



洪如江／臺灣大學土木工程學系名譽教授、中國土木水利工程學會會士

## 天

天，指「自然」(Nature)。

在中國，老子道德經：

『人法地，地法天，天法道，道法自然。』

對自然的了解，不只是追求土木工程與自然的和諧；而且也可以向自然學習，用於土木工程的设计之中。

荷花葉片的表面，是一種「奈米材料」，其孔隙遠小灰塵顆粒的規模，所以不受灰塵顆粒的污染，也不受水分子的附著。這是清水混凝土追求的目標。

蝴蝶翅膀，是一種奈米材料，近乎透明，自然豔麗。新世紀工程材料的目標：奈米級纖維玻璃所構築的彩色水晶宮？

青蜓翅膀，材料是奈米級；但在結構上，剛柔並濟，使得飛行時之震動處於最有利於青蜓的狀態。這對土木工程結構的動力學設計，具啟示作用。

## 工

工，指「工程科技」(Engineering Technologies)與「藝術」(Arts)。

舉例而言，英國土木工程學會(ICE, 1828)的會章，認定土木工程(Civil Engineering)是一種藝術(art)：

“The art of directing the **Great Sources of Power in Nature** for the use and convenience of man . . .”

ICE 在 1978 年大會中，某引言人建議將 1828 定義中的“the use and convenience of man”修改為：

“the protection of all life on this planet and the peaceful survival of the human race”

工程科技，包括：

- 能源科技
- 材料科技
- 資訊(包括數據)科技
- 生物科技(包括環境科技)

在現代科學與工程科技還沒有出現之前，土木工程師靠「工程經驗」與「工程判斷」，也能夠建設出傑出的工程結構，但付出極為龐大資源。

## 開

開，指「作業」(Operations)，包括「作業程序」與「作業方法」。

大規模土木工程的「作業程序」，大致如下：

- 構想與可行性研究(分析)；
- 規劃(初步規劃，定案規劃)；
- 模型試驗(例如拱壩的水工模型試驗、橋樑的風洞試驗)；
- 基本設計(功能與工程幾何型態設計)；
- 先導工程(例如長大隧道的導坑)的施作；
- 發包(包括招標、審標、決標、定約)；
- 施工及細部設計；
- 使用(或營運)；
- 除役(拆除，或復育，或回收再利用)。

土木工程「作業方法」的演進（參考圖 1 至圖 5），大致如下：

- 手工藝作業方法；
- 機械化作業方法；
- 自動化作業方法；
- 三維列印（3-D Printing）作業方法。



圖 1 手工具整地（郭清江博士攝）



圖 2 手持式氣動挖土鑽  
（資料來源：退輔會榮民森林保育事業委員會）



圖 3 推土機整地作業  
（洪如江攝）



← 圖 4 雪山隧道主坑鑽機（TBM）洞內維修中  
（洪如江攝）



圖 5 爆炸開挖  
（資料來源：台灣區國道新建工程局）



## 物（土木工程的成品） 「點」狀的土木工程

一座橋、壩、城堡、燈塔、或房屋，一片停車場、停機坪、廣場、或公園綠地，不論大小，都只能算是一個「點」狀的土木工程。參考圖 6 至圖 11。



千秋萬世的土木工程，已經屹立兩千多年了，不像兩千年內會倒塌的樣子  
圖 7 羅馬在法國南部所建的嘉德水道橋（Pont du Gard, 9BC~）全景（洪以昇攝）



圖 6 趙州橋全景，橋長 50.82 m，橋寬 9 m，主拱高長比 0.38（洪如江攝）



圖 8 美國胡佛壩，高 221 公尺，蓄水 352 億立方公尺（洪以啟攝）

圖 9 馬雅古文明的城堡金字塔，墨西哥齊泰以薩（Chichen Itza）（洪如江攝）



圖 10 古埃及酷夫（Khufu, 2589-2566BC）的大金字塔全景（洪如江攝）↑



圖 11 台灣大甲溪的德基大壩，高 180 公尺（洪如江攝）→



## 「線」形的土木工程

一條公路、機場跑道、鐵路、渠道、隧道、管溝，不論胖瘦，是「線」形的土木工程。參考圖 12 至圖 15。



圖 13 台灣高速鐵路試車中 (連永旺先生攝)

