

電信機房節能技術培訓班
能源局 / 綠基會

綠色機房規劃建置實務

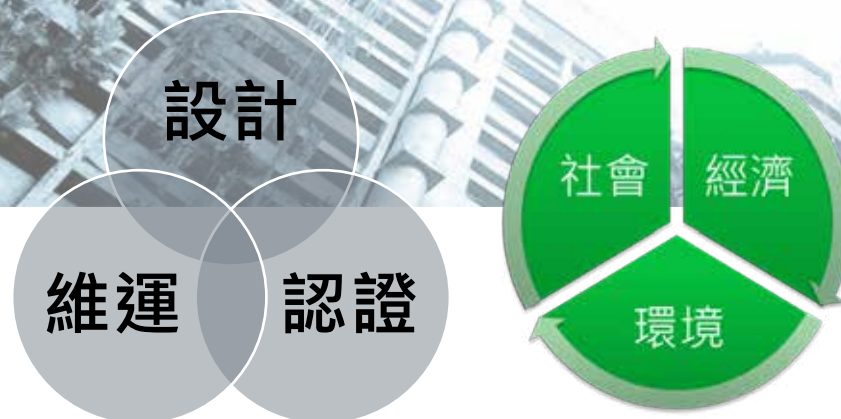


TBCxA

主講人：王獻堂 理事長

冠呈能源環控有限公司 總經理

台灣建築調適協會/台北市消防設備師公會



主講人：王獻堂 理事長



- 學歷
- 102 政大EMBA
- 臺灣科技大學

經歷

- 台灣建築調適協會 理事長
- 台北市消防設備師公會 理事長
- 台北市冷凍空調技師公會 監事
- 企業永續管理師第一屆聯誼會會長
- 冠呈能源環控有限公司 總經理



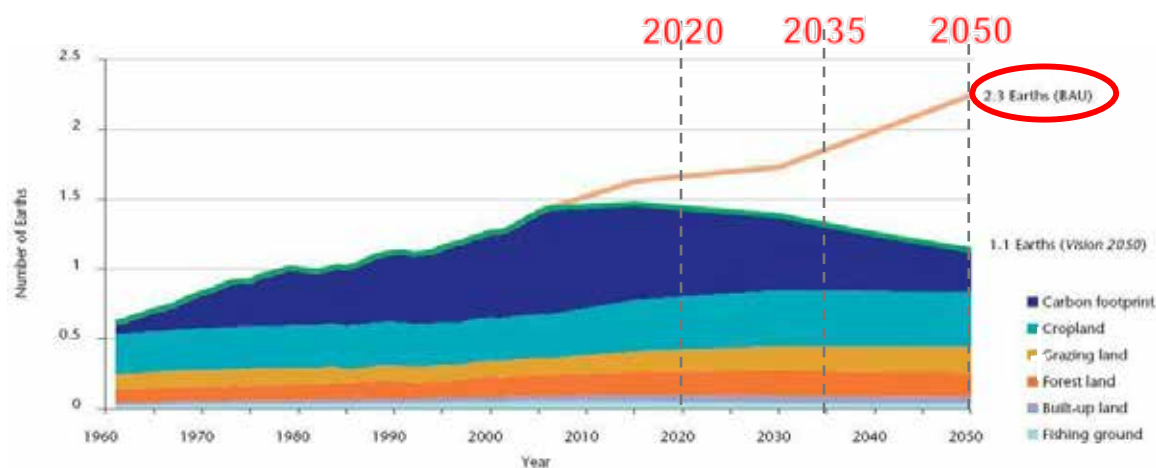


簡報大綱

- 前言
- OPR 業主需求
- BOD 設計基準
- 施工與綠色採購
- 認證與第三方查證
- 智慧營運
- Q&A

資源耗竭的挑戰

2050年地球90億人口要活得好，需要 **2.3** 個地球的能資源才夠用
(Vision 2050, 世界企業永續發展協會WBCSD)



Sources: Global Footprint Network, WBCSD Vision 2050



空氣污染
1,220 億元



水污染
297 億元



溫室氣體
1,420 億元



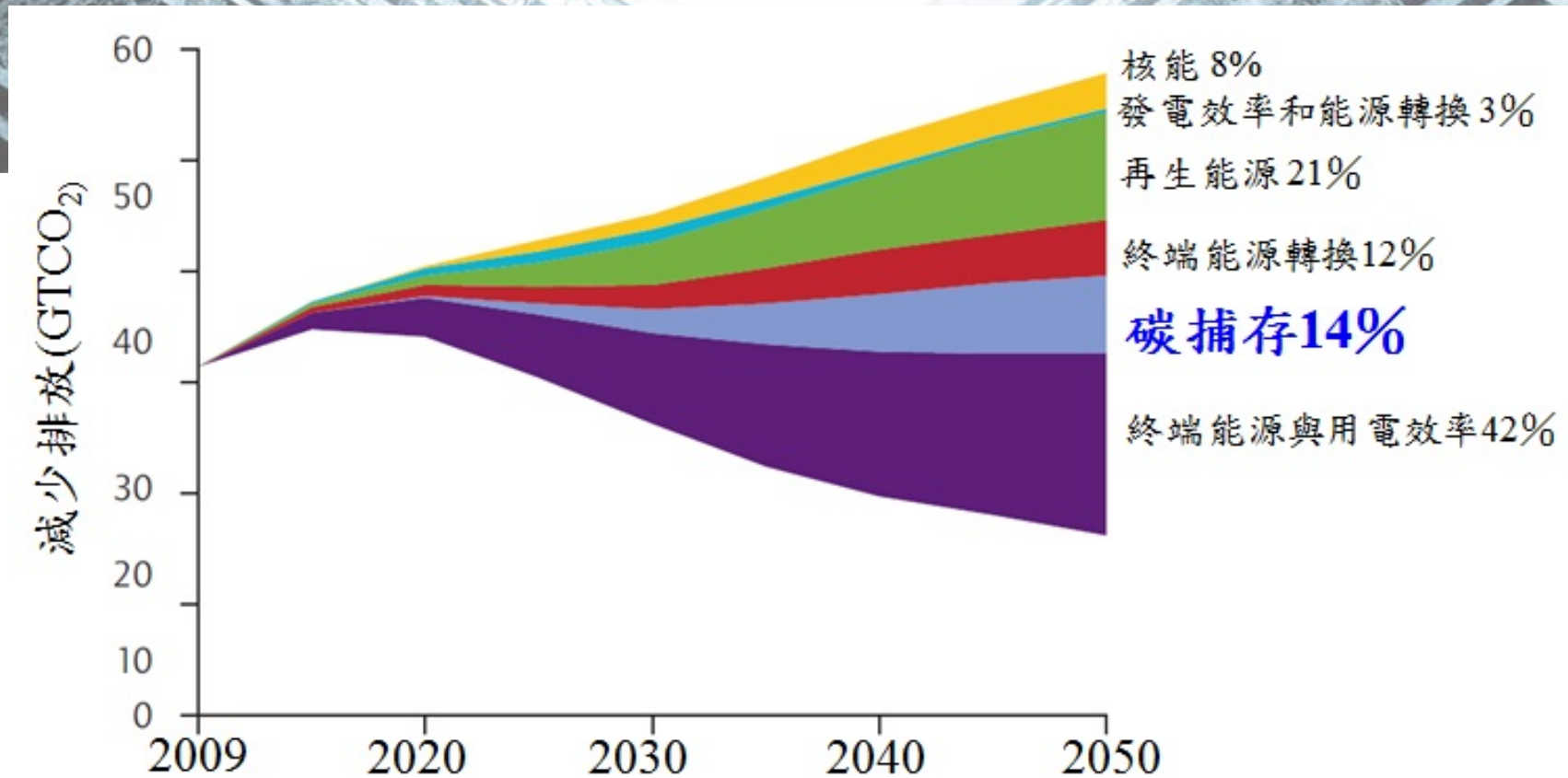
廢棄物
23,5 億元

1. 水污染及廢棄物污染成本，引用《106 年綠色國民所得》之環境值損帳。
2. 空氣污染採用 US EPA 的 BPT 方法，配合本土化資料算軟而得。
3. 溫室氣體單位成本取自溫管法的罰則金額作為推算基礎。

圖 2：台灣的環境外部成本
來源：中華經濟研究院綠色經濟研究中心

《後疫情時代—以循環經濟打造韌性未來》亞太循環經濟論壇線上特別場 成果報告

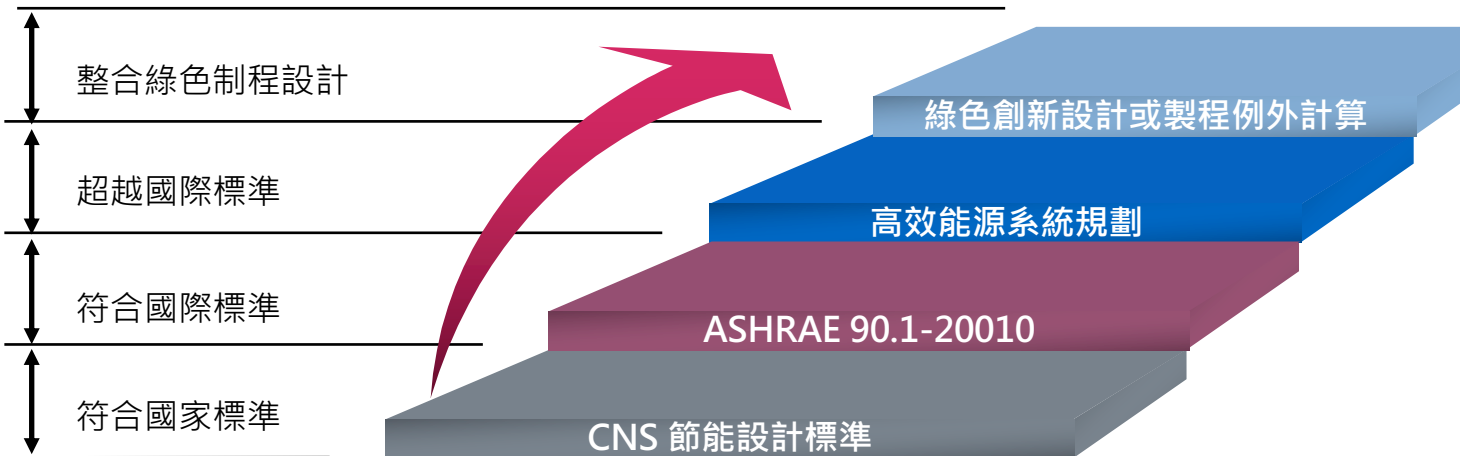
資源耗竭的挑戰



資料來源：IEA, Technology Roadmap Carbon capture and storage, 2013

資訊機房節能規劃策略地圖

資訊機房碳(能效)標示



既有建築能效標示系統 Energy-Efficiency Rating System for Existing Building	建物名稱	玉山銀行安南分行新建工程		
	耗電密度 kWh/(㎡*yr)	得分	認證等級	建物能效
	≤ 115	90~100	1+	
	≤ 120	80~89	1	
	≤ 140	70~79	2	
	≤ 160	60~69	3	
	≤ 180	50~59	4	
	≤ 200	40~49	5	
	≤ 240	20~39	6	
	> 240	0~19	7	
BERSe 2020	認證編號			
	空調耗電密度EUI [kWh/(㎡*yr)]			
	照明耗電密度EUI [kWh/(㎡*yr)]			
	插座電器耗電密度EUI [kWh/(㎡*yr)]			
	認證總樓地板面積 [㎡]			

建構綠色機房 3種指標 (能源局)

第1項重要指標，是**LEED**，這是美國綠建築協會 (The U.S. Green Building Council, USGBC) 在1998年公佈的高效能綠建築之市場導向式評估系統，這項準則主要用來評估綠建築的等級。LEED標章共分為4級，分別為白金級、黃金級、銀級和認證級，評估指標是以做為永續基地開發、用水效率、能源與大氣、建材與資源，和室內環境品質等項目。

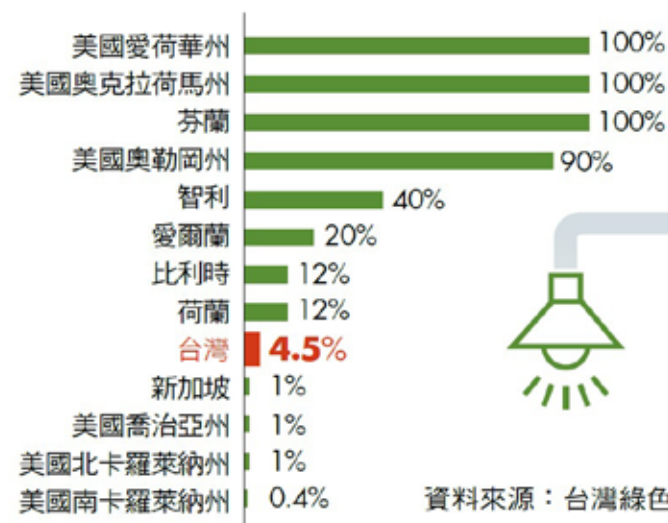
第2項重要指標，則是由TIA的TR-42.2委員分會制定的TIA-942，於2005年4月12日由TIA和ANSI共同公布，主要規範了各種數據中心或電腦機房對通信基礎設施最低要求。對於數據中心基礎設施的利用性 (Availability)、穩定性 (Stability) 和安全性 (Security) 3大特性，**TIA-942**將後續要配合的機房的基礎設施如電源配電、冷暖空調、及其他能源管理系統區分為4個層級，分別為Rated I、Rated II、Rated III、Rated IV。

最後，是由全球性的IT組織「**Green Grid**」所研發、評估綠色機房的能源使用效率 (**PUE**)，主要用來衡量1個電腦機房是否夠節能。PUE的計算是以「電腦機房的總用電量」(分子) 除以「資訊中心內資訊設備的總用電量」(分母)，PUE數值越低，代表這個機房花費能源在空調、不斷電系統 (Uninterruptible Power Supply, UPS)、照明等「非資訊設備」的比例越少，就代表越節能。

資料來源：<https://energymagazine.itri.org.tw/Cont.aspx?CatID=2&ContID=2877>

用電不夠綠 Google台灣居後段班

——Google全球資料中心使用綠電比率

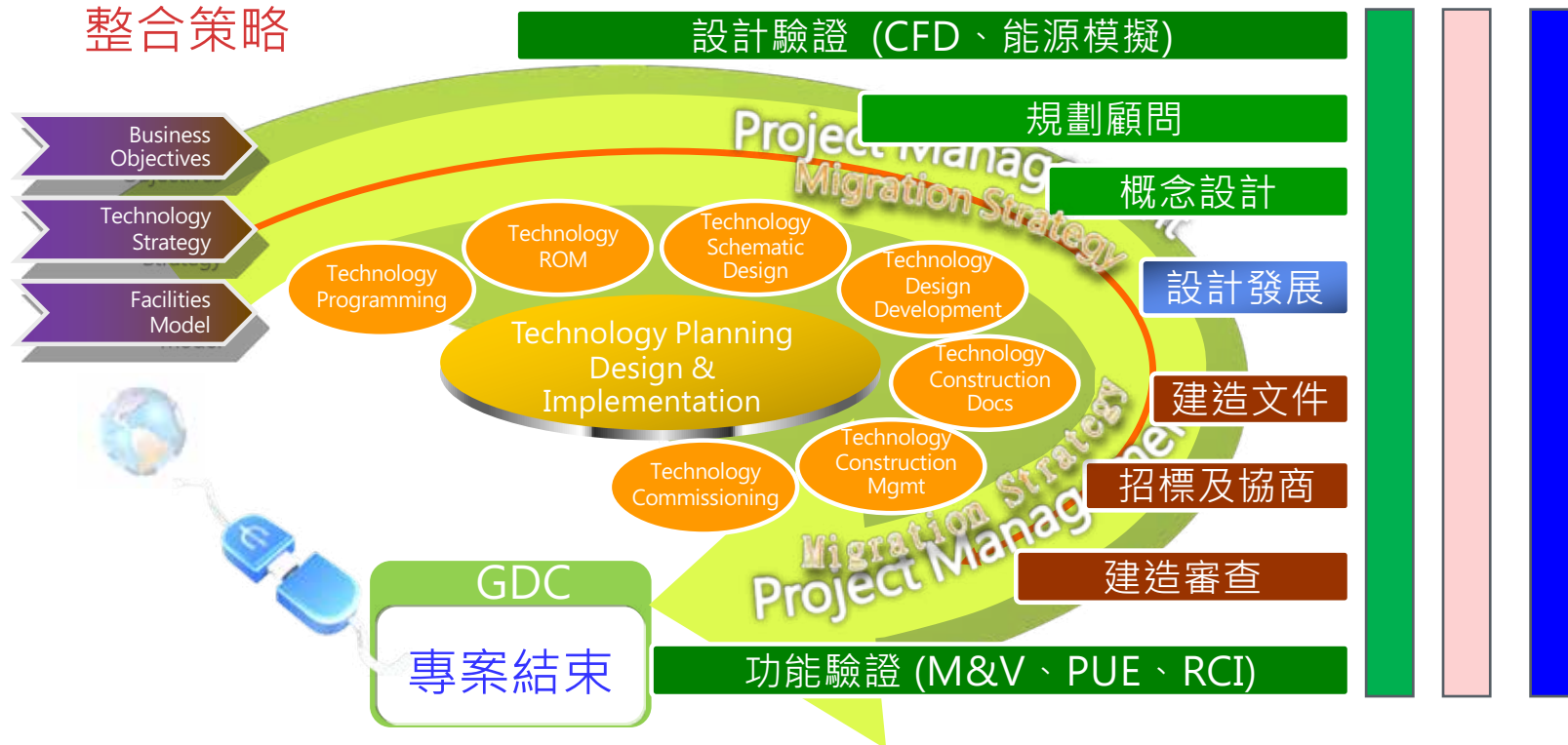


資料來源：台灣綠色和平

國際綠色機房建置專案流程

功能需求
綠色、安全、健康

整合策略



綠色機房整體評估

❖ TIA-942 2017(2005)

- Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers

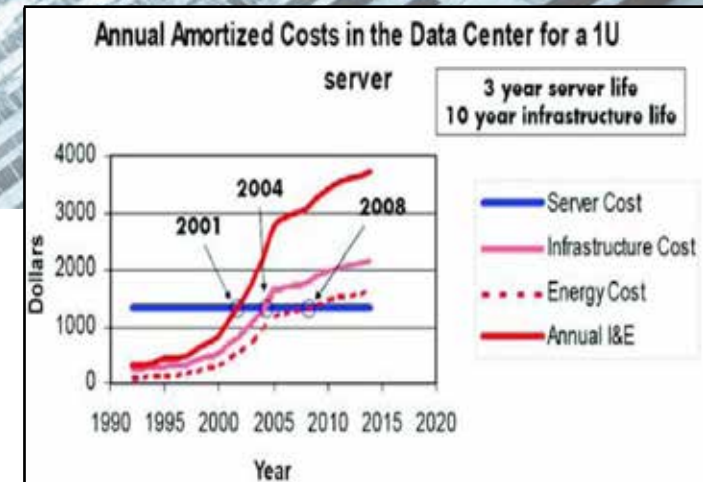
❖ BICSI 2010

- Data Center Design and Implementation Best Practices

❖ LEED NC 4.0

- Environmental Performance Criteria Guide for New Data Center

❖ ASHRAE TC 9.9



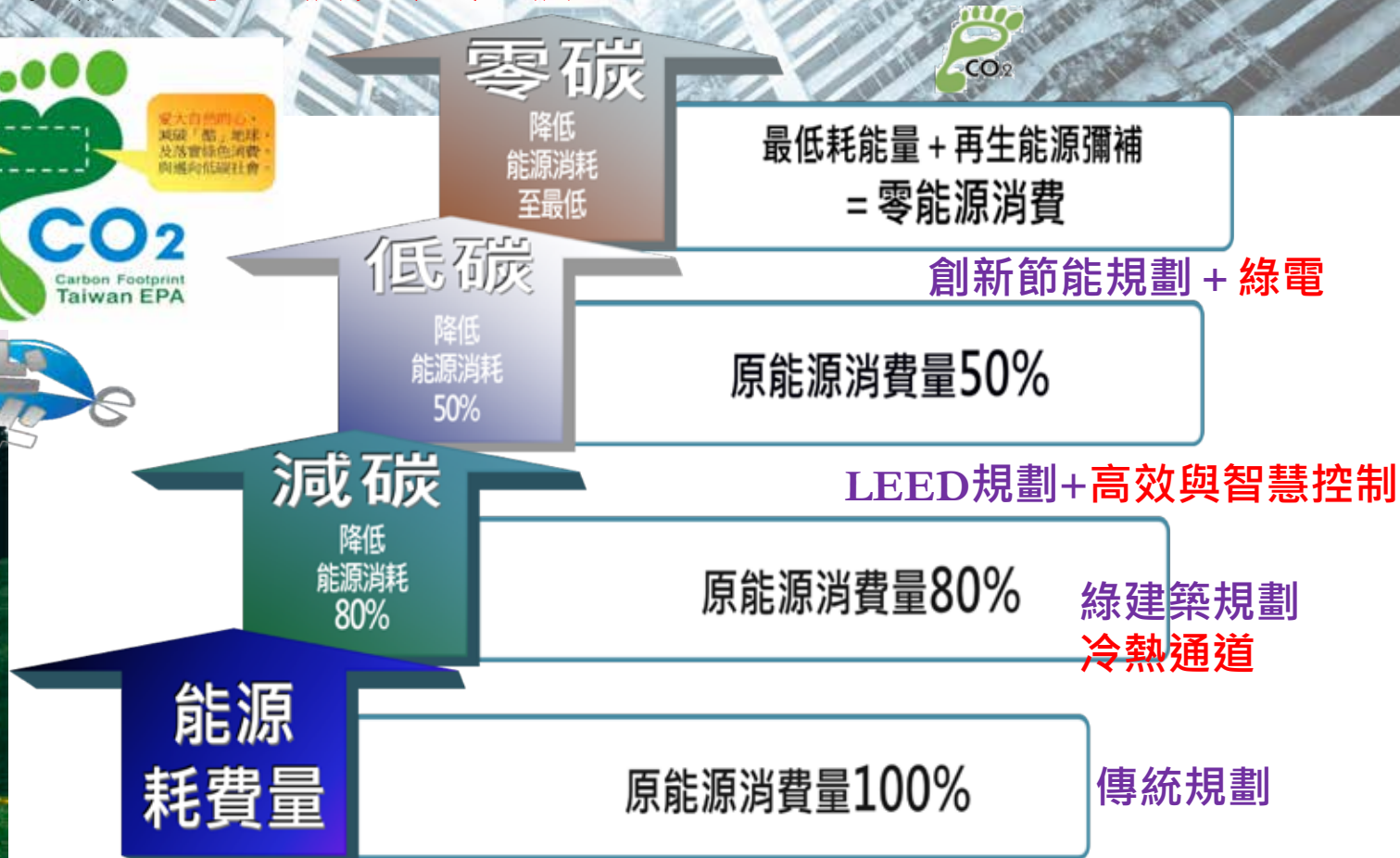
資訊機房減碳、低碳與零碳



氣候領袖峰會
各國減碳承諾一覽表

國家	減碳目標
美國	2030年較2005年減碳50至52%
加拿大	2030年較2005年減碳40至45%
巴西	2030年杜絕非法森林砍伐
中國	2030年碳达峰，2060年前碳中和
日本	2030年較2013年減碳46%
韓國	2030年較2017年減碳24.4%
歐盟	2030年較1990年減碳至少55%
英國	2035年前較1990年減碳78%

編纂：許文雄、資料來源：美國國務院、英國環境部、氣候領袖峰會
環境資訊中心



前言

需求

設計

施工/採購

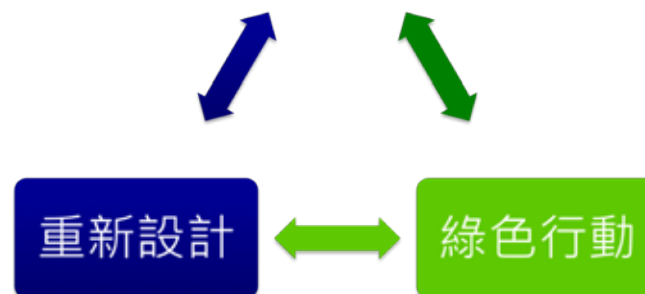
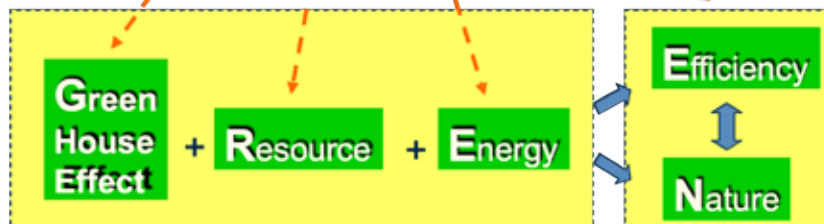
認證/查證

