



經濟部

Ministry of Economic Affairs

經濟部產業發展署 112 年度
國內外工廠管理規範參考手冊
食品積層複合包裝材料與製程運用

專案計畫名稱：食品產業競爭力強化與國際鏈結推動計畫
- 食品產業精進管理推動

主辦單位：經濟部產業發展署

承辦單位：社團法人台灣優良食品發展協會

中華民國 112 年 10 月

- 目錄 -

壹、前言	5
貳、食品包裝塑膠材料	7
一、 塑膠樹脂與單體組成	7
二、 塑膠常用添加物	8
三、 塑膠加工與特性	10
四、 塑膠材質與特性	13
參、複合包裝製程與國際綠色趨勢	21
一、軟性複合包裝材料傳統製作流程	21
二、綠色包裝製程	23
三、減塑政策與台灣環保標章	25
肆、食品複合包裝材質運用	27
一、 常見複合包裝應用	27
二、 產品實務分析	30
伍、參考資料	33

-表目錄-

表 一、拉伸加工後各種 PP 膜的特性與功能	11
表 二、常見塑膠材質與特性.....	13
表 三、各聚乙烯加工材質特性與阻隔效果對照表.....	16
表 四、七層共擠押 Co-extrusion 薄膜配方層間結構.....	23
表 五、溶劑型、水性型與無溶劑型特性比較表.....	25
表 六、業界常用複合包裝材料之結構與特性.....	27
表 七、常用塑膠薄膜的包裝材料氧氣與水氣透過率表.....	28
表 八、複合包裝材料結構的氧氣與水氣透過率表.....	29

-圖目錄-

圖 一、塑膠可運用的產業與用品.....	5
圖 二、定向拉伸法的拉伸方向.....	10
圖 三、鋁箔針孔的四種型態.....	12
圖 四、聚乙烯對苯二甲酸脂 PET 的單體化學式.....	14
圖 五、一般室溫下針對 PLA 分解試驗.....	19
圖 六、複合包裝材料之製造流程.....	21
圖 七、傳統複合包裝溶劑貼合型製程.....	22
圖 八、綠色複合包裝水性貼合型製程.....	24
圖 九、水性綠色四層製程(PET/AL/NY/PE).....	24
圖 十、綠色複合包裝無溶劑型製程.....	25
圖 十一、環保標章第一類(左)與第二類(右).....	26
圖 十二、包裝選用案例示意圖.....	30

壹、前言

隨著時代從工業革命轉向消費導向的社會模式，食品包裝對商品的流通有著極為關鍵的作用，包裝科學的發展會影響到商品的安全、品質和保存期延長；包裝印刷的發展更會直接影響商品本身的市場競爭力，乃至品牌、企業形象與銷售手段。包裝與現代社會息息相關，現今的社會我們已經離不開包裝，而這項科學發展也顯著的影響企業銷售的手段與促進全球貿易的發展，其中的塑膠便是最為廣泛使用的材料。

塑膠是由貝克蘭在實驗當中無意中發現的，原始名稱叫「酚醛塑膠」，塑膠是一種高分子聚合物 polymerization，它是使用純粹的化學方法合成的，由人工聚合而成的【高分子碳氫化合物】。就如同澱粉、蛋白質等天然高分子是由許多相同小分子(如葡萄糖、胺基酸)所結合而成的，這些人工聚合而成的高分子，也是由許多相同小分子所結合起來的；而能聚合成塑膠的這些小分子，稱之為單體(Monomer)，具有可塑性或可成型性塑膠。

在 20 世紀中重大發明之一，其研發技術蓬勃發展，材料具有質輕、強度高、物理抵抗性高、阻隔氣體及阻隔水氣透過率佳，對於節能、減碳表現優異。因而廣受各行各業選用，如：電子、電機、航太、軍用品、醫療器材等，更被大量應用於食品器具、食品容器、食品包裝、餐具及微波食物，食物保香、保新鮮、要延長保存時間，需要高阻隔材料，以減少食物浪費；藥品則需要阻氧氣避免藥性被氧化而降低藥效。



▲電子晶圓抗靜電袋



▲動力電池用鋁塑膜



▲軍用口糧包裝袋



▲卡片用電池鋁塑膜



▲日用品包裝膜



▲供應口罩專用塑膠纖維

圖一、塑膠可運用的產業與用品

2018 年全球塑膠包裝約占全部塑膠使用量的 39%，預估每年產生的塑膠包裝數量將從 2018 年的 1.06 億公噸，成長至 2030 年的 1.87 公噸。然而，與此同時，塑膠也背負著「萬年垃圾」的稱號，其無法在自然環境下分解而造成塑膠微粒進入食物鏈，嚴重汙染整個地球生態，因而使歐美國家陸續制定限塑公約，期待能藉由減塑行動與回收再利用下，能完善循環系統，大量減少對環境生態汙染與破壞，使人類的生存環境更加安全與舒適。

貳、食品包裝塑膠材料

塑膠是一種以高分子聚合物－樹脂為基本成分，再加入一些用來改善其性能的各种添加劑製成的高分子材料。塑膠用作包裝材料是現代包裝技術發展的重要指標，因其原材料來源豐富、成本低廉、性能優良，成為近年來世界上發展較快、用量巨大的包裝材料。儘管塑膠包裝廣泛應用於各食品行業，並逐步取代了玻璃、金屬、紙類等傳統包裝材料，它依舊還存在某些有機化學溶劑 VOCs 安全問題，加上全球廢棄塑膠物污染與回收困難，塑膠包裝材料仍然是 21 世紀需求增長最快的食品包裝材料之一。

一、 塑膠樹脂與單體組成

塑膠都是由分子和原子所構成的，塑膠是一種分子量特別高(一般都在成千數萬個分子的高分子聚合物)的物質材料，由低分子化合物(也稱單體)經聚合反應(可以想像為低分子聚合物手拉手)而成。

有些塑膠只有一種單體(小分子，如乙烯可簡寫為 $[\text{CH}_2 - \text{CH}_2]$)，有些塑膠則有兩種或兩種以上的單體。塑膠的名稱，是根據其單體來命名，如：

- 以乙烯為單體的聚合物，就叫作「PE 聚乙烯」(polyethylene)。
- 以丙烯為單體的聚合物，就叫作「PP 聚丙烯」(polypropylene)。
- 以乙烯、丙烯兩種單體共同聚合就叫作「E/P 乙烯丙烯共聚物」
poly(propylene-co-ethylene)。

塑膠中樹脂佔 40%~100%，其他部分則為添加劑，塑膠的性能主要取決於樹脂的種類(如分子量、官能基、支鏈與長度)及所佔比例。

1. 分子量：

塑膠單體數目是不固定的。氧氣、碳酸鈣等有固定的分子量，又因有的塑膠分子可能只有幾百個單體，有的則可能達到數千個以上。當塑膠分子量愈高，分子活動能力跟著降低，其表現出硬度和機械力學性能的提高。其分子量的分佈範圍，也會改變塑膠的特性。

2. 官能基：

在有機化學中，官能基(functional group)又稱官能團，是分子中的取代基(substituent)或某部分(moiety)，其可引發分子的特徵性化學反應。官能基的原子(atom 或 atom group)決定了有機化合物的化學性質。單體上的官能基，可能是極性的(比如聚氯乙烯的氯)，可能是非極性的(比如聚丙烯的甲基)，這會影響分子間的作用力；這些官能基體型大小、

占有空間不一，會影響分子間的空隙以及活動能力。因此官能基會影響聚合物的熱塑性、硬度、張力、結晶度、是否易碎裂等等物理性質。

3. 支鏈與長度：

長鏈狀的塑膠分子若是有許多支鏈，則分子間的距離會較沒有支鏈的分子來得大，分子活動的空間也比較大，分子的排列較不容易整齊，呈現於巨觀的現象則是柔軟度提高、密度與結晶度降低。這也是「低密度聚乙烯 LDPE」與「高密度聚乙烯 HDPE」的差異所在。

二、 塑膠常用添加物

塑膠的主要成分是樹脂，再搭配填料、塑化劑、著色劑、潤滑劑、抗老化劑、固化劑、抗靜電劑等組成。塑膠的特性主要可分為熱可塑性塑膠(thermoplastic)和熱固性塑膠(熱硬化性塑膠，thermosetting)。熱塑性塑膠可多次熔融，重新塑製製品，如聚乙烯、聚丙烯、尼龍等；熱固性塑膠指受熱會硬化或是達到某一溫度後永久硬化者，此種塑膠只能塑製一次不可能再生利用，如酚醛樹脂。

常用的添加劑如下：

1. 增塑劑：

增塑劑可提高樹脂的可塑性、柔軟度，通常為一些有機低分子物質。聚合物分子間夾有低分子物質後，會加大了分子間距，降低其分子間作用力，從而增加大分子的柔順性及相對滑移流動能力。因此，樹脂中加入增塑劑後，其玻璃轉移溫度(Glass Transition Temperature, Tg)與熔點(Melt Temperature, Tm)溫度皆降低，黏流態時黏度降低，流動塑變能力增高，從而改善塑膠成型加工性質。

