

BIM於節能減碳設計上之應用—以捷運萬大線LG05站為例

鄧挺發¹ 陳志文² 林坤霖³ 尹倩妮⁴

摘要

從工業革命以來，帶來許多生活的便利進步，同樣的能源消耗及碳排放成等比級數增加，也帶來地球暖化之問題。據統計，各類碳排放量中以建築物(從施工、營運到拆除)之排放量最高，因此非常有必要將節能減碳納入建築設計考量。

捷運萬大線DQ122標LG05地下車站由張清華建築師設計，本車站規劃採光通風井，引進自然光線及自然通風，減少車站部分之照明及空調之使用。同時藉由BIM(Building Information Modeling)及相關分析軟體，輔助建築設計，達到節能減碳目標。

關鍵詞：節能設計、BIM

The Application of BIM to Energy Efficient Design —A Case Study of Taipei MRT Wanda Line Station LG05

Teng Ting-Fa¹ Chen Chih-Wen² Lin Kun-Lin³ Chien-Ni Yin⁴

Abstract

Ever since the Industrial Revolution much convenience and advancement has been brought to our daily life. However, energy consumption and carbon emissions have increased exponentially, bringing the crisis of global warming. According to statistics, infrastructure life cycle, including construction, operation, and demolition, will generate the highest carbon emissions of all industries. Therefore, it is necessary to bring energy saving and carbon reduction concepts to building design.

The Taipei MRT Wanda line's underground Station LG05 was designed by architect Qing-Hua Chang. Sunlight and fresh air were brought in to the underground station through the planning of natural lighting and ventilation shafts in order to reduce the use of artificial lighting and air-conditioning. At the same time, the application of Building Information Modeling (BIM) and related analysis software will help achieve energy saving and carbon reduction goals.

Keywords: energy efficient design, Building Information Modeling (BIM)

¹ 中興工程顧問公司BIM中心工程師

² 中興工程顧問公司BIM中心副主任

³ 中興工程顧問公司DQ122標計畫經理

⁴ 臺北市政府捷運工程局副工程司

bods@mail.sinotech.com.tw

cwchen@mail.sinotech.com.tw

geolin@mail.sinotech.com.tw

cnyin@trts.dorts.gov.tw

一、前言

於20世紀以來，全球平均接近地面的大氣層溫度上升了攝氏0.74度。普遍來說，過去50年可觀察的氣候改變的速度是過去100年的雙倍，其氣候改變是由人類活動所致。

二氧化碳和其他溫室氣體的含量不斷增加，正是全球暖化的人為因素，同時近幾年隨著二氧化碳排放量急遽增加，若持續依此趨勢增加，預計2050年氣溫將增加1.2°C至2°C。

