

國家發展委員會 函

地址：100223 臺北市中正區寶慶路3號
承辦人：黃其皓
電話：(02)23165300分機6826
傳真：(02)23700415
電子信箱：ccchihau@ndc.gov.tw

受文者：中華民國電機技師公會

發文日期：中華民國109年8月6日

發文字號：發資字第1091501275號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：簡章、簡報及草案各1份（資料中心量測方法草案.pdf、109能源量測說明會簡章核定版.pdf、PUE訓練課程.pdf）

主旨：本會謹訂於本(109)年8月14、20及21日辦理4場次「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」說明會，請派員參加，請查照。

說明：

- 一、為配合行政院積極推動以部會為集中綠能雲端資料中心，使政府機關建置符合綠色節能之雲端資料中心，本會已研擬「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」(如附件)，將辦理4場次說明會，以提供各機關作為後續機房能源效率量測之參考。
- 二、本說明會採線上報名，請依場次逕自上網報名，額滿為止。
- 三、請教育部轉知所屬各縣市教育網路中心派員參加。
- 四、本說明會相關事宜，請逕洽專案輔導團隊劉昱賢顧問，聯絡電話：(02)87589918#2。

正本：行政院、立法院、司法院、監察院、考試院、內政部、內政部警政署、內政部消防署、內政部移民署、外交部領事事務局、外交部、財政部、財政部關務署、教育部、法務部、臺灣高等檢察署、最高檢察署、法務部調查局、法務部矯正署、



經濟部、經濟部加工出口區管理處、經濟部智慧財產局、經濟部標準檢驗局、經濟部水利署、交通部、交通部公路總局、交通部中央氣象局、勞動部、勞動部勞工保險局、勞動部勞動力發展署、行政院農業委員會農糧署、行政院農業委員會、行政院農業委員會林務局、行政院農業委員會水土保持局、衛生福利部、衛生福利部疾病管制署、衛生福利部中央健康保險署、衛生福利部食品藥物管理署、行政院環境保護署、文化部、科技部、金融監督管理委員會、國軍退除役官兵輔導委員會、國立故宮博物院、公平交易委員會、國家通訊傳播委員會、各直轄市政府、各縣市政府、台灣智慧能源產業協會、中華電信股份有限公司數據通信分公司、台灣大哥大股份有限公司、是方電訊股份有限公司、遠傳電信股份有限公司、中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會、中華民國電機技師公會

副本：安侯企業管理股份有限公司、本會資訊管理處



裝

訂

線



國家發展委員會

109年度「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」說明會 簡章

一、說明

依據「行政院及所屬各機關資料中心設置作業要點」第9點規定，各機關新建置機房其能源使用效率(PUE)應低於1.6;生效日前已設置資料中心者，應逐步改善其能源使用效率。為使各機關配合以部會為集中，積極推動建置符合綠色節能之雲端資料中心，經研擬「資料中心能源使用效率量測方法」(草案)，提供各機關未來進行機房能源效率量測之參考。

二、對象

- (一)各機關機房管理人員(建議各機關機房環控或PUE改善協力廠商偕同出席)。
- (二)國內資料中心提供業者。
- (三)國內電機、冷凍空調相關公會。

三、說明會內容與場次：

(一)說明會內容：

- 1、國際及國內資料中心能源使用效率現況。
- 2、國內資料中心能源使用效率量測作法。
- 3、案例說明。
- 4、問題與討論。

(二)說明會場次(北部2場次、中部及南部各1場次)

場次	時間	地點	人數	備註
1	109/08/14(五) 10:00~12:00	臺北YMCA (臺北市許昌街 19號2樓)	50人	建議機關所在地 為臺北市、新北 市、基隆市
2	109/08/14(五) 14:00~16:00	臺北YMCA (臺北市許昌街 19號2樓)	50人	建議機關所在地 為桃園市、新竹 縣、新竹市、宜 蘭縣
3	109/08/20(四) 10:00~12:00	臺中集思新烏 日會議中心 (臺中市烏日 區高鐵東一路 26號)	60人	建議機關所在地 為苗栗縣、臺中 市、彰化縣、雲 林縣、南投縣、 嘉義市、嘉義縣
4	09/08/21(四) 10:00~12:00	高雄國立科學 工藝博物館 (高雄市三民 區九如一路 797號)	50人	建議機關所在地 為臺南市、高雄 市、屏東縣、臺 東縣
花蓮縣、澎湖縣、金門縣及連江縣出席單位依交通便利性，請擇一適 當場次出席。				

四、報名方式

請於本(109)年8月12日前上網填寫報名資訊，各場次報名人數額滿為止。受疫情及場地限制，各機關報名人數以2人為限。報名網址：<https://pse.is/TWXWU>。

五、說明會聯絡窗口

國家發展委員會專案輔導團隊 劉昱賢 專案顧問

- 連絡電話：(02)87589918#2
- 電子郵件：isaacyliu@kpmg.com.tw

109年度
「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」
說明會

主題一：

資料中心能源使用效率量測方法

報告人：許銘修 博士

大綱

- 國際及國內資料中心能源使用效率現況說明
- 國內資料中心能源使用效率量測方法說明

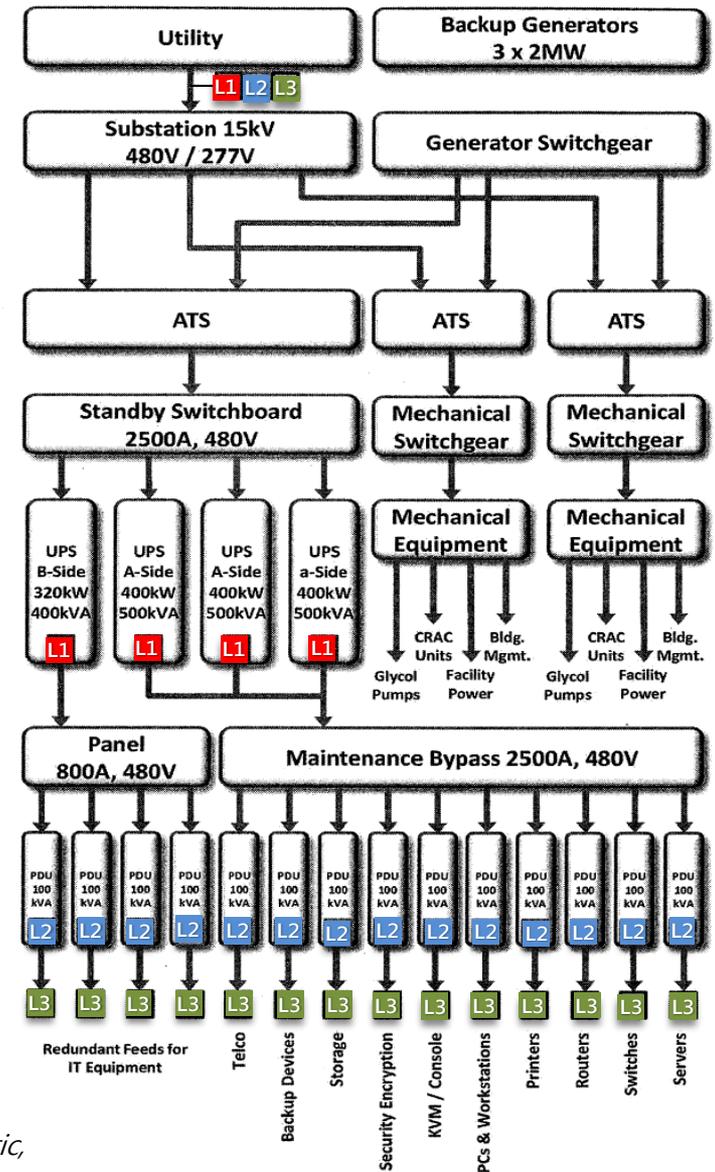
國際及國內資料中心能源使用效率 現況說明

國際間常用之資料中心能源使用效率指標

指標	定義	目的	計算參數	計算式
PUE	以整體資料中心耗電量與IT設備實際耗電量之比值，作為指標。	瞭解IT設備每單位耗電量對比總耗電量之比值。	用電度	$PUE = \frac{\text{整體資料中心耗電量}}{\text{IT設備實際耗電量}}$
DCiE	以整體資料中心耗電量與IT設備實際耗電量之比值，作為指標，為PUE指標之倒數。	瞭解IT設備佔了資料中心整體電能使用之比例。	用電度	$DCiE = \frac{\text{IT設備實際耗電量}}{\text{整體資料中心耗電量}}$
ITEU	為量測所得IT設備總耗電量與IT設備總額定功率之比值	瞭解IT設備實際之使用狀況	用電度	$ITEU = \frac{\text{量測所得IT設備總功率}}{\text{IT設備之總額定功率}}$
ITEE	為伺服器運算容量儲存容量、網路設備容量之總和，與IT設備總額定功率之比值。	直接評比IT設備使用之狀況	運算容量 儲存容量 網路設備容量 用電度	$ITEE = \frac{\text{伺服器能力} + \text{儲能能力} + \text{網路設備能力}}{\text{IT設備之總額定功率}}$

能源使用效率(PUE) – ASHRAE (2013)

$$PUE = \frac{\text{機房總耗能}}{\text{資訊設備耗能}}$$



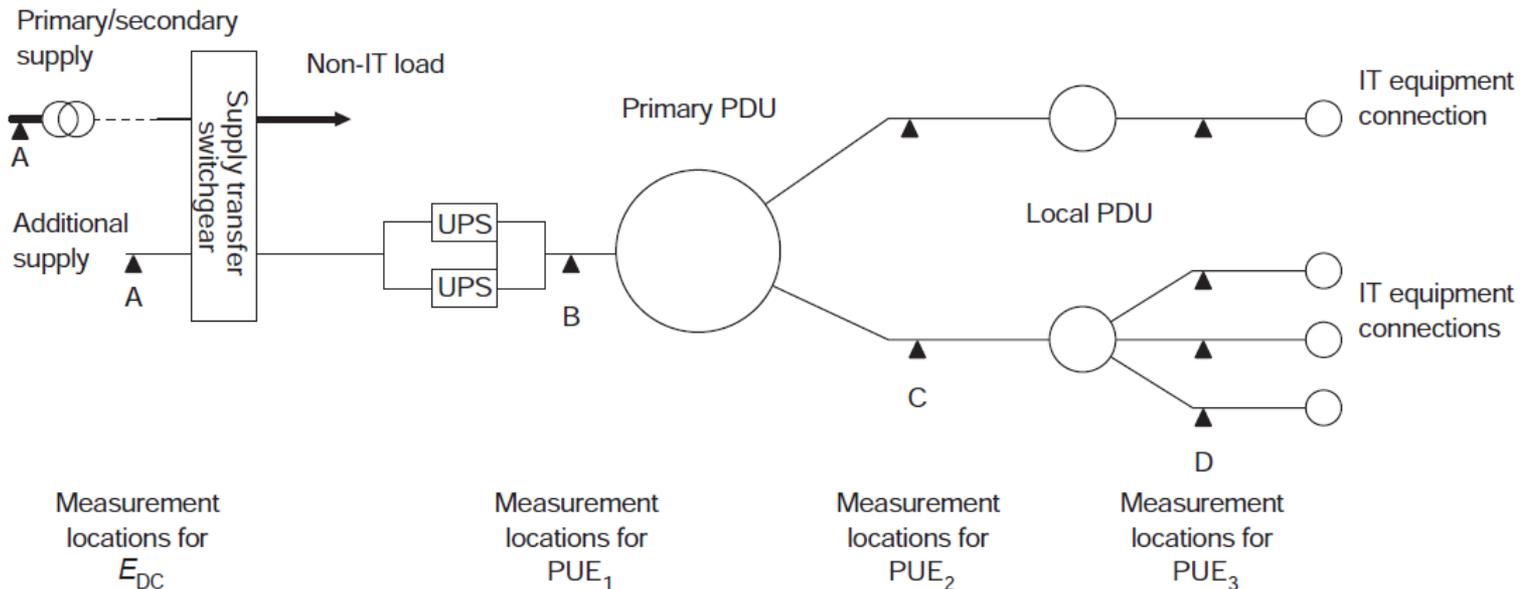
Measurement	Level 1 (PUE ₁) L1 Basic	Level 2 (PUE ₂) L2 Intermediate	Level 3 (PUE ₃) L3 Advanced
IT equipment energy	UPS outputs	PDU outputs	IT equipment input
Total facility energy	Utility input	Utility input	Utility input
Measurement interval	Monthly/weekly	Daily/hourly	Continuous (15 min or less)

Ref: 2013, ASHRAE Datacom Series Book 11, PUE: A Comprehensive Examination of the Metric,

能源使用效率(PUE) – ISO/IEC 30134-2 (2016)

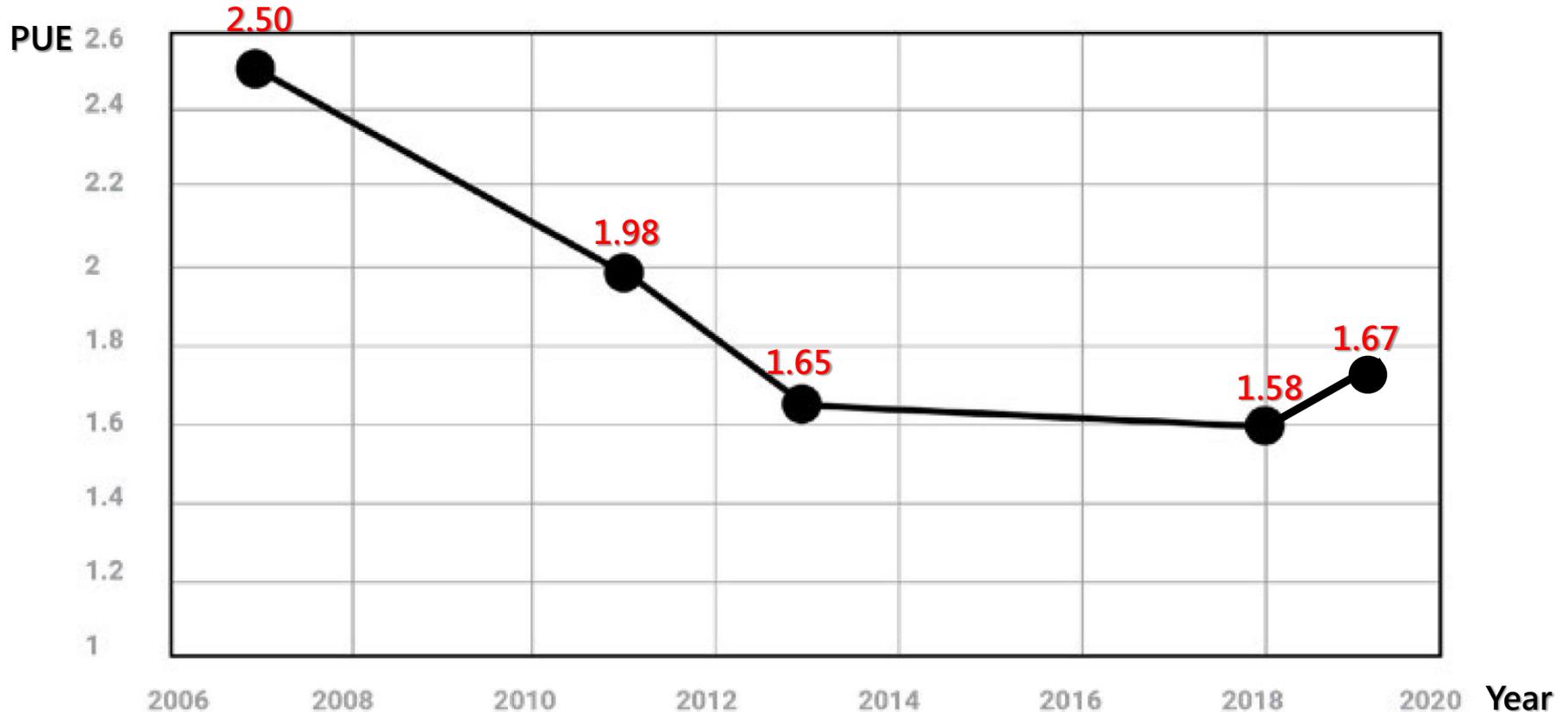
Table 1 – PUE categories

	PUE ₁	PUE ₂	PUE ₃
Location of IT equipment energy consumption measurement	UPS output ^a	PDU output ^b	IT equipment input ^c
<p>a Includes impact of fluctuating IT and cooling loads.</p> <p>b Excludes impact of losses associated with PDU transformers and static switches.</p> <p>c Excludes impact of losses associated with electrical distribution components and non-IT related devices.</p>			



Ref: 2016, ISO/IEC 30134-2, "Information technology - Data centres - Key performance indicators - Part 2: Power usage effectiveness (PUE)

Uptime Institute Survey – PUE (2019)

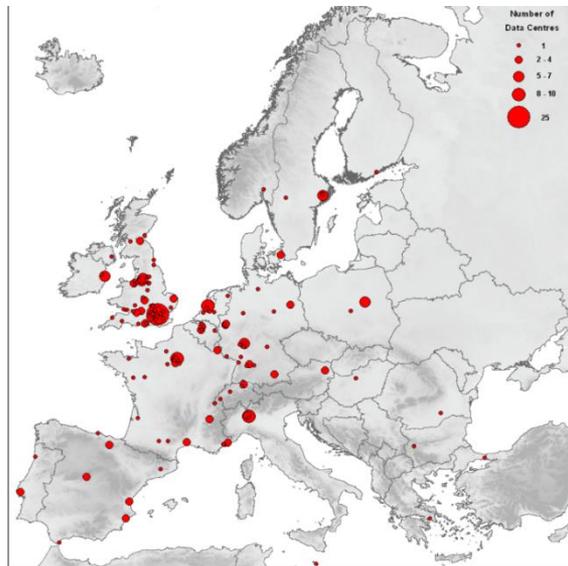


- 較關鍵的基礎設施效率改善發生在5年前，後續的改善恐需要更多大型的投資方能達成。
- 企業預期將會藉由降低維運成本、最大化可用電力等方式，將會持續增加能源效率。
- 2019年共調查624個DC

Ref: 2019, Uptime Institute Global Data Center Survey.

歐盟委員會資料中心能源效率趨勢 1/4 (2017)

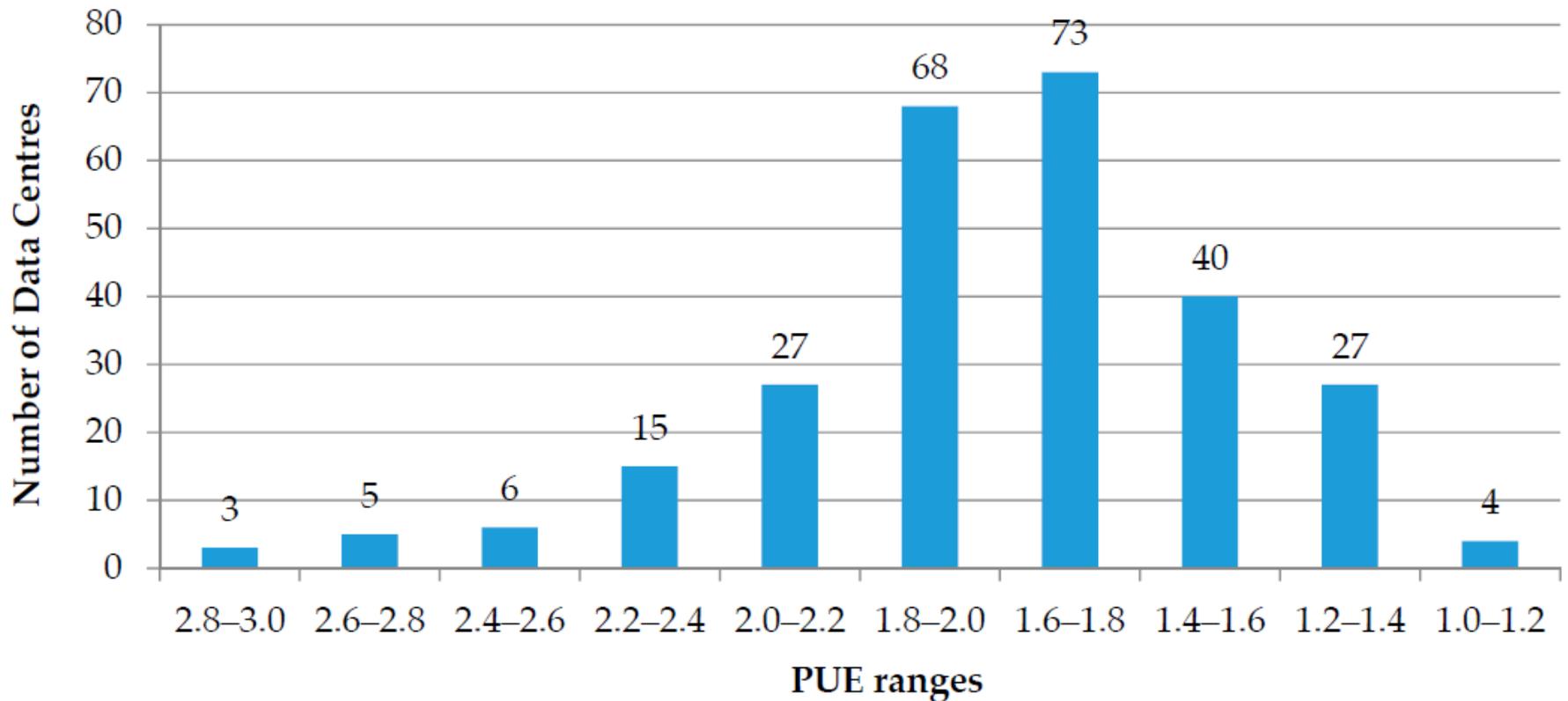
Total Dataset	289 Data Centres Which Have Reported the Data
Total annual electricity consumption	3,735,735 MWh
Average DC floor area	2616 m ²
Average rated IT load	1956 kW
Average annual electricity consumption	13,684 MWh
Average annual IT consumption	7871 MWh
Average PUE	1.80
Average high temp set point	25 °C
Average low temp set point	19.5 °C
Average high RH set point	59% RH
Average low RH set point	35% RH



Ref: Avgerinou, et al., 2017, "Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency," *Energies*, Vol. 10, Issue. 9, pp. 1470.

