

以住戶為導向的高層高密度可持續社區設計

Green and People-oriented Design Approach for a Hyper Density Sustainable Community

牛頭角上邨（二、三期）重建項目

1. 背景

近半個世紀以來，香港房屋委員會（房委會）轄下的公營房屋一直為沒有能力租住私營房屋的人士提供資助公營房屋。至今，約二百萬人（約占全港人口的百分之三十）居住在 160 多個公共屋邨。牛頭角上邨二、三期重建項目為其中之一，牛頭角上邨主要作為牛頭角下邨二區（下稱牛下）居民的就近拆遷安置屋邨，牛下是房委會於 1988 年開始推行的“整體重建計畫”的最後一個屋邨。牛頭角邨於 1967 年建成，主要是十五、六層高的長型樓宇，其鋼筋混凝土結構的使用年限將滿，且衛生及安全條件較差，因此被納入須清拆重建的公屋（圖 1）。住在牛下而受重建影響的約有 4100 戶（約 11000 人），其中獨居及兩老長者約有 1500 戶，平均年齡達 65 歲以上。



圖 1 左圖為重建後鳥瞰圖，右圖為重建前鳥瞰圖

房委會的理念是，所有公屋發展必須符合**社會、環境及經濟持續發展原則**，由於公屋的發展經費來源於公共資源，政府有義務在專案成本計畫和預算中充分考慮經濟的可持續發展，在保障成本效益即公共資源利用的有效性的前提下，促進社會和環境的可持續發展。

在該項目**創建可持續發展的社區**必須解決兩個主要的問題，首先很多居民在牛下居住長達三、四十年的時間，鄰里之間已經建立了深厚的情誼，因此，如何在新屋邨中**保留鄰里之情和當地文化並延續發展**，幫助居民重新建立歸屬感並減少對居民造成的影響成爲該項目亟待解決的任務。其次，香港高層高密度的城市形態一直爲學者詬病的方面就是**環境問題**，如城市熱島強度高，通風狀況差，空氣品質差，熱舒適性差等等。那麼在這樣的城市背景下如何扭轉現狀並創造可持續發展的社區就成爲該專案的重要課題。

2. 項目概況

該項目於 2009 年落成（圖 2，表 1），總共包括 6 座約 40 層高的大廈，大廈分成鋸齒形的兩組，提供 4584 個單位，總住用樓面面積達 220,000。該項目用地面積爲 32,200m²，綠地率達到 30.05%，人均鄰舍休憩用地面積爲 1.1m²。該項目自規劃至今，由於其卓越的品質，獲得了多個獎項，並且，在 2011 年的**中國**

綠色建築標識評價中達到了三星級，是首個獲得此最高評價等級的公屋專案，同時也是香港首個三星級項目。



圖 2 項目總圖

表 1 項目概覽：

戶型配比	1/2 人：34% 1-臥室：36% 3-臥室：2.5%（圖 3）	2/3 人：9.5% 2-臥室：18%
零售設施	一個單層商業中心，提供 2500 平方米的零售設施（包括超級市場、食肆、便利店、中藥舖和診所）	
停車場	一個露天停車場，提供 26 個私家車車位（其中一個為傷殘人士專用）和 5 個電單車車位	
福利設施	<ul style="list-style-type: none">• 一間長者鄰舍中心• 一間綜合青少年服務中心• 一間設於商業中心內的街坊福利會	
公用設施	<ul style="list-style-type: none">• 行人天橋和穿梭電梯• 中央廣場• 建於商業中心之上的平臺花園• 設於綜合青少年服務中心天臺的兒童遊	

樂場和籃球場

- 遍植花卉樹木和保存成年樹

獎項和嘉許獎

- 香港規劃師學會 2003 年優異獎
- 香港建築環境評估法 2004 年版臨時鉑金級
- 東京 2005 年世界可持續發展建築會議，甄選作香港可持續發展建築的參展作品及個案研究
- 環保建築專業議會環保建築大獎 2006 大獎(研究及規劃)
- 香港工程師學會卓越結構大獎 2010 卓越結構嘉許獎
- 優質建築大獎 2010 香港住宅項目大獎
- BCI 環保設計大獎 2010 住宅建築(複合房屋)環保先鋒大獎
- 環保建築大獎 2010 新建建築類別香港(住宅)優異獎
- 中國綠色建築標識評價 2011 三星級
- 亞太項目管理學會聯盟大獎 2011 (Asia-Pacific Federation of Project Management Achievement Awards 2011) 建築及工程費逾一億澳元組別大獎
- 香港項目管理學會大獎 2011 建築及工程費逾一億澳元組別大獎
- 香港項目管理學會大獎 2011 可持續項目組別大獎



圖 3 戶型圖

3. 主要創新點

近年由於公屋地皮變小並趨向不規則，而且爲了提供更好的居住環境，房委會開始採用非標準設計，牛頭角上邨二、三期重建專案是房屋署首批由和諧式過渡至非標準設計大廈的公屋。該專案根據基地的特殊地理環境、居民的物質生活需要和對傳統生活文化保留的情感需求，本著以人爲本的理念來規劃和設計舒適的微氣候環境。如在建築體塊佈局方面，首先根據基地地質情況的研究結果，確認岩床最淺的區域，將建築佈置於該區域內可減少大量的樁基工作（圖 4）；至於具體的建築形體設計，是在綜合基地採光通風、視覺干擾、減低雜訊、結構體系優化及節能減材等多種因素影響的基礎上得出；項目最終獲得優越的微氣候環境則歸功於一系列的**微氣候研究**；而關於建築設計的細節部分，則**大量參考目標用戶的具體訴求**。雖然非標準設計的成本比標準設計高約 8%左右，但其帶來的節能效果及環境優化程度是可觀的，該項目完成後，空調和照明方面對用戶來說約可節省 170 萬港幣/年，對物業管理則可節省 50 萬港幣/年。本專案的非標準設計可通過以下兩方面的闡述略見一二。

