

人物專訪

朱經武院士

文/ 蘇志川、黃至鵬、劉少勳、何孟書、吳秋賢
(中興大學物理學系)



受訪者簡介

朱經武校長是超導學界的巨擘，早在 1987 年便已發現 90K 的超導體，其後對超導研究的投入更是不遺餘力。朱校長同時也是台灣中央研究院、美國科學院、美國人文及科學學院、中國科學院、發展中世界科學院、俄羅斯工程學院等六院的院士。除卻科學上的卓越成就，朱經武教授於 2001 年接受擔任香港科技大學校長一職，致力於基礎教育上的推廣與應用。

本次利用朱校長參加「中研院院士會議」及在中興大學惠蓀林場所舉主辦的「2008 年超導國際會議」期間，朱校長特別於百忙之中抽空撥冗與我們訪談，內容包含超導的研究與應用發展，還深入談及環保、能源及政策發展眾多的議題，以下為訪談內容：

Q：在發現 YBCO 的過程中，有發生甚麼有趣的事情嗎？

A：其實在發現之前，就一直想要找高溫超導。我博士論文就是做超導的，博士畢業後去貝爾實驗室去做研究。當時我的老師認為我應該做鐵電方面的研究，其實現在所謂的高溫超導的結構跟鐵電的結構是很相似的，也就是 perovskite structure，所以這一來就有了這方面的經驗。另一方面，我和學生時代的吳茂昆就一同做這類氧化物的材料，對當時很多做超導的人而言，氧化物的製作是不熟悉的。因為當時的超導都是金屬化合物做起來的。

所以當我們在 1986 年 11 月看到瑞士人的結果時（指的是鑷銀銅氧的超導性質），我們一點都不訝異。其實當時我們也已經在研究相似的材料了，就是鑷鉛鈹氧的系統，它也是 perovskite structure。因此，一看到瑞士人的結果，我們就立刻重複了他們的實驗，而且看到更高溫度的超

導跡象，我們就決定朝這條路走下去。那時候只有兩條路，一開始是瑞士人看到的三十度超導，當時連它的存在都很不清楚，日本人把它的超導相（phase）決定後，我們就趕緊回去做單晶，要把這個超導體純化再去研究，結果燒壞了三個白金坩鍋，而無單晶。另一條是重複瑞士的結果並加上壓力，就看到 T_c 向上飆高，和其他材料很不一樣。按原方子製造，瑞士的樣品都是雜相，偶爾看到 70 幾 K 的超導跡象，但不穩定。後來我們在 1 月 12 日有個樣品也是雜相不穩定，但測量到 390 多度的反磁效應，這一看就知道絕對是超導現象。很不幸隔天又測不到了，這件事很清楚的在記憶裡面，那天是 1 月 12 日，非常刺激的一天。

那後來好一陣子都做不出來，沒有辦法重複，但我們相信那個測量絕對是正確的。我就決定寫文章，乾脆向世界公佈，我們做了甚麼東西，看到甚麼東西，讓別人去把這個穩定下來。但是在這

個過程裡面，我們也學到了一些東西，就是把大原子用小原子取代，可達到如同加壓的效果，而壓力顯然可以穩定這些相。一開始是 La-Ba-Cu-O，我們就用較小的 Sr 將 Ba 取代，溫度就上升至三十幾度快四十度。La 在當時是準備用 Yttrium(Y)去取代，或用 Lutetium (Lu) 取代，這些都是三價的稀土族元素，但當時決定不能用有鐵磁性的元素，像 gadolinium、praseodymium、samarium 等磁性稀土元素。我們正好要做的時候，吳茂昆已經將 Y 取代 La Y-Ba-Cu-O 的超導體做出來了，就帶著樣品到我們這邊，用磁的方法測量，毫無疑問地確定了它 93 度的超導性。那時我就把正在寫的 90 多度的 La-Ba-Cu-O 超導文章丟到字紙簍，因覺得 Y-Ba-Cu-O 已很穩定比 La-Ba-Cu-O 好，雖然我在開始的文章寫了 La 也可以得到這個結果。後來跟美國華盛頓 Carnegie Institution of Washington 地球物理所(Geophysical Laboratory) 的毛河光及 Bob Hazen 合作，訂出這個結構就是 123 結構。再回去看以前有看到 Meissner 效應的 La-Ba-Cu-O 的 X-光結果樣品，那 123 相已在裡面了，所以其實那時候我們已經做出 93 度超導的 123 相了，只是因為雜相在裡面，使得樣品不穩定。經過這個結果我們知道不同的元素在裡面該有不同的功能，再來就要決定哪個元素最重要。開始的時候是 La-Ba-Cu-O，變成 Y-Ba-Cu-O 後就穩定了，那到底 Y 是扮演什麼角色呢？平常要看哪個元素對超導有作用的話，就以一點磁元素取代這個元素，若 Tc 向下走的話，就說這元素會對超導有作用。所以我們就以有磁性的稀土元素去取代 Y，結果根本沒作用，這表示 93 度超導體內的 La 及 Y 只是去穩定維持晶體結構的，並沒有直接參與超導的作用。所以我們就把全部稀土族元素一個一個地去取代 Y，所以馬上就發現了一大串高溫超導的材料。我還記得很清楚，那時在波士頓的 Harvard 大學請我去演講，晚上上飛機前我告訴實驗室同事放什麼元素進去，飛機到了波士頓他們打電話來說已有好結果了，第二天演講前還在幻燈片上加點，點出這些結果。Harvard 後來告訴我，這是他們第一次在

