

IDTF 技術白皮書 (第二版)

Industrial Digital Twins Framework - Technical Whitepaper

版本: 2.0

日期: 2025 年 1 月

作者: IDTF 技術團隊

第四部分:應用場景

12. 新廠建設與虛擬調試

12.1 傳統新廠建設的挑戰

問題: - 設備到位後才能開始調試 - 反覆試錯,耗時 3-6個月 - 試錯成本高 (\$300K+) - 投產時間不確定

影響: - 延遲投產,錯失市場 - 客戶訂單流失 - 競爭對手搶先

12.2 IDTF 虛擬調試方案

12.2.1 虛擬調試流程

1. CAD/PLM 設計
 - └ 工廠佈局設計
 - └ 設備選型
 - └ 管道設計
- ↓
2. IADL 資產定義
 - └ 從 CAD 提取設備清單
 - └ 定義 PLC/SCADA 標籤
 - └ 建立 Asset Template
- ↓
3. Omniverse 3D 建模
 - └ 匯入 CAD 模型
 - └ 建立數位分身
 - └ 設置物理屬性
- ↓
4. PLC 程式開發
 - └ 在虛擬環境中開發
 - └ 連接 Omniverse 數位分身
 - └ 測試控制邏輯
- ↓
5. SCADA 畫面開發
 - └ 從 IADL 自動生成標籤
 - └ 設計 HMI 畫面
 - └ 連接 Omniverse 數位分身
- ↓
6. 虛擬調試
 - └ 模擬生產流程
 - └ 測試異常情境
 - └ 優化參數
- ↓
7. 現場安裝
 - └ 設備到位
 - └ 載入已測試的 PLC 程式
 - └ 載入已測試的 SCADA 畫面
- ↓
8. 快速調試 (1-2週)
 - └ 驗證實際設備
 - └ 微調參數
 - └ 投產

12.2.2 虛擬調試案例

宏齊科技廈門新廠:

傳統方式: - 設備到位: 2025年3月 - 開始調試: 2025年3月 - 調試完成: 2025年6-9月 (3-6個月)
- 投產: 2025年6-9月

IDTF 方式: - 設計完成: 2024年12月 - 虛擬調試: 2025年1-2月 (2個月,設備到位前) - 設備到位:
2025年3月 - 現場調試: 2025年3月 (2週) - 投產: 2025年3月 (提前 3-6個月)

價值: - 提前投產 3-6個月 - 搶占 Mini LED 市場 - 避免試錯成本 \$300K - 總價值: \$600K+ (提前投產收益)

13. 多廠經驗傳遞

13.1 經驗傳遞的五個層次

層次 1: 資產定義傳遞 (IADL)

方式: 母廠 IADL 定義直接複製到新廠

內容: - 設備類型、規格、參數 - 最佳製程參數 - 維護記錄 - 最佳實踐

效果: - 1週完成參數設定 (傳統需要 2-3個月) - 100% 準確, 零錯誤

層次 2: 即時資料傳遞 (NDH)

方式: 母廠和新廠共用一個 NDH

應用: 1. **即時比較:** Dashboard 比較母廠和新廠的即時資料 2. **遠端診斷:** 母廠工程師直接看新廠設備狀態, 5分鐘診斷 3. **參數同步:** 母廠優化參數, 新廠1小時同步

層次 3: 3D 視覺化傳遞 (Omniverse)

方式: 母廠和新廠共用 Omniverse 數位分身

應用: 1. **虛擬參觀:** 新廠人員虛擬參觀母廠, 無需出差 2. **即時協作:** 母廠和新廠工程師在 3D 環境中協作 3. **虛擬培訓:** 在虛擬環境中培訓新廠操作員

層次 4: 知識和經驗傳遞 (AI)

方式: AI 將母廠老師傅的隱性知識顯性化

應用: 1. **故障診斷知識庫:** AI 學習母廠故障案例, 提供診斷建議 2. **最佳參數推薦:** AI 學習母廠最佳參數, 推薦給新廠 3. **異常檢測:** AI 學習母廠正常模式, 檢測新廠異常

