

## 壹. 概說:

為了因應金融風暴,保持經濟成長,兩岸當局都在增加投資於基建工程.如何確保基建工程品質,成為當前一大問題.兩岸基建工程品質之不良,自傳媒早有所聞.浪費資源之大者可達天文數字.貽誤事功及造成災難,影響民心士氣及國家形象,更屬嚴重.去年大陸特大洪災,朱鎔基視察長江堤防時曾怒斥"豆渣工程".傳媒報道近來大陸一連串建造中橋樑垮塌事件,三峽工程亦有施工品質不良情事.三月一日洛杉磯時報以"中國可能走向崩垮"為題,以危言聳聽方式來參與報道當前大陸工程品質不良消息.台灣傳媒以往也常有工程品質不良形成災害的報道.最近電視打出建造不到五年的十餘座危橋的新聞.類似情形常有報導.兩岸真如一個媽媽所生的兒子.毛病多少相同.海外華人應該共同研究如何促使改進.筆者以往曾撰文對此偶有討論.特再寫此文,作為進一步分析檢討.以下分情況檢討,問題分析,事例說明,先進借鏡,及結論等五方面說明.

## 貳. 情況檢討

### 一. 一般情況

工程種類繁多.大型者多為政府投資的基本建設或產業設施,多以土木工程為主體而機電通訊及化工等次之.包括而不限於道路,海港,橋樑,堤壩,場站,塔台,建築物,國防工事,環保工程及多種生產設施等.工程品質問題有未完工即被發現的(如建造中橋樑崩垮),有災害已形成而尚發現的(如埋設地下金屬管線,結構體中的鋼材銹蝕等,若干年後始意外爆發).一般而言,先進國家工程品質水平遠較國內為高,但亦非絕對全無問題.根據我個人印象對部份有關地區工程品質水平作一武斷概略分級如後:假定先國家以美國為代表將其水平定為100,則新加坡評分為95,香港90,台灣70,大陸50.上述評分為工程的綜合平均水平.同一地區又因不同工程類型而異.以中國大陸而言,高水平的如航天和鐵路電氣化工程,品質可能高達90分以上.低水平的如鄉村個體戶承包的混凝土道路,以及所謂"豆渣工程"的堤防,橋樑等,得分之低接近於零.事實上工程品質的高低標準須按其需要而定.以最經濟而切合目標需要為原則.不必要的虛華,與品質不足同樣要避免.先進國家的工程建設,先由富有經驗的專業人員制定各種技術法規,確立標準,制度,規則,一般工作人員即使非專家,按規章和標準行事,也可完成高水準工作.工程個案按其性質均經縝密審查.優良制度的建立,在於沒有例外.故其工程品質問題甚少發生.以兩岸一般情況而言,專家,技術,經費不是完全沒有,而是數量不夠或分配不合理.在政府專注,人才集中運用,自力或僱用先進國家工程專家參與,完成宏偉高品質工程頗多.但因缺乏完善制度,主持者不一定遵照專家意見,或所用非人,而形成劣質工程者,甚為常見.

### 二. 兩岸背景

若與以往相較,近半世紀以來兩岸工程實力均有大幅成長.有值得慶幸但也有所不足.筆者對台灣情況比較熟悉.大陸情況,僅根據短時部份區域實地考察及傳媒報道,想像其整體情形.先就台灣而論.台灣光復時日本工程人員漸次撤走.本地及大批自大陸來的工程技術人員填補其遺缺.一九五〇年韓戰爆發後,台灣有二十餘年接

受美援從事軍經和基礎建設.有大批人員派往美國學習.同時美方派有大批顧問來台監督審查各種工程及美援款之運用.工程專業和管理水平在那時期有大幅提升.七十年代美援中止,顧問撤離,早期培養的資深工程人員逐漸退休.近年大小工程均由本土化新生代主宰.隱約出現下述情況:1.現代精英多傾向從事高科技領域工作.傳統性質工程技術不如往昔的受重視.2.年老資深工程師不受重視.退休後少有機會發揮技術和經驗.3.大小工程有受黑金及民意代表不當影響情形.在外來和尚會唸經的社會心態下,多引進日本或歐美工程單位或廠商承攬重大工程.商業行為在所難免.4.缺乏資深人員的參與,工程學會及專業協會技術實力和權威有所不足.5.政黨時有不當運作,攔攔民意干擾工程作業,影響工程品質和成效.6.技術規章制度未臻完善.

