

逢甲大學學生報告 ePaper

應用 Green BIM 探討 LEED 能源指標與優化程序
Research on Energy Efficiency Optimization of LEED with Green BIM

作者：霍家俊

系級：建築專業學院 碩士三年級

學號：M0527277

開課老師：陳上元

課程名稱：生態環境評估實作

開課系所：建築專業學院

開課學年：106 學年度 第 2 學期



中文摘要

地球污染日益嚴重，建築物能源使用排放的溫室氣體約佔全球的三分之一，因此建築物的節能與優化設計，具有重要的意義。本研究建議應用 GREEN BIM 技術進行能源分析，以探討 LEED 能源指標與優化程序。

本文包括 GREEN BIM 綠色建築資訊建模與 LEED 能源指標的研究範疇，Green BIM 建築資訊建模與管理(BIM)、及建築效能分析整合性應用(BPA)。能源與環境設計(LEED)的能源指標，其意義在於應用能源分析軟體，進行設計專案能源效率的優化。以 Green BIM 探討 LEED 能源指標與優化的步驟為(1)根據 ASHRAE 高階能源設計指南進行基準建築設計、(2)進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築進行比較。(3)根據比較的優化性能百分比評等、評分。

本研究使用 Revit 為建築資訊建模與管理；並與其內建的 Energy Analysis 作為建築效能分析的整合性應用(BPA)工具，探討根據 LEED 能源指標進行能效優化的程序，本研究以旭成建築公司的新建辦公室專案為實作的示範，首先創建兩個模型，一個用於模擬基線建築能耗，另一個用於模擬優化建築能耗，然後兩者作比較分析，最後對照 LEED 能源效率優化的節能率及其分數表，計算本研究在 LEED 能源效率優化的標準中，所達到的優化程度。

關鍵字：能源模擬、能源優化、Green BIM、LEED

Abstract

Building performance simulation (BPS) is the basis for informed decision-making. The aim of this study is to evaluate the effect of a simulation-based decision aid, LEED, on informed decision-making using sensitivity analysis. The paper utilizes one design case studies. Refer to ashrae90.1 for the design case to complete the energy saving program.



Keyword : Energy Analysis , Green BIM , LEED

目 次

摘要.....	1
Abstract.....	2
目次.....	3
緣起與目的.....	4
文獻回顧.....	4
(一)Green BIM 綠色建築資訊建模.....	4
(二)領先能源與環境設計(LEED)的能源指標.....	5
理論與方法.....	6
1. BIM 與節能設計.....	6
2. LEED 能源優化.....	6
3. ASHRAE 高階能源設計指南要求.....	7
研究過程與成果.....	7
1. 根據 ASHRAE 能源設計指南進行基準建築設計.....	2
2. 進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築設計進行比較.....	3
3. 根據比較的優化性能百分比評等、評分.....	5
結論與建議.....	14
參考文獻.....	15



一、緣起與目的

氣候變遷導致的天災，對環境造成嚴重影響，而建築物能源使用排放的溫室氣體約佔全球的三分之一，為保護環境和減少資源消耗，建築物的節能與優化設計，具有重要的意義。因此本研究希望達到以下之目的：

1. 根據 LEED 能源指標為研究案例進行能源效率優化。
2. 根據比較優化性能百分比進行分析。
3. 探討 LEED 與 BIM 未來的研究發展方向。

二、文獻回顧

本文包括 GREEN BIM 綠色建築資訊建模 LEED 能源指標的研究範疇，Green BIM 包括建築資訊建模與管理(BIM)、以及建築效能分析的整合性應用(BPA)。領先能源與環境設計(LEED)的能源指標，其要義在於應用能源分析軟體，進行設計專案能源效率的優化。

(一) Green BIM 綠色建築資訊建模

Green BIM 包括 BIM 建築資訊建模與管理，BPA 建築效能分析的整合性應用。

1. 建築資訊建模與管理(BIM)：

BIM 設計主要以 3D 模型為主，再切換不同視角輸出工程圖，所以設計人員可以直接於模型中變更設計，即可同時完成所有圖紙的更改，大幅縮短傳統逐張圖紙修改的時間及降低圖紙的非一致性。(陳育萱，2012)

一般業主對於閱讀建築圖說理解能力不足，可藉由 3D 模型來說明建築外觀及室內空間規劃及裝修，以解除業主對於室內外建築情境的疑惑。(陳育萱，2012)

BIM 所提供的競爭力，不在於軟體的使用程度或資料，遲早大家都會熟悉軟體的操作，利用 BIM 軟體去檢測資料的一致性，未來重要的乃在於事務所是否有能力打造一個 BIM 環境平台，進行設計與工程、製造與管理的整合？過去個人曾執行內政部建築研究所的計畫案，進行 BIM 導入台灣綠建築設計案例實作研究，未來設計與工程、製造與管理的整合，將成為導入 BIM 成功的指標之一。(鄭泰昇，2016)

2. 建築效能分析的整合性應用(BPA)：

隨著 BIM 及建築數位評估軟體的成熟發展，在設計初始階段即可進行光、音、熱、氣的物理環境模擬，達到基地設計的最佳化。(陳上元，2014)，如圖 1、建築能效分析(Building Performance Analysis, BPA)可視為建築方案設計的”決策循環”評估過程。探討 BIM 架構中的建築能效分析(BPA)層面包括：預測整體建築的能耗分析、建築物理環境的可視化模擬和生命週期分析。(邱秀婷，2015)

