

逢甲大學學生報告 ePaper

自然通風對室內環境影響之探討

Exploration of the Impact of Natural Ventilation on the Indoor Environment

作者：韓 皜、林詣迪、呂玟儀

系級：建築專業學院學士班 二年乙班

學號：D1336472、D1336676、D1476905

開課老師：林衍良

課程名稱：**建築物理**

開課系所：建築專業學院學士班

開課學年： 114 學年度 第 1 學期

摘要

這份報告旨在探討通風對室內環境的影響與功能，重點研究如何提升換氣性能，並思考如何將其應用於台灣的自然環境與氣候條件下。

研究過程中，團隊分析了三個國際經典案例，分別是：利用「風帽系統」實現被動式通風與熱回收的 BedZED 開發案；透過縮短建築寬度、大面積開窗及三層皮層（玻璃、百葉、紗網）達到自然送排風的辛普森-李住宅；以及利用外接管道運輸冷熱空氣以達成隔熱與通風效果的倫敦勞埃德大廈。研究方法聚焦於物理原理的應用，如利用「白努利原理」產生壓力差、輔以「煙囪效應」促使暖空氣上升，以及透過「熱交換器」回收廢熱以達到節能目標。

透過發掘及理解這些被動式通風的多樣形式，能為台灣建築設計提供重要參考。藉由優化建築的換氣路徑與物理調控手段，我們得以展望在台灣特殊的氣候條件下，發展出更環保且低耗能的通風模式，在減少電力依賴的同時，兼顧室內空氣流動與環境舒適度。

關鍵字：被動式通風、室內環境改善、低耗能設計、氣候適應性

Abstract

This report aims to explore the impact and functions of ventilation on indoor environments, with a focus on enhancing air exchange performance and considering its application within Taiwan's natural environment and climatic conditions.

During the research process, the team analyzed three classic international case studies: the BedZED development, which utilizes a "wind cowls" system to achieve passive ventilation and heat recovery; the Simpson-Lee House, which achieves natural airflow through reduced building depth, large-scale window openings, and a triple-layered skin (glass, louvers, and screens); and the Lloyd' s building in London, which employs external ducting to transport hot and cold air for thermal insulation and ventilation. The research methodology focuses on the application of physical principles, such as utilizing Bernoulli's principle to create pressure differentials, supplemented by the stack effect to facilitate the rise of warm air, and the use of heat exchangers to recover waste heat for energy-saving purposes.

By discovering and understanding these diverse forms of passive ventilation, important references can be provided for architectural design in Taiwan. Through the optimization of ventilation paths and physical control mechanisms, we can look forward to developing more environmentally friendly and low-energy ventilation models tailored to Taiwan' s specific climate. This approach aims to reduce reliance on electrical equipment while simultaneously maintaining indoor airflow and environmental comfort.

Keyword : Passive Ventilation, Improve indoor environment, Low-Energy Design , Climate Adaptation

目錄

報告目錄

一：自然通風與機械通風（主動式通風）之簡介及優缺點比較-----	4
• 2.1 自然通風 (Natural Ventilation) -----	4
• 2.2 機械通風 / 主動通風 (Mechanical / Active Ventilation) -----	4
二：案例分析	
• 3.1 BedZED 開發案：熱回收風帽系統 -----	5
• 3.2 倫敦勞埃德大廈 (Lloyd's Building):外部管道與採光-----	7
• 3.3 辛普森-李住宅 (Simpson-Lee House):環境適應與皮層調節-----	9
三：分析總結彙整-----	11
四：參考文獻及圖名-----	12



二：自然通風與機械通風（主動式通風）之簡介及優缺點比較：

2-1：自然通風 (Natural Ventilation)：

自然通風是指不消耗能源電力燃料，單純利用自然現象物理原理驅動空氣流動交換的模式。其核心動力來源有以下二者：

風壓通風 (Wind-driven Ventilation)： 利用建築物迎風面與背風面的壓力差，使空氣從高壓區（開口部）流向低壓區。

熱壓通風 (Buoyancy/Stack Effect)： 利用室內外溫差產生的空氣密度差異。室內熱空氣變輕上升，由高處開口排出，並從低處吸入冷空氣，形成「煙囪效應」對流交換空氣。

