

貨運物流前瞻發展趨勢初探-環境永續領域

A Preliminary Study on Future Trends of Freight Delivery- Discussion of Environmental Sustainability

運輸經營及管理組 劉銘韻

研究期間：民國112年1月至112年12月

摘要

近年來資通訊科技快速進展，生活與消費型態也隨之大幅改變，物流產業為跨領域之產業整合，亦受資通訊及社會經濟變化影響甚鉅。綜觀當前國際物流發展，有三股重要的外部驅動力：人口老化、數位轉型，以及因應極端氣候變化的淨零排放政策。由於社會經濟環境快速變遷，有必要對於上述各項議題對貨運物流之重要前瞻議題加以整理，以協助主管機關了解未來發展趨勢。本研究優先對於行政院2050淨零排放之永續貨運物流議題進行探討，並將我國目前政策對應進行初探，以提供未來相關政策擬定或執行研究方向之參考。

洋基通運(以下簡稱 DHL)一直以來致力於前瞻物流發展的研究，並將其對未來物流發展研究之趨勢報告置於網站供各界參考，本研究選擇 DHL 於2022年底發布之物流趨勢雷達6.0為研讀對象。趨勢雷達6.0包含10年內可實現的議題，有關環境永續議題共有13項，其中對貨運物流影響中重度之議題共8項，包含脫碳化、循環性、替代能源解決方案、物理互聯網、環境管理、智慧化、下一代包裝及大數據分析，本研究對於上述議題 DHL 所蒐集整理分析之內容進行翻譯及研讀。此外亦對於我國2050淨零排放之十二項關鍵戰略之政策加以整理，並與前述前瞻議題初步進行對應。綜整相關資料發現，在 DHL 永續環境領域中重度影響議題部分，有多項議題內容實與資通訊發展密切相關，顯示企業可借助資通訊有助於節能減碳，企業進行數位轉型亦有助於淨碳轉型，降低成本增加競爭力。環境永續相關前瞻議題為重要趨勢，將影響未來貨運物流業，主管機關應持續留關注各項議題之發展，並蒐集國際上各國政府相對應之政策或措施，以協助業者進行轉型，提升我國國際競爭力。

關鍵詞：

貨運物流、汽車貨運業、淨零排放、環境永續

貨運物流前瞻發展趨勢初探-環境永續領域

壹、前言

近年來資通訊科技快速進展，生活與消費型態也隨之大幅改變，物流產業為跨領域之產業整合，亦受資通訊及社會經濟變化影響甚鉅。綜觀當前國際物流發展，有三股重要的外部驅動力：人口老化、數位轉型，以及因應極端氣候變化的淨零排放政策。

人口老化是各國當前共同遭遇的重大課題，包含我國在內的主要經濟體，目前皆面臨勞動人口逐年下滑的現象，意味著未來各行業發展勢將面對愈趨嚴峻的勞動力短缺。在此前提下，如何借重人機協作概念，透過導入科技工具輔助，將固定且重複性高的工作流程進行標準化和自動化，減少營運過程中所需投入的勞動力，已成為近年來發展之一大重點。

其次，近年 5G、人工智慧、物聯網、自駕車、電動車、FinTech、區塊鏈、雲端運算、機器人等新興科技的快速演進與擴散應用，已成為內陸貨運運輸未來營運型態改變的催化劑。另一方面，隨著全球 Covid 19 疫情的持續蔓延，零接觸商業模式順勢而起，造就了電子商務、線上到線下（Online to Offline, O2O）銷售模式等宅經濟的蓬勃發展。貨運物流作為銷售價值鏈的最後一哩路，如何在需求急速成長下，使消費者購物體驗能在兼顧防疫與即時到貨下無縫銜接，有賴業者積極應用新興科技進行數位轉型。可以預見的是，未來貨運物流將加速邁向數位化、自動化和智慧化。

第三，為因應極端氣候對永續發展所帶來的衝擊，歐盟 2019 年宣布將於 2050 年達到淨零排放（Net Zero Emission）目標，期能藉由減少碳排，降低對環境的衝擊、抑制全球氣候的持續升溫。蔡英文總統也於 110 年 4 月 22 日明確宣示，我政府已啟動臺灣在 2050 年達到淨零排放目標的可能路徑評估與規劃，其中運輸部門是臺灣 2050 年實現淨零排放目標的重點部門之一。運輸業不論在營運形態或法律規範上，勢必將需要回應淨零排放政策所帶來的影響。

由於社會經濟環境快速變遷，有必要對貨運物流之重要前瞻議題加以整理，以協助主管機關了解未來發展趨勢。本研究優先對於行政院 2050 境零排放之永續議題進行探討，並將我國目前政策對應進行初探，以提供未來相關政策擬定或執行研究方向之參考。

貳、環境永續領域相關議題

洋基通運(以下簡稱 DHL)為美國 Adrian Dalsey、Larry Hillblom 及 Robert Lynn 三人在 1969 年所創立的運輸公司，於 1972 年開始經營國際快遞業務。2002 年德國郵政公司（Deutsche Post）收購 DHL 全部股權，並與集團旗下公司整合成為新的 DHL。2005 年 12 月德國郵政集團併購英國英運物流（Exel）更提升 DHL 營運服務規模，之後 DHL 陸續併購在物流各領域領先的公司，使得 DHL 成為全球第一大的公司。DHL 一直以來致力於前瞻物流發展的研究，並將其對未來物流發展研究之趨勢報告置於網站供各界參考。DHL 於 2022 年底發布了最新版的物流趨勢雷達 6.0(The Logistics Trend Radar)如圖 1 所示。



資料來源：DHL 官方網站

圖1 物流趨勢雷達

由於趨勢雷達包含10年內可實現的議題，所涉及議題多達40項，分為社會及商業趨勢(Social & Business Trends)及技術趨勢(Techology Trends)兩大類。上述議題再以重點領域區分，可分為：「自動化及效率」、「環境

永續」、「顧客體驗」、「實體與數位安全」、「可見性與韌性」、「職業安全衛生」六大領域。由於環境永續為現今政府重要政策，故本年度就「環境永續」領域，選擇與貨運物流較相關之議題進行研析。

環境永續領域未來10年的議題如下：

1. 社會及商業趨勢：

- (1) 脫碳化 Decarbonization：脫碳化的趨勢是指減少大氣中二氧化碳（CO₂）和二氧化碳當量（CO₂e）的量。本議題對貨運物流之衝擊性高（High），可能於未來5-10年實現。
- (2) 物理互聯網 Physical Internet：物理互聯網的趨勢是一種未來新的物流方式，設想一個在實體、數位和操作上超連接的全球開放網路。本議題對貨運物流之衝擊性中等（Moderate），可能於未來5-10年實現。
- (3) 循環性 Circularity：循環性的趨勢旨在通過預先考慮整個產品生命週期，並設計和利用供應鏈中要返回的每個項目及其組成部分來消除浪費和污染。本議題對貨運物流之衝擊性高（High），可能於未來5-10年實現。
- (4) 環境管理 Environmental Stewardship：環境管理的趨勢是指跨行業、政府和社会的集體和個人層面的重大行為變化，以最大限度地減少環境退化並最大限度地保護環境。本議題對貨運物流之衝擊性中等（Moderate），可能於未來5-10年實現。
- (5) 共享經濟 Sharing Economy：共享經濟的趨勢是指用戶暫時共享、租賃或借用資產或服務，而不是購買和擁有它們的生態系統。本議題對貨運物流之衝擊性輕微（Mild），可能於未來5-10年實現。
- (6) 智慧化 Smartification：智慧化趨勢是指利用感測器和無線技術改造或生產以前斷開的類比資產的過程，使它們變得“智慧化”和互聯，從而彌合類比數字鴻溝。本議題對貨運物流之衝擊性中等（Moderate），可能於未來5年內實現。
- (7) 即服務 Everything As A Service：即服務（也稱為“XaaS”或“服務化”）的趨勢是從購買和銷售產品轉向銷售服務以實現成果。本議題對貨運物流之衝擊性輕微（Mild），可能於未來5-10年實現。

- (8) 遠程工作和遠程操作 Remote Work & Teleoperation：遠程工作和遠程操作的趨勢是指全球範圍內從員工必須在工作場所工作的觀念轉變為員工可以在家裡、不同的工作場所和其他地方完成任務的觀念。本議題對貨運物流之衝擊性低（Low），可能於未來5年內實現。

