

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

第 22 屆海峽兩岸多砂河川整治與管理研討會暨
因應氣候變遷洪水風險管理交流研究
報告書

研提單位：經濟部水利署

職稱姓名：經濟部水利署北區水資源局 李珮芸課長

經濟部水利署南區水資源局 何達夫簡任正工程司

參訪期間：108 年 6 月 24 日至 108 年 6 月 30 日

報告日期：108 年 7 月 18 日

政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：第 22 屆海峽兩岸多砂河川整治與管理研討會暨「因應氣候變遷洪水風險管理交流研究」
- 二、活動日期：108 年 6 月 24 日至 6 月 30 日
- 三、主辦（或接待）單位：黃河研究會
- 四、報告撰寫人服務單位：經濟部水利署北區水資源局
經濟部水利署南區水資源局

貳、活動（會議）重點

- 一、活動性質：詳後述
- 二、活動內容：詳後述
- 三、遭遇之問題：無
- 四、我方因應方法及效果：無
- 五、心得及建議：詳後述

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請備查。

職 李珮芸、何達夫

108 年 7 月 18 日

目 錄

第一章 交流活動基本資料

- 壹、活動名稱
- 貳、活動日期
- 參、主辦（或接待）單位
- 肆、報告撰寫人服務單位

第二章 活動（會議）重點

- 壹、活動性質
- 貳、背景與目的
- 參、活動內容
- 肆、心得及建議

第一章 交流活動基本資料

壹、活動名稱

第 22 屆海峽兩岸多砂河川整治與管理研討會暨「因應氣候變遷洪水風險管理交流研究」。

貳、活動日期

108 年 6 月 24 日至 6 月 30 日。

參、主辦（或接待）單位

黃河研究會。

肆、報告撰寫人服務單位

水利署北區水資源局 課長 李珮芸

水利署南區水資源局 簡任正工程司 何達夫

第二章 活動（會議）重點

壹、活動性質

海峽兩岸多砂河川的交流機制由黃河研究會和臺灣水利界共同發起，於 1998 年開始合辦「海峽兩岸多砂河川整治與管理研討會」，且分別在大陸和臺灣輪流舉辦研討會。今年此項交流活動已邁入第 22 屆並擇定於內蒙古自治區巴彥淖爾市辦理，主要探討包括水資源管理與調度、水土保持和生態建設、河流湖泊綜合治理、農田灌溉與水利建設等專題，本次會議(含考察)由黃河研究會、逢甲大學、內蒙古自治區水利廳、巴彥淖爾市水利局、鄂爾多斯水利局共同主辦，在多面性考察及研討會議，除了解近年水利部門/事業推展近況且建立起兩岸專業人員之友好情誼及技術交流平臺。

考察行程安排如下：

時間	日 程	住宿
6 月 24 日 (星期一)	松山機場-上海-鄂爾多斯 台灣代表團 報到(上善若水·海納百川)	鄂爾多斯
6 月 25 日 (星期二)	訪問鄂爾多斯市水利局，舉辦圓桌座談 參觀烏蘭木倫河城市水系建設(吉勞慶川 溼地調研)	鄂爾多斯
6 月 26 日 (星期三)	參訪庫布齊沙漠七星湖生態補水工程 參訪黃河三盛公水利樞紐(黃河河套灌區 引水閘) 參觀黃河水利文化博物館	巴彥淖爾
6 月 27 日 (星期四)	第 22 屆海峽兩岸多砂河川整治與管理研 討會	巴彥淖爾
6 月 28 日 (星期五)	參訪黃河河套灌區管理局水利信息中心 考察河套灌區總幹渠第二分水樞紐	巴彥淖爾

	參訪黃河流域最大湖泊烏梁素海生態恢復現場	
6月29日 (星期六)	巴彥淖爾-西安-三門峽 參觀三門峽水利樞紐	三門峽
6月30日 (星期日)	參觀天鵝湖生態景觀池 三門峽-鄭州-臺北桃園	原訂參觀小浪底大壩因當地人潮太多，無法前往

黄河河套灌区
黄河河套灌区位于黄河上中游内蒙古段北岸的冲积平原，引黄控制面积1743万亩，是亚洲最大的一首制灌区和全国三个特大型灌区之一，也是国家和自治区重要的商品粮、油生产基地。

三盛公水利枢纽
三盛公水利枢纽，是亚洲最大的、黄河上唯一的以灌溉为主的一首制大型引水平原闸坝工程。根除了内蒙古河套地区的水旱灾害，成就了“黄河百害，唯富一套”的经典，也是世界上屈指可数的特大型自流区源头枢纽工程、国家水利建设的重点工程，堪称“万里黄河第一闸”，“北方都江堰”。

巴彥淖爾水利信息中心
巴彥淖爾水利信息中心，包括数字墙、调度大厅、功能性实体数字沙盘等，汇集全灌区总干渠、干渠、分干渠灌溉实时运行数据及总局、管理局、管理所、管理段的4级管理信息，实现了联合调度。可远程监控河套灌区相关水情信息、各水利工程的实时影像以及各个灌排站流量、流速、等信息，提高了灌区的调度决策水平。

烏梁素海
烏梁素海，是黄河留给我们的礼物。1850年，黄河改道南移，留下了河迹湖。洪水泛滥以及河套平原农业用水的流入，改变着烏梁素海的容貌。这片湖水还很年轻，它未来的样子，将由我们和自然共同决定。

沙漠生态工程
以库布其沙漠为依托，七个美丽的湖泊与雄浑的沙漠景观完美融合，一族族顽强的绿色，从道路两边沿着绵延起伏的黄色沙丘铺展。一望无际的库布其草原、七个波光粼粼的天然湖泊与雄浑的沙漠景观完美融合，全面展示了库布其沙漠生态治理的显著成效，让畅游沙漠绿洲变为现实，成为可能。

库布齐沙漠
库布齐，中国第七大沙漠。人们用了将近30年的时间，终于学会与它相处。在合适的地方，中上沙漠喜欢的植被。在库布齐，人们驯化了1000多种耐旱耐盐的植物种子，发明了100多种生物固沙的方法。

