

二年讀書二年做工之留美生活

(三)

陳 廣 沅

成了一個科學鬪士

五四運動的兩個目標是德先生與賽先生。德先生是德瑪克拉西 Democracy 譯為民主，賽先生是賽因斯 Science 譯為科學。那時候這兩位先生在中國還很陌生。如果逕說民主，恐怕人們誤會當日的中華民國就是民主國，又恐人們把那時的北京政府的政治就認為民主政治。其實民主並不如是簡單，有許多民主的條件，中華民國還未做到，所以暫叫牠為德先生，以後再慢慢介紹與解釋。那時如果逕說科學，人們的印象以為中國大中小學都有了數學物理化學及博物等課，那就是科學，其實科學也不如是簡單，必須有科學的精神，及科學的方法，以擴充科學的領域，中國學校所講還在萌芽時代，有許多事要慢慢介紹與解釋，所以暫時稱牠為賽先生。

我在留學時期住在美國四年，在抗戰時期又在華府住了四年；在人家住了八年，根本就沒有弄清楚什麼是民主。留學時期根本不知道有什麼政府，有時奇怪伊利諾大學那們大的地方，佔據兩個鎮市，有學生一萬多（現在三、四萬了），市民一萬多，但祇有一個警察。學校周年紀念，所有畢業學生都回來聚會，並看賽球，真是汽車如流水，人隊如龍，才由芝加哥借來十幾位警察維持交通。並沒有看見政府，也不知道有什麼民主。

在華府做事，與美國政府軍政部人員接頭，那就是美國中央政府，天天來往，覺得同中國政府差不多，不過規模較大，汽車多，人員多，也沒有看見什麼民主不民主。一直到一九六〇年間，我在麻省教中學，成了美國公民，參加了選舉與市民大會，方知道民主政府，民主精神之真象，此是後話暫且不談。

科學的精神在打破砂缸問到底「情哥哥偏尋根究底」，賈寶玉就有科學精神，無如他不知科學方法，就不能受科學的洗禮。科學的方法至少有兩種，一種是演繹法 Deduction，用教學的既知定理以演繹成新的公式，如我現在所學的熱力學。在這階段古得腦先生就用微積分方程式應用在熱力學上，求其新公式，得到新公式後，再到實驗室實際試驗此公式是否與實際吻合。牛頓用這方法推演得萬有引力的公式；愛因斯坦用這方法推演出質與能互變公式 $E=mc^2$ 牛頓公式是用前人 Kepler 二十年的辛苦實驗結果來證明的。愛氏公式是由後人實驗原子能而證明的，但應用演繹方法須有教學的天才與熟練。另一種科學的方法是歸納法 Induction，先做上千上萬次的實驗，將實驗結果列表繪圖比較，假設一種公式，然後再做更多實驗以證明或修正其公式；許多物理化學公式都由此法而來，如荷克氏定律，Hooke's Law 歐姆氏定律 Ohm's Law 等均是。我在機車實驗室做了三種實驗，皆係應用歸納法。記得在交大做的實驗，有物理實驗、化學實驗、機廠實驗、電機實驗等，那都是將以前科學家窮年累月所求得之公式或定理，我們依樣畫葫蘆再做一遍，看原有公式是否正確，所謂模仿性的，並不是創造性的。那時的目的是在表演前人應用科學方法之過程，使學生們知道科學方法之應用。機車實驗，在尋求未知數，黑裡摸門，草堆尋針，要耐心去找。我所做的三種實驗由淺而深，第一步做「制動瓦之摩擦係數」。第二步做「機車之性能」。第三步做「機車拉車行走時性能之變化」。茲分段緬述如下：