2. 技術趨勢：

- (1) 替代能源解決方案 Alternative Energy Solutions：替代能源解決方案的趨勢包涵各種技術和相關基礎設施，以利用、儲存和使用來自可再生、取之不盡的能源。本議題對貨運物流之衝擊性高（High），可能於未來5-10年實現。
- (2) 下一代包裝 Next-Generation Packaging：下一代包裝的趨勢是指用於一級、二級和三級包裝的材料以及包裝中添加物之技術不斷改進。本議題對貨運物流之衝擊性中等（Moderate），可能於未來5年內實現。
- (3) 大數據分析 Big Data Analytics：大數據分析的趨勢是指通過分析大量數據來揭示過去的模式，突出現狀的實時變化，並對未來進行預測和預測。本議題對貨運物流之衝擊性中等（Moderate），可能於未來5年內實現。
- (4) 延展實境 Extended Reality：延展實境（也稱為“XR”）的趨勢涵蓋了擴增實境（AR）、虛擬實境（VR）和混合實境（MR）等不同的體驗技術類型。本議題對貨運物流之衝擊性輕微（Mild），可能於未來5年內實現。
- (5) 生物基材料 Bio-Based Materials：生物基材料的趨勢涵蓋由傳統永續生物質以及現代生物合成工藝衍生的物質所生產的所有材料。本議題對貨運物流之衝擊性低（Low），可能於未來5-10年實現。

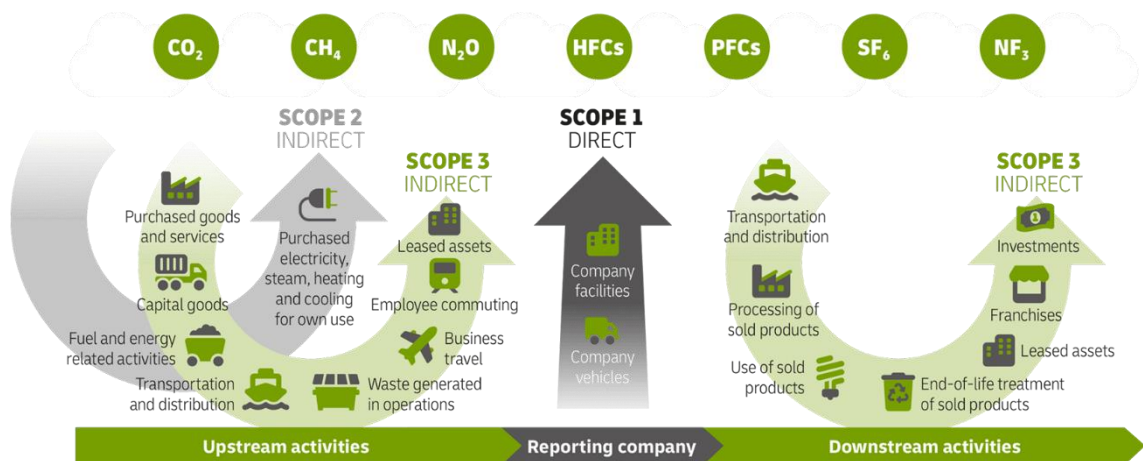
上述議題中，對貨運物流影響重度之議題皆為未來5-10年可能實現，包含脫碳、循環性及替代能源解決方案。影響中度且未來5-10年可能實現之議題有物理互聯網及環境管理，影響中度且未來5年內可能實現之議題則有智慧化、下一代包裝及大數據分析。

參、DHL環境永續領域中重度影響議題概述

對於前節所選之議題，茲以影響嚴重性及較具長期之順序，將 DHL 所蒐集分析內容翻譯摘整分述如下。

一、脫碳化

脫碳化趨勢意指降低大氣中的二氧化碳 (CO₂) 和二氧化碳當量 (CO₂e)。包括減少燃燒和使用清潔能源以達到碳中和，以及積極去除環境中現有的二氧化碳以實現負碳排放。國際社會對氣候變遷及其對地球影響的關注，使環境永續性，特別是脫碳，成為企業、政府和消費者關注的焦點。供應鏈產生了全球約60%的碳排放，而產品約90%的排放來自其供應鏈。隨著越來越多的 B2B 和 B2C 客戶需要永續的產品和服務，以及透明度立法。根據溫室氣體協議企業標準，Scope 1、2 和 3 排放。它們涵蓋報告公司上游和下游的所有活動。



資料來源：Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions

圖2 溫室氣體協議範圍和價值鏈排放概述

(Overview of GHG Protocol scopes and emissions across the value chain)

脫碳議題與貨運物流相關部分涵蓋四個方面：碳核算與追蹤、運具電動化、碳捕捉及營運優化，茲分述如下：

1. 碳核算與追蹤 (Carbon Accounting & Tracking)

對 Scope 1, 2 & 3 排放進行全面核算仍是一項挑戰，許多企業並不考慮這些排放，包括物流業者。這些企業碳計算來源主要依賴廣義和各種假設，且通常無法考慮第二層和第三層參與者的碳排放量，使得 B2B 和 B2C 客戶在評估時，難以準確地比較和選擇符合其環境標準的供應商和服務供應商。隨著感測器技術在供應鏈中的發展與使用，將有可能在貨運層級甚至產品層級，準確計算和追蹤貨車或

飛機排放的二氧化碳當量，以及貨物運輸時使用設施所消耗的總能源。借助這些感測器數據，物流提供者不僅可以為公司提供更準確的碳足跡數據，還可以確定供應鏈中需要改進脫碳的領域。

2. 運具電動化（Vehicle Electrification）

在 COVID-19 之前，貨運幾乎佔全球碳排放總量的10%。儘管疫情時旅次減少，在大流行期間碳排放量略有停滯，但隨著全球經濟復甦和電子商務蓬勃發展，貨運碳排放量預計仍將增加。為了積極參與脫碳趨勢，物流業者必須致力於減少全程旅次之運輸運具碳排放。電動化是所有方式最有效的解決方案。2021年，DHL 快遞向以色列公司 Eviation 訂購了12架電動飛機，以實現零排放航班。同年初，卡車製造商大陸汽車（Continental Automotive）電動貨卡單次充電行駛近1,100公里，打破了世界紀錄。福特汽車發布了 E-Transit 廂型車，續航里程約為200公里，比美國此類車輛的平均每日服務距離多出70%。此外，電動自行車、三輪車和滑板車已在世界各地的送貨業務中廣泛使用。

儘管車隊電動化為物流業減少碳足跡之有效方式，惟每種運具之電動化替代方案都有不同的時程進展。基此，物流領導者研究某些運具的替代燃料，尤其是載重較重和長途的運輸運具，以作為減少供應鏈中碳排放的短期解決方案，將可更有效降低碳排放。例如傳統生物燃料（乙醇）、再生柴油，以及永續航空燃料（Sustainable Aviation Fuels，簡稱 SAF）。

3. 碳捕捉（Carbon Capture）

為了達成淨零（Net Zero）要減少溫室氣體的排放，可經由以下兩種途徑：減少正排放量及最大化負排放量。在負碳排（Carbon Negative）的部分，如果一個企業清除的二氧化碳遠超過所排放的二氧化碳，就可達到負碳排的效果。而碳捕捉係指企業建置設備，把排放的二氧化碳進行回收，後續封存回地底下或是再利用，不讓這些二氧化碳排到大氣中，此類技術可幫助物流業者實現永續發展目標。目前專門設計用於吸收空氣中二氧化碳的新建實驗設施受到重視，目前已現有現存及即將推出之解決方案將可應用於供應鏈。美國新創公司 Remora 開發了卡車尾管過濾器，能夠捕捉高達80%的二氧化碳排放量，而阿拉伯-美國石油公司（Arabian-American Oil Company，簡稱 Aramco）亦正研究將其自有基於汽車的碳捕捉技術應用於遠洋貨輪。此類解決方案通常可替物流業者帶來有利的投資回報，因所收集的二氧化碳和相關的碳權皆為可視為可出售之商品，用以彌補成本支出，故碳捕捉技術可以為供應鏈脫碳提供更低成本

的解決方案。

4. 營運優化 (Optimizing Operations)

由於綠色解決方案在初始投資成本比較排碳量大的解決方案需要較高成本，而使對環境友善的解決方案可能會被忽視或拒絕採用。例如許多物流業者可能希望以電動運具取代整個燃油卡車車隊，或以太陽能電池板覆蓋整個倉庫屋頂，將需要大量資金投入。但隨著貨主要求供應鏈需具有永續性，以及二氧化碳排放量被商品化並被視為營運成本，物流企業需要同時減少成本支出及碳排放的解決方案。例如汽車貨運業者在提供最後一哩服務可採用路線優化軟體來縮短車輛行駛距離，可節省時間、燃料、磨損和維護成本外，亦可減少二氧化碳排放。

電動化替代方案尚未適用於所有車輛和設備，因此在這些替代方案逐漸進入市場前，仍需要採取其他碳減排措施。而支援性的生態系統，例如電動車之充電樁、維修設備、員工再培訓等，對於電動化之達成非常重要，但其成本可能相對高昂。整個供應鏈中用於計算產品碳足跡 (Product Carbon Footprint, 簡稱 PCF) 和企業之物流排放的數據未必一致，造成計算所需取得之數據相對困難。另，脫碳之解決方案通常需要大量的前期投資，在實施時亦可能須轉換停機時間。最後隨著物流服務提供者投資脫碳解決方案以滿足需求，可能造成產品和服務的價格上漲。

儘管在脫碳議題上可能遭遇上述的挑戰，惟因應國際趨勢，物流業者必須面對實現碳中和甚至負碳的壓力。鑑於供應鏈是脫碳的核心，物流業者必須儘早採取必要的行動。及早適應即將到來的變化，方可確保在永續發展的時代中取得優勢