智慧營運

資訊機房綠色行動方法學：重新思考生活結合

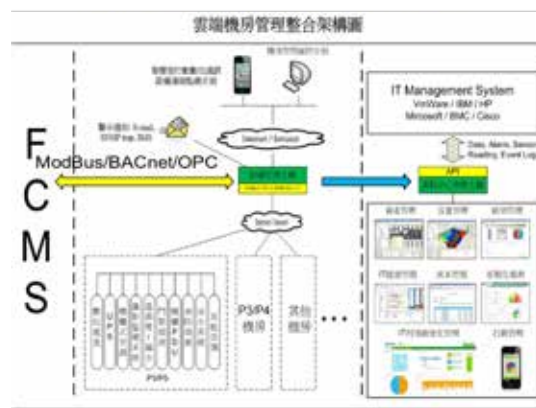
G-r-e-e-n

綠色企業文化



1.5 The complexity of data centers

雲端機房DCIM整合架構圖



TBCxA

前言 需求 設計 施工/採購 認證/查證 智慧營運

低碳機房能源管理框架

- 空調設備效率
- 照明設備效率
- 動力設備效率
- 線路設備效率



- 建築外層智慧化節能
- 空調設備智慧化節能
- 照明與插座設備智慧化節能
- 動力設備智慧化節能
- 節水技術
- 綠能技術

- 建築設備運轉監視統計
- 建築設備運轉可達需量控制
- 建築設備能耗分析持續監測與紀錄

低碳建築認證簡介－建築碳管理的全貌

資訊機房碳足跡

建築的LCA就是由建材生產、營建運輸到建築物拆解、廢棄物處理等過程的環境衝擊評估，亦即從建築物的「搖籃到墳場」進行全面性、系統性的環境影響評估。

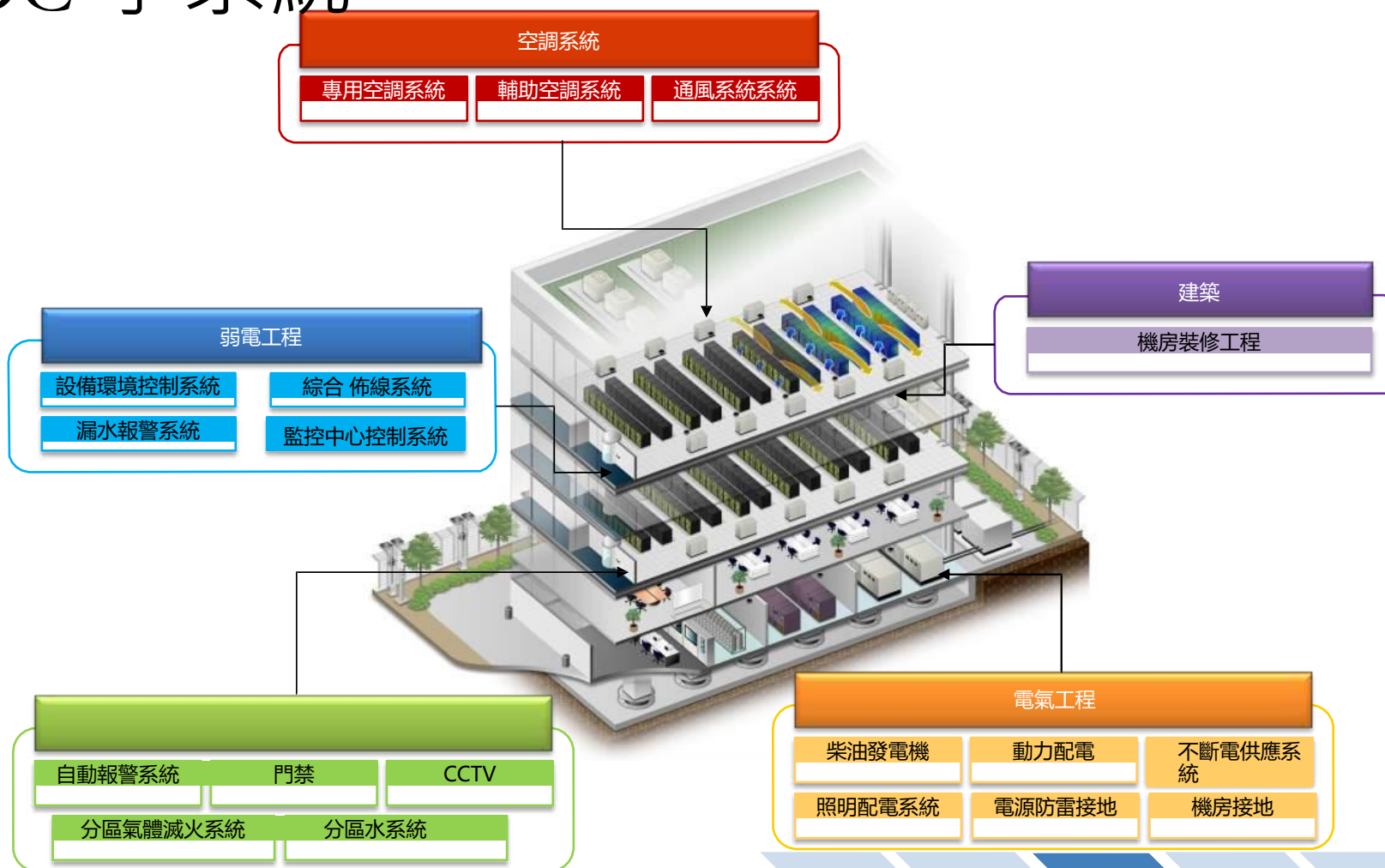


設計階段，決定了生命週期90%以上的碳排放衝擊

資料來源：低碳建築聯盟



GDC 子系統



前言

需求

設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運

新一代資料中心行業的特點

更大



園區化

更密

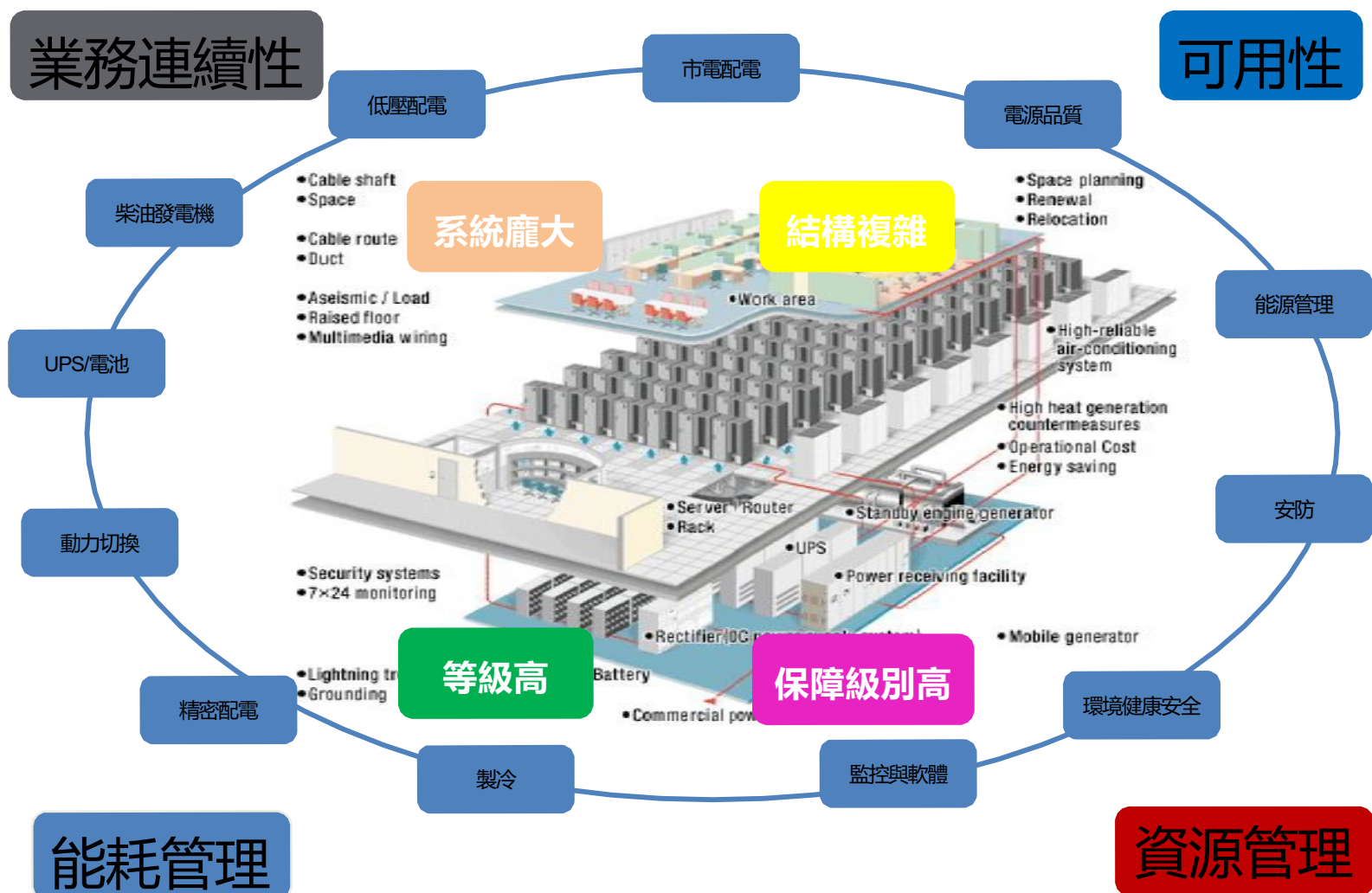


高功率密度

更綠



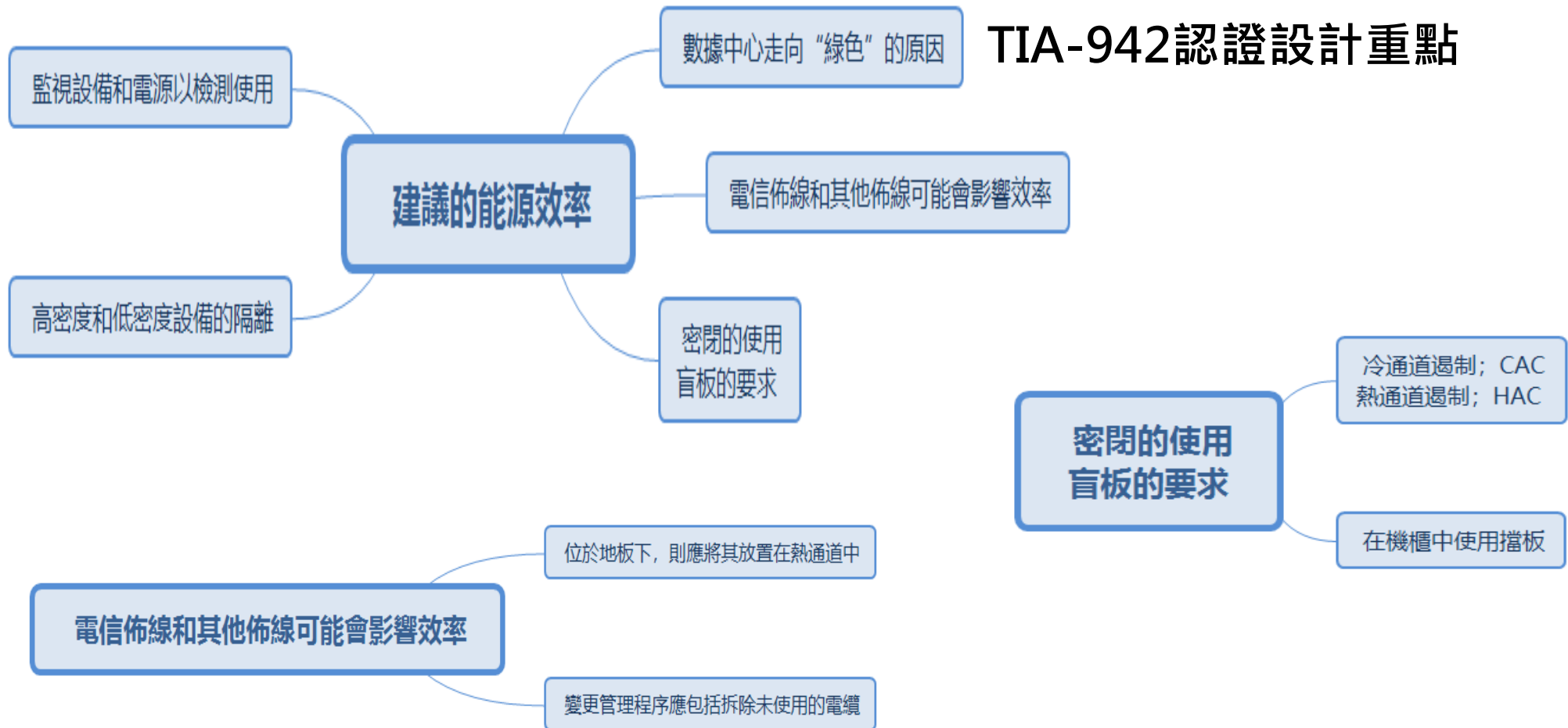
能效更高



TIA-942認證設計重點



TIA-942認證設計重點



機房空調規劃需與系統機櫃電力整合

資訊機房用電密度選擇冷卻系統

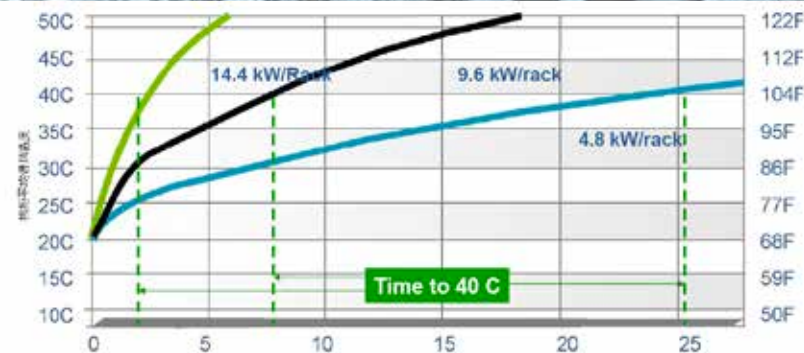
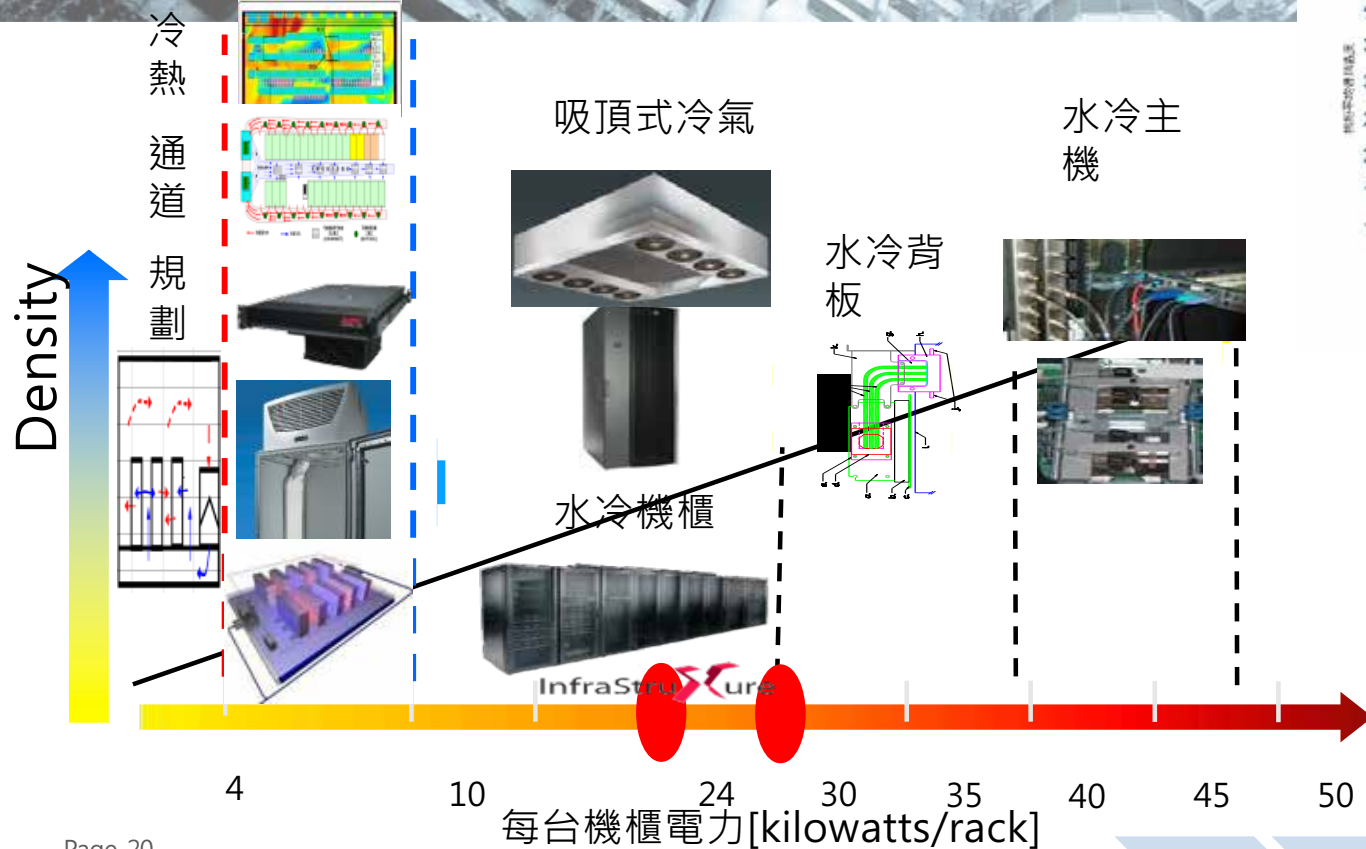
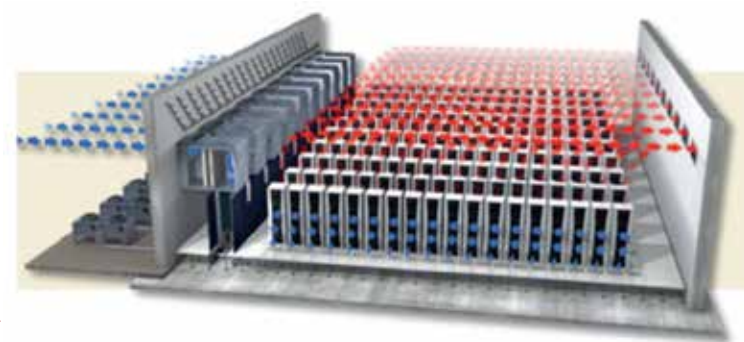


图 2.2-2 不同功率密度过温时间



数据中心供配电系统技术白皮书

低碳整合技術

資訊機房綠色策略選擇

節能率	10%	15%	20%	25%	30%
外殼 節能策略	ROOF 材料	開窗+遮陽 綠屋頂	通風設計		綠色電力
空調 節能策略	高效率設備	高溫差系統	儲冰	變頻	
照明 節能策略	降低裝置量	人員感知	時程控制	照度控制	結合外氣控制
控制 節能策略		夜間排氣	自然冷房		
管理 節能策略				智慧建築整合	儲能
其他 節能策略		非晶值變壓器	UPS/MIS機房 (HVAC 30%以上)	太陽能熱水系統	



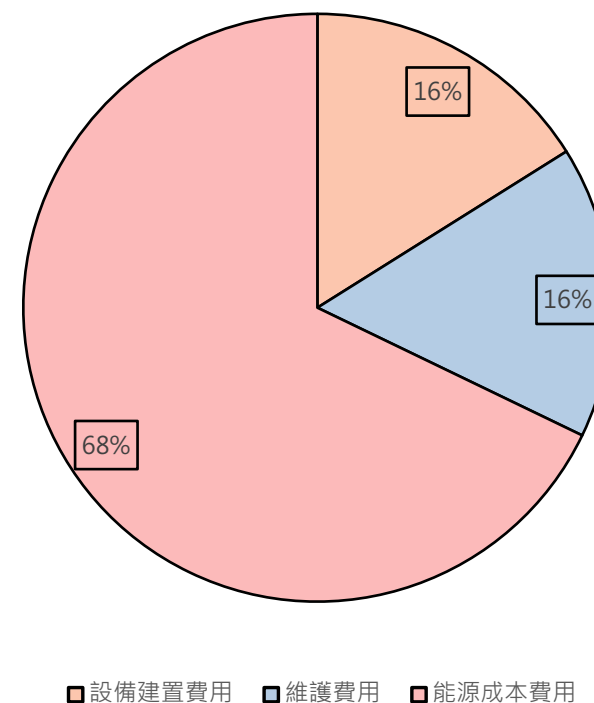
資訊機房節能邏輯

- 空調負載估算 UPS/3
- 空調節能邏輯
 - 冰水出水溫度
 - 冷通道溫度：18-27
 - VRV
 - VWV
 - VAV
 - 相似定律算功率
- UPS部分負載高效率選用
- 冷熱通道溫差建立

綠色採購—空調系統生命週期成本結構

- 以建置能源效率第三級100RT(352kW)磁浮離心式冰水主機為例。
- 初期建置費用與維護費用約各佔生命週期成本的16%；而能源成本費用則佔了運轉十年總成本的68%。

空調系統成本結構



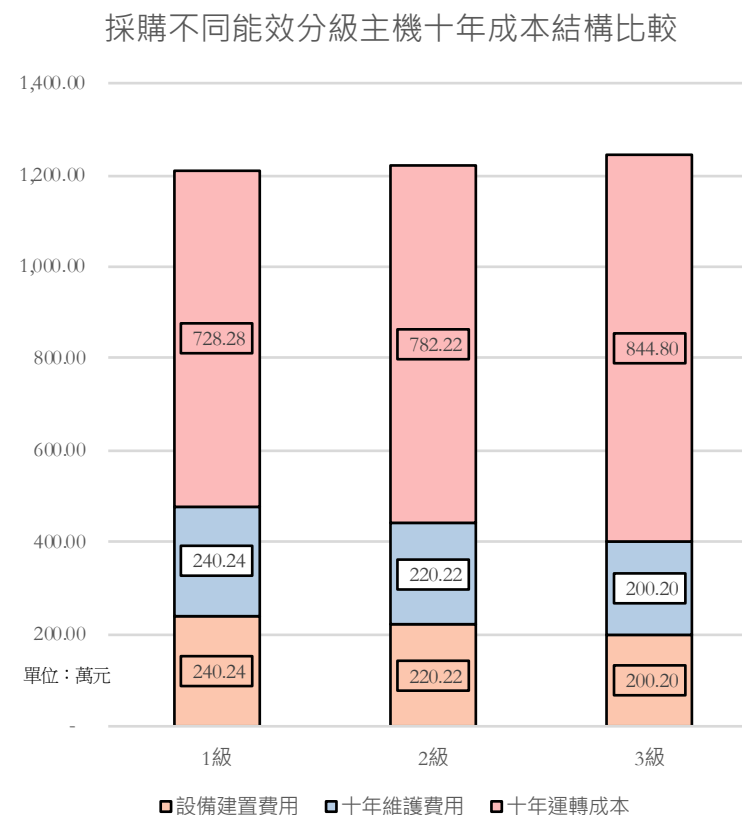
年分	設備建置費用	維護費用	能源成本費用
1	2,002,000.00	200,200.00	844,800.00
2		200,200.00	844,800.00
3		200,200.00	844,800.00
4		200,200.00	844,800.00
5		200,200.00	844,800.00
6		200,200.00	844,800.00
7		200,200.00	844,800.00
8		200,200.00	844,800.00
9		200,200.00	844,800.00
10		200,200.00	844,800.00
總和	2,002,000.00	2,002,000.00	8,448,000.00

註：假設空調系統每年運轉4000小時；電費以每度3元計算之。

綠色採購—採購不同能效分級主機十年成本結構比較

- 以建置不同能效分級之100RT(352kW)磁浮離心式冰水主機為例。
- 假設每提升一個能效等級，初期建置成本增加10%。
- 以採購能源效率第三級冰水主機為基準，採購能源效率第一級冰水主機之回收年限(ROI)約3.44年。

比較表	設備建置費用 (萬元)	十年維護費用 (萬元)	設備能源效率 (COP)	十年運轉成本 (萬元)	ROI (年)
1級	240.24	240.24	5.80	728.28	3.44
2級	220.22	220.22	5.40	782.22	3.20
3級	200.20	200.20	5.00	844.80	-