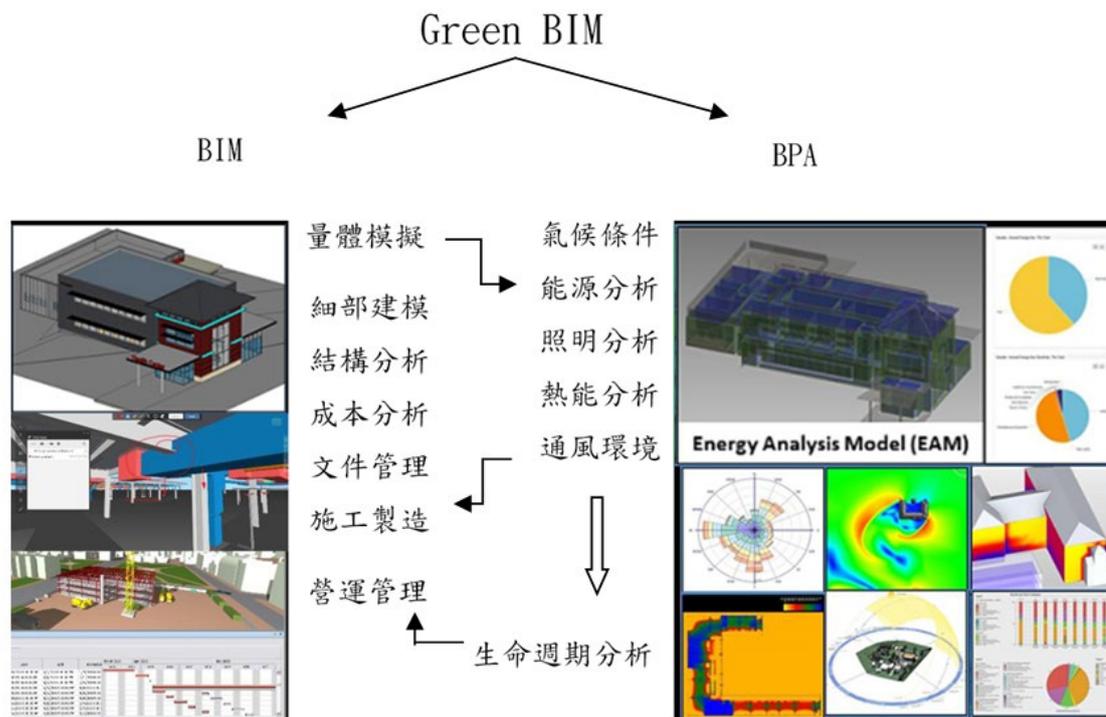


圖 1、BIM 與 BPA 關係圖

(二) 領先能源與環境設計(LEED)的能源指標

Aysin Sev 分析 BREEAM、LEED、SBTool 三種建築環境評估 (BEA) 工具，提出由於國家和地區之間的差異顯著，不應該以一刀兩斷的方式切割構建評估工具，而是考慮當地的氣候或文化差異、建築材料和技術、熱舒適、水的供應和電力需求等條件，調整評估工具性能標準，實現最有效的解決方案(林奉怡，2016)。

LEED 實際項目得分計算上，傾向兩種作法，一是符合國際標準或規範，如 ASHRAE、EN、ISO 等，二是符合地方法規或地區優惠給予額外分數。以節能為例，LEED 的作法是執行建築能源模擬，每個申請案操作兩次模擬，一次是以剛好符合法規的設定值(稱之為基準值，目前是以 ASHRAE 90.1 為準)，一次是用實際設計值(稱之為設計值)，倘若設計值案較基準值的節能比例達標，便可拿分。不同地區因為氣候區不同，依其適用於美國當地 ASHRAE 的哪一個氣候區而有那一區之規範值，因此該符合的法規值也不同，則得分難度可能就不同。換言之，節能量對應到得分的表格不變，但模擬時的基準案設定值依地區氣候各有規範。(林奉怡，2016)。

三、理論與方法

以 Green BIM 探討 LEED 能源指標與優化的步驟為(1)根據 ASHRAE 高階能源設計指南進行基準建築設計、(2)進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築設計進行比較。(3)根據比較的優化性能百分比評等、評分。

1. BIM 與節能設計

BIM(Building Information Model)建築資訊模型，是建築學、工程學、土木工程的新工具，歐特克提出以 Revit 軟體可以為基礎的軟體提供解決方案，BIM 廣泛應用在建築設計、建造、營運中，可讓不同專業人員相互參與和交換資料。(陳泰羽，2012)

Robert B. Haber and David A. McNabb 在 1990 年，提到了視化的顯示是用來描述和評估模型很重要的方法。可視化是建築資訊模型中最基礎的概念，簡單來說可視化就是將原本所有項目的 2D 設計圖建構成 3D 模型，並且加入建築信息整合進 3D 模型中，將原本在 2D 平面圖不能正確展示的空間與實際狀況，實際建置出來。(中國 BIM 培訓網，2018)

以往在營建工程里的碰撞衝突檢討階段，需要靠專業知識和自身經驗才能解讀，也需自行想像與感受建築空間的實際狀況，但通過可視化的呈現，不再受限於傳統 2D 圖面，工程中各種工作團隊皆可以直接瀏覽每個空間，並且使用此模型進行溝通討論與分析，進而更方便的讓所有與營建工程里相關的人員都能一起共同觀察建築模型與協同討論，甚至是不具備相關專業的業主都能參與其中，減少雙方想像的落差、縮短溝通的時間，簡化和加速溝通的過程，以達到工程各領域團隊的共識。(中國 BIM 培訓網，2018)

在設計階段可以使用概念量體能源分析，能更方便在規劃過程中考慮能源的使用，在分析期間可嘗試使用不同的量體形狀，以判定在這基地位置中較為節能的建築形狀，或提供最大的發電效果，因為建築類型、位置和部分參數對於能源消耗的影響，與預期的結果有很大的差異。

由 PBS&J 公司設計的 Tyndall 空軍健身中心，通過引入綠色 BIM，不僅使項目達到了 LEED

(領導能源和環境設計，能源與環境設計先鋒獎)鉑金級認證，並使施工預算比最初預計減少了 10%，實現了項目可持續性與經濟性的有效兼顧，也讓人們看到了綠色 BIM 巨大的發展潛力。(楊宇，2011)

