算最不繁複，蒐集歷史數據最少的一種方法，所耗時間與成本也不高，基於上述之背景與動機，本研究主要應用EPC 與統計方法與灰預測法相結合，建構一EPC 調整模型來對製程所產生的擾動進行預測，以提昇製程品質。本研究欲完成之要項為常見的EPC在常態分配下與灰預測結合之調整，後續研究希望針對EPC與灰預測結合在樣本各不同機率分配底下所做的調整，並分析此研究方法是否適合應用在各不同分配當中。

## 1.2 研究目的

當製程發生異常產生擾動時，若已知下一時間點的擾動，即能對可操控變數進行調整，讓下一時間點的產出值能達到目標值，若是未知則需對下一時間點的擾動進行預測。

本研究目的是希望透過 EPC 管制法在動態製程時能及時反應及回饋之機制調整製程異常與灰色理論中的灰預測法之演算簡易之優點，做一製程模擬並做深入

探討，並在往後研究中針對 EPC 製程上不同母體之分配，研究此調整模型是否能使製程變異獲得改善。

### 1.3 研究流程

第一章：緒論。說明研究背景動機、研究目的。

第二章：文獻探討。透過國內外期刊及相關著作加以整理，將 EPC 與灰預測法相關特性及方法做一探討。

第三章：研究方法。

第四章：模擬各種分配下修正結果之比較。透過常態分配、均勻分配、指數分配型樣本透過 EPC 與灰色預測法修正並分析。

第五章：結論與後續研究方向。



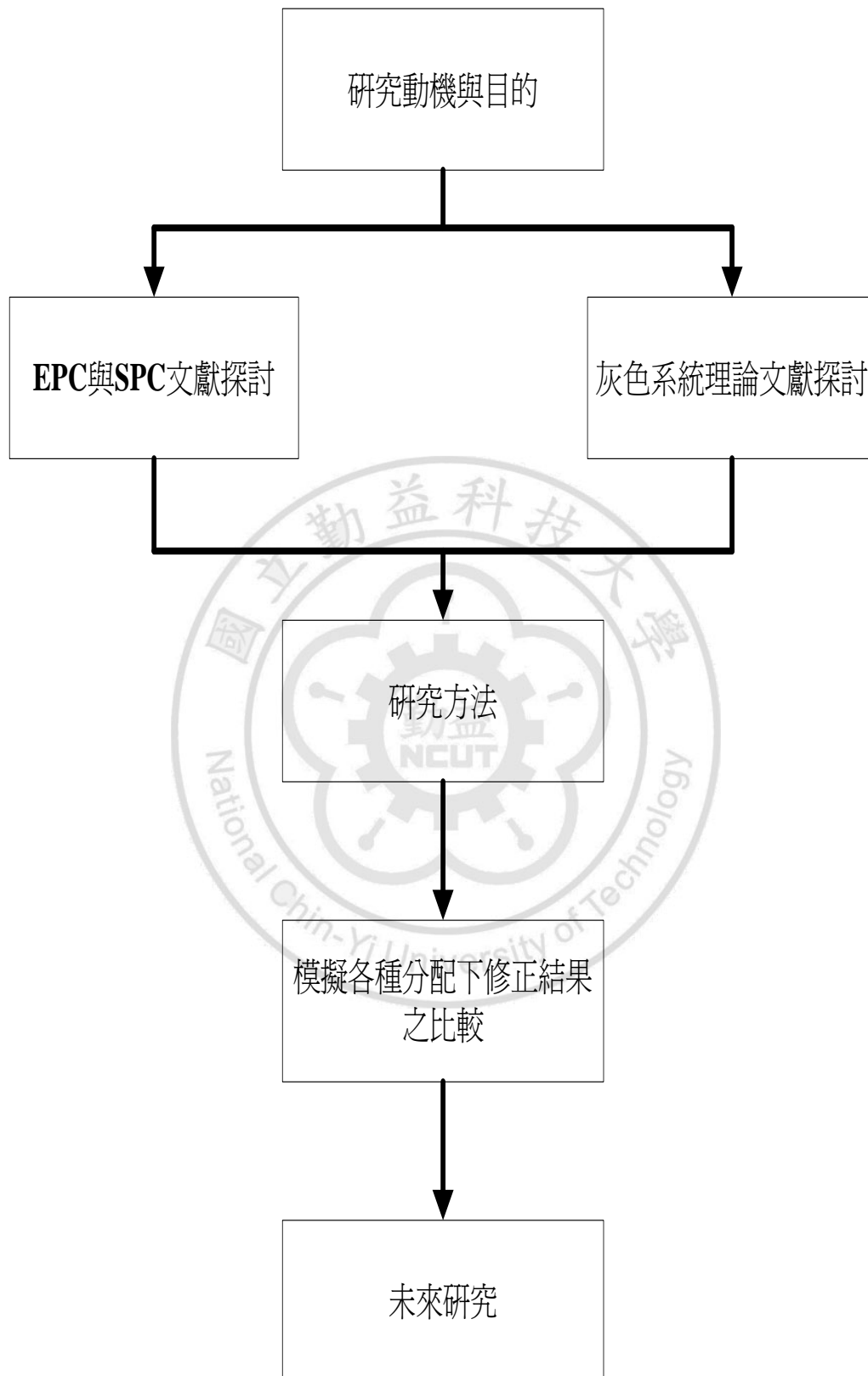


圖 1 研究流程圖

## 二、 文獻探討

本章就製程品質管制介紹兩種不同管制的方法及概念，及灰色系統理論與灰預測法及其應用進行文獻探討，以建構本研究的理論基礎。

### 2.1 製程管制

隨著生產技術之進步，以及消費者對於產品品質要求的意識高漲，已讓多數製造廠商者體認到唯有讓產品降低成本、提高品質才能在競爭激烈的市場上生存下去。透過良好的製程管制，不僅能生產出高品質、低成本的产品，進而能提高產出率與減少製造投入時的成本，利潤也相對提高。

製程管制依管制的理論與應用等不同分為：統計製程管制(Statistic Process Control, SPC)與工程製程管制(Engineering Process Control, EPC)。以下針對此兩管制系統做一說明。圖 2.為製程管制流程圖。

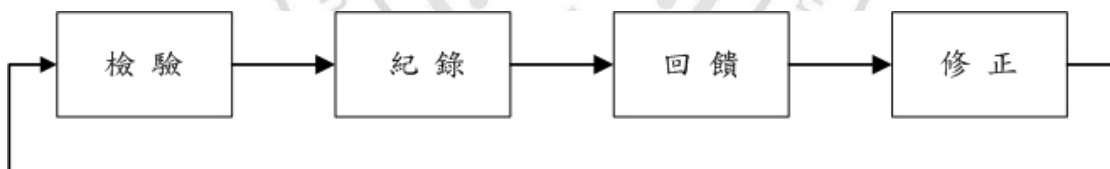


圖 2 製程管制流程圖

#### 2.1.1 統計製程管制

統計製程管制(Statistic Process Control, SPC)技術是透過分析製程輸出之品質特性數據等資料，判斷製程中是否存在之可歸屬原因 (Assignable Causes) 所造成製程上的變異狀況，經由分析結果察覺製程發生異常，則會針對異常原因進行改善工作，以去除非隨機變異對製程輸出的影響，防止更多的不良品被製造出來。簡而言之，統計製程管制便是以統計方法為基礎，並對製程做長時間的監控，針

對可歸屬因子做移除。而管制圖為美國修瓦特博士 (Walter A. Shewhart) 在 1920 年代發展出來，並且為統計製程管制技術中用來發覺製程異常與管制製程狀態的重要工具之一。圖 3. 為統計製程管制示意圖(鄭春生，1999)。

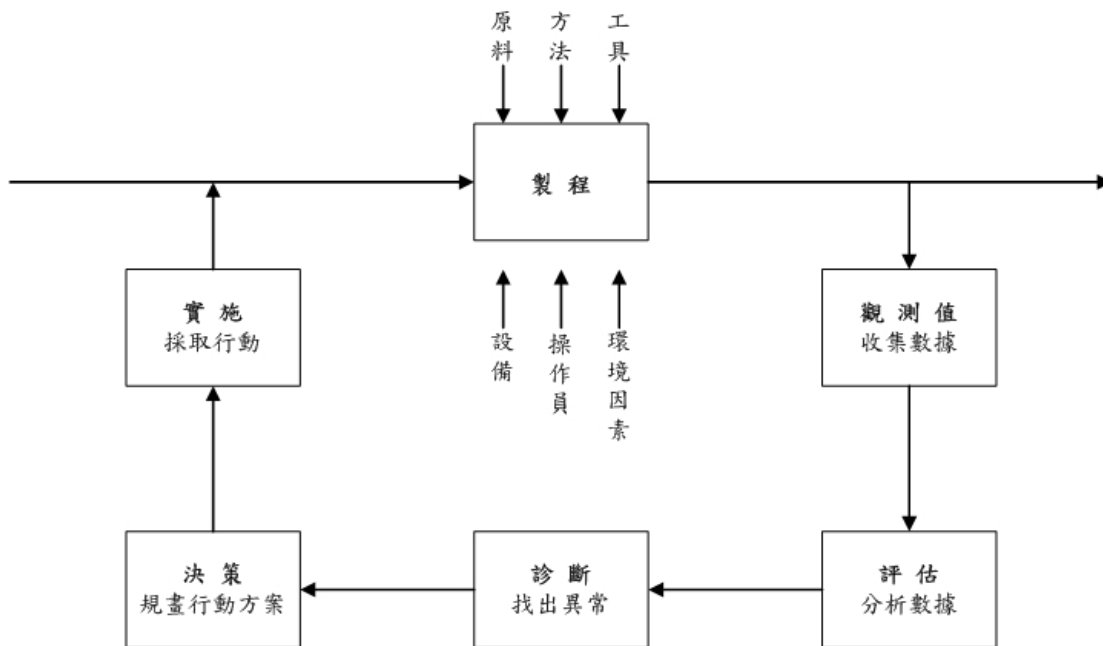


圖 3 統計製程管制示意圖

### 2.1.2 工程製程管制

研究者 George Box & Tim Kramer 在 1992 年提出的自動化製程控制(automatic process control; APC)的概念，也就是現今所稱的工程製程管制(EPC)。在一連續的生產作業系統中，藉由自動化的儀器，透過控制系統中的回饋機制，讓製程對偏移量進行補償性的調整，讓製程的產出能在目標值上。而工程製程管制就是透過製程中的可控制變數(Manipulatable Variable)調整品質特性，使品質特性盡量接近目標值，以降低製程變異。

