

農用索道設計研究(二)

— 人力傳動裝置設計試驗

A Study on Human-Power Carrier of Cableway

臺大農機系副教授

劉 昆 揚

Liu Kun-Yang

一、前 言

在農業上，產量之增加，乃是種種研究之最主要目的，然而妙何促進生產，增加產量固為一重要課題，搬運實亦佔有相當重要之地位，蓋有優良之搬運系統實可節省甚多之勞力與時間亦可使農產品在最短時間內由產地運送至集散中心，經過包裝或加工而銷售至市面上，發揮農產品最大經濟價值，故搬運系統之優良與否，影響農業發展頗鉅。

在農用搬運系統中，索道佔有一相當重要之地位，依其應用對向區分索道有下列二種：

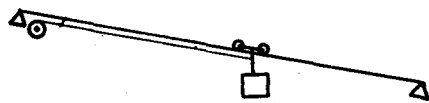
1. 坡地索道：

本省之坡地農作面積約有三十餘萬公頃，佔全省耕地面積三分之一以上，因地坡地農業有着舉足輕重的地位，本省未來農業發展實應以坡地為主要對象，因本省坡地坡度甚大，故農路系統上搬運車之搬運甚為不便，而索道正可在坡地上大展身手，而且本省甚多高山，有關林業方面，木材之運送，索道亦可發揮其長處。

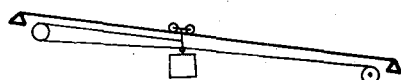
坡地索道主要可分為：

1. 單索道：

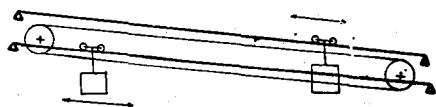
1 A :



1 B :

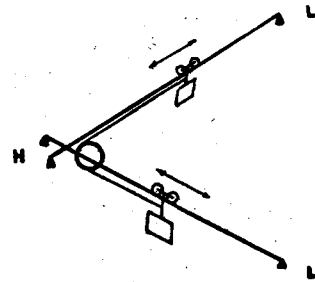


2. 雙索道：

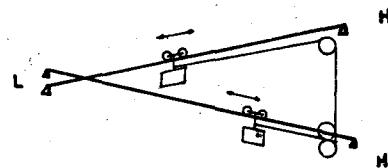


3. V型索道：

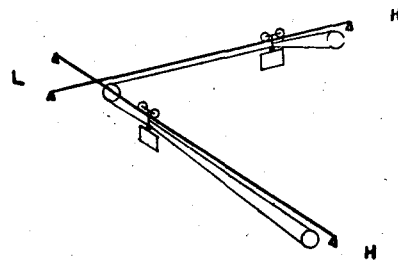
3 A :



3 B :

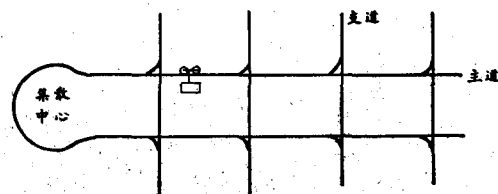


3 C :



2. 十字型索道：

此種索道常應用於果園內之輸送，尤以蕉園最為常見其主要型式為十字索道，如下圖，優點為遍佈面積廣。



本省目前使用十字型索道，主要為南部之蕉園，尤以旗山最為普遍，然因蕉園之規模不大，故只有主道，而無支道，且使用上乃將香蕉掛於一裝有滑輪之掛勾上以人力步行拉動香蕉於索道上，運至集散中心，因索道之架設費用昂貴，農民實難負擔，故目前部分由香蕉研究所補助大半經費。

因目前本省使用之平地索道均使用人力步行拖送，甚不方便，故本專題研究索道上之動力車，以增進其效率，且節省時間、勞力。

二、結 構

(A) FRAME：如圖 NO. 1

FRAME 由鐵管焊接及彎成，如圖 NO. 1 所示，其結構很強且複雜，但僅為試驗用兩，推廣時其架構尚可簡化。

(B) 傳動部分：如照片所示

動力由腳踏輪而來，帶動上部滑輪板上之鏈輪，再傳至板反面之鏈輪組，此鏈輪組由三個鏈輪組成，主要作用乃將動力分傳至兩滑輪上。使滑輪得以藉之滾動於鋼索上，而帶動吊車。

每一個鏈輪及滑輪皆有一個軸承支承。

本索道吊車之鏈輪及鏈條用一般市販之腳踏車用者，極易購得，價亦低廉。

鏈條之鬆邊 (Slack side) 有一壓輪 (Tension ullepy or tesion gear)，原先使用同型式之鏈輪改裝，但不適用，必須另採可空轉之鏈齒輪方可。

