

# 本文章已註冊DOI數位物件識別碼

## ▶ 從「台北生態城市規劃」到「第三生態」命題及其設計方法

From Ecocity Taipei to the Third Ecology Proposition and Its Design Approaches

doi:10.6154/JBP.2011.18.001

建築與城鄉研究學報, (18), 2011

Journal of Building and Planning, (18), 2011

作者/Author: 楊沛儒(Perry P. J. Yang)

頁數/Page: 1-18

出版日期/Publication Date: 2011/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6154/JBP.2011.18.001>



*DOI Enhanced*

DOI是數位物件識別碼 (Digital Object Identifier, DOI) 的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



# 從「台北生態城市規劃」到「第三生態」命題及其設計方法

楊沛儒\*

## From Ecocity Taipei to the Third Ecology Proposition and Its Design Approaches

By

Perry P. J. Yang\*\*

### 摘要

本文從1999年的「台北市生態城市規劃」案例出發並延續其爭論，介紹生態城市論的一個命題「第三生態」及其設計方法。當代城市的永續論述應走出城市與自然的二元對立，以形式與流動的關係來鍵結城市、自然與產業系統並創造共生關係。本文以台北、高雄、台南、廣州、廈門、南京與新加坡的城市設計分析案例來詮釋生態城市論的設計方法架構：包含了形式、物質、流動、尺度及時間等五種維度，涉及了空間形式的感覺經驗、城市紋理及地景結構的物質表層、生態流動及其環境效應、跨尺度系統複雜性、及時間變遷管理與永續進程等五方面的空間組織原則。

**關鍵詞：**台北市生態城市規劃 1999、生態城市論、形式、物質、流動、尺度、時間

---

2008年8月18日收稿；2009年6月5日通過；2011年11月20日校稿。

\*美國喬治亞理工學院建築學院，城市區域規劃及建築學副教授

\*\* Associate Professor, School of City and Regional Planning and School of Architecture, College of Architecture, Georgia Institute of Technology  
Email: perry.yang@coa.gatech.edu

## ABSTRACT

Abstract: The paper first introduces the Taipei Eco-City Master Plan project in 1999, and continues the debates to link to a proposition of ecological urbanism, the third ecology and its applications to design. The contemporary discourse of urban sustainability has to move away from city and nature dualism to a symbiotic relationship by linking the forms and flows of urban, natural and industrial systems. Through a series of cases studies in design competitions and analyses in Taipei, Kaohsiung, Tainan, Guangzhou, Xiamen, Nanjing and Singapore, the paper comes with five design dimensions in ecological urbanism: form, materiality, flow, scale and time. The five design dimensions are organizational principles of urban spaces, which deal with urban form and its sensuous quality, surface and material of urban texture and landscape structure, ecological flows and its environmental performance, scales and system complexity, and finally temporal dimension, system threshold and sustainable progress.

**Keywords: Taipei Eco-City Master Plan 1999, ecological urbanism, form, materiality, flow, scale, time**

### 契子：1999 台北市生態城市規劃案

1999年，王鴻楷教授主持「綠色生態城市規劃：台北市土地使用通盤檢討」計畫，為國內較早從生態取向規劃方法，診斷並切入台灣現實都市問題的嘗試之一。在規劃過程中，並考察美國西岸以及西歐幾個城市對於生態城市發展的經驗，擷取1990年代，post- Brundtland Report 時代城市永續發展的新思維與方法，與台北的自然環境、法令條件、城市空間模式等條件相互參照，凝聚經驗。這個規劃，提出了「生態城市政策架構」、「生態土地使用管理體系」及「生態城市規劃設計準則」三個層次的議題，作為土地使用分區通盤檢討建議的基礎，並提出往上銜接「政策」層面及往下銜接「設計」機制的思維。台北市全區被劃分為若干生態均質區，並且將分析聚焦於基隆河兩岸與坡地山系之間都市發展與自然系統交錯衝突地區，從歷史空間過程演變的地景生態分析，提出2020年的願景式規劃，具體區劃出生態廊道及生態都市發展的空間架構、生態空間策略點及行動方案(王鴻楷、楊沛儒，1999)。

這個生態城市規劃的架構及觀念，面對已建成、高密度與複雜的城市環境，理解到城市環境已非自然與城市斷然二分的空間，需從「第二自然」(the

second nature) 的立場，走出傳統的生態學觀點或人本生態學 (human ecology) 的類擬式思維，以「城市化的生態學」(ecology for urbanization) 來理解永續規劃及設計的可能策略。在「台北生態城市規劃」過程中亦反省到，國內早期規劃設計教育，太過著重於法規訓練與規劃控制，規劃師的角色難以脫出官僚行政系統的一部份，這種「防衛性規劃」(defensive ways of planning)，意圖消極性防堵不當開發行為，在台灣早期經濟發展過程中雖有其貢獻，今天規劃專業卻已面臨新的局勢，對於全球城市走向超大尺度、亞洲區域快速城市化、城市環境走向高密度、以及與城市化相關的日益嚴峻的生態效應及環境議題等現實條件，傳統的防衛性規劃在現實中，已無生態實踐意涵、欠缺時間向度並無能處理全球化下的地方空間課題。

本文在「台北生態城市規劃」經驗的基礎上，進一步提出「第三生態」命題(the third ecology proposition)，強調新一代的規劃設計教育，需能夠鍵結新生態學與設計方法，當代的环境論述也必須走出早期從1987年 Brundtland Report 以來永續發展定義中的社會需求滿足論，近年有關於生態現代化 (ecological modernization) 與環境管理論述中的科技樂觀主義雖有積極意義，但也仍有所不足。第三生態思維，認為城市、產業以及自然系統之間需形成共生與代謝關係而無系統及空間藩籬，城市地

景空間形式以及其背後的生態流動需透過規劃設計的手段加以鍵結，因此，設計為一種生態的介入 (design as an ecological intervention)。本文以包含「台北生態城市規劃」在內的台北、高雄、台南、廣州、廈門、南京與新加坡的生態城市設計分析案例，歸納出生態城市論的設計方法含有五個維度，包含形式、物質、流動、尺度及時間等，以用來討論、支持或論證第三生態的思維。

### 第三生態：面對當代自然與當代城市

建築與規劃理論界近年傳遞出一個很明確的訊息：當代的城市條件 (contemporary urban conditions) 及其驅動力產生了根本性的變化 (Allen, 2009; Koolhaas, 1995; Harvey, 2000)。生態城市論的崛起，必須面對當代的自然 (contemporary nature) 與當代的城市 (contemporary city) 所處的獨特歷史空間條件，城市紋裡及大地景觀極待生態策略來重新組織其系統網路。以哈佛大學 Richard Forman 的說法，我們面對的是一種土地嵌合體 (land mosaics)，亦即混雜地景以及「第二自然」的情境。當代的自然業已失去其純粹形式，自然已受人為的影響、經營、設計、規劃及概念化，自然已被技術的力量所穿透，而成為一種人造的生態環境。與之相反的命題，則是當代的城市急需以生態學為基礎來重建，即使在一個幾乎完全人造的城市環境中，我們都可以觀察到自然作用力的影響。任何的城市設計議題都必然涉及自然系統，所有的城市設計與建造的任務，都面臨潛在的環境議題，且具有潛質來轉化為某種形式的生態設計。

生態及永續城市論述近二十年各種相關說法蜂湧而出，使得生態城市論的概念變得模糊難辨，許多我們習以為常或許多耳熟能詳的名詞，已經遭到濫用，混淆了我們對於問題的理解，並阻礙了我們提出有效方法與行動的能力，明顯的例子包括：

- 永續發展：這一代人不能用盡下一代的資源，唯有透過經濟，社會與環境的三者的交互作用來達到真正的人類發展的永續；

- 生態平衡：今天的急速經濟發展與快速城市，已經使得生態環境系統失衡；

- 自然保育：人口增長以及全球尺度城市化，使得原始自然幾無立錐之地，面對發展無限擴張，可保育的自然不斷縮小，自然保育只能無力的抵擋開發的壓力；

- 環保回收：強調節約與資源回收再利用來拯救環境；

- 生態規劃：更多的綠地與濕地環境。

這些觀點看似正確無誤，專業上難以反駁。我們一方面樂於見到這些綠色觀念的推展，但也驚覺，上述觀念很容易變成一種成見以及思想的籠牢，使我們深陷其中而失去反省的能力。我們需更具批判性的概念，在「永續的迷霧」中重新釐清、破除迷思，以提出另類具實踐力的方法，例如：