歐盟委員會資料中心能源效率趨勢 2/4 (2017)

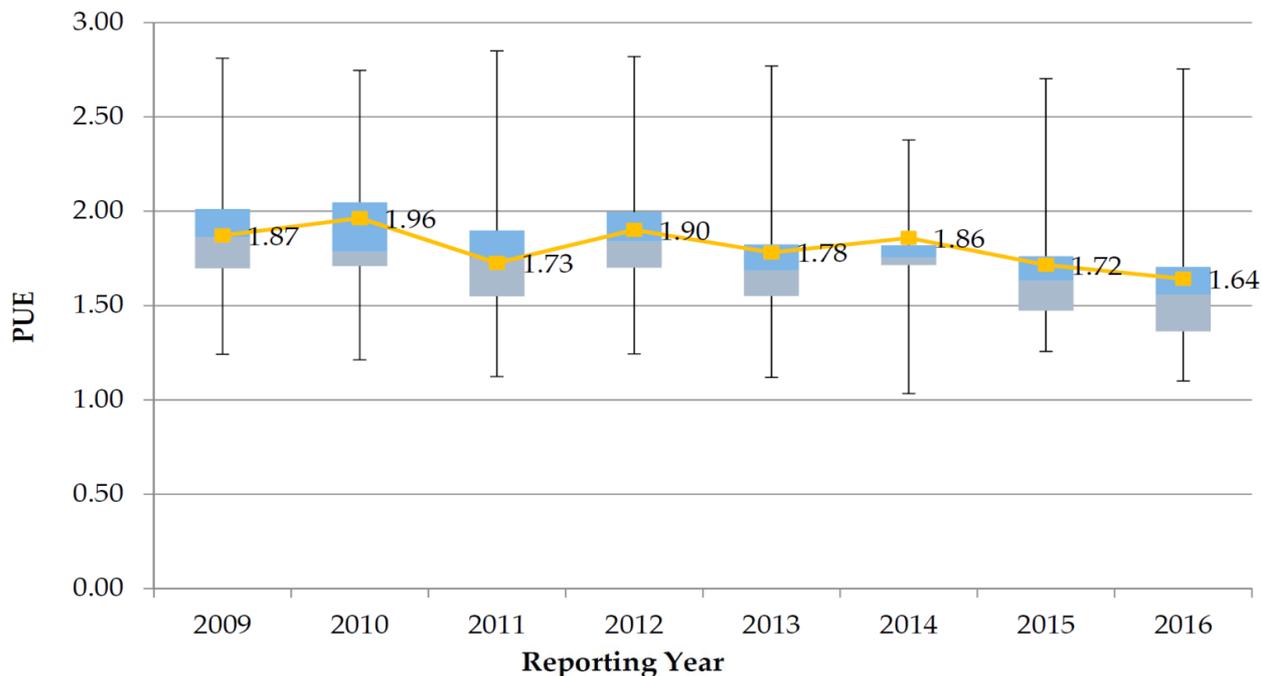
- 訪查的289座資料中心中，共**統計268座**。
- **3座**資料中心 PUE < 1.0、**9座**資料中心 PUE > 3.0。
- **9座**資料中心提供之資料有誤或缺值而未統計。



Ref: Avgerinou, et al., 2017, "Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency," *Energies*, Vol. 10, Issue. 9, pp. 1470.

歐盟委員會資料中心能源效率趨勢 3/4 (2017)

- PUE每年變化趨勢，與Uptime之資料相比較，2011年為1.73遠低於Uptime 1.98。然而若以趨勢來看，2011約在1.93，與Uptime結果相近。
- Uptime趨勢2016約在1.60，與歐盟統計資料1.64相近。
- 即便平均PUE降低，然而仍有相當多的資料中心PUE仍高於2.5，且較低之PUE下降幅度有限。

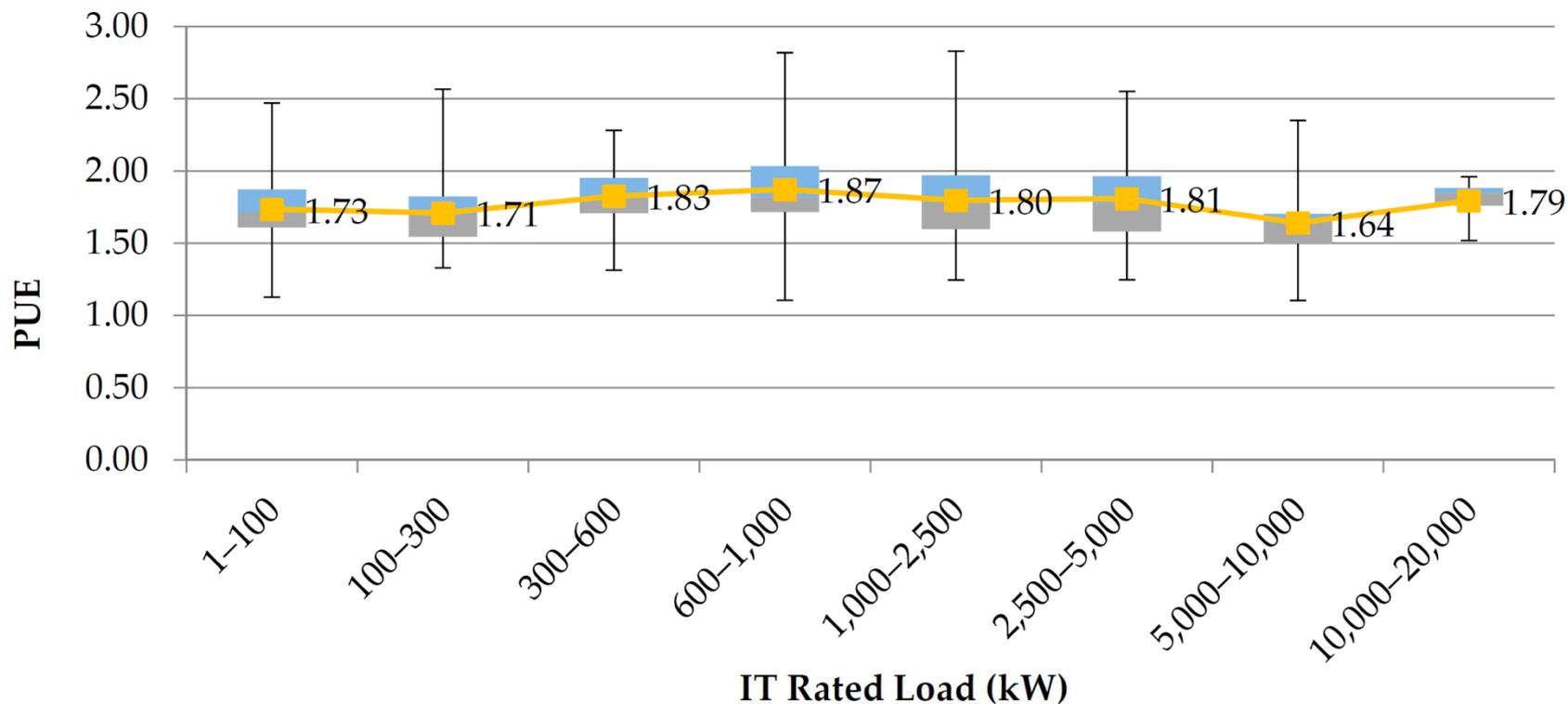


Ref: Avgerinou, et al., 2017, "Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency," *Energies*, Vol. 10, Issue. 9, pp. 1470.



歐盟委員會資料中心能源效率趨勢 4/4 (2017)

- 以IT負載為區間，統計PUE表現，5,000kW~10,000kW之結果最佳。
- 由圖中結果，**並未有**越大型資料中心其PUE表現越佳之結果。

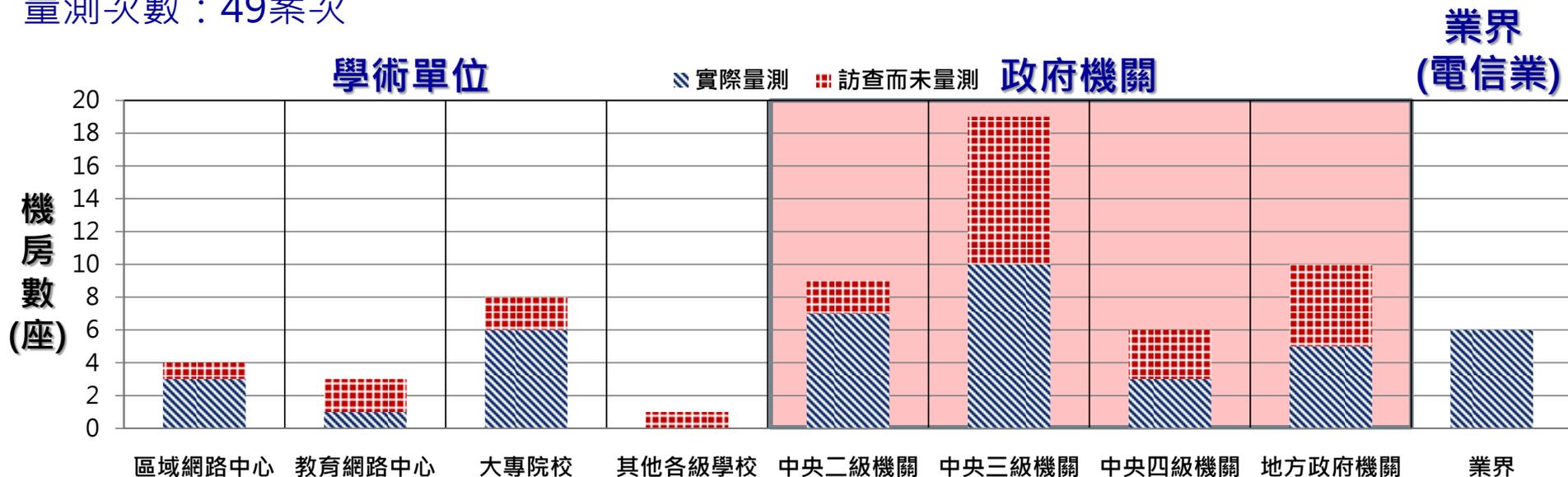


Ref: Avgerinou, et al., 2017, "Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency," *Energies*, Vol. 10, Issue. 9, pp. 1470.



我國政府機關能源使用效率量測 1/4 (2014)

總訪查：66機房
 總量測：41機房
 量測次數：49案次

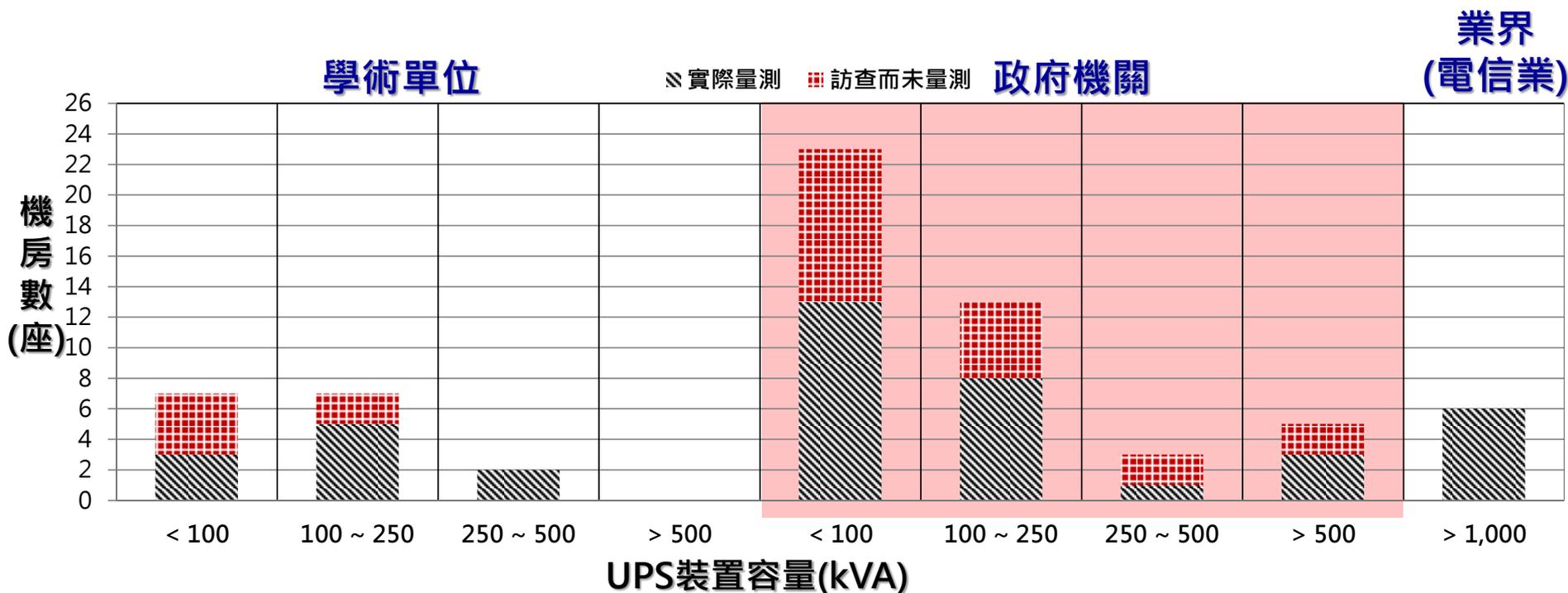


無法量測原因(複選)

未量測原因	共用中央空調	機架式UPS數量龐大	施工困難無法掛表	空調分散量測點過多	電力線路無法釐清	非DC用電供應點過多
數量	8	7	7	1	4	2

Ref: 2014, 科發基金「PUE 資料中心能源量測技術建立與能源效率管理研析」報告

我國政府機關能源使用效率量測 2/4 (2014)

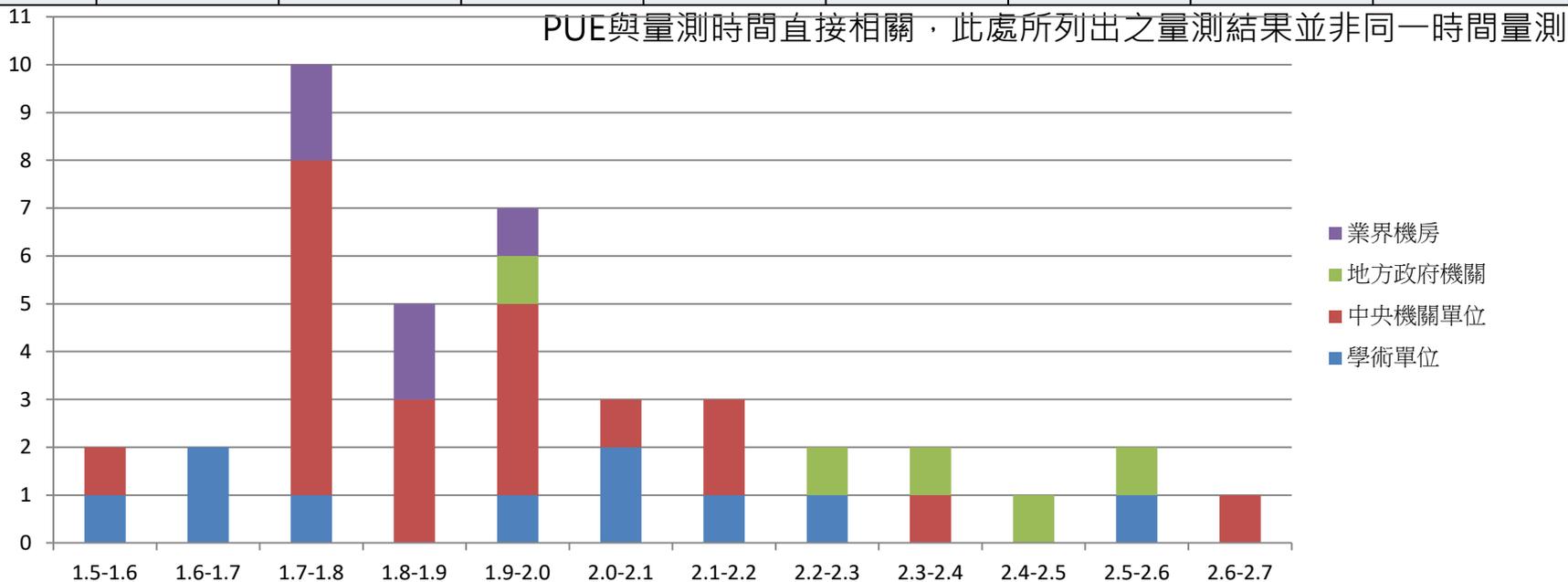


UPS裝置容量 (kVA)	學術單位		政府機關		業界	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
	6	480	19	1,800	1,000	14,800

Ref: 2014, 科發基金「PUE 資料中心能源測技術建立與能源效率管理研析」報告

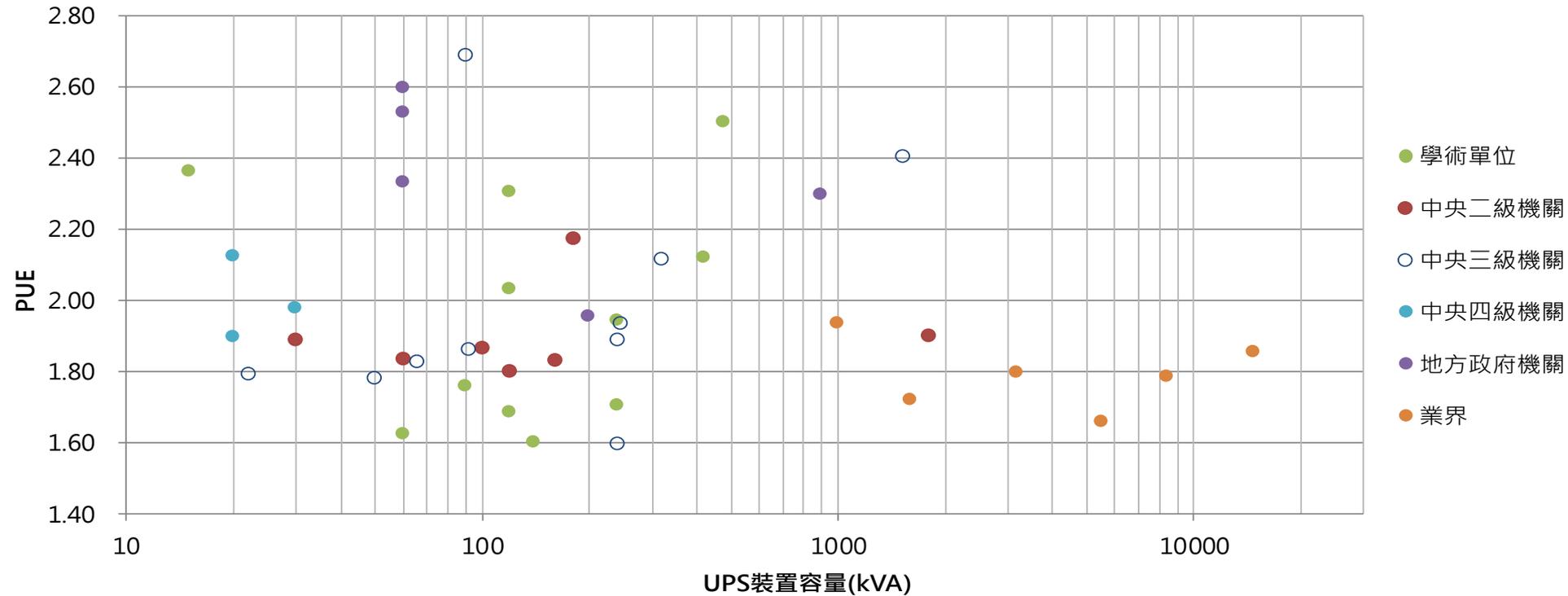
我國政府機關能源使用效率量測 3/4 (2014)

	學術單位			中央機關單位			地方政府機關	業界
量測機房數量	10			20			5	5
週PUE範圍	1.61 ~ 2.55			1.55 ~ 2.65			1.98~2.54	1.72 ~ 1.98
級別	區域網路中心	教育網路中心	大專院校	中央二級機關	中央三級機關	中央四級機關	地方政府機關	業界
週PUE範圍	1.92 ~ 2.55	2.14	1.61 ~ 2.23	1.78 ~ 2.14	1.55 ~ 2.65	1.93 ~ 2.09	1.98 ~ 2.54	1.72 ~ 1.98



Ref: 2014, 科發基金「PUE 資料中心號能量測技術建立與能源效率管理研析」報告

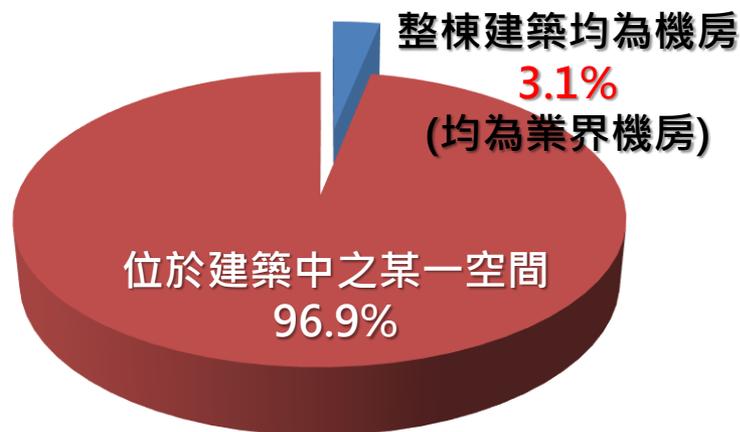
我國政府機關能源使用效率量測 4/4 (2014)



