

知識大圖解

HOW IT WORKS



機器人大作戰

機器人有望取代人類、在戰場上衝鋒陷陣

國際中文版 | 英國 FUTURE 集團官方授權

太陽的能量

看科學家 如何在地球上 複製太陽

永續的潔淨能源

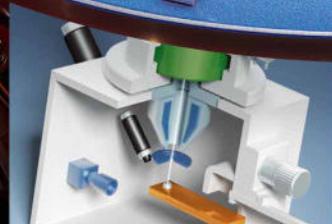
深入瞭解
原子對撞機

看它如何揭開宇宙的未解之謎

LiveABC

生物解毒劑

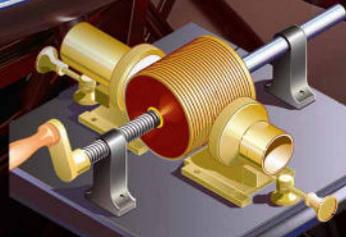
一探幫助人類對抗致命毒素的野生動物



小小的果蠅極可能是尋找抗癌藥物的關鍵



且看老虎習得狩獵與求生技巧的方法



維多利亞時代的發明何以改變我們的生活?

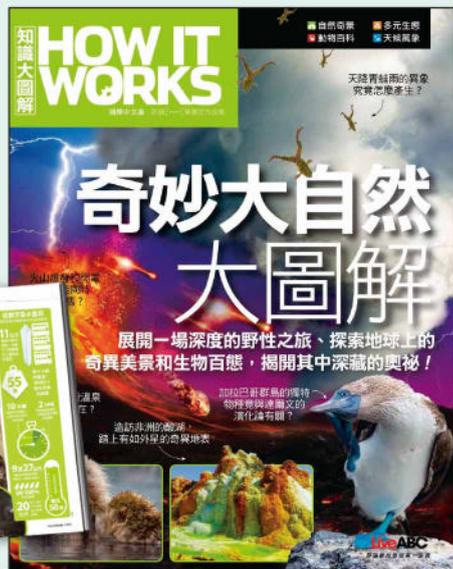
ISSUE 64
2020年1月號
NT\$220
HK\$65



+ 機器人倉庫大觀 倒轉時光之道 太陽系的超級風暴 世界10大危險工作 瓶裝水有可能壞掉嗎?

精選主題

自然奇景
多元生態
動物百科
天候萬象
原價480元



精選主題

趣味科學
食物密碼
原理揭密
透視人體
原價480元



精選主題

太陽系揭密
拓荒之旅
宇宙奇觀
天文探索
原價480元



精選主題

尖端工程
娛樂百匯
電算科學
科技裝置
智慧家庭
原價420元



你要的知識都在這！

趣味科學

×

天文探索

×

當代科技

×

自然奇景

知識大圖解系列套書全 4 本 價值 1,860 元

奇妙大自然大圖解 + 奧妙科學大圖解 + 太空奧秘大圖解 + 當代科技大圖解
本套書由編輯針對不同主題內容，精心挑選集結成冊，包含 87 個大自然現象、102 個有趣的科學知識、133 主題關於神秘的太空探索和 126 個改變你我生活的科技新知。每一篇都以高解析全彩跨頁圖片呈現，輔佐相關數據說明、圖表解說或是穿插大量的實景照片，易讀易懂，不僅幫助學習知識，也是一種閱讀上的視覺娛樂享受，每一本都值得珍藏，更是適合全家大小閱讀的知識寶典！

特價 1,283 元

原價 480+480+420+480=1,860 元

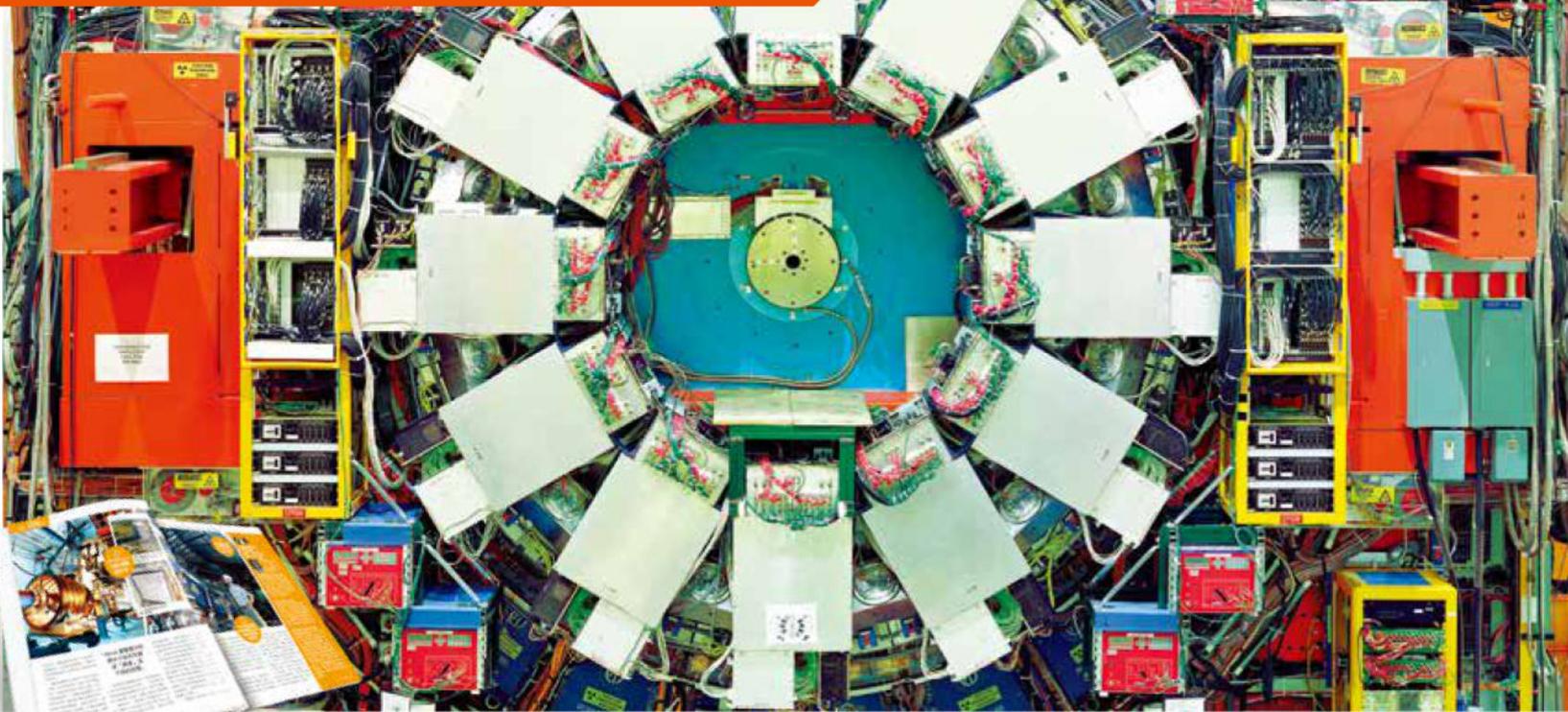


立刻上LiveABC官網訂購



WELCOME

一本滿足你的好奇心與求知慾的知識百科！



「微中子雖無法以肉眼觀察，
但它對宇宙的運行可能至關重要」

一覽原子對撞機內部 第 60 頁

編輯室的話

你是否曾想過：生活中的各式用品是怎麼來的？環顧四周，其實燈泡、電話和馬桶皆源自 19 世紀維多利亞時代的發明。不僅如此，X 光、腳踏車，甚至丹寧褲也是出自當時的智慧。前人為了解決問題、讓生活更加便利，而做出種種嘗試，歷經了無數次的失敗和修正，才得以打造出這些劃時代的發明。翻開歷史單元〈維多利亞時代的遺澤〉(p.78)，便可看到許多就此改變世界的重要發現。有趣的是，有些發明甚至是在偶然下誕生。

其實，為了使生活更便捷，一直有人不遺餘力地突破限制、改變既有規則。多數人皆有線上購物的經驗，在螢幕上按下確認訂單的按鈕後，往往期待商品能盡快送抵。而英國的歐卡多 (Ocado) 線上超市為了更快將商品送至消費者手上，便與劍橋諮詢公司合作開發出一款智能平臺，讓 1000 多具機器人得以在倉庫中高速撿貨，效率之高令人

吃驚，本期的科技單元〈機器人倉庫大觀〉(p.36) 便要帶領讀者造訪這座幾乎「無人」的倉庫，看它究竟如何運作。

以機器人代替人力似乎是未來的趨勢，除了使購物更便捷、操作工廠內的機具和提供醫療照護外，在不久的將來，機器人甚至可能代替人類踏上戰場、衝鋒陷陣。且看〈機器人大作戰〉(p.72) 詳細介紹無人機和模組化機器人。前者的外型可如玩具般精巧，且幾近無聲，易於匿蹤並進行偵察任務；後者則可搭載多種功能，從探查地勢到運送傷患皆難不倒它們，如此便能免去更多人類傷亡，可謂前線士兵的一大福音。

雜誌官網：<http://www.howitworks.com.tw>

讀者服務信箱：howitworks@liveabc.com

[How It Works 知識大圖解](#)

本期精彩內容

雜誌內容分類為以下主要單元：



科學新知

揭開世上最神奇的物理學、化學與生物學新知



環境生態

探索地球上的自然奇景與生物萬象



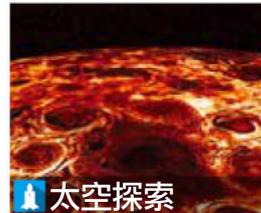
交通運輸

從最快的汽車到最先進的飛機，應有盡有



科技大觀

一窺酷炫裝置與工程奇蹟的運作原理



太空探索

徹底瞭解美妙無比的宇宙世界



歷史回顧

追溯過往，一探過去的世界如何運作

知識大圖解 國際中文版 HOW IT WORKS

發行人 鄭俊琪
社長 阮德恩
總編輯 陳豫弘
執行主編 黃苑婷
編輯 何湘威
美術主編 王雪玲
美術設計 吳佩真
特約翻譯 簡萱靚、李之年、汪 芃
邱彥綸、黃照元、陳義仁
陸維濃、何承恩、林哲安
王惟芬
特約校對 鄭景文、蔡順峯、王維潔

出版
LiveABC 互動英語教學集團
希伯崙股份有限公司
公司門市
台北市松山區八德路三段三十二號十二樓
Tel: (02) 2578-2626
Fax: (02) 2578-5800 (02) 2578-2707
客服信箱: service@liveabc.com
客服專線: (02) 2578-7838
客服時間: 週一至週五 9:00~18:00
法律顧問: 朋博法律事務所 謝佳伯律師
郵政交寄: 中華郵政台北誌字第 2075 號執照登記為雜誌交寄
雜誌信箱: howitworks@liveabc.com
雜誌官網: www.howitworks.com.tw
ISSN/2313-6812

廣告部 | 業務經理 / 宋立智
Tel: (02) 25782626 #219
台灣零售總經銷 | 聯華書報社 (聯豐書報社)
Tel: (02) 2556-9711
校園團訂 | 齊志股份有限公司
Tel: (02) 2660-0608
香港經銷 | 專業訂閱服務有限公司
Tel: (852) 2172-6533
香港訂閱 | Magazines International (Asia) Limited
Tel: (852) 3628-6000

印刷製作 / 科樂印刷事業股份有限公司
版權所有 非經本刊同意不得以任何形式轉載或複製

Cover images Adrain Mann; Nicholas Forder; MOD; Getty; Alamy; NASA
Disclaimer How It Works is published under licence from Future Publishing Limited. All rights in the licensed material, including the name How It Works, belong to Future Publishing Limited and it may not be reproduced, whether in whole or in part, without the prior written consent of Future Publishing Limited. ©2016 Future Publishing Limited. www.futureplc.com



Google Play 電子書版同步上市!

搜尋關鍵字 How It Works 知識大圖解 |

Facebook
How It Works 知識大圖解

Email
howitworks@liveabc.com

下期 精彩預告



測謊機的運作原理

即便未親身經歷過，但在許多影視作品中仍可看到測謊機的使用過程。然而，測謊機的測試方式和可信度卻引發爭議，許多英、美法院亦不將測謊結果當成證據。且來一探究竟。



時空旅行基本指南

以穿越時空為題材的故事不勝枚舉，搭上時光機回到過去、前進未來更是許多人夢寐以求的願望。令人驚喜的是，這一切有可能發生。科學單元下回便要帶讀者深入瞭解時空旅行。



史前巨蟲

若在野外看到放大數倍的馬陸、螞蟻、蠍子和蜻蜓，會是什麼情形？聽起來像是科幻電影的情節，但在數億年前，牠們確實以龐大的身軀活躍於地球上，一起來看看這些奇特的巨蟲。

CONTENTS

特別單元

- 22 太陽的能量
探究地球上生物的能量泉源
- 44 世界 10 大危險工作
直擊得搏命上工的職業

太空探索

- 30 太陽系中的超級風暴
一覽宇宙中許多意想不到的天氣現象
- 34 決定宇宙的大小

科技大觀

- 36 機器人倉庫大觀
一窺人為干預極低的高效倉庫
- 40 倒轉時光之道

環境生態

- 52 動物的解毒妙「劑」
看動物如何抵禦毒咬和針螫
- 56 春天何來？
- 58 老虎如何打獵？

科學新知

- 60 一覽原子對撞機內部
探究欲揭開宇宙謎團的機器
- 66 尋找抗癌藥物
- 68 認識神經細胞
- 68 瓶裝水有可能壞掉嗎？
- 69 什麼是口腔潰瘍？
- 70 科學大人物——塞西莉亞·佩恩-加波施金

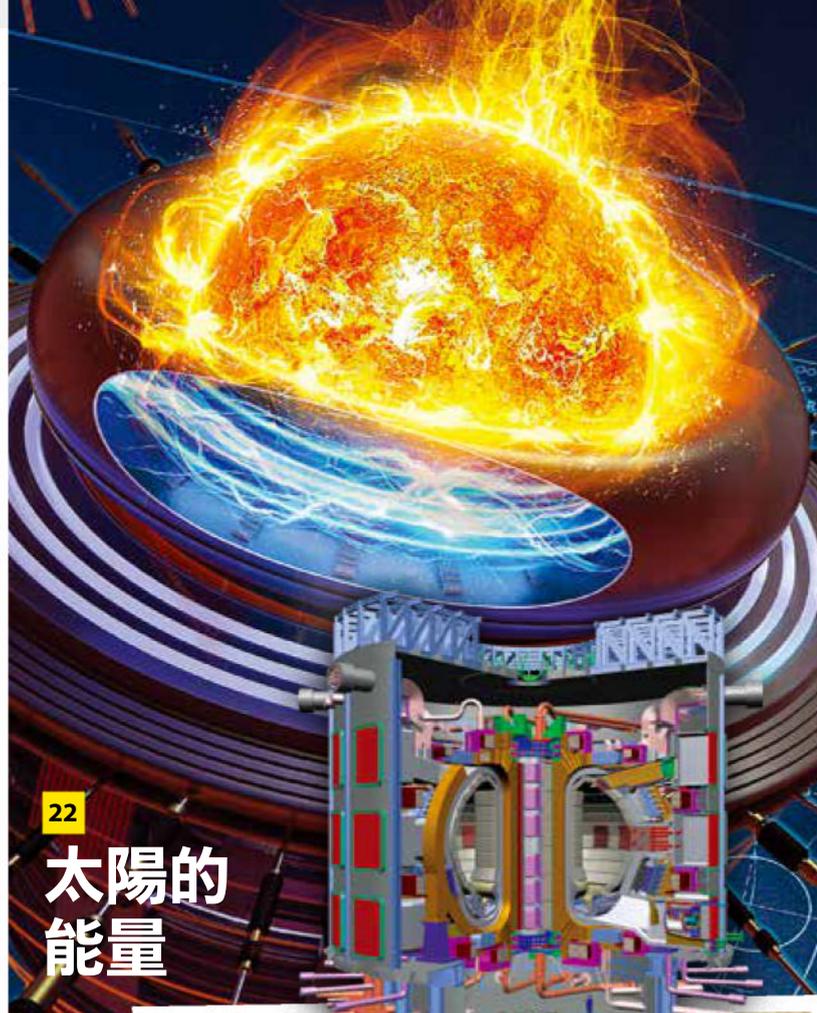
交通運輸

- 72 機器人大作戰
在未來的戰場上，機器人將能為人類士兵抵擋敵方火力
- 76 何謂離子風力飛機？

歷史回顧

- 78 維多利亞時代的遺澤
近 200 年前的許多發明如何形塑了今日的世界

超過 800 個
新奇知識
帶你一睹為快



22
太陽的
能量



60
一覽原子
對撞機內部



52
動物的
解毒妙「劑」

本期專家



詹姆斯·霍頓
James Horton

主攻化學生物與生物技術的詹姆斯目前正在努力攻讀「機器學習與演化理論」的博士學位。



喬安娜·斯塔絲
Joanna Stass

擁有 6 年以上的編輯與寫作經驗，喬安娜對大自然和科技創新領域特別感興趣。



喬蒂·堤莉
Jodie Tyley

從科幻題材、科學真相、英王亨利八世，到動物生態等多元主題都難不倒涉獵廣泛的喬蒂。



強尼·歐卡拉漢
Jonny O'Callaghan

主修天文物理學的強尼熱愛探索太空，將為讀者揭開無垠宇宙中深藏的祕密。



蘿拉·米爾斯
Laura Mears

倫敦大學國王學院生物醫學系畢業、英國劍橋大學碩士。蘿拉除了撰寫科普文章外，亦在修讀博士。



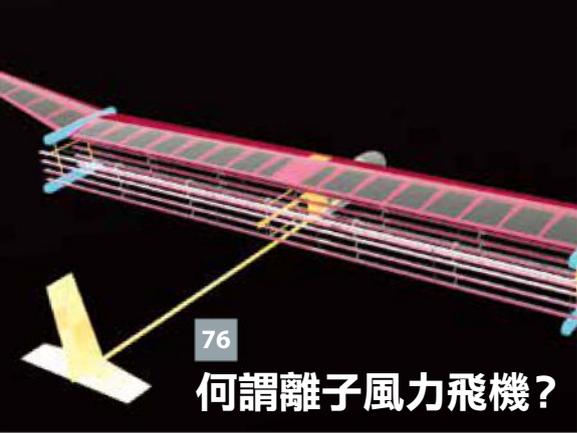
史蒂芬·艾須比
Stephen Ashby

寫作和編輯經歷已逾 7 年之久，史蒂芬對科技與地球科學總是充滿了無盡的好奇心與求知慾。



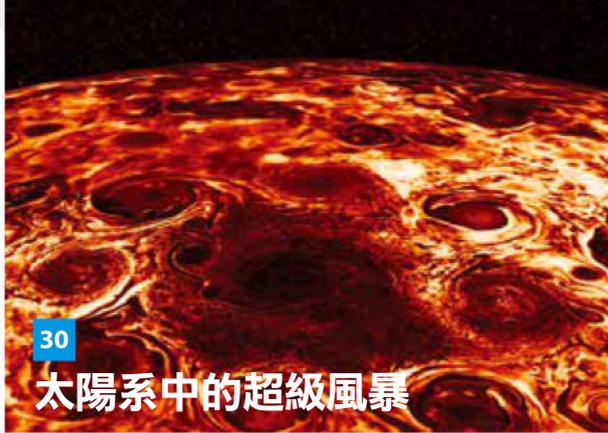
史帝夫·萊特
Steve Wright

史帝夫曾於多家出版社擔任編輯，喜愛回顧歷史的他曾為《All About History》等相關雜誌撰稿。



76

何謂離子風力飛機？



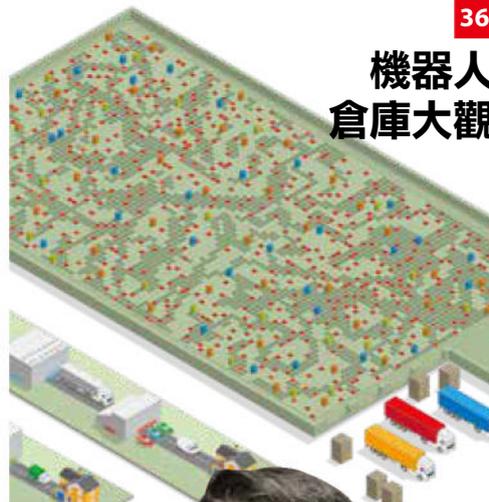
30

太陽系中的超級風暴



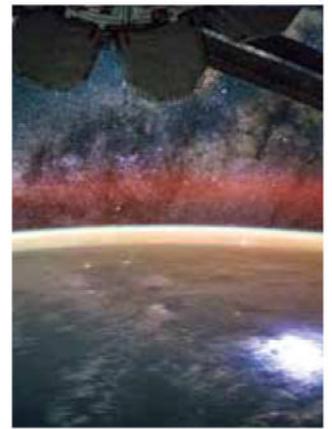
72

機器人 大作戰



36

機器人 倉庫大觀



08

全球瞭望

一覽世界各地令人驚嘆的科學和科技等報導

82

問問題 長知識

讓我們回答各種令你百思不得其解的疑問

88

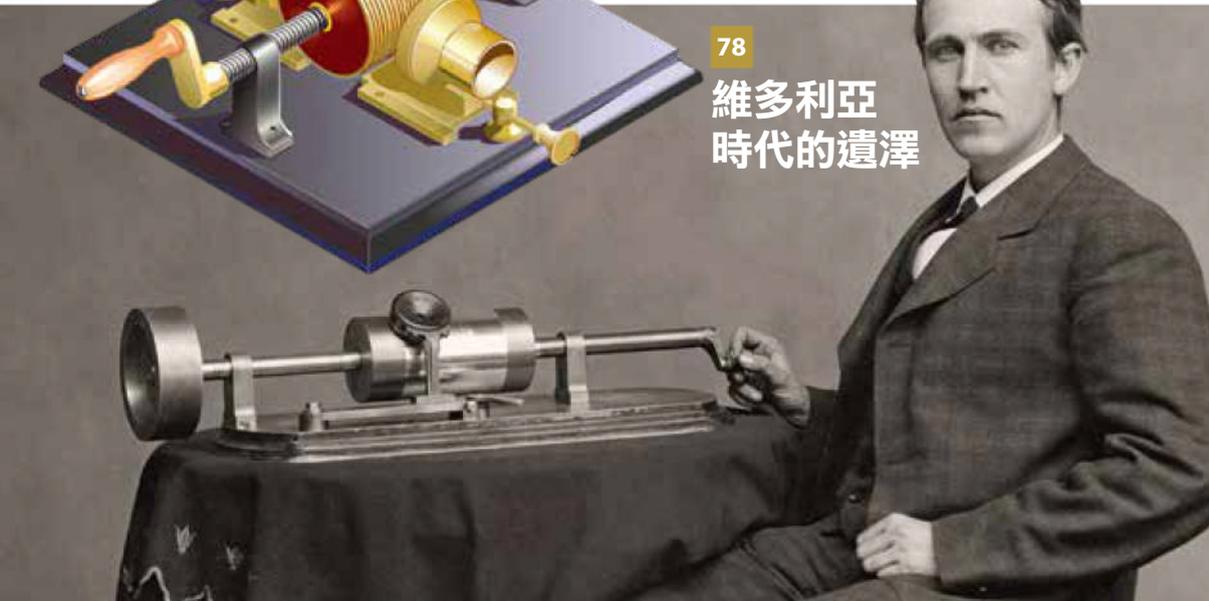
現代人該知道

如何製作會發光的「斷不裂」

89

金頭腦大考驗

看完本期豐富的內容後，小試身手一下，看看你吸收了多少知識吧！



78

維多利亞 時代的遺澤



立即訂閱！

訂閱優惠詳見 p. 93



提姆·威廉森
Tim Williamson

雖然是個標準的軍事迷，但提姆亦在研究不同時代的歷史，好帶領讀者來趟回溯古今的時光之旅。



湯姆·黎恩
Tom Lean

湯姆是大英圖書館的科學史研究員，負責進行口述歷史計畫。首本著作《電子夢》已於 2016 年出版。



李·卡文迪什
Lee Cavendish

觀測天文學系出身的李目前是《All About Space》雜誌的作者，熱衷於觀測星空、探究廣袤的宇宙。



傑克·葛利菲斯
Jack Griffiths

曾為《知識大圖解》一員的傑克現為自由作者，於醫療領域工作，喜愛參加科學、科技相關的媒體活動。



艾咪·葛利斯戴
Amy Grisdale

致力於動物志工服務，艾咪具有豐富的動物和保育知識，且專精於環境方面的各式議題。

100 萬噸的 有毒汙泥

澳洲的大堡礁由 3000 多個珊瑚礁系統所組成，是世界七大美景之一，海洋生態極為豐富，更是唯一能在太空中看見的生命系統。不幸的是，大堡礁現正面臨氣候變遷的威脅，並受到以珊瑚為食的棘冠海星所侵擾。近來，有鑑於澳洲法律的漏洞，鄰近的港口甚至可合法將 100 萬噸的有毒汙泥排放至珊瑚礁群間。







致命的 幅射之花

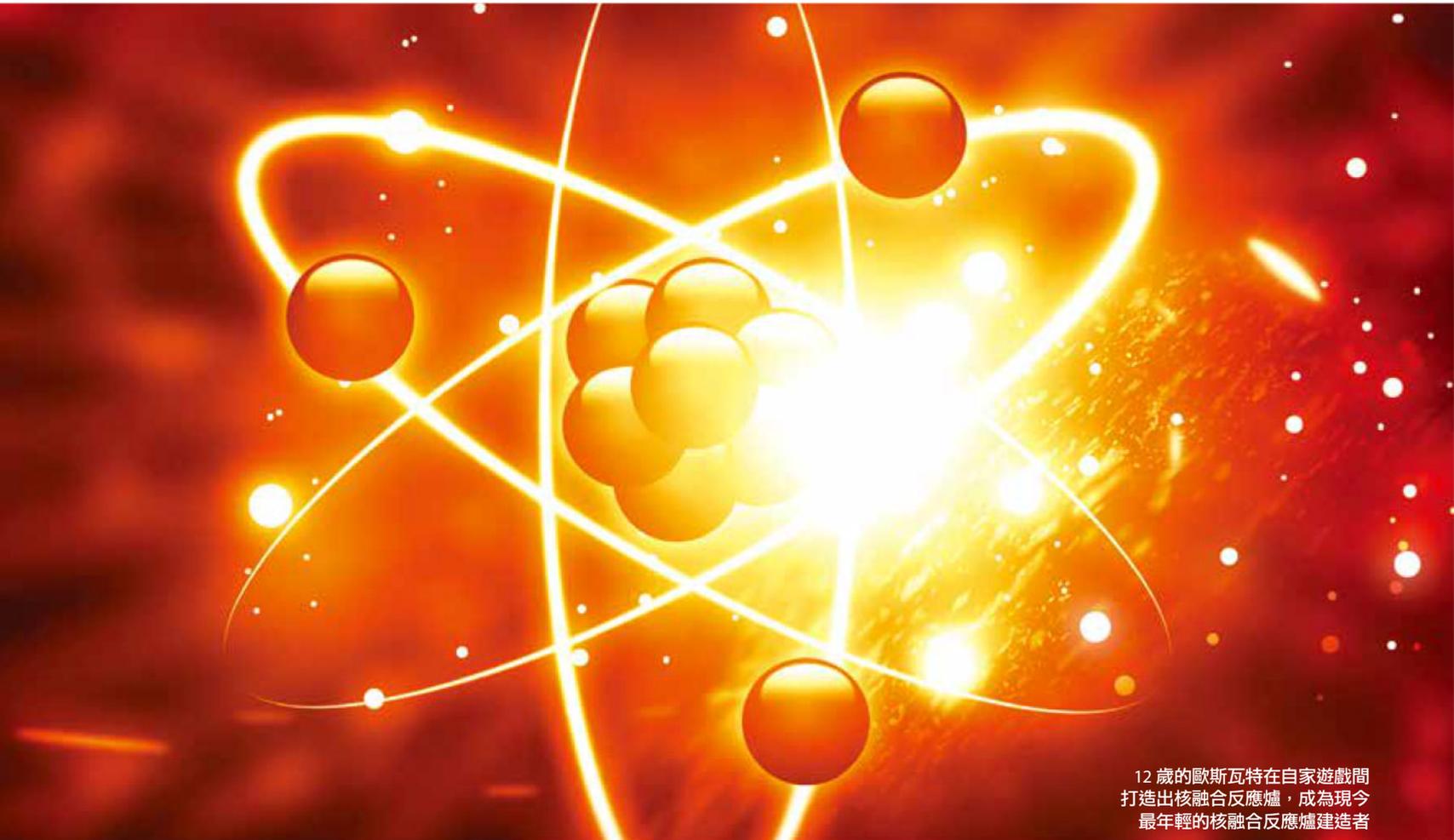
在美國的一處祕密機構中，美國國家航空諮詢委員會（簡稱 NACA）的物理學家正在研究鈾元素的 α 射線於「雲室」（cloud chamber，充滿飽和水汽的密閉容器）內形成的效應：致命的 α 粒子迸出，在雲室裡形成花朵般的圖案。直到 1960 年代早期，科學家都著重在開發未來飛行器所用的安全核能推進器。

1958 年，NACA 改組為美國航太總署（簡稱 NASA），美國從此轉而研究如何航向地球以外的世界。

從太空看氣象

在新近實驗中，高懸於大氣之上的國際太空站（簡稱 ISS）負責觀察環繞地球的橙色氣輝。美國航太總署（簡稱 NASA）亦核准了「大氣波實驗」（簡稱 AWE），預計從 2022 年 8 月起附加於 ISS 外，藉此從太空來觀察地球周遭的天氣系統。該任務將研究上述天氣系統與太陽風間的交互作用會如何影響高層大氣與干擾衛星通訊。





12 歲的歐斯瓦特在自家遊戲間打造出核融合反應爐，成為現今最年輕的核融合反應爐建造者

科技大觀

12 歲男童打造出核融合反應爐

12-year-old builds fusion reactor

撰文者：拉菲·萊茲特 (Rafi Letzter)

根據《衛報》的報導，2018 年 1 月，美國田納西州的一名 12 歲男童在自家遊戲室打造出核反應爐，成為現今最年輕的核反應爐建造者。《商業訴求報》(Commercial Appeal) 報導，「開放資料核融合研究聯盟」(簡稱 Fusor.net，一個業餘核子科技愛好者聯盟) 在 2019 年 2 月 2 日表揚了傑克森·歐斯瓦特 (Jackson Oswald) 的創舉。歐斯瓦特現年 14 歲，他所打造的機器可產生電漿，核融合就在其中進行，其原理不是分裂原

子，而是讓原子相撞、形成更重的原子。

沒錯，在家真的能進行核反應。《生活科學》網站先前報導過核能新創公司發起的業餘科學家計畫，很多人純粹是為了興趣，才打造反應爐。這類作品幾乎都是核融合實驗，而非核分裂。核分裂得使用管制甚嚴的極重物質 (如鈾)；核融合通常是用極輕且較易取得的氫同位素 (如氘)。當兩個輕量原子融合時，產生的「較重原子」會略輕於原先兩原子的總重，多出的質量則以能量的形式釋出。即便在家

能進行核融合，也不代表歐斯瓦特 (或其他業餘愛好者) 打造的核融合反應爐可產生比啟動反應還多的能量。這就連美國能源部都還無法做到。業餘反應爐所產生的核融合反應規模極小，除非緊貼著爐旁，否則不會對任何人構成真正的危險。

歐斯瓦特的傑作並無法製造炸彈。話雖如此，Fusor.net 在常見問答中仍會提醒，若無適當遮蔽，核融合反應仍可能會「致命」。這類核融合設備的基本原理是以磁鐵讓氫同位素懸浮在真空中，接著大量通電、將其加熱至極高溫，促使原子開始融合成氦。為了證明核融合確實發生，歐斯瓦特得讓大家看到中子的確在氬融合的過程中被釋出。《衛報》指出，歐斯瓦特的反應爐得使用 5 萬伏特的電力，設備總開銷約 1 萬美元。

動物王國

絕種巨蜂再現

Giant bee rises from extinction

撰文者：明蒂·韋斯伯格 (Mindy Weisberger)

全球最大的蜜蜂應該很容易被發現吧？事實上，來自印尼、翼展有 6.4 公分寬的華勒斯巨蜂 (*Megachile pluto*) 自 1981 年來便銷聲匿跡，令研究員擔心是否已絕種。不過，2019 年 1 月，在印尼北摩鹿加省的摩鹿加群島上，科學家終於再次發現這種稀有的蜜蜂。在該區做了五天研究後，他們才看見一隻單獨行動的雌蜂，攝影師也捕捉到史上首張華勒斯巨蜂在巢穴（位於一座白蟻塚）中的照片。目前，科學家對於牠們的習性所知甚少。亞當·梅瑟 (Adam Messer) 為喬治亞大學昆蟲學系的研究員，曾在 1984 年於《堪薩斯昆蟲學會期刊》(Journal of the Kansas Entomological Society) 發表相關研究。文中寫道，巨蜂的深色身軀長約 3.5 公分（約與人的拇指等長），牠們喜歡在樹上的白蟻窩中搭建蜂巢。梅瑟原是最後一位記錄野生巨蜂的科學家，但現在終於能更新記錄了。

1858 年，科學家首次發現華勒斯巨蜂，其身形約為歐洲蜜蜂的四倍大



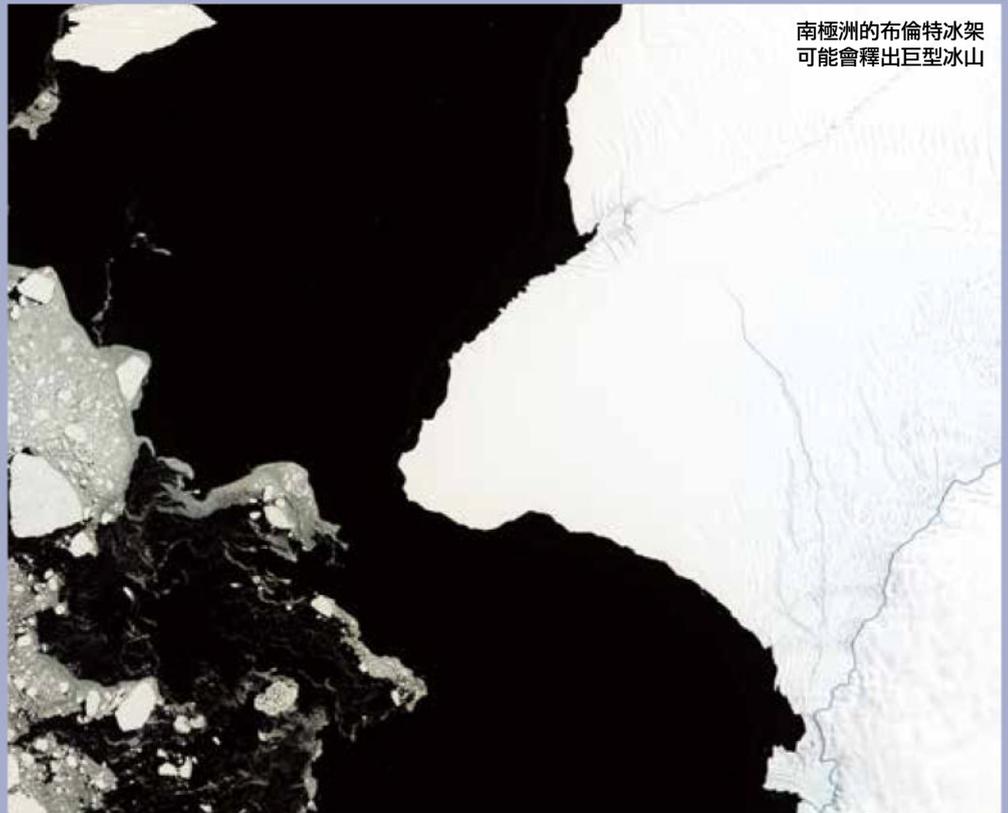
地球奇觀

大片冰山可能會脫離南極洲

Huge iceberg to break away from Antarctica

撰文者：明蒂·韋斯伯格 (Mindy Weisberger)

在南極洲北岸的布倫特冰架上，裂縫不斷往兩個方向延伸。該冰架隨時有可能斷裂，釋出面積約紐約市兩倍大的冰山。剩餘冰架的未來亦不樂觀。美國航太總署（簡稱 NASA）旗下的地球觀測所公開了冰架的照片，並比較 2019 年 1 月 23 日與 1986 年 1 月 30 日的影像。在 2019 年的照片中，可見一條由南向北蜿蜒的裂痕幾乎劃過了大半個冰架。另一條暱稱為「萬聖節裂縫」的裂痕首見於 2016 年 10 月，在照片的上半部呈東西向。不過，地球觀測所表示，較危急的仍是向北延伸的那道裂痕，目前正以每年達 4 公里的速度加長，且離萬聖節裂縫僅差幾



南極洲的布倫特冰架可能會釋出巨型冰山

哩而已。一旦兩道裂縫交錯，面積至少為 1700 平方公里（為紐約市五個行政區的两倍大）的冰山將脫離冰架，成為 1915 年以來從布倫特冰架分離出的最大冰山。NASA

旗下戈達德太空飛行中心的冰河學家喬·麥克貴格 (Joe MacGregor) 向地球觀測所表示，屆時整體冰架的穩定性亦可能出問題，端看裂縫相交於何處而定。

© Getty, NASA Earth Observatory, image by Joshua Stevens using Landsat data from the U.S. Geological Survey

人體健康

中風復原和遺傳學 息息相關

Stroke recovery linked to genetics

撰文者：葉絲敏·薩普拉科格魯（Yasemin Saplakoglu）

新 研究發現，從中風或其他腦損傷復原的程度來看，與具有某一特定基因（即 CCR5）者相比，少了該基因的人可能會恢復得更好。CCR5 正是近來「基因編輯嬰兒事件」中的關鍵基因。引起爭議的中國科學家編輯了兩顆胚胎的基因，培養出對人類免疫缺陷病毒（簡稱 HIV）免疫的嬰兒。少了 CCR5 的人確實能抵禦 HIV；HIV 藥物「馬拉韋羅」（Maraviroc）的作用亦在阻斷 CCR5 的受器。