- 永續發展論述已成為一種陳詞濫調 (cliche)，讓人無法找到反對的理由，面對實際問題難以操作，往往容易成為合理化政策的擋箭牌；

- 生態平衡論已經成為一種迷思 (mythology)，我們在各種城市承载力 (carrying capacity)，水文系統及生態多樣性的研究中已經發現，想經由生態恢復來回歸自然的行動太過天真，系統的平衡點無可回復，系統門檻值 (system threshold) 只存在於歷史的晦暗時空軌蹟裡，而無可追尋；

- 「純粹的自然」(nature) 已不復存在，全球範圍的城市化已產生鉅型尺度的城市區域空間結構 (global mega city-region)，城市蔓延與城鄉複合體所形成的環境空間，更接近景觀生態學中的混雜地景 (hybrid landscape) 或是土地嵌合體 (land mosaics)，我們須以「第二自然」(second nature) 的觀念，來重新理解並改變傳統自然保育的對策；

- 生態城市不等同於綠色城市，生態城市規劃並非單向度的綠地規劃。生態規劃要求更多綠地及水環境固然容易獲得公眾的認同，真正的難題在於，如何面對已建成環境的艱難現實條件。

- 傳統的自然保育及環保的概念潛藏了自然與人類、自然與城市、環境與發展之間的二元對立論

(dualism)。我們必須承認，極大部分的自然都已遭到人類擾動、人為的規劃開發或管理。經濟發展與自然保育須走出二元對立命題，以新的框架及視野來理解新的現象。

上述的生態及永續城市規劃相關命題，可以用三個向度來涵蓋：

**社會需求論 (social sufficiency)**：因應成長極限觀念的挑戰，這個世代的人必須要自我節制其社會需求、改變其對能源、水、產品及土地資源等消費行為的改變，並著手減排、節能、保育等，從社會需求面來改變的觀念措施。然而我們對於能源急速成長的需求、自然資源快速枯竭以及氣候變遷等問題，已顯示出僅僅從改變社會需要滿足的行為角度雖然必要，但卻不足以解決如此迫切的問題；

**生態效率論 (ecological efficiency)**：從科技革新與環境管理觀點的觀點出發，例如清潔科技與清潔生產以及產業生態學整合發展與環境的觀點，認為永續的達成方法包含去物質化 (de-materialization) 以及輸入輸出的系統效率最佳化 (system efficiency and input and output optimization) 目標等，其背後隱含了有科技樂觀主義的思維。

**系統相容論 (ecosystems compatibility)**：涉及到生態永續的空間向度。亦即從空間模式與生態系統的相容論的觀點，提出分析、設計及政策介入的方法，均須需打破城市、產業及自然系統的邊界，藉由物質空間形式以及各種生態流動如能源流、物質流、碳足跡、水文循環、生物流動及資訊流動之間的鍵結。永續環境的衡量標準包含城市空間形式、地景模式及城市區域空間模式的環境績效評估 (performance measure)。這個新的生態城市命題，可以稱之為「第三生態」(the third ecology proposition)，據以擬定有效的規劃設計，引導城市變遷發展、產業結構重組，並重建生態網絡、物質流動以及新的人與自然關係，創造城市、產業及自然系統三者之間的共生及相容關係 (Yang, 2009a)。

第三生態命題，視設計為一種生態的介入 (design as an ecological intervention)，藉由塑造各種尺度的空間形態，來改變生態流動的方式，這正是生態城市設計的主要思維。生態城市設計不僅僅是

消極保護自然，更應是積極在現代城市空間結構中，以再生設計的手法，尋求機會嵌入有價值的生態空間元素。生態城市設計，須要整合能源流動、物質流動、水文流動、生物流動、甚至於人的流動及資訊流動在設計過程中的作用。生態化的城市，以流動生成形式 (flow generates form)。這個想法，可以對比于現代主義城市的功能生成形式 (form follows function)，或者資本主義城市房地產機制下，金融主導形式 (form follows finance) 的主流思想。

亞洲城市面對高密度及快速化的城市化與成長，發展與自然系統之間不斷衝突。我們該如何來理解這樣的空間及其變化？本文提出包含其形式、物質、流動、尺度及時間五種設計維度，來介入這個當代的條件。更準確的說，這五種設計維度，包含了空間形式的感覺經驗、城市紋理及地景結構的物質表層、生態流動及其環境效應、跨尺度複雜性、以及時間變遷管理及永續進程等空間組織原則，作為概念以及設計操作性工具，在大尺度城市環境中以規劃設計來引導城市變革 (Yang, 2010; 楊沛儒, 2010)。

## 第一維度：空間形式及經驗

城市空間形式隱含生態效應。我們須掌握城市空間的幾何形式，及其與自然系統的運作之間的關係，方能具備操作生態化城市設計的能力。下圖為生態學家直觀的空間形式分類：從鳥瞰大地的視角，人為規劃的作用產生許多直線直角或矩形的空間組織；生態的過程與作用力則以地形為平臺，催化出自然空間模式 (Forman, 1995)。這種地景生態學者的直觀，深邃透視空間形式背後的力量及過程，解密空間形式、流動與時間三者之間的相互關係。人為所營造出來的空間形式，往往對自然系統進行壓制，從生活場景中消失後，人們對自然環境的流動因而失去空間經驗與記憶。

# airiti

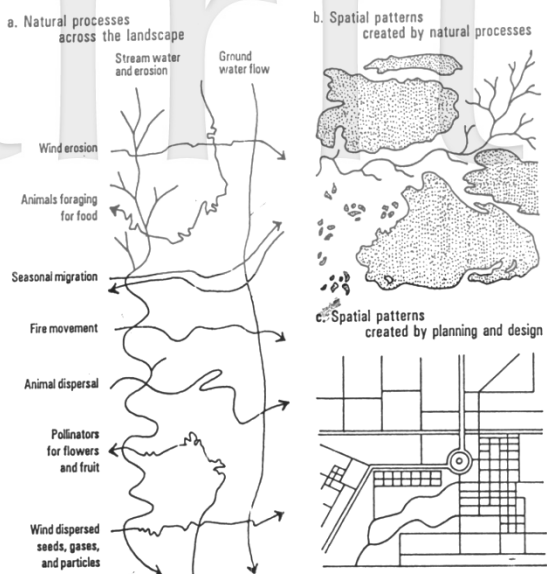
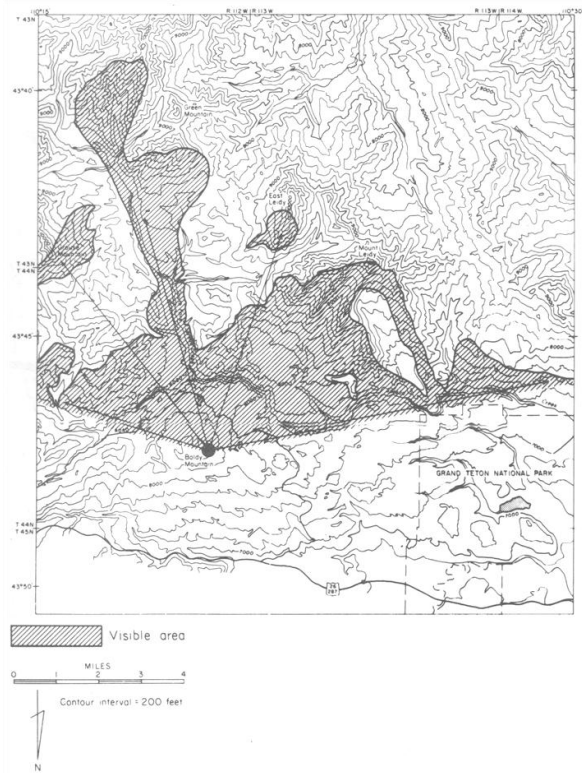


圖 1 生態學家直觀的空間形式 (Forman, 2002)

地形的重要性無與倫比，為先決因素。即使在完全人工的城市微環境與微地形中，地形決定了微氣候及地表徑流的走向。地形與微氣候之間的交互作用，在較大尺度上決定了植被、水流與土地使用及生產活動。在人類知覺尺度，地形為各種流動及視覺經驗的產生器。城市環境裡的移動與空間形式之間的交互作用結果，產生感覺經驗。早在 1976 年，麻省理工學院的 Kevin Lynch 在‘經營區域感覺品質’一書中，即已討論了城市環境的感覺經驗模式，如何形塑地方並經營區域的發展過程 (Lynch, 1976)。Lynch 所提出的視域集水區分析，測繪出從景觀視點在起伏不定的地形中的可視性範圍，預見了我們對大尺度城市環境精準分析的需要。這種方法，無法由直觀的透視圖、平面影像或動態影片所取代。

今天因數位科技的發展，我們已經可以用地理資訊系統或其他工具來操作視域集水區分析。在南京湯山設計方案的地勢分析裡，顯示了數值化地形可達到一定的高精準度，來符合我們分析各種實際課題的需求。尤其在城市環境中嵌入生態元素與系統，如動態人工濕地環境、城市滯洪池的設計及城市已開發地區的淹水模式分析等，微地形的精細度對於分析的有效性十分重要。



38 An accurate mapping of a "viewshed," the terrain visible from a major viewpoint in the Teton National Forest, Wyoming. Using this, foresters can judge the visual effect of any proposed cutting of timber.

