

國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

水庫高濁度下之供水風險分析  
-以石門水庫為例

**The Risk Analysis of Reservoir Water  
Supply under High Turbidity-  
Case Study of the Shihmen Reservoir**

研究生：柯思瑋  
指導教授：張良正 博士

中華民國九十九年六月

水庫高濁度下之供水風險分析-以石門水庫為例

The Risk Analysis of Reservoir Water Supply under High  
Turbidity-  
Case Study of the Shihmen Reservoir

研究生：柯思璋

Student：Ssu-Wei Ko

指導教授：張良正 博士

Advisor：Dr. Liang-Cheng Chang

國立交通大學  
土木工程學系  
碩士論文

A Thesis  
Submitted to Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of Requirements  
for the Degree of  
Master of Science  
In

Civil Engineering

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

# 水庫高濁度下之供水風險分析-以石門水庫為例

學生：柯思瑋

指導教授：張良正

國立交通大學土木工程學系

## 摘要

台灣地區地質條件鬆軟，每遇颱風豪雨洪水挾帶大量土石而下，造成河川水流除了流量大外濁度亦高，若取用此高濁度之河水，將使得淨水廠處理能力大為降低，從而形成臺灣部份地區如石門水庫供水區，非常特別的洪水時期缺水的現象。

針對前述之高濁度缺水問題，本研究以蒙地卡羅法為基礎，整合雨量歷線合成、降雨逕流模式、濁度預測模式與高濁度水資源調配模式等，探討石門水庫在高濁度下之供水風險。其中濁度預測模式，本研究發展並比較兩種不同的模擬方式，其一為類神經模式，另一為參考單位歷線法的精神，發展以濁度特性函數為基礎之濁度預測模式，而此濁度特性函數為單位入或放流量下之濁度歷線。蒙地卡羅分析需有多組雨量資料進行模擬，本研究以設計降雨之觀念進行雨量歷線繁衍，設計降雨主要由設計總降雨量與設計雨型兩部分所組成，兩者皆與降雨延時有關，故進行雨量歷線繁衍時有兩個隨機變數，即總降雨量與降雨延時待取樣，本研究以拉丁超立方取樣法進行雨量歷線合成，可以較少樣本數仍完整呈現母體之統計特性。濁度模擬結果顯示，單位特性歷線法與類神經皆有良好之預測精度，單位特性歷線之觀測與實際值相關係數皆高達 0.87 以上，然單位特性歷線法較具物理意義及易於瞭解，而類神經為黑盒分析，故本研究後續風險分析乃以單位特性歷線之分析結果進行分析。水庫高濁度之供水風險結果顯示，發生高濁度缺水事件機率高達 57%，若假設公共用水缺水忍受度為 5%，

發生缺水超過缺水忍受度之機率仍達 34%。

本研究發展之模式與方法皆有相當程度上的可靠度，目前僅應用於石門水庫中，未來可將此分析流程應用於其它亦有高濁度問題的水庫，以降低整體供水風險。

The Risk Analysis of Reservoir Water Supply under High Turbidity-  
Case Study of the Shihmen Reservoir

Student : Ssu-Wei Ko

Advisor : Dr. Liang-Cheng Chang

Department of Civil Engineering

National Chiao Tung University

## **Abstract**

Owing to the precipitous terrain and soft soil in Taiwan, a heavy rainfall not only causes high river flow but also induces severe debris flow. The high turbidity accompanied by debris flow can significantly reduce the treatment capacity of water treatment plant, and the decreasing capacity caused a unique water supply problem in Taiwan, water shortage during flood season.

To investigate the water shortage issue caused by flood, this study applies Monte Carlo simulation method as a framework to evaluate the shortage risk of Shihmen reservoir water supply system under high turbidity condition. Within the framework, four models including a rainfall synthesis model, a rainfall-runoff model, a turbidity prediction model and a water supply model were integrated. The rainfall synthesis model applied the Latin Hypercube Sampling (LHS) method since LHS can represent original statistical population with much lesser samples than basic random sampling. Two turbidity prediction model has been investigated in this study, an artificial neural network (ANN) model and a unit characteristic hydrograph model. The unit characteristic hydrograph model represents the relationship among reservoir inflow, outflow and reservoir turbidity based on the concept modified from traditional unit

hydrograph. The model has fewer coefficients to be determined with more interpretable simulation results. By comparing the simulation results of the two turbidity prediction models, the unit characteristic model demonstrated more robust performances than the ANN one. Hence, the unit characteristic hydrograph model is selected as the turbidity simulation model used in the Monte Carlo risk analysis.

