



女性天文學家

為美國第一顆衛星注入能量的化學家—瑪麗·謝爾曼·摩根

當你滑著手機查看氣象預報，或透過Google Map尋找餐廳時，這些生活上便利的科技，其實都仰賴天空中環繞地球、肉眼看不見的人造衛星。那麼，這些人造衛星究竟是如何被送上太空呢？現今大家已能理解必須依賴「火箭」，就像一次性的太空電梯，將這精密的機器發射到太空。但是要讓一顆衛星成功繞行地球，並不只是「把它送上天」那麼簡單。真正的關鍵在於燃料系統能否穩定釋放能量，在極短時間內產生足夠推力，克服地心引力，並精準控制速度與方向；推力不足，衛星無法進入軌道，過大則可能偏離路徑甚至解體。

文／劉淑雯、黃譯平



瑪麗·謝爾曼·摩根

發射升空的探險家1號衛星



在第二次世界大戰後的1950年代，正值美、蘇太空競賽的初期，美國的太空火箭研發受到引擎推力不足的困難所苦，無法將人造衛星推送至繞地軌道高度。而在1957年，蘇聯率先連續將史波尼克1號、2號衛星送上太空，讓美國已無多餘時間修改推進系統，所幸瑪麗·謝爾曼·摩根及時研發出高效率、推力強大的液態火箭燃料「海達因」(Hydine)，在不需修改推進系統的條件下，大幅提升火箭引擎的推力，並藉此於1958年將美國的第一顆衛星「探險家1號」(Explorer 1)順利送上繞地軌道，讓美國在接下來的太空競賽中逆轉情勢，因此被稱為「拯救美國的女孩」，並對於太空科技的發展做出重大貢獻。肖像來源：Patrick Murfin、底圖來源：NASA

在1957年，蘇聯成功將世界第一顆人造衛星送入地球軌道，揭開了太空競賽的序幕。當時國際強權冷戰背景下，這項成就對美國而言不只是科技落後，更是國家顏面的重大挫敗，因此，美國迫切需要在最短時間內，成功發射自己的衛星。然而，當時火箭推力不足的問題很快浮現，若重新設計至少需要數年時間，「燃料」便成為必須突破的關鍵。

就在工程團隊一籌莫展之際，這個幾乎不可能完成的任務，最終竟由一位出身農家、沒有大學文憑的女性化學家完成。她的名字是瑪麗·謝爾曼·摩根（Mary Sherman Morgan, 1921~2004），

正是她的化學專業知識和精細計算，發明了液態燃料「Hydyne」，為美國第一顆衛星「探險家1號（Explorer 1）」注入了足以突破地心引力的重要能量。

在爆炸中計算的化學家

《Blast Off!: How Mary Sherman Morgan Fueled America into Space》這本繪本描述科學家瑪麗·謝爾曼·摩根的故事。她出生於美國北達科他州一個貧困的農戶家庭，童年時每天必須負擔大量的農



務，直到8歲因社工發現和強制介入，父母才送她上學，開始接受正規教育。

雖然起步較晚，她卻迅速展現出對科學，尤其是化學的高度興趣和天賦，高中更以第一名的成績畢業。但即使成績優異，瑪麗仍未獲得家人支持繼續升學，她一邊辛苦打工存錢、一邊申請獎學金，終於進了大學，卻又再次因為經濟困難而被迫輟學。

此時世界正爆發二戰，大量男性投入戰場，工業生產急需補充人力。瑪麗因此進入學校附近的化學工廠工作，累積了處理高風險化學品的經驗。在戰後，當北美航空公司（North American Aviation，

簡稱NAA）開始招募火箭燃料研發人員，儘管瑪麗並不符合必須具備完整學歷的資格，憑藉亮眼的化學成績與紮實的實務經驗，最終獲得破格錄取。

在那個年代「科學是男人的事」，瑪麗卻是部門近九百名工程師中唯一的女性，她所參與的任務，是一項高度機密的火箭燃料研發計畫。

在無數次計算、調配與測試後，第一次點火卻以失敗告終，當團隊開始討論可能的責任歸屬時，瑪麗沒有為自己辯解，而是回到數字之中，重新檢視每一個假設與計算。最終，她成功調配出關鍵燃料，讓火箭突破大氣層，將人造衛星送上太空。

