

轉動時代的巨輪

-探索小小齒輪在自行車發展的巨大功能



摘要

壹、研究動機

在六年級上自然課時教到齒輪，對於小小的齒輪，卻在機械中扮演的巨大功用，讓我們驚呼不已，也讓我們對齒輪產生了濃厚的興

趣，想要進一步瞭解它，而自行車是我們生活中最常使用的代步工具，從過去危險的兩輪車，演變到現在的多功能自行車，甚至在未來兼具環保節能省碳的功能，小小的齒輪終究是如何轉動這時代的巨輪呢？因此，我們就對自行車的齒輪進行研究，瞭解齒輪在自行車的演進過程中如何發揮其關鍵的功能。

貳、研究目的

- 一、瞭解齒輪的功能及其應用。
- 二、大小齒輪對自行車速度的影響。
- 三、探索自行車未來的發展。

參、研究問題

- 一、自行車中的齒輪有什麼關係？
- 二、變速器如何改變鏈條的位置？
- 三、前後齒輪的位置對施力大小有什麼關係？
- 四、前後齒輪的大小對速度有什麼影響？
- 五、為什麼變速器能夠改變速度？
- 六、自行車未來的發展？

肆、研究設備與器材

攝影器材、電腦、齒輪、鏈條、自行車、自行車圖鑑、拆解工具:把手、螺絲起子等。

伍、研究方法

一、時間:從 105 年 2 月到 105 年 4 月。

二、地點:學校自然教室及操場。

三、參加人員:指導老師和參與學生四人，參與同學家長。參加學生於實驗前，先收集相關資料，瞭解齒輪和自行車的基本知識做為基礎。

四、研究設備與器材:攝影器材、電腦、齒輪、鏈條、自行車、自行車圖鑑、拆解工具、把手、螺絲起子、迷你仿生獸等。

