

泵浦零組件組配優化模組採購規範書

1. 採購目的

本案旨在建置一套適用於**泵浦零組件組配製程**之 AI 模組應用導入系統，將零組件規格、組配順序、裝配公差、扭矩條件、密封配合、檢驗結果及不良模式等資料進行整合，並透過 AI 演算法建立零組件組配最佳化、品質預測、組配風險判定與工程建議能力。

系統目標包括：

- 提升泵浦組裝一致性與良率。
- 降低組配錯誤、干涉、漏裝、誤裝與返工率。
- 建立可追溯之零組件履歷與組配紀錄。
- 透過 AI 模型提供零組件配對、工位順序及組配條件建議。
- 支援現場工程師於 **Windows Forms** 介面中進行資料輸入、模型訓練、最佳化分析與結果輸出。

2. 適用範圍

本規範適用於泵浦製造及組裝過程中之零組件組配優化需求，範圍包含但不限於：

- 離心泵、齒輪泵、葉片泵、螺桿泵、隔膜泵或其他泵浦型式之零組件組配。
- 泵體、葉輪、軸封、軸心、軸承、襯套、機殼、蓋板、墊片、O-ring、緊固件及相關附屬零件之配對與組裝。
- 組配工站之順序控制、扭矩控制、公差配合、壓入條件、密封條件與檢驗資料分析。
- 單機組裝、批次組裝或多工位組裝作業。
- 需控管尺寸偏差、同軸度、跳動量、扭矩、洩漏、振動或噪音之組裝品質需求。

投標廠商應於導入初期完成現場訪談，確認實際泵型、零件料號、工站流程、品質規格、資料欄位及設備串接方式。

3. 系統整體架構

3.1 架構設計原則

系統應採模組化設計，並具備以下特性：

- 前端操作介面、AI 推論服務與資料儲存層可分離部署。
- 零組件資料、組配紀錄、模型版本、檢驗結果與最佳化建議應可追溯。
- 系統應支援不同泵型、不同料號組合及不同工站流程的擴充。
- 模型訓練、粒子群迭代及大量歷史資料存取不得導致介面卡頓。
- 關鍵配對規則、最佳組配方案與品質判定資料應具備快照、備份、還原與防護能力。
- 應保留 API 串接機制，以利後續介接 MES、ERP、QMS、PLC 或其他工廠系統。

3.2 系統架構示意圖



3.3 系統組成

層級	組成項目	功能
現場資料層	零件量測資料、工站資料、扭矩機、量測儀、檢驗設備	提供組配與品質資料來源
通訊層	OPC UA、Modbus TCP、SQL、CSV、API	蒐集與整合各來源資料
儲存層	組配資料庫、模型資料庫、快取節點、備份機制	儲存歷史資料、特徵資料與模型
AI 層	規則引擎、特徵工程、模型訓練、推論、最佳化	提供配對建議與風險預測
應用層	Windows Forms 介面	提供操作、查詢、訓練與分析功能
管理層	帳號權限、日誌、快照、複製、防護	確保資料完整、安全與可追溯

