



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I886434 B

(45) 公告日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：112103172 (22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 30 日

(51) Int. Cl. : **B65G57/00 (2006.01)** **B65G61/00 (2006.01)**
B65G67/00 (2006.01)

(30) 優先權：2022/01/31 美國 63/305,195

(71) 申請人：美商靈巧公司 (美國) DEXTERITY, INC. (US)
 美國

(72) 發明人：莫里斯 唐寧 塔爾伯特 MORRIS-DOWNING, TALBOT (US)；孫 周文 SUN,
 ZHOUWEN (US)

(74) 代理人：陳長文；呂光

(56) 參考文獻：

US	9315344B1	US	10618172B1
US	2010/0222915A1	US	2021/0206587A1
US	2021/0276807A1		

審查人員：林隆泰

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：14 共 93 頁

(54) 名稱

用於判定用於裝載至運輸容器的一組物件之配置之物件定序系統及方法，以及電腦程式產品

(57) 摘要

本申請案揭示一種用於判定用於裝載至一運輸容器的一組物件之一配置之方法、系統及電腦系統。該方法包含：(i) 接收將該組物件裝載至該運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；(ii) 至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及(iii) 將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施。

The present application discloses a method, system, and computer system for determining an arrangement of a set of objects for loading to a transport container. The method includes (i) receiving an indication of the set of objects to be loaded into the transport container for transport from a source location to a destination location, (ii) determining, based at least in part on object information corresponding to the set of objects, an arrangement of the set of objects loaded into the transport container according to a stability model, and (iii) providing the arrangement of the set of objects to a robotic system to implement in connection with loading the set of objects to the transport container.

指定代表圖：

符號簡單說明：

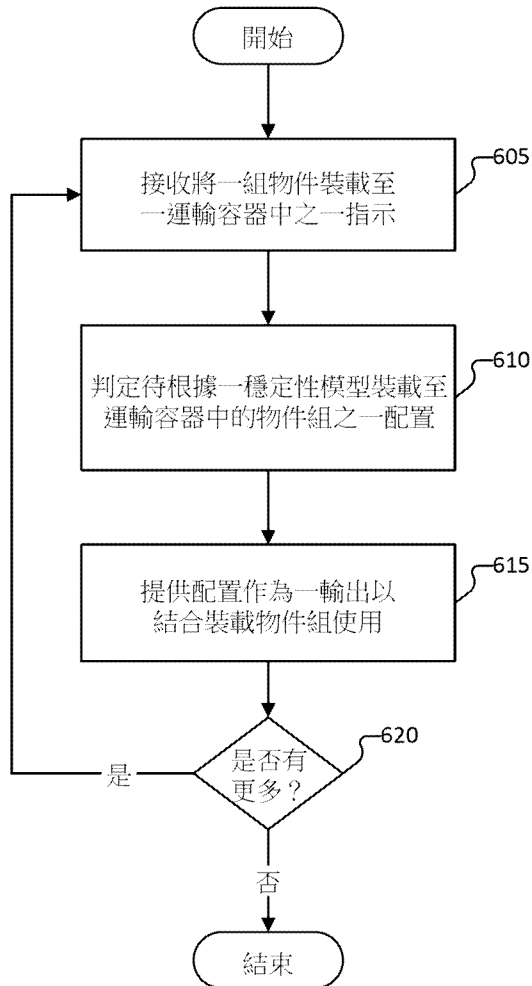
600:程序

605:接收將一組物件裝載至運輸容器中之指示

610:根據穩定性模型將物件組之配置裝載至運輸容器中

615:提供配置作為輸出以結合裝載物件組使用

620:進行關於程序是否已完成之判定



600

【圖6】



I886434

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

用於判定用於裝載至運輸容器的一組物件之配置之物件定序系統及方法，以及電腦程式產品

【英文發明名稱】

OBJECT SEQUENCING SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING AN ARRANGEMENT OF A SET OF OBJECTS FOR LOADING TO TRANSPORT CONTAINER, AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

【中文】

本申請案揭示一種用於判定用於裝載至一運輸容器的一組物件之一配置之方法、系統及電腦系統。該方法包含：(i)接收將該組物件裝載至該運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；(ii)至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及(iii)將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施。

【英文】

The present application discloses a method, system, and computer system for determining an arrangement of a set of objects for loading to a transport container. The method includes (i) receiving an indication of the set of objects to be loaded into the transport container for transport from a source location to a destination location, (ii) determining, based at least in part on object information corresponding to the set of objects,

an arrangement of the set of objects loaded into the transport container according to a stability model, and (iii) providing the arrangement of the set of objects to a robotic system to implement in connection with loading the set of objects to the transport container.

【指定代表圖】

圖6

【代表圖之符號簡單說明】

600: 程序

605: 接收將一組物件裝載至運輸容器中之指示

610: 根據穩定性模型將物件組之配置裝載至運輸容器中

615: 提供配置作為輸出以結合裝載物件組使用

620: 進行關於程序是否已完成之判定

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於判定用於裝載至運輸容器的一組物件之配置之物件定序系統及方法，以及電腦程式產品

【英文發明名稱】

OBJECT SEQUENCING SYSTEM AND METHOD FOR DETERMINING AN ARRANGEMENT OF A SET OF OBJECTS FOR LOADING TO TRANSPORT CONTAINER, AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

【技術領域】

【0001】 本發明係關於用於判定用於裝載至運輸容器的一組物件之配置之物件定序系統及方法，以及電腦程式產品。

【先前技術】

【0002】 裝運及配送中心、倉庫、出貨碼頭(shipping dock)、航空貨運站、大盒子式商店(big box store)以及裝運及接收非同質物件組之其他活動使用諸如在盒子、板條箱、容器、輸送帶中及在棧板上等對不同物件進行包裝及拆包之策略。在盒子、板條箱中、在棧板上等包裝不同物件使所得物件組能夠由起重設備(諸如堆高機、起重機等)處置，且使物件能夠被更高效地包裝以進行儲存(例如，在一倉庫中)及/或裝運(例如，在卡車、貨艙等中)。

【0003】 在一些內容背景中，物件可在大小、重量、密度、膨鬆度、剛度、包裝強度等方面如此不同，使得任何給定物件或物件組可具有或可能不具有使該等物件能夠支撐可能需要包裝(例如，在一盒子、容

器、棧板等中)之給定另一物件的大小、重量、重量分佈等之屬性。當用一運輸容器裝載一組不同物件時，必須謹慎地選擇及裝載物件以確保運輸容器內之物件不會塌縮、傾斜或以其他方式變得不穩定(及避免物件損壞)。

【0004】 在許多環境中，歸因於物件之種類繁多，例如待在一給定棧板上包裝之物件之順序、數目及混合之變動，以及必須從其拾取物件以放置於棧板或其他容器上的容器及/或進給機構之多種類型及位置，機器人之使用變得更具挑戰性。

【發明內容】

【0005】

【圖式簡單說明】

【0006】 在以下[實施方式]及隨附圖式中揭示本發明之各項實施例。

【0007】 圖1係繪示根據各項實施例之用以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統之一圖。

【0008】 圖2A係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0009】 圖2B係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0010】 圖2C係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中之物件之一子集當中的一「T形」介面之一圖。

【0011】 圖3A係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0012】 圖3B係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0013】 圖3C係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0014】 圖3D係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中的一組物件之一配置之一圖。

【0015】 圖4A係根據各項實施例之對應於物件之不同狀態或放置之一樹。

【0016】 圖4B係根據各項實施例之對應於物件之不同狀態或放置之一樹。

【0017】 圖5A係繪示根據各項實施例之裝載至一運輸容器的物件之一子集之一圖。

【0018】 圖5B係繪示根據各項實施例之裝載至一運輸容器的物件之一子集之一圖。

【0019】 圖5C係繪示根據各項實施例之裝載至一運輸容器的一組物件之一圖。

【0020】 圖6係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。

【0021】 圖7係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。

【0022】 圖8係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。

【0023】 圖9係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容

器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。

【0024】 圖10係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。

【0025】 圖11係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。

【0026】 圖12係繪示根據各項實施例之用於規劃一組物件至一運輸容器之一裝載之一程序之一流程圖。

【0027】 圖13係繪示根據各項實施例之用於規劃一組物件至一運輸容器之一裝載之一程序之一流程圖。

【0028】 圖14係繪示根據各項實施例之用於判定用於從一運輸容器卸載一組物件之一規劃之一程序之一流程圖。

【實施方式】

【0029】

其他申請案之交叉參考

本申請案主張2022年1月31日申請之標題為PACKING AND PLANNING FOR TIGHT INCOLLAPSIBLE LOADS之美國臨時專利申請案第63/305,195號之優先權，該案出於所有目的以引用的方式併入本文中。

【0030】 本發明可以許多方式實施，包含作為一程序；一設備；一系統；一物質組合物；體現於一電腦可讀儲存媒體上之一電腦程式產品；及/或一處理器，諸如經組態以執行儲存於耦合至該處理器之一記憶體上及/或由該記憶體提供的指令之一處理器。在本說明書中，此等實施方案或本發明可採取之任何其他形式可被稱為技術。一般而言，在本發明之範

疇內，可更改所揭示程序之步驟之順序。除非另有說明，否則被描述為經組態以執行一任務之一組件(諸如一處理器或一記憶體)可被實施為暫時經組態以在一給定時間執行該任務之一通用組件或經製造以執行該任務之一特定組件。如本文中所使用，術語「處理器」係指經組態以處理資料(諸如電腦程式指令)之一或多個裝置、電路及/或處理核心。

【0031】 在下文連同繪示本發明之原理之附圖一起提供本發明之一或多項實施例之一詳細描述。本發明係結合此等實施例進行描述，但本發明不限於任何實施例。本發明之範疇係僅藉由發明申請專利範圍限制且本發明涵蓋許多替代例、修改及等效物。在以下描述中闡述許多具體細節以提供對本發明之一透徹理解。出於實例之目的提供此等細節且可在不具有一些或全部此等具體細節之情況下根據發明申請專利範圍來實踐本發明。為清楚起見，並未詳細描述與本發明有關之技術領域中已知之技術材料，使得不會不必要地使本發明不清楚。

【0032】 如本文中所使用，一視覺系統包含獲得感測器資料(例如，與一工作區有關之感測器資料)之一或多個感測器。感測器可包含用以產生一工作區(或一工作區之部分，諸如一棧板及在該棧板上之物件堆疊)的三維視圖之一攝影機、一高清晰度攝影機、一2D攝影機、一3D (例如，RGBD)攝影機、一紅外線(IR)感測器、其他感測器，前述之任何組合，及/或包括前述之複數個感測器之一感測器陣列等之一或多者。一視覺系統之一實例係進一步描述於美國專利申請案第16/667,661號中，該案之全文特此出於所有目的併入本文中。

【0033】 如本文中所使用，一運輸容器包含一裝運容器、一聯運(intermodal)容器、一車輛(諸如一卡車)中之一貨艙、一車斗等。在一些

實施例中，出於本文中之目的，各種其他類型之實體約束空間可被視為一運輸容器。

【0034】 由於用於將物件分配至一特定運輸容器及用於將一組物件配置至該特定運輸容器中之極大量的排列或組合，將一組物件裝載至一或多個運輸容器係一運算成本高昂的操作。物件至一特定運輸容器中之特定裝載(例如，配置)比其他裝載更合乎需要，因為各種裝載之穩定性可不同(例如，此可能由於運輸期間重量分佈之偏移而引起物件掉落，物件受損，不安全運輸等)，因為裝載之密度影響運輸物件組所需之運輸容器之數目，或用於所要/最佳裝載之各種其他準則。棧板及卡車負載(或其他載重車輛/容器)在未被謹慎地且有意地包裝之情況下可能為不穩定的。移動物件可使運輸複雜化，損壞物件及/或使卸載複雜化。為自主地操作，用於裝載一組物件之機器人系統必須經組態以將該組物件緊湊地且牢固地包裝。

【0035】 各項實施例使用一或多個模型來最佳化物件組之裝載，或以其他方式選擇物件組之一最佳裝載。在一些實施例中，系統在一或多個預定義約束內判定/選擇物件組之一最佳裝載。該一或多個預定義約束之實例包含：**(i)**用以運算/判定物件組至一或多個運輸容器的特定裝載之一時間；**(ii)**一機器人系統資源約束(例如，可用於裝載物件組之機器人之數目、藉由機器人之一移動約束等)；**(iii)**由物件組待裝載至的運輸容器之尺寸施加之一約束；**(iv)**一重量分佈約束(例如，消除被視為不安全或不穩定之裝載)；**(v)**基於一預定義評分函數(例如，量測裝載之一或多個特性(諸如密度、穩定性等)的一優度之一功能)之一評分約束；**(vi)**一緩衝區約束(例如，其約束可結合重新定序物件來緩衝物件之程度)等。可實施各種其

他約束。

【0036】 判定將一組物件裝載至一或多個運輸容器中之方式一般需要大量時間，諸如結合模擬各種可能裝載。各項實施例對裝載之判定/選擇實施一時間約束。在一些實施例中，系統基於根據一預定義評分函數對裝載之一評分超過一預定義評分臨限值之一判定來判定裝載(例如，配置等)。例如，系統選擇具有一令人滿意的評分之一第一經評估裝載，以諸如快速地判定「足夠好」之一裝載。在一些實施例中，系統迭代地評估潛在裝載，且在一預定義時間臨限值期滿之後，系統判定經評估裝載集合當中與一最高評分相關聯之裝載，且使用此一裝載，結合提供該裝載之一規劃作為一輸出用於將物件組裝載於一或多個運輸容器中。各項實施例結合判定一最優/最佳配置來實施不同時間約束。例如，一雲端服務可在夜間(或延長時段)運行以全面評估各種配置等。作為另一實例，一本端電腦系統可結合與將物件組裝載至運輸容器即時地或同步地判定一最優/最佳/理想配置來運行配置之一快速評估。例如，在一機器人系統正在裝載一組物件時，該機器人系統可向系統查詢一經更新配置，諸如回應於判定工作區之一當前上下文不同於在藉由在一較長時段內評估各種配置之一雲端服務或遠端伺服器的模擬及評估期間預期之上下文。系統可實施用於評估配置及選擇待與裝載即時實施之一配置的一輕量級模型。輕量級模型可使用一組預定義啟發法來判定預期為可接受/可行的(例如，預期滿足一或多個預定義準則或約束)之一配置。

【0037】 各項實施例包含用於判定用於將一組物件裝載至一運輸容器中的一配置之一系統、方法及/或裝置。該方法包含：**(i)**接收將該組物件裝載至該運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；

(ii)至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及(iii)將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施。

【0038】 藉由各項實施例克服之與分配相關聯之挑戰之實例包含：

- 運算複雜性：經輸入物件組之分配次數組合地較大，藉此使精確最佳化在運算上難處理。

- 安全性：物件應被安全地裝載至各運輸容器中且安全地運輸。安全性約束可包含人身安全(例如，裝載助手及卡車司機等)及物件安全(例如，在裝載、運輸及卸載期間之損壞避免)。

- 時間：一配置之判定應在一固定時間限制內執行。作為一實例，根據一配置之一組物件之裝載應可在一固定時間內在一裝運設施中執行且經受儲存、佈局及路由硬體約束。作為另一實例，根據配置之物件組之裝載應在一固定時間量內裝載。

- 成本：執行根據一配置裝載一組物件及運輸容器之運輸的營運成本應被最小化，或低於一預定義成本臨限值。

- 人員及硬體：用於將物件裝載至運輸容器中之人員及硬體可在卡車貨倉或裝運設施等之間不同。

【0039】 在各項實施例中，如本文中所揭示之一機器人裝載系統使用傳入物件(例如，盒子等)及場景或工作區(例如，裝載區域、運輸車輛、運輸容器、運輸容器之一內部、由一先前物件放置產生之一包裝或配置)之知識以將物件堆疊或以其他方式配置成一穩定組態。

【0040】 在各項實施例中，如本文中所揭示之一機器人裝載系統包含進行以下之一或多者之一規劃器/控制器(例如，實施用於判定放置或配

置的一放置模組之一控制器)：

- 大體上藉由將一個物件放置於至少兩個其他物件之頂部上來嘗試在物品間形成「T形」介面。

- 大體上避免將相同(或類似)大小之物件直接放置於彼此之上，此可能導致一運輸容器內的配置當中之一堆疊或行不穩定等。

- 利用運輸容器(或物件將裝載在其中之卡車)之壁來將物件緊湊地包裝在壁之間，此防止物件在運輸期間移動。

- 如有必要則重新配置物件以改良負載之穩定性。

【0041】 根據各項實施例，配置一組物件以在物件間包含「T形」介面比將物件堆疊在彼此之上更穩定。在一些實施例中，一機器人系統(例如，一機器人裝載或卸載系統)經組態以規劃或重新規劃一組物件之裝載。例如，機器人系統視需要規劃/重新規劃物件組之一配置以偏好穩定「T形」介面勝過垂直對準堆疊。若物件預期到達工作區之一順序或一組物件不同於基於其判定初始規劃之一組預期物件，則可需要機器人系統重新規劃一配置。

【0042】 在一些實施例中，系統實施裝載或配置一組物件之一模擬。例如，結合預料不太穩定的配置來實施模擬。系統結合偵測不太穩定的組態使用電腦視覺及/或基於強制之感測。回應於偵測到一不太穩定的組態(例如，一穩定性小於一預定義穩定性臨限值)，系統起始/執行一校正以解決不穩定問題。例如，系統移動預期引起不穩定之一或多個物件以獲得滿足穩定性準則(例如，一穩定性超過一預定義穩定性臨限值)之一配置。

【0043】 在一些實施例中，系統將物件裝載於運輸容器內，使得物

件在運輸容器中被壓緊在壁之間(例如，側壁之間)。待被壓緊在壁之間的物件之牢固包裝增加穩定性。例如，藉由包裝物件組以使一特定層物件之物件接合運輸容器之壁，該層內之物件具有較小自由度(因自由度作用於物件上之力可能引起物件掉落或偏移)。機器人系統(例如，一機器人裝載或卸載系統)經組態以首先從一最深(例如，最裡面的(farthest in))點開始裝載一運輸容器，且相繼地從運輸容器中後退及將物件放置於下一最深點處。對於各連續層物件，可首先沿著壁裝載物件，且接著機器人系統工作以將物件放置至該層之內部(例如，在沿著壁之物件之間)。機器人系統在沿著壁之物件之間裝載物件，以確保抵著壁之一緊密包裝。在一些實施例中，機器人手臂用於在其他物件被裝載為內部者(例如，使用一不同機器人手臂或不同機器人系統，其可與抵著壁保持物件之機器人手臂協調控制)時施加力於物件上以抵著壁保持一或多個物件。吸力或其他側夾持器可用於抵著壁保持物件及/或將最後的盒子滑動至物件層中之剩餘間隙中(例如，靠近運輸容器之中心線)以在層內產生物件之一緊密配合。

【0044】 在一些實施例中，系統以與將物件裝載至運輸容器之順序實質上相反之一順序進行卸載。例如，系統開始從運輸容器中之一層物件移除物件。從一特定層卸載物件包含首先移除朝向中間(例如，運輸容器之中心線)的物件且相繼地移除較靠近壁之物件，直至移除抵靠壁之物件。接著，系統在運輸容器中的一較深點處迭代地執行卸載序列，直至完成待卸載物件組之卸載。在一些實施例中，系統實施電腦視覺以獲得運輸容器中的物件之裝載之一模型。系統產生場景/工作區(例如，運輸容器)之一分割(例如，逐物件)視圖且判定用以卸載物件組之一規劃。系統在考量到需要避免以預期導致剩餘物件之一潛在不穩定組態之一順序移除物件

(例如，盒子)的情況下判定用以卸載物件組之規劃。機器人系統可使用機器人手臂來防止剩餘物件在其他物件被移除時傾倒(例如，接合朝向側部之物件以提供支撐及防止傾倒，同時移除朝向中間之物件)。

【0045】 圖1係繪示根據各項實施例之用以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統之一圖。在一些實施例中，系統100係至少部分藉由圖6之程序600、圖7之程序700、圖8之程序800、圖9之程序900、圖10之程序1000、圖11之程序1100、圖12之程序1100、圖13之程序1300、圖14之程序1400來實施。

【0046】 在所展示之實例中，系統100包含一機器人手臂102。在此實例中，機器人手臂102係固定的，但在各項替代實施例中，機器人手臂102可為一完全或部分移動式的，例如，安裝於一軌條上，在一機動底盤上完全移動等。在其他實施方案中，系統100可包含具有一工作區之複數個機器人手臂。如所展示，機器人手臂102係用於結合將物件裝載至運輸容器150來從一或多個輸送機(或其他來源) 110及105拾取各種物件(例如，任意及/或不同物件)，或結合卸載運輸容器150來從運輸容器150拾取物件及將物件放置於一或多個輸送機上。在一些實施例中，其他機器人(圖1中未展示)可用於裝載待裝載/卸載至運輸容器150中之物件之棧板，將物件之棧板或托盤推動至機器人手臂102之工作區以裝載/卸載至運輸容器150等。

【0047】 如圖1中所繪示，系統100可包括一或多個預定義區。例如，棧板112、棧板114被展示為定位於緩衝區115內。在一些實施例中，預定義區之一者係用作將物件暫時儲存在其中之一緩衝或集結區域(舉例而言，諸如暫時儲存區，直至結合將物件裝載至運輸容器150而將物件裝

載至運輸容器150，或結合從運輸容器150卸載物件而將物件裝載至輸送機105及/或110)。如圖1中所繪示，緩衝區115可包括用以保持物件以用於在裝載/卸載期間緩衝/集結之一或多個容器或棧板。該(等)預定義區可藉由在地面上進行標記或貼標籤來表示，或以其他方式在結構上諸如經由系統100中所展示之框架進行表示。預定義區(例如，緩衝區)之各者可定位於機器人手臂102之範圍內(例如，使得機器人手臂102可將物件放置於緩衝區中，及/或從緩衝區拾取物件等)。例如，預定義區係在徑向上圍繞機器人手臂102定位。

【0048】 諸如經由輸送機110及/或輸送機105將一或多個物件提供(例如，運載)至機器人手臂102之工作區(或從工作區運載)。可實施各種其他機構以將物件遞送至工作區，諸如使用各種其他機器人系統。系統100控制輸送機105、110之操作(諸如藉由控制一速度、一操作方向等)。作為一實例，系統100經組態以獨立於輸送機110之速度來控制輸送機105之速度，或系統100控制輸送機105及/或輸送機110兩者之速度。控制輸送機105、110可包含暫停該(等)輸送機(例如，以容許機器人手臂102有足夠時間拾取及放置物件)。在一些實施例中，輸送機105及/或輸送機110運載一或多個載貨單(例如，訂單)之物件，或將被分別裝載至不同運輸容器中之一或多組物件。例如，輸送機105及輸送機110可運載同一載貨單及/或不同載貨單之物件。

【0049】 系統100控制機器人手臂102以關於工作區中之物件執行拾取及放置操作，諸如將一物件裝載至運輸容器150，從運輸容器150卸載一物件，將一物件移動至緩衝區115等。例如，系統100控制機器人手臂102以從一輸送機(諸如輸送機110或輸送機105)拾取一物件及將物品o放置