(C) 支架及鋼索：見圖 NO. 2

此部分除支架及鐵鈎 (見照片如下) 外，尚未完成。不過原則上，支架底部之固定，將如圖示，使用鐵板 (雙片) 及鐵棒，埋或釘入土中。

支架上部之掛承鋼索部分大部尚外完成。



(D) 另外一輛吊索車之設計及裝作，尚在進行中，其 Frame 大致如腳踏式之 Frame。惟其動力乃由引擎產生，帶動一油泵，然後傳至油馬達，而將動力傳至滑輪上，帶動吊車。

其成本較高，故推廣之價值可疑。目前積極開發試驗的仍以腳踏式吊車為止。

(E) 本腳踏式傳動裝置，其腳踏傳動系統共有兩組，一組用於前進，回程 (反向) 時，則使用另一組傳動系。

本吊車之煞車系統尚未定案。

三、討 論

原車之壓輪設計錯誤：

- ① 壓齒輪不可使用惰輪否則會「鎖住」。
- ② 壓輪應加壓於鬆邊之鏈條。

試驗：

有待試驗之項目有：

1. 滑動率：

實際前進距離：S

理論前進距離：Sth

滑輪半徑：r

大齒數：n₁

小齒輪齒數：n₂

則理論前進距離

$$Sth = \frac{n_1}{n_2} \times 2\pi r$$

$$\therefore \text{滑動率} = \frac{Sth - S}{Sth} \times 100\%$$

而變動負荷，再測實際前進距離，則可求出滑動率，作出滑動率—負荷曲線圖。

2. 牽引性能：

在滑輪板上之掛勾，拉一彈簧測力計，再接至負荷，則可測出其拖拉引力，漸加負荷至滑輪完全滑動時，其值即為最大牽引極限 (最大牽引力)。

3. 爬坡力：

當索道具一坡度時，則其牽引力將減少，且滑動率會增加，至某一角度時動力車將開始下滑，此角度之大小即可表現其爬坡力。

可求出負荷—滑動率關係圖

角度—最大牽引力關係圖

若欲增加動力車之牽引力，或減少其滑動率有二方法

- ① 車體加重 (增加其摩擦力)

②改善滑輪之材料，或滑輪面之形狀，使摩擦力增大。

3.彈簧拉力計

4.枱秤

5.碼錶

6.捲尺

7.其他：布袋、細繩、量角器、重塊、工具箱、油壺。

4.實驗步驟：

1.秤空車重

2.裝包（每包重量 40 kg）

3.空車試車（潤滑）

4.空車測摩擦係數（滑輪與鋼索間）

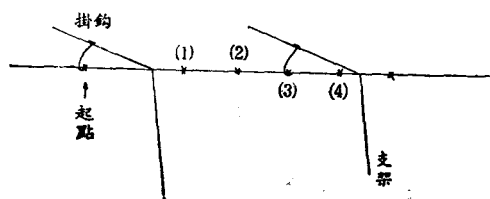
(a)靜摩擦 (b)動摩擦

(a)靜摩擦：①將車移至如附圖(1)處，使兩滑輪板中點在標示點上。

②將彈簧拉力計裝於前滑輪板上。

③慢慢施力，直至拉動車子，讀其最大拉力值，重覆作四次。

④將車子分別置於附圖(2)(3)(4)處，如③步驟試驗之。



(b)動摩擦：將車子置於附圖的起點處，掛上拉力計，施力使其移動，儘量使其速度平穩，測其經過附圖(1)(2)(3)及(4)處的拉力讀值。

※此處空車乃駕駛者坐於車子上，不拖重負，由人在前拉動車子。

5.測滑動率：

①參考步驟4.附圖，掛上 40 kgs 之負載，車子由起點起動，測車子由(1)處至(4)處的時間及腳踏的圈數。重覆三次。

②改變負荷為 80 kgs、120 kgs、160 kgs 及 200 kgs，重覆上步驟。

6.測拖曳力：

①車子掛上 40 kgs 之負載，參考步驟4.附圖。駕駛者坐於車子上。彈簧拉力計掛於前滑輪板上，由人從前面拉動車子，由起點起動，儘量平穩車速，測車子經過(1)(2)(3)及(4)處