2. 穩定劑：

用於防止或延緩高分子材料的老化變質。塑膠老化的因素有很多，主要有氧氣、光和熱等。穩定劑主要有三類：第一類為抗氧化劑，有胺類抗氧劑與酚類抗氧劑，酚類抗氧能力雖不及胺類，但因具有毒性低、不易汙染的特點而被大量應用；第二類為光穩定劑，用於反射或是吸收紫外光、防止塑膠樹脂老化、延長其壽命，效果顯著且用量極少，光穩定劑品種繁多，用於食品包裝的應選用無毒或是低毒的品種；第三類為熱穩定劑，可防止塑膠在加工和使用過程中因受熱而引起降解，是塑膠等高分子材料加工時不可或缺的一類助劑，目前應用最多的是用於聚氯乙烯的熱穩定劑，其中鉛穩

定劑和金屬皂類穩定劑等熱穩定劑因含重金屬而毒性大，因此，用於食品包裝應選用有機錫穩定劑等低毒性產品。

3. 填充劑：

功能為彌補樹脂的某些不足性能，改善塑膠的使用性能，如提高塑膠的尺寸穩定性、耐熱性、硬度、耐氣候性等，同時可降低塑膠成本。常用的填充劑有碳酸鈣、陶土、滑石粉、石棉、硫酸鈣等，其用量一般為 20%~50%。

4. 著色劑：

用於改變塑膠等合成材料固有的顏色，分為無機著色劑、有機著色劑與其他著色劑。塑膠著色劑可使塑膠成品美觀，提高其商品價值，用於包裝材料還可以屏蔽紫外線的功能。

5. 其他添加劑：

根據其功能與使用要求，在塑膠中不可加入潤滑劑、固化劑、發泡劑、抗靜電劑和阻燃劑等。塑膠所使用的各種添加劑應具有與樹脂良好的相溶性、穩定性、不互相影響其功能等特性，對於用於食品包裝的塑膠，特別會要求添加劑具有無味、無臭、無毒、不溶出的特性，以免影響包裝食品的品質、風味和衛生安全。

按塑膠在加熱與冷卻時所呈現的性質不同，塑膠可分成熱可塑型塑膠與熱固性塑膠兩種：

1. 熱可塑性塑膠(thermoplastic)：

主要以加成聚合樹脂為基料，加入適量添加劑而製成。在特定溫度範圍內能反覆受熱軟化流動和冷卻硬化成型，其樹脂化學組成及基本性能不發生變化。這類塑膠成型加工簡單，包裝性能良好，可反覆成型，但剛硬性低，耐熱性不高。包裝上常用的塑膠種類有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚乙烯醇、聚碳酸酯、聚醯胺、聚偏二氯乙烯等類塑膠。

2. 熱固性塑膠(thermosetting plastic)：

主要以縮聚樹脂為基料，加入填充劑、固化劑及其他適量添加劑而製成。在一定溫度下經過一定時間而固化，再次受熱，只能分解，不能軟化，因此不能反覆製作成型。這類塑膠具有良好的耐熱性、剛性和不熔化等特性，但較脆且不能反覆成型。運用在包裝上的常有氨基塑膠、酚醛塑膠、環氧塑膠等。

三、 塑膠加工與特性

塑膠除了透過各種不同的添加劑改變塑膠的性質外，也可以善用加工的方式將塑膠性能提升、降低加工溫度或抵抗紫外線的穩定性等。塑膠的加工方式包含定向拉伸、共聚合與電鍍其他材質等。

定向拉伸法主要是將普通塑膠薄膜在其玻璃轉化溫度至熔點的某一溫度條件下拉伸到原長度的幾倍，在拉伸緊繃的狀態下，在高於其拉伸溫度而低於熔點的溫度區間內某一溫度保持幾秒進行熱處理定型，最後急速冷卻至室溫，即可得到有拉伸特性的塑膠薄膜。拉伸的方向會影響塑膠薄膜的性質，也會因其拉伸方向給予加工後的塑膠薄膜不同名稱辨識，MD 方向：指的是機械方向(Machine Direction, MD)，即薄膜的縱向；TD 方向：指的是橫向(Transverse Direction, TD)，即薄膜的橫向。

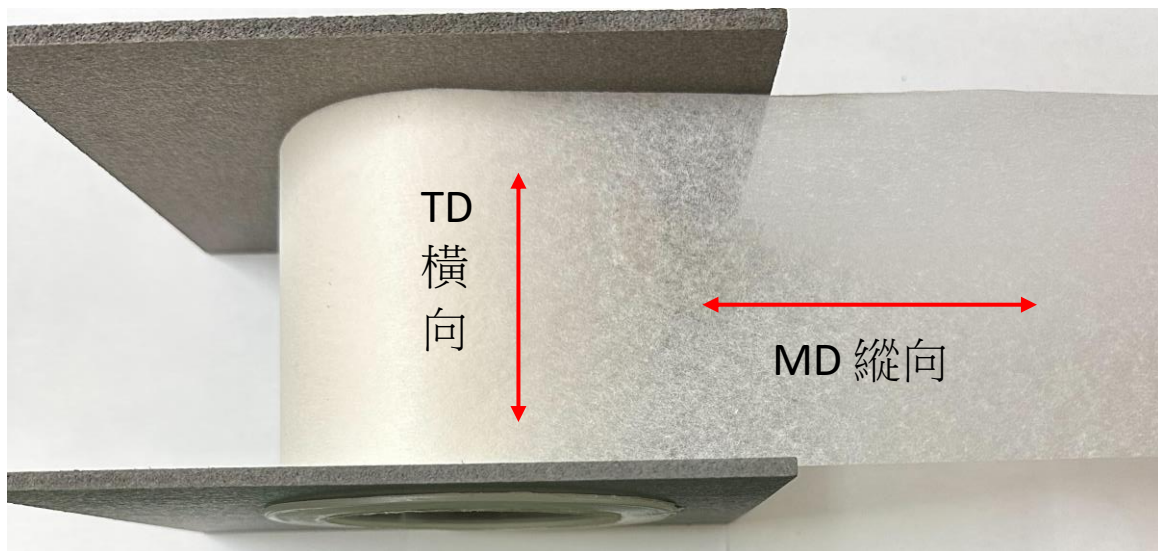


圖 二、定向拉伸法的拉伸方向

透過加工時 MDO，TDO 兩種配向所產出不同的 PP 特性與功能，供業界匹配與選用。

業界常用的四種聚丙烯膜(PP 薄膜)其拉伸方法說明如下

- CPP 膜：Cast Polypropylene 的簡稱，即「流延聚丙烯膜」指一種無拉伸、非定向的平擠薄膜。
- OPP 膜：Oriented Polypropylene 的簡稱，即「單向拉伸聚丙烯薄膜」，單向拉伸 TD 方向。
- BOPP 膜：Biaxially Oriented Polypropylene 的簡稱，即「雙向拉伸聚丙烯薄膜」，拉伸 MD 與 TD 方向。
- MOPP 膜：Monoaxially Oriented Polypropylene 的簡稱，即「單向拉伸聚丙烯薄

膜」，單向拉伸 MD 方向。

大家常說的 PP 膜，其實可能是 CPP 膜，可能是 BOPP 膜，或有功能性的 PP 膜(PP 保護膜、PP 夜光膜、PP 複合材料膜)，因此 PP 膜只是一個廣泛的統稱。實際上可能是還有不同功能性或拉伸方向不同的 PP 膜。如 OPP 膜是對 PP 膜進行「單向拉伸」的薄膜產品，讓膜在 TD 方向作延伸，產生更好的拉伸強度、光澤度、阻氣性能等很適合作為商品包裝袋或透明膠帶。

表一、拉伸加工後各種 PP 膜的特性與功能

名稱	薄膜拉伸工法	透明度	延伸性	成型性	阻氣性	印刷性	其他特性
CPP 膜	無拉伸	半透明	高	高	好	表面	製作各種功能性
OPP 膜	單向拉伸(TD)	高透明	低	低	極佳	需要	抗穿刺能力好
BOPP 膜	雙向拉伸	高透明	低	低	極佳	電暈	
MOPP 膜	單向拉伸(MD)	半透明	低	低	好	處理	單向强度高

上述的 CPP 膜、OPP 膜、BOPP 膜、MOPP 膜在特性上的差異總整如下

1. 延伸性與成型性較好的為 CPP 膜，水氣與阻隔性優良並且能客製化加上各種特性，製作出如防霧膜、抗靜電膜、抗穿刺膜、霧面膜等。重量輕、漲破強度佳，高韌性，耐衝擊性，複合加工材料的首選。
2. 阻氣性的部分，PP 膜本身阻氣效果都不錯，所以延伸過後的 OPP 膜、MOPP 或 BOPP 膜就更好。
3. MOPP 膜的單向抗拉强度高，應用於捆紮膠帶、物品標籤、輪胎襯帶。
4. OPP 膜與 BOPP 膜在特性上是沒有顯著的差異，常當作一樣的膜來使用。