全球性的溫度增量帶來包括海平面上升和降雨量及降雪量的變化。這些變動也許促使極端天氣事件更強更頻繁，譬如洪水、旱災、熱浪、颶風和龍捲風等。

據統計，各類碳排放量中以建築物(從施工、營運到拆除)之排放量最高，高於交通運輸及工業，因此非常有必要將節能減碳納入建築設計考量。

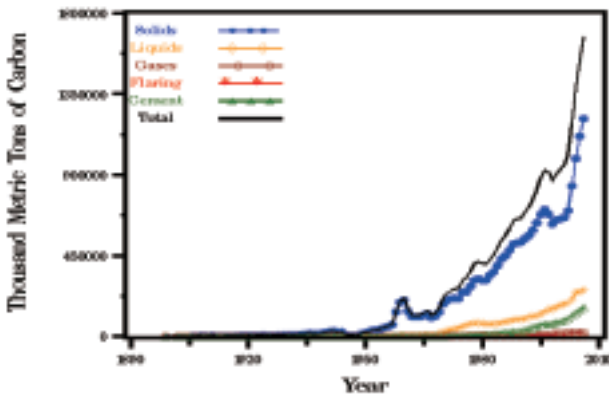


圖1 碳排放量

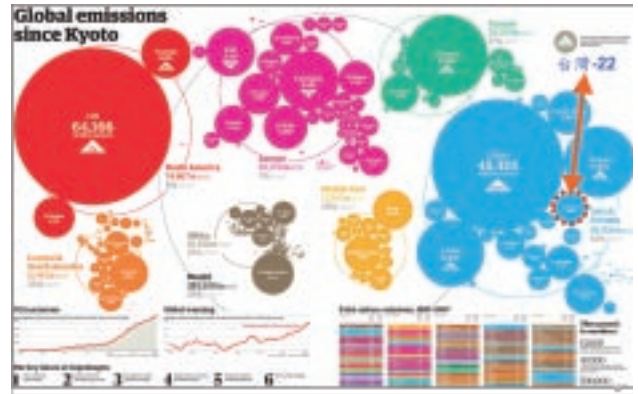


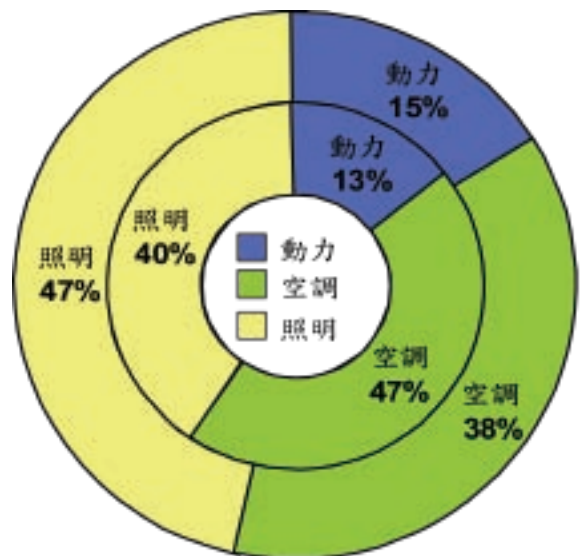
圖2 碳排放量排行榜

二、建築節能策略

(一) 臺灣氣候

臺灣位於亞熱帶地區，一年四季溫度適宜，其中最冷的月份是一月與二月份，南部較接近熱帶氣候，日照充足，冬天及夏天的溫度變化比北部來得小，也就是說北部地區的最高氣溫與最低氣溫的相差比較大，南部地區一年四季氣溫的變化比較小。例如以臺北及高雄而言，夏季平均溫度都有28°C至29°C，但冬天時臺北平均溫度只有16°C左右，但高雄卻仍可高達19°C至20°C。此外，臺北市由於為盆地加上都市熱島效應，夏季氣溫常創新高。

在臺灣用電比例方面，依據內政部有關臺灣商辦建築夏季冬季用電統計，其中空調及照明所佔比例最高，因此臺灣建築而言節能重點在於空調及照明。



夏季(內圈)與非夏季(外圈)

圖3 商辦建築用電比例

(二) 自然通風及採光利用條件

臺灣是通風可利用率排名高的國家。如臺北區通風可利用率(風速達1.5m/sec)約可達40%左右。因此若氣溫在14~28°C，只需藉由加減衣著及調節氣流速度(0.1~0.5m/sec)，不需使用空調，可達到舒適。