在製程明確定義輸出與輸入所存在的關係模式下，EPC 的理論可建立在以下三項：(1)能夠預測下一個觀察值，(2)存在的可操縱變數是可以影響製程產出，(3)



瞭解操縱變數的影響使能夠決定調整方向。如此，便可在時間  $t$  上對操縱變數做調整，使  $t+1$  期輸出值接近目標值。

Montgomery(1996)認為在某些製程中若使用回饋控制機制會比使用管制圖來調整變異更好。以一開車為例來說明 EPC：假設汽車駕駛在開車過程中，目標是要保持在車道的中心線上。司機能夠輕易的看見前方的路，並且藉由操控方向盤來調整，讓汽車與中心線的誤差達最小。因此，假設中心線為目標值，車子與中心線的相對距離為輸出變數，而汽車的方向盤為可操縱變數，駕駛瞭解輸出與輸入變數間的關係後，就能輕鬆的達到目標值。同樣的，在製程中工作人員能掌控輸入與輸出間的關係，並適時給予調整，就能使製程變異達到最小。圖 4.為工程製程管制示意圖(Box and Kramer，1992)。

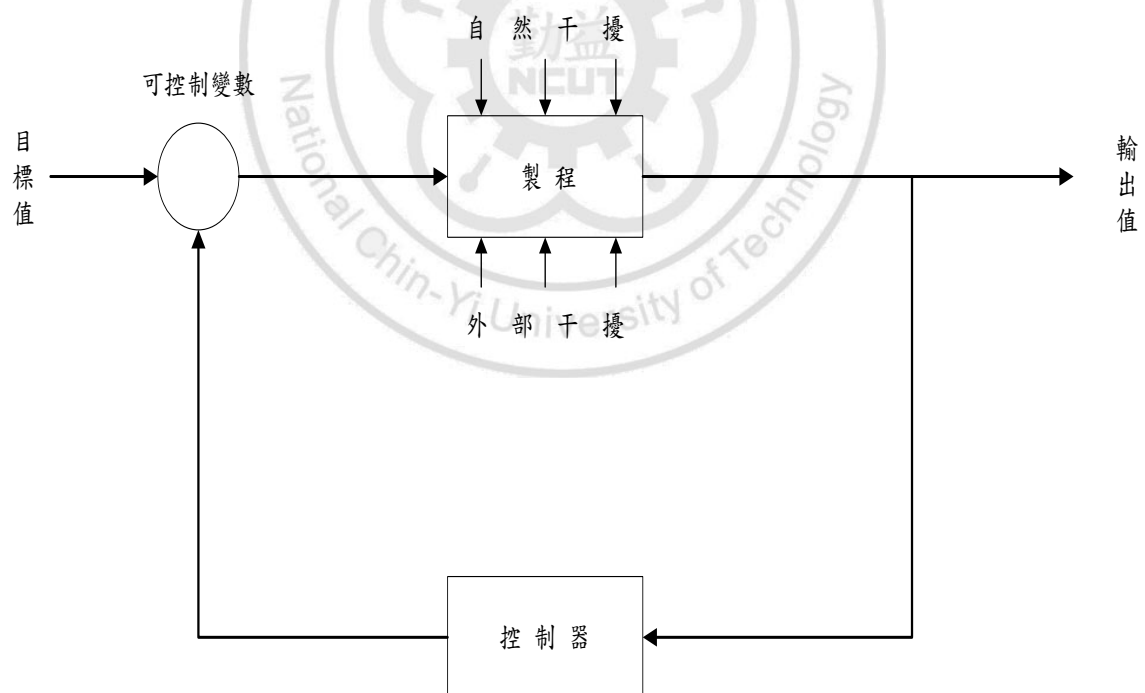


圖 4 工程製程管制示意圖

EPC 的回饋修正是假定在製程中，製程在時間  $t$  時產出的品質特性為  $y_t$ ，並期望  $y_t$  能接近目標值  $T$ 。在製程中所存在的可操縱變數  $x$ ，藉調整  $x$  達到目標值。EPC 是當製程產生變異時，隨時調整操縱變數，使製程能及時達到修正及補償的效果，但卻不能夠瞭解製程變異中的可歸屬原因，因此可能會造成「過度調整」的結果。因此在執行回饋機制的同時也常同時採用統計製程管制，透過 SPC 的偵測功能及 EPC 的調整功能達到互相補足缺點的效果；而在近幾年研究中發現，在動態製程的發展下結合其他研究方法與 EPC 做製程上的改善。在表 2 EPC 相關文獻中發現多與類神經網路結合，但在各系統分析法中以灰色預測法計算最為簡易，並且使用歷史數據為最少的一種分析法，故在下一章節將介紹灰色系統分析理論。表 1. 為統計製程管制(SPC)與工程製程管制(EPC)之比較表。表 2. 為 EPC 相關文獻整理。

表 1 SPC 與 EPC 之比較

	統計製程管制 (SPC)	工程製程管制 (EPC)
起源產業	零件產業(Part Industry)，如加工、裝配等間斷性製程	程序產業(Process Industry)，如化工、煉油、製藥
適用之製程特性	製程觀察值在不同時間點上需具獨立的特性	製程觀察值彼此間具有相關性
功能	製程監控	製程調整
使用方法	主要利用管制圖	一般利用回饋控制
成本	高	低
目的	降低製程變異	降低製程變異
缺點	只具有監控與偵測功能，無法對製程進行調整	因製程不斷的進行調整，可能產生過度控制

資料來源：盧淑蘭(2003)

表 2 EPC 相關文獻

學者	年代	主要貢獻
林宏達 徐偉晉	2001	證實使用有限度回饋控制與輻射基底函數網路，均能得到比現行作業更佳的切割效果。除了能解決電容晶片業者於切割作業時的製程管制問題，對於具有類似精密切割製程要求之產業亦能提供構建管制系統時的一項參考依據。
余豐榮 楊宗儒	2001	EPC 控制確實會對管制圖偵測某種情況之製程干擾造成影響，但運用累積分數和管制圖能大幅降低 EPC 之影響，不啻為整合架構下一種新的選擇。
林柎梓 鄭春生	2002	以模擬方法估計平均連串長度 (ARL) 來評估類神經網路之效益。研究結果顯示類神經網路優於傳統的方法。
林亮宗 童超塵	2002	針對 SPC 與 EPC 整合架構下之製程能力建構時間數列 AR (2) 之製程模式，實例驗證：此模式可處理具有自我相關性問題之製程能力，而更契合實務情況。
盧淑蘭 童超塵	2003	研究發現當自我相關程度低時，EPC 與 SPC 整合及時間序列模式法的處理結果是很相似的。但當資料具有高度自我相關時，EPC 整合 SPC 會優於時間序列模式法。
江瑞清 孫任東	2003	以 BPNN-1 預測製程下一時間點之多重輸出值，並將預測結果輸入 BPNN-2 以獲得製程之多重輸入變數調整量，透過 EPC 的技術對 MIMO 製程進行回饋調整。以整合 SPC 與 EPC 之方式，掌控制程變異及避免 EPC 的過度控制情形發生。結果證明所建構之 MIMO 製程管制系統，在製程受偏移干擾下，能使製程之多重品質特性輸出值有效維持於目標值並縮小變異。
吳瑄捷	2003	建構一以柔性演算法之技術為預測與參數控制模式之多重輸入多重輸出製程管制系統，並建構一化學機械研磨之模擬製程，驗證系統於偏移干擾下建構之製程管制系統能有效控制製程輸出，達到穩定製程輸出品質特性之目的。
周奕圻	2004	CG-MCEWMA-EPC 管制模式是利用 CG BP 模式預測製程並進行後續 MCEWMA-EPC 調整，能夠比利用 EWMA-EPC 模式減少約 50% 的調整次數；並使製程總變異可大幅降低約 20%，達到即時監控與穩定製程的效果，助於提早了解製程狀況並及時提出改善措施。
蕭逢元	2006	建構多重輸入輸出製程管制系統，探討其系統間的流程關係，達成在此系統在受製程偏移干擾之時能正確地預測與診斷，除可有效控制製程的輸入與輸出外，且能達到製程最佳化之目的。
余豐榮	2006	利用灰預測及統計迴歸分析來建構 EPC 動態模型於預測製程輸

李芸茜		出值及輸入與輸出間之關係，使製程輸出值維持於目標值上。在模擬結果顯示，所建構之模型具有良好的預測效果，在使用上頗具方便性與實用性。
呂立旭	2007	利用類神經網路的預測能力及統計迴歸來建構 EPC 的調整模型，應用於製程輸出值的預測中，並在模擬結果顯示，類神經網路預測可用在 EPC 之製程管制。
黃獻平	2009	ICA 影像重建技術與分類迴歸樹方法的應用可以成功的辨識不同類型的製程干擾。

## 2.2 灰色系統理論

### 2.2.1 灰色系統理論之內涵

「灰」是指信息不完全、不確定。所以信息不完全、不確定的系統稱為灰色系統(Grey Systems)。灰色系統分析理論是在1982年由中國大陸學者鄧聚龍在國際期刊(System & Control Letters)發表的論文“The Control Problems of Grey Systems”所提出。該理論主要是針對系統模型不明確，資料不完全的情形下，進行系統的關聯分析(Relational Analysis)、模型建構(Constructing A Model)、藉預測(Prediction)及決策(Decision)方法來瞭解其系統。

灰色系統理論有別於一般傳統系統分析，不須大量的統計與機率計算尋找資料或其變數間的相關性與規律性，所以也就不須大量的歷史資料來建立合適的模型。灰色系統理論應用範圍極廣，能對資訊的“不確定性”(Uncertainty)、“多變量輸入”(Multi Input)、“離散的數據”(Discrete Data)與“數據的不完整性”做有效的處理。

研究方式可分為以下六種：

#### 1. 灰生成(Grey Generating)

生成即為補充訊息之數據處理，這是一種就數找數的規律方法。在依些雜亂無章的數據中，設法將其被掩蓋的規律及特徵浮現出來。常用的生成方法有：

(a) 累加生成(Accumulated Generating Operation ; AGO)：將數據依次累加。運

算過程為：

另 $x^{(0)}$ 為一原始序列

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_{(1)}, x^{(0)}_{(2)}, \dots, x^{(0)}_{(n)}) , n \geq 2$$