於運輸容器150中。系統100控制機器人手臂102（例如，經由控制電腦122）以至少部分基於與物件相關聯之一規劃或與將一組物件裝載至一特定運輸容器或從一特定運輸容器卸載一組物件相關聯的一規劃來拾取物件及將物件移動至一對應目的地位置（例如，運輸容器150內之一位置）。

【0050】 在一些實施例中，判定與將一組物件裝載至一或多個運輸容器或從一或多個運輸容器卸載一組物件相關聯的規劃包含以下之一或多者：**(i)**判定待根據其將物件裝載於運輸容器中之物件之一配置；**(ii)**模擬一或多個物件至一運輸容器之一裝載；**(iii)**模擬運輸容器之一運輸（例如，模擬運輸容器預期在運輸期間經歷之力，諸如結合評估運輸容器中的物件之一裝載之穩定性或安全性）；及/或**(iv)**評估各種可能配置（例如，基於一（若干）預定義評分函數進行評分及選擇一配置進行實施）等。系統100可至少部分基於一或多種啟發法或基於查詢一模型（諸如一機器學習模型）來判定一配置。

【0051】 在一些實施例中，系統100判定用於離線地或與運輸容器之裝載/卸載非同步地將一組物件裝載至一特定運輸容器或從一特定運輸容器卸載一組物件的規劃。例如，系統100藉由至少部分基於一組物件查詢一或多個伺服器（例如，查詢一雲端服務）來判定用於將該組物件裝載至一或多個運輸容器或從一或多個運輸容器卸載該組物件的規劃。一或多個伺服器可基於運行將各種物件裝載至（若干）運輸容器之複數個模擬及評估裝載來判定規劃。一或多個伺服器可執行各種裝載之模擬及評估以及用於離線地（諸如在夜間或以其他方式在將物件組提供至機器人（例如，機器人手臂102）之（若干）工作區之前）裝載物件組的規劃之判定。

【0052】 在將物件組遞送至機器人之工作區或安置於機器人之工作

區中期間，系統100可即時地更新用於將物件組裝載至一或多個運輸容器或從一或多個運輸容器卸載物件組的規劃。例如，系統100使用一輕量級模型或一或多種預定義啟發法來更新用於裝載/卸載物件組之規劃(例如，先前判定為離線裝載/卸載之規劃)。系統100使用控制電腦122來更新用於裝載/卸載物件組之規劃。對用於裝載/卸載物件組的規劃之更新可考量以下之一或多者之變動：(i)遞送至工作區之物件(例如，故障可能引起遞送額外物件或阻止遞送某些物件等)；(ii)遞送至工作區之物件之性質(例如，物件屬性之偵測的錯誤)；及/或(iii)將物件遞送至工作區之一順序等。

【0053】 回應於接收規劃(例如，自一(若干)伺服器)，系統100判定用於執行關於待裝載至運輸容器150之物件的一拾取及放置操作之一策略。例如，判定該策略包含判定抓握物件之一方式、物件之一軌跡、機器人之一移動及釋放物件之一方式等。

【0054】 在一些實施例中，系統100在物件係在輸送機105、110上時，在拾取物件時(例如，基於物件之一經獲得屬性，諸如重量；或回應於由工作區中之一感測器獲得之資訊，諸如與另一物件或人之一預期碰撞之一指示等)，及/或在物件之放置期間(例如，系統可使用力感測器以在釋放物件之前/之後偵測不穩定等)判定對與物件相關聯的規劃之一更新。

【0055】 系統100可獲得與物件相關聯之一識別符，諸如一條碼、QR碼或物件上之其他識別符或資訊。例如，系統100可在物件係在輸送機上運載時掃描/獲得識別符。回應於獲得識別符，系統100結合判定待將物品裝載至運輸容器150之順序、物件之一配置(例如，目的地位置及/或定向)、用於拾取及放置物件之一策略、是否諸如基於將物件集結於緩衝區

115中而重新定序物件等來使用識別符。回應於判定(若干)物件之一配置，系統100至少部分基於運輸容器150中之物件之裝載及/或運輸容器150中之物件之一放置的一模型或模擬來判定一策略，或判定是否更新用於將物件裝載至運輸容器之規劃。結合判定一物件之一配置，系統100判定運輸容器150或緩衝區115中將放置該物件之一特定位置。另外，可判定用於將物件移動至目的地位置之一規劃，包含將沿著其移動物件之一經規劃路徑或軌跡。在一些實施例中，在機器人手臂102正在移動物件時更新規劃，諸如結合執行一積極措施以改變或適應與工作區中之一或多個物件相關聯之一經偵測狀態或狀況(例如，以避免一預期碰撞事件，考量物件之一經量測重量大於一預期重量，減少在物件被移動時對物件之剪力等)。

【0056】 根據各項實施例，系統100包括一視覺系統。系統100使用由視覺系統捕捉之資訊來判定場景/工作區之一上下文，以諸如產生工作區之一模型。系統100可包括一或多個感測器及/或感測器陣列，諸如攝影機116、118。例如，系統100包含在輸送機105及/或輸送機110附近之一或多個感測器。一或多個感測器可獲得與輸送機上之一物件相關聯之資訊，諸如物件之標籤上之一識別符或資訊，或物件之一屬性(諸如物件之尺寸)。在一些實施例中，系統100包含獲得與一預定義區及/或在該區中之一棧板有關的資訊之一或多個感測器及/或感測器陣列。例如，系統100包含獲得與緩衝區115及/或運輸容器150相關聯的資訊之一感測器。感測器可包含用以產生一工作區(或一工作區之部分，諸如一棧板及在該棧板上之物件堆疊)的三維視圖之一或多個2D攝影機、3D (例如，RGBD)攝影機、紅外線及其他感測器。可結合判定緩衝區之一狀態及/或運輸容器150中之物件之一裝載來使用與緩衝區115及/或運輸容器150有關之資訊。作

為一實例，系統100至少部分基於與運輸容器150有關之資訊及與物件組之至少部分有關之資訊來產生運輸容器150中的物件之一裝載之一模型。系統100繼而結合判定/更新用於將一物件放置於運輸容器150中之一規劃來使用該模型。

【0057】 根據各項實施例，系統100至少部分基於被裝載至運輸容器150之物件之一穩定性或待裝載至運輸容器150之物件之一預期穩定性的一判定來判定用於拾取及放置一物件之一規劃(或更新該規劃)。系統100判定運輸容器150中的物件之裝載之一模型，且系統100結合判定/更新用於放置一物件之規劃來使用該模型。作為一實例，若下一待移動物件相對較大(例如，使得物件之一表面積相對於運輸容器150中待將該目標相對較大物件放置於其上的一(若干)物件之一頂表面較大)，則系統100可判定將該物件放置於經規劃目的地位置中可能引起運輸容器150中之物件之裝載變得不穩定(例如，由於堆疊之表面係非平面的)。相比之下，系統100可判定將相對較大(例如，平面)物件放置於經規劃目的地位置處可能導致一相對裝載(例如，運輸容器150中之物件之配置)。系統100可判定將物件放置於目的地位置處之一預期穩定性大於一預定穩定性臨限值，或將物件放置於目的地位置處可導致物件之一最佳化放置(例如，至少關於穩定性)。

【0058】 在一些實施例中，系統100產生一經模擬裝載或實際上裝載至運輸容器150之物件之一裝載之一模型且判定裝載是否預期滿足一或多個預定穩定性準則。一或多個預定穩定性準則之實例可包含：(i)裝載中之物件間的「T形」接面之一數目小於一預定義「T形」接面數目臨限值；(ii)裝載之一層(例如，物件之一垂直層，或物件之一深度層)中之物

件間的「T形」接面之一數目小於一預定義層「T形」接面數目臨限值；(iii)裝載或裝載之一層中垂直堆疊的物件之一數目小於一預定義垂直堆疊臨限值；(iv)「T形」接面之一數目對物件之一數目的一比率小於一預定義「T形」接面比率臨限值；(v)「T形」接面之一數目對非「T形」接面之一數目的一比率小於一預定義「T形」接面:非「T形」接面比率臨限值；(vi)一預期穩定性小於一預定義穩定性臨限值；(vii)根據一預定義評分函數(或預定義穩定性評分臨限值)之一組物件的一評分值小於一預定義評分臨限值；(viii)物件之一密度小於一預定義密度臨限值；(ix)一或多個物件之間的一間距大於一預定義間距臨限值。可實施各種其他穩定性準則。

【0059】 系統100可傳達一預定義區內之運輸容器150之一狀態及/或機器人手臂102之操作。可將運輸容器150之狀態及/或機器人手臂102之操作傳達給一使用者或其他人類操作者120，諸如人類操作者120（例如，以提供運輸容器之裝載/卸載之一狀態，或調用人為干預以成功地完成一拾取或放置操作等）。例如，系統100可包含一通信介面(未展示)，與系統100之狀態(例如，運輸容器150、一預定義區、一機器人手臂等之一狀態)有關之資訊經由該通信介面傳達至一終端機(諸如隨選遙操作裝置124及/或由一人類操作者使用之一終端機)。

【0060】 根據各項實施例，系統100使用由工作區內之一或多個感測器獲得之資訊來判定與運輸容器150有關之一異常狀態，諸如裝載至運輸容器150中之物件之一不穩定，或已從其各自目的地位置掉落之物件之一識別。回應於偵測到異常狀態，系統可將異常狀態之一指示傳達至諸如隨選遙操作裝置124或由一操作者使用之另一終端機。除向一操作者通知異常狀態之外或作為其替代，系統100回應於偵測到異常狀態而執行一積

極措施。該積極措施可包含控制機器人手臂102以至少部分校正異常狀態(例如，重新放置掉落之物件，重新對準裝載至運輸容器150中之物件，重新配置物件等)。在一些實施例中，系統回應於判定一異常程度小於一臨限值而執行積極措施以部分校正異常狀態。判定一異常程度小於一臨限值之實例包含：(i) (若干)物件之未對準小於一臨限未對準值之一判定；(ii) 脫位、錯放或掉落之物件之一數目小於一臨限數目之一判定；(iii) 一脫位、錯放或掉落之物件之一大小滿足一大小臨限值之一判定等。

【0061】 一人類操作者可經由一網路(諸如一有線網路及/或一無線網路)與系統100通信。例如，系統100可包括一通信介面，系統100係經由該通信介面連接至一或多個網路。在一些實施例中，經由網路連接至系統100之一終端機提供一使用者介面，一人類操作者可經由該使用者介面向系統100提供指令，及/或人類操作者可經由該使用者介面獲得與系統100之一狀態(例如，機器人手臂之一狀態、一運輸容器150之一狀態、用於一特定載貨單之一裝載程序之一狀態等)有關之資訊。人類操作者可經由至使用者介面之一輸入向系統100提供一指令。例如，一人類操作者可使用使用者介面來暫停機器人手臂，暫停關於一特定載貨單之一裝載/卸載程序等。

【0062】 在各項實施例中，可增添、移除、換出等系統100之元件。在此一例項中，一控制電腦初始化及註冊新元件，執行操作測試，且開始/繼續例如併有新增添元件之裝載/卸載操作。元件之實例可包含輸送機、機器人手臂、緩衝區等。

【0063】 根據各項實施例，系統100判定(例如，運算、維持、儲存等)運輸容器150及/或緩衝區115之一經估計狀態。例如，系統100判定對

應於工作區及/或運輸容器150中之物件之一裝載之一幾何模型。

【0064】 根據各項實施例，系統100包括包含一或多個感測器(例如，感測器240、感測器241等)之一視覺系統。在各項實施例中，系統100結合判定運輸容器150中放置一或多個物件之一位置(或結合從運輸容器150卸載一或多個物件)來使用感測器資料及幾何資料(例如，一幾何模型)。系統100使用不同資料源來模型化運輸容器150之狀態(或一運輸容器中之物件之一配置/裝載)。例如，系統100估計運輸容器150中之一或多個物件之位置及與一或多個物件相關聯之一或多個特性(或屬性)(例如，該(等)物件之一大小)。與一或多個物件相關聯之一或多個特性之實例包含一物件大小(例如，物件之尺寸)、一重心、物件之一剛度、一包裝類型、一可變形性、一易碎性(例如，如由易碎標記指示)、一識別符之一位置等。

【0065】 系統100至少部分基於在工作區中之一或多個物件之一或多個屬性來判定幾何模型。例如，幾何模型反映一組物件(例如，經托盤裝運(palletized)/經堆疊之一第一組及待托盤裝運/堆疊之一第二組物件等之一或多者)之各自屬性。一物件之實例包含一物件大小(例如，物件之尺寸)、一重心、物件之一剛度、一包裝類型、一識別符之一位置、物件之一可變形性、物件之一形狀、物件之一易碎性等。可實施一物件或在工作區內之物件之各種其他屬性。

【0066】 在一些實施例中，系統100至少部分基於物件之經模擬放置來產生工作區之一幾何模型(例如，一預期幾何模型)(例如，運輸容器150中的物件之一裝載之一模型)。例如，系統模擬(例如，線上或離線)一組物件至運輸容器150之放置，產生該(等)經模擬放置之一幾何模型，及

評估經模擬裝載(例如，評估裝載之一穩定性)。作為另一實例，系統模擬(例如，線上)特定一或多個物件之一裝載，基於工作區之一實際狀態及該(等)經模擬放置產生一幾何模型，及回應於經模擬放置來評估該(等)經模擬放置或裝載之一預期狀態。

【0067】 在一些實施例中，系統100至少部分基於已被放置之一或多個物件(例如，系統100控制機器人手臂102以放置之物件)、分別與該一或多個物件之至少一子集相關聯之一或多個屬性、在工作區內之一或多個物件(例如，預定物件，諸如在緩衝區115中之一容器、一(若干)機器人手臂、一貨架系統、一滑槽(chute)或其他輸送結構，或工作區中所包括之其他基礎設施)等來產生幾何模型。可至少部分基於在控制電腦上運行一物理引擎以模型化物件之一配置(例如，模型化運輸容器150或緩衝區115中的物件之一配置之一狀態/穩定性等)來判定幾何模型。至少部分基於工作區之各種組件(諸如一物件與另一物件)之一預期互動、一物件、施加至運輸容器或運輸容器內之物件的一經模擬力(例如，用以模型化使用一堆高機或其他裝置來升高/移動運輸容器，用以模型化運輸容器之運輸，諸如在運輸容器之運輸期間加速/減速的一車輛之一模型)等來判定幾何模型。

【0068】 根據各項實施例，系統100使用幾何模型及感測器資料來判定工作區之一狀態或運輸容器150之狀態的一最佳估計。系統100可調整(例如，消除)幾何模型及/或感測器資料之一或多者中之雜訊。在一些實施例中，系統100偵測根據幾何模型之一狀態與根據感測器資料(例如，由視覺系統獲得之感測器資料)之一狀態之間的異常或差異。回應於判定幾何模型與感測器資料之間的一異常或差異，儘管存在該異常或差異，系統100可作出狀態之一最佳估計。例如，系統100判定是否使用幾何模型或

感測器資料，或幾何模型及感測器資料之一組合(例如，幾何模型與感測器資料之間的一內插)等。在一些實施例中，系統100在一逐片段基礎(例如，工作區中之一逐體素基礎、一逐物件基礎或一逐物件基礎等)上判定經估計狀態。例如，可僅使用幾何模型來估計工作區之一第一部分，可僅使用感測器資料來估計工作區之一第二部分(例如，在幾何模型中發生一異常的情況下)，及/或可基於幾何模型及感測器資料之一組合來估計工作區之一第三部分。使用圖1中繪示之實例，結合判定一彙總經估計狀態，系統100可僅使用幾何模型來判定被裝載至運輸容器150中的物件之個別經估計狀態，僅使用感測器資料來判定工作區之個別經估計狀態(例如，運輸容器150及/或緩衝區115之一狀態)，及針對被裝載至運輸容器之物件使用各自幾何模型及感測器資料之一組合。

【0069】 系統100經組態以判定或更新用於將一組物件裝載至運輸容器150之一規劃。判定用於裝載物件組之規劃包含以下之一或多者：(i)判定是否分配物件組(例如，以用於跨複數個運輸容器裝載)；(ii)回應於判定分配物件組而分配物件組；(iii)判定將物件遞送至系統之工作區以用於將物件裝載至運輸容器150的一序列；(iv)判定機器人手臂102應將物件裝載至運輸容器150之一順序；(v)判定物件組之一配置(例如，物件之放置，諸如位置及定向等)。

【0070】 在一些實施例中，系統100使用控制電腦122來判定關於裝載物件組之一解決方案。控制電腦122經組態以與機器人手臂102之控制即時地或同步地提供用以將物件組裝載至運輸容器150之一快速解決方案。例如，系統100(例如，控制電腦122)儲存一輕量級模型(例如，一機器學習模型)或一組一或多種啟發法，系統100根據此判定用於將物件組裝

載至運輸容器之一解決方案(例如，用於將物件配置於運輸容器中之一解決方案)。

【0071】 在一些實施例中，系統100查詢一或多個伺服器(未展示)(諸如一雲端服務)以判定用於裝載物件組之一規劃。一或多個伺服器經組態以提供大體上比由輕量級模型以其他方式提供之用於判定線上解決方案的解決方案更優之一解決方案(例如，因為一或多個伺服器具有更穩健的運算能力且可能不受時間限制)。例如，一或多個伺服器具有較大運算資源且不像本端儲存之輕量級模型那樣在判定解決方案之時間方面受到限制。一或多個伺服器提供用於判定用於裝載一組物件的一規劃之一離線服務。例如，一或多個伺服器判定相對於物件至運輸容器150之裝載非同步之規劃。一或多個伺服器經組態以儲存/使用提供與藉由查詢本端儲存之輕量級模型而獲得的解決方案相比具有較高保真度之解決方案之一更穩健模型。輕量級模型經組態以權衡較高保真度以較快地運算用於裝載物件組之一解決方案。

【0072】 在一些實施例中，系統自一雲端服務獲得用於將物件組裝載至運輸容器150之一穩健解決方案，且系統100 (例如，控制電腦122)至少部分基於工作區之狀態相對於由雲端服務使用以模型化工作區及判定一解決方案的工作區之預期狀態的變動來查詢本端儲存之輕量級模型。工作區之狀態變動之實例包含：**(i)**不同硬體約束，諸如不存在特定機器人、不同機器人系統能力或待在其中裝載特定運輸容器之工作區之不同組態；**(ii)**物件係以不同於在判定規劃時使用之一預期順序之一順序遞送至工作區；**(iii)**一或多個物件之一或多個屬性不同於在模型化工作區以判定規劃時使用之屬性。可發生各種其他變動，系統100針對該等變動使用本端儲

存之輕量級模型來更新規劃以獲得裝載物品組之一更優規劃。

【0073】 在一些實施例中，系統100實施用於選擇用於配置物件組之一最優/最佳解決方案之一模型。作為一實例，最優或最佳解決方案係在一預定義運行時間量內之一最佳解決方案。最優或最佳解決方案係基於具有根據一預定評分函數之一最高評分值之一解決方案(例如，一配置)來選擇。例如，具有一最高評分值之解決方案係具有一最高穩定性之一解決方案。作為另一實例，具有具各種因素(例如，穩定性、完成裝載或卸載之時間、用於完成裝載之成本、完成裝載及卸載之一組合之時間等)之一最優平衡的一評分值之解決方案。

【0074】 在一些實施例中，在用於評估一組物件之一裝載(例如，以提供用於裝載物件組之一足夠好的或最佳的解決方案)的模型中使用之各種模組實施用以限制潛在解決方案(例如，潛在配置等)的解空間之技術。例如，一模組實施用以縮小解空間以包含可行解決方案及幾乎可行之潛在解決方案之一技術。該模組可結合修整解空間實施一或多種啟發法，或可以其他方式經訓練(例如，使用機器學習程序)以快速地識別預期被視為可行之解決方案(例如，快速地排除預期被視為不可行之解決方案)。對於待離線實施(例如，以提供用於裝載物件組之解決方案之非同步評估)之模型，模組經組態以修整解空間以容許評估更多潛在解決方案(例如，邊緣情況解決方案係包含於潛在解空間中，因為離線模型在提供一可行解決方案之運算資源或運行時間方面不受限制)。相比之下，對於待線上實施(例如，以提供同步/即時解決方案)之模型，模組經組態以修整解空間以產生一相對較窄的潛在解空間。例如，用於解決方案之線上評估之模型修整解空間以消除預期違反一或多種預定義啟發法(例如，被發現導致預期為不

可行或具有小於一評分值臨限值之一評分值的解決方案之啟發法)之解決方案。作為另一實例，用於解決方案之線上評估之模型在解空間中包含滿足一或多種預定義啟發法(例如，被發現導致預期為可行或具有高於一評分值臨限值之一評分值的解決方案之啟發法)之解決方案。在一些實施例中，結合定義潛在解空間(例如，修整解空間以排除預期為不可行之解決方案，或在解空間中包含預期為可行之解決方案)使用之一或多種啟發法係至少部分基於一機器學習程序來判定。

【0075】 在一些實施例中，模型及/或結合模型使用之模組經組態以利用組合最佳化及/或機器學習來高效地找出一可行解決方案及迭代地細化/改良解決方案。

【0076】 在一些實施例中，模型經組態以一預定義時段內提供一可行解決方案。例如，模型經組態以在預定義時段內迭代地評估潛在解決方案及識別一可行解決方案。作為一實例，就線上實施以與物件之裝載同步地或即時地提供一解決方案之一模型而言，預定義時段係5秒。作為另一實例，就離線實施以提供一非同步解決方案之一模型而言，預定義時間數量級為小時，諸如5小時、12小時等。若模型在預定義時段期滿之前完成解空間之評估，則模型返回一最佳解決方案，諸如關於使用一預定義評分函數之一評估具有一最高評分值之一解決方案。若模型在預定義時段期滿之前尚未完成解空間之評估及若模型已識別一組一或多個可行解決方案，則模型返回該一或多個可行解決方案當中的一最佳解決方案。若模型在預定義時段期滿之前尚未完成解空間之評估且模型尚未識別一組一或多個可行解決方案，則模型可實施一或多種啟發法以快速地提供被視為有可能可行之一解決方案。啟發法之實例可包含首先裝載重物件，首先裝載大物

件，將重或大物件配置於運輸容器之底部附近(例如，在運輸容器之地板上或在第一組物件列內等)，緩衝易碎或可變形物件(例如，一易碎性或可變形性超過一對應預定義易碎性臨限值或可變形性臨限值)，判定裝載一物件以與其他物件形成至少一個「T形」接面(例如，在用於配置物件之解空間包含其內形成一「T形」接面之解決方案及其內物件係垂直地在另一物件上之解決方案的情況下)，或以其他方式在裝載運輸容器即將結束時裝載此等物件或朝向運輸容器中的物件之一頂列裝載此等物件，提供偏向於選擇導致形成一「T形」接面之一放置勝過其中未形成「T形」接面之一放置等。可實施各種其他啟發法。

