

## 液態金屬？我們說的可不是水銀！

◎周卓輝

如果一支手機可以像T-1000液態金屬機器人一樣，子彈打不壞，就算摔破了，還能像細胞一般自行修復，那麼，還有什麼科技會比這個更令人驚奇！而蘋果公司又何以要砸重金在液態金屬上面？而液態金屬又是何種神奇物質？液態金屬機器人是小說科幻，還是有可能成真？

出現在「魔鬼終結者2」電影當中的T-1000，被稱為是由模仿合金（mimetic polyalloy）的「液態金屬」所組成，能夠迅速變身，而能做到近乎完美的模仿、偽裝、損害修復；因為可以任意變型，所以被子彈擊中的破壞變型，它都能即時完全回復。

這會成真嗎？「液態金屬」到底是何物？它有這麼神奇嗎？

### 液態金屬手機

2014年5月28日，富士的報導說，從四則蘋果的新聞或許可以看出，到底是什麼亮點，將使下一代的iPhone手機，iPhone-6或iPhone-Air，顯得真正的獨特。首先，就在5月27日，蘋果公司剛獲得美國第8738104號專利「Methods and systems for integrally trapping a glass insert in a metal bezel」；這項專利，是有關將玻璃襯片，一體式地嵌入金屬邊框的方法和系統。這是否意味著，iPhone的玻璃面板將可無縫地直接包在液態金屬做的邊框內？的確耐人尋味。

換句話說，液態金屬手機和液態金屬機器人，幾乎完全無關；所謂的液態金屬手機，僅僅是有一個液態金屬材料做的手機邊框，而非可以任意變形或自行修復。

### 液態金屬到底是什麼金屬？

液態金屬不是液態，也不是「一種」金屬；事實上，它是固態，而且是一種合金，一種由多種金屬組合而成的合金。

液態金屬，英文叫做Liquidmetal；在通常的狀況下，liquid與metal這兩個字是分開寫的，此時指的是受到高溫加熱之後而熔融為可流動的金屬；但是當這兩個字寫在一起，而且開頭是大寫的時候，Liquidmetal就有完全不同的意涵。實用上，特別在室溫下，它是固態的；當科學家把幾種金屬混在一起，尤其是使用很多種類金屬的時候，原本個別的金屬原子可以形成大尺寸、高度規則、結晶結構的機會遭致破壞，而至只有碎小的晶粒產生；因此，其名稱當中雖然包含了「液態」，但在常溫下卻是不折不扣的固體。由於像玻璃材料的結構一樣，沒有規則，所以這類物質也叫做金屬型玻璃（metallic glass）、玻璃型金屬（glassy metal）或非晶質金屬（amorphous metal）。

然而，碎小的晶粒甚至是完全不規則的結構，有時反而會使此等材料產生非常特殊的性質，像是極高的機械強度；若是加入硬質金屬，則可做為彈頭材料，或是高爾夫球桿的桿頭。

### LiquidmetalR是一商品名稱

LiquidmetalR其實也是一種商品名稱，乃是加州理工學院研究團隊開發出來的非晶態金屬合金；除了是商品名稱之外，Liquidmetal亦為商標名稱，目前由該團隊所組成的液態金屬科技公司進行行銷。

### 液態金屬是一種含有多元金屬的合金

學術上，混合兩種或兩種以上金屬所形成的材料，叫做二元合金或多元合金；為了探索並衍生材質特殊的新材料，使用三種或是更多的金屬元素混搭，便在許多實驗室熱烈地推展開來。

近幾年來多元（高元）合金，或叫作高熵（音勿一）合金，便創造出傳統金屬材料前所未見的亮麗未來；其中，「熵（entropy）」指的就是「亂度」，「高熵」指的就是高亂度！但由於成分的增加，使得加工的複雜程度提高，大量生產較為困難；因此，此等材料的價格遠高於一般合金，目前以少量、高附價的用途為主。

