

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

「抗磨材料與鋪設工法技術交流考察活動」 報告

研提單位：經濟部水利署

研提人員：

王國樑副局長、陳春宏副所長、林弘毅課長、林政志
正工程司、江俊生正工程司、廖東昇副工程司及陳志
豪副工程司等 7 人

參訪期間：104 年 11 月 2~7 日

報告日期：104 年 11 月 18 日

政府機關(構)人員從事兩岸交流活動報告

壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：抗磨材料與鋪設工法技術交流考察
- 二、活動日期：104年11月2~7日
- 三、接待單位：黃河水利委員會、黃河水利科學研究院、山西黃河河務局、長江水利委員會、長江勘測規劃設計研究院、武漢大學水利水電學院
- 四、報告撰寫人服務單位：經濟部水利署

貳、活動重點

- 一、活動性質：技術交流考察。
- 二、活動內容：交流及考察水利設施抗磨材料與技術。
- 三、遭遇之問題：無。
- 四、我方因應方法及效果：相關抗磨材料與鋪設工法，可納入未來水利工程設計及管理參考。
- 五、心得及建議：

此次技術交流考察大陸水利及水電設施於高流速及高含砂水流下抗磨材料研究及應用技術，參與人員均受益良多，特別是黃河三門峽水庫管理局為解決發電水輪機葉片組磨損問題，除長期與黃科院技術合作外，在抗磨材料及鋪塗技術於現場不斷試驗及滾動評估，包括材料採用環氧金剛砂塗層、聚氨酯彈性塗層、抗磨焊條堆焊、HVOF 碳化鎢塗層等，目前已可有效降低水輪機葉片磨損及維持發電機組發電效率與使用年限，相關技術及試驗經驗值得臺灣進一步蒐集資料應用，以提升設施抗磨能力、延長水利設施使用年限並降低維護經費。

參、謹檢附參加本次技術交流考察活動之相關資料如附件，報請備查。

職 江俊生

敬陳
正工程師江俊生 11/18

目 錄

一、 背景與目的	1
二、 時間	1
三、 活動內容	1
四、 參訪及接待單位人員	2
五、 報告撰寫服務單位	2
六、 活動形式	2
七、 行程安排	3
八、 活動過程與心得建議	4

一、背景與目的

臺灣因先天地質脆弱、河短坡陡，加上地震頻繁，每遇颱風豪雨河川上游集水區泥砂土石即隨洪流而下，在颱洪期間高流速及高含砂水流常造成混凝土及輸水鋼管等水利重要設施嚴重磨損，而影響設施使用年限及其設施功能與供水穩定度。

由於大陸黃河水利委員會(以下簡稱黃委會)與長江水利委員會(以下簡稱長委會)，已於許多水庫及水電站有抗磨技術應用及施工經驗，而為提升我國水利設施抗磨材料與鋪設工法技術，爰依逢甲大學兩岸科技研究中心邀請並奉簽准採公假自費方式赴陸參加「抗磨材料與鋪設工法技術交流考察活動」，透過大陸實際於抗磨材料與鋪設工法應用之水庫的參訪交流活動，參訪實際應用抗磨工程技術及交流，俾利後續相關水資源工程設計、排砂與排洪隧道之抗磨材料與工法及水利設施維護管理技術借鏡。

二、時間

104年11月2日至11月7日，計6日。

三、活動內容

本次技術交流考察活動為期6日，赴陸地點為河南省鄭州市及武漢市，主要活動內容包括參訪黃河三門峽水庫、黃河水利科學研究院(下稱黃科院)、長江水利科學研究院(下稱長科院)、武漢大學水利水電學院抗磨實驗室及長江勘測規劃設計研究院(下稱長設院)等，並針對黃河及長江高含砂水流對水庫設施及發電機組磨蝕情形及其抗磨技術與鋪塗機器進行交流及考察。

