

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

最佳(鄉土)教材獎

080106

探討鄒族使用角錐形背簍(庸固 yungku)的原因

學校名稱：嘉義縣阿里山鄉新美國民小學

作者：	指導老師：
小六 方文彬	鐘嘉順
小五 杜皓恩	張麗芬
小五 溫耀輝	
小四 楊忠毅	
小四 洋恩奇	

關鍵詞：坡度、重心、人體工學

# 探討鄒族使用角錐形背簍（庸固 yungku）的原因

## 摘要

我們從原住民舞蹈比賽的經驗中，發現其他族群的背簍都是四方形的，只有鄒族的背簍是角錐形的，重心不穩會倒在地上，我們覺得鄒族的背簍很不好用，但是長輩們說：「我們鄒族住在山區，要用角錐形背簍比較好用。」

我們向家長和學校借到 12 個背簍，不停的練習、討論和實驗，經過一連串的研究後發現：鄒族背簍因為它角錐形的設計，有許多優點，例如：角錐形斜靠在陡坡時比較平穩；比較合乎人體工學，所以比較好背；上坡時身體向前傾斜的角度越大，頭部負擔的重量越輕；而且萬一碰到危險可以比較快把背簍拋棄，在山地工作比較安全。

鄒族是唯一使用角錐形背簍的民族，角錐形背簍在山坡地真的比較好用，真的不得不佩服祖先的生活智慧。

## 壹、研究動機

以前我們去參加原住民歌舞劇競賽的時候，在後台會遇到台灣各地來的原住民小朋友，大家都會帶很多表演道具，其中我們發現別族的籃子都站得好好的，裡面放很多小道具也不會倒，只有我們鄒族的籃子是角錐形的，底部尖尖的很難放，裡面如果放小道具就會倒在地上，小道具會滾出來，這個問題給我們很大的困擾，因為後台通常不是很暗就是很亂，小道具滾出去會找不到。

這種角錐形的籃子，不只是表演道具，而且是鄒族家家戶戶都還在使用的工具，鄒族為什麼要使用這種不好用的籃子呢？真的很奇怪。我們去請教了部落長輩、鄒族的老師，長輩們說鄒族的這種籃子叫做「背簍」（鄒語：庸固 yungku），是鄒族背農作物的工具，這種背簍在平地不好用，但是在山坡地非常好用，因為我們鄒族人工作的環境都是山坡地，所以要用這種背簍。

我們聽了還是很懷疑，「平地不好用，山坡地才好用」是什麼意思呢？因此決定做實驗，驗證鄒族的角錐形背簍在山坡地是不是真的比較好用。



泰雅族的背簍是方形的，裡面放小道具不會倒。



賽夏族的背簍上圓下方，底部比較窄，但是沒有很尖。



鄒族的背簍底部很尖，放一點小道具就躺在地上。

## 貳、研究目的

- 一、實地了解族人耕種土地的坡度。
- 二、認識鄒族背簍的構造。
- 三、學習鄒族背簍的使用方法。
- 四、探討鄒族背簍是否比較適合放在山坡地。
- 五、探討鄒族背簍在山坡地是否比較好裝東西。
- 六、探討坡度對背簍重心的影響。
- 七、探討鄒族背簍的結構與人體工學的關係。
- 八、探討上坡下坡與身體傾斜的關係。
- 九、驗證用鄒族背簍工作是否比較有效益。
- 十、探討頭背式的鄒族背簍是否比較安全。

## 參、研究設備及器材

鄒族背簍（庸固 yungku）、方形塑膠籃、圓形塑膠籃、坡度實驗器、吊秤、磅秤、水平儀、量角器、數位相機、角錐形容器、方形容器。

## 肆、研究過程與結果

### 一、調查部落裡族人耕種土地的坡度

在部落裡除了極少數平坦的農田之外，絕大部分的土地都是山坡地。這些山坡地的農作物有石篙竹、苦茶、芋頭、薏仁等，我們想知道這些耕種的土地，坡度究竟如何？

#### （一）調查方法：

- 1、把二支木棍排成一直線連結起來，讓它可以轉動對折。
- 2、在山坡地選好測量點，順著斜坡擺好，上半段的木棍貼著斜坡，下半段的木棍墊高保持水平。
- 3、用量角器測量二支木棍的夾角，再用 180 度減掉夾角，就是山坡地的坡度。

（例如：二支木棍的夾角：140 度， $180 - 140 = 40$ ，坡度就是 40 度）

#### （二）調查結果：

	苦茶園			竹林			芋頭園			生薑園		
測量點	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
坡度	15	20	45	20	35	50	20	25	40	10	30	35
備註	單位：度											

#### （三）討論：

- 1、山坡地凹凸不平，同一塊土地有的地方比較平緩，有的地方比較陡峭，我們用眼睛目測，選取不同的點測量坡度。
- 2、測量後發現，超過 40 度的山坡地就已經很難站住，但是這些種農作物的土地，確實有的坡度超過 40 度，所以家長們在這種地方工作，真的既辛苦又危險。



在苦茶園做土地坡度的調查



測量坡度的方法：上半段貼著斜坡，下半段保持水平，量出木棍的夾角。

## 二、認識鄒族背篋（庸固 yungku）的構造

### （一）鄒族背篋形狀與結構

形狀：開口大，底部窄，呈現四角錐的形狀。  
 開口：開口呈四邊形，但是藤條會彎曲，所以不是標準的四邊形。  
 底部：底部窄小，因此背篋重心不穩，容易倒在地上。  
 背帶：只有一條，綁在背篋的上方  
 骨架：開口及四邊用藤條做骨架。  
 藤編：用藤編把側邊圍起來，用來裝東西。  
 底座：底部有底座，底座有一點彈性，用來保護背篋的底部。



### （二）鄒族背篋的尺寸

本研究搜集學校及家長的背篋共 12 個，大小不一，也不是同一個人所做的，但樣式、比例都非常相似，我們測量各部位的尺寸整理如下。

#### 1、背篋開口的尺寸與比例：（參閱附表一）

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
橫向	30	29	31	32	40	42	48	59	61	60	73	80	—
縱向	29	31	30	33	40	40	50	59	61	64	67	73	—
比例	1.03:1	0.94:1	1.03:1	0.97:1	1:1	1.05:1	0.96:1	1:1	1:1	0.94:1	1.09:1	1.1:1	1.01:1
備註	長度單位：公分												

2、背篋開口與底部的比例：(參閱附表二)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
開口 平均	29.5	30	30.5	32.5	40	41	49	59	61	62	70	76.5	—
底部 平均	9.25	8.88	8.88	9.63	12	10.25	12.5	14.13	17	16.5	19.25	19	—
比例	3.2:1	3.4:1	3.4:1	3.4:1	3.3:1	4:1	3.9:1	4.2:1	3.6:1	3.8:1	3.6:1	4:1	3.7:1

(三) 鄒族背篋的容量

鄒族背篋是一個四角錐形的容器，本來應該可以用「角錐形體積公式：底面積×高÷3」計算背篋的容量，但是因為籐條有彈性會彎曲，而且底部有鈍頭的設計，因此預估實際容量會大於公式計算。實測結果如下：(參閱附表一)