時的拖曳力，並讀其最大拖曳力。重覆試驗，測值三次。

②加重負載為 80 kgs、120 kgs、160 kgs 及 200 kgs，重覆上步驟。

7.測負載為 200 kgs 時，鐵輪與鋼索間之摩擦係數。

①負載前掛上拉力計，直接由人從前拉動。

②讀負載移動的最大拉力及平均拉力，求多次平均。

8.轉彎性能之測定：

①測轉彎曲率。由 θ , l_1 , l_2 可求。

②在不同的曲率處，重覆步驟 5、6。

9.測鋼索下垂量。

①不加負載，人坐車上，將車子置於兩支架中點處。

②測鋼索之最大下垂量（中點處）。

5.實驗數據及分析：

1.索道車重：84 kgs 車子總重：148 kgs

人重：64 kgs

2.摩擦係數：

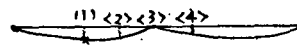
(A)滑輪與鋼索之間：

(a)靜摩擦（最大）：

單位：kg

位置	(1)	(2)	(3)	(4)
1	35	43 *	28 *	19 *
2	36	36	41	29
3	33	32	39	27
4	36	34	37	30
平均	35.0	34.0	36.0	28.7

註*者，誤差太大，不採用。



分析：理論上，在(1)處為最低點（由於鋼索下垂），(3)處為最高點，其處斜率皆為零。而(2)與(4)處的斜度相同，而(2)為上坡（斜率為正）；(4)為下坡（斜率為負），故(2)(4)兩處之最大靜摩擦力之平均值，應與(1)及(3)處等值。

由於實驗之误差，故採三值之平均。如下：

$$(2)與(4)之平均：\frac{34.0+28.7}{2} = 31.35$$

平均最大靜摩擦力：

$$F_s = \frac{35.0 + 39.0 + 31.35}{3} = 35.12 \text{ kgs}$$

故：平均最大靜摩擦係數：(滑輪與鋼索間)

$$f_s = \frac{\text{平均最大靜摩擦力}}{\text{車子總重}} = \frac{35.12}{148} = 0.237$$

(b)動摩擦：

單位 (kg)

位置 次數	(1)	(2)	(3)	(4)
1	20	28	35	16
2	25	32	40	18
3	32	28	36	27
4	25	37	33	24
5	25	35	40	21
平均	25.4	32.0	36.8	21.2

分析：理論同靜摩擦力，但(3)處之值乃測(3)處附近之最大值，故偏高。不予平均。

$$(2) \text{與}(4) \text{之平均} : \frac{32.0 + 21.2}{2} = 26.6$$

平均動摩擦力：

$$F_d = \frac{25.4 + 26.6}{2} = 26.0$$

平均動摩擦係數：(滑輪與鋼索間)

$$f_d = \frac{\text{平均動摩擦力}}{\text{車子總重}} = \frac{26.0}{148} = 0.176$$

(B)鐵輪與鋼索之間：10 ad : 2000 kgs

鐵輪：10個

(a)靜摩擦：

平均最大靜摩擦力：7 kgs

$$\text{最大靜摩擦係數} : \frac{7/10}{200/40} = \frac{7}{200} = 0.035$$

負荷圖：

(b)動摩擦：

平均動摩擦力：5 kgs

$$\text{平均動摩擦係數} : \frac{5.0}{200} = 0.025$$

3.測滑動率：

測試距離：(1)至(4)：L=880 cm

$$\text{①速度} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} = \frac{L}{t} (= \bar{V})$$

$$\text{②脚踏輪與滑輪之轉數比} : \frac{n_1(\text{車輪})}{n_2(\text{滑輪})} = \frac{48}{18} = 2.67$$

滑輪之內徑D=5.0 cm，周長=πD=15.7 cm

所測者為脚踏輪之轉數 N₁，故滑輪之轉數

$$\text{③ } N_2 = N_1 \times \frac{n_1}{n_2}$$

無滑動時應走之距離 L' = (πD × N₂)

$$\text{④滑動率} = \left(1 - \frac{L}{L'}\right) \times 100\%$$

TABLE 1.

