



Unleash Innovation

台積電 F6P1/2(六廠) 節能經驗分享

吳哲安

台南廠務處

Aug 20, 2024

台灣積體電路製造股份有限公司 六廠

Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Ltd. 02407241302-12466613

台積電節能經驗分享 簡報內容



Unleash Innovation

Agenda

- 台積公司 六廠 簡介
 - 能源使用及節能減碳執行概況
- 能源管理規劃目標與策略實施
 - 綠色製造表現
 - 永續責任與節能成效
 - 近年節能改善案例
- 電力節能措施

Serial number: 202407241302-12466613

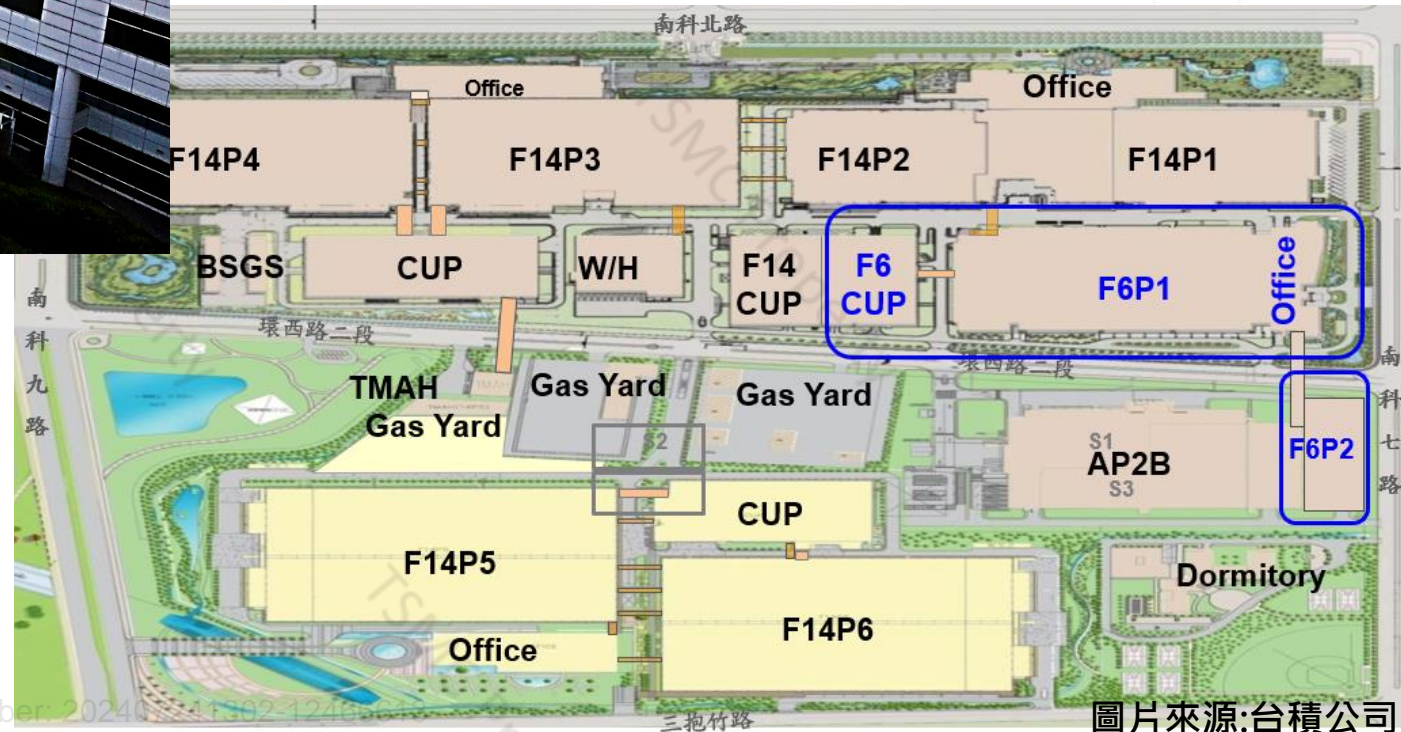
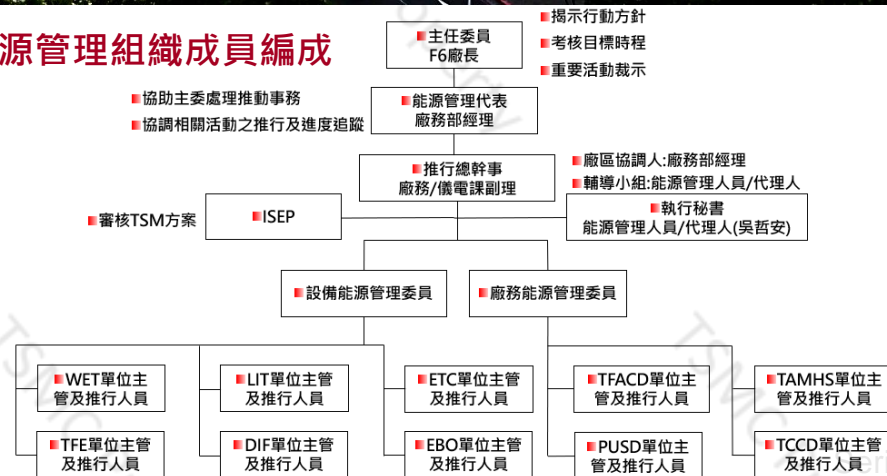
台積電 六廠 簡介