貳、背景與目的

黃河是中華民族的母親河，為大陸第二大河川，發源於青康藏高原巴顏喀拉山北麓海拔 4500 公尺的約古宗列盆地，流經青海、四川、甘肅、內蒙古、陝西、山西、河南、山東等 9 省(區)，自山東省墾利縣注入渤海，河道全長 5,464 公里，流域面積 79.5 萬平方公里；黃河屬資源性缺水河流，占大陸 2% 的河川逕流量，却支撐 12% 的人口、15% 耕地和沿河 50 多座城市用水。其水資源具有水少砂多，水砂異源、年際變化大、年分配集中、空間分佈不均等大陸北方河流的特性，近年大陸為貫徹落實”水利工程補短板(缺點)，水利行業強監管”，逐步在完善監管體制與機制，創新監管模式和提升監管能力上下功夫。故為精益求精，藉由陸臺雙方交流合作與技術溝通，由最新水利建設與研究成果發展，相互吸收經驗，以利後續治理與管理多砂河川參考與應用。

今年研討會在大陸內蒙古舉辦，主要參與單位為黃河研究會、鄂爾多斯市政府、巴彥淖爾市政府等，在臺灣則為大學院校水利學術人士、水利工程實務界專家顧問等，藉著論文發表研討及現地工程參觀活動等方式，進行學術、技術與經驗之交流。

參、活動內容

一、訪問鄂爾多斯市水利局，舉辦水資源管理與氣候變化應對圓桌會議

前一晚踏進鄂爾多斯市，眼前每棟大樓外觀讓人目不轉睛，深覺這裏是內蒙古嗎？一早利用 google map 定位發現飯店緊臨烏蘭木倫河(為黃河支流窟野河上源。發源於內蒙古南部伊克昭盟沙漠地區，全長 132.5 公里，流域面積為 3837.27 平方公里)，水利人就是這樣一看到河川必定多看一眼或研究一下。

這次赴陸行程第一站是在鄂爾多斯市水利局召開圓桌會議，詳圖 1，希望藉由所擬定議題進行雙方經驗交流。首先由黃河勘測規劃設計研究

院有限公司王煜副總經理報告「氣候變化背景下黃河流域水資源管理因應對策」，共分成氣候變化對黃河流域水資源系統的影響、水資源面臨的問題與挑戰、應對氣候變化的策略及最新研究成果進行說明，由水文氣象資料顯示，黃河流域氣溫呈現波動升高趨勢，降雨量、逕流量及水面蒸發量則逐年減少趨勢，且逕流量減幅大於降水量減幅。至於現階段遭問題有供需水量矛盾更加尖銳、系統脆弱性升高、生態環境災難加重等，詳圖 2。



圖 1、圓桌會議會場(於鄂爾多斯市水利局)

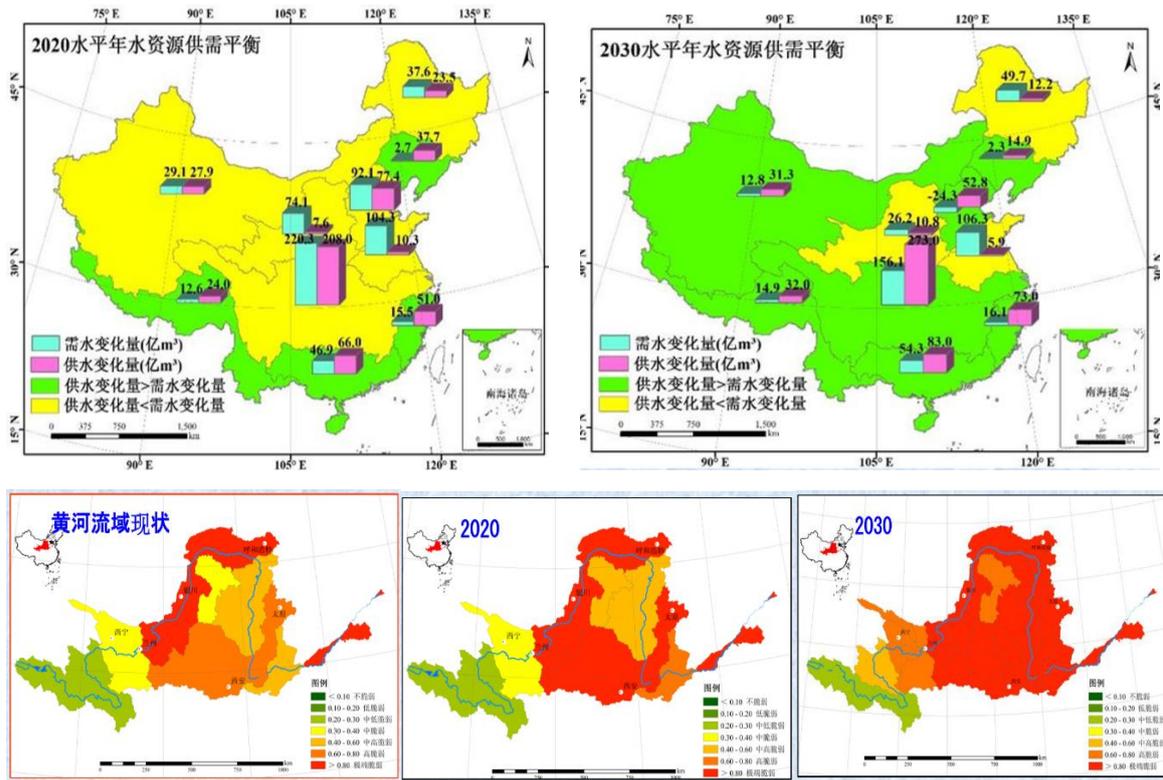


圖 2、中國大陸水資源供需演進(摘自王煜先生簡報資料)

對於氣候變化造成水資源運用上歸納出基礎研究、監測和預報、管理及調度、制度和政策四部分所遭遇問題，並以水資源嚴格管理+科學調配方式訂定出對應機制，如圖 3 所示，此外對於黃河流域旱情監測及水資源調配技術提出最新研究成果，其思維如圖 4 所示，並針對乾旱應對系統結構整理如圖 5 所示。

