

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

白河水庫灌區輸水渠道管路化可行性研究(二)

Feasibility Study of Transforming the Canal System Into Pipeline for BaiHo Irrigation Command Area (II)

計畫編號：NSC 90-2313-B-002-330-

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：蘇明道 國立台灣大學生物環境系統工程學系
計畫參與人員：劉必雄 國立台灣大學生物環境系統工程學系
吳瑞山 嘉南農田水利會工務組
李建志 嘉南農田水利會工務組

中文摘要

台灣地區農業輸水以開放渠水路為主，如能將渠道系統管路化，不但能減少輸水損失、騰出原渠道所佔用之農地，並可因輸水管線化增加供水之機動性，擺脫以往必須等待定期配水灌溉之束縛，農民可以自由選擇經濟價值較高之作物種植，使農業經營之彈性增加，提高農業面對加入 WTO 所帶來之競爭壓力之能力。但因管路輸水需要壓力，如以抽水機提供能量將會帶來後續長期的能源支出，常非低產值農業所能負擔，台灣少數幾個成功的大型管路灌溉計畫大多使用重力減少負擔。本研究為研討輸水渠道管路化之相關問題，乃選擇嘉南水利會白河水庫灌區為研討區域，進行渠道輸水系統管路化可行性之研討，以最佳經濟管徑設計理念為基礎，建立區域輸水管網設計之程式，探討利用重力輸水至灌區之可行性，作為其他灌區改善輸水系統之參考。本計畫之目標在於探討利用重力進行輸水渠道管路化之可行性，即使無法完全利用重力，也期使總能源需要量達到最低，以降低對能源之需求。

關鍵字：經濟管徑、管路灌溉、農業用水、使用壽年成本

Abstract

Conveyance loss is a major portion of water loss in agricultural water use sector. To replace the canal system with pipeline may greatly cut down the conveyance loss. And because the water may be delivered anytime

when needed, it may increase the flexibility for agricultural production. Pressure is critical for pipeline system and power bill will decrease the agricultural benefit. Most of the major pipe irrigation projects in Taiwan is successful because gravity is used instead of pumping. This project studies the feasibility of transforming canal system into pipeline system for BaiHo command area of ChiaNan Irrigation Association in Southern Taiwan. The economical pipe-sizing algorithm is used for hydraulic computation. A computer model will be built for hydraulic design for regional pipe network system. Related issues such as economic analysis and extension will also be covered. An adequate pilot area will be chosen in the second face of the project for detailed design and extension. Knowledge will be accumulated for future reference.

Keyword: Economical Pipe Sizing, Pipe Irrigation, Agricultural Water Demand, Life-cycle Cost

一、緣起與目的

台灣之農田灌溉之開水路輸水方式經常被認為輸水損失過高，又因加入 WTO 後面臨農業經營型態轉變之挑戰，需要提升灌溉供水之機動性，需要進行將開水路改為管線輸水之可行性研討。本研究計畫之目的在針對嘉南水利會白河水庫灌區渠道輸水系統管路化進行水理研討，探討利用重力輸水至灌區之可行性，作為其他灌區改善輸水系統之參考。建立並採用最佳經濟管徑為水理設計模式，探討利用水庫至

田區高差進行重力輸水所能涵蓋之灌區面積比例。期能累積相關經驗，作為灌渠管路化相關決策之參考。

二、研究成果

1. 收集研討區域相關資料

目前已經由嘉南水利會之協助完成研討區域白河水庫灌區之相關資料，包括地形、土壤、灌溉渠道、作物用水量、及渠道輸水損失等，相關資料已建成資料庫之型態，並與相關之圖層連結。

2. 完成管網設計模式建立

本研究以最低之使用年限成本 (Minimum Life Cycle Cost) 作為系統設計的基礎，並參照 Keller(1965)之『經濟管徑選擇法』，摒棄了以往常用的試誤法，將整個模式設計成計算機程式，以使此種設計模式更切合實用。其基本之觀念為假設一開始以可用之最小管徑為設計管徑，由於流量大時在同一管徑內所產生之摩擦損失亦會增大，當流量大到某一程度時，會使採用大一級管徑時所增加之管路材料成本可以由因管徑增大降低摩擦損失而節省之動力費用抵銷，此時即應換以大管徑來取代原用之小管徑以減少系統總成本，由於計算系統之固定設置成本及變動之操作成本時以綜合考慮設計年限、利率、動力上漲等因素，故所求得設計管徑稱作最經濟管徑。