廠區基本資料

- 員工人數：2,000+人
- 廠地面積：91,000 m²
- 無塵室面積：57,329 m²
- 總契約容量：60,000 kW

六廠能源管理組織成員編成



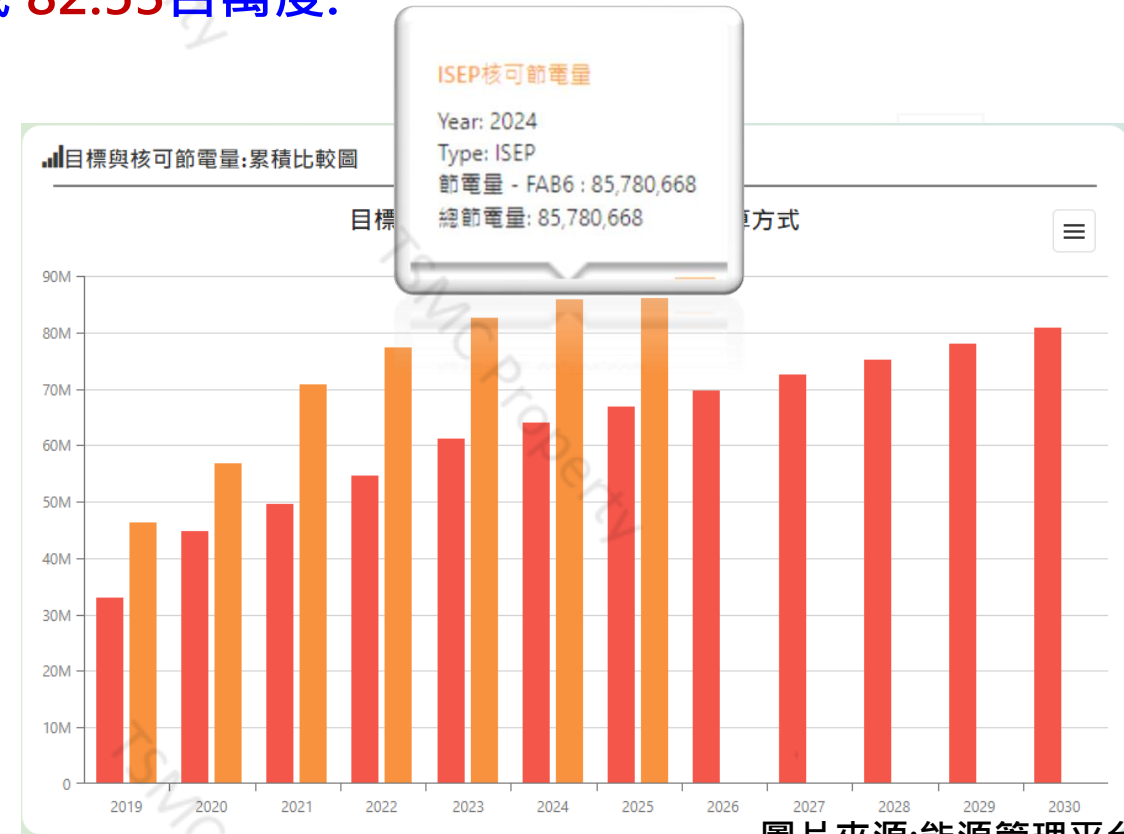
圖片來源:台積公司

六廠 能源使用及節能減碳執行概況

● 能源目標與達成之程度

依據111年度永續報告書中(2023/06/30公告版本)，全公司節能目標至2030年底，累計節能量為18%。其中F6之目標如下：

- 2023年度的計畫節能量須達 61.21百萬度, 已達成 82.53百萬度.
- 2023年度的計畫節能量須達 64.10百萬度。
- 統計至2024/07之節能方案成果，已通過ISEP審查核可之累積節能量已達85.78百萬度，整體已達標。