圖 2 視域集水區分析 (Lynch, 1972)

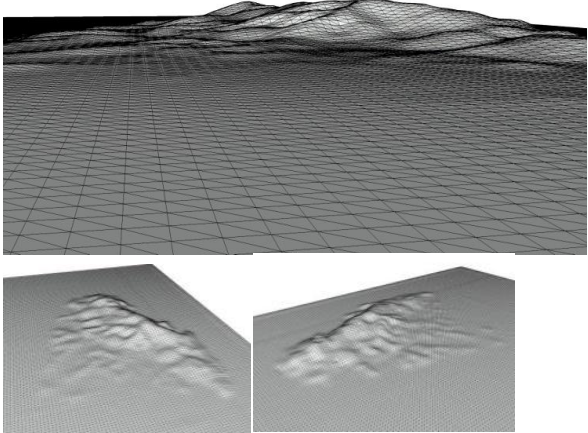


圖 3 南京湯山地勢分析的高解析度數值模型/ Perry Yang- ESD Studio + 中山大學袁奇峰工作室 (Yang, 2010)

同樣的技法，可以應用於城市格網系統所產生的環境。網格是一種彈性的城市空間發展框架。紐約曼哈頓以 70 x 200 米為標準的街廓規劃，為城市格網系統的先驅，于 1916 年發展出最早出土地使用分區管制規則。其彈性的格網系統，承載了多樣化的類型與機會，這種模式並影響了一個世紀以來無數的城區設計與發展。新加坡新都心的核心區方案及廈門馬鑾灣生態核心區方案，都謹慎考慮恰當尺度的街廓，其中一面街廓較短，形成緊湊商業街面對水岸；另一面街廓較長，以容納住區。格網系統彈性發展，鼓勵有機生成適宜的城市空間活動及品質。



圖 4 廈門馬鑾灣核心區街廓系統方案/ Perry Yang- ESD Studio + 廈門城市規劃設計院(Yang, 2010)

城市網格及街廓的三維城市即一種人工地形，同樣可以展開視域集水區的視線，測出障礙點以及視域範圍面積。三維城市做為一種人工化地形，也同時產生一種人為的生態環境及微型氣候。我們可進一步將這個分析從二維的視域集水區，拓展為真正三維的視域半球體，測算出人在城市空間中的可

視性的包被空間大小。新加坡新都心的數值地形的空間分析案例以及廈門馬鑾灣生態城核心區方案，都推算了人在城市空間中移動所能看的距離及三維視域範圍。城市與地景空間，在此被理解成為一種可視的連續性場域 (continuous field)，而非歐幾裡得幾何 (Euclidean geometry)。空間形式經驗則由人體移動與幾何之間的交互作用所產生 (Gibson, 1986)。這種分析，不同於當前盛行的空間句法 (Space syntax)，以帶有主觀性的幾何軸線來推測人類環境行為，城市空間被空間句法簡化為一種由上而下看的二維構圖，以類擬 (analogy) 來模仿科學性的分析。視域半球體三維的空間場域分析，從人類知覺經驗的角度出發 對於環境行為的預測如時間感等，有更準確的判斷 (Yang et al, 2007)。

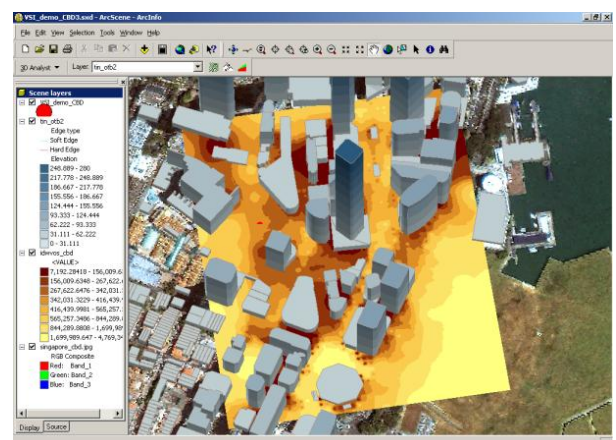
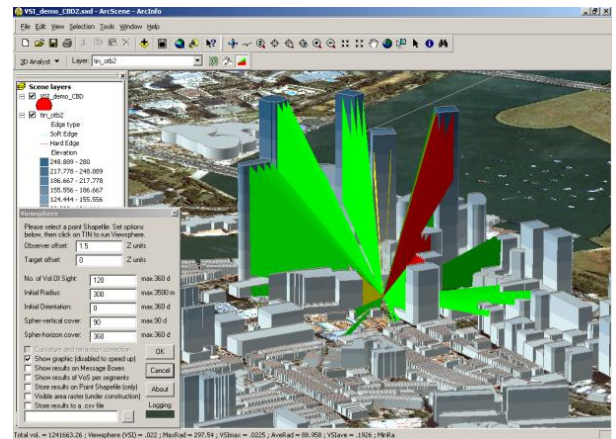


圖 5 視域半球體分析：新加坡新都心核心區街廓系統 (Yang et al 2007)

## 第二維度：物質、表層、土地嵌合體

城市空間的第二種生態面向，為地面的物質表層。在微觀的基地尺度，地表上的材質為植被、土壤、鋪面、水體、建築樓版及牆面等；在大地景觀的尺度，從衛星照片看下來，地表則有如馬賽克一般多樣化的土地嵌合體，嵌合了各種土地使用與地表係數不同的表層。從地景生態學的說法，這是任何生態及城市化的過程，都會產生的地景分異化 (landscape heterogeneity) 的現象。永續環境的經營，需要根本理解土地嵌合體的變化及其動力。

高密度城市核心區，可以視為在土地嵌合體架構中，物質流高度集中的策略性區位。城市空間正是物質流動的載體，城市化的過程中物質流動的分析、系統設計及時間管理，為永續城市環境的重要一環。特別是與全球暖化相關的城市碳流動分析，以及城市設計與發展如何採取低碳 (low carbon) 及去物質化 (dematerialization) 策略，眼前已成為眾所矚目的核心議題。近幾年，產業生態學也開始關注其物質流動的地理空間面向與效應 (Beers D V, Graedel T E 2003 & 2004; Tanikawa H et al 2002)。結合地理資訊系統及生命週期評估方法 (LCA) 來操作，新加坡城市物質流動分析，應用多層次的生命週期評估 (multi-scale LCA)，將不同尺度的城市空間階層由大至小視為主系統與次系統的關係，估算城市、地區及街廓等不同尺度空間在城市化過程中物質流動的累積存量與分佈，追蹤如鋼筋、混凝土與級配等物質，並可據以推算碳的流動及存量及其分佈。不同的土地開發的使用及空間類型產生不同的資源使用效率，在營造前的設計與規劃階段，即應考慮如何極小化物質消耗及提高生態效率的策略 (Yang, 2008)。

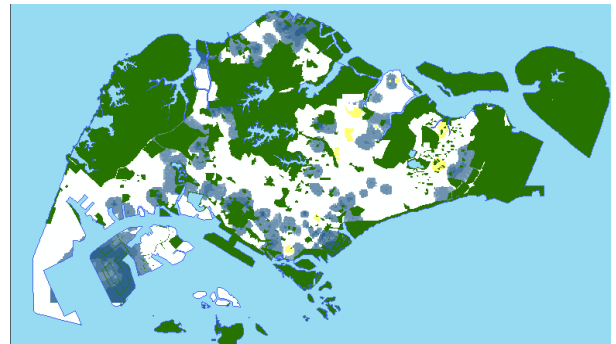
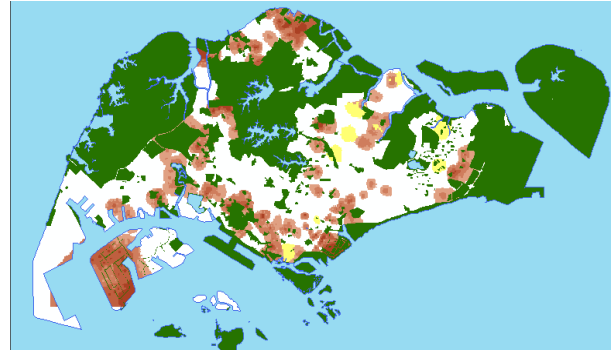