液態火箭燃料「海達因」

液態火箭燃料「海達因」（Hydine），編碼為MAF-4，是一種由60%的偏二甲肼（UDMH）和40%的二乙炔三胺（DETA）組成的混合物，如圖1，由瑪麗·謝爾曼·摩根所帶領的團隊於1957年研發成功，並藉此利用朱諾1號火箭（Juno 1）成功發射了美國的第一顆衛星「探險家1號」（Explorer 1）。

當時在美國的前德國火箭科學家馮·布朗（Wernher Magnus Maximilian Freiherr von Braun）計算，若要以朱諾1號火箭載運探險者1號送上繞地軌道，仍缺少8%的推力。而液態火箭燃料「海達因」讓火箭引擎的推力增加12%，及時解決了載運火箭推力不足的問題。之後，瑪麗·謝爾曼·摩根進一步將海達因與液態氧以特定比例混合，研製出推力更強大的海達因-液態氧推進劑（Hydine-LOX）。

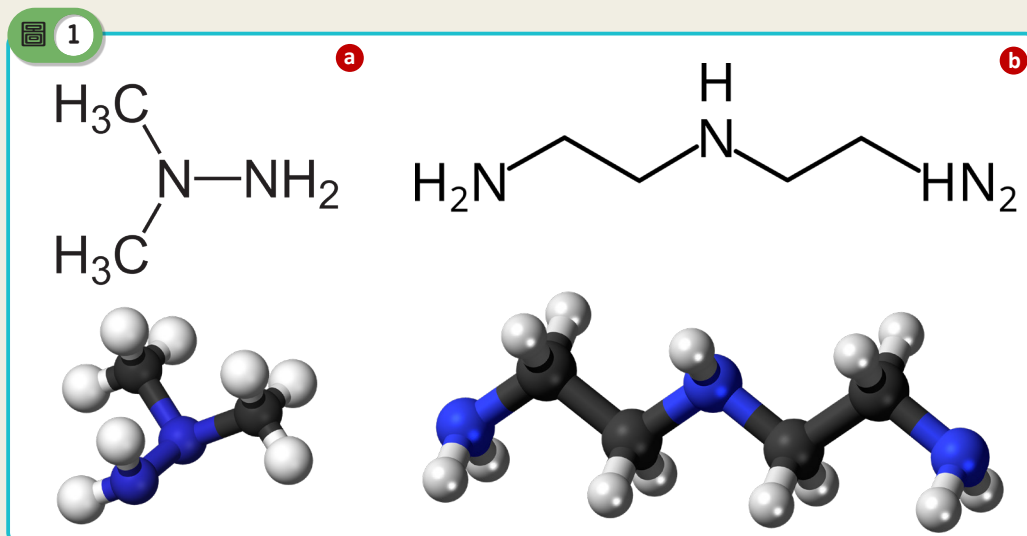


圖 1 a 為偏二甲肼（UDMH）、b 為二乙炔三胺（DETA）的分子結構式與立體構造示意圖。圖片來源：維基百科

瑪麗·謝爾曼·摩根對於太空、國防科技的貢獻

瑪麗·謝爾曼·摩根在太空與國防科技發展中佔有極為重要的地位。除了將美國第一顆衛星送上太空之外，「海達因」也應用於許多其他領域，例如首次將太空人送入繞地軌道的「水星計畫」，如圖2，以及美國首度成功研發的第一種中程戰略彈道飛彈「紅石飛彈」，如圖3。在發展初期，這些計畫均使用「海達因」與其他液態燃料混合的火箭推進劑。以上成就成為人類邁向太空的重要起點，如圖4。



圖 2 美國首次載人進入繞地軌道的「水星火箭」。影像來源：NASA



圖 3 1950年代同樣是美、蘇兩國進行軍備競賽的初期階段，此時美國成功研發出中程戰略彈道飛彈「紅石飛彈」，也採用了海達因與其他液態燃料的混合推進劑。影像來源：維基百科

