



工業 4.0 先進產品設計

第二部分：詳細產品設計

更早的模擬、更快的迭代、更棒的創新





圖片來源：Alberto Luque Marta

前言

產品開發、製造和生產的世界正在改變。在工業 4.0 下，智慧型連線產品以及生產這些產品的智慧工廠接連問世，為我們帶來自動化和智慧化的新曙光。

自主無人機隨著配置啟用新的生產單元而獲得進展。具有電腦視覺的深度學習裝置在生產線上執行品質檢查，並回饋資料，以不斷改善流程。讓「瞭解」環境的智慧型協作機器人與人類一起工作，以協助進行組裝。

採用先進運算裝置收集現場產品的大量資料，提供給設計和模擬系統，並確保次世代產品能向前一代產品學習。

虛擬實境（VR）可於豐富的沉浸式協作環境下，在開發過程中為每一個人提供需要的資訊。使用超強大的工作站設計、模擬及呈現出產品、生產單元和工廠。之後，製造出的虛擬產品或「數位雙胞胎」可透過物聯網（IoT）連線至對應實體。

NVIDIA 為上述所有流程的核心，在協助製造業實施工業 4.0 方面扮演策略性角色。在過去 20 年來，NVIDIA 持續投資進行研發（R&D），不斷突破圖形處理單元（GPU）技術的極限。GPU 的用途早已不僅止於驅動電腦圖形顯示器和設計軟體。

如今，NVIDIA 的各種軟體和硬體解決方案亦能讓製造商為智慧工廠中的工業協作機器人和自動駕駛車開發人工智慧（AI）能力。此外，隨著製造公司透過工業 4.0 先進產品設計向前邁進，GPU 加速工作流程的進步正推動生產力提升並加快上市時間。

NVIDIA® Quadro® 視覺運算平台協助產品設計團隊徹底改變傳統的產品開發流程。AI、虛擬實境（VR）、互動式物理渲染、即時工程模擬、3D 圖形虛擬化等尖端技術的出現正推動次世代智慧型連線產品的發展。



模擬和視覺化的角色

工業 4.0 先進產品設計系列的第一部分探討如何使用視覺運算簡化決策、加快概念產生，並橫跨分散的設計群體擷取、保護和集中設計意圖。

第二部分現在探討先進運算技術如何應用於詳細設計領域，特別著重於模擬和視覺化。

隨著概念開始成熟和形式化，工程至生產流程開始注重細節，這些細節決定零件的最終外觀、製造方式，以及如何在實際操作條件下，在現實世界發揮效用。在此階段，出現兩個在未來扮演重要角色的關鍵工作流程：設計視覺化和模擬。

視覺化

在詳細設計階段，真實感渲染有助於在開發流程中做出更明智的決定。除了純粹的功能之外，任何產品的關鍵部分都在於它的外觀、質感以及與周圍世界互動的方式。

在此階段，通常會將真實感渲染直接應用於 3D CAD 模型。這可以直接在 3D 設計工具的視埠內完成，或在連結至 3D 設計工具的輔助軟體應用程式中完成。

GPU 加速物理渲染（PBR）以物理為基礎，因此渲染輸出會呈現產品被製造後在現實生活中的實際外觀，讓決策者更有信心。PBR 實現真實感結果，沒有手動設定或傳統上與製作電腦產生影像相關的取舍和捷徑。

GPU 加速 PBR 技術普遍存在於許多以 CAD 為中心的視覺化系統。SOLIDWORKS Visualize、Siemens NX Ray Traced Studio 和 Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE CATIA Live Rendering 都利用 PBR 以及 Chaos Group V-Ray GPU，後者具有適用於許多主要 3D 設計應用程式的外掛程式。

