

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

輸砂動力學移地教學報告

作者：吳宜遠

系級：水利與資保碩二

學號：M9590495

開課老師：許盈松 助理教授

課程名稱：輸砂動力學

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：九十六 學年度 第一 學期

中文摘要

這次前往武漢大學進行的移地教學乃是本校與武漢大學結為姊妹校後，水利系第二次正式的學術交流。參與此次的活動，讓我們對中國大陸有更深入的了解，看法也改變了不少。除了在武漢大學內上課，吸收對岸老師的專業知識、講解各種實驗流程、模擬，讓我們對水利有更深層的了解；也藉由與他們研究生的交流，更了解他們當地的文化及生活；透過工程考察，見識到大陸現在水利工程的发展，親眼見到三峽大壩的宏偉，及其洩洪真是非常壯觀；也見識到了孕育中華文化的黃河、滾滾而流的長江，體驗到不同的經歷。此外，我們也參觀了黃鶴樓、少林寺…等，以往只有在書本上能看到的名勝古蹟，開闊了我們的眼界，經由這次的活動，不僅增廣了知識，在身心上也有所感觸，更是體驗到「讀萬卷書，行萬里路」。

關鍵字：武漢、移地教學、水利工程

目 錄

	頁次
摘要	1
目錄	2
表目錄	4
圖目錄	5
照片目錄	6
一、 行程概述	7
二、 課程內容	11
2.1 河流動力學基礎	11
2.2 大陸江河治理開發現狀	12
2.3 河流泥沙研究進展	13
2.4 河工模型試驗技術理論	14
2.5 大陸江河水利史	15
2.6 水沙過程與河流健康	16
2.7 江河防洪概論	17
三、 工程考察與參觀	18
3.1 武漢防洪工程	18
3.2 水力學實驗室	19
3.3 農田水利試驗場	20
3.4 水電站實驗室	21
3.5 三遊洞	22
3.6 中華鱊館	23
3.7 三峽大壩	24
3.8 西陵峽	25

3.9 少林寺	26
3.10 龍門石窟	27
3.11 小浪底工程	28
3.12 三門峽工程	28
3.13 虢國博物館	29
四、心得與建議	30
文獻回顧	31



表目錄

	頁次
表 1 7月2日(二)~7月7日(一)課程安排	7
表 2 行程安排	9



圖目錄

	頁次
圖 1 床面沙粒的受力情況	11



照片目錄

	頁次
照 1 武漢防洪工程考察	18
照 2 泥沙模型試驗	19
照 3 水力學實驗室	20
照 4 農田水利試驗場	20
照 5 水電站實驗室	22
照 6 三遊洞	23
照 7 中華鱗館	24
照 8 三峽大壩	25
照 9 西陵峽	26
照 10 少林寺	27
照 11 龍門石窟	27
照 12 小浪底工程參觀	28
照 13 三門峽工程參觀	29
照 14 虢國博物館	29



一、 行程概述

七月一日由逢甲大學出發，搭機前往大陸，當日下午便到達武漢的天河機場，下午由兩位老師帶領武漢工程參觀，參觀了江灘、龍王廟、漢陽南岸嘴大堤。

七月二日至七月七日我們在武漢大學上課，每日由一位武大的教授為我們授課一整天，從河流的動力學基礎、大陸江河治理開發現狀、河流泥沙研究進展、大陸江河水利史...等等。讓我們瞭解目前大陸的水利工程、期間也參觀了武大的水電站實驗室、農田水利實驗場等。在三日晚上，我們也與武漢大學的研究生座談交流，讓雙方更瞭解彼此的生活環境、文化等。於武漢大學課程行程如下表 1。

表 1 7月2日(二)~7月7日(一)課程安排

授課日期	授課時間	課程名稱	授課老師
7月2日 (一)	8:30—11:30	河流動力學基礎	張小峰教授
	14:30—17:30		
7月3日 (二)	8:30—11:30	大陸江河治理開發現狀	談廣鳴教授
	14:30—17:30	河流泥沙研究進展	曹志先教授
	19:00—21:00	與研究生座談交流	楊曉嵐
7月4日 (四)	8:30—11:30	河工模型實驗技術理論	陳立教授

	14:30—17:30	模型實驗實習:泥沙模型試驗廳、水力學實驗室	陳立教授 詹才華教授
7月5日 (四)	8:30—11:30	大陸江河水利史 (都江堰、大運河)	李可哥教授
	14:30—17:30		
7月6日 (五)	8:30—11:30	河流健康	李義天教授
	14:30—17:30	參觀武漢大學、農田水利實驗場、水電站實驗室等	張申澤 王富慶 李進平
7月7日 (六)	8:30—11:30	江河防洪概論	熊治平副教授
	14:30—17:30		