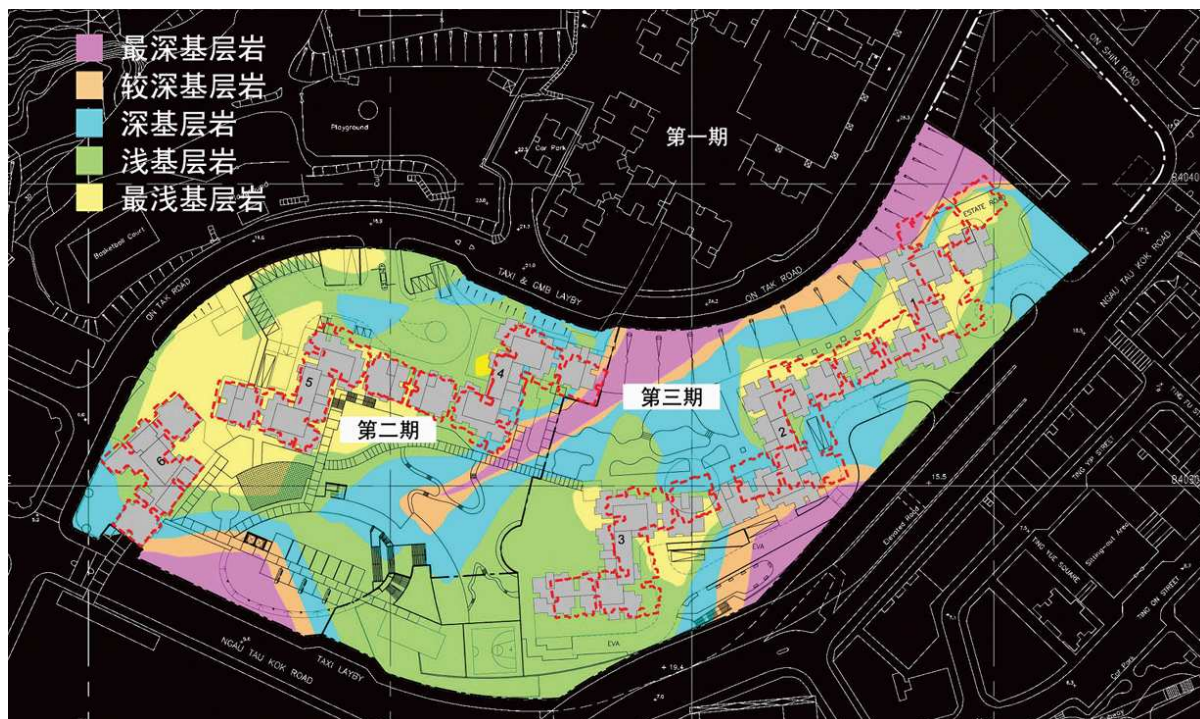


圖 4 建築體塊基本處於淺基岩區域

3.1. 以人為本、居民參與社區建設

由於已經明確了未來的用戶，因此，從用戶的切身需求和利益出發的研究和設計過程成為該項目的一大亮點。該專案可說是最廣泛諮詢並接納居民意見的屋邨。首先，房委會將牛頭角上邨定位為牛頭角下邨（二區）居民的接收屋邨，儘量減少對居民造成的影響，解決了居民要在一個全新環境重頭開始的問題，這是房委會締造“以人為本”理念的典型例子。其次，房屋署考慮到居民的特殊年齡結構及，為了重新締造居民的社區認同及保留鄰里深厚的情誼，從專案的規劃直至設計、建造和使用管理的各個階段，通過問卷調查和會議討論等各種途徑積極促進居民的參與，推動居民一起構思和反復討論，房屋署除了徵求居民的意見

外，更採納及落實開展他們的建議，包括總綱設計，設施類型、環境佈置、用料及顏色等。從 2003 年至 2008 年（圖示 2002 年到 2009 年工程開展），房屋署開了 50 多次會議、工作坊及簡介會，對象包括當地居民、區議會及關注團體（圖 5）。



圖 5 專案過程

從規劃階段開始，居民及長者均可參與該專案的討論。通過這些活動，房屋署可以深入瞭解居民的需求，而居民也可以深入明白建築設計的理念，投入參與設計自己的家園，從而增加對新環境的歸屬感，減少將來的適應問題。房屋署運用“以民為本”及“居民參與”理念，與居民建立互信和合作的關係，這是該項目成功創造了經濟、社會和環境三方面均可持續發展的社區並獲得居民很高滿意度的重要因素。

在設計方面，從各個細節都可以看出對居民需求的回應，比如設立電梯方便居民直達各層平臺；在走廊及室外空間設立扶手；將通往各座住宅的斜路改為平路方便長者及傷殘人士；將大門石級改為斜道並將鐵閘向外移；走廊及大門寬度最少 750 毫米；各大廈大堂內加設低櫃檯設計方便查詢；設立室外可供休憩

和活動的場所（圖 6）；于底層大堂及室外加設座椅（圖 7）；設計可靈活佈局的住宅單位；確定廚房台盆的設計模式；確定室外晾衣架的位置等等。無微不至的細節關注有助於居民感覺更加舒適並儘快適應新的生活環境。



圖 6 中央廣場上設置了休憩空間及活動舞臺



圖 7 在室外及底層大堂加設大量座椅

而在保留文化傳統方面，房委會設法把舊時代的面貌保存下來，如設立充滿懷舊風格的聚集場地，營造舊日氣氛以保存原來的社區氛圍並延續發展，這些對提高居民對新社區的認同感和歸屬感起到關鍵性的作用。首先，房委會在該專案商場內每個柱位

空格內，設置“文物展覽廊”（圖 8），以展示公屋居民捐出的多件具歷史意義的物品，它們能清楚地勾畫出六、七十年代具公屋特色的社區生活。另外，該項目更設有以香港傳統茶餐廳為藍本的文物展覽區，附有可供休息的座位，並掛有名為“牛頭角茶餐廳”的招牌，居民可以在該處休息及交談的同時緬懷過去的時光（圖 9）。



圖 8 文物展覽廊



圖 9 牛頭角餐廳

另外在施工完交付使用後，房委會仍然十分重視居民的意見和感受，比如在搬遷入住時，房委會提供一系列服務幫助居民選擇合適的單位，協助簽約手續的辦理，並聘請入住大使（圖 10），就單位內的設施解答居民的問詢及安排所需修葺。入住大使並進行住戶意見調查和竣工後檢討，超過 92% 的居民都感滿意。針對入住後的屋邨管理，仍沿用 1996 年推出的“屋邨管理諮詢委員會（邨管咨委會）計畫”，邨管咨委會由居民代表、當區區議員及該邨的房屋事物經理組成。此計畫可保持雙向有效及時地溝通，並改善屋邨管理和加強居民的歸屬感。



