

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

應用票選式層級分析法與品質機能展開於  
智慧型手機綠色設計

研 究 生：黃士瑋  
指 導 教 授：彭 泉 教授  
林水順 教授

中 華 民 國 一 〇 二 年 六 月

# **Application of Voting Analytic Hierarchy Process and Quality Function Deployment to Smartphone Green Design**

By  
Shih-Wei Huang

Advisors: Dr. Chyuan Perng  
Dr. Shui-Shun Lin

A Thesis  
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise  
Information at Tunghai University in Partial Fulfillment of the  
Requirements for the Degree of Master of Science  
in  
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2013  
Taichung, Taiwan, Republic of China

# 應用票選式層級分析法與品質機能展開於智慧型手機綠色設計

學生：黃士瑋

指導教授：彭 泉 博士

林水順 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

## 摘 要

在這個時代，工業及高科技產業蓬勃發展，除了提升人類生活品質，同時也對人類及環境造成不少傷害，一些人為的污染已造成自然界生態平衡的破壞。環境保護逐漸成為大家的社會責任，許多企業也開始積極關注永續發展的經營模式與環境保護的議題。近年來科技不斷地發展，出現了許多新產品，讓人們在生活中添加了許多便利性，智慧型手機為其中熱門的產品之一。

本研究主要目的如下：(1)分析消費者與設計者對於智慧型手機之綠色需求因素。(2)建構智慧型手機綠色設計評估架構與智慧型手機綠色設計檢核表。本研究採用票選式層級分析法與品質機能展開，以專家訪談建構綠色設計準則，並發展 VAHP 問卷，最後進行設計品質屋。

本研究結果發現：(1)生產者在評選智慧型手機綠色設計方面，最重視的前三名準則依序分別為：選用無毒無害之物質、採用具回收經濟價值的原料、使用無毒無害之包裝材。(2)消費者在評選智慧型手機綠色設計方面，最重視的前三名準則依序分別為：選用不含有毒害物質之原物料、手機使用過程中的高安全性、設計成容易維護及維修。(3)關係矩陣經由專家評定加權後結果，此項結果結合了消費者的聲音，發現生產者與消費者最重視準則的前三名為選用無毒無害之物質、使用無毒無害之包裝材、手機使用過程的高安全性。(4)利用本研究所提出之智慧型手機綠色設計檢核表進行智慧型手機綠色設計之評選作業，使廠商對綠色智慧型手機進行有系統的檢核，以確保在做綠色設計時能找出最合於環境保護條件之最合適的設計方案。

**關鍵字詞：**綠色設計、智慧型手機、品質機能展開、票選式層級分析法

# **Application of Voting Analytic Hierarchy Process and Quality Function Deployment to Smartphone Green Design**

Student: Shih-Wei Huang

Advisors: Dr. Chyuan Perng  
Dr. Shui-Shun Lin

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information  
Tunghai University

## **ABSTRACT**

Industry and high-tech industries flourish in the current era. In addition to enhancing quality of life, they have caused plentiful harm to human beings and the environment. Some man-made pollution has destroyed the ecological balance. Environmental protection has thus become everybody's social responsibility. Many enterprises are beginning to actively concern themselves with sustainable business models and environmental protection issues. After continuous technological development in recent years, many new products have emerged to make human life more convenient. The smartphone is among the most popular of these products.

The main aims of this study are to (1) analyze green smartphone requirements of consumers and designers; and (2) construct an assessment framework and checklist for smartphone green design. This study adopts voting analytic hierarchy process (VAHP) and quality function deployment (QFD) and constructs green design criteria through expert interviews. The study also develops a VAHP questionnaire and implements design house of quality (HOQ).

The study found that (1) the three most-concerned criteria in assessing smartphone green design of manufacturers are the use of toxic-free substances, the use of materials with economic value in recycling, and the use of toxic-free packaging materials; (2) the three most-concerned criteria in order for assessing smartphone green design of consumers are the use of toxic-free substances, phone use safety, and easy repair and maintenance design; (3) after expert rating, the results of a correlation matrix were combined with consumer opinions and showed that the three most-concerned criteria of manufacturers and consumers are the use of toxic-free substances, the use of toxic-free packaging materials, and phone use safety; (4) the smartphone green design checklist proposed by this study has application in the assessment of eco-friendly smartphone green design plans.

**Keywords: Green Design, Smart Phone, Quality Function Deployment (QFD), Voting Analytic Hierarchy Process (VAHP)**

## 誌謝

民國九十八年在東海大學工業工程與經營資訊學系大學部畢業後，就離開了這美麗的校園，開始了軍旅生活，退伍後由於家人的鼓勵以及對自我的期許，於民國一百年回來校園就讀研究所，進入由蔡老師及彭老師帶領的研究室，開始了我豐富的研究生活。

首先感謝我最敬愛的林水順老師、彭泉老師及蔡禎騰老師，感謝水順老師讓我在廣大的學術領域上自由地探索學習，感謝彭泉老師時常關心著我們，感謝蔡老師在我們探索學識的道路上適時的引領，也由於老師們平日辛苦的指導，讓我的論文研究按部就班地完成；另外感謝邱文志老師、李孟樺老師及歐宗殷老師三位口試委員給予我在論文上寶貴的建議。很開心能夠進入 ISA LAB，能接受這麼多位老師的指導，接受不同的指導，在研究所這兩年時間，我很確定我學到了相當多，不論是學識或知識，更有做人處事的道理。

感謝彥傑、阿牧、姿瑜、又又、粉圓、肥料、小馬、天威、映麟...等長期以來的照顧，感謝宇凡和永修這兩年來的互相扶持，一路上我們經歷了許許多多的風風雨雨，但最後我們做到了，感謝宗遠、大頭、DVD、小瑋、小猴、盟發、小哥、點簡、意凡在我寫論文時帶給我許多歡笑，感謝宜璟、小鈺、小虎、富源這兩年來的陪伴，你們帶給我許多美好的回憶，回來讀書能認識你們真好，期許未來在職場上大家都能各自擁有屬於自己一片天。

最後很感謝我的家人，其實退伍後想直接去工作了，由於你們的鼓勵與支持，我回來東海大學這美好的校園讀研究所，當學生真的很幸福，謝謝你們，讓我沒有後顧之憂去完成學業，未來的日子，換我回報給你們，讓你們過著幸福快樂的日子。

黃士瑋謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊學系

中華民國一百零二年六月

# 目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	V
圖目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究方法.....	4
1.4 研究步驟.....	5
第二章 文獻探討.....	7
2.1 智慧型手機.....	7
2.2 綠色設計.....	9
2.3 品質機能展開.....	22
2.4 票選式層級分析法.....	30
2.5 專家訪談.....	33
第三章 研究方法與設計.....	36
3.1 專家訪談.....	36
3.2 品質機能展開.....	36
3.3 票選式層級分析法.....	38
3.4 問卷說明.....	39
第四章 研究結果與討論.....	46
4.1 步驟一：擷取智慧型手機綠色設計準則.....	46
4.2 步驟二：建立品質機能展開架構.....	50
4.3 步驟三：進行累計票選排序.....	50
4.4 步驟四：VAHP 模式計算權重.....	53
4.5 步驟五：建構智慧型手機綠色設計品質屋.....	54
4.6 建構智慧型手機綠色設計檢核表.....	58
第五章 結論與建議.....	59
5.1 結論.....	59
5.2 後續研究建議.....	63
參考文獻.....	65
附錄一 專家訪談－訪談大綱.....	69
附錄二 生產者問卷-智慧型手機綠色設計問卷.....	70
附錄三 消費者-智慧型手機綠色設計問卷.....	73
附錄四 Lingo 程式說明.....	76

## 表目錄

表 2.1 智慧型手機之定義 .....	8
表 2.2 綠色包裝設計原則 .....	16
表 2.3 回收導向設計原則 .....	17
表 2.4 以回收及拆解之典型設計準則 .....	19
表 2.5 綠色產品設計原則 .....	20
表 2.6 國內外各學者對 QFD 之定義 .....	23
表 3.1 智慧型手機綠色準則 .....	40
表 3.2 訪談人員基本資料 .....	42
表 3.3 訪談內容摘要 .....	42
表 3.4 生產者智慧型手機綠色設計準則 .....	44
表 3.5 消費者智慧型手機綠色設計準則 .....	45
表 4.1 生產者智慧型手機綠色設計準則評分表 .....	48
表 4.2 消費者智慧型手機綠色設計準則評分表 .....	49
表 4.3 生產者智慧型手機綠色設計準則排序 .....	51
表 4.4 消費者智慧型手機綠色設計準則排序 .....	52
表 4.5 生產者準則權重表 .....	53
表 4.6 消費者準則權重表 .....	54
表 4.7 智慧型手機綠色設計品質屋 .....	57
表 4.8 智慧型手機綠色設計檢核表 .....	58
表 5.1 智慧型手機綠色設計評估架構 .....	61
表 5.2 智慧型手機綠色設計檢核表 .....	63

## 圖目錄

圖 1.1 智慧型手機與平板電腦使用用途差異 .....	2
圖 1.2 2007 至 2012 年智慧型手機滲透率 .....	3
圖 1.3 研究流程圖 .....	6
圖 2.1 品質屋架構 .....	25
圖 2.2 連續的品質機能展開 .....	27



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

由於工業及高科技產業蓬勃發展，除了提升人類生活品質，同時也對人類及環境造成不少傷害，例如：臭氧層的破壞造成紫外線輻射量日益增加，全球溫室效應造成的全球平均溫度上升、氣候的異常、海平面上升、多種生物大量減少、消失甚至滅絕；工廠排放大量的廢氣及大量的化學物質，除了造成空氣污染，也導致酸雨的形成，使得土壤與湖泊酸化、森林枯死與農作物受損；河川及海洋的污染、光害與煙霧、廢棄物的污染、沙漠化擴大與熱帶雨林的消失，這些人為的污染均已造成自然界生態平衡的破壞（郭財吉，2002）。

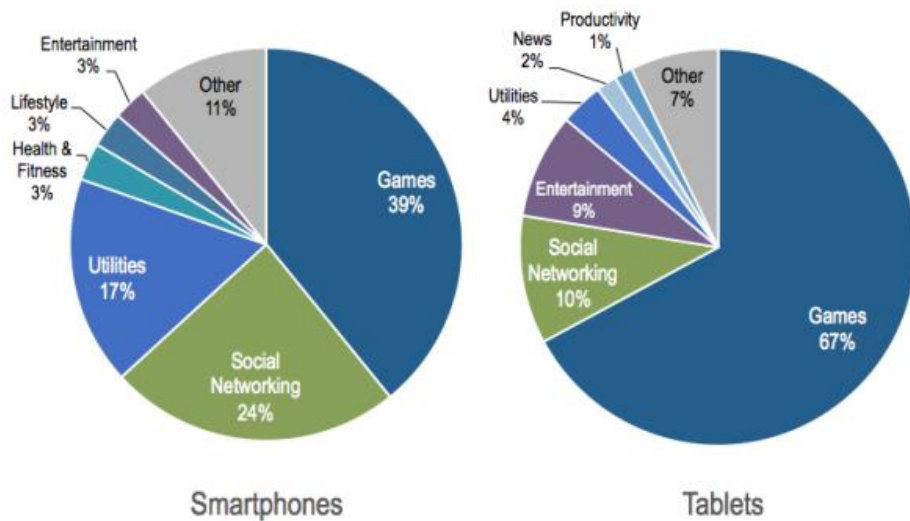
環境保護逐漸成為大家的社會責任，許多企業也開始積極關注永續發展的經營模式與環境保護的議題。國際上對於環境保護立下許多規範，其中以歐盟陸續推動的三大環保指令：廢電子電機設備指令(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive, WEEE)、危害性物質限制指令(Restriction of Hazardous Substances Directive, RoHS)與能源使用產品生態化設計指令(Enterprise Unified Process, EuP)為最佳的範例（經濟部工業局，2006）。

在 2006 年 7 月 1 日歐洲單一共同市場（歐盟）正式實施 RoHS 有害物質的限用指令要求，明令各國輸往歐盟單一共同市場的產品需要符合 RoHS 的檢測要求與檢測報告，歐盟積極的推動綠色環保政策，為世界掀起一股強大的綠色環保意識與綠色消費觀念。且在地球資源年年遞減的情況下，人類是該要對自己生存的地球盡一己之力，不要再製造與使用殘害地球與生活環境生態的物質（林松茂，2008）。

歐盟陸續推動的三大環保指令的提出，影響了資訊電子產業，若產品無法符合綠色法規的限定規格，便無法與產品銷售國家當地的回收體系統簽約註冊，這樣一來產品將無法輸入歐盟成員國市場，這種情況也使得綠色環保法規演變成另一種先進國家的非關稅貿易障礙。

智慧型手機與平板電腦都是近年來崛起，並受市場高度關切的熱門產品，兩者之間本來就有些同質性，特別是平板電腦朝著小型化發展，智慧型手機螢幕愈來愈大，更容易讓人混淆，不過在實際用途上，還是有不太一樣的差異點在。

## Time Spent per Category, Smartphones versus Tablets



© FLURRY

Source: Flurry Analytics, Sep 2012

圖 1.1 智慧型手機與平板電腦使用用途差異

資料來源: Flurry (2012)

智慧型手機與平板電腦的用途兩者就有明顯的比例不同，如圖 1.1 可以發現雖然前兩個主要用途的次序都是遊戲與社群，但平板電腦的遊戲佔比例遠高於智慧型手機，平板電腦用來遊戲的比例達 67%，而智慧型手機為 39%，而智慧型手機的社群用途則高於平板電腦。而娛樂排上平板電腦使用比例第三名，突顯出平板電腦的遊樂取向，而智慧型手機則是社群取向。

智慧型手機與平板電腦有一種微妙的關係，他們看似是很相似的產品，但背後的概念卻有所不同。一般使用者大都會用智慧型手機來處理通訊、社交等工作，用途主要圍繞較貼身的日常生活。平板電腦擁有較大的螢幕，讓其應用層面大幅增加，不在局限於處理細小的事務，而且可以執行更多對系統有更大需求的工作，例如：文書處理，多媒體影音，圖像處理等。雖然說這些功能在手機上也適用，但由於視角的局限，執行這些工作時會不如平板電腦方便和合適。這表示平板電腦的生產力比智慧型手機高，但智慧型手機卻比平板電腦更貼身，更適合隨身攜帶，這也突顯了這兩個產品是各具獨特性的。

近年來智慧型手機的市場正持續擴大中，目前成長快速的智慧型手機研究產業，如圖 1.2 所示，智慧型手機至 2012 年仍不斷的成長，是相當有潛力的產業。在街上或許多公共場合，常會看到大家低頭使用著智慧型手機，也表示對現代人的生活添加了許多的便利性，也對它的依賴度越來越高。也因為智慧型手機這一股新的生活型態的崛起，讓各大手機開發商紛紛積極地加入開發市場，期許能在智慧型手機市場中取得更高的商機。

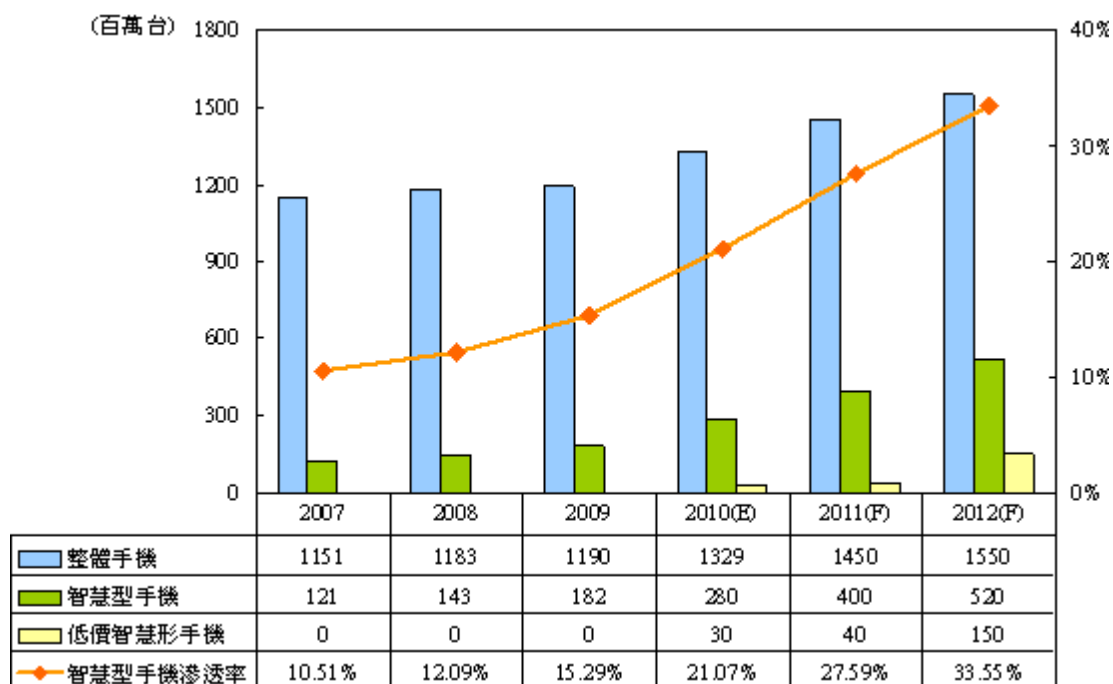


圖 1.2 2007 至 2012 年智慧型手機滲透率

資料來源:拓璞產業研究所

世界各國逐漸重視環境保護議題與遵守環保指令，在產品的生產過程中，需要多加考量綠色環保的概念，以降低對於環境的污染。許多廠商查覺到在這個綠色環保意識抬頭的時代，如果無法提出解決的方法與配合的方案，那麼未來將有可能會喪失訂單及產業的永續發展，所以企業走向綠色設計、綠色製造、綠色使用、以及建立完善的回收機制已成為必然的趨勢。

科技發展日益月新，各大手機廠商也陸續推出各具特色的智慧型手機，而消費者能夠依照他們的需求或喜好來挑選智慧型手機，隨著智慧型手機

的普及化，使在市場上的需求量日漸增加，各大手機開發商持續投入大量人力及資金進行研發生產，但從研發到正式量產的整體生產過程中，必定會製造出龐大的電子電機廢棄物。對於在未來充滿無限商機的智慧型手機產業而言，若能在研發時加入綠色設計的概念，不僅能確實落實環保的理念，減少對於環境損害的程度，更有助於品牌發展。