七月八日便開始為期一星期的工程參觀，首先我們先到三峽大學及三峽大壩培育中心，參觀了全球最浩大的工程三峽大壩。十一日我們便前往鄭州，由黃委會接待我們。也藉由著課程，使我們對小浪底水庫泥沙的研究更為瞭解；在之後三天期間開始工程參觀，包括了水調中心、模型大廳、黃河花園口水文站、少林寺、小浪底工程、龍門石窟、三門峽工程及魏國兵馬坑等，十五日我們便搭機回台。行程安排如表 2。

表 2 行程安排

7月8日 (日)	7:30—12:00	武漢—宜昌	三峽大學
	14:30—18:00	三遊洞、中華鱔館	
7月9日 (一)	8:00—11:30	三峽工程報告	三峽大壩培訓中心
	14:30—17:30	參觀三峽大壩	
7月10日 (二)	8:30—15:30	大壩—西陵峽	武漢大學
	15:30—20:30	宜昌—武漢	
7月11日 (三)	7:10—11:05	湖北省漢口—河南省鄭州	黃委會、黃科院
7月12日 (四)		上午課程: 小浪底水庫泥沙研究 下午課程: 工程參觀包括參觀水調中心、模型大廳、黃河花園口水文站	黃科院 張俊華 總工
7月13日 (五)		參觀少林寺、小浪底工程及龍門石窟	黃委會、黃科院
7月14日 (六)		參觀三門峽工程、虢國兵馬坑	黃委會、黃科院
7月15日 (日)	中國南方航空 CZ3073 鄭州/香港 8:50—11:40 長榮 BR870	賦歸 鄭州-香港-臺灣	

	香港/臺北 15:30—17:10		
--	----------------------	--	--



二、 課程內容

2.1 河流動力學基礎

授課教授：張小峰

水流與河床相互作用的紐帶—泥沙運動規律：

- 泥沙顆粒特性
- 泥沙沉降特性
- 泥沙起動、推移質、懸移質

泥沙沉速定義：靜止清水中等速下沉時的速度；「三種運動狀態：滯性狀態、過渡狀態、紊動狀態」。球體沉速：球體水下有效重力=球體受到的水流阻力。

泥沙的起動定義：位於群體中的床沙，在水流作用下，由靜止狀態變為運動狀態的臨界水流條件。作用力：1.促使泥沙運動的力：水流推舉力 F_D ，上舉力 F_L 、2.抗拒泥沙起動的力：重力 W ，粘結力 N 。

如下圖 1

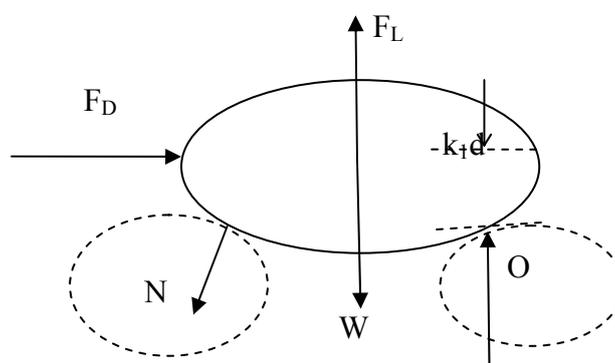


圖 1 床面沙粒的受力情況

2.2 大陸江河治理開發現狀

授課教授：談廣鳴

- ◆ 河流與人類文明：古代四大文明皆發源于大河流域（中國—黃河、古埃及—尼羅河、印度—恒河、古巴比倫—兩河流域）。

人類擇水而居，河流為人類社會發展提供了灌溉、航運、漁業養殖等各種便利。

- ◆ 大陸主要河流介紹：河流眾多，河流總長度達到 43 萬 km。

主要特點：1.河流眾多，地區分佈不均勻、2.豐富多彩的水系類型、3.國際河流遍佈邊境地區、4.水利資源豐富，經濟價值高。

長江—僅次於南美洲的亞馬遜河和非洲的尼羅河，為世界第三大長河；黃河—是我國的第二大河也是世界上著名的多沙河流。黃河流域是中華民族的搖籃，我國古代文明的發源地之一。

- ◆ 大陸主要河流開發與治理現狀：國家經濟發展的需求（經濟發展對電力的需求、改善能源結構的需求、水能開發的優點）

治理現狀：堤防、分蓄洪區、航道、河勢控制。

- ◆ 大陸主要河流開發存在的問題：1.工農業及生活污染物對河流造成污染、2.超量引水使得河流發生斷流、3.大壩的修建造成了壩上游淤積和下游沖刷、4.人為穩定流路導致防洪壓力增加、5.水電粗放型開發，缺乏規劃、6.梯級水電站集中蓄水對中下游影響。