2. LEED 能源優化

依據 LEEDv4 版本，能源與大氣 (ENERGY AND ATMOSPHERE) EA 得分點：能源效率優化 (EA CREDIT: OPTIMIZE ENERGY PERFORMANCE)，建築物的能源效率優化，實現比基線條件要求更高的節能等級，以減少因能源過量使用所引發的環境和經濟危害，在方案設計期間建立節能目標。分析節能措施，與受影響各系統相關的潛在節能方面和對項目整體成本影響。減少使用時間 (使用日程計劃更改) 在本得分點中不是能源改善的範疇。

3. ASHRAE 高階能源設計指南要求

建築物座向，建築物的基線性能應通過模擬建築物的實際取向來生成。如果能證明項目評估人員滿意，建築方向可以是由現場考慮決定的。

在建議的設計中，應該為每個外部部件類型假定等效的尺寸；即建議和基準建築設計中外牆的總面積應相同。屋頂，地板和門的面積也應如此，建築和基準建築設計中，混凝土板的周長也應相同。

不透明組件。用於新建建築物，現有建築物或附加物的不透明組件應符合以下常用的輕型裝配類型，並應與資料表中適當的裝配最大係數相匹配：屋頂絕對完全在甲板之上、高檔牆應用鋼框架、地板鋼托梁、不透明門的類型應符合建議的設計。

垂直開窗區域。新建築的垂直開窗區域應與模擬設計中的相同，或相當於牆總面積的 40%，以較小者為準，並應按建議設計的比例分佈在建築物的每一面上。現有建築物的開窗區域在施工前應與現有的開窗區域相同，並按照與現有建築物相同的比例分佈在建築物的每個面上。

基線建築(辦公室)垂直開窗率佔牆面總面積的百分比，辦公室 (≤465 平方米) 19%、辦公室 (465-4650 平方米) 31%、辦公室 (> 4650 平方米) 40%。

屋頂太陽能反射率和熱輻射。要求的外部屋頂表面應用太陽能反射率和熱輻射率建模。所有其他屋頂，應使用 0.30 的太陽反射率和 0.90 的熱輻射率來建模。

本研究以 Green BIM 探討 LEED 能源指標與優化的方法為

- (1) 根據 ASHRAE 高階能源設計指南進行基準建築設計：利用 Revit 作為建築資訊建模與管理工具，按照 ASHRAE90.1 能源設計指南的基準建築要求，設定各項能源資訊，來建構基準模型。
- (2) 進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築設計進行比較：以 Revit 作為建築資訊建模與管理工具，把用於模擬改善設備建築能耗的模型建造出來，並與基準值的建築進行比較。通過比較改善後和基線模型的分析結果，對該模型進行評估，對應評估相對能源成本節約率。

其公式為：節能百分比 = $100 \times (\text{基線性能} - \text{改善的性能}) / \text{基準性能}$

- (3) 根據比較的優化性能百分比評等、評分；根據步驟(2)所得的節能百分比，對照 LEEDv4 能源與大氣得分點：能源效率優化中所提供的，節能率及其分數表，查出相應所得的得分。

四、研究過程與成果

本研究採用旭成建築公司的新建辦公室作為實作的示範，此操作步驟(一)根據 ASHRAE 能源設計指南進行基準建築設計，(二)進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築設計進行比較，(三)根據比較的優化性能百分比評等、評分。說明如下：

1. 根據 ASHRAE 能源設計指南進行基準建築設計：

專案位置設定，在專案中設定本研究對象建築物的位置，在定義位置依據中有兩種選項，一種是預設城市清單，是適合 HVAC 暖通空調系統的尺寸設定；我是選擇了另一種選項，因為另一種是網際網路對映服務，這種選項是較適合用於能源分析的，如圖 2。然後在 Revit 中按照建築的座向設定正北。

