

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 電腦與資訊學科

052510

反切密碼－風斬槍靴滅世嘛喇

學校名稱：臺中市立臺中第一高級中等學校

作者： 高一 林堅壬 高一 賴彥呈 高一 柯品安	指導老師： 林奇鋒
---	------------------

關鍵詞：密碼、自然語言、反切

摘要

我們當初的理念是希望能將傳統的加密方式融合現代的密碼學，達成更高的安全性，後來我們發現能結合語言學的部分，使得加密變得更有變化。

我們的研究利用「反切」這種古代的拼音方式來設計一套加密規則，並利用它替特定的字串加解密。我們並沒有試著挑戰一般的加解密，而是在原本的基礎上對內文動手腳，也就是說最終可能依然得依賴一般的加密方式，但在此之前我們已將內文經過加密成為密文，使得即使破解了一般的加密，結果依然是一串無法理解的密文，像是第二道保險一般，使文字在原有的加密基礎上再多一層保障。

壹、研究動機

在現今的社會中，資訊在我們生活中占了很大一部分，因此資訊安全的重要性在這個情況之下也變得更加顯著。

在發現這個問題之後，我們便想著有沒有方法能夠在密碼學的方面上做出一些新的改變，而在尋找方法的過程中，我們試著向古人借鏡，便發現了反切音這種形式。

反切是一種音韻學的發展分支之一，原是一種注音方式，分為反切上字及反切下字，發展到後期有人將反切音作為傳遞密文的方式，以此為構想，我們由ㄅ到ㄆ的聲母，ㄟ、ㄨ、ㄛ的介母，ㄩ到ㄩ的韻母以及音調，由一字分成二字，將聲母及介母分成上半部，韻母以及音調組成下半部。

例如：「心」，各隨機選擇一個上半部同樣為「ㄒ一」以及下半部同樣為「ㄣ」的字，像「小奔」即為「心」的反切。

歷史上最早將反切應用在密碼上的是明朝名將戚繼光將軍，他將此應用在軍事通訊上。

他是將中文密文藏在詩句中。戚繼光專門編了兩首詩歌，作為「密碼本」，一首是：「柳邊求氣低，波他爭日時。鶯蒙語出喜，打掌與君知」；另一首是：「春花香，秋山開，嘉賓歡

歌須金杯，孤燈光輝燒銀缸。之東郊，過西橋，雞聲催初天，奇梅歪遮溝。」

兩首詩歌是反切碼全部秘密所在。取前一首中的前 20 個字的聲母，依次分別編號 1-20；取後一首 36 字韻母，順序編號 1-36。再將當時福州方言字音的八種聲調，也按順序編上號碼 1-8，形成完整的「反切碼」體系。其使用方法是：如送回的情報上的密碼有一串是 5-25-2，對照聲母編號 5 是「低」字，韻母歌編號 25 是「西」字，兩字的聲母和韻母合到一起了是 di，對照聲調是 2，就可以切射出「敵」字。

戚繼光將軍的方法以現代知識來說便是利用由詩詞組成的「資料庫」以及數字組成的「密文」來達到加密的效果，於是我們結合反切音和反切碼的原理制定了一套規則，而有了現在這個研究。

貳、研究目的

- 一、找出一套加解密規則，能適用大多數的字音
- 二、能較完整地利用反切的原理進行中文的加解密
- 三、希望能從語言學的角度達成加密的效果，證實古人的智慧也能應用在先進的科技上。

參、研究設備與器材

一、開發環境：

- (一) Microsoft Visual Studio Community 2017
- (二) Microsoft Office Access 2016
- (三) Microsoft .Net Framework 4.5.2

二、電腦設備：

- (一) CPU：Intel Core i7 7700 3.60GHz
- (二) 記憶體：16.0GB
- (三) 硬碟：SSD: ADATA 512GB、HDD: Seagate 2TB 7200RPM

肆、研究過程與方法

一、流程



二、

研究過程

一開始決定以反切音作為研究對象後，首先先查詢反切音相關的資料，了解它的規則以及特性，以掌握研究的方向。而在這個過程中發現了戚繼光將軍的「反切碼」這個應用方法，反切碼的原理使我們聯想到當今「資料庫」的概念，而有了利用資料庫相互比對的方法加密中文的構想，並開始實際嘗試。

既然是以資料庫為中心的構想，開始之後第一個遇到的問題自然就是資料庫了，無論是字音的判斷或是加密、解密都需要資料庫才能達成，於是我們便開始尋找資料庫。在尋找的過程中，我們以開源的語詞庫為目標為原則尋找，以利研究的方便，最後便找到了新酷音輸入法的語詞庫作為我們這次研究的資料庫。

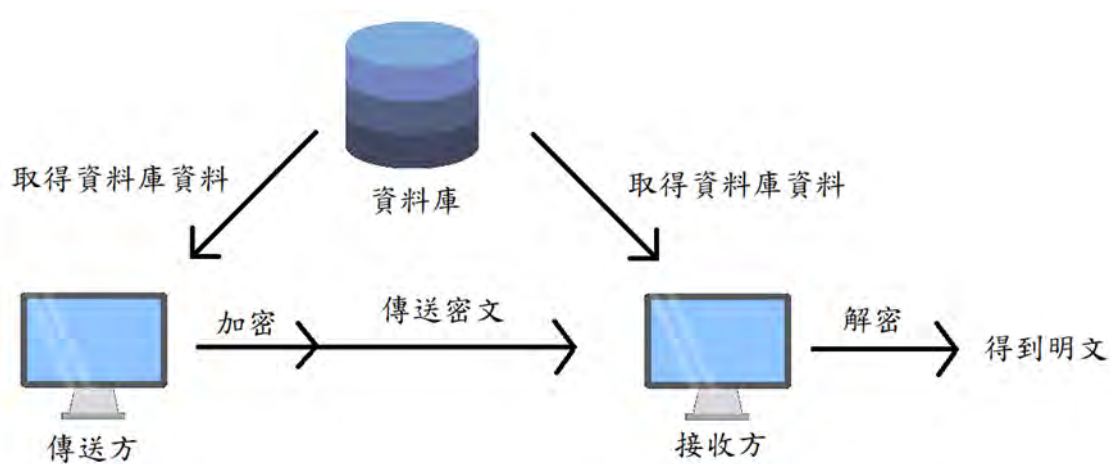
有了資料庫後，便是要訂定轉換規則了，一開始我們先從簡單的方法開始嘗試，也就是「逐字隨機加密」，但在做了幾筆測試之後，發現總會有幾個字轉換出來的字不一樣，在調查那幾個字之後，才發現是中文特性——一字多音造成的問題，所以我們就繼續再想新的加密規則。

而在發現逐字隨機加密的問題之前我們就有想著是否能讓加密出來的文字具有一點文學的意義，而能夠讓人看不出那串文字是密文，就像是戚繼光將軍所用的詩句一般，能夠混淆試圖破解的人。所以我們在想新的方法時就往這個方向去思考，最後得出了「以詞加密」這個加密規則。這個加密規則雖然不能使整串密文具有連貫的意義，但每兩個字都是具有意義的詞而能夠達到類似的效果。

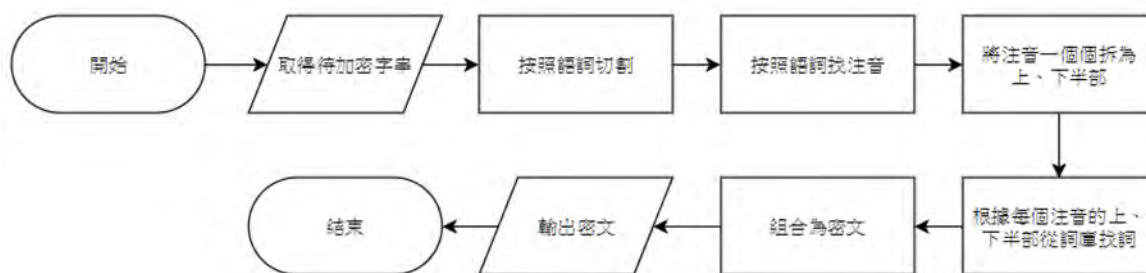
因為撰寫程式時，加密與解密是由兩個人分別負責的，所以最後需要一個整合的過程使整個程式更符合邏輯，且也能夠將兩個部分結合並撰寫大量測試的程式。在完成之後經過一些偵錯的過程以及測試及統計的過程後便終於完成了這次的研究。

三、研究說明

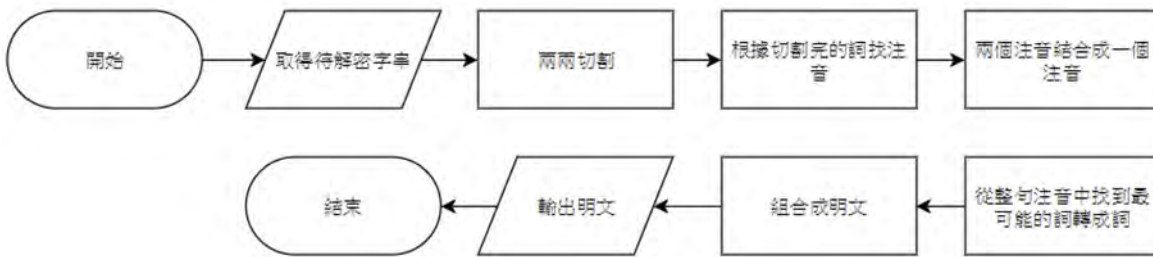
(一) 程式流程圖



▲程式運作概念圖（圖一）



▲加密部分（圖二）



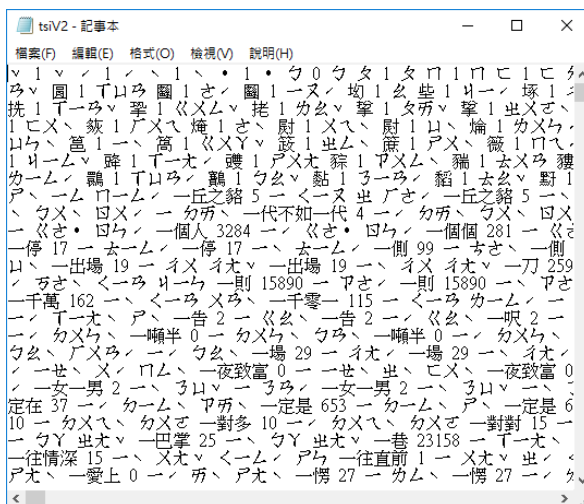
▲解密部分（圖三）

(二) 資料庫處理：

在找資料庫時，我們希望它是開源的，以便做任何的研究而不會受太多限制，所以找到了新酷音輸入法的字詞庫。

字詞庫的內容有字、詞以及他們的使用頻率及讀音，在判斷讀音以及加密實都是不可或缺的資料。

但是它的字詞庫是 TXT 檔，不利於資料搜尋的效率，且注音符號在程式中處理相對英文字不便，所以我們將這個 TXT 檔做簡單的轉換後匯入至 Access 中成為一個新資料庫。



▲新酷音資料庫內容（圖四）

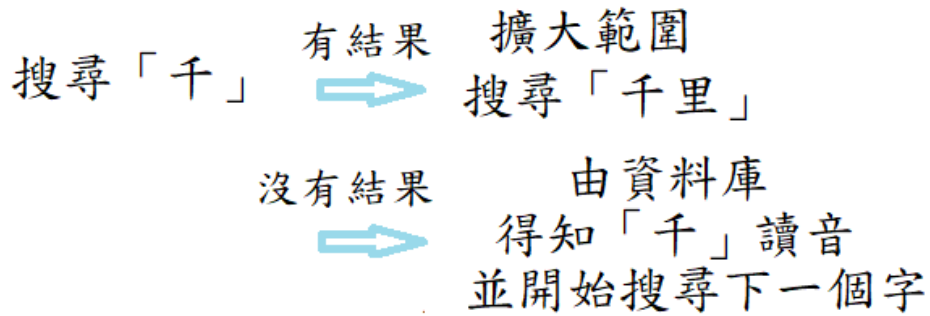
index	vocab	frequent	code
1	之	327781	5
2	回	225564	cjo6
3	是	182405	g4
4	上	168872	g4
5	找	160394	ji3
6	有	153094	u3
7	中	148655	5j
8	的	147270	2k7
9	地	147269	2k7
10	得	147269	2k7
11	新聞	126134	vupip6
12	了	125982	xk7
13	台灣	124258	v96j0
14	或	123208	cj4
15	人	120173	bp6
16	年	112664	sn06
17	下	111802	vn84
18	軟體	108454	bj03vn3
19	網絡	107919	j3xj4
20	您	103088	snp6
21	服務	102964	zj64
22	錢	102404	g4
23	系統	102055	vn4vj3
24	全球	101898	fm06fu.6
25	和	101537	c04
26	他	101399	w8
27	她	101398	w8
28	所	100492	nj3

▲轉換後資料庫（圖五）

(三) 判斷語句字音：

我們判斷字音的方法是以詞切割語句，而實際的方法如下圖：

以「千里共嬋娟」為例：



▲判斷字音流程解說圖（圖六）

如此循環數次後便可得到「千里共嬋娟」的正確讀音。

(四) 注音加密規則：

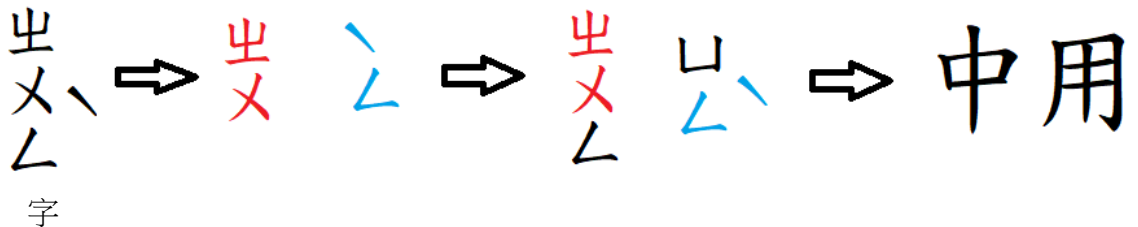


▲注音分部解說圖（圖七）

如上圖所示，我們將一個字的注音分成上半部和下半部。上半部由聲母和介母組成，而下半部由韻母與聲調組成，以便加密時做使用。

而加密的規則我們想了兩種：

1、逐字隨機加密



隨機加密解說圖（圖八）

假設某字經過字音判斷後得知讀音為「ㄅㄨㄛ」，先將它分成上下兩部分，分別是「ㄅㄨ」以及「ㄛ」，接著以隨機的方式將「ㄅㄨ」的部份加上下半部並將「ㄛ

、」部份加上上半部後最後各自轉回中文字便形成密文。

優點：因為處理方法單純所以速度相對快速。

缺點：因破音字問題導致錯誤率相對高。

2、以詞加密



▲以詞加密（圖九）

假設某字經過字音判斷後得知讀音為「 ㄉㄨㄛ 」，先將它分成上下兩部分，分別是「 ㄉㄨ 」以及「 ㄛ 」，接著在資料庫中以SQL查詢首字上半部同為「 ㄉㄨ 」且尾字下半部同為「 ㄛ 」的兩字的詞，便為此字轉換為反切音後的密文。