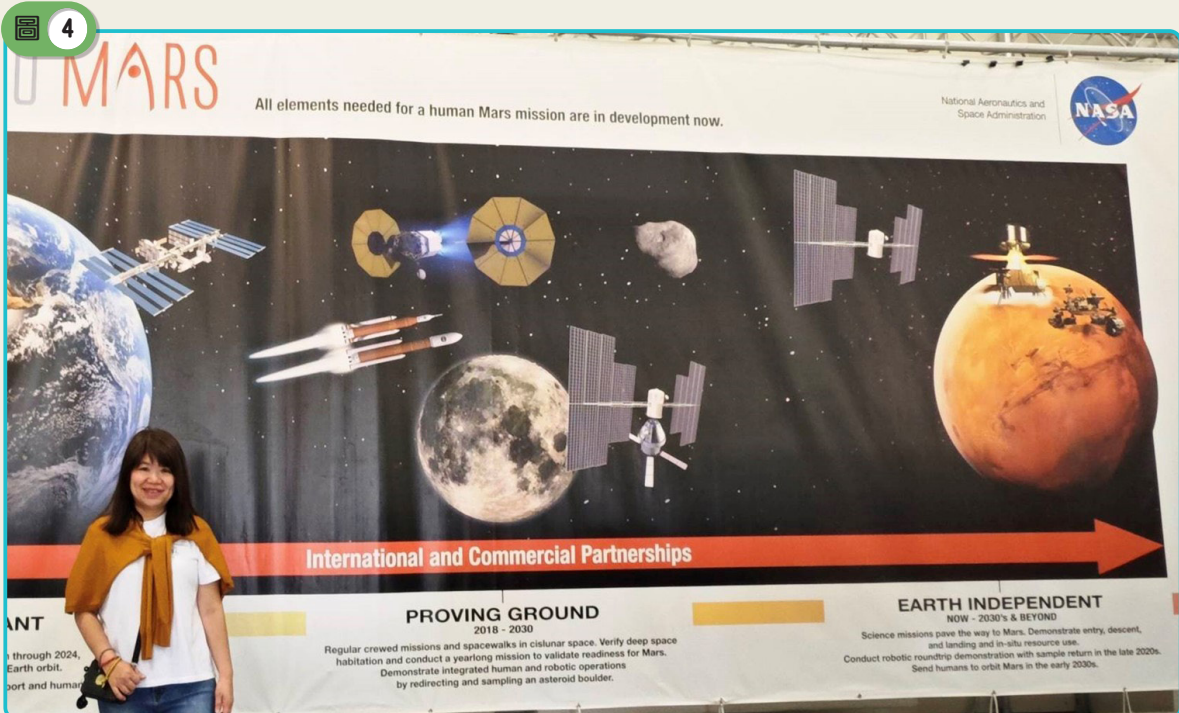


圖 4 從人造衛星、登月計畫到火星探索，摩根研製的火箭液態燃料技術正是這張藍圖的起點。作者於NASA攝影

困境與挑戰

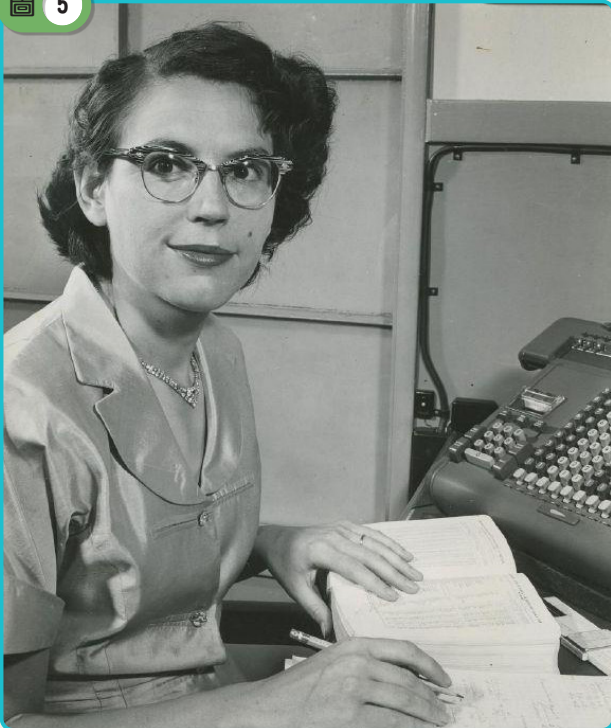
對當時的北美航空而言，「瑪麗」的存在，本身就是科學體制中的一種「例外」。她既沒有完整的學歷背景，又身處高度男性化的研究環境，卻被賦予國家使命的機密任務，如圖5、圖6。

