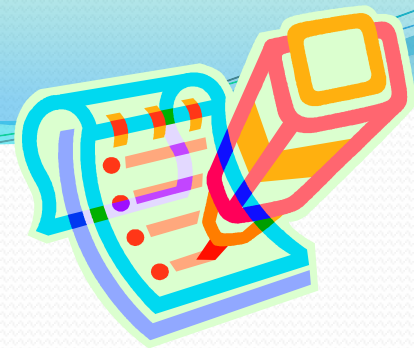


量測與驗證方法介紹

趙宏耀 技師

中華民國能源技術服務商業同業公會 副理事長
鈞元能源技術工程(股)公司 總經理



簡報大綱

1. EVO背景
2. IPMVP簡介
3. 如何測量節能量?
 - ✓ 建立能源基準線 (baseline)
 - ✓ IPMVP基本公式
 - ✓ 甚麼是調整量
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ 選擇邊界
 - ✓ Option A、B
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ Option C、D
 - ✓ 方案比較
5. 如何擬定M&V計畫
 - ✓ 執行步驟
 - ✓ M&V計畫書內容
 - ✓ 成本與不確定度
 - ✓ M&V的限制
6. M&V案例分享

EVO 背景

Efficiency Valuation Organization (EVO)

能效評價組織

www.evo-world.org

- IPMVP 的基地(根據地)
- 美國的一個非盈利組織
- 由全球志願者在領導
- 行政辦公室設在保加利亞首都索菲亞市

EVO 背景(續)

□ 願景

建立一個**全球性市集**，使得對自然資源利用效率可以作正確評價，且善用提升終端效率方案成為供應端方案的重要替代選項。

□ 任務

發展並推廣標準化的協定、方法與工具，用來量化及管理伴隨能源效率改善、再生能源利用和用水效率改善等商業交易行為而來的績效風險與利益。

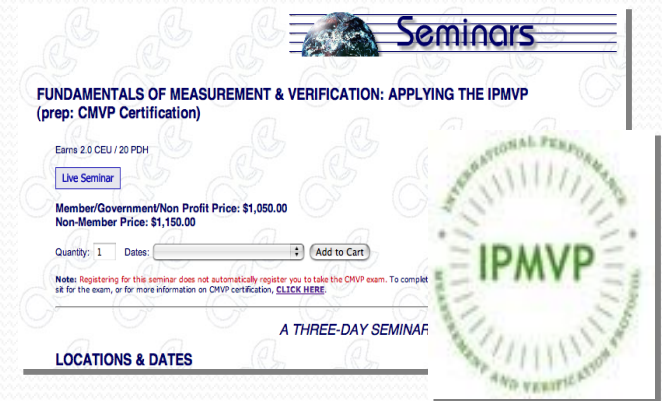
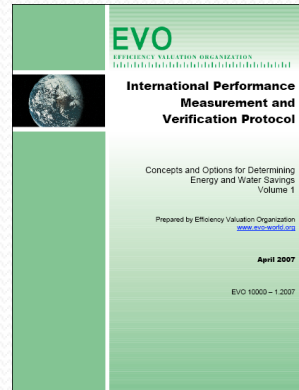
EVO 背景(續)

□ 協定

- M&V, 融資

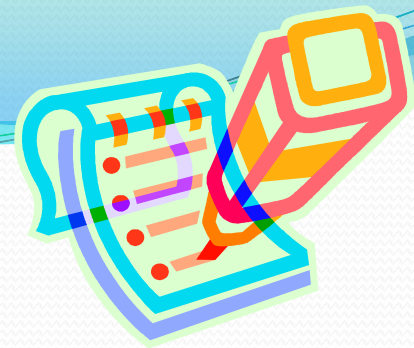
□ 培訓, 認證

- 美國能源工程師協會(AEE)
聯合頒佈的 CMVP 證書



□ 建立社群，提升效率

- 在EVO官網www.evo-world.org提供客戶服務包括：
行業通訊、部落格、書庫、折扣、預發佈公眾的文件
- 資訊交流、培訓和發展的全球合作夥伴



簡報大綱

1. EVO背景
2. IPMVP簡介
3. 如何測量節能量?
 - ✓ 建立能源基準線 (baseline)
 - ✓ IPMVP基本公式
 - ✓ 甚麼是調整量
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ 選擇邊界
 - ✓ Option A、B
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ Option C、D
 - ✓ 方案比較
5. 如何擬定M&V計畫
 - ✓ 執行步驟
 - ✓ M&V計畫書內容
 - ✓ 成本與不確定度
 - ✓ M&V的限制
6. M&V案例分享

IPMVP – 概述

IPMVP: International Performance Measurement and Verification Protocol

- 提供一個確認項目實施後，評估節能量的框架並定義一些基本術語。
- 為特定專案的 M&V 計畫，指定需要強調的主題。
- 在制定 M&V 計畫時允許適度**靈活性**，但同時也堅持下列原則：準確性、完整性、保守性、一致性、相關性和透明度。

IPMVP 的沿革

- 早在90年代美國各地已有不同的M&V協議
- 1996年美國能源部提供行政支援資金和誘因，調和各種不同的M&V協定。來自15個國家超過150名志願者（包括業主、金融家、承建商、工程顧問、學者、公用設施公司）參與了為節能服務產業發展而編寫IPMVP。
- 2001年美國能源部將IPMVP轉交給EVO組織負責。EVO組織是一個自負盈虧，由定閱者支持的非營利組織。

IPMVP 文件

- IPMVP Vol. I – 決定節能量和節水量的概念和選項方案
- IPMVP Vol. II – 改善室內環境品質的概念及實務
- IPMVP Vol. III – 應用
 - 第一部分 – 決定新建建築物節能量的概念及實務
 - 第二部分 – 決定再生能源技術節能量的概念及實務

IPMVP 的演進

- 1996 年第一版，稱為 NEMVP
- 1997 年第二版，現在稱為的 IPMVP
- 2001 年2月第三版，分成三卷
- 2007 年第一卷，出第四版
- 2009 年第五版加入區域的具體細節
- 2010 年第一卷，修訂第六版
- 2012 年第一卷，修訂第七版

IPMVP 優點

- 定義測量節能量的標準方法，令業主放心。
- 通過國際的普遍認可，讓所確認的節能量得到法律效用。
- 提供行業內量測精度與檢測費用的平衡指南。
- 幫助利益關係人在有關節能量結算，創造透明、可重複的性能保證和排放交易的合約條款。
- 通過EVO 網站的不斷地發展，提高 M&V 的技術水準。

IPMVP 用戶群



平均每個月下載量500次，過去6年內被翻譯成10種語言的版本。

M&V (Measurement & Verification) 的定義

- 節能量的量測與驗證 (Measurement & Verification, M&V) 是指採用測量的方法，可靠地決定能源管理計畫在個別公用設施中所真實產生節能量的過程。
- 這種決定節能量的過程依循事先規範的協定。
- 節能量的**量測**(Measurement)是採用儀表測量與分析方法來**決定**節能量。
- 節能量的**監視**(Monitor)是決定節能量中的一項活動，它是為了預測、成本控制，或診斷等目的，而觀察能源使用的一個過程。

現行M&V 相關的協定(Protocol)

- M&V是一項 **持續進化中的藝術與科學**，儘管對於能源終端使用者若干共通性的M&V實務已收錄在下列文件：
 - IPMVP (最為廣泛使用)
 - ASHRAE Guideline 14
 - 美國能源部 FEMP 對美國政府建築物的 M&V指南(US DOE FEMP M&V Guide US)
 - (以上這三份文件有許多共同的作者，但文件出發點略有不同的目的)
 - 加州能源效率評估協定：對效率評估專家技術性、方法論及報告的要求。
- 與溫室氣體管理協定有所不同，計畫型溫室氣體減量協定可參考 ISO 14064-2。

M&V 文件網路資源

- IPMVP
 - <http://www.evo-world.org>
- ASHRAE Guideline 14 – 2002 purchase through <http://www.ashrae.org>
- M&V Guidelines for Federal Energy Projects - Version 3.0 – 2008
 - http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/mv_guidelines.pdf
 - <http://mnv.lbl.gov/keyMnVDocs/femp>
- California Energy Evaluation Protocols
 - <http://www.calmac.org>
- Measurement and Verification Operational Guide (Australia)
 - <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/climatechange/12099obestpractice.pdf>
- GHG Protocol for Project Accounting
 - <http://www.ghgprotocol.org>

IPMVP 不包含一切

- IPMVP 不包含以下細節：
 - 儀器儀錶系統的設計
 - M&V 成本的估算
 - 能源工程設計
 - 統計分析
- IPMVP is NOT a Cookbook(烹飪食譜)
 - 對於每一個個案，仍須小心應用。