基礎優劣勢及特點：

- **低碳節能：** 運作過程幾乎不消耗能源，利好環境永續發展
- **設計依賴：** 達成效果需在設計過程中高度依賴建築的基地配置、開窗位置、剖面形式與當地的盛行風向等要素之操作及對應方式。

2-2：機械通風 / 主動通風 (Mechanical / Active Ventilation)：

主動通風是指透過機械設備（如風機、空調主機、抽風機）提供動力，強制室內外空氣進行交換或循環。

- **動力來源：** 依靠電力驅動葉輪產生壓力差。
- **控制性：** 可精確控制換氣量（ACH）、風速、溫度甚至濕度與過濾效能。

基礎優劣勢及特點：

- **高穩定性：** 不受外部無風或溫差不足的影響，能提供穩定的換氣體積。
- **能源消耗：** 需要持續投入能源維持，不利好環境永續之發展。

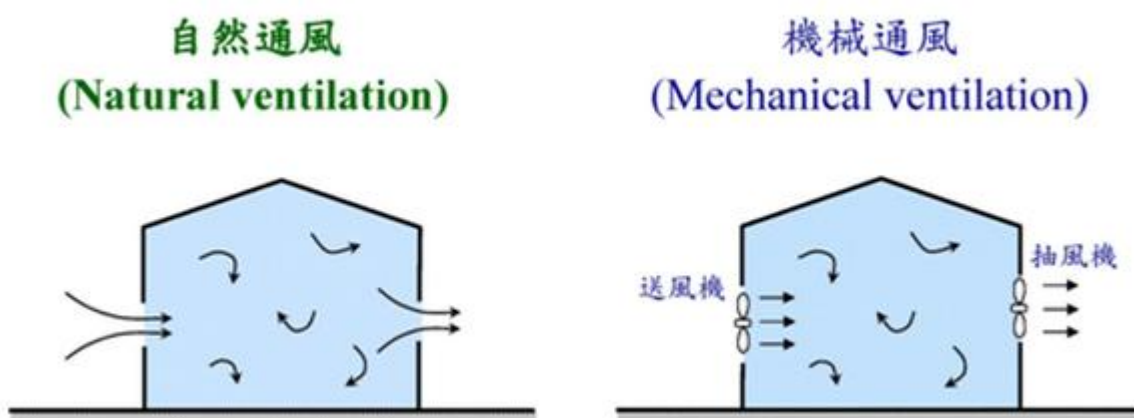


圖 1、通風模式簡圖

三：案例分析

3-1：BedZED 開發案的風帽系統-對流/通風原理：

風帽設計：

屋頂上設置了特別設計的風帽，同時具有進氣和排氣功能。

風壓利用：

當風吹過屋頂時，風帽能擷取較快的屋頂風進入建築內部，並利用白努利原理在排氣口產生低壓，將室內空氣自然抽出。

煙囪效應輔助：

暖空氣自然上升，幫助透過風帽的排氣口排出，即使無風，該系統能支撐煙囪效應持續運作，幫助室內外空氣對流交換。

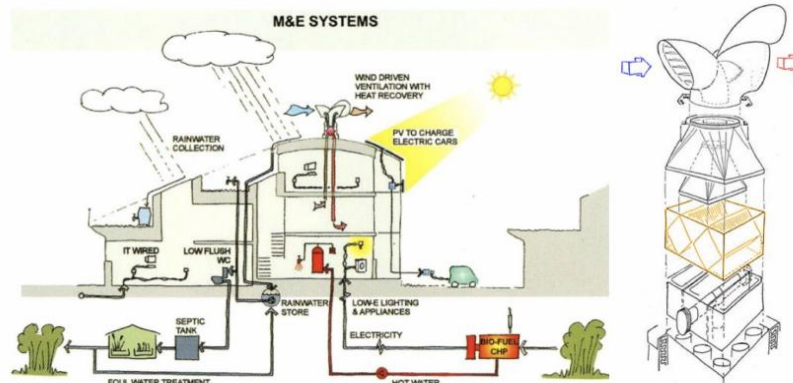


圖 2、風帽系統運作說明

熱回收通風系統 (Wind Cowls) 的零能耗

- 原理：熱壓通風 (Buoyancy/Stack Effect)