演講時錄影下來，錄像當時不是很普遍的，那是二十年前，所以非常 exciting。

還有值得一提的是跟吳茂昆寫那篇文章的一二小事，今天回去看的話還是非常興奮的，在文章裡一開始，我就說：「在尋找高溫超導體過程中，如能克服液氮沸點 77 度科技及心理上的障礙，將是在固態物理及材料科學工作上最大勝利之一。」而且在這之前，很早我就跟吳茂昆講說：「茂昆我們加油，有一天我們找到液態氮溫度以上的超導體的話，我們寫發現什麼東西就好了，不必寫一廢話連篇的文章。」你知道為什麼我說這種話呢？主要是因為楊振寧他的博士論文是世界最短的，就十幾頁而已。因為開始時他是希望做實驗的，去到那邊跟一位老師做實驗，可是他手不太行，一直爆炸，儀器出問題。最後他跟氫彈之父 Edward Teller 在談，Teller 跟他說：「也許你應該做理論。」就給他看一篇文章，楊先生文章一看以後，過幾天回來就到黑板上把文章上每個原本沒解的問題都解決了並寫在黑板，Teller 看了就跟他說：「你把這個寫起來就可當做你的論文了。」他過幾天拿三頁紙回來，Teller 就說：「這三頁怎麼可以當論文？」就叫他回去，過一陣子他回來，變成六頁，Teller 說在芝加哥大學是很難這樣做的，請楊先生回去加長，後來最後變成十三頁，Teller 就想算了算了，就這樣吧。所以那時我就跟吳茂昆講，假如他畢業前找到這個東西，也許他文章可以寫得比楊先生的論文更短，創個新紀錄。後來這事情發生了，但沒那個勇氣，還是按常規寫了一篇短文去發表。你們看現在測高溫超導的溫度是很容易，但其實那個時候並不容易。第一，沒有人相信這個東西，因為理論說沒有，而實驗幾十年下來也都沒有看到，所以那時候我們的心理負擔是很重的。比如這篇文章寄出後，每當我經過同事及學生辦公室的時候，都跟他們說：「你們可不可以好好想一想，看有沒有其他非超導的方法可以解釋我們看到的這些現象？」因為我知道假如這個結論出錯的話，那我一輩子就不必做超導物理了，那個時候心情是很沈重的。除此之外還有測量溫度的問

題，以前超導都是只要在二十度以下測量，都是用germanium的溫度計去測量，一下子高了幾十度都不知道怎麼去測量，後來我們用一個 He^3 cryostat來控制溫度，因為 He^3 有抽真空艙，所以可以與外界隔離，熱慢慢升上來，然後用thermal couple去量，那個時候要做的現在看起來好像很容易，但當時不是那麼簡單。最後當結果一出來，發現是正確的時候，每天都有人報告發現新的高溫超導，雖然絕大部份是錯的，人的一生成有機會碰到這樣的事情真的是很幸運的。

Q：您剛剛提到當時走在這樣一個很前端的研究領域的時候，會有點擔心或害怕，那您是如何去克服這種感覺？

A：那沒什麼。當然要很小心，希望能不出錯，但真的出了錯也該以平常心處之，因為研究就是從錯誤裡面得來的經驗。有幾次做實驗的時候，晚上吳茂昆打電話來說我們找到高溫超導體了，我就睡不著一直在想，接著就跟他講應該測什麼。那時候我就一直希望做高溫超導，和太空署找了一些樣品在太空上做，測到一些東西好像 30K 至 40K，那時他晚上一兩點打電話給我，我非常 excited 就躺在床上一直想，三點多鐘開車到實驗室，做到六點多鐘一看不是真的，才又回家，回家也沒什麼睡第二天就又回實驗室了，毫不氣餒。那時候有別人會問我太太，是不是常常有這種興奮的事情發生，我太太就說：「是阿，常常有這種事發生，而且電話是我接的，交了電話給朱經武，我翻個身就睡著了。」所以常常會有這種事情發生，但是無所謂，我覺得這很高興，因為這是自己願意做的，而且人家還給你錢吃飯。當然這不會變成大富翁，但你可以做自己的嗜好，別人又給你錢吃飯，這就是人生中最好的生活。