臺灣春、夏、秋三季多為半陰天，天空照度達30,000~45,000 lux，以晝光率達到2%為要求，可提供一般室內工作面所需照度500 lux以上的照度。

對於自然採光及開窗面積兩者需取得平衡，以免室內進入過量的太陽輻射，同時適當的遮陽板規劃是必要的，以遮蔽不必要的太陽直射。

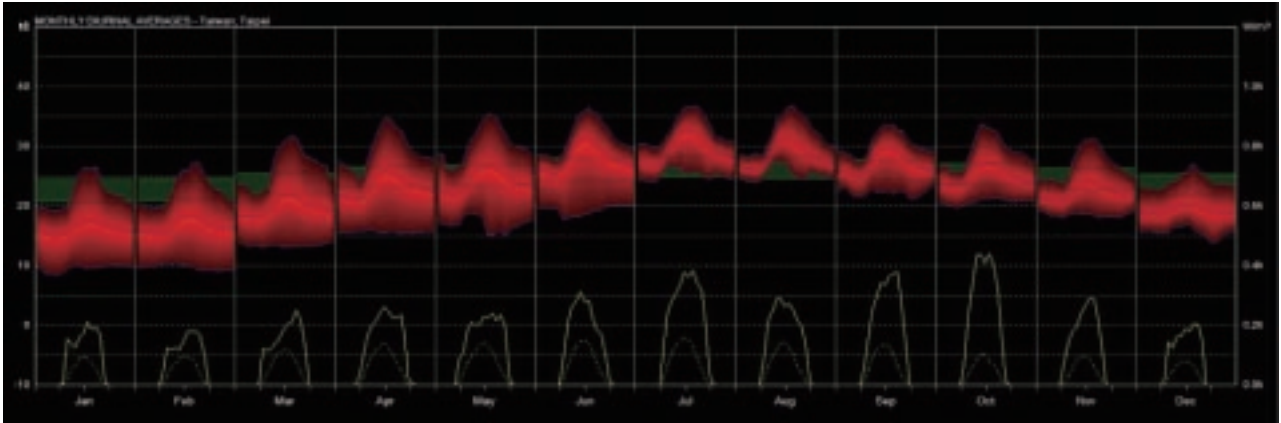


圖4 臺北地區全年氣溫及太陽輻射

(三) 人體舒適度

於節能設計中首先需考慮到符合人體舒適度，由圖5臺北地區夏季焓濕圖(包含乾濕球溫度、相對絕對濕度、熱輻射、風速等)，室內焓濕區塊與人體舒適度範圍交集不多，可採用外殼高容量隔熱及自然通風改善此兩個策略形成聯集即被動式建築設計，增加人體舒適度範圍。

臺灣地區適合採用成本較小之被動式建築設計，即採用建築外殼隔熱、開口遮陽及自然通風等策略，來符合人體舒適度的範圍。

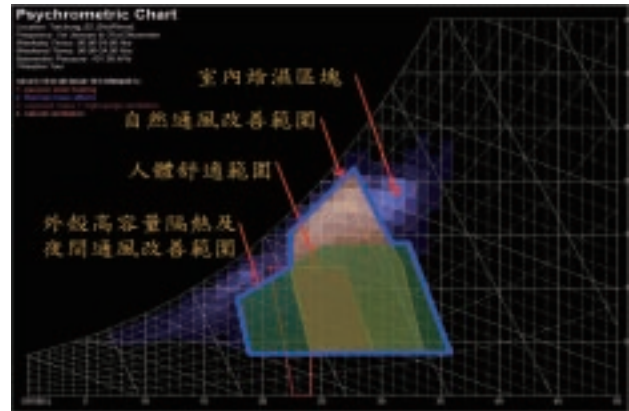


圖5 臺北地區夏季焓濕圖

綠建築九大指標與智慧建築八大指標兩者之交集為節能(日常節能及節能管理)，關於節能設計，應可分為兩個層面，一為建築節能設計，另一為機電節能設計，兩者互為搭配。建築師於規劃階段時即加入節能設計考量，規劃能源負荷較小的建築，機電技師再依此建築成果進行機電系統節能設計及能源模型分析，並回饋建築設計。(本文僅說明建築節能，未涉及機電節能及能源模型分析。)

三、萬大線DQ122標LG05車站

臺北捷運萬大線DQ122標跨越新店溪連通臺北市萬華區與新北市永和區，全長約3.67km，含LG04及LG05站2座地下車站，車站由張清華建築師設計，車站規劃採光通風井，引進自然光線及自然通風，減少車站部分之照明及空調之使用。



