

# 2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業 永續發展研討會

## BIM-熱環境效能分析模式雛型系統建置之研究

吳韻吾

(Yun-Wu Wu)

中國科技大學建築系所

副教授

楊立明

(Li-Ming Young)

中國科技大學建築系所

講師

林欣怡

(Hsin-Yi Lin)

中國科技大學建築系所

研究生

### 摘要

本研究之主要重點在於藉由BIM整合建築資訊系統之建置，用以分析建築熱環境效能分析。本研究初步藉由文獻分析，建立建築耗能，能源效率與再生能源資料庫，用以計算熱環境之耗能效益，並藉由雷達圖顯示分析結果。本研究所建立之雛型系統，可供學界與業界進行更進一步之開發與研究。

**關鍵詞：**太陽能、熱環境、BIM

## A study of thermal environment efficiency analysis BIM system

### Abstract

The main focus of this study is to set an information system by (BIM) integration of building information system to analyze effectiveness analysis of building thermal environment.

This study will build the building energy consumption, energy sufficiency and renewable energy database by literature analysis, then to calculate the energy efficiency of the thermal environment, and by radar chart shows the results.

The prototype system established by this study will be further developed and studied for academia and industry use.

**Keywords :** solar energy , thermal environment , BIM

## 一、前言

氣候變遷因全球暖化，帶來頻繁的極端氣候與環境保護一直以來都是國際間探討永續的主要課題之一，臺灣地區未來將面臨高度都市化現象及環境惡劣，例如：生態環境日漸惡化、能源消耗、二氧化碳排放及都市熱島效應等氣候變遷造成的結果，使建築師必需考慮能源績效的課題。

由於全球經濟快速發展，造成能源使用量大增，能源的消耗也相當驚人；加上土地資源的開發，大量砍伐森林，使得全球碳循環遭到破壞，造成近年來的暖化現象同時其對氣候的影響愈來愈顯著，例如北極海的冰層加速融化；青藏高原、格陵蘭與歐洲各地的冰河不斷縮減；西伯利亞永凍層的面積逐漸減少；大氣層中的二氧化碳增量也使海水酸化的情形愈來愈嚴重；而全球各地激烈氣候現象(如颱風、高溫等)的發生也更加頻繁，不只對自然生態環境造成了極大的破壞，也造成人類社會經濟極大的損失。

目前有關能源效率的研究，多數都在使用階段，進行評估衡量，並未考慮把能源效率納入設計的決策之中。建築效率能源評估，必須整合建築型式、材料以及技術三個構面，作為績效評估的準則[1]。

為了達到上述目的，本研究在於運用 BIM 軟體，提供績效評量參數與資訊。根據材料建築型式、材料與技術三個構面的相關因素，並建立一個效率能源計算模式，透過視覺化的圖型，顯示績效評估與結果，以便應用於建築設計時，考慮於建築形式、材料與技術選擇的決策中。

## 二、文獻回顧

### 2.1 極端氣候

基本上，氣候的定義可以以某種天氣事件發生的概率分佈來表示。當某地天氣氣候狀態嚴重偏離其平均值時，就可以認為是該氣候狀態不易發生的事件。在統計意義上，不容易發生的氣候事件就可以稱為極端氣候。極端氣候在近幾年頻繁出現，而且發生的頻率和強度都有所增加，出現異常的高溫、熱浪跟大洪水，給人民生命財產帶來極大威脅。這樣的極端天氣事件即所謂的「極端氣候」。

#### 2.1.1 極端氣候的現象-海平面上升

地球暖化不僅使冰河融化導致大量的雪水流入海裡，由於溫度的差異也使海水膨脹、海平面上升。依據 IPCC(跨政府氣候變遷委員會)的預測，在 2025 年之前平均氣溫約上升 1°C，以此為依據，在 2030 年之前，海平面水位會比現在多 20 公分；如此一來位於低海拔的日本東京、大板，埃及尼羅河口附近，土瓦魯，等大河河口的世界各都市，就會因此有大半土地會遭海水吞沒。

#### 2.1.2 極端氣候的現象-沙漠化

地球的陸地已有四分之一成為沙漠，如圖 1 所示。不僅因為全球暖化而

造成的氣候變遷，有降雨量減少，還有人為砍伐大量樹木、位於半乾燥地區的農耕地擴大、家畜過度放牧等，地表變得乾燥而形成了不能從事農牧業甚至無法生存的沙漠地區。撒哈拉沙漠每年持續以每年 5 公里的長度向外擴展，整個地球更是以每年 1.6 個台灣的土地面積成為沙漠。

