

長城專家張玉坤團隊：已完成逾四千里圖像與三維數據覆蓋

「長城，是一道高聳而綿延不斷的城牆。」作為長城研究專家，天津大學建築學院教授、博士生導師張玉坤每次看到書本、文章出現類似的描述，都感嘆長城研究工作任重道遠。「這兩萬公里是很多朝代累積建起的，從軍事作用、建築結構等方面來說，長城都不僅僅只是一道牆！」從2003年起，張玉坤帶領學生對明長城軍事聚落與防禦體系進行基础性研究，成為內地最早全系統研究長城的團隊。截止到現在，張玉坤工作室已完成了4,000多公里明長城圖像與三維數據的覆蓋，預計今年年底將完成全線數據採集、分析。

「近代以來長城研究其實一直沒斷過，但我們團隊做的不止是研究這堵牆，而是從軍事聚落和防禦體系的總體布局上去還原歷史原貌。」

●香港文匯報記者 胡永愛 深圳報道

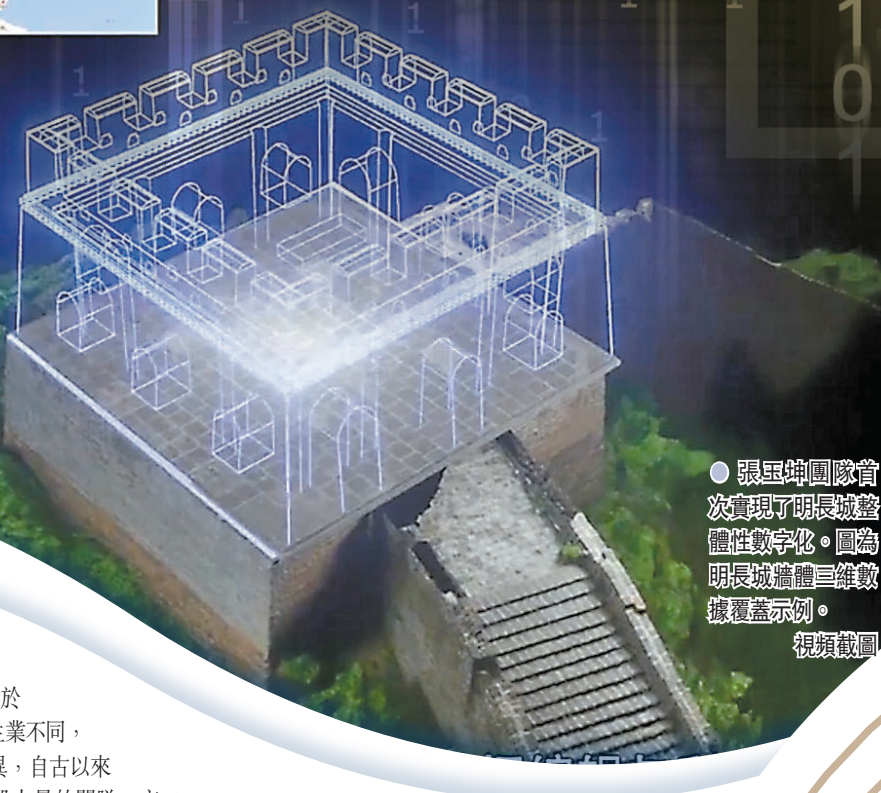
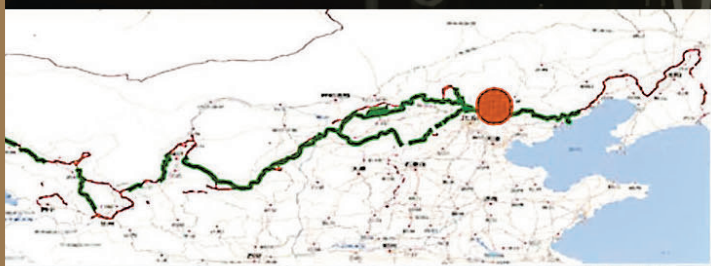