## 1.2 研究目的

本研究主要探討智慧型手機綠色設計的議題。本研究主要目的如下：

1. 分析消費者與設計者對於智慧型手機之綠色需求因素。
2. 建構智慧型手機綠色設計評估架構與智慧型手機綠色設計檢核表。

近年來科技不斷的發展，在發展的過程中難免會影響我們所居住的地球，於是各國逐漸重視綠色環境保護與遵守環保指令。最近智慧型手機的竄起，這個風潮襲捲全球，各大手機廠商看準商機不斷地研發各式各樣的智慧型手機。對有著無限商機的智慧型手機產業而言，如果在研發階段加入綠色設計的概念，不僅可以遵守環保指令，也能減少對環境的傷害。因此本研究的目的是在於歸納整理科技產業相關綠色設計及智慧型手機設計之現況，分析消費者與設計者對於智慧型手機之綠色需求因素，進而建構智慧型手機綠色設計評估架構，以利設計方案之評選。

## 1.3 研究方法

本研究首先歸納整理科技產業相關綠色設計及智慧型手機設計之現況，因此透過蒐集相關文獻，整理出智慧型手機綠色設計相關準則，接著與智慧型手機業者進行專家訪談，確認準則內容之合適性與完整性，分別設計適合生產者之問卷與消費者觀點之問卷，接著開始進行發放問卷。

本研究採用票選式層級分析法與品質機能展開，運用品質屋架構進行整理生產者與消費者對於智慧型手機之綠色設計準則評估，採用票選式層級分析法做為準則權重計算基礎，利用 VAHP 模式計算得到消費者需求因素及生產者的工程特質要素之權重，依照 VAHP 結果將消費者需求列於品質屋之左側，工程特質要素則列於品質屋之上方，並展開消費者需求與工程特質要素之關係矩陣，利用建構此品質屋的過程，同時分析並比較生產

者與消費者對於綠色產品設計準則之差異。

## 1.4 研究步驟

本研究研究流程如圖 1.3 所示，在確立研究主題與目的後，藉由相關文獻蒐集整理，整理出智慧型手機綠色設計相關準則，經由專家訪談確認準則之合適性與完整性，分別發展適合設計者問卷與消費者問卷，各準則之重要程度以李克特(Likert)五點尺度呈現，並將具有相同重要性評分的準則再給予重要性由大到小的排序。生產者問卷經由訪談智慧型手機業者的方式，給予智慧型手機綠色設計準則重要程度的排序；消費者問卷則發放給具有智慧型手機使用經驗並有環保概念的消費者進行填寫，給予重要程度的排序，經過上述步驟完成 VAHP 問卷。

本研究之研究範圍僅針對產品規劃階段品質屋展開，探討消費者需求、工程特質與其關係矩陣之品質屋，並結合 VAHP 於智慧型手機綠色設計準則，以消費者問卷調查方式取得消費者對於智慧型手機綠色設計準則的重視程度，並將其整理為品質屋的消費者需求；另外以專家訪談法及問卷調查方式取得生產者對於智慧型手機綠色設計準則的重視程度，並將其整理成品質屋裡的工程特質，最後展開消費者需求與工程特質之關係矩陣。

為了建立客觀的票選式品質機能展開產品規劃品質屋，以 VAHP 模式分別計算生產者與消費者各項準則之權重值，將以客觀的數據呈現出各準則之重要性程度，讓評選者在進行評比時，能更清楚的了解整體評選模式的基本結構及各準則間的相對關係。

最後依據 VAHP 分析結果將消費者需求列於品質屋左側，工程特質要素列於品質屋上側，與專家討論完成建構工程品質要素與消費者需求之關係矩陣，以建構出智慧型手機綠色設計之票選式品質機能展開模式。

本研究運用品質機能展開觀點，並結合 VAHP 之運算，建構出智慧型手機綠色設計準則之品質屋，讓智慧型手機業者可以透過品質屋的特性，充分了解消費者之需求，進而完成合適且完整的智慧型手機綠色設計，以滿足消費者需求。

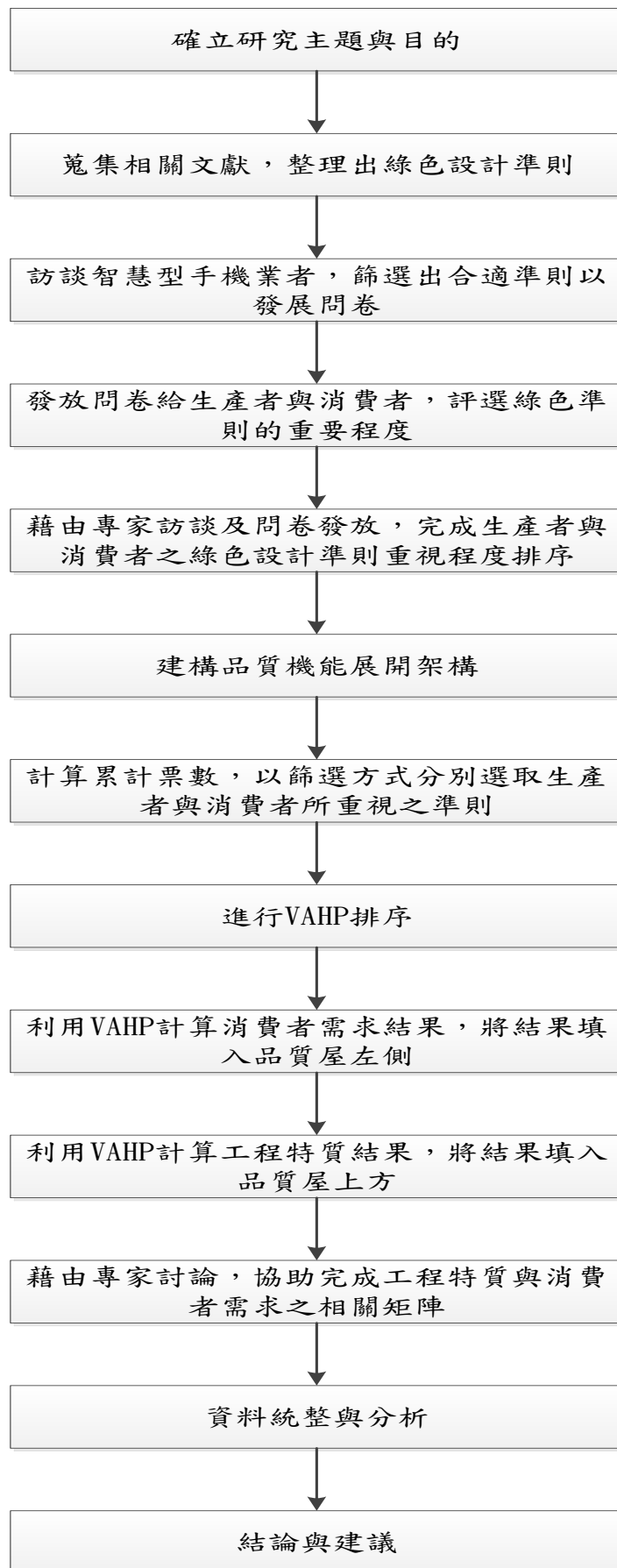


圖 1.3 研究流程圖

## 第二章 文獻探討

### 2.1 智慧型手機

#### 2.1.1 智慧型手機的定義

手機的使用已是現在人類生活上不可或缺的一環，但近年來卻發現其使用習慣有所改變，蘇昱霖(2008)指出：「過去消費者會購買不同的終端產品來滿足需求，例如 MP3 Player、數位相機或是隨身遊戲機等，但以目前全球經濟市場緊縮，消費者的支出受到影響的狀況之下，消費者並不會因此而削弱本身對於各項娛樂的需求，相反的會朝向以 one price two product 的消費特性，來購買同樣具有聽音樂、拍照等功能的產品，因此具高度整合的手機便成為消費者最佳選擇。

智慧型手機(Smart Phone)一直並未有明確的定義，其與 PDA Phone、Feature Phone 之間的區分，也是無法明確的區分。侯鈞元在 2008 年的 IEK 「從使用需求觀點剖析智慧型手機設計趨勢」一文中指出：『最早的智慧型手機是由 PDA 衍生而來，因此當時的 Smart Phone 就是指後期所說的 PDA Phone。PDA Phone 指的是具有手機功能的 PDA。到了 2002~2004 年左右，介於 PDA Phone 與 Feature Phone 之間的手機出現，為了區隔其與 PDA Phone 的不同，因此將 Smart Phone 一詞給了這種手機。到今天「Smart Phone」仍然具有兩種意義，一種是指所有的 Smart Phone 及 PDA Phone，另一種則單純指介於 PDA Phone 與 Feature Phone 之間的手機。』

在智慧型手機發展之前，商務人士如果需要行動商務的功能，則多半使用 PDA 和功能型手機，造成使用者的不便，逐漸的 PDA 功能和手機結合成為具商務功能的智慧型手機，但此階段的智慧型手機，機身重而大且價格昂貴，一般民眾很少購買，但隨著手機製造技術與相關硬體技術的進步，智慧型手機逐漸發展成輕薄、注重品味，具時尚設計感(林國雄，2009)，以下為智慧型手機之定義，如表 2.1 所示：

表 2.1 智慧型手機之定義

項目	定義
外觀	輕、薄、短、小，易於攜帶。
基本功能	具備數據與語音之無線通訊功能，且皆為內嵌式，而非外加之模組。
數據通訊	擁有強大的數據通訊能力，除手機本身的通訊連網能力外(GPRS、3G)，需具備有無線連網(Wi-Fi)能力，可連接網際網路、收發 E-mail、瀏覽網頁、自由傳送檔案.....等。
個人資料管理與電腦同步資料更新	擁有進階的 PIM 功能，其中包含 Data Book (行程表)、Contact (通訊錄)、To do list (工作表)、Memo (記事本)、並具備 HotSync (與電腦同步) 等功能。
語音通訊	需具備內嵌式語音通訊功能。
輸入方式	任何形式，不拘觸控式、按鍵式、或語音輸入等。
處理器	擁有多工的嵌入式微處理器和足夠的運算處理能力。
作業系統	擁有開放式作業系統 (不論是授權或非授權)，且使用者能夠依需求自由地安裝或移除程式
擴充性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 除了軟體的自由擴充性外，需備有記憶卡的擴充插槽，能讓使用者自由地擴充記憶體容量。</li> <li>2. 其他擴充性能：如內建數位相機、MP3、導航系統或錄音筆.....等 (非重要條件)</li> </ol>

資料來源: 陳其生 (2007)



智慧型手機造成全球性的熱潮，也因為這股旋風式的熱潮，讓各大手機廠商紛紛陸續加入戰局，各大廠商皆投入大量的資金及人力進行開發設計，以期能研發出自家智慧型手機產品之核心特點，領先其它競爭對手，進而在智慧型手機的市場中取得一定程度的市占率。

### 2.1.2 智慧型手機產業概述

根據 IDC（國際數據資訊）2011 年第二季台灣手機產業調查季報顯示，台灣手機總出貨量為 197 萬隻，出貨較上一季持續下滑 8%，與去年同期相比則成長了 6%。功能型手機（Feature Phone）出貨 99 萬隻，在機型與出貨的持續減少下，再次創下數量歷史新低，也是自智慧型手機市場推出後，功能型手機出貨首度低於百萬支。

智慧型手機的市場、環境各方面都愈來愈成熟，換機的熱潮只會愈演愈烈。台灣智慧型手機在 2004 年的出貨佔比為 3%，到 2008 年的 9%，維持著一年 1%左右的穩定成長速率，但 2009 年 12%、2010 年 25%、2010 第四季 34%，到 2011 第一季 44%的爆炸性市佔成長，原因之一雖是傳統非智慧型手機的出貨減少，但同時也說明台灣手機正式進入了智慧時代。智慧型手機的發展，與其日益豐富的介面與應用，更創造出另一波的行動生活革命(嚴蘭欣，2011)。

智慧型手機時代來臨。根據國際市調機構 IDC 研究報告指出，2013 年全球智慧型手機出貨量將首度超越功能型手機，預計出貨量將達 9.18 億支，佔全球行動電話出貨量的 50.1%，到 2017 年更有機會挑戰 15 億支。IDC 表示，由於智慧型手機普及率急速攀升，帶動整體價格下滑，加上行動上網日益便利通暢下，預估今年全球智慧型手機出貨量將首度超越功能手機，佔全球行動電話出貨量的 50.1%，達到 9.18 億支( IDC, 2013)。

## 2.2 綠色設計

### 2.2.1 綠色設計起源與定義

早在 60 年代末期，美國設計理論家 Victor Papanek (1973)在「Design for the real world」一書中明確的提出「設計應該考量合理性地使用地球資源，而加速資源的浪費」。而 70-80 年代能源危機爆發後，地球資源有限、環境

汙染、人口暴增等問題逐漸浮上檯面，再加上當時人們對於不同造型變化產品逐漸失去以往的新奇，以自然為本的設計為成設計發展的突破點，同時造就了綠色產品的生成。綠色設計是從 90 年代荷蘭的戴魯夫工科學以西歐為中心開始擴展，發展至今被認為是由源頭降低環境衝擊並保障經濟效益的方法(洪明正，2002)。在中華民國工業減廢白皮書中將「綠色設計」定義為「為環境設計」，是指在產品設計過程中充分考慮到預防廢棄物產生及最佳的材料管理。而 Fiksel (1996)在「Design for Environment」一書中將環境化設計解讀為：「系統化地考量在全程產品及製程之生命週期中環境、健康與安全目標的設計績效」。簡而言之，產品環境化設計的主要目的，是使產品符合環保性的要求以減少對環境的衝擊(鄭義，2003)。

綠色設計與傳統設計的分別，李保寧(1999)認為「綠色設計」在設計構思階段，把降低耗能、易於拆卸，使之再生利用和保護生態環境與保證產品的性能、質量和成本的要求列入同等的設計指標，並保證在生產過程中能夠順利實施。設計策略已由產品後端的回收、處理，轉變為積極地從產品前端就開始設想如何減少對環境的傷害。顏妹(1999)認為綠色設計的特性可分為：(1) 與環境相容的特性 (2) 有效利用材料資源 (3) 有效利用能源。這說明了綠色設計包含環境、材料與能源三者的環扣關係。在環境面，所強調的是指產品從生產、使用至最後回收的過程等階段減少對環境的破壞與衝擊力。材料面則是在滿足產品基本功能要求之下，另外朝簡化產品的結構，減少材料使用種類與數量，甚至運用可回收、無毒性的材料等方向有效的運用材料資源。最後，在能源部份應在產品生命週期中有效利用能源、減少浪費。

Burall(1994)認為將環保理念建構於減量(Reduce)、重複使用(Reuse)、回收(Recycle)與再生(Regeneration)中，就是綠色設計之主要概念，詳細分述如下：

### 1. 減量(Reduce)

於綠色設計過程中，設計者必須在保持既有產品功能與品質的情況下，盡量減少材料與資源的使用，設計者必須透過各種方法進行設計。另外在產品運輸配送的過程中，設計者必須盡可能減少產品運送的過程中所使用到的資源；然而設計者對於消費者方面的設計，嘗試改善消費

者之消費模式及產品使用方式，以達到節約能源的目標。

## 2. 重複使用(Reuse)

一旦提高產品重複使用的頻率，廢棄物的數量亦會隨之減少。如果消費者能以可重複使用之產品代替如免洗餐具等用過即丟棄的產品，即可減少廢棄物產生的垃圾量。

## 3. 回收(Recycle)

在產品使用壽命結束後，若能將有利用價值的部分加以回收，就能減少廢棄物所產生的垃圾量。

## 4. 再生(Regeneration)

回收有利用價值之產品廢棄物，經由產品再造程序將有利用價值之廢棄物重新製造為其它可用之材料或產品，雖然以目前的技術而言，再生回收製品的成本不符合經濟效益，但是對於整體環境來說，確實達到環境保護之目的。

已有許多學者對綠色設計進行探討研究，分別對綠色設計之定義分述如下：

1. 產品於設計概念尚在規劃的階段，主要考量因素皆為環境保護因素，讓消費者使用完產品後，盡量將大部份之零組件達到回收再利用之目的；而不能回收之廢棄物應能對環境所造成的衝擊最小(詹斯政，1994)。
2. 「綠色設計」是從產品設計階段就開始執行，依序從原料選購、產品結構設計、製造、產品包裝、運輸過程、產品使用到產品廢棄後拆解處理等，針對產品於環境所造成之衝擊為主要考量依據(陳怡之，1996)。
3. 綠色設計即為生態設計，簡單來說就是針對產品未來在面臨回收階段，可以將部份零件翻新或重複使用，而不能重複利用的部份可以安全的處理，上述目的為產品設計開發之主要考量重點(羅國民、彭雷清與王先慶，1997)。
4. 於產品規劃初期就需要考慮到產品之生命週期過程中，對環境所造成之衝擊原因與損害程度的大小，進而從材料選擇上、產品之功能與結構、製造過程、包裝方式、產品運輸方式、產品使用及廢棄物處理等方面進行構想設計(劉志成，2003)。

5. 綠色設計主要目的在於讓產品生命週期的每一個環節中，同時達到對於環境的負面影響及資源浪費最小，並同時讓企業達到經濟效益及社會效益的目標(李美芳，2005)。
6. 綠色設計狹義來說，就是產品於製造階段採用綠色技術；而廣義來說就是涵蓋產品的製造、包裝、行銷等各大方面，進而擴大到綠色文化(張偉，2007)。
7. 於整個產品生命週期中，在能在保有產品應該具有的功能、使用壽命和品質的情況下，將可拆除性、可回收性、可維護性、可重複利用性等設計因素，確實採用到產品設計考量中(趙鵬睿，2010)。

綜合上述學者對於綠色設計之定義，綠色設計發展是必要的。長期以來人類為了提升生活的便利性與舒適性，大量地使用資源及持續不斷的開發新產品，雖然提升了生活品質與科技發達，但對於目前的生態環境而言，已經造成相當大的損害，因此保護環境並降低資源浪費是很重要且迫切的，透過環境保護的因素考量，將合適的綠色設計概念導入整個產品生產過程中，包括原料採購、研發設計、生產製造、運輸配送、消費者使用到產品廢棄回收等各大方面著手進行，將會減少產品對於環境所造成的衝擊，確實達到環境保護之目的。

### 2.2.2 綠色設計概念與原則

從「搖籃到搖籃」一書中提到：「如果人類要實現真正的繁榮，我們必須要模仿自然界高度效益、含有養分流和新陳代謝的搖籃到搖籃系統，這個系統不存在廢棄物的概念。」(William，2008)。其中所提到的根除廢棄物的概念是指從設計系統開始，選擇重複利用的材料來形塑設計，保留材料的價值，使廢棄物不斷成為另一種商品或物質的養分，就像自然生態般地生生不息。循環化的效率高度依賴產品與製程的設計；因此為再利用而設計(Designing for Recycling, DfR)為工業生態最重要的觀點之一(Graedel & Allenby，2004)。當為產品的生命終點規劃時，為丟棄、回收的所發展出產品再利用觀念，可評估材料、組裝、拆卸與回收各階段產品可能帶來的環境問題與衝擊，進而改善問題，促使產品更符合環境需求。

