

摘要：

日常生活中，有許多便利的產品，其中可能隱藏些有趣的科學原理，我們發現有一個有趣的產品，就是加裝在水壺瓶口的防漏網。當水壺傾倒時，我們通常必須趕緊正立水壺，才不會讓水繼續流出水壺外；但這個動作要非常快，還得翻正水壺，不能顛倒正立水壺。所以這個設計的號處就是，只要是正立的狀態，不管瓶口朝上或朝下，水都不易流出瓶外。

我們所設計的實驗就是利用不同的砂網測試水壺倒過來不會漏水，砂網的目數有大有小，我們自己去找了多種網子，並且弄出了幾個杯子和圈圈，我們依序把它裝好，並進行水瓶倒過來不漏水實驗。

我們每一組實驗都做 10 次，包含五種不同的砂網及兩種口徑的水瓶，將數據平均的結果如下：

網子密度高，漏的水會比較少；網子密度低，漏的水會比較多，網子密度高，漏的時間會比較短；網子密度低，漏的時間會比較多。

瓶口口徑較大，會比較慢停；瓶口口徑較小，會比較快停，所以瓶口口徑比較大，會漏比較多的水；瓶口口徑較小，會漏的比較少。

所以，網子密度高加上瓶口口徑較小會比較快停、漏出的水量也會比較少；而網子密度低，加上瓶口口徑較大者，漏水時間會比較慢停、也會漏出比較多的水量。

壹、研究動機

日常生活中，常有一些貼心設計的產品，市面上販賣的水壺中，有些會加裝網子，網子的功能是為了防止水瓶翻倒而漏水，這裡頭靠水的特性與網格一起來抵抗地心引力，但我們發現稍微傾斜瓶身，水仍會外漏，一定要正立倒放，網格才能阻止水流出水瓶。這個設計方便人們飲用，又可以在發生意外翻倒時，防止瓶內水大量流出。

貳、研究目的

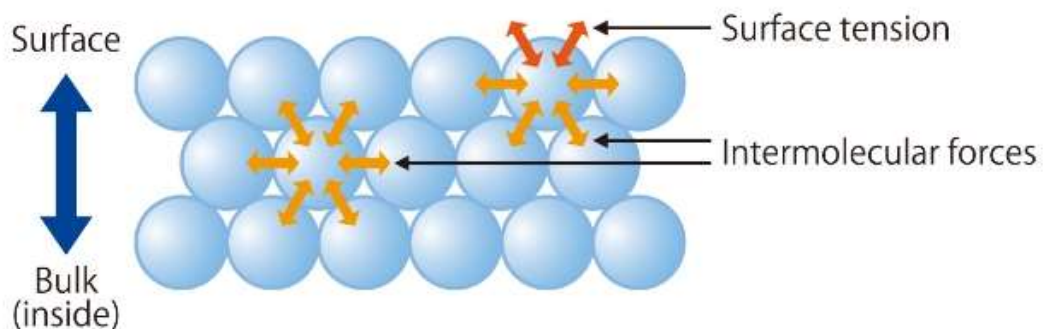
為了探討其中的原理，我們找尋國中理化課程內容中，水的特性及不同疏密程度的網子，接著模擬當水瓶傾倒時，快速地正立水瓶後，漏水的情形。因此我們想了解不同網格密度對於漏水情形的影響，再進一步比較水瓶口徑與水瓶體積是否會影響漏水量多寡。

參、研究原理回顧

(一) 水的特性

水分子間可以用電吸引力互相緊緊抓住，吸引力是氫鍵所造成的，對水來說，吸引力就是指內聚力。而水分子與其他材料經由附著力相互作用，也具有吸引力，內聚力與附著力的作用是動態的。

液態水的表面就像彈性薄膜，就是所謂的表面張力，其也是由氫鍵引起的現象。原因是水分子皆會受周圍最近的分子吸引，每個方向都會有氫鍵作用；但最表面的水分子沒有來自上方水分子的拉力，因此只剩來自下方水分子的拉力，把表面水分子往下拉的力量，會使液體表面積來到最小，所以，液體表面就會形成緊繃的彈性薄膜。

