感謝與作者群

做爲全球最大的電子公司之一，HP 惠普科技每年的包裝材料支出超過數億美元。除了包裝材料的成本之外，其他業務支出（如貨運、倉儲）和製程，或多或少都會受到高效率包裝設計的影響。例如，運輸支出比保護材料本身的支出高出幾倍，所以包裝或產品設計一有任何改變，就可能對運輸成本造成重大的影響。爲了常保市場優勢，HP 惠普科技聘雇了許多傑出的包裝工程師，持續不斷開發和改良新的製程、技術和研究。

本文件所包含的資料是 HP 惠普科技員工辛勤奉獻所獲得的研究成果，因爲這些成果，使 HP 惠普科技得以藉由材料減量和降低配送損失，節省了幾百萬美元。

作者：
Paul Grady Russell, CPP／特別研究員 - 包裝計畫經理 - 執行編輯
Matt Daum - 包裝研發經理 - 執行編輯
Don Clugston - 資深包裝工程師
Kevin Howard - 資深包裝工程師
Perry Biancavilla - 資深包裝工程師
Rod Degesero - 包裝工程師

本手冊的部分銷售額將捐贈給幾家嚴選的包裝大學。

目次

前言.....3

第 1 節：簡介.....4

第 2 節：運送單元分類.....8

第 3 節：運輸環境.....11

第 4 節：配送風險.....17

第 5 節：配送通路.....22

第 6 節：測量環境.....25

第 7 節：合格標準與測試水準.....27

第 8 節：測試原理與含義.....33

第 9 節：包裝開發流程.....48

第 10 節：參考資料.....60

前言

包裝測試是公司獲利和品質信譽的關鍵

產品必須有包裝的保護，才能安全配送到客戶手上。爲了保障公司的獲利和品質信譽，所有產品都必須以高效率送交全球各地的客戶，因此包裝工程師的一項職責就是設計包裝，來保護產品抵禦配送環境中的風險，使送到客戶手上的包裝和產品，符合客戶期待的品質。包裝的主要目的是要讓產品在配送通路全程，都能保持功能性和外表的品質。在很多場合，包裝本身是呈現高品質印象的重要關鍵，可以提高客戶滿意度和忠誠度。

包裝測試是確定產品受保護程度是否足夠的重要程序，可以確保產品能夠承受正常配送環境中的風險，如振動、撞擊、擠壓、溫度和溼度。測試新的包裝設計也可以幫助公司降低新產品的總成本，從而提高公司的獲利。

包裝工程師的另一項職責是影響公司新產品的堅固程度。產品越堅固，包裝材料和物流的成本就越低。工程師可以在設計階段，設法於產品的設計成本與預估的物流成本之間取得平衡。事實上，將產品和包裝設計結合在一起，並於產品開發早期進行測試，可對整個業務計畫造成正面的影響。當產品製造與配送緊密整合時，客戶將因爲品質、成本和交貨的改善而受益。地方化和包裝延期是這一點的好例子。

本手冊是專供包裝從業人員使用的指南或手冊。手冊中提供詳細的資料，幫助您選擇最有效的產品／包裝測試項目和測試水準，並指引您規劃和管理新產品的包裝開發和測試。附錄提供簡單易懂的運用準則，讓每個人都能夠靈活運用適合於設計和測試的包裝理論。

第 1 節：簡介

包裝測試的管理和規劃包含下列幾點：

* 從所有設計、生產、行銷和物流管理中收集資料
* 指定配送通路
* 決定適當的測試水準
* 決定用以測試和評估產品包裝的損害準則
* 決定適合執行的測試項目
* 決定每項測試的執行時間、地點和受測件數

沒有一種通用的測試程序是所有產品一體適用的。每種產品各有它自己的一套包裝測試需求，須視所用的配送通路、產品的大小／形狀、產品和包裝的成本、上市時間、可用的測試設備、需要的信賴水準等而定。包裝工程師的職責之一是協調所有相關單位，以決定特定產品所需的測試項目和測試水準，以及執行測試的時間和地點，最後產生由包裝工程師負責管理的測試計畫。

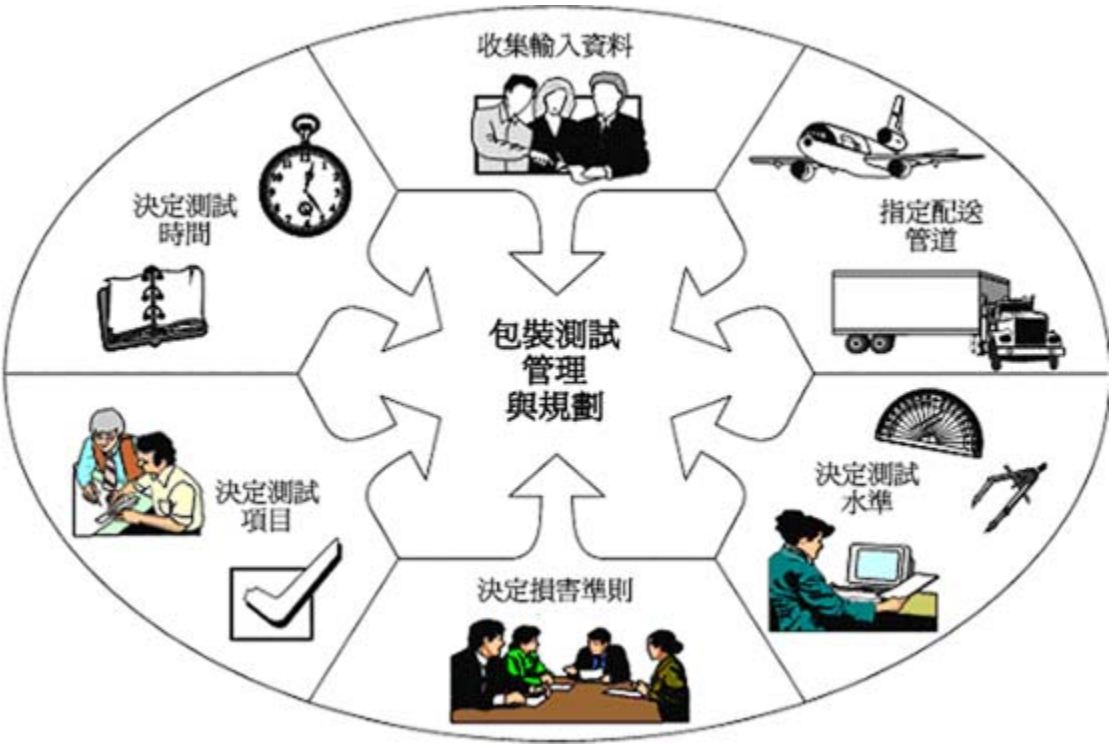


圖 1. 包裝測試計畫的輸入資料

收集輸入資料

爲了決定適當的包裝測試、測試水準和通過／失敗準則，包裝工程師必須先就許多項目取得各方共識，例如，產品易碎性、預估的銷售預測、配送通路、成本目標、損壞風險和時程。

易碎性目標 - 產品強度或堅固程度（通稱爲易碎性）通常是影響包裝設計和成本的最重要因素。研發部門必須確立產品易碎性目標，並以臨界加速度（G 值）、速度變化（墜落能量）和衝擊脈波波形等方式表示。易碎性目標可用來評估包裝設計的效果，而且也將做爲產品衝擊測試中的產品設計標準。設定的目標會顯著影響成本和設計時間。通常在設計包裝時還沒有真正的產品可用，在這種情況下，可以使用木製或塑膠製的產品模型，來監控包裝內部的減震特性。

預估的銷售預測和成本目標 - 產品或包裝損壞會造成客戶的不滿。在影響包裝設計風險程度的因素中，必須考慮的因素包括預估的銷售預測、訂單前置時間、產品售價和成本目標。損壞風險低，所需要的測試水準就要比一般情況高。

配送通路 - 產品配送通路會界定包裝即將經歷的運送環境，而且有助於決定應執行的包裝測試項目。這項資訊通常來自行銷和物流部門。詳細資料請參閱第 5 節。

時程 - 產品設計時程也對包裝設計和測試計畫有重大的影響。產品設計時程通常會預留足夠的時間，以透過測試和比較不同包裝設計的方式，來降低成本。如果產品的設計周期非常短，就可能需要風險較低（比較堅固）的包裝設計。時程也會影響研發部門是不是能夠改良產品設計來強化產品弱點，以便降低包裝成本。

歷史資料 - 得自類似大小和類型產品的歷史資料，有助於決定適當的測試項目和測試水準，以免重蹈覆轍。被保證人或年故障率資料也有助於決定適合特定產品的測試。

指定配送環境

爲了決定適合執行的測試項目，我們必須了解每項產品的配送通路的環境，因爲可執行的包裝測試有很多，但未必適用於所有產品和所有配送通路。包裝工程師必須根據配送系統、計畫時間表和成本目標，決定合理的測試項目。例如，利用一般運輸公司配送一個包裝箱（未裝在棧板上）跟用整隻貨櫃（裝在棧板上）海運相比，所要求的測試準則就大不相同。

決定測試水準

所有配送系統都有若干程度處理不當的風險，可能導致產品損壞。包裝工程師必須權衡產品在運送途中損壞的後果與成本，以得到需要的保護程度。每一種包裝測試會有不同層級的通過／失敗準則，而選擇什麼樣的品質水準是可接受的，對於包裝成本和設計時間會有重大影響。詳細資料請參閱第 7 節。

決定包裝測試的通過／失敗準則

有些包裝測試程序會提出通過／失敗準則，但這些準則的解讀方式可能因人而異，所以如果可以接受稍微彎曲但並未破裂的情況，就應該在測試之前先定義。

下列考量可用來防範模糊不清的測試準則。一般而言，產品損壞（機械或電子操作）或外表出現瑕疵都是不容許的。

- 包裝襯墊是否必須能夠從頭到尾保護接受測試的產品，或是測試中途可以更換損壞的襯墊？
- 包裝箱在抗壓測試後可以顯現擠壓過的痕跡嗎？
- 泡棉可以顯現毀損的跡象（例如，落下後因爲重壓而破裂），或是襯墊必須回收利用，不得破損？
- 必須測試到失敗爲止，以界定安全極限嗎？
- 必須監控包裝內部的衝擊脈波，並透過衝擊響應譜分析界定安全極限嗎？詳細資料請參閱第 7 節。

決定應執行的測試項目

決定應執行哪些測試時，影響因素包括產品配送環境的特性以及投入該專案的時間和人數。例如，如果產品既重又高，或許就應該進行翻倒測試，所以最好仔細審閱每種可能的測試，再決定該測試是否適合所設計的包裝。如果公司內沒有包裝測試設備，可以委由專門提供測試服務的公司執行適合的測試。在決定哪些測試合適時，也要考慮到該包裝可能要用來保護退還的產品。詳細資料請參閱第 8 節。

決定每種測試的執行時間、地點和受測數量

包裝設計和測試可細分成幾個基本步驟，然後再根據需要的設計試驗次數，將其中一些步驟反覆細分成幾個步驟（如需更詳細的討論，請參閱第 9 節「包裝開發流程」）。產品設計和製造時程將決定每項測試的最佳時機和可取得的產品件數。測試地點的選擇則要看當地有沒有測試設備可用，以及產品和包裝的設計是否由外部來源（如 OEM）負責進行而定。與專案的所有相關人員協調，將有助於決定測試的執行時間和地點，以及有多少件產品可供測試之用。在產品設計早期，包裝工程師可能必須製作產品的摹本或模型，來進行包裝測試。模型可以是木製或塑膠製，而且應該反映產品的大小、重量和重心。

許多測試的執行時機多半視能否取得產品而定，所以最好在產品設計早期就與專案管理部門協商，議定在產品設計周期的哪個時間點可以取得多少件產品。以下概要列出典型的產品設計周期，以及它與包裝測試之間的關聯。

研究（I 階段）- 這是新產品開發周期的最早階段，產品功能、基本設計和大小都在這個階段成形。在這個階段，包裝工程師必須諮詢專案所有相關人員，以擬定包裝測試計畫。如果產品的外部設計已經穩定下來，包裝工程師可以開始設計產品模型，以便在無法取得真的產品時，利用模型進行包裝設計和測試。

實驗室原型（LP 階段）- 開發小組利用依規定尺寸製造和光造型的零件，手工打造幾件產品。這些原型是用來測試產品功能和評估設計，所以多半還不夠堅固，無法承受包裝測試。包裝工程師可以利用這段時間跟產品設計師一起評估現有產品的堅固程度，也可以利用初步的組件衝擊測試找出脆弱的區域，以及他們對包裝設計和成本的影響。在這個階段小小的參與，可以預防以後的許多難題。包裝工程師可以利用產品模型，完成單包裝產品的大部分初期包裝設計和測試。由於產品設計周期越來越短，包裝工程師可能必須在這個階段結束之前，還沒有實際的產品原型時，完成包裝襯墊所用工具的設計。

生產原型（PP 階段）- 使用工具製造的零件製作少量至中量極爲類似預期生產單位的產品。這個階段應該使用真的產品繼續進行包裝測試，以便更清楚了解包裝保護產品的能力。此外，這些測試可以指出產品設計的修改方向，以提高堅固程度和降低包裝成本。包裝工程師應該參與產品衝擊和振動測試，以便溝通產品易碎性與包裝設計有關的潛在問題。隨著這個階段中可取得的產品越來越多，包裝工程師可以視需要對多件產品執行其他包裝測試，例如棧板裝載的振動／抗壓測試和散裝包裝測試。

試車（PR 階段）- 通常這個階段會大量生產預期的產品設計，以確認製程、生產工具和產品效能。這時必須再度執行包裝測試，以確認生產包裝符合所有包裝測試目標。到了這個階段，只能進行極小的產品變更。這個時候適合運送一些產品來回通過預期的配送系統，以進一步確認包裝是否適合真實的運輸環境。

製造發行（MR 階段）- 這個階段會大量製造產品，並以成品的形式貯存起來，準備於排定的日期發行。如果是少量的訂製產品，這時候可以真的開始交貨給客戶。這個階段應該進行其他包裝測試，以提高包裝能夠達到預期功能的信賴水準。利用這個機會，可以依照所企劃的產品裝載配置來「運送」大量生產的產品單位，以確認在預期配送環境中的多重或「散裝」包裝方式。

生產稽核 - 經過指定的時間後，可以對預先擬定的單位數進行有系統的產品稽核。包裝測試應該是原先執行的眾多測試之一，以確認包裝和產品設計都已足夠，而且未因製造變異或產品設計變更而損傷。包裝工程師應協助決定適合的測試項目。

客戶支援 - 最後必須確保客服作業時產品與零件的運送安全，這是任何公司新產品生命週期開發計畫中的一部分。在某些狀況下，生產包裝就足以用於客戶維修的退還系統，但在大部情況下，卻需要特別的可退還式包裝。包裝工程師應該配合客戶支援部門，協助提供和測試適合的包裝系統，以用於所有現場更換的零件、組件和產品。這通常是在 PP、PR 和 MR 階段完成，但越早開始效果越好。

第 2 節：運送單元分類

運送單元定義爲將產品和包裝組成一個綜合體的具體配置。一般而言，運送單元是在配送環境中最小的完整單元。包裝後的產品分爲三類。這些分類方式對於了解運輸服務的選擇方法、產品承受的風險和包裝產品的搬運次數都相當重要，也會決定適合執行的測試方法。

產品在配送環境中承受的艱辛程度，有一部分取決於所用的包裝方式。例如，單元化裝載墜落的嚴重程度就小於個別小包裝的產品。本手冊中所討論的測試程序是專爲評估各種包裝方式的效力而設計的。

在測試運送單元之前，必須先將運送單元根據一些**類型**定義分類，來決定適合的測試項目和測試水準。一種產品可以屬於多種分類，例如產品可以用單包裝（第 1 類）和散裝包裝（第 3 類）兩種方式配送，或者單包裝產品可以用裝在棧板上和個別包裝兩種方式配送。如果產品屬於多種分類，就必須以每種配置進行測試。

包裝配置通常有三類，分別說明如下。

第 1 類 - 單件或多件產品，裝箱且未裝在棧板上，而且一、兩個人就搬得動。可以單獨運送給使用者的個別包裝產品就定義爲第 1 類，即使這種包裝產品在實際配送過程中曾經以棧板裝載大批搬運。這種產品可能曝露在倉儲條件下，並承受長期（長達 6 個月）的靜壓縮。這種產品最常利用 LTL 模式的卡車和快遞服務配送。典型的運輸工具包括卡車、鐵路車廂上的貨櫃／拖車和飛機。