五、實驗觀察記錄:觀察自行車的前後齒輪比例與後輪轉動圈數的關係。

陸、研究過程

一、從學校齒輪實驗組，進而瞭解齒輪的基本運作，如大齒輪牽引小齒輪速度較快，小齒輪牽引大齒輪較為省力。

從齒輪實驗組觀察，計數大小齒輪的齒數，並以順時針及逆時針轉動大齒輪，以觀察小齒輪的轉動方向和圈數。



二、齒輪的應用-迷你仿生獸

藉由觀察迷你仿生獸的運作，觀察齒輪的應用。

(一) 仿生獸的創作者泰奧揚森(Theo Jansen)，是一位荷蘭藝術家，

因應荷蘭的風土氣候，創作了仿生獸。

(二) 迷你仿生獸是一種只靠風力行走，與自然結為一體的機械，透

過其簡單的結構，可將些微動力加以轉換並開始走動。

(三) 利用小型風車走動的齒輪組合；最單純的齒輪，最純粹的機械原

理，迷你仿生獸靠著風車所接受的微弱風力走動，因此是以下圖

表所示的齒輪比例設計，也就是曲軸轉動 1 圈時，風車便會轉動

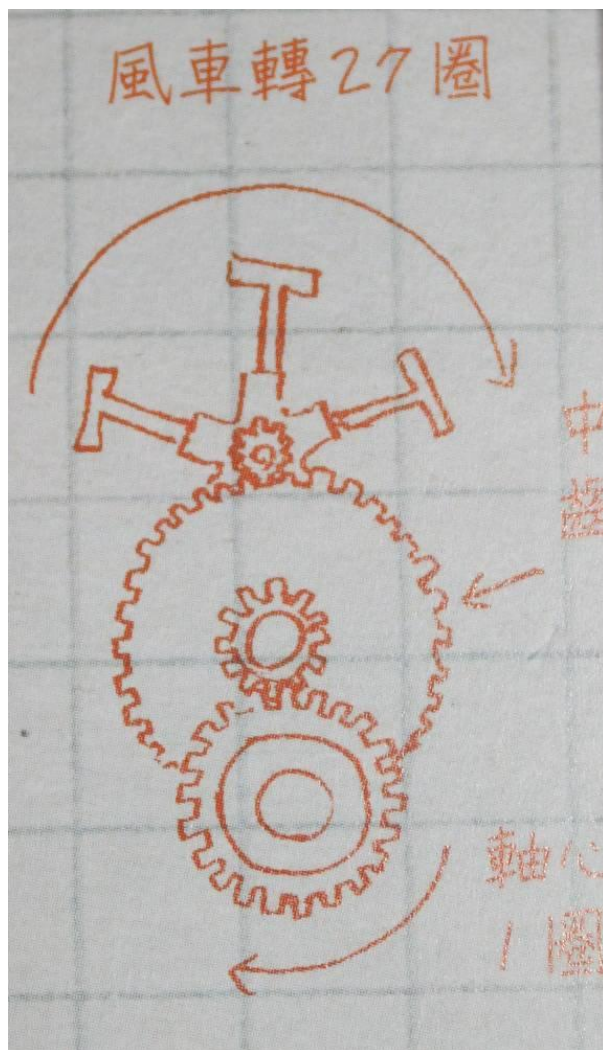
27 圈，雖然與風車的轉速相比，軸心的轉速慢了許多，但是使

其轉動的力量也增加到 27 倍，因此即便是扇子搨出來的風，也

足以讓他行走。

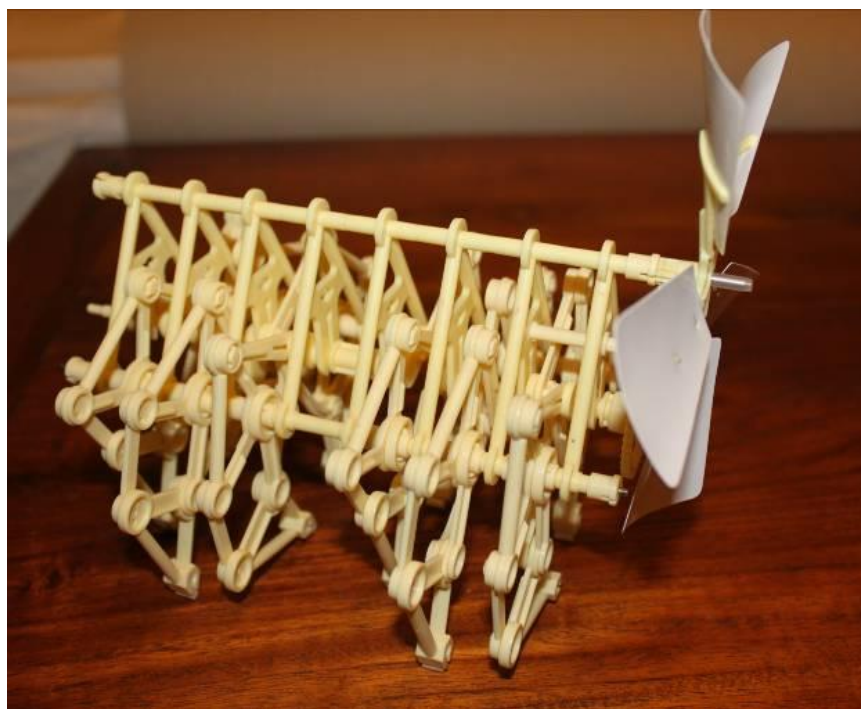
零件	齒數	模數 (齒的大小)	轉動的圈數 (腳部每1周期)
風車的齒輪	12 齒	0.5	26.7 圈
中央齒輪	風車側	80 齒	0.5
	軸側	10 齒	0.8
曲軸的齒輪	40 齒	0.8	1 圈

