

Industry 4.0

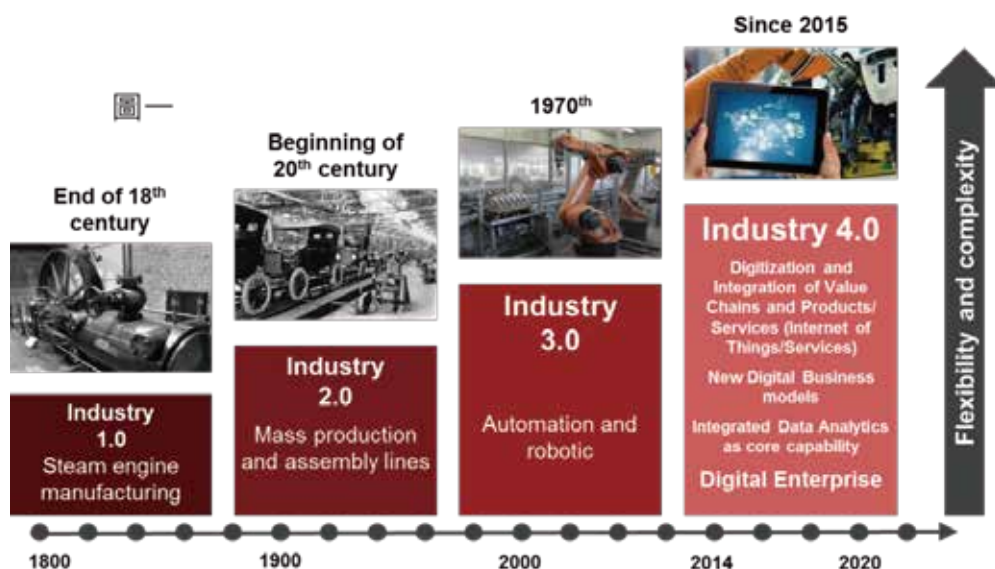
工業互聯網的機會和挑戰



前言

工業 4.0 一詞最早是在 2011 年的漢諾威展提出，2012 年 10 月由德國 BOSCH 公司的 Siegfried Dais 及德國科學院的 Henning Kagermann 組成的工作小組，向德國聯邦政府提出了工業 4.0 的實施建議。2013 年 4 月工業 4.0 工作小組提出了報告，隨後列入德國政府施政主軸之一，2015 總理梅克爾推動工業 4.0 標準，同時獲得歐洲各國、南韓及中國...等國的支持。

「工業 4.0」一詞是指第四次工業革命(圖一)，第一次工業革命是瓦特發明蒸汽機後，利用蒸汽動力的生產模式，第二次工業革命則是使用電力為大量生產及組裝的工業生產，第三次工業革命則是自動化及第一代機器人的工業生產，第四次革命則是透過數位化資訊整合感應器、物聯網、大數據、互聯網路...等數位科技，提供更智慧化及自動化的生產與供應鏈能力，新一代智能機器人應用將更為廣泛。



工業4.0訂有六大設計原則，分別為相互操作性(Interoperability)、虛擬化(Virtualization)、分散式決定(Decentralization)、即時能力(Real-Time Capability)、服務導向(Service Orientation)及模組化(Modularity)，這將會顛覆目前多數生產線的設計與生產思維，除了創造效益及商機外，對台灣產業而言，是機會也是挑戰。

機會：

1. 歐盟預估未來五年每年將投資1,400億歐元，數位化服務商機，每年約1,100億元。
2. 中國規劃「中國製造2025」計畫，將大幅投資工業4.0，並與德國簽署合作協議，2013年安裝36,560套機器人，居全球之冠。
3. 「美國製造」的興起；PwC研究顯示企業為提升生產力及競爭力，超過70%製造業將投資自動化及智能機器人。
4. 日本安倍首相設立「實現機器人革命會議」，將機器人做為振興經濟的主軸之一。
5. 協助解決缺工問題；東南亞經濟崛起，印尼等國之外勞輸出減少，中國未來每五年減少超過1000萬勞工，台灣勞動人口亦逐年減少中。

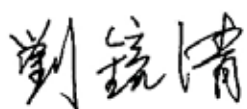
挑戰：

1. 專利技術明顯落後；2004年~2012年相關專利91%集中於7個國家，台灣明顯落後。
2. 缺乏足夠的技術整合能力；多數公司專精於部分科技能力，需要策略聯盟整合工業4.0能力。
3. 產業發展史顯示，不擅於策略聯盟。
4. 歐美廠商效率提升，製造成本下降，台商競爭壓力將倍增。
5. 產業價值鏈將重整變更。
6. 利益關係人反彈，且相關技術人力缺乏。
7. 缺實驗田，培養能力。

工業4.0明顯將影響台灣多數製造業，甚至會扭轉供應鏈版圖，他山之石，可以攻錯，希望德國工業4.0報告能帶給我們省思與啟發，並從而找到未來成長的好機會並預防未來的經營風險。

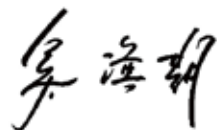
(本研究內文翻譯自PwC之Stratgy&出版的"Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet")

資誠企管(PwC Consulting)



副董事長 劉鏡清

資誠聯合會計師事務所



合夥會計師 吳漢期

工業4.0 — 工業互聯網的機會和挑戰

第四次工業革命 — 產業以產品、價值鏈和商業模式及愈來愈多的數位化和互聯來顯示其特色的日子已來臨。德國是工業4.0的領先國家，因此PwC針對德國235家公司進行工業4.0—工業互聯網的調查希望協助企業找到未來的機會和挑戰。被調查的公司皆屬於製造和工程、汽車、加工業、電子和電氣系統、及資訊和通信業。

受訪者認為數位轉換會需要可觀投資，因此也期望公司會進而產生重大轉變。估計其未來五年投資在工業4.0的金額將超過資本投資預算的50%，按此推論，到了2020年，德國工業每年在工業4.0的投資總額將達400億歐元。以同樣的投資水準推算到歐洲產業，每年的投資將高達1400億歐元。

推動工業互聯網解決方案的首要驅動力在於價值鏈的垂直和水平整合及更佳的管理。今日，1/5的工業公司將其價值鏈中的主要流程都數位化了；在五年內，85%的公司會在所有重要的部門實施工業4.0。

產品、服務的數位化和互聯(物聯網/服務)則為第二重要的驅動力。此舉大大有助於確保企業的競爭力，並保障每年平均2%到3%的額外收益。將德國的工業視為一體來運用，每年的額外收益可高達300億歐元。對歐洲產業界而言，每年的額外收益則為1,100億歐元。

第三個重要的驅動力是透過提供全新、破壞式數位化商業模式，提供客戶客製化的解決方案以提高附加價值。這些新的商業模式的特色是整個價值鏈的水平合作，以及資料的整合使用和分析。因此，更能夠實現客戶的需求。

各種機會、大規模的變化和更高的需求，讓工業互聯網成為公司管理階層最重要的課題之一。但在轉換的過程中所產生的挑戰仍不可低估。除了部分在公司層級的工業互聯網運用仍尚未明朗外，產業標準也必須被定義且獲得共識，同時還有許多問題尚未有答案，例如，資料保護的方式。受訪者亦考慮到在日益數位化的公司中，員工的新職能需求將會是一個主要的障礙。立法單位和產業協會應能對這些問題提供重要的支援。

第四次工業革命已經開始，同時為工業企業帶來很多新的機會，但是工業互聯網不是終點，它和經濟目標緊密相連也是讓企業在全球競爭中產生差異化的機會。我們的研究試圖幫助企業找出主要的機會和挑戰以及提出成功實踐的解決方案。現在就是行動的時候了！

工業4.0－願景和使命同時並行

工業4.0願景中最重要的事，就是「物聯網」，無縫地把人類、物品及電腦連結在一起，這樣的連結是為了要創造出許多新的產品和服務。產品，透過各種傳輸的方式和工具將在虛擬世界裡進行「溝通」，以決定採用那種素材可以最優化下一個生產的步驟，這可以讓真實世界中的實體物品與虛擬世界無縫地連結在一起。

這個願景可以為各種情況帶來哪些額外效益-和可能產生的結果-都還沒有被定義好，每一個產業都已經有運作良好且有序的生產流程，且這樣的生產流程會持續的被改進，但卻也阻礙了全新生產方法的產生。西門子的目標是讓他們的客戶更具競爭力，並持續地協助客戶改良、優化，為了達到這個目標，持續地讓供應鏈數位化在這個過程中就顯得特別重要。

完全透過數位化管理生產流程的工廠已經存在，但是，目前這種工廠的特性是複雜性較低。一個具備數位供應鏈的「數位公司」不只整合工廠和終端賣場，同時也整合到包括研發及銷售部門在內的總部辦公室。西門子在安柏格(Amberg)和成都的工廠就是這樣的案例。

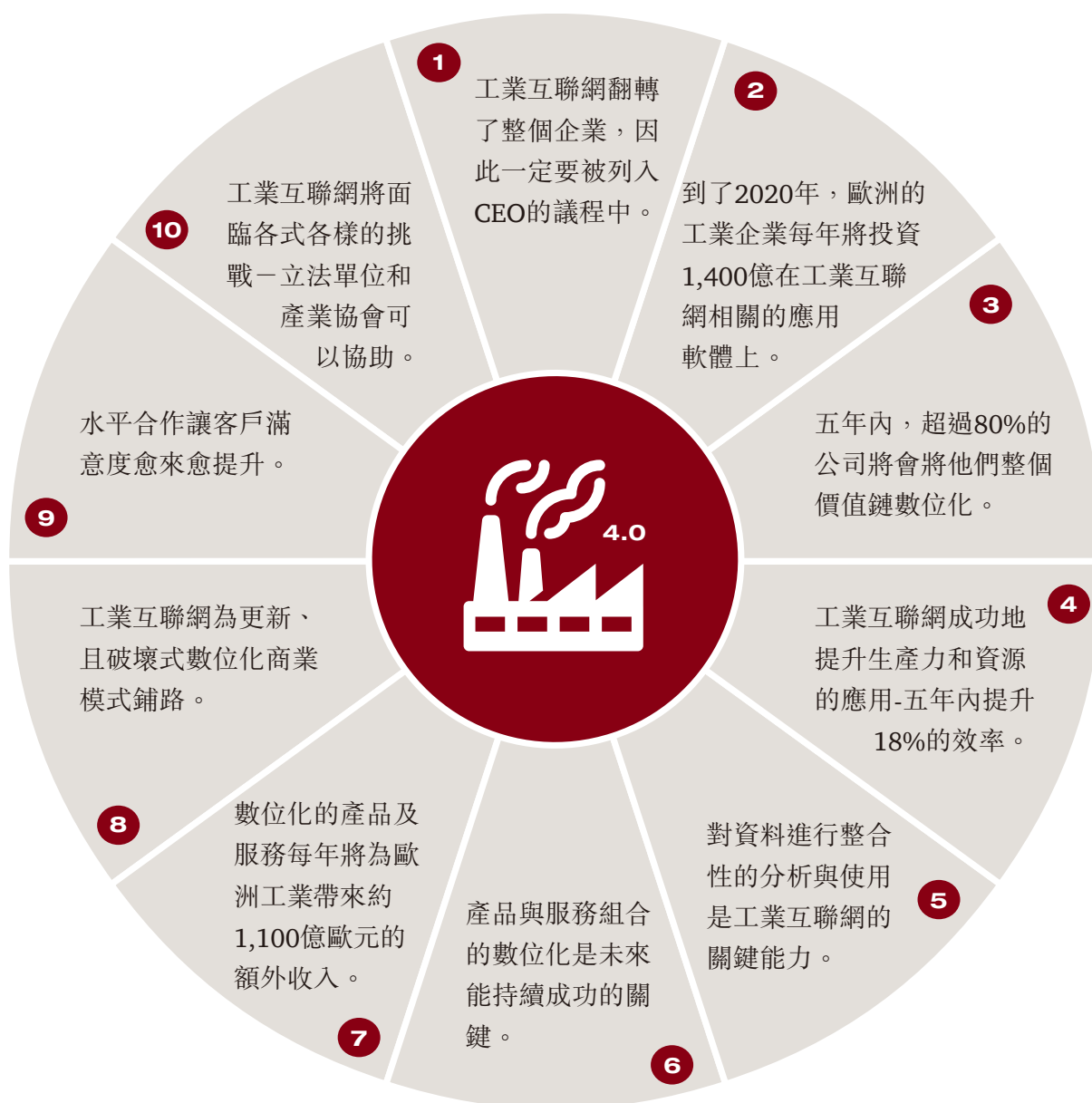
在安柏格廠大約可製造1000個不同的產品。為了有彈性和有效地生產，工廠使用了最新的軟體工具，如生產開發用的NX 和 Teamcenter、產品生命周期管理(PLM)工具，為了生產製程的創新開發，也用了大量SIMATIC控制器與SIMATIC IT、製造執行系統 (MES) 軟體。這些產品透過企業資源規劃(ERP)系統的介面無縫運作和連結。使用這些軟體工具在過去20年已對品質改良產生顯著的增長效益(在總數百萬的製程步驟中從550項缺點降為12項)。在相同的生產週期裡，生產數量已提升數倍，而員工數目仍維持幾乎相同。

本研究打算在產業中，創造出通往數位化之必要路徑的認知。西門子的產品可支持使用者成功地擁抱即將來臨的數位化企業變革。

Ing. Dieter Wegener博士
西門子 AG, 數位化工廠部門
“工業 4.0” 協調者

研究結果綜合成以下 十個主要調查結果重點：

主要調查結果



研究結果綜合成以下十個主要調查結果重點:

1.工業互聯網翻轉了整個企業，因此一定要被列入CEO的議程中。工業互聯網，也就是工業4.0，不只將水平及垂直的價值鏈數位化，也在提升客戶滿意度的終極目標下，對企業內產品及服務組合產生革命性的變革。工業互聯網的潛力遠遠超過只是改善生產技術而已。但是，要從這些機會中獲取先機需要可觀的投資，因此這個議題也順勢地成為各企業高階主管的前幾個重要議題。

2.到了2020年，歐洲的工業企業每年將投資1,400億在工業互聯網相關的應用軟體上。根據調查，未來五年工業企業平均將會投入其營收的3.3%在工業互聯網相關的解決方案，這約當是新資本投資預算中的50%，根據歐洲的工業規模，約等於每年投資1,400億歐元。如果要取得最大的成功，這些投資必須全數投資在整個價值鏈中。

3.五年內，超過80%的公司將會將他們整個價值鏈數位化。受訪的企業中，超過1/4的企業已經高度數位化其價值鏈，但是大部分的自動化都是獨立或個別的應用，預計到2020年約86%垂直及80%水平的價值鏈都可以高度地數位化，因此可以輕易地被整合。

4.工業互聯網成功地提升生產力和資源的應用-五年內提升18%的效率。生產單位被要求要用更少的原料和能源生產更多的產品，工業互聯網提升生產力及資源的應用，受訪的企業預計在採用數位化的價值鏈後，每年在生產流程可以平均提升3.3%的效率，五年就可以達到18%的提升，他們預期每年節省2.6%的成本。

工業4.0將轉變我們整個價值鏈並讓我們得以開發創新的產品服務。
現在就必須行動!