二、循環性

循環性的趨勢指透過預先考慮整個產品生命週期，設計和利用供應鏈中要回收的每個項目及其組成部分來消除浪費和污染。這一趨勢盡可能地重複利用、修復、再製造和回收產品，當這些過程不再可行時，產品將被分解成可重複使用的組件和原材料，並最終進行生物降解，並以包括減少燃燒和使用清潔能源達到碳中和，以及積極去除環境中現有的二氧化碳以實現負碳排。永續發展為當前社會的首要任務，但目前全球每年消耗的1,000多億噸材料中，只有8.5%被回收。故當循環概念要求對產品設計、生產和回收過程進行重大變革，供應鏈將成為以永續的方式的運輸原材料、貨物和廢物的關鍵推動者，並可成為

跨行業轉移最佳實踐的重要知識來源。儘管越來越多的垂直行業開發循環性應用程序，惟仍處於模型建置階段，循環性需要一段時間才能成熟並成為主流。

循環性議題與貨運物流相關部分涵蓋三個方面：再貿易的興起、物流零廢棄物、循環供應鏈，茲分述如下：

1. 再貿易的興起（Rise of Recommerce）

再貿易（也稱為二手市場）在工業部門興起，尤其是零售業。將擁有的產品出售並運送給買家，由買家修理、再利用、回收/轉售，延長產品使用壽命。據估計二手和轉售市場的成長速度是傳統零售的11倍，到2030年，二手和轉售市場規模將達到840億美元，是快時尚規模的兩倍。所謂快時尚（Fast Fashion）是指可以在很短的時間推出時裝週展出潮流服飾的商業模式，對於消費者來說，可以在很短的時間，以低廉的價格，買到新潮的服飾。

再貿易的興起對物流造成影響，尤其隨著越來越多的零售業巨頭加入。再貿易供應鏈通常將退貨運送到國內維修、回收/轉售，取代跨境退貨成本高昂的傳統逆物流，以減輕原零售商的運費和倉儲成本。透過再貿易，特別是在首次購買產品之後，實現供應鏈本地化。再貿易不僅可以延長產品的使用壽命，還可以避免製造類似新產品所產生的排放（包括相關的物流成本），進而促進永續發展。

2. 物流零廢棄物（Zero Waste in Logistics）

零廢棄物計畫的目的是透過防止任何廢棄物進入土壤、水或空氣來保護環境和人類健康，被視為完全永續的重要關鍵。物流業在此部分有許多機會，可支持企業透過循環性實現零廢棄物目標。在交通運輸方面，碳捕捉技術的不斷改進使得溫室氣體更有效地從車輛廢氣中過濾；收集到的二氧化碳可以出售給溫室、碳酸水生產商和其他企業用作原料。貨車電動化、綠建築投資以及倉庫運營的轉變，皆為物流業者避免浪費可採取的措施，將全面的零廢棄物方法融入其企業運營。當供應鏈組織利用循環性原則追求零廢棄物時，除可顯著減少廢棄物之外，亦可減少與廢棄物相關的直接和間接成本。

3. 循環供應鏈（Circular Supply Chains）

隨著越來越多的企業加入循環經濟以減少浪費並節省成本，將重新檢視及設計各企業之供應鏈以符合循環性原則。對於物流業者而言，將可能面臨營運巨大變革。儘管倉庫和運輸車輛仍然有需要，但物流業者可能須面對新興產品和材料的增值服務需求增加。最後一哩的運送車輛可能將服務廣泛的退貨市場，不僅運送電子商務包裹，

亦可能需收取用罄的碳粉盒、電池和氣瓶，運送至補充站點。

此外電子業在2021年產生了5,740萬噸電子垃圾，其中僅約20%透過正規管道回收。意指未來物流業者將面對更多硬體退貨量，以及更多零件維修、再利用和回收的機會。物流業者需事先預測，並準備應對全球和本地供應鏈的變化，以及循環性帶來的商機。

惟目前大多數產品非為可再利用和回收，限制了實現上循環性的發展。客戶改變自身生活方式、積極參與循環的門檻較高，也是達成循環性議題之障礙。此外，產品及其組件相關資訊的協調可見性和透明度對於將廢物重新使用相當重要，但目前數據不足，亦為達成循環性之阻礙。另收集廢棄物和回收材料的技術雖以起步，技術上仍不成熟，回收可能比使用初級原料更昂貴。

儘管在循環性議題上可能遭遇上述的挑戰，各行業及供應鏈都需要所有參與者的協調和長達數年的時間才能達成符合循環性原則。但個別公司，尤其是時尚和消費電子市場的公司，現已正在利用可視性和回收技術來追求循環目標。物流業是循環經濟的支柱，物流業者可透過循環性逐步發展，逐步調整運營方針，以滿足客戶的永續發展需求，同時減少自身流程的成本和浪費。

三、替代能源解決方案

替代能源解決方案的趨勢涵蓋了各種技術和相關基礎設施利用、儲存和使用來自可再生、取之不盡的能源的能源。例如陽光、風、水、地熱、生物質和其他來源的能源系統。物流業普遍認為需要替代能源解決方案，才能將二氧化碳排放量降至零。惟現有的解決方案選擇性少，價格比傳統的不可再生能源解決方案高。為了落實聯合國清潔能源路徑，2030年將化石燃料在全球能源結構中的比重降低至30%，需要對替代能源解決方案的開發和應用進行大量投資。

替代能源解決方案議題與貨運物流相關部分涵蓋五個方面：建築物和設施的能源供應、地面交通、航空運輸、水運及感測器的能量收集，茲分述如下：

1. 建築物和設施的能源供應（Energy Supply for Buildings & Facilities）

至2021年11月，住宅和非住宅建築的強制性能源規範已成為國際43個國家提高節能建築議程的一部分，物流設施在內的所有設施皆包含在內。物流業者辦公室、倉庫、配送中心和停車場佈建太陽能板為受歡迎的解決方案，另外地熱能也提供了另一種為物流設施和辦公大樓供電的方式。目前已有多種可用的解決方案可應用於物流設

施，但皆需要初始投資，且在數年後才會產生正面的經濟影響。

2. 地面交通（Ground Transportation）

使用清潔能源的最後一哩交通解決方案，為目前地面交通優先選擇。例如，德國 DHL 已使用約20,000輛電動車（佔其送貨車隊的1/3），並使用19,000輛電動自行車和電動三輪車。但中長途運輸部分，運具電動化的進展仍受限於使用範圍限制和充電基礎設施。

另一種替代能源解決方案採用氫氣，比荷盧經濟聯盟國家目前於實際物流應用中於中長途運輸測試的氫動力卡車，整體長期目標是擴大這些低碳重型商用車的規模。儘管許多新創公司和傳統公司皆致力於替代能源車輛，唯中程和長途解決方案的開發仍處於試點階段，仍需數年時間才能生產基地大規模滿足市場需求。

3. 航空運輸（Air Transportation）

2021年全球航空碳排放量佔二氧化碳排放總量的2.5%。目前航空貨運最有前景的減排解決方案為使用永續航空燃料（SAF），但由於可用性（Availability）較低和高成本難以被廣泛採用。SAF 是來自可再生資源的燃料，例如生物質、動物脂肪、油和酒精，可與傳統煤油混合。

電動引擎也成為未來航空貨運的一種有吸引力的方案。以色列新創公司 Eviation 預計於2024年上市電動飛機，可用於短途國內航班，並有可能成為國家乃至地區航空運輸的可行永續解決方案。永續航空研究的另一個領域是氫燃料的使用，但專家預計氫燃料電池飛機在2030年之前無法商業應用。

4. 水運（Water Transportation）

國際海事組織（International Maritime Organization，簡稱 IMO）對於海運替代能源解決方案推動相關研究，該組織承諾到2030年，將減少與2008年的水平相比至少40%碳排放量。其中過渡選擇是使用生物燃料，根據美國能源部和交通部的研究，使用生物燃料可減少高達93%的溫室氣體排放。惟目前海運使用生物燃料的生產目前亦面臨成本和基礎設施之障礙。

從長遠來看，概念性解決方案（Conceptual Solution）也可能改變遊戲規則，例如瑞典 Wallenius Marine 公司的 Oceanbird 概念，其使用空氣作為主要能源，該船採用空氣動力桅杆，其概念來自飛機機翼，幾乎無需使用傳統化石燃料。另一個可以在海運脫碳方面發揮重要作用的長期解決方案是液氫，惟目前氫動力貨船尚未發展成熟。

5. 感測器的能量收集（Energy Harvesting for Sensors）

物流感測器亦可採用替代能源解決方案，尤其是包裝和容器上的追

蹤和監控器。感測器對環境影響主要為電池壽命。可能潛在的解決方案是由每個感測器的直接環境收集能量，例如光、運動和無線電波。此外，另一種感測器解決方案使用天然蛋白質，可以利用環境濕度發電，預計未來將應用於健康監測器、智慧手錶和手機等穿戴式電子設備。

