

台灣電路板產業 循環經濟策略發展藍圖

Circular Economy Roadmap of Taiwan PCB Industry



台灣電路板產業 循環經濟策略發展藍圖

Circular Economy Roadmap of Taiwan PCB Industry



序

理事長序

從循環經濟出發，預見 PCB 產業綠色競爭力

電路板 (PCB) 為工業之母，承載各式電子元件的關鍵零組件，然電路板生產技術精密複雜，製造過程需要應用充足且多樣的能資源，而過去以來能資源的耗用與處理，對環境與生態保護造成不小的負擔。有感於此加上近年因全球快速開發，地球超載速度加劇，PCB 產業對環保永續責無旁貸。

為此，台灣電路板協會 (TPCA) 所發布的產業白皮書，便立定「環保」為產業三大願景之一，致力於推動產業自主提升綠色競爭力。過去幾年來，我們率先從台灣出發定義出「印刷電路板業清潔生產評估系統指引」推動綠色工廠；並成立電路板環境公益基金會 (TPCF)，推廣數百家國中小學的環境教育。為建構完整的友善環境，更從環保出發延伸安全的強化，積極與產官學研搭建平台，秉持「以人為本」初衷所展開的諸多行動從未停歇。

近期更基於地球資源耗盡影響層面加劇，循環經濟的議題已拉高成為各國家發展戰略之一，更是 PCB 產業永續的解決方案。為此，TPCA 在 2018 年便委託工業技術研究院盤點 PCB 產業資源循環概況。透過這次專案，深入各會員工廠內與數場專家座談會，歷經一年奔走訪問，終將 PCB 資源循環現況與困境一一點出，並從技術面、法規面、商業面等角度，歸納出 PCB 在短、中、長期的計畫與目標，逐步往循環經濟 1.0、2.0、3.0 前進，清晰的擘劃出未來邁向循環經濟的道路，此藍圖創全球同業之先，初次研究內容若有不足也期盼各界回饋與指正，相信透過跨界攜手，實現世界第一的台灣 PCB 產業轉型永續安全產業之願景。

台灣電路板協會 理事長

李長明

2019 年 4 月

推薦序

「台灣電路板協會 (Taiwan Printed Circuit Association, TPCA)」，歷來緊密凝聚電路板產業廠商，積極建立共識、整合資源、突破困境，充分發揮團結的力量，共同為打造具競爭力的電路板產業而努力。當前，電路板產業無論生產技術、產品品質、產量等均居國際領導地位，在環保、綠色供應鏈等永續議題的表現更是產業的領先者。

近來，「循環經濟」已在全球掀起一股熱潮，各國期望藉此因應能資源稀缺、資源競爭及環境衝突等難題。因台灣電路板產業的生產需投入大量資源，且主要原料如銅、貴金屬等都仰賴進口，TPCA 在推動產業於朝向兆元產值規模邁進的同時，亦引導業者以生命週期的思維共同實踐循環經濟，持續向產業永續發展的方向邁進。

在 TPCA 的號召下，電路板產業業者在過去積極推動清潔生產、節水減廢的基礎上，結合專業法人機構，詳細的全面盤點 22 道製程投入及 48 項廢棄物產出之物質流向，從中發掘產業內外循環現況，整體產業廢棄物品項約可資源化比例高達 79%，其中 83% 是流向異業進行外循環、17% 回到電路板產業內循環使用，並從中發掘技術、設備、法規、商業模式等各層面有助提升循環利用率的議題和方向，並擘劃產業的循環經濟策略發展藍圖。

非常感佩 TPCA 的前瞻遠見及電路板業者的先驅作法，亦符合政府 5+2 產業創新計畫「循環經濟推動方案」的產業循環化推動主軸，落實「促進能資源整合與產業共生」的推動策略。因此，未來在產官學研各界的協力合作下，定能打造資源循環型的台灣電路板產業，讓電路板產業成為與地球環境永續共存的綠色產業。

在此，也期許和鼓勵各產業界效法 TPCA 及電路板業者，自發性的盤點各產業推動循環經濟的問題與策略，進而與各界攜手合作，共同為建構循環台灣與永續未來而努力。

經濟部 部長

沈榮津

2019 年 4 月

推薦序

臺灣電路板協會多年來致力於推動電路板產業發展，其 2014 年所發表的電路板產業白皮書中，明確揭示生產過程中如何作好水資源回收、節電、廢棄物資源化回收系統，引領臺灣電路板業者在國際上邁入綠色供應鏈體系，於無形中為臺灣電路板產業奠定了循環經濟的基礎，堪為業界之表率。環保署特此致上由衷感謝與肯定。

印刷電路板產業是重要的產業之一，2018 年產值推估高達新臺幣 6,308 億元。過去傳統印刷電路板產業則因產出廢液及含重金屬污泥等，而被視為高污染產業。但自從歐盟開始推動 RoHS 政策以來，便逐漸將高污染產業透過各種積極手段轉化為綠色產業。基此，為降低資源日益消耗所造成的環境衝擊，臺灣電路板協會在 2018 年發表了「台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖」，正式將循環經濟納入產業發展未來藍圖中。透過從技術、法規及商業模式等三個面向制定關鍵議題與推動目標，包含引領技術精進、建構少阻力多助力的規範法則、以及創新低成本高收益的循環模式等，讓電路板產業由以往歷經原始材料、生產產品、產品報廢丟棄不同階段的線性經濟發展，轉變為所有物質可再資源化重覆使用的循環經濟，不但可降低對環境的污染，還能創造額外的經濟價值。

環保署近來積極提倡源頭減廢政策及循環經濟理念，期盼藉由「台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖」，帶動更多產業自主發展循環經濟的策略，進一步推動產官學研合作，讓有限的資源能持續循環利用，提升單位資源生產力，逐步朝向永續發展的目標邁進。也期待臺灣電路板協會能分享其寶貴的經驗，協助產業轉型為綠色產業，倡導源頭減量之重要性，導入創新技術研發，同時推動企業社會責任，讓臺灣能真正成為環境、經濟、社會永續發展的綠色寶島。

行政院環境保護署 署長

張子敬

2019 年 4 月

推薦序

精進環保，為永續發展而努力

經營一個企業的目的及意義，應該是要讓人們的生活更加美好才對，不是只在增進生活的安全、便利及舒適性，更應該關注我們賴以生存的自然環境，是否可以支持人類永續的生存及發展。

我是一個道道地地的農家子弟，回想起小時候的鄉村生活，呼吸的是伴隨花香的新鮮空氣，吃的是自家田園種植的有機蔬菜，喝的是村邊河流中的甘甜河水，白天在藍天白雲下玩耍，晚上在清風蛙鳴下入眠，生活可以說是與周遭環境融為一體。在我三十多歲的時候再回到家鄉，發現兒時的美好印象早已不復存在，家鄉的環境隨著台灣工業的發展而遭到污染，替而代之的是渾濁的空氣、被污染的土壤和黑臭的小河溝，非常的令人痛心，從那個時候我就在想，以後如果我有機會經營一個產業，一定要把環保做好，如果環保做不好，寧可不經營這個事業。

在 2006 年規劃臻鼎未來長期發展策略時，我寫下了『發展科技、造福人類；精進環保、讓地球更美好』這段話，後來並將之定為臻鼎科技的經營使命，做為我們團隊要去共同實踐的終極目標。2008 年我們更進一步提出「臻鼎七綠」的理念，即通過“綠色創新、綠色採購、綠色生產、綠色運籌、綠色服務、綠色再生、綠色生活”七個環節，制定量化 KPI，在生產和生活的各個層面，全方位推動“節能、減排、綠化、循環”改善工作，將“臻鼎七綠”發展成為臻鼎環保工作推動的主軸與平台，不斷精進。

由於人類不斷開採濫用自然資源，造成各式各樣的環境污染，人類不僅面臨全球資源逐漸耗竭的問題，也開始遭受大自然的反撲，很多國家不斷提出更加嚴格的環保法規，設法阻止生態環境進一步惡化。同時，兼顧經濟發展又能保護地球環境的“循環經濟”也被更多國家列為未來經濟發展的重要發展策略。電路板

行業因製程特性，會使用大量的化學藥劑、原材料和水、電等資源，給外界的印象是高水耗、高能耗、高排污，即所謂的三高產業，如果沒有把環保工作做好，對生態環境將會造成嚴重的破壞。但是，電路板製程產生的廢水、廢熱及廢棄物，很多是具備再利用價值，如何把這部分污染轉化為資源循環利用，對自然環境及行業本身都有莫大助益。

台灣電路板協會與工研院於 2014 年共同發表台灣第一本電路板產業發展白皮書，引領業者在國際上邁入綠色新紀元；2016 年提出將電路板打造為降低環境衝擊之永續發展產業，播下綠色循環經濟的種子；今年更將電路板產業循環經濟發展藍圖彙整完成，將電路板各製程產出的污染物及循環利用的途徑詳細列出，指引電路板同業實踐循環經濟的具體方向，提出從技術面、法規面及商業模式三部分著手，讓電路板產業能與生態環境永續共存，成為名符其實的綠色行業。

綠色，是所有創新最好的起點，也是所有產品生命週期最好的終點。相信在行業協會及工研院的策略引領及所有同業先進共同凝聚的綠色力量下，必能在我們對循環經濟及綠色永續的熱情及信念中付出行動，讓台灣的電路板產業共同精進環保，增添隱形的翅膀，成為全球 PCB 行業永續發展的領跑者，登上世界舞台並贏得肯定與尊重。

臻鼎科技控股 董事長

沈慶芳

2019 年 4 月

召集人序

從循環經濟預見產業的另一可能

位居全產業之基礎的電路板業（以下稱 PCB），面對近年來熱烈的議題：『循環經濟』，不但不會缺席，更以主動積極的作為來參與！

PCB 製程向以複雜著稱，原物料與化學品使用也居各行業之冠，在產業致力於源頭節能與後端減廢之餘，如何為製造工序完成後所剩餘的邊料、有價物等覓得更好的出處與再資源化的可能，更是業界念茲在茲，努力不懈的目標。

有鑑於此，台灣電路板協會 (TPCA) 自是責無旁貸，於 2018 年和工研院產科國際所合作，進行產業生產樣態大盤點，鉅細靡遺的查找，徹底了解每一製程背後所隱藏的資源再利用可能性，從而完成了『台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖』，是 TPCA 繼 2014 年發表台灣電路板產業發展白皮書後，另一擘劃出產業循環經濟策略發展的圭臬，讓業界在循環經濟的翰海中擁有了指引的明燈。

筆者有幸參與，研議定論過程艱難且不輕鬆，但仍恐未能敘及全貌，冀望先進專家不吝賜教，並多予肯定與鼓勵。

環安衛委員會 召集人



2019 年 4 月

目錄

一、前言.....	010
(一) 2014 電路板產業白皮書埋下台灣電路板循環經濟種子.....	010
(二) 2018 策略發展藍圖引領台灣電路板產業邁向循環經濟最後一哩路.....	011
(三) 線性經濟轉型為循環經濟的策略藍圖.....	011
二、電路板產業循環經濟現況.....	012
(一) 製程投入物及廢棄物盤點，開發城市礦山新價值.....	012
(二) 固體廢棄物資源化品項雖可九成，但以外循環為主.....	014
(三) 液體廢棄物品項 72% 可資源化，43% 實現內循環.....	017
(四) 廢氣排放以符合法規為原則，未來創造經濟仍有想像空間.....	019
(五) 整體廢棄物品項可資源化 81%，但實際資源化及內循環比重仍待提昇.....	021
(六) 重新思考目前無資源化及微資源化的廢棄物處理方式.....	022
(七) 設備 / 零組件之優化及模組化達到生產源頭減量，進而達到設備共享經濟.....	024
(八) 台灣電路板產業循環經濟路徑.....	025
三、台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖願景與目標.....	026
(一) 願景 - 實現綠色製造，降低環境衝擊之永續發展產業.....	026
(二) 目標 - 降低廢棄物排放及提高資源化之綠色競爭力產業.....	026

Contents

四、台灣電路板產業循環經濟關鍵議題與策略發展藍圖.....	027
(一) 技術面 - 引領技術精進，實現再循環少排放生態系統.....	028
(二) 法規面 - 因應產業特性，建構少阻力、多助力規範法則.....	030
(三) 商業模式面 - 突破傳統思維，創新低成本高收益循環模式.....	031
五、執行效益.....	032
(一) 經濟效益.....	033
(二) 綠色環境.....	033
(三) 客戶認同.....	034
附錄一：台灣電路板製程循環經濟盤點.....	036
附錄二：台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖.....	039
附錄三：循環經濟相關法規.....	040
(一) 台灣相關法規.....	040
(二) 中國大陸相關法規.....	044
(三) 歐洲推動法規.....	046

一、前言

(一) 2014 電路板產業白皮書埋下台灣電路板循環經濟種子

2014 年台灣電路板協會發表台灣第一本電路板產業發展白皮書，即明確揭示生產過程中如何作好水回收、節電、廢棄物資源化回收系統，以及引領台灣電路板業者在國際上邁入環保、綠色的供應鏈體系為重要的環保關鍵議題。同時也將綠色環保列入 2020 年產業的實現願景 - 『打造台灣高附加價值、環保、自動化的高競爭力 PCB 產業』(圖一)，並積極推動包括綠色製造能力提升、綠色工廠認證、節能標章認證制度…等工作。