次言大陸情況.大陸工程實力的成長和台灣不同.大陸在中共一九四九年取得政權後,以繼承國府多年工程教育的成果及延攬國外留學生為基礎,先是"以俄為師"加上"自力更生",而完成若干重大建設,難能可貴.但另一方面因當時國家領導人缺乏現代專業技術知識而師心自用,對專業知識未完全重視.過份相信群眾力量萬能.以大躍進土法煉鋼方式從事建設.造成若干重大失誤和浪費.一九七八年改革開放以來,上述作風已有改變.開始向美國及世界其他國家學習.但因文化大革命時代形成的知識斷層,和養成的壞習慣短時無法完全革除.必然反應到工程品質不良.一般印象為大陸有高水平技術,但局限於學術和部份工程單位,缺乏制度和足夠人員使技術實力貫徹到全國.濫竽充數的專業人員,或根本不講技術的工程建設比比皆是.筆者一九九〇年應邀赴大陸參觀訪問.歷時近兩個月,曾與若干工程技術單位接觸,行經廣闊地區.對若干高級工程師的工作精神深為佩服,但對不少地方主持,鄉鎮企業承包土建工程,缺乏技術指導,盲目施工,形成巨大失誤和浪費,觸目驚心.回美後將見聞和感觸寫在約三萬字的<文氏一九〇年回國訪問報告>中.分寄主要受訪單位.該文件以後曾由湖南湘潭僑辦大量翻印以"內部資料"分發.影響如何,不得而知.

### 參.問題分析

弄虛作假和貪贖意識,必然影響工程品質.但制度不夠健全,部份主持人缺乏常識和應有專業知識為最大原因.另一可想見的原因為中國文化缺乏精準,認真和遵守法令規章的習慣.一般而言,國家愈貧窮落後,這種問題愈普遍.先進國家制度健全,管理及科技發達,凡事精打細算,優選分析,工程品質以切合需要為原則,人民普遍習慣於遵守法令規章.失誤,浪費及意外問題的發生情事自然遠較開發中國家為少.因此工程品質問題與其說是"技術之不精",或"人謀之不臧",無寧說是制度,管理,及文化文明水平之不足所致.這問題海峽兩岸都有,近年來都在改進,但目前問題仍然存在.

現代世界工程技術已高度成熟,國內不足之技術多能在國際取得.不論純技術或管理,先進國家能做到的我們應該都能做到.其所以出現工程品質不如人的原因,包括而不限於下述:一.未採用正確的規劃,設計,施工方法;或所用設備和材料不當.二.主辦單位或主持人缺乏應有常識或專業知識,自以為是,未經諮詢而擅作決定.三.專業人員量不夠多,質不夠好.濫竽充數.四.工程作業缺乏完善制度.五.對先進國家工程技術資料及作業系未經普遍而深入研究採用.先進國家對工程品質的控制不但有所謂"品管"(QUALITY CONTROL,簡作QC),而且有所謂"品保"(QUALITY ASSURANCE,

簡作QA).其中"品保"在生產上是要做到無缺點.工程上要"萬無一失".要達到這一目標,是在各有關作業和監審制度階段做細密妥善安排.從規劃,設計,施工,檢驗,試車,驗收,接管,維修,保養,等階段都要按應有技術行事.這些技術在先進國家已相當完善而公開.如加採用,對工程品質的提高可以立竿見影.所以歸根結蒂,工程品質問題的發生,關鍵在於適當人員,方法和制度之採用與否而已.工程管理的大目標為對"品質","成本","工期"三者的綜合控制.並非狹義的品質一端而已.這點必須注意.