優點：詞的同音的機率低所以在字音方面能夠達到接近100%正確率，且密文的內容有文字上的意義可以混淆試圖破解的人而達到更好的加密效果。

缺點：處理複雜導致速度較慢。

伍、研究結果

我們在做測試時，除了針對不同字數作了測試，也對不同類型的字詞作了測試，以下是我們作的測資以及結果。

明文	密文	明文	密文
約會	預約回饋	你好不好	年底很好補助很好
你好	年底很好	茉莉花茶	沒錯領域回家長遠
作業	坐坐一頁	可口可樂	可不可否可不可
美國	魔鬼規模	反切密碼	發展契約名字魔法
倫敦	論文鍍金	不鏽鋼菜刀	不足銷售剛剛此外蛋糕
歐盟	歐洲美容	阿拉伯半島	二八喇叭本國本站代表
美術館	魔鬼碩士觀點	你有沒有吃飯	年底也有買回也有成績發現
礦泉水	款項去年說給	紅燒牛肉湯麵	歡迎商標念頭然後台商名片
腳踏車	減少台大唱歌	今天不想去上班	結婚天天補助香港事項榜單
五月天	位址漁業天天	你想吃牛肉麵嗎	年底香港成績念頭然後名片媽媽
出師表	傳輸社區表表	布宜諾斯艾利斯	補助以及農作似乎安泰領域似乎
太平洋	他在平衡銀行		

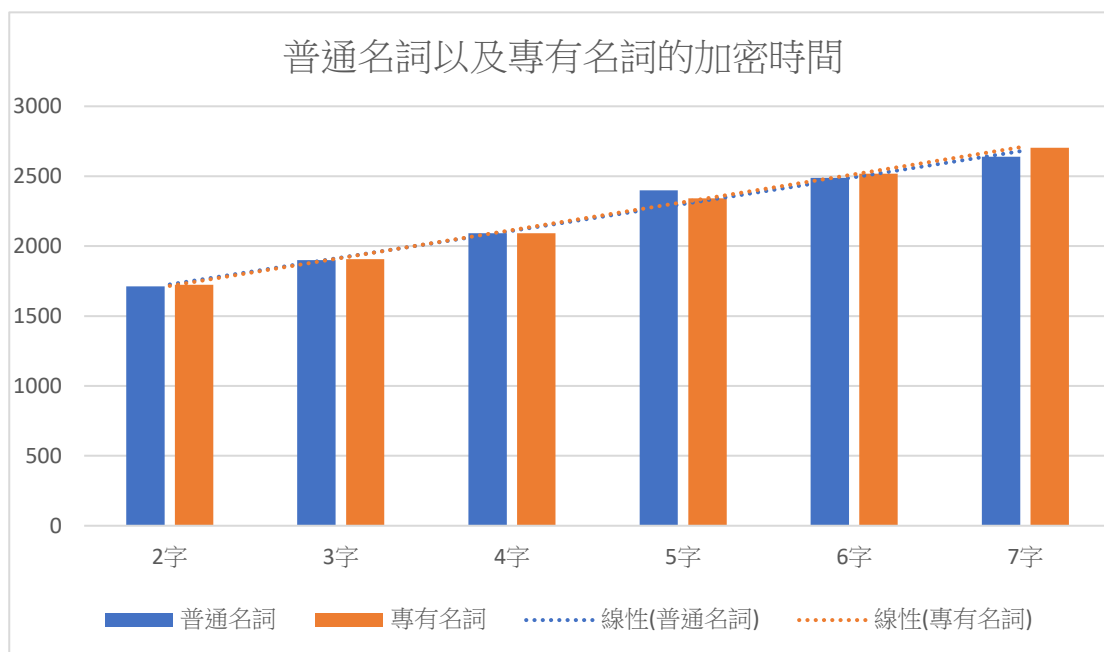
▲測試的測資及結果（圖十）

我們測資中的語詞內容分為兩類，普通名詞以及專有名詞，上圖中以黃色註記的測資即為專有名詞。

	加密平均秒數	解密平均秒數	總花費平均秒數	正確率
2字	1717.333333	1306.833333	3024.666667	100
3字	1903.5	1310.5	3214.666667	100
4字	2092.25	1298	3391	100
5字	2370.5	2361	4732.5	100
6字	2503.5	2688.5	5193	100
7字	2660.333333	2860	5521	100
	普通字詞	解密平均秒數	總花費平均秒數	正確率
2字	1711.666667	1298.666667	3010.666667	100
3字	1900.333333	1306.333333	3207.333333	100
4字	2091.5	1301.5	3394	100
5字	2399	2483	4883	100
6字	2489	2779	5269	100
7字	2639	3000.5	5640	100
	專有名詞	解密平均秒數	總花費平均秒數	正確率
2字	1723	1315	3038.666667	100
3字	1906.666667	1314.666667	3222	100
4字	2093	1294.5	3388	100
5字	2342	2239	4582	100
6字	2518	2598	5117	100
7字	2703	2579	5283	100
	加密時間標準差	解密時間標準差	總花費時間標準差	正確率標準差
2字	47.45666667	39.75	76.32833333	0
3字	23.865	21.26833333	31.73	0
4字	33.7225	23.0425	44.82	0
5字	83.505	78.995	144.005	0
6字	37.095	28.135	45.38	0
7字	113.6066667	124.0233333	225.6666667	0
	加密時間標準差	解密時間標準差	總花費時間標準差	正確率標準差
2字	70.78666667	52.64333333	114.0666667	0
3字	23.49	23.42666667	33.10666667	0
4字	20.16	20.73	29.79	0
5字	134.59	113.66	232	0
6字	47.285	25.355	59.85	0
7字	100.71	110.34	202.795	0
	加密時間標準差	解密時間標準差	總花費時間標準差	正確率標準差
2字	24.12666667	26.85666667	38.59	0
3字	24.24	19.11	30.35333333	0
4字	47.285	25.355	59.85	0
5字	32.42	44.33	56.01	0
6字	35.52	27.25	46.14	0
7字	139.4	151.39	271.41	0
	加密時間相對標準差	解密時間相對標準差	總花費時間相對標準差	正確率相對標準差
2字	0.027666667	0.03045	0.025266667	0
3字	0.012533333	0.016233333	0.009866667	0
4字	0.0138	0.017725	0.0132	0
5字	0.03495	0.0328	0.02985	0
6字	0.013475	0.01045	0.00875	0
7字	0.042266667	0.0437	0.040733333	0
	加密時間相對標準差	解密時間相對標準差	總花費時間相對標準差	正確率相對標準差
2字	0.041333333	0.040466667	0.037833333	0
3字	0.012366667	0.017933333	0.0103	0
4字	0.01005	0.0159	0.00875	0
5字	0.0561	0.0458	0.0475	0
6字	0.0156	0.0104	0.0085	0
7字	0.03765	0.0362	0.0354	0
	加密時間相對標準差	解密時間相對標準差	總花費時間相對標準差	正確率相對標準差
2字	0.014	0.020433333	0.0127	0
3字	0.0127	0.014533333	0.009433333	0
4字	0.01755	0.01955	0.01765	0
5字	0.0138	0.0198	0.0122	0
6字	0.0114	0.0105	0.009	0
7字	0.0515	0.0587	0.0514	0

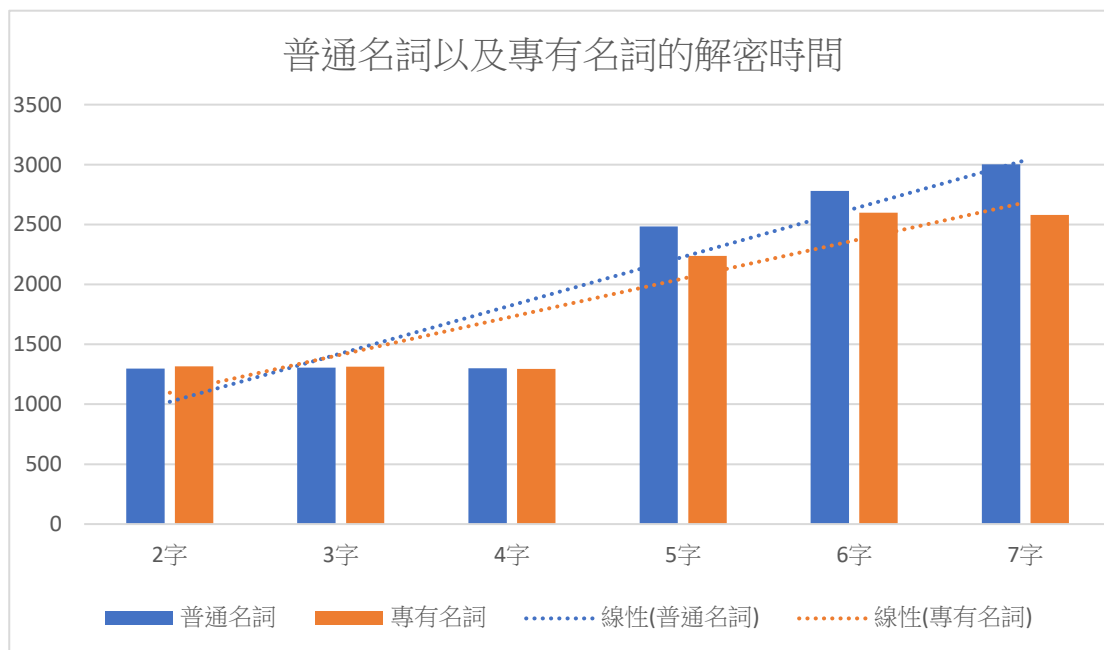
▲測驗結果統計數據（圖十一）

統計數據包含了加密、解密以及總時間在不同字數及字詞類型下的平均、標準差以及相對標準差。

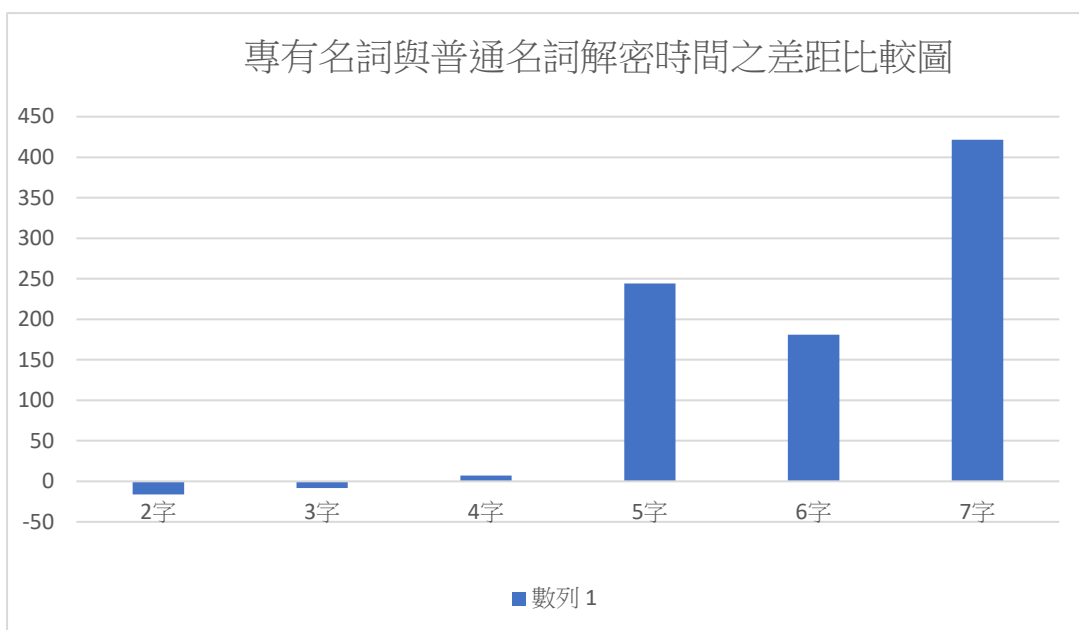


▲普通名詞以及專有名詞的加密時間比較（圖十二）

從（圖十二）可以觀察出加密的所需時間與加密字數成正相關，但普通名詞與專有名詞間的差距時高時低，看不出一定的相對關係。

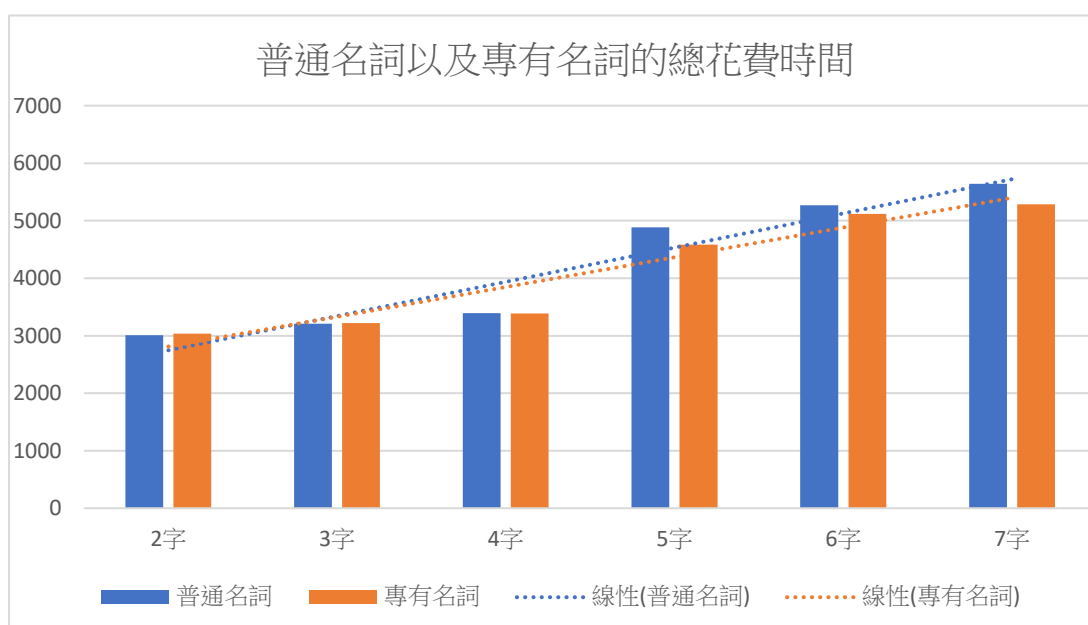


▲普通名詞以及專有名詞的解密時間比較（圖十三）



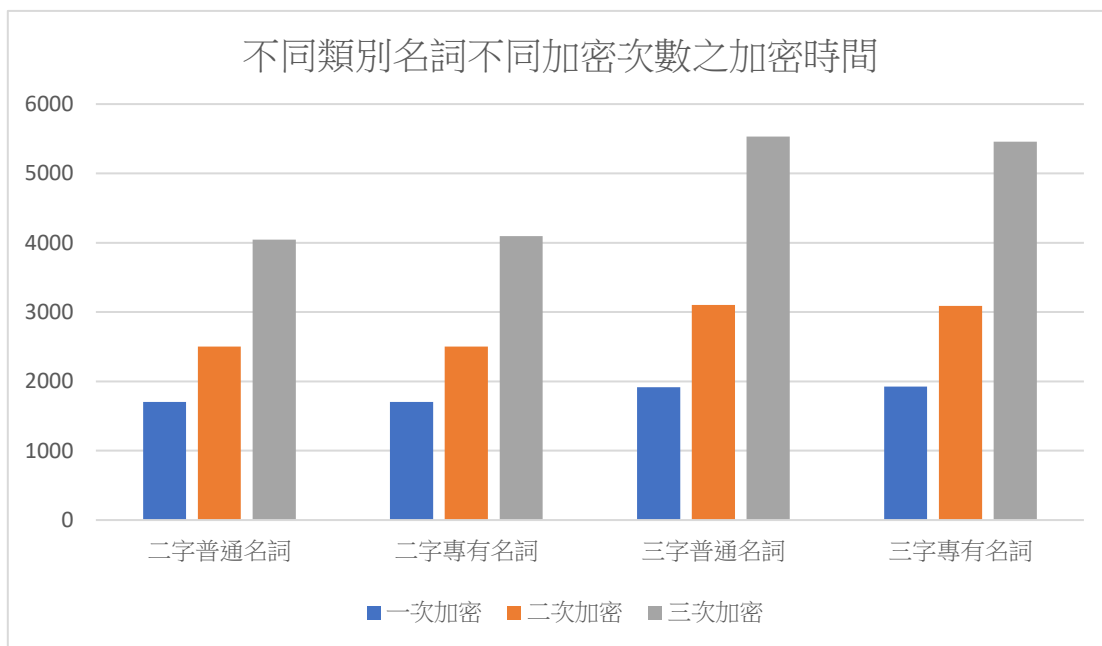
▲專有名詞與普通名詞解密時間之差距比較圖（圖十四）

從（圖十三）可以觀察出解密的時間在四字以下相差不大，但是一旦大於五字就迅速增高，原因是因為四字以下時所需判斷的詞數多為一個而一旦多於四字就要判斷兩個或更多詞，所以會花更多時間。而由（圖十四）可知解密時普通名詞與專有名詞的時間差距也是在四字以下時差距不大，但在五字以上時差距變得明顯，原因是因為專有名詞在由字音轉換為中文字時能以用更少次迴圈完成且自數越多節省的時間越多。