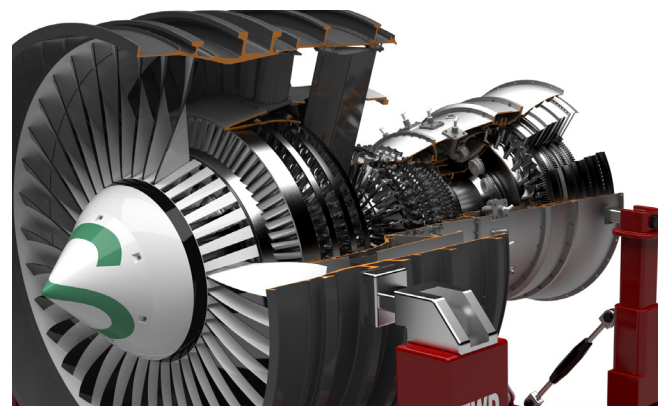
重要的是，GPU 效能可以擴充以讓 PBR 變成全互動式，所以設計師或工程師可以在從事設計時快速掌握產品在現實生活中的外觀。不必等待預覽渲染 – 只須調整模型、材質或光線。

在數位環境中進行實驗可獲得立即回饋，公司不必打造昂貴的實體原型或經歷冗長的材質選擇流程。由於能在更短時間內進行更多迭代，因此設計師可透過準確的視覺化更有信心地做出明智的決定，設計出更好的產品。

在決策團隊包含技術性和非技術性成員的情況下，真實感渲染變得格外重要。對於不習慣正射投影式顯示方法的人來說，無論是線框或著色，透過高品質材質和真實光線呈現 3D 數位模型都為討論和決策提供更好的基礎。

法國汽車設計公司 PGO Automobiles 在原型設計階段使用 SOLIDWORKS Visualize 來模擬和驗證新設計。有別於全球性汽車製造商，該公司無法負擔打造黏土模型的成本，因此使用互動式物理渲染進行車體設計，就模擬各種顏色以至故障偵測等方面做出正確的決定。

PGO Automobiles 研究經理 Nicolas Urffer 表示：「所有驗證現在都可以用互動方式完成。我們可以處理模型資料、視需要加以變更和顯示……無論是進行設計討論、使用渲染進行內部簡報或是向股東介紹新設計，我們都有了完美的解決方案。」



圖片來源：Siemens NX Ray Traced Studio



化繁為簡，實現協作

更快的渲染可改變工作流程。在過去，設計團隊唯一的選擇是 CPU 渲染。視模型複雜度和影像解析度而定，用 CPU 進行渲染可能需要數分鐘、數小時甚或一整晚。產生的影像不如預期時，耗時的流程又再次開始。因此，真實感渲染往往較少被使用，有許多設計團隊現在仍遵循此工作流程。然而，GPU 加速物理渲染引擎與各種 CAD 軟體整合後，數以百萬的設計師和工程師都可以使用快速渲染。因此，為設計師配備合適的工作站硬體非常重要，無論是桌上型、行動或虛擬工作站。

單一桌上型或虛擬工作站中的高階 NVIDIA Quadro GPU 或多個 Quadro GPU 可以在短短幾秒鐘內提供高解析度渲染。隨後，若在 3D CAD 中對模型進行編輯和調整，渲染會立即更新，讓設計師立刻做出明智的決定。由於複雜場景是以更高品質的紋理來建立和渲染，因此需要更多 GPU 記憶體來確保快速效能。超高階 Quadro GPU 不僅提供驚人的運算效能，還具備專用的高頻寬 GPU 互連 NVIDIA NVLink™，兩個 GPU 可以合而為一，使可用的 GPU 記憶體和效能加倍。

NVIDIA Quadro 的用途不僅止於提供更高的效能。最新 NVIDIA Turing™ 架構是 NVIDIA RTX™ 開發平台的核心，融合即時光線追蹤、AI、模擬和光柵化，徹底改變電腦圖形。新的 AI、光線追蹤和模擬 SDK 充分利用 Turing 的能力，協助設計師以比以往更快的速度提供 3D 設計、極度逼真的模擬和電影品質渲染。Quadro RTX GPU 中的 Tensor 核心和 RT 核心利用創新的人工智慧（AI）去雜訊技術，大幅縮短產生渲染輸出所需的時間。在設計工作流程中即時呈現電影品質渲染的能力對設計師有極大助益。他們不僅可以立即檢視設計修改的實際樣貌以立刻做出更明智的決定，還可以透過準確的產品視覺模擬更有效地向各種利害關係人和決策者傳達設計意圖。

