

電子書

# 工業 4.0 和 AI:

您可以向領先者學習什麼

Jeff Winter  
策略顧問



**Critical**  
manufacturing  
an ASMP company



# 目錄

1	製造商處於哪個階段？	3	10	AI 使用：ML 傳統 AI	16
2	工業 4.0 方法	4	11	AI 使用：GenAI 與 Copilot	17
3	領先者和基準測試	5	12	AI 使用：代理式 AI	19
4	使用中工業 4.0	8	13	本年度重點	20
5	工業 4.0 挑戰	10	14	製造商進度摘要	21
6	長期存在的 IT/OT 分歧	11	15	Jeff 的主要收穫	22
7	衡量工業 4.0 成功	12	16	研討會和調查背景	23
8	IT 基礎	13	17	引文	24
9	資料收集和管理	14			

# 1

## 2025 年的製造商處於哪個階段？

我們如何有效地互相學習，並加速邁向工業 4.0 和 AI 應用？在 2025 年 6 月的旗艦 MES 與工業 4.0 峰會中，我們舉辦了一場研討會，目的是衡量進度並協助參與者互相學習。研討會順利落幕，而我們希望透過本文與更多人分享。我們從中獲得的見解也為整個活動奠定基礎。

本概覽以對參與該研討會的受訪者所做的調查為根據。Critical Manufacturing 策略顧問 Jeff Winter 主持該研討會，並利用 AI 協助設計研討會內容和分組座談。AI 也協助對調查資料進行彙整、摘要和脈絡化，以深入檢視受訪者在工業 4.0 旅程中的進度。本文包含調查回覆的摘要。

雖然資料集較小，但我們相信本報告準確反映頂尖製造商取得的進展以及仍然存在的挑戰。希望這些公司的經驗可協助您判斷您目前所處的旅程階段，並就要優先處理或與團隊討論的事項獲得新的構想。



# 2

## 工業 4.0 方法

我們多年來一再強調，工業 4.0 是一段旅程。它涵蓋的範圍極廣，專案必須互相借鑑。因此，企業可能採取截然不同的方法來實現各自的願景。通常，企業缺乏對工業 4.0 的明確定義。許多企業以其他名稱來稱呼它，例如數位轉型或企業願景。

問題：「貴公司對工業 4.0 的定義是什麼？是否有正式文件和溝通？」在受訪群體中，大約一半的受訪者已將工業 4.0 策略文件化，但其中許多策略並不完整。另一半則未制定策略，但許多受訪者已具備認知或正在進行數位化工作。我們認為，最好將工業 4.0 策略納為整體企業策略的一部分。請參閱 [Tech-Clarity 策略電子書](#)。<sup>1</sup>

回覆各不相同：

「策略有非常完善的文件，透過多年期計畫加以管理。」  
「工業 4.0 本身實際上未被定義；我們有關於製造數位化的定義和文件，符合該方向。我們將它記錄在集中式工具中，其中包含治理規範、指令和準則。」

「有簡略文件，但並非正式。我們正在進行數位轉型。」

「策略並未正式文件化，主要由高階主管口頭傳達給專案管理團隊。」

大多數製造商都投資於工業 4.0，投資金額與過去相同或更高。根據某研究，超過四分之三的製造商計劃將至少 20% 的預算投入於智慧製造。請注意，這些計畫可能採取現代化、最佳化或轉型的形式。



## 3

## 領先者和基準測試

無論工業 4.0 是否為經過正式定義和文件化的策略，企業都有提倡相關計畫的人員。約三分之一的參與者由跨職能團隊主導此工作。將近四分之一的公司由高階主管領導工業 4.0 計畫。約 13% 的公司由 IT 領導階層領導此工作，另外 10% 的公司由維運技術 (OT) 或自動化領導者擔任主要倡者。只有 10% 的公司有專責工業 4.0 領導者。

Deloitte 的研究提出類似的問題，但沒有選擇團隊的選項，結果顯示，受訪者普遍傾向由營運部門主管擔任領導者，其次是 IT 職位<sup>2</sup>。如果明確界定角色和責任，跨職能團隊方法可能非常有效。我們認同讓營運部門扮演主導計畫的關鍵角色極為重要。

我們也詢問「您目前如何進行工業 4.0 基準測試？」工業 4.0 基準測試是常見的做法，約有四分之三的公司進行某種形式的基準測試。他們採取多種方法，包括正式 (SIRI、SEMI) 以及外部同業或事件基準測試。其他公司則進行內部基準測試，或供應商/客戶/學術基準測試。某些公司表示其基準測試不夠正式，但有如此眾多的公司採取此做法，這一點令人振奮。

McKinsey 和 World Economic Forum 的研究指出，工業 4.0 計畫帶來非常顯著的效益。<sup>3、4</sup> 鑑於此潛力，進行基準測試以確保公司跟上市場步伐是合理的做法。