制動瓦 Brake Shoe 摩擦係數之測驗

用車輪行動就要用制動器以控制其行動。制動器 Braking system 上有一塊像瓦的東西包住輪緣，包得緊則輪之旋轉被夾住而慢轉，愈緊則愈慢；這種像瓦的東西，就叫制動瓦 (Brake Shoe)。瓦有鑄鐵的鑄鋼的，合金的，也有非金屬與金屬合成的。究竟那一種好，什麼成分最好，製造者都說他自己的東西好，鐵路上要找到價廉物美的東西，所以請求中立的大學實驗室用實驗來決定其選擇標準，此次學校接到這筆生意就叫我來實行這測驗。其目的在尋求各種制動瓦之摩擦係數 Coefficient of Friction。這係數與車輪之轉速有關，與瓦壓輪緣之每方吋壓力有關與溫度有關。轉速、壓力、溫度，是三個變數，做實驗時須固定兩個變數讓另一個單獨變而求其數字，譬如，要求轉速對於係數之關係即須將壓力與溫度固定在一個數字上，然後在不同的轉速時用一定壓力將瓦壓在輪緣上，此時室內溫度固定為華氏若干。每一個轉速，做一二十次實驗，而求其平均數。轉速做完後再做壓力變化。將室溫固定，轉速固定，然後用不同的壓力將瓦加在輪緣上，每一個壓力做一二十次而求其平均數。如是者日日有空即做，做完再將結果計算摩擦係數。將係數為垂直軸數，轉速或壓力為水平軸數，繪在座標紙上，看各點間關係如何而用一平均線通過各點之中間；再由此曲線情形或用平均法或用最小二乘方法 Method of Least Squares 求一公式，再至實驗室再做許多實驗用同樣方法求得公式看前後公式相差好遠而得一結論，此結論使鐵路方面決定購買何種制動瓦備客貨車之用，對於製造廠商有莫大影響。以前做實驗祇求取悅於教授，此種實驗決定廠商之命運，我謂前者為書院式的 Academic 後者為真實科學的 Genuine Scientific。

機車性能 Performance of Locomotive 之測驗

機車就是火車頭，火車頭原為蒸汽式的，可以燒煤煮汽，又可以燒油煮汽，有汽就可以用動力機使火車頭的車輪轉動，動力機原為來復汽筒式，擬改用渦輪式而未曾通行。後因燒煤力小改用汽油，又因蒸汽機效率小改用電力。三十年來大家都用汽油電力火車頭，既便利又似較省，對燃煤蒸汽機無人問津，誰知道晴天霹靂，大家汽油漸已用完，存油獨多之阿拉伯國家大賣獨市，一年中漲價四倍，工業國家之血肉在一兩年內即被素不驚人之阿拉伯人吸盡，未來之威脅有增無已。西方強國本可用帝國主義之猙獰面目，用槍砲原子彈搶奪。奈因存油仍足，並擁有原子彈氫氣彈之蘇聯靜待其側，巴不得西方國家一動手，他就可以渾水摸魚，坐得其利。西方國家正如當日中國之被強權壓制，敢怒而不敢言之處境，徒呼負負，並設法減用汽油，而回用煤炭。果真大家醒悟，仍用煤炭，雖效率不及汽油，然而我藏煤炭豐富，用之不竭，可不受阿拉伯人之鳥氣。煤炭文化之前途方與未艾。苟如臺灣之到處有高山流水，可以用水發電，則一切行車電氣化，自無缺油之虞，但西歐各國以及大陸中國，出油有限又無高山流水可以發電，在不久將來或將仍藉煤力。

燃煤蒸汽機車之上部為燒汽之鍋爐，下部為用汽推行之引擎。燃煤燒汽，汽壓足則開放汽門，使蒸汽進入汽筒推動汽餅，引動車輪，輪轉則機車前進，牽動列車向目的地走去。在實驗室中，機車各輪立於固定於地下室之車輪上，機車之輪盤轉動，帶動固定之車輪，故車輪在車輪上轉動，車身並不向前移動。引擎所發生之拉力被用以牽引一測力儀 Dynamometer 機車之引力皆被記載於測力儀上。我雖專學機車工程，但除在站臺上看見牽引客貨車之機車又在唐山工廠中看見拆散之機車外，迄未上過一個活機車。此次做實驗，先到機車上前前後後內內外外看個透澈，然後看工頭燃

