

探討炎熱和潮濕氣候的可持續建築科技

許俊民 博士
香港大學機械工程系

可持續建築是一個抽象和廣義的概念，當中包含許多事情和構思，以達致目標使有害環境影響減到最小及促進資源生態效率。在炎熱和潮濕氣候裡，要應用和達到可持續建築，必須努力明瞭本地氣候，以及把適當的建築科技結合到建築設計和都市規劃上。

這研究論文闡釋可持續建築的基本概念，描述炎熱和潮濕氣候的建築氣候設計原理，並討論可持續建築科技的重要考慮。參考香港和杭州的情況，分析了影響可持續建築的發展之關鍵因素，並且探討促進可持續建築實踐和有效科技之策略。因為許多中國城市將繼續擴展和增長，所以建築和建造行業對我們社會的可持續發展有莫大影響。希望通過各種專業和各個城市的交流彼此想法，可以使我們更好的理解建築設計可持續發展的長遠目標，同時，創造更多機會來共同努力及緊密合作。

1. 引言

建築物是在社會上耗用能源和材料的主要用戶[1]，他們並且對自然環境和資源會有重大影響[2]。當建築環境繼續擴展，其涉及之資源消耗率是不能持續承受的。所以現在有緊急需要來促進及提高建築環境的可持續發展實務[3]。這工作對經濟和建造業快速增長的發展中國家尤其重要。

可持續建築是一個抽象和廣義的概念，當中包含許多事情和構思。當前，關於可持續建築或是綠色建築有很多不同想法。在云云相關的參考資料之中，大家都相信“從出生搖籃到死亡搖籃”的設計概念，可以使建築設計達致生態學上明智的方針[4]。並且，生命週期的理念被認為是可持續建造概念的關鍵元素[5]。

這研究論文闡釋可持續建築的基本概念，描述炎熱和潮濕氣候的建築氣候設計原理，並討論可持續建築科技的重要考慮。參考香港和杭州的情況，分析了影響可持續建築的發展之關鍵因素，並且探討促進可持續建築實踐和有效科技之策略。

因為許多中國城市將繼續擴展和增長，所以建築和建造行業對我們社會的可持續發展有莫大影響。希望通過各種專業和各個城市的交流彼此想法，可以使我們更好的理解建築設計可持續發展的長遠目標，同時，創造更多機會來共同努力及緊密合作。

2. 可持續建築概念

根據 Hasegawa [6]指出，可持續建築可以被定義為“該建築物在本身範圍、其直接周圍和更加廣寬的地方和全球性情況下，對建築環境和自然環境產生

最小的有害影響”。在實際行動上，可持續建築實務可被理解為，廣義地追求綜合質量的建築實務(當中包括經濟、社會和環境表現)。因此，這自然資源的合理使用和建築物的適當管理，可以對挽救貧乏資源、減少能源消耗和改進環境質量，作出貢獻。

2.1. 基本的考慮

可持續設計涉及到建築物整體生命期，要考慮環境質量、功能質量和將來價值等。它也可被理解為建築學跟屋宇設備和結構工程資源的巧妙結合。除了明確關心傳統美學的體型、座向、比例標度、紋理、陰影和光之外，建築設計小組也需要考慮長期費用和環境影響。

成功的可持續設計要求一種綜合的手法，因為樓宇系統和操作實踐都依靠建築定位、太陽通入和光滲透、建築設計，以及製品技術規範[2]。這種設計方法審查建築跟其樓宇系統、人們活動和周圍的環境怎樣融洽相處。

2.2. 設計宗旨

Hasegawa [6] 指出可持續建築的五個主要宗旨如下：

- 資源效率
- 節約能源
- 預防污染
- 跟環境和諧
- 綜合性和系統方法

要達到這些宗旨，可持續建築必須在能源和資源使用上有高效率(包括減少溫室氣體排放)、無浪

費及無污染、以及為長期功能達到高度靈活和適應能力。而且，它們應該是容易運作和維護，同時也支援居住者的生產力和健康(包括良好室內空氣質量和減少噪聲)。

假如要實踐這些宗旨和評估建築物的表現，以下類別的準則是經常被採用的[3]。

- 可持續選址
- 節能和可再生能源
- 節約用水
- 材料和廢物管理
- 室內環境質量

2.3. 建築物生命週期

可持續建築強調“整體系統”的觀念，考慮建造過程和最初成本，對應建築物生命期以及業主和居住者的較長期利益。圖 1 展示建築物生命週期的概念和可持續建造的四個主要方面：能源、水資源、廢物和材料[7]。

