

三峽工程之試算與深論文席謀

我今（95）年在國際日報發表過兩篇關於三峽文章後，原決定不再寫這文面文章，除非將來有機會到現場察看過，研究過工程單位掌握的技術資料，和主要技術人員討論過地報章討論。但是最近報還一再出現質疑我贊成三峽工程的文章，才覺得有進一步說明的必要。現以簡明試算方式將自己觀點闡明如後。

一、我以往所寫「三峽工程」文章時一再表明：「...憑個人工程知識，針對...若干報章雜誌見到的資料分析判斷（表示未見過官方資料）...就純技術觀點認為是可行的...非技術因素如...設計施工運作錯誤等，難作準確預測...將個人意見提供參考...」足以說明自己以往發表意見時的資訊範圍，考慮基礎，贊成條件，和論事態度。

二、下面進一步以重點分析計算，簡單說明何以「就純技術觀點是可行的」。先聲明：下面數據主要來自報章，部份是「設定的」，旨在說明「邏輯思路」。算式儘量簡化，屬於概算性質。讀者如有更準確的數據，可以自行精算修改，官方設計單位應有十分完整正確的計算，但迄無由得見。(1)按一九八八年十一月二十四日人民日海外版引述資料，三峽水電能量蘊藏量約三千萬千瓦。洛杉磯華文論壇報引述「論證書」數據：三峽工程壩高180M，年發電量八百四十億千瓦小時。以下按此進行試算。

(2)按三峽水電能量蘊藏量約三千萬千瓦，與裝機容量一千七百六十八萬，算出能量利用效率：

$$1768 \div 3000 = 0.58933 \text{ (約 } 60\%)$$

按：此為理論壩高極限，實際如計算泄洪消耗及其他因素，合理壩高應較此為低。目前設計壩同一百八十公尺，似已考慮多方面

困難而作頗為保守之折衷。

(4) 平均發電功率：

$84,000,000$ 千瓦小時 $\div (365.2 \times 24) = 9,583,800$ 千瓦，即

958.38 成千瓦。

平均離峰率 (O F F P E A K) 958.38 萬千瓦 $\div 1768$ 萬千瓦

$= 0.542$

(5) 全部完工後每年電費收入：全年 365.2 天 $\times 24 = 8764.8$ 小時，

以 8760 小時計算。目前洛杉磯電費時價，基本每度 $\text{¥} 0.12419$ ，超

限每度 $\text{¥} 14277$ 。本案保守取值以每度 $\text{¥} 0.5$ 計算。

958.38 萬千瓦 $\times 8760$ 小時 $\times 0.55 = 419.770$ 萬美元，取值 42 億

美元。

考慮投資利息、操作、維修、能耗、折舊等費，綜合以百分之

二十估計，第年電費收入純利約

42 億 $\times (1-20) = 33.6$ 億美元。

按：一般認為電級為最易輸送和使用的能量，水電屬於「可再

生能 (R E N E W A B L E E N E R G Y)。如不加利用，將

隨時間而消逝。不如煤炭、石油及核料般尚能存儲。本工程概略估

計，僅憑電力收入，不到十年可將投資回收。防洪效益，航運改善，

及鄂西自流灌溉的利用等，尚款計算在內。所以同意「建比不建

好，早建比遲建好」。

國產煤平均含量約標準煤 (6200KCAL/KG) 之百分之七十五，

用作火電估計每度電耗煤約 0.5 公斤，等量發電每年耗煤量約為：

(環保及生態衝擊見後述)

$(84,000,000,000$ 千瓦小時 $\times 0.5) \div 1000 = 42,000,000$ 公噸

$4,200$ 萬公噸

(6) 水流量核算：按水力發電公式： $P = (Q \times H) \div (0.102 \times E F F)$

式中： $P =$ 發電功率（千瓦）， $Q =$ 通過水輪機流量（立米 / 秒）， $H =$ 水頭（米）， $E F F =$ 效率

假定： $E F F = 85\%$ ， $H = 180$ 米，計算最大設計流量 Q ，平均主計流量 Q'

