

# 水庫模型試驗溢洪道閘門電動控制之研究

## A Study on the Electric-Control Spillway Gates for the Reservoir Model Test

國立臺灣大學農工系技士

葉 錦 文

Chin-Wen Yeh

### 摘 要

水庫水工模型試驗的目的在於藉模型試驗，模擬各種洪水條件下的水理情況，修改設計不良的佈置，以求得最佳之佈置。

試驗進行時，洪水條件（水庫水位與溢洪道流量）乃由溢洪道閘門的開度加以控制。往昔，溢洪道閘門的開度均以人工方式加以操縱。此種人工控制法不但費力、費時，且容易造成人為誤差。

本文研究的目的是在於以電動方式代替人工方式控制閘門的開度。電動控制法由於在操作上簡單、迅速，故不但可減少試驗所需人力，縮短試驗時間，且提高試驗之精度與效率。

本文所研究之電動控制溢洪道閘門經翡翠水庫與谷園壩兩模型實際試驗應用後，由試驗結果證實其準確性良好，可提供未來模型製作時之參考。

### Abstract

The purposes of the hydraulic model test of the reservoir are to simulate the hydraulic characteristics for each flood condition, modify the design plan and obtain an optimum layout for dam construction.

Reservoir water levels and spillway discharges are controlled by the opening of the spillway gates in model test. For the pass time, the opening of the spillway gates are operated manually, but this method is laborious, time-consuming and easy to make mistake.

The purpose of this paper is to introduce an electric-control method to replace the manual-control method for controlling the opening of the spillway gates. The electric-control method is so easy and fast to operate that can not only reduce the manpower, time of experiments but also increase the accuracy and efficiency of the model test.

The electric-control spillway gates have been applied to the model tests of both the Feitsui and Kuyuan Dam. From the results of model test it's show that the system of electric-control gates will give more accurate results. Therefore, it can be used to replace the manual-gates for model test in the future.

## 一、前 言

水庫通常兼具有防洪、灌溉、水力發電、給水與娛樂等多目標功能。因此水庫的興建除了對有限的水資源可加以充分利用外，亦可提高人類生活的品質，並保護人民生命與財產的安全。

水庫的興建固有其對人類有利的一面，但由於其工程規模均甚為龐大，因此，設計稍有不當，除了浪費大批財力外，一旦崩壞更可能造成嚴重的生命與財產損失。故水庫的設計，自當特別慎重。

由於水庫填址周圍河川地形的不均勻性，加上水庫填體本身形狀的不規則，使得流經水庫填體及其周圍水流之水理情況異常複雜，此種複雜的水理極難以學理上的理論完全加以描述，設計時通常均參考以往已興建水庫的經驗。但由於填址的地形、水文、氣候條件及所需具備的目標功能，各填均不一致，致使各填的形狀亦均不相同。因此水庫設計時除了根據學理、工程經驗外，為期能對複雜的水理加以完全掌握，尚需輔以水工模型試驗，實際加以模擬，提供設計參考，以期能達到最佳之佈置，並對原型設計之優劣與功能有所瞭解。

由於水庫模型乃以水庫原型就其所欲掌握的水理特性，根據流體力學之模型相似律理論，依模型對原型之比例關係，縮小尺寸而來。因此，不論在模型本身製作上或應用此模型從事試驗時，一旦有輕微的誤差存在，則試驗所得結果之誤差，經由水庫原型對模型之比例關係放大後，其差異將更顯著。

水庫的功能既在藉其本身蓄水能力，蓄存洪水時期過多的水量以供應枯水季節河川自然流量的不足。此種洪水的蓄存與枯水時流量的施放均有賴於溢洪道上閘門的操作。因此閘門操作適當時，則可增加水資源之利用，但一旦操作有所不當，却可能直接危害或因下游不良的沖刷而間接危害到填體本身結構物的安全。更嚴重時則因未能及時將洪水排放於填下游，而造成填的崩潰進而損害到人民的生命與財產。