【0077】 在一些實施例中，系統(例如，分配模組)選擇具有(i)根據預定義評分函數之最高評分及(ii)滿足一或多個可行裝載準則之配置。可行裝載準則之實例包含：(a)裝載、卸載或共同裝載及卸載之最大時間量，(b)裝載至運輸容器之物件之一最小預期密度，(c)裝載至運輸容器之總物件之一最小數目，(d)裝載至運輸容器的物件之子集之一最小穩定性，(e)滿足一或多個準則之一重量分佈，諸如分佈於對應於預期運載運輸容器的一卡車之車輪之運輸容器之位置處或以其他方式分佈於在運輸期間支撐運輸容器之運輸容器之位置處的重量等。可實施各種其他可行裝載準則。一或多個可行裝載準則可為使裝載被視為可行之針對一組物件之一裝載之最低要求。

【0078】 在一些實施例中，模型基於可用於裝載/卸載一組物件之資源來對解空間定界。定界之實例包含：(i)基於物件組預期裝載在其中的一運輸容器之尺寸之尺寸定界(例如，不同運輸容器可具有不同尺寸或組態(例如，用於裝載/卸載之不同類型之門或進出容量))，(ii)物件組或運輸容

器被指派至之一裝載/卸載貨艙之一或多個特性(例如，容量、限制等)，(iii)經指派以裝載/卸載物件組之人員(例如，被指派至裝運設施之一特定裝載/卸載貨艙的人員之特性)，(iv)用於實施裝載/卸載物件組之一運行時間，(v)用於判定一可行解決方案之一運行時間，(vi)裝運設施之一儲存、佈局及路由硬體，諸如裝運設施是否具有可被實施為一緩衝區以集結物品及有利於在裝載/卸載期間重新定序物品的一區域之一指示，(vii)可用裝載/卸載硬體(諸如機器人手臂、機器人操作之堆高機或其他模態)，及其特性(例如，能力、限制等，諸如一機器人手臂可經組態以避免/限制難用姿勢(awkward pose)之程度等)，及(viii)待裝載/卸載之物件組(例如，待從位置A運輸至位置B之物件組)。可結合判定用於分配物件組之一解決方案來實施各種其他類型之定界。

【0079】 結合判定一組物件之一配置(例如，判定待根據其裝載物件組之一或多個分配)，模型之各項實施例實施一或多個其他模組以評定一配置之可行性。一或多個其他模組之實例包含：(a)判定工作區或運輸容器之一模型(例如，一幾何模型)之一模型化模組，(b)模擬拾取/放置操作以模擬一或多個物件至/從運輸容器之裝載/卸載之一模擬模組，(c)模擬一運輸容器/裝載之物理性質(諸如模擬作用於物件上或物件之間的力)之一物理引擎。由模型調用之一或多個模組係用於評估一運輸容器中之物件之一密度、預期裝載至運輸容器之物件之一數目、一運輸容器中之裝載之一穩定性、運輸容器中之裝載之一重量分佈、用於實施裝載/卸載運輸容器之一預期運行時間之一或多者。一或多個模組可經實施以沿著各種其他維度評估裝載。

【0080】 在一些實施例中，模型呼叫一物理引擎以模擬一組物件至/

從一運輸容器之裝載/卸載，及模擬運輸容器內之負載。裝載/卸載之模擬可包含模擬在裝載/卸載期間作用於物件上/之間之力，或以其他方式結合物件之放置進行模擬。作為另一實例，模型可呼叫一物理引擎以模擬運輸容器內之一負載之運輸(例如，模擬可能在運輸期間作用於負載上之力)。

【0081】 物理引擎可模型化運輸容器及/或物件之一裝載以判定與物件至運輸容器之裝載相關聯之一或多個性質，諸如物件組之一穩定性、物件組之一重量分佈等。在一些實施例中，物理引擎可判定與運輸容器及/或物件之一裝載的一穩定性(或預期穩定性)有關之一值。物理引擎可基於與一穩定性(或預期穩定性)有關之一值與一預定義穩定性臨限值的一比較來判定運輸容器及/或物件之一裝載係或預期為穩定的或不穩定的。

【0082】 在一些實施例中，基於與穩定性相關聯之一信賴區間來設定預定義穩定性臨限值。例如，預定義穩定性臨限值可經設定使得在95%之時間，運輸容器/裝載係穩定的且不經受物件從運輸容器中之裝載掉落等。作為另一實例，預定義穩定性臨限值可經設定使得在99%之時間運輸容器/裝載係穩定的。預定義穩定性臨限值可由一使用者(諸如一管理者或其他人類操作者)設定。

【0083】 在一些實施例中，結合判定一運輸容器/裝載之一預期穩定性(諸如在實施一動作之前)使用物理引擎。例如，在執行將一物件放置至運輸容器之前(例如，在裝載期間)，系統使用物理引擎來評估將物件放置於運輸容器之一特定位置處之一預期穩定性。作為另一實例，在從一運輸容器移除一物件之前(例如，在卸載期間)，系統使用物理引擎來評估從運輸容器移除物件之一預期穩定性。回應於判定一運輸容器/裝載之預期穩定性在動作執行之後將為穩定的，可執行動作或以其他方式將其視為作為

一可能/可允許動作之一動作。例如，回應於判定在裝載待裝載至運輸容器之所有物件之後，裝載之預期穩定性超過穩定性臨限值，系統將該裝載視為一可行裝載。相反地，回應於判定一運輸容器/物件之裝載之預期穩定性在動作執行(例如，完全或部分裝載/卸載)之後將為不穩定的(或不夠穩定，諸如小於一預定穩定性臨限值)，可執行動作或以其他方式將其視為作為一不可能/不允許動作之一動作。

【0084】 在一些實施例中，結合判定一運輸容器/裝載之一穩定性(諸如在實施一動作之後)使用物理引擎。可由系統結合裝載之線上評估，諸如結合判定是否將更新用於裝載物件組之規劃(例如，以考量離線模擬之預期幾何模型之變動及物件之裝載之真實世界特性)來調用物理引擎。例如，在將一物件放置至一運輸容器之後(例如，在裝載期間)，系統使用物理引擎以回應於將物件放置於運輸容器中之一特定位置處來評估一穩定性。作為另一實例，在從運輸容器移除一物件之後(例如，在卸載期間)，系統可使用物理引擎來評估在移除物件之後剩餘之運輸容器/裝載之穩定性。回應於判定一運輸容器/裝載之穩定性係穩定的(例如，超過一預定穩定性臨限值)，系統可將運輸容器/裝載視為穩定的且規劃一後續動作(例如，放置下一物件，或移除下一物件等)。相反地，回應於判定一運輸容器/裝載之穩定性係不穩定的(或不夠穩定，諸如小於一預定穩定性臨限值)，系統可將運輸容器/裝載視為不穩定的且系統可實施一補救動作(例如，以改良運輸容器/裝載之穩定性)。

【0085】 根據各項實施例，系統回應於判定一運輸容器/裝載之穩定性不穩定(或不夠穩定，諸如小於一預定穩定性臨限值)而實施一補救動作。補救動作之實例包含(i)向一使用者提供一警示/指示，(ii)請求人為干

預，(iii)判定及實施用以從運輸容器/裝載移除正在引起不穩定之一物件或調整該物件在運輸容器/裝載內之放置的一規劃，(iv)判定及實施用以將預期改良運輸容器/裝載之穩定性(例如，改良穩定性以超過一預定穩定性臨限值)的一物件添加至運輸容器/裝載之一規劃，(v)判定插入預期改良裝載之穩定性之一間隔件。在一些實施例中，實施一或多個補救動作。系統可至少部分基於一或多個補救動作可改良穩定性之一可能性(例如，可能性之一量度)，及/或一或多個補救動作預期改良穩定性之一程度(例如，程度之一量度)來選擇一或多個補救動作以實施。

【0086】 在一些實施例中，物理引擎係包括於由一電腦系統裝載及/或執行之一模組中，該電腦系統控制機器人執行一組物品之裝載/卸載。在一些實施例中，物理引擎係包括於由一遠端系統(例如，一伺服器)裝載及/或執行之一模組中。例如，物理引擎可被託管為由一或多個機器人系統呼叫以評估一運輸容器/裝載之穩定性或預期穩定性等的一服務。

【0087】 系統結合物理引擎之調用至少部分基於與工作區(諸如運輸容器)、正在遞送或已遞送至工作區之物件、待裝載至運輸容器或從運輸容器卸載的物件之屬性有關之感測器資料來判定穩定性或預期穩定性。作為一實例，藉由與執行裝載/卸載之機器人手臂在其中操作之工作區相關聯之一視覺系統來獲得感測器資料。在一些實施例中，物理引擎判定或獲得運輸容器/裝載之一模型。該模型係至少部分基於感測器資料產生。可藉由用物理引擎調用之一模型化模組來產生運輸容器/裝載之模型等。在一些實施例中，模型包括與運輸容器/裝載中之一或多個物件相關聯之一或多個屬性。一物品之一屬性之實例包含大小(例如，長度、寬度、高度等)、重量、重心、包裝類型、剛度之一量度、物品是否為剛性之一指

示、一識別符(例如，一條碼、標籤等)、可變形性之一量度、物件是否被視為易碎之一指示、物件是否被視為較重(例如，比一預定義重量臨限值重)之一指示、物件是否可變形之一指示。其他屬性可被包含在模型中或與模型相關聯。根據各項實施例，物理引擎至少部分基於運輸容器/裝載之模型來判定運輸容器/裝載之一穩定性。作為一實例，物理引擎基於運輸容器中之一或多個物品之一位置(或相對位置)及至少一個物品之至少一個屬性來判定運輸容器/裝載之一穩定性。

【0088】 在一些實施例中，系統找到一初步解決方案且接著迭代地尋求關於一或多個預定義目標改良該解決方案。例如，在判定一組物件之一配置(或物件之一子集之一(若干)放置)之情況下，系統使用放置模組來判定一初步可行配置，且接著尋求改良配置以改良裝載/卸載之運行時間，改良預期裝載之穩定性，改良分配之裝載之重量分佈等。在一些實施例中，系統使用一或多種啟發法來對一初步解決方案進行一智能猜測。可基於將物件裝載至一運輸容器或從一運輸容器卸載物件的歷史模擬之一訓練集來憑經驗判定一或多種啟發法。例如，基於實施一機器學習程序以推斷與一對應評分值(例如，根據一預定義評分函數判定)超過一最小評分臨限值的解決方案相關聯之啟發法來判定一或多種啟發法。啟發法之實例可包含首先裝載重物件(例如，一預期重量超過一預定義重量臨限值)，首先裝載大物件(例如，物件之一預期體積或尺寸超過一預定義大小臨限值)，將重或大物件配置於運輸容器之底部附近(例如，在運輸容器之地板上或在第一組物件列內等)，緩衝易碎或可變形物件(例如，一易碎性或可變形性超過一對應預定義易碎性臨限值或可變形性臨限值)，提供偏向於選擇導致形成一「T形」接面之一放置勝過其中未形成「T形」接面之一放

置，判定裝載一物件以與其他物件形成至少一個「T形」界面(例如，在用於配置物件之解空間包含其內形成一「T形」界面之解決方案及其內物件係垂直地在另一物件上之解決方案的情況下)，或以其他方式在裝載運輸容器即將結束時裝載此等物件或朝向運輸容器中的物件之一頂列裝載此等物件，或以其他方式在裝載運輸容器即將結束時裝載此等物件或朝向運輸容器中的物件之一頂列裝載此等物件等。可實施各種其他啟發法。

【0089】 系統找到在兩個運輸容器之間分配物件的一初步解決方案之一實例係判定一組放置，根據該組放置，沿著外壁放置物件且相繼地在壁處之物件之間放置物件。例如，系統判定以接合左壁之一方式放置一第一物件及以接合右壁之一方式放置一第二物件。接著，系統判定在第一物件與第二物件之間相繼地放置物件，同時朝向運輸容器之中心線移動。可基於物件之一子集沿著壁之放置來形成初步解決方案，且接著最佳化填充物件之間間隙之相繼放置。在一些實施例中，系統迭代嘗試改良解決方案。迭代地嘗試改良解決方案之一實例係藉由改變放置，諸如藉由改變物品之序列，或改變抵著該(等)壁放置之第一物件與第二物件之間的物件之位置。系統結合識別可行解決方案來執行一模擬及呼叫模型以評估解決方案之各種迭代。作為另一實例，回應於判定一初步解決方案或一解決方案之一迭代，系統分析裝載(例如，運輸容器中的物件組之裝載之一模型)及判定預期已引起不穩定或預期對密度產生負面影響的物件放置。回應於識別預期對密度、穩定性、重量分佈等產生負面影響的放置，系統判定此(等)物件之一替代放置以改良密度、穩定性、重量分佈等。系統模擬替代放置及評估裝載以判定配置是否對應於一可行解決方案。

【0090】 在一些實施例中，系統藉由判定是否將一或多個物件集結

於一緩衝區中以使系統能夠首先放置在一或多個物件之後遞送至工作區的物件來判定是否重新排序物件，物件將以此順序放置於運輸容器中。系統選擇具有(i)根據預定義評分函數之最高評分及(ii)滿足一或多個可行裝載準則兩者之一物件重新排序。可行裝載準則之實例包含：(a)裝載、卸載或共同裝載及卸載之最大時間量，(b)裝載至運輸容器之物件之一最小預期密度，(c)裝載至運輸容器之總物件之一最小數目，(d)裝載至運輸容器的物件之子集之一最小穩定性，(e)滿足一或多個準則之一重量分佈，諸如分佈於對應於預期運載運輸容器的一卡車之車輪之運輸容器之位置處或以其他方式分佈於在運輸期間支撐運輸容器之運輸容器之位置處的重量等。可實施各種其他可行裝載準則。一或多個可行裝載準則可為使裝載被視為可行之針對一組物件之一裝載之最低要求。

【0091】 可結合訓練(若干)模型實施之機器學習程序之實例包含隨機森林、線性迴歸、支援向量機、樸素貝葉斯(*naive Bayes*)、邏輯迴歸、*K*最近鄰、決策樹、梯度提升決策樹、*K*均值叢集、階層式叢集、具有雜訊的應用之基於密度之空間叢集(*DBSCAN*)叢集、主分量分析等。在一些實施例中，系統訓練一*XGBoost*機器學習分類器模型。作為一實例，至分類器(例如，*XGBoost*機器學習分類器模型)之輸入係一組合特徵向量或特徵向量集，且基於組合特徵向量或特徵向量集，分類器模型判定(i)物件之一裝載之一重量分佈，(ii)一組物件之一裝載是否可行(例如，安全、高效)，(iii)一組物件至*N*個物件子集中之一分配(例如，*N*個分配)，(iv)待裝載至一特定運輸容器中之物件之一定序/排序，(v)待裝載至一特定運輸容器中之物件之一配置/定向等。

【0092】 儘管前文實例係在將一組物件裝載至一或多個運輸容器中

的一系統之內容背景中進行論述，但機器人系統亦可結合從一或多個運輸容器卸載一組物件來使用。

【0093】 圖2A及圖2B係繪示根據各項實施例之一運輸容器中的一組物件之配置之圖。例如，圖2A及圖2B從運輸容器之後部展示一視圖。

【0094】 在圖2A中所展示之實例中，系統獲得物件211至239之配置200。系統基於一或多個邊界條件(諸如運輸容器之側壁201至204之位置)來判定配置200。結合判定配置200，系統可產生/模擬用於物品之放置之一幾何模型以諸如根據一預定義評分臨限值最佳化配置(或以其他方式在一預定義運算運行時間內選擇一最佳配置)。回應於判定配置200，系統基於預定義評分臨限值對配置200進行評分。例如，經獲得評分值係指示配置之品質(例如，優度)。配置200具有一相對較高物件密度(例如，系統已判定在物件之間不具有空間之一裝載)。因此，配置200至少沿著密度維度或一物件間距(例如，物件之間的彙總間距)具有一高評分值，然而，配置200沿著其他維度(諸如重量分佈、裝載物件組之時間、在負載內之物件之數目)可能不太高，

【0095】 在圖2B中所展示之實例中，系統獲得物件251至276之配置250。系統基於運輸容器之側壁201至204之位置來對用於物件251至276之配置之解決方案進行定界。回應於判定配置250，系統基於預定義評分臨限值對配置250進行評分。儘管配置250可沿著各種維度(諸如重量分佈或裝載/卸載之運行時間)具有一高評分，但配置250具有一相對較低物件密度(至少在從運輸容器之後部之視圖中)及物件251至276間之一相對較高間距量。例如，配置250在某些物件之間具有數個間隙/間距，諸如在物件252上方之一間隙、在物件262與264之間的一間隙、在物件265與266之間

的一間隙、在物件253與257之間的一間隙等。

【0096】 在一些實施例中，系統以逐物件深度層為基礎評估裝載。例如，系統判定最深入至運輸容器中之一層物件之一裝載且接著在機器人工作以將物件裝載至運輸容器中(例如，從運輸容器中之最深點至對應於運輸容器之後部處的開口之位置)時相繼地判定所放置物件層之裝載。

【0097】 圖2C係繪示根據各項實施例之在一運輸容器中之物件之一子集當中之一「T形」接面之一圖。在所展示之實例中，在配置290當中形成一「T形」接面。例如，在其中在物件291至293間形成「T形」接面294之一配置中放置物件291至293。「T形」接面一般被視為/預期為比物件之垂直放置(例如，一個物件在另一物件之頂部上等)更穩定。

【0098】 在一些實施例中，系統偏向於從物件之一組可能放置當中選擇導致與其他物件之一「T形」接面之一物件之一放置。例如，系統使用一放置形成一「T形」接面之一啟發法作為用以修整可能放置之解空間(例如，從可能放置之解空間修整針對一特定放置未形成一「T形」接面之解決方案)之一機制。

【0099】 圖3A、圖3B、圖3C及圖3D係繪示根據各項實施例之一運輸容器中的一組物件之配置之圖。在所展示之實例中，配置300及325係從在由車輪302、303支撐之拖車301上運載的運輸容器內之一側視圖繪示，且配置350及375係從運輸容器之一後視圖展示。

【0100】 如圖3A中所繪示，配置300包括以物件之一密度相對較高，物件之間的一間距量較低(例如，在配置300中未提供空間)，且在被裝載至運輸容器之物件間形成數個「T形」接面之一方式裝載之物件。例如，配置300包含物件306至308間之一第一「T形」接面、物件307至309

間的一第二「T形」接面及物件310至312間的一第三「T形」接面。在一些實施例中，系統偏向於選擇預期導致與其他物件形成一「T形」接面的物件之放置。例如，系統實施與偏好一「T形」接面勝過物件之一垂直堆疊相關聯之一啟發法。

【0101】 如圖3B中所繪示，配置325包括以物件之一密度小於密度或配置300，物件之間的一間距量高於配置300中之間距(例如，存在空間，例如，在物件328與329之間，物件331與333之間等)，且在被裝載至運輸容器之物件間形成較少「T形」接面的一方式裝載之物件。物件之間の間距係由散列區域表示。例如，各個物件之間の間距阻礙較大量「T形」接面之存在。例如，配置325包含物件305至307間的一第一「T形」接面、物件305至309間的一第二「T形」接面及物件310至312間的一第三「T形」接面。在一些實施例中，系統偏向於選擇預期導致與其他物件形成一「T形」接面的物件之放置。例如，系統實施與偏好一「T形」接面勝過物件之一垂直堆疊相關聯之一啟發法。

【0102】 如圖3C中所繪示，配置350包括以物件之一密度相對較高，物件之間的一間距量較低(例如，在配置350中未提供空間)，且在被裝載至運輸容器之物件間形成數個「T形」接面的一方式裝載之物件。例如，配置350包含物件353至354間的一第一「T形」接面、物件354至356間的一第二「T形」接面、物件351、357及359間的一第三「T形」接面、物件358至360間的一第四「T形」接面，以及物件351、352及359間的一第五「T形」接面等。在一些實施例中，系統偏向於選擇預期導致與其他物件形成一「T形」接面的物件之放置。例如，系統實施與偏好一「T形」接面勝過物件之一垂直堆疊相關聯之一啟發法。

【0103】如圖3D中所繪示，配置375包括以物件之一密度小於密度或配置350之密度，物件之間的一間距量高於配置350中之間距(例如，存在如由散列區域表示之空間等)，且在被裝載至運輸容器之物件間形成較少「T形」接面的一方式裝載之物件。例如，各個物件之間の間距阻礙較大量「T形」接面之存在。例如，配置包含物件384至386間的一第一「T形」接面、物件385至387間的一第二「T形」接面及物件377至379間的一第三「T形」接面等。在一些實施例中，系統偏向於選擇預期導致與其他物件形成一「T形」接面的物件之放置。例如，系統實施與偏好一「T形」接面勝過物件之一垂直堆疊相關聯之一啟發法。作為一實例，物件377係垂直堆疊於一物件上，物件378係垂直堆疊於376上等。物件之垂直堆疊之存在可能導致不穩定。在一些實施例中，系統嘗試找到一解決方案，其中最小化垂直堆疊之一範圍，或垂直堆疊之一範圍小於預定義數目個垂直堆疊放置，或垂直堆疊放置對經裝載之物件之一比率小於一預定義垂直堆疊臨限值等。

【0104】在一些實施例中，系統判定對可能解決方案(例如，用於配置一組物件之解決方案等)之解空間進行定界或修整之一方式。作為一實例，系統產生一樹結構/圖表，其中各節點對應於關於一物件之一決策(例如，物件之一放置等)。接著，系統可判定用以修整樹結構以消除不可行解決方案或不滿足一或多個預定準則之解決方案的一方式。作為另一實例，系統至少部分基於一或多個約束對解空間進行定界。一約束之一實例係系統在其內判定一解決方案之一運行時間。在一解決方案之一線上判定之情況下，運行時間可為5秒或更少。在一解決方案之一離線判定之情況下，運行時間可為12小時或更少等。

【0105】系統可使用一啟發法來猜測一解決方案(例如，一分配、一序列、一配置等)且接著評估該猜測及相應地對搜尋空間進行修整/定界。

【0106】圖4A係根據各項實施例之對應於物件之不同狀態或放置之一樹。在一些實施例中，圖1之系統100結合判定一或多個物件之一(若干)放置，諸如一當前放置(例如，來自一組待放置物件當中的下一物件)來判定或使用搜尋空間400。在一些實施例中，系統離線地判定放置，諸如藉由模擬至一或多個運輸容器中的物件之配置之一伺服器。

【0107】在圖4A中所繪示之實例中，搜尋空間400係用一樹結構表示。搜尋空間400包括複數個節點，且各節點可對應於一物件之一放置案例且各分支可對應於一當前物件在一特定位置處及成一特定定向之一放置。在一些實施例中，系統判定一特定分支是否對應於其中在當前物件及其他物件間產生一「T形」接面之一放置。例如，系統針對搜尋空間400中之各分支儲存對應放置是否形成與其他物件之一「T形」接面或與另一物件之一垂直堆疊。

【0108】搜尋空間400包括根節點402。根節點402對應於物件之棧板/堆疊之一當前狀態。例如，系統查詢一狀態估計服務/模組以獲得一經估計狀態且使用此經估計狀態作為根節點402處之狀態。

【0109】回應於判定根節點，系統迭代地判定一組接下來的物件之放置。例如，系統基於不同的接下來的物件之放置進展遍歷樹之不同階。節點404、406、408及410對應於一第一接下來的物件(例如，系統針對其判定一最佳放置之物件)之放置。作為一實例，節點404、406、408及410係分別對應於第一接下來的物件之不同放置(例如，不同位置及/或不同定向，或在允許系統緩衝一些物件的情況下，不同物件)之一階節點。如圖