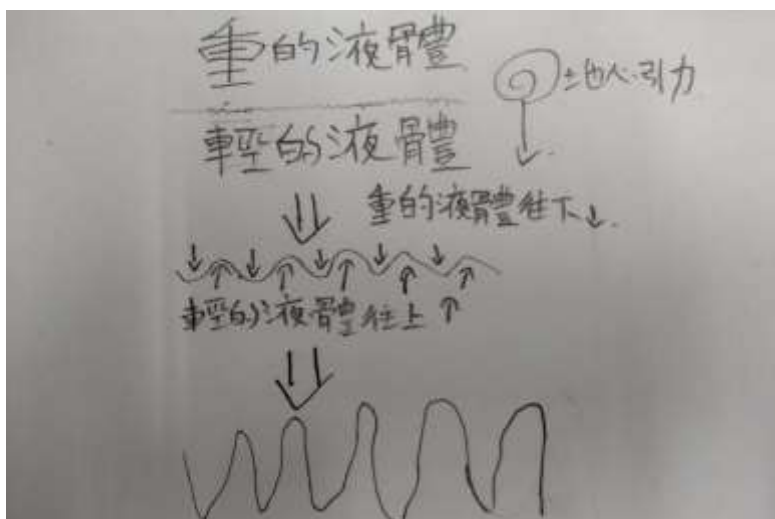


圖一：水分子內聚力示意圖。

本研究的實驗原理很類似表面張力，不同於毛細作用附著力大於內聚力；利用細小網格與水分子間作用力(附著力)，以及液體表面水分子內聚力不平衡，所形成的表面張力，使水瓶內的水無法突破加固的網水薄膜，而無法流出水瓶。

(二) 瑞利-泰勒不穩定性

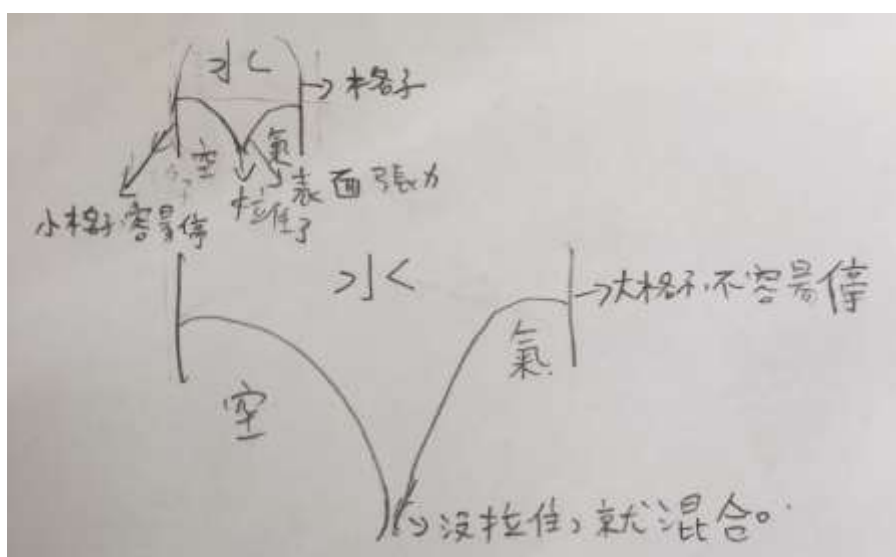
萬物皆會受地心引力影響，而自然下墜。兩種不同的液體，如果重的液體(密度高)在上面，輕的液體(密度低)在下面的話，重的液體會往下跑，輕的則是往上跑。受重力影響會造成不規則的漣漪，本來之間的一層表面張力會有一丁點的晃動，一晃動就會漸漸被放大，一直放大到最後就會使兩種液體全部混在一起。但是，如果輕的液體在上，重的液體在下，則不會發生任何事，因為地心引力會將他壓平。



圖二：重的液體在上輕的液體在下之示意圖。

本實驗上層為水，下層為空氣分子，類似瑞利-泰勒不穩定性，因此藉由網格與水的特性，使表面張力抵抗重力造成的不穩定性。

如果格子越小，越容易停，因為格子小，表面張力的水膜也比較小，表面張力相較穩固，就不會漏水；如果格子越大，越不容易停，因為格子大，表面張力的水膜較薄弱，因此水也比較難停，水分子表面薄膜若沒有形成，就會漏水了。