## 1. 物料的選擇與管理

新設計的出現，常常是由於新材料及相關技術的出現所促成（黑川雅之，2002）。傳統設計中的材料選擇考慮的是零件設計功能與性能的適應性。綠色設計對產品提出了更高的要求，產品不僅應滿足功能、使用性能以及經濟性要求，還應能有效地保護環境，極具有良好的環境協調性（許青，2007）。Diehl(2001)等人認為成功的綠色產品必須能夠節省材料與能源並減少對環境的污染，不但產品擁有了創新的設計同時也有有效的減少了資源的開銷。一般來說，產品的永續性並不侷限於材料，但材料卻是決定影響環境品質的主要因素，同時材料也將作為產品廢棄回收後，是否能再次有效被利用的關鍵。

鄭源錦等人(1995)在「綠色設計」一書中提到運用材料進行綠色設計時必須注意減量使用（Reduce）、採用回收材料(Recycle)、材料的適配性(Compatibility)。減量使用是指以最低原料需求作為設計規劃，並考慮使用單一材料，以減少原料的損耗。產品的結構上若無法簡化設計，可另以回收材料及塗料作為替代。設計時選用的材料應考慮到零組件間的適配性。零件中若夾雜不同種類的材質、不相容的塑膠成分或不當的接合方式，將影響到往後的拆卸，大大降低原料回收再利用的經濟效益。

全球的便捷交通網絡，使得各種原料透過物流系統運送到世界各地。在運送的過程，消耗的能源與人力成本是無可估計的。設計師除了要考慮材料本身，也應考慮材料處理過程及對周圍環境的影響。William McDonough (2008)與洪明正(2002)均指出設計應善用在地的豐富資源及材料，達到適「材」適所的境界。馬振基等人(2001)認為在減量設計的時代，材料必具備下列三項特性，分別為：1.對環境負荷較低；2.製造更具彈性；3.生命週期長且可持續維護。從永續發展的觀點出發，減少對環境的危害。對製程而言，材料與能源的消耗及廢棄物的產生，如廢氣、污水的排放量應減至最低，達到消耗最少材料卻可得到最大效益之目標。

## 2. 產品組裝拆解

為組裝而設計（Designfor Assembly, DfA）是一種針對製造階段，主張以流暢的設計流程，達到成本的節省與降低環境衝擊的設計。產品的

組裝與拆解就如一體兩面，不僅是生產過程中的裝配，產品使用過程中的零組件更換，甚至是回收作業階段等，產品都能兼具組合性與分解性。以下是幾項基本綠色組裝原則：

(1) 簡化元件之介面

避免使用黏合及焊接方式連結各物體，這些方式對於產品的拆卸具有一定的困難性，除非必要否則應減少用。另外也減少以螺絲固定，可採用卡勾方式省去鎖螺絲的耗時與拆解時不同材質分類上的混亂。

(2) 增加元件運作的方便性

組裝方式採由上而下組裝設計，由上而下的方式是最省時與省力的方式，可增加拆解與零組件取出的便利性。各零組件設計具有明顯的方向性，讓組裝人員在製造過程中不易造成混淆，如此對於維修與回收人員也較容易修護與拆解產品。

(3) 減少複雜性

減少零件材料的複雜性與零件數，多運用共通性的零件或多功能性的零件，組裝過程力求簡化。扣件材料盡可能與本體材料一致，扣件本身也應避免不同材料的混用，如塑膠扣環外包覆一層金屬圈。另外連結處與扣件數應減少，盡量使用最少部件來達到相同的結合效果。

產品的回收價值決定於材料回收率與回收過程中的成本支出。因此如何拆卸與分類成為回收階段重要的步驟，設計師在產品開發初期將拆解原則導入產品設計中，作為實現有效回收策略的手段。拆卸設計分為破壞性拆卸與非破壞性拆卸兩種。從組合動作時間與分解動作時間比較後，劉志堅等人(2004)提到組合和分解的相容性設計可以分為組合性與分解性相同、組合性容易但分解性困難、組合性困難但分解性容易等三部分。換言之，產品的組合性與拆解之間的關係存在著相容與不相容的差異性，所以設計師根據產品的屬性、結構進行設計時應當尋求產品組合性與拆解性皆能合理兼具的狀態，減少工廠修復與運作的成本費用。鄭源錦等人(1995)認為支解設計是產品在設計開發時就考慮到將來產品廢棄時該如何經濟而有效地拆解組件，以利回收再生。故提出以拆卸而設

計的思考方法：

- (1) 確認產品每一零件的功能與必要性
- (2) 估算與檢討零組件需要固定的接觸面積是否過大
- (3) 檢討產品零組件的組合方式與種類是否過多，同時其方式是否不利於支解
- (4) 檢查產品組裝與拆解的部位是否讓使用者可以容易操作，考慮工作動作是否一致
- (5) 尋求可能可以有「破壞點」的設計，破壞點指不影響產品性能，但在拆解時能夠很方便，因為破壞點應力集中的現象有利於迅速拆解零件
- (6) 應建立標準化的產品零組件，有助於改善前後二者之差異比較的準確性

目前 DfD 的研究多以研究非破壞性拆卸為主，保存零件與材料的價值，使其有機會在被整修後重新使用，有害的金屬與塑膠也容易分離與處置。杜瑞澤(2005)在「產品永續設計」一書中提到幾項綠色拆解設計原則，分別如下：

- (1) 零組件拆解程序考量
- (2) 相同功能零組件標準化
- (3) 拆解軸之操作方向一致性
- (4) 預先設定分離區
- (5) 手工拆解可能性
- (6) 拆解費用與時間的降低
- (7) 大量零組件可機械化處理
- (8) 零組件減少、功能性整合
- (9) 非破壞性拆解

### 3. 包裝減量與廢棄

綠色包裝設計是從包裝材料的選用、包裝設計生產，到實現商業行為的階段，乃至包裝廢棄物的處理，都能夠對環境的負面影響降到最低（陳振甫等，1995）。曾漢壽（2001）用「以終點為思考的綠色設計觀念」，

提出從事綠色包裝設計時應注意之十五項原則，作為綠色包裝設計之方針，如表 2.2 所示。

表 2.2 綠色包裝設計原則

- 1 消除包裝，或將包裝與產品結合為一體，或成為使用的一部份。
- 2 使用不含毒性之油墨、黏著劑等。
- 3 以最少的包裝材料量，達到包裝的功能。
- 4 使用再生或易於循環再生的材料。
- 5 使用單一種類材料，或回收前不需再分離的材料。
- 6 容器應能再填充或再使用。
- 7 包裝材料輕量化，有助於節省運輸能源效率。
- 8 不需為裝運而使用不必要的包裝。
- 9 包裝材料主要用途消失後，應賦予另一種機能並再利用。
- 10 選用包裝材料應考慮消費者安全。
- 11 原物料的選用，應為可重新利用，並可維護生態資源者。
- 12 原物料的取用，不得危害生態系統並造成不良後果。
- 13 改進、提高產品強度，有助於減少包裝材料使用量。
- 14 包裝製造不應對社會環境造成負面影響。
- 15 標籤、封緘等，應使用相容於回收系統者。

資料來源：曾漢壽（2001）



#### 4. 回收再利用

「回收再生導向設計」強調的是產品生命週期的末端與開端加以連結，盡可能的透過再利用或再回收的方式，原本廢棄物質，再生循環成為新產品。產品的生命週期不再只是單一方向性的，而是一個循環鏈狀的迴圈。回收再生導向設計的原則方面，陳振甫(2003)提出以下幾項思考原則，如表 2.3 所示。

表 2.3 回收導向設計原則

回收導向設計原則	
1. 減少材料種類	6. 可回收零件大量化，無法回收
2. 減少零件數量	7. 零件小型化
3. 組件模組化	8. 考慮拆解時的方向性
4. 使用相同材料	9. 可使用一般具進行拆解
5. 考慮接合位置	10. 標示材料種類

資料來源：陳振甫（2003）

從上述材料選擇至產品拆解的設計原則中，減量使用（Reduce）是一致認同的設計作法，主要仍希望以不浪費的觀點，避免產品生命終止後許多環境問題的產生。杜瑞澤(2005)認為從材料之選擇應用、機構之設計、製造程序、包裝運輸、平面及印刷、消費者使用及廢棄與回收，乃至生活環境及環保相關法規，均需投注相當的心力。從產品生命週期面的觀點看來，設計的過程對整個產品生命週期是環環相扣的，身為設計師應當了解每一環節的知識與技能，由單一目的逐漸整合為多面向考量與概念完整產品環境化設計，最後才能設計出符合期待的綠色產品。

Sarkis (1998)認為綠色設計之目的就是將環保觀念融入產品生命週期之產品設計中，而一個完整的綠色設計需要具備下列 5 點考量因素：

- (1) 易回收設計：選用的原物料或零組件，需要具有可回收利用的特性。
- (2) 易再使用設計：產品設計需要具有再使用的特性，例如廢棄產品不

需經過處理就可以直接再使用。

- (3) 易重製設計：零組件具有維修及容易更換之特性。
- (4) 易拆解設計：零組件之間的連接裝置需要具有容易拆解之特性，有助於產品在回收及再使用的階段，提高進行拆解的有效性。
- (5) 物質易分解設計：廢棄之零組件具有易分解的特性。

### 2.2.3 綠色生命週期

郭財吉(2001)指出綠色設計是以綠色生命週期設計(Green Life Cycle Design, GLCD)為核心概念，綠色生命週期主要分為四個階段，依序為生產製造、產品運輸、消費者使用及產品回收，設計考量除了在於如何有效回收既有的廢棄物之外，另一主要考量要點為於產品開發設計初期的設計階段過程，就先考慮到產品可能會對環境所帶來的衝擊為何，在環境保護的主體下進行產品設計，以達到降低環境損害程度的目標，綠色生命週期分述如下：

1. 生產製造階段：包含產品原料、產品提供之功能、產品外觀、產品生產技術等選擇。
2. 產品運輸階段：包含產品包裝材料、產品包裝樣式等選擇。
3. 消費者使用階段：設計者需考量之因素包括產品使用過程之安全性、耐久性以及產品壽命。
4. 產品回收階段：包含產品回收後可再利用之零組件與無法再利用之零組件的處理方式。

### 2.2.4 綠色產品設計準則

Dowie (1994)的研究以回收及拆解為目的，提出以原料、扣件與連結以及產品結構這三大類的典型設計準則，如表 2.4。

表 2.4 以回收及拆解之典型設計準則

準則	內容
<p>1. 原料：使用的原料需使拆解後的元件能被再利用或再製造。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 最少化原料使用。</li> <li>2. 避免標籤或黏著劑造成的污染。</li> <li>3. 次組件的原料要彼此相容。</li> <li>4. 若有原料無法彼此相容，則必須使其易於分離。</li> <li>5. 使用可回收之原料。</li> <li>6. 有毒物質應清楚標示並易於移除。</li> <li>7. 由高價值原料製成的元件需易於辨識與移除。</li> <li>8. 塑膠元件上的印刷要使用可相容的墨水。</li> <li>9. 標示塑膠製的元件以易於辨識。</li> </ol>
<p>2. 扣件與連結：要讓拆解更容易且快速。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 扣件數最少化。</li> <li>2. 扣件的種類最少化。</li> <li>3. 可接近的扣件接合點。</li> <li>4. 易於被移除之扣件。</li> <li>5. 設計可破壞掉的連結以便移除扣件。</li> <li>6. 接近點及破壞點應顯而易見。</li> <li>7. 連結間的線路數量與線路長度應最小化。</li> </ol>
<p>3. 產品結構：需使拆解快速且經濟。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結構要簡單，容易接近次組件；理想情況是可用同一方向進行拆解，而無需轉動產品本身。</li> <li>2. 模組化的結構不僅有助於簡化次組件移除的步驟，對保養及升級也有幫助。</li> <li>3. 將不可回收、有毒或有價值的元件集中於同一區域，以便接近。</li> </ol>

資料來源：Dowie (1994)

張永忠（1998）於其研究中曾經針對綠色設計中所需要考量及遵守的原則，可以做為設計師具體的綠色產品設計方針與規範，進而縮短產品環保化設計流程中無謂的錯誤發生。不過需要注意的是，綠色設計考量與原則只是概念性的整理，倘若欲使原則的應用更符合實際綠色要求，則須依照產品類別的不同屬性予以整理出適當的綠色檢核表，這才是綠色設計過

程中真正有所作用的工具。綠色產品設計原則顯示，從產品材料之選擇應用、機構之設計、製造程序、包裝、運輸、平面及印刷、消費者使用及廢棄與回收，乃至生活環境設計及環保相關法規，均需投注相當的心力，身為設計師應當熟知每一環節的知識與技能，才足以妥善完成產品的綠色設計，為維護整體的環境保護盡一份心力，將相關綠色產品設計原則整理如表 2.5。

表 2.5 綠色產品設計原則

產品生命週期	綠色產品設計原則
一、材料選擇	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 選擇適合產品使用方式的材料。</li> <li>2. 避免使用有毒、有害成份的原料。</li> <li>3. 盡量使用可被生物分解的材料。</li> <li>4. 材料使用單純化，避免不同材料混合使用。</li> <li>5. 盡量使用可回收、再生材。</li> <li>6. 盡量減少材料用量。</li> <li>7. 原料之搭配使用需正確。</li> <li>8. 注意材料之特性及使用狀況。</li> <li>9. 使用相容特性之材料。</li> <li>10. 減少對材料做化學性之處理(塗裝、電鍍等)。</li> <li>11. 多利用卡榫之設計減少螺絲之使用。</li> </ol>
二、機構設計	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 避免用完即丟的設計。</li> <li>2. 盡量縮小體積。</li> <li>3. 造型不追求短暫流行風潮。</li> <li>4. 材料結構單純化。</li> <li>5. 採支解設計、易拆卸組合。</li> <li>6. 採易替換零件之結構。</li> <li>7. 增加結構強度。</li> <li>8. 確保維修清潔的便利。</li> <li>9. 改善人們對產品的使用態度。</li> </ol>
三、製造程序	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 選澤省材料的製程。</li> <li>2. 減少製程中廢料的產生。</li> <li>3. 盡量採用自然能源於製造中。</li> <li>4. 降低製程中廢水、廢氣、廢毒物的排放並降低噪音。</li> <li>5. 發展更省能源資源的製造科技。</li> <li>6. 善用製程中多餘的能量。</li> </ol>

產品生命週期	綠色產品設計原則
四、包裝設計	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.採簡易的方式包裝。</li> <li>2.以簡單結構設計手法加強強度。</li> <li>3.避免過度包裝。</li> <li>4.減量使用發泡塑膠。</li> <li>5.盡量使用天然資源或紙材。</li> <li>6.採無毒、易分解、可回收再生的包裝材料。</li> <li>7.選材盡量單純化。</li> <li>8.減少油墨使用量。</li> <li>9.產品與包裝結合為一設計。</li> <li>10.考量消費者安全問題。</li> </ol>
五、運輸配銷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.採最經濟的運輸方式。</li> <li>2.降低運輸過程中造成的污染。</li> <li>3.運輸過程中棧板的回收再利用。</li> </ol>
六、消費者使用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.增加消費者使用效率與滿意度。</li> <li>2.簡化功能及易於操作方式。</li> <li>3.降低操作上產生錯誤的機率、建立正確操作。</li> <li>4.確保使用者安全。</li> <li>5.選擇污染最低的使用形式。</li> <li>6.提升能源使用效率。</li> <li>7.減少使用階段污染物排放的產生。</li> </ol>
七、廢棄與回收	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.導使用者做完善資源分類回收。</li> <li>2.建立完善回收系統。</li> <li>3.盡量促使資源回收、循環再生。</li> <li>4.選擇最適當的廢棄物處理方式。</li> </ol>
八、生活環境設計	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.配合室內設計須考量材料組合與整潔理念。</li> <li>2.提供優美且適合都市生活的空間規劃設計。</li> <li>3.考量全面性的都市景觀設計與社區規劃。</li> </ol>
九、環保法規	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.依循各國環保法規與標準。</li> <li>2.尋求環保標章認證肯定。</li> </ol>

資料來源：張永忠（1998）

林水順和陳玫吟(2007) 透過 VAHP 分析方法與群體決策計算之後發現 3C 廠商評選綠色產品設計方面，於原物料之選擇與管理構面以零組件適配性、使用回收經濟材質為主要考量，其次為：避免含有有害物質與材料單

一化。在產品組裝拆解構面則是以垂直方向組裝、防呆與定位結構為首要考量，其次為：模組化設計、減少零件數目與結構簡單化。在產品可回收構面，主要以零件統一化與採用利於回收塗料為主要考量，再來為採用可相容之材料、結構與原料標準化。在永久性設計構面則是以堅固耐用為首要考量，其次為：省能源、高安全性。而在包裝減量與廢棄構面，主要以包裝容器再利用與使用易分解包裝材為主要考量，再來為包裝材料輕量化、不使用有毒包裝材與最少包裝材料量。

## 2.3 品質機能展開

品質機能展開 (QFD) 包括「品質」(Quality)、「機能」(Function) 與「展開」(Deployment) 三部分。「品質」即是品質屋 (House of Quality, HOQ) 所要達到之品質要求；「機能」又稱為功能，即是傾聽客戶聲音 (Voice of Customers, VOC) 後所彙整之功能需求，亦可稱謂客戶需求 (Customer Requirement)；「展開」即是要達成產品品質所進行之連串流程整合，包括概念提出、設計、製造與服務流程等。

### 2.3.1 品質機能展開之定義

QFD 起源於 1960 年代，發展在日本，日本的赤尾洋二與水野滋兩位教授多年研究日本整體企業品管實務活動的經驗，其目的為確保產品品質、創造符合的品質以滿足顧客。隨著科技日益進步，企業日漸重視產品品質，由日本石橋輪胎公司與三菱重工業公司神戶造船廠開始導入 QFD，最早的文獻出現於 1972 年，三菱重工業公司神戶造船在該公司作業程序中列為基本事項，在 1978 年發行「品質機能展開—全面品質管理之導入」一書，品質機能展開 (Quality Function Deployment, QFD) 一詞正式公開於世，開始蓬勃發展 (水野滋、赤尾洋二，1987)。

品質機能展開最初由造船業開始發展，卻在汽車業受到重視，豐田汽車 (Toyota) 在 1977 年開始導入品質機能展開，其主導人福原証是將品質機能展開分為四個階段，分別為產品計劃、產品設計、製程計劃及製程控制計劃。1978 年發展成十七步驟的品質機能展開；1983 年又進一部整理成綜合性的品質機能展開，分為四個階段、八個重點、二十七的步驟。1986

年 GOAL/QPC 與 ASI 開始對美國工廠提供完善的訓練；1987 年，Budd Company 與 Kelsey-Hayes 除日本外第一個成功個案；1988 年，台灣中國生產力中心與台灣飛利浦引進，此為台灣發展品質機能展開的開始。1988 年修正成三個階段，二十七個步驟(蔡志偉，2004；黃艷雲，2004)。彙整國內各學者對 QFD 之定義，如表 2.6 所示