背篋編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
測量容量	9.7	10	12	17	28	31	47	69	92	—
計算容量	7.0	8.1	9.9	12.7	20.3	23.5	36	54.5	70.7	—
測量/計算	1.39:1	1.24:1	1.21:1	1.34:1	1.38:1	1.32:1	1.31:1	1.27:1	1.3:1	1.3:1
備註	容量單位：公升									



測量背篋開口的尺寸。



套上塑膠袋裝水，測量背篋的容量。

(四) 鄒族背篋側邊與地面的夾角

1、實驗方法：

將鄒族背篋直立在平坦的地面，背篋有四個側邊，用量角器測量每一邊跟地面的夾角。

2、實驗結果：(參閱附表三)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
平均 角度	65.8	71.5	64.8	72	71.5	69.5	66.3	69	66.8	66.3	68.8	70.5	68.6



測量四個側邊與地面的夾角



側邊與地面的夾角大約是 68 度

### (五) 討論：

- 1、開口橫向與縱向的尺寸，大約是 1：1，如果藤條不要彎曲，那鄒族背篋的開口就會很接近正四邊形。
- 2、背篋總共有 12 個，但是容量實驗只做九個，原因是編號 10、11、12 號那三個背篋太大，我們的塑膠袋太小，因此實驗只做九個。
- 3、我們預估背篋實際的容量應該要大於用公式計算得到的容量，實驗後發現，測量的結果確實 > 角錐形公式計算的結果，平均大約是 1.3 倍。
- 4、鄒族背篋開口與底部的尺寸大約是 3.7：1，這樣的比例讓背篋的側邊與地面的夾角大約是 68 度，如果把鄒族背篋靠在 60~70 度的斜坡，背篋就會接近直立的狀態。

## 三、學習鄒族背篋（庸固 yungku）的使用方法

### (一) 挑選適合自己身材的背篋：

- 1、背篋的高度大約等於肩膀到臀部的長度。
- 2、背起來時讓背篋的開口大約跟頸部一樣高，背篋的底部在屁股的後方。

### (二) 使用步驟：

- 1、將背篋的側邊靠著斜坡，人坐在背篋的下方，身體背部緊靠背篋，把背帶放在「頭頂」。
- 2、頭和身體往前傾，把背篋拉過來讓重心靠在自己的背部這邊，然後身體用力站起來。
- 3、行走的時候頭和身體稍微向前傾斜，按自己最舒服的姿勢走路。



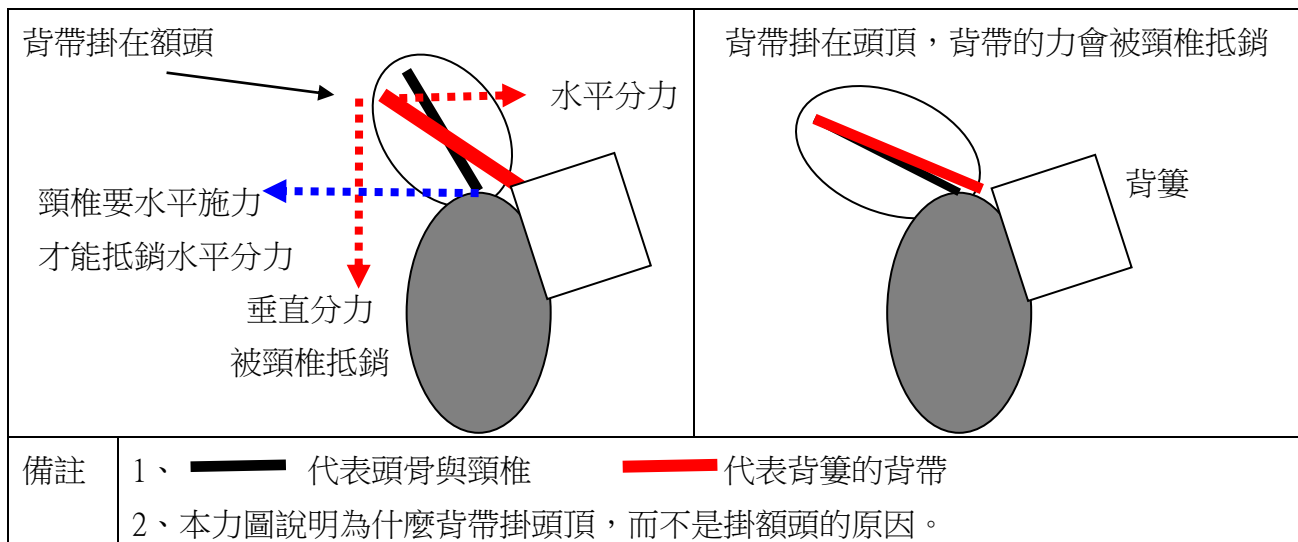
背部緊靠背篋，背帶放在頂頂。



頭和身體往前傾，身體站起來把整個背篋背起來。



頭和身體自然前傾，取自己最舒服的姿勢走路。



#### 四、探討鄒族背簍是否比較適合放在山坡地

本研究模擬農作物採收時，農人會把空的背簍放在山坡地的地上，之後才把農作物裝進去，實驗將探討鄒族背簍在山坡地有比較好放嗎？

##### (一) 實驗方法：

- 1、設計「坡度實驗器」，坡度可以調整。
- 2、將鄒族背簍與方形、圓形塑膠籃「正放」在不同角度的斜坡上，觀察紀錄。
- 3、將鄒族背簍與方形、圓形塑膠籃的側邊「斜靠」在不同角度的斜坡上，觀察紀錄。

##### (二) 實驗結果：

坡度		0度	20度	30度	40度	50度	60度	70度
正放	角錐形	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
	方 形	VVV	VVV	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x
	圓 形	VVV	VVV	VVV	VVV	x x x	x x x	x x x
側邊 斜靠	角錐形	VVV	VVV	VVV	VVV	VVV	VVV	x x x
	方 形	VVV	VVV	VVV	VVV	VVV	x x V	x x x
	圓 形	VVV	VVV	VVV	VVV	VVV	x V x	x x x
備註	<p>1、 V 代表成功放置， x 代表失敗翻倒。</p> <p>2、 每個籃子實驗三次。</p>							

##### (三) 討論

- 1、採取正放時，角錐形籃子因為底部窄小只能放在平地，方形和圓形籃子因為底部比較大，可以放在 30~40 度的斜坡。
- 2、採取側邊斜靠時，方形和原形籃子可以放在 50 度的斜坡，角錐形籃子卻更勝一籌可以放在 60 度的斜坡。



空的籃子正放在坡度實驗器上



空的籃子側邊斜靠在坡度實驗器上

## 五、探討鄒族背篋在山坡地是否比較好裝東西

(一) 實驗一：測試籃子放好之後，把農作物裝進去的過程中，籃子會不會翻倒或是農產品滾出來？方法如下：

- 1、將鄒族背篋與方形、圓形塑膠籃「斜靠」在不同角度的斜坡。
- 2、用木塊代表農作物，組員輪流從籃子的開口處一一放入木塊，直到裝滿或翻倒或木塊滾出來為止。

(二) 實驗結果：(參閱附表四)

