

綠建築自然通風潛力評估方法之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

106301070000G0049
PG10604-0005

綠建築自然通風潛力評估方法之研究

計畫主持人：王家瑩

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTUR AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**A Study on Evaluation Method of Natural Ventilation Potential of
Green Building**

BY

Chia-Ying Wang

Dec. 2017

目次

表目錄	.....	II
圖目錄	.....	III
摘要	.....	V
第一章 緒論	.....	1
第一節 研究緣起及背景	.....	1
第二節 研究範圍	.....	5
第三節 研究方法及步驟	.....	5
第二章 通風換氣環境與通風理論	.....	9
第一節 氣候條件因子	.....	9
第二節 環境因子評估指標	.....	12
第三節 通風理論	.....	18
第三章 臺灣綠建築評估系統	.....	27
第一節 臺灣綠建築評估系統 EEWH	.....	27
第二節 自然通風評估法	.....	32
第四章 綠建築自然通風環境版本差異分析	.....	41
第一節 案例試算	.....	43
第二節 通風換氣評估計算流程	.....	67
第三節 小結	.....	69
第五章 結論與建議	.....	71
附錄 審查會議紀錄與回應	.....	79
參考文獻	.....	83

表目錄

表 2-1	臺北地區平均溫度統計資料(2012~2016 年).....	10
表 2-2	台灣全年平均風速.....	11
表 2-3	通風換氣的目的與其影響因子.....	13
表 2-4	風速對人體及作業之影響.....	14
表 2-5	建築室內熱環境指標.....	14
表 2-6	PMV 評估階段各值所代表之熱感覺.....	15
表 2-7	混合通風與置換通風方式比較.....	24
表 3-1	臺灣綠建築評估系統 EEWH.....	28
表 3-2	分級制度九大指標配分表.....	28
表 3-3	2012 版通風評估之等級表.....	31
表 3-4	2015 版自然通風潛力評估之等級表.....	31
表 4-1	102 至 105 年申請室內環境指標(通風換氣環境)之案件統計.....	42
表 4-2	2012 版與 2015 版通風換氣評估計算流程比較表.....	67
表 4-3	綠建築自然通風環境試算結果.....	69

圖目錄

圖 1-1	研究流程圖	7
圖 2-1	臺北市近 5 年各月份平均氣溫統計	9
圖 2-2	台灣春、秋、冬季平均風速	11
圖 2-3	室內綜合環境因子指標權重	12
圖 2-4	PMV 與 PPD 關係圖	17
圖 2-5	PMV 舒適範圍計算表(以臺北氣象資料為例)	18
圖 2-6	屋頂外牆風壓圖	20
圖 2-7	屋頂形狀對風壓係數的影響	20
圖 2-8	室內外溫差產生的壓力分布	23
圖 2-9	實際的壓力分布	23
圖 2-10	北京清華大學示範樓通風示意圖	24
圖 2-11	置換通風原理圖	25
圖 3-1	國際綠建築發展歷程	27
圖 3-2	綠建築數目民間業界參與逐年增加	28
圖 3-2	歷年綠建築標章及候選綠建築證書統計	31
圖 3-4	EEWH 通風評估之通風路徑開窗示意圖	32
圖 3-5	EEWH 通風評估之室內深度與淨高比例	33
圖 3-6	臨窗通風面積與對流通風面積之關係示意	35
圖 3-7	臨窗、對流通風面積示意	36
圖 3-8	隔間阻擋通風面積示意	37
圖 3-9	通風路徑轉角角度之和須小於 90° ，對流通風面積不得與臨窗通風面積重複(不得重複計算)	37
圖 3-10	一個可通風開口只能有一條通風路徑	38
圖 4-1	2012 版可藉由 Excel 協助計算	68
圖 5-1	空間深度比例與可自然通風面積之關聯	72

摘 要

關鍵字：綠建築評估系統、室內環境指標、通風換氣、自然通風潛力

一、研究緣起

為確保室內人員之舒適度，室內空間是否能有效引入外氣，成為在設計建築物之面向方位、開口及室內深度時的主要設計考量。只要配合良好的建築通風設計，便可以提高自然通風的利用率且有效降低空調使用量。為了鼓勵建築設計能回歸自然通風的考量，2014 年綠建築評估手冊改版，在室內環境指標中空調節能的部分納入自然通風潛力 VP (Ventilation Potential) 評估法，並於 2015 年微調修正，該評估法係於建築平面圖上繪製臨窗通風面積及通風路徑，進行自然通風評估，透過平面配置檢視室內空間的自然通風性能。

本研究擬針對綠建築評估手冊 2015 版發布實施後，室內環境指標新增自然通風潛力 VP 後之計算流程進行檢討，並與 2012 版通風換氣評估指標之申請情形比較，藉以充分瞭解綠建築評估手冊改版後，在通風換氣環境之實際申請現況。

二、研究方法與過程

為能充分瞭解現行綠建築評估手冊室內環境指標改版後，在通風換氣環境之申請現況，以及評估計算結果是否能真實反應出室內自然通風的情形，本研究選擇自 2013 年至 2016 年底，申請通過 2012 年版及 2015 年版綠建築標章，或取得候選綠建築證書的評定案例，共計 1,220 案，並篩選申請室內環境指標-通風換

氣環境的案例，2012 年版為 101 案、2015 版為 69 案，再針對這些案例進行試算與關聯性分析，檢討 2012 版與 2015 版之差異。

三、重要發現

截至目前為止，本研究進行「室內環境指標-通風換氣環境」試算之案例，以建築物使用類別分類，有體育場或活動中心等大型空間 3 案、集合住宅 3 案、加油站辦公室 2 案、辦公大樓 1 案以及學校校舍 3 案，共計 12 案；2015 版得分較低的 3 案、得分較高的 3 案、得分相同的 6 案，發現幾點結果如下：

- (一) 實際自然通風情形：綠建築評估手冊 2015 年改版後，以 CFD 數值模擬建築物開窗對室內自然通風的效果，並將模擬結果化為固定的長寬比例，來進行通風面積計算，對於室內環境可自然通風空間的認定較 2012 版嚴格，可以更準確反應室內空間的實際自然通風狀況。
- (二) 指標得分影響：2015 版對於室內可自然通風空間的認定較 2012 版嚴格，故加權得分應會比 2012 版低；但 2015 版在通風換氣環境的評分判斷查核表部分亦做同步的調整，2015 版將評分判斷最高標，從 100%(1)調降至 80%(0.8)，使得部分案例的評分結果變為相同；故本研究試算案例中，有 6 案結果是相同的，對於指標的申請影響不大。

(三) 計算流程：2012 版需了解建築物平面的開窗數量、開窗位置、室內深度與淨高，即可檢核該空間是否為可自然通風空間。2015 版則需要針對各居室空間，逐一繪製臨窗通風及對流通風範圍，精細的計算可自然通風面積，繪圖過程需較多時間，但若運用繪圖軟體協助(聚合線+面積計算功能)，便可節省許多計算時間。

四、主要建議事項

建議一

通風換氣環境評分判斷級距應進一步探討合理性：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

2015 版對於室內可自然通風空間的認定較嚴格，但評分判斷查核表部分亦同步從 2012 版的 100%(1)調降至 2015 版的 80%(0.8)，使得部分案例的評分結果變為相同；而綠建築評估手冊於 2018 年將再次改版，自然通風潛力 VP 計算方式及評分判斷查核表亦將再次調整，故可進一步探討各版本間差異，同時可針對更多案例進行試算，探討評分判斷標準同步調低的合理性。

建議二

相關研究課題納入綠建築環境科技計畫中辦理：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

有關室內自然通風計算流程，是否得運用相關軟體建立一簡

化且合理的評估運算系統，建議可規劃納入未來綠建築環境科技計畫中辦理，以利提升該指標申請量，達到空調節能與室內健康環境之目標。

建議三

考量將智慧化或建築能源管理系統納入自然通風控制：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

運用自然通風取代空調進而到節能目的，應配合建立自動感應或主動提示等相關機制或智慧化設備，當到達適合開窗自然通風的溫濕度條件時，提醒使用者可開啟窗戶停止空調，對於自然通風或空調節能才能達到實質效益。

ABSTRACT

Keywords : EEWH 、 Indoor Environment Indicator 、 Ventilation and Air Change 、 Ventilation Potential

The EEWH of Taiwan started in 1999 is the only system in the world independently developed based on energy saving characteristics distinct to buildings in the subtropical climate, as well as the first green building assessment system in Asia. It was developed based on the 1995 building energy codes in Taiwan and focuses on ecology, energy saving, waste reduction and health, hence the abbreviation "EEWH".

In order to encourage the design of buildings return to natural ventilation. The Green Building Evaluation Manual was revised in 2015 to bring the Ventilation Potential (VP) method into indoor environment indicator. The VP method is by drawing the window ventilation area and ventilation path on the building plan for natural ventilation assessment and to discuss the natural ventilation performance of the indoor space.

This study is focus on 2015 VP calculation process reviewing, and comparing with EEWH-2012 edition. To make us realize the actual application status between 2012 and 2015 edition. In this study, we selected cases which applied indoor environment indicator of EEWH green building mark (form 2013 to the end of 2016). There are 101 cases in 2012 edition and 69 cases in 2015 edition. The purpose of this study is to calculate these cases, and analyse the difference between 2012 and 2015.

There are several findings in this research that are described as

follows :

1. The actual situation of indoor natural ventilation : 2015 VP method is Transformed from CFD numerical simulation. It can reflect the actual natural ventilation of indoor space more accurately.
2. Effects of indicator score : the result of these 12 cases calculation, the porpotion of no effect is 50%.
3. Calculation processes : using 2015 VP assessment method , needs to draw the window ventilation area and ventilation path on the building plan, to calculate the proportion of natural ventilation space. The drawing process would spend lots of time. By using numerical computing software to assist calculation, is one way to save the evaluation time.

第一章 緒論

第一節 研究緣起及背景

一、研究緣起

由於目前地球大氣層中包含二氧化碳在內的溫室氣體數量過多造成了全球暖化，且各國都會區發展迅速，人口以及建設皆往都市集中，使用鋼筋水泥的建築群聚於都市之中，隨著都市中計畫道路以及建築群等缺乏透水性的鋪面面積日漸增加，原有的自然生態植栽綠地遭到破壞，使得都市缺乏保水的機能，也降低了地球蓄水降溫的能力，都市熱島效應日益嚴重，為了維持室內環境之舒適度，空調的大量使用造成的能源耗與二氧化碳排放量的提高，形成環保問題。隨著生活水準與節能意識的提高，如何在減少空調耗電的前提下同時維持室內環境的舒適度，成為必須討論之重要議題。

創新低碳綠建築環境科技計畫係延續前期之綠建築科技計畫，自104年開始辦理，配合行政院核定之「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，二者相互配合實施之下，在綠建築居住環境、綠建築永續環境、綠建築節能減碳等議題以及國內綠建築標章制度發展等奠定了良好的基礎。其中綠建築評估系統(EEWH)係針對臺灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，建立涵蓋生態(Ecology)、節能(Energy Saving)、

減廢 (Waste Reduction)、健康 (Health) 4 大範疇，不僅為全世界第 4 個實施具科學量化的綠建築評估系統，同時也是第 1 個針對熱帶及亞熱帶高溫、高濕氣候獨立發展綠建築評估的國家。

為因應日新月異之綠建築科技技術進步、提升國內綠建築技術，使綠建築評估制度更為完備，內政部建築研究所考量國內建築產業需要、及公會與相關專家學者建議，每三年辦理版本更新規劃與滾動檢討，於 2012 年完成綠建築分類評估體系，將我國原有一體適用的綠建築評估通用版本，發展為綠建築評估家族，包括基本型 (EEWH-BC)、住宿類 (EEWH-RS)、社區類 (EEWH-EC)、舊建築改善類 (EEWH-RN) 及廠房類 (EEWH-GF) 等五類，從此我國正式邁入綠建築分類評估的時代，並於 2015 年全面更新手冊，2017 年擴大實施範圍推動標章認證國際化，完成綠建築評估手冊-境外版 (EEWH-OS)，形成六大類評估家族體系，使評估功能更加完備，有效落實節能減碳目標。

台灣位處於亞熱帶氣候區，是屬於典型的熱濕氣候，應在建築初始設計時將能源需求合併考量，直接利用設計手法達到室內健康舒適的基本條件。綠建築九大指標中，通風換氣為室內環境指標的主要評估重點之一，又以室內空調設備之影響最大。由於台灣夏季氣候大部分時間的室外溫度高於室內溫度，必須搭配空氣調節設備，使室內維持舒適的溫度與良好之空氣品質。

為確保室內人員之舒適度，室內空間是否能有效引入外氣，「通風」成為在設計建築物時的主要設計考量，而影響因子包括座向方位、開口之位置、大小、數量及室內深度等，期能配合良好的建築通風設計，提高自然通風的利用率，有效降低空調使用量。為了鼓勵建築設計能回歸自然通風的考量，2015 年重新改版綠建築評估手冊中，在室內環境指標中新增自然通風潛力 VP (Ventilation Potential) 評估法，取代原有的通風評估。VP 是在建築平面圖上繪製通風面積及通風路徑對室內自然通風進行評估，能有效的透過數值判斷平面配置的自然通風性能，並針對 VP 在 0.5~0.9 之間的案例進行自然通風空調耗能折減率 (Vac) 之計算，可得到因自然通風而可減少的空調耗能折減率。

本研究針對綠建築評估手冊 2015 版發布實施後，室內環境指標新增自然通風潛力 VP 後之計算流程進行檢討，並與 2012 版通風換氣評估指標之申請情形比較，藉以充分瞭解綠建築評估手冊改版後，在通風換氣環境之實際申請現況。

二、 研究目的

為提升我國 EEWB 綠建築評估系統，持續推動建築零碳發展，進一步推動我國綠建築永續發展，104-107 年度之「創新低碳綠建築環境科技計畫」廣續辦理「低碳綠建築與節能減碳科技」、「生態環境

與低碳城市評估機制」、「創新低碳建築材料工法技術與開發應用」、「綠建築法制教育與應用推廣」等四大主軸之相關研究，並將各研究計畫成果運用在綠建築法令與相關節能減碳技術上。

而為因應 EEWL 之室內環境指標及環保署「室內空氣品質管理法」之正式推行，在建築物室內環境品質之維持與節能部分應進一步討論，在綠建築評估手冊-2012 版，室內環境指標之通風換氣環境方面，係利用空間淨高與深度之比例逐一檢討建築空間通風能力；而 2015 年版的綠建築評估手冊提出之自然通風潛力 VP(Ventilation Potential)評估法，是在建築平面圖上繪製通風面積及通風路徑來進行對室內通風之整體性評估，透過數值判斷空間配置的通風性能。

然而，綠建築評估手冊改版後，在通風換氣環境的得分計算上，常有申請者反應其計算流程繁複不易操作，故本研究主要針對綠建築評估手冊-2012 版及 2015 版的基本型與住宿類建築，選取申請室內環境指標-通風換氣環境之案件，比較各個案例使用 2 種版本計算後的結果，其目的如下：

- (一) 瞭解綠建築評估手冊室內環境指標改版後，在通風換氣環境之實際申請現況。
- (二) 探討綠建築評估手冊 2012 版與 2015 版兩者在通風換氣環境的評估基準與差異，以及反應室內自然通風情形的合理性。

(三) 針對申請綠建築評估手冊-2012 版及 2015 版的基本型與住宿類綠建築標章之案例進行試算操作，探討操作不易之原因或簡化的可行性。

第二節 研究範圍

本研究主要蒐集綠建築評估手冊-2012 版及 2015 版之基本型及住宿類的綠建築標章申請案例，並檢視其中申請室內環境指標之通風換氣環境的部份，探討 2015 年版新增自然通風潛力 VP 後之計算與 2012 版通風換氣評估指標之間的差異，

2015 年版新增自然通風潛力 VP 評估法，是針對建築整體空間的自然通風性能做判斷，適用於擁有足夠開窗、可自然通風型的建築物室內空間，因此全中央空調的醫院、百貨、旅館或機場等較大型且多屬密閉空間的建築物不適合此評估法。

第三節 研究方法及步驟

一、 研究方法

為能充分瞭解現行綠建築評估手冊室內環境指標改版後，在通風換氣環境之申請現況，以及評估計算結果是否能真實反應出室內自然通風的情形，本研究選擇自 2013 年至 2016 年底，申請通過 2012 年版及 2015 年版綠建築標章，或取得候選綠建築證書的評定案例，共計 1,220 案，並篩選申請室內環境指標-通風換氣

環境的案例，2012 年版為 101 案、2015 版為 69 案，再針對這些案例進行試算與關聯性分析，檢討 2012 版與 2015 版之差異，而不著重在探討理論探研，其中所採用之研究方法主要包括以下項目：

- (一) 文獻回顧：蒐集國內外有關建築物通風換氣，對於室內環境、人體健康及空調節能影響之相關文獻。
- (二) 個案分析：蒐集 2012、2015 版的綠建築標章之案例，並針對基本型與住宿類，篩選有申請室內環境指標-通風換氣環境的案例，進行繪圖與試算。
- (三) 比較分析：探討 2015 年版新增自然通風潛力 VP 後之計算，與 2012 版計算室內自然通風比例評估法之間的差異。
- (四) 歸納整理：藉由各案例的試算操作與比較，探討二版本反應室內自然通風情形的合理性，提出操作不易之原因或簡化的可行性。

二、 研究步驟

本研究進行步驟流程如下：

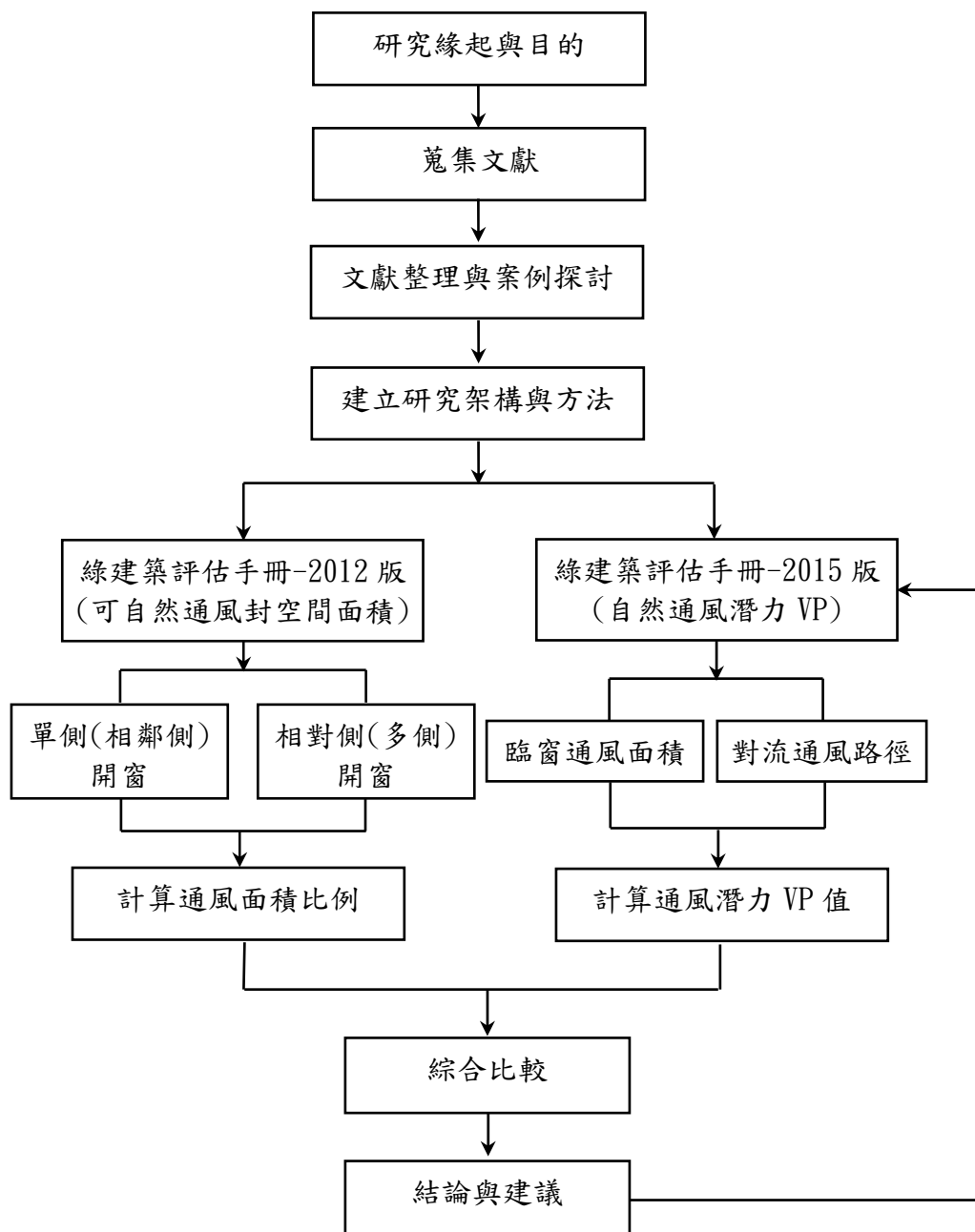


圖 1-1 研究流程圖

第二章 通風換氣環境與通風理論

第一節 氣候條件因子

一、氣溫

台灣位於北緯 22 度至 25 度之間，屬熱帶和副熱帶氣候區，溫度的變化在過去 30 年間(1981-2010)大約在 15~30 度間，四面環海的氣候受到海洋與洋流的調節，冬季有來自西伯利亞的大陸冷高壓，以東北季風為主，夏季則有來自太平洋的海洋性高氣壓，以西南季風為主，形成溫暖潮濕的氣候。【C1】