表 2.6 國內外各學者對 QFD 之定義

學者	年份	QFD 之定義
水野 滋	1972	1.定義品質機能為確保品質的活動(品質計劃與品質保證)。將產品各階段的品質機能定義明確落實執行，以 5W1H 的做法，輔以品質機能之實施。 2.5W1H 為：(1)Why：品質機能之目的？(2)What：品質機能對象？(3)Where：於何處執行？步驟為何？(4)When：何時執行？(5)Who：責任單位/人員？(6)How：如何執行？
Sullivan	1986	1.將顧客需求轉換為產品特性面規劃的工具，以概念性圖表，提供產品功能和公司內部溝通的工具。 2.保證生產的產品與服務於第一次設計即符合顧客需求。 3.運用公司有限資源，全員一起改善品質的方法。
水野 滋	1987	對形成品質的機能或專案工作，以達滿足顧客的聲音為手段的方式，展開品質的過程。
Hauser & Clausing	1988	1.品質機能展開為先期設計，製造生產符合顧客購買意願。 2.品質機能展開的基本概念為產品反應顧客需求和顧客好評，故於產品初期規劃及構想階段時，所有參與的設計、工程、行銷、生產、品質等相關單位應共同合作。
Conti	1989	認為品質機能展開在規劃一連串的程序中是最徹底，也是最使人信服的方法，並可將消費者最後的需求一連串的排列出來，故也是最能滿足消費者要求的方法。
Akao	1990	定義經由顧客需求轉換至工程技術需求，故 QFD 可產生符合顧客需求的產品，結合顧客的聲音與工程技術之分析，定義品質準則達到產品品質與顧客所期望相符。
赤尾洋二	1991	定義 QFD 準確滿足顧客需求，提升企業所提供之技術與服務，讓設計產品與服務水準之標準，經由系統化設計展開到各零組件與服務，使產品或服務能符合顧客需求的工具。
Bossert	1991	協助公司建立一套結構化的方法，藉此了解顧客之需求。
Wasserman	1993	定義 QFD 為多功能工具，將顧客需求推展至產品規劃與設計階段之過程

學者	年份	QFD 之定義
Bicknell	1995	將品質機能展開簡單地定義為一種使用矩陣及其它量化和質化之技術，以系統化方法將顧客需求結合成可定義的並可測量之產品與步驟之參數。
Bergquist & Abeysekera	1996	1.定義於先期的產品開發就須掌握顧客或使用需要，於產品的開發程序需將重要特性結合需求與產品特性。 2.工程知識與品質機能展開方法的運用，對開發高品質的產品，是有效的工具。
呂志平	1998	提出應用品質機能展開及易組裝性之設計，以達同步工程之目標，其目的在於利用品質機能展開所得之結果，同時去做其裝配性之研究分析，將易組裝性設計在品質機能展開同時即給予考慮，減少投入量產後製程上之變異，其最終之目的在於縮短開發時間及降低開發和製造成本。
Bode & Fung	1998	品質機能展開首要為技術特性，將顧客需求與顧客滿意，利用品質機能展開進行設計成本、目標成本、等成本的評估分析。
吳信宏	2002	品質機能展開為產品規劃與發展的結構性方法，確切反應顧客心聲和需求，評估產品設計技術在顧客需求間的影響程度，最終目的為確定產品品質都能符合顧客要求。

資料來源：本研究整理

QFD 是一種整體性的觀念，為了要符合顧客之需求所使用的工具，它將顧客的聲音轉換成產品或服務設計的所有階段，使得最終產品或服務能達成顧客需求。因此，企業內部之行銷、研發及製造部門等相關人員，在產品的發展初期，即應該反應顧客需求，來達成跨部門的規劃與溝通，所以，QFD 不僅能改變工程之經驗，對於生產力、產品品質及成本都有明顯的改進。簡單來說，品質機能展開是掌握顧客的需求，站在顧客的角度從設計到新產品或服務的完成為止的一連串活動。



### 2.3.2 品質屋的基本架構

品質屋為 QFD 所使用的基本規劃工具，分析客戶需求與產品品質特性及工程管理措施間的關係（官生平，1993）。其能夠把顧客需求轉換成工程特質以符合特定的目標需求，以及公司組織希望達成特定之產品需求（簡聰海，1998）。然而，其最主要的觀念在於產品或服務必須設計在滿足顧客需求之基礎上，透過開始於了解顧客的需求，根據其重要性對每一個需求給予加權比重，然後經過一連串的矩陣運算及推演後，界定能滿足顧客需求的特定產品特性，最後，可再進一步向後推演，便可得知製造該產品所需之元件及規格，品質屋之架構如圖 2.1。

其構成要素如下：

- (1) 左牆：顧客要求之品質水準，即顧客需求；
- (2) 天花板：滿足顧客、消費者需求的措施，即工程特質；
- (3) 房間：關係矩陣，即(1)與(2)間的相互關係；
- (4) 地板：工程特質的優先改善次序；
- (5) 屋頂：工程特質間的相互關係，找出是否有互相砥觸、矛盾之關係；
- (6) 右牆：工程特質改善順序與顧客需求改善順序。

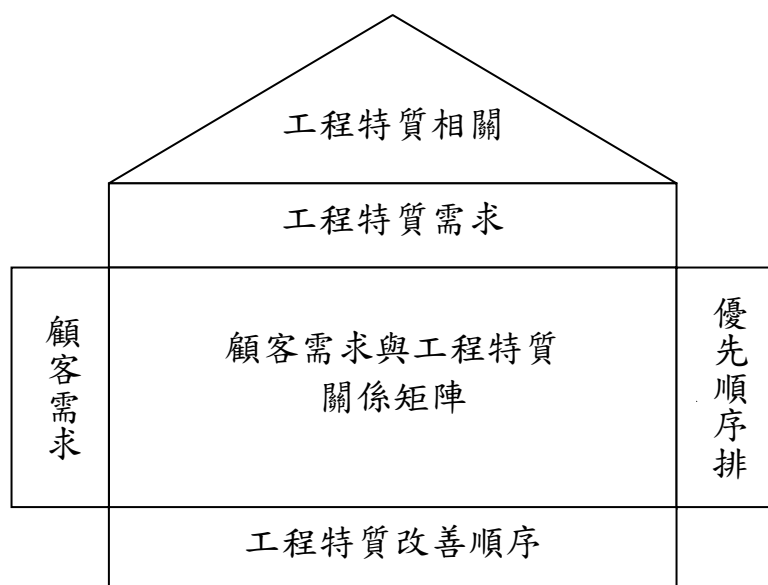


圖 2.1 品質屋架構

資料來源：Bossert (1991)

各要素之說明如下：

#### 1. 顧客需求(Voice of Customer, VOC)

亦稱為顧客聲音，主要根據顧客的聲音或意見而來，對於產品或服務的需求與期望。一般而言，顧客需求可以經由市場研究調查與問卷訪談等方式取得。另外，也可以透過群體專家訪談法經由討論後歸納出相關的結論，以發展能滿足顧客需求的產品。

#### 2. 工程特質(Voice of Engineering, VOE)

稱為工程的聲音，描述藉由工程及設計部門提供相關的技術，以滿足顧客需求。通常顧客會用自己所熟悉的經驗、語言或方式描述需求，藉由工程部門提供相關技術，以滿足顧客需求。工程特質最重要的目的就是如何將這些需求轉換成實際可行的技術述語，透過落實技術述語以實際地滿足顧客需求。

#### 3. 顧客需求與工程特質間的關係矩陣 (Relationship Matrix)

此部份為品質屋的主體中主要部分，用來了解顧客需求項目和工程技术特性間的關係程度。在此主要是說明各工程特質之間相關性分析，了解是否有相輔相成或是衝突矛盾的情形。兩者之間的關係通常可以使用符號代表其相關程度，如：◎ 代表關係強，○代表關係普通，△ 代表關係弱，空格代表兩者沒有關係存在；若要把關係程度量化，常見的語意變數包括 1、3、9 或是 1、5、9 (Wasserman, 1993)。

#### 4. 顧客需求的優先次序 (Importance of CR)

目的在於評估自身產品或服務的優缺點、顧客對各項需求之重視程度、品質機能之目標值、水準提昇率、銷售重點及顧客需求絕對權重，並將競爭者相同或類似的產品做一比較，了解自身產品在各方面之優劣情形。透過此競爭評估方式能夠使企業的策略目標更加貼近顧客需求。

#### 5. 工程特質改善順序與顧客需求改善順序

依據工程特性的評分值，在滿足顧客期望之前提下，可藉以判斷欲生產的產品，哪些技術是最迫切需要的，以作為各項技術引進及資源分配考量的基礎，針對競爭分析之內容，研擬企業應有之改善項目、改善方向與改善優先順序。

### 2.3.3 品質展開階段

品質機能展開共包含四個階段，其基礎概念主要為轉換顧客的需求，讓顧客的需求進入落實於產品技術與工程特性；提供企業產品開發或持續改善以滿足顧客需求之產品(Hauser, et al,1988)。有一些組織正持續研究發展品質機能展開法之運用，開發各自特有的模型，彼此間亦有相似之處，即 American Supplier Institute (ASI)。ASI 使用了日本工程師福原證(Akashi Fukuhara)為主所開發的四個基礎矩陣之方法，以品質屋矩陣為基礎進行各階段的展開，形成品質機能展開圖，內容可分成四個階段：產品規劃、零件展開、製程規劃與生產規劃等；其二、GOAL/QPC 使用赤尾洋二(Akao)所開發的複合式矩陣，此種矩陣許多規則將合併融會成較少的結構形式所組成的矩陣相關系統。而國內發展品質機能展開的研究以中國生產力中心為主，是以四階段展開為主要發展架構，如圖 2.2 所示。

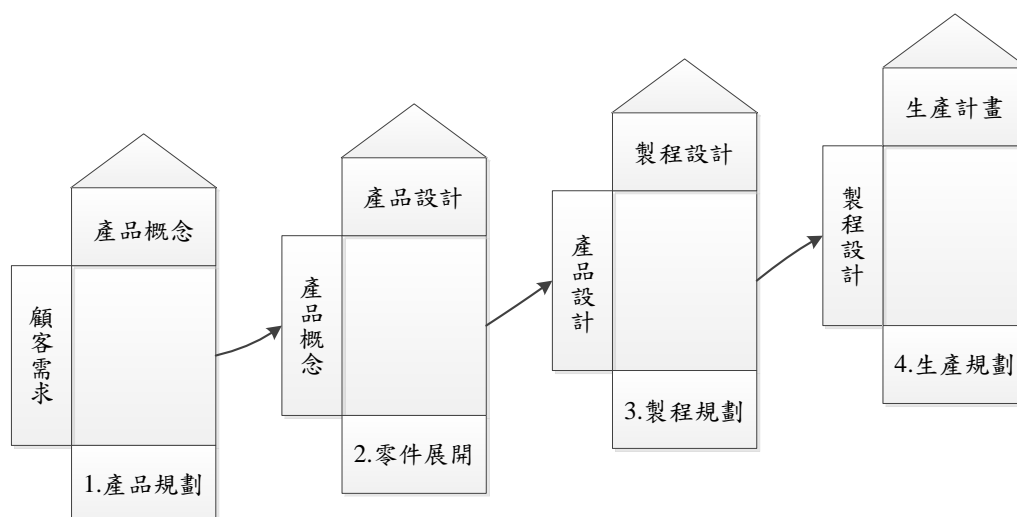


圖 2.2 連續的品質機能展開

資料來源：Govers (1996)

#### 1. 產品規劃 (Product Planning)

在第一階段產品規劃中，了解市場顧客需求，規劃符合顧客所要的產品。透過顧客意見反應、訪談、問卷調查，收集不同顧客群對產品之需求資料，提供企業相對應產品設計之要求，以滿足顧客期望。

## 2. 零組件展開 (Parts Planning)

完成第一階段產品規劃後，為達成顧客需求產品所需工程技術，產品各項零組件必須達成應有之功能。第二階段之零組件展開，即在運用品質屋找出零組件應具有之規格，以達成所要求工程技術之功能特性，此階段的展開屬於製造與工程技術層面。為了達成設計品質的要求，需進一步探討構成這些設計品質所需的次系統，以及構成這些次系統所需的相關零組件。

## 3. 製程規劃 (Process Planning)

在第三階段製程規劃中，經由零組件特性選用與規格訂定資料，決定製造過程中所需要的製造程序之技術與方法，以維持產品的品質特性，並達到顧客需求之品質水準。製程規劃的目的就是為了滿足顧客所需求的品質要求，經由工程轉換為技術或工程上的產品品質規格，透過製程狀況的設定控制，以達到生產結果的產品，能完成滿足顧客的需求。

## 4. 生產計劃 (Production Planning)

在生產計劃階段中，根據所需之製造程序與技術，以決定生產所需設備與工具，同時參考製程能力以訂定品質標準，在確保品質標準與作業標準之要求下，選擇能以最低成本達成目標品質的作業方法，以規劃最適當的品質與成本。

### 2.3.4 品質機能展開之應用

品質機能展開的基本想法是轉換顧客的聲音亦即顧客的需求，到產品或服務的品質機能上，以保證顧客滿意(Akao, 1990)。在過去的文獻中，品質機能展開已被廣泛地運用在各個領域，本研究列舉部分應用品質機能展開之文獻如下：

1. 劉志成(2003)提出改良的 TRIZ 方法與綠色創新設計方法，為避免開發出環境性能傑出但不受歡迎的綠色產品，導入 QFD 方法，探討「客戶需求、品質特性、零件機能及環境效率要素」與 39 工程參數的關係，並建立「結合 QFD 元素、環境效率要素與 TRIZ 創新法則於綠色創新設計之方法」，協助設計師找到合適的創新概念，以開發具市場價值的

綠色產品。

2. 許志宇(2005) 以即可拍相機為例，將品質機能展開方法與綠色生命週期設計結合，整合成綠色品質機能展開，將顧客所重視的產品屬性，依綠色生命週期設計中的製程設計、使用、包裝、廢棄各個階段，分別轉換為產品的設計屬性。本研究採用品質機能展開、模糊理論及灰關聯分析這三種方法來驗證，以了解消費者所重視的屬性。
3. 黃士滔等人(2009) 以籃球鞋為例，將品質機能展開方法與綠色生命週期設計結合，整合成綠色品質機能展開，將顧客所重視的產品屬性，依綠色生命週期中的製程設計、使用、包裝、廢棄各個階段，分別轉換為產品的設計屬性。採用品質機能展開、灰關聯分析以及 TOPSIS 等方法來驗證，以瞭解消費者所重視的屬性。
4. 鄭占傑(2009)合併層級分析法 (AHP) 與品質機能展開 (QFD) 方法來探討消費者需求，並且探討兩種研究方法合併的效益如何，探討數位單眼相機市場之消費者真正需求。
5. 廖怡芬(2010) 探討以專業生產表面黏著之模組代工廠-F 公司不同客戶對有害物質之管制與限制要求之不同聲音，將利用品質機能展開方法，先採用層級分析法萃取出影響綠色生產顧客聲音之構面因素及篩選出工程需求之因子。考量因素納入品質機能展開過程的顧客需求，並結合製程設計人員與現場工程人員共同腦力激盪選出的工程生產技術策略項目，同步進行邏輯矩陣轉換。針對綠色表面黏著技術模組代工廠應重視之顧客需求，將顧客需求以實證分析，經由品質機能展開的關係矩陣計算後，得知表面黏著代工廠對於顧客的需求前三項為「加強員工訓練」、「異常處理系統化」和「設立 RMA 異常工程單位」，這些結果可提供國內綠色表面黏著技術模組代工廠商營運策略之參考。

參考相關文獻後，發現品質機能展開方法善於了解消費者的聲音、顧客需求，此法用於製造業中也有良好的成效，故本研究以品質機能展開的觀點來探討智慧型手機綠色設計準則，在品質屋的運算方式結合了票選式層級分析法之特性，以便找出最適合智慧型手機綠色設計之準則。

## 2.4 票選式層級分析法

票選式層級分析法(Voting Analytic Hierarchy Process, VAHP)是以層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)為理論基礎架構下所衍生出來的決策方法，相較之下，AHP 已發展多年，也較常見，而 VAHP 為一種較新的方法。層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)於 1971 年由匹茲保大學教授 Thomas L. Saaty 所發展出來的一套多目標的決策方法，利用彼此間具有互相影響關係的層級結構，簡化問題的複雜性，協助決策者進行正確的決策。

陸續有學者對於 AHP 進行研究分析，Narasimhan (1983)對於層級分析法歸納出幾項優點，分述如下：

1. 可將主觀的決策模式化，提供較為準確的判斷參考。
2. 有相關軟體可以協助決策者做敏感度分析。
3. 層級分析法數量化的結果，可以提供群體決策為基礎，透過此基礎來進行溝通。

雖然層級分析法具有上述優點，但難免還是會有一些缺失，Roper-Low & Sharp (1990)針對 AHP 方法歸納出幾項缺點，分述如下：

1. 由於層級結構的簡單化，於分析的過程中可能隱藏部份重要的依存關係，進而過度簡化決策問題。
2. 層級分析法的優先向量大小，不具有統計上的顯著性(Statistical Significance)，因此無法提供給決策者明確的結果。

因為顧慮在使用層級分析法的過程中，避免不了這些缺失導致無法協助決策者做出合適的判斷，所以 Liu&Hai (2005)透過 AHP 的方法延伸出 VAHP，較 AHP 容易了解。此方法區分三個階段進行。

1. 讓決策者針對受評估目標進行重要程度排序，以避免兩兩比較產生不一致的問題。
2. 透過線性規劃模式求得排序之權重值。
3. 最後計算整理出評估目標的總得分數，完成排名之順序。

VAHP 可以求得權重或優先權，運用分析步驟如下所示：

### 1. 架構問題與釐清決策因素

VAHP 處理多屬性決策問題必須先定義問題、了解問題本質，釐清相關的決策元素。決策元素主要包括決策者、受決策者影響、決策目標、相關屬性與可供選擇的方案等。利用層級架構來分析問題時，將複雜的決策問題結構組織成為不同決策元素與層級子問題，以審視不同層級決策元素之間的上下關連，並以同一層級內不同元素之間的對等關係，而不是直接分析各層級的每個元素。由於傳統的 AHP 可以解決質化與量化的問題，而 VAHP 根據此精神也將準則分類為質化與量化的準則。

### 2. 目標定義與層級架構

建立目標層級架構之前，需先產生目標集合，並將之區分為根本目標(Fundamental Objective)或工具目標(Means Objective)。根本目標為決策者真正期望達成的最終目的；而工具目標則是協助達成決策者的真正期望目的的手段或所需完成的階段性目標，因此工具目標可以幫助我們產生方案。

