



採大數據防污 研微生物淨水

南京大學教授張徐祥：保護綠水青山是我們的使命



● 1994年，念高中二年級的張徐祥（左）與同學在安徽的校園合影。受訪者供圖

視力曾經接近失明 怕被開除拚命讀書

今年43歲的張徐祥出生於安徽天長縣，一雙沉靜的眼眸中嵌入的卻是一對人工晶體。「小時候最痛苦的事就是眼睛看不見。」失明伴隨著張徐祥的成長，成為他求學路上最艱難的桎梏。

「念初二的時候，開始出現視物模糊，到了初三，坐在教室第三排，卻根本看不清黑板上的字。」母親帶著張徐祥去醫院檢查，才知道他患了先天性發育性白內障。

「升到高二，眼睛近乎失明，上課只能靠聽了，書上的字一個都看不見。」「很痛苦！」張徐祥說，「戴眼鏡也沒用，只能用放大鏡吃力地辨認。」

1996年夏天，一位醫生告訴他，「目前國內有兩家醫院剛剛能做你這個手術，一個在上海，一個在北京，上海是第六人民醫院。」8月，父母領着張徐祥直奔上海求醫。

「9月做了一隻眼睛，11月做了另一隻眼睛。」換上人工晶體之後，張徐祥記得，「第一隻眼睛做完了之後把紗布拿掉，我感覺這個世界色彩多麼斑斕！完全不一樣！看到東西這麼清楚，我興奮得不得了！」他說：「我那時也將近20歲了，就像個小孩一樣，見到什麼字，我都要唸一遍，告訴人家我能看到字了。」

復明後的張徐祥信心滿滿地進了複讀班，再次衝刺高考。不料，漸漸地又視力減退，醫生檢查後告訴他，因為他的身體仍在發育中，所以晶體還會受到影響，必須等到發育停止後再做治療才有效。

張徐祥只能艱難地繼續複讀。走出高考考場，「父母看到我耷拉着腦袋，說『肯定考砸了吧』。」最後，張徐祥被安徽師範大學生命科學院錄取，「我想學物理，卻陰差陽錯上了生物系。」張徐祥惋惜地說。

張徐祥說，他在大學裏「拚命地學」，用兩個放大鏡疊加着看書、看筆記，「我最害怕的是老師查出來我眼睛有問題就開除我，對吧，你不符合學習條件，你回家吧。」

「不放棄，才能有成功的可能。」張徐祥認為自己的特點是目標確定了之後，就鎖定目標，全力以赴去努力。



○ 張徐祥在南京大學實驗室工作。受訪者供圖

張徐祥給人的印象是乾淨，目光乾淨透亮，神情乾淨清明。可是在讀大學時，張徐祥因患有嚴重眼疾而視力模糊，但又不得不拚命讀書，他擔心學校因視力問題而開除他。如今，他是治理污水專家，引領着中國廢水處理技術革新和產業升級的重任。作為污染控制與資源化研究國家重點實驗室副主任、南京大學環境學院副院長，張徐祥率團隊持續15年系統研究和攻關，研發出水環境中高風險污染物識別與控制關鍵技

術，成果成功應用於50餘項生活、養殖、化工、製藥等廢水深度淨化與安全回用工程。「掌握廢水安全回用的國際話語權」是他的下一個目標。張徐祥表示，他作為核心骨幹，參加了任洪強院士領銜創建的國家技術標準創新基地（水環境技術與裝備），「把我們的環保技術引出去，融入國際標準，讓未來的國際標準以中國的環保產業技術為核心。」

● 香港文匯報記者 陳旻 南京報道

2015年12月，研究成果「水環境中高風險污染物健康危害及生物組學機理研究」獲教育部自然科學一等獎，張徐祥是第一完成人；2016年12月，研究成果「高風險污染物環境健康危害的組學識別及防控應用基礎研究」獲國家自然科學二等獎，張徐祥是第一完成人……

近15年來，張徐祥團隊開發了針對不同類型廢水處理的微生物新生態構建技術、有毒有機物定向降解複合菌劑和生物強化處理反應器，縮減了反應器啟動時間70%以上，提升有機毒物的去除率45%以上。

「我們的新成果引領着中國廢水處理技術革新和產業升級。」張徐祥團隊的研究成果應用於內地廢水治理，已實現年安全再生水量約1.1億立方米，產生直接經濟效益1.3億元人民幣，研製的新裝備、試劑盒在內地已實現規模化生產和應用。

廢水成分複雜且毒性強

「環保產業是生態文明建設的重要支撐。」張徐祥說，中國改革開放四十多年來，「發展速度太快了。」「我們用四十年完成了發達國家兩三百年的工業化進程，人口數量持續增長，城鎮化進程不斷加快，導致環境問題集中爆發，水環境、水資源、水生態問題交織。」

製藥、印染、焦化等行業排放的廢水屬於典型難降解有機廢水。張徐祥進一步解釋道，廢水的成分複雜且毒性強，醫療、生活、養殖廢水中致病菌、病毒等生物污染物繁雜，這些廢水經常規處理達標後的尾水仍具有較強毒性和蘊含高豐度生物污染物，

「被我們稱為環境高風險污染物，易引發長期性或突發性生態與健康風險。」科學認知污染物與微生物之間的複雜網絡關係成為高效、低耗、穩定生物處理的關鍵。

打開廢水生物處理系統「黑箱」

「傳統測序是Sanger測序法（學術名為雙脫氧核糖核苷酸末端終止法），這種方法是一段一段DNA進行測序，就是每段DNA擴增完才能測出來，速度極慢。」2004年，以計算機邊合成邊測序的新一代測序技術問世。張徐祥抓住這次技術革新機遇，與香港大學張彤教授合作，將新一代測序技術引入廢水生物處理領域，建立了廢水處理系統中菌群結構與功能的大通量解析新方法，可精準識別出千餘種功能微生物，打開了廢水生物處理系統的「黑箱」。