這種分類也代表合併裝在一隻貨櫃裡的多件產品（通常未裝在棧板上）。

圖 2.　第 1 類運送單元的範例

有些包裝可能會有**一體成型的棧板，以方便內部或客戶搬運**，但大小和重量讓兩個人就可以搬得動。這種包裝應歸爲第 1 類，而不是第 2 類。

有時候，兩個或多個個別裝箱的產品，可以根據特定系統和訂單中包含的選擇，以包裹、捆包或疊棧的形式運送。在這種情況下，個別裝箱的產品必須接受第 1 類運送單元的測試，因爲到最後，銷售部門、配銷商或使用者還是會將它們拆開分別搬運。包裝工程師應評估棧板裝載在棧板裝卸和堆疊下的集裝箱完整性，以確保不會過度擠壓集裝箱。

第 2 類 - 單件產品，裝在棧板上。這個分類代表已包裝或準備運送的個別產品，而且**多半不會**由兩個人搬運，**只會**用機械設備搬運。第 2 類運送單元可包含個別裝在棧板上的產品（例如，有襯墊的棧板），或大件櫥櫃型產品，以未包裝的形式運送，而且兩個人實在搬不動。這類產品通常利用 LTL 模式的卡車、鐵路車廂上的貨櫃／拖車和貨機配送。

圖 3. 第 2 類運送單元的範例

第 3 類 - 多件產品，用棧板或滑拖板組成一個單元。這個分類代表多件產品，而且**只會**用棧板或滑拖板組成一個單元後運送。這個分類包含「散裝」產品。「散裝包裝」是指將多件相同產品用滑拖板和（或）棧板包裝在一起，當成一個單元來運輸。在裝箱產品的棧板裝載中，個別產品可以從單元化的裝載中取出來單獨運送，但散裝產品則不同，它不能以任何其他配置運送。換句話說，將產品與配置環境隔離的保護只存在聚集的散裝包裝中，每件產品外圍則沒有個別的保護。散裝包裝設計必須用機械搬運，而且通常以卡車／海運貨櫃滿載數量運送。這種疊棧裝載可能曝露在倉儲條件下，並承受短期（長達 3 個月）的靜態壓力。這類產品最常利用卡車、火車、海運和空運方式配送。

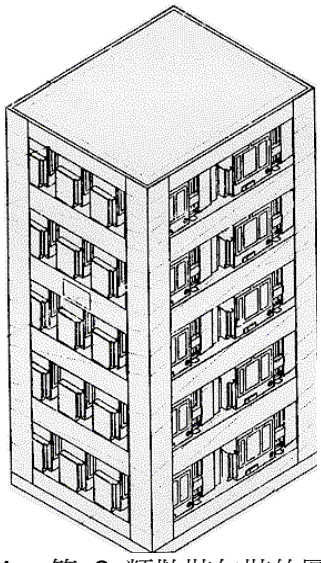


圖 4.　第 3 類散裝包裝的圖形

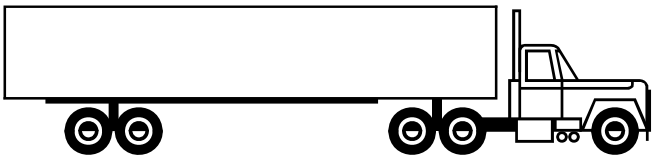
如果單元化裝載包含個別裝箱的產品，而且最後可以用單件產品的形式運輸，則單件裝箱的產品也必須接受第 1 類運送單元的測試。此外，這種產品還必須接受第 3 類運送單元的測試。之所以有這個必要，是因爲不同配置下會有不同的壓力和拉力。例如，採用散裝包裝時，產品可能要支撐貯藏時 100% 的壓縮負載，但將相同單位包裝起來之後，外部的集裝箱會支撐大部分的壓縮負載。同樣的，單包裝產品的墜落測試會產生很高的加速力，但如果從較低的墜落高度進行單元化裝載的墜落測試，則所造成的衝擊程度較低，但動態壓力較高。只測試一種可能的運送配置將會提高配送途中意外損壞的風險。

三種分類都會發生的典型危險包括：振動、衝擊、動態壓力、環境天候條件（溫度、溼度和降雨）、高空低壓效應和微粒。

第 3 節：運輸環境

運輸環境是指貨物搬移的活動，以及這些活動期間所發生的危險事故和元素。貨物搬移活動依運輸「模式」分類。有些模式所帶來的危險和其他模式相同，但比較嚴重，所以了解每種運輸模式常見的危險和正常的活動是很重要的。

道路運輸



這可能是公認最普遍的運輸模式，可提供全球任何角落戶對戶的配送服務，所用的工具則可能是以燃料爲動力的現代交通工具，或是人力車或動物拉車。在配送循環的某段時間，所有產品都會以這種模式移動。

道路運輸的主要危險是振動、衝擊和動態壓力。這些危險的強度取決於路況、交通工具的速度、車況、裝卸方法和貨物對拖車懸吊系統施加的總重量。

於卡車上測得的振動程度，比火車、飛機和船舶嚴重。在現代（改良的）道路系統上行駛的卡車，會遭遇三個主要擾頻範圍（如表 1 所列）。

表 1. 典型葉片彈簧的貨車車斗頻率

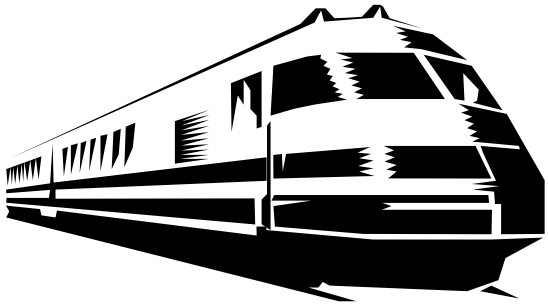
來源	頻率
懸吊系統	2 Hz（滿載）到 8 Hz（空車）
輪胎	16 Hz（低壓）到 20 Hz（高壓）
車體結構	50 Hz 到 100 Hz

這些振動會從卡車的拖車車斗、車輪和懸吊系統傳到貨物，而且引擎和傳動裝置也會加劇傳給貨物的振動。測量值指出，低頻時會有 0.5g 的持續振動加速值。如果上述任何固有頻率可能損壞產品，包裝設計就必須加以避免。如果包裝產品的元件或堆疊固有頻率符合其中一個主要擾頻，情況會更糟。

衝擊加速值會隨時任意改變。當卡車行經坑洞、伸縮縫和平交道時，會產生瞬間衝擊，導致產品彈起再重重落下。這些瞬間事件和經常存在的主要擾頻重疊在一起。如果貨物的固定不當，瞬間衝擊就可能造成損壞。堆疊產品（尤其是上層部分）可能要承受放大的加速值，因爲能量會透過貨物向上傳。位在堆疊中央和下方的包裝產品會承受到動態壓力。如果壓縮負載超出貨櫃的堆疊強度，可能導致崩塌。如果堆疊崩塌，上層產品會從 80 英吋（2.03 公尺）以上的高度墜落，產生撞擊。

卡車可以用兩種方式裝載：LTL（低於卡車載重量）和 FTL（滿載）。將 LTL 與 FTL 相比，LTL 對產品造成的衝擊次數比較多，因爲 LTL 貨物包含各式各樣零散的貨物，減低了借助其他貨物有效固定的效果。以 LTL 方式運送的貨物更需要以交叉停駐（從卡車運到倉庫再運到卡車）作業方式搬運，而且交叉停駐還需要拆開散裝包裝的作業（將產品移出它與同一張採購單其他產品共用的拖車或棧板上固定的位置）。因爲卡車駕駛會沿著規劃好的路線取貨和卸貨，所以 LTL 本來就需要較多人工和機械搬運工作。FTL 通常讓包裝工程師有機會左右卡車裡的堆疊模式，及規劃特定包裝大小來塡滿貨櫃。因爲每種貨櫃類型和尺寸的成本都是固定的，所以有效利用 FTL 和海運貨櫃的空間是很重要的。

對 LTL 而言，拖車內部載運的貨物之間的互動，常常受到以「高承載」節約措施爲出發點的裝載策略影響。高承載是指儘可能在卡車裡裝進最多貨物，以提高點對點的運送利潤。這種方式的主要考量在於，放在產品上方的其他貨物因路面隆起而不斷跳動所產生的動態壓力。其他考量還包括裝載移位和緊急煞車造成的側面撞擊，以及用來防止貨物移動的束縛（綑包、擋桿、繩索等）所造成的擠壓。隨機振動也可能很大，導致堆疊傾倒和（或）外部圖案因振動而磨損。

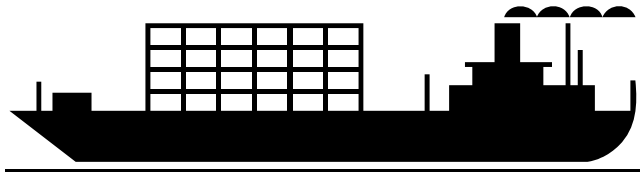


鐵路運輸

遍及全世界的鐵路運輸，在低成本的地面貨物運輸方面佔有優勢。會以鐵路運送的貨物多半是煤、油、石頭、礦砂等所謂「散裝」商品，因爲不必包裝即可搬運。鐵路運輸經常是產品運往客戶途中的一段運送過程，但因爲大部分客戶沒有私人的鐵路支線，所以最後一段路程還是必須利用道路運輸服務。近年來，越來越四通八達的公路網，使道路運輸可以滿足多種用途，導致利用鐵路運送包裝貨物的方式逐漸式微。爲了奪回市場佔有率，鐵路公司開始利用加掛在鐵路車廂系統上的貨櫃／拖車，讓貨櫃拖車可以放在鐵路車廂的平台上運送。這種火車上有拖車的系統，讓道路運輸公司可以藉此機會，利用鐵路在長距離上的優點。

現代鐵路系統的振動情形很輕微，類似以卡車運送時的主要擾頻範圍，但是沒有 12 到 20 Hz 的頻率範圍（因爲火車沒有輪胎）。振動會傳到貨物，以反應鐵路車廂的車輪與鐵軌之間的互動。振動加速值大約是貨車的一半（0.25g 比 0.5g）。衝擊不是鐵路運輸主要的考量，但是，如果貨物固定不當，還是可能會有動態壓力的問題。影響這些危險強度的因素包括：鐵軌狀況，聯結、分離、停止和起動時的速度，以及左右擺動的程度。

海上運輸



這種模式適合用於洲內和洲際貨運。在不必快速交貨的情況下，可以選擇海上運輸做爲運送過程中的一段。就像鐵路運輸一樣，較常選用海運方式運送的貨物是「散裝」商品。有些船舶就是專爲運送油、礦砂或穀物等散裝產品而特別訂製的。主要港口城市之間行駛貨櫃輪的情況越來越普遍。這種船舶是專爲運輸「海運貨櫃」而設計的，貨櫃大小類似貨櫃拖車，但是沒有輪子。使用海運貨櫃讓包裝工程師可以有機會設計包裝，來將貨櫃「切成小方塊」，形成類似 FTL 的狀況。如此講究容積密度，可以節省可觀的支出，因爲海運的計價方式通常是不滿一隻貨櫃時依照體積計價，滿載時則依照特定貨櫃尺寸固定收費。

相較於其他運輸模式，海運（不論是內陸水道或航經海洋）所產生的一般衝擊和振動危險相對較低。要耽心的危險主要有三種：

- 長時間曝露於高溼度（高達 100%）。
- 在海運貨櫃中，可能發生高達 102 英吋（259 公分）的堆疊高度所產生的壓力。而且，散裝貨物（裝在非貨櫃化的貨艙中）的堆積高度可能高達 16 英呎（5 公尺）到 29 英呎（9 公尺）。
- 來自引擎和推進器的輕微振動。

在內陸和港口航行時，船隻在與狹窄的水門、運河護岸和碼頭接觸時，可能會承受一些撞擊。而在大海航行時，船隻可能左右搖晃和上下顛簸，使裝載移位，導致對貨物造成側面撞擊。有些貨櫃會在碼頭裝貨，這時候，包裝可能接觸到雨、雪和其他氣候風險。貨櫃的裝卸也會對貨物帶來相當大的衝擊。

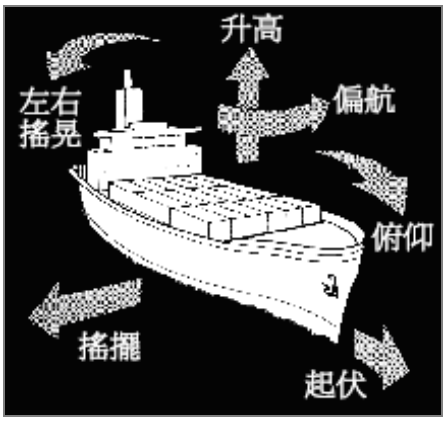


圖 5.　運動定義

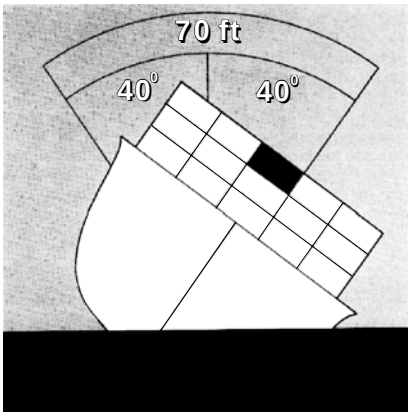
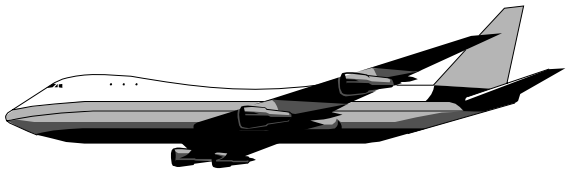


圖 6.　典型的船隻左右搖晃

航空運輸



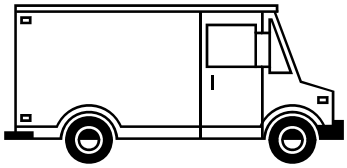
這種運輸模式提供最快速的送貨方式，但最後還是必須利用其他模式的戶對戶配送服務，將產品交給客戶。航空運輸的價格昂貴，因此通常僅用於可藉由快速送貨而獲利的貨物。空運的貨物是由專用的貨機（稱爲貨運運輸機）或大部分廣體客機運送。貨運運輸機可容納大量貨物，堆疊在特殊的「空中貨物棧板」上，另外還有各式各樣空運貨櫃，可裝運包裝好的貨物。下層貨艙服務通常比上層貨艙服務便宜，送貨時間也比較快。除了一般的貨運運輸機外，廣體客機也可以在客艙下層，運送大小有限的貨櫃和裝在貨艙中的零散貨物。

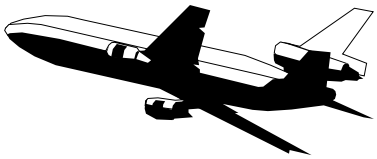
如果預期經常會以空運方式運送多件產品，則設計符合空運棧板尺寸的包裝大小和棧板樣式，可降低損壞的風險。當數量不夠裝滿整個棧板時，可交給運輸業者託運。這時應該考慮一家在空運整合方面有經驗的業者，因爲他們可以提供送貨上飛機前，在空運棧板上或貨櫃中備貨的服務。設計空運棧板裝載時有一些應做和不應做的事項（如表 2 所列）。

表 2.　空運時應做和不應做的事項

應做	不應做
製作有角落和邊緣保護的棧板裝載。	讓產品懸垂在棧板裝載上。
使用雙向帶綑紮（推拉時會使裝載樣式保持原狀）或使用收縮膜包覆。	使用抗壓值低的包裝箱。要預期會有沉重的貨物疊在產品上。
充分利用所有可用空間，以免其他貨物被放在裝載內部、四周或上方。	

飛機引擎產生的振動頻率通常比較高，範圍一般介於 100 Hz 到 500 Hz 之間，但能量含量非常低。這不是太大的問題，因爲包裝材料通常會減弱這個範圍的擾頻。有些飛機貨艙未加壓或保溫。未加壓、未保溫的貨艙可能對貨物造成威脅。如果貨艙沒有溫度控制，16,000 英呎（4.88 公里）高空的溫度會比海平面的 100°F (37.8°C) 上下低約 50°F (10°C)。當產品突然曝露在較潮濕的溫暖狀況時，快速的溫度變化可能導致水滴凝結在產品上（可能造成腐蝕）。這些威脅對於某些種類的貨物而言非常嚴重，必須透過包裝方式予以減輕。空運貨櫃的形狀通常很奇怪，所以要知道飛機的高度限制。如果棧板裝載太高，可以預期棧板裝載會被分解，由人工以任何座向搬運和擠壓，以便塞入貨艙空間。可用來卸貨和重新裝貨的時間很短。可用空間被充分利用，讓每班飛機可以賺到最高的收入。因爲時間和空間非常寶貴，所以運輸公司的搬運方式會比其他運輸模式粗魯。