圖6 萬大線DQ122標

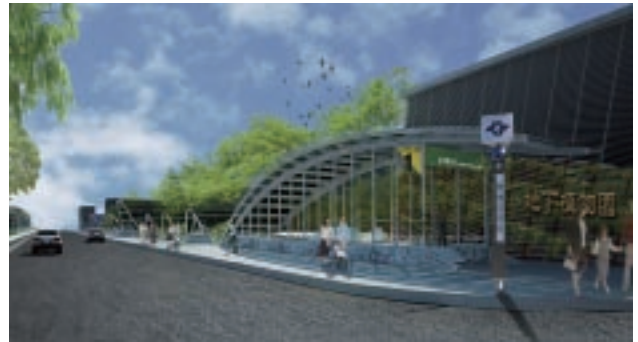


圖7 LG05站 地面層及出入口透視

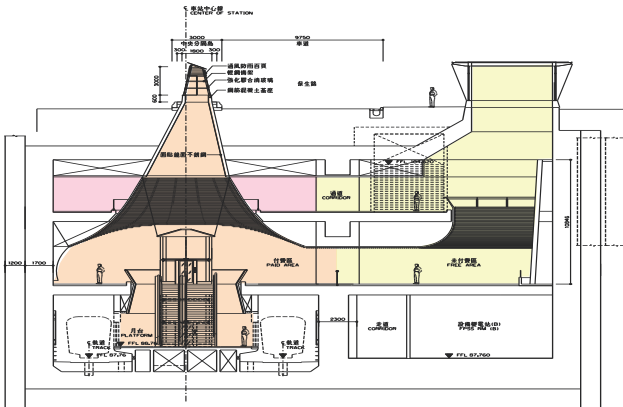


圖8 LG05站 剖面及室內透視

本站於站體上方之道路中央分隔島上(月台挑高區及穿堂大廳上方)與人行道出入口旁設置採光通風井，並於人行道採光通風井下方規劃景觀綠牆，不只希望引進自然採光及自然通風，同時藉由景觀綠牆淨化部分空氣，營造自然舒適的室內環境。

為達成設計原意，分別進行自然採光及自然通風模擬分析，提供建築設計參考。

(一) BIM模型

依據設計原意建置BIM模型，BIM模型包含建築、結構、機電等各專業模型，BIM模型不只用於設計檢討，同時進行協同設計整合，另一方面也可將BIM模型轉換至相關分析模擬軟體，進行相關節能分析，如太陽輻射、自然採光、自然通風等，有關BIM模型初步成果摘