掃碼看片



●張玉坤(中)2019年在河北長城上工作。受訪者供圖

長城數字化 護好每塊磚



●張玉坤團隊首次實現了明長城整體性數字化。圖為明長城牆體三維數據覆蓋示例。視頻截圖

「長城，從來就不僅僅是一堵牆。」這句話，幾乎已經成為張玉坤的口頭禪，無論大小場合，在介紹長城時，這是他一定會傳達的概念，「它是個龐大、複雜的『巨系統』，是一條集軍事防禦和民族交融於一體的秩序帶。」

在張玉坤團隊的數據庫裏，包含有1,000多個城池(鎮、路、衛、所、堡5類)、2,000多個驛傳(驛、遞、鋪、軍站、站城、塘站6類)和2,000多個烽燧的經緯度坐標，每個城池並有32大項164小項的屬性信息。

明代以來 貿易不絕

「秩序帶的概念涉及方方面面，軍事、政治、經濟、貿易、民族和文化都包含在其中。」張玉坤解釋道，長城無疑具有重要的防禦功能，但除了軍事、

政治的因素，由於長城內外農、牧生業不同，生產生活所需各異，自古以來就在長城沿線開設大量的關隘、市口，以及輔助交通的暗門，通過朝貢、邊貿互通有無，各得其所。歷史上，漢唐之際，絲路商旅穿梭往來，明代以來，長城內外互市(互市即中國歷史上中央王朝與外國或異族之間貿易的通稱)貿易不絕，不同民族的文化交流也未因長城阻隔而中止。

從春秋戰國到明朝兩千餘年，長城歷盡戰火，像一部戰爭與和平、對抗與交融的史詩，傳誦着長城調控內外紛爭，規範邊塞秩序、祈望民族和諧的豐功偉績。歷朝歷代，漢長城、金界壕、明長城，莫不如是。張玉坤將其歸納為「拒止衝突、互通有無、各得其所、網維秩

序」。在研究基礎之上，張玉坤曾主編出版了第一部大型志志專著《中國長城志：邊鎮堡寨關隘》卷，全面介紹歷代長城軍事聚落；主編出版《六合文稿》長城聚落叢書13分冊，分朝代、分地區、分專題深入解析長城聚落體系。「我們從長城沿線的軍事聚落入手，讓研究生將明長城從遼東到甘肅分布的九個軍鎮逐個徹底搞清楚。這些不僅需要建築知識，更需要歷史、軍事、政治等多學科知識。」張玉坤說。



●張玉坤團隊2007年自製起飛架，讓航拍機在陝西航拍早期古人類遺址中使用。受訪者供圖

在 深圳今年的第三屆SICC服務創新大會上，香港文匯報記者見到了張玉坤及其研究團隊。現場，張玉坤播放了嘉峪關、八達嶺等地的數字視頻(數字視頻是對模擬視頻信號進行數字化後的產物，它是基於數字技術記錄視頻信息的)的「實況」——崇山峻嶺之上，長城的牆體、烽燧、關城等建築，甚至每一塊磚的細節都可以看清楚。這是他和團隊正在進行的「明長城全線圖像與三維數據庫建設」項目中的一個階段性成果。

曾意外發現明長城防禦古堡

2003年，張玉坤的團隊啟動國家自然科學基金項目，開始對中國北方堡寨聚落進行調研。在一次田野調查時，他們意外地發現了一些荒廢的古村古堡竟然是明長城的防禦單位之一。「很少會有人將長城地帶散落的村落、堡寨與長城聯繫在一起，但事實上，它們的存在與長城密不可分。」對長城進行長期、深入的研究後，執教建築系的張玉坤，也逐漸對長城的建築結構、軍事體系、歷史發展階段瞭如指掌。

為研究自製航拍無人機

在一張2006年拍攝的照片中，張玉坤的學生、現天津大學建築學院副教授李哲走在鄉間的土路上，雙手抱着一個明黃色、看起來像玩具一樣的「小飛機」，這便是張玉坤工作室的初代航拍機。