### LiquidmetalR的成份

現有市場常見的LiquidmetalR，由五種金屬組成，如附表格所示。最早期的液態金屬（Vitreloy 1/Vit4）包括：鋅、鈹、鈦、銅、鎳；接著的Vit105，則含有：鋅、鈦、銅、鎳、鋁；Vit106a，則含有：鋅、銅、鎳、鋁、鈮。此等液態金屬所訴求的，乃是高硬度、高彈性、高抗蝕性等；由於摻入低熔點（攝氏1085度）的銅，使它們的熔點為傳統鈦合金的一半，冷卻後的硬度卻比不銹鋼高出三倍以上。

Liquidmetal (液態金屬) 使用的金屬成分與比例										
各相關元素的特性與價格					Vit1	Vit4	Vit 105	Vit 106a		
元素	半徑	熔點	硬度	美元/噸	成分比例 (%)					
銮 (Zr)	pm -155	oK -2128	Mohs -5.0	-	41.20	46.75	52.50	58.50		
鈹 (Be)	105	1560	5.5	-	22.50	27.50	X	X		
鈦 (Ti)	140	1941	1.0	15700	13.80	8.25	5.00	X		
銅 (Cu)	135	1358	3.0	5279	12.50	7.50	17.90	15.60		
鎳 (Ni)	135	1728	4.0	14398	10.00	10.00	14.60	12.80		
鋁 (Al)	125	933	3.0	1425	X	X	10.00	10.30		
鈮 (Nb)	146	2750	6.0	-	X	X	X	2.80		

LiquidmetalR的成份

## 液態金屬的特性

### 一、結構密實

「液態金屬」或「玻璃態金屬」這種高元素合金，內含多種原子；利用這些原子的差異特性以及含量比例的調控，則可以形成結構密實的混合物。試著想像一下：一個裝滿大鋼珠的容器，可以再在大鋼珠的空隙中，填入小鋼珠；大小鋼珠中間的空隙，可以再填入更細小的沙子或珠子；依此類推，在相同的外表空間內，特別是在大晶粒之間，可以再填入細小的晶粒或是顆粒，因而可以更有效地填實。

### 二、強度超群

液態金屬的降服強度達1,600MPa（百萬帕），比高強度鈦合金的強度還強；高強度鈦（Ti-6AL-4V）的降服強度為830百萬帕，極限抗拉強度為900百萬帕。但是像大多數玻璃一樣，液態金屬合金的極限拉伸強度與降服強度幾乎相同；這意味著它不會產生塑性變形，卻會脆裂！只是，它仍保有2%的彈性變形量；在不超過這個極限的前提下，它的強度依然超群，所以被英國石油公司用於鑽油平臺的鑽頭上。

### 三、耐刮耐磨

現有的液態金屬以銮為主要的組成元素，它在5種金屬元素中占有比率達40%到60%。由於銮金屬極其堅硬，再加上其他元素的介入，防止了銮晶粒的滑動，所以此等液態金屬堅硬異常，以致非常耐刮。

液態金屬001B的硬度值是550維氏（HRC52），比常見的金屬合金更硬，例如壓鑄合金的硬度可達130維氏，鈦（Ti-6AL-4V）340維氏，不銹鋼（17-4 PH值）325維氏。

### 四、光滑—超級平滑的表面

液態金屬物件的表面，超乎想像的平滑！其表面粗糙度約在0.025到0.05微米；而金屬射出模製與膜口鑄造的粗糙度，則在0.4到3.2微米。因為光滑又耐刮，液態金屬常用在HEAD的滑雪板上。

### 五、像玻璃一樣沒有固定的熔點

跟傳統單一元素的金屬不同，液態金屬沒有明顯的熔點。

玻璃態金屬在受熱逐漸升溫的時候，不會在一特定的熔點下，突然由規則、堅硬的固體轉為無規則、可流動的液體；相對地，玻璃態金屬受熱熔融的特性比較像玻璃，亦即隨著溫度的升高，先是逐漸的變軟，再逐漸的變黏，最後才是像液體般流動。

