

指甲刀的原理與實用價值的探討

國中組物理科第一名

台北市士林國民中學

作 者：蔡日強、吳鎮宇

指導教師：楊士芳

一、研究動機

在課堂上，老師講解完槓桿定律，就提出許多日常上槓桿定律應用的實例讓同學們參考。其中指甲刀的應用，殊不知要歸類何種槓桿，經過同學們的熱烈討論和蒐集資料，我們終於有了新的發現……。

二、研究目的

應用槓桿定律，研究指甲刀的原理及探討其實用價值。

三、實驗器材

指甲刀一支、 1 kgW 磅秤一個、彈簧一個、刻度直尺一支。

四、研究過程

本研究分兩大重點：(一)依據槓桿原理，探討指甲刀的原理是應用何種槓桿？(二)利用推理與實驗來研究其省力程度，並討論其實用價值。

(一)指甲刀到底屬於何種槓桿？

1.首先，我們看柄的部分（見圖1-0）。於柄尖施力，柄繞著

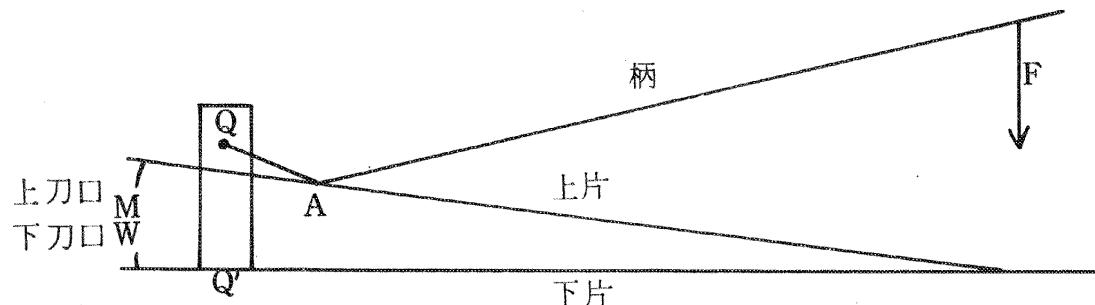


圖 1-0 指甲刀構造圖

Q 轉動，很明顯的， A 為抗力點，並介於施力點（柄尖）、支點（ Q ）之間，為第二種槓桿（簡化為圖 1-1）。

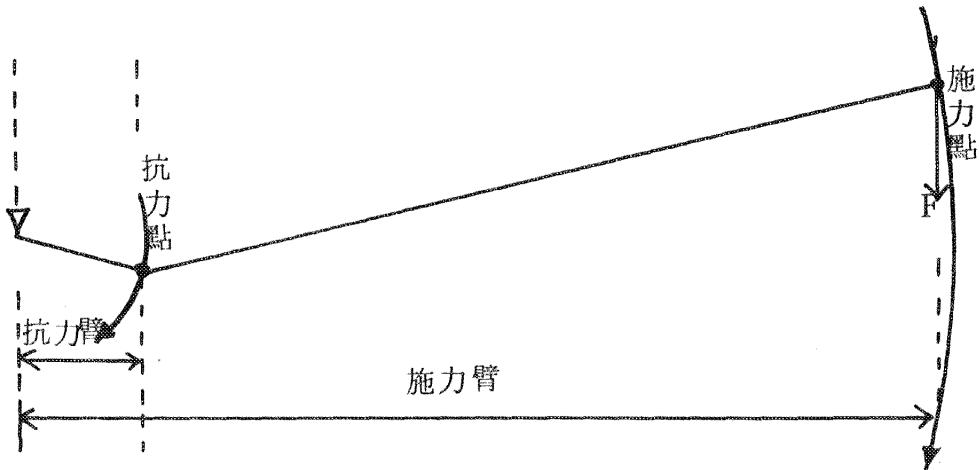


圖 1-1

2. A 為柄的抗力點，對上片來說，卻是施力點，使用時對柄尖施力，即間接對上片之 A 施力，並使上片繞 P 而轉，抗力點為上刀口 M ，施力點（ A ）介於支點（ P ）、抗力點（ M ）之間，為第三種槓桿之型態（圖 1-2）。

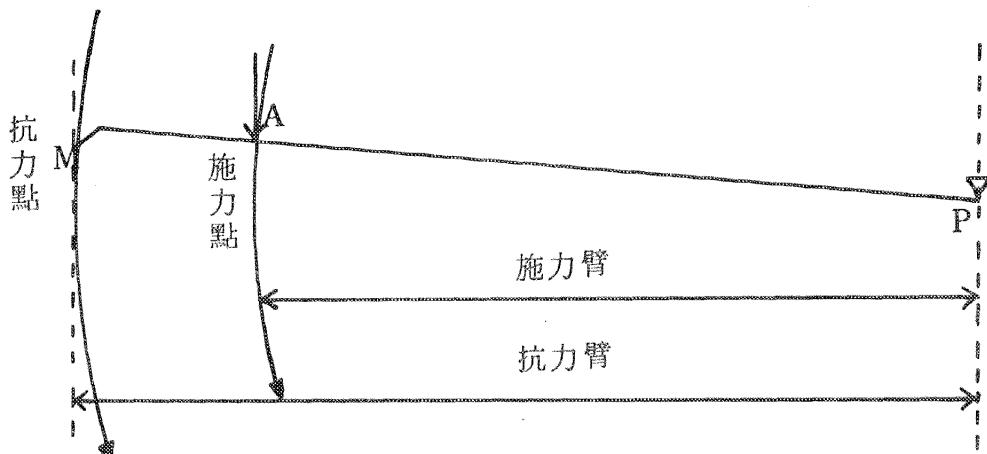


圖 1-2

3. 若於柄尖施力， A 、 Q 都受力。故 Q 之力透過軸，傳至下片而對下片作用， Q' 可視為下片的施力點，並介於支點 P 、抗力點 W 之間，又是第三種槓桿（簡化為圖 1-3）。