圖 10 入住大使為牛頭角上邨的租戶提供入住協助

3.2. 微氣候研究

該專案是首個全面採用微氣候研究輔助規劃和設計的屋邨。其中微氣候研究涵蓋多個重要範疇，包括室外通風走廊研究、室內自然通風研究、舒緩熱島效應的研究、室內採光優化研究、減少建築外立面太陽得熱研究、空氣品質研究、雜訊污染研究和建築熱輻射研究。通過微氣候研究來調整總平面佈局、建築形體設計等，可有效地改善目前高層高密度城市形態造成的環境問題。微氣候研究榮獲英國特許建造學會頒發 2008/09 年國際創新及研究獎的“建築及測量組別優異獎”，在“香港建築師學會 2006 年年獎”中獲“主題建築獎 - 建築學研究”殊榮，而且在“香港規劃師學會大獎 2007”榮獲優異獎。

有效的自然通風是緩解亞熱帶氣候區高層高密度城市的熱島強度並提高熱舒適的關鍵因素，如果所有項目在規劃和設計中能考慮到這個因素，可極大的緩解目前城市環境隨著建設量逐步增加而惡化的困境。在研究基地的室外風環境時，首先利用風洞

試驗確定基地實際的主導風向(與距離最近的香港天文臺資料略有不同)(圖 11)，結果顯示在夏季，風向主要為東向和西南向，平均風速為 3.4m/s；而冬季主要為北風，平均風速 3.1m/s，再利用電腦流體動力學技術(CFD)結合該資料來類比未來基地上建築佈局影響下的風環境，以優化住宅大廈的佈局和設計。該專案最終採用了排成兩列的呈鋸齒狀的 6 幢大廈的佈局模式(圖 12、13)，在屋邨中間形成了通風走廊，以最大程度的引入主導風向的自然風並優化所有大廈的自然通風情況。