Datacenter

遠傳電訊 TPKC



前言

需求

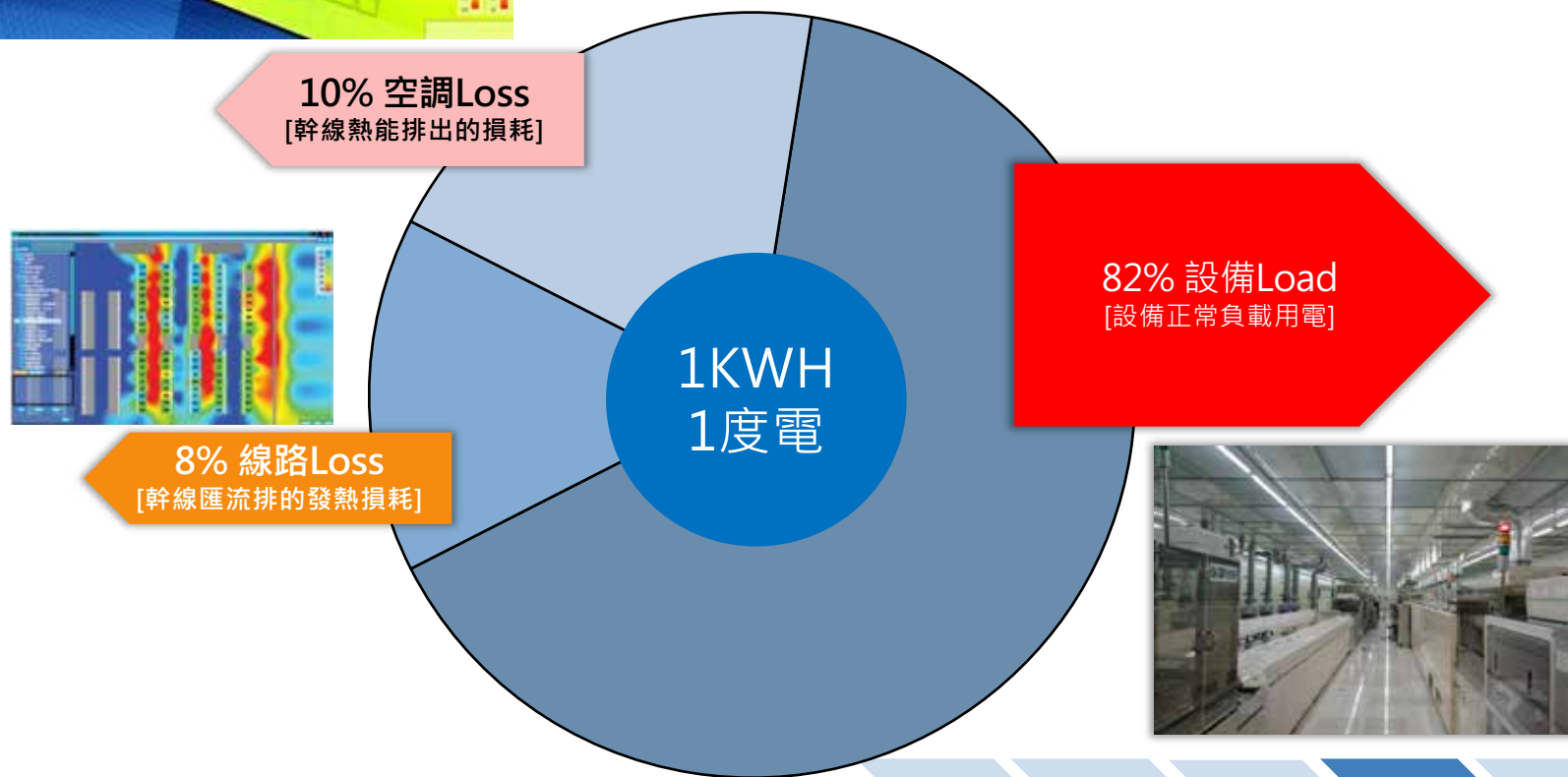
設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運

25



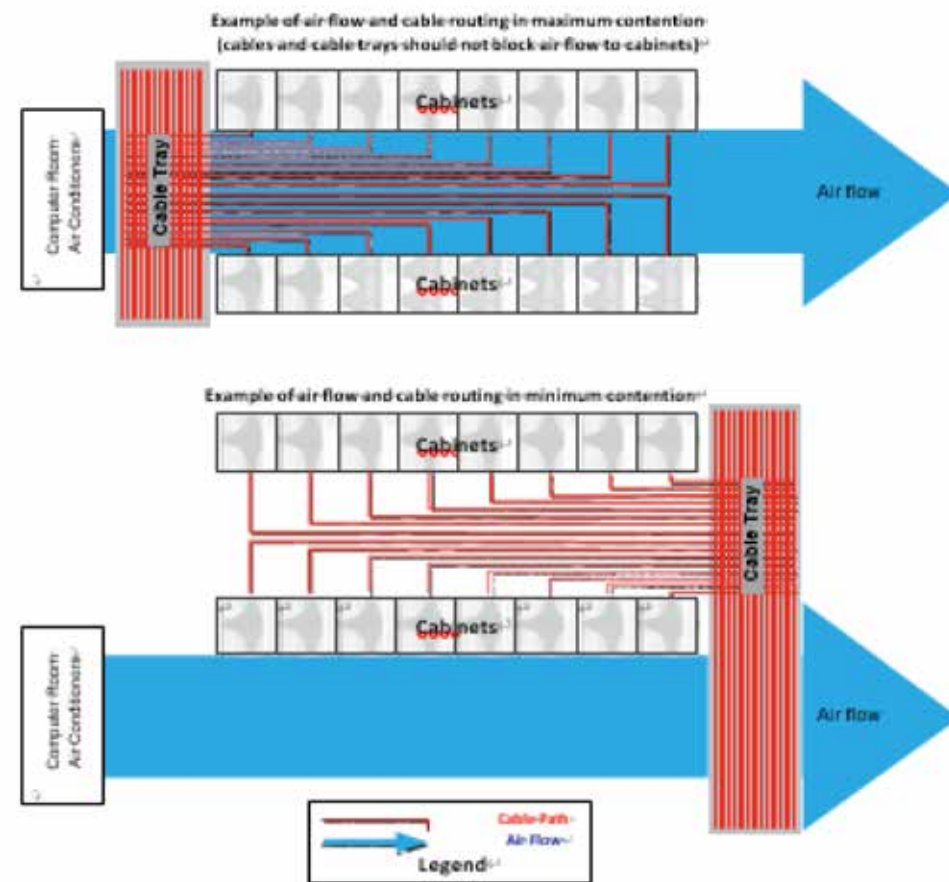
專業知識採購：機房網路佈線建置參考手冊



Dry Coil Fan

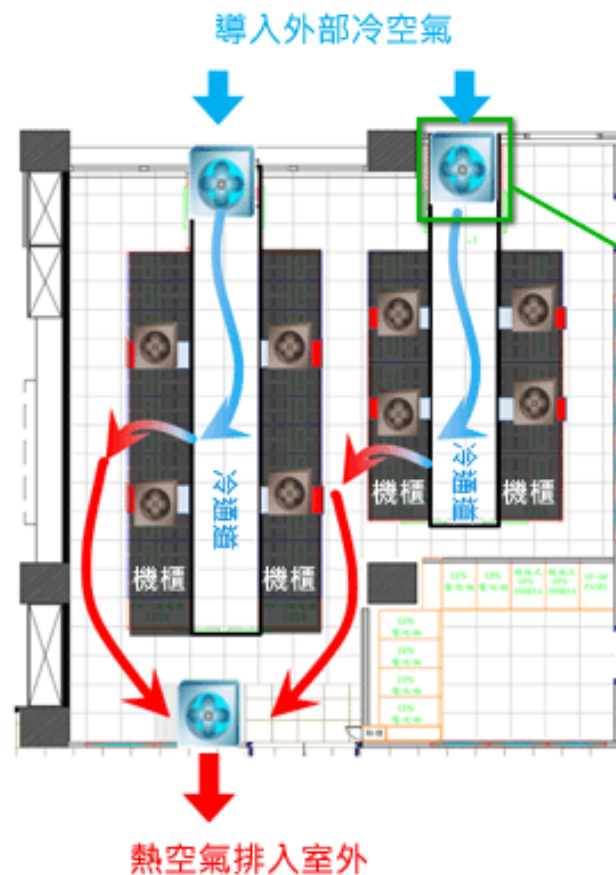
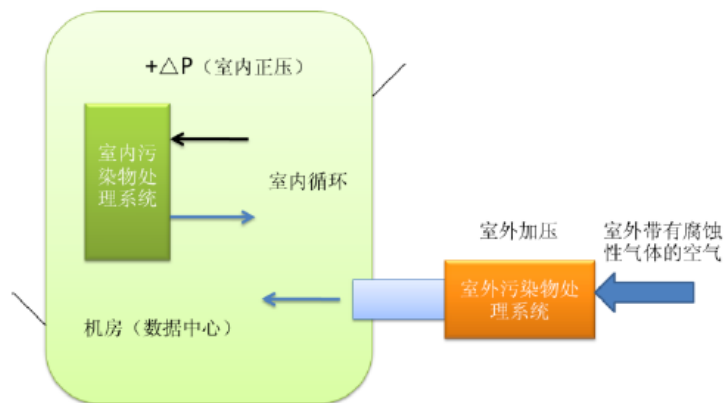
施工實務關注了? FIV+OPT調適

佈線與節能規劃



Coil+Fan冷卻應用注意實務原則

施工實務關注了? FIV+OPT調適

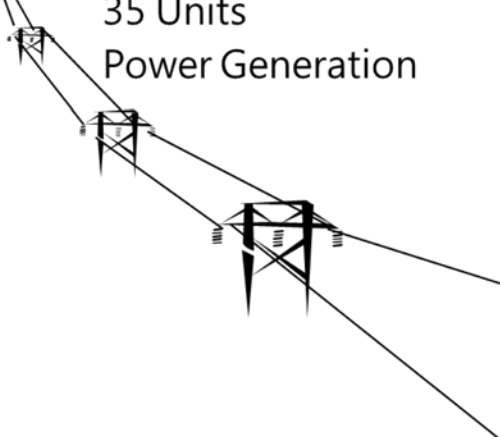




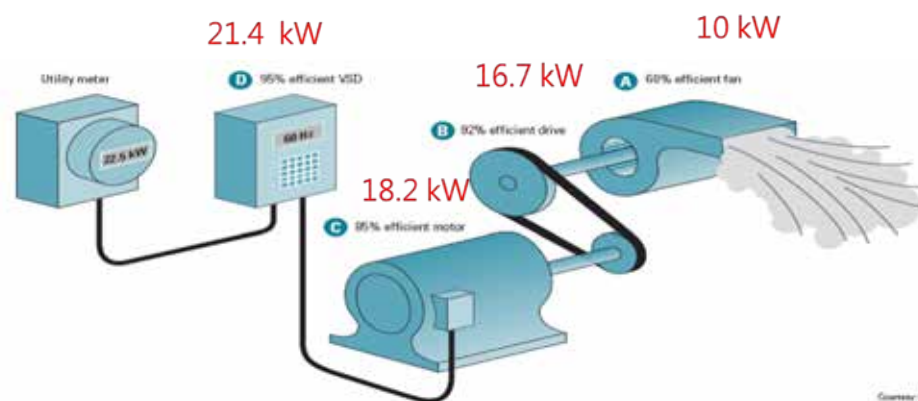
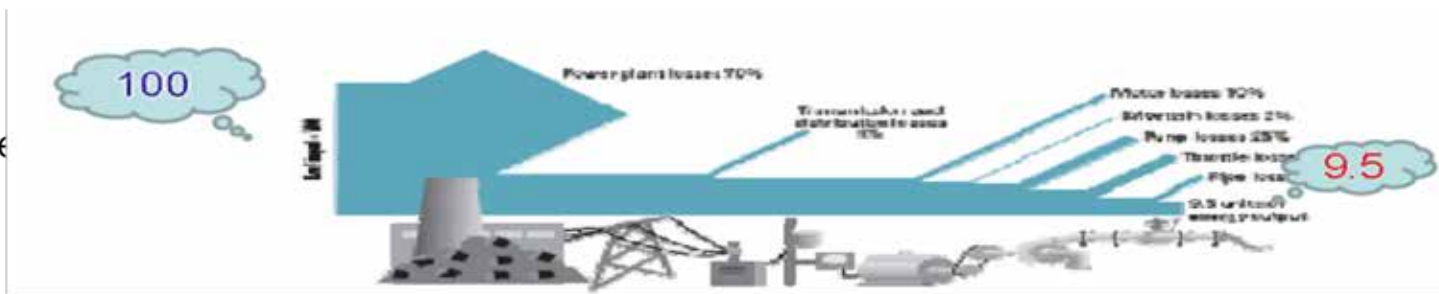
100 Units
Source Energy



35 Units
Power Generation



33 Units
Delivered



Energy Logic: Energy Saving Strategies

Cascade Effect 能源邏輯：節能策略

說到做到的查證準則 FIV+OPT+FPT+IPT全過程資訊機房調適

IT 設備選擇

最佳運行措施

供電和冷卻設備效率



低功率處理器

高效電源

電源管理

刀鋒伺服器

虛擬伺服器

電源配電架構

實施最佳冷卻方案

動態冷卻

高熱密度冷卻

群控

	Strategy	Initial Data Center	Optimized Data Center	Saving (kW)	%	
1.	Low power processor	91W / Processor (Average)	70 W / Processor	111	10%	30%
2.	Higher efficiency power supplies	AC-DC →79% DC-DC →85%	AC-DC →90% DC-DC →88%	124	11%	
3.	Server power management	Power Consumption: 80% of full load when idle	45% of full load when idle	86	8%	
4.	Blade servers	All Rack-mount	20% Blades	7	1%	
5.	Server Virtualization	No virtualization	20% Servers Virtualized	86	8%	11%
6.	Power distribution Architecture	208V AC	415V AC provides 240V single phase	20	2%	
7.	Implement cooling best practices	Hot aisle – Cold aisle	Optimized Cold Aisle & Chilled Water Temp, No Mixing of Hot & Cold Air	15	1%	
8.	Variable Capacity Cooling	Fixed Capacity Cooling	Variable Capacity Refrigeration & Airflow	49	4%	11%
9.	High Density Supplemental Cooling	Floormount Cooling only	Floormount plus supplemental cooling	72	6%	
10.	Monitoring and Optimization	No coordination between cooling units	Cooling units work as a team	15	1%	

Initial Data Center Load: 1127 kW

Total Saving 585 kW

50%+

31

最初的資料中心負載：1127KW

總計節省585KW

前言

需求

設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運

31

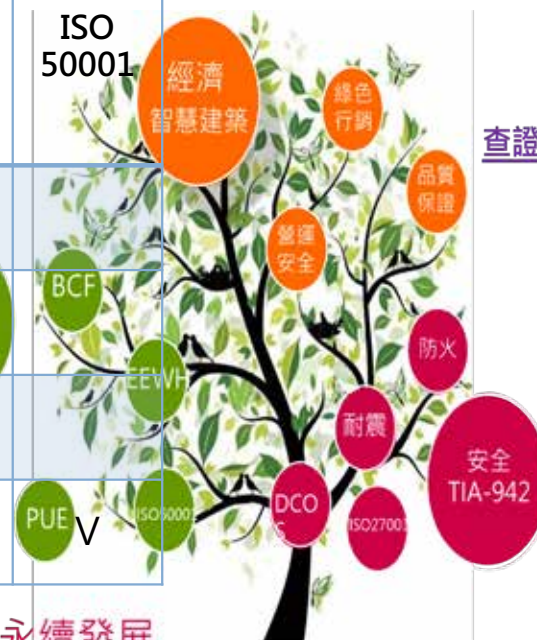
綠色安全規劃認證種類

查證的價值 (說寫作一致)

規劃目標 規劃階段	Green Grid (PUE)	TIA Rated	美國綠 建築 (LEED)	台灣綠 建築 (EEWH)	建築碳 足跡	智慧建 築(IB)	機房維 運管理 標準 (DCOS)	耐震標 章	防火標 章	ISO 27001	ISO 50001
設計	V	V	V	V	V	V		V	V		
施工		V	V	V	V	V		V	V		
驗收		V	V	V	V	V		V	V		
營運	V						V			V	