4A及圖4B中所繪示，節點404、406、408及410之各者具有分別從其分支之二階節點。例如，節點512、514、416及418從節點404分支。二階節點之各者分別對應於一第二接下來的物件之不同放置(例如，不同位置及/或不同定向，或在允許系統緩衝一些物件的情況下，不同物件)。在系統判定對應於各節點之放置時，系統判定從待模擬之剩餘物件之放置的節點分支之節點。例如，回應於判定節點412之放置，系統判定節點420、422、424及426(例如，系統判定節點之經估計狀態及相關聯資訊)。

【0110】 若系統將分析搜尋空間400中之各節點處之穩定性，則此一分析可為運算成本高昂的。因此，如圖4B中所繪示，各項實施例修剪搜尋空間以限制待結合判定一物件(例如，第一接下來的物件)之放置來判定其狀態/穩定性的節點之數目。在一些實施例中，系統修剪搜尋空間以限制一特定配置中之物件間的垂直堆疊放置之數目。

【0111】 圖4B係根據各項實施例之對應於物件之不同狀態或放置之一樹。在一些實施例中，圖1之系統100結合判定一或多個物件之一(若干)放置，諸如一當前放置(例如，來自一組待放置物件當中的下一物件)來判定或使用搜尋空間430。在一些實施例中，系統離線地判定放置，諸如藉由模擬至一或多個運輸容器中的物件之分配、定序及/或配置之一伺服器。

【0112】 系統基於判定是否修剪及/或修剪搜尋空間400所依之一方式來判定搜尋空間430。經分割區域442、444、446及448對應於系統已判定為不利案例且因此從搜尋空間400(例如，樹)修剪的樹之區域。

【0113】 在一些實施例中，系統基於以下之一或多者來判定一節點是否對應於一有利或不利案例：(i)用與節點相關聯之放置的對物件堆疊之

狀態之一模擬，及(ii)一或多種啟發法。在一些實施例中，系統結合判定物件堆疊之一經估計狀態及一預期穩定性來模擬一階節點(例如，404、406、408及410)之物件堆疊之狀態。在一些實施例中，對於具有高於一階節點的階之所有節點(例如，412、414、416、418、420、422、424、426等)，系統使用一或多種啟發法來判定對應放置是否預期為一不利案例(例如，預期導致一穩定的或不穩定的堆疊，預期具有一顯著成本(諸如高於一成本臨限值之一成本)，預期引起機器人定位成一難用姿勢，預期產生物件之一垂直堆疊等)。

【0114】 根據各項實施例，回應於基於一或多種啟發法判定放置之一狀態、一預期穩定性及/或其有利性之一分析之一結果，系統判定是否修剪(若干)對應節點。若系統判定修剪一節點，則系統修剪該節點及從該節點分支之所有潛在節點。例如，回應於判定應修剪節點426(例如，該節點對應於一不利案例)，系統對應地基於節點432、434、436等直接地或間接地從節點426分支而判定修剪此等節點。在一些實施例中，系統判定修剪節點432、434、436等，而未使用一或多種啟發法進行進一步分析。例如，系統基於修剪節點426之判定而判定修剪節點432、434、436等。在一些實施例中，系統修剪不滿足一「T形」接面選擇準則(諸如「T形」接面對總物件之一比率低於一預定義「T形」接面比率臨限值)之所有節點(及從此等節點分支之節點)，或其中對應於配置之物件之一垂直堆疊超過一預定義垂直堆疊臨限值(例如，垂直堆疊之物件相對於待裝載物件之數目之一最大比率)之所有節點。

【0115】 在一些實施例中，在判定搜尋空間430之後(例如，在修剪搜尋空間400之後)，系統判定下一物件(例如，一階節點之物件)之一最佳

放置。系統可基於一預期穩定性、放置之一成本、放置下一物件及在下一物件之放置之後的M個物件之成本、在放置下一物件及在下一物件之放置之後的M個物件之後物件堆疊之一預期穩定性、放置之一有利性等之一或多者來判定最佳放置。

【0116】 在一些實施例中，系統判定下一物件之最佳放置對應於節點408處之放置。例如，系統基於物件堆疊之狀態遍及放置之數個階保持有利(例如，具成本效益、穩定等)(例如，最高數目個後續物件之一放置的狀態保持有利等)的一判定來判定節點408處之放置係最佳的。在一些實施例中，系統判定節點438及440遍及九個不同物件之放置(例如，下一物件及在下一物件之後的M個物件，其中在此實施例中M係八)保持有利。在一些實施例中，系統關於搜尋空間430執行一定向搜尋以判定一最佳放置。

【0117】 結合判定是否修剪一節點，系統可實施一修剪準則。修剪準則可包含以下之一或多者：**(i)**狀態預期具有小於一穩定性臨限值之一穩定性，**(ii)**狀態違反一啟發法(例如，一可變形物件被放置在一物件堆疊之底部處或附近等)，**(iii)**對應放置之一成本預期超過一成本臨限值，**(iv)**一機器人預期定位成一難用姿勢，**(v)**物件堆疊之一預期密度小於一預定義密度臨限值等。

【0118】 圖5A至圖5C係繪示根據各項實施例之裝載至一運輸容器的物件之一子集之圖。如圖5A至圖5C中所繪示，提供將物件511至539裝載至一運輸容器的一序列之一架構之一實例。用於物件511至539之配置之解空間係由運輸容器之壁501至504定界。根據各項實施例，系統諸如基於物件形成「T形」接面之一程度來選擇物件511至539之放置以最佳化

穩定性。

【0119】 在圖5A中所展示之實例中，配置500對應於在將物件裝載至運輸容器開始時之一狀態。系統工作以沿著側壁501、503裝載物件且朝向中心線相繼地放置物件，直至層內不能發生進一步放置或物件從側壁501伸展至側壁503而在其等之間無任何空間。作為一實例，一層物件可對應於形成底層物件之物件538及539。在一些實施方案中，一層對應於一預定義高度範圍。例如，物件537、538及539可對應於一單一底層。

【0120】 儘管圖5A繪示在從側壁501至側壁503包裝下層中之物件之前沿著側壁503堆疊物件519、520至522、531及532，但各項實施例可實施其中一系統在進行沿著壁堆疊物件以形成一新層之前優先地在臨限數目個層(例如，一個層、兩個層等)內配置物件的一傾向。例如，在放置物件537、538及539之後，系統可選擇一物件以放置於物件537、539之間的空間中(例如，在物件538上方)。此後，系統可在繼續在於物件532與536之間的層內放置物件(諸如放置物件533)之前放置物件532及536。

【0121】 在圖5B中所展示之實例中，配置550對應於朝向將物件裝載至運輸容器的程序中間之一狀態。系統已在沿著側壁501、503裝載之物件之間循序地包裝物件。系統可從對應於側壁之外側位置朝向中心線相繼地裝載物件。例如，系統放置物件535，接著放置物件528，接著放置物件534以完成層及確保裝載在物件532與536之間不具有任何間隙。在完成物件532與536之間的層之後，系統可裝載物件530以開始填充物件531與側壁501之間的層。在一些實施例中，在放置物件530之前，系統可首先沿著側壁501在物件536及/或535上方放置一物件。

【0122】 在圖5C中所展示之實例中，配置575對應於其中將物件裝

載至運輸容器已完成之一狀態。系統已在沿著側壁501、503裝載之物件之間循序地包裝物件且在側壁501、503之間從外側朝向層之中心線工作循序地裝載另一層物件。系統裝載物件以限制一特定層中之物件之間的間距量。例如，系統將物件529選擇為理想地放置於物件538與物件30、533之間，因為物件529配合於間隙內以完成層。系統可進一步因為物件529之放置與物件528產生一水平頂表面(其上可更穩定地支撐一或多個其他物件)而選擇物件529。

【0123】 儘管圖5A至圖5C係結合運輸容器之裝載進行描述，但各項實施例結合卸載物件511至539來反向實施一實質上類似程序。

【0124】 圖6係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序600係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序600係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序600。

【0125】 在605，接收將一組物件裝載至一運輸容器中之一指示。在一些實施例中，可至少部分基於自一工作區中之一或多個感測器(諸如偵測被遞送至或正在遞送至經組態以將物件裝載至運輸容器之一機器人手臂的物件之一視覺系統)獲得之資訊來判定物件組之指示。在一些實施例中，系統自一資料結構獲得物件組之指示，諸如映射至一載貨單或訂單之一組物件，或待裝載至一運輸容器或裝運至一特定目的地位置之其他物品清單。

【0126】 在610，根據一穩定性模型將物件組之一配置裝載至運輸容器中。回應於接收物件組將被裝載至運輸容器中之指示，判定待根據其

放置物件之一配置。例如，配置可包含各種物件之一位置及/或將物件裝載至運輸容器之一順序。在一些實施例中，配置包含一機器人將根據其將物件裝載至運輸容器中之一規劃之一指示。

【0127】 在一些實施例中，系統至少部分基於判定滿足一或多個穩定性準則，或具有超過一預定義評分臨限值之一評分值(例如，根據一預定義評分臨限值判定)之一特定配置來判定配置。一或多個穩定性準則可包含關於可行配置應滿足之「T形」接面之一最小數目或比率之一傾向或臨限值。

【0128】 在615，提供配置作為一輸出以結合裝載物件組使用。在一些實施例中，系統將配置提供至經控制以裝載物件組之一機器人系統。

【0129】 在620，進行關於程序600是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序600應暫停或停止等，而將程序600判定為已完成。回應於程序600已完成之一判定，程序600結束。回應於程序600未完成之一判定，程序600返回至605。

【0130】 圖7係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序700係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序700係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序700。程序700可由圖6之程序600 (諸如在程序600之610)調用。

【0131】 在705，接收將裝載一組物件之一指示。在一些實施例中，系統接收將把一組物件遞送至一(若干)目的地位置及將提供用於配置一組物件之一可行解決方案之一指示。

【0132】 在710，接收物件組之一指示。在一些實施例中，結合獲得分配物件組之指示，系統獲得待裝載及裝運至一(若干)目的地位置之物件組。作為一實例，系統獲得物件之一載貨單。獲得物件組之指示可包含：獲得分別與物件相關聯之一或多個屬性。作為另一實例，系統基於偵測在經控制以將物件裝載至運輸容器的一機器人系統之一工作區中(或正在遞送至該工作區)之一組物件來獲得物件組。

【0133】 在715，從物件組選擇一或多個物件。在一些實施例中，系統基於用於配置裝載之一或多種啟發法來選擇物件之一或多者。作為一實例，一或多種啟發法係使用機器學習程序獲得。機器學習程序判定預期係指示可行配置(例如，其中物件之放置可行之配置或以其他方式滿足一或多個穩定性準則或評分臨限值之配置)之一組啟發法。一啟發法之一實例可為選擇較重或較大物件(例如，具有大於一重量臨限值之一重量或大於一大小臨限值之一尺寸或體積的物件)朝向運輸容器之一底層配置(例如，以避免在裝載即將結束時具有較重物件，其等可被朝向裝載之堆疊/層之頂部放置藉此引起不穩定)。作為另一實例，一啟發法可為選擇一剛性或非易碎物件(例如，具有一剛性包裝、小於一可變形性臨限值之一可變形性等之一物件)朝向運輸容器之一底層配置。作為一啟發法之另一實例，系統可基於針對一特定層，沿著側壁放置(若可行放置係可能的)物件且此後成功地填充在側壁處之物件之間的空間直至層已完成的一啟發法來選擇物件。

【0134】 在一些實施例中，基於將物件遞送至工作區之一順序來選擇一或多個物件。例如，在系統不具有緩衝一物件之一能力之情況下，系統基於物件到達工作區之順序來選擇物件。作為另一實例，在系統具有緩衝一或多個物件之能力之情況下，系統選擇其之一最佳放置/配置係可能之一或多個物件。考量到緩衝M個物件以重新排序物件之可能性，從接下來N個物件當中選擇一或多個物件。N及M係正整數。

【0135】 在一些實施例中，系統至少部分基於一配置/放置模型來判定配置。

【0136】 在一些實施例中，系統至少部分基於一或多種啟發法來判定配置。例如，系統使用一或多種啟發法來對將被視為可行之一配置進行有根據的猜測。此後，系統可基於配置之評估迭代地改良配置。可使用一或多種啟發法來選擇一初始配置(例如，針對一組物件，程序1500之初始迭代)，且後續配置可為初始配置之變動，或基於至少部分基於配置之評估對配置的更新之一先前配置。配置之評估可識別預期引起配置不可行或以其他方式以大於一預定義評分臨限值之一程度對配置之一評分產生負面影響之一或多個物件。例如，配置之評估識別預期引起一不穩定之一或多個物件。作為另一實例，配置之評估識別預期引起違反一重量分佈準則或一穩定性準則之一或多個物件。

【0137】 在720，模擬一或多個物件至一運輸容器之一裝載。在一些實施例中，系統呼叫一模擬模組以模擬一或多個物件之各種裝載(例如，配置、序列等)。例如，模擬模組產生物件組之放置之一幾何模型。作為另一實例，系統模擬物件組之裝載以判定對於一或多個物件是否存在一可行配置/放置或選擇一或多個物件之一最佳配置/放置。

【0138】 在725，至少部分基於一預定評分函數來判定一或多個物件之裝載之一評分值。在一些實施例中，系統基於預定評分函數對配置進行評分。例如，系統結合評估配置是否為一可行/可能配置及/或判定一最佳配置來對配置進行評分。

【0139】 在一些實施例中，預定義評分函數考量成本、時間、穩定性、密度、重量分佈等。可在預定義評分函數中實施一裝載(例如，配置)之各種其他特性。

【0140】 在一些實施例中，判定裝載之評分值包含關於一或多種啟發法比較裝載。例如，系統使用一組啟發法來快速地判定裝載是否預期為可行或不可行。系統可使用該組啟發法以在執行裝載之一運算成本高昂的模擬之前評估裝載，以諸如避免一或多種啟發法對於其指示裝載預期違反一或多個裝載準則之配置。

【0141】 在730，系統判定一或多個物件之配置是否為一可行配置。在一些實施例中，系統至少部分基於裝載(例如，可能配置)之評分值是否超過一預定義評分臨限值之一判定來判定配置是否為一可行配置。

【0142】 回應於在730判定一或多個物件之配置並非一可行配置，程序700返回至715，在715，選擇物件組之另一子集並模擬及評估物件組之下一子集之一裝載。例如，程序700對715至730進行迭代，直至一或多個物件(例如，物件組之一子集)之一配置被判定為一可行配置。相反地，回應於在730判定一或多個物件之配置係一可行配置，程序700繼續進行至735。

【0143】 在735，系統判定物件組包括待針對其判定一可行配置之另一(若干)物件。回應於在735判定物件組包括待針對其判定一可行配置

之另一(若干)物件，程序700返回至715，且模擬及評估物件組之下一子集。例如，程序700對715至735進行迭代，直至無物件組中之物件之進一步配置待被判定。相反地，回應於在735判定物件組不包括待針對其判定一可行配置之進一步物件，程序700繼續進行至740，在740，提供物件組之配置之一指示。

【0144】 在745，進行關於程序700是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序700應暫停或停止等，而將程序700判定為已完成。回應於程序700已完成之一判定，程序700結束。回應於程序700未完成之一判定，程序700返回至705。

【0145】 圖8係繪示根據各項實施例之用於配置待裝載至一組運輸容器中的一組物件之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序800係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序800係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序800。程序800可由圖6之程序600 (諸如在程序600之610)調用。

【0146】 在一些實施例中，系統使用啟發法來判定選擇順序。例如，系統選擇物件以在中間之前沿著側放置，且系統可基於一或多種啟發法(諸如物件之剛度、物件之一重量、物件之一形狀等)來選擇物件。

【0147】 在805，接收將裝載一組物件之一指示。在810，獲得物件之一指示。在815，選擇物件組之一配置。在820，模擬一或多個物件根

據選定配置至一運輸容器之一裝載。在825，至少部分基於一預定評分函數來判定一或多個物件之配置之一評分值。在830，系統判定一或多個物件之配置是否為一可行配置。回應於在830判定一或多個物件之配置並非一可行配置，程序800繼續進行至835。相反地，回應於在830判定一或多個物件之配置係一可行配置，程序800繼續進行至840。根據各項實施例，805至830對應於或類似於圖7之705至730。

【0148】 在835，丟棄當前配置。在一些實施例中，回應於判定一特定配置係不可行的，將該配置從一組潛在配置丟棄。

【0149】 在840，儲存與配置有關之資訊及/或當前配置係可行之一指示。

【0150】 在845，系統判定是否待分析一(若干)額外配置。在一些實施例中，程序800對820至845進行迭代，直至無各種物件組之進一步配置待被判定，或直至無用於配置/裝載一特定組物件之進一步潛在配置待被評估。例如，在一第一配置被視為一可行配置之後，在已於一預定義時間臨限值內執行配置之評估之後，或已判定用於配置/裝載待裝載至運輸容器的一組物件之一組X個可能/可行配置之後，程序800可結束。X可為一正整數。可選擇經評估可行序列當中之一最佳配置作為待實施之配置。

【0151】 回應於在845判定待分析一(若干)額外配置，程序800繼續進行至850，在850，選擇下一配置。此後，程序800返回至820且程序800對820至845進行迭代，直至無進一步配置待被分析。相反地，回應於在845判定無(若干)額外配置待被分析，程序800繼續進行至855。

【0152】 在855，從可行配置選擇一配置。在一些實施例中，系統從可行配置組當中選擇最優或最佳配置。作為一實例，至少部分基於配置

之一評分值來選擇最優或最佳配置。評分值係根據一預定義評分臨限值判定，且具有最高評分值之配置被視為最優或最佳配置。

【0153】 在一些實施例中，判定一組物件之一配置係由一所需運行時間定界，在該所需運行時間內，系統將評估及選擇一配置。若運行時間在系統評估所有配置(例如，所有潛在可行解決方案)之前期滿，則系統選擇截至運行時間期滿判定之可行配置組之最佳配置。

【0154】 在860，提供配置之一指示。在一些實施例中，系統將配置之指示提供至調用程序800之另一系統或模組(例如，程序600)，或待用於將物件組裝載至運輸容器中之一機器人系統。在一些實施例中，提供配置之指示包括將配置儲存於一組可行配置(例如，可從其選擇一較佳或最佳配置以進行實施)中。

【0155】 在865，進行關於程序800是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，回應於選擇用於物件組之裝載的一配置之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至(若干)運輸容器之一指示，一管理者指示程序800應暫停或停止等，而將程序800判定為已完成。回應於程序800已完成之一判定，程序800結束。回應於程序800未完成之一判定，程序800返回至805。

【0156】 圖9係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序900係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序900係由放置模組來實施。例如，系統(例如，

用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序900。作為一實例，程序900係由程序800之825調用。

【0157】 在905，獲得判定配置之一評分值之一指示。在一些實施例中，系統結合判定配置是否為可行而接收指示以判定評分值。例如，系統根據配置模擬裝載及評估經模擬裝載。

【0158】 在910，獲得配置之一模型。在一些實施例中，系統根據模擬獲得或產生配置之一模型。作為一實例，模型係根據對應配置放置之物件組之一幾何表示。

【0159】 在915，分割模型。回應於獲得模型，系統分割模型以識別裝載於運輸容器內之各種物件。在一些實施例中，模型已被分割(例如，配置之模擬維持物件之分割)且在此一情況下可省略915。

【0160】 在920，判定配置內之「T形」介面之一數目。系統分析物件組之裝載之模型及判定在物件件形成之「T形」介面之一數目。

【0161】 在925，至少部分基於配置內之「T形」介面之數目來判定配置之一評分值。在一些實施例中，系統根據一預定義評分函數來判定配置之評分值，該預定義評分函數係至少部分基於配置內之「T形」介面之數目。

【0162】 在930，儲存配置之評分值。

【0163】 在935，提供配置之評分值之一指示。可將評分值之指示提供至調用程序900之另一系統或模組(例如，程序800)，或待用於將物件組裝載至運輸容器中之一機器人系統。在一些實施例中，提供評分值之指示包括：將與配置(例如，可從其選擇一較佳或最佳配置以進行實施)相關聯之評分值儲存於諸如配置至評分值之一映射中。

【0164】 在940，進行關於程序900是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步配置待被評估之一判定，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序900應暫停或停止等，而將程序900判定為已完成。回應於程序900已完成之一判定，程序900結束。回應於程序900未完成之一判定，程序900返回至905。

【0165】 圖10係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序1000係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序1000係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序1000。作為一實例，程序1000係由程序800之830調用。

【0166】 在1005，獲得評分值之一指示。在1010，系統判定評分值是否大於預定評分臨限值。回應於在1010判定評分值大於預定評分臨限值，程序1000繼續進行至1015，在1015，將配置視為可行的。相反地，回應於在1010判定評分值不大於預定評分值，程序1000繼續進行至1020，在1020，將配置視為不可行的。在1025，提供配置之可行性之一指示。可將可行性之指示提供至調用程序1000之另一系統或模組(例如，程序800)，或待用於將物件組裝載至運輸容器中之一機器人系統。在一些實施例中，提供配置之可行性之指示包括：將配置儲存於諸如一可行配置清單之一組可行配置(例如，可從其選擇一較佳或最佳配置以進行實施)中。

【0167】 在1030，進行關於程序1000是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步配置待被評估之一判定，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序1000應暫停或停止等，而將程序1000判定為已完成。回應於程序1000已完成之一判定，程序1000結束。回應於程序1000未完成之一判定，程序1000返回至1005。

【0168】 圖11係繪示根據各項實施例之用於評估待裝載至一運輸容器中的一組物件之一配置之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序1100係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序1100係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序1100。作為一實例，程序1100係由程序800之830調用。

【0169】 在1105，獲得評分值之一指示。在1110，系統判定與配置中之「T形」接面的一數目相關聯之一值是否大於預定「T形」接面臨限值。

【0170】 回應於在1110判定與配置中之「T形」接面的一數目相關聯之值大於預定「T形」接面臨限值，程序1100繼續進行至1115，在1115，將配置視為可行的。相反地，回應於在1110判定與配置中之「T形」接面的一數目相關聯之值不大於預定「T形」接面臨限值，程序1100繼續進行至1120，在1120，將配置視為不可行的。

【0171】 在1125，提供配置之可行性之一指示。可將可行性之指示提供至調用程序1000之另一系統或模組(例如，程序800)，或待用於將物

件組裝載至運輸容器中之一機器人系統。在一些實施例中，提供配置之可行性之指示包括：將配置儲存於諸如一可行配置清單之一組可行配置(例如，可從其選擇一較佳或最佳配置以進行實施)中。

【0172】 在1130，進行關於程序1100是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無進一步配置待被評估之一判定，回應於無進一步物件待被裝載至運輸容器中之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序1100應暫停或停止等，而將程序1100判定為已完成。回應於程序1100已完成之一判定，程序1100結束。回應於程序1100未完成之一判定，程序1100返回至1105。

【0173】 圖12係繪示根據各項實施例之用於規劃一組物件至一運輸容器的一裝載之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序1200係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序1200係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序1200。

