



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202129447 A

(43)公開日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：109135844

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 10 月 16 日

(51)Int. Cl.：

G05B19/4155(2006.01)**B25J9/00 (2006.01)**

(30)優先權：2019/10/18 美國

62/923,357

2019/10/18 美國

62/923,376

(71)申請人：美商外世界股份有限公司 (美國) OFF-WORLD, INC. (US)

美國

(72)發明人：卡拉瓦拉 詹姆士 KERAVALA, JAMES (GB)；卡維拉斯 艾莉西亞特蕾莎

KAVELAARS, ALICIA TERESA (US)；莫雷 詹姆士傑森 MURRAY, JAMES

JASON (GB)；納爾 馬克尤金 NALL, MARK EUGENE (US)；伊森伯格 約書亞

傑若米 IZENBERG, JOSHUA JEREMY (US)；柯林帕拉 阿瑪瑞許 KOLLIPARA,

AMARESH (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：17 共 119 頁

(54)名稱

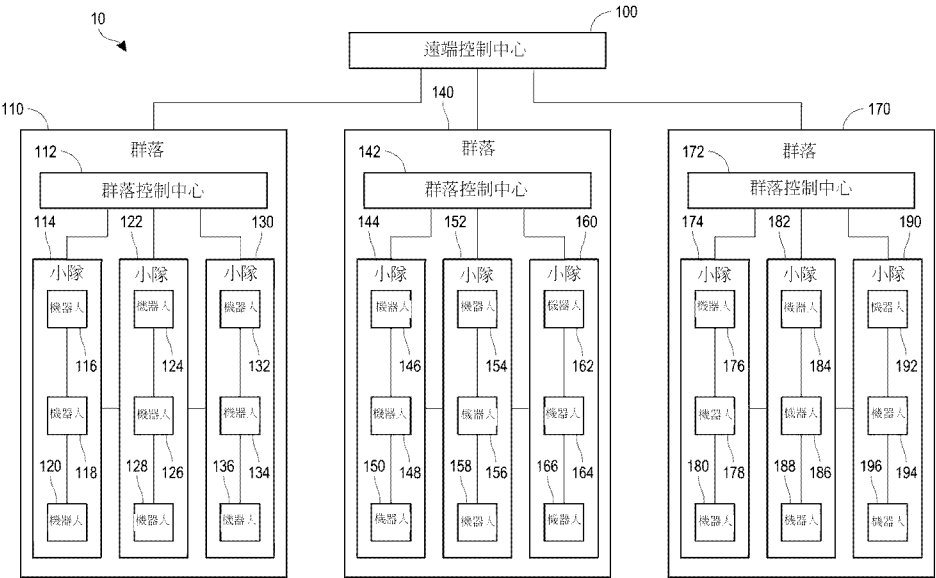
工業機器人的系統和方法

(57)摘要

用於工業機器人平台的系統及方法。工業機器人小隊自主地通訊及一起工作。控制中心可監視其自主操作。於控制中心層級、小隊層級、及機器人層級的軟體形成分散的控制系統，該控制系統分析有關該平台的各種資料以用於監視該些各種系統。於控制中心層級、小隊層級、及/或機器人層級實施了人工智慧（諸如機器學習）以用於由智慧決策驅動的群落行為。各機器人包括附接至任務特定工具系統的通用平台。機器人可為採礦機器人，有採礦特定之工具系統附接至該通用架構，並經配置用於採礦任務。平台是模組化的且可經用於其他工業應用及/或機器人類型，諸如建構、衛星群、燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他。

Systems and methods for industrial robotic platforms. Squads of industrial robots autonomously communicate and work together. A control center may monitor the autonomous operations. Software at the control center, squad, and robot levels forms a distributed control system that analyzes various data related to the platform for monitoring of the various systems. Artificial intelligence, such as machine learning, is implemented at the control center, squad, and/or robot levels for swarm behavior driven by intelligent decision making. Each robot includes a universal platform attached to a task-specific tooling system. The robots may be mining robots, with a mining-specific tooling system attached to the universal framework, and configured for mining tasks. The platform is modular and may be used for other industrial applications and/or robot types, such as construction, satellite swarms, fuel production, disaster recovery, communications, remote power, and others.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

10:工業機器人系統

100:遠端控制中心

110,140,170:群落

112,142,172:群落控制中心

114,122,130:小隊

116,118,120,124,126,128,132,134,136:機器人

144,152,160:小隊

146,148,150,154,156,158,162,164,166:機器人

174,182,190:小隊

176,178,180,184,186,188,192,194,196:機器人



202129447

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 工業機器人的系統和方法**【英文發明名稱】** SYSTEMS AND METHODS FOR INDUSTRIAL ROBOTICS**【中文】**

用於工業機器人平台的系統及方法。工業機器人小隊自主地通訊及一起工作。控制中心可監視其自主操作。於控制中心層級、小隊層級、及機器人層級的軟體形成分散的控制系統，該控制系統分析有關該平台的各種資料以用於監視該些各種系統。於控制中心層級、小隊層級、及/或機器人層級實施了人工智慧（諸如機器學習）以用於由智慧決策驅動的群落行為。各機器人包括附接至任務特定工具系統的通用平台。機器人可為採礦機器人，有採礦特定之工具系統附接至該通用架構，並經配置用於採礦任務。平台是模組化的且可經用於其他工業應用及/或機器人類型，諸如建構、衛星群、燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他。

【英文】

Systems and methods for industrial robotic platforms. Squads of industrial robots autonomously communicate and work together. A control center may monitor the autonomous operations. Software at the control center, squad, and robot levels forms a distributed control system that analyzes various data related to the platform for monitoring of the various systems. Artificial intelligence, such as machine learning, is implemented at the control center, squad, and/or robot levels for swarm behavior driven by intelligent decision making. Each robot includes a universal platform

attached to a task-specific tooling system. The robots may be mining robots, with a mining-specific tooling system attached to the universal framework, and configured for mining tasks. The platform is modular and may be used for other industrial applications and/or robot types, such as construction, satellite swarms, fuel production, disaster recovery, communications, remote power, and others.

【指定代表圖】第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 : 工 業 機 器 人 系 統

1 0 0 : 遠 端 控 制 中 心

1 1 0 , 1 4 0 , 1 7 0 : 群 落

1 1 2 , 1 4 2 , 1 7 2 : 群 落 控 制 中 心

1 1 4 , 1 2 2 , 1 3 0 : 小 隊

1 1 6 , 1 1 8 , 1 2 0 , 1 2 4 , 1 2 6 , 1 2 8 , 1 3 2 , 1 3 4 , 1 3 6 : 機 器 人

1 4 4 , 1 5 2 , 1 6 0 : 小 隊

1 4 6 , 1 4 8 , 1 5 0 , 1 5 4 , 1 5 6 , 1 5 8 , 1 6 2 , 1 6 4 , 1 6 6 : 機 器 人

1 7 4 , 1 8 2 , 1 9 0 : 小 隊

1 7 6 , 1 7 8 , 1 8 0 , 1 8 4 , 1 8 6 , 1 8 8 , 1 9 2 , 1 9 4 , 1 9 6 : 機 器 人

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】工業機器人的系統和方法

【英文發明名稱】SYSTEMS AND METHODS FOR INDUSTRIAL ROBOTICS

【技術領域】

【0001】 本申請案主張題為「SYSTEMS AND METHODS FOR INDUSTRIAL ROBOTICS」且申請於2019年10月18日之美國專利申請案第62/923376號的權益、以及題為「INDUSTRIAL ROBOTIC PLATFORMS」且申請於2019年10月18日之美國專利申請案第62/923357號的權益，該些申請案之各者的整體在此藉引用方式整體併入，以用於所有目的並形成本說明書之部分。

【0002】 本文以用於操作自主的、任務特定的機器人（諸如採礦機器人）之群體的特定架構、途徑及方法描述工業機器人之特徵。

【先前技術】

【0003】 機器人被用來進行各種任務。機器人的使用可改善獲利能力及效率，同時減輕對人類的風險。然而，用於進行工業任務的現存解決方案需要經常維修、笨重、且需要高度的緊密人類涉入，而因此是沒有效率且昂貴的。因此期望有此領域中的改善。

【發明內容】

【0004】 本文中揭露之實施例各具有數個態樣，沒有任何單一個實施例完全負擔了本揭示文件的所欲屬性。在沒有

限制本揭示文件的範疇下，將簡短地論述本案較突出的特徵。在考慮此論述之後，並特定地在閱讀題為「實施方式」之段落後，將理解本文中所述實施例的特徵如何提供優於現存的對工業機器人的途徑的優勢。

【0005】 本案描述了用於工業機器人系統平台的系統及方法。機器人的群落（c o l o n y）可作為個別單位自主地操作及與周圍的機器人以不同的協作程度操作。機器人可經組織成機器人的小隊（s q u a d）或小組（g r o u p），繼而組織及分組成排（p l a t o o n），形成整體的群落階層式結構。控制中心與機器人的群落通訊以致能人工監視及操作性例外管理，然而該控制中心可不在名義上或主動地遠端操作該群落。於控制中心層級、排層級、小隊層級、及機器人層級的軟體可分析有關該平台的各種資料及外部環境，以用於對各種系統的監視、通訊、及控制。於控制中心層級、排層級、小隊層級、及機器人層級可實施人工智慧（諸如機器學習）以用於由智慧決策驅動的個別機器人與群體之行為。機器人可彼此通訊及與控制中心通訊，來自主地工作以完成一工業任務。地理上非同地點的遠端控制中心可與多個群落控制中心通訊。

【0006】 進一步，各機器人可包含與任務特定工具系統整合的通用平台。機器人可為採礦機器人，有採礦特定之工具系統附接至該通用平台（本文中也稱為框架等），並經配置用於採礦任務。平台是模組化的且可經用於其他工業應用及/或機器人類型，諸如建構、製造、拆除、衛星群、

燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他，部署在陸地及水底、自由太空、月球、火星、及其他星體上。當識別出在群機器人架構之種類編目中的種類套組將加入一個新的種類時，可開發出專用於實現該等新的種類的有效負荷模組，以同時在硬體及軟體層級來與機器人通用平台整合。機器人架構於硬體及軟體子系統層級為模組化的之事實可加速簡單地建立及整合新的機器人種類至現有的和新的群落中的能力，以實現新的功能及工業任務。在硬體層中，可在通用平台中將關鍵的子系統模組化；例如，電力、溫度管理、行動力、資料處理、結構性支撐。在軟體層中，該系統可包括分散式分層架構，其中專用於通用平台及有效負荷功能的韌體及軟體模組通過API介接於資料處理層，該API能夠處理不同層的操作協定，諸如CAN、RS232、ROS、UDP、TCP/IP等。

【0007】 該系統中處理的全部操作及遙測可經一致地處理。用以管理程序、監看資料處理、進行內務處理及資料記錄的模組可為不同複雜層次之SW架構的一部分，且可完全經模組化以得到可擴展性、撓性及易於整合新的有效負荷模組。群落經架構使得機器人可作為個別單位（小隊、排、或該群落本身）完全自主操作。各機器人可包括經配置以自主執行一工業任務的硬體及軟體堆疊，不需要人類介入。演算法及控制項（例如硬編碼的、電腦視覺、線性、非線性、機器學習、等等）及整個資料處理基礎建設可處理該系統的自主操作，通過通訊網路廣播狀態及感測器資

料。為了實現某個工業任務，機器人可分組成小隊，使得各小隊將包含為了實現該任務的最佳化數目的特定種類之機器人。小隊機器人可經標記（tagged）以彼此間共享機器人資料，以作為一小組來自主地協作及達成工業任務的成功執行。在部署地點之特定區域中進行相同或不同工業任務的小隊，或是在遍及整個部署地點為了實現特定功能的小隊，可經組織成排。屬於同一排的機器人將被標記使得在其中可共享資料，以作為一小組自主地協作任務。

【0008】 在分散的資料架構中，具有全部相關資訊及機器人、小隊、排、和群落識別符的資料封包可在群落之中共享。於各機器人單位處的演算法及控制項將篩選及分析在相同小隊、排、及群落中的機器人所共享的該些相關資料封包。相同小隊中協作的機器人可自主地發送及接收專屬於該小隊的資料封包，並可根據操作的接近度以比起專屬於該排或群落之資料封包較高頻率及體積來共享，以維持小隊層級的操作。在相同排中協作的機器人可自主地發送及接收專屬於該排的資料封包。在相同群落中協作的機器人可自主地發送及接收專屬於該群落的資料封包。控制中心主要用於自主操作的監視。依照資料封包中所含資訊的優先程度而定，控制中心可低頻或高頻地監視網路中的全部資料封包。控制中心將有能力於任何給定時間接管對群落中任何機器人單位的控制以進行人類介入、例外管理、測試或訓練操作。

【0009】 在一個態樣中，描述了一種用於操作工業機器人的系統。該系統包含一或更多個群落。各群落包含一或更多個小隊。該等小隊可經分組或不經分組成排。各小隊包含複數個機器人。各機器人經配置以自主地操作並包括與有效負荷堆疊耦接的通用平台，該有效負荷堆疊為該通用平台可耦接的複數個有效負荷堆疊中之一，及其中該機器人經配置以利用該有效負荷堆疊進行有效負荷特定的工業任務。該系統可進一步包括群落控制中心，該群落控制中心經配置以遠端地與該一或更多個小隊通訊。

【0010】 可實施具有各種態樣的各種實施例。在一些實施例中，該複數個機器人可經配置以經由群落通訊網路彼此通訊及與該群落控制中心通訊。兩個或更多個小隊可經由群落通訊網路彼此通訊。該通用平台進一步可包括經配置以移動各機器人的行動力系統。按照另一實施例，該行動力系統可包括履帶式系統、輪式系統、或足式系統。該通用平台可包括控制系統，該控制系統經配置以藉機器人控制演算法操作。該機器人控制演算法可包括人工智慧或機器學習套件。該通用平台可包括資料處理系統，其中各資料封包包括資料封包標頭，其內含有關各機器人的識別資訊。該識別資訊可包括下列之一或更多者：群落識別符、排識別符、小隊識別符、機器人識別符、機器人地點識別符、機器人位置識別符、健康資料、效能資料、操作性資料、內務處理資料及/或感測器資料。該通用平台可包括硬體平台堆疊及軟體平台堆疊，及其中該通用平台經配置以

利用該硬體平台堆疊及該軟體平台堆疊以自主地操作該有效負荷堆疊來進行有效負荷特定的工業任務，並與其他機器人及/或該群落控制中心通訊。通訊系統可經由群落通訊網路從該一或更多個群落接收操作資料及發送更新資料至該一或更多個群落。命令及控制系統可監視及支援該複數個機器人，初始化系統，進行例外管理，分析該操作性資料，及根據對該操作性資料的分析來產生該更新資料。使用者介面可讓使用者能監視及控制該一或更多個群落。

【0011】 按照另一態樣，描述了一種用於操作自主工業機器人的系統。該系統包含控制中心、經配置以自主地進行第一工業任務的複數個第一工業機器人、和經配置以自主地進行第二工業任務的複數個第二工業機器人，該第二工業任務不同於該第一工業任務。該複數個第一工業機器人中的一或更多者與該複數個第二工業機器人中的一或更多者經配置以自主地彼此通訊及與該控制中心通訊，且該複數個第一工業機器人中的該一或更多者與該複數個第二工業機器人中的該一或更多者經配置以自主地一起工作，以達成協作工業目的，該協作工業目的乃自該第一工業任務及該第二工業任務之進行所得。

【0012】 可實施具有各種態樣的各種實施例。在一些實施例中，該複數個第一工業機器人中的各第一工業機器人可包括與第一有效負荷堆疊耦接的通用平台，而該複數個第二工業機器人中的各第二工業機器人可包括與第二有效負荷堆疊耦接的該通用平台。該等第一及第二有效負荷堆疊

可為該通用平台可耦接的複數個有效負荷堆疊中之一者，及其中各第一工業機器人可利用該第一有效負荷堆疊來進行第一有效負荷特定的工業任務，而各第二工業機器人可利用該第二有效負荷堆疊來進行第二有效負荷特定的工業任務。按照另一實施例，該複數個第一工業機器人可包括複數個第一採礦機器人。該複數個第二工業機器人可包括複數個第二採礦機器人。該協作工業目的可包括協作採礦目的。

【0013】 在另一態樣中，描述一種工業機器人。該機器人經配置以在群體機器人系統中自主地操作以完成協作工業目的。該工業機器人包含經配置以進行機器人特定的工業任務的有效負荷堆疊、通用平台堆疊，該通用平台堆疊包含機器人硬體平台，該機器人硬體平台包含經配置以支撐該通用平台及有效負荷硬體堆疊的框、與該框耦接及經配置以移動該採礦機器人的行動力系統、及經配置以供電給該通用平台及有效負荷堆疊系統的電力系統。該機器人進一步包括控制系統，該控制系統包含板上處理器、通訊系統、及資料匯流排，該板上處理器經配置以操作該機器人硬體平台及機器人軟體平台，該通訊系統經配置以跨於該群落通訊網路發送及接收資料，該資料匯流排經配置以介接於該板上處理器及一或更多個硬體平台控制模組。該機器人進一步包括機器人軟體平台，其包含經配置以執行機器人控制的機器人操作系統及/或機器學習演算法以操作該機器人硬體平台去進行機器人特定的工業任務、經配置

以介接於一或更多個硬體平台控制模組（其中有演算法、健康及內務處理、記錄及操作性模組及人機介面）之韌體的資料處理模組、經配置以儲存機器人硬體平台和機器人軟體平台之操作資料的資料庫、及經配置以讓使用者能遠端地存取及控制該機器人的使用者介面模組。

【0014】 在另一態樣中，描述一種使用自主工業機器人的方法。該方法包含下列步驟：建立第一工業機器人及第二工業機器人之間的自主通訊，回應於該等自主通訊而藉該第一工業機器人自主地進行第一工業任務，回應於該等自主通訊而藉該第二工業機器人自主地進行第二工業任務，該第二工業任務不同於該第一工業任務，其中進行該等第一及第二工業任務導致達成協作工業目的，及利用該第一或第二工業機器人，自主地與控制中心通訊有關該協作工業目的的第一資料。

【0015】 在另一態樣中，描述一或更多種非瞬態電腦可讀取媒體，其上儲存一或更多個指令集，當該等指令由一或更多個處理器執行時進行一種利用自主工業機器人採礦的方法。該方法包含建立在第一工業機器人與第二工業機器人之間的自主通訊，回應於該等自主通訊而藉該第一工業機器人自主地進行第一工業任務，回應於該等自主通訊而藉該第二工業機器人自主地進行第二工業任務，該第二工業任務不同於該第一工業任務，其中進行該等第一及第二工業任務導致達成協作工業目的，及利用該第一或第二工

業機器人，自主地與控制中心通訊有關該協作工業目的的第一資料。

【0016】 在另一態樣中，描述一種用於利用自主工業機器人採礦的系統。該系統包含與記憶體通訊的處理器，該記憶體在其上儲存指令，當該等指令由該處理器執行時進行一種利用自主工業機器人的方法。該方法包含向第一工業機器人發送第一通訊，及回應於該等第一通訊而在該第一工業機器人與第二採礦機器人之間建立自主通訊，其中該等自主通訊致使該第一工業機器人自主地進行第一工業任務及致使該第二工業機器人自主地進行不同於該第一工業任務的第二工業任務，及其中該第一工業任務及該第二工業任務一起界定協作工業目的。

【0017】 在另一態樣中，描述一種利用自主工業機器人的方法。該方法包含向第一工業機器人發送第一通訊，及回應於該等第一通訊而在該第一工業機器人與第二工業機器人之間建立自主通訊，其中該等自主通訊致使該第一工業機器人自主地進行第一工業任務及致使該第二工業機器人自主地進行不同於該第一工業任務的第二工業任務，及其中該第一工業任務及該第二工業任務一起界定協作工業目的。

【0018】 在另一態樣中，描述一種其上儲存指令的非瞬態電腦可讀取媒體，當該等指令由處理器執行時進行一種利用自主工業機器人的方法。該方法包含向第一工業機器人發送第一通訊，及回應於該等第一通訊而在該第一工業機

器人與第二工業機器人之間建立自主通訊，其中該等自主通訊致使該第一工業機器人自主地進行第一工業任務及致使該第二工業機器人自主地進行不同於該第一工業任務的第二工業任務，及其中該第一工業任務及該第二工業任務一起界定協作工業目的。在一些實施例中，該第一工業機器人可為採礦機器人而該協作工業目的可包括協作採礦目的。

【0019】 在另一態樣中，描述一種經配置以在群體機器人系統中自主地操作以完成協作工業目的的工業機器人。該工業機器人包含通用平台堆疊，該通用平台堆疊包含機器人硬體平台，該機器人硬體平台包含經配置以支撐該通用平台及有效負荷堆疊的框、與該框耦接且經配置以移動該工業機器人的行動力系統、經配置以供電給該行動力系統及該有效負荷堆疊的電力系統。該機器人進一步包含控制系統，該控制系統包含經配置以操作該機器人硬體平台及機器人軟體平台的板上處理器、經配置以跨於群落通訊網路發送及接收資料的通訊系統、及經配置以介接於該板上處理器及一或更多個硬體平台控制模組的資料匯流排。該機器人進一步包含機器人軟體平台，其包含機器人操作系統（R O S）、硬體處理器模組、資料庫、及使用者介面模組，該 R O S 經配置以執行機器人控制演算法以操作該機器人硬體平台去進行機器人特定的機器人任務，該硬體處理器模組經配置以介接於該一或更多個硬體平台控制模組的韌體，該資料庫經配置以儲存該機器人硬體平台及該機器

人軟體平台的操作資料，該使用者介面模組經配置以讓使用者能遠端地存取及控制該機器人操作系統。該機器人可進一步包含有效負荷堆疊，其經配置以進行機器人特定的工業任務。

【圖式簡單說明】

【0020】 從以下說明及隨附申請專利範圍，連同附加的圖式，將更完整顯見本案的前述的及其他特徵。在理解這些圖式僅描繪按照本案的數個實施例而不應被認定為限制其範疇之下，以下將透過附加圖式的利用來以額外的特定性及細節說明本案。以下的實施方式中將參照隨附圖式，該等圖式形成實施方式的一部分。圖式中類似的符號一般識別類似的部件，除非上下文另外表示。實施方式、圖式、及申請專利範圍中所述的說明性實施例不意圖設限。可運用其他實施例，並可做出其他改變，而無悖離本文中所提出之標的的精神或範疇。將可明確瞭解本案之態樣（如本文中所概略說明及圖中所描繪者）能以廣泛各式各樣不同配置方式排列、替代、組合、及設計，而其全部經明確設想且構成本揭示文件之部分。

【0021】 第1圖是工業機器人系統之實施例的示意圖，該系統包括遠端控制中心及複數個群落，各群落具有與複數個機器人小隊通訊的群落控制中心，且具有複數個工業機器人的各小隊經配置用於進行各種工業特定任務。

【0022】 第 2 圖是可與第 1 圖之系統一起使用的遠端控制中心、群落控制中心、及機器人軟體平台之實施例的方塊圖。

【0023】 第 3 A 圖是可與第 1 圖之系統一起使用的工業機器人系統之實施例的方塊圖，該系統包括群落控制中心、群落通訊網路、及有複數個工業機器人的複數個機器人小隊，該複數個工業機器人經配置用於進行各種工業特定任務。

【0024】 第 3 B 圖是可與第 1 圖及第 3 A 圖之系統一起使用的群落控制中心、群落通訊網路、及工業機器人之實施例的方塊圖。

【0025】 第 4 圖是可與第 1 圖～第 3 B 圖之系統一起使用的機器人硬體平台之實施例的方塊圖。

【0026】 第 5 A 圖是可與第 4 圖之機器人硬體平台和第 1 ～ 3 B 圖之系統一起使用的通用機器人平台堆疊之實施例的示意圖。

【0027】 第 5 B 圖～第 5 D 圖是可與第 5 A 圖之通用機器人平台堆疊與第 1 圖～第 3 B 圖之系統一起使用的各種工業機器人種類（species）之各種實施例的示意圖，該等各種工業機器人種類具有各種有效負荷堆疊，其經配置以進行機器人特定的工業任務。

【0028】 第 6 A 圖～第 6 D 圖是各種工業機器人小隊之各種實施例的示意圖，該等工業機器人小隊各有具有各種有效負荷堆疊的工業機器人，其中各小隊經配置以進行協作工

業目的，且該等各種工業機器人小隊可與第 5 A 圖之通用機器人平台堆疊與第 1 ～ 3 B 圖之系統一起使用。

【0029】 第 7 A 圖～第 7 E 圖是有一或更多個小隊之工業採礦機器人的群落的各種實施例之示意圖，該等工業採礦機器人進行一或更多個採礦機器人特定之工業任務以達成協作採礦目的。

【0030】 第 8 圖是模組化的工業機器人的實施例的分解圖，該工業機器人包括可各自與本文中所述各種架構一起使用的通用平台及有效負荷堆疊。

【0031】 第 9 A 圖～第 9 B 圖是挖地器機器人之實施例的正面透視圖，該等視圖分別圖示收起的及展開的工具臂，且該等挖地器機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【0032】 第 10 A 圖～第 10 C 圖為清掃器 / 碎石器機器人及其部件之實施例的各種透視圖，其可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【0033】 第 11 A 圖及第 11 B 圖分別是浮選機器人及吸力機器人之實施例的透視圖，該等機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【0034】 第 12 A 圖～第 12 D 圖分別圖示清掃器 / 碎石器機器人、噴射混凝土機器人、螺栓連接機器人、及焊接機器人之其他實施例的透視圖，該等機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【0035】 第 13 A 圖～第 13 C 圖是挖地器機器人之實施例的透視圖，該挖地器機器人可與本文中所述各種架構一起使用。

【0036】 第 14 A 圖～第 14 D 圖分別是推土機機器人、吸力機器人、3 D 建構機器人、及操縱器機器人之實施例的透視圖，該等機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【0037】 第 15 A 圖～第 15 C 圖圖示另一測量機器人範例的透視圖，該測量機器人可與本文中所述各種架構一起使用。

【0038】 第 16 A 圖～第 16 C 圖是月球油箱機器人、月球推土機機器人、及月球挖地器機器人之實施例的透視圖，該等機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

第 17 A 圖～第 17 B 圖是微重力服務機器人及搬運器機器人之實施例的透視圖，該等機器人可各自與本文中所述各種架構一起使用。

【實施方式】

【0039】 以下實施方式係針對本案的某些特定範例。本說明書中對「一個範例」、「一範例」、或「在一些實施方式中」的參考意指結合該範例所述之特定特徵、結構、或特性被包括在該發明之至少一個範例中。本說明書中各處「一個範例」、「一範例」、或「在一些實施方式中」之片語的出現不必然全部指稱相同範例，分離的或替代的範例也不必然與其他範例彼此互斥。此外，所描述之各種特徵可能展現在一些範例中但沒有在其他範例中。類似地，

所描述的各種必要條件可能對某些範例是必要的但對其他範例而言非必要條件。

【0040】 現將參照隨附圖式說明各種範例，該些圖式之整體中類似的數字指稱類似之元件。本文中提出之說明中使用的術語不意圖以任何限制或侷限性之方式解讀，僅因其乃連同本案的某些特定範例之詳細說明一起運用。此外，本案的範例可包括數個新穎特徵，其中沒有任何單一個特徵完全負責其所欲屬性或是要實踐本文中所述發明為必要者。

A. 群體機器人架構

【0041】 第1圖是工業機器人系統10的示意圖。系統10包括遠端控制中心100及複數個群落110、140、170。各群落110、140、170有相應的群落控制中心112、142、172與相應的複數個機器人小隊通訊。群落110包括小隊114、122、130，群落140包括小隊144、152、160，而群落170包括小隊174、182、190。機器人小隊也可分組成排，後者繼而以群落中較高的階層層級而比群落中其餘小隊或排更協同地運作。

【0042】 系統10可為分散式、自主的系統，其於單元層級非常地智慧，機器人以在分散架構中之個別群體或協作地操作，其被組織成關於特定任務的子組，及其中控制中心主要作為見證者（例如，監視及支援該群體的獨立操作）。控制中心可因此為觀察性實體，而非動作指導者。在一些實施方式中，僅在例外或異常（非現狀操作）所致之操作

偏離正常的少數情況中，控制中心的角色才在簡短時段中轉變成監管控制。還有，有少數實例中機器人（或任何機器人之組合的排列）需要來自控制中心的確認以執行一任務或一系列任務。在一些實施方式中，在完全沒有控制中心下部署群落。因此本文中所述的系統可包括機器人自主的、智慧動作，以及相應地在各種機器人組合之排列之間及之中的自主的、智慧動作及協作。

【0043】 本文中所述的各種系統及方法可與連同本文提出之附錄 A、B、C 及 D 中所述系統及方法中所述特徵一起使用（或利用該等特徵之任意者），該等附錄之各者藉引用方式整體併入本文中並針對所有目的形成本說明書之一部分。

【0044】 各小隊包括各別的複數個工業機器人或「機器人（bot）」，其經配置用於進行各種工業特定任務。該等機器人各包括通用平台，該通用平台有共同的結構性、機械性、電性及計算系統，與可互換的有效負荷部件耦接。各有效負荷部件與該通用平台整合且經配置用於將由機器人進行的特定工業任務。機器人包括一或更多個處理器，該一或更多個處理器與其上儲存指令的一或更多個記憶體通訊，當該等指令由該一或更多個處理器執行時進行該工業任務。該任務可由機器人自主地進行及/或與其他自主機器人協作以達成整體協作工業目的。系統 10 允許對機器人的管理及控制。

【0045】 依工業目的而定，可實施任意數目的群落、排、小隊、及機器人。如圖示，在群落110中，小隊114包括機器人116、118、120，小隊122包括機器人124、126、128，及小隊130包括機器人132、134、136。在群落140中，小隊144包括機器人146、148、150，小隊152包括機器人154、156、158，而小隊160包括機器人162、164、166。在群落170中，小隊174包括機器人176、178、180，小隊182包括機器人184、186、188，而小隊190包括機器人192、194、196。

【0046】 系統10包括三個群落110、140、170。系統10可包括少於或多於三個群落。可有一個、兩個、四個、五個、六個、七個、八個、九個、十個、二十個、三十個、四十個、五十個、一百個、五百個、一千個、或更多個群落。群落中兩個或更多個可彼此相同。群落中一些或全部可與其他群落不同。

【0047】 機器人可彼此針對自主動作通訊。可利用控制中心以用於如所述地監視。控制中心可接收有關機器人、小隊、排等等之通訊，以用於監視或其他目的。遠端控制中心100可因此經配置以與群落110、140、170之各者通訊。中心100可與各別的群落控制中心112、142、172通訊。群落控制中心112、142、172可各與相應群落之小隊中的一或更多者通訊。特定群落內之小隊的各小隊可與該群落內其他小隊之一或更多者通訊。如圖示，小隊114與小隊122通訊，後者與小隊130通訊。小隊144與小隊152

通訊，後者與小隊160通訊。小隊174與小隊182通訊，後者與小隊190通訊。該等小隊可各與多於一個其他小隊通訊。各小隊可與該特定群落內所有的其他小隊通訊。該等小隊可與其他群落中的一或更多個小隊通訊。例如，小隊130可與小隊144通訊，等等。該等小隊可經由群落通訊網路及/或經由小隊之內的機器人（如所述）彼此通訊。

【0048】 可利用系統10以達成工業目的。在一些實施方式中，可將系統10用於採礦，其中機器人是經配置以達成採礦目的的採礦機器人。可將部署在陸地上和水底、自由太空、月球上、火星和其他天體上的系統10用於建構、製造、拆除、衛星群、燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他。

【0049】 系統10可利用基於軟體的途徑，利用機器人的所選組合及支援基礎建設來進行這些及其他工業任務。各群落可包括一組小隊，該等小隊經部署至特定場地，個別地工作及/或以協作方式來進行相關任務以達成協作工業目的，且該等小隊與支援的通訊及操作軟體及硬體基礎建設交織。系統10及其控制特徵可被用於模組化的、群體的小外型（**form-factor**）機器人，該等機器人可被大量生產且允許在工業任務中顯著減少的人類參與。機器人可具有任何尺寸。無論工業任務的尺寸及範疇，將群各個擊破（**divide and conquer**）的途徑可允許任何尺寸的機器人。機器人可從細菌到星際（**Battlestar Galatica**）的