在刊登於《細胞》期刊的近期研究中，研究員發現，在給予小鼠馬拉韋羅以阻斷 CCR5 受器時，牠們更能控制自身的步態和四肢。小鼠雖未中風，但以上結果仍有助於進一步瞭解中風，有鑑於中風者可能難以移動和控制部分的身體。

不過，在動物身上見效的藥物不見得適用於人。為了瞭解 CCR5 在人體和中風復原上究竟扮演了何種角色，研究員便與特拉維夫大學的以色列科學家攜手合作。這些科學家已追蹤了近 450 位曾輕度或中度中風患者的復原狀況。不出所料，比起有 CCR5 的病人，研究員發現少了此基因的病患似乎恢復得更好，在生理（如行動控制）和心智方面（記憶、語言功能和注意力）皆有所進步。

這項研究的資深作者暨加州大學的神經學教授湯瑪斯·卡爾麥可（Thomas Carmichael）博士表示，缺乏 CCR5 或許看似有益，但該基因亦有好處。比方說，過去的研究指出，在阻止記憶生成上，CCR5 便扮演了要角。當一群腦細胞受到刺激並相互連結時，就會形成記憶。為了阻止記憶生成，CCR5 會要求那群細胞別在特定的刺激下進行連結。卡爾麥可表示，當你走進廚房，在炒鍋中打了顆蛋時，「會希望自己記得做過這件事」，卻不會想要上述記憶和屋外傳來的噪音建立連結，CCR5 應是在此時派上用場。

與帶有 CCR5 的人相比，
少了該基因者在中風後
可能會恢復得更好

寰宇蒐奇

愛爾蘭教堂 底下的古老 木乃伊慘遭 斬首

Ancient mummy decapitated beneath Irish church

撰文者：布蘭登·史派克特
(Brandon Specktor)

埋在都柏林聖米迦教堂 (St. Michan's Church) 的地下墓穴、有著 800 年歷史的木乃伊「十字軍」慘遭砍頭，且頭骨還被盜走。根據愛爾蘭教會發布的聲明，歹徒應是在 2019 年 2 月闖入墓室，「褻瀆」此處的多具木乃伊，教堂員工則在 2 月 25 日發現木乃伊遭損毀。教堂表示，除了將人稱「十字

有人將教堂中名為「十字軍」的著名木乃伊斬首，並帶著頭骨逃走



軍」的木乃伊斬首外，歹徒還將棺木中的遺體翻面，更破壞了另一具有著 400 年歷史、名為「修女」的木乃伊。根據教堂的網站介紹，聖米迦教堂建於 1095 年，但現今的教堂建築則到了 1685 年才完工。地下墓穴雖葬有多具木乃伊，但後人對其所知有限。教堂表示，地下室空氣乾燥（部分歸因於石灰岩磚會吸收空氣中的溼氣），

埋葬於此的遺體便逐漸木乃伊化。有些棺木也因空氣過乾而崩解，棺內的遺體便曝露於眾目睽睽之下。十字軍和修女是墓穴中最顯眼且最多人參觀的木乃伊。《暗黑地圖冊》(Atlas Obscura) 表示，教堂人員曾鼓勵遊客去握十字軍伸出的手，但此舉已在 2017 年告終。



太空探索

川普欲成立太空軍

Trump launches Space Force

撰文者：麥克·沃爾 (Mike Wall)

聽起來像科幻情節的太空軍朝現實邁出了的一大步。川普總統簽署了《第 4 號太空政策令》(簡稱 SPD-4)，命五角大廈為美軍創建第六軍種 (即太空軍)，與陸軍、海軍、空軍、海軍陸戰隊與海岸防衛隊並肩作戰。然而，太空軍的建立仍有一大難關：任何新軍種的成立，都須經國會通過。川普和其他白宮官員表示，太空軍旨在保衛和擴張美國的太空領域，但該說法亦引來各方的反對聲浪。「憂思科學家聯盟」(Union of Concerned Scientists) 全球安全計畫的資深科學家蘿拉·桂戈 (Laura Grego) 在一份聲明中表示：「川普總統把太空稱為新的作戰領域。沒錯，對軍事而言，太空確實很重要。然而，軍事不過是浩瀚宇宙中的一小部分。」

2019 年 2 月 19 日，川普總統在白宮的橢圓形辦公室內簽署了《第 4 號太空政策令》

© Getty, Alamy

歷史回顧

泰晤士河中撈出具 5600 年歷史的人類頭骨

5,600-year-old skull fished from Thames

撰文者：布蘭登·史派克特 (Brandon Specktor)

人類在英格蘭的泰晤士河沿岸住了數千年之久，在混濁的河水中留下了不少有趣事物：用來猛擊頭部的木棍、可供三人坐的馬桶，有時甚至是幾塊人類頭骨。而倫敦博物館便會展出其中一塊。根據博物館的聲明，這塊額骨碎片屬於一名公元前 3600 年左右的成年男子。因此，這塊新石器時代的頭骨便成了從泰晤士河撈出的最古老人類樣本之一。館方表示，樣本起初是由一名「河灘拾荒者」在泰晤士河南岸所發現。河灘拾荒者是在河泥中翻找寶物的人，以泰晤士河維

生已有數百年之久（事實上，近來才從泰晤士河撈出一具穿著過膝皮靴、有著 500 年歷史的拾荒者遺骸）。在河岸發現人類頭骨碎片後，該名幸運的拾荒者在驚訝（抑或驚嚇）之餘，立刻報警。倫敦大都會警局的麥特·摩爾斯 (Matt Morse) 警探在聲明中表示：「一接到有人在泰晤士河前灘撈到人類頭骨碎片的通報，西南刑事偵緝處的警探便前往現場。由於我們對頭骨的年代一無所知，便馬上進行全面的詳細調查，包括進一步仔細搜索前灘。」但之後警方並未找到更多人骨。透過放射性碳定

年法（可測量不同形式的放射性碳原子濃度），警方至少得知這塊骨頭與近來所有的犯罪活動皆無關。頭骨屬於一名 18 歲以上的男子，生存年代約在 5600 年前。

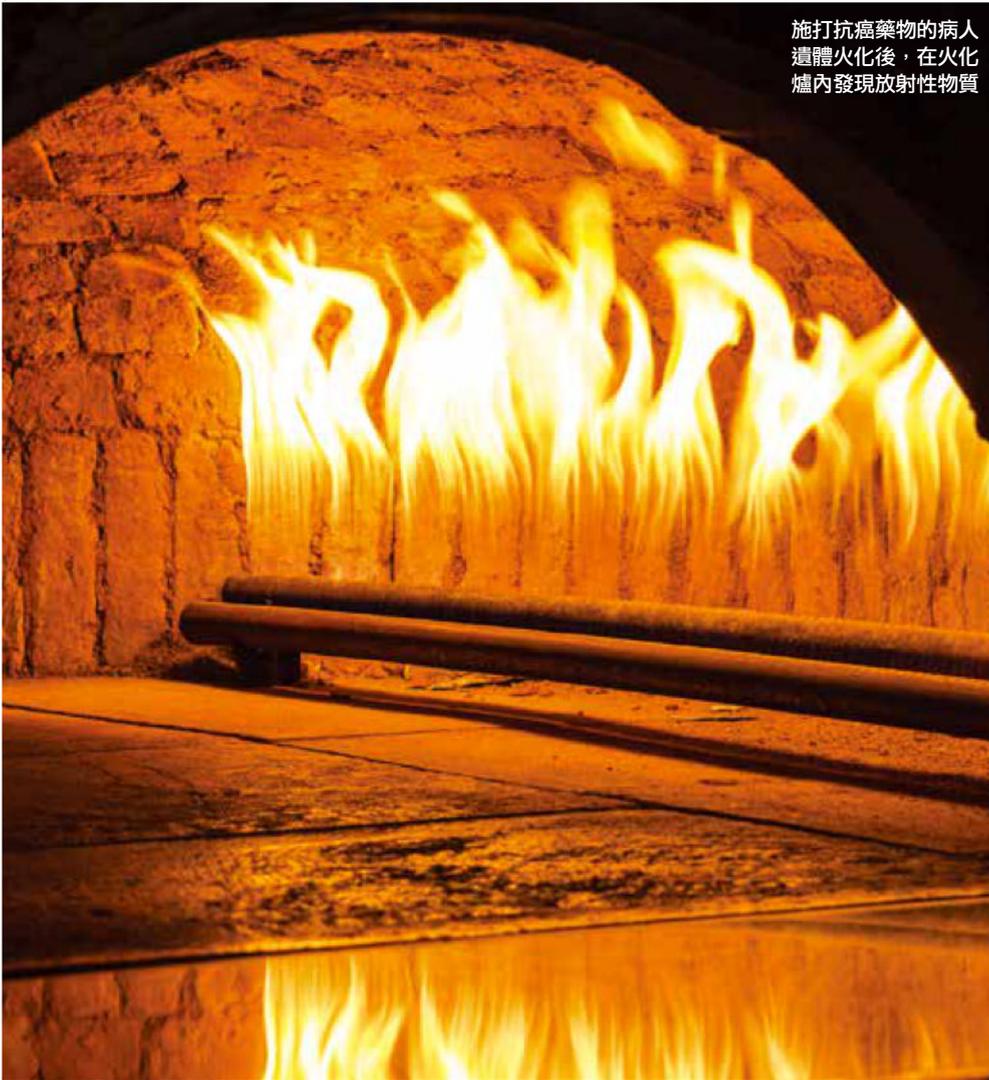
現在可至倫敦博物館一睹頭骨的風采，它將與其他被泰晤士河沖上岸的新石器時代文物一同陳列。

「這塊額骨碎片屬於一名公元前 3600 年左右的成年男子」



這片人類頭骨碎片打撈自倫敦的泰晤士河，約有 5600 年的歷史

施打抗癌藥物的病人
遺體火化後，在火化
爐內發現放射性物質



人體健康

輻射在火化爐內擴散

Radiation spreads in cremation chamber

撰文者：拉菲·萊茲特 (Rafi Letzter)

亞利桑那州的醫師替一名 69 歲的男性施打縮小體內腫瘤的放射性抗癌藥物。不幸的是，藥石罔效，兩天後他便撒手人寰。五天後，遺體進行火化（替男子施打藥物的醫師並不知情），放射性粒子便在火化場擴散開來，對場內員工造成危險。研究員表示，這個問題可能比我們所想的更常發生。近來，《美國醫學會雜誌》（簡稱 JAMA）刊登了一篇短文，研究員發表了針對火化場和員工（負責處理放射性藥物殘留的遺體）的全面調查結果，發現火化設備上有顯著的

輻射汙染物，包括「爐子、真空濾器和碎骨機」。在火化場員工的尿液樣本中，亦發現微量放射性物質。研究員表示，員工所接受的輻射劑量或許未達危險等級。然而，火化場處理具放射性遺體的頻率，或員工有多常曝露在輻射下等問題卻仍待釐清。研究員寫道，好在鎰-177（抗癌藥中的放射性元素）的擴散距離短，半衰期亦短。因此，任何危險的輻射效應都不會擴散至太遠或持續太久。但研究員也表示，未來放射性藥物的安全規程應將死亡和火化納入考量，好保護大眾的安全。

科技大觀

核彈警報誤報讓 夏威夷陷入混亂

False nuclear missile alert sends Hawaii into chaos

撰文者：珍娜·布萊納 (Jeanna Bryner)

當警報說核子彈道飛彈即將來襲、快找掩護躲好時，你真知道該怎麼辦嗎？是會六神無主地狂奔，或像縮頭烏龜般不敢面對事實？

2018 年 1 月 13 日，許多在夏威夷的人便面臨了上述難題。當地上午 8 點 07 分，夏威夷警急災變處理廳發出了警報，要居民避難，一枚核子彈道飛彈即將來襲。然而，當時大家渾然不知的是：警報其實是假的，於人員換班時誤發，且操作員沒發覺警報是應變演習的一環。美國疾病管制與預防中心（簡稱 CDC）檢視了警報撤回前 38 分鐘和撤回後 38 分鐘間的相關推特回應，下了以下結論：雖是人為疏失，但從這則警報可看出，美國人並未做好因應襲擊的準備，且公共衛生官員在發送昭告大眾的訊息上亦待加強。在分析 5880 則推文後，研究員表示從中可看出許多人感到既困惑又惶恐。報告不僅指出夏威夷在發布這類警報和「警報解除」訊息時的漏洞，還表示這些訊息中的指示不足。



飛彈來襲的假警報使社群媒體陷入一片混亂

© Alamy, Getty, Museum of London

地球奇觀

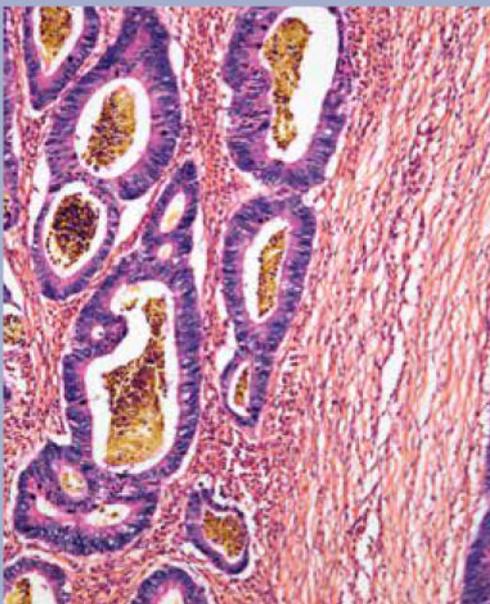
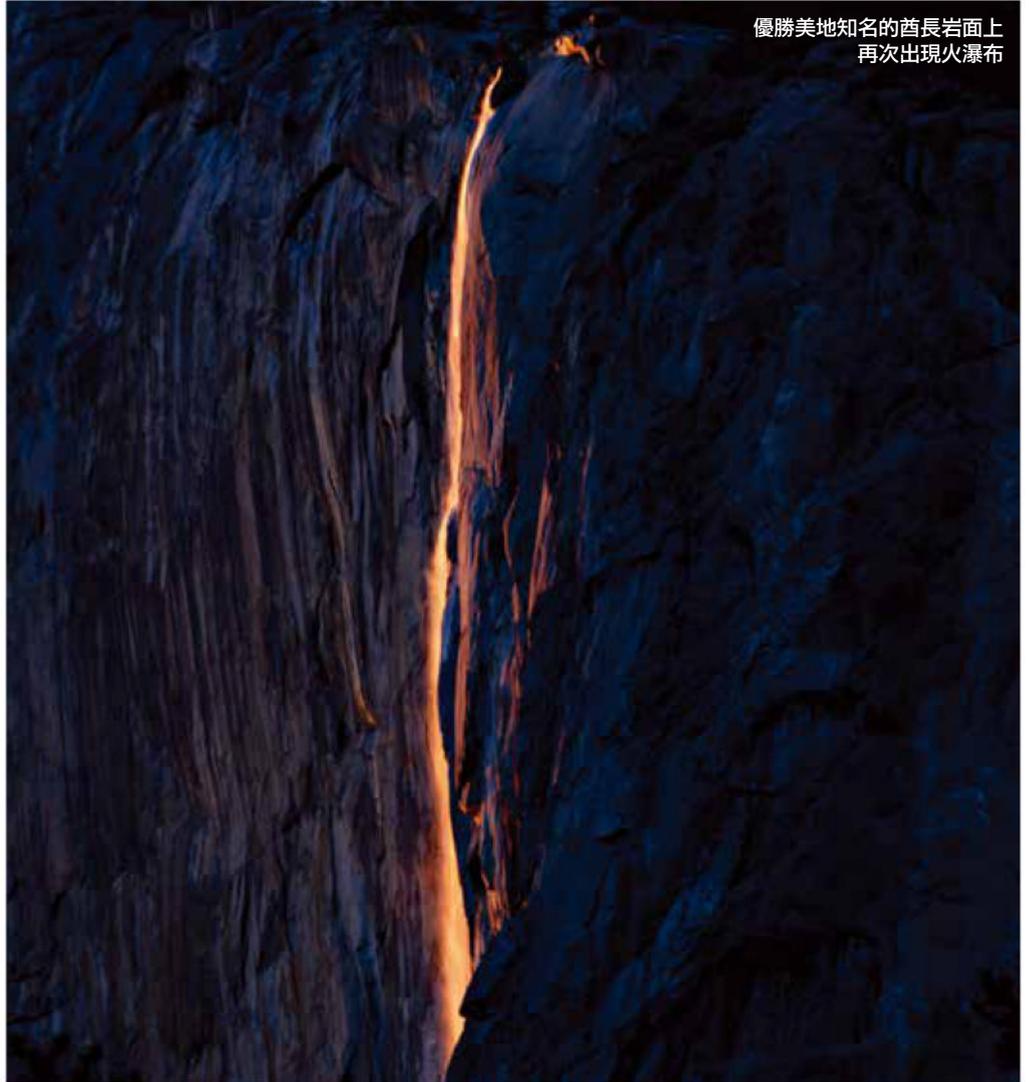
優勝美地 國家公園的 「火瀑布」

'Firefall' flares at Yosemite Park

撰文者：布蘭登·史派克特
(Brandon Specktor)

時值 2019 年 2 月底，一條火焰般的橙光從優勝美地國家公園最知名的峭壁傾瀉而下。這並非熔岩突然爆發（畢竟一點都不燙），而是每年現身的「火瀑布」亮相。冬天日落時，灑落岩壁的陽光便與融雪交織出這番壯麗奇景。在每年 2 月中旬至月底左右，火瀑布幾乎都會出現。期間，園內酋長岩頂部的積雪開始融化，自岩壁流瀉下來、形成名為馬尾瀑布的季節性瀑布。若天空清澈無雲，太陽也正巧掛在西邊，當落日餘暉灑在從 457 公尺處傾瀉而下的融冰水時，夕暉便會將瀑布染成火焰般的橙、黃和粉光。

優勝美地知名的酋長岩面上
再次出現火瀑布



自家篩檢組在發現結腸直腸癌上，可能和結腸鏡檢查一樣有效

人體健康

有效的癌症自家篩檢組

Cancer home test kits are effective

撰文者：卡莉·奈倫伯格 (Cari Nierenberg)

一篇新的回顧研究發現，結腸直腸癌自家篩檢組可能和結腸鏡檢查一樣好。糞便免疫化學篩檢（簡稱 FIT）可檢測糞便樣本中是否有肉眼不可見的潛血。研究的主要作者湯瑪斯·因佩瑞爾 (Thomas Imperiale) 博士為美國印第安納大學醫學院與瑞健斯區研究院 (Regenstrief Institute, 位於印第安納波利斯) 的腸胃病學家。他表示，研究發現 FIT 的敏銳度為 75% 至 80%（可找出 75% 到 80% 的腸胃道癌症患者）。

相形之下，結腸鏡檢查的敏銳度則高達 95%。因佩瑞爾告訴《生命科學》網站，這些研究結果顯示，對罹患結腸直腸癌的一般風險族群而言，除了結腸鏡外，每年做 FIT 不失為另一項好選擇。將一條紙帶鋪在馬桶座，在糞便落入馬桶前接住，再以刷子取得小份樣本，並寄至實驗室分析。分析結果會寄給醫師，由醫師與病人進行討論。若病人的結果呈陽性，就得以結腸鏡進行後續檢查。

太空探索

「雪花鬆餅」小行星近照出爐

'Snowflake-pancake' asteroid gets a close-up

撰文者：麥克·沃爾 (Mike Wall)

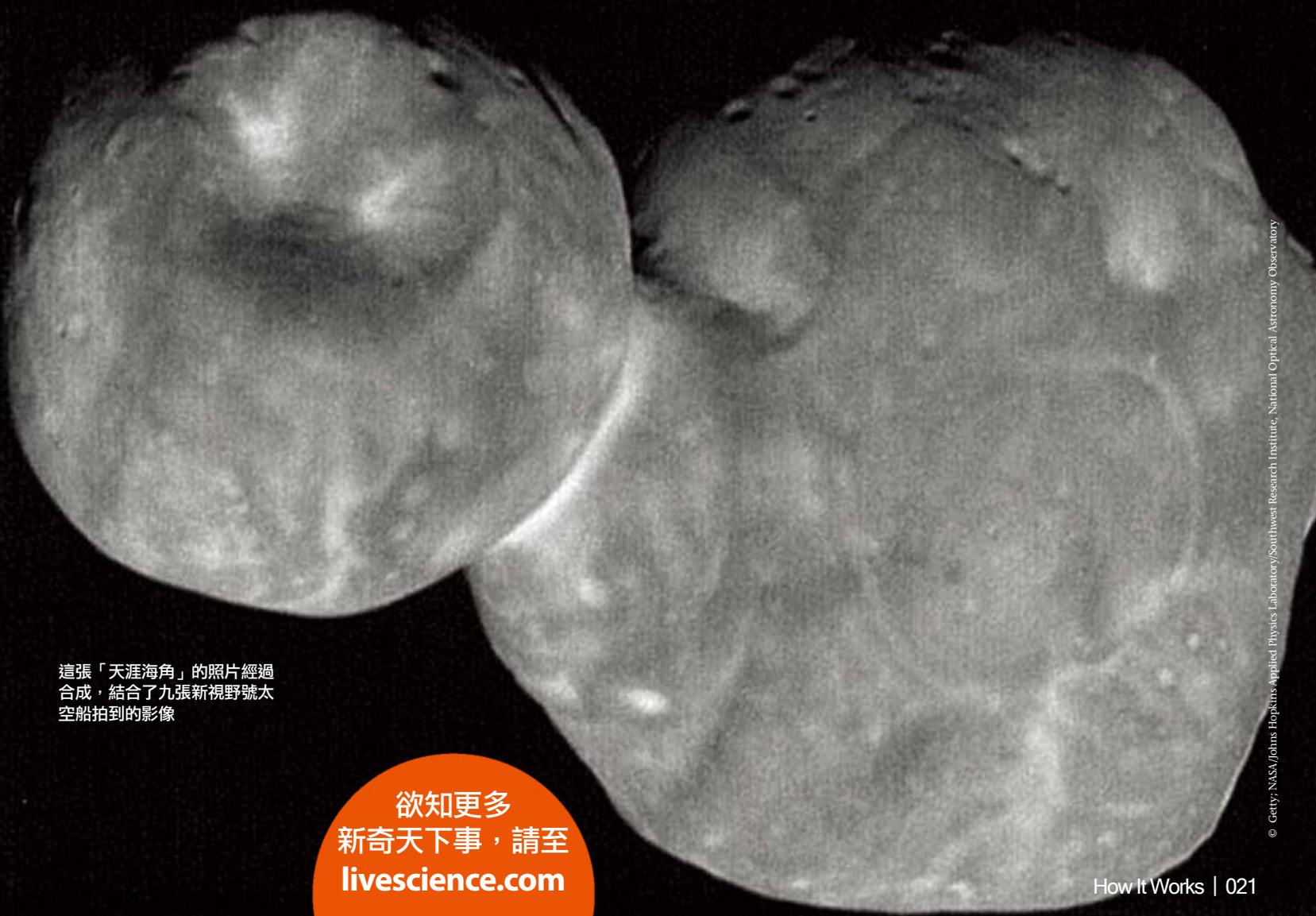
小行星「天涯海角」(Ultima Thule, 正式名稱為 2014 MU69) 的最佳照片終於傳回地球, 令人對這個遙遠又嚴寒的世界更加神往。2019 年新年, 美國航太總署 (簡稱 NASA) 的新視野號太空船飛掠了全長 34 公里的「天涯海角」, 創下史上最遠的行星邂逅紀錄。2015 年 7 月, 新視野號與這顆小行星 (約位於冥王星的 16 億公里外) 擦身而過。此後, 新視野號便一直將飛掠天體的數據和影像傳至操作員手上, 而接下來的 18 個月也將持續發送。初期傳回的影像令人嘆為觀止, 「天涯海角」看似奇特無比, 有如雪人和

鬆餅的混合體, 上頭更有神祕的地貌, 好比兩球體交界處可見的明亮「項圈」。而今, 我們有幸大飽眼福。新拍的飛掠照片更加鉅細彌遺, 拍下了明亮的環狀地貌和暗坑。不過, 它們的成因目前仍是個謎。這項太空任務的團隊成員表示, 新傳回的影像解析度約是每像素 33 公尺, 是新視野號所拍到的最高解析度照片, 說不定在服役期間再也拍不到品質更高的影像。這些照片是太空船於 2019 年 1 月 1 日, 在最接近這顆小行星的前 6.5 分鐘所拍下。團隊成員表示, 當時新視野號位於「天涯海角」的 6628 公里外, 與地球相距 66 億公里。在如

此昏暗的光線下, 不一定能觀測到「天涯海角」。要拍到這些新傳回的影像有如「終極任務」。新視野號的伸縮相機得在狹窄的視野下, 精準拍到小行星的全貌。新視野號的主要調查員暨美國西南研究院 (簡稱 SwRI) 的艾倫·史登 (Alan Stern) 在同份聲明中說道: 「在冥王星 10 億哩外的古柏帶昏暗光線下, 為了拍到這些影像, 我們隨時得確定當「天涯海角」和新視野號以時速 5 萬 1500 公里擦身而過時, 分處在什麼位置。這比 2015 年飛掠冥王星時所進行的觀測還難上許多。」

這張「天涯海角」的照片經過合成, 結合了九張新視野號太空船拍到的影像

欲知更多
新奇天下事, 請至
livescience.com





你知道嗎？太陽每秒朝地球的每平方公分表面輻射出 650 億個微中子

太陽的能量

POWER OF THE SUN

地球之所以能生生不息，皆有賴太陽的能量，
而我們能否在地球上再現人造太陽？

撰文者：蘿拉·米爾斯 (Laura Mears)

太陽是太陽系的能量源頭，這座巨型核融合反應爐對地球上的生命可謂至關重要。生物幾乎全以這類離我們最近的恆星維生。太陽的星體脈動則仰賴宇宙中最小、最輕的元素（氫）與「質子-質子鏈」反應。

氫原子的結構簡單，氫原子核基本上有個帶正電的質子，由一個帶負電的電子所繞行。在正常狀態下，原子間會保有距離，原子核內的正電荷彼此會像磁鐵般相斥。然而，在太陽中心的高溫、高壓下，原子飛快移動，在互斥的核力下高速相撞。一旦如此，原子核便可能黏在一塊。

核融合反應可分成數階段。首先是兩個質子互撞；一旦相撞，其中一個質子便會吐出一個正子（帶正電的電子）和一個

微中子（不帶電荷的電子）。少了上述兩個粒子，質子就會變成中子，而質子和中子就會形成一個較重的氦同位素：氦。

下個階段則是氦又撞上另一個質子，融合時又迸發出伽瑪輻射，並形成新原子：氦-3（一種較輕的氦）。現在，這個原子帶著兩個質子、一個中子，準備進入核融合的最後階段。

當兩個氦-3 原子相撞時，會融合出一個 α 粒子（氦-4）。該粒子含兩個質子與兩個中子（就像普通的氦核），剩餘的兩個質子則會飛離，準備展開另一個循環。

但上述過程如何產生能量？若想有所瞭解，就得探究愛因斯坦所寫的方程式。在狹義相對論中，他解釋質量與能量相同，兩者能相互轉換，其著名方程式 $E =$

mc^2 便描述了兩者的關係：物體的質量 (E) 等於其質量 (m) 乘以光速 (c) 的平方。正是以上關係促成了太陽中心的核反應。

太陽製造的氫核質量比生成它們的氫核來得小。當這些原子相撞時，質量中的極小比例（小於 1%）便會逸散。聽起來似乎極少，但只要一瞥愛因斯坦的方程式，就能解釋核融合何以產生如此大的功率。光速為每秒 2 億 9979 萬 2458 公尺，因此僅要釋出極小的質量，就能得到龐大能量。

太陽將質量轉換成能量已逾 40 億年之久，消耗了許多燃料。若觀察太陽的核心，便會發現約 62% 的氫核已融合成氦。儘管如此，剩餘的氫仍有很多，且上述過程也十分緩慢。這對我們來說可謂好事，因地球上所有生命的存續幾乎有賴太陽。

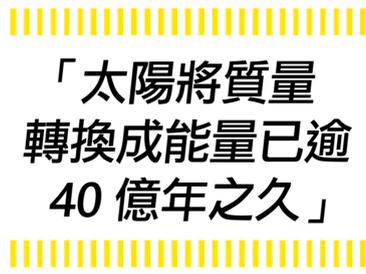
雖然仍不清楚生命究竟如何演化而來，但我們知道太陽扮演了要角。在生命出現前，地球大氣中並無氧氣，空氣則由熔岩噴出的濃密二氧化碳、

甲烷和含硫氣體所組成。生命很可能約在 38 億年前的深海熱泉中出現。

少數幾種現代微生物至今仍棲息在這些奇特的環境中，好比產乙酸菌

(acetogen) 和甲烷菌 (methanogen，一種古細菌)。這些微生物能從岩石中採集化學物質、剝除電子，以能量分離出二氧化碳中的氧，進而生成醋酸鹽和甲烷等有機分子，以及三磷酸腺苷（簡稱 ATP）等

「太陽將質量轉換成能量已逾 40 億年之久」

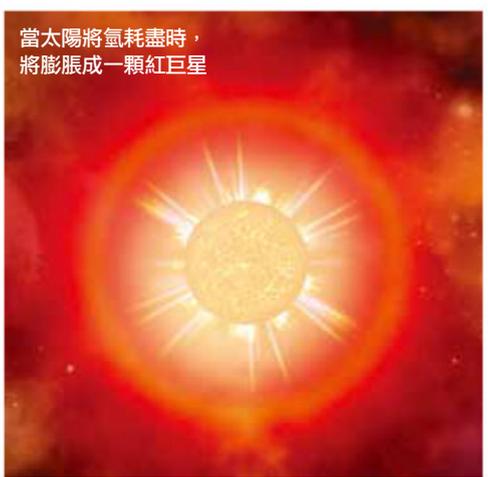


「常春藤麥克」(Ivy Mike) 氫彈引發了地球上首次的核融合反應

能源載體分子。問題是這類反應只能產生有限的能量，要讓地球上的生命欣欣向榮，生物便得以更好的方式來提供化學作用所需的能量，於是光合生物便出現了。這類生物能以

光能來切斷化學鍵。

眾所周知的光合生物當然是植物。一個植物細胞至少有數十個葉綠體（每個皆塞滿名為類囊體的盤狀構造）。類囊體內含名為光系統（當中有葉綠素）的分子機器。



當太陽將氫耗盡時，將膨脹成一顆紅巨星



可為細胞提供能量的微小葉綠體曾是獨立生存的細菌

化陽光為食物

植物先將太陽能收集在兩種高能分子中，即還原態的「菸鹼醯胺腺嘌呤二核苷酸磷酸」（簡稱 NADPH）和 ATP。再重新釋出能量，生成糖和氧。以上過程始於兩個能量較低的分子——氧化態的 NADPH（簡稱 NADP⁺）和二磷酸腺核苷——與兩種葉綠素（P680 和 P700）。葉綠素會與其他色素一起捕捉光線的光子。P680 會先吸收一個光子並吐出一個電子。電子進入傳遞鏈，並於連結間移動時釋出能量，進而驅動 ATP 的製造。在傳遞鏈末端，電子會抵達 P700。這種葉綠素也會吸收一個光子，再將電子釋入第二條電子傳遞鏈中，為 NADPH 的製程提供所需能量。NADPH 和 ATP 分子接著會驅動名為「卡爾文循環」的化學反應。該循環會將二氧化碳與氫離子結合，以生成糖，為地球上的生物提供生存所需的基礎材料。

太陽如何製造能量

在太陽的核子反應爐內部，有座負責將物質變為能量的巨型轉換器

輻射層 The radiative zone

在太陽內部四處跳彈逾 17 萬年後，輻射才會離開。

碰撞 Collisions

熾熱電漿中的離子彼此撞擊，將能量以光子的形式釋出。

核心 The core

太陽中心的溫度達攝氏 1500 萬度。

光球層 The photosphere

太陽會以電磁輻射（熱和光）和帶電粒子（太陽風）的形式散發能量。

熱核融合 Thermonuclear fusion

太陽核心中的氫原子會融合成氦，並釋出伽瑪輻射脈衝。

對流層 The convection zone

輻射會將一層游離原子加熱，進而形成一團旋轉冒泡的電漿。

伽瑪輻射 Gamma radiation

熱核融合所釋出的能量會穿過輻射層、向外移動。

色球層 The chromosphere

在淡紅色的太陽內層大氣之下，噴出的氣體有如發光的手指。

日冕 The corona

在太陽周圍的白色光環中，過剩的熱能會令帶電粒子加速，並噴向太空。

新星誕生

這座實驗性質的托克馬克環磁電廠利用磁鐵、真空室和熱電漿來融合原子、打造出人造太陽

甜甜圈磁鐵 Doughnut magnets

環形磁場線圈使電漿呈甜甜圈狀，藉此控制電漿。

電漿防護 Plasma protection

環形磁鐵可防止電漿碰到真空室的壁面。

轉軸器 Divertor

這個廢料處理系統位於真空室下方，負責清除熱能和灰燼。

磁性柵格 Magnetic cage

將環形磁鐵通以固定電流，進而生成甜甜圈狀磁場。

圍阻 Containment

磁場會與電漿中的帶電粒子互動，將其困在環中。

磁場 Magnetic field

中央磁鐵一開啟，就能在電漿環中誘發強大的磁場。

隔熱 Insulation

鋼殼將整個系統包圍在真空中，以保持低溫。

圍包模組 Blanket modules

這些屏蔽覆蓋了真空室內部的表面，能將磁鐵與核融合反應的產物（即熱能和散逸中子）隔離。

粒子砲 Particle cannon

這個離子迴旋加速器系統可加速粒子束，讓其射向電漿並予以加熱。

真空室 Vacuum vessel

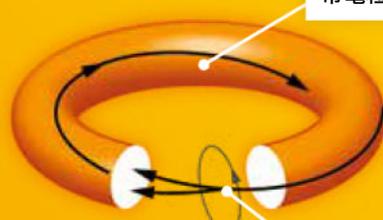
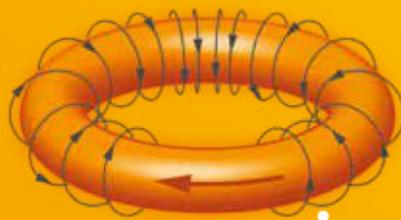
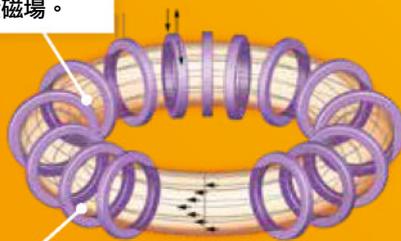
這個無空氣的密封空間內有一圈電漿。

人造電流

在托克馬克反應爐的中心，有圈不斷旋轉的高熱電漿

電漿 Plasma

在高能的物質狀態中，電子會脫離原子，形成帶電粒子「湯」。



暫態場 Transient fields

極向磁鐵的脈衝會在電漿中誘發電流，進而產生在甜甜圈中傳遞的磁場。

攪拌粒子湯 Stirring the soup

環向磁鐵的磁場與極向磁鐵的磁場起了交互作用，扭轉了電漿流。

你知道嗎？ 太陽的直徑為地球的 100 多倍，重量則為 33 萬倍

葉綠素能捕捉陽光的光子，利用其能量。

要演化出製造葉綠素的能力極其困難，科學家認為史上僅發生過一次。這代表所有使用葉綠素的生物皆源自同個祖先：生存在 21 億 5000 多萬年前、可行光合作用的藍綠菌。這種奇特的細胞能將陽光轉換成養分和氧，而其他細胞也想湊一腳。開始有較大的細胞棲息在藍綠菌旁，以共享資源。這種關係逐漸發展到極其緊密的程度，最後這些較大的細胞吸收了藍綠菌。兩種細胞共同演化，藍綠菌失去獨自存活的能力，成為今日植物細胞中的葉綠體。如今，光合作用幾乎為地球上所有的食物網提供了原料。

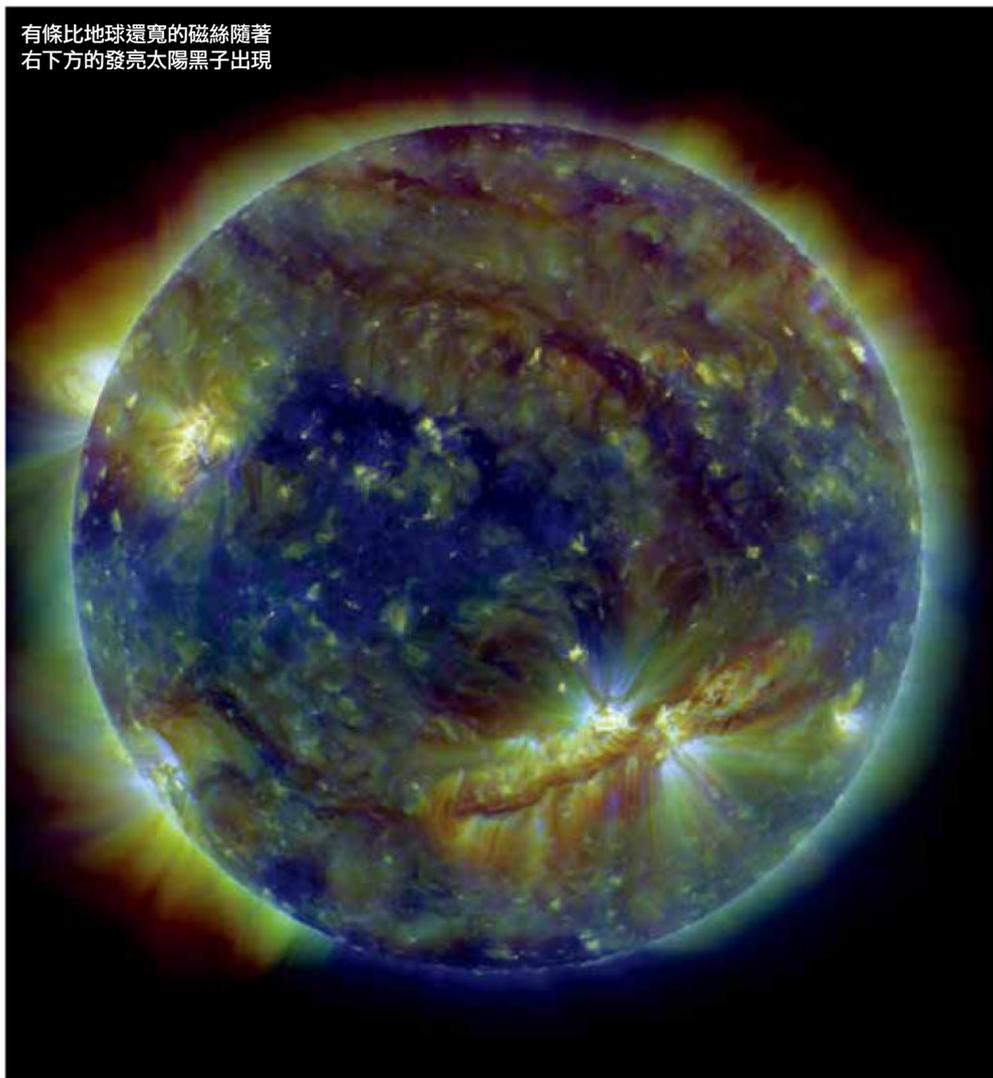
由太陽驅動的演化改變了地球，但在我們適應日光的同時，太陽亦在持續變化。45 億年來，太陽都在融合氫，並越變越亮。每融合四個氫原子以生成一個氦核