替代能源中太陽能 and 風能具有不穩定性，且需要昂貴的儲能系統，使企業能夠利用以前產生的可再生能源來彌補停電。替代能源生產設施建設耗時長且成本高，並且依賴政府和其他法規。故開發替代能源解決方案通常需要較高的初始投資，造成實施和發展這些解決方案的主要障礙。另由於氫電池有爆炸風險，其解決方案的發展高度依賴其安全驗證。

儘管一些替代能源解決方案已經可用，但許多行業革命性技術仍處於試驗階段，無法進入商業運轉。然而，若有足夠的市場需求，仍可快速發展。對研發和基礎設施的投資以及企業對新解決方案的承諾，對於及時實現永續發展解決方案非常重要。

四、物理互聯網

物理互聯網概念在2011被提出，為一新的物流模式，假設一個在實體、數位和運作上超連接的全球開放網路。物理互聯網模仿網際網路如何有效處理發送者和接收者間的封包，透過介面和協定的標準化、模式和通道的同步以及容器的模組化來改善供應鏈。

在網際網路中，要傳送的訊息被資料包完美封裝，通訊系統只處理這些封包，而不處理裡面的資訊。封包本身包含識別數據，以及將其傳送到正確目的地所需的重要資訊。此外，這些封包僅針對特定傳輸而建置；當它們到達目的地時，它們會被分解以顯示它們曾經包含的已發送訊息。此外，網際網路的協定使每個封包無論在何處生成，皆能沿著不同類型的媒體（如銅線和光纖）傳輸，並由不同的設備（如雲端伺服器和無線路由器）處理。上述網際網路資料處理方式與供應鏈中棧板或貨櫃經過物流中心沿著高速公路送至客戶端，有其相似之處。

儘管物流業已有部分標準化，例如20英尺當量單位(TEU)規模的運輸貨櫃和棧板尺寸，實體配送由供應鏈上的數千個參與者組成，這些參與者仍多有不同的標準和協議，大量的私人車輛和設施以及有限的數據共享。透過物理互聯網，其中物流合作夥伴關係可以進一步整合

和同步，以實現無縫、高效的貨物運送。

物理互聯網趨勢若能實現，將對供應鏈的運作方式影響甚鉅。供應鏈將從封閉的網絡轉變為開放的、不可知的網絡，在全球化的世界中具有高度的連結性。儘管此趨勢將耗時數十年方能發展並實踐，惟某些組成部分將可能在幾年內開始試點。

物理互聯網議題與貨運物流相關部分涵蓋三個方面：智慧模組化容器、未知的物流中心和基礎設施、超連結運輸網絡，茲分述如下：

1. 智慧模組化容器（Smart & Modular Containers）

目前產品經常被放入不適合尺寸盒子或容器中，拆裝或重新合併後再次裝載入不適合尺寸的容器中。物理互聯網希望解決這些低效率問題，減少箱子或容器中多餘空間，並消除供應鏈中（拆/重新）棧板的需要。

這個概念的核心是稱為物理互聯網(pi)-容器的下一代容器。pi-容器的理想是由永續材料製成，透過感測器和其他智慧技術進行數位連接，並且易於儲存、處理和運輸。這個想法最重要的是，它們採用一組標準化、模組化的嵌套箱，一側寬度可以由10公分到12公尺之間組裝，可更適合運送的貨物體積、棧板和 TEU 規模的容器。pi-容器可視為類似可堆疊樂高積木和嵌套俄羅斯娃娃之間的高效混合體，可以輕鬆、單獨地從整合批次中抽離出來，並繼續運送至目的地。雖然這些理想化的 pi-容器還不存在，但已有業者在努力實現這一理想。

2. 未知的物流中心和基礎設施（Agnostic Hubs & Logistics Infrastructure）

物流業的參與者眾且分散，可能因為由於距離遙遠或其他障礙，使服務成本過高而無法從配送中心提供支援。另一方面，市區的物流服務，則因為提供服務的業者較多，造成交通阻塞、運送模式效率不彰，及因高度競爭造成低利潤。

物理互聯網的理想為讓所有參與者和合作夥伴，可共享物流中心及其他基礎設施等。在服務不足的地區，可鼓勵提供更具競爭力的物流服務，因為每個提供者都可以使用鄰近的設施，而這些設施以前無法使用。同時，在城市地區，使用他人未知的物流中心和儲物櫃將使更有經驗和專業的最後一里運送業者透過共同配送提高效率，此舉亦可減輕最後一里造成的車流量。

3. 超連結運輸網絡（Hyperconnected Transportation Networks）

目前供應鏈運輸中的物理互聯網使用超連結運輸網路已非罕見，例

如托運人利用數位物流市集合併多個零擔（Less-Than-Truckload，簡稱 LTL）貨運訂單，以降低成本並優化貨運利用率的情況。物理互聯網假設運輸運具及提供者之間具有更高程度的協調和同步。模組化及標準化的容器可以輕鬆、省力地在飛機、船、火車、卡車、載貨自行車、機車和手推車之間轉移。此外，與公共交通系統一樣，計算物流車輛路徑時將路線設定為可交會而不是單一的路徑或區域，可將路線交叉點視為潛在貨運轉運點，進而產生網路效益。

惟在 pi-容器部份需要有國際標準及通過嚴格測試，並獲供應鏈上多個參與者認同。而為了提高效率，物理互聯網趨勢將使供應鏈網絡產生變革，亦改變物流業提供服務和互動的方式。物理互聯網需要參與者間提高資料透明度和共享來創建超連接網絡，惟網路攻擊的風險和影響亦隨著網路規模的擴大而增加。最後，就像網際網路的防火牆一樣，國際邊界和關稅同盟可能會成為物理互聯網的障礙，造成跨地區的障礙。

儘管在物理互聯網議題上可能遭遇上述的挑戰，為了提高效率，物理互聯網將可重新安排供應鏈網絡，並改變物流業提供服務和互動的方式，將需要鏈上眾多參與者的協調和整合、大量投資以及各種新興法規。

五、環境管理

環境管理的趨勢是指跨產業、政府和社會的集體和個人層面的重大行為變化，以最大限度保護環境及減少環境降解。以有意識的個人選擇和改變的日常習慣，再加上環境目標和認證計畫，顯示永續生活選擇和工作方法的轉變。目前公共和個人對於氣候變遷、棲息地破壞和生物多樣性喪失的態度皆正在轉變。作為消費者和投資者的個人期待具有永續產品和服務的選擇，作為工作者的個人希望雇主表現出環境管理能力，使得企業和政府有減少排放和浪費的壓力。連接上述活動的核心是供應鏈，供應鏈產生的碳排放量約佔世界總碳排放量的60%，產生的塑膠廢棄物約佔世界總量的50%。物流業亦面臨改革營運和轉變流程，以滿足新期望的壓力。惟環境管理對大部分物流業者為新興議題，將可能會在幾年後始產生影響，且分階段出現，而非一次性全部發生從而能有所緩衝。

環境管理議題與貨運物流相關部分涵蓋四個方面：綠色法規、環保意識客戶、吸引及留住人才及本地採購興起，茲分述如下：

1. 綠色法規 (Green Laws & Regulations)

由於人們對氣候變遷的認識之提高，使得政府亦有制定相關法規之迫切。物流業應預見新法規並為合規做準備，同時也意識到這是獲得其優勢之機會。例如歐盟即將出台的永續金融揭露法規 (Sustainable Finance Disclosure Regulation, 簡稱 SFDR) 和英國的綠色聲明準則 (Green Claims Code)，這些法規要求碳排和其他環境指標的透明度，雖目前許多物流業者無法達成，但客戶仍有需求。其他如鼓勵電動化，一些國家甚至禁止在未來十年內銷售新的燃油車，商用卡車很可能是下一個。此外，單一政策可能會影響整個供應鏈，例如加州逐步淘汰一次性塑膠的新法規及中國在2021年禁止進口所有固體廢物，從而催生了新的買賣生態系。

物流業可經由預見相關法規訂定實施及其在地區之間的逐步擴散，以提高競爭力並從早期合規中受益。

2. 客戶環保意識 (Environmentally Conscious Customers)

為因應客戶對環境管理期望，物流業開始承諾零廢棄物、車隊電動化等以維持競爭力。由於約90%的產品排放來自供應鏈，物流業者對協助企業推動永續發展非常重要，常需提供碳足跡核算程序及碳中和營運及運輸模式。永續服務正在成為消費者的期望，85%的消費者在最近5年內選擇購買更永續的商品或服務。在物流服務部分，包裝和最後一哩運送為消費者最容易感受到。符合企業和消費者永續管理標準的物流業者將更具競爭力，而那些無法滿足的物流業者將降低競爭力。

3. 吸引及留住人才 (Attracting & Retaining Talent)