### 工業 4.0 的主要倡者

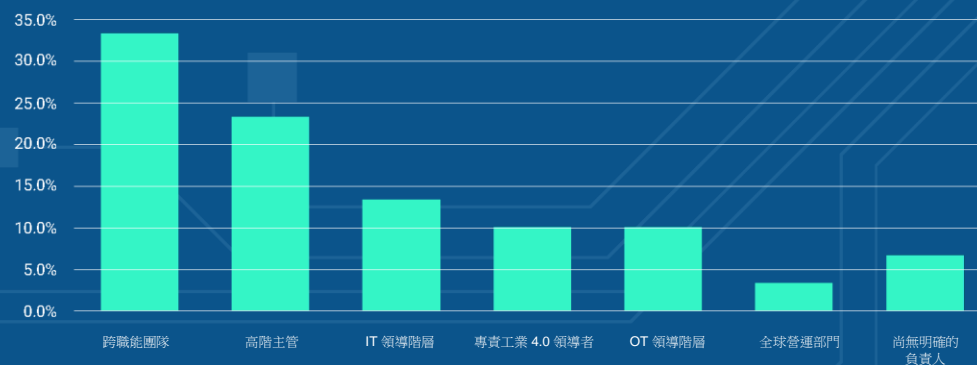


圖 1：工業 4.0 的主要倡者

以下是一些從參與者收集的回覆：

「我們嘗試使用 **SIRI** 成熟度評估。我們希望對知識、技術準備度和管理階層認知進行基準測試。」

「我們在展會上對核心生產流程進行基準測試，並在我們所在的區域進行參考訪查。我們在內部進行這些基準測試。」

「沒有任何工具或框架。我們是務實的人，瞭解自己的流程（以及差距）。」



先導和生產階段的工業 4.0 使用案例

●先導階段 ●生產階段

44 66	52 65	123 129	45 53	57 60	83 132	105 114	42 60	32 40
供應鏈管理	設計與工程	製造與生產	維護	安全	品質	資訊系統與網路安全	倉庫與庫存	售後/客戶服務
15 端對端供應鏈可見性	3 使用 AI 進行衍生式設計	10 協作機器人	12 異常偵測	4 具備即時警報功能的穿戴式安全裝置	19 自動化線內品質檢驗	6 AI 驅動威脅偵測和應對	18 即時庫存監測	3 售後預測性維護
16 供應鏈的數位孿生	5 使用數位孿生進行 3D 建模與模擬	12 即時生產監測	10 資產健康狀態監測	5 透過攝影機進行以 AI 為基礎的危害偵測	18 即時 SPC (統計製程控制)	8 零信任安全性框架	18 AI 驅動庫存最佳化	4 AI 驅動客服中心知識支援
4 區塊鏈提供可追溯性與來源	11 積層製造	22 AI 驅動製程最佳化	9 AI 驅動預測性維護	1 數位安全檢查表與事件通報	15 AI 驅動瑕疵樣態分析	10 網路韌性和備用系統	2 自主載具配送	4 AI 驅動支援聊天機器人
6 替代元件最佳化	13 AR/VR/XR 用於設計審核	23 AI 驅動生產規劃最佳化	14 AI 驅動根本原因分析	1 環境監測	4 封閉循環品質控制回饋	13 安全性資訊與事件管理 (SIEM)	7 AI 驅動動態負載匹配	8 AR/VR/XR 用於遠端服務協助
- AI 驅動途程最佳化	9 自動物料清單產生	3 AI 驅動能源最佳化	5 AI 驅動維護規劃	7 近接偵測與防撞系統	6 AI 驅動製程參數最佳化	5 安全遠端存取解決方案	11 倉儲作業的數位孿生	8 AI 驅動保固索償最佳化
1 AI 驅動進貨延遲預測	7 貫穿產品生命週期的數位線程	1 AI 驅動生產線平衡	1 AI 驅動備品庫存最佳化	4 透過 AR/VR/XR 進行安全訓練	1 供應商品質協作平台	8 修補程式與漏洞管理自動化	- 智慧儲位與配置最佳化	10 連網產品回饋循環
- 智慧供應商選擇	3 AI 驅動動態排程	1 AI 驅動動態排程	2 脈絡預測性維護	4 以行為為基礎的安全分析	2 自動化不合格管理	6 DataOps 與管道協調	- 訂單處理聊天機器人	7 遠端資產監測與診斷
2 AI 驅動原料成本估計	7 AI 驅動程式設計	9 自主移動機器人 (AMR)	14 自動化工單產生	9 安全趨勢分析	2 客戶心聲分析整合	7 OT 資產清單和風險管理	3 預測性庫存補貨	3 透過 IoT 使用情況分析進行服務規劃
1 AI 驅動原料最佳化	8 產品的數位孿生	19 數位工作指令與 SOP	13 封閉循環生產回饋系統	1 具備合規性監測功能的連網 PPE	4 預測品質	10 統一命名空間 (UNS)	6 倉庫自動化	
4 透過預測性分析進行供應商風險監測	9 工廠、生產線或設備的數位孿生	20 封閉循環生產回饋系統	7 數位績效儀錶板	3 即時風險評分	9 用於異常偵測的機器視覺	9 工業資料湖泊/資料結構	15 預測性庫存耗盡預報	
6 連網供應商入口網站		22 工廠、生產線或設備的數位孿生	21 工廠、生產線或設備的數位孿生	4	13 線內品質分析	1 語意資料建模	2 用於預處理與近端自主的邊緣架構	
5 碳足跡追蹤		9 工廠、生產線或設備的數位孿生	6		15 線內品質分析	2 低程式碼/無程式碼整合層	6 聯合資料治理框架	
3					21	4 聯合資料治理框架	2	

圖 2：先導和生產階段的工業 4.0 使用案例

# 4

## 使用中工業 4.0

無論企業在工業 4.0 旅程中處於哪個階段，大多數企業都已導入並使用某些技術。我們請他們從工業 4.0 的各種核心領域中選擇所有「生產階段使用案例」。我們也詢問哪些使用案例處於先導階段。上一頁的圖表是這些回覆的統計。

### 製造和生產

超過三分之二的企業正在使用即時生產監測和數位績效儀錶板；超過一半的企業也使用數位工作指令和 SOP。MES 通常具備上述所有功能；Critical Manufacturing MES 也包含工廠的視覺數位孿生，有三分之一的企業表示他們正在使用此技術。在生產中第二常用的工業 4.0 技術是