The proposed model was applied to investigate the water shortage of Shihmen Reservoir water supply system during flood, and the results revealed that the shortage risk was about 57% without any shortage tolerance, while the shortage risk decreased to 34% with the tolerance increasing to 5%. The simulation results not only provided a valuable information of water supply management on Shihmen Reservoir area but also demonstrate that the proposed risk analysis framework is applicable to other reservoirs that have similar high turbidity problem.

## 謝 誌

感謝吾師張良正教授對於本論文的細心指導與建議，更感謝在吾人求學生涯中的工作態度與學問研究遇到挫折時，經常的關心及開導，使學生獲得更深入的啟發，學生受益匪淺。承蒙口試委員國立台灣海洋大學河海工程系黃文政教授、逢甲大學水利工程及資源保育學系陳昶憲教授及逢甲大學營建及防災研究中心楊朝仲教授細心認真指正審閱拙文，並於口試期間提出相當寶貴之意見，使本文更加完備與強健，在此謹致衷心謝意。

本人在交通大學求學過程中首要感謝何智超及陳宇文學長耐心的指導與關切，雖然本人以三年的時間才完成這項任務，但我想若沒有獲得這兩位學長的寶貴意見，在研究中遇到的問題無法非常順利的解決，此外，葉明生學長、蔡瑞彬學長、陳鴻輝學長、朱宏杰學長及潘楨哲學長在學問的傳承上也對吾人有諸多幫助。

接著感謝碩士班的學長姊蘇哥、全哥、君儀、浚瑋、豪哥、程翔、祐誠、俊明、茹姐、怡釗、柏成、為善、昱維、韋圻、瀚聖及阿牛等人經驗的傳承，以及同窗好友冠宇的勉勵與幫助，還有學弟妹雲直、阜峻、小瑜、阿布、弼舜及深惠的陪伴，研究室有你們才不致於苦悶。此外特別感謝 Gwater 魔獸團隊的各位隊友，讓我在研究所的這段時間度過無數個難耐及歡笑日子，望各位都能如期的畢業。

最後要感謝我的家人，因為有你們的全力支持，我才能順利完成碩士學位，僅將此喜悅分享給我最愛的家人及週遭支持我、關心我的人。

# 章節目錄

摘要.....	I
Abstrsct .....	III
謝 誌.....	V
章節目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
第一章 前言.....	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧 .....	4
第三章 相關理論說明 .....	7
3.1 頻率分析與雨型設計理論介紹 .....	7
3.2 降雨逕流模式.....	13
3.3 濁度預測模式.....	15
3.4 水庫演算.....	19
3.5 蒙地卡羅分析.....	22
3.6 拉丁超立方取樣法.....	23
第四章 水庫高濁度供水風險分析 .....	25



4.1 研究區域概述.....	26
4.2 頻率分析與降雨型態設計 .....	40
4.2.1 頻率分析.....	40
4.2.2 降雨型態設計.....	50
4.2.3 石門水庫歷史資料雨量歷線繁衍 .....	53
4.3 石門水庫降雨逕流分析 .....	55
4.4 石門水庫高濁度預測模式建立 .....	57
4.4.1 單位特性歷線法.....	57
4.4.2 濁度單位特性歷線法.....	66
4.4.3 類神經網路濁度預測.....	69
4.5 石門水庫高濁度供水調配模式 .....	71
4.6 石門水庫高濁度之供水風險分析 .....	72
第五章 結論與建議 .....	74
5.1 結論.....	74
5.2 建議.....	75
參考文獻.....	76
附錄一 遺傳演算法.....	79
附錄二 類神經網路.....	93