$$Q' = (17,680,000 \div 180) \times (0.102 \times 0.85) = 8,516 \text{ 立方 / 秒}$$

$$Q' = (9,583,800 \div 180) \times (0.102 \times 0.85) = 4,578 \text{ 立方 / 秒}$$

按：發電用水壩有多種類型。三峽「江流式」水壩（R U N - O F - T H E R I V E R T Y P E），與可能斷流的高位蓄水式（H I G H R E S E R V O I R T Y P E），及純為平衡負荷用的「抽蓄能式」（P U M P - S T R A G E T Y P E）根本不同。「江流式」特點為具有防洪，助灌溉，防水洩失，不為發電，維持航道等多種功能。美國著名的田納西（T V A）水壩及苦力水壩（G R A N D C O U L E E），均為「江流式」成功事例，完成運作已數十年，從未停止供電，亦未聞有何故障。瑞士、挪威、巴西、加拿大、意大利美國加州台灣所建數座水庫均為「高位式」。水量受季節性重大影響，有時滿水泄洪，有時乾枯停電，船舶通行多無此需要。「抽蓄能式」水庫例如台灣之「明湖」及「明潭」工程，性質完全不同。

(7) 根據數年前所見報載資料：一八七〇年宜昌洪峰流量為 110,000 立米 / 秒（三峽在宜昌在之上游，對應流量應較小），估計中之百年最大洪水流量為 80,000 立米 / 秒。兩者超過上述設計最大通過輸機流量甚多。倍數如下：

$$110,000 \times 8516 = 12.9 \text{ 倍}， 80,000 \div 8156 = 9.39 \text{ 倍}$$

討論：上述特大洪峰的產生，必然不限於金沙江上游的融雪，而是加上四川盆地相當長時豪雨，山洪暴發，形成水災，通過三峽大壩洪峰，固然可因大壩提早泄洪，理論上可使情況減輕，但是萬一四川地區豪雨延續過久，或提早泄洪偶有人為錯失，則大壩設計強度必須能安全承受上述特大洪峰。該洪水僅約十分之一經過水輪機。大部份須經壩底排沙兼排洪孔通過，多餘則須經壩頂泄洪道（S P I L L W A Y）排除。想像中洪流自一百八十米高凌空而下，轟隆巨響，震撼峽谷，壯觀及令人驚怖程度必遠在北美尼加拉瓜大瀑布之上。壩體之安全設計必須能應付此種巨大流量而有余。想三峽工程設計當局必然已考慮經一基本因素，採用適當安全係數。

三、電力輸出問題

(1)三峽發電系統肯定多組高壓三相發電。交流電或直流電均可用（交直流轉換設備）。發電電壓可高達11,22甚至33千伏。用變壓器升壓可高達七百六十五千伏特主壓輸送外地。通常到五百公里半徑範圍以內，設計滿載電壓降約百分之三，逐步至所需電壓，以中壓或低壓電送至用戶。(2)根據10 / 18 / 95人民日報載，三峽工程已決定用標購二十六臺七十萬千瓦三相交流發電機。

$26 \times 70 \text{ 萬} = 1820 \text{ 萬千瓦}$ ， $1820 \div 1768 = \text{約}.03$ （超容量3%）

假定發電機電壓為22千伏，電力因數為0.8，每臺發電機相第股發送出電流為：

$(70 \times 10000) \text{ 千瓦} \div (22 \times 1000 \times 1.732 \times 0.8) = 22.96 \text{ 千安培}$ ，

取值23千培

此電流送至高壓匯流排（B U S B A R），總電

流為 $23 \times 26 = 598 \text{ 千安培}$

(3) 假定自高壓匯流排以 750 千伏特高壓輸電網，分為多路饋送到武漢、長沙、許昌、西安，重慶等地區，（均在離三峽五百公里以內，沿途以枝線供電給用戶）。目前七百五十伏特高壓每路通常以 2,200 MW 為平均值。

（2200 百萬瓦特即 220 萬千瓦）。 $1820 \text{ 萬千瓦} \div 220 \text{ 萬千瓦} = 8$

.27（路數）

設計分為九路或十路送出技術上是可行的。如分十路送出，每股線路最大電流為：

$(1820 \times 10000) \text{ 千瓦} \div (10 \times 750 \times 1000 \times 1.73 \times 0.8) = 1$

.75 千安培

此廣闊區域，分階段建設供電，必有力消化此 1820 萬千瓦電力，據估算輸電技術亦屬可行。

四、洞庭湖問題（鄱陽湖情況相似）

(1) 時賢多將三峽問題與洞庭湖混為一談，一般而言，兩山之間必有水，兩水之間必有山，眾水這交必有湖，湖泊的正常終極命運是乾枯，淤塞或縮小到某一極限，在此之前可能經歷長時洪荒沼澤（S W A M P），乾後變成沃土。