圖 6 新加坡城市化過程的混凝土及鋼筋存量與分佈 (Yang, 2008)

物質流動的分析，體現了城市化在地表上進行大尺度的空間轉型及其後果。我們究竟該如何因應這個過程，以開展永續的發展策略？城市化的物質流動其實跨越營建產業體系所生產的物質空間。城市作為一種系統，和更大範圍的產業系統及自然系統之間應有極密切的互動關係。產業生態學 (industrial ecology) 以生態系統來比擬工業生產過程，強調系統內各個主體之間，需協調整合物質、能源、水與副產品之間的再利用，以生命週期分析 (LCA) 為基礎的時間管理，來達到產業系統的共生關係 (industrial symbiosis) (Chertow, 2000)。城市的新陳代謝系統 (urban metabolism)，即類似於一種大尺度的產業生態系統 (industrial ecosystem)，以物質、能源、水的流動為基礎，創造不同系統之間的相容性，讓城市系統的流動以及與自然系統的關係產生綿密的綠色鏈結網路。

廣州南沙生態城的概念規劃，基於一種近似於「城市產業生態學」的看法，對於未來的城市成長模式提出一種願景式的推估，分析及規劃如何以各類生態流動來穿透自然、城市、產業三種系統。以系統的共生關係來定位總體策劃及擬定空間架構。



這個思維試圖走出傳統上發展與環保的二元對立模式，以一組生態基礎設施為框架，重新組織大尺度的土地嵌合空間。南沙生態城概念規劃以生態廊道、水文網路、多中心緊密城市發展網路、綠色交通網路、產業生態網路等多重網路系統疊合而成的生態

城市基礎設施，以物質、能源、水資源及副產品之間組成共生再利用的循環體系，共同組成包含生態系統、城市系統、產業系統三者之間具相容性的共生體系。

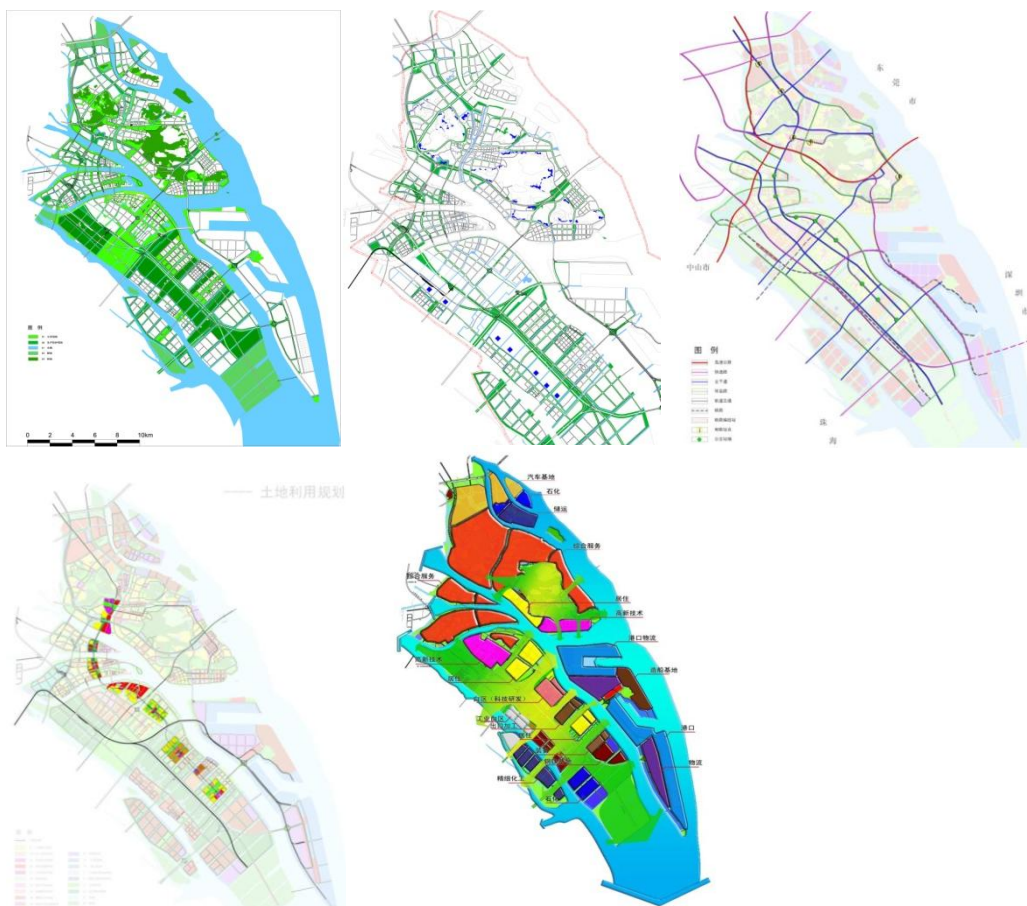


圖 7 廣州南沙生態城方案的城市、產業、自然系統共生網/Perry Yang- ESD Studio + 廣東省城鄉規劃設計院 (Yang, 2010)

這種生態系統之間的相容共生關係，也可以應用於園區尺度的城市環境。臺北植物園位於臺北老舊城區，有如在高密度城市肌裡中鑲嵌了一個生態斑塊，生物多樣化異常豐富且極限壓縮在一個範圍有限的表層，僅 13 公頃的地表卻擁有 1500 多類物種。臺北植物園的「共生自然」方案，以多層次的動線引導人的運動，讓視覺經驗穿梭於植物群落及高度不同的垂直分區之間。由熱帶植物、溫帶植物、

高冷植物、濕地環境等各類型種微環境控制植物區，組成水平面的共生網路，其間的功能性關係類似於一個微型的產業生態系統。植物園本身成為廢熱、養分、水等的迴圈再利用裝置，追求系統的優化效率。這個例子，可以看到物質表層在微觀的城市空間中，仍可設計一種系統複雜性高、重直多層化、水準網路共生的生態裝置系統。作為城市生態化的觸媒，對於老舊城區的環境發生正向的影響。

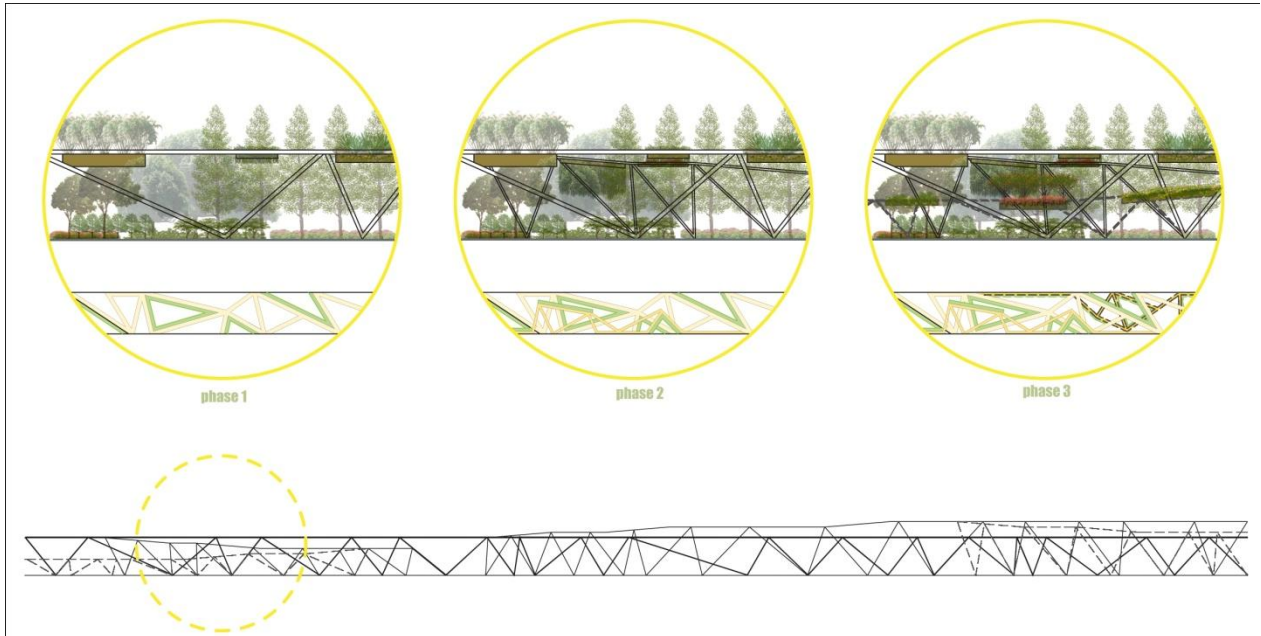


圖 8 臺北植物園「共生自然」設計/ Perry Yang- ESD Studio + Sensing Places + Tan Beng Kiang + TKC, 2006 (Yang, 2010)