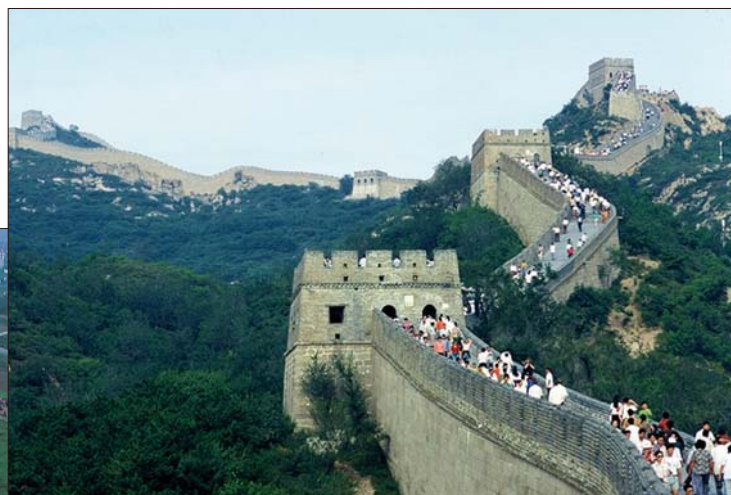


圖 12 戰略之城：中國萬里長城 (221BC-206BC 完成)  
(洪如江攝)



圖 14 台灣嘉南大圳北幹線 14k 附近渠道 2  
(嘉南農田水利會提供)

圖 15 中國南水北調穿黃(河)工程簡介看板  
(洪如江攝)

## 「二度空間」的土木工程「網絡」

組合許多點、線工程而形成一個「二度空間」的土木工程「網絡」(net work)，例如：秦始皇所建的「馳道」，羅馬之路 (Roman Roads)，嘉南大圳，許多城市的地面電車、等等工程網絡。參考圖 16 至圖 17。



圖 16 古絲路 (洪如江攝於澳門博物館)

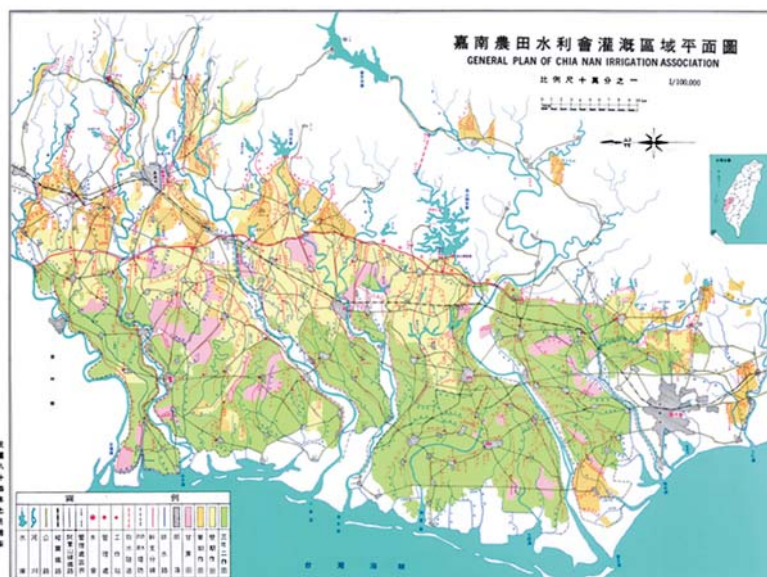


圖 17 台灣嘉南灌溉區域平面圖 (嘉南農田水利會提供)



### 「三度空間」的土木工程系統

由於「科技」與「作業」（程序及方法）的進步，開發高架空間（圖 18）、地下空間（圖 19，圖 20），甚至於水下空間。例如台北捷運網絡、台灣的高速公路網絡、歐洲與中國的高速鐵路網絡、等等，使土木工程迅速邁向「三度空間」的土木工程系統。



圖 18 台灣中山高速公路五楊段（洪如江攝）



圖 19 日本東京地下防災用存水空間（陳正興攝）



圖 20 一座大型水力發電廠房上層（洪如江攝於中國大陸長江葛州壩電廠）

### 「四度空間」的土木工程

動、植物也可以是一個土木工程的部分或全部。借動、植物之助，發展出有生命、隨時間而增強（至少，是長壽）的土木工程結構物或系統，成為「四度空間」的土木工程。參考圖 21 至圖 24。



圖 21 蛇籠在鐵線腐爛之前，藤類植物接力保護，藤條隨時間而變得更粗更強壯（洪如江攝）



圖 22 彰化海邊的磊石矮牆，以藤類植物網捆綁之，越久越強（洪如江攝）





圖 23 崩坍之路坡以植物修復保護之（台三線公路）（洪如江攝）



圖 24 美國加州桔郡的一條渠道，以植物護岸為主（洪如江攝）

宋代蔡襄（西曆 1012-1067）在泉州建洛陽橋（西曆 1053-1059）。當時並無深橋基技術，蔡襄令船夫收集帶殼牡蠣混合花崗石塊，堆積橋墩周圍。牡蠣帶殼隨時間成長，將石塊膠固。進一步閱讀，參考：『宋史蔡襄傳』：「種蠣於礎以為固」；『福建通誌』：「會蔡襄守郡，踵而成之，以蠣房散置石基，益膠固焉。」；明『王慎中記』記萬安橋：「址石所壘，蠣輒封之。」；茅以昇主編（民國 83 年）『中國古橋技術史』（明文書局出版，台北市）。

