

飆火星

2003

火星探秘系列演講 之五

火星上有人嗎？

對談 / 王道還、曾耀寰
整理 / 徐毅宏



從天文學的觀點來思考外星生命的意義與搜尋方式

曾：這場演講，我主要是從天文學的觀點來看這個問題，並不專門針對火星上來討論。以下將簡單的介紹一般人對外星人有什麼觀感，然後用科學的方程式來估算銀河系可以找到外星生命的可能性。接下來從天文學的角度來看這個問題，讓我們瞭解宇宙到底有多大？裡頭有哪些東西？形成過程如何？之後，我們再來思考如何找外星人，或是到底有沒有外星人或外星生命？

對外星人的幻想—由恐懼到嚮往

1938年，美國紐澤西因「火星人入侵」廣播劇播放，居民以為紐澤西被攻佔，成千上萬的人從家裡跑出來到處流竄，當時的報紙也如實地紀錄了此事件，可見當時的人對外星人相當恐懼。

如果大家有印象，有部史蒂芬史匹柏所

執導的電影“ET”，給了外星人另外一種面貌，溫馨而感人，所設計的外星人長相已經不是那麼令人畏懼。另外，還有一部比較有意思的電視影集，叫“X-file”，這部片在當時非常紅，描述男主角的妹妹被外星人抓走，從此杳然無蹤，劇情對外星人的神秘與詭異著墨許多。

對外星人另外還有一些看法，基本上可說是對未來高科技文明的嚮往。我們可以這麼想，對外星人的感受如同對高科技的感受一樣，剛開始非常懼怕，後來發現科技非常迷人，所以“星艦迷航記”，“Star Trek”，“Star War”這些電影都相繼推出，影片裡頭的外星人看起來更加地和藹可親。

除了這些類型的電影以外，還有部非常有名的影片“Contact”，改編自一位著名的天文學家 Carl Sagan 的小說。這部片子讓我們重新思考外星人在整個宇宙的問題，女主角在片尾點出「如果宇宙如此龐大，而人類這麼渺小，我們是否該有敬天的行為？」

由幻想到科學

當我們討論有無外星人時，我們只是看到電影，並無真實證據。對於思考受嚴格訓練的科學家來說，並無證據顯示有外星人，然而到底有沒有證據是一個疑問；對於一般外星迷來說，宇宙這麼大，怎麼可能沒有外

星人？到底有無，眾說紛紜。

一些有名的例子：1997年美國鳳凰城有人看到飛碟並拍下錄影帶，但是我們卻找不到可以重複檢驗的外星人。也有解剖外星人的影片，只是影片並無公佈供大多數科學家檢驗，也有可能是偽造。有人說看不到外星人可能是美國與外星人協議，刻意隱瞞消息；也有人說一些高科技來自於外星人，甚至認為照片、錄影帶拍到不明物體，應是外星人的飛行工具，科學家無法證明它是假的，但沒有發現證據並不代表沒有外星人。

科學的論證

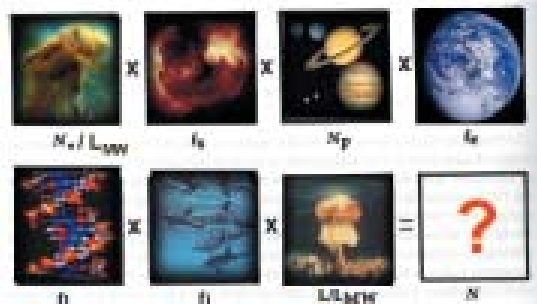
有無外星人的論證其實蠻有趣的。假設有個外星人到地球來做研究，當來到地球某一個村落，發覺到這個村落的羊都是白色的，他也許會做一個陳述：「這個地球上的羊都是白色的，沒有黑羊」。他也許在另一個村落發現也都是白羊，便認為地球所有的羊都是白羊。雖然我們地球上也有黑羊，可是就外星人來講，他拿到的證據是白羊，外星人的推斷錯誤嗎？並不一定，對他們來講他拿到的證據是白羊，地球上有沒有黑羊他們並不瞭解。

