建國科技大學
工業工程管理學系

一〇一學年度畢業專題製作

以品質機能展開技術提升稻米碾製品質

Improving the Quality of Rice Mill by the Method of Quality Function Deployment

IE101 日四 B－08

指導老師
夏太長

製作學生
鄒雨利 97805021
姚映帆 98405078
黃楷傑 98405088
田峻瑋 98405094
林家揚 98406073
巫豐宇 98408073

中 華 民 國 一〇一年 十二 月

建 國 科 技 大 學　工 業 工 程 與 管 理 系

畢業生專題製作口試審定書

本系 101 學年度畢業生：鄒雨利、姚映帆、黃楷傑、田峻瑋、林家揚、巫豐宇等員

所提專題題目：以品質機能展開技術提升稻米碾製品質

合於大學生畢業資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：蔡文豐　[signature]

夏太長

指導老師：夏太長

系 主 任：

中 華 民 國　101 年 12 月 20 日

誌謝

感謝億興碾米廠全力配合我們在專題上的需求，從一開始什麼實務經驗都沒有的組員們，經由碾米廠的全力配合，讓我們從中學習到了很多的實務運用方式，同時也奠定了組員們的基礎，令我們獲益良多。

同時也感謝指導老師夏太長，在忙碌之中總是會抽出時間來給予我們指正、協助，讓我們的專題得以漸漸完成，在這當中包括了同學們在專題製作期間的配合，發揮出團隊合作的默契，大家分工合作各自完成指派任務，從剛開始的資料收集、整合、構想，再到實務執行、查核、維持，在這幾個步驟中組員們發揮團隊合作的默契，才能夠讓這份專題順利完成，感謝億興碾米廠、指導老師夏太長跟本專題全體組員。

中文摘要

品質機能展開其意係是要將最終產品的需求相對於品質關切因素，轉換成產品開發的關鍵因素，針對關鍵因素予以精進。水稻是台灣最主要的糧食作物，佔糧食自給率 32%，是台灣人民的主食，水稻收割後稱爲稻穀，從稻穀碾製成白米有八個步驟，分別是檢驗、烘乾、冷藏、礱穀、精米、色彩選別、洗米與包裝。本專題研究用風險評估理論，評估出稻米碾製流程中有三個步驟需要特別關切，分別是烘乾、冷藏與色彩選別。將此等三個步驟經由品質機能展開表，轉換成四項關鍵因素，分別是色相辨識系統、冷藏庫結構、通風管線與氣壓噴嘴，本專題研究提出將此四項關鍵因素予以規範，即可提升稻米碾製品質。

關鍵詞：品質機能展開、稻米碾製流程、風險評估理論、關鍵因素

Abstract

Quality Function Deployment (QFD) is a method to transfer the quality factors of end products into the key factors of product development and to improves these key factors. Rice is the most important crop in Taiwan which accounts for 32% of local agricultural production. The harvested rice without being milled is called paddy. There are eight steps to mill the paddy into rice: testing, drying, cooling, peeling, rice specifying, color sorting, washing and packing. This research applies the theory of risk assessment and highlights three important steps in the milling process, namely, drying, cooling and color sorting. Through quality function deployment table these three steps are transformed into four key parts, i.e., color recognition system, cool storage system, ventilation lines and pressure nozzle. This study regulates these four key parts and thus improves the quality of rice milling.

Key words：Quality Function Deployment, process of rice mill, theory of Risk Assessment, key factors

目 錄

致 謝 I

中文摘要 ii

Abstract iii

目 錄 v

表 目 錄 vi

圖 目 錄 vii

第一章 稻米的種類與成分 1

1-1 稻米品種分類 1

1-2 稻殼的構造 3

1-3 糙米營養成份 4

1-4 研究之動機與目的 6

第二章 稻米碾製流程 6

2-1 傳統稻米碾製流程 6

2-2 現代稻米碾製流程 10

第三章 利用風險評估理論找出稻米碾製流程需要關切的步驟 18

3-1 稻米碾製流程風險評估的方法 18

3-2 找出需要關切的步驟 23

3-3 從需要關切的步驟找出重要因素 24

第四章 由品質機能展開技術找出關鍵因素 28

4-1 品質機能展開理論說明 28

4-2 運用品質機能展開技術找出稻米碾製流程關鍵因素 32

第五章 針對稻米碾製品質的關鍵因素進行改善 34

5-1 用功能屬性與因果鏈分析法對色相辨識系統與氣壓噴嘴關鍵因素進行改善 34
5-2 用系統化創新技術(TRIZ)對冷藏庫結構與通風管線兩關鍵因素改善 40
第六章 結論與建議 44
參考文獻 45

表 目 錄

表 3-1 事情發生的嚴重程度指標分爲四個等級 18
表 3-2 事件發生的機率指標分爲五個等級 19
表 3-3 參與稻米碾製流程五位評分人員及其評分權重 19
表 3-4 依稻米碾製流程的八道步驟進行嚴重程度與機率等級評分 20
表 3-5 五位評分人員評分取權重 22
表 3-6 稻米碾製流程八個步驟綜合風險指標 23
表 4-1 以品質機能展開表找出提升稻米碾製流程之關鍵因素 33
表 5-1 關鍵因素冷藏庫結構的技術矛盾矩陣表 41

圖 目 錄

圖 1-1 秈米 1
圖 1-2 粳米 2
圖 1-3 秈糯米 2
圖 1-4 稻穀由稻殼、皮部、胚乳與胚芽四個部份組成 3
圖 1-5 白米碾製流程 4
圖 1-6 米的營養成分分析 4
圖 2-1 打穀機 7
圖 2-2 曬穀 7
圖 2-3 風鼓機 8
圖 2-4 米倉 8
圖 2-5 米箱 9
圖 2-6 碾米廠卸料口 10
圖 2-7 載滿稻穀之卡車在卸料口卸下稻穀 11
圖 2-8 烘乾機 11
圖 2-9 單粒水分測試計 12
圖 2-10 冷藏庫 13
圖 2-11 礱穀粗選機 14
圖 2-12 礱穀機內有兩個滾筒，藉由馬達帶動產生相對滾動 14
圖 2-13 精米機 15
圖 2-14 洗米機 15
圖 2-15 色彩選別機及其架設位置 16
圖 2-16 色彩選別機溝槽中之米粒以廉狀瀑布方式落下 16
圖 2-17 色彩選別機鑑別後的白米與外相不佳的米粒 17
圖 3-1 稻米碾製流程綜合風險指標棒球場分析圖 24
圖 3-2 提升稻米碾製品質特性要因圖分析 25
圖 4-1 品質屋架構 29

圖 4-2 關係矩陣 30
圖 4-3 設計品質矩陣 31
圖 4-4 相關矩陣 31
圖 5-1 稻米色彩選別機整體流程圖 35
圖 5-2 色彩選別機各組件功能示意圖 36
圖 5-3 色彩選別機組件功能屬性分析 37
圖 5-4 色彩選別機五項主要功能組件關鍵問題解決方案 39

第一章 稻米的種類與成分

1993 年中美聯合考古隊，在中國湖南省道縣玉蟾岩發現了世界最早的古栽培稻，因而證實水稻的栽培起源於中國，距今約 14,000 年至 18,000 年。水稻在中國廣爲栽種後，逐漸傳播到印度，十五世紀後期引入歐洲南部[1]。目前全世界水稻種植區涵蓋整個亞洲、南美洲、歐洲南部與非洲部分地區，水稻經收割後稱爲稻穀，稻穀碾製後成爲稻米，稻米總產量占世界糧食作物的第三位，僅低於玉米和小麥[12]。本章首先說明稻米品種分類，其次說明稻穀的構造，最後再討論糙米營養成分。

1-1 稻米品種分類

稻米是人類主要糧食，世界上稻屬植物超過 14 萬種，稻米最簡單的分類是依其澱粉含量來區分，稻米的澱粉包括直鏈澱粉與支鏈澱粉兩部份，直鏈澱粉又稱糖澱粉，是由葡萄糖組成的線性聚合物；支鏈澱粉又稱膠澱粉、澱粉精，是天然澱粉主要高分子化合物，具有樹形支結構的多糖。直鏈澱粉含量愈低，稻米煮成米飯後黏性就愈高，依稻米中直鏈澱粉與支鏈澱粉所含比例的不同，稻米品種大致可分爲三類[2]。

1.秈稻又稱秈米或在萊米(Oryza sativa hsien)，全世界種植水稻產量最多的就屬秈稻，秈稻米粒細長半透明，直鏈澱粉含量約占 25%，屬中黏性，如圖 1-1 所示。秈米有硬質與軟質之別，硬質秈米煮成米飯比較不黏且乾硬鬆散；軟質秈米煮成米飯後相對硬質秈米較黏，容易消化，適合腸胃不好的人食用。秈米常用來製作碗粿、河粉、米粉、米苔目、九層糕與板條等。



圖1-1　秈米

2.粳稻又稱粳米或蓬萊米(Oryza sativa keng)，粳稻米粒短圓透明，直鏈澱粉含量15~20%，黏性比秈稻高，如圖 1-2 所示，常用來製作壽司、米香、年糕、米果與米漢堡等。



圖1-2　粳米

3.糯稻又稱糯米(Oryza sativa var glutionsa)，糯稻米粒呈現白色不透明狀直鏈澱粉含量僅 0~5%，黏性最高，如圖 1-3 所示，因糯米米粒組織內有小空隙，煮成米飯後濕軟晶瑩又甜膩。糯米從外型又可細分爲粳糯米和秈糯米兩種，粳糯米米粒較短圓，常用來製作米腸、鹹粽與麻糬等；秈糯米米粒較細長，常用來製作飯糰、米糕、油飯與米血糕等。在這三種類稻米中，糯米是唯一可以用來釀酒的品種。



圖1-3　秈糯米

1-2 稻穀的構造

水稻經收割後稱爲稻穀，稻穀由四個部分所組成，即稻殼、皮部、胚芽與胚乳，如圖 1-4 所示，現說明如下：

1.稻殼(Rice husk)——爲稻穀的最外層，用來保護胚芽與胚乳。

2.皮部(Bran)——又稱米糠層或種皮，由外側的果皮與內部之種皮及糊粉層所組成，含有高成分的粗纖維與灰份，具有多量的蛋白質、脂肪與維生素 B1，約占米粒體積 5%。

3.胚芽(Embryo)——即稻穀的種子，發芽後即形成芽與根的新植物體，其成分爲脂肪、氮與無機質，約占米粒體積 3%。

4.胚乳(Endosperm)——係提供胚芽發芽後供給芽與根之營養，其成分多爲澱粉醣類，也含少部份的蛋白質、脂肪與維生素等，爲稻米主要可食用之部位，約占米粒體積 92%。

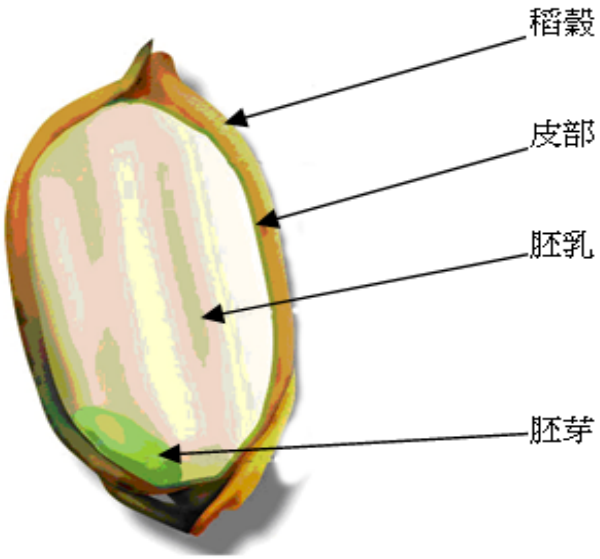


圖1-4 稻穀由稻殼、皮部、胚乳與胚芽四個部份組成

稻穀碾去稻殼後就稱爲米，此時的米叫做糙米，因糙米纖維粗糙，水份不易浸透，煮成米飯後生硬又沒有黏性，因爲沒有口感不受大眾喜愛，但糙米保存了最完整的營養，包括蛋白質、脂肪、纖維與維生素 B1 等，爲了滿足大眾口味一般都要再碾去皮部(米糠層)才出售，這時就稱爲胚芽米。因胚芽含有豐富的營養且脂肪含量較高，儲存時容易發霉變質，販售時通常都會去除胚芽，胚芽米碾除胚芽後就稱爲白米，此時米粒質地晶瑩剔透，煮成米飯後口感最佳，受到大眾之喜愛。稻穀碾去稻殼成爲糙米，糙米碾去皮部稱爲胚芽米，胚芽米再去胚芽只剩下胚孔就稱爲白米，其碾製流程如圖 1-4 所示。