依據前三項之分析，可知指甲刀並不屬於任何一種槓桿，只能算第二、第三兩種槓桿的結合為“組合槓桿”。

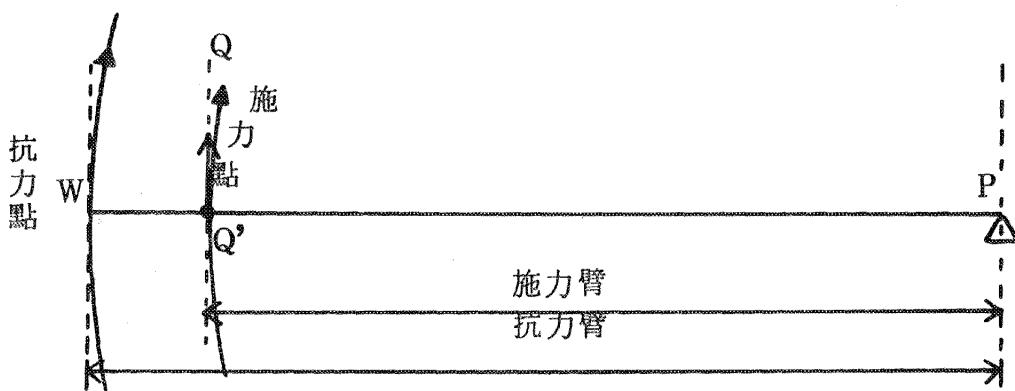


圖 1-3

(二)指甲刀到底能省多少力？

1. 計算於柄尖施力 F ，於 Q 、 A 到底產生多大的力？

爲計算方便，我們將柄壓下後，便保持一定的角度而不再轉動，那麼 L 、 ℓ 也都成了定數，較易處理（詳見圖 2-1、2-2）。

※圖 2-2 中柄轉動， A 點亦跟著滑動，是不合“支點”的定義的。但在此我們已令柄的角度固定，故此狀況下 A 還是靜止，爲了計算，暫時當支點，還是合理的。

圖 2-1：

計算 A 之力（ Q 當支點）：

$$F(L + \ell) = \ell \times (A\text{力})$$

$$(A\text{力}) = \frac{(L + \ell)}{\ell} F$$

圖 2-2：

計算 Q 之力（ A 當支點）：

$$\ell(Q\text{力}) = F \times L$$

$$(Q\text{力}) = \frac{L}{\ell} F$$

※除了圖 2-1、2-2 之算法外，我們尚可利用雙手支撑旗子的算法來計算，結果一樣（見圖 2-3）。

圖 2-3：我們可把柄想成一枝旗子，旗重 F ，手握處即 A