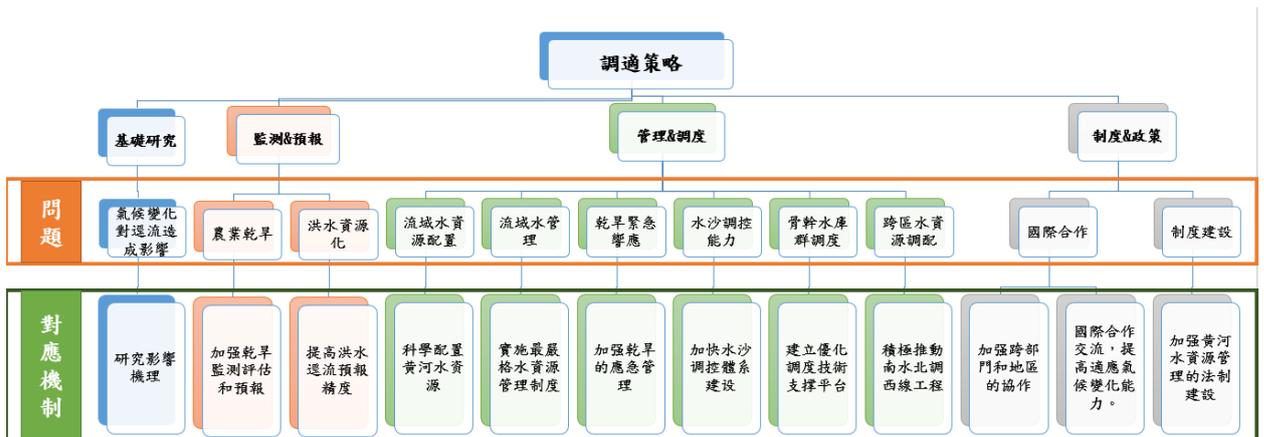


圖 3、氣候變化造成水資源面臨時問題及對應機制 (摘自王煜先生簡報資料，報告人整理)

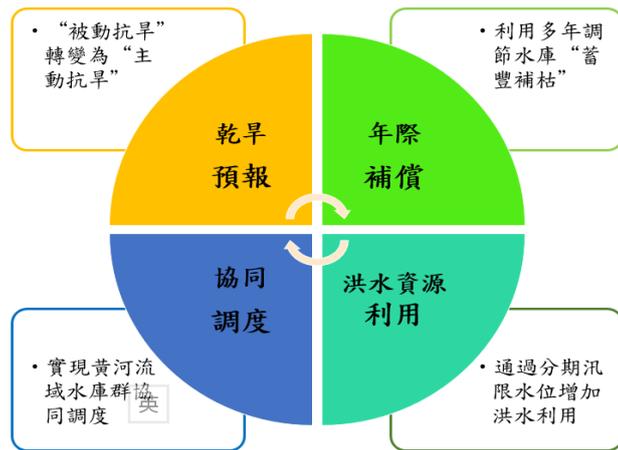


圖 4、抗旱因應思維(摘自王煜先生簡報資料，報告人整理)

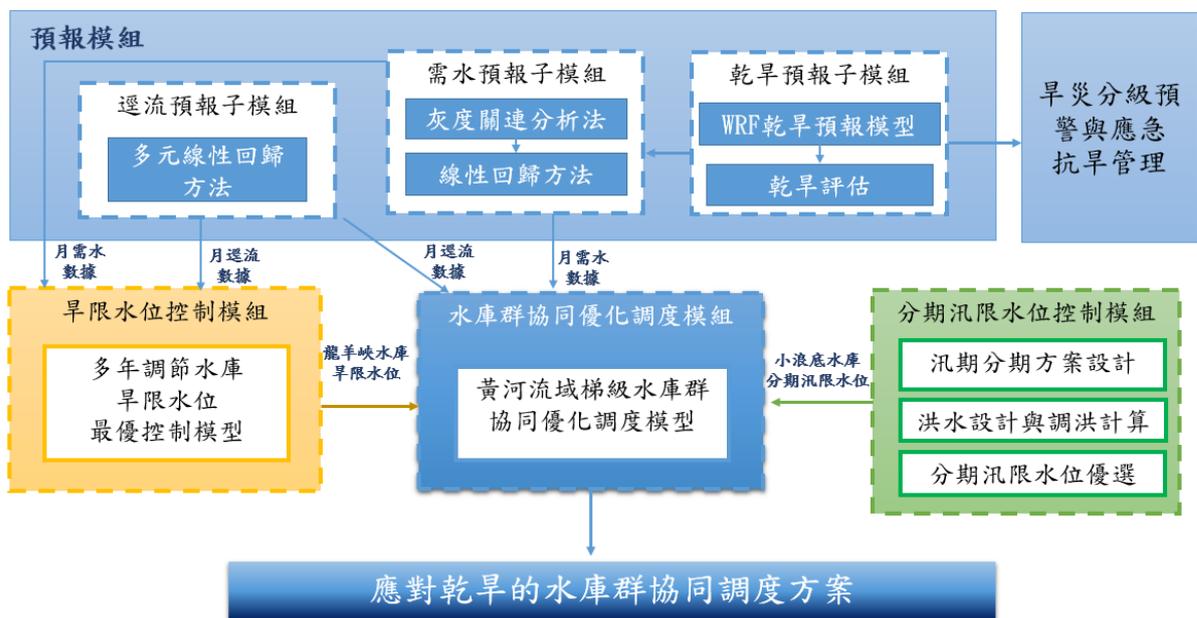


圖 5、應對乾旱的水庫群協同調度方案(摘自王煜先生簡報資料，報告人整理)

接著由北區水資源局李珮芸課長代表報告臺灣水資源環境及面臨問題，再就所擬訂氣候變遷下風險因子及評估方法、水源調配及應變作為、水利科技發展三議題提出臺灣現行作法，詳圖 6，並期藉由雙方交流討論以得到多面向評估因子、方法及應變策略。後續接由鄂爾多斯水利局張海濱副局長及氣象局伍秀峰副局長分別就其專業領域提出口頭報告，報告結束後進行討論，方向有地下水抽用及地層下陷、水資源運用及如何突破現行水庫操作方式將水資源利用最大化，惟受限時間因素當日會議針對所擬三議題未有深度討論，實屬可惜。

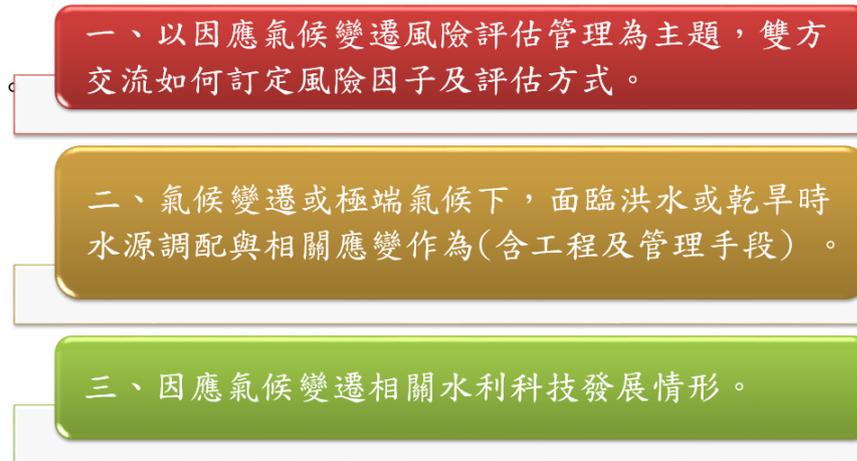


圖 6、圓桌會議研擬議題

二、參觀烏蘭木倫河城市水系建設(吉勞慶川溼地公園)