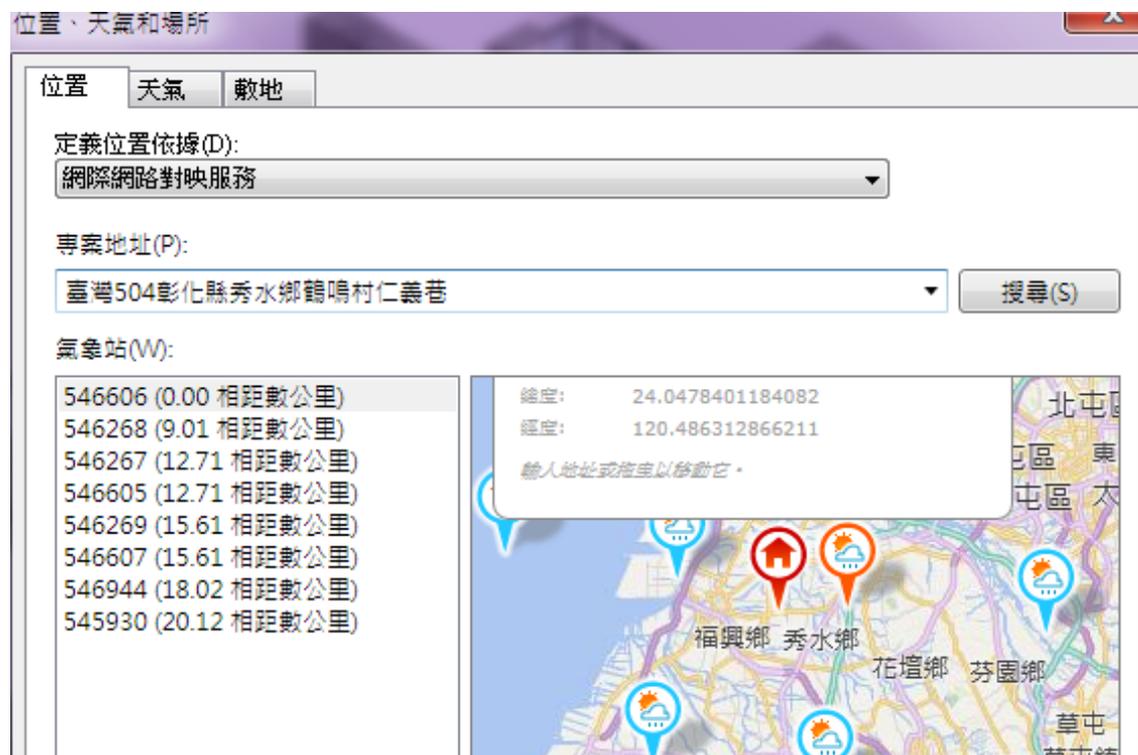


圖 2、建築位置設定

建構基線模型，按照旭成建築公司的新建辦公室專案的建築設計圖，建構基準模型，建築的屋頂、牆、門等的建築元件，依照 ASHRAE 能源設計指南中的資訊建構相關元件，但因為 Revit 中沒有一套與之條件相同的元件可供使用，所以便自行操作，把相關元件，屋頂、牆、門等的資訊修正為與 ASHRAE 指南中相關表格的要求，圖 3，牆性質設定圖和，圖 4，屋頂性質設定圖，屋頂和牆屬性中調整傳熱係數(U)值和熱阻(R)值與 ASHRAE 指南中的表格所提供的選項數值相同，但因為在不知道材質的情況，所以嘗試各種材質和增加或減少材質的厚度，盡可能的把傳熱係數(U)值和熱阻(R)值控制得和指南表格中的數值一樣，因為傳熱係數(U)值和熱阻(R)值和選所用建築材質有直接的關係，所以會出現一些少許的誤差。



圖 3、牆性質設定圖

TABLE 5.5-2 Building Envelope Requi

OPAQUE ELEMENTS	NONRESIDENTIAL	
	Assembly Maximum	Insulation Min. R -Value
Roofs		
Insulation Entirely above Deck	U- 0.039	R-25 c.i.
Metal Building ^a	U- 0.041	R-10 + R-19 FC
Attic and Other	U- 0.027	R-38
Walls, Above Grade		
Mass	U- 0.151 ^b	R-5.7 c.i. ^b
Metal Building	U- 0.094	R-0 + R-9.8 c.i.
Steel Framed	U- 0.084	R-13 + R-3.8 c.i.
Wood Framed and Other	U- 0.089	R-13

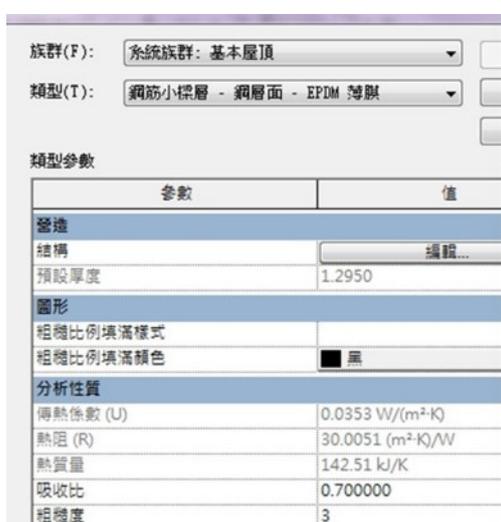


圖 4、屋頂性質設定圖

TABLE 5.5.3.1 High Albedo Roof Insulation*

Opaque Elements (Roofs)	Nonresidential	
	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
<u>Insulation entirely above deck</u>	<u>U-0.062</u>	<u>R-16 c.i.</u>
<u>Metal building</u>	<u>U-0.053</u>	<u>R-10 + R-19 FC</u>
<u>Attic and other^a</u>	<u>U-0.035</u>	<u>R-30</u>
<u>Insulation entirely above deck</u>	<u>U-0.047</u>	<u>R-21 c.i.</u>
<u>Metal building</u>	<u>U-0.049</u>	<u>R-10 + R-19 FC</u>
<u>Attic and other^a</u>	<u>U-0.032</u>	<u>R-32</u>
<u>Insulation entirely above deck</u>	<u>U-0.046</u>	<u>R-21 c.i.</u>
<u>Metal building</u>	<u>U-0.048</u>	<u>R-10 + R-19 FC</u>
<u>Attic and other^a</u>	<u>U-0.032</u>	<u>R-42</u>

研究進入碰撞衝突檢討階段，把各種元件以上述的方式調整完成，便完成基準建築的模型，為了準確的減少建築材料浪費，必須進行干涉檢查，在協調作業中，開始干涉檢查，點選想要檢查的品類，Revit 便會自動生成干涉報告，在報告中便可以看到各種品類中，有互相干涉到的項目，點選更正的項目，然後按展開，便會顯示品類之間有所干涉的位置呈現啡色，把元件的位置調整至沒有干涉的情況時，元件的顏色便會退回原樣，如圖 5。