日本竹中工務店研究中心，其研究之一為多孔隙混凝土的植生（圖 25 至圖 29）。



圖 25 多孔隙混凝土作為植生之基材（洪如江攝於日本竹中工務店研究中心）

圖 26 多孔隙混凝土版的植生試驗 →（洪如江攝於日本竹中工務店研究中心）



圖 27 多孔隙混凝土版植草試驗 →（洪如江攝於日本竹中工務店研究中心）



圖 28 多孔隙混凝土版植生小灌木試驗（洪如江攝於日本竹中工務店研究中心）



圖 29 屋頂部分植生（洪如江攝於日本竹中工務店相關高樓）



## 人造環境與人性的流露

孟母三遷，替兒子找個良好的生活環境。

台北大眾捷運系統，提供一個安全及友善的人造環境，使用者自然地流露出善良的人性。參考圖 30 與圖 31。同樣的台北人，在台北街頭的表現就不一樣（圖 32）。台北正在演出一部「雙城記」（The Two Cities）的戲碼。



圖 30 台北捷運系統，提供安全及友善的人造環境，使用者自然流露出善良的人性（洪如江攝）



圖 31 台北捷運系統電車的博愛座：永遠虛位以待老弱婦孺（洪如江攝）



圖 32 台北市街頭的汽機車景觀（洪如江攝）



北歐拉普蘭（Lapland）地區的公路規劃、設計、與使用，讓野生動物也有權跑上公路（圖 33），展現眾生平等的理念。

圖 33 眾生平等的文明工程：北歐拉普蘭（Lapland）地區公路的規劃、設計、與使用，都保留野生動物上路面的權利（洪如江攝）

## 人造環境之美的力量

李仁芳教授（2015）主張：美麗風土是涵養創新的力量。

李教授以「美得如夢似幻」形容劍橋大學與牛津大學的建築與草坪（圖 34）。而大草坪間的康河之美（圖 35），也由於徐志摩的絲文而傳頌華人社會。以諾貝爾獎得主為指標，劍橋大學 91 人，Cavendish 實驗室 29 人；牛津大學也有 64 人。



圖 34 英國劍橋大學某學院及其前的大草坪與康河（洪如江攝）



圖 35 英國劍橋大學康河的優美景緻（洪如江攝）



李仁芳教授又指出，印度僅有的兩位諾貝爾物理獎得主（Raman；Chandrasekhar）與一位名震世界的數學天才（Ramanujan），都是南印度一個半徑 30 公里內小區域昆巴可南（Kumbakonam）一帶（好幾座美得驚人的寺廟）的人。

捷克布拉格的查理士橋橋面上，每天人山人海，豎立橋欄的石雕神像與橋樑之美（圖 36），固然是很大的吸引力；但是河道與兩邊河岸的自然環境及建築群，才是根本（圖 37）。



圖 36 捷克布拉格查理士橋上的雕塑、藝術家及觀光客（洪如江攝）



圖 37 捷克布拉格查理士橋所在河道與兩岸的自然環境及建築群的和諧之美（洪如江攝）

中國河北的趙州橋（圖 6），土木工程師們最想參訪的石拱橋。

美國舊金山的金門大橋（圖 38），一座最恰當的橋放在一個最恰當的自然環境之中，也是訪客最多的景點之一。

法國巴黎塞納河畔（圖 39），美而浪漫，世界文化之都的許多美之一景。



圖 38 美國舊金山的金門大橋，一座最恰當的橋放在一個最恰當的自然環境之中（洪以暎攝）



圖 39 美而浪漫的巴黎賽納河畔（王鶴翔攝）

## 參考文獻

1. 李仁芳（2015），巷弄創業家，聯經出版。
2. 洪如江（民國 95 年），「土木工程與人類文明」，中國土木水利工程學會會刊，土木水利，第 33 卷，第 1 期，第 15-28B 頁。
3. 洪如江，民國 101，「土木工程與文化」，土木水利，第 39 卷，第

2 期，第 46-64 頁。

4. 洪如江，民國 103，「城市文明躍昇的傳奇 — 台北捷運系統」，捷運系統，第 48 期，第 1-10 頁。
5. Pannell, J.P.M. (1964), An Illustrated History of Civil Engineering, Thames and Hudson, London.