$x^{(1)}$ 為 $x^{(0)}$ 的一次AGO序列

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_{(1)}, x^{(1)}_{(2)}, \dots, x^{(1)}_{(n)})$$

例：有一原始序列 $x^{(0)} = (1, 2, 1.5, 3)$

對 $x^{(0)}$ 作AGO，得：

$$x^{(1)}_{(1)} = x^{(0)}_{(1)} = 1$$

$$x^{(1)}_{(2)} = x^{(0)}_{(1)} + x^{(0)}_{(2)} = 3$$

$$x^{(1)}_{(3)} = x^{(0)}_{(1)} + x^{(0)}_{(2)} + x^{(0)}_{(3)} = 4.5$$

$$x^{(1)}_{(4)} = x^{(0)}_{(1)} + x^{(0)}_{(2)} + x^{(0)}_{(3)} + x^{(0)}_{(4)} = 7.5$$

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_{(1)}, x^{(1)}_{(2)}, x^{(1)}_{(3)}, x^{(1)}_{(4)}) = (1, 3, 4.5, 7.5) ; x^{(1)} \text{與} x^{(0)} \text{關係}$$

可由下圖5. 所示：

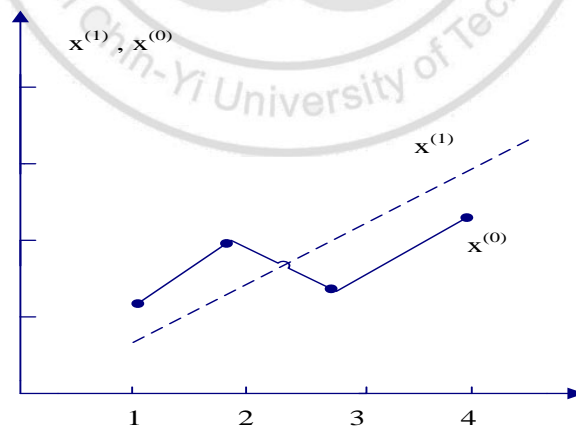


圖 5 數列生成轉換之示意圖

資料來源：鄧聚龍(2000)

(b) 累減生成(Inverse Accumulated Generating Operation ; IAGO)：累加生成的逆運算。運算過程為：

另 $x^{(1)}$ 為一原始序列： $x^{(1)} = (x^{(1)}_{(1)}, x^{(1)}_{(2)}, \dots, x^{(1)}_{(n)})$

則累減生成序列為： $\hat{x}^{(0)}_{(k)} = (\hat{x}^{(0)}_{(1)}, \hat{x}^{(0)}_{(2)}, \dots, \hat{x}^{(0)}_{(n)})$

其中 $\hat{x}^{(0)}_{(1)} = \hat{x}^{(1)}_{(1)}$ ，則 $\hat{x}^{(0)}_{(k)} = \hat{x}^{(1)}_{(k)} - \hat{x}^{(1)}_{(k-1)}$

例： $x^{(1)} = (1, 3, 4.5, 7.5)$

則累減生成序列  $\hat{x}^{(0)}_{(1)} = (\hat{x}^{(0)}_{(1)}, \hat{x}^{(0)}_{(2)}, \hat{x}^{(0)}_{(3)}, \hat{x}^{(0)}_{(4)}) = (1, 3 - 1, 4.5 - 3, 7.5 - 4.5) = (1, 2, 1.5, 3)$

插值生成：利用現有之數據及慣用的數學方法建立期間的數據，例如效果預測。

## 2. 灰關聯分析(Grey Relational Analysis)

這是在灰色系統中用來分析離散序列間的相關程度的一種側度方法。

## 3. 灰建模(Grey Model Construction)

利用生成過的數據建立一組灰差分方程與灰擬微分方程之模式，稱為灰建模。

建模方式可分以下三種：

(a) GM(1, 1)：表示一階微分，而輸入變數為一個，一般作預測之用。

(b) GM(1, n)：表示一階微分，而輸入變數為n個，一般做多微分析用。

(c) GM(0, n)：表示零階微分，而輸入變數為n個，一般作預測之用。

## 4. 灰預測(Grey Prediction)

以GM(1, 1)模型為基礎對現有數據所進行的預測方法，實際上是找出某一數列間各個元素之未來動態狀況。預測一般分為下列幾種：

(a) 數列預測：在等時距取樣所得之數列，以累加生成運算後之數據建立灰微分方程，進而預測下一個或下幾個值為何；若在非等時距取樣之數列，則需將數列作平滑處理後再建模或以非等距模型處理。

- (b) 災變灰預測：預測在一定時間內是否會發生災變或某種異常值何時會再出現，其作法是事先選定一個閾值，再從已知數列中挑出符合要求之時間點，並以新的時間點構成一個新的災變數列，進而建立模型來預測下一次之閾值(災變值)下一次出現的時間。
- (c) 季節災變灰預測：季節災變預測與災變預測主要差別在於數據之取法，季節災變數列是將災變預測數列的分辨率提高後得到的。其預測步驟包括：在災變日期集找出災變最早發生之日期，將災變日期集轉為相對日期集，按相對日期集作曲線，一事先選定之閾值作災變集，再從事災變預測。
- (d) 拓樸灰預測：將已知數列連成曲線圖，在曲線上一某個定值找出相交叉之時刻數列，再依GM(1, 1)模型預測未來出現之時刻，再將各未來發生之定值連成曲線，以掌握整個數據曲線未來的發展變化。
- (e) 系統灰預測：結合GM(1, 1)與GM(1, N)模型，對系統中各變量同時進行預測，進而求出各變量間發展變化之相互關係。
5. 灰決策(Grey Decision Making)
- 當發生某個事件時，因為考慮的對策不同而有不同的結果，此時將對策和GM(1, 1)模型結合所做的決策稱為灰決策。可分為下列三種：
- (a) 灰色局勢決策(含層次決策等)。
- (b) 灰色線性規劃。
- (c) 灰色整體規劃。
6. 灰控制(Grey Control)。
- 灰色控制是透過系統行為數據，尋求行為發展規律，並預測未來的行為。當有了預測值後，以此一預測值回授以進行控制的一種法則。

## 2.3 灰色預測相關文獻回顧

預測是根據現有之資料及數據對未來將要發生(或不確定)的事件行為狀態做出主觀的判斷。也就是以過去與現在所獲得的資料為主，根據某一種邏輯推理之方法建立一種模式，在利用各種方法來達到預測的目的。灰色預測是根據收集到的各數據(過去與未來)，利用灰生成與灰建模的方式來建立預測模型來達到預測目的。而灰色系統理論的發展也成功的應用在各種領域之上，如：農業、交通、氣象、工程、運輸、經濟、醫療、軍事、文化、教育、地質、管理等。最常作預測的系統模型為 GM(1, 1)，以下為灰預測之文獻回顧與研究整理。

表 3 灰色系統理論主要文獻

學者	年代	主要貢獻
Deng Ju-Long	1982	針對系統模型不明確，資料不完全的情形下發展出來的新系統分析法。
Yo-Ping Hung	1995	以多個灰預測 GM(1, 1)模型成功實驗出汽車倒車裝置的空位控制。並與模糊類神經網路相比較，不僅建模簡單，且步數少。
胡源泉	2000	將灰關聯分析與灰預測理論應用在鉛酸電池快速充電系統上。從模擬結果顯示，實驗數值為單調遞增及收斂向下時，灰預測結果會很吻合於實驗數值。灰預測通過實驗驗證，未來將可提供鉛酸電池快速充電更好的效果。
韓季霖	2001	透過 GM(1, 1)模式預測台灣地區民國 89-93 年內科、外科、小兒科與婦產科之各科醫師總供給人數與總需求人數，結果顯示：內科、外科與小兒科醫師人力是供過於求，而婦產科醫師人力是供不應求。
李順益	2002	應用灰色預測於短期銷售預測之適用性探討，研究結果證實利用灰色預測法預測商業的短期銷售預測會比傳統的預測方法來的有效。
王秀帆	2003	研究的目的為嘗試以灰色預測和假設檢定的方法建立一套事件偵測演算法，來判斷有無事件發生，並以實例測試灰色預測於事件偵測的績效。



徐世修	2009	利用灰色預測模型來預測醫院設施維護費用，除了傳統灰模型外，並利用改良灰模型進行預測。研究結果指出，在 8 年歷史數據建模及 9 年歷史數據建模時，較適合用於醫院預測下一年度維護費用預算。
林正峰	2011	以灰關聯分析法探討影響反傾銷案件成立因子的關聯性及關聯程度，找出影響我國反傾銷案件成立之關鍵變數。實證結果發現，影響反傾銷案判決成立的最重要因子，在產業相關價格方面為「涉案國貨品進口 CIF 價」並影響產業相關進口量及相對量的重要變數「國產品內銷量」。

在過去許多發表論文中發現，也有許多研究者結合了不同研究方法與灰色系統理論做分析來比較其結果。

Ding-An Chiang(1999) 就應用灰預測模型與模糊規則結合，以合理快速的從計算機的數據庫(如 IBM 的 OS/390 系統中)提取數據，作為運算的合理時序安排，以最大限度使用資源，提高計算機的性能。

許哲強(2002)應用灰色預測與其他預測法做一比較，研究結果顯示，結合灰色系統理論與類神經網路之 RELFOR 預測分析系統，不但可使模式變數之選擇更具理論依據且能較傳統倒傳遞類神經網路與計量模式有較佳之預測成效。

吳維珊(2008) 應用灰色關聯分析法以公開資訊及財務報表中常用之比率作為指標選擇基礎，將高關聯度的指標劃為一群，從中擷取具代表性指標進行指標的精簡，；最後藉理想解類似度偏好順序法(Technique for Order Preference by Similarity to ideal Solution, TOPSIS)評估模式進行應用，產生績效排序並分析台灣前四大 TFT-LCD 面板廠商 2005 至 2007 年財務特性與經營優劣的因素，以及績效提升的參考依據，提出建議改善向。

葉靜雯(2010) 此研究先應用殘差修正灰預測模型(Modified Grey Model)來預測下一時間點之製程輸出值，接著利用自組性演算法(Group Method of Data