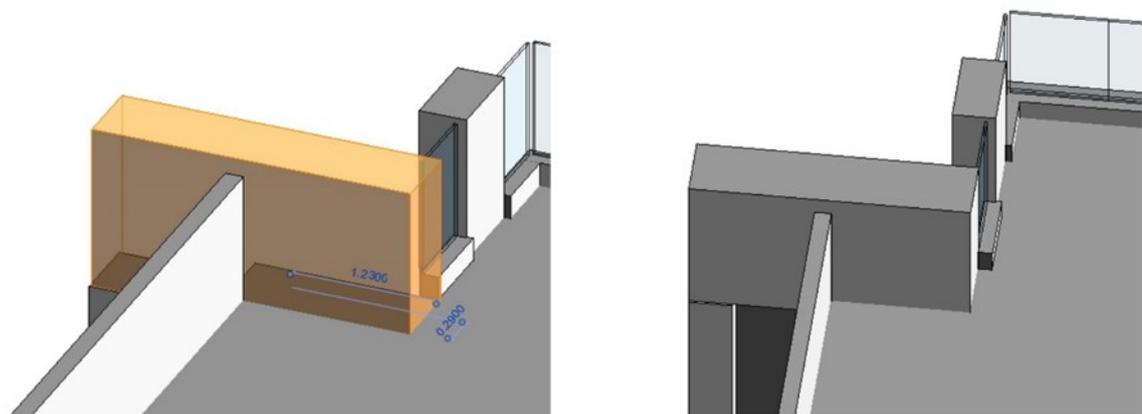


圖 5、修正干涉

調整能源設定，如圖 6，把模式調整為，使用概念量體和建築元素，因為這個選項全為全面，它可以同時分析概念量體和建築元素，另外因為 ASHRAE 指南中規定，基線建築垂直開窗率佔牆面總面積的百分比，辦公室(≤465 平方米)19%、辦公室(465-4650 平方米)31%、辦公室(> 4650 平方米)40%。本研究專案牆面總面積為(465-4650 平方米)之間，所以開窗率是 31%，不過因為能源分析模式設定是有建築元素條件在其中，牆面總面積的百分比，是直接採用模型中所佔的百分比，所以為了要滿足 ASHRAE 指南的要求，便回到建模的程序，為了模型貼近設計圖的效果，便把各個窗戶的調整得更細小，經過幾次的調整，最後達到了 ASHRAE 指南的要求，開窗率為 31%。

HVAC 系統，要在進階能源設定中選擇，便選用了中央 VAV，熱水加熱，冷凍機 5.96COP、鍋爐 84.5 效率，的選項。

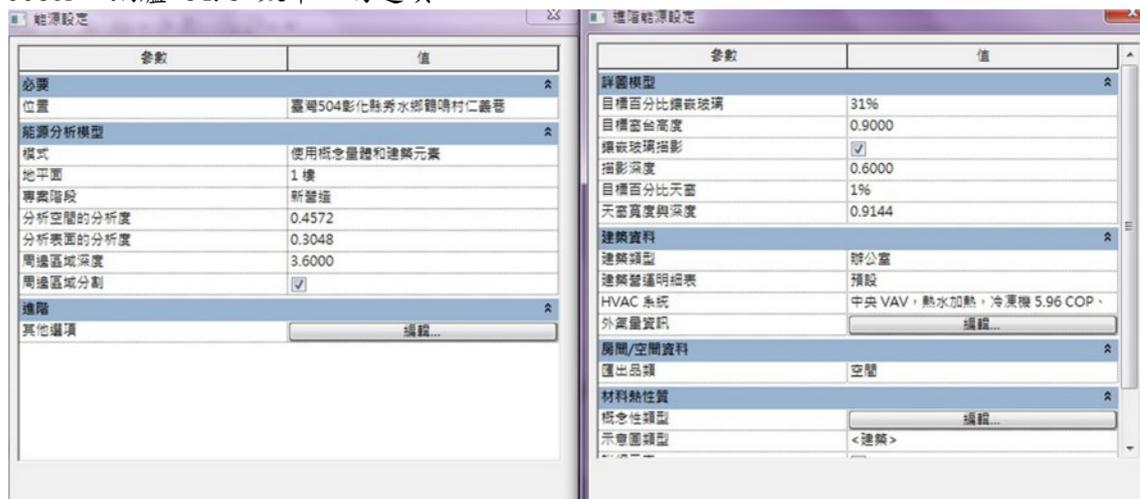


圖 6、能源設定與進階能源設定

能源設定完成後，便可以建立能源模型，Revit 會把原本的模型，生成能源模型所顯示的樣式，圖 7，基準建築模型。



圖 7、能源模型樣板

2. 進行建築整體能耗模擬，並以能源優化後的模型與基準建築設計進行比較：

執行能源模擬，Revit 模型能源模擬，能源解析模型會封裝在 gbXML 檔案中並傳送至 Autodesk Green Building Studio 以進行分析。等待能源模擬完成後，便可以在 Revit 中開啟檔案，觀看能源模擬結果。

在進行優化設計時，觀看從基線模型模擬出來的，年風玫瑰圖，圖 8，風多是從東南方吹向建築，而風速最快的是東北方向，再從每風玫瑰圖中了解到風速最快的時候是冬季，但全年從南方有風吹來的頻率非常少，然後再從 Revit 中開啟太陽角度功能，把月分設定為溫度較高的 6 月至 10 月，在其中可以觀察得知，在夏季太陽角度是偏向南方，如圖 9，但南方是可以說是沒有風能的，所以決定把南方的窗戶，改造為雙層玻璃窗，圖 10，希望能更有效的阻隔熱量，降低空調負擔。還有在能源設定時改用了更節能的選項，和南方的外牆加入了隔熱材質，在非工作地點，減少了照明使用。