坡度	鄒族背篋				方形塑膠籃				圓形塑膠籃			
	30度	40度	50度	60度	30度	40度	50度	60度	30度	40度	50度	60度
裝滿	4次	5次	8次	7次	8次	4次	1次	0次	1次	2次	1次	0次
一半	6次	5次	0次	0次	1次	2次	0次	0次	7次	2次	1次	0次
少許	0次	0次	0次	0次	1次	3次	4次	2次	2次	1次	5次	0次
失敗	0次	0次	2次	3次	0次	1次	5次	8次	0次	5次	3次	10次
備註	每個實驗操作 10 次。											



同學輪流從開口處放入木塊。



方形塑膠籃放入木塊的情形。



(三) 實驗二：測試裝滿農作物的籃子，斜靠在不同坡度的斜坡，這時籃子會不會翻倒？

方法如下：

- 1、把鄒族背篋和方形、圓形塑膠籃裝滿木塊。
- 2、分別斜靠在不同坡度的斜坡，「放手」之後觀察籃子是直立或是翻倒。

(四) 實驗結果：

	鄒族背篋		方形塑膠籃		圓形塑膠籃	
	正	斜	正	斜	正	斜
70 度	x x x	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x
60 度	x x x	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x
50 度	x x x	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x
40 度	x x x	VVV	x x x	x x x	x x x	x x x
30 度	x x x	VVV	x x x	VVV	x x x	VVV
備註	1、 V 代表籃子直立，x 代表籃子翻倒。 2、 每個籃子實驗三次。					

(五) 討論：

- 1、從研究肆~四的實驗中已經發現：三種形狀的籃子都是用「斜靠」的方法，比較好放在山坡地的地上，所以本實驗只用「斜靠」的方法做實驗。
- 2、實驗一發現：在 50~60 度的陡坡，鄒族背篋有 7~8 次的機會可以裝滿東西，方形、圓形塑膠籃在坡度越大的地方越難裝東西。
- 3、實驗二發現：裝滿東西的鄒族背篋可以穩穩斜靠在各種坡度的斜坡，方形和圓形塑膠籃只有 30 度時可以靠著，40 度以上全部會翻倒。



尋找不同坡度的斜坡。



鄒族背篋可以斜靠在各種坡度的斜坡。

## 六、探討背篋重心與坡度的關係

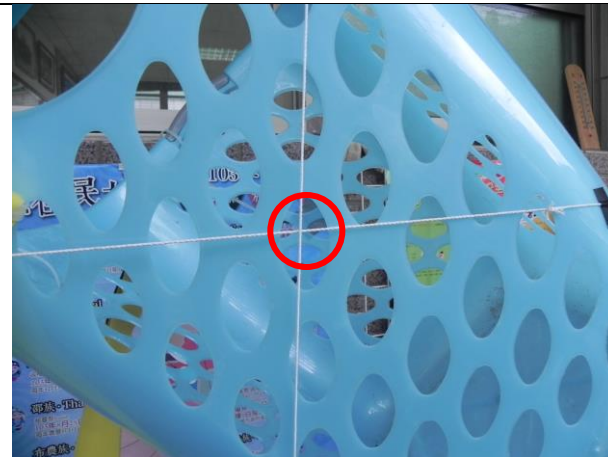
- (一) 實驗一：拉二條鉛垂線，找出鄒族背篋和方形、圓形塑膠籃的重心位置。再將三個籃子裝滿木塊後，找出重心，觀察重心位置有沒有改變？
- (二) 實驗結果：鄒族背篋裝滿木塊後，重心會往上移動。方形、圓形塑膠籃的重心位置則沒有改變。(如下圖)



找出空的鄒族背篋的重心。



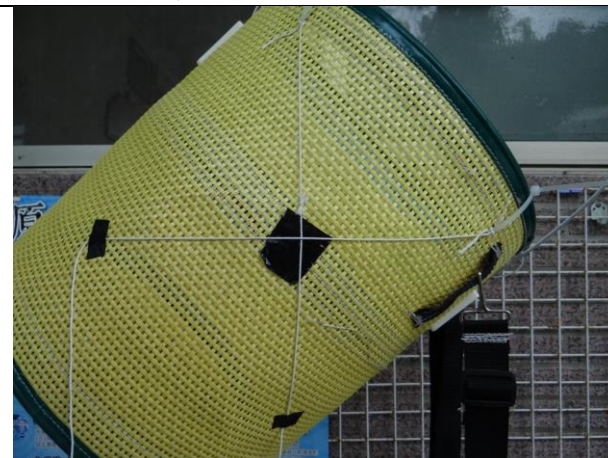
鄒族背篋裝滿木塊後，重心位置會改變。



找出空的方形塑膠籃的重心。



方形塑膠籃裝滿木塊，重心位置沒有改變。



找出空的圓形塑膠籃的重心。



圓形塑膠籃裝滿木塊，重心位置沒有改變。

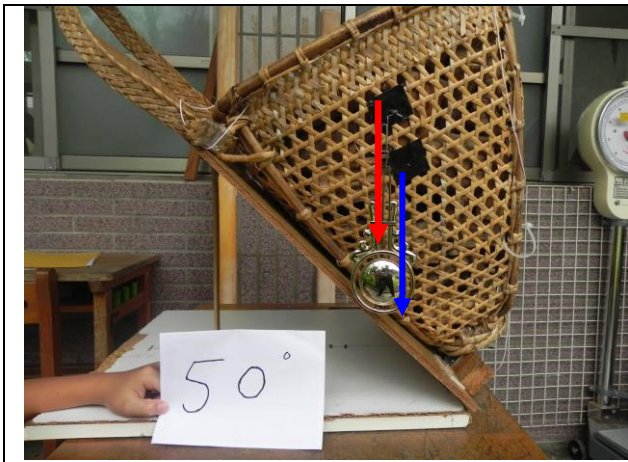
(三) 實驗二：把鄒族背篋與方形、圓形塑膠籃分別放在斜坡實驗器上，以數位相機拍攝，觀察重心的垂直線落在斜坡的那一個位置？

(四) 實驗結果：籃子的重心落在斜坡支撐點內側就會穩穩靠著，落在斜坡支撐點外側就會翻倒。(如下圖)

	鄒族背篋	方形塑膠籃	圓形塑膠籃
50 度	 <p>重心落在斜坡支撐點的內側。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的內側。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的內側。</p>
60 度	 <p>重心落在斜坡支撐點的內側。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的邊界。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的邊界。</p>
70 度	 <p>重心落在斜坡支撐點的邊界。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的外側。</p>	 <p>重心落在斜坡支撐點的外側。</p>

(五) 實驗三：將裝滿木塊的鄒族背篋，放在斜坡實驗器上，以數位相機拍攝，比較重心位置有沒有移動？

(六) 實驗結果：裝滿木塊的背篋，重心往斜坡內側移動。(如下圖)



