

為工程大國探索混凝土奧秘

李宗津：發揮港優勢擔大樑

國家基礎設施建設一日千里，過去幾年，高速公路總長每年增加5000公里，大型橋樑工程佔世界近五成。「十三五」規劃中的重大工程如今全面鋪開，對混凝土的需求提到新的高度。在這樣的背景下，香港科技大學李宗津教授領導國家重點基礎研究發展計劃（下稱973計劃）一環境友好現代混凝土的基礎研究項目，針對國家重大工程的急需，長期研究開發混凝土增韌劑、耐久性增強劑，解決現代混凝土早期易開裂、耐久性差，服役壽命短的難題，同時探索最大限度地減少水泥用量，實現節能降耗的新途徑。

科技報國



香港英才(三)

大公報記者 胡岸、陸禮文

「過去幾年，中國平均每年每人消耗6000公斤混凝土，幾乎是世界的兩倍。我經常和學生說，將你每年消耗的所有食物和水加起來，都不及你用的混凝土多。」採訪一開始，李教授就向記者陳明了混凝土研究的利害，「國家對混凝土的用量這麼大，對它的研究必然具有重大意義。」這個當年因為國家領導人的一句「回香港就等於回國」而從美國來到香港的土木工程學家，言辭中充滿着對國家的關切，談起混凝土研究更是滔滔不絕。

2009年，李宗津教授獲國家科技部委任，成為973計劃中唯一一個混凝土研究項目的首席科學家，這亦是首次由香港科學家擔任國家973計劃首席科學家。對此，李教授表示，正是香港得天獨厚的區位優勢幫助了自己。

原來，當時東南大學一位混凝土專家常邀請李教授討論研究事宜。但無奈該專家超齡，故推薦李教授來擔任首席科學家，向科技部申請973計劃。「這是香港優勢，既可參加內地研究，也可參加海外研究，佔盡天時地利。」

納米尺度揭秘物料本質

混凝土是最主要的建築材料，李教授統計，中國人均年消耗混凝土的數量約佔世界總量的60%。但利用率低，使用壽命短亦是普遍存在的問題。

李教授解釋，混凝土作為複合材料，由膠凝材料、骨料和水適當比例配置，經過系列物理、化學反應形成。「混凝土元素很多，元素組成也很複雜，若搞不清楚，就好比研究人體沒有分清細胞和基因。」因此，李教授決定從納米尺度的最基礎點出發，去研究混凝土最本質的東西。



▲李宗津教授的研究項目旨在解決混凝土應用難題。圖為港珠澳大橋資料圖片

混凝土項目研究創新

1 破解納米尺度結構

●建立了C-S-H模型能夠同時預測納米尺度結構特性，熱動力學特性，力學特性和傳輸特性，建立了完整的混凝土納觀表徵。為從根源上理解混凝土的材料結構，從源頭調控混凝土性能提供了科學依據。

2 解決易開裂難題

●首次在世界實現了增韌劑與多功能混凝土耐久性增強劑的工業化生產與大規模應用。應用綜合性能超過國外同類材料的水平。為解決現代混凝土早期易開裂、耐久性低的問題提供了有效解決方法

3 探索服役壽命預測

●獨創非接觸阻抗測孔結構測試技術，揭示混凝土內部孔隙結構的演化規律，指導重大工程設計，解決混凝土工程壽命預測不準的難題



▲李宗津教授（左二）與該項目的科大團隊網絡圖片

李宗津簡介



香港科技大學土木工程與環境工程系教授、國家重點基礎研究發展計劃(973計劃)首席科學家、國際標準化組織71技術委員會委員、美國混凝土學會中國分會創會主席。在混凝土耐久性、高性能混凝土、纖維混凝土等領域的研究成果及專利技術達到了世界先進水平，發表了250餘篇學術論文，發明了5項技術專利，其中3項已轉化成產品。

開發新產品建大橋核電

除了對混凝土本質進行基礎研究，李教授還針對內地混凝土使用過程中出現的問題，帶領團隊創新性的提出了研發第四代混凝土的計劃。他指出，第四代混凝土一方面提高了韌性與延性，不開裂，耐久性高；另一方面還符合環保原則，減少用量，降低污染。

新一代混凝土在內地諸如京滬高鐵路、泰州大橋、崇啟大橋、田灣核電站等重大工程項目均有應用，其中泰州大橋為千米級三塔兩跨式懸索橋型，對結構材料要求極高。團隊研發的新型混凝土，成功幫助大橋解決了橋樑薄壁箱容易開裂的問題。

2013年，項目周期結束，中國工程院對成果匯報非常滿意，主動要求李教授為首的團隊再申請一次973計劃。2015年，團隊成功獲批，兩地科學家原班人馬繼續合作。第二次研究主題是延長混凝土在特殊嚴酷環境下的壽命，比如團隊現在也在參與南海一些工程項目。