目標層級架構的方式可藉由組織已產生的根本目標，然後採行由上而下分解方式(Top-down Decomposition)或採行由下而上合成方式(Bottom-up Synthesis)將目標層級逐層發展完成。層級的多寡，端視問題的分析所需而定，若分析的問題相當複雜，則往往需垂直展開為多個目標層級，通常每一層級包含七個以下之元素。在準則確立之後，依照 AHP 的精神將準則以主要目標、次要目標依序以層級方式呈現。

目標層級架構的每一層級內的屬性集合，可以用其上一層目標作為依據，進而反覆評估並修正所選出的屬性，以確保其符合完整的、可解構的、可衡量的、不重複的以及最少的等五個原則以提升效度，而選擇的評估屬性必須與目標具有一致性，以作為 VAHP 模式的層級架構和權重計算的基礎。

### 3. 屬性票選排序以訂出優先權

先票選主要準則的排序，取得主要準則分別從第一到最後一名各名次的累積票數。接著再以同樣方法，以票選的方式取得在主準則之下，該項次準則的排序，並依照依次準則個數，排出次準則之間的排序。給

予受評者依序排出各準則之間的重要性，並將所有受評者的排序結果予以分數加總，然後依此類推各準則的加總。

#### 4. 依計算式找出各準則之間的權重

依照下列 VAHP 模式計算各準則之間的  $\theta_{rr}$  值與  $u_{rs}$  值，並將各  $\theta_{rr}$  值正規化。

$$\theta_{rr} = \text{Max} \sum_{(s=1 \sim S)} u_{rs} x_{rs}$$

$$s.t.: \quad \theta_{rp} = \sum_{(s=1 \sim S)} u_{rs} x_{ps} \leq 1, \quad p = 1, 2, \dots, R$$

$$u_{r1} \geq 2u_{r2} \geq 3u_{r3} \geq \dots \geq Su_{rs}$$

$$u_{rs} \geq \varepsilon = 1/((1+2+\dots+S) * n) = 2/(n * S(S+1))$$

其中：

$\theta_{rr}$ =綠色設計之準則最終分數。

$n$ =評比者人數。

$S$ =所有評比之名次數目。

$R$ =準則總數。

$u_{rs}$ =第  $r$  個準則被評選  $s$  重要程度的權重。

$x_{rs}$ =所有評比者對第  $r$  個準則所排出  $s$  名次之個數。

#### 5. 衡量準則評估標準

經由設計者對各標準決定分數後做出各標準在整體選擇標準間的權重。之後再對各權重予以標準化，採用五點尺度量表顯示出每一設計準則在分類標準上的分數和尺度（非常不重要、不重要、沒意見、重要、非常重要）。最後以主、次要標準分數所佔的權重與分數，計算得出設計準則的評分，並以此分數作為產品開發設計的評估標準。

#### 6. 確認設計準則之優先權

將每項設計準則的權重與被評比的分數計算乘積，得到該準則的最終分數，再依照分數選擇出重要的準則，做為決策方案之參考依據。

1971 年層級分析法就已被發展出來，是大家比較熟悉的方法；然而 VAHP 則是透過 AHP 延伸出來的一種新方法，兩種方法之間最大的差異



主要在於 AHP 是決定配對矩陣，而 VAHP 是整理出各項準則間的優先順序，此為兩者間最大的差異。

## 2.5 專家訪談

質性研究中經常使用到專家訪談法，而訪談就是一種面對面的言詞溝通方式。Mishler (1986)認為訪談是一種互動性的交談，是一個屬於受訪者與訪談者共同進行建構意義的過程，受訪者會將本身豐富的實務經驗，用訪談員可以理解的方式進行描述說明。

深入訪談法(In-depth Interview)係一種半結構式的一種形式，目的在於對某些主題或討論的問題，得到比平常訪談更為深入的瞭解，與其它方法相比，此法最適用於不易觀察，只有少數人涉及在內、時間跟長度、概念數目很多的事項。

吳萬益(2008)針對深入訪談法，分別列出以下優點及缺點：

### 1. 優點

#### (1) 有機會可以瞭解受訪者的反應

深入訪談提供一個給受測者回饋的機會。於訪談完後，訪談員可詢問受訪者對整體研究的建議或意見。故採深入訪談可以增加訪談員與受訪者間的互動。

#### (2) 可以探索更複雜的問題

深入訪談很重要的是有機會與受訪者繼續溝通，或針對一個問題進行深入的探索。如訪談員無法十分瞭解受訪者的答案時，可再詢問加以澄清。深入訪談有利於取得非結構性問題的資訊，因為複雜的問題在電話或是郵寄問卷法中都較不能得到完整的資訊。

#### (3) 適合冗長問卷的調查

如果研究者必須有冗長的問題時，深入訪談是較可行的方法，因為如果採郵寄問卷時，受訪者可能會因問卷太長而不想回答。而利用深入訪談時，受訪者並不用自行撰寫，只須做口語的回答，且有視覺及感官上的刺激，受訪者較有意願完成冗長的問卷。

#### (4) 完成整份問卷的機率較高

藉由訓練有素的訪談員和受訪者的互動，訪談員較容易取得整份問卷完整的答案，較少有漏答或是偏離主題的答案。

#### (5) 可以讓受訪者產生視覺刺激且覺得有人在傾聽

面對面訪談的形式可讓訪談員展示相關活動的圖片或報導。藉由視覺的刺激，讓受訪者有比較深入的臨場感，且面對面訪談讓受訪者覺得有人在注視、傾聽而有興趣繼續作答。

#### (6) 高度參與

有些受訪者原本並沒有意願參與訪談，但由於看見訪談員的友善，及其簡短的陳述訪談動機時，可能會有意願參加。所以，比起其他方法，深入訪談的參與程度會較高。

## 2. 缺點

### (1) 成本

深入訪談相較於郵寄問卷或電話訪問的成本都來的高。一來可能要支付受訪者的交通費，二來要負擔受訪者閒置力的薪資，且如果是大型的研究通常還會有督導員，所以其成本可能是非常高的。

### (2) 時間

訪談通常是很費時的，可能訪談員要走一段路才會到指定受訪者的家，如果其不在家或者忙碌中還要等一段時間，所以，深入訪談並不是很有效率的。

### (3) 受訪者的匿名性

雖然訪談員可能會強調不會洩露訪談內容，但由於訪談員通常知道受訪者的名字和住址甚至電話，且認得受訪者外貌，所以還是會讓受訪者覺得有壓力，不如郵寄問卷具有匿名性。

### (4) 較低標準詢問措詞

訪談員可能需要用許多不同的措詞來讓不同受訪者瞭解題意，而這種彈性固然是優點，但也是個問題，因為受訪者的答案可能因訪談者措詞不同而有所差異。

#### (5) 不容易接近受訪者

有些受訪者可能是公司重要幹部如總經理、協理等，他們可能沒有時間接受訪問，在這樣的情況下，深入訪談就較不可行了。另外，可能預定的受訪者分散於全台各縣市，甚至澎湖、金門，如果為了某一個受訪者的答案就必須搭飛機至該地，一來成本太高，二來可能耗費許多交通時間，所以在大地理範圍的調查時，採用深入訪談並不是個很好的方法。

透過深度訪談去探究問題，會使研究者較能掌握問題的焦點，另外也可經由受訪者豐富的回答內容中，推測其邏輯或行動所代表的意義，並可自行判斷談話內容的可靠性(李美華，1988)。

## 第三章 研究方法與設計

### 3.1 專家訪談

為了探討生產者在進行智慧型手機綠色設計時所需要的準則，蒐集整理智慧型手機綠色設計相關之文獻，透過專家訪談的方式來確認設計準則是否合適，訪談流程如下。

#### 1. 蒐集整理相關文獻

這階段最主要的目的乃瞭解智慧型手機設計與綠色產品設計之現況，蒐集相關文獻資料，歸納整理出與智慧型手機綠色設計相關之準則，資料來源主要是碩博士論文、國內外的期刊、環保相關單位、綠色設計相關書籍等。

#### 2. 專家選擇

訪談對象為有豐富實務經驗且擁有綠色環保概念的智慧型手機產業專家，期許能結合理論與實務，真實地反應業界的現況。

#### 3. 初步訪談

蒐集相關文獻資料後，整理出智慧型手機綠色設計準則，透過初步的訪談，篩選出合適的智慧型手機綠色設計準則是否合適，有不足之處進行修改，進而整理出智慧型手機綠色設計準則，以增加本研究準則擷取之完整性。

#### 4. 專家訪談

在初步訪談後所發展的問卷，經由訪談智慧型手機生產者的方式，請專家進行評選智慧型手機綠色設計準則的重要程度，重要程度以李克特五點尺度呈現，以重要程度將各準則區分出來，首先將相同重要程度的準則給予重要程度由大至小之排序，接著將所有的準則依重要程度由大至小排序，再透過票選式層級分析法歸納出準則的重要性。

### 3.2 品質機能展開

根據品質機能展開特性，品質機能展開的層次可分為產品規劃階段、元件展開階段、製程規劃階段、作業規劃階段等四個連續階段，本研究僅針對產品規劃階段品質屋展開建構，主要探討消費者需求、工程特質及其

關係矩陣之品質屋。

為了建立智慧型手機綠色設計準則之品質屋，本研究結合 VAHP 於智慧型手機綠色設計準則之選擇，以消費者問卷調查方式得到消費者對於智慧型手機綠色設計準則之重視程度，以專家訪談法及 VAHP 問卷調查方式得到生產者所重視之智慧型手機綠色設計準則，轉成品質屋裡的工程特質，接著利用 VAHP 模式分析消費者需求因素及生產者的工程特質，依照 VAHP 分析結果將消費者需求的項目列於品質屋之左側，工程特質則列於品質屋之上方，並建構展開消費者需求與工程特質之關係矩陣。利用建構品質屋過程分析比較生產者與消費者對於智慧型手機綠色設計準則之差異，詳細展開步驟如下所示。

### 1. 消費者需求

利用蒐集相關文獻資料擷取出與消費者相關的綠色環保準則。透過 VAHP 問卷調查的方式，問卷發放對象為具有智慧型手機使用經驗及綠色環保概念的消費者，取得六十位消費者對於智慧型手機綠色設計準則的需求，並請消費者依準則重要程度給予排序，最後運用 VAHP 模式將數據結果轉換成更客觀且準確的數據，以便了解消費者對於智慧型手機的需求與綠色設計準則。

### 2. 工程特質

利用蒐集相關文獻資料擷取出與生產者相關的智慧型手機綠色設計準則，並輔以專家訪談方式確認準則之合適性與完整性。訪談對象為對此產業有相當程度了解與實務經驗的專家，將理論與實務相互結合。將專家訪談後的 VAHP 問卷發放給生產者，取得三十位生產者對於智慧型手機綠色設計準則的重視程度，並請生產者依準則重要程度給予排序，最後運用 VAHP 模式將數據結果轉換成更客觀且準確的數據。

### 3. 展開關係矩陣

將消費者需求結果列於品質屋的左側，工程特質結果則列於品質屋的上方，展開消費者需求與工程特質之間的關係。本研究依據 Hauser & Clausing (1988) 定義其關係可區分為 4 種，分別是：(1) 強相關，以◎表示，設定其權數為 3 分。(2) 普通相關，以○表示，設定其權數為 2 分。(3) 弱相關，以△表示，設定其權數為 1 分。(4) 零相關，以空白表示，

其權數亦設為 0 分。此關係矩陣內容的相關性由智慧型手機產業專家進行評定，以便將消費者需求轉換成工程特質，以達到滿足顧客需求的目標。

#### 4. 計算加權後的權重值

經由與專家討論後，將工程特質的權重加上關係矩陣之權重分數再分別乘上消費者需求權重，可得到加權後的權重。在這個步驟主要是融合了消費者的心聲，將由 VAHP 所計算出來之客觀數據與專家評定關係矩陣之較主觀的數據結果加以結合，而得到較為客觀之排序。

### 3.3 票選式層級分析法

VAHP 於 2005 年由 Liu & Hai 提出，依照 AHP 的精神提出的票選式層級分析評估方法，主要是解決在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題，提供票選式的選擇順序，而非傳統 AHP 成對的比較方式。VAHP 較 AHP 容易了解，且易於施行。

VAHP 之運作步驟說明如下：第一步先票選主要準則的排序，在經過票選後，取得主準則的排序。第二步，同樣以票選的方式選出次準則的排序，並依照依附在主準則下的次準則個數，排出次準則之間的順序。運用 VAHP 模式求解並找出主、次準則之間的最終權重後，將每一個次準則權重乘上對應之主準則權重，即為該準則之整體權重。

本研究篩選智慧型手機綠色設計準則時，以 VAHP 模式分別求算生產者與消費者各準則之權重值再予以正規化，以客觀的數據呈現各準則之重要性，再依排序值大小給予加權權重值，並進行標準化，使評選者在進行評比作業時能更清楚的了解到準則間的相對關係及整體評選模式的基本結構。本研究根據前述票選式層級分析法之步驟，進行生產者與消費者之智慧型手機綠色設計準則權重分析，詳細分析流程分述如下：

#### 1. 架構問題與釐清決策元素

運用 VAHP 方法分析多屬性決策問題時，必須先定義問題、了解問題本質，釐清相關的決策元素。因此本研究分析範圍為生產者及消費者之智慧型手機綠色設計準則，生產者準則藉由文獻資料蒐集及專家訪談結果而得知，消費者準則由文獻資料蒐集而來。而生產者及消費者綠

色設計準則架構，最主要的問題則為分析計算各準則之權重值。

## 2. 準則票選排序訂出優先權

此步驟是整理所有受評者依序排出各準則之間的重要性給予分數的加總，以訂定出各準則之優先權。

## 3. 依計算式找出各準則之間的權重

最後依照前述 VAHP 模式求解而得各準則之間的  $\theta_{rr}$  值與  $urs$  值，並將各  $\theta_{rr}$  值正規化，本研究將利用 Lingo 程式分析求解各準則之權重值，生產者與消費者之求解程式。

### 3.4 問卷說明

本研究透過蒐集智慧型手機綠色設計相關文獻，整理出如表 3.1 智慧型手機綠色準則。主準則有五個，分別為原物料選擇與管理、產品組裝拆解、包裝減量與廢棄、可回收再利用及永久性設計。次準則共 35 個，分別為避免原物料含有有害物質、使用回收經濟價值之原料、零組件適配性、有毒物質應清楚標示並易於移除、塑膠元件上的印刷要使用可相容的墨水、選用耐久性原料、選用無放射性之零件材質、選用可安全回收之零件材質、產品零件材質容易分解、設計防呆與定位結構、結構簡單化、模組設計、減少拆解工具數量、連結間的線路數量與線路長度應最小化、避免標籤或黏著劑造成的污染、產品表面避免多餘的加工或塗裝處理、由高價值原料製成的元件需易於辨識與移除、標示塑膠製的元件以易於辨識、不使用有毒性的包裝材、包裝材料輕量化、包裝容器回收再使用、選擇易於被生物或光分解的包裝材料、採用可相容之材料或零組件、減少零件數目、採用利於回收之塗料、零件標準化、易維護及維修之設計、使用重覆利用性高的零組件、廢乾電池回收、產品使用過程的高安全性、產品堅固耐用之設計、延長電池續航力之設計、產品低耗能(如節能標章)、太陽能充電機制及產品輕量化設計。

表 3.1 智慧型手機綠色準則

主準則	編號	次準則	文獻出處
原物料之選擇與管理	1	避免原物料含有有害物質	張永忠(1998)、李保寧(1999)、林水順與陳玫吟(2007)、陳彥傑(2012)
	2	使用回收經濟價值之原料	鄭源錦等人(1995)、林水順與陳玫吟(2007)
	3	零組件適配性	鄭源錦等人(1995)、林水順與陳玫吟(2007)
	4	有毒物質應清楚標示並易於移除	陳振甫(2003)、Dowie (1994)
	5	塑膠元件上的印刷要使用可相容的墨水	Dowie (1994)
	6	選用耐久性原料	陳彥傑(2012)
	7	選用無放射性之零件材質	陳彥傑(2012)
	8	選用可安全回收之零件材質	李保寧(1999)、Dowie (1994)
	9	產品零件材質容易分解	張永忠(1998)
產品組裝拆解	10	設計防呆與定位結構	林水順與陳玫吟(2007)
	11	結構簡單化	Dowie (1994)、張永忠(1998)
	12	模組設計	陳振甫(2003)、Dowie (1994)
	13	減少拆解工具數量	林水順與陳玫吟(2007)、羅于婷(2009)
	14	連結間的線路數量與線路長度應最小化	Dowie (1994)
	15	避免標籤或黏著劑造成的污染	Dowie (1994)
	16	產品表面避免多餘的加工或塗裝處理	陳彥傑(2012)
	17	由高價值原料製成的元件需易於辨識與移除	陳振甫(2003)
包裝減量與廢棄	18	不使用有毒性的包裝材	張永忠(1998)、曾漢壽(2001)、林水順與陳玫吟(2007)
	19	包裝材料輕量化	曾漢壽(2001)、林水順與陳玫吟(2007)
	20	包裝容器回收再使用	曾漢壽(2001)、林水順與陳玫吟(2007)
	21	選擇易於被生物或光分解的包裝材料	張永忠(1998)、林水順與陳玫吟(2007)



主準則	編號	次準則	文獻出處
可回收 再利用	22	採用可相容之材料或零組件	張永忠(1998)、林水順與陳 玫吟(2007)
	23	減少零件數目	張永忠(1998)、李保寧 (1999)、陳振甫(2003)
	24	採用利於回收之塗料	林水順與陳玫吟(2007)
	25	零件標準化	陳彥傑(2012)
	26	易維護及維修之設計	陳彥傑(2012)
	27	使用重覆利用性高的零組件	陳振甫(2003)
	28	廢乾電池回收	陳彥傑(2012)
永久性 設計	29	產品使用過程的高安全性	張永忠(1998)、郭財吉 (2001)、陳彥傑(2012)
	30	產品堅固耐用之設計	郭財吉(2001)
	31	延長電池續航力之設計	陳彥傑(2012)
	32	產品低耗能(如節能標章)	張永忠(1998)、林水順與陳 玫吟(2007)
	33	太陽能充電機制	陳彥傑(2012)
	34	產品輕量化設計	張永忠(1998)

本研究問卷分別為生產者問卷及消費者問卷，以 VAHP 問卷方式呈現，生產者及消費者問卷準則內容由智慧型手機綠色設計相關文獻蒐集整理得來。生產者問卷藉由專家訪談的方式來確認準則之合適性與完整性，發放對象為智慧型手機產業中有關研發設計部門、環境保護專家或在這個產業有相關經驗的主管或負責人；消費者問卷發放對象為有使用智慧型手機且有環保概念意識的消費者。