加工機械廠商CEO

5.對資料進行整合性的分析與使用是工業互聯網的關鍵能力。到今天，有效的分析和資料使用對半數受訪的企業而言都相當重要。超過90%的企業認為分析資料的能力對該企業未來五年的商業模式有關鍵性的影響，這些企業主要著重在其價值鏈內的資料能有效地交換，產出的產品被數位化記錄，以及採用及時資料監控整個生產線。

6.產品與服務組合的數位化是未來能持續成功的關鍵。受訪的企業中約有30%已經將他們的產品數位化到某一程度，並改變其產品組合以加入更具連結性及自動化的服務。完美製造的產品在面對國際的競爭時已經不夠了，因此受訪的企業中，每五家企業就有四家-不包括加工業-表示他們將在未來的五年內高度強化他們產品和服務組合的數位化程度。

7.數位化的產品及服務每年將為歐洲工業帶來約1,100億歐元的額外收入。高度將產品組合數位化的企業在過去三年都較產業平均值表現得好，其中半數企業預期其數位化的產品及服務組合在未來五年可以為公司帶來兩位數的成長，20%的企業更認為營收可以成長超過20%。整體而言，這個數字平均而言可以為企業每年額外增加2.5%的營收，比較五大核心產業內的所有工業公司，這相當於在德國產生300億歐元銷售，而在歐洲產業更是高達1,100億歐元的額外收入。

8.工業互聯網為更新、且破壞式數位化商業模式鋪路。工業互聯網對於既有的商業模式將造成影響，但也很有可能產生出更新、且更數位化-破壞式-的商業模式，這個趨勢的焦點在於透過提供客戶更多的效益(而不是產品)而產生的價值，並且增加與客戶和合作夥伴的互動。市場快速變化催生了數位化改變的品質，破壞式創新也使得像資訊或通信產業需要在很短的時間內持續不斷的改變。

9.水平合作讓客戶滿意度愈來愈提升。大約有一半的受訪公司都相信與價值鏈中的夥伴緊密合作-包括更多的水平連結-是非常重要的，這件事將隨著工業4.0帶來更高程度的數位化而愈顯重要-尤其在新的、數位化的商業模式被建立的地方。80%受訪的企業相信在未來五年，與價值鏈中的夥伴緊密合作、以及更活躍的水平連結將扮演重要的角色。

10.工業互聯網將面臨各式各樣的挑戰－立法單位和產業協會可以協助。企業要成為工業4.0的領頭企業，需要面對許多挑戰，主要的問題在於大量的投資和經常不清楚企業需要採用那些工業互聯網的應用工具；此外，也需要確保在面對數位化世界時具備相對應的技能。所謂的標準需要被定義，資訊安全的問題也要被解決，後者可以尋求立法單位和產業協會的協助，他們可以制定歐洲或全球一致的產業標準，並提出資料安全和資料保護相關的策略。

調查結果細節

1. 工業互聯網翻轉了整個企業，因此一定要被列入CEO的議程中。

工業互聯網，也就是工業4.0，不只將水平及垂直價值鏈數位化，也對企業內產品及服務組合產生革命性的變革，並導致更新、及破壞式數位化商業模式。工業互聯網提倡重要商業流程的轉換及產品與服務組合的重組，工業互聯網的潛力遠遠超過只是改善生產技術而已，同時也需要可觀的投資，因此這個議題也順勢地成為各頂尖企業總經理和高階主管的前幾個重要議題。

工業4.0的定義

工業4.0代表第四次的工業革命，最常被理解成產品生命週期中整個價值鏈的全新掌握方式和新組織方式，這是從客戶愈來愈多個人化的需求開始的。這個週期始於產品概念，到下訂單，其中還衍伸到從研發和生產，到運送到終端消費者手上，最終結束在回收，基本上涵蓋了所有相關的服務。工業4.0的根本就是透過連結所有價值鏈中的因子，即時取得更多相關的資

料。另外，在任何時候都能從資料中找到價值的能力也很重要。連結人類、物品和系統讓企業內和企業間的連繫更有價值，因為這樣的連結更活躍、可自行組織、且即時。透過同時考慮不同類別的資訊將能更有效地決策，例如資源的成本、可取得性和耗用量。

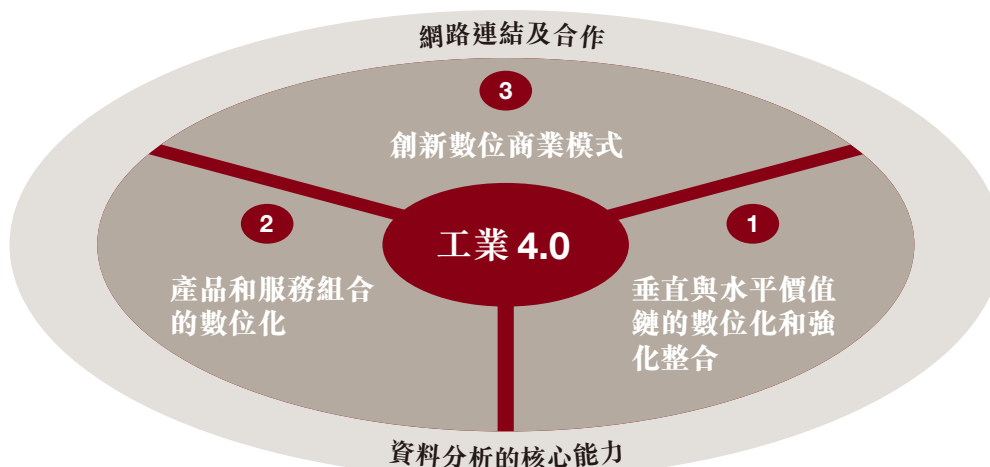
來源: 平台工業4.0

工業4.0對我們而言比僅把它看做一個終點的意義大得多。我們把更清楚的目標和機會相結合，讓我們在面對全球的競爭時有更好的差異性。

電子集團數位工廠的廠長

圖1

工業4.0包括價值鏈的網路連結、產品數位化和新商業模式



工業4.0的架構

工業互聯網或工業4.0的定義涵蓋三個層面：

(1)垂直與水平價值鏈的數位化和強化整合

頂尖工業企業都在連結價值鏈中垂直的各項功能並將其數位化-從數位化下訂、客製化商品研發、產品資料自動傳送、到已連接的生管與生產系統，然後再更進一步到與客戶服務整合。更甚，從存貨與生產計劃資料的水平整合都是由供應商、客戶和其他價值鏈中的合作夥伴提供。

(2)產品和服務組合的數位化

數位化的領導者透過完整的數位化產品說明，以及智慧性及連結性的解決方案(「嵌入式系統」/「物聯網」)擴展他們現有的產品，這包括連上網擴充效能或穿戴式裝置，或是發展更多規格特殊的產品。服務組合將透過連結、自動化或以資料為主的服務而無限擴充。

(3)數位商業模式的創新

工業互聯網提供的高整合程度和技術能量將創造嶄新及數位化的商業模式，整合性方案和具附加價值服務的特色就是可以提供客戶更高程度的效益，而且將會翻轉現有的產品組合和成果的關聯圖，他們通常是具破壞力的創新流程產生的結果，整合的解決方案讓新創公司有機會進到現有的市場並且建立客戶關係，因為通常一個數位化的效果就是減少一個既有市場的進入障礙。

工業互聯網的根本就是透過連結所有在價值鏈中的產品、資源和企業，以取得更多整合後且攸關的資料，這必須要從基礎開始改變流程、產品和服務組合、以及現有的商業模式。簡言之，這是一個綜合性的變革流程，因此只有在高階主管全力支持時才有辦法成功。

2. 到了2020年，歐洲的工業企業每年將投資1,400億在工業互聯網相關的應用軟體上。

在未來五年，參與調查的235家工業企業平均將投入其營收的3.3%在工業互聯網相關的解決方案，相當於新資本投資預算的50%；根據歐洲的工業規模，約等於每年投資1,400億歐元。如果要取得最大的成功，這些投資必須全數投資在整個價值鏈中。

只有1/4的企業不認為應該大舉投資在工業互聯網的相關應用，相反的，1/3的企業表示他們將會抓住機會增加效率，並認為確保其自身的競爭力是決定投資那些項目時最大的問題，這些公司平均將會投資7%-最大比例的預算-在工業4.0的相關技術中(這大約是前三名投資項目(均大於4%)中的平均值)。

工業互聯網解決方案讓效率提升，並且降低整體價值鏈的成本，因此參與調查的企業大多選擇投資高比例在整體供應鏈，包括產品研發及流程的數位化以及自動化生產，而選擇投資數位化銷售只比前項低一點。投資內容涵蓋的範圍很廣，從在信息物理融合系統(CPS)中連結製造原料、機器和物流系統，到感應式技術，以在價值鏈中取得即時資料。

圖2

在未來5年，將投資其年營業額3.3%在工業4.0解決方案的公司

工業4.0應用的平均年投資
接受調查公司的百分比

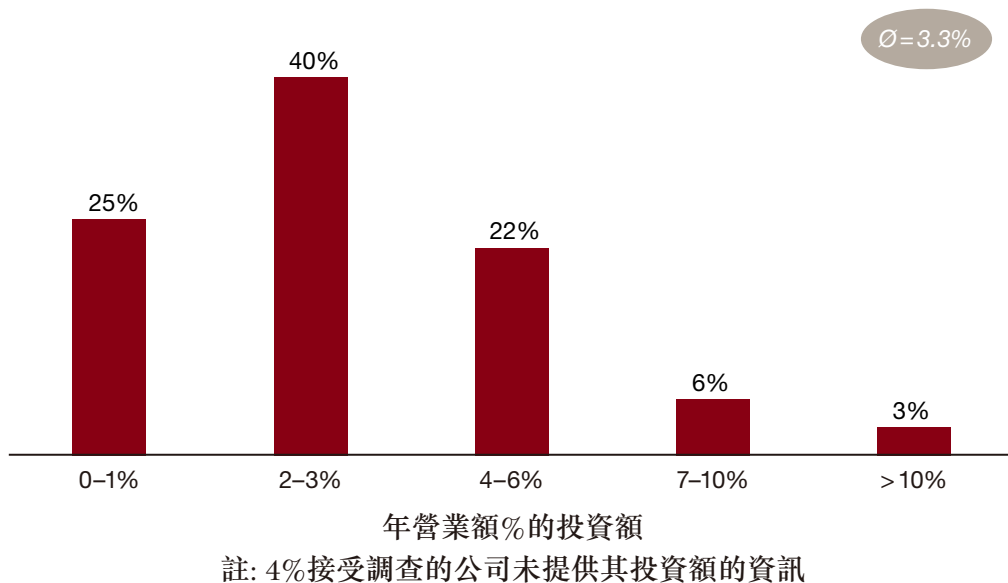
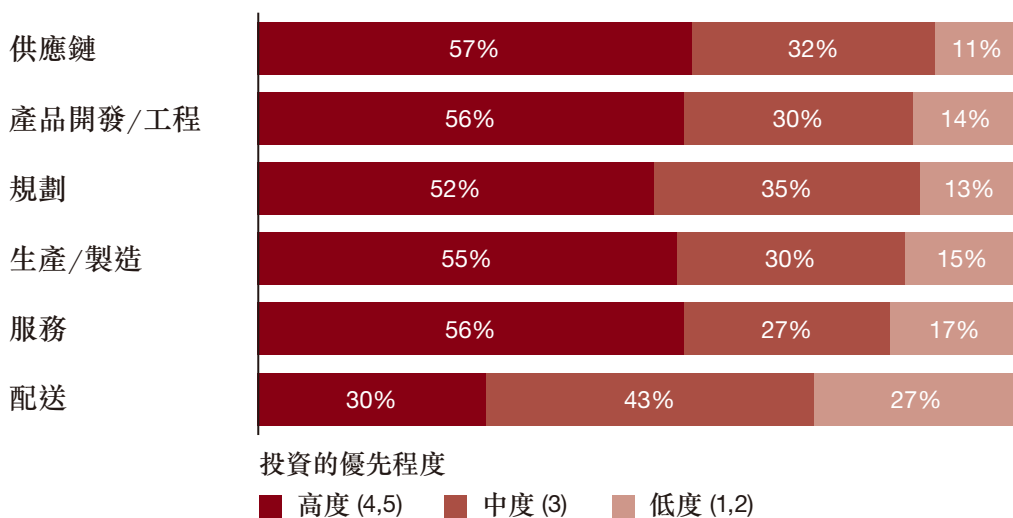


圖3

在工業4.0解決方案的投資是由價值鏈擴展到所有主要的區域

以價值鏈的步驟分解工業4.0的投資

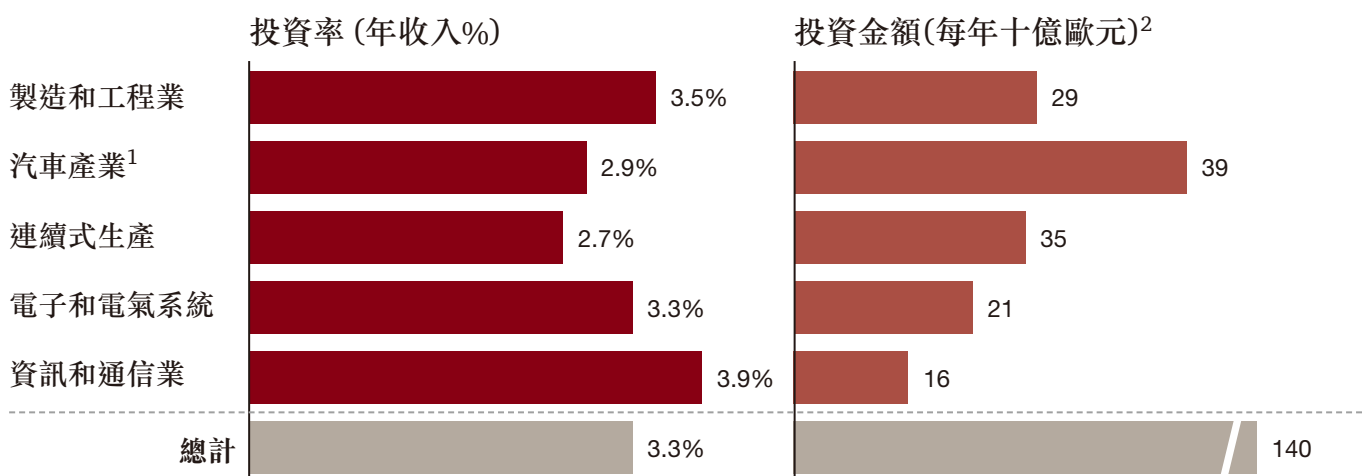


接受調查的公司所規劃的投資，推算到本研究所代表的五大產業，推斷出這些企業預計每年投資1,400億歐元至工業上，另外兩個會投資得比平均多的產業是資訊業和通信業(每年3.9%)及製造和工程業(每年3.5%)。

