建築空調能源政策分析報告

一、前　言

在用電高漲狀況下，節能政策及措施持續發展，而空調系統和設備種類繁多，導致節能暖通空調（HVAC）設計安裝相對複雜。本文自建築節能法規談起，提及空調為建築耗能最大設備，設置 HVAC 能源效率要求是促進建築節能成功的關鍵因素，分析目前空調能源效率管制方式包含(1)設備最低能效要求、(2)設備能效標籤制度、(3)系統最低能效要求、以及(4)其他相關規範等，空調系統節能已逐漸成為政府及空調相關產業重視。各國空調能源法規訂定方向自設備節能朝向「最佳目標」節能與成本效益結合發展，我國目前空調節能措施以主要耗能設備最低能效要求為主，未來可參考國際空調節能規範發展方向，作為建築空調政策擬定之參考。

二、建築能源政策

提高能源效率是能源政策的主要目標之一，大部分的發展國家在其內部包含關於能源效率的部分能源規劃政策，通常通過多種方式來實施法律、法規、策略、規章命令以及認證等。目前建築業約占全球最終的能源消耗三分之一，訂定建築能源法規和能源認證計畫是提高能源效率的基本工具，如表 1 所示。

表 1 各國建築能源法規

國家	建築節能標準
美國	ASHRAE 90.1-2010,IECC2012 Building Energy Efficiency Standards for Buildings 2008
加拿大	Model National Energy Code of Canada for Buildings 1997 (MNECB)
日本	Criteria For clients on the rationalization of energy use for buildings 1999(CCREUB)
中國	Design standard for Energy Efficiency of Public Building 2005 (EEPB)公共建築節能設計標準
印度	Energy Conservation Building Code 2007 (ECBC)
澳洲	Building Code orf Australia 2007 (BCA)
英國	Building Regulations Part L2A (Part L2A)

能源法規規定用於新建築的設計，施工和改造的最低能效要求，其中認證計畫包括允許比較新建築或已建建築能源耗用。所以建築節能認證是直接與能源評級系統，基準程序，和建築能源標籤連結。

建築能源法規至少應包含建築物主要耗能部分包含：HVAC 系統，照明，外殼、熱水（sanitary hot water, SHW）設施和其他能耗設備。本文主要研究商業建築暖通空調系統能源政策規管措施。建築能源耗用中，HVAC 系統是耗能最多的設備，在已開發國家占最終能源耗用的 10-20％左右。因此，設置 HVAC 系統最低的能源效率要求是促進建築節能成功的關鍵因素。

三、 商業建築空調能源管制工具

商業建築空調系統針對提高能源效率所採用的政策工具包含：(1)設備最低能效要求、(2)設備能效標籤、(3)系統最低能效要求、以及(4)相關設備規範等。

1. 設備最低能效要求

能源規範通常設定耗能設備的最低能源效率，暖通空調設備的能效指標可以表達設備效率在給定的時間內負載狀態和運行條件或典型運行期間如季節性的平均效率。瞬時效率取決於評分條件和負載狀態，必須按照標準進行測量測試程序。季節性效率不僅取決於瞬間效率，而且在負載配置文件和操作營運期間的條件。他們凝聚非設計表現為一個數字並評估平均效率，使設計人員能夠依據運轉條件有效選擇適合的設備。

採用最低能耗設備的主要障礙是目前缺乏能源效率性能標準測試程序以及主要倚賴製造商提供的信息。表 2 顯示各國主要暖通空調設備能效指標。

2. 設備能效標籤制度

在 1990 年代初期，歐盟引入設備能源標籤制度，主要目的有二包含：告知消費者關於耗能設備的能源性能，以及促進節能和提高能源效率。並在家用電器應用成功之後，將能源標籤制度擴展到其他 HVAC 設備，如鍋爐、冰水機組和空調等。圖 1 顯示歐盟認證下空調能源標籤的概要。