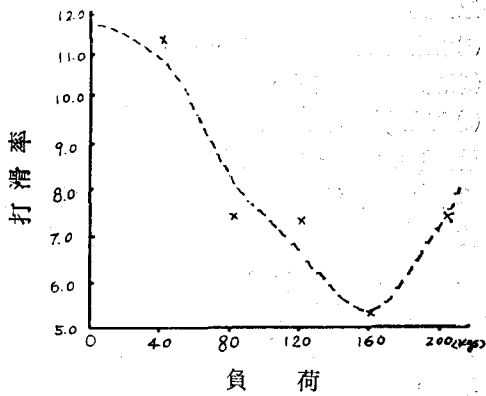
項目 負載	時間 (sec)	車輪 轉數	速度 m/sec	滑動率 (%)	平均值
0 (kgs)	1	19	23.75	0.463	11.57
	2	12	24.0	0.733	
	3	12	23.5	0.733	
40 (kgs)	1	17	23.5	0.518	11.23
	2	16	24.0	0.550	
	3	16	23.5	0.550	
80 (kgs)	1	19	22.5	0.463	7.40
	2	19	23.75	0.463	
	3	18	22.5	0.489	
120 (kgs)	1	20	23.0	0.440	7.37
	2	20	22.5	0.440	
	3	19	22.5	0.463	
160 (kgs)	1	25	23.5	0.352	5.50
	2	20	21.5	0.410	
	3	19	21.75	0.463	
200 (kgs)	1	21	22.5	0.419	7.37
	2	20	22.5	0.440	
	3	19	23.0	0.463	

TABLE 2. 10 ad = 0

項目 次數	時間	車輪轉數
1	30sec	22
2	23sec	22
3	13sec	21
4	10.5sec	22
5	10.5sec	21.5

由 TABLE 2. 可知：由車輪轉數大致不隨速度 (L/t) 而變化，故可論定：滑動率不因速度而改變。

由 TABLE 1. 及 DIAGRAM 1. 可知：



(1) 測試距離可能太短，因 Slip. (%)

$$= \left(1 - \frac{880}{(\pi D) \times n_1/n_2 \times N_2}\right) \times 100\%, \text{ 而}$$

$$\frac{880}{\pi D \times n_1/n_2} \text{ 的值約 } 21, \text{ 使得 } N_2$$

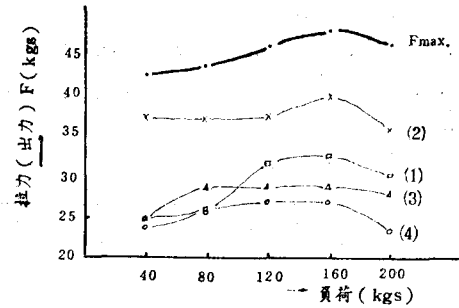
的改變造成 Slip. 的影響很敏感，若能增大 L，則誤差可減小。

(2) Slip. 與車速無甚關係，但與負載則有如圖之關係。Slip. 會先隨負荷增加而下降到達某一負荷（約 160kgs）時，滑動機又復上升。由 0~160 kgs 滑動率下降之原因乃因負荷的慣性對車子產生一阻力，使得車子正向壓力所得產生之拖力減小之故。

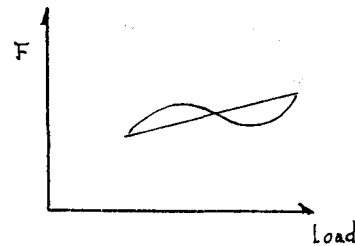
4. 測拖曳力：

位置	(1)	(2)	F _{smax}	(3)	(4)
10ad					
40 (kgs)	23	38	40	25	25
	27	37	43	21	24
	24	37	45	25	22
平均	24.67	36.33	42.67	24.67	2.67
80 (kgs)	25	36	41	23	22
	25	36	43	27	25
	27	40	47	36	30
平均	25.67	37.33	43.67	28.67	25.67
120 (kgs)	34	39	46	30	27
	27	25 *	44	30	27
	35	36	49	26	27
平均	32.0	37.5	46.33	28.67	27.0
160 (kgs)	35	40	53	30	30
	33	40	40	25	25
	30	40	44	31	26
平均	32.67	40.0	48.0	28.67	27.0