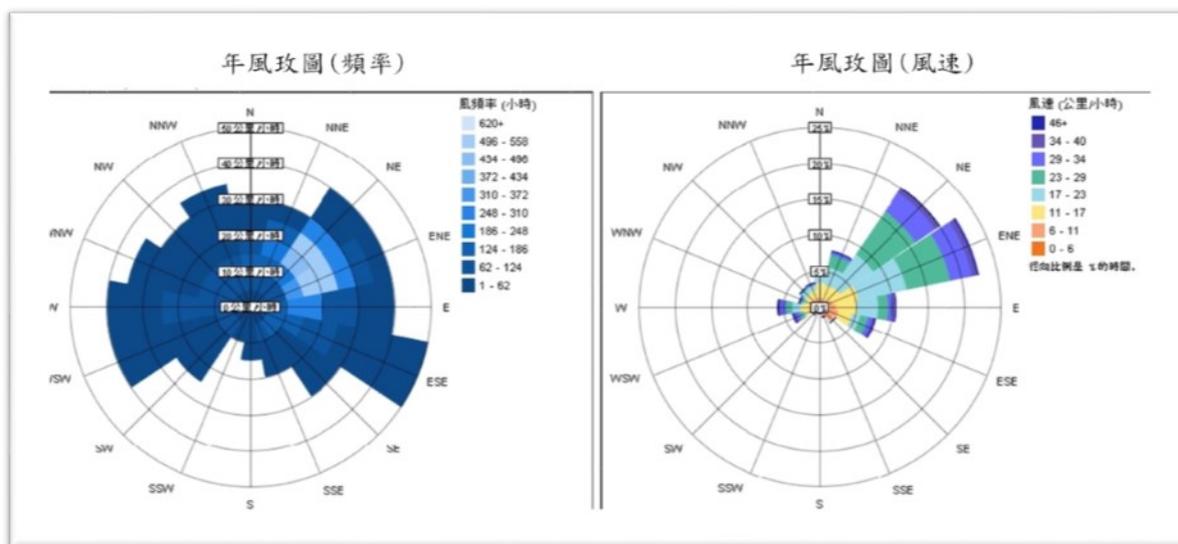


圖 8、年風玫瑰圖

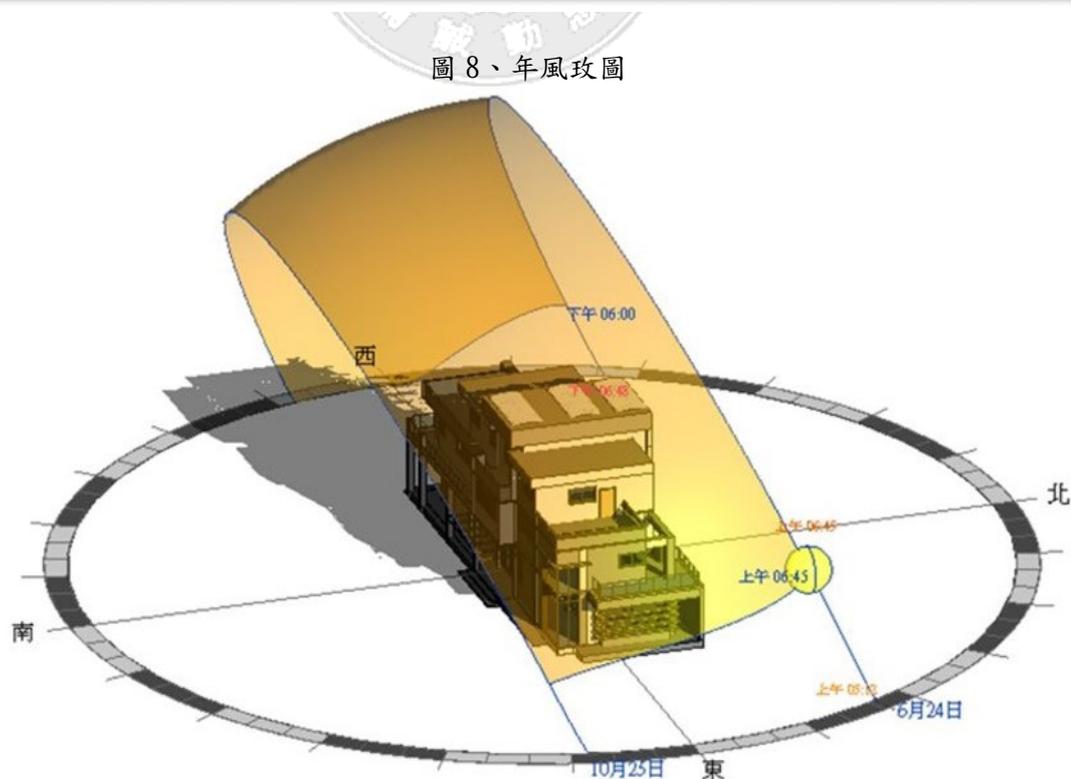


圖 9、年度太陽角度圖

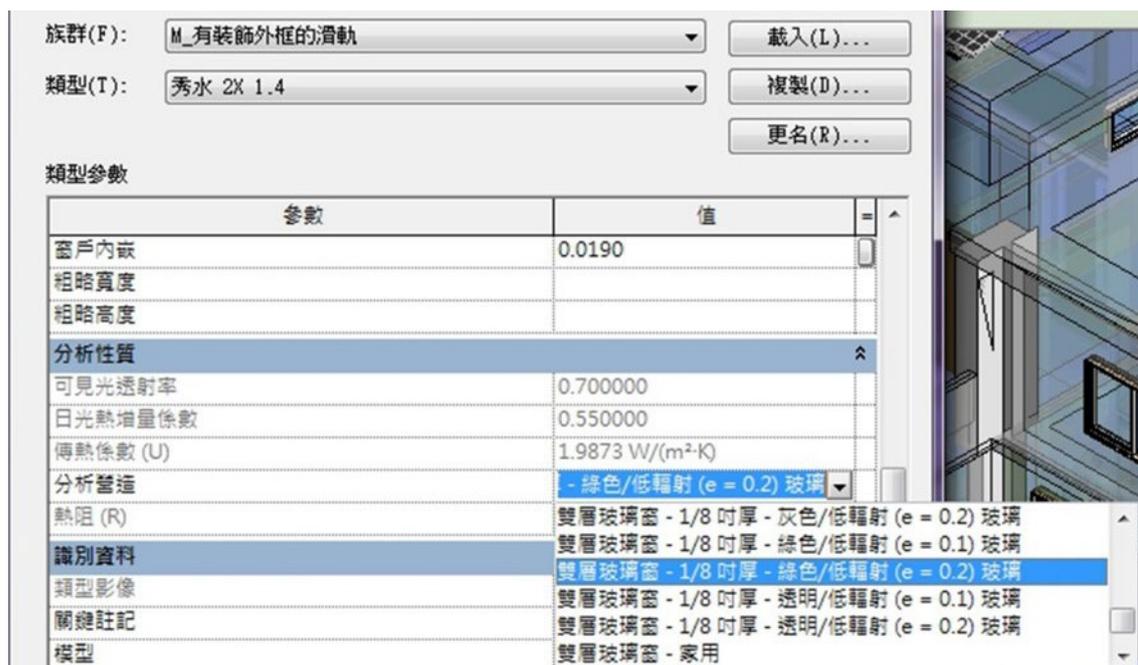


圖 10、雙層玻璃窗設定圖

照度控制，在工作區域中，照度平均值維持在 300Lx 左右，如圖 11，因為根據 (Lighting Design Lab 1992) 之研究: 典型 70 至 80 年代初期之設計造成許多視覺適應及對比上之問題，亦即過高之亮度易產生干擾、疲倦及緊張; 