吉勞慶川溼地公園是大陸地區實施三園三川的項目之一(三川是指吉勞慶川溼地公園、昆都侖川溼地公園、罕台川溼地公園；三園是指動物園、植物園及遊樂園)，該溼地生態保護工程於 2010 年 1 月開工建設，2011 年底完成，北起東勝區旅遊專線，南至康巴什考考什納水庫，全長 24 公里，河道寬 50-200 公尺，該工程是由 4 個跌水堰、4 座橡皮壩、6 個水景組成的綠色景觀河，綠化面積 350 萬平方公尺，蓄水量 153 萬立方公尺，投資經費人民幣 8 億元。

為提升都市建設品質於 2017 年進行改造，完成”雲澤草長”和”長湖落日”二處景觀建設，面積達 10 萬平方公尺，並藉由中水攔蓄和淨化處理解決中水外排問題，沿河布設大型骨幹壩 1 座，骨幹壩 3 座，中型攔砂壩 11 座及小型攔砂壩 7 座，以及 2 處溼地，總蓄水量更提高至 970 萬立方公尺，同時在河岸修建一條濱河觀景道路及自行車道，讓遊客有”人在車中坐，車在畫中行”的美感。在結合城市總體規劃，透過橡皮壩、跌水堰攔蓄中水，以點至線至面的景觀湖及淨化工法，有效控制水土流失，增補灌溉水源及生態環境改善等形成良性循環的小流域生態系統詳圖 7 及 8。



圖 7、吉勞慶川溼地現地解說及鳥瞰圖(全長 24 公里)



圖 8、吉勞慶川沿線布設大型橡皮壩攔蓄水及中水綜合利用規劃示意圖

三、庫布齊七星湖沙漠生態補水工程參訪

庫布齊沙漠位於大陸內蒙古自治區伊克昭盟北部、黃河南岸，地形幾乎與黃河平行，「庫布齊」為蒙古語，意為「弓上的弦」，面積約 1.86 萬平方公里，是大陸第七大沙漠，也是距北京最近的沙漠。西、北、東三面均以黃河為界，南為鄂爾多斯高原。然而比鄰黃河的庫布齊沙漠因沒有充足水資源支撐，湖泊萎縮綠洲沙化。2013 年以來經過權威部門專家實地勘察論證，黃河水利設計公司編訂了《杭錦旗庫布齊沙漠重點水生態綜合治理項目可行性研究報告》，於 2015 年凌期**進行試驗引水，利用原有牧幹渠將凌水引入沙漠，減輕防凌壓力且改善沙漠環境，使水害為水利。

庫布齊沙漠西北風多，在當地人員解說下(詳圖 9)得知為防風定沙在迎風坡面栽種具有耐旱、耐風沙、耐鹽鹼、耐貧脊和涵養水源的樹種，如、沙柳、洋柴、花棒等，由以往挑挖種樹到網格治沙至飛機播種等，採用科學技術治理沙害。培育了像沙柳、沙棘、甘草等 20 多種免耕種、無需灌溉的耐旱經濟植物，在雨水較多的季節進行種子撒播，並且在沙漠裡修築多條穿沙公路，以路劃區逐步擴張，形成「生態長廊」，如圖 10，至於雨水少的季節則利用地下水補助，因此沿路可看到不少抽水井和水管，如圖 11。目前在沙漠綠化過程中生態環境已形成微氣候，地下水水位回復，並且技術成熟到輸往西藏、新疆甚至中亞等地區，不過現在世界荒漠面積仍大需持續推動改造。

*凌汛，下段河道結冰或冰凌積成的冰壩阻塞河道，使河道不暢而引起河水上漲的現象。是冰凌對水流產生阻力而引起的江河水位明顯上漲的水文現象。冰凌有時可以聚集成冰塞或冰壩，造成水位大幅度地抬高，最終漫灘或決堤，稱為凌洪。



圖 9、黃土高原沙漠綠化情景(現地解說)



圖 10、沙漠變草原，黃土變綠金(由點至線至面、黃河或道路旁逐步擴張)



圖 11、雨水不足時抽取地下水澆灌

四、黃河三盛公水利樞紐（黃河河套灌區引水閘）參訪

黃河三盛公水利樞紐位於巴彥淖爾市磴口縣，為根治黃河水害，開發水利，在黃河幹流上建設的重要工程之一，為全國三個特大型灌區之一內蒙古河套灌區的引水龍頭工程，也是黃河唯一以灌溉為主的一首制大型平原閘壩工程，勘稱「萬里黃河第一閘」如圖 12。該工程於 1959 年動工，1961 年 5 月建成並投入運行，主要以農業灌溉為主，兼有防洪、供水、交通、發電、旅遊及生態補水等綜合功能。

樞紐工程包括攔河土壩(壩長 2,100 公尺，壩頂高 1,057 公尺，壩頂寬 10 公尺)、攔河閘(共 18 孔，每孔寬 16 公尺，設計流量 6120cms)、北岸總幹渠進水閘(共 9 孔，每孔寬 10 公尺，設計流量 565cms)、沉烏幹渠進水閘(共 5 孔，每孔寬 2.6 公尺，設計流量 80cms)、南幹渠進水閘(共 5 孔，每孔寬 2.6 公尺，設計流量 75cms)。於 1967 年在距黃河北岸總幹渠渠首以下 3.3 公里處，建有 4 台 500KW 發電機組水電站 1 座，經增效擴容技改造總裝機容量為 2,520KW，後於 2009 年完成水電站二期工程，裝設有 3 台 5,370KW 發電機組，建成後對於提高河套灌區水資源循環利用，提供清潔能，緩解電力緊張。

三盛公水利樞紐使河套灌區農田的灌溉水源有了保障，把黃河水災害變成了珍貴的水資源，如圖 13，因此有所謂“黃河百害唯富一套”