機器人，尤其是協作機器人和自主移動機器人 (AMR)。請注意，處於先導階段的企業數量與目前使用這些技術的企業數量相當，甚至更多。

### 工業 4.0 的製造層面：目前用於生產

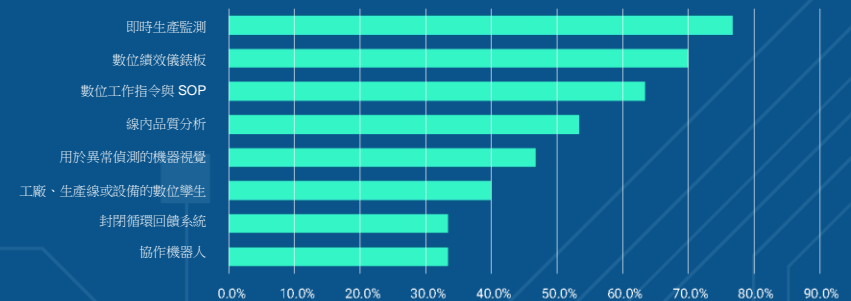


圖 3：工業 4.0 的製造層面：目前用於生產

## 工業 4.0 和 AI：您可以向領先者學習什麼

MES 也可能涵蓋品質、維護和庫存管理。

- **品質：**近三分之二的企業表示他們使用自動化線內檢驗。一半的企業採用統計製程控制 (SPC)；近一半的企業採用線內品質分析。同樣地，許多企業正在對各種品質系統進行先導測試，包括本文列出的所有系統。
- **維護：**近一半的企業採用自動化工單產生，其次是異常偵測。近三分之一的企業採用資產健康狀態監測。少數企業也採用脈絡預測性維護。這些技術也多半處於先導階段。
- **庫存：**60% 的企業採用即時庫存監測。超過四分之一的企業採用倉庫自動化，幾乎相同比例的企業也採用自主載具配送。許多製造商在這些領域有先導計畫。
- **供應鏈：**有一半的研討會參與者具備端對端供應鏈可見性，這樣的比例相當可觀，因為這並非易事。近四分之一的參與者有連網供應商入口網站。六分之一的企業具備供應鏈的數位孿生，六分之一的企業使用替代元件最佳化。
- **設計和工程：**40% 的企業採用某種類型的產品數位孿生，近三分之一的企業採用積層製造或 3D 數位列印；近四分之一的企業導入自動化 BOM 產生，相同比例的企業具有貫穿整個產品生命週期的數位線程。
- **售後／客戶服務：**超過三分之一的企業利用連網產品回饋循環，四分之一的企業也採用遠端資產監測和診斷。少數參與者使用 AI 驅動的聊天機器人提供支援。



# 5

## 工業 4.0 挑戰

每一段旅程都有其障礙。我們詢問：「阻礙貴公司工業 4.0 進展的主要挑戰是什麼？」我們預料到一些常見的挑戰，包括資料和系統複雜性、ROI 不明確、文化變革阻力、缺乏內部專業知識、預算限制，以及不確定從何處開始。此外，受訪者指出以下挑戰：建立穩健的資料基礎、時間／資源限制，以及一致化和標準化。

之後，我們提出另一個問題：「貴公司目前在工業 4.0 的哪些領域遇到最多困難？」我們將回覆分為六大主題：

- **策略和優先順序：**問題包括排定專案優先順序、決定從何處開始，以及確定 AI 使用案例。
- **商業案例和財務：**某些企業難以確定價值、投資誘因，或為計畫爭取預算或分配資源。
- **組織和文化：**問題包括採用集中式或企業方法、協調各項工作、跨領域協作（例如資料工程師和製程專家），以及建立信任或克服變革阻力。
- **資料：**問題包括從設備擷取資料、從資料中獲得價值、確保資料在企業內流動、處理手動資料輸入，以及建立通用資料模型。
- **技術和 IT/OT：**困難主要集中在網路安全、機器連線、自動化複雜性、製程數位化，有一位受訪者提到 APS 或詳細排程。
- **組合：**某些困難可能涉及流程、技術和組織，例如 MES 推行、標準化／一致化，以及從先導階段縱向擴充到全面生產使用。

這與其他研究指出的工業 4.0 進展障礙相當吻合。<sup>5</sup> 缺乏高階主管承諾、資金、訓練不足、缺乏 IT 基礎架構及許多其他相關問題是常見的情況。根據我們的經驗，表現最好的公司具備管理階層承諾和理解，讓他們能夠對訓練、IT 和自動化進行適當的投資。

參與者就此主題分享他們的觀點：

「我們正努力從基礎的數位整合擴充到智慧自適應營運。」

「機器連線、機器通用資料模型與整合。缺少 MES 和 SCADA 層。」

「自動化的複雜性；將 MES 推行至 30 多間工廠的複雜性；從自訂程式轉移到企業平台。」

# 6

## 長期存在的 IT/OT 分歧

大多數公司可能因為另一個原因而面臨困境：IT 與 OT 不同調。問題：「您的 IT 與 OT 團隊是否在數位計畫上保持一致？」沒有任何公司表示其擁有完全整合的數位 IT/OT 團隊。只有約三分之一的公司擁有高度一致並具備共同目標的 IT 與 OT 團隊。近一半的公司正在從事一些共同專案，但近四分之一的公司才剛開始協作，或仍處於孤島運作狀態。