本計畫已完成以上述之方法做基礎，建立輸水管網之管徑選擇機制，在各管段之管徑選定後，再由計算機逐段檢查，看是否有因地形高差所引起之大於操作所需壓力之水壓，若有，則自動在水理安全之情況下再減小管徑，以消耗此部份超出之水壓，同時亦降低固定成本，達到最經濟設計之目標。若遇到可純以重力水頭（即高程差）做動力之系統，則在水理安全之條件下，以盡量縮小管徑耗完所有之可用水頭做為設計的原則。水理分析後即可求得全區域輸水系統所需要之總動力水頭 (TDH,

Total Dynamic Head)，據以作為選擇抽水機之依據，如果算出之 TDH 小於等於 0，則表示該系統可以完全靠重力輸水。

3. 全區域水理分析

本水理演算所採計之水量即依據現行耕作方式及灌溉制度，分為雙期作田及單期作田，而渠道輸水尖峰則為整田與本田同時用水時期水量最大，因此檢討管路水理時之流量，仍以渠道設計流量為依據。

本水理演算原則上先採用白水溪幹線及糞箕湖幹線之出水口高程與幹線各取水結點高程作為水理演算水頭壓力之依據，以求得管路化後之各管徑、管路末端設計壓力，評估管路設施之可行性。

經使用所建立之管路設計模式進行水理設計演算，結果摘要如下：白水溪幹線系統(包括頭前溪幹線)若各給水路結點需要壓力為 0kg/cm^2 時，水源處所需壓力為 0.32m 。糞箕湖幹線系統(包括東山幹線)若各給水路結點需要壓力為 0kg/cm^2 時，水源處所需壓力為 -3.54m 。

由以上之結果可以得知，如果僅將水輸送至各輪區分水點（即出口之設計壓力為 0），則基本上水庫所提供之高差重力壓即已足夠，白水溪幹線雖需部分的壓力水頭（ 0.32m ），本計畫建議仍採重力供水，而在引起該壓力需求之輪區設置一小流量之加壓抽水機(booster pump)即可。糞箕湖幹線系統(包括東山幹線)在出口無壓力需求之假設上，水源處尚有 3.54m 之水壓，建議可以挑選適當之灌區補助農民設置蓄水塔，可以在末端適當利用該剩餘壓力進行如穿孔管等之低壓噴灌。

4. 部分區域加壓抽水機之可行性研討

如前節所述，有時因為區域地形之特徵，無法以重力將水輸送到全區域，但如於水源處加裝抽水機，則會因為抽水運作於全系統流量，會造成較高之能源需求，因此有必要研討以區域性之加壓抽水機取代水源處之系統抽水機。

由於本計畫中建立了樹枝狀管網之

水理計算程式，可以很快的對各種系統配置進行水理試算，以利對區域內之水理特性有一通盤之瞭解。以白河工作站灌區為例，如果假設田區出水處之壓力需求為零，可得出如圖 1 之結果，由圖中可以看出，即使設定出水處之壓力需求為零，但是因為區域地形之關係，全區域約有 50% 之面積可以有 0.25kg/cm² 之壓力，而更有 25% 之面積可以有 0.5kg/cm² 以上之壓力。因此假設田間需要 0.5kg/cm² 之操作壓力，僅需對部分區域進行加壓即可，減少因為於水源處設置單一之系統抽水機引起之能源浪費。

5. 示範區之選定與細部設計

在完成全區域之水里分析之後，本計畫選定白河水庫灌區內之大林小組第十四分線灌區做為細部設計之示範區域，灌區位於糞箕湖幹線測點 3+807m 右岸，區域內之主要作物為果園及竹林，灌溉面積約 17 公頃 (如圖 2)。

目前水庫之灌溉制度為單期作田，灌溉期為每年 6-10 月，又什作灌溉期為 12 月 6 日，現設計區灌溉計畫為 12 月-5 月，兩者撞期者僅為 12 月。於每年 1-5 月間幹線屬斷水期，無水源可資利用。故幹線斷水期，設計區擬暫以地下水抽水噴灌替代。