M&V 的用途

1. 提高節能量
2. 作為金融交易文件
3. 最終地強化能源效率專案的融資計畫
4. 改善工程的設計、施工和維護
5. 為公用事業預算上所出現的差異，提供解釋
6. 支援能源效率規劃的評估
7. 教育設施使用者關注其能耗影響
8. 增加可持續性評價體系(如LEED)的得分
(Leadership in Energy & Environmental Design)

M&V 與 Project Financing 的關係

- M&V 計畫可以證明確實ESPC存在一個雙方合意的收銀機。
- 使用廣泛接受的M&V協定，有助於消除緊張融資者的疑慮。
- M&V可以確認專案產生的現金流，而ESPC的現金流可視為資產做為貸款的擔保品，理論上應可降低融資利率。



簡報大綱

1. EVO背景
2. IPMVP簡介
3. 如何測量節能量?
 - ✓ 建立能源基準線 (baseline)
 - ✓ IPMVP基本公式
 - ✓ 甚麼是調整量
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ 選擇邊界
 - ✓ Option A、B
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ Option C、D
 - ✓ 方案比較
5. 如何擬定M&V計畫
 - ✓ 執行步驟
 - ✓ M&V計畫書內容
 - ✓ 成本與不確定度
 - ✓ M&V的限制
6. M&V案例分享

ESCO 動態的第一個定律

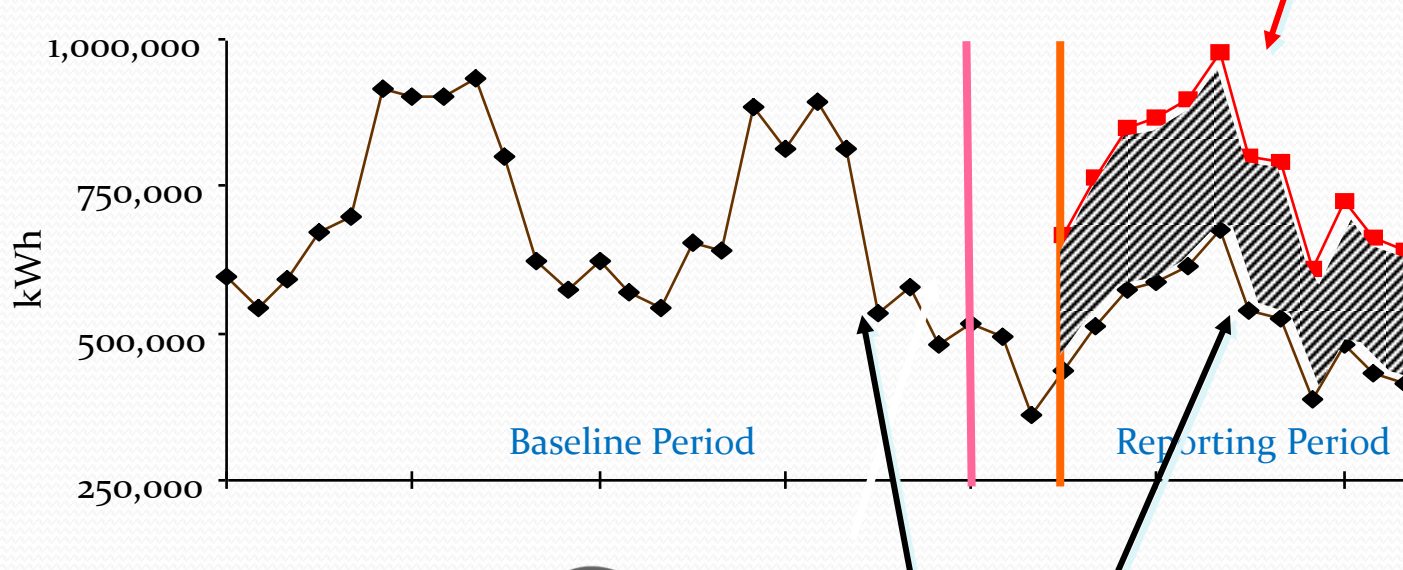
- 不管你使用多少能源，你可能使用更多...更多。

測量節能量?

- 節能量代表消失的能源使用
 - 我們沒使用的能源就無法測量.
 - 我們無法【測量】節能量!
- 我們可確實測量能源使用量.
- 我們【分析】量測到的能源使用量，並決定 (determine)節能量的多寡。

M&V 需要兩種量錶

What Would Have Happened Meter
(預期應該使用的能耗表)



Watt-hour Meter
(瓦時計)

瓦時計(Wh)和預期應該發生的儀錶 (WWHH)

瓦時計



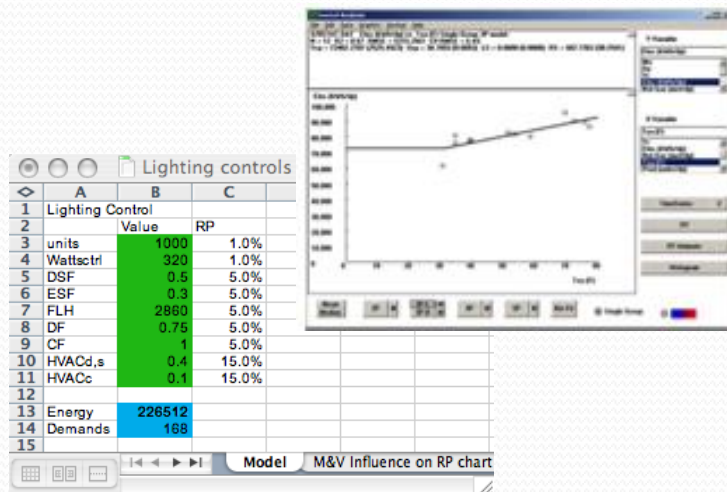
組件 - 轉輪，數據錶頭，電線，比流器

預期應該使用的能耗儀錶 = 模型

組件 - 演算法(模型)，輸入訊號，測量數據

例子1 - 變動數據的模型

例子2 - 簡單的照明試算表



IPMVP 基本公式

IPMVP 節能量基本公式 #1:

節能量(報告的任何期間) =

基準期耗能量 - 改善報告期耗能量

+/- 調整量

參考文獻: IPMVP Volume I, 2010, Chapter 4.1

調整量(Adjustments)

舉例來說明我們為何需要做調整:

設備實施了節能改善，但產能同時比去年要低。

有多少成本變動是因為節能改善，又有多少成本變動是因為產品本身變化所造成的？

調整量(續)

- 性能量測驗證必須 “蘋果比蘋果” 的比較.



基準期



改善報告期

我們調整基準期與改善報告期的耗能至相同條件之下, 如此才能作出有根據的比對.

調整量

- 調整可能是微不足道的、簡單的，或者是複雜的
- 調整程度取決於：
 - 準確度的要求，
 - 耗能影響因子的複雜度
 - 需要進行節能評估的設備數量(即量測邊界)
 - 可用的預算

節能量

你認為節能量是什麼？

會計學上的“節能量”

“節省量”這個名詞，在會計術語中，通常是指成本的減少。是不會作任何調整的。

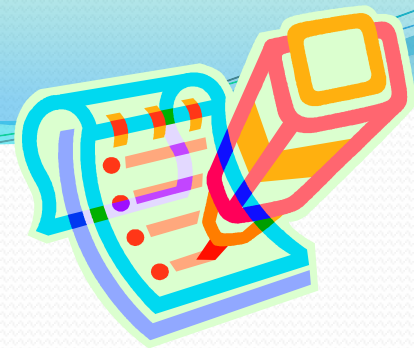
因此，在談到節能量時，我們必須要小心地解釋清楚我們的意思。

我們**必須**清楚地說明在表述“節能量”時，所採用共同的條件組合。

「節能量」或「可避免的耗能」？

- 能源使用者通常都想知道，如果他們不採取節能措施，他們的帳單將會是怎樣？他們想知道有多少能源或者成本是可以避免的。
- 要報告可避免的成本，M&V工程師要將基準期的耗能情境，調整至與改善報告期耗能至相同條件下。他們有時會簡單的將可避免的成本稱作節能量，這樣的說法，觀念上有可能會導致與會計專業術語混淆。