200 (kgs)	27	34	41	25	20
	32	37	48	25	25
	32	37	43	34	
平均	30.33	36.0	44.0	28.0	23.33



(1) 由圖與表之數據推測，車子所需的拖曳力在 0~160 kgs 間，隨負載之增加而增加，160 kgs 以後，增加負荷 200 kgs 拖曳力減小（不必那麼大），吾人預測：由於本試驗之 Model 特殊，其支架之距離及掛鉤 spacer bar 之長度會影響拖曳力，因負載越多，則所拖負載之長度亦愈長，由於鋼索之下垂，導致負荷與拖曳力之關係可能有漸增的週期變化，如右圖但此預測待進一步試驗證明之。



(2) 吾人所量測之位置：(1)(2) F_{max} 處及(3)(4)，由圖中可知：F_{max} 在(3)處前端為需最大拖曳之處。因由(1)至(3)為上坡階段，未至(3)處最高點時會有一最大值 F_{max}。

另(1)與(3)處拖曳力理論上應等值，但是由於動態測值，可能由於所測之點非真正的(1)(3)處而有偏差，故(1)(3)的測值有差距，不過其變動趨勢正確。

整體而言，拖曳力的需要以 F_{max} 最大，再則為(2)，因此處值上坡階段，再則為(1)及(3)處，而以(4)處所需之拖曳力為最小，因此處已值下坡階段。

總之，拖曳力之變動與鋼索下垂及支架距離 Spacer bar 長度有密切關係。

5. 鋼索下垂直：支架距離：12 m

車子總重：148 kgs

鋼索下垂（中點處）：7.0 cm

6. 轉彎性能：（未做）

不過旗山方面蕉園索道之轉彎處不多，一組鋼索索道約 2 至 3 處，曲率也相差不多，試驗上有困難。

另須注意者：由於轉彎處鋼索由鐵板支承，即鋼索焊於鐵板上，故須注意車子，滑輪板上掛鈎之突出量（離板之距離），必使不致被鐵板阻礙。

6. 討論與建議：

1. 旗山蕉園的索道鋼索，為達到防銹的目的，故塗上一層潤滑脂（Grease），但使用腳踏式索道車之前，必須將 Grease 拭去，否則滑輪打滑而不能行。因此增加不少試驗上之麻煩。

以後，推行本車時，索道之鋼索建議使用特殊防銹油，此油並能增大摩擦係數。

2. 由實驗數據可知，滑輪的滑動率偏高，其可能

原因為

(1) 鋼索之防銹油未能盡拭去

(2) 滑輪的材質問題。

(1) 之改進如 1.(2) 之改進建議於滑輪內側加墊一層輪胎用橡膠，以增大摩擦係數。

3. 本車速度最快約 3.0 km/hr，而人走的速度約 4.0 km/hr，故使用本車，其在速度上，效率比人推滑車還低。

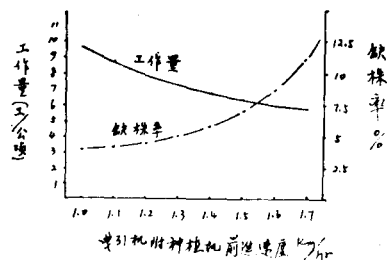
若要推廣此車必須改進車速。

建議增大轉速比，並增大滑輪的尺寸，以增加車速。

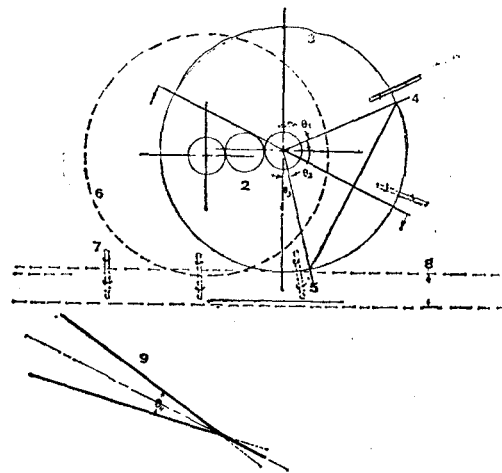
4. 旗山蕉農單人約可推動 11 串香蕉（約 500 kgs），而由伍、實驗數據中之 2.(b) 知：200 kgs 負載所需的最大拉力才 7 kg，故推知本車之最大負載可比單人更高，若能改進車速，效率不錯。