時，太陽核心的質量便會減少。而今，這顆恆星中心的原子數量已減少許多，這代表能平衡內拉重力和外推氣體壓力的粒子變少了。

因此，太陽的核心不斷收縮，進而使剩餘的粒子升溫，導致核反應加速，讓太陽變得更亮。同時，太陽外圍的氣體則持續膨脹。40 多億年來，太陽已膨脹了 20% 左右，且還在持續變大。

從較短的時間尺度來看，太陽的輸出功率也同樣有所波動。太陽大氣波濤洶湧，表面下的磁場活動造就了太陽天氣（以太陽黑子的形式呈現）。太陽黑子在太陽的極區附近現身並向赤道移動、逐漸擴大成行星大小的磁漩渦。1800 年代初期，威廉·赫歇爾（William Herschel）注意到，每當太陽黑子減少時，小麥價格便會上揚。太陽表面的天氣現象幾乎與地球上

有條比地球還寬的磁絲隨著
右下方的發亮太陽黑子出現



核融合發電 倒數計時

「TAE 科技」公司能在 2023 年前
讓核融合發電廠為電網供電嗎？

1998

核融合科學的開發和測試展開，
產生了 800 餘項專利

2009

全尺寸機器建造完成，設備測試開始

2013

系統升級，增加一具由俄羅斯布德克核
子物理研究所（Budker Institute of Nuclear
Physics）所打造的強大電漿注入器

2015

反應爐的溫度達攝氏 1000 萬度——
完全的核融合須達攝氏 30 億度

2018

經歷 4000 次實驗後，系統達到
近攝氏 2000 萬度

2023

反應爐預計達到目標溫度；此項科技也
將取得執照，核融合電廠開始興建

「光合作用幾乎為
地球上所有的食物網
提供了原料」

的乾旱期同時發生，且似乎會對地球的天氣造成影響。有鑑於此，學界開始追蹤太陽黑子，結果發現它們具有週期性：每 11 年，其數量就會增加，然後再度減少。

雖然還不清楚太陽的活動週期為何是 11 年，但這或許與這顆恆星的「發電機效應」有關。太陽的對流層內含由無數帶電粒子組成的「湯」（即電漿）。這些粒子呈等速運動，從下方受熱，隨著太陽的自轉而旋轉。這會產生強大的電漿流，進而造就環向（順著緯線的圈）和極向（朝向南北極的圈）兩種磁場。在太陽週期的不同時間點，以上兩種磁場的強度也各異，進而改變兩者的互動方式，令太陽表面的黑子產生變化。就整個週期來看，太陽的輻射輸出量其實差異不大，但有時卻會令地球產生巨變。16 至 19 世紀中葉，有鑑於太陽黑子的數量下滑，當時全球便進入了「小冰河期」。

但與未來將發生的事相較，冰河時期不過是小事一樁。太陽的壽命約已過了一半，輸出的能量勢必隨著老化而大幅改

變。當太陽耗盡核心的氫時，將會開始使用外圍殼層中的氦。氦則會繼續在下方累積；隨著核心變大，太陽將開始膨脹。太陽會變得更亮、更熱，融合反應則會越來越快，直至燃燒程度達到今日的兩倍。地球的表面會被烤焦，升溫至攝氏 300 多度。

最後，太陽會耗盡氫氣。接著，太陽將在「氦閃」（helium flash）現象中燒起來，太陽的核心會開始融合氦核，將其轉變成碳和氧等較重的元素。在此過程中，其外層會膨脹變大，太陽將成為比目前亮 34 倍的紅巨星。當太陽吞噬水星和金星、地球表面熔成一灘灘的熔融金屬時，太陽將比今日炙亮數百倍，地球上的岩石也會開始汽化。

當氦全數耗盡時，太陽的核融合反應便會停止。太陽的外層冷卻，其原子則被吹進太空中，形成漩渦般的行星狀星雲和白熱的核心。這個核心即白矮星，終會冷卻，成為死寂的黑色餘燼。太陽系則會進入永恆的黑暗之中。

太陽將吞噬水星和金星，地球表面也會熔成一灘灘的熔融金屬」



當藻類和細菌捕捉陽光的能量並與真菌分享時，便形成了地衣

黑暗中的生命

在全球哪些最漆黑之處，微生物可不用陽光便自行製造能量？



深海熱泉

海床上的裂谷

炙熱的海底火山口會洩出硫化氫，有些生物已找到從中取得能量之法。微生物將硫化氫與水和二氧化碳結合，以產生硫和葡萄糖。接著，巨型管蟲會貯存這些微生物並利用其廢物，好在黑暗中生存。



甲烷逸漏

地殼上的裂縫

甲烷冷泉也能讓生命在無陽光的環境下生存。這種海床生物群區會將含有甲烷和硫化氫的氣泡滲入海水，進而供養許多菌落。這些細菌在海床上形成一層菌「毯」，所提供的能量足以養活大片的貽貝和成群的管蟲。



火山岩

金礦中的岩縫

生活在全然黑暗中的金礦菌（*Desulfurudis audaxviator*）位於南非地底近 3 公里處。在超過攝氏 60 度的溫度中，這些細菌只以岩石為食，從鈾的放射性衰變取得能量，並能從岩石中萃取出碳和氮。



南極冰下

在極地冰層下方

一種在南極冰層底下 0.8 公里處發現的微生物很可能不靠陽光維生。這種微生物以岩石為食，如同深海熱泉中的遠親一樣，可從含硫或鐵的化合物中提取能量，只是此處的溫度是冰點以下。

91%

的原子為氫



¹H
1.008

氫占太陽質量的

攝氏
5500
度

太陽表面的溫度



3.8×10^{26}
瓦特

每秒的輸出功率



70.6%



太陽底下的新鮮事

身為太陽系的動力來源，
且來一覽這些驚人的
相關數據

1億5000萬
公里

太陽與地球的距離



攝氏
200萬
度

太陽大氣的溫度

6億
噸



每秒
所消耗
的氫



50
億
年後

開始燃燒氫



139萬
1016公里

太陽的直徑



攝氏
1500萬度

太陽核心的
溫度





太陽系中的 超級風暴

SOLAR SYSTEM SUPERSTORMS

其他行星上的天氣會是如何？可能會有甲烷雨、
覆蓋整顆星球的沙塵暴，以及寬達1萬6000公里的颶風！

撰文者：強尼·歐卡拉漢 (Jonny O'Callaghan)

太陽系有著怪異又奇妙的天氣現象，有些風暴的規模比地球上的都要駭人。從木星上歷時數百年的颶風到海王星的強風，若有機會離開地球，眼前所見的天氣現象可能會令人震驚不已！

火星上的巨型沙塵暴覆蓋了整顆行星；金星的大氣則是厚實至極且移動迅速，在兩極形成了永久性漩渦；木星和土星上的一些巨型風暴為地球直徑的數倍，肆虐

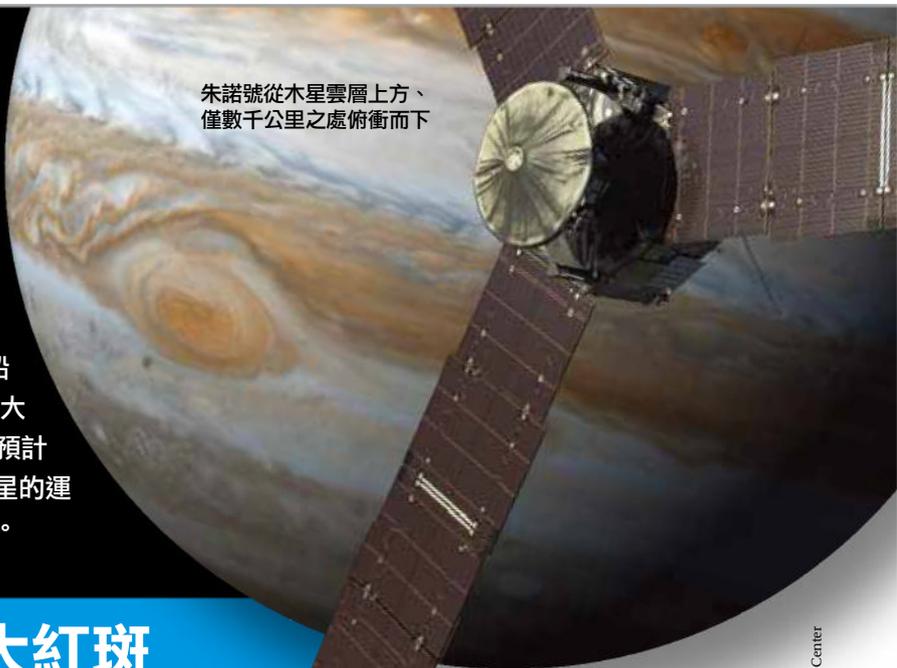
了數十年、甚或幾世紀之久。在海王星這顆冰質巨行星上，則會發現太陽系中速度最驚人的風，且海王星和天王星上可能還下著鑽石雨。

拜近期的太空任務所賜，學界得以更瞭解上述迷人的天氣系統。此外，科學家亦對天氣系統展開了長期研究，例如會對地球造成直接影響的太陽風暴。隨著人類持續探索未知世界，太陽系中的新事物亦有待我們去發掘。

你知道嗎？土衛六泰坦（Titan）上的「神奇島嶼」會在地表的湖泊或海洋中出現又消失

木星的大眼睛

2016年，美國航太總署（簡稱 NASA）的朱諾號（Juno）太空船進入了木星軌道，傳回許多和這顆氣體巨行星有關的驚人數據。木星是太陽系內最大的行星，擁有一些令人驚嘆的天氣現象和特徵。朱諾號以一系列儀器對木星進行研究，包括測量木星深層大氣的微波輻射計。此外，朱諾號還配備了紫外線和紅外線相機，得以拍攝木星大氣和極光的影像。太空船上的朱諾相機（JunoCam）也一直在拍攝可見光的影像，傳回大紅斑（Great Red Spot）等特徵的驚人畫面。朱諾號的木星任務預計持續到 2021 年 7 月，但仍有展延的機會。該任務旨在瞭解木星的運作機制並探索內部，以期解釋木星雲層中的一些驚人天氣現象。



朱諾號從木星雲層上方、僅數千公里之處俯衝而下



木星的大紅斑曾一度能容納三顆地球

木星的大紅斑

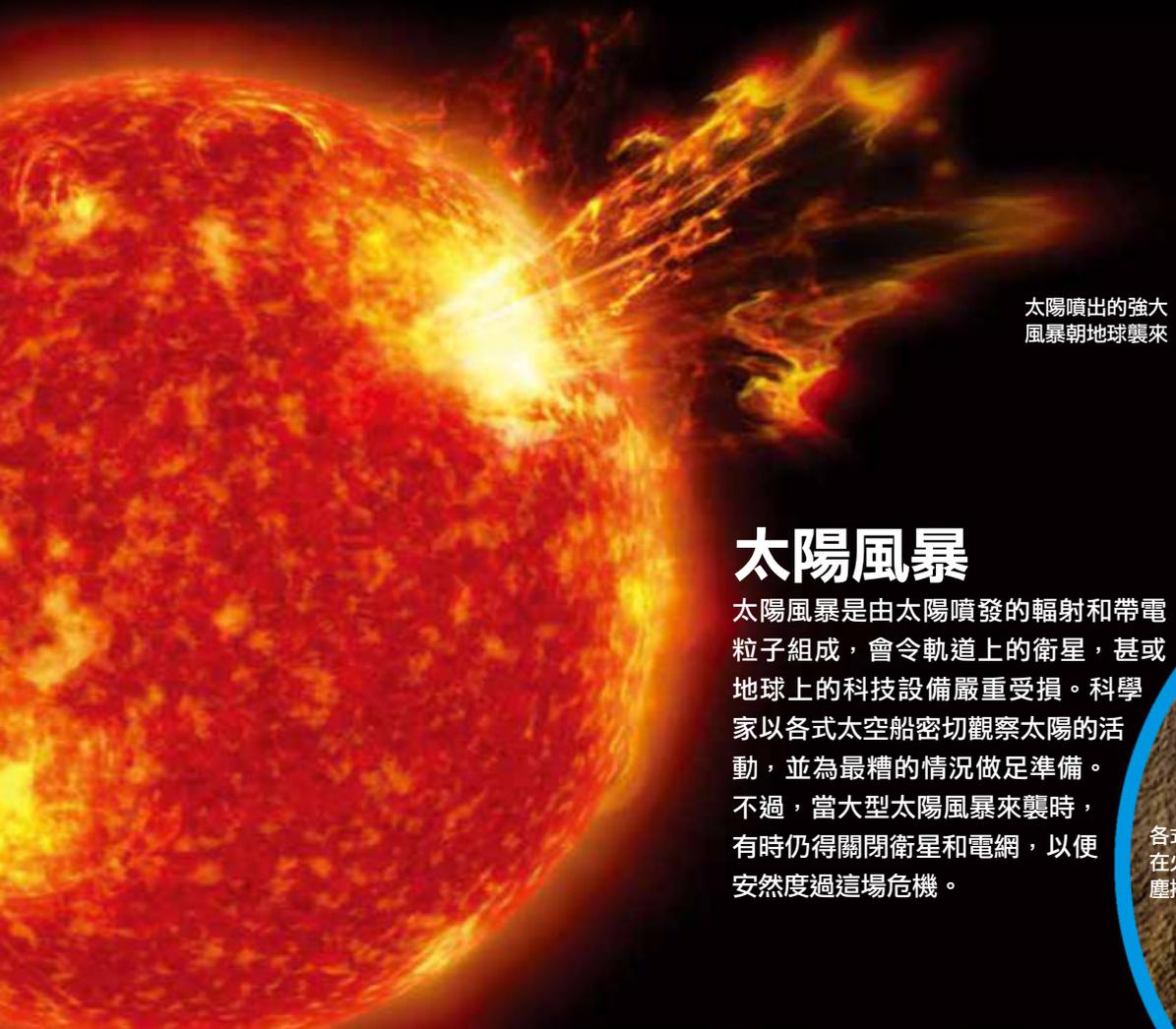
這個代表性的風暴雖已在木星上肆虐了數世紀，但它可能會消失。這個巨型風暴雖與地球上的颶風類似，但尺寸卻大得多。大紅斑的直徑約為 1 萬 6000 公里，大概是地球寬度的 1.3 倍。科學家認為，風暴向下的深度為地球海洋的 100 倍。但近期證據顯示，大紅斑可能正在縮小，或許數十年後就會消失。

土星的閃電

我們不僅看到土星上的閃電，甚至聽到了它的聲音。NASA 的卡西尼號（Cassini）太空船於 2004 至 2017 年間繞行土星，竟在白天觀察到該行星上的閃電，這代表閃電必定強烈至極——有些甚至比地球上的強 1 萬倍。透過觀察土星所發射的無線電波，卡西尼號亦能「聽到」大氣中的風暴放電。



卡西尼號在土星上看到的閃電

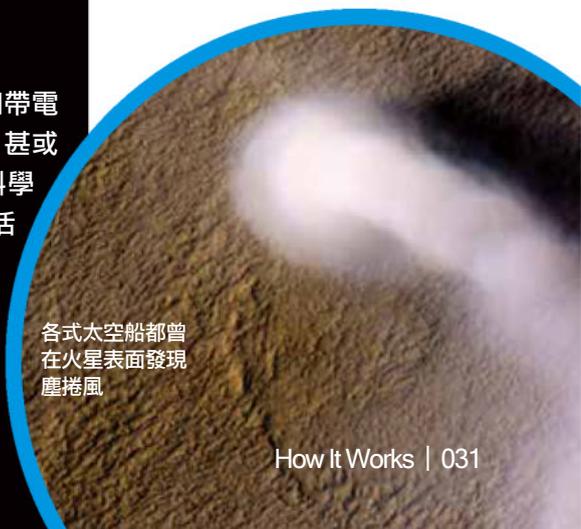


太陽噴出的強大風暴朝地球襲來

太陽風暴

太陽風暴是由太陽噴發的輻射和帶電粒子組成，會令軌道上的衛星，甚或地球上的科技設備嚴重受損。科學家以各式太空船密切觀察太陽的活動，並為最糟的情況做足準備。不過，當大型太陽風暴來襲時，有時仍得關閉衛星和電網，以便安然度過這場危機。

各式太空船都曾在火星表面發現塵捲風



© NASA, JPL-Caltech, SwRI, MSSS, Gerald Eichstädt, Seán Doran, Space Science Institute, University of Iowa, NASA's Goddard Space Flight Center



極端的太空天氣

還能在太陽系的哪些地方發現驚人的天氣現象呢？

永恆的黑暗 Eternal darkness

在月球和水星等地，有些隕坑因角度而永無日照，溫度因此降至近「絕對零度」（攝氏 -273.15 度）。

最熱的行星 The hottest planet

金星的厚實大氣會抓住熱能，表面溫度因此可達攝氏 465 度，為太陽系內最熱的行星。

木星的輻射 Jupiter's radiation

來自木星的強烈輻射讓它的幾顆衛星——如木衛一艾奧（Io）和木衛二歐羅巴（Europa）——沐浴在致命輻射中。

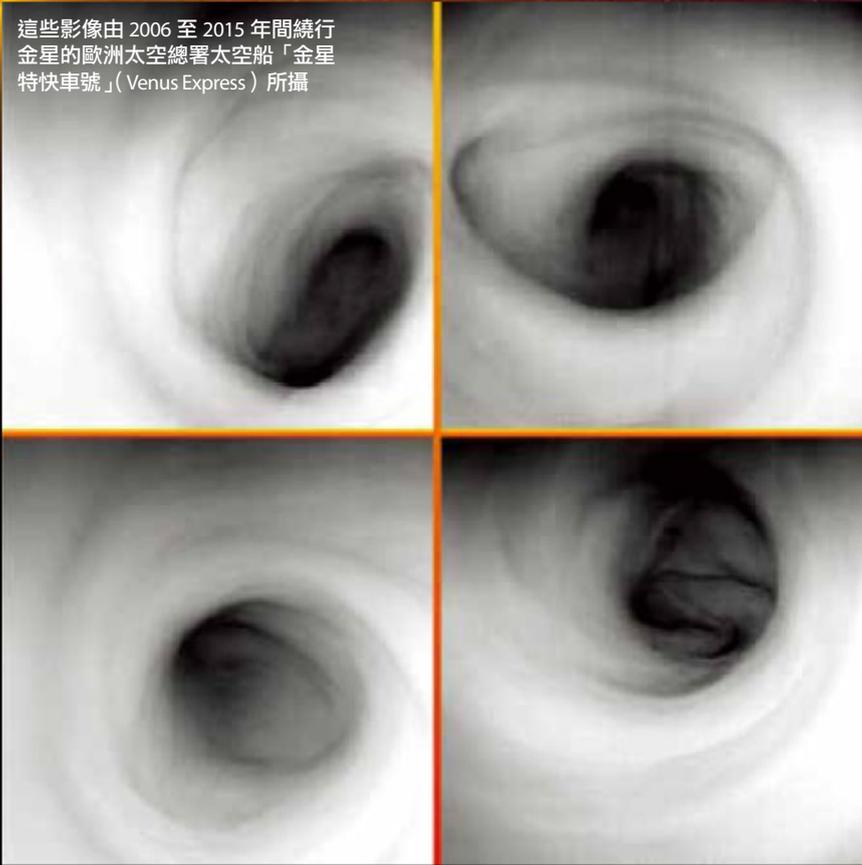
塵捲風 Dust devils

名為塵捲風的微型龍捲風在火星上形成，並於表面移動。

渦旋 Vortices

在木星的南、北極皆有呈環形排列的奇特氣旋。

這些影像由 2006 至 2015 年間繞行金星的歐洲太空總署太空船「金星特快車號」（Venus Express）所攝



金星的渦旋

在金星（太陽系最熱行星）的南極，有個尺寸與歐洲相當的大渦旋正在大氣中旋轉。該渦旋因金星的某些奇異特性而生成，且似乎存在已久。事實上，金星大氣的移動速度比行星本身還快，達到每小時 400 公里，為金星轉速的 60 倍。

海王星的巨風

海王星是與太陽相距最遠的行星，有著太陽系中速度最快的風。海拔最高處——這裡的甲烷讓海王星呈藍色——的風速達每小時 2000 公里以上，即音速的 1.6 倍。這樣的強風也引發了一些大型風暴，好比 1989 年航海家 2 號（Voyager 2）探測器所觀測到的著名「大暗斑」（Great Dark Spot）。



在被航海家 2 號發現的五年後，海王星的大暗斑便消失了

你知道嗎? 2009 年，在土星上觀察到一場肆虐八個月、在太陽系歷時最久的雷暴

奇妙的六邊形 What a hex

一直位於土星北極的奇異六邊形雲帶向下深入土星內部。

怪獸風暴 Monster storm

在土星上，有時會生成延伸 30 多萬公里、幾乎環繞整顆星球的大型風暴。

古怪的天王星 Oddball Uranus

雖然天王星是躺著繞行太陽，但它的天氣現象和其他巨行星並無太大差異。

甲烷雨 Methane rain

土衛六上的甲烷從地表蒸發、形成厚實的雲層後，有時會像雨般落下。

在這張由朱諾號所攝的紅外線影像中，可見木星北極的奇特氣旋

火星上的沙塵暴

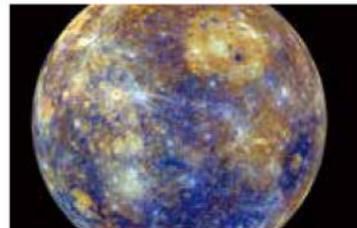
2018 年，一場席捲火星的巨型沙塵暴籠罩地表，讓人難以進行觀察。這種風暴——若在地球上，則稱「哈布風」(haboob)——每隔幾年便會形成，是由太陽加熱火星大氣、抬升地表灰塵所致。但 2018 的那場沙塵暴規模特大，而科學家仍未釐清成因。對仰賴陽光運作的太陽能探測車來說，這種風暴可是個大麻煩。

沙塵暴讓我們難以看清火星地表

太陽系 關鍵數據

太陽系的相關研究揭露了驚人的事實

100 倍 地球的磁場為水星的 100 倍



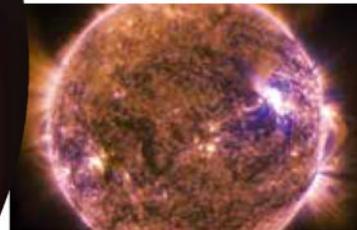
29 在土衛六上，每回的甲烷雨相隔了 29 個地球年



攝氏 94 度 火星地表在夏季時的晝夜溫差



11 航海家 2 號新發現的天王星衛星數量



92 倍 金星表面的大氣壓力為地球的 92 倍



© Mary A. Dale-Bannister/Washington University in St. Louis/NASA/SDO/JPL-Caltech/Johns Hopkins APL/Steve Gribben/Jenny Motar/MSSS/SwRI/ASI/INAF/IRAM/ESA, Venus Express, VIRTIS, INAF-IASI, Obs. de Paris-LESIA

決定宇宙的大小

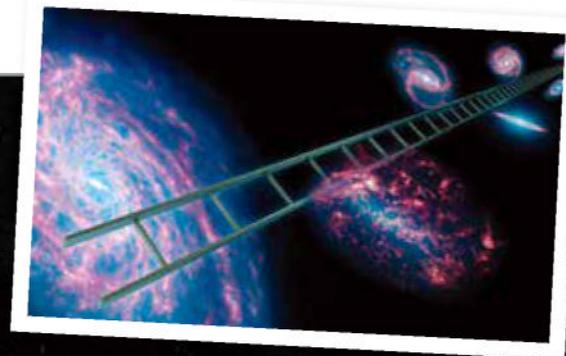
Determining the size of the universe

宇宙的廣闊無垠實在令人費解。很多人可能認為倫敦和紐約相距甚遠，但比起最近的星系（250 萬光年遠），這樣的距離根本不算什麼。

天文學家花了數十年的時間，試圖得出宇宙的規模和年齡。最接近的可觀測宇宙大小估計是 460 億光年。但這僅是可觀察到的區域，實際上天文學家認為宇宙的大小甚至可能是該數字的兩倍。透過名為「標準燭光」的天文距離量測標記，使得

以估算出上述數字。

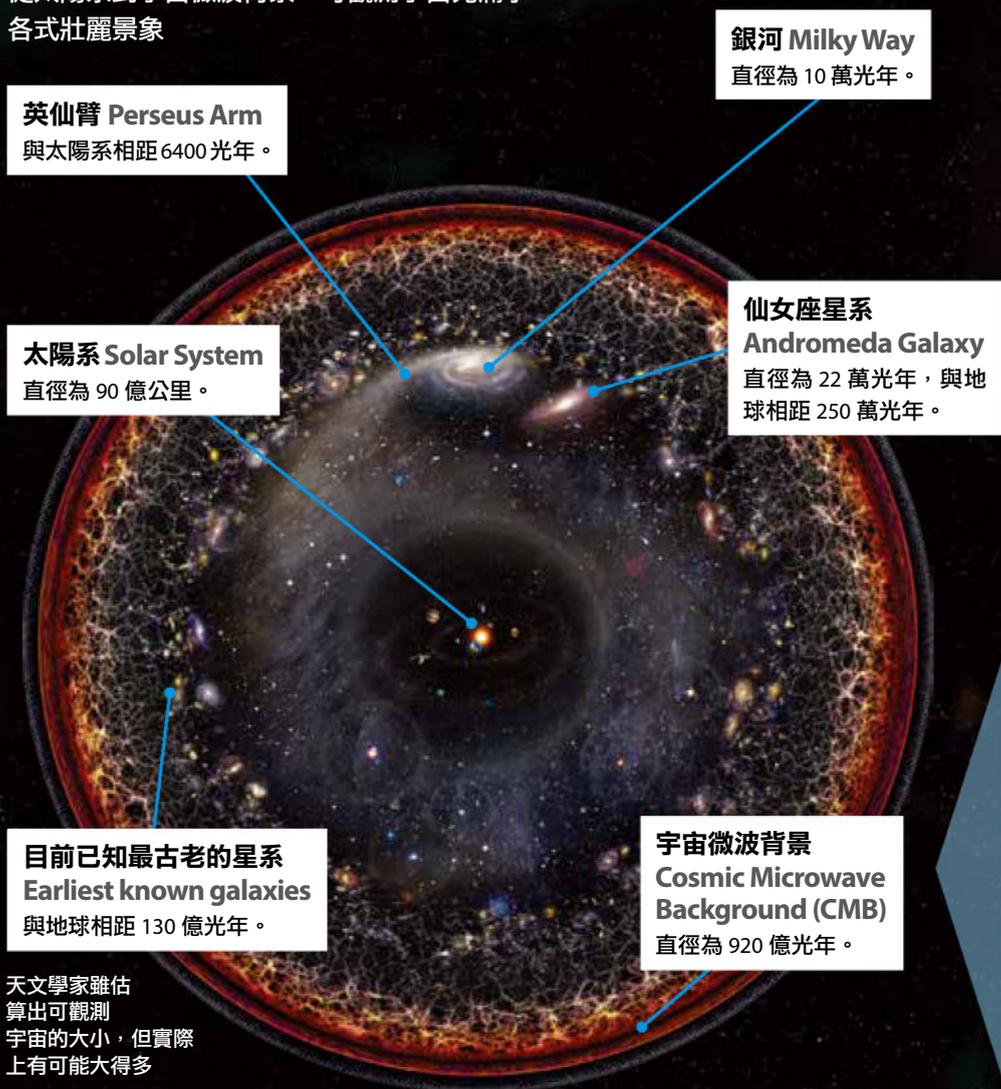
這種方法的假設其實相當簡單：得出眼前蠟燭的亮度，當蠟燭逐漸遠離時，亮度便隨之變暗。因此，透過測量實際和接收到的亮度差異，便能判定蠟燭與觀者間的距離。天文學家將此法應用在天體上，觀測了名為造父變星的恆星，並以美國航太總署和歐洲太空總署旗下的望遠鏡（如哈伯）進行長期研究，藉此解開這項難題。



標準燭光僅是確認「宇宙距離尺度」（Cosmic Distance Ladder）的方法之一

宇宙的尺度

從太陽系到宇宙微波背景，可觀測宇宙充滿了各式壯麗景象



英仙臂 Perseus Arm
與太陽系相距 6400 光年。

銀河 Milky Way
直徑為 10 萬光年。

太陽系 Solar System
直徑為 90 億公里。

仙女座星系 Andromeda Galaxy
直徑為 22 萬光年，與地球相距 250 萬光年。

目前已知最古老的星系 Earliest known galaxies
與地球相距 130 億光年。

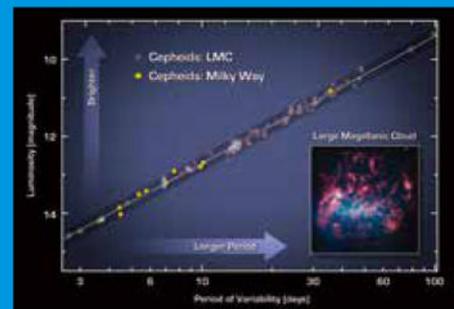
宇宙微波背景 Cosmic Microwave Background (CMB)
直徑為 920 億光年。

天文學家雖估算出可觀測宇宙的大小，但實際上有可能大得多

如何利用恆星的亮度變化來測量距離

在測量宇宙的距離時，造父變星是極其有用的恆星。與太陽不同，造父變星的質量通常為前者的 4 至 20 倍，且處在恆星演化的較晚期。在此階段，造父變星因內部不穩定而產生週期性亮度變化，科學家便能藉此測量宇宙中數千萬光年內的距離。

天文學家會測量造父變星的脈動速率（即亮度變化的週期），之後就能以「週期 - 光度關係」來推斷恆星的光度。亮度變化的週期越長，恆星的光度越高，反之亦然。因此，在測量宇宙的尺度時，天文學家便能將造父變星當作標準燭光使用。



造父變星的脈動週期和其光度有關，科學家能藉此算出這種恆星的距離

太陽系外的宇宙

尼古拉·哥白尼可能會對左圖有點意見，但此圖並不是將太陽系當作宇宙的中心，而是以對數尺度的概念來說明可觀測宇宙。這幅圖由音樂家暨藝術家巴勃羅·卡洛斯·布達西（Pablo Carlos Budassi）所創作，靈感來自普林斯頓大學研究所所做的對數圖，旨在展示在觀察太陽系外時，宇宙如何隨著距離呈對數變化，呈現出恆星、星系，甚或大霹靂後生成的氣體。

英國 FUTURE 集團獨家授權 全球各領域科普專家編製

Jupiter



Uranus

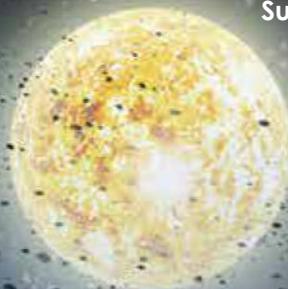


Mercury

Earth



Sun



Mars



Neptune



Saturn



把包羅萬象的知識全部化為圖解，
從科技、環境、交通、歷史到太空
讓你的科普實力倍數累積

知識大圖解

HOW IT WORKS

滿足您全家大小的求知渴望

Meerkat



Alpine ibex

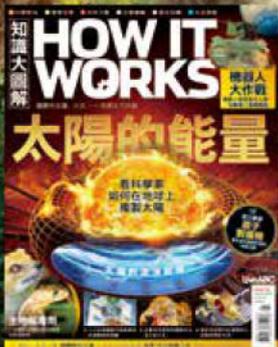


Waterfall

Flamingo



Fern



訂閱優惠方案

請上 http://www.liveabc.com/site/Online_Store/magazine_store/magazine_How_it_works_subscription.html

How It Works | 035



機器人 倉庫大觀

INSIDE A ROBOT WAREHOUSE

線上零售商正掀起一場購物革命，
幕後功臣則是一群負責處理訂單的機器人

撰文者：李·卡文迪什 (Lee Cavendish)



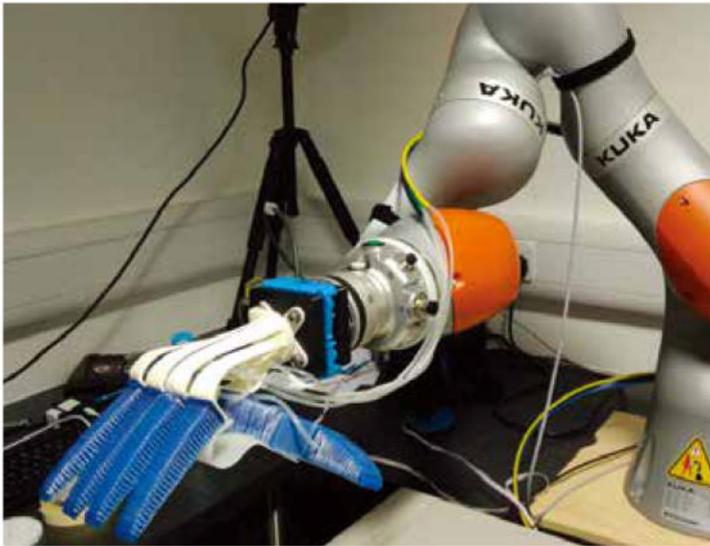
你知道嗎？ 歐卡多公司所用的鋼材量比溫布利拱環（Wembley arch，橫跨了倫敦的溫布利球場）更多

人 力的低效率時代宣告終結，借助機器人之力，歐卡多（Ocado，英國首屈一指的線上超市）得以探索未來的勞動能力。這家超市有個與眾不同的夢想：將人為干預減到最小，讓線上購物的效率盡可能提高。從按下「訂購」鍵，到貨品送抵家門，以上流程將由機器人完成。由歐卡多技術公司和劍橋諮詢公司開發的創新「歐卡多智能平臺」（簡稱OSP）讓線上零售業的未來躍進了一大步。

英國有兩間倉庫——又名「客戶履行中心」（簡稱CFC）——便採行了上述的創新技術。這種倉庫看似一個巨型機械棋盤，由一隊機器人繞著大小相當於三座足球場的網格移動。在網格中的各分區皆有歐卡多提供的產品（由倉儲人員負責取下並放入網格中）。機器人則座落在網格上方，透過區域4G網路來進行協作。機器人可透過該網路與基地台通訊，並藉由演算法得知應收

集哪些物品，以及執行順序。就好比空中交通控制系統，以上過程會以最高效率執行，並確保機器人不會相撞。同時工作的機器人有1000多個，以人類無法企及的效率運行，能在5分鐘內就完成一筆50項商品的訂單。

歐卡多在業界所達成的技術進展本就是公司行之有年的趨勢。早在近20年前，歐卡多就引進會自動巡邏貨架的推車，幾年前又推出一款輸送帶系統。結合OSP後，這兩間倉庫將徹底改變線上購物業，而歐卡多所開發的技術甚至可出售給其他公司。



歐卡多希望將這項技術推廣至英國的其他倉庫

機器人如何互相溝通？

簡單來說，機器人會以4G網路進行通訊。開發團隊推算，機器人間的無線通訊若無足夠的容量來滿足1000多個機器人的高速需求，就得將通訊切分成更小的部分。工程師選擇了名為「正交分頻多重接取」（簡稱OFDMA）的方法，基本上就是將數據分成不同的子段落。

倉庫的網路與外部世界隔離，通訊因此較不受外界雜訊干擾。然而，倉庫內的金屬製品仍會影響無線電頻率。如此一來，便可能造成通訊延遲、或導致機器人漏接重要數據，終在高效的環境中引發嚴重問題。為了克服以上問題，系統便會採用精密的均衡器和糾錯軟體。