我們應做一假設：假設不知道宇宙有沒有外星人。從這個假設，我們再來做推論與找證據，看看有沒有外星人來到地球，或是在本銀河系裡找外星人。但比較可能的是：我們不一定要找外星人，找外星生命就可以了。那麼這些問題到現在為止都還是問號，問號越多，代表我們對他們瞭解越少；我們科學家能做到的就是從最底層—尋找外星生命開始，然後才一步步尋找其他證據看外星人有沒有來地球。

尋找外星生命的機率

尋找外星生命的可能性到底進展得如何？其實在1961年就有個天文學家德瑞克，提了一個簡單的方法來估算我們銀河系找到外星生命、甚至是高等文明的可能性到底有

$$N = N^* \cdot f_s \cdot N_p \cdot f_c \cdot f_l \cdot f_i \cdot L / L_{MW}$$



多少，他的想法跟「在美國找到一個理想餐廳的機率有多少」的概念是一樣的。在美國有很多城市，每個城市裡都有一些餐廳，並不是每個餐廳都是合適的，所以我們就把這個比率找出來，美國的城市有多少、美國餐廳的比率有多少、比較合適的餐廳有多少、服務態度親切、口味等條件逐漸加進去，就是你可在美國找到理想的餐廳數目。

德瑞克方程式基本上原理一樣。第一個參數是整個銀河系有多少顆恆星(N^*)？恆星有大有小並不都一樣，我們想找的是像太陽一樣大小的(f_s)；二為恆星系統大都有行星，平均一個恆星系統有多少行星(N_p)？三再看看行星有多少百分比會與地球類似(f_c)？四為有了可以生長的行星以後，有生命的機率有多少(f_l)？五為可以形成高等生命的機率有多少(f_i)？六，高等生命可以維持的壽命有多長(L)？有生命的高等文明可能不是永久都存在，有可能像人類再過幾年來個核子大戰，把整個文明都消滅掉。最後，再除上整個銀河系壽命(L_{MW})，全部參數乘出來的數字，就是我們銀河系要找到高等文明的機率。NASA在1974年做過一個估算，估算比率蠻嚴的，最後求出的數字是 $L/10$ ， L 是文明存續的時間有多少年。但是不同的比率結果，差異還是相當大；想把德瑞克方程式中各個比率都找出來，必須要對天文知識有深入的瞭解，才能做正確的估算。

宇宙在膨脹—大霹靂學說

宇宙剛開端的時候，是一個非常小的點，能量非常高。這些能量在開始的一瞬間

膨脹，這非常困難，因為是空間與時間的產生。宇宙的時間非常久遠，怎麼知道宇宙一開始是這樣形成的？第一個證據是宇宙有膨脹的現象。顯示宇宙膨脹現象最有名的就是哈柏定律。1929年天文學家哈柏，由測量中找到一個規則性，發覺距離越遠的天體，遠離的速度就越快，越靠近我們的，離開速度越小。

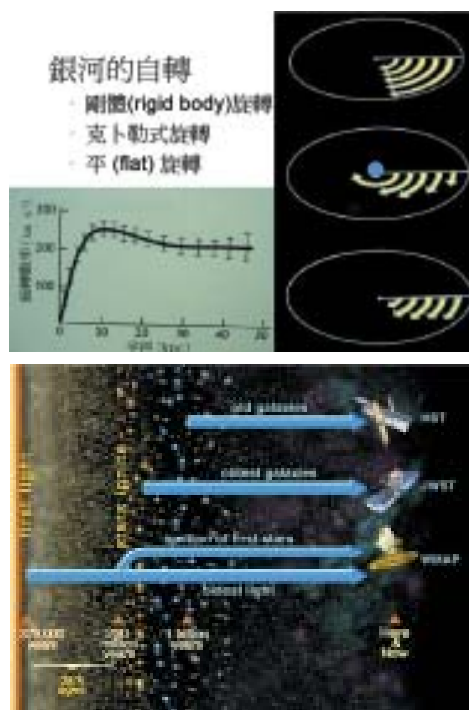
基本上，討論宇宙的演進過程時，脫離不了能量守恆的問題。一開始宇宙裡充滿了很高的能量，包含很多光子和輻射；當宇宙膨脹時，整個宇宙的長度也會慢慢地改變，光波的波長跟著拉長，溫度慢慢地降低。天文學家以理論估算大霹靂開始到現在，整個溫度降到3K左右，觀察的結果也大體符合這個估算。