資訊和通信產業的企業主要集中他們的投資在讓產品和服務在及時生產的計劃和控管上更具彈性，這個產業也著重在最優化其物流系統。同時，機器製造業的公司主要投資在自動化生產、供應鏈上的即時資料收集、以及製造執行系統(MES)。在工業互聯網應用中製程加工產業所規劃的投資仍然落後於其他的產業界。

圖4

歐洲產業到2020年為止每年將投資1400歐元在工業4.0解決方案上



1. 整體自動產業的預計(經濟部門29: 汽車和汽車零件)

2. 以EU-28每一產業界總收入為基準的預計

整體而言，每個產業裡的製造業都意識到他們只能透過投資更多在工業4.0的解決方案以滿足客戶提出愈來愈多的需求，這是讓他們保持競爭力以及強化長期競爭優勢的唯一辦法。

3.五年內，超過80%的公司將會將他們整個價值鏈數位化。

絕大多數的企業都已經把工業互聯網納進其議程之中，2/3受訪企業皆已主動進行數位化作業並進一步連結其價值鏈，1/4的受訪者已將其目前價值鏈數位化的程度定位為高度。具體而言，這表示大部分的企業都已經正在使用或是在許多部門導入工業互聯網相關的解決方案。

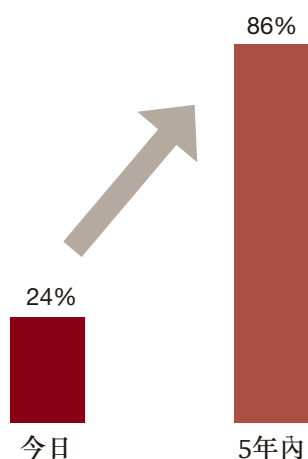
圖5

在未來幾年會隨工業4.0而增加已經有相當大程度的數位化

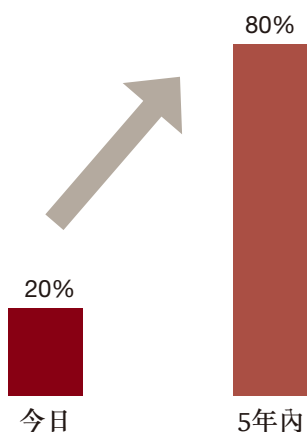
價值鏈數位化的程度

高度數位化(4, 5)公司的占有率

水平價值鏈



垂直價值鏈



本研究指出價值鏈的數位化程度在未來會快速的提升，據估計會有86%的水平

不論企業大小，工業互聯網和價值鏈數位化都是每個企業重要的基本建設，因為無論那個產業，這都是維持競爭力及避免在快速變化環境落後的重要資源。

數位化試圖在水平及垂直整合中找到一個平衡點。價值鏈水平的數位化，成功地整合並優化資訊流和產品在客戶、本身企業和供應商間的流轉，這個流程涉及企業內部各部門的整合及主動控管(例如採購、生產、物流和生管)，另外也包括價值鏈中所有與提高客戶滿意度和滿足服務需求有關的外部夥伴。

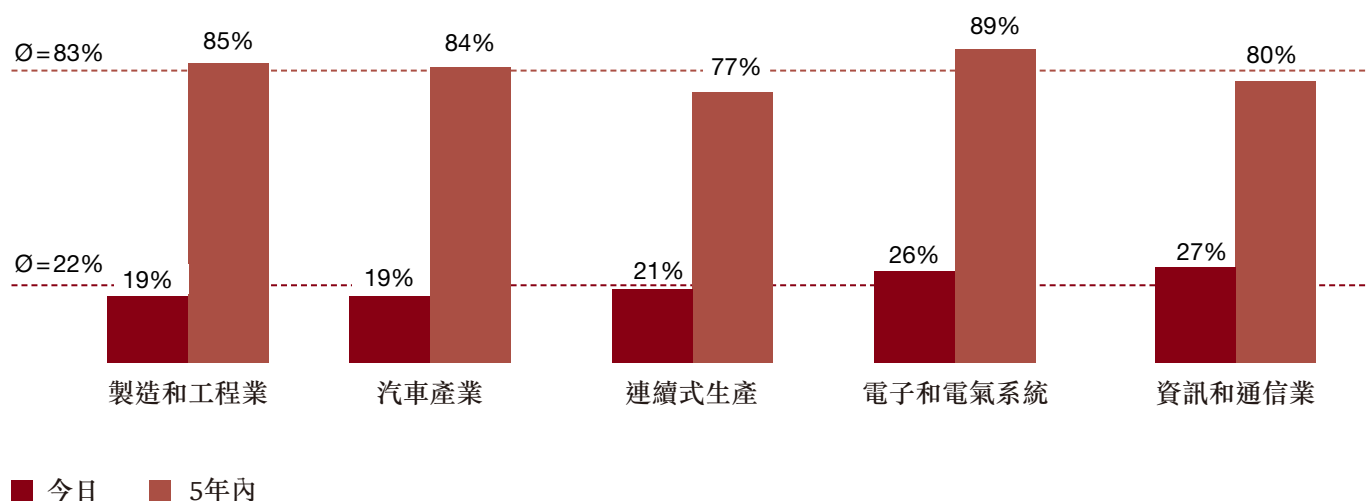
今日，我們已經要求將來自供應商的大量數據和最高的透明度沿著價值鏈進行無縫的品質監控。

自動化技術廠商副總

圖6

整體產業界的價值鏈數位化將明顯提升

產業界價值鏈數位化的程度¹
高度數位化(4, 5)公司的比例

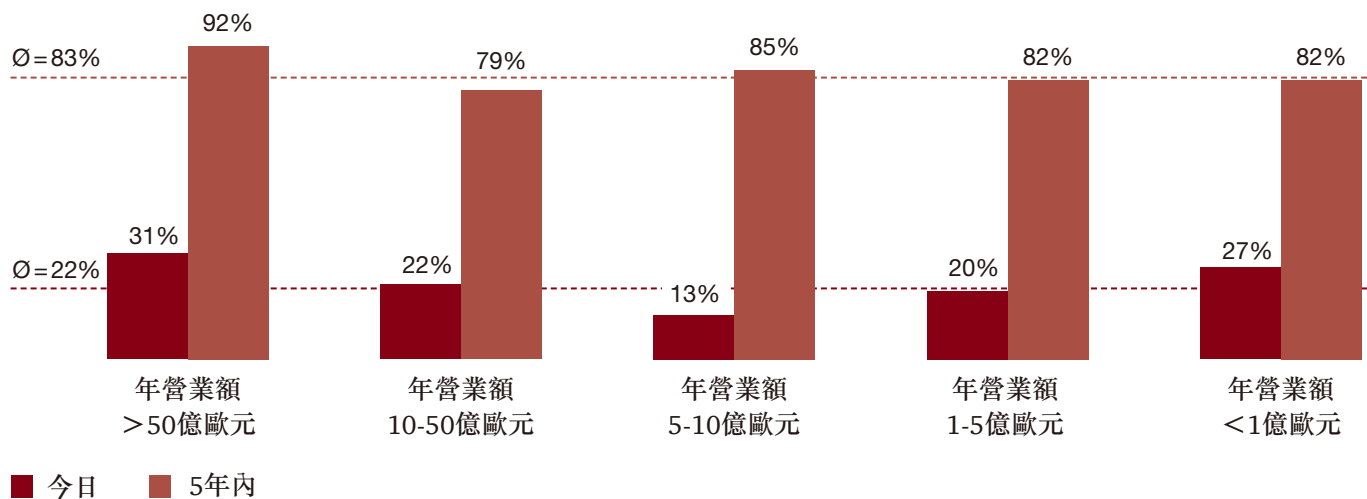


1. 水平和垂直價值鏈

圖7

價值鏈數位化無關公司規模大小皆列為優先等級

根據公司規模的價值鏈數位化程度¹
高度數位化公司的比例

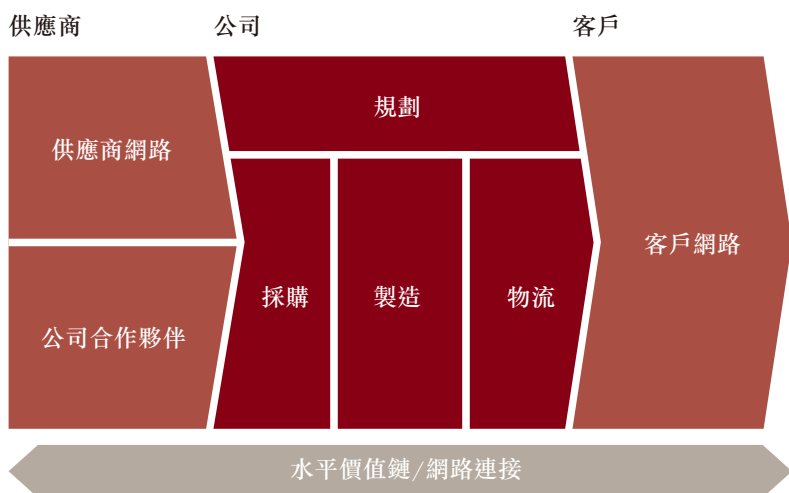


1. 水平和垂直價值鏈

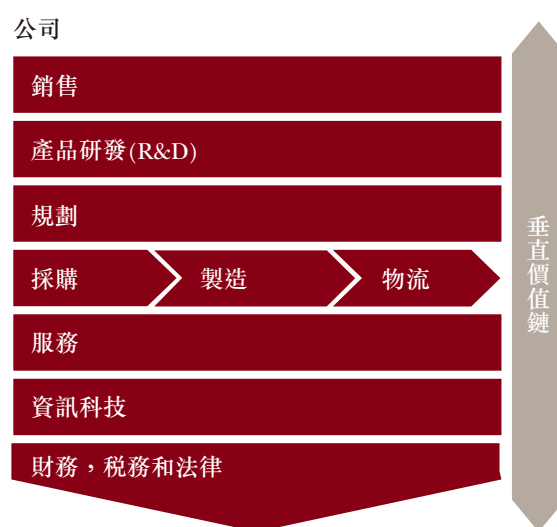
圖8

工業4.0要求水平和垂直價值鏈的全面數位化

水平價值鏈



垂直價值鏈



另一方面，價值鏈垂直的數位化則是確保資訊流和資料從業務、研發，到生產和物流間順暢地流轉，透過生產系統的最佳化、預防系統故障、以及更好的分析能力以提升產品的品質和彈性，並降低成本。

舉例來說，某些生產電子零件的標竿企業已在某個廠達到非常高度數位化的程度，藉由導入各種流程及優化價值鏈來實現，包括：

- 可取得垂直整合後研發、生產和物流的資料。
- 有效的資料管理和即時改善的資料分析。
- 工廠內所有零組件和系統的個別IP位址。
- 單件生產中所有重要製程步驟的自動化。
- 持續衡量及優化每個生產步驟及參數。

這些改變提升了工廠層級的績效，並大幅降低生產中的錯誤率。

大部分企業都能明確指出將價值鏈數位化後可帶來的附加價值。工業4.0和工業互聯網不只是個假設，在未來五年就會在大部分企業中真實存在。

4.工業互聯網成功地提升生產力和資源的應用-五年內提升18%的效率。

第四次工業革命對創造長期的生產製造效率扮演著重要的角色。工業界需要以較少的原料投入與較低的能源使用來生產更多數量的產品。工業4.0可藉由提高產量、能源與資源的使用效率，為企業創造更有效率的生產製造流程。

在未來五年內，接受調查的企業預計從對工業互聯網的投資中得到顯著可觀的利益。這些在不同產業中數位化的企業預期生產效率平均而言可以提高18%，這相當於每年效率的提升率為3.3%。事實上，超過三分之一的企業確實有更大的效率提升可能性。

許多效率的提升是來自生產流程與價值鏈的數位化，舉例來說：

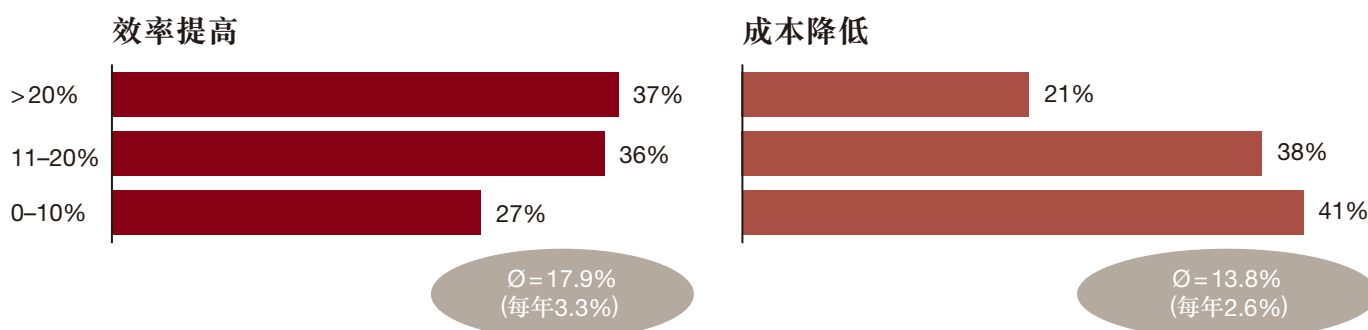
- 集中在個別價值鏈的核心區域
- 減少流程中不必要的程序
- 減少品質的損耗
- 使流程更有彈性和連貫性