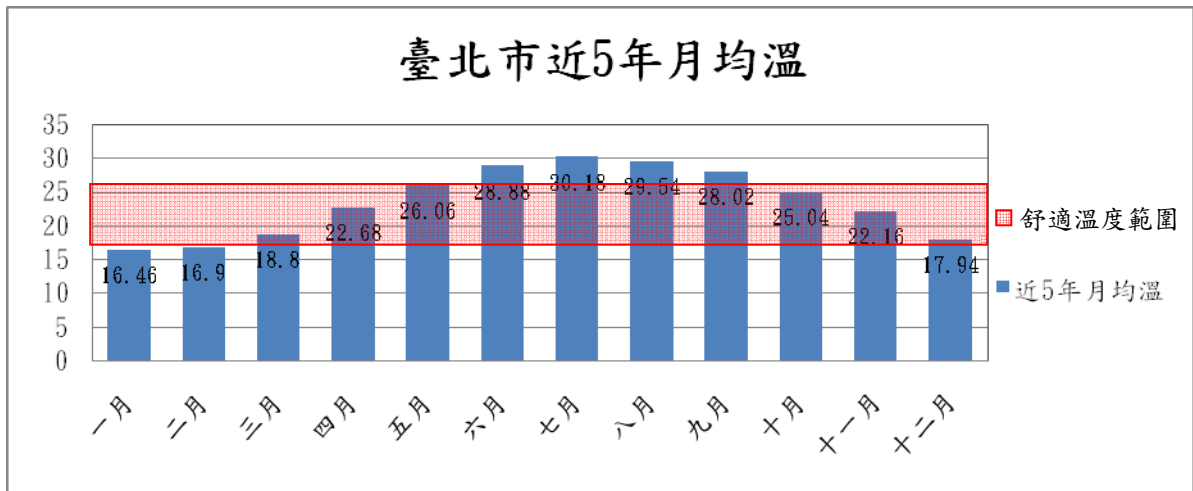


圖 2-1 臺北市近 5 年各月份平均氣溫統計 【C1】

如圖 2-1 所示，以臺北市為例，從過去 5 年(2012 年 1 月至 2016 年 12 月)月均溫來看，一年之中，氣溫在舒適範圍、適合引入外氣自然通風的月份有 1 月至 4 月、10 月至 12 月；5 月至 9 月溫度過熱，需空調設備使其控制在舒適範圍內(溫度舒適範圍約為 17~26°C)。

表 2-1 臺北地區近 5 年各月份平均氣溫統計 (2012~2016 年)

	冬		春			夏			秋		冬	
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
氣溫 (°C)	16.46	16.9	18.8	22.68	26.06	28.88	30.18	29.54	28.02	25.04	22.16	17.94

資料來源：取自中央氣象局全球資訊網，2017

二、戶外風速

由中央氣象局 1981~2010 年的統計資料表 2-2、圖 2-2 所示，全台灣的全年平均風速為 2.5m/s。戶外風速超過 1.5m/s 時，依風力可促成自然之換氣。臺灣在春、秋、冬季的風速與氣溫，大部份的時間皆可利用自然通風來達到空調節能之目的。【C1】

表 2-2 臺灣全年平均風速

地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均
淡水	2.3	2.3	2.2	2	1.9	1.8	2	2	2	2.3	2.4	2.4	2.1
鞍部	3.5	3.4	3.2	3	2.7	2.6	3	3.3	3.8	3.7	3.8	3.6	3.3
臺北	2.8	2.7	2.6	2.7	2.6	2.2	2.2	2.4	2.9	3.4	3.3	3	2.7
竹子湖	2.9	2.7	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.3	1.8	2.5	2.7	2.7	2.1
基隆	3.5	3.3	2.9	2.5	2.3	2.3	2.6	2.8	3.1	3.5	3.7	3.6	3
花蓮	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	2.3	2.5	2.3	2.4	2.7	2.7	2.8	2.5
蘇澳	3	2.9	2.7	2.4	2.2	2.2	2.9	2.8	2.9	3	2.9	3	2.7
宜蘭	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	2	2	2.1	1.9	1.6	1.6	1.7
澎湖	5.6	5.3	4.5	3.7	3.2	3.3	2.8	2.8	3.8	5.6	5.8	5.9	4.4
臺南	3.8	3.6	3.3	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1	2.9	2.9	3.2	3.6	3.2
高雄	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	2.6	2.5	2.3	2.1	2.1	2.3	2.4
嘉義	2.6	2.6	2.4	2.1	2.1	2.4	2.5	2.3	2	1.9	2.1	2.3	2.3
臺中	1.7	1.6	1.6	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5
阿里山	1.2	1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1	0.9	1	1.1	1.1
大武	2.9	2.7	2.5	2.2	2	1.9	2	1.9	2.2	3	3.4	3.2	2.5
新竹	3.4	3.2	2.7	2.3	2	2.2	2.1	2	2.6	3.7	3.7	3.8	2.8

恆春	4.2	3.9	3.5	3.1	2.7	2.5	2.6	2.4	2.8	4.1	4.9	4.7	3.5
成功	4	3.7	3.3	3	2.7	2.5	2.6	2.7	3.3	4.2	4.4	4.2	3.4
日月潭	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1	1	1	1.1
臺東	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	2	2.1	2	1.8
平均													2.51

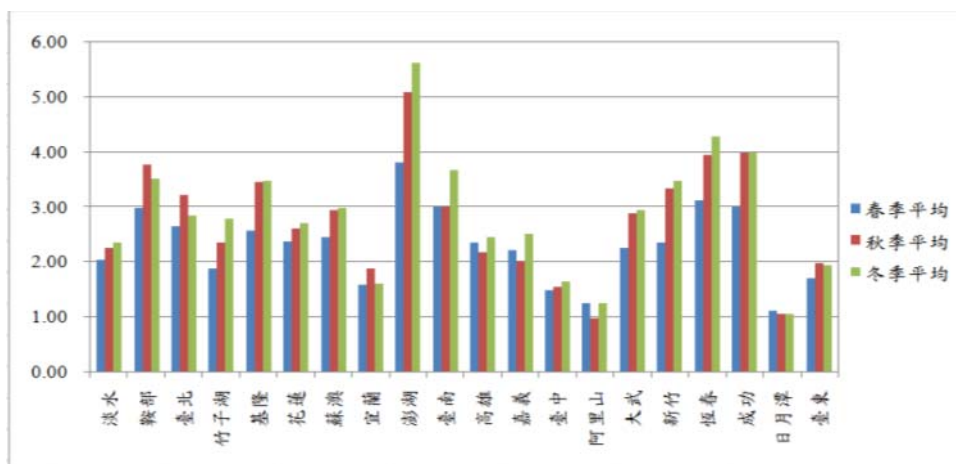


圖 2-2 台灣春、秋、冬季平均風速

三、相對溼度

表 2-3 臺灣地區平均相對濕度統計資料 (1981~2010 年)

	冬		春			夏			秋		冬	
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
相對溼度 (%)	77.5	80.1	78.7	78.4	78.8	79.0	77.0	77.7	77.0	74.6	74.9	77.4

第二節 環境因子評估指標

一、環境因子評估指標之選定

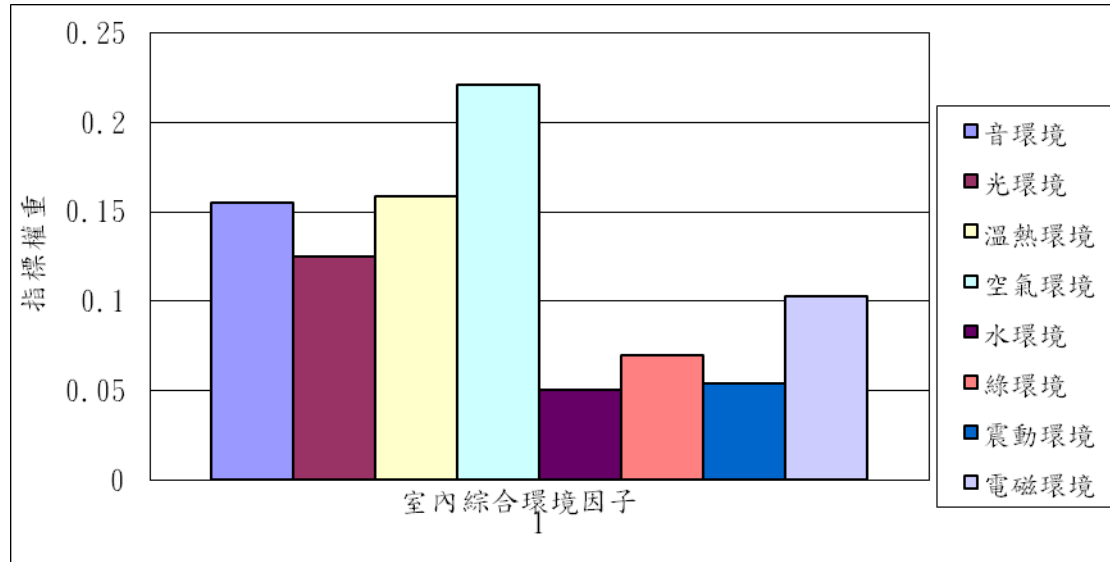


圖 2-3 室內綜合環境因子指標權重

在室內物理環境狀態指標 IEI 評估中，對室內音環境、光環境、溫熱環境、空氣環境、水環境、綠環境、震動環境與電磁環境，進行各領域各因子間的權重分析，求得其相對權重結果；其指標乃依據近年來臺灣地區建築物室內環境之問題點，考量室內人員之健康及舒適性之必要環境，如圖 2-3 所示。【C3】

室內物理環境狀態指標 IEI 評估項目中，最主要的分別是空氣環境佔比率為 0.221、溫熱環境佔比率為 0.159，可知要評估室內綜合環境因子優劣，必須先以空氣環境與溫熱環境優先分析探討。【C4】

二、通風換氣之目的與方式

建築物室內通風換氣的目的，在於使得建築空間中使用的人員或是運轉的機器能夠得到最適宜的環境，以維護其健康或是發

揮其最大運轉效能。因此非空調型的建築物，最常運用自然通風換氣的方式，藉此改變室內空氣的溫、溼度、氣流分布及改善通風路徑，以確保該空間使用時的舒適性之目的。通風換氣的目的與其影響因子綜合整理。如表 2-4 所示。

表 2-4 通風換氣的目的與其影響因子【C2】

目的	影響因子	
1.排除並更新污染之空氣	1.細菌、黴菌、粉塵。	冬季 時 探 討
	2.煙塵、浮游微粒 (PM10)。	
	3.水蒸氣及其他氣體。	
	4.化學物產生之臭氣及人體體臭。	
	5.各種有害氣體 (HCHO、VOC)。	
2.改變並更新空氣之溫度與溼度	1.溫度之調節。	
	2.溼度之調節。	
3.空氣流動對於生理上的效應	1.以無感氣流為標準 (以冬季為主)。	
	2.以有感氣流為標準 (以夏季為主)。	

三、自然通風與人體舒適度之關係

由於建築物外牆開口部與外部自然環境直接接觸，對於開口部的建築設計上應考慮將夏季的微風大量引進室內，在有感氣流且不影響舒適性為前提的吹拂下，經過室內居住者活動區域，氣流直接吹到人體，增加人體的散熱量，將多餘的熱及濕氣帶出室外，使人感受到涼爽。適當流通的氣流有助於室內人員體表熱輻射，提高熱舒適性，亦有助於減少室內空調負荷，而於冬季的寒冷氣候時，外牆開口都應慎防賊風（侵入室內之風速超過 0.2~0.25 m/sec 以上）侵入室內，造成在室內人員有不舒適之感覺。而風速對人體及作業之影響，如表 2-5 所示。

表 2-5 風速對人體及作業之影響【C5】

風速大小	對人體及作業之影響
0 ~0.25m/sec	不易察覺。
0.25~0.5m/sec	愉快，不影響工作。
0.5 ~1.0m/sec	一般愉快，但須提防薄紙被吹散（如稿紙）。
1.0 ~1.5m/sec	稍有風擊及令人討厭之吹襲，草面紙張吹散。
1.5 ~7.0m/sec	風擊明顯，薄紙吹揚，厚紙吹散。若欲維持良好之工作效率及健康條件，需改正適當之風量及控制風的路徑。

四、室內溫熱環境之評估指標

影響室內環境中人體之舒適感覺的主要因素有氣溫、溼度、氣流與輻射熱，但為有效的評估人體對周圍環境之舒適感與空間物理量之關係，許多研究對這四個要素做出溫感表示法，以定量的方式探討其相關性，如表 2-6。【C6】

表 2-6 建築室內熱環境指標

評估項目	物理單位	相關參數
預測的平均回答值 PMV		溫度、濕度、風速、平均輻射溫度、著衣量、代謝量、水蒸氣壓
修正有效溫度 CET	°C	球溫度、濕度、風速
新有效溫度 ET	°C	溫度、濕度、風速
等價溫度 ET*	°F	溫度、風速、平均輻射溫度、水蒸氣壓
作用溫度 OT	°C	溫度、平均輻射溫度
不快指數 DI		溫度、濕球溫度
作業位置垂直溫差	°C	溫度
日射量	w/m ²	日射量
溫度	°C	溫度
濕度	%	濕度
風速	w/s	風速

西元 1972 年，丹麥技術大學的 P.O.Franger 提出了 PMV (Predicted Mean Vote)，對 1300 人左右進行心理與熱環境之試驗，於「人工控制熱環境實驗室中進行」，將其心理量依氣溫、濕度、氣流、著衣量及工作強度等物理進行統計分析，以找尋舒適與不快之範圍，以便進一步確立 PMV 與 PPD 評估指標，此指標是以人體的熱量進出為基準，明確地指出人體的熱舒適性受到六個熱環境物理量：風溫、風速、空氣溼度、平均輻射溫度、人體活動量以及著衣量的影響，均以定量方式探討，整理如表 2-2-5 所示：

PMV 的原文為 Predicted Mean Vote，為「預測的平均回答值」的意思，提供衡量人體在環境中的舒適度的一參考平均值。PMV 的主觀評估共分為 7 個階段，值從 +3 到 -3，中立點 0 表示熱感覺適中的狀況，其各值所代表之熱感覺如表 2-7，國際標準化組織 ISO 7730 (12-15-1994) 以規定 PMV：-0.5~0.5 範圍內為室內熱舒適指標。

表 2-7 PMV 評估階段各值所代表之熱感覺

PMV 值						
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
冷 (cold)	涼 (cool)	稍涼 (slightly cool)	舒適 (neutral)	稍暖 (slightl y warm)	暖 (warm)	熱 (hot)
+0.5~-0.5 之範圍內為人類居住空間的舒適範圍						

而綜合熱環境物理量的舒適心理指標是運用統計方法而得的定量函數關係，

PMV 計算公式經 ISO 7730 修正後如 (式 2-1) 所示：

$$\begin{aligned} \text{PMV} = & (0.303 \exp(-0.036M) + 0.028) \times \{ (M - W) - 3.05 \\ & [5.73 - 0.007(M - W) - P_a] - 0.42 [(M - W) - 58.15] \\ & - 0.0173M(5.87 - P_a) + 0.0014M(34 - t_a) - 3.96^8 \times f_{cl} \times [(t_{cl} \\ & + 273)^4 - (MRT + 273)^4] - f_{cl} \times hc \times (t_{cl} - t_a) \} \end{aligned} \quad (2-1)$$

式中：

t_{cl} ：衣服表面溫度 (°C)

$$t_{cl} = 35.7 - 0.025(M - W) - 0.155 \times l_{cl} \times \{ 3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (MRT + 273)^4] - f_{cl} \times hc \times (t_{cl} - t_a) \}$$

f_{cl} ：著衣時表面積 (A_{cl}) / 裸體時表面積 (A_d)

$$f_{cl} = 1.00 + 0.2, \text{ 當 } l_{cl} < 0.5 \text{clo}$$

hc ：對流熱傳遞率 (W / (m²K))

$$hc = 2.38 \times (t_{cl} - t_a)^{0.25}, \text{ 當 } 2.38 \times (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 \sqrt{V} \\ = 12.1 \sqrt{V}, \text{ 當 } 2.38 \times (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 \sqrt{V}$$

M ：代謝量 (W/m²)

W ：外部工作強度 (W/m²)，對大部分代謝量均可設為 0

l_{cl} ：衣服的熱阻 (clo)，1clo=0.155m²K/W

t_a ：空氣溫度 (°C)

p_a ：水蒸氣分壓 (Kpa)

MRT ：平均輻射溫度 (°C)

V ：風速 (m/s)

PPD 指標原文為 Predicted Percentage Dissatisfied，意為「預測不滿意百分比」，為人們不滿意度之評估指標。

根據 PMV 評估後的七個心理尺度，經過試驗而獲得感到不滿意等級的熱感覺人數佔總人數之百分比，可繪製出 PMV-PPD 相關曲線圖，如圖 2-4，利用 PMV-PPD 關係圖，可獲得人在不同著裝、不同工作及不同室內熱環境的熱感覺，圖中顯示，即使在 PMV=0 的舒適情況下，仍有 5% 的人感到不滿意。

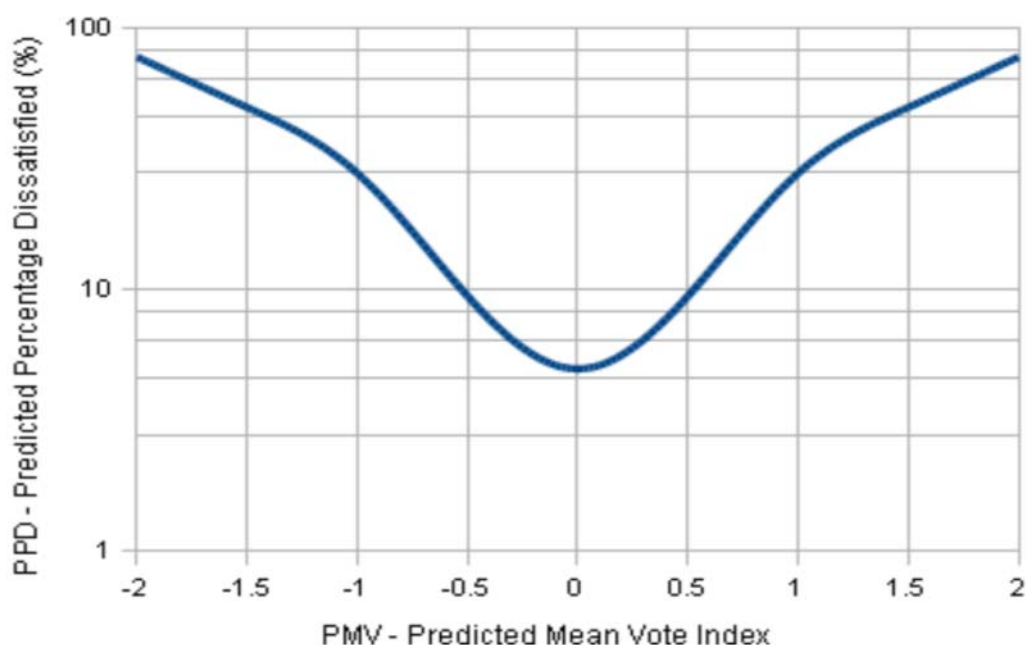


圖 2-4 PMV 與 PPD 關係圖

美國冷凍空調協會 (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineer, ASHRAE) ASHRAE Standard 55 的建議【E4】，室內舒適溫度夏季為 23~26°C、冬季為 20~23.5°C、濕度為 30%~65%。但居住於熱帶地區的居民對熱舒適的接受範圍較其它氣候地區高，可大於±0.5。Wong 等人【E5,E6】明確指出，熱濕氣候之地區如新加坡，其室內環境之 PMV 值只要在 +1 以下，當地居民仍能忍受並且感覺舒適。

以臺北市為例，過去 1981 至 2010 年之間，夏季平均溫度 28.7°C、相對濕度 74.8%、平均風速 2.5m/s。運用 CBE Thermal Comfort Tool，可計算出臺北在夏季，當地居民仍能忍受並且感覺舒適(PMV<+1)的溫度約為 32°C，如圖 2-5；若能引進足夠的自然通風，確實能夠減少臺北地區在夏季開啟空調的時間，達到空調節能的成效。

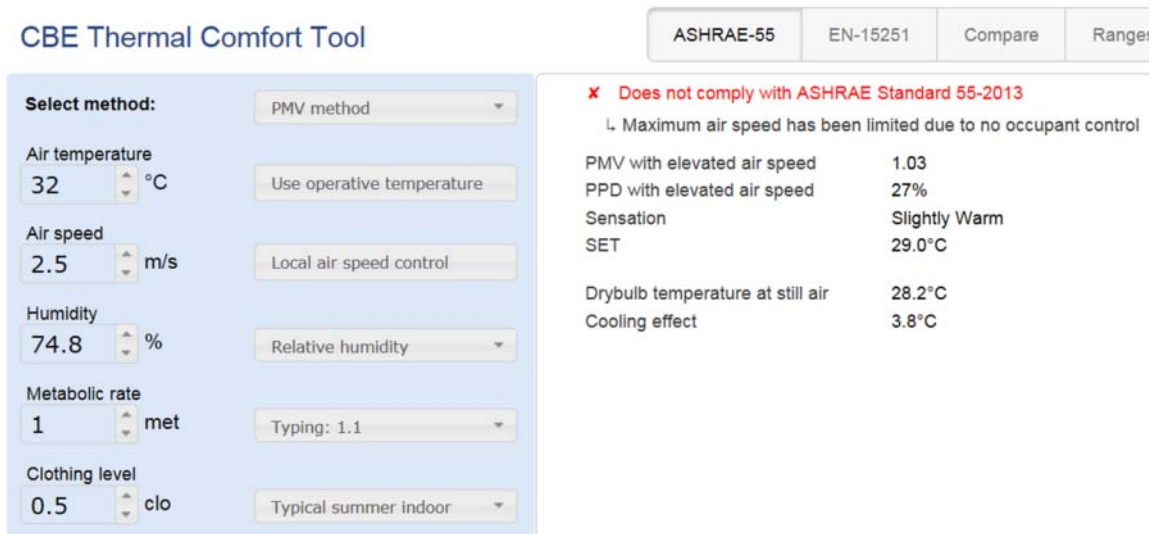


圖 2-5 PMV 舒適範圍計算表(以臺北氣象資料為例)【E3】

第三節 通風理論

建築物通風主要是以空氣流通的方式來提供新鮮的空氣，藉以稀釋或排除室內的污染物，使室內空氣維持在舒適的程度與品質。建築物可藉由機械或自然通風達到換氣的需求。以下分別將通風與換氣加以說明。

換氣依動力的來源不同分成以自然力的自然換氣及機械力的人工換氣；而自然換氣又細分為兩種，一為以室外溫度差作為

動力的重力換氣，二為以加諸建物外壁面風壓為動力的重力換氣。人工換氣則是以換氣扇、送風機等機械力為原動力。誘導式自然通風的方式有二種，為風力通風以及浮力通風，另一個則為機械通風。

