

智慧電力管理 AI agent

電力管理: 缺電、緊急用電(例如遇到地震時)

下次討論時間: 3/18 20:00線上

- 困境：
 1. 區域供需電力差距: 台灣北部地區的用電需求高度依賴中部和南部的電力輸送。以2023年為例, 北部用電量為931億度, 但本地發電量僅750億度, 供需差距需透過區域間電力調配來平衡。
 2. 再生能源供應不確定性: 台灣的再生能源發展面臨進度延宕等挑戰, 導致未來幾年的再生能源供應充滿不確定性。
 3. 隨著台積電持續推進更先進的製程技術, 特徵尺寸越小, 製造過程越複雜, 導致:
 - 曝光步驟增多: 用於7奈米以下製程的極紫外光(EUV)曝光機比成熟製程的深紫外光(DUV)機台更加耗電。
 - 良率下降 → 反覆重製: 高階製程的缺陷率更高, 為了達到良品率, 必須增加檢測與修復工序, 間接提升能耗。
 4. 台積電2025年1月營收報告揭露, 多次地震發生後有一定數量的生產中晶圓受到影

響

, 初步估計將於2025年第一季認列扣除保險理賠後之相關地震損失約新台幣53億元。

5. 在國際局勢動盪、經濟發展與淨零碳排趨勢的催化下, 臺灣的能源供給成本較容易受到國際價格波動影響。因此, 能源自給率及再生能源建置也更顯重要。

- 解決方法
 1. 智慧電力管理 AI Agent: 透過人工智慧代理, 實現對電力供應的即時監控與調度, 並在緊急情況下自動啟動備用電源, 調整生產計劃, 確保生產線的持續運行。
 - >核心技術:
 - AI 電力需求預測 → AI 代理根據天氣、歷史用電數據, 預測未來電力需求, 提前應對缺電風險。
 - 智能電力調度 → AI 根據供電狀況, 自動分配電力資源, 確保關鍵設備優先供電。
 - 緊急應變管理 → AI 代理監測電網異常, 當地震、停電發生時, 自動啟動備用電源並調整生產計畫, 減少生產損失。
 - >技術應用:
 - 強化學習(RL)+ AI 預測模型: 讓 AI 學習最佳電力分配策略。
 - 數位分身(Digital Twin): 模擬不同停電場景, 提前測試應對策略。
 - 邊緣計算(Edge Computing): AI 代理能在企業內部即時決策, 不受網路延遲影響。

1. AI 電力需求預測 – 精確預測不同生產階段的用電需求

台積電的晶圓製造過程的多個耗能環節, 每個環節的電力需求不同。AI 可透過強化學習(RL)與時間序列預測模型, 結合以下數據:

歷史生產數據(各製程環節的用電模式)

天氣數據(高溫、濕度可能影響冷卻系統用電)

設備狀態(老化設備可能影響用電效率)

AI 可提前預測高峰用電時段, 優化電力調配, 例如:

- **非關鍵時段提前充電:** 當 AI 預測到次日白天將出現用電高峰時, 可於夜間電價較低時充電, 降低高峰時段的負載。

- **高能耗製程調整**: 如果 AI 預測到未來 2 小時內電力供應將吃緊, 可動態調整部分非即時性製程 (如非關鍵性蝕刻作業), 延遲至離峰時段執行。

2. 智能電力調度 – 優化備電系統與綠電分配

台積電已建立儲能系統與備用電源, 但如何高效調度仍是一大挑戰。AI 可透過即時數據分析與決策, 優化以下方面:

儲能系統智慧調配:

AI 監控廠區內多個儲能系統, 當某區域電力負載過高時, 可即時從低負載區域調撥電力, 確保關鍵設備穩定運行。例如:

當 EUV (極紫外光) 光刻機組需要短時間內大量用電時, AI 會預測其高耗能周期, 並調撥部分儲能電力以平衡負載, 避免電網瞬間壓力過大。

若 AI 預測太陽能發電即將增加 (如天氣放晴), 可優先安排充電策略, 減少對外部電網依賴。

智能切換備電系統:

AI 監測即時供電狀況, 當偵測到外部電網異常時, 能夠在毫秒級時間內自動切換至 UPS (不斷電系統) 或備用發電機, 確保生產線不受影響。

AI 亦可評估 UPS 儲電剩餘量, 若預測停電影響時間長, 則智能決定優先供電給 EUV 光刻機、冷卻系統等核心設備。

3. 緊急應變管理 – 地震、停電即時應對

台積電位於台灣, 需面對地震、颱風等突發災害, AI 可強化電力應變能力:

地震時 AI 快速決策:

AI 連接地震預警系統 (如中央氣象局 P-波感測器), 提前數秒啟動 UPS 備電機制, 確保關鍵設備不因震動導致意外斷電。

若 AI 判斷地震強度較大, 會立即調整生產計畫, 例如:

將正在進行的關鍵製程轉為低功耗模式, 避免因突發斷電導致晶圓報廢。

若震後電網不穩定, AI 會智能判斷是否減少產線開機數量, 以降低不穩定供電造成的損失。

電網故障時 AI 代理應變:

若 AI 偵測到外部電網異常 (如供電頻率不穩), 可即時指示:

啟動獨立微電網, 優先供電給 EUV 產線與關鍵製造機台。

動態生產調整: 當 AI 預測停電可能持續 2 小時以上, 會自動降低非必要產線的電力消耗, 延長儲能可用時間。

2. 風冷系統: 輔助冷卻和水冷混合 (不能使用半導體製程核心設備的冷卻), 但可能可以用在

- HPC 高效能運算機房
- 局部散熱需求高的設備
- 電力設備、能源回收系統

(台灣的氣候冬季較適合使用)

● 預期效益

1. 提升電力供應穩定性
2. 降低生產成本, 提高能效 (節省原先因不精準調度而產生的能源浪費)
3. 生產停工損失降低 (AI 系統透過提前預警與快速切換備電, 可將停工時間縮短)
4. 儲能系統運用效率提升 (透過數位分身與邊緣計算進行優化後, 充放電效率提升)

- Reference:

1. EnergyAware儲能解決方案，為台積電年節省1,710萬度電力
https://www.find.org.tw/tech_obser/browse/a7270219358f8bb84456b226cefc86f
2. 台積電攜手供應商領先業界打造「iSystem™物聯網智慧節能系統」，年創新台幣8,500萬元節能效益
<https://esg.tsmc.com/csr/ch/update/responsibleSupplyChain/caseStudy/28/index.html>
3. RE 10x10 企業綠電倡議2024年度報告
<https://drive.google.com/file/d/1uls69JV9Hcg22HGs7LpWHFINVjsGxeJY/view>

-----收斂後的內容-----

- 困境

1. 區域供需電力差距

- 北部用電需求高，依賴中南部電力輸送
- 2023年北部用電量：931億度，本地發電量：750億度
- 供需差距需靠區域電力調配平衡

2. 再生能源供應不確定性

- 國際局勢、經濟與碳中和趨勢影響能源成本
- 臺灣能源自給率低，需加速再生能源發展
- 進度延宕，未來供應存在不確定性

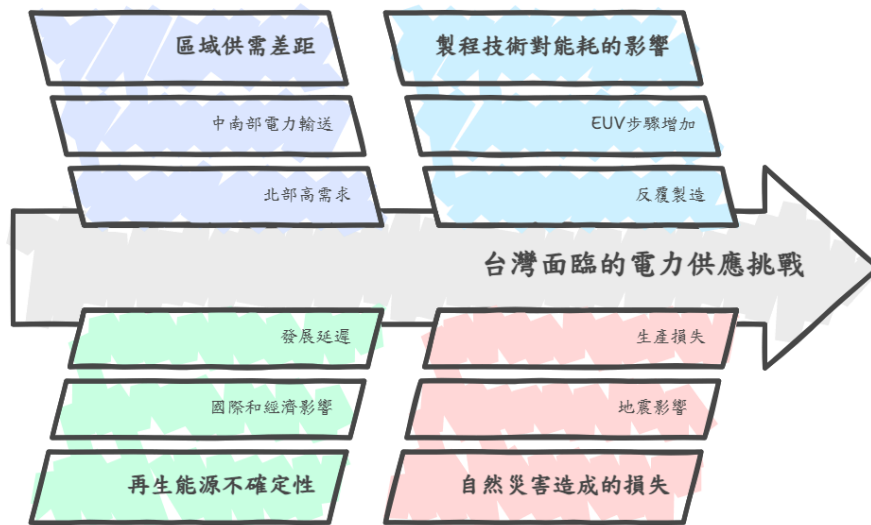
3. 製程技術發展對能耗影響

- 曝光步驟增加：EUV機台比DUV機台耗電更多
- 良率下降，需反覆重製：高階製程缺陷率高，增加檢測與修復工序，提升能耗

4. 不可控天災之損失

- 2025年1月台積電營收報告揭露地震影響
- 生產中晶圓受損，預計2025 Q1認列地震損失約 新台幣53億元

分析台灣電力供應挑戰



● 解決方法

1. AI 電力需求預測 — 精確預測用電需求

台積電的晶圓製程包含多個高耗能環節，每個環節的電力需求不同。AI 可利用強化學習 (RL) 與時間序列預測模型，結合以下數據進行預測：

- (1) 歷史生產數據 (各製程環節用電模式)
- (2) 天氣數據 (如高溫、濕度影響冷卻系統)
- (3) 設備狀態 (如老化設備影響用電效率)