【0174】 在1205，接收將判定用於將物件組裝載至運輸容器的一規劃之一指示。在一些實施例中，回應於判定/選擇用於裝載一組物件之一配置，系統判定一規劃，藉由該規劃，一機器人手臂待根據配置將物件組裝載至運輸容器。

【0175】 在1210，判定用於將物件組裝載至運輸容器之一規劃。系統可基於逐層裝載之一構建(例如，從運輸容器之一底部至運輸容器之頂部層疊)及/或基於在運輸容器內之一最深可用位置/層處裝載物件及相繼地裝載物件直至放置係朝向運輸容器之後部或物件組已被完全裝載，來判定

用於裝載物件組之規劃。

【0176】 在1215，提供規劃之一指示作為一輸出以結合裝載物件組使用。在一些實施例中，系統將規劃提供至經控制以裝載物件組之一機器人系統。

【0177】 在1220，進行關於程序1200是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無用於將物件裝載至運輸容器中之進一步規劃待被判定之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確證，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序1200應暫停或停止等，而將程序1200判定為已完成。回應於程序1200已完成之一判定，程序1200結束。回應於程序1200未完成之一判定，程序1200返回至1205。

【0178】 圖13係繪示根據各項實施例之用於規劃一組物件至一運輸容器之一裝載之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序1300係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序1300係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序1300。作為一實例，程序1300係由程序1200之1210調用。

【0179】 在1304，獲得物件組之配置之一指示。例如，系統判定/獲得待根據其將一組物件裝載至運輸容器之最佳或最優配置。在1310，判定一當前待放置物件。當前物件可為下一待放置物件。在1315，查詢一放置模型以判定物件之一放置。在1320，至少部分基於放置來模擬物件至運輸容器之裝載。在1325，至少部分基於一預定評分函數來判定放置之一評分值。例如，系統評估經模擬裝載。在1330，系統判定放置是

否為一可行放置。例如，系統判定與放置相關聯之一評分值是否超過一預定義評分臨限值。作為另一實例，系統判定放置是否導致違反一穩定性準則。回應於在1330判定放置係不可行的，程序1300繼續進行至1335，在1335，丟棄當前物件之放置且判定下一當前物件。在一些實施例中，選擇將針對其評估一放置之下一當前物件對應於選擇同一物件及模擬一不同放置。回應於選擇下一當前物件，程序1300返回至1315。此後，程序1300對1315至1330進行迭代，直至判定一可行放置。回應於在1330判定放置係可行的，程序1300繼續進行至1335，在1335，儲存放置之一指示。例如，將與放置有關之資訊儲存於一可行放置清單中。在1340，系統判定是否將配置更多物件。回應於在1340判定將配置物件組當中的更多物件，程序1300繼續進行至1345，在1345，判定/選擇下一當前物件。此後，程序1300返回至1315且程序1300對1315至1340進行迭代，直至物件組中不存在將針對其判定一配置/放置之進一步物件。在1350，系統根據可行放置判定一規劃。例如，系統判定一規劃，根據該規劃，機器人系統待根據經判定配置裝載物件組。在1355，提供規劃之一指示。

【0180】 在1360，進行關於程序1300是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無用於將物件裝載至運輸容器中之進一步規劃待被判定之一判定，系統接收經組態以將物件裝載至一運輸容器之一機器人系統接收配置的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組裝載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序1300應暫停或停止等，而將程序1300判定為已完成。回應於程序1300已完成之一判定，程序1300結束。回應於程序1300未完成之一判定，程序1300返回至1305。

【0181】 儘管圖6至圖13中所繪示之實例之描述係在將一組物件裝

載至一運輸容器之內容背景中提供，但根據各項實施例，可在將一組物件卸載至一運輸容器之內容背景中實施類似程序。

【0182】 圖14係繪示根據各項實施例之用於判定用於從一運輸容器卸載一組物件之一規劃之一程序之一流程圖。在一些實施例中，程序1400係由圖1之系統100或諸如結合提供一雲端服務之一或多個伺服器來實施。在一些實施例中，程序1400係由放置模組來實施。例如，系統(例如，用於規劃物件之裝載之模型)呼叫放置模組以調用程序1400。

【0183】 在一些實施例中，從運輸容器卸載物件組係類似於物件組之裝載之一相反順序。例如，系統基於在移除(若干)物件時對運輸容器內之物件的穩定性之影響來判定要卸載之下一物件，或要卸載之一物件序列。

【0184】 在1405，接收從一運輸容器卸載一組物件之一指示。在1410，判定用於將物件組卸載至運輸容器之一規劃。在1415，提供規劃之一指示作為一輸出以結合卸載物件組使用。在1420，進行關於程序1400是否已完成之一判定。在一些實施例中，回應於無用於將物件卸載至運輸容器中之進一步規劃待被判定之一判定，系統接收經組態以將物件卸載至一運輸容器之一機器人系統已接收規劃的確認，系統接收機器人系統已完成將物件組卸載至該(等)運輸容器之一指示，一管理者指示程序1400應暫停或停止等，而將程序1400判定為已完成。回應於程序1400已完成之一判定，程序1400結束。回應於程序1400未完成之一判定，程序1400返回至1405。

【0185】 結合流程圖描述本文中所描述之實施例之各項實例。儘管實例可包含按一特定順序執行之特定步驟，但根據各項實施例，可按不同

順序執行各個步驟及/或各個步驟可被組合成一單一步驟或為並行的。

【0186】 儘管為清楚理解之目的已相當詳細地描述前述實施例，但本發明並不限於所提供之細節。存在實施本發明之許多替代方式。所揭示實施例係闡釋性的而非限制性的。

【符號說明】

【0187】

- 100: 系統
- 102: 機器人手臂
- 105: 輸送機
- 110: 輸送機
- 112: 棧板
- 115: 緩衝區
- 116: 攝影機
- 118: 攝影機
- 120: 人類操作者
- 122: 控制電腦
- 124: 隨選遙操作裝置
- 150: 運輸容器
- 200: 配置
- 201至204: 側壁
- 211至239: 物件
- 250: 配置
- 251至276: 物件

290: 配置

291至293: 物件

294: 「T形」接面

300: 配置

301: 拖車

302: 車輪

303: 車輪

306: 物件

307: 物件

308: 物件

309: 物件

310: 物件

311: 物件

312: 物件

325: 配置

328: 物件

329: 物件

331: 物件

333: 物件

350: 配置

351: 物件

352: 物件

353: 物件

- 354: 物件
- 355: 物件
- 356: 物件
- 357: 物件
- 358: 物件
- 359: 物件
- 360: 物件
- 375: 配置
- 376: 物件
- 377: 物件
- 378: 物件
- 379: 物件
- 384: 物件
- 385: 物件
- 386: 物件
- 387: 物件
- 400: 搜尋空間
- 402: 根節點
- 404: 節點
- 406: 節點
- 408: 節點
- 410: 節點
- 412: 節點

- 414: 節點
- 416: 節點
- 418: 節點
- 420: 節點
- 422: 節點
- 424: 節點
- 426: 節點
- 430: 搜尋空間
- 432: 節點
- 434: 節點
- 436: 節點
- 438: 節點
- 440: 節點
- 442: 經分割區域
- 444: 經分割區域
- 446: 經分割區域
- 448: 經分割區域
- 500: 配置
- 501: 壁/側壁
- 502: 壁
- 503: 壁/側壁
- 504: 壁
- 511至539: 物件

- 550: 配置
- 575: 配置
- 600: 程序
- 605: 接收將一組物件裝載至運輸容器中之指示
- 610: 根據穩定性模型將物件組之配置裝載至運輸容器中
- 615: 提供配置作為輸出以結合裝載物件組使用
- 620: 進行關於程序是否已完成之判定
- 700: 程序
- 705: 接收將裝載一組物件之指示
- 710: 接收物件組之指示
- 715: 從物件組選擇一或多個物件
- 720: 模擬一或多個物件至運輸容器之裝載
- 725: 至少部分基於預定評分函數來判定一或多個物件之裝載之評分值
- 730: 系統判定一或多個物件之配置是否為可行配置
- 735: 系統判定物件組包括待針對其判定可行配置之另一(若干)物件
- 740: 提供物件組之配置之指示
- 745: 進行關於程序是否已完成之判定
- 800: 程序
- 805: 接收將裝載一組物件之指示
- 810: 獲得物件之指示
- 815: 選擇物件組之配置
- 820: 模擬一或多個物件根據選定配置至運輸容器之裝載
- 825: 至少部分基於預定評分函數來判定一或多個物件之配置之評分值

- 830: 系統判定一或多個物件之配置是否為可行配置
- 835: 丟棄當前配置
- 840: 儲存與配置有關之資訊及/或當前配置係可行之指示
- 845: 系統判定是否待分析一(若干)額外配置
- 850: 選擇下一配置
- 855: 從可行配置選擇配置
- 860: 提供配置之指示
- 865: 進行關於程序是否已完成之判定
- 900: 程序
- 905: 獲得判定配置之評分值之指示
- 910: 獲得配置之模型
- 915: 分割模型
- 920: 判定配置內之「T形」接面之數目
- 925: 至少部分基於配置內之「T形」接面之數目來判定配置之評分值
- 930: 儲存配置之評分值
- 935: 提供配置之評分值之指示
- 940: 進行關於程序是否已完成之判定
- 1000: 程序
- 1005: 獲得評分值之指示
- 1010: 系統判定評分值是否大於預定評分臨限值
- 1015: 將配置視為可行的
- 1020: 將配置視為不可行的
- 1025: 提供配置之可行性之指示

- 1030: 進行關於程序是否已完成之判定
- 1100: 程序
- 1105: 獲得評分值之指示
- 1110: 系統判定與配置中之「T形」接面的數目相關聯之值是否大於預定「T形」接面臨限值
- 1115: 將配置視為可行的
- 1120: 將配置視為不可行的
- 1125: 提供配置之可行性之指示
- 1130: 進行關於程序是否已完成之判定
- 1200: 程序
- 1205: 接收將判定用於將物件組裝載至運輸容器的規劃之指示
- 1210: 判定用於將物件組裝載至運輸容器之規劃
- 1215: 提供規劃之指示作為輸出以結合裝載物件組使用
- 1220: 進行關於程序是否已完成之判定
- 1300: 程序
- 1305: 獲得物件組之配置之指示
- 1310: 判定當前待放置物件
- 1315: 查詢放置模型以判定物件之放置
- 1320: 至少部分基於放置來模擬物件至運輸容器之裝載
- 1325: 至少部分基於預定評分函數來判定放置之評分值
- 1330: 系統判定放置是否為可行放置
- 1335: 丟棄當前物件之放置且判定下一當前物件/儲存放置之指示
- 1340: 系統判定是否將配置更多物件

- 1345: 判定/選擇下一當前物件
- 1350: 系統根據可行放置判定規劃
- 1355: 提供規劃之指示
- 1360: 進行關於程序是否已完成之判定
- 1400: 程序
- 1405: 接收從運輸容器卸載一組物件之指示
- 1410: 判定用於將物件組卸載至運輸容器之規劃
- 1415: 提供規劃之指示作為輸出以結合卸載物件組使用
- 1420: 進行關於程序是否已完成之判定

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於判定用於裝載至一運輸容器的一組物件之一配置之物件定序系統，其包括：

一處理器，其經組態以：

接收將該組物件裝載至該運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；

至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及

將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施；及

一記憶體，其經組態以儲存該物件資訊。

【請求項2】

如請求項1之物件定序系統，其進一步包括：

一或多個感測器，其經組態以獲得指示該組物件之一或多個物件屬性之資訊；及

其中該一或多個物件屬性係儲存於該物件資訊中。

【請求項3】

如請求項1之物件定序系統，其中該物件資訊包括一或多個物件屬性。

【請求項4】

如請求項3之物件定序系統，其中該一或多個物件屬性包含一形狀、一質量、一材料、一慣性矩、一剛度、一物件大小、一物件尺寸、一物件

重量、一包裝類型、一物件識別符之一或多者。

【請求項5】

如請求項1之物件定序系統，其中該穩定性模型最佳化在裝載至該運輸容器中的物件間之介面處形成之T形接面之一數目。

【請求項6】

如請求項5之物件定序系統，其中當一第一物件經放置以部分擱置於一第二物件上且部分擱置於一第三物件上時，在三個物件間的一介面處形成一T形接面。

【請求項7】

如請求項5之物件定序系統，其中判定根據該穩定性模型之該配置包含：基於一評分函數選擇一配置，根據該評分函數，T形接面具有比垂直對準之物件堆疊更有利的一評分值。

【請求項8】

如請求項1之物件定序系統，其中判定根據該穩定性模型之該配置包含：根據一特定配置模擬該組物件之一包裝及預測根據該特定配置包裝之該等物件之一穩定性。

【請求項9】

如請求項1之物件定序系統，其進一步包括：

一或多個感測器，其經組態以獲得與一工作區之一狀態有關之資訊，該一或多個感測器包含一視覺系統或基於力之感測器。

【請求項10】

如請求項9之物件定序系統，其中結合將該組物件裝載至該運輸容器來使用該組物件之該配置包含：迭代地執行：(i)一機器人手臂根據該配置

包裝該組物件中之一特定物件之操作，(ii)在該特定物件之放置之後自該一或多個感測器獲得感測器資訊，(iii)判定該組物件之一當前組態是否滿足一穩定性約束，及(iv)在該組物件之該當前組態不滿足該穩定性約束的情況下，執行一積極措施以更新該當前組態而校正經偵測不穩定。

【請求項11】

如請求項1之物件定序系統，其中配置包含將該組物件裝載至該運輸容器之一序列之一指示。

【請求項12】

如請求項11之物件定序系統，其中根據該序列裝載該組物件包含：
(i)操作一機器人以在該運輸容器之一最深點處包裝一層物件，(ii)操作該機器人以朝向該運輸容器中之一開口移動，(iii)操作該機器人以包裝一連續層物件，其中在各連續層處，該機器人在於裝載在該運輸容器之一第一壁及一第二壁處的該等物件之間裝載物件之前，沿著該等壁裝載物件。

【請求項13】

如請求項12之物件定序系統，其中在裝載於該等壁處之物件之間裝載物件包含：使用機器人手臂施加一力以抵著該等壁保持物件，及使用一機器人來將物件裝載至在該壁處之該等物件之間的內部。

【請求項14】

如請求項1之物件定序系統，其中該一或多個處理器進一步經組態以：

判定卸載該運輸容器；

捕捉該運輸容器之一影像；

產生包括該運輸容器之一工作區之一經分割視圖；

判定用以卸載一組物件之一規劃；及

控制一機器人以根據該規劃卸載該組物件。

【請求項15】

如請求項14之物件定序系統，其中基於預測在卸載期間該運輸容器中之該等物件之至少一子集的一穩定性來判定該規劃。

【請求項16】

如請求項14之物件定序系統，其中判定用以卸載該組物件之該規劃包括：執行用以卸載該組物件之一或多個規劃之一評估，該一或多個規劃之該評估包括：

模擬移除一第一物品；

運算裝載於該運輸容器中之一組剩餘物件之一預期穩定性；

比較該預期穩定性與一預定義穩定性臨限值；及

若該預期穩定性被判定為小於該預定義穩定性臨限值，則判定在移除該第一物品之前移除一不同物品。

【請求項17】

如請求項16之物件定序系統，其中該一或多個規劃之該評估包含迭代地評估用於卸載該組物件之不同規劃，直至與一規劃相關聯之用於從該組物件卸載物件的穩定性被判定為滿足該預定義穩定性臨限值。