圖9

有關工業4.0解決方案效益的高度期待－尤其是有關效率的提高

工業4.0應用之期待的量化效益

5年內的累積效果(相對於今日)/受訪者的部份



具體而言，增加的生產流程透明度可改善機械和系統的使用(如，批量大小的最佳化)。藉由數位化與更具連結性的流程體系，可以讓工作方式合理化並可提高生產力。為了控管而做的智能分析和整合數據的運用，也降低了生產過程中的廢品率。

當受查公司被問到降低成本時都希望工業4.0可在平常節省的金額之外再每年額外節省2.6%的成本，是在一般性成本降低之冠。加工業(連續性生產)則表示預期節省1.9%，這相對於生產流程較分散的製造業而言，是太過保守的估計。

預期成本節省的結果不僅是由公司內部效率的提高而產生，也同時是透過水平整合的結果。每年生產成本要能降低2.6%，是要在整個供應鏈的合作夥伴也都能實現成本降低，並將成本降低的效益帶給供應鏈上其他廠商的情況下。評估那些每年成本降低在3%至5%之間的企業後發現，工業互聯網所帶來的成本降低效益是德國企業之所以能持續提升競爭力的關鍵原因。

除了預期那些可被衡量、可量化的效益外，廠商也期待更進一步獲得品質上的效益。受訪公司對於在製造或物流上能有更好的規劃與控管抱有相當高的期望。此外，他們期望工業4.0可以提供更高的客戶滿意度和生產製造上更大的彈性。

更好的規劃和控管與價值鏈中跨企業水平整合的緊密程度有關，也是效率提升的重要因素。相反的，垂直整合程度提高則讓生產製造有更大的彈性，也減少產品上市的時間。

PwC是一個以實務導向策略專家所組成的全球團隊。我們的目標是隨時提供客戶所需要的關鍵優勢。藉由密切與客戶的合作，掌握客戶所面臨的重大挑戰並協助客戶找出機會。我們在管理諮詢有100年以上的經驗並結合獨特的工業經驗和PwC的全球資源。不管是協助客戶發展策略、部門轉型或建立新的能力：我們在任何時刻都為客戶創造附加價值。我們是PwC全球的成員之一，為客戶提供在地的服務。

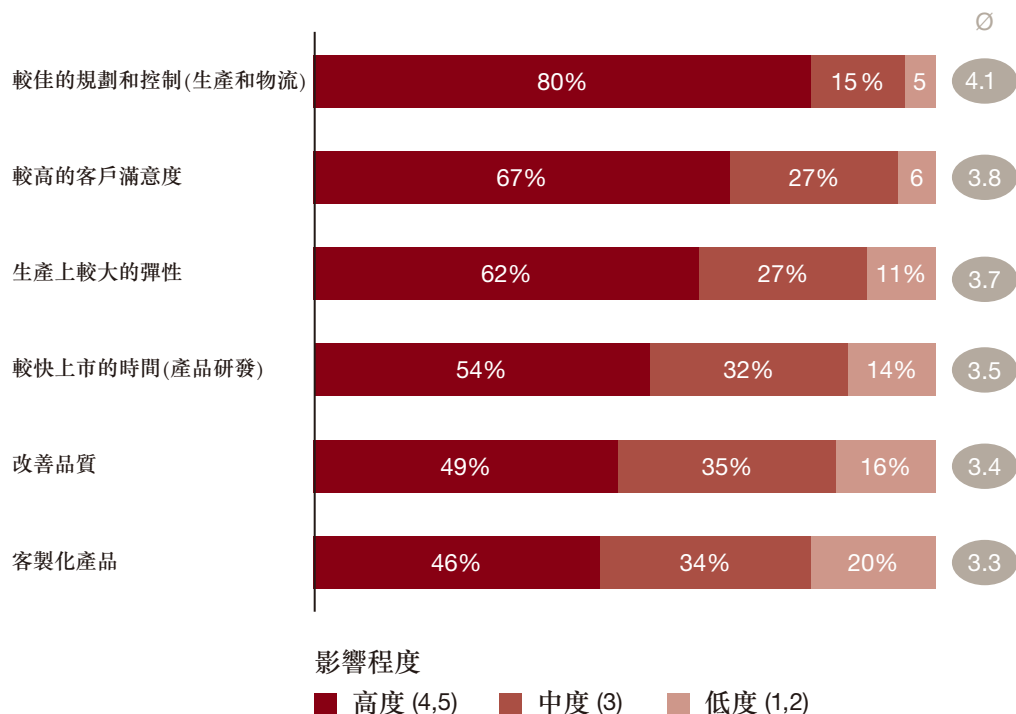
除了改善效率和節省成本之外，工業4.0是節省重要的資源成為可能。

機床廠商，生產主管

圖10

公司期待工業4.0能帶來的更廣泛的效益和較高的客戶滿意度

工業4.0的品質利益



工業互聯網也透過追溯材料、產品和製程數據增加了提高客戶滿意度的機會。例如，許多汽車業和電子業的公司將品管進一步往價值鏈的上游移動。它們期待從它們的供應商取得更完整的資訊來監控整個產品的生命週期。只有將所有可被追蹤的資料考慮在內，並在製造過程中增加感應器的使用以蒐集全部數據-而不僅是特定數據的蒐集-才有可能滿足不斷提高的資料需求，且不致於影響整體獲利的實現。

5.對資料進行整合性的分析與使用是工業互聯網的關鍵能力。

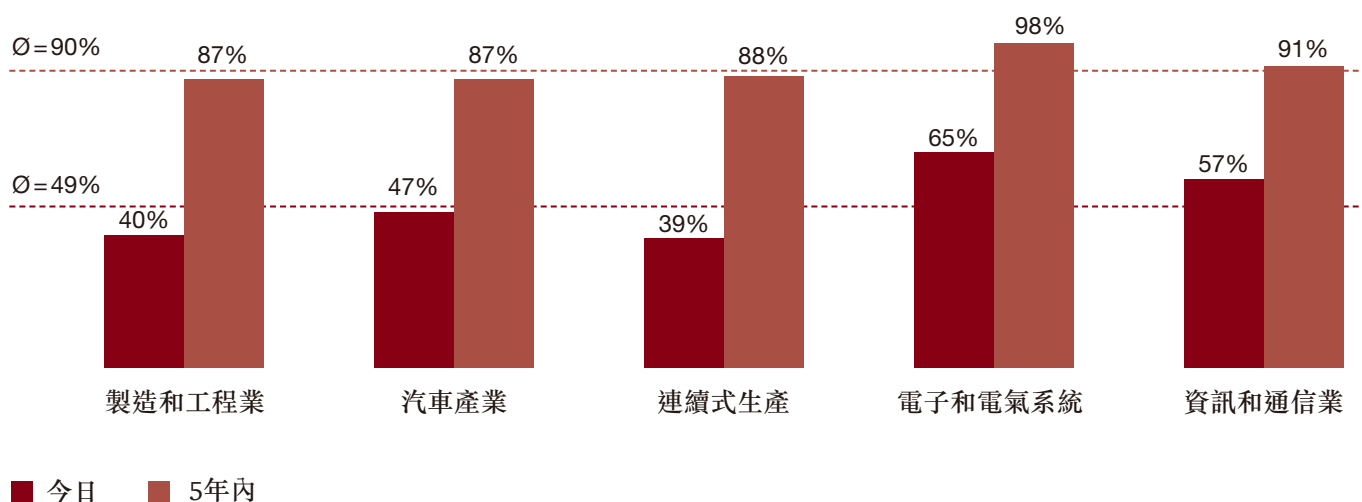
資料的使用與分析在工業互聯網中扮演重要的角色。包括感測器、嵌入式系統與聯結裝置(物聯網)使用數量的急遽增加，以及愈來愈多的水平及垂直價值鏈整合導致龐大且連續的資料流。這些價值鏈中產生並被完整蒐集的巨量資料，在許多情況下是沒有被結構化和被充分的使用。

資料的分析和使用已被半數受查公司高度重視。電氣和電子工程業特別強調此能力，因為部門內密集地使用資料在產品和解決方案上。五大產業中90%的公司皆深信有效的分析和使用大數據將會是他們未來在各自商業模式下能否成功的重要因素。此評估亦適用於那些對於資料分析及使用的強度還沒那麼高的產業。

圖11

資料的重要性因產業別而有差異，但整體而言會越來越重要

商業模式之資料分析和使用的的重要性
公司有極重要資料的比例



對數據的整合分析，就某些層面而言，提供了對整個生產流程進行整合性檢視的機會，並基於分析結果來優化流程。汽車供應商提供了一個在生產製造過程使用數據與分析應用的案例。為了要進一步提高產品交付的品質與可靠性，該企業採用了一項大數據解決方案：透過連接大量感測器上的數據資料並進行複雜的分析(八千億筆資料輸入，或每年50TB的資料量)。經由這個計畫，在製造過程的初期，生產單位可以辨識出有缺陷的零部件。此外，生產過程透明度的增加提高了價值鏈上每個廠商的決策品質，也降低了不必要的投入與浪費。這項計畫使得整體效率大幅提高，也顯現了競爭優勢。

此外，數據的分析與使用對於發展全新、數位化的商業模式、優化與客戶的互動過程、以及對公司獲利的增長有決定性的影響。大型加工業提供了相關的案例：為使獲利極大化，一個高度複雜的優化問題必須持續解決。目前產品的需求量、可用的機器數量、當前原物料的價格、與其他生產過程的因素都必須要一起綜合考量，以決定要生產哪項產品與對應的生產批量。一個大數據的解決方案，有效加速了這個包含超過50項考量因素在內的複雜運算所產生的各種模擬計算，因此企業可以在完整計算的考量後有效地增加獲利。

如今，企業對數據的應用重點主要著重在所在價值鏈中數據交換的安全與效率、清楚的產品標示(如，藉由條碼、RFID 或NFC)，以及使用即時數據來控制生產。雖然目前許多企業已經擁有大量的數據資料，但這些企業無法以整合性的方式分析和使用這些數據，或是以公司層次存取及使用這些資料。受訪的企業中提到與合作夥伴使用或交換數據資料的應用，在所有資料應用排名的第四位。

我們今日坐擁一堆資料
—但我們卻未能以整合
和結構化方式來優化生
產的控制。

機床廠商，製造主管

在價值鏈中有效地交換資料特別重要

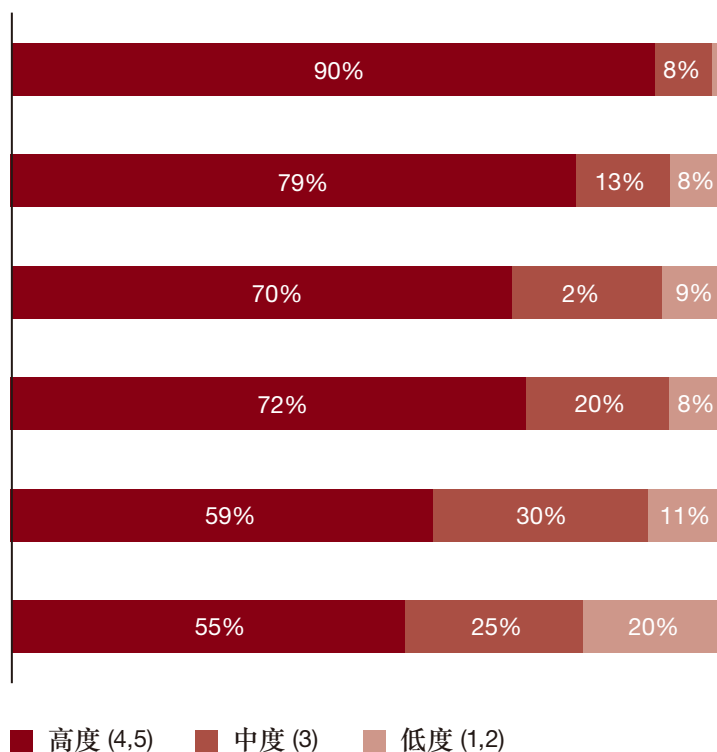
在價值鏈中有效地交換資料

使用即時資料來管理產品

和合作夥伴共同使用和交換資料

即時大量資料數量的分析

產生額外的資料(如，強化感應器的技術)



工業4.0－現有資料開啟了新機會

工業4.0的應用正走在一條由願景到實踐的路上。在產業知名的工業展會-2014年漢諾威展會上可清楚看到此一證據。工業4.0對德國工業尤其重要，因為德國製造業仍然在全球經濟占有決定性的關鍵影響地位。從德國聯邦政府的各種行動計劃和產業協會及商業公司所推出的工業4.0平台，都在支撐創新和提高生產，這些行動我們都可在工業4.0中發現其關聯性。

從博世企業(Bosch)和其客戶的角度來看，我們可以看出工業4.0應用對其整個產業和其物流部門的重大意義。Bosch是市場上領導的供應商，例如在工業控制與流程的技術。此外，它也是業界領先採用工業4.0應用的廠商，在全球擁有超過260家製造工廠。我們已經可以提供客戶創新與被驗證過的解決方案，這些方案皆是由我們工廠所發展並在實際條件下經過測試。我們的客戶得以由Bosch的生產製造經驗中獲取利潤。

我們期待工業4.0的應用能夠為德國產業帶來各種多元的機會。特別是針對中東市場，工業4.0藉由提供卓越的新服務創造了新的機會-或是藉由提供供應鏈資訊服務，如存貨追蹤，與客戶建立更緊密的連結(在B2B的情況下)。當然，這樣的機會同時也伴隨著挑戰。這需要發展出特定的能力，尤其是資訊IT領域，如資料安全。對中小企業而言，有合適且具備此項能力的合作夥伴尤其重要。他們必須能利用新的服務並提供軟體及服務(SaaS)的供應模式。

這當中的潛在利益是多元的，依不同應用的情形而有所不同。蒐集來自現有流程與不同自動化程度的機器數據，並加以可視化，得以建立新數據的透明度。這提供了生產過程改善的重要動力。此外，對於大數據的演算與分析有助於實現最終客戶所需要的應用選擇。這些應用範圍包括處理數據以減少廢品和返工；藉由機器運轉週期的監視，以最大限度地提高產量；預測機器維修時間，以最小化停機時間；上述這些應用都是可能的。最終，我們必須專注於自動化，不論是簡單或複雜的商業流程都能藉由新的應用技術被啟動或監控：從簡單的電子郵件、簡訊、或app的通知，到針對短缺零件進行自動訂料或自動偵測維修需求。