願景：轉型與突破-打造台灣高附加價值、環保、自動化之高競爭力電路板產業

- 藉產品結構升級、生產自動化改善、綠色製造能力提升、客戶布局調整，以形塑台灣電路板具下世代競爭力之產業定位

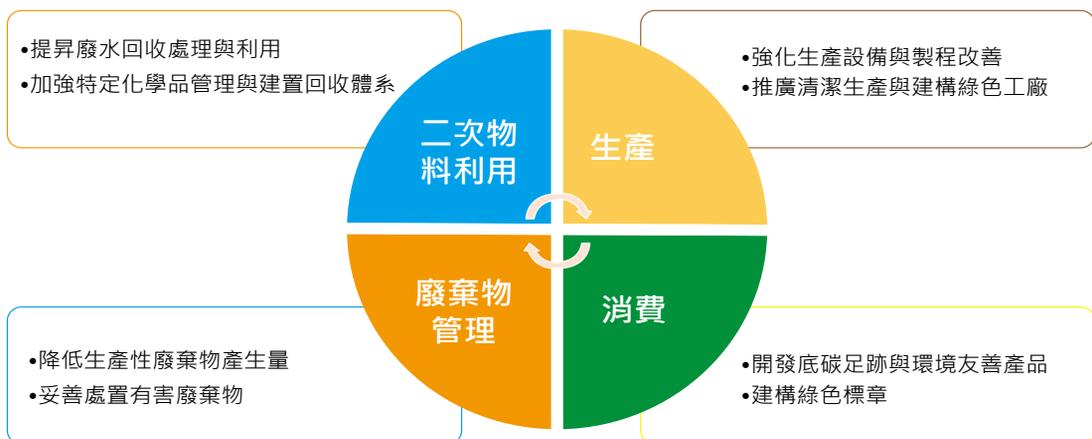
目標：台灣電路板產業鏈產值突破兆元，奠基台灣終端系統至零組件產業鏈之磐石

- 電路板：善用海內外布局優勢，開拓高階產品應用，同步發展全球平價量產市場
- 原物料：開發下世代及台灣所需之客製化高性價比材料，加乘產業鏈結競爭力
- 電路板設備：提高國產設備自給率與智慧自動化能力，替代進口關鍵製程自動化設備

資料來源：2014 台灣電路板產業發展白皮書 (2014/10)

圖一 台灣電路板產業發展之願景與目標

2016 年台灣電路板協會更進一步在推動台灣電路板產值邁向新台幣兆元規模的同時，也誓言將電路板打造為降低環境衝擊之永續發展產業，並強調清潔生產、提昇節能節水、廢棄物處理效率…等工作，無形中已為台灣電路板產業種下了循環經濟的幼苗(圖二)。



資料來源：2016 台灣電路板產業發展白皮書 (2016/10)

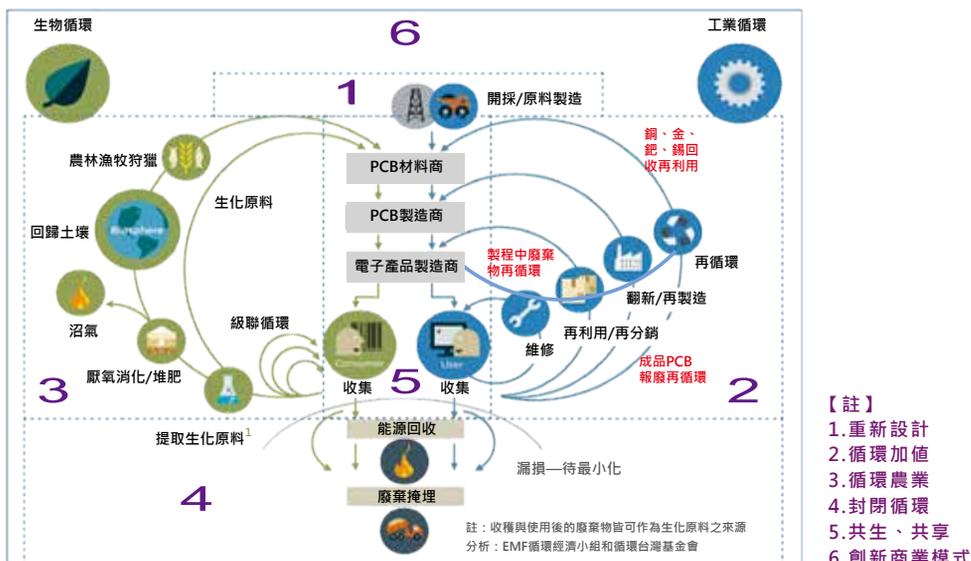
圖二 推動電路板為降低環境衝擊之永續發展產業

(二) 2018 策略發展藍圖引領台灣電路板產業邁向循環經濟最後一哩路

基於人類不斷開採濫用天然資源，以及各式各樣廢棄物品污染地球表面，我們不僅面臨全球資源逐漸耗竭的問題，也遭受大自然開始反撲的力量，由各國政府到民間企業團體紛紛推動各種不同的環境保護政策，例如國際手機大廠 Apple 的環境報告提及要推動內部設施及供應鏈都 100% 只用再生能源，並且降低開採新礦源、金屬物料，增加用回收來的原料打造新產品。而包括台灣、法國、芬蘭、西班牙、中國大陸…等國家更將能同時兼顧經濟發展又能保護地球的循環經濟列為重要國家發展政策。因此，台灣電路板協會延續白皮書環保永續發展的精神，擘劃循環經濟策略發展藍圖，以引領台灣電路板產業邁向循環經濟。

(三) 線性經濟轉型為循環經濟的策略藍圖

依據 Ellen MacArthur Foundation 所發表的循環經濟系統圖，可依產業循環性質劃分為工業循環及生物循環，而電路板產業屬於工業循環的一種。如圖三所示，電路板產業在循環經濟的概念中有二個層次的循環，一為原料投入後經電路板材料商再至電路板製造商，在電路板製造過程中會產生各式的廢棄物(報廢板、廢化學液…)，廢棄物經回收廠透過各種回收技術可獲得可重覆使用的資源如銅、金…再回流至電路板材料商端而形成一個循環經濟模式。另一個循環則為材料順利製成電路板後，再應用至各項電子終端產品，經過消費者一段時間的使用後而報廢，這些附有元件的電路板一樣透過回收技術獲得重覆使用的資源如銅、金…再回流至電路板材料商端而形成另一個循環經濟模式。換言之，電路板產業由以往歷經原始材料、生產產品、產品報廢丟棄不同階段的線性經濟發展，將開始轉變為所有物質可再資源化重覆使用的循環經濟，不但可降低對環境的污染，也可創造額外的經濟價值。



資料來源：循環台灣基金會官網；TPCA；工研院產科國際所 (2018/08)

圖三 電路板產業循環經濟概念

二、電路板產業循環經濟現況

電路板不論在製造過程中產生的各式廢棄物，或是最後的製成產品，皆含有許多有價金屬及物質，因此電路板蘊藏的循環經濟價值相當驚人。以成品報廢電路板所含黃金為例，一座黃金礦山每噸礦石中含有的黃金量可能只有 2g 左右，而每噸報廢電路板含有的黃金量少則 100g，多則可達 1,000g，因此報廢電路板也常被稱作城市礦山。

目前台灣每年報廢至少 500 萬隻以上的手機，100 萬台以上的電腦，若再加計其他電子產品則電路板報廢量更可達數千萬片。根據經濟部統計的資料顯示，近幾年台灣每年申報含金屬的製程中 PCB 報廢板達 30,000 公噸，至於含元件之成品報廢電路板則有 1,000 公噸，因此僅計算回收黃金之市價即可達百億新台幣以上，若再加計銅、銀、鈮…等金屬的經濟規模更可達數百億新台幣，因此 PCB 循環經濟的落實不僅減低對環境的衝擊，產生的經濟效益更是不可忽視。

(一) 製程投入物及廢棄物盤點，開發城市礦山新價值

為了更明確掌握電路板製程各種廢棄物可產生的循環經濟價值，以及阻礙循環經濟發展的瓶頸，台灣電路板協會針對台灣、中國大陸及日本主要電路板廠商進行調查，盤點電路板各段生產製程中所需投入之原物料、產生的廢棄物與所使用的機械設備之循環種類和流向。

如圖四所示，投入物及廢棄物產出之盤點範疇以硬板產品為主，並以普遍共通性及會產生廢棄物與機械設備之主要製程為盤點項目，但並不包括 PCBA(PCB 元件組裝製程) 及終端電子產品回收之電路板。而循環流向的定義，以廢棄物為例，經由廠內或廠外之回收設備/技術，從廢棄物中產生可再利用物質之過程稱作資源化，至於資源化物質再流回到電路板製程使用之循環稱為內循環，若資源化物質流向其他產業使用之循環則稱為外循環，而不論內循環或是外循環均具有循環經濟的價值。



資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/06)

圖四 盤點範疇及定義

由於不同廠商或是不同產品的製程皆不盡相同，投入物與廢棄物也會有所差異，因此調查製程以硬板中與循環經濟較相關的 22 道製程為主，包括裁板、前處理、壓膜、曝光、乾膜顯影、酸性蝕刻線路、黑 / 棕化處理、塞孔、壓合、鑽孔、蝕薄銅、除膠渣、化學鍍通孔、電鍍銅、外層前處理、銅二次銅、SES(外層蝕刻剝錫線)蝕刻、阻焊及前處理、文字絲網印刷、化學鍍金、切板、終極包裝...等，並依照圖五的方式進行調查，而 22 道製程中則產生包括廢邊料、廢墊板、各製程清洗廢水(視為一種廢棄物品項)、各製程廢氣(視為一種廢棄物品項)、廢顯影液、廢酸性蝕刻液...共 48 個廢棄物品項，而各製程詳細投入物及廢棄物流向處理完整調查結果則於附錄一中呈現。



資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

註：投入物與廢棄物因產品類型而有所差異

圖五 硬式多層板製造流程之投入物及廢棄物流向示例

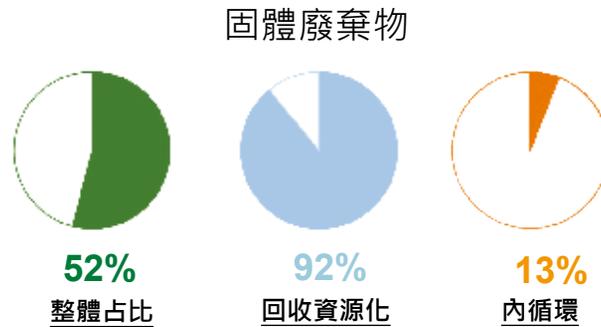
(二) 固體廢棄物資源化品項雖可九成，但以外循環為主

表一 固體廢棄物品項及資源化流向

項次	廢棄物品項名稱	目前可否進行資源化		可資源化物質	目前業界實際資源化比重		循環模式	
		是	否		高	低	內循環	外循環
1	廢邊料	V		銅 玻纖、樹脂	V			V
2	廢墊板	V		塑料	V			V
3	廢水污泥	V		銅	V			V
4	藥劑空桶	V		空桶	V		V	
5	廢塑膠膜	V		塑料	V			V
6	廢粘塵紙		V			V		
7	廢底片	V		溴化銀	V			V
8	乾膜渣		V			V		
9	報廢板	V		銅 玻纖、樹脂	V			V
10	廢銅箔基板	V		銅 玻纖、樹脂	V			V
11	廢鋁板	V		鋁	V			V
12	廢牛皮紙	V		紙	V			V
13	粉塵	V		銅	V			V
14	木漿板	V		木材	V			V
15	密胺板	V		塑料	V			V
16	廢鑽頭	V		鑽頭或回收鎢鋼(數次內循環後將提煉金屬至外循環)	V		V	
17	碳素	V		鈮(由吸附廢液中萃取)	V			V
18	刷磨銅粉	V		銅	V			V
19	廢過濾樹脂	V		金(由吸附廢液中萃取)	V			V
20	銑刀	V		銑刀(數次內循環後將提煉金屬至外循環)	V		V	
21	廢磷銅球	V		銅	V			V
22	銅陪鍍板	V		銅	V			V
23	廢鈦籃	V		鈦	V			V
24	掛籃、掛架	V		金屬	V			V
25	濾芯	V		PP		V		V

資料來源：TPCA；工研院產科國際所(2018/12)

表一列示製程中產生的所有固體廢棄物共 25 品項，約佔所有 48 品項廢棄物之 52%。以目前現況而言，固體廢棄物可資源化共有 23 品項，約佔 25 項固體廢棄物之 92%，少數廢棄物如廢粘塵紙、乾膜渣 ... 等，不論是基於回收技術不足或是經濟價值過低 ... 等因素，目前皆未進行資源化。雖然電路板製程的固體廢棄物可資源化比重相當高，但受限於回收技術、設備、材料特性 ... 等因素，目前資源回收物質大多以外循環為主，例如廢邊料或報廢板中所回收的玻纖布與樹脂，因其未能有效分離且已無法達到電子級規格，故目前可製作成地磚等建築材料，延續物質使用壽命達到外循環的目的。至於固體廢棄物經資源化後流回電路板產業的品項約佔固體廢棄物可資源化品項之 13%，包括鑽孔用的鑽頭在使用一定期限後報廢，可經由專業廠商進行研磨加工，則重新研磨後的報廢鑽頭可再投入電路板的鑽孔製程中重覆使用，達到內循環的目的。



