

長江三峽大壩

● 沈繩一

楔子

吾國古代建築，工程之偉大，數千年以來，迄今為世人所崇敬樂道，各國旅遊人士到中國觀光，人數當以百萬計。到北京，一定要去八達嶺看看長城，所謂“不到長城不是好漢”。甚之有人說太空人在太空，俯視地球，看不見什麼，只看見一條東西，那就是中國的“萬里長城”。事實上不會看得見，太遠啦！旅遊者一到四川，就想去成都附近之“都江堰”，這也是世界人士，嘆為觀止之水利灌溉偉大工程，養活了多少百姓。

長城為軍事性質，防禦外侵，工程浩大無比。在不平之山脊，起之伏之，把磚塊一塊一塊搬上去築城，傳說是用山羊慢慢爬把磚塊運到山頂的。秦始皇強行了幾百萬人工，耗費千百財力，雖然長達六千多里的長城是造成了，但埋葬了多少老百姓的性命，破碎了多少家庭。甚至，民間還傳說孟姜女辛苦跑到長城尋夫，天可憐見，埋葬萬杞良上面磚塊因而攤了下來，露出屍首，才完成孟姜女萬里尋夫的心願。如今的我已有八進九，規規矩矩的年齡，耳邊似乎還聽見，在家鄉湖州儀鳳橋邊茶館中聽小姑娘，由二胡伴奏“孟姜女尋夫”悲哀小曲。

軍事工程“長城”和水利工程“都江堰”，幾千年以前即發揮了中國人之毅力和智慧，刻下聯合國文教組織定為世界古文化遺跡，予以保護，各國旅遊人士。欣賞讚美，何止千百萬人。

現在中國又起建造一座偉大工程，“長江三峽大壩”，位在川江東端，川江古稱“神河”，在民廿八年（一九三九年）抗戰期中，日本軍機入侵中國後方，就是依了川江為導航，空襲戰時陪都重慶接近百架日機大轟炸重慶，全城幾成為“火城”。又來了七天七夜之連續疲勞轟炸，造成重慶大隧道慘事。那時我正隨船見習，在民生實業公司的“民俗”輪，下水近萬縣附近，遭逢日機低飛掃射，不料由上海千里奔波到重慶。而考取重慶商船學校的符雪園兄，也隨船見習，不幸被日機低飛射擊，中彈身亡犧牲。這是我第一次航行川江。



民三十四年（一九四五年）日本無條件投降，下江人勝利還鄉，先由內子攜帶不足週歲長女其麗，搭乘渝市府差船（小火輪，左右還縛住二艘木殼船）順流東下，船上擁擠不堪，無奈歸心如箭，也沒心思欣賞三峽之“美”，之“奇”，之“幽”，之“險”。不久我服務之交通銀行復員包機，依川江飛航過漢口到達上海，一路上，下窺長江，活像一條衣帶，看不出有什麼風景；一直到三十多年後，隨旅行團觀光長江，作三峽之遊，始得欣賞三峽之美。

長江由宜昌到重慶這一段，俗稱“川江”，相距不過四百餘哩，但是兩地之海拔落差，卻有四百七十六呎之距；平均每一哩，相差倒有十四英吋之多。中間並有“險灘”，“急湍”，“暗礁”，奇石林立，河道迂迴曲折，忽寬忽狹，大小險灘，共計有三十五處之多。而長江不時發生水患，使中、下游地區，變成澤國。

大戰前的三峽大壩

要從根本上治長江水患，只有在長江上中游地區，找一合適地點，建壩擋水，對長江水流進行總調控，疏急蓄緩使長江中下游，保持安全常態。孫總理（孫中山先生）在建國方略中早有此構想。

抗戰前在民廿四年（一九三五年），中國工程師學會即出面召集開會，邀集建設委員會之電機工程師技正惲震先生、山東省建設廳水力工程師技正曹瑞芝先生，揚子江水道整理委員會水力工程師宋希尚先生等人對長江三峽進專門考察。並隨即提出“揚子江上游水力發電測勘報告，提出在黃陵廟、葛洲壩等地建壩，並設置發電廠的建議。這恐怕是中國歷史上最早的一份“長江三峽建設計畫”了。

隨後，因日本軍閥侵略，步步進逼，局勢緊張，國難臨頭，建設長江三峽計畫束之高閣，無人問津。

民廿六年（一九三七年）七七事變發生，日本軍閥終於暴露侵略野心；八一三淞滬再戰，此時軍事委員會蔣委員長在江西廬山發表談話，「人不分男女，地不分南北，」一致全面抗戰，政府重心移往四川，定重慶為陪都。中國單獨和日本苦戰四年，民國三十年（一九四一年）日本艦隊偷襲夏威夷珍珠港，美國從未受過如此侮辱，勃然加入二次大戰，成為中國盟友。

