



# 採用綠色雨水基礎設施將 高密度老舊社區改造成為 適應氣候變化的彈性社區 — 鎮江市江濱新村二區老小區海綿改造案例

陈 慧 / 中機國際工程設計研究院有限責任公司 副總經理

佘 年 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 教授、中機國際工程設計研究院有限責任公司 技術總監

叶向強 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 工程師

仲笑林 / 中機國際工程設計研究院有限責任公司 景觀設計師

张月恒 / 廣州大學海綿城市建設工程研究所 工程師

鎮江市是中國海綿城市第一批的試點城市之一，是 30 個試點城市中唯一的以老城區為主的示範城市。示範區 22 平方公里基本上為老舊的高密度居住區、棚戶區，以及部分商業區，地表不透水率為 83% (圖 1)。與其他的試點城市不同，鎮江市一開始就是以問題為導向，以解決內澇和水環境問題為建設目標，利用海綿城市建設的契機，將示範區內的防澇標準提高到有效應對 30 年一遇的強降雨，並將示範區內的四河一湖 (古運河、運糧河、玉帶河、虹橋港和金山湖) 的水質標準提升為地表水 III 類。



圖 1 鎮江市海綿城市建設試點範圍

鎮江市示範區位於城市的核心區域，有著名的金山寺、西津渡、北固山等千年古跡，也有以鎮江火車

站、大市口為中心的繁華商業區。但是由於近 40 年來的高速發展，人口和不透水地面的增加大大超過了基礎設施的建設速度，內澇成為市區的主要問題之一。另外四條河流上有 60 幾個排口，大多數為雨污合流制排口，雨污合流制溢流 (Combined Sewer Overflow, 簡稱 CSO) 是四河一湖的主要污染源。近年來的觀測資料顯示，示範區內有 48 處積水點，其中江濱新村二區 (以下簡稱江二社區) 是每年都會遭到不同程度的內澇，這主要是由於該社區地勢低窪，周邊為雨污合流制，雨水輸送標準僅為一年一遇，大雨時，周邊街道雨水徑流會順勢匯入社區，增加社區的雨污排放負荷，導致污水溢流到地面。圖 2 為 2015 年 6 月 29 日特大暴雨期間江二社區海綿改造前內澇的情景。



圖 2 2015 年 6 月 29 日特大暴雨期間的江二社區內滯情景

由於社區建於 1970 年代，沒有合理的規劃，基礎設施落後且破舊。社區內供水管漏損嚴重，雨水管、污水管混接普遍（圖 3）。

另外，社區沒有正規的停車場所，綠化景觀帶無人維護，常常被私家車違章停放，有些綠地甚至成為垃圾堆放場，建築物年久失修，外立面老舊脫落（圖 4）。

雖說江濱新村二區位於鎮江市的黃金地段，但由於上述原因，大部分年輕人都不願居住此地，留在社區的幾乎全是老人和孩子，而且社區內又沒有合適的休閒、娛樂及交流空間。

選擇江濱新村二區進行「海綿」改造是鎮江市的海綿城市建設的一次重大嘗試，因為這是第一次採用綠色雨水基礎設施（Green Stormwater Infrastructure，簡稱 GSI）解決老舊小區的內澇及雨污合流制溢流問題，更重要的的是，通過這個示範工程，改變人們對綠色雨水基礎設施的看法，不少人至今仍認為綠色雨水基礎設施僅僅能解決小雨問題，不能解決中到大雨的問題，將水質控制容積（Water Quality Volume，簡稱 WQv）與低沖擊開發（Low Impact Development，簡稱 LID）混為一談。因此，江濱新村二區的海綿改造對示範區內 40 多個類似小區的提升改造具有重大的指導意義。

### 改造策略

海綿城市建設在中國是一個新的概念，而社區的居民大多數是退休的低收入群體和小孩，對海綿城市的建設理念缺乏瞭解，但他們極為渴望對小區的居住條件進行改善，而對如何改善又非常敏感，因此如果採用單一目標的傳統工程手段去改造，大拆大建，勢必造成擾民及不被居民接受的局面，很難達到示範工程的效果。所以，在制定改造方案前，必須清楚瞭解居民們的訴求。通過一系列調查和分析，居民們的訴求主要分為下麵幾個方面：(1) 停車空間嚴重不足，(2)