一、風力通風

風力換氣為通風的典型形態，靠風壓作用而達成換氣；戶外風速超過 1.5m/s 時，依風力可促成自然之換氣。此項換氣是由換氣孔、門窗之間隙所侵入之空氣及自該處吸出之空氣所達成，其換氣量依開口部之配置情形而定，故建築物之開口部位應依其夏季之主要風向而決定之。

如圖 2-6 所示，風速較大時，建築物之背風面因有負壓而有吸力，故風壓係數較其他部位大，依風力計算其換氣量時，應按迎風面及背風面兩面換氣和計算。【C2】

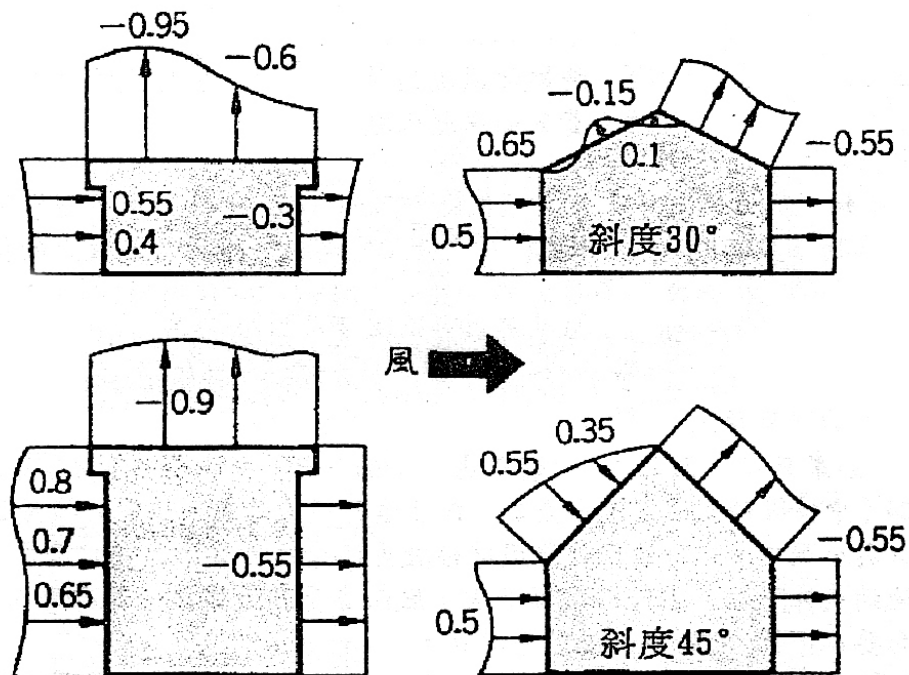


圖 2-6 屋頂外牆風壓圖

而建築物屋頂形狀對於風壓係數的影響，於【E1】中以一面積 30 m²、高度 3~4m、斜屋頂向迎風面傾斜 10 度的建築物作為與其他屋頂形式比較的參考依據，其風壓係數 C₀=0.6；圖 2-7 為其他各屋頂形狀之壓係數與 C₀ 間之關係。

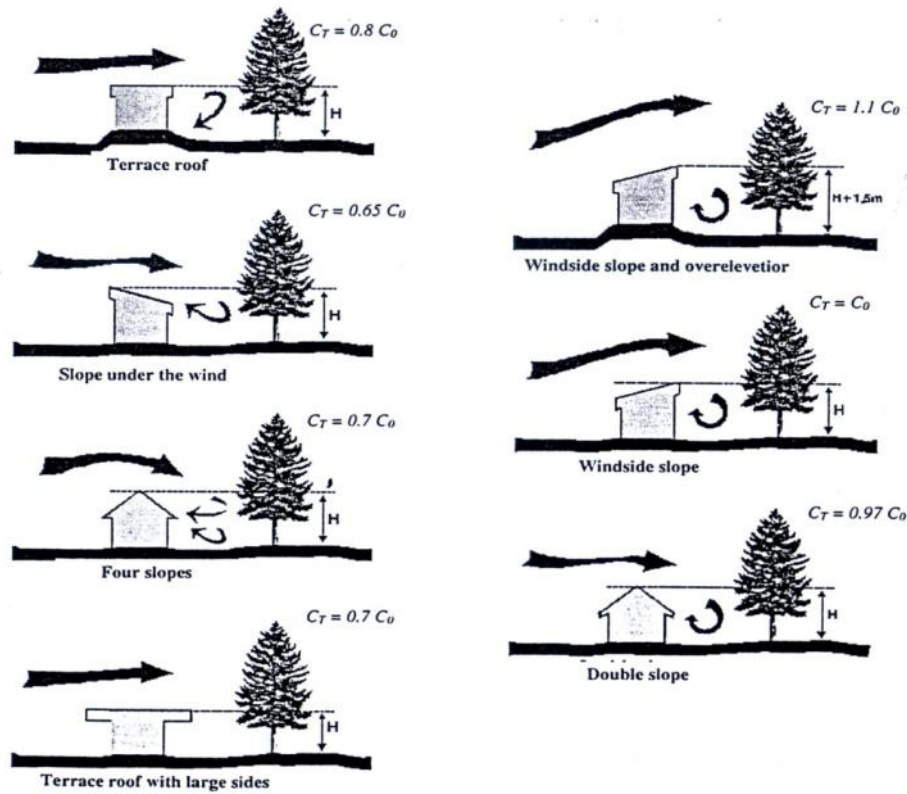


圖 2-7 屋頂形狀對風壓係數的影響

基本通風理論式如下：【E2】

Unidirectional (one way) flow through a simple opening

Volume flow-rate (m³/s)

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (a)$$

Mass flow-rate (kg/s)

$$Q = \rho C_d A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (b)$$

C_d : discharge coefficient 流量係數。當牆厚度相對於開口直徑很小時， C_d 的常用值為 0.63，反之則為 0.8

A : area of opening (m²) 開口面積

ρ : density of air (kg/m³) 空氣密度

Δp : static pressure difference (kg/m²) 靜壓力差

For steady wind driven flow,

$$P_s = C_p P_v \quad (c)$$

P_v : wind velocity pressure

Δp is given by:

$$\Delta p = 0.5 \rho V_r C_p \quad (d)$$

V_r : 風速

C_p : 開口部壓力係數

For a number of openings in parallel 多個平行開口部:

$$C_d A = \sum (C_d A)_i \quad (e)$$

and for a number of openings in series 續列的開口部:

$$\frac{1}{(C_d A)^2} = \sum \frac{1}{(C_d A)_i^2} \quad (f)$$

因此當上下各有一個牆厚度小的開口時

$$\frac{1}{(C_d A_{total})^2} = \frac{1}{C_d^2 A_{upper}^2} + \frac{1}{C_d^2 A_{lower}^2} \quad (f-1)$$

此二開口面積相等且皆為 A 時

$$\frac{1}{(C_d A_{total})^2} = \frac{2}{C_d^2 A^2} \quad (f-2)$$

因此當一個空間內有一對牆厚度小且面積皆為 A 的開

口，氣流一進一出，且室內流阻很小時，式(1)成為

$$Q = C_d A_{total} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad (g)$$

二、重力通風

(一) 換氣的動力

換氣動力分為自然力產生的換氣和人為力控制的換氣二種。前者叫做自然換氣，又可細分為以室內外溫差（空氣密度差）做原動力的重力換氣，和加諸建物的外壁面風壓為原動力的風力換氣二種，兩者的差別相當大。另外一種則是以換氣扇、送風機等機械力為原動力來強制進行換氣，因此叫人工換氣或動力換氣，也可稱為機械換氣。

自然換氣的力量有限，因此如果室內需要大量換氣時，就得使用人工換氣的方法，否則無法達到所要求的換氣量。

(二) 重力換氣的原理

室內外氣溫不同時，則空氣之密度即有差異，產生壓力差而達成換氣作用。一般而言，室內氣溫較外氣溫為高，因此較輕的室內空氣自上方開口向外溢出，而較重的外氣自下方開口流入室內，此為重力換氣的原理，故重力換氣又稱為浮力換氣。

空氣會流動是因為有壓力差（氣壓差）的關係，這時室內周壁壓力差的分布，就像（圖 2-8）一樣（實際上即使在同一房間內，高度不同溫度也就不同，因此壓力不完全是（圖 2-8）直線分布，而是（圖 2-9）般的曲線分布形狀），而中間壓力差為 0 的地方，叫做中性帶。

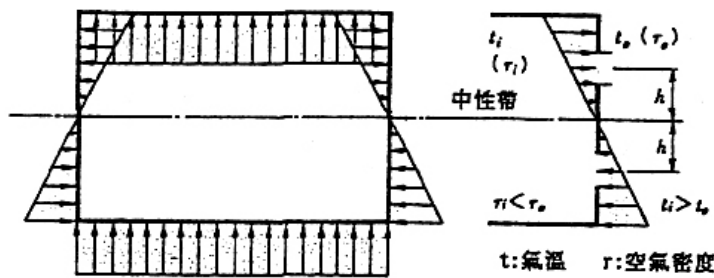


圖 2-8 室內外溫差產生的壓力分布

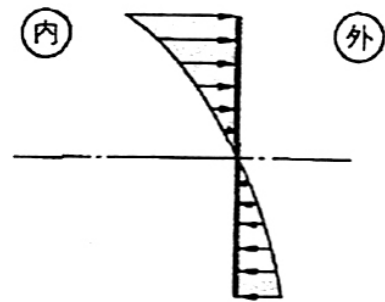


圖 2-9 實際的壓力分布

(三) 煙囪效應 (浮力通風)

室內空間氣溫大於室外空氣溫度時，室內空氣密度低於室外空氣室內外有了溫差就會產生差異而形成自然通風。此時中間壓力差為零（又稱中性帶），一般中性軸的下方是空氣流入側而上方則是空氣流出側。由於空氣溫度影響了密度，熱空氣密度小，重量輕，向上升。冷空氣密度大，重量重，向下降。因此可藉由冷熱空氣之交替作用，使冷空氣流入空間之內而將空間原來熱空氣向上向外排出。煙囪的作用即在於利用於此冷熱空氣密度之不同導出此熱空氣，因此此種利用冷熱空氣密度差異之排氣作用稱為煙囪效應。【C7】

北京清華大學在超低能耗示範樓中，亦應用了煙囪效應，結合熱壓通風以及風壓通風，配合建築物本身之結構形式，及外部的環境特點，在走廊及樓梯間設置三個通風豎井，負責不同樓層的熱壓通風，並於屋頂設置玻璃煙囪，利用太陽之輻射熱能強化通風，如圖 2-10。【C8】

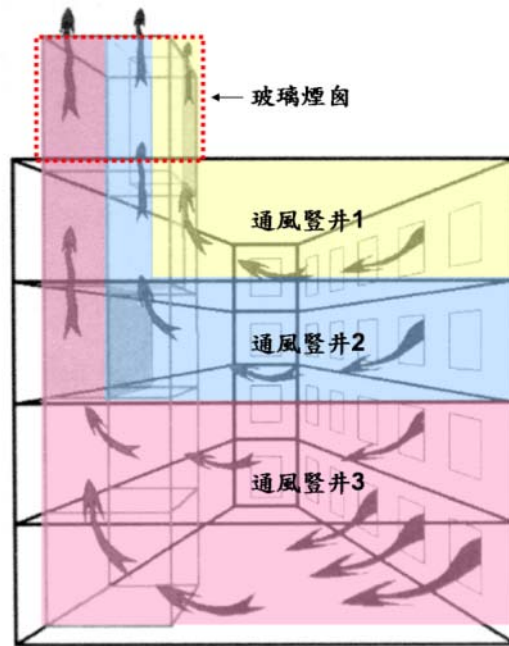


圖 2-10 北京清華大學示範樓通風示意圖

三、置換通風

置換通風為機械通風的一種，起源於北歐，為一種新型的通風形式，1978 年德國柏林的一家鑄造車間首先使用了置換通風裝置。現在置換通風廣泛應用於工業建築、民用建築和公共建築，北歐的一些國家 50% 的工業通風系統、25% 的辦公通風系統採用了置換通風系統。我國的一些工程開始採用了置換通風系統，並取得了令人滿意的效果。

置換通風可使人員工作區域具有較高的空氣品質、熱舒適性與通風效率，同時也能節約建築耗能，其工作原理是將極低的送風速度（ 0.25m/s 以下）將新鮮的冷空氣由房間底部送入室內，由於送入的冷空氣密度大而沉積在房間底部，當冷空氣受人員、設備等熱源影響而加熱形成上升氣流，將熱空氣帶至房間上部，脫離人員之工作區。回風口設於房間頂部，熱空氣就從頂部排出，如圖 2-11。【C9】

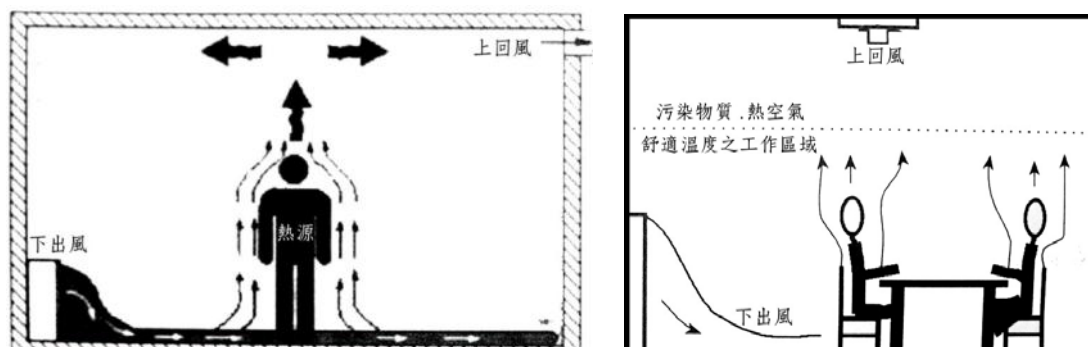


圖 2-11 置換通風原理圖

由於置換通風使用接近地面或人體高度的出風口或新鮮空氣入口，常用約 13°C 的出風溫度會造成風擊(cold drafting)，所以當風速控制在一般狀況時，出風溫度常要提高至 18°C 以上，風管截面積因此加大，造成增加管道造價與管道間尺寸的缺點。然而，由於室內溫度分布會有層化的現象，下低上高，舒適溫度只要控制在人活動的高度就可，反而可以降低冷凍噸數，降低耗電量。

表 2-8 混合通風與置換通風方式比較【C9】

	混合通風	置換通風
目標	全室溫溼度均勻	工作區舒適性
動力	流體動力控制	浮力控制
原理	氣流強烈摻混 送風溫差大風速高	氣流擴散浮力提升 送風溫差小風速低
流態	回流區為紊流區	送風區為層流區
分布	上下均勻	溫度分層
效果	消除全室負荷 空氣品質接近於回風	消除工作區負荷 空氣品質接近於送風

第三章 臺灣綠建築評估系統

第一節 臺灣綠建築評估系統 EEWB

一、發展背景

由於氣候變遷及溫室效應造成之全球暖化，世界各國均致力於發展具節能及對環境友善的「綠建築」；在日本稱「環境共生建築」，歐美國家則稱之為「生態建築」、「永續建築」。

我國的綠建築係以臺灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，掌握國內建築物對生態 (Ecology)、節能 (Energy Saving)、減廢 (Waste Reduction)、健康 (Health) 之需求，訂定我國的綠建築評估系統 (簡稱 EEWB) 及標章制度，並自 1999 年開始實施，臺灣為僅次於英國、美國及加拿大之後，第四個實施具科學量化的綠建築評估系統，同時也是目前唯一獨立發展且適於熱帶及亞熱帶的評估系統。

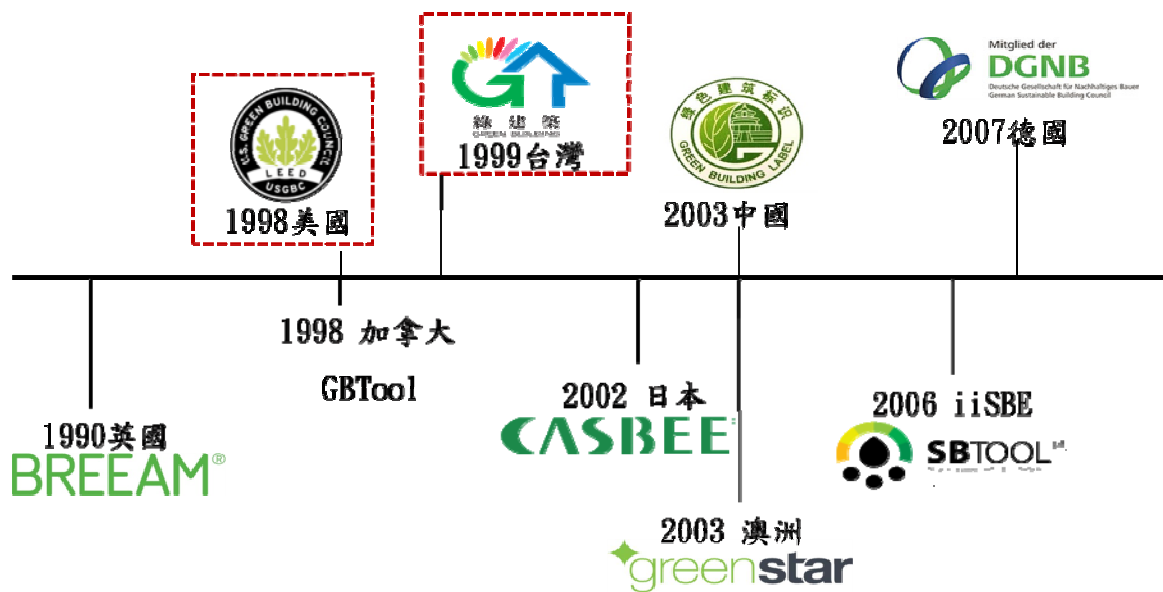


圖 3-1 國際綠建築發展歷程

政府建立「綠建築標章制度」以來，綠建築政策已經成為我國永續發展政策中最重要的一環。2001 年行政院核定實施「綠建築推動方案」，要求總工程經費五千萬元以上的公有新建建築物必須取得「候選綠建築證書」始可發包施工，亦即由政府帶頭做起，引導民間業界跟進，更令我國綠建築發展突飛猛進，成效卓著，成為世界綠建築政策最有成效的國家之一。

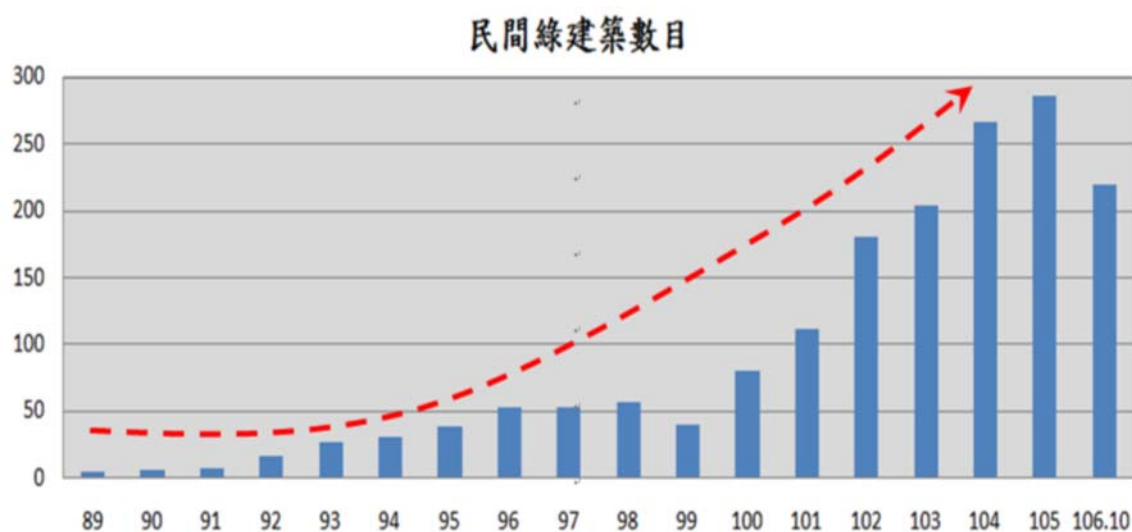


圖 3-2 綠建築數目民間業界參與逐年增加

綠建築九大評估指標系統，包括：「綠化量」、「基地保水」、「水資源」、「日常節能」、「二氧化碳減量」、「廢棄物減量」、及「污水垃圾改善」、「生物多樣性」及「室內環境」。隨著我國綠建築設計能力與品質日漸提升，自 2007 年開始推行「綠建築分級評估制度」，等級由合格至最優等依序為合格級、銅級、銀級、黃金級、鑽石級等五級，除與國際趨勢同步，也是提升綠建築水準的有效策略。

2008 年行政院推出「生態城市綠建築推動方案」，使我國的綠建築更進一步邁入永續都市政策的階段，2010 年更推出

「智慧綠建築推動方案」，並於 2016 年賡續推動「永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案」，決定擴大綠建築成為永續國土綠色產業之政策。在前述各項推動方案中，綠建築仍是最核心的關鍵，內政部建築研究所為擴大臺灣 EEWB 評估範疇，並帶動國內綠建築技術及產業發展，於 2012 年完成綠建築分類評估體系，將我國原有一體適用的綠建築評估通用版本，發展為綠建築評估家族，包括基本型（EEWH-BC）、住宿類（EEWH-RS）、社區類（EEWH-EC）、舊建築改善類（EEWH-RN）及廠房類（EEWH-GF）等五類，從此我國正式邁入綠建築分類評估的時代，並於 2015 年全面更新手冊，使其評估功能更加完備，有效落實節能減碳目標。

為因應國際化需求，企業或廠商為增加國際市場的競爭力及商機，於境外設立工廠或基地建築開發時，主動表達希望能取得臺灣綠建築標章認證，以提升企業環保永續形象，為減緩地球暖化善盡一己之力。有鑑於此，內政部建築研究所於 2017 年以 EEWB-BC 版為基礎，導入在地氣候條件、相關法令、設計慣例修正之「當地基準評估法」，於今(106)年完成「境外綠建築標章申請審核認可及使用作業要點」及出版「綠建築評估手冊-境外版（EEWH-OS）」，境外綠建築標章認證，自 106 年 7 月 1 日起開始正式受理申請。

二、 評估架構

臺灣綠建築評估系統 EEWB 分為 4 大指標群與 9 項指標內容（表 2-1），為因應我國缺水缺電的危機，其中日常節能指標與水資源指標為必要的門檻指標，亦即沒通過該指標，就無法取得