5. 目前旗山方面，蕉園之索道為單線式，使用本車來回費時，降低效率，且卸貨不便。況且車子後之掛鈎須使用一容器納之，否則空載鐵輪可能會掉落。若能全盤規劃，設計完善的索道系統，則本索道車再改進缺點則不失為可推行之機種。

（上接31頁圖二、圖三）



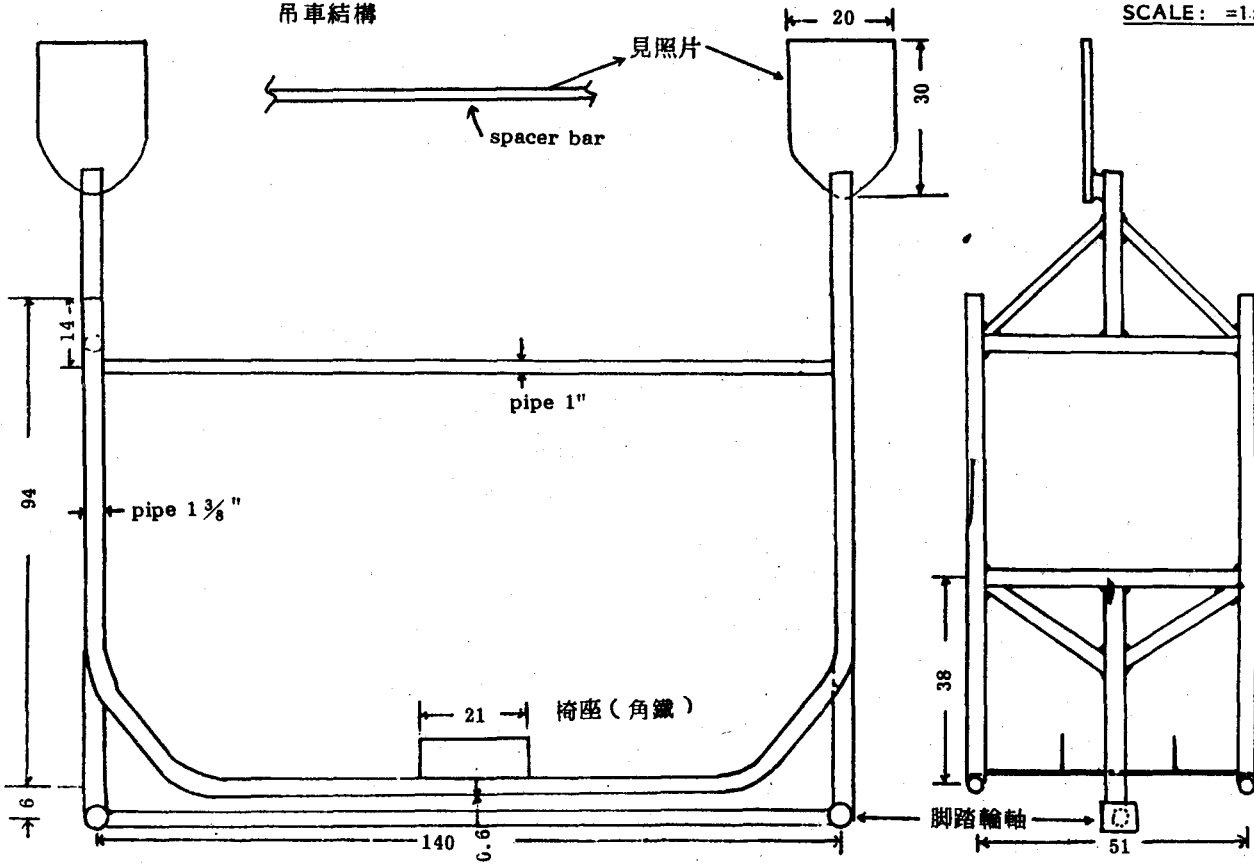
（圖二）耕機前進速度與效率之關係



（圖三）拔草種植過程

NO. 1 FRAME
吊車結構

UNITE: Cm
SCALE: =1:10



NO. 2 SUPPORT AND CABLE
支架與索道