(2) 四川在亙古之時便是一大湖泊。一方面由于泥沙的沖積，同時長江在其東南萬山中長時洗出一條深峭的排水道（如每年洗下一公里，一億年達一百米），使露出肥沃的土地，成為天府之國，江蘇省部份土地，不是來自海域的新生地，便是湖泊的填充。

(3) 原始的洞庭湖肯定遠較八百里為大，與古代湖北境內的雲夢澤相連。湘、資、沅、醴夾帶泥沙不斷注入而沉澱，時間以千萬年來計算。不過在我們祖先沒有開墾種植水稻前，江南有如現在巴西「雨林」，水土流失速度較低。所以洞庭湖的變淺而縮小遠不自一

九四九年始。在此之前湖中便已長出了一個「南縣」。（易君左先生寫的《大湖的兒女》一書中有非常詳細的歷史回顧和現況說明）。不過一九四九年以後，有一時期為了「增產」，向山要糧，濫墾濫伐，加速水土流失，則是實情。後來退耕還林，加強植樹造林，情況已見好轉。

(4)筑圍堤種稻，不是問題的主要關鍵。不筑圍堤阻止不了泥沙的淤積。農民筑圍堤的目的是為了防濱湖大塊可耕之地受湖水波浪及小幅漲落的影響，免于水浸，利於種植收穫。巨大洪水（通常遠在收穫之前）來時越圍堤，湖田仍有泄洪之功能。洪水不久退後，仍有收成。不筑圍堤將使週圍變成泥潭沼澤，少了大量米谷生產，水災減輕有限，且救不了洞庭湖。

(5)江南「黃梅雨」帶來充足雨水，宜種不稻。（水稻收成所含碳水化合物能量平均約為等面積旱地的六倍）使漢族在斯土擴大繁衍，並向南發展。洪水季節中從事水田耕作，免不了大量水土流失，湖面積縮小乃是無可奈何之事。

(6)我懷疑某專家的意見，認為洞庭湖的本身在往下降，也不敢輕易同意他摧毀圍堤，使湖田無法耕作的建議。除非能證明濱湖種植蘆葦，亞麻類不需圍堤保護的經濟作物，作為造紙原料，經濟效益比得上稻米。「兩湖熟，天下足」，少不了湖田稻作。

(7)洞庭湖的不斷淤塞縮小，將使原濱湖塘水災更頻仍而嚴重，同時加重長江洪水壓力。理想辦法是以巨大工程力量，浚泄長江尾閘，將長江口泥沙大量不斷移向深海或江口兩旁海邊，一面可加速海濱新生的地形成，且可使長江整體河床隨之下降。洞庭湖之淤塞亦可緩和，好處甚多。對此工程使用的方法，為一新的思想領域，包括利用水流力量，風力，通潮（退潮時攪動泥沙），機器動力（

挖泥沙，攪動，移動泵水衝動，壓縮氣吹動等）甚至炸藥力量。需要多方面工程技術人員參與，共同研究完成。包括：水利、土木、機械、電機、海洋等方面的。

(8)境內植樹造林，河流上游山坡谷多建大不池塘水庫，雨季之前出庫容，可減輕季節性的洪水。平時養殖水產，調節灌溉，三峽水庫建成，有分擔洞庭湖調節水流之功。因境內洪水總得一去處，洞庭湖縮小達某一限度後，洪水逕將泥沙推進長江，經由長江排到外海，預見若干年後仍有一「小洞庭」永主存在。與長江水流系統達于平衡，此系統之良窳，為對我中華工程人員智慧與能力的考驗。上述長江江尾閘有效浚渫排沙將為一關鍵技術因素。

五、三峽問題這探索

如上所言，三峽「江流式水壩」工程之無成，能將巨大江流「位能」「勢能」轉變為寶貴的「電能」，不再白白浪費于將江水流失，蒸發，升溫，河床沖刷和泥沙搬運。就現代技術而言，應該是可行的。工程辦理只能成功，不能失敗。目前令人擔心而認為可以解決的若干問題，三峽工程當局想必已經注意到，號能掌握。包括而不限於下述：