表 2 暖通空調能源效率指標

Equipment type	Acronym	EEI
Chillers	EER	Energy efficiency ratio
	IPLV	Integrated part load value
	ESEER	European seasonal energy efficiency ratio
DX air conditioners	EER	Energy efficiency ratio
	COP	Coefficient of performance
	SEER	Seasonal energy efficiency ratio
	IPLV	Integrated part load value
Boilers	E_t	Thermal efficiency
	E_c	Combustion efficiency
	BSE	Boiler seasonal efficiency
	AFUE	Annual fuel utilization efficiency
Furnaces	E_t	Thermal efficiency
	E_c	Combustion efficiency
	AFUE	Annual fuel utilization efficiency
Heat pumps	EER	Energy efficiency ratio
	COP	Coefficient of performance
	SEER	Seasonal energy efficiency ratio
	IPLV	Integrated part load value
Heat rejection	COP	Coefficient of performance
Condensing units	EER	Energy efficiency ratio
	COP	Coefficient of performance
Motors	η_{mot}	Motor efficiency

資料來源: Energy and Buildings (2011)

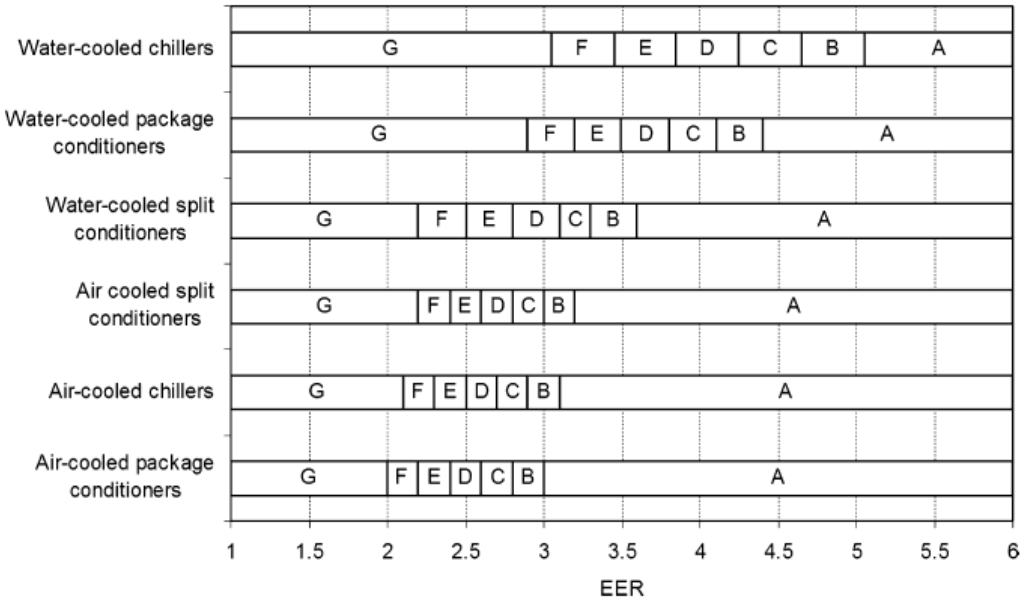

圖 1 歐盟認證的空調設備能效標籤

資料來源：歐盟

3. 系統最低能效要求

新加坡 Building and Construction Authority ,(BCA)在「CODE ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MEASURES FOR EXISTING BUILDINGS」規範中，針對空調系統進行能效管制，樓地板面積大於或等於 15,000m^2, 在冰機更換時,空調系統最低能效要求，其中針對冰水機系統能效管制條件如下表

表 3 新加坡冰水機系統最低能效管制

建築冷房負載	<500RT	>＝500RT
水冷式冰水機最低能效	0.85kW/RT	0.75kW/RT
氣水冷式冰水機最低能效	1.1kW/RT	1.0kW/RT

資料來源：BCA

2017 年起，新加坡將縮緊管制範圍，由 15,000m^2 縮緊至 5,000m^2，並對所有類型建築進行管制。新加坡 BCA 規範（Code on PERIODIC ENERGY AUDIT OF BUILDING COOLING SYSTEM，建築制冷系統定期能源稽核標準）規定建築制冷系統能源效率稽核，制訂對不同等級中央空調系統能效最低要求及定期稽核條件。

4. 其他相關規範

其他 HVAC 相關規範可依功能分為：(1)隔熱規範如最小隔熱厚度及阻抗，單位面積下最大熱損失等，(2)設備壓降規範如單位長度下最大壓力損失，(3)密封要求如最大洩漏率，(4)特定要求如風扇耗電量限制，泵耗電量限制等。此外，另有強制性的通風要求，以達到可接受的室內空氣品質（IAQ）標準，通常訂定最小室外空氣流量和過濾程度，以降低空氣中污染物濃度。