快遞送貨服務是貨運業成長最快速的業務之一。這類服務結合了陸空運輸，可在不到幾天的時間內將貨物送到世界各地。這類服務是用來快速處理大小和重量有限的貨物。表 3 列出這些限制。

表 3. 快遞服務參考表

聯合最大尺寸 =	周圍 + 長度或寬度中較大者		
周圍（參閱圖 4.6）=	2*寬度 + 2*深度		
	最大值	最大值	最大值
	重量	聯合大小	尺寸
	磅 （公斤）	英吋 （公分）	英吋 （公分）
聯邦快遞 (FedEx)： http://www.fedex.com/	150 (68)	165 (419.1)	119 (302.3)
優必速 (UPS)： http://www.ups.com/	150 (68)	165 (419.1)	108 英吋 （270 公分）
美國郵政局： http://www.usps.com/	70 (31.8)	108 (274.3)	45 (114.3)
DHL： http://www.dhl.com/	無	無	無
EMERY： http://www.emeryworld.com/	無	無	無
民用航空公司	72 (32.7)	62 (157.5)	無
美國航空 http://AACargo.com/	（托運行李的限制）		
三角航空 www.deltacargo.com	（托運行李的限制）		
聯合航空 www.unitedcargo.com/	（托運行李的限制）		

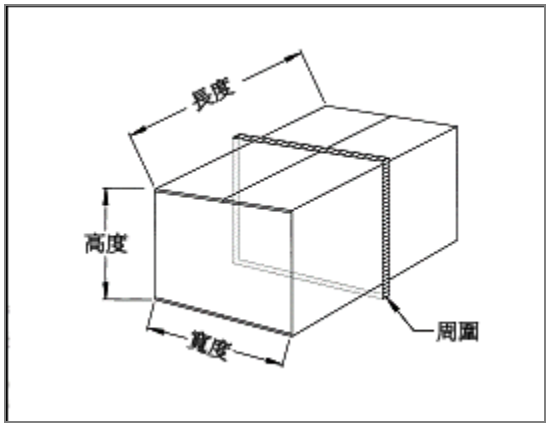


圖 7. 包裝箱尺寸定義

固有的風險 - 快遞

這種運輸模式固有的風險是衝擊、振動、氣候條件和分類活動。分類活動包括輸送帶系統可能造成的損壞。搬運人員通常會注意容易發生意外的包裝。這包括內容似乎未固定的包裝，和被視爲「無法輸送」的包裝。「無法輸送」包括圓形或其中一個尺寸超過上限的包裝。無法輸送的包裝會用手推車進行特殊搬運，將它們從一個目的地送到另一個目的地。貨物依大小和重量分類。「堆高機搬運的產品」用來描述既大（長度加周圍超過 457 公分）又重（超過 68 公斤）的貨物。「人工搬運的產品」則用來描述體積小、重量輕的貨物。

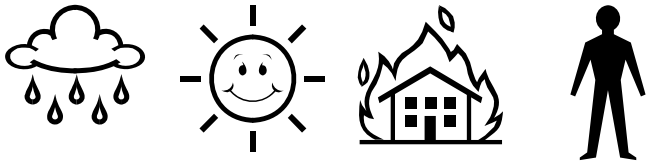
表 4. 快遞服務建議實務

	機械搬運	**人工搬運**
材料搬運基本原則：	用標準堆高機和棧板起重機	由一、兩個人搬抬
表面承受重量：	每平方英呎必須小於 100 磅 (4788 N/m^2)	不適用
地址標示：	每一件包裝內外都要清楚持久地標示託運者和收貨者的名稱和地址。	
包裝形狀：	不要運送形狀不規則的包裝。棧板裝載最上方要整平。	將形狀不規則的包裝再裝進另一隻包裝箱裡。
封箱和固定：	不要將包裝散放在墊木上運送，要用束帶、收縮膜固定。綑包部分要遠離棧板開口處，以免被設備的鐵叉戳破。	不要使用細繩、粗繩、家用玻璃膠帶或掩蓋膠帶封箱，要使用封箱膠帶（塑膠或強化紙）。

棧板：	要使用符合包裝底座大小或包裝分層樣式的墊木。	不適用
有輪子的包裝箱：	不要運送有輪子的包裝，因爲它們可能超過地板的承受重量，並撞上其他貨物。要將有輪子的包裝固定在墊木上、封在箱子裡或取下輪子。	
槽狀集裝箱：	不要運送有腳、支架或套疊裝置的包裝，因爲它們可能超過地板的承受重量，或刺穿 ULD 集裝箱、其他包裝或設備。要將這些包裝放在墊木上、封在包裝箱／木條箱裡或取下腳、支架或套疊裝置。	
集裝箱密封：	密封時不要跟箱蓋接縫垂直，要沿著箱蓋接縫密封，而且每一邊向下幾英吋。	
包裝箱材料：	不要超過包裝箱製造者許可上的毛重限制。	

當包裝透過快遞服務配送網路運送時，它會經歷各種不同強度的衝擊和振動，也可能隨時曝露在氣候條件下長達數小時，包括卸貨、重新裝貨時被置於飛機外，以及卡車送貨時。在事先策劃的地點，包裝會由人工和輸送帶系統一起進行搬運和分類。這種利用輸送帶系統將貨物輸入、分類再輸出的方法，是所有快遞服務倉庫常用的貨物處理方法。

第 4 節：配送風險



一般風險可分類如下：

搬運（裝／卸、衝擊、振動）
倉儲
氣候
生物
污染

搬運

配送鏈中處處都會發生這種活動。與這種活動有關的風險強度，有一部分取決於包裝的大小和重量，以及可用的搬運設備。

在已開發國家中，因爲比較常用機械搬運裝置，而且習慣將貨物組裝成單元或裝進貨櫃裡，所以這類風險會降低。拆開散裝裝載所帶來的損害風險最高，因爲這項活動是由人工執行。

裝、卸和分類時會遇到的主要危險，是貨物墜落或拋接時產生的垂直和水平衝擊。墜落高度測試限制就是反映這種危險。

氣缸搖擺、滾動、貨物拋接時，以及用堆高機排列的貨物在推、放時，會產生水平撞擊。

搬運設備（如爪、勾、網或叉）造成的刺穿、鉤破或擠壓是可能發生的其他風險。這些屬於特例，未必能夠避免。

輸送帶系統上的衝擊和振動

衝擊：衝擊發生在裝卸貨物和使用輸送帶時，例如放上輸送帶、碰到分流器以及在集貨點碰撞其他包裝等。從飛機和卡車上卸下包裝，準備放上輸送帶時，包裝可能會被粗魯的搬運。有時候，包裝搬運工會將包裝丟進手推車或輸送帶上。在快速處理貨物的過程中，丟擲幾英呎的距離，和從各種不同高度墜落，都是經常發生的狀況。

振動：來自輸送帶的振動可能由幾個因素造成，但是都不會嚴重到損壞包裝或產品。最普遍的因素包括：

1. 滑車不平衡。
2. 鏈輪上的滾子鏈條未完全對齊。
3. 連接減速機的直軸未正確對齊。
4. 輸送帶邊撞擊承載滾軸和支撐桿。

與分流器葉片相撞：包裝會由固定角度的葉片和推／拉分流器轉出輸送帶。

1. 固定角度的葉片（圖 8）- 在輸送帶上輸送的包裝會撞到固定的分流器，而且分流器會與輸送帶的運行方式呈某個角度。當包裝撞到分流器葉片後，它會被帶出輸送帶，送到滑坡或另一條輸送帶上，做進一步的輸送。對包裝的撞擊取決於輸送帶的速度、分流器的角度、包裝的反彈力和重量。

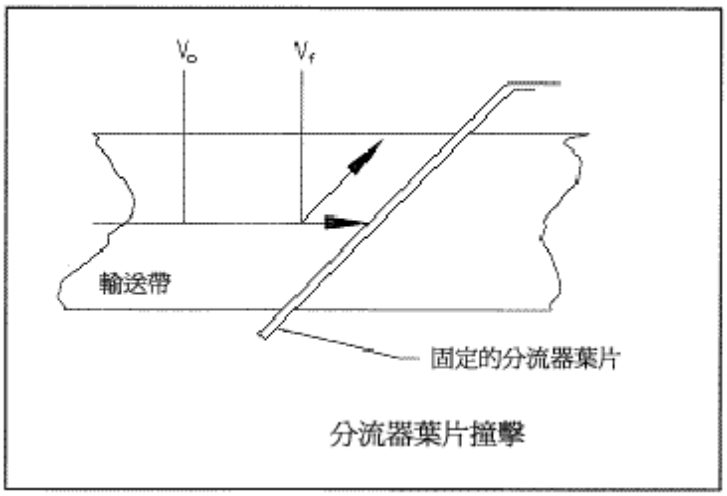


圖 8.

2. 推／拉分流器（圖 9）- 分流器可能只會將包裝推出輸送帶。分流器和包裝之間的撞擊力取決於輸送帶的速度、包裝的重量、分流器接觸包裝時的速度和分流器葉片的表面（裸露或有襯墊）。

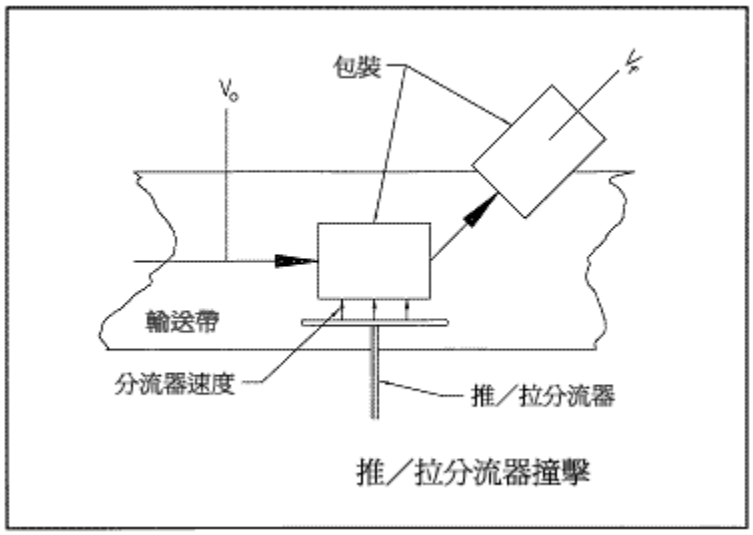


圖 9.

當包裝由滑坡和滑槽向下移動時，與其他包裝相撞：在輸送帶上，包裝經常會利用從高層到低層的弧形滑槽往下滑，藉此來轉彎。在加工倉庫中，空間通常是寶貴的商品。滑坡越陡，佔用的空間越少。可是滑坡越陡，包裝下滑時的加速度就越快，當它積在滑坡底下時，對包裝本身和其他包裝的撞擊力道就越大。因此，滑坡的下降角度通常限定在 18 度左右。如果下降角度必須大於 18 度，則多半會使用限速調節裝置。在滑槽上，可以使用減速滾輪來減慢包裝的速度。這些滾輪上裝有煞車，所以當包裝通過滾輪上方時就會減速。

倉儲風險

包裝（有時是產品）壓縮是堆疊造成的主要危險。這種危險的嚴重性受到堆疊方式、保持堆疊的時間、相對溼度和溫度影響。如果地板、棧板（導致堆疊傾斜）或層架（導致集中擠壓底面積的一小部分）的支撐不平均，可能會增加危險。倉儲區未必有空調。要預期棧板裝載堆疊高達 180 英吋（457 公分），且長達 6 個月的時間。熱帶地區或夏季的貯藏室很可能會超過 80% 的溼度。

氣候風險

如果倉庫或貨櫃內沒有空調，貨物可能發生過熱、結霜和潮濕（凝結）等問題。不管瓦楞紙箱的設計有多完善，溼度太高都是影響瓦楞紙箱抗壓強度的最嚴重威脅。研究顯示，周期性的溫、溼度變化可能嚴重影響紙箱的抗壓強度。與外在氣候有關的危險有幾種，包括降雨（雨、雪或其他各種降雨變化）、溫溼度（盛行、多變且具有周期性）以及光線或太陽輻射。液態的水可能以雨、凝結或船艙發汗（船隻冰冷牆面上的凝結）形式呈現。

溫度（不論過高或過低）和巨幅起伏的溼度可能損壞某些貨物。在卡車中、小倉庫裡被太陽直射，或接近暖氣和鍋爐，可能導致周遭氣溫太高和起伏太大。美國政府針對貯藏在亞利桑那州沙漠地帶的卡車貨櫃所進行的研究顯示，內部氣溫可能在短時間內飆高到 150º F (65º C) 以上，而且每天有長達 7 個小時的時間超過 130º F (54º C)。周遭空氣或運輸途中的風可能導致低溫。太陽輻射或光線照射（通常是紫外線）也可能導致敏感的零件發生化學變化，而對某些貨物構成威脅。輻射也可能導致印在紙箱上的圖案褪色，和造成厚紙箱中的氫鍵變弱，也會使木製集裝箱彎翹。

最後，大氣中水蒸氣的多寡會導致貨物調整其水分均衡含量。這可能表示增減水分含量到大氣中。鹹的海水也可能左右開始腐蝕的時間。這個問題可能要用乾燥劑來抑制。有些 ESD（靜電放電）包裝材料的特性也會因溼度極高或極低，反而受到影響，所以在包裝 ESD 敏感零件時，必須格外小心。

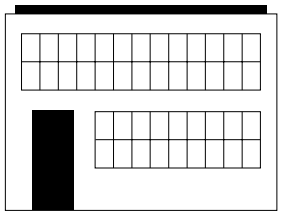
了解影響產品和包裝的所有氣候風險是很重要的。因爲氣候因素所造成的包裝損傷必須事先預防，並利用包裝設計予以補償。在其他測試方法中結合氣候性的變數是很好的主意。

生物和群居風險

生物風險可能極小（如細菌、黴菌和真菌）也可能極大（如昆蟲、囓齒動物或人類）。微型風險通常需要有利於微生物生長的氣候條件，一般包括溼度高於 70%，和溫度介於 68 到 86 °F（20 到 30 °C）之間。針對昆蟲的巨型風險，一般需要高於 50% 的溼度條件，而且溫度介於 59 到 86 °F（15 到 30 °C）之間。囓齒動物帶來的巨型風險需要適當的食物來源或築巢材料。而當保全不足這一類業務環境助長試用、偷竊或竄改貨物等情況時，人類構成的巨型風險就會越來越普遍。對於國際貨運，海關人員有權檢查和（或）扣留包裝。檢查可能包括打開（有時候會損傷或破壞）包裝。其他人爲風險還有保護貨物遠離無人監督的小孩，尤其是某些類型的產品（例如，玩具、電子遊戲機等）。

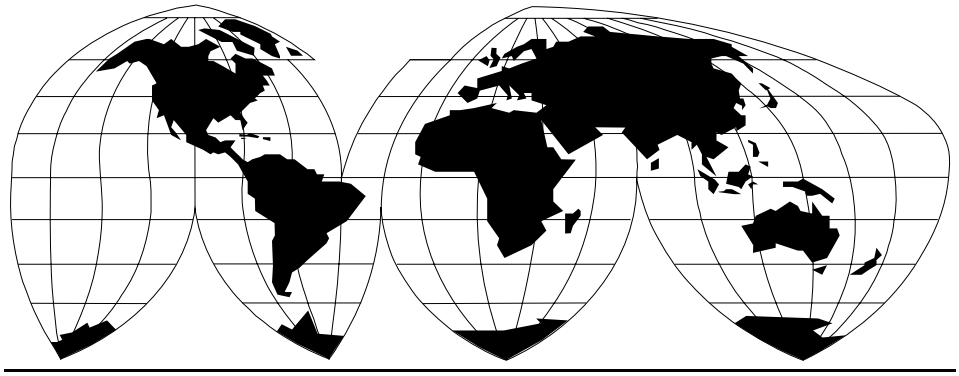
污染

污染可能因爲接近其他貨物或大氣條件而產生。污染可能來自濺灑的液體、外來的氣味、懸浮的化學物質、電子放電、離子化的輻射、磁場放射和灰塵。

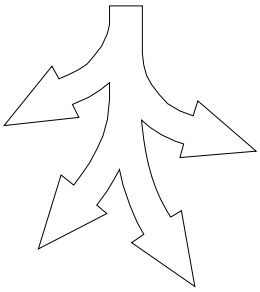


第 5 節：配送通路

了解配送通路是爲包裝產品擬定有效測試計畫的重要步驟。



產品會通過配送通路，從生產的工廠送到使用者手上。有時候，產品在具有最終產品的完整價值之前，會有不止一個製造地點，而且產品可能經過多次搬運後，才會送到使用者（主要客戶）手上。有各種運輸模式可用來將產品送交給使用者，不同配送通路會對產品造成它特有的「風險」。以下三個因素會產生不同強度的危險：季節、地理位置和運輸模式。包裝設計必須經過測試，以確定能夠保護產品抵禦這些風險。要問的問題包括：要用飛機、火車、卡車或船隻運送？產品會不會個別裝在棧板上？包裝會用人工和（或）機械搬運嗎？