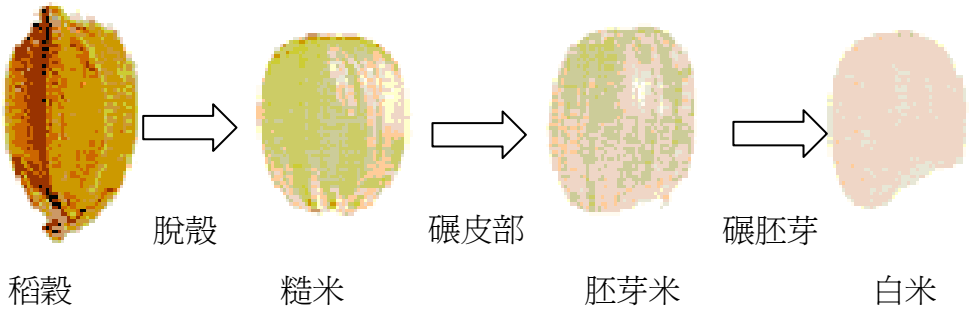


圖1-5　白米碾製流程

1-3 糙米營養成份

若將稻穀輾去稻穀之後的糙米執行營養成分分析，皮部多含蛋白質、脂肪與維生素，可提煉米糠油；胚芽營養最豐富包括脂肪、蛋白質、維生素與礦物質；胚乳多含澱粉醣類，是提供熱量的主要來源，糙米營養成分如圖 1-6 所示[3]。

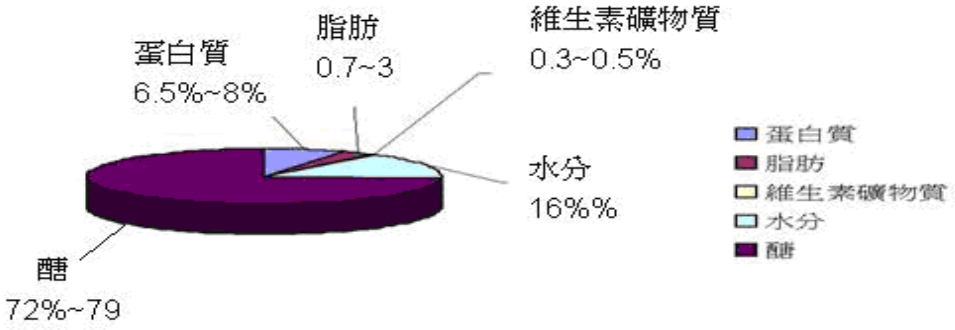


圖1-6　米的營養成分分析

1-4 研究之目的與動機

水稻是台灣最主要的糧食作物，佔糧食自給率 32%，是台灣人民的主食，水稻收割稱爲稻穀，從稻穀碾製成白米有八個步驟，分別是檢驗、烘乾 、冷藏、礱穀、精米、色彩選別、洗米與包裝。本專題研究用風險評估理論，評估出稻米碾製流程中需要關切的步驟，並予以規範，提升稻米碾製品質。

第二章 稻米碾製流程

台灣地處於亞熱帶，氣候溫暖日照、雨量充沛，極適宜種植水稻，因此水稻就成爲台灣最主要的糧食作物。台灣水稻分兩期耕作，一期在一月至七月，生育期平均 120 天，二期在七月至十二月，生育期平均 100 天，生育期天數不同，主要是種植時的天候，次要是稻米品種而略有差異，台灣西部日照量高，稻穀比較充實飽滿，台灣東部日照量偏低，稻穀品質優良。台灣有 71.6 萬農戶從事稻米生產，種植水稻面積 27 萬公頃，每年稻米生產 164 公噸，佔台灣糧食自給率 32%[4]。種植的區域西部平原涵蓋 6 條主要河川，包括淡水河、大甲溪、大肚溪、濁水溪、曾文溪與高屏溪流域，東部走廊涵蓋 3 條主要河川，包括蘭陽溪、花蓮溪與卑南溪流域，皆是良好種植的場所。

台灣的水稻採播種種植，需經育苗、插秧、除草與施肥等步驟，當秧苗長成水稻成熟後即行收割與碾製，民國 70 年前台灣稻米多使用傳統碾製流程，隨著科技的進步，民國 70 年後，逐漸採用日本或我國自製之烘乾機與自動冷藏設備，此時稻米碾製技術日趨成熟，發展出現代碾製流程，現將傳統稻米碾製流程與現代稻米碾製流程分別敘述如後。

2-1 傳統稻米碾製流程

在台灣在民國 70 年前，稻米碾製幾乎每個步驟都需要人工處理，傳統稻米碾製流程，可分爲六個步驟，分別是曬穀、儲存、粗選、礱穀、精米與包裝。

1.曬穀

水稻收割後，農民將水稻束成一綑，先用打穀機把稻穀從稻葉與稻桿上打下完成脫粒，如圖 2-1 所示，再以手工的方式，將稻葉與稻桿分離，在當時的農村稻葉可製作成繩索，稻桿則分束紮綑，經曬乾可編織成座墊、掃帚或當做茅屋屋頂之材料，尚有多餘之稻葉或稻桿還可做堆肥還田，促進稻田生態循環。

從打穀機中打下脫粒之稻穀爲避免潮濕發霉或發芽，需立即選擇空曠通風之處進行曬穀，如圖 2-2 所示。曬穀時要把稻穀平鋪於地面，每隔一段時間就要翻

動，其目的要使陽光可充分地曬到每粒稻穀，正常曬穀時間約一星期。有經驗的農夫在曬穀時，會隨機選擇幾粒稻穀在嘴中咬一咬，就可判斷這些稻穀中的水分含量，若軟硬適中便停止曬穀。

由於曬穀要持續數天才能完成，爲避免晚間露水影響稻穀品質，到了傍晚農夫需用栗鈀將稻穀堆起來，蓋上帆布以防雨水及濕氣，隔天上午再將稻穀鋪開來曝曬，曬穀完成後，則使用風鼓機(如圖 2-3 所示)，將曬乾的稻穀從上方漏斗倒入，搖動風扇，藉由風力將空心的稻穀及稻葉與草屑清除，留下的則是乾淨飽實的稻穀，之後就可將這些稻穀送至碾米廠銷售。



圖2-1　打穀機



圖2-2　曬穀



圖2-3　風鼓機

2.儲存

將曬穀後之稻穀送至碾米廠中的米倉儲存，爲了保持稻穀的品質，米倉的通風以及溼度一定要控制良好，因此傳統米倉儲存皆以布袋分袋包裝，並將分袋包裝的稻穀一袋袋的疊放，如圖 2-4 所示，當需要舂穀時，再依先進先出的順序取出布袋執行粗選。



圖2-4　米倉

3.粗選

將布袋中的稻穀倒入輸送帶上，此時正式進入碾米階段後，輸送帶的上方設置有鼓風機，使用強風不飽滿的稻穀先行除去，稱爲粗選。

4.礱穀

經過粗選後的稻穀米粒飽滿，此時在輸送帶上的稻穀則進入礱穀機，在礱穀機中有兩個滾筒間，藉由彼此逆轉所產生的逆拉力，將稻殼拉開扯破達到去殼的功能，稻穀碾去稻殼後就稱爲糙米，將稻穀去殼的過程就稱爲礱穀。

5.精米

糙米雖有充足之養份，但外觀與口感不佳，不受大眾喜愛，因此還須利用機器碾去糙米表面層之皮部(米糠層)，這時的米粒仍保有胚芽，稱爲胚芽米。胚芽米還須要將胚芽碾去，只剩下胚乳就稱爲白米。糙米碾製皮部與胚芽成爲白米，大約需要來回碾製六到七次，此時白米的大小只剩下原來稻穀的 70%左右，這個過程稱爲精米。

6.包裝

稻穀碾製成白米後，完成包裝就可販賣。傳統碾米場所碾製完成的白米都放置在米箱中，等民眾需要時，依實際的數量以升斗出售，如圖 2-5 所示。



圖2-5　米箱

2-2 現代稻米碾製流程

民國 70 年後台灣的經濟已有顯著的成長，農村多採用機械化裝備從事插秧與收割，同時各大碾米廠已開始採用台灣或日本製造的碾米機器，採自動化方式生產，並以電腦程式精確控制，達到高品質碾製的需求，有別於傳統稻米碾製流程較爲精緻且具有效率，稱爲現代稻米碾製流程，共分爲八個步驟，分別是檢驗、烘乾、冷藏、礱穀、精米、色彩選別、洗米與包裝，現分述如後。

1.檢驗

水稻成熟後農民使用收割機，在稻田中一次完成收割與脫粒，並將稻穀及中，將集中之稻穀用卡車送至碾米廠後，碾米廠會先取 1 公升的稻穀用量穀機測量其重量，亦即把稻穀的重量除以體積得到容重量，由容重量可以得知此批稻穀的飽滿與紮實度，由稻殼的飽滿與紮實度，就可估算出這批稻穀碾成白米的品質，而給予不同的收購價錢。理論上容重量愈重者，碾製成白米的品質就愈佳，稻穀完成品質檢驗後，載滿稻穀之卡車即行秤重，秤重後即將此批稻穀運送至碾米廠卸料口如圖 2-6 與 2-7 所示。



圖2-6　碾米廠卸料口



圖2-7　載滿稻穀之卡車在卸料口卸下稻穀

2.烘乾

碾米廠卸料口下方有一輸送帶，卸下之稻穀直接運送至烘乾機中，如圖 2-8 所示，烘乾機有五個機台，每個機台可提供不同品種的稻穀，如秈稻、粳稻或糯稻分別進行烘乾，亦即不同品種的稻穀由輸送帶分送到不同的機台注入口中，由於五個機台分別在不同的位置，當輸送帶運送至後面機台(第五個機台)時，會依序經過前面機台的注入口(前四個機台)，這些機台注入口的閘門必須關閉緊鎖，用以防止在輸送的過程中，不同品種的稻穀掉落在其它機台內，產生不同稻穀品種混合的缺失。