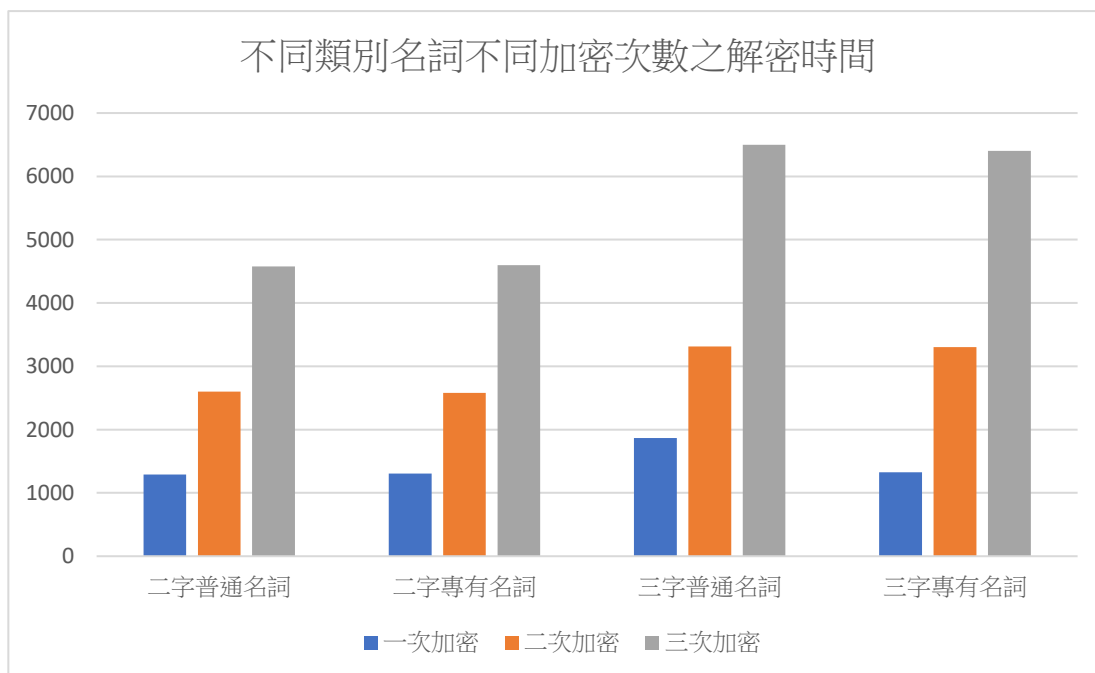


▲普通名詞以及專有名詞的總花費時間比較（圖十五）

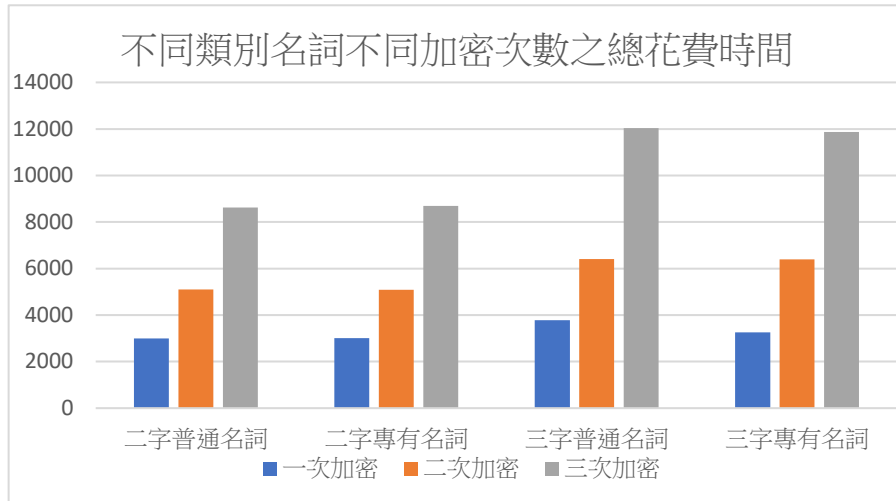
多次加密是另一個我們有嘗試的東西，原理很簡單，就是將加密後的密文在加密一次，使他成為兩倍長的新的密文，讓密碼變得更為安全。



▲不同類別名詞不同加密次數之加密時間比較圖（圖十六）



▲不同類別名詞不同加密次數之解密時間比較圖（圖十七）



▲不同類別名詞不同加密次數之解密時間比較圖（圖十八）

從（圖十六）至（圖十八）可以觀察出無論是普通名詞還是專有名詞，不同加密次數所花的時間的差距大約成二次正相關，原因是因為加密一次是由一字轉為兩字，所以每加密一次，下一次加密的字數便會變為兩倍，也就需要花將近多兩倍的時間。

多次加密在有更安全的優點下，同時也有花費時間過多的影響，除了上面圖表中的二次及三次以外，我們也有做更多次的測試，舉例來說加密僅僅兩個字五次就要花 30 秒，若要加密七次甚至要花 2 分鐘，所以它的應用可能會受限。

陸、討論

經過實驗後我們發現我們已能確保字詞轉換的穩定性—也就是說每次轉換的結果能確保一致—唯一現在的小缺陷便是受限於資料庫的豐富度和完整度，在轉換時有時會出現特定語詞轉換錯誤，但這只要增加資料庫的語詞數便能得到充分的解決。

至於轉換時間偏長的問題我們認為這依然是可以解決的，由於時間因素，這次我們的程式幾乎都是使用 .Net 內建的搜尋函數和資料結構，因此不能依據自己的需求調整。未來我們將按照我們的需求設計搜尋函數以及資料結構，再加上分散式運算，我們相信時間將能進一步壓縮。

關於成果我們發現經過大量測試之後，字數和所需時間呈現接近正比的關係，由此可見我們的規則是十分穩定的，不會因字數而有過度膨脹的時間複雜度。不過我們測試過許多不同的類別的語詞發現有些類別的詞受限於資料庫，正確率不高，例如詩詞類的語詞，同時我們發現越文言的詩詞越容易出錯，歸根究柢是資料庫沒有相關的詞的原因，我們也不可能無限擴充資料庫，於是我們希望之後能利用自然語言處理的方式結合機器學習，能讓斷詞更加省時—我們現在是利用類似「窮舉」的方式斷詞，自然耗時又易錯—並且讓我們不必因為語言習慣的改變而時時調整資料庫—程式將幫我們完成這一點。

延伸應用的部份除了前述的機器學習和自然語言之外，我們希望最終能讓它能加密一篇文章，當然，在這之前必須先解決效率和正確率的問題，同時我們也希望能融合雲端的技術，讓它更有實用性。另外，我們也能針對「語言」這個部份做延伸，我們目前比較成熟的想法是希望能發展出不同的方言的加密方式，例如廣東話之類的，當然目前尚處於構想階段，但我們相信既然能解決「普通話」的加密，廣東話也不是難事，只要掌握規則便行。

柒、結論

- 一、資料庫的設計將影響轉換的正確率
- 二、在資料庫被駭入時，可透過更改資料庫避免資料被竊取
- 三、轉換的字數與所需時間有一定的關係
- 四、字數與正確率沒有一定的關聯性
- 五、語詞類型會影響轉換速率
- 六、確認了反切音在密碼應用上的可能性

捌、參考資料及其他

一、參考資料

- (一) 字字珠璣中研院搜詞尋字造詞搜尋

<http://words.sinica.edu.tw/sou/>

- (二) 中研院現代漢語語料庫詞頻統計

<http://elearning.ling.sinica.edu.tw/CWordfreq.html>

(三) 國科會數位博物館先導計畫-- 搜文解字

<http://words.sinica.edu.tw/>

(四) 新酷音輸入法

<http://chewing.im/>

(五) 臺灣博碩士論文知識加值系統：自由的博碩士學位論文全文資料庫-陳雅萍-《字彙》反切音系研究

<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi/login?o=dwebmge#XX>

(六) 反切 - 維基百科，自由的百科全書

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%8D%E5%88%87>

(七) 密碼學 - 維基百科，自由的百科全書

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%86%E7%A0%81%E5%AD%A6>

二、實驗數據

(一) 普通名詞

1、二字

```

E:\project\科風\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Debug\fanqie.exe
詞  coding used time = 1922  約會 encoding used time = 1496  used time = 3418  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1952  約會 encoding used time = 1442  used time = 3394  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1896  約會 encoding used time = 1495  used time = 3391  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1725  約會 encoding used time = 1354  used time = 3079  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1684  約會 encoding used time = 1275  used time = 2959  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1763  約會 encoding used time = 1313  used time = 3081  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1712  約會 encoding used time = 1267  used time = 2979  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1666  約會 encoding used time = 1293  used time = 2959  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1679  約會 encoding used time = 1266  used time = 2945  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1671  約會 encoding used time = 1289  used time = 2960  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1656  約會 encoding used time = 1236  used time = 2892  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1713  約會 encoding used time = 1257  used time = 2970  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1703  約會 encoding used time = 1263  used time = 2966  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1671  約會 encoding used time = 1257  used time = 2928  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1724  約會 encoding used time = 1286  used time = 3010  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1723  約會 encoding used time = 1256  used time = 2988  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1673  約會 encoding used time = 1285  used time = 2958  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1677  約會 encoding used time = 1304  used time = 2977  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1685  約會 encoding used time = 1285  used time = 2962  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1685  約會 encoding used time = 1281  used time = 2966  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1710  約會 encoding used time = 1257  used time = 2967  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1685  約會 encoding used time = 1265  used time = 2950  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1705  約會 encoding used time = 1307  used time = 3012  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1667  約會 encoding used time = 1265  used time = 2932  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1637  約會 encoding used time = 1289  used time = 2926  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1681  約會 encoding used time = 1267  used time = 2948  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1693  約會 encoding used time = 1271  used time = 2964  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1656  約會 encoding used time = 1263  used time = 2919  correct rate = 100%
詞  coding used time = 1715  約會 encoding used time = 1248  used time = 2963  correct rate = 100%

```

average coding time: 1704, average encoding time: 1290, average total time: 2995, average correct rate: 100%

SD of coding time: 102.32, SD of encoding time: 65.02, SD of total time: 154.87, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 6.00%, relative SD of encoding time: 5.04%, relative SD of total time: 5.17%, relative SD of correct rate: 0.00%

```

E:\project\科果\fanjie\main_program\fanjie beta 2\fanjie beta 2\fanjie\bin\Debug\fanjie.exe
你好 coding used time = 1727 你好 encoding used time = 1259 used time = 2986 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1634 你好 encoding used time = 1276 used time = 2910 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1629 你好 encoding used time = 1255 used time = 2884 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1662 你好 encoding used time = 1247 used time = 2909 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1687 你好 encoding used time = 1256 used time = 2943 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1694 你好 encoding used time = 1286 used time = 2980 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1639 你好 encoding used time = 1232 used time = 2871 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1695 你好 encoding used time = 1258 used time = 2953 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1667 你好 encoding used time = 1246 used time = 2913 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1680 你好 encoding used time = 1270 used time = 2950 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1668 你好 encoding used time = 1238 used time = 2906 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1697 你好 encoding used time = 1257 used time = 2954 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1663 你好 encoding used time = 1243 used time = 2906 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1739 你好 encoding used time = 1229 used time = 2968 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1653 你好 encoding used time = 1270 used time = 2923 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1635 你好 encoding used time = 1238 used time = 2873 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1674 你好 encoding used time = 1257 used time = 2931 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1661 你好 encoding used time = 1234 used time = 2895 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1703 你好 encoding used time = 1262 used time = 2965 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1657 你好 encoding used time = 1237 used time = 2894 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1678 你好 encoding used time = 1232 used time = 2930 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1686 你好 encoding used time = 1323 used time = 3009 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1658 你好 encoding used time = 1257 used time = 2915 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1733 你好 encoding used time = 1290 used time = 3023 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1655 你好 encoding used time = 1305 used time = 2960 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1668 你好 encoding used time = 1283 used time = 2951 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1650 你好 encoding used time = 1256 used time = 2906 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1642 你好 encoding used time = 1247 used time = 2889 correct rate = 100%
年底很好 coding used time = 1686 你好 encoding used time = 1262 used time = 2948 correct rate = 100%