我們預期，另外三分之二的公司仍將面臨困境，直到 IT 與 OT 團隊以及資料順利整合，邁向工業 4.0。

您的 IT 與 OT 團隊是否在數位計畫上保持一致？

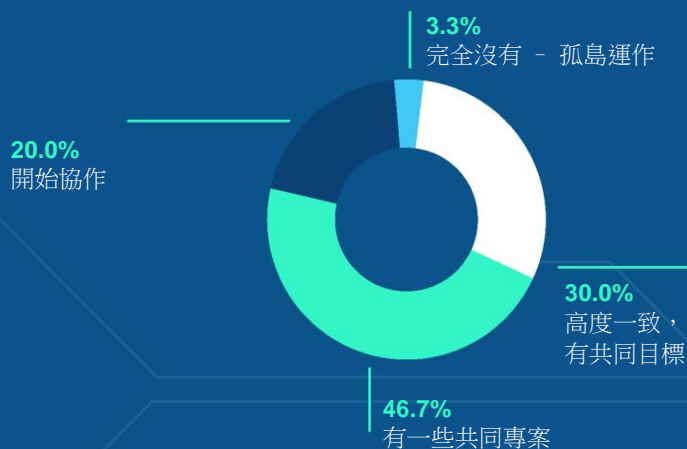
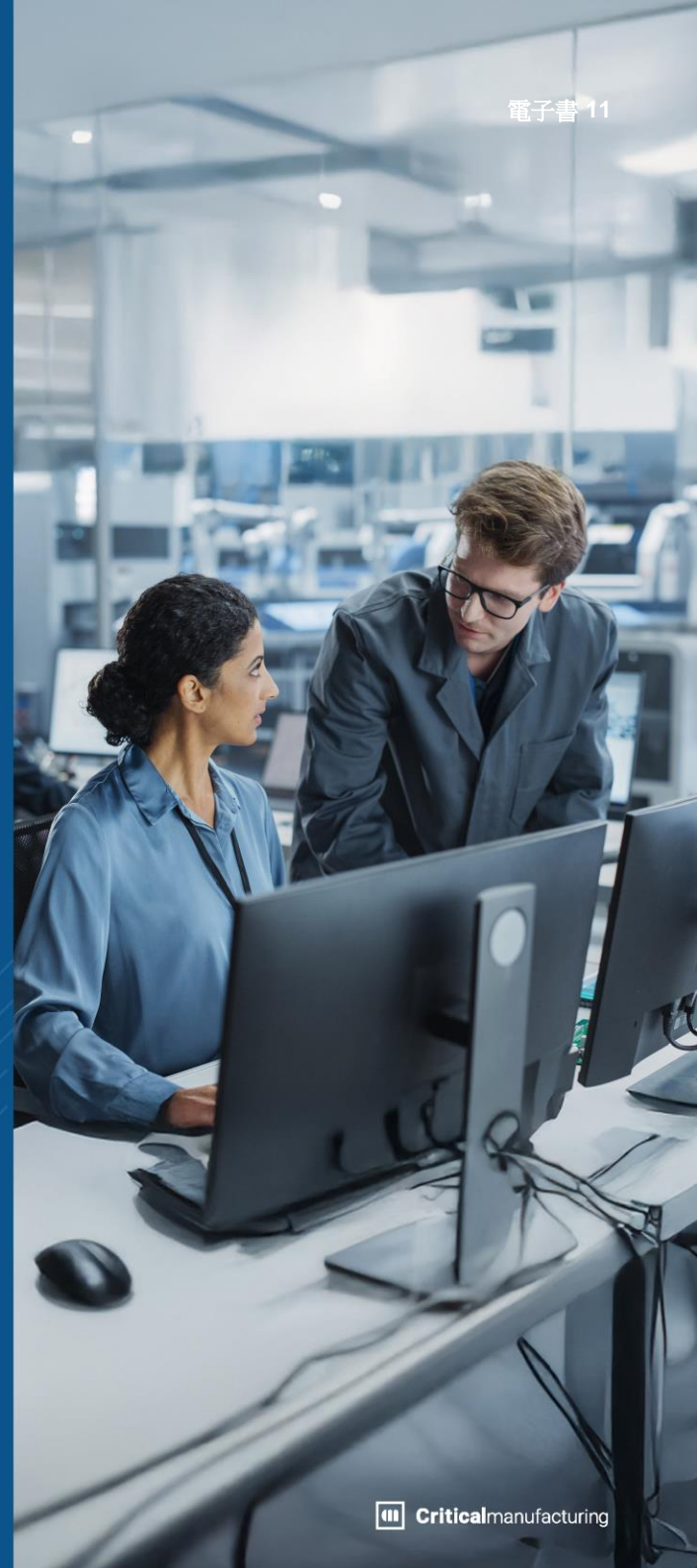


圖 4：您的 IT 與 OT 團隊是否在數位計畫上保持一致？



# 7

## 衡量工業 4.0 成功

工業 4.0 對企業而言是一段複雜的旅程；有許多衡量成功的方式。問題：「您主要以何種方式衡量工業 4.0 成功？」

依普遍程度排序，這些公司以策略價值、營運指標和財務影響來衡量成功。某些公司同時使用多種成功衡量標準。少數公司也使用專案層級指標或採用率。還有一些公司仍在摸索中。

雖然指標可能看似不重要，但企業通常可明顯受益於持續衡量工業 4.0 進展。每家公司都有各自的做法，搭配其他指標和方法。請注意，企業的工業 4.0 專案可能因各種衡量方法而產生不同的行為、優先順序和成果。因此，理想的做法是確保指標與企業策略一致，以達成預期結果。

某與會者表示：

「通常，我們根據多個 KPI（例如報廢、交付可靠性、設備效率、ROI 等）的改進程度來衡量工業 4.0 成功。顯然，財務影響是主要的衡量標準。」

您主要以何種方式衡量工業 4.0 成功？

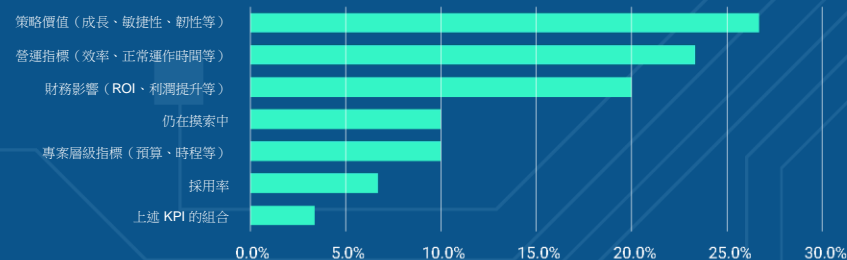


圖 5：您主要以何種方式衡量工業 4.0 成功？

## 8

## IT 基礎

IT 基礎架構和基礎要素對於工業 4.0 成功以及 AI 成功的關鍵。我們詢問：「請指出資訊系統和網路安全的生產階段使用案例。」

超過 60% 的公司具備安全遠端存取解決方案。超過三分之一的公司已導入 OT 資產清單和風險管理系統。此外，近三分之一的公司擁有工業資料湖泊或資料架構、低程式碼／無程式碼整合層，以及修補程式和漏洞管理自動化。超過四分之一的公司採用安全性資訊與事件管理 (SIEM)。

