



工程業的 AI 應用及展望

中鼎工程股份有限公司 智慧創新部 智慧技術組主管 / 楊博然

關鍵字：統包工程、人工智慧、AI、檢索增強生成、RAG、圖像辨識、大型語言模型、LLM、NotebookLM、Gemini、數位轉型、AI 素養

摘要

隨著全球趨勢變動（如區域衝突、前瞻科技發展與供應鏈重組）加速推演，產業結構變革正深刻重塑工程業的營運模式。面對專案規模巨型化、介面複雜化與技術人力斷層等嚴峻挑戰，數位轉型已從競爭優勢轉變為企業生存與永續發展的必修課。現今產業已全面邁入人工智慧（AI）時代，工程業更需緊跟科技變革的步伐，果斷跳脫既有的傳統作業框架，將人工智慧深度融入實務，使其蛻變為驅動企業營運與統包工程全生命週期的核心技術。

本文將聚焦於 AI 技術在工程領域的即戰力應用，包含利用檢索增強生成（RAG）技術突破海量合約與規範的審查瓶頸，以及

導入圖像辨識技術進行管線及儀表流程圖（P&ID）等工程圖面的智慧解析。透過將非結構化的工程數據轉化為具備洞察力的決策依據，工程業正迎來一場從「人力密集型」邁向「智力密集型」的生產力革命。同時，本文亦強調「AI 素養」在企業永續治理與道德防線中的關鍵角色，期盼能為工程從業人員擘劃出一幅兼具前瞻視野與實務落地性的智慧化藍圖。

一、前言

回顧工程技術的發展史，每一次的工具革命都帶來了生產力的躍升。從早期的手工繪圖板到電腦輔助設計（CAD），再到近年來廣泛應用的建築資訊模型（BIM）與 3D 協同設計，工程師處理幾何資訊與空間介面的能



力已有長足進步。然而，面對當前全球工程市場的瞬息萬變，傳統自動化工具的效益已逐漸觸及天花板。

探究當前工程業的痛點，首當其衝的便是「勞動力缺口」與「經驗傳承斷層」。隨著資深工程師逐漸屆齡退休，而新世代人才的培育需要漫長時間，工程界正流失大量無形的「隱性知識」。其次是「專案複雜度的急遽增加」。現代巨型工程專案動輒牽涉數十億美元投資、涵蓋成千上萬份的工程文件、技術規範與合約條款，且伴隨著日益嚴苛的淨零碳排與環保法規要求。在壓縮的工期與微薄的利潤空間下，任何一個跨專業介面的設計衝突或資訊遺漏，都可能在採購與建造階段被放大為災難性的重工與成本超支。

在這樣的產業背景下，AI 技術的爆發性成長，為工程業帶來了破局的曙光。AI 技術與工程技術的發展軌跡，已從過去的兩條平行線，產生了深度的交集。過去，IT 工具多半被視為外部導入的輔助系統；但如今，AI 正在成為工程技術升級的「內生動力」。它不僅能處理結構化的數值運算，更能透過自然語言處理（NLP）與機器學習模型，理解非結構化的工程文件、數據與邏輯間的關聯。

工程業導入 AI 的最終目的，並非單純追逐技術潮流，而是為了解決跨領域協作的痛點，將海量的工程數據轉化為具備洞察力的決策依據。這是一場從「人力密集型」向「智力密集型」產業轉型的關鍵戰役。在不久的將來，具備 AI 賦能的工程設計與專案管理模式，將成為工程業競爭力的核心指標。

二、RAG 檢索增強生成應用： 合約關鍵資料擷取

在大型統包（EPC）工程專案中，合約不僅是規範雙方權利義務的法律文件，更是貫穿設計（Engineering）、採購（Procurement）與建造（Construction）全生命週期的最高指導準則。然而，國際工程合約往往卷帙浩繁且條款錯綜複雜，傳統仰賴人工逐字審閱的方式不僅耗時費力，更潛藏因人為疏漏而導致重大專案風險的隱患。為突破此一實務瓶頸，導入「檢索增強生成（Retrieval-Augmented Generation, RAG）」技術，針對合約審查痛點，開發出專屬的合約關鍵資料智慧擷取系統。