然而一般定向拉伸的缺點是延伸率降低，熱封性變差，獨立使用時不易封口，故使用時一般與 PE 等具有良好熱封性的薄膜複合。

另外一種共聚合的方式，可以把不同種類的塑膠單體，以化學鍵結合起來，達到改善塑膠特性的目的。比如把苯乙烯、丙烯腈、聚丁二烯進行共聚合反應，即可得到 ABS 共聚物：這個過程使得聚丁二烯的長鏈分子和許多苯乙烯-丙烯腈共聚物的短鏈分子交聯起來。而這三種單體，賦予 ABS 共聚物許多優點：(1)苯乙烯使聚合物具有剛性和流動性。(2)丙烯腈使這個共聚物耐化學腐蝕，具有一定的表面硬度。(3)丁二烯使這個共聚物

具橡膠韌性。又例如，把兩種相容的塑膠共聚合，也可以截長補短，或產生意想不到的效果，比如玻璃轉移溫度較高($T_g=215^{\circ}\text{C}$)、不易加工處理的聚苯 PPE，如果摻混玻璃轉移溫度較低($T_g=100^{\circ}\text{C}$)的聚苯乙烯，就可以降低其加工處理溫度，同時增加對抗紫外線的穩定性，更是企業的最愛。

電鍍膜是將金屬材質結合上塑膠材料，使其具有塑膠薄膜的特性，又具有金屬的特性，是一種廉價美觀、性能優良、實用性強的包裝材料。最廣泛使用於食品複合包裝材料的是鍍鋁膜，目前主要應用於餅乾等乾燥、膨化食品包裝以及一些醫藥、化妝品的外包裝上。鍍鋁膜的簡稱方式為(VM-)，目前應用最多的鍍鋁薄膜主要有聚酯鍍鋁膜(VMPET)和 CPP 鍍鋁膜(VMCPP)。

鋁箔(AL)因其無味、無臭、無毒性、外觀美麗，反光性、耐腐蝕性、隔絕性佳，常運用於食品複合包裝上，鋁箔的阻隔效果與其上面的針孔數有關，數量越多鋁箔對於複合膜的隔絕效果越差，呈現如下圖三



圖三、鋁箔針孔的四種型態

而薄膜表面鍍鋁的做法是在高真空狀態下通過高溫將金屬鋁融化蒸發，使鋁的蒸汽沉澱堆積到塑膠薄膜表面上。此鍍鋁膜其微薄的鋁層具有一定的導電性能，不會產生靜電積累，適用於奶粉或咖啡粉等產品。當此作法產生的鍍鋁膜(又稱蒸著鋁)為 $550\text{ \AA}$ 厚度時，其透濕度 $0.1\text{g/m}^2\text{ day}$ ，透氧度約為 $1.5\text{c.c./m}^2\text{ day}$ ，能遮光、防紫外線照射，延長了

內容物的保質期，提高了薄膜的亮度，能一定程度上代替了鋁箔，具有價廉、美觀及較好的阻隔性能。常見電鍍薄膜有 VM-OPP(200Å)、VM-PET(金)(75~95Å)、VM-PET(貼)(350Å)、VM-PET(鍍)(350Å)、VM-PET(貼水煮)(350Å)。

除鍍鋁膜外，也可添加茂金屬或杜邦公司所開發的 Surlyn 樹脂(沙林)等。茂金屬是一類有機金屬化合物，典型的是由兩個環戊二烯陰離子(茂基，簡寫為 Cp，即 $C_5H_5^-$)和二價氧化態金屬中心連接而成，通式為 $(C_5H_5)_2M$ ，其包裝特別適合於封醬油包、動物油、植物油、礦物油，沙茶醬，沙拉醬等。

Surlyn 樹脂(沙林)分子鏈間特殊的離子交聯具有可逆性。加熱時交聯鍵解離，從而能熔融流動；冷卻至室溫時交聯鍵恢復。它屬於熱塑性彈性體，在加工溫度下有良好的加工流動性，室溫下有優良的橡膠彈性和柔韌性。Surlyn 樹脂(沙林)的收縮性能佳、耐低溫($-76^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$)、耐油性優越，拉伸強度優於聚乙烯，特點是透光率約為 80%~92%，是良好的透明包裝材料，另一特點是與其它材料有很好的粘合力，常用作積層材料的粘合層，常用於肉品，藥材、化妝品瓶蓋等。

四、 塑膠材質與特性

常見塑膠材料包含聚乙烯對苯二甲酸酯(PET)、聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚乳酸(PLA)、聚碳酸酯(PC)等，其特性與用途如下表二

表 二、常見塑膠材質與特性

塑膠分類代碼	材質	耐熱度($^{\circ}C$)	特性	常見產品
	聚乙烯對苯二甲酸酯(PET)	60~85	硬度韌性佳質輕、不揮發、耐酸鹼	寶特瓶、市售飲料瓶、食用油瓶等
	高密度聚乙烯(HDPE)	90~110	耐腐蝕、耐酸鹼	塑膠袋、半透明或不透明的塑膠瓶
	112 年 7 月禁用 聚氯乙烯 PVC	60~80	可塑性高	保鮮膜、雞蛋盒、調味罐等
	低密度聚乙烯(LDPE)	70~90	耐腐蝕、耐酸鹼	塑膠袋、半透明或不透明的塑膠瓶

	聚丙烯(PP)	100~140	耐酸鹼、耐化學物質、耐高溫、耐碰撞	水杯、布丁盒、豆漿瓶
	聚苯乙烯(PS)	70~90	吸水性低、安定性佳	養樂多瓶、泡麵碗等
	112 年 8 月禁用 聚乳酸 PLA	50	不耐高溫、特殊掩埋條件下才可分解	冷杯飲、冰品杯、沙拉盒
	其他[聚碳酸脂(PC)]	120~130	透明度高、耐熱、抗衝擊、阻燃	嬰兒奶瓶、運動水壺、水杯

除了依台灣塑膠回收標誌順序介紹常用可回收之包裝材料，其他常使用之包裝塑膠材料也於後面接續補充，然而多數食品包裝需求複雜，因此常通常使用到不只一種材料而未能有效執行回收環保系統。以下將介紹各種塑膠材料之特性運用。

1. 聚乙烯對苯二甲酸酯(Polyethylene terephthalate，PET)

回收塑膠代號 1 號的 PET 俗稱滌綸，為乙二醇與對苯二甲酸經縮合反應而得的一種聚酯，是熱塑性塑膠中乳白色或淺黃色高度結晶性的聚合物，表面平滑而有光澤，韌性較佳的材料，耐摩擦性好，磨耗小而硬度高，抗疲勞性佳，常用於寶特瓶、特多龍瓶。其聚合單體如下：

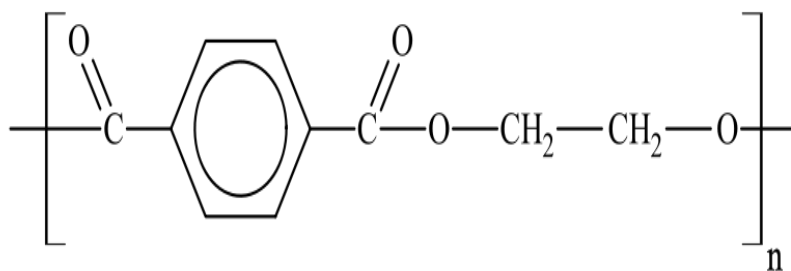


圖 四、聚乙烯對苯二甲酸酯 PET 的單體化學式

其阻隔香味與氣體的通透能力佳，抗油脂與抗拉強度良好，改性後適用範圍廣從負溫-70℃~120℃溫度皆可，但也因此不適合熱封口。一般情況下，PET 材料不會添加塑化劑，能回收的適用範圍溫度為 60℃~85℃。PET 油墨黏著性良好，可見光通透率達 90%以上，並可阻擋紫外線，故一般食品複合殺菌軟袋多以 250μ 以下厚度 PET 為外層

做印刷層，並內層塗佈 PE 做為熱封膜。

PET 製作的塑膠薄膜用於食品主要有四種形式：

- (1) 無晶型未定向透明薄膜：抗油脂性良好，可用於包裝含油及肉製品，還可用作食品桶、箱、盒等容器的襯袋。
- (2) 拉伸製成無晶型定向拉伸收縮膜：如 BOPET，具有高強度和良好的熱收縮性，可做為畜肉食品的收縮膜。
- (3) 結晶型塑膠薄膜：即透過拉伸提高 PET 的結晶度，使薄膜的強度、阻隔性、透明度、光澤性得到提升，包裝性能更優越可大量使用於食品包裝。
- (4) 與其他材質複合：如真空塗鋁、K 塗(指與 PVDC 加工)等製成高阻隔包裝材料，用於保存期較長的高溫蒸煮殺菌食品包裝與冷凍食品包裝。

控氣包裝或充惰性氣體包裝也是 PET 複合結構的主要用途。另外，因具不吸收芳香成分等特性，適用於做為原汁等保香性包裝。

2. 聚乙烯(Polyethylene, PE)