去雜訊技術已被用於許多視覺化系統，包括 Chaos Group 的 V-Ray Next 及其 GPU 渲染器 V-Ray GPU。AI 去雜訊的運作方式是渲染具有最小光線反彈的「雜訊」影像，然後使用神經網路來預測經過數千次反彈後最終影像的渲染結果。神經網路是用數萬個影像對來訓練，其中一個影像是以每個像素一個路徑的方式渲染，「參考影像」則是以每個像素 4,000 個路徑的方式渲染。神經網路會學習如何將不同類型的雜訊對映至正確的去雜訊像素。產生的影像非常接近經過數千次光線反彈所產生的影像，但它是在很短的時間內呈現。

最佳化工作流程

高效能 GPU 在 PBR 中扮演重要角色，但工作流程效率不僅止於隨時存取強大且具有高擴充性的運算資源。快速建立場景和套用材質的能力也扮演非常重要的角色。

以高動態範圍（HDR）影像為基礎的光線是 PBR 系統的基本部分。使用真實或理想化的 360 度環境影像，設計師可以快速為專案設定基本光線，然後視需要增加更多傳統的電腦產生影像（CGI）光線資產。這可以減少時間和精力，這是實現快速的真實感渲染資產的關鍵。

真實感物理材質變得越來越普遍，無論是以數位方式使用或是從現實世界擷取。這可以省下決定專案材質時所需的時間和精力。

材質共用也變得更有效率，這在使用不同的設計軟體工具在開發流程中移動 3D 模型時很重要。由 NVIDIA 開發的材質定義語言（MDL）格式允許在主要系統之間交換通用材質，包括 Siemens NX、Chaos Group V-Ray、ESI Group IC.IDO 以及其他使用物理渲染引擎的系統（例如 Siemens NX Ray Traced Studio、CATIA Live Rendering、SOLIDWORKS Visualize、McNeel Rhinoceros）。

PBR 不僅可用於進行美學評估。亦能用於解答其他較技術性的問題，例如，LED 陣列的亮度是否足以警告操作者機器正在運作？是否會在日光條件下被遮暗？

GPU 及其高度平行的可擴充架構非常適用於渲染。行動和桌上型工作站是採用強大的專業級 GPU，若想要進一步縮短渲染時間，可以在桌上型工作站、渲染集群和雲端使用多個 GPU。

Siemens NX Ray Traced Studio、SOLIDWORKS Visualize、CATIA Live Rendering 及其他 CAD 工具，都會因為經過 GPU 加速的光線追蹤渲染而受益。最近，Chaos Group 推出 V-Ray Next GPU for Autodesk 3ds Max，該視覺化軟體設計公司表示，現在對他們來說 GPU 渲染與 CPU 渲染已經一樣重要。不久之後，V-Ray Next GPU 將可支援 McNeel Rhino。

最近，在概念化階段使用全沉浸式虛擬實境（VR）已成為趨勢，能使設計在建造之前，先讓人類體驗，進而在開發的早期階段產生新的構想，並做出更明智的決定。

於設計和製造中使用的沉浸式 VR，在過去一直是屬於汽車業和航太業獨有。但是，因為 GPU 效能已大幅進步，使現在推出的低成本高品質頭戴式顯示器（HMD），已能造福更多的受眾。

VR 的效益多不勝數。HMD（例如 HTC VIVE Pro）能帶給使用者與虛擬產品建立實體連線的奇妙感受 — 這是一種在 2D 螢幕上觀看 3D 模型無法比擬的體驗。

在概念階段使用 VR，可使設計師更有信心在早期做出正確的決定 — 以免因為重大變化而導致高昂的成本及耗費大量時間。VR 亦可在具有真實感材質、光照和表面的環境下，將模型視覺化以及與模型互動。