系統的核心目標，在於透過 AI 技術深度解析非結構化的合約文本，將其轉化為可供機器理解的語意資料庫，進而提供智慧化問答服務，輔助專案同仁高效整理合約要求。在應用介面上，系統除了支援針對單一問題進行即時查詢的「Quick Ask」功能外，亦開發了具備強大批次處理能力的「Bulk Ask」模組，可一次性載入多項專案檢核清單並產出對應解答，大幅提升合約拆解效率。例如，當合約工程師詢問「本合約是否有預付款，如果有的話，預付款佔合約總金額的比例為多少？」時，AI 系統能瞬間穿透數百頁的文本，精準回覆「有預付款規定，為契約價金總額 25%」的標準答案，並同步標示來源章節，確保資訊的具現性與可溯源性。

藉由直覺式的提問如圖 1 即可快速擷取合約關鍵資訊，徹底避免了冗長的人工閱讀與資料搜尋過程，進而大幅加快整體合約審



圖 1 合約關鍵資料擷取系統示意圖

查的速度。其次，RAG 技術的高精準檢索能力，有效防堵了重要合約要求的遺漏。在複雜且規範眾多的工程環境中，人工審閱極易因視覺疲勞或經驗盲區而造成疏忽，進而引發鉅額的商業損失或履約爭議；AI 系統的介入猶如建立了一道數位防線，顯著降低了此類風險，將合約管理的精確性與全面性提升至全新層次。

精準掌握合約條款是確保統包專案順利推動、防範商務爭議的絕對基石。RAG 技術在此環節的深度應用，不僅加速了招標與備標階段的前置作業，其所萃取出來的關鍵工程參數與商務條件，更為後續的細部設計開展、設備採購發包，以及現場施工查驗等環節，提供了最堅實且不容偏頗的合約依據。

三、圖像辨識應用：P&ID 工程圖面智慧解析

在複雜的統包工程專案中，管線及儀表流程圖（Piping and Instrumentation Diagram, P&ID）不僅為製程設計之核心，更是後續管線佈置、設備採購與建廠施工的關鍵基準。然而，現代化大型廠房的 P&ID 圖紙數量動輒數以千計，且圖面密佈錯綜複雜的管線走向與專業符號。傳統作業高度仰賴工程師耗費大量工時進行人工核對與資料抄錄，不僅整體效率受限，亦難以徹底根除因視覺疲勞所致的誤判風險。為此，本專案導入 AI 圖像辨識技術，聚焦於 P&ID 圖面的智慧解析，以期突破傳統工程設計階段的資料處理瓶頸。



本技術應用的首要任務，在於精準自 2D 數位圖紙中萃取設備標籤 (Equipment Tag)、儀表標籤 (Instrument Tag) 及管線編號 (Line Number) 等關鍵工程資訊如圖 2。有鑑於工程圖紙具備資訊密度高、專業符號交錯等特殊特性，一般商用圖像辨識模型難以直接套用。因此，本團隊不侷限於現成 AI 工具之應用，更著力開發符合 P&ID 特性的專屬辨識機制。經實務驗證，透過「小範圍分區、多層次解析」之辨識策略，已成功使 AI 於高密度工程圖中的辨識率與精確度獲得顯著提升。

四、AI 工具的即戰力應用

在探討未來的智能大腦之前，我們必須務實地檢視現階段 AI 技術能為工程專案帶來哪些立即性的效益。現代巨型工程專案的核心瓶頸，往往不在於純粹的物理或數學計算，而在於「非結構化資訊的處理與鏈結」。