另外由整個宇宙當中的物質來看：我們對宇宙射線與太陽風作一些化學成分分析，發現每10個質子（氫原子核）就有一個氦；在其他恆星周圍一些游離氫區域中，則發現到氦比例都差不多。大霹靂學說預測宇宙剛開始的三分鐘內，每10個質子就有一個氦的形成，和觀測的結果也相當一致。

宇宙背後的黑手—暗物質與暗能量

除了上述三則證據外，近幾年還有一些新的證據非常支持大霹靂學說。在1933年，有個物理學家發現：星系團會朝特定方向高速運動。根據物理萬有引力，如果它朝這個方向移動的話，那麼應該有個東西在拉它；可是在觀測上，並沒有看到確實的物質，他認為這就是暗物質。所謂的暗物質，肉眼無法看到，它不會發光，正由於不會發光，所以一開始無法知道它的存在；但是它有質量，會產生萬有引力，讓我們可以從萬有引力的影響來看到底有沒有這些物質。

1970年，有個女天文學家發現本銀河系外圍的盤面速度趨近於一個定值。這個發現並不合理，因為本銀河系的大部分的物質，也就是非常亮的部分都集中在銀河中心，量



出來的速度，內側會應該比外側的快。因此表示應該有更多的物質在盤面內，形成更大的萬有引力拉扯外層物質使其加速，但是我們看不到，這些物質也被認為是暗物質。

而宇宙之間有3K背景輻射充斥，我們可以從這些輻射的一些現象看到整個宇宙的訊息，就像宇宙的指紋一樣。經多次觀測，所得資料曲線的趨勢跟大霹靂理論的預測非常符合。資料曲線是把各種不同的宇宙參數放進理論模型中計算的結果，然後把這些曲線跟真正觀測的資料作一個比對，就可以估算出宇宙的參數到底是如何。最新的觀測結果，發現有73%是所謂的暗能量，還不是所謂的物質，暗能量的特性就是它會讓整個宇宙膨脹，另外暗物質佔了23%，而我們一般看得到的物質，在宇宙中只佔了4%。

宇宙的標準燭光—超新星爆炸

在最近兩三年出現另一個重要的證據—超新星爆炸，暗示宇宙正加速膨脹。超新星爆炸是指一個星球演化到末期，能量耗盡而產生劇烈爆炸。天文學家把超新星爆炸當成是標準燭光來測量距離，原理就是：若知道一個燈泡的發光量，拿得越遠，亮度會越



暗，亮暗之間的變化就可以估算一顆星球離我們有多遠。但是從最近的觀測發現：遠方超新星遠離我們的速度變比較慢，跟之前的哈柏定律比對，發覺宇宙其實是加速度膨脹，等於是有一個反重力作用使得宇宙在加速膨脹。如果大霹靂開始，距離是等速度增加的話，兩個點之間的距離是慢慢的增加；減速膨脹的話距離變大，速度會變小；加速膨脹則距離變大，速度也變大，以這點來看，加速膨脹能讓宇宙的時間更遠、年齡更長，減速膨脹的話則相反。

大尺度結構到恆星形成

除了宇宙形成理論，天文學家也觀測到一些大尺度結構。2003年最新的星系觀測結果，量測出其他星系距離我們有多遠，結果發現這些星系在空間上的分布並不均勻，有些地方比較多，有些地方則看不到星系存在，而且蠻普遍的。整個宇宙看起來像是有許多空洞在裡頭，大部分的星系則聚集在某個地方。會形成這樣，其實都跟萬有引力有關係，從萬有引力計算，可以找到這些證據和現象。

以更小的尺度來看的話，星系有些長得像橢圓形，有些長得像圓盤形，有些是漩渦狀。瞭解這些星系之後，讓我們曉得哪些星系比較年輕：如果要有一些新的恆星產生，在漩渦狀星系裡比較能夠產生。有些理論，認為星系會形成旋臂，大部分的新恆星是在旋臂中形成；由這些新恆星形成，才有機會形成高等文明。所以如果要在這廣大的宇宙中尋找外星生命，必須要找一些特定的目

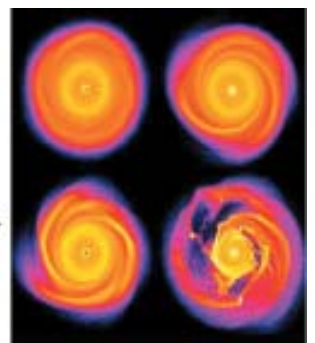
標，例如漩渦狀的螺旋星系；而不規則的星系則不會去找它，因為依目前的了解，這些特殊形的星系大都是星系之間互相碰撞形成，有非常劇烈的活動在裡頭，要形成外星生物的機率非常小。