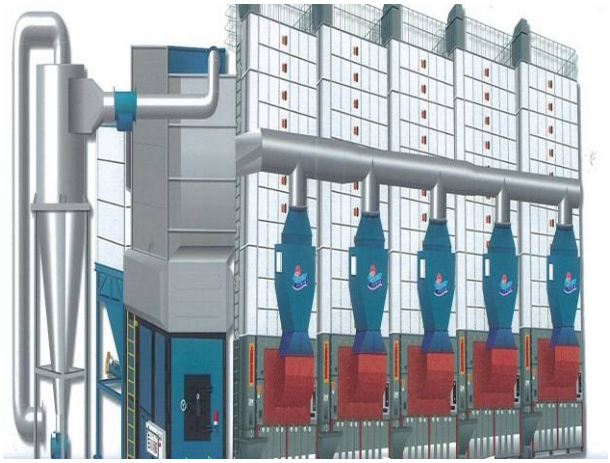


圖2-8　烘乾機

一般台灣製造的烘乾機，每個機台每批次可烘乾 30,000 公斤的稻穀，烘乾機的原理是燃燒稻殼或煤油產生熱源，藉由股風機將熱源送入烘乾機台內，稻穀在

每個機台內先，由底部藉斗升機帶動，輸送至烘乾機台頂端，再由高處從管路中垂直落下，並施予熱風使之乾燥，周而復始重複上述動作，直至達到烘乾程度爲止。

當一批稻穀要進行烘乾前，需先用單粒水分測試計(如圖 2-9 所示)，來檢測該批稻穀中的平均水分含量，也就是測量烘乾前該批稻穀的濕度，當然稻穀的溼度視天候與稻穀成熟度而有所差異，通常在 32-23%之間。這樣的檢測，係做爲烘乾前火候設定的參考，當稻穀進入烘乾機時，還要考慮該批稻穀生育期的長短、收割期間的天候與稻穀成熟度等因素，來掌控烘乾期間的火侯，因爲火侯控制不當，會影響稻穀中米粒成分的改變。若火侯過高，稻穀會產生胴裂米質變差，若烘乾時間不足，稻穀在冷藏儲存時則會因溼度產生熱量，造成熱損害，除了穀粒變黃，還會產生對人體有害之黃麴毒素。

當稻穀進入烘乾的過程，要確實的掌控烘乾期間正確的火侯，烘乾機內設置有一水分測試計，一定的時間要對該批稻穀取樣做一次精確的水分含量測試，依稻穀水分含量在面板上執行溫度的設定，若該批稻穀烘乾後需要冷藏處理，烘乾機內稻穀目標溼度要爲 15.5%，若該批稻穀烘乾後要放入太空包儲存，則目標濕度要更低爲 13-14%。

稻穀一但進入烘乾機後，需較長的時間進行烘乾，平均 15 小時，當烘乾致一段時間後，愈接近設定的濕度時，愈要密集的使用水分測試計，來檢測稻穀的濕度，以期能及時充分掌控稻穀濕度，達到目標濕度。經驗顯示台灣一期稻作(一月至七月)稻穀中的含水量較多，烘乾花費的時間較二期稻作(七月至十二月)爲長。



圖2-9　單粒水分測試計

3.冷藏

稻穀經烘乾後有兩種儲存方式，一爲藉由輸送帶送至低溫冷藏庫中儲存，如圖 2-10 所示，一爲直接注入太空包儲存。稻穀需要冷藏的原因是，經由烘乾後的稻穀，若在常溫下三個月後，脂肪會變質，細菌與微生物隨之滋生，此時食味質變差，若經由冷藏庫儲存，至少可維持六至八個月的優質米質，因此低溫冷藏庫儲存，可使稻穀在儲存過程中保有較佳的口感。

爲了確保稻穀冷藏品質，冷藏桶內溫度需控制在 14˚C-18˚C，冷藏庫使用的原理爲使用冷氣機，將冷氣出口藉由通風管線進入冷藏庫中，在一個冷藏庫中有 33 個冷藏桶，每一冷藏桶四周皆由鐵板焊接組成，可冷藏 100,000 公斤的稻穀，33 個冷藏桶分別由各自的通風管線提供冷氣，由閘門控制，以不同之時段，分批由冷藏桶底部由下往上注入冷氣。冷氣機出口溫度爲 4˚-6˚C，但送到各個冷藏桶時，溫度一定會比出口溫度要高，夏天天氣較熱要持續分批供給不同的冷藏桶較多的冷氣，冬天溫度下降則視外界溫度分批注入除濕乾燥空氣即可。



圖2-10　冷藏庫

4.礱穀

礱穀的目的是要將稻殼從稻穀上剝離，礱穀前先將冷藏的稻穀取出，在粗選機上利用輸送帶的振動與鼓風機產生之風力，將與稻穀比重不同之石塊與雜物從輸送帶上移除，如圖 2-11 所示，之後才正式進入礱穀階段。輸送帶將去除石塊與雜物之稻穀送入礱穀機內，如圖 2-12 所示，礱穀機內有兩個滾筒，藉由馬達產生相對滾動，將稻殼從稻穀上扯破拉開。由於現代碾製流程講就品質，礱穀的力道不能太大，太大會將稻穀碾成碎米粒，因此比起傳統的礱穀技術精密許多，需要

來回在礱穀機內碾製七至八次才可完成，前面幾次將稻殼自稻穀壓鬆扯破，其後幾次才逐漸將稻殼拉開剝離，最後將稻殼完全去除。被除去的稻殼，由輸送帶收集，送至存放桶中集中，可加工製造成爲肥料、免洗餐具或是當做烘乾的燃料，脫殼的稻米稱爲糙米，則由升降機收集，至糙米桶集中儲存。

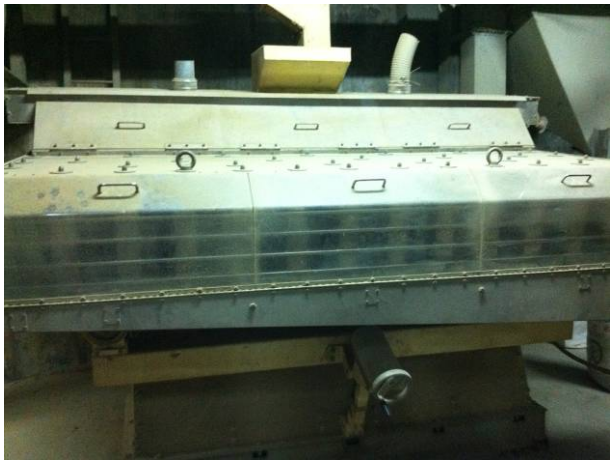


圖2-11　礱穀粗選機



圖2-12　礱穀機內有兩個滾筒，藉由馬達帶動產生相對滾動

5.精米

稻米經礱穀後稱爲糙米，糙米纖維粗糙，需經過精米機(如圖 2-13 所示)再碾去皮部與胚芽才可出售，精米的過程是糙米在精米機中與金剛石研磨用以削去皮部與胚芽，此時產生皮部與胚芽之纖維，在精米機中則使用空氣吹到精米機的米網上，再由高壓空氣定期將米網上的纖維收集稱爲細糠。糙米經研磨後，再經碎米篩選，藉由振動方式使用濾網將不飽滿的碎米粒做初次過濾，留下的米粒飽滿

扎實，此步驟稱爲精米。



圖2-13　精米機

6.洗米

糙米去掉皮部與胚芽後稱爲白米，在精米過程中白米的表層一定尙有殘留一些細糠纖維，因此須經由洗米步機將其清洗乾淨，洗米的過程係將白米分送到不同如沙漏般的洗米槽中，洗米機噴出霧狀的水氣，立即將殘留細糠纖維洗淨，再用強風加以風乾順便拋光，如圖 2-14 所示，此步驟稱爲洗米。



圖2-14　洗米機

7.色彩選別

當完成洗米過程後，接下來的步驟就要將外相(包括米粒飽滿程度、色澤與透明度)不佳的米粒剔除，使用的裝備爲色彩選別機，如圖 2-15 所示。米粒進入色彩選別機後，先會在不同的滑道中振動，使其在溝槽內依序排列，從溝槽中以簾狀瀑布方式落下，如圖 3-11 所示，米粒落下同時，即啓動色相辨識子系統中的照

射燈管、光學鏡頭與攝影機及色相判定處理器等組件，照射燈管對落下之米粒以頻譜的方式進行色彩選別，若發現顏色或形狀外相不佳的米粒，則啓動氣壓噴嘴吹出空氣，將其外相不佳之米粒吹出簾狀瀑布之外，至不良米暫存區域不良米收集區中。米粒經過色彩選別機鑑別後分辨出的優質白米與外相不佳的米粒如圖2-16 所示。經過色彩篩選後的優質白米即可包裝出售，外相不佳的米粒及碎米經收集後可做爲加工飼料。

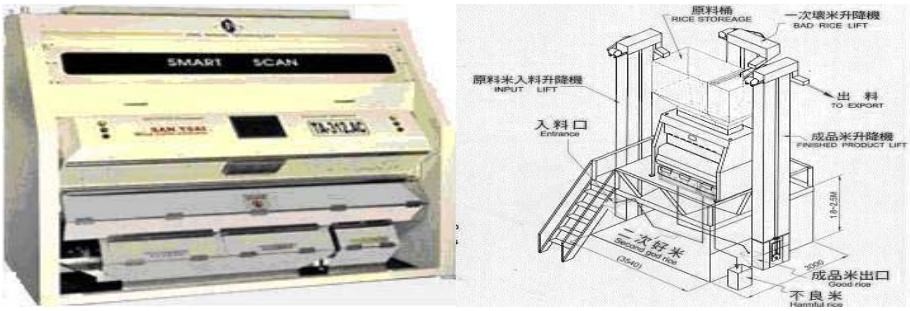


圖2-15　色彩選別機及其架設位置

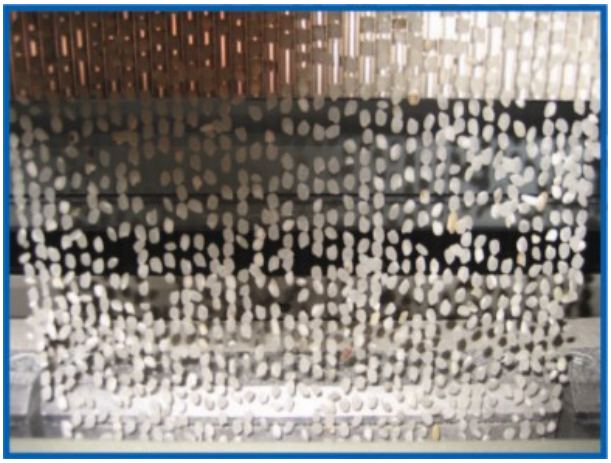


圖2-16　色彩選別機溝槽中之米粒以廉狀瀑布方式落下

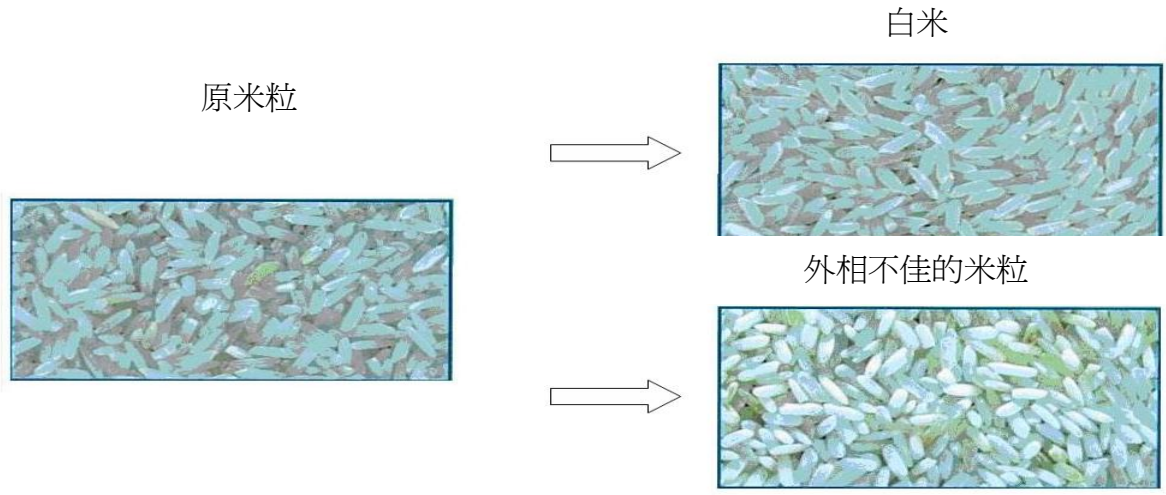


圖2-17　色彩選別機鑑別後的白米與外相不佳的米粒

8.包裝

經色彩選別機選擇過後之優質白米，表示品質皆達到既定之水準，此時由輸送帶送至高架儲存桶中，以現代化的包裝機器進行分袋包裝，包裝是由電腦控制，以半自動的方式操作，只要在包裝機上的觸控面板上，設定所需要包裝稻米的重量，電腦即可精準的計算出自高架儲存桶中注入米袋中白米的重量，經人工封口後，即可包裝即出售，如圖 2-18 所示。