綠建築標章認證。

表 3-1 臺灣綠建築評估系統 EEWB 【C10】

大指標群	指標內容	
	指標名稱	評估要項
生態	1. 生物多樣性指標	生態綠網、小生物棲地、 植物多樣化、土壤生態
	2. 綠化量指標	綠化量、CO ₂ 固定量
	3. 基地保水指標	保水、儲留滲透、軟性防洪
節能	4. 日常節能指標 (必要)	外殼、空調、照明節能
減廢	5. CO ₂ 減量指標	建材 CO ₂ 排放量
	6. 廢棄物減量指標	土方平衡、廢棄物減量
健康	7. 室內環境指標	隔音、採光、通風、建材
	8. 水資源指標 (必要)	節水器具、雨水、中水再利用
	9. 污水垃圾改善指標	雨水污水分流、垃圾分類、堆肥

EEWB分級制度為了調整各指標單位不同與得分差異的問題，採用了各項指標得分換算之機制，發展出九大指標配分法，如表2-2，來控制各項指標對綠建築效益的比重。最高滿分為100分，為因應政府節能減碳政策，其中較注重且配分比較高的指標為節能範疇的日常節能指標，共計32分。

表 3-2 分級制度九大指標配分表【C10】

四大範疇	九大指標		配分	
			指標配分上限b	範疇配分
生態	一．生物多樣性指標		9分	27分
	二．綠化量指標		9分	
	三．基地保水指標		9分	
節能	四．日常節能指標	建築外殼節能指標EEV	14分	32分
		空調節能指標EAC	12分	
		照明節能指標EL	6分	
減廢	五．CO ₂ 減量指標		8分	16分
	六．廢棄物減量指標		8分	
健康	七．室內環境指標		12分	25分
	八．水資源指標		8分	
	九．污水垃圾改善指標		5分	
綠建築創新設計	採優惠升級之認定制度，詳見1-8			

三、執行成效

本所為推動生態、節能、減廢、健康之綠建築，於民國 89 年建立標章制度，截至 106 年 10 月底止，累計已有 6,727 件公私有建築物獲得綠建築標章或候選綠建築證書(綠建築標章 2,285 件、候選綠建築證書 4,442 件)，預估每年可節省用電約 16.45 億度，節省用水約 7,759 萬噸(相當於 14.18 座以上寶山水庫的容量)，其減少之 CO₂ 排放量約 92.71 萬噸，相當於 6.22 萬公頃的人造林(相當於 2.29 個臺北市)面積所吸收的 CO₂ 量，每年為業主節省之水電費估計約達 65.35 億元，成效顯著。

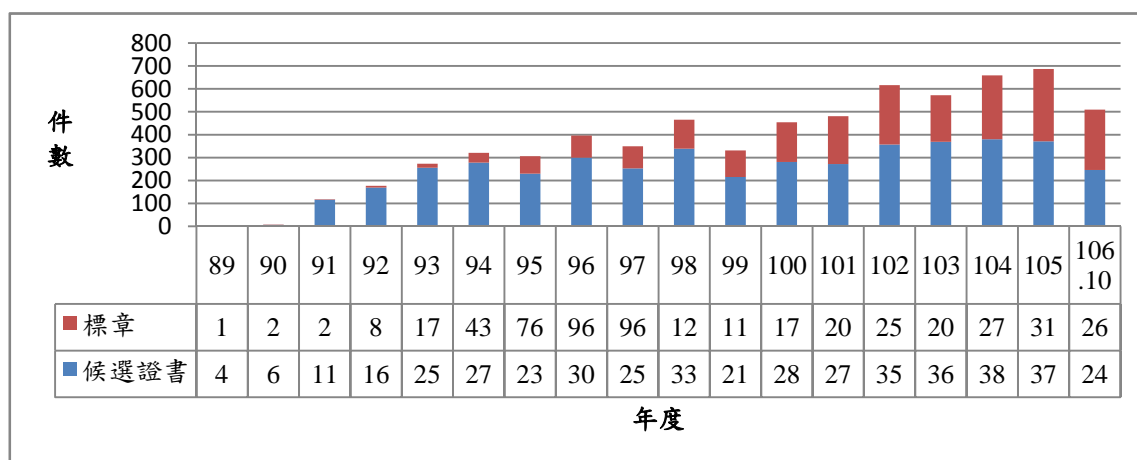


圖 3-3 歷年綠建築標章及候選綠建築證書統計(總計 6,727 件)

第二節 自然通風評估法

一、我國綠建築評估手冊 EEWB 通風評估法(2012 年版)

本評估主要針對所有可自然通風之居室空間進行自然通風評估。其通風評估不只是要求可開窗設計，其開窗形式必須在自然通風時能達到有效的換氣效果，故另需考量其通風路徑及室內深度。

所謂通風路徑如圖 3-4 所示，可簡單分成單側開窗、相鄰側開窗、相對側開窗及多側開窗方式，前兩者較難使新鮮外氣進入室內遠端而排除遠端的污染物；後兩者可以便氣流以近似活塞流的方式將室內髒空氣推擠出去，而有較佳的空氣置換效率。居室若是單側開窗或相鄰側開窗，室內淨深不能太長；相對側開窗及多側開窗方式也有一定的淨深限制，且皆和室內淨高有關(圖 3-5)，這也是為了確保室內無「死域地帶(deadzone)」。**【C11】**

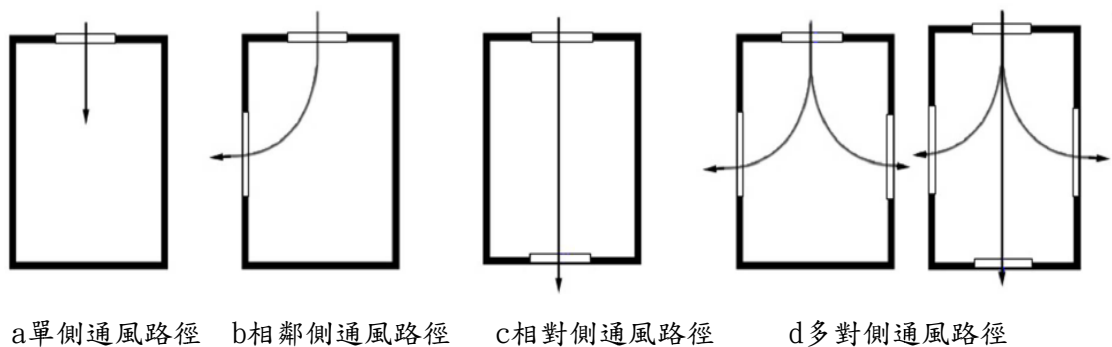


圖 3-4 EEWB 通風評估之通風路徑開窗示意圖

下列三種條件之空間為「可自然通風空間」來作為自然通風之評估條件：

1. 單側或相鄰側通風路徑開窗之空間深度，在二點五倍室內淨高以內者。
2. 相對側或多側通風路徑開窗空間至少一向深度在五倍室內淨高以內者。
3. 以通風塔、通風道系統、送風管或其他通風器輔助達成自然通風效果者。

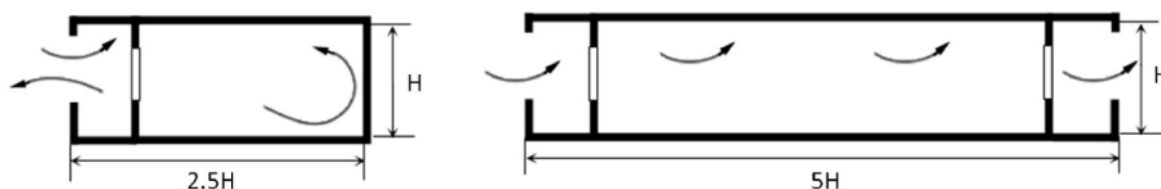


圖 3-5 EEWH 通風評估之室內深度與淨高比例

表 3-3 2012 版通風評估之等級表

自然通風型	可自然通風型建築（住宿類、學校類與無中央空調之辦公類建築物）	所有居室空間均為可自然通風空間	G11=100
		90%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G12=80
		80%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G13=60
		60%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G14=40
		低於 60%居室樓地板面積為可自然通風空間	G15=10

上表 3-3 空間類型之評估等級，是以該棟建築物居室符合良好通風換氣方式之樓地板面積比例給予分數，比例越高者得分越高，反之越低。

二、自然通風潛力 VP 評估法(2015 年版)

自然通風潛力 VP(Ventilation Potential)為建築物因開窗與平面設計之條件所形成可自然通風之室內面積與其總居室面積的比例。【C10】

自然通風潛力 VP(Ventilation Potential)係指室內「可自然通風的居室面積」與「總居室面積」之比值。其中可自然通風居室面積乃由(1)「臨窗通風面積」以及(2)「對流通風面積」構成(如圖 3-6)。

表 3-4 2015 版自然通風潛力評估之等級表

自然通風型	全年或季節性採自然通風之空間部分(面積為 Af1)，以自然通風潛力 VP 指標評估	$0.8 \leq VP$	G11=100
		$0.7 \leq VP < 0.8$	G12=80
		$0.6 \leq VP < 0.7$	G13=60
		$0.5 \leq VP < 0.6$	G14=40
		$VP < 0.5$	G15=10

上表 3-4 自然通風潛力評估之評估等級，是以該棟建築物臨窗通風面積加上通風路徑面積，與居室面積的比例給予分數，愈接近 1 代表室內空間的自然通風能力愈佳，反之越低。

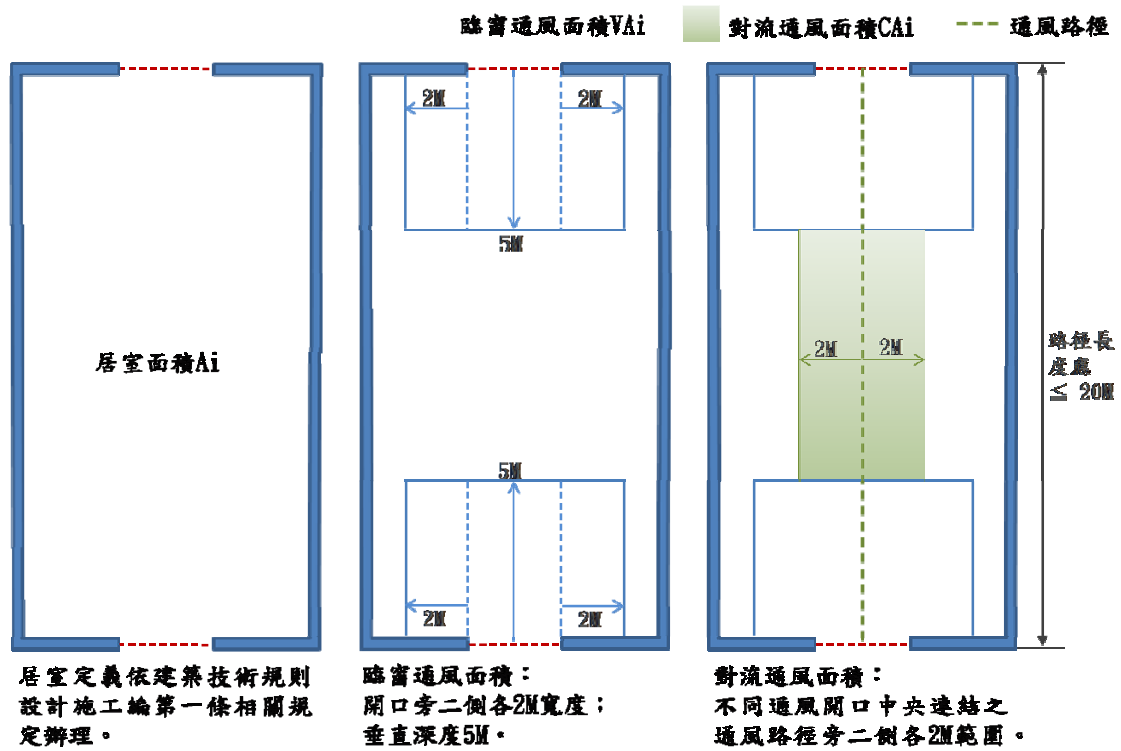


圖 3-6 臨窗通風面積與對流通風面積之關係示意

計算公式如下所示：

$$VP = \frac{\sum(\text{臨窗通風面積 } VA_i + \text{對流通風面積 } CA_i)}{\sum(\text{居室面積 } A_i)} \quad (2)$$

其中：

VP：全棟自然通風潛力

VA_i：i 層臨窗通風面積 (m²)

CA_i：i 層對流通風面積 (m²)

A_i：i 層梯廳走廊居室面積 (m²)

此 VP 值介於 0~1 之間，愈接近 1 則代表室內空的自然通風能力愈佳。

(一) 評估法計算方式介紹

1. 居室面積認定(A)

本評估法係為了增加室內環境的舒適度而採自然通風設計，故以人員經常活動的空間為主要評估區域，也就是居室空間與梯廳走廊之部份，包含客廳、餐廳、廚房、書房、臥室等住戶私人空間，部分零碎的空間如走道則可併入客廳或餐廳。但像儲藏室、浴廁、機械間、避難梯間、不連接外氣的地下空間等則不需列入評估計算。

2. 確認「臨窗通風面積 V_A 」

「臨窗通風」是指單側開窗因外窗風壓或窗上下溫差局部對流所引起的通風，本規範規定可通風開口的左右邊界 2.0m 以內與進深 5.0m 以內之居室面積為「臨窗通風面積 V_{Ai} 」(如圖 3-7)。

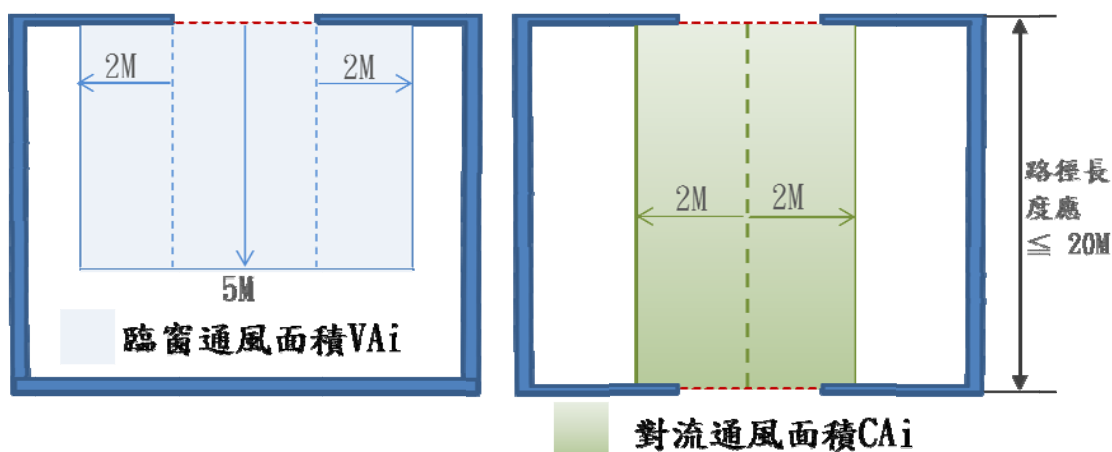


圖 3-7 臨窗、對流通風面積示意

但被結構牆或隔間阻擋部份之面積不計入，不同開口之臨窗通風面積重疊部份亦不可重複計算。住宅空間之「臨窗通風面積 VA 」可繪圖如圖 3-8 所示。

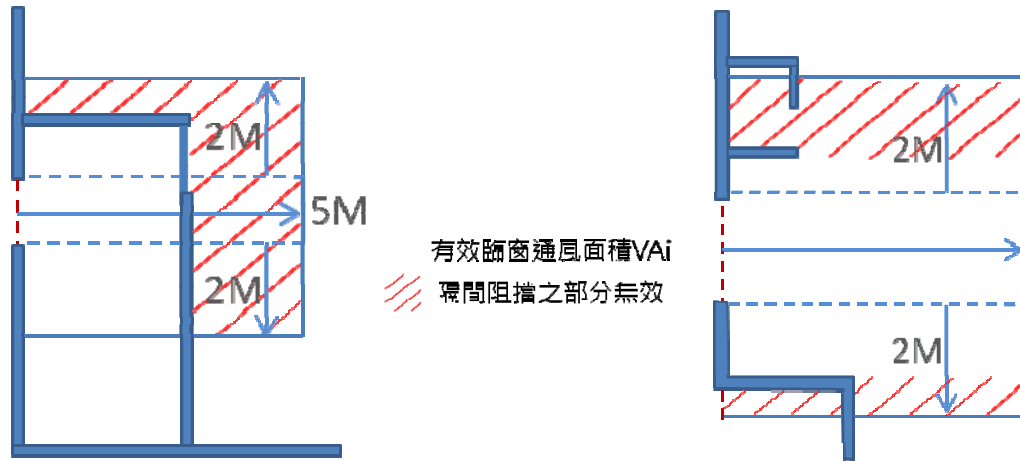


圖 3-8 隔間阻擋通風面積示意

3. 對流通風面積(CA)

除了臨窗通風面積外，通風開口之間可連結形成通風路徑，也可以增加通風的居室面積，對流通風的形成是經由某可通風開口連結至另一可通風開口，其通風面積之計算必先繪製通風路徑經過的範圍來決定，故必須先行計算臨窗通風面積後，再判斷通風開口之間是否可有效形成對流通風路徑，如圖 3-9。

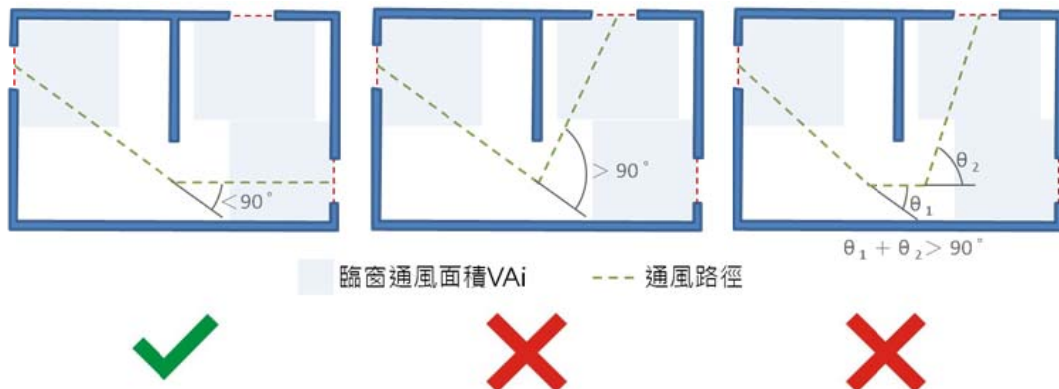


圖 3-9 通風路徑轉角角度之和須小於 90° ，對流通風面積不得與臨窗通風面積重複(不得重複計算)

在非臨窗通風面積的範圍內，若有通風路徑經過，可視為可通風面積。增加可通風面積的大小為通風路徑左右各 2m 此部分即為對流通風面積 CA。在計算的過程中，若此面積若與臨窗通風面積或其它對流通風面積重疊時則不可重覆計算如圖 3-10，且若此對流通風面積劃分出評估區域時也不予計算。

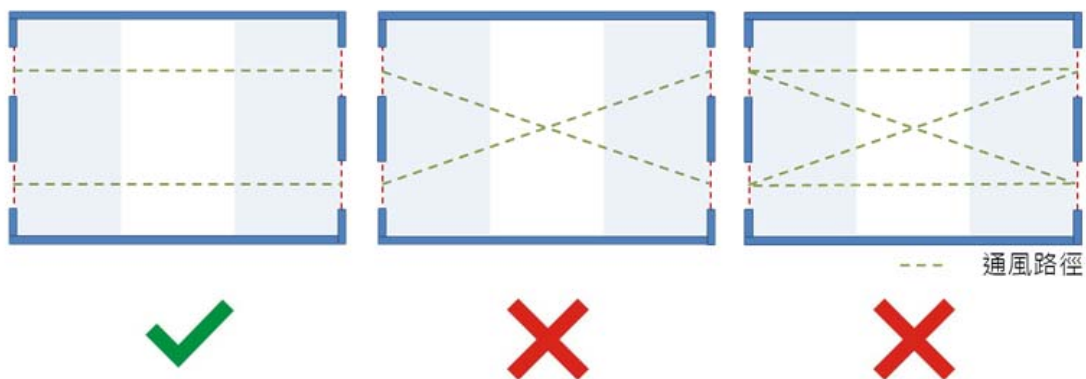


圖 3-10 一個可通風開口只能有一條通風路徑

通風路徑成立的條件本節依本研究適用範圍以下論述之：

- (1) 可通風開口所連結的對向開口必須仍為可通風開口。
- (2) 通風路徑一般以建築平面圖來作圖，從有效通風開口至另一通風開口之通風路徑必須順暢，其路徑長度不得超過 20m。另外其路徑轉彎的角度不得大於 90° ，以確保通風路徑是較為直接且有效，如圖 3-8。
- (3) 一個可通風開口只能有一條通風路徑，如圖 3-9 所示，此空間雖然三個開窗但僅只能提供一條通風路徑。且此路徑必須通過非臨窗通風面積，且路徑間不得相交。

4. 自然通風空調耗能折減率 V_{ac} 計算法

自然通風對空調耗能折減率為 V_{ac} (AC energy

reduction factor for natural ventilation)，由於住宿類建築多在夜間空調，其節能效益較小，因此設定住宿類建築與其他類建築之最大空調節能效益比為 22.5%與 45%。本規範依其自然通風潛力之差異，設定兩類建築物之 V_{ac} 計算式如下：

$$\text{住宿類建築} \quad V_{ac} = 1.0 - (VP - 0.7) \times 0.75, \text{ 唯 } V_{ac} \leq 1.0 \quad (3)$$

$$\text{其他類建築} \quad V_{ac} = [1.0 - (VP - 0.4) \times 0.75] \times \gamma, \\ \text{唯 } V_{ac} \leq 1.0 \quad (4)$$

$$\text{空調節能效益比} = (1.0 - V_{ac}) \times 100\% \quad (5)$$

其中

γ ：複合式通風控制係數，在中央空調型建築中具此控制系統者為 1.0，若為手動或非中央空調系統者為 0.5。

(二) 評估法效益

由於台灣夏季氣候大部分時間的室外溫度高於室內溫度，必須搭配空氣調節設備予適當的引入外氣，使室內維持舒適的溫度與良好之空氣品質，然而一年之中，外氣溫度在舒適範圍的期間佔了一年之中的 7 個月，故上述計算自然通風潛力的目的，在於進一步解析因自然通風而增加之空調節能效益。在春、秋、冬季且具備自然通風的條件下，可停止空調並打開窗戶通風，因而收到空調節能之效。