抗戰末期之民國三十三年春天，政府戰時生產局之美國顧問潘綏先生（Mr. G

· R. Paschal) , 對長江三峽發生興趣, 乃擬具一份開發“長江三峽經濟”建議報告, 呈送相關主管。在報告中, 建議中國政府接受美國貸款, 在長江三峽建設一能容量 1050 萬瓦千發電廠, 同時利用這些發電廠的電力, 每年製成 500 萬噸肥料, 售予美國, 利用償還貸款, 這實在是一個“養雞取蛋”的妙計。

民三十三年秋天, 國民政府資源委員會, 正式聘請美國墾務局高壩總設計師薩凡奇 (Dr. Savage) 來華考察水力資源。國民政府讓美國官方, 正式插手三峽工程, 其目的只有一個, 就是為了獲得美國貸款和技術幫助。政府看中美國的錢, 而美國看中的, 則是中國三峽大壩的政治、經濟和軍事方面的價值。

九月間, 薩凡奇來華考察長江三峽, 時逢日本發動豫、湘、桂“一號作戰”, 日軍佔領宜昌, 故其考察僅至石牌、平善壩附近而止, 也就是說美國只對民二十四年惲震等人所計劃中的第一壩的壩址作了考察, 而對第二、三、四、五壩之壩址, 則未能探訪。

翌年春, 中日戰局有所轉移, 政府借薩凡奇在印度視察巴克拉大壩之便, 邀請他再度來華考察長江三峽。

民三十四年三月廿六日, 薩凡奇博士再次來華, 到達戰時陪都重慶。四月六日, 搭船抵達宜昌, 開始作第二度探訪三峽的考察歷程。

七日, 薩凡奇再次考察石牌一帶, 過去惲震等人所擬長江第一壩壩址; 八月抵達南津關, 觀察第二至第四壩壩址, 薩氏在回宜昌途中, 回答了武漢記者關於三峽工程設計概要及建成之後的效益, 薩氏並就宜昌新建市區計畫書, 向記者作了介紹。十日, 薩氏在宜昌草擬了新的三峽計畫及書面詳解, 並介紹給政府相關人士以為參考; 十一日後, 薩氏赴滬, 拜會了政府高級官員及美國駐華空軍將領陳納德等人, 並和資源委員會同仁, 商討對三峽大壩建設計畫之詳細構想, 之後, 薩氏留下了一份, “揚子江三峽計畫初步報告”後返美。這份報告便成為中華民國水利史上最著名的一份長江三峽考察報告。

當時美國總統代表納爾遜, 剛巧來華訪問, 他對該報告十分感興趣, 並表示美國政府, 將盡力協助三峽工程, 國民政府委派資源委員會和美國內務部墾務局, 雙方進行洽談。

八月以後, 有關三峽工程的研究工程的研究工作, 正式啟動, 資源委員會邀請水利委員會、中央水利實驗處、交通部航政司、揚子江水利委員會等各個相關單位, 參與設計, 並且由薩凡奇介紹, 聘請美國人柯登為總工程師, 主持研究計

畫之制定，三壩大壩設計工作，乃全面展開。

民三十五年春，薩凡奇三度來華，對三峽設計全面複勘。七月間，成立勘測處，並開始實地測量，並和美國馬立森公司簽約，讓其承包了五個設計中的壩址鑽探工作，水庫航測工程則由美國方面費其文航測公司承包，國防部測量局派空軍第十二航空隊協助。與此同時，三峽工程中經濟調查、地質調查、水土保持試驗等，相關研究課題，也由國內各有關機關開展。

在略具基礎之後，資源委員會與美國內政府墾務局，正式簽訂了合作設計三峽工程的協議，由墾務局派專家主持，資源委員會參加，準備用三年左右的時間，完成具體設計工程，到民三十七年初已完成各種攔河壩、電廠、船廠等設計定型標準及情景模擬圖，生動展現了三峽大壩建成後的雄姿。

當時三峽五座大規模設計壩址分別位於石牌及平善壩下游、三遊洞上游、南津三遊洞之間及南津關附近，與今日之三峽大壩壩址不在一處。

其時國共內戰不息，民三十六年，政府命令停止一切關於三峽工程之準備工作，只剩下了搜集資料工作，仍在進行。次年春夏，美國墾務局設計工作，在全國水力發電工程總處安排下，擬出了一份中途性總結報告，如此而已！