圖 2-18　白米包裝機

第三章 利用風險評估理論找出稻米碾製流程需要關切的步驟

風險(Risk)這個名詞各個不同的領域都有不同的解釋，財務學者 Philippe Jorion(2007)稱風險爲對資產或負債價值非預期結果之波動[6]；經濟學者 Knight(2009)稱風險爲可測定之不確定性[7]；保險學者 Willett(1951)稱風險爲某種不幸事件發生與否之不確定性，分爲靜態(static risk)與動態(dynamic risk)兩類[8]；工程學者 Snider(1992)稱風險爲損失之不確定性[9]；綜合以上的論述，可知風險即爲針對某種損失發生之不確定性，有二個指標，即事件發生的嚴重程度與事件發生的機率。本章首先探討稻米碾製流程風險評估的方法，接著運用此方法在稻米碾製流程的八個步驟中找出需要關切的步驟，現敘述如後。

3-1 稻米碾製流程風險評估的方法

本專題依循現代稻米碾製流程的八個步驟，使用事件發生的嚴重程度與事件發生的機率兩個指標，對億源碾米廠進行碾製流程之風險評估，用以評定各步驟的風險等級；其中事件發生的嚴重程度指標(P_C)，本專題研究分爲四個等級，分別是非常嚴重、嚴重、稍微有狀況與狀況可忽視，其嚴重程度指標相對的描述如表 1 所示；事件發生的機率指標(P_F)，本專題研究分爲五個等級，分別爲有可能、可能、偶爾、不太可能與幾乎不可能發生，其事件發生的機率指標描述如表 2 所示；兩個不同的指標等級愈高，表示事情發生愈是嚴重或是發生的機率愈高。

表 3-1 事情發生的嚴重程度指標分爲四個等級

等級	說明	稻米碾製過程嚴重程度描述
4	非常嚴重	碾製功能失效，稻米品質產生嚴重影響
3	嚴重	碾製功能故障，稻米品質受到影響
2	稍微有狀況	碾製功能瑕疵，稻米品質稍受影響
1	狀況可忽視	碾製功能稍有不順，稻米品質未受影響

表 3-2 事件發生的機率指標分爲五個等級

等級	說明	發生機率(%)
5	有可能發生	1-0.1
4	可能發生	0.1-0.001
3	偶爾發生	0.001-0.00001
2	不太可能發生	0.00001-0.000001
1	幾乎不可能發生	<0.000001

本專題邀請億源碾米廠廠長、工程師、作業員及專題指導老師共五位，如表 3 所示，針對稻米碾製流程的每道步驟確實檢討，找出該步驟可能發生的事件，再針對這些可能發生的事件、發生的嚴重程度與事件發生的機率等級分別在四等及五等量表中評分，如表 3-4 所示。

表 3-3 參與稻米碾製流程五位評分人員及其評分權重

填寫人員職稱	人數	權重
廠長	1	30%
工程師	1	20%
作業員	2	20%
專題指導老師	1	30%
總合	5	100%

表 3-4 依稻米碾製流程的八道步驟進行嚴重程度與機率等級評分

步驟	稻米碾製流程	可能發生的事件	嚴重程度與機率等級評分	
1	檢驗	容重量計算錯誤影響收購價格及稻米品質	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
2	烘乾	火候控制不當，稻穀中米粒成份改變	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
3	冷藏	溫度控制不當，細菌與微生物滋生，食味質變差	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
4	礱穀	稻殼脫離不完全或碾成碎米粒	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
5	精米	皮部纖維與胚芽去除不完整，或不飽滿的碎米過濾不完全	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
6	洗米	細削與細糠清洗不完全	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
7	色彩選別	無法順利找出不同色澤、不同透明度或不飽滿的外相不佳米粒	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□
8	包裝	包裝重量有所偏差	嚴重程度	1.□ 2.□ 3.□ 4.□
			機率等級	1.□ 2.□ 3.□ 4.□ 5.□

當五位評分人員針對表 4 評分後，依表 3 之權重計算，即得到事件發生的嚴重程度等級在四等量表中之評分(μ_C)及事件發生的機率等級在五等量表中之評分(μ_F)，如表 5 所示。用 μ_C 與 μ_F 就可計算事件發生的嚴重程度指標(Pc)與事件發生的機率指標(P_F)，再將此兩指標整合成綜合風險指標(P_T)，如表 6 綜合風險指標(P_T)欄，由綜合風險指標就可判定稻米碾製流程的八道步驟中，那些步驟是否需要關切的步驟，現將使用的公式說明如下：

$$P_{\mathrm{T}} = \sqrt{P_C^2 + P_F^2} \quad (1)$$

$$P_C = \frac{\mu_C - \min}{R_{\mathrm{C}}} \quad (2)$$

$$P_F = \frac{\mu_F - \min}{R_{\mathrm{F}}} \quad (3)$$

其中 P_T 爲綜合風險指標，其值爲 0 至 1.414 之間

P_C 爲事件發生嚴重程度指標

P_F 爲事件發生機率指標

μ_C 爲評定出事件發生的嚴重程度等級在四等量表中之評分

μ_F 爲評定出事件發生的機率等級在五等量表中之評分

min 爲 k 等量表最小值，訂定爲 1

R_C 與 R_F 爲 k 等量表之全距，即爲 $R_C = 3$， $R_F = 4$

表 3-5 五位評分人員評分取權重

		廠長	工程師	作業員1	作業員2	專題老師	Total
權重		30%	20%	10%	10%	30%	100%
步驟 1	嚴重程度等級(μ_C)	2	1	3	1	1	1.5
	機率等級(μ_F)	1	2	3	1	1	1.4
步驟 2	嚴重程度等級(μ_C)	2	2	2	2	2	2.0
	機率等級(μ_F)	3	3	2	2	2	2.5
步驟 3	嚴重程度等級(μ_C)	3	2	3	2	2	2.4
	機率等級(μ_F)	2	2	2	2	2	2.0
步驟 4	嚴重程度等級(μ_C)	1	2	2	2	1	1.4
	機率等級(μ_F)	1	2	2	1	1	1.3
步驟 5	嚴重程度等級(μ_C)	1	2	1	3	2	1.7
	機率等級(μ_F)	1	2	1	2	1	1.3
步驟 6	嚴重程度等級(μ_C)	1	1	2	2	1	1.2
	機率等級(μ_F)	1	1	1	2	1	1.1
步驟 7	嚴重程度等級(μ_C)	2	2	3	2	2	2.1
	機率等級(μ_F)	3	2	2	2	2	2.3
步驟 8	嚴重程度等級(μ_C)	1	1	2	2	1	1.2
	機率等級(μ_F)	1	1	2	2	1	1.2

表 3-6 稻米碾製流程八個步驟綜合風險指標

步驟	稻米碾製步驟	可能發生的事件	嚴重程度等級 (μ_c)	發生機率等級 (μ_F)	嚴重程度指標 (P_C)	發生機率指標 (P_F)	綜合風險指標 (P_T)
1	檢驗	容重量計算錯誤影響收購價格及稻米品質	1.5	1.4	0.17	0.1	0.20
2	烘乾	火候控制不當，稻穀中米粒成份改變	2.0	2.5	0.33	0.28	0.43
3	冷藏	溫度控制不當，細菌與微生物滋生，食味質變差	2.4	2.0	0.47	0.25	0.53
4	礱穀	稻殼脫離不完全或碾成碎米粒	1.4	1.3	0.13	0.08	0.15
5	精米	皮部纖維與胚芽去除不完整或不飽滿的碎米過濾不完全	1.7	1.3	0.23	0.08	0.24
6	洗米	細削與細糠清洗不完全	1.2	1.1	0.07	0.03	0.08
7	色彩選別	無法順利找出不同色澤、不同透明度或不飽滿的外相不佳米粒	2.1	2.3	0.37	0.33	0.50
8	包裝	包裝有所偏差	1.2	1.2	0.07	0.05	0.09

3-2 找出需要關切的步驟

依據綜合風險指標P_T的值，本專題研究將綜合風險指標區分爲A至E五個區域，分別是 [1.00, 1.414]屬A區，[0.75 , 1.00]屬B區，[0.50 , 0.75]屬C區，[0.25 , 0.5]屬D區，[0 , 0.25]屬E區。由於綜合風險指標係由事件發生機率指標(P_F)與事件發生嚴重程度指標(P_C)所組成，用此兩指標一個當橫軸，一個當縱軸，就可繪製成棒球場分析圖，左下角本壘座標爲(0, 0)，右上角最大外野座標爲(1, 1)。從A至E五個區所代表的意思是，A區爲最高風險區，若事件落點在此，需花費絕對的資源進行改善；B區爲高度風險區，若事件發生在此，需花費重要的資源進行改善；C區爲中度風險區，若事件落點在此，需加注資源加以改善；D區爲低度風險區，屬於需要隨時多加關注的可接受範圍；E區爲幾乎無風險區。現將稻米碾製流程

八道步驟事件發生嚴重程度指標值與事件發生機率指標值置入棒球場分析圖中，如圖 3-7 所示。

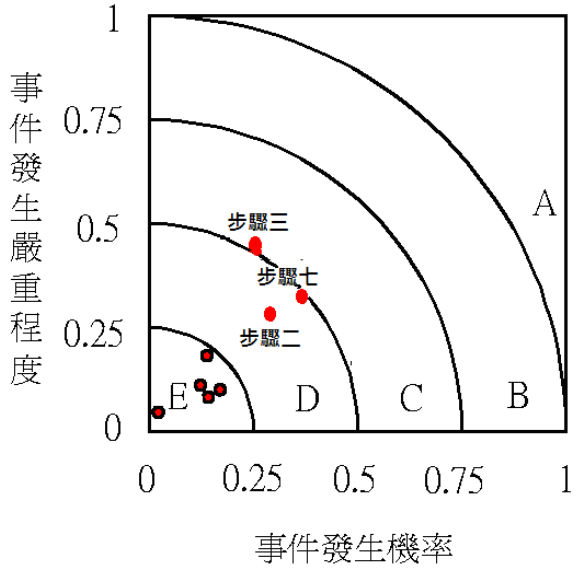


圖 3-7 稻米碾製流程綜合風險指標棒球場分析圖

由圖 25 得知，稻米碾製八道步驟中有三個步驟，分別是步驟三冷藏與步驟七色彩選別，落在具有中度風險的 C 區，步驟二烘乾則落在具有低度風險的 D 區，這三個步驟因爲接未落在幾乎無風險的 E 區，就能成爲本專題研究在執行稻米碾製流程中需要關切的步驟，針對這些需要關切的步驟加以改進，即可提升稻米碾製品質。

3-3 從需要關切的步驟找出重要因素

針對這三個稻米碾製流程需要關切的步驟，本專題使用特性要因圖進行分析，以期從 1.步驟三冷藏；2 步驟七色彩選別與 3.步驟二烘乾，這三個需要關切的步驟中，找出重要的因素，如圖 3-8 所示。