尺寸變化。針對系統 10 的範例硬體及軟體配置方式之進一步細節將在本文中提供（例如針對第 2 圖）。

【0050】 在一些實施方式中，系統 10 可不包括遠端控制中心 100。例如，系統 10 可僅包括一或更多個群落控制中心 112、142、172，該一或更多個群落控制中心通訊、監視及支援該一或更多個群落 110、140、170。例如，群落控制中心 112 可經使用以監視及支援群落 110、140、170。利用群落控制中心來監視及支援一或更多個群落的進一步細節將在本文中說明，例如針對第 3 A 圖～第 3 B 圖。因此，本文所述的各種「控制」中心主要可用於自主機器人的監視，而非對機器人的主動控制。

【0051】 各群落 110、140、170 可位於特定地理位置中。各群落 110、140、170 可在與一或更多個其他群落不同的地點中。群落控制中心可與一個別群落同地點，或者在不同地點。遠端控制中心 100 可位於與群落 110、140、170 中之一或更多者不同的地理位置中。遠端控制中心 100 可與群落 110、140、170 中之一或更多者同地點。

【0052】 可利用系統 10 以藉一群行動機器人單元（諸如機器人 116 等等的小隊 114 等等）來進行複雜工業任務，其中各機器人進行特定功能以完成整體的目的。各機器人包括跨於全部機器人的共同平台，其具有通用平台堆疊（例如硬體、軟體、及軟體）及包括硬體、軟體、及/或軟體的有效負荷堆疊（即有效負荷工具或工具組）來進行任務，如本文中進一步說明的（例如針對第 4 圖～第 6 C 圖）。各機

器人可組裝自為通用及 / 或有效負荷堆疊之部分的標準模組。

【0053】 具有相同有效負荷堆疊的機器人是機器人種類的一部分，如本文中進一步說明的（例如針對第 5 B 圖～第 5 D 圖）。一種類之機器人中一或更多者可經分組成小隊。各小隊可經定義成機器人的小組，該等機器人進行一組協作的或互連的功能以達成整體工業目的或特定任務。

【0054】 定義出不同類型的小隊來進行不同功能，以實現該工業目的，如本文中進一步說明的（例如針對第 6 A～6 D 圖）。各小隊可針對進行該小隊功能所必要的各個種類具有最佳化的機器人數目。部署於特定地理位置的小隊總數可經定義為地點群落。經部署在該群落中之各類型小隊的總數可根據效能及經濟度量來最佳化。要進行端到端工業目的所必要的最小機器人集合可被稱為最小可行排（MVP）。

【0055】 在一些實施方式中，系統 10 可不仰賴任何固定的基礎建設來進行工業任務及整體目的中之一些或全部。機器人可暫時地將非行動部件（例如水管、電纜、電池組、等等）佈置達到在該特定地點上進行該工業目的所需的時間之久，而一旦完成該工業目的就移除。有關採礦之範例工業目的之進一步細節將在本文中說明，例如針對第 7 A 圖～第 7 E 圖。

B. 群機器人架構 - 用於遠端控制中心、群落控制中心、及工業機器人的範例硬體 / 軟體

【0056】 第2圖是工業機器人系統200之範例的方塊圖。工業機器人系統200可包括機器人軟體平台及控制中心架構，如進一步說明。工業機器人系統200可有與第1圖之工業機器人系統10相同或類似的特徵，且反之亦然。第2圖圖示用於工業機器人系統200的方塊圖，該工業機器人系統200包括遠端控制中心280、群落控制中心250、及在群落中部署之複數個機器人中的一個機器人210，以上也可與系統10一起使用，且可分別具有與第1圖之遠端控制中心100、群落控制中心112、142、172、及機器人116等等相同或類似的特徵，且反之亦然。

【0057】 機器人210經圖示成具有各種模組的方塊圖。對於各機器人或機器人「種類」，可生成針對特定通用及有效負荷堆疊（例如有效負荷特定的工具或工具集合）的必要硬體和軟體模組之配置方式，使機器人可在硬體及軟體層級被組裝。所有系統可經模組化使得硬體及軟體功能性組件的簡潔性跨於各機器人種類為持久的。可實施標準介面使得整合的額外負擔對於結構化、電力及資料介面是最小的。在一些實施方式中，通用介面可控制在模組之間的資料、電力、及消耗品的流通。

【0058】 機器人210包括處理器212，其經圖示成軟體處理框架。處理器212可為跨於不同架構模組來管理資料處理的主要結構性架構，例如確保資料完整性、最小延遲、交付保證、歸檔及視覺化。處理器212可與用於控制及/或管理機器人210的一或更多個模組通訊。如圖示，處理器

212 與控制器區域網路 (CAN) 處理模組 214 通訊。CAN 處理模組 214 介接於用於整合在該 CAN 匯流排中之彼等硬體模組的韌體控制器。如圖示，CAN 處理模組 214 介接於感測器韌體 216、有效負荷韌體 218、電力韌體 220、及溫度韌體 222。

【0059】 在一些實施方式中，底下的資料處理架構可包括資料管理模組。資料管理模組可包括開放原始碼、記憶體中的資料結構儲存器，其經使用作為資料庫、快取、及訊息中介者，諸如 redis 資料庫。該資料管理模組可包括經配置以與該 CAN、機器人操作系統 (ROS)、及機器人 210 中的其他處理框架交易操作及遙測的介面及 API。該架構可也包括人機介面 (HMI) 以操作機器人任務、對 influx DB 關聯資料庫或等效者之注入器 (injector) 來將操作資料視覺化。該處理/HMI 架構可遵循伺服器/客戶端架構設計，例如以使多個機器人客戶端可同時地在群落控制中心 250 及/或遠端控制中心 280 中視覺化。

【0060】 處理器 212 進一步與機器人操作系統 (ROS) 處理模組 224 通訊。ROS 處理模組 224 介接於用於整合進 ROS 中的感測器及套件的一或更多個處理模組。如圖示，ROS 處理器 224 與感測器模組 226 (經圖示成攝影機/感測器主題) 和有效負荷模組 228 (經圖示成有效負荷主題(機器人技術/控制/機器學習)) 通訊。

【0061】 在一些實施方式中，有效負荷模組 228 可包括機器鋸 (或 robosaw) 模組。機器鋸或 robosaw 模組可經用

以控制鋸子或類似鋸子的工具以用於材料切割，諸如藉由挖地器機器人。機器鋸或 `robosaw` 模組可經配置用於鋸子（諸如商用現成的鋸子或自製的鋸子）的自主機器人操作。機器鋸或 `robosaw` 模組可經配置以控制與鋸子整合的機器臂。機器鋸或 `robosaw` 模組可包括軟體套件、指令碼（`scripts`）及檔案以操作鋸子，包括利用施力、電力、`RGBD` 攝影機、及 / 或其他輸入以根據反饋迴圈調整操作的控制系统。

【0062】 在一些實施方式中，有效負荷模組 228 可包括機器鑿或 `robochisel` 模組。與針對 `robosaw` 模組所述之特徵相同或類似者可應用至 `robochisel` 模組，但是用於操作鑿子或類似鑿子的工具以供物料的挖掘或拆除，諸如藉由挖地器機器人。`robochisel` 模組可經配置以自主地控制鑿子或類似工具以用於在採礦、建構、及應用此架構及機器人的其他情境的過程中移除岩石、混凝土、或其他物料。`robochisel` 模組可包括軟體套件、指令碼及檔案以操作鑿子，包括利用施力、電力、`RGBD` 攝影機、及 / 或其他輸入以根據反饋迴圈調整操作的控制系统。也可控制附接至鑿子的機器臂。

【0063】 處理器 212 進一步與演算法處理模組 230 通訊。演算法處理模組 230 與人工智慧模組 232（圖示成機器學習（`ML`）套件）及控制模組 234（圖示成機器人技術 / 控制套件）通訊。在一些實施方式中，機器人技術、控制及 `ML` 套件可以 `Python` 或 `C++` 直接嵌入在主處理框架中。

【0064】 人工智慧（AI），諸如機器學習，可在整個群落是持續的。可藉強大的機器人及控制演算法和機器學習（例如強化式學習、深度強化式學習、及/或其他方法）作為手段來實施人工智慧。可將機器學習代理器嵌入機器人、小隊及/或群落層級處。全部小隊之整體、及/或全部群落之整體，可表現成一個群體，該群體由該群落中每個層級進行之智慧決策所驅動。

【0065】 在一些實施方式中，機器人210可包括象限管理器模組。象限管理器模組可為人工智慧模組232、控制模組234、或其他模組之部分。象限管理器模組可經配置以自主地將由機器人收集的挖掘區之地形的影像分解成連續的個別分區以供挖掘。可根據操作者輸入來配置象限維度。

【0066】 在一些實施方式中，機器人210可包括標靶器（targeter）模組。標靶器模組可為人工智慧模組232、控制模組234、或其他模組之部分。標靶器模組可包括ML或其他AI演算法以供各種工具或其組合（諸如機器人手臂及/或拆除榔頭）之用，來智慧地瞄準要挖掘/拆除之平面中的區域。

【0067】 處理器212進一步與一或更多個資料庫236通訊。資料庫236可為儲存資料所在的記憶體。資料處理框架配置資料、即時操作性資料、及/或其他資料可經儲存並歸檔在一或更多個資料庫236中以用於即時操作、後處理、視覺化等。在一些實施方式中，一或更多個資料庫236

可位於機器人 210 遠端，諸如在群落控制中心 250（標示成 262）處或與群落通訊網路一起。

【0068】 處理器 212 進一步與使用者介面模組 238 通訊。使用者介面模組 238 與人機介面（HMI）模組 240、資料分析模組 242、及/或虛擬實境/擴增實境（VR/AR）模組 244 通訊。這些及/或其他模組可讓使用者能存取機器人 310 以監視及控制機器人 310 及/或群落。可在板上處理器中直接存取、或經由虛擬私人網路（VPN）或安全加密連線遠端地存取使用者介面模組 238。

【0069】 機器人 210 可向群落控制中心 250 發送資料，例如經由諸如無線隨意網路（ad-hoc network）之群落通訊網路，例如用於監視及支援機器人 210 及/或群落。可由進行操作之監管控制的人類操作者來監視及管理整個資料或部分資料。

【0070】 於群落控制中心 250 處，整合有額外的軟體模組。群落控制中心 250 包括處理器 252（圖示成資料處理框架），該處理器與管理及控制（M&C）模組 254、資料庫 262 及使用者介面模組 264 通訊。M&C 模組 254 與群落 M&C 模組 256、圖示成訓練及影子操作模組的模擬模組 258、及演算法測試模組 260 通訊。M&C 模組 254 監視及控制用於操作群落控制中心以及群落（控制中心電腦、天線、伺服器、資料庫、群落無線網路裝置、等等）所必要的任何硬體及軟體基礎建設。訓練及影子操作模組 258 支援操作者訓練並讓群落影子操作能在不破壞群落即時操作

之下訓練及/或測試新功能性。演算法測試模組 260 在虛擬環境或在群落的一測試小隊中進行群落操作的模擬，以在推動至整個群落之前驗證效能、最佳化操作及測試升級。

【0071】 使用者介面模組 264 與人機介面（HMI）模組 266、資料分析模組 268、及虛擬實境/擴增實境（VR/AR）模組 270 通訊，該等模組可分別具有與 HMI 模組 240、資料分析模組 242、及 VR/AR 模組 244 相同或類似的特徵。在一些實施方式中，與在 240、242、及 244 中僅可一個特定機器人相反，模組使用者介面模組 264 可以監視及支援複數個機器人，該複數個機器人藉由種類、小隊、狀態或任何其他可增進操作者的群落狀態覺察的有意義方式被組織。使用者介面模組 264 的各個模組可支援不同類型的介面以用於增進的狀態覺察。在一些實施方式中，使用者介面模組 264 所支援的使用者介面可為人類與群落 250 之間的僅有介面。群落控制中心 250 可包括部署在現場的一或更多個遠距操作者電腦，達到多站點、多電腦、多遠距操作者的控制中心 250。因此控制中心 250 可局部地同地點、或整體地同地點，或局部地分散或整體地分散。

【0072】 在一些實施方式中，諸如將機器人 310 之一或更多個小隊對習知站點的初始部署或部分部署中，人類可以支援角色來與機器人 210 互動，例如提供個別機器人無法解決的其他功能。在這些實例中可由人類進行有計畫及無計畫的維修，取代被配置用於服務的機器人 210。

【0073】 群落 250 可發送資料至遠端控制中心 280。群落 250 可經由地面或衛星通訊網路發送資料。於遠端控制中心 280 處，人類可監視跨於群落站點的群體效能、在突發事件及例外管理期間支援不同群落、進行訓練、及在模擬中開發與測試新功能，還有其他任務。在一些實施方式中，機器人可完全自行創造無線網路，並在此網路之整體中利用資料的同級間中繼跨至控制中心，該控制中心與該群落同地點或以其他方式而非位於遠端。

【0074】 遠端控制中心 280 可包括處理器 282，其經圖示成資料處理框架。處理器 282 與模擬模組 284、模擬資料庫 291、真實鏡像複本資料庫 292、及使用者介面模組 293 通訊。模擬模組 284 與 ML 模擬模組 286、機器人技術/控制模擬模組 288、及網路內務處理及模擬模組 290 通訊。模擬模組 284 及其部件可根據從不同部署地點群落收集的資料在新的 ML、機器人技術/控制及網路功能性的虛擬環境中進行模擬。從不同獨立群落收集的資料可被用以根據針對一個群落的個別行為或全部群落的整體行為來跨於不同群落地識別行為模式及效能最佳化。使用者介面模組 293 與 HMI 模組 294、資料分析模組 296、及 VR/AR 模組 298 通訊，該等模組可分別具有與 HMI 模組 266、資料分析模組 268、及 VR/AR 模組 270 相同或類似的特徵，且反之亦然。

【0075】 在一些實施方式中，遠端控制中心可包括遠端通訊系統、命令及控制系統、及/或使用使用者介面。該遠端通訊

系統可經配置以經由遠端通訊網路接收來自群落控制中心的所有資料並發送更新資料至群落控制中心。該命令及控制系統可包括經配置以監視、控制、處理、儲存及更新群落資料的一或更多個電腦、伺服器、切換器、資料庫等。該使用者介面（例如顯示器、HMI、AR、VR、等等）可經配置以讓使用者能遠端地監視及控制群落及/或群落控制中心。

【0076】 群落控制中心250可包括群落通訊網路/通訊系統。群落通訊網路/通訊系統可從任意數目的機器人、小隊、排、群落接收具各種類型的資料。命令及控制系統可監管及分析進來的資料（還有其他任務）並基於進來的資料生成更新資料以達成一般目的。更新資料可包括對現存的命令、優先度、行為、使命、計畫、任務、操作性閾值、虛擬圍欄、環境資料（例如雨量、溫度、等等）及/或一般高階操作指令的修訂。作為更新資料的一範例，由於異常（諸如礦場塌陷或礦場關閉或建構地點的緊急情況）所致，可發送停止命令（諸如「停止全部操作直到給出進行命令為止」）至機器人及/或系統的其他節點。作為另一範例，機器人任務區域可從一個指派礦區象限或礦區更新到另一者，諸如藉由命令「找出替代目前區域的另一適當區域」。作為另一範例，機器人任務區域可從採金礦被更新為採銀礦，諸如「去找到銀而非金」。作為另一範例，由於與人類處理步驟的介接，可指示系統去加速或減緩任務/行為速率，諸如「將挖掘減慢10%以讓監管檢測的人類處

理步驟能跟上」。作為另一範例，可指示遠距操作資料，其允許使用者在建構地點周圍引導/驅動機器人，例如利用用於平板電腦、行動電話、膝上型電腦、等等的介面。這些及其他種類的更新資料可經由群落通訊網路/通訊系統被傳達給任意數目的機器人、小隊、排、及/或群落。對於更新資料的通訊可為連續的（例如不是序列性的）。對於更新資料的通訊可即時發生，具有無限數目的平行串流被多向地通訊。

【0077】 整個控制系統可為分散式的，使得系統中的單一節點不負責該架構的整體控制。控制系統可分散跨於任意數目的機器人、小隊、排、群落及/或其他節點。群落控制中心不一定是直接「命令及控制」類型的系統，反而是「監管指導」的系統，其中提供一般的指導而系統決定完成該等一般指導的最佳方式。「工業目的」可以是所提供之整體監管指導的一範例。可提供更特定的引導以協助達成任何特定工業目的，並可包括對現有任務、行為、使命、計畫的修訂。工業目的或其任務的範例可包括監管以找到及鑿穿具有軟岩硬度的牆壁、從高於一臨界岩石硬度的岩石移開、找到較軟的岩石及/或特定類型的岩石、決定用於要在其內操作的虛擬地理圍籬的尺寸及形狀、其他適當監管、或其組合。

【0078】 在某些實施方式中，沒有單一個控制中心進行由控制中心 250 提供的監管指導（例如本文中所述「監管指導」）。控制中心 250 可分散在全部的機器人、節點、網

路中心、等等之中並由其一起形成。一些實施例可利用「邊緣」運算，其發生於系統的各節點處。邊緣運算可包括分散的運算典範，其將運算及資料儲存更靠近需要該運算及資料存儲的地點，例如用以改善回應次數及節省頻寬。

本文中所述的針對群體操作的各個擊破途徑可包括其中單一有機體不必所有事都做、單一有機體也不會只有一種大小的系統。此種特殊化允許各機器人去熟練地做一個或所選數目的任務。因此易於訓練單一種功能，其中對於功能協作具有彈性。系統可允許對各功能之權重的快速重新配置，以對執行特定工業目的中的改變或進程快速反應。這些可以各種方式體現出來，例如不僅可以隨需要更改各機器人的功能，也可以根據永久性的工作規模進行調整和改善，且尤其是正確調整勞動力規模，從而永遠不會有產能過剩的情況。

C. 群機器人架構 - 用於群落控制中心及工業機器人小隊的範例硬體/軟體

【0079】 第3A圖是工業機器人系統300之範例的方塊圖。系統300可具有與系統10、200相同或類似的特徵或功能，且反之亦然。系統300可與系統10、200一起使用。系統300可被當作群落250或群落110、140、170使用。系統300可為被用來控制一或更多個群落的獨立系統。系統300可被包括成為較大系統的部分，例如其中有一或更多個系統300與遠端控制中心（諸如遠端控制中心100或280）通訊。

【0080】 系統 3 0 0 包括群落控制中心 3 0 2、群落通訊網路 3 1 6、及複數個機器人小隊 3 2 0、3 3 0。小隊 3 2 0 及 3 3 0 分別各有複數個工業機器人 3 2 2、3 2 4 及 3 3 2、3 3 4，該等工業機器人經配置用於進行各種工業特定任務。

【0081】 群落控制中心 3 0 2 包括與記憶體 3 0 6 通訊的處理器 3 0 4。記憶體 3 0 6 可包括指令儲存於其上，當該等指令由處理器 3 0 4 執行時，進行各種方法用於監視、及支援群落及 / 或機器人。記憶體 3 0 6 可與群落控制中心 3 0 2 同地點，或者記憶體 3 0 6 可位於遠端。可有多個記憶體被處理器 3 0 4 存取。可有多於一個處理器 3 0 4。群落控制中心 3 0 2（諸如處理器 3 0 4 或記憶體 3 0 6）可包括針對群落控制中心 2 5 0 所說明的特徵，分別諸如資料處理器 2 8 2 或資料庫 2 6 2，或圖示在第 2 圖中及針對該圖說明的其他模組。

【0082】 處理器 3 0 4 與通訊系統 3 1 4 通訊。通訊系統 3 1 4 經配置以經由群落通訊網路 3 1 6 與小隊 3 2 0、3 3 0 通訊（例如無線地通訊）。

【0083】 處理器 3 0 4 與各個模組 3 0 8、3 1 0、3 1 2 通訊。第一及第二模組 3 0 8、3 1 0 可經配置以提供各種功能，諸如針對第 2 圖之群落控制中心 2 5 0 所述之該等功能。可有任意「N」個模組，如由模組 N 3 1 2 所表示。

【0084】 小隊 3 2 0 及小隊 3 3 0 分別各包括兩個機器人 3 2 2、3 2 4 及機器人 3 3 2、3 3 4（如所示）。如所提及，小隊 3 2 0、3 3 0 可各包括任意數目的機器人，從 1 個到 N 個。進一步，可有任意數目的小隊 3 2 0、3 3 0。小隊 3 2 0、3 3 0

及機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 2、3 3 4 可分別與第 1 圖中所示及針對該圖所述之小隊及機器人有相同或類似的特徵。

【0085】 小隊及 / 或機器人可互相通訊。如圖示，小隊 3 2 0 與小隊 3 3 0 通訊。小隊 3 2 0 可經由群落通訊網路與小隊 3 3 0 通訊。小隊 3 2 0、3 3 0 可經由各小隊 3 2 0、3 3 0 的一或更多個機器人來彼此通訊。如圖示，各機器人與每個其他機器人通訊。因此，機器人 3 2 2 與機器人 3 2 4、3 3 2、3 3 4 通訊，機器人 3 2 4 與機器人 3 2 2、3 3 2、3 3 4 通訊，機器人 3 3 2 與機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 4 通訊，而機器人 3 3 4 與機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 2 通訊。進一步，機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 2、3 3 4 之各者與群落通訊網路通訊。可實施這些各種通訊路徑的任意組合。該組合可隨工業任務或目的之完成而改變，隨機器人在一群落內移動而改變，因維護或維修而改變，等等。在一些實施方式中，可能沒有群落通訊網路 3 1 6，例如其中一或更多個機器人藉由直接實施在該等機器人中的硬體及軟體而直接互相通訊及直接與群落控制中心 3 0 2 通訊。

【0086】 第 3 B 圖是工業機器人系統 3 5 0 的一範例的方塊圖。工業機器人系統 3 5 0 可經當作第 3 A 圖之工業機器人系統 3 0 0 使用，且反之亦然。工業機器人系統 3 5 0 可具有與第 3 A 圖之工業機器人系統 3 0 0 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。工業機器人系統 3 5 0 包括群落控制中心 3 8 0、群落通訊網路 3 7 0、及工業機器人 3 5 2，以上可分別被當作群落控制中心 3 0 2、群落通訊網路 3 1 6、及一或更多

個機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 2、3 3 4 使用，及 / 或與其具有相同或類似的特徵及 / 或功能。

【0087】 機器人 3 5 2 包括子系統韌體 3 5 4。子系統韌體包括操作模組 3 6 0、狀態模組 3 6 2、位置模組 3 6 4、及感測器或感測器模組 3 6 6。可在機器人子系統韌體中生成子系統資料，且可利用各種模組分析該子系統資料。操作模組 3 6 0 可分析包括有關機器人 3 5 2 之操作狀態的資料的子系統資料，諸如採礦子系統資料（例如挖掘參數、等等）。狀態模組 3 6 2 可分析包括有關機器人系統內務處理、溫度、故障狀態、等等資料的子系統資料。位置模組 3 6 4 可分析包括有關機器人地理位置、諸如鉸接部件（諸如臂、足、工具、等等）之位置或定向的相對子系統位置之資料的子系統資料。感測器模組 3 6 6 可分析包括有關視訊及資料串流之資料的子系統資料。

【0088】 機器人 3 5 2 包括匯流排處理系統 3 5 6。匯流排處理系統 3 5 6 是分配用於後續操作之資料的平台匯流排。匯流排處理系統 3 5 6 可基於對接收自機器人 3 5 2 之子系統韌體 3 5 4 的韌體資料應用群演算法，來處理資料。該資料可接收自機器人 3 5 2 及 / 或接收自其他機器人，諸如相鄰機器人、在相同小隊及 / 或群落內的機器人。該資料可經接收自一或更多個控制中心（諸如群落或遠端控制中心）且可經由本文中所述一或更多個通訊網路所接收。

【0089】 機器人 3 5 2 包括通訊系統 3 5 8。通訊系統 3 5 8 可經配置以發送各種資料至機器人 3 5 2 及從機器人 3 5 2 接收各

種資料。通訊系統358可包裝資料以用於傳輸。通訊系統358可中繼所接收的資料，例如從相鄰機器人接收的資料。通訊系統358可識別及/或去轉換經接收的相關資料以供由匯流排處理系統356處理。通訊系統358可與群落通訊網路370通訊。

【0090】 群落通訊網路370與機器人352通訊。如本文所述，可對通訊網路實施各種途徑。如圖示，群落通訊網路370可包括MANET/網狀網路。群落通訊網路370可發送資料封包，該等資料封包在一小隊內的機器人之間跳躍（hop）及跳躍至鄰近小隊，例如諸如分別經由機器人116、118及/或120至機器人124、126及/或128（見第1圖）來從小隊114到小隊122。資料可從機器人352、往群落通訊網路370、及往群落控制中心380發送。資料可被機器人352接收自群落通訊網路370，後者可接收資料自群落控制中心380。

【0091】 在工業採礦操作的情境中，藉由從機器人到機器人及/或經由通訊網路370的通訊手段，此種資料傳輸可從礦井（垂直的、傾斜的、螺旋的或其他幾何形狀）、採礦場、礦區、隧道或均等者之內的一或更多個機器人352，往一相鄰或出入井（垂直的、傾斜的、螺旋的或其他幾何形狀）、採礦場、礦區、隧道或均等者之內的一或更多個機器人352，一直到群落控制中心380的表面。群落控制中心380可經由地面或衛星中繼通訊網路往遠端控制中心通訊。在一些實施方式中，圖式所示的發送及接收路徑可

於礦站處要求大得多的頻寬。纜線或通訊機器人可被部署於礦井（垂直的、傾斜的、螺旋的或其他幾何形狀）、採礦場、礦區、隧道或均等者處以增加頻寬。本文中提供了在採礦操作中之系統的範例用法的進一步細節，例如針對第 7 A 圖～第 7 E 圖。

【0092】 群落控制中心 380 包括命令及控制模組 382。命令及控制模組 382 接收資料並處理該資料，以供儲存在大資料（big data）儲存系統中。命令及控制模組 382 可提供用於使用者服務（諸如控制及監視）、用於測試及更新（諸如演算法及其他系統更新/升級）、及網路企業管理（諸如位於控制中心及於諸如礦站之群落處所需要的基礎建設元件）的視覺使用者介面。命令及控制模組 382 也發送資料至群落（諸如往礦場），例如命令、更新、及升級。

【0093】 群落控制中心 380 包括模擬模組 384。模擬模組 384 根據命令及控制模組 382 所儲存的大資料來生成虛擬世界。模擬模組 384 可創造平行的情境，以用於進一步的機器人控制及機器學習評估，來將操作精細化及最佳化。

【0094】 群落控制中心 380 包括機器學習模組 386。機器學習模組 386 將群演算法（控制或基於機器學習的）精細化、更新、及升級，以改善功能性及生產力。機器學習模組 386 可向命令及控制模組 382 推廣新的或經更新的演算法（在該等新的或經更新的演算法通過模擬模組 384（還有其他方法）被分析且被認為妥當了之後），以被發送至機器人 352（例如往匯流排處理系統 356）以得到改善的操作。

【0095】 資料可在機器人 352、群落通訊網路 370、及群落控制中心 380 之間來往發送/接收。可實施本文中所述各種對通訊網路的途徑。整體系統中所使用的群落通訊網路 370 或 316、遠端通訊網路、機器人對機器人的直接通訊、及其他通訊系統可利用各式各樣不同途徑或其組合。

【0096】 在一些實施方式中，連網的完成是藉由行動隨意網路之手段。其可為固定式網路。該網路可由人類設立，或由一或更多個機器人所設立。可於架構的機器人層級、小隊層級及/或群落層級支援全部的或一些的资料傳輸。

【0097】 各機器人可包括資料封包機器人節點訂閱。各資料封包可具有標頭，其提供有關機器人、小隊、排及封包類型的識別資訊。一小隊內的鄰近機器人可訂閱、接收、處理、及發送對於群體行為必要的資料封包。一群落內（諸如排之內）的鄰近小隊可訂閱、接收、處理、及發送對於中型規模之狀態覺察（諸如於小隊層級）必要的資料封包。一群落內的鄰近排可訂閱、接收、處理、及發送對於中型規模之狀態覺察（諸如於排層級）必要的資料封包。鄰近群落可訂閱、接收、處理、及發送對於巨型規模之狀態覺察（諸如於群落層級）必要的資料封包。

【0098】 通訊網路可隨系統被實施及利用而演進。在一些實施方式中，例如於習知場地的初始或局部部署，可由人類通過固定基礎建設來建立網路。對於較成熟的群落，可由具有連網有效負荷的機器人建立隨意網路格線。網路可經動態更新，以使群落中的高密度操作區域（例如於某一

特定部署) 場地被支援隨時有所需的頻寬等等。有人控制中心(諸如本文中所述群落控制中心)可部署於群落場地且可是對機器人的唯一人類介面。群落控制中心可通過群落通訊網路連接至群落中的機器人。群落控制中心也可經由衛星或地面網路連接至遠端控制中心(例如位於離開場地之處)。群落控制中心可為人類進行監視及例外管理還有其他離線支援功能之處。

【0099】 遠端控制中心(例如遠端控制中心100)可為全部群落產生之資料的集中儲存庫。遠端控制中心100可將系統10的效能(例如個別群落的效能)最佳化。此種最佳化的完成可透過開發由機器學習驅動的、及/或利用以模擬運行之機器人技術及控制演算法的新功能。一旦新功能準備好用於部署,遠端控制中心對目標群落釋出該等功能。可在演算法被推廣至即時操作之前在區域性模擬中、或在群落的被選擇區域中的即時操作中予以測試。

D. 工業機器人 - 用於工業機器人的範例計算硬體

【0100】 第4圖是機器人400之範例的方塊圖。機器人400可與本文中所述各種系統中任意者一起使用,諸如系統10、200、300、350。機器人400可具有與第1圖~第3A圖中此等其他系統10、200、300、350中顯示的及針對該等系統說明的機器人(且反之亦然)相同或類似的特徵及/或功能,以及可與第1圖~第3B圖之系統一起使用的機器人硬體平台。

【0101】 機器人 400 包括整體硬體平台 412。硬體平台 412 整合硬體子系統，該等硬體子系統之各者可包括可經架構成如 210 中所述的子系統及結構性硬體、電腦硬體、及/或軟體。

【0102】 機器人 400 包括行動力平台 414。行動力平台 414 可包括下列之一或更多者：2履帶式模組 416、N輪式模組 418、N足式模組 420、及混合模組 422。混合模組 422 可包括履帶、輪、及/或足的組合。行動力平台 414 經配置以被操作來致使機器人 400 移動，諸如藉由命令致動器去移動履帶、輪、足、等等。各種行動力模組乃專用以移動機器人 400。可將不同類型的模組與通用平台結構框整合。

【0103】 機器人 400 包括電力平台 424。電力平台 424 可包括下列之一或更多者：電力匯流排及感測器模組 426、電壓/電流上/下轉換器模組 428、及一或更多個電力控制模組 430。各種電力模組可包括電力匯流排及/或導線束、控制器及硬體以在正確電壓並具有對抗過度/過低電流、短路、及靜電放電（ESD）之必要保護之下供應電力至不同硬體模組。

【0104】 機器人 400 包括資料平台 432，其經圖示成匯流排。資料平台 432 可包括下列之一或更多者：CAN匯流排及處理器模組 434、一或更多個板上處理器模組 436、資料控制（harness）模組 438、及一或更多個天線模組 440 以用於發送及/或接收通訊信號。資料平台 432 可為 CAN、UDP、RS232、TCP/IP 或等效者，或以上類型匯流排之

組合。各種資料匯流排模組可包括資料處理控制器及韌體、用以控制及操作機器人 400 中之所有模組所必要的板上處理器、及 / 或諸如用以發送及接收資料之天線的通訊部件。