隨著勞動力短缺的加劇，物流業必須想辦法吸引和留住人才。有研究顯示，若年輕工作者對雇主對永續發展的承諾不滿意，他們在2年內離職的可能性會增加近3倍；如果他們感到滿意，則留在工作崗位超過5年的可能性也會增加近3倍。為了滿足新員工的期待，物流業應該在環境永續上採取明確的立場，並為員工提供有助於實現目標的計畫及培訓。

4. 本地採購興起 (Rise of 'Buy Local')

「本地採購」運動是由各種需求所推動，目的為減少供應鏈中的碳足跡，並鼓勵本地創業及多元化的社區經濟，以在面對具有挑戰性的全球活動較佳之韌性。B2B 和 B2C 客戶逐漸轉為支持本地生產商和供應商、服務提供者和企業主，取代從海外購買商品，物流業需配合調整以適應供應鏈在地化趨勢。

為了保持與在地相關性，物流業者需了解及發展當地的生態系統，

包括培育、合作和取得在地物流服務，並了解當地小型企業和社區對供應鏈之需求，藉此物流業者可為「本地採購」參與者提供優質物流服務，並可獲得「本地採購」運動的潛在效益。

必須提醒的是，儘管在地化為當前趨勢，但非所有原材料和產品都可在以在地化以具有成本競爭力的方式取得或製造，全球連結仍然至關重要。

惟物流業目前仍可能缺乏必要之技術以成為完美的環境管理，這些技術可能尚未擴展至物流領域，甚至可能尚未存在於供應鏈的每個環節。滿足所有客戶永續發展需求所需的徹底改革，對於物流業來說可能成本過於昂貴，業者逐步實施的速度可能難以滿足客戶期待。另政策和法規之影響難以預測，對技術和新市場的投資可能造成潛在財務風險。

儘管在環境管理議題上可能遭遇上述的挑戰，環境管理趨勢仍為全球供應鏈發展持續潛在趨勢。由於物流業面臨需滿足政府、客戶、投資者和員工等在永續發展需求之挑戰，故在推動和實踐變革方面處於獨特及領導的地位，物流業可促使供應鏈轉型為更具永續、效率、成本效益及彈性。

六、智慧化

智慧化趨勢係是指利用感測器和無線技術等進行改造或產生原斷聯的類比資產的過程，使能「智慧」和互聯，從而縮小類比數位落差。智慧化能使使用者收集各種感測器數據加以分析、衡量績效、模擬及進行基於數據的決策。

一項針對2,400位高階主管的調查發現，93%的受訪公司將進行增加數據和分析領域的投資。至2021年，已有113億台設備用於收集有關行為模式、操作以及資產、機械和設施使用的數據。隨著越來越多的公司將類比資產及系統整合至 IT 生態系統中，以獲取全流程和關鍵績效指標之整體觀，使用數量將持續成長。故使用感測器來進行資產改造變得越來越重要，且隨著感測器成本的下降，這種選擇變得更具可擴展性。智慧化趨勢將對物流業將提高優化的可見性和透明度，並實現決策之資料導向。然而，設備與資產改造及 IT 系統整合尚需時完成。

智慧化議題與貨運物流相關部分涵蓋五個方面：預防性維修、行為互聯網、設施監控、資產追蹤和在地化、智慧城市，茲分述如下：

1. 預防性維修（Predictive Maintenance）

企業需要能夠確認設備和其他資產的狀況，以便及早發現必要的維修和保養、減少停機時間並確保穩定運作，資料的可用性對於實現預防性維修變得越來越重要。因此，越來越多的公司開發解決方案來實施預防性維修，特別是對於因老化更需要維修和發生故障的舊資產，從而可以主動而非被動地進行維修、維護和服務。

2. 行為互聯網（Internet of Behavior）

在2022年4月，全球約63%的人口能夠上網，且比例持續上升，故有關使用者行為和偏好的資料量持續增加。尤其在 B2C 領域，企業可透過物聯網(IoT)技術並加速資產、產品和系統的智慧化來獲得資料，並分析使用者行為、偏好和模式的數據。使用者行為資料收集和分析為行為互聯網(IoB)的一部分，可使企業以從心理學的角度新的方式理解相關資訊，並利用以調整產品、服務和流程來滿足客戶需求。

3. 設施監控（Facility Monitoring）

企業須先能識別和量化潛在的節省，以降低能源消耗。儘管收集及分析數據有助於公司進行正確的決策，惟僅26.5% 的公司視本身為數據驅動組織。

企業可透過設施之感測器測量並管理能源消耗，設施管理和建築智慧化將有助於企業監測二氧化碳排放，進而提升經濟效益和改善碳足跡。

4. 資產追蹤和在地化（Asset Tracking & Localization）

在物流運營中，棧板、堆高機和貨櫃等資產的在地化和追蹤相當具有挑戰性，故此類資產有必要將其智慧化。例如為提高永續性，可重複使用容器亦為重要的趨勢，但需要得知其確定的位置方能重複循環使用。智慧化有助於確保不會遺失資產，避免產生不必要成本，亦可實現高效率的資產庫存規劃。

5. 智慧城市（Smart Cities）

物流運營受到智慧城市發展之影響，特別是最後一哩的運送。例如，新加坡作為智慧城市先驅，已將公車到達時間、計程車可用性、交通狀況和停車場可用性建立即時數據庫，並將這些資訊開放免費提供。物流業者可使用這些數據安排最後一哩運送適當之路線及時間。未來，物流業者亦可透過智慧城市之智慧停車系統分配理想的停車區域和時間，以便快速送貨並減少交通干擾。使用智慧城市數據可協助物流業者使最後一哩運送更快速、有效率，並且更永續。

儘管智慧化對業者帶來正面的助益，惟將類比資產和系統融入企業 IT 生態系統及增加連網設備數量皆使網路攻擊風險提升。另需整合不同供應商之感測器需強大 IT 生態系統及各種應用程式介面

(Application Programming Interface, 簡稱 API), 以確保所有資料連結於相同平台。此外, 由於資產與系統智慧化, 數據數量不斷增加, 企業決策者必須具備分析數據並得出正確結論之能力。最後, 企業轉變為智慧設施、互聯資產和數據驅動成本高且費時, 並非所有類比資產都可以透過感測器和無線技術進行改造。

儘管在智慧化議題上可能遭遇上述的挑戰, 隨著感測器技術的進步, 成本降低及尺寸縮小, 使用智慧化案例亦逐漸增加。新的資產可能從一開始具有智慧化功能, 且透過安裝感測器來將類比資產數位化的機會越來越多。

七、下一代包裝

下一代包裝趨勢係指用於初級、二級和三級包裝的材料以及添加到該包裝中的技術的不斷變化, 這些材料和新技术使包裝能夠感知環境及包裝內容物的變化並做出反應。這一趨勢也融入了永續發展的元素, 採用了更生物基、可回收、可重複使用和可生物降解的新型包裝材料。

由於電子商務快速發展及永續發展的推動, 對於減少碳足跡有創造性和經濟高效的包裝解決方案的需求不斷成長。為滿足顧客需求, 對於可回收、可重複使用、可用作堆肥和生物降解性受到關注, 抗菌包裝、包裝可追溯性及狀態監測包裝需求不斷增加。對於物流業者而言, 須滿足消費者對永續發展的需求, 以確保產品在全段供應鏈安全處理。

隨著此趨勢在未來五年內, 預期更多企業將重新考慮其包裝中使用的材料。此外, 隨著企業改變所使用材料和永續商品的方式, 物流業亦將考慮使用下一代包裝, 並重新評估目前的運作流程, 使新型包裝可通過傳送帶、掃描儀等安全地處理。

下一代包裝議題與貨運物流相關部分涵蓋三個方面: 生鮮冷鏈活性包裝、用於資產監控的智慧包裝、調氣包裝, 茲分述如下:

1. 生鮮冷鏈活性包裝 (Active Packaging for Fresh & Cold Chain)

活性包裝含有添加劑以維持或延長產品品質和保存期限。目前, 活性包裝解決方案佔全球下一代包裝市場超過 36%, 預計在未來10年仍將佔據主導地位。活性包裝包括抗菌包裝、加熱/冷卻包裝、具有氣體發射器、吸收劑和清除劑的物品、濕氣/氣味/風味吸收和釋放包裝及腐蝕控制包裝等。

此類包裝常見於製藥和營養品業，物流業者需具備生鮮供應鏈和冷鏈營運能力，以確保產品運送皆可符合客戶設定標準，並符合不同的生鮮和冷鏈法規。

2. 用於資產監控的智慧包裝 (Intelligent Packaging for Asset Monitoring)

智慧包裝可監控包裝貨物的內部狀況，以提供運輸和儲存過程之品質資訊，整合了時間溫度指示器、新鮮度和成熟度感測器以及 RFID 和其他標籤等硬體組件。使用智慧包裝有助於維持產品質量、減少全球廢棄物。儘管醫療保健和製藥業為主要市場，其供應鏈可視性的需求日益增加，但智慧包裝的應用不僅限於這些產業。在物流和供應鏈營運中，智慧包裝解決方案透過即時追蹤，提供貨物更安全保障，降低了盜竊、最後一哩運送的路線改變、偽造和其他犯罪的風險。