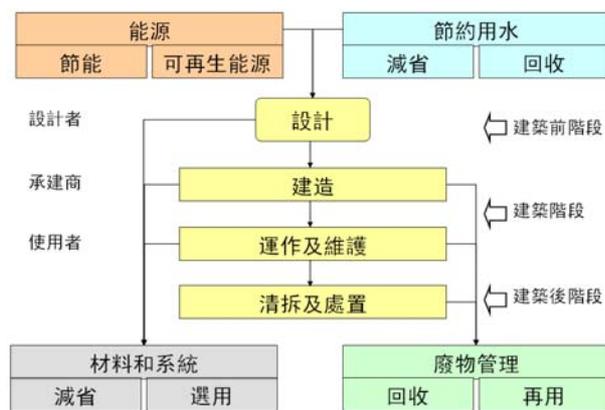


圖 1. 建築物生命週期和可持續建造

可持續設計考慮到建築物在整個生命週期期間的節能和環境表現，當中包括選址、建造、運作和維護、裝修、清拆及替換。它要求建築設計者、承建商和使用者的共同努力。

3. 氣候設計的原則

在過去人類歷史上，氣候考慮在建築和都市設計是非常重要的[8]。但是，隨著現代建築學和屋宇設備系統的湧現，氣候設計的過程經常被忽略了[9]。

氣候敏感設計的基本哲學在於氣候影響的評估和建築環境表現的優化[10]。換句話說。我們通過與外在氣候的合作，設法使資源消耗量和環境影響減到最小。

對些要建立一種有系統的方法，必須審查二個重要方面：

- 室外氣候
- 室內氣候

3.1. 室外氣候

建築和屋宇設備系統的可持續設計需要仔細考慮本地氣候情況和特徵[11]。若果對本地氣候沒有好資料和了解，是不可能保證最佳的建築設計和高效率的屋宇設備操作。

要達到建築節能和可持續性，香港和中國內地城市有需要建立準確和詳細的氣候資料[12]。這些氣候數據和資料的質量將決定建築設計策略的效率，以及設計負荷量和能耗計算的準確性。

表 1 顯示香港和杭州氣候設計情況的比較。從這裡可以看出，兩個城市在夏天都是炎熱和潮濕，但杭州比香港氣溫更高大約 3.3 °C。在冬天，杭州是比香港涼快的。由於被動冷卻導致的自然通風在炎熱和潮濕氣候是最有效的[13]，所以關於風速和盛行風向的資料，將能為設計師在優化通風方面給一些提示。

表 1. 香港和杭州的氣候設計情況 (資料來源: ASHRAE [14])

	香港	杭州
緯度	22.32° N	30.23° N
經度	114.17° E	120.17° E
空調設計 DB/MCWB (1%)	31.6 °C/26.5 °C	34.9 °C/26.9 °C
採暖設計 DB (99%)	10.6 °C	-1.1 °C
風速 MCWS (夏季)	3.1 m/s	3.5 m/s
MCWS (冬季)	2.2 m/s	1.7 m/s
風向 PCWD (夏季)	270	180
PCWD (冬季)	30	340

註明：

1. 氣象站: 香港 = 尖沙咀京士柏氣象站; 杭州 = 江乾區

2. 簡稱:

DB = 乾球溫度

MCWB = 平均一致濕球溫度

MCWS = 平均一致風速

PCWD = 盛行一致風向 (0 = 北, 90 = 東)

圖 2 顯示在香港和杭州的每月設計溫度。從這張圖表，我們可以得悉每月設計乾球溫度(DB)和每

月平均一致濕球溫度 (MCWB)之關係。這些每月總結資料，對於建築設計師考慮室外天氣的季節變化和屋宇使用及居住模式會很有用的。特別是這些數據可以用來確定在最高太陽輻射期間之空調負荷 [14]。