圖三：網格與水分子間附著力與瑞利-泰勒不穩定性示意圖。

肆、研究設備及流程

(一) 實驗設備及器材

1. 圓形塑膠圈。
2. 各種網子(20, 24, 50, 80, 120 目)。
3. 尺。
4. 大水瓶及小水瓶。
5. 繃帶。
6. 量筒或燒杯。
7. 水。



圖四：網子、塑膠圈、尺及繃帶。 圖五：大、小水瓶及水。

#網的單位：目。

50 目就是指每平方英吋上的孔眼是 50 個，500 目就是 500 個，目數越高，孔眼越多。除了表示篩網的孔眼外，它同時用於表示能夠通過篩網的粒子的粒徑，目數越高，粒徑越小。

目数	毫米	目数	毫米	目数	毫米	目数	毫米
2.5	8.00	12	1.40	60	0.250	270	0.053
3	6.70	14	1.18	65	0.212	325	0.045
4	4.75	16	1.00	80	0.180	400	0.038
5	4.00	20	0.85	100	0.150	500	0.031
6	3.35	24	0.71	115	0.125	600	0.025
7	2.80	28	0.60	150	0.106	800	0.019
8	2.36	32	0.50	170	0.090	1000	0.015
9	2.00	35	0.425	200	0.075	1500	0.010
10	1.70	48	0.300	250	0.063	3000	0.005

表一：我國通常使用的篩網目數與粒徑 (μm) 對照表。

(二) 實驗流程

1. 裝水至瓶中：大水瓶為 600ml，小水瓶 300ml。如圖六。
2. 量水高或參考瓶身水量。如圖七。
3. 加裝網子於瓶口。如圖八。
4. 迅速倒翻水瓶，量測流出水量及停水時間。如圖九及圖十。
5. 紀錄水量及時間。如圖十一。