### 六、超級精準的加工性

在加工的時候，材料需要先加熱至熔融，才能在模子裡成形；在成型之後，便是降溫、定型；當溫度才稍稍降低到熔點以下，金屬便會因為結晶化而在瞬間發生顯著的體積收縮；因為此一驟然的體積變化，一則容易造成尺寸的控制失準，二則容易造成巨大的內在應力。

相反地，玻璃態金屬在降溫的時候，一直到完全固化之前，仍然可以在一大段的溫度區間裡，維持著高度的可塑性；同時間，它的體積乃是慢慢地收縮；因為收縮速率極低，所以玻璃態金屬冷卻凝固的收縮率只有0.2%，一般金屬模具鑄造的收縮率則大於0.6%；若是使用傳統的金屬射出模製，從綠態（green state）燒結下來，尺寸收縮率可以高到15%至20%。由於玻璃態金屬冷卻凝固的速度較慢許多，除可精準控制加工的尺寸之外，其間的內在應力也較容易釋放，而所製產品較不易翹曲、變形；因此LiquidmetalR可用以製造極精細又有足夠機械強度的零件，而其厚度則可以薄到0.1毫米（0.01公分）。

## 液態金屬的用途

## 一、航太

LiquidmetalR合金正在接受一家航太／國防公司的測試和認證，檢視能否取代像是在機翼控制面的昂貴數控機床零件，以充分利用Liquidmetal合金最接近淨形（Nearest-to-Net shape）的能力。此外，液態金屬業用在NASA-創世紀太空船的太陽風收集器上。

## 二、軍事—用在美國陸軍穿甲彈的彈頭

美國國防部亦在廣泛研究Liquidmetal合金，研究能否用它做為動力能量穿甲彈（KEP）的衝撞桿，其中KEP正是穿甲彈系統的關鍵組成部分。因為密度的需要，以及容易自行產生尖銳結構的行為，KEP目前採用的是貧鈾（Depleted Uranium）；但基於人員安全與環境友善的理由，美國陸軍正考量使用由液態金屬做的複合材料，而所進行的彈道測試也證明，此一材料具有自銳（self-sharpening）特性。

## 三、體育用品—高爾夫球桿的桿頭

液態金屬的高彈性、強度、形狀記憶、抗刮性和耐腐蝕性，使其成為體育用品應用的理想材料；它的第一個商業用途便是高爾夫球桿的桿頭。在十多年前，由液態金屬技術製作的高爾夫桿早已令人矚目。四、SIM卡推出工具 根據MoneyDJ（財經知識庫）報導：2010年，蘋果以兩千萬美元向液態金屬科技公司購買47項有關液態金屬的專屬專利使用權，其中iPhone SIM卡推出工具，即為第一款蘋果所試用的Liquidmetal產品。

## 五、光學

一個在光學領域領先的公司，正在測試一種使用Liquidmetal合金的複雜光學鏡。由於不規則的原子結構及其精確的射出成型製程，使得液態金屬鏡能夠提供不變形的光學表面，以及不受晶粒影響的反射干擾。液態金屬鏡還具有獨特的能力，使其在加熱成型時，可以形成複雜的形狀和表面，而且獨特保有其原有的拋光亮面。

## 六、醫療器材

Liquidmetal合金的彈性和形狀記憶特性，使它可以應用在微型夾鉗。以液態金屬合金製造的微型夾鉗，其可施加的力道，不會隨著時間的增長而降低，不管使用多少次數都一樣。

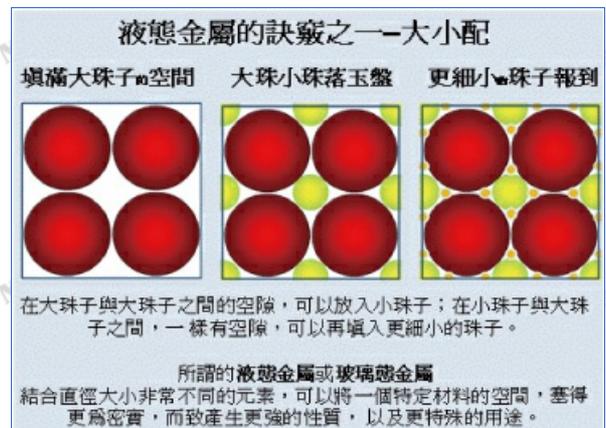
另一個正在探索的高價值裝置，像是Biolase：iLase開發的手持式雷射，便有一個一步到位的液態金屬保護外殼；在非使用液態金屬時，則需要包括加工、拋光、電鍍等多個步驟來完成。