2.3 河流泥沙研究進展

授課教授：曹志先

◆ 河流動力學研究物件與方法：河道水流、泥沙運動、河道演變；環境與生態學過程。

應用領域：1. 水庫泥沙淤積與大壩下游沖刷、洩洪排沙、多庫聯合優化調度、調水調沙、2. 江河洪水、泥沙災害、3. 河流系統重歸自然化、4. 河流泥沙管理、5. 河流建築工程、6. 航道工程、7. 河流環境與生態學。

◆ 河流動力學基本原理：基於流體力學基本（品質和動量）守恆定律的控制方程組。

廣義本構關係：湍流、阻力、泥沙。數值方法：特別是雙曲型偏微分方程（激波與接觸不連續性的捕捉），計算流體力學領域的熱點課題。

◆ 河流動力學基礎研究進展：

- ✓ 水沙兩相流
- ✓ 河床附近泥沙交換機理與定量化模式
- ✓ 沖積河流耦合數學模擬理論
- ✓ 非恒定水沙動力學
- ✓ 複合明渠水沙動力學
- ✓ 異重流

2.4 河工模型試驗技術理論

授課教授：陳立

◆ 河工模型－河流模擬理論與技術

運用模型研究原型的內在規律，預測其發展變化，最重要的就是模型要與原型相似。河道水流泥沙運動屬於機械運動範疇，而機械運動現象的相似特徵包括幾何相似、運動相似和動力相似。

◆ 動床河工模型試驗－泥沙模型試驗

懸移質正態動床河工模型：懸沙動床模型必須滿足—1. 水流運動相似、2. 泥沙運動相似。

◆ 物理模型試驗關鍵技術

一、泥沙物理模型的設計原則：模型類型的選擇、模型河段的選擇相似準則的選擇。

二、泥沙物理模型的比尺：懸浮相似比尺的確定、水流運動時間比尺與河床變形時間比尺變態、模型選沙。

三、泥沙物理模型驗證：驗證試驗的必要性和目的、動床驗證試驗的內容、模型與比尺的調整。

四、泥沙物理模型實驗方案：典型試驗條件的確定、試驗方案的確定。

五、泥沙物理模型實驗測控技術：水位、流速、流向、河床變化、含沙量、泥沙級配、流場的測量；出口水位的控制、進口流量的控制、動態控制方法。

2.5 大陸江河水利史

授課教授：李可可

- ◆ 先秦時期：興建了一批效益延續至今的大型農田水利工程。
- ◆ 秦漢時期：農田水利中心位於黃河流域；人工運河以關中漕渠為代表，連接黃河下游與關中地區。
- ◆ 魏晉南北朝時期：成就主要集中在軍事屯田方面。
- ◆ 隋唐時期：形成了歷史上著名的隋唐大運河，呈倒人字形佈局；黃河處於歷史上著名的“八百年安流”的狀態。
- ◆ 兩宋時期：北方的淤灌，南方的圩田；人工運河—“汴京四渠”。
- ◆ 元明清時期：開鑿和形成了世界上著名的京杭大運河，近代西方水利科技開始引入。

都江堰：

- ✓ 地形地貌的優勢：進入成都平原灌區的地面自然坡降為 3-5‰，十分適合自流引水灌溉。
- ✓ 水系與水資源的優勢：岷江集水面積大；堰首處多年平均流量 478 立方米/秒，具有豐富的水資源。
- ✓ 氣候及水文條件：灌區氣候溫和濕潤，冬暖春早，夏無酷暑，只要水源有保證，一般都能獲得好收成。
- ✓ 河流泥沙條件：含沙量較低，顆粒較粗，大部分能夠通過飛沙堰排入外江，不致淤塞灌區管道。

2.6 水沙過程與河流健康

授課教授：李義天

◆ 河流水沙過程與開發治理的二重性：

適當開發（利）：生態環境功能；人類服務功能；發揮河流的服務功能；改善生態環境。

過度開發（害）：危害人類；破壞生態環境；破壞河流生態環境；阻礙服務功能的發揮。

◆ 河流健康的主要威脅及其實質：

河流健康要求一河流同時滿足生態環境及人類對服務功能的持續需求。主要威脅一直接破壞活動、河流興利帶來的負面效應。威脅河流健康的實質一水沙過程劇烈變化是河流健康的主要威脅。