且河套平原有「塞外江南·塞上糧倉」美譽。其目前引取黃河水量約 48 億立方公尺，約占黃河平均流量 300 億立方公尺的六分之一，通過紅圪卜揚水站年排水量約 7 億立方公尺，除烏梁素海自然消耗外，每年排入黃河退水量約 5 億立方公尺。

三盛公目前不僅為水利樞紐，辦公區內亦展示興建時利用的工具、設備及重要人物介紹等，由工作人員現地以模型解說三盛公各項設施外，也提及近年推動的河長制及冬季黃河結冰期需開鑿破冰以防水患的任務，亦參觀經核頒教育培訓之現場教育基地及實習基地，如圖 14。



圖 12、空拍三盛公及黃河流經三盛公攔河閘全貌



圖 13、三盛公樞紐工程灌區圖
(圖面包括黃河主流、南幹渠、總幹渠、總排水渠等)



圖 14、現地以模型解說三盛公各項設施

五、黃河水利文化博物館

黃河水利文化博物館位於巴彥淖爾市黃河溼地公園總幹渠臨河城區段南岸，金川大橋西側。展示內容按歷史順序編排布設三大板塊，包括輝煌閃爍的黃河水利文化、開拓進取的河套灌區、薪火傳承的總幹精神。展示內容包羅萬象，因河套灌區為本次赴陸行程重點參訪區域，藉由博物館文物圖象陳設(大都屬靜態)可了解黃河水利文化變遷過程，仿佛走進歷史讀本之中，如圖 15 及 16(共 8 張照片)。



圖 15、黃河水利文化博物館前留影





圖 16、黃河水利文化博物館策展內容

六、參加 22 屆多砂河川整治與管理研討會及論文發表

研討會於 2019 年 6 月 27 日假內蒙古巴彥淖爾飯店會議廳舉行，由黃河水利委員會、內蒙古自治區水利廳、巴彥淖爾市政府、鄂爾多斯市政府及台灣代表團成員共 120 多位專家與會。會議包括開幕式致詞、並由海峽兩岸專家代表王瑞德先生、劉曉燕教授分別以「海峽兩岸交流促進水利民生」、「黃河粗泥沙來源區水沙銳減原因及趨勢」兩個專題進行主旨報告，隨後集體合影及海峽兩岸專家討論，下午則分別以水資源管理與水利建設、河流湖泊綜合治理與生態建設二主題計 12 篇論文發表，最後則為總結發言。本次研討會除現場互動外，亦出版論文集一冊，共計收集 49 篇文章，次(28)日則為現地觀摩，相關流程詳表 1 及圖 17~19。

表 1、第 22 屆海峽兩岸多砂河川整治與管理研討會日程表

時間	會議及現地觀摩行程安排
2019 年 6 月 27 日(星期四)	
9:00~9:30	電視片《美麗的巴彥淖爾》欣賞 開幕式致詞

	<p>巴彥淖爾市政府 臺灣代表團 內蒙古自治區水利廳 水利部黃河水利委員會</p>
9:30-10:30	<p>主旨報告</p> <ul style="list-style-type: none"> ●黃河粗泥沙來源區水沙銳減原因及趨勢 劉曉燕教授 ●海峽兩岸交流促進水利民生 王瑞德水利專家
10:30-11:00	<p>集體合影</p>
11:00-12:00	<p>海峽兩岸專家論壇</p> <p>主題：水資源管理、生態建設、兩岸水利科技交流</p> <p>主持：孫鳳</p> <p>嘉賓：李文學、于長劍、喬西現 王瑞德、許盈松、王忠靜</p>
12:00-13:30	<p>午餐</p>
13:30-15:30	<p>水資源管理與水利建設專題</p> <ul style="list-style-type: none"> ●黑河流域生態調水 20 年實踐及成效 黑河流域管理局 劉剛局長 ●推動內蒙古水利建設高質量發展 內蒙古自治區水利廳計劃財務處 黃曉東副處長 ●淡水河水系水資源風險估及管理 北區水資源局主管部門 李珮芸課長 ●水權的前世今生與現代水治理 清華大學土木水利學院 王忠靜教授 ●天然河川災風險評估-以八掌溪為例 逢甲大學水利發展中心 劉建榮副主任 ●落實綠色發展推進水量調度工作 內蒙古水利廳水資源處 萬崢副處長
15:30-15:45	<p>茶敘</p>
15:45-17:45	<p>河流湖泊綜合治理與生態建設專題</p> <ul style="list-style-type: none"> ●內蒙古烏梁素海綜合治理 巴彥淖爾市水利局

	<ul style="list-style-type: none"> ●過水性湖泊健康生態系統構建技術及示範 中科院南京地理與湖泊研究所 江和龍教授 ●淤積水庫之更新改造-以白河水庫為例 南區水資源局主管部門 何達夫簡任正工程師 ●黃土高原水土保持的治理與成效 黃河上中游管理局 高健翎副局長 ●鄂爾多斯水土保持及生態文明建設 鄂爾多斯水利局 張海演副局長 ●以類神經網絡系統預測特定集水區之颱風事件降雨與濁度變化關係-以新北市南勢溪為例 逢甲大學水利發展中心 辛為邦副組長
17:45-18:00	總結發言
2019年6月28日(星期五)	
8:30-9:30	河套灌區總局信息中心調研
9:30-10:30	考察河套灌區幹渠第二分水樞紐
10:30-15:30	經五原縣前往烏梁素海補水口
15:30-16:50	考察烏梁素海出口(烏毛計閘)
16:50-17:30	考察烏梁素海經總排幹退水渠入黃河口 **因車程遠時間不及到達
17:30-19:00	返回巴彥淖爾



圖 17 、研討會前臺灣代表團合照

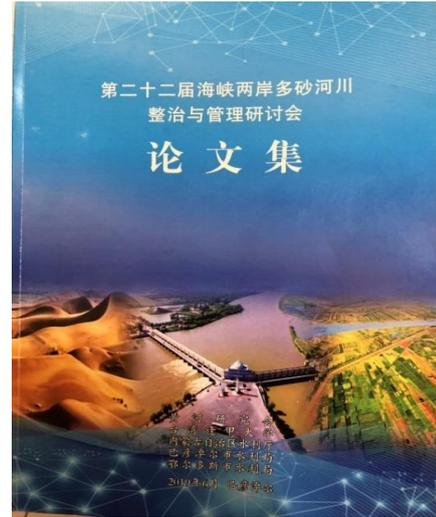


圖 18、海峽兩岸專家論壇及研討會論文集



圖 19、本次參加研討會專家學者合影

七、內蒙古河套灌區水利信息化中心參訪

黃河河套平原一般分為青銅峽至寧夏石嘴山之間的銀川平原，又稱「西套」，和內蒙古部分的「東套」。此次參訪為被指東套之內蒙古自治區之「河套平原」，河套灌區東西長約 250 公里，南北寬約 50 公里，為亞洲最大之一首制灌區，具備完整之灌溉與排水系統，灌區地形平坦，西南高東北低，土壤肥沃，因臨近沙漠草原，年降水量僅 130~250 毫米，而年蒸發量達 2000~2400 毫米，主要水源引於內蒙古巴彥淖爾市磴口縣城東南 2 公里的黃河幹流上之三盛公水利樞紐。引