張徐祥通過提取廢水處理系統所有微生物的DNA，用新一代測序技術進行測序，以生物信息學手段將每個條帶進行組裝，把組裝後的大片段DNA與微生物基因組數據庫中的信息進行比對，「這樣便可確定廢水處理系統中的微生物種類。」

靠泡網吧掌握計算機應用

「所有的工作是在計算機上完成。」張徐祥說，實驗初始程序經常報錯，「不斷修改程序是個痛苦的過程。」不過，這對於精通計算機應用的張徐祥「感覺也沒有很難」。

「我的計算機技能是泡網吧學會的。」2001年9月，張徐祥考入南京大學環境學院攻讀博士學位。買不起電腦的張徐祥，每天就花幾元錢去網吧。人頭湧動的網吧裏，密密麻麻的電腦，

污濁的空氣混合着喧囂的打遊戲音效，張徐祥卻專注地練各種軟件，查閱英文資料和摸索着編寫程序。讀研究生的第一個學期，天天泡網吧的張徐祥掌握了計算機應用。

「生命當如一泓清流，保護綠水青山是我們的使命。」張徐祥說，「我們的成果解決了地方與企業污染治理的問題，幫企業生存下來了，我很有成就感。」

張徐祥團隊的多項科研成果在長江與太湖治理中發揮着關鍵作用。國家水體污染控制與治理科技重大專項的太湖武進港流域治理課題於2017年正式啟動，該課題由南京大學、清華大學、同濟大學、常州大學、江蘇東恒公司共同承擔，張徐祥為課題的技術負責人。

武進港為江蘇省常州地區三條主要入太湖的河道之一，分布有姚巷橋考核斷面和武進港武進工業、農業用水區，武進港江蘇緩衝區兩個水功能區，處於典型的廠村融合工農業複合重污染區（武進）。

張徐祥介紹說，針對武進港小流域工業與農村複合污染負荷高、對太湖入湖負荷貢獻大等問題，課題組重點突破基於污水深度處理生物反應器流態優化的微生物富集、複雜乳化的液相破乳分離的磁性納米粒子耦合膜分離、適應於旱雨雙季的廠村融合複合污染高效節能控制、面向工農業複合污染小流域水環境智慧監控的實時信息互聯與反饋等關鍵技術，有效改善了河段水質。

此外，「基於同位素分析與GIS的營養物溯源技術」研究成果，應用於太湖流域氮磷來源解析與污染防控；2012年，張徐祥主持了江蘇省工程諮詢中心技術諮詢項目，參與編制了江蘇省太湖流域畜禽養殖污染治理專項規劃。



● 2010年6月，張徐祥（後排右二）在香港大學校園與張彤教授課題組合影。受訪者供圖



○ 張徐祥率團隊研發出水環境中高風險污染物識別與控制關鍵技術。香港文匯報記者陳旻 攝

「香港是我的福地」

「2008年，我去香港大學做助研，半年後回到南大，從講師評上副教授。」「2010年，我再去香港大學做訪問學者，一年多後回到南大，就評上了教授。」提起香港，張徐祥特別開心地笑着說：「香港是我的福地。」

半年發表兩篇論文

2008年，張徐祥來到香港大學方漢明教授實驗室開展污水中抗生素耐藥基因水平轉移研究。「我特別懷念在香港的那段時間，可以特別清淨、專心地做一件事。」沉浸於當年在香港度過的時光，張徐祥神情柔和。「指導我的是土木工程系的張彤教授。」張徐祥說，當時香港大學的實驗室特別大，

儀器特別先進，管理特別規範，「相當於有一個很好的平台，你在上面表演，舞台搭好了，道具很齊備，你自己確定表演的節目，你只要發揮創造力，好好練好好做，都能演出好節目。」

「那些日子，我每天早上8點到實驗室，晚上12點回宿舍，除了睡覺，基本上所有時間都在實驗室裏。」愉快的回憶令張徐祥興奮，「我一點都不覺得累，因為每天都有自己的目標和計劃，每周跟導師集中討論一次，隨時與其他老師同學交流，然後繼續做實驗、分析數據。」

在香港的6個月裏，張徐祥在污水中耐藥基因水平轉移方面做出了開創性工作，發表了兩篇高水平論文，張徐祥的導師以他為例，對課題組的其他同學說，「這是你們的表率，效率非常高！」

建立全新研究方法

2010年5月，張徐祥作為訪問學者再赴香港大學

土木工程系，重點研究「污水裏究竟有多少種抗生素耐藥基因？如何控制它們？」

「我很想知道，究竟有多少種抗生素耐藥基因呢？誰是最應該被控制的？」張徐祥說，「我始終考慮這個問題，但是苦於沒有很好的方法手段。」

再次來到香港大學，張徐祥一頭扎進實驗室，每天重複着倒平板、挑菌落、劃線塗布等操作，枯燥的試驗充實着張徐祥點點滴滴的時光。圍繞「污水中耐藥基因多樣性特徵及其解析方法」課題，張彤教授向他介紹了剛剛興起的高通量測序技術，張徐祥創造性地建立全新的研究方法，不斷獲得重要突破性成果，一篇又一篇論文刊發在頂級學術期刊上。

2011年8月，帶著豐碩的學術成就，張徐祥回到南京大學，被破格晉升為教授，並加入了環境工程領域的任洪強院士團隊，開啟了技術創新與轉化應用歷程。