

投稿類別：物理類

篇名：  
非牛頓流體的奧妙

作者：  
趙瑩珊。台中市立惠文高中。高二6班。

指導老師：  
張小琪

## 壹●前言

有一次在電視上看到有人在一種白色的漿上跑來跑去像輕功水上漂一樣，我感到很訝異同時也很感興趣，後來發現那是玉米粉加水所形成的一非牛頓流體，在更進一步的研究之後發現：非牛頓流體在用力施力時會呈固體；緩緩施力時會呈液體，這其實就是”擴溶現象”，我也利用這種原理做了實驗。以下為研究大綱：

一、非牛頓流體之定義

二、非牛頓流體之深入介紹

三、非牛頓流體實驗及照片

四、實驗結果

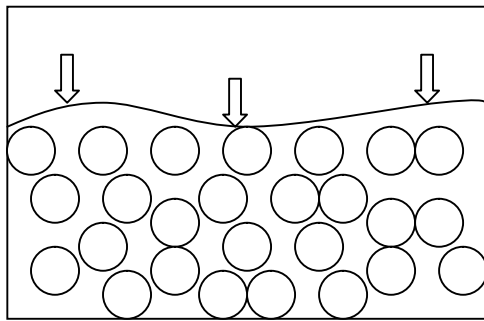
## 貳●正文

一、非牛頓流體之定義

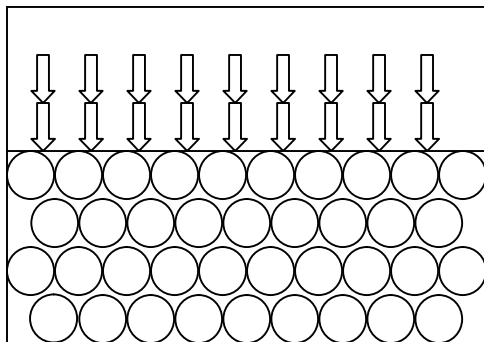
簡單來說：「非牛頓流體（Non-Newtonian）在受到來自側面的推力時，形狀變化快慢的程度會和施力大小成反比。」而擴溶現象（dilatant fluid）是非牛頓流體的一個類型，也稱為剪切稠化流體（shear thickening fluid）含有分子的飽和溶液，當我們緩慢施力的時候，澱粉粒子是分散的，所以很容易陷下去；但是用力壓時，澱粉粒子會被擠壓而排列整齊，抵抗外來的力量，這就是擴溶現象的原因。

### 擴溶現象

玉米粉水溶液是一種含有高分子的飽和溶液，當我們緩慢施力的時候，分子是分散的，呈現液體的特性（如圖一）；但瞬間施力時，分子會被擠壓而排列整齊，抵抗外來的力量，這種特性，就稱為擴溶現象（如圖二）



(圖一)



(圖二)

(圖片來源：自製)

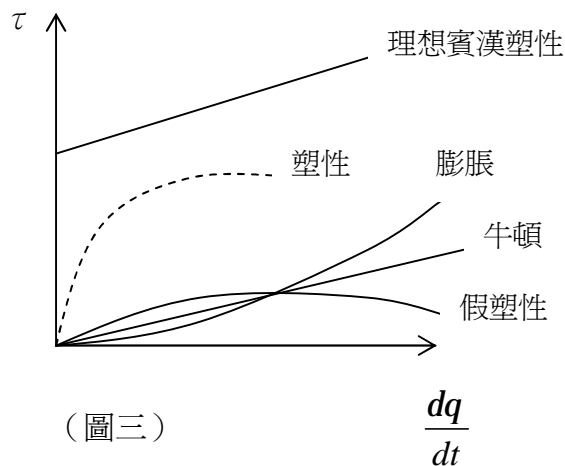
## 二、非牛頓流體之深入介紹

- 〈一〉 **理想賓漢塑性流體** (Bingham plastic fluid): 番茄醬、牙膏、發酵了的麵糰、油漆以及血液。
- 〈二〉 **塑性流體** (plastic fluid): 在受到外力作用時並不立即流動而要等外力增大到某一程度才開始流動的流體。
- 〈三〉 **膨脹流體** (dilatant fluid): 玉米粉漿、矽酸鉀溶液。
- 〈四〉 **假塑性流體** (pseudoplastic fluid): 指無屈服應力，並具有粘度隨剪切速率增加而減小的流動特性的流體，其本構方程為  $r = \eta D (n < 1)$ ， $r$  是剪切應力， $\eta$  是粘度的度量， $D$  是剪切應變速率。例：紙漿、乳膠漆、血漿、糖漿、髮膠、大部份高分子溶液及熔融態。
- 〈五〉 **搖變增黏流體** (rheopectic fluid): 潤滑油、生奶油。
- 〈六〉 **觸變性流體** (thixotropic fluid): 油漆、關節滑液、