約五分之一的公司具備 DataOps 和管道協調。不到五分之一的公司具備網路韌性和備用系統、聯合資料治理框架、統一命名空間 (UNS) 或零信任安全性框架，但超過十分之一的公司已導入上述所有技術。

複雜的系統環境可能導致難以建立這些基礎，尤其是棕地營運和擁有眾多生產基地的大型企業。製造業仍然是網路安全攻擊的主要目標產業，必須加強安全性以降低風險。IT 是龐大且不斷演變的領域，製造商可能需要持續更新其資訊技術基礎。

建議向解決方案供應商詢問其架構，包括最新以及規劃中的方案。要求供應商說明他們如何滿足您現在和未來的網路安全、風險和整合需求。選擇新的供應商時，請尋找擁有良好過往實績的供應商，以走在不斷變化的工業 IT 需求之前或滿足需求。

工業 4.0 的 IT 和網路安全層面：目前用於生產

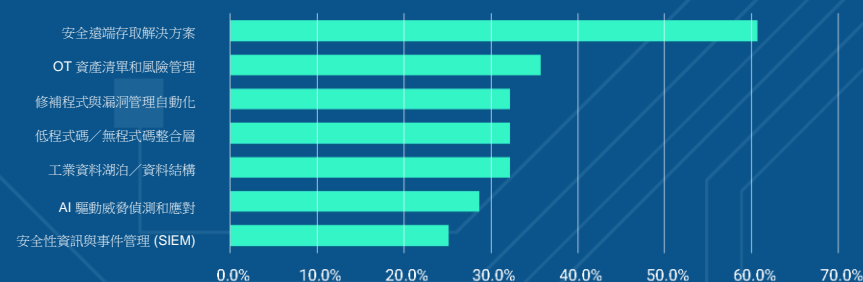


圖 6：工業 4.0 的 IT 和網路安全層面：目前用於生產

# 9

## 資料收集和管理

資料是工業 4.0 數位化、自動化和分析的基礎。收集、治理和儲存資料的方式對資料有用性極為重要。我們詢問：「您如何進行資料收集、集中化和脈絡化以用於分析？如果可以，請說明策略和架構。」

受訪群組在資料收集、集中化和脈絡化方面無任何主流方法。依頻率排序，他們使用：

- 企業資料湖泊策略，結合多種功能的結構化資料擷取管道
- 混合架構，或從傳統架構轉移到新架構
- 以 MES 為中心，搭配 Power BI
- 資料中樞或 UNS，整合 OT 與 IT

- 仍有約八分之一的公司使用以 Excel 為中心的傳統方法
- 少數公司認為他們具備成熟、先進的事件串流架構
- 少數公司沒有企業策略，只有局部性方法

許多公司仍在開發企業方法，將資料收集和儲存方法標準化、脈絡化和集中化。

工業 4.0 的挑戰在於，製造商在理想情況下關聯並置於脈絡中的資料具有多種格式，有些是結構化資料，但也有許多半結構化或非結構化資料。

除了生產資料本身，工廠營運通常也利用來自企業和報告的資料，以及半結構化設計與工程資料、非結構化的專用空間、影像、視覺化和時間序列資料。

建議仔細考量資料結構。除了現代的即時資料收集方法之外，還需要可確保收集所有資料，且製程在繼續之前要求有效資料的系統。此外，在理想情況下，系統應將資料置於有用的脈絡中，支援簡便但安全的存取以利整合，確保完善的治理，並呈現來源以提供完整的資料可追溯性。

各公司的進展程度不一：

「我們利用 **AWS** 進行資料擷取，並利用 **Power BI** 將從與財務、銷售、生產和品質相關的各種系統收集的資料視覺化。我們的策略是建立統一、自動化且標準化的資料框架，確保用於報告和績效指標的資料準確、受治理且可供存取。」

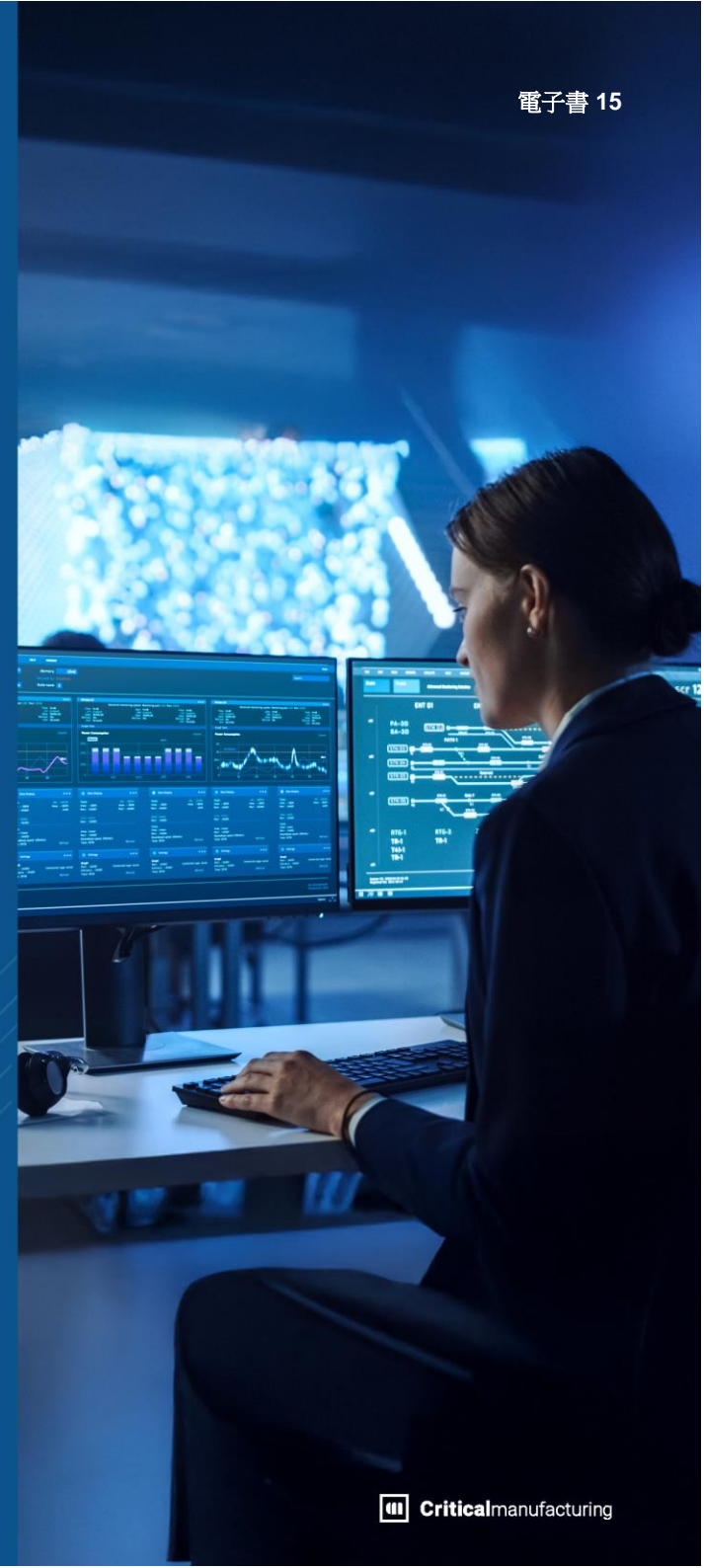
「透過多層和多種方法（包括 **IOT**）、事件串流 (**Kafka**)、資料平台 (**Canonical Objects**)。」