水後透過總幹渠、分幹渠、幹渠、支渠、斗渠、農渠與毛渠等七級灌溉渠道，共有幹渠 13 條，分幹渠 48 條，支渠 372 條，斗、農、毛渠 8.6 萬多條，灌溉面積由 50 年前 16.67 萬公頃擴大到 66.67 萬公頃。灌區排水系統多與灌水渠系相對應，亦設七級溝道。總排幹溝全長 206 公里，現已建成總排溝 1 條，幹溝 12 條，分幹溝 59 條，支、斗、農、毛溝 1.7 萬多條，各級灌排渠道共約 6.4 萬公里。總排溝是灌區排水、渠道退水、山洪泄水唯一排入黃河的通道，如圖 20。

近些年，隨着黃河水資源日益短缺，同時，灌區耕地面積擴大，城鎮化發展迅速，因黃河水源除提供河套灌區所需水源外，尚須保留下游用水、生態基流量與環保要求，故為精準掌握灌溉水源能精準送至各灌區，灌區年引黃水量需控制在 47 億立方公尺以下，佔黃河過境水量約七分之一。如何提升用水效率，如何治污節水，如何調水與分水、灌區內灌溉次序與輪灌，涉及黃河上游水情訊息、各灌渠道之閘門開度、啟閉時間與水位監視等訊息，巴彥淖爾市水利局設置信息化中心，如圖 21~24，將灌區各項資訊透過自設之 4G 網路灌區水利專網系統傳遞，以避免網路頻寬不足影響訊息傳遞。灌區內廣設基地台與無線傳輸站，基地台間訊息以光纖傳輸，以降低訊息傳輸之時間差，無線傳輸站主要設於水量控制之樞紐位置，精確控制各灌區水量，並可預測渠道需水量、渠道動態配水與優化調度模型，經由上述方法將以前之漫灌，改為目前之效節水膜下滴灌，近 5 年灌區灌溉面積逐漸增大，年供水仍維持在 47 億立方公尺以內，實際水量掌握經詢該中心人員，可將誤差縮小至 5%以內



圖 20、巴彥淖爾市水利信息化中心(河套灌溉系統模型)



圖 21、黃河流域水利信息中心監控面版及水權轉讓監測系統數據中心



圖 22、監控面版(含取供水設施、機械設備及水位流量)



圖 23、內蒙古河套灌區信息化工程信息自動採集系統



圖 24、內蒙古河套灌區信息化建設工程通訊傳輸系統

八、內蒙古河灌區總幹渠第二樞紐工程參訪

總幹渠第二樞紐位於河套總幹渠 42K+700m 處，設有節制閘、洩水閘、永濟幹渠進水閘與南、北二閘，於 1961 年竣工啟用，位於河套灌區的西部，南臨黃河，北靠陰山，東與永濟灌區毗鄰，西與烏蘭布和沙漠接壤，承擔巴彥淖爾市臨河區、杭錦後旗、磴口縣、烏拉特中旗、烏拉特後旗等 5 個旗縣的 17 個鄉鎮和杭錦後旗太陽廟農場及鄂爾多斯市的杭錦旗等供排水任務，如圖 25。灌域農業總人口 47 萬多人，是內蒙古河套灌區引黃河灌溉開發最早的大型灌域之一。現有有幹渠 3 條，分幹渠 17 條，年均引水量約 12 億立方公尺左右。有排水幹溝 3 條，年均排水量約 1 億立方公尺。

第二分水樞紐竣工啟用後，因原設計水位落差 2.78 公尺，實際運行水位落差達 5.5 公尺，為原設計 2 倍，加上該水工構造物原施工期間政府財政困難，經運行 40 年設施發生危急事件不斷，先後兩次增建消能設施與四次較大規模局部改善。最主要改善項目為節制閘前進水前庭局部沉陷，且存在數條貫穿裂縫、上下游右側翼牆底部因管湧出現孔洞，改善方式以高壓灌漿方式，在閘門底部設置深 18 公尺節滲牆一道、消能池增設二道消能坎、進水口前庭鋪排塊石改為鋼筋混凝土結構等，永濟閘於 2003 年亦進行防滲加固，並與節制閘之防滲牆銜接，已進一步提高防滲能力，改善加固至今總幹渠第二樞紐仍正常運行，如圖 26~27。



圖 25、總幹渠第二分水樞紐位置



圖 26、總幹渠第二樞紐工程平面布置圖



圖 27、內蒙古河灌區總幹渠第二樞紐及水電站

九、黃河流域最大湖泊烏梁素海生態恢復現場參訪

烏梁素海是位於大陸內蒙古自治區西部巴彥淖爾市烏拉特前旗境內的一個湖泊，前身為黃河故道，屬黃河改道後之河跡湖，湖面南北長 35 至 40 公里，東西寬 5 至 10 公里，最大水深約 4 公尺，平均水深約 1.5 公尺，湖泊面積約為 293 平方公里，蓄水量約 3~4 億立方公尺，如圖 28~29。烏梁素海是河套灌區水利工程的重要組成部分，它接納了河套地區 90% 以上的農田排水，主要靠河套灌區數百公里灌溉及排水幹渠的尾水補給，經過湖泊的生物生化作用後，排入黃河，起了改變水質、調控水量、控制河套地區鹽鹼化的作用。由於農業污染、工業污水和城市生活污水排入湖中，湖水水質嚴重惡化，導致湖區面積急劇減少，生態功能嚴重退化，湖泊水體營養化嚴重，沼澤化速度加快，生態地位極其重要的烏梁素海一旦消失，土地沙化將更加嚴重，沙漠將長驅直入，加劇北方地區的沙塵暴災害。