煤升火，看鍋爐中水汽壓力漸漸高升，汽力達每方吋 180 磅時，汽力已足即不必再吹風催火，如果再催則安全閥自動開放將過高壓力之蒸汽放出，到低於或等於 180 磅時就自行關閉。蒸汽力既足，即拉動槓桿，開放汽門，將蒸汽放入汽筒，開放時須十分穩慢，使不致發生激烈衝擊。汽筒活塞漸漸移動，則各輪開始轉動。此時再大放汽門，則轉動速率增加，祇聽餘汽在烟筒中放出沖！沖！之聲。如此者學習多次，自己可以開動，則自己做實驗矣。

實驗之目的在求此種機車之效率，即求一磅煤之熱量能生出多少有用之工作量。實驗時將煤堆重量量好，鍋爐之水量到一定位置，又貯水筒之水量量好。實驗後再量煤水量即知此次實驗所用之煤水淨數。又在機車開動後，每隔十分鐘須將機車拉力，蒸汽壓力，汽缸兩端之馬力圖繪出，及當日實驗室中之溫度及大氣壓力都須記出。每禮拜做三次，每次做一個下午，如是者做約三個月，將所有成績記載，一一細算。算出每一個實際馬力（即拉車馬力）用多少蒸汽多少煤，又一個汽筒馬力用多少蒸汽多少煤。一般實驗結果大概燃煤蒸汽機車之效率為 6% 即燒一百塊錢的煤祇得到六塊錢之相當工作量。如改用汽油內燃機，則可得 25%，如用重油提士爾內燃機可得 35%，所以三十年來所有用煤的場合，都改用汽油或重油內燃機，大家歡樂，社會繁榮，可憐無油國家忽然受窘又有用煤之傾向。但煤之用法必須改善，使得較高效率，如壓磨成煤粉噴入鍋爐內燃燒，或直接在筒內燃燒如內燃機然。西方國家存煤量可供數百年之大量應用，科學家工程師必已在研究燒煤辦法，將有種種新發明供獻。但無論用何種機器，必須測量其效率，以上所述雖為過時之燃煤蒸汽機，但其實驗之科學方法則不會改變，誌之如上。

做完了這巨大實驗，並寫成了報告後，些密氏始將以前實驗報告書二十餘冊交我研究。他說，我們大學的機車實驗室，是伊利諾州中央鐵路

Illinois Central R. R. 的資產，他們交給我代為管理並做實驗，有時送一個機車來請代實驗，實驗後做成報告書並出版銷售。這實驗室年齡甚輕，賓州鐵路 Pennsylvania R. R. 有一個實驗室在阿爾童拿 Altoona。他們成立較早，實驗過十幾個機車，我們都有實驗報告。我將十幾本報告書拿回到研究室自己研究，所有的機車雖然型式不同，有一個通性，就是汽門初開，車輪將動未動時機車拉力最大，車輪活動後，就漸次減小，到速率極高時，拉力最低。細看報告的年月，知道賓州鐵路平均每年做一個機車實驗即印一本實驗報告書。伊校實驗室成立不久，祇有兩本報告書。將來這二十餘冊報告書變成我碩士論文的根據。

列車總阻力變化之測驗

Train Resistance

列車阻力可分為數種：第一、列車行駛在平而直的鐵軌上之阻力，名之曰列車阻力；第二、斜坡所生之阻力，此項阻力可用演繹法計算出。斜坡以百分率表示，譬如 100 呎路高起 1 呎，名為 1% 斜坡。如有 100 磅重物在此斜坡上須有至少 1 磅之拉力方可將此物推動。1 噸有 2000 磅，故至少須用 20 磅力方可推動。所以說，1% 斜坡阻力是每噸 20 磅。此為演繹而得，無需實測。第三、彎道阻力，此項阻力須用測驗求得。第四、風之阻力，此項阻力可用風筒測驗法測驗出來，航空界對此測驗結果甚豐富而可靠，故亦可用演繹法推算出來。所有阻力之和謂之總阻力。