【請求項18】

如請求項14之物件定序系統，其中卸載該組物件包含：使用一或多個機器人手臂以在該機器人移除一特定物件時對該運輸容器中之一或多個其他物件施加一力。

【請求項19】

一種用於判定用於裝載至一運輸容器的一組物件之一配置之方法，其包括：

藉由一或多個處理器接收將該組物件裝載至該運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；

至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及

將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施。

【請求項20】

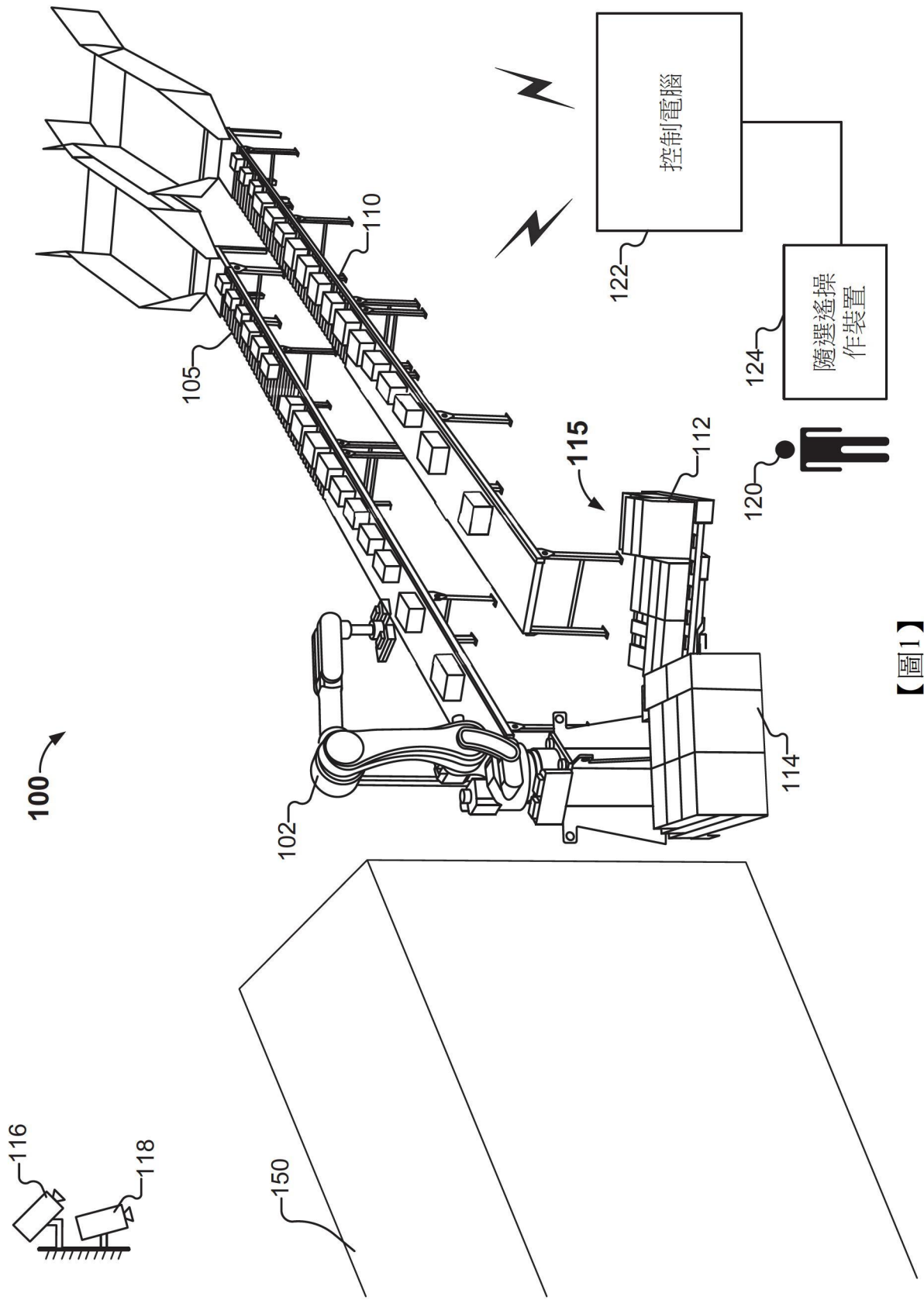
一種體現於一非暫時性電腦可讀媒體中且包括用於以下之電腦指令的電腦程式產品：

藉由一或多個處理器接收將一組物件裝載至一運輸容器中以用於從一源位置運輸至一目的地位置之一指示；

至少部分基於對應於該組物件之物件資訊來判定根據一穩定性模型裝載至該運輸容器中的該組物件之一配置；及

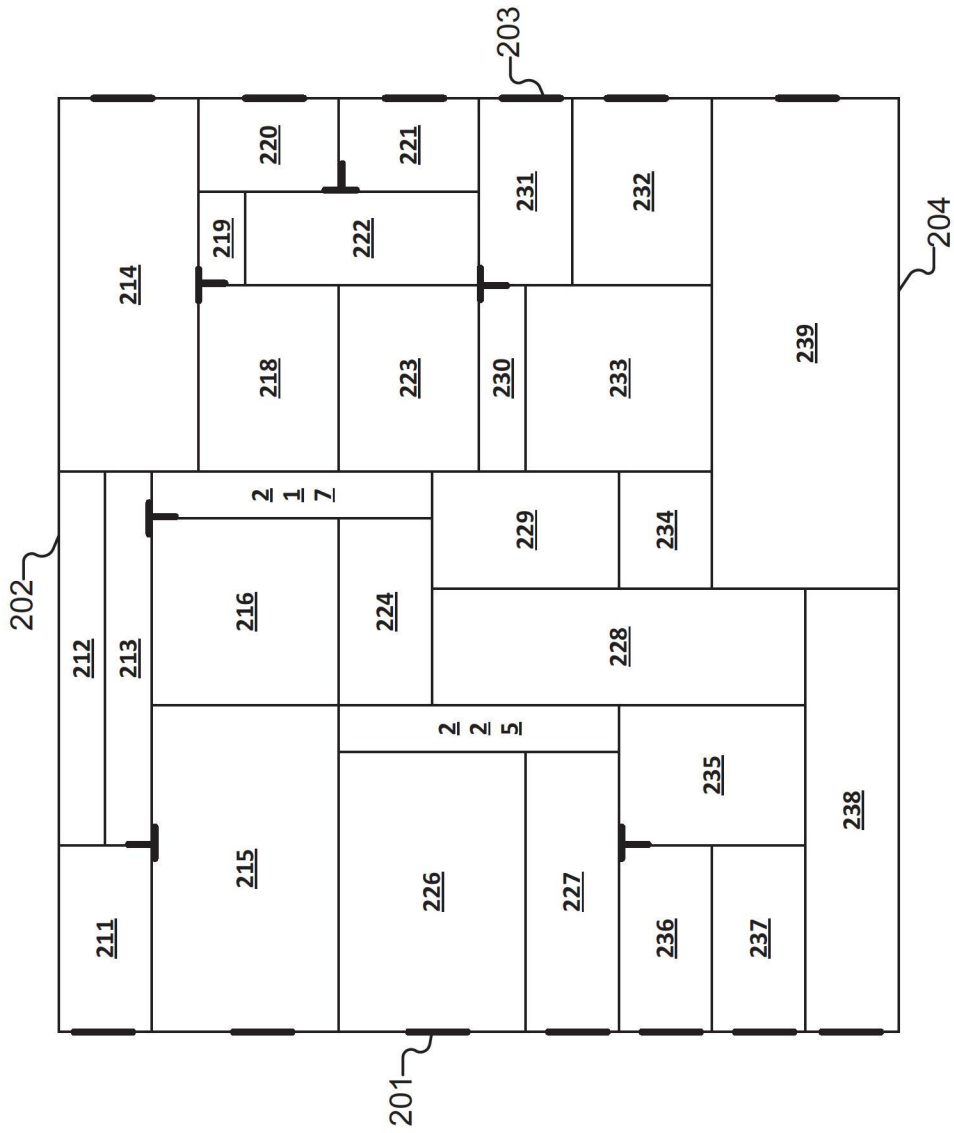
將該組物件之該配置提供至一機器人系統以結合將該組物件裝載至該運輸容器進行實施。