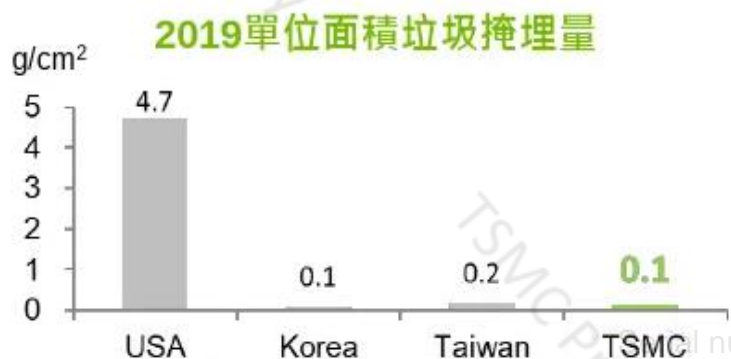
● Y2023 能源使用概況

- 電力使用 462,290,466 度
- 天然氣使用 1,149,785 立方公尺
- 柴油使用 3,164 公升

圖片來源: 能源管理平台

Serial number: 202407241302-12466613

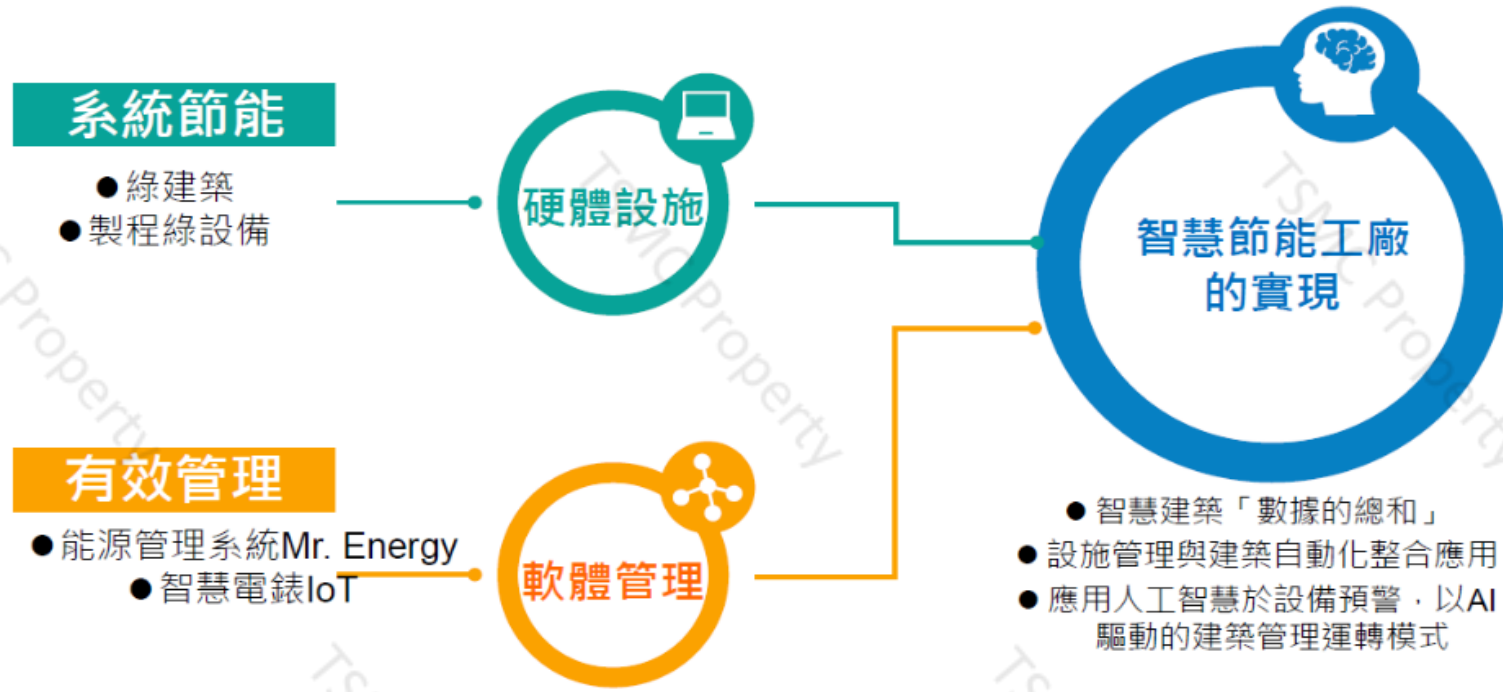
綠色製造表現



圖片來源: 廠務通識 高科技半導體廠物簡介

能源管理規劃策略

- 系統化節能設計：積極推動綠建築及製程率設備認證，已系統化的方法進行全面節能設計
- 建構有效管理系統：透過能源管理系統及工具，建立能源基線及能源績效指標，透過標竿比對持續找出節能機會