以圖解方式說明齒輪比的結果。

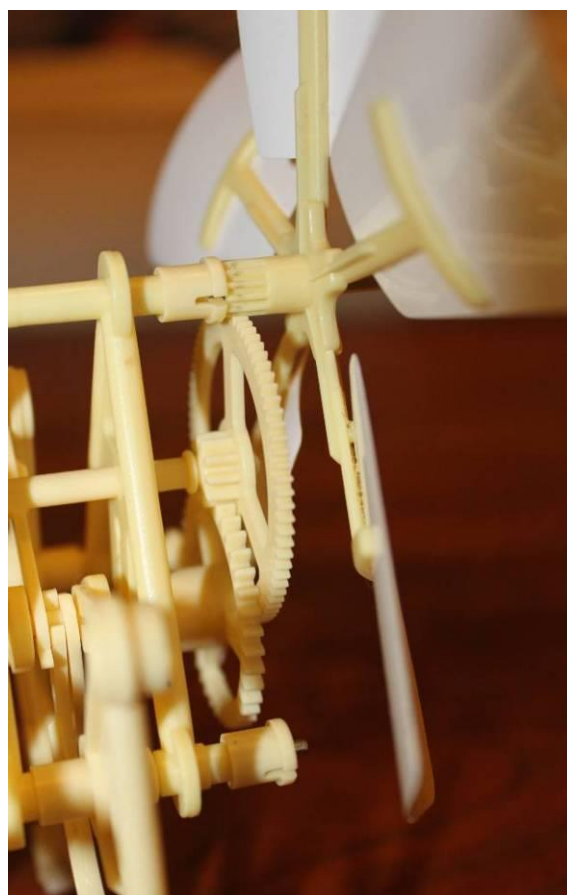


(四)圖解迷你仿生獸

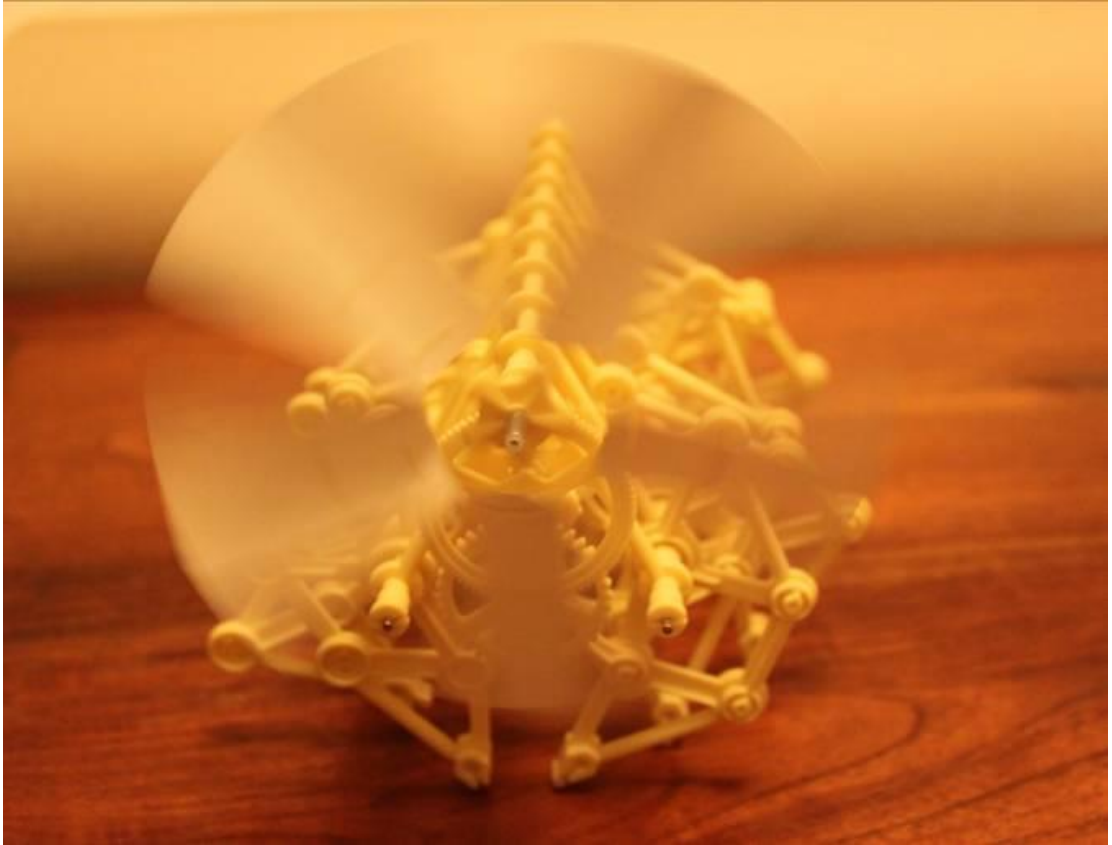
1. 迷你仿生 獸模型



2. 迷你仿生獸齒輪的結構，齒 輪的工作，是將風力傳動至旋 轉軸。



3. 以微弱的風即可搨動風扇，並驅動迷你仿生獸橫向移動。



(五)從仿生獸觀察，可以清楚的了解從齒輪組的應用，使些微的風力可以輕鬆的驅動 27 倍的動力，使較大體積的物體也可以移動，而驅動力的來源可以是雙腳，也可以應用其他動力，如馬達或太陽能板，這個觀察結果可以應用在本報告後續關於自行車未來發展上的應用。