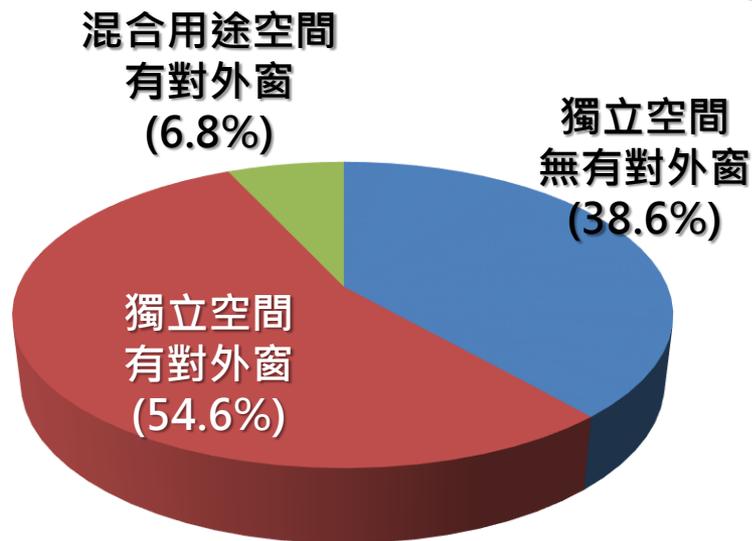
Ref: 2014, 科發基金「PUE 資料中心能源量測技術建立與能源效率管理研析」報告

國內資料中心能源使用效率量測 方法說明

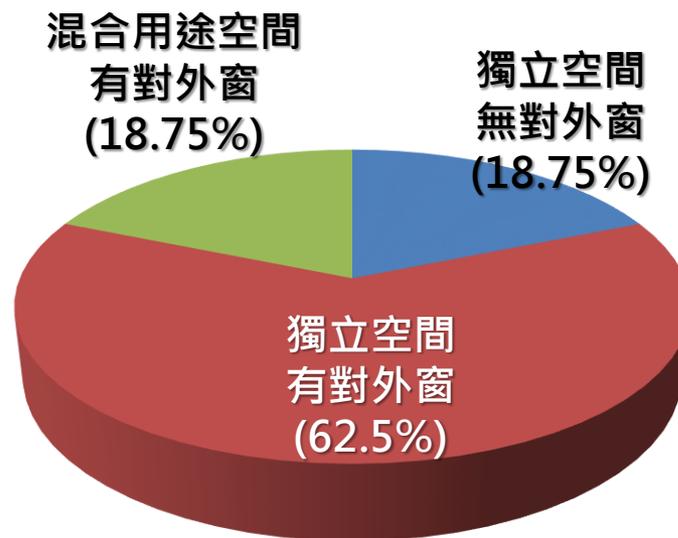
國內資料中心設置實況 1/2



□ 全建築均為資料中心之情形極少



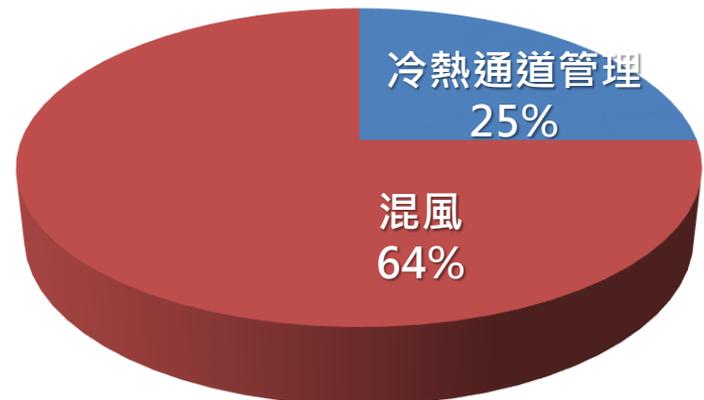
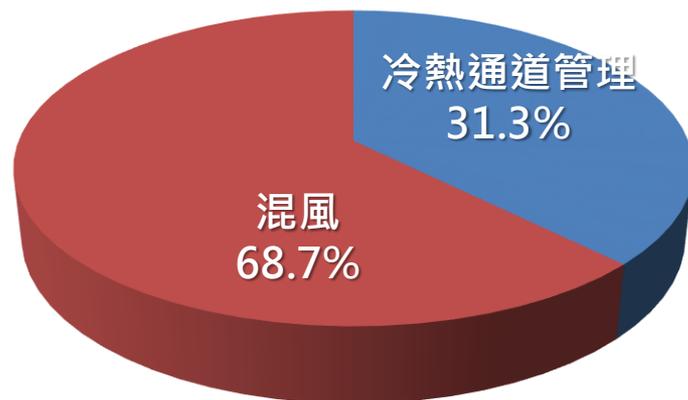
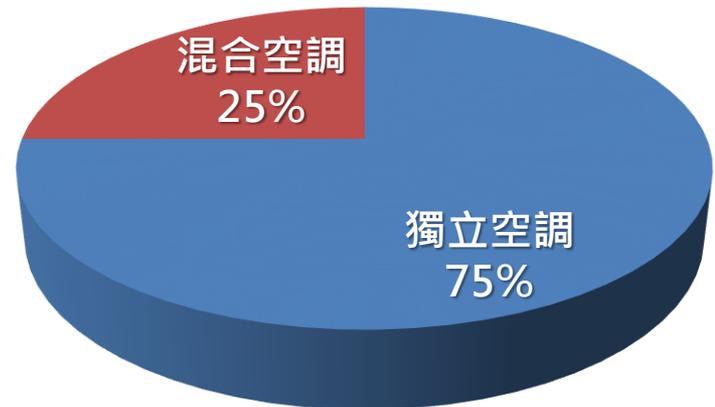
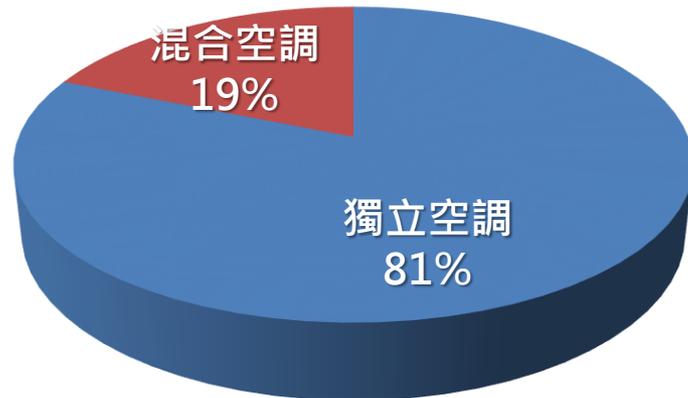
政府機關



學術單位

Ref. 2014, 科發基金「PUE 資料中心能源測技術建立與能源效率管理研析」報告

國內資料中心設置實況 2/2



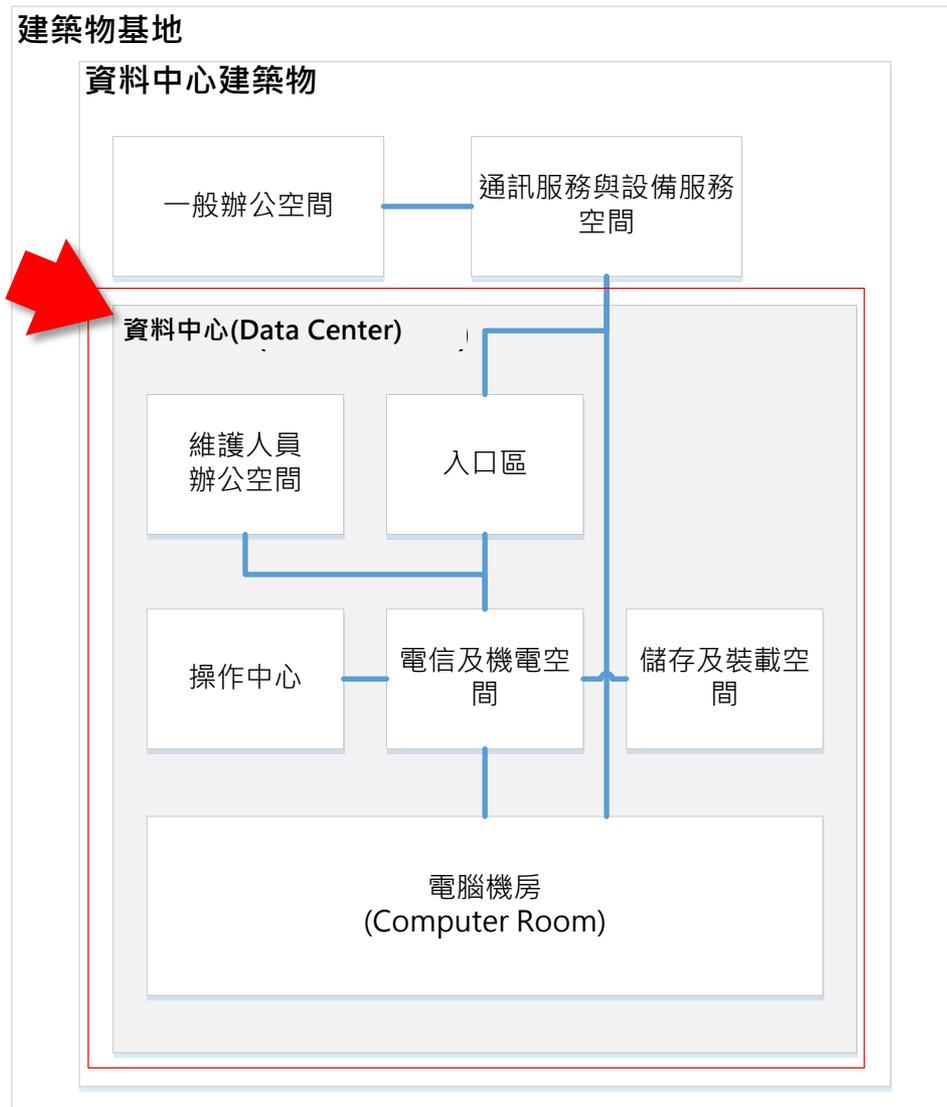
學術單位

政府機關

Ref. 2014, 科發基金「PUE 資料中心能源測量技術建立與能源效率管理研析」報告

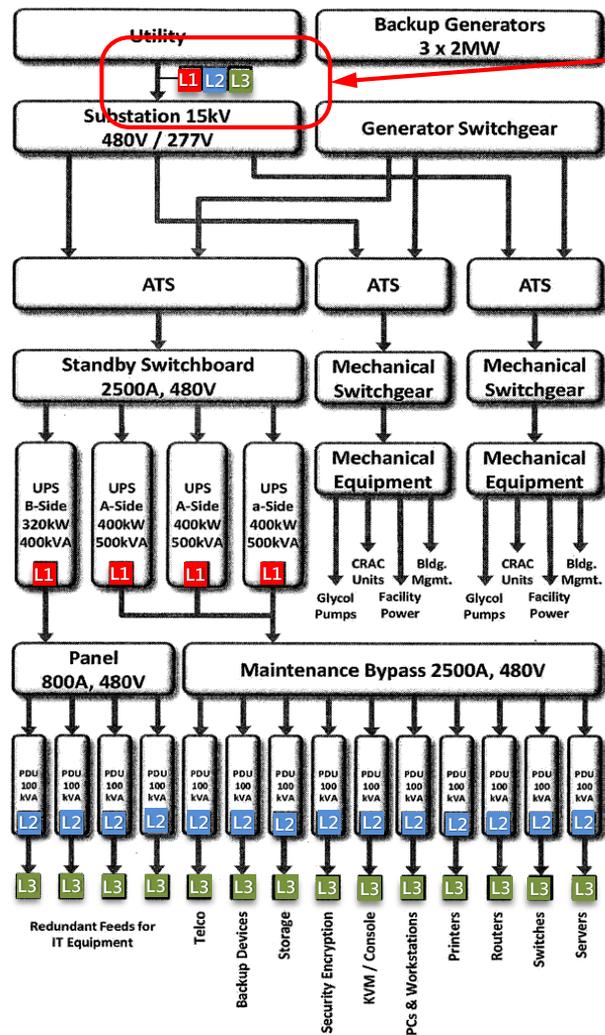
國內之能源使用效率指標作法 1/3

- ASHRAE、ISO/IEC 30134-2、TIA-942等國際規範，其所定義之資料中心以整棟建築之型態為主。
- 國內僅相當少數大型業者，其採用整棟建築均為資料中心之設計。政府機關(構)幾乎無此類型。
- 國內資料中心之型態與國外不同，**直接採用有其不適用性。**

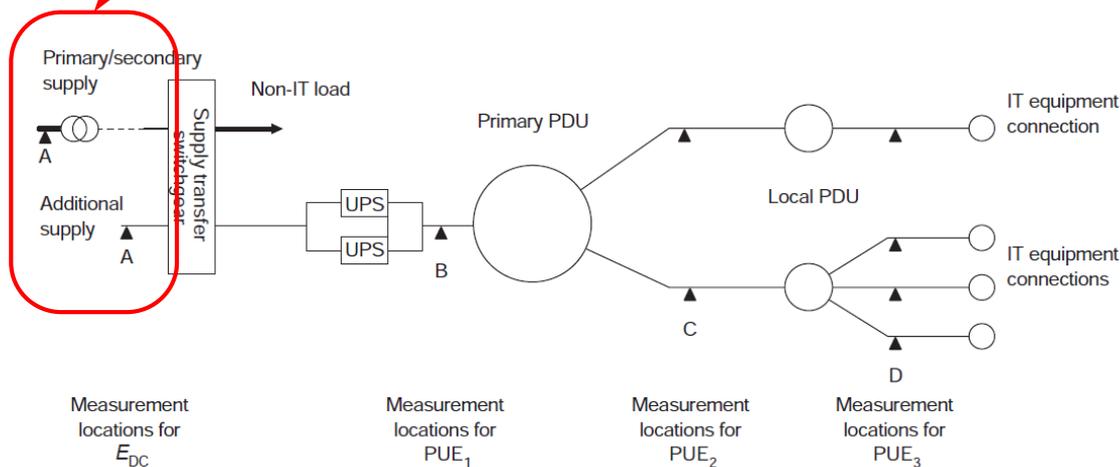


Ref: 2012, TIA-942-A, Telecommunications Infrastructure Standard for Data Center

國內之能源使用效率指標作法 2/3

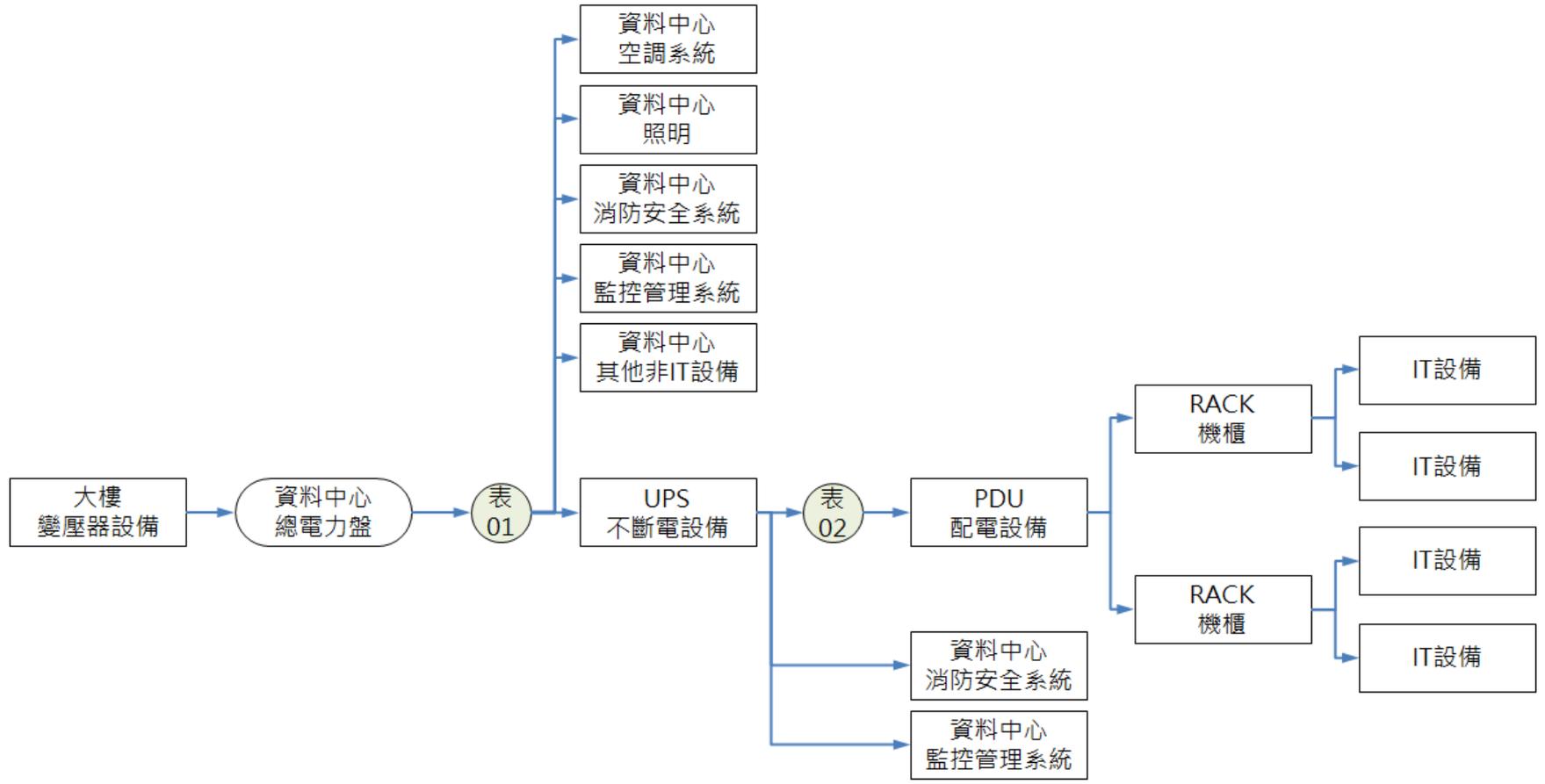


因國內資料中心型態，於此位置取得資料中心總用量將無法呈現國內實際情形



國內之能源使用效率指標作法 3/3

$$\text{能源使用效率指標} = \frac{\text{整體資料中心耗電量}}{\text{IT設備實際耗電量}} = \frac{\text{表1}}{\text{表2}}$$