4. Windows Forms 組配優化介面

4.1 基本要求

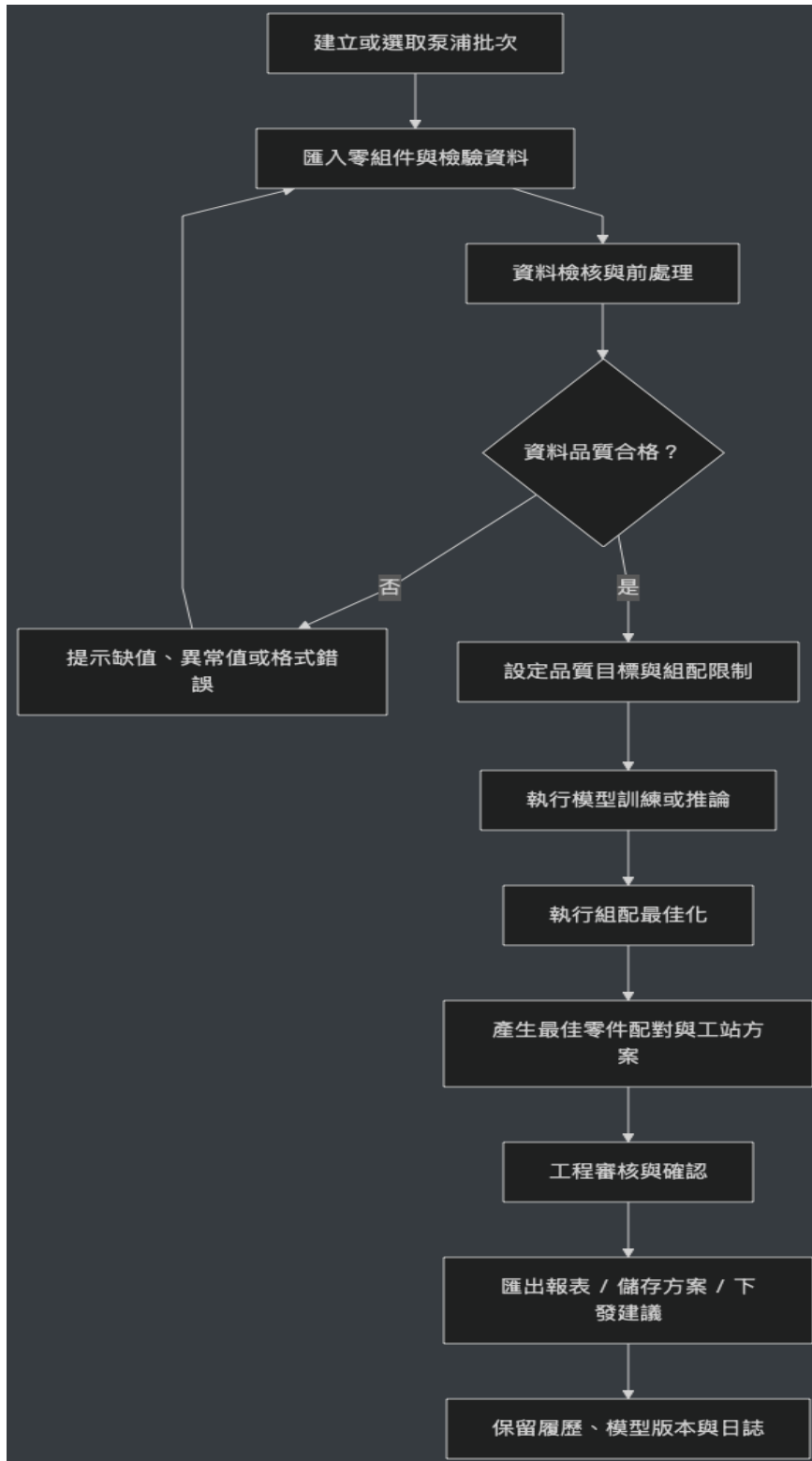
投標廠商應設計、開發、安裝及交付 **1 套泵浦零組件組配優化 Windows Forms 應用程式**。

介面應採正式、清晰、可追溯及適合工業現場使用之設計風格，並支援繁體中文。主要功能應包含資料輸入、零件比對、模型訓練、最佳化執行、曲線與結果輸出、報表匯出及履歷查詢。

系統介面至少應包括下列區塊：

- A. 零組件資料輸入區
- B. AI 組配優化引擎
- C. 模型訓練與評估
- D. 最佳組配方案與風險曲線輸出
- E. 批次追溯、報表與系統管理

4.2 標準操作流程圖



5. 功能需求

5.1 A. 零組件資料輸入區

系統應支援手動輸入、檔案匯入及外部系統串接等資料來源，並具備欄位檢核、格式驗證、單位顯示、範圍限制與異常提示功能。

系統至少應支援下列資料類別：

資料類別	必要欄位或內容	說明
批次基本資料	批號、產品別、泵型、工單號、操作人員、時間	追溯批次與流程
零件資訊	料號、零件名稱、規格、材質、尺寸、公差、表面處理	作為組配輸入基礎
配對關係	可配對料號、禁配料號、替代料號	建立組裝規則
工站資訊	工站編號、站點順序、工位設備、作業標準	定義作業流程
組配參數	扭矩、壓入量、間隙、預壓、定位條件	供最佳化使用
品質資料	漏率、振動、噪音、跳動量、同軸度、外觀缺陷	作為模型目標或驗證項目
異常資訊	漏裝、誤裝、干涉、卡死、返工、報廢	用於異常分析