參考文獻: IPMPV Vol I, 2007, Chapter 4.6.1

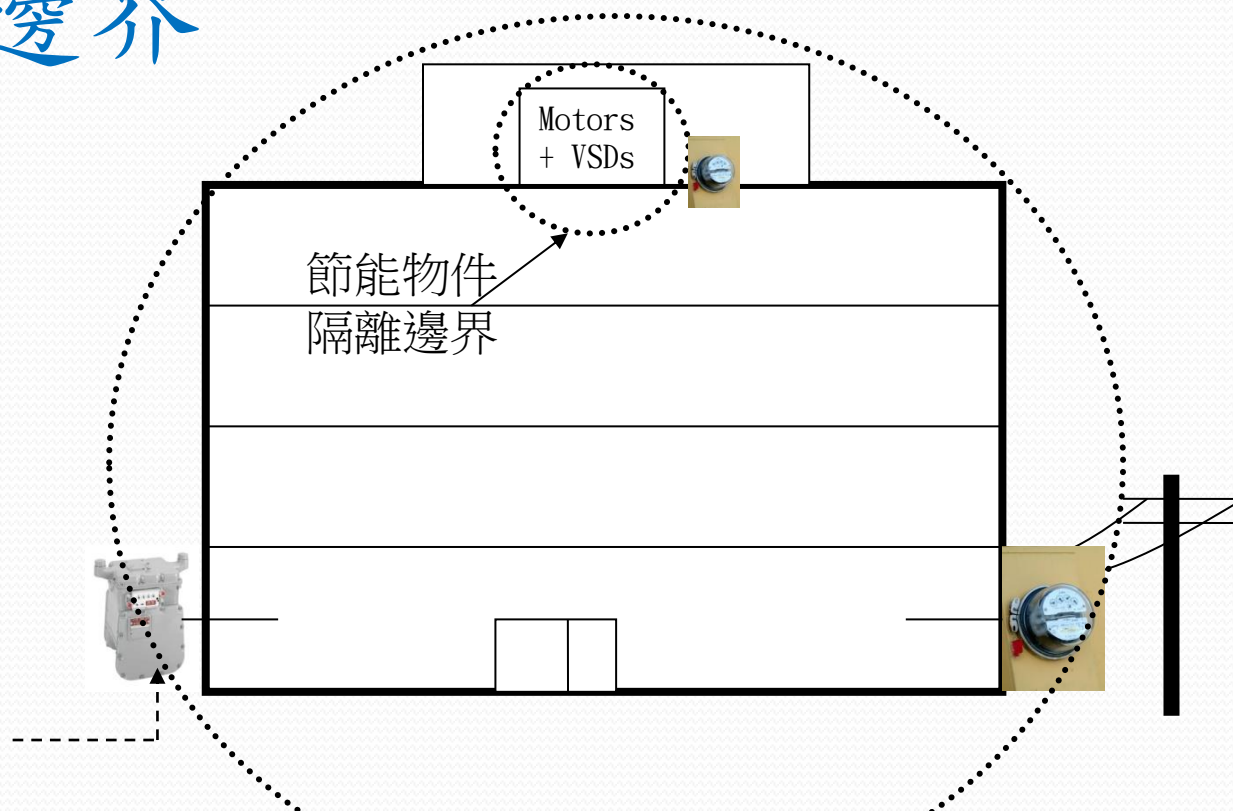


簡報大綱

1. EVO背景
2. IPMVP簡介
3. 如何測量節能量?
 - ✓ 建立能源基準線 (baseline)
 - ✓ IPMVP基本公式
 - ✓ 甚麼是調整量
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ 選擇邊界
 - ✓ Option A、B
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ Option C、D
 - ✓ 方案比較
5. 如何擬定M&V計畫
 - ✓ 執行步驟
 - ✓ M&V計畫書內容
 - ✓ 成本與不確定度
 - ✓ M&V的限制
6. M&V案例分享

IPMVP 4個選項方案

測量邊界



主要差別在邊界線畫定的位置.....

整體的檢測邊界

方法的選擇

- 決定關注點是什麼!
- 若你想管理整體耗能：
 - 選擇整體設施法
- 若你只想評估特定的部份：
 - 選擇改善獨立法

兩個基本方法

- 整體設施法(Whole Facility Method):
 - ◆ 測量設施內所有的影響因素：
 - 改善措施與其他改變(有意或無意的)
 - 通常使用公用設施表計
 - 調整可以是複雜的
- 改善獨立法(Retrofit Isolation Method):
 - ◆ 只測量改善措施的影響因素：
 - 節能量不受測量邊界以外的變化因素所影響
 - 通常需要新的表計
 - 調整可以是簡單的

術語

- ◆ 改善獨立法-選項 A 或 B
- ◆ 整體設施法-選項 C 或 D

每種方法各有兩種選項，
為不同的狀況，提供靈活性

改善獨立法

選項 A 和 B，選擇其中一項：

選項A－改善獨立方式：測量關鍵參數

選項B－改善獨立方式：測量所有參數

Retrofit Isolation (Options A & B)

- Savings are determined by measuring energy use of just the retrofitted system. Must measure all energy flows to and from the system.
- Usually needs new meters.
- Measures performance of the retrofit only.

改善獨立 (A 與 B)

	選項 A	選項 B
基準期測量	400 kW	200,000 kWh
報告期測量	300 kW	150,000 kWh
計算出的操作時間	500 hrs	
可避免的耗能	100kW x 500hrs = 50,000 kWh	50,000 kWh

A—只測量耗能計算的關鍵部分，例如：乙方只負責降低負載 (或只負責減少操作時數，但不包括兩者)

B — 測量所有的耗能因子，例如乙方負責自動調光燈具的控制以及運轉時間的控制

選項 A – 不確定度

- 選項A (改善獨立:關鍵參數測量)可降低測量成本，但是會給估算量存在不確定性。
- 各方必須確認可接受估算值中的不確定量。為適合實際情況，可彈性的在A和B中作出選擇。

整體設施法

- 根據可用的數據，選擇選項 C 或 D
- **C – 整體設備**
 - 需要有基準期與改善期的資料。
- **D – 校準模擬**
 - 如果基準期沒有測量儀錶或設備，基準期的資料可在特定控制條件下被”製造”出來。

選項C 整體設施

- 節能量是從量測整體設施層級的能源用量所決定。
 - Savings are determined by measuring energy use at the whole facility level
- 通常採用公共電表(水表、瓦斯表)的數據。
 - Uses **utility meters**, usually
- 量測全體設施的性能，不只是改造的部分。
 - Measures **total facility performance**, not just retrofits
- 通常應用在多種改善措施同時施行時的場所。
 - Usually applied where many retrofits are involved.

選項C-例子

- 基準期電費單

1999年7月 (29 天) = 800,000 kWh

- 改善期電費單

2001 7月 (31 天) = 600,000 kWh

前後差異 = 200,000 kWh

- 讀錶期間與氣候影響的調整量 = +100,000 kWh

可避免的耗能 = 300,000 kWh

選項D 校正模擬

- 節能量由模擬改善前後的能源使用來決定。
 - Savings are determined by **simulating** energy use before and after retrofit.
- 模擬的模型必須有實際使用的能源數據來校正。
 - Simulation must be '**calibrated**' with actual energy use.
- 可在缺乏能源基準期的數據時採用。
 - Needed where there is no baseyear data available.
- 須具備模擬分析的經驗。
 - Requires simulation experience.

Calibrated Simulation Example

- Make a computer model
- Comparison of model with 2001 utility bills indicates simulation is adequately '**calibrated.**'
- **Simulated Energy** use without retrofits (2001 weather) = 960,000 kWh
- **Simulated Energy** use with retrofit (2001 weather) = 900,000 kWh
- **Savings** = 60,000 kWh

選項D-例子

探討一個案例：一個要設計得比標準更高效率的新建築

要證明實際能源效率比標準高了多少：

1. 要在建築物完全使用(**full occupancy**)後，收集實際的水電抄表資料(即校準資料)。
2. 按照設計的(*as build*)條件，建立電腦模擬模型建築耗能。
3. 比較模擬結果和實際耗能狀況。
4. “校正”(或調整)模擬模型，直到誤差值可以被接受。
5. 已校正過的模擬顯示實際耗能為:5,000,000 kWh
6. 修改已校正的模擬參數，將提高能源效率的因子去除(只按標準建造的建築)，其耗能量為:7,000,000 kWh
7. 可避免的耗能 = 2,000,000 kWh

IPMVP 選項概要

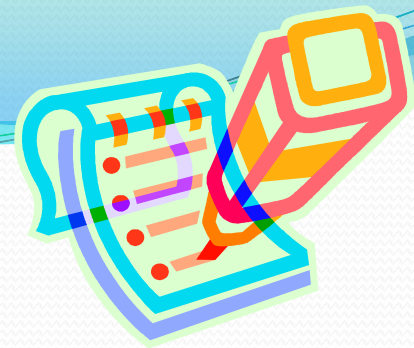
- IPMVP 有四種 M&V 的選項：
A, B, C, 和 D
- 這些選項方法是節能和節水項目的通用 M&V 方法
- 這 4 種選項方法為節能量計算提供了一系列可選擇的方式，以適應不同節能措施 (ECM) 的特性和報告精確度與成本之間的需求。