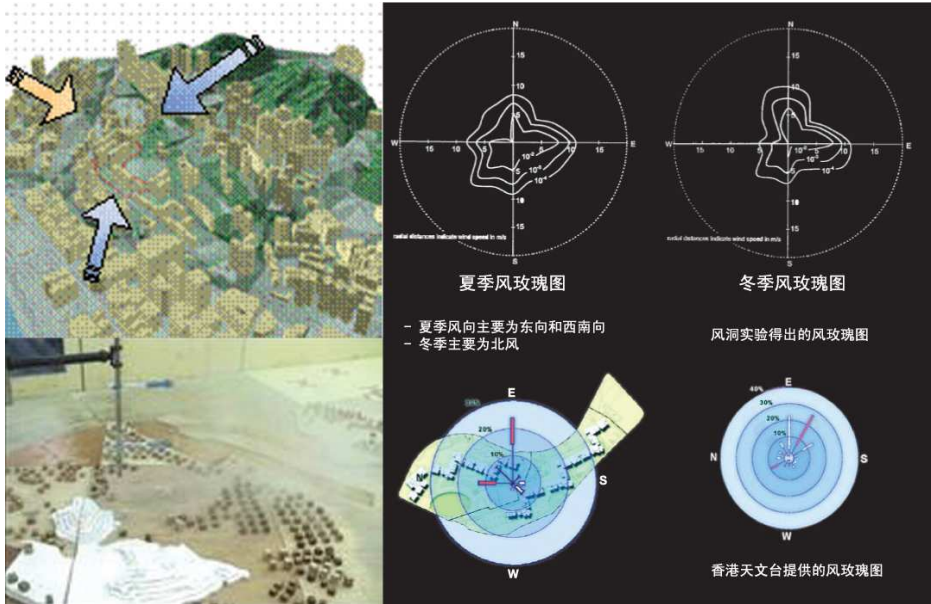


圖 11 開展風洞試驗以確定基地真正主導風向

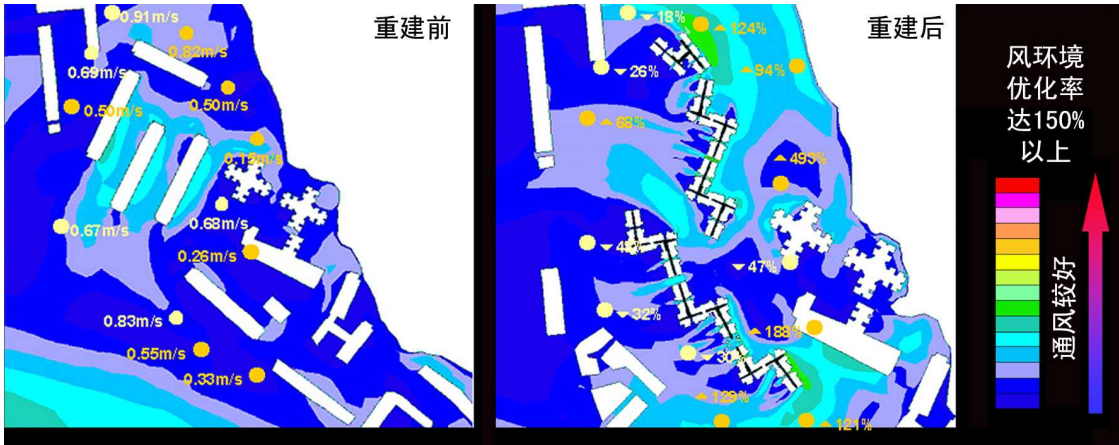


圖 12 通過類比可看出重建前後基地風環境的變化

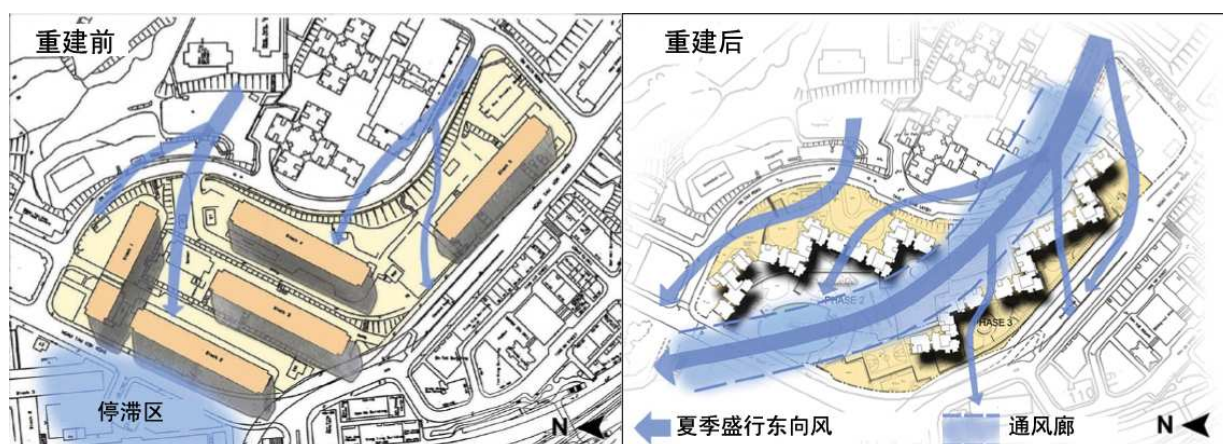


圖 13 通風廊的形成對引導自然風改善基地風環境至關重要

另外，在建築設計上，同樣注重提高自然通風效果，如在標準層靠近兩邊天井位置安裝對流窗，可令公共地方和電梯大堂更通風，並且可有效驅散天井內的空氣污染物。其成效可從微氣候研究中得到驗證，通風效果提升了 150%（圖 14、15），同時微氣候研究也可為提高室內通風提供良好的解決方案，如在原本的設計中，除了第 4 和 5 座的電梯大堂，其餘 4 座的電梯大堂均滿足通風標準，為提高通風效果，如第 4 座的電梯大堂，在大堂東側增設了百葉窗以利於東向風直接進入大堂（圖 16），通風效果至少提升了 100%。這些措施不僅創造了更健康舒適的居住環境，而且令住宅大廈的通風度大為改善，有效地減少了發展項目對周圍環境的影響。

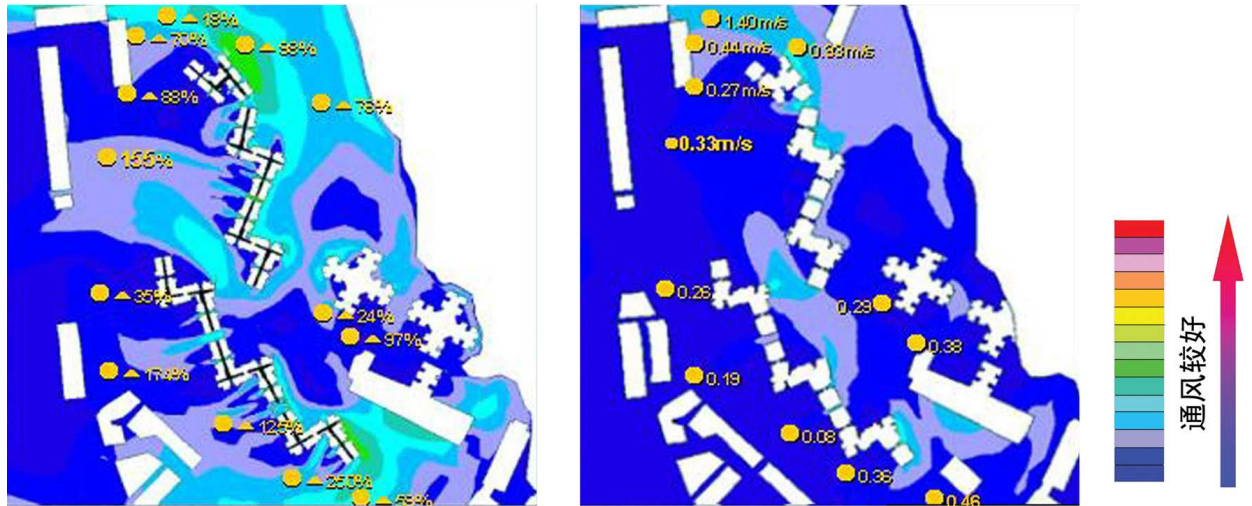


圖 14 左圖為修改後標準層形成穿堂風的設計，對比右圖無穿堂風，整個基地風環境較差



圖 15 公共走廊對流通風設計

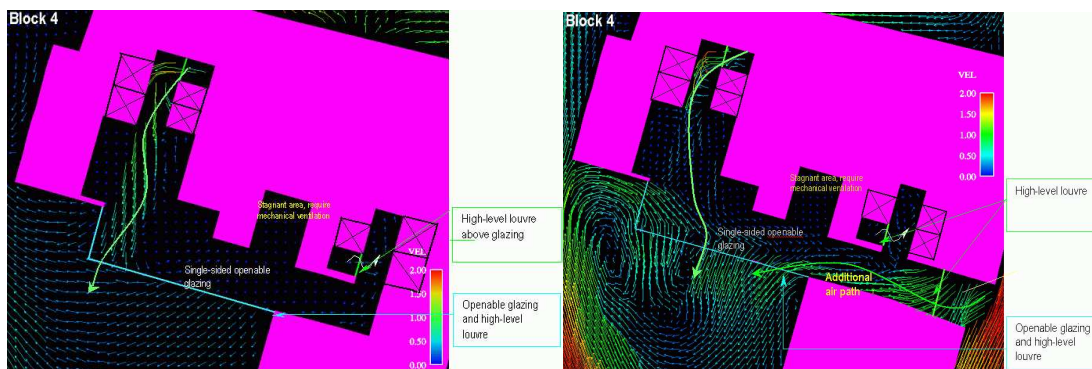


圖 16 左圖為原設計，右圖為修改後的設計

在光環境的微氣候研究中，該項目致力於加強天然採光，通過調整住宅大廈的佈局和住宅單位的朝向，並在公共空間及電梯大堂均設置足夠的視窗以爭取充足的自然光入射，公共空間的照明能耗因此減少了 13%。同時結合太陽熱能吸收和熱舒適性預測研究可知，由於住宅單位的环境表現得到極大的提高而減少了空調的使用需求，能量消耗也隨之減少（圖 17）。