【0105】 機器人 400 包括結構平台 442。結構平台 442 可包括下列之一或更多者：有效負荷機架模組 444（諸如外殼），及有效負荷支撐模組 446。結構平台 442 可提供經配置以支援各式各樣不同任務特定有效負荷的通用平台，諸如用於達成工業目的之特定任務所使用的不同工具。結構平台 442 可包括有效負荷機架外殼，諸如具有側壁及蓋的平床，其他模組（諸如有效負荷及通用模組）可經整合與包覆在其中或與其整合或包覆，以用於環境控制等。

【0106】 機器人 400 包括溫度平台 448。溫度平台 448 可包括下列之一或更多者：溫度管理模組 450 或一組模組 450（其經圖示成冷凍模組）及溫度感測器模組 452。模組 450 可為加熱模組。溫度感測器模組 452 可包括各式各樣溫度感測器，其提供有關機器人 400 之各個部件的溫度的資料，溫度管理模組 450 可利用該資料以增加或減少對該等各個部件的加熱或冷卻。各種溫度模組可包括用以溫度控制硬體平台 412 之硬體模組所必要的加熱或冷卻單元、管道或導管、及 / 或溫度感測器。

【0107】 機器人 400 包括有效負荷平台 454。有效負荷平台 454 包括一或更多個有效負荷模組 456。有效負荷模組 456 可包括用於進行一或更多個特定工業任務的一或更多

個有效負荷工具（其不一定在相同結構上的同地點）。各工具可被用於進行特定工業任務，其與進行其他特定工業任務的其他機器人400協作，可被進行以達成工業目的（例如採礦，如本文中將進一步說明）。各種有效負荷模組可與通用平台堆疊整合以實現用於該有效負荷的特定任務。

【0108】 在一些實施方式中，機器人400可包括通用平台，該通用平台包含機器人硬體平台。該機器人硬體平台可包括經配置以支撐該通用平台及有效負荷堆疊/工具的結構框。該機器人硬體平台可包括行動力平台414，其與該框耦接且經配置以移動機器人400。機器人硬體平台可包括經配置以供電給行動力平台414和有效負荷平台454的電力系統424。機器人硬體平台可包括溫度系統448，其經配置以溫度控制通用及有效負荷堆疊。機器人硬體平台可包括資料處理系統432，其經配置以控制通用及有效負荷堆疊。機器人硬體平台可包括天線模組440，其經配置以從機器人400發送第一資料及接收往機器人400的第二資料。機器人硬體平台可包括資料匯流排，其經配置以介接於資料處理系統432。

【0109】 在一些實施方式中，機器人400可包括通用平台，該通用平台包含機器人軟體平台。機器人400可包括硬體及軟體平台。機器人軟體平台可包含機器人210中說明之該等模組。機器人軟體平台可包含具有韌體的控制器層，其經配置以利用通用及有效負荷控制演算法來操作通用及有效負荷堆疊。機器人軟體平台可包含包括有一個或

數個資料協定層的架構堆疊，該架構堆疊經配置以監視來自通用及有效負荷控制演算法的資料及發送資料至硬體軟體控制器。機器人軟體平台可包含機器人控制演算法層，其專用於控制、監視、及操作通用及有效負荷硬體來進行該機器人特定的機器人任務。機器人軟體平台可包含資料庫系統，用於支援專用於支援該系統之操作的軟體套件及部件，且經配置以儲存及處理系統操作性資料。

【0110】 第5A圖～第5D圖是可與本文中所述系統及方法（諸如針對第1圖～第4圖所圖示及說明的系統及方法）一起使用的各種機器人的示意圖。進一步，本文中所述的系統及方法適用於各式各樣不同工業任務及目的。本文中描述針對採礦工業任務的各種範例。可將該等系統及方法使用於其他工業任務，諸如部署在陸地上和水底、自由太空、月球、火星和其他星體上的建構、製造、拆除、衛星群、燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他。

【0111】 在一些實施方式中，可利用該等系統及方法於群體機器人採礦（SRM）。SRM可指群體機器人架構概念（諸如針對第1圖～第4圖所圖示及說明的系統及方法）對採礦工業任務的應用。SRM群落可包括功能性小隊，其進行端到端（end-to-end）的採礦功能。主要小隊可為採礦小隊，其可包括多個「種類」，如將進一步說明。功能性小隊可經分組成排，其中具有相同或不同功能的小隊可根據場地的地形及針對該群落所定義的經濟表現度量來分組。

【0112】 可利用採礦小隊來取代習知採礦途徑的鑽井 - 爆破 - 採礦及主要集中 (c o n c e n t r a t i o n) 功能。不需要大型的爆破。替代地，群小隊被部署在礦區中通過不同有效負荷技術的利用來預處理 (p r e - c o n d i t i o n) 及挖掘岩石，該等不同有效負荷技術經最佳化以用於超精密採礦。採礦之後接著藉由將物料粉碎成精細的顆粒集中物來原地 (i n - s i t u) 集中，該顆粒集中物能被移出礦場或饋入至流化床中以用於該等物料的原地浮選。浮選產物由清掃器 / 搬運器機器人液壓吊掛、輸送或運輸離開礦場。

【0113】 在一些實施方式中 (且如進一步說明者) ，一或更多個機器人可為經配置以預處理及破壞岩石的挖地器機器人。在一些實施方式中，一或更多個機器人可為經配置以收集及 / 或粉碎岩石的碎石器機器人。在一些實施方式中，一或更多個機器人可為經配置以浮選集中顆粒物來萃取出目標物料的浮選機器人。可實施其他的過濾途徑。

E. 工業機器人 - 範例模組化機器人小隊及種類

【0114】 第 5 A 圖是通用平台 5 0 0 之範例的示意圖。通用平台 5 0 0 可經用於採礦情境 (或其他情境) 中的各種類型機器人。通用平台 5 0 0 可與第 4 圖的機器人 4 0 0 (諸如機器人硬體平台 4 1 2) 一起使用。通用平台 5 0 0 可與第 1 圖 ~ 第 3 B 圖中系統所示及針對該等圖之系統所說明的機器人一起使用。例如，通用平台 5 0 0 可與系統 1 0 的機器人 1 1 4 等、系統 2 0 0 的機器人 3 1 0、系統 3 0 0 的機器人 3 2 2、3 2 4、3 3 2、3 3 4，及 / 或系統 3 5 0 的機器人 3 5 2 一起使用。

【0115】 通用平台500可提供具有統一結構性、計算、及支援系統的單一系統，該單一系統經配置以與各式各樣不同可互換的有效負荷耦接。以此方式，第1圖～第4圖所圖示及針對該等圖說明的各種控制系統架構可與數個機器人一起使用，該等機器人各利用通用平台500但有不同的特定有效負荷。此允許針對達成需要龐大數目之機器人的工業目的（諸如部署在陸地上和水底、自由太空中、月球、火星和其他星體上的採礦、建構、製造、拆除、衛星群、燃料生產、災難復原、通訊、遠端電力、及其他）的共同匯流排系統的大量生產、以及後續的較低成本。通用平台500可有共同機械介面用於可互換地附接至各式各樣不同有效負荷，如本文中進一步說明。

【0116】 第5B圖～第5D圖是各種工業機器人小隊501、530、560之各種範例的示意圖，工業機器人小隊501、530、560具有經配置以進行機器人特定的工業任務的各種有效負荷。小隊501、530、560（或其他小隊）中一或更多者可包含實現特定工業任務之相同或不同種類之機器人的組合，該等機器人的組合與通用平台500和第1圖～第3B圖的系統整合。以下是機器人種類如何分組成小隊以及如何配置小隊501、530、560的一個範例。小隊501、530、560內可有任意數目的機器人。在本文中明確描述之功能以外，小隊501、530、560內的其他機器人可提供其他功能。

【0117】 各機器人可包括通用平台500（具有硬體平台及軟體平台），該通用平台具有特定有效負荷模組與其整合以實現該機器人種類的功能。通用平台500因此經模組化以與廣泛各種不同類型的有效負荷一起使用。此種針對機器人的模組化平台設計允許許多群機器人的架構設計驅動器，諸如可撓性、可擴展性、可操作性、可靠性、強大、及智慧。該設計確保高效能及低成本，還有其他的優點。

【0118】 第5B圖是第一機器人小隊501的示意圖，該機器人小隊在此範例中是採礦小隊。第一小隊種類501包括五個不同的機器人，包括（例如）挖地器機器人502、碎石器機器人506、浮選或集中機器人510、清掃器/搬運器機器人514、及電池機器人518，該等機器人各包括個別地與挖地器有效負荷502、碎石器有效負荷508、浮選/集中有效負荷512、搬運器有效負荷516、及電池有效負荷520耦接的通用平台500。

【0119】 第5C圖是第二機器人小隊530的示意圖，該機器人小隊在此範例中是運輸小隊。第二小隊530包括七個不同的機器人，包括（例如）清掃器/搬運器機器人532、泵送機器人536、管道機器人540、纜線機器人544、能量機器人548、電力機器人552、及貴重物（treasure）機器人556，該等機器人各包括分別與搬運器有效負荷534、泵送有效負荷538、管道有效負荷542、纜線有效負荷546、能量有效負荷550、電力有效負荷554、及貴重物有效負荷558耦接的通用平台500。

【0120】 第5D圖是第三機器人小隊560的示意圖，該機器人小隊在此範例中是運輸小隊。第三小隊560包括五個不同的機器人，包括（例如）服務機器人562、測量機器人566、建構器機器人570、支柱機器人574、及通訊機器人578，該等機器人各包括分別與服務有效負荷564、測量有效負荷568、建構器有效負荷572、支柱有效負荷576、及通訊有效負荷580耦接的通用平台500。

【0121】 本文中所述的特定小隊501、530、560僅為說明而不限制與第1圖～第4圖之系統及方法一起使用的小隊及機器人的範疇。可針對特定任務實施來自各個小隊501、530、560的機器人的各種組合，如進一步所說明。可在小隊501、530、560中包括額外的機器人。

【0122】 利用自主機器人的架構系統及方法有各種獨有的理想特徵。例如，必要的基礎建設可經最小化，例如因為循環中有較少的人類。因為較少人類，安全成本有明顯降低。在採礦情境中，可有較大可能性取得現今為了經濟及其他因素而無法取得的礦石體。有較大可能性取得現今人類礦工無法取得的礦石體。

【0123】 作為進一步範例，在採礦情境內，機器人的外型可根據礦石體及有效負荷需求而最佳化，使得機器人可以最少的徒勞挖掘來追蹤礦石體。此種途徑使得有相較於習知的採礦法的數個關鍵優點。例如，避免巨型爆破的需要代表了對礦場之結構完整性的較少影響，導致在礦場結構上的較少螺栓連接及拉撐（bracing）。進一步，習知的

採礦法需要結構上提供對人類礦工及重機械的接取。相反的，本文中所述的機器人途徑通過機器人外型和超精密採礦提供了最少的廢棄岩石挖掘物，此允許增加生產力及減少礦場結構複雜性。進一步，原地集中代表挖出的物料不需要被移出礦場並被運載到有時在距離很遠之處的集中場中，反而可以在現場完成而減少物料運輸複雜性。既然挖掘出最少的廢棄岩石，則被移出的總岩石量也降低了。進一步，在一些實施中原地浮選的利用代表被挖出的岩石經進一步集中，使得僅有礦石中的目標物料被移出礦場。此進一步減少從礦場挖出的總物料量，有時減少至全部挖出的礦石的一小部分。

【0124】 第6A圖～第6D圖是各種工業機器人小隊600、602、604、606之各種範例的示意圖，工業機器人小隊600、602、604、606各具有各種有效負荷工具且一起經配置以進行針對個別小隊的協作工業目的的各種工業機器人。可利用小隊600、602、604、606作為第1圖～第3B圖中所圖示及針對該等圖所述之小隊。例如，小隊600、602、604、606中一或更多者可被使用作為小隊114、122、130、144、152、160、174、182、190、320及330中一或更多者。

【0125】 小隊600、602、604、606可包括第5B圖～第5D圖中圖示的及針對第5B圖～第5D圖所說明的各種機器人小隊501、530、560內的各種機器人的任意組合。小隊600、602、604、606可包括針對種類501、530、560

所述者以外的其他機器人。以下因此是如何配置小隊 600、602、604、606 的一個範例。小隊 600、602、604、606 內可有任意數目的機器人。在本文中明確描述之功能以外，小隊 600、602、604、606 內的其他機器人可提供其他功能。進一步，除本文中明確說明者之外可有其他的小隊。

【0126】 第 6 A 圖是第一小隊 600 的示意圖，該小隊在此範例中圖示成採礦小隊。第一小隊 600 包括三個不同的機器人，包括（例如）挖地器機器人 502、碎石器機器人 506、及分類器機器人 510（其可為浮選機器人）。可利用第一小隊 600 來（例如）用於從地下挖掘岩石以從其採掘資源。挖地器機器人 502 可破壞岩石並鑿穿岩石。碎石器機器人 506 可收集被破壞的岩石並粉碎它以用於進一步處理。分類器機器人 510 可收集被粉碎的岩石並將其分類以將所需物料轉移到一地點、而將不需要的物料轉移到第二地點。

【0127】 第 6 B 圖是第二小隊 602 的示意圖，該小隊在此範例中經圖示為挖隧道小隊。第二小隊 602 包括七個不同的機器人，包括（例如）挖地器機器人 502、清掃器/搬運器機器人 532、噴射混凝土機器人 582、焊接機器人 584、操縱器機器人 586、螺栓連接機器人 588、及泵送機器人 536。第二小隊 602 可將本文中所述的群機器人架構及其他系統和方法應用至隧道挖掘任務。可利用第二小隊 602 用於（例如）挖隧道，以形成進入或通過礦場地下的隧道。挖地器機器人 502 可預處理及破壞岩石以挖掘隧道。清掃

器 / 搬運器機器人 532 可收集及運輸挖出的岩石。清掃器 / 搬運器機器人 532 可掃起及 / 或運走由挖地器機器人 502 挖出的岩石。噴射混凝土機器人 582 可對隧道施加膠凝材料，其可經精密地施加。噴射混凝土機器人 582 可提供結構性強化（諸如噴射混凝土）以穩定礦場地下。焊接機器人 584 可於礦場內的選擇地點處提供焊接或其他結構性強化。焊接機器人 584 可清潔、維修及強化鋼筋。操縱器機器人 586 可經用以操縱建立諸如橫樑、栓、等的物料。焊接機器人及操縱器機器人 586 可一起進行隧道強化桁架焊接。螺栓連接機器人 588 可固定栓或其他緊固件，以固定其他機器人所建起的結構。泵送機器人 536 可從隧道泵送出水或其他廢料，諸如碎屑、無法使用的物料、等等。

【0128】 第 6 C 圖是第三小隊 604 的示意圖，該小隊在此範例中圖示為拆除小隊。第三小隊 604 包括三個不同的機器人，包括（例如）挖地器機器人 502、清掃器 / 搬運器機器人 532、及吸力機器人 590。第三小隊 604 可經用於（例如）選擇性橋面的拆除。第三小隊 604 可將本文中所述的群機器人架構及其他系統和方法應用至選擇性橋面拆除任務。挖地器機器人 502 可鋸開並破壞橋面或其他結構。清掃器 / 搬運器機器人 532 可收集及運輸被拆除的面板碎屑。吸力機器人 590 可收集及 / 或運走面板混凝土厚板，及 / 或提供吸力功能以維持及 / 或緊固被第三小隊 604 移除的結構的各個特徵，例如在完成採礦操作之後。

【0129】 第 6 D 圖是第四小隊 6 0 6 的示意圖，該小隊在此範例中經圖示成維修小隊。第四小隊 6 0 6 包括五個不同機器人，包括（例如）挖地器及吸力機器人 5 9 1、清掃器/搬運器機器人 5 3 2、噴砂器及噴霧器機器人 5 9 2、鋼筋維修機器人 5 9 3、及噴射混凝土機器人 5 8 2。第三小隊 6 0 4 可經用於（例如）選擇性橋柱及橫樑維修。第三小隊 6 0 4 可將本文中所述的群機器人架構及其他系統和方法應用至選擇性橋柱及橫樑維修任務。挖地器及吸力機器人 5 9 1 可升起鑿或其他工具至柱或橫樑維修區，藉混凝土將吸力杯固定至柱或橫樑，及選擇地削去露出的或被破壞的混凝土區域。清掃器/搬運器機器人 5 3 2 可收集及運輸被削去的混凝土。噴砂器及噴霧器機器人 5 9 2 可移除腐蝕及/或施加鈍化塗層至各個結構。噴射混凝土機器人 5 8 2 可選擇地隊經維修區域施加噴射混凝土混合物以完成維修。

【0130】 可實施其他的小隊和機器人。進一步，各個機器人可裝配有感測器，該等感測器經配置以持續地監視隧道的結構完整性。也可部署測量機器人以進行對隧道面的更積極測量以在挖掘前決定潛在問題/障礙，還有進行精密量測以確保正確的隧道方位及對齊。

【0131】 在一些實施方式中，可利用額外的小隊來支援端到端採礦功能，以得到完全運作的 S R M 礦場。例如，可利用回填小隊，其將廢棄的集中物料移動至礦區的背後，處理物料的膨脹及壓實，因此一旦目標物料已被運送出礦場，回填小隊被留下來提供支援並最小化廢棄物料的移

動。可利用服務小隊，其服務群落中的機器人。可利用能量小隊，其藉由布置暫時性纜線及電池組和交換各機器人中的機器人電池來對群落供給能量。可利用測量小隊，其進行礦場探勘功能，諸如繪製地圖及大地測量（*geotechnical surveying*）。可定義額外的小隊及機器人種類以支援額外的功能，諸如供水及通管、連網、等等。

F. 群機器人架構－對工業採礦的範例應用

【0132】 第7A圖～第7E圖是各種群落範例的示意圖，該等群落具有一或更多個小隊的工業採礦機器人，該等機器人進行一或更多個採礦機器人特定的工業任務以達成協作採礦目的。第1圖～第6D圖中所示的與針對該等圖所述的系統、方法、及機器人可經使用在第7A圖～第7E圖中的群落中。根據礦場架構設計，採礦小隊可經部署在礦井（垂直的、傾斜的、螺旋的或其他幾何形狀）、採礦場、礦區、隧道或均等者中，使得各礦區有數個操作中的採礦小隊以確保沒有操作的碰撞或中斷。第7A圖～第7E圖中圖示的特定採礦礦區僅是一些範例，而其可包括本文中所述小隊及機器人之組合（及相關聯的功能）的任意者。

【0133】 本文中所述的系統及方法可經用於地面採礦（例如表面露天礦（*surface opencast*））、露天礦（*open pit*）及地下採礦，例如白金、角礫雲母橄欖岩（例如鑽石礦）、銅及金礦。可利用原地處理之系統及方法來改善此等及其他採礦操作的效率。習知的地面採礦涉及移除大體積及質

量的廢棄岩石，不是從地下就是從露天礦。本文中所述的系統及方法可消除移除絕大部分廢棄岩石的需要，因此明顯地減少能量成本（還有其他優點）。

【0134】 在一些實施方式中，可利用挖地器機器人、清掃器/碎石器機器人、及分類器或浮選機器人。這些及其他機器人可為小型採礦機器人，其可為在礦場之岩石面處的大量生產替代人類。在一些實施方式中，處理可包括原地金屬精煉。例如，可實施分子分離技術的運用以達成99%和更大的金屬回收，其可發生在數分鐘之內而不用數天或數周。在一些實施方式中，可利用該等系統及方法來直接原地採掘較大的物料，諸如貴重金屬塊及鑽石。諸如角礫雲母橄欖岩（例如鑽石礦）、銅及金。

【0135】 第7A圖是群落700（或其部分）的範例的示意圖，該群落包括包含挖地器機器人502及碎石器機器人504的小隊。該群落包括採礦區，其具有岩石地板702、岩石面704、及岩石頂棚706。為了清楚，僅圖示部分的地板702、面704、及頂棚706。例如，頂棚706可在整個地板702上方延伸等。

【0136】 挖地器機器人502及碎石器機器人504經部署在礦場中。機器人可經部署在新挖掘的礦場或在已經供應群機器人採礦功能的礦場中。挖地器機器人502及碎石器機器人504可經部署在根據礦床幾何形狀及經濟度量而調整大小的礦區中，該等礦區可由現有的礦場工程計畫或群體採礦工程計畫所驅動。挖地器機器人502挖掘在岩石面704

旁邊的岩石，將挖出的物料留在後面以讓碎石器機器人 504 收集。可個別地部署機器人以進行在習知處理鏈中的指定任務之一，或成為自主地進行該工業功能中全部任務的端到端系統。

【0137】 在挖地器機器人 502 移動之前一次所挖出的全部物料可被稱為「挖掘象限」，其可被定義成在機器人移動至下一地點之前任意給定時間所挖出的岩石面 704 的寬度、高度、及深度。可利用本文中所述系統及方法來最佳化挖掘象限維度，且此最佳化可根據礦場表現及經濟度量還有岩石面的區域地形。

【0138】 第 7B 圖是群落 710（或其部分）的範例的示意圖，該群落包括包含挖地器機器人 502、碎石器機器人 504、及分類器機器人 510（其可為浮選機器人）的小隊。該等機器人經圖示在具有岩石頂棚 714 的岩石地板 712 上且挖地器機器人 502 正在挖岩石面 713。挖地器機器人 502 已沿岩石面 713 移動而碎石器機器人 504 跟隨在其後以粉碎被破壞的岩石。碎石器機器人 504 經由軟管或管路 716 連接至分類器機器人 510。經粉碎的岩石從碎石器機器人 504 被發送至分類器機器人 510，例如利用泵或液壓吊車。分類器機器人 510 提選（beneficiate）或集中所要採掘的目標礦物，例如其過濾被粉碎的岩石（例如利用浮選技術）以分離想要的與不想要的物料。想要的物料可接著沿第一軟管 718 被發送以供進一步處理。不想要的物料可沿第二軟管或管路 720 被當作廢料發送或用於其他用途，例

如到表面處的收集器、到礦場後方或在先前處理過區域中的一地點等。碎石器機器人可直接將物料輸入至分類器機器人中而不利用軟管或管路。額外的機器人種類（搬運器機器人）可收集來自分類器機器人的物料以將其移出礦場、或移至礦區後方或在先前經處理的區域中的一地點等。

【0139】 第7C圖是群落722（或其部分）的範例的示意圖，該群落包括包含多個挖地器機器人502及碎石器機器人504的小隊。有四個挖地器機器人502及兩個碎石器機器人504。各別機器人可有任意個。一或更多個碎石器機器人504可服務來自一或更多個挖地器機器人502的被破壞岩石。如圖示，單一碎石器機器人504服務來自兩個挖地器機器人502的被破壞岩石。可實施其他種組合。

【0140】 第7D圖是群落724（或其部分）的範例的示意圖，該群落包括包含多個挖地器機器人502、碎石器機器人504、及分類器機器人510的小隊。如圖示，第一碎石器機器人504A服務由挖地器機器人502破壞的岩石且第一碎石器機器人504A經由第一軟管716A連接至第一分類器機器人510A。第二碎石器機器人504B服務由挖地器機器人502破壞的岩石且第二碎石器機器人504B經由第二軟管716A連接至第二分類器機器人510A。碎石器機器人可直接將物料輸入至分類器機器人中而不利用軟管或管路。額外的機器人種類（搬運器機器人）可收集來自分類器機器人的物料以將該物料移出礦場、或移至礦區後方或在先前經處理的區域中的一地點等。

【0141】 第7E圖是群落726（或其部分）的範例的示意圖，該群落包括多個小隊724A、724B、724C、724D、724E。該等小隊可類似於針對第7A圖～第7D圖所述的小隊。各小隊可包含一或更多個挖地器機器人502、碎石器機器人504、及/或分類器機器人510。各小隊可服務礦場的一部分或礦區。機器人可創造隧道728、730、732、734以用於出入礦場的各個地點。軟管或管路可沿隧道延伸。未被服務的礦區733可接著被小隊（例如小隊724E）所服務。

【0142】 本文中所述的各種架構之任意者可經用於管理及操作廣泛的各種工業機器人系統，諸如第7A圖～第7E圖的採礦群落。例如，可對群落726應用系統10。遠端控制中心100可與群落控制中心112通訊，後者可位於群落726處。小隊724A可包括機器人116、210、322、352、502、等等。機器人可包括第2圖的處理器212及/或第4圖的硬體平台412。處理模組214及/或處理模組224及/或處理模組230可利用成像、溫度、環境、及其他感測器來找到、對準及挖掘（例如在第7A圖之面704上的）岩石。處理模組214可控制鋸子、鑿、及/或其他工具來挖掘岩石，例如藉由挖地器機器人502。處理模組214、224及230可控制挖地器，包括挖掘有效負荷堆疊功能及通用平台功能。可利用演算法230用於結合於其他機器人（諸如碎石器機器人506）的智慧型及協作採礦操作。小隊724A的機器人502、506可與來自鄰近小隊724B、724C、724D、及/或724E的機器人通訊。機器人可利用通訊系統358以用於

通訊。機器人可包括第4圖的硬體平台414、424、432、442、448及/或454來移動機器人、結構上支撐機器人、供電給機器人、分析資料、針對機器人做溫度管理、及/或整合有效負荷子系統/工具（諸如鑿或鋸子）。

【0143】 作為進一步範例，群落控制中心142、250、302、或380可位於群落726處。小隊及群落控制中心可經由群落通訊網路316通訊。網路可為第3B圖的網路370。可藉小隊724A等之機器人定位的通訊系統提供網路316。群落726中的機器人可彼此通訊及/或與網路316通訊，諸如由第3A圖之機器人322、324、332、334所示。網路316可位於沿隧道728、730、732、734處，此可由連網或通訊機器人來部署。可利用第3A圖的機器人模組308、310、312來分析由小隊及/或機器人所提供的資料。可利用第2圖的模擬模組284來運行對小隊或機器人的模擬以用於改善應用至小隊或機器人的控制演算法。可利用模組286、288、290於模擬機器學習演算法、機器人控制模擬、及連網模擬，這些可經應用至小隊724A的控制等。群落控制中心可將此與其他資料通訊至遠端控制中心100、至小隊或機器人、及/或至其他群落控制中心。採礦操作的進程可以此方式被監管、分析、及支援以完成工業目的（例如找出礦場、形成礦場、挖掘礦場、及關閉礦場）。可在有少量或沒有來自控制中心之使用者輸入下由小隊及機器人自主地進行這些及其他操作，而非以計畫、監管、及例外管理的方式。

G. 群體機器人架構 - 「機器人即服務」

【0144】 本文中所述的用於工業機器人的系統及方法可經實施成用於特定工業專案（諸如採礦）的服務套件（例如包括軟體及機器人）。在一些實施方式中，可利用本文中描述的架構來實施「機器人即服務」（Robotics-as-a-Service, RaaS）套件。可將各種管理及控制架構及系統交付成（或以其他方式可存取的）軟體以用於特定使用情況。機器人不一定被包括為RaaS套件的一部分。

【0145】 例如，在建構業內，一個RaaS服務套件可為混凝土拆除軟體套件。根據其特定需求，可部署機器人小隊以合宜地完成服務。

【0146】 利用本文中所述系統及方法的RaaS途徑提供數個優點。例如，客戶可不必精通機器人操作。不需要承擔機器人的資金成本或處理機器人所有權。對使用者而言的責任及服務交付風險降低。有依照來自使用者的即時需求來將通用平台及有效負荷堆疊重定用途及使用的可撓性。有自訂群落及小隊部署之大小及構造的可撓性。可利用基於價值的定價方式（其反映針對一特定任務的服務交付的市場定價）而非機器人成本為中心的定價。

H. 範例採礦機器人 - 範例模組化工業機器人

【0147】 第8圖圖示模組化的採礦機器人1100的範例。採礦機器人1100可包括通用平台1105。通用平台1105可為上述的通用平台500的範例並可具有與其相同或類似的特

徵及 / 或功能，且反之亦然。通用平台 1105 可結合機器人 400 及本文中所述其他機器人而經使用。通用平台 1105 可提供具有統一結構性、計算、及支援系統的單一系統，該單一系統經配置以與各式各樣可互換的有效負荷堆疊耦接。

【0148】 通用平台 1105 可包括結構框或平台 1106。結構平台 1106 可類似於上述的結構平台 442。結構平台 1106 可包括上部的外殼 1106A 及下部的支撐框 1106B，其具有各式各樣不同機械及電性安裝地點及配置方式。框 1106B 可支撐各個模組及該通用平台的其他部件，諸如通用匯流排等。外殼 1106A 可容納各個模組及部件。

【0149】 通用平台 1105 可進一步包括資料模組 1107。資料模組 1107 可類似於上述的資料平台 432。資料模組 1107 可包括一或更多個匯流排及處理器，及用於儲存指令的記憶體系統及用於與其他機器人及 / 或其他集中式或非集中式控制系統（諸如群落控制系統）通訊的一或更多個天線和通訊模組。資料模組 1107 的各個部件可包括韌體中的控制器以用於操作與採礦機器人 1100 連接的全部模組。

【0150】 通用平台 1105 可進一步包括電力模組 1108。電力模組 1108 可類似於上述的電力平台 424。電力模組 1108 可包括下列之一或更多者：電力供應器（例如一或更多個電池）、導線及 / 或電力匯流排、電壓或電流轉換器模組、控制器、及硬體，以提供電力給機器人 1100 的各種其他模組。電力模組 1108 可也包括電力供應器 1115。可選

地，電力供應器 1115 可經安裝結合於通用平台 1105 的其他模組，諸如在行動力平台 1110 內。

【0151】 通用平台 1105 可包括溫度模組 1109。溫度模組 1109 可類似於上述的溫度平台 448。溫度模組 1109 可位於與資料模組一起（如圖示），或與該平台的其他部件分開或一起。溫度模組 1109 可包括一或更多個溫度管理模組或模組之集合，諸如冷凍或溫度感測器模組。可選地該模組可包括加熱模組。溫度模組 1109 可大概運作以管理採礦機器人 1100 的溫度，其可包括一或更多個加熱或冷卻部件。

【0152】 通用平台 1105 可與行動力平台 1110 連接。行動力平台 1110 可類似於上述的行動力平台 414。行動力平台 1110 可與結構性平台 1106 耦接。圖示有用於行動力平台的三個不同的可能部件。行動力平台 1110 可包含履帶式模組 1111、輪式模組 1112、及 / 或足式模組 1113。圖示有完整的履帶模組 1111，其有部分在通用平台 1106 的兩側上。為了清楚，僅圖示輪式模組 1112 和足式模組 1113 的一側。各行動力模組不同地可包含任意數目必要的履帶、輪、或足（或這些系統之任意者的混合）以用於針對工業機器人 500 提供行動力。行動力平台 1110 可允許行動力模組 1111 - 1113 之任意者與結構性平台 1106 耦接以對採礦機器人 1100 提供行動力。因此，結構性平台 1106 可包括必要的共同機械及電性連接點以用於安裝該等行動力模組。

【0153】 通用平台 1105 可包含機器人軟體平台。機器人軟體平台可類似於上述的機器人 210 的軟體平台。機器人軟體平台可包含具有軟體的控制器層，其經配置以利用通用及有效負荷控制演算法等來操作通用及有效負荷堆疊，如本文所述。

【0154】 在特定的機器人實施例中，通用平台 1105 可有不同大小（例如大、中、或小尺寸）。所運用的大小可依該特定機器人的應用而定。有效負荷堆疊 1120 及行動力平台 1110 也可有不同大小，且對於通用平台 1105 之對應尺寸之各者而言是可互換的。用於整個機器人在已組裝時的範例尺寸及尺寸範圍包括從大約 1 英尺到大約 15 英尺的長度，從大約 1 英尺到大約 10 英尺的寬度，及從大約 2 英尺到大約 10 英尺的高度。在一些實施例中，機器人可從大約 5 - 7 英尺長，及 / 或 3 - 5 英尺寬，及 / 或 2 - 4 英尺高。