「投資於機器層級 (**PLC**、閘道器) 軟體以及新機器／組裝線的標準化。針對舊有系統，投資於中介軟體以支援資料收集和資料一致化。」

「製造業的數位孿生架構。用於線內量測和測試的良率管理系統。」

「策略是將所有資料匯入雲端的資料湖泊，建立脈絡化層，然後允許終端使用者使用資料。」

「我們處於積極轉型階段。目前透過 **PLC** 介面、**MES (Critical Manufacturing)** 與 **ERP (SAP ECC)** 的組合處理資料收集。……我們的架構正朝以下方向發展：**OpenShift** 容器化、**ClickHouse** 用於大量分析、**MES** 作為結構化資料擷取層，以及最終的 **ERP-MES** 資料脈絡同步。這是仍在進行中的策略演進。」



# 10

## AI 使用：ML 傳統 AI

AI 是現今任何數位討論中最熱門的話題，包括製造業。但並非所有 AI 都是新技術；製造商使用機器學習 (ML) 已有很長一段時間。ML 是 AI 的一種形式，從資料中學習（而非顯式程式設計）以找出規律、進行預測，並隨著時間而提升系統效能。

問題：「到目前為止，傳統 AI/機器學習在哪些方面最成功？」絕大部分的受訪者表示，其公司在生產作業中極少使用任何形式的機器學習或 AI。這可能是因為許多技術已嵌入於其他現有程式中。通常，以演算法為基礎的系統確實包含 ML，並隨著時間而提升效能。

ML 最常見的使用案例是機器視覺或光學檢驗，有近四分之一的受訪者使用。也有少數受訪者將 ML 用於減少報廢和重工。這與其他產業研究結果相符，這些研究顯示，AI 和 ML 在製造業中最常用於品質控制、網路安全和製程最佳化。

參與者也表示其公司將 ML 用於製程最佳化，為最佳化、製程自動化、OEE 和排程產生合成資料。我們經常看到 ML 模式辨識為預測性分析帶來效益。

ML 在生產中極具價值，因為它擅長處理複雜、資料豐富的問題，這些問題需要模式辨識、預測和適應。ML 的動態性遠高於使用靜態規則的系統。如果不確定您是否使用 ML 及其他傳統 AI，請詢問解決方案供應商是否在您現有的軟體中使用這些技術。演算法、推論、深度學習、迴歸、模型等術語可能與 ML 有關或無關，但通常有關。請勿低估這些現有功能與不斷變化的營運保持同步的能力。

組織處於不同的階段：

「針對特定使用案例執行 AI 和機器學習專案，這些「專案」的規模較小且專門，獲得最大 ROI。」

「到目前為止，我們尚未將任何 AI 解決方案與製程整合；但我們已利用 AI 產生合成資料，以進行製程最佳化。」

「已建立先導專案，支援以 AI 為基礎的生產重作業。」



# 11

## AI 使用： GenAI 與 Copilot

大型語言模型 (LLM) 和生成式 AI (GenAI) 在過去一兩年內迅速崛起。GenAI 是一種 AI，從現有資訊的大量資料集中學習以建立或產生新的原創內容，例如摘要、文字、圖片、聲音和影片。雖然利用網際網路的模型被普遍使用且廣為人知，但製造商通常傾向於僅使用其公司資料來訓練模型，以確保安全性並將提取錯誤或無關資料的風險降到最低。

問題：「貴公司是否利用公司資料開發出公司專用的生成式 AI 工具或 Copilot 介面？如果有，它們被用在哪些方面，以及存取哪些資料？」

某半導體公司和某電子公司在整個組織中使用 GenAI Copilot，但他們是例外。其他幾家公司表示有使用，但並未詳細說明。

GenAI 成功的特定領域包括製造機器和製程參數值分析，以及進一步的機器自動調整、製造工程和支援功能。

從事軟體開發的公司使用 GenAI 將使用者故事和測試指令碼建立以及其他程式碼產生任務自動化。某家製造商正在試行將 GenAI 用於 MES 現場文件和決策支援。

大多數使用 Copilot 的公司似乎主要將它用於辦公室功能，而不是製造或生產相關任務。有些製造商擁有自己的 GenAI 工具，有些製造商則使用通用工具，例如 MS Copilot 或 Enterprise ChatGPT。