註：以電路板全製程所產生之主要廢棄物種類品項計算

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖六 固體廢棄物可資源化及流向比重

雖然目前固體廢棄物資源化比重高達九成，但仍有許多回收技術及模式有待提昇及改進。以藥劑空桶而言，由於藥劑倒入化學液槽後的空桶仍難免留存原始藥劑，目前不論是經由化學藥劑廠或是專業回收處理廠回收，均要求必需將桶內的藥劑清洗乾淨，不得殘留任何藥劑，對電路板廠商而言造成相當大的困擾，而且若由化學藥劑廠回收之空桶必需保證裝填原化學液且運回原電路板廠商，因此藥劑空桶雖已可資源化，但資源化循環過程卻仍有許多可改善之處。

另外，就算已經相當成熟的報廢板及廢銅箔基板回收技術仍有許多可精進之處，如表二所示，目前台灣回收廠商使用最多的為機械物理處理方法，即透過各種物理方式破壞粉碎報廢板，再透過水洗或是風吹...等不同的分檢方式以取得所需的金屬物質，因物理特性重疊而無法實現金屬之間的完全分離，而分離之玻纖及樹脂也僅能作非電子級的應用，因可應用

之範圍及市場需求有限，故雖可資源化但實際上資源化的比重卻仍不高。另外，火法回收亦是較為常見的處理方式，但火法處理僅適用於金屬物質的回收，其餘物質如玻纖布則一律燒毀，除了犧牲其他物質的回收價值外，也有產生空氣二次污染的疑慮。酸洗法、電解法及溶蝕法均為使用化學反應的回收技術，同樣也會有化學作用廢液排放二次污染的問題。至於生物處理法因耗時較長，較不符目前業界生態，一般回收廠商較少使用。最後，廢水在水封狀態因缺氧易形成硫化氫或厭氣氣體，若電路板廠商在污水抽水站、地下室、污泥消化池、濃縮池…等區未作好防範措施，則有工安發生的風險，而脫水後的污泥貯存也需符合法規的規範，避免造成二次污染。

表二 報廢板資源化技術仍可提昇

回收技術	技術重點概述	缺點
機械物理處理法 - 乾法處理技術、濕法處理技術、 乾濕法處理技術	利用各種(剪碎、衝擊、擠壓…)破碎方法將電路板充分解體，再透過分檢(磁選、電選、光選…)獲得金屬	<ul style="list-style-type: none"> 因各種物理特性的重疊，而無法實現金屬之間的完全分離 前期投入資金較大
火法回收處理 - 普通焚燒法、防氧化煨燒法、直接冶煉法、熱解法	利用焚燒、等離子電弧爐、高爐熔煉、燒結等火法處理手段，去除塑膠及其他有機成分	<ul style="list-style-type: none"> 易造成有毒氣體散出 部分金屬(錫、鉛)的回收率較低 非金屬成分材料在焚燒過程中損失
酸洗法和電解法	強酸及強氧化劑溶解 PCB 取得貴金屬還原	<ul style="list-style-type: none"> 二次污染問題 需考慮設備防腐 流程複雜，試劑消耗量大
溶蝕法	氯化銅(可重覆使用)氧化還原將底材溶蝕，再回收銅	
生物處理法	利用三價鐵離子的氧化作用將包裹貴金屬的金屬氧化使金屬裸露，再回收	<ul style="list-style-type: none"> 可利用菌種有限 菌種難培養 生產過程長

資料來源：TPCA；工研院產科國際所(2018/06)

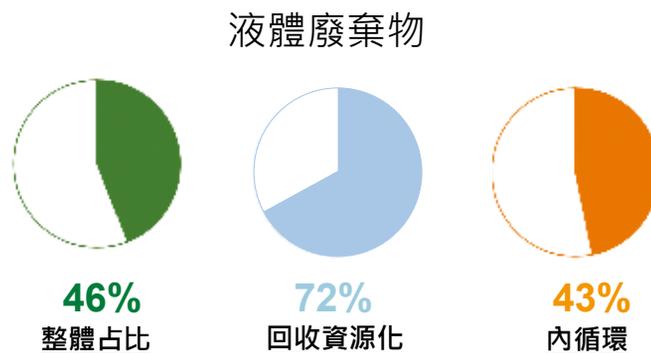
(三) 液體廢棄物品項 72% 可資源化，43% 實現內循環

表三 液體廢棄物品項及資源化流向

項次	廢棄物品項名稱	目前可否進行資源化		可資源化物質	目前業界實際資源化比重		循環模式	
		是	否		高	低	內循環	外循環
1	前處理微蝕廢液	V		銅	V		V	
				微蝕液	V			
2	清洗廢水	V		水		V	極少	V
3	廢顯影液		V			V		
4	廢酸性蝕刻液	V		銅	V		V	
				酸性蝕刻液	V			
5	黑 / 棕化廢微蝕液		V			V		
6	廢油墨		V			V		
7	蝕薄銅微蝕廢液	V		銅	V		V	V
				微蝕液	V		V	
8	高錳酸鉀液		V			V		
9	膨鬆廢液		V			V		
10	化銅廢液	V		EDTA 及銅	V		V	V
				化學液	V			
11	電鍍銅廢液	V		銅	V		V	
				電鍍液	V			
12	鹼性蝕刻廢液	V		銅	V		V	
				鹼性蝕刻液	V			
13	丁酮	V		有機溶劑	V			V
14	PM(PMA)	V		有機溶劑	V			V
15	化鎳廢液	V		鎳	V			V
16	脫膜廢液		V			V		
17	剝掛架含金廢液	V		金	V			V
18	剝掛架含銅廢液	V		銅	V			V
19	含銀廢液	V		銀	V			V
20	剝錫廢液	V		氧化錫	V		V	V
				剝錫液	V		V	
21	含金廢液	V		金	V			V
22	含鈀廢液	V		鈀	V			V

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

表三列示製程中產生的所有液體廢棄物共 22 品項，約佔所有 48 品項廢棄物之 46%。電路板製程中只要是蝕刻、電鍍 ... 等濕製程均會使用大量的化學液及清洗用水，因此也會產生各式的化學廢液及清洗廢水，而目前液體廢棄物可資源化共 16 品項，約佔 22 項液體廢棄物之 72%，包括清洗廢水(部分比例)、前處理微蝕廢液、廢酸性蝕刻液、鹼性蝕刻廢液 ... 等。相較於固體廢棄物，液體廢棄物仍有許多品項無法資源化，例如廢顯影液、黑 / 棕化廢微蝕液、高錳酸鉀液、膨鬆廢液 ... 等，也是未來要更進一步提高台灣電路板產業循環經濟必需克服的回收技術瓶頸。至於一旦資源化後的液體廢棄物，則有 43% 回流至電路板產業進行內循環。



註：以電路板全製程所產生之主要廢棄物品項計算，液體廢棄物包括清洗廢水及化學品廢液

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖七 液體廢棄物可資源化及流向比重

除了上述提及目前無法回收的廢液外，以回收量相當大的含銅廢液而言，回收處理技術已經相當成熟，依據螯合劑的種類加以區分，有 EDTA(乙二胺四乙酸)系列與酒石酸鉀鈉系列。廢液處理的難易度因螯合劑的螯合強度而有程度高低的不同。EDTA 系列的化學銅廢液較酒石酸系列的化學銅廢液難於處理，這是由於 EDTA 與銅離子的螯合能力較強的緣故，目前台灣大多數的電路板工廠都採用穩定性較高的 EDTA 系列化學銅溶液。化學銅廢液目前回收處理技術包括硫酸亞鐵處理法、鈣鹽處理法、硼氫化鈉還原法、鋁催化還原法及各種催化還原法。而經由回收處理產生硫酸銅後，硫酸銅可再精煉成高純度銅循環 PCB 產業再利用，或是直接以硫酸銅型態銷售給其他產業使用。至於提煉出銅之蝕刻液可配方後再循環使用。

至於使用量亦相當大的清洗廢水，大部分都在廠內進行處理，但一般都只處理至符合排放標準即進行排放，將廢水處理至可回收再利用的比例仍不高。最主要的原因在於若要將廢水處理至可回收再利用程度，新增的處理設備成本昂貴，且廢水每多一次循環的處理成本都逐次增加，相對於台灣便宜的水價及微薄的補貼優惠，實在不足以誘導廠商提高廢水回

收再使用率。惟目前仍已有部分廠商已經實施『中水回用』，即將上述製程的第二、三道清洗水接管回收，集中利用 RO（膜滲透）技術處理後，再循環回到自來水的蓄水池，形成一個內循環，其中約 60% 清洗水可收集進中水回用系統，而進入系統可循環使用的產水率約 67~70%，故整廠使用水回用率約 40~45%，在經濟層面上可降低廢水處理量以及自來水進水量，提高電路板水循環經濟。

(四) 廢氣排放以符合法規為原則，未來創造經濟仍有想像空間

電路板製程中亦會產生不少的廢氣種類，例如酸洗廢氣、鹼洗廢氣... 等，因將特性相近的廢氣歸為相同廢棄物種類品項，因此廢氣占整體廢棄物種類品項僅有約 2%。目前電路板廠商多僅將廢氣處理成符合排法標準即進行排放。中國大陸因為空污問題嚴重，因此近年來對廢氣排放的管制更加嚴苛，主要是依據 2015 年所通過的『大氣污染防治法』，並在 2016 年 1 月 1 日開始實施，2018 年 10 月 26 日第十三屆全國人民代表大會常務委員會第六次會議則進行再次的修正。除此之外，中國大陸也有所謂的『環境空氣質量標準』，訂定空氣污染物的濃度限值，工業區和居住區、商業交通民居混合區及農村地區均歸為第二類適用第二級標準（如表四）。

表四 環境空氣污染物濃度第二級限值

污染物項目	濃度限值		
	1 小時平均	24 小時平均	年平均
顆粒物 (粒徑 <10 μm)		150	70
顆粒物 (粒徑 <2.5 μm)		75	35
二氧化硫	500	150	60
二氧化氮	200	80	40
一氧化碳	10	4	
臭氧	200		
氮氧化物	250	100	50
鉛			0.5
總懸浮顆粒物		300	200

註：除一氧化碳化單位為 mg/m³ 外，其餘單位皆為 μg/m³

資料來源：中華經濟研究院 (2018/11)

台灣則在 2018 年 8 月 1 日修正發布實施『空氣污染防制法』，修正後總共有五章(總則、空氣品質維護、防制、罰則、附則)100 項條文(原為 86 項修文)。新版的法條訴求五大重點：

1. 工廠源頭管末雙重管制：由源頭管制(燃料成分含 VOC 成分標準)，到製程管理一直到限期改善而未改善按次處罰的管末管理。
2. 加重罰則資訊公開：包括提高刑度及罰金、提高罰鍰。另外也將相關資料公布於網站讓民眾參與監督。
3. 追繳不法利得及增訂吹哨者條款。
4. 管制移動源。
5. 增訂好鄰居條款。

另外，目前少數廠商在排風口嘗試利用風力進行能源採集，但達經濟效益仍有一段差距，因此電路板製程的氣體廢棄物回收資源化的比重趨近於 0%，也就沒有資源化的廢棄物品項回流至電路板產業。但未來若在獵能技術上有所突破，則廢氣產生之風力動能或熱能皆有創造經濟價值的想像空間。除此之外，目前業界的廢氣排放，多數仍依政府不同法令，將各污染熱區的工安作業環境(換氣率)及環保需求(密閉及局部排氣)達到法令規範，但因分流、風量及濃度無法先行界定，以至於不利於空污防制設施之方案研選，更無法進行循環經濟的規劃，建議應先將分流做好，除節能(抽風動力節省)，較利於符合法規，在固定污染源排放許可證展延申請時，可以爭取較有利的條件，後續再考量循環經濟作為。

一般而言，電路板廠商在氣體空污處理上會面對包括揮發性有機氣體(VOC)、粒狀污染物 PM、鹼氣及酸氣(硝酸、硝酸、氯化氫)。其中，產生較大量 VOC 的製程包括在防焊綠段油墨印刷及網版清洗過程的溶劑揮發物，或是在 PTH(膨鬆段)因水溫較高，也會產生較大量揮發氣體，還有在底片清潔，半成品/成品清潔所使用的擦拭用溶劑。但是若以更嚴格的環保標準角度，除了上述製程外，只要原物料安全資料表(SDS)內含有機物質，幾乎就可認定有 VOC 的產生(例如內層表面前處理、棕化、化錫、內層顯影)，至於 VOC 的處理依其排放源種類與濃度而有所不同，較常見的洗滌塔處理為其中一種方式。

最後，熱氣雖不屬於廢氣，但 PCB 生產過程大量使用大功率電加熱，投入大量的能源卻沒有回收，可思考將 PCB 廠所產生的熱源回收一部分，如鍋爐尾氣、冰水機、空壓機、烤箱等的熱氣、其熱源可以導入大的蓄水池，使冬天供水水溫與夏天一致，而全年水溫趨於一致，對品質也有助益，另外可供員工生活上及辦公室熱水使用，減少能耗，其能源回用比約 15%。