定義：性能

- 性能是可以被測量，節能量則不能被量測
- 性能 名詞... (法定的)
 1. 在履行一份合約、承諾或義務時，什麼是被要求執行的任務？(在合約中，以新的效能取代舊的)
 2. 一份合約、承諾或義務的履行
- 在工程方面，性能與量測某些產出或者行為有關。監測性能的技術包括：
 - 取樣
 - 記錄
 - 快速暫態記錄(Spot Measurement)
 - 連續測試(Continue Measurement)

性能：例子

- 汽車 — 公里/公升(km/l)
- 照明系統 — 瓦特/平方公尺 (W/m^2)
- 冰水主機 — 千瓦/冷凍噸(kW/RT)



簡報大綱

1. EVO背景
2. IPMVP簡介
3. 如何測量節能量?
 - ✓ 建立能源基準線 (baseline)
 - ✓ IPMVP基本公式
 - ✓ 甚麼是調整量
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ 選擇邊界
 - ✓ Option A、B
4. IPMVP 4個選項方案
 - ✓ Option C、D
 - ✓ 方案比較
5. 如何擬定M&V計畫
 - ✓ 執行步驟
 - ✓ M&V計畫書內容
 - ✓ 成本與不確定度
 - ✓ M&V的限制
6. M&V案例分享

量測驗證計畫

M&V Planning

- 無從事先好好計畫，就是註定計畫失敗。
 - Failing to plan is planning to fail.
- 計畫、執行、節能量決算。
 - PLAN, PLAY, SETTLEMENT

M&V 計畫書內容

壹、專案背景說明

- 一、建築物基本資料
- 二、能源流向
- 三、能源使用狀況
- 四、主要耗能設備概述

貳、節能改善方案與預期效益

- 一、中央空調冰水機房
- 二、照明系統

參、節能績效量測驗證背景條件

- 一、基本約定事項
- 二、邊界範圍

肆、耗能基線建立方法

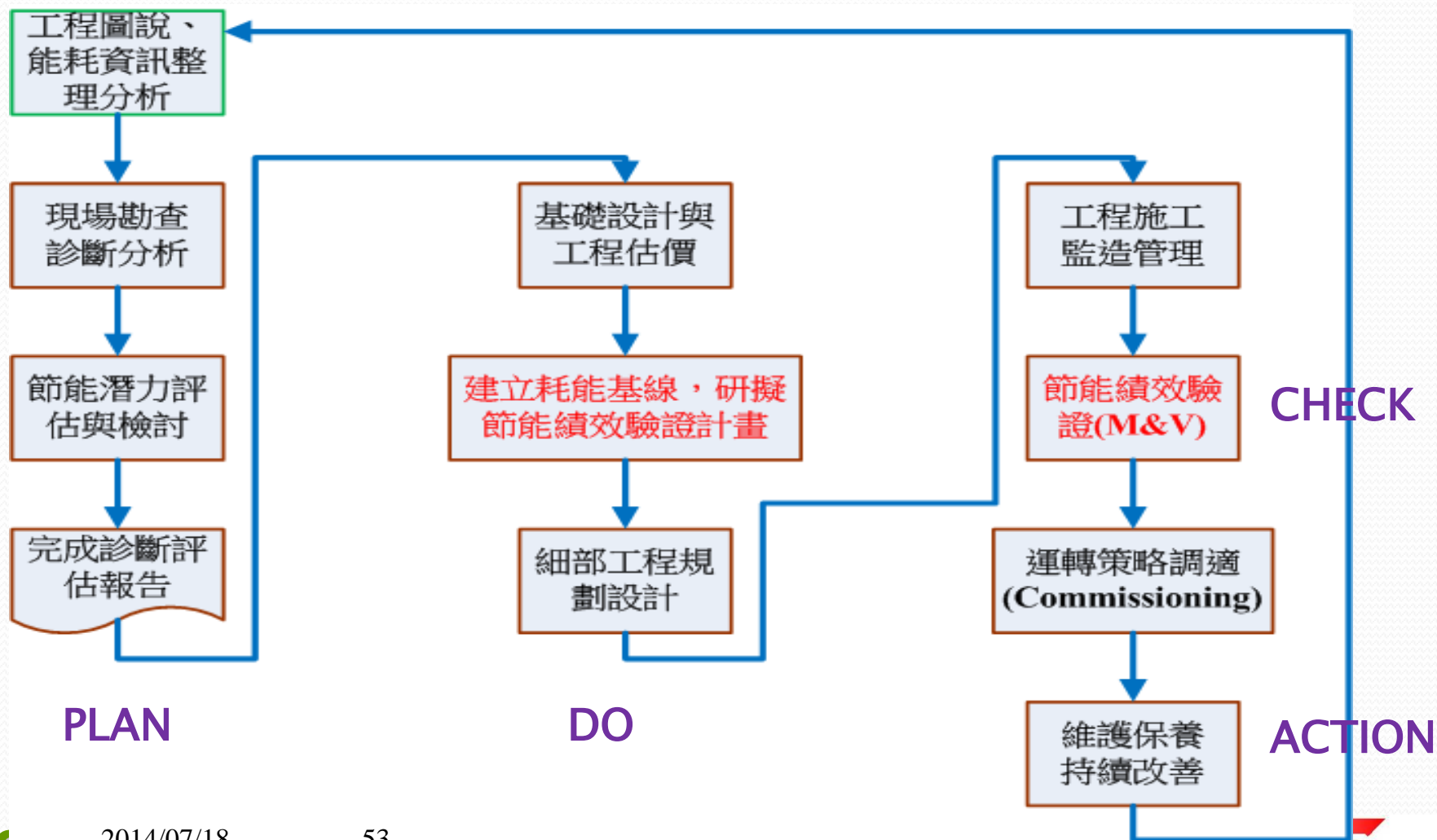
- 一、建立基線期間
- 二、中央空調冰水機房
- 三、照明系統

伍、節能績效量測驗證方案

- 一、中央空調冰水機房
- 二、照明系統
- 三、調整量計算原則

陸、使用儀器說明

節能績效改善措施執行流程



M&V的執行步驟

- 蒐集耗能基準資訊
 - 包括能源費率單、短暫量測所得的數據資料、氣候數據、設備規格數量及位置、現存條件（如照度、溫度）、操作時程、人員出入時程等。
- 規劃節能改善措施與相對應的M&V計畫
 - 包括現場勘察，找出影響M&V的物理特徵，找出ECM的操作特性，選擇合適的M&V方案，發展特定的M&V計畫。
- M&V計畫文件化
 - 整理相關資訊與必要文件。所有包含在能源節約改善計劃中的耗能設備，在改善前後均須以書面文件列出。
- 執行改善工程設備安裝
 - 確認改善工程設備或系統是否安裝妥適，確認系統性能表現和規格一致，進行驗收調整(Commissioning)。
- 性能量測儀錶與設備調校。
- 按M&V計畫書規定，蒐集改善後之能源數據。
- 性能量測設備維護，定期儀表校正。
- 如必要時，節能基線調整作業。
- 按M&V計畫書規定，定期計算呈送節能改善績效報告。

IPMVP的四個選項方案

- 方案A是量測性能（暫態或短暫的），推估或假設操作情況（如時數）。
- 方案B是量測性能（短暫的或連續的），並且量測操作情況，節能效益由量測數據計算得到。
- 方案C是當整棟建物能源分析屬必要時，或是認為需要充分驗證節能改善效益時。
- 方案D是一種校正的能源模型模擬分析，利用逐時或逐月的費率或計量數據來修正所建立的模型。

M&V選項方案

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
<p>方案A：</p> <p>針對汰換設備確定其符合規範要求。主要功能因素(例如照明耗電或冰水機效率)是以暫態或短期量測數據為主。而操作因素(例如照明操作時數或冷房時數)是以雙方約定的歷史經驗數據或暫態/短期量測為主。功能因素與正常操作情況作每年的檢驗。</p>	<p>使用暫態或短期量測、電腦模擬與/或歷史經驗數據作工程上的計算。</p>	<p>決定於量測點的多寡，典型的費用大約佔1~5%的改善計畫成本。</p>
<p>方案B：</p> <p>當案件完成後，節能效益是以短期或連續量測設施或系統，於合約驗證期間所得數據為主。功能表現和操作因素均須予以檢測。</p>	<p>使用量測數據作工程上的計算。</p>	<p>決定於量測點及系統型態，與分析及測量的條款。典型的費用大約佔3~10%的改善計畫成本。</p>