109年度
「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」
說明會

主題二：

資料中心能源使用效率量測樣態與選擇

報告人：許銘修 博士

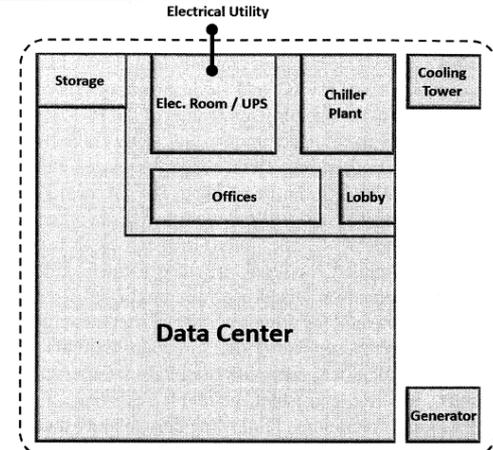
大綱

- 國內資料中心能源使用效率量測樣態原則說明
- 國內資料中心能源使用效率分類及適用性選擇

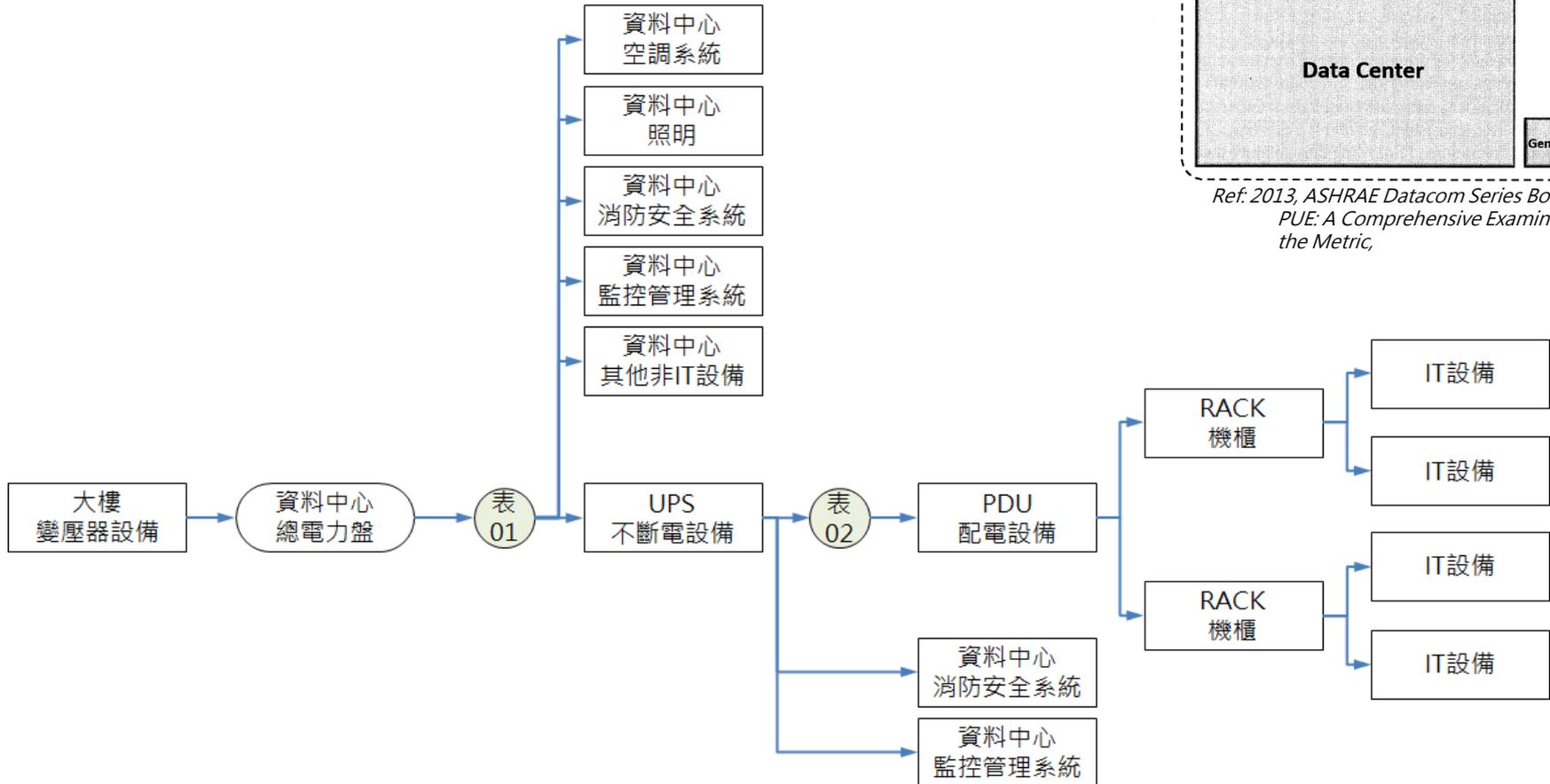
國內資料中心能源使用效率量測樣態 原則說明

能源使用效率量測原則 – 獨立空調 1/3

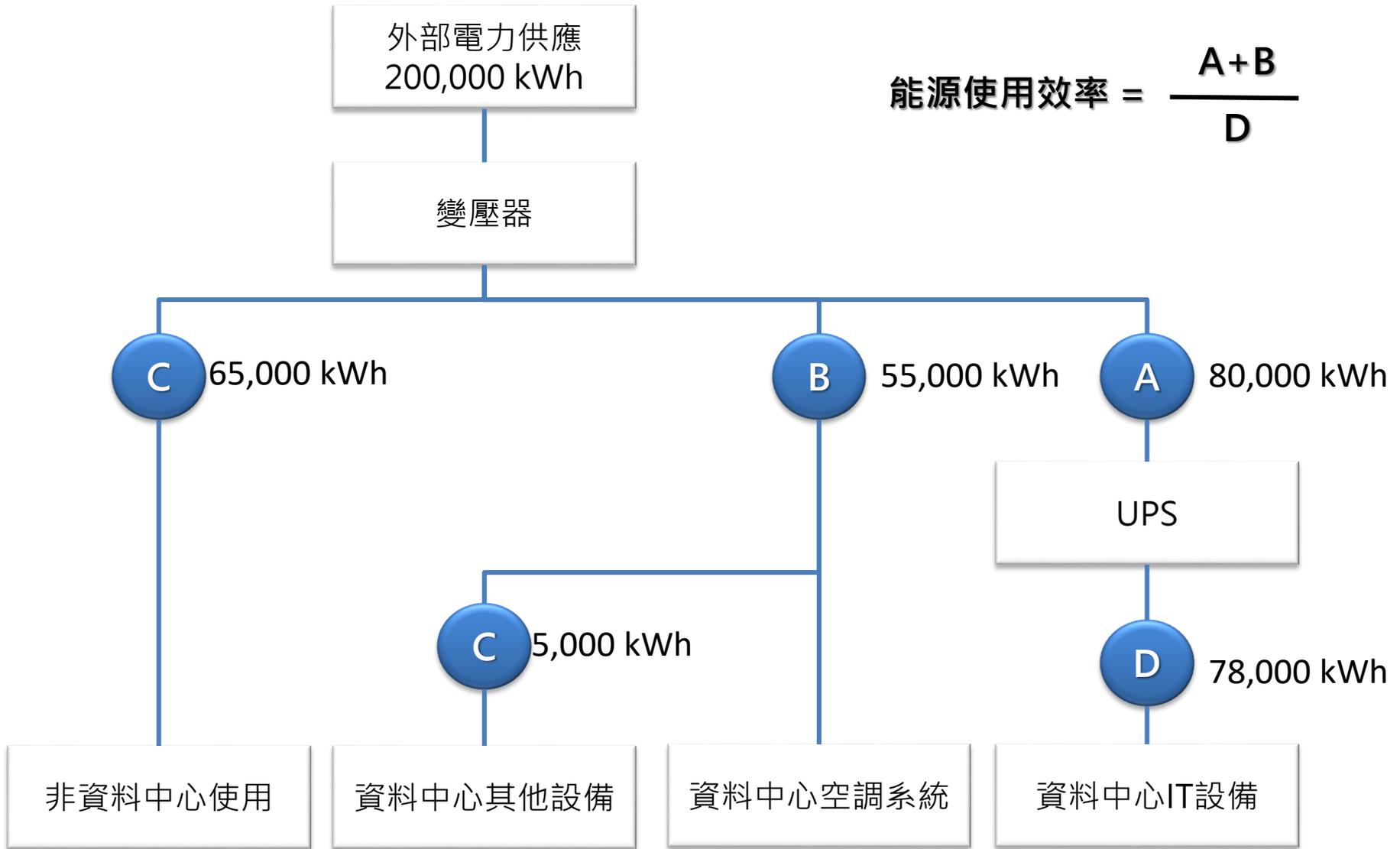
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{整體資料中心耗電量}}{\text{IT設備實際耗電量}} = \frac{\text{表1}}{\text{表2}}$$



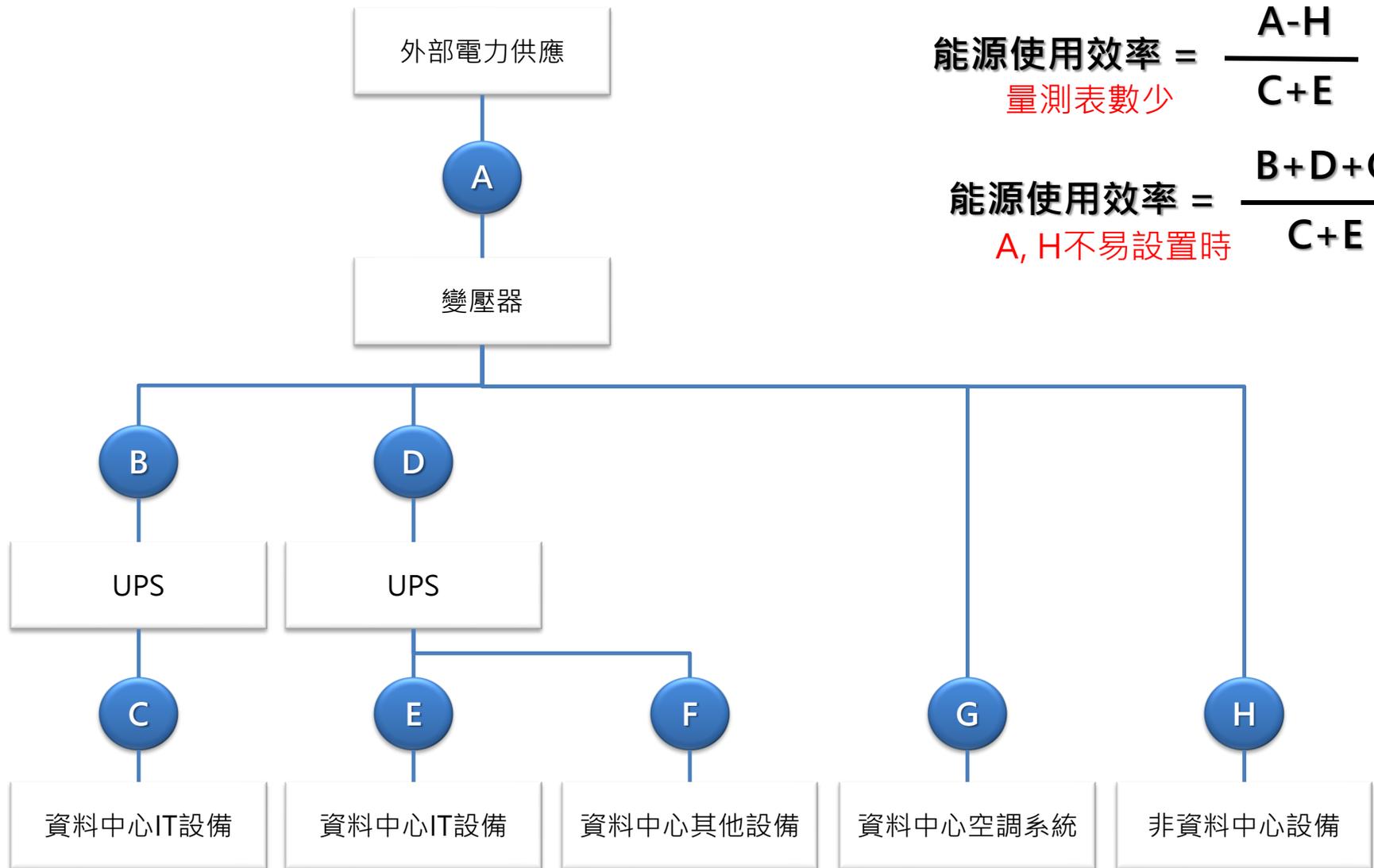
Ref: 2013, ASHRAE Datacom Series Book 11, PUE: A Comprehensive Examination of the Metric,



能源使用效率量測原則 – 獨立空調 2/3



能源使用效率量測原則 – 獨立空調 3/3



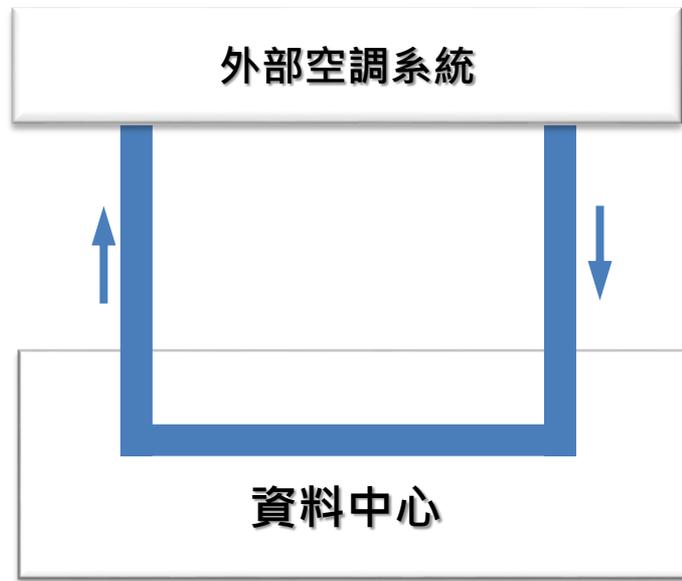
$$\text{能源使用效率} = \frac{A-H}{C+E}$$

量測表數少

$$\text{能源使用效率} = \frac{B+D+G}{C+E}$$

A, H不易設置時

能源使用效率量測原則 – 非獨立空調 2/3



- **VHC** : $1,000 \text{ kg/m}^3 \times 4,184 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
 $= 4,184,000 \text{ J}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$
- **Flow rate** : $0.003 \text{ m}^3/\text{s}$
- **ΔT** : $5 \text{ }^\circ\text{C} = 5 \text{ K}$
- **Time** : $1 \text{ 年} = 31,536,000 \text{ s}$
- **Energy Conversion** : $1 \text{ J} = 1 \text{ Watt}\cdot\text{s}$

$$Q = \frac{\text{VHC} \times \text{Flow rate} \times \Delta T \times \text{Time}}{\text{Energy Conversion}} = \frac{4,184,000 \text{ J}/(\text{m}^3\cdot\text{K}) \times 0.003 \text{ m}^3/\text{s} \times 5 \text{ K} \times 31,536,000 \text{ s}}{1 \text{ J}/(\text{Watt}\cdot\text{s})}$$

$$= 1,977,780,240,000 \text{ Watt}\cdot\text{s} = 1,977,780.240 \text{ MW}\cdot\text{s} = 549.38 \text{ MWh}$$

$$\text{Energy}_{\text{mix-used}} = Q \times 0.4 = 549.38 \text{ MWh} \times 0.4 = 219.752 \text{ MWh}$$

$$\text{PUE} = \frac{\text{資料中心 Energy} + \text{外部空調 Energy}_{\text{mix-used}}}{\text{IT Energy}}$$

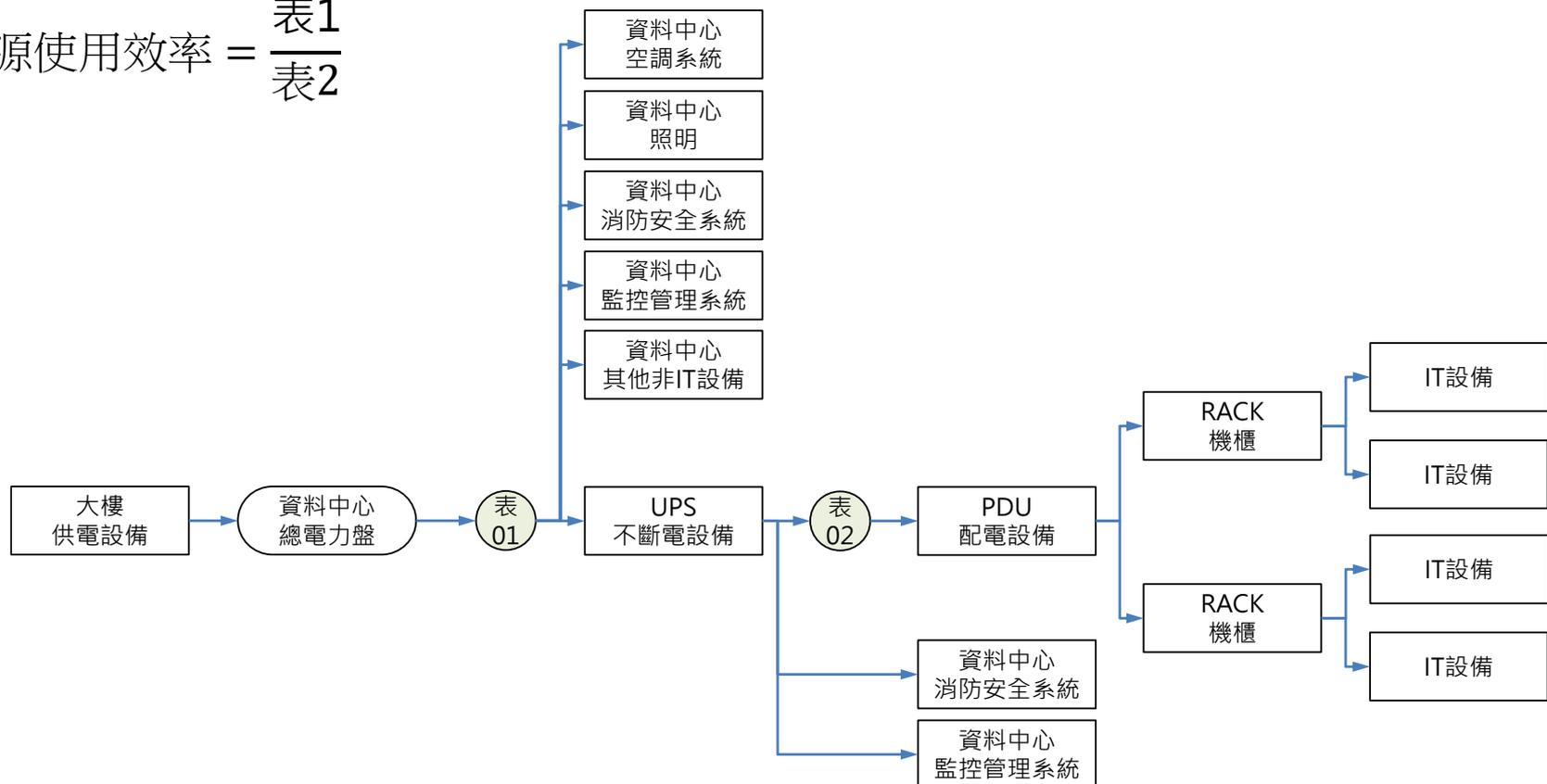
能源使用效率量測原則 – 非獨立空調 3/3

- 資料中心之空調系統若為非獨立空調設計，應計算由其他空調系統提供予資料中心之能量，併同由電力計量表計量測所得之資料中心耗電量計算。
- 其他空調系統所提供能量之計算，如前頁範例，須取得其他空調系統所提供之空調冰水流量、流體介質參數、出水與回水溫度差、量測時間等，須使用之量測設備包含：流量計、溫度(差)計，或BTU表計。
- 進行混合空調提供之能源量測，因具備較高之技術門檻，建議應由具專業資格之技師、技術人員進行操作。
- 若採取非獨立空調設計，仍應以本指引之量測方法進行能源使用效率量測，且能源使用效率數值應符合「行政院及所屬各機關資料中心設置作業要點」之規範。

能源使用效率量測樣態 1/10

樣態特徵說明	
樣態 1	1. 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施用電自總電力盤後獨立迴路，未透過UPS。

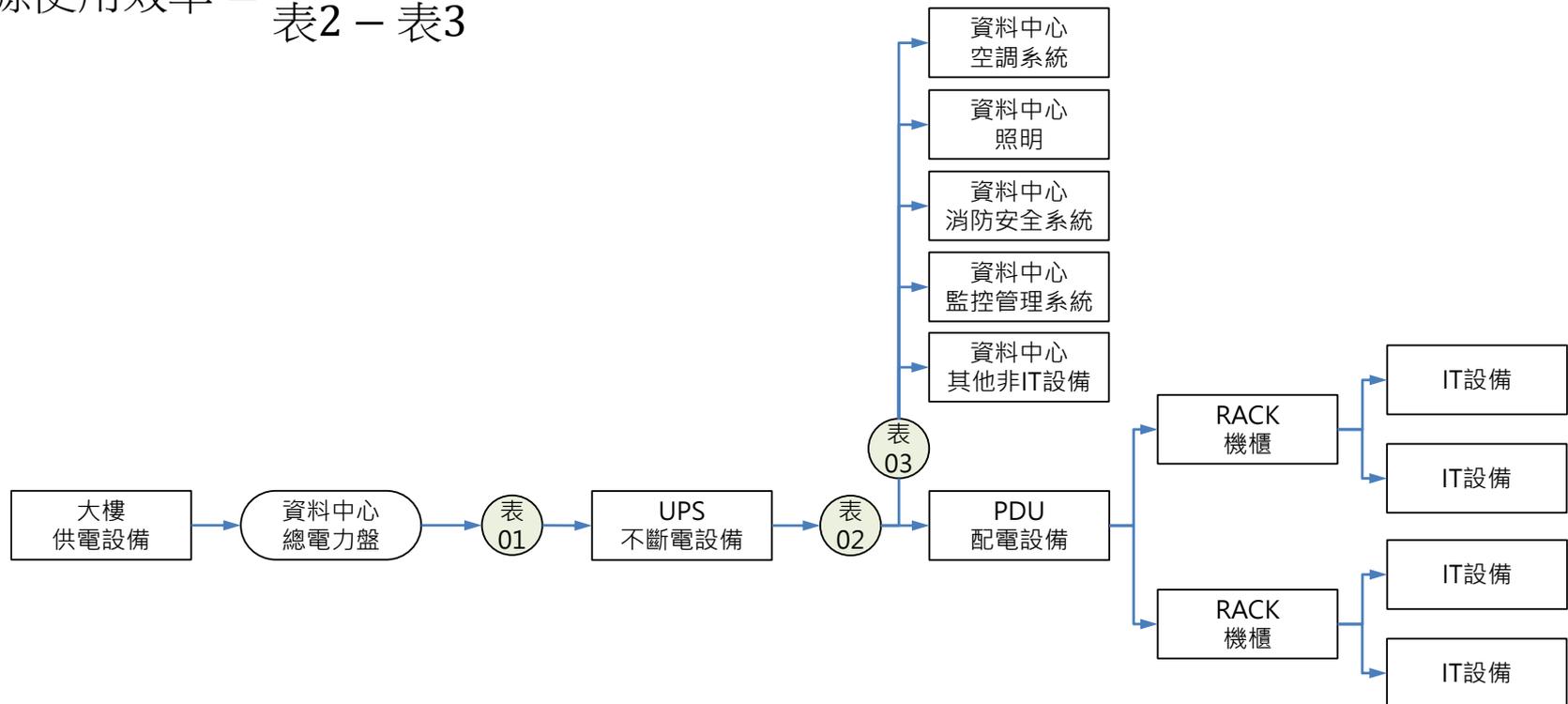
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1}}{\text{表2}}$$



能源使用效率量測樣態 2/10

樣態特徵說明	
樣態 2	1. 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施經UPS供電； 3. UPS輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。

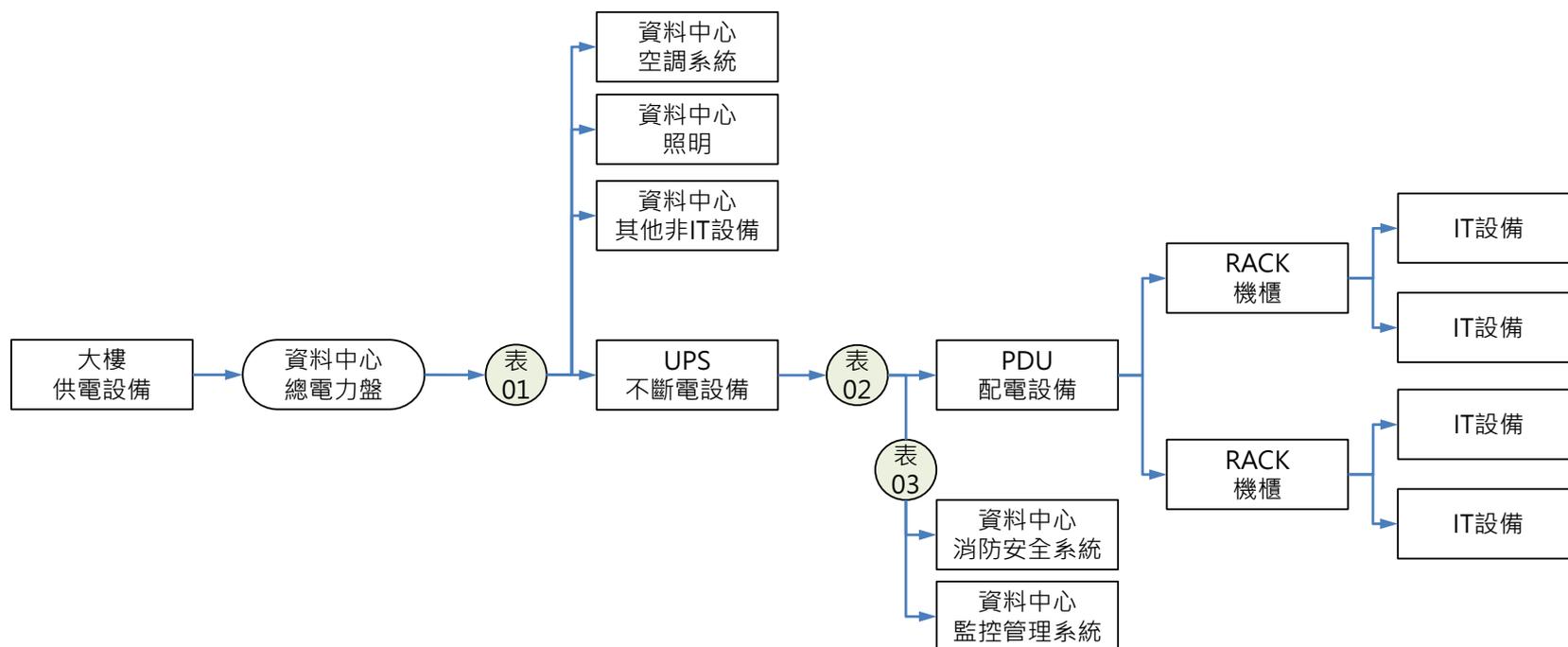
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1}}{\text{表2} - \text{表3}}$$