認證



查證

雲端資料中心永續發展

最高管理者的承諾

BOD
預算
傳達意願
策略



OPR
目標



制定方針目標

確保資源



管理評審

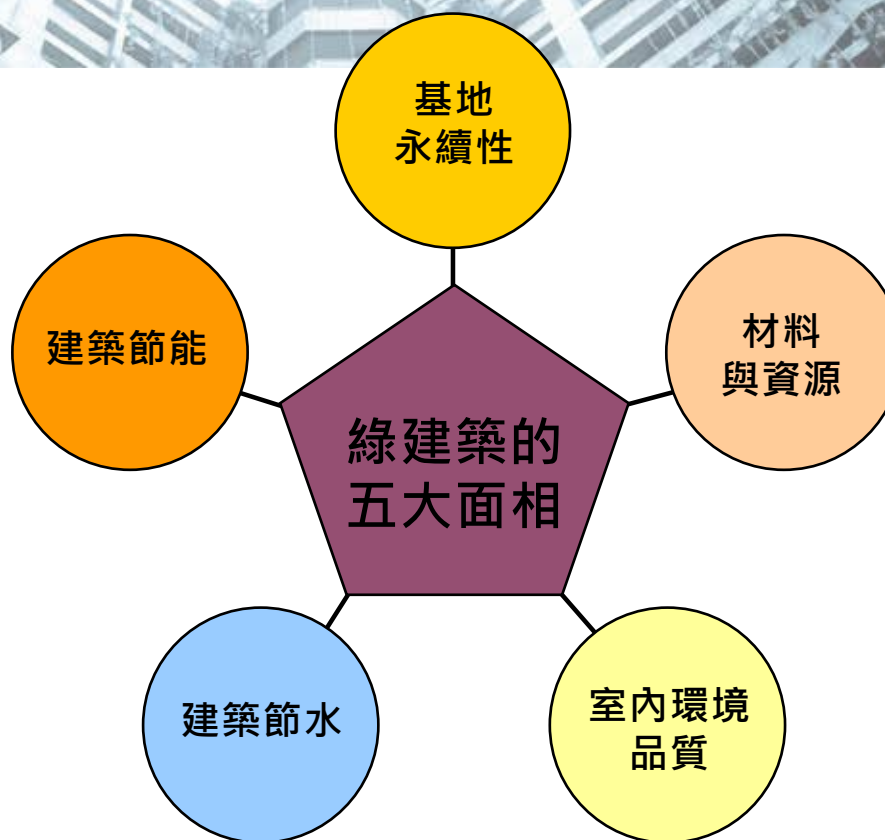


輔導
查證
認證
標準

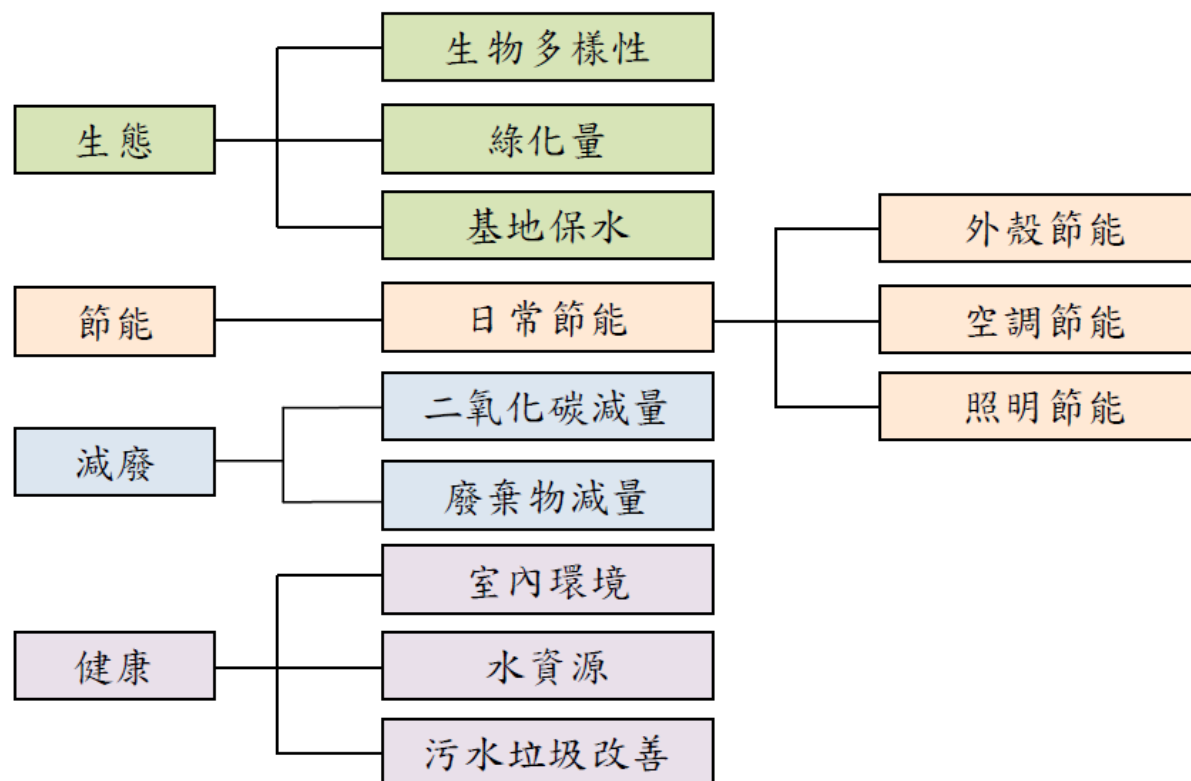


FIV
OPT
FPT
L1~L5
KPI
系統手冊

LEED的五大基本面向

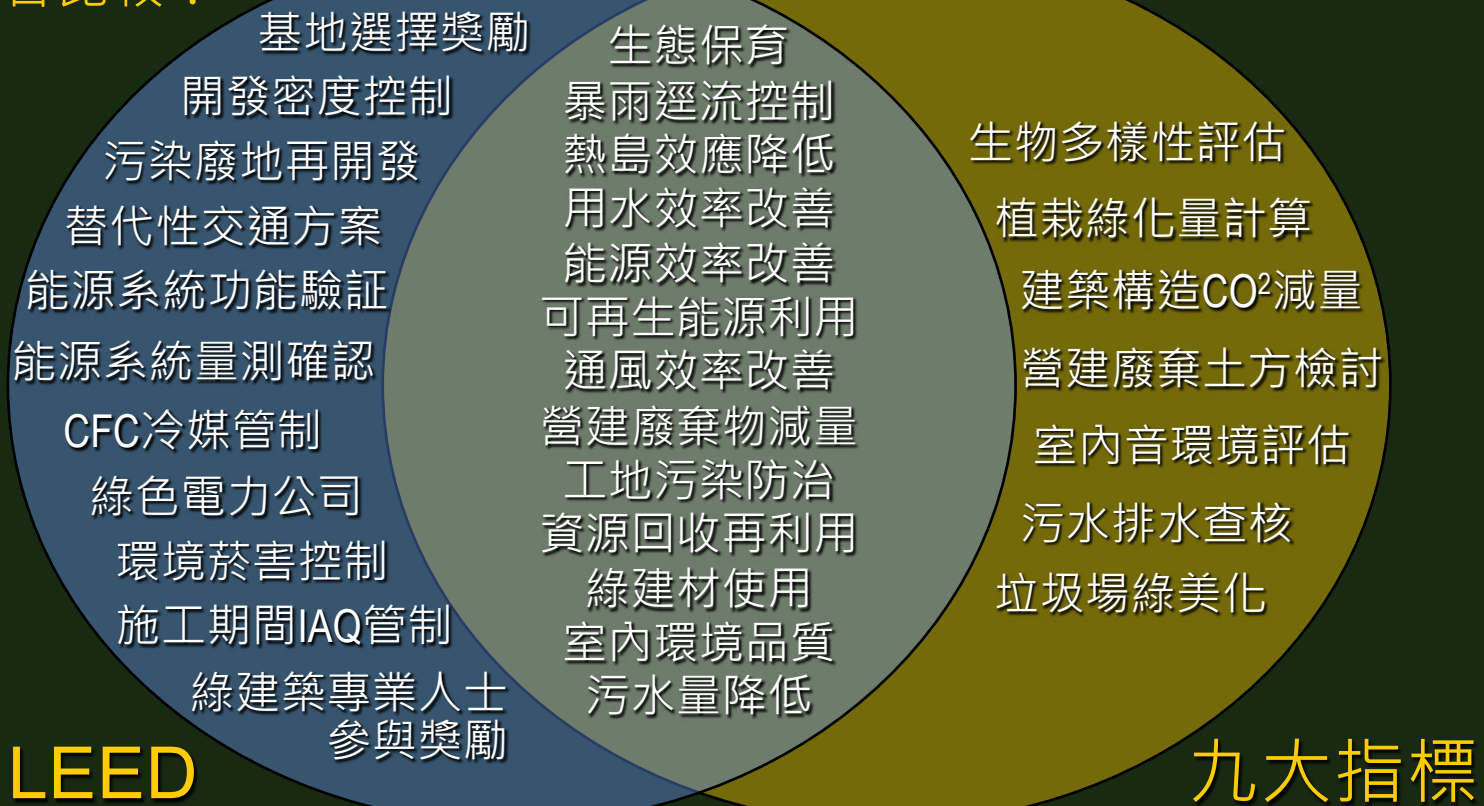


參考目前綠建築評估系統EEWH-BC的「分級評估」制度，該分級方法不僅提供了合格綠建築優劣品質認定的標準，性能效益評估法更**承襲**綠建築評估系統EEWH-BC四大範疇



LEED與綠建築九大指標比較

內容比較：



智慧建築與綠建築之整合



生態
節能
減廢
健康

性能提升
即時感知回應

安全
健康
便利
舒適
節能
永續

- 合理結構系統 - 結構輕量化 - 再生建材利用
- 土方平衡設計 - 營建自動化設計與施工
- 屋頂隔熱設計 - 晝光利用 - 導入風力或浮力通風設計 - 空調節能設計 - 太陽能光電系統整合規劃
- 建築基地透水與保水措施 - 雨水收集利用
- 基地綠化設計 - 生態網絡設計
- 室內照明與眩光防制設計 - 牆面與天花板色彩設計 - 噪音與振動的防制措施

CO₂減量
指標

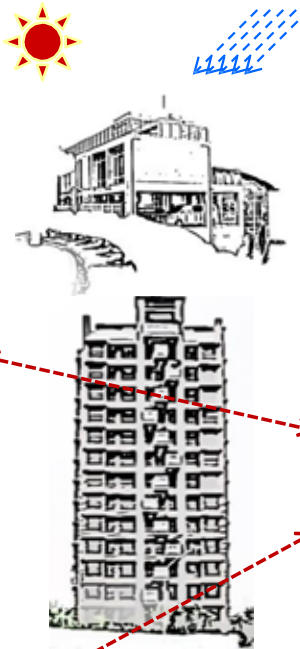
廢棄物減
量指標

日常節能
指標

基地保水
水資源
指標

綠化 生物
多樣性
指標

室內環境
指標



智慧綠建築

綜合佈線

資通訊
設計

系統整合
設計

設施管理
設計

能源管理
設計

安全防災
健康舒適

貼心便利

- 建構完整綜合佈線系統 - 整合資訊與集中管理
- 機電設備中央監控集中管理 - 建立整合系統強化水平管理 - 監控系統子系統整合互動設計
- 設施管理系統導入建築資訊模型(BIM)整合建置 - 建築能源管理系統分時分區及負載監控
- 安全防災系統智慧化設計 - 佈建環境訊息感測、顯示與警示功能的健康舒適管理設計方案
- 建立建築資訊服務系統 - 無障礙運動空間、餐飲、購物、盥洗與休憩服務空間設計

管理 建築物操作程序

1. 建築物進駐時程表
2. 設備運轉時間表
3. 所有空調系統設定點
4. 建築物整體照明設定
5. 最低外氣要求(新增項目)
6. 不同季節、日期和時間 (各週、每日、逐時) 的設定點變動列表
7. 空調機電系統和設備描述
8. 空調機電系統和設備維護保養計畫
9. 包含持續功能驗證工作內容和與關鍵設備持續維護的功能驗證計畫(新增項目)

能源

5.4 建築外殼基本要求

6.4 冷凍空調(HVAC&R)

與相關控制系統

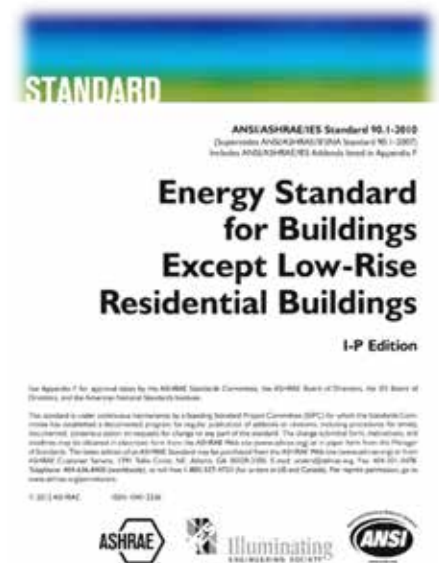
7.4 熱泵、鍋爐等熱水系統

8.4 電力系統基本要求

9.4 照明與晝光控制系統

10.4 其他電力設備要求

(含可再生能源系統(太陽能、風能等))





Tier 資訊機房功能驗證

性能驗證是申請綠色數據中心的必要條件，在ASHRAE Guideline中，對性能驗證定義為「建築物系統功能之設計、試車、運轉之過程，以使系統能運轉於保持其設計原意為目的」。性能驗證程式之實施，將使業主、設計單位、施工單位互相整合，在計劃階段、設計階段、工程施工階段、竣工系統性能測試階段及營運維護管理，均須業主專案需求

(Owner's Project Requirements, OPR) 與設計基準(Basic of Design)，執行Commissioning能使數據中心的能源使用效率提升。

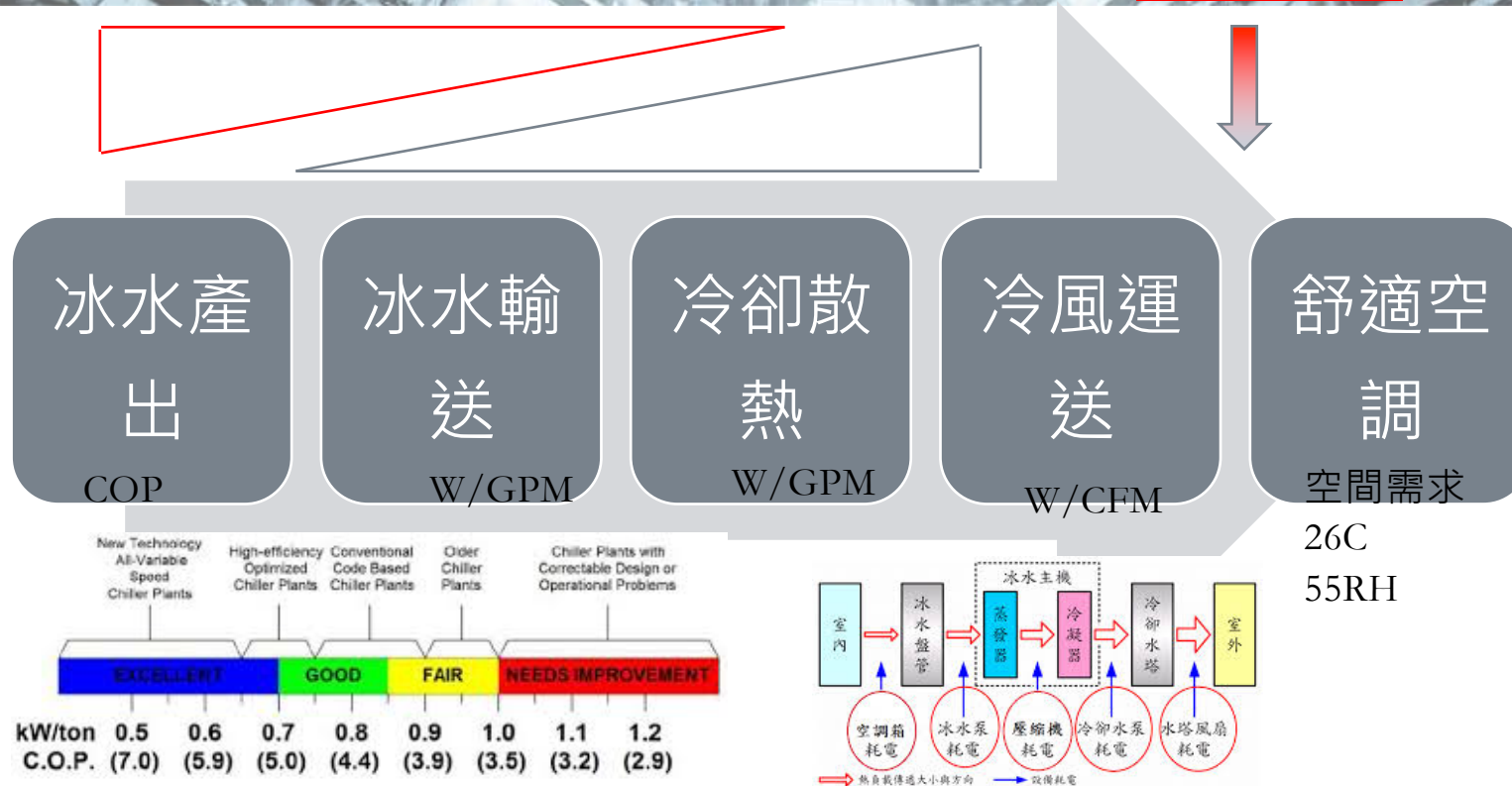
From :https://www.deltaww.com/Products/Pressdetail_Sol.aspx?CID=0702&secID=3&typeID=9&itemID=9827&tid=0&hl=zh-TW



施工實務關注了? FIV+OPT+FPT+IST全過程資訊機房調適

風管洩漏測試價值 空間氣密測試 VESDA測試

平均洩漏率



PUE的迷思

氣候區是關鍵

綠色 (LEED)

Table 6.6.1 Power Usage Effectiveness (PUE) Maximum

Climate Zone	PUE ^a
0A	1.64
0B	1.62
1A	1.61
1B	1.53
2A	1.49
2B	1.45
3A	1.41
3B	1.42
3C	1.39
4A	1.36
4B	1.38
4C	1.38
5A	1.36
5B	1.33
5C	1.36
6A	1.34
6B	1.33
7	1.32
8	1.30

a. PUE0 and PUE1 shall not include energy for battery charging.