生產者問卷經由蒐集整理相關文獻後，透過訪談實務經驗專家，了解專家所認同的智慧型手機綠色準則，再將整理出來的準則請專家認定，若有不足之處，將會加入專家認為重要的準則；反之若有不重要之準則將刪去，如此可避免將不重要或不適用之準則納入考慮或是忽略了重要的準則，與專家討論後，將這些準則設計出 VAHP 問卷，再將此問卷發放。消費者問卷經由蒐集整理相關文獻後，與有相當經驗之學者進行討論，將討論結果設計出 VAHP 問卷，將此問卷發放。本研究將訪談人員基本資料及訪談

內容摘要整理如表 3.2 與表 3.3 所示。

表 3.2 訪談人員基本資料

受訪者	職稱	公司成立時間	資本額	產業類別
A	工程師	2000	44 億	半導體製造業
B	工程師	1997	81.77 億	消費性電子產品製造業
C	技術副理	1997	81.77 億	消費性電子產品製造業

表 3.3 訪談內容摘要

專家	訪談內容摘要
A	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在環保意識抬頭的時代裡，相信綠色產品及其理念的設計與使用是必要的，畢竟對於環保而言，每個人都有應盡的責任，但如何使綠色設計跟實用性兼具，更貼近人性並且更符合經濟效應，降低生產成本才是當前產品最需要克服與努力的兩大目標，才能使綠色理念付諸於現實生活中。</li> <li>2. 避免選用容易造成環境生態平衡的原物料，如不可以分解、高汙染等材質皆不考慮，在管理部分則是依靠本公司完整的 MRP 系統來管理原物料存貨，有效控管物料需求規劃，避免過多不必要的庫存。</li> <li>3. 主要設計理念為結構設計簡單化及零件易拆解為主軸，避免不必要的黏膠或螺絲，達到結構簡單化設計。</li> <li>4. 選用無毒性的包裝材料，包裝材料以輕薄為主，使包裝材料能達到最小化，並避免包材過多的印刷或塗抹。</li> <li>5. 統一零件標準化，採用共用程度高的規格零組件，並盡可能選用耐久性原料材質，已達到回收再利用的可能性。</li> <li>6. 輕薄美觀外型的设计及延長電量續航力。</li> </ol>
B	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在設計產品時能考慮到綠色的概念，必能減少對地球的一些傷害，但是在做綠色設計時也須兼顧實用性，並且考量技術成本問題。</li> <li>2. 在原料的選擇上，使用無毒無害之物質，遵守環保法規。</li> </ol>

專家	訪談內容摘要
	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 盡量使線路數量與長度減少，採用防呆與定位結構之設計以便增快生產速度。</li> <li>4. 盡可能的將對環境的傷害減到最小，包裝材採用無毒之材料，採用可回收再利用之材料。使用FSC認證的紙張，使用水性黏著劑，使用大豆/蔬菜為基礎的油墨以及零揮發性油墨。</li> <li>5. 將零組件統一標準化，採用可相容之零組件，以利回收再利用。</li> <li>6. 公司會進行產品堅固耐用的測試。</li> </ol>
C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 公司有自己的設計準則，主要有三大構面。第一個為無毒害，第二個為省能源，像是北美的CEC認證及FSC COC 認證，第三個為高回收，主要是按客戶的規定來做。</li> <li>2. 公司有個文件是在管制28種化學物品，原物料一定選用無毒無害的，在管理方面由IQC與OQC來處理。</li> <li>3. 這個部分公司並沒有著重在這一塊，而是朝著堅固耐用去設計。</li> <li>4. 公司有個ID Team在負責，也是有一些規範，像是不選用有毒害性的包裝材料，選用環保材料。目前公司有分兩種包裝型式，第一個為瓦楞紙材包裝：這類型的包裝係由85-90%的回收紙漿所製成，其於使用廢棄後，這類型之包裝材可100%回收。第二種為可再生型包裝：這類型的包裝係由65%的甘蔗渣與35%竹漿所製成，為一種100%可再生材質所組成，並於廢棄後，亦可100%回收與100%生物可分解。如果無法避免必須在包裝材上使用到原生紙材時，則選用FSC或PEFC認證的紙材。而所有印刷在包裝上的油墨都是低揮發性或者採用符合美國大豆協會標準之大豆油墨。</li> <li>5. 現在的產品本身大約80~90%都可以回收，但不是封閉式的回收，回收後的東西不一定會回來公司。</li> <li>6. 強調低耗能，產品堅固耐用，會進行安全性測試。</li> </ol>

經由專家訪談後，生產者智慧型手機綠色設計準則如表 3.4 所示。與專家討論後，修改了一些準則。第一項原是避免採用有毒之物質，專家表示現在為了遵守環保法規，所採用的原物料皆為無毒無害之物質。第十五、十六項則是當初沒有所考量到的，原生紙選用 FSC 或 PEFC 認證之類的紙材及使用環保墨水。與專家討論後，刪去了有毒物質應清楚標示並易於移除，由於現在原物料皆以採用無毒無害之物質，因此不考慮這項準則；刪除太陽能充電機制，由於專家認為設計準則應專注在綠色設計上，因此不考慮這項準則。

表 3.4 生產者智慧型手機綠色設計準則

原物料之選擇與管理	1	選用無毒無害之物質
	2	採用具回收經濟價值的原料
	3	考量零組件間的適配性
	4	選用無放射性之零件材質
	5	選用可安全回收之零件材質
產品組裝拆解	6	設計防呆與定位結構
	7	結構簡單化
	8	模組化設計
	9	連結間的線路數量與線路長度應最小化
	10	避免黏著劑造成的污染
	11	產品表面避免多餘的加工或塗裝處理
包裝減量與廢棄	12	使用無毒無害之包裝材
	13	包裝材料輕量化
	14	選擇易於被分解的包裝材料
	15	原生紙選用 FSC 或 PEFC 認證之類的紙材
	16	使用環保墨水
可回收再利用	17	採用可相容之材料或零組件
	18	易維護及維修之設計
	19	使用重覆利用性高的零組件
	20	廢電池可回收
永久性設計	21	手機使用過程的高安全性
	22	延長電池續航力之設計
	23	低耗能(如節能標章)
	24	手機堅固耐用之設計
	25	手機輕量化設計

經由與經驗豐富的學者討論後，刪去不合適的準則，將消費者智慧型手機綠色設計準則如表 3.5 所示。與學者討論後，將準則發展成問卷。

表 3.5 消費者智慧型手機綠色設計準則

原物料之選擇與管理	1	選用不含有毒害物質之原物料
	2	選用耐久性原料
	3	選用無放射性之零件材質
	4	選用易分解的零件材質
產品組裝拆解	5	減少拆解工具的數量
	6	結構簡單化便於組裝拆解
	7	避免黏著劑造成的污染
包裝減量與廢棄	8	採用無毒之包裝材
	9	包裝材料輕量化，節省運輸能源效率
	10	選用可回收再利用的包裝材料
	11	選擇易於被分解的包裝材料
可回收再利用	12	零件標準化便於回收
	13	減少零件數目
	14	設計成容易維護及維修
	15	廢棄電池可回收
永久性設計	16	手機使用過程中的高安全性
	17	延長電池續航力之設計
	18	低耗能(如節能標章)
	19	手機堅固耐用之設計
	20	手機輕量化設計

## 第四章 研究結果與討論

此章節將建構智慧型手機綠色設計準則品質屋，首先整理生產者與消費者之綠色設計評估準則，運用 VAHP 將評選準則有系統的建立架構並找出權重後，進而建構出智慧型手機綠色設計準則品質屋。詳細流程步驟說明，茲分述如下所示。

### 4.1 步驟一：擷取智慧型手機綠色設計準則

透過蒐集整理智慧型手機相關文獻並進行專家訪談，歸納出適合於生產者及消費者之智慧型手機綠色設計準則。在準則選擇上，將各因素以「原物料之選擇與管理」、「產品組裝拆解」、「包裝減量與廢棄」、「可回收再利用」及「產品使用設計」做為智慧型手機綠色設計五個主要準則，其次依五項主準則歸納出適合的次準則。

本研究分別探討生產者與消費者所重視的智慧型手機綠色設計準則之異同，藉由品質機能展開整合生產者與消費者面臨不同綠色產品設計準則之排序，使生產者更進一步了解消費者之綠色產品設計需求準則，也可以使消費者了解生產者所考量之準則。

生產者準則經由蒐集整理智慧型手機相關文獻資料，再以專家訪談及 VAHP 問卷調查方式，經由專家訪談確認準則之合適性與完整性後，將整理完成的 VAHP 問卷，依據李克特五點尺度量表進行各準則之重要性程度評分，以挑選出合適的綠色設計評估準則。茲以生產者綠色產品設計的李克特五點尺度量表為例，完整問卷內容如附錄二所示。

消費者問卷經由蒐集整理智慧型手機相關文獻資料，再與此領域之學者討論及 VAHP 問卷調查方式。經與學者討論確認準則之合適性與完整性後，將整理完成的 VAHP 問卷，依據李克特五點尺度量表進行各準則之重要性程度評分，以挑選出合適的消費者綠色設計評估準則，完整問卷內容如附錄三所示。

本研究對於生產者及消費者智慧型手機綠色設計要素準則的篩選方式為，Saaty (1996)提出網路層級分析法(Alytic Network Process, ANP)，ANP 是由 AHP 方法延伸而來，AHP 的層級結構可以解決複雜與多準則之結構問題，但其假設為各準則間是獨立的；而 ANP 則是考慮各準則間之相依性，

解決多準則相依性的問題，以大於(最大值+最小值)/2 為計算模式進行篩選作業。

生產者智慧型手機綠色設計問卷有 25 項準則，問卷評分方法為針對每一項準則由非常重要給予五分到非常不重要給予一分之評分級距，根據評選準則評分的級距，將 VAHP 問卷調查結果，共 30 位專家之意見分數加總並求其平均，依據上述 ANP 篩選準則，分數以 2.967 以上為篩選依據，採用平均分數 2.967 以上之準則，共採用準則數 14 項，各準則分數如表 4.1 所示。

表 4.1 生產者智慧型手機綠色設計準則評分表

題號	準則內容	分數	平均
19	使用重覆利用性高的零組件	129	4.300
3	考量零組件間的適配性	121	4.033
23	低耗能(如節能標章)	119	3.967
17	採用可相容之材料或零組件	114	3.800
1	選用無毒無害之物質	107	3.567
8	模組化設計	107	3.567
18	易維護及維修之設計	107	3.567
21	手機使用過程的高安全性	104	3.467
7	結構簡單化	101	3.367
22	延長電池續航力之設計	101	3.367
12	使用無毒無害之包裝材	97	3.233
4	選用無放射性之零件材質	95	3.167
2	採用具回收經濟價值的原料	93	3.100
25	手機輕量化設計	93	3.100
10	避免黏著劑造成的污染	83	2.767
24	手機堅固耐用之設計	81	2.700
13	包裝材料輕量化	80	2.667
16	使用環保墨水	79	2.633
6	設計防呆與定位結構	78	2.600
5	選用可安全回收之零件材質	75	2.500
20	廢電池可回收	74	2.467
9	連結間的線路數量與線路長度應最小化	61	2.033
11	產品表面避免多餘的加工或塗裝處理	59	1.967
14	選擇易於被分解的包裝材料	52	1.733
15	原生紙選用 FSC 或 PEFC 認證的紙材	49	1.633



消費者智慧型手機綠色設計問卷有 20 項準則，問卷評分方法為針對每一項準則由非常重要給予五分到非常不重要給予一分之評分級距，根據評選準則評分的級距，將 VAHP 問卷調查結果，共 60 位消費者之意見分數加總並求其平均，依據上述 ANP 篩選準則，分數以 3.467 以上為篩選依據，採用平均分數 3.467 以上之準則，共採用準則數 11 項，各準則分數如表 4.2 所示。

表 4.2 消費者智慧型手機綠色設計準則評分表

題號	準則內容	總分	平均
16	手機使用過程中的高安全性	275	4.583
18	低耗能(如節能標章)	269	4.483
1	選用不含有毒害物質之原物料	258	4.300
3	選用無放射性之零件材質	255	4.250
17	延長電池續航力之設計	248	4.133
19	手機堅固耐用之設計	241	4.017
20	手機輕量化設計	241	4.017
15	廢棄電池可回收	228	3.800
14	設計成容易維護及維修	223	3.717
8	採用無毒之包裝材	218	3.633
10	選用可回收再利用的包裝材料	208	3.467
9	包裝材料輕量化，節省運輸能源效率	203	3.383
2	選用耐久性原料	199	3.317
12	零件標準化便於回收	194	3.233
7	避免黏著劑造成的污染	187	3.117
11	選擇易於被分解的包裝材料	180	3.000
4	選用易分解的零件材質	177	2.950
13	減少零件數目	155	2.583
5	減少拆解工具的數量	148	2.467
6	結構簡單化便於組裝拆解	141	2.350

## 4.2 步驟二：建立品質機能展開架構

本研究僅針對產品規劃品質屋之消費者需求、工程特質與兩者之關係矩陣展開建構。本研究運用品質機能展開搭配 VAHP 運算模式，透過品質屋的架構可以了解生產者與消費者對於智慧型手機綠色設計準則重視之差異，經由專家填寫品質屋關係矩陣之相關程度，並依照 VAHP 分析結果將消費者需求列於品質屋左側，工程特質則列於品質屋上方，建構展開消費者需求與工程特質之關係矩陣。

## 4.3 步驟三：進行累計票選排序

生產者智慧型手機綠色設計準則依據分數達 2.967 以上進行篩選，共採用 14 項綠色設計評估準則，排名順序依序為：使用重覆利用性高的零組件、考量零組件間的適配性、低耗能(如節能標章)、採用可相容之材料或零組件、選用無毒無害之物質、模組化設計、易維護及維修之設計、手機使用過程的高安全性、結構簡單化、延長電池續航力之設計、使用無毒無害之包裝材、選用無放射性之零件材質、採用具回收經濟價值的原料、手機輕量化設計，請 30 位專家對具有相同重要程度的準則，進行重要程度排序動作，整理生產者對於各準則之評估票選排序後，得到主準則下各次準則之排序，詳細累計生產者智慧型手機綠色設計準則排序分析之票選結果如表 4.3 所示。

表 4.3 生產者智慧型手機綠色設計準則排序

題號	準則內容	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	12th	13th	14th	總合
1	選用無毒無害之物質	14	4	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	5	1	30
2	採用具回收經濟價值的原料	3	8	2	3	1	3	2	2	0	1	3	2	0	0	30
3	考量零組件間的適配性	0	5	4	2	2	1	0	2	2	3	3	2	3	1	30
4	選用無放射性之零件材質	1	2	2	1	3	1	0	1	3	0	6	7	2	1	30
7	結構簡單化	2	2	2	4	2	3	2	1	1	0	4	2	2	3	30
8	模組化設計	0	0	2	1	3	0	3	1	2	5	1	4	4	4	30
12	使用無毒無害之包裝材	4	1	2	3	0	1	1	3	2	4	4	3	1	1	30
17	採用可相容之材料或零組件	3	0	3	2	3	2	2	5	5	2	0	0	1	2	30
18	易維護及維修之設計	1	2	0	2	1	6	5	2	3	2	3	0	2	1	30
19	使用重覆利用性高的零組件	0	1	3	2	2	2	3	4	2	3	2	3	2	1	30
21	手機使用過程的高安全性	1	2	4	3	4	1	1	2	3	2	3	0	2	2	30
22	延長電池續航力之設計	1	1	2	4	5	1	1	1	3	1	0	2	4	4	30
23	低耗能(如節能標章)	0	1	2	1	2	2	7	2	2	3	0	2	1	5	30
25	手機輕量化設計	0	1	0	1	2	7	3	3	2	3	1	2	1	4	30
	總合	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	

消費者智慧型手機綠色設計準則依據分數達 3.467 以上進行篩選，共採用 11 項綠色設計評估準則，排名順序依序為：手機使用過程中的高安全性、低耗能(如節能標章)、選用不含有毒害物質之原物料、選用無放射性之零件材質、延長電池續航力之設計、手機堅固耐用之設計、手機輕量化設計、廢棄電池可回收、設計成容易維護及維修、採用無毒之包裝材、選用可回收再利用的包裝材料，請 60 位有智慧型手機使用經驗及綠色環保概念之消費者，對具有相同重要程度的準則，進行重要程度排序動作，整理消費者對於各準則之評估票選排序後，得到主準則下各次準則之排序，詳細累計消費者智慧型手機綠色設計準則排序分析之票選結果如表 4.4。

表 4.4 消費者智慧型手機綠色設計準則排序

題號	準則內容	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	11th	總和
1	選用不含有毒害物質之原物料	16	3	2	0	0	0	0	3	7	20	9	60
3	選用無放射性之零件材質	8	5	4	4	2	3	1	3	5	7	18	60
8	採用無毒之包裝材	6	2	8	5	9	5	3	5	5	5	7	60
10	選用可回收再利用的包裝材料	5	6	2	2	6	6	6	9	7	6	5	60
14	設計成容易維護及維修	5	7	5	4	4	8	10	4	4	5	4	60
15	廢棄電池可回收	3	7	5	5	7	7	8	4	5	3	6	60
16	手機使用過程中的高安全性	6	7	4	3	7	11	6	7	5	2	2	60
17	延長電池續航力之設計	2	5	6	10	6	4	6	9	4	4	4	60
18	低耗能(如節能標章)	3	7	5	12	5	4	5	6	5	5	3	60
19	手機堅固耐用之設計	2	6	12	7	7	8	9	3	3	2	1	60
20	手機輕量化設計	4	5	7	8	7	4	6	7	10	1	1	60
	總合	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	

#### 4.4 步驟四：VAHP 模式計算權重

依照評估票選之累積票數進行 VAHP 模式分析，計算準則之權重值，本研究利用 Lingo 軟體進行 VAHP 整體權重運算，生產者與消費者之智慧型手機綠色設計 Lingo 程式說明，如附錄四所示。由 VAHP 模式計算結果，生產者準則權重如表 4.5 所示，消費者準則權重如表 4.6 所示。

表 4.5 生產者準則權重表

題號	準則內容	VAHP 權重
1	選用無毒無害之物質	0.1807
2	採用具回收經濟價值的原料	0.1067
12	使用無毒無害之包裝材	0.0822
17	採用可相容之材料或零組件	0.0748
7	結構簡單化	0.0714
21	手機使用過程的高安全性	0.0669
3	考量零組件間的適配性	0.0655
22	延長電池續航力之設計	0.0592
18	易維護及維修之設計	0.0582
4	選用無放射性之零件材質	0.0562
19	使用重覆利用性高的零組件	0.0495
23	低耗能(如節能標章)	0.0462
25	手機輕量化設計	0.0436
8	模組化設計	0.0389

透過生產者準則權重表，可以發現依準則排序前五名依序為選用無毒無害之物質(0.1807)、採用具回收經濟價值的原料(0.1067)、使用無毒無害之包裝材(0.0822)、採用可相容之材料或零組件(0.0748)、結構簡單化(0.0714)，上述這幾項智慧型手機綠色設計準則為生產者較為重視的前五名。