聚乙烯薄膜是由 PE 顆粒生產的薄膜，添加少量潤滑劑與抗氧化劑等。PE 膜具有防潮性，透濕性小，換言之，阻濕能力的效果佳，但阻氣與阻有機蒸氣的能力差。常溫下不與酸鹼起反應，但在強氧化酸中會劣化。具有一定的機械抗拉與抗撕裂強度，在環境施予應力下，會發生被應力破壞。熱封性佳但紫外線容易透過且印刷性能不好，如果想要作為外包裝印刷需經表面化學處理。耐化學藥品和耐低溫能力好，可以運用於冷凍食品，但耐高溫能力差，耐油脂能力稍差。聚乙烯薄膜可製造出低密度、中密度、高密度、直鏈型低密度聚乙烯與交聯聚乙烯，依據不同的加工方式，會直接影響 PE 膜的不同性能。

(1) 高密度聚乙烯(HDPE)

HDPE 的台灣回收塑膠代號為 2 號，其因直線型大分子緊密的結構，耐熱性、機械強度均比低密度聚乙烯薄膜好，耐熱性與耐寒性可以達-30℃~125℃。但拉伸彈性、柔韌性、透明性與熱加工性皆會較 PE 材質低，當薄膜厚度在 0.03mm 以上，但透明度差，採用正面印刷，主要用作背心袋、垃圾袋和內襯袋等。由於其耐高溫性質良好，亦可以做為高溫殺菌食品複合包裝的內熱封層，也可製成瓶罐等容器具盛裝食物。適用於防濕、低溫儲藏、加熱殺菌等包裝，但不適用於油脂食品包裝。

(2) 低密度聚乙烯(LDPE)

LDPE 的台灣回收塑膠代號為 4 號，為分支較多的線型大分子，結構結晶度較低。

其特性為透明度與熱封性好，防濕氣防潮佳，柔軟與延展性能亦良好。但抗張強度低，拉伸率大，易發皺。0.03mm 以下的薄膜，張力控制宜小，張力要均衡，受熱時更易變形，造成套色困難。因此乾燥時，薄膜表面溫度不要過高(在 55°C 以內)。除薄膜外，經過拉伸處理可用於熱收縮包裝，亦可加工做為瓶蓋或做為塗料應用於鋁箔或紙張，但對於油脂與有機氣體阻隔性差，不適合易氧化或是香味揮發性產品。然而因其透氣性良好，適用於生鮮蔬果的包裝。

(3) 中密度聚乙烯(MDPE)

MDPE 的密度在 0.93~0.94g/cm³ 性能介於高密度與低密度聚乙烯之間。

(4) 直線型低密度聚乙烯(LLDPE)

是由乙烯與丁稀經反應製成的共聚物，比重與 LDPE 相近。分子排列較具有秩序，結晶度比 LDPE 高 10%，所以衝擊強度、堅硬性、耐老化性、抗張性、耐延續撕裂性都比 LDPE 佳。且柔韌性比 HDPE 好，加工性能也較好，可不加塑化劑吹塑成型。LLDPE 主要製成薄膜，

用於包裝一般食品、冷凍食品等及製造垃圾袋與購物袋。但其阻氣性差，不能滿足較長時間的保存要求，為改善這一性能，可採用與丁基橡膠共混來提高阻隔性。

同一密度的聚乙烯，生產方式不同性能也有所不同。這是因為流涎法能快速冷卻，結晶度低、透明度較高、濁度小，但分子排列更趨於無規則狀態，所以阻隔性較小，即透過率較大、延伸率較低、抗撕裂性差。

表 三、各聚乙烯加工材質特性與阻隔效果對照表

名 稱	特 性	密 度 (g/cm ³)	阻 隔 效 果	
			水蒸氣 (g/m ² /day)	氧氣 (cc/m ² /day)
高密度聚乙烯 (HDPE)	透明至不透明皆有，剛性、低壓法的無粘著性，可耐 120°C 殺菌處理。	0.941~0.965	5~10	520~3900
中密度聚乙烯 (MDPE)	透明至不透明皆有，可耐 110°C 殺菌處理。	0.926~0.94	8~15	2600~5200

低密度聚乙烯 (LDPE)	透明、柔軟、 密著性大。	0.91~0.925	18	3900~13000
線性低密度聚乙烯 (LLDPE)	具有短鏈分 枝、機械強 度、拉力強 度、抗撕裂強 度、抗衝擊強 度約為LDPE之 2倍，熱封強度 為LDPE之 1.5~2倍，耐冷 耐熱性均佳。	0.91~0.925	18	3900~13000

3. 聚氯乙炔(Polyvinyl chloride · PVC)

PVC 的台灣回收塑膠代號為 3 號，以聚氯乙炔樹脂為主體，加入塑化劑、穩定劑等添加劑混和組成。因熱穩定性差，長期處於 100℃ 下會降解，另外在低溫下會有脆性的情況而侷限其使用溫度(一般-15℃ 以上)，故會添加穩定劑的添加量約 2~5%。另外添加塑化劑的則能改善加工性質，如硬質 PVC 和軟質 PVC。然而因其殘留的氯乙炔單體有產生戴奧辛的公共危害問題，故【台灣政府通過於 112 年 7 月 1 日禁止】不再使用該 PVC 產品，此外歐盟也早已禁用。

4. 聚丙烯(polypropylene · PP)

回收塑膠代號 5 號的 PP 聚丙烯，密度為 0.90~0.91，是比重最輕的塑膠、光澤良好、透明度佳、有剛性、耐衝擊、可耐熱達 130℃，但不耐寒，10℃ 即有脆化現象。適合高速包裝，熱封性稍比 PE 差。PP 經過拉伸加工後可分為無延展性的 CPP 與有延展性的 OPP，其他拉伸加工過的 PP 膜可參考表一。

聚丙烯 PP 與聚乙烯 PE 特性相似但略有不同，因此以下整理差異點：

- (1) PP 在強度、硬度、剛性等機械力學上都高於 PE，尤其是抗彎強度。
- (2) PP 在水蒸氣與氧氣阻隔性都優於 PE，相似於 HDPE，但阻氣性略差。
- (3) PP 在熱封口性上比 PE 差，但具有獨特的抗彎曲疲勞性，此優點可製作連蓋的塑膠瓶，防止蓋子在多次使用後斷裂。
- (4) PP 耐熱性比未加工過的 PE 高，適合需高溫滅菌食品，但冷凍食品包裝上，PE 表現較佳。

CPP 薄膜即「流延聚丙烯薄膜」(cast polypropylene)，也稱未拉伸聚丙烯薄膜。將塑料通過押出機把原料塑化熔融，通過 T 型結構成型模具擠出。呈片狀流延至冷鑄輥上快速冷卻，再經牽引，切邊後把製品收卷完成。CPP 膜與 LLDPE、LDPE、HDPE、PET、PVG 等其他薄膜相比，價格低廉，產能高品質穩定。較 PE 薄膜挺度更優越而且水氣和異味阻隔能力優良，因此比 PE 通常被用在複合材料基膜，多使用在食品或任何產品之內外包裝，讓消費者透過包裝即可容易看出產品內容物，增加選購便利性。

CPP 依用途不同又可分為：

- (1) 一般級 CPP (General CPP，簡稱 GCPP) 薄膜：食品包裝複合膜。廣泛用於食品 and 寵物包裝袋，軍用口糧包裝。
- (2) 鍍鋁級 CPP (Metalize CPP，簡稱 MCP) 薄膜：高阻隔包裝的金屬化薄膜。透過真空鍍鋁後，可與 BOPP、BOPA 等基材複合而用於茶葉、油炸香脆食品、餅乾等的高包裝。價格比 AL 薄膜便宜很多，市場競爭力更強。
- (3) 蒸煮級 CPP (Retort CPP，簡稱 RCPP) 薄膜等：CPP 耐熱性優良，由於 PP 溶點大約為 140℃，該類薄膜可應用於熱灌裝、蒸煮袋、無菌包裝等領域。加上耐酸、耐鹼、耐油脂性能優良，為麵包產品包裝或積層材料選配材料。

5. 聚苯乙烯(Polystyrene, PS)

回收塑膠代號 6 號的 PS 聚苯乙烯，其透明如玻璃，堅硬且脆無延展性，熔點低不能裝熱食。機械力學性能好，具有較高的剛硬性，但脆性大，耐衝擊性很差。阻濕、阻氣性差，能耐一般酸、鹼、鹽、有機酸、低級醇，但易受到有機溶劑如酯類等侵蝕軟化甚至溶解。成型加工性好，易著色和表面印刷，製品裝飾效果好且透明度好，有良好的光澤性。耐熱性差，連續使用溫度為 60℃~80℃，耐低溫性良好。本身安全性良好，但 PS 樹脂中殘留之苯乙烯單體及其他一些揮發性物質有低毒性，故塑膠製品中該類單體殘留量限定在 1% 以下。

通常以真空成形製成盤、碗、杯狀容器，用作新鮮食品包裝、發酵乳瓶、盒裝豆腐、豆花的盒子、新鮮蛋盛器、透明便當盒，如速食店飲料之杯蓋，與養樂多乳酸飲料之瓶身。

添加發泡劑後，可製成泡沫性 PS，俗稱保麗龍。依據保麗龍發泡方法的不同，可分為押出發泡平板成型(PSP)和發泡粒成型(EPS)兩大類，PSP 是將 PS 添加丁烷作為發泡劑，送入押出機發泡 10 至 20 倍製成保麗龍平板(厚度從 2mm 到 5mm)，經加熱真空成型後，就是免洗餐具、生鮮托盤等產品。EPS 則是添加發泡劑的 PS 粒子在模具內用高溫蒸氣發泡 30-50 倍成型，如冰淇淋盒、蛋糕盒等產品。