M&V選項方案

M&V方案	如何計算節能效益	成本費用
<p>方案C：</p> <p>當案件完成後，節能效益是以整體建物或設備現有整年與過去歷史設施測量(氣體或電力)數據決定。</p>	<p>分析公用設施度量數據與綜合變數(逐時或逐月)回歸分析作比較。</p>	<p>決定於分析參數的數量及複雜度。典型的費用大約佔1~10%的改善計畫成本。</p>
<p>方案D：</p> <p>節能效益是經由設備的配件與/或整體設備的耗能模擬決定。</p>	<p>對於能源模擬程式使用逐時或逐月費用數據，或終端使用設施的測量數據作校正。</p>	<p>決定於用於分析的系統的數量及複雜度。典型的費用大約佔3~10%的改善計畫成本。</p>

M&V的費用

- 需要檢測的數據量
- M&V計畫期程(基準期與報告期的持續時間)
- 獲得數據的難易度
- 新設儀表的品質、種類與型式
- 儀表的安裝與維護費用
- 需要分析的數據量
- M&V報告的格式與頻率

-
- M&V的費用應控制在合理範圍內。
- 過高的費用，將使得專案回收期程變長而不可行。

M&V成本與不確定度

沒有絕對正確的節能量數值，總會存在著一些不確定度。

決定你能接受的，或是能夠負擔費用的不確定度。

對每個專案，每個業主都要找出本身在不確定度和測量成本之間的平衡點。

Ref: IPMVP Vol I, 2010, Chapters 8.3, 8.4 and 8.5

M&V的限制

- 每個情況都不相同
 - 預期節能量的價值
- M&V計畫的費用必須要合理
 - 量測/分析的不確定
- M&V的費用應該要反映出專案中的不確定性
 - 較低的不確定性 = 較少的M&V
- 合約的環境
 - 合約中怎樣分擔工程範圍外變化的風險？

哪種選項最好？

- 沒有那個選項比其它的更好，或更貴/較便宜
- 每個M&V選項適用於不同的情況(特別是由風險分擔所規定)

M&V案例分享

鈞元能源技術工程(股)公司
趙宏耀 總經理/技師

案例一、Case Study for Lighting Retrofit IPMVP Option A

Outline

- Summary
- Background
- M&V Plan
 - Instrument
 - Lighting hour stipulation
- M&V Report
 - Result of measurement
 - Illumination
 - Savings

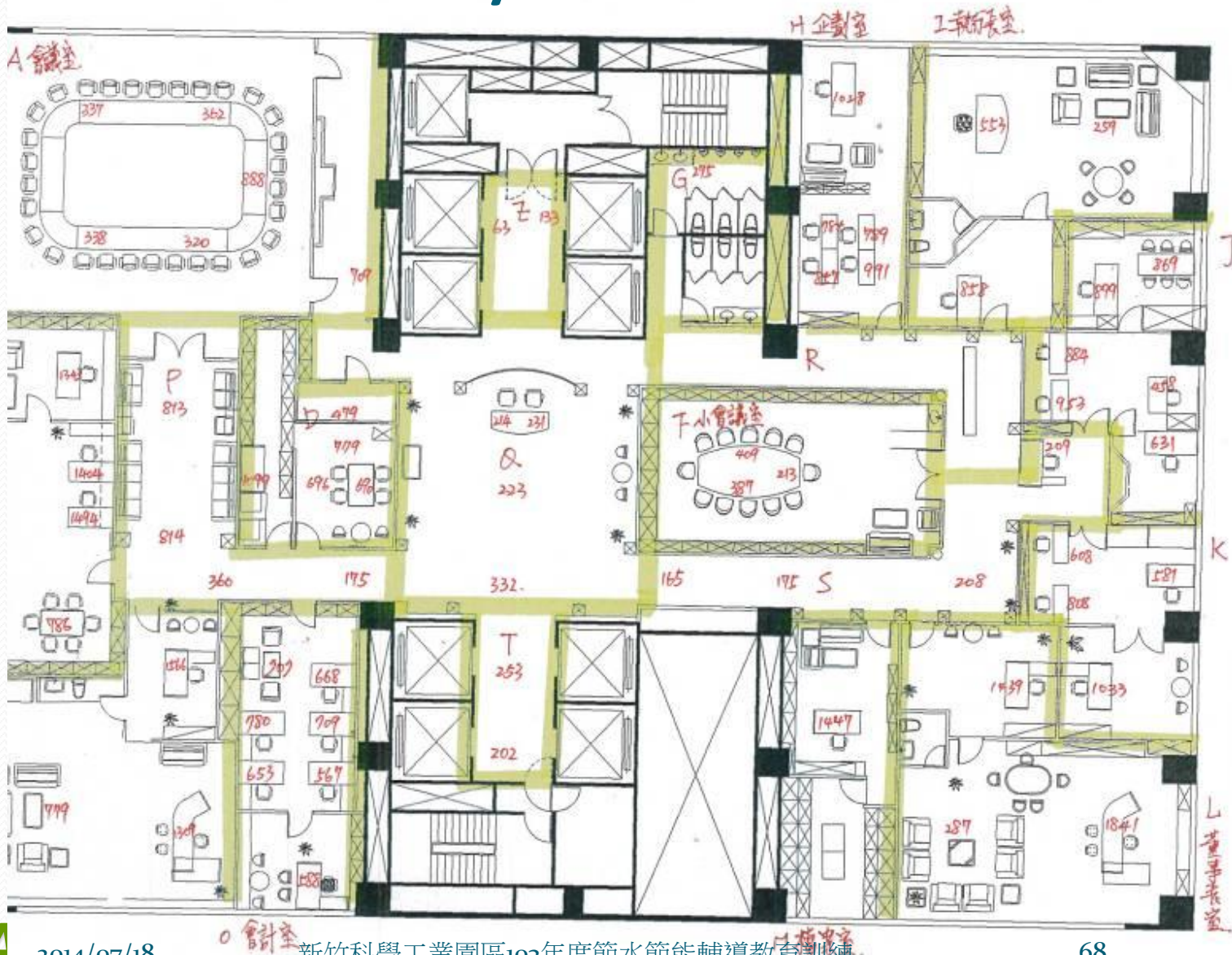
Summary

- IPMVP Option A
- Savings
 - Lower electricity consumption 28,800 kWh
 - Energy cost reduce NTD\$92,000
 - CO₂ reduction 17.6 Ton_e

Background

- Office for a non-profit organization located in Taipei
- 1,200 m², 35 persons
- Power consumption 176,880 kWh, energy cost NTD\$621,622 in 2010
- Average electricity cost NTD\$3.51/kWh
- Office hour 8:00 am to 6:00 pm, Mon. to Fri.

Office Plan Layout



Energy Conservation Measure

Lighting Retrofit

- Upgrade existing lighting to LED

燈具型式	總數量(盞)
日光燈20W×4	53
日光燈40W×3	39
筒燈(13W)	88
投射燈(50W)	142
筒燈 (26W)	2
筒燈(20W)	143
層板燈	120
合計	591

M&V Plan

- IPMVP Option A
 - Key parameter: power
- Boundary
 - Lighting fixture
 - Power
 - Neglect cooling load reduction produced by lower lighting power
- Measurement
 - Spot measurement, constant load
 - Power meter (HIOKI 3169)
 - Measure at least 6% for each type of lighting power before and after retrofit
- Lighting hours were stipulated according to history data or experience.
 - Office: 10 hour per day, 252 days in 2010
 - Meeting room: 120 hours per year

Lighting hour stipulation

財團法人中技社LED照明改善各區約定時數說明				
	燈具型式	約定時數 (Hr/年)	數量(盞)	說明
A 會議室	日光燈20W×	120	5	每月1次的董事會(含會議活動), 每次約10小時計算。 12月/年×1次/月×10時/次 =120 時/年
	層板燈40W×	120	36	
	投射燈(50W)	120	57	
	筒燈(13W)	120	18	
B 秘書室	日光燈40W×	2520	10	10時/天×252天/年
	筒燈(20W)	0	2	—
C 常務董事	日光燈40W×	2520	4	10時/天×252天/年
	日光燈20W×	60	10	5時/月×12月/年
	筒燈(20W)	60	16	
	投射燈(50W)	60	15	
層板燈40W×	60	14		
D 影印室	日光燈20W×	2520	9	10時/天×252天/年
	筒燈(20W)	0	2	—
E 後走道	筒燈(20W)	2520	4	10時/天×252天/年
	投射燈(50W)	0	2	—
F 小會議室	筒燈(13W)	1664	18	每週約32小時各中心會議(含專案或社務會議)。32時/週52週/年=1,664時/年
	投射燈(50W)	1664	7	
	筒燈(20W)	1664	10	
G洗手	筒燈(20W)	2520	13	10時/天×252天/年
H 企劃室	日光燈40W×	3276	6	13時/天×252天/年(駐研究
	筒燈(13W)	1260	6	5時/天×252天/年
	投射燈(50W)	0	5	—
I 執行長室	日光燈20W×	2520	3	10時/天×252天/年
	筒燈(13W)	1260	12	5時/天×252天/年
	投射燈(50W)	1260	8	
	筒燈(20W)	1260	10	
層板燈40W×	1260	10		