四、參訪及接待單位人員

(一)我方技術交流參訪考察人員：

- 1.王國樑(本署北區水資源局副局長)
- 2.陳春宏(本署水利規劃試驗所副所長)
- 3.林弘毅(本署北區水資源局課長)
- 4.林政志(本署北區水資源局正工程司)
- 5.廖東昇(本署北區水資源局副工程司)
- 6.陳志豪(本署北區水資源局副工程司)
- 7.江俊生(本署正工程司)

(二)陸方接待人員：

- 1.馬建華(長江水利委員會副主任)
- 2.孫鳳(黃河水利委員會國際合作與科技局副局長)
- 3.江恩惠(黃河水利科學研究院副院長)
- 4.汪在芹(長江水利科學研究院副院長)
- 5.黃介生(武漢大學水利水電學院院長)
- 6.程衛民(長江勘測規劃設計研究院副院長)
- 7.石妍(黃河水利委員會建築材料研究室副主任)
- 8.王鵬飛(三門峽水電站廠長)

五、報告撰寫服務單位

經濟部水利署。

六、活動形式

技術交流考察。

七、行程安排

日期		行程	交流單位
11月2日	上午	出發前往大陸河南省鄭州	
	下午	拜訪黃科院泥砂研究單位，交流黃河高含砂水流對水電站與水工構造物磨蝕情況，以及採用之抗磨材料與技術。 參訪抗磨研究室，交流抗磨材料之鋪塗機器與技術、鋪塗成品與抗沖磨試驗儀器。	黃河水利委員會黃科院
11月3日	上午	前往三門峽水庫	黃河水利委員會黃科院
	下午	參觀三門峽水庫，交流抗磨經驗與工法進行介紹，並參觀現地之抗磨材料鋪塗情況	三門峽水庫管理局
11月4日	上午	拜訪黃委會在山西省運城縣之山西河務局	山西河務局
	下午	參訪鹽池；返回鄭州	
11月5日	上午	出發前往武漢	
	下午	拜訪長江水利委員會長科院，進行長江流域水電站與水壩成功使用之混凝土與非混凝土(塗料)抗磨材料技術交流	長江水利委員會長科院
11月6日	上午	拜訪武漢大學，進行抗磨試驗與水力發電相關技術交流，並參訪抗磨試驗之實驗室與儀器設備	武漢大學水利水電學院
	下午	拜訪長江水利委員會設計院，針對抗磨材料技術、水力發電相關議題進行交流，並參訪泥砂試驗室	長江水利委員會設計院
11月7日		返回桃園	

八、活動過程與心得建議

(一)活動過程：

本次參訪及技術交流主要透過實地參訪大陸抗磨材料與鋪設工法應用及意見交換，了解大陸目前於高流速及高含砂水流下水利設施抗磨研究及工法，各日活動過程分述如下：

1.104 年 11 月 2 日：

11/2 下午抵達河南省鄭州市，即拜會黃委會黃河水利科學研究院之工程力學研究所，並由該所之張雷博士，針對所採用之抗磨材料與相關案例試驗成果進行介紹(如照片 1)。目前黃科院主要採用環氧金剛砂與聚氨酯彈性塗層，做為水輪機與水工構造物過流面之抗磨材料。針對磨蝕與穴蝕較嚴重之局部區域，採用抗磨與抗氣蝕能力較強之抗磨焊條堆焊、環氧不銹鋼鱗片漆和聚氨酯不銹鋼鱗片漆進行保護；另工程力學研究所李貴勳博士引導參觀抗磨材料試驗室並進行介紹(如照片 2)，及現場施工人員實際操作展示環氧砂漿抗磨材料鋪塗之現場示範情況(如照片 3)。

於參訪完黃科院抗磨材料試驗室後，隨即參訪黃河淤砂水工模型試驗場(如照片 4)，該試驗場以縱向 1/60，橫向 1/600 之不等比縮尺建置而成，主要用以模擬三門峽水庫與小浪底水庫每年所進行之調水調砂，對下游河道之沖淤變化影響。並分析建置部分控導工程(丁壩、突堤...等)布置方式，對下游河道之流路變遷與沖淤變化影響。目前之堤防設置與河道整治規劃為 4,000cms 不漫灘，花園口水位站可容納重現期 1,000 年一遇之流量 2,2000 cms。