指明配送通路

爲了了解配送通路，您必須諮詢兩個來源。第一個來源是行銷部門，以取得下列資料：目標市場、銷售方式、配送通路和客戶背景資料。背景資料中應該指明主要使用者、代理商網路、VAR（加值經銷商）和零售店。

知道客戶在哪裡，以及每個地區、代理商或零售商預期會有訂購數量。這樣的行銷資料有助於了解產品要運到哪裡，和運送的數量。運送的產品數量對於產品的包裝、搬運和運輸方式有重大影響。

第二個資料來源是物流（運輸、配送或出貨） 部門。他們會規劃和轉包各種運輸服務，來將產品送交給使用者。考慮過「對象」和「數量」等行銷資料後，接著要取得最後一片拼圖：「運輸模式」。配送計畫必須根據「時間」和「成本」來擬定。有些公司要求在 4 天內將產品送到客戶手上。這個時間規定加上要運到客戶當地的產品件數，將會影響選擇陸路、海運或空運的決定。低於卡車載重量 (LTL) 的少量產品會比滿載 (FTL) 數量花費較長時間來運送，因爲滿載可以直接點對點運送，而 LTL 模式則要在卡車停靠站多次轉運（拆開散裝包裝），經過幾次改道之後才會送到客戶手上，導致增加了搬運次數，而且必須提高包裝的保護能力。

了解要用的配送通路對於挑選正確的測試項目很重要。爲了解說如何選擇測試項目，以下介紹三個配送通路的案例。

生產地到客戶

直接送貨給客戶的配送通路雖然比較容易定義，卻不會比更複雜的配送通路單純。這種通路通常必須將個別包裝的產品，從生產地直接送到客戶所在地。這種產品符合哪一種運送單元分類？客戶是誰？客戶長住在哪裡？很遠（全球配送）還是在本地（區域配送）？

生產地到配送中心再到客戶

這個案例比較複雜，包含比較多的搬運周期和倉儲風險。倉庫的搬運、貯藏和取貨活動會爲產品帶來更多潛在危險。要問的問題包括：這種產品符合哪一種運送單元分類？客戶是誰？客戶長住在哪裡？很遠（全球配送）還是在本地（區域配送）？產品可以在配送中心停留多久？配送中心的貯藏條件（堆疊高度、溫度、溼度等）如何？配送中心會不會將產品從包裝中取出來，進行一些加值服務？地方化工作是不是將會透過包裝箱的長孔執行？可不可能必須將產品從包裝中取出來，進行修改？會不會將個別包裝從配送中心送到客戶家中？

生產地到公司配送中心到客戶配送中心到店面再到客戶

這個案例是典型的「零售」或「消費」市場。產品會十足承受複雜、多次搬運和貯藏的情境。最開始要了解這種產品符合哪一種運送單元分類？產品在通過配送通路的過程中，可能會符合幾種不同分類。每個配送中心有什麼倉儲風險和限制？每個倉庫的搬運、貯藏和取貨活動將會增加產品必須忍受的時間和風險。產品可以在每個配送中心停留多久？配送中心的貯藏條件（堆疊高度、溫度、溼度等）如何？產品能夠承受嗎？一般的「店面」條件（貯藏、展示、送貨服務等）如何？客戶是誰？客戶如何將產品帶到操作地點（住家或公司）？產品單位是不是只會以棧板數量運送，或是包裝最後會個別運送？

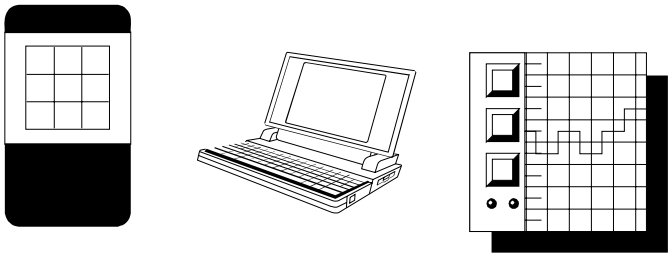
其他配送通路

您要知道還有其他配送通路。

「到府」(Drop Ship) 服務是指製造商將產品從生產地直接送到客戶所在地或指定地點，如門市和維修站。起點和終點幾乎可能在全世界每個角落，而且可能用到任何運輸模式和多個轉運點。「到府」服務可包含單包裝或散裝包裝。在「交換」過程中，代理商或客戶有時候必須取得包裝材料，並選擇運輸模式來將產品退還指定的維修點。這可能導致各種不同的包裝和運輸模式，包括一般運輸公司和快遞服務（如 UPS 或 FedEx)。在開發中國家，這一點要特別注意，以確保產品受到適當保護。透過協力的快遞服務，將整件產品從客戶當地送到維修站，再送回給客戶的情況越來越普遍。有時候，轉運點只是市中心鬧區某條街上的一個投遞口。要維修的產品多半會用汽車、廂型車和貨車在客戶所在地與取貨／交貨點之間運送。

請與支援部門密切合作，以了解如何儘可能確保補充零件、更換組件和整件產品安全又經濟的包裝。

第 6 節：測量環境



在開發包裝設計和測試策略時，務必要了解配送環境中發生的風險與這些風險對產品造成的影響之間有什麼關係。利用攜帶型儀器測量配送周期，可以提供詳細、具體的資料，以了解作用在包裝產品上的風險強度。這些記錄器能夠取得衝擊脈波資料，並計算脈波的推算墜落高度。在使用受制約的（完全受到管理的點對點送貨）配送通路時，這些記錄器最有用。利用記錄下來的資料，可以使包裝設計盡善盡美，以通過一個根據所記錄的資料量身訂製的測試計畫。本手冊中的測試限制，有一部分就是根據使用攜帶型儀器測量的環境資料所發展出來的。

設備

有多家公司已經開發出整裝儀器，可以測量墜落高度、衝擊值、溫度和溼度。目前（2005 年）有兩家公司是公認技術領先的公司。要取得最新的產品資料，請洽詢：

Lansmont Corporation
Ryan Ranch Research Park
17 Mandeville Court
Monterey, CA 93940-5739
電話：831.655.6600
www.lansmont.com

Instrumented Sensor Technology, Inc.
4704 Moore Street
Okemos, MI 48864
電話：517-349-8487
傳真：517-349-8469
www.isthq.com

收集技術

擬定環境研究計畫時，必須以不變的基準記錄充足的資料，如此一來，在不同時間於不同情況下取得的資料之間才能做有意義的比較。

有關使用資料記錄設備時應如何有系統的收集和報告資料，請參閱 ISO 4178-1980 (E)「Complete, filled transport packages - Distribution trials - Information to be recorded」。

資料收集注意事項

記錄器到收集的資料可能會引起誤解，所以在設定、收集和解譯資料之前，必須充分了解記錄器收集和儲存資料的基準原則，並諮詢專家，還要知道設備的限制。限制、資料計算不精確和儀器校準的變異都可能使誤差加劇，降低資料的有效性。大部分資料記錄器的一些重要限制如下：

1. 墜落高度計算演算法：確定記錄儀器不會將速度變化視爲向量。正確的作法是，演算法應該依向量方式計入加速度，然後根據產生的脈波判定墜落高度。

2. 「e」的問題：有些儀器會要求使用者提供 e（恢復係數）值。這可能相當危險，因爲 e 與撞擊表面極爲相關。即使 e 值只偏差 .1 或 .2（e 值介於 0 到 1 之間），都可能導致計算的墜落高度出現重大誤差。

$$\Delta V = (1+e)\sqrt{2gh} \qquad \textit{其中 e = 恢復係數}$$

3. 脈波持續時間：大部分記錄器在定義衝擊脈波的持續時間時，會「截去」頭尾 10% 的脈波（以尖峰加速度爲準）。這會造成一些問題。首先，產品／包裝會曝露於所有能量，而不只是截去後剩下的能量。其次是，使用 FFT（快速傅立葉轉換）的篩選演算法會隨資料持續時間而異。如果改變脈波持續時間，在某些情況下可能會在資料篩選後產生引人誤解的資料。

4. 邊緣／角落墜落演算法：測量從邊緣和角落墜落的真實墜落高度非常複雜。角落墜落有三個角度，而邊緣墜落則有兩個角度；這些角度是計算正確與否的關鍵。

5. 取樣誤差：因爲記錄裝置的記憶體畢竟有限，所以只能每隔幾微秒測量一次，之後再用成串不相連的點重新建構出脈波。如果剛好在尖峰前、後進行取樣，可能導致「遺漏」脈波的尖峰。依收集的頻率而定，這可能造成重大的誤差。

6. 加速計誤差：每部加速計都會有準確度誤差和和橫向靈敏度誤差。即使誤差值只有 2-5%，都可能使誤差加劇，而產生造成誤解的資料。

爲了獲得最正確的結果，請選擇使用「Zero G」頻道的資料記錄器。「Zero G」頻道記錄器會根據包裝自由落下時感應到的時間長度，計算墜落高度。到目前爲止，這是市面上最精確的記錄器。但是，即使這種記錄器也有其限制，例如不指出包裝是否以自由落體形式墜落，或是否受到側面撞擊。

第 7 節：合格標準與測試水準

產品和包裝系統所提供的產品保護和貯藏完整性，必須達到令人可以接受的程度。這一節的範圍是要爲包裝工程師和產品開發小組提供一個基礎，來界定構成包裝和（或）產品損壞或故障的條件是什麼，並引導他們訂定測試水準。

這一節說明的合格標準和測試水準，是要引導產品開發小組逐步完成擬定包裝效能準則的程序。爲了確保包裝產品能夠承受粗魯的搬運，所以必須訂定適當的測試水準，使產品損壞減到最低。如何決定適當的測試水準，有時候是很複雜的業務決策。

這一節的目標在於指出一些開發包裝效能的合格標準和測試水準時必須考慮的關鍵因素。針對特殊市場或配送通路進行設計的產品開發小組最好修改下文中的清單，以包含對其產品特別重要的其他因素。

合格標準

負責的工程部門必須在測試之前訂定合格標準。合格標準必須適合其目的，並考慮到最終客戶收件時，產品和包裝必須保持的狀態。建議您針對包裝測試時發生的損壞，比對已知交貨歷史的實際配送／搬運產品時發生的損壞，來比較損壞的類型和數量，或是比對類似集裝箱的測試結果。您也應該建立損壞水準（也就是損壞數量佔送貨數量的百分比）或其他財務模型。

一般的合格標準範例如下：

標準 1 - 產品毫髮無傷，而且可以依照規格運作。
標準 2 - 包裝仍然將產品固定在原位。
標準 3 - 外表未受損。

一般而言，適當的合格標準表示在測試完成時，集裝箱的內容適合正常銷售和使用。詳細的合格標準可能允許產品或包裝有指定程度的損壞。合格標準的形式和內容會隨特定情況而大有不同。從簡單的通過／失敗判斷，到高度定量化的計分或分析系統，方法不一而足。

<u>產品損壞</u>　產品損壞可爲導致產品不符合效能測試規格和（或）外表損壞導致無法銷售給客戶的任何狀況。建議您在生產時要使用與最後檢查時相同的標準，來界定外表損壞。

因爲測試準備（例如固定機械、使用儀器和事前搬運）而造成的外表損壞不應該被視爲失敗。

結構損壞可定義爲任何零件脫離、鬆開、破裂或變形，其嚴重程度已超出生產容許值。不能因磨損而產生傳導分子。總而言之，產品在測試後應該符合所有產品說明單和生產規格與容許值。

包裝損壞　包裝的目的在於吸收或減輕環境所添加的能量，以承受正常的損傷，並保護產品維持原始未受損的狀態（依合格標準的定義）。因此，包裝有些許損傷是可預期，也是可接受的。不可接受的包裝損壞包括（但不限於）：(1) 包裝的任何狀況改變，導致產品受損，(2) 包裝無法將產品固定在預期的位置，(3) 外表或結構損壞，導致必須在配送者當地重新包裝。請參閱表 5 的範例。

表 5. 集裝箱類型損壞的合格標準範例

運送 單元類型	損壞 位置	不可接受的 包裝損壞	範例	可接受的 包裝損壞	範例
第 1 類（小包裝產品）	集裝箱（外部）	- 範圍大到不再能夠容納或支撐產品的任何破裂。 - 造成棧板裝載不穩定的壓縮損壞。 - 無法關閉，使得一或多個箱蓋會自由開啓或無法支撐產品的重量。 - 嚴重破壞外表或美觀。 - 承載裝置的紙箱破損，造成安全危險。	- 膠合處裂開，露出裡面的內容。 - 紙箱被壓扁，導致棧板裝載不穩定。 - 膠帶、彈簧鎖或鉚釘失效，導致集裝箱受損。 - 分層、褪色或產品圖案難以辨識。 - 手孔或把手失效。	- 撞擊角落的邊緣局部破裂。 - 壓縮損壞，但棧板裝載仍保持穩定。 - 撞擊區域局部無法關閉（紙箱仍然能夠有效關閉）。 - 因爲搬運撞擊造成的凹痕、髒污、小洞。 - 承載裝置的紙箱撕裂或破裂，但結構仍保持完整。	- 邊緣或角落有局部的小裂縫／破裂。 - 輕微的壓縮，但內部的包裝或產品支撐，或角落襯墊和收縮膜仍然能夠支撐。 - 膠帶沿著底部邊緣裂開。 - 角落凹陷、箱蓋不乾淨、紙箱局部有小洞。 - 把手角落撕裂。
	襯墊（內部）	- 膠合處或表面破損，導致內裝失去原始配置。 - 材料斷裂或變形，不再能夠將產品固定在原位。 - 產品被襯墊污染或磨損，導致外表或功能出現瑕疵。	- 覆膜材料分離。 - 襯墊質變，導致無法將產品固定在預期的位置，或襯墊無法繼續發揮保護的功能。 - 產品材質被泡棉粉末耗損和污染。	- 斷裂或永久變形，但仍然能夠將內裝固定在原位。 - 產品被襯墊污染，但沒有造成外表或功能瑕疵。	- 稜線有裂縫、被壓扁。 - 產品上有零散的泡棉顆粒或紙漿纖維。

第 2 類（大型單件產品，裝在棧板上）	外部	- 棧板無法作用。 - 收縮膜、束帶、夾子或綑包破裂。 - 螺絲釘、固定系統或架構棧板所用的其他硬體破裂，導致超出可使用的功能或對人構成威脅。	- 突出的釘子或螺絲釘，或是尖銳的木片。	- 木製部分裂開、有裂縫或破裂，但未損及功能。 - 收縮膜、束帶或鉚釘鬆脫。	- 縱向加強條或擋塊破裂。
	內部	- 同第 1 類的內部。		- 同第 1 類的內部。	
第 3 類（多件產品組成一個單元）	外部	- 同第 2 類的外部。 - 組成單元的方法（例如，綑包、包覆收縮膜）讓個別產品可以離開裝載。 - 滑拖板無法使用。	- 因爲標籤毀損、產品移位，導致滑拖板無法使用。	- 紙箱或裝載移位，導致紙箱邊緣不再對齊，但裝載配置依然穩定，可以運輸。 - 滑拖板磨損、彎曲或捲曲，但依然可以使用。	
	內部	- 同第 1 類的內部。		- 同第 1 類的內部。	

註：對一隻集裝箱累積進行測試，可能導致不可接受的損壞。要記住，不太可能有任何一隻集裝箱會經歷這一系列測試的所有配送元素，因此，工程師應斟酌，是否能在測試中途更換幾次包裝材料；也可以更換產品。例如，可以使用新的包裝箱和襯墊來測試正面墜落、角落墜落和邊緣墜落。

測試水準

測試強度的建議值是以包裝類型和配送風險機率爲基礎。如果建議值對產品已知的配送通路而言太溫和或太嚴格，您可以選擇較高或較低的保證等級。請注意，使用比較嚴格的測試水準可降低風險發生機率，但通常意味著較高的包裝和物流成本。

範例如下：

1) 隔夜速件環境。有證據顯示，70 磅（31.75 公斤）重的包裝可能從 36 英吋（91.44 公分）的高度墜落，也可能連續曝露在氣候條件下長達數小時。

2) 第三世界國家。由於缺乏良好的道路和機械搬運設備，產品可能以任何座向運輸，甚至利用動物拉車或人力車，因此，應該提高所有測試水準，而且要以每種座向測試包裝產品。

3) 單元化／疊棧的裝載。因爲不會單獨搬運個別產品，單獨墜落的機率也很低，所以，可以降低墜落水準。

封面					
日期：		**單位數：**			
產品：					
序號：					
實體名稱與號碼：					
階段：		生產：		實驗室：	
執行者：					
要求測試者：		分機：			
產品質量：					
（勾選一項）		第 I 類 - 產品已包裝，但未裝在棧板上			
		第 II 類 - 單件產品裝在棧板上			
		第 III 類 - 多件產品疊在棧板上			

測試項目

隨機振動		滾動撞擊	
正弦振動		斜坡空間	
撞擊		溼度／溫度	
抗壓		滑拖板標籤	
穩定性		實地運送	
翻倒		海拔／減壓	
側放		雨淋	
綑包		其他	

測試目的

（進行這些測試的原因）

.