加強住宅單位及公共空間的天然採光



天然採光及通風的走廊減少能量消耗達15%

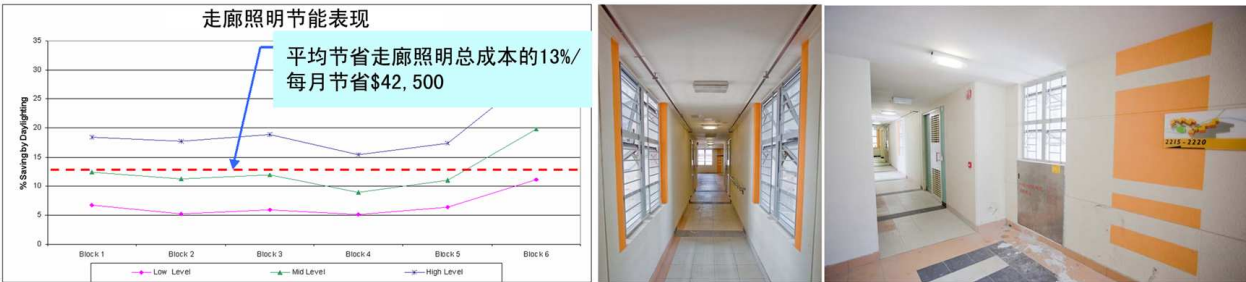


圖 17 公共空間和住宅單位自然採光

此外，屋邨室外空間的設計也結合了微氣候的研究（圖 18），分析某些特殊區域的全年不同季節和每天不同時間的風向、風速、採光和遮蔭情況，從而為居民創造更舒適的室外活動空間，比如，供人們休憩和小坐的空間，風速一般在 0.8-2m/s 範圍內，並且在午後位於住宅樓提供的陰影區域中以避免西曬，而供小孩娛樂或球類活動的空間，風速一般在 1m/s 到 3m/s 之間。在中央廣場內，通過 CFD 模擬研究發現，於休憩處及小道

上種植樹木或增設頂棚可有效提高熱舒適性，如位於表演舞臺和觀眾席上的張拉膜結構，其順著舞臺斜坡向下至觀眾席，在夏季可有效地將風導向廣場（圖 19）。

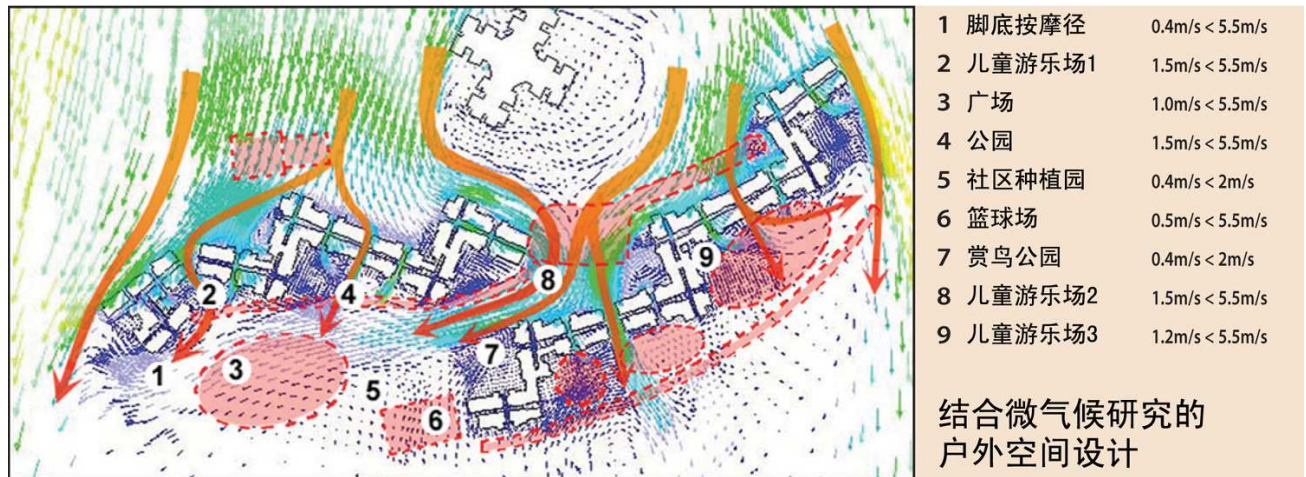


圖 18 室外空間風環境研究

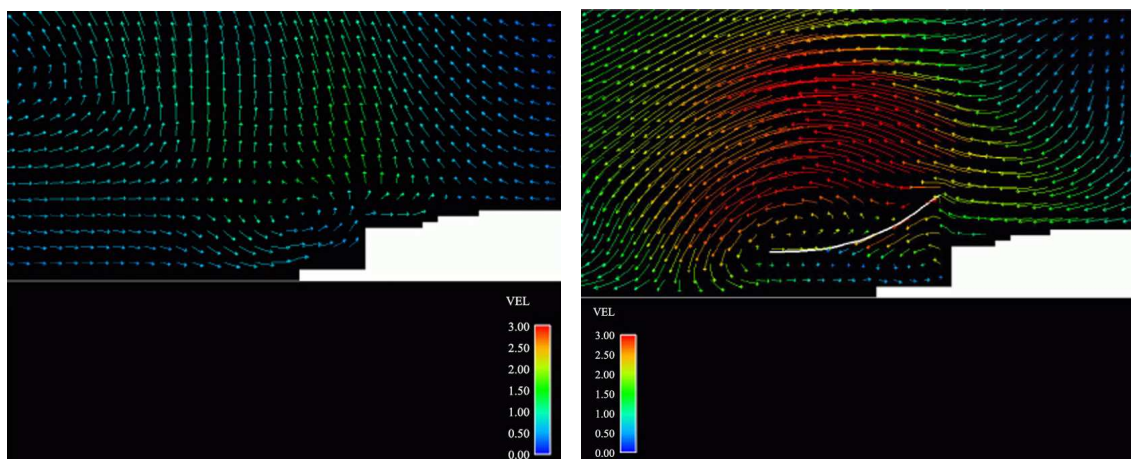


圖 19 夏季盛行風為東向時有無頂棚的風環境區別

4. 主要技術

4.1. 節地與室外環境

香港地少人多，該專案通過合理安排建築佈局和高度，在 32,180 m² 的用地範圍內，容納了 12,239 的居住人口，人均居住面積為每人 2.63 m²。

該項目原址地形狀況較差，舊邨建於山地的三個主要平臺之上，週邊通過陡峭的山坡與道路連接。重建專案從經濟性和保留基地原有肌理的角度出發，儘量保留了原有的三個主要平臺，並對原來的斜坡進行改建，以符合現行的安全標準。同時，專案也儘量保存或移植原有有保留價值的喬木。