物質表層除了應用於城市與地景，也能夠應用於建築與城市基礎設施空間。台南火車站更新的「城市縫合」設計方案，應用類似的垂直疊圖技巧，不斷疊加各種多層且繁複的空間，強調地面層以上及以下人行可及的空間範圍，就像一個有厚度的表層，外部環境無明確邊界，過渡空間的處理力求流暢，內部空間的豐富性結構，透過內部空間的外部化，創造宜人的微氣候環境，引入光線、微風以及

如室外般的感覺品質進入到通透性高的表層內部深處，將暗無天日的火車站地下空間轉化為如地面層般的公共空間環境。這個案例將大尺度的土地嵌合體具體而微轉化為結構複雜的城市公共空間，可以說是 2.5 維城市空間設計的類型，建築師的工作在於營造基地（construction of site），建築不再只是獨立於基地上的人造物，建築與基地無可斷然二分。

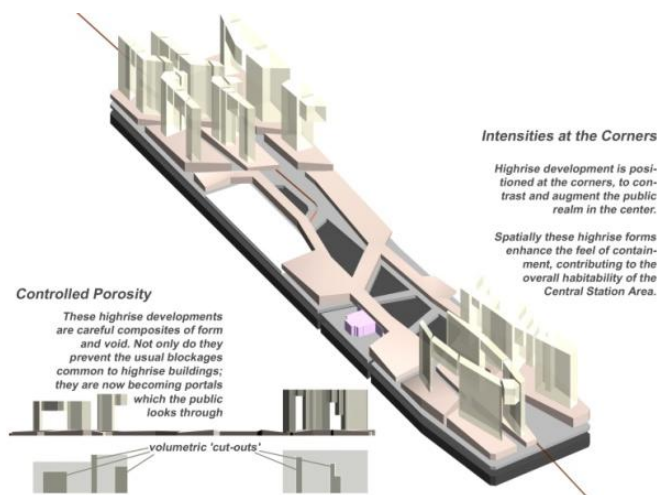
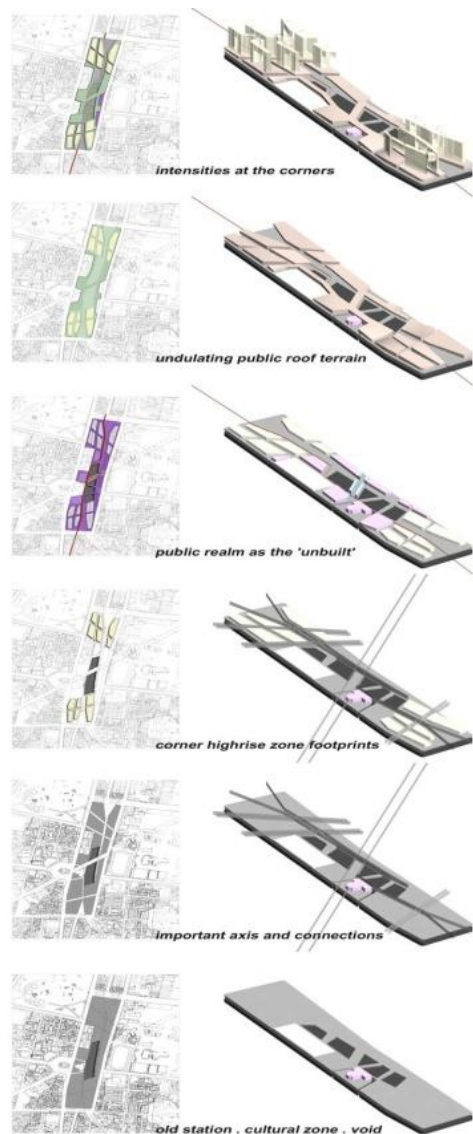
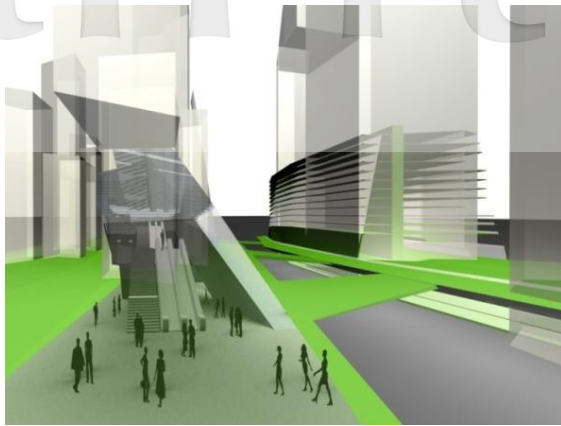


圖 9 台南火車站更新「城市縫合」方案/ Perry Yang- ESD Studio + 成功大學都市計畫系 (Yang, 2010)

### 第三維度：生態流動及環境績效的測度

上述空間形式與物質表層的豐富性結構，可以用來承載連續性的生態流動。空間與生態流動以及時間變遷之間，存在了一種動態的關係，需要進一步測度其環境績效。第三種維度，關注空間背後的生態流動及其效應。從巨觀的尺度，土地嵌合體中的水準生態流動方式，受到外在輸入能量例如太陽能輻射的垂直能源流的影響。地表上物質空間的形

式也可以決定生態系統的功能及流動模式，例如城市建造對於流動方式的改變或產生阻斷作用。相對而言，各種生態流動，包含能源、物質與碳、水、有機體、人以及資訊的流動，將橫跨各種空間尺度，並催動各類空間形態的產生，生態的流動及過程如水文變遷、植被動力、氣候變遷及自然災害的擾動等，也會對地表空間形式造成短期與長期的改變 (Forman, 1995)。

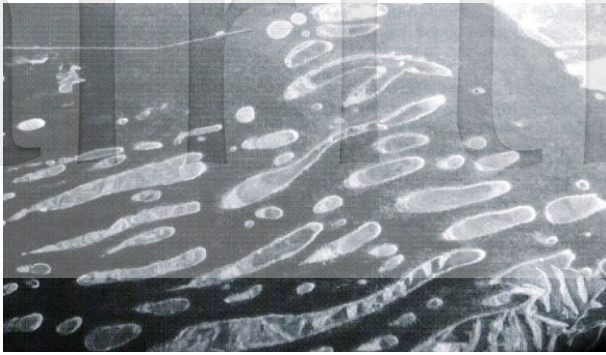


圖 10 地景模式為自然力量所催動 (Forman, 1995)

生態城市設計與傳統設計之間存在一種根本差異。生態流動如水文系統變化及生物多樣性的分佈等過程具隨機性 (stochastic)，地景模式的生成演變往往是機率產生的結果。然而城市空間設計的傳統手法，卻往往太過於決定性 (deterministic)，基礎設施的設計若未能事先考慮水準的流動網路、時間變化與系統的隨機性質，經常會以控制性的幾何的形態阻斷並壓制自然過程，而導致空間形態與生態流動之間的不相容 (incompatibility)。形態與流動關係的動態分析，將使得我們更有能力精準預測各種空間規劃設計的環境後果。

廈門馬鑾灣的生態城設計方案，探討一個看似矛盾的基本問題：高密度發展的城市核心區 CBD 能否兼具高自然度的生態品質？其生態城市形態及設計方法與傳統有何區別？馬鑾灣城市核心區位在廈門島西面對岸的河口，半島三面環水向東的河口地形環境，其生態流動模式，決定性的影響了城市設計原則及環境效應的優化策略。「生態化城市核心區」的空間形式受上述自然環境所催動的生態流動來產生，其景觀模式由馬鑾灣原有的魚塘景觀與生態系統所轉化。受到馬鑾灣河口地勢由西向東傾斜的作用，核心區城市街廓系統、建築量體配置及水網系統的規劃佈局，均考慮風流動、水文模式，以及潛在的生態流動網路的影響。