裝滿木塊的背簍在 50 度的斜坡，重心會往斜坡內側移動。



裝滿木塊的背簍在 60 度的斜坡，重心會往斜坡內側移動。



在 70 度的斜坡，背簍接近直立，重心幾乎沒有移動。

■ 代表重心的記號。

↓ 代表空的背簍重心落下來的位置。

↓ 代表裝滿木塊的背簍重心落下來的位置。

### (七) 討論：

- 1、鄒族背簍是角錐形的，裝滿木塊後，背簍的重心會往上移動，方形和圓形的籃子因為形狀規則，裝滿木塊後籃子的重心不會改變。
- 2、實驗發現當籃子的重心垂直線落在斜坡支撐點的內側時，籃子就會靠著斜坡；籃子的重心垂直線落在斜坡支撐點的外側時，籃子就會因為重心不穩而翻倒。
- 3、從重心的垂直線可以看出，坡度增大時，重心會偏向內側，就是籃子翻倒的原因。
- 4、方形和圓形的塑膠籃在 60 度的斜坡，重心就會落在斜坡支撐點的邊界上，鄒族背簍在 70 度的斜坡，重心才會落在斜坡支撐點的邊界。
- 5、裝滿木塊的背簍重心會比空背簍的重心更靠近斜坡內側，工作時會更穩。因此證明鄒族背簍角錐形的設計比較適合在山坡地工作。

## 七、探討鄒族背簍的結構與人體工學的關係

- (一) 實驗一：模擬籃子靠在斜坡，人的身體緊靠籃子時，鄒族背簍的開口與身體的距離是否比其他籃子的距離更靠近身體。

(二) 實驗結果：(參閱附表五)

角度		30度	40度	50度	60度	70度	備註
平均距離							
開口與 身體距離	角錐形	46.2	35.8	27	21	15.2	單位:公分
	方形	59.2	53.6	46.4	39.6	33.4	
	圓形	56.8	55.6	51.4	46.4	40.4	



鄒族背篋開口離身體最近

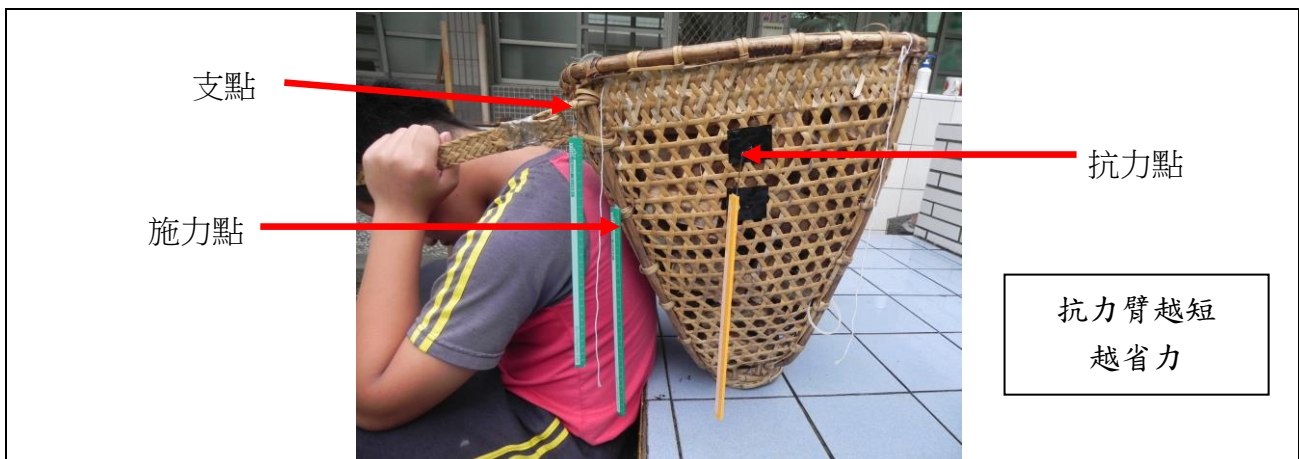


方形塑膠籃開口離身體較遠，而且塑膠籃的一角會頂到身體，影響工作。

(三) 實驗二：模擬在山坡地要背重物起身，籃子靠在人的背上時，鄒族背篋的重心是否比其他形狀的籃子更靠近支點？(重心越靠近支點，抗力臂越短)

(四) 實驗結果：

重心與支點的距離		同學一	同學二	同學三	同學四	同學五	平均
角錐形	空欄	19.5	20.5	20	21	19	20
	裝滿	17	18	18	18.5	17.5	17.8
方形	空 / 滿	28	28	25	26.5	27	27
圓形	空 / 滿	27	26.5	28	27.5	28	27.4





空背篋重心較低，離支點距離較長。



裝滿的背篋重心較高，離支點距離較短。

(五) 實驗三：模擬人已經把籃子背在身上時，鄒族背篋是否比其他形狀的籃子還要平穩？

(六) 實驗結果：

次別		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
傾斜 角度	角錐形	-3	-7	0	0	7	0	-4	0	0	0	-0.7
	方形	20	26	24	17	14	16	19	17	10	18	18.1
	圓形	26	19	12	17	23	24	23	20	25	24	21.3



角錐形背篋比較接近水平。



方形籃子會向前傾斜。



圓形的籃子會向前傾斜。

(七) 討論：

- 1、實驗一發現：在相同坡度，鄒族背篋與身體的距離較短，方形和圓形塑膠籃與身體的距離較長，會造成背帶不夠長、不好背，而且方形和圓形塑膠籃有一邊的角會頂到身體，影響工作。
- 2、實驗也發現：斜坡的坡度越大時鄒族背篋與身體的距離越短，距離越短越容易把籃子拉過來靠著人的背部。
- 3、實驗二發現：鄒族背篋重心距離支點較短，而且裝滿的背篋因為重心往上移，斜靠身體時，重心與支點的距離（抗力臂）還會再縮短，就更容易站起來。
- 4、實驗三發現：背著重物走路的時候，鄒族背篋會呈現比較水平的狀態，方形和圓形的塑膠籃都會向前傾斜約 20 度，所以背鄒族背篋會比較平穩。
- 5、所以綜合上面三個實驗知道，鄒族背篋角錐形的設計比較合乎人體工學，在山坡地比較好背東西，背起來也會比較平穩。

## 八、探討上坡下坡與身體傾斜的關係

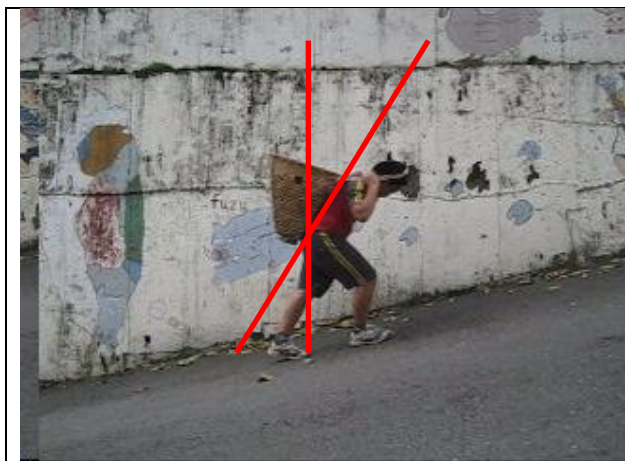
在練習背背簍的過程中，發現上坡的時候特別辛苦，這時候人的身體會自然的增加傾斜的角度，身體向前傾斜之後會感覺比較輕鬆，因此這個階段要探討在上坡、下坡時，身體傾斜的角度以及頭部承受的重量是否相同？