能源使用效率量測樣態 3/10

樣態特徵說明	
樣態 3	1. 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路； 2. 部分資料中心設施經UPS供電(如：消防安全系統、監控管理系統)； 3. UPS輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。

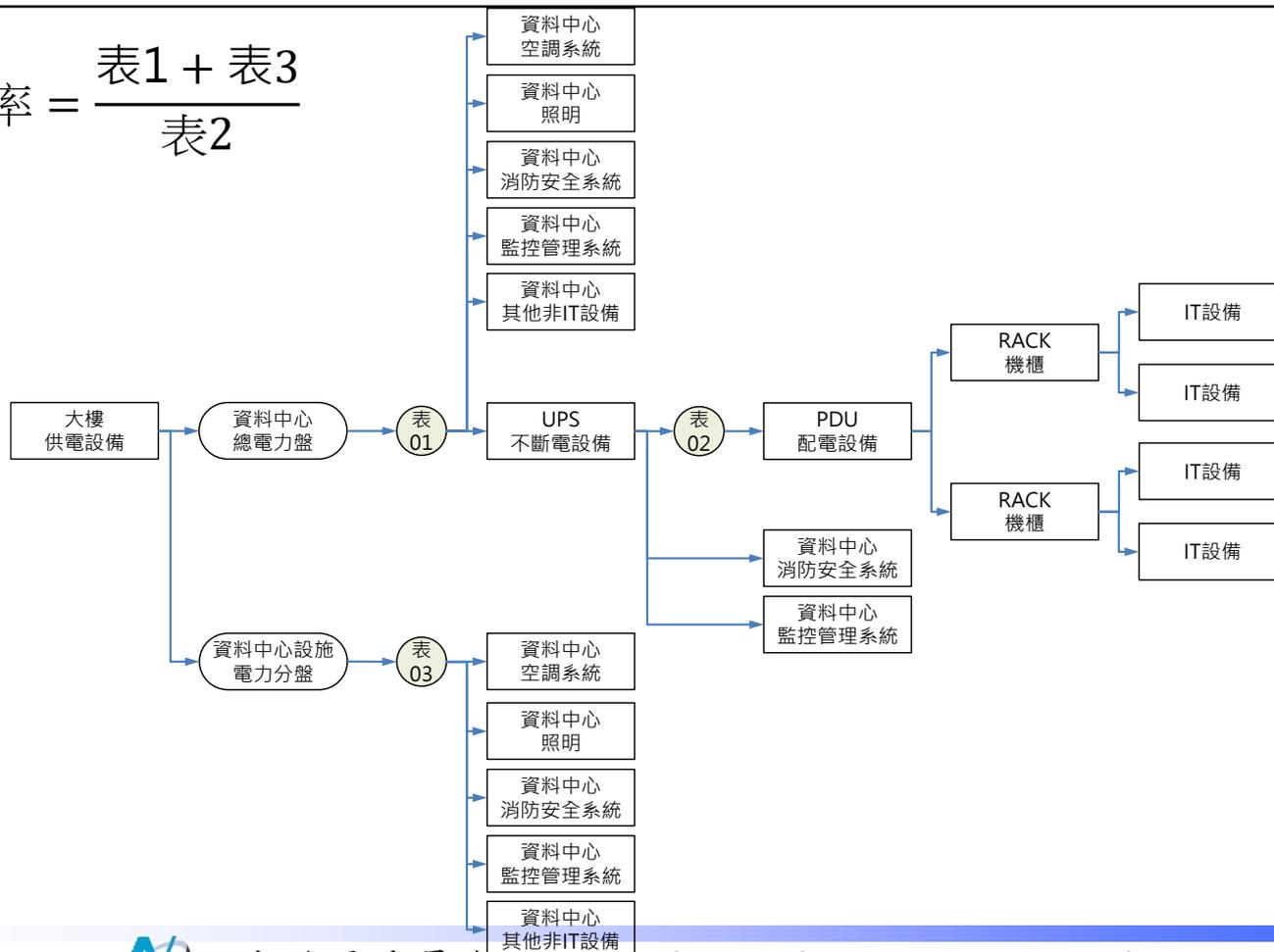
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1}}{\text{表2} - \text{表3}}$$



能源使用效率量測樣態 4/10

樣態特徵說明	
樣態 4	1. 部分資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同供電迴路，且未經UPS供電； 2. 其他資料中心設施由另一電力分盤供電。

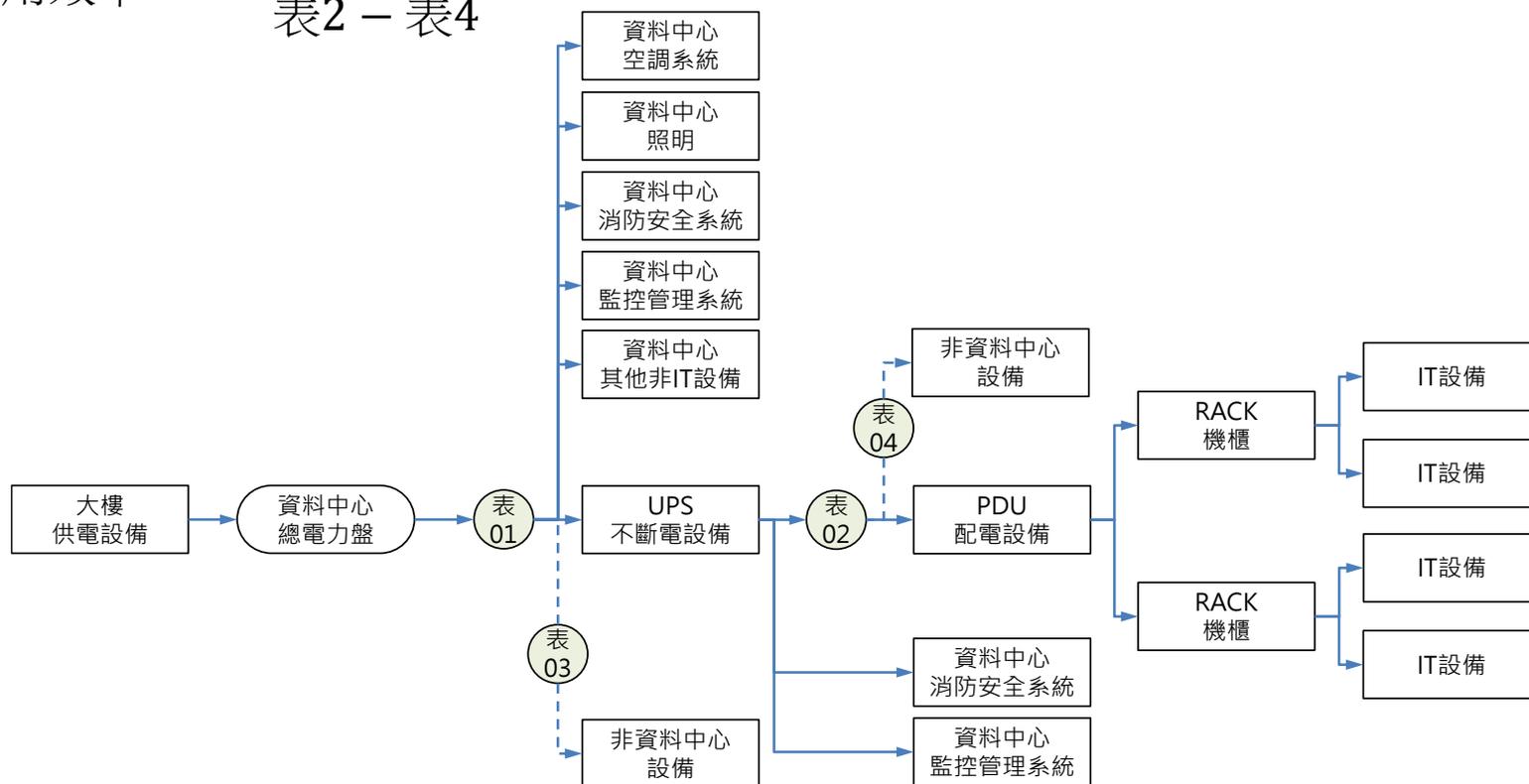
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} + \text{表3}}{\text{表2}}$$



能源使用效率量測樣態 5/10

樣態特徵說明	
樣態 5	1. 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路，且未經UPS供電。 2. 於UPS前及UPS後，分別供電予非資料中心之設備。

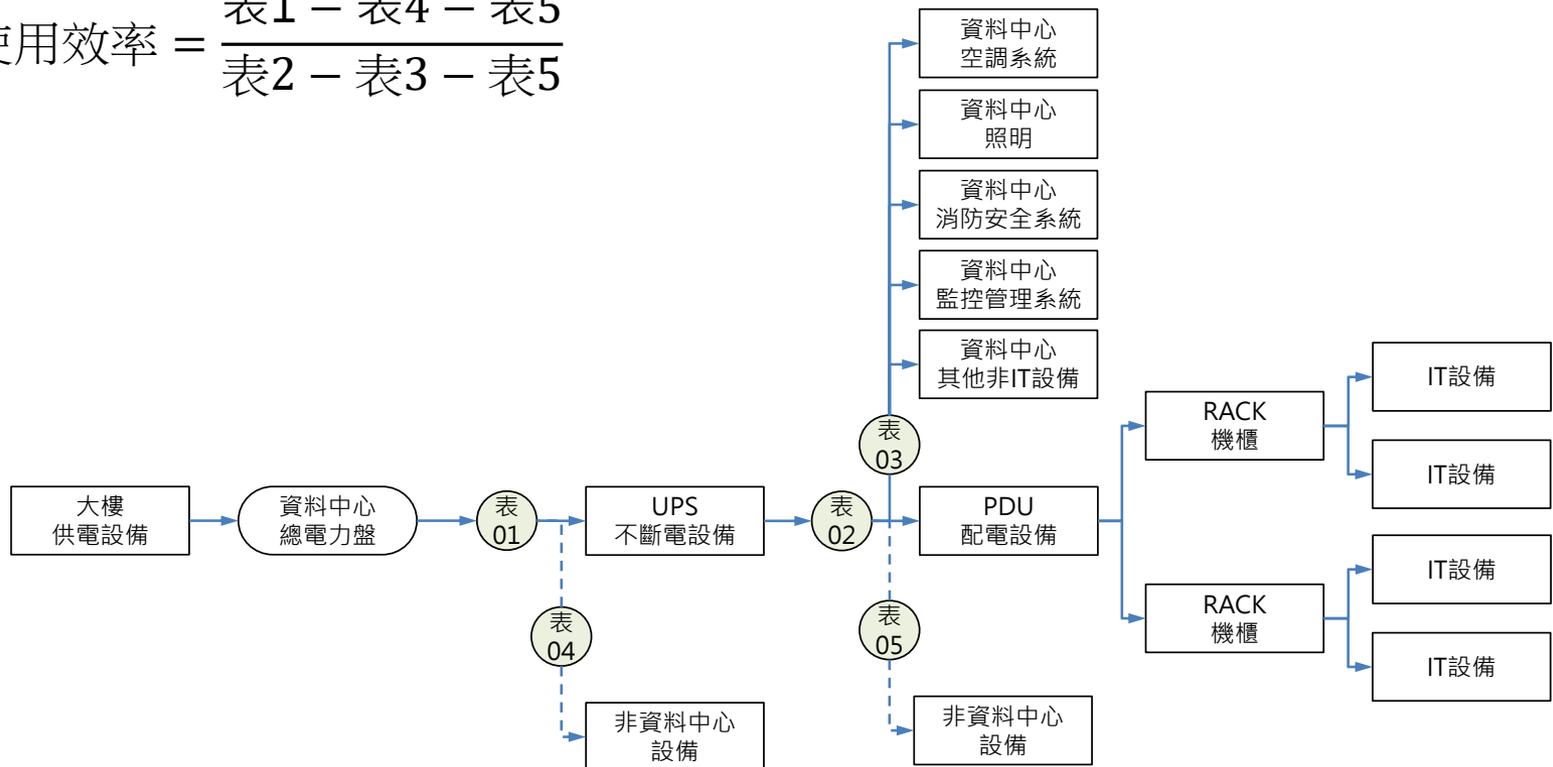
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} - \text{表3} - \text{表4}}{\text{表2} - \text{表4}}$$



能源使用效率量測樣態 6/10

樣態特徵說明	
樣態 6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施經UPS供電； 3. UPS輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。 4. 於UPS前及UPS後，分別供電予非資料中心之設備。

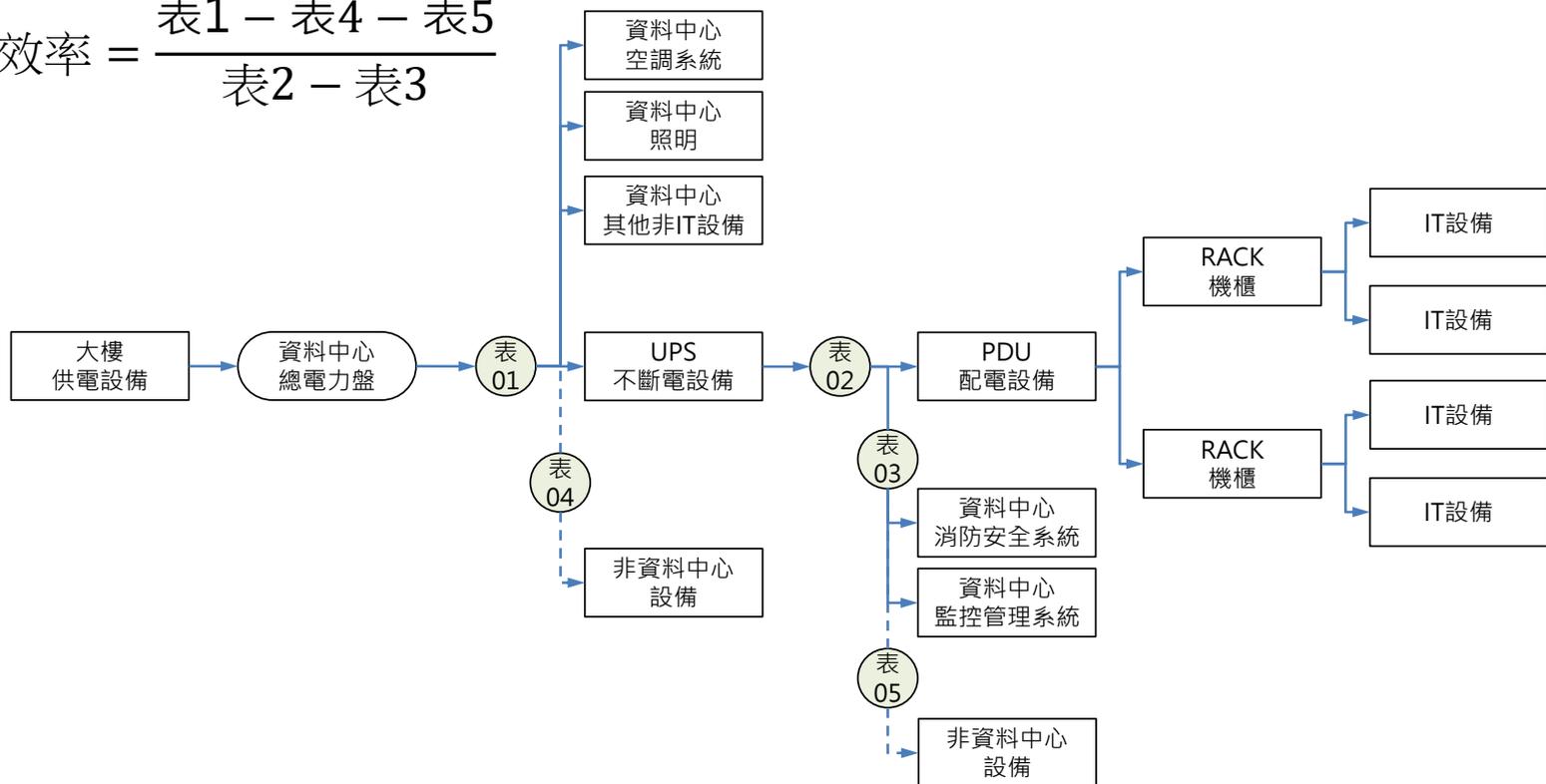
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} - \text{表4} - \text{表5}}{\text{表2} - \text{表3} - \text{表5}}$$



能源使用效率量測樣態 7/10

樣態特徵說明	
樣態 7	<ol style="list-style-type: none"> 資料中心設施之用電與IT設備用電來自相同之供電迴路； 主要資料中心設施(如：空調系統、照明系統等)未經UPS供電，但部分資料中心設施則經UPS供電(如：消防安全系統、監控管理系統) 於UPS前及UPS後，分別供電予非資料中心之設備。

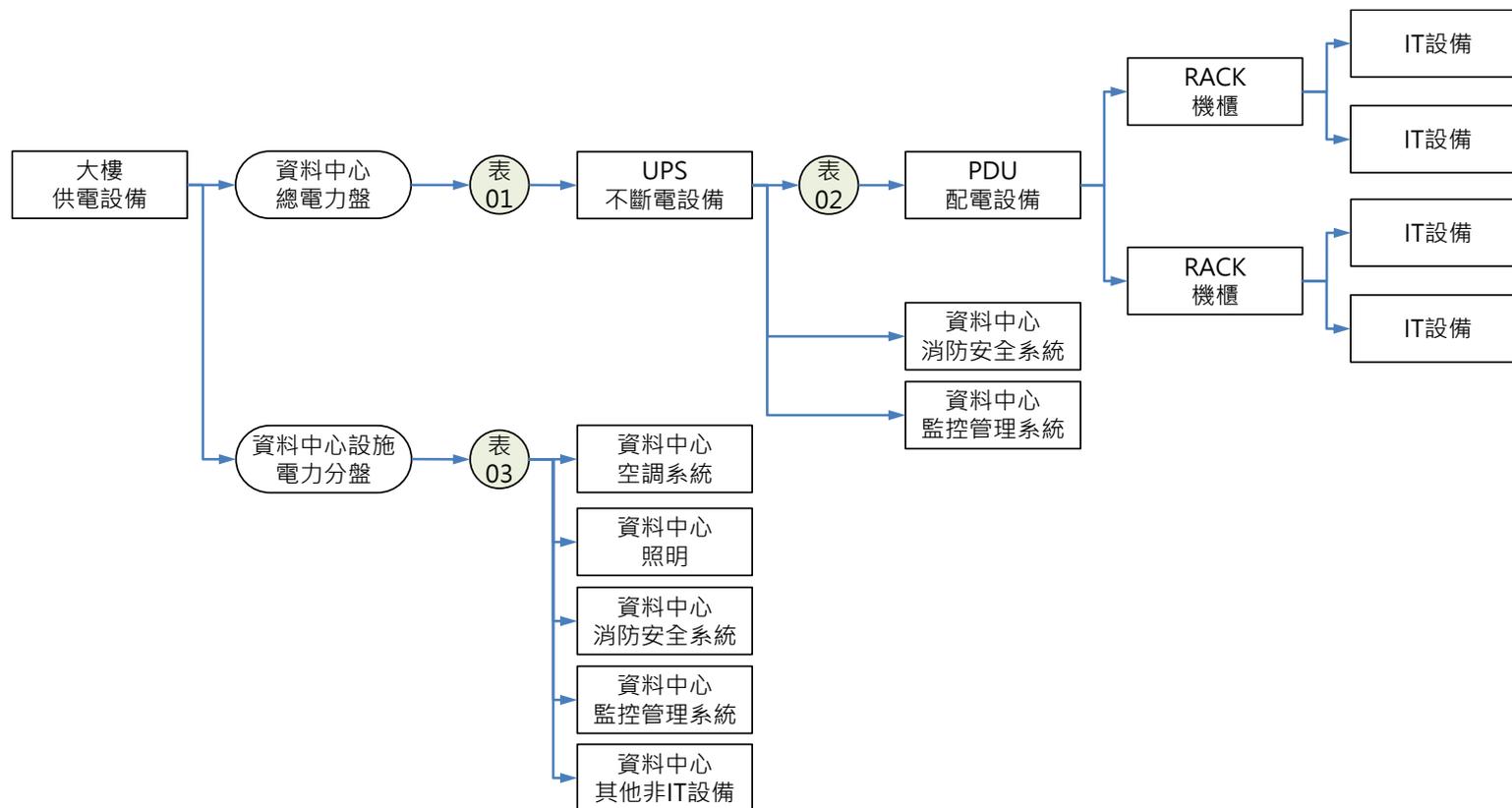
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} - \text{表4} - \text{表5}}{\text{表2} - \text{表3}}$$