第四章 綠建築自然通風環境版本差異分析

為了鼓勵建築設計能回歸自然通風的考量，2015 年重新改版綠建築評估手冊中，在室內環境指標納入自然通風潛力 VP (Ventilation Potential) 評估法，是在建築平面圖上繪製通風面積及通風路徑對室內自然通風進行評估，能有效的透過數值判斷平面配置的自然通風性能，再轉換成自然通風空調耗能折減率 (Vac) (VP 在 0.5~0.9 間對於 Vac 才有意義)，可計算出在春、秋、冬季，因為自然通風可停止空調，進而減少的空調耗能比例。

然而，綠建築評估手冊 2015 版發布實施後，在通風換氣環境的得分計算上，常有申請者反應其計算流程繁複不易操作，或是得分不易取得的情形。故本研究主要針對取得 2012 版及 2015 版綠建築標章或候選綠建築證書，並申請室內環境指標-通風換氣環境之案例，比較各個案例使用 2 種版本計算後的結果，藉以充分瞭解綠建築評估手冊改版後，在通風換氣環境的評估基準與差異，以及反應室內自然通風情形的合理性。

本研究案例選擇範圍係自 2013 年至 2016 年底，申請通過 2012 年版及 2015 年版綠建築標章，或取得候選綠建築證書的評定案例，共計 1,220 案，並篩選在室內環境指標-通風換氣環境有加權得分的案例(2012 年版為 101 案、2015 版為 69 案，共計 170 案)，如表 4-1。

表 4-1 102 至 105 年申請室內環境指標(通風換氣環境)之案件統計

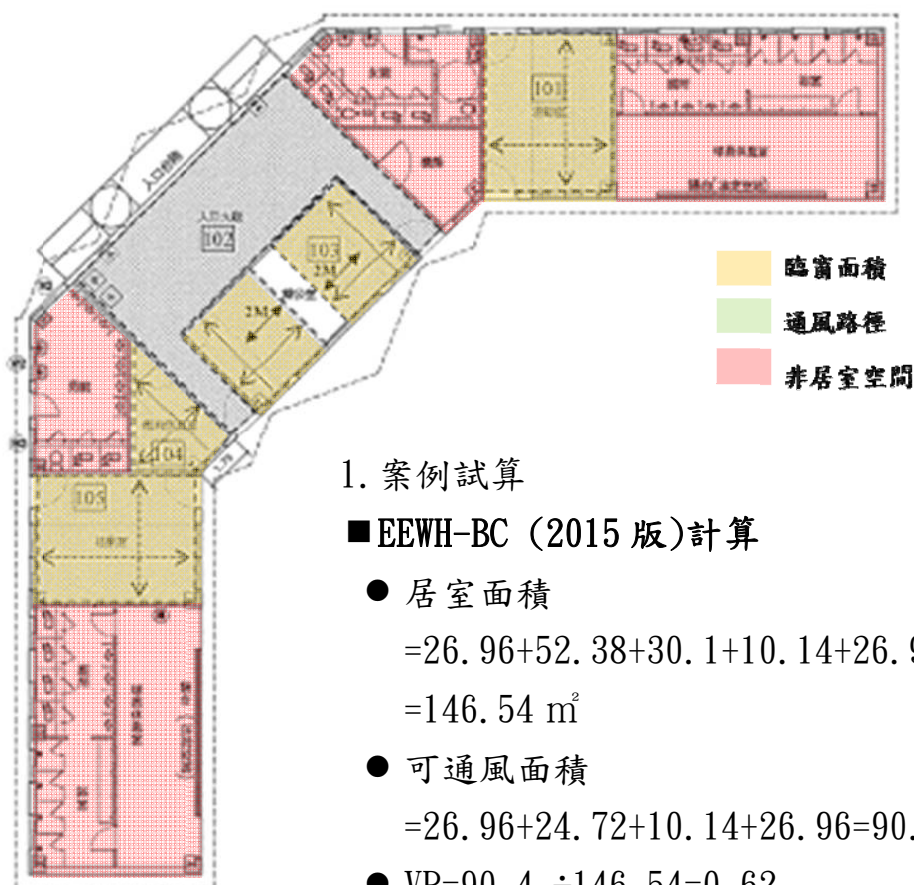
	2012 版 案件數	2015 版 案件數	2012 版申請通 風環境案件數	2015 版申請通 風環境案件數
102(中部)	23	0	0	0
102(北部)	81	0	0	0
102(南部)	78	0	0	0
103(中部)	89	0	8	0
103(北部)	67	0	24	0
103(南部)	117	0	0	0
104(中部)	66	9	15	0
104(北部)	61	7	2	2
104(南部)	88	23	13	3
105(中部)	39	64	5	12
105(北部)	165	106	20	22
105(南部)	58	79	14	30
小計	932	288	101	69
合計	1220		170	

第一節 案例試算

目前進行試算的案例，以建築物使用類別分類，有體育場或活動中心等大型空間 3 案、集合住宅 3 案、加油站 2 案、辦公大樓 1 案以及學校校舍 3 案，共計 12 案，計算與分析過程如下：

一、體育場或活動中心

(一) Case 1：EEWH-BC(2015 版)，歸仁棒球場，G13=60 (18 分)



1. 案例試算

■ EEWH-BC (2015 版) 計算

- 居室面積
 $= 26.96 + 52.38 + 30.1 + 10.14 + 26.96$
 $= 146.54 \text{ m}^2$
- 可通風面積
 $= 26.96 + 24.72 + 10.14 + 26.96 = 90.4 \text{ m}^2$
- $VP = 90.4 \div 146.54 = 0.62$
 $0.6 \leq VP < 0.7 \rightarrow G13=60$
- $X3 = (G1 \times Af1 + G2 \times Af2) \div (Af1 + Af2)$
 $= (60 \times 146.54 + 0) \div (146.54 + 0) = 60$
- $Y3 = 0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3 = 60 \times 0.3 = 18$

■ EEWB-BC (2012 版)計算

編號	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
101	26.69	0	35.74
102	52.38	52.38	
103	30.1	0	
104	10.14	0	
105	26.96	0	
小計	146.54	52.38	

- 部分居室無法自然通風(可自然通風<70%)
- G15=10，加權得分 X3×Y3=10×0.3=3

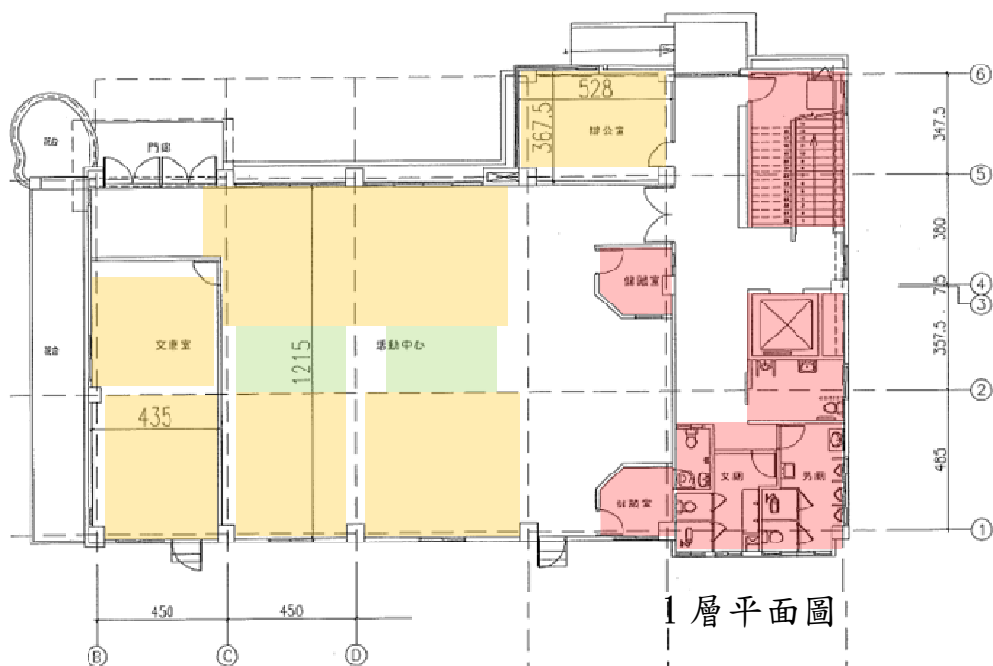
2. 結果分析：

- (1) 本案若採 2012 版進行評估，室內環境指標無法通過。
- (2) 評分判斷查核標準不同，造成本案在 2015 版的通風換氣環境加權得分高出 6 倍。

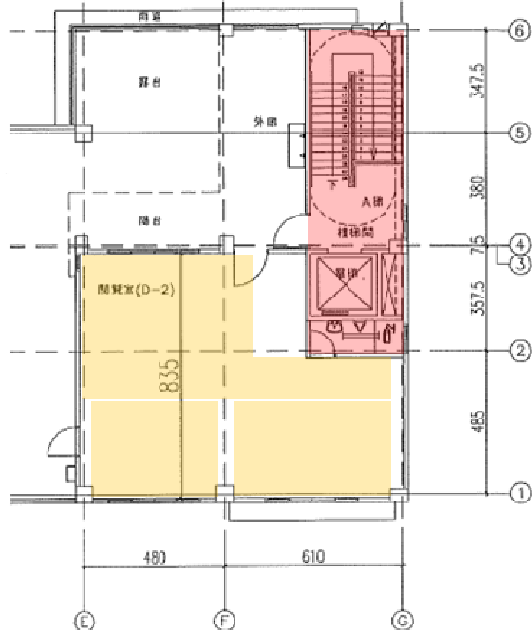
EEWB-BC (2012 版)			EEWB-BC (2015 版)		
自然通風型	所有居室空間均為可自然通風空間	G11=100	自然通風型	0.8 ≤ VP	G11=100
	90%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G12=80		0.7 ≤ VP < 0.8	G12=80
	80%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G13=60		0.6 ≤ VP < 0.7	G13=60
	70%以上居室樓地板面積為可自然通風空間	G14=40		0.5 ≤ VP < 0.6	G14=40
	低於 70%居室樓地板面積為可自然通風空間	G15=10		VP < 0.5	G15=10

- (3) 若使用 2012 版計算，室內環境指標 IE 會由 62.5 降至 47.5。
- (4) 系統得分 RS7=18.67* [(47.5-60)/60] +1.5
=-2.38 → 反而不合格

(二) Case 2：EEWH-BC(2012 版)，台南市安平區石門里活動中心新建工程，G11=100 (30 分)



- 臨窗面積
- 通風路徑
- 非居室空間



1. 案例試算

■ EEWH-BC (2012 版) 計算

- 1F 文康室深度 4.35M < 3.4×2.5=8.5M 合格
- 1F 活動中心深度 12.15M < 3.4×5=17M 合格

1F 辦公室 $3.675M < 3.4 \times 2.5 = 8.5M$ 合格

2F 閱覽室深度 $8.35M < 2.6 \times 5 = 13M$ 合格

- 本案居室皆為可自然通風空間， $X3=100$
- 加權得分 $X3 \times Y3 = 100 \times 0.3 = 30$

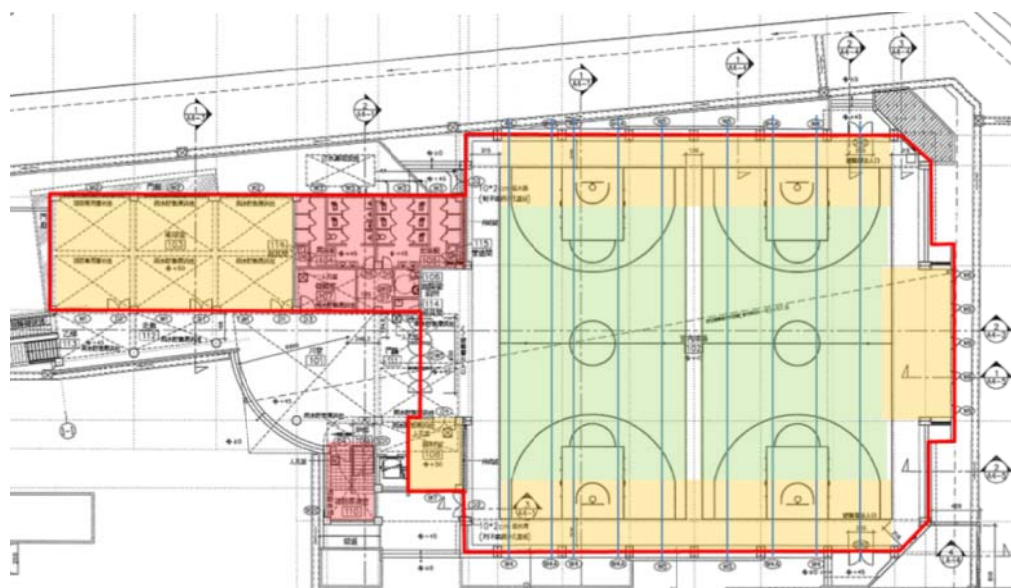
■ EEWH-BC (2015 版) 計算

- 可通風面積 $= 113.6 + 38 + 15 + 66 = 232.6 \text{ m}^2$
- $VP = 232.6 \div 363.33 = 0.64$
 $0.6 \leq VP < 0.7 \rightarrow G13 = 60$
- $X3 = (G1 \times Af1 + G2 \times Af2) \div (Af1 + Af2)$
 $= (60 \times 363.33 + 0) \div (363.33 + 0) = 60$
 $Y3 = 0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3 = 60 \times 0.3 = 18$

2. 結果分析：

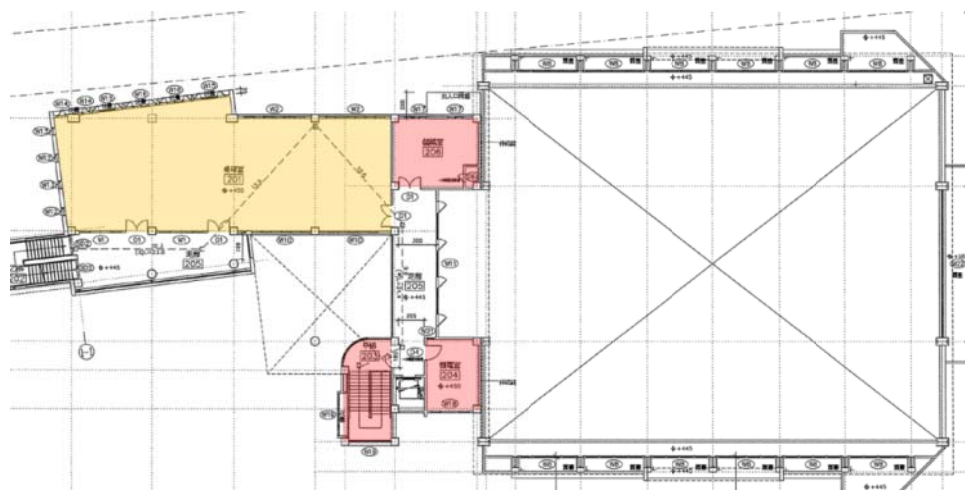
- (1) 本案計算結果，2015 版的通風換氣環境加權得分較低，顯示得分條件較嚴。
- (2) 若使用 2015 版計算，室內環境指標 IE 會由 89 降至 77。
- (3) 系統得分 $RS7 = 18.67 * \left[\frac{(77-60)}{60} \right] + 1.5 = 6.78 \rightarrow$ 得分由 10.52 降至 6.78。

(三) Case 3：EEWH-BC (2012 版)，國立新營高級中學綜合體育館，G11=100(30 分)



- 臨窗面積
- 通風路徑
- 非居室空間

1 層平面圖



2 層平面圖

1. 案例試算

■ EEWH-RS (2012 版)計算

- 所有居室可為自然通風空間
- G11=100，加權得分 $X3 \times Y3 = 100 \times 0.3 = 30$

■ EEWH-RS (2015 版)計算

● 居室面積=178.24+26.9+1292.35+257.95=1755.44 m²

● 可通風面積

=159+159+62+707.6+146.6+111.35=1345.55 m²

● VP=1345.55 ÷ 1755.44=0.77

0.7 ≤ VP < 0.8 → **G12=80**

● X3=(G1×Af1+G2×Af2) ÷ (Af1+Af2)

=(80 × 4479.54+0) ÷ (4479.54+0)

=80

Y3=0.3

● 加權得分 X3×Y3=80×0.3=24

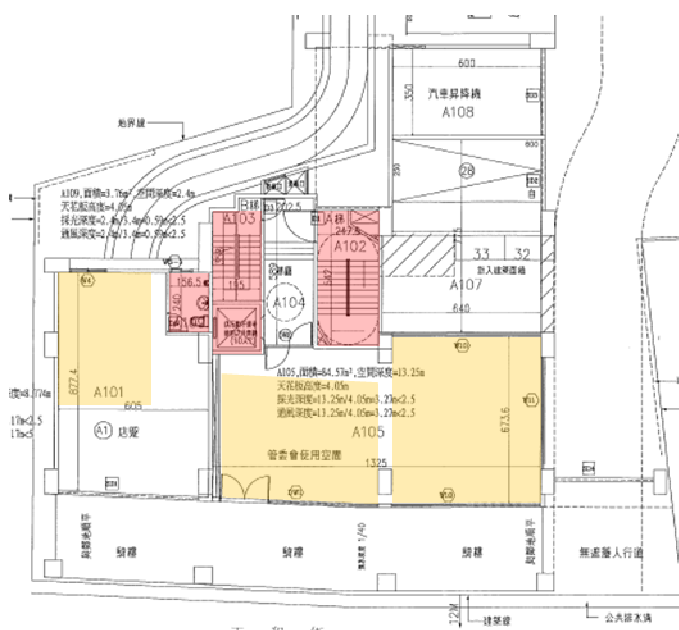
2. 結果分析：

- (1) 本案計算結果，2015 版的通風換氣環境加權得分較低，顯示得分條件較嚴。
- (2) 室內空間規模大，深度超過 5M，故 2015 版臨窗通風面積較 2012 版可自然通風面積小。

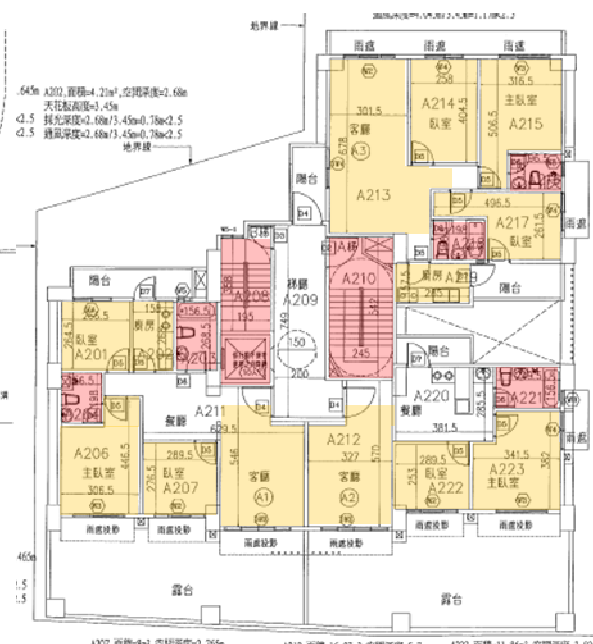
二、集合住宅

(一) Case 4: EEW-H-RS(2012 版), 日日順建設店舖住宅新建工程,

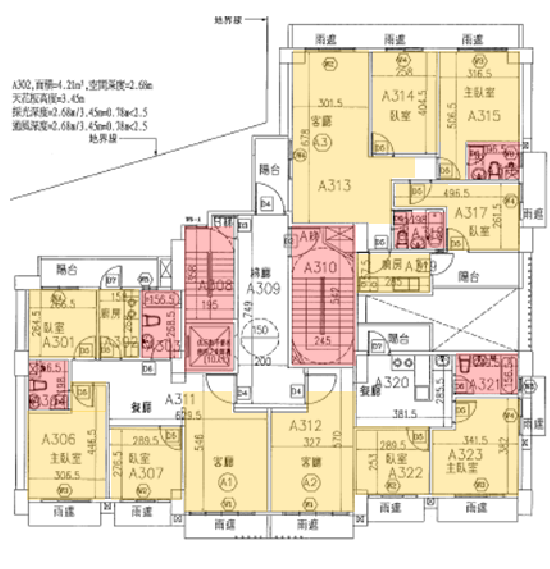
G12=80 (24 分)



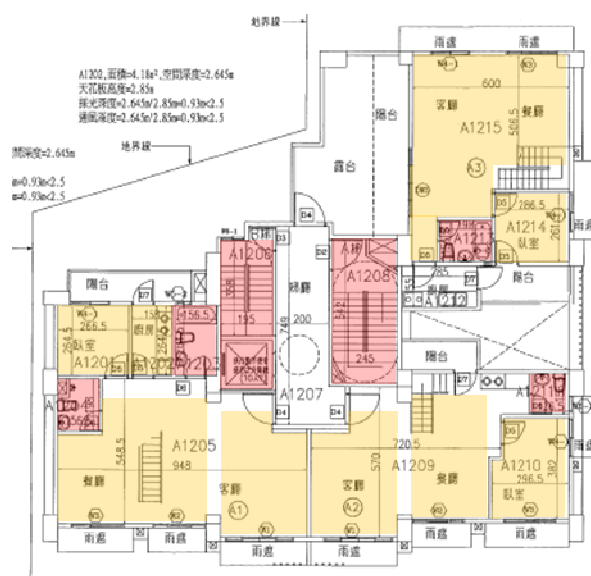
1 層平面圖



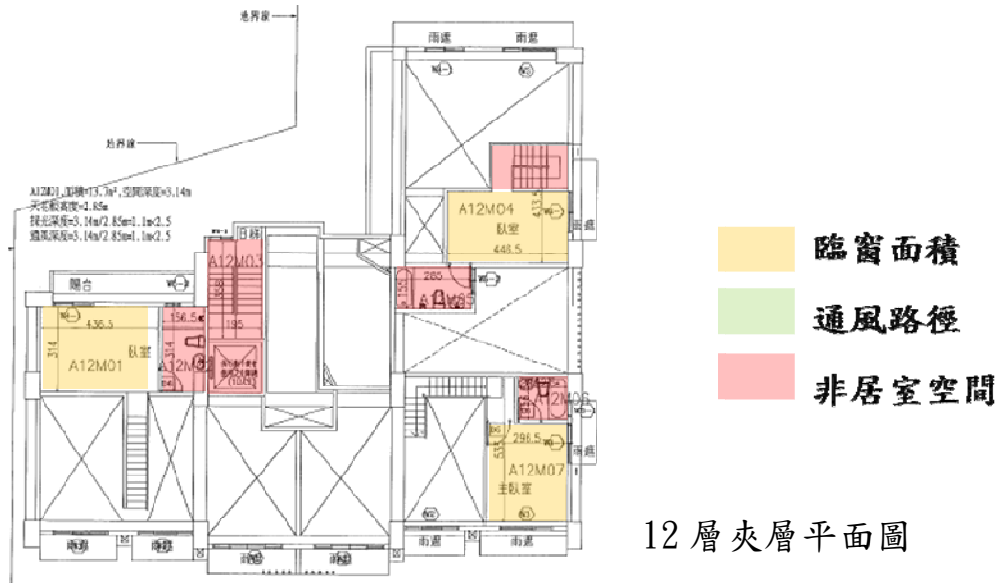
2 層平面圖



3-11 層平面圖



12 層平面圖



12 層夾層平面圖

■ EEWHS-RS (2012 版) 計算

- 1 樓部分居室無法自然通風(可自然通風 > 90%)
- $G_{12}=80$ ，加權得分 $X_3 \times Y_3 = 80 \times 0.3 = 24$