Q：在當時連理論都預測不會有高溫超導的出現，那您怎麼樣相信自己應該可以找得到。

A：當時理論說高溫超導不可能的主要原因是超導是靠 electron phonon interaction，電子經過晶格時

把它偏極化，在電子經過的旁邊暫時有較多正電的原子核，而另一帶負電的電子在附近，走到這邊的時候就會感到這多餘正電的吸引力，原因是在這個地方正電荷多些，第一個電子出去，還沒有 relax 回原來的情况，第二個電子經過附近一看，這地方很多正電，馬上就向這邊走，對第一個還在旁邊的電子，就覺得是它在拉第二個電子過來，相對來講就好像他們在互相吸引。理論是說假如有互相吸引，就會成配對，一配對就成超導。這是以前 BCS 理論裡最基礎的一個原則，要它變成高溫超導的話，偏極化就應該要很大，也就是晶格要很軟，但是軟到一個地步就會相變，變成另外一個結構，而對超導無助。

有一個很簡單的理論，假如原子在這裡搖動，離開平衡點太遠，超過晶格常數的百分之幾後，晶體結構就會跨掉，所以 T_c 上不去。的確在那時高 T_c 的超導體的結構呈現不穩定的現象，但那時高 T_c 的超導體冷到差不多十幾 K 至二十 K 左右的時候開始有結構的相變，等到溫度更冷到 T_c 時，超導才發生。所以在當時這是個預兆，就是說高溫超導的晶格一定軟，軟就有結構的相變這種現象。所以我們那時候就看到底這結構的相變對 T_c 有多大的影響，假若沒有它的存在的話， T_c 會高多少。那時我們就想能不能控制結構相變，把它取消掉，再看它對 T_c 有多少變化，所以我們就用壓力，把結構相變抑止掉，發覺 T_c 的確向上升，但升幅不到 1K~2K。所以我們覺得結構相變對超導沒有大的影響，和理論預言不合。正是這個原因所以我們對高溫超導一直很有信心。

Q：自從超導體被發現以來，研發新超導材料將工作溫度往上提高，一直都是超導體研究的重點。以往高溫超導的研究大多以銅氧為主

(copper-and-oxygen-based) 的材料為主，現在以鐵砷為主 (iron-and-arsenic-based) 的材料，其最大不同點在於何處？

A：單從表面上看不太一樣的，但從結構上看是很相

似的，跟 Yb-Ba-Cu-O 很相似，它們都是層狀結構的材料，我們也在這類材料裡做了些實驗。譬如說中國科技大學的陳仙輝教授，是第一個將鐵砷材料 Tc 提高到 43K，他以前在我們實驗室待過兩年，所以我跟他很熟。我在休士頓第一個實驗是和他合作的。我們以高壓的手法，做實驗後，我們預言這一系列稱為 1111 的材料的 Tc 最高在 50 多度，不超過 60 度。當時實驗的最高 Tc 差不多 43K 左右，但是我們宣佈了我們的預言後，Tc 就都上去了。像 Sm (Samarium) 那個 1111 樣品開始就是 43K，後來回去處理後，就到 53K、55K、57K，基本上這個材料的 Tc 就停在這個地方了，不像 YBCO，YBCO 的 Tc 是 90 多度。經改進後的其他相似的銅氧化合物的 Tc 在常壓下可到 134 度，加上高壓，Tc 可高達 164 度。

不相似的地方在於銅氧這系列。但這在普通氧的環境裡就可以生長，它的超導性一定與 Cu 有關。不僅僅鐵砷系列是超導，鎳砷和鐵磷系列也可以變成超導，只是溫度很低。這整鐵砷系列裡面變化很多，後來發現有 122 這個系統出來，後來我們也發現了 111 鐵砷超導體。所以現在已有 1111，122 及 111 等三類型的鐵砷超導體。他們的 Tc 分別在大約 55，38 及 20 度。