圖 3 江濱新村二區改造前基礎設施破舊、雨水污水管道混接普遍



圖 4 江濱新村二區改造前的髒亂差

內澇嚴重，(3) 基礎設施舊損，(4) 樓體外立面老化、脫落嚴重，(5) 室外環境髒亂差，(6) 缺乏公共空間。

根據現場調查分析和綜合居民們的訴求，江濱新村二區的改造採用了海綿+的方式來完成，即海綿改造+老舊小區改造（圖5），交互設計，一同施工。海綿改造設計方案在滿足雨水控制目標一小雨不積水、大雨不內澇的同時，最大化的結合海綿設施對小區的基礎設施，如鋪裝、管網、綠地進行改造。並且，在改造中增設許多戶外交流和活動場所，以增進居民交流，體現海綿城市建設的社會人文價值。

## 方案設計

江二示範區方案設計期間，設計師進行了多次現場踏勘，因地制宜的確定雨水管理措施，方案設計過程中積極徵求居民、居委會、物業等的意見，確定最終方案，達到海綿城市建設目標的同時滿足居民生活、休憩的需要。圖6為方案設計流程。

由於海綿改造牽扯到多個學科，給排水、景觀、建築結構、水電等專業的互相配合是項目成功的關鍵。圖7為方案設計過程中的互動、交流、實驗和測試。

宅間場地是本項目最大的室外空間，也是此次設計的重點。在保證消納設計降雨調蓄量的基礎上，增加了透水鋪裝材質的室外活動空間。人性化的保留了一部分有生活氣息的居民自己設計的小花園。圖8為宅間場地的平面佈置。

雨水花園和透水鋪裝是江二社區海綿改造用得最多的工具，在方案設計中，設計師根據現場調研，將屋面雨水通過斷接處理的雨落管排入雨水花園中。場地雨水，一部分通過滲透鋪裝下滲，多餘部分形成徑流流入就近的雨水花園中。雨水花園發揮削峰調蓄、淨化雨水的作用（圖9）。



圖 5 海綿改造採用景觀+N個元素的策略



圖 6 江二示範區改造設計流程



圖 7 方案設計過程中設計人員的互動

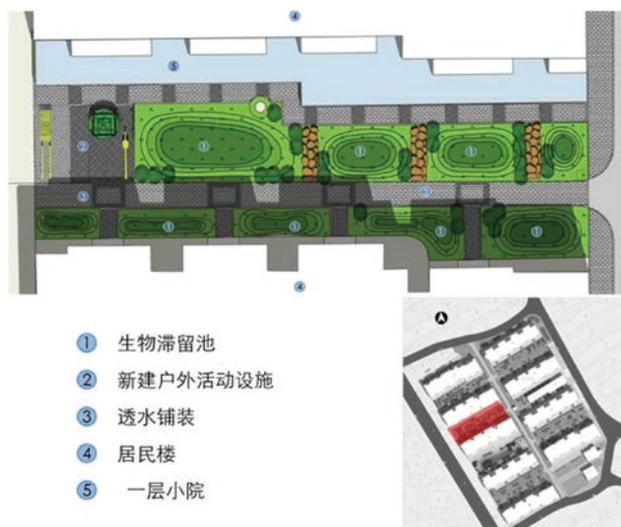


圖 8 宅間場地平面佈置圖

LID 方案的整體佈置是通過模擬計算最終確定的。設計模型採用美國 EPA 的 SWMM。設計步驟為：首先模擬改造前小區在 30 年一遇暴雨時的狀態，確定所有的積水點、積水深度和積水時間。然後模擬 LID 初始佈置後 30 年一遇暴雨時的狀態，根據模擬的積水深度、