還有一種正在開發的醫學應用，則是使用液態金屬合金「耐用」和「高精準重複性」的優勢。使原本是利用一個小裝置，在有限的誤差容許度下，精確地刺穿一個藥物遞送表面無數次；而此應用則能利用擁有超過六十個相同孔穴的液態金屬射出模具來進行，其中的每個孔穴都是經過精確的設計。



液態金屬做的T-1000—更先進的終結者

（資料出處：[wiki/T-1000#mediaviewer/File:T-1000\\_002.png](http://wiki/T-1000#mediaviewer/File:T-1000_002.png)）



液態金屬的訣竅之一—大小配

（作者為國立清華大學材料與科學工程學系教授）

## 科技新聞摘要

◎林治平

### 餽水油獲新生 轉化飛機燃油

黑心廠商回收餽水油出售牟利，引爆食安危機，不論外食或在家開伙，都難逃吃下噁油的風險。要避免劣油上桌，除了加強追蹤並管制流向外，開發有利可圖的新用途也是可以嘗試的方向。美國飛機製造商波音公司與中國大陸業者即展開實驗計畫，將把大陸稱為「地溝油」的餐飲廢油轉變成生質燃料，用作飛機燃油；設在杭州的工廠初期每年可將24萬公升的廚餘油製造成飛航燃油。

如果這項嘗試將廉價易得的餐飲廢油轉化為燃油的計畫證實可行，在大陸將大有可為，因為波音看好大陸民航市場的發展，估計至2033年時將需要超過6,000架新飛機，而大陸每年產生的餐飲廢油則可生產18億公升的燃油。這種生質燃油符合2011年的國際標準，已用於1,600架次的商業航班，而且比傳統噴射機用油的碳排放量降低50%至80%，除可防廢食用油用於生產有毒的偽劣油，也有助環保減碳。

### 奈米粒子尖兵 早期偵測病癥

健康檢查日漸普遍，有助早期發現癌症和心血管疾病等重大疾病，俾便及早治療。科學家如今正在研究更積極的偵測疾病方式，即以奈米粒子為尖兵，裝在藥丸內吞下後，能在血液內流動，辨識生物化學機制的變化，發現疾病跡象後通報穿戴式裝置。網路業巨擘谷歌公司旗下的實驗室希望研發可讀取這些奈米粒子所傳送訊息的腕戴裝置，每天透過光波或電波讀取，協助醫師偵測人體內剛開始發展的疾病。

奈米粒子非常小，可隨意在血管裡活動，輕易附著在癌細胞等目標細胞上，偵測細胞的狀況。可能的應用包括測試即將破裂的動脈斑塊釋放的酵素，在心臟病發或中風前及早發現，也可觀察手術或化療後癌細胞的狀況。奈米粒子來到癌細胞周邊磁場時，移動的狀況會有不同；軟體可透過研究奈米粒子的移動做出診斷，搭配佩戴裝置，可顯示透過光波或電波等非侵入性偵測方式讀取的數據，供醫師參考。

### 跑步有助延壽 不論長短快慢

運動有益健康人人皆知，但知易行難，研究發現全球有40%至80%的人運動量不夠，據分析部分原因可能是許多人認為標準太難達成，連試都不想試，因此專家建議可先訂定能較輕鬆達到的目標，因為即使是短時間的運動也有益處。美國的研究就發現，若想要延長壽命，每天短跑可能和長跑一樣有效，即使每天只花5到10分鐘跑步，也可能大幅降低心臟病及早逝的風險。