照片 1 黃科院張雷博士介紹抗磨材料與相關案例試驗成果



照片 2 黃科院李貴勳博士介紹工程力學所抗磨材料試驗室抗磨技術



照片 3 黃科院抗磨材料試驗室現場示範環氧砂漿抗磨材料鋪塗情況



照片 4 黃科院黃河水工模型試驗場

2.104 年 11 月 3 日：

11/3 上午搭車前往三門峽水庫並參訪該水庫之抗磨成果及水庫排砂更新改造。本署北區水資源局(以下簡稱北水局)王國樑副局長說明石門水庫之泥砂淤積問題及排砂隧道磨蝕問題及磨損改善技術交換(如照片 5)。再由三門峽水電站王鵬飛廠長進行三門峽水庫泥砂磨蝕情況，與抗磨材料使用經驗與成果介紹(如照片 6)，於會議室交流討論後即至現場進行水電站之參訪。照片 7 為碳化鎢高速噴塗之機器手臂與控制器。並進入水輪機渦殼觀察水輪機受泥砂磨蝕情況，照片 8 為水輪機導翼磨蝕情況。

三門峽水庫為黃河幹流上修建的第一座大型綜合水利工程，壩高僅 106 m，滯洪空間 55 億 m^3 ，年供水 5 億 m^3 ，目前年總發電量為 430MW，是早期蘇聯協助大陸興建。原沒有水力排砂設施，但因淤積嚴重，故黃委會將原水庫建造時已封閉之底部施工隧道打通，並於右岸增建 2 條排砂隧道，是黃委會改造水力排砂更新活化的代表工程。三門峽水庫多年平均水流含砂量為 $36.9kg/m^3$ (約為 36,900 ppm)，汛期最大含砂量可達 $590 kg/m^3$ (約為 590,000 ppm)。因磨蝕嚴重，故水輪機組每 4-5 年即需進行大修一次。三門峽水庫先後採用過環氧金剛砂、聚氨脂橡膠(英國)、熱噴塗尼龍(美國 S80)、Co-Cr-W 焊條、碳化鎢塗層、水科院 SPHG 鎳基自溶性合金粉末、金屬陶瓷鑄片等離子噴塗複合板、高分子聚乙烯防護材料...等。目前主要採用碳化鎢塗層與環氧金剛砂，分別做為強穴蝕區與非強穴蝕區之抗沖磨保護材料。



照片 5 北水局王國樑副局長說明石門水庫現況磨蝕問題



照片 6 王鵬飛廠長介紹三門峽水庫泥砂磨蝕情況與抗磨材料使用經驗



照片 7 碳化鎢高速噴塗之機器手臂與控制器



照片 8 三門峽水庫水輪機導翼之磨蝕情況

3.104 年 11 月 4 日：

11/4 拜會黃委會在山西省運城縣之山西河務局，山西河務局目前有 250 餘人員，主要任務係負責黃河流經山西、陝西兩省邊界間約 852km 河段之左岸河道保護、整治的工作，右岸係由黃委會之陝

西河務局負責。其中重點區位主要是龍門至三門峽水庫管理局權責範圍上游之間 132km 的黃河左岸河道保護治理工作。本考察團也前往位於運城縣之鹽池參訪(如照片 9),該鹽池為中國自古以來重要的產鹽來源,有「中國死海」之稱,於每年農曆過年後開始準備產鹽,於每年 8 月 1 日正式開始產鹽。但於年底溫度下降後,於 12 月 31 日轉而生產水硝,至隔年 3 月底結束。鹽海中主要含硫酸鈉、硫酸鎂、氯化鈉(鹽)與其他微量元素。



