

追求環境效率的智慧綠建築

蘭潭靜園

陳政雄

中原大學建築研究所副教授・陳政雄建築師事務所 建築師

陳上元

逢甲大學建築系助理教授

蘭潭靜園工作團隊



一、智慧綠建築

為維護環境永續發展以及開發台灣ICT產業於民生應用的訴求，使得推動“智慧綠建築”成為當前重要的任務。蘭潭靜園新建案主張“智慧綠建築”是用建築的“智慧化”來協調與管理人與環境或者環境因子需求間的複雜與矛盾以達到“綠”建築的目的。換言是以“智慧”為方法、為手段，以考量符合人類需求而使用生態資源的效率。即世界企業永續發展委員會（The World Business Council for Sustainable Development, WBCSD）1992所倡議的「環境效率」（Eco-efficiency）價值觀。

二、蘭潭靜園

蘭潭靜園（圖1）座落於台灣嘉義阿里山麓，處於北回歸線（ $23^{\circ} 27'52.03''$ 北， $120^{\circ} 32'22.22''$ 東）上，基地位於山坡地上，座東北朝西南，是一座前後錯落的四層樓高的私人別墅。應用感測器、運算科技、可調適的建材、網路與雲端服務，本案落實“智慧綠建築”的主張在（1）建築計畫、（2）健康環境控制、（3）景觀、（4）隔震系統、（5）永續經營的向度上，如表所示，以達成內政部建築研究所訴求（1）安全安心、（2）健康照護、與（3）便利舒適（4）永續節能的智慧化生活目標。



圖1 蘭潭靜園 <https://sites.google.com/site/chenshangyuandexiezuopingtai/>

三、體現環境效率

本案建立了以“溫熱空調”與“空氣環境”為主的(1)建築環境控制系統，(2)健康環境資訊管理平台，以提供人們優質的生活條件，能夠兼顧“室內健康環境品質(Indoor Healthy Environment)”與“建築環境控制系統”設備元件運作的最佳化關係，以體現「環境效率」的價值觀。

(1)建築環境控制系統：

在優先滿足被動建築的自然通風計畫下，建立主動思考的設施、設備以“情境驅動”的運作模式，無疑是兼顧“環保節能”與“健康舒適”的最佳化解決途徑。藉由感測技術、運算與溝通科技，本案建立了以“溫熱空調（溫度T+濕度H+

風向、風速Wind）”與“空氣環境（一氧化碳CO、二氧化碳CO2）”為主的“建築環境控制系統”，並建構“健康環境資訊管理平台”。如圖所示，“建築環境控制系統”透過有線或無線的傳輸，整合了微氣候監控系統（氣象站）、

向度	（智慧加上綠建築）的科技應用	生活目標			
		安全安心	健康照護	便利舒適	永續節能
建築計畫	區域氣候與節氣分析				*
	山坡地水土保持	*			*
	災害預測與防制	*			
	區域生態調查與衝擊評估				*
	人口變遷分析		*		
	開放式建築			*	*
	模矩化設計			*	*
	清水混凝土預鑄工法	*	*		
	終身住宅的可調適性空間設計	*	*	*	
	通用性建築與室內規畫	*	*	*	
	乾式隔間	*	*	*	
	無樑板結構	*	*	*	
	底層挑空防蟲害設計	*	*	*	
保全與警示系統	*				
健康環境控制	空氣品質調查	*	*		*
	噪音控制		*		
	水質調查	*	*		*
	微氣候監控系統（氣象站）	*	*	*	*
	健康空氣品質監控系統	*	*	*	*
	熱浮力通風的梯間與自動控制的通風塔	*	*	*	*
	太陽能熱水器			*	*
	自然通風計畫		*	*	*
	自然隔熱、遮陽、採光的立面設計		*	*	*
室內情境控制系統		*	*		
景觀	最佳化視覺景觀立面計畫		*	*	*
	雨水回收、中水處理的澆灌系統				*
	適合區域氣候的植栽		*		*
	減少生態衝擊的挑空景觀橋與露台設計		*	*	*
隔震系統	主要結構隔震系統部署	*			
	隔震器	*			
	中空樓板	*			
	地震感測儀	*			
永續經營	物業管理系統建制	*	*	*	*
	飯店式經營團隊	*		*	*
	建築物生命週期管理	*			*

表1、蘭潭靜園的科技應用與其所達成的智慧化生活目標

健康空氣品質監控系統、熱浮力通風的梯間與自動控制的通風塔氣窗。它們透過“健康環境資訊管理平台”，能夠反應即時環境資訊、調整環境參數與門檻值以主動的控制設施與設備。在連續的閉環控制（Closed-loop control）機制下，“建築環境控制系統”的“感測、資訊處理、致動