Handling, GMDH)建立一個參數調整系統，當估計之下一時間點的製程輸出值偏離目標值時，可應用此系統調整適當之製程參數值，使製程輸出值能迅速修回至目標值。



### 三、 研究方法

#### 3.1 EPC製程調整模式

為了消除時間為 $t+1$ 時的 $N_{t+1}$ 擾動項所造成的製程偏移目標值，故採用EPC調整法來針對製程進行監控。假設製程時間 $t$ 時，產出品質特性為 $Y_t$ ，並且希望這項產出值 $Y_t$ 能更接近目標值 $T$ 。在製程當中有一操縱變數為 $x$ ，在某段時間內 $x$ 的改變將會對 $y$ 造成影響：

$$Y_{t+1}-T=gx_t \quad (1)$$

其中 $g$ 為一常數，稱之為製程增益 (process gain)，類似一迴歸係數，它是在 $X_t$ 增加後 $Y_t$ ，隨之增加的倍數。

假設製程在未調整的情況下，因任何原因造成的干擾造成製程偏移目標值，則製程可由下列數學模式表示：

$$Y_{t+1}-T=N_{t+1} \quad (2)$$

若想對製程中產生的擾動進行調整，則製程應包含在時間點 $t+1$ 時的擾動項及在時間點 $t$ 時的可控制變數，此兩項為造成製程產出偏離目標值的因素；調整之方程式表示如下

$$Y_{t+1}-T=N_{t+1}+gx_t \quad (3)$$

因在時間點 $t$ 時無法得知 $N_{t+1}$ 為多少，故針對 $N_{t+1}$ 來預測擾動，令預測值為 $\hat{N}_{t+1}$ ，殘差項為 $e_{t+1}=N_{t+1}-\hat{N}_{t+1}$ ，則製程調整的模式為：

$$Y_{t+1}-T=e_{t+1} + \hat{N}_{t+1} + gx_t \quad (4)$$

為消除影響製程的擾動項，調整方式即令  $gx_t = -\hat{N}_{t+1}$  或  $x_t = -(\frac{1}{g})\hat{N}_{t+1}$ 。

利用迴歸方程式所求得的迴歸係數  $b_1$  取代增益值  $g$ ，調整步驟如下：

$$b_1 x_t = -\hat{N}_{t+1} \quad (5)$$

故回饋調整方程式為：

$$x_t = -\frac{1}{b_1} \hat{N}_{t+1} \quad (6)$$

若有多筆歷史數據來預測時，則  $N_{t+1}$  的預測值可表示為：

$$\hat{N}_{t+1} = f(N_t, N_{t-1}, \dots, N_{t-i}) \quad (7)$$

則回饋調整方程式可表示為：

$$x_t = -\frac{1}{b_1} f(N_t, N_{t-1}, \dots, N_{t-i}) \quad (8)$$

### 3.1.1 製程調整範例

表 4 原始樣本-製程品質數值

項目	樣 本					平均數
1	17.04	18.24	15.76	14.85	14.77	16.13
2	14.79	16.15	16.92	17.40	16.44	16.34
3	17.19	16.05	17.10	15.35	17.59	16.65
4	17.06	17.21	17.20	16.82	16.87	17.03

表 5 EPC 製程調整後品質數

項目	樣 本					平均數	⑤	④	g	③	①	②
							$Y_{t+1}$	$x_t$		$e_{t+1}$	$Y_t - T = N_{t+1}$	$\hat{N}_{t+1}$
1	17.04	18.24	15.76	14.85	14.77	16.13	16.13	0	0.2	0.13	0.13	0
2	15.99	16.06	15.67	14.83	17.64	16.04	15.97	-0.33	0.2	-0.03	0.04	0.07
3	15.83	16.87	16.66	15.83	15.61	16.16	16.11	-0.26	0.2	0.11	0.16	0.05
4	16.29	17.86	16.01	15.64	14.63	16.08	15.98	-0.54	0.2	-0.02	0.08	0.11

製程調整步驟如下：

◆ 製程在時間  $t+1$  時的產出品質特性為  $Y_{t+1} \rightarrow Y_{t+1} - T = gx_t$ 。

◆ 令  $T=16$ ，樣本平均數= $Y_t$ ，假設  $g = 0.2$ 。

1. 求實際殘差值( $N_{t+1})=Y_t - T$ 。
2. 求預測殘差值( $\hat{N}_{t+1}$ )。在第一筆樣本令  $\hat{N}_{t+1}=0$ ，表第一筆樣本品質達目標值，後續樣本  $\hat{N}_{t+1}$  為上筆樣本  $N_{t+1}$  與  $\hat{N}_{t+1}$  之平均數。
3. 求預測誤差( $e_{t+1})=N_{t+1} - \hat{N}_{t+1}$ 。
4. 可控制變數( $x_t)=-\hat{N}_{t+1}/g$ (製程增益)。
5. 修正後製程( $Y_{t+1})=N_{t+1} + gx_t + T$ 。

### 3.2 灰色預測-數列預測

本研究模擬之個案以灰色預測-數列預測為主。以下為預測模式建構步驟作一說明：

1. 列出原始數據  $x^{(0)}_{(k)}$

$$x^{(0)}_{(k)} = (x^{(0)}_{(1)}, x^{(0)}_{(2)}, \dots, x^{(0)}_{(n)})$$

步驟 1：列原始數據

$$x^{(0)}_{(k)} = 32, 37, 41, 46, 50$$

2. 累加生成(AGO)：對  $x^{(0)}$  作一次 AGO 得

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_{(1)}, x^{(1)}_{(2)}, x^{(1)}_{(3)}, \dots, x^{(1)}_{(n)}), \text{ 其中 } x^{(1)}_{(k)} = \sum_{i=1}^k x^{(0)}_{(i)}.$$

步驟 2：做 AGO

$$x^{(1)}_{(k)} = 32, 69, 110, 156, 206$$

3. MEAN：對  $x^{(1)}$  作均值生成得  $z^{(1)}$

$$z^{(1)}_{(k)} = 0.5 x^{(1)}_{(k)} + 0.5 x^{(1)}_{(k-1)}, \text{ 其中 } k=2, 3, \dots, n$$

步驟 3：做均值生成

$$x^{(1)}_{(k)} = \_, 50.5, 89.5, 133, 181$$

4. 利用最小平方法求數據矩陣  $B$  及數據向量  $Y_n$ ；或以多項式解法解出  $a$  (發展係數)與  $b$  (灰作用量)。

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}_{(2)} & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}_{(n)} & 1 \end{bmatrix}, \quad Y_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}_{(2)} \\ \vdots \\ x^{(0)}_{(n)} \end{bmatrix}, \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

利用最小平方法求解，得出  $a, b$  估計值

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$$

$$B = \begin{bmatrix} -50.5 & 1 \\ -89.5 & 1 \\ -133 & 1 \\ -181 & 1 \end{bmatrix} \quad Y_n = \begin{bmatrix} 37 \\ 41 \\ 46 \\ 50 \end{bmatrix} \quad \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.1009 \\ 32.044 \end{bmatrix}$$

多項式解法：

$$a = \frac{\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - (n-1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2}$$

$$b = \frac{\sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2}$$

5. 解出灰微分方程式之通解

$$\text{列出響應式： } \hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a}$$

$$\text{其中 } x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$$

確定模型

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 349.4772717 e^{0.1009k} - 317.4772717$$

6. 累減生成(Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO)

使獲得原始數列估計值及預測值。一次累減生成數列是以待運算數列之第一個元素做為新數列之第一個元素。經一次累減運算即可將一次累加數列還原為原始數列，亦即：

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1), \text{ 且 } \hat{x}^{(0)}(1) = \hat{x}^{(1)}(1)$$

進一步就能以所求得的還原數列做預測。

7. 殘差檢驗

$$\text{相對殘差 } e_{(k)} = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \times 100\% ; \text{ 平均絕對殘差 } \bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{i(k+1)}, \text{ 其中 } i \text{ 為}$$

預測值筆數。以下圖 6 為預測模型之流程圖。

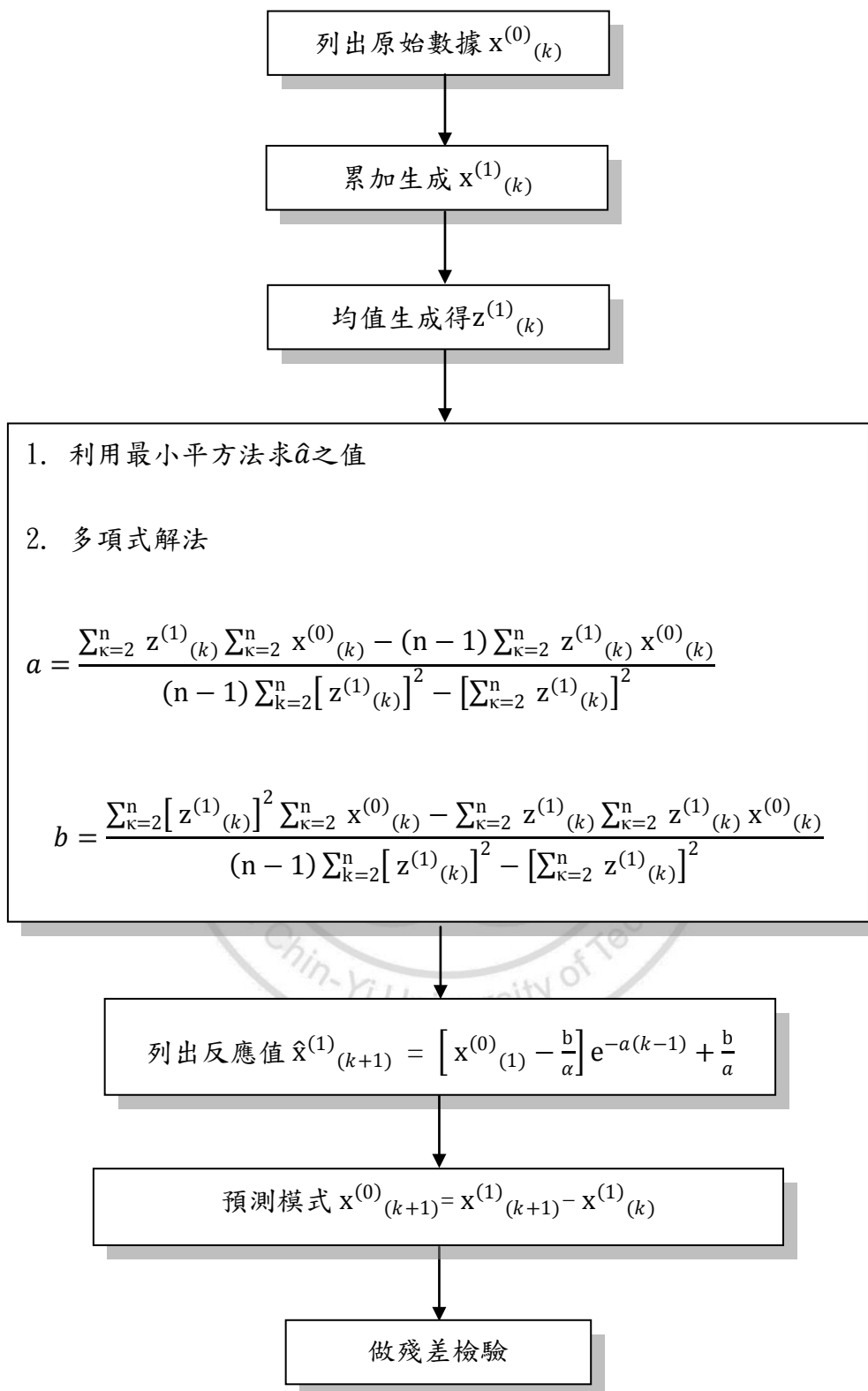


圖 6 灰色預測模型  
資料來源：鄧聚龍(1996)