【0155】 採礦機器人 1100 可包括有效負荷堆疊 1120。有效負荷堆疊 1120 可包括用於進行特定工業任務的一個或一組有效負荷工具。可使用有效負荷工具以用於達成諸如特定採礦任務（例如挖掘、清掃等）之工業目的。可將有效負荷堆疊 1120 整合在通用平台 1105 的各個區域中。例如，在一些實施中有效負荷堆疊的部件可在結構性平台 1106 的正面、後面、頂部、底部、或側面上與結構性平台 1106 耦接。可選地，有效負荷堆疊 1120 的一或更多個部件可與行動力平台 1110 或行動力平台 1110 之模組的任意者耦接。如在某些範例中所示，有效負荷堆疊 1120 可包括

挖地器模組 1121，該挖地器模組包括挖地工具（例如機器人鑿、機器人鋸、機器人鑽頭、等等）、包括可關節活動（articulable）之關節與相連連桿裝置的機器臂模組 1122、包括葉片及升舉機制的推土機模組 1123、包括可旋轉的容器的混合器模組 1124（例如用於水泥混合物）、及/或包括帶有流體之容器的流體容器模組 1125。

【0156】 可按照由特定採礦機器人 100 進行的特定工業任務來選擇有效負荷堆疊 1120。以下圖示在第 9A 圖～第 17B 圖中並針對該等圖所說明的採礦機器人範例可各包括通用平台 1105 並攜帶有自複數個不同有效負荷堆疊類型所選的不同有效負荷堆疊 1120。此外，採礦機器人也可在所選行動力平台 1110 及/或以上模組中其他者上相異，該行動力平台及其他模組分別選自複數個行動力平台類型及複數個模組類型。

【0157】 第 9A 圖圖示挖地器機器人 1200 的實施例。挖地器機器人 1200 可具有與上述的挖地器機器人 502 相同或類似的特徵及/或功能，且反之亦然。挖地器機器人 1200 包括通用平台 1105。如圖示，通用平台 1105 與行動力平台 1110 附接。行動力平台 1110 經實施成履帶式模組 1111（經圖示成兩履帶系統）。挖地器機器人 1200 可包括挖地器有效負荷堆疊 1220。挖地器有效負荷堆疊 1220 可包括挖地器工具 1221，挖地器工具 1221 可包含機器人岩石移除工具。機器人岩石移除工具可為鑽頭或鑿或用於機械地破壞岩石（例如從岩石面）的類似工具。挖地器工具 1221

可為電動的、氣動的或以其他方式提供動力。挖地器工具 1 2 2 1 可對鑽頭或鑿尖提供往復動作。

【0158】 挖地器有效負荷堆疊 1 2 2 0 可進一步包括機器臂 1 2 2 2。挖地器工具 1 2 2 1 可被安裝在機器臂 1 2 2 2 上。機器臂 1 2 2 2 可包含複數個可關節活動的關節及連桿裝置。機器臂 1 2 2 2 的關節可包括伺服驅動的旋轉式或平移式關節。機器臂 1 2 2 2 可被安裝在通用平台 1 1 0 5 上。

【0159】 挖地器有效負荷堆疊 1 2 2 0 可進一步包括感測器 1 2 2 3。感測器 1 2 2 3 可為光學式、紅外線、雷射或任何其他類型的感測器。感測器 1 2 2 3 可被使用於針對岩石面或其他環境特徵來製圖。感測器 1 2 2 3 可結合於機器學習演算法而經使用，以用於促進利用挖地器工具 1 2 2 1 移除岩石面的所挖掘物。

【0160】 在包括挖地器有效負荷堆疊 1 2 2 0 之機器人的某些實施例中，僅包括單一機器臂 1 2 2 2 及挖地器工具 1 2 2 1。挖地器機器人 1 2 0 1 的另一實施例圖示在第 9 B 圖中，其中挖地器有效負荷堆疊 1 2 2 0 可進一步包括切割器工具 1 2 2 5。切割器工具 1 2 2 5 可包括往復的或旋轉的葉片以用於切入岩石面中並破壞岩石面的岩石。切割器工具 1 2 2 5 可由電動馬達或其他類型之致動器來提供動力。切割器工具 1 2 2 5 經安裝在機器臂 1 2 2 6 上。機器臂 1 2 2 6 可包括複數個關節及連桿裝置以用於連接切割器工具 1 2 2 5 的位置。可將挖地器有效負荷堆疊 1 2 2 0 用於機器人特定的工業任

務，該等工業任務包括預處理岩石或混凝土或任何其他建構物料及破壞岩石、混凝土或任何其他建構物料。

【0161】 挖地器有效負荷堆疊 1220 可也包括第二感測器 1227。第二感測器 1227 可經安裝在第二機器臂 1226 上。類似於第一感測器 1223，第二感測器 1227 可被用於針對岩石面製圖及控制切割器工具 1225。感測器 1223/1227 可選地可被直接安裝在通用平台 1105 的另一部分上。

【0162】 第 10A 圖～第 10C 圖圖示清掃器機器人 1300 及其部件的範例。清掃器機器人 1300 可具有與上述的清掃器/搬運器機器人 514 相同或類似的特徵及/或功能，且反之亦然。清掃器機器人 1300 可包括通用平台 1105。清掃器機器人 1300 可包括行動力平台 1110。行動力平台 1310 可包括履帶式模組 1111。履帶式模組 1111 可沿著且圍繞旋轉的輪子或滑輪延伸，以推動機器人 1300 往前及往後。清掃器機器人 1300 可包括清掃器有效負荷堆疊 1320。清掃器有效負荷堆疊 1320 可收集鬆散的物料，諸如挖出的岩石。該岩石可為已由挖地器機器人 1200 從岩石面挖出的物料。

【0163】 清掃器有效負荷堆疊 1320 可包括第一清掃器 1321。第一清掃器 1321 可被安裝在刮刀或斜坡 1321a 上。斜坡 1321a 可為大概平面的部件。可將斜坡 1321a 定向為成一角度朝下並接觸地表面。清掃器 1321 可包括複數個朝外定向的刷子構件。清掃器 1321 可旋轉以將物料掃到斜坡 1321a 上。清掃器 1321 可以逆時針方向旋轉。清掃器有效負荷堆疊 1320 可包括第二清掃器 1322。第二清掃器

1322可相對於第一清掃器1321安裝在斜坡1321a上。第二清掃器1322可以順時針方向旋轉以大概清掃第一及第二清掃器1321、1322之間的物料。

【0164】 清掃器有效負荷堆疊1320可包括輸送器1323。輸送器1323可大致位於第一及第二清掃器1321、1322之間。輸送器1323可包括安裝在一或更多個滾軸上的皮帶，以用於從斜坡1321a收集被掃起的岩石物料並將其存放在容器內。該容器可位於清掃器機器人1300上或其中。清掃器有效負荷堆疊1320可被結合於挖地器機器人1200使用於挖掘用途。清掃器有效負荷堆疊1320可經使用於機器人特定的工業任務，該等工業任務包括收集挖出的岩石、混凝土或任何其他建構物料及運輸挖出的岩石、混凝土或任何其他建構物料。

【0165】 如第10B圖及第10C圖中圖示，清掃器有效負荷堆疊1320可進一步包括碎石器1324。替代地，碎石器1324可被安裝在與清掃器機器人1300分離的採礦機器人上（例如專屬碎石器機器人）。所收集的岩石物料可由輸送器1323輸送至碎石器1324中。岩石物料可被接收在進入碎石器1324之碎屑夾帶滾筒的入口1327內。該碎屑夾帶滾筒可包括出口1328。出口1328可與物料袋1329連接。碎石器1324可包括內部轉子1325。轉子1325可經可旋轉地安裝且由馬達1326提供動力。轉子1325可包括一或更多個研磨或碎石元件以供擊碎碎石器1324的內含物。碎石器1324可藉由轉子1325的旋轉來將岩石段塊粉

末化成更小塊。碎石器 1324 的被粉碎物料可被吹入物料收集袋 1329 中。碎石器有效負荷堆疊可被用於包括過濾 / 集中挖出的岩石的機器人特定之工業任務。

【0166】 第 11A 圖圖示浮選機器人 1400。浮選機器人 1400 可具有與上述的分類器機器人 510 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。浮選機器人 1400 可包括通用平台 1105 及行動力平台 1110。浮選機器人 1400 可包括履帶式模組 1111。浮選機器人 1400 可進一步包括浮選有效負荷堆疊 1420。浮選有效負荷堆疊 1420 可包括浮選單元 1421。浮選單元 1421 可經使用於將粉碎的岩石物料分離成目標物料及不想要的物料。被粉碎的岩石物料可經接收在浮選有效負荷堆疊 1420 內。被粉碎的岩石物料可接著經由軟管被泵送通過浮選單元 1421。浮選單元 1421 可分離想要的及不想要的物料。想要的物料可沿第一管路或軟管被發送。不想要的物料可沿另一管路或軟管被發送。浮選有效負荷堆疊 1420 可往（諸如）礦場內另一地點或區域發送廢棄或不想要的物料。浮選有效負荷堆疊 1420 可被用於包括過濾 / 集中挖出的岩石的機器人特定的工業任務。

【0167】 第 11B 圖圖示吸力機器人 1500 的範例。吸力機器人 1500 可具有與上述的挖地器及吸力機器人 591 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。吸力機器人 1500 可包括通用平台 1105。吸力機器人 1500 可包括行動力平台 1110。該行動力平台可包括履帶式模組 1111。吸力機器人 1500 可進一步包括吸力有效負荷堆疊 1520。吸力有效

負荷堆疊 1520 可包括吸力構件 1521。吸力構件 1521 可經安裝至機器臂 1522。機器臂 1522 可包含用於連接及操縱吸力構件 1521 之位置的複數個關節及連桿裝置。可選地，可包括第二吸力構件及 / 或機器臂 1523。吸力有效負荷堆疊 1520 可經用以運輸及 / 或舉起物料（例如混凝土厚板）。吸力機器人 1500（例如）可舉起工具或物料就位以用於將工具或物料固定在其中。例如，它們可舉起強化物料，該等強化物料可接著被維修小隊中的其他類型機器人固定就位。作為拆除小隊之部分，吸力機器人 1500 可清掃及運走不想要的物料以擁有操作區域的內部。吸力有效負荷堆疊 1520 可經用於包括吸引或支撐岩石、混凝土或任何其他建構物料的機器人特定的工業任務。

【0168】 第 12 A 圖圖示另一清掃器機器人 1600 的範例。清掃器機器人 1600 可包括通用平台 1105。清掃器機器人 1600 可包括行動力平台 1110 及 / 或履帶式模組 1111。清掃器機器人 1600 可包括清掃器有效負荷堆疊 1620。清掃器有效負荷堆疊 1620 可相同於清掃器有效負荷堆疊 1320，具有以下特徵：第一清掃器構件 1621、第二清掃器構件 1622、第一及第二清掃器構件 1621、1622 可安裝在其上的刮刀 1626、及 / 或在第一及第二清掃器構件 1621、1622 之間與刮刀 1626 耦接的輸送器 1623。清掃器有效負荷堆疊 1620 可進一步包括第一臂 1624。第一臂 1624 可包括複數個連桿裝置及關節。第一臂 1624 可安裝在刮刀 1626 上。第一臂 1624 可大概可關節活動以取得物

料並將物料推入第一清掃器 1 6 2 1 中。第一臂 1 6 2 4 的遠端可從清掃器 1 6 2 1 朝外延伸，收集物料，並將物料推入至清掃器 1 6 2 1 的刷毛中。此可促進更快及更有效率的進入輸送器 1 6 2 3 中的物料回收。類似地，第二側可包括第二機器臂 1 6 2 5，其針對第二清掃器 1 6 2 2 類似該第一機器臂來操作。

【0169】 第 1 2 B 圖圖示噴射混凝土機器人 1 7 0 0 的範例。噴射混凝土機器人 1 7 0 0 可具有與上述的噴射混凝土機器人 5 8 2 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。噴射混凝土可包含經噴灑的混凝土化合物或其他經噴灑的硬化化合物。噴射混凝土機器人 1 7 0 0 可包括通用平台 1 1 0 5。噴射混凝土機器人 1 7 0 0 可包括行動力平台 1 1 1 0 及 / 或履帶式模組 1 1 1 1。噴射混凝土機器人 1 7 0 0 可包括噴射混凝土有效負荷堆疊 1 7 2 0。噴射混凝土有效負荷堆疊可包括噴嘴 1 7 2 1 以用於噴灑噴射混凝土化合物。噴嘴 1 7 2 1 可由包括複數個關節及連桿裝置的機器臂 1 7 2 2 控制。噴射混凝土有效負荷堆疊 1 7 2 0 可進一步包括供應軟管 1 7 2 3。供應軟管 1 7 2 3 可與噴射混凝土化合物的儲存槽耦接，該儲存槽在噴射混凝土機器人 1 7 0 0 上或在另一機器人或通過供應軟管 1 7 2 3 的其他供應來源上。噴射混凝土有效負荷堆疊 1 7 2 0 可大概被用於建構，諸如施加膠凝材料至礦場段（例如礦區或隧道）。噴射混凝土有效負荷堆疊 1 7 2 0 可形成挖隧道 / 維修小隊或其他類型之小隊的部分。噴射混凝土有效負荷堆疊 1 7 2 0 可經用於包括施加膠凝材料以支撐岩石、混凝土

或任何其他建構物料、強化鋼筋、及施加鈍化塗層在內的機器人特定的工業任務。

【0170】 第12C圖圖示螺栓連接機器人1800的範例。螺栓連接機器人1800可具有與上述的螺栓連接機器人588相同或類似的特徵及/或功能，且反之亦然。螺栓連接機器人1800可包括通用平台1105。螺栓連接機器人1800可包括行動力平台1110及/或履帶式模組1111。螺栓連接機器人1800可包括螺栓有效負荷堆疊1820。螺栓有效負荷堆疊1820可包括螺栓插入器1821。螺栓插入器1821可包含諸如螺栓、螺釘、釘子、錨栓或類似者之機械式緊固件的倉匣。該等機械式緊固件可被該倉匣饋入至致動器中。該致動器可向緊固件施力以用於將該等緊固件插入基板中。螺栓插入器1821可經由機器臂來關節活動並可包含一或更多個關節和連桿裝置。螺栓連接機器人1800可形成挖隧道或維修機器人小隊或其他類型之小隊的部分。螺栓有效負荷堆疊1820可大致被用以插入強化螺栓連接礦場段（例如礦區或隧道）。螺栓連接有效負荷堆疊1820可經使用於包括強化支撐岩石、混凝土或任何其他建構物料之螺栓連接在內的機器人特定的工業任務。

【0171】 第12D圖圖示焊接機器人1900的範例。焊接機器人1900可具有與上述的焊接機器人584相同或類似的特徵及/或功能，且反之亦然。焊接機器人1900可包括通用平台1105。焊接機器人1900可包括行動力平台1110及/或履帶式模組1111。焊接機器人1900可包括焊接有效負

荷堆疊 1920。焊接有效負荷堆疊 1920 可包括焊頭 1921。焊頭 1921 可包含一或更多個焊接構件，該一或更多個焊接構件由電源供電並藉一或更多個電線連接至該電源。焊頭 1921 可被機器臂 1922 關節活動。機器臂 1922 可包含一或更多個關節及連桿裝置以用於操縱焊頭 1921 的位置。焊接有效負荷堆疊 1920 可作為用於連接至金屬材料之焊接單元來運作。焊接機器人 1900 可形成挖隧道、維修或類似類型之機器人小隊的部分。焊接有效負荷堆疊 1920 可經用於包括焊接或維修及強化鋼筋或隧道支撐材料在內的機器人特定的工業任務。

【0172】 第 13 A 圖～第 13 C 圖分別圖示三個不同挖地器機器人 2000、2001、2002 的實施例。挖地器機器人 2000、2001、2002 可包括通用平台 1105 及行動力平台 1110。挖地器機器人 2000、2001、2002 可包括挖地器有效負荷堆疊 2020。挖地器有效負荷堆疊 2020 可包括諸如以上說明的該等挖掘工具。挖地器機器人 2000（如第 13 A 圖中所示）可具有包括履帶式模組 1111 的行動力平台 1110。挖地器機器人 2001（如第 13 B 圖中所示）可具有包括輪式模組 1112 的行動力平台 2010b。在所圖示範例中，輪式模組 1112 之各側包括三個輪子。挖地器機器人 2002（如第 13 C 圖中所示）可包括包括足式模組 1113 的行動力平台 1110。足式模組 1113 之各側包括三個足部，其可經鉸接以對挖地器機器人 2002 提供行動力。行動力平台 1110 的

各不同行動力模組可在相同通用平台 1105 及挖地器有效負荷堆疊 2020 下可互換。

【0173】 第 14 A 圖圖示推土機機器人 2100 的範例。推土機機器人 2100 可包括通用平台 1105。推土機機器人 2100 可包括行動力平台 1110 及 / 或履帶式模組 1111。推土機機器人 2100 可包括推土機有效負荷堆疊 2120。推土機有效負荷堆疊 2120 可包括葉片及 / 或升舉模組 2121。推土機有效負荷堆疊 2120 可大概被用於移動鬆散的物料（諸如被粉碎的岩石）。推土機有效負荷堆疊 2120 可被使用在各種機器人小隊中，諸如挖隧道、拆除、維修、及清理小隊。

【0174】 第 14 B 圖圖示泵送機器人 2200 的實施例。泵送機器人 2200 可具有與上述的泵送機器人 536 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。泵送機器人 2200 可包括通用平台 1105。泵送機器人 2200 可包括具有輪式模組 1112 的行動力平台 1110。泵送機器人 2200 可包括流體有效負荷堆疊 2220。流體有效負荷堆疊 2220 可包括吸力噴嘴 2221。流體有效負荷堆疊 2220 可包括機器臂 2222。吸力噴嘴 2221 可被安裝在機器臂 2222 上。流體有效負荷堆疊 2220 可包括一或更多個儲存槽 2223。儲存槽 2223 可與附接於吸力噴嘴 2221 的軟管耦接，而利用吸力噴嘴 2221 可將流體吸入流體儲存槽 2223 中。替代地（或額外地），吸力噴嘴 2221 可為噴灑噴嘴。流體有效負荷堆疊 2220 可被使用在各種機器人小隊中，諸如挖隧道、拆除、維修、及清理小隊。流體有效負荷堆疊 2220 可被使用於吸引來自礦

場段（例如採礦場或隧道）的水。在另一實施方式中，泵送機器人 2200 可經配置成噴砂器及噴霧器機器人（未圖示）。噴砂器及噴霧器機器人可包括噴嘴，其經配置於噴灑物質來輔助挖掘、清理、或其他採礦相關的任務。流體有效負荷堆疊 2220 可經用於包括吸引或泵送水、清潔、及施加鈍化塗層之機器人特定的工業任務。

【0175】 第 14 C 圖圖示 3D 建構機器人 2300。3D 建構機器人 2300 可具有與上述的建構器機器人 570 相同或類似的特徵及/或功能，且反之亦然。3D 建構機器人 2300 可包括通用平台 1105。3D 建構機器人 2300 可包括行動力平台 1110 及/或履帶式模組 1111。3D 建構機器人 2300 可包括 3D 建構有效負荷堆疊 2320。3D 建構有效負荷堆疊 2320 可包括噴嘴 2321。噴嘴 2321 可被安裝在機器臂 2322 上。機器臂 2322 可包含一或更多個關節及連桿裝置以用於移動噴嘴 2321。軟管可沿機器臂 2322 延伸並與噴嘴 2321 耦接。該軟管可與 3D 化合物儲存槽 2323 耦接。儲存槽 2323 可與泵耦接以向噴嘴 2321 泵送 3D 建構化合物。該 3D 建構化合物可為水泥、聚合物或其他類型的化合物，經使用於新物料的建構、填充空隙、施加黏著劑、及類似活動。3D 建構機器人 2300 可經使用於各種機器人小隊中，諸如挖隧道及維修小隊。3D 建構有效負荷堆疊 2320 可經用於包括施加膠凝材料或強化物至支撐岩石、混凝土或任何其他建構物料的機器人特定的工業任務。

【0176】 第 14 D 圖圖示操縱器機器人 2400 的範例。操縱器機器人 2400 可具有與上述的操縱器機器人 586 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。操縱器機器人 2400 可包括通用平台 1105。操縱器機器人 2400 可包括行動力平台 1110 及 / 或履帶式模組 1111。操縱器機器人 2400 可包括維修有效負荷堆疊 2420。維修有效負荷堆疊 2420 可包括機器人操縱器 2421。機器人操縱器 2421 可包括一或更多個可關節活動的構件，諸如用於夾持及操縱其他物體的夾持機構。機器人操縱器 2421 可與機器臂 2423 耦接。機器臂 2423 可包括複數個關節及連桿裝置以用於移動機器人操縱器 2421。可選地，維修有效負荷堆疊 2420 可包括第二機器人操縱器 2422 及機器臂 2424。操縱器機器人 2400 可經使用在各種機器人小隊中，諸如挖隧道、拆除、維修、及清理小隊。維修有效負荷堆疊 2420 可經用於包括清潔、維修、強化鋼筋及移除鏽蝕的機器人特定的工業任務。

【0177】 第 15 A 圖 ~ 第 15 C 圖分別圖示測量機器人 2500、2501、2502 的範例實施例。測量機器人 2500、2501、2502 可具有與上述的測量機器人 566 相同或類似的特徵及 / 或功能，且反之亦然。測量機器人 2500、2501、2502 可包括通用平台 1105 及行動力平台 1110。測量機器人 2500、2501、2502 可包括測量有效負荷堆疊 2520。測量有效負荷堆疊 2520 可包括測量模組 2521。測量模組 2521 可包括一或更多個感測器，諸如雷射、紅外線、GPS

或類似者，以用於進行測量任務。測量有效負荷堆疊 2520 可進一步包括機器臂 2522。機器臂 2522 可包括終端效應器 2523。終端效應器 2523 可包括定位系統，其中終端效應器 2523 的末端可被用於結合於測量機器人 2500 的這些測量任務來進行其他物體及環境的測量。第 15 A 圖圖示測量機器人 2500，其具有包括履帶式模組 1111 的行動力平台 1110。第 15 B 圖圖示測量機器人 2501，其具有包括輪式模組 1112 的行動力平台 1110。第 15 C 圖圖示測量機器人 2502，其具有包括足式模組 1113 的行動力平台 1110。

【0178】 第 16 A 圖圖示月球油箱機器人 2600 的範例。月球油箱機器人 2600 可包括通用平台 1105。月球油箱機器人 2600 可包括行動力平台 1110。行動力平台 1110 可包括月球履帶式模組 1114，其包括一對履帶，該對履帶有複數個凸緣自其延伸並經配置用於在月球環境中使用。月球油箱機器人 2600 可包括流體有效負荷堆疊 2620（類似於流體有效負荷堆疊 2220）。

【0179】 第 16 B 圖圖示月球推土機 2700 的範例。月球推土機 2700 可包括通用平台 1105。月球推土機 2700 可包括行動力平台 1110。行動力平台 1110 可包括月球輪式模組 1115，其各側上有一或更多個輪子。該等輪子可包括從中心半徑朝外延伸的凸緣。該等輪子可經設計用於在月球表面上使用。月球推土機 2700 可包括推土機有效負荷堆疊 2720（類似於推土機有效負荷堆疊 2120）。

【0180】 第16C圖圖示月球挖地器機器人2800的範例。月球挖地器機器人2800可包括通用平台1105。月球挖地器機器人2800可包括行動力平台1110。行動力平台1110可包括月球輪式模組1115。月球挖地器機器人2800可包括挖地器有效負荷堆疊2820（類似於上述的挖地器有效負荷堆疊1220）。

【0181】 第17A圖圖示微重力服務機器人2900。微重力服務機器人2900可包括通用平台1105。微重力服務機器人2900可包括行動力平台1110。行動力平台1110可包括助推器模組1116，該助推器模組具有複數個助推器在前、後、左、右、上及/或下側上。助推器模組1116可經配置以在微重力環境中（諸如在月球或小行星上）提供推進及航行。微重力服務機器人2900可包括維修有效負荷堆疊2920。類似於維修有效負荷堆疊2420，維修有效負荷堆疊2920可包含一或更多個機器人夾具與相應機器臂耦接。

【0182】 第17B圖圖示搬運器機器人3000的範例。搬運器機器人3000可包括通用平台1105。搬運器機器人3000可包括具有助推器模組1116的行動力平台1110。搬運器機器人3000可包括太陽能有效負荷堆疊3020。太陽能有效負荷堆疊3020經配置以透過一或更多個太陽能電池陣列來收集太陽能。

【0183】 儘管以上詳細說明已圖示、說明、及指出適用於各個範例的本案新穎特徵，將理解本領域之技藝人士在所例示之系統或製程的形式及細節中可做出各種省略、替

代、及改變，而無悖離本案之精神。如將確知的，本案可實現為沒有提供本文中闡述之全部特徵及優點的一種形式，因為一些特徵可與其他特徵分開地被利用或實踐。本發明之範疇由隨附申請專利範圍所表示，而非前述說明。落在申請專利範圍之意義及範圍內的全部改變將被涵蓋在申請專利範圍的範疇內。該等系統、裝置、及方法因此可以許多方式實踐。

【0184】 本領域之技藝人士也將理解到一個範例中包括的零件可與其他範例互換；來自一個經描繪範例的一或更多個零件可以任意組合被包括在其他經描繪範例中。例如，本文中所述的及/或描繪在圖式中的各種部件的任意者可經組合、互換、或自其他範例中排除。標題的使用僅為了易於閱讀，不是意圖以任何方式限制本揭示案的範疇。來自一個標題區段的任何特徵或範例可被應用至另一標題區段的任何其他特徵或範例。

【0185】 流程圖順序僅是說明性的。本領域之技藝人士將理解本文中所述的流程圖中所實施的步驟、決策、及製程可以不同於本文中說明的順序來進行。因此，特定流程圖及說明不意圖將相關聯的製程限制成以所述的特定順序來進行。

【0186】 針對本文中實質上任何複數型及/或單數型術語的使用，本領域之技藝人士可依照對情境及/或應用適當者來從複數型轉譯成單數型及/或從單數型轉譯成複數型。為

了清楚起見，各種單數型 / 複數型置換在本文中經明確地闡述。

【0187】 本領域之通常知識者將理解，一般而言，本文中使用的術語一般意圖為「開放式」術語（例如術語「包括」應被解讀成「包括但不限於」，術語「具有」應被解讀成「至少具有」，術語「包括」應被解讀成「包括但不限於」，及其他）。本文中所用之術語「包含」同義於「包括」、「內含」、或「其特徵在於」，且為包容性或開放式的，並不排除額外的、未被記載的元件或方法步驟。

【0188】 本領域之通常知識者將進一步理解，若意圖導入特定數目的請求項敘述，此種意圖將被明確記載在請求項中，沒有此種記載則不存在此種意圖。例如，作為理解之輔助，以下隨附請求項可包含引導式片語「至少一個」及「一或更多個」之使用以導入請求敘述。然而，此類片語的使用不應被解讀為隱含藉由不定冠詞「一」或「一個」引入的請求敘述限制了任何包含此種引入請求敘述的特定請求項為僅包含一個此敘述的範例，即使當相同請求項包括有該引導式片語「一或更多個」或「至少一個」還有諸如「一」或「一個」之不定冠詞（例如，「一」及 / 或「一個」常見應被解讀為表示「至少一個」或「一或更多個」）；對用於引入請求敘述的定冠詞的使用也是同理。此外，即使明確載明特定數目的被導入請求敘述，本領域之技藝人士將理解此種敘述常見應被解讀為表示至少是該被敘述的

數目（例如單單記載「兩個敘述」，而沒有其他修飾詞，常見為代表至少兩個敘述，或兩個或更多個敘述）。

【0189】 此外，在其中利用了類似於「A、B、及C等中至少一者」的慣例的實例中，一般而言此種結構本意為本領域之技藝人士將理解此慣例的方式（例如「具有A、B、及C中至少一者的系統」將包括但不限於以下系統：只有A的、只有B的、只有C的、有A和B一起、有A和C一起、有B和C一起、及/或有A、B、和C一起等）。在其中利用了類似於「A、B、或C等中至少一者」的慣例的實例中，一般而言此種結構本意為本領域之技藝人士將理解此慣例的方式（例如「具有A、B、或C中至少一者的系統」將包括但不限於以下系統：只有A的、只有B的、只有C的、有A和B一起、有A和C一起、有B和C一起、及/或有A、B、和C一起等）。本領域中通常知識者將進一步理解，無論是在說明書、申請專利範圍或圖式中，幾乎任何代表兩個或更多個替代性術語的歧義詞及/或片語，應被理解為設想了包括該等術語之一、該等術語中任一、或該等術語兩者之可能性。例如，片語「A或B」將被理解成包括「A」或「B」或「A及B」之可能性。

【0190】 本說明書及申請專利範圍中使用的表達數量的全部數字應被理解成在全部實例中被術語「大約」所修飾，除非有相反表示。因此，除非相反地指明，本說明書及隨附申請專利範圍中闡述的數字參數為趨近值，其可依本發明所欲獲得之期望屬性而異。在最低限度，而非企圖將均

等論的應用限制在申請專利範圍的範疇中，各數字參數應根據顯著位元的個數及普通四捨五入法被解讀。例如，諸如大約、近似、實質上、及類似術語可在各個範例中代表 $\pm 1\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、或 $\pm 20\%$ 的百分比相對偏差。

【0191】 本文中所引用的全部參考文件在此藉引用方式整體併入。在藉引用方式併入的公開文件和專利文件或專利申請案與本說明書中包含的揭示內容抵觸的範圍內，本說明書意圖為凌駕及/或優先於任何此類抵觸的內容。

【符號說明】

【0192】

10: 工業機器人系統

100: 遠端控制中心

110, 140, 170: 群落

112, 142, 172: 群落控制中心

114, 122, 130: 小隊

116, 118, 120, 124, 126, 128, 132, 134, 136: 機器人

144, 152, 160: 小隊

146, 148, 150, 154, 156, 158, 162, 164, 166: 機器人

174, 182, 190: 小隊

176, 178, 180, 184, 186, 188, 192, 194, 196: 機器人

200: 系統

210: 機器人

212: 處理器/資料處理框架

214: 控制器區域網路 (CAN) 處理模組

2 1 6 : 感 測 器 韌 體
 2 1 8 : 有 效 負 荷 韌 體
 2 2 0 : 電 力 韌 體
 2 2 2 : 溫 度 韌 體
 2 2 4 : 機 器 人 操 作 系 統 (R O S) 處 理 模 組
 2 2 6 : 感 測 器 模 組 (攝 影 機 / 感 測 器 主 題)
 2 2 8 : 有 效 負 荷 模 組 (機 器 人 / 控 制 / M L)
 2 3 0 : 演 算 法 處 理 模 組
 2 3 2 : 人 工 智 慧 模 組
 2 3 4 : 機 器 人 技 術 / 控 制 套 件
 2 3 6 , 2 6 2 : 資 料 庫
 2 3 8 , 2 6 4 , 2 9 3 : 使 用 者 介 面 模 組
 2 4 0 , 2 6 6 , 2 9 4 : H M I 模 組
 2 4 2 , 2 6 8 , 2 9 6 : 資 料 分 析 模 組
 2 4 4 , 2 7 0 , 2 9 8 : V R / A R 模 組
 2 5 0 : 群 落 控 制 中 心
 2 5 2 : 處 理 器
 2 5 4 : 管 理 及 控 制 (M & C) 模 組
 2 5 6 : 群 落 M & C 模 組
 2 5 8 : 模 擬 模 組 / 訓 練 及 影 子 操 作 模 組
 2 6 0 : 演 算 法 測 試 模 組
 2 8 0 : 遠 端 控 制 中 心
 2 8 2 : 處 理 器
 2 8 4 : 模 擬 模 組