時間對 LID 佈置進行修正和調整，直到最低的積水點在 30 年一遇暴雨的情況下，積水深度不超過 15 cm，時間不超過 30 分鐘為止。圖 10 為模型建造和模擬結果。在 30 年一遇暴雨的情況下，採用 LID 可以削減 48% 的徑流，徑流系數總改造前的 0.87 降低到 0.46。積水點由 14 個減為 7 個，溢流量從 2,600 立方米減為 62 立方米。圖 11 為改造前後積水點的模擬。

## 施工過程

### (1) 停車場施工過程

停車場、生態植草溝、調蓄池組合設計是本方案的一個特色，更好的進行雨水的「滲、滯、蓄、淨、用、排」，具體施工工程如圖 12。

### (2) 雨水花園施工過程

雨水花園嚴格按照圖紙要求進行施工，使其有效地進行雨水的滲透，並且能夠有效的去除雨水徑流中的懸浮顆粒、有機污染物等，通過合理的植物配置，給居民帶來新的景觀和視覺感受。



圖 9 小區 LID 的典型做法

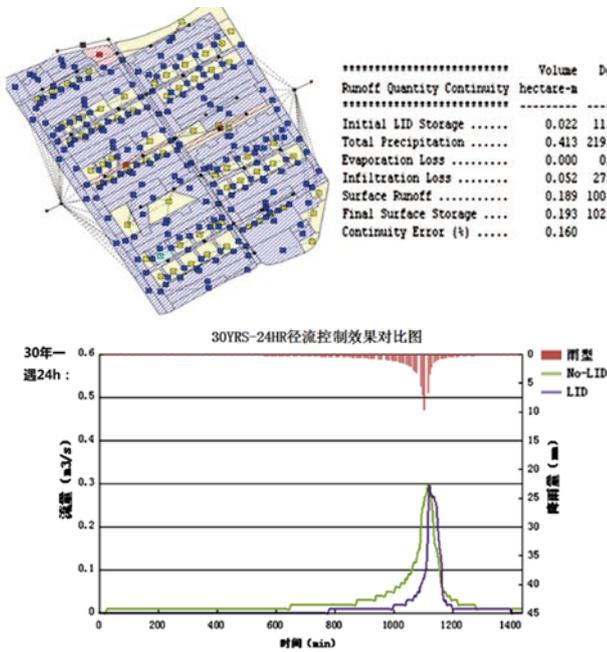


圖 10 江二社區 SWMM 模型和 30 年一遇暴雨模擬結果



圖 11 在 30YR-24HR 一遇暴雨期間改造前後積水點對比



圖 12 停車場施工過程

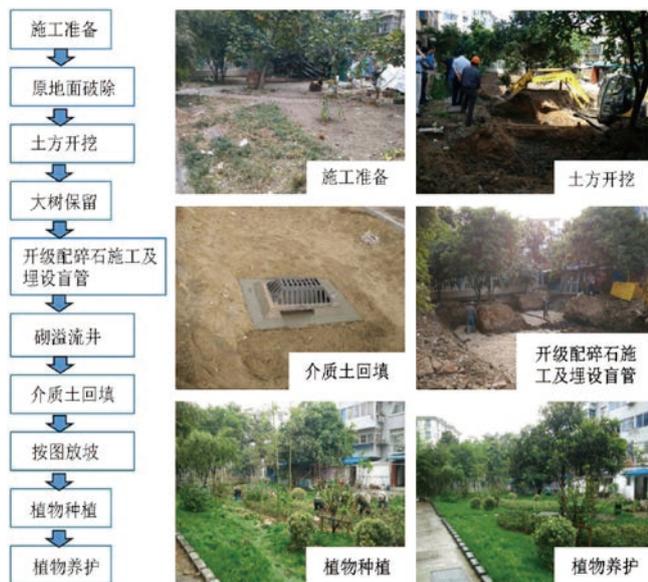


圖 13 雨水花園施工過程

## 建成效果

### (1) 建設成本

江二示範區改造主要分海綿城市改造和建築節能及建築出新改造兩大塊，其中海綿改造總投資約 305.9 萬元，建築節能改造及建築出新約 797.1 萬元。

表 1 江二示範區投資情況匯

名稱	計量單位	單價 (元)	數量	小計 (萬元)
雨水花園 (結構層)	m <sup>2</sup>	450	2741	123.3
植物景觀	m <sup>2</sup>	300	2741	82.2
透水鋪裝				
透水停車場	m <sup>2</sup>	700	600	42
透水人行道	m <sup>2</sup>	300	1062	31.9
雨水立管	m	150	712	10.7
調蓄池	m <sup>3</sup>	2500	20	5
原有現場拆除	項	3000	36	10.8
其它	建築節能改造及建築出新			797.1
合計				1103