應用地景生態學理論于馬鑾灣的河口地形，城市的天空線由前景、中景與背景疊合成多層次的地景空間結構。生態城的前緣的第一層前景，為一系列的生態島嶼組成生態踏腳石系統，迎向河口形成彙聚自然環境中風流動、水流以及生物流動如鳥類移動的策略性節點；中景為核心區的高層城市商務

空間所形成的天空線，量體的切割順應東西向地勢的風流動與可視性；背景為一個具有防洪調節的功能的濕地型帶狀運動公園與生態廊道，將自然引入到城市。這個多層次生態化設計思維，結合城市環境與生物多樣性，著重于景觀空間模式及生態流動關係的處理，強調新城市環境的設計，應提供建設性與積極性的因數，以提升生態的整合度與環境品質，而不受限於傳統規劃觀念，僅僅消極避免負面的環境衝擊與影響。

馬鑾灣城市核心區的三維空間形式，除考慮地面層的視點、區內地標以及岸線內外之間的可視性關係之外，更進一步測算了天空開放度及日照量。我們將可視性推展到為天空開放度及日照量分析，在過程中針對地塊開發的密度、發展的空間類型及其可能的可視域範圍或日照量等關係加以分析，在可見的未來，太陽能科技更普及的情形下，城市即為太陽能的光電產生中心之一，有效利用城市空間表層成為太陽能接受的物質載體，是一個相當現實的課題。如何準確評估城市空間形式的密度、設計類型及環境績效之間的關係，需進一步的模擬分析，來作為生態化城市設計決策的依據。

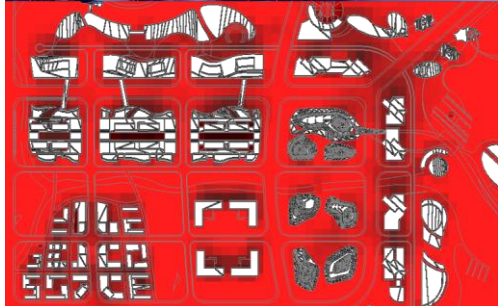
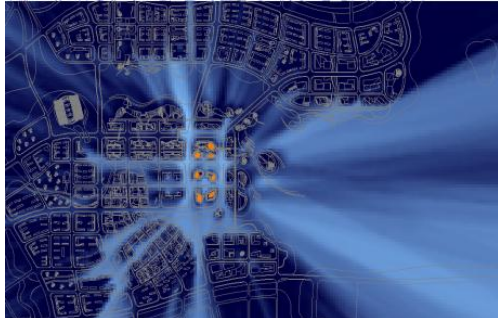
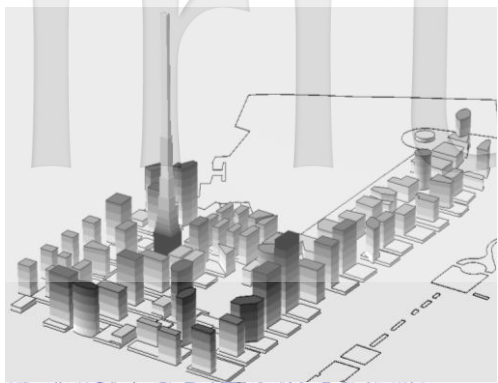


圖 11 以三維地理資訊系統分析密度、形態及環境績效的關係（上）；廈門馬鑾灣生態城核心區設計方案核心区街廓系統的可视性與日照量分析（下）/ Perry Yang- ESD Studio + 廈門城市規劃設計院 (Yang, 2010)

#### 第四維度：尺度與複雜性

上述的生態流動及其效應，橫跨區域、城市結構、地景單元到建築空間等不同的尺度。由於系統的複雜性與不可預測性，生態城市強調環境脈絡，設計必然具有跨尺度的性質。哈佛大學景觀建築系教授 Carl Steinitz 累積他多年在景觀規劃設計的教學實踐經驗，提出尺度與系統複雜度關係的分析架構：某一空間尺度的現象、過程與設計策略，不見得適用於另一種空間尺度。空間尺度愈大，其系統科學複雜性通常愈高；而空間尺度愈精細，環境

愈容易為使用者所知覺且認識 (Steinitz, 2008)。Steinitz 認為尺度大的規劃多屬防衛性、尺度小的空間才能以設計介入。這個看法雖然常見卻未必正確，生態設計之所以有別於傳統城市設計的幾何性設計，正在於其穿透各種尺度、分析並處理跨尺度生態效應的能力。Steinitz 所提出的景觀生態設計框架卻具備跨尺度的性質。若以複雜度為指標依順序逐漸由弱而強，設計方案需含括直觀描述、主題分析、垂直因數、水準網路、空間階層、時間、調適及行為等八種分析模式(Steinitz, 2008)

高雄 1-22 號碼頭水岸更新的城市設計方案，即充分發揮第一類的「直觀描述」分析模式。以多層次城市意象的疊合，描繪港灣的大尺度空間格局，及其未來發展。這種技法試圖以單一的景象塑造來傳達複雜的空間格局與變遷，包括：以加入新的帶狀線形空間結構做為前景；以極簡的城市天空線輪廓，傳達出充滿未來性的城市意象；對比于高雄港區岸線工業港口設施，並襯托出綿延不絕的城市與工業發展的肌理做為背景，表徵了第一線水岸成為城市整體更新再造的啟動器。依此重新定義高雄轉型為水岸城市，其下一階段的空間意義與社會目標。



圖 12 高雄 1-22 號碼頭水岸更新城市設計/ Perry Yang- ESD Studio + I' AUC + Epolis + EDAW Sydney (Yang, 2010)

許多現實的城市設計操作因為涉及區域政治、經濟發展與社會因素，方案的構成因素往往更為複雜，就算再高明的城市意象設計手法，也難以準確傳達多重議題及多重尺度的複雜性。廣州白鵝潭水岸城市設計的「原點復興」方案，即具有開展跨尺度互動關係的意圖。城市設計的概念，需面對大尺度區域發展及城市戰略。廣州因面對珠三角城市群的競爭關係，白鵝潭城市設計的論述，即涉及到區域內競爭與核心區中心性定位的爭論：

「廣州東進、西聯、南拓、北優的戰略，已經將廣州發展為珠三角區域的一個巨型城市。白鵝潭的城市再生，為廣州的「原點復興」計畫，將推進廣州的中調戰略，這個空間改造是一項「歷史性的計畫」(Historic Project)，須結合軸線(天河、珠江新城、電視塔、琶洲)以及原點(白鵝潭)，使廣州

的中心性除功能集中外，並具備歷史的深度與視野。我們論證，廣州需回到歷史與文化原點，重新定義在珠三角的歷史地位及區域中心性角色。白鵝潭需要多元化的創新城市空間形式，包括以「新原點」來打造城市歷史新舞臺；運用濱水岸線景觀及歷史工業資源的轉化，拉開廣州公共空間縱深；以漸進式策略來執行城市及城中村的更新與置換，在生態梯度城市設計架構之下，來逐步落實城市的更新與再生。白鵝潭的城市歷史意義需重新定義，包括租界地與歷史事件空間、珠江後航道的工業及港口遺蹟與更新、城市邊緣地區的改造等，以重新界定其城市與地景空間，改變其城市意象。新的城市地景，必須承載新的使命及任務，以超越過去社會及歷史的城市空間形式與功能」(馬向明, 楊沛儒, 2008)。



圖 13 廣州白鵝潭水岸更新「原點復興」a) 廣州市城市發展戰略的區域尺度框架(廣州市政府規劃局); b) 區域尺度生態空間框架; c) 地區尺度生態空間框架; d) 基地尺度中心區空間框架; e) 廣州白鵝潭的新城市地景/Perry Yang-ESD Studio + 廣東省城鄉規劃設計院(馬向明, 楊沛儒, 2008)

上述城市設計的論述，其空間形式的思維貫穿區域發展、城市戰略、地區生態空間結構到中心節點的城市地景意象塑造等。在設計操作上，必須以各種垂直與水準的空間圖層，以及不同尺度的概念來表達，包含從區域、城市、地區到核心的空間階層：在大區域尺度範圍，概念化其城市空間環境脈絡及策略性定位；中尺度地區範圍的生態城市空間架構，包含了各層主題分析、垂直環境因數、生態梯度分區、水準網路關係以及各項量化指標等，以構築城市的生態基礎設施；基地尺度中心區的設計，則滿足上述指標，並強調地景與城市意象的塑造；最後以時間策略來推導發展進程。上圖從區域尺度、地區尺度到基地尺度分析模式，顯示出生態基礎設施與空間框架，為生態設計各分析模式的主要依據。