3. 調氣包裝 (Modified Atmosphere Packaging)

全球航運和運輸能力的大幅擴張使得易腐爛貨物和對大氣敏感 (Atmosphere-Sensitive) 的產品能夠在世界各地快速運輸。為確保產品以最佳狀態送達，須持續保持儲存容器或包裝的內部氣體，並且可能需要改變，故在運送時使用調氣包裝有其需求。

調氣包裝技術的優勢包括減少全球食品浪費、延長保存期限，提高利潤、安全性的全球食品供應鏈。

惟下一代包裝常包含電池、感測器、顯示器和電路等難以回收的組件，使得長期可行性將取決於其對環境的影響。此外，由於智慧包裝解決方案包含多個組件，因此需要遵守許多不同的法規；利害關係人須投入大量時間與資源追蹤快速發展的行業不斷變化的規則。另具有即時追蹤和監控功能的智慧包裝亦涉及資料隱私，亦應將個人資料的授權與風險議題納入考量。儘管密碼學和區塊鏈技術可以降低此疑慮，惟將增加解決方案所需的成本和資源。

儘管在下一代包裝議題上可能遭遇上述的挑戰，下一代包裝在提高物流和供應鏈的效率和可靠性方面仍顯示相當具有潛力。隨著電子商務發展消費者和監管機構要求物流領域更具有永續性和更少碳足跡，未來過時的包裝系統將被智慧包裝解決方案取代。

八、大數據分析

大數據分析趨勢係指透過分析大量結構化及非結構化數據揭示過去模式，突出現狀即時變化，並對未來進行預測。目前物流業使用感測器、儀表板和其他技術來收集和顯示資訊流以為常態，隨著資料收

集設備的使用增加，加上社群媒體和網路上的原始資料呈指數級成長，資料傳入速率遠遠超過處理速率。

即時處理及分析大數據，常使用人工智慧演算法和其他技術，目前大數據分析可分為四種類型：描述性、診斷性、預測性和規範性分析。描述性分析旨在了解現有情況並回答發生了什麼的問題；診斷分析則試圖調查發生某事的原因；預測性分析對於未來進行預測；規範性分析則利用歷史和情境資料來建議應該做什麼的改變。

大數據分析趨勢對物流的影響主要為藉由可見性和優化的決策提供供應鏈各個部分的戰略優化，大數據分析在物流業影響比在其他產業更大。目前標竿物流業者已開始利用大數據來推動策略決策，預期未來此趨勢將成為拓展業務的標準方式並融入物流服務中。

大數據分析議題與貨運物流相關部分涵蓋四個方面：庫存和資產優化、運輸和運送優化、供應商風險與盡職調查評估、顧客管理，茲分述如下：

1. 庫存和資產優化 (Inventory & Asset Optimization)

大數據分析可提供物流業者有組織的、經過過濾的和易於理解的即時可視性，以了解倉庫和物流中心等設施的當前情況。在描述性分析，透過感測器大數據可顯示籠車等資產的位置及其當前狀態（例如：目前是否正在使用中，或是否已損壞）。對存貨感測器數據分析可以協助確認存貨是否不足，或托盤貨架上是否有空缺。透過診斷性分析，可以發現某些運送使特定輸送帶故障頻傳，或發現國際或當地事件對特定產品之庫存水準有重大影響。

同時，在預測性分析方面，對機械和車輛等資產的傳感器數據進行分析可支援預防性維修進行，標記出應在發生故障之前進行檢查和修復的受損資產。亦可對庫存進行預測，預測即將到來的旺季和淡季期間所收到的訂單和交貨的預期模式。最後，規範性分析可以將庫存計畫與實際情況進行比較，以便更佳分配庫存空間予庫存單位 (Stock Keeping Unit, 簡稱 SKU)。

一般來說，大數據分析可為物流業提供必要可見性，以優化貨物儲存和設施運輸，並提高資產的利用率和使用壽命。

2. 運輸和運送優化 (Transport & Delivery Optimization)

大數據分析趨勢可提供各種解決方案來克服物流組織在供應鏈的運輸和運送環節中經常面臨的挑戰。對於描述性分析，大數據可以幫助監控特定路線或車道的服務水準，即時確認服務受干擾如車輛故

障等情況。此外，來自數十到數千個感測器數據使供應鏈組織能夠了解產品是否維持高品質狀態運送或在運輸過程中損壞。透過診斷分析，企業可了解某些貨物長期延誤的原因，例如可能係因車輛路線受尖峰交通影響，或者貨物經由人力短缺的港口。預測分析方面，大數據有助於提供供應鏈各組成中斷風險。例如 Everstream Analytics 蒐集利用全球新聞及專有數據提供供應鏈客戶 30 個風險類別的預測，包括自然災害和政治暴力（Political Violence）。此舉預期可減少因服務中斷造成減少 30% 收入，並透過優化運輸模式節省 1 億美元。規範性分析方面，可檢視過去數據以調整調度車隊規模，以使車輛使用效率最大化並準時送達產品。

整體而言，大數據分析可以提高運送績效，確保以較低成本、較高效率方式按時、良好地送達貨物。

3. 供應商風險與盡職調查評估（Supplier Risk & Due Diligence Assessment）

對於現有和潛在的合作夥伴審核部分風險和彈性盡職調查評估，可利用大數據分析來推動決策，甚至使一些評估流程自動化，可以協助物流業者節省時間、金錢和風險。

在描述性分析方面，來自感測器和其他來源的數據可用於即時評估供應商提供的產品的運送時間及品質。描述性與診斷項分析後，可協助物流業者了解提供較優供應商之因素或模式，從而在未來評估合作夥伴時應尋找的變數和屬性。預測性分析亦可協助選擇供應商，可以自動預測每個供應商在某些緊急情況下（例如特定地區的自然災害）滿足物流需求的可能性。最後，透過對供應商過去績效的規範性分析，可提供物流業者是否續約之建議。

一般來說，大數據分析可成為物流業者評估現有或潛在供應商合作夥伴關係時有用工具。

4. 顧客管理（Customer Management）

雖然大數據分析通常用於優化供應鏈內的核心運營，但亦可用於物流業面對客戶端，改善客戶體驗。

透過描述性分析，B2B 和 B2C 客戶可按各種類別及相關屬性（例如行業、年齡、地理區域、訂單數量和需求等）進行分組，再以視覺方式顯示，使物流業可容易了解客戶群及可能會受到供應鏈變化的影響。此外診斷分析可協助了解客戶流失或對特定產品偏好之因素，無論是因為價格調整、便利性或其他變數。預測性分析對於客戶面亦可協助減少瓶頸、優化供應鏈或提升設施和車隊利用率。另規範性分析在處理歷史數據部分可協助物流業者計算和確定其產品價格

彈性，以確保在客戶期望範圍內提供訂定更佳的價格。供應鏈亦可透過研究過去旺季和淡季訂單數量的模式，優化目前勞動力規模，並確保高品質的服務水準。整體而言，大數據分析可以幫助物流組織改善顧客體驗和顧客旅程，增強品牌忠誠度。

整體而言，大數據分析可以幫助物流組織改善顧客體驗和顧客旅程（customer journey），增強品牌忠誠度。

惟大多數數據，尤其是來自網路的數據，都是非結構化的，需要「清洗」和過濾才能達到足夠的分析品質；這個過程以及嘗試使其自動化需要時間、金錢和人才。另數據可能具有很高的貨幣價值，保護數據需要強大的網路安全基礎設施。此外，由於大數據分析需要數據，在進行大數據分析前，物流企業必須確定哪些類型是有價值的資料，再建立適當的感測器和其他技術的資料收集網路。

儘管在大數據分析議題上可能遭遇上述的挑戰，但仍具有巨大的潛力，可以在現有基礎設施幾乎不做任何改變下提高供應鏈和業務績效。儘管面對許多挑戰，許多物流企業已經開始著手進行，並且取得效益。最後分析性人工智慧正不斷進步，提升在更短時間內處理更多數據並檢測更深層模式的能力，以進一步優化物流作業。

肆、我國相關政策現況

一、十二項關鍵戰略概述

對於前述 DHL 有關環境永續議題，我國相對應之政策主要為「氣候變遷因應法」。「氣候變遷因應法」係為環保署104年6月15日經立法院三讀通過「溫室氣體減量及管理法」於民國112年2月15日公告修訂為「氣候變遷因應法」。

行政院於2022年3月正式公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，提供至2050年淨零之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型，以「十二項關鍵戰略」，就能源、產業、生活轉型政策等重要領域制定行動計畫，整合跨部會資源以支持所有投入的個人、企業及相關非政府組織，落實淨零轉型目標。

十二項關鍵戰略包含：風電/光電、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能、節能、碳捕捉、運具電動化及無碳化、資源循環零廢棄、自然碳匯、淨零綠生活、綠色金融、公正轉型。將各關鍵戰略主要策略分述如下：