要如下(圖10至圖16)：

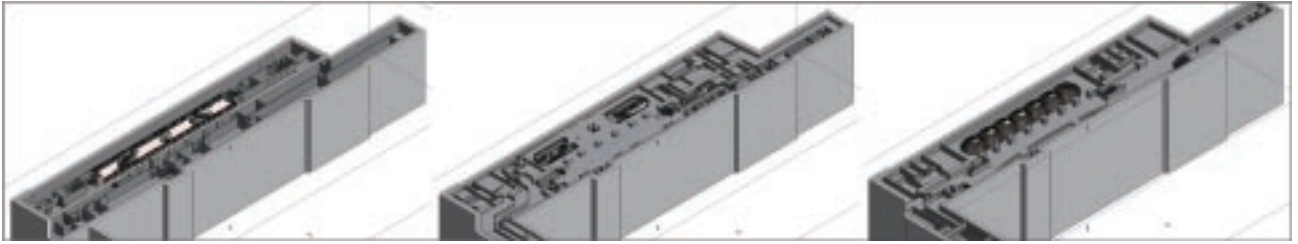


圖10 車站月臺層、穿堂層、穿堂夾層

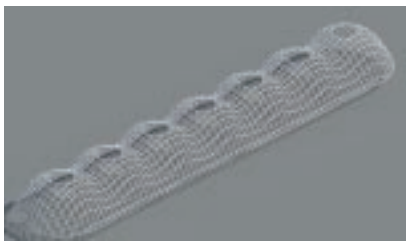


圖11 穿堂大廳天花鋼構

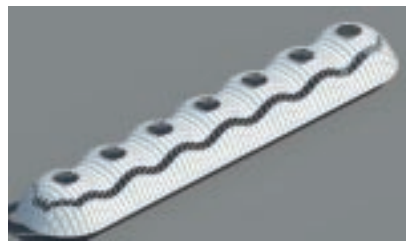


圖12 穿堂大廳天花及鋼構



圖13 車站縱向剖透視

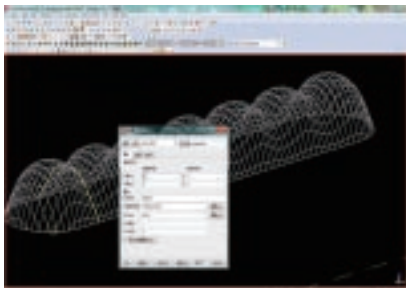


圖14 天花鋼構轉至結構BIM軟體Tekla-定義桿件

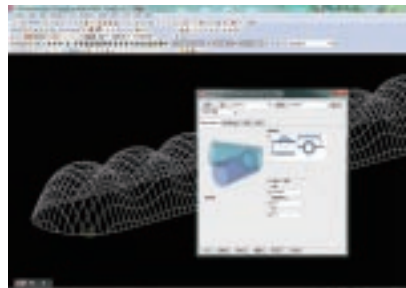


圖15 Tekla-定義鋼構接頭

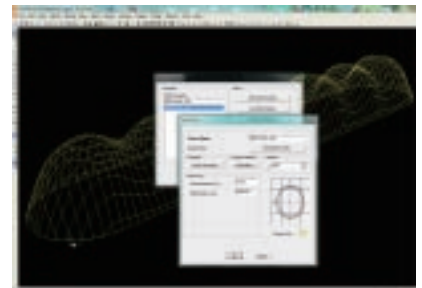


圖16 轉換至結構分析軟體SAP2000

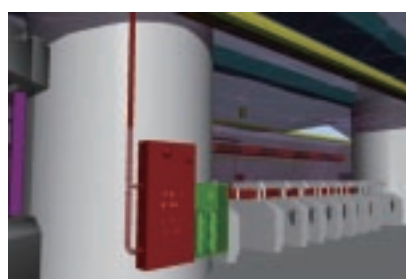
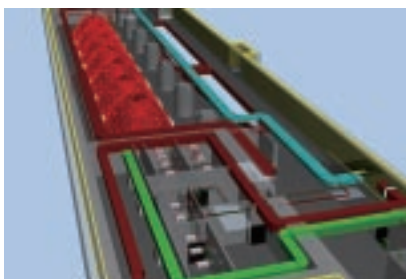


圖17 車站機電系統

(二) 自然採光照度模擬

Revit可轉出gbXML格式至Ecotect進行照度模擬採全年全陰天模式，藉由穿堂大廳上方之採光通風井引進自然光線，於採光通風井下方穿堂大廳照度約1800 Lux(如圖19)，月臺層電扶梯前約1000 Lux(如圖20)，另搭配人工照明補足照度不足區域，同時於夜間照明及開啟控制模式也作搭配的考量，由於臺灣春、夏、秋三季多為半陰天，晝光率可達到需求，此將節省全年日間部分人工照明的費用。



圖18 本車站全年太陽路徑

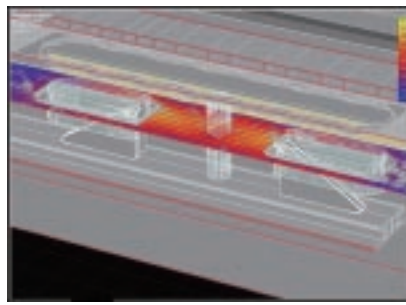


圖19 穿堂層自然採光照度模擬

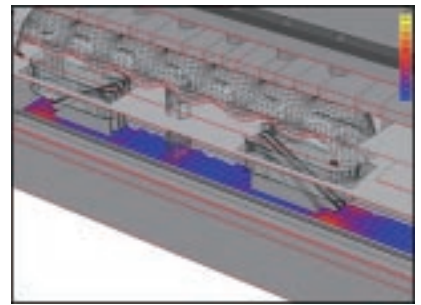


圖20 月臺層自然採光照度模擬

(三) 景觀綠牆自然採光照度模擬

本站於人行道採光通風井下方設置景觀綠牆，因應植栽種類選擇之需求，以Ecotect進行景觀綠牆之採光照度模擬，採臺北地區之全陰天模式，日間照度模擬結果為：綠牆頂端(約3000Lux)、穿堂夾層綠牆(約2000Lux)、穿堂層綠牆(約700Lux)(如圖21及圖22)，同時景觀綠牆為東北向，於夏季上午將有陽光照射到景觀綠牆，這些模擬結果提供植栽選擇的參考依據。