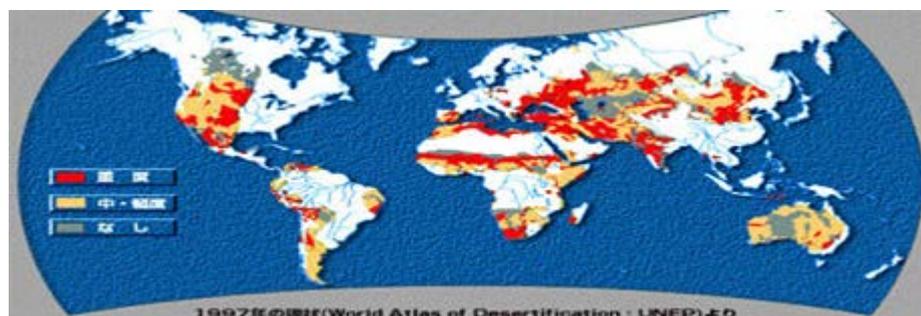


圖 1.全球受到沙漠化影響的範圍與其嚴重性  
(紅色：重度，土黃色：中度，灰色：輕度)

### 2.1.3 極端氣候的現象-冰層融化

暖化對於世界上的水資源、生態、食物、人類的生命各方面，都會帶來衝擊。工業所排放的二氧化碳外，聯合國糧農組織(FAO)2006/12 發表：全球 10 億 5 千萬隻牛是溫室氣體的主要元兇，牛群的屁和排泄物所排出的二氧化碳，佔全球總排放量約 20%。此外近年來許多國際氣候相關組織指出 40 年來，冰冠的厚度減少 40%，在西伯利亞跟全球各處的永凍土下藏著氣候的不定時炸彈，也就是甲烷，溫室效率比二氧化碳強了 20 倍，如果冰層融化，甲烷釋出將會導致溫室效應更為失控。

### 2.1.4 極端氣候的現象-水災

台灣八八水災就是一個極端氣候的例子，台灣人民在百年內最嚴重的一次水災，在中國東南地區也多次發生大雨，在今年 8~9 月，據官方報導死亡、行蹤不明的人達 400 人以上，美國佛羅里達半島及加勒比海各國受到颶風侵襲，暴風雨造成 23 人死亡、上萬戶民房傾倒，如圖 2 所示莫拉克颱風的瞬間大雨，引發八八水災，大量土石流，造成許多房屋倒塌。



圖 2 金帥飯店倒塌時的照片

### 2.1.5 小結

從上述可以得知，全球暖化導致極端氣候，人類已經開始感受到氣候變遷的威脅，為了後代子孫以及永續發展，所以我們必需重視能源績效的課題。

## 2.2 建築資訊系統(BIM)

建築資訊模型，是建築物在整個生命週期中所有產生與關聯的資訊集合體；建築資訊系統(Building Information Modeling)則是指建立及管理建築資訊模型的過程。在建模的過程中應謹慎考量模型資訊交換性(interoperable)及再利用性(reusable)。

BIM 系統泛指能夠在建築物生命週期中建立、整合(integrate)及重複利用建築資訊與專業知識(domain knowledge)的系統[2]。BIM 系統結合 IT(Information Technology)技術、電腦輔助設計方法，以及 AEC/FM 領域的專業知識，以設計的角度建立、整合建築資訊模型。與以往認知的電腦輔助繪製設計系統最主要不同在於電腦輔助繪製設計系統主要以繪製幾何圖形資訊為主，而且從這些輸出的幾何圖形中無法直接取得有意義的資訊(例如門窗的型號、樑柱的長度)，必須經由人員判讀才能轉為有用的資訊，而 BIM 系統能夠由資訊模型中直接取得所需資訊[3]。

BIM 系統具有以下特性：

1. BIM 系統具有輸入/輸出建築資訊模型的能力。BIM 系統能夠輸入建築資訊模型進行資訊處理動作，也能夠將處理後的建築資訊模型輸出。
2. BIM 系統間能夠有效的分享資訊。一個建築物在不同階段的專業領域間必定有許多相關聯的資訊，這些資訊在 BIM 系統間必須能夠同步且有效的分享。例如當建築師使用建築 BIM 系統修改了某根樑的位置，結構技師的 BIM 系統必須能夠直接由建築 BIM 系統輸出的建築資訊模型顯示被改變的資訊。
3. BIM 系統將資訊的處理重心放在物件(Object)本身，每個物件都具有個別身份(Identity)與意義，並且含有關於此物件的相關資訊，這些資訊能夠以參數(Parametric)形式描述這個物件，例如一個樑的物件具有其位置、幾何、數量資訊。透過視覺化的圖型，建立一個視覺化的圖型。目前建築資訊模型運用在建築的研究上，不僅逐漸被接受而且有越來越多的趨勢。