層次 5: 持續改進傳遞 (雙向同步)

方式: 母廠和新廠持續雙向同步改進

應用: 1. **新廠創新回傳母廠:** 新廠的創新自動同步到母廠 2. **共同進步:** 兩廠共享最佳實踐,共同進步

13.2 經驗傳遞案例

宏齊科技: 新竹廠 → 廈門廠

傳統方式: - 老師傅駐廈門: 3個月 × 5人 = \$200K - 文件編寫: \$50K - 培訓: 6個月 - 達到新竹水平: 12-24個月 - **總成本:** \$1,750K - **總時間:** 12-24個月

IDTF 方式: - IADL 複製: 1週 - NDH 即時同步: 即時 - Omniverse 虛擬培訓: 1個月 - AI 知識傳遞: 持續 - 達到新竹水平: 3-4個月 - **總成本:** \$200K - **總時間:** 3-4個月

節省: - 成本: \$1,550K (89%) - 時間: 80% (從 12-24個月縮短到 3-4個月)

14. 生產優化與預測性維護

14.1 OEE 提升

OEE (Overall Equipment Effectiveness) = 可用率 × 性能率 × 品質率

14.1.1 提升可用率

傳統方式: - 設備故障被動應對 - 平均停機時間 2-4小時 - 年度停機損失 \$500K+

IDTF 方式: - AI 預測性維護 - 提前 7天預測故障 - 計劃性維護,停機時間縮短到 4小時 - 年度停機損失降低 70%

效果: - 可用率從 85% 提升到 92% - 節省 \$350K/年

14.1.2 提升性能率

傳統方式: - 製程參數憑經驗設定 - 性能率 90%

IDTF 方式: - AI 製程優化 - 即時調整參數 - 性能率提升到 95%

效果: - 性能率從 90% 提升到 95% - 相當於增加 5% 產能

14.1.3 提升品質率

傳統方式: - 品質問題事後發現 - 品質率 95%

IDTF 方式: - AI 品質異常檢測 - 即時發現異常 - 品質率提升到 98%

效果: - 品質率從 95% 提升到 98% - 減少報廢損失 \$200K/年

14.1.4 總體效果

傳統 OEE: $85\% \times 90\% \times 95\% = 72.7\%$

IDTF OEE: $92\% \times 95\% \times 98\% = 85.6\%$

OEE 提升: 12.9 個百分點 (18% 提升)

價值: - 相當於增加 18% 產能 - 對於 800台設備,相當於增加 144台設備 - 年度收益: \$2M+

15. 遠端協作與支援

15.1 Omniverse 多人協作

15.1.1 跨地域協作

場景: 新竹工程師遠端支援廈門廠

傳統方式: - 電話溝通,難以描述問題 - 需要飛到現場,耗時 1-2天,成本 \$2K

IDTF 方式: - Omniverse 3D 環境中即時協作 - 新竹工程師看到廈門廠即時 3D 狀態 - 在 3D 環境中標註問題點 - 5分鐘診斷完成

效果: - 節省差旅成本 \$2K - 節省時間 1-2天 - 問題快速解決

15.1.2 多專家協作

場景: 複雜問題需要多個專家協作

傳統方式: - 召集會議,協調時間困難 - 無法同時看到現場狀況

IDTF 方式: - 多個專家同時進入 Omniverse 3D 環境 - 即時看到設備狀態 - 在 3D 環境中討論和標註 - 快速達成共識

15.2 供應商遠端支援

場景: 設備故障需要供應商支援

傳統方式: - 供應商工程師飛到現場,耗時 2-3天,成本 \$5K - 停機時間長,損失 \$50K

IDTF 方式: - 供應商工程師遠端進入 Omniverse - 即時看到設備狀態和資料 - 遠端診斷和指導 - 4小時解決問題

效果: - 節省供應商差旅成本 \$5K - 縮短停機時間從 3天到 4小時 - 節省停機損失 \$48K - 總節省: \$53K