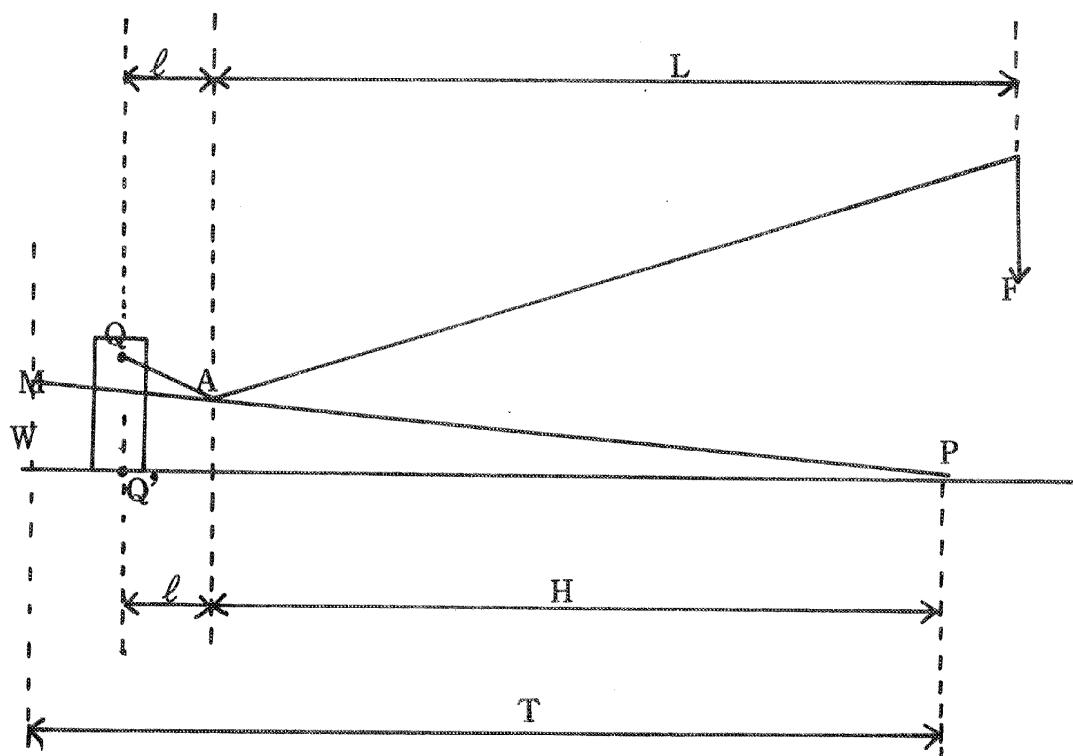


圖 2-0

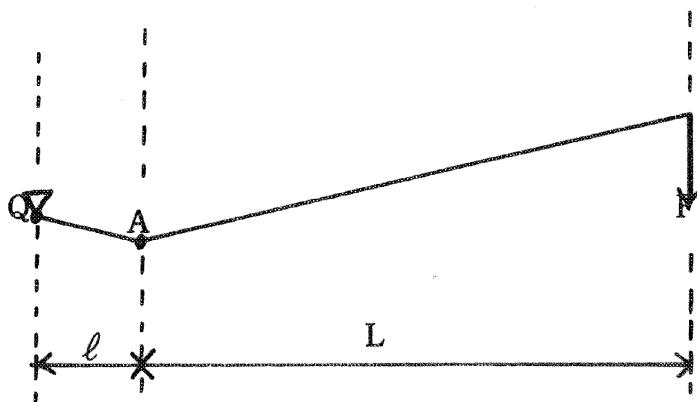


圖 2-1

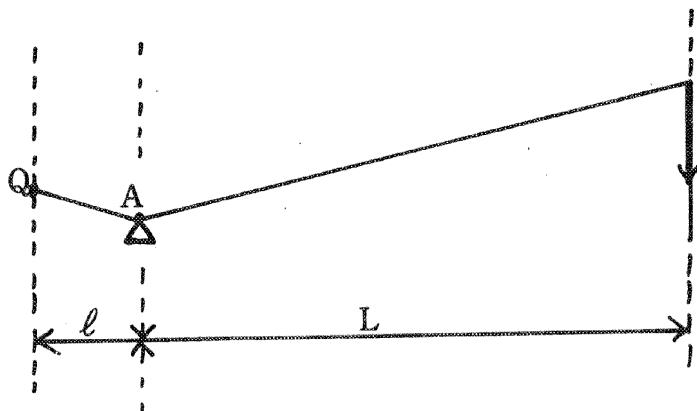


圖 2-2

、Q。

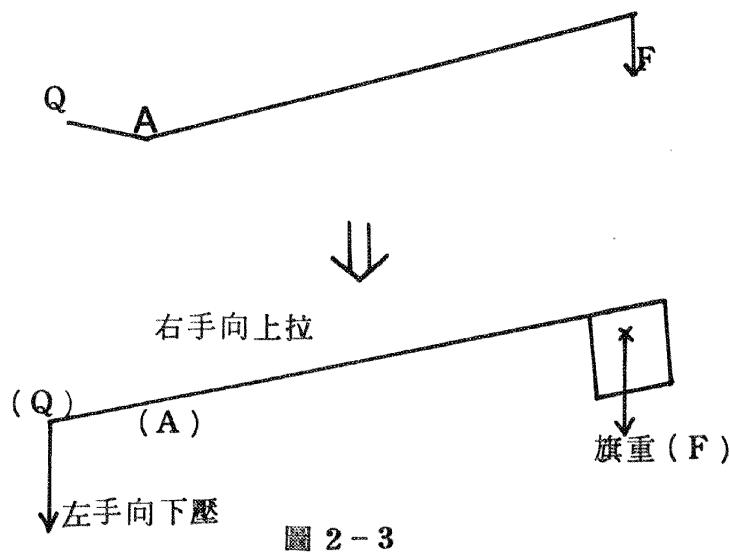


圖 2-3

\because 向上合力 = 向下合力

\therefore 右手拉力 = 左手壓力 + 旗重 $\Rightarrow (A\text{ 力}) = (Q\text{ 力}) + F \cdots (1)$

左手壓力：旗重 = $\ell : L \Rightarrow L(Q\text{ 力}) = \ell \times F \cdots \cdots \cdots (2)$

(1)式、(2)式為聯立方程式，解得

$$\begin{cases} (A\text{ 力}) = \frac{L + \ell}{\ell} F \\ (Q\text{ 力}) = \frac{\ell}{L} F \end{cases}$$

和圖 2-1、2-2 結果相等

Q之力，透過軸，間接對下片的Q作用。故於柄尖施力F，下面兩片金屬片的受力可畫成圖2-4。