照片 9 參訪山西省運城縣之鹽池

5.104 年 11 月 5 日：

11/5 上午由鄭州市前往湖北省武漢市，並於下午拜訪長科院材料與結構研究所。會中也由北水局王國樑副局長及水規所陳春宏副

所長分別說明對石門水庫排砂隧道磨蝕問題(如照片 10)及水規所業務水利技術研發相關業務進行介紹。黃科院方面，則由建築材料研究室石妍副主任，進行耐磨混凝土材料之技術與使用案例介紹(如照片 11)；並由新材料研究室之陳亮主任，進行表面抗磨材料之研發應用情況與案例介紹(如照片 12)。並於會後參訪黃科院之新材料試驗室，對黃科院於耐磨混凝土材料與表面防護抗磨材料之研究有更深入的瞭解。照片 13 為建築材料研究室與新材料研究室之試驗儀器介紹情況，照片 14 為抗拉拔試驗儀之照片。



照片 10 北水局王國樑副局長說明石門水庫設施磨損問題



照片 111 石妍副主任介紹耐磨混凝土材料之技術與使用案例



照片 12 陳亮主任介紹表面抗磨材料之研發應用情況與案例



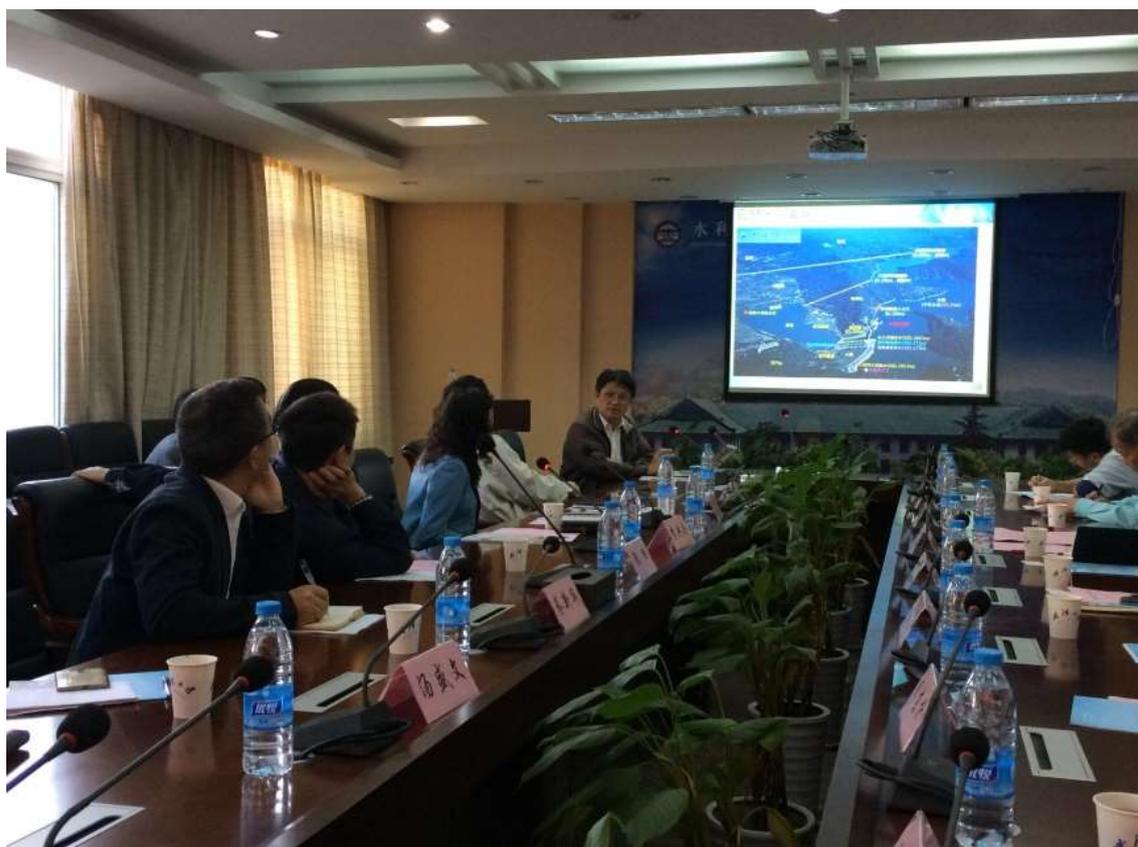
照片 13 陳亮主任進行試驗室儀器介紹



照片 14 抗拉拔試驗儀照片

6.104 年 11 月 6 日：

11/6 上午拜訪武漢大學水利水電學院，由黃介生院長接待。會中北水局王國樑副局長與水規所陳春宏副所長，也分別針對石門水庫現況與排砂隧道磨蝕問題，以及水規所研究範疇進行介紹(如照片 5 與照片 6)，使與會之武漢大學專家能對本次之交流考察目的更加瞭解，且加強兩岸水利問題現況瞭解與未來交流合作之可能。並由水利技術研發相關業務水工新材料研究所何真所長，針對相關抗磨材料抗磨試驗研究成果，以及三種抗磨材料試驗結果進行簡報與說明(如照片 7)。於討論會後參觀本計畫室內試驗之抗磨試驗室(如照片 8)，以及水資源與水電工程科學國家重點試驗室(如照片 19)。



照片 15 北水局王國樑副局長介紹石門水庫設施磨蝕問題



照片 16 水規所陳春宏副所長介紹水規所研究業務範疇