水庫水工模型試驗即在藉水庫模型，針對各種可能的水流條件，實地試驗模擬，觀測其水理情況，並提供設計修改之參考，以求得最佳佈置方案。通常，試驗過程中，因所需模擬的水流情況繁多，故所需時間均甚長久。

水庫模型中溢洪道閘門，除了最佳佈置方案試

驗當時，可用以控制各種水流情況之試驗條件（水庫水位或溢洪道流量）。當最佳佈置方案決定後，更可用以模擬水庫興建完成後溢洪道閘門實際操作情形，由觀測所得結果，制定最佳運轉規則。

由於在水庫模型製作上，溢洪道閘門的操作，傳統上均以人工方法控制其開度，因此，一方面容易產生人為誤差，造成閘門開度的不準，影響實驗結果；另一方面，若以人工操縱閘門開度，不但徒增人力，並增加每次試驗所需時間。

本研究的主要目的，即在改變以往以人工控制閘門的方法，藉以提高試驗精度，並由於以電動方法控制閘門，操作簡便、迅速，尤其對具有多個溢洪道的水庫模型試驗，更大大的簡化其操作程度，提高試驗效率。本機研製完成後，經翡翠水庫與谷園填兩水庫模型試驗測試後，證實其準確性良好，故本機之研究完成，對將來水庫模型研究工作提供便捷可行之改良方式，可提供模型製作參考應用。

## 二、溢洪道閘門之定位與操作

本研究之主要目的，在於研製電動控制溢洪道閘門，以改進人工控制方法所造成的缺點，茲將人工控制與電動控制閘門之定位、操作分別比較說明如下：

### 1. 溢洪道人工控制、閘門之定位操作

當水庫進行水工模型試驗時，常需對溢洪道之排放能力先有所瞭解，因此溢洪道閘門開度，水庫水位與溢洪道排放流量之關係通常均先經率定，並將其關係繪成圖表如圖 1 所示。試驗時，根據試驗條件，由其水庫水位與溢洪道流量即可定出閘門所需的開度。根據此閘門開度所相對應的實際高程，配合水準儀或以事先經測定刻劃的水尺，即可加以定位。

閘門定位操作時，根據閘門所需開度之相對高程，旋轉閘門升降軸之轉盤，升降軸之升降帶動閘門，以水準儀觀測或根據刻劃尺調整所需之正確位置。

綜合上述，人工控制閘門乃靠人為旋轉閘門之升降軸，若每一升降軸之螺距過大，則不容易準確的控制所欲達到的正確高程，相反的，若螺距過小，則浪費人力與開啓時間，尤其對一具有多個溢洪道的水庫而言，操作更為不便。