三、自行車的應用

從學校齒輪實驗組及迷你仿生獸的操作過程中，可以瞭解到動力如何透過齒輪驅動仿生獸的移動，現在再來看看在自行車的應用。

(一) 齒輪如何推動自行車的演進

1. 19世紀法國人發明了自行車，由一根橫樑連結二個直線排列的輪子，騎士跨坐在橫樑上，用雙腳在地面推動前進，但是在推動時可能會跌倒，所以這是一種很不穩定的行進機械。

2. 之後，蘇格蘭人製造出第

一輛具有腳踏的兩輪車，以槓桿驅動，只是由於腳踏兩輪車的曲柄及腳踏直接裝置於前輪上，因此車輪愈大車速愈快，前輪高度幾乎與成人同高，因此一旦車輪卡住，車身就會向前翻滾，騎士以拋物線摔出，非常危險。



照片來源:自行車全書

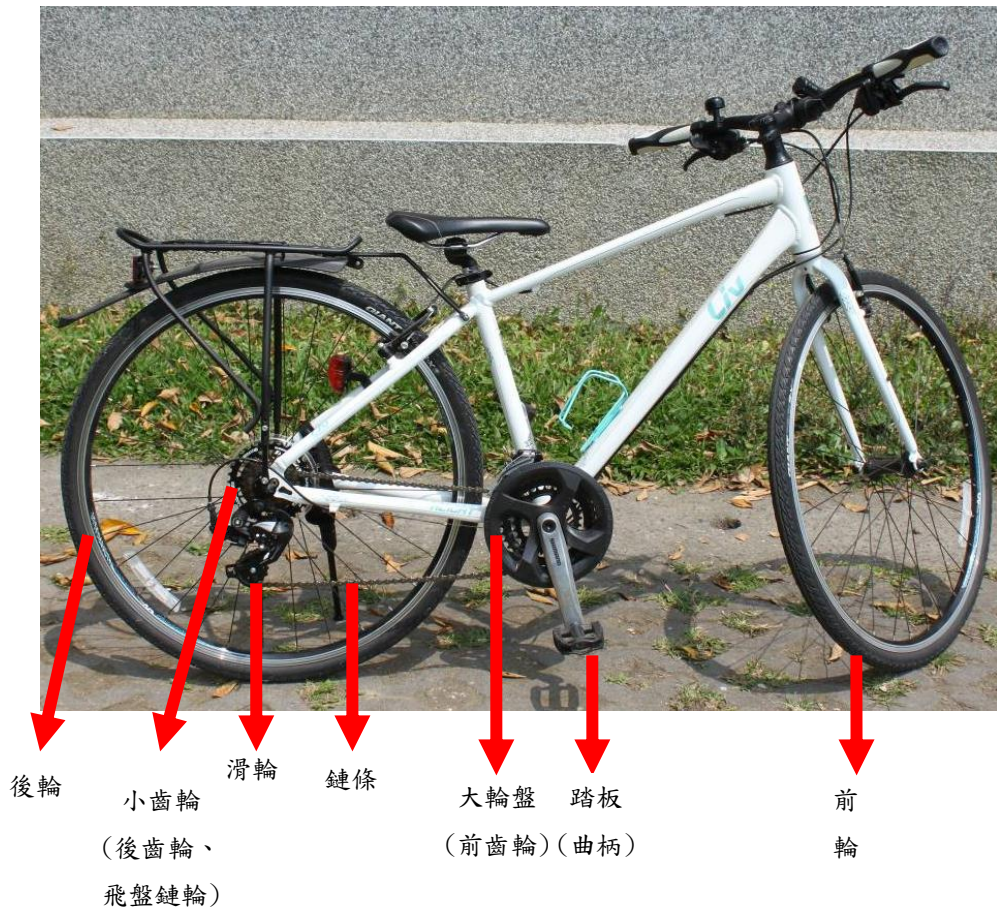
3. 19 世紀末，英國人發明使用鏈條驅動後輪，讓自行車能夠運用傳動裝置及合理的車輪，所以齒輪的應用使兩輪車進入了安全自行車發展期。
4. 1895 年，變速器用齒輪組首獲專利，改變了單速較慢的缺點，使自行車在歐洲大行其道。
5. 綜上，齒輪及變速器的發明發揮至為關鍵的影響，使自行車變得既安全，又兼具速度的交通工具。