泥漿。

「流體本身如果不遵守方程式  $\tau = \mu \frac{dq}{dt} = \frac{du}{dy}$  (註1) 之線性關係，我們稱之為非牛頓流體 (Non-Newtonian) 或考慮它是流變學 (rheology)」(資料來源：基本流體力學) (註1： $\tau$ ：剪應力， $\mu$ ：黏滯係數， $dq$ ：應變角， $\frac{dq}{dt}$ ：剪應變率， $\frac{du}{dy}$ ：應變率)

比較四種非牛頓流體 (見圖三)，一個應力脹大 (shear-thickening) 之流體隨著施加之應力增加，則阻力增加；而對一種應力縮小 (shear-thinning) 之流體，即假塑性 (pseudoplastic fluid) 之流體隨著施加之力之增加，則阻力減少。如果變薄 (thinning) 效應非常強烈，如圖之虛線表示，表塑性流體 (plastic fluid)。最極限之狀況為一定要給定一定的施力 (yield stress) 才能使此一流體產生流動，此類稱之為理想賓漢塑性流體 (Bingham plastic fluid) 例如：牙膏、番茄醬。流變學廣泛研究各種物質的流動與變形，例如：塑膠、血液、懸浮液、油漆等。



(圖三) (資料來源：基本流體力學 (上))

### 三、非牛頓流體實驗及照片

## 非牛頓流體的奧妙

(一) 先以玉米粉：水→5：3的比例調出適當濃度的玉米粉漿。



(二) 爲了證實玉米粉漿受力會呈固體，我先用拳頭大力打它，結果發現拳頭並沒沾滿很多玉米粉漿，表示玉米粉漿非液態，且打到玉米粉漿那刻我覺得玉米粉漿是硬的，像固態一樣。



(三) 接下來，我拿起一坨玉米粉漿在手心用力捏，發現它是黏稠狀的固態；而一旦我不對玉米粉漿施力，玉米粉漿便迅速變回液態從我手心流走。



(圖片來源：自行實驗整理)

#### 四、實驗結果

由實驗得知，日常生活中隨手可得的東西就有非牛頓流體的存在，實驗也證明了非牛頓流體的特性，輕輕接觸時像液體；用力於表面則會產生抗力，顯現固體一般的剛性。而太白粉水會變軟硬的原理是因為太白粉和番薯粉是水合，如果在水量少的情況下，加壓後會造成粉和水分離，所以在加壓的情況下會變成固體，壓力移除後就變回糊狀。

#### 參●結論

經過了實驗及資料的查詢，我發現有許多生活中常見的東西其實都是非牛頓流體，且根據非牛頓流體的特性，輕功水上漂不再是難事，調出一大桶的玉米粉漿，然後在上面連續踩踏，這便是輕功水上漂。

同時，非牛頓牛體也能當作防彈衣的材料，但要抵擋高速子彈的撞擊，防彈衣必須具有一定的延展性，俗話說：柔弱勝剛強，過於堅硬缺乏柔韌的特性的質料，反而容易碎裂；另一方面，根據質量守恆定律，子彈的動能在接觸防彈衣時，並不會消失，而是會轉變成熱能，因此防彈衣必須要有很好的散熱性，才能把高熱散去。由此可知，本次實驗的玉米粉漿是不符合的！

非牛頓流體真的很神奇，用力施力與緩緩施力對於非牛頓流體的狀態的影響是截然不同的，希望未來能研發出更多利用非牛頓流體之特性所製造的產品，防彈衣就是個很好的例子。生活中常出現的非牛頓流體我之前都不知道它們有這麼多特別之處，親自做了實驗才發現：其實，生活週遭有許多自己從未發現的科學，正等著自己去找尋！

#### 肆●引註資料

謝曉星（1991）。**基本流體力學**。台北市：東華

任碩（譯）張俊盛（譯）（1982）。**基本流體力學（上）**。台北市：科技圖書

苗君易（2003）。**流體力學知多少**。台南市：國立成功大學

<http://tw.myblog.yahoo.com/jason-smile/> 流言追追追

<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!pXwue4yIFhav2YOS.v0Afpc-/article?mid=2742> Y a  
h o o 部落格