能源使用效率量測樣態 8/10

樣態特徵說明	
樣態 8	1. 資料中心設施之用電由獨立電力分盤供電，不與IT設備用電迴路混用。

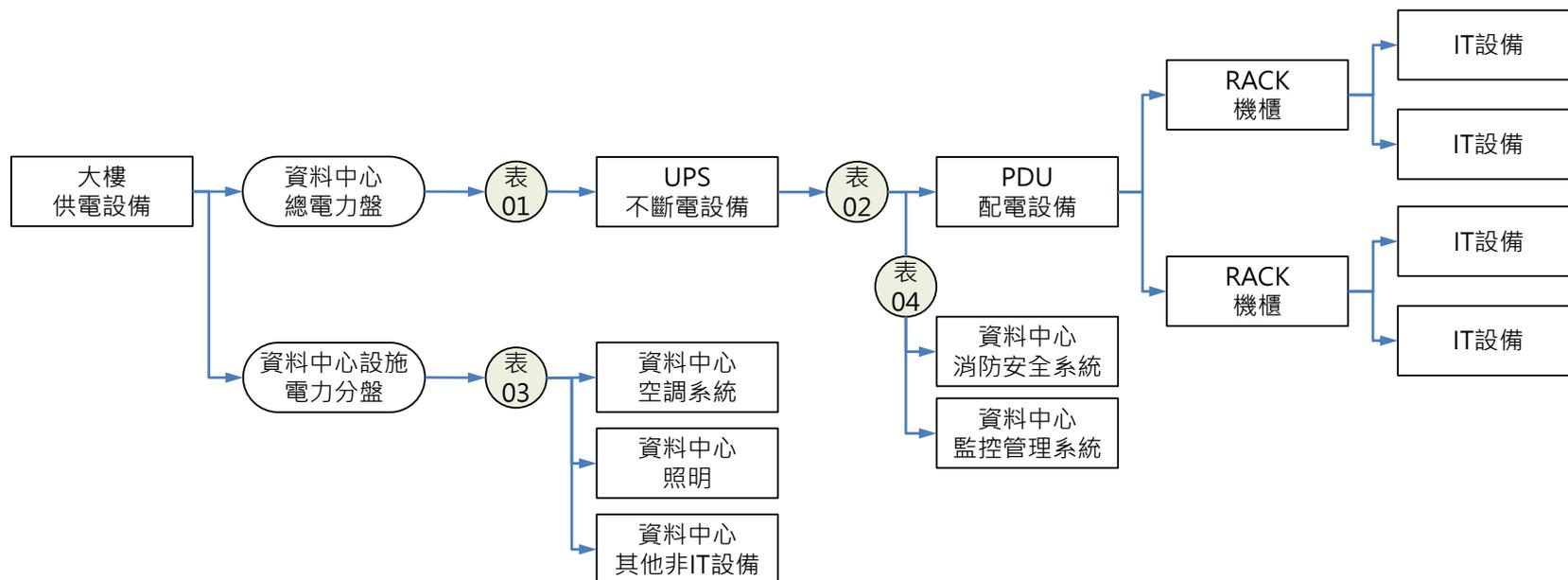
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} + \text{表3}}{\text{表2}}$$



能源使用效率量測樣態 9/10

樣態特徵說明	
樣態 9	1. 主要之資料中心設施用電(如：空調系統、照明系統等)由獨立電力分盤供電； 2. 部分資料中心設施(如：消防安全系統、監控管理系統)與IT設備用電來自相同之供電迴路，並經UPS供電。

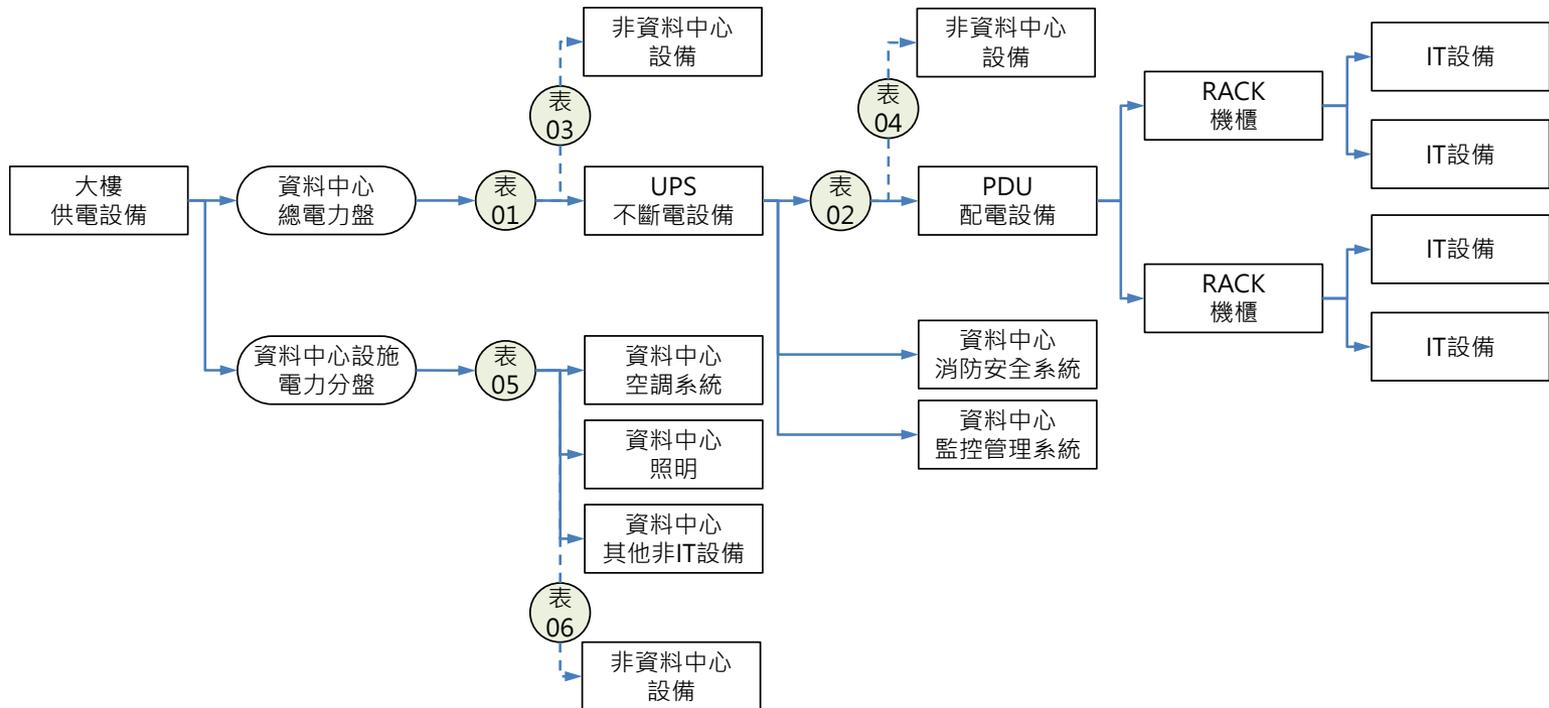
$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} + \text{表3}}{\text{表2} - \text{表4}}$$



能源使用效率量測樣態 10/10

樣態特徵說明	
樣態 10	1. 資料中心設施之用電由獨立電力分盤供電； 2. 於UPS前及UPS後，分別供電予非資料中心之設備。 3. 於機房設施用電迴路上，另有提供予非機房使用之供電。

$$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表1} + \text{表5} - \text{表3} - \text{表4} - \text{表6}}{\text{表2} - \text{表4}}$$



國內資料中心能源使用效率分類及 適用性選擇

能源使用效率分類及適用性選擇 1/2

- 資料中心能源使用效率量測最佳週期為12個月，以涵蓋因季節變化衍生之外部熱負荷影響，然而於實務上並無法等待12個月之量測工作，因此，量測週期必須有相對應之調整。

- 能源使用效率量測週期之考量上，應注意：
 - (1) 為長期能源使用效率監控之目的，可建置或已建置能源使用效率量測系統者，應採12個月量測週期，滾動式計算資料中心之能源使用效率。
 - (2) 為建立資料中心改善前之能源使用效率基準線，或因特殊情形須取得短期資料中心能源使用效率者，則應至少以一週(7天)為量測最小週期。
 - (3) 為確認新建置完成資料中心之規格，或為確認資料中心能之效率最佳表現狀況者，應以資料中心之設計容量為量測條件，以虛擬負載(Dummy Load)模擬資料中心全載運轉時之能耗，並以至少1小時為最小之能源使用效率量測週期。

能源使用效率分類及適用性選擇 2/2

類型	長期監控	建立基準線	性能驗證
量測目的	了解實際運轉情形，以進行持續改善。	建立改善前之效率基準線運轉情形檢視。	驗證規劃設計與實際建置/改善後之差異。
建議週期	12個月	至少1週	至少1小時
量測條件	<ol style="list-style-type: none"> 1.安全性考量，建議應設置固定式電力計量表計進行量測。 2.操作於資料中心日常運轉負載狀態。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.操作於資料中心日常運轉負載狀態。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.資料中心應於設計容量狀態下運轉。 2.必要時應設置虛擬負載以使負載達設計容量。
量測限制	<ol style="list-style-type: none"> 1.必須經過12個月後，才可取得具代表性之能源使用效率值。 2.量測期間若資料中心之IT設備有所增減，將影響量測數值。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.執行量測之季節與天候狀況，直接影響量測結果。 2.僅能呈現一週運轉尖離峰循環之結果，無法呈現跨季運轉尖離峰循環 	<ol style="list-style-type: none"> 1.執行量測之季節與天候狀況，直接影響量測結果。 2.僅能作為設計條件與實際建置完成狀態之比對

109年度
「資料中心能源使用效率量測方法(草案)」
說明會

主題三：
實務案例講解與討論

報告人：許銘修 博士

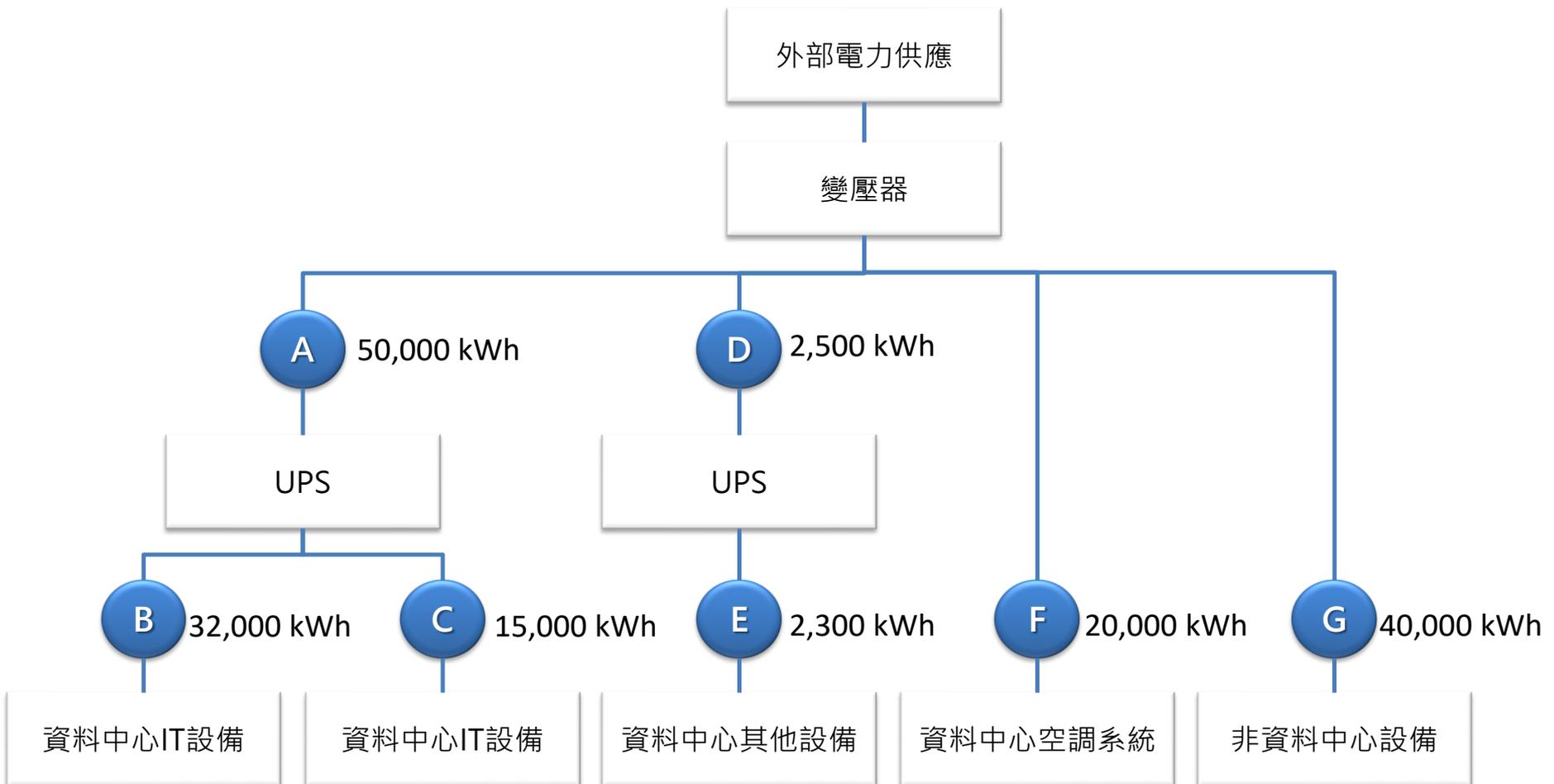
大綱

- 實務案例說明、講解。
- 能源使用效率量測相關問題與討論。

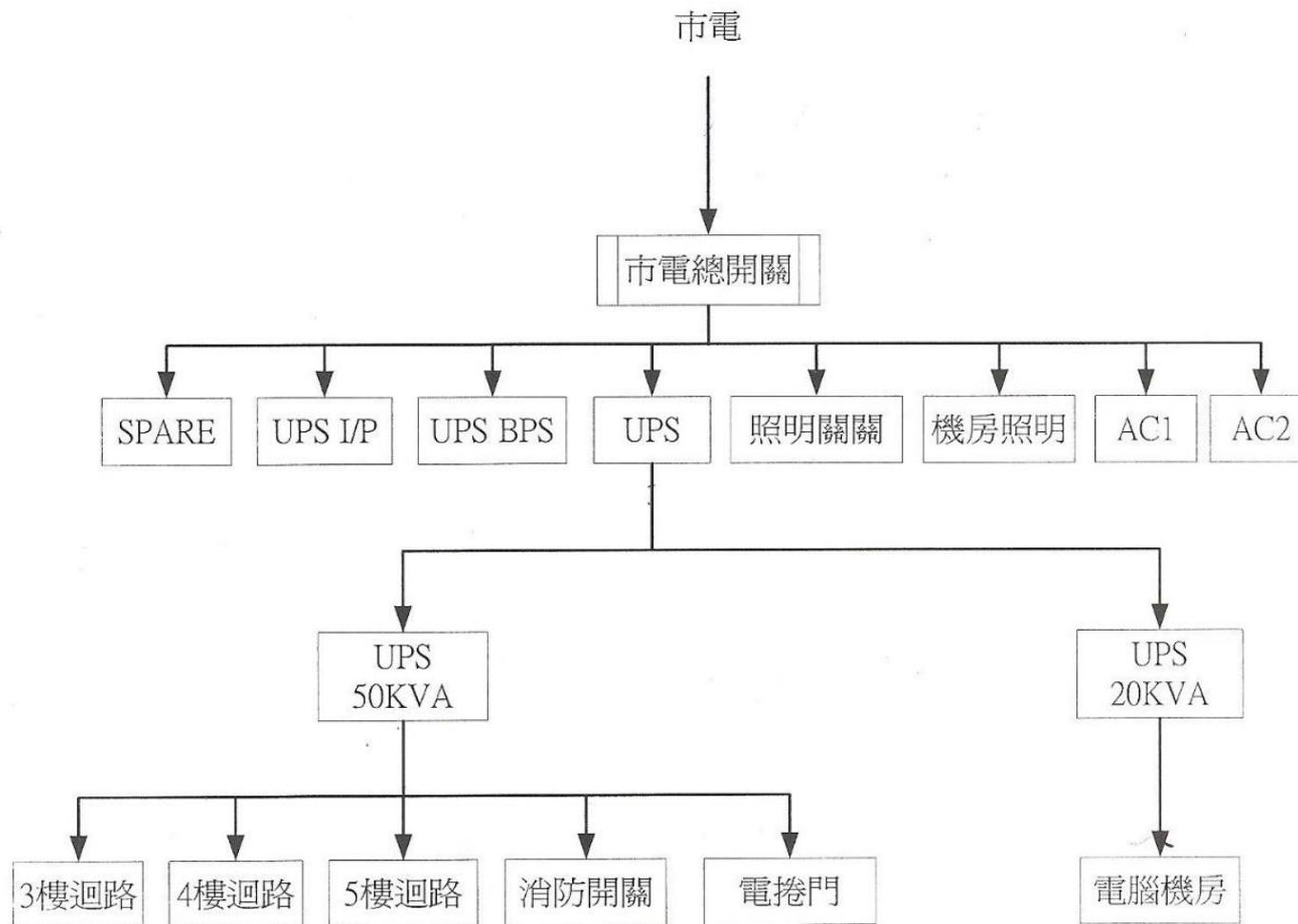
實務案例說明、講解

案例 1

能源使用效率 = 1.54



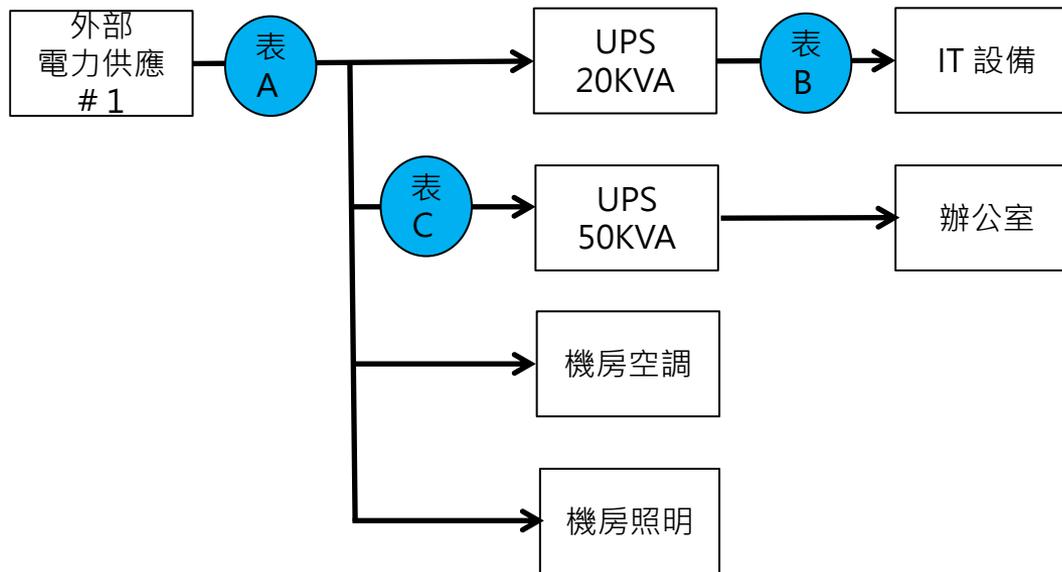
案例 2 1/2



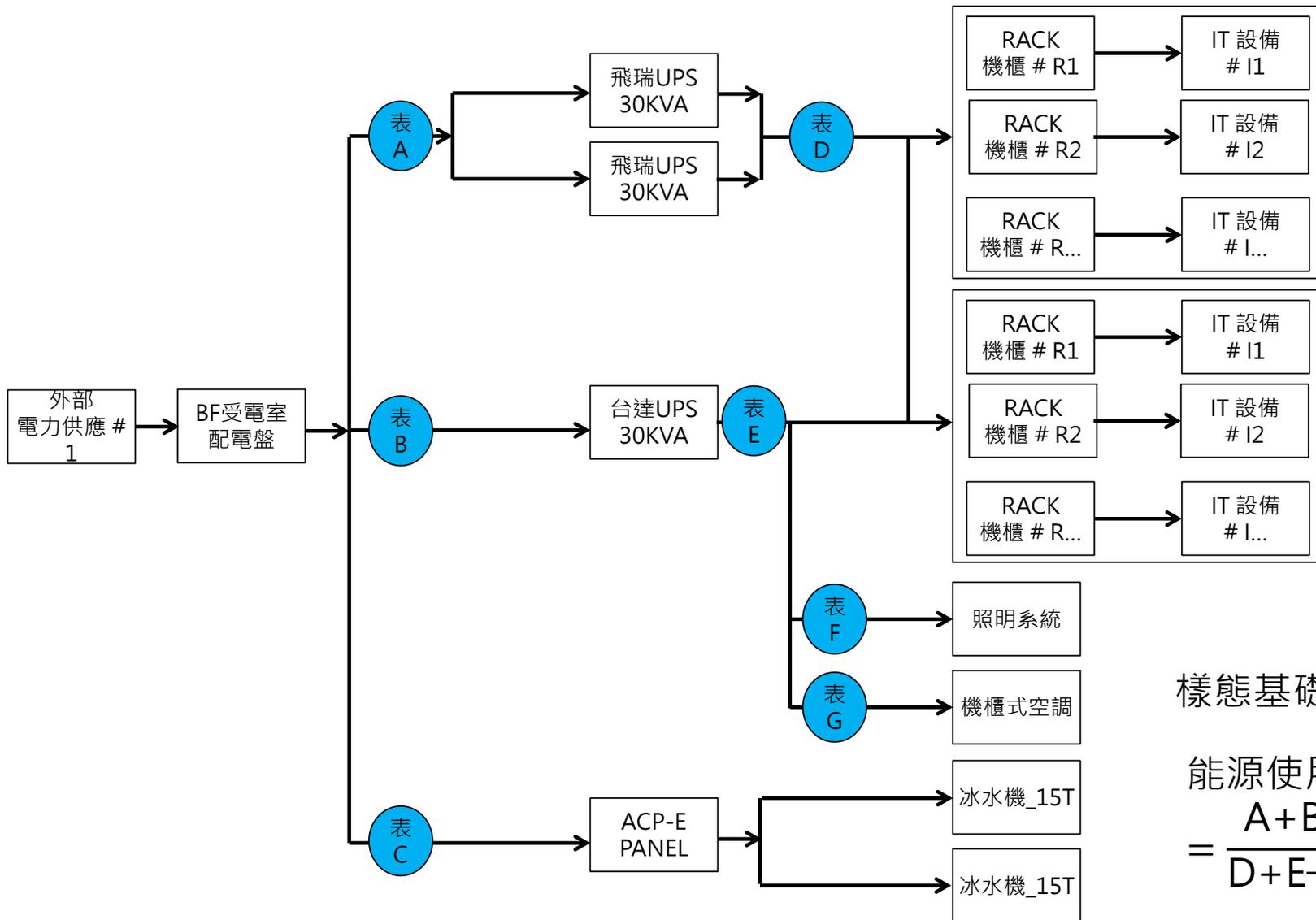
案例 2 2/2

樣態基礎：樣態5

$$\text{能源使用效率} = \frac{A-C}{B}$$



案例 3



樣態基礎：樣態9

$$\text{能源使用效率} = \frac{A+B+C}{D+E-G-F}$$

能源使用效率量測相關問題與討論

簡報完畢
謝謝

國家發展委員會

資料中心能源使用效率量測方法

(草案)

