

「2022 中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

WELL 室內空氣品質標準於台灣建築物之 適用性評估

*江建勳 (Chien-Hsun Chiang) 國立臺北科技大學 建築與都市設計研 究所在職學位學程 碩士生	陳振誠 (Cheng-Chen Chen) 國立臺北科技大學 建築系副教授暨建 築系主任	林杰宏 (Chieh-Hung Lin) 財團法人台灣建築 中心副執行長	劉克健 (Ko-Chien Liu) 孕學林數據科技 股份有限公司董 事長
------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------------------

摘要

2019 年新冠肺炎 (COVID-19) 疫情衝擊全球，影響整體人類生活與環境，為降低疫情的傳播風險以及提升 ESG 永續發展要求，建築物如何兼顧防疫與健康功能已然為全球關注的焦點，本研究以實驗分析法進行 30 間既有建築物現場室內空氣品質檢測，將建築空間分為公用空間-客廳及專用空間-臥室進行分析，並以 WELL 作為標準進行適用性評估，發現只要經過各種專業人才建議改善，使用綠建材及智慧綠建築等相關設備，國內建築物同樣可以符合 WELL 空氣品質標準，可推斷近年來政府推動智慧綠建築及綠建材標章政策，對於建築物室內空氣品質有不錯的成效，因此，建議可逐步提升標準，客廳空間 TVOC 建議提高至 0.129ppm，甲醛提高至 0.015ppm；臥室空間 TVOC 建議提高至 0.138ppm，甲醛提高至 0.014ppm，可促進產業之進步及發展並提供國人更佳之室內空氣品質環境。

關鍵詞：健康建築、室內空氣品質、空氣品質檢測、防疫建築、綠建材

Evaluation of the applicability of WELL indoor air quality standards to buildings in Taiwan

Abstract

In 2019, the new crown pneumonia (COVID-19) epidemic hit the world and affected the overall human life and environment. In order to reduce the risk of the spread of the epidemic and improve the sustainable development requirements of ESG, how buildings can take into account the functions of epidemic prevention and health has become the focus of global attention. The space is divided into public space-living

room and special space-bedroom for analysis, and the applicability assessment is carried out with WELL as the standard. It is found that as long as various professionals suggest improvements and use green building materials and related equipment such as smart green buildings, domestic buildings can also be used. In line with the WELL air quality standard, it can be inferred that the government has promoted the policy of smart green building and green building materials in recent years, which has a good effect on the indoor air quality of the building. Therefore, it is recommended to gradually improve the standard, and the TVOC in the living room space is recommended to be increased to 0.129ppm. Formaldehyde is increased to 0.015ppm; TVOC is recommended to be increased to 0.138ppm in bedroom space, and formaldehyde to 0.014ppm, which can promote the progress and development of the industry and provide better indoor air quality environment for Chinese people.

Keywords: Healthy Buildings, Indoor Air Quality, Air Quality Inspection, Epidemic Prevention Building, Green Building Materials

一、前言

行政院環境保護署統計，國人每天約有80~90%的時間處於室內環境中(包括在住家、辦公室或其他建築物內)，室內空氣品質將直接影響工作品質及效率。在最近的一份全球疾病負擔研究結果中，家庭空氣污染被列為導致全球人口疾病的第十大原因。另外，根據世界衛生組織的預估，在2012年全球範圍內，空氣污染導致約七百萬提前死亡。其中約有600,000人是年齡不滿5歲的兒童。除此之外，近年來隨著COVID-19疫情的爆發，發展至今，後疫情時代與病毒共存的時刻即將來臨，由於美國CDC已經證實氣膠是COVID-19的傳播途徑之一，室內空氣品質的提升將成為未來「環境免疫力」防疫新趨勢之一。為因應全球健康潮流，國際上紛紛制訂相關健康建築認證。在我國尚未建立健康建築認證指標之時，本研究參照WELL健康建築標準空氣指標基準（甲醛為0.027ppm、TVOC為0.155ppm），選定我國都市地區30間既有建築物進行室內空氣檢測，藉由相關案例之適用性實證，進而研擬適用於我國未來健康建築認證之空氣指標，亦可作為國內相關現行規範精進之參考依據。

二、研究方法

本研究分為「文獻分析法」與「實驗分析法」兩種方式進行研究分析，首先透過「文獻分析」方式，對於國際健康建築相關理論進行初步蒐集，進而針對我國地理環境與空氣品質的關聯性建立研究基礎，同時歸納國內外具代表性之室內空氣品質標準，作為後續實證與比較分析之立論依據。研究另以「實驗分析法」針對相關案例之空氣指標進行實證，以手持式直讀儀器(如表1)現場測試共30個室