外送食物到府是以精密系統進行高效處理的最終步驟

新舊比一比

相比之下，純線上的新方法不僅更簡單，也較省時

1 傳統倉庫的準備工作

採用傳統方式的話，得先將產品運至倉庫，才能分發至全國的商店。

2 送往商店

在貨品到府前，會先由消費者或貨運司機取走。

3 等待時間較長

花費的時間和人力成本較高，有時會轉化為較差的客戶體驗。

4 歐卡多的解決方案

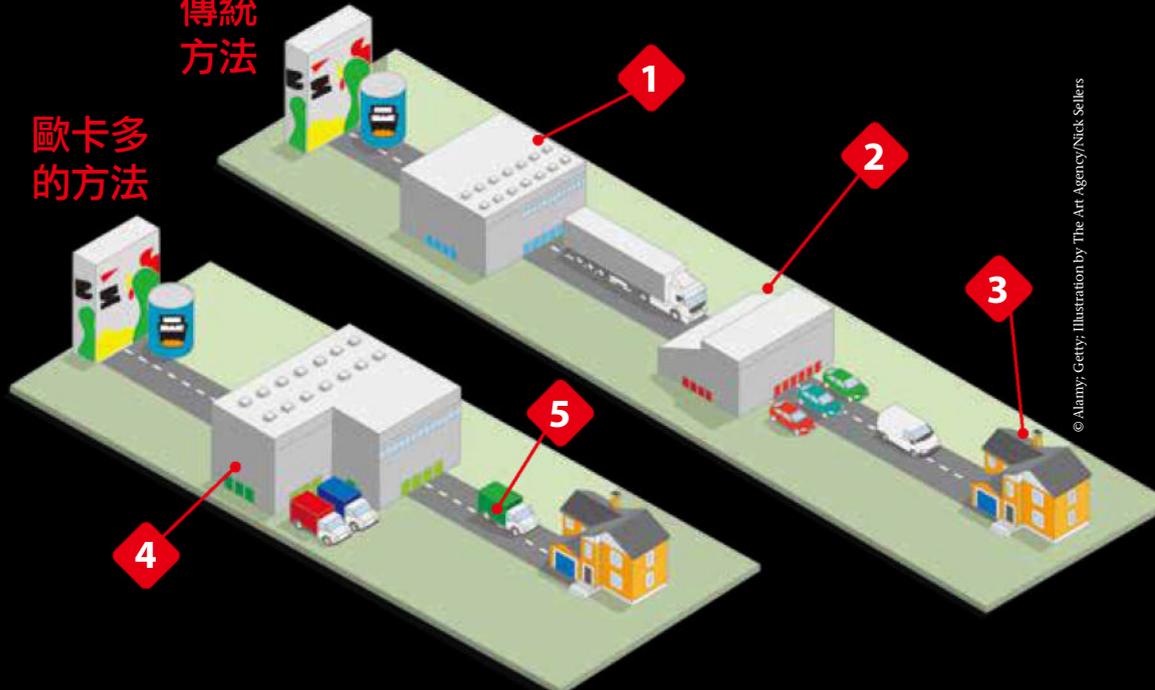
可讓貨品在單一倉庫中整理，無需商店通路。

5 快速交貨

機器人的取貨能力既快速又高效，應能確保貨品每次都可按時到府。

傳統方法

歐卡多的方法



© Alamy, Getty, Illustration by The Art Agency/Nick Sellers



倉庫內部的運行機制

人類和機器人須彼此協作，確保交貨系統運作順暢

在網格中安裝機器人 Set up in the grid

一旦安裝完畢，機器人將能在貨架間快速移動，幾分鐘內就收集好訂單貨品。

空間充足 Plenty of room

整個網格有三個足球場那麼大，每個分區的物品都會借助人工智慧進行擺放。

交貨時間 Delivery time

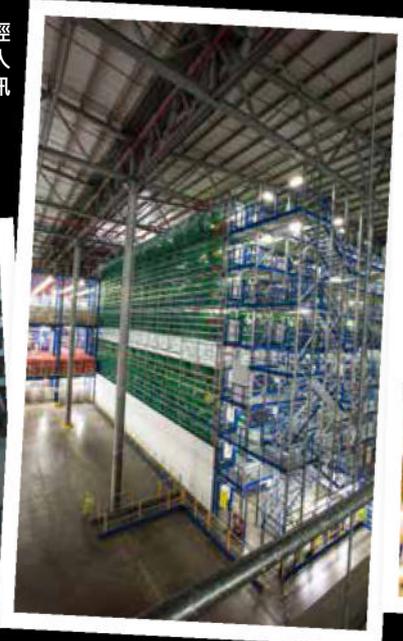
收集好的訂單貨品將被送往另一站，有人會在站內負責打包所有的貨品，準備發貨。

無線控制系統為半徑 50 公尺內的機器人提供了極佳的通訊

一旦機器人取得貨品，倉庫工作人員便會負責裝袋，再送上貨車

一起收集訂單貨品 Working together to collect the order

利用演算法和控制機制，便能高效控制網格，令其就像是專門取貨的空中交通控制系統一般。



你知道嗎？ 在 CFC 內，每個機器人每天會移動 50 至 60 公里！

智能取貨平臺 的原理

最新的倉儲物流技術效率高、
概念新且無需接線，將徹底顛
覆傳統零售業

取得貨品 Picking up the items

機器人以類似夾娃娃機所用的爪子來取物，確實收好後，才會拿取下件物品。

同質作業 Homogeneous working

若其中一個機器人壞了，會有另一個機器人代替它工作。

基地台 Base station

為機器人的中樞，通過一個 4G 區域網路來傳達取貨指令。

最大化空間 Maximising space

由於機器人在貨架頂端運作，因此網格的每吋空間都盡可能容納最多的貨品。

堆放貨品 Stacking items

貨物抵達後，工人會根據演算法定下的最佳位置，將貨品堆在機器人下方。

從卡車上卸貨 Unloaded from the truck

運抵後，板條箱中的貨物便被取出、放上多達 17 層的貨架。

可改造的網格 Grid adaptability

根據訂單的數量，網格可縮放到不同的尺寸，容納的機器人數量也可隨之調整。

歐卡多倉庫 相關數據

1100

在倉庫中運行的
機器人數量

4G

4G 無線網路用於通訊

112公里

把機器人運行的軌道
排成直線的總長

25萬

網格可容納的
儲貨空間

300萬

系統每秒執行的
路由計算次數

6萬5000

每週處理的訂單量

「機器人可透過 網路進行溝通」



倒轉時光之道

現代數位技術如何協助恢復
並探究人類的歷史遺跡

REWINDING TIME

撰文者：詹姆斯·霍頓 (James Horton)



蒲甘 (Bagan) 的廟宇是賽亞克基金會記錄的重要遺址之一

歷

史可謂無所不在，幾乎能在各大洲的每座城市中看到歷史景點，再提醒了我們前人的存在。這些景點彰顯了其文化底蘊和驚人創造力，並讓觀者共同參與歷史。沒有什麼比親睹古老遺跡更令人身臨其境了。一座存在數世紀之久的建物可說是古代社會工藝的最佳例證。不過，全球各地的重要文明遺址正面臨著威脅。

許多珍貴文物已被災難摧毀。雖然火山爆發可能有助於保存龐貝城和鄰近赫庫蘭尼姆古城中的古羅馬生活印記，但這僅是例外而非常態。火山爆發、地震和海嘯等威力十足的天災讓古城化為廢墟——最著名的例子便是埃及的亞歷山卓城。而今，許多古城仍處於上述危機。然而，對古蹟構成威脅的不可不僅止於天災。中東激進組織刻意拆毀阿富汗的佛像，以及敘利

亞帕邁拉的古建築。此外，有鑑於管理不當，懷著敬意湧向知名景點的旅客已對古薩大金字塔等建物造成不可逆的破壞。

幸好，有心保存古蹟者毋須孤軍奮戰。聯合國教科文組織 (簡稱 UNESCO) 等機構加入了保護世界遺產之列；慈善團體紛紛試圖修補受損的建築，甚至予以重建。隨著科技的進展，現則有更進一步的作法：透過數位方式記錄遺跡。而這就是賽亞克基金會 (CyArk，位於美國) 的使命，創辦人在聽聞激進組織對古蹟所做的無謂破壞後，覺得必須有所行動。

賽亞克基金會整合了「光達」(簡稱 LiDAR) 技術與攝影測量學，不僅記錄了古



許多自動駕駛系統也應用了光達技術

蹟的細節，還捕捉了全貌，打造出逼真的 3D 模型。光達為記錄立體建築藍圖的核心技術。藉由射向建築表面並反射回來的光脈衝，便能捕捉深度與細節。光達設備能手持，也可裝在無人機或飛機上，以準確

「賽亞克基金會不僅記錄了古蹟的細節，還捕捉了全貌」

以 3D 保存遺跡

專訪賽亞克基金會的製作總監
史考特·李 (Scott Lee)



請介紹您的工作內容。
就技術而言，我負責搜集現場取得的所有資料，確保它們能成為可用的素材。這包括從傳統建築圖中獲取資料，或是打造虛擬實境（簡稱 VR）體驗。我所管理的系統會確保資訊能交到正確的人手上。作為 Anqa 計畫的一環，我們在敘利亞做了一些小專案，培訓當地人進行記錄與操作儀器的方法。

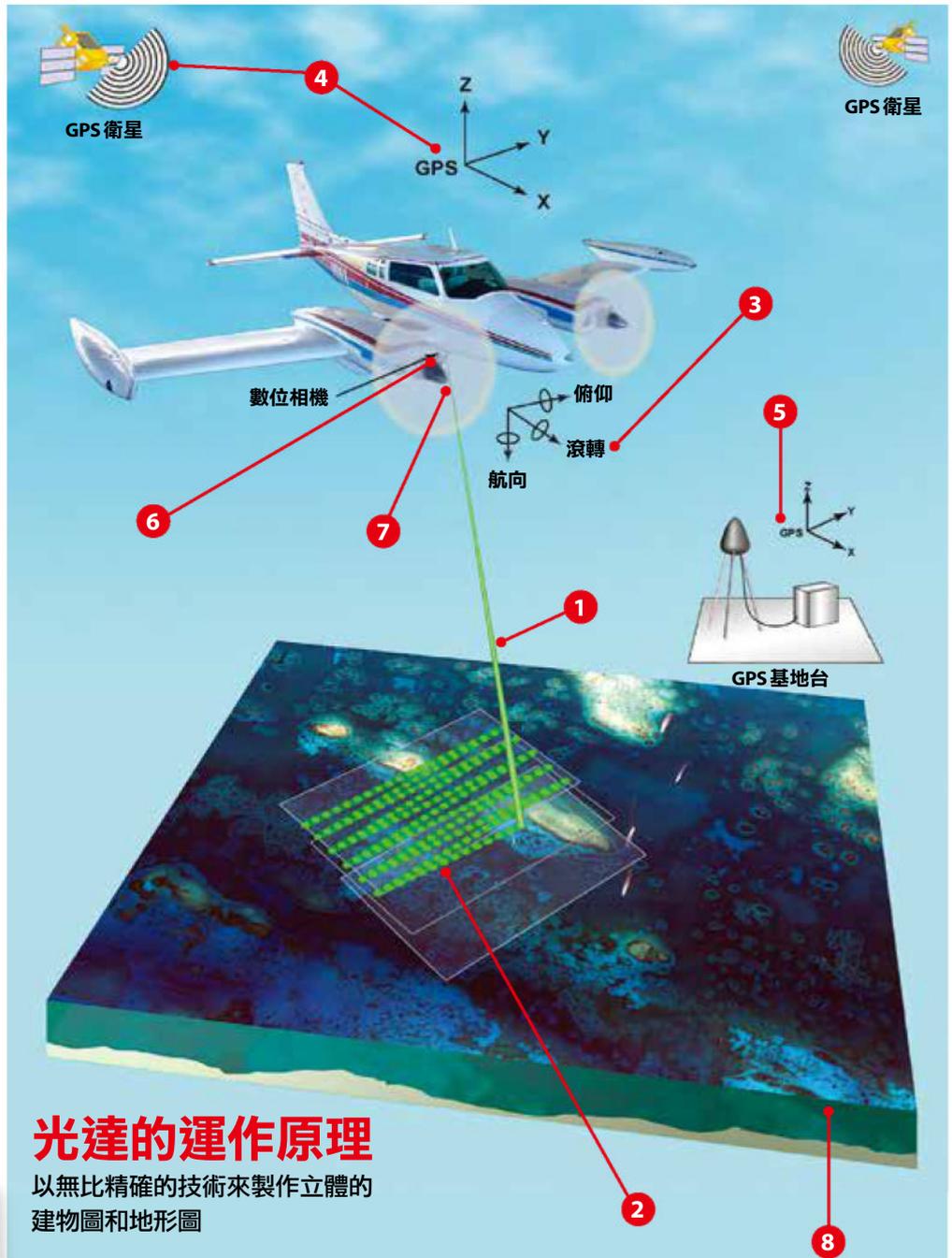
VR 會成為欣賞古蹟的主要方式嗎？

我認為 VR 只會是輔助方式，古蹟的「現場感」無從取代，許多無形的事物無法以 VR 呈現。但就美學來說，VR 的效果往往比現實更好。在記錄亞美尼亞的修道院時，內部很暗，無法看清所有細節。但一台 1 億像素的相機在曝光 3 秒後，就能提供極其不同的景象，以及之前看不見的細節。

考量被破壞的風險，某些古蹟並不開放參觀，但 VR 則讓人得以造訪這些遺址。以希臘的科林斯古城為例，著名的佩瑞涅噴泉就因過於脆弱而不對外開放。因此，光是能增加眾人可「參觀」的遺址數量便是 VR 的強大之處。



無人機安裝了光達和數位相機，藉此記錄難以進入之處



光達的運作原理

以無比精確的技術來製作立體的建物圖和地形圖

- 1 雷射束**
每秒約有 15 萬道雷射脈衝射向某表面。微脈衝系統功耗低，安全措施的需求較少。
- 2 映射**
目標物小至一公釐的細節都被光脈衝擊中。脈衝反彈並擊中裝在飛機上的光偵測器。
- 3 協調配位**
慣性量測裝置（簡稱 IMU）負責追蹤感應器的方向，讓映射程序不受飛機轉彎所影響。
- 4 天眼**
在飛機飛行時，全球定位系統（簡稱 GPS）衛星會精確監控光偵測器和 IMU 的位置。
- 5 持續追蹤**
以光達進行映射時，精確度很重要。GPS 基地台會與衛星合作，精準定位飛機的位置。
- 6 數位相機**
將資料與數位相機拍攝的數位影像合併，便能在 3D 模型中加入顏色和紋理。
- 7 光偵測器**
可用光脈衝返回飛機所花的時間來測定撞擊點的距離。
- 8 整合**
得知每道脈衝擊中的精確位置和該處與飛機的距離後，便能建立精準的 3D 表面模型。



有些摩艾石像的存續受到極大的威脅



將建於18世紀的阿茲姆宮以數位技術記錄，以防遭人破壞

記錄人難以進入的廣大空間。攝影測量學則是輔助技術，能以數位圖像獲取測量資訊和紋理細節。攝影測量資訊隨後與光達數據結合，以數位方式重建出逼真的古代遺址。

這項技術除了能將古代遺址以數位形式儲存下來，讓其不受自然和人為破壞外，還有助於確保遺跡的未來。2016年，緬甸發生地震，導致蒲甘的數百座古廟受損。精美壁畫和寺廟尖頂紛紛倒塌，但拜賽亞克基金會的精細模型所賜，修復人員找到了將古蹟恢復至原貌的所需模板。

除了將數位資料重現為實物，賽亞克

基金會還鼓勵人們直接造訪虛擬空間。隨著虛擬實境裝置普及化，以及數位重建的古蹟越發逼真，我們現可從任何地方造訪這些古代建物。多虧有這些模型，我們得以深入古跡探險，一窺其妙。如此一來，我們不僅在古蹟保存上有所進展，也讓更多人得以參觀。

延伸閱讀

欲瞭解更多關於數位保護和重建古代遺址的資訊，以及如何借助虛擬實境造訪令人歎為觀止的景點，請上 www.cyark.org。



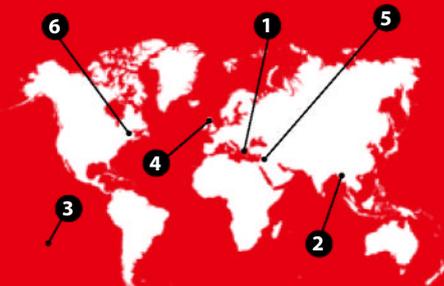
賽亞克基金會所製的精確圖像在修復蒲甘的Ananda Ok Kyaung 寺廟時，起了關鍵的作用

重建蒲甘

2016年，蒲甘發生了6.8級的地震，導致數百座建築受損。隨後，賽亞克基金會為建築師的重建工作提供了詳細的修復圖。利用立體建模資料，團隊提供了精確的平面結構切片，顯示出原本內外部構造的詳

細資訊，以作為評估遺址的基礎。團隊回到了蒲甘，再次對這些建築進行成像，旨在比較地震前後的寺廟狀態。有了這些資料，Ananda Ok Kyaung 寺廟的修復得到批准，如今復原作業正在進行中。

賽亞克基金會已完成的保存計畫



1 佩瑞涅噴泉 希臘的科林斯古城

為古希臘文化的中心。這座重要建築的保存狀況堪憂，現已停止對外開放。

2 蒲甘 緬甸

在當地最近的一次地震中，數百座寺廟受損，且有3000座古蹟仍處於危險之中。

3 摩艾像 智利的復活節島

數世紀以來，這些著名的波利尼西亞石像一直處在相對孤立的狀態，但隨著西方探險家的到來，旅遊業亦令石像所受的風險增加。

4 羅斯林教堂 蘇格蘭

這座建於15世紀的哥德式教堂有著獨特而細緻的雕工和石製品，充滿了有趣的基督教符號。賽亞克基金會致力確保學者日後仍能造訪這座珍貴的教堂。

5 阿茲姆宮 敘利亞

建於1750年，這座龐大的宮殿有兩個主翼、浴室和一座庭院。由於歷史遺蹟在當地被蓄意破壞，因此就以數位化形式保存了下來。

6 都鐸宮 美國

這座新古典主義建築是前美國總統喬治·華盛頓六代家族的居所。賽亞克基金會記錄了重建前後的建築，以對抗溼氣造成的破壞。

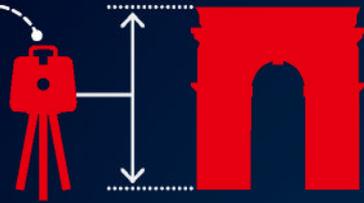
如何進行數位保存

隨著賽亞克基金會走一遭，一覽從獲取資料到存入虛擬保險庫的過程

獲取資料

Data capture

無論是固定式，抑或安裝在飛機上的光達技術都得以測繪建物的立體圖。



建立模型

Creating the model

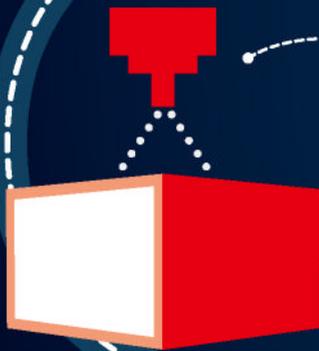
原始資料（包括該地理空間中的數百萬個獨立資料點）會被轉換成逼真的立體模型。



重建沉浸式環境

Reconstruction and immersion

立體模型可用於打造精確的 VR 空間，或讓 3D 列印機製出比例完美的模型。



「拜賽亞克基金會的精細模型所賜，修復人員找到了將古蹟恢復至原貌的所需模板」

現場處理

Field processing

先在現場處理約 500 吉位元組的原始資料（足以裝滿一個標準的個人電腦硬碟），以確保成功獲取所有資料。



親手遞送

Hand-delivered

儲存資料的實體外接硬碟被送往賽亞克基金會位於加州奧克蘭的總部。



大數據

Big data

完成的遺址資料可達 3 兆位元組（為原始資料的六倍大）。



鐵山 Iron Mountain

遺址資料的「黃金備份」最後會被存在名為「鐵山」的資安儲存中心。

備份計畫 Backup plan

遺址資料會備份在賽亞克基金會的辦公室系統，另一份列印紙本則為安全備份。





世界10大 危險工作

TEN MOST DANGEROUS JOBS
IN THE WORLD

+ 如何以科技來保障這些工作者的安全



01

拆彈專家

這些冒著生命危險的工程師可謂冷靜過人

處 理爆裂物有賴過人的勇氣、沉著的態度和穩定至極的雙手，這是份極需膽識的終極職業。扛起這項重擔的精英工程師得超越自我保護的本能，才能靠近並嘗試拆除汽車炸彈、簡易爆炸裝置（簡稱 IED）和地雷等致命爆裂物。

雖然官方在公布死亡人數時相當謹慎，但多數的爆裂物處理（簡稱 EOD）人員最少都有一名同僚在出勤時殉職，且他們大多有死裡逃生的經歷。

儘管如此，有些科技仍可讓拆彈作業的危險度稍微減少。例如，常會先派遣小型機器人去偵察可疑物品的狀態。雖然有些機器人甚至能自行拆彈，但仍無法替代經驗豐富之人的穩定雙手和機敏度。

當 EOD 技術人員進入現場時，會由電子反制操作人員來掩護，以訊號干擾器防止敵人引爆用無線電控制的 IED。最後，拆彈專家穿上特殊防爆服——由緊密編織的克維拉纖維製成，內部縫了 35 公斤重的高密度泡綿和陶瓷防彈板。



關鍵在於直接以手處理，方能完成精細的拆彈工作

解析防爆服

這套裝備足以抵擋強大的衝擊波和砲彈碎片

頭盔 Helmet

具防彈效果的聚芳醞胺纖維層輔以減震泡綿內襯，得以預防頭骨鈍傷。

領子 Collar

完全包覆頸部，並與頭盔重疊，以保護人員不受爆破壓力所傷。

防爆板 Blast plates

旨在保護喉嚨、軀幹和鼠蹊部，同時抵禦噴飛的碎片並讓身體免受壓力衝擊。

夾克 Jacket

由帶有阻燃外殼的克維拉纖維製成，內建一個關節式脊柱保護器，以防穿著者倒地受傷。

通風與通訊 Ventilation and communication

這款強制通風系統、除霧器暨通訊電子裝置能連續運作達 5 小時。

冷卻系統 Cooling system

為了防止過熱，會在縫入內襯衣的毛細管網中注入冰水。

控制模組 Control module

能讓配戴者控制頭盔的各項功能和通訊系統。

褲子 Trousers
帶有快拆扣的拉條支撐著褲子；雙腿後方各有一條等身拉鍊，可在需要緊急醫療時快速脫下。

「精英工程師得超越自我保護的本能」

8至10年
成為 EOD 技術人員的培訓時間

EOD 技術人員冒著生命危險出動，以防平民傷亡

02

消防員

第一線的打火英雄面對高溫也無所畏懼

56%
2014年，美國消防員因心臟過勞而死亡的百分比

全速衝向燃燒的建物——而非拔腿逃離——幾乎可謂「危險工作」的最佳寫照。旨在撲滅大火、營救受困者的消防員面臨著眾所皆知的危險，包括吸入濃煙、燒傷、建築物倒塌和瓦礫掉落。

多年來，透過細究各種火災蔓延的方式、便攜式呼吸設備、夜視鏡和防火服等，科技得以為消防員提供眾多的強化安全之道。近年來，一款數位定位的無線鞋式天線問世，讓搜救調度官得以追蹤每位身在險境的消防員位置。

當年還是學生的陳家楨設計師特別關注高樓火災。有鑑於梯子和地面裝置構不著高處，人員很快便會受困其中，消防員便得穿著 40 公斤重的裝備在樓梯間跑上跑下，可能還得背負喪失行動能力的受困者。

陳家楨設計了一款反應靈敏的外骨骼裝，以提升消防員在行走、跑動和搬運方面的表現。這種外骨骼會套在一般消防裝備的外部，為消防員的四肢提供超人般的力量，協助他們迅速且長時間地進行救援，而不致累到虛脫。

電源暨感應器裝置
Power and sensor units
關節處的致動器會提供響應式協助，可模擬並增強消防員的肌肉與肌腱動作。

消防用外骨骼
這款強大的動力服有助於消防員奔跑、攀爬和負重

工具架
Tool holder
外骨骼上可安裝特製設備，如氣壓水槍和液壓鉗等救援工具。

快拆拉環
Quick-release pull-ring
可在緊急情況下解開關節、拆解整副外骨骼。

能量回收系統
Energy recovery system
一般會流失至地面的能量可被回收，為關節提供額外的力量，減少張力並提高耐力。

電池組
Battery pack
鋰聚合物電池可使用達兩小時，且並聯了多個電池，以增加放電容量。

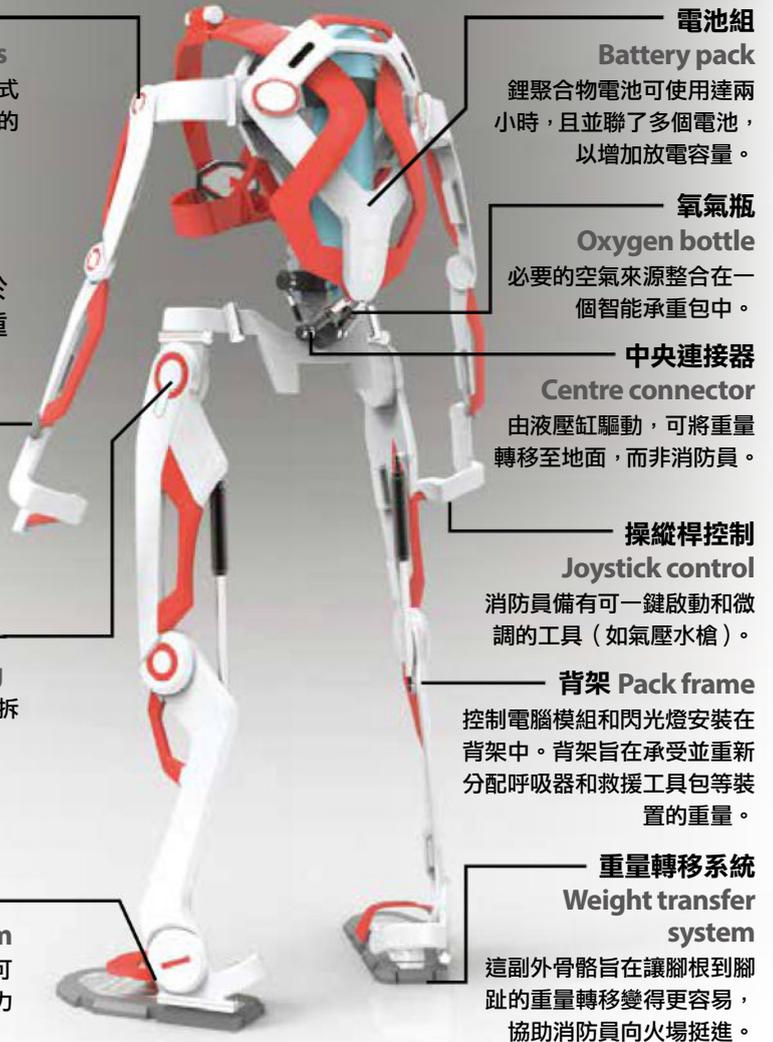
氧氣瓶
Oxygen bottle
必要的空氣來源整合在一個智能承重包中。

中央連接器
Centre connector
由液壓缸驅動，可將重量轉移至地面，而非消防員。

操縱桿控制
Joystick control
消防員備有可一鍵啟動和微調的工具（如氣壓水槍）。

背架 Pack frame
控制電腦模組和閃光燈安裝在背架中。背架旨在承受並重新分配呼吸器和救援工具包等裝置的重量。

重量轉移系統
Weight transfer system
這副外骨骼旨在讓腳根到腳趾的重量轉移變得更容易，協助消防員向火場挺進。



這款外骨骼服可配戴特製的裝備，包括水槍和救援工具



穿著外骨骼更利於消防員在火場中進行救援

SpaceX 發射臺的中止程序

太空人如何在緊急情況下脫離險境

俯仰 Pitching

在垂直飛行 0.5 秒後，八個引擎會減速，將太空船的軌道轉向海洋。

逃脫 Escape

若在發射和切入軌道之間的任何時刻發生故障，SpaceX 的發射中止系統為太空人提供了逃生方法。

拋棄 Jettison

一旦燃料燒完，天龍號便已滑行至一哩高的頂點，並拋棄貨艙。

貨艙 Trunk

無人駕駛的貨艙是消耗品，所以沒有配備降落傘，直接落入大海。

布署阻力傘 Drogue chute deployment

分離後的 4 至 6 秒，一對小型降落傘展開，以協助穩定太空船。

布署主降落傘 Main chute deployment

在落海之前，一組三個的降落傘會用於減緩太空船的下降速度。

灑落 Splashdown

天龍號組員灑落在與發射臺相距約 2 公里的海中，遠離相關危險。

03 太空人

全宇宙最危險的職業之一

被問及危險工作時，人們大多不會想到太空人，畢竟做過這份工作的人並不多。但太空人的死亡率可真是個天文數字（統計資料顯示，竟高達 5%），這代表擔任太空人的風險約是英國一般職業的 1 萬倍。

與許多科幻片的情節相反，太空人最常見的死因並非遭外星人襲擊，也不是在太空漫步時繫繩斷裂。其實，在太空中死亡的人數僅有 3 名，且全是在太空船內過世。根據統計，發射和重返地球大氣的瞬間更加危險，但這類風險仍可靠嚴格的中止程序和熱防護系統來降低。

32名

在 500 多名太空人中，於執行任務或訓練時身亡的人數

加壓太空服有多達 14 層的衣料，以免人體受太空的極端溫度（從攝氏 120 度到 -150 度不等）所影響。太空服內的感應器會監測太空人的生命徵象，並將相關資訊傳至地面的控制中心。

太空漫步時，太空人會以一根長繩和數根備用短繩與太空船相連。若發生事故，迷你噴射背包可讓他們返回太空船。

「擔任太空人的風險約是英國一般職業的 1 萬倍」

加拿大太空人克里斯·哈德菲爾表示，他最害怕「失控飄進太空」



解析伐木機

重型伐木機可讓伐木作業
更安全、迅速

起重機 Crane

機器的整體穩定性拜低重心和函數幾何學所賜。

駕駛艙 Cabin

四周都有超大的窗戶，
為操作員提供足以看清
工地環境的良好視野。

車架鎖 Frame lock

液壓鎖可用來固定前、後
車架，以防在執行過程中
出現無預期的動作。

控制系統 Control system

操作員從安全的
駕駛艙中控制收穫
機的機頭。

輪子 Wheels

八個輪子得以分散負載，且能在不
平整的土面、陡坡和脆弱地形（如雪）
上提供穩定性和曳引力。

04

伐木工

儘管作業環境難測，這些工人仍
奮力在大自然中搏鬥

「我是名伐木工，我好得很，耐睡一整晚，工作一整天！」蒙提·派森的《伐木工之歌》雖然如此唱道，但官方資料顯示，伐木工為美國最危險的職業。

伐木作業十分艱苦，往往得在偏遠地區的危險地形中進行。2014年，每10萬名伐木工就有110人因工死亡，另有數千人身受重傷。倒下的樹木、陡峭滑溜的地面、快速移動的機器和多變的山區天氣……伐木工所面臨的危險可不僅於此。

然而，新技術正試圖改善伐木業的工作環境，讓伐木工能有效率且安全地（這點至關重要）作業。如今，有些北歐國家的伐木作業幾乎都以重型機具進行，作業人員置身於加強型駕駛艙中，並保持更安全的距離。在其他地區，手鐮和平板內的

伐木應用程式內含衛星影像、潛在危險地形示警等功能，以協助伐木工做出明智的決定，確保安全。

伐木機的機頭

一探伐木用工具組

除枝刀

Delimiting knives

伸入並環繞被砍
下的樹，當樹幹
通過裝置時，就
會切斷其樹枝。

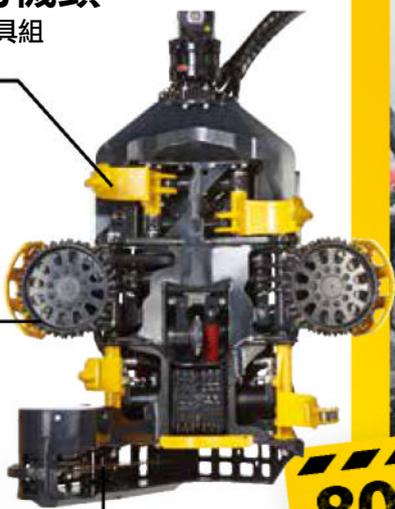
進料輥

Feed rollers

會抓住樹，
並將其推入
除枝刀。

電鋸 Chainsaw

負責砍倒樹木，將木材切成
較短的節段。



30倍 比起美國
的一般工作，伐木工
因工死亡的倍數

05

討海人

靠海吃飯、
辛苦工作的漁夫

在海上生活可能聽來浪漫，但心智不夠堅強者肯定無法從事漁業。直到2012年，這份工作還被評為美國最危險的工作，如今則位居第二。補蟹人在阿拉斯加富饒而致命的水域作業，不僅工作繁重，還得忍受狂暴的天氣、冰冷的甲板、洶湧的海浪，以及不斷被衝進海中的風險。

如今，手機應用程式能提醒漁民即將到來的風暴和惡浪，也會標出水下障礙物（如石油和天然氣管）的精確位置，讓現代漁民得以在這場歷時已久的戰役中提高生存的機會。

「補蟹人得忍受狂暴
的天氣、冰冷的甲板
和洶湧的海浪」



80% 漁民因溺水
或失溫而亡的比例

巨浪和無情的
天候讓許多
漁民葬身大海

伐木工須具備充足的體能
和腦力

39.9% 2014年，
美國建築工人因失足摔落
而亡的比例

智慧頭盔

先進的頭盔會在現實的
工地環境疊加虛擬的安全
資訊

4D 擴增實境顯示器

4D augmented reality
display

這款透明顯示器可被收起，在
強、弱光下都可看清楚。

高解析度深度感應器 High-resolution depth sensor

追蹤校準演算法負責解譯
攝影機的資料。

IntelliTrack 裝置 IntelliTrack unit

工業級慣性量測元件負責追
蹤頭盔在工地中的所在位置。

360 度攝影機組

360° multi-camera array
四個高解析度攝影鏡頭能用來
錄影、測繪 3D 圖，
並識別英數字。

建築工人須全神貫注，一秒都不能分神



06

建築工人

老練的建築工人必須步步為營

還記得 1930 年代的那張經典照嗎？紐約市的
建築工人站在一根鋼梁上，於離地 250
公尺的高空吃著午餐。從這張照片，正好
能看出工地所無法避免的一項危險因子：
高度。在數層樓高之處滑倒顯然比在平地
嚴重得多，但危險還不止於此。

建築工人得在各種天候下從事繁重的
勞動，常會面臨所謂的「致命四大風險」：
失足摔落、撞擊、觸電和遭碾壓。也難怪，
英國職場致死人數最多的就在建築業。

不過，工地人員亦開始借助科技之
力。手機應用程式可協助設置安全梯等任

務；智能夾克會在穿戴者和機具駕駛靠得
太近時示警；GoPro 相機可用於記錄安全演
練；感應器則能在工人接觸帶電電線前，發
出觸電提醒；透過即時風險監控儀表板，
現場安全管理人員得以密切關注配戴感應
器的工作人員。

07

特技替身

為了提供娛樂，而干冒生命 危險的特技人員

這些人的工作簡直是「危險」的代名詞。特技替身
得跳越大火、摔出窗戶、開車衝下懸崖，好讓明星
演員不必親身犯險。

多年來，特技演員的本質幾乎沒變。但觀眾對
大膽、刺激的動作場面，則是胃口越來越大。這也
令特技替身的職業風險增加。幸好，科學仍可提供
協助之道。

安全背帶和安全繩能由剪接師以電腦去除；煙
火技師可預測並控制爆破場面；防撞服能預防割傷
和擦傷；電腦合成影像則可添加或強化危險的場景。



20至40人
每年在拍攝過程中
死亡或受重傷的
人數

丹尼爾·克雷格的特技替
身為龐德電影《007：惡魔
四伏》演出了直升機打鬥
的場景

08

煤礦工

他們得在地底深處進行極其艱難的作業，且危險環伺

人類使用煤炭已有數千年的歷史，至今煤仍是重要的自然資源，負責供應全球 40% 的電力。然而，開採年消耗量近 90 億噸的煤炭卻是危險至極的工作。

礦工在地底數百公尺深處工作，作業環境高溫、擁擠、黑暗、骯髒且危險。在迷宮般的隧道內，小型礦車嘎嘎作響地前進，將工人送至與礦坑入口通常相距幾哩遠的煤面。這個地底世界充斥著危險，好比火災、爆炸、導致窒息而亡的有毒氣體、透水溺斃事故、吸入煤塵所引發的健康問題、巨型機械意外，以及——可能是最嚴重的——整座礦場崩塌。

過去，礦工會以金絲雀來探測無味的有毒氣體（如一氧化碳和甲烷）。若空氣中含有這些氣體，肺部很小的金絲雀就會暴斃，而礦工便會趕緊離開。

而今，電子煤氣表和警報系統取代了金絲雀；電阻率探測器可「看穿」岩石，找出潛在的危險地下水體。此外，開採前，新技術亦能先稀釋甲烷的排放量，大幅降低爆炸的風險。儘管有了上述進展，每年仍有成千上萬的礦工因工死亡，尤其是在發展中國家。