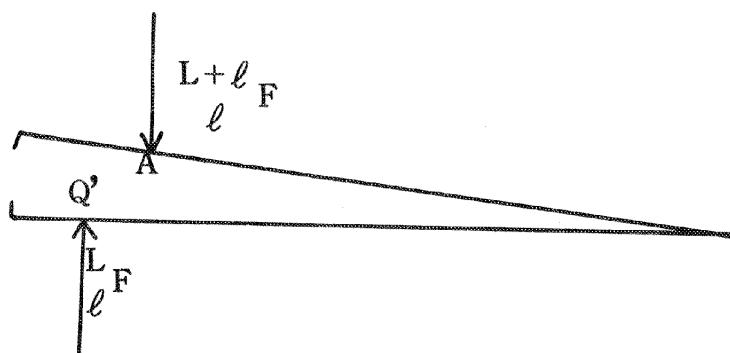


圖 2-4

因 L 遠大於 ℓ ，故柄所省的力也得到了肯定。

2. 其次，再讓我們探討於柄尖施力，到底在刀口產生多大的抗力。其實，在柄尖所施的力，有一部份是花在指甲刀本身鋼片彈力之上；所以當我們利用槓桿定律推算時，必先扣除彈力才行（ $F = \text{實際施力} - \text{花於本身鋼片彈力之力}$ ）。

※以下代號皆根據圖 2-0，利用圖 2-4：

$$\text{對上片 } A \text{ 點之力} = \left(\frac{L + \ell}{\ell} \right) F$$

$$\Rightarrow \text{上刀口抗力} = \left(\frac{L + \ell}{\ell} \right) F \times H \div T \quad \dots\dots \textcircled{1}$$

$$\text{對下片 } Q' \text{ 點之力} = \frac{L}{\ell} F$$

$$\Rightarrow \text{下刀口抗力} = \frac{L}{\ell} F \times (H + \ell) \div T \quad \dots\dots \textcircled{2}$$