### 3.3 EPC 製程調整法與灰色預測法結合

EPC 製程調整

$$Y_{t+1-T} = e_{t+1} + \hat{N}_{t+1} + gx_t$$

灰色預測法

$$x^{(0)}_{(k+1)} = x^{(1)}_{(k+1)} - x^{(1)}_{(k)}$$

透過 EPC 製程調整預測出的殘差值與灰色預測法預測出的殘差值，求一平均數，並做為控制變數來計算新的製程品質數值。



## 四、各種分配修正結果之比較

本章節個案研究以電腦模擬常態分配、均勻分配與指數分配等機率分配之樣本數值作為製程產出品質，說明製程擾動在 EPC 架構下，應用灰色理論預測模式改善製程品質績效並作一探討。

### 4.1 常態分配樣本修正結果

以隨機亂數模擬常態分配 100 筆樣本，平均數為 16 並做為製程產出品質之目標值，標準差為 1。如表 6 所示。(前 15 筆樣本之示意)。

表 6 常態分配模擬之樣本

項目	樣本					平均數	最大值	最小值	全距
1	17.04	18.24	15.76	14.85	14.77	16.13	18.24	14.77	3.47
2	14.79	16.15	16.92	17.40	16.44	16.34	17.40	14.79	2.61
3	17.19	16.05	17.10	15.35	17.59	16.65	17.59	15.35	2.24
4	17.06	17.21	17.20	16.82	16.87	17.03	17.21	16.82	0.40
5	16.58	16.62	16.91	17.31	18.31	17.15	18.31	16.58	1.73
6	15.75	16.72	15.01	16.83	14.80	15.82	16.83	14.80	2.03
7	15.02	15.16	17.06	16.70	15.35	15.86	17.06	15.02	2.04
8	14.69	14.55	16.43	16.05	14.99	15.34	16.43	14.55	1.89
9	15.22	14.30	17.03	14.98	15.49	15.40	17.03	14.30	2.74
10	17.04	16.01	14.45	15.74	15.61	15.77	17.04	14.45	2.58
11	15.25	14.77	16.90	17.98	15.22	16.02	17.98	14.77	3.21
12	17.73	16.08	17.19	16.19	16.58	16.75	17.73	16.08	1.65
13	16.26	15.94	16.51	16.05	14.52	15.86	16.51	14.52	1.99
14	15.71	16.64	16.49	16.78	15.63	16.25	16.78	15.63	1.14
15	16.43	13.72	15.97	15.32	15.35	15.36	16.43	13.72	2.71

#### 4.1.1 常態分配樣本-EPC 修正

常態分配原始樣本變異數為：0.186258。模擬樣本以工程製程管制(EPC)做一製程回饋修正，圖 7 與圖 8 為常態分配下未修正前管制圖與透過 EPC 管制修正後之樣本管制圖。

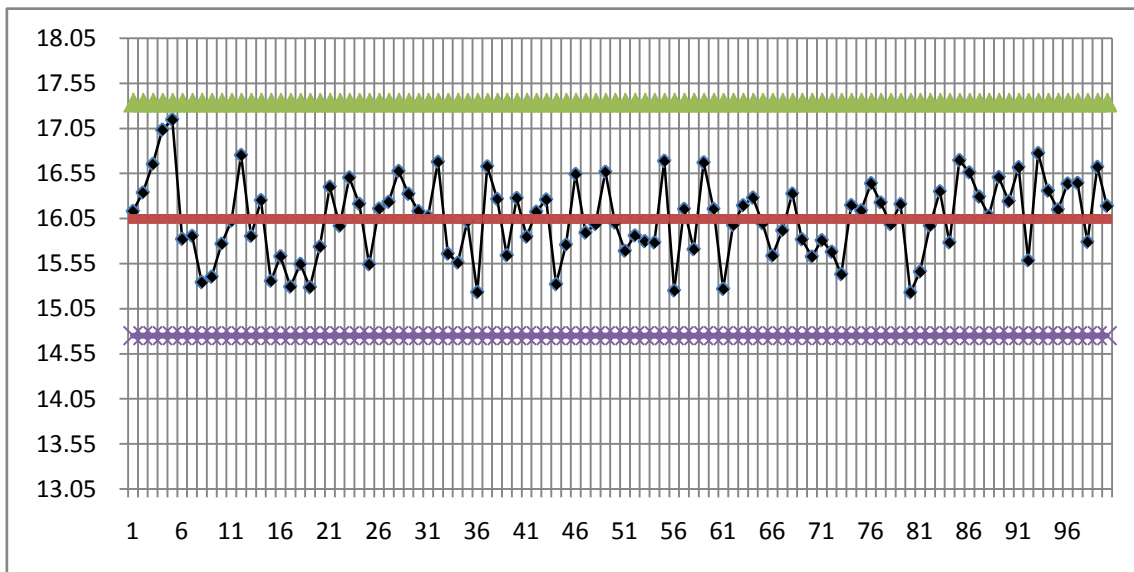


圖 7 常態分配樣本未修正製程之管制圖

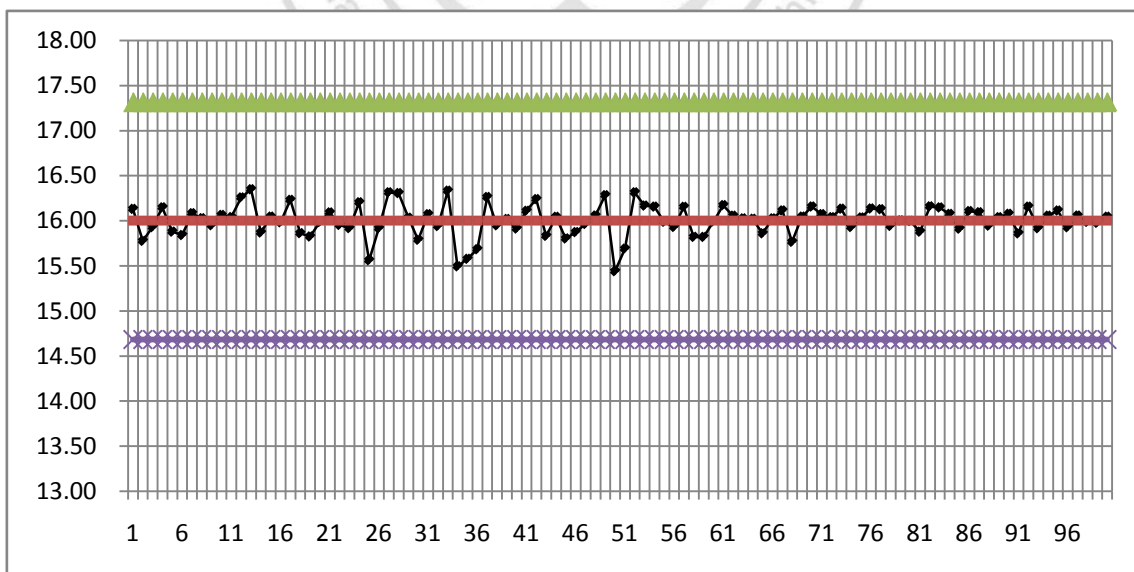


圖 8 常態分配樣本透過 EPC 修正結果

由圖8修正結果常態分配樣本透過EPC修正後變異數為：0.001847。模擬樣本透過工程製程管制(EPC)的回饋(feedback control)控制後，製程的產出值較接近目標值，但EPC隨時調整可控制變數，使製程能及時獲得修正、補償的方式，造成部分製程產生「過度調整」的結果。