## 2.3 熱環境

由於建築物的存在，人體生活的環境可劃分為室外熱環境和室內熱環境，室外熱環境是室外氣候的組成部分，是建築設計的依據，太陽是室外熱環境中的巨大熱源，並持續著釋放出能量。在室內，人體並非是唯一的熱源，各種機器設備和人工照明都會產生很大的影響。

建築外牆結構的主要功能即在於抵禦或利用室外熱環境的作用，所以建築物可以被視為環境的過濾器，通過適當的設計選擇是當的材料與建築型式，讓建築能透過調節室外熱環境來提供良好的室內熱環境，以滿足不同使用要求[4]。

因此，在極端氣候出現機率越來越大時，用於選擇建築外牆之材料，隔離熱能的傳遞以減少室內空調能源的消耗並發揮最大的耗能績效，是相當關鍵的議題[5]。

### 2.4 小結

降低熱環境能源之使用量，是一個值得研究之課題，本研究藉由建築資訊模型(BIM)與熱能原計算流程，建立 BIM-熱環境效能分析模式與離型系統。

## 三、模式建構

### 3.1 BIM-熱環境效能分析離型系統

本研究藉由文獻回顧整理，建立熱能源計算能流程(圖 3)完成 BIM-熱環境效能與分析離型系統(圖 4)。

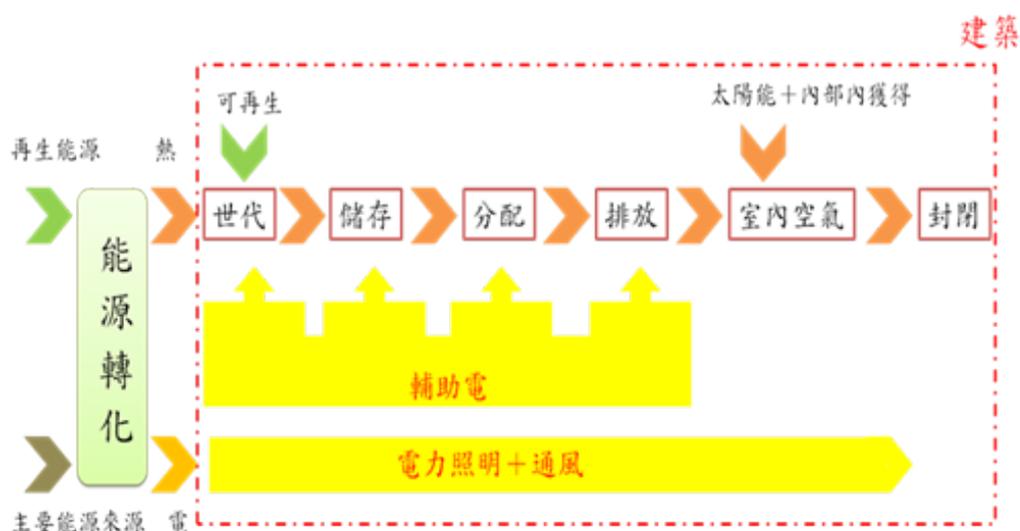


圖 3 熱能源計算流程圖

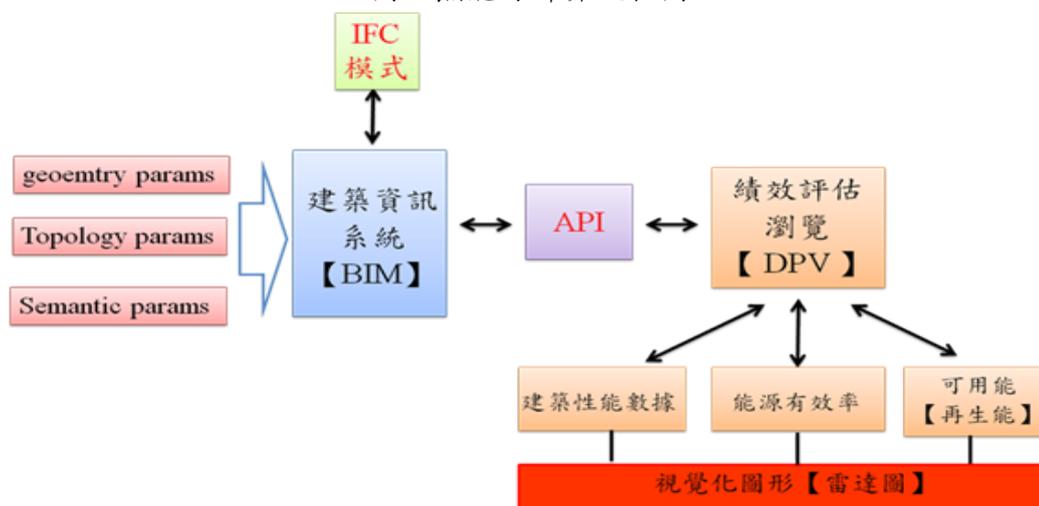


圖 4BIM 熱環境效能分析離型系統

### 3.2 效能分析

本研究可將效能分析(圖 5)分為兩類，物理計算模式以及統計計算模式，其說明如下：

#### 1. 物理計算模式

透過物理計算可以將空調負荷、採光、太陽能、熱環境做各種精確的專業分析和計算，能迅速能夠快速且直接顯示分析結果，做出最佳決策。

#### 2. 統計計算模式

透過統計計算可以滿足能源需求，此方法的目的是在於輸入參數，讓能源效益平估上幫助最大，以做出使用績效最佳化。

#### 3. 能源分析

為了維護既有建築物舒適性，需提供所需要的能源，透過六項關鍵指標的計算達到能源平衡為主要目的，如圖 5 所示。

- (1) 熱損失(傳導)的計算  $Q_1$
- (2) 熱損失(通風)的計算  $Q_v$
- (3) 太陽輻射熱通過率的計算  $Q_s$
- (4) 內部熱獲得的計算  $Q_{i,a,g}$
- (5) 照明電源 / 照明用電的計算  $Q_{i,L}$
- (6) 熱能需求的計算  $Q$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + \dots + Q_{i,a,g}$$