失敗定義

（成功或失敗的測量方式）

<u>產品失敗</u>

<u>包裝失敗</u>

變異和附註

撞擊測試如下：

1. 每件產品測試以 6 面墜落。泡棉會更換。

摘要和結論

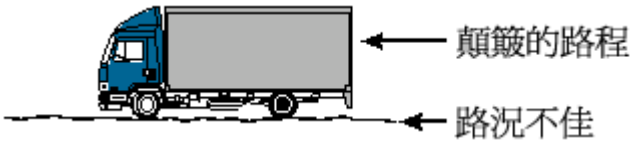
（是否符合測試目的？／下一個步驟是什麼？）

圖 10. 測試報告表單範例

第 8 節：測試原理與含義

這一節說明測試與限制的原理。每一種測試類型都包含下列項目：

測試的原理
真實狀況
測試模擬的情境
應執行測試的原因
測試與真實事件的比較
測試與真實事件的比較 - 歷史記錄



隨機振動 - 建議執行

測試的原理：所有包裝產品都會經歷某種形式的運輸和搬運，所以會承受某種程度的隨機振動。產品可能因爲彈簧／質量元件激起的共振頻率振動、速度相依元件的疲勞和表面零件的磨損而受損。振動也可能使堆疊裝載分離，導致產品移位，甚至從堆疊上掉下來。運輸過程中發生的大部分（即便不是全部）振動並不是由純正弦波組成，其中也有一些「隨機」混合的頻率和振幅。隨機振動測試可用來觀察產品內／外元件與包裝產品的互動。

真實狀況：用卡車、飛機或火車運送的產品會經歷幾種來源的振動，包括馬達、輪胎、路面等。當產品通過配送通路時，包裝／產品會承受許多不同頻率的振動。這種現象只要稍微研究一下運輸環境就顯而易見。用卡車運輸時，主要振動來源包括懸吊系統、卡車車體、輪胎和路況。航空運輸的主要振動來源是引擎和輪胎。火車的振動則源自懸吊系統、鐵軌配置和鐵軌狀況。一般而言，振動的所有初始來源會以輸入來源（例如，駛過坑洞）爲基礎，依指定的順序同時激起。雖然振動的來源和頻率或多或少是可預測而且已知的，但是跟純正弦波相比，這些頻率合併的效應會產生「隨機的」訊號。無論如何，要記住一個重點，就是在隨機訊號底下，幾乎總是有數個主要擾頻範圍。就卡車而言，因爲有懸吊系統、輪胎和車體結構，所以檢查隨機訊號時，會顯示頻率範圍爲 2-7 Hz、12-20 Hz 和 55-70 Hz 的主要振幅。大部分與損壞有關的振動都是這些主要頻率引起的。

測試模擬的情境：隨機振動測試試圖讓產品／包裝承受跟貨櫃托車車斗上相同的振動能量範圍。功率頻譜密度 (PSD) 圖會將頻率和加速度資料輸入控制器，再由它驅動振動桌的底座。藉由在振動桌上測試包裝產品，希望能將真實狀況中產生的相同輸入傳給實驗室中的包裝。

應執行測試的原因：所有產品在運送途中都會經歷振動，所以必須進行測試。儘管有一些嚴重的限制（於下文中說明），但這種測試還是最有用的包裝測試之一。這種測試有助於發掘產品和（或）包裝設計的潛在弱點，並針對配送通路的期望效能提出通過／失敗建議。

測試與真實事件的比較：由 PSD 圖定義的隨機振動屬於加速度測試（有關如何製作 PSD 圖，請參閱附錄 B）。由於 PSD 圖通常是根據某種收集來的資料製作而成，因此訊號本質上就具有某種程度的有效性；即該批貨物的頻率和振幅。用來驅動振動桌的 PSD 圖應該反映特定運輸模式主要頻率附近較高的 G^2/Hz 值。但是，重要的是要記住下列限制：

1. 排除峰值。PSD 圖是使用 RMS Gs（均方根）資料計算得來的（參閱附錄 B），因此加速度尖峰是求訊號（例如，駛過坑洞所產生的衝擊）的平均而算出來的。有些 RV 控制器可以視需要加入這些峰值。

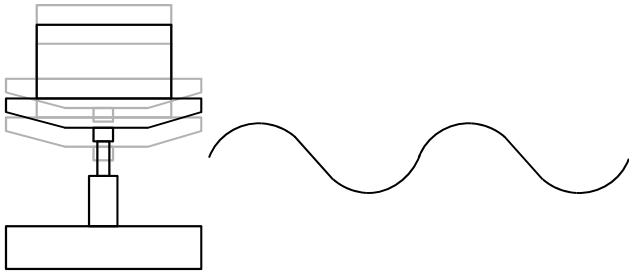
2. 編輯原始訊號。由於隨機振動測試屬於加速度測試，因此會去除原始取得訊號中無變化的部分，只留下程度比較嚴重的衝擊，但這跟實際經歷的情況不一樣。決定去留的部分是很困難的，因爲如果保留 G 值較低的無變化部分，PD（功率密度）的強度會減低。

3. 隨機混合的正弦波。隨機振動控制器不會依照頻率自然發生的順序加以混合。這是因爲 PSD 圖只是「成分清單」，讓控制器知道要包含哪些頻率和振幅，但不會告訴控制器要依什麼順序進行混合，所以混合工作是以隨機方式進行。這一點很重要，因爲有自然的順序，所以振動的每個來源會在同一時間全部激起（駛過坑洞時，會同時激起卡車的懸吊系統、輪胎和車體結構）。因爲是同時激起，所以當控制器進行混合時，會採用相同步調，而非不同步調。

4. 實驗室中的測試時間比較實際裝載時間。究竟在實驗室測試多久才能重現實際的裝載時間，其實這中間並沒有任何關聯。PSD 圖產生方式的本質就排除了任何直接或間接的關聯性。常用來克服這一點的方法，是讓測試時間儘量拉長，直到重現與實地狀況類似的損壞爲止。實驗室可以根據這個結果，開始爲未來的產品設定基本的通過／失敗測試參數。同樣的，包裝工程師應該了解，再現的損壞可能純屬巧合（參閱上一項）。觀念上，我們希望相同的輸入可以再現相同的損壞。

5. 針對特定運輸工具、道路和季節，已有許多現成的 PSD 圖。這三個因素會隨許多變數產生多種不同變化。例如，春天行駛在底特律的卡車，跟夏天行駛在德州的卡車，所經歷的振動程度就不同。因此標準化似乎不切實際。在決定一般的標準化測試方式時，必須挑選「最壞情況」PSD 圖。

正弦掃描振動（參閱 ASTM D-999）
建議執行



測試的原理：

集裝箱共振：在各種運輸模式中（尤其是卡車在公路上行駛時），由於輪胎、懸吊系統和車斗的基本主要擾頻，可能導致持續相當長一段時間產生特定頻率的共振。這種測試也有助於預測紙箱外圖案的磨損問題，以及與振動引起的磨擦有關的其他問題。這種測試很難像一些測試規格所建議的那樣，用來監控產品內部元件的反應（ASTM D-999 不建議使用這種測試分析內部元件，因爲這種測試的目的只在於評估包裝的效能。但是鼓勵用來監控襯墊的反應）。

垂直堆疊共振：這種測試有助於判定多件產品堆疊的裝載中，有沒有共振和共振有什麼影響，以及集裝箱的強度是否足以承受堆疊期間的動態負載。執行這種測試時，可以使用固定在一起的堆疊裝載（使用收縮膜、束帶等），或是零散的裝載，以模擬 LTL（低於卡車載重量）狀況。這種測試也有助於判定堆疊中的單位是不是容易移動，並從堆疊上掉下來。

<u>真實狀況和測試模擬的情境：</u>

集裝箱共振：運輸工具行進時，包裝產品也會經歷來自不同振動來源的共振。頻率幾乎總是不止一種，因此可能激起產品內部的多個元件，及包裝／產品系統。包裝可能經歷磨損和紙箱外部損壞，而且包裝內部的零件也可能因這些振動而損壞。包裝工程師非常重要的一項工作，就是釐清他嘗試用集裝箱共振測試收集的資料內容。如果要監控的是產品內部元件，所採取的作法就跟目標只是監控產品／包裝系統時不同，因爲可能只有產品／包裝被激起而產生共振，但內部元件卻不爲所動（或相反）。此外，監控內部元件也很困難，因爲它們多半體積小、重量輕、容易受到加速計的重量影響，而且在產品包裝後，也很難用目視檢測。隨著失敗模式的不同，適當的停留時間也會不同。

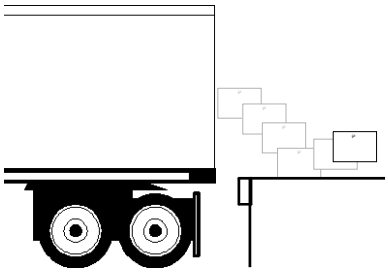
垂直堆疊共振：堆疊的共振幾乎總是或多或少會發生，尤其是在貨櫃拖車的車斗。整疊產品全部翻倒、一些產品從裝載頂端掉下來、包裝跳動互撞，這些都是可能發生的狀況。用收縮膜包覆、用束帶綑紮或是零散的裝載配置，將導致在一些特定頻率以及產品／包裝重量和材料的組合時，堆疊產生共振的傾向會提高。共振堆疊測試有助於預測效能。

<u>應執行測試的原因：</u>垂直堆疊共振測試有助於監測堆疊產品在共振和（或）穩定性問題方面的行爲。最後，這種測試有助於評估振動引起的磨損可能造成的損壞。

<u>測試與真實事件的比較：</u>　停留於特定頻率的根本問題是，它無法說明振動輸入中真實的變異。換句話說，實際的振動輸入是由同一時間的多個頻率輸入所組成。這意味著，停留於特定頻率可能在實際上太嚴格，或在定性上太薄弱。這種測試在實際上太嚴格的原因是，產品／包裝可能不會在一個特定頻率停留太長的時間。回想一下，大部分實際的振動輸入並不是純正弦波，而是幾個頻率的組合。反過來說，如果包裝系統的固有頻率落在卡車三個主要範圍中的任一個範圍內，包裝可能真的會被激發一段相當長的時間。這對於了解包裝／產品系統是否會被這些頻率損壞，相當具有關鍵性。在某些方面，這種測試也被認爲在定性上太薄弱，原因是停留在一個頻率將只會激起相同頻率的元件。但在實際上，許多頻率及其個別元件會同時被激起。這些個別的元件（具有不同的固有頻率）如果夠靠近的話，可能會互撞。這被稱爲「同步共振」。如果只停留在一個頻率，或許不會發掘這種「干擾」可能造成的損壞。

依靠集裝箱共振測試來判定產品元件的損壞還帶來另一個潛在問題。請注意，ASTM D-999 建議不要使用正弦停留測試來測試產品元件的損壞，因爲產品包裝後，很難監測產品內部的元件。

一般而言，這些測試有助於發掘哪些頻率可能導致未固定的堆疊造成損壞，以及評估振動引起的磨擦可能造成的損壞。



自由落體撞擊測試 (ASTM D-775、D-5276、D-1083)
- *建議執行*

測試的原理：

a) 第 1 類包裝：人工搬運的產品在配送鏈的任一點都可能墜落，而隔夜送件服務則是每天要處理大量的包裹，使產品有受到衝擊的危險。因此，包裝工程師需要可再現的測試，來評估襯墊設計的變化，也需要撞擊測試，來評估和限定產品和（或）包裝設計的變化。一般而言，衝擊是產品／包裝完整性最大的威脅。

b) 第 2 類和第 3 類包裝：這兩種產品的重量重，而且體積通常很龐大，必須用機械搬運。因爲自由墜落造成的衝擊威脅非常小，所以必須使用與第 1 類包裝不同的測試。這兩種包裝通常是用推、滑、拖或傾斜的方式搬運。自動化搬移作業可能使產品從低處墜落，或在放下產品時使產品的一個角落或邊緣著地。

真實狀況：

a) 第 1 類包裝：人工搬運會帶來從各種不同高度自由墜落的可能性。搬動產品，或將產品從零售貨架上拉出來時，通常會將產品抱在腰間的高度。隔夜送件服務所用的自動化機械會使用輸送帶，讓產品在集貨站內移動。輸送帶的標準高度大約距地面 36 英吋（91.4 公分），而且大家都知道包裝沿著輸送帶移動時，可能會掉下來。在散裝貨物分裝站也常會進行極端處理，將包裝個別處理，以塞入運輸工具的空間。眾所周知，空運包裹的搬運方式很粗魯（包括丟擲、拋接和擠壓），爲的是要將包裹塞入機腹內窘迫的貨物區。近幾年有多項研究，要量化不同配送通路的墜落高度和墜落次數。雖然各項研究的結論還有待斟酌，但的確證明個別包裝經常受到粗魯的搬運，包括自由墜落。大部分測試標準限制的設定可涵蓋 90-95% 資料範圍的高度。

b) 包裝也可能掉在其他包裝、柔軟的表面和其他造成非平面撞擊的表面區域（角落、邊緣等）上。當墜落環境的變量改變時，對等的減速值也會隨之改變。因此，在實驗室的控制環境中設定的墜落條件（堅硬表面、平面墜落等）未必就是真實配送環境中的狀況，但可以提供可反覆進行的方法，來評估包裝和（或）產品的變化。

根據觀察，包裝幾乎從來不會完全平平地以任一面墜落。這是各種不同因素造成的結果，包括重心和磨擦。在設定測試和解釋測試資料時，這變得很重要，因爲就減速值而言，平面墜落通常代表對產品最壞的情況。實際的墜落幾乎總是包含旋轉，也就是產品會以邊緣或角落撞擊表面。如此一來，產品損壞的部分可能在外殼或塑膠零件，而不是內部元件。這種包裝產品的墜落是隨機的，所以包裝應該保護產品的每一面、每個邊緣和每個角落。包裝可能掉在其他包裝、地面和任何數量的各種不同表面上，因而影響恢復係數、磨擦，進而影響減速和速度變化值。

b) 第 2 類和第 3 類包裝：這兩種產品比第 1 類產品重得多，所以必須利用機械設備搬運。產品會以受控制的方式搬運，所以自由墜落的可能性很低。這兩種產品在送交客戶之前，通常不能也不會從棧板上取下來。所以在通過整個配送環境時，它們都會由棧板起重機、堆高機和其他機械設備搬運。如果堆高機將產品放到地上時速度太快，產品可能會受到衝擊。有時候，在搬運和堆疊這些產品時，會使用實體結構（如桿子、牆面或其他產品）做加強之用。產品會經歷側面衝擊，尤其是在堆高機駕駛坐進堆高機的時候。即使產品或棧板裝載升到很高的高度（例如，爲了堆疊棧板），但產品大體上還是沒有自由墜落的危險。發生被堆高機刺穿、產品或棧板吊在半空中時水壓故障或棧板破損等特殊狀況時，可能造成極端損壞。實際上，包裝不可能有辦法防範這樣的「災難」，除非產品線管理部門原先已針對特殊產品等級，同意做到這一點。

<u>測試模擬的情境：</u> 自由落體測試試圖複製配送通路中正常搬運過程所可能發生的最壞情況。

<u>應執行測試的原因：</u>墜落測試雖然在理論上可以重複，但實際上卻未必能夠重複。就算使用機械化的墜落測試機器，還是不保證可以達到真正的平面墜落，有一部分原因是包裝在墜落裝置中的位置、磨擦等。使用網子和其他升降裝置也會帶來未必能夠重複的狀況。儘管有這些限制，但就算是包裝一點小小的變化，都可以簡單快速的完成評估。墜落測試也爲工程師提供有關襯墊效能以及整體產品設計堅固程度的資料。在可能發生的事件中，衝擊常常是最嚴重的一種，所以墜落測試提供了評估包裝設計的方式。雖然未必所有包裝都會發生自由墜落的狀況，但這種測試代表真實的「最壞情況」，而且藉由包裝方式即可解決。