## 肆.事例說明

為了使讀者有更深切了解,筆者不憚煩以下述事例作進一步說明.

### 一.關於公路及一般土建工程

筆者一九五三年在美接受空軍基地工程主管訓練.五十餘專業項目中包括機場跑道及各種道路設計.曾觀看公路工程施工作業電影記錄片,亦曾到工地和實驗室參觀.對有關技術細節有所了解.以後在台灣所見非美援早期自建機場跑道工程,及在大陸廣闊地區所見鄉鎮企業築路工程,能了解其施工不當之所在.國府遷臺接受美援之前曾在台南空軍基地自建達一英呎厚的混凝土跑道.初經使用,便發現道面坼裂,露出石礫,須經常清掃.美援軍機進駐後,發現跑道石粒易被吸入噴氣機引擎損壞葉輪.不得不將整個跑道以吊錘擊碎鏟除.隨後以美援款按美國標準重新建造.筆者當時在場親自聽到美國懷特工程公司顧問所作談話,意謂:"美國羅斯福新政時建造的混凝土路面至今還在用.眼前如此昂貴剛做好的跑道即須報廢.真是愈貧窮愈浪費..."事實上上述類似情事還很多.一般人習以為常,鮮加指責.這種浪費今後必須完全避免.建議:混凝土公路應為永久性建設.應一律按先進國家標準設計施工.在沒有技術條件之下,寧先做馬克敦碎石道面.成本遠較低而不致形成混凝土路面翻修時之浪費.其他高費用高品質標準土建工程均須按此原則,採用先進技術和使用特殊機具設備.豆渣工程或可由此而減少.

### 二.三峽大壩混凝土工程

筆者原以為現施工中的三峽大壩工程深受政府高層關注,人才與資金集中優先運用,且有外國專家參與其事.工程管理必已達世界先進水平.但據四月一日洛杉磯國際日報所載<三峽工程的隱憂>一文中報道,大壩混凝土澆注存在缺點.費用超過預算.其他各省縣市及鄉鎮地方所主辦工程進行情況更難作樂觀想像.[按:壩體混凝土澆注為一複雜而高難度工程.因一般混凝土澆注後廿八日後始能達最大強度.澆注後一小時內開始逐漸凝固,但本身強度極低.混凝土混拌時內部產生巨大熱量使溫度升高體積膨脹,隨後逐漸冷即而使體積收縮.如不能適時將此熱量排除,以避免壩體強度不足時的熱脹冷縮,必將形成壩體中的坼裂,降低其強度和其防止滲水性質.以往施工時防止這問題的方法為在壩體中適當安放大量薄鋼盤管中以冰水循環其中卻熱.現代施工方法為將級配砂石預冷以平衡洋灰水解時產生的熱量.因影響作業的因素太多,現今已用電腦計算控制.稍一不慎,發生故障,影響壩體工程品質,後果嚴重.]大陸對混凝土大壩工程應已有豐富經驗.現在極度關注下,早期施工,即有如此嚴重缺失,不能不令人擔心.深望有關當局能立即加強此工程的品管和品保,不能如某工程院院士在電視秀中所言:"工程品質問題在所難免".

### 三. 關於油管油池及陰極防蝕.

油管油池及陰極防蝕設計為筆者以往從事專業之一.因曾承辦美軍工程設計而有機會掌握這方面資料.多年以來得知兩岸有油管油池重大漏油及瓦斯管漏氣引起火災情事.可以理解其發生的原因所在.可以斷言原因在於有關人員對有關技術缺乏深刻了解.此類工程焊工的考選,焊縫之X光檢查,防銹蝕塗料與被覆包裹的施工及檢查.以及經常維護.先進國家非常嚴格,而在國內遠較馬虎.地下埋設及水中安裝之金屬管板.因電解作用而有腐蝕穿孔的嚴重問題.先進國家對此類永久性工程必做"陰極防蝕"以資保護.此類特殊工程之施工品質不良一般人不易發現,竣工驗收多能輕易過關.若干年後始行爆發.追究負責,為時已晚.橋墩及碼頭支柱中鋼筋鋼板也同樣有防蝕需要,以期延長使用壽命.因整體工程費用大,必須儘量預防損壞.油池設計按消防法規須有圍堤限制萬一有漏油不致溢流超過安全範圍.數年前大陸南京及青島油池大火災.據稱一為雷擊引起,另一為漏油引起.如果設計預防得法,都是可以避免.總之當代世界技術對此種工程品質的控制和確保,銹蝕及意外災害的控制,已相當完善.如果一切嚴格按先進方法設計施工保養,意外災害事故可以減為最少.