它利用空氣流動產生的自然風力所造成的正壓送入新鮮空氣，利用負壓抽出污濁空氣的方式，達成室內外空氣的交換，有效的取代了傳統的主動式機械式，即需要消耗能源的空氣交換方式。

正壓 (Positive Pressure)：當風吹向通風罩時，會產生正壓，將新鮮空氣推入建築物。

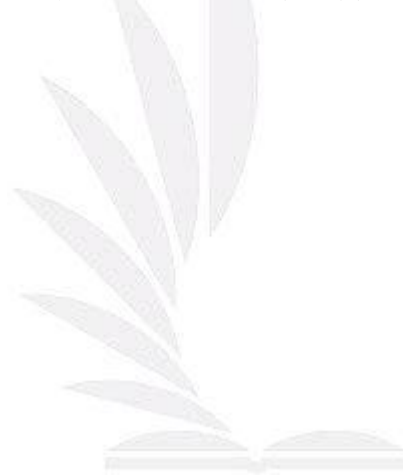
負壓 (Negative Pressure)：在通風罩的另一側（背風側），風會產生負壓，將室內的污濁空氣抽出。

- **熱回收 (Heat recovery) 及 熱交換 (Heat Exchange)：**

在空氣進出過程中，系統內的熱交換器會從排出的溫暖汙濁空氣中回收熱量，並將其傳遞給吸入的寒冷新鮮空氣，從而在達成空氣交換的效果時同步顧及實現節能，提高通風能達成對於室內環境調節之總體性效益。

- **特殊之處：**

將熱回收與風能結合的系統，在減少空氣交換的能源消耗時，同時處理到熱能回收以及溫度調節的面向，因此得以省略通風風扇、電控設備和新風加熱器等在空氣交換及室內環境調節方面需要消耗能源的主動式通風及空氣溫度調節設備。風力通風罩的設計可以隨風轉向，確保即使在風速較低時也能有效運行。進一步強調其環保低耗能的特性。再利用自然通風之模式特性同時降低了對於環境的自然條件的依賴性，能夠調節溫度之熱交換系統廣泛性的提高了自然通風模式下的節能效果。

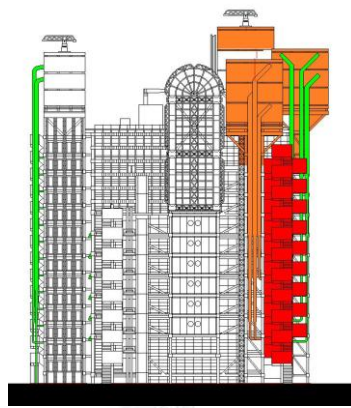
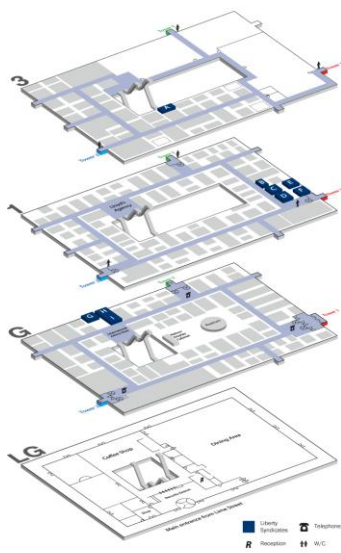


3-2 : Lloyd's building 倫敦勞埃德大廈

勞埃德大廈由建築師理查德·羅傑斯於 1977 年主創設計。在設計風格上重複暴露建築結構，大量使用不鏽鋼、鋁材和其他合金材料構件，使整個建築像巨型的鋼鐵機器一樣閃閃發光。