```

average coding time: 1727, average encoding time: 1312, average total time: 3039, average correct rate: 100%
SD of coding time: 79.90, SD of encoding time: 67.88, SD of total time: 142.87, SD of correct rate: 0.00
relative SD of coding time: 4.63%, relative SD of encoding time: 5.17%, relative SD of total time: 4.70%, relative SD of correct rate: 0.00%

```

E:\project\科果\fanjie\main_program\fanjie beta 2\fanjie beta 2\fanjie\bin\Debug\fanjie.exe
買 coding used time = 1686 作業 encoding used time = 1304 used time = 2990 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1708 作業 encoding used time = 1278 used time = 2986 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1690 作業 encoding used time = 1293 used time = 2983 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1745 作業 encoding used time = 1294 used time = 3039 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1681 作業 encoding used time = 1296 used time = 2977 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1693 作業 encoding used time = 1285 used time = 2978 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1684 作業 encoding used time = 1271 used time = 2955 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1666 作業 encoding used time = 1269 used time = 2935 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1694 作業 encoding used time = 1299 used time = 2993 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1685 作業 encoding used time = 1306 used time = 2991 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1697 作業 encoding used time = 1291 used time = 2988 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1709 作業 encoding used time = 1283 used time = 2992 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1684 作業 encoding used time = 1366 used time = 3050 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1752 作業 encoding used time = 1395 used time = 3147 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1726 作業 encoding used time = 1310 used time = 3036 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1688 作業 encoding used time = 1318 used time = 3006 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1671 作業 encoding used time = 1283 used time = 2954 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1695 作業 encoding used time = 1295 used time = 2990 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1710 作業 encoding used time = 1261 used time = 2971 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1747 作業 encoding used time = 1303 used time = 3050 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1778 作業 encoding used time = 1313 used time = 3091 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1692 作業 encoding used time = 1262 used time = 2954 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1701 作業 encoding used time = 1288 used time = 2989 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1676 作業 encoding used time = 1291 used time = 2967 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1719 作業 encoding used time = 1296 used time = 3015 correct rate = 100%
坐 coding used time = 1688 作業 encoding used time = 1326 used time = 3014 correct rate = 100%
average coding time: 1704, average encoding time: 1294, average total time: 2998, average correct rate: 100%
SD of coding time: 30.14, SD of encoding time: 25.03, SD of total time: 44.46, SD of correct rate: 0.00
relative SD of coding time: 1.77%, relative SD of encoding time: 1.93%, relative SD of total time: 1.48%, relative SD of correct rate: 0.00%

```

average coding time: 1704, average encoding time: 1294, average total time: 2998, average correct rate: 100%
SD of coding time: 30.14, SD of encoding time: 25.03, SD of total time: 44.46, SD of correct rate: 0.00
relative SD of coding time: 1.77%, relative SD of encoding time: 1.93%, relative SD of total time: 1.48%, relative SD of correct rate: 0.00%


```

E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
减少台大唱歌 coding used time = 1895 encoding used time = 1285 used time = 3180 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1899 encoding used time = 1280 used time = 3179 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1903 encoding used time = 1312 used time = 3215 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1872 encoding used time = 1312 used time = 3184 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1880 encoding used time = 1305 used time = 3185 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1867 encoding used time = 1496 used time = 3363 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1954 encoding used time = 1331 used time = 3285 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1917 encoding used time = 1337 used time = 3254 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1861 encoding used time = 1334 used time = 3195 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1883 encoding used time = 1336 used time = 3219 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1878 encoding used time = 1285 used time = 3163 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1899 encoding used time = 1295 used time = 3194 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1899 encoding used time = 1279 used time = 3178 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1925 encoding used time = 1332 used time = 3237 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1886 encoding used time = 1280 used time = 3166 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1883 encoding used time = 1293 used time = 3176 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1901 encoding used time = 1262 used time = 3162 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1901 encoding used time = 1277 used time = 3178 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1899 encoding used time = 1283 used time = 3188 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1893 encoding used time = 1308 used time = 3201 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1911 encoding used time = 1301 used time = 3212 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1917 encoding used time = 1300 used time = 3217 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1910 encoding used time = 1295 used time = 3205 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1868 encoding used time = 1294 used time = 3162 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1879 encoding used time = 1292 used time = 3171 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1925 encoding used time = 1277 used time = 3202 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1889 encoding used time = 1296 used time = 3185 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1884 encoding used time = 1304 used time = 3188 correct rate = 100%
减少台大唱歌 coding used time = 1887 encoding used time = 1273 used time = 3160 correct rate = 100%

```

average coding time: 1894, average encoding time: 1302, average total time: 3196, average correct rate: 100%

SD of coding time: 16.71, SD of encoding time: 28.16, SD of total time: 30.72, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 0.88%, relative SD of encoding time: 2.16%, relative SD of total time: 0.96%, relative SD of correct rate: 0.00%

3、四字

```

E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
年意很好補助很好 coding used time = 2176 你好不好 encoding used time = 1322 used time = 3498 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2124 你好不好 encoding used time = 1335 used time = 3459 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2108 你好不好 encoding used time = 1288 used time = 3396 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2089 你好不好 encoding used time = 1325 used time = 3414 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2080 你好不好 encoding used time = 1307 used time = 3387 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2131 你好不好 encoding used time = 1321 used time = 3452 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2083 你好不好 encoding used time = 1309 used time = 3392 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2110 你好不好 encoding used time = 1326 used time = 3436 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2087 你好不好 encoding used time = 1326 used time = 3413 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2099 你好不好 encoding used time = 1298 used time = 3397 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2098 你好不好 encoding used time = 1328 used time = 3426 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2106 你好不好 encoding used time = 1311 used time = 3417 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2081 你好不好 encoding used time = 1337 used time = 3418 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2106 你好不好 encoding used time = 1284 used time = 3390 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2090 你好不好 encoding used time = 1315 used time = 3405 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2100 你好不好 encoding used time = 1321 used time = 3421 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2104 你好不好 encoding used time = 1307 used time = 3411 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2107 你好不好 encoding used time = 1295 used time = 3402 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2112 你好不好 encoding used time = 1288 used time = 3400 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2093 你好不好 encoding used time = 1292 used time = 3385 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2077 你好不好 encoding used time = 1328 used time = 3405 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2091 你好不好 encoding used time = 1324 used time = 3415 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2105 你好不好 encoding used time = 1320 used time = 3425 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2137 你好不好 encoding used time = 1272 used time = 3409 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2086 你好不好 encoding used time = 1328 used time = 3414 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2109 你好不好 encoding used time = 1324 used time = 3433 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2110 你好不好 encoding used time = 1317 used time = 3427 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2093 你好不好 encoding used time = 1316 used time = 3409 correct rate = 100.00%
年意很好補助很好 coding used time = 2115 你好不好 encoding used time = 1292 used time = 3407 correct rate = 100.00%

```

average coding time: 2100, average encoding time: 1312, average total time: 3413, average correct rate: 100%

SD of coding time: 19.73, SD of encoding time: 21.02, SD of total time: 29.72, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 0.94%, relative SD of encoding time: 1.60%, relative SD of total time: 0.87%, relative SD of correct rate: 0.00%

```

E:\project\科興(fanqie)\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
coding used time = 2104 茉莉花茶 encoding used time = 1277 used time = 3381 correct rate = 100.00%
coding used time = 2093 茉莉花茶 encoding used time = 1252 used time = 3345 correct rate = 100.00%
coding used time = 2094 茉莉花茶 encoding used time = 1285 used time = 3379 correct rate = 100.00%
coding used time = 2118 茉莉花茶 encoding used time = 1260 used time = 3378 correct rate = 100.00%
coding used time = 2083 茉莉花茶 encoding used time = 1308 used time = 3391 correct rate = 100.00%
coding used time = 2101 茉莉花茶 encoding used time = 1291 used time = 3392 correct rate = 100.00%
coding used time = 2066 茉莉花茶 encoding used time = 1254 used time = 3320 correct rate = 100.00%
coding used time = 2071 茉莉花茶 encoding used time = 1301 used time = 3372 correct rate = 100.00%
coding used time = 2065 茉莉花茶 encoding used time = 1307 used time = 3372 correct rate = 100.00%
coding used time = 2076 茉莉花茶 encoding used time = 1258 used time = 3334 correct rate = 100.00%
coding used time = 2048 茉莉花茶 encoding used time = 1260 used time = 3308 correct rate = 100.00%
coding used time = 2064 茉莉花茶 encoding used time = 1307 used time = 3371 correct rate = 100.00%
coding used time = 2085 茉莉花茶 encoding used time = 1314 used time = 3399 correct rate = 100.00%
coding used time = 2097 茉莉花茶 encoding used time = 1287 used time = 3384 correct rate = 100.00%
coding used time = 2074 茉莉花茶 encoding used time = 1297 used time = 3371 correct rate = 100.00%
coding used time = 2117 茉莉花茶 encoding used time = 1285 used time = 3402 correct rate = 100.00%
coding used time = 2066 茉莉花茶 encoding used time = 1269 used time = 3335 correct rate = 100.00%
coding used time = 2095 茉莉花茶 encoding used time = 1317 used time = 3412 correct rate = 100.00%
coding used time = 2123 茉莉花茶 encoding used time = 1281 used time = 3404 correct rate = 100.00%
coding used time = 2082 茉莉花茶 encoding used time = 1281 used time = 3363 correct rate = 100.00%
coding used time = 2082 茉莉花茶 encoding used time = 1265 used time = 3314 correct rate = 100.00%
coding used time = 2082 茉莉花茶 encoding used time = 1287 used time = 3369 correct rate = 100.00%
coding used time = 2066 茉莉花茶 encoding used time = 1274 used time = 3340 correct rate = 100.00%
coding used time = 2063 茉莉花茶 encoding used time = 1280 used time = 3343 correct rate = 100.00%
coding used time = 2084 茉莉花茶 encoding used time = 1273 used time = 3357 correct rate = 100.00%
coding used time = 2070 茉莉花茶 encoding used time = 1277 used time = 3347 correct rate = 100.00%
coding used time = 2070 茉莉花茶 encoding used time = 1304 used time = 3374 correct rate = 100.00%
coding used time = 2080 茉莉花茶 encoding used time = 1298 used time = 3378 correct rate = 100.00%
coding used time = 2082 茉莉花茶 encoding used time = 1275 used time = 3357 correct rate = 100.00%

```

average coding time: 2083, average encoding time: 1291, average total time: 3375, average correct rate: 100%

SD of coding time: 22.39, SD of encoding time: 20.44, SD of total time: 29.86, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.07%, relative SD of encoding time: 1.58%, relative SD of total time: 0.88%, relative SD of correct rate: 0.00%

4、五字

```

E:\project\科興(fanqie)\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
coding used time = 2335 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2449 used time = 4784 correct rate = 100.00%
coding used time = 2359 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2452 used time = 4811 correct rate = 100.00%
coding used time = 2388 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2422 used time = 4810 correct rate = 100.00%
coding used time = 2321 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2415 used time = 4736 correct rate = 100.00%
coding used time = 2308 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2426 used time = 4734 correct rate = 100.00%
coding used time = 2321 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2427 used time = 4748 correct rate = 100.00%
coding used time = 2319 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2419 used time = 4738 correct rate = 100.00%
coding used time = 2331 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2414 used time = 4745 correct rate = 100.00%
coding used time = 2359 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2460 used time = 4819 correct rate = 100.00%
coding used time = 2424 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2426 used time = 4850 correct rate = 100.00%
coding used time = 2416 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2483 used time = 4899 correct rate = 100.00%
coding used time = 2324 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2522 used time = 4846 correct rate = 100.00%
coding used time = 2395 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2417 used time = 4812 correct rate = 100.00%
coding used time = 2390 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2440 used time = 4830 correct rate = 100.00%
coding used time = 2371 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2430 used time = 4801 correct rate = 100.00%
coding used time = 2577 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2490 used time = 5067 correct rate = 100.00%
coding used time = 2456 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2480 used time = 4936 correct rate = 100.00%
coding used time = 2382 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2467 used time = 4849 correct rate = 100.00%
coding used time = 2345 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2392 used time = 4737 correct rate = 100.00%
coding used time = 2342 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2391 used time = 4733 correct rate = 100.00%
coding used time = 2313 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2462 used time = 4775 correct rate = 100.00%
coding used time = 2329 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2422 used time = 4751 correct rate = 100.00%
coding used time = 2343 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2405 used time = 4748 correct rate = 100.00%
coding used time = 2307 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2425 used time = 4732 correct rate = 100.00%
coding used time = 2340 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2407 used time = 4747 correct rate = 100.00%
coding used time = 2320 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2457 used time = 4777 correct rate = 100.00%
coding used time = 2346 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2446 used time = 4792 correct rate = 100.00%
coding used time = 2338 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2422 used time = 4760 correct rate = 100.00%
coding used time = 2325 不鏽鋼菜刀 encoding used time = 2422 used time = 4747 correct rate = 100.00%

```

average coding time: 2399, average encoding time: 2483, average total time: 4883, average correct rate: 100%

SD of coding time: 134.59, SD of encoding time: 113.66, SD of total time: 232.00, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 5.61%, relative SD of encoding time: 4.58%, relative SD of total time: 4.75%, relative SD of correct rate: 0.00%

(二) 專有名詞

1、二字

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Debug\fanqie.exe
編碼 coding used time = 1731 美國 encoding used time = 1303 used time = 3034 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1690 美國 encoding used time = 1307 used time = 2997 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1701 美國 encoding used time = 1328 used time = 3029 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1720 美國 encoding used time = 1319 used time = 3039 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1700 美國 encoding used time = 1273 used time = 2973 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1714 美國 encoding used time = 1329 used time = 3043 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1702 美國 encoding used time = 1294 used time = 2996 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1687 美國 encoding used time = 1277 used time = 2964 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1704 美國 encoding used time = 1285 used time = 2989 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1718 美國 encoding used time = 1302 used time = 3020 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1765 美國 encoding used time = 1306 used time = 3071 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1727 美國 encoding used time = 1291 used time = 3018 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1718 美國 encoding used time = 1317 used time = 3035 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1701 美國 encoding used time = 1295 used time = 2996 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1738 美國 encoding used time = 1283 used time = 3021 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1680 美國 encoding used time = 1297 used time = 2977 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1729 美國 encoding used time = 1299 used time = 3028 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1698 美國 encoding used time = 1347 used time = 3045 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1691 美國 encoding used time = 1289 used time = 2980 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1697 美國 encoding used time = 1309 used time = 3006 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1692 美國 encoding used time = 1353 used time = 3045 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1687 美國 encoding used time = 1287 used time = 2974 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1713 美國 encoding used time = 1298 used time = 3011 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1700 美國 encoding used time = 1357 used time = 3057 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1707 美國 encoding used time = 1297 used time = 3004 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1717 美國 encoding used time = 1267 used time = 2984 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1710 美國 encoding used time = 1284 used time = 2994 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1704 美國 encoding used time = 1321 used time = 3025 correct rate = 100%
編碼 coding used time = 1713 美國 encoding used time = 1313 used time = 3026 correct rate = 100%
```

average coding time: 1706, average encoding time: 1304, average total time: 3011, average correct rate: 100%

SD of coding time: 18.72, SD of encoding time: 23.60, SD of total time: 29.98, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.10%, relative SD of encoding time: 1.81%, relative SD of total time: 1.00%, relative SD of correct rate: 0.00%

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
倫敦 coding used time = 1757 倫敦 encoding used time = 1342 used time = 3099 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1730 倫敦 encoding used time = 1302 used time = 3032 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1732 倫敦 encoding used time = 1311 used time = 3043 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1729 倫敦 encoding used time = 1314 used time = 3043 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1734 倫敦 encoding used time = 1333 used time = 3067 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1701 倫敦 encoding used time = 1334 used time = 3035 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1705 倫敦 encoding used time = 1310 used time = 3015 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1718 倫敦 encoding used time = 1328 used time = 3046 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1720 倫敦 encoding used time = 1342 used time = 3062 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1734 倫敦 encoding used time = 1371 used time = 3105 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1734 倫敦 encoding used time = 1341 used time = 3075 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1718 倫敦 encoding used time = 1337 used time = 3055 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1708 倫敦 encoding used time = 1327 used time = 3035 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1727 倫敦 encoding used time = 1322 used time = 3049 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1713 倫敦 encoding used time = 1321 used time = 3034 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1698 倫敦 encoding used time = 1301 used time = 2999 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1733 倫敦 encoding used time = 1330 used time = 3063 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1736 倫敦 encoding used time = 1330 used time = 3066 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1720 倫敦 encoding used time = 1334 used time = 3054 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1735 倫敦 encoding used time = 1330 used time = 3065 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1722 倫敦 encoding used time = 1305 used time = 3027 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1707 倫敦 encoding used time = 1318 used time = 3025 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1696 倫敦 encoding used time = 1306 used time = 3002 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1699 倫敦 encoding used time = 1302 used time = 3001 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1684 倫敦 encoding used time = 1310 used time = 2994 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1703 倫敦 encoding used time = 1364 used time = 3067 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1707 倫敦 encoding used time = 1320 used time = 3027 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1691 倫敦 encoding used time = 1340 used time = 3031 correct rate = 100%
倫敦 coding used time = 1776 倫敦 encoding used time = 1322 used time = 3098 correct rate = 100%
```

average coding time: 1723, average encoding time: 1330, average total time: 3054, average correct rate: 100%