將資料導入 VR 是一種包含資料傳輸和幾何最佳化的複雜過程，但是，目前已有許多系統（包括 Rhino、Alias 和 SOLIDWORKS）可以或將可以直接快速地在視埠中支援 HMD。設計師可以使用概念模型，戴上頭戴式顯示器，並看一看在人體規模上的表現。



圖片來源：Dassault Systèmes CATIA

設計工作站的 VR

2D 顯示器視覺化在產品開發中扮演重要角色，但現在也有在核心層面建置虛擬實境（VR）技術的新興趨勢。

D 全規模沉浸式 VR 由現今的強大 GPU 驅動並結合成本大幅降低的頭戴式顯示器（HMD），在設計和工程領域獲得龐大動能，尤其是與較傳統、通常較昂貴的解決方案相比時。過去因價格過高而無法使用 VR 的公司現在可以用相對較低的成本啟用，PGO Automobiles 研究經理 Nicolas Urffer 表示：「雖然大型汽車製造商使用電腦輔助虛擬環境或 CAVE 系統已有一段時間，但這些龐大又昂貴的系統對小型製造商來說在財務上不可行。現在，使用新一代的 HMD 技術，PGO 可以將模型虛擬化並進一步加強設計決策。此技術協助我們提供卓越的線上體驗給客戶、創造最美的車款並在充滿挑戰的市場中競爭。」

VR 勝過傳統設計視覺化之處在於規模感以及與產品的實體連結，這是透過 2D 影像所無法感受的。將資料導入 VR 仍是一項挑戰，因為 CAD 模型很複雜，通常需要將幾何簡化，才能透過 HTC Vive 等 VR 頭戴式顯示器提供舒適的體驗。但這變得越來越容易。ESI Group IC.IDO 和 Virtualis VR4CAD 等工具提供最佳化程序，而 VR 也開始出現在 Autodesk Alias 等設計應用程式中，Rhino 和 SOLIDWORKS 也即將跟進。

我們正透過次世代協作平台 NVIDIA Holodeck™ 探索設計和工程用沉浸式 VR 的未來。更快的 GPU 和先進技術能夠在協作 VR 環境中創造真實感和物理觸覺互動，省去現在使用 3D 模型通常需要的資料降頻。



圖片來源：SOLIDWORKS Visualize

讓視覺化變得可及

視覺化逐漸成為設計師和工程師的必備工具。現在，搭載 Quadro 的桌上型和行動工作站以及虛擬化工作站讓更多工程師可在從概念到詳細設計的產品開發流程中存取物理渲染（PBR）。

NVIDIA Quadro 虛擬 3D 繪圖工作站（Quadro Virtual Data Center Workstation，Quadro vDWS）軟體從資料中心的 NVIDIA GPU 提供實體工作站等級的能力和效能給虛擬機器，即使是龐大的 3D 模型也不成問題，同時讓公司視工作流程的需要動態分配運算資源。公司可以充分利用可用資源，並且為更多設計師和工程師提供視覺化工具，讓他們直接對材質和配色進行實驗，而不必一直仰賴中央視覺化專家。

假設某大型組織針對當地市場量身打造各種產品，包括產品差異、材質規格，以及顏色和表面處理。透過圖形虛擬化和集中資料儲存，即可讓每個當地團隊使用相同的資料集和相同的系統來定義、渲染及核准適合當地文化的產品變體，而企業集團保留對資料、修訂和智慧財產的控制權。

新的模擬工作流程

強大的 3D 設計工具讓設計師和工程師定義、實驗、擷取形狀和幾何函數。之後進行模擬，準確且穩健地預測產品的物體結構以及與周圍世界互動時如何運作。

工程模擬的缺點在於工作流程通常需要非常密集的運算，有時需要數小時才能產生結果。整合 CAD 的模擬工具（適用於設計師或工程師）以及較傳統的獨立分析和模擬求解器（適用於分析師和專家）都是如此。在許多方面，冗長的求解時間使模擬無法成為產品開發流程中不可或缺的一部分。