“將會週而復始的進行，以持續的維護健康環境品質。（圖2）

以熱浮力通風塔的設計為例，它的有效運作可以維持室內“溫熱空調（溫度T+濕度H+風向、風速Wind）”與“空氣環境（一氧化碳CO、二氧化碳CO2）”的健康舒適。在理想的

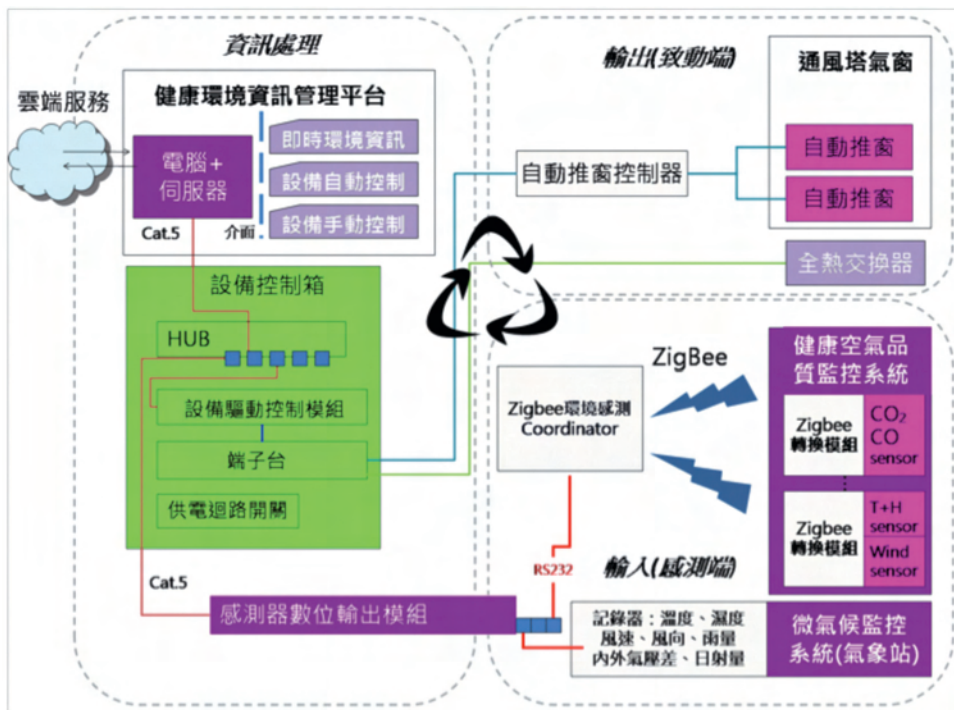
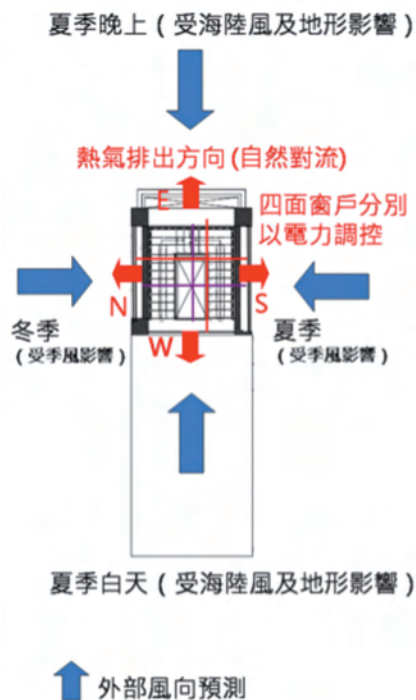


圖2 “建築環境控制系統”的連動流程圖（黃瑞廷繪）



•**一般模式**：根據氣象站所偵測的即時風向，決定通風塔氣窗的開與關，原則上，為避免迎風面外測氣流壓大於室內氣壓，迎風面氣窗為關，而非迎風面氣窗為開。

•**特殊模式**

- CO、CO₂濃度過高：強制回到一般模式，保持最佳自然通風，並開啟全熱交換器。
- 強風：如颱風等風速過大，通風塔氣窗應全部關閉。
- 下雨：雨量計偵測到降雨，窗戶即自動關閉。雨停時雨量計不再偵測到降雨時，窗戶自動開啟。
- 過冷過熱：室外過冷或過熱，氣窗應全部關閉、啟動空調。