研究亦發現深格柵之拋物狀反射板型燈具加上缺乏牆面照明，造成亮度比過高與壓迫感，評價甚低; 測試者調整最適照度至 450~550 lux，幾乎是今日一般辦公室照度的一半，且其能接受 300~350 lx 之環境照度再加上額外的工作照明（此比增加整體瓦數更為經濟）。

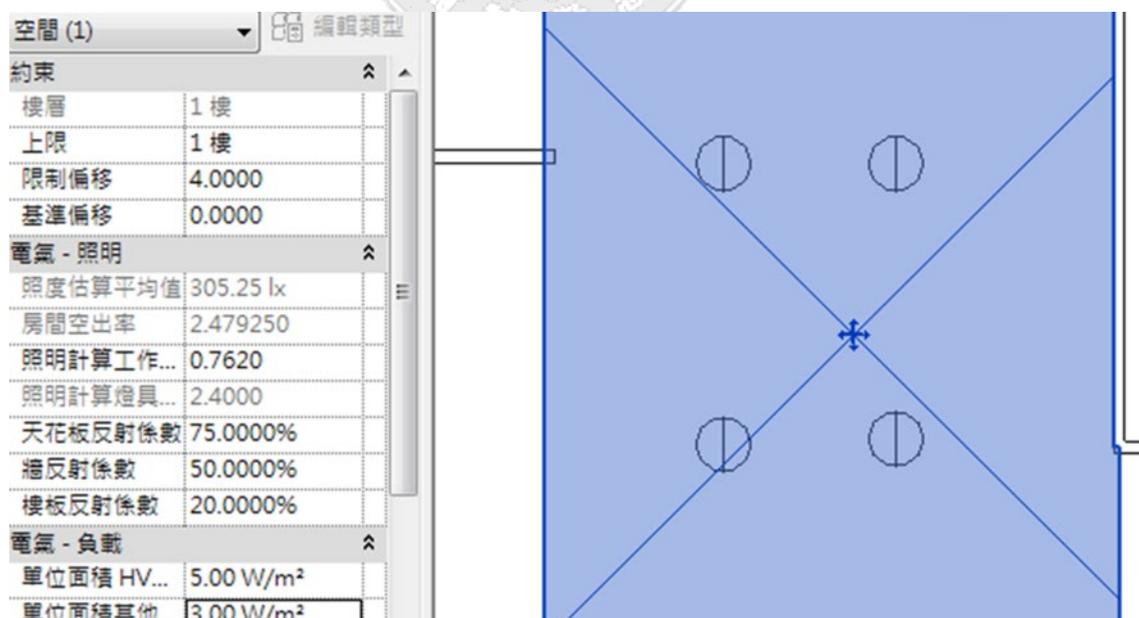


圖 11、工作區域照度

能源優化後的模型與基準建築設計進行比較，圖 12，在年能源使用成本中，基線成本為 \$6962 元，優化成本為 \$4935 元，根據 ASHRAE 90.1 擬議建築物按下式計算：