AI 可以預測高峰用電時段，並優化電力調配，例如：

- (1) 非高峰時段充電：AI 預測高峰時段用電需求，會在夜間電價低時充電，減少白天高峰期的負擔。
- (2) 調整高能耗製程：若預測電力供應緊張，AI 會動態調整非即時性製程 (如蝕刻作業)，將其延後至低需求時段。

AI 驅動的電力管理優化



2. 智能電力調度 — 優化備電系統與綠電分配

台積電已建立儲能系統與備用電源，AI 可以透過即時數據分析與決策來優化以下：

(1)儲能系統智慧調配：

AI 監控多個儲能系統，當某區域電力負載過高時，會從低負載區域調撥電力來穩定關鍵設備運行。例如，當 EUV 光刻機需大量電力時，AI 會預測其高耗能周期並調撥儲能電力，減少電網壓力。

(2)智能切換備電系統：

AI 監測電力供應狀況，若偵測到外部電網異常，會立即切換至 UPS 或備用發電機，確保生產不受影響。若預測停電時間較長，AI 會優先供電給關鍵設備，如 EUV 光刻機及冷卻系統。



3. 緊急應變管理(地震、停電 AI 快速應對)

地震應變：

- AI 連接地震預警系統(P 波感測)，提前數秒啟動 UPS 備電，防止關鍵設備斷電。
- 震度過大時，降低機台功耗 以減少晶圓報廢。
- 若震後電網不穩，AI 調整產線開機數量，減少不穩定供電風險。

電網異常應變：

- AI 偵測電網頻率異常時，啟動微電網，確保 EUV 產線與關鍵設備 優先供電。
- 若停電持續 超過 2 小時，AI 降低非必要產線耗電，延長儲能使用時間。

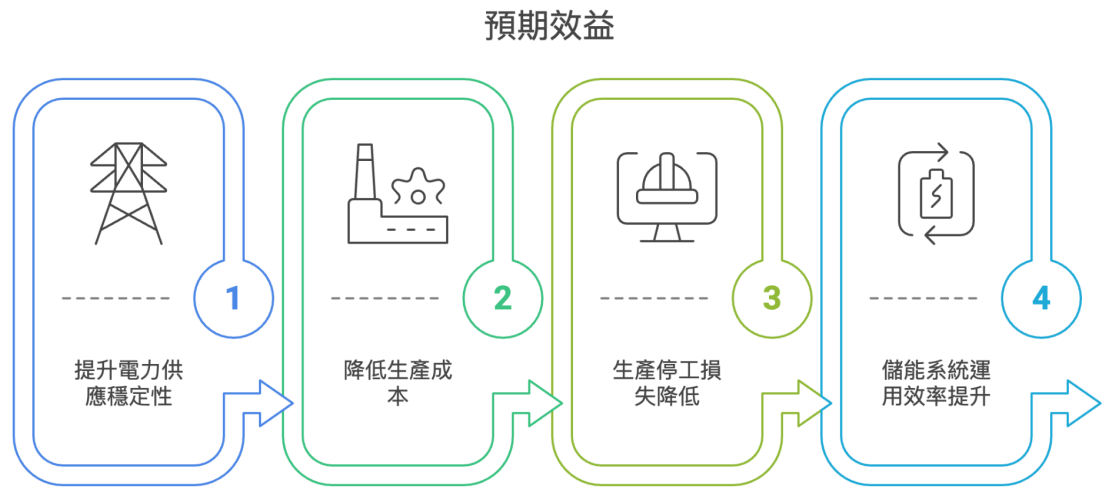
4.

適用範圍(不適用於半導體核心製程)：

- HPC 高效能運算機房
- 局部散熱需求高的設備
- 電力設備、能源回收系統

適合台灣冬季使用，降低水冷系統負擔，提高冷卻效率。

- 預期效益



現有的儲能系統雖然能提供備援電力，但運作上仍存在調度延遲與效率問題，透過 AI Agent，我們能夠即時監控電力供應與需求變化，主動預測負載波動，並提前優化儲能系統的充放電策略，確保能源運用更加精準，減少浪費。

當電網異常發生時，AI agent能夠以毫秒級自動切換備用電源，縮短生產停工時間，降低生產衝擊。並且，平時透過數位分身技術模擬各種停電情境，也能預先測試最佳應對策略，提升整體電力調度的靈活性與可靠性，讓生產環境更有可靠性、讓能源管理更智慧高效。