### 四. 關於防洪工程.

筆者原非以防洪治水為專業,但因曾承辦印尼某防洪工程設計而研究有關資料.一九八五年退休後曾到紐約市中的工程圖書館(現已他遷)閱讀與防洪有關書籍文獻.對防洪特別是黃河長江的整治饒有研究興趣.筆者非常尊重國內治河專家的專業知識和成就.野人獻曝,認為原則上最好利用水流沖刷力,設法將江河尾閘(入海處)水下沙丘移向深海或兩旁,以逐漸降低河床.此工程過於浩大.建議設計中空預注混凝土船體.多塊鏈接,形成活動束流擋水板群體.此概念之產生乃於一九七二年研究一挪威工程師設計,用於北海油田之混凝土海上活動鑽油台之設計而產生之靈感.正常河川,河水面低於兩岸陸地地下水(water table)水位.而黃河部份河段水位高出兩岸陸地.河水向外滲透,斷流自然易於形成.解決之道,一方面在中上游大規模植樹造林,建造大小池塘水庫,在雨雪季節發揮蓄水功能.同時可減少下游洪水災害的形成.另一方面則設法按上法利用水流排沙能力,將尾閘水下沙丘不斷排離至深海.黃河長江整治工作難度太大.除發揮國內專家智慧之外,有需要集思廣益,摭取知識於世界.

### 五. 關於消防及工安.

台灣多年以來已參考美國及日本消防和工業安全法規而訂自己的有關法規.筆者約十餘年前曾受聘兼內政部營建署技術委員,參與其事.該法規以後不斷修訂.雖不能完全達先進國家水準,卻也算是相當完善.但印象中台灣火災和工安災害發生的相對頻率遠超過先進國家.部份原因在於執法不夠嚴格.例如:辦公大樓的建築執照申請僅為空屋.竣工驗收後各戶自行裝修,建材的防火性,配電安全性均不再經檢查.甚至變更用途,將屋頂增建樓房,將地下室改為餐廳等.將緊急逃生門鎖扣,將逃生通道堆積雜物.無人過問.總之,缺乏足夠安全技術規章,或規章不被尊重,監督檢查不夠嚴格.以致問題時有發生.

### 六. 其他工程問題.

例如山坡地開發涉及的水土保持和防洪問題,先進國家已有豐富資料和經驗可供利用.其安全程度可以由地層鑽探及地面資料計算分析.垃圾及各種廢棄物處理,均有先進經驗可循.亦可根據本地情況作最佳設計.關於台灣西部城市垃圾處理,筆者曾建議選擇多處適當地點填海造地.其法為先以建防波堤方式建造大海域圍堰.將垃圾壓縮填充,上蓋預注混凝土壓板造地.實施細節必經系統工程規劃設計,在不影響環保而最經濟適用方式進行.最近電視打出台灣民眾以暴力阻止某垃圾填海工程進行情事.如非規劃不夠周詳合理,或與群眾溝通不足,即係部份民眾不夠理性.反對黨從中鼓動亦有可能.

#### 伍.先進借鏡(美國工程制度的概略瞭解)

筆者對美國政府機關主辦工程包括要求嚴格之軍事工程,略有了解.概述如後:

一.法規和標準(codes and standards)美國有關工程作業,包括設計,材料,設備,安全措施,施工方法,修護保養等,有上千種法規和標準供引用.任何項目一經在工程合約文件中引用,即具充份約束力.法規和標準的製訂者可能為政府機關,或民間學術,專業,及商業團體.亦可能為國際組織,如民航,環保,衛生等方面的.此種法規和標準不斷增修,使其更周詳適用.