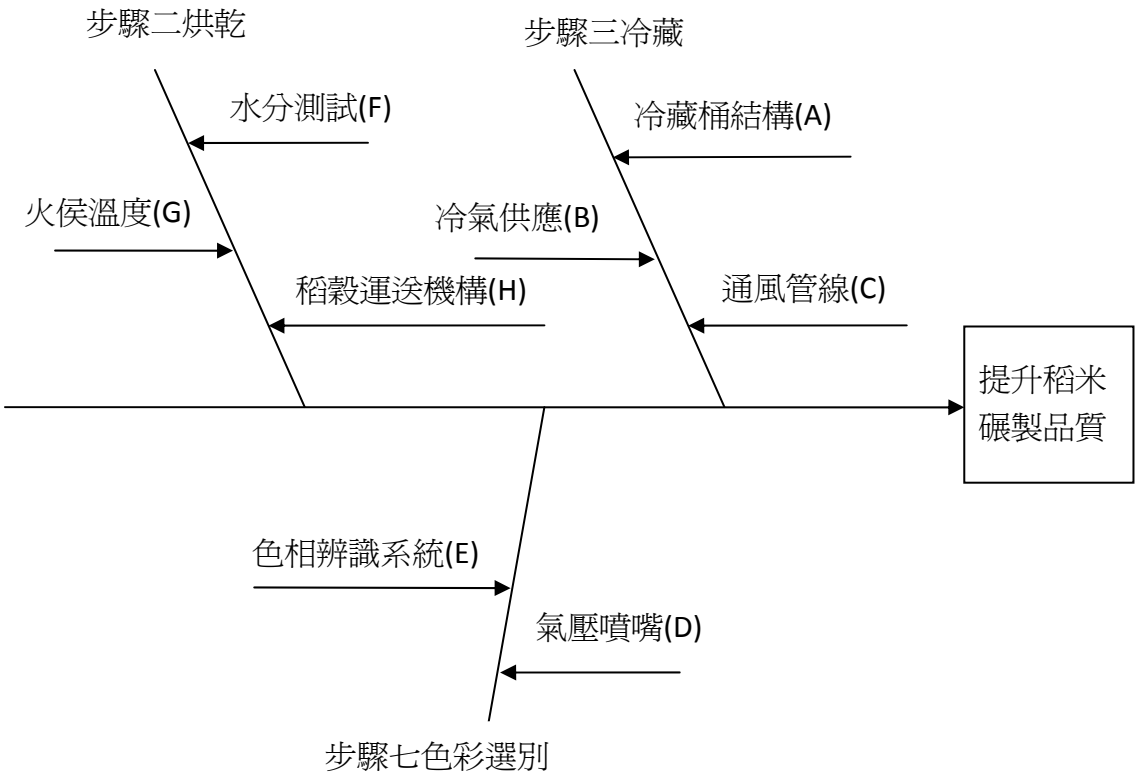


圖 3-8 提升稻米碾製品質特性要因圖分析

1.步驟三冷藏，係稻穀烘乾後由輸送帶送至低溫冷藏庫中儲存，在此步驟中有三個 重要因素會造成冷藏的失效，分別是：

(1)冷藏桶結構(A)

一個冷藏庫內有 33 個冷藏桶，每一冷藏桶都是由四塊大鐵板焊接而成，長期冷藏儲存 100,000 公斤的稻殼，因爲重量過重容易導致鐵板變形，甚至漏風，部份稻穀就會失去冷藏的功能。

(2)冷氣供應(B)

因冷藏庫的冷風都是靠冷氣機送進來的，所以冷氣的供應十分重要，若冷氣供應不足會使在冷藏庫中的稻穀因溫度過高，而產生熱損壞，穀粒變黃。

(3).通風管線(C)

在冷藏庫中有 33 個冷藏桶，都由同一冷氣機藉由通風管線提供冷氣，在冷藏桶入氣口用閘門控制，分批供給冷氣即使冷氣供應正常，若通風管線阻塞或是閘門控制失效，冷氣就送不進去冷藏桶或是每個冷藏桶的溫度掌控不

易，使稻穀冷藏效果變差。

2.步驟七色彩選別，係利用照射燈管將螢光照射到似簾狀瀑布落下之米粒上，再用光學鏡頭與攝影機，依米粒頻譜進行色彩篩選，對外相不佳之米粒用壓力噴嘴，將米粒至汽洞中剔除，在此步驟中有兩個重要因素會造成色彩選別的不良，分別是：

(1)氣壓噴嘴(D)

因色彩選別是藉由高壓空氣透過氣壓噴嘴將不良米吹出剔除，若高壓空氣壓力不足或氣壓不足鈍化，則剔除不掉外相不佳之不良米，導致生產的稻米品質降低；若高壓空氣壓力過大，則會將不良米四周的合格米一併剔除，造成浪費。

(2)色相辨識系統(E)

色相辨識系統包括有照射燈管，光學鏡頭與攝影機及色相判定處理器等組件，若此等組件損壞皆會產生光學頻譜偏移，使外相不佳之米粒不易辨別，導致白米品質不佳。

3.步驟二烘乾，係在測量平均溼度檢測後做爲乾燥時火侯推測設定的依據，而稻米在運送至機台中有三個重要因素會造成烘乾品質不良分別是：

(1)水份測試(F)

稻穀在進行烘乾前要使用單粒水份測試計來檢測平均水份含量，作爲烘乾前火候設定的參考，若水份測試不正確，會對其後烘乾機溫度與參數的設定產生變數。

(2)火侯溫度(G)

影響稻穀中米粒成分的改變，若火侯過高，稻穀會產生胴裂米質會變差，若烘乾時間不足，稻穀在冷藏儲存時則會因溼度產生熱量，產生對人體有害之黃麴毒素。

(3)稻穀運送機構(H)

因爲一部烘乾機有五個機台，每個機台可提供不同品種的稻穀烘乾，輸送帶將不同品種的稻穀由內向外，運送到不同的機台中，若輸送帶在運送稻

穀時不夠順暢，或輸送帶通過不同機台時，該機台注入口閘門關的不夠緊閉，此時稻穀就會掉落到經過的機台內，造成不同品種的稻穀混合。

在上述三個稻米碾製流程需要關切的步驟中，本專題研究分別找出八個重要因素，分別是：A.冷藏桶結構；B.冷氣供應；C.通風管線；D.氣壓噴嘴；E.色相辨識系統；F.水份測試計；G.火侯溫度與 H.稻穀運送機構。接著本專題研究要將使用品質機能展開的技術，再從這八個重要因素中找出關鍵因素。

第四章由品質機能展開技術找出關鍵因素

在第三章中本專題利用風險評估的理論，找出稻米碾製流程有三個需要關切的步驟，並針對這三個需要關切的步驟用特性要因圖，分別八個重要因素，接著本章要用品質機能展開的技術，針對這八個重要因素，再找出數個關鍵因素本章分兩部份敘述如後：1.品質機能展開理論說明；與 2.運用品質機能展開技術找出稻米碾製流程關鍵因素。

4-1 品質機能展開理論說明

品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)的意義，是要將顧客對產品的需求，轉換爲產品開發的過程，藉由組織機構內各機能部門人員的參與，依顧客對產品的要求，開發產品、服務或精進流程。品質機能展開的技術肇始於 1966 年日本石橋輪胎株式會社，1972 年日本三菱公司神戶造船廠於引進此技術，1983 年此技術推展到美國福特汽車公司，之後逐漸受到歐美工業界的重視。

品質機能展開所使用的工具稱爲品質表(quality tables)或稱品質屋(quality houses)，品質屋的概念係將顧客對產品的需求，相對於品質重要因素，繪製成關係矩陣加以分析計算，找出開發產品、服務或精進流程的關鍵因素，其理論架構 Hauser and Clausing (1998)指出包括六部分[5]，如圖 4-1 所示，現分述如後。

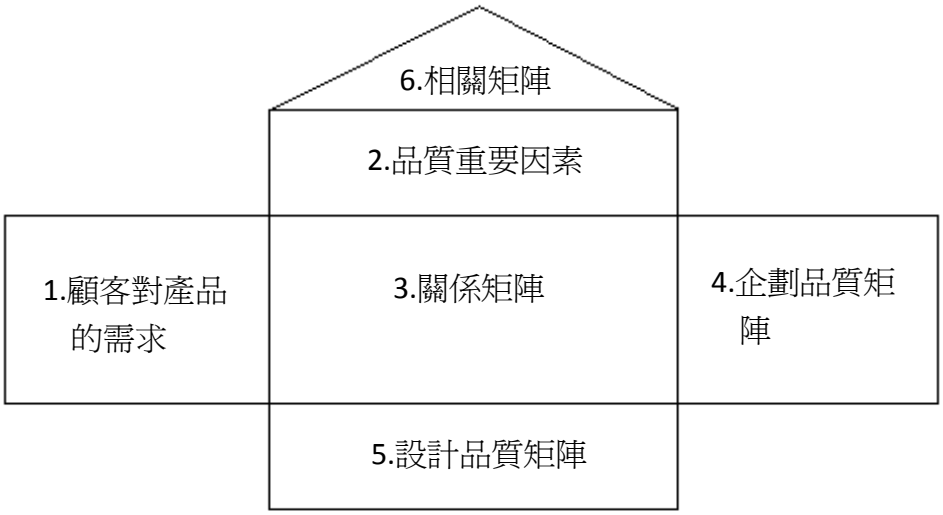


圖4-1 品質屋架構

1.顧客對產品的需求

所謂顧客對產品的需求，就是要知道顧客的聲音(voice of customer, VOC)或意見，具體作法是將顧客的需求一一紀錄列舉，再區分爲主要產品需求，次要產品需求，再次要產品需求等項目。

2.品質重要因素

品質重要因素是從顧客對產品的需求轉換而來，要轉換成企業內部或工程上聽得懂的語言，因此企業內要做跨部門的協調與溝通，確實瞭解顧客對產品的需求，方可擬定解決的方案。品質重要因素通常以顧客對產品的需求，用可量測的方式來表示，例如顧客對可攜式電子產品主要產品的需求爲操作方便、容易攜帶與可靠度高，則品質重要因素就可用形狀、尺寸、輕便與耐久來測量。

3.關係矩陣

接著要將顧客對產品的需求與品質重要因素之對應關係繪製成關係矩陣，在關係矩陣中對應關係低者，彼此爲低度相關，用符號 △ 表示，給予 1 的數值；對應關係中者，彼此爲中度相關，用符號 ○ 表示，給予 3 的數值，對應關係高者，彼此爲高度相關，用符號◎表示，給予 5 的數值，如圖 4-2 所示。

品質要素 / 顧客對產品的需求	形狀	尺寸	輕便	耐久
操作方便	◎	◎	◎	
容易攜帶	△	△	◎	◎
可靠度高				◎

◎：高度相關，數值 5

○：中度相關，數值 3

△：低度相關，數值 1

圖4-2　關係矩陣

4.企劃品質矩陣

企劃品質矩陣考量的議題有：(1)依據市場評價，決定顧客對產品的需求重要程度；(2)將公司要開發的產品與主要競爭對手做市場競爭分析與評估；(3)決定產品品質水準，擬定產品銷售方案，做好產品企劃；(4)依顧客對產品的需求，其重要程度、市場競爭與品質企劃三者賦予權數，得到顧客對產品需求的綜合評價。

5.設計品質矩陣

設計品質矩陣係要決定產品設計的品質，首先要考量品質重要因素其重要的程度，決定的方式係將關係矩陣中的對應關係與顧客對品質的要求的權數相乘，然後縱向累計可就得知品質重要因素的重要程度，如圖 4-3 所示。其次將品質重要因素的重要程度與主要競爭對手市場競爭分析與評估加以比較，即可決定要開發的產品、服務或精進流程其優先順序。

品質要素 / 顧客對產品的需求	形狀	尺寸	輕便	耐久	權數
容易使用	◎	◎	◎		30
攜帶容易	△	△	◎	◎	25
長期使用				◎	25
重要程度	175	175	275	250	