- ✓ 河流的水沙過程及開發治理對河流健康及水資源開發利用均具有二重性。
- ✓ 人類活動對河流幹擾的本質是改變了河流的水沙過程。
- ✓ 河流系統與水沙過程能否適應是河流開發治理與維持河流健康的關鍵。
- ✓ 適度的水沙調節不僅可發揮河流良好的服務功能，而且有利於河流的生態環境健康。
- ✓ 長江流域水電開發對改善我國能源結構，緩解中下游防洪壓力，帶動西部經濟發展，促進長江流域綜合治理開發作用重大。

2.7 江河防洪概論

授課教授：熊治平

防洪的目的在於減災。河流是輸水輸沙的通道，水系是河流的集合，流域是河流的集水區域，河流、水系與流域是一個密不可分的有機體，共同影響著河流洪水的形成過程及其產、匯、洩規律。

按洪水災害的災情輕重，可以分為微災、小災、中災、大災和巨災，或分為一般洪災、大洪災和特大洪災；按洪水成因不同，可分為暴雨洪水災害、融雪洪水災害、冰凌洪水災害、暴潮洪水災害、潰口洪水災害及山洪、泥石流災害等；按洪水災害發生範圍，可以分為區域型洪災和流域型洪災兩類。

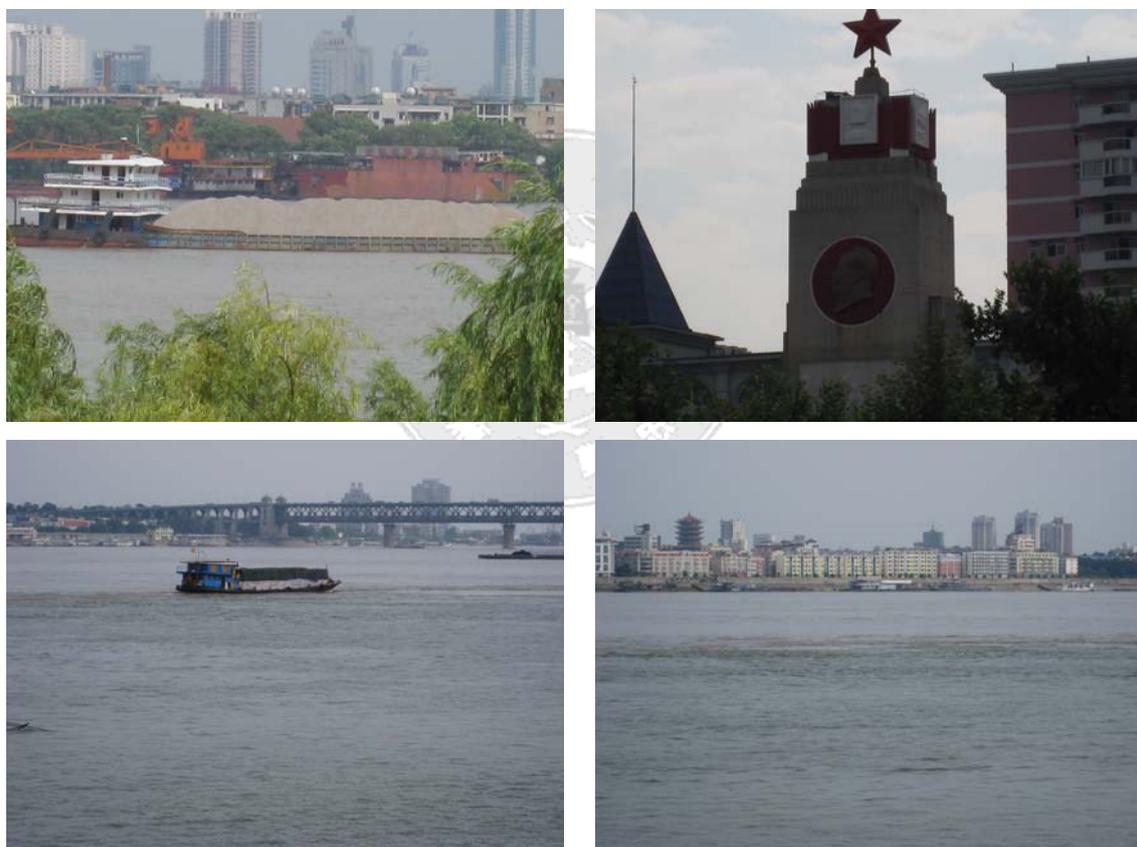
主要洪水災害的江河：長江流域、黃河流域、淮河流域、海河流域、松花江流域、遼河流域、珠江流域。洪災損失的分類：非經濟損失、直接經濟損失、間接經濟損失。洪災經濟損失指標：洪災損失率、綜合經濟損失指標。