從投標初期的招標文件，到執行階段數以萬計的國際規範、供應商圖紙與設計變更單，工程師須耗費大量工時進行跨文件的檢索、比對與除錯。此種資訊超載不僅

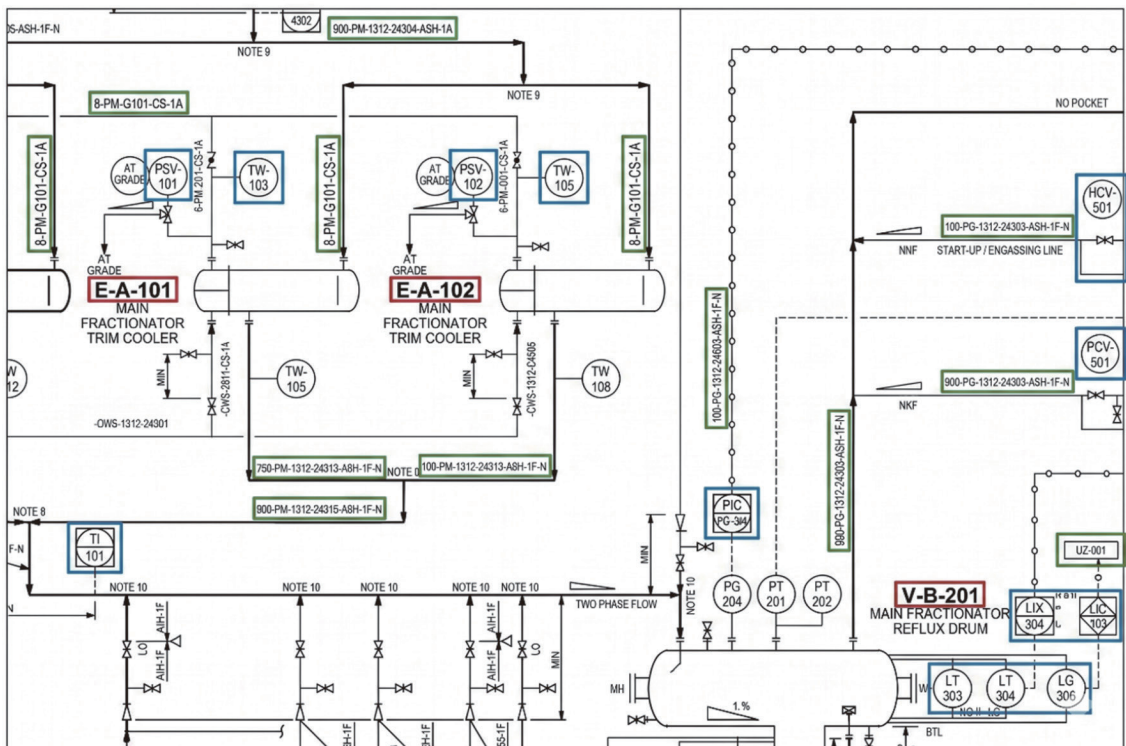


圖 2 P&ID 工程圖面智慧解析



折損生產力，更隱藏潛在的履約風險。現今以大型語言模型（LLM）為基礎的 AI 工具——如具備強大多模態與邏輯推理能力的 Gemini，以及專精於高準度文檔檢索與統整的 NotebookLM 正是突破此資訊壁壘的關鍵利器。它們不僅是進階的搜尋引擎，更是複雜專案中的數位助理，能將碎片化的資訊轉化為具備邏輯的工程決策支援。

在工程領域，理解並遵循業主特有的規範與國際標準（如 ASME、API、ASTM）是專案成敗的關鍵。NotebookLM 的核心價值，在於其基於使用者上傳文檔進行「落地生成」的特性，這完美契合了工程界對「資訊來源可追溯性」的嚴格要求。

在投標與初始設計階段，工程師常面臨高達數千頁且格式不一的合約條文。透過 NotebookLM，工程師可將該專案所有的業主特有的規範、歷年類似專案的文件、Lessons Learned 以及相關國際規範匯入，將其轉化為專屬的知識庫。與傳統 AI 不同，NotebookLM 的回答嚴格限定在所提供的文件範圍內，有效避免了 AI 幻覺（Hallucination）帶來的技術風險。