系統應至少支援 CSV、Excel、資料庫查詢及 API 匯入方式。

5.2 B. AI 組配優化引擎

系統應具備組配風險預測、零件配對推薦及多目標最佳化能力，至少包括：

- 零組件相容性比對。
- 組配順序建議。
- 工站條件最佳化。
- 扭矩與壓入條件最佳化。
- 公差堆疊風險分析。
- 品質風險與合格機率預測。
- 多目標最佳解與候選方案排序。
- 模型與規則混合式推論。
- 模型重訓、推論與版本管理。

- 最佳方案匯出與工程師審核流程。

建議最佳化目標可包含：

最佳化目標	說明
組配成功率最大化	提升零件裝配可行性
公差風險最小化	降低尺寸堆疊導致之組配失敗
品質穩定性提升	降低漏水、偏心、振動、噪音等風險
組裝時間最小化	縮短工站節拍與等待時間
返工率最小化	降低重工與人工修正
扭矩偏差最小化	避免過鎖或鎖附不足
材料損耗最小化	降低報廢與零件浪費

5.3 C. 模型訓練與評估

系統應提供完整之模型訓練、驗證、測試與版本控管功能。

功能至少應包括：

- 訓練資料與測試資料分割。
- 缺值處理、異常值處理、標準化與特徵選擇。
- 模型參數設定。
- 訓練進度與狀態顯示。
- 模型版本編號與啟用管理。
- 訓練結果比較與歷史回溯。
- 評估報表與圖表輸出。

模型評估指標至少應包含：

指標	用途
MAE	評估平均絕對誤差
RMSE	評估較大偏差影響
MAPE	評估相對誤差
R^2	評估模型解釋能力
合格判定準確率	評估良品/不良品判定
訓練時間	評估運算效率

指標	用途
推論時間	評估即時性

5.4 D. 最佳組配方案與風險輸出

系統應將 AI 演算結果轉為可執行的工程建議，至少輸出：

- 最佳零件配對清單。
- 工站組裝順序。
- 建議扭矩條件。
- 建議壓入或定位條件。
- 公差風險提示。
- 品質預測結果。
- 合格率與風險等級。
- 與現行方案差異比較。
- 工程師審核與確認欄位。
- PDF、Excel、CSV 或列印報表輸出。

5.5 E. 批次追溯與報表管理

系統應提供批次查詢與追溯功能，可依以下條件搜尋：

- 日期區間
- 泵型
- 料號
- 批號
- 工單號
- 工站編號
- 操作人員
- 配對結果
- 模型版本

- 異常型態

系統報表至少應包含：

報表名稱	內容
批次組配履歷報表	批次、零件、工站、組配條件、品質結果
AI 最佳化建議報表	目標條件、最佳方案、風險結果、候選解
模型訓練評估報表	資料範圍、模型版本、誤差指標、比較結果
品質趨勢報表	漏水、振動、噪音、跳動量或其他品質指標趨勢
異常分析報表	常見異常、發生頻率、原因與改善建議
操作日誌報表	使用者、時間、操作內容、模型變更與輸出紀錄

6. 交付物清單

編號	交付物	數量
1	泵浦零組件組配優化系統（Windows Forms 執行檔 (.exe)）	1 套

附錄：最佳化輸出範例

最佳配對建議表

組配項目	建議內容	說明
葉輪與泵體	建議配對 A 組	公差最穩定、干涉風險低
軸心與軸承	建議配對 B 組	扭矩負載均衡
軸封與座環	建議配對 C 組	洩漏風險最低
襯套與機殼	建議配對 D 組	裝配定位良好