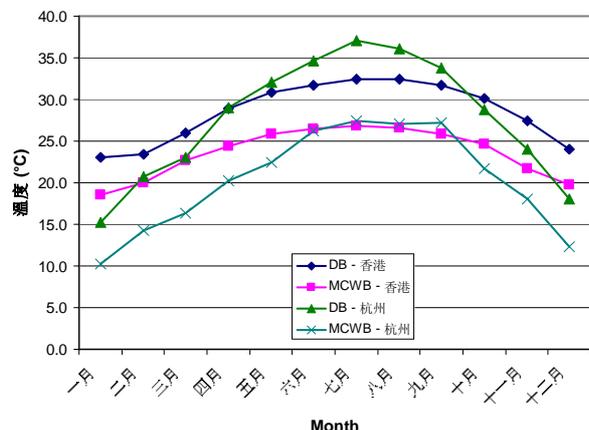


圖 2. 香港和杭州的每月設計溫度 (資料來源: ASHRAE [14])

3.2. 室內氣候

室內氣候集中於建築環境裡的那些物理環境狀況，以提供舒適和健康經歷，並且改進人的表現和促進工作生產力。典型的室內環境狀況包括溫度、相對濕度、通風和視覺狀況。

有一種可持續方式來達到在屋宇裡的舒適，叫做“生態氣候設計”。它指的是根據本地氣候來設計建築和空間，目標是通過在自然能量流程裡的太陽能和其它環境資源，提供熱舒適和視覺舒適 [8, 10]。生態氣候設計的基本元素是被動式太陽能系統，跟建築物結合在一起，來運用環境資源(譬如太陽、空氣、風、植被、水、土壤, 天空)，用作建築物的冷卻、採暖和照明 [13]。通常，在早期設計階段，一些以生態氣候設計來作出的簡單決定，可以幫助日後節省能耗。

圖 3 顯示一個舒適區域圖，它是經常被用來分析室內環境的熱量條件 [15]。如果把香港和杭州的室外氣候情況描繪在這張圖上的話，我們會發現在大多數時間，室外氣候狀況都在舒適區域之外。

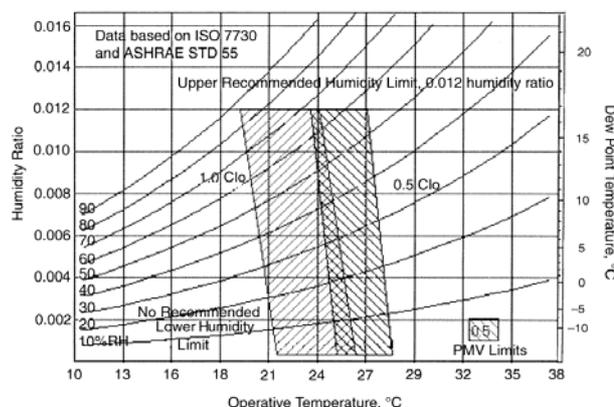


圖 3. ASHRAE 熱舒適區域 (ASHRAE [15])

Nicol [16] 指出，目前室內氣候的國際標準 (ISO7730，根據 Fanger 教授的預期平均表決 predicted mean vote 方程式)並未能充分描述在炎熱和潮濕氣候的舒適情況。因而，有些人發展了一些適應性的熱舒適模型，用來解說在炎熱潮濕的熱帶區裡，空氣流動和濕度對舒適的影響。並且，大家相信一個變化的室內溫度標準，將可以鼓勵人們多採用自然通風，從而幫助節省能源。

4. 可持續屋宇設備

可持續建築方法能夠讓樓宇業主和管理經理減少能源消耗、改進工作環境，和減少建築物操作對環境的影響。要保證達成這個目標，屋宇設備系統擔當一個重要角色，因為建築環境表現是直接受屋宇設備系統所影響。

4.1. 系統設計策略

建築設計小組一個重要的工作，就是仔細審查基本工程學原理，從而開發適當的系統設計來支持可持續建築。一些技術譬如自然通風、熱量存貯、輻射冷卻和被動式太陽控制，都是從基本熱力學原理引伸出來的應用。設計師必須幫助推動創新，以及訓練自己成為專家，來了解建築組件的技術特徵和表現，以及明白建造實務和維護/運作實務對能耗、環境和室內空氣質量的影響。

Bunn [17] 指出，可持續屋宇設備在發展中國家必須發掘最佳適合的技術。他認為，表面上節能的設計方案未必能發揮其預期表現，除非它們能夠適合當地氣候，經仔細規劃、安裝和調試，並且是樓宇經理和用戶都能明白的複雜水平。否則，一些節能技術可能會被關掉，因為他們處理過於複雜。