能源管理規劃策略



Unleash Innovation

氣候與能源

策略	民國 119 年目標	民國 112 年目標	民國 111 年成果
強化氣候韌性 擬訂氣候變遷應變與預防措施，降低氣候風險影響	氣候災害造成生產中斷 0 天	氣候災害造成生產中斷 0 天	氣候災害造成生產中斷 0 天 目標：0 天 ✓
推動低碳製造 持續採用最佳技術減少溫室氣體排放，成為產業低碳製造標竿	單位產品溫室氣體排放量（公噸-二氧化碳當量/十二吋晶圓當量-光罩數）減少 30%，溫室氣體總排放量回到民國 109 年水準（民國 109 年為基準年）	單位產品溫室氣體排放量（公噸-二氧化碳當量/十二吋晶圓當量-光罩數）減少 9%（民國 109 年為基準年）	單位產品溫室氣體排放量（公噸-二氧化碳當量/十二吋晶圓當量-光罩數）減少 6% 目標：6%（民國 109 年為基準年） ✓
使用再生能源 持續使用再生能源及設置太陽能發電系統，達成 100% 使用再生能源	自 3 奈米起，新廠再生能源占比 20% 以上，並逐年增加購買量，達全公司生產營運據點 40% 用電量為再生能源	持續採購再生能源，達到全公司用電量 12% 為再生能源，海外子公司 100% 使用再生能源	使用約 21.9 億度再生能源 ^{註1} ；海外子公司全部使用再生能源；再生能源使用比例占全公司用電量 10.4% 目標：全公司 10% 用電量、海外子公司 100% 使用再生能源 ✓
提升能源使用效率 新增年度節能措施，積極落實節能行動，提高能源使用效率	民國 105 年至 119 年新增節能措施累積節能率 18% ^{註2} 相同製程技術量產 5 年後，生產能效提升 1 倍 ^{註3}	累積節能率 14% 5 奈米製程量產第 4 年生產能效提升 0.7 倍	節能 7 億度，累積節能 31 億度，累積節能率 13% 目標：節能 7 億度，累積節能 31 億度 ✓ 5 奈米製程量產第 3 年生產能效提升 0.6 倍 目標：5 奈米製程量產第 3 年生產能效提升 0.4 倍 ↑

註 1：使用再生能源的定義：購買再生能源、自發再生能源、再生能源憑證、再生能源所產生的碳權

註 2：為避免因市場波動影響產能與用電變化，造成相同節能效能上的絕對數值差異，能源效率提升目標由絕對值改為節能率，累計節能率計算區間為民國 105 年基準年至今的節能成效

註 3：生產能效為每度電可產出的產品當量數（十二吋晶圓當量-光罩數/度）

↑ 超越 ✓ 達成 — 未達成

Serial number: 202407241302-12466613

資料來源:台積公司111年度永續報告書

能源管理規劃策略

焦點案例

供應鏈節能減碳精進行動

為找出降低供應鏈環境外部性的機會，民國 111 年，台積公司應用環境損益分析，針對生產相同產品、使用相同原物料的化學品及氣體供應商進行同儕產業差異分析，發現已建置 ISO 50001 能源管理系統的廠商在整體用電效率上顯著優於未導入的廠商，台積公司依此發現擬定三大供應鏈節能減碳精進行動。

台積公司期望透過一系列供應鏈節能減碳精進行動，協助供應商評估環境風險與機會、降低資源耗用，進而強化供應鏈綠色績效及組織韌性，邁向低碳經濟。

三大供應鏈節能減碳精進行動

1

要求高用電重點供應商取得 ISO 50001 能源管理系統驗證，並納入「台積公司供應商永續標準」

2

持續與經濟部工業局合作針對關鍵供應商推動節能減碳輔導計畫，同時分享台積公司節能經驗

3

協助關鍵供應商於新建廠設計階段即導入低碳與節能概念，包含採用低碳原物料、使用節能設備、綠建築及 ISO 50001 能源管理系統主要項目等



台積公司分享節能經驗予供應商，強化綠色永續行動

能源管理規劃策略

擴展節能措施

民國 111 年，五大節能團隊持續創新各項節能專案，包括開發機台熱水回收循環系統、智能壓縮乾燥空氣 (CDA) 流量控制系統、以及優化人工智慧冰水系統功能等，同時透過多元的綠色行動方案精進能資源運用效益。為強化節能減碳執行力道，民國 111 年新成立「綠色製造工程中心」，進一步針對淨零排放策略、模組設備節能、廠務設備節能、低碳技術研發進行整體評估規畫與管理，並整合跨廠區的節能措施，於各廠區平行展開，同時成為新建廠區的標準設計；除台灣廠區外，民國 111 年海外廠區台積電 (中國)、台積電 (南京)