測試與真實事件的比較：儘管有一些限制，但墜落測試仍然可能是最有用、最直接相關的包裝測試。雖然現實中未必會發生平面墜落的情況，但因爲它在實驗室中相當容易再現，所以可做爲加速度輸入的最壞情況。角落和邊緣墜落可代表速度變化損壞（例如打破塑膠包覆零件）的最壞情況。從測試中可收集到有用的資料，來評估包裝效能（包括襯墊效能和產品衝擊），而且實驗室的結果可用來比對實地的資料。

有些墜落測試規定，如果要通過測試，減速值必須限制在 30 G（或其他 G 值）或以下。雖然用意是要將衝擊局限在產品單位身上，但這不是應該使用的準則。30 G 的限制完全未顧及輸入衝擊脈波的持續時間或波形。例如，拿同樣持續 20 微秒的 30 G 梯形輸入跟 30 G 正弦輸入相比，前者所造成的損壞大得多（增加較多能量）（參閱圖 6.1）。應使用的準則是，對產品單位造成的損壞會不會使該單位變成無法運作，或外表變得令人無法接受。此外，當產品通過墜落測試時，接下來應該盡力量化包裝所提供的安全程度。例如，通過一組 30 英吋（76.2 公分）墜落的產品，是不是真的也能夠通過 48 英吋（121.9 公分）的墜落？這個問題的答案將指出可能使用的過度包裝量。

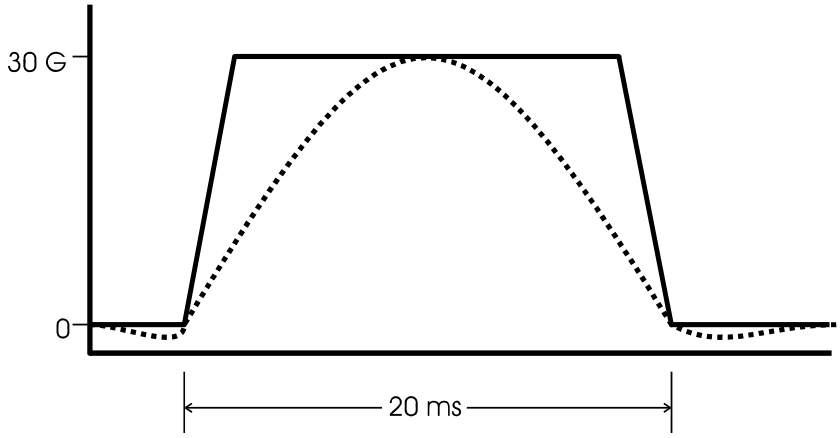


圖 11. 20 微秒的 30G 衝擊脈波

最後，有很多人認爲，只要在衝擊桌上產生跟特定墜落高度的撞擊速度相同的速度變化，就可以在衝擊機器上模擬自由落體測試。表面上的優點很吸引人：只要測量加諸測試樣本的精確輸入衝擊，就絕對可以反覆進行平面撞擊。但其實兩種測試可能產生截然不同的結果。臆測的想法是，衝擊桌會顯現極大的反彈能量，令人將它與包裝產品的襯墊系統聯想在一起。然而如果不用網子罩住包裝，包裝就會被射到衝擊桌上方幾英呎。換句話說，加諸產品的能量與自由落體測試時的能量不同，因爲地板不會往上推，導致包裝反彈幾英呎。在沒有更多研究可評估衝擊與自由落體的關聯前，我們不建議使用衝擊機器取代自由落體測試。

滑拖板裝載 - *建議執行*

測試的原理：要對滑拖板裝載進行測試的原因很多，其中許多跟疊棧且已裝箱的產品（第 2 類）必須接受測試的原理一樣，但爲了因應滑拖板裝載會發生的獨特動態條件，所以多了一些測試和評估。

真實狀況：就搬運次數和裝載堆疊等方面來說，滑拖板裝載的搬運方式和棧板裝載大同小異。主要差別在於加諸在滑拖板上的產品上的動態壓力，尤其是在裝卸壓板上的貨物時，位在最上層和最下層的產品。滑拖板連接裝置在抓住滑拖板裝載、拉到壓板上時，通常要求壓板必須與地面呈某個角度，導致單位彎曲。滑拖板裝載在這個移動過程中也會與地面保持傾斜，角度比棧板搬運時還要大。另一個明顯的差異是，使用滑拖板的產品跟地面和運輸工具車斗之間沒有實體的障礙。對於有死水或棧板多少能夠保護的其他危險區域，這可能會有一些影響。

測試模擬的情境：這種測試使用真的滑拖板設備，所以應該可以重現真實的動態滑拖板搬運狀況，包括滑拖板標籤的強度，以及包裝和（或）產品的任何穩定性或損壞問題。

應執行測試的原因：任何會在滑拖板上搬運的產品，都應該接受這種測試，尤其是容易因壓力和（或）彎曲而損壞的產品。在滑拖板上運送的散裝包裝也要接受這種測試，以評估散裝包裝材料（即泡棉、瓦楞紙等）的實體完整性。

測試與真實事件的比較：這種測試可以輕易再現正常的搬運程序，但未必能夠發掘異常粗魯的搬運方式可能造成的損壞。除非特別針對特定狀況進行測試，否則可能無法輕易再現特殊狀況，例如高溼度與其他因素的組合。

抗壓測試 - *建議執行*

測試的原理：這種測試的目的在於，確保爲特定包裝箱選擇的紙張組合和凹槽類型，能夠忍受正常的全球倉儲和配送過程中的壓縮負載。

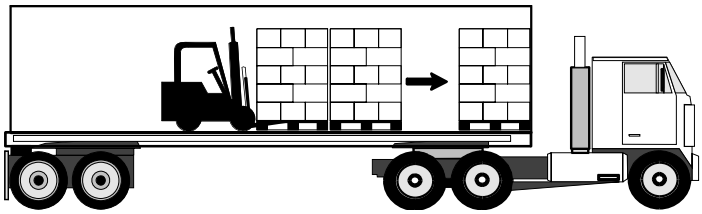
真實狀況：包裝會以各種不同方式堆疊，並處於各種不同環境條件下。包裝必須能夠抵擋貯藏室或卡車後座堆疊底部所承受的壓力。除了紙張選擇和凹槽類型外，影響包裝箱抗壓強度的主要因素有四：溼度、時間、包裝箱樣式和堆疊模式。因爲紙是吸濕性（會吸水）材料，所以溼度是指定包裝箱強度時關鍵的考量。一般而言，溼度一超過 50%，包裝箱的抗壓強度就會快速惡化。周期性的溼度和溫度也已證實不利於包裝箱強度。溼度高也會導致面飾和（或）凹槽覆膜脫落，造成嚴重的問題。時間也非常重要，因爲承受「靜載重」的時間越長，包裝箱就會漸漸變弱失去持久力。堆疊模式是影響包裝箱抗壓強度的第三個重要因素。將一樣的包裝箱完全垂直對齊堆成柱狀，可以比略微搖晃的包裝箱（不對齊）推得高一點。包裝箱支撐力最強的部分是它垂直的邊緣，如果包裝箱的壓縮負載不是由垂直邊緣支撐，它的強度就會減弱。堆疊不同大小的包裝箱跟相同包裝箱不對齊的結果是一樣的：抗壓強度因垂直邊緣未對齊而減弱。其他要考慮的因素包括「地方化入口」，這可能是在箱側切割或穿孔；印刷類型；內襯加層；內部支撐（例如隔牆或泡棉）和封箱方法（膠帶、釘書針、膠水等）。動態壓力也是配送過程中常見的，尤其是如果包裝系統的固有頻率落在卡車運送環境中三個主要擾頻範圍中的一個範圍內。

測試模擬的情境：這種測試有兩種用途。首先，它可做爲瓦楞紙集裝箱的品質控制檢查。此外，您可以不指定瓦楞紙材料（它的規格不容易測試），改爲開發抗壓強度規格，並放在圖上。要求供應商對送貨箱進行抗壓測試，就可以有辦法判斷集裝箱材料和構造的聯合品質。這種測試的第二種用途是提供精確的方法，來評估塡滿的集裝箱整體的強度，並判定產品／包裝是否能夠承送配送過程中應該會出現的壓縮負載。這個方法也可用來測試未裝箱產品的載重點，只要達到這一點，壓縮負載就會透過包裝傳給產品。如果可以控制產品原有的強度特性，使產品順利通過艱辛的配送過程，就可以降低包裝成本（散裝包裝就是一例）。

應執行測試的原因：幾乎所有產品都是裝在瓦楞紙集裝箱裡運送的，這些集裝箱不只用來承載產品，還提供結構讓產品能夠堆疊和貯藏一段時間。

測試與真實事件的比較：這裡必須說明兩個重要的限制。第一個限制是必須決定測試過程中要使用固定壓板或活動壓板。對於固定壓板抗壓測試者，壓縮過程中，壓板始終保持水平，並與包裝箱底部平行。如果包裝箱角落的高度不一，壓板會先接觸到包裝箱最高的角落。然後這個角落會承受大部分的載重，直到壓板接觸到次高的角落爲止，接著依此類推。如果包裝箱失敗之前，壓板已接觸到全部四個角落，則這樣取得的抗壓強度就代表包裝箱上方可支撐其他包裝箱的實際靜載重合理的估計值。克服這個限制的一個方法是使用活動壓板，這種壓板會旋轉以自動調整位置，直到至少接觸到包裝箱上的三個點後，它才會放下載重。這可以比較精確模擬其他包裝箱的實際重量，因爲它是測試最弱的垂直邊緣，所以建議您使用活動壓板。這種測試不打算用來模擬動態壓力環境。

棧板排列 - *選擇執行*



測試的原理：單元化的裝載和大型貨櫃化的產品會受到來自一般機械搬運工具（例如堆高機和棧板起重機）的水平撞擊。載重必須保持結構完整性，而且棧板在這些撞擊後必須仍然可以運作。

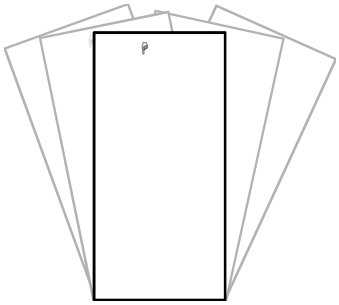
真實狀況：在拖車裝卸和倉庫作業過程中，典型的活動包括用機動或非機動的堆高機和棧板起重機搬移裝載。操作員必須搬運和排列這些裝載，以貯藏、集結和裝卸到運輸工具上。當堆高機或棧板起重機接觸到裝載時，會施加水平撞擊，這可能導致損壞產品和（或）棧板。堆高機或棧板起重機接觸到裝載時，通常仍以相當快的速度行進中，因爲堆高機駕駛的待遇多半是依搬運的產品數量來計算。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬單元化和大型貨櫃化產品的倉庫搬運狀況，尤其是材料搬運設備接觸到裝載時產生的撞擊。

應執行測試的原因：單元化裝載和大型貨櫃化產品會由機械化材料搬運設備搬運，所以會受到水平撞擊。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

穩定性測試 - *選擇執行*



測試的原理：有些第 2 類／第 3 類產品和棧板裝載可能因爲大小和形狀在運輸時很不方便，或不容易在狹小的走道搬運，所以必須用這種測試評估翻倒的傾向。

真實狀況：標準搬運程序（包括運上和運下斜坡、滑拖板搬運和機械搬運）可能會將產品傾斜到變得不穩定的角度。倉庫中的堆疊高度也可能高到使裝載變得不穩定的程度，這時包裝箱強度、時間和溼度都對穩定性有影響。有些產品也可能會受到人工搬運力量的影響，例如工人試圖將產品推或拉到新的位置。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬笨重和（或）大小不好處理的產品所用的包裝，在正常搬運條件下翻倒的傾向。這種測試的結果通常是一個翻倒角落 - 裝載從靜態狀態開始翻倒的角度。

應執行測試的原因：笨重的大件產品在超出穩定的重心線後，可能會變得非常棘手。容易翻倒的產品可能成爲造成人員傷害的威脅。所有重量等於或超過 100 磅（45.4 公斤）或運送方向高於 36 英吋（91.4 公分）的包裝都應該接受這種測試。對於重心比（重心高度與最小底面積的比）或高度比（高度與最小底面積的比）大的產品，這種測試尤其有關係。這兩種情況的一般比例各是 .25 和 .5，超過這個值就可能有問題。

測試與真實事件的比較：一般來說，這種測試可以實際模擬真實事件。測試過程中也應該考慮導致翻倒的動力，以取得較具代表性的實地狀況。翻倒角度如果小於 20 度就可能表示有問題。

翻倒測試 - *選擇執行*

測試的原理：在穩定性測試中不合格的包裝，應該用這個規格進行測試。在正常搬運過程中不具有穩定性的產品，可能很容易側倒或倒栽。

真實狀況：不穩定的產品可能會翻倒，例如放在棧板起重機上從卡車斜坡搬上或搬下的產品。有時候倉庫中的產品會堆得很高，導致不穩定的裝載可能掉下來。客戶可能會用人工移動又高又大的產品，來通過出入口或其他狹窄的地方。用卡車運送的產品也可能因爲卡車緊急煞車和起動而傾倒。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬不穩定產品的真實搬運情境。

應執行測試的原因：對於容易翻倒的產品（參閱穩定性測試），應該真的翻倒產品，來評估可能的損壞問題。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

側放測試 - *選擇執行*

測試的原理：這種測試的目的是要判定在不損壞產品或包裝的前提下，集裝箱和內裝的產品能不能側放。這種測試不是要判定包裝能不能以非底座方向墜落或運送。

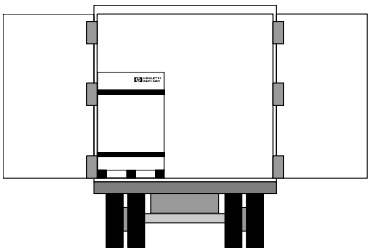
真實狀況：體積龐大的單位可能必須側放，才比較容易通過出入口、走道、電梯等。將產品側放，也可以方便用機械在狹窄的走廊搬運產品。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬大型和（或）笨重商品的真實搬運狀況。

應執行測試的原因：重量超過 100 磅（45.4 公斤）的包裝應該接受這種測試。這種測試的目的是要判定在不損壞產品或包裝的前提下，集裝箱和內裝的產品能不能側放。這種測試不是要判定包裝能不能以非底座方向墜落或運送。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

綑包測試 - *選擇執行*



測試的原理：這種測試的目的是要判定產品和（或）包裝能否承受運輸過程中有時會使用的綑包力量。送貨過程中可以使用綑包的方式將產品固定在卡車內，尤其是低於卡車載重量的貨物。如果必須將包裝箱固定在單位棧板上，這種測試也可以修改成包含棧板裝載和第 2 類產品的綑包。

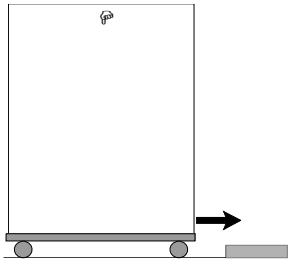
真實狀況：對於大件產品，卡車運輸公司可能會用「有襯墊的貨車」運送，也就是在低於卡車載重量的狀況下運送一件產品。這件產品有時候會固定在卡車內壁，以免運送過程中移位或翻倒。綑包的材質可能是纖維（例如皮帶）或繩索。對於第 2 類產品，綑包也可用來將箱蓋固定在單位棧板上，而且多半使用聚脂纖維、尼龍或聚丙烯等綑包材料。綑包有時候會陷進外包裝，產生不可接受的損壞。綑包也可能用來固定堆疊的裝載，產生同樣的包裝箱和（或）產品損壞。

測試模擬的情境：這種測試試圖重建真實狀況中，綑包材料對包裝施加的張力。這些力量可能劃破包裝材料，導致包裝鬆脫，嚴重時還可能劃破產品本身。

應執行測試的原因：將綑包跟它固定的包裝箱和（或）產品相比，綑包的寬度通常比較窄，因而可能導致永久的機械變形，或在外包裝上留下不可接受的外表損傷。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

滾動撞擊測試 - *選擇執行*



測試的原理：這種測試的目的是要確保有計畫的用來滾動或推送的包裝或產品，可以承受這種搬運方式所產生的正常撞擊。

真實狀況：包裝加裝腳輪是為了能夠滾動，但是在移動過程中可能會發生危險。一般而言，由客戶滾動或推送的產品必須通過卡車和碼頭之間的斜坡、地毯固定裝置、門擋和其他日常生活中常見的危險。產品必須受到保護，即使翻倒也不會因這些撞擊而受損。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬將產品或包裝滾過或滑過客戶當地常見的結構障礙時所產生的撞擊。