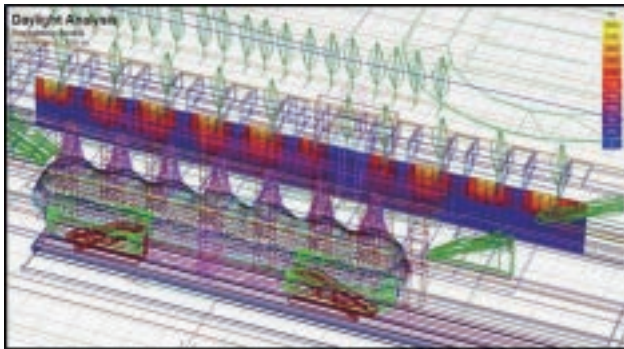


圖21 景觀綠牆自然採光照度模擬

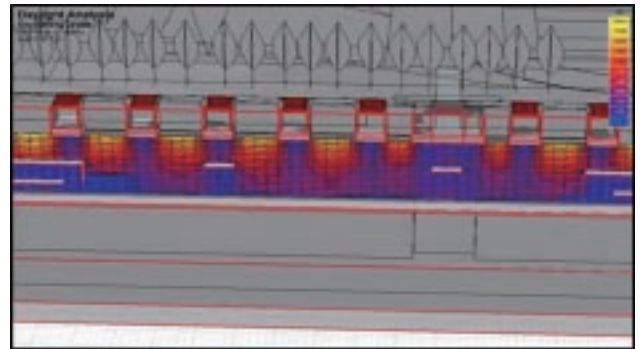


圖22 景觀綠牆自然採光照度模擬

(四) 室內通風模擬

為了解室內引進自然通風狀況，本站就自然通風、自然通風+機械送風、自然通風+機械送風+機械回風等3種情境模擬。

由Revit以stl檔匯入CFD軟體，以不同情境進行風場模擬，主要是希望了解各出入口及採光通風井等開口與天花造型對室內自然通風、機械送風、機械回風等風場之影響程度，對於設計的回饋有正面的助益。

1. 自然通風模擬

依據本站附近氣象站資料，本地區於夏季及冬季大部分風向為北風(由新店溪方向吹來)，基準高度風速約5m/sec，因此除了建置本站模型，並建置週邊建築量體，以模擬本站週邊風場狀態。

本站週邊風場模擬結果(如圖23)，由於季風沿著本站上方的道路進行，風將由西北角的出入口(如圖23之左側)吹入本站，並由另一側出入口(如圖23之右側)吹出，將形成風的隧道路徑，對室內產生負壓吸力。