城市空間的複雜度雖無法以單一的设计來落實，但卻有必要預先設定跨尺度的生態空間發展框架，從時間管理過程，來不斷來調整落實。著名的城市理論學者 Jane Jacobs 曾在她「美國大城市的生與死」一書中，反對現代主義城市的功能性規劃與發展方式，認為過度強調單一的分區功能，產生失去地方感的環境。她倡議城市應追求一種類似生命科學的「組織的複雜性」(organized complexity)，有別於許多市中心城區的「失序的複雜性」(disorganized complexity) (Jacobs, 1961)。這種有秩序且複雜度高的城市空間，是一個尺度親密且激發各種互動的空間場域，充滿各種自由的流動，其空間框架有一種秩序，容許在其中填入多樣性的使用，並能適應環境以產生各種變遷的可能性。值得注意的是，「組織的複雜性」由無限多的隨機變數與因數有機互動而成，我們只能掌握少數幾項關鍵的設計控制因數與過程，例如公共空間框架與生態基礎設施，使得系統的自我組織性 (self organization) 能在這些生態原則的規範下成長，讓豐富的多樣性從此框架中漸進發展。城市雖然有機，但人為有意識的策略性介入與經營為一種必要。

「組織的複雜性」的概念可以放大到地景及區域尺度，觀念上類似於 Forman 所說的生態整合度 (ecological integrity)。因為人類需要，必須進行生態介入來組織大尺度的人為環境，以達到近乎自然的

條件 (near natural conditions)，這些條件包括在追求生產力的需求下，同時滿足生物多樣性、水資源及避免土壤流失等方面 (Forman, 1995)。組織大尺度且具有高度複雜性的生態環境，人為介入經營同樣不可或缺。

我們比較困惑的是，「組織的複雜性」在不同尺度空間之間，究竟有何系統性關係？生態流動放置在 Jane Jacobs 所描繪的城市空間中，有何設計上的意涵？例如，高密度且有活力的城市空間能否支持生物多樣性？或者，以生態流動所產生的新城市地景，其當代文化意涵為何？我們只能憑著想像，以生態思維所產生的城市空間，將會是一種繁複的物質表層，彷彿一種豐富多彩的城市馬賽克，鑲嵌在更廣闊的大地景觀或土地嵌合體的空間框架之間。大尺度的生態廊道與生態斑塊，可以滲透浸入城市空間中，使得人流與資訊流得以和各種生態流動交錯互動，形成多層次的表層，構築出多尺度且有組織的複雜性。

跨尺度或者多尺度的生態設計任務，其實比上述僅憑烏托邦式的想像來的艱難許多，因為跨尺度的系統研究仍不多見。我們就算逐漸瞭解單體生態建築的設計、建造與評估原則，也不表示能因此推衍出生態化城市如何設計與實施。正如系統科學裡的概念，大尺度系統的效應，並不同於所有系統內部各個單元的加總。最為明顯的例子，為城市空間的熱能分析，例如亞特蘭大市大範圍的城市尺度熱島效應，可以從衛星影像的溫度資料來測得，但這個結果並不同於從微觀尺度裡，將個別建築基地尺度的日照量與地表溫度模式的效應加總。有關跨尺度的系統研究工作，仍須建築與城市設計師及生態科學技術研究人員，攜手合作來達成。

## 第五維度：時間向度、系統門檻、永續進程

空間具多重尺度與系統複雜性，也包含時間的向度 (temporal dimension)。生態設計必須處理自然系統在時間的變動過程，及其動態的不確定性 (uncertainty)。因此，如何對應時間過程的變數，比靜態的空間形式與短暫的結果更為重要。第五個維度，處理環境空間調適及變化的過程，包括生物有機體以及人類的活動，都具有環境調適以及主動創造條件的作用力。而永續環境的進程，需要設定在一到兩個世代的時間過程，可以透過生態環境管理及規劃行動來達成 (Forman, 1990)。在自然系統中，各種生態流動過程都有其時間尺度。各種生物生命週期、演替過程的時間及空間尺度具有一定關係。通常更大空間尺度的生態過程，持續較長的時間。我們在這個超大尺度，最關切的環境議題為全球氣候變遷及其相關的系統性變化。值得注意的是，擾動過程的時間及空間尺度，不論是來自自然力或是人為的擾動，其時間軸比生態過程更為壓縮。城市化過程作為一種大規模的擾動，在全球不同區域產生不同的時間速率。中國的城市化進程所產生的時間劇烈壓縮，其對系統的擾動規模與程度之巨，應為史無前例。規劃及發展對策所面對的處境也更為艱難。

因此在時間的向度上，如何監測城市化發展對自然系統的長時期擾動，並適時適地以規劃與設計介入其過程，為生態城市設計或許是最為重要的維度。以臺北生態城市規劃為例，該研究以基隆河流域近二十年的時間間距，以及 1000 到 10000 公頃左右空間尺度的集水區為研究單元，觀察其中的城市發展擾動、水文徑流比率變化及地景模式變遷的空間過程。有關臺北歷年的水患，許多看法均認為與基隆河流域中上游的開發加劇有密切關係。這個規劃研究以地景生態指標，來測度土地嵌合體空間形式的變化，作為瞭解城市發展及自然系統變遷過程的介面，發現有幾項地景生態指標與水文系統的變化具有高度的相關性，包括 10 公頃以上大型森林斑塊的數量、道路密度指標  $R_d$ 、地景分異化的均勻度指標  $E$  等與徑流比率均呈現正相關的趨勢，城市形

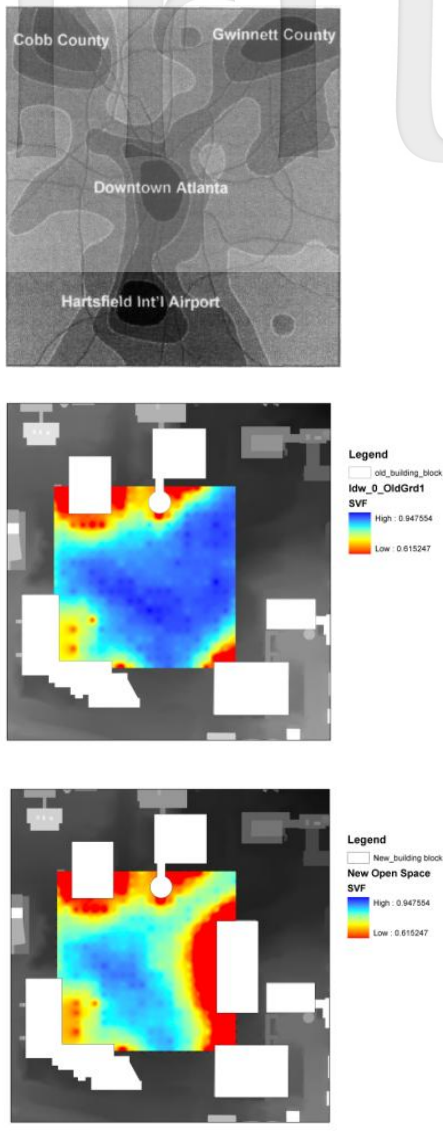


圖 14 a) 亞特蘭大市的熱島效應；b) 位於亞特蘭大市中心區的喬治亞理工校園的地表溫度模式估算：現況；c) 新建設施的環境影響 (Yang, et al, 2009b)