2 8 6 : M L 模 擬 模 組

2 8 8 : 機 器 人 技 術 / 控 制 模 擬 模 組

2 9 0 : 網 路 內 務 處 理 及 模 擬 模 組

2 9 1 : 模 擬 資 料 庫

2 9 2 : 真 實 鏡 像 複 本 資 料 庫

3 0 0 : 系 統

3 0 2 , 3 8 0 : 群 落 控 制 中 心

3 0 4 : 處 理 器

3 0 6 : 記 憶 體

3 0 8 , 3 1 0 , 3 1 2 : 模 組

3 1 4 : 通 訊 系 統

3 1 6 , 3 7 0 : 群 落 通 訊 網 路

3 2 0 , 3 3 0 : 小 隊

3 2 2 , 3 2 4 , 3 3 2 , 3 3 4 : 機 器 人

3 5 0 : 工 業 機 器 人 系 統

3 5 2 : 機 器 人

3 5 4 : 子 系 統 韌 體

3 5 6 : 匯 流 排 處 理 系 統

3 5 8 : 通 訊 系 統

3 6 0 : 操 作 模 組

3 6 2 : 狀 態 模 組

3 6 4 : 位 置 模 組

3 6 6 : 感 測 器 模 組

3 7 0 : 群 落 通 訊 網 路

3 7 2 : M A N E T / 網 狀 網 路

3 8 0 : 群 落 控 制 中 心

3 8 2 : 命 令 及 控 制 模 組

3 8 4 : 模 擬 模 組

3 8 6 : 機 器 學 習 模 組

4 0 0 : 機 器 人

4 1 2 : 硬 體 平 台

4 1 4 : 行 動 力 平 台

4 1 6 : 2 履 帶 式 系 統

4 1 8 : N 輪 式 系 統

4 2 0 : N 足 式 系 統

4 2 2 : 混 合 系 統

4 2 4 : 電 力 平 台

4 2 6 : 電 力 匯 流 排 及 感 測 器 模 組

4 2 8 : 電 壓 / 電 流 上 / 下 轉 換 器 模 組

4 3 0 : 電 力 控 制 模 組

4 3 2 : 資 料 平 台

4 3 4 : C A N 匯 流 排 及 處 理 器 模 組

4 3 6 : 板 上 處 理 器 模 組

4 3 8 : 資 料 控 制 模 組

4 4 0 : 天 線 模 組

4 4 2 : 結 構 平 台

4 4 4 : 有 效 負 荷 機 架 模 組

4 4 6 : 有 效 負 荷 支 撐 模 組

4 4 8 : 溫 度 平 台

4 5 0 : 溫 度 管 理 模 組

4 5 2 : 溫 度 感 測 器 模 組

4 5 4 : 有 效 負 荷 平 台

4 5 6 : 有 效 負 荷 模 組

5 0 0 : 通 用 平 台

5 0 1 , 5 3 0 , 5 6 0 : 小 隊

5 0 2 : 挖 地 器 機 器 人

5 0 4 : 碎 石 器 機 器 人

5 0 4 A , 5 0 4 B : 碎 石 器 機 器 人

5 0 6 : 碎 石 器 機 器 人

5 0 8 : 碎 石 器 有 效 負 荷

5 1 0 : 分 類 器 機 器 人

5 1 0 A : 分 類 器 機 器 人

5 1 2 : 浮 選 / 集 中 有 效 負 荷

5 1 4 , 5 3 2 : 清 掃 器 / 搬 運 器 機 器 人

5 1 6 , 5 3 4 : 搬 運 器 有 效 負 荷

5 1 8 : 電 池 機 器 人

5 2 0 : 電 池 有 效 負 荷

5 3 6 : 泵 送 機 器 人

5 3 8 : 泵 送 有 效 負 荷

5 4 0 : 管 道 機 器 人

5 4 2 : 管 道 有 效 負 荷

5 4 4 : 纜 線 機 器 人

5 4 6 : 纜 線 有 效 負 荷

5 4 8 : 能 量 機 器 人

5 5 0 : 能 量 有 效 負 荷

5 5 2 : 電 力 機 器 人

5 5 4 : 電 力 有 效 負 荷

5 5 6 : 貴 重 物 機 器 人

5 5 8 : 貴 重 物 有 效 負 荷

5 6 2 : 服 務 機 器 人

5 6 4 : 服 務 有 效 負 荷

5 6 6 : 測 量 機 器 人

5 6 8 : 測 量 有 效 負 荷

5 7 0 : 建 構 器 機 器 人

5 7 2 : 建 構 器 有 效 負 荷

5 7 4 : 支 柱 機 器 人

5 7 6 : 支 柱 有 效 負 荷

5 7 8 : 通 訊 機 器 人

5 8 0 : 通 訊 有 效 負 荷

5 8 2 : 噴 射 混 凝 土 機 器 人

5 8 4 : 焊 接 機 器 人

5 8 6 : 操 縱 器 機 器 人

5 8 8 : 螺 栓 連 接 機 器 人

5 9 0 : 吸 力 機 器 人

5 9 1 : 挖 地 器 及 吸 力 機 器 人

5 9 2 : 噴 砂 器 及 噴 霧 器 機 器 人

5 9 3 : 鋼 筋 維 修 機 器 人

6 0 0 , 6 0 2 , 6 0 4 , 6 0 6 : 小 隊

7 0 0 , 7 1 0 , 7 2 2 , 7 2 4 : 群 落

7 0 2 , 7 1 2 : 岩 石 地 板

7 0 4 , 7 1 3 : 岩 石 面

7 0 6 , 7 1 4 : 岩 石 頂 棚

7 1 6 , 7 2 0 : 軟 管 或 管 路

7 1 6 A : 軟 管

7 1 8 : 軟 管

7 2 4 A , 7 2 4 B , 7 2 4 C , 7 2 4 D , 7 2 4 E : 小 隊

7 2 6 : 群 落

7 2 8 , 7 3 0 , 7 3 2 , 7 3 4 : 隧 道

7 3 3 : 未 被 服 務 的 礦 區

1 1 0 0 : 採 礦 機 器 人

1 1 0 5 : 通 用 平 台

1 1 0 6 : 結 構 平 台

1 1 0 6 A : 外 殼

1 1 0 6 B : 支 撐 框

1 1 0 7 : 資 料 模 組

1 1 0 8 : 電 力 模 組

1 1 0 9 : 溫 度 模 組

1 1 1 0 : 行 動 力 平 台

1 1 1 1 : 履 帶 式 模 組

1 1 1 2 : 輪 式 模 組

1 1 1 3 : 足 式 模 組

1 1 1 5 : 電 力 供 應 器 / 月 球 輪 式 模 組

1 1 1 6 : 助 推 器 模 組

1 1 2 0 : 有 效 負 荷 堆 疊

1 1 2 1 : 挖 地 器 模 組

1 1 2 2 : 機 器 臂 模 組

1 1 2 3 : 推 土 機 模 組

1 1 2 4 : 混 合 器 模 組

1 1 2 5 : 流 體 容 器 模 組

1 2 0 0 : 挖 地 器 機 器 人

1 2 0 1 : 挖 地 器 機 器 人

1 2 2 0 : 挖 地 器 有 效 負 荷 堆 疊

1 2 2 1 : 挖 地 器 工 具

1 2 2 2 : 機 器 臂

1 2 2 3 , 1 2 2 7 : 感 測 器

1 2 2 5 : 切 割 器 工 具

1 2 2 6 : 機 器 臂 1 3 0 0 : 清 掃 器 機 器 人

1 3 2 1 , 1 3 2 2 : 清 掃 器

1 3 2 1 a : 斜 坡

1 3 2 3 : 輸 送 器

1 3 2 4 : 碎 石 器

1 3 2 5 : 轉 子

1 3 2 6 : 馬 達

1 3 2 7 : 入 口

- 1 3 2 8 : 出 口
- 1 3 2 9 : 物 料 收 集 袋
- 1 4 0 0 : 浮 選 機 器 人
- 1 4 2 0 : 浮 選 有 效 負 荷 堆 疊
- 1 4 2 1 : 浮 選 單 元
- 1 5 0 0 : 吸 力 機 器 人
- 1 5 2 0 : 吸 力 有 效 負 荷 堆 疊
- 1 5 2 1 : 吸 力 構 件
- 1 5 2 2 : 機 器 臂
- 1 5 2 3 : 第 二 吸 力 構 件 及 / 或 機 器 臂
- 1 6 0 0 : 清 掃 器 機 器 人
- 1 6 2 0 : 清 掃 器 有 效 負 荷 堆 疊
- 1 6 2 1 : 清 掃 器 構 件
- 1 6 2 2 : 清 掃 器 構 件
- 1 6 2 3 : 輸 送 器
- 1 6 2 4 : 第 一 臂
- 1 6 2 5 : 機 器 臂
- 1 6 2 6 : 刮 刀
- 1 7 0 0 : 噴 射 混 凝 土 機 器 人
- 1 7 2 0 : 噴 射 混 凝 土 有 效 負 荷 堆 疊
- 1 7 2 1 : 噴 嘴
- 1 7 2 2 : 機 器 臂
- 1 7 2 3 : 供 應 軟 管
- 1 8 0 0 : 螺 栓 連 接 機 器 人

1 8 2 0 : 螺 栓 連 接 有 效 負 荷 堆 疊

1 8 2 1 : 螺 栓 插 入 器

1 9 0 0 : 焊 接 機 器 人

1 9 2 0 : 焊 接 有 效 負 荷 堆 疊

1 9 2 1 : 焊 頭

1 9 2 2 : 機 器 臂

2 0 0 0 , 2 0 0 1 , 2 0 0 2 : 挖 地 器 機 器 人

2 0 2 0 : 挖 地 器 有 效 負 荷 堆 疊

2 1 0 0 : 推 土 機 機 器 人

2 1 2 1 : 葉 片 及 / 或 升 舉 模 組

2 2 0 0 : 泵 送 機 器 人

2 2 2 0 : 流 體 有 效 負 荷 堆 疊

2 2 2 1 : 吸 力 噴 嘴

2 2 2 2 : 機 器 臂

2 2 2 3 : 儲 存 槽

2 3 0 0 : 3 D 建 構 機 器 人

2 3 2 0 : 3 D 建 構 有 效 負 荷 堆 疊

2 3 2 1 : 噴 嘴

2 3 2 2 : 機 器 臂

2 3 2 3 : 3 D 化 合 物 儲 存 槽

2 4 0 0 : 操 縱 器 機 器 人

2 4 2 0 : 維 修 有 效 負 荷 堆 疊

2 4 2 1 , 2 4 2 2 : 機 器 人 操 縱 器

2 4 2 3 , 2 4 2 4 : 機 器 臂

2 5 0 0 , 2 5 0 1 , 2 5 0 2 : 測 量 機 器 人

2 5 2 0 : 測 量 有 效 負 荷 堆 疊

2 5 2 1 : 測 量 模 組

2 5 2 2 : 機 器 臂

2 5 2 3 : 終 端 效 應 器

2 6 0 0 : 月 球 油 箱 機 器 人

2 6 2 0 : 流 體 有 效 負 荷 堆 疊

2 7 0 0 : 月 球 推 土 機

2 7 2 0 : 推 土 機 有 效 負 荷 堆 疊

2 8 0 0 : 月 球 挖 地 器 機 器 人

2 8 2 0 : 挖 地 器 有 效 負 荷 堆 疊

2 9 0 0 : 微 重 力 服 務 機 器 人

2 9 2 0 : 維 修 有 效 負 荷 堆 疊

3 0 0 0 : 搬 運 器 機 器 人

3 0 2 0 : 太 陽 能 有 效 負 荷 堆 疊

【生物材料寄存】

國 內 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

國 外 寄 存 資 訊 (請 依 寄 存 國 家 、 機 構 、 日 期 、 號 碼 順 序 註 記)

無

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】 一種用於操作工業機器人的系統，該系統包含：

一或更多個群落，各群落包含：

一或更多個小隊，各小隊包含複數個機器人，各機器人經配置以自主地操作且包括與一有效負荷堆疊耦接的一通用平台，該有效負荷堆疊是該通用平台可耦接的複數個有效負荷堆疊中之一者，及其中各機器人經配置以利用該有效負荷堆疊來進行一有效負荷特定的工業任務；及

一群落控制中心，該群落控制中心經配置以與該一或更多個小隊遠端地通訊。

【請求項 2】 如請求項 1 所述之系統，其中該複數個機器人經配置以經由一群落通訊網路來彼此通訊及與該群落控制中心通訊。

【請求項 3】 如請求項 1 所述之系統，包含經配置以經由一群落通訊網路來彼此通訊的該等小隊中之兩個或更多個小隊。

【請求項 4】 如請求項 1 所述之系統，其中該通用平台進一步包含一行動力系統，該行動力系統經配置以移動各機器人。

【請求項 5】 如請求項 4 所述之系統，其中該行動力系統包含一履帶式系統、一輪式系統、或一足式系統。

【請求項 6】 如請求項 1 所述之系統，其中該通用平台包

含經配置以藉一機器人控制演算法操作的一控制系統。

【請求項 7】 如請求項 6 所述之系統，其中該機器人控制演算法包含一人工智慧或機器學習套件。

【請求項 8】 如請求項 1 所述之系統，其中該通用平台包含一資料處理系統，其中各資料封包包括一資料封包標頭，該資料封包標頭內含有關各機器人的識別資訊。

【請求項 9】 如請求項 8 所述之系統，其中該識別資訊包括下列之一或更多者：一群落識別符、一排 (platoon) 識別符、一小隊識別符、一機器人識別符、一機器人地點識別符、一機器人位置識別符、健康資料、效能資料、操作性資料、內務處理資料及 / 或感測器資料。

【請求項 10】 如請求項 1 所述之系統，其中該通用平台包含一硬體平台堆疊及一軟體平台堆疊，及其中該通用平台經配置以利用該硬體平台堆疊及該軟體平台堆疊來自主地操作該有效負荷堆疊，以進行該有效負荷特定的工業任務和與其他機器人及 / 或該群落控制中心通訊。

【請求項 11】 如請求項 1 所述之系統，其中該群落控制中心包含：

一通訊系統，該通訊系統經配置以經由一群落通訊網路來從該一或更多個群落接收操作資料及向該一或更多個群落發送更新資料；

一命令及控制系統，該命令及控制系統經配置以監視及支援該複數個機器人、將系統初始化、進行例外管理、分析該操作資料及根據對該操作性資料的分析來產生該

更新資料；及

一使用者介面，該使用者介面經配置以致能一使用者監視及控制該一或更多個群落。

【請求項 12】如請求項 1 所述之系統，進一步包含一遠端控制中心，該遠端控制中心經配置以經由該一或更多個群落之各者的該群落控制中心來與該一或更多個群落通訊，該遠端控制中心包含：

一通訊系統，該通訊系統經配置以經由一遠端通訊網路來從該一或更多個群落接收群落資料及向該相應群落控制中心發送群落更新資料；

一命令及控制系統，該命令及控制系統經配置以分析該群落資料及根據對該群落資料的分析來產生該群落更新資料；及

一使用者介面，該使用者介面經配置以致能一使用者監視及控制該一或更多個群落控制中心。

【請求項 13】如請求項 12 所述之系統，其中該遠端控制中心包括一模擬系統，該模擬系統經配置以在向該等相應群落控制中心發送該群落更新資料之前，利用該群落更新資料來模擬該一或更多個群落的操作。

【請求項 14】如請求項 12 所述之系統，其中該群落更新資料包括用於一或更多個機器人的經更新的機器人控制演算法。

【請求項 15】如請求項 12 所述之系統，其中該群落更新資料是基於機器學習的。

【請求項 16】一種用於操作自主工業機器人的系統，該系統包含：

一控制中心；

複數個第一工業機器人，該複數個第一工業機器人經配置以自主地進行一第一工業任務；及

複數個第二工業機器人，該複數個第二工業機器人經配置以自主地進行一第二工業任務，該第二工業任務不同於該第一工業任務，

其中該複數個第一工業機器人中的一或更多個第一工業機器人與該複數個第二工業機器人中的一或更多個第二工業機器人經配置以自主地彼此通訊及與該控制中心通訊，且其中該複數個第一工業機器人中的該一或更多個第一工業機器人與該複數個第二工業機器人中的該一或更多個第二工業機器人經配置以自主地一起工作以達成一協作工業目的，該協作工業目的乃自進行該第一工業任務及該第二工業任務所得。

【請求項 17】如請求項 16 所述之系統，其中該複數個第一工業機器人中的各第一工業機器人包含與一第一有效負荷堆疊耦接的一通用平台，及該複數個第二工業機器人中的各第二工業機器人包含與一第二有效負荷堆疊耦接的該通用平台，其中該等第一及第二有效負荷堆疊為該通用平台可耦接的複數個有效負荷堆疊中之一者，及其中各第一工業機器人經配置以利用該第一有效負荷堆疊來進行一第一有效負荷特定的工業任務，及各第二工

業機器人經配置以利用該第二有效負荷堆疊來進行一第二有效負荷特定的工業任務。

【請求項18】如請求項16所述之系統，其中該複數個第一工業機器人包含複數個第一採礦機器人，該複數個第二工業機器人包含複數個第二採礦機器人，及其中該協作工業目的包含一協作採礦目的。

【請求項19】一種使用自主工業機器人的方法，該方法包含下列步驟：

建立在一第一工業機器人與一第二工業機器人之間的自主通訊；

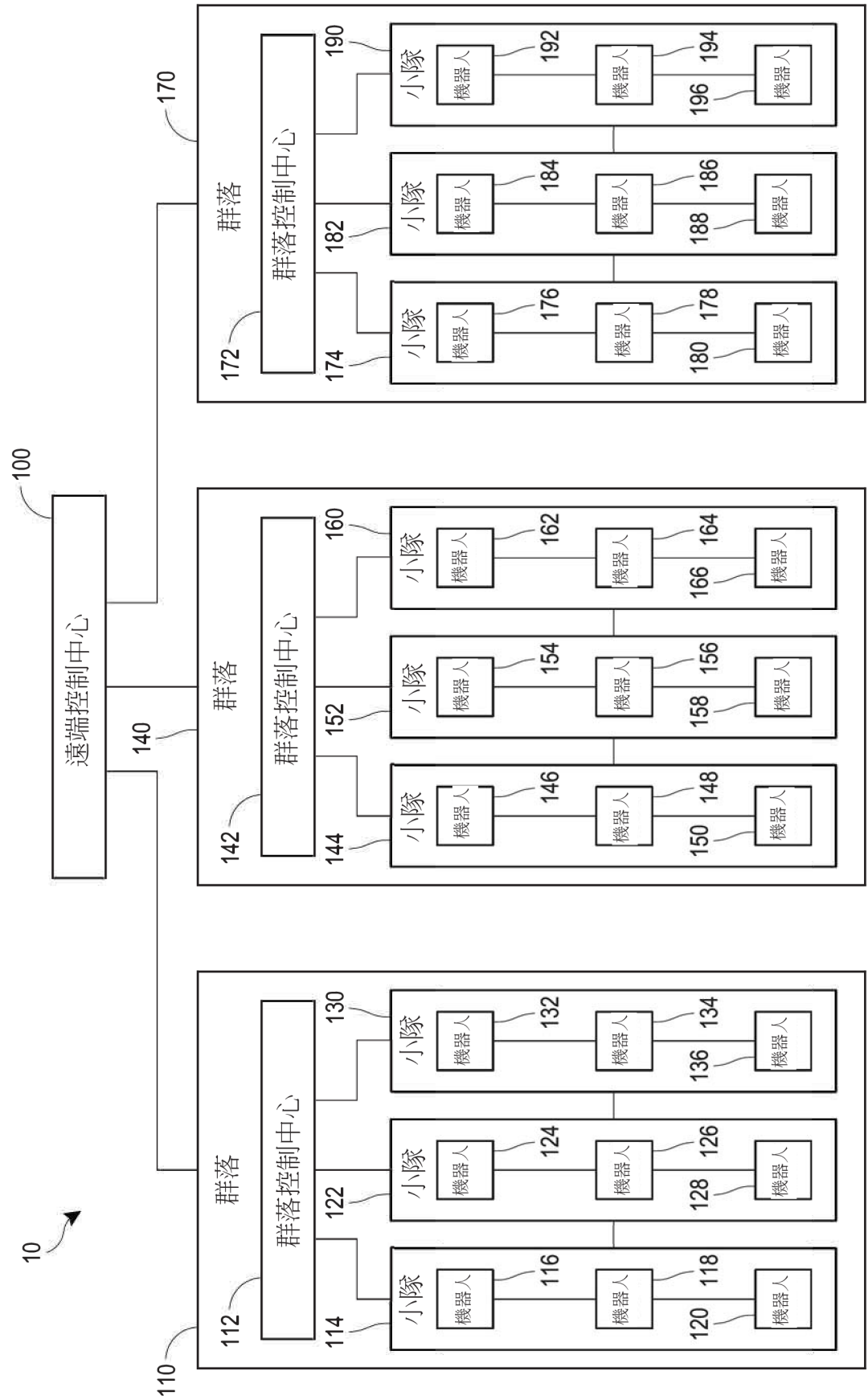
回應於該等自主通訊而藉該第一工業機器人自主地進行一第一工業任務；

回應於該等自主通訊而藉一第二工業機器人自主地進行一第二工業任務，該第二工業任務不同於該第一工業任務，其中進行該等第一及第二工業任務導致達成一協作工業目的；及

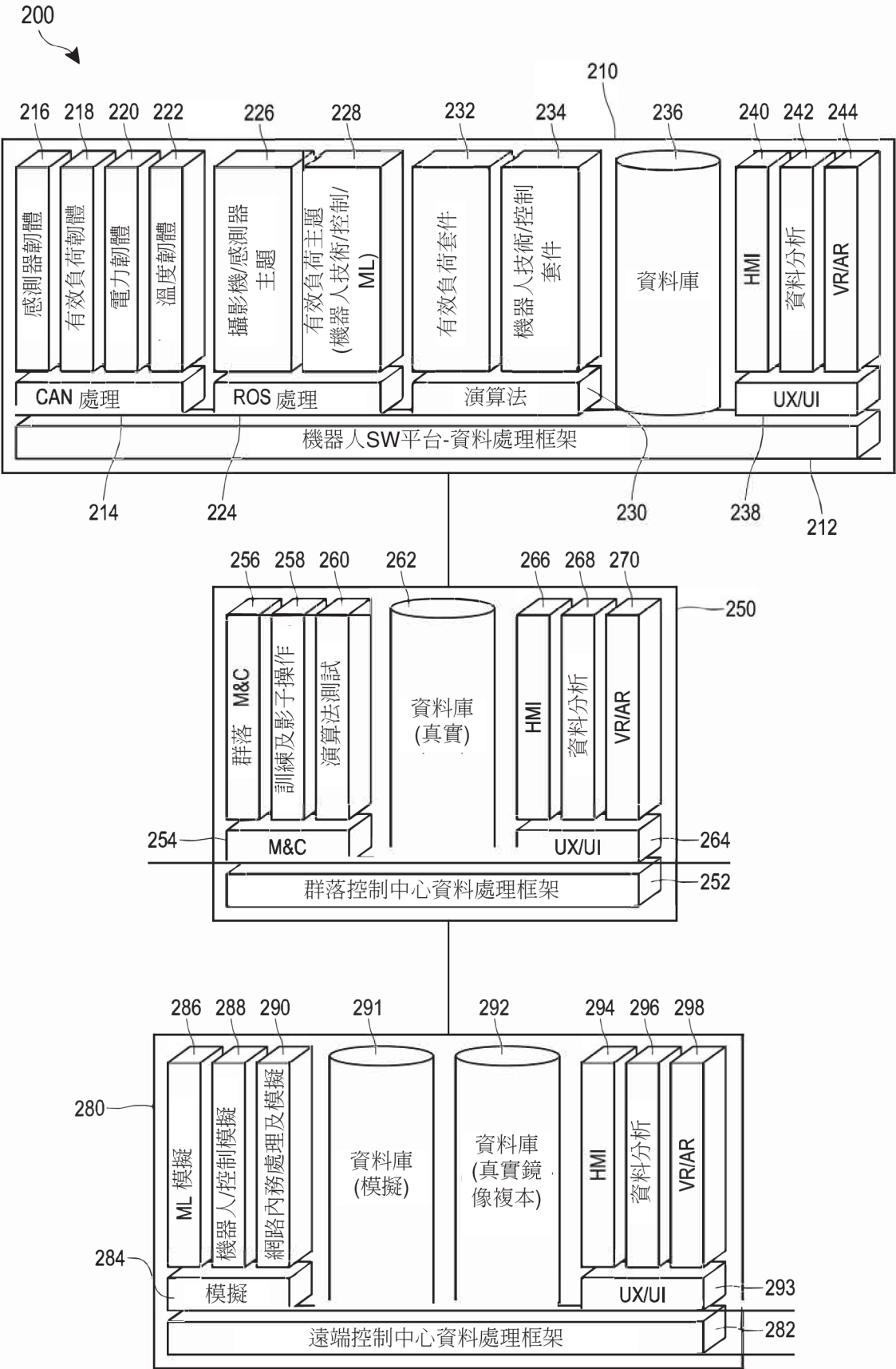
利用該第一或第二工業機器人，自主地與一控制中心通訊一第一資料，該第一資料有關該協作工業目的。