防洪減災措施：工程防洪措施—水庫工程、蓄滯洪工程（分洪入海、分洪入其他河流、分洪回歸原河道、分洪入湖、分洪入分蓄洪區）、堤防工程、河道整治工程。防洪減災規劃的編製方法與步驟：問題辨析、方案擬定、論證評價、編寫報告。

三、 工程考察與參觀

武漢三鎮分別為漢口、漢陽、武昌，自古為中國水陸交通要衝。漢口為大型貨輪駛入必經之地，漢陽為中國重工業的重要基地，武昌是湖北省政治文化中心。

3.1 武漢防洪工程



照 1 武漢防洪工程考察

3.2 水力學實驗室



照 2 泥沙模型試驗

水力學實驗室在老一代學者姚琢之教授的指導下，於 1955 年建設。四十年來，歷經水力學教研室教師和實驗室人員的不斷改造。

演示實驗：1. 能量方程演示實驗 2. 流線演示實驗 3. 水擊演示實驗 4. 虹吸管演示實驗 5. 空化演示實驗 6. 流動演示實驗

動手操作實驗：1. 靜水壓強測量實驗 2. 沿程阻力係數測定實驗 3. 局部水頭損失係數測定實驗 4. 文丘裏流量係數測定實驗 5. 動量方程驗證實驗 6. 有壓滲流的水電比擬實驗 7. 孔口管嘴實驗。



照 3 水力學實驗室

3.3 農田水利試驗場

本實驗室始建於 1955 年，重點實驗室由五個專業實驗室和兩個試驗場組成，包括：農水實驗室、土壤與農作實驗室、噴灌實驗室、泵站實驗室、農水水工實驗室、噴灌實驗場、灌溉排水與水環境綜合實驗場。研究方向：1. 現代灌溉排水理論及農業水環境 2. 節水灌溉技術與灌排系統分析 3. 灌排工程結構與管理自動化 4. 機電排灌理論與技術。



照 4 農田水利試驗場

3.4 水電站實驗室

主要固定設備是七大系統。即開敞式循環水系統，最大水頭 20m，最大流量 1m^3 ；模型機組系統，共有三種高中低不同比轉速的八台模型水輪機，及配套的同步發電機，總出力達 20kW；控制系統，由三種不同類型的微機調節器和五種不同型式的伺服系統共八套，用於實現對模型機組的轉速控制和負荷調節；模擬電氣系統，包括勵磁、同期和局部電網；量測系統，由各種類型傳感器、多通道數據採集儀、專用動態採集軟件等組成；監控系統，由現地控制單元、上位機、局域網和終端微機組成，便於整個模擬水電站的監控、操作、計算機仿真和人員培訓；水道系統，對實際水電站的水道系統進行正態模擬。上述七大系統構成了完整的物理模擬水電站。



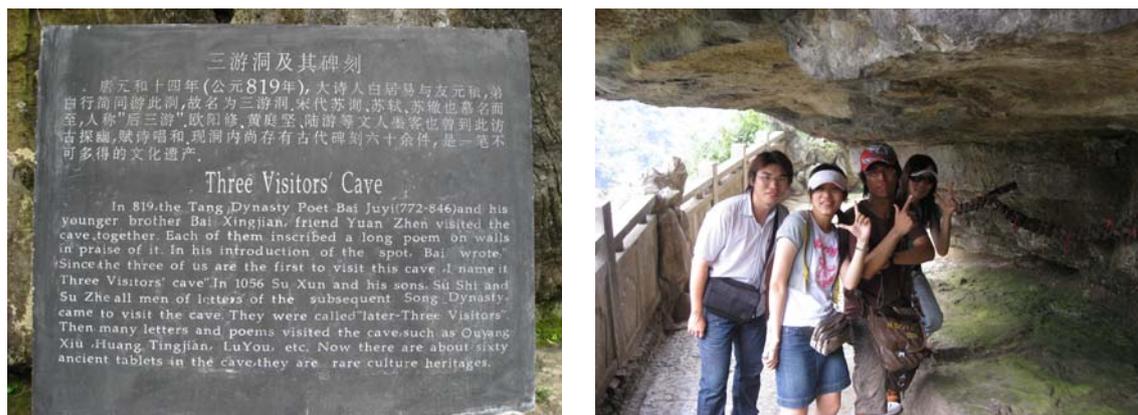


照 5 水電站實驗室

3.5 三遊洞

三遊洞是一處已開發的天然溶洞，風光明媚宜人。因唐代詩人白居易、元微之及白行簡三人曾同遊此地，白居易更於洞內作"三遊洞序"，因而得名。後來，蘇洵、蘇軾(東坡)、蘇轍父子三人在於洞壁之上各提詩一首，所以後人又有"前三遊"、"後三遊"的說法。