◎：高度相關，數值 5

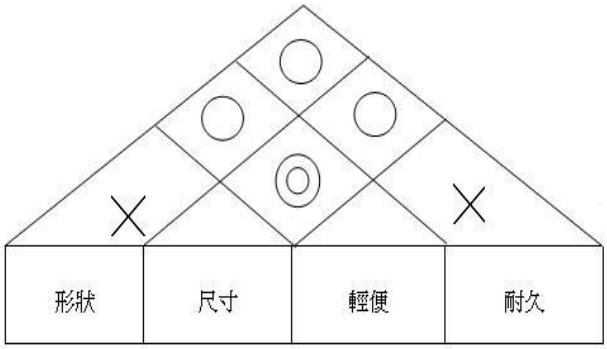
○：中度相關，數值 3

△：低度相關，數值 1

圖4-3　設計品質矩陣

6.相關矩陣

相關矩陣在顯示品質重要因素間的關連程度，可作爲產品設計之用，如圖 4-4 所示，品質重要因素間的關連程度有正負度或高低度相關之分，亦即有四種可能的組合，分別是正高度相關，用符號◎表示；正低度相關，用符號○表示；負低度相關，用符號╳表示；負高度相關，用符號＊表示。



◎：高度相關

○：低度相關

╳：低度相關

＊：高度相關

圖4-4　相關矩陣

4-2 運用品質機能展開技術找出稻米碾製流程關鍵因素

由稻米碾製流程風險評估得知，要提升稻米碾製品質有三個步驟需要關切，分別是；步驟三冷藏、步驟七色彩選別與步驟二烘乾，在第三章中本專題研究針對此三道步驟使用特性因圖分析出共有八個重要因素(A 至 H)，由於這八個重要因素與提升稻米碾製品質需要關切的三個步驟有相依關係存在，因此本專題研究將採用品質機能展開表，利用八個重要因素與三個需要關切步驟之關係，從這八個重要因素中找出數個關鍵因素進行改善。

要找出之關鍵因素係依據品質機能展開表中加權權重值(TW_i)之大小而訂，而加權權重值之計算，係以每一個重要因素相對於三個需要關切之步驟之權重值w_i乘以關切指標(δ_i)加總得知，如公式(4)所示

$$TW_i = \sum_{i=1}^{3} (\delta i \times w_i) \quad (4)$$

式中，w_i表每一個重要因素相對於三個需要關切之步驟之權重；

δ_i表關切指標；

TWi 表加權總值。

本專題研究將每一個重要因素相對三個需要關切之步驟之權重值，區分爲五個等級其中極強以 4 表示，強以 3 表示，普通以 2 表示，弱以 1 表示，無關則以 0 表示之；並將三個需要關切步驟相對於八個重要因素繪製成品質機能展開表，如表 7 所示， 在表 7 中Wi爲 4 的有 7 個分別爲冷藏與冷藏結構、冷藏與通風管線、色彩選別與氣壓噴嘴、色彩選別與色相辨識系統、烘乾與水分測試計、烘乾與火侯溫度及烘乾與稻穀運送機構並加以關切，稻米碾製流程中三個需要關切步驟之關切指標 δ_i其值係使用該步驟綜合風險指標(P_T)的值，經計算每個重要因素

加權權重的值如表 4-1TW_i欄位，今選擇加權權重值最大排名前四名，分別是：1.色相辨識系統(E)；2.冷藏庫結構(A)；3.通風管線(C)與 4.氣壓噴嘴(D)，這四項就是提升碾米品質的關聯因素，接下來就要針對此關鍵因素進行改善。

表 4-1 以品質機能展開表找出提升稻米碾製流程之關鍵因素

權重定義w_i 極強 4.0 強 3.0 普通 2.0 弱 1.0 無關 0.0		重要因素								
		關切指標 δ_i	A 冷藏桶結構	B 冷氣供應	C 通風管線	D 氣壓噴嘴	E 色相辨識系統	F 水分測試計	G 火侯溫度	H 稻穀運送機構
需要關切之步驟	冷藏	0.53	4	3	4	1	2	0	1	1
	色彩選別	0.50	2	1	1	4	4	0	1	1
	烘乾	0.43	1	0	1	1	2	4	4	4
加權權重值(TW_i)			3.55	2.09	3.05	2.96	3.92	1.72	2.75	2.75
關鍵因素			2		3	4	1			

第五章針對稻米碾製品質的關鍵因素進行改善

由第四章品質機能展開表分析得知，要提升稻米碾製品質，有四項關鍵因素必須進行改善，分別爲 1.色相辨識系統(E)；2.冷藏庫結構(A)；3.通風管線(B)；與 4.氣壓噴嘴(D)。針對這四項關鍵因素，本專題研究發現有兩項關鍵因素，即色相辨識系統(E)與氣壓噴嘴(D)皆屬稻米碾製流程中色彩選別步驟，可用功能屬性與因果鏈分析法進行整體改善；至於另外兩項關鍵因素，即冷藏庫結構(A)與通風管線(B)屬稻米碾製流程中冷藏步驟，可用系統化創新技術(TRIZ)進行改善，現敘述如後。

5-1 用功能屬性與因果鏈分析法對色相辨識系統與氣壓噴嘴關因素進行改善

由於色相辨識系統與氣壓噴嘴皆屬色彩選別步驟色彩選別機的子系統，因此針對色相辨識系統與氣壓噴嘴執行功能屬性與因果鏈分析前，需先深入瞭解色彩選別機各子系統組件的整體流程，藉由整體流程找出各子系統組件功能屬性之因果鏈，從因果鏈中找出改善方案。

1.色彩選別機各子系統組件整體流程

色彩選別機分爲兩個子系統，一爲色相辨識系統子系統與氣壓噴嘴子系統，在結構上分爲初選與複選兩部份，當稻米進入色彩選別機時，先在滑到中振動導入初選溝槽，並將溝槽內的稻米依序排列，從溝槽中落下，當稻米落下時就形成如簾狀瀑布的米粒平面，米粒依序排列從溝槽中下落量的多寡，係由進米速率控制閥來控制；亦即調整進米速率控制閥可控制色彩選別機的流量，控制閥開的愈大，如瀑布般的米粒前後間距就越愈密，因此流量就愈多，控制閥開的小，如瀑布般的米粒前後間距就愈鬆，流量就愈少。進米速率控制閥可同時控制初選溝槽與複選溝槽的稻米進入色彩選別機的流量。

當稻米進入色彩選別機初選溝槽時，即啓動色相辨識子系統，色相辨識子系統包括照射燈管、光學鏡頭與攝影機及色相判定處理器等組件，此時照射燈管將光源投射到下落如瀑布般的米粒平面，同時針對每一行落下之米粒由攝影

機進行攝影，並將攝影結果同步送至色相判定處理器，色相判定處理器依照射燈管及光學鏡頭與攝影機照相的結果，以辨別米粒飽滿程度、色澤與透明度，來判斷這粒米粒是否爲合格米或不良米，若色相辨識子系統判斷爲合格米則正常落下，落入合格米收集區，若判斷如瀑布般的米粒平面中的某一行之某粒米爲不良米，則立即啓動瀑布底部相對此於不良米序列的氣壓噴嘴子系統。氣壓噴嘴子系統包括噴嘴管線與壓縮機等組件，藉由高壓空氣產生之氣壓可將此不良米吹出至不良米暫存區，由於不良米在如瀑布般的米粒平面下落至噴嘴前方吹出時，有可能會將此不良米四周的合格米一併吹至不良米暫存區，因此需要執行第二次色彩選別。

第二次色彩選別的方法係藉由斗升機，將不良米暫存區的稻米送至複選溝槽，再次經由色相辨識子系統與氣壓噴嘴子系統進行色彩選別，方法同前。若經第二次色彩選別仍判定爲不良米，則氣壓噴嘴就會將不良米吹出至不良米收集區，其稻米色彩選別機各子系統組件整體流程如圖 5-1 所示。

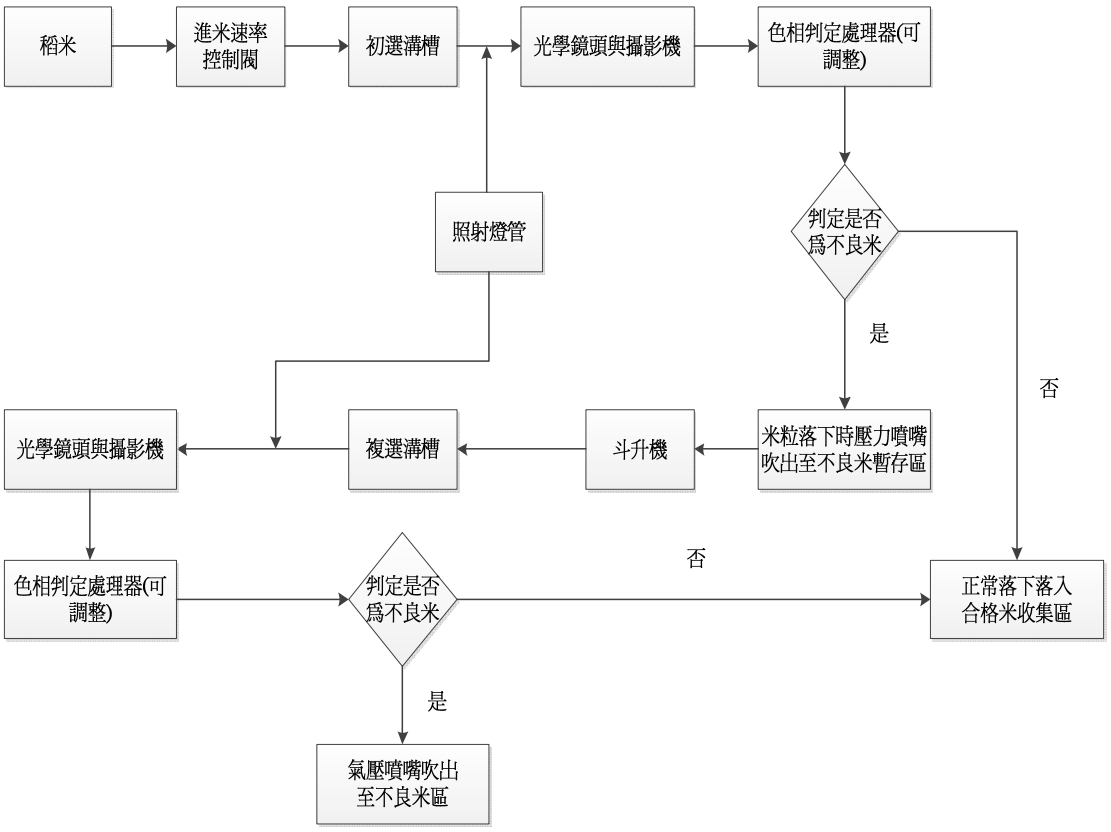


圖5-1 稻米色彩選別機整體流程圖

由於稻米有不同之品種，包括蓬萊米、在萊米與糯米，並且相同的品種亦有不同的色澤與透明度，因此每批稻米進入色彩選別機執行色彩選別時，先要依稻米之品種，調整色相判定處理器用以判別米粒飽滿程度、大小、色澤與透明度的標準，以期找出符合這批稻米最適當的米粒大小、色澤與透明度後，方可正式進入色彩選別的步驟，色彩選別機各組件功能示意圖如圖 5-2 所示。