在研發過程中，任何一次失誤，都可能引發質疑與輿論。她不僅必須在高度保密的狀態下承擔研究責任，還得在反覆試驗與高失敗風險中持續工

作。在這樣的條件下突破既有的燃料技術瓶頸，其困難程度，早已超出單純的科學問題。

當無數次的計算與測試，終於換來成功，瑪麗完成了幾乎不可能的任務。然而，在那場象徵榮耀的發射現場，卻沒有她的身影。那一刻，她無法站在控制中心，只能獨自坐在家中的電視機前，像一名「觀眾」，看著火箭劃破天空、升空而去。關鍵的貢獻完成了，歷史性的瞬間卻沒有為她預留位置，她只能在螢幕另一端，旁觀這一切的發生。

圖 5



在北美航空公司工作的瑪麗·謝爾曼·摩根。影像來源：Women Rock Science

圖 6



正在進行發射測試的中程戰略彈道飛彈「紅石飛彈」。影像來源：U.S. Army

共讀故事與思考

這本書讓我們認識了一位重要的幕後功臣，也帶給我們兩個可以深入思考的面向，從過去瑪麗的角度，尋找未來必備的真實力。

「實力」與「學歷」何者更重要

瑪麗雖然沒有完成大學學業，但她擁有解決問題的能力。這讓我們思考，在AI的時代，「獲取知識」變得輕而易舉，單純擁有知識的價值正在貶值。「學習如何學習」以及「如何解決問題」，才是現在的真實力。對學生來說，成績單上的分數將只是基本入場券，更重要的是如何將知識轉化為解決問題的燃料，才是更勝他人的關鍵。

「失敗」也是成功的燃料

科學實驗是充滿變數的過程，但瑪麗面對的不是普通的燒杯破裂，而是每一次點火都燃燒掉數百萬美元，甚至攸關國家顏面的巨大賭注。當第一次測試失敗時，瑪麗承受著各方壓力，而她心中恐懼的不是個人的議論，而是「大家會不會因為這次的爆炸，就此放棄了火箭計畫？」。強烈的信念，支持她繼續在數字中尋找答案，將眼前的廢墟，轉化為下一次升空的燃料。

提問與延伸討論

- ①如果像瑪麗一樣「整個部門只有自己一位女性，而且不受重視」，你將會有什麼感受？在這樣的情況下，你會選擇沉默、堅持，還是尋求改變？為什麼？
- ②在燃料測試失敗、甚至引發爆炸之後，是什麼力量讓瑪麗願意再次嘗試？
- ③為什麼如此關鍵的科學貢獻者，卻沒有出現在火箭發射的歷史現場？你覺得這與當時的性別角色、社會制度或期待有什麼關係？
- ④如果你是瑪麗身旁的人（例如同事、朋友、家人），當她被忽視、獨自承擔巨大壓力時，你可以實際做些什麼來支持她？

結語：她沒有造火箭，但她給了火箭飛向太空的關鍵力量

瑪麗·謝爾曼·摩根沒有站在鎂光燈下，卻在看不見的地方，為歷史注入了決定性的能量。她的故事提醒我們，偉大的成就，往往不是來自最顯眼的位置，而是來自那些默默承受風險、反覆計算、願意負責、具有真實力的人。

當我們仰望劃破天際的火箭尾焰時，也許更值得記住的，是那位曾獨自燃燒、卻改變軌道的化學家瑪麗·謝爾曼·摩根。

劉淑雯：臺北市立大學 退休教授 黃譯平：用繪本談SDGs，與國際教育接軌一書作者