我們可以得到一個關係式：

上下刀口抗力之和：（實際施力—花在彈力上的力）

$$= (\textcircled{1} + \textcircled{2}) : F$$

$$= \left[\frac{FH(L + \ell)}{\ell T} + \frac{FL(H + \ell)}{\ell T} \right] : F$$

$$= (2HL + H\ell + L\ell) : \ell T$$

此關係只要是同型的指甲刀，都可以代入。不過指甲刀的彈力須事先測得才行。

我們再把關式的文字代入數字，當刀口維持圖 2-5 之寬度時： $L = 4.35 \text{ cm}$ 、 $\ell = 0.55 \text{ cm}$ 、 $H = 3.7 \text{ cm}$ 、 $T = 5 \text{ cm}$ 。故關係式

$$\Rightarrow (2HL + H\ell + L\ell) : \ell T = 13.3154 : 1$$

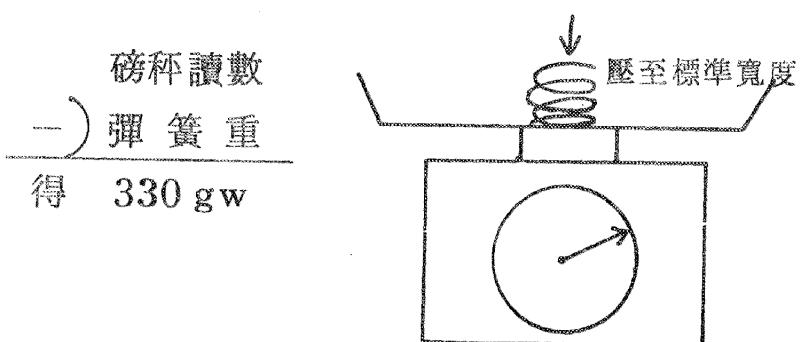
現在我們設計實驗證明此關係式的確性（見圖 2-5）實際與彈簧作用的只有 $350 \text{ gw} - 325 \text{ gw} = 25 \text{ gw}$ 。而彈簧受力 = 刀口之抗力 = 330 gw ，得知 $330 : 25 = 13.2 : 1$ 。