(一) 實驗一：測量背不同形狀的籃子，上坡、下坡時，身體傾斜的角度，方法如下：

- 1、五個同學背著背簍（總重 10 kg）爬坡及下坡。以數位相機錄下每一次的影像。
- 2、在電腦中播放影片，擷取每個人在鏡頭正前方的畫面→貼在 word 上 → 列印出來→畫出垂直線與身體傾斜的線→用量角器量出身體傾斜的角度。

(二) 實驗結果：(參考附表六)

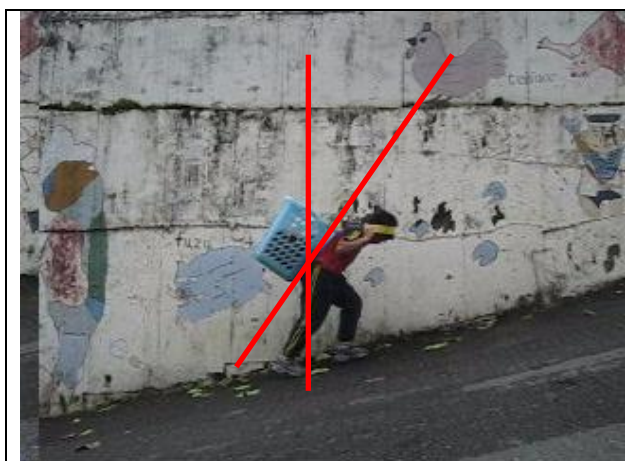
地形	上坡			下坡		
	角錐形	方形	圓形	角錐形	方形	圓形
平均	36.0	36.3	36.7	13.7	13.8	12.7
備註	1、單位：度。 2、每次實驗背負重量是 10 公斤					



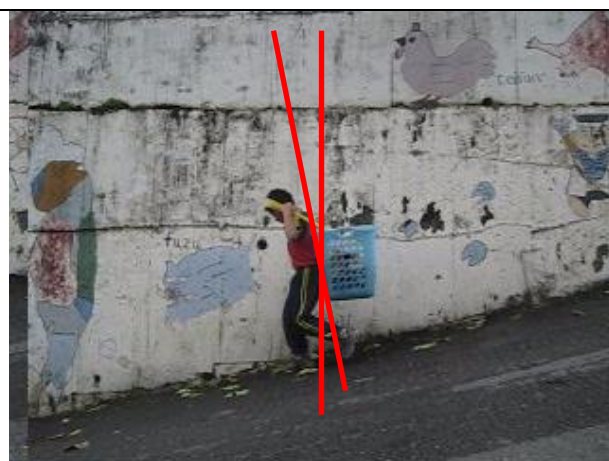
背角錐形背簍上坡時身體彎曲的角度。



背角錐形背簍下坡時身體彎曲的角度。



背方形籃子上坡時身體彎曲的角度。



背方形籃子下坡時身體彎曲的角度。



背圓形籃子上坡時身體彎曲的角度。



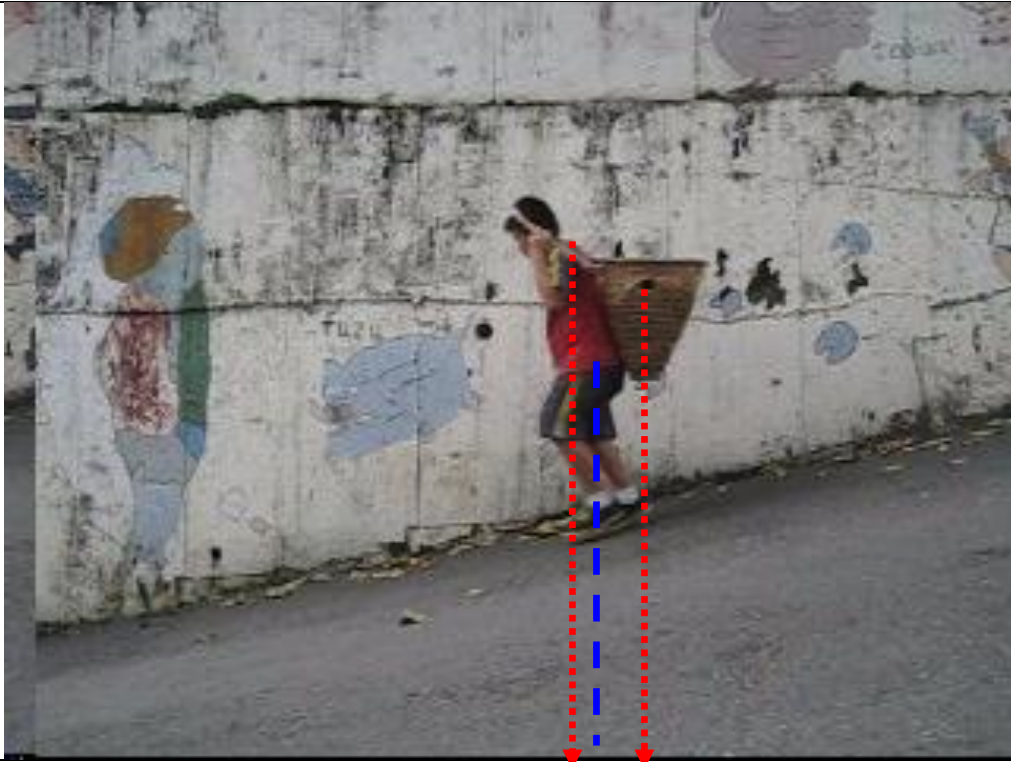
背圓形籃子下坡時身體彎曲的角度。

(三) 實驗二：測量上坡和下坡身體力臂的變化。方法如下：

- 1、擷取每個人在鏡頭正前方的畫面→貼在 word 上列印出來。
- 2、因為背簍有重量，以背簍「重心」的位置為抗力點。人體也有往下的重力，以人體「肩膀」為施力點，大腿支撐整個身體，以人體大腿「髌關節」為支點。
- 3、測量圖上施力臂與抗力臂的距離。