J 能源 環境室	日光燈20W×	2520	6	10時/天×252天/年
	日光燈40W×	2520	3	
	筒燈(20W)	0	4	
K 顧問 辦公室	日光燈20W×	2520	4	10時/天×252天/年
	日光燈40W×	2520	3	
	筒燈(20W)	0	4	
L 董事長 室	日光燈20W×	2520	4	10時/天×252天/年
	日光燈20W×	1260	4	
	筒燈(13W)	1260	6	
	投射燈(50W)	1260	13	
	筒燈(20W)	1260	4	
	筒燈(26W)	1260	2	
M 檔案室	日光燈40W×	2520	3	10時/天×252天/年
	日光燈40W×	10	2	進出調閱資料時使用
	筒燈(20W)	0	2	—
	筒燈(20W)	0	2	—
O 會計室	日光燈20W×	2520	8	10時/天×252天/年
	日光燈40W×	2520	2	
	筒燈(20W)	0	2	
P 走廊(大 會議外)	日光燈40W×	2016	6	8時/天×252天/年(下班前關
	筒燈(13W)	504	6	2時/天×252天/年
	投射燈(50W)	504	10	—
	筒燈(20W)	2520	7	10時/天×252天/年
Q 櫃檯	層板燈(拆除)	2520	6	—
	筒燈(13W)	2520	13	10時/天×252天/年
	筒燈(20W)	2520	27	10時/天×252天/年
	投射燈(50W)	1512	13	6時/天×252天/年(下班前關
R 走廊(洗 手間外)	層板燈40W×	2772	8	11時/天×252天/年
	櫃檯上方	0	0	—
	投射燈(50W)	0	4	—
	筒燈(20W)	2772	12	11時/天×252天/年
S 走廊(檔 案室外)	層板燈(拆除)	2520	12	10時/天×252天/年
	投射燈(50W)	504	6	2時/天×252天/年
	筒燈(13W)	2520	9	—
T 電梯外 (公設)	筒燈(20W)	2520	16	10時/天×252天/年
	層板燈(拆除)	2520	24	—
	LED燈(3W)	8760	2	24小時電梯基本照明
	投射燈(50W)	2520	4	10時/天×252天/年
	筒燈(20W)	2520	8	

Measurement Instrument

規格	內容
廠牌	Hioki
名稱	電力分析儀
電壓測試範圍	220 V
電流測試範圍	1~5A
精確度	±0.2%
儀器編號	No. 081121305



規格	內容
廠牌	TESTO
名稱	照度計
測試範圍	0.01~10000Lux
精確度	±4%
儀器序號	39005588/804



Result of Measurement

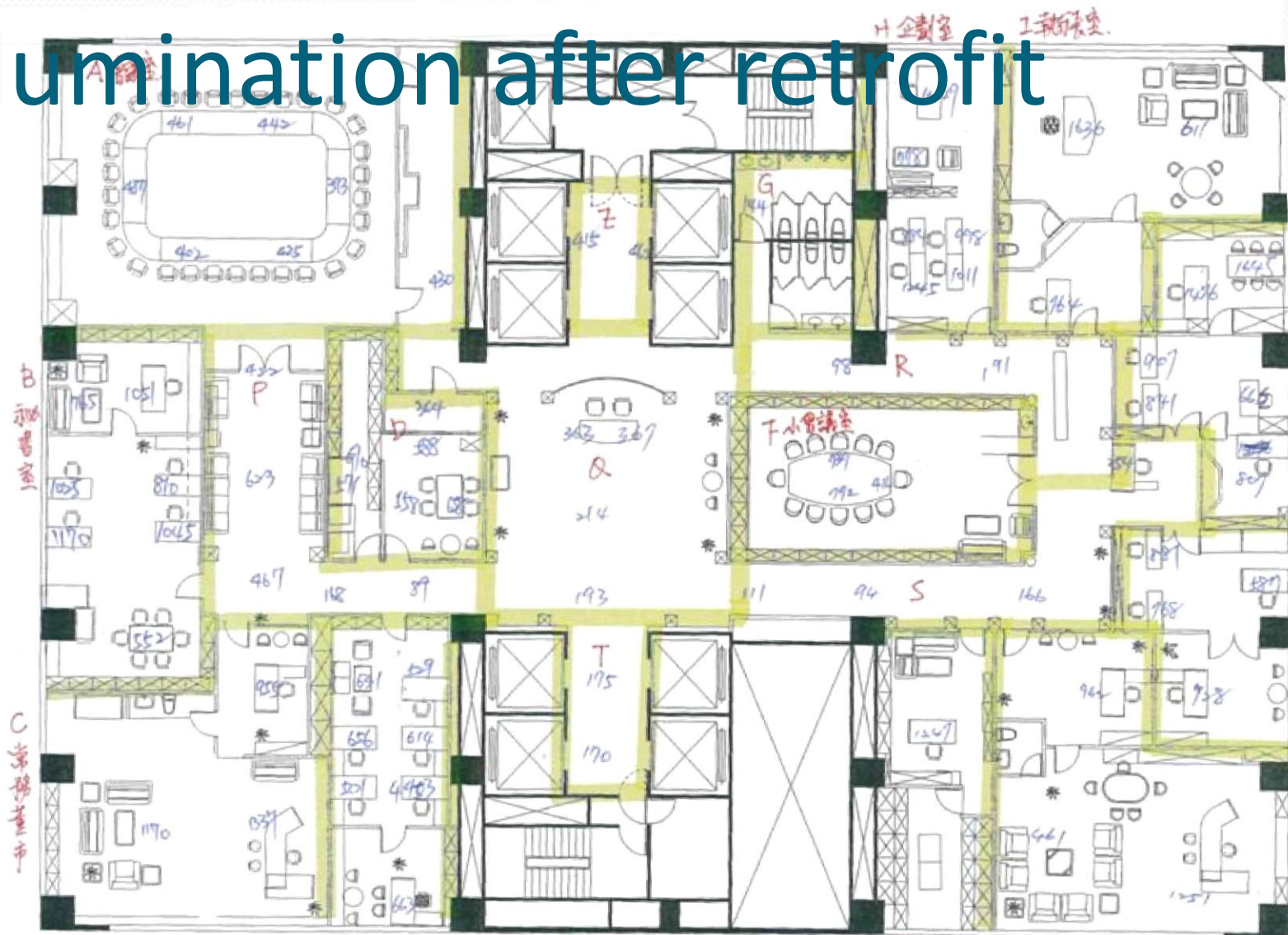
Baseline period

日期	時間	燈具種類	盞數	區域	電壓 (V)	電流 (A)	功因 (%)	功率 (W)	平均功率 (W/盞)	備註
5月3日	14:13	日光燈 20W×4	4	O區-迴路1	220.16	3.1329	54.82%	378.1	94.6	此迴路另皆空氣清靜機，關閉後再測
	14:23	日光燈 20W×4	4	O區-迴路2	220.42	3.2145	53.43%	378.6		
	14:41	日光燈40W×3	4	B區-迴路1	219.86	3.441	74.33%	563.2	141.3	
	14:52	日光燈40W×3	4	B區-迴路2	220.43	3.598	59.00%	567.0		
	15:37	投射燈50W	5	P區-迴路1(右)	225.29	1.3154	98.81%	292.8	58.7	
	17:06	投射燈50W	5	P區-迴路2(左)	227.15	1.3114	98.63%	293.8		
	17:56	層板燈40W×1	8	Q區	226.00	3.3944	51.09%	391.9		49.0
5月4日	10:10	筒燈 20W	5	S區-迴路1	220.85	0.7641	-57.67%	97.3	19.4	功因超前，且電壓電流相位角無誤
	10:13	筒燈 20W	6	S區-迴路2	220.79	0.9029	-58.33%	116.3		
	10:27	筒燈26W	2	L區	222.22	0.5062	48.85%	54.9	27.5	
	11:25	筒燈(13W)	4	F區-迴路1	221.36	0.5049	50.94%	56.9	14.3	
	11:28	筒燈(13W)	4	F區-迴路2	222.20	0.5069	50.87%	57.3		