4.2. 節能優化和模擬

建築物的能耗是跟屋宇設備、一般樓宇設計、和人與建築之互動息息相關[18]。圖 4 顯示影響建築物能源消耗的關鍵因素。

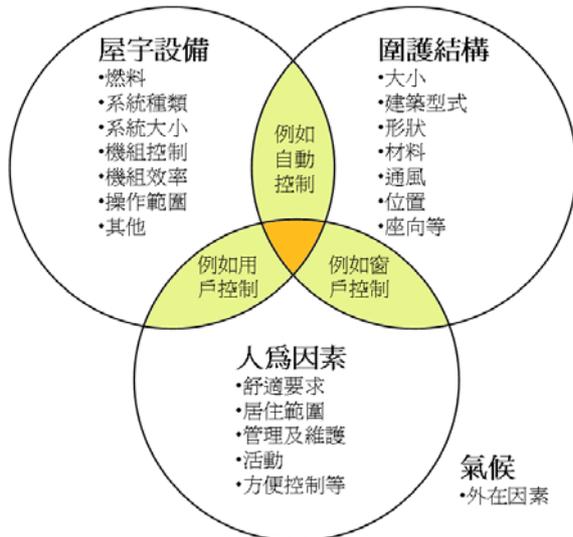


圖 4. 影響建築物能源消耗的關鍵因素 (CIBSE [18])

正因為大部份可持續建築的準則都跟節能相關，所以能源問題通常是決定建築表現的一個重要因素。一些結合被動式太陽能、節能措施和可再生能源的綜合建築設計方法，可以用來減低樓宇能源消耗。通過優化建築標準元件(例如地點、窗戶、牆體、地板和空調系統)，樓宇的業主可以大大降低能耗，並且不會提高建築費。

在這裡，電腦模擬是一項非常有用的工具，它可以幫助優化屋宇設備系統和建築外殼。建築能耗仿真技術可以用來事先探討不同方法，使能耗和費用得以降低[19]。它也能夠讓設計師評估一下建築配置對節能表現和室內空氣質量的影響。要達到可持續設計，設計師應該利用節能分析工具，以及財務分析技術，來確定建築和工程配件的最佳配置。同時，這樣也可以符合一般的財務預算、施工日程和審美要求。

4.3. 暖通空調和室內環境質量

Hui [7] 指出，在炎熱和潮濕氣候的地區，暖通空調 (HVAC) 系統通常是綠色建築的重要範疇。雖然暖通空調系統本身提供許多機會作熱能回收和再用，但是，其實最理想的設計方案是首先減少能耗需求。透過更高建築節能效率、節能系統和設備，以及通過改善樓宇操作和維護的程序，這理想是可以達成的。再者，人們應該注意建築物的熱能特徵，如何把內部負荷減到最小的策略，仔細審查採用自然通

風和採光的機會，並且探索不同方式來減少暖通空調的能耗。

除了改進節能技術和保護環境的樓宇操作之外，高性能的可持續設計也設法提供一個能夠提高使用者生產力的室內環境。現今的研究建議，良好室內環境質量可以提高人們的警覺性和改進表現，這樣可以減少病假和曠工[3]。因此，可持續設計除了節省能源和資源外，也可以大大節省生命週期成本和提高生產力。

5. 香港情況

香港的環境問題跟其他大多數發達社會是相似的 [20]。迅速人口增長，加上高度發展的商業活動，形成各種污染和環境退化。

5.1. 高建築密度

香港的樓宇發展經常面對重大的空間限制，因為其適合居住的土地供應十分有限，而都市居住情況也極為密集。種種經濟和社會因素促使下，這城市必須高度集中，從而增加密度來容納人口，減低公共事業的成本費用，和達到社會凝聚力。高層、高密度建築便代表了香港主要的城市佈局，而且形成可持續發展的挑戰之重要背景。

要在香港這樣複雜和高密度的都市環境裡設計可持續建築，需要特殊地考慮都市結構的規劃、能源系統的相互協調、建築元素的綜合化，和空間的有效運用[1]。若果只是簡單地把個別樓宇綠化和環保，這概念未免太狹窄了。更加重要的是，要考慮其它因素，例如都市規劃和運輸策略，他們將怎樣互動和影響最後的結果。