所以鐵砷系的層狀化合物很多，不僅僅是有 O 的也有沒有 O 的，我們最近還做出 N 也可以將結構穩定住，但現在還不是超導，如能使它變成超導，是很有意思的。從 1111、122、111 這些結構，它給了我一個想法，我們應該可以把 Tc 做高，但要從結構改造上著手，我現在也在試，做一個不需要 Fe 有層狀結構的超導體，而它也有高 Tc。

Q：您目前在做實驗還是會常常有 exciting 事情發生？

A：都一樣，還是很多。像我今天早上在開會的時候，我一面聽一面想，就寫了十幾封 email 回去我的實驗室。告訴學生同事們我的想法。

Q：身為一位傑出的科學家，您領導了一群優秀的研究團隊，同時又擔任校長一職，請問您是如何妥善分配時間？

A：這是個很好的問題，其實很多人都問我這個問題。我常常覺得一個人一樣東西看通的話，其他事情也都相似。做行政管理這方面都是常識，做科學也是常識，這是種 common sense，等而化之就不那麼緊張了。譬如說有些人認為校長是很嚴肅的，一定要打領帶穿西裝。我去了香港科技大學，我就跟他們說不必嚴肅緊張。當然，去見政府特首、捐款人等，穿西裝是種禮貌、禮儀，我就穿的很整齊，否則通常我不戴領帶到學校。這個變化，同事也都很欣賞，大家都輕鬆些。

回到比較嚴肅的一點，我做校長有三個原則，我告訴我那些領導班底，像副校長、院長等要做什麼，為什麼要做什麼，但我從不告訴他們要怎麼做。當然告訴他們要做什麼之前我一定做足夠的諮詢，跟學校的人討論，這是不是最好的，然後最後是我決定。決定後就告訴他們要做什麼，為什麼要做什麼，因為告訴他們做什麼前自己要想通為什麼要做，不告訴他們怎麼做是因為副校長、院長他們是一直升遷上來的，他們經驗比我多。我做校長前什麼都沒做過，沒做過校長也沒做過院長，連系主任都沒做過，我這樣就去做校長了，但我相信我的三個原則不只適用在我，應該可通用的。基本上我不是一個 micromanager，分工及分層負責，如有大問題發生的話，我絕對負起這問題的責任，我不會說這事是副校長做的，所以是他的錯不是我的錯，我從來不做這種事。假如能自己解決我就自己解決，假如我不能自己解決大家共同解決。這樣一來做校長有很多空間很多時間，做更多的事。當然，有些事是一定要我親自去做的，像出去和政府或捐款人商談等等。

另外董事會非常了解我，我開始的時候講的很清楚，我生為一個科學家，死也願為一個科學家，當我還沒到港科大時，就建議他們乾脆給我 75

% 的薪水，25% 的時間我可以回去做我的研究，他們說不能有非全職的校長，所以硬要付我 100% 的薪水。然後說學校事情做完就可以做自己的事，包括回美國去做我的研究。所以我有這個機會，可以不定期回美國做研究，逗留時間有時可以短到一天，長的可以到兩個星期，很輕鬆也很有意思。這些回美的行程也常和其他學校公事連在一起，當然做得好不好很難講，但我可以講的是我今年做了第七年，香港那邊有個網站，他們每一年都經網站選哪個校長是最好的。到目前為止做了七次，我有六次都是第一名，另一次第二名，所以我覺得我還是可以的。而且學校的名聲一直向上走，特別是我們的商學院絕對是亞洲最好的，當然 EMBA program 全世界第一的，這是由 Financial Times of London 去評鑑的，每年評鑑一次，我們去年是全世界第一。研究上來說，例如在鐵砷材料上我們發現幾個新的化合物還沒寫出來，但是快了。

Q：面對全世界都在關注的環保與能源議題，超導體能夠扮演怎樣的角色？

A：這是很重要的一點，節省能源是環保最重要的問題。現在大家說的發展再生能源，這些都對，但最能立竿見影、馬上見效的是節約能源，譬如說你去開發太陽能，太陽能是很不錯的，但價錢一直是個問題。我記得在 1973 年阿拉伯國家第一次對美國禁運，油價就開始上漲，在這之前一桶油是一塊多美元，很便宜。他一禁運就漲到三四塊，那時候大家覺得，有人漲到五塊美國經濟就完了。所以那個時候那些做太陽能的人就出來說，假如漲到五塊一桶，太陽能就可以與石油競爭了，五塊過去了，到了十塊，他就說十五塊他可以競爭，看現在一百五十塊錢結果他們還是不能競爭。他們還說希望政府可以大力支持，我是不反對政府支持，但是這不是那麼容易的事情，原因是很多再生能源在生產器件製造的過程裡面都需要石油工業的幫助，所以這就有些問題了。