如果您打算使用 GenAI 和 Copilot，請務必限制訓練以及產生回應時使用的資料集，以提升效能並將風險降到最低。您可能只需要關於營運的乾淨資料，包括來自設備和軟體供應商的文件或經過篩選的外部資料。某些軟體供應商已將這些功能整合至其系統中，以專門針對工業資料集及其特殊需求。

各公司分享他們的觀點：

「是。例如製造機器和製程參數值分析，以及進一步的機器自動調整，另一個例子是行政流程分析。」

「是，目前正在使用。在我負責的領域，主要用來將使用者故事、測試指令碼建立等任務自動化。」

「我們正在內部積極探索生成式 AI 使用案例，尤其是文件產生、知識庫摘要和系統互動助理，但尚未部署任何公司專用工具。先導工作包括嘗試以生成式 AI 輔助 MES 現場文件和決策支援，但尚未正式化或與公司資料整合。」

「尚未整合任何 AI 解決方案，但傳統解決方案（用於建模和報價）使用公司資料（手動輸入）。」

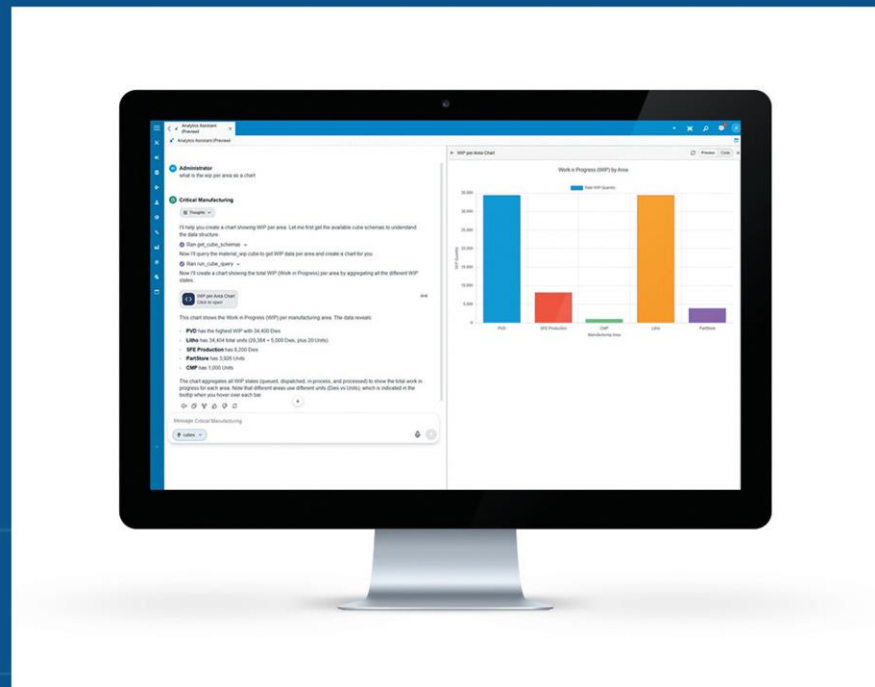


圖 7：Critical Manufacturing 的分析 Copilot

# 12

## AI 使用：代理式 AI

代理式 AI 是指自主、以目標為導向的 AI 系統，可存取工具、資料和網際網路，在幾乎不需要人類監督的情況下進行推理、規劃並採取行動，以完成複雜的多步驟任務。通常，代理程式針對的範圍非常狹隘，並與其他可驗證它們或執行相關任務的代理程式搭配使用。

問題：「貴公司是否使用代理式 AI？如果有，請說明用途和使用方式。」在此樣本中，只有三家公司表示他們使用代理式 AI。一家公司使用自家版本來處理重複性任務；一家公司正在建立具備代理程式的製造框架；另一家公司則未詳細說明。

另外三家公司已實施或正在規劃代理式 AI 先導計畫。大多數公司尚無正式的代理式 AI 方法。

代理式 AI 技術將對營運和業務風險較低的重複性任務自動化非常有用；但它仍處於早期發展階段。趨避風險的製造商採用代理式 AI 的速度可能較慢，雖然它能將自動化提升至更高水準。隨著應用軟體供應商開始將其融入產品中，我們看到透過任務專用代理程式加快採用和 ROI 的機會。

使用護欄、人類參與方法以及利用代理程式驗證其他代理程式的工作，都能降低風險。也必須讓系統使用的資料來源以及回應背後的推理透明化，才能在工業環境中安全採用。請注意，這些系統不具確定性，因此在涉及安全的情況下，生成式和代理式 AI 並非最佳選擇。

組織處於不同的階段：

「我們有公司專用的智慧助理，支援重複性任務。」

「在業務前端有一些先導使用案例。」

「目前尚未正式使用代理式 AI。我們處於探索自主決策迴圈的早期階段，求其是在即時警報驅動自動化調整，以及根據規則將程式調度至機器（例如 Carel/HVAC 系統）的情境下。但這些仍受確定性規則治理，而非自主代理程式。」

「沒有，除非將自助式聊天協作機器人也算在內。如果您指的是自我學習、神經邏輯網路、脈絡感知和分散式即時處理……那麼答案是沒有。」

# 13

## 本年度重點

工業 4.0 是涉及多面向的旅程，而大多數公司在今年都有特定的重點領域。我們詢問：「貴公司明年與工業 4.0 相關的最大重點是什麼？」

約有一半（比例最高）受訪者的答案是與 MES 相關的事項。其中包括部署、穩定化、推行、將 MES 與設備和企業系統整合，以及新增功能。關於此流程的指引，請參閱 MES 買方指南。8 雖然 MES 只是工業 4.0 的組成部分，但大多數公司將其視為重要基礎，將各種生產資料置於脈絡中，並自動引導、監測和記錄生產活動。

資料相關計畫也相當常見，因為這是基礎。重點領域包括確保結構準確性、將資料脈絡化、建立對資料的信任，以及準備用於最佳化的資料。這些都是關鍵的資料作業和治理任務，有助於工業 4.0 和 AI 成功。