圖 3：勞埃德大廈照片



自然採光階梯式結構 勞埃德大廈北側為 12 層，南側逐漸降至 6 層，充分利用了陽光的穿透。中庭的設計是減少照明負荷的關鍵。中庭的體積和表面積隨著向南延伸而增加。辦公樓層隨著向北延伸而增加，從而為來自北側的漫射光提供了更大的表面積。大量的自然光直射到“房間”，證明了中庭設計的成功。此外，建築內的每個位置距離自然光源均在 7 公尺以內。

圖 4、圖 5、平面及功能配置簡圖

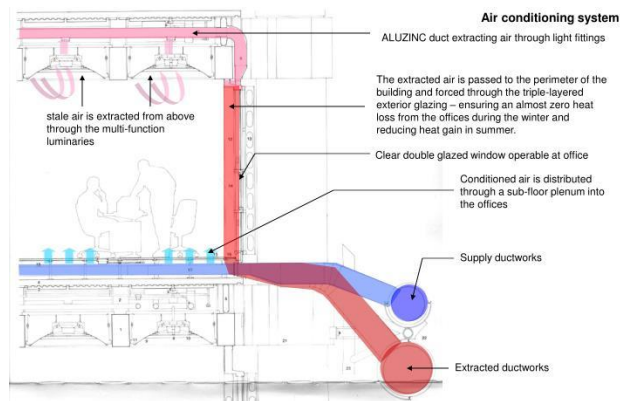


圖 6、空氣流動路徑展示

自然通風對室內環境影響之探討

大樓的外牆是偏造型的金屬支撐，每層樓分別依靠絞接下兩個管子。再根據支撐的樓板將冷熱空氣輸送至目的地。

利用絞接將空間的冷熱空氣以上下顛倒的方式運輸，除了讓管子外露體現出金屬質感，同時也讓外牆因空氣層而展現出冬暖夏涼的效果。

右圖便是呈現利用管道自然的產生隔熱和空氣流動的效果。

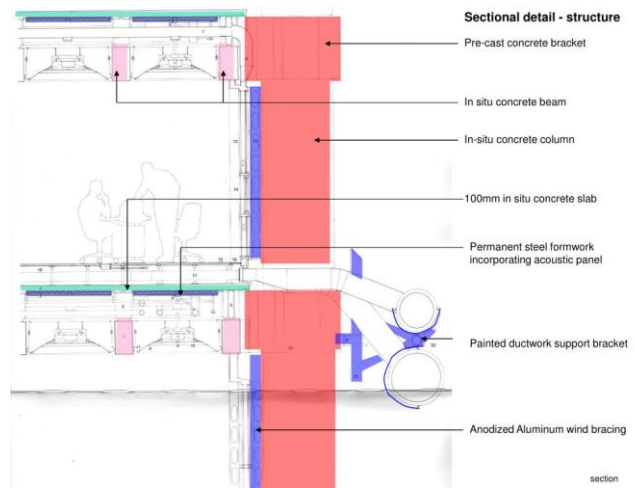
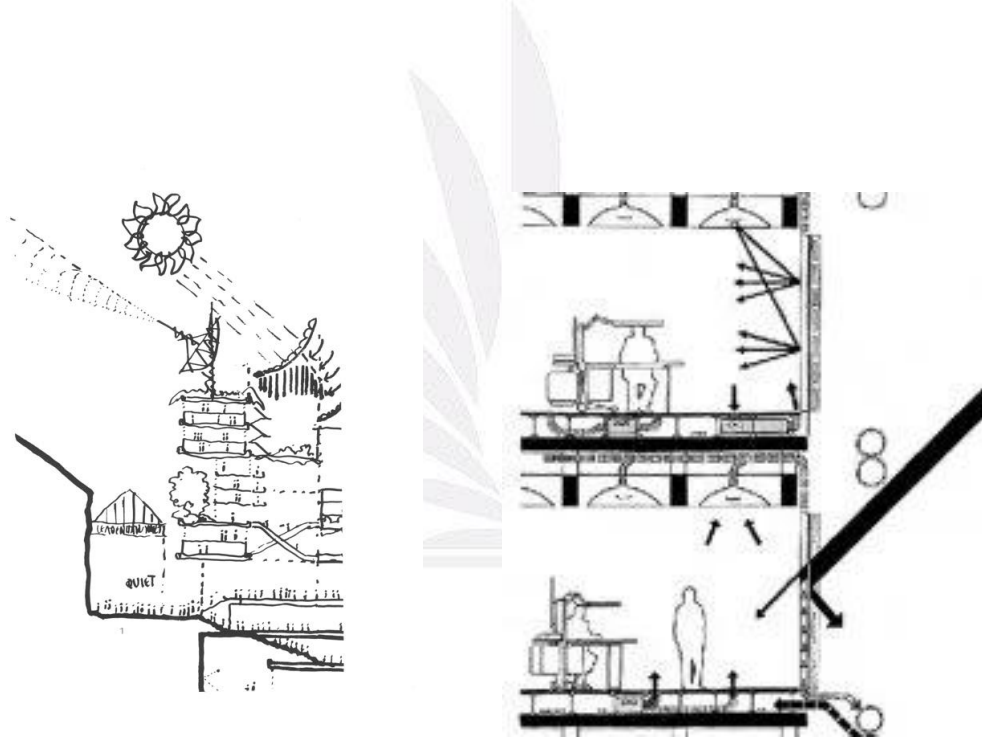