氣體廢棄物



註：以電路板全製程所產生之主要廢棄物品項計算

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖八 氣體廢棄物可資源化及流向比重

(五) 整體廢棄物品項可資源化 81%，但實際資源化及內循環比重仍待提昇

綜合以上所述，將電路板主要投入要素如銅箔基板、水、化學品…在不同製程中投入，共產生約 48 種的廢棄物品項，再將廢棄物概分為固體廢棄物 (如廢邊料、藥劑空桶、乾膜渣…)、液體廢棄物 (如清洗廢水、前處理微蝕廢液、酸性蝕刻液、高錳酸鉀液…) 及廢氣共三大種類，其中固體廢棄物的品項種類有 25 項占有 52%，另外液體廢棄物的品項有 22 項則占 46%，至於包括酸洗廢氣、鹼洗廢氣…等各式廢氣則視為同一品項占有 2%。

根據調查盤點結果，各式各樣廢棄物中，不論是經由廠內的處理回收系統，或是委由廠外的專業處理回收廠商，共有約 81% 左右的廢棄物種類品項已可進行資源化，19% 則經過合法程序進行排放、掩埋或是焚燒，而可資源化再利用的所有廢棄物種類品項，其中 75% 是流向異業進行外循環，例如建築業…等，另外 25% 則可流回電路板產業使用，達成內循環創造經濟目的。



註：以硬式多層板全製程所產生之主要廢棄物品項計算，液體廢棄物包括清洗廢水及化學品廢液
資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖九 電路板產業廢棄物資源化再循環

(六) 重新思考目前無資源化及微資源化的廢棄物處理方式

表五列示製程中主要無法資源化或實務上微資源化的廢棄物種類 (例如水、玻纖、樹脂部分有資源化回收，但比重不高)，目前處理方式大都透過廠內系統，或是委託廠外專業的廠商進行處理，而許多處理方式不外乎焚燒或是稀釋處理排放，不但無法創造經濟價值，甚至可能造成二次污染，因此必需儘快研發可行的回收技術及材料，例如開發熱固型樹脂以進一步提高電路板廢棄物資源化回收的比重。

表五 電路板製程廢棄物處理後無資源化或微資源化之物質

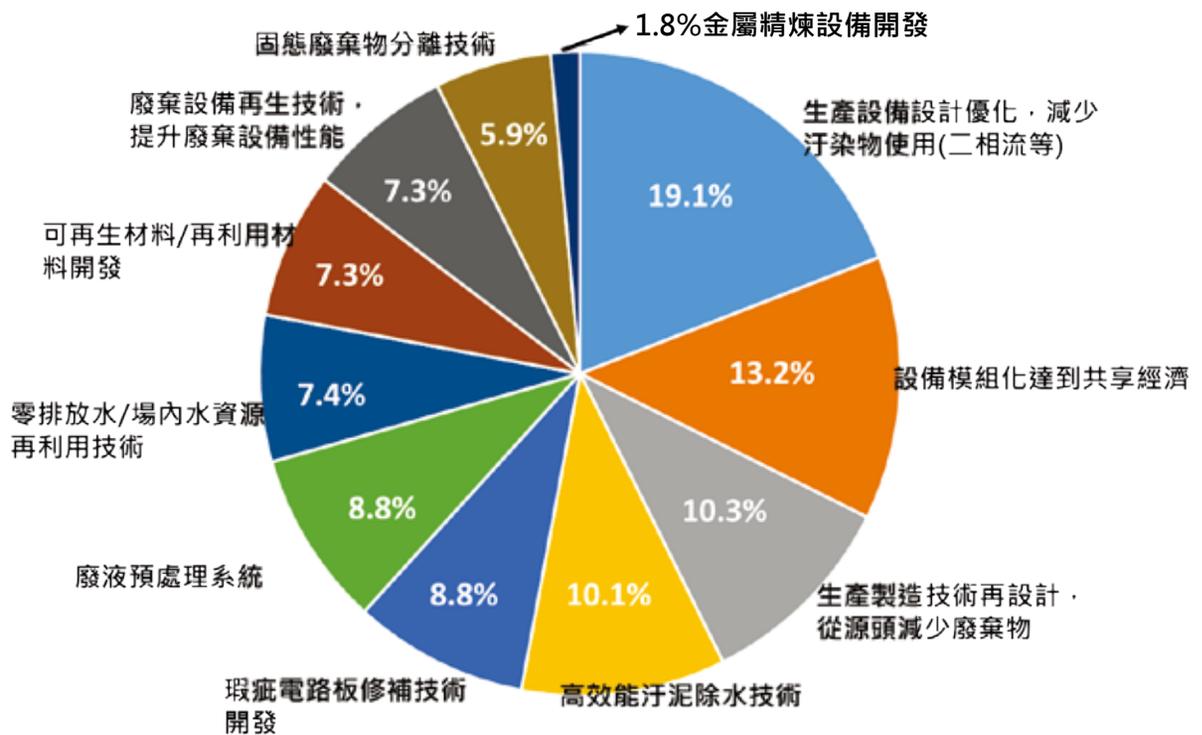
製程	廢棄物	流向
裁板、壓合、切板、終檢包裝	廢邊料、報廢板、廢銅箔基(樹脂、玻纖)	廠外合格處理廠商(如佳龍、中台、金益鼎)
前處理、剝膜顯影、DES 蝕刻、黑 / 棕化、蝕薄銅、除膠渣、化學鍍通孔、電鍍銅、外層前處理、鍍二次銅、SES 蝕刻、阻焊及前處理、化學沉錫、化學鍍金	水洗廢水	廠內廢水處理系統
前處理、剝膜顯影、DES 蝕刻、黑 / 棕化、蝕薄銅、除膠渣、化學鍍通孔、電鍍銅、外層前處理、鍍二次銅、SES 蝕刻、阻焊及前處理、文字絲網印刷、化學沉錫、化學鍍金、切板	廢氣	廠內廢氣處理系統
壓膜	廢粘塵紙卷	廠外合格處理廠商(如欣榮、鼎立...)
剝膜顯影	廢顯影液	廠內廢水處理系統
剝膜顯影、DES 蝕刻	乾膜渣	廠外合格處理廠商(如欣榮、鼎立...)
塞孔、文字絲網印刷	廢油墨	廠外合格處理廠商(如水美...)
除膠渣	高錳酸鉀廢液	廠內廢水處理系統
黑 / 棕化	黑 / 棕化廢微蝕液	廠內廢水處理系統
除膠渣	膨鬆廢液	廠內廢水處理系統
酸性蝕刻、化學鍍鈀金	濾芯	廠外合格處理廠商

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

(七) 設備 / 零組件之優化及模組化達到生產源頭減量，進而達到設備共享經濟

根據統計，目前台灣電路板製造廠之間置設備中約有 60% 封存於廠內 (以濕式製程設備為主)、25% 低價出售給回收廠 (以乾式製程設備為主)；僅有 15% 設備經由整修及再製造後可流至異業或同業使用。據了解，板廠會將設備封存於廠內之主要原因為設備的功能性不符現有產品生產規格，但礙於購置成本高、體積大、折舊率高及可因應未來產品生產的不確定性等因素，導致板廠處理閒置設備之意願普遍低落，此現象在濕式製程 (如：電鍍、蝕刻線等) 特別明顯。而乾式設備 (如：曝光、雷鑽等) 之回收比例最高，回收廠大都將零組件拆解後流向同業使用外，其主體大都當作廢棄物處理。

此外，從設備角度切入循環經濟議題除針對現有設備進行優化或模組化，促使廢棄物從生產源頭減量及提升設備的使用靈活性外，因應廢棄物資源化的相關設備及技術開發也刻不容緩，包含：汙泥除水技術、瑕疵電路板再製造技術 ... 等。



資料來源：TPCA；工研院機械所 (2018/12)

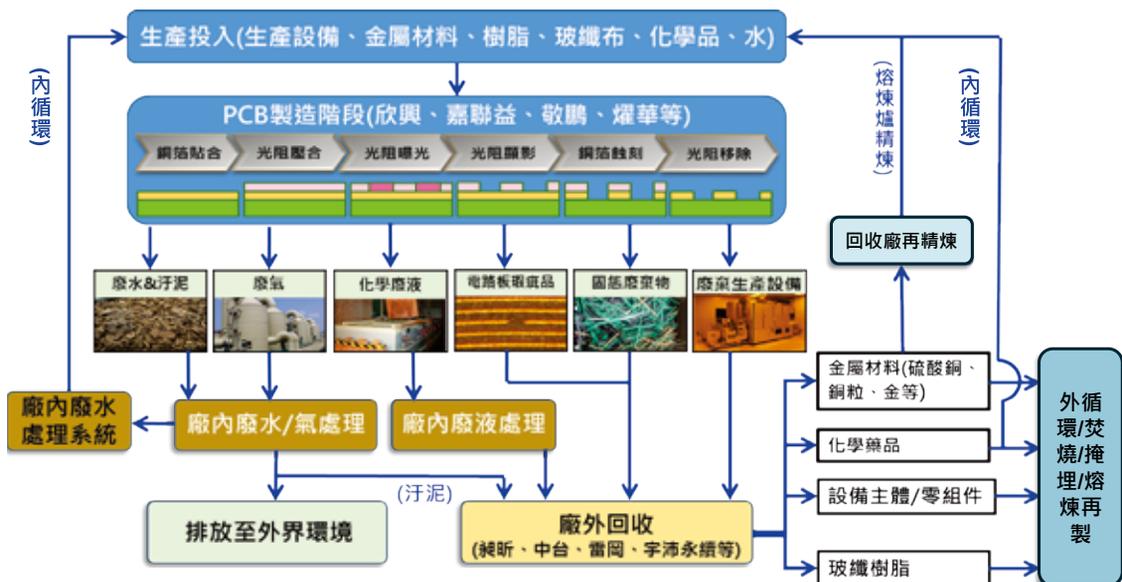
圖十 電路板設備循環經濟關鍵議題

(八) 台灣電路板產業循環經濟路徑

如圖十一所示，PCB 的主要原材料為銅(銅箔)、玻纖布及樹脂，經由基板廠製造形成 CCL(Copper Clad Laminate，銅箔基板)，銅箔基板送至電路板廠經過數十道製程，不同製程則會使用加入如金、鈦、化學品、水…等物質，除了最終形成的電路板產品外，製程中則會產生如報廢裸板、化學廢液及廢水等廢棄物可資源再回收，而製成的電路板使用後最終報廢亦可資源化再回收。不論是製程中廢棄物的資源化回收或是含元件電路板成品的資源化回收，目前資源化回收再循環利用的金屬以銅為大宗，主要是因為電路板是以銅箔基板為主體的元件，包括蝕刻線路而殘留在化學液中的銅，或是電路板本身之銅線路，均是可回收再循環的有價銅金屬，另外在電路板的表面處理或是俗稱金手指的接口都有使用金，雖然含量不若銅高，但因價值甚高，因此金亦為回收的重要物質之一。

除了金屬之外，化學廢液在提煉出硫酸銅之後，殘留的化學液可經由配方調整為可再循環使用的化學品。至於玻纖布及樹脂則受限於回收技術及經濟效益，因此目前回收的比重並不高，或是回收處理的程度仍不到電子級程度，只能流向其他產業應用如目前有業者用作混凝土沙的材料作成非結構使用的造型磚。

設備在電路板生產扮演重要的角色，但因應產品多樣化，設備功能無法即時因應導致板廠需要不斷的採購新設備，封存舊設備，進而提高生產成本。因此，如何讓舊有設備可保持升級或快速換線的彈性則為生產設備使用稼動率之重要議題。



資料來源：TPCA；工研院產科國際所；工研院機械所(2018/12)

圖十一 台灣電路板產業循環經濟路徑

三、台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖願景與目標

(一) 願景 - 實現綠色製造，降低環境衝擊之永續發展產業

電路板產業由於投入原料及製程特性的關係，一向被框架於高污染產業的行列之中，而在環保意識逐漸高漲的氛圍之下，不論是來自於政府法令的規範、終端客戶響應綠色品牌的要求，抑或是產業內省力量的覺醒。諸多因素都促使電路板產業必需脫胎換骨走向一個全新的綠色境界，因此藉由推動台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖，期望在全力創造產業經濟價值的同時，也能突破目前各項循環經濟重要瓶頸議題，以實現『綠色製造降低環境衝擊之永續發展產業』願景。

(二) 目標 - 降低廢棄物排放及提高資源化之綠色競爭力產業

根據電路板主要製程及廢棄物盤點結果，22 道製程中即產生近 48 項之廢棄物種類品項，因此藉由循環經濟策略發展藍圖的推動，不論是透過製程方式的改變、材料的創新、設備的重新設計、回收技術的再提昇 ... 等，可以一方面做到降低廢棄物的產生，同時也增加廢棄物資源化以進行內循環 / 外循環的比重，期能達到『降低廢棄物排放及提高資源化之綠色競爭力產業』的目標。

基於呼應產業循環經濟發展的願景與目標，必需由技術面、法規面及商業模式面訂定達成目標的中心思想，以利後續策略藍圖的展開。

1. 技術面：引領技術精進，實現再循環少排放生態系統。
2. 法規面：因應產業特性，建構少阻力、多助力規範法則。
3. 商業模式面：突破傳統思維，創新低成本高收益循環模式。

