

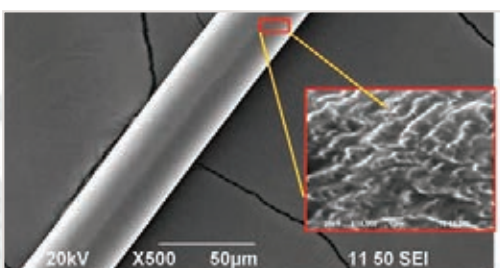
# 仿生科學·蛛網集水

## 總導言

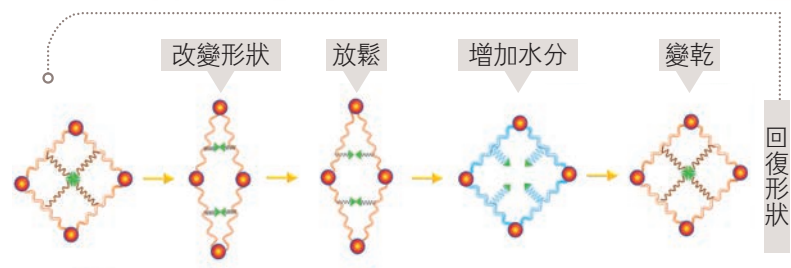
大自然的智慧，是推動科學與文明進步的靈感泉源。鳥兒在天空飛翔、爬蟲類的環境適應力、昆蟲和植物身上的特異現象，生物的奧妙技能深深吸引着人類，費盡心思加以模仿；透過拆解當中的科學原理，開發創新技術重現相關功能並進而解決問題，正正就是仿生學（Bionics, Biomimetics）的核心。

香港文匯報今日起推出系列報道，展示本港科學家如何將仿生學結合新型材料、微型機械人及醫療復康科技，研發突破性的新項目；以科學精神將生命億萬年的演化提煉昇華，重新創造出能貢獻人類大眾的成果。

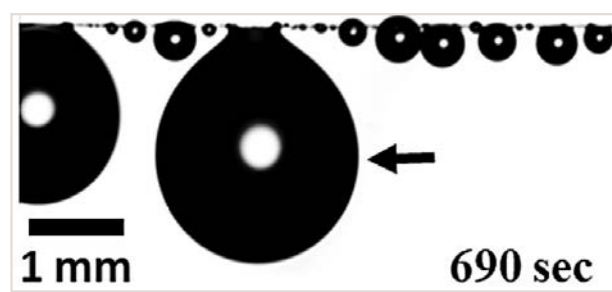
■胡金蓮從事仿生蜘蛛絲研究。  
香港文匯報記者 攝



■放大顯示超強仿生纖維表面。 城大圖片



■研究團隊首次提出仿生蜘蛛絲的濕性形狀記憶分子理論機制。



■水滴在浸過 eMaSp2 的蠶絲上可懸掛 690 秒。

## 基因重組製蛋白 浸漬蠶絲更親水

胡金蓮的團隊就仿生蜘蛛絲研究曾做出多項成果，包括早前研發出一款模擬天然蜘蛛捕絲結構特徵的「全絲蛋白基的人造絲」，比頭髮更輕更幼，其集水效率卻比尼龍人造絲高近100倍。他們下一步將深入研究材料的實際應用，包括考慮可用於沙漠地帶，亦可考慮作為服裝材料，發揮排汗功能。

### 物料夠輕大優勢

團隊先通過基因重組的方式，製備出一種名為「eMaSp2」的重組蜘蛛絲蛋白，跟親水的天然蜘蛛絲糖蛋白相似，因而能夠提升材料的親水性。其後團隊採用浸漬法，將已脫膠的蠶絲浸泡在含有「eMaSp2」的溶液再取出，沾在蠶絲表面的 eMaSp2 會斷開成紡錘狀，形成一個個隔開一定距離的「結」，有如天然蜘蛛絲

