

2005 物理年與大師對談系列---

訪談朱校長經武

採訪/林昭吟、徐存、吳嘉鴻、彭威智

前言：十月十四日那天是個天氣微涼的晴天，香港科技大學的朱經武校長應中華民國物理學會的邀請，來台灣大學給一場演講，作為 2005 愛因斯坦年的諾貝爾演講系列之一。因為演講時間為下午二時半，學會便在早上十一時與十二時之間安排了一個訪談。希望藉由朱校長在實踐他學術研究與教育理想的一些經驗分享，讓國內年輕學者更能從這位既是科學大師也是教育行政長官的前輩身上，學習到做大事的格局與氣度。以下即為當天的訪談內容。

Q1：十多年前，高溫超導在您的領導下有了突破性的發現，但目前似乎又碰到一些瓶頸，不知您對目前的超導研究的方向有何看法，又您是否能預測下一世代的室溫超導體可能會是什麼材料？

朱校長：我想過去 18 年來在高溫超導研究上面，一般來講，它的進步是相當驚人的。只是不像當初那樣受到社會的注目，因為當時社會是以為很快就可以有成品產生。我還記得，當年有教授、科學家及工業界的同事們對我說，希望很快的幾年內就可以到店裡面去買高溫超導線回家用。結果這個預言沒能實現，所以人們對高溫超導體就稍微冷漠一點了。但是科學家們對它的興趣沒有退減。他們的研究工作首先是找一個理論，知道高溫超導發生的機制。然後，希望能夠改進現在的材料，而在應用上面能夠更方便一些。另外一方面，是希望能夠提升超導的溫度，所以大家一直還是朝這個方向努力。更重要的一點（也許不應該講更重要），那就是大家希望能將它商品化。其實，現在有很多高溫超導的器件已經造成了，很多實驗都證明了它們的優越性，但是製造的費用

高了一點，所以成品化還不實際。另外是低溫操作，在人們的心理還有些障礙，使得這些器件無法真正實用化。那怎麼能夠突破這些瓶頸，然後把它用到商品化上面去？對在這一行裡面的科學家及工程師，這是一個很大的挑戰。至於剛剛說到室溫超導應該到哪裡找？我相信、而且有很多同事也相信，在目前來講是沒有道理得不到室溫超導體的。前一陣子的時候，Schrieffer（註：指佛羅理達州立大學的 J.R. Schrieffer 教授）發表了一個理論，說是應該可以將超導溫度提升到幾千度。當然，這希望是否能夠實現還是未知，因為達到幾千度的時候很多材料都已經熔化了。我當時問他是不是在熔化成液態的時候也可以得到超導，他說看不出來為什麼不能。我希望他是對的。他當時在專利局也申請了一個材料，他說這個材料應該可以產生超導性。但是很不幸的，我們照著去做了，但現在還沒看到超導在這材料裡面。那麼，的確確應該在哪找？我也不知道。假如我知道的話，我現在應該在實驗室而不應該在外面給演講。不過，我對高溫超導的獲得還是充滿信心的，而且我相信現在大家除了在已存在的氧化物裡面繼續去找，應該要對其他的材料系統也要研究。不僅僅用傳統的方法去製作，我們也希望能用很多不同傳統的技術去找。而且，不僅僅只看傳統材料，也應該在非傳統的材料裡找。

