

第一章 緒論

1.1 前言及研究目的

近年來，由於人口稠密，工業及電子高科技產發達，用水量日益增加，因此台灣地區的水資源也日漸顯得不足，因此需妥善的規劃。水資源調配的問題包括複雜的水文環境及經濟的考量及不同的營運目標，而在水資源中，地下水為一非常重要之天然資源，它由於儲存於地下，少受污染水質潔淨，可提供人類的飲用水，工業的需求，並且可視之為一地下水庫。若妥善的規劃，地下水可為豐富之水資源。由於地下水的重要性，保護地下水達到永續利用的目的一直是許多學者努力的目標。台灣部分地區由於養殖漁業的盛行，民眾過量抽取地下水，造成地層下陷，甚至導致海水入侵與土壤及地下水鹽化，因此如何妥善的規劃管理營運系統以使地下水資源的使用合理且滿足需求，為一目前重要的課題。

在地下水管理中，地下水位下限往往是優選抽水策略限制條件之一，而在依抽水策略進行操作後，將會對系統狀態變數(水位)造成改變，而下一時刻最佳之抽水策略應要配合系統狀態變數之變化而調整抽水位置及各抽水井之抽水量，另外，若要觀測策略所提供之資訊對於狀態變數要有更適切的描述，則觀測策略應也要隨著抽水井位及觀測井網優選時刻的改變作適度之調整。

地下水管理工作中，觀測井網為提供地下水位資訊之主要工具。但地下水之管理模式往往著重於決策變數(如抽水井位及抽水量)之優選，往往忽略觀測系統是否為最佳化。因此在地下水量抽用問題上，如整合觀測策略的水位更新回饋，方能讓整個抽水管理系統更接近真實狀況。

本研究目的在發展一個整合操作系統與觀測系統之地下水營運最

佳規劃流程，整個研究主要包含了抽水系統及觀測系統之最佳規劃，所應用的方法有遺傳演算法、動態規劃、卡門濾波等理論。本研究除了可優選抽水量及抽水井位外，也可掌握動態地下水水位變化，又能同時考量觀測井操作成本，亦即同時考量了觀測井位、井數之問題。



1.2 文獻回顧

地下水是人類重要的淡水資源之一，為使寶貴的地下水資源能永續利用，地下水的保育管理工作實在刻不容緩。如何妥善的規劃抽水井操作佈置並使地下水資源的使用合理且滿足需求，為一目前重要的課題，因此本研究希望可以提出一兼顧營運與觀測的整合性地下水營運之最佳規劃模式。在過去學者所做的研究中，關於同時考量地下水管理及觀測之研究上，Andricevic and Kitanidis(1990)，在應用地下水之污染整治問題上，考量於進行觀測情況下之系統不確定性，進行地下水污染整治之抽水優選，不過其所解問題為一維，而且是在抽水井位置及觀測策略給定之條件下，進行抽水井之抽水量之優選。Andricevic (1990)延伸上述之研究，在給定不同之觀測井網組合及抽水井位已知之條件下，優選即時操作之最佳抽水策略及決定最佳觀測井網，在其研究中已同時考量最佳之抽水量及觀測井網，不過其觀測井網之組合僅為 30 組。

Andricevic (1993)更進一步在地下水水量即時操作管理問題中，考慮隨時間增加，每次遞增一口觀測井及固定二口抽水井井數之條件下，決定最佳之抽水井位置及抽水量且優選出每次增加觀測井位之最佳井位，但這樣的做法存在著試誤法的缺點，得到的解有可能會是局部最佳解。

在地下水管理系統研究中，有許多學者做過相關研究，其中地下水之水量與水質規劃模式，雖然有許多方法可資利用如線性規劃 [Aquado and Remson, 1974; Molz and Bell, 1977]，非線性規劃 [Murtagh and Saunders, 1982; Ahlfeld et al. 1988 a,b]，混合整數規劃 [Rosenwald and Green]，遺傳演算法 [Mckinney and Lin, 1995; Wang and Zheng, 1998]，微分動態規劃 (Differential Dynamic

Programming ,DDP) [Jones et al. 1987]。在這些方法之中，微分動態規劃的方法可大幅減少地下水非線性問題之維度 [Jones et al. 1987]，且在地下水整治方面對於非穩態問題，微分動態規劃可大幅降低計算量 [Chang et al. 1992; Culver and Shoemaker 1992]。

由於 DDP 考慮設井成本有其先天之限制，而簡單遺傳演算法本身即採用 0-1 編碼方式來獲得問題之解答，因此其本身之解題空間即為離散型態，故它可容易的算出地下水營運管理之設井成本。由於 GA 為一強健(Robustic)的演算法，它可在問題的整個解空間搜尋，具有求得接近整體最佳解(Approach global optimal)的能力，並已在各領域被廣泛地應用。