根據工業4.0的精神，重要的是與使用者共同合作發展解決方案。Bosch集團多年來一直在汽車、工業和耗材生產中和不同的使用者合作。

我們看到未來投資在數據智慧領域的需求，例如：對現有數據的分析找出具有獲利機會的活動。我們談的是一般性卻也影響深遠的資訊問題，如數據連接與提供的格式。這也包含使用控制技術和特定的軟體結構的專業知識，例如遠端控制的安全架構。這些問題對製造業愈來愈重要，但這當然也不該是製造單位未來的核心競爭力。

工業4.0的巨大潛力在於數據，特別是在有效地使用數據以獲得新的機會。

Daniel Hug 博士

Bosch 軟體創新公司，垂直產業&物流主管

6. 產品與服務組合的數位化是未來能持續成功的關鍵。

工業4.0不僅針對生產流程與價值鏈的數位化過程，這項變革也同樣導致更高層次的產品與服務組合的數位化。完美製造的產品在面對國際的競爭時已經不夠了，產品的差異性愈來愈多是往軟體的方向移動，以及卓越的感測技術、資料的產生與連結性。

今日主要強調機械性功能的產品可透過數位化方案與資料的連結性來擴充其價值。這項過程將會創造更大的客戶利益。除了直接整合數位「智慧」到產品本身，也可考慮對產品本身增加以網路為基礎的服務以大幅提高客戶利益。例如，工業互聯網讓客製化產品能夠以具競爭力的成本基礎製造（關鍵字：lot size one）。



數位化為先前未能以相同方式實現的產品概念鋪平了一條道路。

例如，可將製造資料儲存在雲端，讓專家分析來辨識改善的潛力。

自動化科技廠商，廠長

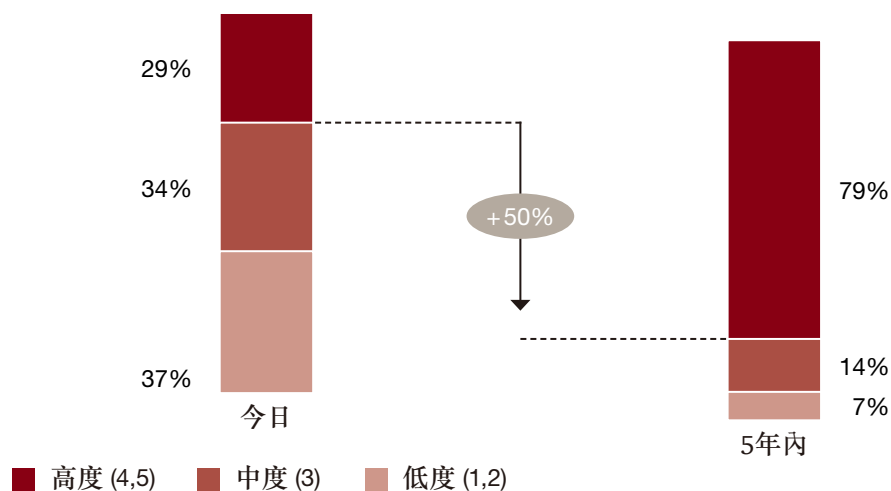
可在所有的產業界發現數位化產品的例子。例如，在汽車產業裡，慣性煞車系統(customary brake systems)已經藉由電子控制元件的幫助被改為防閉鎖系統(anti-block systems)；在製造和電子工程領域，使用並連結適當的感應器可允許最佳化、預防性維護設備與系統，並確保更有效的操作管理。

研究的結果顯示了數位化產品組合是一個普遍的做法，並在未來幾年內持續發展。目前，有29%受查公司已有高比例的數位化產品。這些企業已經察覺時代轉變的訊息，並已經大幅擴充產品組合，增加更具連結性及自動化的服務。在此背景下，產品組合數位化的程度與公司規模大小不再有關。許多中小企業已經開始專注於將產品數位化，以在市場中脫穎而出。

圖13

數位化產品和服務的占有率明顯上升

產品組合數位化的程度



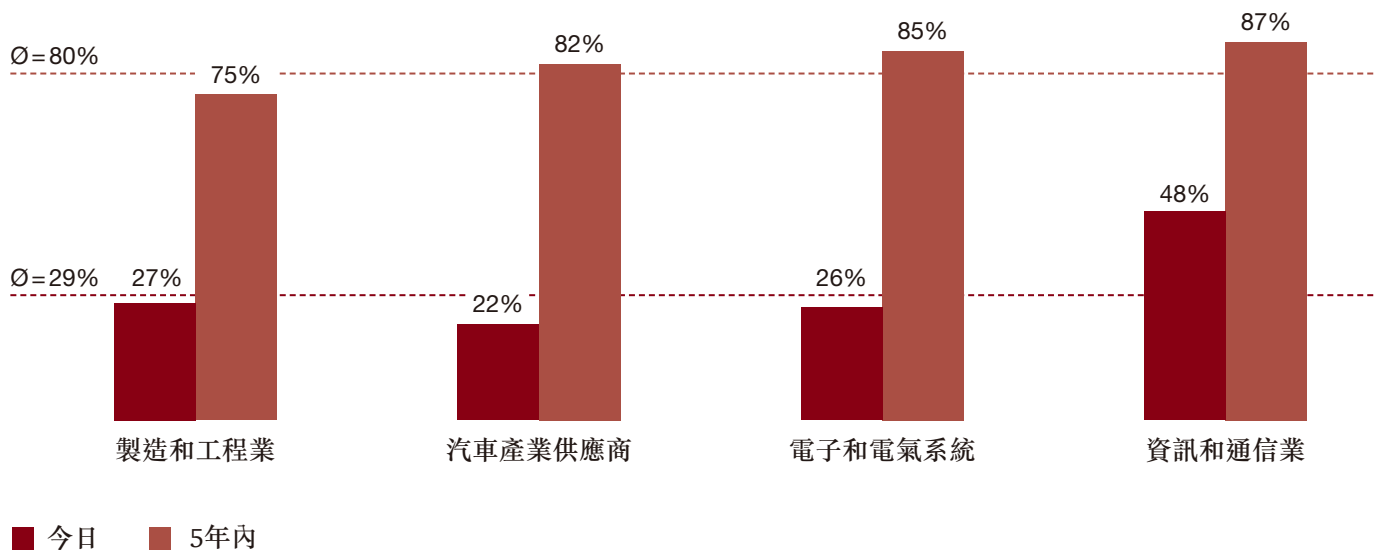
產品數位化的程度會在未來數年持續增高。在2020年之前，有80%受查公司表示其產品與服務組合將會達到高度數位化的程度。高度數位化產品組合的公司會增加五倍以上，從目前的7%到40%。每一個面對國際競爭的企業要能成功，都必須面對這項挑戰。

產品數位化的趨勢是跨產業共通的現象。在資訊與通訊產業，數位化產品的比例尤其高。但在加工業，依照不同產業類別來看，現階段僅有22%至27%的公司已具備高度數位化的產品組合。無論如何，在所有產業都有共通的趨勢：數位化產品的比例在未來幾年將會持續穩定增加。

圖14

產品組合數位化在製造業有成長的空間

產業別的產品組合數位化程度
公司高度數位化的比例 (4, 5)



7.數位化的產品及服務每年將為歐洲工業帶來約1,100億歐元的額外收入。

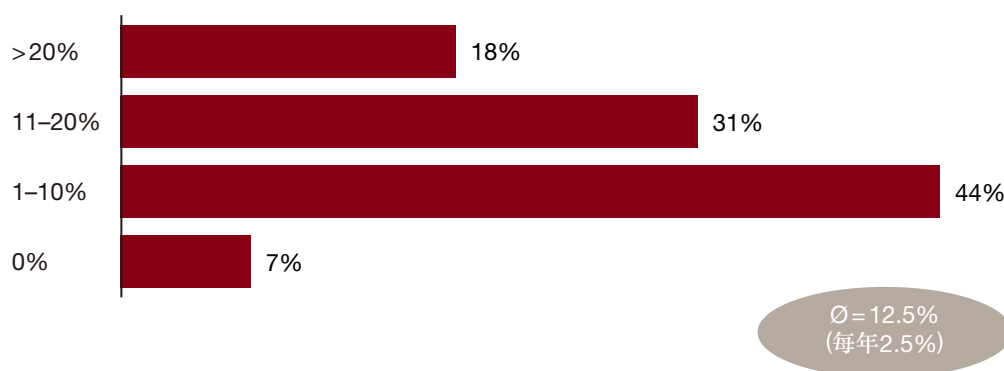
軟體的市占率及數位元素，對產品總附加價值的重要性與日俱增，自然也影響企業的收入，因此，產品和服務組合數位化的目標就是確保市占率及能與國際競爭並駕齊驅。此外，企業也將工業4.0的應用與明確的成長目標綁在一起。

研究顯示約50%的受訪企業預期工業4.0和增加產品組合的數位化能在未來五年帶來兩位數的收入成長。它們之中更有18%預期收入增加20%以上。總而言之，研究結果預期在五年之內累計增加12.5%的收入。此數字相當於每年額外2.5%的收入成長。

圖15

公司期待因工業4.0解決方案和數位化產品能帶來大幅收入增加

因工業4.0而期待增加的營業額
5年內所累積遞增的成長



這樣的成長目標對許多公司而言都是相當有野心的。有趣的是，我們的調查顯示，許多中小企業的期待和大型集團並無不同。

此外，研究結果顯示有較多數位化產品組合的公司在近年來已經有優於同業平均的成長。有近70%高度數位化產品的公司在過去三年每年皆達到超過6%到10%的成長，它們之中更有許多成長超過10%。可預期的是此趨勢將會再持續一段時間。相對而言，半數中度數位化的公司則僅達每年5%或更少的收入成長。

各產業的受訪企業均預期工業互聯網解決方案可為營收帶來可觀的成長。製造和工程業、汽車產業供應商、電子業和資訊及通信業預計增加的收入為13%到14%。僅加工業預期較緩和的收入成長-五年內累計約8%。

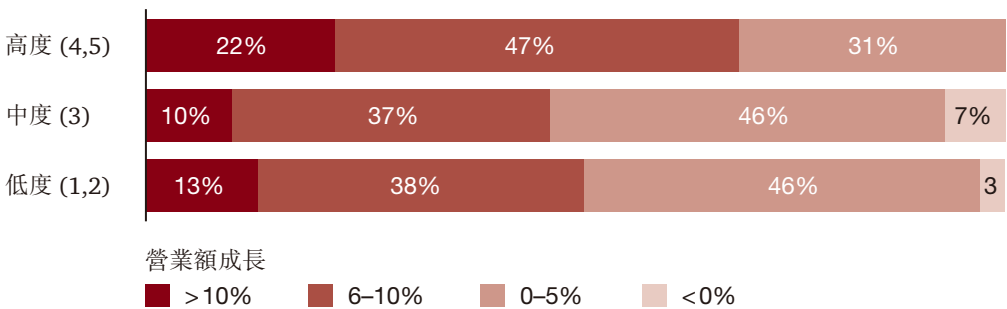
未來銷售額的成長來自服務業。數位產品和服務的銷售比例會持續增加。

測量技術公司，製造主管

圖16
高度數位化產品組合的公司所經歷的快速成長

仰賴數位化程度的營業額成長
過去3年的年度成長

產品組合數位化的程度

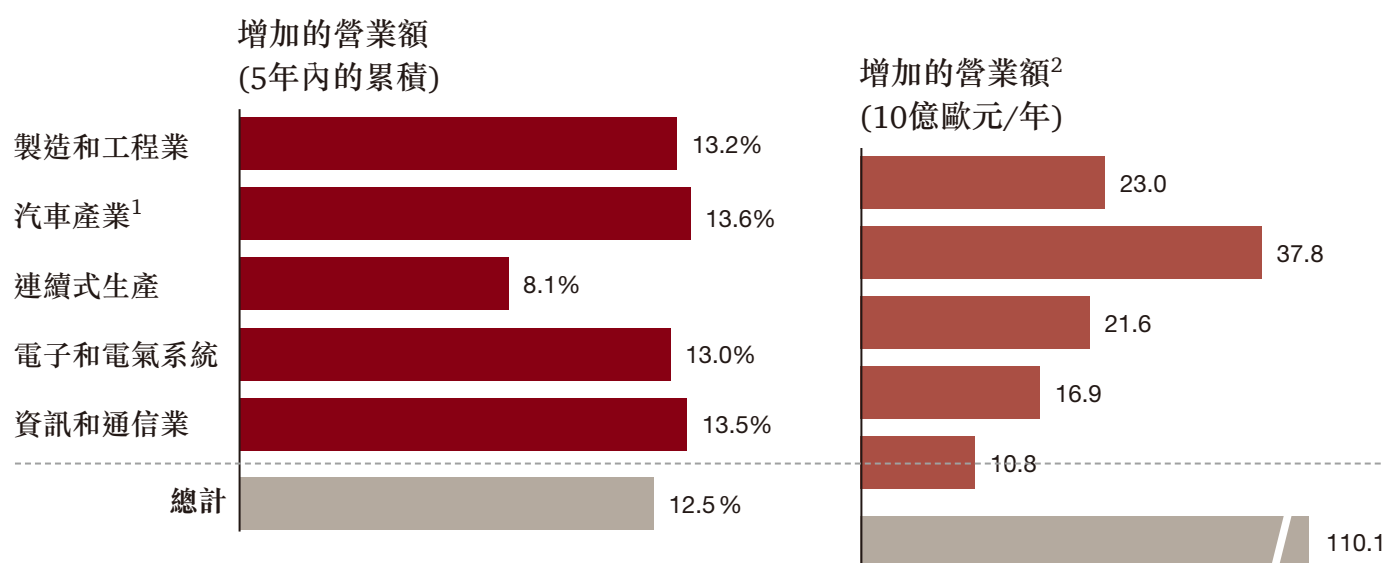


以產業別來看，營收成長呈現可觀的潛力，未來預計工業4.0解決方案光在歐洲地區就將創造超過1,100億歐元的額外年收入，相當於在五年之間有5,500億歐元的額外收入。工業互聯網或工業4.0會因而在未來數年對歐洲的成長有可觀的貢獻。

圖17

公司期待導入工業4.0可帶來每年1,100億歐元的額外收入

每一產業界因導入工業4.0的預期收入成長



1. 整體汽車產業的推測(經濟部門29: 汽車和汽車零件的生產)