Q2：您從高溫超導的研究，漸漸也跨到奈米科技的領域，而奈米科技的研究日新月異，您認為目前最大的挑戰是什麼？

朱校長：其實奈米只是一個尺寸問題，一個尺寸很小、很短的量測單位。奈米自古以來就已經存在，只

不過奈米尺寸很小，早期的技術是沒辦法控制它的。現在的奈米科學是可以利用精密科學的方法控制它，這是它突破的地方。最近我的研究也牽涉到奈米的材料。我總是覺得在投入一個新領域的時候，把以前的東西忘掉是一個方法。但是，在以前已經累積的知識上面再引進新的技術也是另外一個方法。我們的實驗小組基本上是這樣做的，希望把奈米帶到超導，也希望把超導研究帶到奈米。這個研究主題就跟我今天下午的報告有關係，就是負的介電常數。其實向這個方向走的目的之一就是希望能夠找到更高的超導溫度。其中的原因是這樣的，我們都知道電子是互相排斥的，但是把電子放在一個負的介電常數的環境裡面它們是相吸的。Cooper 曾預言過假如電子之間有相吸作用，它應該成配對。那麼我們也知道，電子成配對時，應該有超導，那我們在負的介電常數的環境裡找室溫超導體不是很好的方法嗎？當然講來是很簡單，但是下面一個問題是去哪去找這個材料？第二個難題是，根據以前的很多理論，負的介電常數是不可能發生的，特別是在頻率變零的時候。例如在 1960 年的時候，Landau 已經說過不可能有負的介電常數的。但是在 1966 年的時候，Pines 跟 Norzeran 卻說其實可以有負的介電常數的。接著在 1967 年的時候，Martin 也出來說是可以，但是裡面有個問題，就是不穩定性。意思就是說在負電介子裡，電子會互相吸引，但它馬上就崩潰。而且要維持它平衡的時候，它馬上就會有電荷密度波(charge density wave)的產生。之後又有很多人討論這個問題，有的人說可以，有的人說不可以。所以在這種眾說紛紜之下，實驗物理學家們就直接作實驗。我們認為在奈米尺度的材料裡是很有可能找到負介電常數的，因為這種材料的低頻介電常數常顯異象。結果，我們在奈米材料裡面看到了負介電常數，但是要加一個電場才能夠產生。我們的發現有很多的暗示(implications)，包括了超導及被稱為左旋的材料(left-hand material)的可能性，這個材料在

微波上面的應用是非常重要的。但是到底是什麼，我們還不知道。因為這樣的系統非常複雜，要分析它很困難。所以，我們現在希望能夠按照現在做的實驗加以改進，做一個很簡單、可以控制的系統，慢慢地去研討它是什麼機制。

Q3: 台灣電子業的發展吸引了最優秀的學生，因此優秀的學生對於物理或基礎科學相對地較不重視，以您現在身為香港科技大學校長的身份，您對台灣的年輕學子有何建議，又您對政府獎勵學生做研究的政策有何建議？

朱校長: 其實香港面臨的問題比台灣還嚴重，因為香港是個商業性的社會，所以大家畢業後就希望進入商界工作，例如銀行、保險公司之類的地方。也正因如此，我們的香港科技大學，它的商學院是亞洲第一的。譬如，去年有從商學院環球商業課程畢業的學生，畢業後一個月的薪水就有港幣 68,000，這是很高的薪水，自然有很大的吸引力。所以相對的，想要踏上科學之路的人就少了，這在香港是很嚴重的問題。香港也知道它想維持競爭力的話就要從高附加價值的地方著手，即使是服務業也會牽涉到高技術的方面，比如說電腦這類工具。我們學校也希望在這裡扮演重要的角色。最近微軟(Microsoft)公司跟中國教育部合作，計畫建立五所重點實驗室，其中有四所在大陸，而唯一在大陸境外的就在香港科技大學。其實我們跟微軟公司有很深的關係，最近有些微軟公司的朋友想在我們學校建立資訊研究中心，去引進印度及以色列的專家來合作。所以，我們在這方面持續有培訓的計畫。而且我們也教育香港的年輕人，他們的眼光不能只放在香港，應該要放在大陸，甚至到全世界，所以回到物理方面來講的話，特別是台灣，最近學校也招收到很不錯的學生。再提電子業，它到某一個地步，需要再上一層樓的話，一定要有新的突破，而新的突破完全是靠高科技。我希望、也相信，台灣的政府能夠給予學校跟研究所更多的資源，讓他們好好

地做研究；但是同時應該幫這些學生規劃好他們畢業離開研究室之後的下一步應該怎麼走，而這點是很重要的。我們都知道，醫學院招學生從來沒有過問題，原因是它的畢業生待遇很好，所以大家都不用考慮這方面問題。我想現在基礎科學面對的是，學生畢業之後下一步要怎麼走。爲了整個國家跟社會的將來，我想政府應該要注意到這個問題。第一個做法是提供更多資源給研究機構；而第二個是製造一個環境讓有志於科學研究的同學及老師們都能有很好的生活。假如生活能變好，大家就會想去從事相關行業。因爲我個人有過這種經驗，在六零年代那個時候讀物理，學校不需要特別招生，大家就搶著去讀，原因是畢業後前途很光明。所以，我想應該這兩方面都要去做。另外，我覺得很重要的一點是，學生選科系都要照興趣去選，尤其是在做科學研究的時候。做科學研究，興趣是無窮的，因爲我常覺得能夠有新的發現，這會是人生最大的樂趣。如果做研究還能夠有很好的生活的話，那就是別人付錢給你，讓你做你的嗜好，這種生活是很好的，別行找不到的。