式的緊縮度指標  $K$  及城市形式的碎形向度指標  $D$  與  
 徑流比率則呈現負相關趨勢。

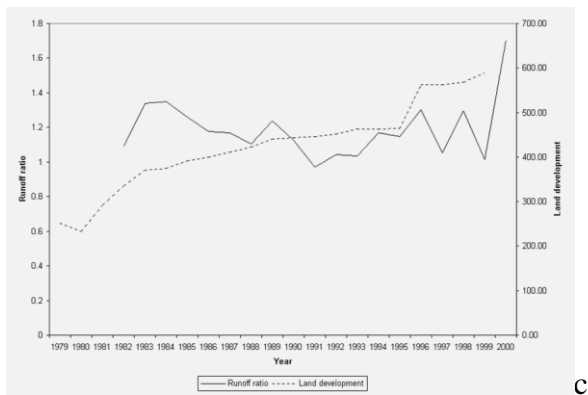
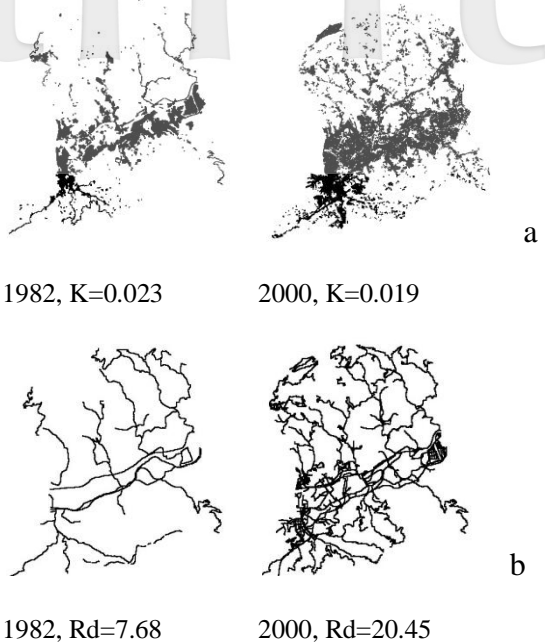


圖 15 臺北基隆河中游地區城市化擾動 a) 緊縮城市指標  
 變化；b) 道路密度變化；c) 水文效應及城市發展  
 相關性分析 (Yang, 2001)

上圖的城市發展擾動力及其水文效應的相關性  
 分析，平均徑流比率的變化從 1980-1990 的 1.23 升  
 高至 1990-1996 的 1.41。城市發展對於土地嵌合體  
 的擾動持續了約十年左右，其水文徑流比例變化似  
 乎有一「時間延遲」現象，我們懷疑水文系統變化

是否存在了一個系統門檻值？年平均徑流比率在  
 1990 年左右的驟然上升，是否代表在該時間點因開  
 發導致土地嵌合體變化超越了系統的極限門檻值，  
 水文系統業已產生不可回復 (irreversible) 或者難以  
 回復 (less reversible) 的條件？這些證據仍太過薄弱，  
 還不足以支援系統門檻值的科學問題，然而所觀察  
 到的現象變化，卻足已做為政策的指引，提供規劃  
 介入的時間策略。城市生態系統的門檻值一直以來  
 是個令人難以捉摸的課題，傳統生態學概念如「生  
 態平衡」是否存在不無疑問。許多晚近的生態系統  
 研究已傾向於認為，自然系統並無穩定的峰值  
 (climax state)，而是一種動態的平衡，隨系統的動力  
 發展過程而演替。

## 結語

上述七個城市及其九個城市設計方案的思路，  
 架構了生態城市論的設計方法所含的五個設計維  
 度，以具體可操作的城市設計策略，回應當代自然  
 與當代城市條件下，生態永續城市發展的爭議。

全球快速的城市化及日趨嚴峻的環境議題，城  
 市規劃、地景及及建築既有的觀念也繼續在接受新  
 的考驗，專業界及學院內均高度期盼能系統性的引  
 進或提出有關生態取向城市設計、再生能源城市、  
 低碳城市等新技術與觀念，從更深度的認識與系統  
 的方法，來思考並解決當前迫切的城市環境問題。

本文以 1999 年的「台北市生態城市規劃」所提  
 的架構為出發點，進一步提出「第三生態」命題，  
 從空間形式經驗、物質表層、流動績效評估、跨尺  
 度系統複雜性及時間過程永續進程等來提出生態城  
 市設計方法的五個維度，以一個更微觀、靈敏、動  
 態、策略性及空間戰術的觀點，強調生態城市設計  
 在城市再造過程中，應取得主動地位及主導性位  
 置。

本文的最後結語強調，大尺度城市地景空間規  
 劃，需結合生態流動的績效分析與創造性的設計與  
 行動。生態永續城市發展的路徑，側重於過程與機  
 制，而非僅城市地景的靜態空間形式，生態城市設

計的特殊性，在於其往往面對隨機的 (stochastic) 而非決定式的 (deterministic) 過程。空間形式的時間向度至為關鍵，大尺度城市紋理以及生態網絡的重建，有賴於小尺度的設計、城市再造與社會行動，透過漸進方式來達成。

## 參考文獻

- 王鴻楷、楊沛儒  
1999 《綠色生態城市規劃：台北市土地使用通盤檢討》 台北市：台北市政府都市發展局。
- 馬向明，楊沛儒  
2008 《廣州市白鵝潭城市設計競賽方案報告：廣東省城鄉規劃設計院+ ESD Studio》廣州市：廣州市政府規劃局。
- 楊沛儒  
2010 《生態城市主義：尺度、流動與設計》，北京：中國建築工業出版社。
- Allen, S.  
2009 Practice: Architecture Technique + Representation, Expanded Second Edition. Routledge.
- Beers, D. V., Graedel, T. E.  
2004 “The Magnitude and Spatial Distribution of In-Use Zinc Stocks in Cape Town, South Africa” , in AJEAM-RAGEE Vol 9, 18-36.
- Beers, D. V., Graedel, T. E.  
2003 The Magnitude and Spatial Distribution of In-Use Copper Stocks in Cape Town, South Africa, in South African Journal of Science 99.
- Chermayeff, S., Tzonis A.  
1971 Shape of Community: Realization of Human Potential, Penguin Books.
- Chertow, MR.  
2000 “Industrial symbiosis: literature and taxonomy.” Annual Review of Energy and the Environment 2000; 25:313 – 37.
- Forman, R. T. T.  
2002 “Horizontal Processes, Roads, Suburbs, Societal Objectives, and Landscape Ecology” in: Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications, J. Klopatek and R. Gardner (Editors), Springer Press.
- Forman, R. T.T.  
1995 Land Mosaics--The Ecology of Landscapes and Regions, Cambridge University Press.
- Gibson, J. J.,  
1986 The Ecological Approach to Visual Perception (Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ)
- Graedel, T. E. Lanzano, T., Pott, W.,  
2006 “Multiscale Life-Cycle Assessment” , Working Paper, Yale Center for Industrial Ecology. Harvey, D., 2000, Spaces of Hope, University of California Press.
- Huber, J.  
2004 New Technologies and Environmental Innovation, Edward Elgar, Northampton, MA.
- Jacobs J.  
1961 The Death and Life of Great American Cities, originally published Random House.
- Koolhaas, R.  
1995 Small, Medium, Large, Extra-Large by OMA, Koolhaas R, Mau B, The Monacelli Press.
- Lynch, K,  
1976 Managing the Sense of Regions, MIT Press, Cambridge, MA.
- Steinitz, C.  
2008 “On Scale and Complexity and the Needs for Spatial Analysis” , Working Paper,

Harvard School of Design.

Tanikawa, H., Hashimoto, S., Moriguchi, Y.,

2002 “Estimation of Material Stock in Urban Civil Infrastructure and Buildings for the Prediction of Waste Generation” in The Fifth International Conference on Ecobalance, Nov 2002, Tsukuba, Japan.

Yang, Perry P. J.

2010 “Ecological Urbanism: Five Dimensions in Design” , in Special Issue ‘Ecological Urbanism’ , WA (World Architecture), Tsinghua University, January 2010.

Yang, Perry P. J.

2009a “Questioning urban sustainability: social sufficiency, ecological efficiency and ecosystems compatibility” , Journal of Urbanism, November 2009, Vol. 2, Issue 3.

Yang, P. P. J., Putra S. Y., Li W.

2009b “Assessing Solar Availability of Urban Form Using 3D GIS” , Working Paper, Georgia Institute of Technology.

Yang, P. P. J.

2008 “Tracking Sustainable Urban Forms and Material Flows in Singapore” in World Cities and Urban Form: Fragmented, Polycentric, Sustainable? edited by Mike Jenks, Daniel Kozak and Pattaranan Takkanon, Routledge.

Yang, P. P. J., Putra S. Y., Li W.

2007 “Viewsphere: GIS-based 3D visibility analysis for urban design evaluation” in Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.34.

Yang, Perry P. J.

2001 “Ecological Effects of Metropolitan Form: A Landscape Ecological Analysis of 20 Years of Urban Sprawl in the Eastern Taipei Metropolitan Fringes” , Special Program for Urban and Regional Studies of Developing Areas, MIT, 48, 03 2001: 7-8.