台中以南氣候區

台中以北氣候區

9,000 terawatt hours (TWh)

ENERGY FORECAST

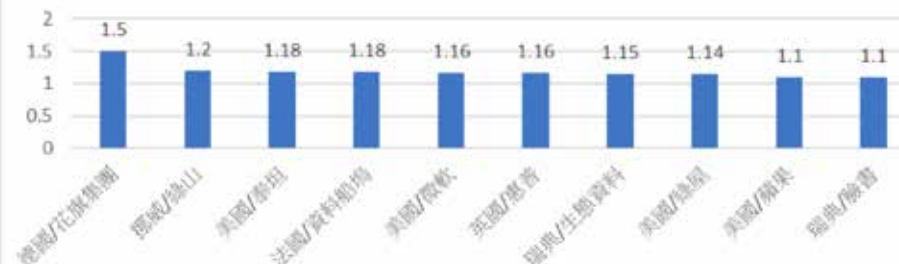
Widely cited forecasts suggest that the total electricity demand of information and communications technology (ICT) will accelerate in the 2020s, and that data centres will take a larger slice.

20.9% of projected electricity demand

- Networks (wireless and wired)
- Production of ICT
- Consumer devices (televisions, computers, mobile phones)
- Data centres

2010 2012 2014 2016 2018 2020 2022 2024 2026 2028 2030

PUE



根據美國環境保護署的報告，資料中心的**能源消耗**每五年翻一番。在美國，2012 年資料中心能源消耗已經占到了美國電網總量的 **2%**。而根據 IBM 公司的統計表明，能源成本占資料中心總運營成本的**50%**。預計當前超過一半的首席財務官都在積極尋求減少資料中心電力消耗的辦法。為此 2013 年，美國提出要關閉 1100 座資料中心，以降低能源消耗。

用電能效指標PUE (Power Usage Effectiveness)

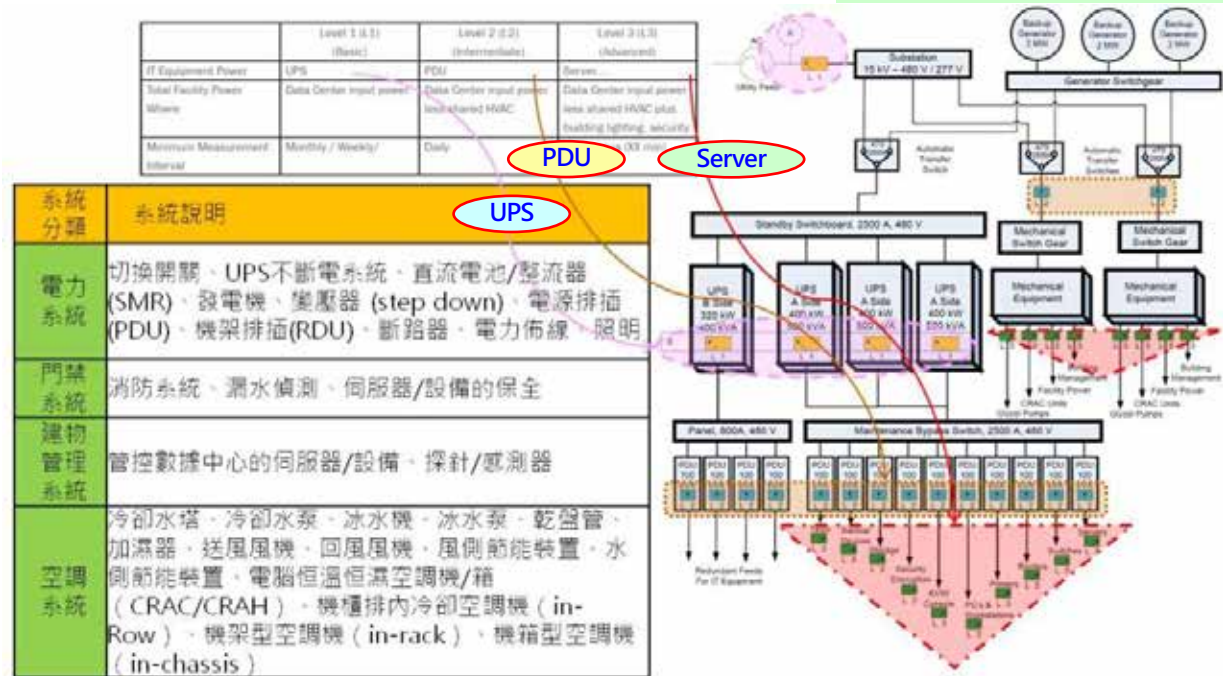
機房總用電量



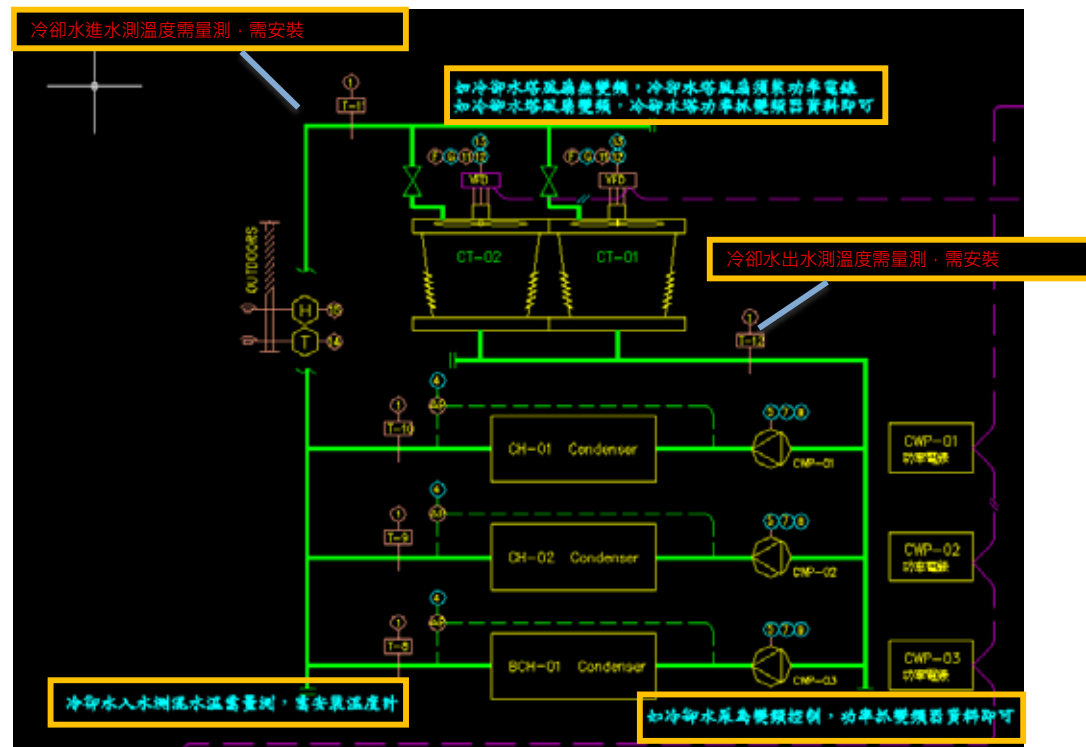
$$PUE = \frac{\text{機房總用電量}}{\text{IT用電量}}$$

PUE 量測方法

機房PUE(Level 1- 3)量測方法



圖解:冷卻水系統性能評估所需量測點



冠呈能源環控有限公司

前言

需求

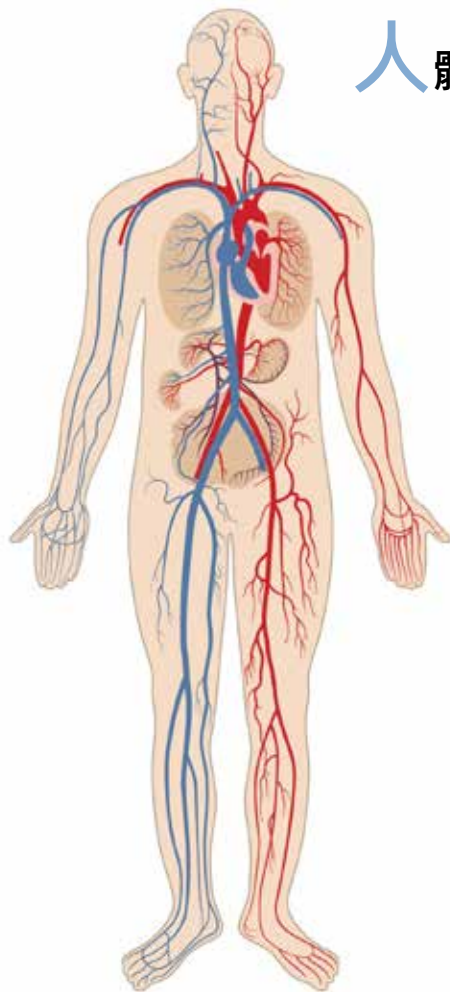
設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運

44



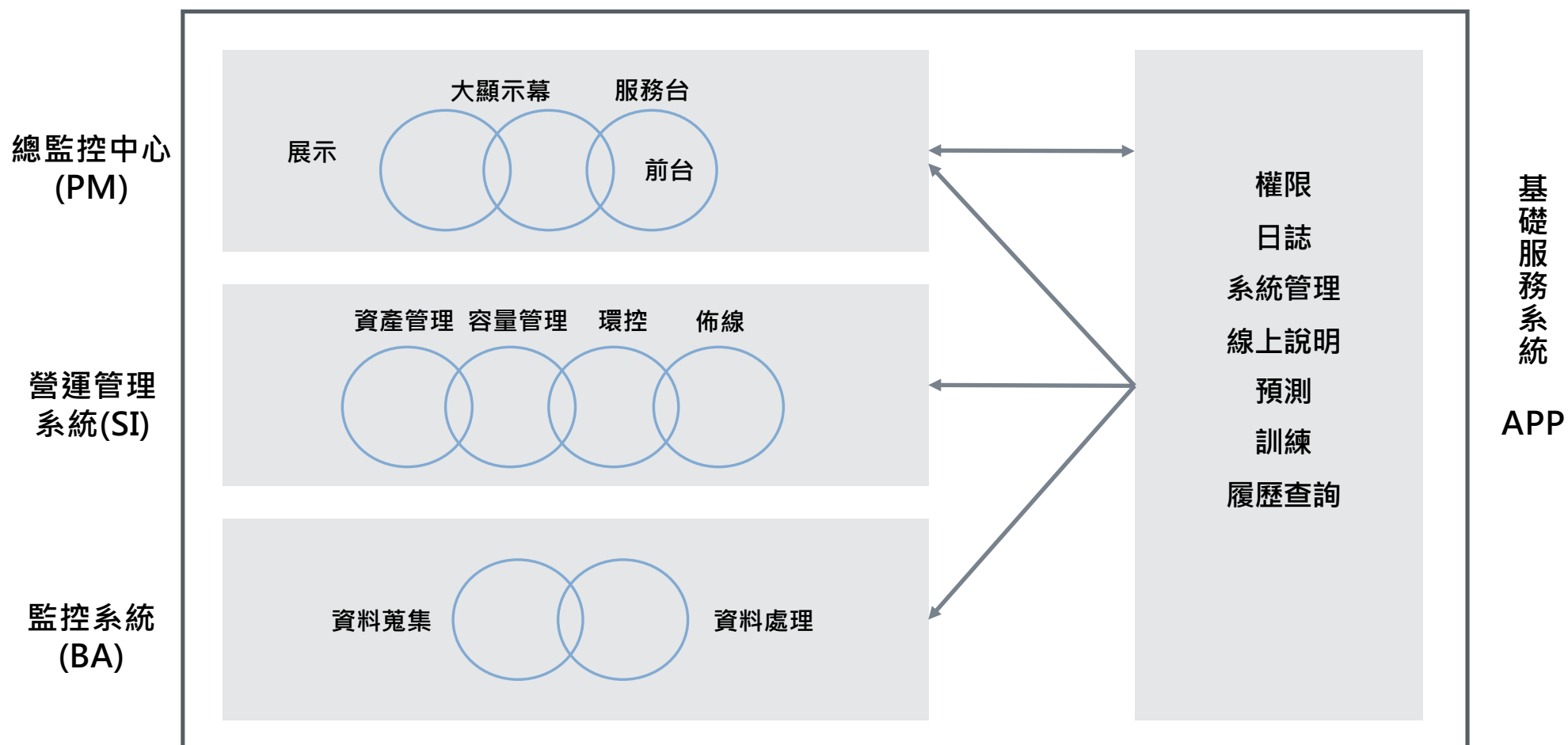
人體系統 + 建築系統 = 健康系統

人體系統

建築系統

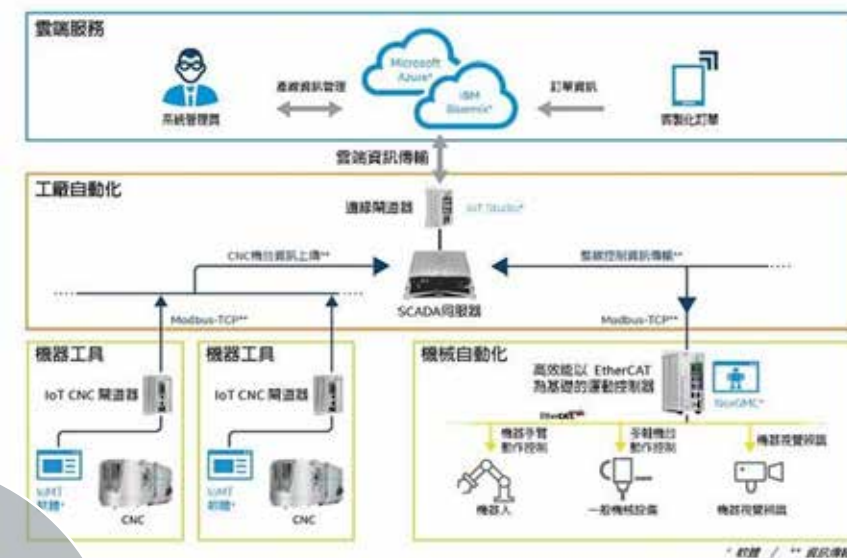
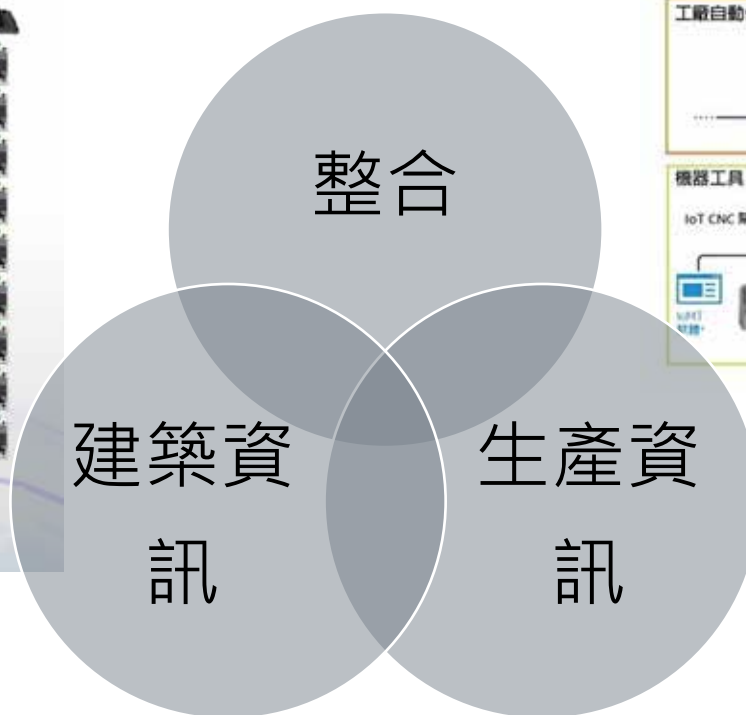
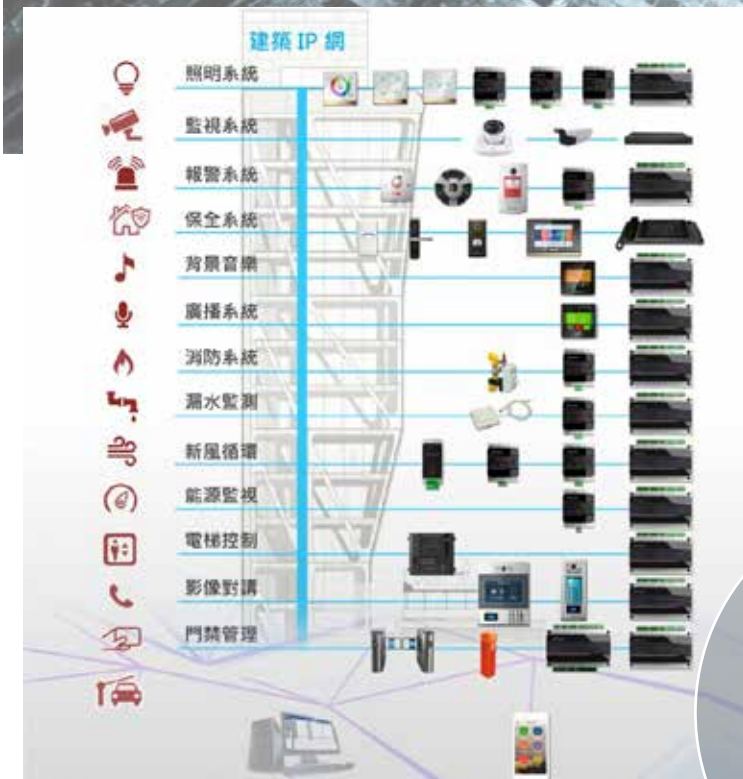
神經系統	——	電氣系統 / 通訊設備系統
肌肉系統	——	次結構系統
表皮系統	——	建築物外觀系統 / 外遮陽系統
呼吸系統	——	空調 / 通風換氣系統
泌尿系統	——	汗水系統
心血管系統	——	能源管理系統 / 衛生設備系統 / 給排水設備系統
內分泌系統	——	照明設備系統 / 調控系統
消化系統	——	回收系統 / 輸送設備系統
骨骼系統	——	主結構系統
免疫系統	——	防災(保全)系統 / 消防設備系統 大樓自動化系統