四、建築空調節能規範發展方向

能源規範發展方向包含：藉由提高能源效率標準加強現有規範，或增加新的規範要求，隨著技術發展及空調耗能持續增加，政策與規範發展越趨複雜。下列簡要介紹空調節能規範發展方向。

原始空調法規訂定觀點，以具體的最低能效要求代表該設備或系統能達到節能量或效率要求。例如，能源標示一級的冷氣提供一定的節電量，訂定此法規的目標為「節能」。然而，隨著時代演進與績效目標達成，政策制訂者與消費者對節能與經濟的影響感到興趣，以符合

成本效益與節能目標為方向，開始考慮「成本效益目標」。

由美國空調法規訂定方向顯示，商業建築空調強制要求提供最低能效，控制順序及能源耗用相關估算，並提出兩種途徑可採用，(1)規定路徑(prescriptive path)基於空調相關法規皆須遵守。(2)性能路徑(performance path)當空調條件未符合法規時，則允許在整體建築性能超過基本要求條件下，提供能源成本預算估算方法的軟體分析結果，採取性能路徑。

法規訂定者要測量節能潛力以確定「節能目標」，例如美國標準 ASHRAE 189.1 的目標是與 ASHRAE 90.1-2007 標準相比，能耗降低 30%。

未來能源標準的發展方式尋求的是「最佳目標」。基本上，這個想法是在估計的經濟生命週期中，最低生命週期成本（life cycle cost, LCC）所達到的「節能程度」。驗證能效目標的相關軟體工具已經在美國發展， 2010/31 / EU 節能指令也要求該歐盟成員國以最低耗能要求，及成本最優情況下開發出可比較的節能標準之架構。

五、我國空調節能措施現況

由於 HVAC 系統和設備種類繁多，導致 HVAC 設計安裝成為複雜任務。空調設計考量因素如圖 2 所示，空調系統需訂定室內/外條件後才能據以計算負荷，然後依負荷之顯熱比，來決定所需供風量及設備型式，當設備容量決定後，進入細部設計之管路系統才能符合實際運轉所需。其中影響系統能源效率的表現包含以下過程：

1. 建築物的負載計算。外殼，照明以及建築物耗能設備需輸入參考模型，並因此進行新的負載計算得出 HVAC 系統尺寸。
2. 系統類型的選擇。不同建築應用對空調能源消耗影響各異，因此，應依據建築類型或應用特性選擇合適的 HVAC 系統。
3. 設備尺寸。設備尺寸可以對可變負載運行耗電量產生重大的影響。該性能路徑不得改變 HVAC 系統設計建議的建築物，但應避免不必要的超大尺寸設計。此外，為了避免可能的尺寸不足，必須檢查未滿足的人數並維護建築物負載不低於一定限度。
4. 設備效率。設計師選擇高於最低能效管制的設備。如果沒有最低能效 MEPS 要求，在兩者中應避免權衡分配相同的值建築物。
5. 其他節能選項。只要經濟或環境允許，提供業主節能選項包含熱泵和熱回收等。