也加入節能行列，擴大綠色效益。

台積電於民國 111 年共執行八大類 684 項電力節能措施，總累計節能比率 13%，新增年節能量 7 億度電，相當於減少近 36 萬公噸二氧化碳排放，節省電費新台幣 17.5 億元，因減少排碳而降低的潛在外部碳成本新台幣 5.3 億元；而民國 107 年啟動的「新世代機台節能行動專案」，截至民國 111 年累計 195 項節能方案驗證應用於超過百種先進製程機台，結合跨廠區導入節能措施，共減省 5 億度用電量。

台積電公司累計節能目標



持續創新的五大節能團隊



節能改善案例分享

焦點案例

持續優化 EUV 機台節能技術 年省 6,000 萬度電

台積公司已應用 EUV 技術成功量產 3 奈米製程，因能耗亦隨 EUV 機台數量增加而上升，為兼顧製程技術發展與環境永續，除透過大數據分析持續優化 EUV 機台參數，降低生產每片晶圓所需的用電量外，亦與供應商合作研究、深入挖掘 EUV 機台節能機會點。為提升機台能源使用效率，台積公司與供應商合作透過調整反射鏡製程及光學結構，優化其均勻度與平整度，有效改善反射率。民國 111 年，成功降低 EUV 機台每片晶圓耗電量 22%，相當於年省 6,000 萬度電。



台積公司與供應商合作優化 EUV 機台節能成效

焦點案例

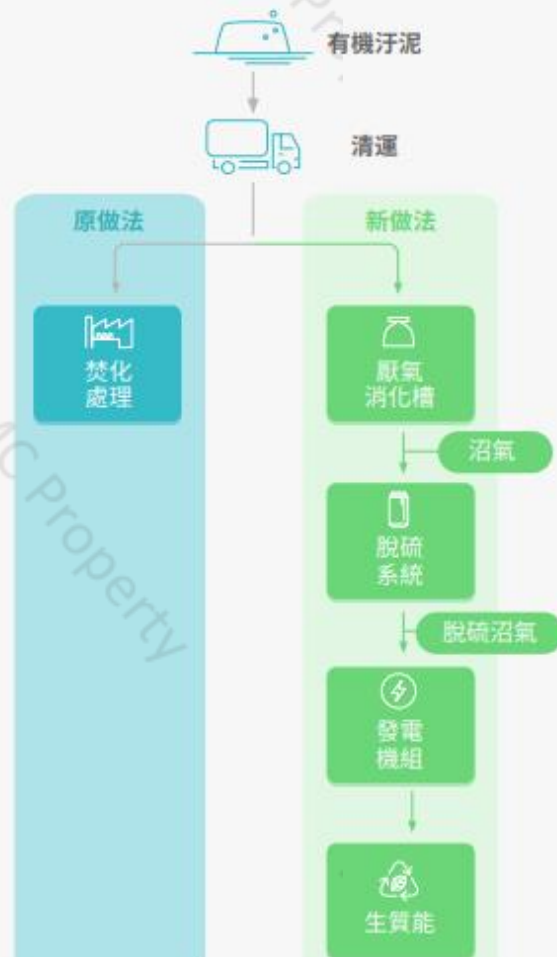
1 公噸有機汙泥產 2.2 度綠電 創造綠能循環再生圈

台積公司推動綠色創新，偕同供應商利用厭氧菌將有機汙泥進行分解，透過「水解、酸化、產乙酸、甲烷化」四大階段，轉化生成以甲烷為主的沼氣燃料進行發電，每公噸有機汙泥經厭氧消化可產生約 2.2 度的電，目標於民國 113 年將有機汙泥全面由焚化轉再利用，每年減少委外焚化處理量約 6,500 公噸、台灣廠區廢棄物總回收率提升 1%，創造循環再生體系，展望綠色能源未來。