SD of coding time: 25.73, SD of encoding time: 24.56, SD of total time: 39.05, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.49%, relative SD of encoding time: 1.85%, relative SD of total time: 1.28%, relative SD of correct rate: 0.00%

3、四字

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
coding used time = 2078 encoding used time = 1372 used time = 3450 correct rate = 100.00%
coding used time = 2128 encoding used time = 1287 used time = 3415 correct rate = 100.00%
coding used time = 2109 encoding used time = 1285 used time = 3394 correct rate = 100.00%
coding used time = 2100 encoding used time = 1368 used time = 3468 correct rate = 100.00%
coding used time = 2193 encoding used time = 1356 used time = 3549 correct rate = 100.00%
coding used time = 2675 encoding used time = 1360 used time = 4035 correct rate = 100.00%
coding used time = 2210 encoding used time = 1364 used time = 3574 correct rate = 100.00%
coding used time = 2235 encoding used time = 1347 used time = 3582 correct rate = 100.00%
coding used time = 2211 encoding used time = 1364 used time = 3575 correct rate = 100.00%
coding used time = 2210 encoding used time = 1391 used time = 3601 correct rate = 100.00%
coding used time = 2190 encoding used time = 1381 used time = 3571 correct rate = 100.00%
coding used time = 2083 encoding used time = 1269 used time = 3352 correct rate = 100.00%
coding used time = 2103 encoding used time = 1255 used time = 3358 correct rate = 100.00%
coding used time = 2165 encoding used time = 1306 used time = 3371 correct rate = 100.00%
coding used time = 2093 encoding used time = 1288 used time = 3381 correct rate = 100.00%
coding used time = 2067 encoding used time = 1274 used time = 3341 correct rate = 100.00%
coding used time = 2076 encoding used time = 1333 used time = 3409 correct rate = 100.00%
coding used time = 2188 encoding used time = 1391 used time = 3579 correct rate = 100.00%
coding used time = 2120 encoding used time = 1356 used time = 3476 correct rate = 100.00%
coding used time = 2233 encoding used time = 1366 used time = 3599 correct rate = 100.00%
coding used time = 2224 encoding used time = 1342 used time = 3566 correct rate = 100.00%
coding used time = 2237 encoding used time = 1332 used time = 3569 correct rate = 100.00%
coding used time = 2133 encoding used time = 1285 used time = 3418 correct rate = 100.00%
coding used time = 2057 encoding used time = 1310 used time = 3367 correct rate = 100.00%
coding used time = 2095 encoding used time = 1319 used time = 3414 correct rate = 100.00%
coding used time = 2061 encoding used time = 1301 used time = 3362 correct rate = 100.00%
coding used time = 2088 encoding used time = 1304 used time = 3392 correct rate = 100.00%
coding used time = 2096 encoding used time = 1275 used time = 3371 correct rate = 100.00%
coding used time = 2082 encoding used time = 1305 used time = 3387 correct rate = 100.00%
```

average coding time: 2104, average encoding time: 1300, average total time: 3404, average correct rate: 100%

SD of coding time: 72.39, SD of encoding time: 32.24, SD of total time: 92.09, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 3.44%, relative SD of encoding time: 2.48%, relative SD of total time: 2.71%, relative SD of correct rate: 0.00%

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
反切密碼 coding used time = 2058 反切密碼 encoding used time = 1286 used time = 3344 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2093 反切密碼 encoding used time = 1283 used time = 3376 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2103 反切密碼 encoding used time = 1281 used time = 3384 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2057 反切密碼 encoding used time = 1320 used time = 3377 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2116 反切密碼 encoding used time = 1304 used time = 3420 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2075 反切密碼 encoding used time = 1271 used time = 3346 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2094 反切密碼 encoding used time = 1314 used time = 3408 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2088 反切密碼 encoding used time = 1280 used time = 3348 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2086 反切密碼 encoding used time = 1253 used time = 3339 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2069 反切密碼 encoding used time = 1289 used time = 3358 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2088 反切密碼 encoding used time = 1330 used time = 3418 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2070 反切密碼 encoding used time = 1300 used time = 3370 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2057 反切密碼 encoding used time = 1305 used time = 3362 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2123 反切密碼 encoding used time = 1297 used time = 3420 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2064 反切密碼 encoding used time = 1279 used time = 3343 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2200 反切密碼 encoding used time = 1290 used time = 3490 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2082 反切密碼 encoding used time = 1326 used time = 3408 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2070 反切密碼 encoding used time = 1294 used time = 3364 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2097 反切密碼 encoding used time = 1292 used time = 3389 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2101 反切密碼 encoding used time = 1300 used time = 3401 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2149 反切密碼 encoding used time = 1262 used time = 3411 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2088 反切密碼 encoding used time = 1319 used time = 3407 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2068 反切密碼 encoding used time = 1294 used time = 3362 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2103 反切密碼 encoding used time = 1277 used time = 3380 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2068 反切密碼 encoding used time = 1297 used time = 3365 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2076 反切密碼 encoding used time = 1304 used time = 3380 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2076 反切密碼 encoding used time = 1284 used time = 3360 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2068 反切密碼 encoding used time = 1298 used time = 3366 correct rate = 100.00%
反切密碼的姓名魔法 coding used time = 2074 反切密碼 encoding used time = 1331 used time = 3405 correct rate = 100.00%
```

average coding time: 2082, average encoding time: 1289, average total time: 3372, average correct rate: 100%

SD of coding time: 22.18, SD of encoding time: 18.47, SD of total time: 27.61, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.07%, relative SD of encoding time: 1.43%, relative SD of total time: 0.82%, relative SD of correct rate: 0.00%

4、五字

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
阿拉伯半島 coding used time = 2324 阿拉伯半島 encoding used time = 2209 used time = 4533 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2323 阿拉伯半島 encoding used time = 2251 used time = 4574 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2331 阿拉伯半島 encoding used time = 2232 used time = 4563 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2319 阿拉伯半島 encoding used time = 2236 used time = 4555 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2394 阿拉伯半島 encoding used time = 2211 used time = 4605 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2357 阿拉伯半島 encoding used time = 2234 used time = 4591 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2379 阿拉伯半島 encoding used time = 2284 used time = 4663 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2324 阿拉伯半島 encoding used time = 2256 used time = 4580 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2337 阿拉伯半島 encoding used time = 2227 used time = 4564 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2363 阿拉伯半島 encoding used time = 2208 used time = 4571 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2336 阿拉伯半島 encoding used time = 2206 used time = 4542 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2337 阿拉伯半島 encoding used time = 2271 used time = 4608 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2301 阿拉伯半島 encoding used time = 2281 used time = 4582 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2328 阿拉伯半島 encoding used time = 2193 used time = 4521 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2379 阿拉伯半島 encoding used time = 2209 used time = 4588 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2306 阿拉伯半島 encoding used time = 2214 used time = 4520 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2359 阿拉伯半島 encoding used time = 2222 used time = 4581 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2324 阿拉伯半島 encoding used time = 2253 used time = 4577 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2289 阿拉伯半島 encoding used time = 2258 used time = 4547 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2313 阿拉伯半島 encoding used time = 2289 used time = 4602 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2301 阿拉伯半島 encoding used time = 2196 used time = 4497 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2343 阿拉伯半島 encoding used time = 2226 used time = 4569 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2369 阿拉伯半島 encoding used time = 2246 used time = 4615 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2360 阿拉伯半島 encoding used time = 2229 used time = 4589 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2359 阿拉伯半島 encoding used time = 2257 used time = 4616 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2360 阿拉伯半島 encoding used time = 2241 used time = 4601 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2325 阿拉伯半島 encoding used time = 2219 used time = 4544 correct rate = 100.00%
八脚山 coding used time = 2365 阿拉伯半島 encoding used time = 2234 used time = 4599 correct rate = 100.00%
```

average coding time: 2342, average encoding time: 2239, average total time: 4582, average correct rate: 100%

SD of coding time: 32.42, SD of encoding time: 44.33, SD of total time: 56.01, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.38%, relative SD of encoding time: 1.98%, relative SD of total time: 1.22%, relative SD of correct rate: 0.00%

5、六字

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2493 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2592 used time = 5085 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2519 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2609 used time = 5128 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2541 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2600 used time = 5141 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2568 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2578 used time = 5080 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2480 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2569 used time = 5137 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2468 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2557 used time = 5037 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2558 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2577 used time = 5045 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2514 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2593 used time = 5151 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2473 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2613 used time = 5127 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2578 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2564 used time = 5037 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2513 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2562 used time = 5140 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2476 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2625 used time = 5138 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2505 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2637 used time = 5113 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2526 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2576 used time = 5081 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2563 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2654 used time = 5180 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2526 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2664 used time = 5227 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2501 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2571 used time = 5097 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2528 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2575 used time = 5076 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2472 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2597 used time = 5125 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2504 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2609 used time = 5081 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2478 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2612 used time = 5116 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2526 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2617 used time = 5095 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2466 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2567 used time = 5093 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2500 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2591 used time = 5057 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2510 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2580 used time = 5080 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2526 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2580 used time = 5090 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2539 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2560 used time = 5086 correct rate = 100.00%
紅燒牛肉湯麵 coding used time = 2487 紅燒牛肉湯麵 encoding used time = 2578 used time = 5117 correct rate = 100.00%
```

average coding time: 2518, average encoding time: 2598, average total time: 5117, average correct rate: 100%

SD of coding time: 35.52, SD of encoding time: 27.25, SD of total time: 46.14, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 1.41%, relative SD of encoding time: 1.05%, relative SD of total time: 0.90%, relative SD of correct rate: 0.00%

6、七字

```
E:\project\科展\fanqie\main_program\fanqie beta 2\fanqie beta 2\fanqie\bin\Release\fanqie.exe
布宜諾斯艾利斯 coding used time = 2673 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2524 used time = 5197 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2713 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2661 used time = 5374 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2721 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2518 used time = 5239 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2665 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2482 used time = 5147 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2677 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2546 used time = 5223 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2647 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2496 used time = 5143 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2653 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2520 used time = 5173 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2675 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2516 used time = 5191 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2634 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2515 used time = 5149 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2666 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2538 used time = 5204 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2632 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2540 used time = 5172 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2655 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2539 used time = 5194 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2618 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2491 used time = 5109 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2690 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2509 used time = 5199 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2642 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2527 used time = 5169 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2637 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2511 used time = 5148 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2680 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2521 used time = 5201 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2629 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2537 used time = 5166 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2639 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2536 used time = 5175 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 3146 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2898 used time = 6044 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2676 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2530 used time = 5206 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2692 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2544 used time = 5236 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2634 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2523 used time = 5177 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2634 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2505 used time = 5129 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2641 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2552 used time = 5193 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2677 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2532 used time = 5209 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2706 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2548 used time = 5254 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2675 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2546 used time = 5221 correct rate = 100.00%
補助以及農作以平安泰領域化學 coding used time = 2634 布宜諾斯艾利斯 encoding used time = 2534 used time = 5168 correct rate = 100.00%
```

average coding time: 2703, average encoding time: 2579, average total time: 5283, average correct rate: 100%

SD of coding time: 139.14, SD of encoding time: 151.39, SD of total time: 271.41, SD of correct rate: 0.00

relative SD of coding time: 5.15%, relative SD of encoding time: 5.87%, relative SD of total time: 5.14%, relative SD of correct rate: 0.00%

【評語】 052510

1. 本研究將傳統的加密方式結合語言學，利用「反切」這種古代拼音方式來設計一套加密規則，使得加密變得更有變化，研究題目有其創新性。
2. 利用注音進行加解密，饒富趣味，但加密與解密的唯一性有待進一步探討。另加解密資料庫是否可為公開，或如有多個資料庫，如何有效率的管理也須加以探討。
3. 建議針對加解密演算法時間複雜度進行分析，據以改善加解密效能的問題。
4. 建議可對研究所提出方法與常見的加密方法做一比較，透過實驗驗證不同方法的優劣，以符合科學探究精神。

摘要

我們的研究是利用「反切」這種古代的拼音方式來設計一套加密規則，並利用它替特定的字串加解密。

我們並沒有試著挑戰一般的加解密，而是在原本的基礎上對內文動手腳，也就是說最終可能依然得依賴一般的加密方式，但在此之前我們已將內文經過加密成為密文，使得即使破解了一般的加密，結果依然是一串無法理解的密文，像是第二道保險一般，使文字在原有的加密基礎上再多一層保障。

壹、研究動機

在現今的社會中，資訊在我們生活中占了很大一部分，因此資訊安全的重要性在這個情況之下也變得更加顯著。

在發現這個問題之後，我們便想著有沒有方法能夠在密碼學的方面上做出一些新的改變，而在尋找方法的過程中，我們試著向古人借鏡，便發現了反切音這種形式。

反切是一種音韻學的發展分支之一，原是一種注音方式，分為反切上字及反切下字，發展到後期有人將反切音作為傳遞密文的方式

歷史上最早將反切應用在密碼上的是明朝名將戚繼光將軍，他將此應用在軍事通訊上。

他是將中文密文藏在詩句中。戚繼光專門編了兩首詩歌，作為「密碼本」：一首是：「柳邊求氣低，波他爭日時。鶯蒙語出喜，打掌與君知」；另一首是：「春花香，秋山開，嘉賓歡歌須金杯，孤燈光輝燒銀缸。之東郊，過西橋，雞聲催初天，奇梅歪遮溝。」

兩首詩歌是反切碼全部秘密所在。取前一首中的前20個字的聲母，依次分別編號1-20；取後一首36字韻母，順序編號1-36。再將當時福州方言字音的八種聲調，也按順序編上號碼1-8，形成完整的「反切碼」體系。其使用方法是：如送回的情報上的密碼有一串是5-25-2，對照聲母編號5是「低」字，韻母歌編號25是「西」字，兩字的聲母和韻母合到一起是di，對照聲調是2，就可以切射出「敵」字。