自然通風計算

樓層	居室面積	自然通風未達標準	地面層以上居室面積空間無自然通風深度之比例
1F	137.95	84.57	4.26%
2F	164.77	0	
3F	164.77	0	
4F	164.77	0	
5F	164.77	0	
6F	164.77	0	
7F	164.77	0	
8F	164.77	0	
9F	164.77	0	
10F	164.77	0	
11F	164.77	0	
12F	153.05	0	
12MF	42.78	0	
小計	1981.78	84.57	

■ EEWHS-RS (2015 版) 計算

- 居室面積
 $= 146.09 + 179.77 + 1617.93 + 168.05 + 42.78 = 2154.62 \text{ m}^2$
- 可通風面積
 $= 93 + 126.3 + 1136.7 + 132.53 + 41.64 = 1530.17 \text{ m}^2$
- $VP = 1530.17 \div 2154.62 = 0.71$

$$0.7 \leq VP < 0.8 \rightarrow G12=80$$

$$\bullet X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$$

$$=(80 \times 2154.62+0) \div (2154.62+0)=80$$

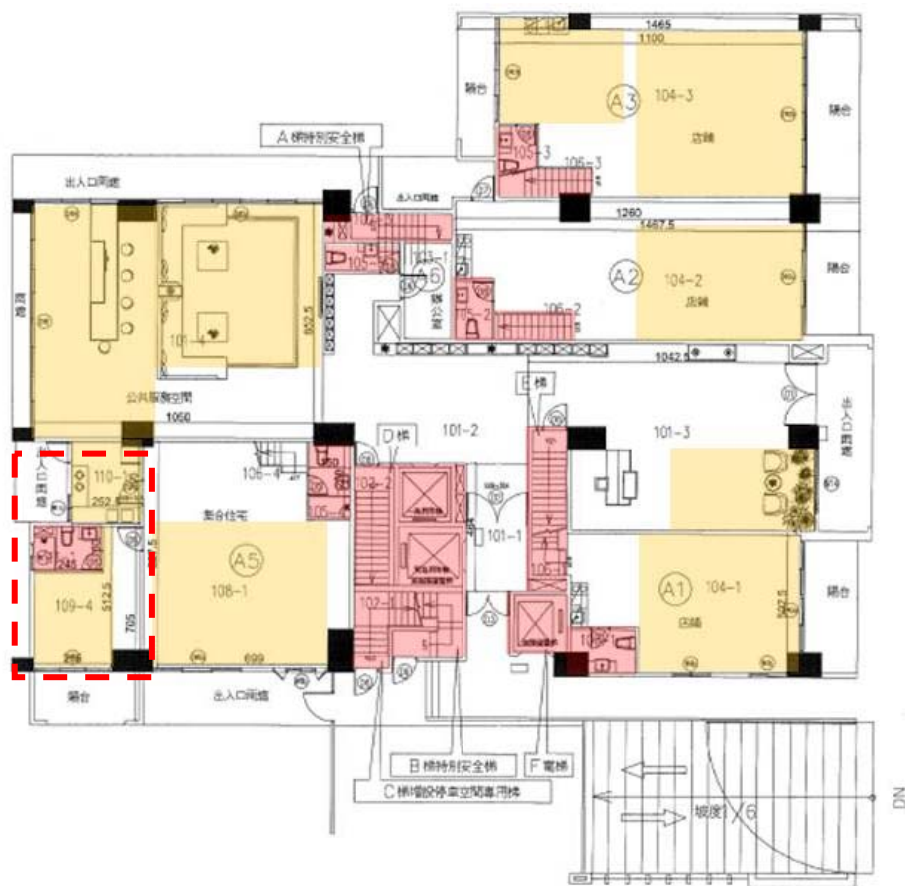
$$\bullet Y3=0.3$$

$$\bullet \text{加權得分 } X3 \times Y3=80 \times 0.3=24$$

2. 結果分析：

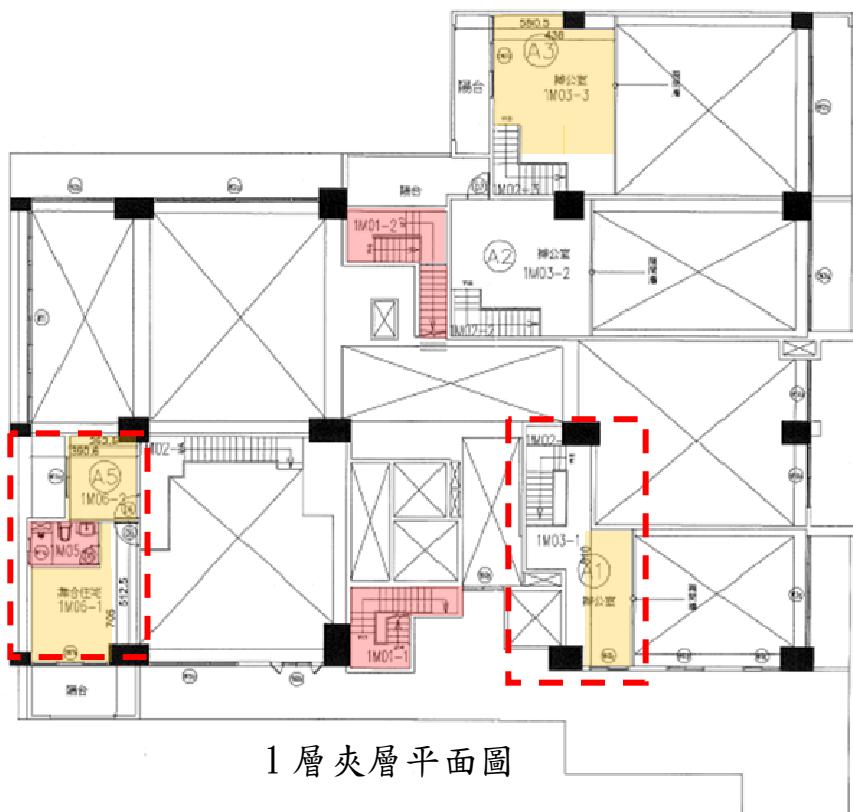
本案空間深度皆在 5M 以內，故 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。

(二) Case 5：EEWH-RS(2012 版)，和旺建設中壢市青芝段住宿類建築，G12=80 (24 分)

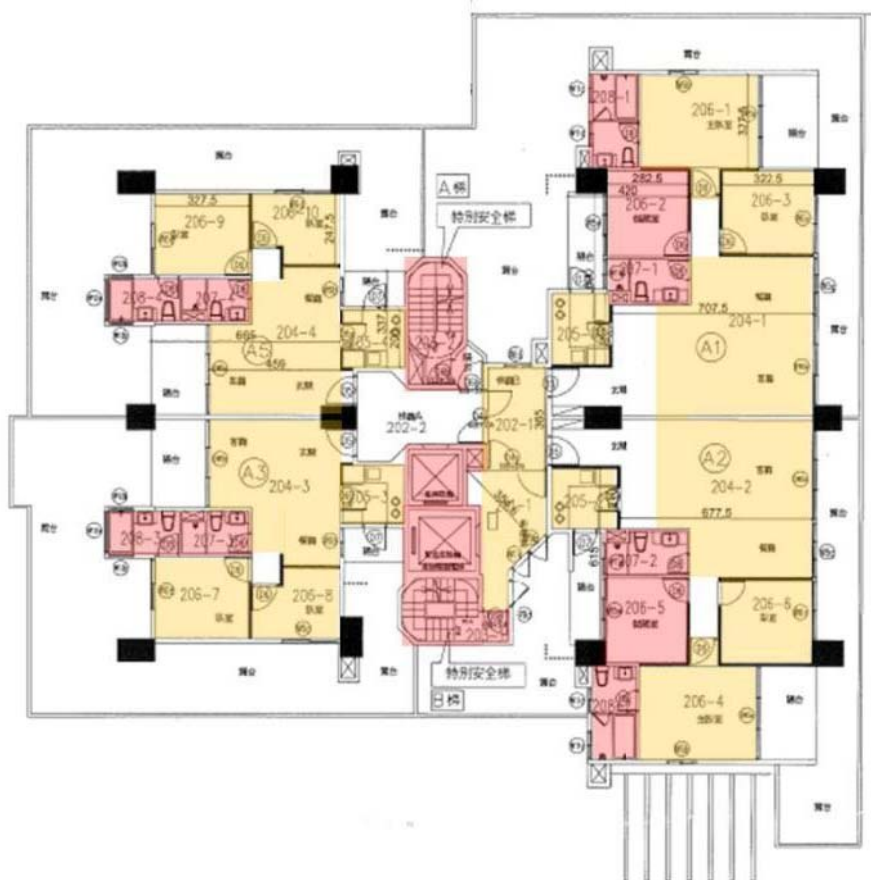


1 層平面圖

- 臨窗面積
- 通風路徑
- 非居室空間



1 層夾層平面圖



2-17 層平面圖

1. 案例試算

■ EEWH-RS (2012 版)計算

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
1F	442.62	54.4	5.95
1F 夾層	85.25	53.32	
2-17F	4222.39	175.04	
小計	4750.26	282.76	

- 1樓部分居室無法自然通風(可自然通風>90%)
- G12=80，加權得分 $X3 \times Y3 = 80 \times 0.3 = 24$

■ EEWH-RS (2015 版)計算

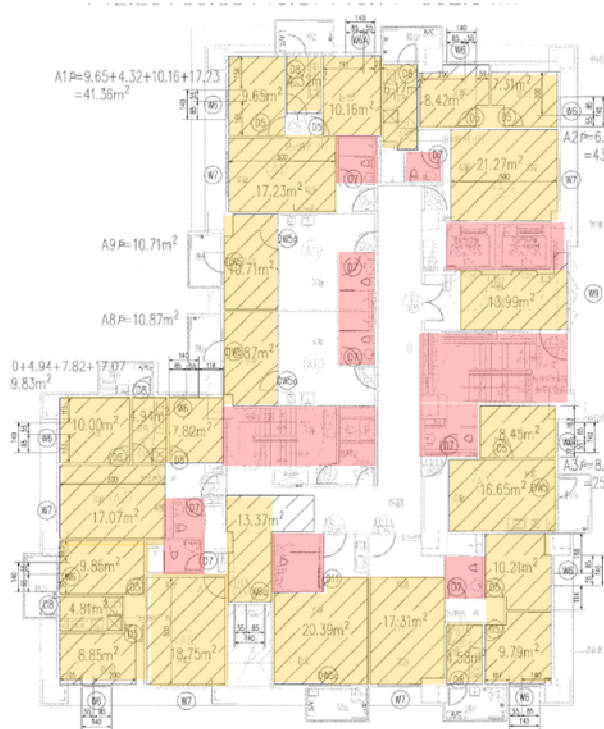
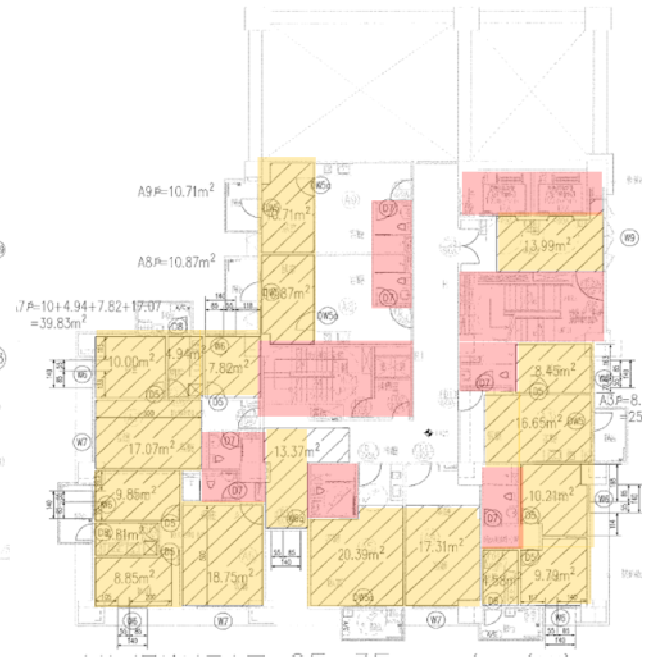
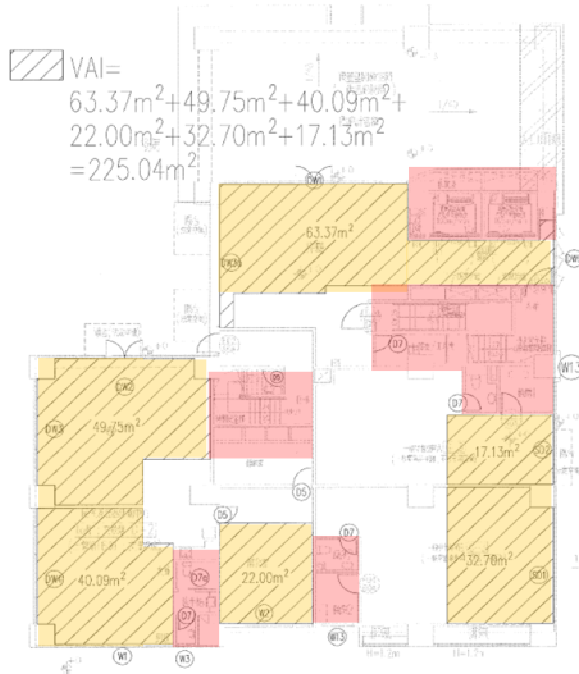
- 居室面積=442.61+85.25+3951.68=4479.54 m²
- 可通風面積=207.95+46.25+3319.36=3573.56 m²
- $VP = 3573.56 \div 4479.54 = 0.798$
 $0.7 \leq VP < 0.8 \rightarrow G12=80$
- $X3 = (G1 \times Af1 + G2 \times Af2) \div (Af1 + Af2)$
 $= (80 \times 4479.54 + 0) \div (4479.54 + 0)$
 $= 80$
- $Y3 = 0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3 = 80 \times 0.3 = 24$

2. 結果分析：

- (3) 單側開窗空間自然通風深度必須<淨高 2.5 倍。
- (4) 本案 1F 部分空間 2012 版不合格，但在 2015 版仍可計 5M 深度的臨窗通風面積。
- (5) 本案空間深度皆在 5M 以內，故 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。

(三) Case 6：EEWH-RS (2015 版)，臺北市南港區東明公共住宅統

包工程，G12=80(24 分)



- 臨窗面積
- 通風路徑
- 非居室空間

1. 案例試算

■ EEWH-RS (2012 版)計算

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
1F	346.79	0	18.25
2-3F	642.46	71.1	
4-21F	7517.34	1481.4	
小計	8506.59	1552.5	

- 1樓部分居室無法自然通風(可自然通風>80%)
- G13=60，加權得分 $X3 \times Y3 = 60 \times 0.3 = 18$

■ EEWH-RS (2015 版)計算

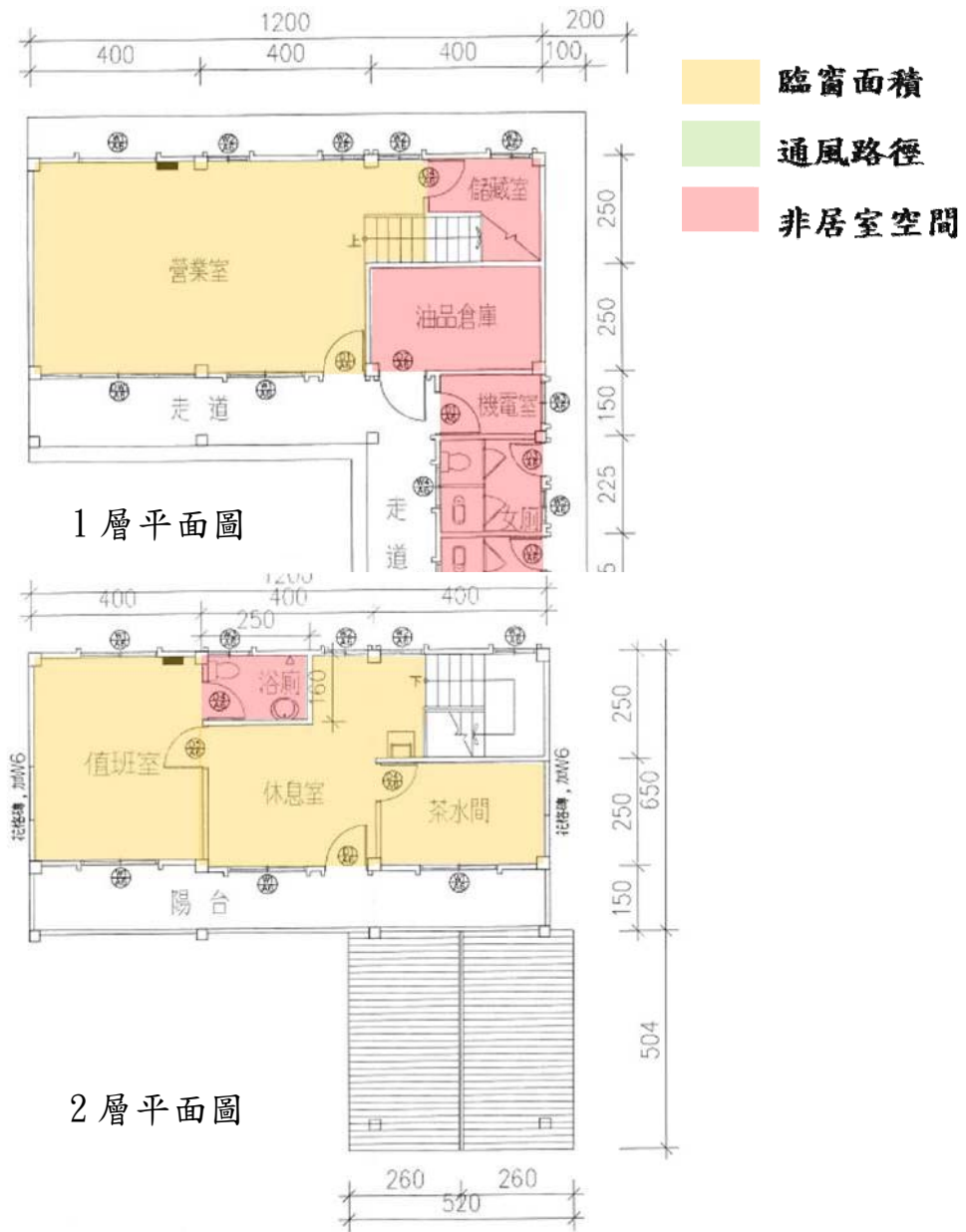
- 居室面積=8506.59 m²
- 可通風面積=255.04+436.82+5452.92=6114.78 m²
- $VP = 6114.78 \div 8506.59 = 0.72$
 $0.7 \leq VP < 0.8 \rightarrow G12 = 80$
- $X3 = (G1 \times Af1 + G2 \times Af2) \div (Af1 + Af2)$
 $= (80 \times 4479.54 + 0) \div (4479.54 + 0)$
 $= 80$
- $Y3 = 0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3 = 80 \times 0.3 = 24$

2. 結果分析：

本案空間深度部分超過 5M，故 2015 版可自然通風面積雖較小，但因二版本之評分判斷查核標準不同，導致 2012 版之得分較低。

三、 加油站

(一) Case7: EEWH-BC, 台中營業處和平加油站, G11=100 (30 分)



1. 案例試算

■ EEWH-BC (2015 版) 計算

樓層	居室面積(m ²)	臨窗通風面積(m ²)	通風路徑面積(m ²)
1F	42.63	41.23	0
2F	53.19	53.19	0
小計	95.82	94.42	0