內空間之甲醛、TVOC，以此結果作為研擬相關課題與對策之依據。同時分別以台灣環境保護署於2012年發布之室內空氣品質標準及國際健康建築標準(WELL Standard V2)進行評估，可以發現台灣環保署之室內空氣品質標準相較於WELL Standard較為寬鬆，台灣環保署之室內空氣品質標準與WELL Standard比較如表2所示。

表 1 實驗分析法儀器說明

手持式直讀儀器 aeroQual SERIES500		檢測原理
		甲醛- 利用氣敏電化學 (GSE) 傳感器產生與氣體濃度成正比的納安電流，來捕獲空氣中的甲醛。 範圍 0-10ppm 解析度 0.01ppm 準確度 $<\pm 0.05$ ppm 0-0.5 ppm
		TVOC- 利用光電離檢測器 (PID) 傳感器使用氬氣填充的紫外線燈來電離 VOC 氣體分子並產生與 VOC 濃度成正比的電流。 範圍 0-30ppm 解析度 0.01ppm 準確度 $<\pm 0.02$ ppm + 10%

表 2 台灣環保署之室內空氣品質標準與 WELL Standard 標準

	甲醛(ppm)	TVOC(ppm)
WELL Standard	0.027	0.155
環保署室內空氣品質標準	0.08	0.56

三、研究成果

(一)、現場檢測基準

本研究以甲醛及TVOC作為比對指標依據，在經濟性及時效性之考量下，採用手持直讀式儀器進行檢測，在可行範圍內儘量使量測之可靠性提高，因此，使用之儀器符合「每2年應以1000 ppm或近似濃度之標準氣體執行儀器準確度之查核，其查核結果之相對誤差值應在10%以內」之規定。而且量測時建築空間使用之情境會盡量依照量測個案日常生活習慣為設定條件，如開窗或空調使用等，且檢測點為之設定儘量評估以最嚴苛之條件，設置非位於通風路徑上，且空氣容易產生滯留處，希望量測之結果可以呈現建築空間之實際空氣品質。檢測流程如圖1。

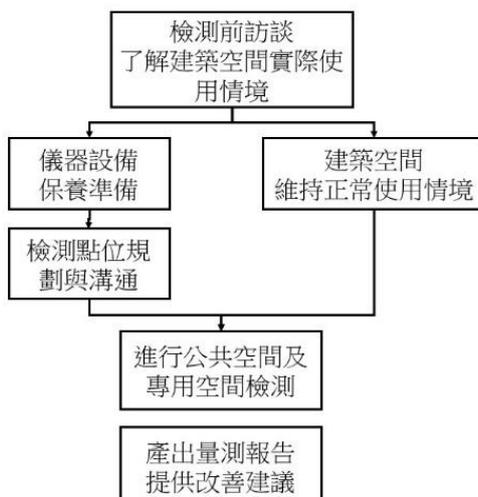


圖 1 研究個案住宅室內空氣品質檢測流程

(二)、檢測數據分析

本研究選定位於台北市大安區、中山區及松山區之30個案為分析對象，並將建築空間分為公用空間-客廳及專用空間-臥室2大類，檢測之結果分別依據台灣環保署之室內空氣品質標準及WELL Standard進行評估，其結果如表3，以其平均值觀察可發現客廳空間在甲醛項目有較臥室空間略高之趨勢，而臥室在TVOC有較高之趨勢，依照國人對建築空間使用之習慣來詮釋檢測結果，共用空間客廳一般為家人進出家戶之第一個空間，較容易受戶外環境因素影響，另外，客廳一般為建築開窗面積較大之空間，也因此容易受到戶外空氣環境之影響；而臥室一般屬專用空間，受戶外環境影響之程度較客廳少，惟應注意的是總有機揮發物(TVOC)可能為生活用品(如化妝品、藥品及保養品等)、衣物、家具(床墊、櫥櫃及桌椅)及室內裝修等所產生。

依據環保署之室內空氣品質標準評估總有機揮發物(TVOC)、甲醛(HCHO)其不合格比例均在10%以下，顯見國內住宅類建築之室內空氣品質大部分均可符合國內要求；針對個案以WELL Standard標準評估可發現均小於50%，依據此一統計成果可以推論台灣住宅類建築室內空氣品質可同時滿足台灣環保署之室內空氣品質標準及WELL Standard。