【發明圖式】



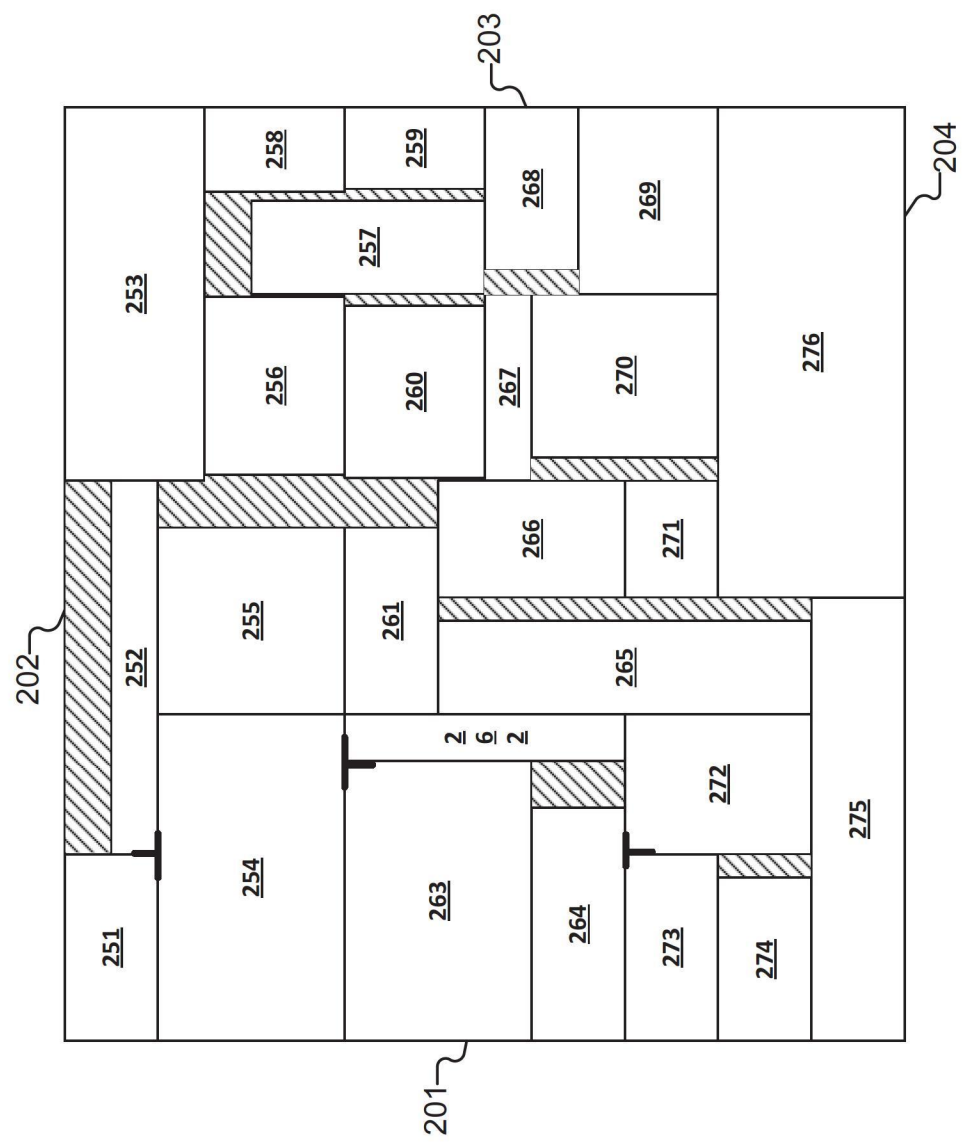
【圖1】

200 ↗



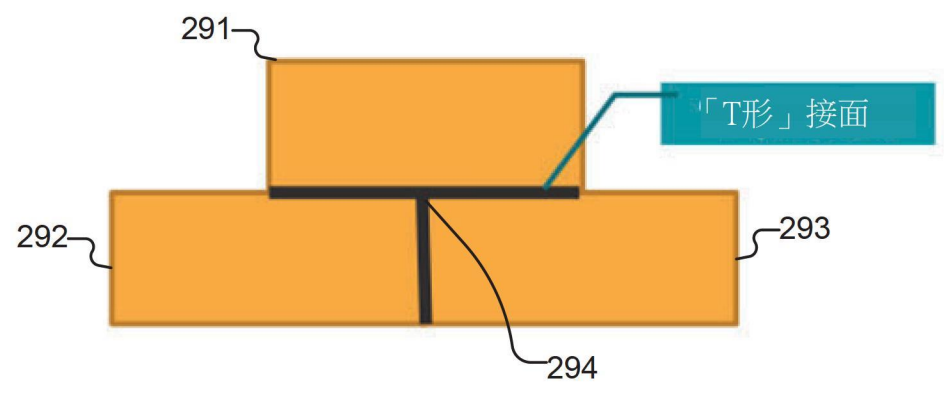
【圖2A】

250 →

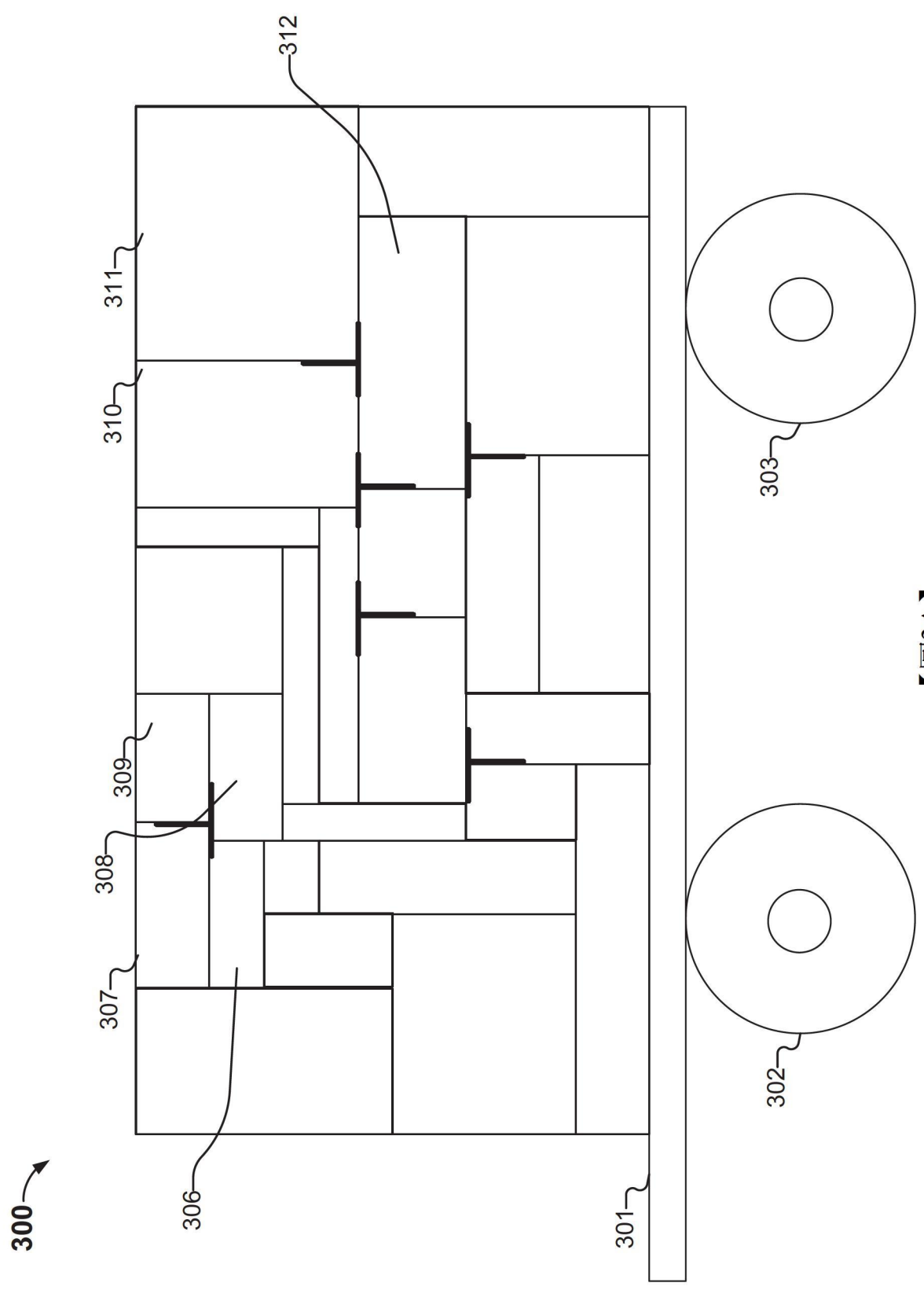


【圖2B】

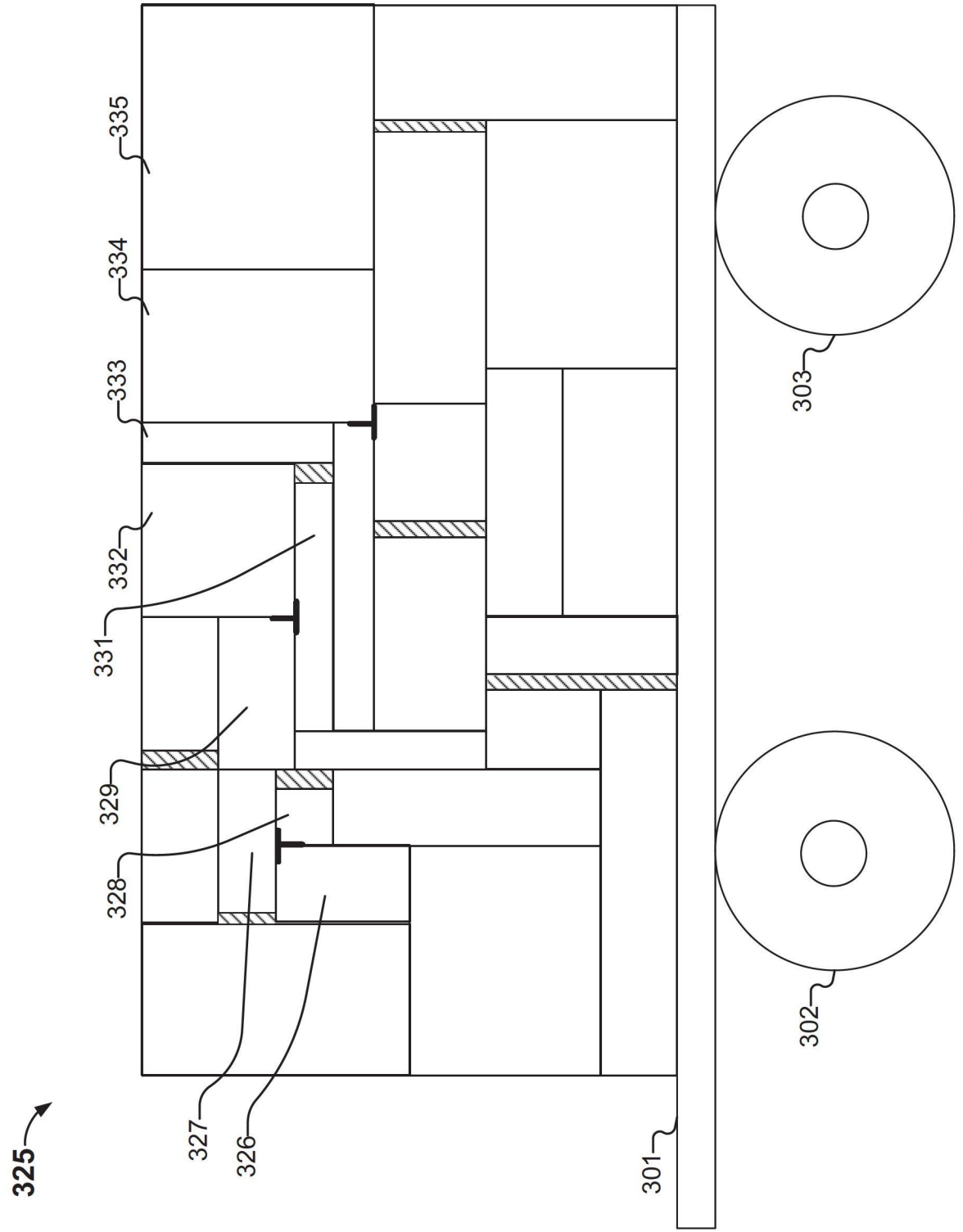
290



【圖2C】

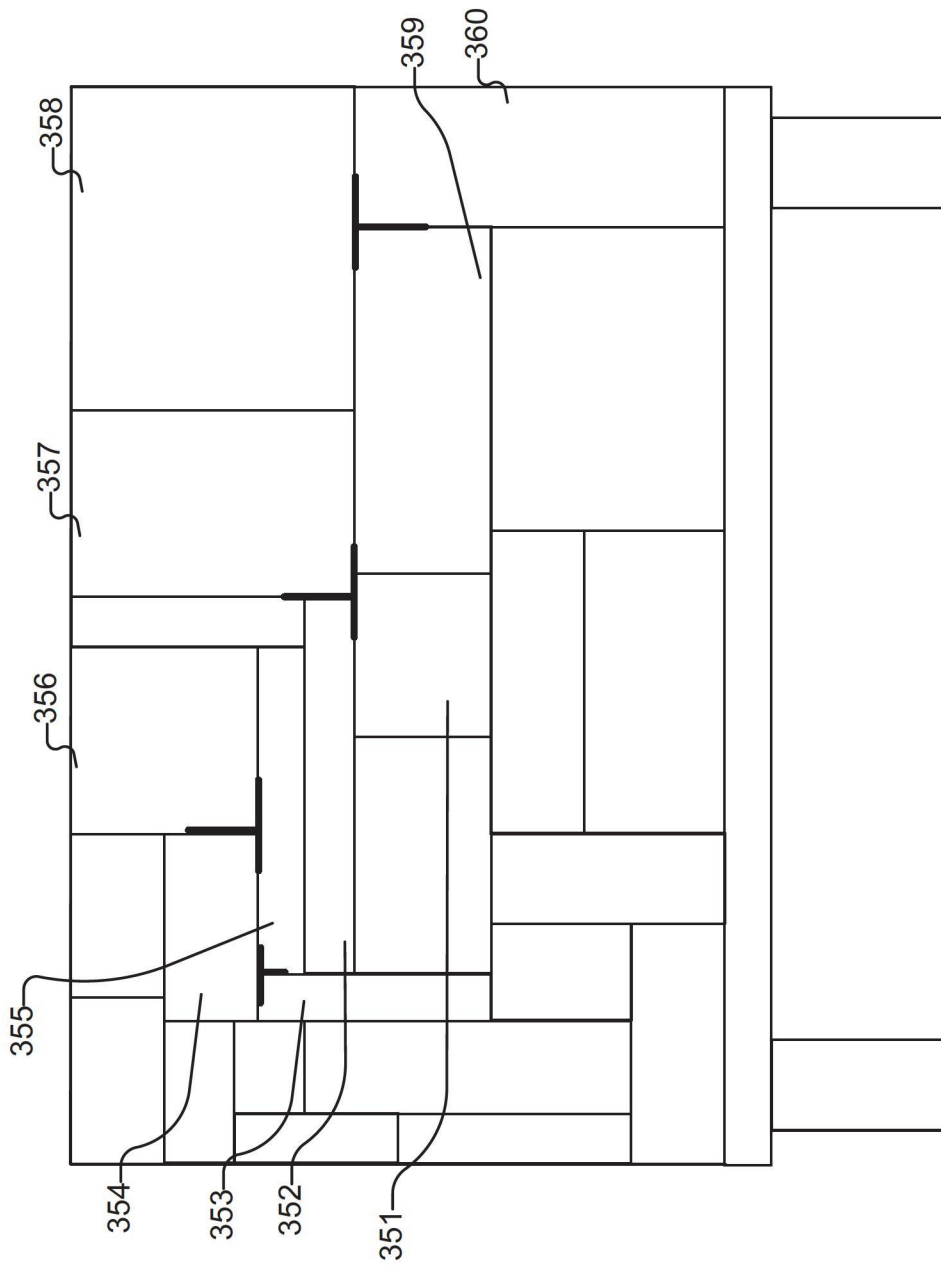


【圖3A】



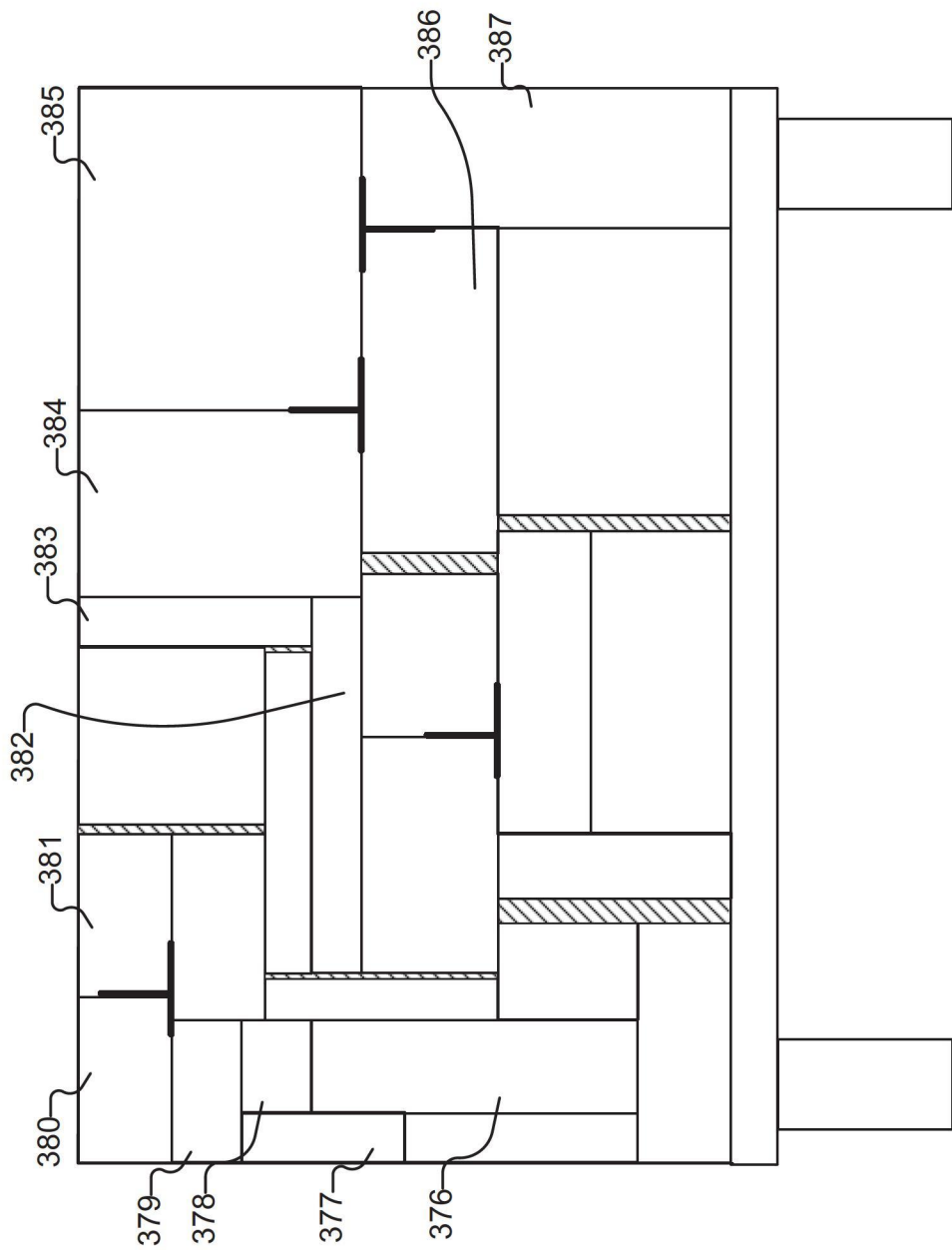
【圖3B】

350 →

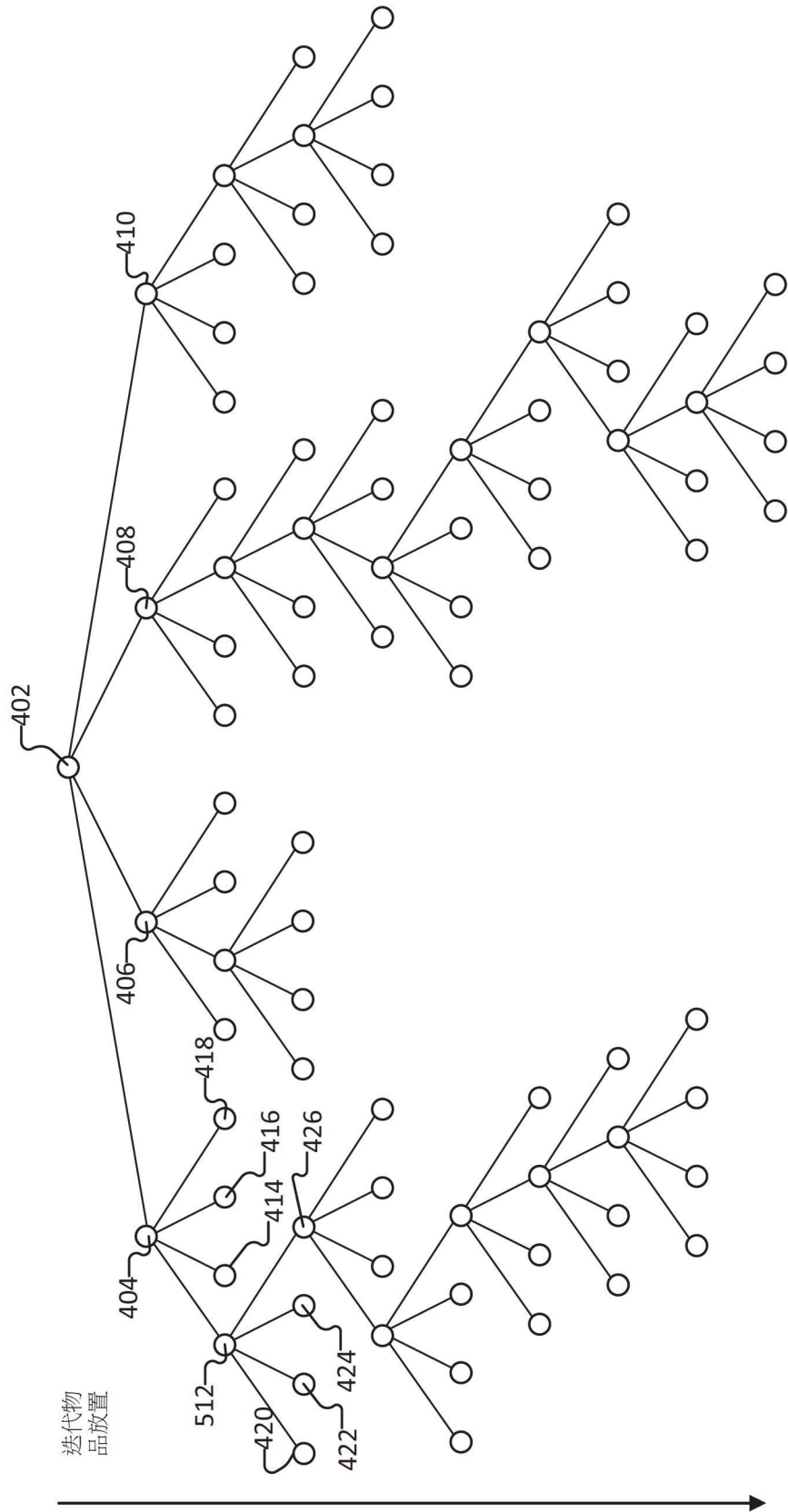


【圖3C】

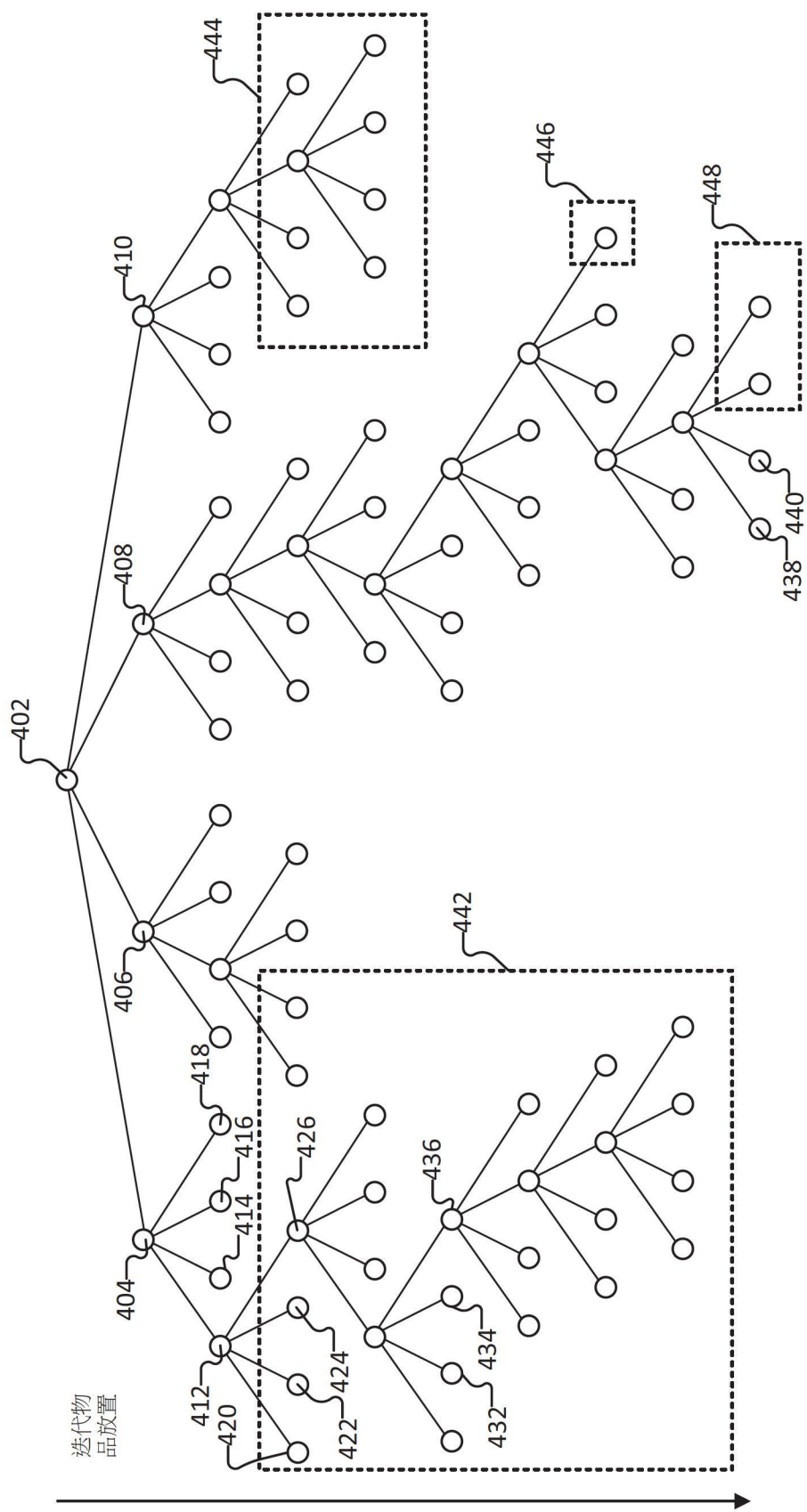
375 →



【圖3D】



【圖4A】

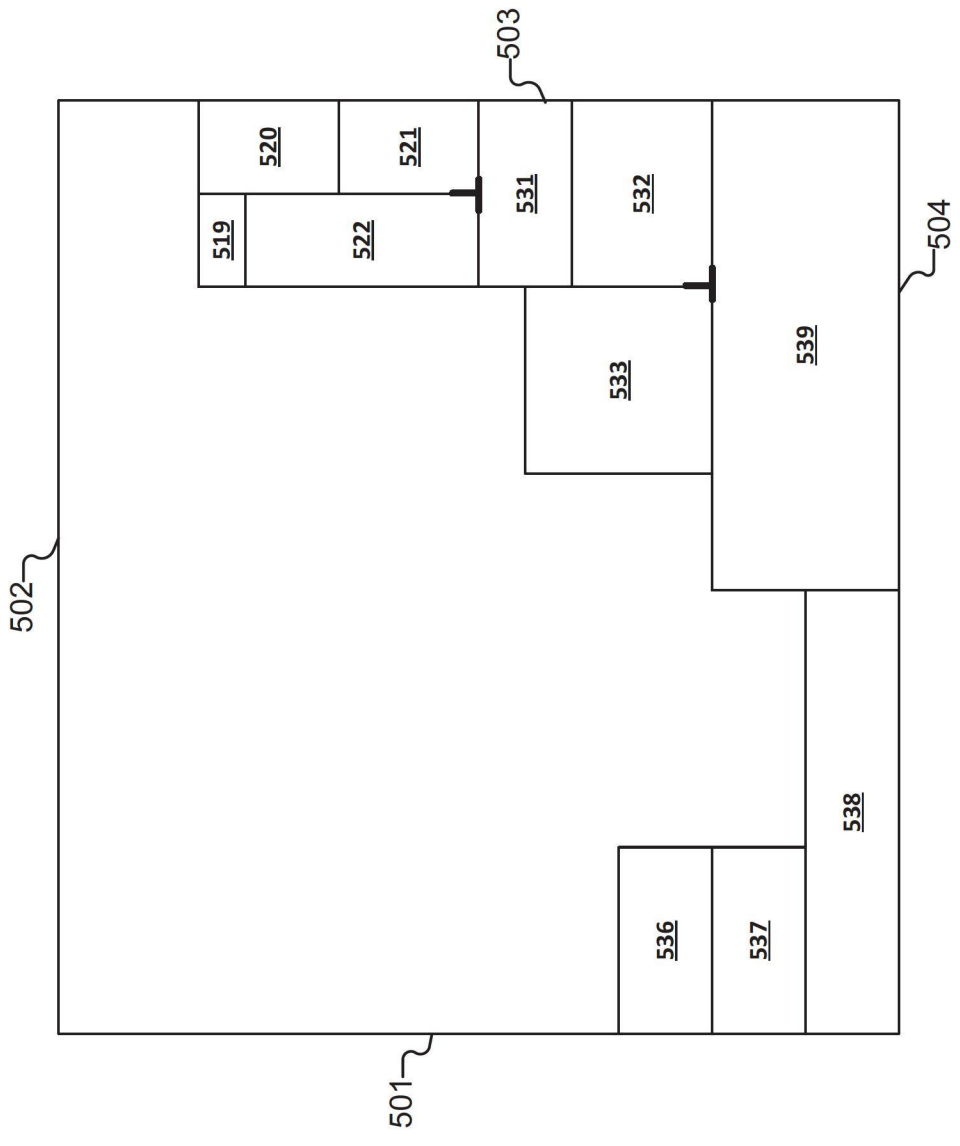


迭代物
品放置

430

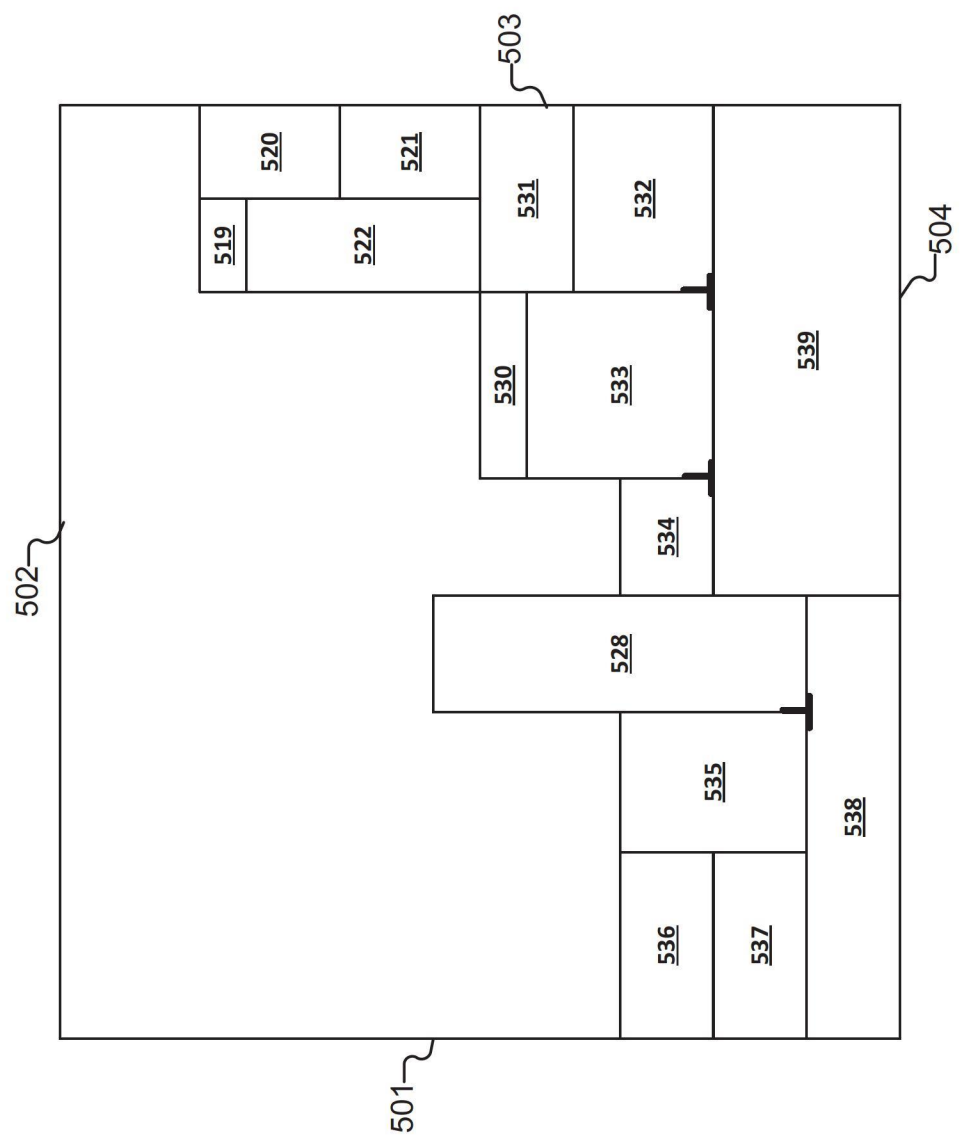
【圖4B】