1. 風電/光電

- (1) (風電) 政策創造市場需求：推動措施有以下兩項，「穩健務實推動策略，達成政策建置目標」、「離岸風電可開發場域空間盤點與配套基礎設施」。
- (2) (風電) 市場扶植產業發展：推動措施有以下兩項，「因應國內產業特性，建置自主關鍵組件製造能量」、「配合在地化服務需求，建置自主海事工程服務能量」。
- (3) (風電) 優化技術擴大量能：推動措施有以下兩項，「擴大風場朝大水深開發」、「發展在地數位運維技術，降低成本與穩定發電」。
- (4) (風電) 人才培育在地深耕：推動措施有以下兩項，「提供 GWO 基礎與進階培訓，因應風場工程人員需求」、「培訓風力機運維與海事工程專業技術人才」。
- (5) (光電) 政策創造市場需求：推動措施有以下5項，「優先推動屋頂型」、「提高土地利用價值」、「進行戶外型農電共生試驗/示範」、「『再生能源條例』增修」、「結合國土計畫思維劃設能源用地」。
- (6) (光電) 提升系統安全可靠：推動措施有以下兩項，「太陽光電系統結構安全性提升」、「降低廢棄物總量並提高去化價值」。
- (7) (光電) 推動電網靈活併聯：推動措施有以下兩項，「加強電力網及共同升壓站解決併網問題」、「推動發電端光電結合儲能」。
- (8) (光電) 研發高效產品應用。

2. 氫能

- (1) 氫氣料源穩定供應：推動措施有以下3項，「藍氫評估及技術開發」、「國際氫供應鏈資訊交流及技術合作」、「氫氣進口評估及前期示範」。
- (2) 氫能應用：推動措施有以下3項，「導入混/專燒發電技術」、「發展國內混燒/專燒運轉及維護做法」、「氫能煉鐵技術開發」、「氫能載具運輸示範驗證」。
- (3) 基礎設施：推動措施有以下3項，「建立氫氣輸配基礎設施」、「建立氫氣之高壓輸、儲基礎技術及設施」、「完善國內氫氣液化等輸儲基礎設施」。

3. 前瞻能源：

- (1) 地熱發電：推動措施有以下5項，「躉購費率強化誘因」、「示範獎勵機制分攤風險」、「修訂『再生能源發展條例』」、「公部門積極探勘」、「地調所建置地熱探勘資訊平台」、「擴充鑽井能量」。
- (2) 生質能：推動措施有以下3項，「持續建構使用環境」、「建立大型專燒系統」、「優化技術擴大量能」。

- (3) 海洋能：推動措施有以下兩項，「完善政策配套」、「研發或引進海洋能發電技術及機組」。

4. 電力系統與儲能：

- (1) 強化電網基礎設施：推動措施有以下3項，「再生能源加強電網工程」、「減少區域電網間傳輸問題」、「導入電力品質調控設備強化電力系統穩定」。
- (2) 增加系統供電彈性：推動措施有以下5項，「更新/提升傳統電廠反應能力」、「掌握再生能源發電」、「應用儲能系統」、「精進需量反應管理措施」、「擴大電力市場」。
- (3) 推動電網數位化：推動措施有以下3項，「推動電網資通訊整合」、「精進區域調度」、「制訂/修訂智慧電網國家標準」。

5. 節能

- (1) 知識傳遞帶起社會節能行動：推動措施有以下5項，「強化節電科普知識宣導」、「結合在地資源及志工能量共推節電」、「推動縣市節電計畫，並促進地方能源治理法制化」、「電表轉智慧，用電看得見」、「辦理各項節約用電宣導推廣活動」。
- (2) 強化節能治理生態系：推動措施有以下4項，「研議修法擴大節能管理範疇」、「擴大地方政府節能治理與導入民間量能」、「成功案例宣導及提高企業能源管理層級」、「導入學校、公協會能量，培育與認證專才」。
- (3) 設備效率接軌國際：推動措施有以下8項，「設備與系統效率國際領先」、「提高設備效率管理」、「商業空調系統效率提升」、「補助服務業汰換老舊照明及空調設備」、「輔導企業改善耗能設備及行為模式並建立低碳商業經營模式」、「家電設備高效化」、「強化車輛能源效率管理」、「節能輪胎性能及安全測試驗證系統建置」。
- (4) 推動建築能效分級，淨零建築開步走：推動措施有以下10項，「補助地方政府委託專業團體或機構辦理綠建築審核及抽查工作」、「鼓勵商業類建築物申請綠建築標章」、「商業部門新建建築物節約能源減碳效益」、「建立建築能效評估及標示制度及推動淨零轉型」、「鼓勵住宿類建築物申請綠建築標章」、「強化建築物節約能源相關設計規定」、「鼓勵民間以都市更新提升既有建築能效」、「鼓勵企業將建築能效納入企業社會責任」、「建築物導入創新節能技術」、「補助公有既有建築物及建築公共緊急避難空間能效改善及淨零示範」。
- (5) 結合能源技術服務業擴散成功經驗：推動措施有以下13項，「鼓勵製造業提升公用系統效率」、「石化業製程改善」、「電子業製程改

善」、「鋼鐵業製程改善」、「水泥業製程改善」、「紡織業製程改善」、「造紙業製程改善」、「導入 ISO 50001 能源管理系統」、「工業部門用戶節能輔導」、「商業場域節能輔導」、「推動營業場所冷氣適溫行動」、「中小型服務業節能推廣」、「提升重型運輸車輛能源使用效率」。

- (6) 賦予企業責任自發節能：推動措施有以下兩項，「企業節能目標倍增」、「公部門用電效率提升」。
- (7) 智慧節能與技術革新：推動措施有以下6項，「設備納入智慧化管理」、「智能管控民生關注污染源淨零計畫」、「補助學校推動智慧化用電管理」、「創新製程開發」、「高效率設備技術研發」、「發展智慧能管系統」。

6. 碳捕捉：

- (1) 前瞻技術開發：推動措施有以下兩項，「開發尚未成熟的概念與原型技術」、「持續提升科技研發能量」。
- (2) 產業技術精進落實：推動措施有以下4項，「開發低成本的 CO2捕捉創新技術」、「推動 CO2捕捉利用轉化為低碳化學品的創新技術」、「建立可運行的 CO2封存場域」、「推動 CCUS 成功經驗複驗證擴散」。
- (3) 完善法規配套：推動措施有以下兩項，「淨零路徑減量效益整合評估」、「CCS 法規架構調整、減量方法學及查驗證機制建置」。
- (4) 鏈結國際合作：推動措施有以下兩項，「鏈結國際機構及企業，提升我國 CCUS 研發能量與培育國際人才」、「鏈結國外技術及經驗，評估引介來臺合作示範推動 CCUS 成功經驗複驗證」。

7. 運具電動化及無碳化：

- (1) 提高電動運具數量：推動措施有以下4項，「補助換購電動車輛，帶動市場需求」、「提供稅費優惠及貸款協助，降低汰換電動運具門檻」、「研訂車輛進口製造標準規範，促使業者製造及進口電動車等低碳車輛」、「強化車輛碳排管理規範及機制，以鼓勵及資訊揭露方式，促進使用者選擇低碳運輸方式」。
- (2) 完善使用環境配套：推動措施有以下3項，「加速充電設施網絡布建」、「訂定電動車專用電價、建立電網配電申請單一窗口、推動智慧充電示範」、「充電設施標準及建築物相關規章修訂，促進充電設施普及」。
- (3) 產業技術升級轉型：推動措施有以下3項，關鍵技術研發與產業技術升級，包含電動載具關鍵次系統及智慧充電技術研發、電動車整

車自主生產能量」、「推動國產電動車開發，2024年起發售」、「推動及輔導汽車修護、檢驗員、機車行技術轉型」。

8. 資源循環零廢棄：

- (1) 促進源頭減量：推動措施有以下4項，「少用一次用產品」、「限用一次用塑膠產品」、「進用特殊物質原料」、「延長物品使用週期」。
- (2) 提升回收效能：推動措施有以下3項，「檢討回收項目」、「建立多元化回收體系」、「強化地方回收設施」。
- (3) 建構高值體系：推動措施有以下3項，「提升市場循環誘因」、「提升回收處理品質」、「促進再利用異業結盟」。
- (4) 綜合管理工具：推動措施有以下4項，「落實查核輔導」、「導入數位科技」、「建立評估方法」、「強化宣導教育」。