一九四九年，中共成立政權後，不久上下對長江三峽之築壩工程，發生很大興趣，學者專家、社會人士，議論紛紛，有贊成、有反對，因為長江三峽大壩，不單是單單工程問題，還有關移居生態、歷史、文化、觀光、軍事、古蹟、地震等等問題，討論研究了幾十年，其間數千名專家；科技人員，對三峽做了有系統、精與嚴謹的勘查、論証、規劃與設計。

在專業原則，由海峽兩岸專家，每兩年開一次交流會，台灣的水電專家、學者，以及重要負責人，被邀去對三峽工程發表意見。最後，終於決定建造“三峽大壩”。

施工之前，對於三峽大壩的科研、設計、設備、採購等方面是否都具相同專業能力有密切的關係，因此水電部聘請 21 名特約顧問，412 名各行各業，和高科技院所的專家學者，分成 14 個專家組，對三峽工程所涉及的地質地震、樞紐建築物、水文、防洪、發電、泥沙、航運、機電設備、移民、生態環境、施工、投資估算、綜合規劃與水位、綜合經濟評價等 14 類專題，進行科學和民主論証。此外國家科委，配合論証，組織全國三百多個單位，三千二百多名科技人員，對 45 個專題，進行科技突破。

此外，負責三峽大壩相關人員也曾經和美國、加拿大、義大利、瑞典、比利時、德國、日本、蘇聯，開展各種不同形式的合作交流，包括可行性研究、技術諮詢、專題合作等。

其他水電專家，也曾多次前往國外考察高壩、船閘、升船機、水輪機組等，汲取先進技術經驗。設備方面，例如大型施工機械設備，大型水輪發電機組，直流高壓輪變電設備、永久船閘、洩洪閘液壓設備等，皆通過招標，引進先進的設備和技術。

長達十八年的大壩工程

長江三峽大壩，總工期為 18 年，整個工程可分為三期：第一期是 1992 年至 1997 年；1992 年到 1994 年，這三年為準備期，並於 1994 年 12 月 14 日正式動工。利用原中堡島修建混凝土縱向圍中堰，開鑿導流明渠，同時在左岸岸坡，修建臨時船閘。這時，地基和主河槽沒有任何變化，船隻可照常航行。

1997 年大江截流，標誌第一期工程結束，進入第二個工期，從 1998 年起至 2003 年。這時修上下游橫向圍堰，把長主流截斷，然後中間的水抽乾，以便修築河床泄洪壩段，左岸電站，同時在左邊山上修築雙線永久五級船閘，這些都是大壩的主體建築，水從寬 350 公尺的導流明渠通過，船舶經明渠或臨時船閘通過。

2002 年 10 月，大壩左岸全線封頂，達到 185 公尺高度。11 月初修建三期碾壓混凝土圍堰，再把導流明渠截斷，這樣億萬年來江水奔騰不息的自然河道，就被完全截斷，江水改從人造的泄洪孔道泄流。同時修建縱向圍堰形成三期基坑以便修建右岸大壩和發電站。來往船隻從 4 月 10 日以後到 6 月 15 日，一共斷航 67 天。6 月 1 日至 15 日，壩前水位由 80 公尺，蓄到 135 公尺。16 日起，長江恢復通航。8 月至 10 月，將分別有二台，也即共有 4 台發電機發電，加上 6 月的永久航閘航，標誌第二期工程結束。

然後進入最後一個工期，從 2004 年起至 2009 年止。到時候全部機組 26 台發電機裝竣發電，樞紐工程全部完工，最終壩上水位海拔高度將達 175 公尺，就標誌第三個工期結事，三峽工程也就全部大功告成。

長江三峽大壩完成後，人們也有憂慮，第一是大壩裂縫問題，如果大壩一塌，受災老百姓，何止千百萬，即物質之損，也無法計算。但工程人員解說，可以毋需憂慮，大壩是混凝土實體動力壩。大體積混凝土澆築後，裡面就會產生大



量的熱化學反應，溫度最高可以達到；六、七十度或七、八十度。一到冬天，外面的氣溫很低，壩面就會收縮，這樣熱脹冷縮，如果表面出現超過混凝土抗拉強度的極限，就會產生裂縫，這是任何大體積混凝土結構都會發生的現象。所以水利工程建設中有一句「無線不成壩」這樣一句口頭禪。

有關混凝土的保溫措施，在每年10月以後，就要開始注意保溫，新澆的混凝土，要鋪上厚厚的聚氯乙稀膠和防水滲透層，目的就是為了保溫，就是怕到冬天碰到寒流。這保溫措施，使混凝土裏外的溫差儘量縮小，裂縫就會減少些，沒有危險性大貫穿性裂縫。