【請求項20】如請求項19所述之方法，其中該第一工業機器人是一採礦機器人而該協作工業目的是一協作採礦目的。

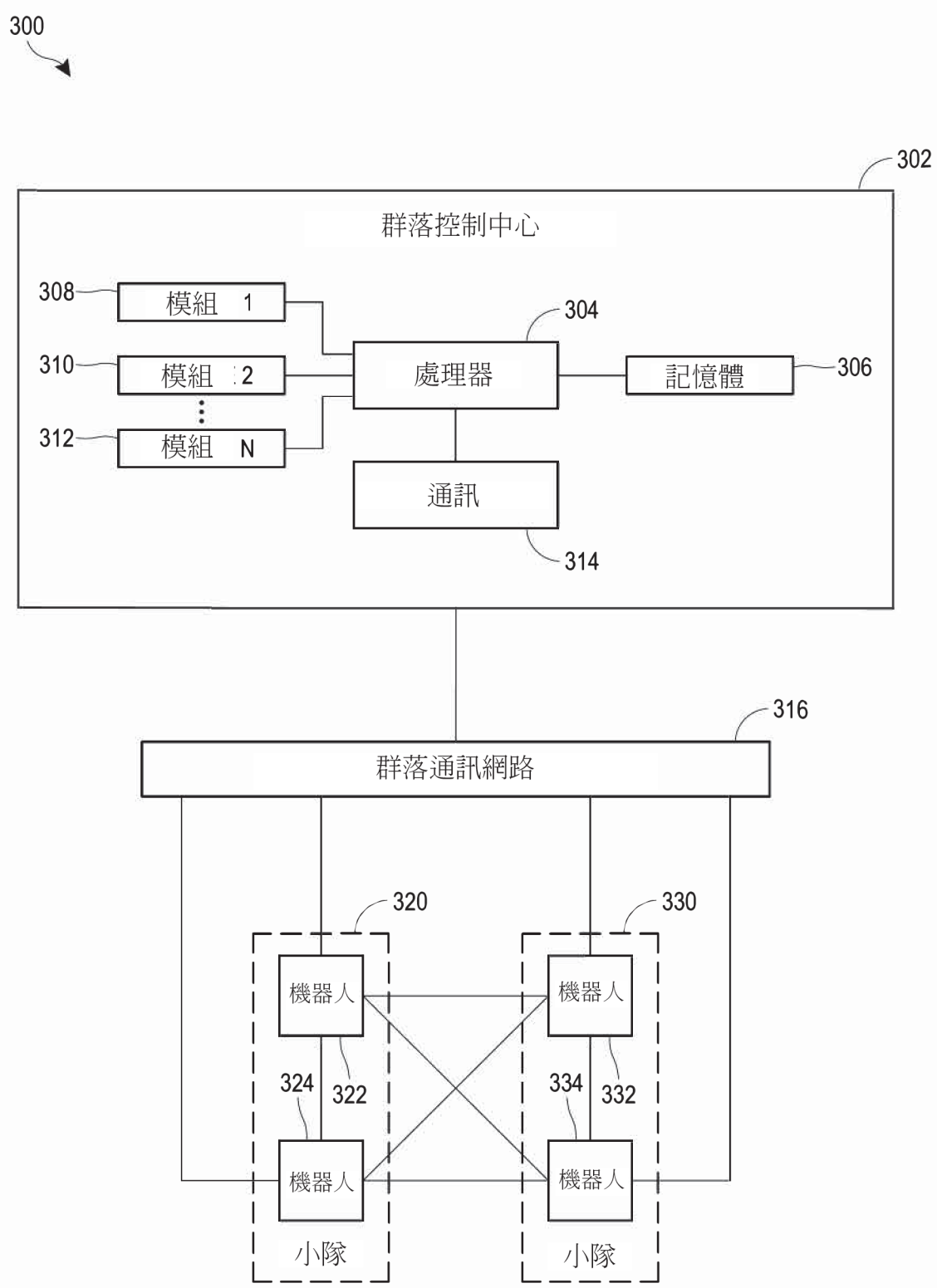
【發明圖式】



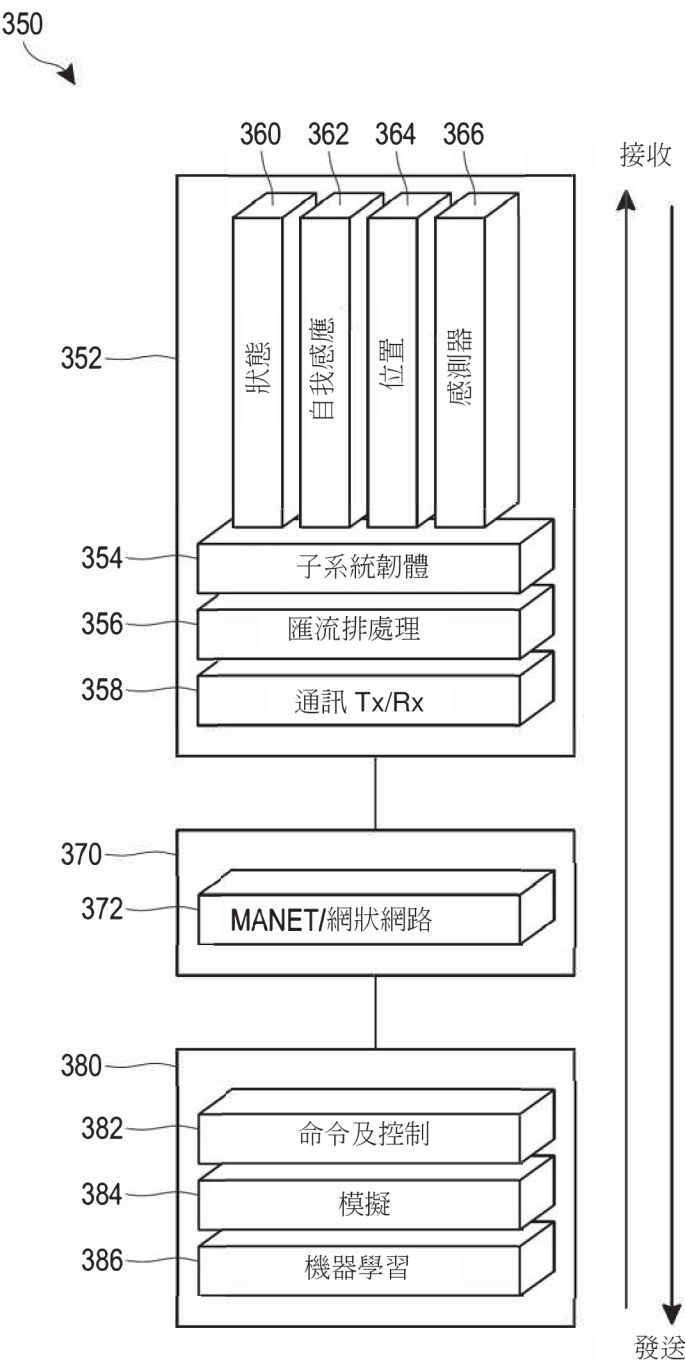
第1圖



第2圖

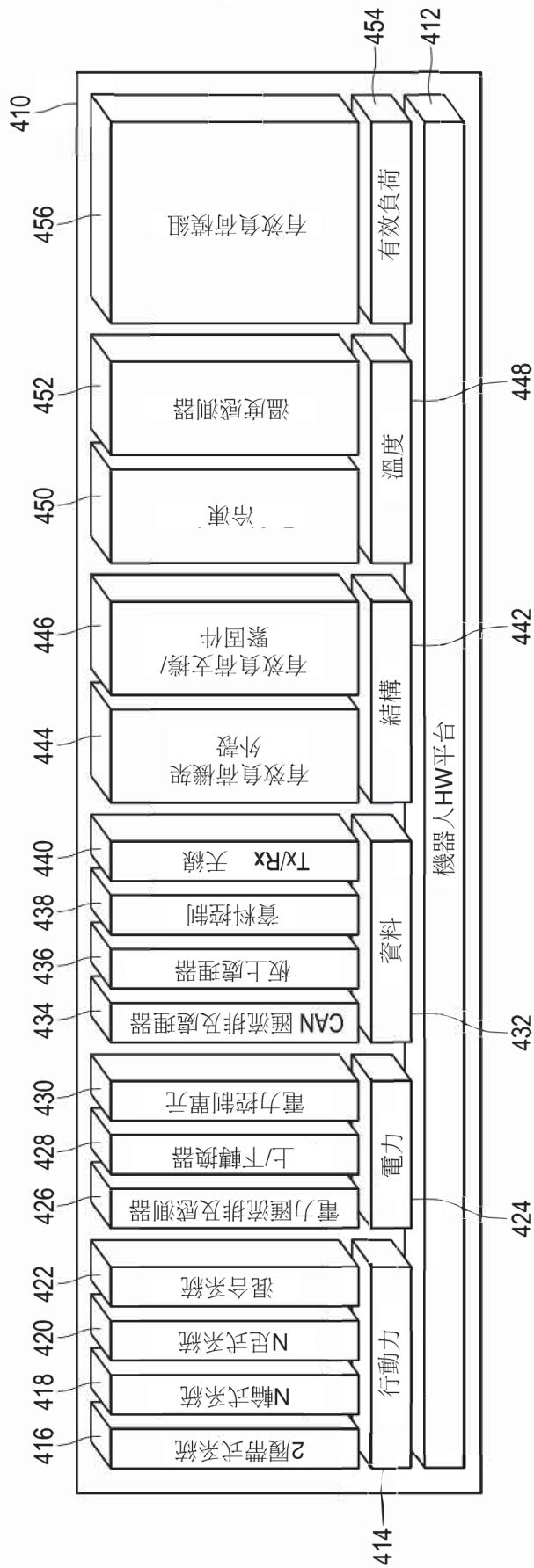


第3A圖

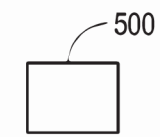


第3B圖

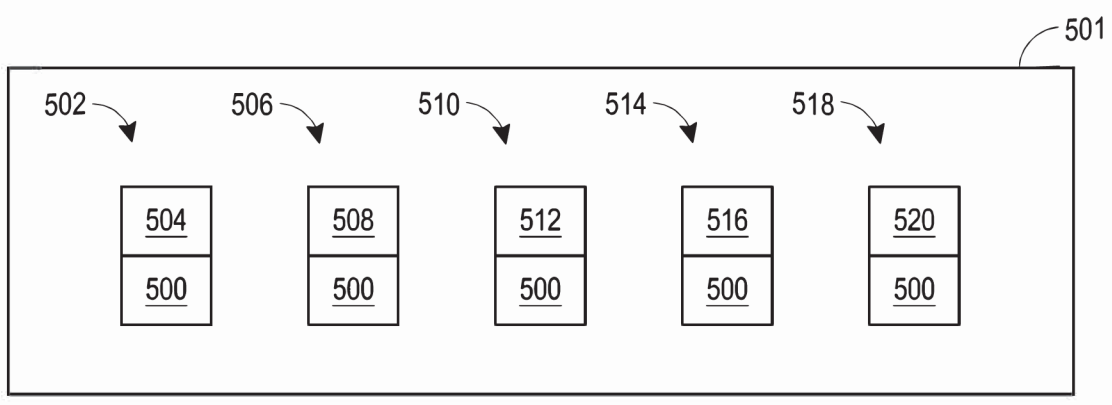
400 ↗



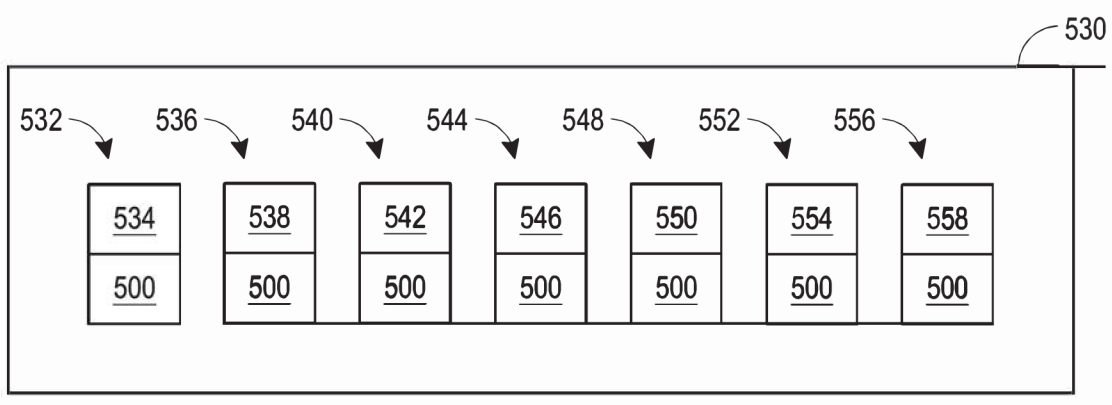
第4圖



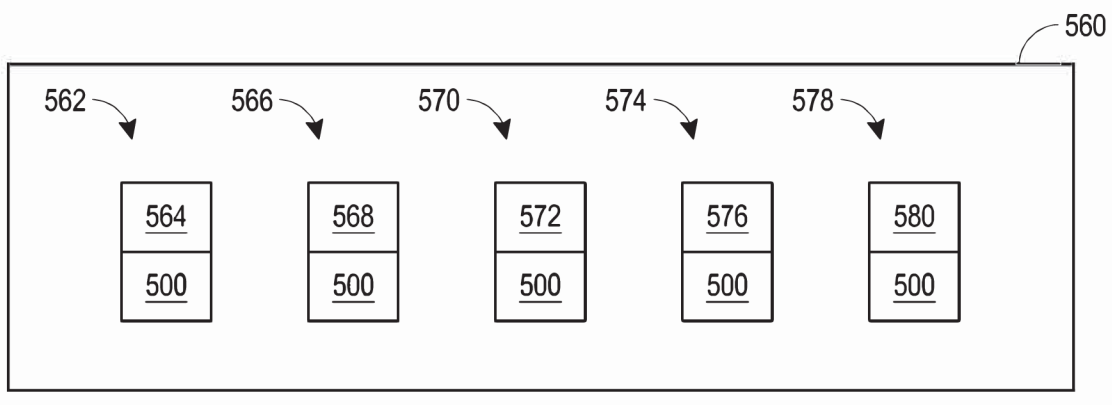
第5A圖



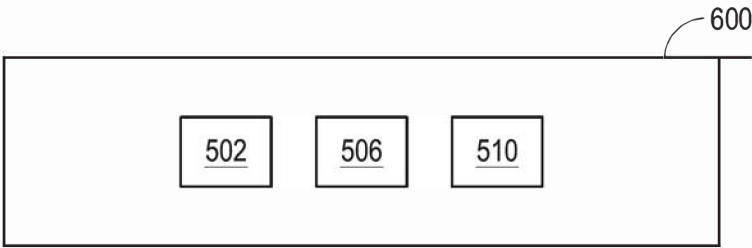
第5B圖



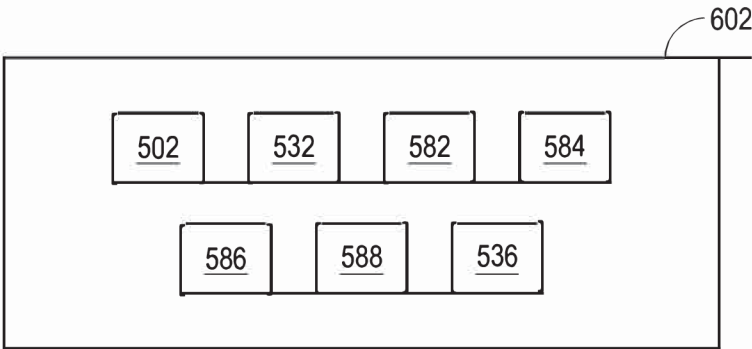
第5C圖



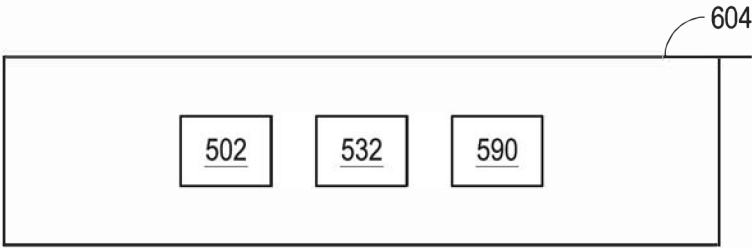
第5D圖



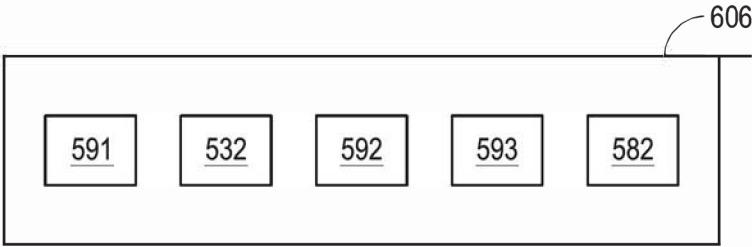
第6A圖



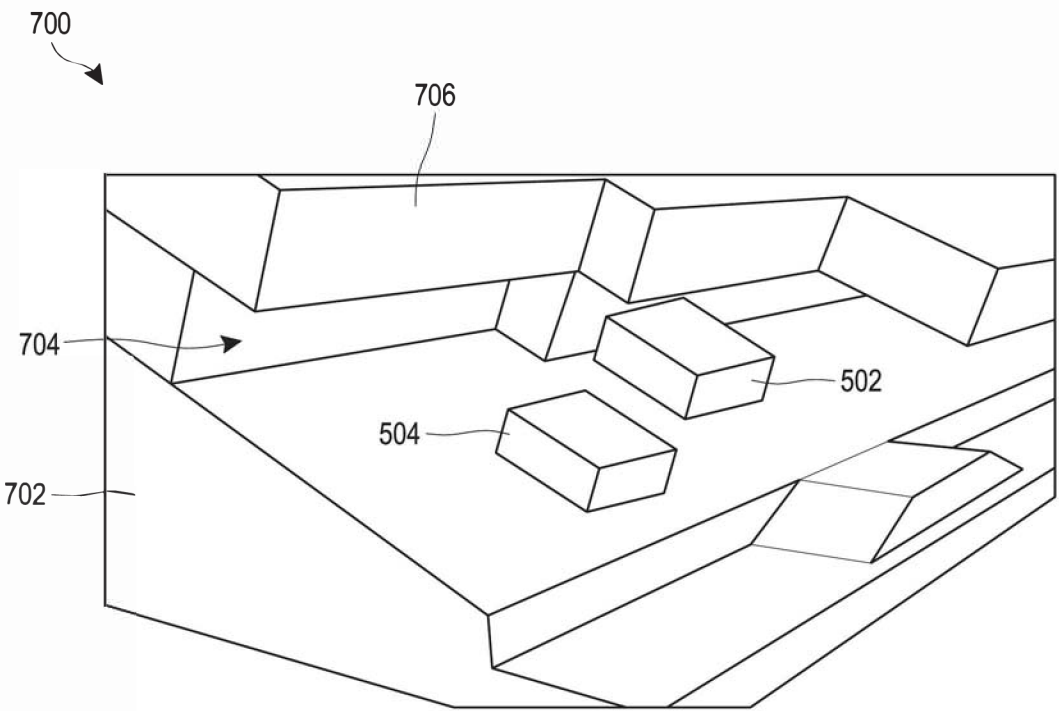
第6B圖



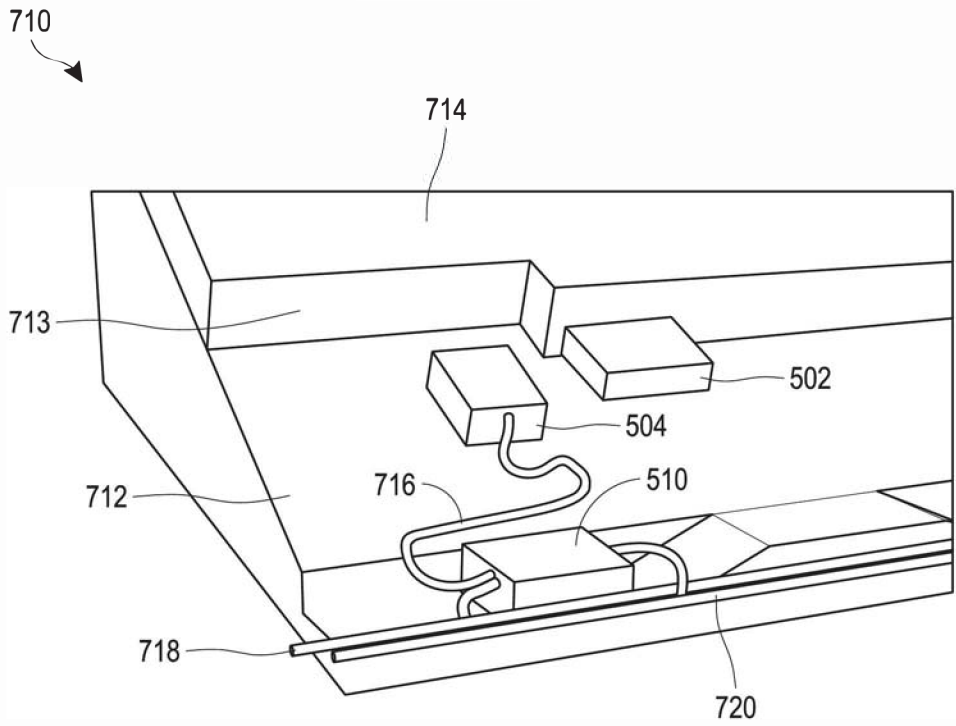
第6C圖



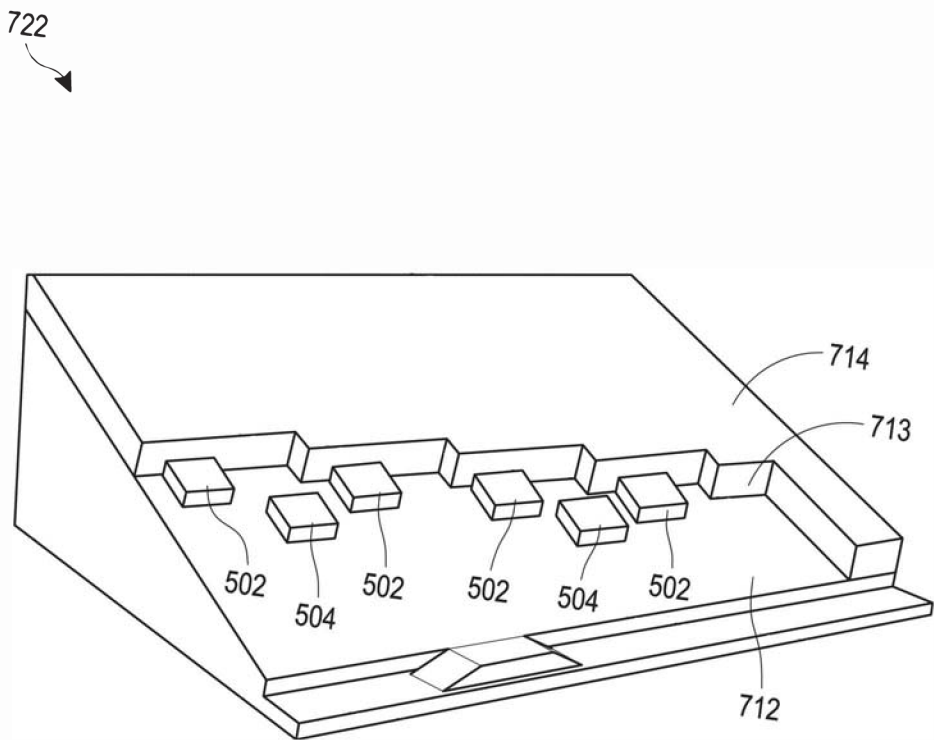