資料中心監控系統邏輯架構





智慧建築誰來整合？邏輯為何？



Building Level建議方案



動態能源管理系

系統整合平台

建築控制系統

IT管理系統

基礎設施管理系統

前言

需求

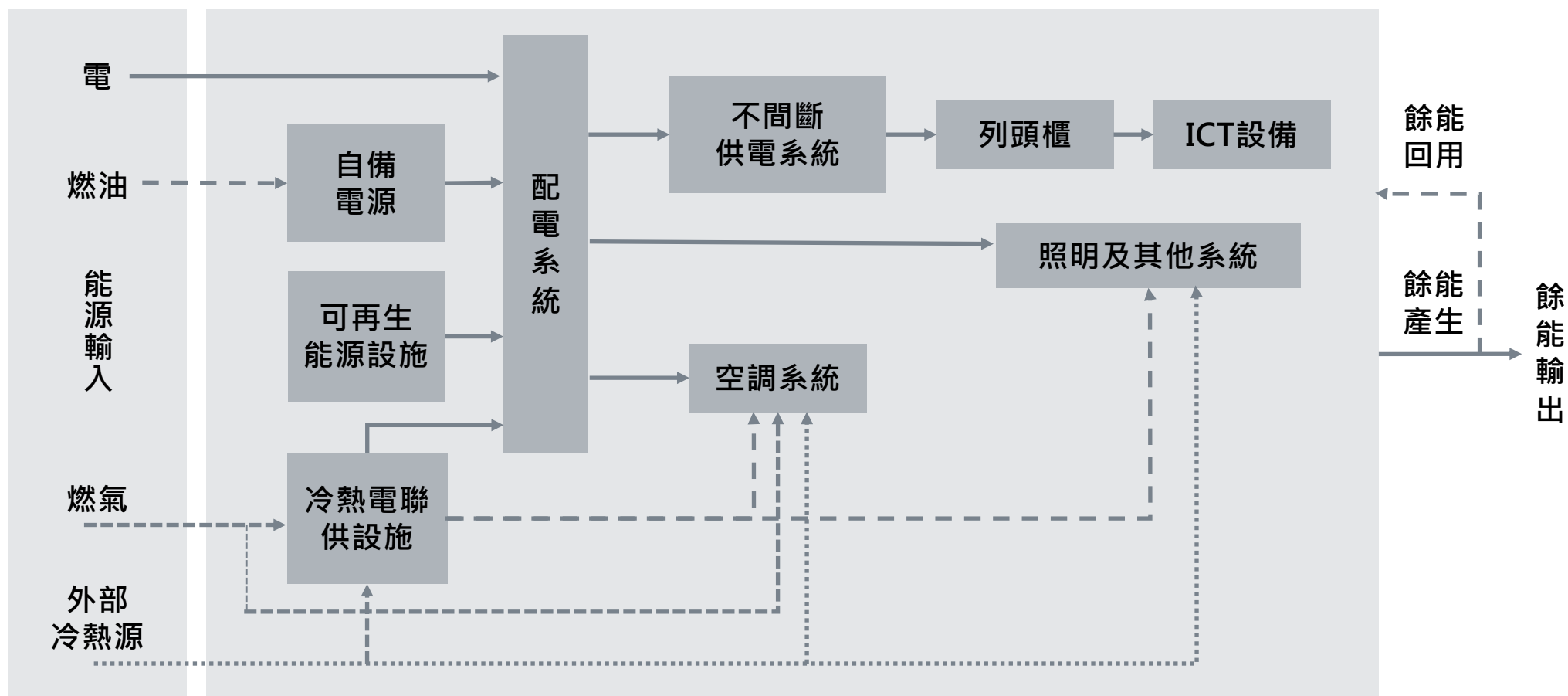
設計

施工/採購

認證/查證

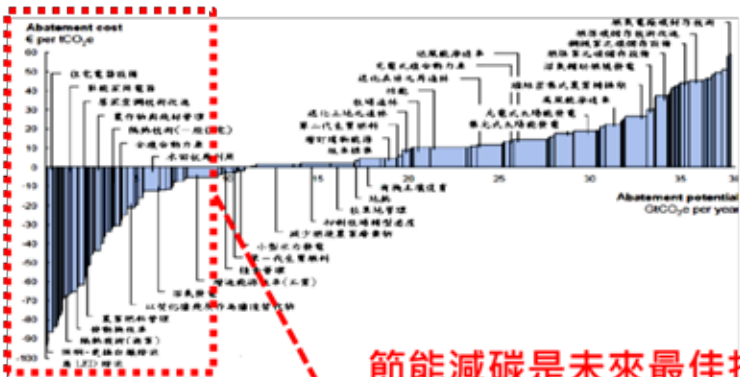
智慧營運

數據中心的能源系統示意圖

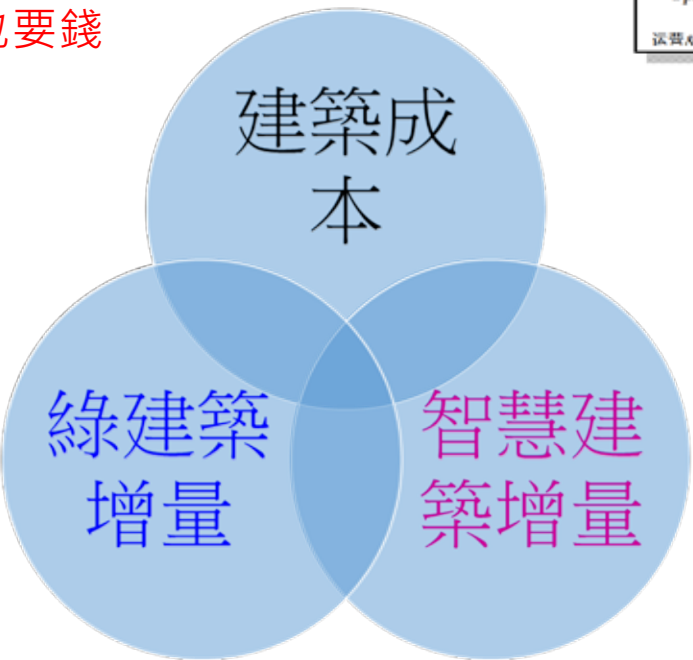


成本增加多少？生命週期成本觀念

綠色採購運轉也是成本・管理也要錢



節能減碳是未來最佳投資



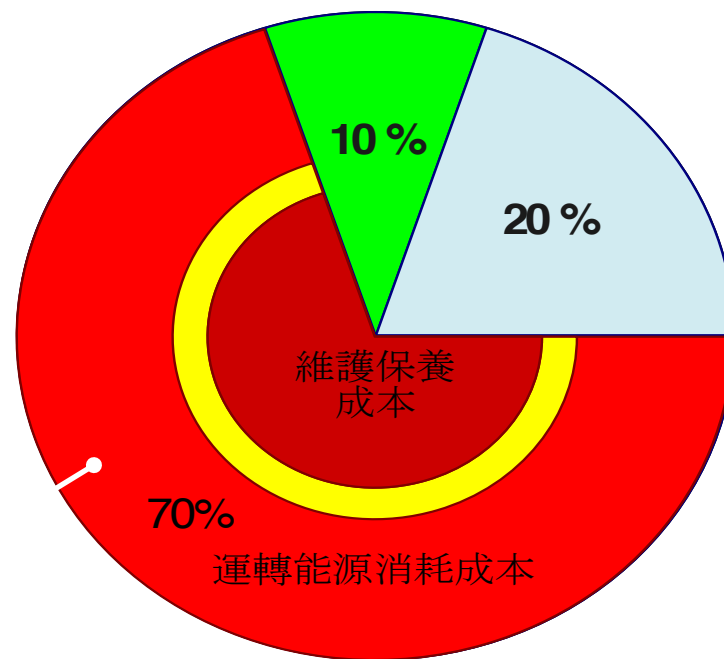
低碳策略TCO觀念



建築成本：建築技術規則
MEP：高效率設備？
弱電：設施管理 + 整合管理

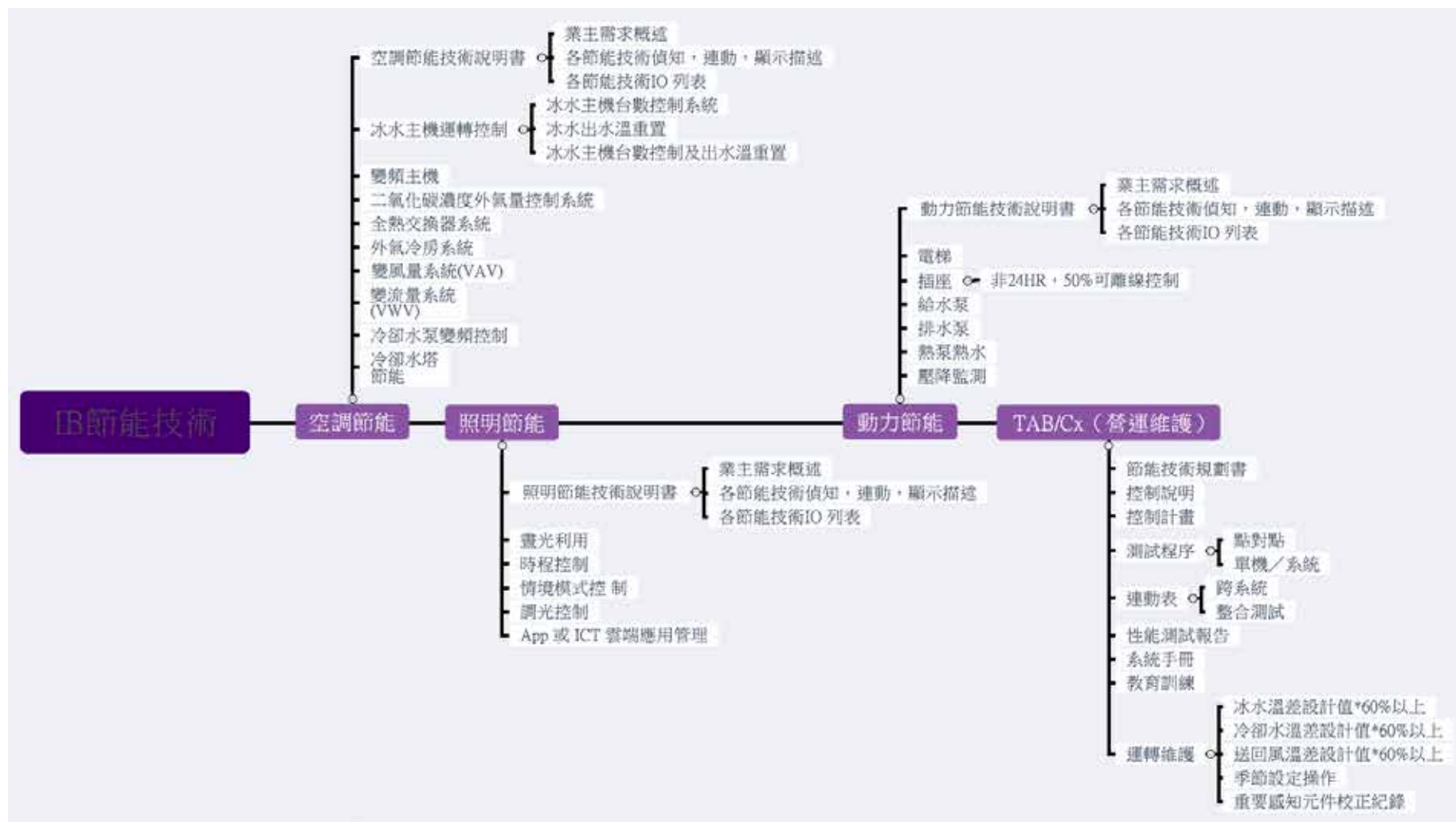
輕鬆作節能：根據美國『聯邦能源管理計劃』 執行後的實際結果統計

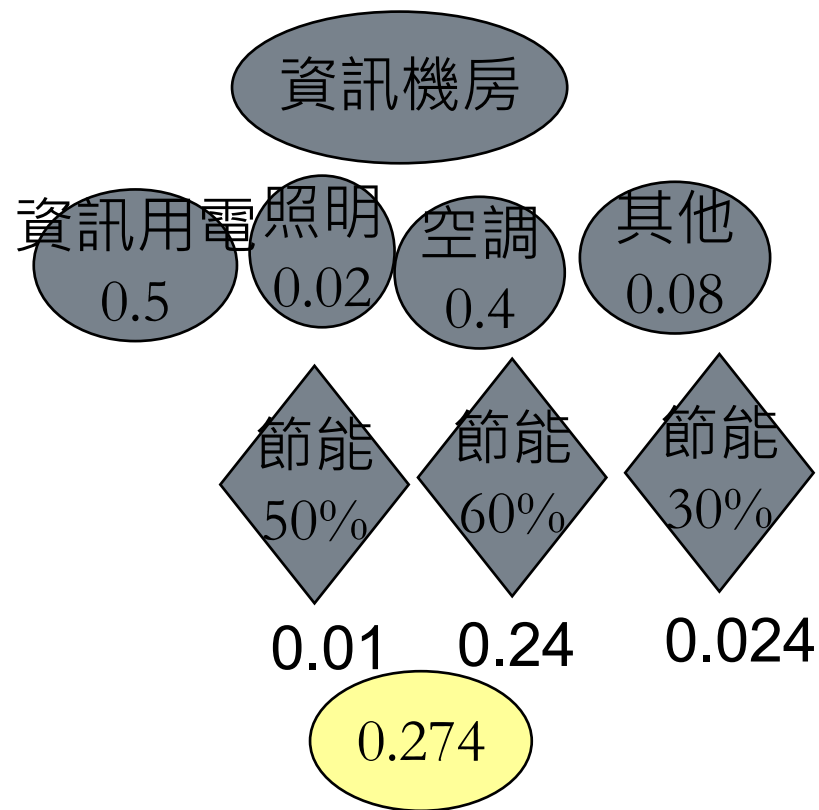
透過操作程序與維護保養作業的改善
可節省系統 5~20% 的耗能



5~20%潛在的節能空間

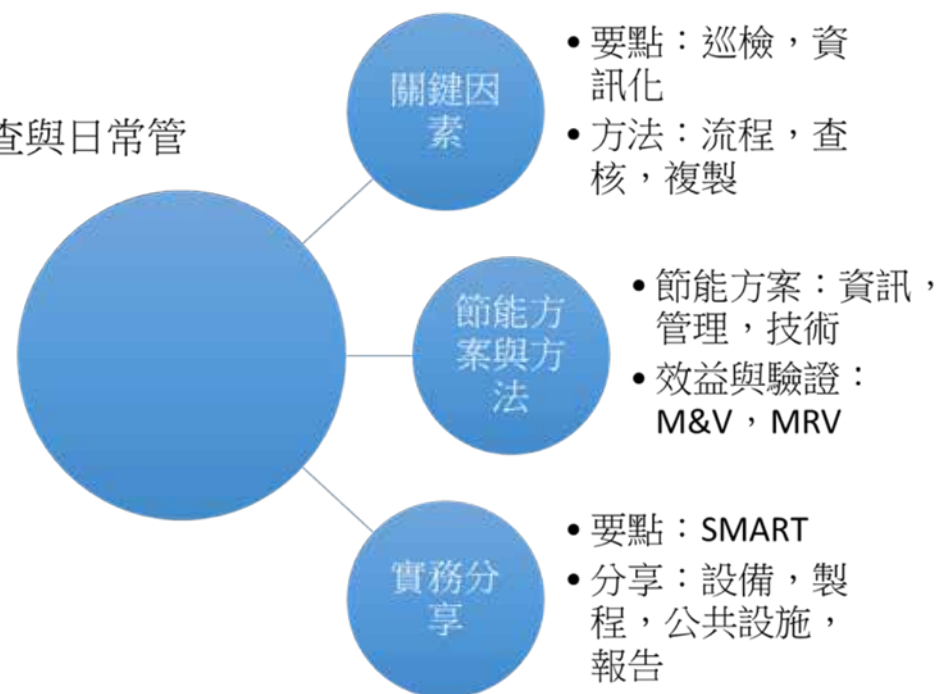
一般大樓平均有5~20%的節能空間

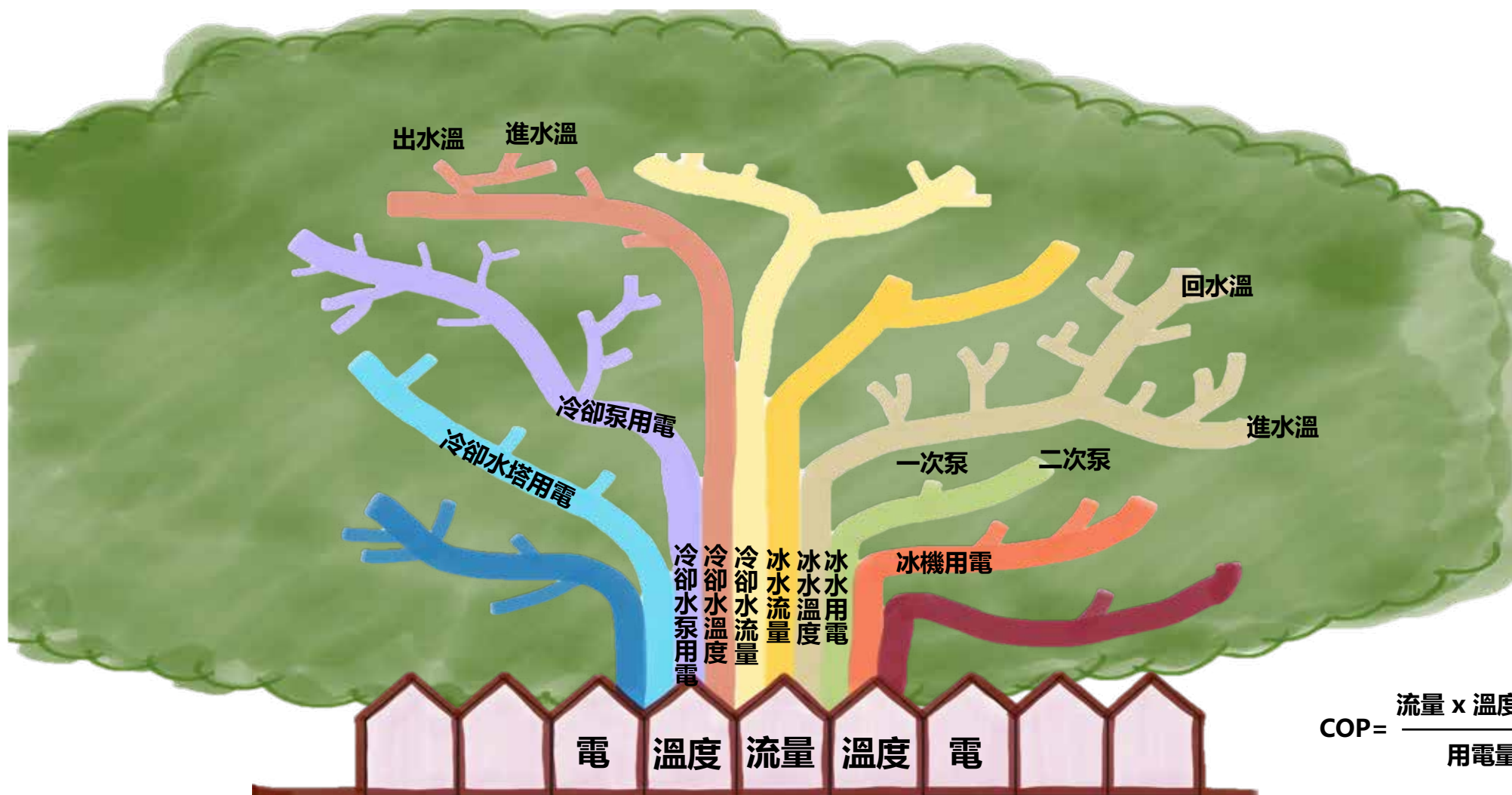




節能稽查與日常管理
SMART
M&V
MRT

低碳策略如何落地？





$$\text{COP} = \frac{\text{流量} \times \text{溫度差}}{\text{用電量}}$$

COP

前言

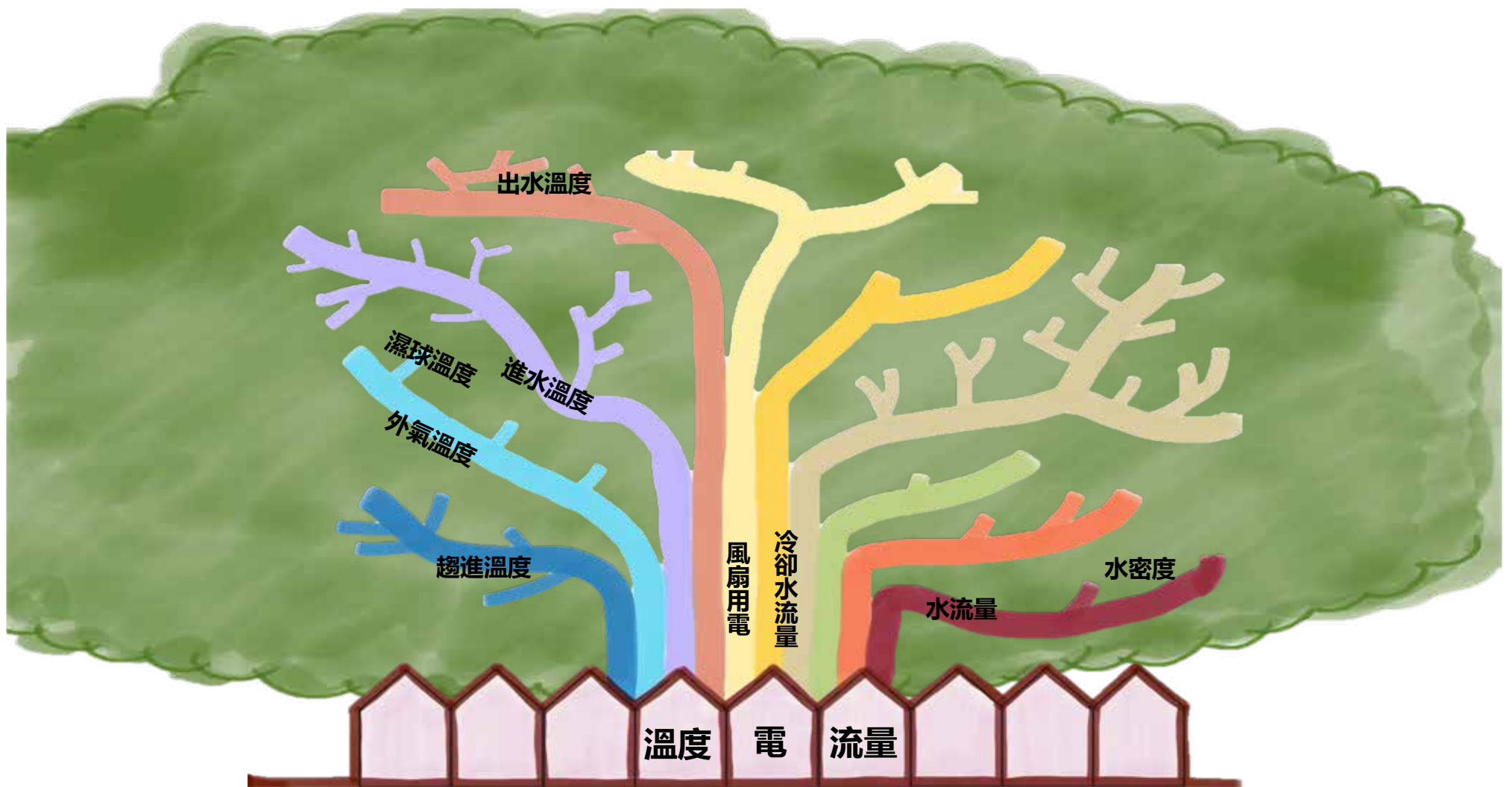
需求

設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運



冷卻水塔

前言

需求

設計

施工/採購

認證/查證

智慧營運

傳統冷卻水系統

按照600RT主機每小時耗電360kW計算，配置冷卻水塔進行能號計算，空調主機和冷卻水塔的總耗電量為378.5kW



傳統的單機對單塔運轉模式：

- 濕球溫度：28℃
- 進水溫度：37℃
- 出水溫度：32℃
- 冷卻水量：500 CMH
- 冷卻水塔風量：280,000 CMH
- 冷卻水塔耗電：18.5kW

總用電=主機用電360kW+冷卻水塔耗電18.5kW=378.5kW

