

# 農用索道設計研究(一)

## A Study on the Design of Farm Cableway

臺大農機系副教授

劉 昆 揚

Liu Kun-Yang

### Summary

This study of farm cableway was prompted by the need for information on the design of one way or two way cableway.

The Graphical and tabular methods of determining tension in cableway was developed.

The mathematics involved in deriving preload tension in single-span cableway is an extension of basic knowledge on cat enaries and stress/strain relationships of wire rope.

This report also informed the cableway damage used in Taiwan.

### 一、前 言

本省現有農產簡易索道之形式設計，不外乎單索道、雙索道、循環索道及十字型索道等，根據筆者過去之調查(1)，當現農用索道之設計、製作，均多係經驗製作，未曾有過標準，以致經常發現因設計不妥，或因使用不當，以致發生意外事件或損毀事件。由於循環來道之設計根據雙索道設計而來，而十字型索道係南美洲新近引進，而使用於平地起伏不大之田園中，本文將不加以討論，待以後研究；本文乃針對單索道、雙索道之設計程序化、標準化，提供一有系統之設計規劃以供參改。

### 二、索道工程設計

索道設計，首先須作地形、地物調查，繪製預定索道運行路線圖。索道兩端支柱與水平線形成之傾斜度及兩支柱間之地形高度及障礙物為影響未來索道運行時之可能下垂空間與可能最大負荷之兩大因素。

圖1.為索道略圖，應用於本報告中之一些索道設計名詞中。

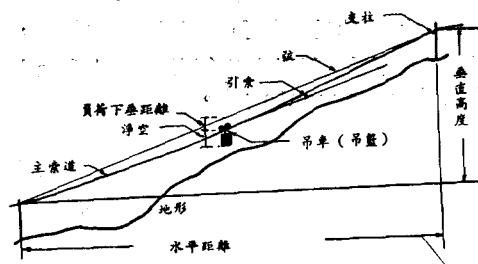


圖 1. 索 道 略 圖

兩端水平之索道，當負荷位於索道中間時，其兩端支柱所受張力相等而且最大，而於兩端有傾斜之索道中，當索道具有負荷時，索道之最大張力發生於上端支柱與索道之交點上。當吊籃運行中，上端支柱與索道之交點極大張力則發生於一當吊籃運行至索道中間而略偏下方處，但是非常幸運的，即使索道傾斜度高達 50 度，吊籃位於索道正中間所產生之張力與負荷所可能產生之極大張力相差甚小，小至可以忽略的程度(2)，故本報告為簡化數學模式，張力資料與下垂距離資料之提供，乃根據假設負荷位於索道正中央之情況而運算者。

吊籃或懸掛物在索道上之運動，由引索控制，引索負擔吊籃沿主索平行方向之分力；在雙索道中

，主索之負荷，除吊籃主索重量外，應包括引索重量及整個系統之慣性能量。

本報告為簡化多項計算結果，將索道力學分析視為靜平衡問題，將最低安全係數提高為3，鋼索彈性限度限制為鋼索斷點強度之一半；其意義在—如果鋼索於安全係數小於2之設計，鋼索可能斷裂。

### 三、如何設計雙索道？

本節先提供一種以決定單、雙索道之安全負載量及上、下端支柱承受鋼索之最大拉力方向及位置的方法。

本方法分成兩大類，其一以圖解法決定最大安全負荷下垂距離 (Maximum allowable Loaded deflection) 如圖2所示；其二以數字方法決定其工作負荷。圖解法參考自美國「森林工程手冊」(3) (Forest Engineering Handbook)，其中端支柱高度係由地形地物及吊籃高度與淨空所決定，未計算在內。

圖解法乃在方格紙板上作業，將欲裝設索道之現場繪製縮小比例圖於方格紙上，再將欲設支柱點釘以大頭針，加繫細鏈，再將紙板豎立，使鏈條自然下垂，如在鏈上垂掛負荷如圖2，即可得下垂距離及吊籃運行是否有障礙，如有障礙，提高支柱點高度調整之，如此反覆進行，即可得最低支柱點，亦可得到負荷下垂距離百分率 (Allowabl Loaded deflection percentage)。