Q4：台灣政府單位五年五百億的「邁向頂尖大學」計畫，不知您有聽過嗎？目前是分給了十二個學校，最多能取得經費的是台灣大學 30 億，但相對於韓國、大陸的集中資源於一校，院士您對於我們政府的政策走向有何看法，是否能給我們一些建議？

朱校長：政府出錢幫助學校發展是好事。這在很多國家都是少見的，但是重點是要怎麼使用這筆錢，使得分工有最大的效益。若是分散了的話效果就不好了。台大是綜合性的大學，有他的優勢及環境，擁有最多的資源也是應該的，它具備了成爲頂尖大學的條件。而清華、交大也擁有一些頂尖的學系，所以亦該分配到資源。而成功大學長期對台灣的工業界有很大的貢獻，也是一所綜合性的大學，目前也正在轉換腳步中，再配合南北均

衡的考量，也應擁有足夠的資源及經費。這五年五百億的計畫相當值得推崇，最好是五年後再有五年五百億的計畫，甚至更多。教育是長遠的，必須投入更多的心力。因此，在五年之後，經費不但要繼續延續，甚至應該是增加經費，這樣才能夠幫助台灣的科技發展及經濟提升。

Q5：兩岸三地的科技或學術競爭逐漸增加，皆想擁有世界百大的一流大學，您認爲台灣、香港、大陸各擁有什麼樣的優勢，又可能各在哪一領域有突破性的發展，領先於全世界？若然願意合作，應該如何執行？

朱校長：我會到香港去接受科技大學校長這份工作的主要目的之一是促進兩岸三地的合作。大陸的優點是人才多。台灣這幾年競爭力後退，而大陸則逐年上升。香港是一個國際化的城市，擁有最健全的法律制度及經濟規模。商業的活動相當豐盛是香港的優勢。因此，香港的優點是具國際化並且有人才及無阻的信息交流。以香港科大爲例，每年有 20% 的外國學生以及大陸優秀的學生加入，再加上學生在每年的寒暑假都有機會到國外及大陸去實習，這期間的學術交流是很頻繁的。台灣要提升學術交流要配合推動國際化。一些細節，例如：路牌的英文標示或是警衛的英文能力及校園內的英語環境都應該改善。相對於台灣，香港在國際化方面就強了很多。以香港科技大學爲例，我們的教授就有約 1/4 爲非華裔，學校以英語授課，最近也陸續從大陸和印尼吸收優秀的學生。在學期間更提供學生一年至美國交換學生的機會。而在它的商學院部分，排名是亞洲第一，也跟美國西北大學有合作關係。而大陸由於地大人多，由統計學的觀點來看，能進入大學的優秀學生的素質應該是最好的。現在香港科技大學的教授來自於 27 個國家，學生來自於 40 個國家。

Q6：大陸前兩天發射了神六太空船，顯見大陸這方面領域的研究在兩岸三地有明顯的優勢，那香港及台灣能在這方面領域跟大陸合作嗎？

朱校長：大陸在航天工程發展的速度很快。目前全球只有 3 個國家有能力送人上外太空，美國、蘇聯和大陸。其中能夠在發射衛星兩年後就再發射太空船的是大陸，這種速度更是無人能及的。大陸在航空業上發展很快乃在於人才與資源集中的優點。至於台灣跟香港如何可以跟大陸進行合作？舉例說明，香港現在已經有研究人員到大陸的太空艙裡去進行研究。這是很好的交流，香港本身是沒有能力去發展太空計畫的，但是可以藉著學術交流來合作，我相信，大陸是很歡迎台灣去合作的。

Q7：您與香港科技大學的合約明年將屆滿，若然台灣的中研院邀請您回來幫助台灣的科技研究，您願意回來嗎？

朱校長：我和科技大學一開始的時候合約是要簽 5 年，但是我覺得 3 年就可以了。後來因為一些事情的繼續進行，所以延續到 5 年。先前我們在香港科技大學推出了一個 15 年的策略計畫，而且也得到社會及政府的認同，因此不確定是否會繼續留任。舉例說明：目前我正在籌辦一個高等研究院，裡面的顧問委員會囊括多位諾貝爾獎得主，我們也在物色世界一流學者來擔任常任教授。若是他們答應要加入這個高等研究院，我相信它會引起全球的注意。這個研究院的地點就在香港科技大學的後山上，以前邵氏電影場的地點。現在這片土地已經歸還給香港科技大學，我就是在這座小山上看到有小島與海的美景的同時，而得到這個想法。除了給邀請來的大師很好的環境之外，也給他們很大的自由度，讓他們與同事、學生相互切磋，主要目標是要致力於基礎及應用科技的發展。另外，在珠江三角洲旁新設的園區目前是科技發展的重鎮，已經有很多有名的外商公司進駐這個地方。而香港科技大學由企業家出資 3 億港元，在這個地方設立研究院。就近來支援工業界對人才的需要，並同時支援公司職員的培訓。培養一些兼具科技知識與管理概念的學生。