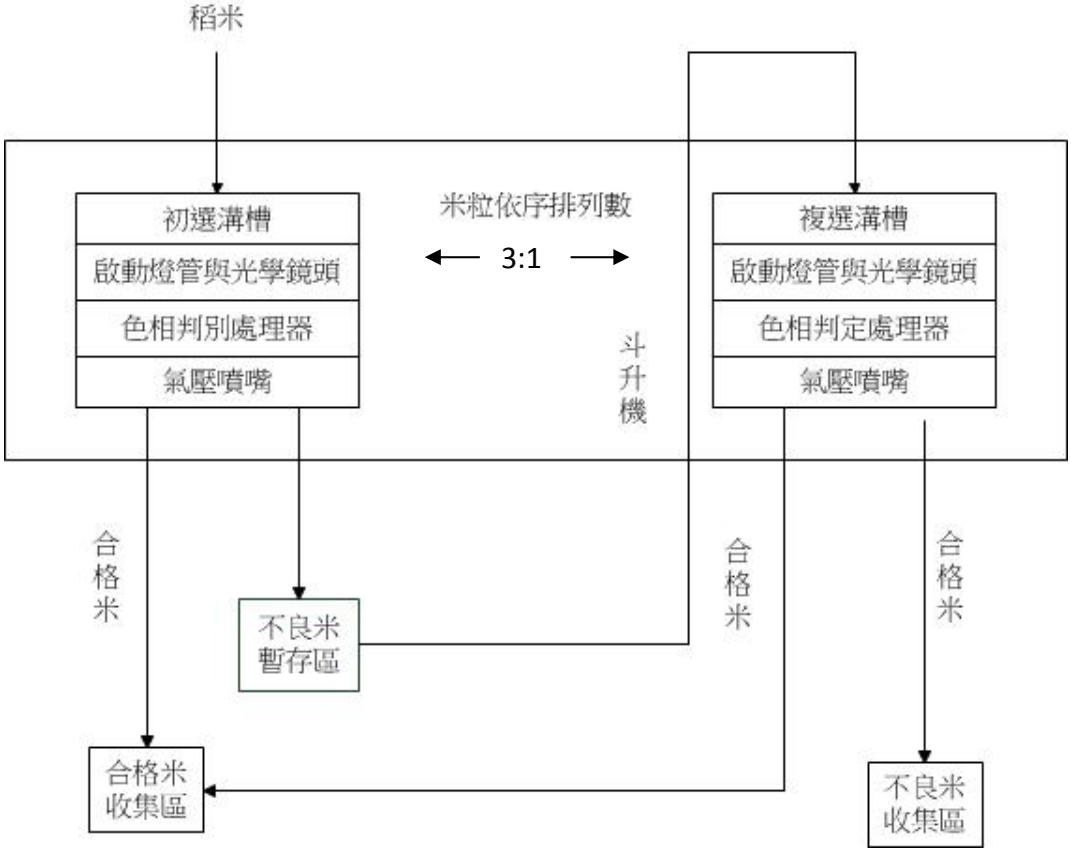


圖5-2 色彩選別機各組件功能示意圖

2.色彩選別機各組件功能屬性之因果鏈

當瞭解色彩選別機整體流程與各組件功能後，接下來就要針對色彩選別機內色相辨識子系統與氣壓噴嘴子系統各組件進行功能屬性分析以期找出因果鏈。所謂功能屬性分析(Function Attribute Analysis, FAA)，係將系統或子系統之組件拆解分離，以辨識組件與組件間之關係，並辨識組件爲主要功能或附屬功能，找出各組件間那些功能與功能間是有益的？而那些功能與功能間會是超過功能的、不足的或是有害的？這些超過、不足或是有害的功能皆稱爲負面功能(negative

function)，從負面功能各組件間的關係，就可找到問題的矛盾點，並針對此等矛盾點解決問題。

本專題研究將稻米色彩選別機整體流程，依各子系統或組件之功能屬性，用框線繪製成功能屬性之因果鏈，執行功能屬性分析如圖 5-3 所示，圖 5-3 中凡組件與組件間流程具有負面功能者(超過功能、不足功能或是有害功能)，皆用其專屬符號標示，凡組件與組件間具流程有負面功能者，此等組件就稱爲色相辨識系統的主要功能組件用雙框線表示，共有五項，分別是進米速率控制閥、照射燈管、光學鏡頭與攝影機、色相判定處理器與噴嘴；其餘的組件就稱爲附屬功能組件用單框線表示。

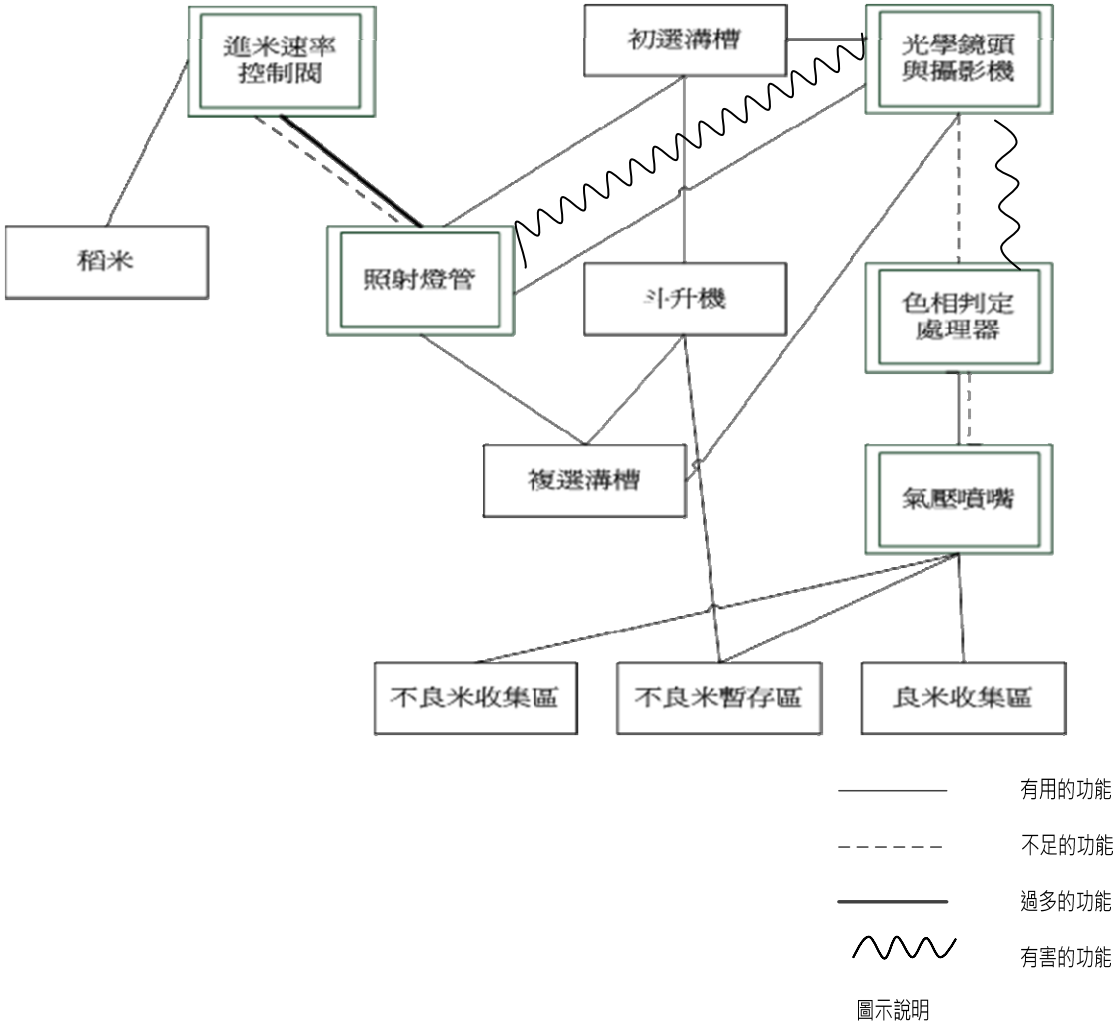


圖5-3 色彩選別機組件功能屬性分析

3.從因果鏈找出色彩選別機改善方案

由色彩選別機各組件功能屬性之因果鏈分析，本專題研究找出色相辨識子系統有四項主要功能組件即，進米速率控制閥、照射燈管、光學鏡頭與攝影機、色相判定處理器；氣壓噴嘴子系統有一項主要功能組件即噴嘴，共計五項，現分別針對此五項主要功能組件找出改善方案，如圖 5-4 所示。

(1)進米速度控制閥

進米速率控制閥可同時控制初選溝糟與複選溝糟流量，若控制不良，有可能會產生不足功能或超過功能，導致如瀑布般的米粒前後間距的過疏或過密。要使控制閥開的適當改善方案爲，稻米在進入初選溝槽時，除了依經驗調整外還要先用初期少部份的稻米先行測試，以確保色彩選別的品質。

(2)照射燈管

照射燈管可產生光源投射到下落如簾狀瀑布般的米粒平面上，若燈管使用過久，可能會產生光源減弱，因而使得光學鏡頭與攝影機照相感光不足產生頻譜偏移。改善方案爲，要定期檢測照射燈管的亮度，使其到達規範 990~1100 流明標準。

(3)光學鏡頭與攝影機

光學鏡頭與攝影機爲對下落如簾狀瀑布般的米粒平面進行攝影，因米粒下落會產生灰塵，會造成鏡頭不潔產生解析度不足功能。改善方案爲，要定期清潔光學鏡頭，並確保攝影機功能正常。

(4)色相判定處理器

色相判定處理器的功能係依據照射燈管及光學鏡頭與攝影機照相的結果，辨別米粒飽滿程度、大小、色澤與透明度，若色相判定處理器的功能不彰，有可能無法辨識合格米或是不良米，而造成不足功能或是有害功能。改善方案爲，需針對每批稻米之品質，作適當的色差調整外，還要先用初期少部分的稻米先行測試，以確保色相判定處理器功能正常。

(5)噴嘴

噴嘴藉由壓縮機產生高壓空氣，將色相判定處理器判定的不良米吹出至不

良米暫存區或不良米區，若噴嘴壓力過大，可能會將不良米四周的合格米一併吹出，若噴嘴壓力過小，有可能無法將不良米吹出，會產生超過或不足功能，改善方法爲定期檢測噴嘴是否鈍化，以及壓縮機中保存的壓力在 2.6-2.8kg/cm^{2}範圍內。

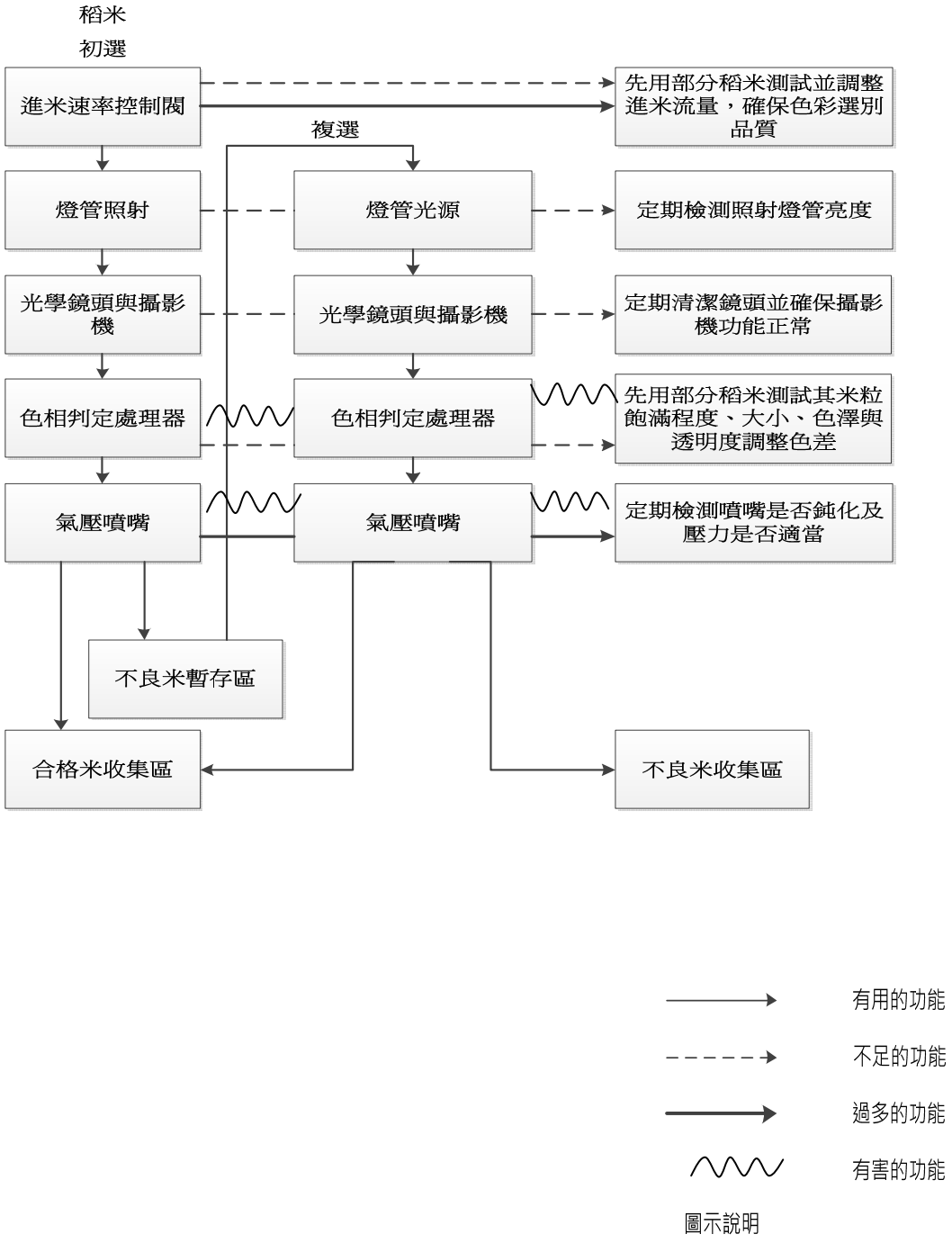


圖5-4　色彩選別機五項主要功能組件關鍵問題解決方案

5-2 用系統化創新技術(TRIZ)對冷藏庫結構與通風管線兩關鍵因素改善

系統化創新技術(TRIZ)源自於俄文 Theoria Resheneyva Isobretatelskehuh Zadach，譯成英文爲 Theory for Solving Inventive Problems，其意爲創意問題解決理論，TRIZ 核心有矛盾矩陣，另爲物質-場分析法。