圖六。



圖七。



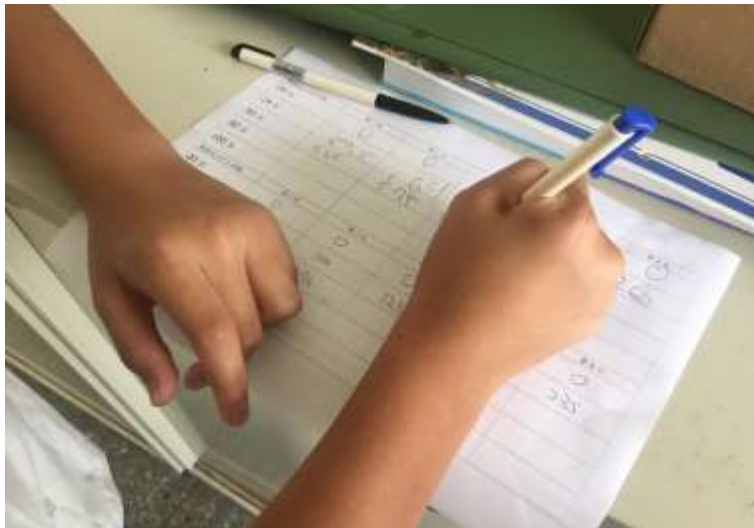
圖八。



圖九。



圖十。



圖十一。

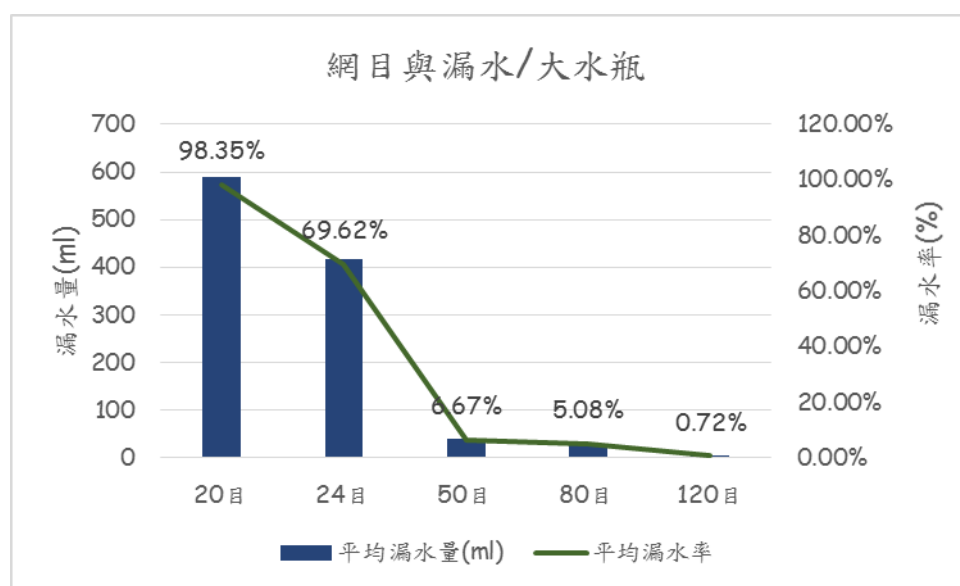
伍、實驗數據與結果

(一) 大水瓶(600ml)：不同網目與漏水情形比較。

根據表二，網目越小，漏掉的水量越多；網目越高，漏掉的水量也就越少。20目時漏水率高達 98.35%；24目時漏水率已經來到 69.62%；50目開始，漏水率降低至 10%以下，來到 6.67%；到了 80目，漏水率只剩 5.08%，甚至到 120目時，漏水率只有 0.72%，接近滴水不漏。由圖十二可清楚發現，50目時，漏水率明顯快速降至低點，之後至 120目呈現緩緩下降的趨勢。

大水瓶 (600ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 漏水量	平均 漏水率
20目	600	600	536	600	600	600	600	565	600	600	590.1	98.35%
24目	565	412.5	533	430	345	512.5	431	377	231	340	417.7	69.62%
50目	17	110	25	47	53	35	26	25	32	30	40	6.67%
80目	16	14	34	14	9	100	35	55	23	5	30.5	5.08%
120目	6	6	7	6	9	4	0	0	5	0	4.3	0.72%

表二：不同網目與漏水程度，單位：ml。



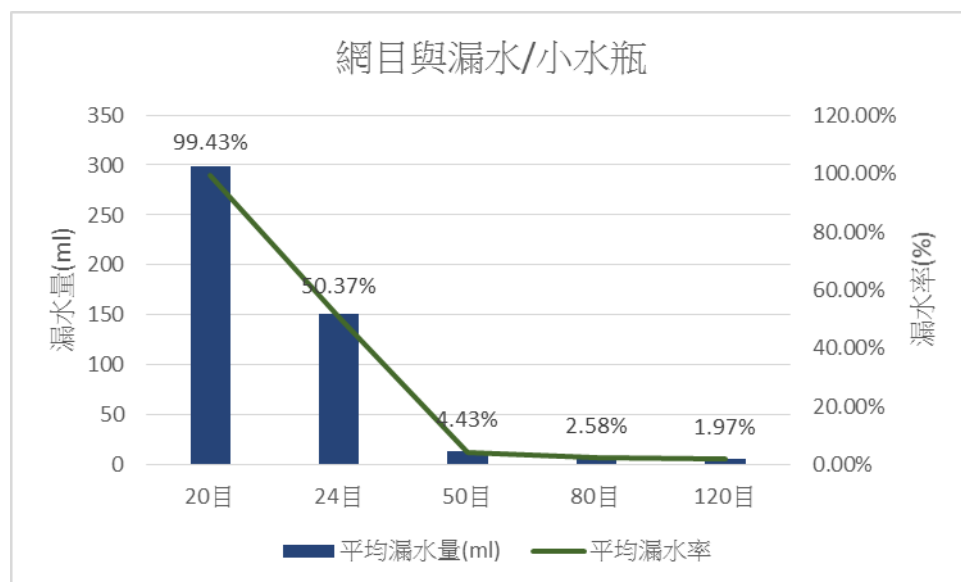
圖十二：大水瓶之網目與漏水程度。

(二) 小水瓶(300ml)：不同網目與漏水情形比較。

根據表三，小水瓶與大水瓶有類似的趨勢，50 網目似乎為一個分界線，50 網目始，漏水率甚至降低至 5%以下，來到 4.43%，80 目時漏水率來到 2.58%；到 120 網目時，漏水率也接近滴水不漏只剩 1.97%。由圖十三，在 24 目到 50 網目時，與大水瓶有類似漏水情形，漏水率明顯快速降至低點，之後 50 目至 120 網目也都呈現緩緩下降的趨勢。