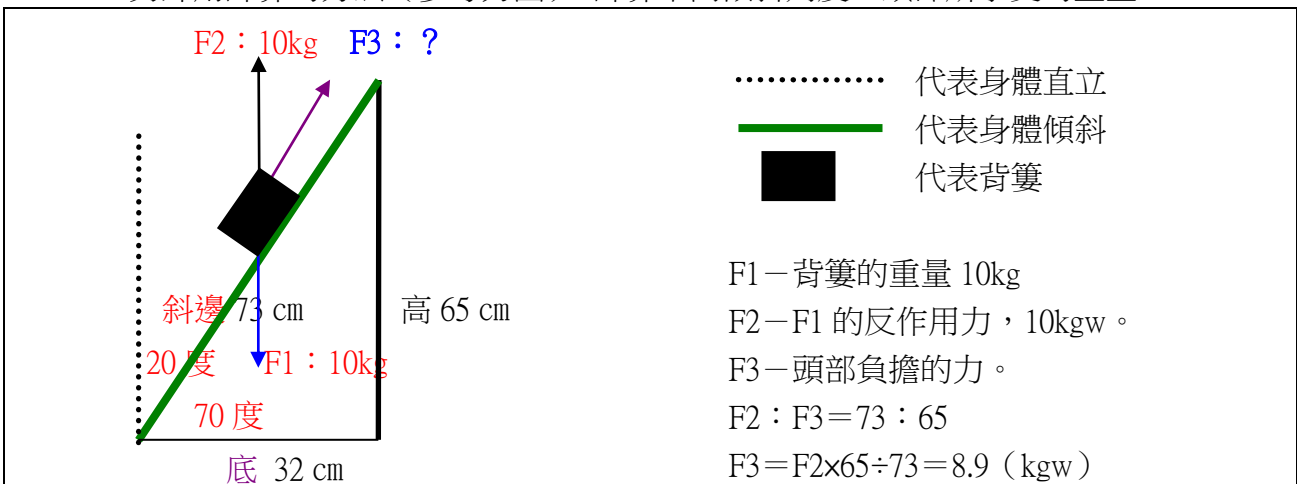
施力點 支點 抗力點 【下坡：施力臂 < 抗力臂】

(四) 實驗結果：(參閱附表七)

地形	上坡	下坡
力臂	施力臂：抗力臂	施力臂：抗力臂
比例	2.5 : 1	1 : 2.5

(五) 實驗三：測量不同的傾斜角度，人體頭部承受的重量有何不同，方法如下：

- 1、利用坡度實驗器，調整 80、70、60、50 四種角度，(80 度代表身體傾斜 10 度、70 度代表身體傾斜 20 度、60 度代表身體傾斜 30 度、50 度代表身體傾斜 40 度)。
- 2、把總重 10 公斤的鄒族背篋放在坡度實驗器上，再用吊秤測量背帶承受的重量。
- 3、另外用計算的方法(參考力圖)，計算不同傾斜角度，頭部所承受的重量。



(六) 實驗結果：

	實際測量 (五次)						公式計算	
	一	二	三	四	五	平均	斜邊：高：底邊	計算值
80 度	9.6	9.8	9.6	9.8	9.4	9.6	73：69：21	9.5
70 度	8.7	9.1	9.0	8.6	8.4	8.8	73：65：32	8.9
60 度	7.2	7.2	7.1	7.6	7.0	7.2	73：59：44	8.1
50 度	5.1	5.0	5.2	5.1	5.1	5.1	73：51：57	6.9



模擬身體向前傾斜 10 度，頭部承受的重量。



模擬身體向前傾斜 40 度，頭部承受的重量。

(七) 討論：

- 1、實驗一發現：不管背那一種形狀的籃子，上坡時身體都自然往前傾斜約 36 度，下坡時身體自然減少傾斜的角度，大約只有 13 度。
- 2、實驗二發現：上坡時身體往前傾斜，會有抗力臂縮短、施力臂伸長的效果，幫助在上坡時保持身體的平衡；下坡時身體減少傾斜的角度，會有抗力臂伸長、施力臂縮短的效果，幫助身體在下坡保持平衡。
- 3、實驗三發現：身體向前傾斜角度越大時，整個背部和頭部的受力會越平均，所以身體向前傾斜 10 度，頭部大約要承受 9.6 公斤的重量，身體向前傾斜 40 度，頭部只要承受 5.1 公斤的重量。
- 4、我們從公式計算發現，70~80 度誤差只有 0.1 公斤，60 度時誤差 0.9 公斤，50 度時誤差 1.8 公斤。因為公式計算不考慮摩擦力，而實際測量時鄒族背篋和坡度實驗器有摩擦力，人背著背篋，背篋與身體也有摩擦力。

## 九、驗證用鄒族背篋工作是否比較有效益

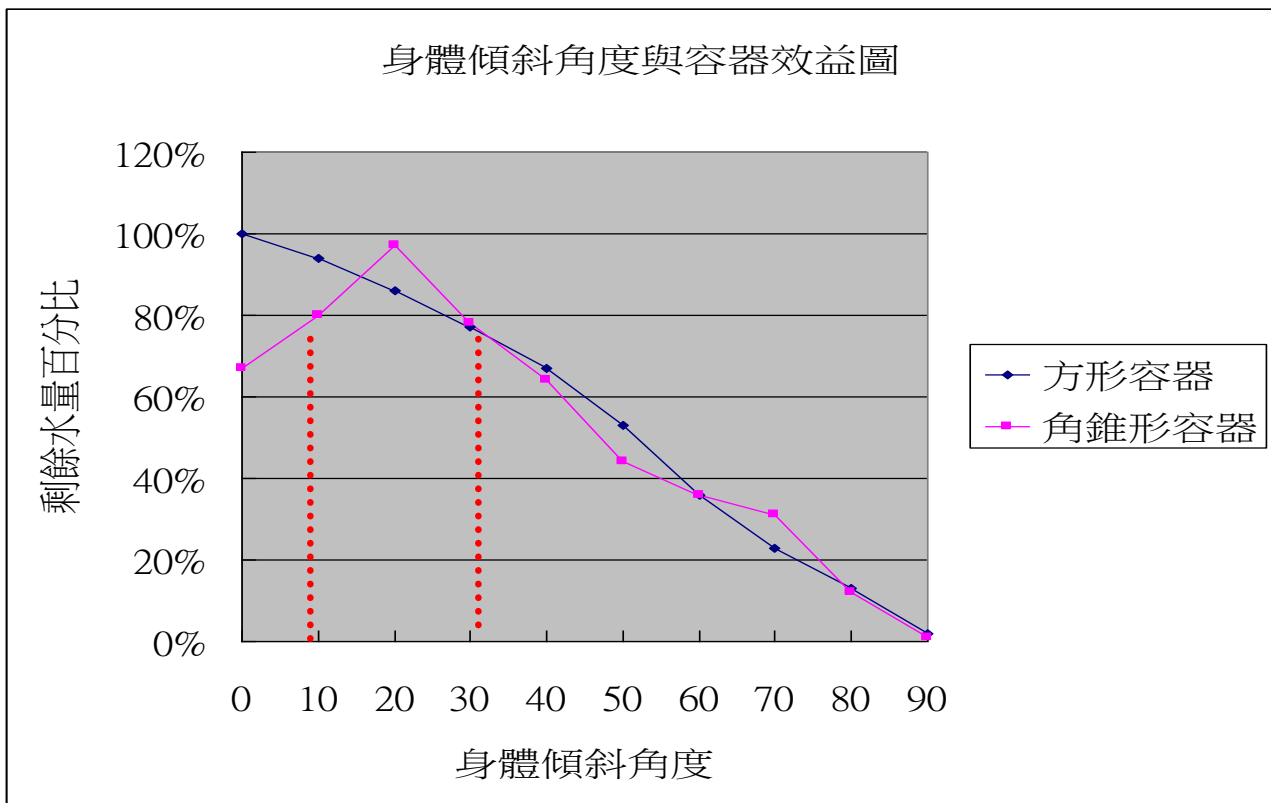
人背著背篋工作，身體都會自然向前傾斜，而且在山坡地上上下下，農作物難免會從背篋掉出來。在這種情況下，鄒族背篋角錐形的設計，是不是可以留住比較多農作物呢？