四、台灣電路板產業循環經濟關鍵議題與策略發展藍圖

提高廢水及廢化學液資源化比重



- 電路板用水量大，2016年 台灣北部電子零組件產業用水40.93百萬立方公尺，佔北部工業用水8.98%，排名第4
- 印刷電路板行業建廠用水建議515(CMD/公頃)
- 仍有多種微蝕廢液、化學廢液無回收再利用

固體回收資源化比例雖高，仍有改善精進空間



- 目前固體回收技術仍難免產生二次污染問題(空污、廢水...)
- 受限銅、玻纖布、樹脂分離技術，回收效率仍有待提昇
- 仍有部分固廢無法回收再利用

循環經濟效益極大化



- 提高資源化物質附加價值
- 擴散資源化物質應用範圍

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖十二 電路板循環經濟關鍵議題

根據盤點結果，若要達成發展藍圖所設定的願景及目標，目前仍有許多的關鍵議題必需一一克服。以水資源為例，許多製程均需使用大量清潔用水，根據經濟部對各行業建廠的用水統計資料，電路板廠商廠房的平均用水約為 515 CMD/ 公頃，因此排放的廢水量也是相當驚人，廠商除了承擔廢水處理的成本，若要達到廢水資源化回收再利用，必需額外負擔的成本更是加倍以上。

除此之外，循環經濟包括綠色環保及經濟價值二個層面，以台灣電路板產業現況要同時兼顧二個層面的目的有其困難，很多時候使用一次性材料的成本可能還低於使用循環再生材料，未來唯有在源頭材料設計端及製程端的重新改善或是透過法令的修改，才能擴大循環經濟的價值。因此，以下將由技術面、法規面及商業模式面分別提出台灣電路板產業循環經濟的策略發展藍圖。完整藍圖請參考附錄二：台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖。

(一) 技術面 - 引領技術精進，實現再循環少排放生態系統

表六 技術面關鍵議題及策略發展藍圖

<p>關鍵議題</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 如何提高回收技術 (水或其他回收物質) 創造更高循環效益? • 如何透過材料端之改善，減少廢棄物產生及降低再使用成本? • 如何在製程端精進或改良，以減少報廢板及廢棄物? • 如何減少設備閒置及加強設備再生與再升級? 		
<p>策略發展藍圖</p>	<p>PCB 製程端</p> <ul style="list-style-type: none"> • 連續式製造，降低資源投入之浪費 • 整合人工智慧化及高品質電路修補技術開發，降低廢板產生 • 高能效汙泥除水處理技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立廢棄物資源化產品之規格，降低再使用之疑慮 • 低能耗之水資源零排放技術，達到廢水完全回收 (外循環為主) • 低能耗 / 汙染之乾式電路板生產技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 提高水回用水洗次數，或用現有廢液取代水，達廢水完全回用於內循環
	<p>材料端</p> <ul style="list-style-type: none"> • 以製程廢棄物 (邊料) 為主，提高資源化比例低之物質 (如樹脂、玻纖、乾膜等)，開發外循環應用為主 	<ul style="list-style-type: none"> • 以製程廢棄物 (邊料) 為主，提高資源化比例低之物質 (如封裝、油墨、填充料等)，開發創新外循環應用為主 • 循環可回收樹脂材料設計開發 (熱固型樹脂、軟板材料等)，導入內循環應用 	<ul style="list-style-type: none"> • 循環可回收樹脂材料設計開發 (光阻、油墨、封裝等材料)，導入內循環應用為主
	<p>設備端</p> <ul style="list-style-type: none"> • 零組件之表面處理及補強技術開發，促使零組件 (馬達、閥體等) 再生使用。 	<ul style="list-style-type: none"> • 透過模擬及新技術引進 (如超臨界流體)，促使廢棄設備功能再升級 	<ul style="list-style-type: none"> • 設備模組化，達到設備多功能化及快速維修 / 換線之效益
	<p>回收端</p> <ul style="list-style-type: none"> • 開發現有粉碎或焚燒以外的固廢處理方式，以提高廢棄物資源化的應用及經濟價值 	<ul style="list-style-type: none"> • 提高可資源化廢棄物比重 • 降低產生二次污染之回收 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立無法回收廢液之再利用價值

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

電路板產業在台灣發展至少已經 50 年以上的歷史，換言之廢棄物的技術也在不斷的演變精進，從過去法規尚未嚴格規範的任意處理，進展到合乎法令的處理方式，未來更要求除了合法處理外更能創造額外的循環經濟效益。例如過去為了取得廢料板的金屬，不惜犧牲其他材料的再利用價值，雖已兼顧合法性但循環經濟的價值其實尚未被完全實現。因此，透過必需持續研發新的回收技術，如奧地利維也納大學導入視覺辨識技術，可將固體廢棄物透過視覺辨識先行分類，可提高回收效益。或者也可評估廢棄物在異業間循環使用之可行性評估，例如晶圓廠廢酸可否直接應用於 PCB 製程或水處理使用。

材料端可透過材料的重新設計以提高循環的可能性，例如樹脂材料的開發、新藥水以減少投入使用或開發低污染藥水。

設備端也必可透過相關技術以達改善製程廢棄物產生、雜質減少及設備再生的利用，例如模組化水回收設備，可配置於生產線邊直接回用，降低廢水混合後水回收的難度和污染度；採用模組化的設計可達到設備多功化及快速維修 / 換線之效益；產線銅資源回收模組設備 / 技術，可於產線或廠內進行銅資源回收，並提高純度後與原材料商合作，銅資源不經過其他廢棄物回收商加工，直接轉化成 PCB 原材料。

除此之外，目前仍有許多廢棄物無法有效資源化利用，如化學空桶、油墨、乾膜、化學錫廢液 ... 均急待開發新的回收技術。而回收效益也和材料設計端有著相當高的關聯性，因此若能由材料端即重新設計易分解回收之材料，則在後端的廢棄物資源化必能更加容易。

電路板任何材料在進行搖籃到搖籃的循環之際，最常碰到的即是面對客戶質疑使用回收材料可靠性的問題，因為目前並無任何廢棄物資源化產品之規格可依循，因此建立規格提高客戶使用的信心及意願也相當重要。

長期而言，不論是透過製程端的改善以減少用水，或是水回收技術創新以降低回收成本，均是達成逐步減少水使用甚或零排放終極目標的推動工作。

(二) 法規面 - 因應產業特性，建構少阻力、多助力規範法則

表七 法規面關鍵議題及策略發展藍圖

<p>關鍵議題</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 如何透過獎勵政策吸引廠商投資水回收處理設備？ • 如何鬆綁廢棄物回收物質再使用之流向限制，以擴大其經濟效益？ • 如何修訂適合電路板產業之廢棄物排放管理辦法？ 		
<p>策略發展藍圖</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 投資回收再利用設備應給予租稅減免或補助政策 • 政府單一窗口串連處理相關事項，避免不同單位作不同認定與解釋 	<ul style="list-style-type: none"> • 法規獎勵及訂定大型工程或公共建設使用回收再製建材比例 • 修改廢棄物資源化後之回收物質使用限制法規，擴大並獎勵異業使用 	<ul style="list-style-type: none"> • 政府對廢棄物的認定應重新界定，並與國際公約規範接軌

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

法規不外乎由規定、懲罰及獎勵三方面思考。以規定而言，目前仍有許多法規限制了循環經濟的應用範圍，例如經由化學廢液資源化之回收物質，法規限定僅用於某些特別的行業，若該行業的需求量不大，則資源化回收物質的循環路徑就受到限制，因此可修改相關法律放寬應用行業範圍以增加資源化回收物質的多元應用。附錄三：循環經濟相關法規。

目前廢板回收之玻纖布及樹脂因結構已被破壞或無法完全分離，因此有回收廠商製成磁磚或其他建材，由於製造成本高於一般建材之製造成本，因此實際客戶的接受程度並不高，若能藉由法規的修訂，規定公共建設或是大型建築物必需使用一定比例的再生材料建材，並且可以獲得政府的補助，則對於推動資源化回收物質的循環將有相當大的幫助。甚至在水價格偏低的情形之下，訂定水回收再利用設備給予廠商投資補助政策，也是提高水循環降低排放廢水的政策推動。

循環經濟的路徑不僅跨產業，甚至可能跨越國界，目前各國對於廢棄物的法規並未一致，例如僅就廢棄物及資源化回收物質的認定可能就有差異，因此法規應當與國際接軌，避免在國外已認定為資源化的回收物質，進口時卻被台灣相關單位認定為廢棄物的情況發生，循環流向市場卻降低資源化產品的經濟價值。

(三) 商業模式面 - 突破傳統思維，創新低成本高收益循環模式

表八 商業模式面關鍵議題及策略發展藍圖

<p>關 鍵 議 題</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 如何採用新商業模式 (如租賃、回收共享…) 落實循環經濟？ • 如何因應客戶全面要求綠色供應鏈？包括材料及能源使用問題？ 		
<p>策 略 發 展 藍 圖</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 建立廢棄物回收之供給與需求大數據平台 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立規模經濟循環模式，以降低成本提高回收產品接受度 	<ul style="list-style-type: none"> • 建立回收處理產品認證制度與平台，符合國際客戶要求 • 建立設備共享平台，達到設備租賃商業模式

資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

循環經濟需要許多創新的商業模式推動，但某個產業適用的商業模式不一定可套用在另一個產業，例如 Philips 相當成功的燈泡租賃模式，若在電路板產業要推動化學藥品租賃模式，則電路板廠商因計價不以傳統用量方式計算，則在藥水使用上更加不以節制，反倒造成資源的過度浪費使用，成功的機率以及獲得的經濟效益可能就不大。反而目前許多廠商在資訊不對稱的狀況之下，廢棄物及資源化回收物質的供給與需求並未能有效媒合，因此若能建立廢棄物及資源化回收物質的供給與需求數據平台，則在平台的認證及管道下，可降低使用資源化物質的風險及成本，更有利於循環經濟的加速推動。

另外，若在技術面已成功推動資源化回收物質的規格標準，則在商業模式下還需建立一個第三方檢驗機構，驗證再生資源與新品規格相當，且此認證平台必需符合國際客戶的要求及認可，往後一旦經過此平台證認的資源化回收物質，代表產品的可靠度被認定，將更容易得到客戶使用的意願，也有利資源化物質進出口貿易，可有效擴大資源化物質市場商機。

最後，最佳商業模式的創新是把循環經濟市場的餅作大，若一個新的商業模式只是同樣一塊餅作不同方式的切割，則推動的過程難免受到利益損害方的反抗而容易失敗，所以推動新的商業模式也必需考量廠商轉型的需求輔助。