小水瓶 (300ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 漏水量	平均 漏水率
20 目	283	300	300	300	300	300	300	300	300	300	298.3	99.43%
24 目	239	175	90	92	272	163	200	177	38	65	151.1	50.37%
50 目	0	8	5	12	13	40	24	13	5	13	13.3	4.43%
80 目	15	4	7	17	7	6	2.5	6	5	8	7.75	2.58%
120 目	11	3	3	4	2	20	5	4	3	4	5.9	1.97%

表三：不同網目與漏水程度，單位：ml。



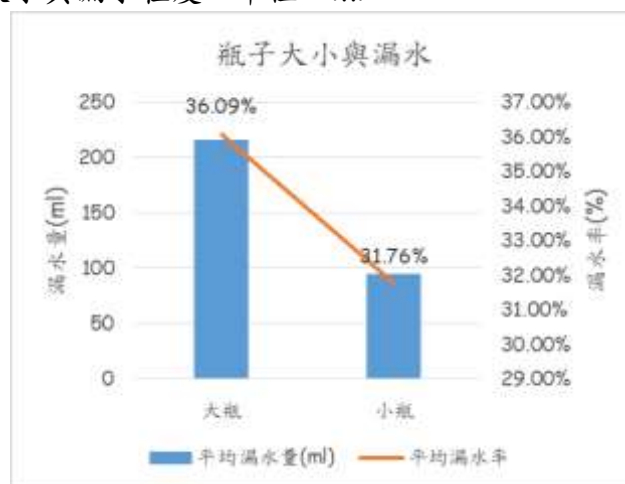
圖十三：小水瓶之網目與漏水程度。

(三) 大、小水瓶漏水情形比較。

根據表四及圖十四，兩者漏水率無明顯差異，落在 31.76%(小水瓶)及 36.09%(大水瓶)，大約於 3 至 4 成間。大瓶子的起始容量是 600ml，小瓶子的起始容量是 300ml，我們從表四來看，大瓶子的平均漏水量大約是 200ml 至 225ml；小瓶子的平均漏水量大約是 75ml 至 100ml，從表四可知，大瓶子的漏水會多於小瓶口。