上的周期性結節。「這個結構是非常重要的，決定它可以收集更多水分」，胡金蓮分享指，水滴在浸過「eMaSp2」的蠶絲上，可以懸掛690秒才滴下，跟普通蠶絲比較，收集水分體積幾乎強三倍，充分證明「eMaSp2」有助提高水分收集能力。團隊其後翻查文獻，發現「全絲蛋白基人造絲」集水體積，雖然只有現時尼龍人造絲最高紀錄的三分之一，但重量只及252分之一，以集水效率計，較尼龍人造絲高近100倍，「就好比一個拿著小東西不算什麼，但我們就相當於用螞蟻搬起了大東西，比較下就會發現其能力之強。」

胡金蓮續道，輕量毫無疑問是該材料的優勢，「應用可以是幾個方面，例如中國北方很多地方不下雨，去旅遊時晚上就可以收集水，也可用於造衣服排汗。」

■香港文匯報記者 姜嘉軒



■eMaSp2可加強蠶絲的親水性。 香港文匯報記者 攝

## 距離應用多難關 轉化應用靠灣區

仿生蜘蛛絲是潛能龐大的物料，胡金蓮強調，產業化會是其研究的一大目標，惟她坦言當中仍有不少難關尚待克服，包括製作有技術難點，需要時間、經費去一一解決，期望可透過粵港澳大灣區通力合作，開發更多轉化應用技術，讓科研項目得以向產業化目標順利走下去。

「我覺得（現階段的研究）距離應用不是很遠，但也不是特別近」，胡金蓮分享說。她採用的生物學及化學方法去造仿生蜘蛛絲，各自有應用難點，例如前者以基因工程製成的蛋白質，遇水便會不穩定，「衣服經常要洗，加工過程也有水，如果在水裏不穩定，就無法用了。」

至於透過化學合成，胡金蓮相信以此方法應用機會較大，「量產比較容易，結構亦有可能做穩定一點」，然而當中仍有不少工程問題需要克服，性能上亦需要提高，「整體而言，方向是可以走下去的，但還有好多科學技術需要開發。」胡金蓮又表示，未來除了繼續研究仿生蜘蛛絲外，亦會看看天然蜘蛛絲能否開發新產品，「先不論大量生產，但首先可以探討蜘蛛絲能夠做哪些更多事情。」

■香港文匯報記者 姜嘉軒

動漫超級英雄蜘蛛俠除了身手了得，更有着一副精密頭腦，以科學知識設計出擁有多種特性，且堅韌無比的人造蛛絲，助其渡過無數難關，拯救大眾。現實中，蜘蛛絲也是讓無數科學家着迷的研究對象，只因它同時集輕、強、軟等優點於一身。城市大學學者胡金蓮近十年來致力從事仿生蜘蛛絲研究，模擬蛛絲高韌性、形狀記憶和水分收集能力等不同特點，未來期望能以產業化為目標，製作如防彈衣、降落傘等精良產品。

■香港文匯報記者 姜嘉軒

「蜘蛛絲於材料來說，是個很好的模型，可以做出不同結構、性能，很多事情可以做」，城大生物醫學工程學系教授胡金蓮表示，天然蜘蛛絲的功能眾多，具備多樣性、超強韌性、超收縮性等神奇特質，看似簡單的一個蜘蛛網，其實已相當精妙，「蜘蛛網就像房子一樣，看起來沒什麼，但其實是由七種不同類型的蛛絲組成」，當中有些充當「樑柱」，韌性高、可拉伸，也有些易於變形、具備收集水的功能，「捕蟲後會令網變形走樣，但蜘蛛絲有形狀記憶效果，遇水可讓其恢復原狀。」

既然蜘蛛絲優點多多，那為何不直接採集使用？胡金蓮笑言蜘蛛是很「野」的動物，「牠們跟蠶不一樣，蠶食桑葉，而蜘蛛是吃肉的，甚至會互吃，無法飼養」，若說要野外採集，胡金蓮估計做一件衫隨時要用上數千個蜘蛛網，即使做到恐亦萬中無一，極其珍貴，因此讓仿生蜘蛛絲有了研究價值。