● $VP=94.42\div95.82=0.99$

$0.8 \leq VP \rightarrow G11=100$

● $X3=(G1\times Af1+G2\times Af2)\div(Af1+Af2)$

$=(100 \times 95.82+0)\div(95.82+0)=100$

● $Y3=0.3$

● 加權得分 $X3\times Y3=100\times 0.3=30$

■ EEWH-BC (2012 版)計算

● 所有居室可為自然通風空間

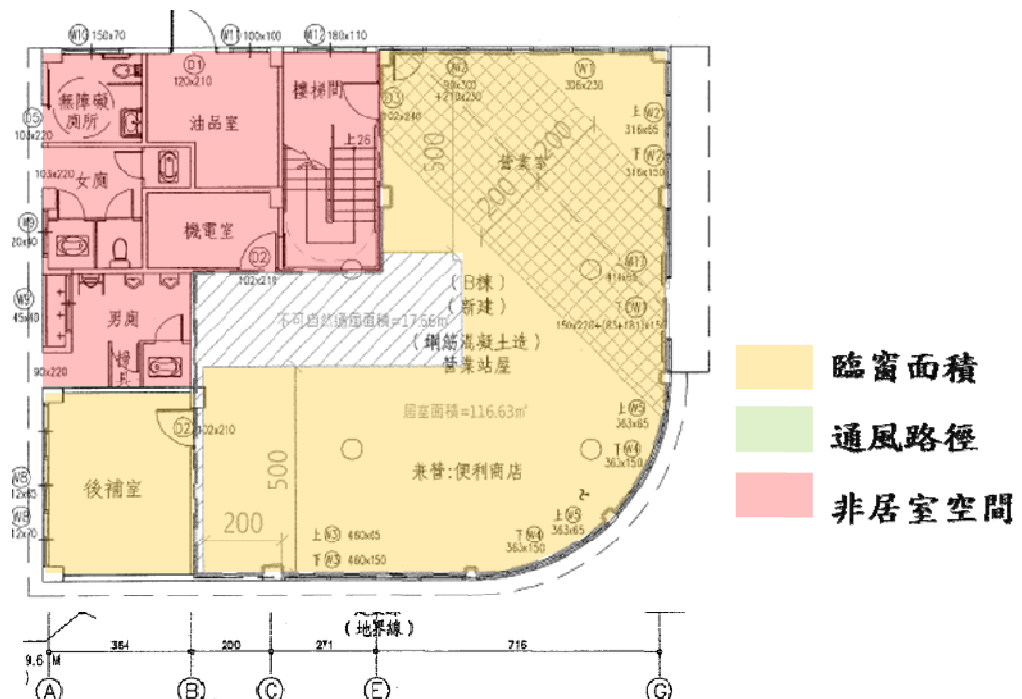
● $G11=100$ ，加權得分 $X3\times Y3=100\times 0.3=30$

2. 結果分析：

(1) 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。

(2) 規模小，空間深度皆在 5M 以內。

(二) Case 8: EEWH-BC(2015 版)，五股工業區加油站， $G11=100$ (30 分)



1. 案例試算

■ EEWH-BC (2015 版) 計算

樓層	居室面積 (m ²)	不符合自然 通風之面積(m ²)	自然 通風之面積(m ²)
1F 營業站 (便利商店)	116.63	17.66	98.97

● $VP=98.97 \div 116.63=0.85$

$0.8 \leq VP \rightarrow G11=100$

● $X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$
 $= (100 \times 116.63+0) \div (116.63+0)$
 $= 100$

● $Y3=0.3$

● 加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

■ EEWH-BC (2012 版) 計算

● 1 樓室內淨高 4.05 公尺，所有居室可為自然通風空間

● $G11=100$ ，加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

2. 結果分析：

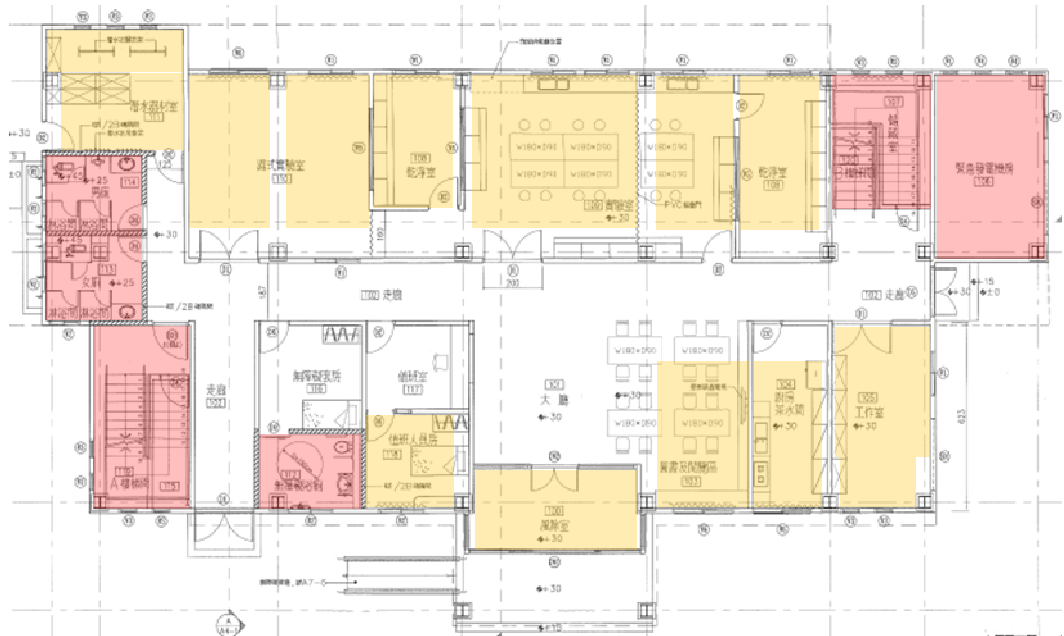
(1) 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。

(2) 本案空間深度部分超過 5M，故 2015 版可自然通風面積雖較小，但因二版本之評分判斷查核標準不同，導致二者結果相同。

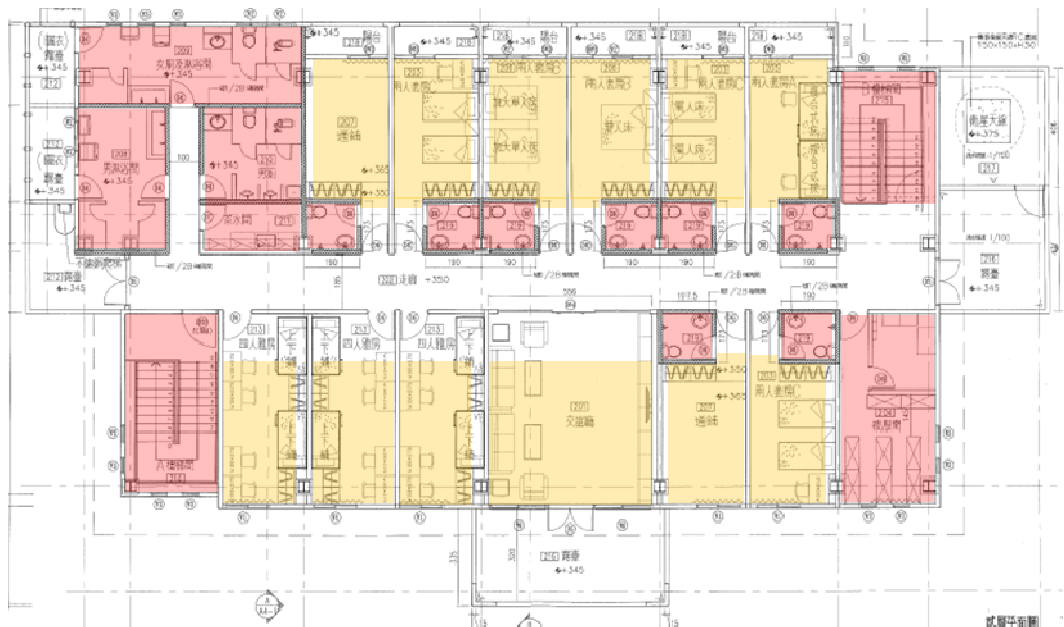
四、辦公類

(一) Case 9：EEWH-RS(2012 版)，東沙國際海洋研究站周邊設施

新建工程，G11=100 (30 分)



1 層平面圖



2 層平面圖

- 臨窗面積
- 通風路徑
- 非居室空間

1. 案例試算

■ EEWH-BC (2012 版)計算

- 所有居室可為自然通風空間
- $G11=100$ ，加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

	開窗路徑	高度cm	標準值cm>深度 (開窗路徑係數*高度)	深度cm
一樓				
濕式實驗室	相對 5	260	1300	640
乾淨室	相對 5	260	1300	465
無障礙套房	相對 5	260	1300	375
值班人員房	相對 5	260	1300	344
值班室	相對 5	260	1300	308
大廳	相對 5	260	1300	638
廚房茶水間	相對 5	260	1300	638
工作室	相對 5	260	1300	638
二樓				
南邊宿舍	相對 5	260	1300	790
北邊宿舍	相對 5	260	1300	680
交誼廳	相對 5	260	1300	1015

■ EEWH-RS (2015 版)計算

- 居室面積= $380+355.6=735.6 \text{ m}^2$
- 可通風面積= $172.56+170.5=343.1 \text{ m}^2$
- $VP=343.1 \div 735.6=0.47$
 $VP < 0.5 \rightarrow G15=10$
- $X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$
 $= (10 \times 735.6+0) \div (735.6+0)=10$
- $Y3=0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3=10 \times 0.3=3$

2. 結果分析：

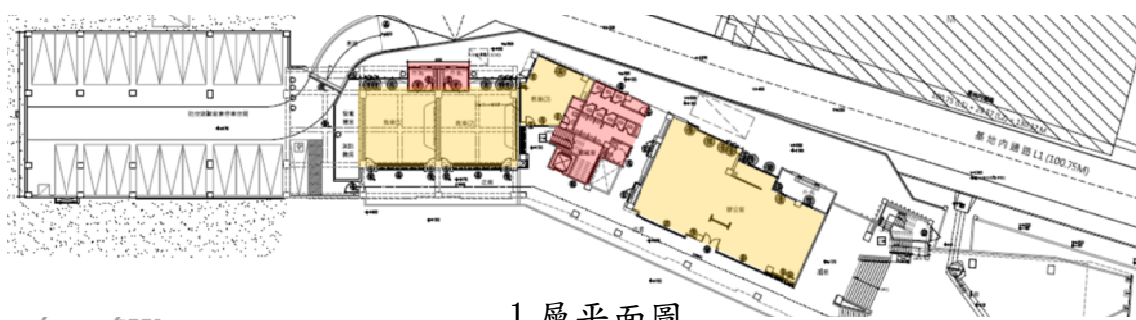
- (1) 本案計算結果，2015 版的通風換氣環境加權得分較低，顯示得分條件較嚴。

(2) 室內深度超過 5M，但不超過室內淨高 2.5 倍的單側開窗空間多，造成實際計算上的差異。

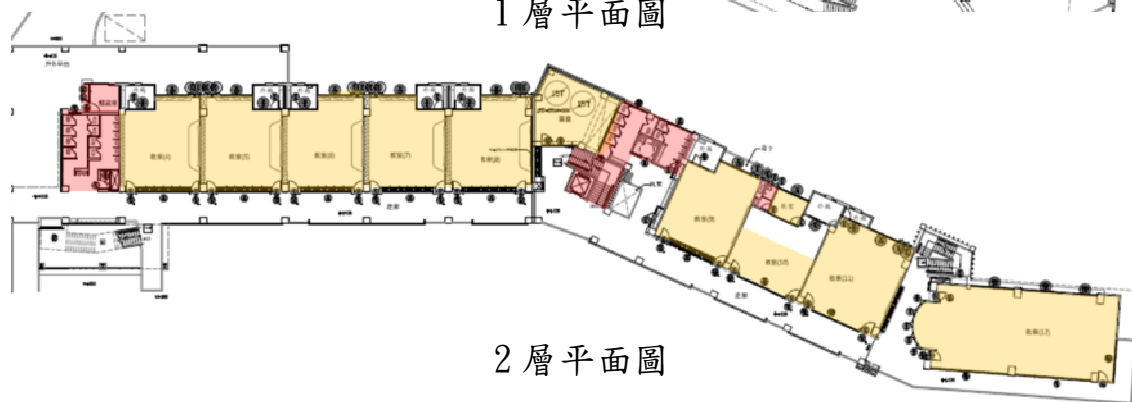
(3) 系統得分 $RS7=18.67 * \left[\frac{(63.5-60)}{60} \right] + 1.5 = 2.59 \rightarrow$ 得分由 10.99 降至 2.59。

五、學校校舍

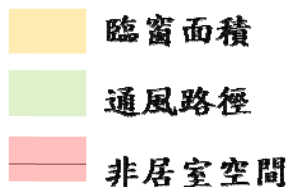
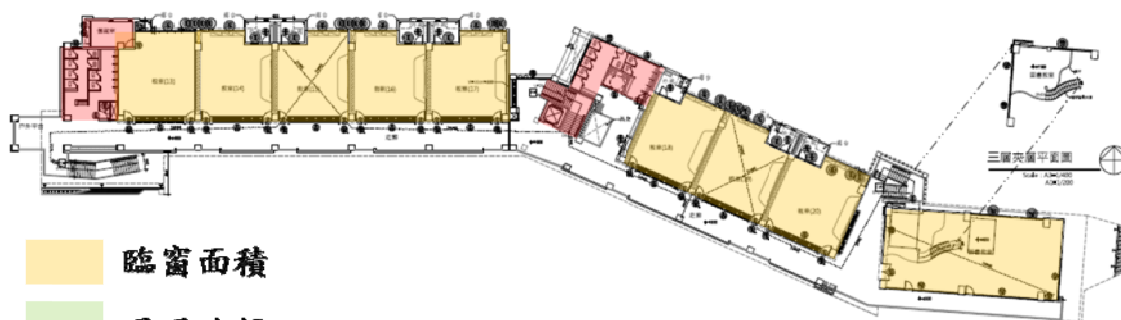
(一) Case 10：EEWH-BC(2012 版)，臺中市西屯區東海國民小學
校舍新建工程， $G12=80(24$ 分)



1 層平面圖



2 層平面圖



3 層平面圖

1. 案例試算

■ EEWH-BC (2012 版)計算

- 教室淨高 3.05 公尺、辦公室淨高 2.85 公尺。

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
1F	386.15	0	3.68
2F	750.06	70.09	
3F	740	0	
3F 夾層	27.52	0	
小計	1903.73	1833.64	

- $1833.64 \div 1903.73 \times 100 \% = 96.32 \%$

部分居室無法自然通風(可自然通風 > 90%)

- $G12=80$ ，加權得分 $X3 \times Y3=80 \times 0.3=24$

■ EEWH-BC (2015 版)計算

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	自然通風之面積(m ²)
1F	386.15	0	386.15
2F	750.06	22.58	727.48
3F	740	0	740
3F 夾層	27.52	0	27.52
小計	1903.73	22.58	1881.15

- $VP=1881.15 \div 1903.73=0.99$

$$0.8 \leq VP \rightarrow G11=100$$

- $X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$

$$=(100 \times 116.63+0) \div (116.63+0)$$

$$=100$$

- $Y3=0.3$

- 加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

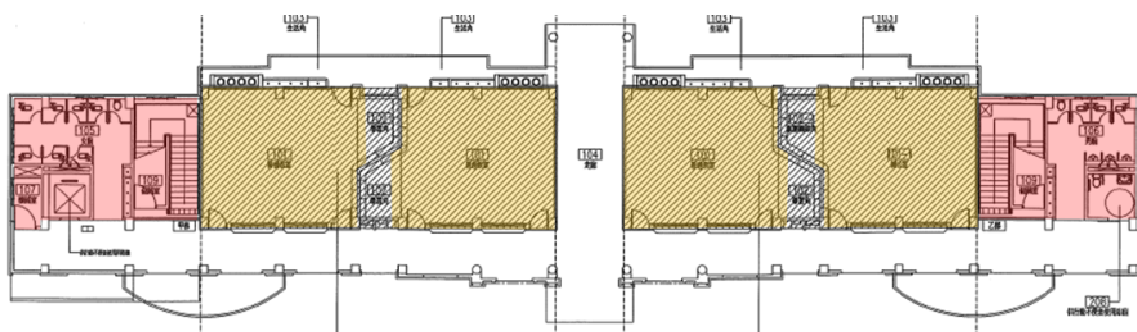
2. 結果分析：

(1) 2012 版的加權得分較低。

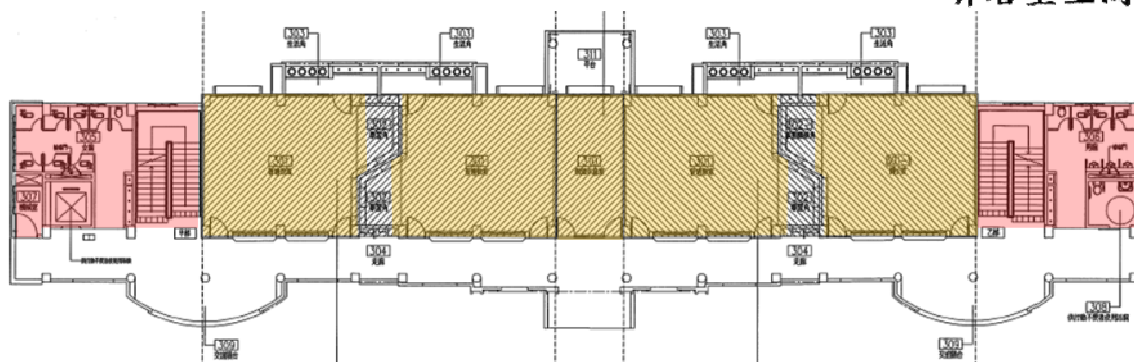
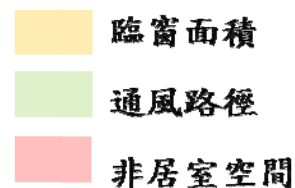
(2) 本案 2 樓部分居室無法自然通風，所計算出的可自然通風

比例僅差 0.03，但因二版本之評分判斷查核標準不同，導致 2015 版加權得分較高。

(二) Case 11：EEWH-BC(2012 版)，金門縣金城鎮中正國民小學東棟重建工程，G12=80(24 分)



1-2 層平面圖



3-4 層平面圖

1. 案例試算

■ EEWH-BC (2012 版) 計算

● 教室淨高 3.85 公尺。

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
1-2F	564	0	0
3-4F	619.5	0	
小計	1183.5	0	

- 所有居室可為自然通風空間
- $G11=100$ ，加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

■ EEWH-BC (2015 版) 計算

樓層	居室面積 (m^2)	不符合自然 通風之面積(m^2)	自然 通風之面積(m^2)
1-2F	564	36	528
3-4F	619.5	36	583.5
小計	1183.5	72	1111.5

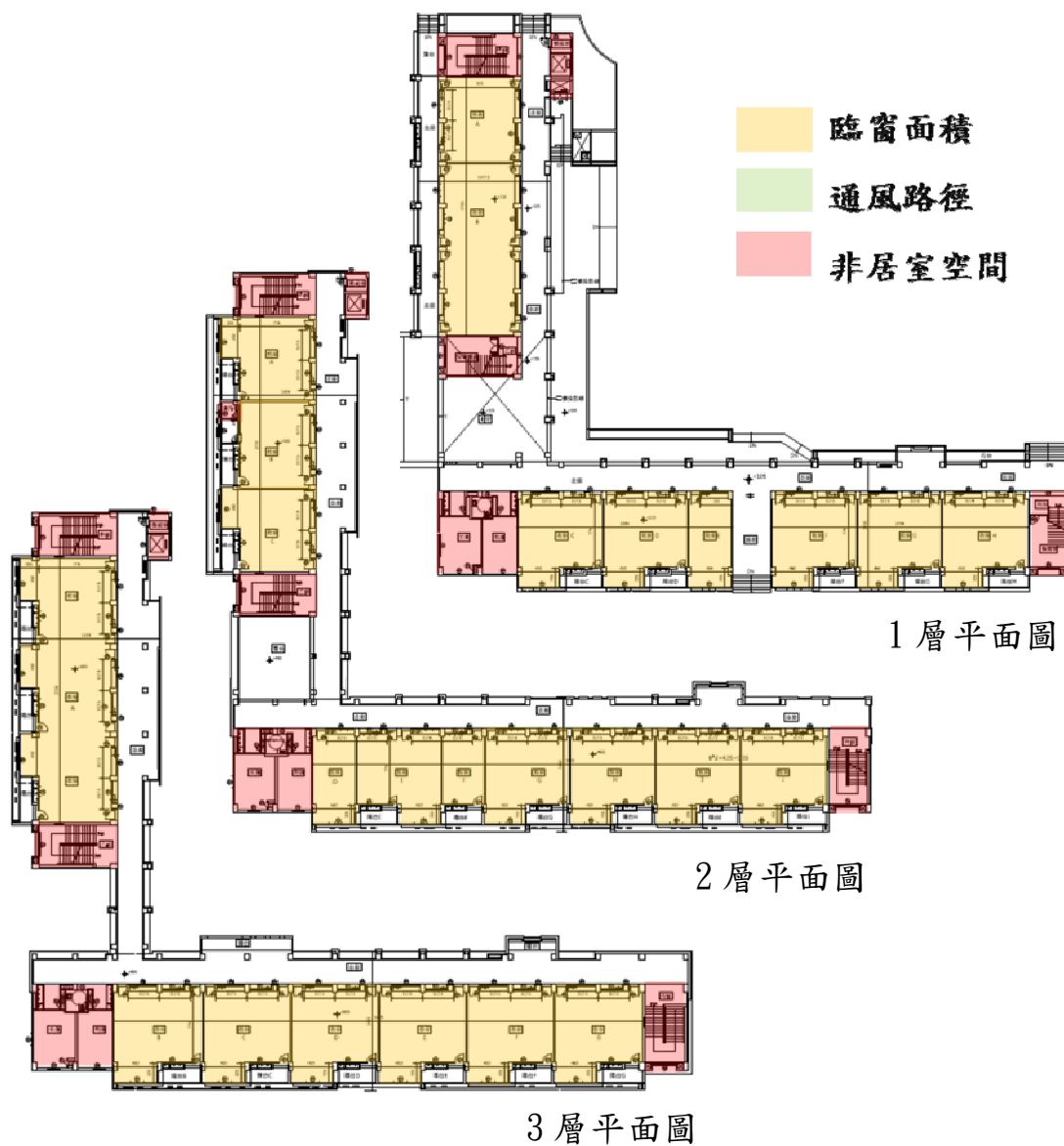
- $VP=1111.5 \div 1183.5=0.94$
 $0.8 \leq VP \rightarrow G11=100$
- $X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$
 $= (100 \times 116.63+0) \div (116.63+0)$
 $=100$
- $Y3=0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

2. 結果分析：

- (1) 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。
- (2) 本案 2015 版可自然通風面積雖較小，但因二版本之評分判斷查核標準不同，導致二者結果相同。

(三) Case 12：EEWH-BC(2012 版)，龍井國中老舊校舍拆除暨校

舍新建工程，G11=100(24 分)



1. 案例試算

■ EEWH-BC (2012 版)計算

● 教室淨高 3.75 公尺。

樓層	居室面積(m ²)	不符合自然通風之面積(m ²)	不符合自然通風之空間比例(%)
1F	668.86	0	0
2F	716.2	0	
3F	716.2	0	
小計	2101.26	0	

- 所有居室可為自然通風空間
- $G11=100$ ，加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