矛盾矩陣分爲兩種，其一爲技術矛盾，另一爲物理矛盾。技術矛盾係指當系統中一參數(Parameter)改善時，另一參數即產生惡化(變差)，例如亮度與節能，成本與品質。物理矛盾指的是兩參數的對立，例如冷與熱，長與短。當遇到技術矛盾時，可透過矛盾矩陣進行問題剖析與解決；當遇到物理矛盾時，則用不同的分離原則進行解決，解決的方法皆是使用 40 項發明原則[10]。物質-場分析(Substance-Field Analysis)係以模型的方式，針對問題由 76 個標準解找尋求解答案。

本專題研究發現，稻米碾製品質另外的兩個關鍵因素冷藏桶結構(A)與通風管線(B)則可使用技術技術矛盾求解，現敘述如後。

1.冷藏桶結構(A)

每一冷藏桶都是由四塊大鐵板焊接而成，要儲存冷藏 100,000 公斤的稻穀，因稻穀重量太重，長期冷藏會導致鐵板變形，甚至在鐵板接合處產生細縫，而導致在鐵板變形或焊接接合處的部份稻穀失去冷藏的功能，針對此問題要增加系統中的特性，又不要引起另一特性的惡化，在系統化創新技術 TRIZ 中爲一典型的技術矛盾問題，具體描述如下，「冷藏桶要儲存較多的稻米又不希望導致冷藏庫結構變形」，這問題在 39 項工程參數中可找到產生對系統矛盾的特性。其中希望改善的參數爲第 11 項「張力、壓力」與第 13 項「物體的穩定性」；希望不變壞的參數爲第 2 項「固定物件重量」。以此問題建立技術矛盾矩陣表，表如 5-1 所示，表 5-1 中，可採用的創新原理有第 1、10、13、18、26、29、39 與 40 等。

表5-1　關鍵因素 A 冷藏桶結構的技術矛盾矩陣表

不希望改變的參數 / 希望改變的參數		固定物件重量
		第 2 項
張力、壓力	第 11 項	13、29、10、18
物體的穩定性	第 13 項	26、39、1、40

針對上述八種創新原理找出解決問題的方案如下：

(1)第 10 項「預先作用」原理說明：預先導入有用的作用到物體或系統中(部分或全部)；預先作用的方式可以是提前準備預防後患的實際方法。針對此原理找出問題解決的方案爲「將每一冷藏桶四面的鐵板先燒焊鐵釘並在四面鐵板的鐵釘處用鋼繩拉緊固定，補強結構。」

(2)第 26 項「複製」原理說明：使用簡化或便宜的複製品取代昂貴的，有弱點的物品或系統。針對此原理找出問題解決方案爲「在兩塊鋼板接合處焊接鋼片以增強冷藏桶結構。」

(3)第 39 項「惰性環境」原理說明：加入中性物質或鈍性添加物於物體或系統中。針對此原理找出問題解決方案爲「在鋼板接合處定時除鏽，並在鋼板外側與接合處塗刷油漆，避免接合處因鏽蝕產生裂縫。」

(4)第 40 項「複合材料」原理說明：使用複合材料取代均質材料。針對此原理找出問題解決方案爲「冷藏桶內部鋼板加裝鐵弗龍隔熱襯衣，可確保桶內冷氣溫度不致散發出去。」

(5)有四種創新原理，分別是分割、反向、震動與液壓項因與問題無關，固不採用。

2.通風管線(B)

即時冷氣供應正常，在冷藏庫中有 33 個冷藏桶都由各自的通風管線提供冷氣，在冷藏桶入氣口又用閘門控制，分批供給冷氣，若通風管線阻塞或是閘門控制失效，冷氣就送不進去冷藏桶或是每個冷藏桶的溫度掌控不易，使稻穀冷藏效

果變差，針對此問題要增加系統中的特性，又不要引起另一特性的惡化，在系統化創新技術 TRIZ 中爲一典型的技術矛盾問題，具體描述如下，「要使通風管線進入冷藏桶時每個溫度都能控制在一定溫度又不希望因通風管線異常而導致冷藏效果變差」，這問題在 39 項工程參數中可找到產生對系統矛盾的特性。其中希望改善的參數爲第 13 項「物體穩定性原理」與第 23 項「物質的損失」；希望不變壞的參數爲第 17 項「溫度」。以此問題建立技術矛盾矩陣表，表如 5-2 所示，表 5-2 中，可採用的創新原理有第 1、21、31、32、35、36 與 39 等。

表 5-2 關鍵因素 B 通風管線的技術矛盾矩陣表

不希望改變的參數 / 希望改變的參數		溫度	物質的損失
		第 17 項	第 23 項
物體的穩定性	第 13 項	35、1、32	2、14、30、40

針對上述七種創新原理找出解決問題的方案如下：

(1)第 1 項「分割作用」原理說明：作成組合式的物體；與第 2 項「分離/抽出」原理說明：從一物體中提煉、移除、分離出想要(有利)的部分或屬性。冷藏桶內的溫度需控制在 14-18 度，若超過此冷藏溫度會導致稻米食味質降低，運用「分割作用」與「分離/抽出」兩原理，找出解決方案爲：「在 33 個冷藏桶內分別裝置溫度計，並用網路連接透過電腦，在監控室中用終端機顯示每個冷藏桶的溫度是否在標準範圍內。」

(2)第 30 項「彈性膜和薄膜」原理說明：使用彈性殼和薄膜取代固態的結構。針對此種原理找出問題解決方法爲「目前 33 個冷藏桶通風管線進氣閘門係由人工控制開啓或關閉，因此不易依冷藏桶內溫度的高低即時掌握開啓或關閉的時機，在每個冷藏桶內裝置溫度感測器，用以自動控制進氣閘門開啓或關閉的時機，減少人工控制的不當。」

(3)第 32 項「改變顏色」原理說明：使用顏色添加物或發光的元素，以改善事物的能見度。針對此種原理找出問題解決方法爲「在管路上加裝感溫貼紙，如果溫度異常，就可從不同顏色的感溫貼紙中，發現是哪一條通風管線冷氣供應異常。」

(4)第 40 項「複合材料」原理說明：使用複合材料取代均質材料。針對此種原理找出問題解決方法爲「在通風管線外層加裝隔熱保護膜，防止管線冷氣在輸送過程中流失，確保在通風管線內的冷氣能夠順利送入每個冷藏桶中。」

(5)有兩種創新原理，分別是球面化與物理或化學狀態變換，與問題無關，故不採用。

第六章 結論與建議

台灣農村經濟日益改善，稻米的種植與碾製現皆採用機械化設備從事生產，本專題研究以品質機能展開之技術，對億源碾米廠現代化稻米碾製流程進行實務探討。首先從稻米碾製流程八個步驟中，用風險評估理論，找出三個需要特別關切的步驟分別是烘乾、冷藏與色彩選別；其次，針對這三個步驟，用特性要因圖分析，找出八個重要因素；第三，由八個重要因素中再找出四項關鏈因素，分別是色相辨識系統、冷藏庫結構、通風管線與氣壓噴嘴；最後，針對這四項關鏈因素用功能屬性與因果鏈分析法及系統化創新技術(TRIZ)進行改善。

本專題研究針對這四項關鏈因素相對於稻米碾製流程的兩個步驟色彩選別與冷藏，建議億源碾米廠對這兩個步驟要特別關注並改善，必可提升稻米碾製品質，第一色彩選別步驟有五項需要關切的方向分別是；1.進米速率控制閥開啓大小，宜先用部份稻米測試並調整進米流量，方可確保色彩選別品質；2.照射燈管要定期檢測照射燈管亮度，達到標準 990~1100 流明的規範；3.光學鏡頭與攝影機要定期清潔鏡頭並確保攝影機功能正常；4. 要先用部份稻米初步測試並調整色相判定處理器，以期能正確辨別米粒飽滿程度、大小、色澤與透明度之色差；5.要定期檢測噴嘴是否鈍化及壓縮機之壓力是否適當。第二冷藏步驟有兩項需要改善分別是：1.冷藏庫結構要補強，建議在每個冷藏桶四面之鐵板用鋼繩拉緊固定，在鐵板接合處定時除鏽，並在冷藏桶鐵板內部加裝鐵弗龍隔熱襯裏，確保冷藏桶冷氣不外洩。2.在 33 個冷藏桶內分別裝置溫度計，使用自動控制進氣閘門開啓或關閉，用網路連接，使其在監控室終端機上就可顯示每個冷藏桶的溫度是否在標準範圍內；並建議在通風管線上加裝感溫貼紙，如果溫度異常，外部巡視人員可從感溫貼紙的顏色，及早發現是哪一條通風管線冷氣供應異常，確保通風管線內的冷氣皆能順利送入每個冷藏桶中。

參考文獻

[1]斯瑞．歐文(Sri Owen)，“稻米全書” ，遠足出版，台北，初版，2011 年。

[2]翁瑞佑、楊志雄，“咱們的台灣米”，橘子文化出版，台北，初版，2011 年。

[3]許愛娜，“台灣的米”，稻田出版，台北，初版，2006 年。

[4]王長瑩，“國際糧食(稻米)供應與臺灣稻米產業發展趨勢”，2009 年。

[5]水野滋、赤尾洋二，“品質機能展開法”先鋒出版，台北， 2003 年。

[6]Jorion P., (2007) Financial Risk Manager Handbook, John Wiley & Sons Inc.

[7]Kinght, F. H., (2009) Risk, Uncertainty, and Profit, Signaalman Publishing.

[8]Willett A. H., (1951) The Economic Theory of Risk and Insurance, Richard Irwin, Illinois.

[9]Snider H. W., (1992) On the cost of risk survey, Temple University.

[10]Hsia, T. C., Huang, S. C. and Chen, H. T.(2011). "Enhancing the Writing Quality of Aircraft Maintenance Technical Orders and Establishing a Management Mechanism for Maintenance technicians using the Six Sigma Process, " In David E.Malach(eds) , Advances in Mechanical Engineering Research. Volume 3 , Nova Science Publishers, Inc.,

[11]Mann, D.(2009) Hands-on：Systematic Innovation,

[12]Devon：IFR Press行政院農業委員會，農業主題館，2012 年，

http://www.coa.gov.tw/info_kmweb_pda.php?&theme_type=T01&start=14