照 6 三遊洞

3.6 中華鱘館

興建三峽大壩，雖然可改善長江河道，減少翻船意外，用以水力發電，造福人民，但對長江原有生態卻有一定影響，中華鱘魚便是其中受影響的生物。中華鱘魚主要分佈在長江幹流和沿海水域，成年的中華鱘魚可長達四米，體重超過千斤，壽命長達百歲，為二十七種鱘魚之冠，是淡水魚類中最大最長壽。每年夏秋鱘魚都會遊到金沙江產卵，但自從興建大壩後，打亂了鱘魚的產卵路線，故當局特別成立研究所，以人工協助繁殖中華鱘魚，然後將魚苗放回江中生長。

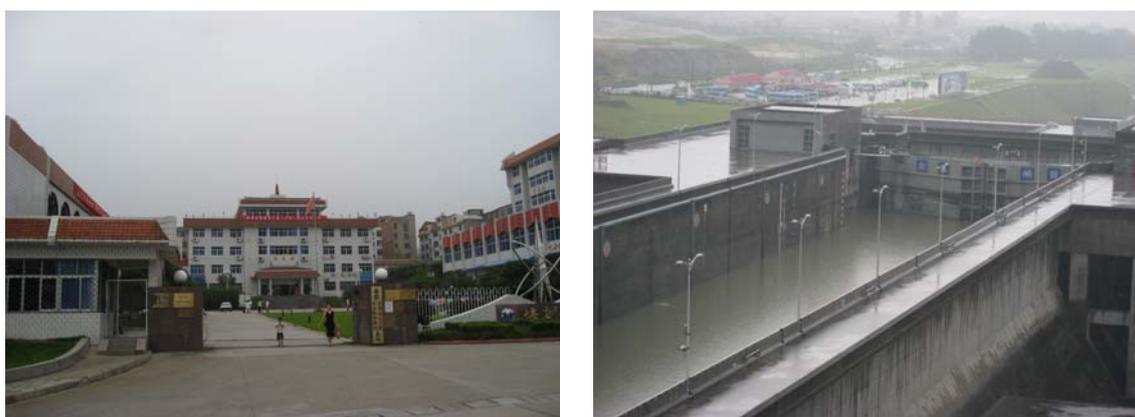


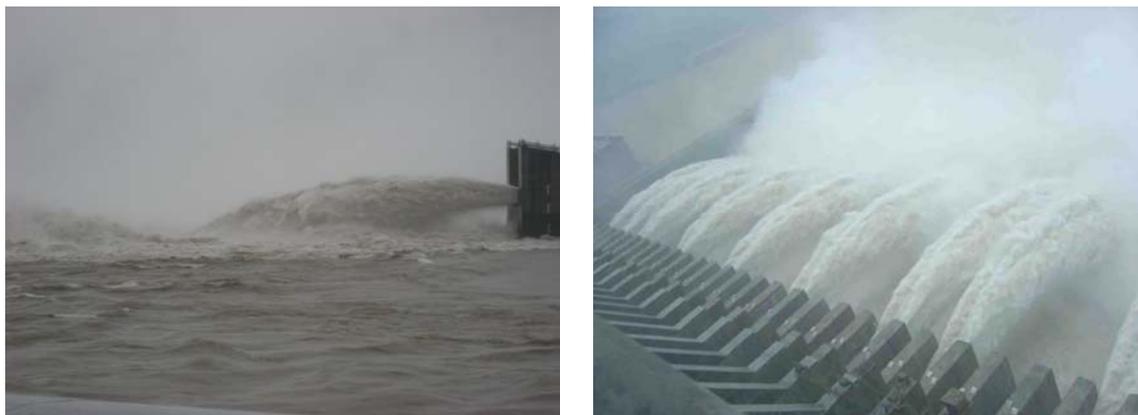


照 7 中華鯨館

3.7 三峽大壩

中國三峽大壩工程即是在長江上興建水庫，這項工程為世界上最浩大的水利工程。大壩的蓄水池長約 400 英哩、面積約 15 萬英畝，發電量可達 180 億萬瓦，電力足以供給偏遠的省份，而且還可以防洪以及便捷長江上游的水運。三峽永久船閘三峽工程主的三大效益，即防洪、發電和航運，其中防洪被認為是三峽工程最核心的效益。