2.4 倍 比起其他民營企業的員工，美國礦工的受傷天數為其平均的兩倍有餘

重型機械

Heavy machinery

擁有數百顆牙齒的巨型機具對著煤面大口咀嚼，每小時可開採數千噸的煤炭。

接縫 Seams

煤會以「層」或「脈」的形式（即煤層或煤床）存於沉積岩中。

透水風險

Flood risk

若在開鑿時，挖到隱藏其中的地下水，很可能會引發致命的洪水。

釋放氣體

Off-gassing

在開採過程中，煤和周圍的岩石會釋出甲烷和其他危險氣體。

一具長壁採煤機每小時得以從煤層中壓碎多達 5000 噸的煤

通風網

Ventilation network

新鮮空氣被輸送到礦井裡，好讓工人不致窒息。

煤礦坑解剖圖

為何煤礦坑會成為如此危險的工作場所？

煤塵

Coal dust

大量的煤塵對礦工的呼吸系統有害，與甲烷混合更會引起爆炸和火災。

隧道網

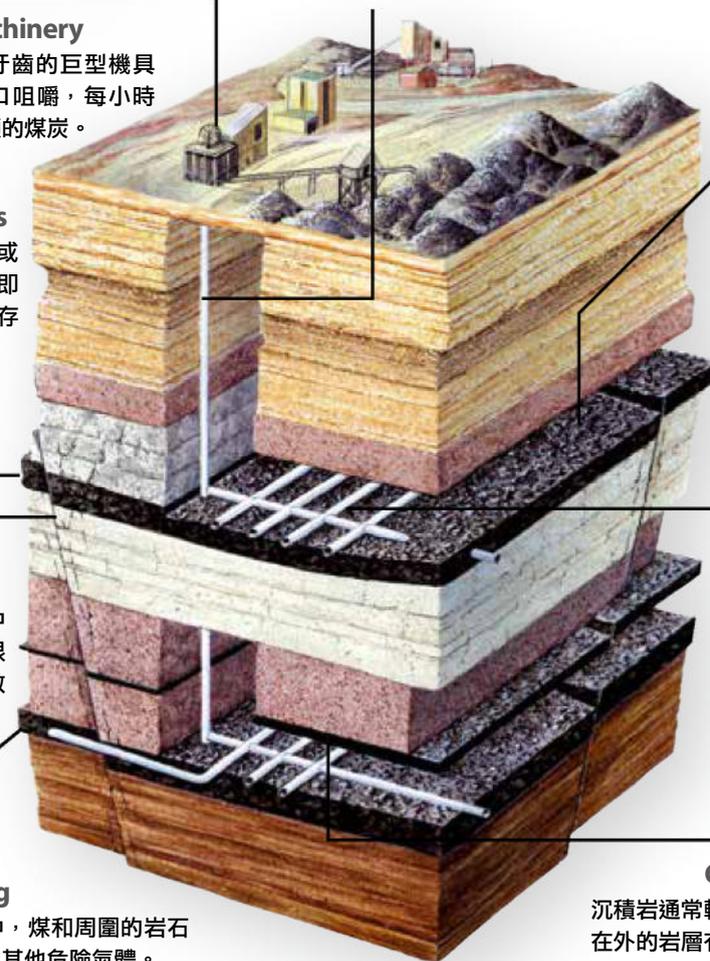
Tunnel network

隨著煤層不斷開採，煤面離礦井入口越來越遠，隧道網便隨之擴展。

倒塌的風險

Collapse risk

沉積岩通常較軟，因此暴露在外的岩層有可能會塌陷、困住或壓死工人。



透過虛擬實境訓練，礦工可學會如何因應地底的緊急事故

水下鐸工的裝置
須完全絕緣



09

水下鐸工 電與水的致命組合

水下鐸工是專門的工程師，負責維修水下結構（如橋梁支架和海上鑽油平臺）。這份工作會遇上各種獨特且致命的危險，包括電擊、溺水、失溫、爆炸、海洋生物襲擊和潛水夫病。

在溼鐸的過程中，保護用的橡膠潛水衣和絕緣電極等技術可降低觸電的風險。第二種選擇——乾鐸——則是在工地周圍打造灌滿加壓空氣的密封外殼，好讓工人可像在陸上一樣工作。然而，這並非沒有風險；若鐸接過程中產生的電弧周圍有著高濃度的氧氣和氫氣，可能會導致爆炸。

儘管這項工作的危險度頗高，但統計資料顯示，水下鐸工其實最可能死於潛水事故（如溺水、氮醉或潛水夫病）。透過遠端監控攝影機從水面監控鐸工的情形，可在一定程度上控管這些風險，同時也能觀察設備是否故障，以及周遭是否有危險。

15% 2012年的
水下鐸工
死亡率

登山是最具風險的
活動之一

10

登山嚮導

在地球上最危險的戶外環境中，
這些專家負責維護他人的安全

人們可不會無故僱用登山嚮導。有鑑於山石嶙峋、路途崎嶇、日曬雨淋與低氧的高山環境，山區始終危機四伏。

專業的登山嚮導得屢次冒險進入危險的偏遠山區，被雪崩等意外困住的風險因此大增。雖無法抵擋猛烈的雪崩，但科技卻能增加倖存的機會。

AvaLung

這款抗雪崩工具包能
延長遭雪掩埋時的存
活時間（從 15 分鐘延
至 1 小時）

接口管
Mouthpiece

使用者得在被雪掩埋、無法動彈前，插入接口管。

透氣網眼布料
Breathable mesh fabric

可從周圍的積雪引入新鮮空氣。

閥室 Valve box
閥門開關時，會引入新鮮空氣、排出廢氣。

排氣口
Exhaust port
將排出的二氧化碳導向身體後方、遠離臉部。



150人 全球每年
死於雪崩的人數



動物的 解毒妙「劑」

ANIMAL ANTIDOTES

被最厲害的有毒生物螫傷或咬到後，為何有些動物仍能存活？

撰文者：史考特·達特菲爾德 (Scott Dutfield)

世上的某些生物（如毒蛇、蠍子或水母）已演化出釋放毒液的能力。然而，拜演化所賜，有些物種亦對以上毒素產生了「抗毒力」。在600種最惡名昭彰的毒蛇中，蛇毒可大致

被分成三類。第一種是能影響神經系統的神經毒素，不僅會阻斷神經傳導，最終還會使其完全失靈，進而導致麻痺。第二種為血毒素，會攻擊體內的紅血球，使其固結成凝膠狀血塊，造成慘死。最後一種是

細胞毒素，甚至能在獵物被吞下肚前，就開始消化其身體細胞。

身為掠食者暨獵物，毒蛇實為可怕的對手，但某些物種卻不畏與之交手。身懷劇毒的眼鏡蛇便有個天敵：獾。為了讓神

獾已演化成能抵抗眼鏡蛇的致命毒液



你知道嗎？子彈蟻的針螫要比蜂螫痛上 30 倍

蛇鷲使用相當於自身體重
的五倍力道來擊打獵物



功夫鳥

蛇類不僅要提防來自地面的攻擊，也得當心空中的威脅。蛇鷲這種巨型鳥類已發展出一種捕食蛇類的招式。雖然並非真的抗毒——蛇鷲對蛇毒並無免疫力——牠們卻能靠著連續重擊蛇頭來避免被咬。一項研究發現，蛇鷲平均只花 15 毫秒就能擊中蛇頭。透過對蛇首發出 20 公斤的重擊，蛇鷲便能擺平毒蛇，毋須領教蛇吻。

獾一般都吃小型動物，
如蛇類、鳥類和魚類





沙居食蝗鼠已演化成能無視蠍子的螫刺

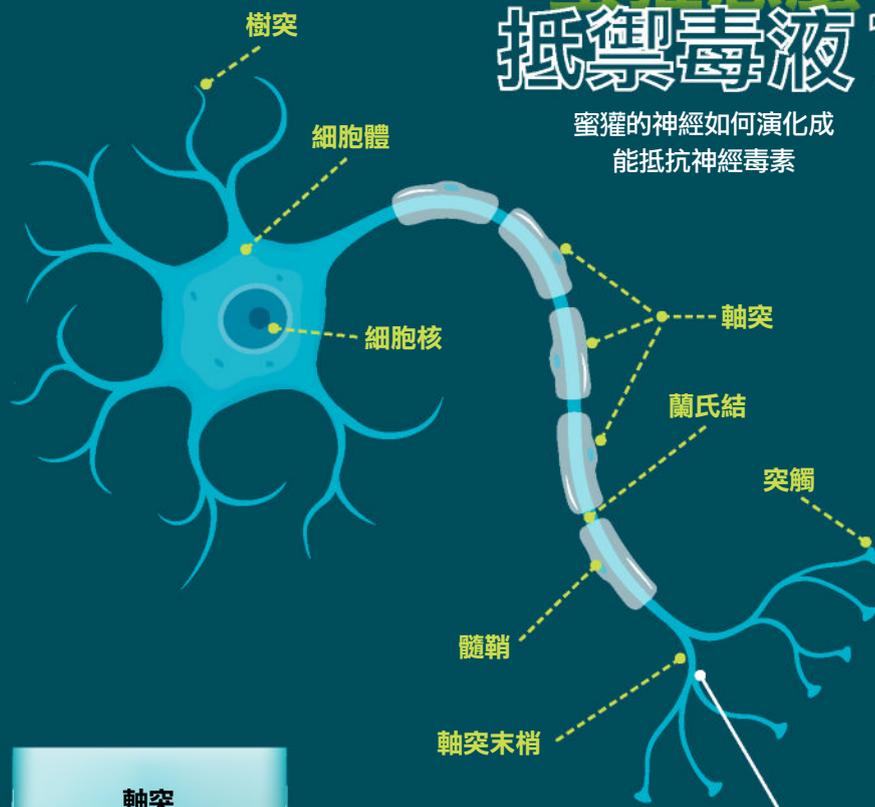


蜜獾怎麼抵禦毒液？

蜜獾的神經如何演化成能抵抗神經毒素

嚙齒類的抵抗

對許多近距離接觸蠍子的嚙齒類來說，蠍螫恐會致命。然而，有種不可思議的鼠類不僅能獵捕蠍子，還能全身而退。原生於美國西南部的沙居食蝗鼠性喜捕食樹皮蠍。即使碰到令其他動物喪命的蠍螫，食蝗鼠也只是舔舔腳爪，再把蠍子大餐吃完。至今仍不清楚食蝗鼠究竟為何對蠍螫免疫，但有人認為是因食蝗鼠神經細胞上的離子通道釋出了某種蛋白質。再與注入的毒素結合後，這種蛋白質據信會引發麻痺效果，從而降低食蝗鼠所感受到的疼痛。



神經傳導物質 Neurotransmitter

為神經系統的分信差，能在神經細胞間傳遞訊息。

樹突 Dendrite

這些位於神經細胞本體前端的突出構造能從鄰近的神經細胞接收神經傳導物質。

軸突末梢 Axon terminal

神經細胞末端的數個突出構造能將神經傳導物質送往鄰近的神經細胞，藉此把來自腦部的信號沿著身體傳遞。

神經毒素 Neurotoxin

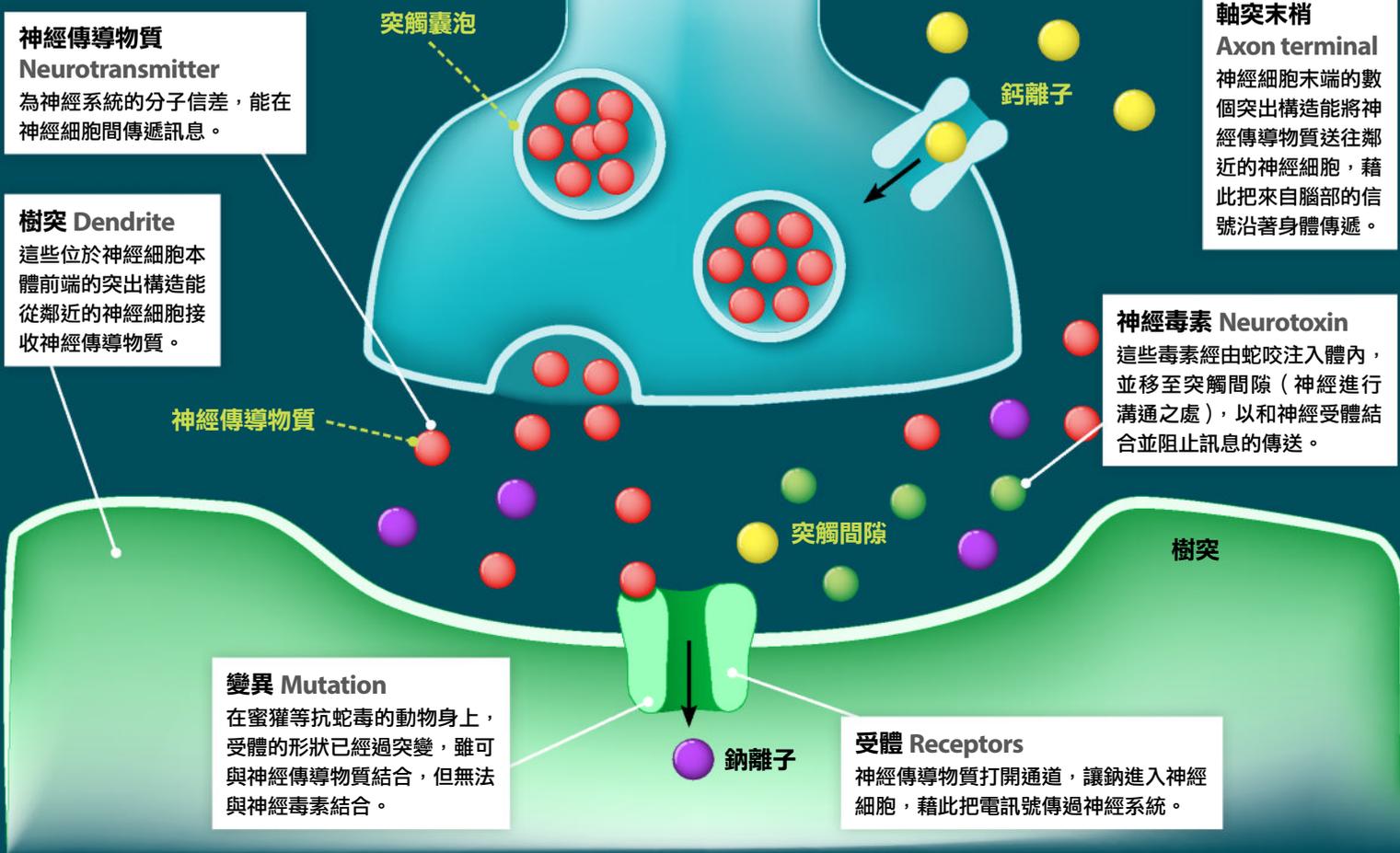
這些毒素經由蛇咬注入體內，並移至突觸間隙（神經進行溝通之處），以和神經受體結合並阻止訊息的傳送。

變異 Mutation

在蜜獾等抗蛇毒的動物身上，受體的形狀已經過突變，雖可與神經傳導物質結合，但無法與神經毒素結合。

受體 Receptors

神經傳導物質打開通道，讓鈉進入神經細胞，藉此把電訊號傳遞神經系統。



你知道嗎？ 約有 250 種蛇的毒液強到咬一口就足以要人命

經毒素起作用，毒素使得與神經細胞的受體結合。然而，獾的神經受體經過變異，得以阻礙兩者的結合，讓獾對麻痺作用免疫。能對抗神經毒素的並非只有獾，有些哺乳類（如蜜獾、地松鼠，甚或刺猬）也能承受蛇牙中讓其他動物喪命的神經毒素劑量。

北美負鼠的血液也足以對抗、中和 12 種左右的蛇毒。其中一種為西部菱背響尾蛇的血毒素，可滲透獵物或攻擊者的血液、劫持血球，破壞內臟和循環系統。然而，北美負鼠血液中的胺基酸鏈卻能保護血球，中和入侵的毒液。

箱型水母可說是世上最毒的物種，能在幾秒內便讓許多動物受重傷和喪命。每隻觸手各有 5000 個刺細胞的箱型水母雖看似不甚美味，但革龜卻幾乎僅以牠們為食。不同於那些能抗毒的哺乳類，革龜則是可抵禦世上數一數二毒的水母。其通向

胃部的厚厚食道上布滿了一排排的倒鉤乳突。這些突起是由硬質的角蛋白（即指甲的材質）所構成，能讓水母的螫刺無法發揮作用。



北美負鼠血液中的胺基酸鏈可防止血球受毒液影響



革龜是箱形水母的天敵，具有抵禦其致命螫刺的能力



蜜獾已演化出對神經性蛇毒的免疫力

Q&A

專訪毒液專家 布萊恩·佛萊



身為生物化學家和分子生物學家的布萊恩·佛萊（Bryan Fry）是昆士蘭大學生物科學院的副教授。其研究讓我們對毒液及其演化有了更多的瞭解。

研究讓我們對毒液及其演化有了更多的瞭解。

毒蛇如何能演化出對自身毒液的免疫力？

這有賴多種機制，從神經受體的結構改變，一直到可中和毒素的循環因子。

來自同種或別種蛇的毒液是否會造成影響？

牠們能抵禦類似的蛇毒（如來自同種或相關種類的蛇）。然而，有些蛇種的毒液會因分布地的不同而大有差異，因此免疫交叉反應會小得多。以加州的南太平洋響尾蛇為例，當地有些蛇群有著神經毒素，另一些則帶有血毒素。同樣地，有些蛇種的毒液會隨年齡增長而改變，這反映出幼蛇鎖定的獵物與成蛇不同，而免疫交叉反應的程度也會受這點影響。例如，幼年期的澳洲棕蛇帶有神經毒素並專捕蜥蜴，成年時則帶有血毒素並鎖定哺乳類。

對動物毒液免疫的相關研究與知識如何有助於得出人類適用的抗毒療法？

這方面的知識能讓我們瞭解毒液分化的演化模式，進而更能預測潛在的臨床效果和抗毒問題。



春天時，蜂后會建立新的蜂群，透過替植物授粉，加快開花植物的生長

從雪中冒出、氣味芬芳的番紅花是春天裡率先開花的植物之一

阿拉斯加 Alaska

為美國最大的州，這裡的春天來得晚。一開始的天氣既溼又冷，此時出現的動物彼此激烈競爭。春末時分，森林常會發生野火，剛被火燒過的地區會長出羊肚蕈，這種狀似菇類的真菌是動物爭相追逐的食物。



春天何來？

Why spring happens

冬季悄然離去，令萬物復甦的春天到來，這其中究竟發生了什麼事？

天氣回溫，冬去春來。可從幾樣生物指標看出春天的到來：植物開始開花、冬眠的動物甦醒，土中的微型生物開始繁衍。被雪覆蓋的地區始見白晝的光線，融化的雪水注入溪流和河川。在海岸地區，雪水在流入海洋的途中，吸收了沿途的養分。富含營養的海水導致浮游生物大增，進而為其餘的海洋生態系供給所需。

春天到來的時機會受眾多因素影響。一個地區的經緯度和該區當年的天氣決定了春天何時降臨。位於南北

半球的國家則經歷了相反的季節變化。當歐洲百花盛放時，澳洲正值落葉時節。

春天到來的時間並不固定——只要條件對了就會發生。春天一來，會對地球上的生物帶來眾多影響。當植物從地上冒出芽時，食物來源就增加了，食草動物得以覓食，肉食動物則能捕獵。白晝時間延長、雨量變多，許多物種開始繁衍後代。年復一年，這樣的轉變就在眼前發生，為地球帶來新生命。

夏威夷 Hawaii

冬天時，座頭鯨會在南太平洋的溫暖水域中尋求庇護。春天時，牠們則會開始遷移。座頭鯨會護送幼鯨前往北方的覓食場，這段旅程逾 4800 公里遠。自去年夏季就未進食的母鯨熱切期待春天的來臨。



撒哈拉沙漠 Sahara Desert

春天常發生的沙塵暴極其危險。當氣流襲來時，沙塵甚至可飛散至鄰近大陸。然而，滿是沙塵的空氣在移動時，會阻止雲的形成，使春季的暴風雨難以生成。



赤道



智利 Chile

這裡的春天時間長且氣溫暖和。奇特的植物在智利各處發芽，包括地球上最乾燥的沙漠。此時，阿塔卡馬沙漠從一處布滿沙塵的荒地，變為青翠蒨綠、百花爭艷之地。

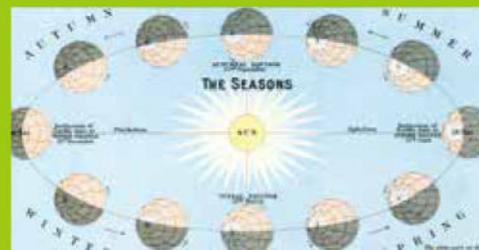
巴西 Brazil

動植物大量出現的時刻就在春季。對當地的農夫而言，這是個忙碌的季節。巴西的咖啡豆產量在全球數一數二，每年出產逾 5000 萬袋的 60 公斤咖啡豆。

季節如何變換

據說，地軸傾斜 23.5 度是因 45 億年前，有顆行星撞上地球。該傾斜導致地軸未與赤道垂直，兩者存有夾角。太陽斜線運動的軌跡稱為「黃道」，地球接受的太陽輻射量因此有所變化。地球的自轉軸指向相同，因此地球各區在一年之中所接收的陽

光直射量各異。當太陽的軌道和地球的「天球赤道」（地球赤道線的想像投影）相交時，就會產生「分點」。春、秋分時，白天和夜晚各 12 小時。至於其他時候，當陽光直射某半球時，另一半球僅能照到間接陽光，終年性的氣候模式於焉形成。



在北半球，夏至是一年當中白天最長的日子

你知道嗎? 在瑞典，當氣溫連續七天超過攝氏零度時，就表示春天來了

北極 Arctic

經歷六個月無光照的日子後，北極約在 3 月 18 日進入春季。海冰開始裂開，湖泊和溪流開始解凍。植物發芽，動物開始積極覓食。北極兔和北極狐褪下白色茸裝，換上有偽裝作用的深色皮毛。



蒙古 Mongolia

當地的春天介於嚴冬和酷熱、短暫的夏季之間，是令人欣慰的季節。換季時會降下暴雨，春季時的每場淹水可維持數週之久。在蒙古，60% 的年平均逕流來自春季。



世界各地的春天

這個帶來新生命的季節
在各地有著不同的面貌

「春天到來的時間並不固定——
只要條件對了就會發生」

馬達加斯加 Madagascar

這座位於非洲東岸外海的島嶼並沒有春天。這個熱帶地區只有兩個季節：乾季和雨季。但就整體而言，氣候還是會因附近吹來的風而規律變化。



澳洲 Australia

位於南半球，春季約在 9 月展開。澳洲國土遼闊，氣候型態混雜，北方既乾又熱，南方則雨水豐沛。



南極 Antarctica

相較於北極，南極則相當不同。兩地的季節發生時間相反，當北極進入嚴寒時，這裡正開始回暖。企鵝須注意融化的雪水不會淹沒牠們的陸上地道。



漫長的一覺

睡醒是種自發的過程，由內分泌系統來控制。甲狀腺加快新陳代謝；腦下垂體負責控制呼吸和心率，讓動物可累積脂肪過冬。氣溫上升是喚醒冬眠動物的契機。生活在炎熱地區的生物也可進入「夏眠」(aestivation)，和寒冷環境中的冬眠動物相反。但牠們並沒有逃避熱浪，而是在環境過於乾燥時，進入「蟄伏」的休眠狀態。



白腹刺猬在夜間覓食，整個夏季都在睡覺

春天的 5 大事實

1 季節蠕變

「季節蠕變」這樣的現象正加快季節的開展。30 年下來，春季可能會提前整整一週開始。

2 土撥鼠日

據說，北美土撥鼠會以能否看見自身的影子，來預測春天是否到來。然而，其準確率僅 36%。

3 求愛曲

相較於其他季節，鳥兒更常在春天鳴唱，以便及時交配產卵，讓後代在夏天孵化。雄鳥會試圖用複雜的歌曲來吸引雌鳥。

4 一年六季

生態學家將溫帶氣候區的一年分為六個季節：3 至 5 月是早春；5 至 6 月是春季；6 至 8 月是夏季；8 至 9 月是晚夏；9 至 11 月是秋季；11 至 3 月是冬季。

5 超級土壤

森林土壤最多可蘊含生態系中 50% 的有機碳。土壤基質中的微生物負責回收化合物，為土壤施肥，迎接新的植物生長季。



視覺 Sight

由於主要在夜間狩獵，老虎具備絕佳的視力，以偵測獵物的動靜。

聽覺 Hearing

可聽見頻率達 300 至 500 赫茲的聲響，也能聽到人類聽不見的超低頻音。

傑出的掠食者

身為地球上最強大的掠食者之一，老虎有哪些不凡的能力？

咬合力道 Bite

老虎擁有大型貓科動物中最大的犬齒——近八公分長——嘴裡有 30 顆利牙，咬合力道逾每平方吋 1000 磅，是人類的五倍以上。

爪子 Claw

腳掌中有可縮回的爪子，爪長約 10 公分，每個腳掌有四個正常的爪子和一個稱為懸趾的特化爪子。

老虎 如何打獵？

How tigers hunt

莽原上，一隻貓科動物靜靜地蹲伏在草葉間，準備突襲正要經過的鹿。幾秒內，滿身條紋的刺客從隱身的草叢一躍而出，朝鹿頸後方施以致命一擊，接著便開始享用這頓大餐。

身為惡名昭彰的潛行者，潛行技巧對野外的老虎可是大有助益。一般而言，老虎一週打獵一次，且一次能吃下多達 40 公斤的食物。老虎幾乎全以肉類為食，精細的打獵技巧讓牠們位居食物鏈頂端，成為頂級掠食者 (apex predator)。

發現潛在的獵物時，老虎會先展開跟蹤，直到與對方相距六至九公尺。一旦進入攻擊範圍，老虎便會鎖定獵物的頸部，並弄斷後者的脊椎。面對大型獵物時，可能還得朝喉嚨來個致命一咬，再把對方撂倒。老虎善於泅水，會將還在抵抗的獵物拖入周邊水域，將其溺死。一旦獵物停止

掙扎，老虎便將戰利品拖到隱密處享用，以免被食腐動物打擾。

老虎的視力絕佳，通常在夜間狩獵，夜視能力為人類的六倍。和同為貓科動物的獅子不同，成虎不會成群打獵，反而偏好單獨作戰，雖然這可能會降低狩獵的成功率，卻可獨自享用最後的戰利品。



大型有蹄類動物（如鹿和野豬）是老虎的主要獵物

和人類的指紋一樣，每隻老虎的條紋都不同



圈養狩獵

受圈養的老虎數量已超過野生老虎（光是美國就有 7000 隻被圈養的老虎，全球的野生老虎則約有 3890 隻），動物園管理員須設法滿足老虎的狩獵慾望。有鑑於將活體獵物放進圍欄的作法被嚴格禁止，管理員便以人工模擬獵物。美國華盛頓的史密森尼國立動物園就讓老虎和其他大型貓科動物追逐既大又堅韌的「隆隆球」，讓牠們把球當成活生生的獵物，進而產生互動。其他方法包括讓動物遺骸動起來，或製作獵物模樣的紙板，讓老虎進行跟蹤、發揮打獵技能。



強韌到足以抵擋老虎咬合力道的隆隆球是老虎跟蹤和獵捕的對象

速度 Speed

追逐獵物時，老虎的暴衝速度可達每小時 65 公里。

條紋 Stripes

這些特色獨具的條紋可打破身體的輪廓，讓老虎隱身在草叢間。

尾巴 Tail

老虎的尾巴通常約一公尺長，可在高速追逐獵物時，發揮平衡的作用。

猛撲 Pounce

獵捕時，老虎縱身一躍的距離可達 10 公尺。

打獵學校

摺倒逃竄的獵物並非老虎與生俱來的能力，這項技能得從媽媽身上習得。初生的幼虎會先吸食母乳，之後才開始食用母虎捕來的獵物。約八至十個月大時，幼虎開始跟著媽媽一起打獵，並在接下來的一至二年內，向母親學習打獵之道。透過與幼虎玩耍，母虎可讓牠們習得有用的生存技巧（如猛撲和潛行跟蹤）。母虎還會帶著幼虎展開狩獵探險、示範

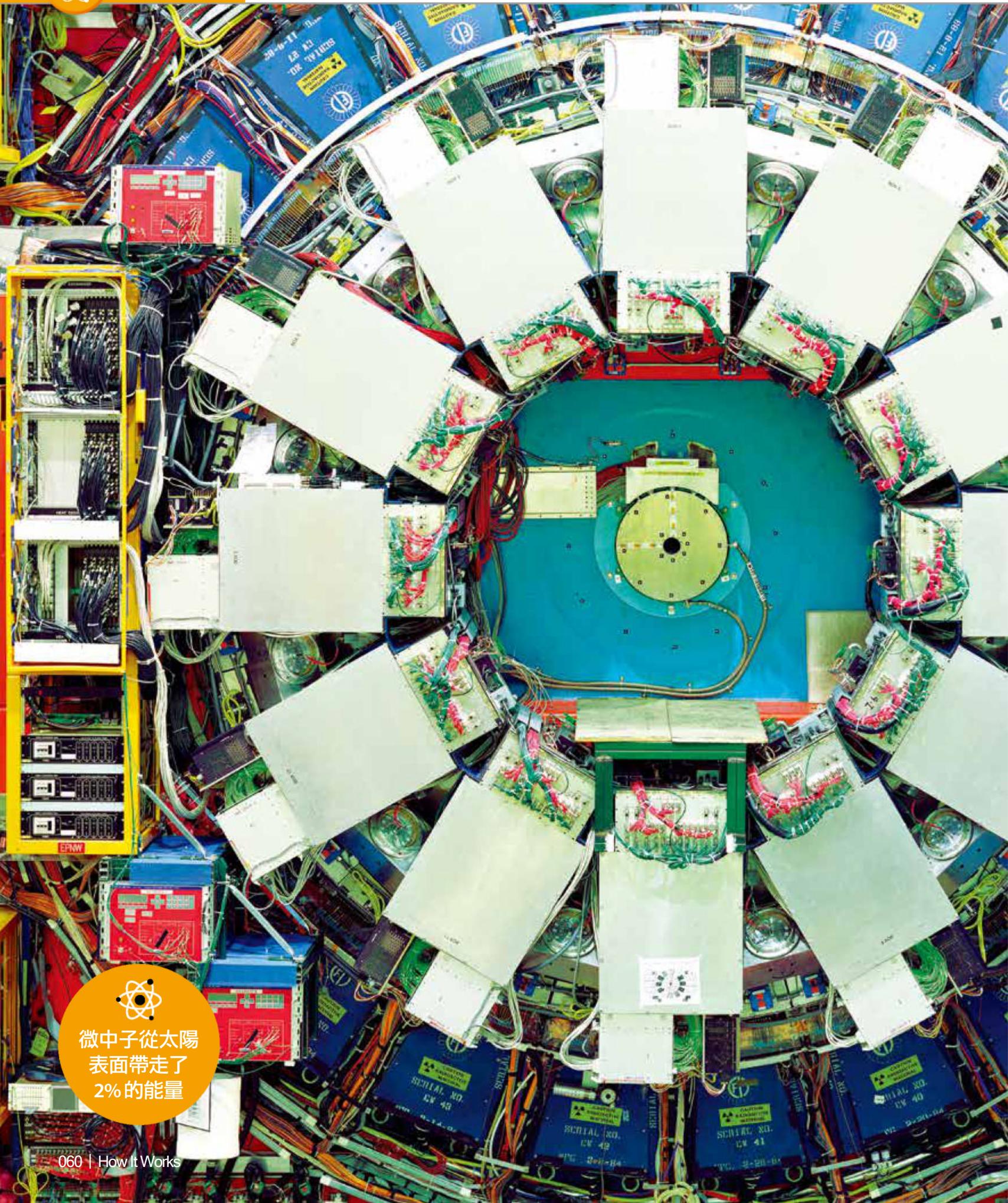
捕殺獵物的方法，希望牠們能加以模仿。一旦訓練結束，新一代的掠食者會離開母虎，尋找自己的地盤來進行狩獵。

幼虎會在母虎身邊待上兩年左右，一邊成長，一邊學習如何打獵



據估，一頭老虎每年要吃掉 50 隻體型與鹿相當的獵物





微中子從太陽
表面帶走了
2%的能量

一覽

原子對撞機 內部

INSIDE AN ATOM SMASHER

一窺粒子加速器內部，探索
揭開宇宙謎團的實驗

撰文者：傑克·葛利菲斯 (Jack Griffiths)

在美國中西部地底深處，創新的實驗計畫正以先進的粒子科技來研究微小的次原子物質。強大的粒子脈衝從這座設施射出，以近光速的秒速穿越各州。目的為何？為了試圖找出人類為何存在。歡迎來到費米實驗室。

位於伊利諾州芝加哥附近的費米國立加速器實驗室(即費米實驗室)是美國首要的高能粒子物理實驗室。該實驗室在 1967 年 6 月 15 日開始運作，是美國能源部轄下的 17 座國家實驗室之一。費米最近的任務是定位微中子的行蹤，並加以研究。

微中子是種次原子等級的基本粒子，類似電子或質子，只是質量較小且不帶電荷。雖然人類無法直接觀察，但微中子無所不在，並以迅雷之速穿越人體——事實上，每秒約有 100 兆顆微中子穿梭其中。

解開微中子之謎有望增進對物質起源的瞭解。微中子雖無法以肉眼觀察，但它們對宇宙的運行可能至關重要。科學家認

為，在形成宇宙的大霹靂發生不久後，存在著等量的物質和反物質(質量相同，但帶有相反電荷的對應粒子)。接著，物質變得比反物質還多，才得以形成原子、恆星、行星和人類。費米實驗室的粒子加速器可發射微中子和反微中子。因此，若發現微中子和反微中子的行為有所不同，或許有助於解釋宇宙如何演化成無反物質的狀態。

微中子可在太陽或超新

星的巨型核反應中生成，但亦能在核電廠內或以粒子加速器來產生。費米實驗室進行了各種計畫，試圖分析這些稀有的粒子。首項計畫是 1990 年代末期的「濤微中子直接觀測」(簡稱 DONUT) 計畫，

2005 年的「主注入器微中子振盪搜尋」(簡稱 MINOS) 計畫則緊接在後。

2014 年開始的「主注入器離軸微中子束中之電子微中子出現」(簡稱 NOVA) 實驗更成為史上最大的實驗之一。

NOVA 實驗所用的粒子加速器朝 800 多公里外、位於明尼蘇達

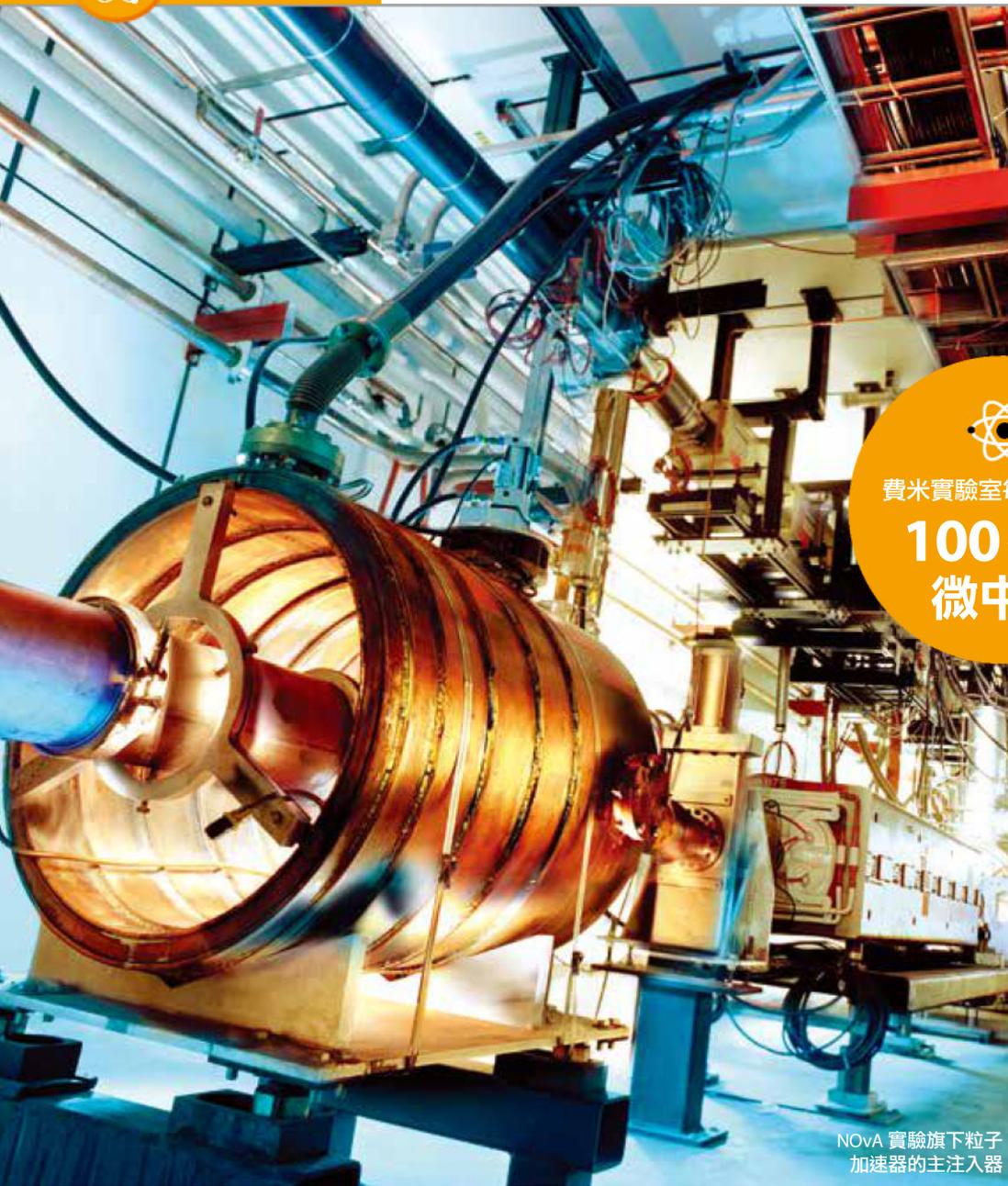
州柵河的偵測器發射質子束。無需隧道，這些粒子便可直接穿越地球。這座重 1 萬 4000 噸的偵測器中充滿了光纖，以記錄微中子與其他粒子相撞時所發出的能量。除光纖外，亦有 34 萬 4000 格反射塑膠，其中裝滿了 1100 萬公升的清澈液體，一旦粒子與之接觸，就會發光。這座設施採用



每秒有
4 萬
束宇宙射線穿越
偵測器



費米實驗室占地 27.5 平方公里



NOvA 實驗旗下粒子加速器的主注入器



費米實驗室並非唯一有微中子偵測器之處，歐洲核子研究組織也有一座，連南極亦有一座



NOvA 遠端偵測器是世上最大的獨立式塑膠體



費米實驗室每秒發射出
100兆顆
微中子

低溫科技，讓機器維持在攝氏 -15 度的最佳運轉溫度。偵測器也相當龐大，須動用特殊的運輸機器才能移動重 2 萬 8200 噸的零組件。

NOvA 實驗會分析微中子如何改變或「振盪」成不同的型態。微中子幾乎無跡可尋，與彼此或其他粒子鮮少互動。粒子加速器發射質子，以極高的能量撞上位於梛河的目標，藉此產生壽命短暫的粒子。這些粒子後來會衰變，並產生微中子。當微中子和其他粒子相撞後，互動的痕跡會被偵測器接收，再由物理學家判讀、比對先前的統計數據。他們試圖找出數據中的趨勢，好瞭解微中子做了什麼、如何行動。