表 4.6 消費者準則權重表

題號	準則內容	VAHP 權重
1	選用不含有毒害物質之原物料	0.1137
16	手機使用過程中的高安全性	0.1007
14	設計成容易維護及維修	0.0928
19	手機堅固耐用之設計	0.0921
20	手機輕量化設計	0.092
8	採用無毒之包裝材	0.0892
3	選用無放射性之零件材質	0.088
18	低耗能(如節能標章)	0.0872
15	廢棄電池可回收	0.0831
10	選用可回收再利用的包裝材料	0.0828
17	延長電池續航力之設計	0.0784

透過消費者整體權重分析表，可以發現依準則排序前五名依序為選用不含有毒害物質之原物料(0.1137)、手機使用過程中的高安全性(0.1007)、設計成容易維護及維修(0.0928)、手機堅固耐用之設計(0.0921)、手機輕量化設計(0.092)，上述這幾項智慧型手機綠色設計準則為消費者較為重視的前五名。

#### 4.5 步驟五：建構智慧型手機綠色設計品質屋

本研究在建構智慧型手機綠色設計品質屋的過程中，為了解生產者與消費者所重視的綠色設計準則，展開步驟分述如下：

##### 1. 整理分析生產者之需求

為了確實了解生產者對於智慧型手機所重視之綠色設計準則，本研究經由綠色設計相關文獻蒐集，擷取相關的綠色設計準則，經由專家訪談方式來確認準則之合適性與完整性，將之發展成問卷，再透過 VAHP 問卷調查方式，取得 30 位專家對於智慧型手機綠色設計準則評選重視程度，並搭配 VAHP 計算模式來增加數據的客觀性，由 VAHP 計算結果得到生產者對設計準則之重要排序，其中生產者最重視的前三名依序

為選用無毒無害之物質(0.1807)、採用具回收經濟價值的原料(0.1067)、使用無毒無害之包裝材(0.0822)；而生產者最不重視的後三名依序為模組化設計(0.0389)、手機輕量化設計(0.0436)、低耗能(如節能標章)(0.0462)。

## 2. 整理消費者需求要素

透過蒐集整理相關文獻，擷取出相關的智慧型手機綠色設計準則。透過 VAHP 問卷調查方式，取得 60 位消費者對於智慧型手機綠色設計準則評選之重視程度，利用 VAHP 計算模式來增加數據的客觀性，根據 VAHP 計算結果得到消費者對設計準則之重要排序，消費者最重視的前三名依序為選用不含有毒害物質之原物料(0.1137)、手機使用過程中的高安全性(0.1007)、設計成容易維護及維修(0.0928)；而消費者最不重視的後三名依序為延長電池續航力之設計(0.0784)、選用可回收再利用的包裝材料(0.0828)、廢棄電池可回收(0.0831)。

## 3. 建構展開消費者需求與工程品質要素的關係矩陣

工程特質要素則列於品質屋上方，消費者需求列於品質屋左側，接著展開消費者需求與工程特質要素之關係矩陣。本研究依據 Hauser & Clausing (1988)之定義關係為以下 4 種，依序為(1)強相關，以◎表示，設定權數為 3 分。(2)普通相關，以○表示，設定權數為 2 分。(3)弱相關，以△表示，設定權數為 1 分。(4)零相關，以空白表示，其權數亦設為 0 分。消費者需求與工程品質要素關係之矩陣，經由實務經驗豐富的專家進行評比關係矩陣之相關程度。

本研究消費者需求與工程特質要素之關係矩陣，是由三位在智慧型手機產業有豐富實務經驗及綠色環保概念的專家，進行評選關係矩陣中各項準則間的關係程度，以上述的 4 種級別區分各準則間彼此關係程度的強弱。最後綜合 3 位專家的專業評選，以取眾數的方式決定各項準則間關係程度最終的權數，完成關係矩陣。

## 4. 計算加權後的權重值

與專家討論後，將工程特質要素權重加上關係矩陣之權重分數再分別乘上消費者需求權重，即可得到加權後的權重。例如工程品質要素中，避免使用有毒之零組件準則加權權重值計算式子為

$0.1807+(0.1137*3)+(0.1007*2)+(0.0892*3)+(0.088*3)+(0.0831*1)+(0.0828*1) = 1.4207$ ，依照此計算方式得到其它準則之加權後權重值，完成智慧型手機綠色品質屋。

建構完成智慧型手機綠色設計品質屋如表 4.7 所示，可以清楚知道生產者最重視的前三名準則，依序為選用無毒無害之物質(0.1807)、採用具回收經濟價值的原料(0.1067)、使用無毒無害之包裝材(0.0822)；消費者最重視的前三名準則，依序為選用不含有毒害物質之原物料(0.1137)、手機使用過程中的高安全性(0.1007)、設計成容易維護及維修(0.0928)。

本研究經由 VAHP 模式計算出客觀的權重，再搭配實務經驗豐富的專家評比關係矩陣中各準則之關係程度，計算得到品質屋整體加權後之結果，由智慧型手機綠色設計品質屋可以清楚知道，生產者與消費者最重視的前三名準則，依序為選用無毒無害之物質(1.4207)、使用無毒無害之包裝材(1.1205)、手機使用過程的高安全性(0.7724)。



表 4.7 智慧型手機綠色設計品質屋

工程特質要素(No.)		選用無毒無害之物質(1)	採用具回收經濟價值的原料(2)	使用無毒無害之包裝材(12)	採用可相容之材料或零組件(17)	結構簡單化(7)	手機使用過程的高安全性(21)	考量零組件間的適配性(3)	延長電池續航力之設計(22)	易維護及維修之設計(18)	選用無放射性之零件材質(4)	使用重覆利用性高的零組件(19)	低耗能(如節能標章)(23)	手機輕量化設計(25)	模組化設計(8)	
消費者需求(No.)		0.1807	0.1067	0.0822	0.0748	0.0714	0.0669	0.0655	0.0592	0.0582	0.0562	0.0495	0.0462	0.0436	0.0389	
選用不含有毒害物質之原物料(1)	0.1137	◎		◎			○									
手機使用過程中的高安全性(16)	0.1007	○					◎				○					
設計成容易維護及維修(14)	0.0928				△	◎		◎		◎		○		○	◎	
手機堅固耐用之設計(19)	0.0921					△									○	
手機輕量化設計(20)	0.092					◎		△		○				◎	○	
採用無毒之包裝材(8)	0.0892	◎		◎												
選用無放射性之零件材質(3)	0.088	◎		◎			○				◎					
低耗能(如節能標章)(18)	0.0872								○				◎			
廢棄電池可回收(15)	0.0831	△	◎													
選用可回收再利用的包裝材料(10)	0.0828	△	◎	○	△											
延長電池續航力之設計(17)	0.0784								◎				○			
加權後分數		1.4207	0.6044	1.1205	0.2504	0.7179	0.7724	0.4359	0.4688	0.5206	0.5216	0.2351	0.4646	0.5052	0.6855	
排序		1	6	2	13	4	3	12	10	8	7	14	11	9	5	

註：(1) 強相關，以◎表示，設定其權數為 3 分。(2) 普通相關，以○表示，設定其權數為 2 分。(3) 弱相關，以△表示，設定其權數為 1 分。(4) 零相關，以空白表示，其權數亦設為 0 分。

## 4.6 建構智慧型手機綠色設計檢核表

依序經由智慧型手機綠色設計準則之篩選、建立品質機能展開架構、進行累計票選、VAHP 模式計算權重、建構智慧型手機綠色設計品質屋等過程，完成智慧型手機綠色設計品質屋。將工程品質要素的權重加上個別消費者需求因素權重乘上關係矩陣的相關程度評比分數，即可得到品質屋的分數，以此方法求得品質屋的所有分數，依照分數高低進行排序，最後得到品質屋的名次排序。

將品質屋的加權後分數正規化之後得到各準則的權重，建構出智慧型手機綠色設計檢核表如表 4.8 所示，其中評分欄為各方案在相對應之準則下的得分，以 0 到 10 分為評分標準，此表供智慧型手機產業進行評選作業。

表 4.8 智慧型手機綠色設計檢核表

主準則	準則內容	權重(A)	評分(B)	加權得分(A*B)
原物料之選擇與管理	選用無毒無害之物質	0.1629		
	採用具回收經濟價值的原料	0.0693		
	考量零組件間的適配性	0.05		
	選用無放射性之零件材質	0.0598		
產品組裝拆解	結構簡單化	0.0823		
	模組化設計	0.0786		
包裝減量與廢棄	使用無毒無害之包裝材	0.1284		
可回收再利用	採用可相容之材料或零組件	0.0287		
	易維護及維修之設計	0.0597		
	使用重覆利用性高的零組件	0.0269		
永久性設計	手機使用過程的高安全性	0.0885		
	延長電池續航力之設計	0.0537		
	低耗能(如節能標章)	0.0533		
	手機輕量化設計	0.0579		
總分				

## 第五章 結論與建議

綠色環保意識為現今全球所重視的，綠色設計已成為不僅僅是企業發展所必須要求的，更是未來產品永續開發的主流，甚至一些已開發的國家已在法規上制定了產品設計與生產的環保標準，像是歐盟從2005年8月起，推動廢電機電子設備指令(WEEE)、危害性物質限制指令(RoHS)、以及能源使用產品生態化設計指令(EUP)等三大環保指令，使得世界各國逐漸重視綠色環保，因此各企業在研發新產品時，必須將保護環境的因素納入研發新產品的考量之中，進行產品綠色設計，以因應各大環保指令，對企業而言一套較佳的綠色設計方法與技術應用將是產品永續開發策略中不可或缺的，也達到了保護環境的社會責任。企業在這股綠色環保潮流中落實永續發展，必須在管理源頭實行，從綠色設計的角度去發展，應用各種有效的創新手法及管理工具，創造競爭優勢，以促使環境保護與經濟發展達到平衡點，達成企業永續發展與落實環保雙贏的目標。

因此本研究針對智慧型手機產業及使用智慧型手機之消費者為主要研究對象，探討生產者與消費者於產品設計時所重視的因素，並利用票選式品質機能展開建構智慧型手機綠色設計產品規劃品質屋，利用這種方法提供企業進行智慧型手機綠色設計時了解消費者所重視的準則，進而提供新產品設計開發時結合消費者需求之考量因素，以設計出更符合消費者需求的綠色智慧型手機。

### 5.1 結論

為了建立智慧型手機綠色設計票選式品質機能展開模式，本研究使用票選式層級分析法結合品質機能展開運算智慧型手機綠色設計準則的權重值，透過整理分析生產者與消費者評定各準則的分數與排序後，完成智慧型手機綠色設計品質屋之建構。經由本研究發現，歸納出下列結論：

1. 本研究透過蒐集整理相關文獻、進行專家訪談及問卷調查，找出適合智慧型手機產業綠色設計的評選準則，建立智慧型手機業者在進行產品綠色設計時所考量的綠色設計因素準則；利用蒐集整理相關文獻及進行問卷調查，建立消費者對於智慧型手機綠色設計時所考量的及所重視的綠色設計因素準則。

2. 品質屋架構透過 VAHP 分析方法計算之後發現生產者在評選智慧型手機綠色設計方面，重視的準則依序分別為：選用無毒無害之物質(0.1807)、採用具回收經濟價值的原料(0.1067)、使用無毒無害之包裝材(0.0822)、採用可相容之材料或零組件(0.0748)、結構簡單化(0.0714)、手機使用過程的高安全性(0.0669)考量零組件間的適配性 (0.0655)、延長電池續航力之設計(0.0592)、易維護及維修之設計 (0.0582)、選用無放射性之零件材質 (0.0562)、使用重覆利用性高的零組件(0.0495)、低耗能(如節能標章)(0.0462)、手機輕量化設計(0.0436)、模組化設計(0.0389)。
3. 消費者在評選智慧型手機綠色設計方面，重視的準則依序分別為：選取不含有毒害物質之原物料(0.1137)、手機使用過程中的高安全性(0.1007)、設計成容易維護及維修(0.0928)、手機堅固耐用之設計(0.0921)、手機輕量化設計(0.092)、採用無毒之包裝材(0.0892)、選用無放射性之零件材質(0.088)、低耗能(如節能標章)(0.0872)、廢棄電池可回收(0.0831)、選用可回收再利用的包裝材料(0.0828)、延長電池續航力之設計(0.0784)。
4. 關係矩陣經由專家評定加權後結果，此項結果結合了消費者的聲音，由表 5.1 智慧型手機綠色設計評估架構可以發現生產者與消費者最重視準則的前三名為選用無毒無害之物質(1.4207)、使用無毒無害之包裝材(1.1205)、手機使用過程的高安全性(0.7724)，生產者可由此排序來確認準則重要性。

表 5.1 智慧型手機綠色設計評估架構

工程特質要素(No.)		選用無毒無害之物質(1)	採用具回收經濟價值的原料(2)	使用無毒無害之包裝材(12)	採用可相容之材料或零組件(17)	結構簡單化(7)	手機使用過程的高安全性(21)	考量零組件間的適配性(3)	延長電池續航力之設計(22)	易維護及維修之設計(18)	選用無放射性之零件材質(4)	使用重覆利用性高的零組件(19)	低耗能(如節能標章)(23)	手機輕量化設計(25)	模組化設計(8)
消費者需求(No.)		0.1807	0.1067	0.0822	0.0748	0.0714	0.0669	0.0655	0.0592	0.0582	0.0562	0.0495	0.0462	0.0436	0.0389
選用不含有毒害物質之原物料(1)	0.1137	◎		◎			○								
手機使用過程中的高安全性(16)	0.1007	○					◎				○				
設計成容易維護及維修(14)	0.0928				△	◎		◎		◎		○		○	◎
手機堅固耐用之設計(19)	0.0921					△									○
手機輕量化設計(20)	0.092					◎		△		○				◎	○
採用無毒之包裝材(8)	0.0892	◎		◎											
選用無放射性之零件材質(3)	0.088	◎		◎			○				◎				
低耗能(如節能標章)(18)	0.0872								○				◎		
廢棄電池可回收(15)	0.0831	△	◎												
選用可回收再利用的包裝材料(10)	0.0828	△	◎	○	△										
延長電池續航力之設計(17)	0.0784								◎				○		
加權後分數		1.4207	0.6044	1.1205	0.2504	0.7179	0.7724	0.4359	0.4688	0.5206	0.5216	0.2351	0.4646	0.5052	0.6855
排序		1	6	2	13	4	3	12	10	8	7	14	11	9	5

註：(1) 強相關，以◎表示，設定其權數為 3 分。(2) 普通相關，以○表示，設定其權數為 2 分。(3) 弱相關，以△表示，設定其權數為 1 分。(4) 零相關，以空白表示，其權數亦設為 0 分。

綜合上述結論，本研究貢獻整理如下：

1. 提供智慧型手機產業廠商篩選合適的綠色設計準則，透過智慧型手機綠色設計品質屋模式，生產者可以清楚了解消費者對於智慧型手機綠色設計準則之考量，以便設計出更符合消費者需求的綠色智慧型手機。
2. 本研究建構智慧型手機綠色設計票選式品質機能展開模式，提出智慧型手機綠色設計品質屋，藉此評選出智慧型手機綠色設計準則。除了智慧型手機產業之外，亦可供其他相關產業做為一個依據，利用本研究提供品質屋權重計算模式，歸納出合適的綠色設計準則，找出符合消費者需求的綠色設計準則。
3. 智慧型手機產業的廠商可以透過本研究的產品規劃品質屋，檢視本身對於產品綠色設計的準則，與消費者所重視的準則是否符合消費者對於他們本身對於產品綠色設計的準則。生產者可以藉此產品規劃品質屋融合消費者聲音進而提升綠色設計產品的品質。
4. 除了智慧型手機綠色設計品質屋可供相關產業歸納合適的綠色設計準則，也可利用本研究所提出之智慧型手機綠色設計檢核表進行智慧型手機綠色設計之評選作業，檢核表如表 5.2，使產業對綠色智慧型手機進行有系統的檢核，以確保在做綠色設計時能找出最合於環境保護條件之最合適的設計方案。

表 5.2 智慧型手機綠色設計檢核表

主準則	準則內容	權重(A)	評分(B)	加權得分(A*B)
原物料之選擇與管理	選用無毒無害之物質	0.1629		
	採用具回收經濟價值的原料	0.0693		
	考量零組件間的適配性	0.05		
	選用無放射性之零件材質	0.0598		
產品組裝拆解	結構簡單化	0.0823		
	模組化設計	0.0786		
包裝減量與廢棄	使用無毒無害之包裝材	0.1284		
可回收再利用	採用可相容之材料或零組件	0.0287		
	易維護及維修之設計	0.0597		
	使用重覆利用性高的零組件	0.0269		
永久性設計	手機使用過程的高安全性	0.0885		
	延長電池續航力之設計	0.0537		
	低耗能(如節能標章)	0.0533		
	手機輕量化設計	0.0579		
總分				

## 5.2 後續研究建議

票選式層級分析法是由層級分析法所發展而來的，是一種比層級分析法較為簡化的方式，能夠將複雜的問題簡化並將各個準則排出優先次序。而品質機能展開為大眾廣泛運用及歷史悠久的一種管理工具，是一種衡量及改善產品品質的工具。

本研究建構智慧型手機綠色設計票選式產品規劃品質屋，提供智慧型手機產業一套簡單、客觀的方法來結合消費者的聲音。但未來相信會有越來越多嚴格的國際環保法規，智慧型手機產業之廠商可以依據不同的準則，靈活運用本研究之權重分析模式自行進行調整，以便找出符合消費者需求之綠色設計準則，進而設計出最合適的綠色智慧型手機。

後續研究建議如下：

1. 本研究以品質機能展開的觀點來探討智慧型手機綠色設計準則，其中品質屋的運算方式結合 VAHP 之優勢，但僅針對品質機能四個連續階段

中之產品規劃階段進行研究，後續研究可進行元件展開階段、製程規劃階段、作業規劃階段之探討。

2. 本研究已完成票選式產品規劃品質屋，建議後續研究者可進行完整品質機能展開四個階段之流程，使研究更趨完整性。
3. 本研究探討智慧型手機綠色設計議題，建議後續研究者可針對相同的綠色設計之議題，探討其他不同產業之作法並比較產業間的差異。
4. 本研究方法以品質機能展開的方法結合 VAHP 之優勢，建議後續研究者可應用這樣的方式，思考各種不同之議題去探討各種不同的產業。
5. 未來相信會有許多不同的國際環保法規出現，或是一些創新的綠色製程出現，那可以依據這樣的變化，進而更新綠色設計準則。