#### 4.1.2 常態分配樣本-灰預測法修正

由常態分配模擬之樣本，以灰預測法調整製程產出品質，修正結果如圖9所示。

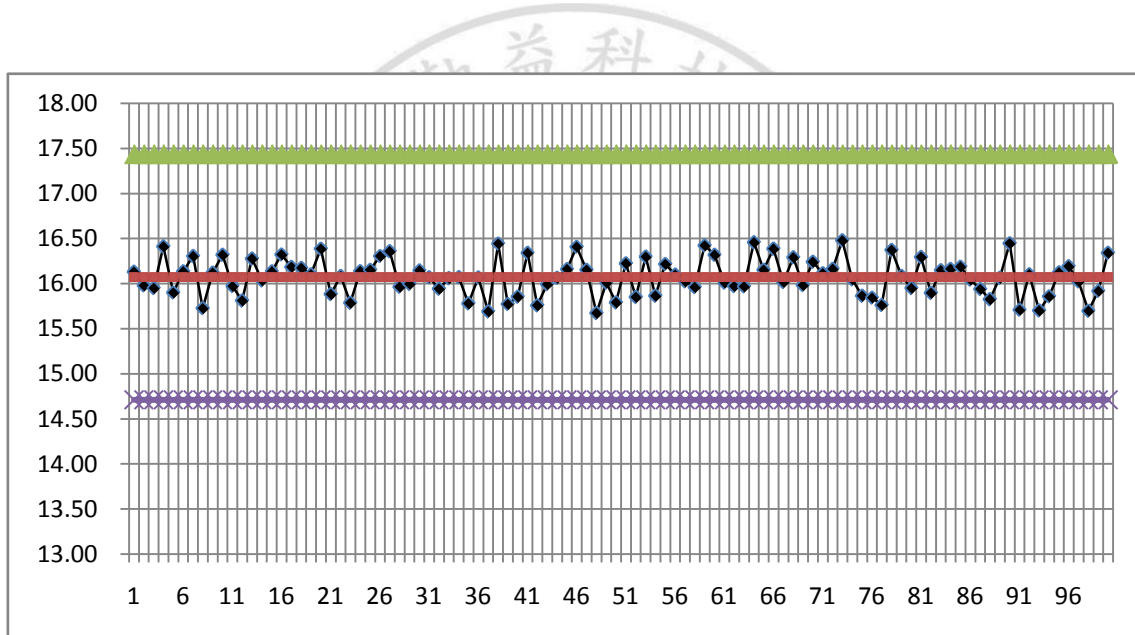


圖 9 常態分配樣本透過灰預測修正結果

由圖9修正結果常態分配樣本變異數為：0.04198667；在原始樣本透過灰預測法分析製程結果後，製程的產出值雖接近目標值，但製程與製程間的差異較大。

### 4.1.3 常態分配樣本-EPC 與灰預測法結合修正

結合工程製程管制(EPC)的回饋修正機制與灰預測法求出之預測值求一平均數，作為調整製程的控制變數，並做一製程分析。如圖10所示。

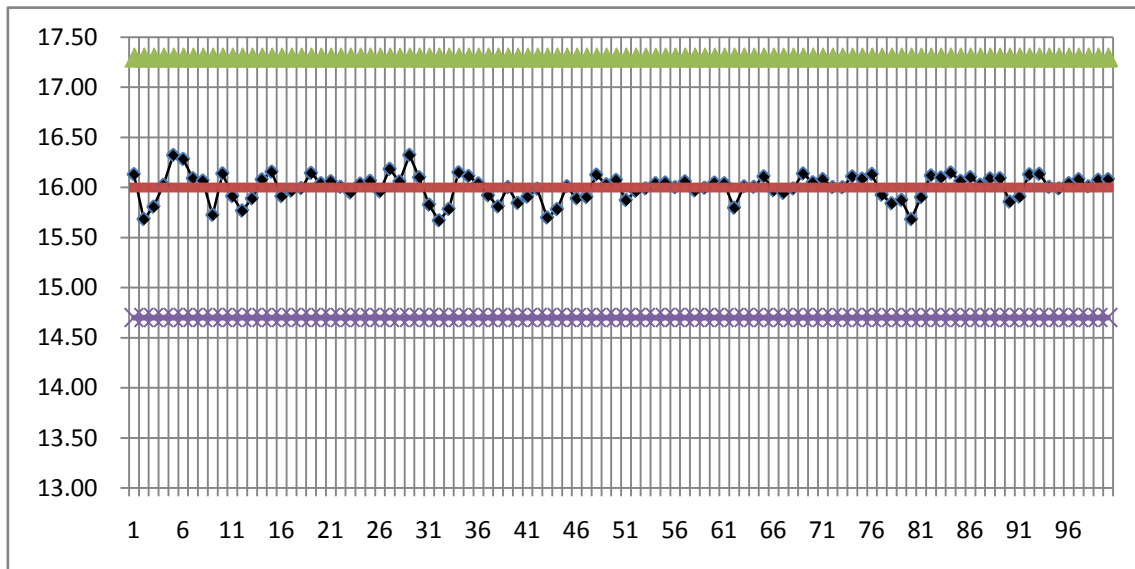


圖 10 常態分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果

由圖10修正結果常態分配樣本透過工程製程管制(EPC)與灰色預測法結合後變異數為：0.01706。製程的產出值不僅較接近目標值，且製程與製程間的差異較小，管制圖之曲線趨於平滑。

## 4.2 均勻分配修正結果

### 4.2.1 均勻分配樣本-EPC修正

以隨機亂數模擬均勻分配 100 筆樣本值，製程產出品質之目標值為 16。圖 11 為均勻分配樣本未修正前之管制圖，圖 12 為均勻分配樣本透過 EPC 修正後管制圖。均勻分配原始樣本變異數為：0.069913，透過 EPC 修正後，均勻分配樣本變異數為：0.005977。

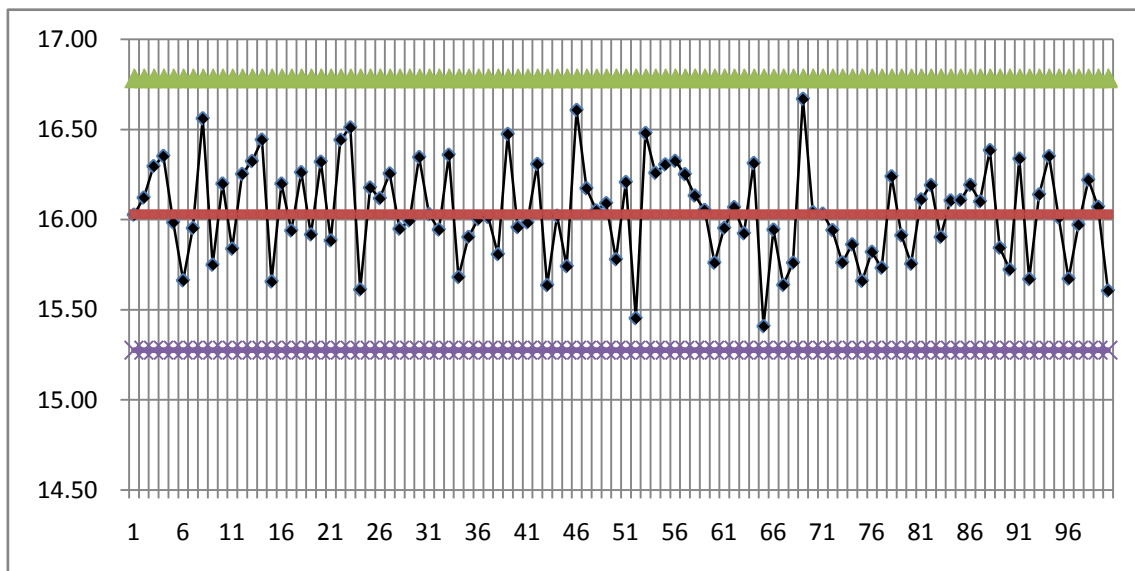


圖 11 均勻分配樣本未修正製程之管制圖

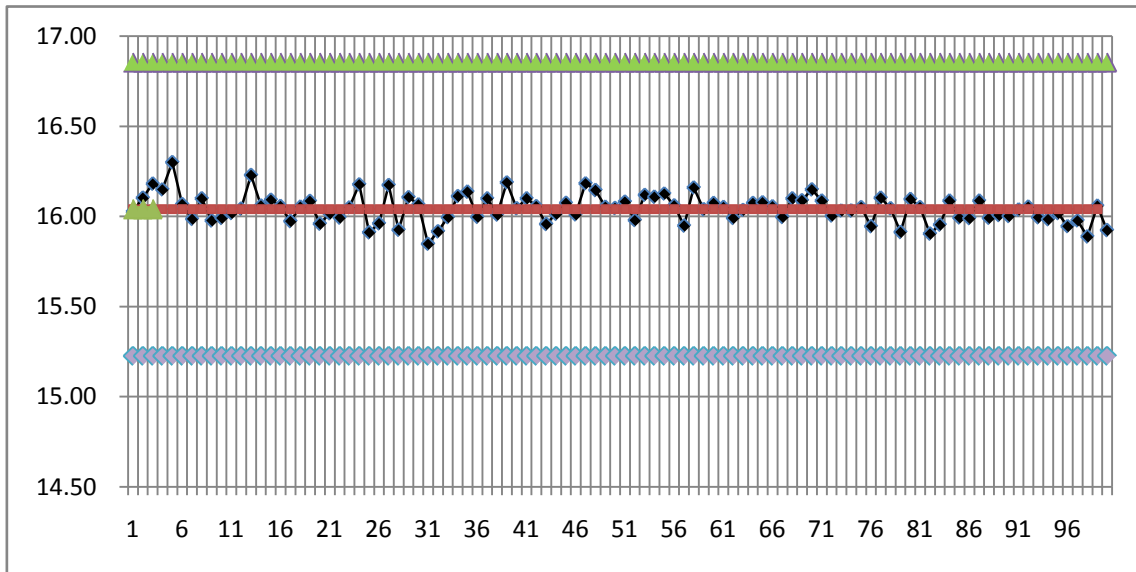


圖 12 均勻分配樣本透過 EPC 修正結果

#### 4.2.2 均勻分配樣本-灰預測法修正

由均勻分配產生之樣本，以灰預測法調整製程產出品質，修正結果如圖13所示。透過灰色預測法調整後，均勻分配樣本變異數數為：0.005385。

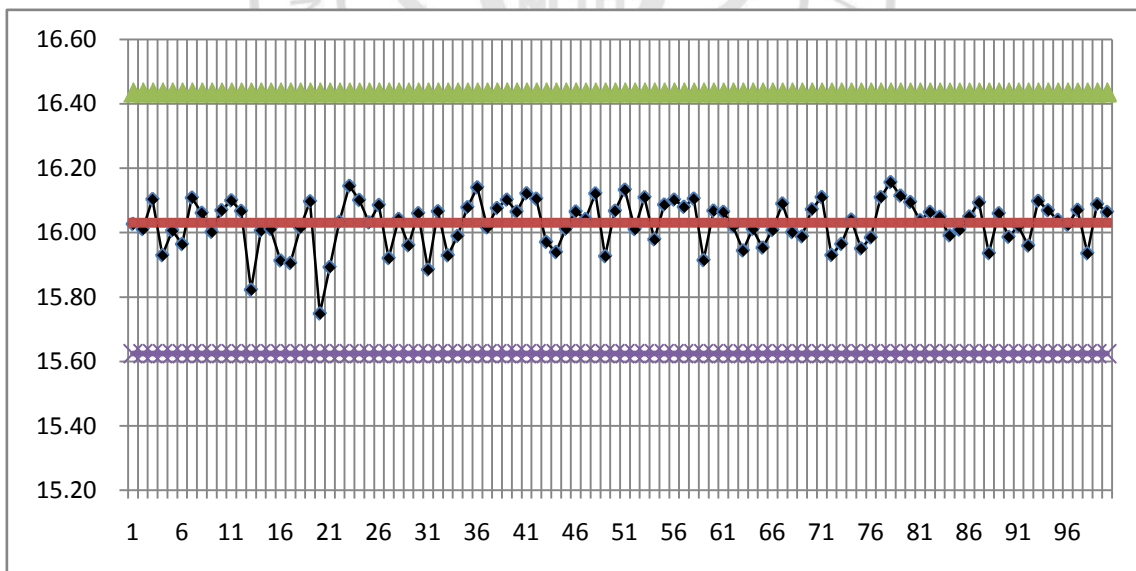


圖 13 均勻分配樣本透過灰預測修正結果

### 4.2.3 均勻分配下樣本-EPC與灰預測法結合修正

結合工程製程管制(EPC)的回饋修正機制與灰預測法求出之預測值求一平均數，作為調整製程的控制變數，並做一製程分析。兩修正法結合後，均勻分配樣本變異數為：0.003603。如圖14所示。