「NOvA 實驗會分析微中子如何改變或『振盪』成不同的型態」

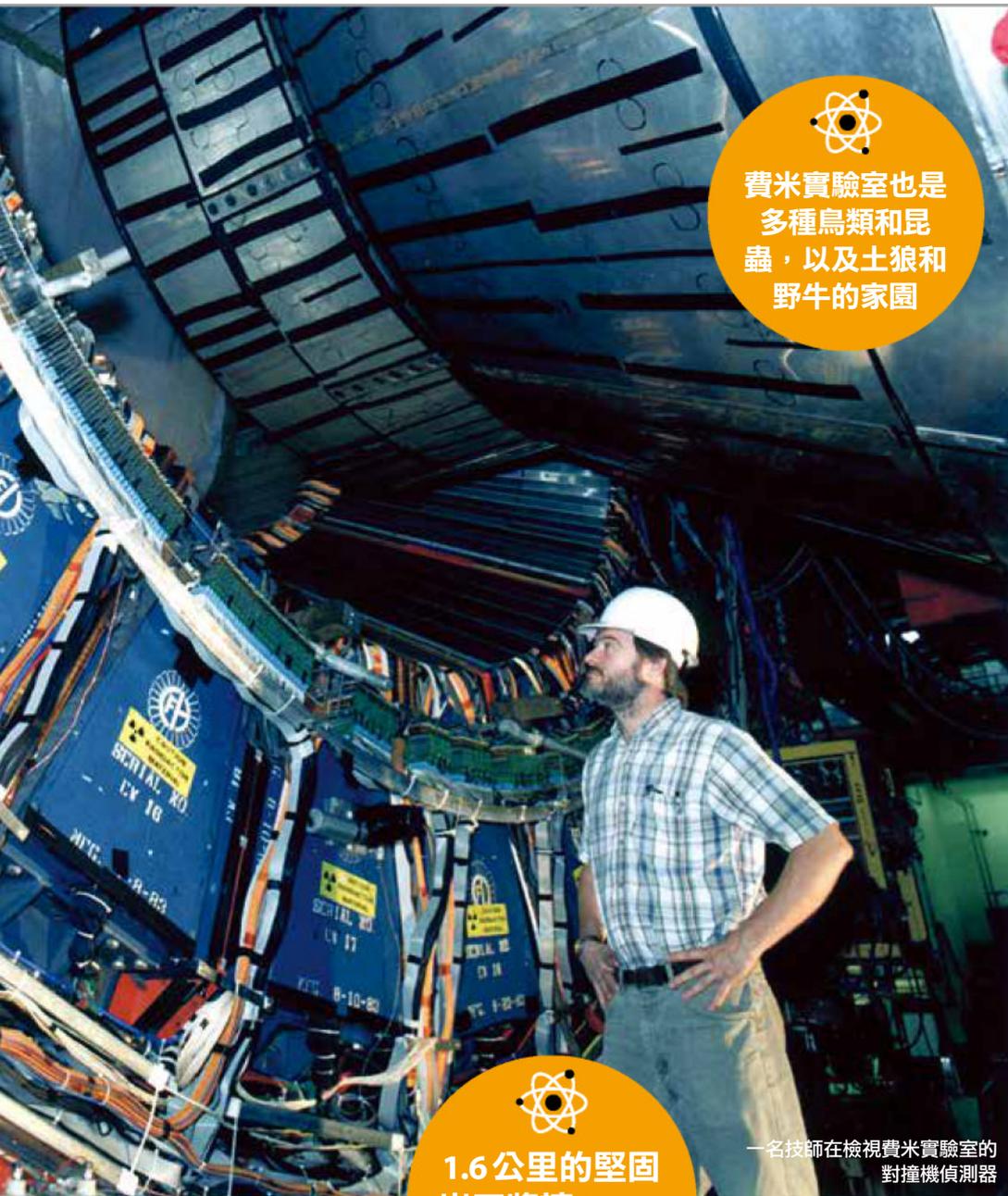
物理學家的關鍵突破之一便是發現微中子的不同型態或「風味」——各型態皆以與其相撞的帶電粒子命名。微中子屬於粒子中的輕子家族，同輕子般有三種型態——緲微中子、電微中子和濤微中子。例如，電微中子是在微中子撞上電子時生成。當微中子急速穿越粒子束時，便在三種型

態間頻繁轉換。一開始是緲微中子，然後常會振盪成電微中子和濤微中子。微中子振盪就像買來的水果在離開超市時變成蔬菜，或雜誌在回家前變成書那樣。瞭解這類振盪的成因將是理解微中子的關鍵。

NOvA 實驗有告終的一天嗎？它能让科學家更瞭解微中子振盪，好進一步尋找第四種微中子型態。英國倫敦大學學院和薩賽克斯大學皆與此實驗合作，幫忙分析微中子振盪。NOvA 會持續收集數據直至 2024 年（剛好是實驗啟動的十年後），屆時便會被「深層地底微中子實驗」（簡稱 DUNE）所取代。

DUNE 於 2017 年 7 月啟動，會是在美

你知道嗎？ 微中子理論在 1930 年首次被提出，但直到 1955 年才偵測到微中子



費米實驗室也是
多種鳥類和昆
蟲，以及土狼和
野牛的家園



1.6 公里的堅固
岩石將讓 DUNE
不受宇宙射線
所侵擾

一名技師在檢視費米實驗室的
對撞機偵測器

國進行的最大型國際科學實驗。它將產生世上最強大的粒子束，把粒子發射至 1300 公里外、位於南達科他州萊德市的桑佛地底研究設施。負責容納加速器的「長基線微中子設施」預計於 2022 年左右完工並啟用。旗下有大型強子對撞機的歐洲核子研究組織（簡稱 CERN）有座規模稍小、已在 2018 年 9 月上線的偵測器。第二座偵測器亦快上陣。

拜「質子精進計畫 II」（簡稱 PIP-II）所賜，費米實驗室的加速器將大幅升級，DUNE 也因此獲益。PIP-II 將提供全新的粒子加速器，可產生能量比之前高 60% 的

質子束。該粒子加速器將以無電阻的超導材料打造，成本雖較低，但產生的能量更大，可製造更多的微中子供科學家研究。DUNE 的偵測器亦會更敏銳，透過液態氬在攝氏 -185 度中運轉。2026 年左右，計畫就能全面運行。

費米實驗室的物理學家將持續研究微中子。少有粒子（包括磁場中的粒子）會干擾微中子，因此微中子才能快速地在宇宙中遠距移動。正因微中子實在難以定位，才有望藉此一窺科學的未知面向、瞭解宇宙為何由物質組成。學界才剛開始瞭解微中子的奧妙，隨著科技進展、知識增長，或許不久後就會有驚人的發現。

Q&A

與費米實驗室的 資深科學家 彼得·沙納漢一起 進行 NOvA 實驗



費米實驗室有 1750 名員工，彼得·沙納漢（Peter Shanahan）便是其中一員。這座設施與 50 多國攜手進行實驗。

您怎麼會對研究微中子產生興趣？
我的博士後研究是針對別的題目，當研究將告一段落時，微中子研究領域剛好有所突破，發現了微中子振盪。這個新領域潛力無窮，令人躍躍欲試。我最後在費米實驗室謀得一職，參與在美國進行的第一項微中子實驗「MINOS」。自此，我就一直研究微中子。

可否形容在此工作的情形？
實作大多由技師、研究生和博士後研究員來負責，包括更換偶爾壞掉的感應器或電子卡，以及用電腦分析得到的數據。年資越長，就越不用做這類瑣事。資深人員得時時注意監測偵測器的系統，並取得數據（包括執行檢核表，以確保一切運作正常、獲取良好的數據）。

這份工作最令人興奮的地方是？
我們的實驗從籌劃、建造、運作，到產出最後結果，通常要花上數十年。期間，則會立下許多令人興奮的里程碑。好比，我們會針對籌劃中的實驗，進行大量的模擬。在模擬過程中，基於對偵測器和粒子穿行其中的詳細模擬，我們得以首度見識新偵測器技術在追蹤粒子時的應有表現。當新偵測器首次確切偵測到宇宙射線粒子時，總是令人雀躍。如此一來，我們的實驗便得出了新的物理結果——或許提供了比以往更精準的新測量方法，或解答了先前無人能回答的問題。

如何製造微中子束

瞭解世上強度最高的微中子束

天旋地轉

You spin me right round
環狀加速器系統以一組周長為 3.3 公里的環來產生能量。

分崩瓦解 Break it down

當質子撞擊中子和其他質子時，所產生的能量會令石墨靶產生 π 介子與 k 介子。

逐漸衰變

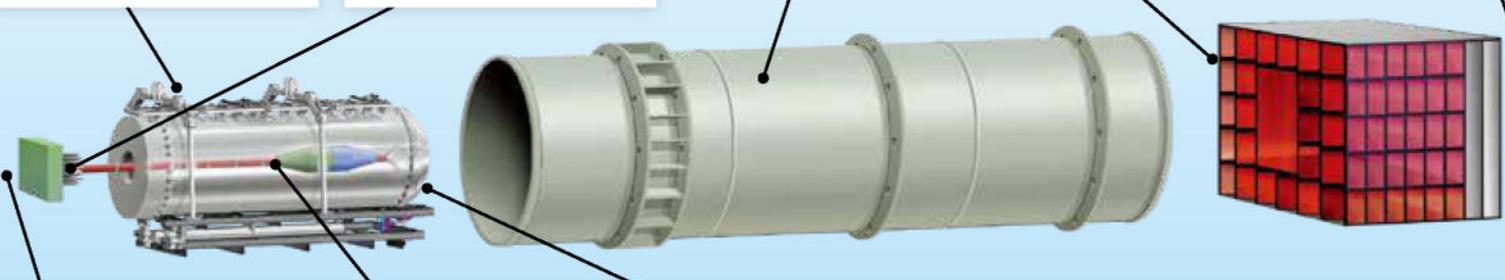
Decaying away
在衰變管中， π 介子和 k 介子衰變成更小的粒子（如繃子和微中子）。

大功告成

Completing the process
繃子和微中子撞上粒子束吸收器；吸收器可阻擋繃子，但無法擋住微中子。

微中子束

The neutrino beam
現在粒子束中只剩微中子，既然微中子很少被物質干擾，偵測器應可偵測得到。



注入裝置

Feeding the mechanism
質子束以近光速行進，直接注入裝置。

產生粒子束

Creating the beam
透過磁聚焦器，讓粒子聚焦成束、不受其他物質干擾。

溫度升高 It's getting hot in here

強大的粒子束讓磁聚焦器上升了攝氏 370 度，因此得用水、風系統幫助散熱。

一窺 DUNE 的奧秘

探索微中子從費米實驗室抵達桑佛的地底旅程

直接穿越地球

Straight through the Earth
行進中的粒子能量無比強大，無需隧道，粒子束便能穿越堅固的岩石。

越來越寬的粒子束

The beam widens
當粒子束前往南達科他州時，會像光線般變得越來越寬。

來自太空的干擾

Interference from space
來自大氣、甚至是超新星的天然微中子也有可能進入偵測器。

1300 公里

粒子偵測器

桑佛地底
研究設施

現有的
實驗器

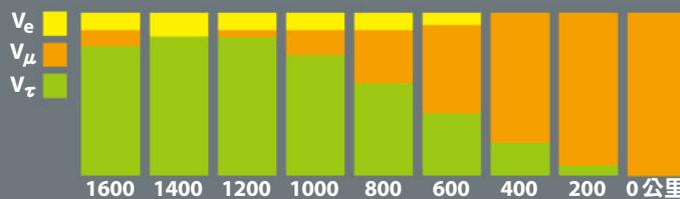
地底粒子
偵測器

旅程終點

Journey's end
科學家分析 3D 影像，藉此找出微中子的行蹤，以及先前未被察覺的數據。

抵達的微中子

Incoming neutrinos
偵測器產生包括微中子蹤跡在內的讀數。



初始粒子束：
100% 繃微中子

偵測到電微中子、繃微中子和濤微中子的概率

「DUNE 計畫會是在美國進行的最大型國際科學實驗」

你知道嗎？ 每立方呎中有 1000 萬顆微中子，可在不與任何物體互動下行進數光年之久

微小碰撞

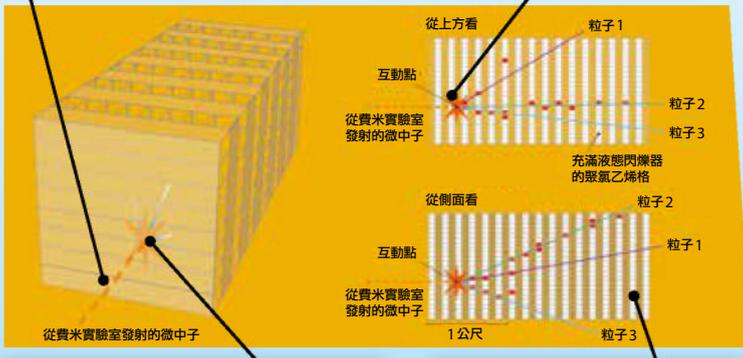
微中子撞上 NOVA 中的另一個粒子時會發生什麼事？

粒子束進場 Beam entry

由粒子加速器射出的粒子束以高速穿越地球。

撞擊 Impact

微中子等粒子間的交互作用會產生可被偵測器記錄的撞擊。



記下數據 Noting the data

數據會被電子設備記下，再由物理學家加以研究，試圖解讀結果。

點亮偵測器 Light me up

記錄撞擊時，偵測器中的閃爍器便會亮起。



一名費米實驗室的員工正在調整 NOVA 的近偵測器

明尼蘇達州的偵測器有
1 萬 1000
個區塊

150 億年
許多 NOVA 實驗發現的
微中子概估年齡



這塊晶片控制著產生微波的磁控管

一顆微中子在
兩地間移動
只需 **0.0027 秒**

用來測試 DUNE 的低溫恆溫器裝滿了攝氏 -185 度的液態氫

保持冷卻 Stay cool

液態氫將設備維持在攝氏 -185 度，以保持超導性。

粒子加速器

瞭解更多

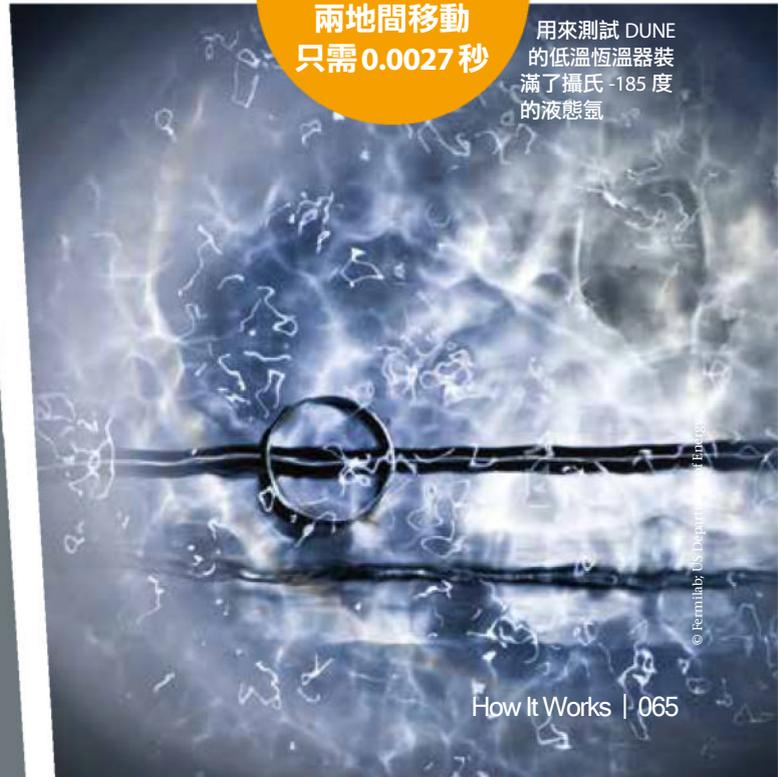
觀看微中子對撞的實況轉播

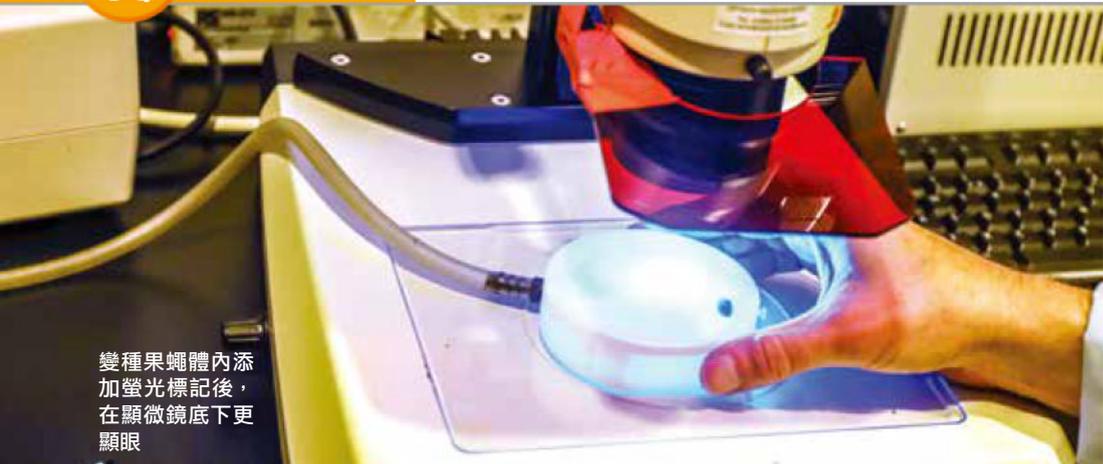
前往 nusoft.fnal.gov/nova/public 觀看粒子對撞實況（由科河和費米實驗室的偵測器負責記錄）、偵測器 360 度的影片，以及更多的錄像和圖像。

旅程起點

Start of the journey

費米實驗室地底的粒子加速器會產生朝 1300 公里外發射的粒子束。





變種果蠅體內添加螢光標記後，在顯微鏡底下更顯眼

尋找抗癌藥物

Finding cures for cancer

從腐爛的水果中尋找抗癌藥物看似不太可行，但以腐敗果實維生的果蠅可是科學界的超級巨星。雖然身長僅三公釐，但摘下的諾貝爾獎卻多達六座。雖然牠們體內的去氧核糖核酸（簡稱 DNA）數量約為人類的 30 分之 1，但兩者的基因相似度卻高達 60% 左右，其中還包括了致病（如癌症）基因。

英國倫敦弗朗西斯·克里克研究院（Francis Crick Institute）的科學家便善用了上述的相似性，透過研究果蠅來瞭解細胞的運作方式，以及異常發生時的變化。培育癌症研究所需的果蠅可是項專業，所以研究院設立了專門的果蠅培育部，聘請專業技術人員來肩負這個重責大任。這些人員負責照顧 150 萬隻果蠅，涵蓋的基因型

系（genetic strain）達 8000 種。果蠅繁殖一代僅需十天，且基因變異地極快。基因變異是腫瘤細胞成長的關鍵，因此果蠅是迅速進行癌症研究的絕佳媒介。

克里克研究院的技術人員可量身培育具特定基因變異的果蠅。為了使基因隨所需變異，得先讓不同基因型的果蠅雜交，再以極細的針頭將變異的基因注射至果蠅卵內。挑選、改造果蠅皆為精細至極的工作，得在顯微鏡下用畫筆的刷毛進行。技術人員會從各角度觀察果蠅在顏色和外形上的不同處。為了辨識果蠅，他們便在變異基因上添加了顯微螢光標記，讓果蠅的身體發光。如此一來，便有助於配出研究所需的基因組合，供科學家進行研究，以尋找抗癌解方。

數位藥物與虛擬腫瘤

克里克研究院的科學家保羅·貝茲負責帶領團隊找出抑制癌症擴散的解方。癌細胞擴散是惡性腫瘤最致命的部分，若能有所突破便有望扭轉全局。由於尋找抗癌藥物刻不容緩，為了加快研究的腳步，貝茲決定納入數位技術。他的團隊培養出虛擬腫瘤，再對腫瘤施以數百種的數位藥物。結合了數位模擬、機器學習和人工智慧，本團隊測試新療法的速度遠快過生物學家。然而，現實中的腫瘤比虛擬的還複雜許多，因此不論成效為何，都有待進一步的驗證。一旦發現某種數位藥物似乎有效，便會將資料送到克里克研究院的生物學實驗室，好在現實中再次進行同樣的實驗。



克里克研究院的細胞培育室負責培養癌細胞，以檢測虛擬演算的結果

Q&A

協助專家

電子顯微鏡專家馬丁·瓊斯需要更多人協助量測細胞內的微型結構



瓊斯是克里克研究院顯微鏡原型設計（microscopy prototyping）的部門副主任，負責開發影像擷取分析的軟硬體。目前，其部門取得的資料量已超過團隊的負荷，所以希望更多人能協助處理。

什麼是「蝕刻細胞」專案？

蝕刻細胞（Etch a Cell）是我們在「Zooniverse」平台上發起的專案，希望藉此突破研究時的一大瓶頸。我們常透過「影像切割」的方式來辨識、量測細胞內的細微結構。該專案旨在請志工協助描繪許多細胞的核膜結構。

為何需要志工協助？

為了研究細胞的 3D 結構，電子顯微鏡的新技術會從樣本表面切下超薄切片（有時僅五奈米薄），再對細胞進行成像，並重複以上作業。若按照上述方式，可能得從單一細胞取得上萬張影像，這也許一夜間就能蒐集完成，但一組專家團隊可得花上數天、數週甚或數月進行分析。一般志工處理資料的品質也能跟專家一樣好，可用來訓練機器學習系統，以便在日後進行自動化分析。

資料有何用途？

量化描繪出的眾多細胞核膜外形後，這些資料便能應用於生醫研究。另一個更大的目標則是：以同一套技術來研究細胞內的不同結構。在克里克研究院，我們和許多團隊合作，總在試圖瞭解不同的細胞構造，所以手邊大概永遠不缺資料。有了公民科學家的協助，我們就能取得更多重要資訊。

顯微鏡下的新鮮事

克里克研究院的最高階顯微鏡能以高能電子來觀察癌細胞內部

聚光透鏡

Condenser lenses

裝置上的電磁鐵會令電子彼此靠近，為通過的電子束增壓。

物鏡

Objective lenses

另一組電磁鐵會將電子束集中至樣本上，功能類似一般顯微鏡的透鏡。

樣本 Specimen

電子束會因樣本而散開，其中有些粒子會被吸收，有些則往不同方向反射。

樣本架 Specimen holder

銅網負責散熱，以免樣本過熱。

試片交換腔體

Specimen exchange chamber

試片會經由這處特殊打造的氣室進出顯微鏡。

真空萃取裝置

Vacuum manifolds

抽氣泵會將顯微鏡內部的空氣抽離，以免電子束撞上氣體粒子。

電子槍 Electron gun

高電壓的電流會激發電子，將其以束狀強力往下發射。

刻度控制盤

Control dials

一個刻度盤負責控制載物台，另一副則可調整電子束的大小。

電子偵測器

Electron detectors

偵測器可捕捉因撞上樣本而散射的電子，將散射模式於螢幕上成像。

幕後團隊的 5 大事實

1 果蠅培育部

這個部門負責照料 150 萬隻全為果蠅屬的果蠅。這些飢餓的小蟲每年可吃掉多達 1 萬公升的食物。

2 細胞培育室

這個團隊負責看管逾 6000 種冷凍細胞，會根據需要讓不同的細胞解凍、脫離假死狀態，並準備為實驗所用。

3 器皿清潔部

該部門的工作人員負責保持研究院內的器皿潔淨。這個單位每年清潔並消毒的燒杯、燒瓶和試管共逾 75 萬個。

4 工程部

這裡的工程師專精於設計、製造和修復科學儀器。除了每年須修理約 3000 件設備外，工程師也會替新實驗量身打造電子儀器。

5 顯微鏡學部

此部門負責準備好細胞與組織，以進行光學或電子顯微鏡成像。他們用黏在牙籤上的人類睫毛來操控最小的樣本。



技術人員處理好果蠅，準備進行基因顯微注射

認識神經細胞

Know your nerve cells

近距離瞧瞧這些負責將信號傳至身體各處的細胞

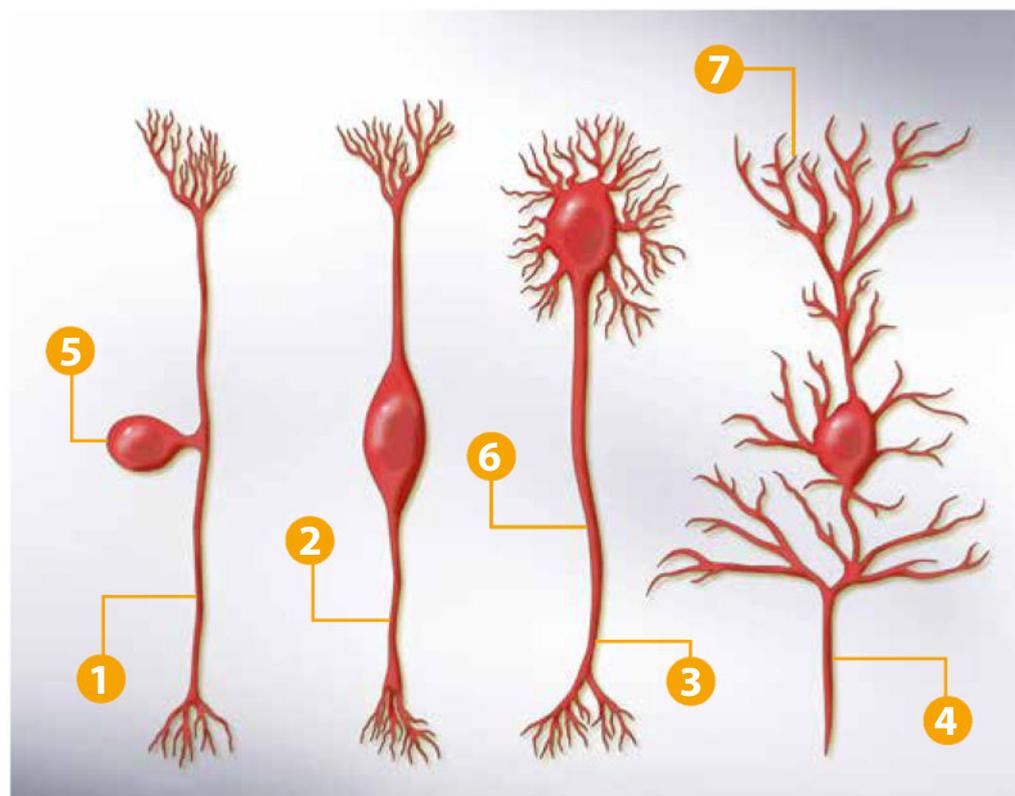
神經細胞又稱神經元，是人體的電路。神經元雖有共同的關鍵特性，但仍會就角色的不同，而擁有各自的特化功能。事實上，人體有高達200多種神經元。

神經元大多可依外形略分為四種：假單極（pseudounipolar）、雙極（bipolar）、多極（multipolar）和錐狀（pyramidal）。以上分類是根據從細胞體（細胞的中心）延伸而

出的突觸數量。細胞體包括細胞核（內含遺傳資訊，以及製造神經元所需分子的材料）。突觸負責連接不同的神經元，將訊息以電訊號的形式傳至末梢，透過神經傳導物質將訊號傳遞出去。

突觸主要分為兩種。一般來說，軸突（axon）通常較長且呈管狀，負責將訊息送離細胞體；樹突（dendrite）較短且呈錐形，負責接收其他神經元傳來的訊號。

神經元的種類 一覽這些高度特化細胞的主要功能



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|---|---|
| 1 假單極神經元
突觸分成兩邊，負責傳遞感官信號。 | 2 雙極神經元
有兩根突觸，負責連接腦部與脊髓內的神經細胞。 | 3 多極神經元
有根較長的突觸，另外則有許多小突觸，負責向肌肉傳遞信號。 | 4 錐狀神經元
有許多分岔的突觸，僅存於某些腦區。 | 5 細胞體
為細胞的控制中樞，負責製造該細胞所需的蛋白質。 | 6 軸突
每個神經元只有一根軸突，負責將電訊號向外傳遞給其他細胞。 | 7 樹突
每個神經元都有數百或數千根樹突，負責接收來自其他細胞的信號。 |
|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|---|---|



請在兩年內將瓶裝水飲畢，以免出現異味

瓶裝水有可能壞掉嗎？

Can bottled water go bad?

食物中含有糖與蛋白質，會逐漸被微生物分解，導致食品「敗壞」，因此才有保存期限。然而，純水不含糖和蛋白質，若裝在密封容器內、未接觸空氣中的微生物或細菌，照理說微生物無法進行分解，瓶裝水應處在穩定的狀態。

但瓶裝水的包裝上通常仍會標註保存期限，建議在兩年內飲畢。這是因為塑膠瓶並非完全密封，意即瓶身與周遭環境的分子仍會逐漸滲入水中。如此一來，若存放的環境不合適（如曝露於高熱或強光下，或附近有刺激性的化學物質或刺鼻味），瓶裝水就會混雜多種分子，喝起來便會多了股異味。

一旦開封，應在幾日內將瓶裝水飲畢，若曾直接以嘴部從瓶口喝水，就更應盡早喝完。唾液中所含的細菌會在水中滋生、汙染整瓶水。若瓶子沒洗乾淨就重複使用，還可能致病。

什麼是口腔潰瘍？

What is a mouth ulcer?

口腔潰瘍 (mouth ulcer) 這種症狀會令進食時苦不堪言，但口腔潰瘍或口瘡 (canker sore) 的成因至今仍未釐清。每五人中至少有一人為此所苦，且嚴重程度不一。有些是直徑小於五公釐的輕微潰瘍，但嚴重時直徑可達一公分。數個小型潰瘍也可能聚集成不規則的大片潰瘍 (即疱疹狀潰瘍，herpetiform ulcer)。

潰瘍有兩種形成途徑，其中多由創傷所致，如咬到嘴唇或口腔內部，或嘴部燙傷。另一種可能性為「復發性口瘡口炎」(recurrent aphthous stomatitis，簡稱RAS)，已證實和許多病症有關。口瘡復發的原因可能是細菌感染、免疫系統失調、壓力或抽煙。此外，遺傳也是影響復發機率的一大原因，約 40% 的患者都有家族潰瘍病史。據信，這與體內某一特定抗原的

數量增長有關，而 RAS 可能由此引發。

通常，潰瘍過了幾週就會痊癒，但 RAS 的患者則會不斷復發。若超過幾週還沒好，也有可能是罹患了口腔癌。



口腔潰瘍 (又稱口瘡) 由口腔黏膜受傷所致

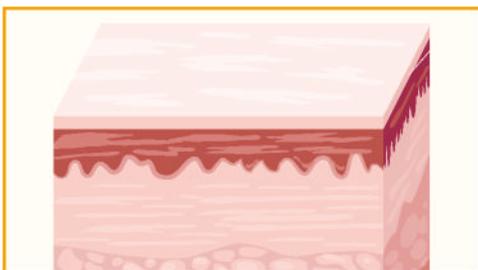
胃部疼痛

許多身體部位都可能出現潰瘍，而胃部的則會痛得特別厲害。胃部 (或消化性) 潰瘍並非膿疱般的腫塊，而是胃黏膜上的破洞。胃黏膜先天具有能承受低酸鹼值的胃部強酸，然而，當胃酸過高持續太久時，就可能引發潰瘍。其他因素 (如細菌感染、酗酒，或規律服用某些消炎藥物) 都可能會讓胃黏膜更脆弱、提高潰瘍的風險。雖然各年齡層都可能發生胃潰瘍，但 60 歲以上的罹患機率最高，尤其是男性。



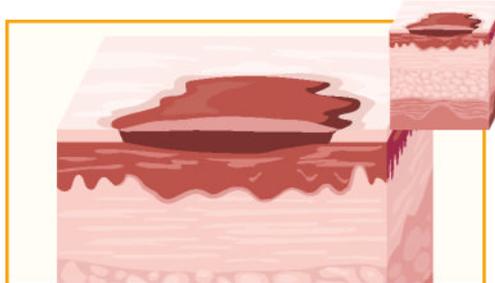
飲食習慣不佳或酗酒都可能使胃黏膜發生消化性潰瘍

口瘡如何形成 口腔潰瘍大多不會持續太久



健康的組織 Healthy tissue

健康的口腔內部皮膚可分成許多層，口腔黏膜則是第一道防線。



創傷 Trauma

口腔黏膜受傷後，傷口處會發炎，這時嚴重程度就決定了潰瘍的大小。



細胞死亡 Cell death

黏膜各層的細胞會分解並形成凹陷，潰瘍則會填補後者。



潰瘍形成 Ulceration

凹陷會被血液、組織和細菌的混合物填滿，療傷所需的纖維蛋白會形成薄膜，讓潰瘍呈黃白色。



分解 Breakdown

潰瘍中的健康組織被汰換完成後，纖維蛋白薄膜就會分解。



完好如初 Healed

口腔黏膜回復至健康狀態。



HEROES OF... SCIENCE 科學大人物

佩恩挑戰了當時對恆星與其組成的主流觀點

「其發現可謂一大突破，即太陽主要由氫與氦構成」

兒時的佩恩見過蜂蘭（bee orchid）後就愛上了科學



畢生志業

一探佩恩的天體研究之路

1904

佩恩的父親艾德華·約翰·佩恩是知名的音樂家、作家與法官，於該年淹死在運河中，留下妻子獨自扶養三個小孩。

1919

劍橋大學給予佩恩優渥的獎學金，讓她攻讀植物學、物理學和化學。

1900

塞西莉亞·海倫娜·佩恩於5月10日出生於英格蘭的溫多弗。

1908

佩恩八歲時注意到了蜂蘭（一種狀似熊蜂的蘭花），自此便決定要成為科學家。

絕妙
點子

塞西莉亞·佩恩-加波施金

Cecilia Payne-Gaposchkin

塞西莉亞·佩恩生於英格蘭，父母皆積極進取且傑出有成。父親是牛津大學的學者，母親則是才華洋溢的藝術家，來自德國的學術世家。即便出身得天獨厚，性別仍是佩恩面臨的一大挑戰，年輕時尤其是如此。

父親雖在她四歲時過世，但佩恩那時已承襲了他在音樂上的才華與熱情。其後，佩恩的鋼琴演奏相當出色，指導老師甚至懇求她踏上鋼琴專業一途。然而，佩恩早已一心嚮往科學。在看過蜂蘭後，佩恩就決定以科學為志業。

年輕的佩恩得到劍橋大學紐納姆學院的獎學金，在該學院研讀植物學、化學和物理學。在紐納姆學院求學時，佩恩接觸到幾位物理界的重要人物，包括約瑟夫·湯姆森、歐內斯特·拉塞福和尼爾斯·波耳。有次聽了亞瑟·愛丁頓關於廣義相對論的演講後，佩恩更徹夜思索其含義。在接下來的大學生涯中，佩恩主攻物理學，並浸淫在她真正感興趣的天文學上。

就和1920年代一般的英格蘭學術機構一樣，劍橋大學既保守又歧視女性。因此，完成學業後，佩恩並未取得正式學位。她清楚自己若留在英國，將無法在科學界順利發展，於是便至美國哈佛的拉德克利夫學院就讀，向哈洛·夏普力與普林斯頓大學的亨利·諾里斯·羅素學習。在佩恩的研究領域中，這兩人當時是最著名的其中

兩位學者。

僅在兩年內，佩恩便完成了博士論文，她的研究題目是恆星的化學元素組成。其發現可謂一大突破，即太陽主要由氫與氦構成。然而，基於研究結果與當時的主流觀點相悖，羅素並不認同佩恩的看法，勸她別相信這項發現。最終，佩恩屈從於羅素的建議。

諷刺的是，四年後羅素以不同的方法進行研究，卻得出了與佩恩相同的結論，因此又改稱佩恩的發現無誤。

佩恩接下來都任職於哈佛，且開始大放異彩。她未來的夫婿在她工作的天文台找到工作，和她一起養育三名子女。到了1950年代中期，佩恩再次改寫歷史，成為系所中首位晉升教授的女性。1979年，佩恩因肺癌過世，離開了先生與三名子女。身為天文界最激勵人心的女性之一，她對後世留下了深遠的影響。

奠定佩恩 天文史地位的 啟迪概念

在1920年代，科學家認為太陽和地球的組成元素相似，但當時的主流看法大大低估了氫和氦（兩種最輕的元素）與重金屬的相對比重。在攻讀博士期間，佩恩有機會導正以上誤解（可惜其研究結果在當時不被羅素認可）。她博覽哈佛圖書館有關恆星放射光譜（emission spectra）的館藏，不僅分析了太陽的化學組成，也一同研究了其他距離較遠的恆星。在研究出如何量化恆星釋出的吸收譜線（absorption line）強度後，佩恩得以算出每種元素的含量。令她驚訝的是，氫與氦的含量竟遠多於其他元素。



在攻讀博士期間，佩恩發現太陽主要由氫與氦組成

跟隨前人的腳步



喬安·費曼

為著名理論物理學家理查·費曼之妹。但她的天文學之路並非全然順遂，因母親曾告訴她：女性並不適合當科學家。然而，在某天讀到佩恩《恆星大氣》一書的摘錄後，想法就產生了改變。之後，她成了出色的天文學家，因預測太陽黑子的模式而成名。



海倫·索依爾·霍格

曾任職於拉德克利夫學院，在佩恩手下工作至1931年，其後回加拿大以探索恆星為職。霍格於大衛·鄧拉普天文台晉升為教授，專精於研究球狀星團，與其團隊一同為變星編目。她也替《多倫多星報》撰寫天文學專欄逾30年，啟發多人投入科學領域。

1925

佩恩兩年內就完成了博士論文，發現太陽主要由氫與氦組成。

1929

佩恩先前的指導教授亨利·諾里斯·羅素發表了一篇論文，談及太陽的主要成分是氫，內文引用了佩恩的研究。

1956

成為哈佛首位女教授，後來更是第一位擔任哈佛系主任的女性。

1923

佩恩離開英格蘭，前往哈佛大學天文台攻讀博士。在她之前，哈佛為女性設立的天文學研究生計畫只招收過一名女性。

1925

礙於夏普力和羅素的壓力，佩恩並未高調公布其研究發現。不過，這些心血被出版成《恆星大氣》一書。

1933

佩恩在德國與未來的夫婿瑟格耶·加波施金（Sergei Gaposchkin）相遇。兩人其後於哈佛共事。



機器人

撰文者：史考特·達特菲爾德
(Scott Dutfield)



無人機旨在協助
地面部隊的偵察和
支援任務

作戰 ROBOT WARS

未來的前線戰場將由這些機器所主宰，快來一探究竟！

在 2018 年 11 月，英國國防部進行了迄今規模最大、名為「自主戰士演習」(Exercise Autonomous Warrior) 的機器人軍事操演，藉此檢視 70 多種以未來科技打造的樣機能否支援戰場上的士兵。為了測試這些機器人，200 多名軍事人員亦參加了本次演練。從偵察無人機到自動武裝載具，日後前線上可能會出現哪些機器人？本刊造訪了英國索爾茲伯里的一處軍事基地，帶讀者一探究竟。



國防企業 Milrem Robotics 所研發的無人駕駛載具可自主執行補給任務



「木偶控制系統」免除了人員操作的需求，能將現有的坦克變為遙控機器人





遙控士兵

軍事衝突中的人類士兵須以命相搏。但在工程師的合作下，能為人類戰友承擔敵方火力的機械大兵已然誕生。「攻擊巨兵」(TITAN Strike) 與「衛哨巨兵」(TITAN Sentry) 由 Milrem Robotics、QinetiQ 兩家企業所研發，這兩種機器人組成的小隊有望前往步兵難以到達之處。攻擊巨兵配備了機關槍與攝影機；衛哨巨兵可發揮導引功能，以感應器與攝影機追蹤目標，待搭檔前來、展開進攻。兩種機器人皆可被遙控，或按預設路線前進。裝設火砲的模組化基本單元名為「履帶式混合動力模組化步兵系統」(簡稱 THeMIS)，具備自主行動能力，可充當補給工具。感應器與測繪技術讓機器人得以往來基地與戰場之間，運送彈藥、醫療用品和物資。工程師更發明了能「劫持」現有軍武的技術，以打造新型機器人：1988 年開始服役的英國 FV510「戰士」步兵戰鬥坦克 (Warrior FV510 tank) 在進廠整修後，搭載了「木偶通用系統」(marionette universal system)。就像用線繩控制木偶一樣，這個內建系統會將坦克的控制權轉移至數公里外、由士兵操作的偵防單位。

空中間諜

無人機已為多個產業帶來變革，而無人飛行載具開發商 Thread Systems 則替陸軍

在時速達 21.5 公里下，
黑色大黃蜂無人機可
飛 2 公里遠



飛行時，黑色大黃蜂無人機幾乎無聲，很適合在作戰中使用



軍方人員可遙控攻擊巨兵，藉此偵查戰場



攻擊巨兵與衛哨巨兵協同運作，以追蹤目標並迎戰敵人

開發出一款負責空中監視的重型無人機，所搭載的運輸系統則能支援地面部隊。拜六公斤左右的空運能力所賜，KX-4「持久滯空巨兵」(KX-4 LE TITAN) 無人機配有隨插即用式酬載，可選配的模組化部件包括航空測繪感應器、攝影機和平衡環架，以執行區域監測、追蹤和鎖定五公里外的目標。持久滯空巨兵亦可提供其他空中支援，如空投救生衣等物資，甚至投下閃光彈支援作戰。這種無人機若曝露了行蹤，反無人機槍 (能發射干擾頻率) 等武器便能將其擊落。匿蹤是滯空作戰的關鍵。僅 16.8 公分長的「黑色大黃蜂無人機」(Black Hornet PRS) 能悄悄地在部隊前方執行任務，有「奈米級」偵察利器之稱。這種可放入口袋、酷似玩具直升機的無人機搭載了與外表不符的高科技。光電紅外線攝影機與感應器能為操作員提供清晰的畫面，以看清前方的威脅。

「持久滯空巨兵能空投救生衣等物資，甚至投下閃光彈」



Throwbot 2 能越過 5 公分高的障礙物

機器人滲透者

Throwbot 2 是種小巧堅固的遙控機器人，旨在承受從 9.1 公尺處反覆摔至混凝地的衝擊力道，並偵察潛在威脅。配備了彩色攝影鏡頭、麥克風與紅外線照明設備，Throwbot 2 能勘測室內處所，並回傳畫面至手持式監控螢幕，提供更精準的室內景象。為了保持匿蹤性，Throwbot 2 僅約 21 公分長，相距一公尺遠時，只會發出低於 59 A 加權分貝的聲音 (與收音機調至低音量時相當)。

WHAT IS AVAXHOME?