(二) 自行車的傳動裝置

自行車的構造大致上可分為四個部份，其中傳動機構包括鏈輪、鏈條，係將動力傳送至後輪，鏈輪使用了輪軸原理，踏板帶動曲柄→軸心→齒輪；而鏈條應用了齒輪原理，使大輪盤(前齒輪)藉由鏈條帶動小齒輪(後齒輪、飛盤鏈輪)。

簡言之，自行車上的踏板與前齒輪固定在同一個軸心，後齒輪與後輪也固定在同一個軸心，前後齒輪以鏈條連接，轉動踏板時，前齒輪、鏈條、後齒輪和後輪也會跟著轉動，此即為自行車傳動裝置的原理。

茲將自行車傳動裝置圖示如下：



(三) 變速器與齒輪比

驅動自行車巨大發展的主要關鍵元素即是變速器與齒輪比的應用，分別說明如下：

1. 齒輪比

變速器就像槓桿，是用來改變作工時所需施力的比例，這個改變的比例就稱做齒輪比。就自行車來說，齒輪比是視

曲柄大輪及飛盤鏈輪的相對尺寸而定，當曲柄完整轉動 1 圈，48 齒大輪盤會帶動 16 齒鏈盤轉動 3 圈，齒輪比為 3:1，28 齒大輪盤會帶動 28 齒鏈盤轉動 1 圈，齒輪比為 1:1，48/16 齒的齒輪比大，有助於加速，而 28/28 齒的齒輪比小，雖然速度較慢，但有助於爬坡。

從觀察自行車的紀錄如下，前齒輪 3 個，後齒輪 6 個，即為 18 段變速(3*6):

前齒輪(齒數)	後齒輪(齒數)
48	14
38	16
28	18
	21
	24
	28

齒輪比的計算釋例如下：

前齒輪(齒數)	後齒輪(齒數)	齒輪比	轉動圈數
28	28	1:1	曲柄完整轉動 1 圈，會帶動後齒輪轉動 1 圈。
38	18	2.1:1	曲柄完整轉動 1 圈，會帶動後齒輪轉動 2.1 圈。
48	16	3:1	曲柄完整轉動 1 圈，會帶動後齒輪轉動 3 圈。

2. 變速器

變速器即是應用齒輪比的裝置。

- (1)前變速原理：移動前變速桿，變速桿拉緊變速線，變速線移動前變速器，將鏈條轉上不同大小的齒盤。



- (2)後變速原理：移動後變速桿，變速桿拉緊變速線，變速線移動後變速器，將鏈條移到不同大小的飛輪。後變速器有兩個小滑輪可令鏈條不會因轉檔時忽鬆忽緊。



變速裝置的目的是幫助騎士維持有效的節奏，而有效使用變速器的關鍵在於預測能力，也就是在實際需要變速之前就提早變速，如此就能保持平穩的節奏。

柒、研究問題討論與結果

一、自行車中的齒輪有什麼關係？

自行車的構造大致上可分為四個部份，其中傳動機構包括鏈輪、鏈條，係將動力傳送至後輪，鏈輪使用了輪軸原理，踏板帶

動曲柄→軸心→齒輪；而鏈條應用了齒輪原理，使大輪盤藉由鏈條帶動小齒輪。

二、變速器如何改變鏈條的位置？

要改變齒輪比，就要靠變速器把鏈條「掛」到齒盤上。而變速系統依不同的等級與需求有許多不同的設計。但主要原理即藉由變把操縱變速線的鬆緊，帶動變速器移動位置，將鏈條導到不同的齒輪。