台積公司攜手供應商轉化有機汙泥為綠電

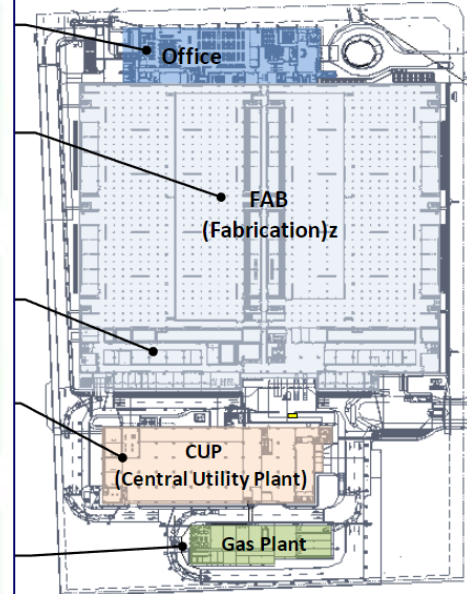
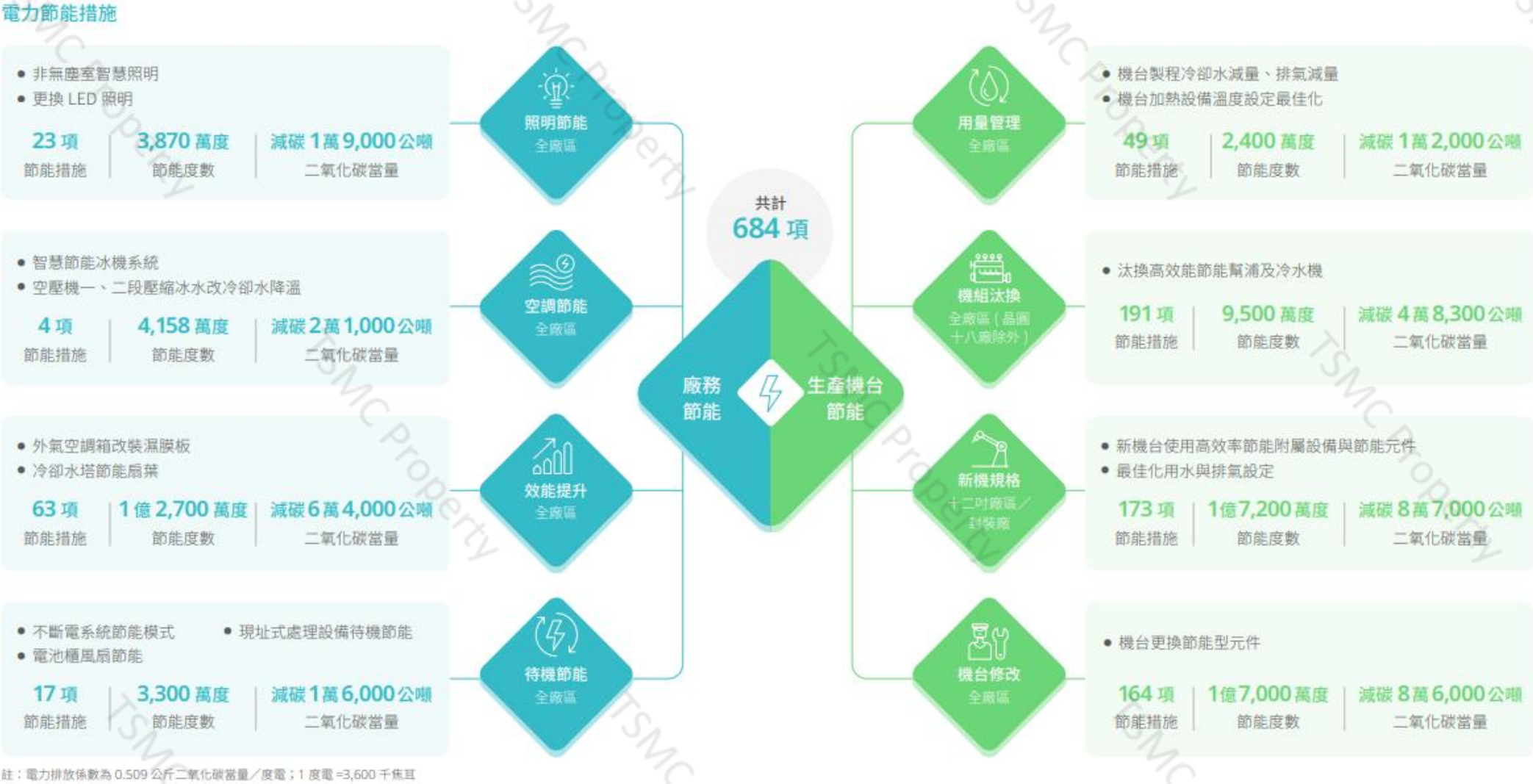
有機汙泥厭氧消化處理流程



資料來源:台積公司111年度永續報告書

電力節電措施

電力節電措施說明



註：電力排放係數為 0.509 公斤二氧化碳當量/度電；1 度電 = 3,600 千焦耳

電力節電措施 – 不斷電系統

不斷電系統(Uninterruptible power supply)汰舊換新與節能模式設定

- 電力電子技術逐年進步，不斷電系統之整體效率不斷在優化，若汰除舊機型並有效的集中管理，對於節電顯著效益。
- 大型不斷電系統於**節能模式**均能達到99%之效能並具有不斷電保護之功能(平時運行於市電旁路，市電異常再由UPS保護)。
- 小型不斷電系統之新舊差異從規格比對，可看出顯著差異(下表)