第6D圖



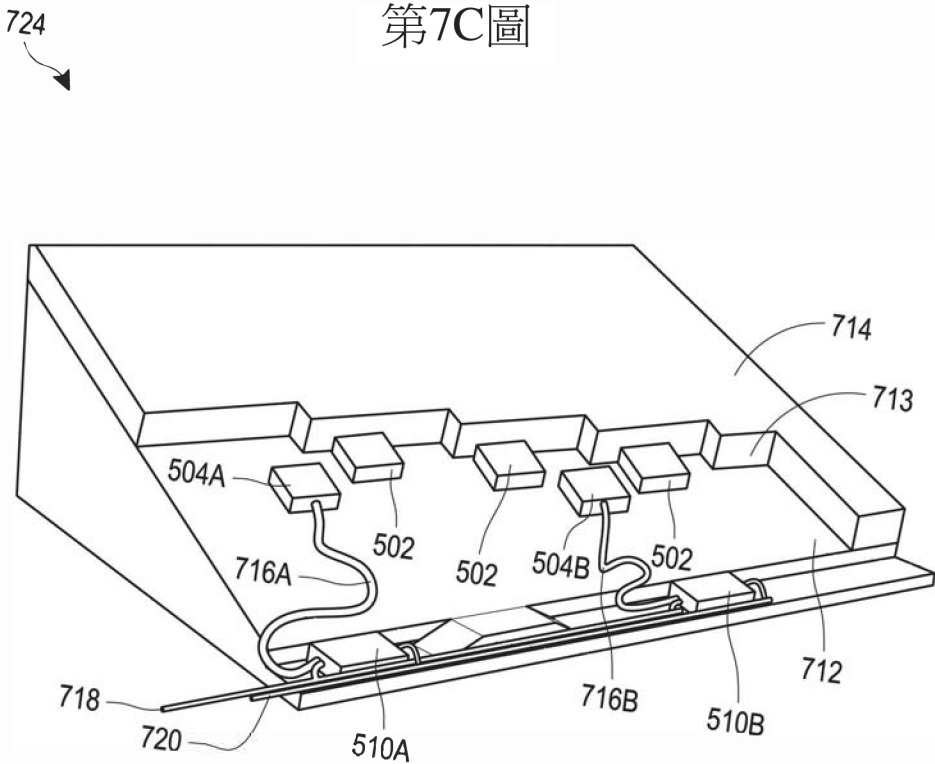
第7A圖



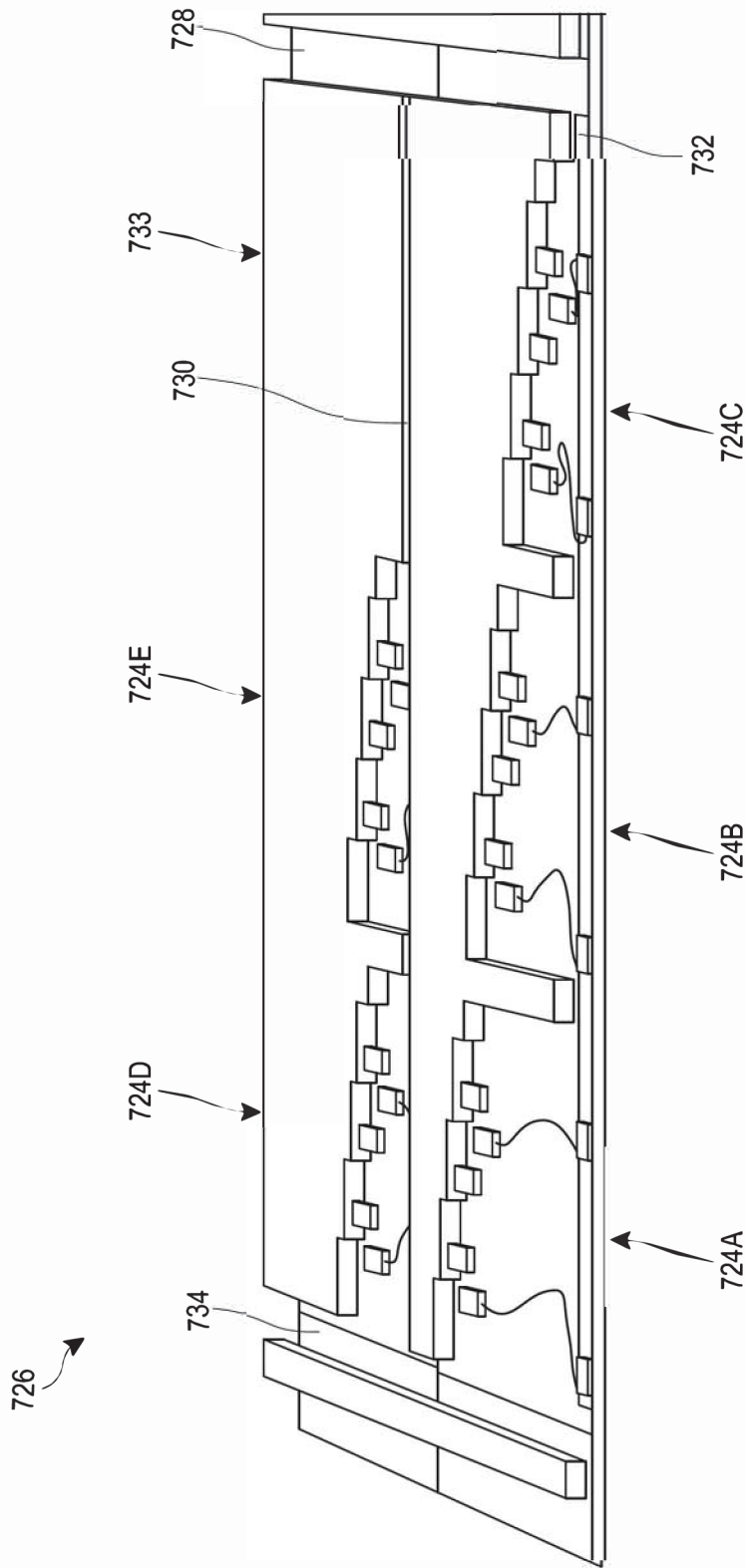
第7B圖



第7C圖

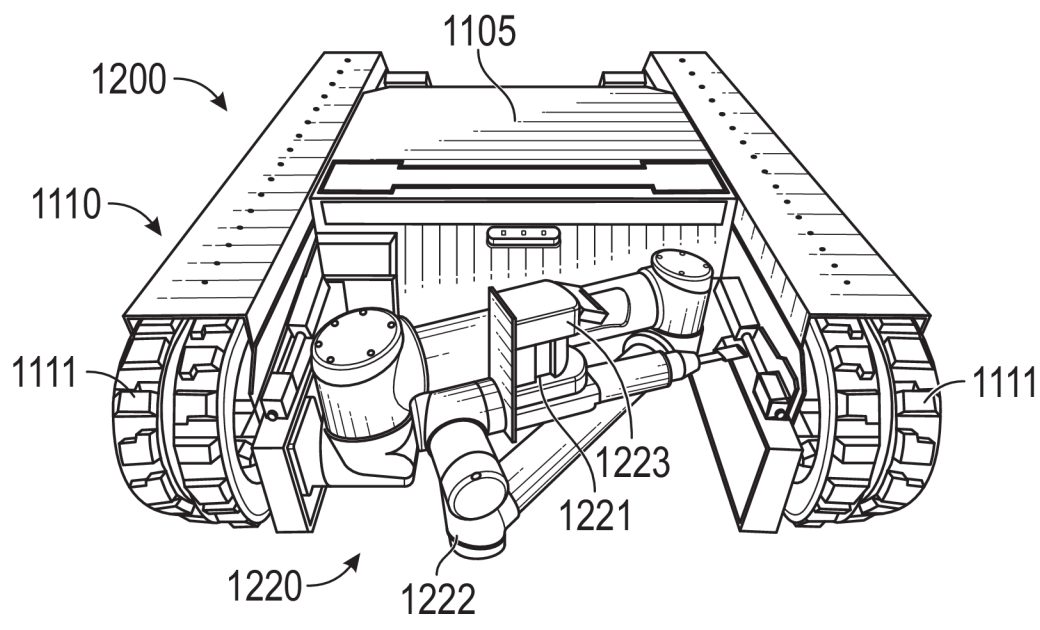


第7D圖

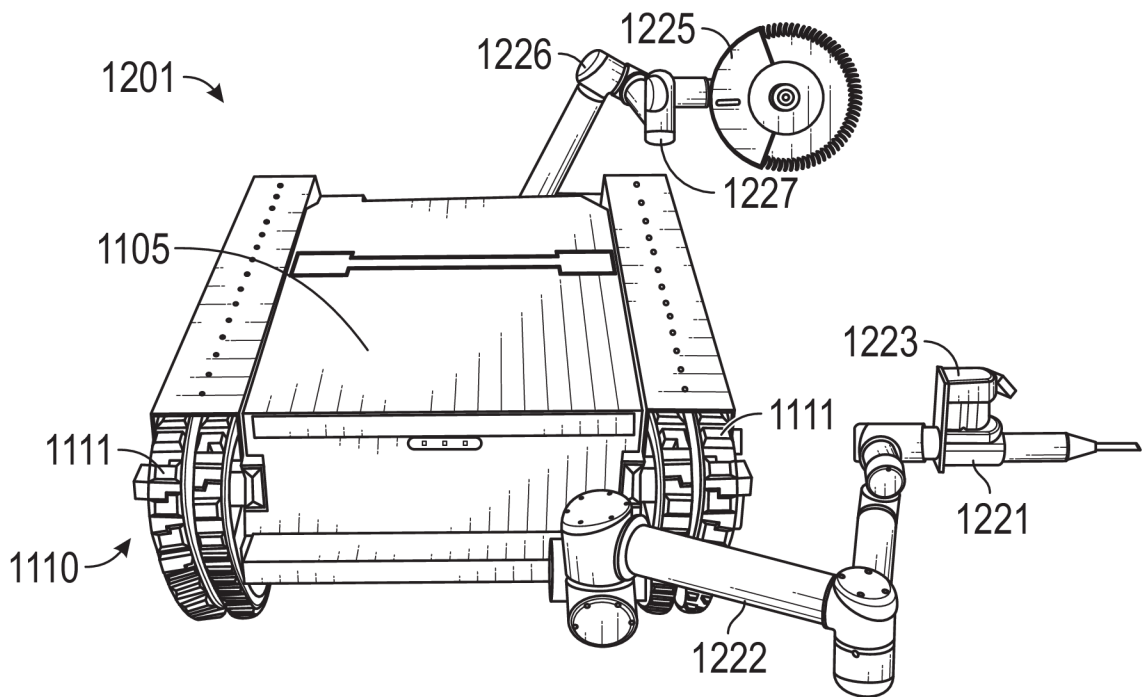


第7E圖

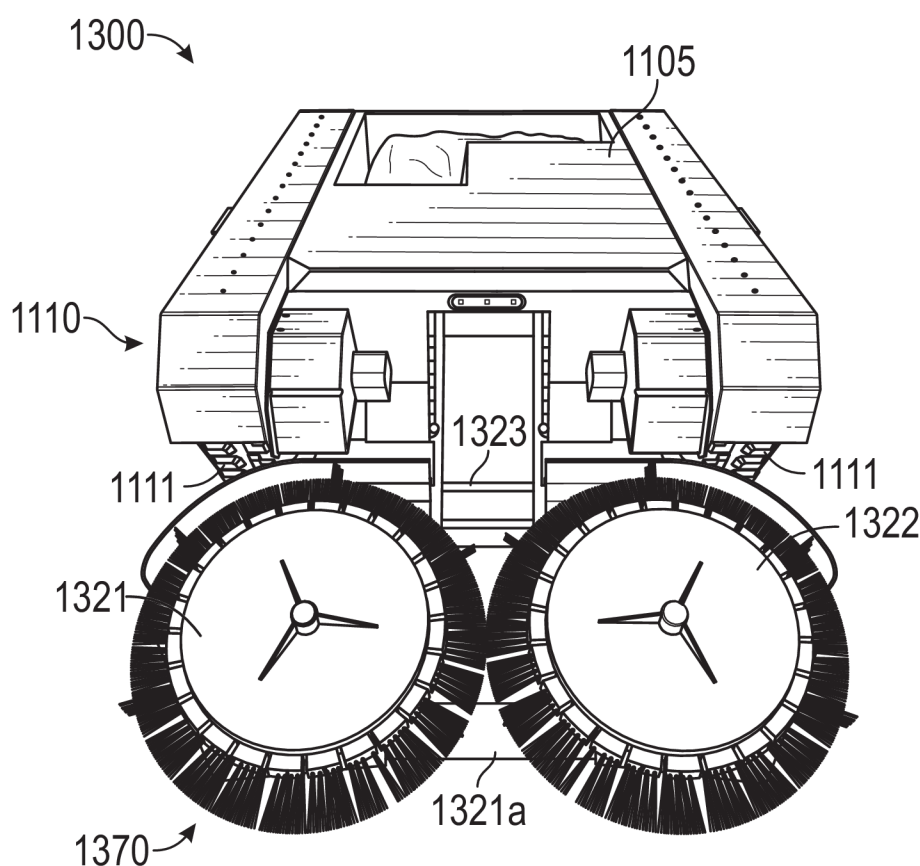




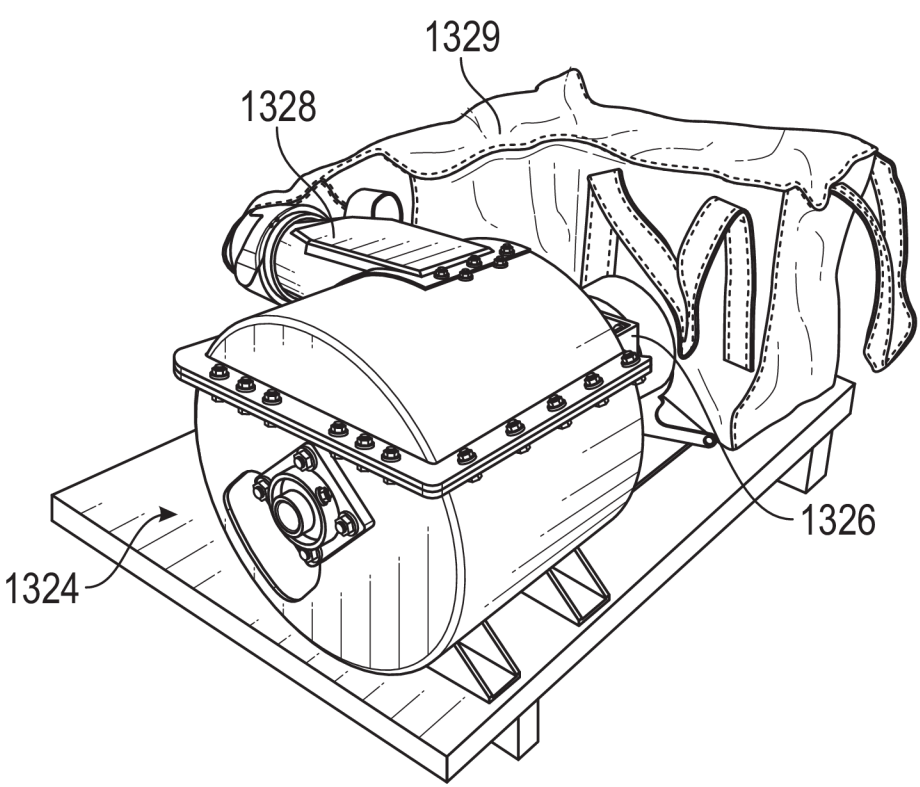
第9A圖



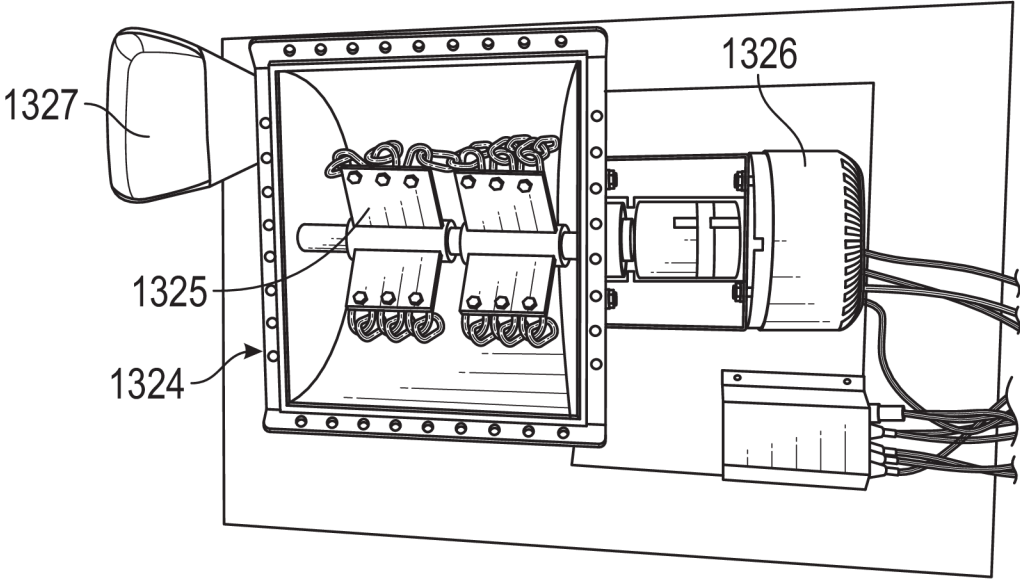
第9B圖



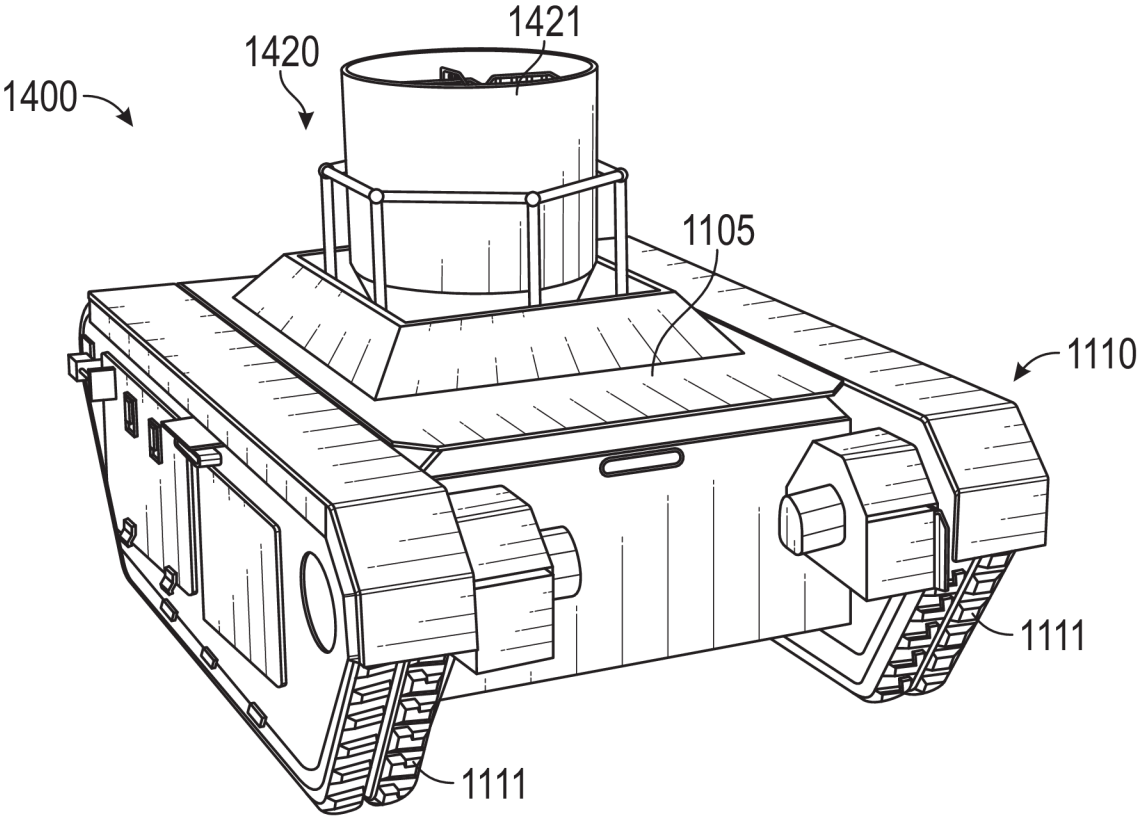
第10A圖



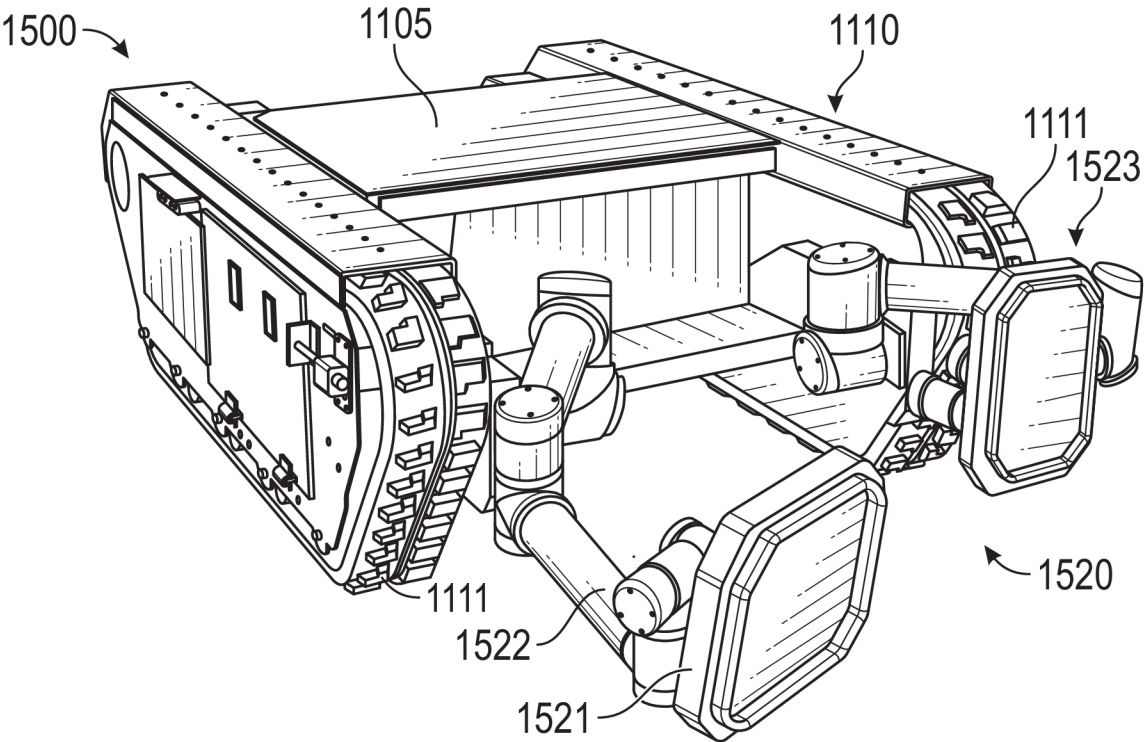
第10B圖



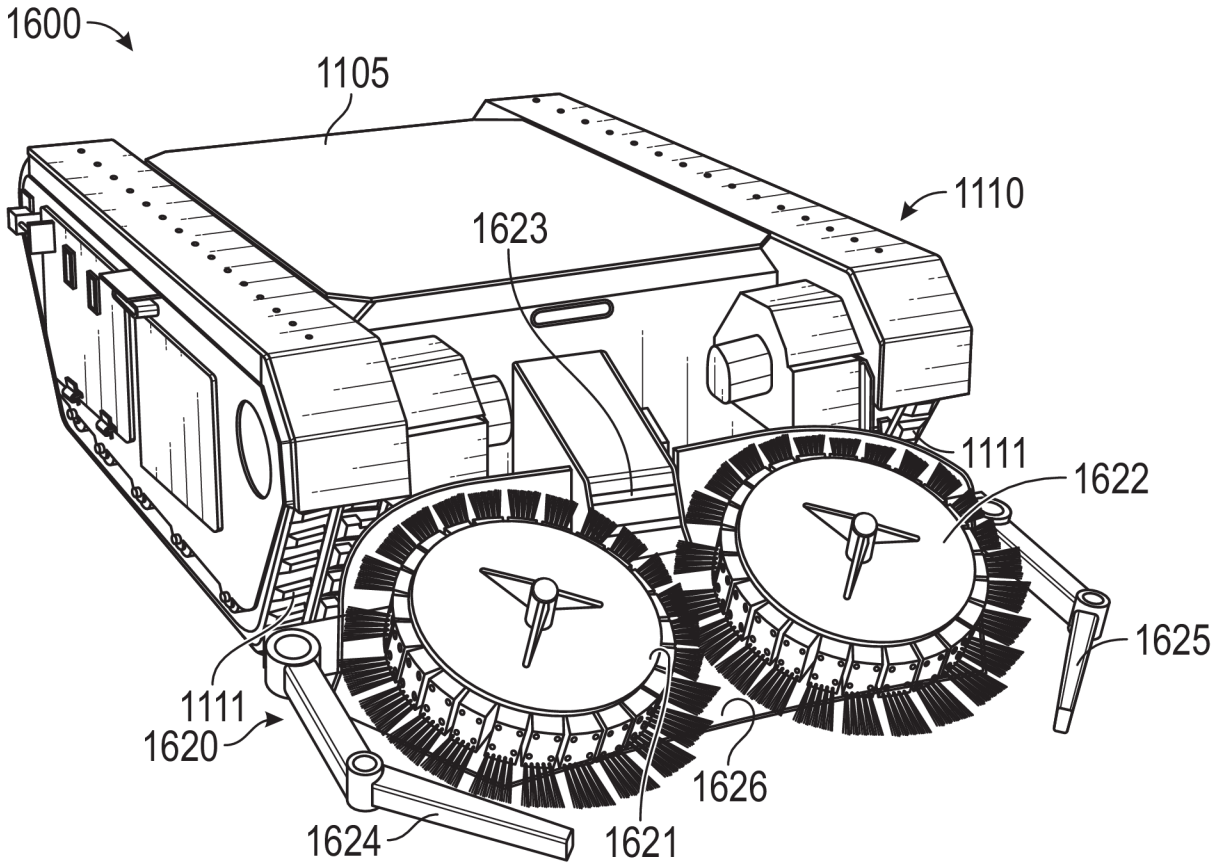
第10C圖



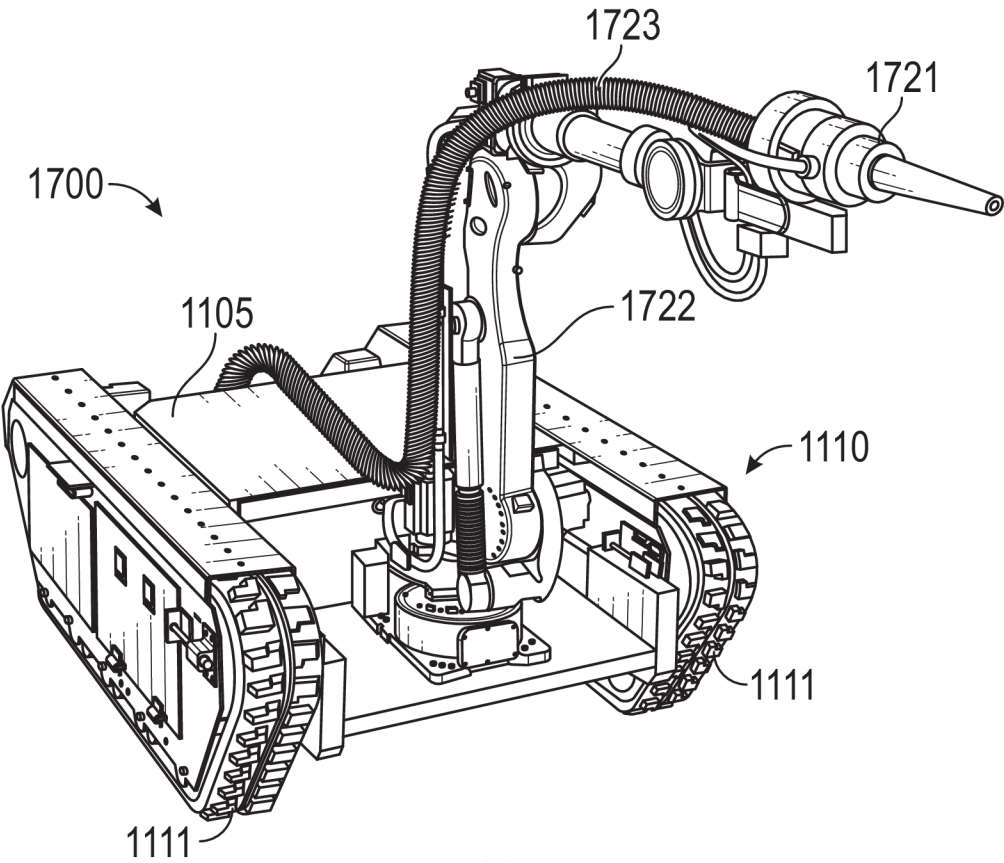
第11A圖



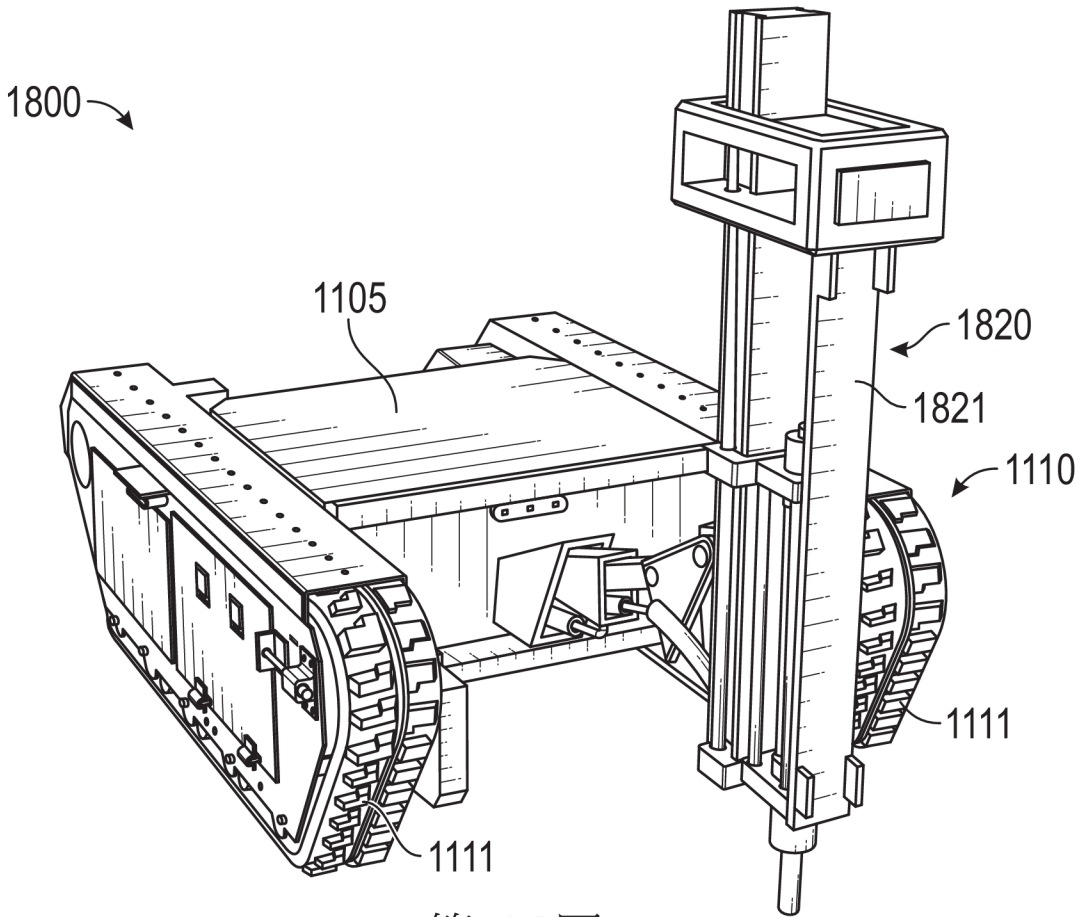
第11B圖



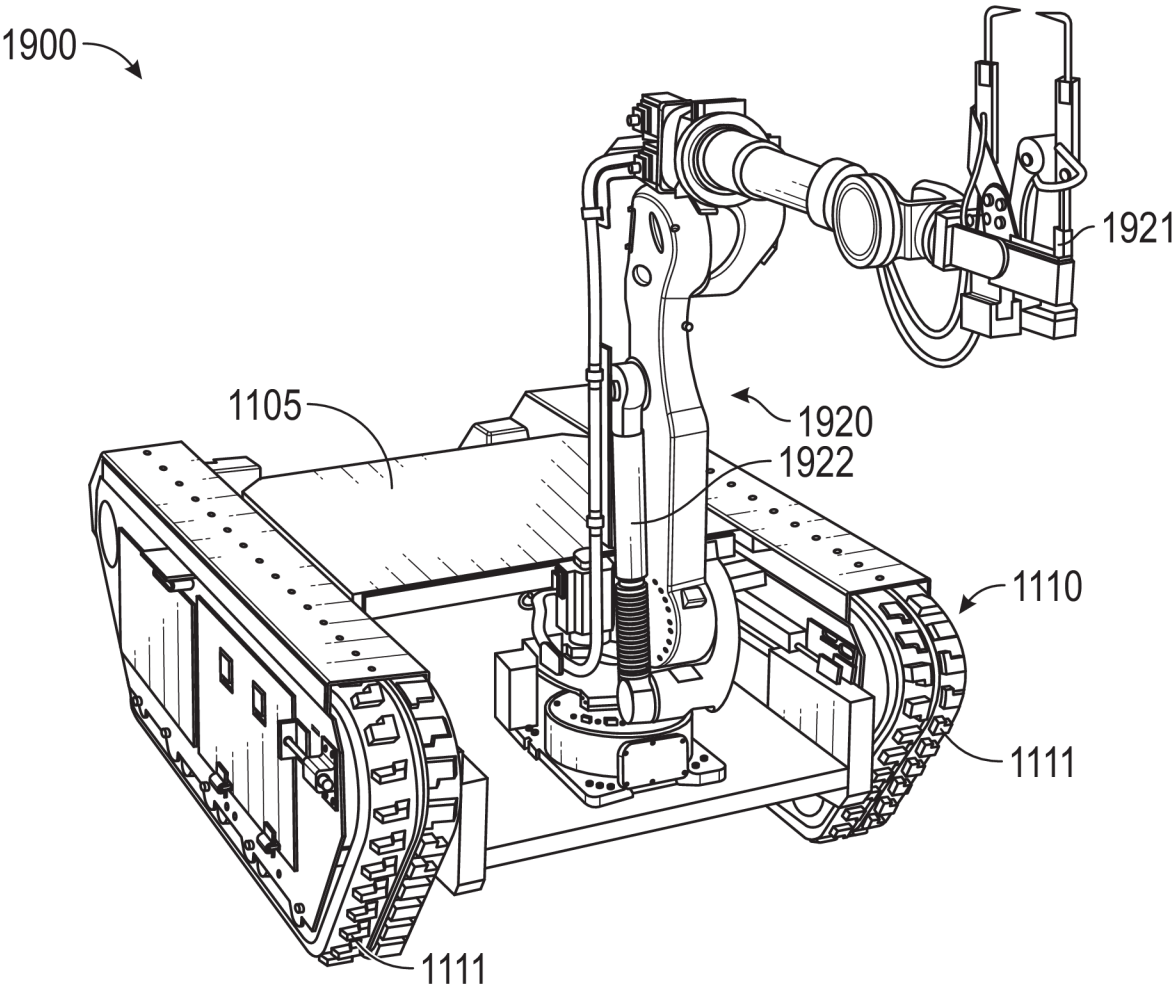
第12A圖



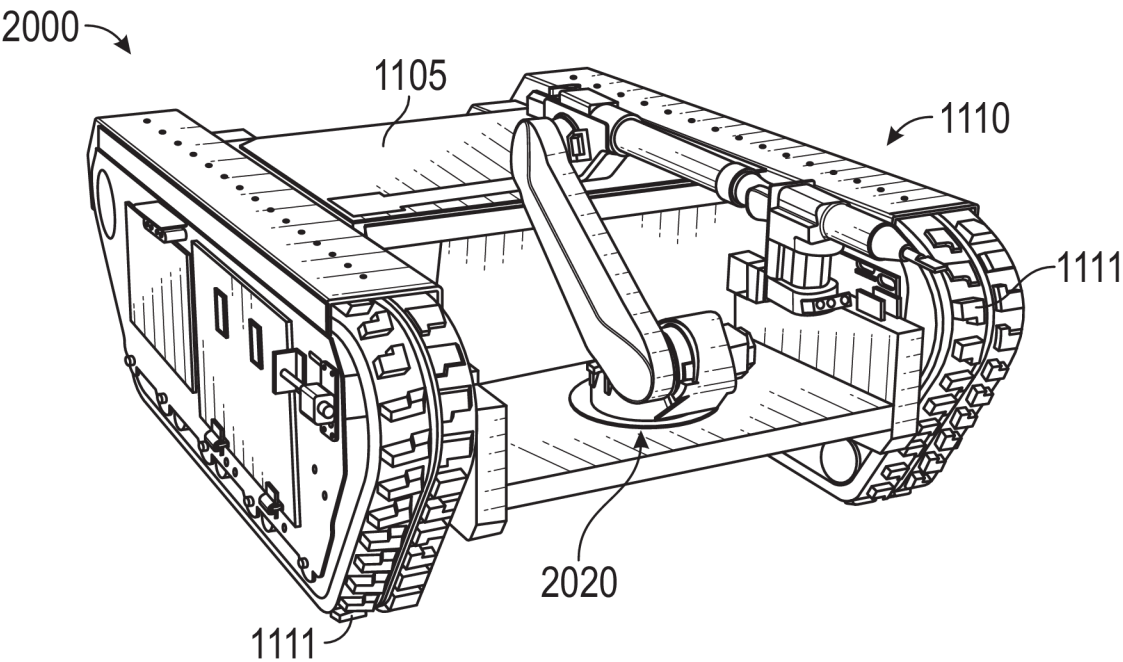
第12B圖