6. 聚乳酸(Polylactic acid, PLA)

聚乳酸 PLA 是歐美普遍使用的生物可分解塑膠，主要是以植物澱粉如玉米、馬鈴薯等碳水化合物作為原料發酵製成，多被用來製做免洗餐具、包裝盒、生鮮托盤等塑膠替代品。非屬於上述六種回收標誌的塑膠，皆會分類到 7 號，非普遍民眾認知 PLA 就是回收標誌 7 號的概念。

PLA 等生物可分解塑膠乍聽之下很環保，似乎可以在自然環境中分解，但其實不然。PLA 需要在一定的溫度和濕度之下，經由微生物降解，通常是工業堆肥環境才可達到分解效果，而我國政府尚無此系統無法處理，因此只能進入焚化爐。此外由於 PLA 耐熱僅約 50~55°C 可應用產品並不多，少數業者將其改性再利用，並非單一材質之 PLA。許多零售業者為達到減塑目標，將一次性塑膠包裝改為使用生物可分解塑膠 PLA，但這無法真正解決塑膠減量。這些 PLA 製品流入海洋、山林、河川中，將和普通塑膠一樣無法輕易被分解。

因此環保署公告：2023 年 8 月起，公部門、公立與私立學校、百貨公司、購物中心、量販店、超級市場、連鎖便利商店、連鎖速食店、有店面的餐飲業等 8 大場所，【將不得提供 PLA 材質的杯、碗、盤、碟、餐盒等免洗餐具】。



▲100%PLA 袋子 5 年後的分解情況 ▲100%PLA 在無封存袋子分解情況 ▲100%PLA 在密封塑膠袋分解情況

圖 五、一般室溫下針對 PLA 分解試驗

7. 聚碳酸酯(Polycarbonate, PC)

聚碳酸酯也是一種聚脂，以雙酚 A 反應而得者較為普遍，回收代號是 7 號。有很好的透明性和機械力學性，尤其是低溫抗衝擊性，因價格貴而限制了它的廣泛應用。PC 可注射成型制成盆、盒或吹塑成型製成瓶、罐等各種韌性高，透明性好，耐熱又耐寒的產品。在包裝食品時因其透明而可製成透明罐頭，可耐 120°C 高溫殺菌處理。不足之處是因剛性大而耐應性差，可應用 PE、PP、PET、ABS 或 PA 等與之共混改善其耐應力，但會失去透明性。當 PC 水解後，會釋放出雙酚 A，為一種環境賀爾蒙。

8. 聚醯胺(Polyamide, PA)

又可稱為尼龍(Nylon, Ny)，耐磨、機械強度強、耐油脂但容易吸水吸濕性、耐鹼但耐酸性不良、透明、溫度適應範圍大-73℃~190℃，氧氣透過率小約 30~110c.c./m² day，難以熱封、容易印刷、伸展性不錯，用以增強積層膜之強度與阻隔氧氣能力絕性，然而常有被垢病不環保之疑慮。與 PVDC(KNY)、PE 或 CPP 等複合，可提高防潮阻濕和熱封性能，可用於畜肉類如培根、熱狗等製品的高溫蒸煮或冷凍包裝。又因為 Ny 的有機氣體阻絕性良好，常用於熱煮袋、咖啡、乳酪、餅乾等食品。

9. 聚偏二氯乙烯(Polyvinylidene chloride, PVDC)

由氯乙烯及氯亞乙烯聚合而成，PVDC 塑膠需加入少量塑化劑和穩定劑，是一種高阻隔性包裝材料。耐高低溫性良好，適用於高溫殺菌與低溫冷藏。化學穩定性很好，不易受酸、鹼和有機溶劑的侵蝕。透光性光澤性良好，製成收縮薄膜後的收縮率可達 30%~60%，適用於畜肉製品的灌腸包裝，但因其熱封性較差，膜封口強度低，一般須採用高頻或脈衝熱封口，或採用鋁結紮封口。目前除單獨用於食品包裝外，更大量使用於複合包裝材料。PVDC 可溶於溶劑成塗料，塗佈在其他薄膜材料或容器表面(稱 K 塗)，可顯著提高阻隔性能，適用於長期保存的食品包裝。PVDC 因含有氯，焚燒後會產生戴奧辛等有毒物質，故為一種對環境不友善的塑膠原料。

10. 乙烯-乙烯醇共聚物 (EVOH)

EVOH 為乙烯/乙烯醇共聚物，是應用最多的高阻隔性材料。這種材料的薄膜類型除了非拉伸型外，還有雙向拉伸型、鋁鍍蒸型、黏合劑塗佈型等，雙向拉伸型中還有用於無菌包裝製品的耐熱型。EVOH 的阻隔性取決於乙烯的含量，一般來說當乙烯含量增加時候，氣體阻隔性下降，但易於加工。另外，該類材質透光性、光澤性、機械強度、伸縮性、耐磨性、耐寒性和表面強度都非常好，通常將 EVOH 製成複合膜中間阻隔層，常用於無菌包裝、殺菌軟袋、乳製品、肉類、果汁罐頭和調味品等。

參、複合包裝製程與國際綠色趨勢

複合包裝材料是因單一塑膠難以滿足多樣化食品的包裝功能之需求，因此依據食品的保存條件與加工目的，將多種材料加工再複合。其中需要考慮到食品保存、塑膠特性、製造流程與成本等，全世界與政府環保減塑趨勢，對加工過程使用有機化學溶劑與因此而造成包裝材料殘留有機化學溶劑，交叉污染內容物對食安產生風險的重視，更推動產業的【無毒、無污染】的政策，【要食安就要先包安】的訴求。

一、軟性複合包裝材料傳統製作流程

製造複合包裝工藝上除貼合(Lamination)外，也有使用黏著劑與塑膠共擠壓方式(Extrusion Lamination Type)得到，以下會以貼合工藝為主作探討。

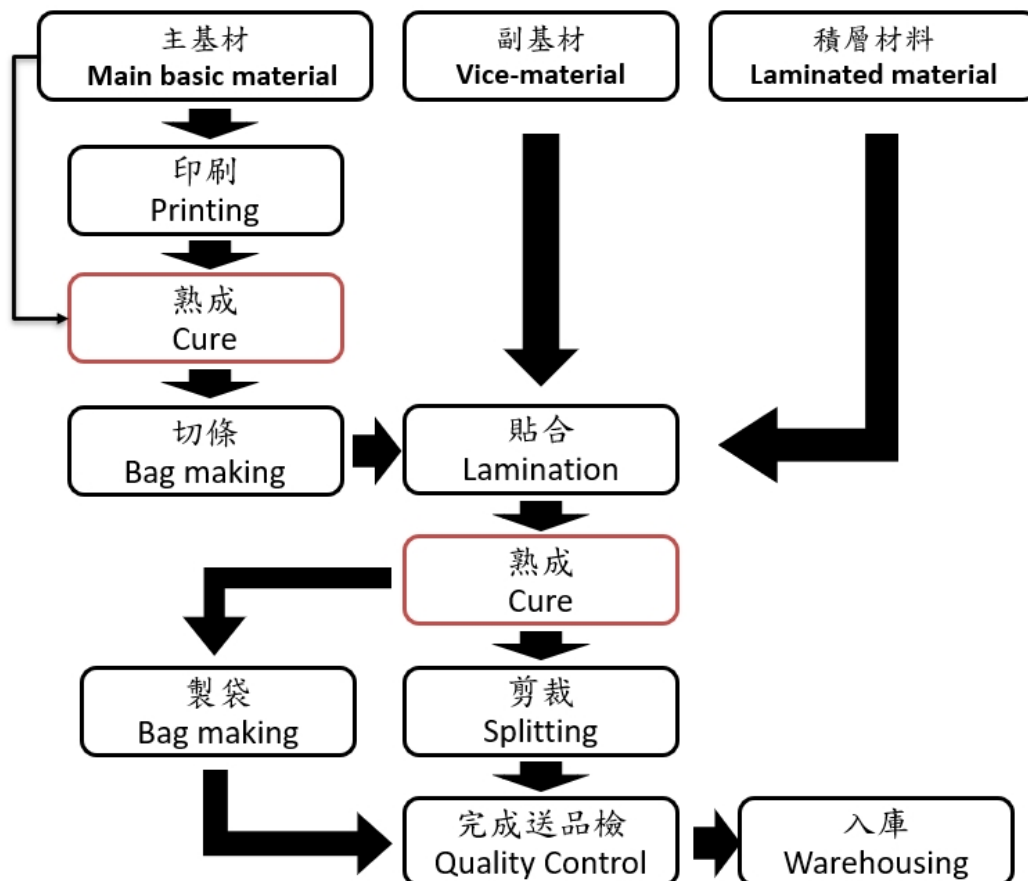
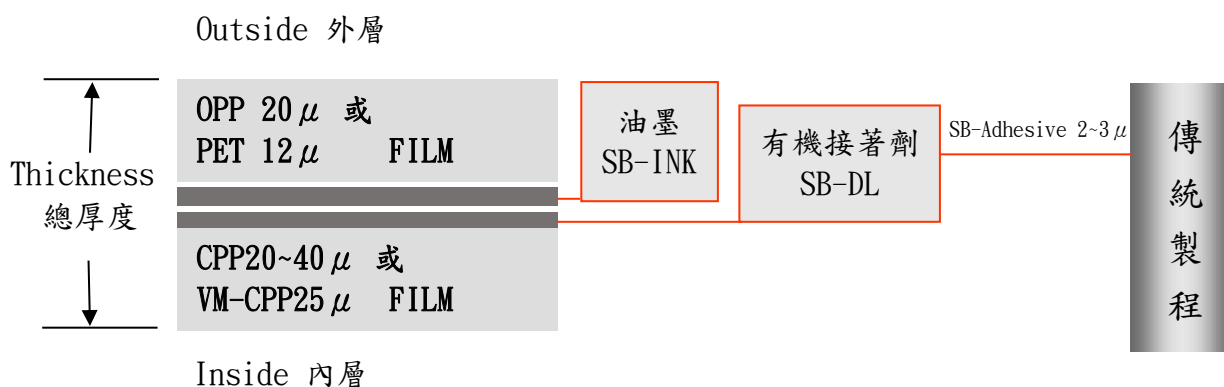