胡金蓮研究仿生蜘蛛絲約有十年，其工作涵蓋不同方面，「從（製造）方法上，有用化學合成聚合物方法，也有用到生物方法，透過基因工程讓細胞產生蜘蛛絲蛋白及纖維；從性能上而言，我們主要研究其韌性、形狀記憶和水分收集能力」，其中較近期發表的「全絲蛋白基人造絲」，集水效率是人造尼龍100倍，可望用於戶外例如沙漠收集水分（見另稿）。

專研紡織材料的胡金蓮憶述，過去探索形狀記憶材料的經歷，是她發現蛛絲魅力的契機，「最初我們是做形狀記憶的智能材料，在指定溫度下可變形，而這個變形是可逆的，能恢復原狀的」，後來成功找到了蜘蛛絲。去年她的團隊便受到蜘蛛絲遇水後的超收縮現象啟發，首次就仿生蜘蛛絲的濕度形狀記憶特性建立了理論結構模型，更發現其形狀回復比率達98.5%，較傳統的高分子智能材料更高。

另外，胡金蓮的團隊去年也曾成功製出韌度達到387 MJ/m<sup>2</sup>的仿生合成纖維，比天然蜘蛛絲（180 MJ/m<sup>2</sup>）強韌兩倍多，充分反映其優勢力學性能。

### 輕巧堅韌保護強

事實上，針對蜘蛛絲兼具輕巧和堅韌特性，作為衣服物料將可提供強大的保護能力，「據說英女皇曾有一雙蜘蛛絲手套，那當然可以防割手；以往亦曾有傳聞，有人因穿了蜘蛛絲背心保住一命，中槍後生還」，胡金蓮指，以仿生蜘蛛絲造防彈衣，是很多人希望可以達成的目標，「因它本身會有很多特別要求，需要真正高性能的材料」；另一方面，內地亦有機構找她製作降落傘的材料，足見箇中價值。

## 蜘蛛絲的神奇特性

■多樣性（Diversity）：一個蜘蛛網有七種不同物理性質及用處的蜘蛛絲；例如充當「樑柱」的大壺狀腺絲韌性較高；鞭狀腺絲延展性極高可構成捕捉獵物的螺旋狀絲；而聚狀腺絲則帶黏性，置於螺旋狀絲表面等。

■超強韌性（Super toughness）：蜘蛛絲強度約有1.3GPa，媲美同樣粗幼的優質鋼絲，但延展性則是一般鋼材的30多倍，韌性極高。

■超收縮性（Supercontraction）：當蜘蛛絲暴露於水或濕氣環境中，會收縮高達40%至50%；而收縮後過程亦可逆轉，能通過再牽伸回復到原始長度。



普羅大眾一聽到「仿生蜘蛛絲」科研項目，多少總會跟蜘蛛俠聯想到一起。胡金蓮聽了記者這般說法，亦不禁笑着認同。

「我想會是男孩子較多喜歡蜘蛛俠吧，但的確做了這個（仿生蜘蛛絲）以後，是有多留意相關的東西」，胡金蓮分享，以往只有一回看過蜘蛛俠的電影，而蜘蛛俠所用的蛛絲功能眾多，某程度也是跟現實的蜘蛛絲相似。

那麼對真正的蜘蛛又有何感受呢？胡金蓮形容自己「不怕蜘蛛，但也不愛牠」，她笑言，蜘蛛確實是有獨特魅力，足以讓不少科學家和文藝家為牠着迷，「哪怕是以往很多的文藝作品，包括《西遊記》中的蜘蛛精用網捉人，其實都是根據作者們觀察到的蜘蛛相關情況，而想出來的藝術創作吧。」

■香港文匯報記者 姜嘉軒