還有大家講風能，風能的確很好，但其實風能是有限的。不僅僅這樣，德州是在美國生產風能最多的一州。現在環保的人開始抱怨了，那風車螺旋槳的半徑是一百公尺，相當於美國足球場的大小，你想想有多大，風車動起來那些候鳥就被打死了，旁邊的環境也會變化。太陽能也是一樣，假如全部蓋太陽能電池，整個地面的反光，各種東西都會變了。現在有風，最主要是大氣的對流，對流的原因就是溫差，你這風車放上去就很多未知數，你都不知道到底風是怎麼走。而且很多東西我們見到小的都很好，大了以後就出問題了，我不是說他一定會出問題，而是你要去研究，如有問題的話去解決。

所以我說節約能源是重要的，超導是可以省電的。省電最好的就是從整個輸電來看，譬如說中國大陸他們在公元 2002 年的時候，輸送電力損耗的電量折合金錢的話是差不多五百億美金，很大的數目。假如從這五百億美金裡面，你只要省下 25%，因為冷凍要錢 25% 就很多了。如此一來不僅僅是電，很多發電站也因此可以不必設了，那更省錢。美國也知道這個問題，所以他們想成立一個大的超導的超級網路叫 superconducting supergrid。那是現任總統上任的時候想做的東西，當時我也牽涉在這個構想裡面，涵蓋北美，總共需要的錢是五千億美金，十年到五十年才做成。這個 supergrid 我們討論完後準備要進行，還建議設立五、六個研究中心去解決還存在的一些技術的問題，要準備向前走時，很遺憾的是，當時我們討論這個的時候，美國每年有萬億美金的盈餘，但進軍伊拉克之後現在則是每年萬億美金的虧損，所以這個計劃就完全後延了。幾年前我跟大陸朋友談這個，他們也很有趣，本來我是準備在奧林匹克會上面做一個示範模型，和香港友人談時他們願意支持，後來因為我學校裡外事情太多了就擱置下來了。

後來仔細看有個嚴重的技術問題，就是電纜一定要放在地下，放地下有它的好處，安全又不難

看，壞處不是超導的問題，而是冷凍技術的問題。因為做實驗買冷凍機(cryostat)公司只擔保兩年而已，但電力公司希望電纜一放下去能三十年不動它，如只有兩年人家不願意碰，所以這是一個大的挑戰。所以我希望能夠找到室溫超導。我準備明年年底回美國做研究，回去其中一項就是美國空軍希望我能主持一個計劃，找多個學校的專家來合作找室溫超導。室溫超導就是省電，還有這可以做亂流控制器 (fault current limiter)。電路在打雷的時候就會短路，忽然急升，這叫做 fault current，亂流或者錯流，經過馬達、工程及家用電器等等，造成許多損壞，甚致失電。用超導做一個器件，叫錯流控制器，當把它裝置在電網上時，如流量是正常的，你根本看不見它，因為它是超導的，但是有亂流過來就變得不超導的，就把電給很快擋住了，我講的很簡單，實際上這裡面有很多複雜的設計問題。

高溫超導還有很多用途，例如可以做心磁圖、腦波圖(MEG)、微波天線，量子計算機等等。

Q：那現在最主要是等室溫超導出來才有很多的應用嗎？

A：室溫超導出來，會帶來新的工業革命，那是不得了的事情，即使是現在的低溫超導都有用了，假如沒有低溫超導的話，現在就沒有磁共振相了。例如美國軍艦要全部電氣化，這樣要很多電力，假如他用傳統的馬達之類的器件，沒有前途。本身重又吃電，所以現在他要用超導馬達，超導發電機。超導馬達的大小約是非超導的三分之一，重量約是二分之一，而且 efficiency 很高，又沒噪音，最近美國超導公司就做了一台給海軍，初步實驗結果不錯。

Q：聽您這樣說，國外的政府眼光都放的滿遠的在推動這些東西，那您有什麼建議給台灣這邊的決策者

A：主要是這樣，例如剛剛提到那個網絡的問題，布希以前當州長的時候，我在他的科技委員會裡面

見過多次面，他常跟別人講，他懂得高溫超導，是因為我教他的。其實他是客氣了，我沒教他那麼多。那時候人家問這樣的問題，我們那時候第一批人做出建議要建出這個網絡，當時也因為要經過各種考核，他們要質詢，能源部的主管們就去了白宮。當時我已經在香港擔任校長。據說 Bush 總統也想要留下幾個 legacies，其中一項可能性是有關能源方面的 legacy，假如他做的話，他是希望要做一個超過曼哈頓計劃的大計劃。