第四代混凝土應用



崇啟大橋

位置：連接上海崇明區、江蘇啓東市
工程：長52公里，2011年12月通車



台山核電站

位置：廣東江門市台山市
進度：料2017年投產



田灣核電站

位置：江蘇省連雲港市
規模：4台核電機組，反應堆鋼筋混凝土牆體厚1.8米

泰州長江大橋

位置：江蘇泰州市與揚州市之間
工程：長62公里，2012年11月通車



優勢互補助助成果轉化

混凝土研究項目除了港科大，亦有東南大學、浙江大學、清華大學等內地高校的學者參與，李教授作為項目首席科學家，要負責項目統籌安排，劃分課題，安排香港科學家與內地科學家的合作。「項目共劃分5個課題，其中科大承擔第二個課題。同時為了大家更好地合作，規定材料使用統一、試驗方法統一，並建立一個相互交流的平台，一年有一次交流會。」他說，不少港科大的學者因為這次的合作與內地建立了十分密切的聯繫。

李教授稱，團隊現在仍與內地高校繼續合作第二個973計劃。與此同時，對混凝土研究成果產生了很多專利，內地有很多企業對這些技術很感興趣。李教授透露，自己將前往煙台和青島，在當地安排下和企業對接，盼產品能開花結果。他表示，香港做基礎研究具優勢，做出成果後想辦法和內地企業合作，將之變成產品，產生實實在在社會效益，這不僅是經濟效益，還向世界展示，中國不僅是混凝土大國，更是混凝土強國。

跨界設計海上風電機

李宗津教授會到深圳參與名為「風舟」的風力發電機研究。本業明明是土木工程和物料研究，為何進入「風機」研究？細問箇中原因，李教授謙稱，自己是誤打誤闖進入此領域。他表示，當時做風力發電的研究人員因想用混凝土做材料，知道自己在混凝土研究方面「算是小有名氣」，就聯繫上了。李教授根據風力發電發展瓶頸做了一些分析，想出了新的技術路線。

李教授解釋，傳統風力發電用塔座，上面支撐葉片和發電機，葉片和發電機若要提高發電效率，葉片就要增大，葉片面積擴大後，垂直重量也會增加，轉動時摩擦阻力會很大。若將風力發電塔架在海上，問題更加突出。為此，他想出一個新辦法，就是用碗形設計做基礎，利用液體浮力將之扶起，上面支撐葉片，葉片捕風推動碗形基礎，抵銷掉部分軸承負擔。李教授指，這個技術或成海上風力發電突破口，目前科大完成了初步實驗，並和內地企業簽訂了設計合同，出來的樣機效果很不錯。

電機，葉片和發電機若要提高發電效率，葉片就要增大，葉片面積擴大後，垂直重量也會增加，轉動時摩擦阻力會很大。若將風力發電塔架在海上，問題更加突出。為此，他想出一個新辦法，就是用碗形設計做基礎，利用液體浮力將之扶起，上面支撐葉片，葉片捕風推動碗形基礎，抵銷掉部分軸承負擔。李教授指，這個技術或成海上風力發電突破口，目前科大完成了初步實驗，並和內地企業簽訂了設計合同，出來的樣機效果很不錯。



▲2015年10月13日，第14屆國際水泥化學大會在北京隆重開幕 資料圖片

助國家申辦「水泥奧林匹克」

李宗津教授在混凝土界是世界級專家，不僅在研究方面成果頗豐，在對外交流方面亦有建樹，曾幫助中國成功申辦國際水泥化學大會。談及這場業界盛事，李教授仍掩飾不住興奮：「水泥化學大會相當於建築材料領域奧林匹克。過去幾代老科學家都有願望，希望這個會議在中國召開一次，藉此推動中國建築材料、水泥化學、混凝土研究的進步。可惜，幾十年申請一直沒成功。」

李教授回憶道，2011年在西班牙馬德里開大會時，中國國家建科院、中國硅酸鹽學會極為重視。大會審查委員會成員中，不少人與李教授相熟，但他們對中國國情不盡了解。李教授向他們介紹，中國每年水泥生產產量佔世界50%以上，混凝土產量也很高，是名副其實的水泥大國、混凝土大國，會議應在中國召開一次。結果，幫助中方代表團成功爭取到申辦權。

李教授還提到，當時中國硅酸鹽學會專門邀請自己加入代表團，以提高國際性；而自己也承擔起準備答辯材料、回答委員會提問，以及一些遊說工作。2015年，第十四屆大會在北京召開時，李教授做了大會主報告，他為此自豪不已。