照片 17 何真教授針對抗磨試驗成果進行介紹



照片 18 水工新材料研究所抗磨試驗室與試驗儀器



照片 19 水資源與水電工程科學國家重點實驗室參訪情況

11/6 下午拜訪長委會長江勘測規劃設計研究院(以下簡稱長設院)，由程衛民副院長接待，並透過討論與交流，對長設院豐富的實務經驗有深入的瞭解(如照片 20)。照片 21 及 22 為參訪長設院之工程實務技術成果展示與合影紀念。



照片 20 交流考察團與長設院專家進行交流討論



照片 21 交流考察團參訪長設院之工程技術成果展示



照片 22 交流考察團參訪長設院之合影

(二)心得建議

本次蒙經濟部同意本署 7 人以公假自費方式赴大陸進行抗磨材料與鋪設工法交流考察活動，已於 11/2~11/7 依原訂計畫完成參訪黃河三門峽水庫、黃河水利科學研究院、長江水利科學研究院、武漢大學水利水電學院及長江勘測規劃設計研究院等，針對黃河及長江高含砂水流對水庫設施及發電機組磨蝕情形及其抗磨技術與鋪塗機器進行交流考察，本署參與人員對於水利專業技術均受益良多，特別是黃河三門峽水庫管理局為解決發電水輪機葉片組磨損問題，除長期與黃科院技術合作外，在抗磨材料及鋪塗技術於現場不斷試驗及滾動評估，包括材料採用環氧金剛砂塗層、聚氨酯彈性塗層、抗磨焊條堆焊、HVOF 碳化鎢塗層等，目前已可有效降低水輪機葉片磨損及維持發電機組發電效率與使用年限，相關技術及試驗經驗值得臺灣進一步蒐集資料應用，以提升設施抗磨能力、延長水利設施使用年限並降低維護經費。

受限於臺灣特殊水環境，先天地質脆弱、河短坡陡，加上地震頻繁，每遇颱風豪雨河川上游集水區泥砂土石即隨洪流而下，在颱風期間高流速及高含砂水流常造成混凝土及輸水鋼管等水利重要設施嚴重磨損，而影響設施使用年限及其設施功能與供水穩定度。為降低臺灣主流河川水利設施磨損、延長使用年限及降低維護成本，後續將除持續蒐集大陸水利設施抗磨損技術及工法外，亦將參考其它如日本及歐美等地區之抗磨材料與技術經驗，加以參考應用並行銷臺灣經驗並與世界接軌。