圖 六、複合包裝材料之製造流程

然而上述的傳統製程所使用之油墨和接著劑排放大量的揮發性有機化學溶劑(Volatile Organic Compound, VOCs)，對現場員工身體傷害累積嚴重，熟成步驟幫助有機溶劑揮發，降低包裝材料上的殘留 VOCs，但依舊存在風險。也因此筆者建議加速使用水性的印墨及接

著劑或無溶劑接著劑，我國政府與國際間也鼓勵此技術的運用，這對企業競爭力提升有所幫助。

貼合加工步驟多數業者保持在傳統溶劑型(Traditional Lamination)，其最大的風險是揮發性有機化學溶劑，長期接觸將影響健康甚至致癌，此傳統製程所使用的接合劑我們稱之為SB-A(Solvent Based -Adhesive)，其組成為樹脂(Resin)與有機化學溶劑(甲苯、醋酸乙酯、丁酮等)，貼合過程中稀釋用溶劑的種類中以醋酸乙酯居多。



圖七、傳統複合包裝溶劑貼合型製程

有機化學溶劑的殘留：是在生產軟性複合包裝材料過程中，因為印刷步驟使用了油墨或貼合步驟使用了接著劑(乾式法)，雖然過程中都經過一定條件的加溫烘乾，以及熟成的過程，仍然會有少量的有機化學殘留溶劑殘留在夾層間。諸如(二甲苯，甲苯)，醋酸乙酯等等、其中又以二甲苯、甲苯等殘留、容易穿透過內層(聚丙烯或聚乙烯)而直接污染食品，對人體產生致癌。

另一種常見傳統製程共擠壓方式(Extrusion Lamination Type)是將塑膠材料與接著劑層層堆疊後共同放入擠壓機，此製程方式可減少加工次數、加工費用和減少有機化學溶劑排放，對節能、減碳有積極性的貢獻。下表將揭露筆者所提供七層共擠押 Co-extrusion 薄膜配方層間結構為範例，此配方所製作的薄膜阻氣性稍低，可抽真空，韌性比 EVOH 強，耐寒性佳(可供-20℃急速冷凍)，可運用於真空食品冷凍包裝袋，或經拉伸加工、積層貼合等再製成食品包材。

表 四、七層共擠押 Co-extrusion 薄膜配方層間結構

名 稱	總厚度 (μm)	層別	單層厚度 (μm)	材料	材 料 (牌號)	添加劑 (配 比)
薄 膜 配 方	30 μm	1 outside	5	Pa6 (尼龍)	B40L	100%
		2	4	接著劑TIE	18341	50%
				LLDPE	FD18N	50%
		3	5	LDPE	0274	100%
		4	4	接著劑	18341	50%
				LLDPE	FD18N	50%
		5	2	PA6	B40L	100%
		6	4	接著劑	18341	50%
				LLDPE	FD18N	50%
		7 inside	6	LDPE	0274	30%
				mLLDPE (茂金屬PE)	SP2320	69.5%
				加工助劑	PEA-35	0.5%

二、綠色包裝製程

21 世紀是綠色產業革命的世代，我國在運用綠色科技創造競爭優勢的潛力被評比排名(全球第六，亞洲第二)，這顯示我國的綠能產業蓬勃發展，在全民及企業努力的推動下已具全球競爭力。2011 年因黑心商人販售塑化劑冒用食品添加物的起雲劑、六大塑化劑將台灣多年來所經營得來的優良 MIT 品質受損，無辜的商家驚慌失措，不知自己產品有沒有受到污染，當今軟性複合包裝材料值得大家來關心。

採用新型水性印墨及水性接著劑的貼合綠色製程，由於不含揮發性有機溶劑，大大減少了 VOCs 的排放，因而減輕了大氣污染，改善了印刷操作人員的工作環境，特別是用於食品、飲料、藥品、兒童玩具等衛生條件要求嚴格的包裝印刷產品。此外，它還可以減少印刷表面殘留的毒性，保護印墨避免被摩擦掉的能力，易燃性遠低於有機溶劑，製造能源損耗低而且清洗印刷設備方便。但目前適用之產品多數為包裝後不經過蒸煮或水煮，或內容物重量偏輕的包裝產品。

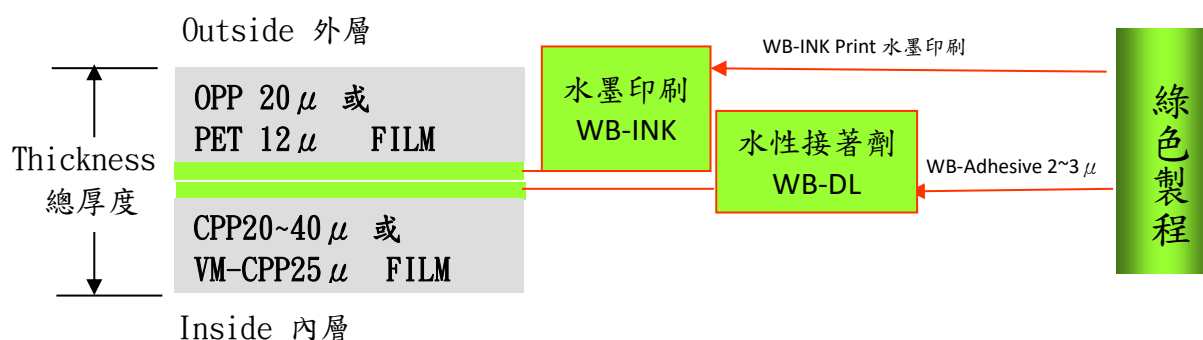


圖 八、綠色複合包裝水性貼合型製程

綠色水性貼合製程的接著劑稱之 WB-A(Environmental Based-Adhesive)，其組成為樹脂和水性溶劑如乙醇或水，貼合過程不稀釋或加 1~2% 水稀釋，貼合後完全沒有殘留有機化學溶劑，不會交叉汙染食品。另使用水溶性水墨 WB-INK 其組成為樹脂、顏料或染料和水性溶劑如乙醇或水，凹版印刷過程中稀釋如上的溶劑種類做調配，貼合後完全無殘留有毒有機化學溶劑，亦不會交叉汙染食品。特別注意如印刷文字或圖案如有金色，含極微量近乎零的「銅與鋅」重金屬。

常用材質結構 PET/AL 的二層結構、PET/AL/PE(CPP)、PET/VMPET/PET/PE(CPP) 三層結構、PET/AL/PE(CPP) 和 PET/AL/NY/PE(RCPP) 的四層結構。PET/AL、PET/VMPET 等鋁箔外層複合的設計專為高阻隔包裝需求而設計。

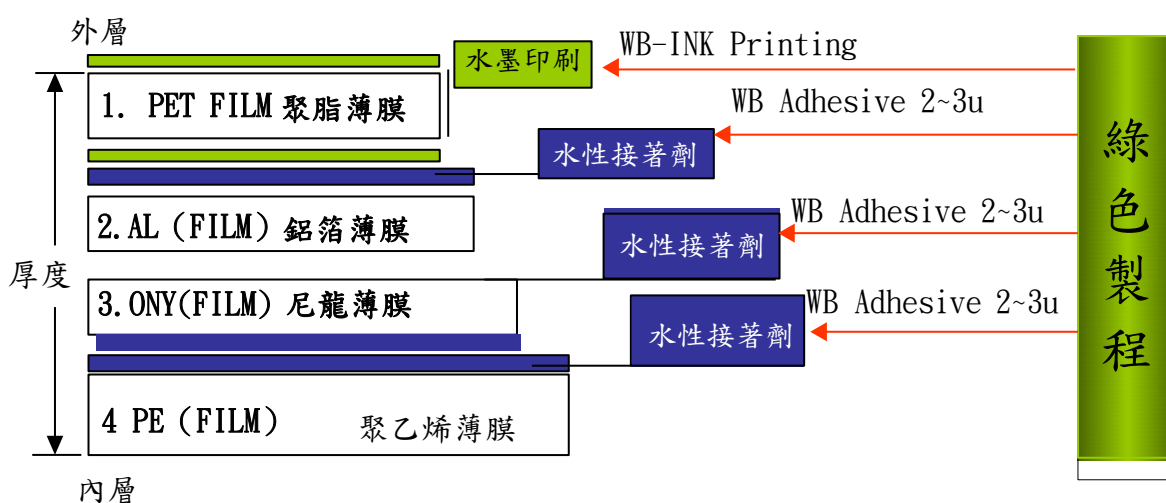


圖 九、水性綠色四層製程(PET/AL/NY/PE)