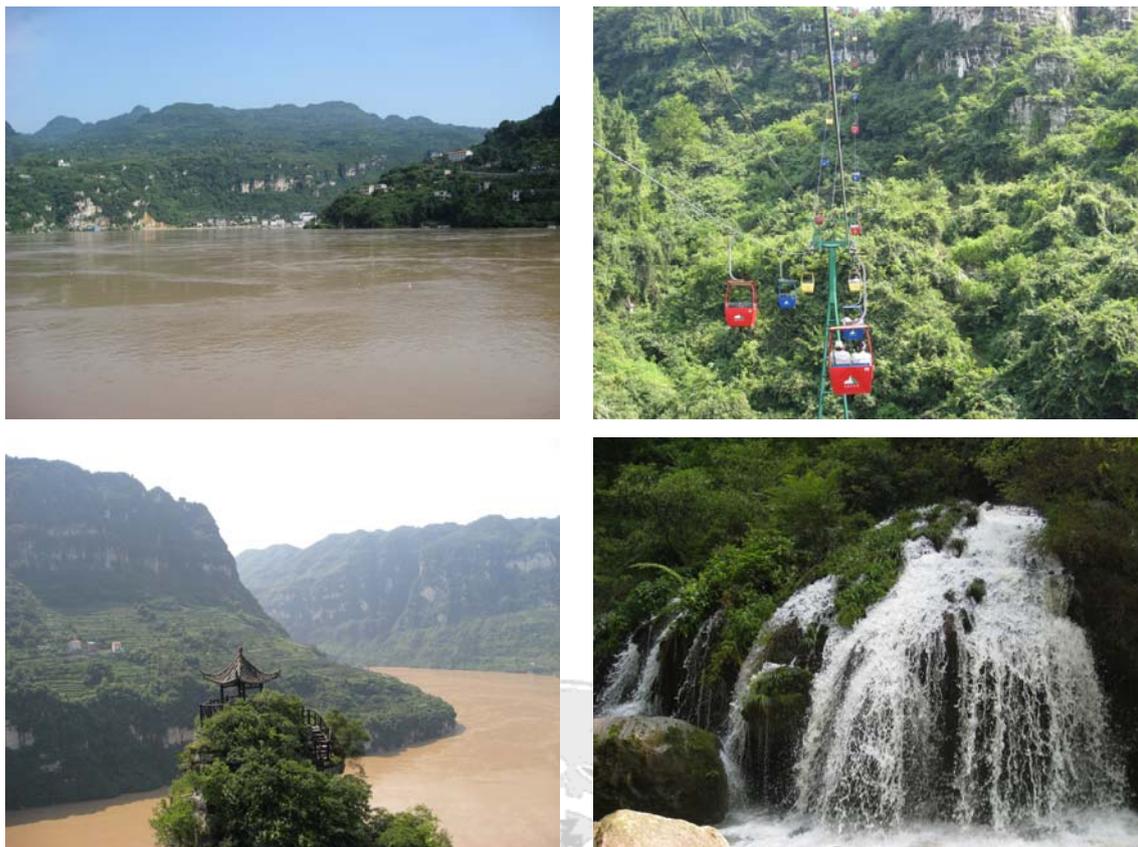
照 8 三峽大壩

3.8 西陵峽

險峻之美一峽穀的陡峭助長水的雄渾。

巫峽和西陵峽的交界，是莽莽青山之中的神農溪。這是一條從神農架南坡流出的小河，溪水兩岸山崖峻峭，峽谷幽深。在這片廣袤的原始森林中，巴人後裔土家人的“豌豆舟”就在清如碧玉的神農溪上穿梭著。

長江沖出瞿塘峽，在巫峽美麗地舒展了腰身，到了西陵峽又凸顯出一唱三歎、富有詩意的性格。西陵峽的險峻和瞿塘峽的雄奇像是同胞兄弟，相似又有不同。西陵峽的奇石嶙峋、水勢平緩、古木森然，讓遊船一路經過兵書寶劍峽、牛肝馬肺峽、崆嶺峽等峽穀之後，盪氣迴腸的氣勢仍然讓人屏息仰止。



照 9 西陵峽

3.9 少林寺

少林寺坐落於河南省嵩山，少林寺是天下第一名剎，因坐落在少室山下的茂密叢林中，故名「少林寺」。少林寺位於嵩洛文明之腹地，經過千餘年的歷史沉澱，具有豐富的文化底蘊，時至今日，這座千年古剎仍盡顯芳華。