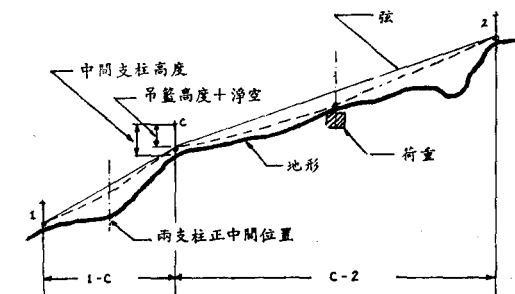


圖2 中間支柱設計圖

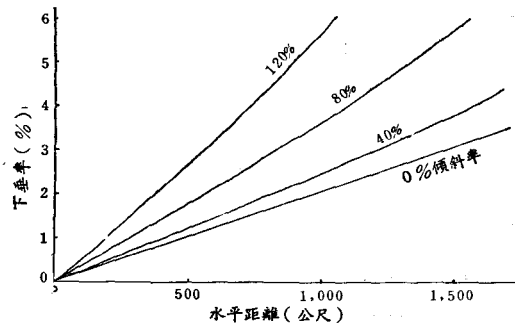


圖3 鋼索下垂率與傾斜率及兩支柱間水平距離之關係圖

數學方法計算索道工作負荷與無負荷 (Unloaded Tension)，其目的在尋求適當的鋼索及其許可下垂與距離曲線。

數學方法先由圖解法之索道地形圖決定其最大負荷下垂距離 (指中間點之最大負荷下垂距離)，兩支柱間之水平距離及兩支柱間與地平線之傾斜度，次由索鋼規格表或機械工程手冊，選擇一適當之鋼索尺寸，由此獲知主索、引索之單位長度重量及其斷點長度。再選擇並預定一安全係數 (必須大於3)，以此安全係數除斷點強度，即得安全負荷強度 (Safe working Load)，圖3，由兩支柱間水平距離，傾斜度可獲得鋼索自然下垂率，再由圖4，由鋼索自然下垂率、傾斜率可得到上端支柱承受鋼索之張力。

以此數值乘以鋼索單位長度重及長度，即得鋼索張力強度。以此張力強度除以鋼索安全強度可得安全負荷。以上述方法與步驟仍無法獲得滿意的安全負荷，則需要重新做起，其方法有二，其一重新選擇較大直徑的鋼索；其二選擇強力鋼索 (其強度比普通鋼索强度高約15%) 採用(-)法，雖可獲得較大的負荷，但亦增加本身重量負擔；採用(+)法，由於鋼索強化處理，並未增加本身重量，因此其安全負荷因此大增，惟其價格較貴。

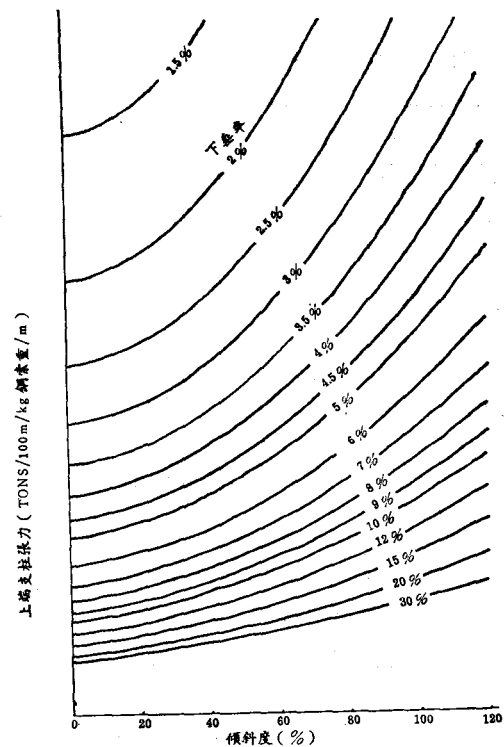


圖4 上端支柱張力與支柱間傾斜度及下垂率之關係圖

#### 四、現有索道性能測定

現實索道之調查，筆者曾於 63 年調查過，其細部設計圖如附圖，其性能測定項目有(一)張力測定(二)負荷測定(三)耐久測定(四)最大靜摩擦力測定。

(一)張力測定如

照片 1, 2 以張力計架設於主索道上，測定其主索張力，其平均值為 5 噸，標準差甚大高達 6.5 噸，可見架設索道之標準距大。

(二)負荷測定

負荷測定與最大靜摩擦力測定同時進行，將吊籃加重至輪軸自動開始滑動時，記錄其引索張力及負荷，一般負荷平均值為 345 公斤，其引索張力為 1.5 噸。

(三)耐久測定

以經常負荷 50 公斤或 100 公斤往復運行 1000 次，檢視其引索內側磨損情形。一般新引索均無嚴重傷痕。

#### 五、結 論

1.圖解法解決索道設計之地形問題，較為容易，為一便捷方法。

2.本報告提供索道裝設時主引索之拉緊程度（無負荷張力）之參考。

3.本報告提供索道之安全負荷設計方法。

4.本報告附圖設計為負重 100kg 之双索道支柱設計圖。

(上接第31頁)

可灌溉之牧草地成活率亦很理想，但若無先天之條件時即不宜採用，如種植必須行植之牧草或莖較粗之牧草（狼尾草等）亦不能採用撒佈方法。

(二)坡地牧草之種植必須以扦插種植方式，利用人工或種植機，而以種植機時必須考慮到曳引機可以達到之坡度，方能利用機械種植，其工作效率可節省四分之三的人工勞力，作業人員又非常輕鬆。

(三)坡地或平地利用機械種植牧草在經濟效益上不僅可節省二分之一之牧草種植成本，最重要者為工作之時效，在雨後土壤含水量不斷減少，短期間內將牧草種植在成活方面及長後覆蓋對水土保持作用上都有相當的好處，所以雖然牧草地更新或新開發之牧草地不是每年都需要，但在目前人工缺乏的情況下，以機械種植實為可採用之方法。