AVAXHOME-

the biggest Internet portal,
providing you various content:
brand new books, trending movies,
fresh magazines, hot games,
recent software, latest music releases.

Unlimited satisfaction one low price

Cheap constant access to piping hot media

Protect your downloadings from Big brother

Safer, than torrent-trackers

18 years of seamless operation and our users' satisfaction

All languages

Brand new content

One site



AVXLIVE **ICU**

AvaxHome - Your End Place

We have everything for all of your needs. Just open <https://avxlive.icu>

萬事通機器人

這台機器人似乎無所不能——拜模組化設計之賜，
THeMIS 得以執行多項戰地任務

偵察 Scout

就像地上的機器眼，THeMIS 可單純用於巡邏任務或觀察敵情。



拆彈

Bomb defuser
GroundEye 模組系統能偵測地底的簡易爆炸裝置。



起降平臺 Launch pad

起降平臺與 KX-4 持久滯空巨兵協同作業，讓操作人員得以選擇無人機在戰場的起降地點。



調查 Detective

配備了「天馬座多管式望遠鏡」(Pegasus Multiscope)，可調查難以徒步抵達的區域。內建感應器得以監控熱信號 (heat signature) 與空氣懸浮微粒。



武器

Weapon
化身為機器大兵，從遠處就能鎖定目標並開火。



滅火

Fire fighter
將槍砲換成了軟管，便可將消防水線送至失火建物的高處。



醫護 Medic

不僅止於運送物資。傷患後送模組能裝上一組擔架，將傷兵送至安全地點。



運輸 Carrier

基本上，THeMIS 就是物資補給載具，毋須冒險投入更多人力，便能在作戰期間將物資送往基地或戰地士兵手中。



坦克殺手 Tankbuster

配備了反坦克飛彈，以癱瘓敵方坦克。





何謂離子風力飛機？

What is an ion wind plane?

碳 排放為航空飛行的一大問題。自萊特兄弟於 1903 年首次飛上天際以來，以化石燃料驅動的噴射機與螺旋槳飛機一直占航空界的大宗，但麻省理工學院的物理學家開發出「離子風力飛機」，有望改變以上遊戲規則。2018 年末，首架僅數公斤重、且無任何可動部件的「飛行器」達成了持續飛行的目標。

這架暫名為「第二版」的飛機透過「電空氣動力」(electro aerodynamics) 驅動，以強效的鋰聚合物電池來產生高電壓，好將大氣中的氮離子化。增壓離子撞上中性的空氣分子，並為後者的電子充電，進而產生無聲推進的離子風。

雖然「第二版」僅飛了 60 公尺，但在降低航空飛行對內燃引擎的依賴上，卻是極大的進展。若離子風力飛機在加大尺寸的同時，仍保有足夠的推進力，便有望成為電力與混合動力飛機系統的關鍵發展技術。雖然「第二版」頂多 2.45 公斤出頭，但電池得產生 4 萬伏特的電壓，才能生出夠強的離子風來升空飛行。

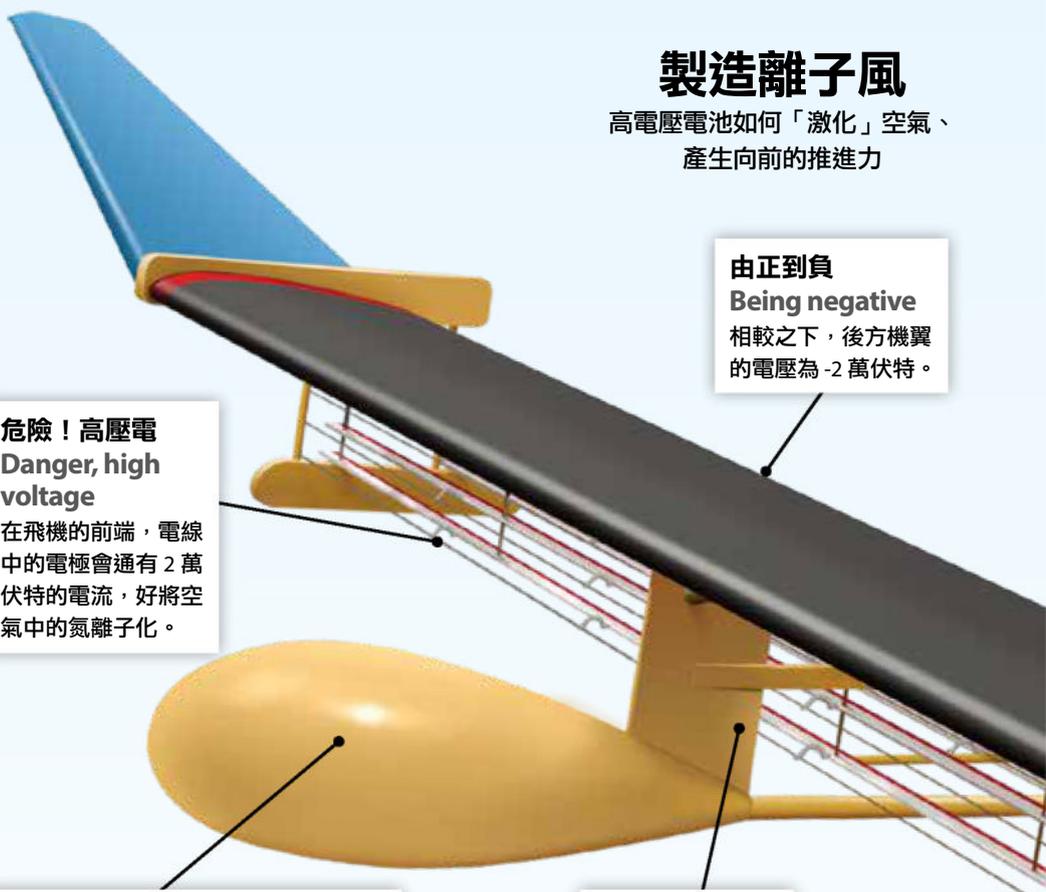
最大的問題在於：能否產生更高的電壓，抑或提升效率，以降低所需電壓？若答案是肯定的，以純電動長途客機載運通勤與度假旅客前往世界各地確實令人期待。



離子風力科技可望用於驅動深入敵後的軍用無人機

製造離子風

高電壓電池如何「激化」空氣、產生向前的推進力



由正到負
Being negative
相較之下，後方機翼的電壓為 -2 萬伏特。

危險！高壓電
Danger, high voltage
在飛機的前端，電線中的電極會通有 2 萬伏特的電流，好將空氣中的氮離子化。

推動物體向前
Moving things forward
離子由帶正電的機身前端流向帶負電的機尾，進而產生向前的推進力。

電力供應
Power station
電力是由機身內的電池所產生。

易捷航空的電動化未來

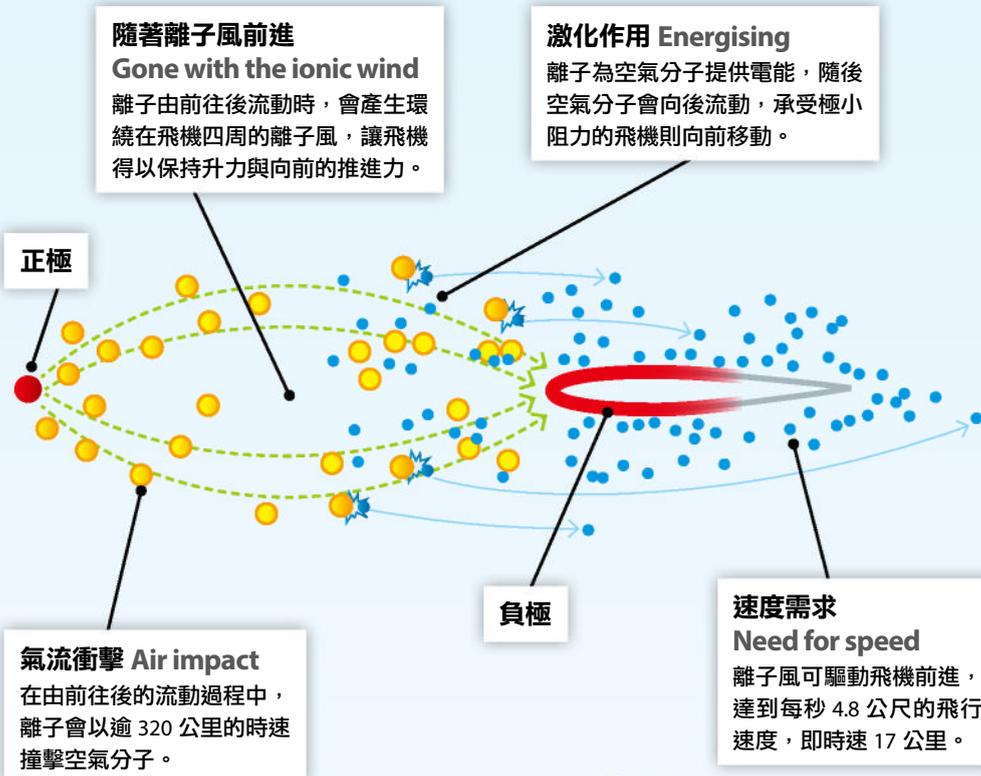
易捷航空 (EasyJet) 與美國企業 Wright Electric 的智慧結晶——一種新型環保飛機——可望徹底改變商務飛機產業，大幅減少碳排放量。這種飛機不採用螺旋槳或渦輪，而是在兩側機翼裝設電動馬達，由機身的鋰離子與鋁空氣電池來供電。少了機身下方的渦輪，飛機的航空動力性能亦隨之提升，外觀也更流線型，噪音更只有易捷航空旗下傳統客機的一半。

易捷航空期望在 20 年內成立電動飛機機隊並開始營運。據估，電動飛機的營運成本會比傳統飛機低 10%。如此一來，乘客便能買到更便宜的機票，發展電動飛機將是生產方、消費方與地球三贏的局面。



易捷航空的完成版電動飛機將能載運 120 名乘客，飛行航程逾 500 公里

你知道嗎？「第二版」離子風力飛機的電線釋出了 4 萬伏特的電流，為家用電壓的 166 倍

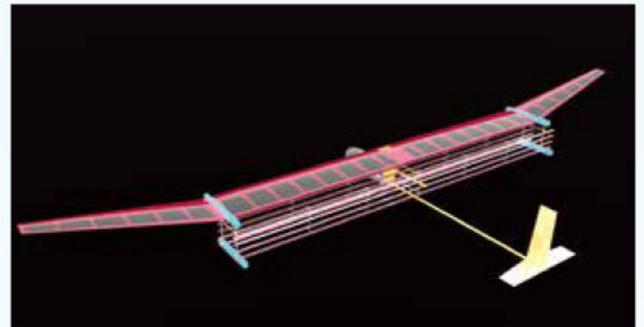


用太陽能環遊世界

2016 年 7 月，「陽光動力 2 號」(Solar Impulse 2) 成為史上首架環遊世界的再生能源動力飛機。航程為期 17 個月，起、終點皆在阿布達比，滯空時間總計 23 天，飛越了四大洲與兩大洋。1 萬 7248 顆厚度不及人髮的太陽能電池為四具鋰離子電池供電，讓這趟 4 萬 3000 公里的航程得以實現。陽光動力 2 號的寬闊機翼能借助氣流滑翔，進而提升效率。日間產生的電力可儲存在電池中，因此夜間亦能飛行。



陽光動力 2 號證明了即使不用化石燃料，也能達成長距離飛行



離子風力飛機的靈感來自《星際爭霸戰》(Star Trek) 裡的宇宙飛船（設計相當大膽，並不使用螺旋槳或噴射引擎）



這項技術尚未完成，目前仍無法取代長途客機

「這有望成為電力與混合動力飛機系統的關鍵發展技術」

WHAT THE VICTORIANS

維多利亞時代 的遺澤

DID FOR US

深入瞭解足以改變現代世界的種種創新、發明與發現

撰文者：喬蒂·堤莉 (Jodie Tyley)、提姆·威廉森 (Tim Williamson)

從 自拍、音響系統、麥金塔電腦，甚至到奶昔，全得歸功於 19 世紀的科學家 and 工程師。汽車、蒸汽火車和腳踏車讓人得以首度展開迅速且

實惠的遠距旅程。微生物學的研究增加了學界對疾病的認識，進而找出治療和增強免疫的方式。電話、無線電和電報則徹底改變了世人的溝通管道，將各國甚至各大

洲的人聯繫起來。本專題將列出數個重要的發明和發現，它們全是出自維多利亞時代的天才之手。

1817-1880 年代

自行車

兩輪和四輪人力車的設計雖能追溯至 15 世紀，但近 400 年後，才出現首批安全、普及且成功的腳踏車。1817 年，德國貴族卡爾·馮·德拉斯設計出「跑步機」(Laufmaschine，僅在木架上加裝兩個輪子和一個座位)。要讓這台機器跑起來，騎士得先在地上助跑，再縮起腳，讓輪子繼續轉動。

到了 1860 年代，法國開發出有踏板的「腳蹬兩輪車」(velocipede)，騎士能以腳帶動前輪。有鑑於實心車輪並不好坐，這種車亦有「散骨機」(boneshaker) 的稱號。到了 1880 年代，現代版的腳踏車逐漸成形，在車體設計上，踏板移至車架的中心，透過鏈條來帶動後輪，以達到更好的控制制度和穩定性。



羅孚安全自行車 (Rover safety bicycle) 比以前的車款更安全、穩定，並成為日後腳踏車設計的藍圖

1865 年

巴氏滅菌法



在 19 世紀中葉前，食物和飲料的保存期限極短，尤其是牛奶極易變質、發臭，因而無法飲用，只能白白浪費。這種情況直到巴氏滅菌法出現，才有所改觀。此法是将液體加熱到極近沸騰，以便在快速冷卻前盡量消除其中的害菌。化學家路易·巴斯德（Louis Pasteur）在研究葡萄酒的發酵過程時發現了這種滅菌法。當時，他欲找出讓葡萄酒變酸或變質的原因，結果發現快速的加熱和冷卻可防範細菌或微生物汙染。該研究也讓人更瞭解活性微生物在發酵中扮演的角色。而今，這個因發現者而得名的巴氏滅菌法（pasteurisation）成了量產乳製品和酒的重要步驟。此外，他對微生物學的研究也讓人更瞭解疾病的成因和治療方法。



巴斯德是 19 世紀一位傑出的微生物學家

泰晤士水務公司的下水道清潔隊正在檢查弗利特河（Fleet River）於維多利亞時代所建的下水道



雕版畫呈現出泰晤士河的致命汙染

1866 年

倫敦的下水道系統

19 世紀初的泰晤士河臭不可聞。1853 至 1854 年間，流行病於倫敦肆虐，逾 1 萬人因霍亂喪生。1858 年酷夏的「大惡臭」（Great Stink）事件導致倫敦陷入停擺，方才令政府採取了行動。總工程師約瑟夫·巴澤爾傑特（Joseph Bazalgette）建造了「截汙下水道」網，透過重力輔以大型蒸氣泵，好收集流入泰晤士河的汙水。由於當時並無挖掘機，下水道全以手工挖掘，共用了 3 億 1800 萬塊磚頭，並以新的防水波特蘭水泥來修砌。然而，要到 1880 年代，下水道才能成功處理汙水！

1829 年

史蒂芬森的火箭號

1829 年，當工程師喬治·史蒂芬森（George Stephenson）和羅伯特·史蒂芬森（Robert Stephenson）的「火箭號」達到時速 48 公里的極速時，世界又向載客蒸氣動力火車邁進了一大步。雖然這並非首台蒸氣火車，但火箭號結合了數種提高效能的設計，並被「利物浦和曼徹斯特鐵路」（世上首批客運鐵路線之一）所採用。

汽缸

Cylinders

兩具汽缸位於火箭號的兩側。各汽缸內含一個活塞，並以曲柄連接到車輪。

鍋爐 Boiler

由多根連至燃燒室的銅管負責加熱，能有效傳遞熱能。

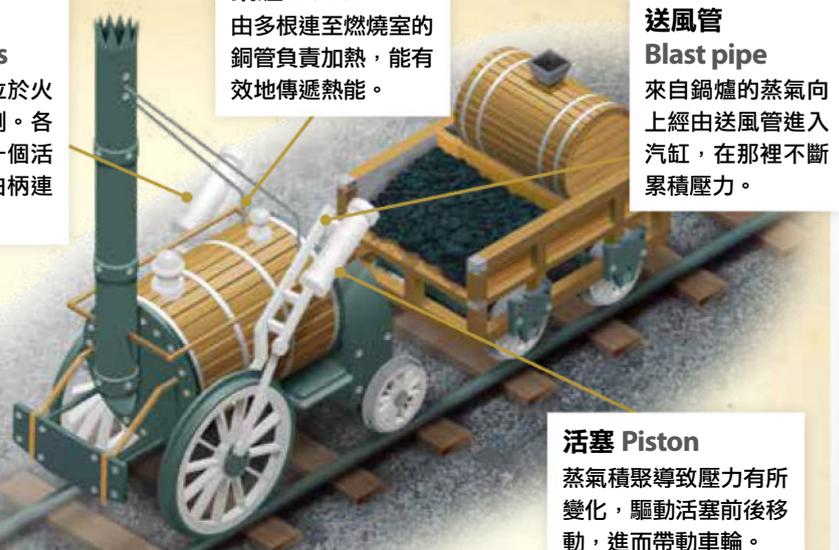
送風管

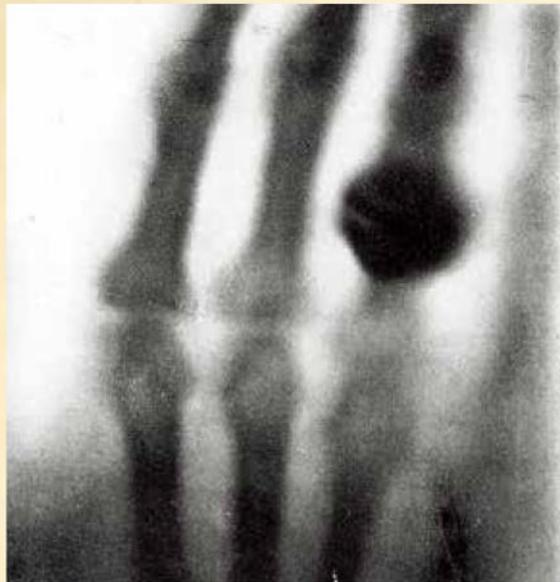
Blast pipe

來自鍋爐的蒸氣向上經由送風管進入汽缸，在那裡不斷累積壓力。

活塞 Piston

蒸氣積聚導致壓力有所變化，驅動活塞前後移動，進而帶動車輪。





史上首張X光照拍攝了安娜·柏莎·倫琴 (Anna Bertha Röntgen) 的手掌

1895年 X射線

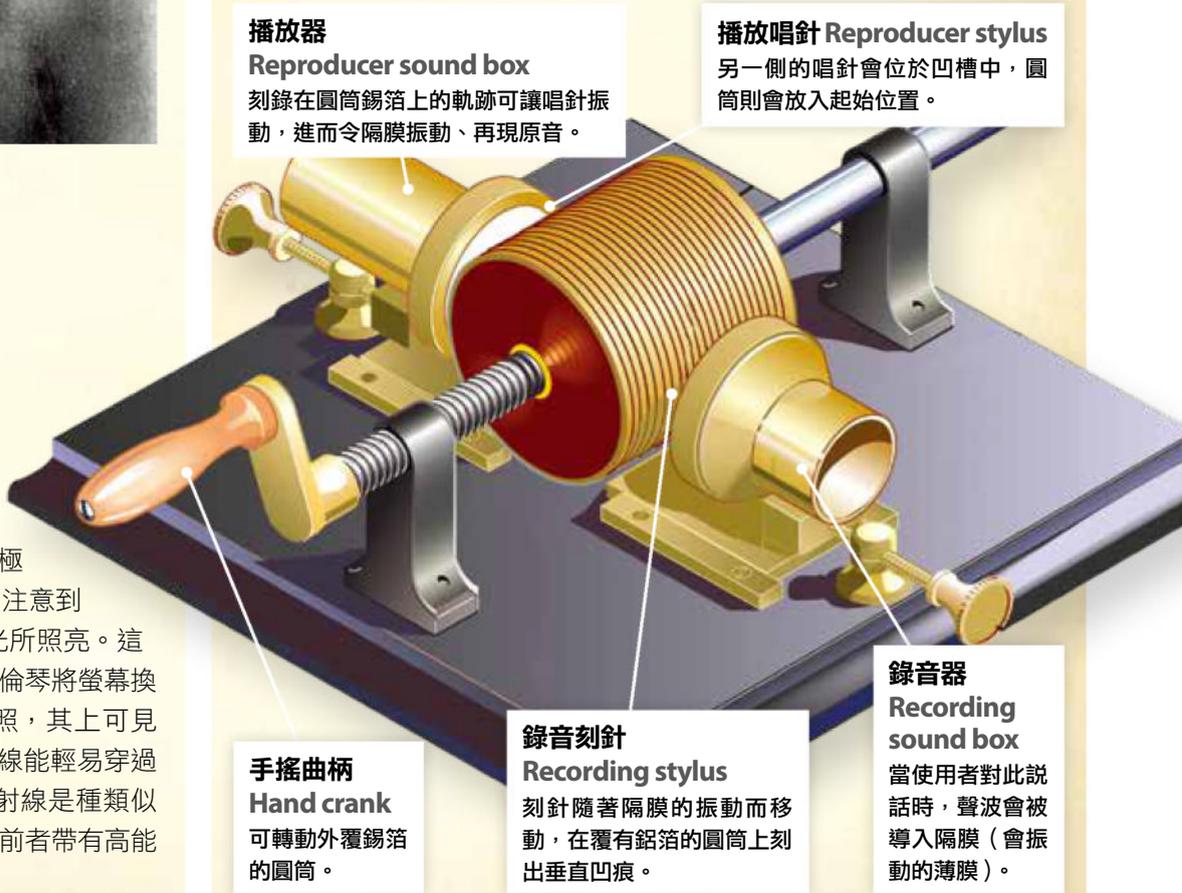
19世紀最重要的發現之一全是出自偶然。當德國物理學家威廉·康拉德·倫琴 (Wilhelm Conrad Röntgen) 為黑紙包覆的陰極射線管 (類似螢光燈泡) 通電時，注意到有面螢幕被射線管發出的不可見光所照亮。這意味著上述的光線得以穿透物體。倫琴將螢幕換成相機底片，從而拍出首張X光照，其上可見他妻子的手骨。相較於骨骼，X射線能輕易穿過組織，在片子上形成「陰影」。X射線是種類似光的高頻電磁輻射，但不同的是，前者帶有高能量，可穿透多數物體。

1877年 留聲機

這個不尋常的裝置介於電話和電報之間，可錄音並重新播放。發明者湯瑪斯·愛迪生 (Thomas Edison) 認為留聲機可用來錄下口述文字 (如學堂講課或電話內容)。他錄下的第一句話是「瑪麗有隻小綿羊」，當機器播出錄下的話語時，他感到相當驚訝。



1878年，愛迪生坐在自己的發明旁



一個進步的時代

感光相紙

威廉·亨利·福克斯·塔波特
以感光的硝酸銀來打造「光繪成像」(photogenic drawing)

聖誕卡

亨利·柯爾爵士
過節時無暇寫信給友人，柯爾便請人製作了首張聖誕卡



縫紉機

埃利亞斯·浩威
這並非首台縫紉機，但浩威的精細設計與現代的縫紉機有較多共同點

首架由飛行員駕駛的滑翔機

喬治·凱利
約克郡航空博物館展出的複製品

1839



自黏郵票

羅蘭·希爾爵士
「黑便士」(Penny Black) 郵票上印有維多利亞女王的側臉

1840

1843

1844

摩斯密碼

薩繆爾·摩斯

1845

橡膠輪胎

羅伯特·湯姆森

1846



現代水輪機

詹姆斯·法蘭西斯

1848

1849

混凝土

約瑟夫·莫尼爾

1849



公共沖水馬桶

喬治·詹寧斯

1851

攝影技術的演變

一覽各時代的相機

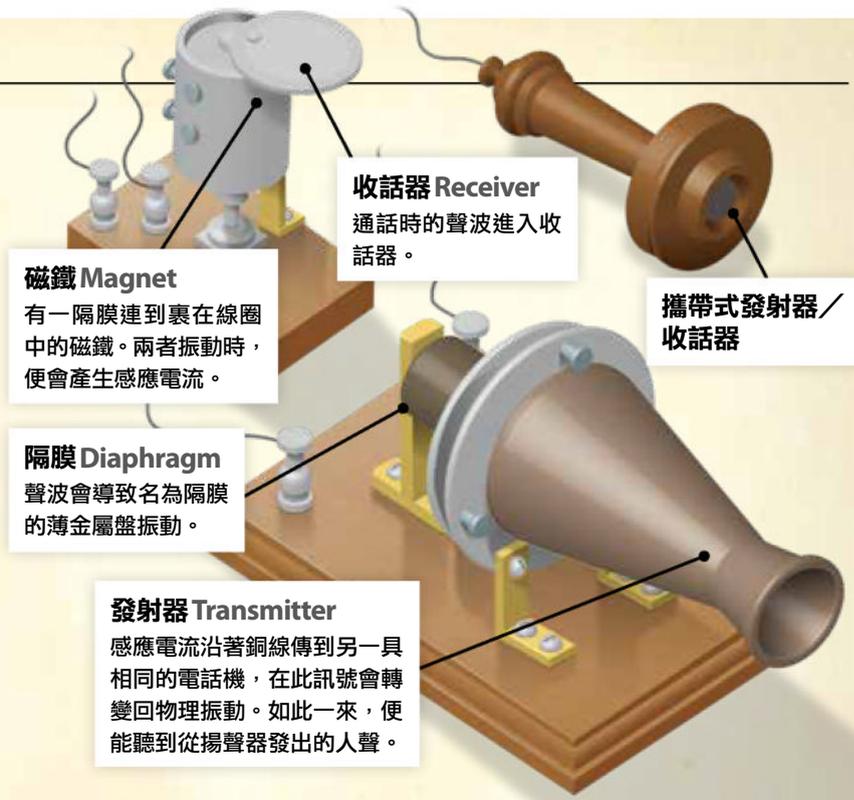


1876年 電話

透過電話所傳輸的第一句話為：「華生先生，快過來；我要找你。」這是發明家亞歷山大·格拉漢姆·貝爾在 1876 年 3 月 10 日對助理講的話。他發明的電話機外觀與今日的截然不同，含話筒、發射器和收話器。



扮成貝爾的演員以早期的電話機講電話



郵筒

理查·雷德格雷夫

八角型郵筒由英國格洛斯特的約翰·M·巴特公司 (John M. Butt & Co) 所出品



1853 煉鐵成鋼
亨利·貝塞麥

地鐵

倫敦的「大都會鐵路」在帕丁頓和法靈頓街之間開通



1854 打字機
克里斯托夫·肖爾斯
首款銷售成功的打字機附有 QWERTY 鍵盤

丹寧褲

賈克伯·戴維斯和李維·史特勞斯



1863 電燈泡
湯瑪斯·愛迪生
愛迪生雖非率先研發燈泡，但他改良並讓發光時間持久

三輪汽車

卡爾·賈士

留聲機

艾米爾·柏林納
首度在可量產的扁圓鋅片上錄音



1873 無線通訊
古列爾莫·馬可尼

電影放映機

盧米埃兄弟
這部放映電影膠片的機器也附投影功能

BRAIN DUMP



問問題 長知識

認識專家

這個月是誰負責
回答你的問題呢？



喬蒂·堤莉
Jodie Tyley



湯姆·黎恩
Tom Lean



蘿拉·米爾斯
Laura Mears



詹姆斯·霍頓
James Horton



喬安娜·斯塔絲
Joanna Stass

增廣見聞

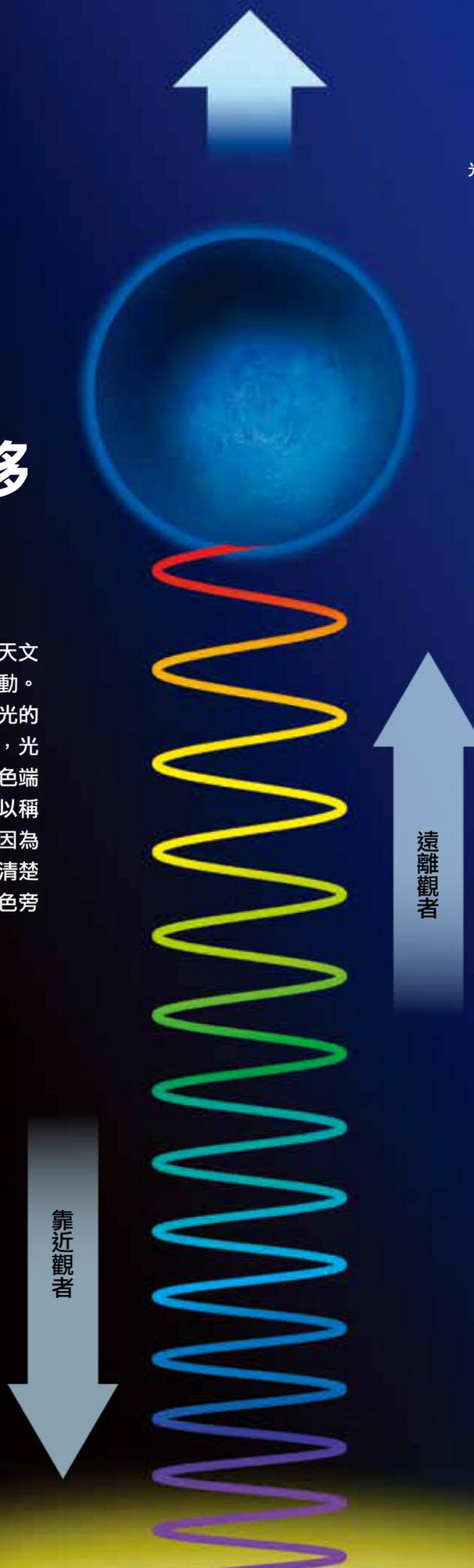
上至天文下至地理，
讓專家為你
解答各種疑惑

何謂「藍移效應」？

歐蘿拉·史密斯·羅伊
(Aurora Smith-Rowe)

■ 透過藍移 (blueshift) 現象，天文學家得以瞭解遠方物體如何運動。當恆星等光源向觀者靠近時，光的波長便會縮短。波長一旦變短，光的顏色就會從可見光譜上的紅色端移至紫色端。而這個現象之所以稱為「藍移」而非「紫移」，是因為人眼不易察覺紫光，但較能看清楚藍光（在光譜上時，就位於紫色旁邊）。黎恩

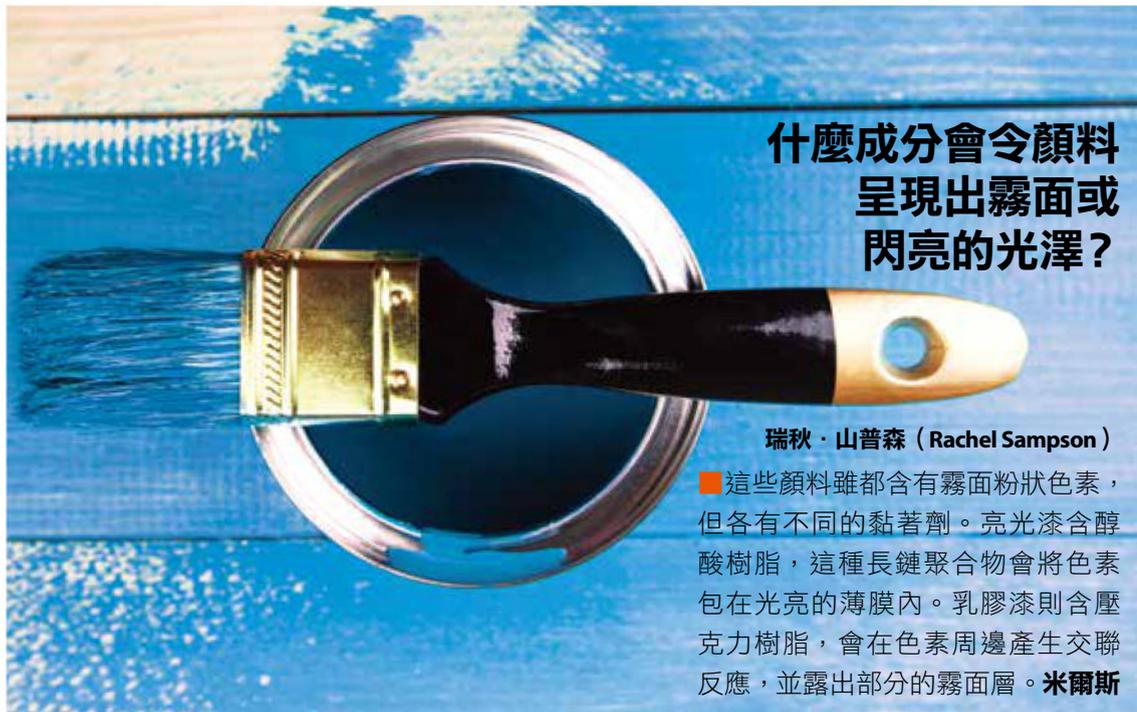
光源越靠近，波長就越會往
光譜上的藍色端靠攏



動物有可能對人類過敏嗎？

艾倫·哈維 (Alan Harvey)

■由於常洗澡，且掉落的皮屑和毛髮不致太多，人類通常不太會令動物過敏。但人用的香水和清潔用品就可能造成寵物過敏，尤其是貓。霍頓



什麼成分會令顏料呈現出霧面或閃亮的光澤？

瑞秋·山普森 (Rachel Sampson)

■這些顏料雖都含有霧面粉狀色素，但各有不同的黏著劑。亮光漆含醇酸樹脂，這種長鏈聚合物會將色素包在光亮的薄膜內。乳膠漆則含壓克力樹脂，會在色素周邊產生交聯反應，並露出部分的霧面層。米爾斯