工程師透過精準的自然語言提問，能迅速梳理出業主要求與國際標準之間的衝突點。AI 工具能迅速摘要出具體數據，並自動標註資料來源的具體頁數。這種作法具體解決了過去因人工閱讀疲勞而導致的規範遺漏風險。在實務導入中，此類應用已能將過往需要數週才能完成的技術標書初步審閱工作，大幅壓縮至數天內完成，展現出極具潛力的量化效率提升。

相較於 NotebookLM 的精準檢索，Gemini 則以其強大的生成能力與多模態（Multi-modal）解析技術，在工程設計產出與跨介面溝通上發揮巨大價值。工程實務中，圖紙、數據報表與技術描述往往是密不可分的，Gemini 具備同時處理文字、數據表與影像的能力，使其能協助工程師處理更具綜合性的研判工作。

在設備採購與設備審查階段（Technical Bid Evaluation, TBE），工程師需面對供應商提交的龐雜技術文件。Gemini 能初步解析供應商提供的設備資料表（Data Sheet）PDF，快速核對其關鍵參數（如操作溫度、壓力、材質等級、防爆等級）是否與我方發出的詢價單（RFQ）規格相符。這種「多模態核對」能自動識別掃描件中的表格數據，並與標準模板進行比對，標註出供應商未符合（Non-conformance）的項目。這不僅降低了初審的人力成本，更確保了採購決策是建立在精確的數據比對之上。

在設計作業中，將數據轉化為技術描述是一項繁瑣的工作。例如，當前端製程工程師完成圖紙草案與儀表清單後，可運用 Gemini 輔助撰寫冗長的「控制邏輯描述」（Control Narrative）。降低了跨部門、甚至跨國協作時的溝通摩擦成本，確保技術文件的一致性。

而對於土木工程師面對各國繁複且經常更新的建築法規與耐震標準，工程師利用 AI 建立法規查詢助手，能精準確保結構設計參數符合當地最新法令，避免因引用舊版法規導致的設計重工。



將 NotebookLM 與 Gemini 導入日常作業，並非單純替換傳統的搜尋引擎，而是重塑工程師處理資訊的工作流。由 NotebookLM 負責海量規範的精準定位與風險識別。它將成千上萬頁的文件轉化為「可隨時調用的結構化知識」，解決了「在哪裡 (Where)」的問題。在定位關鍵資訊後，由 Gemini 接手進行邏輯推理、圖文比對與工程文件生成。它解決了「如何應用 (How)」的問題。

AI 在現階段已非虛無縹緲的科技願景，而是工程師手中極具價值的「數位助理」如圖 3。透過 NotebookLM 的精準紮根與 Gemini 的多模態生成，工程團隊能顯著降低重複性工作負載，使工程師能將精力集中於處理更高價值的技術難題與創新設計上。

五、AI 素養

在人工智慧浪潮全面席捲全球產業的當下，工程企業導入 AI 已非單純的「選擇題」，而是關乎企業生存與核心競爭力的「必考題」。然而，從統包工程實務的視角審視，真正的挑戰並不在於我們引進了多少前瞻的演算法或投入了多少運算資源，而在於組織內部的工程團隊是否具備駕馭這些強大數位工具的「AI 素養」。許多從業人員可能存有迷思，誤以為 AI 素養僅等同於「懂得如何使用 AI 軟體」；在高度講求精確、合規與公共安全的工程領域中，這樣的誤解其實極具風險。

AI 素養的核心，深植於「理解、應用與反思」三大構面之中。在工程應用的實踐上，



圖 3 AI 工具的即戰力應用



工程師必須深刻認知 AI 工具的能力邊界。例如，當我們運用 AI 進行管線材料的應力分析初篩，或是進行合約條款的跨國法規比對時，專業人員必須具備判讀 AI 產出邏輯的能力。這種素養要求工程團隊不能淪為盲目的使用者，而應是嚴謹的「驗證者」。面對大型語言模型可能產生的技術幻覺或資料分析偏差，具備高 AI 素養的工程師能迅速察覺異常，透過深厚的工程學理進行交叉比對，確保每一項產出皆符合國際標準與專案規範。