圖 7、通風相關結構展示



圖、8 圖 9、透光以及隔熱的手稿和設計想法圖

3-3：Simpson-Lee house 辛普森-李住宅 利用自然環境通風/對流：

- **基地條件：**

基地位置位於澳大利亞威爾遜山海拔 1000M 處，在溫-寒冷氣候帶有的時候會降薄雪，中午前會融化。夏天均溫度 40 度，冬天均溫白天 18-20 度，晚上可能降到 3 度。

- **三層皮層：**

三層皮層：分為玻璃、百葉窗、防蟲紗網，這棟住宅利用三種皮層去調節室內溫度，冬天需要時把三個皮層都關上保持室內溫度，而夏天時把三層都打開保持良好的通風。

- **建築外型：**

本棟住宅為了最大化自然通風而縮短建築寬度，加深長度，方便風進出空間，而不是留在室內，讓整個室內不會感到悶熱。

- **自然送風和排氣：**

本棟住宅是全自然的送風和排氣，建築師採取「保護後部，開放前部」前方採大面積開窗，讓自然風盡量近來，而後方有自然換氣口排氣，進入的風從後方的小窗排出，保持空氣流動。



圖圖 10、等案例外觀照片

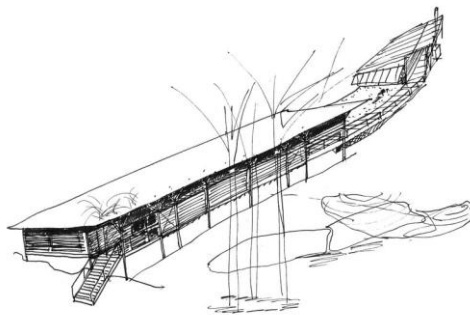


圖 11、案例手繪草稿



圖 12、案例內部照片

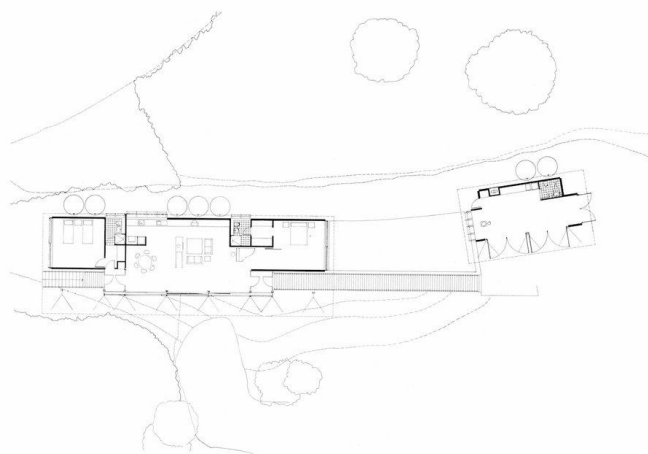


圖 13、案例平面圖

四：結論

台灣熱帶與副熱帶氣候下的建築被動式通風策略研究

一、研究動機與背景

在台灣典型的副熱帶高溫高濕氣候下，空調系統往往成為維持室內熱舒適度的首選，然而在全球氣候變遷與能源短缺的背景下，如何降低建築碳足跡已成為當代建築界與設計面相關的核心議題。相較於高度依賴機械設備又需耗能的「主動式通風」，利用建築設計誘導自然通風（Natural Ventilation）與熱力循環，轉化為有效的被動式空氣交換手段，是實現建築永續發展與節能減碳的關鍵路徑。本研究透過分析三個國際經典案例，探討其如何整合物理環境原理，提升建築的熱調節性能。

二、國際案例之被動式策略分析

- **BedZED（貝丁頓零碳社區）：熱壓通風與全熱交換的整合** BedZED 展示了如何利用物理學中的「煙囪效應」（Stack Effect）與熱壓差原理，透過其標誌性的多彩轉向式風帽系統（Wind Cowls），在不耗費電能的情況下實現室內外的空氣交換。該系統能根據風向自動調整，利用壓力差引導新鮮空氣進入並排出室內廢氣，同時結合簡易的熱回收機制，維持了極低能耗下的室內空氣品質。
- **倫敦勞埃德大廈（Lloyd's of London）：動態皮層與能源運輸優化** 勞埃德大廈的設計核心在於「機能外拓」的配置邏輯。該建築透過高度透明的建築皮層極大化自然採光（Daylighting），並運用其著名的不鏽鋼管道系統進行能源運輸。其特殊之處在於打破了傳統熱交換的垂直邏輯，利用金屬管道輔助冷熱氣流的逆向運輸與調節，這種將通風構造、空間與美學結合的作法，有效優化了高層建築的溫度調節效率。