貳、研究目的

- 一、找出一套加解密規則，能適用大多數的字音
- 二、能較完整地利用反切的原理進行中文的加解密
- 三、希望能從語言學的角度達成加密的效果，證實古人的智慧也能應用在先進的科技上。

參、研究設備與器材

- 一、開發環境：
 - (一) Microsoft Visual Studio Community 2017
 - (二) Microsoft Office Access 2016
 - (三) Microsoft .Net Framework 4.5.2
- 二、電腦設備：
 - (一) CPU：Intel Core i7 7700 3.60GHz

肆、研究過程與方法

一、流程圖

(一) 確認主題查詢資料

- 研究密碼特性
- 研究反切特性

(二) 尋找資料來源並製作資料庫

- 採用新酷音輸入法
- 將其依需求製作成資料庫

(三) 訂定加密規則

- 設定注音分割規則
- 訂定轉換規則

(四) 編寫程式並除錯、修改

- 分別完成加密和解密部分
- 除錯測試發現缺陷並修改

(五) 測試不同數據並統整

- 整合加、解密部分
- 測試多筆資料並統整數據

二、研究過程

一開始決定以反切音作為研究對象後，首先先查詢反切音相關的資料，了解它的規則以及特性，以掌握研究的方向。

而在這個過程中發現了戚繼光將軍的「反切碼」這個應用方法，反切碼的原理使我們聯想到當今「資料庫」的概念，而有了利用資料庫相互比對的方法加密中文的構想，並開始實際嘗試。

在尋找資料庫的過程中，我們以開源的語詞庫為目標為原則尋找，以利研究的方便，最後便找到了新酷音輸入法的語詞庫作為我們這次研究的資料庫。

有了資料庫後，便是要訂定轉換規則了，一開始我們先從簡單的方法開始嘗試，也就是「逐字隨機加密」，但在做了幾筆測試之後，發現總會有幾個字轉換出來的字不一樣，在調查那幾個字之後，才發現是中文特性——一字多音造成的問題，所以我們就繼續再想新的加密規則。

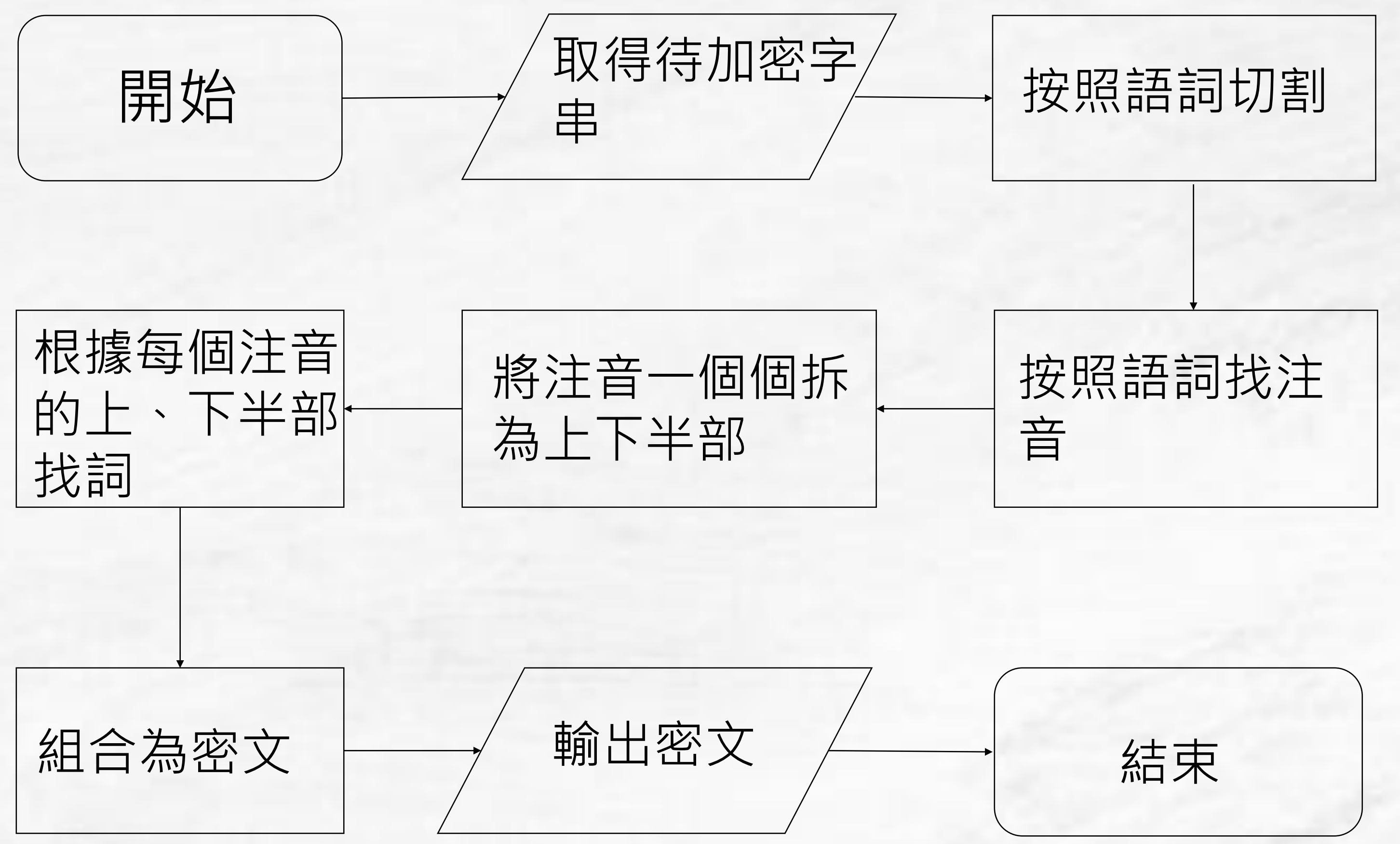
而在發現逐字隨機加密的問題之前我們就有想著是否能讓加密出來的文字具有一點文學的意義，而能夠讓人看不出那串文字是密文，就像是戚繼光將軍所用的詩句一般，能夠混淆試圖破解的人。所以我們在想新的方法時就往這個方向去思考，最後得出了「以詞加密」這個加密規則。這個加密規則雖然不能使整串密文具有連貫的意義，但每兩個字都是具有意義的詞而能夠達到類似的效果。

三、研究說明

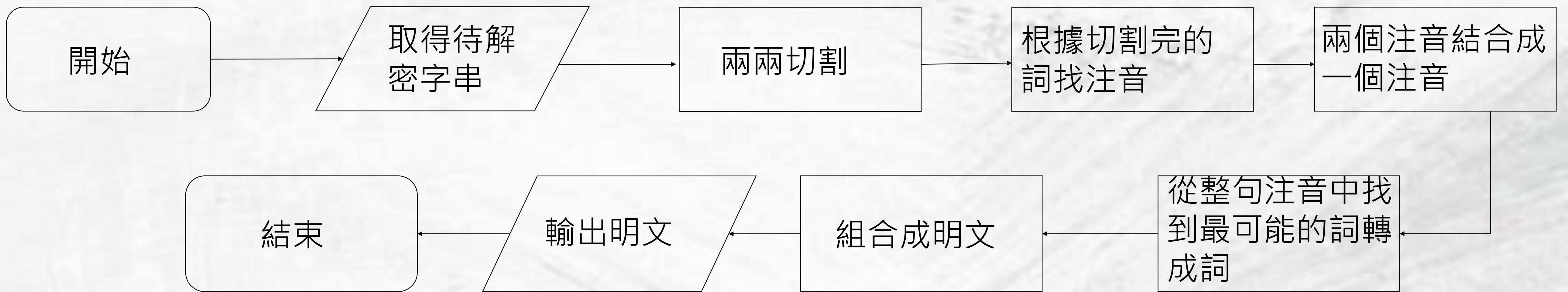
(一) 程式流程圖



▲ 程式運作概念圖



▲ 加密部分



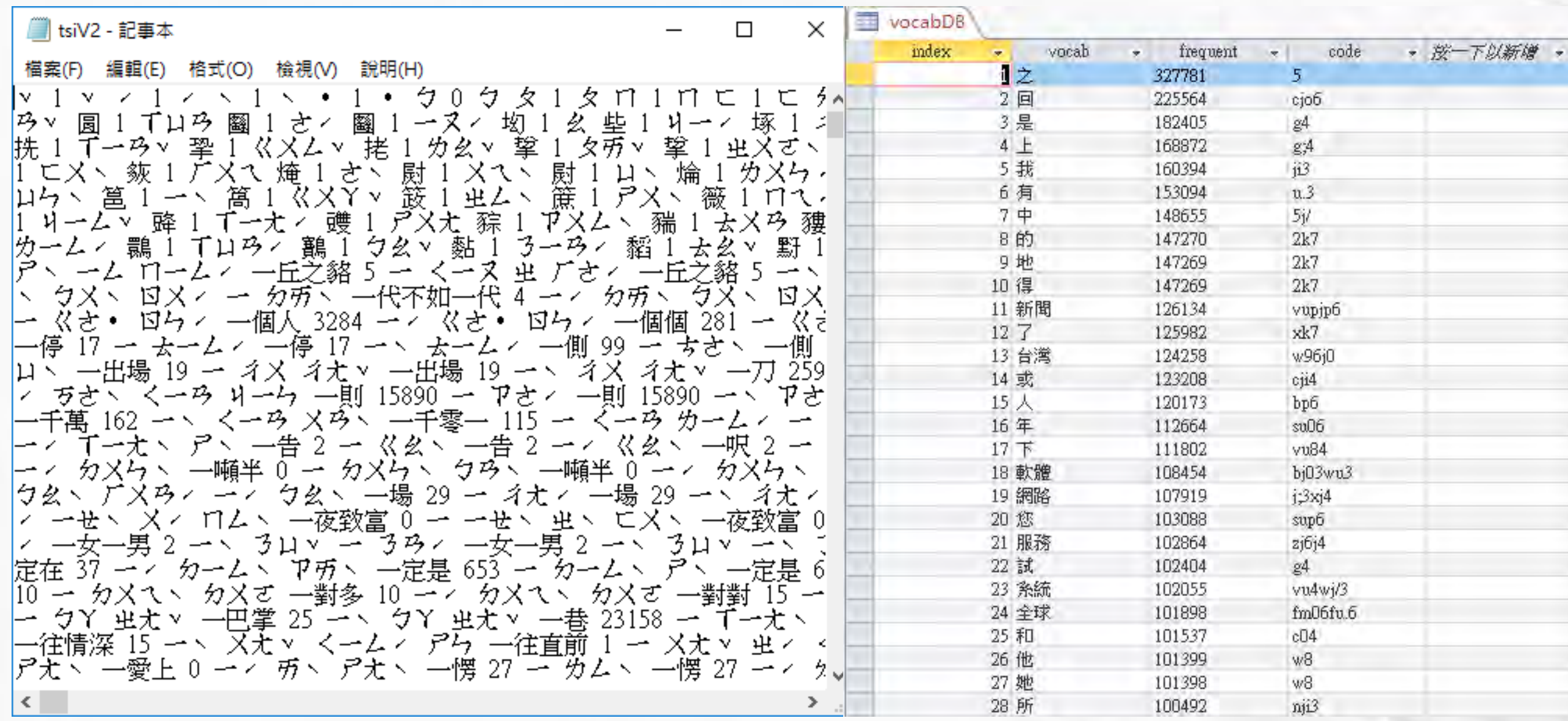
▲ 解密部分

(二) 資料庫處理

在找資料庫時，我們希望它是開源的，以便做任何的
研究而不會受太多限制，所以找到了新酷音輸入法的字
詞庫。

字詞庫的內容有字、詞以及他們的使用頻率及讀音，
在判斷讀音以及加密實都是不可或缺的資料。

但是它的字詞庫是TXT檔，不利於資料搜尋的效率，
且注音符號在程式中處理相對英文字不便，所以我們將
這個TXT檔做簡單的轉換後匯入至Access中成為一個新
資料庫。