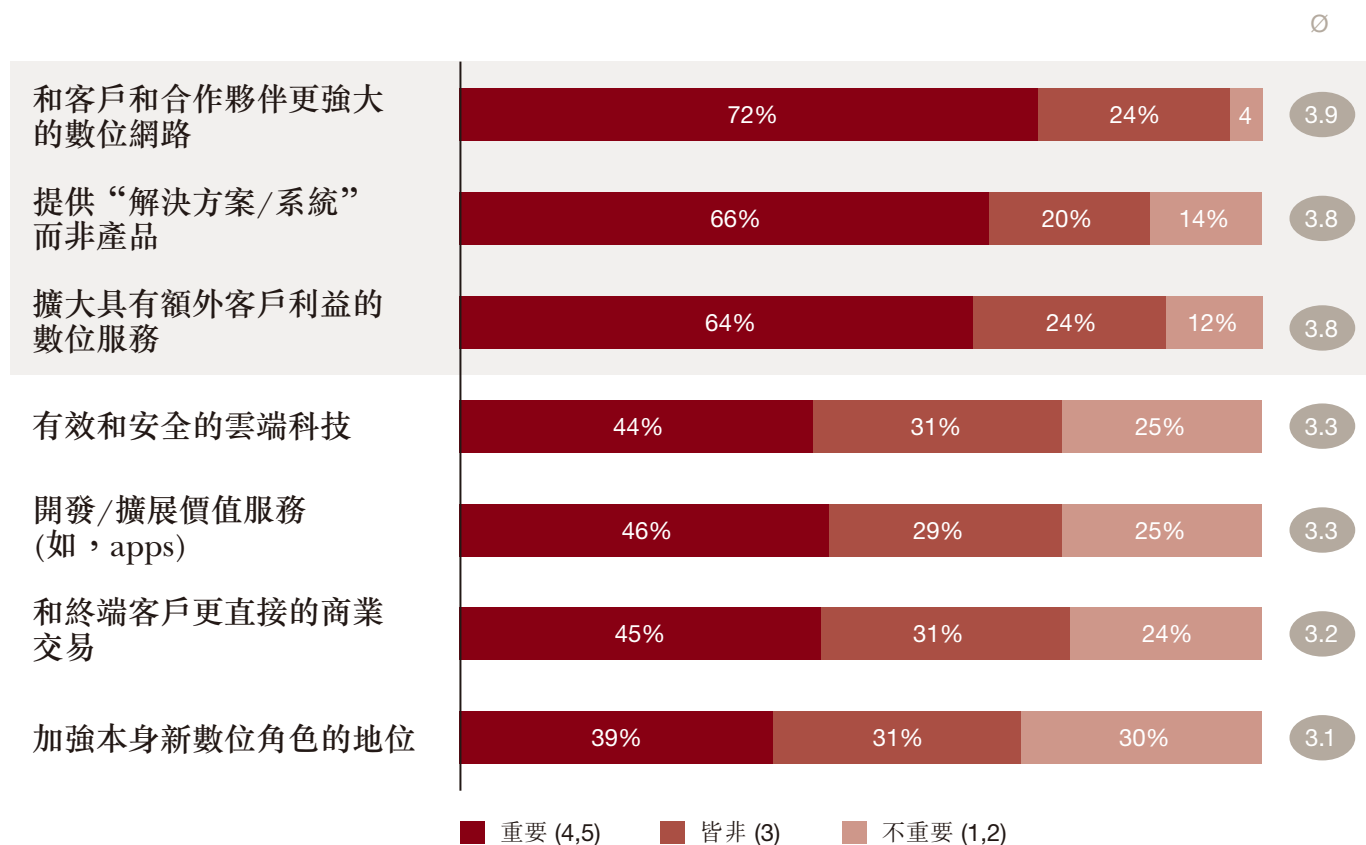
2. 歐洲每一產業界根據總收入的推測

8.工業互聯網為更新、且破壞式數位化商業模式鋪路。

在經歷工業互聯網的過程中，現有的商業模式會產生永久性地變化，尤其會創造出全新的數位商業模式。此一發展的焦點在於擴大附加價值解決方案(而不只是產品)的範圍，進而增加客戶的效益。它更進一步地擴展數位化服務的元素，並提高了產品和製造設備間以及客戶和合作夥伴間的連結程度。因此在快速變化的環境下造就數位改變的特殊性。破壞式創新亦會導致像資訊和通信業的產業界在短期內產生永久性地變化。

圖18

工業4.0環境中成功商業模式的關鍵層面



由於愈來愈緊密的連結度及在整個流程上運用更多資料/分析的能力，現有的商業模式將變得更以數據為基礎、有效率及以客戶需求為始。因此，受訪企業皆把「改善規劃和控制能力」和「更高的客戶滿意度」視為工業4.0的最重要的兩項質性利益。

資料的有效性和整合性使用，以及愈來愈多的產品和價值鏈的數位化正說明了新商業模式的主軸。近年來，企業甚至發展出以資料使用做為附加價值為主的商業模式。如在Google的案例中，藉由提供通常是免費的數位化產品以取得更多使用者資料。然而，新的商業模式常是藉由數位化破壞既有的商業模式，再開創出既有商業模式下無法產生的收入來源。因此，新的商業模式將帶來全新的客戶效益。

各產業受訪者中，資訊和通信業是採用這種新商業模式發展中最先進的產業。雲端和需求即服務(as-a-service)的商業模式已經建立，並成為使用IT基礎建設和IT應用程式的標準。同樣地，傳統工業如製造業和工程業將會產生較多以解決方案為導向的使用模式，而非只是單純的實體產品銷售。機器和系統將會以更具彈性的方式計價，例如以消耗量為基礎（例如，以「印刷頁數」而非「印表機」或「印刷機器」台數）。相應地，由系統運作所獲得的資料將被用以創造新的附加價值(例如「印刷指令」在不同系統間也能順暢地運作)。

反之，藉由破壞式創新導入新數位化商業模式的契機已經造成整個產業界重大的變化。例如，在電信業中，轉變為數位化的供應商已經顯著地翻轉了整個附加價值的流程並重新分配了既有供應商的利益。

可預期這種破壞式的電子商業模式在其他像是汽車業的產業裡也會產生類似的轉變。最近Google取得的一項專利，讓無人駕駛汽車在城市遊走的情景變得可預見。該種汽車的目標是在沒有駕駛的狀況下，將乘客由某一地點載到另一地點。在這個情況下，Google能提供的附加價值就是為他們的廣告商創造新機會，免費地將客戶帶到廣告商的店內，並同時解決零售業者的傳統問題。此種新的商業模式將會對絕大多數的運輸業者造成破壞性的影響。

如今，數位商業模式會擴大到現有的產品和服務組合來確保未來銷售額的成長。

印刷機廠商，服務部主管

9. 水平合作讓客戶滿意度愈來愈提升。

約有半數受訪企業確信與價值鏈合作夥伴更密切的合作-併同增加水平整合-在現在已非常重要。這個重要性在數位化愈來愈普及和連結性愈來愈緊密的情況下將會更顯著地增加。未來五年，超過80%的受訪公司認為更密切的合作及更高程度的水平整合將更為重要。這同樣也適用於所有受訪者產業以及工業互聯網解決方案的使用者和供應商。

驅動企業與其他公司更密切合作及強化整合的動力來自於希望在全新、數位化的商業模式環境中，能更滿足客戶的需求。更快速的進入市場、更快的創新速度以及更有效彈性的人力配置，將是促進合作的原因。根據受訪企業表示，相較之下取得專業技術及降低風險較不重要。

在愈來愈複雜的世界中，開拓性的創新通常需納入各類的公司才可能產生。當各公司都能貢獻其個別專業，互相互補才能發展出新的商業模式。有一個比價值鏈整合更緊密的合作案例是電子行動產品的開發：汽車製造商已合併了各專業領域間的供應商以及其他產業界的供應商進行跨領域的合作(例如，化學公司和電池材料廠商、電子模組廠商)，這些合夥關係讓它們得以更快及更有效地發現客戶需求，並改變解決方案。

然而，密切水平合作的關係並非只侷限於創新的領域中。事實上，其目標是優化整個價值鏈的商業流程－特別是透過提高資料的使用和分析程度。超過70%的受訪企業相信在工業4.0的環境中，改善與合作夥伴資料交換的質量在未來更為重要。

最後，由於更密切的水平合作，競爭規模預期將產生根本性的改變。在合作夥伴生態系統(partner ecosystem)中的企業將和其他公司或其他合作夥伴生態系統日益競爭。在此系統中，它們從更健全的資料交換和共同標準中獲利，進而在市場上脫穎而出，並提供客戶更多的附加價值。此情形在資訊和通信業中更加顯著。超過96%在此產業的企業認為更進一步的水平合作是重要的。這個趨勢將非常可能延伸到加工業。

德國的中型市場僅能透過意義深遠的合作來滿足日益增加的客戶需求。

機械和工廠工程師與建造者，供應鏈主管

圖19

各產業界都把重心擺在更大程度的相互合作和水平整合

和價值鏈緊密合作的重要性

把合作置於高度重要性的公司比例

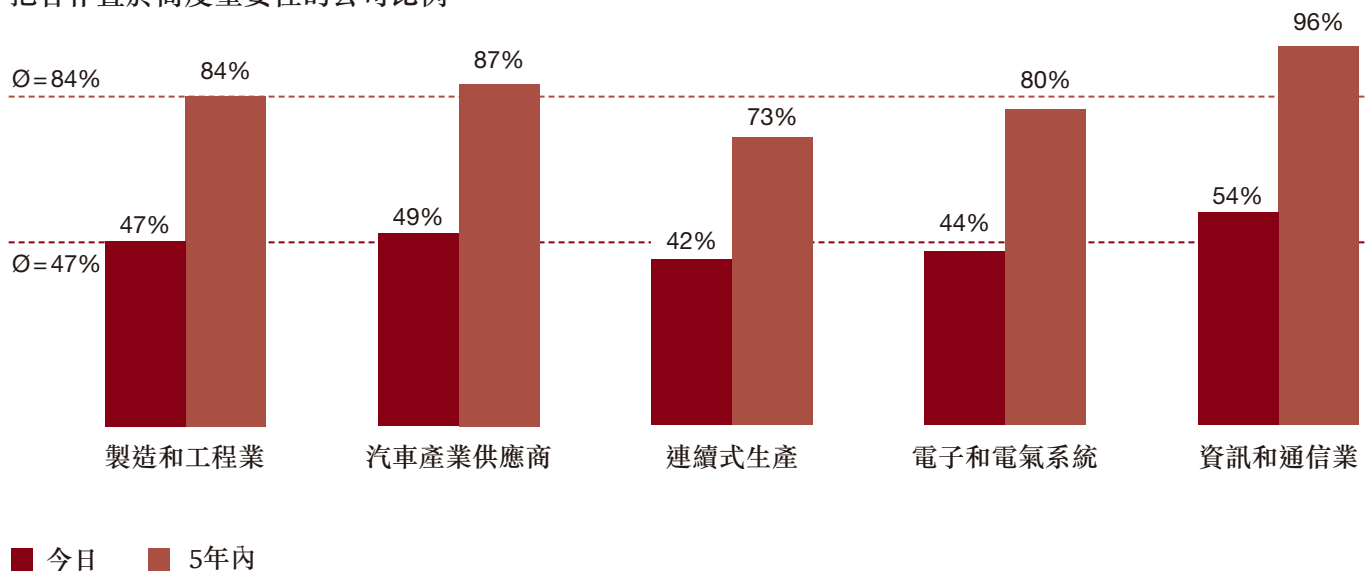
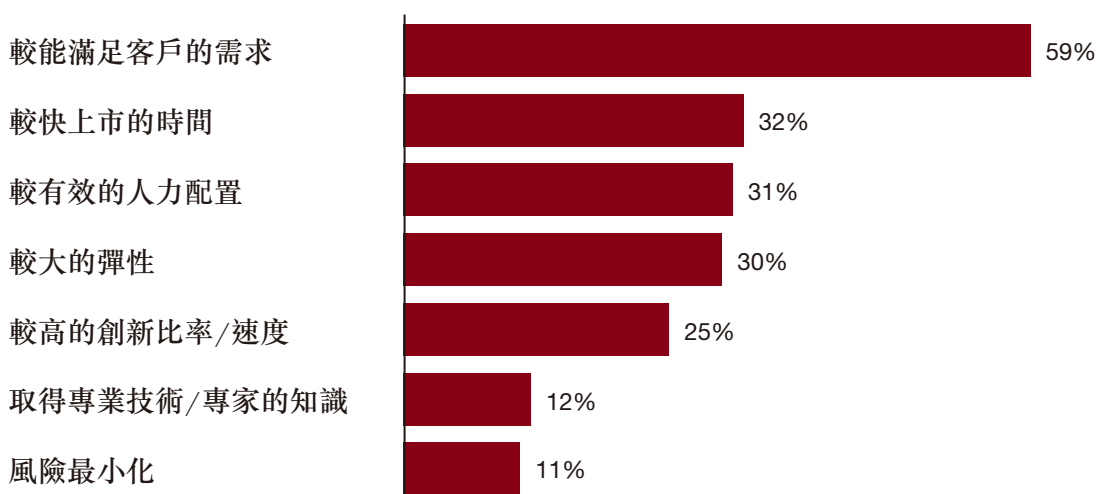


圖20

緊密合作的主要驅動力來自更能滿足客戶的需求

在工業4.0的環境中合作最重要的理由

選擇前2大理由(百分比)



10.工業互聯網將面臨各式各樣的挑戰－立法單位和產業協會可以協助。

工業互聯網對所有受訪產業已是一個關鍵的議題一旦此趨勢在未來將愈來愈重要。然而，企業仍必須承受許多因成功、及時實踐數位化概念而帶來的挑戰。在這個情況下，對於新工業4.0應用，焦點將在預期高度投資但不明確的成本效益上。

近半數的受訪者(46%)表示，不明確的經濟效益和過高的巨額投資為兩個最重要的挑戰。許多公司尚未有任何明確工業4.0解決方案的計劃，亦未進行過大規模的投資。這是因為對許多公司而言，這是新的解決方案且需有重大的改變。潛在效益的量化也相當複雜且多元。各產業迫切地需要更高的透明度和經驗交流。

排名第二及第三的主題是「員工資格不符(30%)」和「缺乏(有共識)的標準(26%)」。員工的能力在各產業都是一個重要議題。數位化的改變將牽動整個價值鏈流程對員工的要求－從研發經由生產到銷售。流程和商業模式將變得更加靈活並以數據為基礎，並需要全新的員工技能和資格。產業對於軟體開發者和資料分析員的需求，在未來的五到十年內會再次明顯的增加。