機器連線和 IT/OT 資料流也是相對常見的年度重點領域。為了在製造環境中建立有價值、完整的資料集，必須將 IT 和 OT 資料置於脈絡中。對大多數公司而言，這需要投入極大的努力。

雖然炒作不斷，但將 AI 計畫列為年度優先重點的公司相對較少。打好基礎是通往工業 4.0 及後續的 AI 成功的絕佳途徑。整體而言，這些製造商具有合理的優先順序。

### 工業 4.0 的重點領域

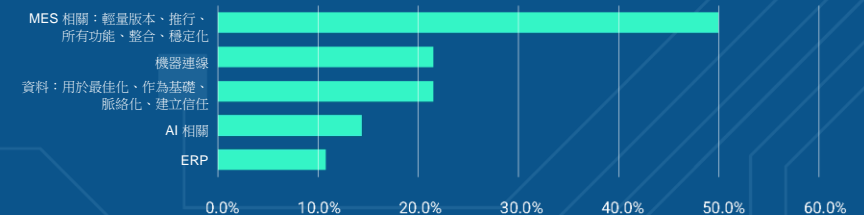


圖 8：工業 4.0 的重點領域

# 14

## 製造商進度摘要

- 工業 4.0 正在進行，但只有大約一半的製造商制定正式的企業策略。
- 通常由跨職能團隊或高階主管主導工業 4.0 工作。兩者都是通往成功的可能途徑，因為此計畫會影響企業內的所有職能。
- 參與調查的公司似乎略高於大型公開研究中的平均水準，但仍持續進展並面臨類似的挑戰。
- 存在多種挑戰，但如果在數位計畫上缺乏 IT 與 OT 的高度一致與共同目標，可能阻礙大多數企業的進展。成熟度的各個層面（流程、技術和組織）都有助於克服挑戰。
- 企業衡量工業 4.0 成功的方式不一。只要進展顯而易見，任何方法都有助於在旅程中維持動能。
- 工業 4.0 的 IT 基礎仍有許多工作有待完成。在此調查中，除了遠端存取解決方案之外，採用其他現代 IT 技術的公司比例均未超過 40%。
- 資料方法各不相同。複雜的製造資料集涵蓋來自多個領域的結構化、半結構化和非結構化資料，導致整體資料管理和治理方法面臨挑戰。我們預期製造資料管理將持續演變。
- 在這些製造商中，將任何類型的 AI 用於生產作業的成功案例極少。ML 通常在品質使用案例中創造價值。除了某些行政任務之外，很少有公司將 GenAI 用於其他任務。代理式 AI 相當罕見，但某些公司已廣泛使用或處於先導階段。
- 製造商正在規劃和考量與工業 4.0 和 AI 相關的眾多議題。這群經驗豐富的從業人員證明所涉議題的廣度，以及持續推進工業 4.0 旅程的必要性。



# 15

## Jeff 的主要收穫

負責設計和主持此研討會的 Jeff Winter 是製造軟體和工業 4.0 市場公認的思想領袖兼影響力人士。他對此活動的心得如下。

- 工業 4.0 仍然是非常熱門的話題，所有人都想知道兩件事：1) 我能做什麼？2) 其他人在做什麼？
- 研討會座無虛席，且參加前必須先完成作業，可見人們高度關注此議題。
- 從協作過程、分組座談時詢問「是否可延長討論時間？」以及交換名片，可看出參與者普遍樂於在這段旅程中協助彼此。
- 即使是最頂尖的公司，也只使用所有可能使用案例的一小部分，證明仍有相當大的成長空間。
- 所有人都想知道如何運用 AI。



# 16

## 研討會和 調查背景

第二屆 MES 與工業 4.0 峰會 (MESI 4.0 Summit 2025) 是全球同類型活動中規模最大的盛事。為了籌備此活動，我們要求製造業參與者完成採線上調查形式的「作業」。我們分析他們的回覆，並在僅限製造商參加的研討會中分享。

瞭解製造商在工業 4.0 旅程中所處的階段以及他們如何運用 AI，是研討會議程的基礎。我們使用 ChatGPT 協助設計部分問題，示範我們自己如何使用 AI。

某些問題是開放式問題，以獲得更多資訊。本文以匿名引述的方式收錄部分回覆。六位參與者也分享他們的心得和最佳實務。感謝所有參與者讓此活動成為如此豐富的學習體驗。



# 17 引文

1. Tech-Clarity Why Strategy Matters to Industry 4.0 Success 2020  
<https://www.criticalmanufacturing.com/insights/ebooks/why-strategy-matters-to-industry-4-0-success/>
2. Deloitte Insights: 2025 Smart Manufacturing and Operations Survey: Navigating challenges to implementation
3. McKinsey & Company – Capturing the true value of Industry 4.0，2022 年 4 月
4. World Economic Forum - Global Lighthouse Network: The Mindset Shifts Driving Impact and Scale in Digital Transformation，2025 年 1 月
5. An interpretive analysis using total interpretive structural modeling (TISM) and Fuzzy MICMAC. Heliyon. 2023 年 11 月 20 日；  
9(12):e22506. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e22506. PMID: 38046174; PMCID: PMC10686847
6. ARC Accelerate Digital Transformation with Industrial AI Initiatives and Technologies survey 202
7. 來源：Rockwell Automation: 10th Annual
8. Tech-Clarity MES 買方指南 2024  
<https://www.criticalmanufacturing.com/insights/ebooks/buyers-guide/>





**Critical**  
manufacturing  
an ASMPT company

**Critical Manufacturing** 是 ASMPT 的子公司，也是 Gartner® Magic Quadrant™ 認可的領導者，提供最現代化的工業營運平台。我們以 MES 為核心，將執行、連線能力、自動化、分析與可信任 AI 結合，即時提升效能。**Critical Manufacturing** 協助製造商打造未來的連網智慧工廠，讓人與 AI 無縫協作。

如需更多資訊，請造訪：  
[www.criticalmanufacturing.com](http://www.criticalmanufacturing.com)