另外無溶劑製程使用傳統有機溶劑型印墨和雙組分聚氨酯粘合劑取代傳統接著劑可應用產品非常廣泛，如藥品包裝，日化護理品包裝，休閒食品包裝，肉製品包裝，奶粉、

咖啡、即溶食品包裝和各種蒸煮類食品的包裝。無溶劑包裝製程與傳統溶劑型接著劑相較該接著劑可減少 60% CO₂ 排碳量，產品顯然是滿足 ESG 值得推動的綠色材料。

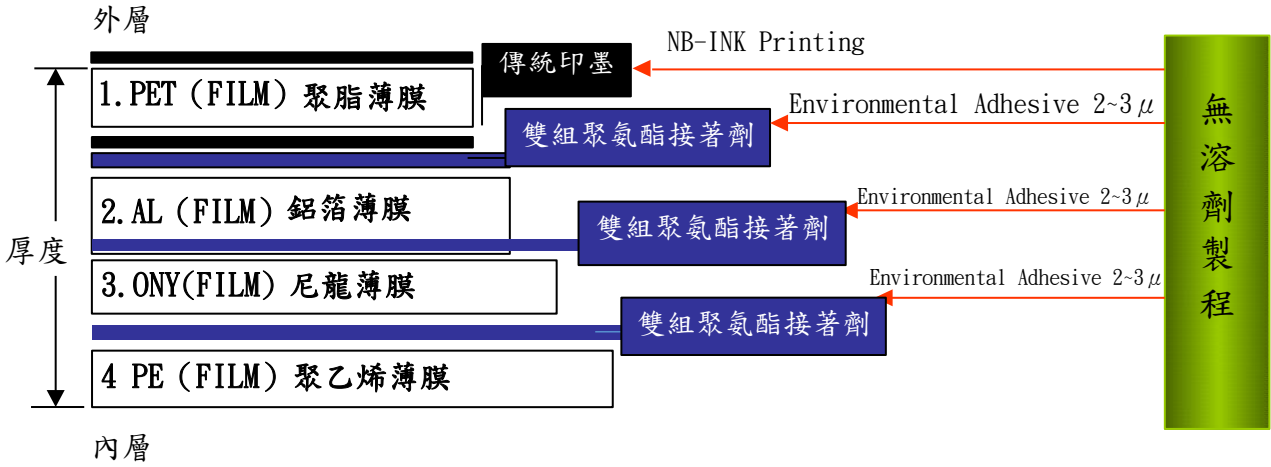


圖 十、綠色複合包裝無溶劑型製程

下表將總結傳統溶劑型製程、水性型製程和無溶劑型製程的各種特性列表比較。

表 五、溶劑型、水性型與無溶劑型特性比較表

	傳統溶劑型	綠色水性型	綠色無溶劑型
可包裝液態食品	可	可	可
表面不怕波到水	可	可	可
可耐高溫水蒸煮	可	不可	不可
熱食可包	可	可	可
會有機化學溶劑殘留	接著劑與印刷墨會殘留有機化學溶劑	無有化學溶劑殘留之風險	印刷墨會殘留有機化學溶劑
包裝內容物重量	重包裝可用	僅適用輕包裝(10 公斤以下)	僅適用輕包裝(10 公斤以下)
印刷圖文不會刮到	佳	佳	佳

三、減塑政策與台灣環保標章

全球軟塑膠包裝市場年產值為 1,438.3 億美元，在台灣塑膠包材產年值約 1,860 億台幣，光每年使用量多達 2 億多公噸。因應 2022 年 3 月聯合國環境大會(UNEA 5.2)上，各國代表達成歷史性的共識，正式決議確立《全球塑膠公約》，將逐步商議具有法律約束力的條約，從塑膠的生產、使用、廢棄的整個生命週期制定全球規範標準，有望

全面實施源頭減塑。

我國政府因而制定以 2030 年「全面禁用吸管、飲料杯、購物袋、免洗餐具等四種一次用塑膠製品」為目標，逐步實施限塑與減速策略。此外因為聚氯乙烯(PVC)含氯，一個氯原子可以破壞一萬個臭氧分子，是造成地球臭氧層破損的元凶之一，因此於【2023 年 7 月禁用】聚氯乙烯(PVC)；而聚乳酸 PLA 因需透過工業堆肥來降解，然台灣尚無工業堆肥場所來降解 PLA 因此政府於【2023 年 8 月在八大公共場所全面禁用】。

業界因需要而將材料改性，來增加阻濕、阻氣能力，將包材厚度減薄，使其效果不變，也達到減塑效果。筆者分享業界案例將一般 CPP 改為 OPBT 耐熱性佳複合包裝，即能改善製程降低塑膠使用量達 30%以上，並保持同樣的功能性。當包裝於同類產品中環境表現最優良前 20~30%，包裝產品同時符合相關國家標準時，即可申請以下第一類環保標章。當產品非屬環保署公告之第一類環保標章所規格標準項目時。你可自行宣告產品俱備了環保署所公告之項目其某一類，並經第三公證單位稽核卻實有比原生產方式環保並列舉數據舉證屬實，政府將頒發第二類環保標章。政府機關被要求落實綠色採購，政府綠色採購法凡獲得環保標章的產品可在品質一樣但價位高於 10%以下均要優先採購以鼓勵綠色環保的廠商。業者想要了解更多環保標章產品相關資訊，可以至「綠色生活資訊網」查詢。



圖 十一、環保標章第一類(左)與第二類(右)

肆、食品複合包裝材質運用

食品包裝主要目的在於延緩食物腐敗或延長其保存期限，其中涉及的包裝需求指標包含機械適性、阻氣、阻濕、阻紫外線、熱封性等。為了產生合乎特殊需求的塑膠包裝材料，會把不同材質貼合而製造出複合包裝膜，如 PET 的機械適性佳、透明性、印刷性佳，常被使用在外層膜；鋁箔對水氣、氧氣與香味的阻隔性佳，因此被用於阻隔層；熱封性質良好的 PE、PP、EVA 等材質則用於內層。市售常見包裝通常為複合包裝，因其能將不同材質的優點集於一身而成為主流的複合包裝材料。

一、常見複合包裝應用

複合食品包裝標示由左到右分別代表外層到內層，舉例來說，PET(外層)/AL(中層)/CPP(內層)。

表 六、業界常用複合包裝材料之結構與特性

材質結構	關鍵材料	可應用產品	特性
PET/AL/CPP-R	AL. RCPP	高溫殺菌袋、需蒸煮調理包	耐高溫殺菌不分層
PET/AL/CPP	AL	洋芋片、高級餅乾、巧克力、燕麥片小包	阻氧、阻濕及紫外線遮蔽佳(防霉變)
PET/AL/NY/LLDPE 抗靜電鋁箔遮蔽袋	抗靜電(膜或塗佈液)	粉末包裝如咖啡、即溶飲品、保健食品	防止充填時粉末散逸
PET/AL/LLDPE(CPP) 一般鋁箔袋	AL	咖啡、茶葉、奶粉、藥品、瓜子	有絕佳的阻氣性、阻濕性佳及紫外線遮蔽佳
PET/LLDPE	PET	冷藏、冷凍食品、調味包、麵粉類	耐衝擊、強度佳、耐寒
PET/CPP-R	RCPP	可直接放入微波爐微波處理過程不氣爆且無有害氣體	可微波、機械加工性佳
PET/LLDPE/易撕膜	易撕膜	紙杯或塑膠杯，上封口膜適用 PE 或 PP 膜	開口性(易撕) 上下膜材質需一致
KPET/CPP 阻氧袋	KPET	常用於蜜餞、小餅乾、糖果袋	食品保存期長、封口性佳、透明度好

KOP(KPET)/CPP 阻氧袋	KOP. KPET	月餅、蛋糕、豆 乾、餅乾、柴魚片	阻氧性佳、阻濕效 果佳可防霉變
NY/LLDPE	NY. LLDPE	真空包裝、冷凍香 腸臘肉、堅果、米 袋	耐穿刺、韌性度 佳、耐凍性佳
KNY/NY/LLDPE 阻氧袋	KNY	真空狀態下蛋糕、 豆乾、真空包裝、 米袋、冷凍香腸、 臘肉、鹹豬肉、堅 果類	貼合膜真空佳、高 阻隔氧氣、強度 佳、常用於大型重 包裝，耐2公尺高 落地測試
NY/CPPR 高溫殺菌(蒸煮)	NY. RCPP	殺菌包、榨菜、豆 乾、鐵蛋、冷筍	耐熱性
雲龍紙(棉紙)/CPP	CPP	常用於鳳梨酥、蛋 糕、咖啡、銅鑼燒 等	改變外包裝質感增 添食品可口感
雲龍紙(棉紙或牛皮 紙) KNY/CP(PP/LLDPE)	KNY	常用於鳳梨酥、蛋 糕、咖啡、銅鑼燒 等	改變外包裝質感增 添食品可口感