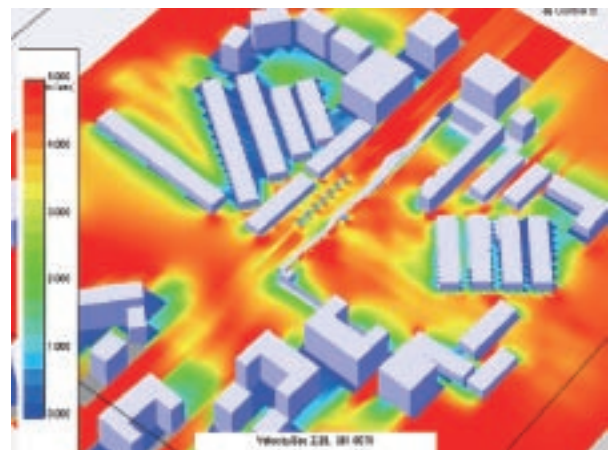


圖23 本站週邊風場模擬

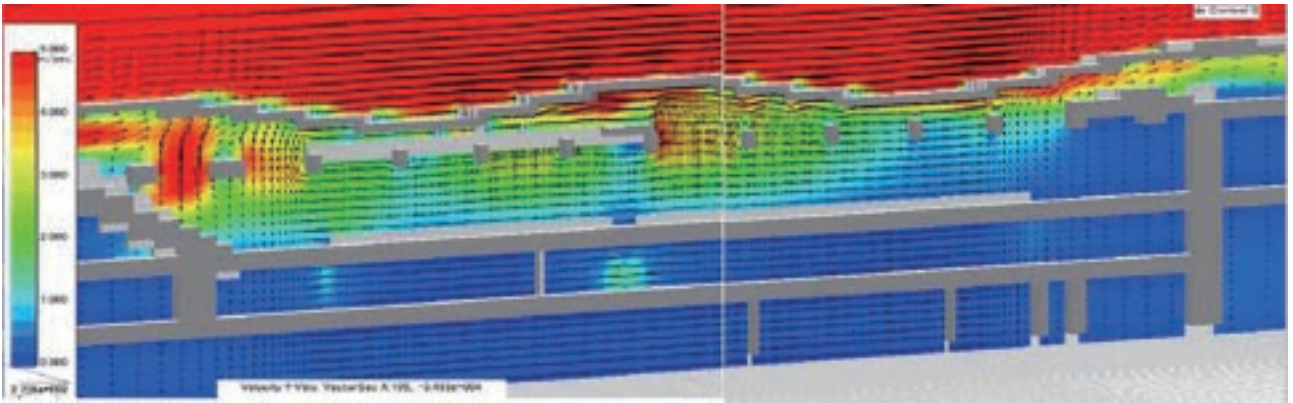


圖24 出入口風場模擬

由圖25及圖26車站兩向剖面風場模擬結果，室內氣流由於受到採光通風井(道路分隔島及人行道處)之負壓影響，氣流由兩邊的採光通風井自然排出。

然而於穿堂大廳及月臺層會有空氣滯留的現象，因此無法單純採自然通風模式，需要增加機械送風的規劃，方能達到人體舒適度的範圍。

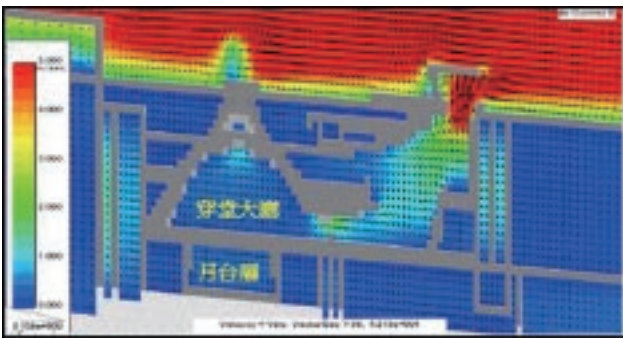


圖25 車站橫向剖面風場模擬

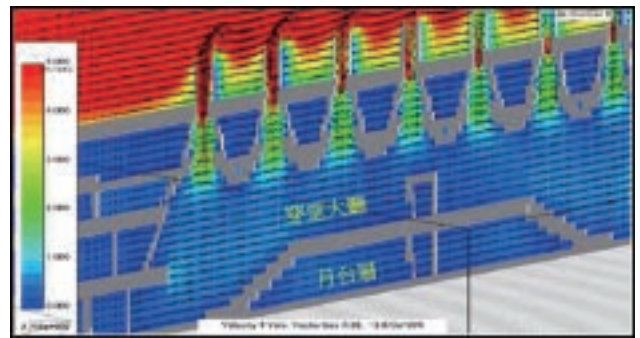


圖26 車站縱向剖面風場模擬

2. (自然通風+機械送風)模擬

為改善前述自然通風模擬月臺層空氣滯留的問題，於月臺層天花規劃出風口，出風口風速為2m/sec，進行(自然通風+機械送風)模擬，由圖27及圖28車站兩向剖面風場模擬結果，月臺層已改善空氣滯留問題，於穿堂大廳仍有空氣滯留區域需增設出風口。

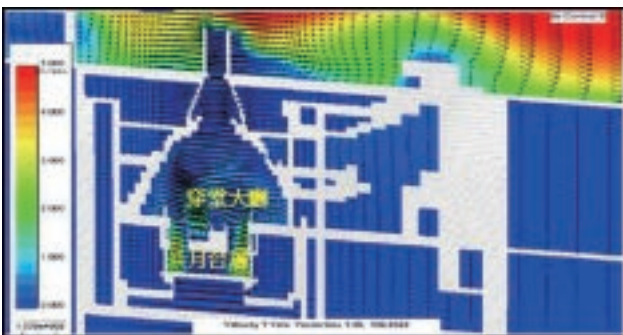


圖27 車站橫向剖面風場模擬

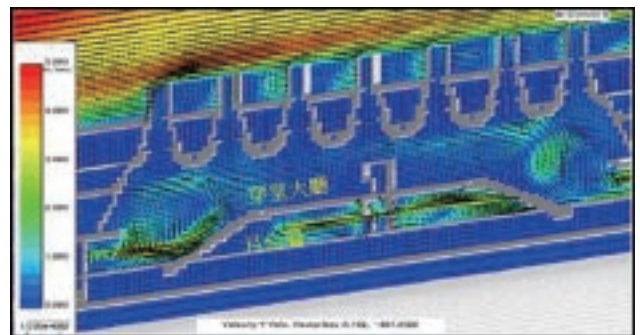


圖28 車站縱向剖面風場模擬

3. (自然通風+機械送風+機械回風)模擬

除了於月臺層天花規劃出風口，同時於景觀綠牆附近設置回風口，進行(自然通風+機械送風+機械回風)模擬(如圖29至圖31)，此將增加室內空氣對流，於景觀綠牆附近風速也將增加，其整體效果會比前述兩個情境模擬較好。