一戰時哪場戰役死傷最慘重？

艾伯特·萊德 (Albert Ryder)

■一戰的上半場打的是消耗戰，將領雖不斷指揮軍隊緩慢挺進，但效果卻奇差。各方兵力損失慘重，在五次不同的進攻行動中，陣亡的將士共逾 100 萬人。但單次死傷最慘重的戰役應屬索姆河戰役，英軍傷亡人數總計 5 萬 7000 多人，開戰第一天就有 1 萬 9240 人喪命。霍頓



索姆河戰役始於 1916 年 7 月 1 日，持續了 141 天



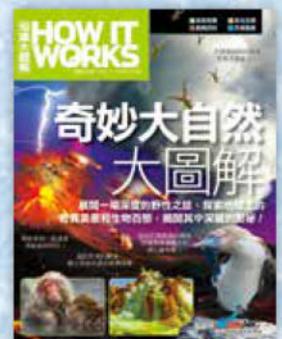
《當代科技大圖解》



《太空奧秘大圖解》



《奧妙科學大圖解》



《奇妙大自然大圖解》

各大書局、
網路書店
熱賣中！

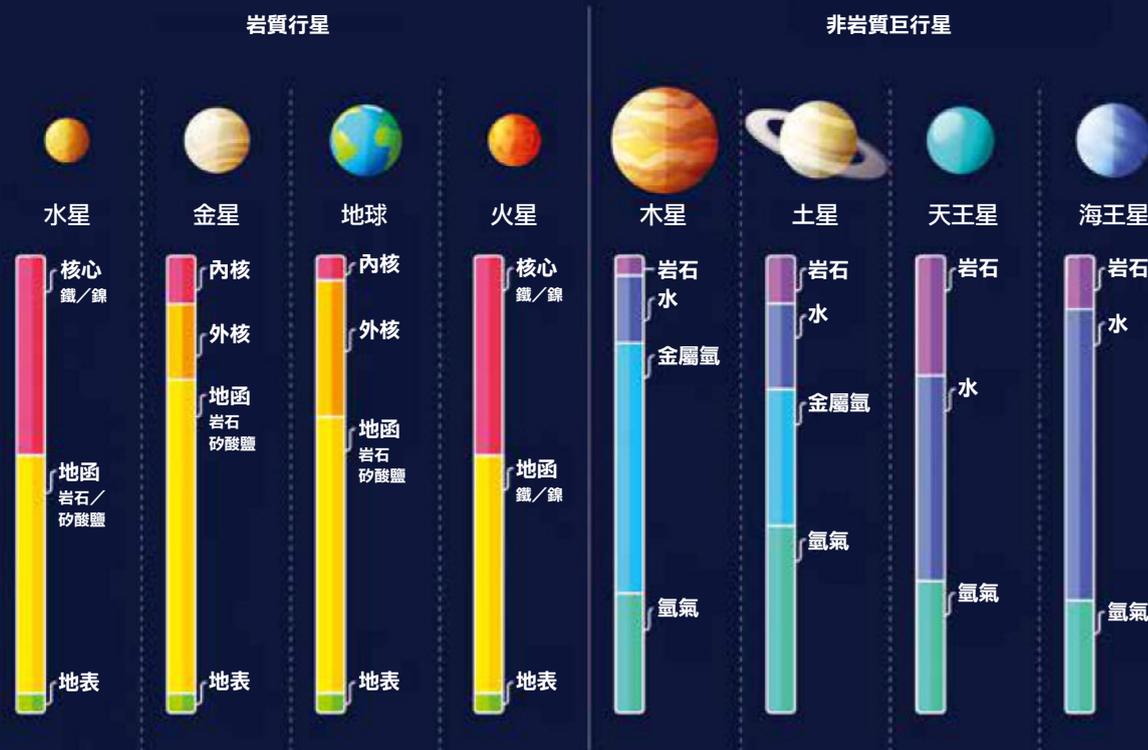
在太陽系中，行星的組成比例相當不同

若有岩質與氣態行星，是否也可能有液態行星？

尤里西斯·李 (Ulysses Lee)

行星的組成多元，水星、金星、地球和火星被歸類為岩質行星，木星和土星則是「氣態巨行星」。

以木星為例，它是太陽系最大的行星，雖然主成分為氫氣，但並非整體都由氣體組成。木星的引力很強，在滿是氣旋的表面之下有著龐大的壓力，核心壓力高達地球的1億倍。這顆氣態巨行星的內部壓力如此之高，導致其表面之下的原子被緊壓在一起，進而轉化成流體甚或金屬的型態。因此，在某種程度上，木星可算是「液態行星」。米爾斯



研究顯示，肥皂不太可能致病

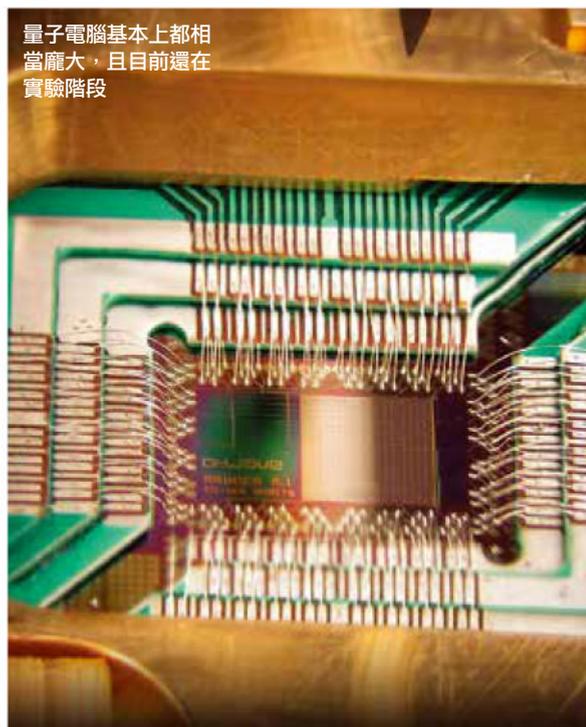


細菌可在肥皂上存活嗎？

露西·馬修斯 (Lucy Matthews)

可以。但研究顯示，細菌不太可能在洗手時轉移到人身上。在先前的實驗中，受試者以含大腸桿菌和其他致病菌的肥皂洗手，科學家接著檢查其皮膚，發現上頭的細菌數量根本達不到能檢測的標準，因此認定「日常洗手並沒什麼危險」，鼓勵大眾以肥皂加清水洗手，以防疾病傳播。堤莉

量子電腦基本上都相當龐大，且目前還在實驗階段



「量子計算」可用於個人裝置嗎？

詹姆士·斯密德 (James Smeed)

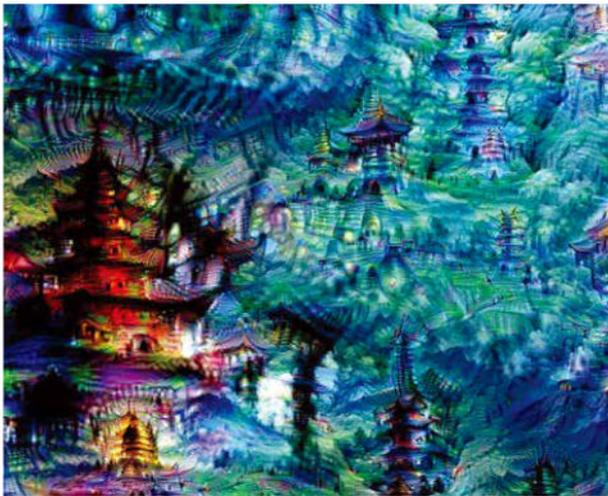
■ 奠基於量子力學與次原子粒子的量子電腦可大幅提升處理資訊的速度，但目前仍在實驗階段。據信，量子電腦較適用於研究人工智慧等特殊項目，而非進行一般的運算處理，所以個人裝置不太可能使用量子計算。此外，量子電腦須處在極低溫的環境中，既占空間，也相當耗能。若個人裝置要使用該技術，在近期看來是不太可行。黎恩



綠茶為何有益人體？

蓋甘·奈哈 (Gagan Nahar)

■綠茶富含抗氧化劑，可減緩或預防細胞受損，幫助人體抵禦疾病。由於少了加工處理的步驟，綠茶所含的抗氧化劑便比紅茶還多。雖有人宣稱綠茶有助於降低罹癌風險或減重，但這些功效目前尚未經過研究證實。**斯塔絲**



Google 的人工智慧如何「做夢」？

「做夢中」的人工智慧將隨機出現的雜訊轉換成精美的抽象圖

凱瑟琳·克拉克 (Katherine Clark)

■Google 和許多開發人工智慧的公司一樣，偏好使用類神經網路。這包括用一套演算法來模擬人腦，網路中的一層人造「神經元」則負責接收訊號；若訊號夠強，就會繼續傳至下一層。該技術雖善於辨識模式，但究竟要如何學習中間神經層的運作方式，也就是說演算法到底要學什麼模式呢？為此，Google 的團隊便讓學過辨識圖片的演算法「做夢」。團隊輸入了隨機雜訊，要求演算法用現有的知識生成圖像（跟睡覺時做夢的概念相同）。結果，人工智慧創作出相當驚人的抽象圖。**霍頓**

發燒是人體嘗試戰勝感染時產生的副作用



發燒時，為什麼體溫會忽高忽低？

蘿倫·蘭卡斯特 (Lauren Lancaster)

■一旦發生染感，人體就會製造白血球，以進行抵抗。此舉會影響下視丘 (hypothalamus，負責控管體溫的腦區)，導致體溫上升。體溫升高後，血管就會緊縮，造成皮膚外層的

溫度下降、肌肉收縮，身體因此發抖。而發抖又會產生熱能，導致體溫再度上升。接著，喪失和製造的熱能達到平衡，身體得以維持在高溫狀態。成功戰勝感染後，血管舒張，人則會流汗，體溫便再度下降。**斯塔絲**

物種的定義為何？

賽巴斯汀·路易斯 (Sebastian Lewis)

■物種的定義是指能繁衍出正常後代的某一生物群體。意即這群生物的小寶寶除了得以存活，還可進一步孕育下一代。有時相異（但生物特性相似）的物種（如馬和斑馬）雖可交叉繁衍，但其後代則不具生育力。**堤莉**



© Mike Tyka / Google/Getty



山頂的樹很難長大

什麼是林線？

阿罕默德·阿里 (Ahmed Ali)

■林線即棲地中樹木可生長的最高點。在高海拔、低溫且乾燥的環境中，種子難以發芽，小樹也很難長大。風和雪可能會折斷脆弱的樹枝，低溫則讓光合作用更難進行。林線的高度雖會視棲地而異，但仍極易觀察。高處的樹木很快就會變得稀疏，再往更高處則會全部消失。米爾斯



冰箱底層比上層冷嗎？

珍·方登 (Jane Fondant)

■絕大多數的冰箱都是底層最冷，因為冷空氣會下降。不過，若冰箱有製冰區，離該區越近的地方就會越冷。斯塔絲



週期表由誰所創？

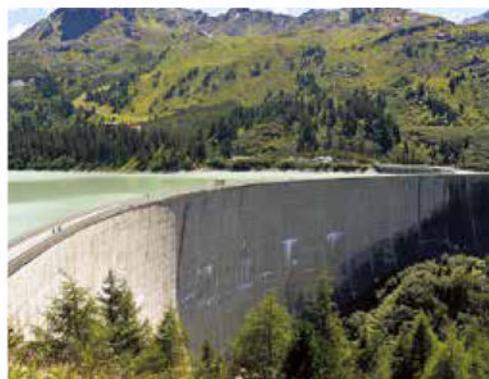
泰特斯·博區 (Titus Birch)

■現在眾所皆知的週期表是由俄國化學家德米特里·門得列夫於 1869 年所創。表上包含了當時已知的 63 種元素。此外，門得列夫亦為有待發現的新元素留了一些空格。而今，確定的元素已有 118 種。堤莉

如何建造水壩？施工期間怎麼讓河流改道？

奧利佛·強森 (Oliver Johnson)

■在蓋新水壩前，要先從河谷的一側挖條通道，才能讓河流改道、繞過工地。接著，要在上游蓋座較小的水壩（即圍堰，cofferdam），將河流導入挖好的通道。在下游處，也可再搭建另一座圍堰，以免河水流回工地。水壩的預定施工地淨空後，會先架好地基的基座，再以混凝土和鋼筋搭建水壩。斯塔絲



在搭建水壩前，要先將河水引開，以保持建地的乾燥



緊張時為什麼會流手汗？

麥特·貝恩 (Matt Bain)

■流汗的主要功能是降溫，但也有可能受壓力而引發。緊張時，身體會進入「戰或逃」模式，透過刺激汗腺來替身體降溫，並讓乾燥的手掌變得溼潤一點，以便抓緊東西。黎恩



太陽系中的所有行星有機會排成一直線嗎？

歐文·瓊斯 (Owen Jones)

■ 由於軌道傾斜的角度各異，所有行星永遠不可能排成完美的一直線，但每幾千年行星就會靠攏，所以能在同一區內大致排成一直線。上次行星呈如此排列是在 1000 多年前，下一次最快也會是在 2492 年。黎恩



禁酒令的抗議群眾要求撤銷第 13 條修正案

為什麼要開始施行「禁酒令」？

克里斯·詹姆士 (Chris James)

■ 1920 至 1933 年間，基於宗教團體和滴酒不沾群體所施加的巨大壓力，全美便實施了禁酒令，禁止酒的製造、銷售和運送，這些人堅信酒是社會的萬惡根源，會導致暴力和貪腐。其他人則將工業事故與低生產力怪罪於酒，還有人把酒連結到對移民的恨意。禁酒令施行前，許多州早已頒布了禁令。當美國在 1917 年捲入一戰時，壓力則升至極點。糧食節約法令與杯葛德國啤酒的高漲情緒促使政府施行了禁酒令。堤莉

©Alamy, Getty



先知在古希臘扮演什麼角色？

海蒂·麥克布萊恩 (Heidi McBrien)

■ 古希臘人認為先知 (oracle) 是人與神之間的媒介。唯有先知可替人直接與神溝通，但得付出一定的費用。有些先知後來變得有權有勢，如德爾菲 (Delphi) 的女先知。國王會予以造訪，她也會給出影響日後戰事的預言。霍頓



什麼是「無反」相機？

詹姆士·墨菲 (James Murphy)

■ 透過一片「反射鏡」，數位單眼相機可將鏡頭接收到的光線反射至取景器 (viewfinder)。無反相機 (mirrorless camera) 則讓光線直接抵達數位感應器，並將預覽於螢幕上呈現。米爾斯

製作螢光馬鈴薯芡糊

Make glowing potato goo

不可
單獨操作
未滿 18 歲須由
成人陪同



1 將馬鈴薯切塊 Cut your potatoes

馬鈴薯須切成小塊。可先用刨絲器，再以刀切成塊，或使用切丁器或攪拌機。



2 浸泡切塊 Soak the bits

把切好的馬鈴薯放入大攪拌盆，再小心倒入熱水，直到切塊全被浸在水中為止。接著攪拌幾分鐘。



3 濾掉固體 Sift out the solids

在另一個攪拌盆裝上濾網，倒進攪拌過的馬鈴薯，以分離液體和固體。丟棄固體，讓液體靜置約十分鐘，等待分層出現。



4 清理 Clean it up

白色的澱粉層須留在盆底。把液體倒掉，但留著澱粉層。盆內的殘存物可能看起來髒髒的，加點水並攪拌一下。



5 分離瀝乾 Separate and dry

把混合物倒入罐中，搖一搖。靜置十分鐘後，應會再看到分層，而澱水這時會在上層，把水倒掉，並讓澱粉晾乾。



6 加入通寧水 Add the tonic water

將一、二匙白色澱粉舀入小盆子中。加一匙通寧水，並緩慢攪拌兩者，好讓混合物變得像蜂蜜般黏稠。



7 持續攪拌 Don't stop mixing

若覺得太乾，可再加一點通寧水。雖然有時可能不易攪拌，但仍得拌到連一點粉末都不剩。最後，非牛頓流體便完成了！



8 實際測試 Experiment

把一些流體撈起，快速在兩手間拋接。然後，質地會變得有如固體，接著關燈並打開黑光燈，螢光芡糊便出現了！

箇中原理

「毆不裂」(oobleck) 屬於非牛頓流體，即有時會具有固體特性的流體。澱粉加水後，就會變成流體。在對流體施加壓力後，內部的微小粒子就會彼此擠壓，所產生的摩擦力會使張力提高，讓流體短暫出現固體的特性。成品之所以會在夜間發光，則是因為奎寧 (quinine，通寧水的一種化學成分) 會對黑光燈的紫外線產生反應。

免責聲明：體驗本單元的實作活動時，若不慎產生負面影響，《How It Works 知識大圖解》概不負責。使用危險器材或電子產品時，請按照產品使用說明，謹慎操作。

TEST YOUR KNOWLEDGE

金頭腦大考驗

喜歡本月的主題嗎？

請根據本期的雜誌內容，測試一下
你到底吸收了多少吧！

1 威廉·赫歇爾發現，每當太陽黑子減少時，何種作物的價格便會上揚？

- A 大豆
- B 燕麥
- C 粟米
- D 小麥

2 哪顆行星擁有太陽系中速度最快的風和著名的「大暗斑」？

- A 木星
- B 海王星
- C 土星
- D 天王星

3 为了提高線上零售業的效率，歐卡多智能平臺的主要目標為何？

- A 設計最清楚的購物頁面
- B 規劃最佳運貨路線
- C 將人為干預減到最小
- D 提供最多的客服管道

4 建築工人常面臨的「致命四大風險」不包括以下何者？

- A 失足摔落
- B 燒傷
- C 觸電
- D 遭碾壓

5 在過去，礦工會以何種鳥類來探測無味的有毒氣體？

- A 麻雀
- B 夜鶯
- C 金絲雀
- D 鴿子

6 哪種動物對蛇毒並無免疫力，僅靠連續重擊蛇頭來避免被咬？

- A 獾
- B 蛇鷲
- C 蜜獾
- D 沙居食蝗鼠

7 讓圈養老虎進行狩獵的方法中，下列何種遭到禁止？

- A 讓動物遺骸動起來
- B 製作獵物模樣的紙板
- C 提供隆隆球
- D 將活體獵物放入圍欄

8 果蠅繁殖一代需時多久？

- A 10 小時
- B 10 天
- C 10 星期
- D 10 個月

9 模組化設計的 THeMIS 不能執行哪項任務？

- A 潛水
- B 滅火
- C 拆彈
- D 醫護

10 路易·巴斯德在研究何物的發酵過程中，發現了「巴氏滅菌法」？

- A 葡萄酒
- B 麵團
- C 優酪乳
- D 茶葉

1. D 2. B 3. C 4. B 5. C 6. B 7. D 8. B 9. A 10. A

ISSUE 64 壹零

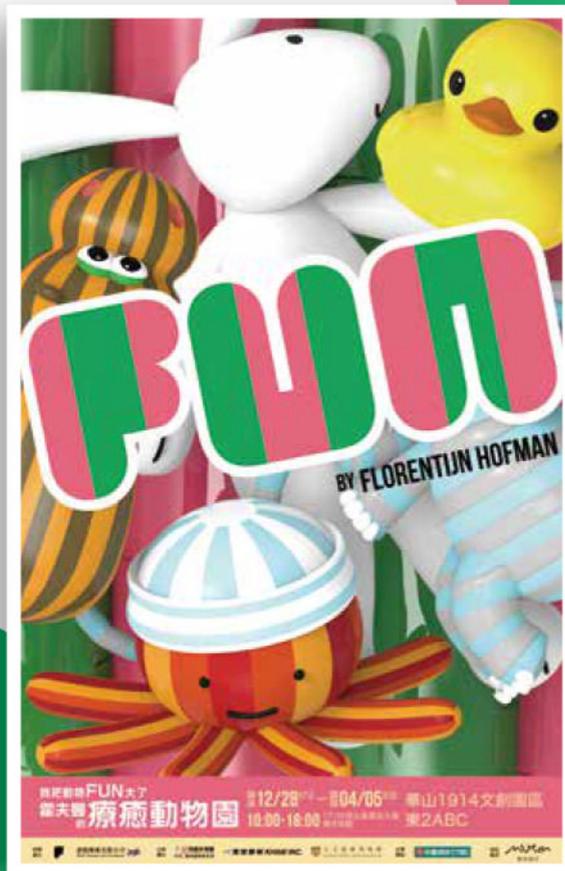
我把動物FUN大了！ 霍夫曼的療癒動物園

轟動全球的巨型《黃色小鴨》回來了！這次荷蘭籍藝術家霍夫曼帶著最受歡迎的11件經典作品再次登台。為了本展，霍夫曼打造出全新的超大型動物氣墊。為了本展，霍夫曼打造出全新的超大型動物氣墊。參觀民眾得以親身體驗可愛又充滿設計感的療癒動物園，在蹦蹦跳跳之餘近距離觸摸裝置藝術，體驗藝術與生活零距離的趣味，並從作品中獲得滿滿的療癒效果。

圖片提供／時藝多媒體

展覽日期：2019.12.28-2020.4.5

展覽地點：華山1914文創園區 東2ABC



一看就懂 家屋的運作 和維護

家屋是許多人一生中最重要的有形資產，除為全家人提供了舒適感和庇護外，亦是情感的

依託。但與我們朝夕相處的家屋究竟如何運作，卻總是跟外星球一樣陌生！我們對水龍頭為何一直漏水、洗碗機為何發出嗡嗡聲一無所知，結果大家常住得很不安心，對叫修也充滿了不信任。

本書作者查理·溫是美國知名的家屋住宅改造和居家修繕專家，擅長將專業技術轉為易懂的知識。根據書中的提示，可排除多數簡單的狀況、省下大量時間和工錢，更能知道如何和修繕師傅溝通。圖片提供／大家出版



萌萌生物 關係圖鑑

70種生物的不思議同居關係



放眼自然界，鳥類、哺乳類、爬蟲類、魚類、植物甚或細菌都有和其他生物結盟的例子。不管是雙方還是僅單方獲利，這樣的相生相依為生態系統的基石，驅動且形塑了生物的演化，物種藉由和另一生物的關係達到最佳的生存狀況。

全書分為三大章節：互利共生 (mutualism)、片利共生 (commensalism) 和寄生 (parasitism)。透過幽默的視角和精緻的水彩畫，讀者可一窺生物間奇妙的共生關係！圖片提供／商周出版



NO.64 讀者意見回函 (2020年1月)

看完本期雜誌後，請您撥冗填寫本意見回函，將您的感想與建議回饋給我們，做為日後編輯的參考依據。（請在框框內勾選）

1. 您從何處得知本雜誌：

書店 親友推薦 LiveABC 官網 網站、部落格或 Facebook：_____ 其他 _____

2. 您從何處取得本雜誌：

誠品 博客來 便利商店 金石堂 LiveABC 官網 _____ 網路商店 其他 _____

3. 您選購本雜誌的動機為：（可複選）

封面主題 圖片精美 與工作、學業相關 師友推薦 門市促銷吸引 廣告文宣吸引
 內容符合需求 其他 _____

4. 閱讀本期雜誌後，您的滿意度為：

非常滿意 滿意 普通 差 極差

5. 本期雜誌您最喜歡的內容是：（依喜歡程度填1、2、3、4……）

12歲男童打造出核融合反應爐 絕種巨蜂再現 大片冰山可能會脫離南極洲 中風復原和遺傳學息息相關
 愛爾蘭教堂底下的古老木乃伊慘遭斬首 川普欲成立太空軍 泰晤士河中撈出具有5600年歷史的人類頭骨
 輻射在火化爐內擴散 核彈警報誤報讓夏威夷陷入混亂 優勝美地國家公園的「火瀑布」
 有效的癌症自家篩檢組 「雪花鬆餅」小行星近照出爐 太陽的能量 太陽系中的超級風暴 決定宇宙的大小
 機器人倉庫大觀 倒轉時光之道 世界10大危險工作 動物的解毒妙「劑」 春天何來？ 老虎如何打獵？
 一覽原子對撞機內部 尋找抗癌藥物 認識神經細胞 瓶裝水有可能壞掉嗎？ 什麼是口腔潰瘍？
 科學大人物——塞西莉亞·佩恩-加波施金 機器人大作戰 何謂離子風力飛機？ 維多利亞時代的遺澤
 問問題 長知識 現代人該知道

6. 您是否有意願長期訂閱：

想 不想，因為 _____

7. 您閱讀本雜誌後的感想與建議：

基本資料

姓名：_____ 生日：（西元）_____ 性別： 男 女

聯絡電話：（家）_____ （手機）_____

地址：_____

Email：_____

年齡： 25歲以下 25~29歲 30~39歲 40歲以上

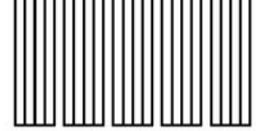
學歷： 高中職（含）以下 專科 大學 研究所 博士（含）以上

職業： 資訊業 金融業 服務業 製造業 貿易業 自由業 軍公教

大眾傳播業 補教業 學生 其他 _____



填回函就有機會得到《不過是具屍體》，得獎名單請隨時關注粉絲頁！



編輯部 收

HOW IT WORKS
知識大圖解 國際中文版

希伯崙股份有限公司

台北市松山區八德路三段32號12樓

105

免貼郵票

台北廣字第1194號

台北郵局登記證

廣告回函



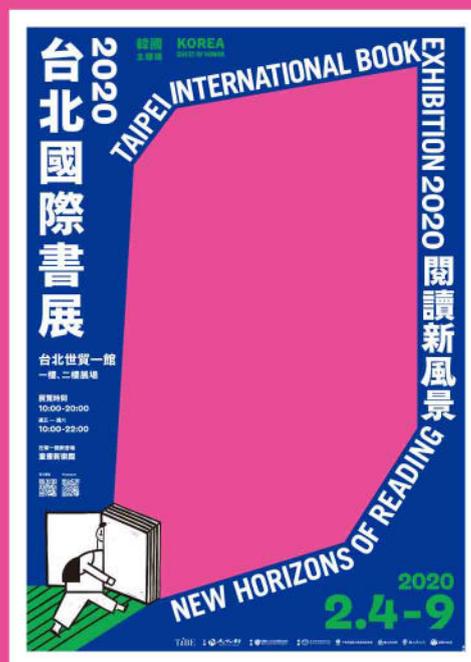
請沿著虛線對折，並裝訂寄回，謝謝。

親愛的讀者 您好：

您可以採以下方式，將您的讀者意見回函回覆給我們。

1. 郵寄至《How It Works知識大圖解》編輯部
2. 傳真至：(02) 2578-6030
3. 上官網填寫：www.howitworks.com.tw

2020台北國際書展2.4-2.9 LiveABC 超殺優惠等你來拿!



LiveABC全書系破盤最低價! 只有6天, 錯過再等一年!
2020/2/4(二)-2/9(日) 世貿一館 攤位B910

→ 2020國際書展購物指南 ←

年度暢銷好書



訂雜誌超優惠



狂銷萬支!

LiveABC智慧點讀筆
語言學習新突破
24小時語言家老師!

- 高科技光學點讀筆頭
- 內建高品質喇叭
- 點讀/錄音 MP3/字典 四機一體
- 支援USB檔案傳輸



LiveABC 鐵粉讚出來! Follow LiveABC 學英語就是這麼容易!
在以下這些平台都可以找到我們喔

LINE@

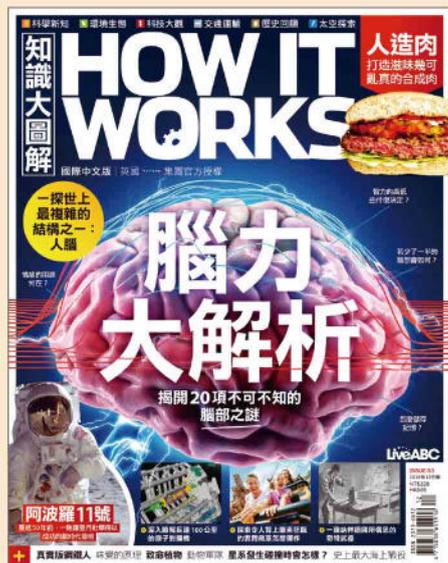


Facebook



Instagram





知識大圖解國際中文版訂閱優惠方案

開春訂雜誌

讓你好康一整月!

限時優惠只到 2020.1.31 止



訂閱優惠

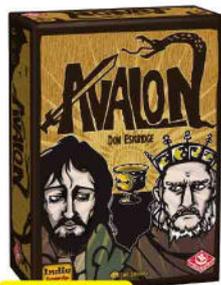
贈品數量有限,送完為止,若贈送完畢,得以等值贈品替換。
本公司保留活動變更及修改的權利。

原價 2,640 元

一年 12 期 特價 1,990 元

送 好禮 4 選 1

好禮 1



原價 550 元

桌遊 愛樂事

遊戲人數	5-10 人
適合年齡	13 歲以上
遊戲時間	約 30 分鐘
內含	指派隊伍標記 5 個、角色卡 14 張、領袖指示物 1 個、任務牌 10 張、投票板塊 20 個、任務成功/失敗標記 5 個、任務標記 1 個、投票標記 1 個、陣營牌 2 張、湖中女神指示物 1 個、任務圖板 3 張、遊戲說明書 1 份



愛樂事桌遊 阿瓦隆

- ◆ 百玩不膩—考驗團隊合作、溝通和觀察力的桌遊
- ◆ 遊戲人數 5-10 人, 適合年齡 13 歲以上使用
- ◆ 由知名繪師設計, 美式版畫風格重新賦予人物及任務圖版新風貌



更多介紹

好禮 2



原價 690 元



2018 | 天鵝獎 | 最佳陣營遊戲

遊戲人數	3-8 人
適合年齡	8 歲以上
遊戲時間	約 15 分鐘
內含	5 顆骰子、30 張紙牌、9 支弓箭、40 個子彈指示物、1 份遊戲規則、規則說明書 (中文)

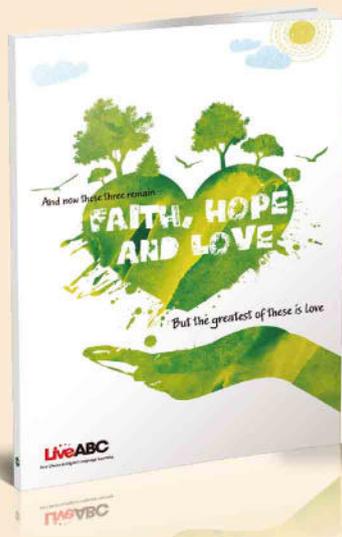


新天鵝堡桌遊 碎! 骰子版

在西部荒野中, 執法人員與不法之徒之間永不停息的戰鬥持續加溫, 突然, 一陣遮天蔽日的箭雨襲來: 印地安人來襲! 你夠膽量跟上這些印地安人的腳步嗎? 你有勇氣去挑戰自己的命運嗎? 你可以擊敗圍繞你的兇狠槍手並揭露他們的身份嗎?



更多介紹



開春訂就送

LiveABC 筆記本

- 便於攜帶的大小，讓你隨時隨地記錄
- 橫線筆記頁可以寫下任何想法和生活點滴
- 尺寸：13CM x 19CM，128 頁



快來按讚！
追蹤最新內容喔！



原價 5,280 元
二年 24 期 特價 3,690 元

送 好禮 4 選 2



好禮
3



原價 600 元

LiveABC 旅行收納袋

- ◆ 特殊設計，可固定於行李拉桿上
- ◆ 防水尼龍，潑水、髒污不用怕
- ◆ 方便攜帶，可摺疊收納不占空間
- ◆ 20cm x 32cm x 45cm



示意圖，贈品不包含行李箱。

好禮
4

contigo



原價 700 元

contigo 運動吸管瓶 (710ml)

- ◆ 專利技術隱藏吸管、防塵防漏更衛生。
- ◆ 單手操作即可開蓋，方便飲用。
- ◆ 100%美國FDA認證不含雙酚A，最安全。
- ◆ 隨身扣環鎖夾，不論跑步、登山皆可攜帶。



更多介紹

請速翻背面訂閱

Yes! 我要自 2020 年 ____ 月開始訂閱知識大圖解, 請勾選以下方案 本月訂就送: LiveABC 筆記本

請勾選	商品內容	優惠價	贈品
<input type="checkbox"/>	一年 12 期	1,990 元	好禮 4 選 1 (請勾選) <input type="checkbox"/> 愛樂事桌遊 阿瓦隆 <input type="checkbox"/> 新天鵝堡桌遊 砰! 骰子版 <input type="checkbox"/> LiveABC 旅行收納袋 <input type="checkbox"/> contigo 運動吸管瓶 (710ml)
<input type="checkbox"/>	二年 24 期	3,690 元	好禮 4 選 2 (請勾選) <input type="checkbox"/> 愛樂事桌遊 阿瓦隆 <input type="checkbox"/> 新天鵝堡桌遊 砰! 骰子版 <input type="checkbox"/> LiveABC 旅行收納袋 <input type="checkbox"/> contigo 運動吸管瓶 (710ml)

■訂戶資料 (以下所有欄位請務必詳細填寫)

姓名: _____ 先生 / 小姐
 生日: 西元 _____ 年 _____ 月 _____ 日
 電話: (O) _____ (H) _____
 手機: _____
 E-mail: _____
 收件地址: □□□

贈品以宅配寄送, 請勾選欲送達時段: 上午 下午

■付款資料

如需掛號, 每期20元
請自行加總

訂購金額: _____ 元 + _____ 元 = _____ 元整

訂閱發票別: 二聯 三聯 捐贈予基督教芥菜種會公益小尖兵
 統編: _____ 抬頭: _____

付款方式: 貨到付款
 ATM付款 (轉帳日期 _____ 帳號末五碼 _____)
 信用卡 / 卡別: VISA Master Card JCB

信用卡號: _____ - _____ - _____ - _____

發卡銀行: _____ 有效期限: _____ 月 _____ 西元 (年) 止

持卡人簽名: _____ (需與信用卡一致)

六種訂閱方式

上網	http://www.howitworks.com.tw/
傳真	(02)2578-5800、(02)2578-2707 請於傳真 5 分鐘後來電確認 (02)2578-7838
ATM 轉帳	銀行代號: 816 銀行帳號: 02012611188900 轉帳完成後, 請於訂單上標明轉帳日期及帳號末五碼
劃撥	劃撥帳號: 19395400 戶名: 希伯崙股份有限公司 請利用郵局劃撥單訂閱, 並劃撥單上註明訂閱方案及贈品
團訂 專線	校園團訂 02-2578-2626 #203 簡小姐 企業團訂 02-2578-2626 #219 曾小姐
門市	希伯崙股份有限公司 105 台北市松山區八德路三段 32 號 12 樓

※ 訂單注意事項

1. 如贈品贈送完畢, 本公司保有更換等值贈品之權利。2. 首期雜誌於訂單成立後約 5 個工作天內寄達, 如劃撥方式訂閱需多 2 個工作天。3. 若無特別指定雜誌起訂月份, 每月 20 日前收到的訂單, 會寄發當期雜誌, 20 日以後收到的訂單會寄發下期雜誌。4. 每月 20 日起寄送下個月雜誌, 如當月底未收到雜誌, 經本公司確認為郵寄遺失後, 可申請補寄, 但每年以 2 次為限。

※ 訂戶變更事項

如訂戶欲更動地址、查詢訂戶編號、查詢雜誌到期期數, 請來信 service@liveabc.com 辦理, 更換地址時間如於當月 20 日前申請, 即於次月號雜誌生效, 若於 20 日後申請, 則將於次月號雜誌生效。

※ 讀者服務聯絡方式

客服專線: (02)2578-7838 服務時間: 周一至周五 9:00-18:00
 客服信箱: service@liveabc.com

當您訂閱希伯崙股份有限公司所發行雜誌, 即成為本公司會員, 並永久享有會員權益。

我已詳細閱讀並同意下列條款: 為提供您更好之服務, 希伯崙股份有限公司或關係企業或合作對象, 於業務推展之必要範圍內及業務推廣之期間及地域內, 得使用本人所提供之個人資料 (包括個人姓名、出生年月日、教育、職業、地址、E-mail、聯絡方式等), 並得以 (包括但不限於) 發送廣告、活動訊息、電話行銷等行銷行為通知您相關訊息。除本人有反對之表示, 希伯崙股份有限公司得於本刊發行期間及地區內 (與會員有效期間同) 及前開目的範圍內, 利用本人所提供之個人資料。希伯崙股份有限公司對所蒐集之資料依法有保密義務。本人有隨時求停止蒐集、處理、利用或請求刪除之權利, 辦理方式為電話通知客服中心處理 (02)2578-7838。

養成好品格 決定好命運



為孩子 打造未來素養
為親子 搭建影響橋梁

品格培養不易，卻是成功的關鍵

人的外在行為，有 30% 是先天的個性；另 70% 是在生活中操練的品格。

美國國家科學院和英國愛丁堡大學都曾做研究顯示，未能形塑好品格的孩子，長大後容易有健康或經濟危機；而品格佳的孩子，善於思考、成就動機高。

品格培養不易，必須一步一步來

在內在個性上，要認識自己的熱情夢想，並妥善做好能實踐承諾的時間管理。

在外在性格上，要發現自我的性格傾向、了解夥伴的需要後，一起尋求雙贏。



想想，您的孩子...

- 1 能否有勇氣面對事實，不脫離、不逃避？
- 2 能否配合各種大小考試，定期訂讀書計畫？
- 3 能否快速、有自信地提出或回答他人的問題？
- 4 能否真誠、一致的欣賞夥伴們的優點？
- 5 能否耐著性子，理解夥伴們的觀點？
- 6 能否樂於交更多朋友，並總是找出雙贏的溝通方式？
- 7 能否樂於向別人尋求意見？

歡迎參加養成好品格系列課程

- 1 **潛力工作坊：**
系列一 熱情夢想 系列二 時間管理
- 2 **人際工作坊：**
系列一 發現自我 系列二 合作雙贏
- 3 **學涯工作坊：**
系列一 關懷身心靈 系列二 培養恆毅力

開課日期與網路報名

請上 school.liveabc.com 或掃描 QR Code



家基股份有限公司

105 台北市八德路二段 400 號 4 樓之一

電話 (02) 7709-0990

傳真 (02) 2771-9528