應執行測試的原因：體積龐大的包裝（尤其是有腳輪的包裝）可能很不容易搬運和移動，而且往往必須通過地板或地面上的重重障礙。包裝必須在產品撞到這些障礙時，提供適當的保護。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但這種測試的結果通常會指出包裝／產品有沒有能力防範滾動撞擊所帶來的正常環境危險。進行這種測試時，以 4 英吋做為人行道的標準高度。

斜坡空間測試 - *選擇執行*

測試的原理：這種測試的目的是要判定有腳輪的產品或轉運箱（箱底有輪子）是否能以滾動方式推上配送和客戶環境中的一般斜坡，而不會倒栽、翻倒或受損。它也可用來測試要用斜坡才能從包裝中取出的產品，以確定產品和包裝之間有沒有干擾。

真實狀況：許多配送和客戶地點備有用來移動產品的斜坡。產品加裝腳輪通常就是爲了可以用滾動方式上、下這些斜坡，因爲它們的大小或重量很不方便搬移。如果輪子的大小或底座不夠大，包裝或產品可能會翻倒、倒栽或在其他方面受損。此外，對於必須利用斜坡才能從包裝中取出的產品，務必確認包裝系統可以讓產品在不會翻倒的情況下取出來。

測試模擬的情境：這種測試試圖重建產品和包裝在斜坡上、下移動時實際發生的力量和搬運動作。

應執行測試的原因：所有加裝腳輪的產品或轉運箱都應該接受這種測試，因爲腳輪的用意就是要用在這種場合。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

溼度／溫度貯藏測試 - *建議執行*

測試的原理：這種測試的目的是要判定包裝產品能否承受極端溫／溼度的配送環境，而不受損。如果預期極端環境會影響到產品和（或）包裝的可靠性，就應該進行這種測試。此外，在進行本節說明的其他測試之前，可以用這種測試調節產品和包裝材料的狀態。例如，完成高溼度測試後立即進行隨機振動測試，即可模擬高溼度國家卡車運輸環境中的損壞狀況。

真實狀況：集裝箱和包裝的許多原料（尤其是紙質的材料） 在溫度和相對溼度 (RH) 改變時，物理性質會起變化。例如，許多亞洲和拉丁美洲國家的氣候型態會嚴重影響瓦楞紙的效能。在某些運送環境中也可能經歷極地和沙模的極端溫度。溫／溼度加上衝擊和振動，可能產生出人意料之外的結果，並加劇現有的問題。

測試模擬的情境：依選擇的溫度和溼度，及持續時間或循環，可以模擬許多不同氣候。例如，在熱帶地區以海運送貨，或橫越沙漠用卡車運貨。

應執行測試的原因：任何會曝露於已知極端溼度和（或）溫度的包裝都應該接受這種測試，尤其要與其他適當的搬運測試搭配在一起進行。真實環境未必會像實驗室一樣，總是保持 70 °F (21.1 °C) 和相對溼度 50% 的空調環境。

測試與真實事件的比較：這種測試所用的狀況是各種氣候的典型，但未必能夠重現實際的狀況。然而這些狀況的確有助於模擬真實狀況，對包裝和材料會產生類似的影響，而且至少可以指出潛在的問題。

滑拖板標籤測試 - *選擇執行*

測試的原理：這種測試的目的是要判定滑拖板標籤能否承受配送系統中一再重複的搬運，而不受損。

真實狀況：整個配送過程中，滑拖板會被搬運數次，所以標籤必須能夠承受一再重複的推、拉和抓力。測試過程中看不到的環境狀況（如高溼度或死水）可能影響紙滑拖板的效能。標籤可能會撕裂，使得某幾邊的滑拖板幾乎沒有作用。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬正常搬運滑拖板的程序中施加在滑拖板標籤上的力量。

應執行測試的原因：初次使用滑拖板的任何產品應該接受這種測試，以確保滑拖板材料和規格符合搬運需求。異常重的產品也應該接受這種測試，以確保適當的標籤強度。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。

實地運送測試 - *選擇執行*

測試的原理：使用產品照例會通過的配送通路（或類似的運輸路段）進行測試似乎可以準確收集正確的實地資料。畢竟，在實驗室中進行的測試就是試圖模擬實地運送的狀況。

真實狀況：產品會以許多不同運輸模式搬運，而且會曝露於多種不同環境狀況。了解產品的配送方式和配送通路，可以讓我們有機會監控和評估該環境中的包裝方式。然而，有限的實地運送可能無法發掘產品在配送環境中可能面臨的所有危險，尤其是其他特定通路。

測試模擬的情境：這種測試用來判定包裝能否安全通過特定的配送環境。

應執行測試的原因：這種測試有助於收集真的實地資料，但因爲每件產品每次可能會以略爲不同的方式到達目的地，所以結果可能不具有決定性。這種測試應補充而非取代這一節建議的其他測試。

測試與真實事件的比較：從有限的實地運送測試中取得的結果，可能無法以有效的統計數據確保全力生產時產品的配送可以安全無虞。但如果以這種方式測試足夠數量的產品，那麼實地運送測試還是配送環境中包裝完整性最有用的資料來源。如何從實地測試中取得正確和足夠的資料，是在決定如何詮釋結果時應該考慮的主要障礙。

海拔／減壓測試 - *選擇執行*

測試的原理：這種測試會判定非操作性的包裝產品能否承受空運和海拔 7500 英呎（2286 公尺）以上運輸路段的低壓／低溫環境。

真實狀況：有兩種運輸模式可能會使產品曝露於低壓環境。第一種是空運，通常在這種模式下，飛機貨艙會保持海拔 8000 英呎（2438 公尺）高度的壓力，但有一些航空公司使用低海拔飛機，因爲這種飛機的貨艙不會加壓，所以產品可能會經歷高達海拔 12,000 英呎（3568 公尺）的低壓。第二種是卡車運輸，在這種模式下，卡車可能載著產品通過高海拔的區域，如高山隘口。

測試模擬的情境：這種測試試圖模擬通過不同海拔時所經歷的壓力變化。

應執行測試的原因：必須保持密封以防止洩漏或壓力變化的包裝，或是可能因壓力變化導致崩塌的包裝都應該接受這種測試。

測試與真實事件的比較：這種測試通常可以針對測試的具體案例，精確模擬真實的事件。它無法測試產品可能遭遇到的每一種想像得到的情境，但結果通常對測試的環境而言是正確的。這種測試的目的不在於模擬瞬間失壓。

雨淋測試 - *選擇執行*

測試的原理：這種測試的目的是要判定包裝產品能否承受雨淋，而不受損。如果預期極端環境會影響到產品和（或）包裝的可靠性，就應該進行這種測試。很多調查顯示，產品被留在碼頭、無蓬的貨車車斗或停機坪上無人理會時，可能會被雨淋。這在開發中國家尤其嚴重，因爲當地的配送通路不像已開發國家一樣成熟。

真實狀況：產品不管到了哪裡都有被雨淋的可能。問題往往出在設備的不足，例如無遮蓋的停機坪、無蓬的卡車車斗或貨物停在跑道上等候裝卸。這些狀況在拉丁美洲和亞洲國家尤其普遍，而當地的氣候型態多半有降雨特別多的雨季。

測試模擬的情境：這種測試的目的是要依當地狀況模擬不同程度的降雨。

應執行測試的原因：任何產品如果預計會運送到配送通路比較不發達的國家，就可能會曝露於嚴酷的天候條件，包括下雨。雨淋會明顯影響紙製包裝材料，尤其是跟衝擊和振動結合在一起時，更是嚴重。

測試與真實事件的比較：依測試時間長短而定，這種測試會相當準確的模擬降雨情況。將這種測試結合其他環境因素（如極端溫度）會提高模擬的效果，只不過這些因素可能是隨意的。此外，將這種測試結合其他衝擊和振動測試，可以針對包裝效能提供重要的實際知識。

第 9 節：包裝開發流程

簡介

「包裝開發流程」提供循序漸進的方式，幫您在新產品開發環境中進行產品開發和測試。這一節依照產品開發周期逐一說明，並列出產品開發的每個階段中，有關包裝分析、設計和測試的建議事項。

總覽

下列新包裝開發階段說明支援產品開發周期所需的包裝輸入資料：

設計目標 (DO)
DO 階段是新產品的可行性研究。這個可行性研究會評估產品的功能集合、成本和價格點，以確保產品符合市場需求。由於產品尚未設計，因此極爲重要的是要提供最理想的產品設計功能給研發小組，以減少配送、包裝和加工成本（例如，設計抽取式紙盤可縮小包裝尺寸和減少用料）。提供這些避免支出的選擇可能對產品展開下一個階段有直接的影響。

研究（I 階段）
I 階段是新產品開發的開始。產品功能集合、工業設計和硬體設計都在這個階段成形。這個階段的重點是要爲產品開發小組提供包裝準則。這些輸入資料會確保產品開發小組取得所有包裝資料，足以定義產品的工業設計和硬體設計。只要有時間，應隨時審閱各種配送假設狀況。

實驗室原型（LP 階段）
在這個階段，開發小組會生產幾件產品，以進行測試。LP 階段中會開始進行包裝設計，以符合 I 階段所確立的需求和方向。在這個階段中，應該整合產品和包裝測試，以便了解產品和包裝在預期配送環境中的限制，還要爲後續階段擬定包裝測試計畫，並隨時指出任何具體的配送需求。

生產原型（PP 階段）
PP 階段會確認新產品的可製造性，並製造較大批產品，以測試產品改良、性能和生產可靠性。通常這是對產品或包裝做重大變更的最後一個機會。在這個階段中，應該完成包裝設計，並爲下一個階段訂購原料，還要指明生產元件的零件和維修組件，並設計對應零件的包裝，以確保適時的支援。在某些維修服務模型中，這可能包含整件產品。

試車（PR 階段）
PR 階段會以接近大量生產的數量測試產品製造和可靠性的所有面向。在這個階段中，應該完成最後的生產包裝測試，並在下一個階段前排除所有產品包裝問題，還要測試零件包裝、生產元件的零件和維修組件，並加以記錄。

製造發行（MR 階段）和生產

在 MR 階段中，產品已經投產，庫存正在建立，以便在排定的日期推出。在這個階段中，非常重要的是要監控在龐大的數量下，配送通路的運輸和搬運變異性。

階段對照表

下表概要列出新產品開發周期的不同階段。

表 6. 新產品開發的各個階段

DO/I 階段

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註（參考）
配送的產品設計	輸入 設計功能審核 - 外部 上蓋和底座（外殼）密合度、裝載表面積、半徑邊緣和角落、零件插槽、淺盤。 - 內部 機械 - 活動元件、由內到外的撞擊／裝載點。 輸出 - 設計替代方案 - 設計改良 - 產品／包裝介面	輸入 評比現有產品與類似產品的功能，例如外部尺寸、重量、內部機件。 輸出 提供類似平台或設計功能的產品相關的歷史設計議題。概要列出重要元件的改良，以減少配送通路中的危險所造成的瑕疵。	審核產品最初的工業設計模型／圖形是 I 階段的關鍵。在產品設計早期，可以比較容易變更產品設計。 在這個階段中，針對配送目標所進行的設計應該是將產品縮到最小，將堅固程度放到最大。 了解產品的功能，以提供有關配送期間如何保護活動元件的輸入資料。

DO/I 階段（續）

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註（參考）
包裝設計替代方案	輸入 - 產品描述選項 （外部尺寸、重量、裝載面積） - 配件清單 （手冊、筆等） - 產品易碎性 - 產品行銷計畫 - 配送通路和配送方式 輸出 - 產品描述（內外尺寸） - 包裝選項 （單包裝、單元化、散裝） - 易碎性／包裝敏感度 - 包裝成本（元件層級） - 包裝設計概念 - 上市時間分析 - 環境對照表	輸入 評比現有產品與類似的配件和配送通路。 輸出 提供現有產品的下列包裝資料： - 產品易碎性 - 包裝設計 - 配送和包裝成本。	提供包裝概念是決定包裝設計、配送模式、成本及產品易碎性的關鍵。 審核行銷產品所需的所有元件。提供產品和包裝描述做爲包裝選項（單包裝、單元化和散裝）。.繪製概念圖以說明每個選項。提供易碎性等級目標給研發小組。 分析配送通路中的產品／包裝及其成本。
包裝流程	輸入 製造產品／包裝計畫（空間、循環時間、貯藏、搬運、設備、碼頭入口、加工原則） 配送中心地方化原則（流程、空間、循環時間、貯藏、搬運、設備、碼頭入口、成本、品質） 輸出 - 包裝／設備介面 - 可能的包裝流程 - 包裝循環時間 - 包裝搬運和貯藏	輸入 評比現有產品與類似的包裝流程。 輸出 提供包裝流程文件，指定類似產品的流程、循環時間、空間、貯藏和搬運。	包裝必須跟包裝流程一起設計。包裝介面的每一個面向都必須考慮到，這包括一直到客戶收件爲止的通路全程，甚至包括退貨。 大量收集目前可取得的包裝流程知識。分析配送通路全程的新產品包裝需求，以評估目前的包裝流程是否適合新產品。修改現有流程或或依需要開發新流程。
配送選項	輸入 - 配送方式和選項計畫 - 配送方式的成本 （海運、空運或道路運輸） - 貨櫃尺寸 （拖車／空運或海運貨櫃） 輸出 - 單包裝、單元化和散裝運輸成本分析。 - 貨櫃利用率分析 - 裝載圖 - 承載成本影響	輸入 評比有產品與類似的配送流程。 輸出 提供配送流程文件，指定類似產品的貨櫃利用率、循環時間、運輸成本。	檢驗產品所有企劃的配送方式（空運、海運、道路運輸、火車等...）。審核和修改包裝設計，以確保整個配送周期中能夠提供適當的保護。 提供配送成本對照表，列出每單位成本和每個路段的運輸時間。這些資料將可讓專業小組清楚了解產品的配送方案。
包裝／配送計畫	輸出 - 爲所分析的產品提供最佳包裝和配送方式的建議。	輸出 根據類似的包裝和配送方式，提供建議。	利用產品／包裝設計、包裝流程和配送選項的分析，來針對最理想的產品／包裝、流程和配送方式提供建議。

LP 階段

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
產品設計審核	輸入 審核 I 階段開發過程選定的產品設計功能／描述。 輸出 - 設計改良 - 潛在的設計問題 - 產品／包裝介面	輸入 審核 I 階段開發過程選定的產品設計功能／描述。 輸出 無	審核所選的產品設計，並讓研發小組知道產品設計功能潛在的弱點。 一般來說，改進產品設計的成本會低於增加包裝來補償產品弱點的成本。
包裝設計審核／提案	輸入 - 收集已被接受的產品描述（外部尺寸、重量、裝載面積） - 配件清單（手冊、筆等...） - 產品易碎性協議（目標） - 研發／行銷時程 - 選定的配送通路和配送方式。 - 測試運送的原型包裝需求。 輸出 提供來自 I 階段提案的包裝設計更新。 - 包裝設計概念 - 包裝形式概念 （單包裝、單元化、散裝） - 包裝功能設計 - 包裝成本 - 包裝圖／規格 - 原型包裝原則 - 環境包裝原則 - 包裝測試計畫	輸入 收集與「最佳實務」相同的輸入 輸出 提供包裝概念和成本等產品資料給選定的包裝供應商，並將這些資料提交給專案小組。	針對產品、製程和配送通路，產生具體的產品包裝設計。提供成本和環境影響評估。 目標是要讓產品設計開始固定。包裝設計固定後，研發小組的設計才能有合格基準，也有助於產品設計改良。
包裝流程審核／提案	輸入 審核產品修改及其對包裝加工原則的影響。 輸出 提供來自 I 階段提案的包裝加工原則更新。 - 包裝和設備介面 - 可能的包裝流程 - 工作人員需求 - 包裝循環時間 - 特殊包裝設備 - 包裝搬運和貯藏	輸入 收集包裝產品的生產和配送中心建議。 輸出 提供包裝流程文件，指定類似 HP 產品的流程、循環時間、空間、貯藏和搬運。	確立包裝流程，以開始開發流程。包裝必須經過設計，以符合包裝流程設備的功能。 包裝流程可能導致必須再修改包裝設計，所以務必在產品設計早期納入這些修改。
配送審核／提案	輸入 審核產品修改及其對包裝／配送計畫的影響。 輸出 提供來自 I 階段提案的配送原則更新。 - 運輸成本分析 （單包裝、單元化、散裝） - 貨櫃利用率分析 - 裝載圖 - 承載成本影響	輸入 評比現有 HP 產品與類似的配送流程。 輸出 提供配送流程建議，指定類似 HP 產品的貨櫃利用率、循環時間、運輸成本。	檢驗產品所有企劃的配送方式（空運、海運、道路運輸、火車等...）。審核和修改包裝設計，以確保整個配送周期中能夠提供適當的保護。 提供配送成本對照表，列出每單位成本和每個路段的運輸時間。這些資料將可讓專業小組清楚了解產品的配送方案。