9. 自然碳匯：

- (1) （森林碳匯）增加森林面積：推動措施有以下4項，「國有林、海岸林、生態復育造林」、「排除超限利用造林」、「邊際農地造林」、「水利工程多元植樹」。
- (2) （森林碳匯）加強森林經營：推動措施有以下3項，「人工林及竹林經營」、「低蓄積及劣化林分撫育更新」、「活化老化竹林」。
- (3) （森林碳匯）提高國產材利用：推動措施有以下3項，「提高國產自給率」、「翻轉消費意識，推廣國產木竹材使用」、「剩餘木竹材再利用」。
- (4) （土壤碳匯）強化土壤管理方式：推動措施有以下3項，「增加土壤有機質為目標，建立有效土壤管理技術」、「建立碳儲量之評估基準與分析技術，建置碳儲潛力分區圖」、「建立土壤碳匯監測、報告、驗證(MRV)機制」。
- (5) （土壤碳匯）建構負碳農法：推動措施有以下3項，「推廣具負碳功能作物或品種」、「推動作物負碳之栽培技術」、「推廣農業剩餘資源再利用及適用微生物，增加土壤有機質」。
- (6) （海洋碳匯）海洋與濕地碳匯量測方法學：推動措施有以下兩項，「建立海洋與濕地碳匯基線資料及碳匯係數」、「碳匯監測技術」。
- (7) （海洋碳匯）建構增匯管理措施與水產植物復育：推動措施有以下兩項，「評估不同水生植物碳匯效益及建立復育技術」、「建構增匯養護管理模式」。
- (8) （海洋碳匯）發展複合養殖經營模式：推動措施有以下兩項，「建立淡水複合式養殖增匯模式」、「建立評估碳匯效益指標」。

10. 淨零綠生活：

- (1) 零浪費低碳飲食：推動措施有以下4項，「推廣計畫性採買及餐具共享」、「推廣零浪費餐飲服務及綠色餐飲」、「推廣地產地消及食用低碳栽培農糧產品」、「推廣消費者綠色安心食用」。
- (2) 友善環境綠時尚：推動措施有以下3項，「推廣環境友善材質之衣物及日常用品」、「推廣節能衣著」、「推廣碳標籤標示低碳產品」。
- (3) 居住品質提升：推動措施有以下3項，「推廣被動式節能建築」、「示範推廣智慧控制導入與深度節能」、「推廣高能效設備及節能知識宣導」、「示範推廣建築材料碳儲存/建築營運碳排放減量」、「推廣綠色標章」。
- (4) 低碳運輸網絡：推動措施有以下10項，「推廣公共運輸」、「完備步行環境」、「完備自行車環境」、「管理私人運具使用」、「推廣共享汽車」、「公共運輸導向之土地使用(TOD)」、「減少非必要運輸需求」、「推廣綠色貨運」、「推廣綠色觀光與綠色旅遊」、「鼓勵低碳展演」。
- (5) 使用取代擁有：推動措施有以下4項，「拓展環境友善產品」、「延長物品使用壽命」、「循環運用零組件」、「以服務取代購買」。
- (6) 全民對話：推動措施有以下5項，「共同目標」、「共同責任」、「共同行動」、「資訊公開」、「全民教育」。

11. 綠色金融：

- (1) 完善合作機制，協力深化永續發展及達成淨零目標：推動措施有以下兩項，「建立金融機構合作網絡」、推動跨部會合作機制」。
- (2) 揭露碳排資訊，從投融资推動整體產業減碳：推動措施有以下兩項，「金融機構碳盤查」、「上市櫃公司碳盤查」。
- (3) 整合資料及數據，強化氣候韌性與因應風險之能力：推動措施有以下兩項，「建立 ESG 資訊平台」、「促進資料串接應用」。

12. 公正轉型：

- (1) 資源截長補短，策略互補搭配：組成跨部會推動小組。
- (2) 納入民間參與，確保決策過程「公正」：推動措施有以下兩項，「組成公正轉型委員會」、「辦理公眾諮商」。

二、12項關鍵戰略與DHL環境永續議題之關聯性

上述十二項關鍵戰略對應 DHL 環境永續議題，其中碳捕捉、運具電動化及無碳化及淨零綠生活可對應脫碳議題；資源循環零廢棄之內容可對應循環性議題；而風電/光電、氫能、前瞻能源、節能、淨零綠生活等關鍵戰略之內容可對應替代能源解決方案。餘物理互聯網、環境管理、智慧化、下一代包裝及大數據分析暫未見於十二項關鍵戰略中。

除「臺灣2050淨零排放路徑」外，經濟部商業發展署推動智慧物流，輔導物流業者透過各項智慧科技及大數據等應用，強化溫控及網購商品之配送，提升貨物流通效率，並將溫控物流服務輸出海外市場，並協助民間業者投資設立大型物流中心，滿足倉儲與配送服務需求。上述相關政策係可能與脫碳、智慧化、下一代包裝、大數據分析皆具相關性。

伍、結論與建議

物流產業受到資通訊科技快速進展以及生活與消費型態改變之影響甚鉅，本研究選擇貨運物流中永續議題相關重要前瞻議題，以協助主管機關了解未來發展趨勢，做為後續相關政策制定時之參據。本計畫選擇 DHL 趨勢雷達中環境永續領域對貨運物流影響中重度之議題進行翻譯與研讀，並對於我國2050淨零排放之十二項關鍵戰略之政策加以整理，與前述前瞻議題初步進行對應，提出未來進一步深入研究方向之建議。

一、結論

1. DHL 物流前瞻議題概分為趨勢雷達包含10年內可實現的議題，所涉及議題多達40項，可分為社會及商業趨勢(Social & Business Trends)及技術趨勢(Technology Trends)兩大類。上述議題再以重點領域區分，可分為：「自動化及效率」、「環境永續」、「顧客體驗」、「實體與數位安全」、「可見性與韌性」、「職業安全衛生」六大領域。
2. 物流前瞻議題在環境永續領域共有13項議題，其中脫碳、循環性、替代能源解決方案三項為未來5-10年可能實現且對貨運物流有高度衝擊之議題，未來5-10年可能實現且對貨運物流之衝擊性為中度之議題有物理互聯網及環境管理，未來5年內可能實現且對貨運物流之衝擊性為中度之議題則有智慧化、下一代包裝及大數據分析。
3. 各議題可再細分與貨運物流相關部分有：脫碳涵蓋「碳核算與追蹤」、「運具電動化」、「碳捕捉」及「營運優化」；循環性涵蓋「再貿易的興起」、「物流零廢棄物」、「循環供應鏈」；替代能源解決方案涵蓋「建築物和設施的能源供應」、「地面交通」、「航空運輸」、「水運」、「感測器的能量收集」；物理互聯網涵蓋「智慧模組化容器」、「未知的物流中心和基礎設施」、「超連結運輸網絡」；環境管理涵蓋「綠色法規」、「環保意識客戶」、「吸引及留住人才」及「本地採購興起」；智慧化涵蓋「預防性維修」、「行為互聯網」、「設施監控」、「資產追蹤在地化」、「智慧城市」；下

一代包裝涵蓋「生鮮冷鏈活性包裝」、「用於資產監控的智慧包裝」、「調氣包裝」；大數據分析涵蓋「庫存和資產優化」、「運輸和運送優化」、「供應商風險與盡職調查評估」、「顧客管理」。

4. 我國行政院於2022年3月正式公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，提供至2050年淨零之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型，以「十二項關鍵戰略」制定行動計畫，整合跨部會資源以支持所有投入的個人、企業及相關非政府組織，落實淨零轉型目標。十二項關鍵戰略包含：風電/光電、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能、節能、碳捕捉、運具電動化及無碳化、資源循環零廢棄、自然碳匯、淨零綠生活、綠色金融、公正轉型。
5. 十二項關鍵戰略對應 DHL 環境永續議題，其中碳捕捉、運具電動化及無碳化及淨零綠生活可對應脫碳議題；資源循環零廢棄之內容可對應循環性議題；而風電/光電、氫能、前瞻能源、節能、淨零綠生活等關鍵戰略之內容可對應替代能源解決方案。餘物理互聯網、環境管理、智慧化、下一代包裝及大數據分析暫未見於十二項關鍵戰略中。
6. 經濟部商業發展署推動智慧物流，輔導物流業者透過各項智慧科技及大數據等應用，強化溫控及網購商品之配送，提升貨物流通效率，協助民間業者投資設立大型物流中心，滿足倉儲與配送服務需求。上述相關政策係與脫碳、智慧化、下一代包裝、大數據分析皆具相關性。

二、建議

1. 在 DHL 永續環境領域中重度影響議題部分，有多項議題內容實與資通訊發展密切相關，建議企業可借助資通訊有助於減能減碳，企業進行數位轉型亦有助於淨碳轉型，降低成本增加競爭力。
2. 環境永續相關前瞻議題為重要趨勢，將影響未來貨運物流業，建議主管機關(構)應持續關注各項議題之發展，並蒐集國際上各國政府相對應之政策或措施，以協助業者進行轉型，提升我國國際競爭力。

參考文獻

1. The Logistics Trend Radar 6.0, Retrieved Dec. 28, 2023, website:
<https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>
2. 國家發展委員會，「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，擷取日期：2023年12月28日，網站：
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76
3. 國家發展委員會，「十二項關鍵戰略」，擷取日期：2023年12月28日，網站：
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=733396F648BE2845
4. 國家發展委員會，「懶人包：淨零12項關鍵戰略重點一次看」，擷取日期：2023年12月28日，網站：
https://www.ndc.gov.tw/nc_14813_36514
5. 經濟部商業發展署，「業務焦點：流通服務」，擷取日期：2023年12月28日，網站：<https://www.aoc.gov.tw/subclass/cont/50>