眾多和複雜的挑戰，無法靠企業單獨克服，需產業協會、工會及雇主協會的共同努力。在德國，除了跨產業共同提倡各種能力，以及制定和評選出共同的標準以外，結構化技術和數位化的改變都需要立法單位明確的支援。

受訪企業列示出需要立法單位支援的項目眾多。最常被提及需要立法單位協助的課題包括倡導青年創業、國際標準化和競爭資料保護法。另一方面，立法單位最頻繁討論的「寬頻連結的擴展」議題則被歸類至最底層。僅有少數公司把此議題視為在實行工業4.0的一個大挑戰。

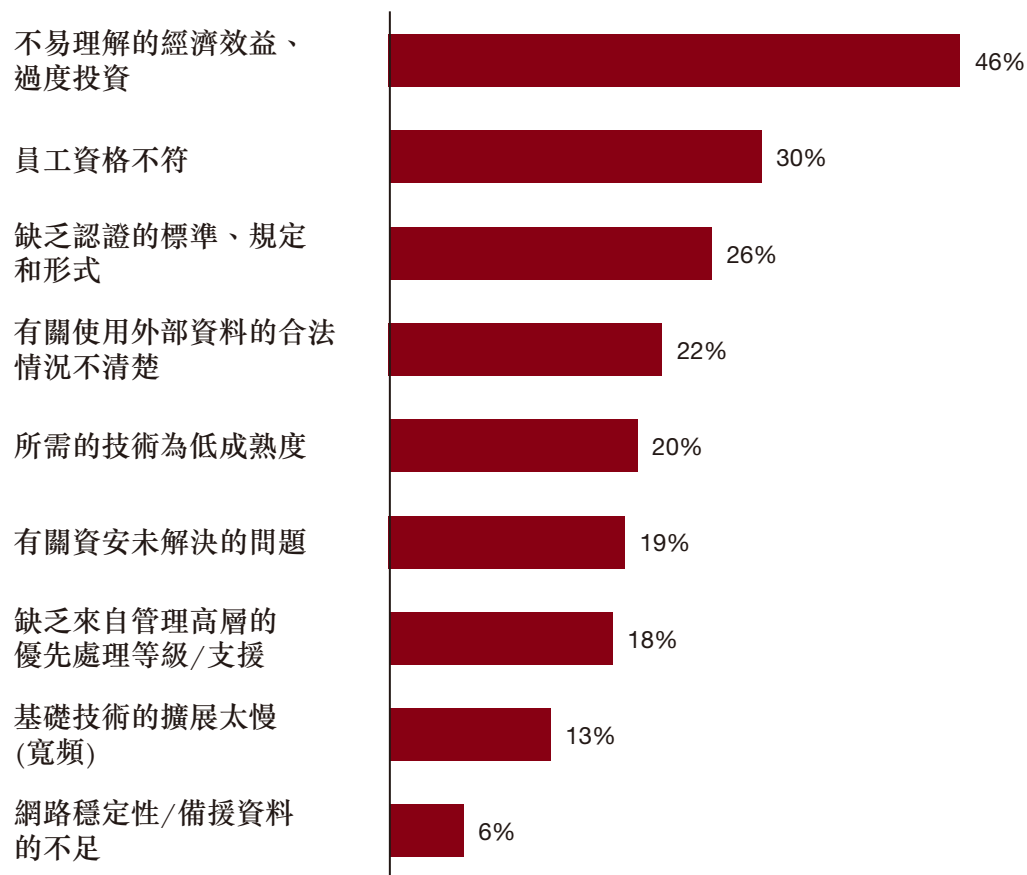
若我們未成功建立一致的標準來交換資訊和資料，則工業4.0就會失敗。

自動化解決方案廠商，開發人員

圖21

缺乏清楚的經濟效益是工業4.0最大的挑戰

成功實現工業4.0面臨的挑戰
選擇前2大理由(百分比)



由於人口統計的變化，倡導青年創業變得比以往更為重要。政府可協助解決對訓練有素員工日益增加的需求－從學校開始。透過工業互聯網和數位化的普及，以數學、數據科學和資訊科技為基礎的技能需求將會增加。政府應創造所需的基礎教育，從小開始引導及培養對科技的熱情。此外，職業貿易和研究課程的內容必須因應未來數位世界的需求。

再者，立法單位可在歐洲或國際上推廣統一的標準。清楚定義的標準和規範是價值鏈水平和垂直連結的基礎。它們使機器、系統和軟體的數據和資訊得以無縫交換。對德國，身為全球出口的領導者，以及多數工業企業而言，國際標準化是不可或缺的。

在數位化的時代，當企業、協會、工會和政府合作時，工業4.0可實質地強化歐洲商業和工業基地的競爭力。近90%的受訪企業同意工業4.0在未來五年內對德國經濟有極大的重要性。超過50%的研究參與者甚至認為，工業4.0對德國作為一個商業基地而言，是相當重要的。

工業4.0可取代工作重新配置至低度開發國家的情況並使資深員工留在製造業工作。

自動化解決方案廠商，開發人員

圖22

成功實現工業4.0需要立法單位廣泛的支援

需要立法單位的支援
選擇前2大理由(百分比)

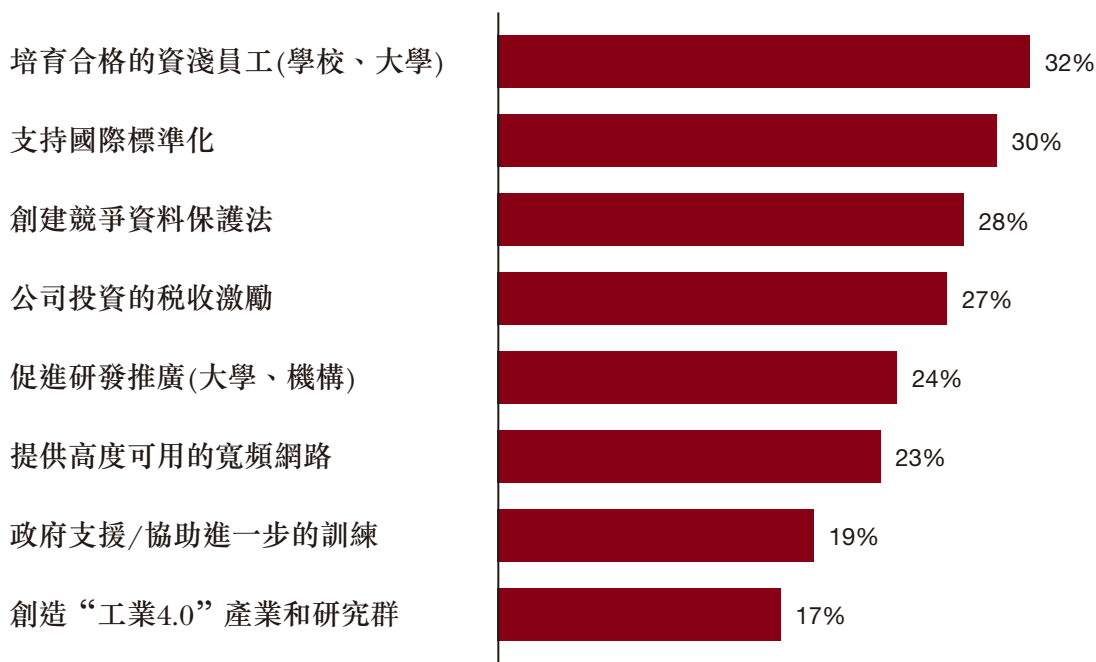
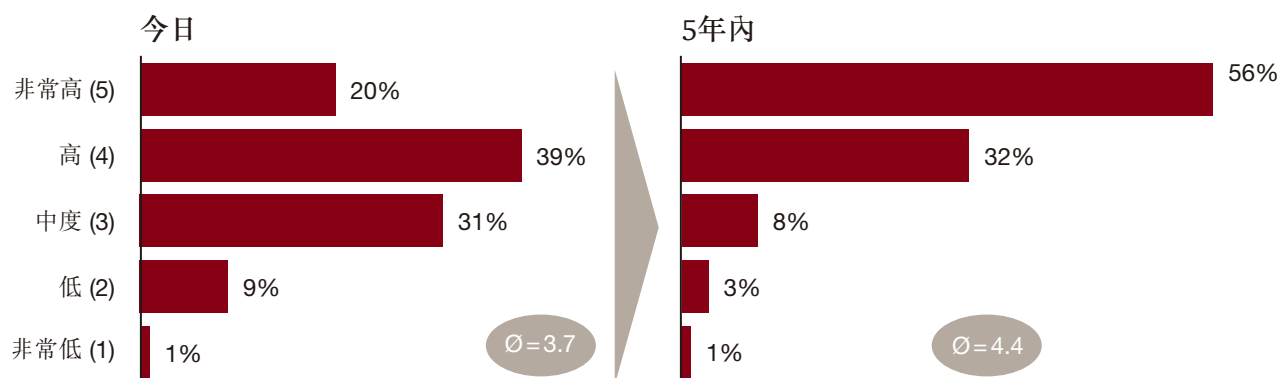


圖23

工業4.0對以德國做為商業基地的企業的重要性

德國做為商業地點的重要性程度



工業互聯網－創造改變，使用潛能！

數位化對人類的生活與工作環境將產生長遠的影響，對全球的工業企業更是提供了創造領先優勢的機會。但是能否將工業4.0轉換成可運行的商業模式，不僅取決於企業，立法單位與社會，更需建立相關的管理制度。

德國的機械製造商，想要利用工業4.0使德國成為產業的最大市場與供應商。工業4.0應成為製造業的共同語言，且這個語言應該來自於德國。企業正面臨產業根本性的變化：生產流程與產品的數位化；製造商、供應商以及客戶正建立更緊密的網絡，使創新更加快速。製造業正變得更加個人化、節約資源、彈性與快速。

依本研究結果，無論何種規模的機械製造商，都正在關注工業4.0的議題，以及計畫投入可觀的資金在相關科技的發展。已經有3成的機械產品利用到軟體與自動化科技，且這個比例將大幅提高。

研究也顯示，許多公司仍然對工業4.0抱有疑問與不確定性。目前工業4.0尚未有「標竿」或「藍圖」可供依循，企業主必須找到自己的方法，並試著回答以下問題：

- 公司可以從工業4.0獲得什麼效益？
- 目前的商業模式需要什麼改變？
- 工業4.0的哪個領域，對公司幫助最大？
- 公司需要的執行策略與資金？
- 員工的訓練方法？
- 如何與現有的生產科技、資訊系統與資料庫進行整合？
- 在眾多可創造價值的網絡中，公司屬於哪一個？

德國機械設備公會(VDMA)積極地協助德國企業邁向工業4.0，此機構結合了公會本身與VDMA工業4.0論壇企業的跨領域專業。透過VDMA工業4.0論壇以及三大組織的聯合平台—VDMA、電器與電子製造商協會(ZVEI)與德國資訊技術、通訊、新媒體協會(BITKOM)，我們的任務是藉由為製造與工程領域發展可實現的建議方案，以推廣工業4.0的願景。在此架構下企業的需求是我們關注的重點，我們目標是建立長期與永續的網絡，協助企業會員進行經驗交流。

Dietmar Goericke VDMA工業4.0論壇
執行董事

展望和建議

對大多數的企業而言，實現工業網路需要持續多年的轉型，且對企業的價值鏈將帶來顯著的變革。由於將對企業造成全面性的改變，以及考量未來3至5年的投資金額，企業主必須先理解工業4.0的重要性、擬定相關計畫並提高執行的優先排序。

鑒於體認到工業網路的重要，有18%的受訪企業表示「缺乏重要性排序/高階主管的支持」是目前最大的挑戰之一，公司的管理階層應該對這個結果有所警覺；同時企業應該檢討目前工業4.0的能力，並考量客戶需求改變，規劃數位化的目標。

我們的工業網路/工業4.0能力成熟度模型(圖24)，可以協助分析企業於數位化領域的相關能力，並將這些能力融入企業的工業4.0策略，以支援企業目前與未來的營運。此模型將對企業的流程/價值鏈、產品/服務組合與客戶/市場進入策略進行評估。我們認為應先評估企業目前的成熟度，以及盤點能力與數位化計畫，如此就能定義工業4.0的目標成熟度，並找出達到目標所需能力的缺口。

我們公司已經有許多的數位化計畫，但對於工業4.0應達成的目標，並沒有共同的願景與藍圖。

執行長，
機械和工廠工程師

但，工業4.0的目標與執行的方法，對每個公司來說皆不相同，重要的是擬定適合公司的目標成熟度。未來3至5年所需的能力、客戶與競爭情況、企業投資的意願等議題，皆須被評估與確定。企業有3個策略方向可以選擇：

- 「領先」：快速回應並承擔風險，以儘早掌握數位化的機會，共同發展工業4.0的概念，或甚至建立標準 — 但企業將因導入嶄新且不成熟的解決方案，承受高度風險。
- 「快速適應」：從先驅者的經驗學習，快速調整並導入初步驗證過的解決方案 — 但企業可能無法與先進者一樣，獲得工業4.0最大的效益。
- 「等待」：等待工業4.0的普遍化，以導入有標準且可以證明效益的解決方案 — 但企業將可能在快速變化的環境下，落後於競爭對手。

工業4.0解決方案的確切導入步驟，包括里程碑以及能力與資源需求，可以藉由分析策略目標的優劣勢來決定。導入步驟應包含明確定義的執行與效益分析方法，以及為不同公司量身訂做的時程規劃。同時應建立變革管理方法，以協助確保變革持續發生，與展現先導計畫的成效。

圖24

工業4.0的能力發展—5大領域與4個階段

	1 數位化新手	2 垂直整合者	3 水平協調者	4 數位化優勝者
商業模式、產品/服務組合	初始的數位解決方案與獨立的應用	以軟體、網絡(機器-機器)和資料的數位化產品和服務組合做為主要的差異性	跨越供應鏈界線，與客戶整合，與外部夥伴協同合作	以創新的產品和服務組合、單一批量、產品零件和辨識來發展全新的破壞式商業模式
市場和客戶通路	線上與實體通路分離，產品導向而非客戶導向	多元通路；導入資料分析方法	結合價值鏈合作夥伴，創造個人化的客戶服務與互動	整合的客戶旅程管理，跨行銷與銷售通路進行客戶關係管理
價值鏈、流程和系統	數位化和自動化的子流程	公司內數位化和製程與資料流的垂直整合	與客戶以及外部夥伴，於流程與資訊流進行水平整合	全面數位化、整合的夥伴關係與虛擬流程、聚焦於核心能力、分權式決策與自動化
法規遵循、風險、安全性與稅務	傳統式架構，不重視數位化	瞭解數位化挑戰，但未全面解決	與合作夥伴共同解決法規遵循風險	最佳化法規遵循、安全性與稅務的價值鏈網絡
組織和文化	各部門獨立作業	跨部門協作，但無制度且未持續執行	跨部門協作，且鼓勵分享	以合作協調做為主要價值驅動力