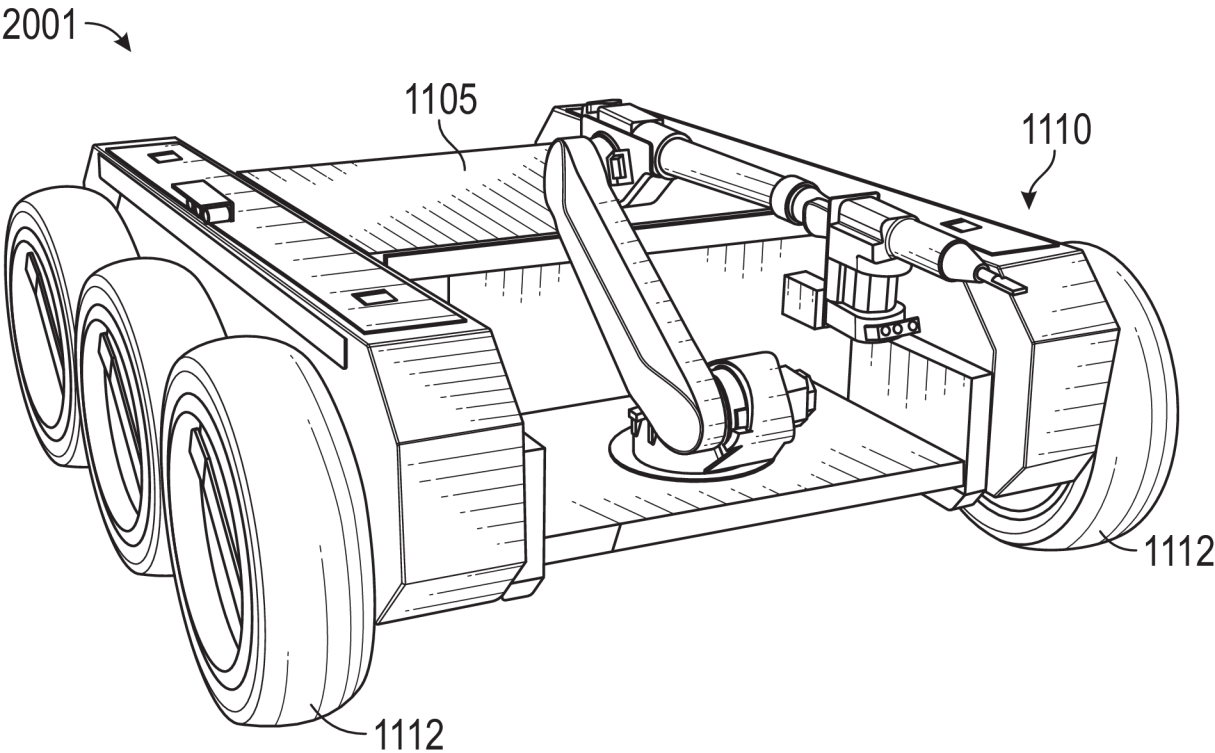
第12C圖



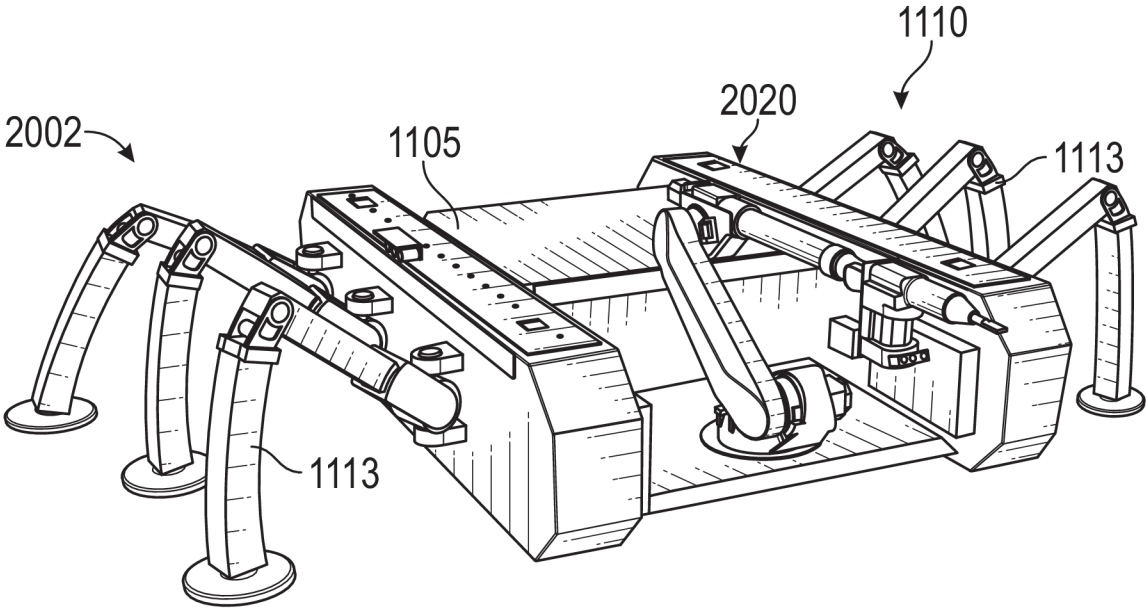
第12D圖



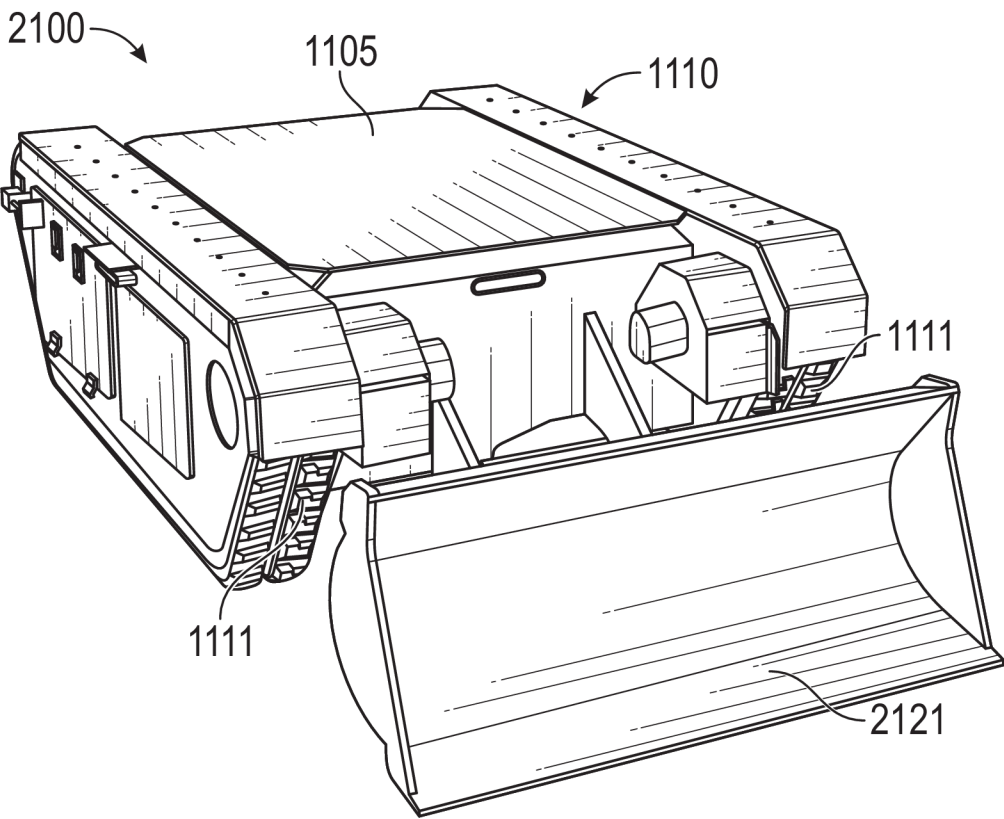
第13A圖



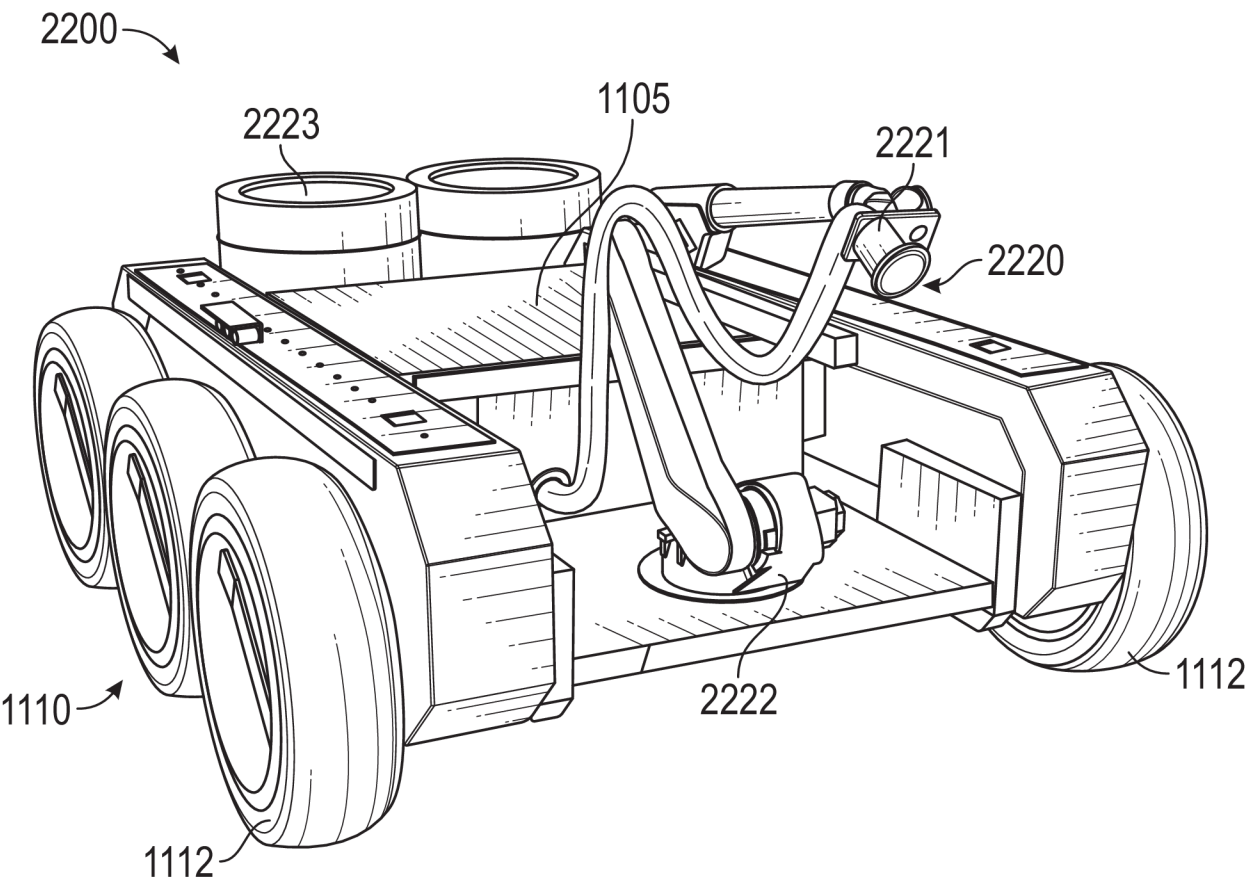
第13B圖



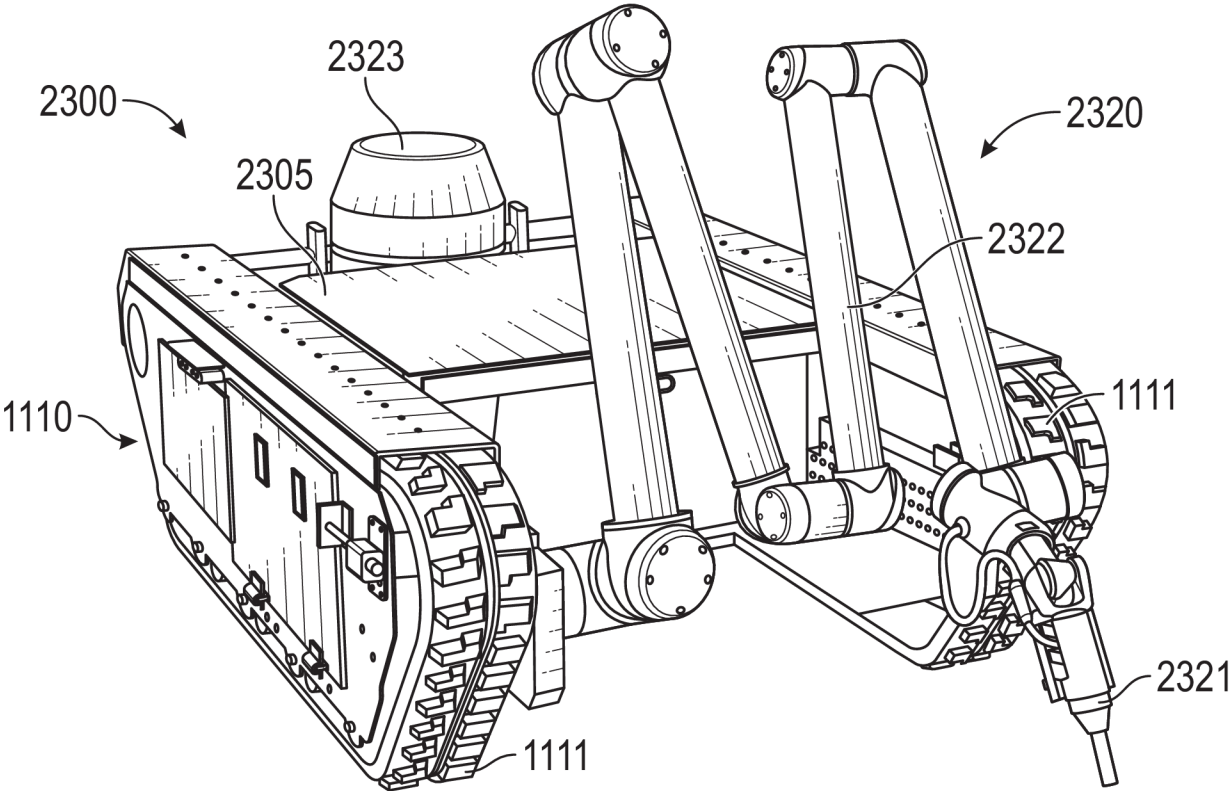
第13C圖



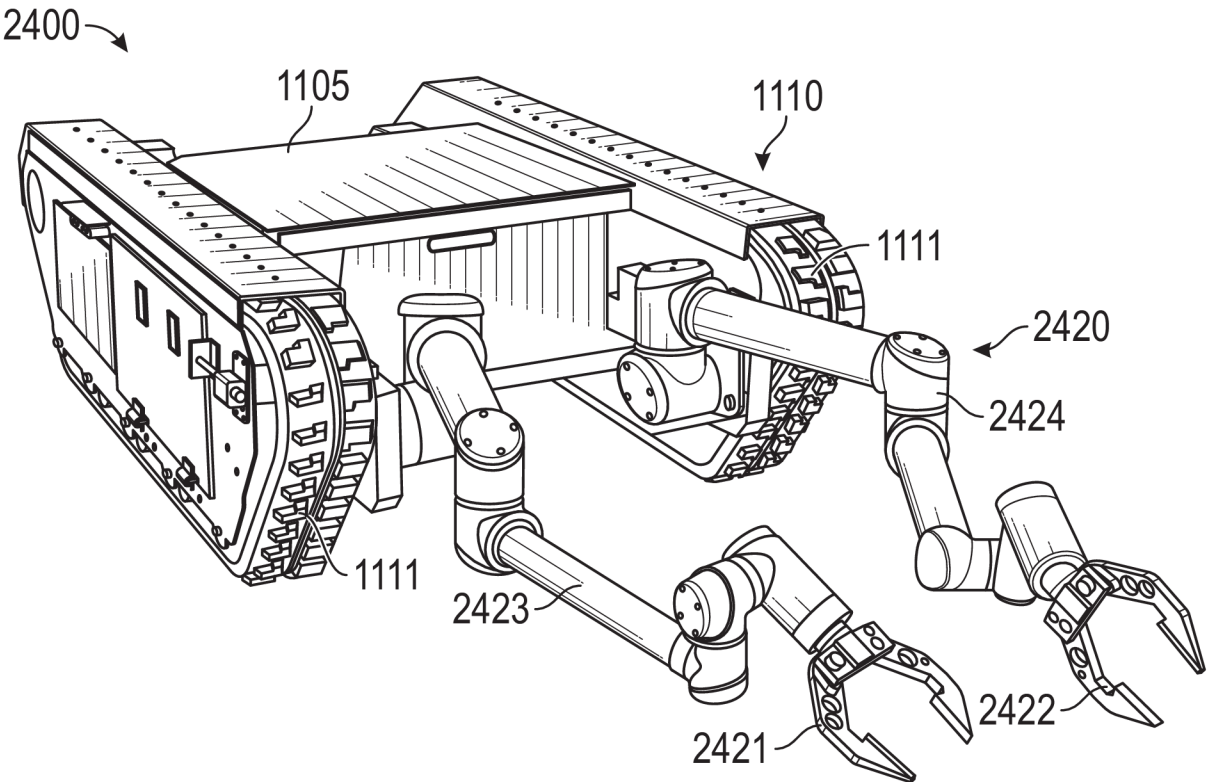
第14A圖



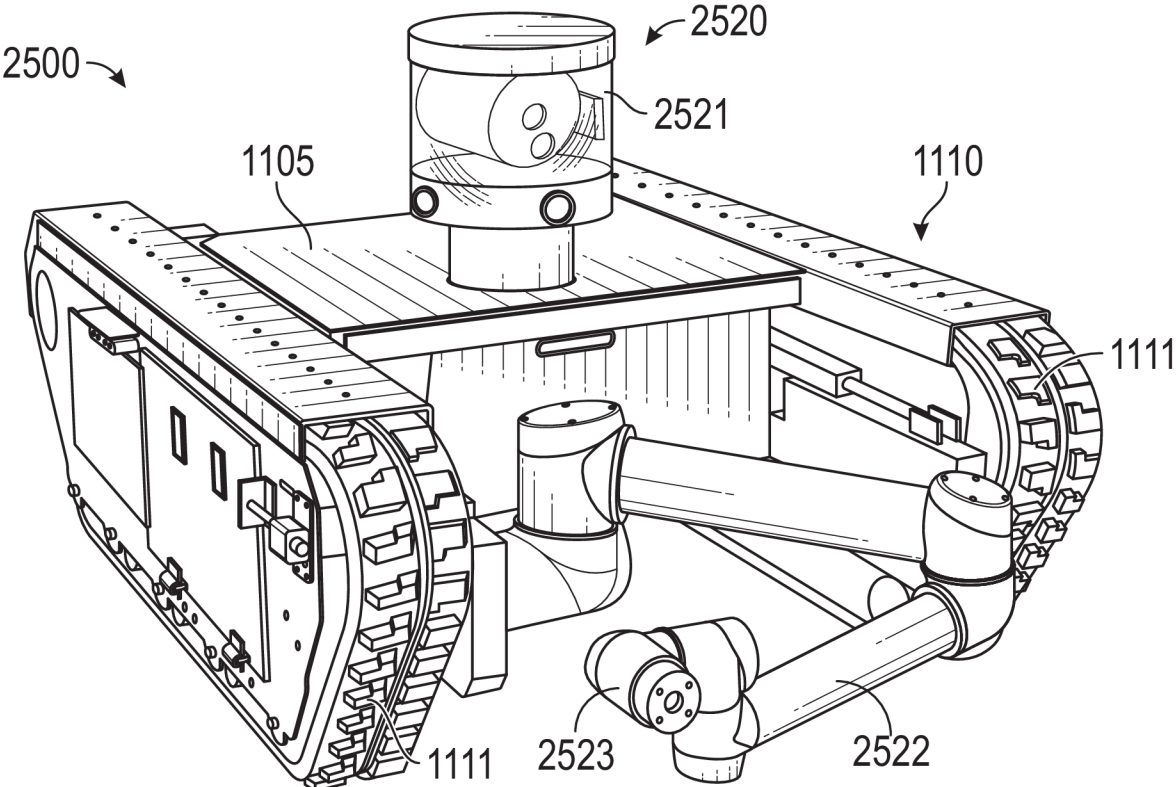
第14B圖



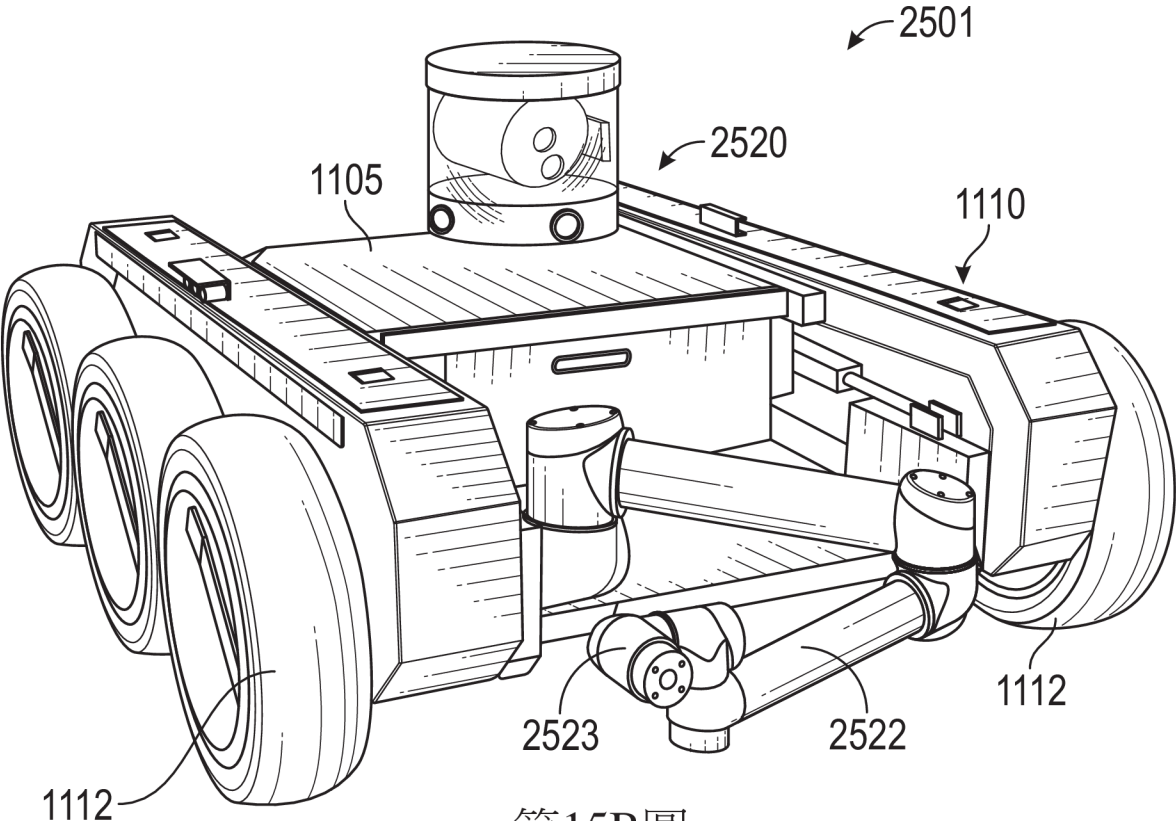
第14C圖



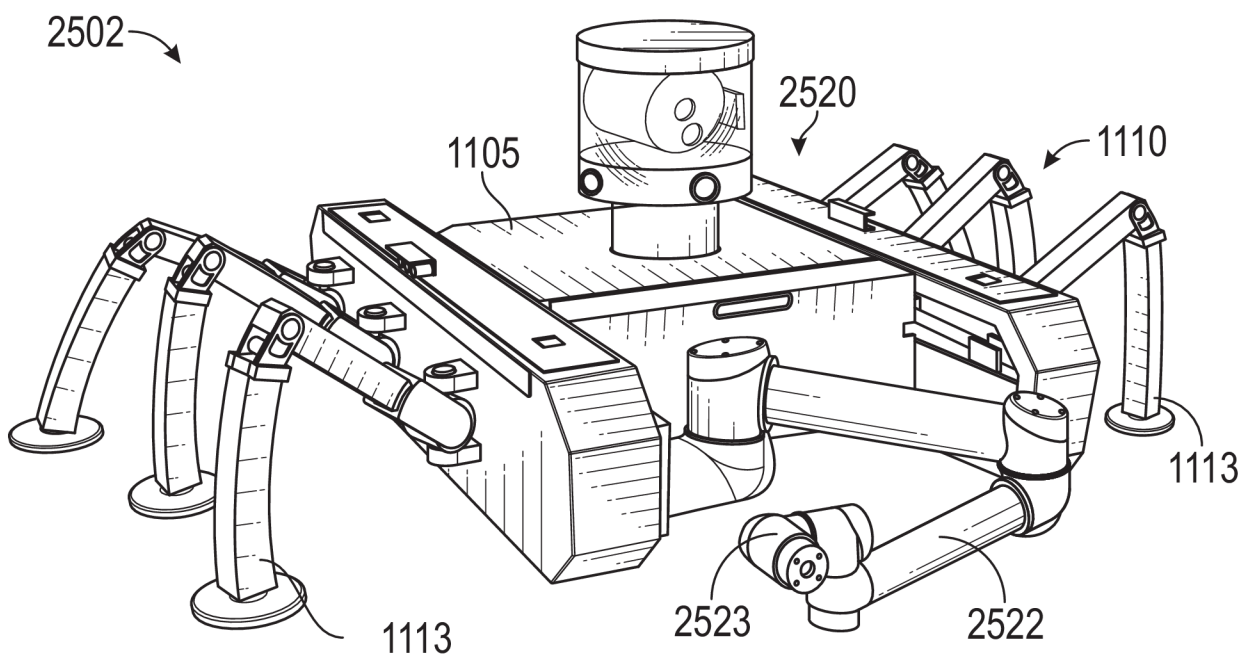
第14D圖



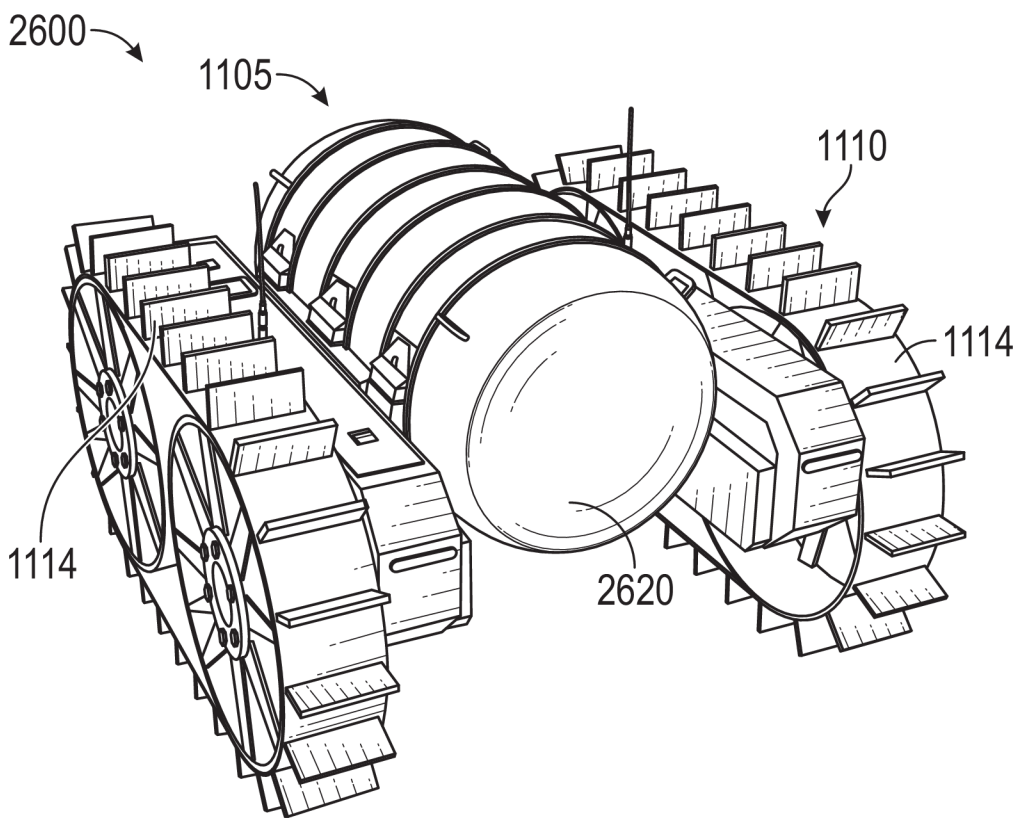
第15A圖



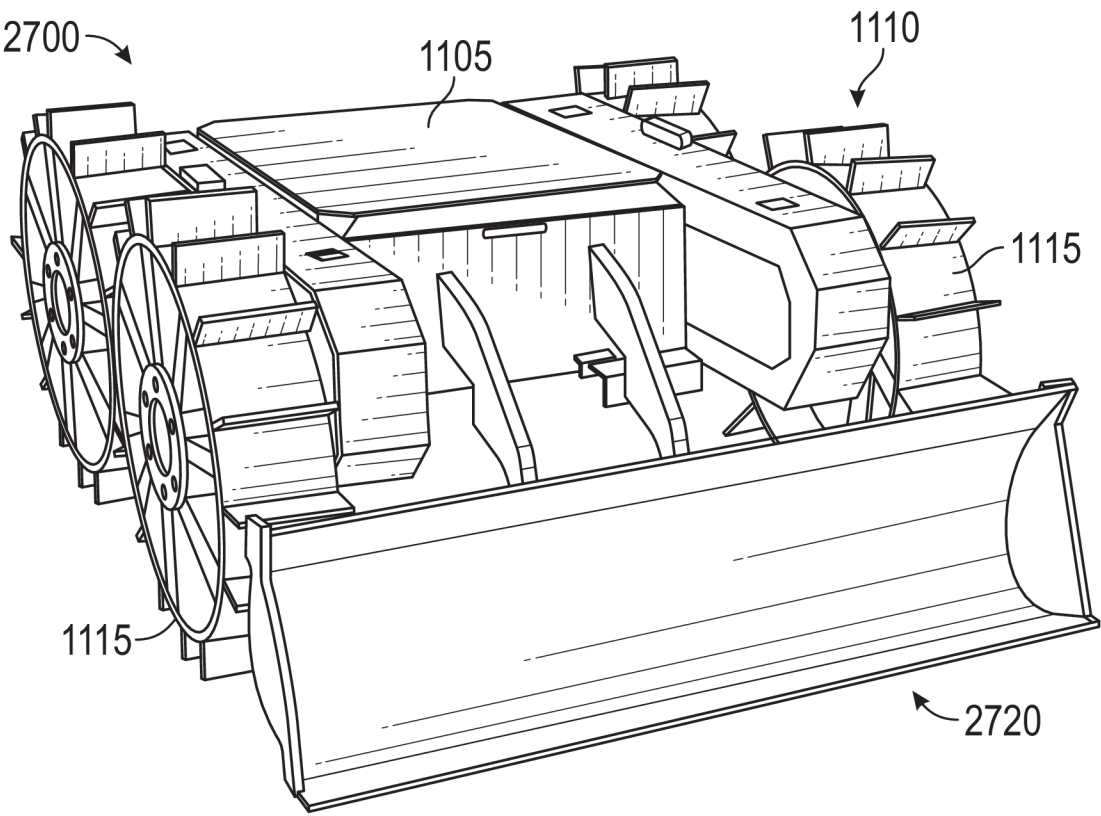
第15B圖



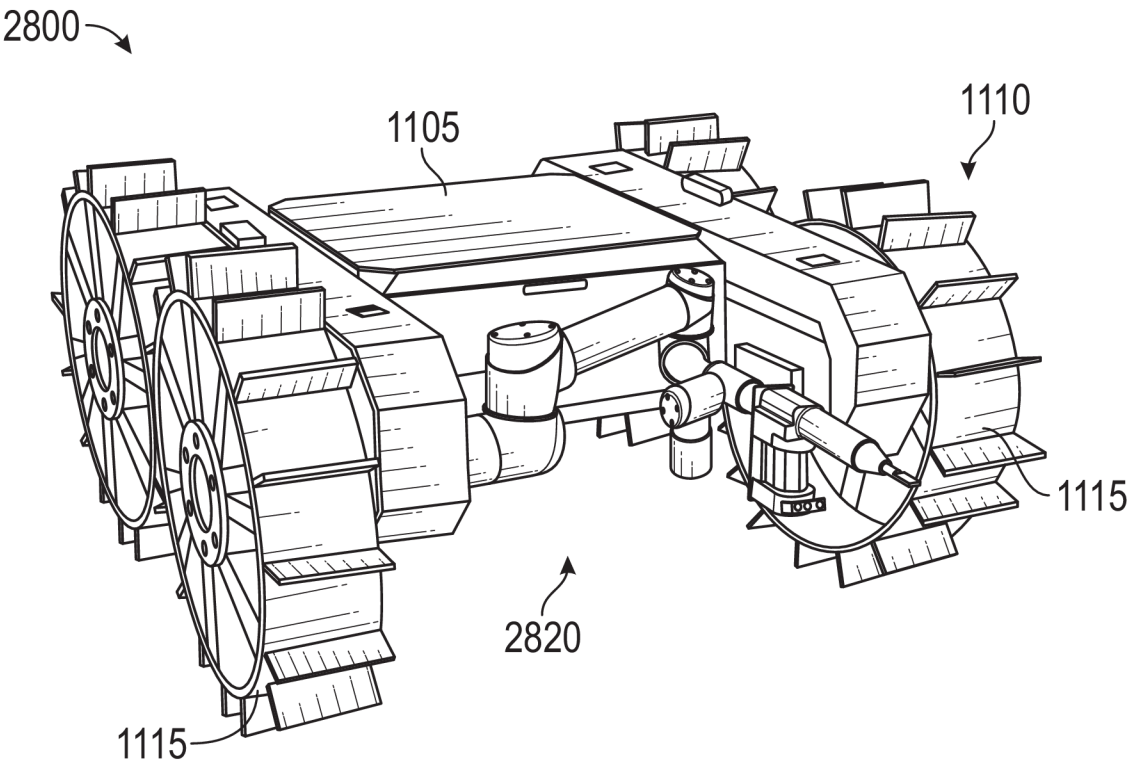
第15C圖



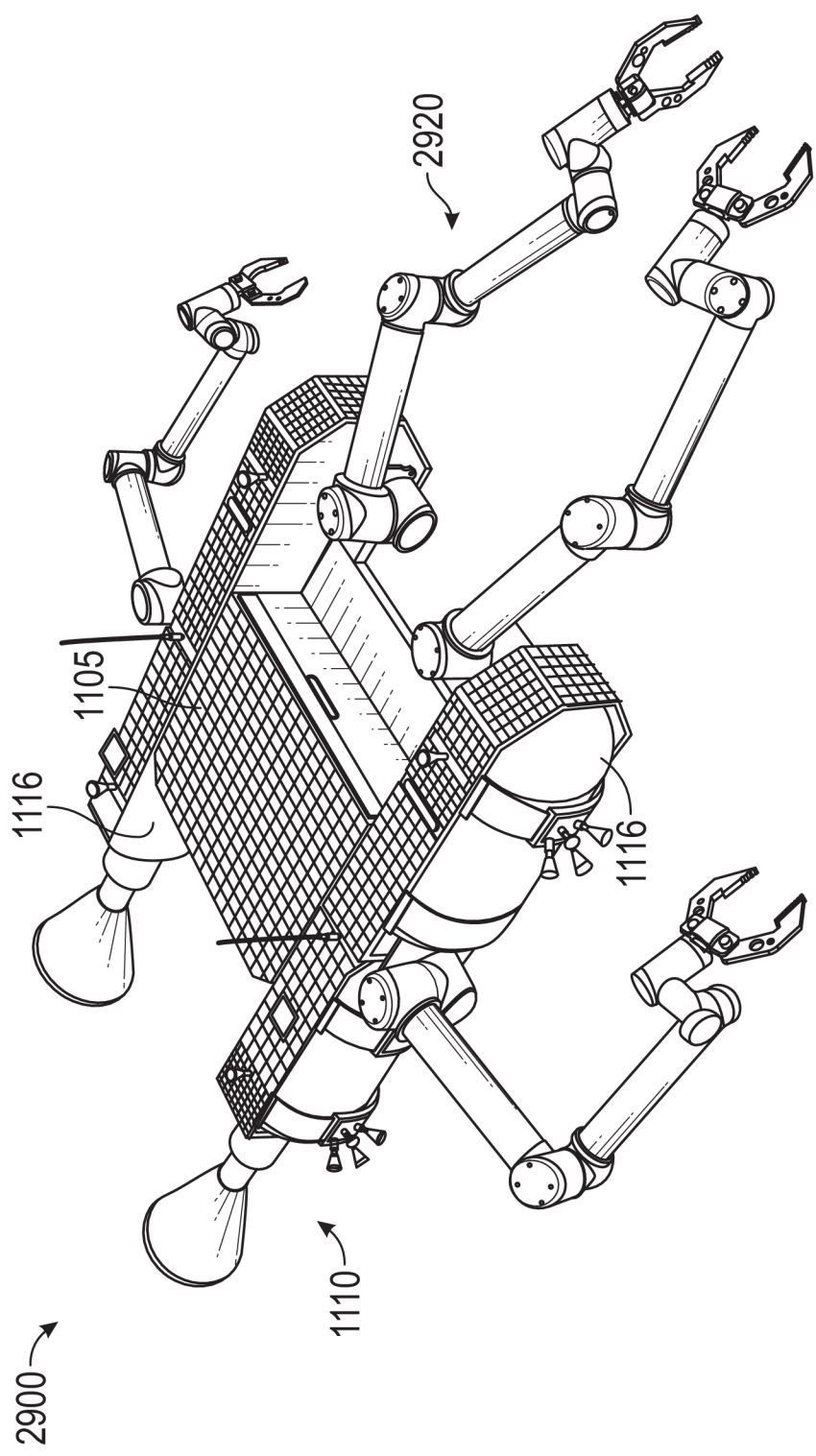
第16A圖



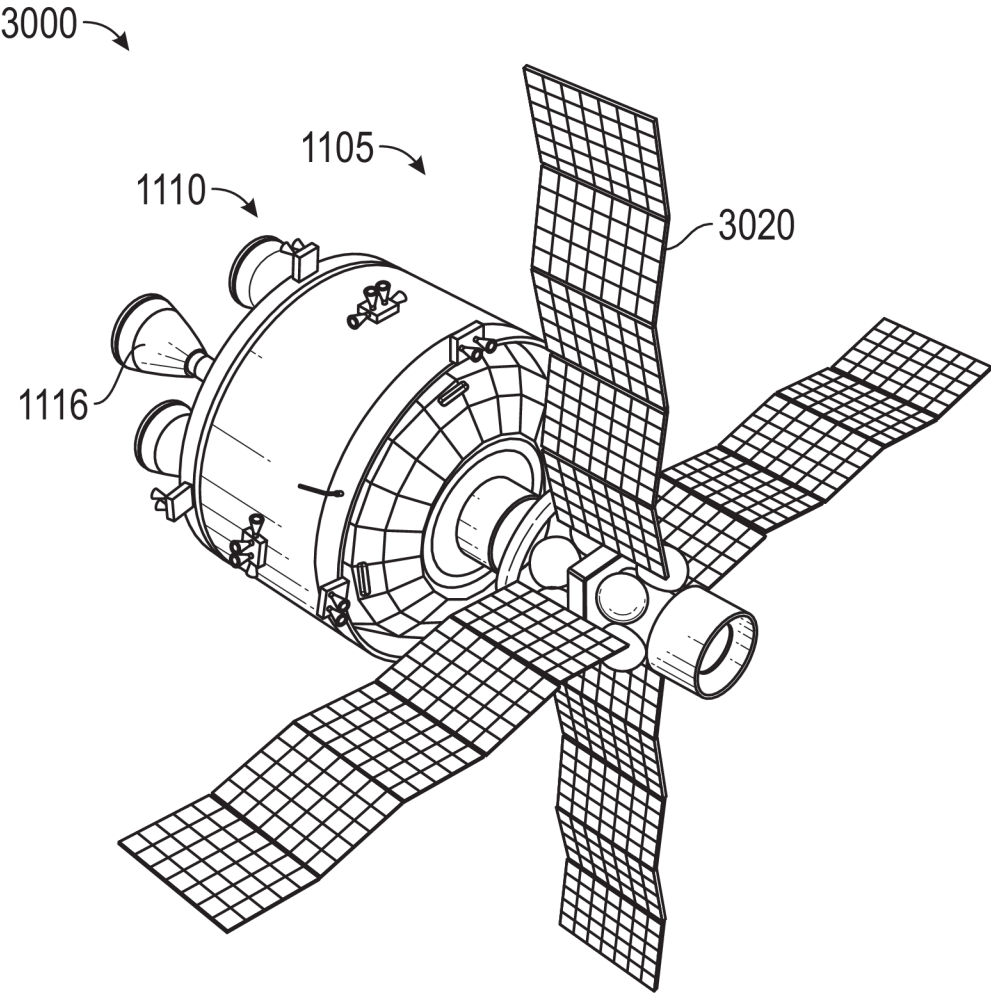
第16B圖



第16C圖



第17A圖



第17B圖