五、執行效益

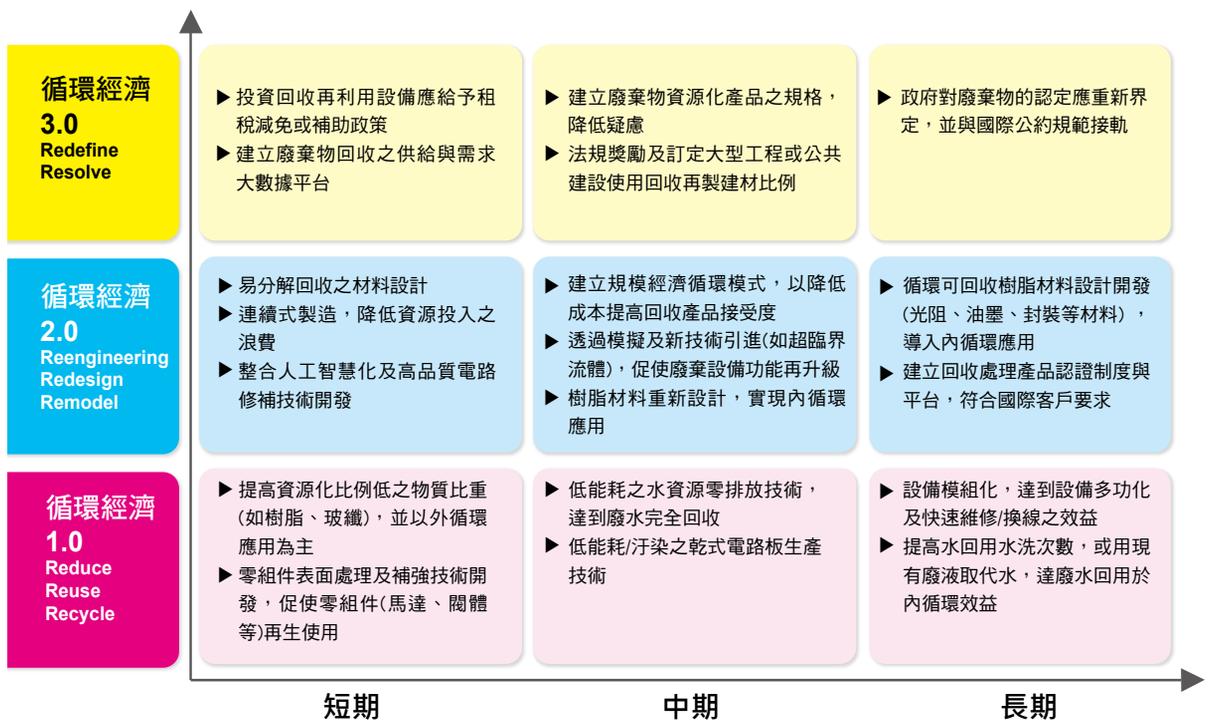
若將循環經濟區分為三個階段，

循環經濟 1.0：就是 Reduce, Reuse 及 Recycle，以珍惜資源減少環境負作用為主軸；

循環經濟 2.0：則提昇至系統整合的階段，強調 Reengineering, Redesign, 及 Remodel，更凸顯系統分析的重要性；

循環經濟 3.0：則是重新定義標準、規格、規範、價值，強調 Redefine 及 Resolve。

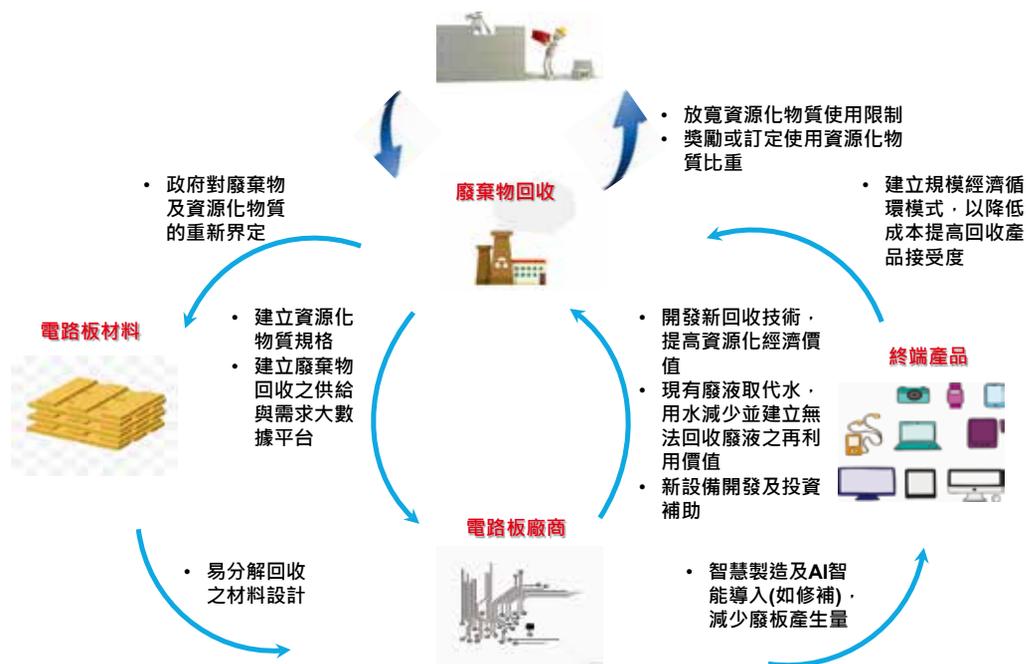
策略藍圖各項行動方針可協助電路板產業達到不同程度的循環經濟層次（圖十三）。



資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖十三 推動電路板循環經濟策略藍圖在各階段之體現

循環經濟體系內不同產業不同廠商皆分處不同的定位，資源化物質的流動靠著彼此之間的路徑連繫而進行，流動的資源化回收物質愈多，流動的路徑愈多愈順暢，則循環經濟創造的價值就愈大。如圖十四所示，策略藍圖不論從技術面、法規面或是商業模式面所提出的推動策略都是在創造更多的資源化回收物質及循環路徑，並消除循環路徑的障礙，並由經濟效益、綠色環境及客戶認同三個層面得到最大的效益。



資料來源：TPCA；工研院產科國際所 (2018/12)

圖十四 推動策略藍圖突破循環瓶頸創造效益

(一) 經濟效益

藉由策略藍圖的推動，可逐漸提高廢棄物資源化後進行內循環或是外循環的比重，以內循環而言，部分材料或是水皆可達到多次循環重覆使用的境界，就算是外循環也可造成其他產業的經濟效益。另外，也預期可達到回收成本的降低及資源化物質的價值提高，以創造最大的循環經濟效益，例如，水回用成本若能降低至接近使用原水成本，則不僅廠商內部用水成本降低，廢水排放量減少對環境外部成本的降低才是經濟效益的最大貢獻。其他許多目前無法資源化的廢棄物，若也能透過新的回收技術延續其生命週期，則不僅可降低對地球資源的揮霍使用，更能創造另一項綠色的經濟價值。

(二) 綠色環境

全球資源逐漸耗竭，電路板產業需用大量的水、電及銅、金...等能資源，透過提高能源使用效率、製程與材料技術再設計，透過長短期的策略推動，不論從能源使用、資源消耗及化學物質管理，以綠色材料、綠色製程、資源循環利用來生產製造電子產品不可或缺的電路板，讓電路板產業能與地球環境永續共存，成為名符其實地綠色環境產業。

(三) 客戶認同

2017 年綠色電子品牌評比中，和台灣關係相當密切的 Apple 排名第二，甚至許多陸資手機廠的排名也和日韓廠商不相上下，代表由電路板客戶端所驅動的綠色力量十分強大，例如日商 ibiden 使用太陽能系統發電，即是為了取得 Apple 的認同。因此台灣電路板產值續創新高的同時，需更關注全球資源耗竭與環保的浪潮下，必需從上游材料設計、綠色製造技術升級，進而生產高品質與環保的電子產品，方能蛻變成為深受客戶認同的綠色永續競爭力夥伴。

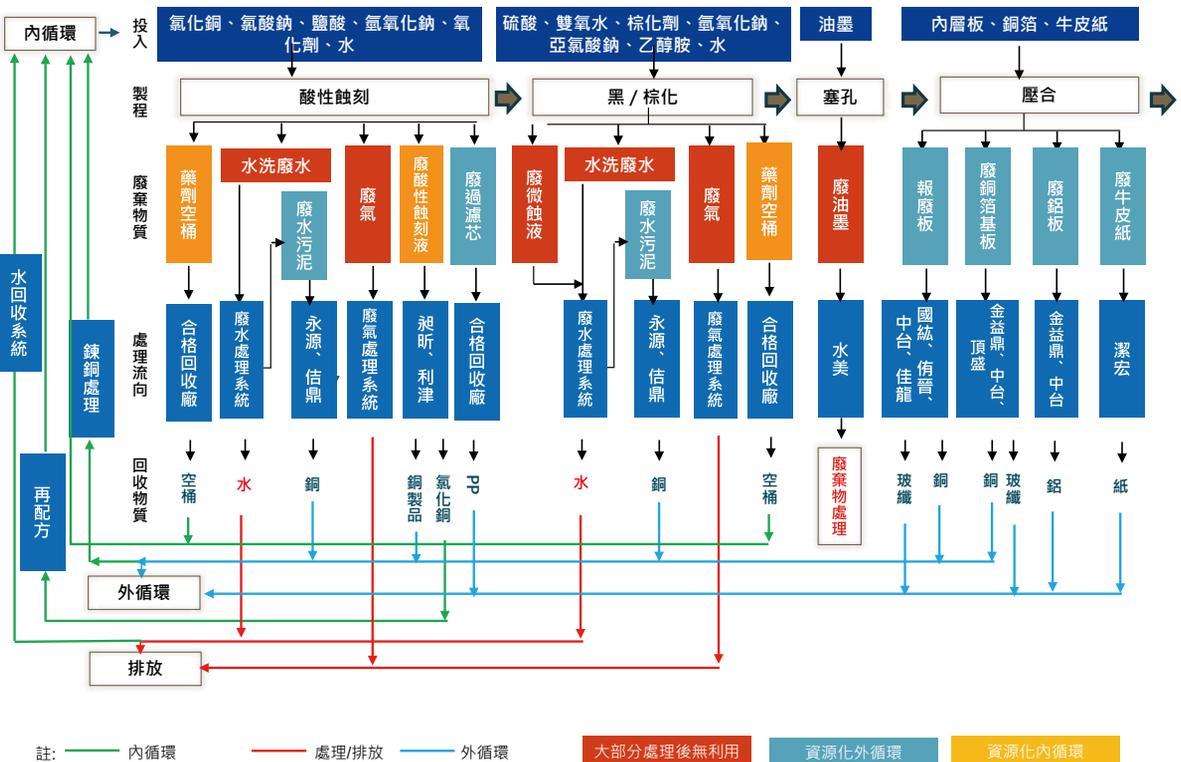
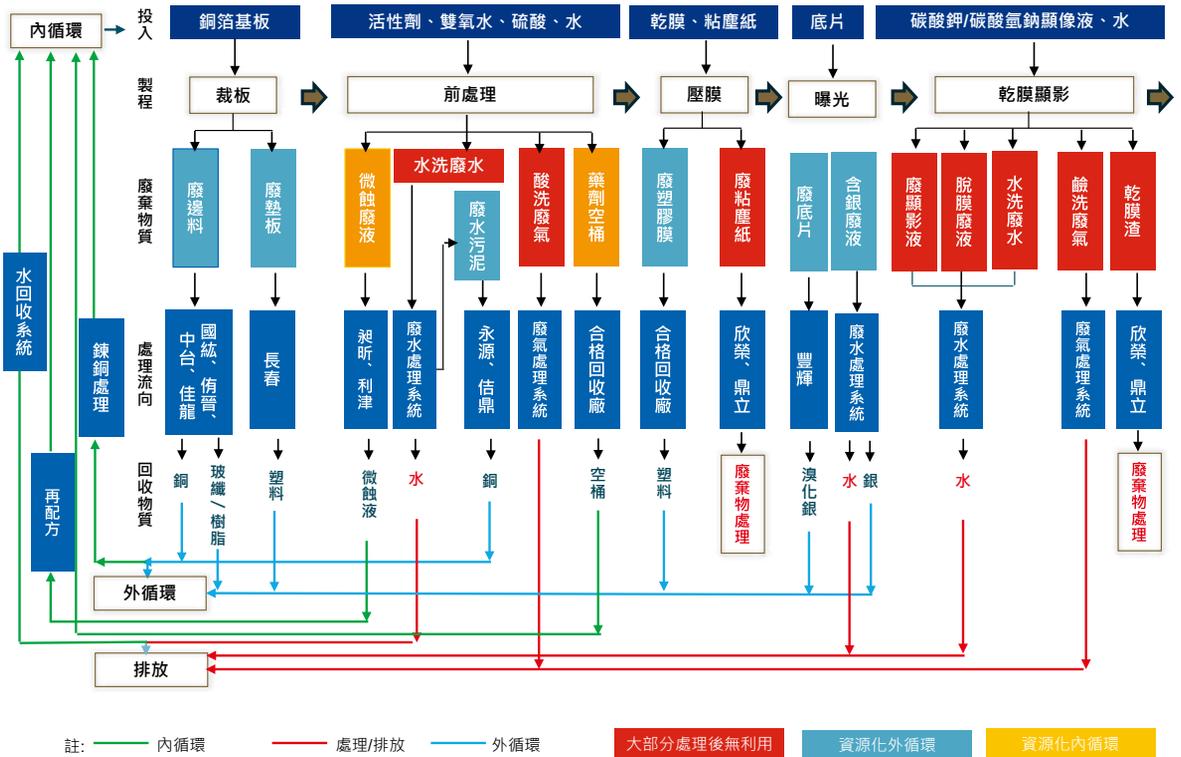
台灣電路板產業 循環經濟策略發展藍圖

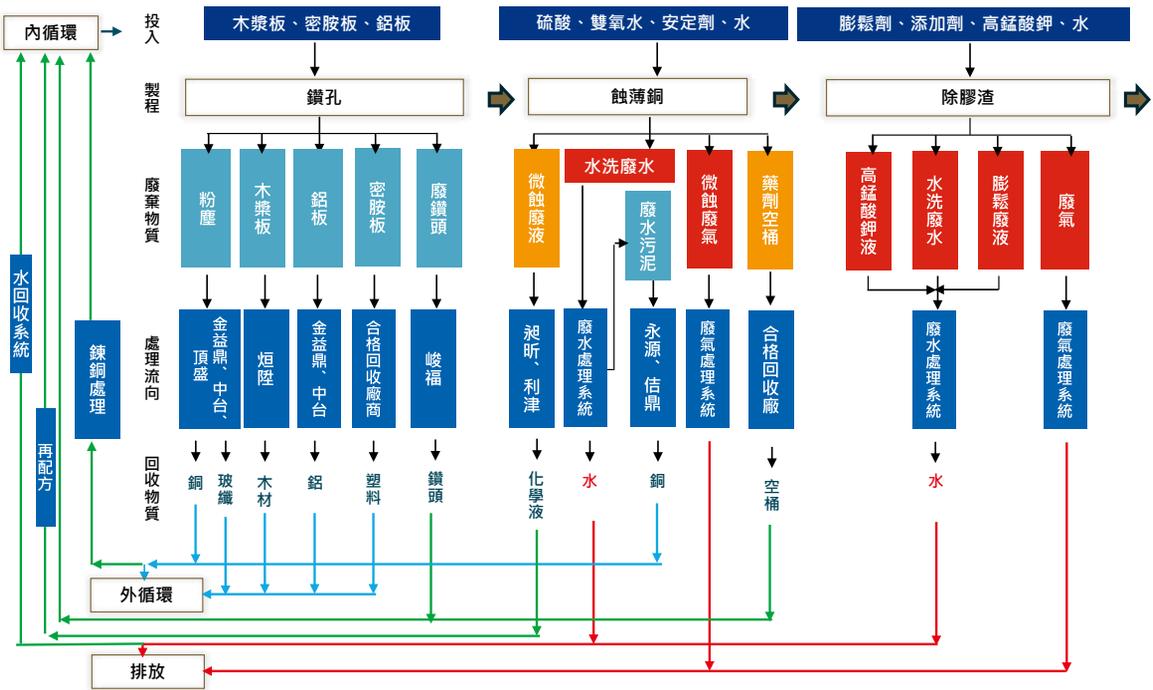
Circular Economy Roadmap of Taiwan PCB Industry