蕭 (2001) 提出針對離散型變數、非線性及動態等問題，結合遺傳演算法 (GA) 與限制型微分動態規劃 (Constrained Differential Dynamic Programming, CDDP)，發揮兩者的優點，同時考量包含抽水井的固定成本及動態操作成本之最佳總成本，使得具有離散型態之抽水井位及時變連續性之抽水量問題得以同時解決。

觀測井網規劃的相關研究上有屏東平原地下水觀測井網密度設計之研究[丁，1995]，探討觀測井網均勻度或密度改變導致推估誤差之變化[Sophocleus et al.,1982][蘇與張，1992]，利用改良式降低變異數分析的方法，考慮觀測設井位置在不同區域有不同權重，決定最佳觀測井設井位置及數量[潘與張，1994]，利用降低克利金 (Kriging) 變異數之方式，計算當新增量測點所獲得之資訊增益 (Information Gain) 作為排序的指標，並將相對增進的推估精度以經濟增益 (Economic Gain) 的形式表示，以作為觀測網分析與規劃之參考 [Rouhani,1985]，從上述研究可以發現，以往觀測井網的選取主要是利用地質統計的方式獲得為主，但地質統計問題主要是著重於空間分

佈，但針對隨時變問題則有所不足，因此本研究引進卡門濾波理論來處理時變的問題。

目前已有卡門濾波與地下水流數值模式之整合程式，如 (Frans C. Van Geer et al.,1991;ZHOU,1991)，結合卡門濾波理論與美國地質調查局(U.S.G.S.)發展之地下水流數值模式 MODFLOW (McDonald and Harbaugh,1988)，此整合程式(KALMOD)可作為水位觀測井網之設計評估。本研究則以卡門濾波 (Kalman Filtering) 整合地下水流數值模式 ISOQUA，來作水位觀測井網的優選。

卡門濾波在模式的參數推估 (Estimating)、模擬 (Simulation) 和預測 (Forecasting) 上是一強而有力的工具，自 1960 年 Kalman 發表後，已被廣泛的應用在各種研究領域上，而其在土木水利上有使用擴展式卡門濾波於含水層參數之檢定[冷，2001]，亦有用來推估地下水位及設計觀測井之分佈[Frans C. Van Geer,1991；葉，1996]，除此之外還有 Wikle et al.(1999)，其研究為運用卡門濾波，來設計空間上及時間上動態之最佳環境觀測站網。其藉由所建立之動態模式，能利用 t 時刻所提供之觀測資訊，用於推估 $t+1$ 時刻之預測值，並同時可得預測值之推估誤差，再配合最佳化之方法求得 $t+1$ 時刻之最佳站網，如此即可設計一最佳之動態觀測站網。最後，並將此方法運用於芝加哥市區空氣臭氧站網之評估。

在遺傳演算法研究方面，它是結合了大自然的天擇作用及遺傳機制為基礎的一種搜尋方式，在處理多峰函數最佳化問題上，遺傳演算法大幅提高了收斂於全域最佳值 (Global Optimum) 的機會。遺傳演算法自 1970 年發展至今已經成為一種能力很強的優選方法，其亦被廣泛應用於各個領域，在土木工程方面有被用於規劃高速公路收費站最佳位置[曾等，1997]，地層下陷模式參數之檢定[左，1997]，鋼構

斜張橋最小重量之最佳化設計[洪、劉，1997]；在水資源工程上，已被用於降雨入滲模式的參數檢定[Wan-g,1991]、水庫運用規線優選之研究[Wardlaw、Sharif,1999；陳，1993]多水庫操作系統之研究[Oliveira、Loucks,1997]、地下水管理模式之研究[Wang、Zheng,1998；McKinney、Lin,1994]、解決多目標地下水污染觀測井網之研究[Cien-iawski,1995；Rizel,1994]、地下水觀測井規劃之研究[陳，1998][蔡，1999][陳，2002]等、應用卡門濾波理論與遺傳演算法於地下水觀測井網設計[張，2002]。

本研究主要是抽水系統與觀測系統兩者整合考量，應用遺傳演算法、動態規劃、卡門濾波等理論作地下水最佳營運之研究，本研究與Andricevic and Kitanidis(1990)所作之研究最大的不同之處在於，所考量的問題為二維，且抽水井位置、抽水量之優選及觀測策略都是由遺傳演算法及限制型微分動態規劃所優選出來，因此本研究在搜尋上較容易得到整體最佳解。