即使有了裂縫，目前已澆築了1400萬到1500萬立方公尺混凝土，所出現的表面裂縫條數，每一立方公尺混凝土，介於0.043到0.2條之間，平均僅為0.074條，遠遠低於國家規定的容許度，而且一旦發現裂縫，即使是肉眼難以辨認的細微裂縫，也要加以彌補。

三峽大壩是跨世紀的國際級特大型水利樞紐工程，必須要求最尖端的科學技術，最先進的建設和管理經驗、最優良性能的設備、最優惠的政府財力支持、和最精良的施工隊伍，同時還要有一套施工管理機制，叫做「4+1」質量控制監督機制：「4」是指施工單位的自檢，監理單位的監督控制；「1」是指三峽工程建設委員會樞紐工程質量檢查專家組的最終檢查、指導、與認可。

地震與飛彈的威脅

另外，為了保證萬無一失，並在2001年聘請三位外國專家擔任質量總監。因為三峽大壩是一個偉大工程，故疑問也很多，例如有人擔心地震問題：專家的說法是壩址上下游15公里範圍內沒有明顯不良地質，四週是一片廣約百平方公里，深有幾千公尺，是堅硬完整花崗岩層，曾經先後深孔鑽探，打了約十萬公尺鑽孔，挖了九條平硯，做了大量岩石力學試驗，證明壩基岩體極為牢固，透水性微弱，距140公里以外，曾發生五級以上地震地區，所以這一帶是個典型弱地震環境，沒有大斷裂層通過，更沒有活動性的斷裂層存在。

至於兩岸山體岩石，雖有風化層，但主河槽沒有風化層。

地震顧慮，這樣看起來，是沒有什麼擔心了。當然還會有人這樣問，大壩庫區將來要儲存393億立方公尺的水，這麼多的水，有多重，壓在庫區地殼上，承受得了嗎？要知道三峽水庫有一個重要特徵，是它是一座少見的河槽型水庫，是所

謂“一線水”，不是湖盆型。

從宜昌到重慶，長有660多公里，寬度平均為1.1公里，所以將近400億立方公尺的水壓，是由這麼長的峽谷河道所承載，而不是集中壓在狹窄的面積上，好有一比，頂在頭上的一盆水。另外，還有蓄水後三峽水庫庫段或許會發生淺源小震，但最好大震級不會超過里氏4級；自廟河至白帝城長142公里的碳酸鹽岩峽谷庫段，可能會發生岩溶性的水庫誘發地震，但最大震級估算，也不會超過里氏4級。蓄水後三峽壩區不能完全排，發生水庫誘發地震，最壞估算，最高裂度不會超過6度，所以不會影響按7度設防的主要建築物的安全。

其他庫岸的穩定性向題，最大威脅是陡岸坡發生崩塌，滑坡和泥石流。庫區岸分布查明大約有一百萬立方公尺的大型崩滑，危岩體共284個，總體積約30億立方公尺。其中可能失穩共64個，總體積3、4億立方公尺，即使全部失穩滑塌入水庫，對水庫庫容和壽命，也無實質性影響。即使萬一，30億立方公尺崩塌滑體，在同一時間失穩入庫，也僅占庫容393億立方公尺之8.7%，占防洪調節庫容221.5億的立方公尺之15.3%左右，都不會影響水庫之正常進行。

更有人擔心一旦發生戰事，三峽大壩會不會被攻擊摧毀目標。實際不會有，即使有大壩是大體積的鋼筋水泥結構，一般炸彈起不了什麼作用，真要炸，炸大堤就可以。真正起破壞作用是核彈。

一般而言，可能性攻擊約有四種：

1. 是戰略彈道飛彈核攻擊。
2. 是常規巡戈飛彈攻擊。
3. 是飛機空襲。
4. 是轟炸。

但是對於三峽大壩的安羌防護，中共已進行討論証。從1964年到1988年，對模擬大壩，進行了多次核武器轟炸實驗，研究了潰壩洪水的影響範圍，以及減少損失的對策。

常規武器對三峽大壩，破壞不大，但中共仍有考慮，建壩同時，也構築了防禦網，並不斷加強。防禦主要兵器有：地空飛彈、各類型戰鬥機、單兵對空飛彈、各型高射炮、高射機槍。

負責保護三峽大壩的防空作戰人員和武器裝備，基本是以三峽大壩為圓心，從裡到外，按陸軍防空隊、空軍防空部隊、空軍航空兵等進行疏散配置。

現在再就航運，也是建三峽大壩之重要理由。長江全長 6300 公里，流域面積 180 萬平方公里，多年平均入海水量 8900 億立方公尺，相當於黃河、淮河、海河、灤河輕流量的 5 倍。支流共 3600 多條，通航里程七萬多公里，占全國內河通航里程的 70%，貨運量上全國內河 80%。