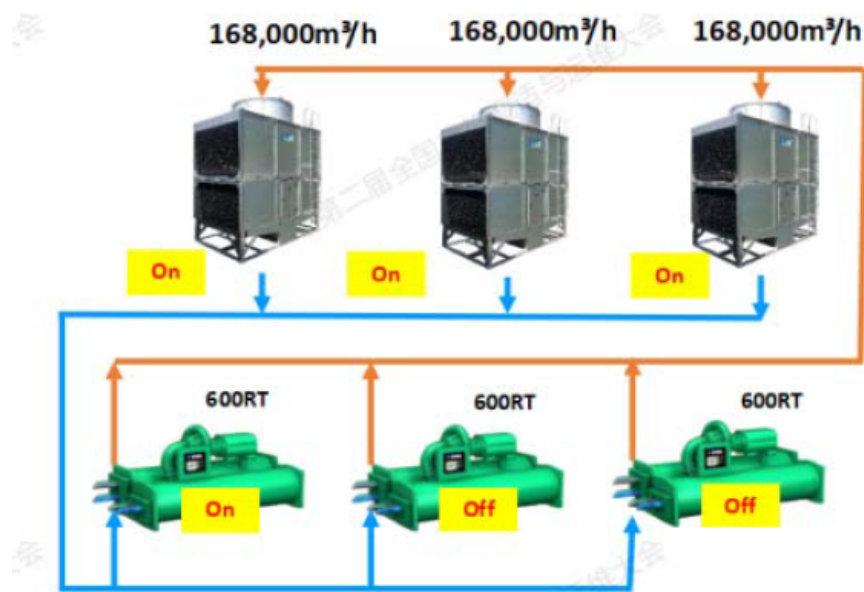
高效冷卻水系統

單台冷卻水塔運行在50Hz時，風量為280,000 CMH，耗電量18.5kW；

三台冷卻水塔變頻運行在30Hz，總風量為504,000 CMH，

總耗電量 $= (30/50)^3 \times 18.5\text{kW} \times 3\text{台} = 11.988\text{kW}$

冷卻水塔節電**35.2%**，且冷卻水塔風機低速運轉時，運轉噪音明顯下降。



- 熱交換風量增加到**180%**
- 熱交換面積增加到**300%**
- 進水溫度：**35 °C**
- 出水溫度：**30 °C**

高效冷卻水系統

採用變流量冷卻水塔控制技術，實現低流量時佈水均勻，在一台主機三台冷卻水塔的運行下，有效降低主機冷凝溫度 2°C 。實現主機效率提升6%以上。
按照600RT主機每小時耗電360kW計算，採用變風量、變水量的冷卻控制技術，每天運轉24小時計算，全年365天，可以節約246,156kWh，效益驚人！

節能模式：單機對三塔運轉模式

- 濕球溫度： 28°C
- 進/出水溫度： 35°C / 30°C
- 冷卻水塔耗電 = $(30/50)^3 \times 18.5\text{kW} \times 3\text{台} = 11.988\text{kW}$
- 總用電 = 主機耗電 $360\text{kW} \times (1-6\%) + \text{冷卻水塔耗電量} 12\text{kW} = 350.4\text{kW}$

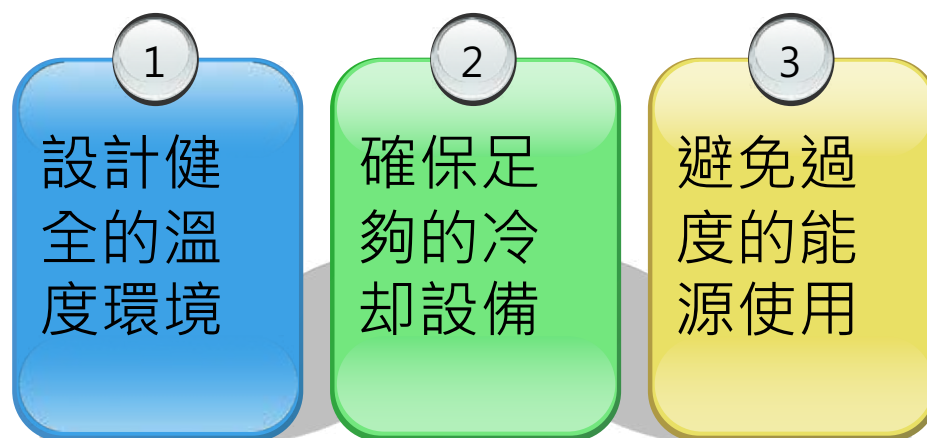
節能效果 = $378.5\text{kW} - 350.4\text{kW} = 28.1\text{kW}$

PUE管理畫面



驗收環境指標 RCI、RTI、SHI、PUE 健康管理指標

綠機房設計標準



低碳建築：建築長壽化

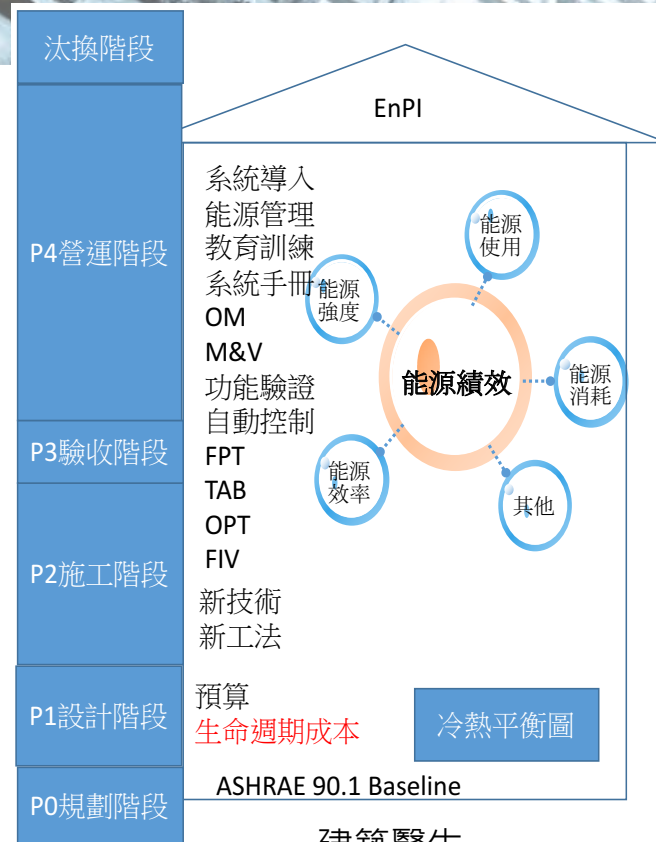
LCC創新概念-綠色採購與會計

電費是成本・維修也是成本

管理標準
家庭醫生
陪伴照顧
導入科技
資訊透明

依據標準
三級品管

訂出標準
設計決定
90%



溫度
壓力
狀態

熱力學定律
能量不滅

循環經濟概念圖

在循環的循環經濟系統中，所有產品、材料皆可納入生物與工業循環，並在其中永生不息，以減少廢棄物的產生。



醫生



營運階段



施工階段



設計階段

營運階段
教育訓練
健康指標
維修保養
智慧營運

施工階段
優生產檢
生產把關
驗收查證

設計階段
優生考慮
找好設計

Thank You!