張玉坤的「六合建築工作室」現有十多名教授、副教授和六七十名碩博研究生，還陳列着10多台航拍機，從最初自己改裝的航模機到現在的專業航拍無人機。「2003年左右的時候，市面上還沒有商用無人機，所以我們就和航模愛好者合作，用航模來進行改裝。」張玉坤介紹。

那個年代，拍長城要克服的困難實在太多。除了把航模改裝成可拍攝的航拍機外，有些長城段處於深山老林，地面崎嶇不平，很難測量，「比如固定翼航模要起飛，就必須像飛機一樣有一段跑道加速才能飛起來，有的山區根本不具備這樣的條件，李哲當時就在我們的吉普車上安裝一個跑道，給航模提供一段平坦的滑行道。」張玉坤回憶，從前工作室的成員們為順利測量長城，想盡了各種方法，清除了很多阻礙。

另一台有着特別意義的無人機則是誕生於2009年。這一架40公斤級的渦輪軸螺旋翼無人機機身長3米，翼展2.8米，經學校內燃機國家重點實驗室的振動測試，穩定性超乎想像。有了這款「神器」，李哲帶上三維激光掃描裝置，在崎嶇山路上腳踏單兵坦克，與輕便小巧的大疆無人機協同作戰，才有了工作室現在的三維數據視頻，也才有了覆蓋4,000公里的明長城全線圖像與三維數據庫。

借助AI找到逾120處暗門

「現在，我們用最新的無人機，在長城的牆上飛三面，頂上一面，兩邊一面，就可以利用攝影測量的技術把它數字化。」張玉坤介紹，目前RS(遙感技術)、GIS(地理信息系統)、GPS(全球定位系統)、AR(增強現實技術)、大數據、人工智能等新技術幫助他們更快更好地對長城進行研究。長城上的暗門沒有受到太多的關注，歷次地面踏勘，也只記錄了三處，「因為暗門外通常有牆體作掩護，肉眼很難發現。我們團隊利用人工智能識別技術，已發現120多處暗門，效率提高了很多！」

現在，張玉坤在已有的明長城全線空間數據庫和全線圖像、三維數據庫的基礎上，定期進行圖像比對，開展長城監測預警工作。「每隔一段時間，我們會例行巡檢，如果有坍塌或裂口放大等情況發生，我們便能及時發現，就可以方便相關部門準確掌握其毀壞的位置，並及時進行修繕保護。」張玉坤表示。

「這些無人機會一直留在我們的工作室裏，有些現在還會使用，還有一些已經不用了，但它們記錄了我和學生們對長城這一路走來的特別的記憶，也見證了我們工作室『代代相傳』的長城研究，很有紀念意義。」張玉坤說。

●有時長城的地形複雜，汽車開不上去，因此張玉坤團隊常常會借助一些特別的工具，圖為用於登山的「小坦克」。受訪者供圖



憂修復不當 或造成破壞

無論是進行實地測繪，還是建立圖像數據庫，張玉坤及其團隊最終的目的是保護長城，讓這一歷史文化遺產留存地更久遠。從前，長城被認為破壞得很嚴重，長城腳下不少村落會用長城磚來蓋圍牆、蓋豬圈。隨着長城的價值被大眾所熟知後，這一現象已經逐漸消失，然而，張玉坤依然為長城的未來擔憂，因為修復的過程也可能造成破壞。

應使用原本的工藝材料

張玉坤表示，近些年國家與行業內對長城進行重點保護，一些被損壞的城牆會進行修復，「但修復效果不好的話，破壞甚至會比從前還要嚴重！」張玉坤認為，修復工作需要特別謹慎對待，應使用其原本的工藝與材料，才能保持長城的真

冀「跨界」宣揚長城文化

此外，張玉坤也希望更多社會力量能關注長城，「據我了解，像騰訊基金會曾捐贈助力長城保護與長城文化的傳播，也會把他們中秋月餅做成長城磚的形式對內宣傳長城，還會把長城的故事引入到他們的遊戲中去……這些都是很好的形式，我們也期待其他行業能與長城文化做結合，傳播我們中國的長城文化讓更多人知道。」

「長城從來就不僅是一堵牆」