在判斷閘門升降的位置時，若每次均配合水準

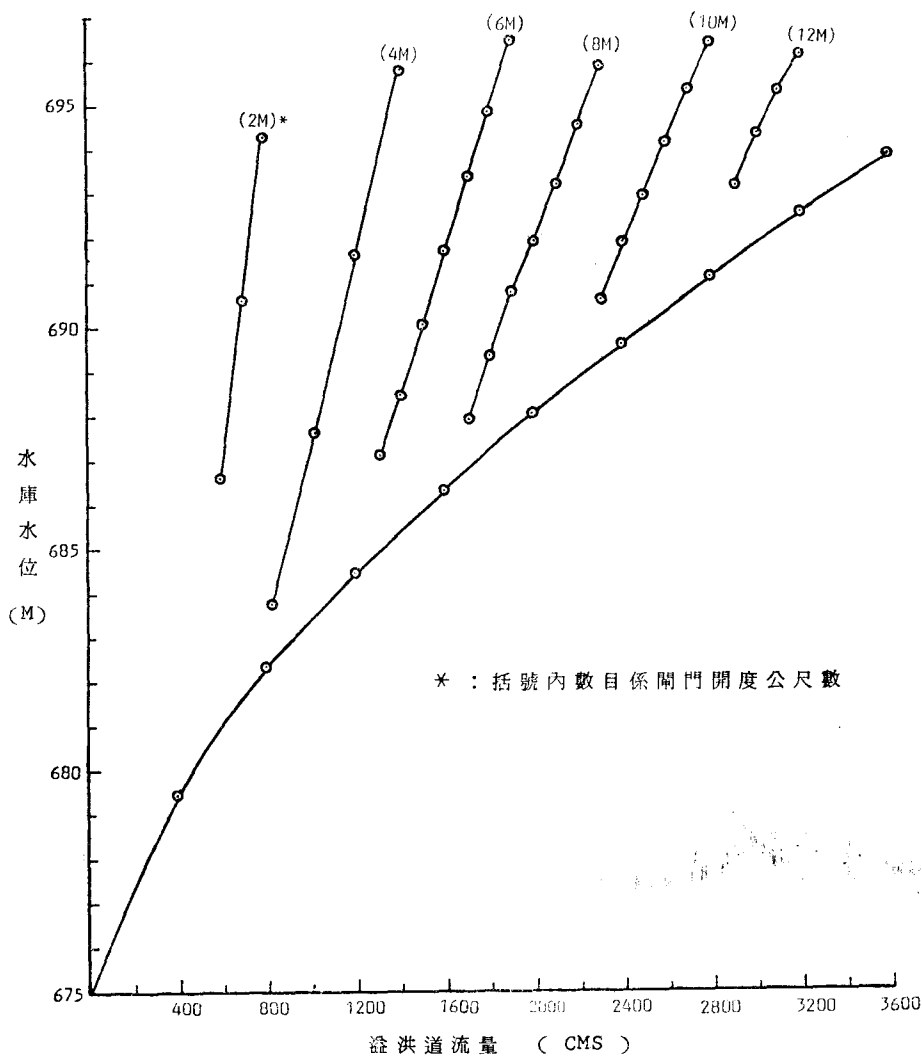


圖 1 開門開度、水庫水位及溢洪道流量關係曲線

儀的觀測決定，準確性固然很好，但甚為耗時與費力。若改以事先刻劃的水尺來決定，則因刻劃水尺的技術往往限制了所能得到的精度。加上人為的觀測容易造成人為的誤差。

#### 2. 溢洪道電動控制開門之定位操作

以電動控制開門定位時需有二基本資料：

- a. 開門開度、水庫水位及溢洪道流量關係曲線（如圖 1 所示）
- b. 開門開度及計數器讀數關係曲線（如圖 2 所示）。

基本資料中所需之開門開度、水庫水位及溢洪道流量關係曲線，其率定過程與繪製等均與人工控制開門中之關係曲線相同。而開門開度與計數器讀

數關係製作時所根據之原理與製作過程則說明如下：

由於設計時使馬達之軸心，開門升降推動桿之轉桿、與計數器相連之計數凸輪軸心三者為同軸，故當電源啟動馬達旋轉時，三者亦即同步轉動。

當馬達旋轉一圈時，利用梅花形之五瓣凸輪造成電流通電與斷路之五次訊號，此訊號傳至計數器上產生五次之訊號記錄，同時開門升降推動桿亦繞其螺桿之螺紋升降一螺距 0.75mm。換言之，當計數器產生一訊號記錄時，馬達則旋轉五分之一圈，開門升降推動桿亦升降 0.15mm。