照片 1 主索張力測定情形之一

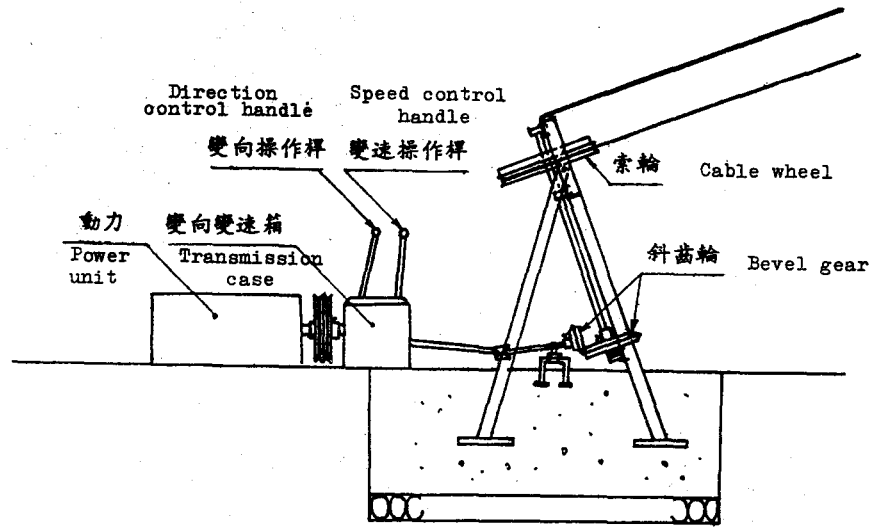


照片 2 最大靜摩擦力測定情形之一

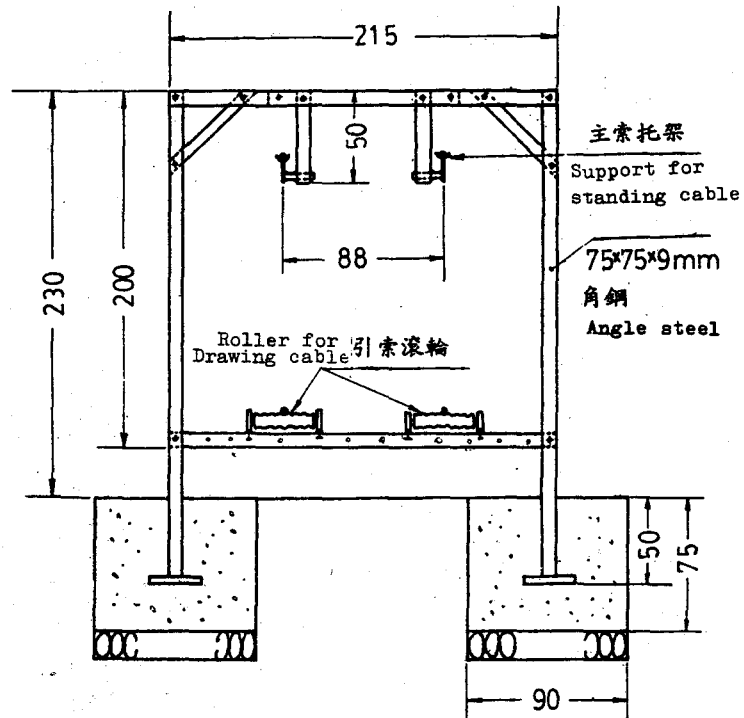


照片 3 引索張力測定情形

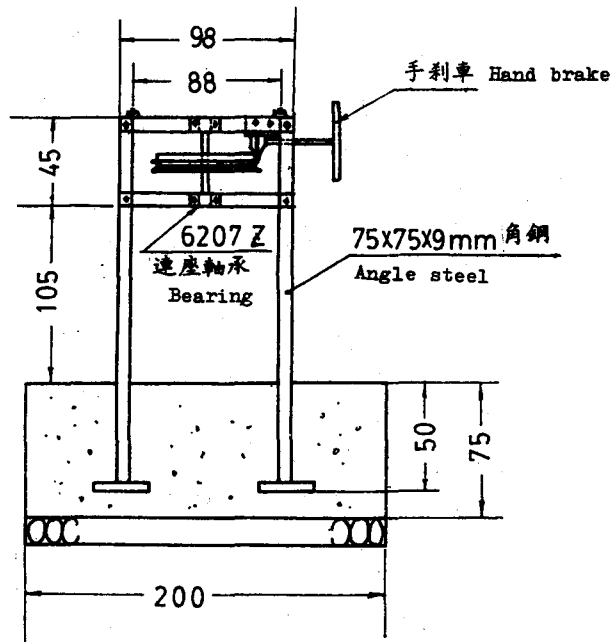
動力裝置剖面圖 Power Installation for Farm Cableway



中間台正面圖 Front View of Midway Support Frame



下支架正面圖 Front View of Lower Support Frame



索道設計剖面圖 Farm Cableway Installation