本專案雖採用了高層高密度的形態，卻仍然獲得了良好的室外環境，尤其是基地的風環境，專案中間的通風走廊利於引導夏季盛行的東向和西南向的自然風通過基地，同時在建築單體的設計上，注重提高透風率，最大化地減少該項目對周圍環境的影響。爲了緩解基地西面交通雜訊的影響，其中一組建築儘量遠離牛頭角道；而另外一組則在大樓佈局上與牛頭角道成斜角度，再配鋸齒形大樓形成自我阻擋的效果，可有效減少交通噪音的影響。在最靠近高架天橋和鐵路的一座，大樓的設計使之坐在地盤的最高臺，同時在沿地盤西面地界建以 4.5 米高圍牆以減低對這三座靠近牛頭角道住宅大樓的影響（圖 20）。



圖 20 減低噪音的措施

4.2. 節能與能源利用

由於本項目是資助的公共租屋計畫，該專案並沒有採用較多昂貴的高科技節能技術，而是通過微氣候研究合理利用場地自然條件，合理設計建築體形、窗牆面積比等被動式手段以優化通風採光，進而提高能效。

香港由於用地緊張，住宅建築大多採用內廊式或一梯多戶的平面佈局，由於內廊封閉，住宅單位較難獲得對流通風。而該專案採用了建築內公共走廊對流通風的設計(圖 13)，進而優化了建築單位室內通風環境並改善了室內熱舒適度。根據自然通風類比分析結果,建築單位的空氣流通率為 9.1~12.9 ACH(每小時換氣量)，優於香港綠色建築標準對室內通風的要求，即 1.5 ACH 的室內空氣流通量。

同時建築在整體佈局上預留了通風廊道，使得夏季屋邨的熱島強度降低。在夏季典型時刻的郊區氣候條件（風向、風速、氣溫、濕度等）下，模擬或實測住區室外 1.5m 高處的典型時刻的溫度分佈情況，得到日平均熱島強度為：0.8 °C。低於綠色建築三星評估標準 1.5°C 的標準。據估計這一系列通風措施能夠減少每家租戶冷氣機用量 34%，有效減少能耗和碳排放，同時每年還可為租戶節省約 510 港元的電費支出。

此外，在採光設計上，除了儘量引進自然光照外（圖 17），該項目採用節能，高效，環保燈具以減少照明能耗，並為在自然光位置的燈飾提供獨立光控，當室內照度達到 500 勒克斯時，則自動關閉，以減少不必要的能耗。

4.3. 節水與水資源利用

該項目在節水方面主要包括利用非傳統水源，採用雨水回收灌溉系統，採用透水地面等措施。利用非傳統水源方面，該項目以海水作為沖廁用水，坐便器沖水量為 7.5L/次，少於目前香港普遍使用的 9L/次，節水率為 16.67%。經計算年度總用水量為 1,012,510m³，其中非傳統水源年度用水量 410,990m³，非傳統水源利用率達 40.6%。另外，該專案根據公屋的住戶調查，研究住戶的用水及排水使用模式，從而制定排水管道的尺寸，並且在樓高 40 層的大樓內，將排水系統劃分為 3 個區域，最高的 20

層是第一個區域、第 2 層至 20 層是中間區域、第 1 層則是最低區域，這個設計防止了 40 層積累而來的壓力加在最底層並且解決了回流問題。

該專案引入的雨水回收系統（圖 21），是房屋署在 2003 年第一個試驗性項目，將搜集來的雨水用於灌溉綠化苗圃。雨水從回收垃圾收集站屋頂收集，流入一個 1.5m x 1.5m x 1.5m 玻璃纖維儲水箱，經水管引入垃圾收集站旁的苗圃，雨水的整個收集過程均以地心吸力引流，故不須設水泵，既環保又節能。該項目在 2009 年初完工，經測試後證實雨水回收灌溉的效果良好，這也為此類系統在香港的推廣創造了良好的開端。



圖 21 雨水回收系統和戶外草坪噴灌系統

另外該項目重建前舊村室外透水地面積共 3,665m²，占總地面面積約 25,710 m²（不計建築物占地面積）的 14.26%。而重建後增大了室外綠化面積，室外透水地面積達 7,039m²，占總地面面積約 18,497 m²的 38.05%。重建後新村的室外透水地面面積比舊村提高約 48%，增加了雨水滲透量，降低了雨水的外排量。

4.4. 節材與材料資源利用

該專案建築造型簡約，無大量裝飾性構件。在建築結構上，由於採用“Z”字型設計，結構上產生很大的扭力，所以進行了結構體系優化（圖 22）。其措施包括從初始的 110 度“Z”字形平面逐漸轉變為 90 度的“Z”字型平面；在“Z”字型的平面的連接部位設置兩組結構性的升降機槽，以強化走廊樓板連接，改善結構強度。風力牆的分佈也進行了徹底研究，以達致最佳的荷載分佈。該專案因此獲香港工程師學會頒發卓越結構大獎 2010 中的卓越結構嘉許獎。

同時，“之”字型的結構使得建築立面旋轉對稱，提高了建築構件的標準化程度，在建造過程中使得混凝土範本能夠得到重複利用，提高了經濟效益。該專案在建造過程中運用了大量的預製性構件，如預製梁、預製立面、預製樓梯、預製隔牆、半預製樓板等等，大大提高了施工效率，保證了施工的進度（圖 23）。而採用土建與裝修一體化設計方案、預製室內灶台等的使用也實現了土建與裝修一體化施工，減少了二次裝修帶的浪費。