$$\text{節能百分比} = 100 \times (\text{基線性能} - \text{改善的性能}) / \text{基準性能}$$

即：節能百分比 = $100 \times (6962 - 4935) / 6962 = 29.11 = 29\%$

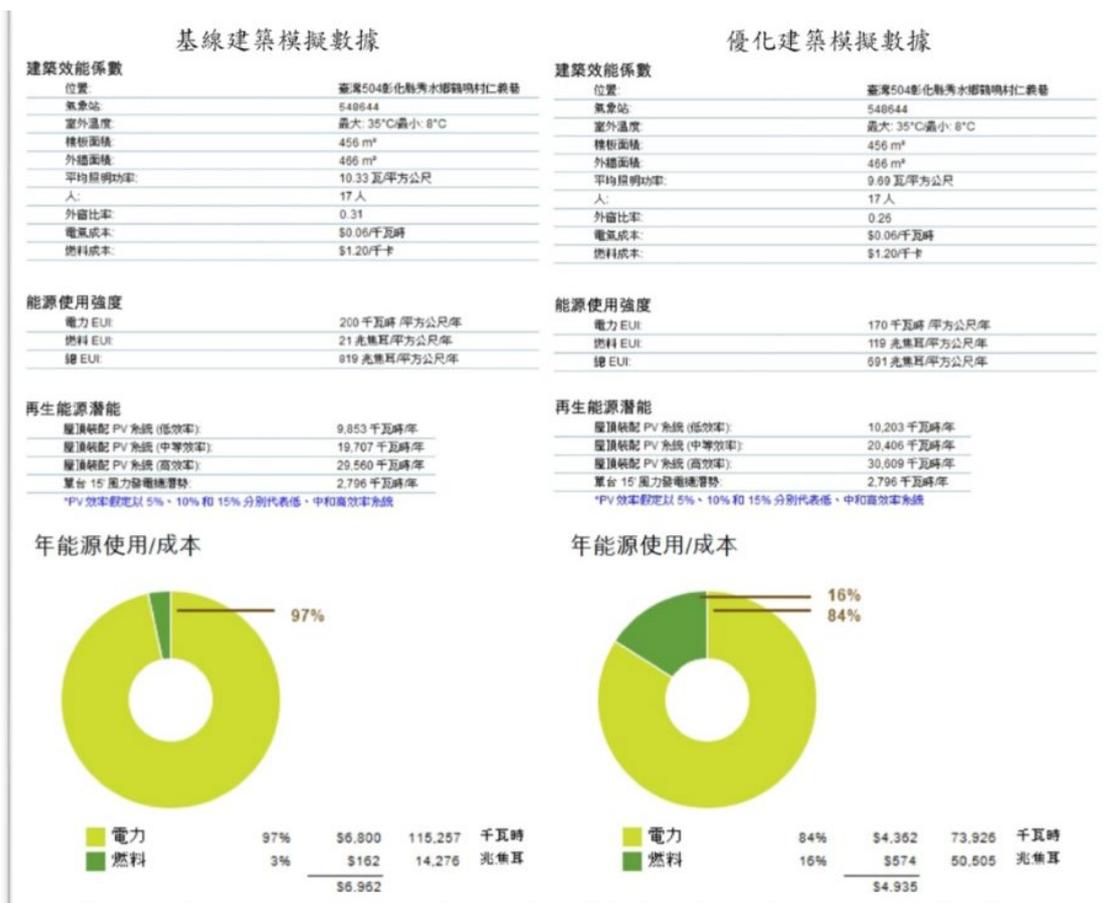


圖 12、能源比較圖

3. 根據比較的優化性能百分比評等、評分：

依據 LEED 能源指標，能源效果優化中的節能率及其分數表，表 1，本研究的優化模型相對基線模型，節能率達到 29%，對照其所得分數(除學校和醫療保健之外)為 12 分。

表 1、節能率及其分數表

新建築	重大改造	核心與外殼	分數(除學校和醫療保健之外)	分數(醫療保健)	分數(學校)
6%	4%	3%	1	3	1
8%	6%	5%	2	4	2
10%	8%	7%	3	5	3
12%	10%	9%	4	6	4
14%	12%	11%	5	7	5
16%	14%	13%	6	8	6
18%	16%	15%	7	9	7
20%	18%	17%	8	10	8
22%	20%	19%	9	11	9
24%	22%	21%	10	12	10
26%	24%	23%	11	13	11
29%	27%	26%	12	14	12
32%	30%	29%	13	15	13
35%	33%	32%	14	16	14
38%	36%	35%	15	17	15

五、結論與建議

可行性，本研究應用 Green BIM 的建模方式，探討 LEED 能源指標與優化程序是可行的，因為 LEED 節能優化所需要比較的能源使用和成本，可以在 Revit 能源模擬中獲得，而且在 BIM 軟體中可使用 BPA 技術，然後參考氣候條件、能源分析、照明分析等的呈現，令建築設計時更方便的從各個節能角度思考，在建築位置中較為節能的建築形狀，或是最大的發電效果，因為建築類型、位置和部分參數對於能源消耗的影響，可能會和預期的結果有所不同，所以通過 BPA 技術便可以了解到環境與建築的各個狀態。但在有各種不同 BIM 工具和專門的能源分析的情況下，使用不同的模擬工具會可能出現各種不同的差異。

差異性，LEED 在基線建築是依據 ASHRAE90.1 能源設計指南，在能源指南中是可以按照不同地區，採用不同的標準，而且在各項建築元素是採用當地的認證，所以如在不同的地方，就算在相同的氣候類型，相同的建築類型在能源分析中，也會出現一定的差異性。

未來的研究發展，在各地的綠建築認證中，可以參考這種在設計時就可以知道建築的能耗情況，然後進行能源優化的方式加以獎勵，因為在預先知道能效的情況時，認證人員可以提早了解該基地的狀況，不用每次都到現場調查，而且也可以讓客戶知道未來的能源費用，因應客戶的需要而改善，還有這過程有應用 BIM 工具，可以做碰撞衝突分析，減低建造時的材料浪費，另外不同國家可以按照自己地區氣候、材料和設備的生產線，制定自己的建築能源設計指南，另外可建構相應的建築元件，這樣可減低建基線模型時，不明確採用不同的元件。

參考文獻

1. 中國 BIM 培訓網, BIM 模型可視化的意義, https://baijia.baidu.com/s?id=1594250211405992100&wfr=pc&fr=_lst, 2018。
2. 邱秀婷, 「綠色建築資訊模型在永續節能設計決策之應用」, 逢甲大學碩士論文, pp. 37-43, 2015。
3. 林奉怡, 「臺灣綠建築評估系統應用於國外案例適用性之問題收集與歸納」, 內政部建築研究所, pp. 21-28, 2016。
4. 陳泰羽, 結合 BIM 開發「智慧化建築消防防災監控系統」, 行政院國家科學委員會專題研究計劃, 2012。
5. 陳上元, 邱秀婷, 綠色的建築資訊模型 Green BIM, 逢甲大學碩士論文, pp. 8, 2014。
6. 陳育萱, 賴明慧、李怡葳, 建築師事務所 BIM 技術導入與成效分析, 「2012 土木與生態工程研討會」, 2012。
7. 楊宇, 美國綠色 BIM 應用現狀及其對中國建設領域的影響分析, 「中國工程科學」第 13 卷第 8 期, 2011。
8. Farzad Jalaei, Ahmad Jade., "Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings", *Sustainable Cities and Society* 18, pp. 95-107, 2015.
9. Ryu Han-Soo and Park Kyung-Soon, "A Study on the LEED Energy Simulation Process Using BIM", *Department of Building Systems Engineering*, pp. 7-8, 2016.