(一) 實驗方法：

- 1、模仿鄒族背簍的比例，設計一個角錐形容器，模仿方形塑膠籃設計一個方形容器，二個容器體積相近（角錐形容器 5730 ml，方形容器 6000 ml）。
- 2、將容器裝滿水，放在斜坡實驗器上，讓水自然流出，測量不同坡度剩下來的水量。

(二) 實驗結果：

容器種類	傾斜角度	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
方形容器 6000 ml	容量	6000	5610	5140	4600	4040	3190	2160	1380	750	100
	百分比	100%	94%	86%	77%	67%	53%	36%	23%	13%	2%
角錐形容器 5730 ml	容量	3840	4610	5550	4460	3650	2530	2060	1800	670	40
	百分比	67%	80%	97%	78%	64%	44%	36%	31%	12%	1%
備註	容量單位：毫升 (ml)										



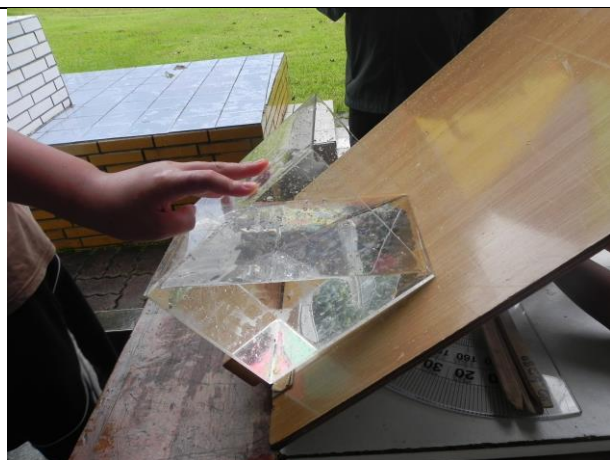
(三) 討論：

- 1、方形容器剩餘的水量，身體直立時最好 100%，隨著身體往前傾斜的角度，就逐漸減少。
- 2、角錐形容器很特別，在身體直立時效益並不好只剩 67%的水，身體前傾 10 度水量提升到 80%，身體前傾 20 度時效益最好，水量提升到 97%，之後就逐漸減少。

- 3、從效益圖可以看出，身體向前傾斜 10 度至 30 度時，是角錐形容器效益最好的工作角度，所以鄒族背簍側邊與地面夾角約 68 度的設計，已經預留了 20 度的工作角度。



角錐形容器裝水的實驗。



方形容器裝水的實驗。

## 十、探討頭背式的鄒族背簍是否比較安全

經過一連串的實驗，我們已經了解鄒族背簍的許多優點，但是我們在雜誌上看到有其他族的背簍像背書包一樣是肩背式的。鄒族背簍為什麼不要設計肩背的方式呢？長輩解釋說：「我們鄒族住在山裡面，頭背比較安全，因為在山區工作容易摔倒，萬一摔倒時，用頭背的背簍比較容易拋棄，人比較不會受傷。」我們又親自做了多次實驗，要驗證鄒族背簍是否比較安全？



在雜誌上看到其他族的背簍是採肩背方式。



從老照片看出，鄒族自古以來就是採用頭背式的背簍。

### (一) 實驗方法：

- 1、把鄒族背簍的另一側設計二條背帶，讓背簍可以頭背也可以肩背。
- 2、同學輪流背著背簍走路，當他聽到「跌倒口令」時，要以最快的速度把背簍拋棄。
- 3、以碼錶紀錄「聽到跌倒口令至背簍落地」的時間。

(二) 實驗結果：

次別 實驗者		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	總 平均
頭背	同學一	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	1	0.5	0.4	0.3	0.8	0.55	0.61
	同學二	0.5	0.8	0.4	0.6	0.7	0.8	0.4	0.9	0.5	1	0.66	
	同學三	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	
	同學四	1	0.7	1.3	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.75	
	同學五	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.5	
肩背	同學一	0.9	1.4	1.4	1	1.2	1.4	1.1	2.3	1	1.6	1.33	1.44
	同學二	1.4	1.3	1.5	1.2	1.1	1.1	0.8	1.2	1.2	1.1	1.19	
	同學三	3.1	1.6	2.4	1.4	1.8	1.1	2.3	1.2	1	1.4	1.73	
	同學四	1.5	1.5	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.3	1.4	1.4	1.38	
	同學五	1.8	1.4	1.4	1.7	1.6	1.5	1.2	2	2	1.3	1.59	

(三) 討論：實驗發現頭背式的背簍平均是 0.61 秒可以落地，同一個背簍採用肩背的時候卻要 1.44 秒才會落地。證明鄒族背簍採用頭背式的設計，遇到危險時比較容易拋棄，也比較安全。



頭背式的背簍，只要頭往後仰，背簍就會自然落下。



肩背式的背簍，遇到危險不容易拋棄。

## 伍、結論

- 一、鄒族人生活的四周都是山，實地調查後了解族人耕種的山坡地有的是 40~50 度的陡坡，真是辛苦又危險。
- 二、鄒族背篋（庸固 yungku）是角錐形的設計，可以用「角錐形體積公式  $\times 1.3$ 」計算出大概的容量。背篋開口與底部的比例大約 3.7:1，側邊與地面夾角約 68 度，可以靠在 60~70 度的陡坡工作。
- 三、要使用鄒族背篋，必須先挑選適合自己身材的背篋，背的時候背部緊靠背篋，把背帶放在頭頂，頭和身體往前傾把背篋拉過來靠自己的背再站起來，站起來之後身體自然前傾，用最舒服的方式走路。
- 四、鄒族背篋（庸固 yungku）確實比方形或圓形的籃子更適合放在山坡地上。
- 五、在山坡地，鄒族背篋（庸固 yungku）確實比方形或圓形的籃子更好裝東西；鄒族背篋裝滿東西後也可以穩穩靠在斜坡上。
- 六、山坡上的籃子會不會翻倒，是受重心的影響。鄒族背篋角錐形的設計，讓它的重心比較容易落在斜坡支撐點的內側，不容易翻倒。而且鄒族背篋裝滿東西之後，重心會往上方移動，工作時會更穩，所以鄒族背篋真的比較適合在山坡地工作。
- 七、鄒族背篋的重心距離支點較短，比較好操作。裝滿東西的背篋，重心與支點的距離還會再縮短，就更容易站起來。而且在一般情況下，鄒族背篋背起來比較平穩。所以鄒族背篋角錐形的設計比較合乎人體工學。
- 八、人背著背篋上坡和下坡時，身體會自然調整傾斜的角度，讓身體的力臂縮短或伸長，幫助身體保持平衡。而且身體傾斜的角度越大，背部和頭部受力越平均，感覺會越輕鬆。
- 九、鄒族背篋在身體向前傾斜 10 度至 30 度時，工作的效益比較好，特別是請斜 20 度時，效益最好。所以鄒族背篋側邊與地面夾角約 68 度的設計，已經預留了 20 度的工作角度。
- 十、鄒族背篋採用頭背式的設計，萬一遇到危險時，可以很快的把背篋拋棄，所以在山坡地工作真的會比較安全。