畢竟不是每個人都想做純科學的研究。在這些計畫推動時，我想把它做到一定程度，然後讓別人去完成。而就如我以前所說，雖然我現在是美國籍，出生在中國，但我把台灣當成故鄉。所以只要有機會，一定會回來盡一份自己的力量。我之前說過，退休後想回台灣開一家幼稚園。我認為科學的發展最後目的也是要服務人群。目前香港科大發展最好的研究領域是科學、工程、商學。因此，我們會在科大成立創意科技管理(*innovative technology management*)學院。除此之外，未來還會成立大學部的人文科系，朝著科技與人文結合的方向前進。

Q8：您在之前的採訪中提過已過世的岳父陳省身大師，大師提到「兒孫自有兒孫福，不要太為孩子們操心，加太多壓力反而是個負擔」，而您也補充說「印象最深的是他對我說過的話：一定要自己感興趣才做，不要因為人家沒興趣就不去做。他也跟我們說，做事情假如有信心，就一直去做，要執著」。而您的小孩一個學醫、一個學建築，您當初曾經建議他們走跟您一樣學術研究這條路嗎？

朱校長：我的女兒因為曾經在中學的時候做過地理相關的專題研究，她認為這應該就是她的興趣。因此，大一開始就選讀地球物理系。後來發現那並不是她的興趣所在，轉而唸 *integral biology*。後來又發現 *integral biology* 不夠深入，不是她所想要的，所以又轉讀生化(*biochemistry*)。她就跟我講，讀完這個之後，最後可能是去當醫生的超級博士後。因此她想了想就改唸醫生。可見美國的教育制度多麼有彈性，她在大學期間換了這麼多的領域，還是在 4 年的期間內就畢業了。這樣的彈性制度正是美國教育的優勢。關於兒子的學習，他在十六歲時便申請到了 Cooper Union (註：美國以建築著名的一所大學)。但經過跟父母的商量，怕心智還未成熟，太早的決定可能會影響以後的人生。因此，我們帶他去跟建築大師貝聿銘

面談，瞭解到走這條路是必須專心一致的。在全面考量之後，決定去 Berkeley 學土木工程，也算是先做預備的學習及瞭解。而在畢業之後，他依然決定走建築這條路。目前是哈佛大學建築系的研究生，這兩年陸續主動申請巴黎及北京的暑期工讀機會，也很被欣賞及重視，學習到相當多的經驗。如同我的岳父所說的「兒孫自有兒孫福，不要太為孩子們操心」。學習是要有興趣的，若孩子們有積極進取的態度，應該給予最多的支持。

Q9：您在多年從事研究當中，是否願意跟我們分享您曾經遇過的最大挫折及最開心的事情？

朱校長：我的老師是超導界的巨擘（註：指 M. B. Matthias），當然他在磁學以及其他的領域也有極高的研究成果。在我剛到貝爾實驗室的時候，他告訴我說，「你看這裡面有上千種的材料，都是美國在二次世界大戰期間所製造出來的單晶材料。我只研究了幾種就有這樣的發現。如果你多試幾種，會有多麼令人驚奇的發現。」但是我試了幾百種的材料，結果都沒有發現任何的鐵電現象。但是在這段期間的研究奠定了我日後在高溫超導上的成就，也增加了我對鐵電氧化物的認識。有一篇文章說要製造出高溫超導最好用濕化學(wet chemistry)的方法，固態(solid state)的方法不可能成功。我那時候就覺得不一定，後來實驗的結果證明固態的方法也可以。最重要的是態度，要正面面對事情。我媽媽曾經對我說過一句話：「跌倒了也要在手裡抓回一把沙。」這句話在被 Readers' Digest 雜誌訪談的時候我曾經說過，後來被當成俚語登在雜誌上，並且還寄給我 160 美金當稿酬。我一生最高興的時候應是在 1986 年，那時發現超導體的轉換溫度高於理論估計值。1986 年，我擔任美國國科會的兼差職務時，瞭解到政府考量這些年在超導領域裡的經費投資已經相當多，卻沒有突破性的發展。且理論學家亦預期超導溫度不會有超過 30 多度 K 的可能性，因此政府預計削減這類研究的經費。那時就趕緊跟