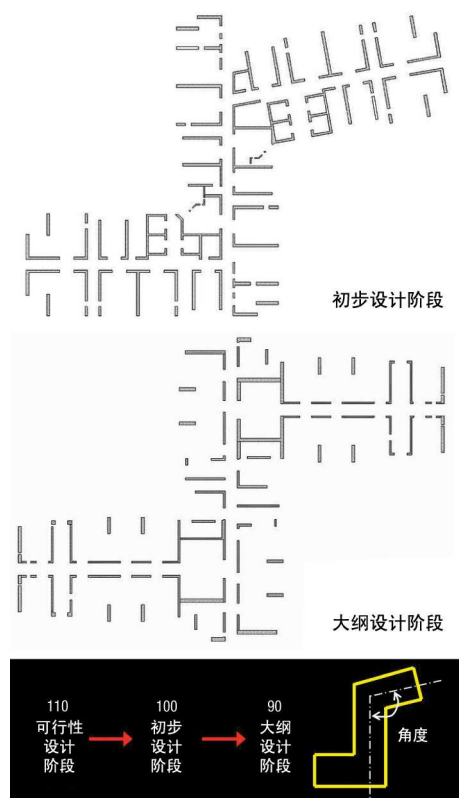


圖 22 優化結構設計，減小角度

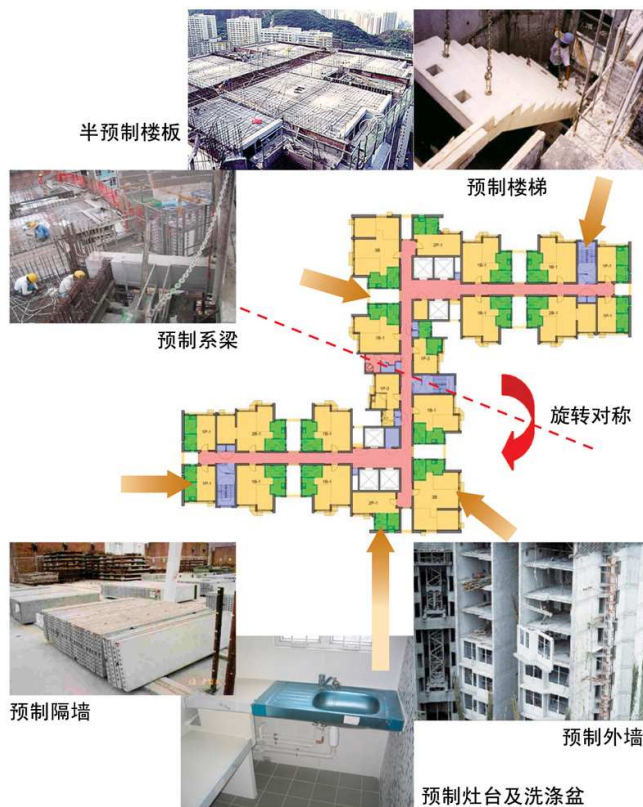


圖 23 建築形態可旋轉對稱，且利用大量預製構件

另外在 2002-2005 年，該項目還引進了材料生命週期分析工具（圖 24），通過電腦類比不同結構單位的生命週期消耗及對環境的影響，進而指導材料的選擇以優化材料的環境性能和經濟效益。最後的顧問研究顯示，該專案的材料利用達到了環境性能和經濟效益共同優化。

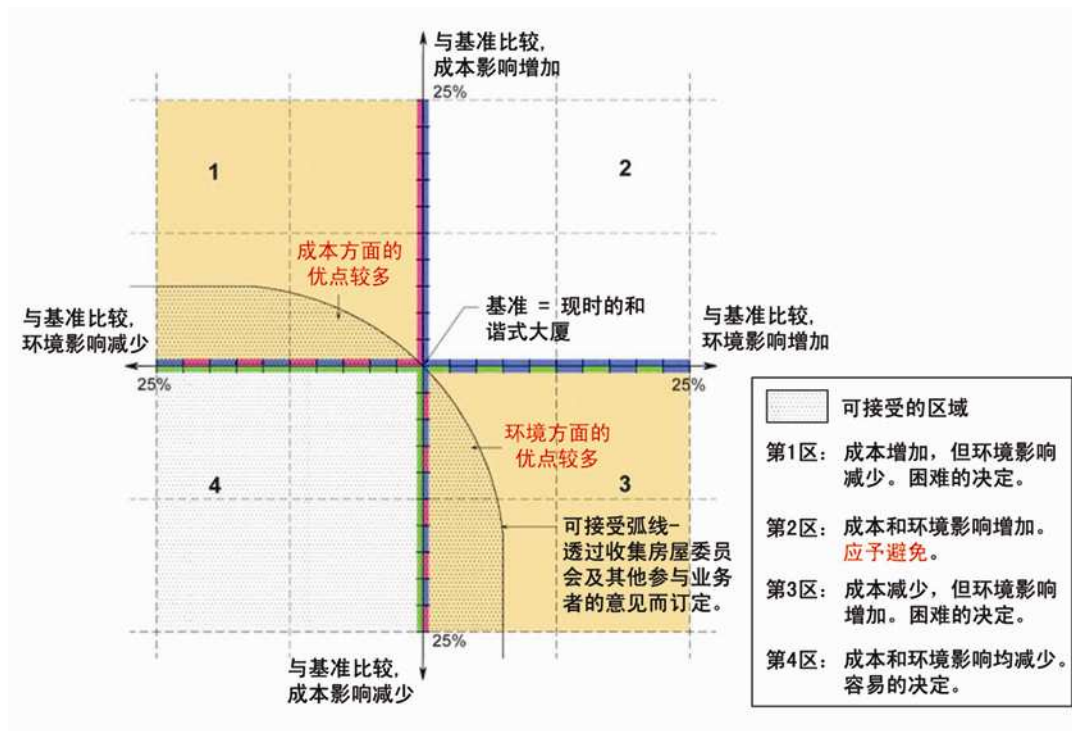


圖 24 材料生命週期分析

4.5. 室內環境品質

該專案通過合理的建築佈局使得大部分住宅單元都具有良好的景觀視野，住宅樓宇的居住空間水準視線距離最小處也達到 31m，且僅位於第三座和第四座之間，居住單元往往享有山景或者海景（圖 25）。