5.2. 重要因素

在香港，可持續建築必須考慮一連串因素，它們如何構成當前建築發展和城市生活模式。舉例說，因為土地價值高昂，房地產發展商通常要求快速建造發展，他們更關心如何迅速銷售或租讓其物業。相比一些建築設計長期好處，他們並不關注。在社會上，短線投資的風氣和急速變化的經濟，也導致人們只關注最初成本，往往忽略了樓宇的運行費用和漠視生命週期的害處。

目前，香港政府正開發一些實用的方法，來把可持續發展的構思結合在政策制定上。這樣做，也許能夠製造一些競爭優勢，有利於創造更多生態環保的發展項目。

6. 結論

可持續建築，應該意味高效率、典雅和容易維護的好質量建築，並且充分考慮在建築生命週期上，資源的有效運用。同時，確保使用者的高生產力和健康情況。在此，科技的運用是邁向可持續建築的重要一步。在炎熱和潮濕氣候裡，要應用和達到可持續建築，必須努力明瞭本地氣候，以及把適當的建築科技結合到建築設計和都市規劃上。

雖然在香港的可持續建築動力正在增長，但是，仍然需要更多努力和創意，以消除障礙，及提供有效的方案來明智地滿足本地要求。

參考資料

1. Hui, S. C. M., 2001. Low energy building design in high density urban cities, *Renewable Energy*, 24 (3-4): 627-640.
2. PTI, 1996. *Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction and Operations*, Public Technology, Inc. (PTI), Washington, D.C.
3. Langston, G. A. and Ding, G. K. C. (eds.), 2001. *Sustainable Practices in the Built Environment*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
4. McDonough, W. and Braungart, M., 2003. Towards a sustainable architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design, *Industry and Environment*, 26 (2-3): 13-16.
5. Kohler, N. and Moffatt, S., 2003. Life-cycle analysis of the built environment, *Industry and Environment*, 26 (2-3): 17-21.
6. Hasegawa, T., 2003. *Environmentally Sustainable Buildings: Challenges and Policies*, OECD, Paris.
7. Hui, S. C. M., 2001. HVAC design and operation for green buildings, In *Proc. of the Shaanxi-Hong Kong Refrigeration and HVAC Seminar 2001*, 11-13 June 2001, Xian, China, pp. A44-51.
8. Givoni, B., 1998. *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
9. 林其標, 1997. 《亞熱帶建築: 氣候, 環境, 建築》, 廣東科技出版社, 廣州。(Sub-tropical Architecture: Climate, Environment and Building)
10. Hyde, R., 2000. *Climate Responsive Design: A Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates*, E & FN Spon, London.
11. Hui, S. C. M. and Tsang, M. F., 2005. Climatic data for sustainable building design in Hong Kong, In *Proc. of the Joint Symposium 2005: New Challenges in Building Services*, 15 November 2005, Hong Kong SAR, pp. 89-99.
12. Hui, S. C. M. and Cheung, K. P., 1997. Climatic data for building energy design in Hong Kong and Mainland China, In *Proc. of the CIBSE National Conference 1997*, 5-7 October 1997, London
13. 林憲德, 1996. 《熱濕氣候的綠色建築計畫: 由生態建築到地球環保》, 詹氏書局, 台北。(Planning for Green Architecture in Hot and Humid Climate: From Ecological Architecture to Global Environment Protection)
14. ASHRAE, 2005. *ASHRAE Handbook 2005 Fundamentals*, Chp. 28: Climatic Design Information, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
15. ASHRAE, 2004. *ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.
16. Nicol, F., 2004. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics, *Energy and Buildings*, 36 (7): 628-637.
17. Bunn, R., 2003. Sustainable building services in developing countries: the challenge to find “best-fit” technologies, *Industry and Environment*, 26 (2-3): 46-51.
18. CIBSE, 2004. *Energy Efficiency in Buildings: CIBSE Guide F*, 2nd edition, Chartered Institution of Building Services Engineers, London.
19. Hui, S. C. M., 1998. Simulation based design tools for energy efficient buildings in Hong Kong, *Hong Kong Papers in Design and Development*, Vol. 1, 1998, pp. 40-46, Department of Architecture, University of Hong Kong. (available at <http://web.hku.hk/~cmhui/hkpdd/hkpdd-v1.htm>)
20. Hui, S. C. M., 2001. The opinion of Hui, *Sustainable Building*, Issue 04, 2001, p. 43.