自 2012 年起進行為期 8 年的「烏梁素海綜合治理規劃」，治理規劃以水質改善，水量增加為核心，針對排入之點源：城鎮與工廠污水處理排放標準達一級與中水回收再利用；面源：全域綠色有機農畜生產、灌溉區內之控肥料減農藥；內源：增加庫容、水道疏濬、生態補水等進行全面改造，預計在 2020 年最終目標入湖污染負荷在現有基礎上減少 70%，水質達到四類標準（一般工業用水區；相當台灣丙類水體）。目前河套灌區經過上述點源與面源作為，並透過紅圪卜排水站 12 台揚程 2.6 公尺，設計排水量 120cms 之斜式軸流泵，如圖 30，已連續 2 年對烏梁素海進行生態補水 5.65 億立方公尺/年與 5.95 億立方公尺/年，烏梁素海水質已於今(2019)年 5 月達到規劃治理之預期目標。



圖 28、烏梁素海生態補水通道平面布置圖



圖 29、烏梁素海紅坨卜抽水站補水口及其景緻



圖 30、紅坨卜排水站及斜式軸流泵

十、三門峽水利樞紐參訪

三門峽水利樞紐工程是在黃河中上游段建設的第一座大型水利工程

項目，古代因河中的四座石島將桀驁不馴的黃河水劈為三股，依次為人門、神門及鬼門，故稱三門峽，如圖 31。該工程於 1957 年 4 月動工，1961 年 4 月開始營運。每年 11 月至次年 5 月非汛期正常運作，6 月至 10 月大壩洩洪放水，庫區面積約 200 平方公里，三門峽水庫以防洪、防凌、供水、灌溉、發電為目標的綜合大型水利樞紐。運用方式由原來之「蓄水攔沙」改為「滯洪排沙」再改為「蓄清排渾」，此次參訪重點包括汛期水砂觀測、調水調砂機制及營運中水庫底孔改建等議題。



圖 31、三門峽水庫模型及向下游看張公島景象

在汛期水砂觀測方面，於大壩上游各主要斷面駕船以人工操作機械方式量測，在各斷面 2~3 處抓取不同深度 2~3 點水砂樣本(視河道寬度增加取樣數)，立即進行濃度檢測並回報，以掌握來水來砂情況，並適時開啟閘門將水砂下洩，維持庫區深槽與庫容。調水調砂機制方面，可分為單庫操作、多庫聯合操作與利用洪水到達時間差等模式。三門峽水庫在黃河中游水庫群中發揮承上啟下作用，並為小浪底水庫塑造人工異重流，汛期利用上游來水來沙等水砂觀測成果，調節庫區水砂搭配與支流水量，通過水庫的大量泄水，以較大的流量集中下泄，形成人造洪峰，促使小浪底庫區形成異重流，並推至小浪底壩前將細沙排出庫外，目標為”淤粗排細”。汛期前或汛期洪水期進行調水調砂有利水庫淤積泥沙排出，尤其是汛期前調水調砂對於水庫減淤尤為重要，據統計 2004 年

至 2015 年三門峽水庫調水調砂期間，入庫泥沙量約 2.49 億噸，出庫泥沙約 8.35 億噸，排砂比約 336%。水庫底孔改建方面，三門峽水庫位屬花崗岩峽谷，地質條件優越，飽和下岩石單壓強度約 1000~1800kg/cm²，因基礎岩盤強度高，故為混凝土重力壩。三門峽改建的第一期方案：在大壩左岸增建兩條泄洪排砂隧道，如圖 32，改建四條原引水發電鋼管為排砂隧道，完成後水庫的淤積減輕了，但排沙能力仍不足；第二期方案：打開原 1—8 號施工導流底孔，同時，將第一期改建過的發電引水鋼管進口降低 13 公尺，當壩前水位為 EL:315 公尺時，泄水量由 6000cms 增至 9060cms。因地質條件佳，故改建時係於改建前上游先設置 20 公尺高圍堰，再以定向爆破技術打通既有導水隧道與降低既有發電引水鋼管改為泄洪排砂隧道。此次參訪，適逢三峽水庫進行底孔排砂，排放水量約 2000cms，含砂濃度約 30 萬 ppm，現場濁流翻滾萬馬奔騰之景象令人印象深刻，如圖 33。



圖 32、大壩左岸增建兩條泄洪排砂隧道及攔木索



圖 33、三峽水庫進行底孔排砂

十一、天鵝湖生態區參觀

天鵝湖位於三門峽市黃河右岸，由蒼龍湖和青龍湖組成，核心區域包括雙龍湖白天鵝觀賞區、陝州古城和沿黃河生態林帶三部分。該湖地為黃河改道後歷史遺留下來的背河窪地、槽形窪地和廣闊的黃河灘地，水源來自汛期的地表徑流、引黃河退水和地下水等，為中國大陸河南省第一家國家城市濕地公園，具有調節黃河水位與生態教育功能。該湖主要保護對象為天鵝、鶴類等珍禽及內陸濕地生態系統，是南北候鳥遷徙的重要停歇地，在濕地生物多樣性保護方面具有非常重要的價值，在大陸內陸平原人口稠密地區實屬罕見。每年 11 月至次年 3 月，園區吸引數萬隻白天鵝來這裡棲息越冬，如圖 34~35。



圖 34、入冬時期天鵝棲息越冬情境



圖 35、天鵝湖及旁邊黃河情景

肆、心得及建議

- 一、本次行程安排從鄂爾多斯市至巴彥淖爾市等地區，除圓桌會議及研討會屬報告研討性質外，參訪設施部分包括生態溼地環境營造、沙漠綠化、黃河及河套水源調度、河套灌溉系統、甚至農業用水回歸至烏梁素海後的淨化，一系列水利工程和水資源管理，尤其在信息化中心看到水資源觀測、利用及監控系統之基礎建設進步神速，可見主辦單位(黃河水利委員會)用心安排及投入。
- 二、內蒙古年降雨約 200~400 毫米，蒸發量却高達 2300~2500 毫米，因此水文計算上會將蒸發量納入考量，在臺灣水資源利用上較無考量該因子的影響，然枯水期進入 4~5 月後因天氣轉為嚴熱，用水量及輸水損失均增加，且未來不降雨日數增加下，建議水庫管理單位可納入此損耗量。
- 三、中國大陸河川坡度較臺灣緩，為淨化水質直接在河道設置曝氣設備，但以臺灣河川條件坡陡流急下，無法以此方式處理，然大型河川主深槽明顯部分河段有高灘地，以頭前溪為例之前就有 NGO 反應水質不佳，因此如在高灘地開挖深池營造生態溼地，一來可補助水源，河川基流不會洩降太快，二來利用汛期將水補滿，可減少揚塵及產生淨化作用，建議可選擇適宜地點推動。
- 四、庫布其沙漠在政府政策性支持、企業商業化投資、農牧民市場化參與，即『PPP 模式』(Public—Private—Partnership)，亦即為了