圖 25 最大程度享受山景和海景

在噪音防治上，由於項目地處市區，第一、二、三座與城市道路相對鄰近，受交通雜訊影響較大，其中第三座受影響最大(圖 20)，鑒於公屋的成本預算控制，爲了減少交通雜訊對住戶的影響，該樓採用了圍護結構爲 150mm 厚混凝土牆，6mm 厚單層玻璃。經實測臥室在關窗狀態下的雜訊爲 30dB (夜間)，起居室在關窗狀態下的雜訊爲 40 dB (晝間)，均低於綠色建築三星級評估要求。

另外該專案還通過合理的戶型設計，使得居住空間室內通風開口面積均大於該房間地板面積的 8%，提高了通風採光效率。根據微氣候研究發現，自然通風率隨著建築高度的攀升而逐步提高。且與盛行風東向相比，在風向為西南向時，通風率更高。（圖 26）實測顯示在自然通風條件下，房間的屋頂內表面最高溫度為 33.84 °C，東、西外牆的內表面最高溫度為 35.14 °C，均低於 35.6°C 的綠色建築三星評估標準限值。

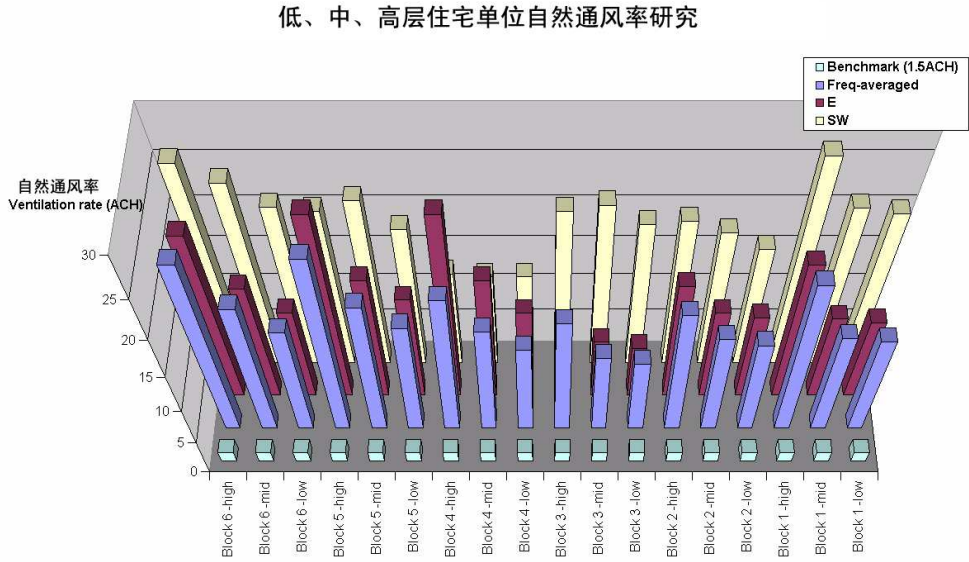


圖 26 住宅單位自然通風率研究

4.6. 運營策略

該專案的運營採用了一系列的智慧化系統，包括安全防範系統（閉路電視監控系統、住宅樓出入口（門禁）管理系統、防盜門控及語音對講裝置、電子巡更管理系統等），管理監控系統（停車場管理系統、村管理無線對講覆蓋系統、升降機控制系統、消防控制系統等）以及通信網路系統等。

垃圾的管理採用了垃圾壓縮處理系統（圖 27），該系統結合了生物技術以及碳過濾排氣系統以降低垃圾對周圍住宅建築的影響，可提高項目的環境和衛生狀況。

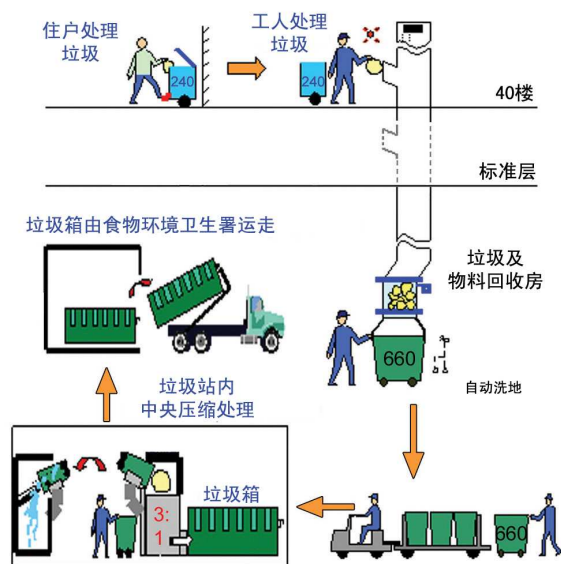


圖 27 垃圾壓縮處理系統

結語

牛頭角上邨二、三期重建專案是房委會以人為本的理念實施的典型例子，除了符合社會、環境及經濟可持續發展原則之外，開闢了一個新的更具人文關懷的綠色建築發展方向。同時，在該項目中，房委會採取的不是高姿態地應用先進科技和綠色建材的策略，而是更注重於儘量優化結構設計、減少建材的使用和能量的消耗，並在施工管理上通過管理策略的實施處理好各協作方的關係、避免無謂的衝突從而統籌協調以提高效率，體現了**被動式節能的設計和管理理念**。通過這個例子，可以看出綠色建築並不一定依賴於高新技術，事實上，高品質的綠色建築更應該是

以滿足居民各種需求為本的，採取社會、環境及經濟可持續發展三者權衡的最優化模式，創造真正舒適節能的建築。

另外，該項目作為首個獲得綠色建築評估三星級的香港高層高密度社區，為未來高層高密度城市的可持續發展提供了**良好的參考模式**。隨著城市化的進一步加劇和人口的持續增長，未來很多大城市可能都會採用高層高密度的城市形態。如果在城市的發展過程中缺乏微氣候的研究，城市的環境問題將會日益惡化，這也是目前世界上多數高層高密度城市面臨的普遍問題。從該專案可見，通過**合理的被動式節能設計**，同樣可以在高層高密度社區創造優越的室內外微氣候環境，而高新建築科技和設備雖然可以提高室內熱環境，卻很難兼顧室外環境，惡劣的室外環境不僅降低了熱舒適性，也會影響室內氣候從而增加空調能耗。