開門升降推動桿推動開門的原理，主要是利用力學中之槓桿原理，設計時將開門升降推動桿之推

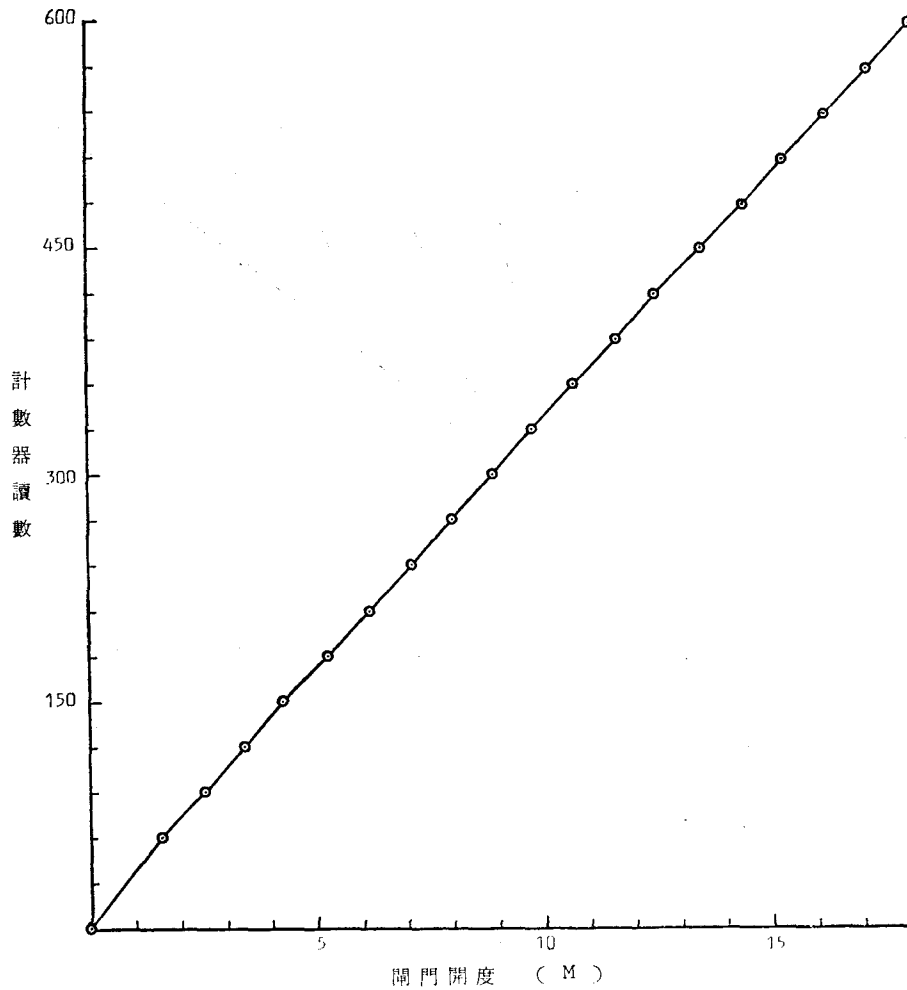


圖 2 閘門開度及計數器讀數關係曲線

動支點置於閘門與螺桿兩者之間，本文中螺桿至支點距離與閘門至支點距離，其力矩比為 1 : 2，故當閘門升降推動桿升降 0.15mm 時，閘門升降之距離則為 0.30mm。

閘門升降高度與計數器讀數間關係，雖可由上述理論求出，但為恐製作時各支點間存有任何間隙以及閘門與溢洪道間之摩擦阻礙閘門啟動等因素，造成理論與實際關係曲線上之差異，故模型試驗時均應用實際之率定曲線以取代理論關係曲線。