附錄

附錄一：台灣電路板製程循環經濟盤點

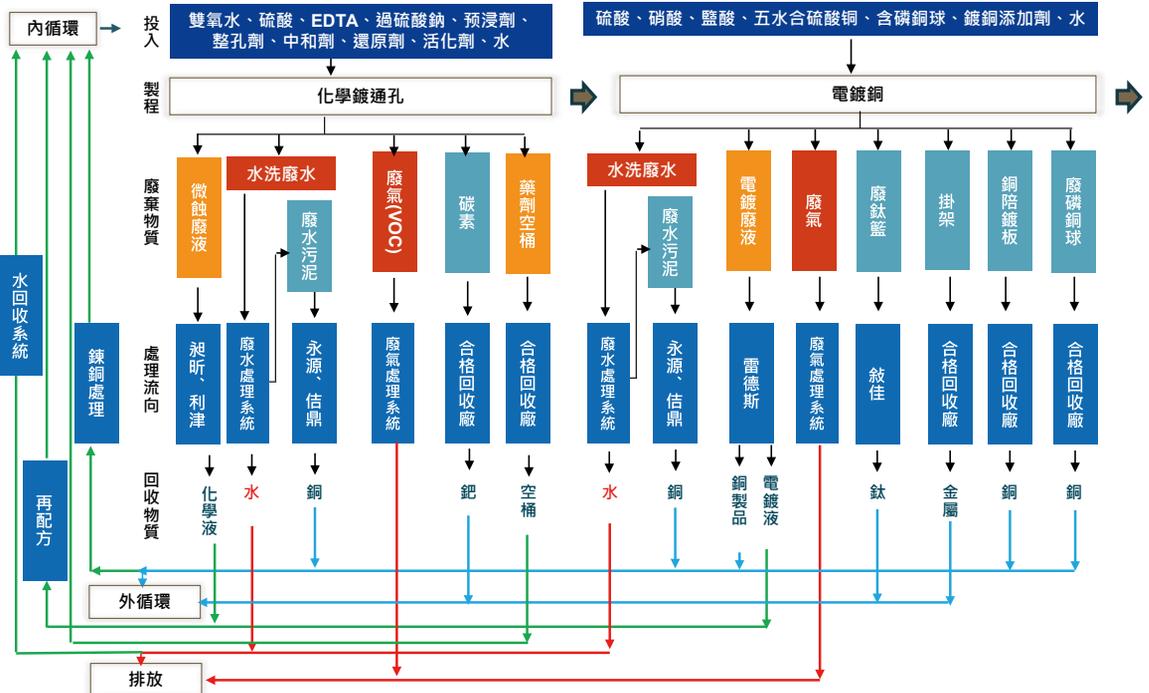




大部分處理後無利用

資源化外循環

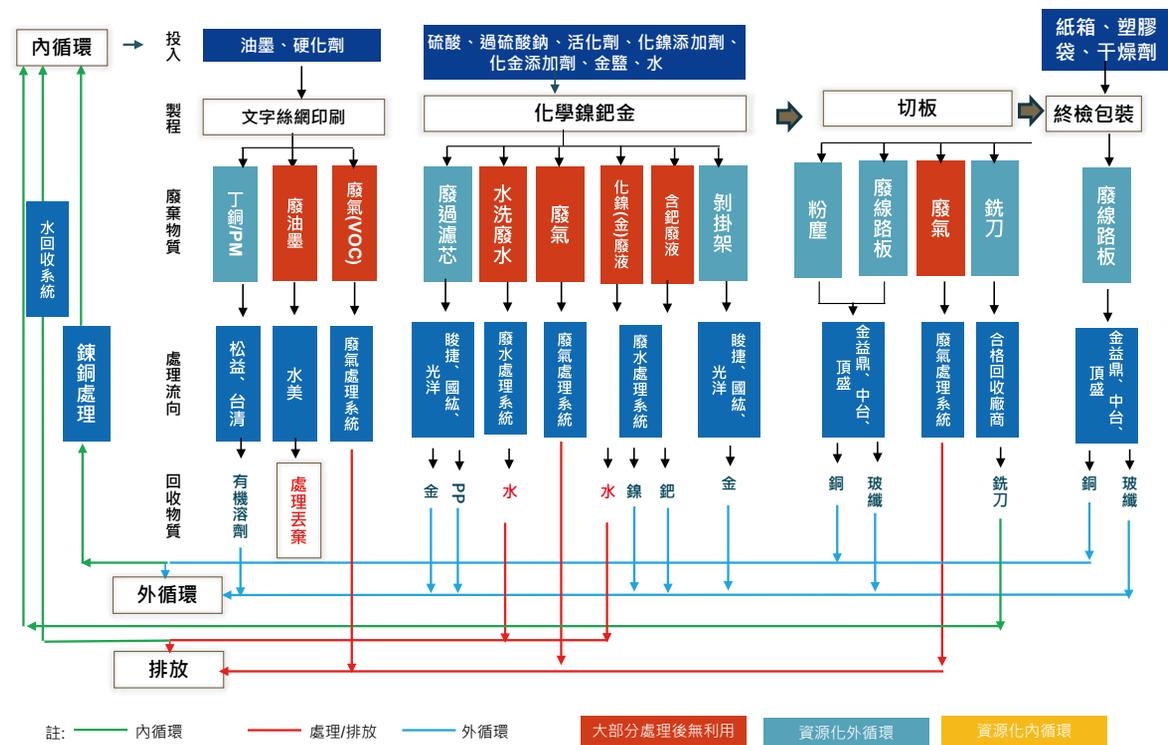
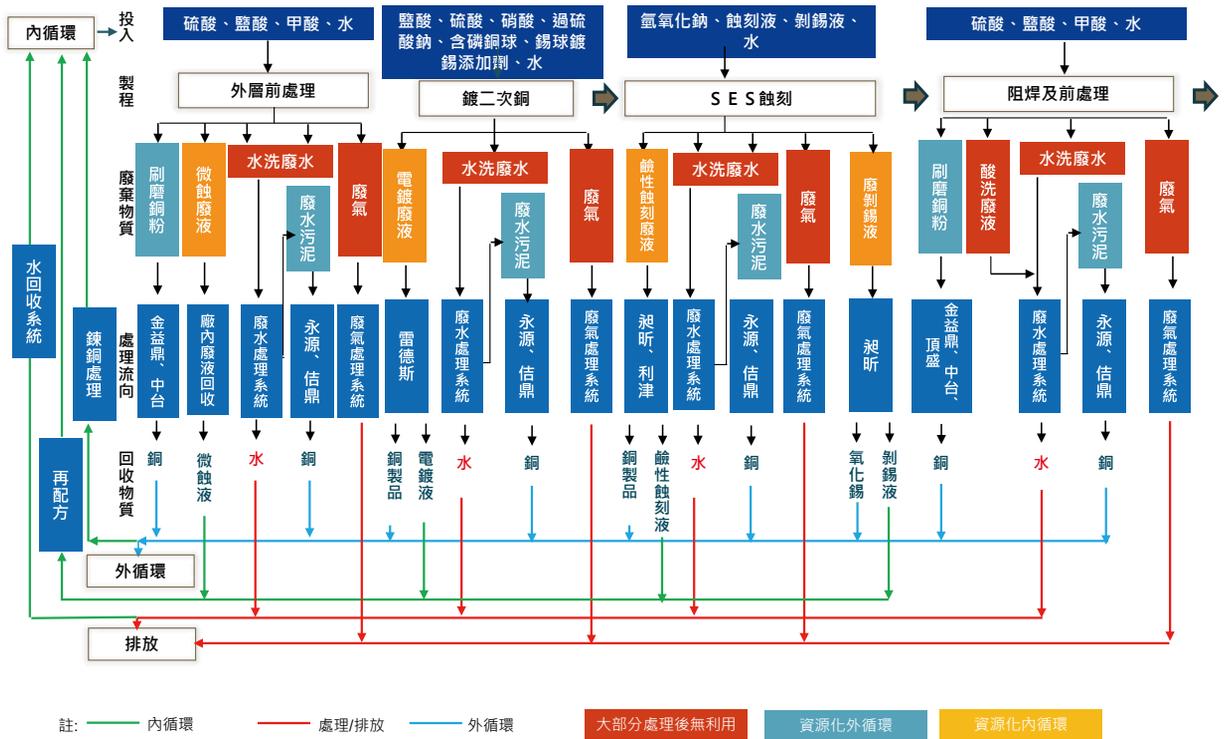
資源化內循環



大部分處理後無利用

資源化外循環

資源化內循環



附錄二：台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖

台灣電路板循環經濟策略發展藍圖							
目標願景	策略構面	關鍵議題	策略發展藍圖建議			執行效益	
			2019~2020	2021~2022	2023~2024		
願景 目標，降低廢棄物排放及提高資源化再利用之綠色競爭力產業 實現綠色製造降低環境衝擊之永續發展產業	技術面 PCB製程端 材料端 設備端 回收端	如何提高回收技術(水或其他回收物質)創造更高循環效益? 如何透過材料端之改善,減少廢棄物產生及降低再使用成本? 如何在製程端精進或改良,以減少報廢板及廢棄物? 如何減少設備閒置及加強設備再生與再升級?	連續式製造,降低資源投入之浪費 整合人工智慧化及高品質電路修補技術開發,降低廢板產生 高能效汙泥除水處理技術	建立廢棄物資源化產品之規格,降低再使用之疑慮 低能耗之水資源零排放技術,達到廢水完全回收(外循環為主) 低能耗/汙染之乾式電路板生產技術	提高水回用水洗次數,或用現有廢液取代水,達廢水完全回用於內循環	經濟效益 降低回收成本 提高再利用效益 擴大循環經濟異業共生	
			以製程廢棄物(邊料)為主,提高資源化比例低之物質(如樹脂、玻纖、乾膜等),開發外循環應用為主	以製程廢棄物(邊料)為主,提高資源化比例低之物質(如封裝、油墨、填充料等),開發創新外循環應用為主 循環可回收樹脂材料設計開發(熱固型樹脂、軟板材料等),導入內循環應用	循環可回收樹脂材料設計開發(光阻、油墨、封裝等材料),導入內循環應用		綠色環境 減少資源濫用 提高綠色生產程度 降低環境污染衝擊
			零組件之表面處理及補強技術開發,促使零組件(馬達、閥體等)再生使用。	透過模擬及新技術引進(如超臨界流體),促使廢棄設備功能再升級。	設備模組化,達到設備多功能化及快速維修/換線之效益。		
			開發現有粉粹或焚燒以外的固廢處理方式,以提高廢棄物資源化的應用及經濟價值	提高可資源化廢棄物比重 降低產生二次污染之回收	建立無法回收廢液之再利用價值		
	法規面	如何透過獎勵政策吸引廠商投資水回收處理設備? 如何鬆綁廢棄物回收物質再使用之流向限制,以擴大其經濟效益? 如何修訂適合電路板產業之廢棄物排放管理辦法?	投資回收再利用設備應給予租稅減免或補助政策 政府單一窗口串連處理相關事項,避免不同單位作不同認定與解釋	法規獎勵及訂定大型工程或公共建設使用回收再製建材比例 修改廢棄物資源化後之回收物質使用限制法規,擴大並獎勵異業使用	政府對廢棄物的認定應重新界定,並與國際公約規範接軌	客戶認同 綠色產品供應鏈夥伴 回收認證制度及平台	
			商業模式面	如何採用新商業模式(如租賃、回收共享…)落實循環經濟? 如何因應客戶全面要求綠色供應鏈?包括材料及能源使用問題?	建立廢棄物回收之供給與需求大數據平台		建立規模經濟循環模式,以降低成本提高回收產品接受度 建立回收處理產品認證制度與平台,符合國際客戶要求 建立設備共享平台,達到設備租賃商業模式

附錄三：循環經濟相關法規

(一) 台灣相關法規

1. 廢棄物清理法 (相關重點)

01. 主管機關：在中央為行政院環境保護署；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。
02. 執行機關，為直轄市政府環境保護局、縣（市）環境保護局及鄉（鎮、市）公所。
03. 廢棄物，分下列二種：一、一般廢棄物：指事業廢棄物以外之廢棄物。二、事業廢棄物：指事業活動產生非屬其員工生活產生之廢棄物，包括有害事業廢棄物及一般事業廢棄物。有害事業廢棄物指由事業所產生具有毒性、危險性，其濃度或數量足以影響人體健康或污染環境之廢棄物。一般事業廢棄物指由事業所產生有害事業廢棄物以外之廢棄物。
04. 事業廢棄物之清理，除再利用方式外，應以下列方式為之：一、自行清除、處理。二、共同清除、處理。三、委託清除、處理。
05. 事業委託清理其廢棄物，應與受託人就該廢棄物負連帶清理責任。如受託者未妥善清理，且委託事業未盡相當注意義務者，委託事業應與受託者就該廢棄物負連帶清理及環境改善責任。