包裝和配送計畫	輸出 - 針對所分析產品提供 最佳包裝和配送方式的 最終建議。	輸出 根據類似包裝和配送方式，提供建議。	這應該是最終提案。包裝和產品設計的工作將根據達成協議的提案進行。

LP 階段（續）

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
包裝測試 **使用者包裝** **（單包裝和單元化）**

PP 階段

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
包裝測試 **使用者包裝** **（單包裝和單元化）**	輸入 - 收集增加或修改的包裝樣本。 - 確認測試失敗模式。 - 確認測試參數。 - 指明要執行的 PP 測試。 - 指明出入裝載位置 - 收集供測試的 PP 產品。 輸出 - 專案小組設計審核 - 生產和配送中心設計審核 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。 - 根據包裝測試結果要求修改產品設計。 - 提供樣本給生產、配送中心和關鍵客戶，供其審核。 - 提供包裝樣本給生產部門進行審核。 - 訂購生產前運送所用的包裝。	輸入 - 收集與「最佳實務」相同的資料 輸出 - 提供最新的包裝需求給供應商。 - 提供修改的模型和配件樣本給包裝應商，以製作另一個包裝。 - 請供應商執行由儀器主導的墜落測試。 - 以公司內的運輸測試確認供應商結果。 - 提供溫溼度測試所用的包裝樣本	在 PP 階段執行包裝測試，以便在產品和包裝不斷變化下保持產品／包裝的效能描述。 自由落體測試應包含每一面、每個邊緣和每個角落，以找出產品的任何弱點。 振動測試包含單包裝和單元化的產品（模擬的），以找出包裝的弱點。 貯藏和抗壓測試應在 PP 階段中完成，以便提供回饋意見給產品設計小組。 如果測試結果很樂觀、瑕疵原因已查明而且已開始進行改良，就應該開始生產的工具製作。 包裝設計應該已經達到足夠的進度，可以開始爲前置時間較長的包裝元件製作工具。在這個階段開始製作工具通常會有風險，因爲可預期未來還會做修改。 等到有足夠單位件數後，應該逐層測試散裝包裝。使用重量來模擬擠壓和振動情況下的載重，將提供適當的結果來針對 PR/MR 散裝貯藏需求開始製作工具。可使用衝擊桌完成墜落測試，並利用靜重量或固定物和升降機。
散裝包裝	輸入 - 收集增加或修改的包裝樣本。 - 確認測試失敗模式。 - 指明測試參數 - 指明要執行的 PP 測試。 - 確認產品修改。 輸出 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 搬運和貯藏測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。	輸入 - 收集與「最佳實務」相同的資料。 - 提供模型給包裝供應商，以製作散裝包裝。 - 請供應商針對整層棧板設計執行由儀器主導的墜落測試。 - 以公司內的運輸測試確認供應商的結果。 - 提供溫溼度測試所用的包裝樣本。	

PP 階段（續）

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
生產元件包裝	輸入 - 向生產部門收集上層零組件的清單。 - 向製程工程部門收集下列資料： 每個包裝的數量 最大包裝大小 每個包裝的重量上限 建議的包裝樣式 - 向生產和開發工程師收集下列資料： 脆弱零件特性 ESD 零件和敏感性結果 外表零件 特殊功能方向		即使元件包裝要求可能在下一個階段改變，還是務必確立最初的基準，供採購和供應商使用。
	輸出 - 最初的元件包裝規格。 - 提供元件包裝文件給供應商，以進行審核和定價。 - 取得樣本以了解是否密合和進行測試。 - 提供元件包裝的一般規格（棧板、標籤等...）	輸出 - 提供一般元件的零件規格，包括：最大包裝大小 每個包裝的重量上限 要求的包裝樣式 ESD、易碎性、外表或特殊功能的包裝需求。	提供設計準則或規格給產品元件供應商，以確保安全和容易使用。
維修元件／組件包裝	輸入 - 向技術行銷部門收集維修零組件的清單。 - 向技術支援和維修工程師取得下列資料： 每個包裝的數量 最大包裝大小 每個包裝的重量上限 運輸網路 - 向生產和開發工程師收集下列資料： 脆弱零件特性 ESD 零件和敏感性結果 外表零件 特殊功能／方向	輸出 - 提供維修零件包裝設計規格 ESD、易碎性、外表或特殊功能的包裝需求。	提供包裝規格、維修元件或組件規格給維修零件部門，以確保可取得維修包裝。
	輸出 - 提供維修包裝 文件給供應商和維修零件部門，以進行審核和定價。 - 取得樣本以了解是否密合和進行測試。	輸出 - 做爲維修零件部門與元件零件供應商或生產部門之間的聯絡人，以找出適合的現成包裝。	確定包裝，以便在產品整個生命周期中支援和保護產品。

產品文件	輸出 更新包裝文件 - 包裝元件規格 - 包裝組件規格 - 棧板裝載規格 - 包裝成本分析 - 專案時間表	輸出 - 與「最佳實務」相同的文件	提供詳細的報告，更新目前的包裝以及材料、勞動和配送的總成本。 文件應該指出已訂購哪些零件準備生產。

PR 階段

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
包裝測試 **使用者包裝** **（單包裝和單元化）**	輸入 - 收集增加或修改的包裝樣本。 - 確認測試失敗模式。 - 確認測試參數。 - 指明要執行的 PR 測試。 - 指明出入裝載位置 - 收集供測試的 PR 產品。 輸出 - 專案小組設計審核 - 生產和配送中心設計審核 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。 - 根據包裝測試結果要求修改產品設計。 - 提供樣本給生產、配送中心和關鍵客戶，供其審核。	輸入 - 收集與「最佳實務」相同的資料。 輸出 - 提供最新的包裝需求給供應商。 - 提供修改的模型和配件樣本給包裝供應商，以製作另一個包裝。 - 請供應商執行由儀器主導的墜落測試。 - 以公司內的運輸測試確認供應商的結果。 - 提供進行溫溼度測試所用的包裝樣本	在 PR 階段執行包裝測試，以便在產品和包裝不斷變化下保持產品／包裝的效能描述。 自由落體測試應包含每一面、每個邊緣和每個角落，以找出產品的任何弱點。 振動測試包含單包裝和單元化的產品（模擬的），以找出包裝的弱點。 爲了給產品設計小組足夠的修改時間，貯藏和抗壓測試應該在 PR 階段中完成。 測試瑕疵應該較不重要，而且修改應該來自設計小組。 應該備妥工具製作的零件，以供測試確認使用。
散裝包裝	輸入 - 收集增加或修改的包裝樣本。 - 確認測試失敗模式。 - 指明測試參數 - 指明要執行的 PR 測試。 - 提供包裝樣本給生產部門進行審核。 - 確認產品修改。 - 訂購生產運送所用的包裝。 輸出 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 搬運和貯藏測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。	輸入 - 收集與「最佳實務」相同的資料。 - 提供修改的模型給包裝供應商，以製作散裝包裝。 - 請供應商針對整層棧板設計執行由儀器主導的墜落測試。 - 以公司內的運輸測試確認供應商的結果。 - 提供溫溼度測試所用的包裝樣本。	散裝包裝應該以工具製作，而且可供生產測試使用。 單位應該裝入裝滿的散裝包裝。應該開始散裝包裝處理（搬運、包覆收縮膜、裝入集裝箱、傾斜裝載）測試。 應該備妥單位以供振動和墜落測試使用。墜落測試應該完成，以模擬堆高機搬運不當的情況。應該將單位送到最近的配送中心做爲測試運送，以評估實際搬運狀況下的散裝包裝。

PR 階段（續）

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
生產 元件包裝	輸入 - 收集定價和供應商設計、修改要求，並與生產、製程工程和採購部門進行審核。 - 收集和審核包裝樣本。 輸出 測試元件包裝樣本 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 搬運和貯藏測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。 - ESD 零件／包裝測試 批准包裝設計。	輸入 - 指示供應商將包裝設計和樣本送交製程開發工程師，以進行審核和認可。 - 請供應商測試元件及其包裝。供應商依需要送交測試證明文件： - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 搬運和貯藏測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。 - ESD 零件／包裝測試 輸出 批准包裝設計。	在這個階段，各方應該已對包裝解決方案達成共識。設計應該已經過實地測試，以便在 MR 之前提供足夠的驗證時間。 不論設計源自哪裡，包裝規格都應該由 ER 部門記錄。
維修元件／組件包裝	輸入 - 收集定價和供應商設計、修改要求，並與生產、技術行銷、維修零件工程和採購部門進行審核。 - 收集和審核包裝樣本。 輸出 測試維修包裝。 - 自由落體測試 - 振動測試 - 抗壓測試 - 溫度和溼度測試 - 搬運和貯藏測試 - 根據包裝測試結果修改包裝設計。 - ESD 零件／包裝測試 - 批准包裝設計。	輸入 - 收集供應商／維修零件部門證明，證實維修包裝已完成批准、測試和記錄。 輸出 - 記錄包裝設計起源，以及負責維護包裝文件的當事人。	在這個階段，各方應該已對包裝解決方案達成共識。設計應該已經過實地測試，以便在 MR 之前提供足夠的驗證時間。 如果包裝由負責部門設計，就應該記錄包裝規格，否則應由負責部門維護每個包裝的設計起源，以做爲稽核之用。
產品文件	輸出 更新包裝文件 - 包裝元件規格 - 包裝組件規格 - 棧板裝載規格 - 包裝成本分析 - 專案時間表	輸出 - 與「最佳實務」相同的文件	提供詳細的報告，更新目前的包裝以及材料、勞動和配送的總成本。 已訂購準備生產的零件應該詳述並記錄下來。

MR 階段

分析／測試建議	最佳實務	基本需求	備註 （參考）
文件	輸出 完成包裝文件（發行爲 A 修訂版） - 包裝元件規格 - 包裝組件規格 - 維修包裝規格 - 棧板裝載規格 - 最後包裝成本分析	輸出 - 與「最佳實務」相同的文件	提供詳細的報告，列出最後的包裝以及材料、勞動和配送的總成本。將這個成本與最初的成本模型做比較。

第 10 節：參考資料

您可以從下列位址取得本文件提及的參考資料。

美國標準協會 (American National Standards Institute, ANSI)

說明： ANSI 聯盟於 1918 年成立，成員包括製造業、服務業、職業工會、同業公會、標準開發組識、學術界、政府機關以及消費者與勞工團體，由這些成員合作開發自發性的國家標準。ANSI 是美國在兩大非條約國際標準組織中的唯一代表：ISO（International Organization for Standardization，國際標準化組織）及 IEC（International Electrotechnical Commission，國際電工委員會）的美國國家委員會。如果要取得這些組織制定的標準，請聯絡其客戶服務處（參閱底下的聯絡資訊）。

URL： http://www.ansi.org/home.html
電話： 212-642-4900
傳真： 212-302-1286
地址： 11 West 42nd Street
New York, NY 10036
USA

美國材料試驗協會 (American Society for Testing and Materials, ASTM)

說明： ASTM 於 1898 年成立，如今已成長爲全球最大的自發性標準開發系統之一。這個非營利組織爲生產者、使用者、最終消費者和擁有公眾權者（政府和學術界代表）提供論壇，來達成共識，及撰寫材料、產品、系統和服務的標準。ASTM 根據 132 個標準撰寫委員會的工作成果，發佈標準測試方法、規格、實務作法、指南、分類和詞彙。ASTM 的標準開發活動涵蓋金屬、塗料、塑膠、包裝、紡織品、石油、建築、能源、環境、消費性產品、醫療服務和設備、電腦化系統、電子產品和許多其他領域。ASTM 的總部並沒有技術研究或測試能力；這類工作全是由全球 35,000 名技術合格的 ASTM 成員自動自發進行。ASTM 每年在 71 冊的 ASTM 標準年報中發佈超過 9,100 項標準。這些標準和相關資訊行銷全世界。ASTM 成員在 ASTM 全體一致的流程中開發標準。ASTM 的其他產品還包括技術出版品、訓練課程和統計品保計畫。如果要取得這個組織制定的標準，請聯絡其客戶服務處（參閱底下的聯絡資訊）。

URL： http://www.astm.org/
電子郵件： service@local.astm.org
電話： (610) 832-9585
傳真： (610) 832-9555
地址： 100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, PA 19428-2959
USA

國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC)

說明： 在 1904 年於美國聖路易市召開的國際電學大會 (International Electrical Congress) 中通過成立 IEC 的決議後，IEC 遂於 1906 年成立。這個委員會的目標是提倡電子電機工程領域所有標準化問題和相關事務的國際合作，進而促進國與國之間的了解。IEC 由代表全球所有工業國家的國家委員會組成，目前共有 51 個成員。IEC 與許多其他國際組織合作，尤其是與國際標準組織 (ISO) 曾於 1976 年達成一項協議，目前則逐漸加強與國際電信聯合會 (International Telecommunication Union, ITU) 的合作關係。在區域方面，它與歐洲電子技術標準委員會 (European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC) 有聯席工作協議（這個委員會由 18 個國家委員會組成，其中大部分也是 IEC 的成員)，也與 COPANT (Pan American Standards Commission) 有合作協議。爲了達成它的使命，IEC 的許多活動中還包括發行 International Standards and Technical Reports；這些國際標準是國家標準的基礎，也是草擬國際標案和合約時的參考依據。IEC 的出版品採用英文和法文雙語，而俄羅斯聯邦國家委員會則發行俄文版。在 IEC 的許多重要出版品中，最有名的是 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) 和 IEC Multilingual Dictionary of Electricity。如果要取得這個組織制定的標準，請聯絡其客戶服務處（參閱底下的聯絡資訊）。

URL： http://www.iec.ch/

電子郵件： customer_service@iec.ch 或 dn@iec.ch 或 ek@iec.ch

電話： +41 22 919 02 11

傳真： +41 22 919 03 00

地址： 3, rue de Varembé
PO Box 131
1211 Geneva 20
Switzerland

國際標準化組織 (International Organization for Standardization, ISO)

說明： 國際標準化組織 (ISO) 是由約 100 個國家的國家標準團體所組成的全球聯盟，每個國家各有一個代表。ISO 是於 1947 年成立的非政府組織，它的使命是提倡全球標準化和相關活動的發展，希望藉此便利國際貨物和服務的交換，並促進知識、科學、技術和經濟活動領域的合作。透過國際協議所產生的 ISO 研究成果會以「國際標準」的形式發佈。如果要取得這個組織制定的標準，請聯絡您本國的 ISO 業務代理，網址是：**http://www.iso.ch/isob/direct/sales/e**

URL： http://www.iso.ch/

電子郵件： 網際網路：central@isocs.iso.ch

電話： + 41 22 749 01 11

傳真： + 41 22 733 34 30

地址： 1, rue de Varembé
Case postale 56
CH-1211 Genève 20
Switzerland

美國國際安全運輸協會 (International Safe Transit Association, ISTA)

說明： 這個協會藉由建立、倡導和提供效能測試標準、訓練、教育和認證，來預防產品在實際配送過程中出現損壞和過度包裝的情形，以提供經濟和環境的利益。

URL： http://www.ista.org

電子郵件： lsabala@ista.org

電話： 517.333.3437

傳真： 517.333.3813

地址： 1400 Abbott Road
Suite 160
East Lansing, Michigan USA
48823-1900

國際包裝研究聯合會 (International Association of Packaging Research Institutes, IAPRI)

說明： IAPRI 於 1971 年成立，這個國際性的會員制協會致力於對國際組織和研究基金會內的重要目標小組，推動將包裝提升爲全球性的科學。它是獨特的全球性網路，讓各個組織之間可以溝通觀念、啓發構想、交換經驗和減少無謂的重複工作。

URL： http://www.iapriweb.org/

電子郵件：

電話：

傳真：

美國包裝工業協會 (Institute of Packaging Professionals, IoPP)

說明： 美國包裝工業協會的使命是要成爲主要的個人會員組織，來爲包裝界提供教育機會。

URL： www.iopp.org

電子郵件： info@iopp.org

電話： (630) 544-5050

傳真： (630) 544-5055

地址： 1601 North Bond Street, Suite 101
Naperville, Illinois 60563