二.工程技術資料文件之周詳豐富.按:技術資料有屬於教科書形式及工程手冊形式.軍方的工程軍團(Corps of Engineers)有詳盡豐富的工程手冊.陸海空三軍均編有成套工程手冊.內容豐富但又簡明適用.為針對解決問題而設.引用詳盡參考資料可供旁徵博引.一般均無機密性.

三.標準圖說規章.有一般民間所用及軍方用者之分.設計時部份可以相互採用.就以往所知其中空軍所用者而言,將工程設施分為緊急(EMERGENCY),戰區(THEATER OF OPERATION),及永久(PERMANENT)等三類.三者標準內容不盡相同.各種設施,大者如各種不同機場佈置,小者如醫院,加油站,棚廠,軍官或士兵俱樂部等等.均各有標準佈置和"指引圖"(definitive drawing).筆者多年前在一美國工程公司工作時,曾參與一轟炸機基地設計.帶領一小組人員,在一年內完成該案全部機械設施的設計.包括近海油輪卸油的輸儲油設施在內.若無標準及參考圖說,設計任務不可能如期完成.

四.設計分析書及協調配合.筆者上述設計係由當時美軍駐琉球軍工單位(OKED)主持.由三家設計公司聯合承辦.設計之進行分為建築,土木,結構,機械,電機,衛生(給排水),估價,施工規範等小組.每一項設計均須先寫設計分析書.設計進行過程分為25%,50%,75%,95%至完成等階段.每一階段由各組負責人將全部圖相互審查作必要標注,確使各部份設計能彼此配合.如有錯誤,務必趁早修改.設計分析書注明每一細部的根據或計算.由設計人撰寫,旁人審核.工程圖說以設計分析書為根據.設計分析書,施工圖,施工說明書,估價單(根據工料計算分析)為一整體設計文件.有關法規和標準的引用,施工方法,檢驗細節,以及驗收接管等,詳載於施工說明書中.全部文件在發包前經各階層內行專業人員審查.至確認完全正確為止.

五.美國重大工程之舉辦,除非緊急災變處理或軍事需要者外,一般多由業務部門提出,需經專業人員反覆計算評估,作成專案.由民意代表調查通過,始能進行.系統分

析,可行性方案分析乃為必經的過程.因專業水平高,一般行政人員及社會人士常識豐富,民意監督嚴格,失誤較少.

#### 陸.結論(改進建議)

據傳媒報道,大陸最近建立工程主管責任終身制.個人認為這當然是一種加強工程主管責任感的辦法.但必須認清工程設計,施工,維修是一貫作業.必須建立整體"品管"和"品保"制度.使每一參與的工作人員都具備做好份內工作的能力,同時擔負應負的任責.因此參與者職掌和權責的劃分,能力的具備,為先決條件.而所謂工作人員包括監督和檢驗人員在內.如此一來,非專業人員擅作主張.或專業人員不按應有專業程序辦事的情事必然大為減少.此外,澄清吏治,杜絕貪黷亦大有助於工程品質的提升.

就國內現有基礎,加上世界技術和管理資源的運用,將國內工程品質提升達世界先企水平,是完全可能的.必須多方面研究改進,非單靠一項指令或立法可以達成.應做的事已如上述.包括制定完善法規,規定工程進行必須循一定程序辦理,不得有例外.必須由勝任的單位和人員從事設計和施工.建立健全而完善的工程監審制度.建立完善的工程法規,不斷修訂改進.培養完整成套的工程人才,質和量均須達高水平.善加運用工程人才,並保護其才能.加強各工程學術及專業團體(如學會,協會),及顧問組織的技術領導功能.加強各工程同業組織(如承包商,材料及設備製造商同業組織)的自我約束功能.向先進國家觀摹學習有關規章,標準和制度;聘用先國家工程顧問.成立各種有關研究所,兩岸人才應加強合作.使國內工程技術和規章制度,工程品質,均達世界領先地位.