達到水土保持生態文明建設，需要大量資金投入，因此以政府、企業及民眾緊密聯繫的利益共同體，初期以有償種樹改善當地生活水準；企業則可透過政府補助及提供土地經營，以增加收益，而政府則可藉此增加稅收，所以內蒙古鄂爾多斯市以『治沙、生態、經濟、民生』平衡驅動下，持續進行沙漠綠化生態產業鏈。因此，當政府需民間投入以加速推動成效時可公私協力建立伙伴關係，以結果論定方式推動，惟”利益”這二字如何拿捏有時會是阻力。

五、黃河及長江流域分別流經 9~10 個省區，長度分別為 5464 及 6380 公里，流域面積達 79.5 萬及 180.85 萬平方公里，流經範圍之廣是如何管理？水量如何分配？得知近年推動河(湖)長制，分別在水資源保護、河湖水域岸線管理保護、水污染防治、水環境治理、水生態修復及執法監管等 6 方面付予各河長任務，各司其職，河長由上至下有省、市、縣、鄉之分，經由分級分段管理至驗收考核，以確定執行成效。但對於流域或河川的資源應用或經濟開發等是不透過河長制來決定或分配。

六、黃河文化淵遠流長，黃河水利文物博物館展示多以靜態文物圖冊儀器、三國至明清時期河事與水利(含當時水利管理系統)、北魏至民國時期河套灌區開發、農田水利興修過程，由於本次參觀因時間緊湊未能深入了解實屬可惜，不過參訪時有加以拍照，後續可做為水文化推動或相關水資源策展參考。

七、多砂河川管理研討會中，清華大學王教授報告「水權的前世和今生」讓人印象深刻，主要提到水權的演變，如何由 Water Power 發展到 Water Right，以及相關典故查證等，因較少書籍提到所以特別將演講內容收錄，可提供水權承辦同仁參考了解。另外，會後與大陸專家交流時對於本次所提出的風險評估管理機制很有興趣，尤其該如何提高防災意識，事先的預防更勝於事後的救災。

八、在內蒙古年降雨量不足 200mm 之乾旱地區，如何精緻用水需透過科學化、自動化有系統、有效率的水資源管理，方可針對水源日益減少的黃河與灌溉面積日益增多的河套灌區，提出有效解決對策。台

灣目前面對氣候變遷下豐枯兩極的水環境，而農業用水又佔整體水源供應量七成，如果農業有效節水、精準控水與改變耕作型態，除目前推行之掌水工制度及精緻農業節水外，內蒙古巴彥淖爾市目前在河套建置灌渠自動化量測、監視與 4G 網路灌區水利專網系統傳遞模式，布點及監控範圍長約 300 公里，寬 50~60 公里，幾為國內西半部灌區大小，目前監控設點 130 處，閘門 400 多座，值得農委會及農田水利會借鏡。

九、內蒙古河灌區總幹渠第二樞紐工程因為設計與實際運行時之水位落差達 2 倍，導致基礎管湧滲漏而危及設施安全，可能因當時測量工具缺乏所致，後續經過加固改造已解決問題，因消能設施不足與後續改善工法，可做為水利署及所屬河川局及水資源局各新進人員設計施工課程教育訓練之案例。

十、烏梁素海經過政府之政策引導、改變耕作型態與設置汙水截流處理系統，多年之治理已初具成效，水質已達到規劃治理之預期目標，惟為長期保持良好水域環境，除上述作為外，尚須民眾自發性的共同維護，國內已長期進行環境教育工作，目的為了改變民眾的生活習性，避免不自覺或有意的汙染行為，因為在汙染發生的當時不易被察覺到，然而一旦發現就表示環境汙染已經到相當嚴重的地步。環境汙染會給生態系統造成直接的破壞和影響，惟如何長期維持，須由政府與民間共同關注與努力。

十一、黃河全長五千多公里，由於泥沙多造成水庫淤積等一系列問題，故三門峽水庫運行多年後在水庫調水調沙、機組抗磨蝕等方面累積相當成果，為多泥沙河流水庫如何長期保持有效庫容及維持水庫壽命，提供實際案例供參考。

十二、三門峽水庫集水面積大，年降雨量僅約 200~500 毫米，上游河道長、縱坡緩、流速慢，故其水砂抵達壩前有較充裕時間觀測，因黃河含沙濃度動輒 30~數百萬 ppm，故目前市場尚無可觀測此濃度儀器，目前係駕船以人工機械取樣並分析方式進行，與國內利用庫區設置自動觀測系統即時回報不同，另因台灣河川短促，水庫以單庫

操作排砂為主，如日後南化二庫建造完成後，黃河多庫聯合排砂操作模式可為參考。大陸第二大內陸河-黑河，在其上游祁連山下預計興築黃藏寺水庫，為輾壓混凝土壩，目前進興基礎開挖等工作，目前南化二庫規劃亦採用輾壓混凝土方式做為大壩主體結構，黃藏寺水庫興築期間，建議可前往觀摩。

十三、國內水庫基礎岩盤強度大約在 2~400kg/cm²，與三門峽水庫基礎岩盤單壓強度約 1000~1800kg/cm²，有相當差距，故國內既有水庫多為土石壩，考量水庫排砂如擬改建其導水隧道時，需針對該水庫之地質條件與營運操作等風險深入研討。

十四、在人口稠密區建立長約 50 公里，寬度約 3 公里，面積約 14280 公頃保護區，供每年數萬隻路過、停留、棲息、越冬和繁殖的候鳥棲息實屬不易。為維持自然保護區的環境，三門峽市之生活廢污水經過處理後亦未排入天鵝湖，目前管理單位的做法為定期進行水源監測、地下水位量測、加強水環境的監測，尤其嚴防工業生產廢水污染保護區、嚴禁在保護區核心區內進行捕獵、墾荒、放牧、濫伐林木、土石挖採、挖池塘等，並定期觀測鳥類的消長動態，掌握珍稀水禽活動規律，族群數量的變化狀況，建立資源檔案等，上述各項做法值得借鏡。