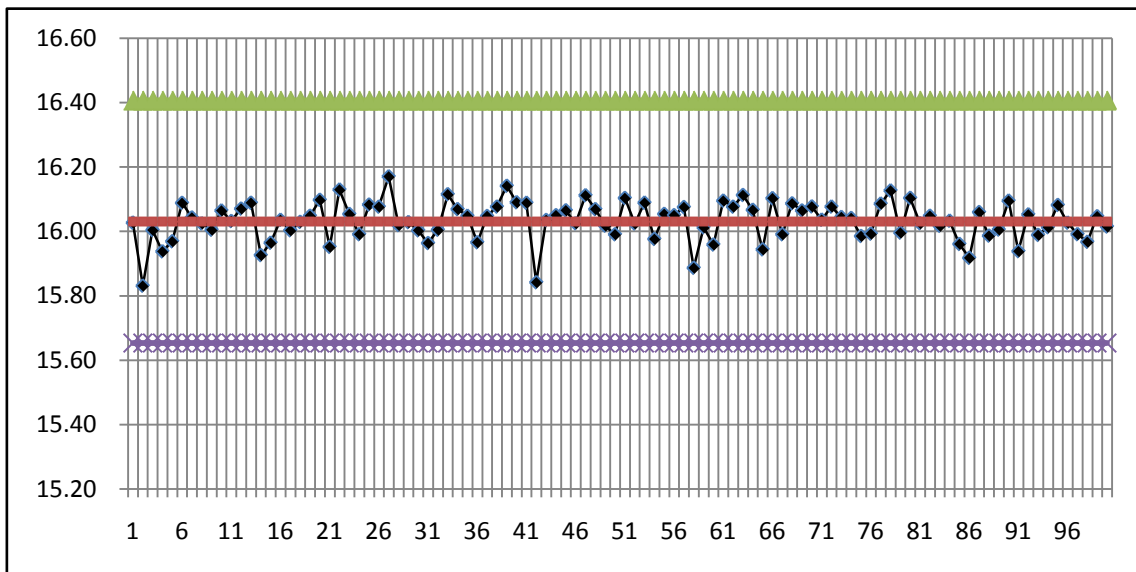


圖 14 均勻分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果

在樣本為均勻分配時的修正結果顯示，透過 EPC 管制法與灰預測法之修正，或結合工程製程管制(EPC)和灰預測法相結合之修正方式，修正結果皆為顯著，但從管制圖上可明顯觀察出，在 EPC 管制法下透過灰預測法預測下一時點之產出修正方式，比單使用 EPC 管制法修正結果來的好。



### 4.3 指數分配修正結果

#### 4.3.1 指數分配樣本-EPC修正

以隨機亂數模擬指數分配 100 筆樣本值，製程產出目標值為 16。圖 15 為指數分配樣本未修正前之管制圖，圖 16 為指數分配樣本透過 EPC 修正後管制圖。指數分配原始樣本變異數為：57.54408，透過 EPC 管制後指數分配樣本為：32.95。

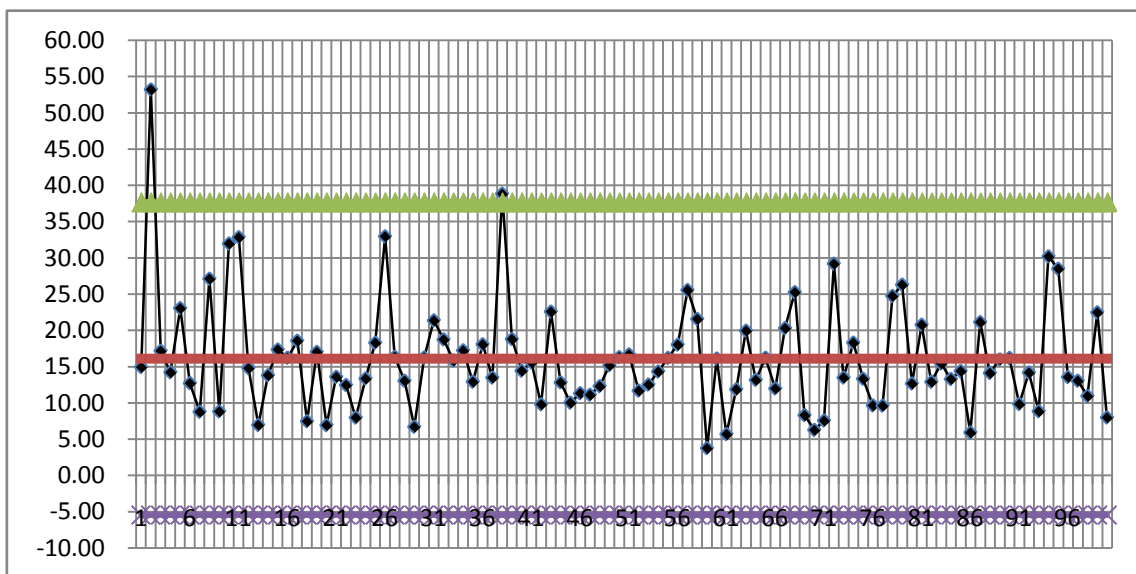


圖 15 指數分配樣本未修正製程之管制圖

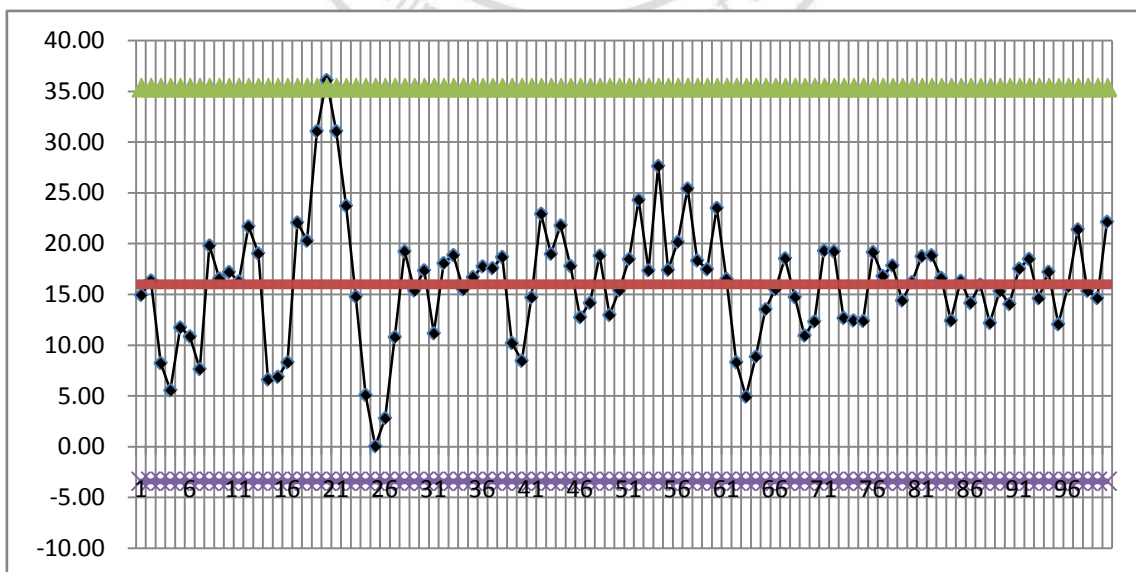


圖 16 指數分配樣本透過 EPC 修正結果

#### 4.3.2 指數分配樣本-灰預測法修正

由指數分配模擬之樣本，以灰預測法調整製程產出品質。指數分配透過灰預測法調整後樣本變異數為：35.7868687。修正結果如圖17所示。

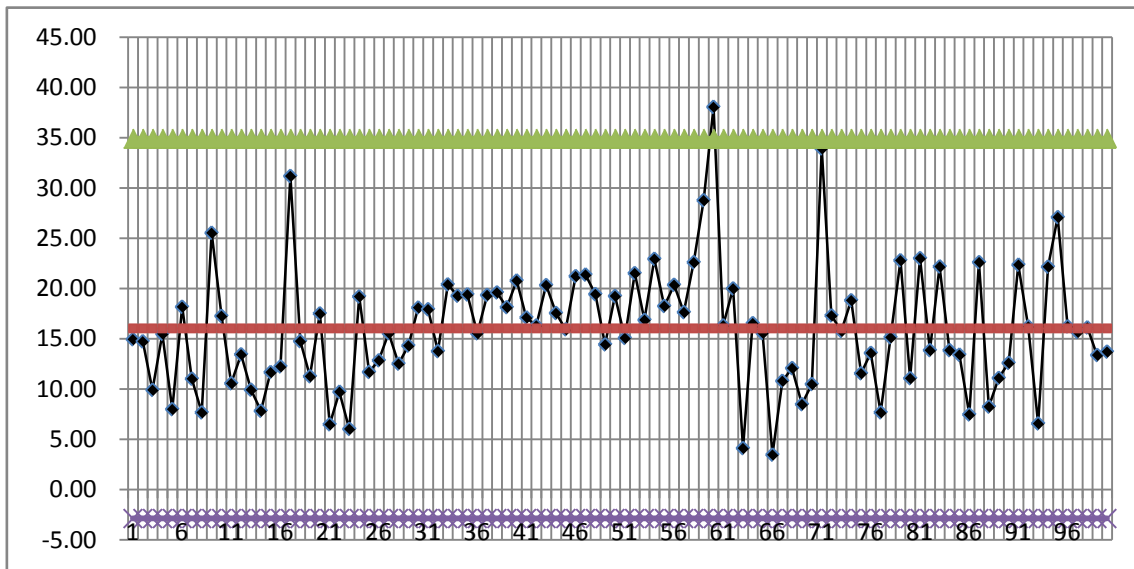


圖 17 指數分配樣本透過灰預測修正結果

### 4.3.3 指數分配樣本-EPC與灰預測法結合修正

結合工程製程管制(EPC)的回饋修正機制與灰預測法求出之預測值求一平均數，作為調整製程的控制變數，並做一製程分析。兩修正法結合後，指數分配樣本變異數為：32.4093632。如圖18所示。