NASA（註：美國太空總署的縮寫）申請到了 100 多萬的預算去作太空材料製造的研究，若然政府切斷了經費來源，亦可以利用這方面的部分補助來繼續超導的研究。也曾跟我的內人說，若這三年無法再有突破就轉行。在 1980 年有一次會議後前往芝加哥機場的路程上，我就跟我的老師說，我覺得高溫超導一定是氧化物。到了 1986 的 11 月就在感恩節那天，發現了混合相鑷鉕銅氧 (La-Ba-Cu-O) 的氧化物的超導的轉換溫度可以大到 70K，但是它很不穩定。之後，我們用高壓技術把鑷鉕銅氧的轉變溫度由 30K 提升到 40K，這是突破理論的重大實驗成果，因為 BCS 理論預測超導轉換溫度只能到 30K，因此我們將結果發表在 PRL(Physical Review Letters)。過年前，New York Time 的記者打電話來訪問。隔天我內人去買報紙來看，從最後一頁開始找，但是都找不到。一直到最前一頁，才發現我們的報導被刊在封面。一開始，我只想到較不知名的學校去演講，因為休士頓大學也是一個較不知名的學校。後來我朋友說這樣不行，所以我才到知名大學去演講。在 Harvard 的演講過程中因為實驗室一直有新的發現，所以我的演講稿是一直在改的。記得在費城 Drexel 大學演講時，當我演講到超導轉換溫度已達到 90K 的時候，剛好打雷閃電，隔天報紙刊登這消息時，寫道連上天也在為我高興。在這一切開始的時候，也就是 1986 年底，我們想把初步結果在 1987 年 3 月的 APS meeting（美國物理年會）發表，本來要發表一篇 contributed paper（註：指自行投稿之論文），但是因為摘要的字數超過了半行所以沒被接受。後來我打電話給一位凝態物理學會的主席，他就是那位預測「當氫作成金屬的時候就可以變成室溫超導體」的學者。他一直對超導有很大的興趣。我跟他提到當時高溫超導的最新發展並建議去組織一個超導相關的議程，他要我等一下，說是要跟其他的會員討論一下，在當天的晚上之前一定會回我電話。結果，3 個小時之後他就打電話給我，告訴我說，

我的提議通過了。在那段期間，實驗室裡每天都有新的發現，且我又要準備演講，每天睡不到 3 個小時。有一張我在聖誕節的時候拍的照片，一直到很久過後我看到時，才發現我那時候真的很瘦。但那時確實是我一生中最高興的時候。

Q10：女性物理學家如居里夫人、MIT 的 M. S. Dresselhaus 教授及台灣吳健雄院士（或最近熱門的話題愛因斯坦的太太）等幾位突出的女士之外，優秀的女性物理學家還是偏少數，以您的經驗，對目前台灣物理系的女學生有何建議？

朱校長：美國物理界女性也是佔少數，但是因為美國國內女權運動的增加，因此各單位被要求一定要增加女性工作者。台灣的話，則需要更多的時間。在美國，由於男女平權的風氣漸盛的關係。有些學校會制定某些規定讓男女教職員的比例達到一定的數字。我聽說台灣目前也慢慢走向這種制度，如此一來女性教授的比例應該會慢慢地提高。畢竟，如果讓很少數的女性處於非常多的男性間，一些問題會出現，她們的壓力也會很大。女性可有更多在物理這個領域中有突出的表現，

例如目前 Caltech(加州理工學院)的葉乃裳教授及 USC 生化的一位陳景虹教授，都有極好的表現。對於學生來說，最重要的是要抓住自己的興趣，要有理想、有夢想，如同我常在演講裡所提到的「To dream the impossible dreams, to expect the unexpected chances」，也期許林老師（註：指訪問者林昭吟）亦能成為台灣女性的驕傲。

採訪者簡介

林昭吟

台灣大學凝科學研究中心 副研究員

e-mail: jjlin@ntu.edu.tw

徐存

台大機械所 博士生

吳嘉鴻、彭威智

台大凝態科學中心 研究助理