初步將灌區依據地形地勢劃分為 1 至 10 等十區，其各輪區面積約為 1.70 公頃，採用分區輪流灌溉制度，可用以下兩種方式：

- a) 方式一：每日每次僅供水一輪區(輪區配置一支管)，此一輪區內全部供灌完畢，隔日再供水另一輪區管。由輪區 1 依序至輪區 10 灌溉，灌溉期距為十天，亦即進行輪區間之輪流配水方式。(如圖 3)
- b) 方式二：每日每次全部輪區(1 至 10)皆供水，每輪區供灌部分田區，灌溉期距為十天，亦即進行輪區內之輪流配水方式。(如圖 4)

6. 初步經濟研討

經初步與嘉南水利會研討，依其現地管理之經驗，如將開水路管線化，可得到如下支經濟效益：

a) 節省水量：渠道管路化前統計年平均損失量約為 600 萬立方公尺，管路設施完成裝置後之初期應無輸水損失量，則所節省之一期作輸水損失 160~200 萬噸之水量，二期作(9-10 月)時期約可節省 100 萬噸之水量，則全年約可節省 280 萬噸之水量，可彌補原灌溉不足之水量。

b) 節省水路用地：現行內面工水路斷面所佔用地甚多，經統計渠道管路化施設區段會有地合計有 38.2 萬 m² 的用地空出，除管路化預留埋設用地為 25.4 萬 m² 外，約共可節省水路用地 12.8 萬 m²。

c) 節省改善維修費：依據嘉南水利會之統計，規劃區內改善及維護工程費每年平均 1000 萬元，管路化完工後初期預估可以節省約 50%。

計畫成果自評

本計畫依原訂計畫計完成。以經濟分析為基礎建立樹枝狀開放試管網之水理設計程式，並針對研討區域收集白河灌區相關之管網、高程、流量等資料，另亦收集適於農業使用之 HDPE 管材相關資料，供後續研討之用。計畫中將白河灌區四條幹線系統之架構輸入上述建立之水理程式，完成管線化初步之水理設計，並檢討全區域壓力分佈狀況。並與現地工作人員合作，收集相關經濟資料，完成初步經濟評估。為能累積實際經驗工後續推動之參考，計畫中並選定白河水庫灌區內之大林小組第十四分線灌區作為末端之設計示範區，完成田間細部設計，並由嘉南水利會爭取補助，以 HDPE 管實際施工完成並已開始運作。目前雖因尚未有充分之運轉資料，可供作為灌溉機動性之研討，但計畫原訂之目標均能完滿達成。

文獻回顧

1. 光裕公司，”螺紋鋼管資料表”，(05)-235-8967
2. 陳獻，”管路灌溉系統設計經濟分析”，中國農業工程學報 22(4):46-52，1976
3. 陳獻，”管路灌溉可行性之研究”，農工中心 AERC-80-RR-10，1980
4. 猿渡良一，”噴灑灌溉講義”，農復會 1966
5. 郭慶和、胡文章，”管路設計”，農復會特刊新二十八號，p:472-525，1978
6. 農復會，”旱作灌溉參考資料專輯”，農復會特刊新三號，p.193-211，1971
7. 農復會，”花蓮瑞穗噴灌區示範管理計畫 66 年度成果報告”，77-(ARDP)-5.5-E-95，1978
8. 農復會，”東部地區旱地灌溉調查規畫及地下水調查計畫”，79-(ARDP)-2.1-E-131，1980
9. 葉一隆、徐忠寶、蘇明道，”管路材料經濟性評估之研討”，八十四年度農業工程研討會論文集，臺灣臺北 p457-466 (1995)
10. 蘇明道，”輸水管路最經濟管徑設計之電子計算機模式”，第一屆水利工程研討會論文集，臺南 pp. 65-83 (1982)
11. 蘇明道，”噴灑灌溉設計電腦化開發與推廣應用”，農田水利會會務電腦化之研究訓練與推動八十三年度成果發表論文集，臺灣臺北 (1995) p.1-15
12. 蘇明道，”輸水管路經濟管徑設計之電子計算機模式”，農發會計畫成果報告，70 農建-5.1-源-17(4)，81pp., 1981
13. 蘇明道，”管路系統設計模式”，中國農業工程手冊 基本類：附錄 p.159-196，1990
14. 龔哲輝，”噴灑灌溉系統電腦化設計與探討”，台大農業工程學系碩士論文，1995
15. Batty, J.C., ”Energy Input to Irrigation”, J.of I&D Division, ASCE, (4):293-307, 1975
16. Keller, J., ”Selection of Economical Pipe Size for Sprinkler Irrigation System”, Transaction ASAE, 8(2):188-190, 1965
17. Keller, J., ”Energy Economics in Pipe and System Selection”, Report US AID/esd-2459
18. Pearson, G.F., ”Life-cycle Costing in An Energy Crisis Era”, Professional Engineers, 44(7):22-29, 1974
19. Perold, R., ”Economical Pipe Sizing for Gravity Sprinkler System”, J.of I&D Division, ASCE, (2)107-116, 1974
20. Perold, R., ”Economical Pipe Sizing in Pumped Irrigation System”, J.of I&D Division, ASCE, (4)425-441, 1974
21. Riggs, J.L., ”Engineering Economics”, McGraw-Hill Book Company, 1977