- **辛普森-李住宅（Simpson-Lee House）：建築長寬比與多層次皮層調控** 格倫·默科特（Glenn Murcutt）所設計的辛普森-李住宅，是針對特定微氣候進行「精準回應」的典範。該案例運用狹長型平面（Narrow Plan）縮短了通風路徑，並透過多層次的建築皮層（Building Skin）。包括可調節玻璃窗、遮陽百葉與紗網，建立了一套靈活的過濾系統。這種設計允許居住者根據當地的風向與季節，精細地調控通風量與遮蔭率，極大化了自然條件在通風方面的優勢以及人與環境的關聯性

三、結論與未來展望

上述案例顯示，透過科學化的配置規劃與材料應用，建築本身即可具備優異的熱調節功能。未來台灣的建築產業在面對能源轉型挑戰時，應積極借鏡此類被動式設計邏輯，將「機械輔助」轉向「環境共生」，發展出因地制宜的通風構造與遮陽系統，從而降低對人工空調環境的長期依賴，達成永續建築之願景。

五：參考文獻

Chris Twinn, BedZED, Sustainable Urban Communities - the reality, Paper e4329
https://www.researchgate.net/profile/Chris-Twinn/publication/281980973_BedZED/links/56d95fc508aee73df6cf5096/BedZED.pdf

蔡宜中，2019，建築研究簡訊第 104 期，業務報導，具頂蓋型挑空中庭建築物自然浮力通風分析，中華民國內政部建築研究所
<https://www.abri.gov.tw/PeriodicalDetail.aspx?n=861&s=2207&key=83&isShowAll=false>

Main author, Last edited 19 Jul 2022, Wind Cowl, DESIGNING BUILDING—THE CONSTRUCTION WIKI
https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Wind_cowl

[Maryam Gusheh](#) and [Catherine Lassen](#), 10 Nov 2014, Revisited: Simpson-Lee House, Architecture AU
<https://architectureau.com/articles/simpson-lee-house/>

Lloyds of London refurbishment, skyscraper city
<https://www.skyscrapercity.com/threads/lloyds-of-london-refurbishment-city-of-london-pre-planning.2317820/>