圖 2-5 實驗過程

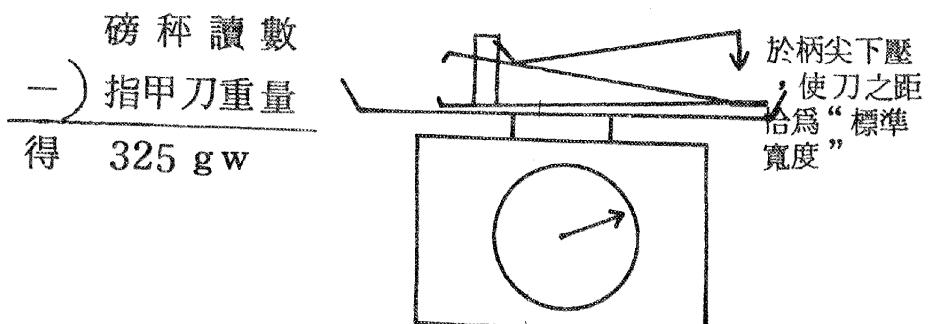


圖 2-5

- (1)取一彈簧，放鬆時恰可置入兩刀口間。
- (2)定一“標準寬度”，將彈簧置於磅秤上，測出欲壓至這“標準寬度”須多大外力。

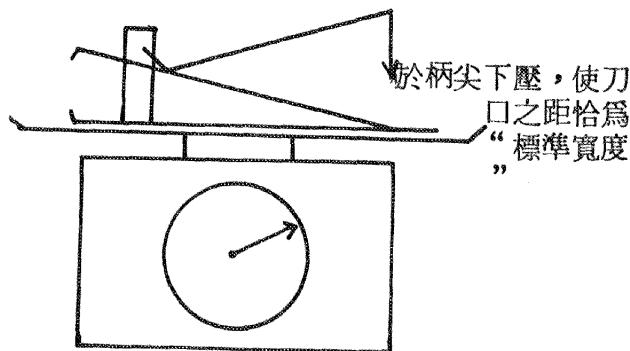


- (3)將指甲刀置於磅秤上，測出欲使刀口之距離恰為“標準寬度”時，於柄尖須負擔多少力於指甲刀的彈力上。



- (4)將彈簧放進指甲刀刀口，再把指甲刀置於秤盤上，於柄尖施力，使刀口達到“標準寬度”時，測出此時柄尖之施力。

磅秤讀數
一) (指甲刀+彈簧)重
 得 350 gw



我們得到一組完整的數據：

實際施於柄尖之力爲 350 gw。

其中有 325 gw 花在抵抗自身的彈力上。

實際與刀口作用的，只有 $(350 - 325) \text{ gw} = 25 \text{ gw}$ 。

而此時於刀口產生的抗力爲 330 gw。

$$\frac{330}{25} = 13.2$$

五、研究結果

由上面之實驗過程我們不僅證明了關係式與實驗結果相等，還可爲手上的指甲刀下定論：

(一)拋開本身的鋼片不說，也就是假設指甲刀沒有彈性，而純粹以“組合槓桿”的觀點來探討施抗力的關係，其抗力比施力爲 13。 (柄的角度改變， L 、 ℓ 之比例亦隨之增減，所以“13”這比值也可能有所變動，但不會變得太多。)

(二)以我們做實驗的指甲刀來說：

刀口抗力：(柄尖施力—彈力) : 13 : 1 (約數)

彈力是加減的計算，比例式中出現了“—”號，因此我們沒有辦法直接列出施抗力之比例，但根據我們的關係式：

設施力 = F ，抗力 = R ，彈力 = K ，欲 $F < R$ ，則

$$R : (F - K) = 13 : 1 \Rightarrow R = 13F - 13K$$

若欲 $F < R$ 則 $F < 13F - 13K$

$$12F > 13K$$

這表示這把指甲刀，欲施力 $<$ 抗力而省力時，必須保持施力：彈力 $> 13 : 12$ 。實際上，手指的施力，通常要超過彈力許多；所以，通常施力：彈力 $< 13 : 12$ ，就不會發生機械利益 < 1 而吃虧的情形。

※ 在圖 2-5 之實驗過程中，實際施力 350 gw，抗力 330 gw，

彈力 325 gw， $350 : 325 = 1.076923 < 13 : 12 = 1.083$

因為這是實驗，我們將施力用得很小，便於操作，卻發生了 F

$: K < \frac{13}{12}$ 的情形，故費力。但實際用來剪指甲時， $F : K$ 將

大於 $13 : 12$ 許多，施力一定會小於抗力，因此省力。（換句話說，指甲刀的機械利益隨施力增大而變大，所以指甲愈硬的人，省力愈多。）

六、討 論

現在讓我們試著從物理課本走向實際，利用槓桿原理，設計幾種指甲刀，並探討其實用價值。

(一)如圖 3-0 所示：

1. 優點(1)大可省力。

(2)結構簡單，容易製作，成本低。

(3)不必使用彈性良好的金屬即可製造。

2. 缺點：收藏不如傳統指甲刀方便。

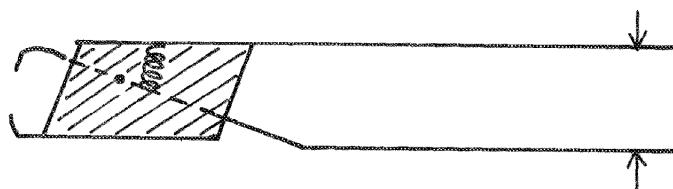


圖 3-0

(二)如圖 3-1 所示：

1. 優點(1)可省力(基本構造同前)。
 - (2)使用時刀口保持比軸稍低，指甲不會噴出。
 - (3)使用後刀口朝上，指甲屑自然由後端落出，清理方便。
 - (4)不必使用彈性良好的金屬即可製造。
2. 缺點(1)收藏不便。
 - (2)須高度製作技巧。
 - (3)材料多、成本高。