ANSYS Discovery Live (ADL) 採取全新的模擬方法。它採用新的 GPU 加速求解技術，在搭載強大 GPU 的工作站上運作並提供近乎即時的結果。這使其特別適用於設計的早期階段。工程師只須載入 CAD 模型、套用邊界條件、負載 / 力和入口 / 出口，即可在幾秒內得到結果。不必花時間等待網格產生，也不必花數小時等待有限元素分析 (FEA) 或計算流體力學 (CFD) 求解完成。由於 ADL 與許多 CAD 工具相容，因此各種工程師和設計師都可以加以利用。

ADL 有可能顛覆傳統的模擬工作流程。以前，由於運算週期冗長，因此專案的模擬工作量可能取決於可用時間。ADL 可消除此限制。由於可以在產品開發流程中更早進行更多實驗，因此，決策變得更加明智，模擬可以真正影響設計，而不只是加以驗證。

假設某設計團隊正在開發新的泵浦。傳統的工作流程必須建立 CAD 模型，然後使用 CFD 工具模擬通過泵浦的流體流量—此過程可能需要數小時才能完成。如果要變更設計，則必須編輯 3D 模型並更新和重新運算 CFD 模型。每個設計迭代可能需要數小時的工作時間。

有了像 ANSYS Discovery Live 這樣的即時模擬工具，初始設計模型可以立即顯示流體流量。隨後可以在軟體內進行簡單的設計變更，並立即檢查結果。過程從數小時變成數秒。進行設計變更後，就能立即獲得模擬結果。

即時模擬造就非常不同的工程決策流程。傳統的模擬工具通常用以驗證較完整和具體的工程專案，即時模擬則有可能讓模擬真正成為設計和工程的核心。

例如，位於西雅圖的 Wibotic 使用 ADL 加快無人機無線充電站的開發以用於機器人應用。Wibotic 首席機械工程師 Chasen Smith 在最近的訪談中表示：「使用模擬工具的迭代式設計流程通常需要數小時才能完成修改，但使用 ANSYS Discovery Live，我幾乎能以飛快的速度設計。」

隨著最近 ADL 與 PTC Creo 整合，將有越來越多設計工程師把即時模擬帶入模型化環境。



衍生式設計：擁有超能力的 AI 驅動工程師

近年來，衍生式設計已在一些設計和工程界嶄露頭角。此術語用以描述一種更具探索性的設計形式，利用拓撲最佳化和機器學習技術的先進平行運算開創新的設計可能性。

想像一下為一個或一組零件採取基本工程要求的能力。工程師定義已知的負載和限制、固定和安裝點、其他零件需要操作的區域，以及可能的材料和製造方法清單。然後將這些提供給 AI 驅動的設計系統，由系統探索開放模擬領域及各種生產方法。然後針對預先定義的設計或工程挑戰呈現各種經過驗證的解決方案（使用內建 FEA）。使用者隨後可以過濾這些結果，將選擇範圍縮小到一些可能的解決方案以做進一步探索。

這是衍生式設計的前景，有可能徹底改變設計和工程形式的開發方式，變得比以往更強、更輕且更有效率。

探究細節

ANSYS Discovery Live 並不是工程模擬的通用解決方案。它的用途是做為前期工具，為設計和工程流程提供高效率、以模擬為基礎的資料。然而，一旦設計開始形式化，仍然需要透過更全面的模擬研究深入探索細節。傳統的獨立模擬求解器在此時派上用場，而它們在運算方面有更多挑戰。

現今的先進模擬求解器能夠利用 NVIDIA CUDA 搭載的雙精度 GPU 提供的強大運算能力。重要的是，可以加裝多個 GPU 至工作站或伺服器以獲得可擴充效能。就模擬而言，資料大小可能是一項挑戰，因此，利用 NVIDIA NVLink 連接工作站中的兩個 GPU 可有效地使 GPU 記憶體加倍，提供處理龐大模型的能力。