三峽位這黃金水道的腰部，中心樞紐位置。歷來溝通西南、華東、華中三大地區運輸動脈。不過重慶到宜昌 660 公里的川江航道，有 550 公里為高山峽谷，落差 120 公尺，灘險水急，不利航運。三峽大壩築成後，險灘進一步淹沒，增深、趨緩、加寬河道。大壩雙線五級船閘萬噸級船可由上海直航重慶，單向年通過能力，可增加 5 倍；運輸成本，可降低三分之一。水位提高，重慶水深穩定可以修築現代化之港埠泊位，港務設備，不被水位影響，更使長江成為中國名副其實的“黃金水道”。

目前三峽船閘通航，逐漸步入正常運轉，三峽工程航通領導小組對船閘試航期間的有關工作及庫區淹沒復建、庫區航路改革、水上安全管理、川江及庫區船型標準化、升船機建設、三峽區體制改革和經費落實、航運調度方案編制和航道治理科研等工作，專家分析認為，目前，三峽船閘的實際運行閘次與設計標準相差較大，直接影響年通過能力和航運效益，儘管設計標準取值貨大，且影響因素很多，但航運效益，還有一定的潛力可挖，所採取的措施可包括改善不同水位條件下的待閘地點、逐步實規船舶標準化，以及在不斷總結船閘運行經驗的基礎上加強和提高管理水準。

要創造良好的航運條件，還要著力改善航運技術條件，但此項工作技術複雜，難度較大，部份航道和港口的技術將難以達到使用要求，同時也滿足不了萬噸級船隊渝漢直達的設計要求，這也是制約實現設計運量目標和航運效益的關鍵。要結合已有和即將安排的科研專案成果，試通航期和不同水位運行情況下的觀測成果、船型船隊情況、以及水庫調度的經驗和問題等，提出切實的計畫和措施，做到逐步落實、以及如何做好三峽升船機的建設工作、以及庫區水上安全管理工作。

今後一個時期，三峽航運工作將圍繞設計確定的目標，以提高不同壩前水位條件下的船閘運行效率，改善航道技術條件，積極促成有船機按期建成以及加大水上安全管理力度為工作重點，在各自職責範圍內，與有關方面主動協調配合，促進長江航運發展，為三峽航運創造良好環境，以最大限度，發揮三峽工程的航運效益。

評估

爲了說明三峽通航，對於長江航運業的意義，有關方面，曾公佈了許多誘人的數位。然而，從運行的實際情況來看，許多數位，還僅僅是預測和構想，三峽大壩船閘設計爲“雙線五級”，是世界上最大的船閘，但經過實船試航後發現，單船過三級船閘需三小時以上，多船同時過閘平 3.5 小時，比五級設計過閘時間 137 分鐘還長。

現在，有關部分已分析了三峽航運的問題並確立了新的目標，但僅船閘效率一項而言，在實際情況與實際標準相差，較爲懸殊的情況下，無論是想要達到，還是接近設計標準，都將需要不少的努力，大量資金之投入，並花費很長的成間。

最後三峽是污染問題，主要有兩種，一是水污染，一是固體污染，外面也有議論，說三峽有一天會成爲臭水溝，要知道水庫蓄水量 393 億立方公尺，每年流至大壩水量爲 450 億立方公尺，水庫裝水只占它的 8.7% 不啻它的十分之一，不會變成臭水溝。水庫是動態，泥沙不斷沖走。還預留防洪庫量爲 221.5 億立方公尺，調洪可以削減洪峰流量，可以使中下游水位，平均下降一公尺。

至於水力發電，可遠達上海；風景景點，峽湖中就增 11 個湖泊，出現 14 個小島，艷都、石寶寨、白帝城，淹到半山腰，形成煙云繚繞，仙山瓊閣。

更正啓事

- ◆ 交大友聲 402 期第 91 頁，作者崔家莉學嫂的名字誤植為崔加莉。
 - ◆ 交大友聲 402 期第 65 頁“走過的歲月”中，交大歷年戰績在 82 年應該是獲得全國大專排球聯賽第一名，本刊誤植為第六名。
 - ◆ 交大友聲 402 期第 109 頁，王良卿學長之“傳播中國歷史與傳統故事 -- Story 7 之“敗”誤植為“欺”；Story 9 之“隋”誤植為“隨”。
- 僅此向作者及讀者們致歉。