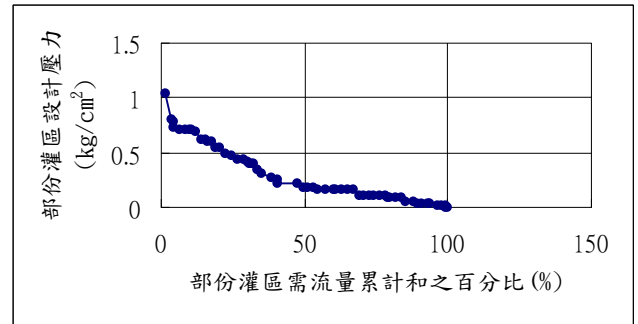


圖 1 白河工作站灌區系統壓力分佈

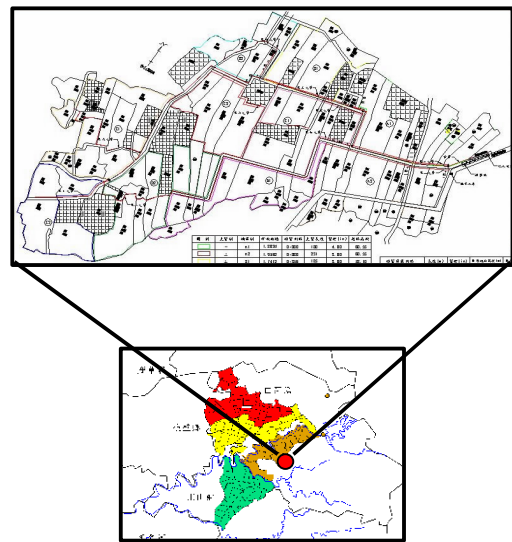


圖 2 大林小組第十四分線灌區

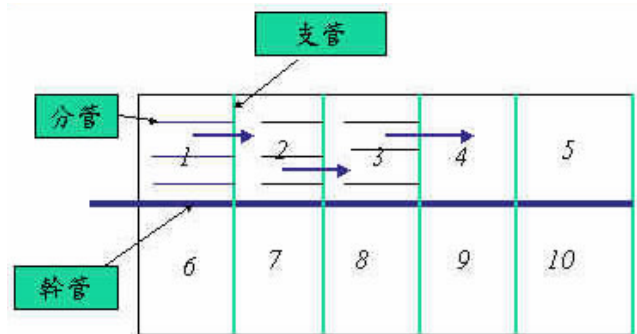


圖 3 輪區間輪流配水

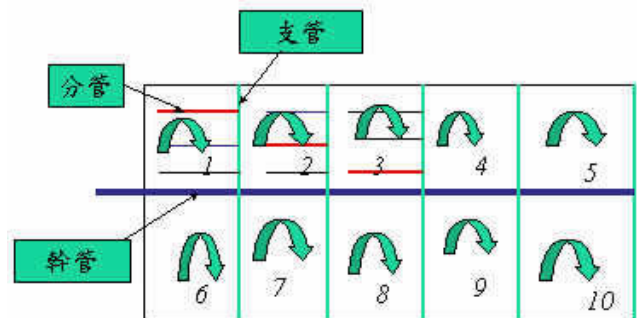


圖 4 輪區內輪流配水