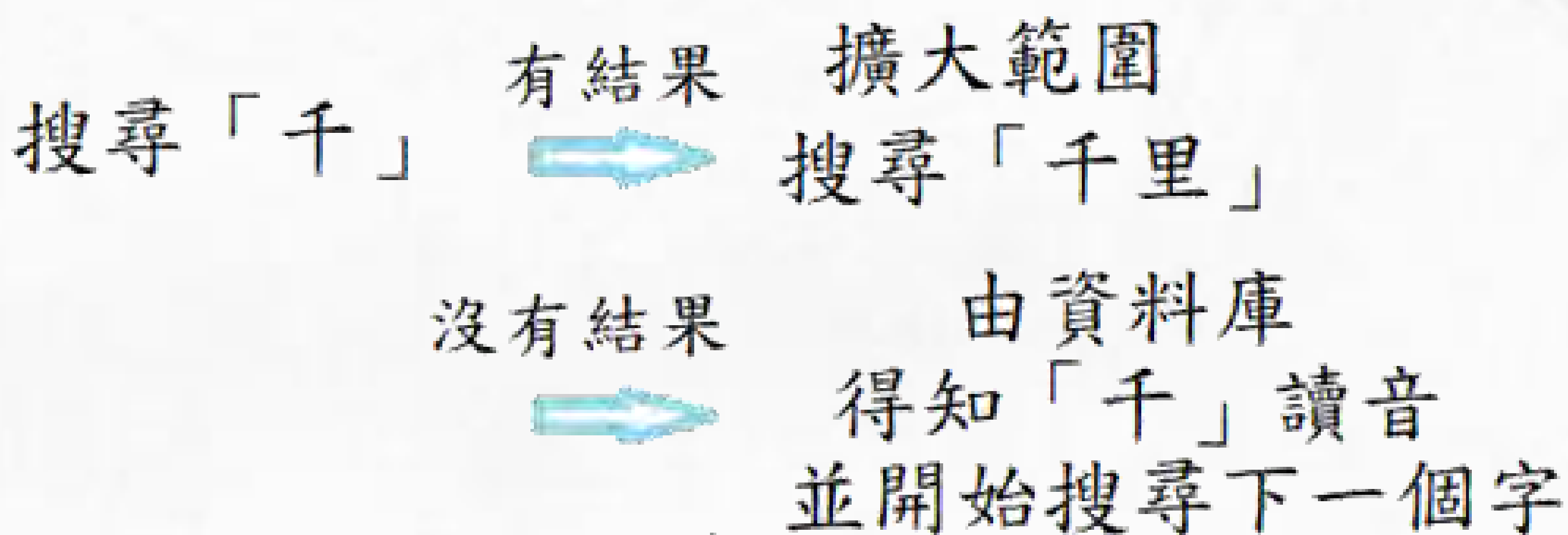
▲ 新酷音資料庫內容

▲ 轉換後資料庫

(三) 判斷語句字音

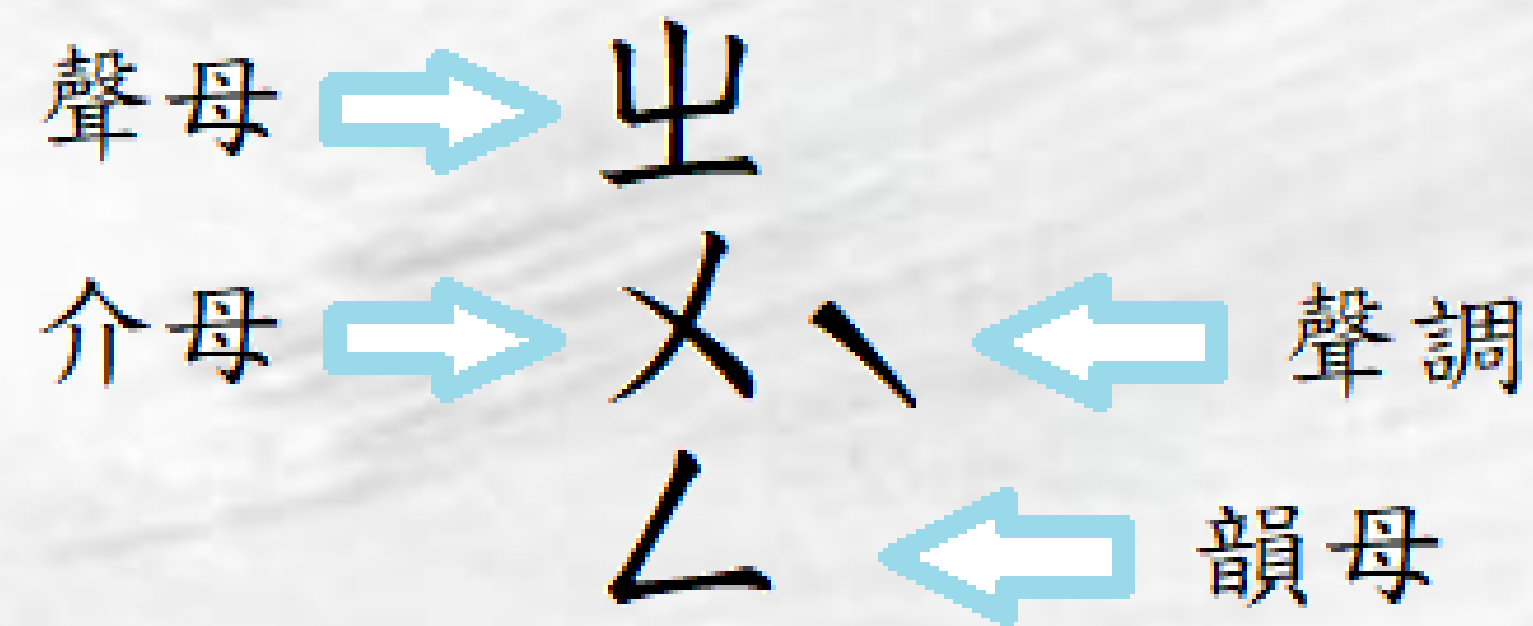
我們判斷字音的方法是以詞切割語句，而實際的方法如下圖

以「千里共嬋娟」為例：



如此循環數次後便可得到「千里共嬋娟」的正確讀音。

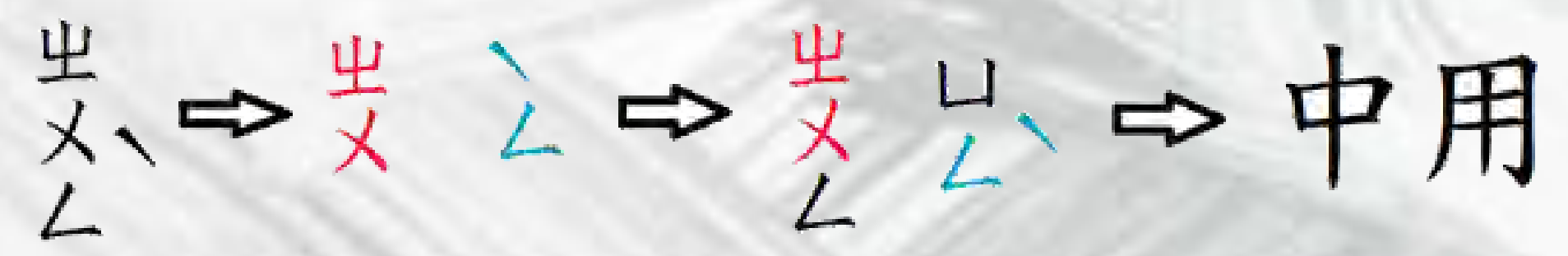
(四) 注音加密規則：



如上圖所示，我們將一個字的注音分成上半部和下半部。
上半部由聲母和介母組成，而下半部由韻母與聲調組成，以
便加密時做使用。

而加密的規則我們想了兩種：

1、逐字隨機加密

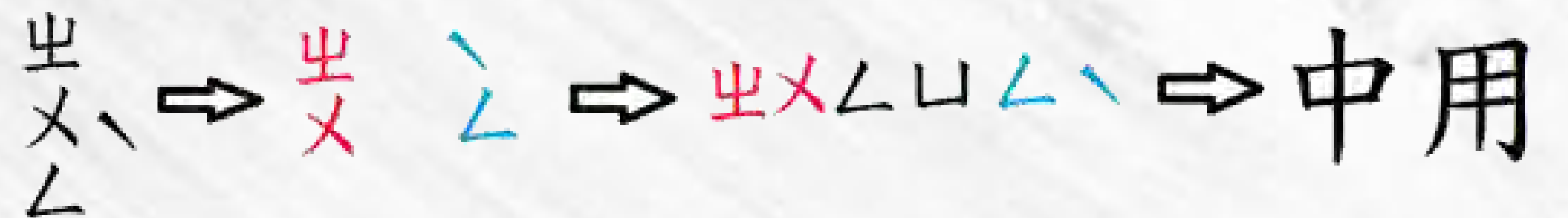


假設某字經過字音判斷後得知讀音為「出
ㄣ、」，先將它分成上下兩部分，分別是
「出ㄣ」以及「ㄣ、」，接著以隨機的方式
將「出ㄣ」的部份加上下半部並將「ㄣ、」
部份加上上半部後最後各自轉回中文字便形
成密文。

優點：因為處理方法單純所以速度相對快速。

缺點：因破音字問題導致錯誤率相對高。

2、以詞加密



假設某字經過字音判斷後得知讀音為「出ㄣ
、」，先將它分成上下兩部分，分別是「出ㄣ」
以及「ㄣ、」，接著在資料庫中以SQL查詢首字上
半部同為「出ㄣ」且尾字下半部同為「ㄣ、」的兩
字的詞，便為此字轉換為反切音後的密文。

優點：詞的同音的機率低所以在字音方面能夠達到
接近100%正確率，且密文的內容有文字上的意義可
以混淆試圖破解的人而達到更好的加密效果。

缺點：處理複雜導致速度較慢。

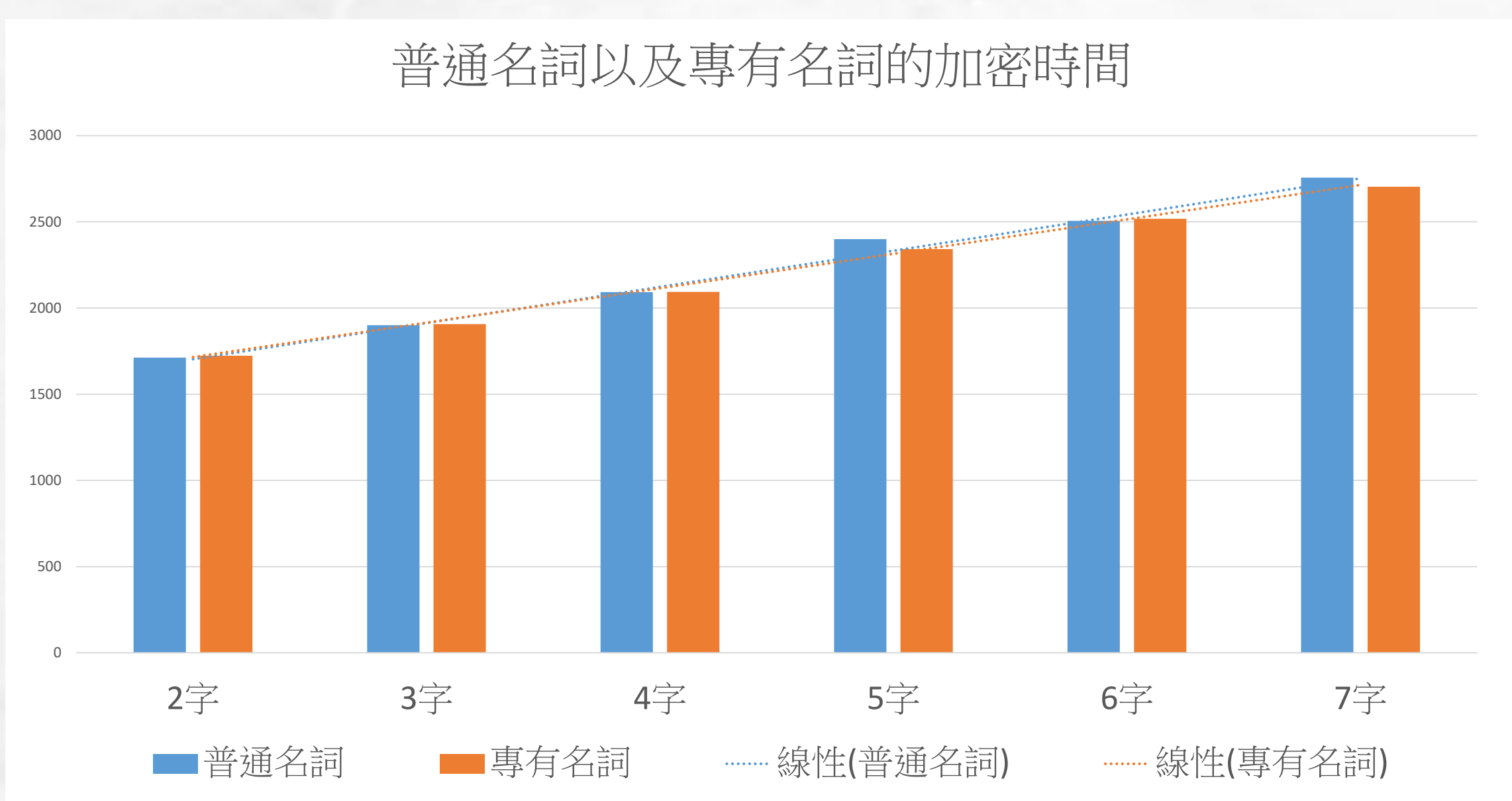
伍、研究結果

我們在做測試時，除了針對不同字數作了測試，也對不同類型的字詞作了測試，以下是我們作的測資以及結果。

明文	密文	明文	密文
約會	預約回饋	你好不好	年底很好補助很好
你好	年底很好	茉莉花茶	沒錯領域回家長遠
作業	坐坐一頁	可口可樂	可不可否可可垃圾
美國	魔鬼規模	反切密碼	發展契約名字魔法
倫敦	論文鍍金	不鏽鋼菜刀	不足銷售剛剛此外蛋糕
歐盟	歐洲美容	阿拉伯半島	二八喇叭本國本站代表
美術館	魔鬼碩士觀點	你有沒有吃飯	年底也有買回也有成績發現
礦泉水	款項去年說給	紅燒牛肉湯麵	歡迎商標念頭然後台商名片
腳踏車	減少台大唱歌	今天不想去上班	結婚天天補助香港事項榜單
五月天	位址漁業天天	你想吃牛肉麵嗎	年底香港成績念頭然後名片媽媽
出師表	傳輸社區表表	布宜諾斯艾利斯	補助以及農作似乎安泰領域似乎
太平洋	他在平衡銀行		