數位化新手 在邁向第4次工業革命的過程中，工業企業通常是從數位化新手的角色出發。在這樣的成熟度下，數位化在各部門、產品與服務已初步獲得正面結果。但這些數位化的活動沒有經過整合，也沒有急迫的時程規劃；且數位化的風險沒有經過系統化地記錄，無法保證法規遵循。

垂直整合者 在第二級成熟度的工業企業，已經提供產品與服務組合的數位化功能。例如使用整合軟體(嵌入式系統)，或是使用產品的線上溝通平台。作業流程與重要的管理流程已數位化，舉例來說，產品開發的資料，可以供製造現場、物流以及企業內其他系統使用，或是藉由網站詳細的說明與產品型錄，進行市場開發。



水平協調者 在第三級成熟度的工業企業，將價值鏈與客戶以及合作夥伴進行整合。在生產過程中，與客戶、供應商與下包商進行數位化整合，並與物流商更緊密的連結，可以提升效率與創造更高的品質，降低作業時間與成本；產品與服務組合與價值鏈夥伴連結，以提供客戶跨價值鏈與更加全面的服務；使用創新的方式與客戶溝通，並儲存與分析客戶的資訊；使用標準且有效的方法管控數位化風險，且各部門皆能做好法規遵循。

數位化王者 數位王者已經將公司的作業與管理流程提升至全球標準，且也在各個領域將這些流程虛擬化。他們將公司的營運績效聚焦於關鍵範疇，並擁有全球的合作夥伴網絡。

基於成本與控制基準，重要的管理流程已進行數位化與全球化。數位王者通常會建立「數位總部」，在這裡所有的管理流程皆經過最佳化與自動化；重要的價值鏈流程，也從財務的角度進行有效的定位；透過創新的業務模式，拓展數位化產品/服務組合。結合創新的系統與加值服務，這些新的業務模式整合了與價值鏈夥伴合作的新方法。資料管理、分析與即時資料的使用，是企業能力發展的重點。

發展工業網路的解決方案，需要大量的資金投入，因此相關的經濟效益與可創造的競爭優勢，必須有定期且嚴格的評估；要成為數位王者有很多方式，每個企業應選擇按照最有效的路徑—這取決於企業的能力、目前的產品/服務組合以及作業與管理流程

工業4.0的列車正要開出
—公司須決定何時是最佳搭乘的一刻。

產業協會，執行董事

通往數位化的第一步

無論企業選擇何種工業網路/工業4.0策略，皆可使用3個步驟來規劃企業的數位化藍圖。

1. 將所有物品命名

賦予所有產品與物料明確的序號，像是條碼或是其他的獨立名稱。明確的識別方式，是數位化以及連結產品與價值鏈的重要前提。如此一來資料就可以被完整蒐集，也可以建立完整的產品數位簡介。這些都有助於提升庫存與供應鏈管理的效率。

2. 評估、評估、再評估

評估價值鏈中的所有流程與感測器資料，以進行產品與物料管控。在製程中的控制點或是產品上安裝感測器，取得生產流程的完整視圖。這些評估的資料，可以協助公司降低製程時間、提升產品品質與減少流程成本。

3. 連結和分析

連結與明確定義產品的數位規格、製造原料與製程資料，且整合不同的資料源；建立溝通與資訊系統基礎架構，以取得、整合並分析資料，或甚至是即時的資料，如此可以建立大數據分析的基礎能力，進而為公司或是價值鏈夥伴，發現提升效率與最佳化品質的方法。

研究方法

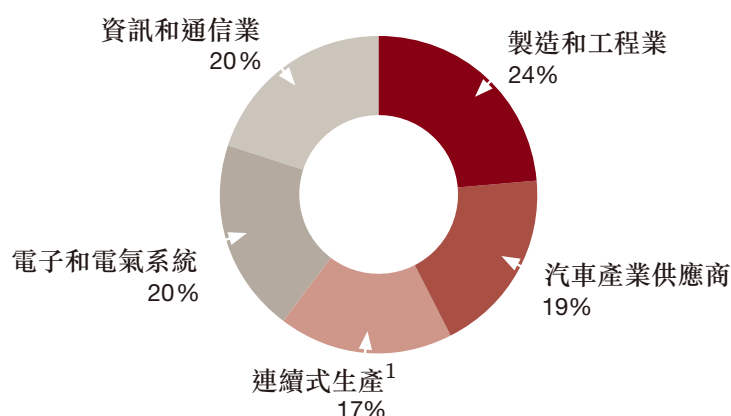
PwC和Strategy&(為前Booz &公司和管理工程師) 共同進行工業4.0的研究－2014年第三季工業互聯網的機會和挑戰。以西門子、VDMA和 trade journal Produktion的支援來進行分析。

接受調查德國連續式生產以及資訊和通信業的235家公司已組織成五大產業界。藉由電話訪問和線上問卷調查並協調市調機構TNS Emnid來執行調查。再者，PwC和Strategy&的員工針對選擇的公司進行個人訪問。

圖25

產業界接受調查之公司的分類

n = 235



1. 化學品、石化、製藥、食品、糖、纖維素、紙類、玻璃、鋼鐵、水泥

不同產業界的參與者代表數十億歐元銷售額的大集團以及中小企業兩者的等量混合。所幸，我們設法吸引了許多國內和國際個別領域的市場領導者公司參與調查。

受訪者的資歷表明支持德國經濟進行工業4.0的重要性。百分之三十七個別經過調查的公司皆為其公司CXOs，如執行長或執行董事。此外，要注意功能代表性的平衡比例。

調查關鍵資料

- 來自五大產業的235家德國公司
- 集中在製造業、資訊和通信業
- 大公司和SMEs之間的平衡
- 許多國內和全球等級的市場領導者
- 參與者的高資歷(37% CXO或董事會)

圖26

接受調查公司的規模

全世界年營業額
n = 235

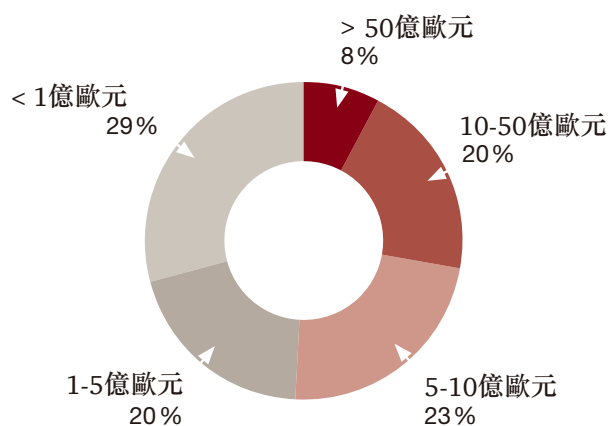
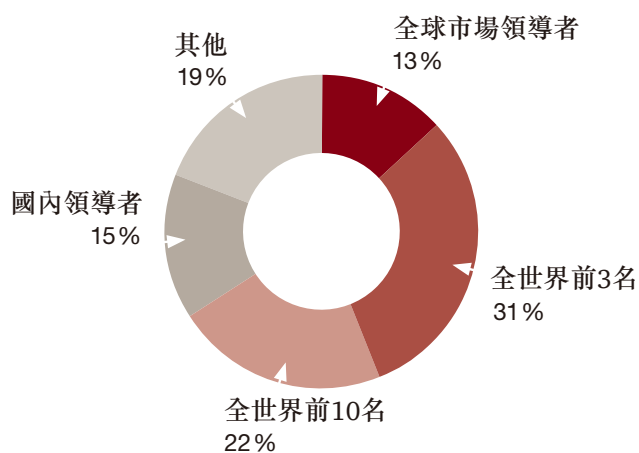


圖27

接受調查公司的市場地位

n = 235

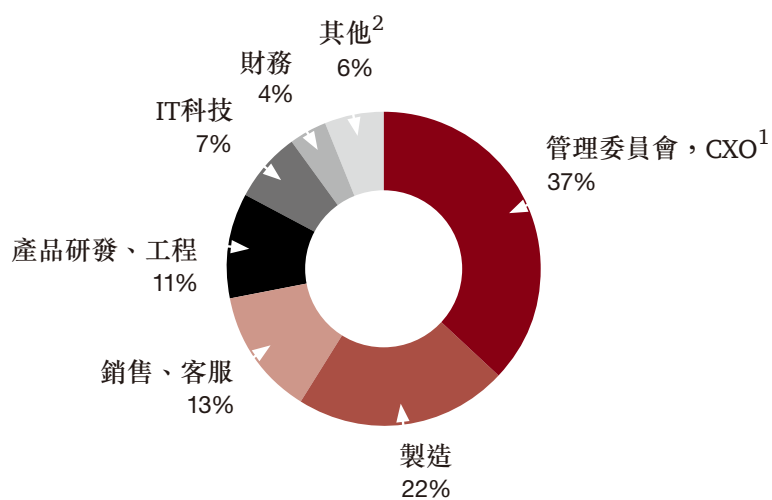


資訊來源: 公司或調查參與者

圖28

參與者的功能

n = 235



1. 包括CEO, COO, CIO, CTO, CFO

2. 包括供應鏈/物流、採購

致謝辭

我們特別感謝以下支援準備和協調此次調查的人士和其公司以及組織並在整段期間內投入研究：

- Prof Dr-Ing Dieter Wegener, 西門子，”工業4.0”協調者，數位工廠部門
- Dietmar Goericke, VDMA，工業4.0論壇執行董事
- Claus Wilk, Vice Editor-in-Chief, verlag moderne Industrie GmbH (trade journal Produktion)

我們亦感謝以下個人和其公司支援製作問卷調查和對研究結果進行大量驗證：

- Heinrich Munz, KUKA Roboter GmbH，系統工程資深研發人員
- Stephan Westermann, Bruker公司，生產&物流，EVP下單系統
- Peter Schlindwein, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG，VP企業採購
- Bernd Kärcher, Festo AG & Co. KG，機電零件研發主管
- Dr Jochen Schlick, Wittenstein AG，網路物質系統未來領域主管
- Markus Bauer, Head of Service Spritzgießmaschinen, KraussMaffei Technologies GmbH
- Dr Daniel Hug, Bosch 軟體創新公司，垂直工業&物流主管
- Michael Frank, 西門子，Bad Neustadt廠長
- Dr Bernadette Sager, 西門子，Gasturbinenwerk Berlin，部門經理

SIEMENS



Technik und Wissenschaft für die deutsche Industrie
Produktion



FESTO

KUKA

KraussMaffei



關於我們

我們的客戶面對多樣化的挑戰，努力將新想法置入實務並尋求專家的建議。他們向我們求助廣泛的支援和務實的解決方案來實現最大的價值。不論是全球的參與者、家族企業或公共機構，我們都利用我們的資產：經驗、產業知識、高品質標準、創新承諾和我們在157個國家專家網路的資源。我們與客戶建立信任和合作的關係對我們尤其重要－我們愈了解客戶的需求愈能有效的支援他們。

PwC 在157個國家地點有19.5萬名專精於此的人員。
在台灣，我們是一家在審計與顧問的領導公司。



關於作者

Strategy&

Volkmar Koch 為 Strategy& 法蘭克福辦公室之合夥人兼副總。具備20年專業經驗，其中5年為產業經驗及15年顧問業高階主管。專精於工業4.0數位化商業模式、數位轉型及大數據。

Simon Kugeis 為 Strategy& 慕尼黑辦公室總召集人。主要針對物流運輸及汽車工業之客戶給予專業建議，並專精於策略發展、新/數位化商業模式、內部流程之轉型及重組。

關於 Strategy&

Strategy& 是家以實務導向策略專家組成的全球團隊。我們的目標隨時提供我們客戶至關重要的優勢。在他們的緊密合作之下，我們掌握了他們最大的挑戰和支援來辨識其機會。我們有100年以上管理諮詢的經驗並結合獨特的工業經驗和PwC的資源。不論我們是否發展出一個商業策略、轉變部門或建立新的能力：我們都創造了客戶期待我們提供的附加價值。我們是全球PwC網路的會員公司。

Strategy&前身為Booz & Company

PwC

Reinhard Geissbauer 博士是PwC慕尼黑企業管理顧問之合夥人，擁有18年產業及顧問經驗，並為PwC德國區工業4.0之主要負責人。專精於工業及高科技企業之價值鏈整合、數位化及優化。

Stefan Schrauf 為 PwC慕尼黑企業管理顧問之合夥人，擁有供應鏈管理、生產、產品研發及採購等豐富經驗，並協助機械及營建、消費性產品及化學工業之客戶建立並執行策略及複雜的轉型計畫。

與我們聯絡

劉鏡清 執行董事

Paul Liu

+886 2 2729 6666 Ext 26158

paul.c.liu@tw.pwc.com

資誠企業管理顧問股份有限公司

PwC consulting

台北市信義區基隆路一段333號27樓

27F, 333 Keelung Rd., Sec. 1 Taipei, Taiwan 11012

T: +886 2 27296666

F: +886 2 27576371 或 27576372

PwC是一家承諾你可掌握必要優勢之實務策略的全球團隊。

我們與你手牽手共同合作來解決棘手的問題並協助你掌握最大的機會。

複雜和高風險的事業一經常是改變遊戲規則的轉型。對於上述任務，我們將提供100年策略諮詢的經驗及PwC全球網絡對各產業別的理解及功能性的專業能力。不論你是否正在制定你的公司策略、轉變功能或商業單位以及建立關鍵能力，我們都可協助你以速度、信心和效果來創造所要尋找的價值。

我們是157個國家PwC網路的會員，有195000名人員對你承諾提供品質保證、稅務和諮詢的服務。請告訴我們你需要什麼樣的服務，並歡迎到<http://www.pwc.tw/洽詢>。



<http://www.pwc.tw/>

© 2015 PwC. All rights reserved. PwC refers to the PwC network and/or one or more of its member firms, each of which is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.

Disclaimer: This content is for general information purposes only, and should not be used as a substitute for consultation with professional advisors.