中華民國 109 年 8 月

資料中心之能源使用效率量測方法

壹、能源使用效率指標

國際間常見用以評估資料中心能源使用效率之指標，包括有：能源使用效率(Power Usage Effectiveness, PUE)、資料中心基礎設施效率(Data Center Infrastructure Efficiency ,DCiE)、資訊設備使用率(IT Equipment Utilization, ITEU)，以及資訊設備效率(IT Equipment Efficiency, ITEE)等，表 7 為此四種類指標之摘要說明比較。由表 7 中可知 ITEU、ITEE 僅考慮 IT 設備之能源使用，而 PUE、DCiE 則評估整體資料中心耗電情形，且國際間如 ASHRAE 與 ISO 等組織，亦已將 PUE 指標納入規範中。因此，資料中心能源使用情形之衡量指標，本指引採以 PUE 為基礎並依國內實務調整之能源使用效率量測指標。各單位若欲深入瞭解所屬資料中心之 IT 設備使用情形，建議可參考 ITEU 或 ITEE 之作法，另行評估。

能源使用效率指標為 The Green Grid 於 2007 年提出之白皮書中，建議採用之能源使用效率指標，其指標計算式如(式 1)所示。由(式 1)可知，能源使用效率指標數值越小越好，而其最小值為 1 時，表示所有供應給資料中心的能源，全部使用於 IT 設備。

$$\text{能源使用效率指標} = \frac{\text{整體資料中心耗電量}}{\text{IT 設備實際耗電量}} \dots\dots\dots (式 1)$$

(式 1)之整體資料中心耗電量，因以電力使用為主，故其單位為電度(kWh)，係指與該資料中心運轉有關之各項 IT 設備與非 IT 設備所消耗之電量，計算範疇應至少包含：各項電力系統及設備、空調系統及設備、照明設備、安全系統及設備、管理系統及設備，以及各項 IT 設備等。

表 7. 資料中心能源使用效率指標比較

指標	PUE	DCiE	ITEU	ITEE
定義	以整體資料中心耗電量與 IT 設備實際耗電量之比值，作為能源使用效率指標。	以整體資料中心耗電量與 IT 設備實際耗電量之比值，作為能源使用效率指標，為 PUE 指標之倒數。	為量測所得 IT 設備總耗電量與 IT 設備總額定功率 (Rated Power) 之比值。	為伺服器運算容量、儲存容量、網路設備容量之總和，與 IT 設備總額定功率之比值。
目的	瞭解 IT 設備每單位耗電量對比總耗電量之比值。	瞭解 IT 設備佔了資料中心整體電能使用之比例。	瞭解 IT 設備實際之使用狀況。	直接評比 IT 設備使用之狀況。
計算參數	電度	電度	電度	運算容量 儲存容量 網路設備容量 電度

(式 1)之整體資料中心耗電量，其單位亦為電度(kWh)，係指實際量測所得各項 IT 設備之電力消耗量，IT 設備應至少包含：電腦或伺服器設備、電信設備、網路設備、儲存設備、資訊支援系統及設備等。

量測位置、量測週期為能源使用效率指標量測中，最為重要的兩項參數，正確的量測位置方能獲得整體資料中心之能源使用效率資訊，而合宜的量測週期方能在考量量測成本與能源使用率指標代表性上，獲得平衡。

因此，資料中心在執行能源使用效率量測時，應優先定義以下兩項：

- (1) 電力計量表計應設置位置之正確性。
- (2) 電力計量表計量測之期間長度之合宜性。

貳、能源使用效率量測位置

執行資料中心能源使用效率量測時，應優先確認電力計量表計設置位置，考量上應注意：

- (1) 是否已經設置足夠之電力計量表計，將資料中心所使用之各項 IT 設備與基礎設施均納入量測範圍？
- (2) 是否有已經設置足夠之電力計量表計，可以完整量測 IT 設備之用電？
- (3) 若有非屬於資料中心之用電設備，卻與資料中心共用電力系統者，是否已經設置電力計量表計，作為後續計算上排除之用？
- (4) 所採用之電力計量表計裝設方式是否正確？電力計量表計準確度是否經過確認？

依據工研院於 101 年執行「資料中心耗能量測技術建立與能源效率管理研析」計畫之統計，在所訪查之 66 座資料中心中，僅 2 座資料中心為整棟建築均為資料中心之型態，其餘 64 座資料中心(96.9%)之設置位置則位於建築中之一層樓或某一空間，此結果與國內資料中心普遍屬於中小型、微型機房相關。

而對於位於建築中之單一層樓或某一空間之資料中心，其將與整個建築之其他空間共用一個供電設備，因此(式 1)之整體資料中心耗電量量測上，將無法直接採用市電供電之計費表計所得之用電量(亦即台電公司所設置之計費用電度表)，而須於提供予資料中心用電之分電盤位置設置，此為本指引與國際間能源使用效率指標量測作法最大之不同點。

本指引以工研院 101 年計畫中，對於國內資料中心於能源使用效率量測之電力計量表計設置位置分類為基礎，圖 20 所示為一典型之資料中心設置類型，其設施用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路，且設施用電自總電力盤後與 IT 設備供電迴路各自獨立。因此，計算圖 20 類型資料中心之能源使用效率指標(式 1)，整體資料中心耗電量為表 01 所量測到之用電量，IT 設備實際耗電量為表 02 量測之用電量。

本指引彙整歸納常見之資料中心基礎設施設置類型執行能源使用效率量測時，電力計量表計應設置位置示意圖，如附錄所示。然而，因各資料中心之設計樣態眾多，附錄之分類並無法完全涵蓋，但使用上可由附錄中較為相近之分類，依循(式 1)之精神進行量測位置之判定。

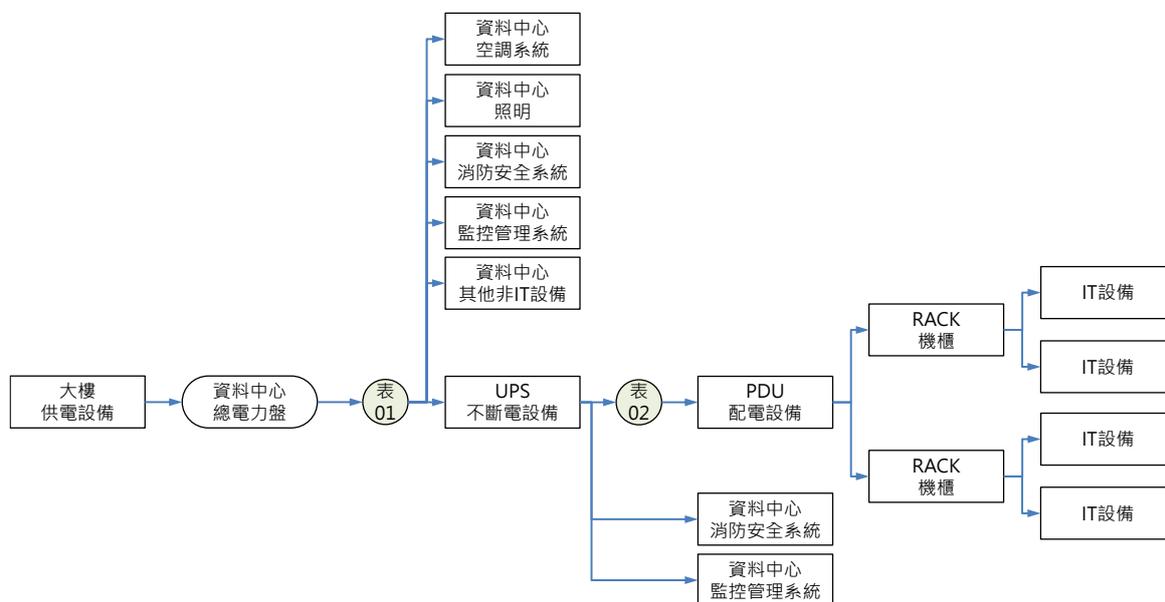


圖 20. 典型資料中心設計類型示意圖

參、能源使用效率量測週期

資料中心能源使用效率量測最佳週期為 12 個月，以涵蓋因季節變化衍生之外部熱負荷影響，然而若因資料中心改善前能耗基準建立、資料中心建置驗收等因素而執行能源使用效率量測，於實務上並無法等待 12 個月之量測工作，因此，量測週期必須有相對應之調整。能源使用效率量測週期之考量上，應注意：

- (1) 為長期能源使用效率監控之目的，可建置或已建置能源使用效率量測系統者，應採 12 個月量測週期，滾動式計算資料中心之能源使用效率。

- (2) 為建立資料中心改善前之能源使用效率基準線，或因特殊情形須取得短期資料中心能源使用效率者，則應至少以一週(7天)為量測最小週期。
- (3) 為確認新建置完成資料中心之規格，或為確認資料中心能之效率最佳表現狀況者，應以資料中心之設計容量為量測條件，以虛擬負載(Dummy Load)模擬資料中心全載運轉時之能耗，並以至少 1 小時為最小之能源使用效率量測週期。

表 8 所示為在不同量測目的下，建議之量測週期，以及相對應之量測條件、量測限制比較。在量測時間允許、量測成本允許情形下，建議仍應盡可能延長量測週期，以獲取更具代表性之能源使用效率值。

表 8. 能源使用效率量測週期比較

類型	長期監控	建立基準線	性能驗證
量測目的	了解實際運轉情形，以進行持續改善。	建立改善前之效率基準線、運轉情形檢視。	驗證規劃設計與實際建置/改善後之差異。
建議週期	12 個月	至少 1 週	至少 1 小時
量測條件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安全性考量，建議應設置固定式電力計量表計進行量測。 2. 操作於資料中心日常運轉負載狀態。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作於資料中心日常運轉負載狀態。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料中心應於設計容量狀態下運轉。 2. 必要時應設置虛擬負載，以使負載達設計容量。
量測限制	<ol style="list-style-type: none"> 1. 必須經過 12 個月後，才可取得具代表性之能源使用效率值。 2. 量測期間若資料中心之 IT 設備有所增減，將影響量測數值。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 執行量測之季節與天候狀況，直接影響量測結果。 2. 僅能呈現一週運轉尖離峰循環之結果，無法呈現跨季運轉尖離峰循環。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 執行量測之季節與天候狀況，直接影響量測結果。 2. 僅能作為設計條件與實際建置完成狀態之比對。

若採表 8 之建立基準線類型或性能驗證類型作法，因其受季節與天候影響，故於量測期間，應同時紀錄外氣溫度與濕度，以明確瞭解量測期間之外界環境條件。

肆、非獨立空調之能源使用效率量測

資料中心之空調系統若為非獨立空調設計，亦即採混合空調與其他非資料中心之空調系統共用空調能源，則前述各節有關能源使用效率量測之電力計量表計裝設位置，並無法完整取得整體使用之能源。此時，應計算由其他空調系統提供予資料中心之能量，併同由電力計量表計量測所得之資料中心耗電量計算。

其他空調系統所提供能量之計算，須取得其他空調系統所提供之空調冰水流量、流體介質參數、出水與回水溫度差、量測時間等，須使用之量測設備包含：流量計、溫度(差)計，或 BTU 表計。

進行混合空調提供之能源量測，因具備較高之技術門檻，建議應由具專業資格之技師、技術人員進行操作。

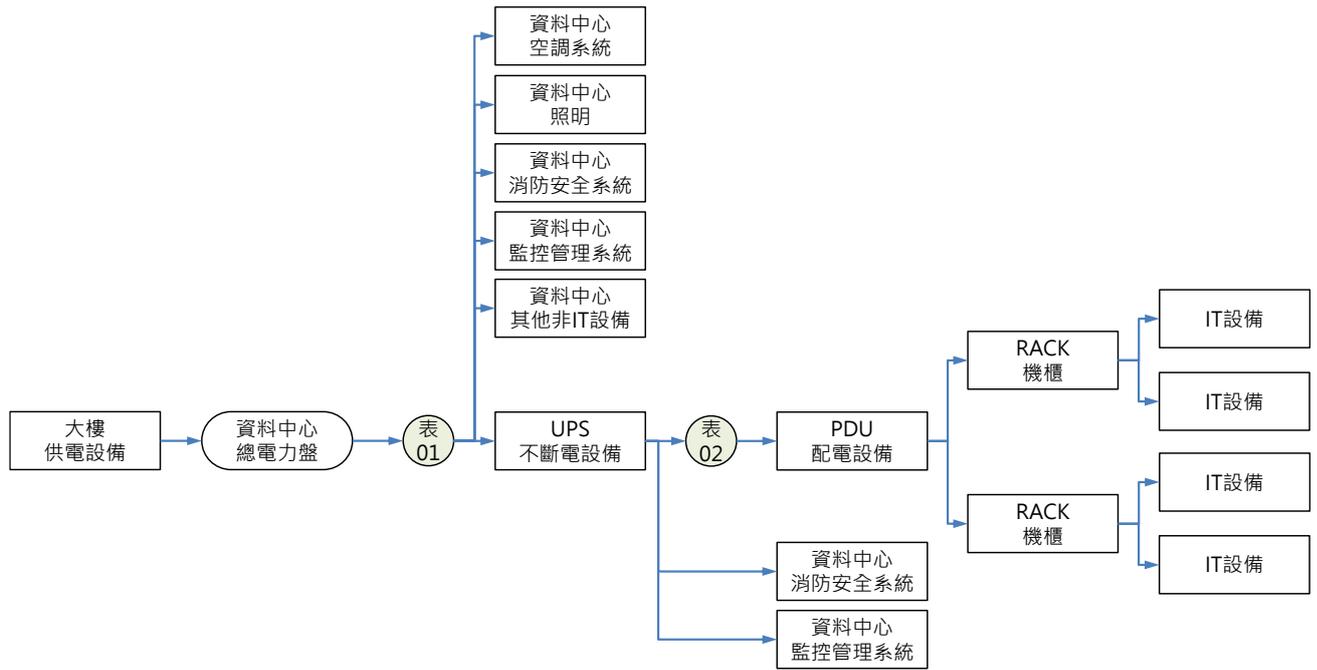
考量非獨立空調之能源使用效率量測有其專業性，本指引僅說明其量測觀念摘要，不對其作深入探討。然而各政府機關構之資料中心，若採取非獨立空調設計，仍應以本指引之量測方法進行能源使用效率量測，且能源使用效率數值應符合「行政院及所屬各機關資料中心設置作業要點」之規範。

附錄、資料中心能源使用效率量測位置分類表

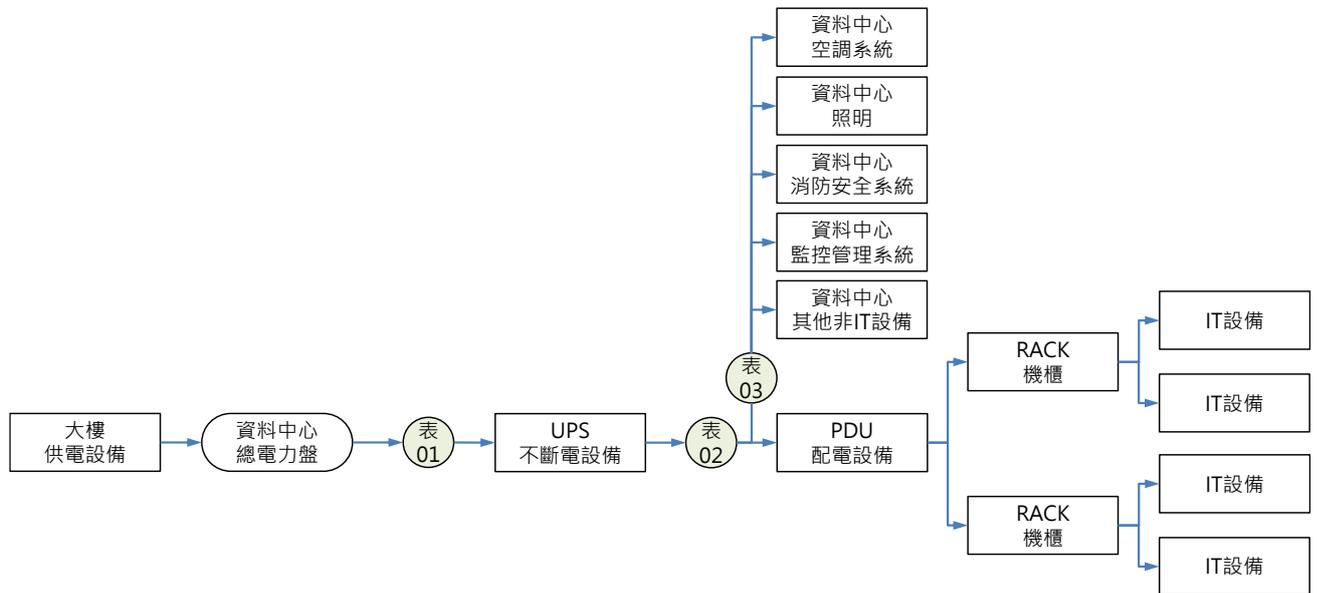
附錄表 1. 資料中心能源使用效率量測位置分類

	樣態特徵說明	能源使用效率計算式	示意圖
類型 1	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施用電自總電力盤後獨立迴路，未透過 UPS。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1}}{\text{表 2}}$	附錄圖 1
類型 2	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施經 UPS 供電； 3. UPS 輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1}}{\text{表 2} - \text{表 3}}$	附錄圖 2
類型 3	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路； 2. 部分資料中心設施經 UPS 供電(如：消防安全系統、監控管理系統)； 3. UPS 輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1}}{\text{表 2} - \text{表 3}}$	附錄圖 3
類型 4	1. 部分資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同供電迴路，且未經 UPS 供電； 2. 其他資料中心設施由另一電力分盤供電。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} + \text{表 3}}{\text{表 2}}$	附錄圖 4
類型 5	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路，且未經 UPS 供電。 2. 於 UPS 前及 UPS 後，分別供電予非資料中心之設備。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} - \text{表 3} - \text{表 4}}{\text{表 2} - \text{表 4}}$	附錄圖 5
類型 6	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路； 2. 資料中心設施經 UPS 供電； 3. UPS 輸出端可裝置電力計量表計之位置，在供電予資料中心設施之迴路分歧點前。 4. 於 UPS 前及 UPS 後，分別供電予非資料中心之設備。	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} - \text{表 4} - \text{表 5}}{\text{表 2} - \text{表 3} - \text{表 5}}$	附錄圖 6
類型 7	1. 資料中心設施之用電與 IT 設備用電來自相同之供電迴路；	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} - \text{表 4} - \text{表 5}}{\text{表 2} - \text{表 3}}$	附錄圖 7

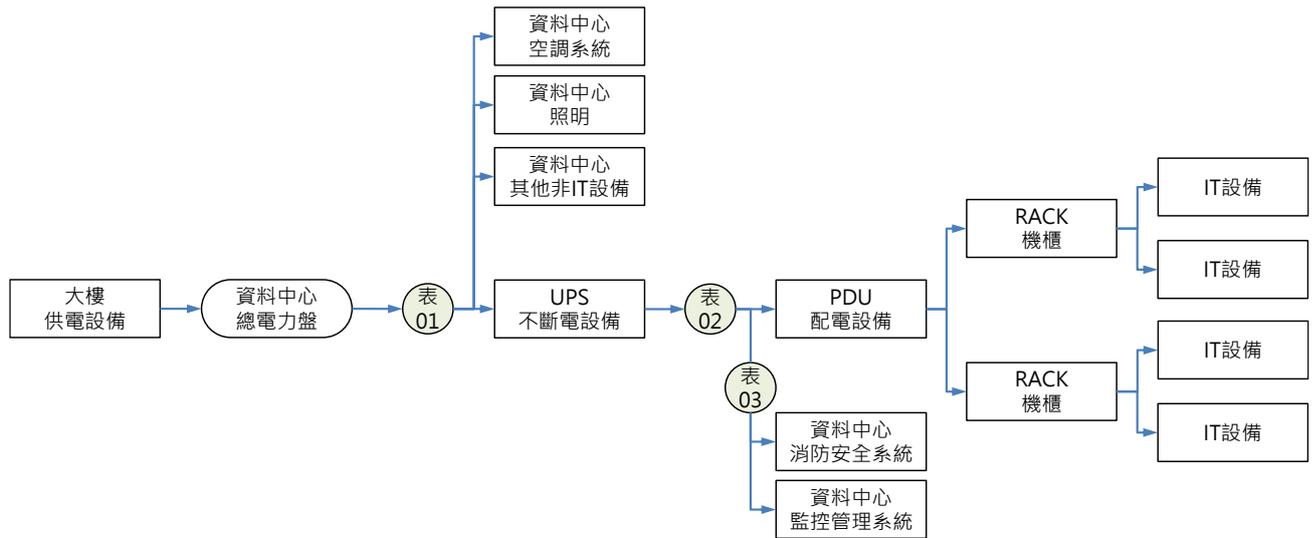
	<p>2. 主要資料中心設施(如：空調系統、照明系統等)未經 UPS 供電,但部分資料中心設施則經 UPS 供電(如：消防安全系統、監控管理系統)</p> <p>3. 於 UPS 前及 UPS 後,分別供電予非資料中心之設備。</p>		
類型 8	<p>1. 資料中心設施之用電由獨立電力分盤供電,不與 IT 設備用電迴路混用;</p>	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} + \text{表 3}}{\text{表 2}}$	附錄圖 8
類型 9	<p>1. 主要之資料中心設施用電(如：空調系統、照明系統等)由獨立電力分盤供電;</p> <p>2. 部分資料中心設施(如：消防安全系統、監控管理系統)與 IT 設備用電來自相同之供電迴路,並經 UPS 供電。</p>	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} + \text{表 3}}{\text{表 2} - \text{表 4}}$	附錄圖 9
類型 10	<p>1. 資料中心設施之用電由獨立電力分盤供電;</p> <p>2. 於 UPS 前及 UPS 後,分別供電予非資料中心之設備。</p> <p>3. 於機房設施用電迴路上,另有提供予非機房使用之供電。</p>	$\text{能源使用效率} = \frac{\text{表 1} + \text{表 5} - \text{表 3} - \text{表 4} - \text{表 6}}{\text{表 2} - \text{表 4}}$	附錄圖 10