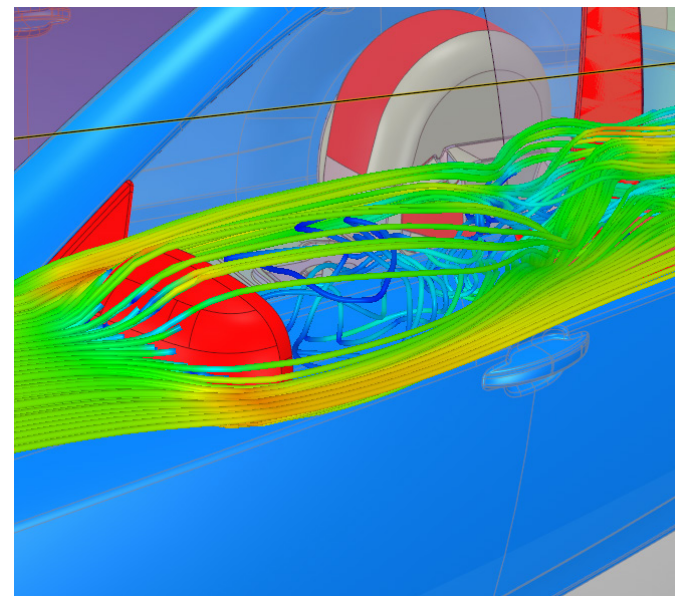
如需最快求解時間，也可以在叢集中或雲端將多個 GPU 伺服器連結在一起。GPU 加速 CUDA 求解器現在可用於各種主要應用程式，包括 ANSYS Mechanical 和 Fluent、Dassault Systèmes SIMULIA Abaqus 以及 Siemens NX Nastran。

由於先進模擬研究產生的資料通常接近兆位元組，再加上多物理模擬（必須在系統之間分享結果，多個求解器互連）增加的趨勢，因此模擬工作流程特別適用於資料中心。這是使用先進的 GPU 加速虛擬化工作站為突破模擬極限的組織產生真正效益的另一個例子。

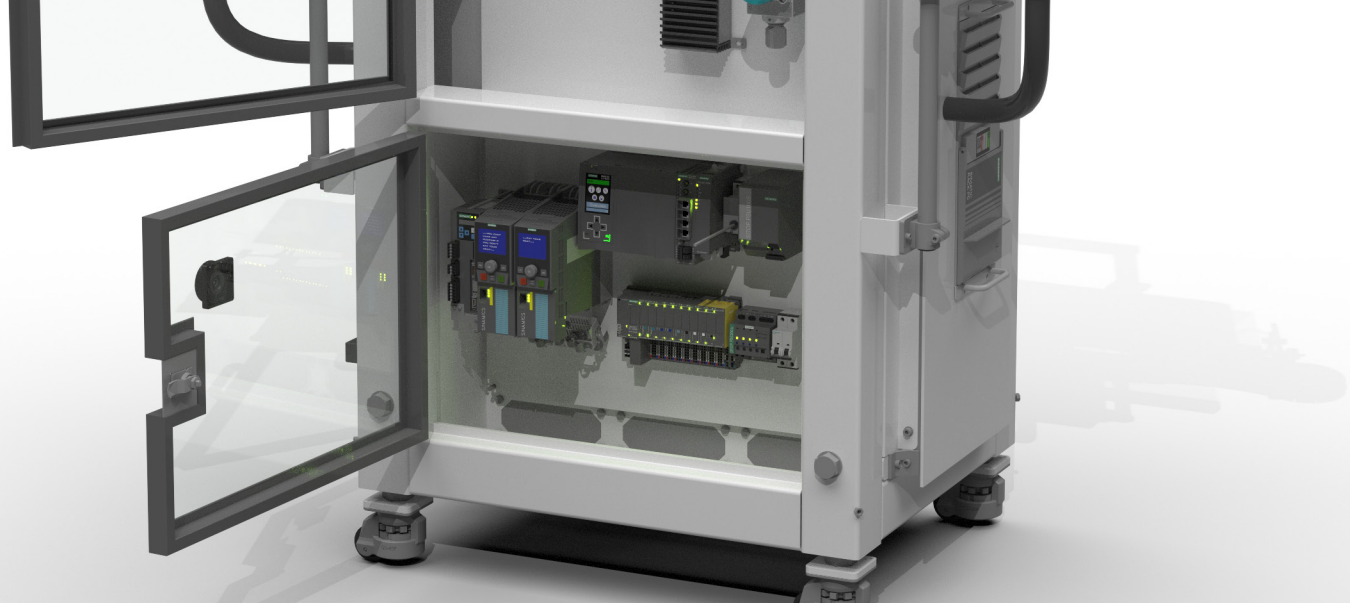
除了受益於資料中心儲存和安全性之外，虛擬桌面基礎架構（VDI）環境也有助於集中管理和交付多種系統。組織能夠針對各個求解器及其周圍的軟體環境指定要求，確保交付給使用者的虛擬工作站與個別要求和系統相符。GPU 加速虛擬化也讓使用者以靈活的方式存取強大的模擬工具。分析師或專家工程師不再被束縛於中央辦公室的辦公桌和運算叢集前；他們現在可以在任何地方工作。