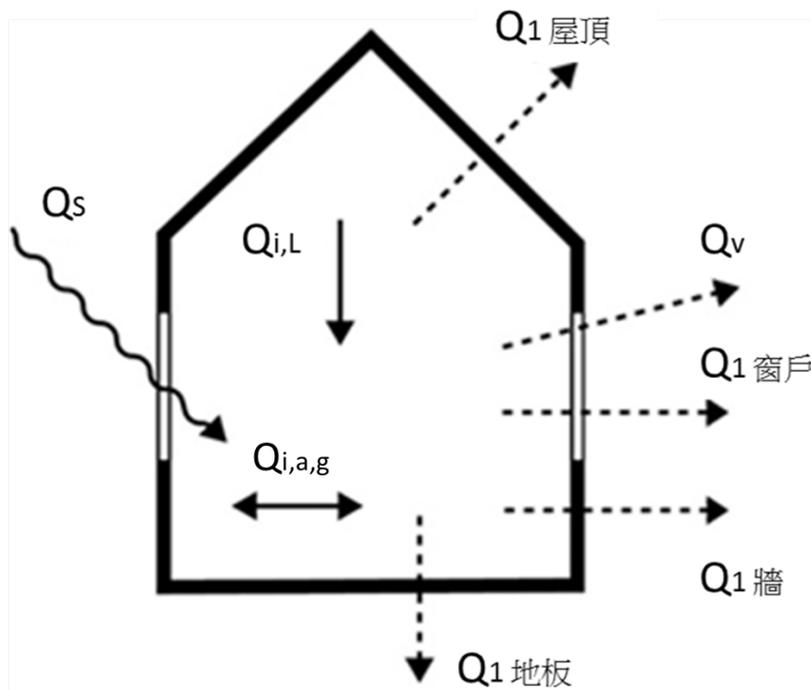


圖 5 效能分析分類

#### 四、實際案例模擬

本研究以一屋頂樓層作為模擬案例分析，將相關初步資料結果，以雷達圖之形式呈現(圖 6)，並經過設計調整後進一步分析顯示，熱耗能顯著降低。如圖 7 所示。

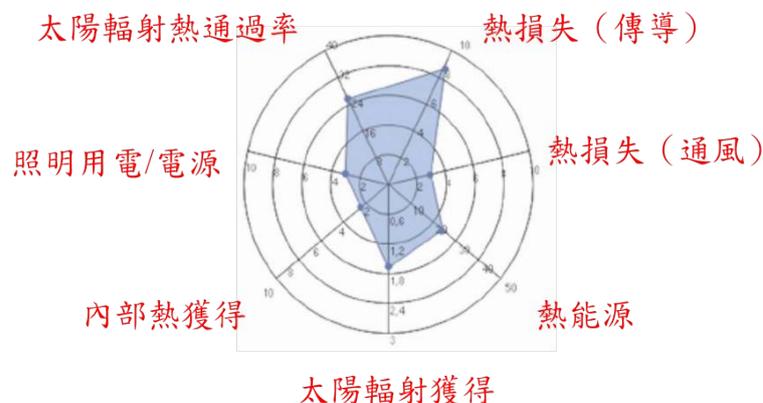


圖 6 初步評估結果雷達圖

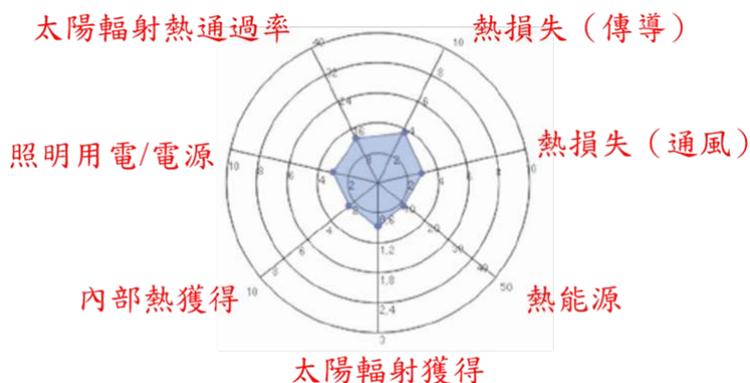


圖 7 最佳化設計結果雷達圖 (最後透過視覺化呈現的圖型)

#### 五、結論與建議

本研究所運用之 BIM-熱環境效能分析系統，藉由視覺化的方式呈現，對於設計時之操作流程甚有幫助。現今學術理論對於建築物理環境之控制已相當成熟，政府機關與學術單位亦大力推動減少能源消耗及研發替代能源等研究，然而除了減少能源消耗或尋求替代能源的概念外，以節省能源的設計方式也是現今可發展的方向，台灣目前對於能源績效的觀念仍處與初步的階段，面對生活環境的日趨惡化，對於目前大多數既有建築物之耗能實有檢討與控制之必要性；考量建築型式、材料與技術，並運用建築效能的評估整合的方法，配合 BIM 軟體電腦的輔助分析，將既有建築物予以改造，延長建築物使用期限，減低建築物耗能對環境的衝擊，為未來研究的努力的方向。

未來研究成果有下列五點：

1. 經由文獻回顧，收集有關建築型式、材料與技術對建築耗能影響的關鍵

因素。

2. 經由既有建築物設計實例進行評估，並且運用 BIM 電腦軟體介入設計流程，以尋求良好能源平衡以及設計對策。
3. 因各地氣候變遷造成極端氣候之差異使得既有建築物因過度不當使用而造成能源的浪費，運用 BIM 軟體建立一個有效率及有用能(再生能)的計算，並透過視覺圖型化來，進行模擬最佳化設計以達成績效評估的結果。
4. 探討不同的建築外牆材料對建築耗能的影響。
5. 早期能源效率大多數在使用階段進行評估衡量，本研究應透過 BIM 軟體進行能源效率的評估以納入設計流程之中，經分析結果，增加設計精確度之外，並能對既有建築物能源效率方案的提出，提供實質的建議方案。

## 六、參考文獻

1. 林憲德，「建築節約能源設計技術規範」，學校類及大型空間類建築專用，營建署，2005 年版。
2. ArnoSchlueter, Frank, “Thesseling Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages”, *Article history: Accepted*, 153–163, 12 July 2008.
3. cited, “U.S. General Services Administration: 3D–4D Building Information Modeling”, 2008.
4. 楊煦照，「建築物之耗能與環境衝擊解析」，碩士論文，國立成功大學，1996。
5. V. Bazjanec, “Building energy performance simulation as part of interoperable software environments”, *Building and Environment*, Vol.39(8), 2004.