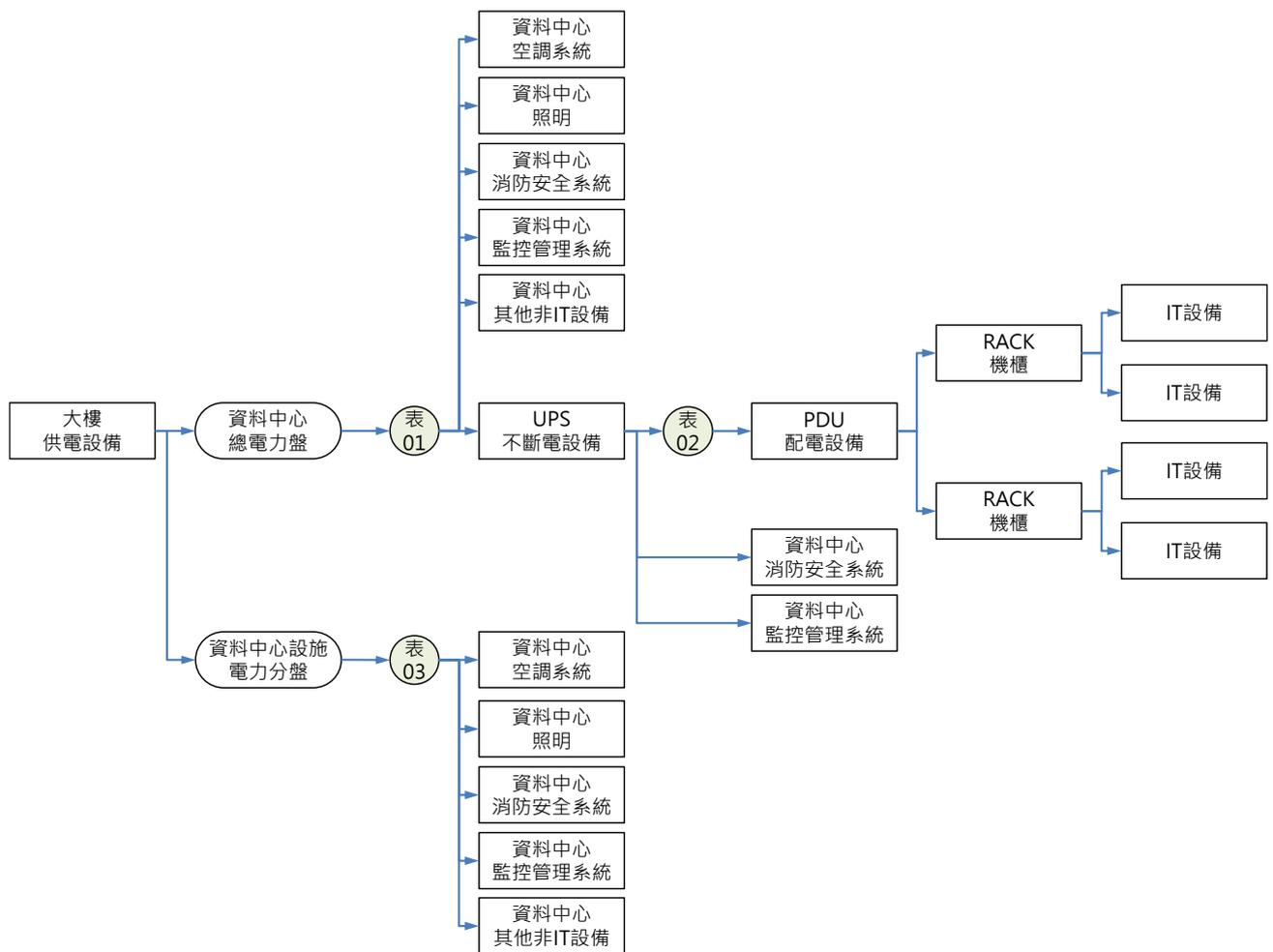
附錄圖 1. 資料中心能源使用效率量測位置類型 1



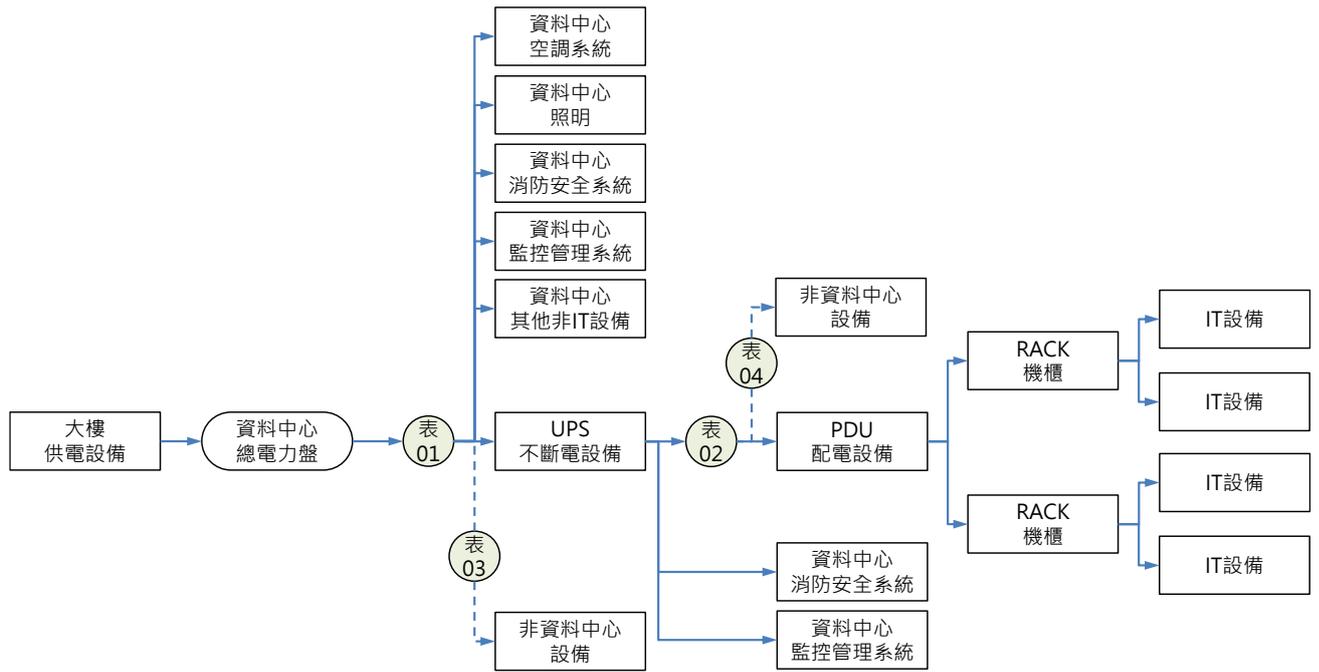
附錄圖 2. 資料中心能源使用效率量測位置類型 2



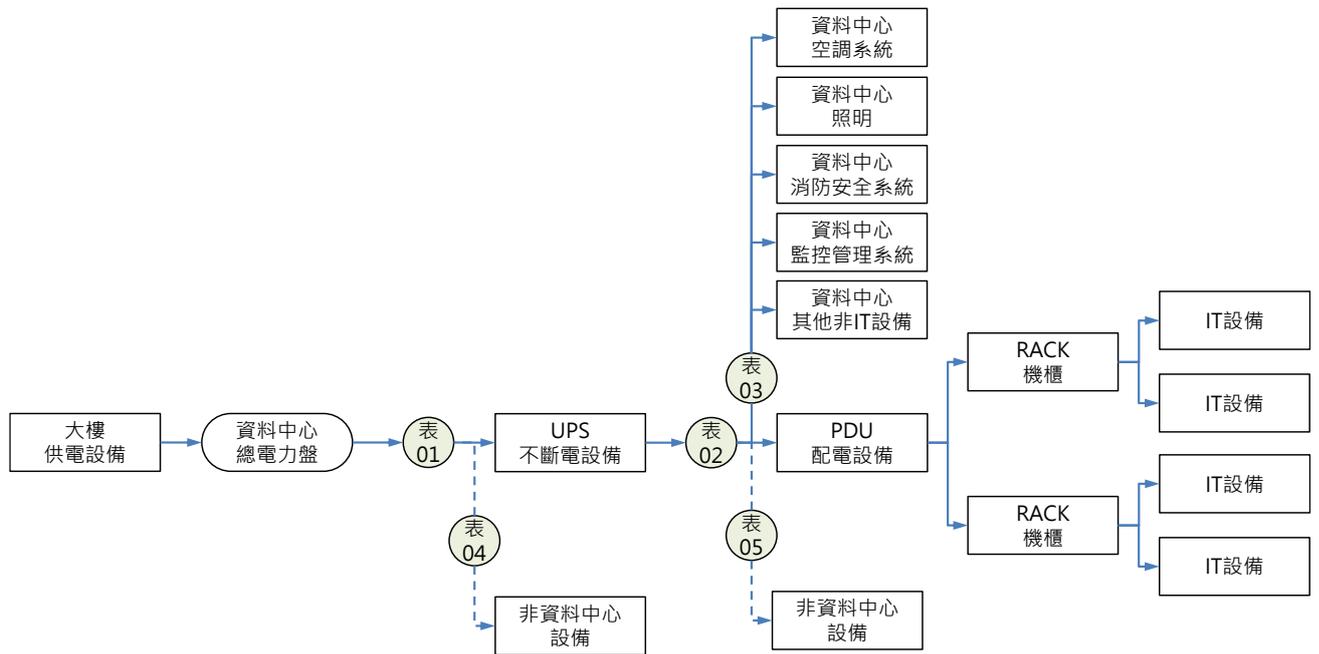
附錄圖 3. 資料中心能源使用效率量測位置類型 3



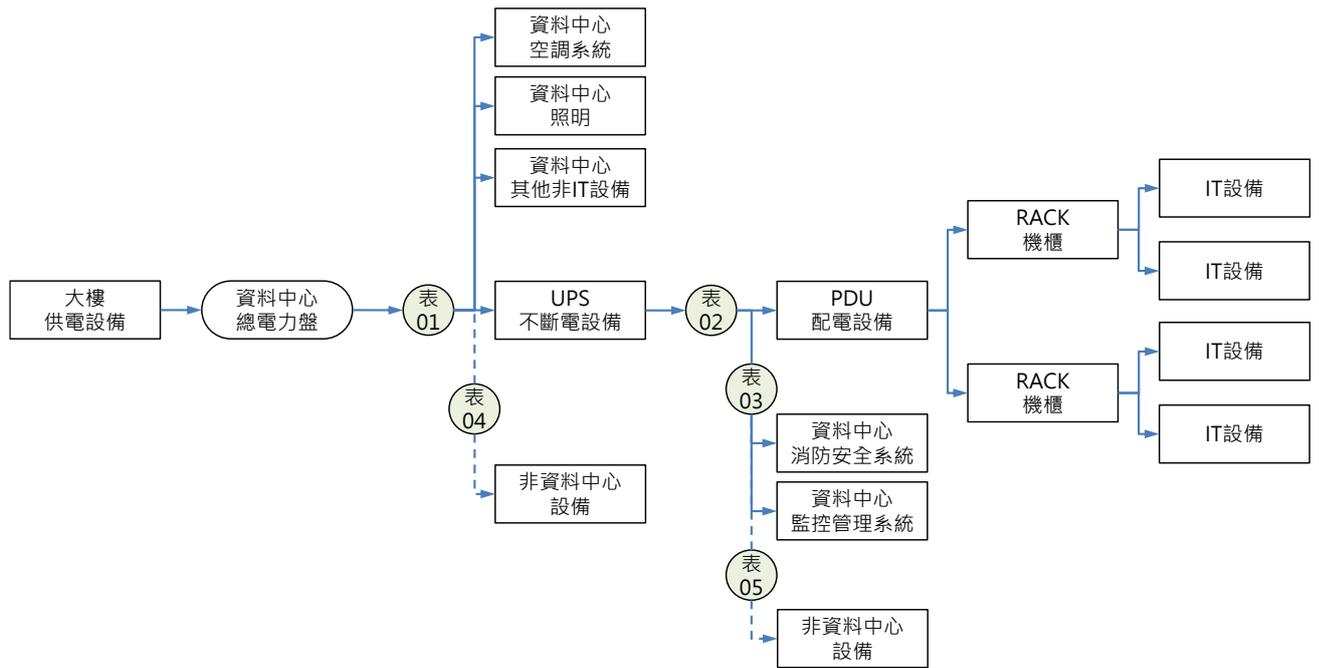
附錄圖 4. 資料中心能源使用效率量測位置類型 4



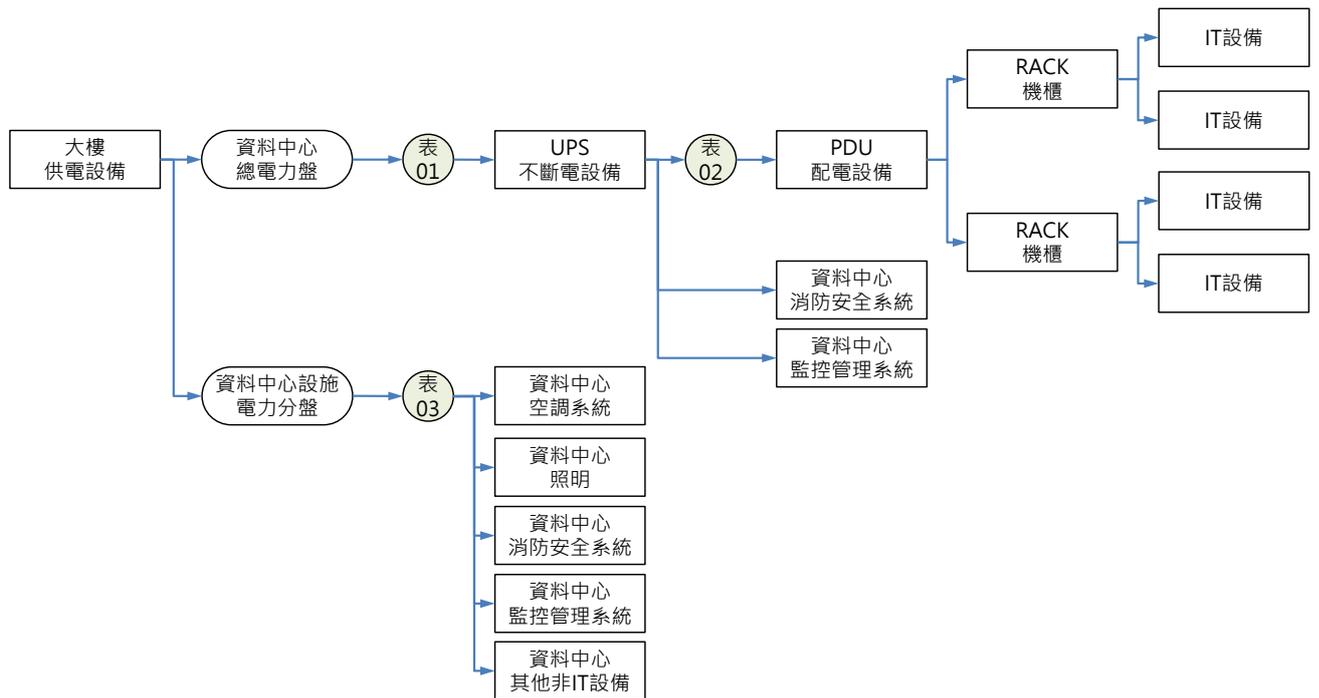
附錄圖 5. 資料中心能源使用效率量測位置類型 5



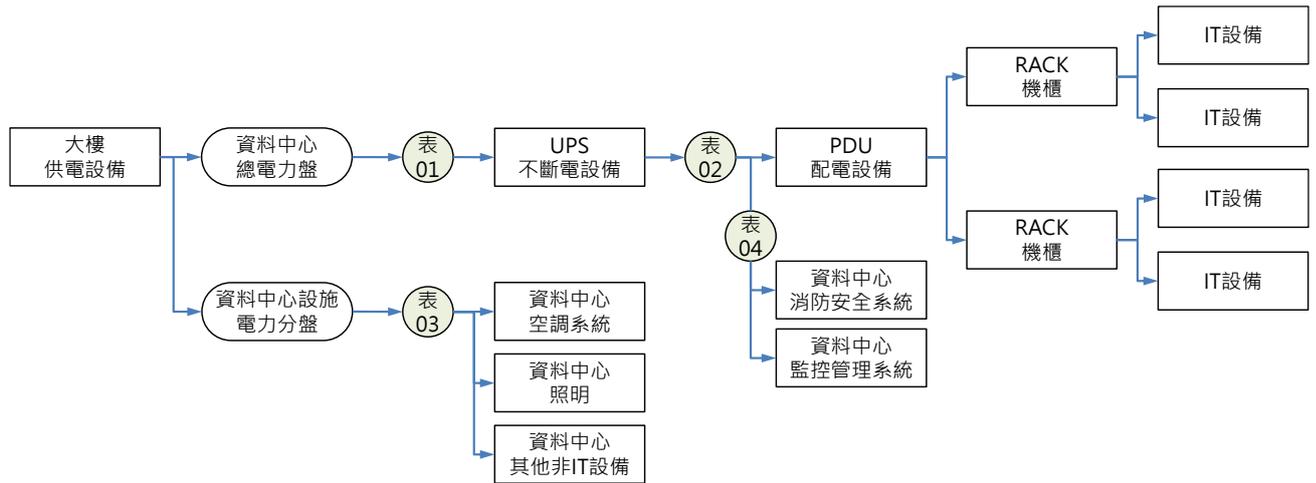
附錄圖 6. 資料中心能源使用效率量測位置類型 6



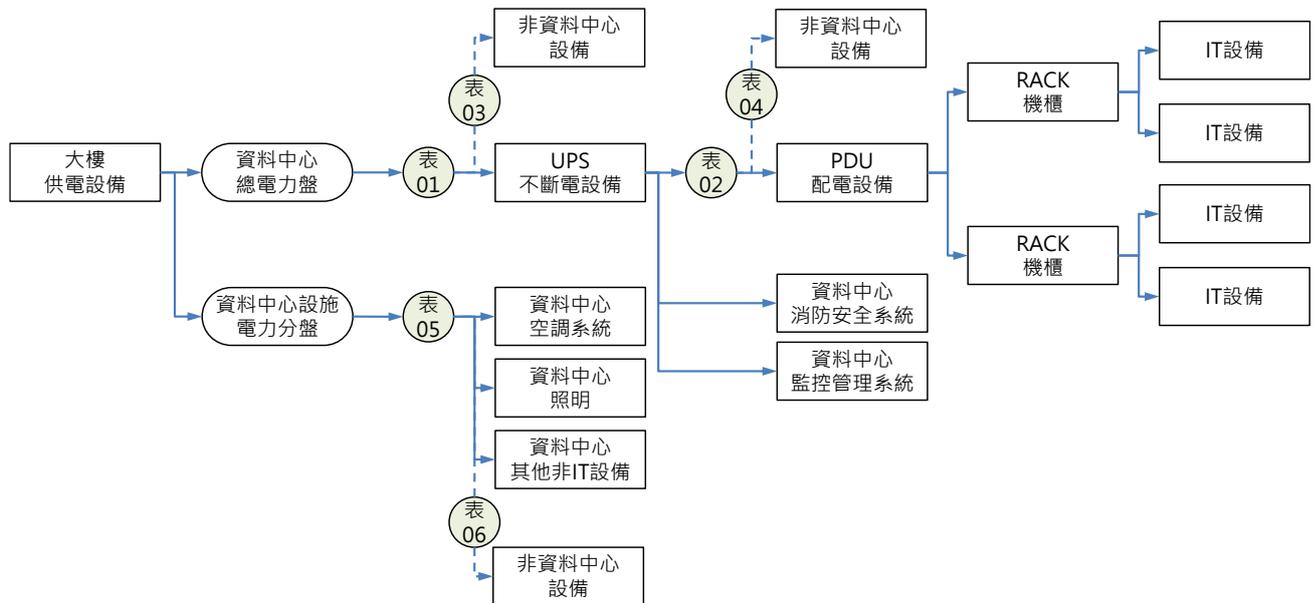
附錄圖 7. 資料中心能源使用效率量測位置類型 7



附錄圖 8. 資料中心能源使用效率量測位置類型 8



附錄圖 9. 資料中心能源使用效率量測位置類型 9



附錄圖 10. 資料中心能源使用效率量測位置類型 10