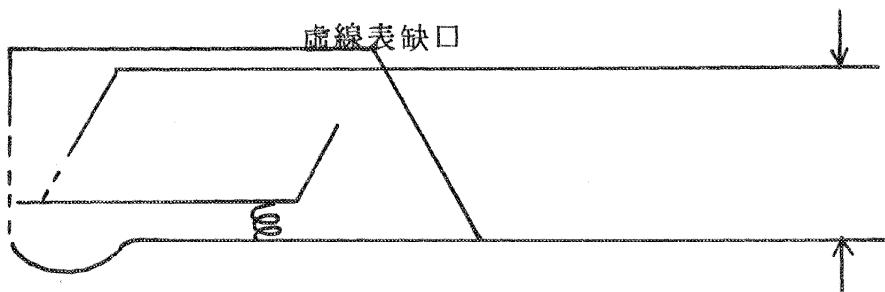


圖 3-1

(三)如圖 3-2 所示：

1. 優點(1)柄尖向內，幼童使用時，不易向外滑動。
 - (2)利用一二種橫桿之結合，較省力。
 - (3)不必使用彈性良好金屬即可製造。
2. 缺點(1)曲柄製作不易。
 - (2)收藏不易。

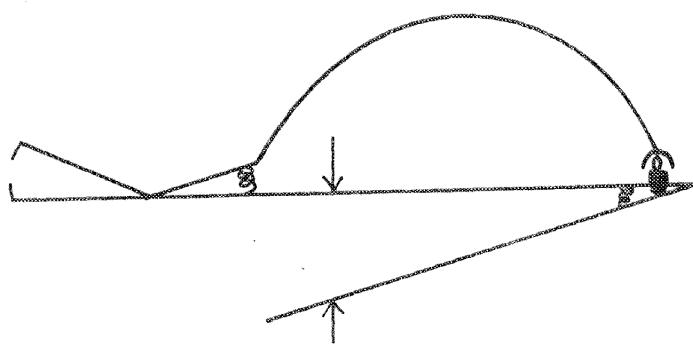


圖 3-2

(四)如圖 3-3 所示：

1. 優點(1)省力。
 - (2)將柄製成折疊，易收藏。

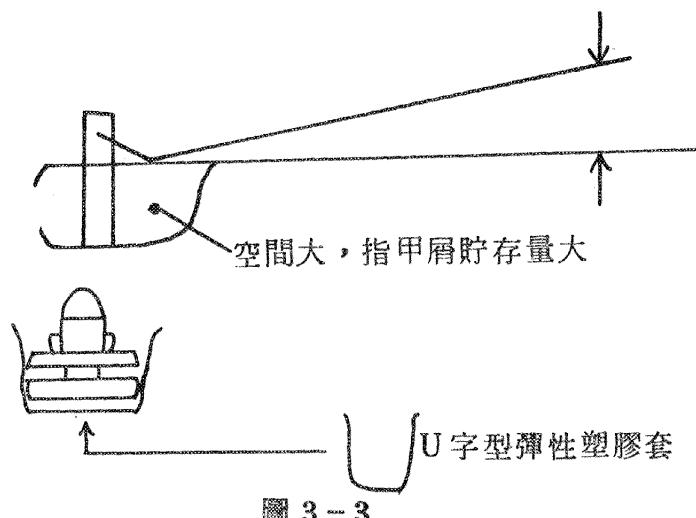


圖 3-3

(3) 在上下鋼片旁加一塑膠套，可貯放指甲屑。

2. 缺點(1)彎曲的鋼片不易製作，也不易焊接。

(2) 製造時須加強下鋼片與上鋼片焊接面，否則下鋼片易脫落。

七、結論

(一) 從第一部份研究過程中，我們知道指甲刀並不屬於任何一種槓桿，而是二、三兩種槓桿的結合。

(二) 從第二部份之研究結果，我們得知指甲刀的機械利益隨施力增大而變大。所以指甲愈硬者省力愈多！

(三) 欲使施力<抗力而省力，必須使施力> $\frac{13}{12}$ 彈力。我們利用直角平面坐標系，以施力為橫軸，抗力為縱軸，彈力代入圖中之K點，很明顯地只要 $F > \frac{13}{12}K$ ，那麼 $13F - 13K = R$ 這條直線就進入 $F < R$ 區，而達到施力<抗力，便能省力。（見圖4-0）