上述的複合材質選用並非固定組合，參考關鍵材料與應用產品的特性需求，將會有
多種組合或創新應用。以下將列出各種薄膜的阻隔性，幫助業者可依自身產品狀況與彩
藝廠研議運用：

塑膠薄膜的阻隔能力與厚度有絕對關係，厚度與複合包裝的貼合成本有關。常用的
阻隔膜有 PVA 塗佈膜、PVDC、EVOH、尼龍、無機氧化物鍍膜。食品需要高阻隔包材
的產品包含真空包裝食品、含高油脂食品、液體類食品藥品飲料或需要保香、保新鮮、
讓產品延長保存期限等，這與包裝的氧氣與水氣通過率有極大關係。

表七、常用塑膠薄膜的包裝材料氧氣與水氣透過率表

材 料 名 稱	厚度 (μ)	氧氣透過率 (cc/m ² day atm) 20°C,dry	水氣透過率 (g/m ² day) 40°C,90%RH
OPP	20	1500	6.3
K-OP	20	12	5
CPP	30	3333	10
ACPP	30	3.4	12.3
PET	12	120	46

K-PET	12	6	7
ONY	15	30	180
K-ONY	15	5	10
CNY	30	40	300
PE	30	5000	18
APE	80	5.1	18
EVA	30	8333	33.3
PVC	25	160	32
PVDC	25	1	1
EVOH	15	0.5	70
PVA	14	0.5	150
K-PT	25	10	20
VM-PET	12	1	1
VM-CPP	25	20	1

表 八、複合包裝材料結構的氧氣與水氣透過率表

複合材料結構	氧氣透過率 (cc/m ² day atm) 20°C, 65%RH	水氣透過率 (g/m ² day) 40°C, 90%RH
OPP20μ/CPP25μ	1000	3
PET12μ/PE40μ	100~130	15~20
ONY15μ/PE40μ	30~35	15~20
KONY15μ/PE40μ	8~10	4~6
OPP20μ/EVOH15μ /PE40μ	1~3	1~3
OPP20μ/淋 PE15μ/VM- PET12μ/淋 PE15μ /CPP20μ	1~2	1~2
PET12μ/AL6μ/CPP70μ	0~1	0~1
PET-L12μ/PE120μ	117.9	2.84
PET12μ/VM-PET12μ /ACPP30μ	0.8	0.75
PET12μ/A-PE80μ	4.9	4.69
OPP20μ/A-CPP20μ	<0.6	5.4

二、產品實務分析

本章節筆者將討論四個產品包裝選用案例，分析食品的包裝需求、材質選用與包裝材結構，最後分析其加工貼合方式與是否能選用綠色製程，希望能帶領業者早日進入綠色製程。



圖 十二、包裝選用案例示意圖

1. 可透視包裝的月餅

包裝需求：需要高阻隔能力，阻隔水氣與氧氣通，以防止內容物腐敗發霉、防紫外線、包裝部分透明可使內容物可見，提高販售價值與購買意願。

材質結構：PET-L//CPP。

- (1) PP 薄膜的透明佳，可因應需求改變膜的顏色、霧面、亮面、防霧、印刷等，可藉由不同配方來製作出各種功能性 PP 膜。
- (2) PET-L 為 Al_2O_3 材料代號， Al_2O_3 是一種高硬度的化合物，熔點高，沸點也高。是一透明度佳、高度阻氧氣及水氣能力，比鋁箔透明度要好，阻隔能力與 AL 差不多，係為耐蒸煮性能極佳的好材料，俱有保香、保新鮮的能力，讓內容物得以延長保存時間，對節能有一定幫助。然而月餅與台灣傳統大餅係屬高單價產品，故 PET-L 已成為業者最愛選用的材料。

加工方式：可採傳統印刷與接著劑或水性印刷與水性接著劑

印刷於 PET-L(內或外)層，接著劑於 PET-L 和 PP 之間，若選用水性印刷和水性接著劑可避免有機化合物或印刷油墨交叉汙染進入食物中並防止加工過程中 VOCs 釋出。

2.分內外包裝袋的巧克力

包裝需求：內袋需要氣體與水氣的高阻隔能力強，對封口溫度不能高，且須易撕開；外袋需要透明度要好方便消費者能清楚看到內容物，提高販售價值與購買意願。

材質結構：內袋為 PET//VM-PET//CPP(採用進口易撕膜)：外袋為 VM-CPP 電鍍鋁薄膜可達到阻濕、阻氣、阻紫外線，但價格便宜。

(1) PET 薄膜印刷效果佳，阻氣效果良好。

(2) VM-PET 為聚酯鍍鋁膜，極佳阻隔水氣、氣體和光的能力。巧克力易於吸收其他其他物品氣味的特性，鋁本身的高阻隔性是業界重要材料選項，而塑膠鍍鋁的加工機械性能更好，應用更加廣泛。

(3) CPP 阻氣性良好，保有良好加工彈性，經拉伸加工後具有易撕的特性。

加工方式：可採傳統印刷與接著劑或水性印刷與水性接著劑

可印刷於內袋 PET 與外袋 VM-CPP，若選用水性印刷和水性接著劑可避免有機化合物或印刷油墨交叉汙染進入食物中風險並防止加工過程中 VOCs 產生。

3.微波即食的米飯

包裝需求：上膜需要耐高溫及有高阻隔能力、易撕開(便利加熱食品多有此需求)和印刷性，印刷需在內側，讓印刷文字或圖案在層與層之間才能受到保護不脫落，並保持部分透明或部分遮蔽內容物；下盒：材質須與上膜可融合，所以上膜材質與下盒需相同才可融合。

材質結構：上膜可選擇 PET//PP 易撕膜(進口易撕膜)或是 OPP//PP 易撕膜(進口易撕膜)；下盒為 PP 材質。

(1) PET 或 OPP 薄膜兩者都具有良好的阻濕能力，但 OPP 的阻氣能力差於 PET，皆易於印刷。

(2) PP 可熱封口，耐高溫，可直接接觸食物微波而不變形，水氣阻隔性佳，經加工後具有易撕的特性。

加工方式：僅可採傳統印刷與接著劑

本系列產品是為高溫蒸煮不適合【水性印刷及水性接著劑】因對包裝材料之接著強度不足，又在高溫之下水分子會在較脆弱的點衝撞而產生漏包或爆破之虞。

4. 長效期的豬肉米粥

包裝需求：站立袋需考慮良好的防潮及硬挺性，袋子封口夾雜性耐油性為主要考慮要素。需具備耐高溫及高阻隔阻溼、阻氣能力、還要有易撕開的功能。袋面須要文字說明成份及使用方法的印刷，且於包裝外層內部印刷，讓印刷文字或圖案在層與層之間才能受到保護不易脫落，材質也因需要而硬挺站立的功能才能表現產品特色，遮蔽效果要好才能保護內容物。

材質結構：可選擇 PET//VM-PET//CPP-R 或 PET//AL//CPP 或 OPP//AL//CPP。

- (1) PET 可提供支撐硬挺度的部分，同時兼具耐高溫性與印刷性。
- (2) VM-PET 其硬挺度效果接近鋁 AL，同時可提供阻隔水氣與氣體效果，成本比鋁低。
- (3) AL 在阻隔濕氣氧氣及遮蔽效果排行第一，但因成本考量可選擇上述 VM-PET，因有 AL 或電鍍 AL 如進行微波將有可能引起爆炸，消費者應特別注意安全使用。
- (4) RCPP 為可蒸煮型 PP，耐磨不易破袋，保香性佳，可耐高溫約在 130°C 左右，無毒能與食物直接接觸，與 CPP 接近但性能更好。此外，便利加熱食品都有讓消費者易開性之需求。

加工方式：僅可採傳統印刷與接著劑。

本系列產品是為高溫蒸煮不適合【水性印刷及水性接著劑】因對包裝材料之接著強度不足，又在高溫之下水分子會在較脆弱的點衝撞而產生漏包或爆破之虞。

上述案例分析非針對業界單一產品做說明，僅是藉由範例帶領業者嘗試分析食品的包裝需求、並了解選用材質一些要領與包裝結構，積層複合包裝並非層層研究單一材質就代表整體包裝的最終性能，如阻隔性等，但希望食品相關業者在熟悉本手冊後與包裝廠有更好的共識討論，並能優化自身產品包裝走向環保永續。

伍、參考資料

- 杉本賢司，《圖解塑膠新世界》。世茂出版社。
- 食品工業發展研究所，氣體與水氣穿透率數據。
- 李大鵬，食品包裝學。中國紡織出版社。
- 施明智、蕭思玉、蔡敏郎，食品加工學。五南圖書出版。
- 專家 廖明欽，業界資料提供。