(1)工程完善及管理問題：

全部工程設計施工以及完成的運作和維修之完善化，以健全制度高效率推行。如何使其完善無錯誤，不但要有「品管」(QUALITY CONTROL簡作QC)而且有品保(QUALITY ASSURANCE簡作QA)。全部工程由一「主計劃」(MASTER PLANNING)統籌，與全國性「主計劃」妥善銜接。

(2)壩體微裂問題。

大量混凝土快速澆灌時，水泥化學反應發生之熱量短時間內不易發散，使溫度上昇而體積膨脹。當逐漸降溫冷縮時，因混凝土成形之初，缺乏強度，易生細微裂縫（MICRO-CRACK）。以往美國胡佛水庫建造時，壩體內預置若干哩一英寸徑薄鋼盤管，以機械冷凍冰水流過其中，為壩體混凝土卻熱，用以防止微裂。現代技術進步，有多種防止微裂的新法供採用。必須經精算正確使用，始能確保施工品質。（美國冷凍空調學會一九九四年手冊，1994 A S H R A E H A N D B O O K ， C H A P T E R 34 C O N C R E T E D A M S 有詳細說明供參考）

(3) 鋼筋的表面防處理問題。

水下混凝土中的鋼筋，長時以後，有因蝕而膨脹之可能。足使混凝土主體存在內應力或坼裂而變弱。上述「微裂」使問題更嚴重。美國軍事工程雜誌9 / 1995期有一專文論及此事。謂由于以往忽略，目前部份海軍水下工事經若干年老化已呈現上述坼裂現象。每年花費允三億元從事修理。所以決定今後類似新工程採用改進新法，將鋼筋在埋沒前將其表面施以環氧基樹脂融化敷塗防，處理（FUSION BONDED EPOXY簡作FBC），因三峽工程為一永遠不容損壞的工程，此則資訊非常值得參考。

(4) 水中金屬件之表面處理「陰極防觸」問題。

本工程有大量與江水接觸的金屬件如閘門，支架，管件等。長時在水中受「電化學」作用影響，部份金屬有因長時腐蝕而損壞的危險，須考慮用「抑制電流法（IMPRESSED CURRENT METHOD）作適當保護，以期永久。美國陸軍工程兵團有一資料（CORPS OF ENGINEERS MANUAL TM- 5 - 8 1 1 - 4 ， CORROSION CONTROL）

及美國防蝕學會資料可供參考。

(5) 壩底排沙門的保固問題。

排沙門經長時使用，必將因沙礫磨耗而損壞，喪失功能，須設計妥善保護，修理及更換金屬件辦法，報載三門峽改建之排沙口曾有此問題發生。

(6) 其他問題

其他問題如人員之訓練，理想運作程序與資訊的建立，週邊工程之完成；以及海內外人士關心的若干問題。有關單位想必都在關注之國。最近美國政府令其「進出口銀行」對參與中國三峽工程投標廠商不作融資支持，主要為基於人權（強迫移民）及環保考量。事實上三峽發電可免除大量燃煤或燃油發電，消二氧化碳，氧化氮及二氧化硫產生「溫室效用」「環境污染」及「酸雨」問題。三峽對環保具顯著之正面效益，負面影響實不如方傳之甚。美方如此態度似受反對聲浪影響，政治意義居多。

六、結論及其他：

(1) 上面說明我個人之贊成三峽工程乃「深思熟慮」之結果。（希望他人反對亦能如此）古語：「自反而縮（自我反省有理，雖千萬人吾往矣」。又：「千夫之諾諾，不如一士之諤諤」。（語出《孟子》及《史記商君傳》）。但是，人不可能絕對無錯，讀者如發現本文有何謬誤不周之處，歡迎理性的批評指正。

(2) 我個人認為華人不論贊成或反對三峽工程，出發點都是為了國家好。如果認為技術上是可行，便應凝聚力量促其成功，防止其失敗。如深入研究後認為技術上缺乏可行性，亦應本愛國良知，誠主善意，據理諫諍。

(3) 中國政府，特別是負責三峽工程的部門，不但要兢兢業業全

心全力，將這工程做到盡優盡美，而且要虛心參考接納海內外一切知識力量，以必其成功。對任何技術質疑，均應予充份解釋，不妨將技術工作適度透明化，使人們放心，或可減少部份反對聲浪，且可招來徠技術上或財務上的幫助。

This Webpage is created using [NJStar Chinese Word Processor v4.x 南極星中文處理系統 第四版](#).