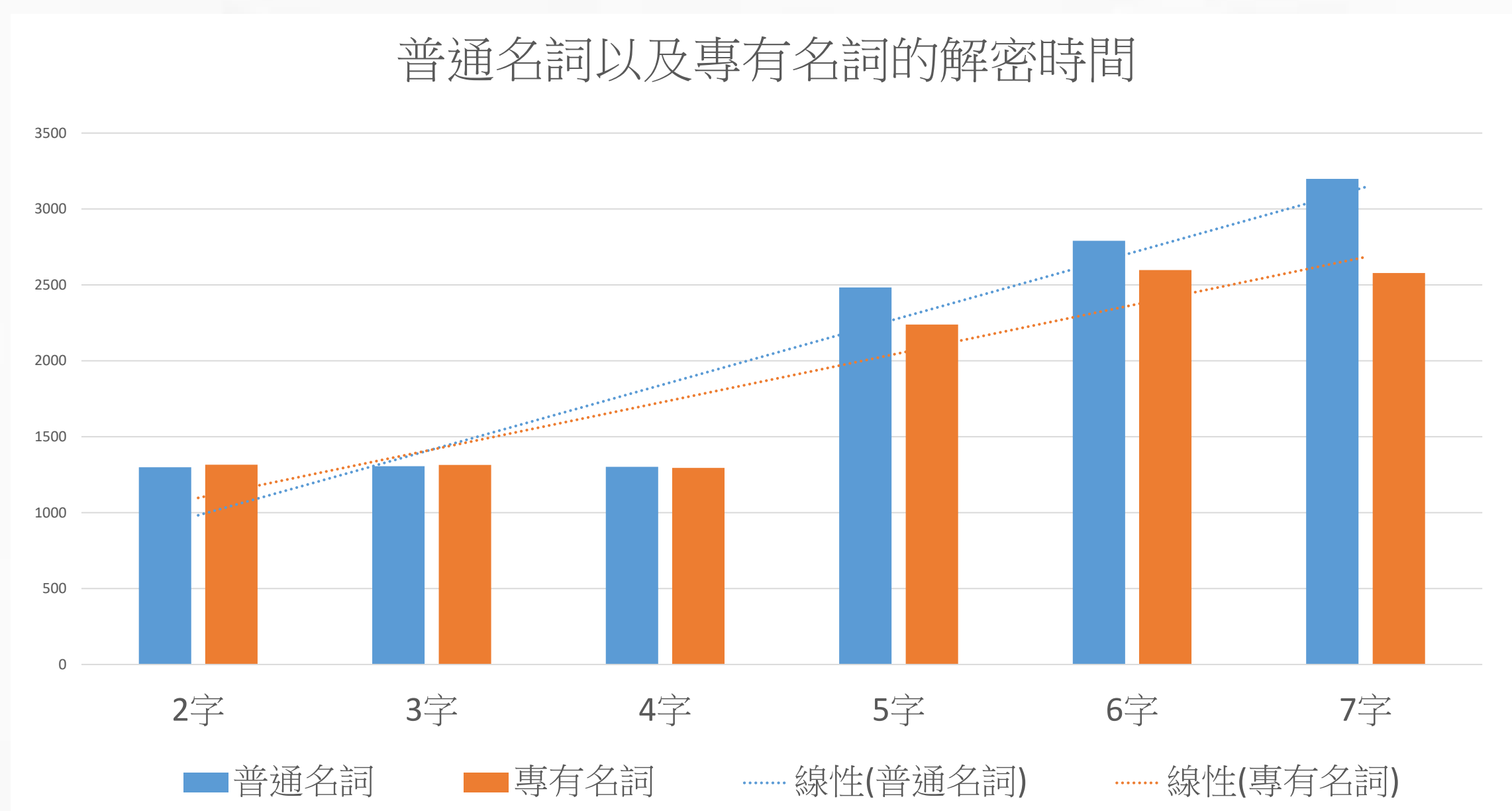
▲ 測試的測資及結果

我們測資中的語詞內容分為兩類，普通名詞以及專有名詞，上圖中以黃色註記的測資即為專有名詞

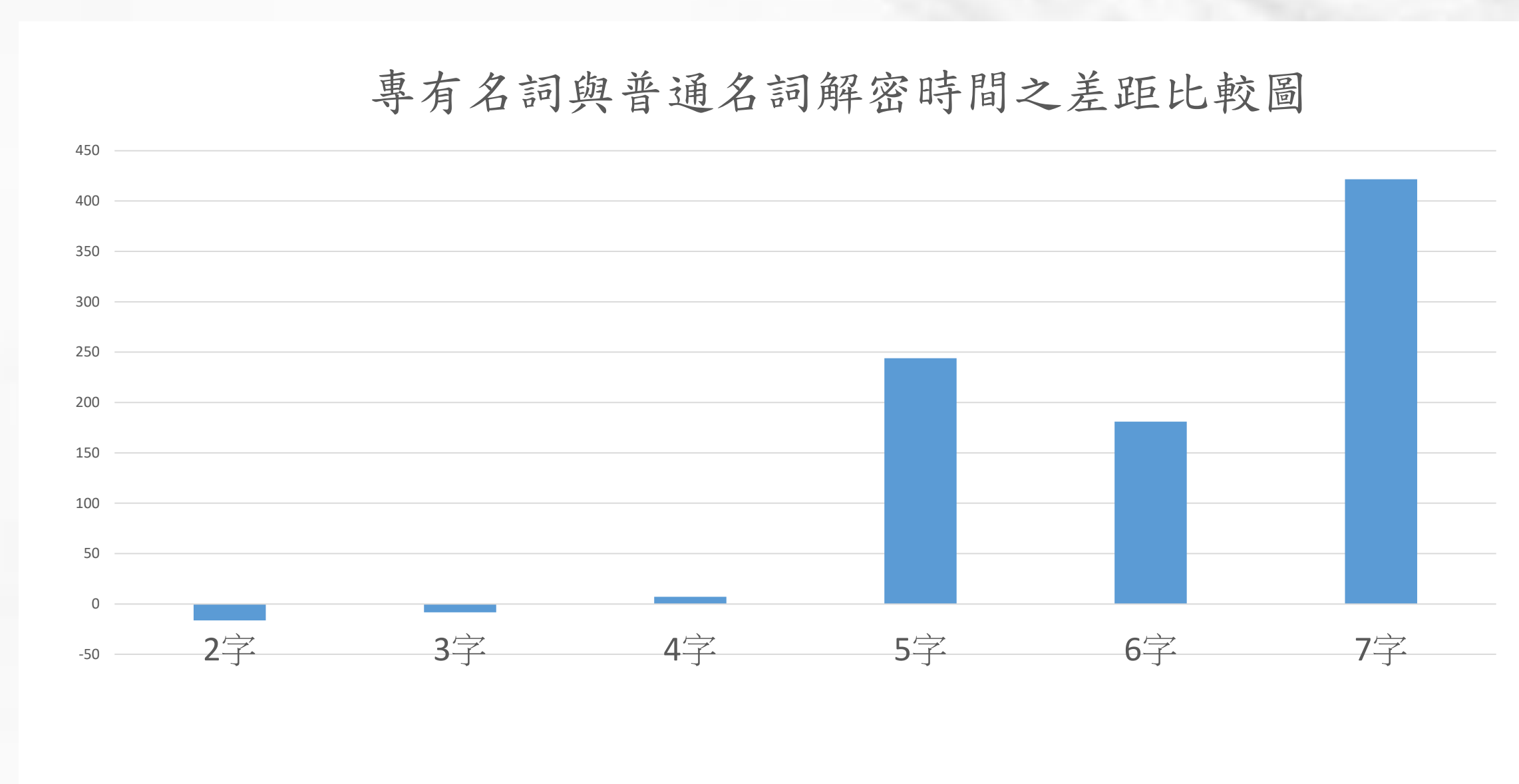


▲ 普通名詞以及專有名詞的加密時間比較 (圖一)

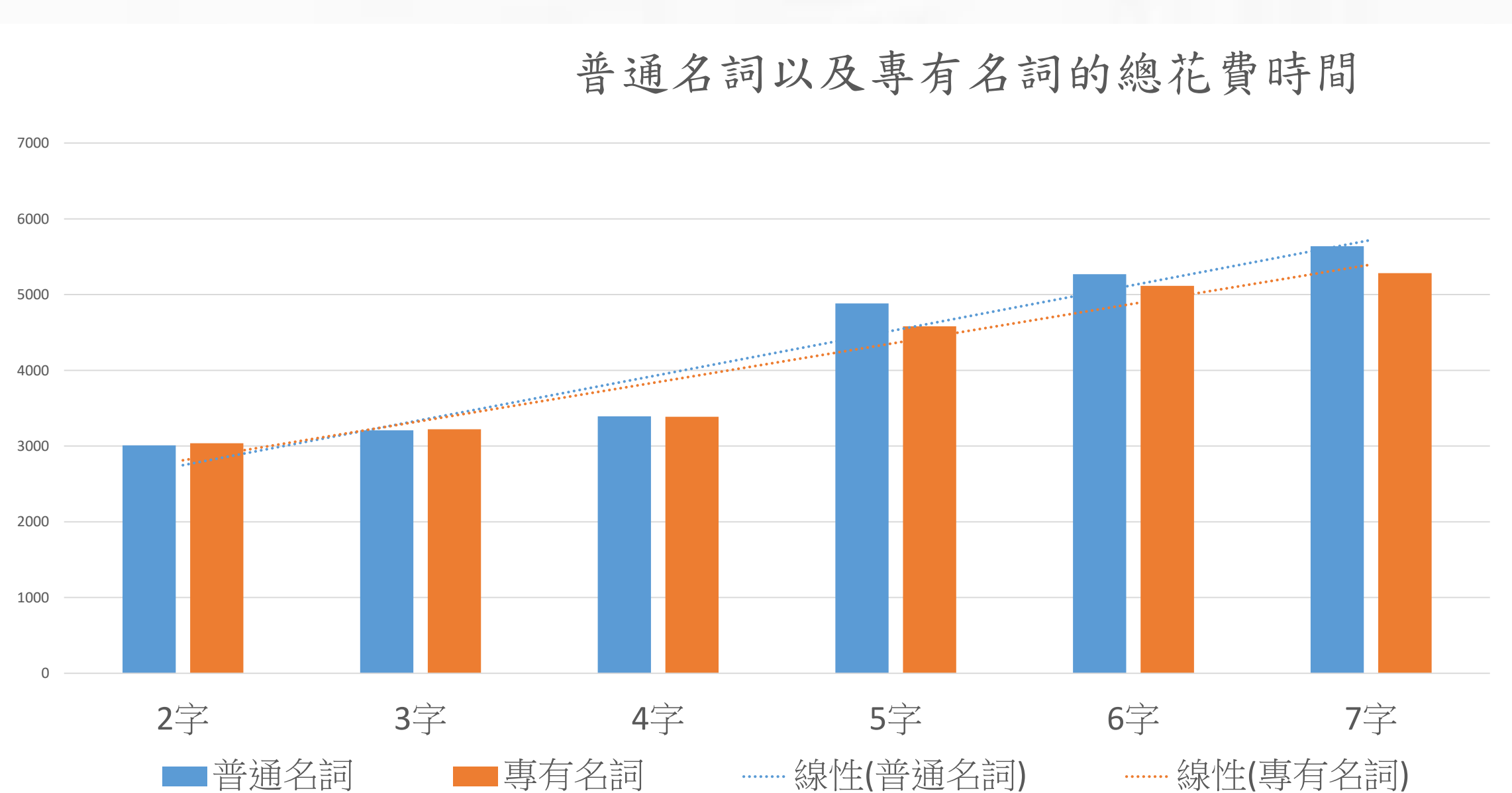
從 (圖一) 可以觀察出加密的所需時間與加密字數成正相關，但普通名詞與專有名詞間的差距時高時低，看不出一定的相對關係。



▲ 普通名詞以及專有名詞的解密時間比較 (圖二)

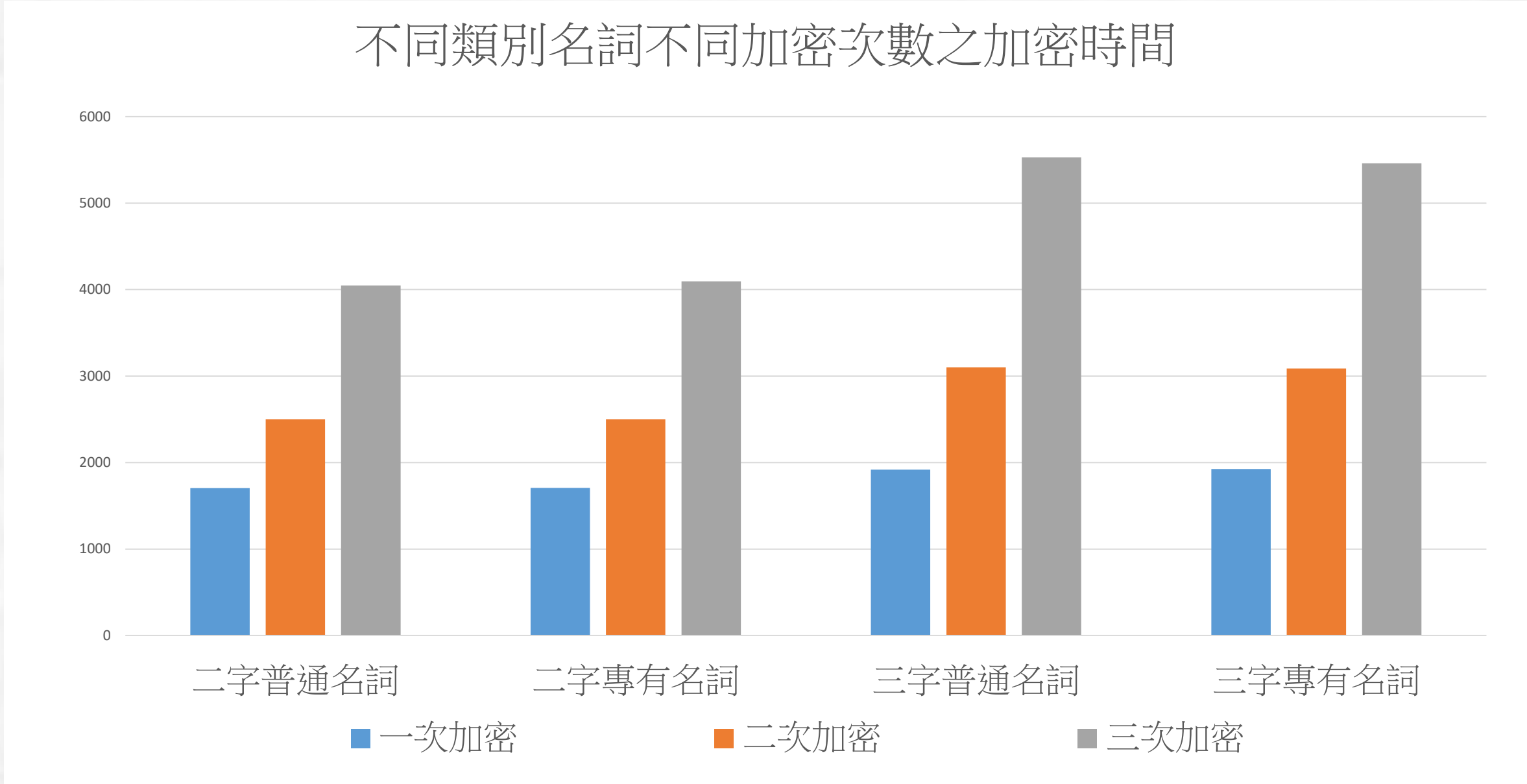


▲ 專有名詞與普通名詞解密時間之差距比較圖 (圖三)



▲ 普通名詞以及專有名詞的總花費時間比較 (圖四)

多次加密是另一個我們有嘗試的東西，原理很簡單，就是將加密後的密文在加密一次，使他成為兩倍長的新的密文，讓密碼變得更為安全。



多次加密在有更安全的優點下，同時也有花費時間過多的影響，除了上面圖表中的二次及三次以外，我們也有做更多次的測試，舉例來說加密僅僅兩個字五次就要花30秒，若要加密七次甚至要花2分鐘，所以它的應用可能會受限。

陸、討論

至於轉換時間偏長的問題我們認為這依然是可以解決的，由於時間因素，這次我們的程式幾乎都是使用.Net內建的搜尋函數和資料結構，因此不能依據自己的需求調整。未來我們將按照我們的需求設計搜尋函數以及資料結構，再加上分散式運算，我們相信時間將能進一步壓縮。

關於成果我們發現經過大量測試之後，字數和所需時間呈現接近正比的關係，不會因字數而有過度膨脹的時間複雜度。不過我們測試過許多不同的類別的語詞發現有些類別的詞受限於資料庫，正確率不高，例如詩詞類的語詞，同時我們發現越文言的詩詞越容易出錯，歸根究柢是資料庫沒有相關的詞的原因，我們也不可能無限擴充資料庫，於是我們希望之後能利用自然語言處理的方式結合機器學習，能讓斷詞更加省時—我們現在是利用類似「窮舉」的方式斷詞，自然耗時又易錯—並且讓我們不必因為語言習慣的改變而時時調整資料庫 - 程式將幫我們完成這一點。

延伸應用的部份除了前述的機器學習和自然語言之外，我們希望最終能讓她能加密一篇文章，當然，在這之前必須先解決效率和正確率的問題，同時我們也希望能融合雲端的技術，讓她更有實用性。另外，我們也能針對「語言」這個部份做延伸，我們目前比較成熟的想法是希望能發展出不同的方言的加密方式，例如廣東話之類的，當然目前尚處於構想階段，但我們相信既然能解決「普通話」的加密，廣東話也不是難事，只要掌握規則便行。

柒、結論

- 一、資料庫的設計將影響轉換的正確率
- 二、在資料庫被駭入時，可透過更改資料庫避免資料被竊取
- 三、轉換的字數與所需時間有一定的關係
- 四、字數與正確率沒有一定的關聯性
- 五、語詞類型會影響轉換速率
- 六、確認了反切音在密碼應用上的可能性

捌、參考資料及其他

- (一) 字字珠璣中研院搜詞尋字造詞搜尋 <http://words.sinica.edu.tw/sou/>
- (二) 中研院現代漢語語料庫詞頻統計 <https://tinyurl.com/cssvz2p>
- (三) 國科會數位博物館先導計畫-- 搜文解字 <http://words.sinica.edu.tw/>
- (四) 新酷音輸入法 <http://chewing.im/>
- (五) 陳雅萍-《字彙》反切音系研究 <https://tinyurl.com/y7rpm4q4>