500 →



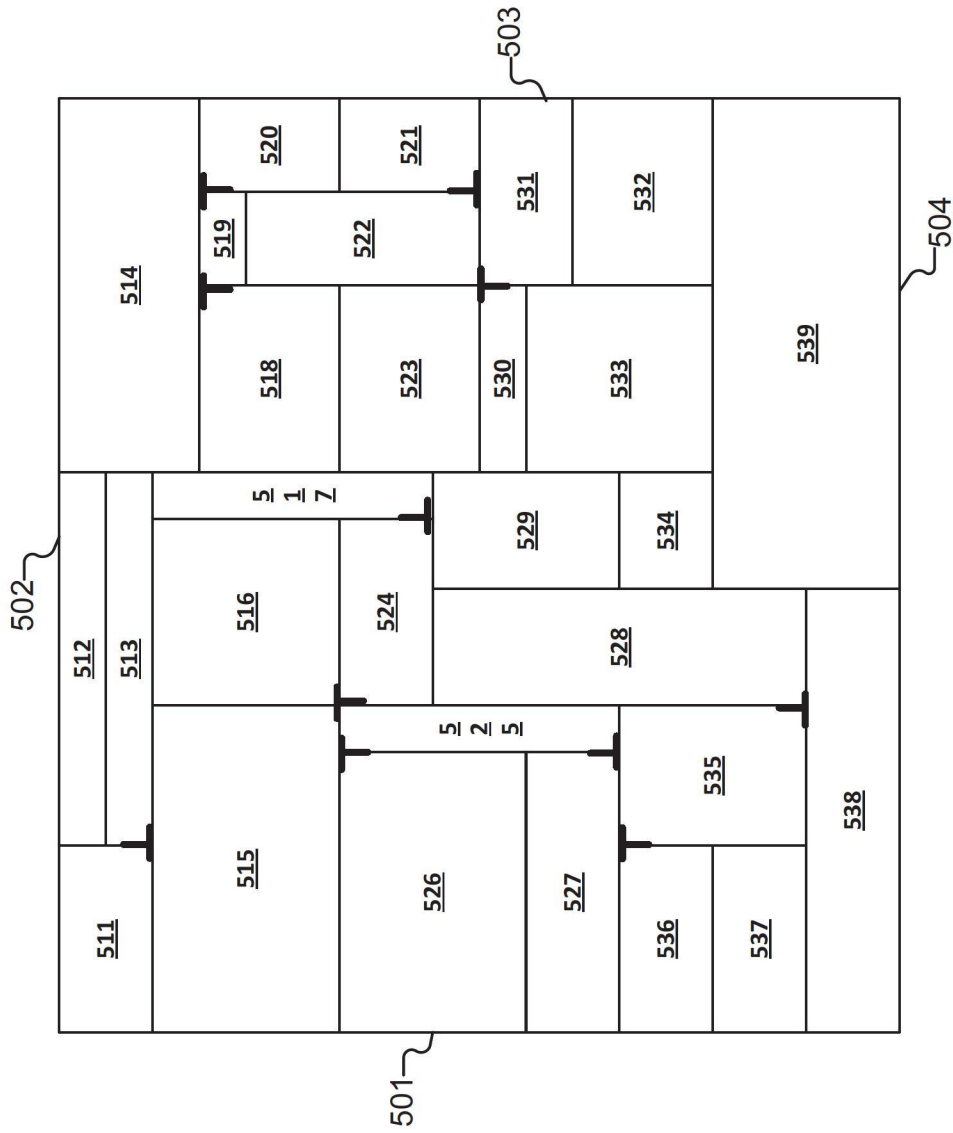
【圖5A】

550

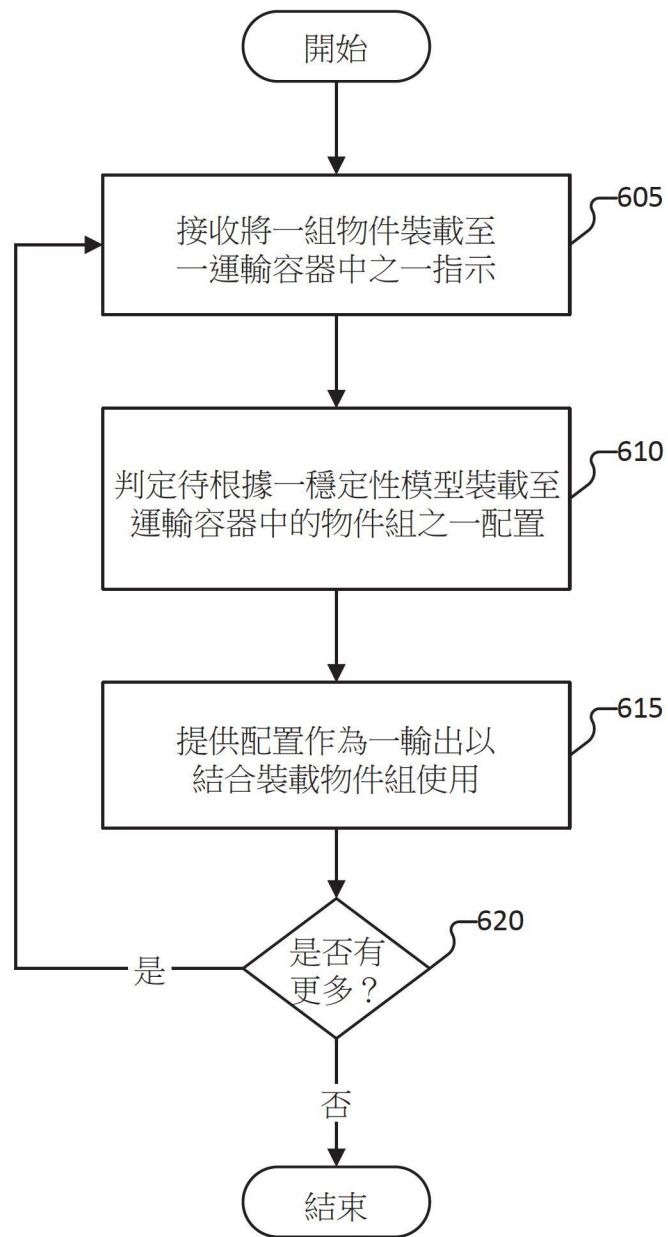


【圖5B】

575 →

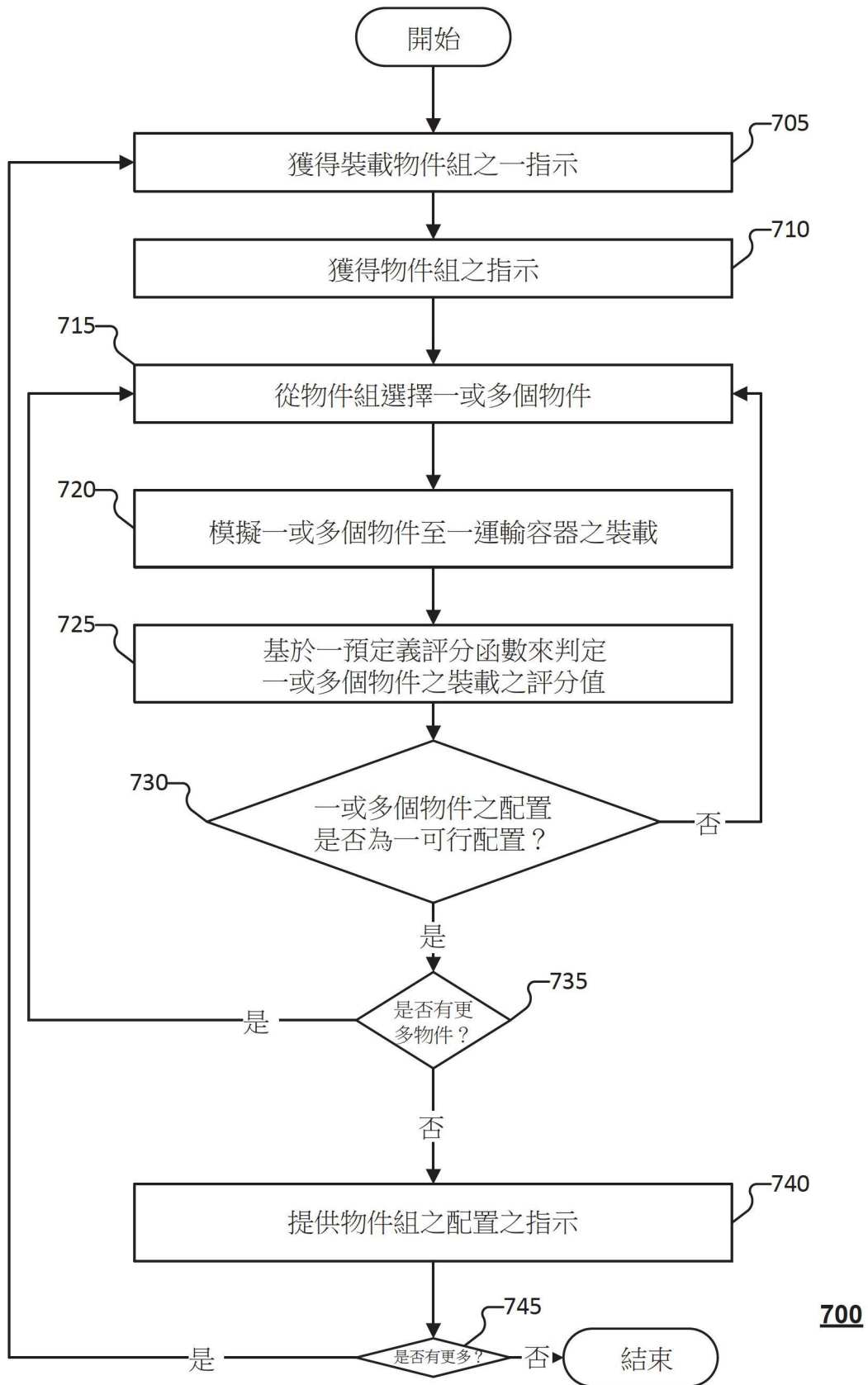


【圖5C】

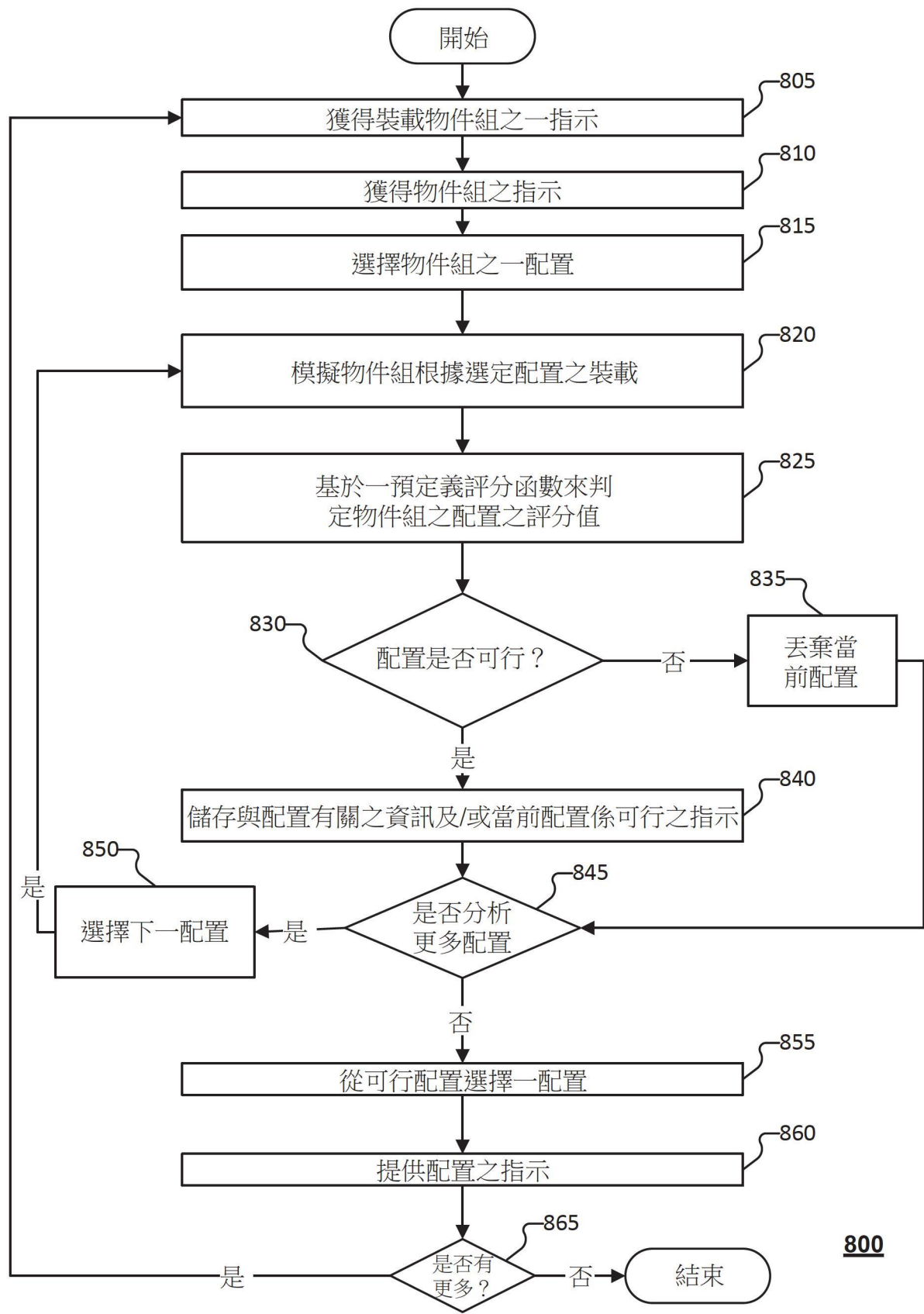


600

【圖6】

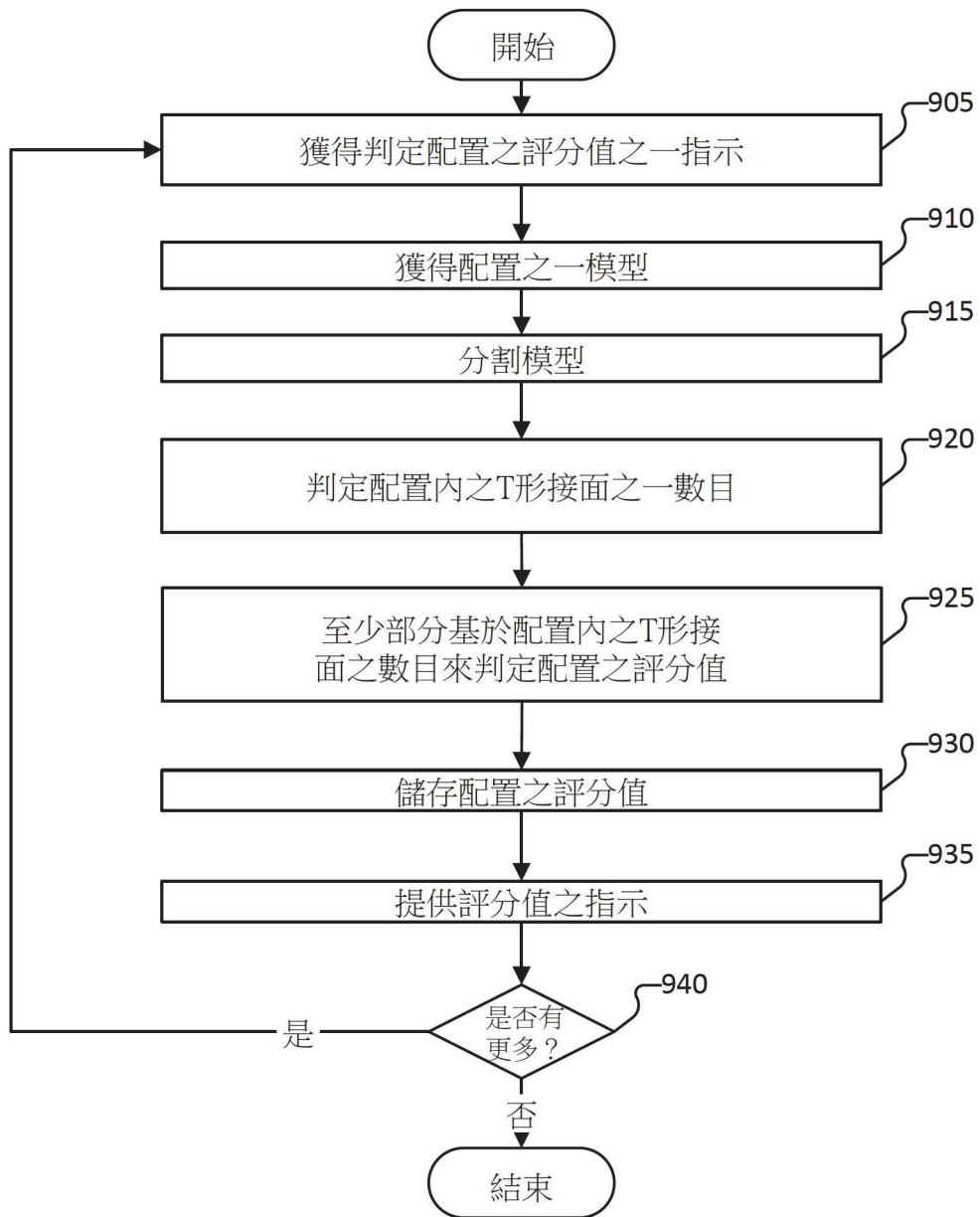


【圖7】



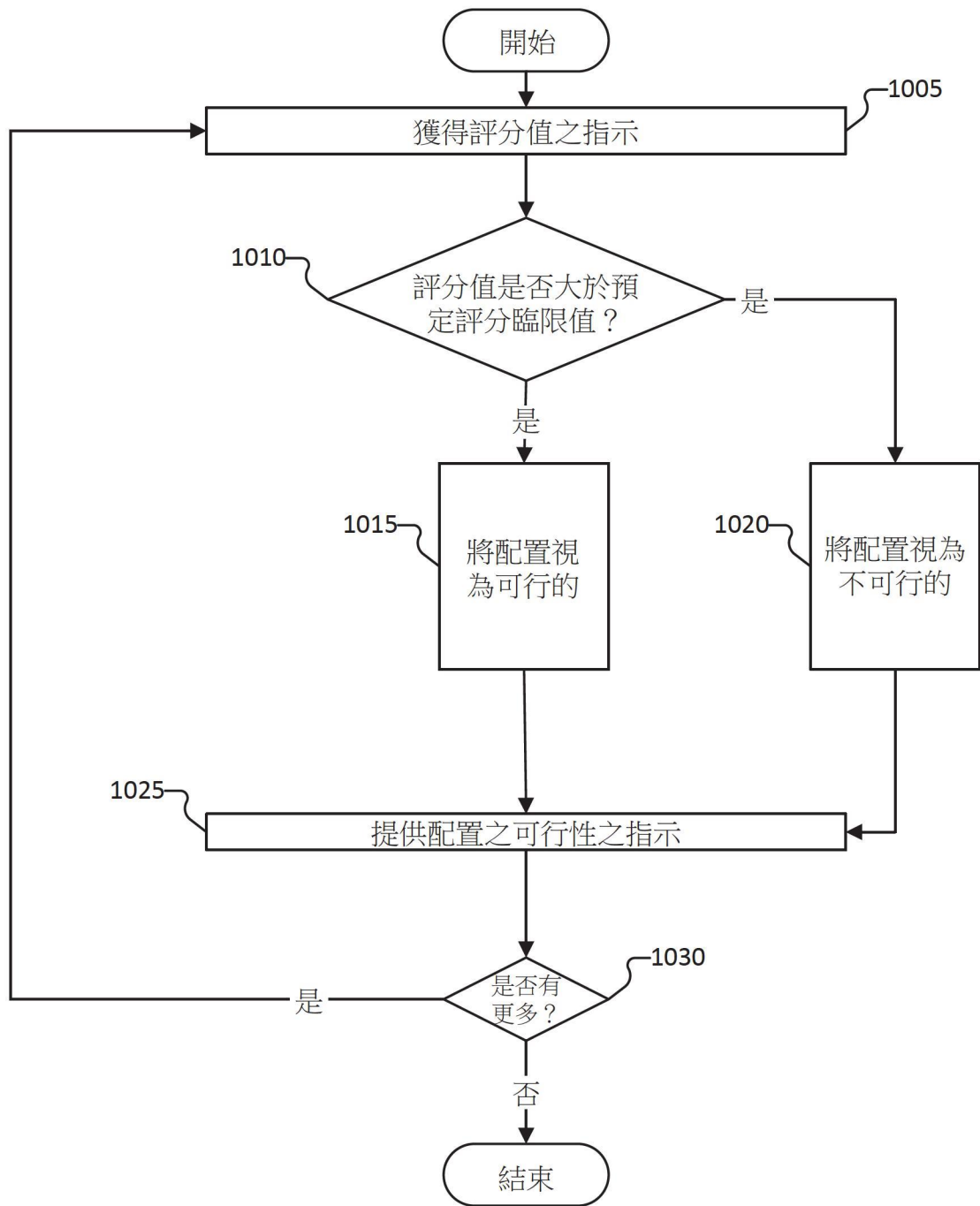
800

【圖8】



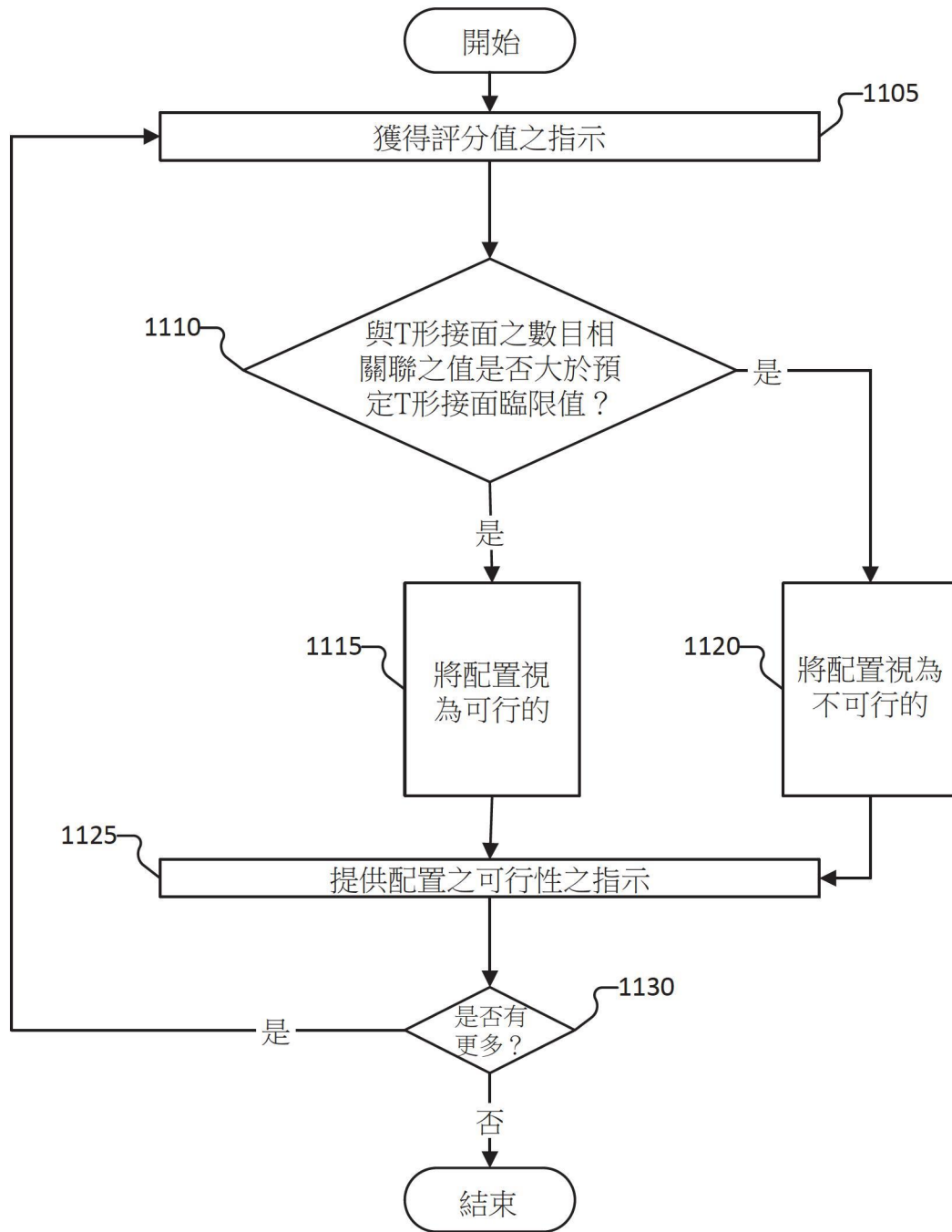
900

【圖9】



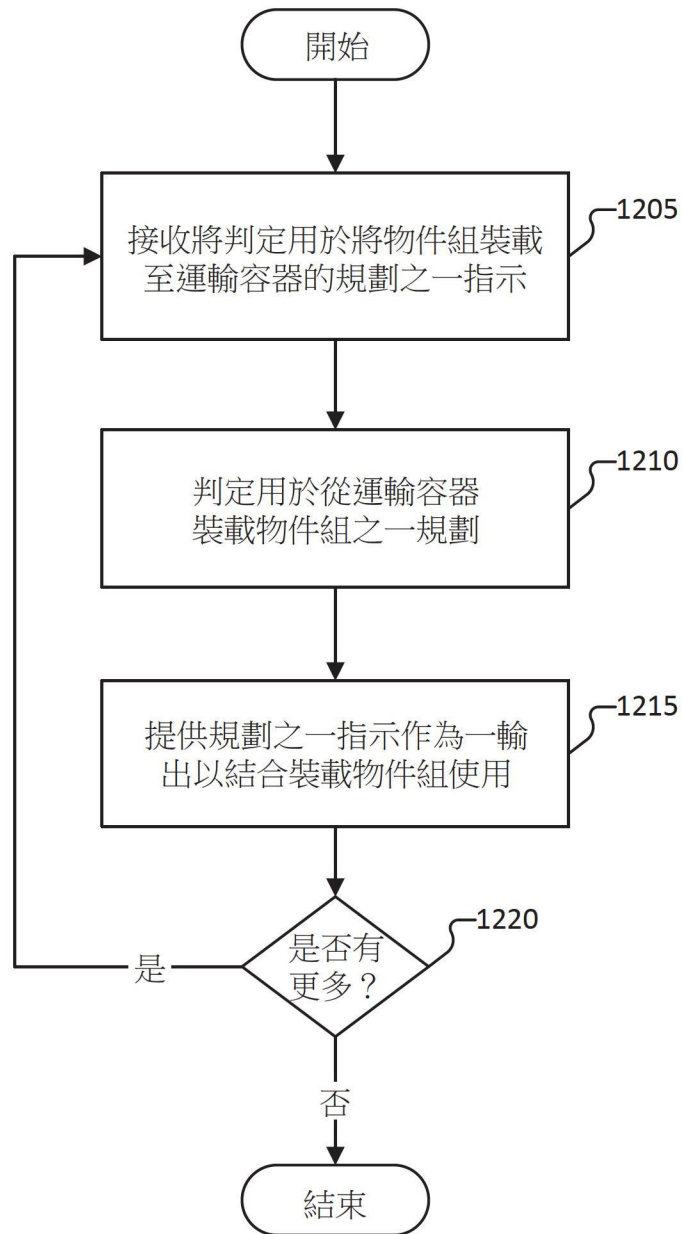
1000

【圖10】



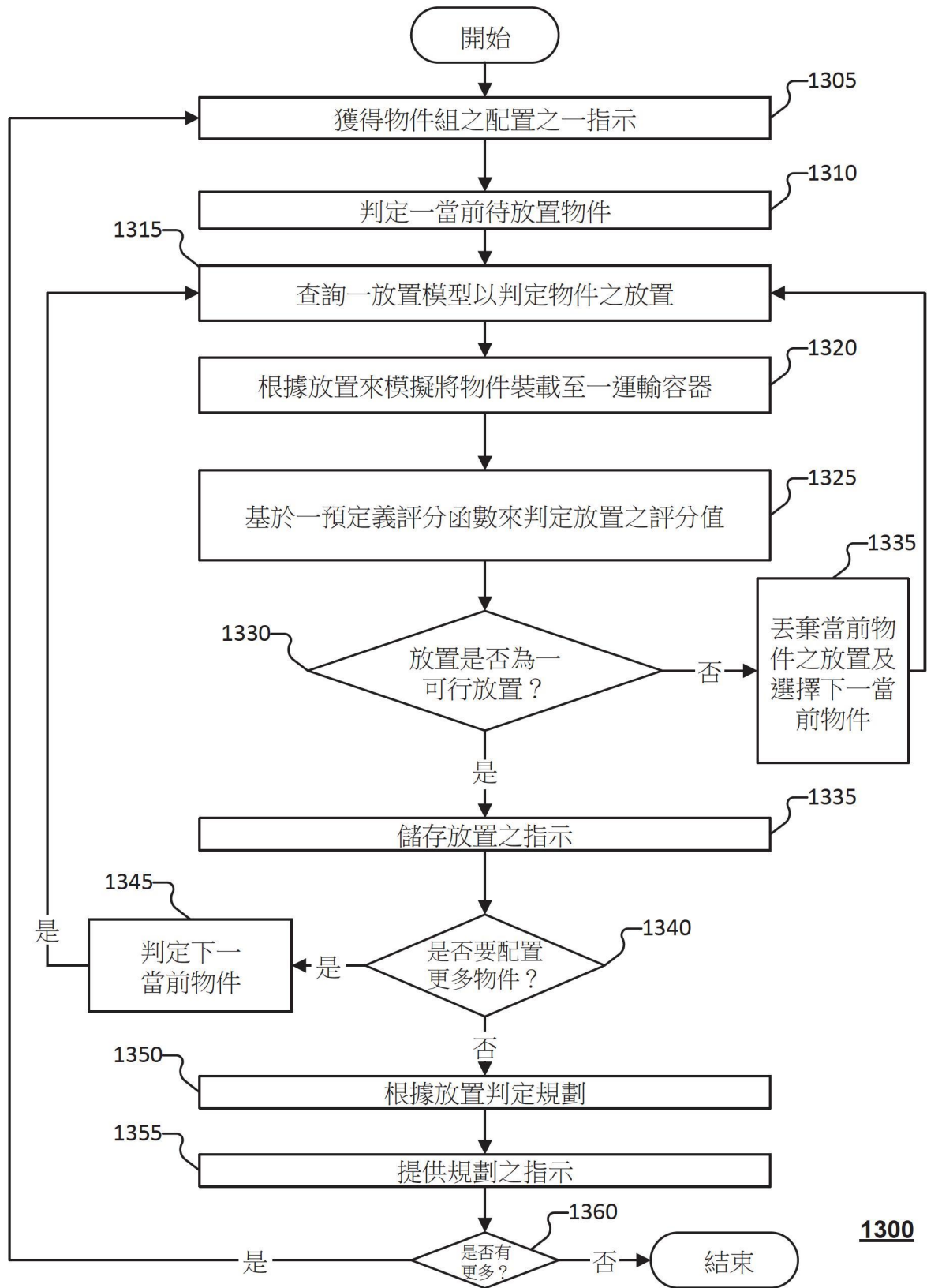
1100

【圖11】



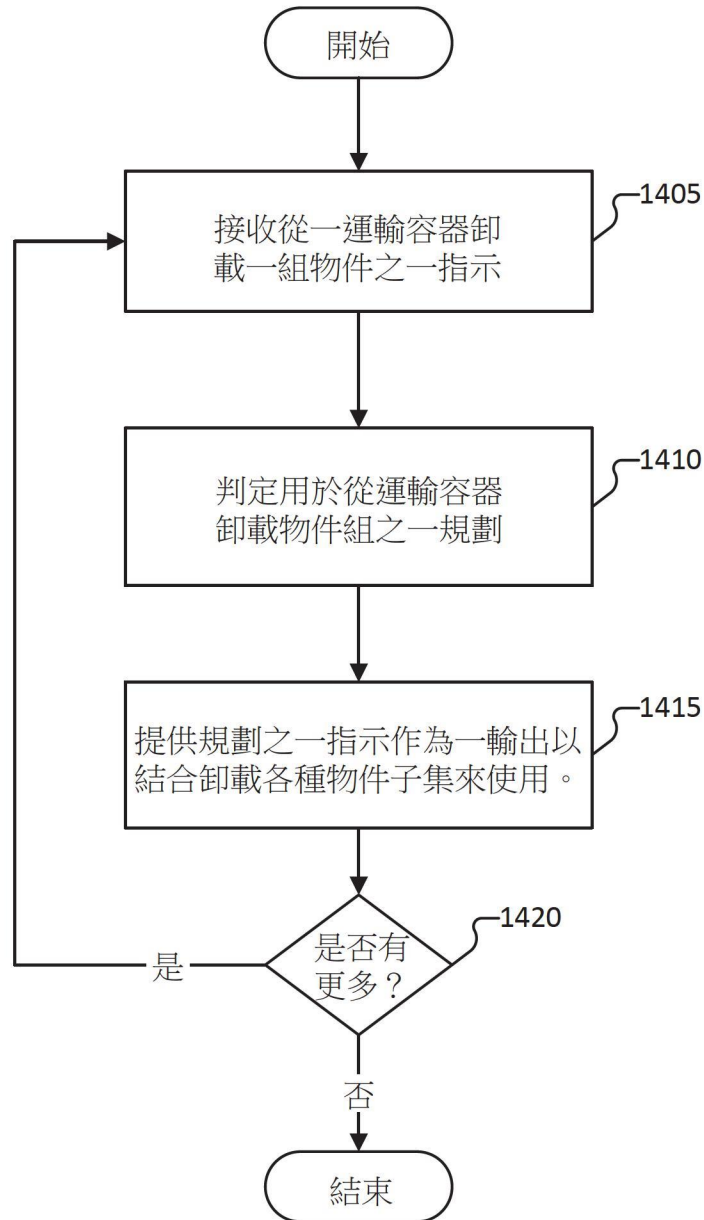
1200

【圖12】



1300

【圖13】



1400

【圖14】