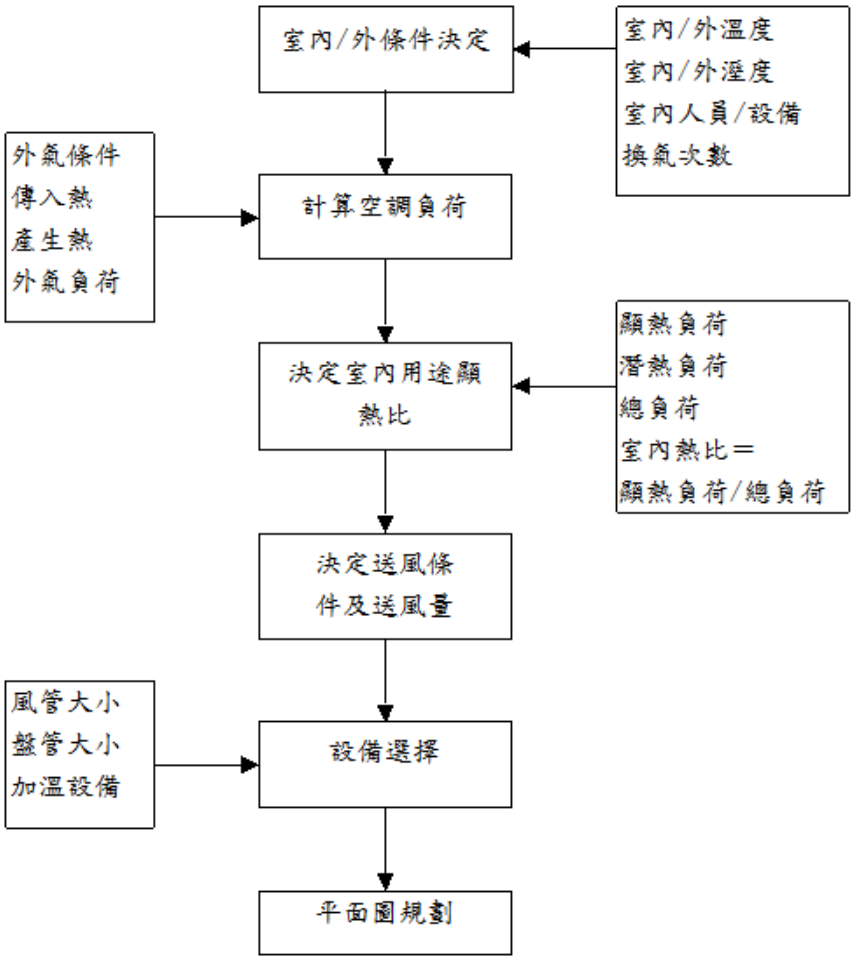

圖 2 空調設計考量因素

由以上空調設計過程分析瞭解多項因素影響空調系統能源效率表現，我國目前中央空調能源效率規範 CNS 12575，主要針對空調主要耗能設備冰水主機最低能效進行管制，至於其他耗能設備如冷卻水塔、水泵或整體空調系統並無最低能效 MEPS 規範。

六、結論與建議

(一)、由各國建築能源法規歸納出，建築空調節能措施包含：(1)設備最低能效要求、(2)設備能效標籤制度、(3)系統最低能效要求、以及(4)其他相關規範等。美國能源法規旨在設定全球能源效率以減少最終能源消耗，同時藉由使用性能路徑（performance path）和規定性路徑要求兩種方法。歐洲方面則缺乏一致性：許多國家繼續設定獨立的效率要求如設備 MEPS，然部分國家已經明確地放棄規定性的做法。未來歐盟朝向開發「模型能源

規範」以提高成員國建築部門能源政策的同質性和效率。

(二)、監管機構未來將採取更加嚴格和同質化的要求，發展新的文件和軟體規範來改進規範知識，遵守和執法。同時為了保證規定路徑與性能路徑一致性，未來使用能源耗用估算模擬工具會持續提升。

(三)、節能要求持續精進，由設備節能朝系統或建築節能發展成為全球趨勢。以新加坡制訂的標準為例，BCA 規範（Code on PERIODIC ENERGY AUDIT OF BUILDING COOLING SYSTEM，建築制冷系統定期能源稽核標準）。制訂對不同等級中央空調系統能效最低要求的框架，並要求建築制冷系統實施能源效率稽核。國內僅對空調設備 MEPS 進行規範，在中央空調系統能源效率盤查及管理相關規範皆無。建議參考國外 HVAC 系統規範發展方向以空調系統或建築整體能源耗用為基礎，考量我國建築空調設置現況為依據，作為未來建築節能規範擬定之參考。

參考文獻

[1] L. Perez-Lombard, et al., A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes, Energy and Buildings 41 (2009) 272–278..

[2] R. Hitchin, Can building codes deliver energy efficiency? Royal Institution of Chartered Surveyors, London, 2008.

[3] M. Christensen, et al., BEopt: Software for Identifying Optimal Building Designs on the Path to Zero Net Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2005.

[4] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast).

[5] N. Hamza, D. Greenwood, Energy conservation regulations: Impacts on design and procurement of low energy buildings, Building and Environment 44 (2009) 929–936.