2. 水污染防治法 (放流標準)

01. 環保署於 2017 年 12 月 27 日修正發布「水污染防治法事業分類及定義」。
02. 本次修正主要係因應再生水資源發展條例已於 104 年 12 月 30 日訂定公布，增訂生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、大腸桿菌管制項目，若位於自來水水質水量保護區內，再增訂總氮、總磷管制項目。
03. 對製程運作重金屬且排放量達一定規模之晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業、化工業、金屬基本工業、金屬表面處理業、電鍍業、印刷電路板製造業等 7 種事業，加嚴鎘、鉛、總鉻、六價鉻、銅、鋅、鎳、硒和砷等 9 項重金屬之管限制值，並新增錫管制項目。
04. 金屬基本工業、金屬表面處理業、電鍍業和印刷電路板製造業放流水水質項目限質。

單位：mg/L

項目		限值
水溫	排放於非海洋地面水體	攝氏 38 度以下 (5~9 月)
		攝氏 35 度以下 (10~4 月)
	直接排放於海洋	放流口不得超過攝氏 42 度，且距排放口五百公尺處之表面水溫差 <4 度
氫離子濃度指數		6~9
氯鹽		15
硝酸鹽氮		50

單位：mg/L

項目		限值		
氨氮 (PCB 排除)	排放於自來水水質水量保護區內者	10		
	排放於自來水水質水量保護區外者	2017/12/25 完成建造、 建造中或已完成招標	2021 開始實施	150
			2024 開始實施	120
			2027 開始實施	60
		2017/12/25 尚未完成招標	20	
正磷酸鹽		4.0		
酚類		1.0		
陰離子界面活性劑		10		
氰化物		1.0		
油脂		10		
溶解性鐵		10		
溶解性錳		10		

單位：mg/L

項目		限值
鎘	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	0.03
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.02
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.02
鉛	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	1.0
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.5
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.5
總鎘	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	2.0
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	1.5
	2017/12/25 尚未完成工程招標	1.5
六價鉻	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	0.5
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.35
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.35
銅	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	3.0
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	1.5
	2017/12/25 尚未完成工程招標	1.5
鋅	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	5.0
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	3.5
	2017/12/25 尚未完成工程招標	3.5
鎳	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	1.0
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.7
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.7
硒	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	0.5
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.35
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.35
砷	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	0.5
	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標，核准排放量大於五百立方公尺 / 日之印刷電路板製造業	0.35
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.35

單位：mg/L

項目		限值
總汞		0.005
銀		0.5
硼	排放於自來水水質水量保護區內者	1.0
	排放於自來水水質水量保護區內者	5.0
鉬	2017/12/25 完成建造、建造中或已完成招標	0.6
	2017/12/25 尚未完成工程招標	0.6
硫化物		1.0
COD		120
懸浮固體		50
BOD		50

3. 桃園市重點河川排放管理要點

總量管制區內之銅、鋅、鉻、鎳、鎘、六價鉻，依總量管制區之層級區分新設、既設事業或下水道系統管制限值。第一級總量管制區：依許可管理辦法第 38 條規定運作特定重金屬者不得新設或增加排放，既設業者依總量管制區放流水標準限值管制。第二級總量管制區：新設業者依總量管制區放流水標準限值管制；既設業者依放流水標準二分之一限值管制。第一級總量管制區包括新街埔心溪南段的中壢、大園，以及南崁溪南段的八德、桃園及龜山。第二級總量管制區包括新街埔心溪北段的大園、蘆竹、桃園、中壢、八德、平鎮、龍潭，以及南崁溪北段的大溪、八德、桃園、龜山、大園。

單位：mg/L

對象		銅	鋅	總鉻	鎳	鎘	六價鉻
第一級管制區新設事業		<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.005	<0.02
第一級管制區既設事業		0.2	2.0	0.1	0.2	0.01	0.05
第二級管制區	既設事業	1.5	2.5	1.0	0.5	0.15	0.25
	新設事業	0.2	2.0	0.1	0.2	0.01	0.05
工業區汙水下水道系統		1.5	2.5	1.0	0.5	0.015	0.25
管制區外業者		3.0	5.0	2.0	1.0	0.03	0.5

(二) 中國大陸相關法規

- 中央級整體法規：工業和信息部、國家發改委、科學技術部、財政部、生態環境部聯合印發『關於加強長江經濟帶工業綠色發展指導意見』-2015~2020年，長江經濟帶企業能耗降18%、污染物排放降20%、增加用水降25%。中華人民共和國生態環境部-中華人民共和國水污染防治法-2017年6月27日第二次修正

(http://www.mep.gov.cn/gzfw_13107/zcfg/fl/201803/t20180309_432235.shtml)

- 中央級電路板行業法規：電路板納入電鍍污染物排放標準管理-GB 21900。

單位：mg/L

汙染物項目	排放限值	汙染物項目	排放限值	汙染物項目	排放限值
總鉻	0.5	總銅	0.3	氨氮	8
六價鉻	0.1	總鋅	1.0	總氮	15
總鎳	0.1	總鐵	2.0	總磷	0.5
總鎘	0.01	總鋁	2.0	石油類	2.0
總銀	0.1	PH值	6~9	氟化物	10
總鉛	0.1	懸浮物	30	總氰化物	0.2
總汞	0.005	COD	50	單位產品排水量 L/m ²	多層 250， 單層 100

- 地方級電路板行業法規：江蘇省地方標準-DB32-太湖地區城鎮污水處理廠及重點工業行業主要水污染物排放值。

單位：mg/L

	COD	氨氮	總氮	總磷
電鍍工業	80	5	15	0.5

- 推動電路板行業污染物標放排準：目前仍在製訂徵求意見稿。

單位：mg/L PH值除外

	PH值	懸浮物	COD	總氰化物	石油類	氨氮	總氮	總磷	硫化物	氟化物	總銅
直接排放	6~9	20	50	0.2	1.0	15	20	0.5	1.0	8.0	0.3
間接排放	6~9	100	300	0.2	5.0	20	35	3.0	1.0	20	1.0

5. 中華人民共和國循環經濟促進法 (相關重點)

01. 中華人民共和國第十一屆全國人民代表大會常務委員會第四次會議於 2008 年 8 月 29 日通過，現予公佈，自 2009 年 1 月 1 日起施行。
02. 強調『減量化』、『再利用和資源化』及『激勵措施』。
03. 減量化：定期發佈鼓勵、限制和淘汰的技術、工藝、設備、材料和產品名錄。工業企業應當加強用水計量管理，配備和使用合格的用水計量器具，建立水耗統計和用水狀況分析制度。建築設計採用節能、節水、節地、節材的技術工藝。有條件的地區，應當充分利用太陽能、地熱能、風能等可再生能源。
04. 再利用和資源化：企業應當發展串聯用水系統和循環用水系統，提高水的重複利用率。建設利用餘熱、餘壓、煤層氣以及煤矸石、煤泥、垃圾等低熱值燃料的並網發電項目。國家鼓勵和推進廢物回收體系建設，支援生產經營者建立產業廢物交換資訊系統。
05. 激勵措施：中央至地方設立發展循環經濟專項資金，支援科技研發、產品推廣、設備引進…。

6. 印刷電路板行業規範條件 (循環經濟相關重點)

01. 為加強印刷電路板行業管理，引導產業轉型升級和結構調整，推動印刷電路板產業持續健康發展，根據國家有關法律法規及產業政策，按照優化布局、調整結構、綠色環保、推動創新、分類指導的原則，制定本規範條件。
02. 印刷電路板企業及專案應符合國家資源開發利用、環境保護、節能管理、安全生產等法律法規要求，符合國家產業政策和相關產業發展規劃及布局要求，符合當地土地利用總體規劃、城市總體規劃、環境功能區劃和環境保護規劃等要求。
03. 在國家法律法規、規章及規劃確定或省級以上人民政府批准的永久基本農田保護區、飲用水水源保護區、自然保護區、風景名勝區、生態保護紅線和生態環境敏感區、脆弱區等法律、法規規定禁止建設工業企業的區域不得建設印刷電路板製造專案。上述區域內的現有企業應按照法律法規要求拆除關閉，或嚴格控制規模、逐步遷出。
04. 企業應持續開展清潔生產審核工作，並通過評估驗收，清潔生產指標應達到《清潔生產標準印製線路板製造業》(HJ 450) 中三級水準。其中廢水產生量指標應達到二級水準，並鼓勵取得一級及以上水準。

05. 產品應符合《電器電子產品有害物質限制使用管理辦法》《環境保護綜合名錄》要求，鼓勵企業通過電器電子產品有害物質限制使用認證評價。
06. 鼓勵企業打造綠色供應鏈，建立以資源節約、環境友好為導向的採購、生產、行銷、回收及物流體系，促進供應鏈中的利益相關方遵守行業標準與規範，落實生產者責任延伸制度。
07. 鼓勵企業參照《綠色工廠評價通則》（GB/T 36132）等要求，建設綠色工廠。參照《生態設計產品評價通則》（GB/T 32161）等要求，生產綠色產品。開展綠色製造相關標準制修訂工作。
08. 企業和專案應嚴格保護耕地，節約集約用地。
09. 企業不得使用國家明令淘汰的嚴重污染環境的、落後用能設備和生產工藝，設立專職節能崗位，制定產品單耗指標和能耗台帳。鼓勵企業開展節能技術應用研究，制定節能標準，開發節能共性和關鍵技術，促進節能技術創新與成果轉化。
10. 企業應依法進行環境影響評價，落實環境保護設施“三同時”制度要求，按規定進行竣工環境保護驗收。
11. 企業應按國家排汙許可制度的有關要求取得排汙許可。廢水和廢氣污染物排放應符合國家、地方有關污染物排放標準和總量控制要求；工業固體廢物應依法進行分類收集、貯存、轉移、處置或綜合利用；危險廢物應按照國家有關規定進行利用處置；涉及有毒有害物質的設備和設施，應設計、建設和安裝有關防腐蝕、防洩漏設施和洩漏監測裝置。
12. 企業應按照國家有關規定制定突發環境事件應急預案，妥善處理突發環境事件。
13. 企業應建立、實施、保持和持續改進環境管理體系，鼓勵通過協力廠商認證。

(三) 歐洲推動法規

01. 丹麥：發表廢棄物預防策略法規，政府也成立「資源重新思考」創新中心、設立「綠色企業發展基金」

(https://eng.mst.dk/media/164923/denmark-without-waste-ii_wasteprevention.pdf)

02. 蘇格蘭：2011 年就提出「零廢棄法規 (The Zero Waste Regulations)」，2016 年也提出「蘇格蘭邁向循環經濟策略」
(<https://www.zerowastescotland.org.uk/our-work/circular-economy>)
03. 法國：2015 年 8 月通過綠色成長的能源轉型相關法，巴黎市政府在 2015 年提出循環經濟白皮書，2017 年推出 2017-2020 巴黎循環經濟策略地圖
(<https://api-site-cdn.paris.fr/images/97397>)
04. 芬蘭：2016 年提出全球第一份國家發展循環經濟路徑圖
(<https://media.sitra.fi/2017/02/24032659/Selvityksia121.pdf>)
05. 西班牙：2018 年發佈循環經濟策略草案 (España Circular 2030)，預計達成 11 項策略目標，包含減少非再生資源的使用、加速有關產品生命週期的分析與制定 Eco-design 的標準等
(https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/180206economiecirculard_tcm30-440922.pdf)
06. 義大利：2017 年發布「義大利邁向循環經濟模式」
(http://consultazione-economiecircolare.minambiente.it/sites/default/files/verso-un-nuovo-modello-di-economia-circolare_HR.pdf)

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖 -- 初版. --

桃園市：臺灣電路板協會, 2019.06

面；19x26公分

ISBN 978-986-93829-7-7 (平裝)

台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖

Circular Economy Roadmap of Taiwan PCB Industry

發行人：李長明

發行單位：台灣電路板協會

編輯委員：台灣電路板協會 環安衛委員會

執行單位：台灣電路板產業學院 PCB 學院部

財團法人工業技術研究院 產業科技國際策略發展所

地址：(33743) 桃園市大園區高鐵北路二段 147號

電話：+886-3-3815659

傳真：+886-3-3815150

網址：<http://www.tpca.org.tw>

電子信箱：service@tpca.org.tw

印刷排版：雨果廣告設計有限公司 +886-2-26279596

出版日期：2019年6月初版

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本協會更換

著作權所有，請勿擅自轉載或翻印

Circular Economy Roadmap of Taiwan PCB Industry
台灣電路板產業循環經濟策略發展藍圖

TPCA 台灣電路板協會
Taiwan Printed Circuit Association

(33743)桃園市大園區高鐵北路2段147號
No.147, Sec. 2, Gaotie N. Rd., Dayuan
Dist., Taoyuan City 33743, Taiwan
T:+886-3-381-5659 F:+886-3-381-5150
華東辦事處:+86-512-68074151
華南辦事處:+86-755-27669617

ISBN 978-986-93829-7-7



9 789869 382977