表 3 既有住宅類建築個案之室內空氣品質檢測結果

項目	公用空間-客廳檢測結果		專用空間-臥室檢測結果	
	TVOC(ppm)	甲醛(ppm)	TVOC(ppm)	甲醛(ppm)
平均值	0.16	0.029	0.18	0.027
以環保署標準評估不合格比例(%)	0.0	10.0	0.0	10.0
以WELL Standard 評估不合格比例(%)	43.3	30.0	50.0	30.0

(三)、檢測值之常態分配模型分析

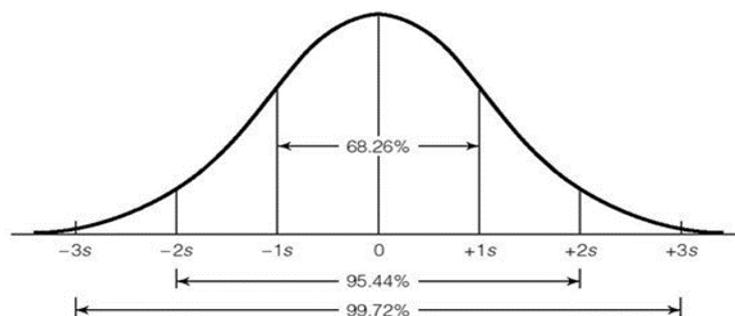
本研究將利用常態分配(normal distribution)之模型來評估甲醛、TVOC兩項標準之適用性分析，常態分配模型如圖2所示，其模型可以方程式1來表示，並依

據模型及實際檢測數據設定適合台灣都會地區之合理標準值。

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

方程式 1

其中 μ 為平均值， σ^2 為變異數



$$P(\mu \pm 1\sigma) = .6826 ; P(\mu \pm 2\sigma) = .9544 ; P(\mu \pm 3\sigma) = .9974$$

圖 2 常態分配分配(normal distribution)模型

甲醛、TVOC檢測結果繪製常態分配曲線如表4及表6所示，並透過常態分配模型評估兩項標準，環保署室內空氣品質標準及WELL標準之適用性，本研究假設各項室內空氣品質之標準值必須在1個標準差的範圍內，即較68.26%之個案有高之空氣品質，因此設定其PR值(Percentile Rank PR) $\leq (1-.6826=0.3174=31.74\%)$ ，經過評估計算公用空間-客廳及專用空間-臥室之室內空氣品質檢測值常態分配模型之PR值如表5及表7，可發現PR值均大於31.74%，顯見台灣都會區住宅類建築之室內空氣品質均可滿足環保署室內空氣品質標準及WELL標準之要求，另外以常態分配模型並設定PR值(Percentile Rank PR)= 31.74%以推定台灣都會區住宅類建築之空氣標準值，可求得建議之標準值如表8所示，可發現均較環保署室內空氣品質標準及WELL標準嚴格，可推斷近年來政府推動智慧綠建築及綠建材標章政策，對於建築物室內空氣品質有不錯的成效，因此，建議可逐步提升標準，以促進產業之進步及發展並提供國人更佳之室內空氣品質環境。

表 4 公用空間-客廳之室內空氣品質檢測值常態分配曲線

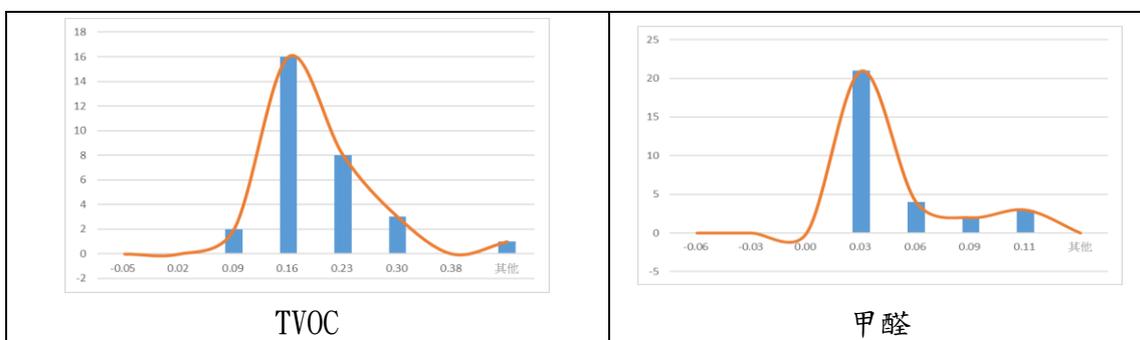


表 5 公用空間-客廳之室內空氣品質檢測值常態分配模型之 PR 值

	TVOC(ppm)	甲醛(ppm)
WELL Standard	0.155	0.027
常態分配 P 機率(%)	50%	48%
環保署室內空氣品質標準	0.56	0.08
常態分配 P 機率(%)	100%	97%