當他們在白宮時，國家預算及管理局的人問了幾個問題，第一個是：這是不是最好的技術？能源部的人說我們都是科學家，當然我們認為這是現在最好的技術。白宮的人也不再說話了。第二個問題是：假如那麼好，為什麼不要把它讓私人公司做？能源部的人說對的，就是要創造好的環境造出來，讓老百姓去賺錢，政府製造好的環境條件之後，私人公司就會進來發展。但我們這件工作是需要很多資本開始，任何一家公司沒有那個錢可以開始，一個大計劃一定要政府出來推動，這是為什麼呢？因為這是長期投資，公司的話股東每個月要問你進展的話很困難，而且何時回收以及多少錢也不知道。我們估算這個計劃要 five hundred billion 是五千億美元，五千億這個數字不是小的，但是美國是負擔得起的。美國的電力工業是很大的，但要一間公司出來承擔風險那是不可能的，所以國家需要做。

美國政府投資大工程是有很多先例的，這不是第一次，19 世紀的時候，美國東北部新英格蘭區有一條運河，就是美國政府建造的，建造出來以後整個紡織工業都在運河旁邊發展起來了。美國半導體工業是全世界最棒的，半導體工業是在 Shockley、Bardeen、Brattain 發明 transistor 後的事情，他們一發明以後，美國政府就進來了，當時大概是 1947 年，美國政府就看出它在軍事上的意義，用它來做炸彈的引信，讓炸彈有最大的殺傷力，意思就是要控制它爆炸的高度，碰到地再爆炸威力不夠，太高也不行，一定要對的高度，要控制爆炸高度需要一個器件，這時候最可

能用的零件就是真空管，真空管太大了也不穩定，政府一聽到 transistor，立刻了解到它是可以解決這個問題，所以政府就進來，建造了一個工廠，交給 AT&T 去管理運作，後來成為美國電報電話公司屬下在 Allentown 的 Western Electric Company，當時規模很大。那時候剛造出來的一隻 transistor 一隻要賣十幾塊錢，當時一條工率很大的真空管只要九毛九，但政府把它收購。使公司能繼續運作，之後進一步改進，將 transistor 工業發展出來。另一個例子是美國大家都知道的 superhighway——高速公路，完全是美國政府出的錢，建造以後，貨運就跟著流暢，運輸流暢促成了美國經濟的起飛。美國的機場網絡也是政府出的錢，假如美國現在沒有飛機場，會很慘很慘的。再想到近一點的，譬如說基因排序計劃，完全是美國政府出的錢，完成之後，創造了很多生物工程的機會，讓老百姓開工廠去賺錢了。因為如果知道你的基因出什麼問題就會知道會生什麼病，如此就可以製藥治療。再更近點，現在大家都知道上互聯網，那一套技術完全是美國政府出錢建立起來的，所以美國現在有 Google、Yahoo、Microsoft 等公司，為美國百姓創造財富。我還記得很清楚，這只是在二十幾年前才開始的事情。是為美國科學界及軍方的情報輸送，但是後來決定要把這些網絡連起來，之後變成民營，就成了。

所以跟政府講完後，他們覺得有道理，我想他們都想過，只是讓我們也想一想而已。接著問下面的問題，他們說：假若我們願意接下要做，當然不可能一下拿出五千億，假如現在先給你兩千億去建造，但是之後政府說我不要建了，那你用掉了兩千億，你有什麼東西可以讓政府看或老百姓看？所以我們跟他講應該要分階段做，所以每一段做完都有結果就給老百姓看，接著就討論要怎麼進行。的確他們有一批有遠見的人在做這些事。其實台灣也有些人在想，台灣是兩千三百萬人口，美國快三億，中國大陸是十三億，沒有得比。

Q：再延續這個問題，一個比較假設性的問題，建設方面要把超導體融入整個應用建設起來的話，其實在一個還沒有建設過的地方去推行的話，會更有益的。

A：你完全正確。也是因為這個原因，我那個時候就覺得，真正對發展高溫超導技術用料的，是 developing country 而不是 developed country。有很多先例，你們手機的普遍化比美國好多了，家裡有一兩隻，這裡是這樣，大陸、香港也是，還有更早 fax machine，也是亞洲比美國先進，因為美國打電話，在家裡電話很方便，所以不需手機，我長大那時候台灣電話很少，後來也不是那麼多。美國不要除舊佈新，因要額外交費，所以你是對的，超導技術是屬於這一類型的。