表一

Vendor	UPS Series	Overall Efficiency
---	3kVA Series [OLD]	86%
---	3kVA Series [NEW]	94%

表二

Item	效率差異項
材料演進	IGBT, MosFET(SiC, GaN), Choke(鐵芯材質)
架構優化	高, 低階轉換架構(失真度)
控制優化	控制策略(柔/硬性切換), 切換頻率(Choke體積↓)



圖片來源:廠務通識_高科技半導體廠物簡介

案例分享:

廠區建置15台275kVA/250kW UPS取代舊型UPS，平均負載規劃60%(150kW)，新與舊型之效率分別為99% & 87%，其節能效益為:

$$150\text{kW}(\text{實際負載}) * 15(\text{台}) * 0.12(\text{效率差異}) * 24(\text{運轉時數}) * 365(\text{天}) = 2.3652 \text{ 百萬度/年}$$

電力節電措施 – 變壓器

● 導入高效型低壓變壓器

- 低壓變壓器效率從98.3%提昇至99.09%，節能效率可提升0.79%，取代舊製程變壓器，有效降低運轉能耗。
- 預估效益
 - 廠區汰換50台450kVA 低壓變壓器，負載平均功率20%，改善後能耗為4.13kW，其每年節能效益約1.59百萬度

$$(7.78-4.13)(kW)*50(台)*24(運轉時數)*365(天) = 1.59 \text{ 百萬度/年}$$

	改善前變壓器	改善後變壓器																																																																																						
容量(kVA)	450kVA	450kVA																																																																																						
規範效率(%)	98.3%	99.09%																																																																																						
全損(kW):無載+負載損	7.78kW	4.13kW																																																																																						
變壓器規格	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項</th> <th>目</th> <th>規</th> <th>範</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>相</td> <td>數</td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>額</td> <td>定</td> <td>容</td> <td>量 (kVA)</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無</td> <td>載</td> <td>損 (W)</td> <td>----</td> </tr> <tr> <td>特</td> <td>性</td> <td>全</td> <td>損 (W)</td> <td>7780</td> </tr> <tr> <td>保</td> <td>證</td> <td>效</td> <td>率 (%)</td> <td>98.30</td> </tr> <tr> <td>PF=1.0</td> <td>無</td> <td>載</td> <td>電</td> <td>流 (%)</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>115°C</td> <td>電</td> <td>壓</td> <td>變</td> <td>動</td> <td>率 (%)</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>	項	目	規	範	值	相	數			3	額	定	容	量 (kVA)	450		無	載	損 (W)	----	特	性	全	損 (W)	7780	保	證	效	率 (%)	98.30	PF=1.0	無	載	電	流 (%)	4.0	115°C	電	壓	變	動	率 (%)	1.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項</th> <th>目</th> <th>規</th> <th>範</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>相</td> <td>數</td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>額</td> <td>定</td> <td>容</td> <td>量 (kVA)</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無</td> <td>載</td> <td>損 (W)</td> <td>----</td> </tr> <tr> <td>特</td> <td>性</td> <td>全</td> <td>損 (W)</td> <td>4130</td> </tr> <tr> <td>保</td> <td>證</td> <td>效</td> <td>率 (%)</td> <td>99.09</td> </tr> <tr> <td>PF=1.0</td> <td>無</td> <td>載</td> <td>電</td> <td>流 (%)</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>115°C</td> <td>電</td> <td>壓</td> <td>變</td> <td>動</td> <td>率 (%)</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>	項	目	規	範	值	相	數			3	額	定	容	量 (kVA)	450		無	載	損 (W)	----	特	性	全	損 (W)	4130	保	證	效	率 (%)	99.09	PF=1.0	無	載	電	流 (%)	4.0	115°C	電	壓	變	動	率 (%)	1.4
項	目	規	範	值																																																																																				
相	數			3																																																																																				
額	定	容	量 (kVA)	450																																																																																				
	無	載	損 (W)	----																																																																																				
特	性	全	損 (W)	7780																																																																																				
保	證	效	率 (%)	98.30																																																																																				
PF=1.0	無	載	電	流 (%)	4.0																																																																																			
115°C	電	壓	變	動	率 (%)	1.4																																																																																		
項	目	規	範	值																																																																																				
相	數			3																																																																																				
額	定	容	量 (kVA)	450																																																																																				
	無	載	損 (W)	----																																																																																				
特	性	全	損 (W)	4130																																																																																				
保	證	效	率 (%)	99.09																																																																																				
PF=1.0	無	載	電	流 (%)	4.0																																																																																			
115°C	電	壓	變	動	率 (%)	1.4																																																																																		