管理員可以確保每個使用者都擁有理想的虛擬工作站，視軟體需求以最有效率的方式使用工具集，無論是 CPU 或 GPU 運算的組合。這是 Honda 的研發中心向全球 26 座研發中心的使用者推出多種配置的 GPU 加速虛擬化用戶端機器時所發現的。

Honda R&D Co., Ltd 副總工程師 Masashi Okubo 表示，NVIDIA vGPU 技術改變了將工作站部署至工程師的方式：「沒有任何傳統系統能以靈活的方式為每個 CAD/CAE 工程師分配處理效能。在所有 Honda 集團公司中，有超過 4,000 部 VDI 系統享有更好的應用程式效能和使用者體驗，以及資料存取加快和 IP 安全性提升的附加價值。」



圖片來源：ANSYS



圖片來源：Siemens NX Ray Traced Studio

結論

詳細設計流程相當複雜，需要時間、精力和專業知識才能有效率地解決。視覺化和模擬已成為許多組織的關鍵，但到目前為止，兩者都需要太多時間才能真正影響設計的早期階段。對大多數設計團隊而言，模擬仍然是協助驗證已成熟且完善之構想的工具，而不是推動創作的工具。同時，真實感視覺化通常只在專案接近完成或需要行銷影像時使用。

然而，新的 GPU 加速技術使視覺化和模擬更接近詳細設計流程的早期階段。隨著更強大的 GPU 造就結合了整合式 3D 模型編輯工具和即時運算的即時模擬，現在可以讓模擬真正成為產品開發流程的一部分。

此外，AI 去雜訊的應用結合真正的真實感、標準化材質和光線，正在改變視覺化在產品開發中所扮演的角色。由於流程大幅加快，因此設計師可以做出更明智、更快速的決定，並探索比以往更多的迭代。

產品開發也開始受益於 AI 驅動衍生式設計的最新進步。這將拓撲最佳化技術與平行運算、機器學習、各種模擬領域及各種製造流程結合，解決特定的效能需求。

詳細設計和工程的重點在於根據先前的知識、預測、實驗和可靠的資料做出明智的決定。無論是決定列車底盤結構組件的正確輪廓或是判斷哪種材料表面在人工照明下表現最佳，都是如此。如今，三年前根本不存在的革命性技術正協助製造公司改變其工作流程、程序和專案時程，為先進產品開發樹立新標準。

AI、即時模擬、VR、3D 圖形虛擬化以及即時運算真實感視覺化全面結合，以更沉浸式、更完善且更有效率的方式產生資料，讓團隊根據資料做出決定。因此，能在比以往更短的時間內開發出更高品質、更具吸引力的產品。

這是工業 4.0 先進產品設計電子指南系列的第二部分。

第三部分將繼續討論，著重於設計審核，包括個人和產品開發團隊。此部分將探索結合低成本 VR 硬體的先進視覺化技術，如何協助人們進行豐富、沉浸式與有意義的協作，並做出關鍵的產品決策。

電子指南系列的第四部分將探討視覺運算技術，在產品生產、安裝和維修中的應用。此部分將同時探索如何在製造產品的行銷和銷售中，充分利用具視覺吸引力的技術。