測驗列車總阻力之變化，須用測驗車 Test Car 掛在列車上在行駛時做各種紀錄。日本人已仿造一具運用，測驗車本身是一輛小型客車，其一端中央設一具平枱，枱上有玻璃罩，罩內枱上平鋪白色磅紙，紙有幾十呎長，一端捲成圓筒，紙在枱面向一方移動，圓筒隨之轉動。紙上設一橫桿，桿上有許多墨水筆。紙面移動，墨水即在紙上繪線。有一枝筆記時，

每一秒鐘移動一次作一小記號，數此小記號，即知幾秒鐘已過去。紙之移動機構與列車輪盤相連接，譬如列車行一哩，則紙行幾吋，量每秒鐘紙行之呎數即可知列車每小時行若干哩。有一枝筆記機車拉條之引力，可以看出引力隨列車速率而變大變小。有一枝筆記風速，另一枝筆記風向。有一枝筆記制動器風管之風力。舉凡所需測量之數皆一一自動記載。人們所要做者祇須每隔半點鐘將大氣壓力及溫度記在紙上。

我們做此項測驗時，些密氏教授領頭，另有教授一人、助手一人、工頭一人及我共計四人之多。頭一次測驗一列客車，飯車上常常送咖啡點心及飯菜來。車之另一端為一客廳式起坐間非常舒適，有時吃吃談談，有時在莎法上躺躺講講，並不覺得是在做工。有一次測驗是掛在貨車上祇有我同工頭兩人，那就沒有飲食之供應了，必須到站停車，大家吃飯喝水，比較辛苦，並沒有什麼受不了困難。

測驗做完做報告時較為麻煩。第一須有一鐵路沿途之詳細地圖及其縱剖面以計其坡道及彎道，又須有列車中各車之重量。做此測驗時，車前須用同一重量之車廂組成列車，在所測之圖上取出一點，將此點之拉條引力記下。在此引力內減去斜坡阻力彎道阻力風阻力等，所餘者則為平直鐵路上列車行駛時之阻力。如將每一重量車輛阻力一一加起來，取其平均數，再將其他重量車輛阻力平均數一一計出。同一重量車在不同速率時之阻力亦各不相同。如將每一重量車之阻力依其速率在座標圖上繪出，則可見有兩重關係。第一、車輛愈重者則每噸之阻力愈小。第二、速率愈大者則每噸之阻力愈大。如用「最小二乘方」法求得一公式，則成為車輛阻力律。此即運用科學方法中銳利工具歸納法所得者。無意之間就真正做了科學領域中鬪士，法雷第 Faraday 說，實驗與演算就是科學。到此時，我纔知道科學的真義。以前五四時，跟着搖旗吶喊都是些皮毛，可是有許多知道一些皮毛者，就做起科學家來，到處發告施令，窃科學之名行獨裁之實，強迫崇敬自以為一世宗師，淺矣哉。

壯遊八十年 陳廣沅學長新著

老學長陳廣沅前輩往年負笈美國，專攻鐵路機車。回國後歷任各大學教職，及津浦、浙贛、滇緬各鐵路機廠廠長、機務處長。對日抗戰時曾代表駐美洽購鐵路器材，勝利後任職善後救濟總署，及交通部民航空運公司 CAT 等職，對國家貢獻至巨。近年退休，隱居新大陸，以著述自娛。其作品平實而風趣，本刊時有刊載，深獲讀者讚佩。

茲所寫「壯遊八十年」一書記述其一生「求學、供職、處世之經歷」，雖屬個人傳記，然內容包羅萬象，對於中外各地風俗民情、名勝古蹟、學府風光、留學生苦讀之生涯、華工受排擠之情形、以及鐵路平時與戰時營運狀況、國難期中搶運軍民物資、趕築新路、洽運器材、勝利復員社會救濟種種艱巨工作之過程皆曲曲寫出。讀此一篇不啻接受了地理、歷史、機工、交通、社會、外交各方面之課程。尤於鐵路機車方面敘述詳盡，更是供從事該項工程者之參考。至於行文簡樸、出語幽默，猶其餘事，即認為小說讀，亦屬上乘之作。是書不久即將由中外雜誌社印行問世，爰謹向吾交大先後學友、鐵路方面同事鄭重推介。