	平均漏水量(ml)	平均漏水率
大水瓶	216.52	36.09%
小水瓶	95.27	31.76%

表四：水瓶大小與漏水程度，單位：ml。



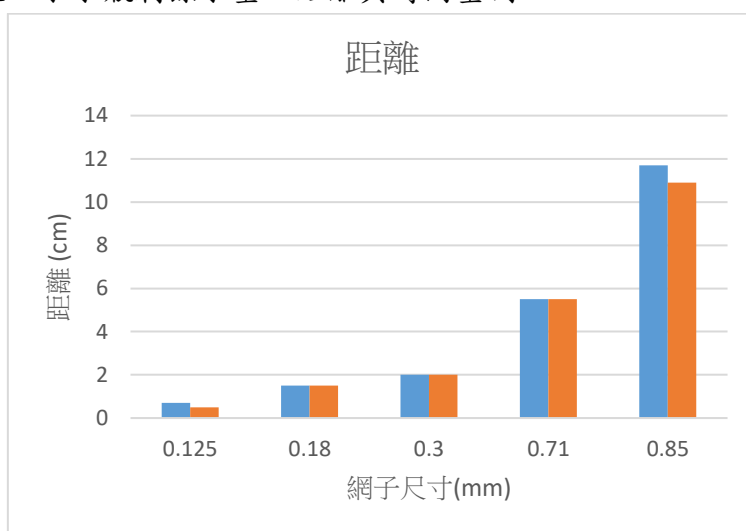
圖十四：水瓶大小與漏水程度。

(四) 大、小水瓶剩餘水高及停水所需時間。

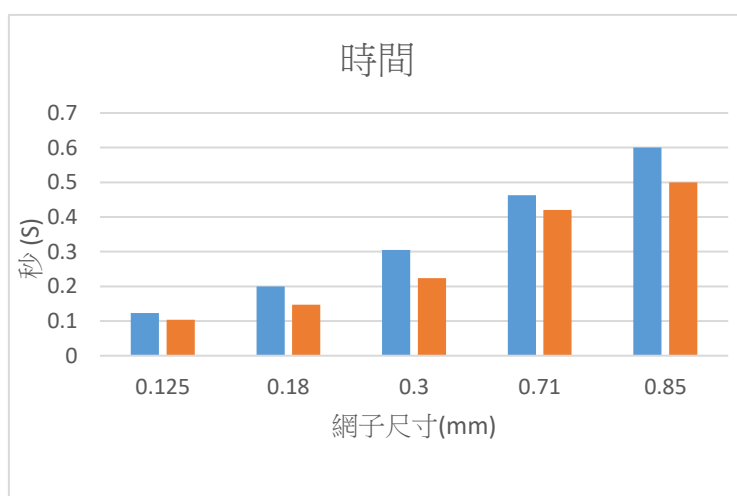
根據表五、圖十五及圖十六可以發現，漏水的時間都不超過1秒，而且瓶口比較大，裡面的網格數目也會比較多，比較多網格數目，會比較慢停下來；瓶口較小，裡面的網格數目也會比較少，所以會比較快停。整體來看，大水瓶和小水瓶的距離和時間差不多，以距離來看網子密度高，比較不會漏水，瓶口小的也漏得比較少。

尺寸		0.125	0.18	0.3	0.71	0.85
網目		120	80	50	24	20
大水瓶	距離 (cm)	0.7	1.5	2	5.5	11.7
	時間 (s)	0.123	0.2	0.305	0.463	0.5
小水瓶	距離 (cm)	0.5	1.5	2	5.5	10.9
	時間 (s)	0.104	0.147	0.224	0.42	0.6

表五：大、小水瓶剩餘水量，距離與時間量測。



圖十五：不同網目與剩餘水高。藍：大水瓶，橘：小水瓶。



圖十六：不同網目與停水時間。藍：大水瓶，橘：小水瓶。

陸、結論

市面上有些水壺會加裝網子，是為了防止意外發生而漏水，而這個設計其實是因為水的特性---「表面張力」及瑞利—泰勒不穩定性等原理。我們藉由實驗快速地翻轉水壺，量測留在水壺內剩餘的水量，以及翻轉至漏水停止的時間等，進而再比較瓶口口徑大小及網格密度對水瓶漏水情形的影響。

從大水瓶實驗來看，20目及24目網子對於漏水的情況，非常明顯，有將近7成以上水壺內的水會流出水瓶；而50目、80目及120目可看出，網子可有效地留住水瓶內的水，漏水量降至總水量1成以下。小水瓶實驗有類似的結果，50目始，可以有效的攔截水流出瓶外。我們認為網格50目以上，便可以有效攔截住水。而大、小水瓶的漏水只有些微差異，平均漏水率分別為36.09%及31.76%。

從原理分析及實驗數據來看，小格子裡的寬度和長度比較短，因此表面張力的水膜會比較小，所以水膜形成的比較快，而水膜較小可容納最大和最小的晃動差異也比較小，也就比較不會漏水；而格子較大，水膜也會比較大，所以形成的比較慢，水膜較大可容納最大和最小的晃動差異會比較大，也就比較容易漏水。瓶口比較大，裡面的網子數目也會比較多，比較多的會比較慢停下來；瓶口較小，裡面的網子數目也會比較少，所以會比較快停。所以網子密度高，比較不會漏水，瓶口小的也漏得比較少。

柒、資料與圖片來源

(一) 參考資料：

1. 蘇卡奇著，蔡信行譯(2016)。觀念化學 II。遠見天下文化出版股份有限公司。
2. 每日頭條，單位「目」到底是個什麼鬼？(3/14,2016)。檢自 <https://ppt.cc/fIYIBx> (4/2,2018)
3. 維基百科，瑞利-泰勒不穩定性(3/29,2018)。檢自 <https://ppt.cc/fWwKxx> (4/2,2018)

(二) 圖片來源：

1. 圖一：精準股份有限公司，何謂表面張力？檢自 <https://ppt.cc/fQHpNx> (4/2,2018)