表 6 專用空間-臥室之室內空氣品質檢測值常態分配曲線

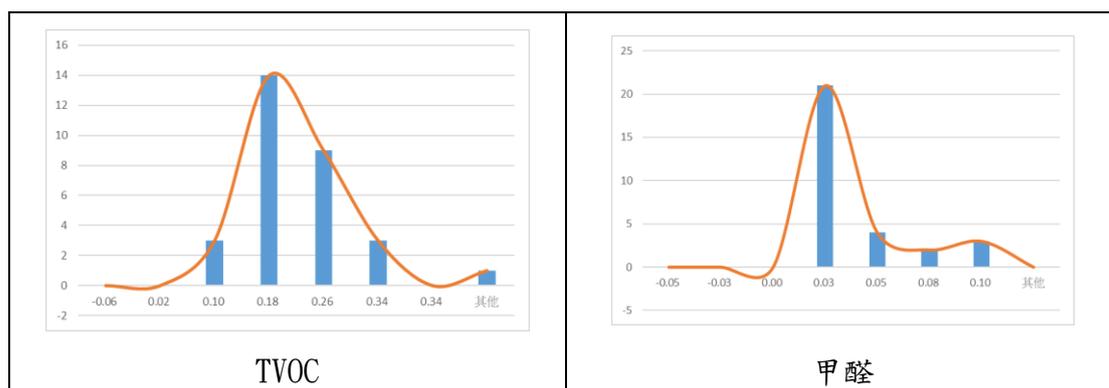


表 7 專用空間-臥室之室內空氣品質檢測值常態分配模型之 PR 值

	TVOC(ppm)	甲醛(ppm)
WELL Standard	0.155	0.027
常態分配 P 機率(%)	40%	51%
環保署室內空氣品質標準	0.56	0.08
常態分配 P 機率(%)	100	98%

表 8 本研究建議之室內空氣品質標準

	TVOC(ppm)	甲醛(ppm)
客廳空間建議標準	0.129	0.015
臥室空間建議標準	0.138	0.014
WELL Standard	0.155	0.027
環保署室內空氣品質標準	0.56	0.08

四、結論與建議

近年來，台灣所引入的國際WELL建築研究院之健康建築標準，其空氣標準要求更嚴苛，可發現部分指標甚至叫台灣標準嚴格3~4倍，但從本研究可發現，經由特定設備改善與通風管道建置，並配合相關管理政策的訂定，台灣的既有建築物改善後達到WELL健康建築空氣指標是沒有問題的，顯示台灣綠建築與綠建材制度已發展成熟，唯健康建築獨立認證尚未獲得政府訂定相關制度，建議政府可參考國際情勢，並參考國外相關制度及國內相關研究，制定出符合台灣國情之健康建築認證，也以此呼應台灣企業界及國人對於健康之重視。

五、參考文獻

1. Babu, S. C., Gajanan, S. N., & Sanyal, P. (2014). Effects of Commercialization of Agriculture (Shift from Traditional Crop to Cash Crop) on Food Consumption and Nutrition-Application of Chi-Square Statistic. In S. C. Babu, S. N. Gajanan, & P. Sanyal (Eds.), *Food Security, Poverty and Nutrition Policy Analysis* (2 ed., pp. 63-91). San Diego: Academic Press.
2. IWBI. (2022). WELL Standaard V2. In.
3. 邱意庭. (2020). 建構臺灣健康建築評估指標與驗證之研究. (碩士), 國立臺北科技大學, 台北市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/etj682>
4. 施蕙菁. (2015). 民眾生活水準認知與購屋考量決策因素之因果關係研究—以臺南市東區為例. (碩士), 長榮大學, 台南市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/8r6txb>
5. 游能君. (2008). 健康住宅評估指標之研究. (碩士), 國立臺北科技大學, 台北市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/hf35td>
6. 黃依娟. (2014). 偏態校正 \bar{X} 和S管制圖. (碩士), 高苑科技大學, 高雄市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/86jz3z>
7. 劉健輝. 對數常態在品質管制上的應用. (碩士), 國立交通大學, 新竹市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/en4k9e>
8. 歐冠廷. (2020). 臺灣智慧建築標章導入健康建築指標之研究. (碩士), 國立臺北科技大學, 台北市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/vequ4k>
9. 蔡典均. (2017). 探討' ' WELL Building Standard' ' 在台灣集合住宅之適用性. (碩士), 國立臺灣科技大學, 台北市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/3nj3yw>
10. 環境保護署. (2012). 室內空氣品質標準. Retrieved from <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0130005>