率定曲線乃根據多組的計數器讀數與水準儀觀測閘門開度關係，加以分析求得的。

有了上述二種基本資料，試驗時由試驗條件根據閘門開度、水庫水位及溢洪道流量關係曲線查得所需的閘門開度，再根據閘門開度及計數器讀數關

係曲線查得應有的計數器讀數。將此讀數設定於控制箱之計數器上，當電源啟動時，閘門上升至正確位置即自動停止。

### 三、溢洪道電動控制閘門機構與設計原理

電動控制閘門構造上主要包括兩大部份，一為控制箱，另一為溢洪道閘門主體，茲將其機構與設計原理分別說明如下：

#### 1. 控制箱之機構與設計原理

由於控制箱設計時應用的原理與水庫的形狀及功能無關，故控制箱的製作，可適用於任何模型試驗中。

##### a. 控制箱之機構

控制箱的設計主要利用配電盤來加以控制，配

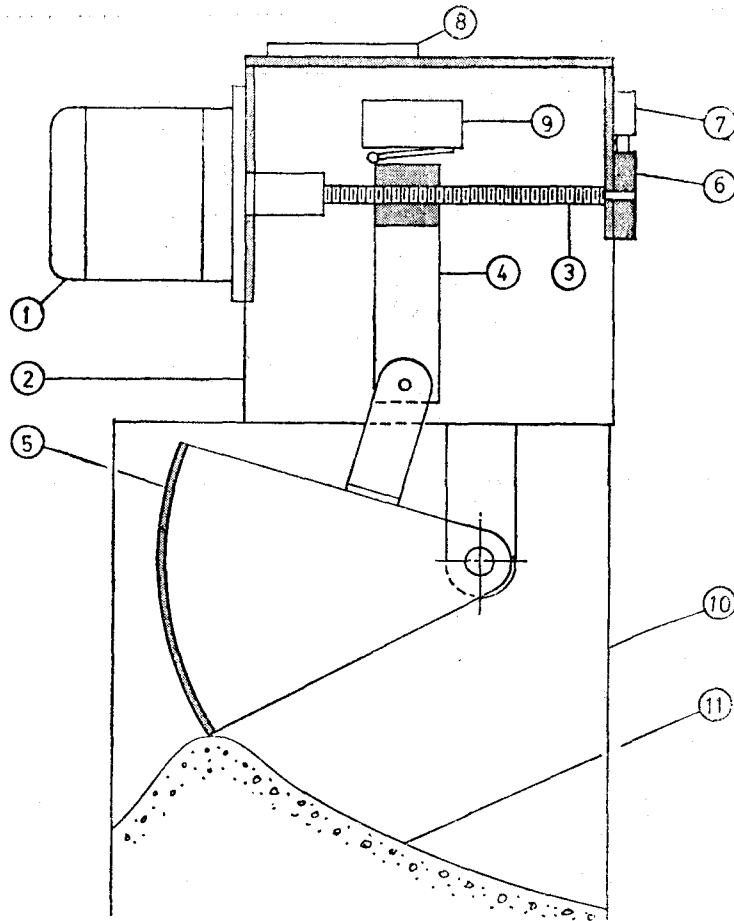


圖3 配電盤電路設計圖

電盤之電路設計如圖3所示。茲將其構造機件說明如下：

- ①SA 電源開關。
- ②F 保險絲。
- ③RL 電源指示燈（紅色）。
- ④GL 閘門上升指示燈（棕色）。
- ⑤SD 閘門下限微動開關。
- ⑥MCB 閘門下降電磁開關及接點。
- ⑦MCA 閘門上升電磁開關及接點。
- ⑧SA 閘門上升、下降與停止三段開關。
- ⑨CM 計數器信號發生器。
- ⑩CT 設定計數器。
- ⑪IM 馬達。
- ⑫CS 計數器開關。

b. 控制箱之設計原理

控制箱使用 110V 之交流電源，當閘門欲開啓

時，根據閘門開度對應之計數器讀數，設定於計數器上。不同的閘門可分別設定於其相對的設定計數器上 (CT)。當電源開關 (SA) 啓動後，電源經由保險絲 (F) 通過，同時紅色電源指示燈 (RL) 燈亮顯示電流已通，此時向上撥動各閘門之三段開關 (SK)，電源經由三段開關至閘門上升電磁開關 (MCA)，MCA 動作，接點通電，馬達隨即正轉並由螺桿帶動閘門升降推動桿，藉槓桿原理促使閘門上升，此時綠色指示燈 (GL) 將顯示燈亮。同時，計數凸輪數隨馬達轉動產生通電與斷路訊號，並由記數器信號發生器 (CM) 發出，此訊號傳至計數器，接收記錄，依此原理，當馬達轉動至計數器所接受的訊號累積數達到計數器之設定值時，計數器開關 (CS) 則切斷電路，MCA 停止動作，接點跳開，馬達 (IM) 並停止轉動，此時閘門亦已達到所預定的正確開度。