這項研究的追蹤時間長達十五年，對象為德州高達5萬5,000名成年人，平均年齡44歲，約有四分之一為女性；結果發現比起完全沒有跑步的人，常跑步運動者的死亡風險降低30%，心血管疾病也減少45%。平均來說，跑步的人比不跑步的人大約多出三年壽命，而且跑多或跑少，跑快或跑慢，好處都一樣，無論一週跑50分鐘或180分鐘，也不管速度高於或低於每小時10公里，在統計上都沒有重大差別。

### 運動不宜過頭 否則恐反傷身

雖說運動有益，但最近也有研究探索運動量多大會過頭，結果發現運動過度其實反而有害健康，例如每週跑步超過48公里，也就是每天將近7公里，或是每週走路超過74公里，也就是每天超過約10公里，運動獲得的好處就開始減少。原則上運動量越大，因心臟病死亡的風險就越低，但跑步或走路等運動帶來的這種好處並不會不斷累積，而是有其上限，越過限度後好處就可能減少，風險反而增加。

這項研究的對象是2,400名曾經心臟病發但存活下來的患者，值得警惕的是，其中運動量最大的人，罹患心血管疾病的風險在統計上顯著增加，而賽跑似乎也會增加急性心臟病發的風險。專家建議，有心臟病的患者幾乎都應該運動健身，通常一天30至40分鐘，不宜超過太多，尤其不應經常超過60分鐘；至於醫師則建議一般人每週進行2.5小時的溫和運動，或是每週75分鐘的強度運動。

### 輪班超過十年 恐損腦力記憶

工作過勞可能危害健康，上班時間也可能造成影響。研究發現擔任輪班工作超過十年，可能出現腦力與記憶喪失情況，此因這種工作模式會打亂生理時鐘；先前只認為和潰瘍、心血管疾病與某些癌症有關，如今才開始探討對大腦功能的影響。長期輪班工作和認知能力受損似有強烈關聯，相當於和年齡有關的腦部退化提早六年半出現；雖然離開輪班工作後能夠恢復，但至少需要五年時間。

這項研究著重輪班工作的危險性，對象是法國南部各行業三千名現任或退休員工；研究人員過去近二十年間三度測驗他們的長短期記憶能力、大腦處理速度和整體認知功能，對照比較後發現，輪班工作確實和慢性認知功能損害有關。此處所指輪班包括夜班工作和早午晚輪換的班，因此建議要持續關注這類員工的健康狀況。

### 機器人搶飯碗 衝擊漸趨廣泛

經濟不振，人浮於事，薪資低迷，如今機器人又來搶飯碗。法國的研究發現，機器人在十年後恐將搶走約三百萬個工作機會，使法國失業率由目前的10%幾乎倍增到18%；遭取代的工作遍及農業、營建、工業、旅館、公共行政、軍警等，甚至波及白領職業如會計師和記者。此因機器人智能日高，很快就可獨立工作，因此影響非常廣泛，雖也會創造工作機會，但僅約五十萬個，主要分布在環境與新科技。

另一項針對未來工作及辦公場所進行的訪問調查則指出，人工智能將在各行各業掀起革命，未來十至十五年工作模式將發生翻天覆地的改變，2025年時市場上50%的工作種類恐將被電腦淘汰；至2033年時，電話行銷人員等六種工作大都將遭取代，消失比例超過80%，包括銀行櫃檯人員、生產線作業員、餐廳接待員、售票員等客戶服務、程序工作，還有中層管理職位，也將逐漸在市場上「消失」。

The banner features a blue and purple background with a white pill on the left and a white medical cross on the right. The text is centered and reads: "您的孩子還在用「毒品」補身體嗎?" in black, with "毒品" in large red characters. Below this, it says "檢舉藥頭專線 - 0800-024-099 按2" in red.

您的孩子還在用「**毒品**」補身體嗎？

**檢舉藥頭專線 - 0800-024-099 按2**

MJIB

法務部調查局

MJIB

法務部調查局

MJIB

法務部調查局

MJIB

法務部調查局

MJIB

法務部調查局

MJIB

法務部調查局

▲Top