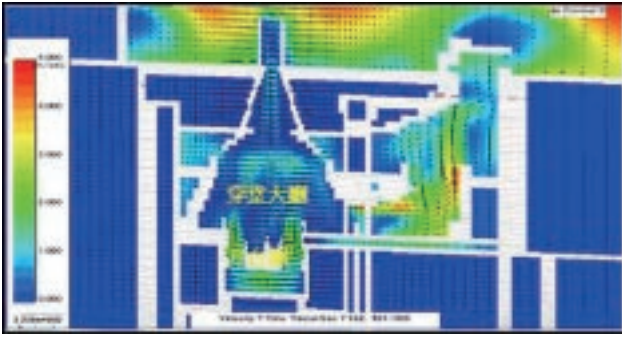


圖29 車站橫向剖面風場模擬

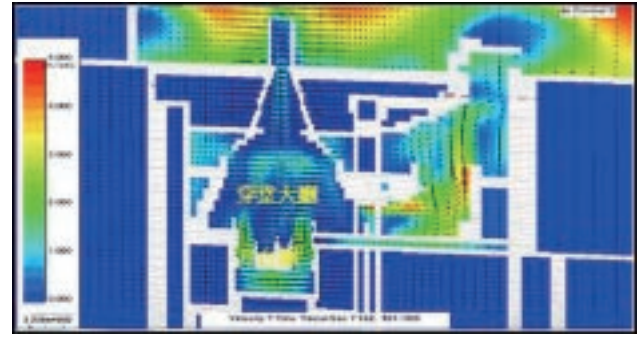


圖30 車站縱向剖面風場模擬

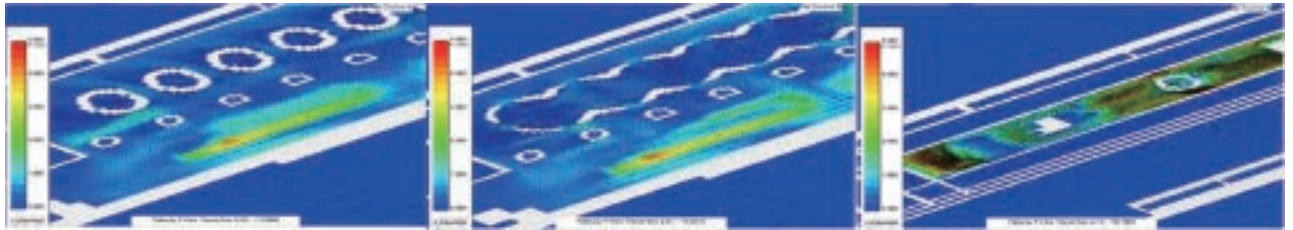


圖31 車站各高程風場模擬

依焓濕圖了解人體舒適度與溫度、風速等有關，(自然通風+機械送風)或(自然通風+機械送風+機械回風)模式適用於秋、冬、春季，室內外溫度差異大時，回風機可適度關閉。

四、結論

節能設計範疇廣泛包含建築及機電，臺灣位於亞熱帶地區，對於建築設計角度而言，如何隔絕不必要的太陽輻射，引進自然採光及自然通風，是個重要的課題，於設計構想即應將綠建築與節能的觀念加入，以分析軟體驗證設計構想，再搭配後續機電節能設計，形成良好的組合。

臺北捷運萬大線DQ122標LG05地下車站，其嘗試將陽光及自然通風引進地下車站，同時藉由景觀綠牆淨化部分空氣，營造自然舒適的室內環境，提供旅客優良的服務，這也是目前的趨勢。

參考文獻

1. 中興工程，(民101)，「臺北捷運萬大線DQ122設計標建築造型初審報告」
2. 柏慕，(民100)，「Autodesk Ecotect Analysis綠色建築分析應用」