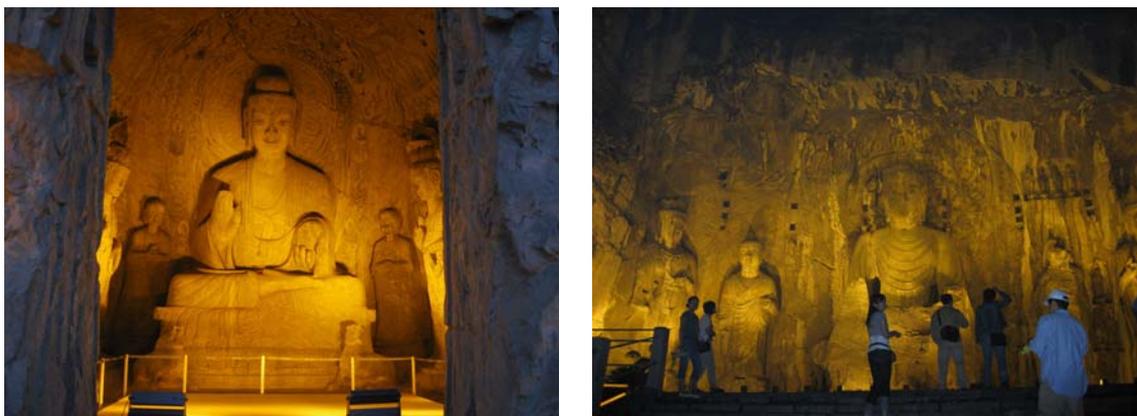


照 10 少林寺

3.10 龍門石窟

龍門石窟位於洛陽市區南面 12 公里處，是與大同雲崗石窟、敦煌千佛洞石窟齊名的我國三大石窟之一。

龍門是一個風景秀麗的地方，這裡有東、西兩座青山對峙，伊水緩緩北流。遠遠望去，猶如一座天然門闕，所以古稱“伊闕”。現“伊闕”，自古以來，已成為遊龍門的第一景觀。唐詩人白居易曾說過：“洛陽四郊山水之勝，龍門首焉”。



照 11 龍門石窟

3.11 小浪底工程

小浪底水利樞紐是黃河幹流三門峽以下唯一能夠取得較大庫容的控制性工程，既可較好地控制黃河洪水，又可利用其淤沙庫容攔截泥沙，進行調水調沙運用，減緩下游河床的淤積抬高。小浪底工程被國際水利學界視為世界水利工程史上最具挑戰性的項目之一，技術複雜，施工難度大，現場管理關係複雜，移民安置困難多。



照 12 小浪底工程參觀

3.12 三門峽工程

四十三年來集防洪、防凌、灌溉、發電、減淤等多種功能於一身的黃河三門峽水庫，由於設計上的缺陷，使得水庫發電和上游渭河地區泥沙淤積之間形成強烈矛盾，導致渭河地區洪災，大陸水利界已發出三門峽水利樞紐應盡快放棄發電、停止蓄水的呼籲。



照 13 三門峽工程參觀

3.13 虢國博物館

虢國博物館是依託國家級重點文物保護單位—西周虢國墓地遺址而建立的一座專題性博物館。虢國墓地是我國迄今為止發現的唯一一處規模宏大、等級齊全、排列有序、保存完好的西周、春秋時期大型邦國公墓，總面積 32.45 萬平方米。



照 14 虢國博物館

四、心得與建議

這次前往武漢大學進行移地教學，讓我們有新的體驗，以往只能在教科書上看到的黃河、長江，經由這次的移地教學，我們親眼見識到了孕育中華文化的黃河、滾滾而流的長江。

在武漢與他們研究生的座談交流，讓我們更了解他們的生活，尤其他們是來自大陸的各地的地方，也讓我們了解各個地方的文化，真是受益匪淺。課後，也由他們帶著我們到處去玩，吃些在當地的特殊小吃。

也透過工程考察，見識到大陸現在水利工程的發展，首次見到三峽大壩洩洪，非常壯觀，體驗到不同的經歷。同時我們也參觀了黃鶴樓、少林寺、龍門石窟、虢國博物館...等，開闊了我們的眼界，經由這次的活動，不僅增廣了知識，在身心上也有所感觸，更是體驗到「讀萬卷書，行萬里路」。

建議：這次參加的學生皆為水利系，但每個人所學的領域並不同，希望授課方面可以更多元化。

參考文獻

1. Cao et al. (2004). Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 130(7), 689-703.
2. Cao et al. (2007). Proc. 32nd IAHR Congress, July 1-6, Venice, Italy.
3. 張小峰等《水利學報》90年第10期
4. 武漢大學－河流動力學基礎 PPT－張小峰
5. 武漢大學－大陸江河治理開發現狀 PPT－談廣鳴
6. 武漢大學－河流泥沙研究進展 PPT－曹志先
7. 武漢大學－河工模型試驗技術理論 PPT－陳立
8. 武漢大學－大陸江河水利史 PPT－李可可
9. 武漢大學－水沙過程與河流健康 PPT－李義天
10. 武漢大學－河流泥沙動力學 張瑞錦主編
11. 黃河科學研究院－黃河泥沙研究
12. 武漢大學水利水電學院網站 <http://swrh.whu.edu.cn/>