經由實際操作，變速時絕對不可從最小的齒盤轉換到最小的鏈盤，或是從最大的齒盤轉換到最大的鏈盤，這種變速方式會使鏈條切換角度過大，不僅降低效率，還會增加磨損。

當鏈條在小齒盤及大鏈盤上的曲柄轉動 1 圈時，自行車移動的距離較短，當鏈條在大齒盤及小鏈盤上的曲柄轉動 1 圈時，自行車移動的距離較長。

三、前後齒輪的位置對施力大小有什麼關係？

前後齒輪的位置，基本上就是槓桿原理的「變形」。

要讓腳踏車前進，首先便是要克服地面給予輪子的「阻力」。
在此，我們可以把後輪及後齒輪之間的關係看成一個「變形」的槓桿，而從槓桿原理中，我們知道：

$$(\text{施力}) \times (\text{施力臂}) = (\text{抗力}) \times (\text{抗力臂})$$

而在腳踏車的例子中，「施力」為我們踩踏板後藉著鏈條傳給後齒輪的力；「施力臂」為後齒輪的半徑；「抗力」為地面給予車輪的阻力；而「抗力臂」為車輪的半徑；所以：

$$\begin{aligned} & (\text{踩踏板後藉著鏈條傳給後齒輪的力}) \times (\text{後齒輪的半徑}) \\ & = (\text{地面給予車輪的阻力}) \times (\text{車輪的半徑}) \end{aligned}$$

因此，當地面給予車輪的阻力及車輪的半徑都是固定時，後齒輪的半徑愈小時，所需要踩踏的力就愈大，也就是愈「費力」。

四、前後齒輪的大小對速度有什麼影響？

變速系統主要的目的就是要改變齒輪比，就自行車來說，齒輪比是視曲柄大輪及飛盤鏈輪的相對尺寸而定，當曲柄完整轉動 1 圈，48 齒大輪盤會帶動 16 齒鏈盤轉動 3 圈，齒輪比為 3:1，28 齒大輪盤會帶動 28 齒鏈盤轉動 1 圈，齒輪比為 1:1，48/16 齒的齒輪比大，有助於加速，而 28/28 齒的齒輪比小，雖然速度較慢，但有助於爬坡。

五、為什麼變速器能夠改變速度？

不同大小的齒輪會以不同的速度轉動，因此，自行車才能夠改變速度。

而變速器就像槓桿，是用來改變作工時所需施力的比例，這個改變的比例就稱做齒輪比。改變齒輪比，速度隨之改變。所以單單針對齒輪比而言，追求最大速度該看最大齒比（前大後小），追求最省力爬坡該看最小齒比（前小後大）。

六、探討自行車未來的發展

在觀察仿生獸的原理時，利用小型風車走動的齒輪組合，將風力傳動至旋轉軸，而齒輪比的應用，使以微弱的風即可煽動風扇，並驅動迷你仿生獸移動。

而電動自行車就是在前齒輪處加上馬達，平時沒有作用，只有在人踩踏時才能啟動，增加前齒輪的轉速，幫自行車騎士省力。

動力來源除了人的兩條腿，還能靠裝在車上的馬達，同樣透過鏈條傳遞動力。無論是金錢、環保或是省力，都不輸給機車，雖然電動自行車無法單靠電力騎太遠，但適時踩動踏板，反而不易在下車時出現腳不舒服的問題。

同樣的原理，動力來源改成太陽能，這樣的太陽能自行車更能成為環保的電動自行車，成為新一代的交通工具。

捌、結論

近年全球氣溫逐漸升高，引起許多地區氣候混亂，這除對生態系統造成衝突之外，對人類生活環境帶有顯著的影響。全球暖化也增加極端氣候事件發生的嚴重性與次數，例如暴風雨所引發的山崩、水災、乾旱及颱風等天災，帶來財產與生命的傷害與損失。

自行車是一項無空氣污染、無噪音污染之乾淨的交通工具，許多民眾開始以自行車作為短程通勤的交通工具，既可減少交通費用，又可運動健身，還能對減碳環保有所貢獻。而未來發展電動自行車，使有效應用中短程代步工具，更可以有效減少汽機車污染外，以達節能省碳的終極目標。

玖、參考書目

1. 國小六下自然與生活科技課本 康軒出版
2. 自行車全書 巴蘭坦、格蘭特 合著 貓頭鷹出版
3. 大人的科學 Vol.3 天下雜誌出版
4. 巨大機械股份有限公司 104 年年報

5. 財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心網站

<http://www.tbnet.org.tw/index.php>

6. 中華民國自行車騎士協會網站

<http://www.cyclist.org.tw/index.php?fn=index&no5=C>