因應季節與風向，四向通風塔氣窗可能的開啟變化（+：開啟；-：關閉），實際的“風向”以氣象站測得為基準

季節	夏	冬		
風向	W	S	E	N
N側窗	+/-	+	+/-	-
E側窗	+	+/-	-	-
W側窗	-	+/-	+	-
S側窗	+/-	-	+/-	-

P.S.夏季風速不明顯時建議全開，加速重力換氣；冬季外部有下沉氣流疑慮時，建議全關。

圖3 通風塔氣窗開與關的“約束條件”（陳念祖繪）

狀況，由於熱浮力的關係，室內的熱氣會從樓梯間進入通風塔，再由塔頂氣窗將熱氣流排出。然而，在現實的條件，處於迎風面的氣窗開口，熱浮力通風會因為室外風壓力大於室內氣流壓力而導致逆流的現象，使得空氣無法順利排出。應用氣象站的風向與風速偵測，健康環境資訊管理平台得以控制塔頂的氣窗的開與關，若通風塔氣窗處於迎風面時，為維持塔內氣流維持正壓，室外為負壓，則迎風面氣窗應該關起來，而非主要的迎風面的氣窗則可以打開，如此可維持熱浮力通風塔熱氣的順利排放。除此之外，當CO、CO2濃度過高，除了窗子應該開，還應驅動「全熱交換器」主動的引進外部的新鮮空氣以加強改善室內的空氣品質。因此，氣窗的控制，可分為「特殊」模式與「一般」模式，「特殊」模式的優先權應大於「一般」模式，而「特殊」模式中，其「優先權」的順序分別為「CO、CO2」>「強風」>「下雨」>「過冷過熱」。(圖3)

(2)健康環境資訊管理平台

提供適切的环境資訊介面，可以增進居家

使用者環境涵構的覺察與控制能力。如圖4所示介面，它即時反應了感測器測得的环境資訊，包括：介面右欄顯示的室外溫度、濕度、風速、風向；室內溫度、濕度、懸浮微粒濃度(CO、CO2)。介面左上方通風塔四向氣窗的開關狀態，以及左下方最近一次「震度」的記錄。當這些資訊所顯現的值超過安全範圍的指標值時，介面發出警訊，比如下圖的CO2已達2000ppm、CO達150 ppm，都已超過正常人體所能承受的範圍，居家使用者必需針對介面發出的警訊，排除危險。除此之外，因為連上網際網路，所以只要獲得正式授權，不論環境監控與警示、參數的修正與故障發生，都可以經由雲端服務、尋求遠端的專家與技術人員的救援與故障的排除。

四、結論

本文以蘭潭靜園的"智慧化"設計，以實踐「環境效率」的價值觀。建築的“被動設計”通常只能解釋建築在發生機率較多的運作模式，卻很難回應其它變動的环境以及例外發生時的處理

模式。在優先滿足被動建築的自然通風計畫下，蘭潭靜園建立主動思考的設施、設備以“情境驅動”的運作模式，兼顧“環保節能”與“健康舒適”，並且提供適切的环境資訊介面，以增進居家使用者的環境涵構覺察與控制的能力。

誌謝：

業主孫靜源；以及工作團隊：江哲銘、陳念祖、江逸章、毛森江、馮明惠、何以立、侯貞夙、高志揚、林鴻志、王韡儒、張清堯、黃瑞廷、沈政宏、黃淑麗、陳志元等。

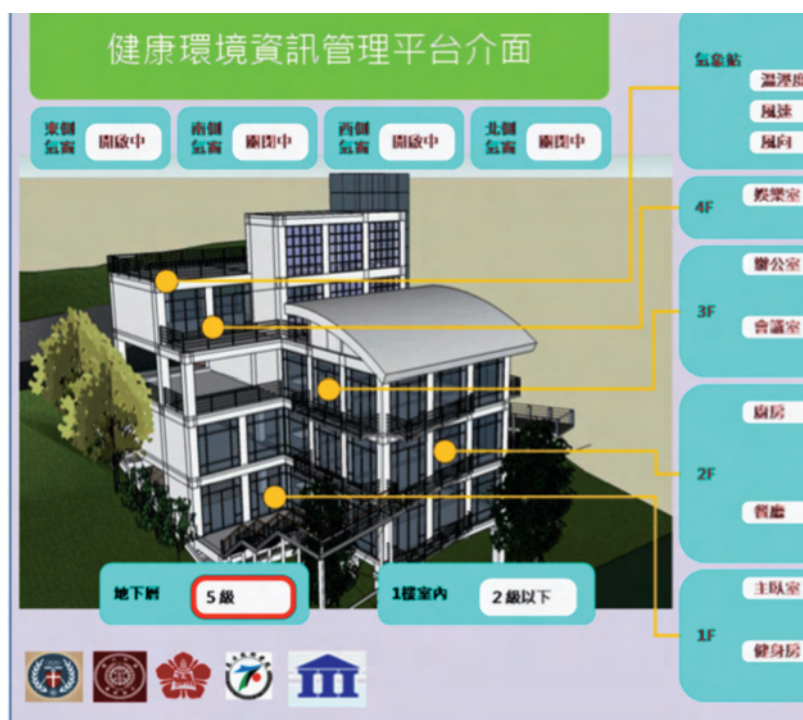


圖4 健康環境資訊平台介面 <http://59.120.104.100/web/>