■ EEWH-BC (2015 版) 計算

樓層	居室面積 (m^2)	不符合自然 通風之面積(m^2)	自然 通風之面積(m^2)
1F	668.86	0	668.86
2F	716.2	0	716.2
3F	716.2	0	716.2
小計	2101.26	0	2101.26

- $0.8 \leq VP \rightarrow G11=100$
- $X3=(G1 \times Af1+G2 \times Af2) \div (Af1+Af2)$
 $= (100 \times 116.63+0) \div (116.63+0)$
 $= 100$
- $Y3=0.3$
- 加權得分 $X3 \times Y3=100 \times 0.3=30$

2. 結果分析：

- (1) 2012 版與 2015 版的加權得分計算結果相同。
- (2) 本案教室空間之淨高、寬度與淨深，符合二版本規定，全居室皆為可自然通風空間。

第二節 通風換氣評估計算流程

表 4-2 2012 版與 2015 版通風換氣評估計算流程比較表

	2012 版-開窗位置		2015 版-自然通風面積	
	單側開窗	相對或多側開窗	臨窗通風面積	對流通風面積
認定方式	< 室內淨高 2.5 倍	< 室內淨高 5 倍	窗旁二側各 2M 寬、深 5M 之範圍	二窗中心點連接線二側各 2M 寬之範圍
計算步驟	Step 1. 逐層、逐間檢視開窗位置，確定每層樓室內淨高。 Step 2. 進行計算(深度 \leq 2.5 or 5 倍淨高)。(通過 \rightarrow 整間面積計入，不通過 \rightarrow 整間面積扣除。) Step 3. 逐層、逐間加總可自然通風面積，計算其佔居室面積之百分比。		Step 1. 逐層、逐間繪製臨窗通風面積 V_{ai} 。 Step 2. 逐層、逐間繪製對流通風面積 C_{ai} 。(V_{ai} 與 C_{ai} 不得重複計算)。 Step 3. 逐層、逐間加總可自然通風面積，計算其與居室面積之比值。	

二版本計算通風換氣環境之流程比較，如表 4-2 所示，差別主要係在於，使用 2015 版之評估方式，需逐個空間繪製一定範圍的自然通風面積，在繪製的步驟上會花費比較多的時間，而經過本研究 12 個案例的實際試算操作，發現 2012 版的認定方式，可藉由運算軟體(如:Excel)進行算式設計，評估時只要依據設計圖說，進行基本條件設定，同時輸入室內空間淨高、深度等資訊，即可檢視該空間是否符合規定(如圖 4-1)。然而，2015 版因為室內空間之開窗與隔間牆位置等變數不一，無法單純使用 Excel 進行運算，仍需要進一步借助繪圖軟體(如:Auto CAD 之聚合線與面積功能)繪製臨窗與對流通風面積，協助快速的運算面積，以減少評估計算的時間。

	A	B	C	D	E	F	G
1		淨高(M)	2.85	居室面積(m ²)	69.5		
2		A.室內深度	B.單側多側	>A (OK)	可自然通風面積		
3	室1	5	2.5	7.125	20		
4	室2	3	2.5	7.125	7.5		
5	室3	4	2.5	7.125	12		
6	室4	4	5	14.25	16		
7	室5	3	5	14.25	14		
8					69.5		
9				可自然通風百分比	100.00%	G1= 100	
10				加權分數	30		
11							

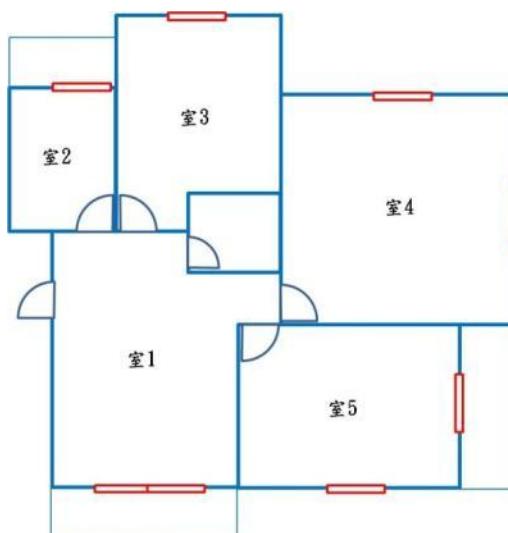


圖 4-1 2012 版可藉由 Excel 協助計算

第三節 小結

本章節針對 2013 年至 2016 年底，申請通過 2012 年版及 2015 年版綠建築標章，或取得候選綠建築證書，並在室內環境指標-通風換氣環境有加權得分的案例進行試算，分類與試算結果如表 4-3：

表 4-3 綠建築自然通風環境試算結果

類別	案例名稱	得分較高	原因
體育場或活動中心	Case1 歸仁棒球場	2015	評分判斷查核表二版本標準不同。
	Case2 台南市安平區石門里活動中心	2012	大型空間，室內深度超過 5M，2015 版可自然通風認定面積下降。
	Case3 國立新營高級中學綜合體育館	2012	大型空間，室內深度超過 5M，2015 版可自然通風認定面積下降。
集合住宅	Case4 日日順建設店鋪住宅新建工程	相等	室內空間小，空間深度皆在 5M 以內。
	Case5 和旺建設中壢市青芝段住宿類建築	相等	規模小，空間深度皆在 5M 以內。
	Case6 臺北市南港區東明公共住宅統包工程	2015	評分判斷查核表二版本標準不同。
加油站	Case7 台中營業處和平加油站	相等	規模小，空間深度皆在 5M 以內。
	Case8 五股工業區加油站	相等	評分判斷查核表二版本標準不同。
辦公類	Case9 東沙國際海洋研究站周邊設施	2012	室內空間較深(超過 5M)，2015 版可自然通風認定面積下降。
學校校舍	Case10 臺中市西屯區東海國民小學校舍	2015	評分判斷查核表二版本標準不同。
	Case11 金門縣金城鎮中正國民小學	相等	評分判斷查核表二版本標準不同。
	Case12 龍井國中老舊校舍拆除暨校舍新建工程	相等	規模小，空間深度皆在 5M 以內。

第五章 結論與建議

第一節 結論

一、 研究發現

本研究針對綠建築評估手冊 2015 版發布實施後，室內環境指標新增自然通風潛力 VP 後之計算流程進行檢討，並與 2012 版通風換氣評估指標之申請情形比較，藉以充分瞭解綠建築評估手冊改版後，在通風換氣環境之實際申請現況。目前篩選 2012 版及 2015 版申請「室內環境指標-通風換氣環境」的綠建築標章案例，以建築物使用類別分類，有體育場或活動中心等大型空間 3 案、集合住宅 3 案、加油站辦公室 2 案、辦公大樓 1 案以及學校校舍 3 案，共計 12 案的指標分數試算，發現幾點結果如下：

(一) 2015 版得分較低：

經案例試算發現，若建築物平面符合圖 5-1 所示之空間比例條件(深超過 5M，但不大於淨高 2.5 或 5 倍)，以 EEWH-2012 版計算可自然通風比例，通風環境的加權得分會比較高；以 EEWH-2015 版來計算，加權得分則較低，顯示 2015 版的得分條件較嚴，在室內實際自然通風情形的

認定上較符合實際狀況。

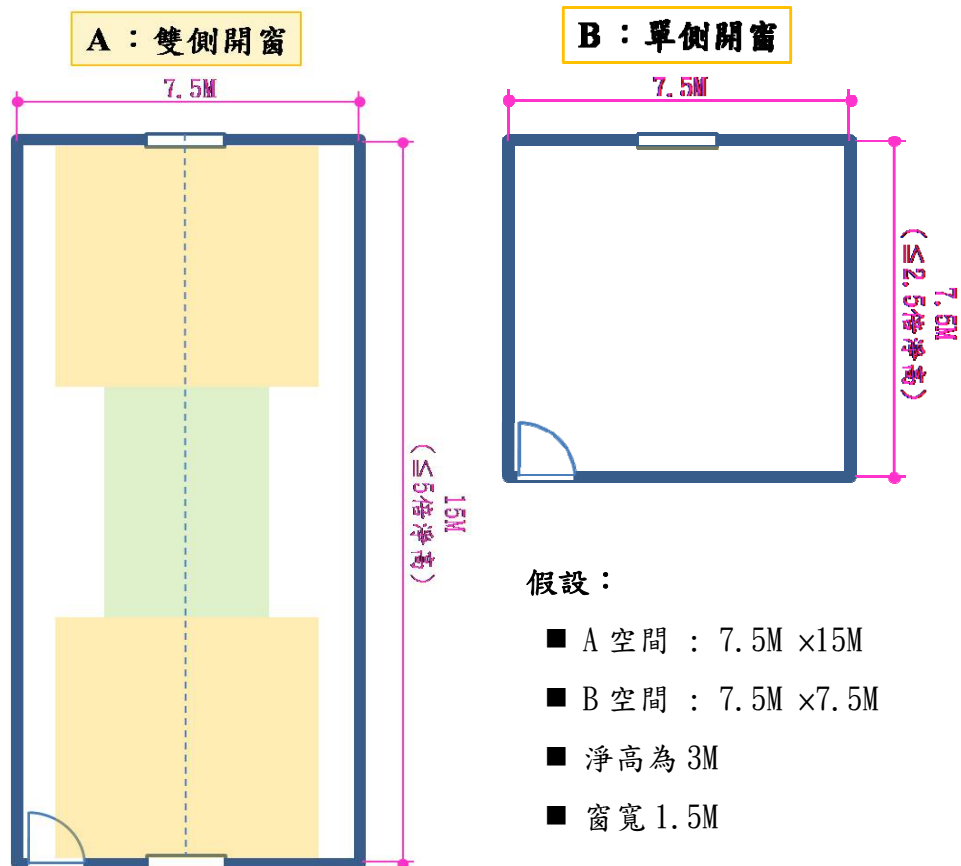


圖 5-1 空間深度比例與可自然通風面積之關聯

1. EEWH-BC (2012 版)計算

- 圖示二空間皆為可自然通風面積：

$$A=7.5 \times 15=112.5 \text{ m}^2$$

$$B=7.5 \times 7.5=56.25 \text{ m}^2$$

所有居室可為自然通風空間→G11=100，加權得分
=30 分

2. EEWH-BC (2015 版)計算

■ A :

$$\text{臨窗面積}=(1.5+2+2) \times 5 \times 2=55 \text{ m}^2$$

$$\text{通風路徑}=4 \times 5=20 \text{ m}^2$$

$$A=55+20=75 \text{ m}^2$$

$$75 \div 112.5=0.67, 0.6 \leq VP < 0.7, G13=60, \text{加權得}$$

分=18 分

■ B : 臨窗面積 $= (1.5+2+2) \times 5=27.5 \text{ m}^2$

$$27.5 \div 56.25=0.49, VP < 0.5, G15=10, \text{加權得}$$

分

3. 試算案例中，Case 2 台南市安平區石門里活動中心、Case3 國立新營高級中學綜合體育館及 Case9 東沙國際海洋研究站周邊設施，即是屬於本項所敘述的情況。

(二) 2015 版得分較高：

2012 版與 2015 版認定可自然通風空間的方式，皆是以「可自然通風面積」及「居室面積」來計算。2012 版是以可自然通風空間佔整體居室面積之比例(%)，來做為評分判斷；2015 版則是以自然通風潛力 VP ((臨窗通風面積+對流通風面積) / 居室面積)，故在可自然通風面積相近的

情況下，得分應當相同，但在試算 Case 1(歸仁棒球場)時，2015 版 $VP=0.6$ ，對應評分判斷表， $G13=60$ ，加權得分為 18 分；但在 2012 版的評分判斷表中，60%的可自然通風空間評分判斷是 $G15=10$ ，加權得分僅有 3 分，2015 版得分高於 2012 版有 6 倍之多，係屬評分判斷查核標準不同而產生的結果；Case6 及 Case10 亦屬此種情形。

(三) 二版本得分相同：

從試算案例中，加權得分結果相同的情況如下：

1. Case 4 日日順建設店鋪住宅新建工程、Case 5 和旺建設中壢市青芝段住宿類建築、Case 7 台中營業處和平加油站及 Case12 龍井國中老舊校舍拆除暨校舍，室內空間規模較小，室內空間深度符合 2012 版的規定，且皆於 5M 以內(符合 2015 版的臨窗通風面積深度)，故二版本加權得分結果無差異。
2. Case 8 五股工業區加油站，以 2015 版計算時，可自然通風空間面積較小， $VP=0.85$ ，對應評分判斷表， $G11=100$ ；，加權得分為 30 分；但以 2012 版計算，則是認定所有居室皆可為自然通風空間，可自然通風空間評分判斷是 $G11=100$ ，這也是因為二版本之評分

判斷查核標準不同，導致 2012 版的加權得分與 2015 版結果相同；Casell 亦屬此種情形。

二、 結論

本研究目前僅挑選出 12 個案例進行試算分析，結果在「室內環境指標-通風換氣環境」中，2015 版得分較低的 3 案、得分較高的 3 案、得分相同的 6 案。惟因研究時程與人力的關係，僅 12 案的計算結果仍無法準確且穩定的呈現研究結果，故說明目前所得到的結論：

- (一) 實際自然通風情形：綠建築評估手冊 2015 年改版後，以 CFD 數值模擬建築物開窗對室內自然通風的效果，並將模擬結果化為固定的長寬比例，來進行通風面積計算，對於室內環境可自然通風空間的認定較 2012 版嚴格，可以更準確反應室內空間的實際自然通風狀況。
- (二) 指標得分影響：2015 版對於室內可自然通風空間的認定較 2012 版嚴格，故加權得分應會比 2012 版低；但 2015 版在通風換氣環境的評分判斷查核表部分亦做同步的調整，2015 版將評分判斷最高標，從 100%(1)調降至 80%(0.8)，使得部分案例的評分結果變為相同；故本研究試算案例中，有 6 案結果是相同的，對於指標的

申請影響不大。

(三) 計算流程：2012 版需了解建築物平面的開窗數量、開窗位置、室內深度與淨高，即可檢核該空間是否為可自然通風空間。2015 版則需要針對各居室空間，逐一繪製臨窗通風及對流通風範圍，精細的計算可自然通風面積，繪圖過程需較多時間，但若運用繪圖軟體協助，例如：運用 Auto CAD 繪圖軟體之圖層設定、聚合線(Pline)或填充線(hatch)等，配合面積計算(Area)功能，便可節省許多計算時間。

第二節 建議

建議一

通風換氣環境評分判斷級距應進一步探討合理性：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

2015 版對於室內可自然通風空間的認定較嚴格，但評分判斷查核表部分亦同步從 2012 版的 100%(1)調降至 2015 版的 80%(0.8)，使得部分案例的評分結果變為相同；而綠建築評估手冊於 2018 年將再次改版，自然通風潛力 VP 計算方式及評分判斷查核表亦將再次調整，故可進一步探討各版本間差異，同時可針

對更多案例進行試算，探討評分判斷標準同步調低的合理性。

建議二

相關研究課題納入綠建築環境科技計畫中辦理：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

有關室內自然通風計算流程，是否得運用相關軟體建立一簡化且合理的評估運算系統，建議可規劃納入未來綠建築環境科技計畫中辦理，以利提升該指標申請量，達到空調節能與室內健康環境之目標。

建議三

考量將智慧化或建築能源管理系統納入自然通風控制：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

運用自然通風取代空調進而到節能目的，應配合建立自動感應或主動提示等相關機制或智慧化設備，當到達適合開窗自然通風的溫濕度條件時，提醒使用者可開啟窗戶停止空調，對於自然通風或空調節能才能達到實質效益。

附錄一 期中審查會議紀錄與回應

106 年 8 月 10 日期中審查會議紀錄及處理情形

建議事項	辦理情形
1. 2015 版自然通風潛力，與 2012 版空間淨高、深度比例，對於室內空間之實際通風效果，亦可加以分析。	感謝委員意見，2015 版自然通風潛力係使用 CFD 數值模擬計算後推算出來的結果，較 2012 版符合一般室內自然通風之實際情況，已將相關說明補充於報告書中。
2. 2012 年版和 2015 年版自然通風指標計算方法不同，是否基於不同觀念所衍生的差異(空氣品質與空調節能)，建議多加論述。	感謝委員意見，自然通風潛力 VP 主要確保室內空氣品質，並維持室內環境健康，對於不需使用空調的季節，可運用自然通風減少空調的使用，已將相關說明補充於報告書中。
3. 本研究的分析建議能考量不同建築型態，與北、中、南區域性的差異。	感謝委員意見，本研究試算案例業依建築物類型分為體育場或活動中心等、集合住宅、加油站、辦公大樓以及學校校舍等 5 類。
4. 建議可比較 2012 及 2015 年二版本在計算流程上的複雜度。	已補充於報告書 P.67 通風換氣評估計算流程比較表。
5. 公訂統一評估工具(線上評估)為國際趨勢，本項目是否有機會朝此方式發展，以減少業者工作困難度。	感謝委員意見，期能透過本研究初步解析，提出相關建議，作為後續本所綠建築科技計畫課題方向之參考，以落實於實際執行面上。

<p>6. 高樓層之自然通風潛力計算，應考量因高度產生之風壓與強風問題進行修正。</p>	<p>感謝委員意見，有關建築物高度產生之風壓與強風問題，擬納入下一年度之研究參考辦理。</p>
<p>7. 綠建築評估手冊在 2012 版改版為 2015 版時，有其修正之歷程與原因，請補充說明當初修訂目的，以釐清二版本差異原因。</p>	<p>感謝委員意見，自然通風潛力 VP 主要確保室內空氣品質，並維持室內環境健康，對於不需使用空調的季節，可運用自然通風減少空調的使用，已將相關說明補充於報告書中。</p>
<p>8. 建議補充說明自然通風對於節能與噪音的影響，另試算案例建議可依建築類型進行分類說明。</p>	<p>感謝委員建議，本研究試算案例業依建築物類型分為體育場或活動中心等、集合住宅、加油站、辦公大樓以及學校校舍等 5 類。</p>

附錄二 期末審查會議紀錄與回應

106 年 11 月 29 日期末審查會議紀錄及處理情形

建議事項	辦理情形
1. 本研究詳盡之案例試算操作，已有掌握操作不易之原因，建議可於結論明確說明簡化操作程序。	感謝委員建議，本案結論已進一步綜整研究成果，並提出簡要建議與說明。
2. 期末報告書第 18、19 頁有關通風理論之論述似不合理，文中提及通風與換氣係以風速區分，就空調業界的理解，二者應是相同理論，建議加以釐清修正。	有關通風換氣理論的文獻說明，已進一步釐清並修正於報告書第二章。
3. 綠建築評估手冊 2015 年版有關 VAC 空調耗能折減率對 EAC 有加分優惠之規定，建議應增加自動感應或主動提示等相關機制，當到達適合開窗的溫濕度時，提醒使用者可開啟窗戶停止空調，才能達到自然通風或空調節能實質效益。	有關自然通風應增加自動感應或開窗主動提示等相關機制，已納入未來執行建議：配合建築能源管理或智慧化控制系統，在適合自然通風時提醒開窗並停止空調，以確實達到自然通風降低空調耗能的成效。
4. 自然通風潛力之計算，建議未來可納入 CFD 模擬之計算驗證，也可呼應本研究有關運用軟體簡化評估流程的建議。	有關 CFD 數值模擬部分，將參考委員建議納入下年度研究內容。
5. 綠建築室內環境評估中，通風效率還是主要考量因素，建議未來能朝自然通風實際效益予以評估，並以數值模擬配合佐證，使研究成果更	有關 CFD 數值模擬部分，將參考委員建議納入下年度研究內容。

<p>具參考價值。</p>	
<p>6. 請補充說明本研究 12 件案例的選擇原因，另樣本數較少，建議未來可增加試算數量。</p>	<p>本年度因時程與人力的限制，僅完成 12 案之繪圖試算，未來擬持續將 2018 年版的計算方式納入試算範圍，並增加案例樣本數，以取得更顯著的成果。</p>
<p>7. 綠建築評估手冊 2018 年版即將變更計算方式，建議可持續進行不同版本之試算比較。</p>	
<p>8. 建築物平面之開窗位置不一定皆為對稱設計，請補充說明對流通風路徑是否有偏角問題。</p>	<p>有關對流通路徑，若二開口中心連線為折線且角度不小於 90°，即可計入可自然對流通風面積。</p>

參考文獻

中文文獻

- C1 中央氣象局全球資訊網，2017，
<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>。
- C2 台隆書店，建築應用物理學，1990。
- C3 廖崇文，不同空調通風路徑對室內空氣與溫熱環境影響之研究，樹德科技大學應用設計研究所，2002。
- C4 江哲銘，室內環境保健控制綜合指標研究，內政部建築研究所八十八年度建築研究計劃聯合研討會，1997。
- C5 賴榮平，台灣地區建築通風問題之探討，建築師雜誌，第17～33頁，1980。
- C6 王家珍，多孔性構材應用於雙層立面對室內溫熱環境影響之研究，台灣科技大學建築研究所，2002。
- C7 蘇裕民，小型建築中庭空間浮力通風之解析，國立台灣科技大學建築研究所，2005。
- C8 中國建築工業出版社，超低能耗建築技術與應用，2005。
- C9 楊偉，置換通風試驗原理及計算方法，2005。
- C10 內政部建築研究所，綠建築評估手冊-基本型，2015年。
- C11 內政部建築研究所，綠建築評估手冊-基本型，2012年。
- C13 李怡萱，建築室內自然通風評估之研究，國立成功大學建築研究所，2014
- C14 柯驊耕，住宿類建築節能設計指標等價開窗率自然通風修正之研究，國立成功大學建築研究所，2016

英文文獻

- E1 AKAHASHI Ph.D and Akihiko KUROIWA, Development of a passive cooling strategy using double-roofing system with rainwater spraying and it's field testing in terms of the indoor thermal environment, Tokai University , 2005.
- E2 M.Samndberg and M.Sjoberg, The Use of Moments for Assessing Air Quality Ventilated Rooms, Building and Environment, 1983.
- E3 Center for the Built Environment, CBE Thermal Comfort Tool (<http://comfort.cbe.berkeley.edu/>)
- E4 ASHRAE. ASHRAE Fundamentals Handbook. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. ; 2009.
- E5 Wong NH, Feriadi H, Lim PY, Tham KW, Sekhar C, Cheong KW. Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. Building and Environment 2002 ; 37 : 1267-1277.
- E6 Wong NH, Khoo SS. Thermal comfort in classrooms in the tropics. Energy and Buildings 2003 ; 35 : 337-351.