## 陸、參考資料

### （一）書籍資料：

- 1、國小自然與生活科技第 8 冊，翰林出版公司。
- 2、每天玩一點科學遊戲，腦力&創意工作室編著，宇鈞文化出版有限公司，2013。

### （二）網頁資料：

- 1、兩條鉛垂線之交點即是重心位置

<https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1507120309856>

附件：

附表一：鄒族背簍開口尺寸、高度、容量統計表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
橫向	30	29	31	32	40	42	48	59	61	60	73	80	—
縱向	29	31	30	33	40	40	50	59	61	64	67	73	—
高度	24	27	32	36	38	42	45	47	57	65	69	79	—
計算 容量	7.0	8.1	9.9	12.7	20.3	23.5	36	54.5	70.7	83.2	112.5	153.8	—
測量 容量	9.7	10	12	17	28	31	47	69	92	—	—	—	—
量/算 比例	1.39:1	1.24:1	1.21:1	1.34:1	1.38:1	1.32:1	1.31	1.27:1	1.3	—	—	—	1.3:1
備註	長度單位：公分，容量單位：公升												

附表二：鄒族背簍底部尺寸統計表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
底部 四邊	10	8.5	8.5	9.5	12	10	12	14	18	18.5	18	18	單位: 公分
	9	8.5	10	9	11.5	10.5	13	14	15	16	19	19	
	9	10	8.5	10	11.5	10	13	13.5	16	15	19	19	
	9	8.5	8.5	10	13	10.5	12	15	19	16.5	21	20	
平均	9.25	8.88	8.88	9.63	12	10.25	12.5	14.13	17	16.5	19.25	19	

附表三：鄒族背箕四個側邊與地面的夾角統計表

側邊 編號	A	B	C	D	平均
1	70	64	64	65	65.8
2	76	70	70	70	71.5
3	65	65	59	70	64.8
4	74	75	70	69	72
5	72	71	73	70	71.5
6	70	70	69	69	69.5
7	67	67	65	66	66.3
8	72	70	65	69	69
9	69	67	65	66	66.8
10	55	68	75	67	66.3
11	65	69	74	67	68.8
12	71	70	72	69	70.5
總平均	—	—	—	—	<b>68.6</b>



附表四：不同形狀的籃子在斜坡放進木塊數量統計表

次別		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
斜度												
30	角錐形	14	14	11.2	14	14	11.2	11.4	9.6	13.6	10.8	
	方 形	19	15.4	19	12.4	17	19	4	19	19	17.4	
	圓 形	12.2	12	11	10.6	11	9.8	4.6	11.4	10	4.2	
40	角錐形	12.4	13	11.4	14	14	11	13.4	14	14	14	
	方 形	5	16	4.2	2.4	19	9.4	8.5	19	19	1.8	
	圓 形	3.8	15	—	13.4	—	13	—	—	15	—	
50	角錐形	14	14	—	14	14	14	14	—	14	14	
	方 形	18	—	—	3.4	—	2.8	—	—	2.2	3	
	圓 形	6.1	—	12	15	4.6	2.9	6	5	—	—	
60	角錐形	14	—	14	14	14	—	—	14	14	14	
	方 形	—	—	—	2.2	—	—	—	2.2	—	—	
	圓 形	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
備註	<p>1、實驗前的測試，把木塊裝滿到籃子的開口水平處，鄒族背簍約 14.5 公斤，方形塑膠籃約 19 公斤，圓形塑膠籃約 15 公斤。</p> <p>2、本實驗定義：裝到 14 公斤以上為「裝滿」，裝 8—13 公斤為「一半」，裝 2—7 公斤為「少許」，裝 2 公斤以下為「失敗」。</p> <p>3、實驗失敗以「—」表示。</p>											

附表五：身體緊靠籃子時開口與人體的距離統計表

人次 角度		同學一	同學二	同學三	同學四	同學五	平均
70	角錐形	10	10	19	21	16	15.2
	方 形	28	30	30	39	40	33.4
	圓 形	33	44	37	46	42	40.4
60	角錐形	10	16	30	25	24	21
	方 形	29	42	40	45	42	39.6
	圓 形	37	50	47	53	45	46.4
50	角錐形	14	20	37	34	30	27
	方 形	36	50	48	48	50	46.4
	圓 形	44	56	51	55	51	51.4
40	角錐形	23	30	50	39	37	35.8
	方 形	41	58	54	60	55	53.6
	圓 形	47	65	55	58	53	55.6
30	角錐形	35	41	57	52	46	46.2
	方 形	46	62	64	65	59	59.2
	圓 形	49	60	58	59	58	56.8

附表六：上坡與下坡身體傾斜角度統計表

地形	上坡			下坡		
籃子形狀	角錐形	方形	圓形	角錐形	方形	圓形
第 1 次	51	42	43	11	20	19
第 2 次	42	41	44	19	19	14
第 3 次	46	43	42	19	14	15
第 4 次	34	40	42	16	10	11
第 5 次	34	32	32	18	18	13
第 6 次	32	37	33	19	15	11
第 7 次	37	39	38	9	12	12
第 8 次	33	30	35	8	13	16
第 9 次	25	37	36	9	9	9
第 10 次	26	22	22	9	8	7
平均	<b>36.0</b>	<b>36.3</b>	<b>36.7</b>	<b>13.7</b>	<b>13.8</b>	<b>12.7</b>
備註	1、單位：度 2、每次實驗背負重量是 10 公斤					

附表七：上坡與下坡身體施力臂與抗力臂統計表

地形	上坡	下坡
力臂	施力臂：抗力臂	施力臂：抗力臂
第 1 次	8 : 5	3 : 9
第 2 次	9 : 4	3 : 8
第 3 次	7 : 6	2 : 9
第 4 次	7 : 5	2 : 9
第 5 次	11 : 2	2 : 10
第 6 次	7 : 4	5 : 7
第 7 次	7 : 3	2 : 6
第 8 次	7 : 5	3 : 8
第 9 次	9 : 4	2 : 9
第 10 次	11 : 3	4 : 6
平均	<b>8.7 : 3.5</b>	<b>3.1 : 7.9</b>
比例	2.5 : 1	1 : 2.5
備註	紙上測量單位：毫米 (mm)	

## 【評語】 080106

本作品探究鄒族角錐形背簍的實際應用與科學原理。除了傳承先民智慧，亦能探討箇中科學，是進行鄉土文化與科學探索的最佳主題之一，尤其能夠應用所學於生活之中，唯初步的觀測與分析可再更詳細精確。