### (2) 建成前後對比

江二示範區在 22 km<sup>2</sup> 示範區海綿改造工程中，起到了典型示範的作用，帶動周邊的居住小區進行海綿升級改造，形成老小區改造示範區。



圖 14 停車場改造前後對比



圖 15 宅間綠化改造前後對比

圖 16 改造後的航拍圖



### (3) 環境效益

2015 年小區改造完成後，至今經歷了兩次大暴雨的考驗。24 小時降雨量分別為 138 mm 和 125 mm，沒有明顯積水。



圖 17 改造前後下暴雨的狀況對比

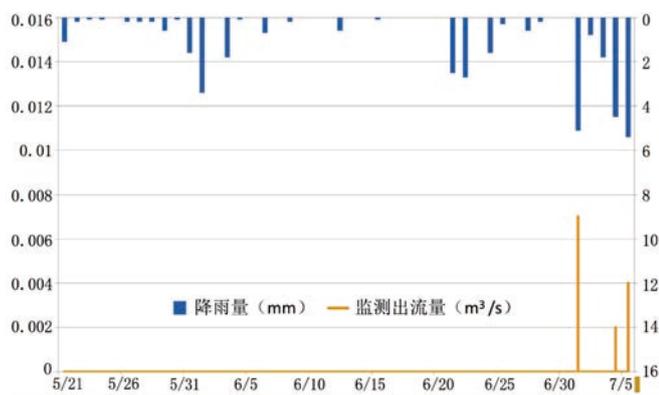


圖 18 降雨量與監測出流量統計

對鎮江市 2016 年 05 月 21 日至 2016 年 07 月 05 日（每五分鐘進行一次數據統計）降雨量進行監測，這段時間降雨深度達到了 320 mm，管網內水位和流量均接近 0，7 月 1 號、4 號、5 號當日降雨量超過 100 mm，監測站點所在排水管網里水位和流量才開始有明顯變化，說明瞭江二示範區的海綿設施發揮了應有的功能，雨水徑流得到了有效的控制。

經過兩年的監測數據顯示：95% 的雨水徑流可以在小區內就地消納；98% 的污染物被 LID 設施去除掉。

### (4) 社會效益

親民的室外空間設計：通過海綿改造，小區不僅實現了對於雨水的生態化處理，同時將破舊的小區美化、翻新，實現了新生。在設計中採用最小化介入模式，最少的介入群眾的生活，讓群眾根據自己的生活習慣決定自己周邊的室外空間。這樣同時激活了群眾的維護室外空間的積自覺性，降低管養難度。



圖 19 親民的室外空間設計與 GSI 的功能相結合



圖 20 舒適的社交場所

舒適的社交場所：環境提升的同時，吸引居民參與公共場地之中。悠閑的午後，坐在樹蔭攀談家常，走在濃陰靜靜漫步，小朋友在綠色中漫游嬉戲。

優雅的生活環境：  
我們在植物的設計上選用有季相變化的開花植物。品種選擇適應雨水花園的耐旱耐澇植物；在種植風格上採用地維護的較自由式種植；效果是居民們能夠感受四季的變化和美麗。



圖 21 優雅的生活環境



圖 22 老人和孩子的「幸福天堂」

幸福安全的活動空間：改造後小區的停車位增加了，環境改善了，年輕人也經常帶著孩子回來看望老人，孩子和老人有一種特殊的幸福感。🏡