Q：如果要在中國大陸那邊把這東西推行起來的話，應該是滿有可能的，如果中國大陸的領導人向您請教相關方面建設，您有些什麼意見？

A：其實我跟他們政府相關人士談過，包括科技部長他們，他們有時也想聽聽我們的意見該怎麼做。而事實上一個國家這麼大，我們在實驗室可以講的很神氣，但想到對一個國家來講的話責任很重大，所以一定要想清楚是不是能做，所以我跟他們見面時，跟他們講好處一、二、三...，也說現在面臨的挑戰一、二、三...，最後由他們決定是不是可行，但這些挑戰一定要解決，政府一定要進來投資去解決這些問題。我也考慮要做便宜的 MRI 機去幫忙解決百姓醫療的問題，希望大概二十萬美金就可做一台，當然不是最高檔次的，而是較低檔次的，但很多國家連低檔次的都沒有。其實現在有人準備出錢做這個事情，但他們是聽了我的話才決定做，例如二月的時候有很多人來找我，還派一個小組來看我在美國的實驗室，所以我感到責任重大，不願意讓他們錢被坑掉，所以我現在在評估哪一種方法最好，決定以後再向前走。

Q：像您在貝爾實驗室待過，想請問說單純的研究機

構裡工作跟一邊任教職一邊做研究的工作，有什麼差異，能跟這些打算要進入學術界的學生們談一下？

A：兩種工作很不一樣，在單純的研究機構工作，每一分每一秒都在做研究，如果一個人只想做研究，而對教書沒興趣的話是不應該去學校當教授的，去當教授的話，我一直覺得要把自己的知識改進那要做研究。同時把自己的知識傳給學生們那就要教書，另外一個是希望將自己學到的東西能回饋社會，一定要服務。所以做一個教授有三個責任，就是研究、教書、及服務，三者要找個平衡，不一定是每項三分之一，教學對教授是很重要的，另外，我自己覺得當教授的工作有意想不到的好處，天天見到都是年輕人，自己老了都不知道。印象最深的大概是 1982 的時候吧，我那時候回成大去演講，我問他們可知某年比如說 1962、63 年在成大發生了什麼事，他們說他們都還沒出生呢，忽然我第一次恍然大悟，哇！原來我已老了，之前都不覺得。這其實是很好的，對於年紀大的人，天天面對一個不變的環境，自己怎麼會變呢？所以這對心理是很好的很健康的事情。我覺得還有一個好處，持續跟年輕人在一塊的話，教學相長，假如我想跟你解釋一個問題，爲了要跟你解釋清楚那我一定要加倍努力，使的我了解更深，所以我覺得教書是一個很好的工作。

Q：之前您提到您曾經有一個還不錯的結果，但是被別人搶先在網路上發表了，面對現在 web2.0 的時代，大家有 blog，有些機構他們開始嘗試設立一個平台，讓這些研究科學的人一有結果就放上來跟大家分享，有人會認爲說這東西是不符合這個社群的期待，主張應該要有一個嚴謹的考證還有審核之後才把它放出來，但也有人認爲這樣快速更新的資訊可以讓大家在想法上有很大的衝擊，您覺得如何？

A：人總是想找一個平衡點，這平衡點是需要時間才找得到，一有了結果放在網上去公諸於世，似乎對科學家是很自然的事，因爲什麼大家都想要做第一，特別在競爭激烈的課題上，往往只有第一

名沒有第二名，隨便一有一點結果就往網上貼，從某個角度上來講對於研究嚴謹的人來講是不公平的，但我相信一直下去，大家一直搶快貼，裡面一定很多錯誤，弄的雜亂無章，不過我想以後也許會走向謹慎的路。社會就像一個大鐘擺，總是擺來擺去，最後總是會達到一個較平衡的狀態，我想你講的是很對的，對有些人不公平。不過，有的時候也有好處，讓世界上各個地方的人都有機會可以互相競爭，不然以前寄篇文章到刊物總部主要是美國在主導，從非洲寄的話，被接受的機會就少了，這樣看貼網是有好處的，我想我們其實也可以很早地去貼網，不過當了校長就有力不從心之感，我以前一直覺得當校長沒影響，但在這樣激烈競爭的時候就覺得有影響了。