Report period

日期	時間	燈具種類	盞數	區域	電壓 (V)	電流 (A)	功因 (%)	功率 (W)	平均功率 (W/盞)	備註
6月2日	11:03	PB 2	4	O區-迴路1	223.43	0.5428	-94.57%	114.69	29.7	此迴路另接空氣清靜機，關閉後再測
	11:00	PB 2	4	O區-迴路2	223.59	0.5684	-96.69%	122.80		
	10:12	PB 2	8	B區-迴路1	220.6	1.0965	-94.91%	229.56	28.5	
	10:24	PB 2	4	B區-迴路2	220.18	0.5414	-94.76%	112.94		
	10:42	DA 2	5	P區-迴路1(右)	223.75	0.1669	-76.23%	28.46	5.6	
	10:46	DA 2	5	P區-迴路2(左)	223.55	0.1637	-75.46%	27.62		
	10:32	LLB_11	8	Q區	223.76	0.403	-90.87%	86.00	10.8	
	13:32	EP 1	5	S區-迴路1	223.87	0.1379	-82.52%	25.48	5.1	
	13:33	EP 1	6	S區-迴路2	223.35	0.1668	-83.02%	30.93		
	10:32	DA 3	2	L區	219.96	0.1545	-96.00%	32.62	16.3	
	18:03	DA 1	2	F區-迴路1	224.27	0.2929	-89.28%	58.64	9.8	
	14:05	DA 1	2	F區-迴路2	224.49	0.0968	-89.16%	19.37		

Illumination after retrofit



Energy Savings

財團法人中技社LED照明改善節能效益

區域	改善前				改善後				改善前	改善後	節能效益	減碳量
	燈具型式	實測功率 (W/盞)	數量(盞)	約定時數 (Hr/年)	燈具型式	實測功 率 (W/盞)	數量 (盞)	使用時數 (Hr/年)	度數 kWh/年	度數 kWh/年	度數 kWh/年	公斤 (kg)
A 會議室	日光燈20Wx	94.6	5	120	PB 2	29.1	6	120	56.8	21.0	35.8	21.9
	層板燈40Wx	49	36	120	LLB_11	10.8	36	120	211.7	46.7	165.0	101.0
	投射燈(50W)	58.7	57	120	DA 2	5.6	57	120	401.5	38.3	363.2	222.3
	筒燈(13W)	14.3	18	120	DA 1	9.8	18	120	30.9	21.2	9.7	5.9
B 秘書室	日光燈40Wx	141.3	10	2520	PB 2	29.1	21	2520	3,560.8	1540.0	2,020.8	1,236.7
	筒燈(20W)	19.4	2	0	EP 1	5.1	0	0	0	0	0	0.0
C 常務董事	日光燈20Wx	94.6	10	60	PB 2	29.1	10	60	56.8	17.5	39.3	24.1
	日光燈40Wx	141.3	4	2520	PB 2	29.1	6	2520	1,424.3	440.0	984.3	602.4
	筒燈(20W)	19.4	16	60	EP 1	5.1	16	60	18.6	4.9	13.7	8.4
	投射燈(50W)	58.7	15	60	DA 2	5.6	15	60	52.8	5.0	47.8	29.2
	層板燈40Wx	49	14	60	LLB_11	10.8	14	60	41.2	9.1	32.1	19.6
D 影印室	日光燈20Wx	94.6	9	2520	PB 2	29.1	8	2520	2,145.5	586.7	1,558.9	954.0
	筒燈(20W)	19.4	2	0	EP 1	5.1	2	0	0	0	0	0.0
E 後走道	筒燈(20W)	19.4	4	2520	EP 1	5.1	4	2520	195.6	51.4	144.1	88.2
	投射燈(50W)	58.7	2	0	DA 2	5.6	2	0	0	0	0	0.0
	無安裝	0	0	0	PB 2	29.1	1	2520	0	73	-73.33	-44.88

Savings 28,800 kWh,
CO₂ reduction 17.6 Ton

T 電梯 外(公)	投射燈(50W)	58.7	2	8760	DA 2	5.6	2	8760	1,028.4	98.1	930.3	569.4
	筒燈(20W)	19.4	8	2520	EP 1	5.1	8	2520	391.1	102.8	288.3	176.4
合計		—	587	—	—	—	604	—	41,986.8	13,182.0	28,804.8	17,628.5

Q & A



案例二、 Case Study for C/T VFD Control System : IPMVP Option B

簡報大綱

- 背景說明
- 改善措施
- 節能績效驗證方案

背景說明

- 建築物背景
 - 本專案之大樓為地上35層、地下4層，高143.4公尺之商辦大樓，樓地板面積為12,471平方公尺，空調面積10,226平方公尺，停車場面積6,640平方公尺。
- 能源使用類型
 - 電力為22.8kV高壓供電，契約容量為332kW。
 - 二段式時間電價，98年1月~98年12月全年用電1,560,600kWh，全年電費434.3萬元，平均電價2.783元/kWh。

改善標的物—冷卻水系統

- 大樓空調系統採分層獨立式空調系統，各樓層配置50RT冰水主機，搭配冷卻水泵7.5hp×1台(250GPM/揚程20M)，無備用泵浦。
- 冷卻水系統在大樓頂樓計有4台冷卻水塔，分4組管路系統提供各樓層空調主機散熱使用，且管路已並聯。
- 各冷卻水塔仍是獨立供應所屬樓層之冰水主機散熱
 - 1號水塔提供4~11F之冰水主機散熱
 - 2號水塔對應12~19F之冰水主機散熱
 - 3號水塔對應20~28F之冰水主機散熱
 - 4號水塔對應28~35F之冰水主機散熱
- 大樓承租戶以商辦用途居多，全年空調使用時間約2,500hr/年，運轉模式係由機電人員每日配合冰水主機散熱需求，按固定時段起停冷卻水塔(7:00am~7:00pm)。
- 運轉耗電估算如下：
 - $10.387\text{kW}(\text{實際量測耗電}) \times 4\text{台} \times 2,500\text{hr/年} \times 100\%(\text{全年使用率}) \div 103,870\text{度/年}$

既設冷卻水塔

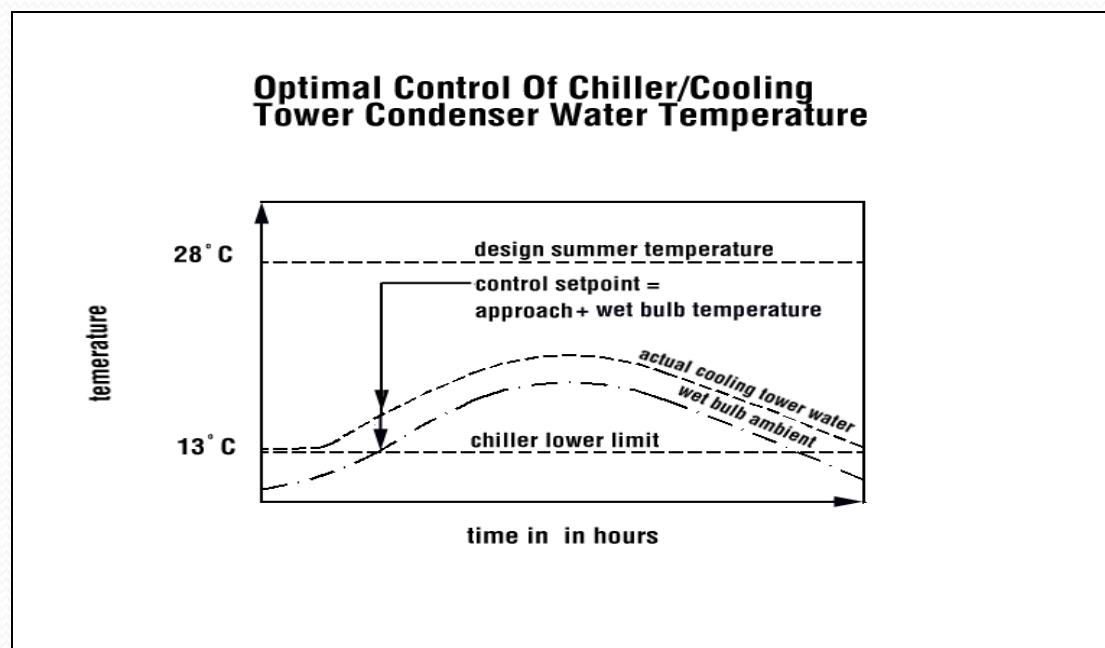


改善前空調設備概述表

設備名稱 (如冰水主機)	設置地點	廠牌	型式 (如離心式)	製造 日期	設備電功率		設備容量		現有數量 (台)	使用時間 (hr/年)
					電壓(V)	功率值(kW)	容量	單位 (如RT、HP)		
冷卻水塔	頂樓	良機	圓型	1994	380	11.2	500	RT	4	2500