隨著 AI 應用的急速深化，倫理與風險管控已躍升為企業永續治理的核心議題之一。數據外洩、內容偽造與演算法偏見等現象不斷提醒我們：科技縱使能推動專案進步，其潛在的破壞性影響卻未必全然正向。在推動工程數位轉型的過程中，企業必須建立清晰的應用界線與倫理底線。這包含確保演算法的「公平性」，避免因訓練數據偏差而產生具歧視性的決策；落實「透明性」，要求 AI 在輔助重大工程決策（如供應商評選）時的邏輯必須具備可解釋性與可追溯性；以及嚴格界定「責任性」，明確當 AI 系統的判斷出現瑕疵時，最終的專業簽署與咎責機制仍不可推卸地歸屬於人類工程師。我們必須體認，堅持工程倫理並非限制技術創新，而是保障科技得以可持續發展的絕對前提。

進一步探究，AI 素養的最高境界，在於工程團隊在擁抱前沿技術的同時，仍能對其深遠的影響力保持高度的警覺與省思。這種反思機制，使得企業在追求專案執行效率與數位創新的過程中，能隨時校準營運方向，確保科技發展的軌跡始終服務於人類的福祉，並堅定守護企業的核心價值與信念。當

我們運用 AI 來優化製程設計、降低建廠整體碳排放或推動綠色工程時，我們亦須同步審視 AI 系統的能源消耗與演算法帶來的社會衝擊。

AI 素養已超越了個人數位技能的範疇，正式成為企業永續治理的全新基石。唯有持續提升工程師的 AI 素養，才能在享受 AI 工具帶來的高效賦能時，依然保有不可或缺的獨立判斷力與風險防患意識。如此，在推動智慧工程與引領產業創新的同時，方能有效規避不必要的科技風險，為企業在詭譎多變的全球市場中，奠定長遠且堅實的永續發展基礎。

六、結論

綜合前述各項實務探討，AI 技術在現階段的工程領域中，已非虛無縹緲的科技願景，而是工程師手中極具即戰價值的「數位助理」。現代巨型工程專案的核心瓶頸，往往不在於純粹的物理或數學計算，而在於如何高效處理與收斂龐大的「非結構化資訊」。透過大型語言模型與多模態分析等 AI 技術的導入，工程團隊能從投標初期的業主招標文件解析、數千頁國際規範的檢索比對，乃至於繁冗的供應商設備資料表（Data Sheet）核漏中大幅解放。AI 的協同運作不僅顯著降低了重複性的人工作業負載，更有助於消弭跨專業資訊傳遞的摩擦成本，使工程團隊能在複雜的決策矩陣中迅速篩選出最佳路徑。

這種人機協同的業模式帶來了深遠的產業影響。首先，它有效降低了因人工閱讀疲勞而導致的規範遺漏與人為錯誤率。更重要



的是，AI 的廣泛應用促使企業內部的工程數據，開始朝向更有利於機器讀取的標準化與結構化方向發展。當 AI 能夠穩定且高效地處理低階的數據比對、圖文解析與基礎技術文稿生成時，專業工程師的核心價值將得以昇華，全面回歸至「高階工程決策」與「系統性風險判斷」之上。

然而，我們必須體認到，任何科技工具的強大與否，最終仍取決於使用者的專業水平。在嚴謹的工程倫理與法規框架下，AI 絕不能、也無法取代工程師最終的簽署責任與專業擔當，其定位是強化並延伸工程師的審閱與洞察能力。確保 AI 產出數據的正確性並將其合理應用於工程實務，是每一位現代工程師必須具備的專業素養。

展望未來，隨著 AI 技術的持續演進並與企業內部的專案管理系統進行深度整合，工程業必將迎來一個「知識驅動」的全新時代。在這個時代中，技術人力斷層的危機將被重新定義，工程界流失的隱性經驗將以嶄新的數位形式輔助專案執行。而那些能率先掌握 AI 協作能力、將智慧化工具內化為日常作業流程的工程師與企業，必將在全球日趨激烈與複雜的工程競爭中，展現出前所未有的執行效率與營運韌性。