譬如說我前幾天問我的助理說我下面幾天有什麼行程，結果密密麻麻，當然你當校長你要做校長的事，撥不出空寫這科研文章。我最近三個星期都在外面，起先在加州，有一個做 MRI 技術的，發明人是在加州大學的一個我的朋友，我跟他談這個技術幾時可以成熟，談了很久，談完之後我趁這個機會回去看看我的兒子、女兒、太太，我們四個人四個不同的地方，我兒子在 Los Angeles 當建築師，女兒在 Texas 當實習醫生，我太太是在 Houston 當銀行董事，所以我們選了一個地方在 Berkeley 聚一聚，待了大概四天，然後飛倫敦，因爲沙地阿拉伯的國王建了一所科技大學，我是他們十四個國際質詢委員會的委員之一，所以到那邊開會，開完會之後我就飛日本東京，參加一個關於鐵砷超導的國際會議，做了一個演講。其實我今天早上講的比上次增加了很多東西，然後我在那邊講完之後，就到中央研究院，開院士會議，開完了就緊接著到這裡來。所以我決定明天一定要回去香港，寫我的文章，本來原來的計劃是中國的科技部長要到我們學校參觀討論，因爲我在香港科大建立了一個高等研究院，那是個非常不錯的學術機構，希望可以成爲將來香港科學工程教育及經貿發展的一個平台，大陸也希望它變成這樣，所以也跟我討論過。遺憾的是他臨時因爲有事順延，在我生

活中有很多非常 exciting 的事情要發生，所以非得要回去。我想下星期三要飛回美國，我回去我的實驗室大概三天，之後到 UCSB，那裡有一個 summer school，我要在那裡講課，講完之後就飛北京。我八月八號會參加北京奧運的開幕典禮，而且在這之前五月多的時候我成為香港奧林匹克的火炬手，覺得又興奮又驕傲。但這樣一來寫文章的時間就少了，我覺得你們都是讀科學的，所以希望和你們分享一下物理學家生活的點滴，學物理的人的生活還是很有意思的。

Q：聽您講很多大格局的事情，您都能參與其中，我們聽了都很 excited。想請教當您在學生時代時，有想過要參與這種大格局的計劃，與怎麼計劃去施行。

A：我想大事情通常都由小事情開始，你一步一步做，做好的話接觸的面就越大，就很自然。不過我當學生的時候，我是運氣很好的，我是在加州大學聖地牙哥分校(UCSD)讀研究院的，因為那時美國做固態物理最好的三個大學，一個就是 Illinois，因為 Bardeen 他們都在那邊，另外一個是 Brown，因為 Cooper 在那，另外在 UCSD 有一批很有成就又具動力的年輕人，所以我就到了那邊去當研究生。UCSD 那邊漂亮的一塌糊塗，天氣又好，夏天白天有點熱，但晚上涼涼的，要穿件小夾克才行，因為他那麼好的天氣，很多人都去那度假，那個小城市是全美最富有的城市之一，所以很多有名的科學家都願意到那邊度假，度假的時候就找他們在 UCSD 的教授朋友，然後這些教授就歡迎他們順便來學校給學生做個演講，所以那個時候有幸見到很多有名的學者，也跟其中一些成為朋友，譬如說 Linus Pauling 就是一例，他拿了 1954 年的諾貝爾化學獎與

1962 年的和平獎，一直到 1993 他死的前一年，我還請他到 Houston 和老師學生交談，他是個了不起的大科學家與和平主義者。然後氫彈之父 Edward Teller 也是這樣認識，後來也成為很好的朋友，一直到他去世；Hans Bethe 是解釋太陽怎麼產生光與熱的，都是那個時候開始認識他的。所以見了他們，也希望以後有一天可以像他們這樣，做不到也沒關係，朝著那方向去努力，但更重要的是一步一步扎扎实實的做，所以說我的運氣是很好的。

Q：那老師您一路走來都滿順遂的，那有沒有什麼夢想還沒有達成的？

A：第一個當然想找到一個新的高溫超導材料，更好是室溫超導體。另外一個是希望能夠做廉價的 MRI machine，能個造福更多的窮人。另外就是因為有人捐了五百萬元美金成立一個國際材料論壇的基金，論壇一年都要開一兩次會，找世界上最好的人，無拘無束，天南地北地討論世界上新材料將來發展的方向，或者是研究現在已有的材料，有什麼侷限使得它們的潛力無法完全釋放出來。論談的工作是很有意義的，因為走在世界的前端，要做論壇這件事需要錢不多，但需要很好的人。所以做科學家還是很有意思的，你們年輕，慢慢來，我跟你們年紀一樣的時候情況大概跟你們差不多。

在與朱校長訪談的過程中，除見識到朱校長在超導上的專業外，更讓我們體會與了解學術上的研究與應用生活的重要性。教授也指出在研究過程中也許充滿失敗與無力感，但是只要肯利用多元的想像力、無窮盡的實踐力、堅定自己的夢想與信念，勉勵大家人生的夢想實踐旅途上，一步步勇往邁進。