圖片來源:廠務通識_高科技半導體廠物簡介

電力節電措施 – pump

• Pump主體節能主要以三個方向進行改善

▪ IE1汰換為IE4馬達

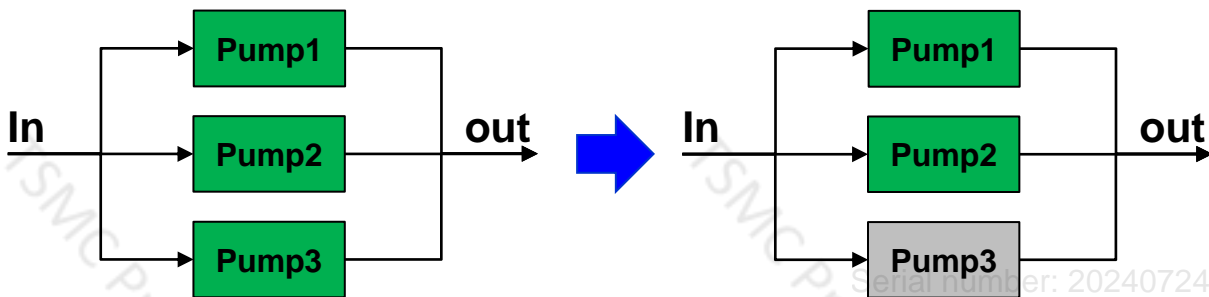
50Hz/ 1500rpm	IE1 額定效率	IE4 額定效率	效率差異
10HP	86%	92.6%	6.6%
50HP	91.2%	95.2%	4%

▪ 最佳化控制(VFD)與負載分配

- 冰水泵採壓力控制，在不影響生產狀況及供應壓力下，將泵浦由3台運轉降為2台運轉，依據性能曲線確認2台運轉壓力仍符合使用者需求，使能源利用率最佳化。

▪ 預估效益

- 將3台降至2台運轉，其泵浦改善效益，每年可節電 0.82百萬度



圖片來源:廠務通識_高科技半導體廠物簡介

$$(102.52-70.98)(kW)*3(\text{改善組數})*24(\text{運轉時數})*365(\text{天}) = 0.82 \text{ 百萬度/年}$$

Item	原設計	新設計	POWER consumption (Original)	POWER consumption (New)
MAU	34.17kW*3	35.49kW*2	102.52 kW	70.98 kW

電力節電措施 – Local Scrubber

● 現址式尾氣處理(Local Scrubber)

- LSC備機平時維持熱待機狀態且無需處理製程氣體，但備機加熱器(Heater)須維持升溫狀態，將造成相當大的電力能耗，若評估以不影響備機之備援功能，將Heater降至常溫維持冷待機狀態，對於電能消耗有一定的助益。
- 評估備機升溫至可運轉均須符合主備機切換時間之條件
- 預估效益
 - 以六廠為例，改善10台備機運轉溫度，每年可達到 0.67百萬度

$$(7.88-0.23)(kW)*10(台)*24(運轉時數)*365(天) = 0.67 \text{ 百萬度/年}$$

項目	改善前	改善後
耗電量(kW)	7.88kW	0.23kW
運轉模式(待機)	650度	25度



圖片來源:廠務通識_高科技半導體廠物簡介

電力節電措施 – 外氣空調箱

• 外氣空調箱(Make-up Air Units)

- MAU濕膜加濕之節能改善，在維持水洗效率不變之條件，改以親水性濕膜板搭配水霧，提供潤濕效果，進而將水泵馬力降額，以達節能效果
- 節能之關鍵
 - 高效的潤濕膜板
 - 低功率之循環Pump
 - 低壓損水洗器
- 預估效益
 - 以六廠為例，改善15台，其每年節能效益可達2.32百萬度

$$(25.2-7.5)(kW)*15(台)*24(運轉時數)*365(天) = 2.32 \text{ 百萬度/年}$$

Item	新設計	原設計	POWER consumption (New)	POWER consumption (Original)
MAU	7.5KW	12.6KW*2	7.5	25.2



圖片來源:廠務通識_高科技半導體廠物簡介

• 參考文獻

- 台積公司111年度永續報告書，引用連結：

https://esg.tsmc.com/zh-Hant/file/public/c-all_111.pdf

- 通識_高科技半導體廠務簡介，引用連結：

<https://t12gvnfeweb09-443.waf.facility.ent.tsmc.com/DMS/Home/File/543126a3d8d44c31b4cb011b042c3f0f?systemid=f579d8d57f4f4e4b8bfa818138c17d55&lockfile=True>