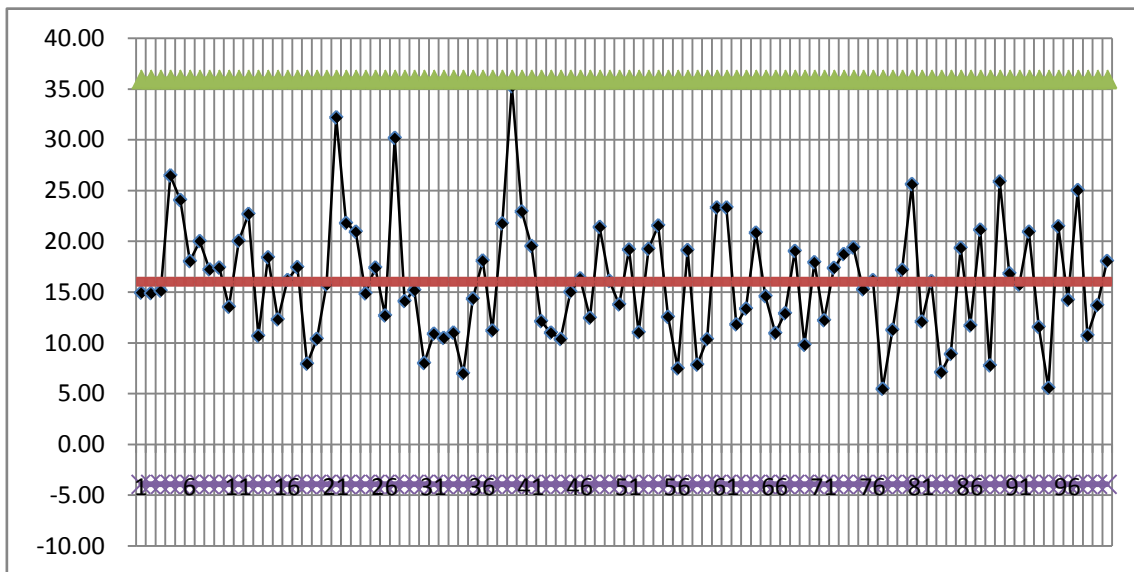


圖 18 指數分配樣本透過 EPC 與灰預測結合之修正結果

指數分配模擬之樣本，以圖16 EPC管制修正之管制圖與圖17灰預測法修正之管制圖比較結果，製程在EPC管制法修正時，製程被修正後的結果較好，製程較接近目標值，但此兩種修正法單獨使用，還是有製程超出管制界限外的情形。而EPC與灰預測法相結合之修正結果(如圖18所示)，不只製程得到修正，製程也無出現管制界限外的情況。

## 五、 結論與後續研究方向

當製程發生異常時，若能已知下一時間點的擾動，即可對控制變數進行調整，讓下一時間點的產出值能達到目標值，若是未知則須對下一時間點的擾動進行預測。所以本研究目的是希望透過 EPC 管制法在動態製程時能及時反應及回饋的機制調整製程異常並藉由灰色理論中的灰預測法之演算簡易的優點，做一製程模擬並做深入探討。在本章節中，將針對 EPC 與灰預測法調整製程之不同機率分配下的樣本修正結果作出結論，並對後續研究提出相關建議以供參考。

在 EPC 管制法調整製程的過程中，隨時調整可控制變數的結果雖能使製程及時獲得修正、補償，但也可能造成部分製程產生「過度調整」的結果。結合灰色理論中的灰預測法是希望能得到 EPC 即時獲得修正的優點也減少過度調的缺點。但在研究過程中也認為，製程樣本的產出模式是必會影響製程調整結果，所以在個案研究時模擬了常態分配、均勻分配與指數分配之樣本做製程調整分析，得以下結論：

1. 三種不同機率分配樣本下的製程修正結果顯示，使用 EPC 與灰預測法相結合的調整模式，會比只使用 EPC 管制法或只是用灰預測法修正製程還來的有效。
2. 在第四章各種分配修正結果之比較中可以顯示，指數分配的分配曲線屬不對稱型曲線，在此分配下的樣本，修正結果會比分配曲線為對稱型的常態分配和均勻分配的樣本修正結果還來的差。
3. 希望在往後研究中，EPC 管制法與灰預測法結合之方式能嘗試不同的方法，並在不同製程樣本中分析調整結果。
4. 因目前研究環境設定在動態製程，故在模擬數值時就假設數據是有自我相關性的情況，在往後研究中應先考慮及做數據分析，了解數據前後是否有自我相關性，如此較合乎連續性生產作業的型態。

## 參考文獻

1. Deng Ju-Long, Control problems of grey systems, *Systems & Control Letters*, Volume 1, Issue 5, March 1982, Pages 288–294.
2. Douglas C. Montgomery, *Introduction To Statistical Quality Control*, 2001, 4th Edition, John Wiley & Sons, pp.547-563.
3. George Box and Tim Kramer, Statistical process monitoring and feedback adjustment: a discussion, *ACM Digital Library*, Volume 34 Issue 3, Aug. 1992.
4. 蕭逢元、江瑞青，建構多重輸入、多重輸出之 EPC 模式，*南亞學報*第二十五期。
5. 邵曰仁、鄭凱分、江謝鈞涵、陳思儀、邱正林、詹勳隆，應用類神經網路以提升 SPC/EPC 系統之偵測能力，*中華民國品質學會第 38 屆年會暨第 8 屆全國品質管理研討會*。
6. 林亮宗、童超塵，整合 SPC 與 EPC 架構下製程能力指標 Cp 之研究，*中華民國品質學會第 38 屆年會暨第 8 屆全國品質管理研討會*。
7. 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮 (1996)，*灰色分析入門*，高立圖書有限公司。
8. 林宏達、徐偉晉 (2001)，利用 RBF 網路與 SPC-EPC 系統建構相關性製程回饋與管制模式-以積層陶瓷電容晶片切割作業為例，*碩士論文*，朝陽科技大學工業工程管理系。
9. 景堯、余豐榮、楊宗儒 (2001)，EPC 與 SPC 整合架構下之管制圖評估與選用，*工業工程學刊*，第十八卷，第六期，頁 63-72。
10. 許哲強、陳家榮 (2002)，*台灣區域電力負載預測分析系統之建立與應用研究*，*博士論文*，國立成功大學資源工程研究所。

11. 林柎梓、鄭春生 (2002)，整合 SPC 與 EPC 之研究應用類神經網路於製程平均值變化之偵測，碩士論文，元智大學工業工程與管理研究所。
12. 王秀帆、吳健生(2002)，應用灰色預測於高速公路事件自動偵測之研究，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
13. 吳瑄捷、江瑞清(2003)，利用柔性演算法於多重輸入多重輸出之製程管制系統，碩士論文，中原大學工業工程研究所。
14. 江瑞清、孫任東 (2003)，利用類神經網路於多重輸入多重輸出之製程管制系統，碩士論文，中原大學工業工程學系。
15. 盧淑蘭、童超塵 (2003)，運用 EPC 整合 SPC 進行自我相關性資料處理之探討，碩士論文，國立雲林科技大學工業工程與管理碩士班。
16. 周奕圻、林宏達(2004)，建立乾膜光阻生產製程中塗佈作業之 ANN-SPC-EPC 製程管制系統，碩士論文，朝陽科技大學工業工程與管理研究所。
17. 李柏甫、楊大和 (2004)，TFT-LCD 濺鍍製程之智慧型診斷系統發展，碩士論文，國立成功大學製造工程研究所。
18. 鄭彩華、楊大和、何明字 (2005)，彩色濾光片濺鍍製程之品質管制系統研發，碩士論文，國立成功大學製造工程研究所。
19. 余豐榮、金憲、李芸茜 (2006)，應用灰預測於工程製程管制之研究，科學與工程技術期刊，第二卷，第三期，頁 45-97。
20. 蕭逢元、江瑞清(2006)，建構多重輸入多重輸出之製程管制系統—整合應用 SPC/EPC 模式與柔性演算法，博士論文，中原大學工業工程研究所。
21. 徐世輝 譯，Montgomery 著 (2007)，品質管理，高利圖書有限公司。
22. 黃馨瑩、邱志洲 (2007)，整合獨立成分分析與分類迴歸樹在製程干擾辨識上之應用，輔仁管理評論，第十四卷，第三期，頁 121-144。
23. 呂立旭、余豐榮(2007)，類神經網路預測應用於工程製程管制之研究，碩士論

- 文，大葉大學工業工程與科技管理學所。
24. 吳維珊、齊德彰、李慕萱(2008)，應用灰色關聯與 TOPSIS 法衡量 TFT-LCD 產業財務績效，碩士論文，中國文化大學會計研究所。
  25. 李友錚、賀力行 著 (2008)，品質管理：整合性思維 二版，前程文化。
  26. 黃獻平 (2009)，整合獨立成份影像重建技術與分類迴歸樹在製程監控上之應用，台北海洋技術學院學報，第二卷，第一期，頁 59-76。
  27. 許曜麒、宋文財(2010)，以無線感測網路及灰色預測應用於工業製程與能源監控之研究，碩士論文，國立勤益科技大學電機工程所。
  28. 葉靜雯、唐麗英、李榮貴(2010)，應用殘差修正灰預測模型與自組性演算法建構工程製程管制系統，碩士論文，國立交通大學工業工程與管理學所。
  29. 林正峰、吳中峻(2010)，以灰色理論探討我國進口救濟案件成立之因素-以反傾銷為例，碩士論文，國立宜蘭大學應用經濟學系碩士班。