## 參考文獻

- 水野茲、赤尾洋二著、傅和彥譯(1987)。品質機能展開。台北：前程企業管理公司出版。
- 吳信宏、邱敏鑑(2002)。品質機能展開用於價值管理之探討。價值管理期刊，3，33-40。
- 吳萬益(2008)。企業研究方法。台北：華泰總經銷出版。
- 呂志平(1998)。整合 QFD 與 DFA 之同步設計與評估方法之建構(碩士論文，國立清華大學，1998)。
- 李保寧(1999)。國外綠色文明的十二種趨勢席卷全球的綠色浪潮，  
<http://theglobe.ep.net.cn/big5library/huanbao112.htm>。
- 李美芳(2005)。綠色設計-現代設計的發展趨勢。現代製造工程，7，94-96。
- 杜瑞澤(2005)。產品永續設計：綠色設計理論與實務。台北：亞太出版社。
- 赤尾洋二(1991)。品質機能展開之實際運用。台北：生產力中心譯。
- 林水順、陳玫吟(2007)。綠色產品設計準則及方案評選流程分析-以 3C 產品為例。台中：國立勤益大學第五屆管理學術研討會。
- 林松茂(2008)。綠色產品消費—生活品質新概念。品質月刊，44，80-83。
- 林國雄(2009)。智慧型手機產品開發關鍵成功因素-以 Android 平台為例(碩士論文)。元智大學，桃園縣。
- 侯鈞元(2008)。從使用需求觀點剖析智慧型手機設計趨勢。工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心。
- 洪明正(2002)。產品綠色設計技術調查研究-永續發展科技前瞻性規劃研究，21-29。
- 馬振基、關旭強、張文吉(2001)。國際環境材料發展現況與趨勢。工業材料，170，175-178。
- 張永忠(1998)。綠色設計教育現況探討與方向規劃之研究(碩士論文)。大葉大學，彰化縣。
- 張偉(2007)。綠色設計在工業產品設計中的應用，河北工業科技，4，24。
- 許青(2007)。綠色設計。北京：北京理工大學出版社。
- 郭財吉(2001)。淺談環境保護與工程設計—綠色工程設計與綠色行銷。科學發展月刊，29(2)，724-728。
- 郭財吉(2002)。綠色品質機能展開綠色產品設計—環境化設計。永續產業發展雙月刊。
- 陳其生(2007)。智慧型手機之消費者行為研究—以商務人士為例(碩士論文)。銘傳大學，

桃園縣。

陳怡之(1996)。藉助 ISO 14000 建構企業競爭力。一九九六工業減廢技術與策略研討會，617-623。

陳彥傑(2012)。品質機能展開於平板電腦綠色設計之應用(碩士論文)。東海大學，台中市。

陳振甫(2003)。環保產品設計之創意思維，工業污染防治，86，79-90。

陳振甫、王鴻祥、何明泉、洪明正、曾漢壽、鄭鳳琴等人(1995)。綠色設計。台北：中華民國對外貿易發展協會。

陳瓊琪、李小梅、蔡明宏(2003)。從台灣智慧型手機設計代工個案探討其競爭優勢(碩士論文)。國立中央大學，桃園縣。

曾漢壽(2001)。綠色包裝設計，台灣包裝工業雜誌社，82-90，台北。

黑川雅之(2002)。設計的未來考古學。台北：田園城市。

經濟部工業局(2006)。歐盟環保指令：因應國際環保議題衍生之產業概況報告。

詹斯政(1994)。我國綠色電腦評鑑指標建立之研究(碩士論文)。國立臺灣大學，台北市。

趙鵬睿(2010)。綠色設計的價值取向與現實途徑，價值工程，213。

劉志成(2003)。TRIZ 方法改良與綠色創新設計方法之研究(博士論文)。國立成功大學，台南市。

劉志堅等編(2004)。綠色產品設計管制系統建制指引。經濟部工業局。

鄭源錦等編(1995)。綠色設計。中華民國對外貿易發展協會，經濟部工業局。

鄭義(2003)。我國推動環境化設計的挑戰與因應對策，工業污染防治，87，92-117。

簡聰海(1998)。全面品質管理。台北：高立圖書有限公司。

顏妹(1999)。整合生命週期評估與環保化設計於產品設計之研究(碩士論文)。國立成功大學，台南市。

羅于婷(2009)。以易拆解性為基礎選擇最佳設計條件之決策分析模式—以手機為例(碩士論文)。國立清華大學，新竹市。

羅國民、彭雷清、王先慶(1997)。綠色營銷。北京：經濟科學出版社。

嚴蘭欣(2011)。IDC (國際數據資訊) 研究顯示：2012 年第二季台灣手機市場 - iPhone 出貨量大減，Android 陣營市佔突破九成。IDC 國際數據資訊。

蘇昱霖(2008)。2008 年智慧型手機產業發展趨勢分析。拓璞產業研究所。

- William McDonough, M. B. (2008)。從搖籃到搖籃—綠色經濟的設計提案。台北：野人文化。
- Bergquist, K., Abeysekera J (1996). Quality Function Deployment(QFD) – A means for developing usable products. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18, 269-275.
- Bossert, J. L (1991). Quality Function Deployment-A Practitioner's Approach. *ASQC Quality Press Inc.*, New York.
- Burall, P. (1994). Green-ness is good for you. *Design*, 22-24.
- Dowie, T. (1994). Green Design, *World Class Design to Manufacture*, 1, 32-38.
- Govers, C.P.M. (1996). What and How About Quality Function Deployment (QFD). *International Journal of Production Economics*, 46, 575-585.
- Hauser, J. R. and Clausing, D (1988). The House of Quality. *Harvard Business Review*, 66(3),66-73.
- J.C. Diehl, G. V. S., Ana Mestre (2001). *Ecodesign Methodology Development within the Indian European Ecodesign Program*, 184-189.
- Joseph Fiksel. (1996). *Design for Environment: A Guide to Sustainable Product development*, McGrawHill.
- Liu, F.-H., & Hai, H.-L. (2005). The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. *International Journal of Production Economics*, 97, 308-317.
- Narasimhan, R. (1983). An analytical approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(4), 27-32.
- Roper-Low, G. C., & Sharp, J. A. (1990). The analytic hierarchy process and its application to an information technology decision. *Journal of Operational Research Society*, 1, 49-60.
- Sarkis, J. (1998). Evaluating Environmentally Conscious Business Practices. *European Journal of Operational Research*, 107, 159-174.
- Sullivan, L. P (1986). Quality Function Deployment. *Quality Press*, 39-50.
- Victor Papanek (1973). Design for The Real World: Human Ecology and Social Changes, *Random House*, New York.

Wasserman, G. S (1993). On How to Prioritize Design Requirements During the QFD Planning Process, *IIE Transactions*, 25(3), 59-65.

## 附錄一 專家訪談－訪談大綱

論文題目：應用VAHP與QFD於智慧型手機綠色設計

東海大學工業工程與經營資訊研究所

指導教授：林水順博士

研究生：黃士瑋

親愛的業界先進，您好：

本研究正進行『應用VAHP與QFD於智慧型手機綠色設計』之研究。本設計準則主要是探討業者於產品設計時，若加入綠色環保因素考量，請針對以下各因素之重要性，以您的認知程度進行填寫。

本研究欲透過專家訪談，並匯集專家的意見，藉由專家的專業知識及經驗對各設計準則進行修正檢視，篩選出設計者進行產品之綠色設計所認定之準則，以建構出更完整且合適之智慧型手機綠色設計準則問卷，增加本研究準則選取之完整性，並藉此提升評選的客觀性及有效性之參考決策。

訪談題目如下：

1. 請問對於綠色產品設計的看法為何？
2. 請問在綠色產品設計時，對於原物料該如何選擇及管理？
3. 請問在綠色產品設計時，對於產品組裝拆解這部分是如何設計？
4. 請問在綠色產品設計時，是如何選擇包裝材？
5. 請問在綠色產品設計時，有哪些設計是利於回收再利用的？
6. 請問在綠色產品設計時，智慧型手機本身須有哪些特性？
7. 對於本研究議題是否有其它建議？

感謝您提供寶貴的意見

## 附錄二 生產者問卷-智慧型手機綠色設計問卷

親愛的業界先進，您好：

首先，非常感謝您在百忙之中，空出時間來填寫本問卷。為了因應全球環保意識高漲及環保法令的公布，各業者對於產品設計時皆會加入環保相關因素。本研究目前正進行『應用VAHP與QFD於智慧型手機綠色設計』之研究，主要是讓設計者在智慧型手機設計的階段加入全球所關心的綠色環保概念，並達到降低產品對環境所造成的影響之目的，非常希望能藉重您的寶貴意見與經驗。

本問卷採不記名方式填寫，您的寶貴意見僅供學術研究整體分析之用，不個別揭露，敬請安心作答，您提供的資料將是本研究最重要的資訊，再次感謝您的配合。

敬祝身體健康，事事順心

東海大學工業工程與經營資訊研究所

指導教授：林水順 博士

研究生：黃士瑋

### 【第一部分】

請依照您的專業知識與經驗，將下列問題，對智慧型手機產品設計的重要性給予評分，分別以五點尺度「非常重要」、「很重要」、「普通」、「不重要」、「非常不重要」來劃分，請您依照重要性來勾選。

在智慧型手機設計階段時，若加入環保考量因素後，請選擇各因素之重要性程度。			非常 重要	很 重 要	重 要	不 重 要	非常 不 重要
原物料之選擇 與管理	1	選用無毒無害之物質					
	2	採用具回收經濟價值的原料					
	3	考量零組件間的適配性					
	4	選用無放射性之零件材質					
	5	選用可安全回收之零件材質					
產品組裝拆解	6	設計防呆與定位結構					
	7	結構簡單化					
	8	模組化設計					
	9	連結間的線路數量與線路長度應最小化					
	10	避免黏著劑造成的污染					
	11	產品表面避免多餘的加工或塗裝處理					
包裝減量與廢棄	12	使用無毒無害之包裝材					
	13	包裝材料輕量化					
	14	選擇易於被分解的包裝材料					
	15	原生紙選用 FSC 或 PEFC 認證的紙材					
	16	使用環保墨水					
可回收再利用	17	採用可相容之材料或零組件					
	18	易維護及維修之設計					
	19	使用重覆利用性高的零組件					
	20	廢電池可回收					
永久性設計	21	手機使用過程的高安全性					
	22	延長電池續航力之設計					
	23	低耗能(如節能標章)					
	24	手機堅固耐用之設計					
	25	手機輕量化設計					

**【第二部分】**

在進行產品設計時加入環保考量因素後，進行綠色設計準則評估時，就以上問項中，請針對重要性獲得相同分數的項目，再給予重要程度之排序。

1. 您回答**非常重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

2. 您回答**很重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

3. 您回答**重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

4. 您回答**不重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

5. 您回答**非常不重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

於智慧型手機綠色設計時，是否有其他更為重要的考量因素，請填寫於下列之：

---

---

---

**【第三部分】**

您的個人基本資料：請在空格□內打「√」

1.您的性別： 1.□男性2.□女性

2.您的年齡： 1.□20歲以下      2.□21-30歲      3.□31-40歲  
4.□41-50歲      5.□51歲以上

3.教育程度： 1.□含國中以下      2.□高中（職）      3.□專科  
4.□大學      5.□研究所以上

4.月收入： 1.□15000以下      2.□15001-30000      3.□30001-45000  
4.□45001-60000      5.□60001-75000      5.□75001以上

問卷到此結束，請再檢查確認是否有漏答未填之處，非常感謝您的參與。



### 附錄三 消費者-智慧型手機綠色設計問卷

親愛的受訪者，您好：

首先，非常感謝您在百忙之中，空出時間來填寫本問卷。為了因應全球環保意識高漲及環保法令的公布，各業者對於產品設計時都加入環保相關因素。本研究目前正在進行『應用VAHP與QFD於智慧型手機綠色設計』之研究，主要是讓設計者在智慧型手機設計的階段加入全球所關心的綠色環保概念，並達到滿足消費者需求及降低產品對環境所造成的影響之目的，非常希望能藉重您的寶貴意見與經驗。

本問卷採不記名方式填寫，您的寶貴意見僅供學術研究整體分析之用，不個別揭露，敬請安心作答，您提供的資料將是本研究最重要的資訊，再次感謝您的配合。

敬祝身體健康，事事順心

東海大學工業工程與經營資訊研究所

指導教授：林水順 博士

研究生：黃士瑋

### 【第一部分】

請依照您使用智慧型手機後的感想，將下列問題，對**智慧型手機的重要性**給與評分，分別以五點尺度「**非常重要**」、「**很重要**」、「**普通**」、「**不重要**」、「**非常不重要**」來劃分，請您依照重要性來勾選。

在智慧型手機設計階段時，若加入環保考量因素後，請選擇各因素之重要性程度。		非常 重要	很 重 要	重 要	不 重 要	非常 不 重 要
原物料之選擇 與管理	1	選用不含有毒害物質之原物料				
	2	選用耐久性原料				
	3	選用無放射性之零件材質				
	4	選用易分解的零件材質				
產品組裝拆解	5	減少拆解工具的數量				
	6	結構簡單化便於組裝拆解				
	7	避免黏著劑造成的污染				
包裝減量與廢棄	8	採用無毒之包裝材				
	9	包裝材料輕量化，節省運輸能源效率				
	10	選用可回收再利用的包裝材料				
	11	選擇易於被分解的包裝材料				
可回收再利用	12	零件標準化便於回收				
	13	減少零件數目				
	14	設計成容易維護及維修				
	15	廢棄電池可回收				
永久性設計	16	手機使用過程中的高安全性				
	17	延長電池續航力之設計				
	18	低耗能(如節能標章)				
	19	手機堅固耐用之設計				
	20	手機輕量化設計				

## 【第二部分】

廠商在進行產品設計時加入環保考量因素後，消費者對於綠色設計準則評估的重視程度，就以上問項中，請針對重要性獲得相同分數的項目，再給予重要程度之排序。

1. 您回答**非常重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

2. 您回答**很重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

3. 您回答**重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

4. 您回答**不重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

5. 您回答**非常不重要**的題目中，其重要程度排序為：

----->----->----->----->----->----->----->----->----->----->-----

於智慧型手機綠色設計時，是否有其他更為重要的考量因素，請填寫於下列之：

---

---

---

## 【第三部分】

您的個人基本資料：請在空格內打「√」

1.您的性別： 1.男性            2.女性

2.您的年齡： 1.20歲以下    2.21-30歲            3.31-40歲  
                  4.41-50歲            5.51歲以上

3.教育程度： 1.含國中以下    2.高中（職）    3.專科  
                  4.大學                    5.研究所以上

4.月收入： 1.15000以下    2.15001-30000    3.30001-45000  
                  4.45001-60000    5.60001-75000    6.75001以上

問卷到此結束，請再檢查確認是否有漏答未填之處，非常感謝您的參與。

## 附錄四 Lingo 程式說明

### 一、生產者智慧型手機綠色設計 Lingo 程式說明

model:

sets:

crit/1..14/:SCORE;/共有 14 項主要準則；

rank/1..14;/ /14 項主要準則優先順序排名為第 1 名到第 14 名；

Xrs(crit,rank):a; /Xrs=a；

Urs(crit,rank):b; /Urs=b；

endsets

max=@sum(crit:SCORE);

/求得目標是最大值；

@for(crit(r):

SCORE(r)=@SUM(rank(s):a(r,s)\*b(r,s));

/SCORE(r)=Xrs\*Urs；

@for(crit(p):

@SUM(rank(s):a(p,s)\*b(r,s))<=1);

/目標式最大值 $\leq 1$ (限制式)；

@for(crit(r):

b(r,1) $\geq 2$ \*b(r,2));

@for(crit(r):

2\*b(r,2) $\geq 3$ \*b(r,3));

@for(crit(r):

3\*b(r,3) $\geq 4$ \*b(r,4));

@for(crit(r):

4\*b(r,4) $\geq 5$ \*b(r,5));

@for(crit(r):

5\*b(r,5) $\geq 6$ \*b(r,6));

@for(crit(r):

6\*b(r,6) $\geq 7$ \*b(r,7));

@for(crit(r):

7\*b(r,7) $\geq 8$ \*b(r,8));

@for(crit(r):

8\*b(r,8) $\geq 9$ \*b(r,9));

@for(crit(r):

9\*b(r,9) $\geq 10$ \*b(r,10));

```

@for(crit(r):
  10*b(r,10)>=11*b(r,11));

@for(crit(r):
  11*b(r,11)>=12*b(r,12));

@for(crit(r):
  12*b(r,12)>=13*b(r,13));

@for(crit(r):
  13*b(r,13)>=14*b(r,14));
/同一項準則；第 S 名的權重值 ≥ 第 S+1 名的權重值; sur ≥ (s+1) ur,s+1 (限制式) ;

@for(crit(r):
@for(rank(s):b(r,s)>=(2/(30*14*(14+1)))));
/n=30 份有效問卷；S=名次的數目(共 14 項準則；名次=14)；
data:
a=@file\('M14.txt'\);/Xrs 的資料來源；
enddata

END

```

## 二、消費者智慧型手機綠色設計 Lingo 程式說明

```

model:

sets:
crit/1..11/:SCORE;/共有 11 項主要準則；
rank/1..11/;          /11 項主要準則的優先順序排名為第 1 名到第 17 名；
Xrs(crit,rank):a;/Xrs=a；
Urs(crit,rank):b;/Urs=b；

endsets

max=@sum(crit:SCORE);
/求得目標式最大值；
@for(crit(r):
SCORE(r)=@SUM(rank(s):a(r,s)*b(r,s));
/ SCORE(r)= Xrs* Urs；
@for(crit(p):
@SUM(rank(s):a(p,s)*b(r,s))<=1);
/目標式最大值 ≤ 1(限制式)；
@for(crit(r):
b(r,1)>=2*b(r,2));

```

```
@for(crit(r):  
  2*b(r,2)>=3*b(r,3));
```

```
@for(crit(r):  
  3*b(r,3)>=4*b(r,4));
```

```
@for(crit(r):  
  4*b(r,4)>=5*b(r,5));
```

```
@for(crit(r):  
  5*b(r,5)>=6*b(r,6));
```

```
@for(crit(r):  
  6*b(r,6)>=7*b(r,7));
```

```
@for(crit(r):  
  7*b(r,7)>=8*b(r,8));
```

```
@for(crit(r):  
  8*b(r,8)>=9*b(r,9));
```

```
@for(crit(r):  
  9*b(r,9)>=10*b(r,10));
```

```
@for(crit(r):  
  10*b(r,10)>=11*b(r,11));
```

/同一項準則；第 S 名的權重值  $\geq$  第 S+1 名的權重值;  $sur \geq (s+1) ur_{s+1}$  (限制式) ；

```
@for(crit(r):  
  @for(rank(s):b(r,s)>=(2/(60*17*(17+1)))));
```

/n=60 份有效問卷；S=名次的數目(共 11 項準則；名次=11)；

data:

[a=@file\('C11.txt'\);](#)/Xrs 的資料來源；

enddata

end