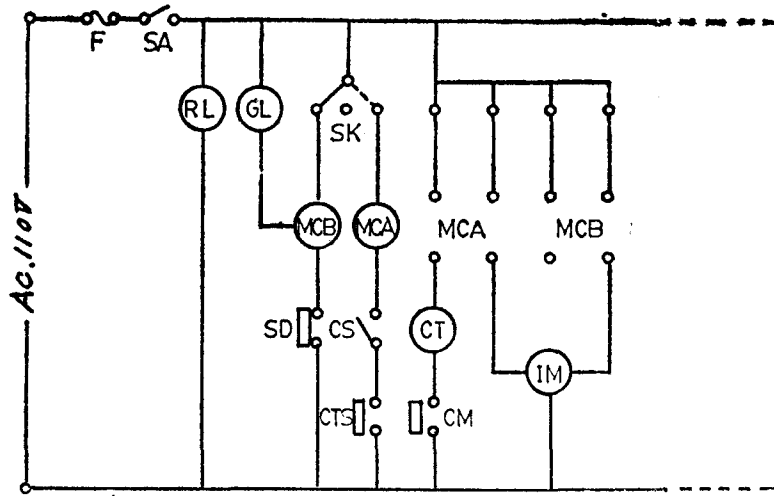


圖4 電動閘門機構圖

當閘門欲關閉時，向下撥動三段開關 (SK)，電源經由下降電磁開關 (MCB)，MCB 動作，接點通電，馬達隨即反轉並由螺桿帶動閘門升降推動桿，藉槓桿原理促使閘門下降，當閘門完全關閉時，閘門下限微動開關 (SD) 則不通電，下降電磁開關 (MCB) 停止動作，接點跳開、馬達停止轉動，綠色閘門指示燈亦同時熄滅。

由於一水庫常具有多座之溢洪道閘門，同時每一座閘門之開度並不一定完全一致，故設計時需能使每一閘門均能獨立操作運轉，因此控制箱上之設計，除電源開關 (SA)、保險絲 (F) 與紅色電源指示燈 (RL) 可設一套共同使用外，對溢洪道每一座閘門而言則需分別設立一組控制電路。以翡翠水庫模型為例，填上具有八座溢洪道閘門，因此控制箱上即需八組控制電路分別控制每一座閘門。

## 2. 溢洪道閘門主體

溢洪道閘門主體部份，因隨各水庫的形狀及功能而異，故每一水庫之模型試驗，均需各別加以製作。

### a. 電動閘門之機構

電動閘門主體部份主要由馬達帶動螺桿轉動，促使其上之閘門升降推動桿上下移動，進而達到閘門升降的目的，並由計數凸輪傳送馬達轉動圈數情形。茲將其機件 (如圖 2) 說明如下：

- ①馬達：單項交流電壓 110V 之電容式馬達，1/16馬力，四極1760R.P.M減速比40：1，主軸迴轉數44R.P.M。
- ②主架：304#不銹鋼板，厚度 2mm。

③螺桿：M19×0.75，外徑 19mm，螺距 0.75 mm。

④閘門推動桿：為③螺桿之螺帽，規格與③螺桿相同。

⑤閘門：304#不銹鋼板所製，厚度 2mm。

⑥計數凸輪：該輪分成五瓣。

⑦計數信號發生器：為一滾輪式微動開關。

⑧電路接線板：具 6 極。

⑨閘門下限微動開關。

⑩隔 牆

⑪溢洪道。

### b. 電動閘門主體設計之原理

閘門上升時，控制箱傳電至馬達正轉，馬達中心軸、螺桿與計數凸輪為同軸之同步迴轉。當閘門推動桿受到螺桿之轉動而移動時，一旦接觸閘門下限微動開關，閘門下限開關立即通電，控制箱之 GL 綠色燈亦顯示明亮，此時表示閘門已是開啓中。閘門開啓之距離可由計數器信號發生器發出訊號加以表示。

當閘門上升至正確位置時，馬達即自動停止。閘門關閉時，馬達反轉，閘門推動桿與上升時之移動方向相反，當閘門推動桿脫離閘門下限開關，則自動切斷所有下降系統之電路，馬路停止轉動，GL 綠色燈亦同時熄滅。

## 結 論

1. 本文研製完成之溢洪道電動控制閘門，先後應用於翡翠水庫與谷園填兩水工模型試驗中，經實  
(文轉第33頁)