改善措施

- 4台500RT冷卻水塔增設變頻控制系統
- 使用(濕球溫度+冷卻水塔接近溫度)作為設定值，可平衡冰水主機及冷卻水塔的耗電而得到最佳化的控制。



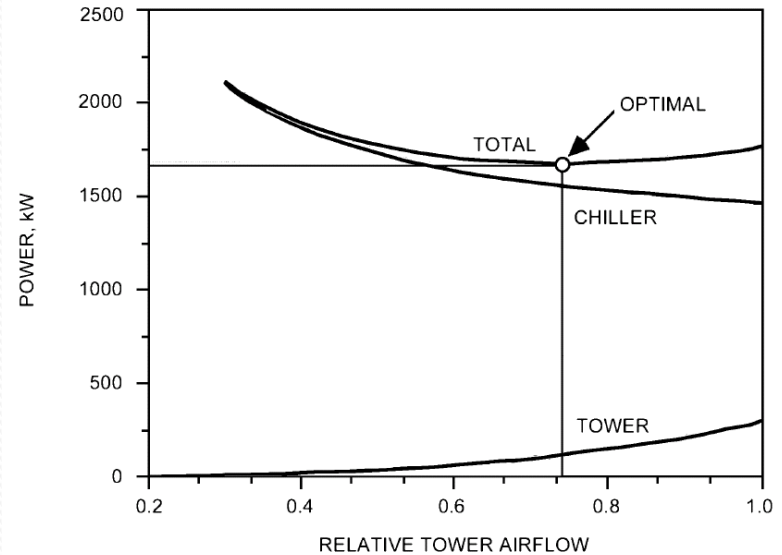
冷卻水塔運轉策略最佳化

Reset 冷卻水設定溫度

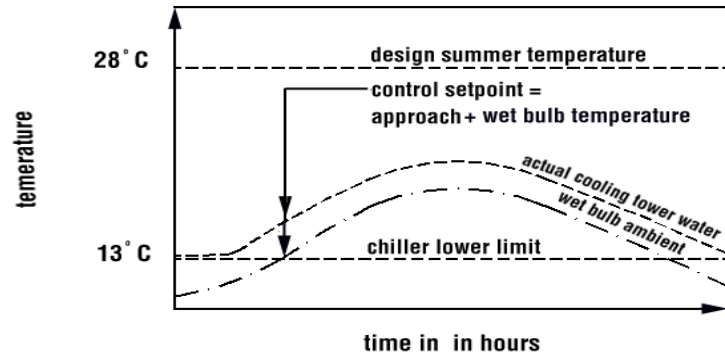
- 改進既有控制對策，預期可達到節能效益40%以上。
- 冷卻水設定溫度可隨外氣條件自動調整設定值，以獲取最大的系統效能。
- 配合變頻及運轉台數控制可充分發揮冷卻水塔散熱能力。

既有控制技術缺點:

- 實際上設計點的外氣濕球溫度一年中平均發生的時間不到2.5%，水塔風車維持固定的溫度並非最佳運轉點。
- 冷卻水塔僅以固定設定溫度控制風機起停，冰水機無法在離峰時段節省耗電。
- 冷卻水溫度變動較大。
- 風機啟停頻繁，機件耗損大。



Optimal Control Of Chiller/Cooling Tower Condenser Water Temperature



容量控制方法

- Fan cycling
- Two-speed fan motors
- Variable Speed Driver

It is more economical to operate all fans at the same speed than to operate one fan at full speed before starting the next. [Figure 17](#) compares cooling tower fan power versus speed for single-, two-, and variable-speed fan motors.

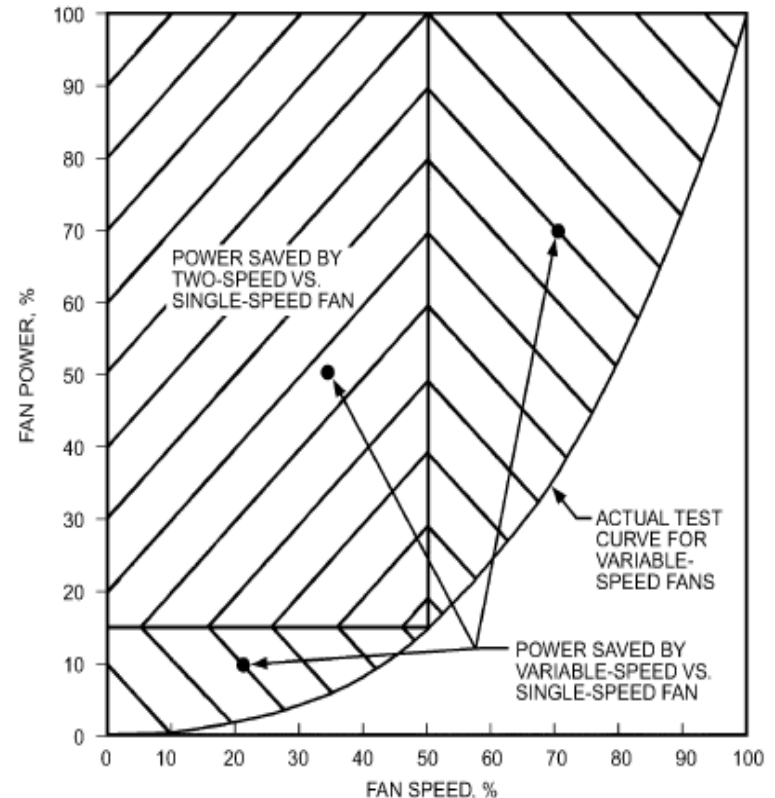


Fig. 17 Cooling Tower Fan Power Versus Speed
(White 1994)

耗能基線量測

CT1					CT2				
日期	V (Volt)	A (Amp)	PF (%)	P (kW)	日期	V (Volt)	A (Amp)	PF (%)	P (kW)
99/06/09	367.12	19.39	86.29	10.746	99/06/09	367.42	19.92	86.39	10.954
99/06/09	367.02	19.41	86.25	10.707	99/06/09	367.61	19.19	86.44	10.961
99/06/09	366.80	19.39	86.45	10.733	99/06/09	367.34	19.74	86.33	10.849
99/06/09	366.98	19.36	86.25	10.691	99/06/09	367.14	19.83	86.33	10.890
平均	366.98	19.39	86.31	10.719	平均	367.38	19.67	86.37	10.914
CT3					CT4				
日期	V (Volt)	A (Amp)	PF (%)	P (kW)	日期	V (Volt)	A (Amp)	PF (%)	P (kW)
99/06/09	367.15	18.43	85.87	10.063	99/06/09	367.32	18.21	85.85	9.946
99/06/09	367.11	18.16	85.76	9.904	99/06/09	367.67	18.66	86.13	10.235
99/06/09	367.30	18.11	85.66	9.868	99/06/09	367.53	18.20	85.89	9.949
99/06/09	367.96	18.65	86.06	10.200	99/06/09	367.42	18.14	85.81	9.907
平均	367.38	18.34	85.84	10.009	平均	367.49	18.30	85.92	10.009

以電力分析儀，採取短暫量測(spot measurement)，量測數據如上表，

4台水塔運轉性能總平均值：

電壓(Volt)：367.29 電流(Amp)：18.88

PF(%)：86.08

P(kW)：10.387

變頻控制器盤體



節能績效驗證

- 根據IPMVP相鄰時間區間，進行二次切換手/自動，量測基期與報告期用電量。計算其減少用電量及節能率。

	第1周期		第2周期	
	基期	報告期	基期	報告期
期間	2010/10/4~ 2010/10/11	2010/10/11~2 010/10/18	2010/10/25/~ 2010/11/01	2010/11/01~2 010/11/08
用電量(kWh)	3741	939.9	3525	773
節電量(kWh)		2801.1		2752
節能率(%)		74.9%		78.1%

討論

- 適用場合?
- 節能率 or 節能量?
- 調整量?
- 不確定性?
- IPMVP 符合性?



簡歷

- 趙宏耀 總經理
- 現職：鈞元能源技術工程(股)公司
 - 冷凍空調工程技師
 - AEE/EVO CMVP 節能量測驗證專業人員
 - IPMVP 認證 LEVEL3 講師
 - 中衛中心 能源管理人員 講師
 - 中華民國能源技術服務商業同業公會 常務理事兼副理事長
 - 台灣能源技術服務產業發展協會 理事
 - 台灣省冷凍空調工程技師公會 理事
 - ASHRAE Taiwan Chapter President 2014~2015
- 經歷：
 - (財)台灣綠色生產力基金會
 - (財)中技社
 - 工研院能資所

聯絡資訊

- 鈞元能源技術工程股份有限公司
- 趙宏耀 總經理/技師
- Tel: (03)328-3693
- Hand Phone: 0933-845-583
- E-mail: hy.chao@msa.hinet.net