(四) 一般用來剪指甲時，施力一定大於 $\frac{13}{12}K$ 許多，故指甲刀在一般狀況是能省力的。

(五) 指甲刀屬於費時的工具。但指甲刀以省力為第一要素，至於省時倒不必要；現在通行的指甲刀在正常情況下是省力的，且收藏又方便，是相當實用的。

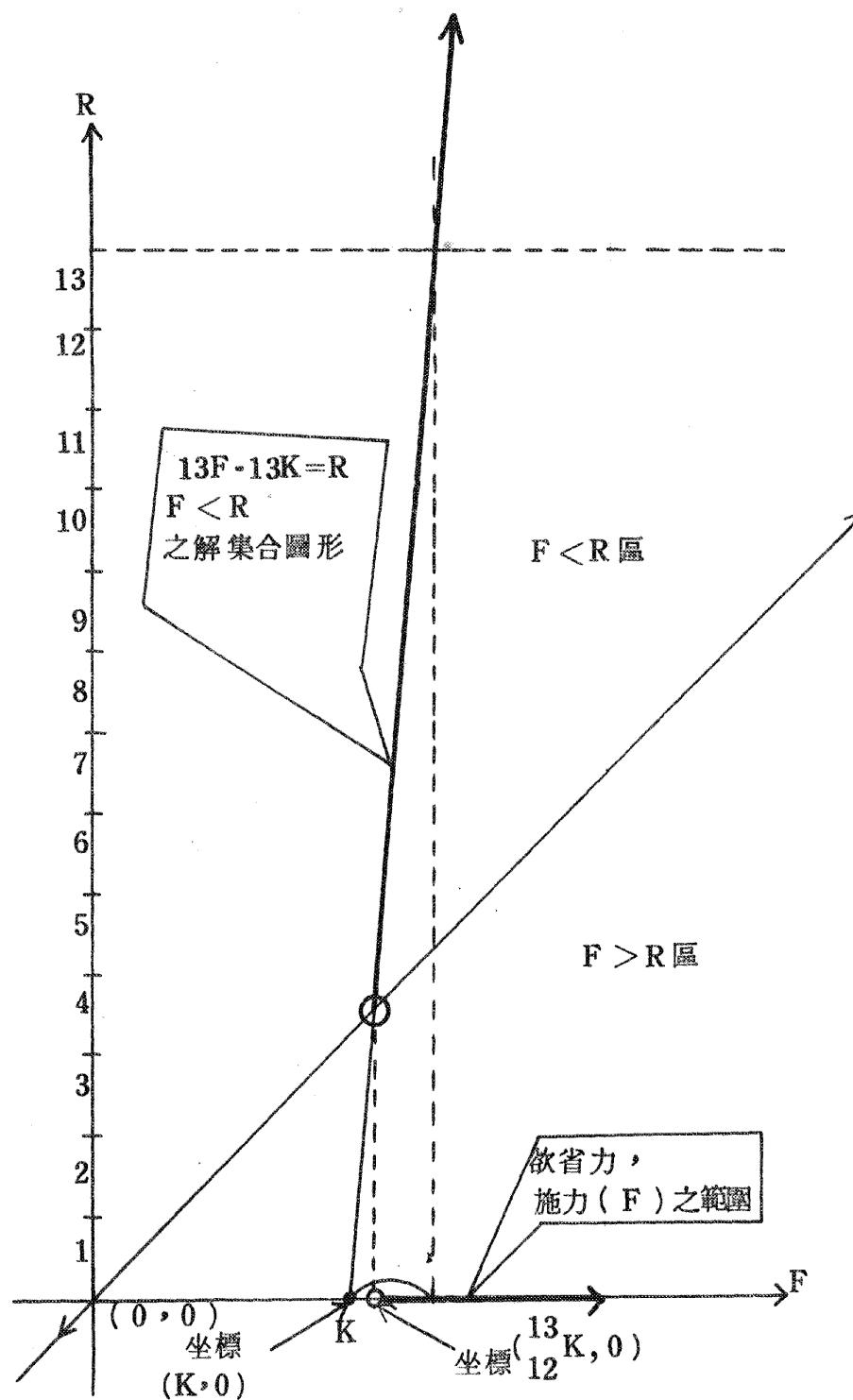


圖 4-0

評 語

- (一)指甲刀涉及槓桿原理的綜合探討，本件思路清晰、考慮周詳，答辯力亦甚佳。
- (二)以實用性的觀點言，由基本原理的了解，對指甲刀省力的改善大有助益。