漩渦螺旋星系的中心為核球，主體是一個盤面。盤面上的旋臂是恆星或氣體灰塵密度比較高的地方，在那些區域可以形成很多新恆星，尋找外星生命的機會就比較大一些。旋臂中有很多分子密度非常高的小區塊，大小約300光年，密度約每立方公分有300個，溫度約10K左右，整個質量約 10^4 到 10^6 個太陽質量。透過電波望遠鏡的觀測與理論的比對來了解這些分子的結構與機制，發現這裡應該形成許多年輕恆星。所以如果要找外星生命，除了找一個有旋臂的螺旋星系，還要在當中尋找巨大分子雲，再從中尋找到底有沒有恆星形成。

恆星形成是由一團雲氣收縮開始，中間比較密的地方，形成一個吸積盤，兩端噴出噴流，開始形成恆星，這些在觀測上都有看到。形成恆星之後會有個行星盤形成，在盤面上因重力收縮的關係，形成各個行星。早期的行星形成理論發現：行星基本上就是盤面上一些小塵埃互相碰撞，然後因萬有引力之故慢慢越變越大；估算固態像地球一樣的類地行星的形成歷程須達數百萬年，而形成有氣體在外面的類木行星，還須再經過數百萬年。但最近的觀測發現這樣的理論並不是很好，一些作數值模擬的學者想了一些新方法，發現整個過程只要數百年就可以完成，對於我們在尋找行星是很重要的證據。

類木星形成

類地行星：數百萬年
類木行星：再數百萬年
最新研究只需數百年



未來仍遙遠

所以我們知道，要尋找一個外星生命，並不是簡單地問「到底有沒有看到外星人？」，而只是想要看看有沒有找到外星生命的證據；其實應該用更大寬廣的角度看這個問題，這也是美國航太總署起源計劃所提出的兩個很重要問題：從大霹靂開始，宇宙的演化，到底是簡單的過程，還是非常複雜？然後才問：我們在宇宙當中是不是唯一的？若是，又要了解在地球上，生命是怎麼醞釀形成的？如此一來，才能回答要如何其他的行星中去尋找外星生物。

從生命科學的觀點來看：火星上有人嗎？

王：要先對地球有非常深入的瞭解，才能回答火星上有沒有生物或人，甚至整個宇宙中有沒有人的問題。只要對地球的生命史和地球形成的過程有起碼的認識，大概就可以很容易回答，火星和宇宙中上是否有生物或人的問題。

基本上，宇宙中根本沒什麼「外星人」，至於火星上是否有「火星星人」，也是很容易的問題，就是「沒有」！因為火星距離我們很近，假如那麼近他們都無法來看我們，那他們也不值得我們去關心。但是，火星上有沒有「生物」？可能有。這和火星上是否有「人」是完全不同的問題。

地球生命的出現

其實，生命出現並不困難，如果我們去月球挖掘，也可能挖到月球過去生命的化石，甚至在隕石上都能找到有氨基酸的證據。也就是說，在宇宙中要形成生命最基本的東西並不難，但是要出現比較複雜的生物就很難了。證據很簡單，就是在太陽 46 億年前形成後約 10 萬年，水星、金星、地球、火星大概就已經成形了，在那時原始太陽系是

非常惡劣的環境，不適合生物生存。那時的地球除了沒有氧氣，還是團非常高熱的雲氣，根本不可能會有生物；但在短短 10 億年內，出現了最原始的古細菌，這些細菌目前還在地球上極端艱困的環境中找到。在地球上，最早的動物是在 5.4 億年前出現的，意思是：要演化出最原始的動物，需要整整 30 億年！這是個困難又複雜的過程。

5.4 億年前的動物，大概只能從化石上知道；但是那時動物大部分是沒有骨骼的，就算有，也大概像水母那樣。連如此原始的生物都得要 30 億年才能演化出來，光從這些數字就能想出很簡單的結論：最原始的生命如古細菌，要演化出來並不困難，真正困難的是要演化出較高等的生物。

放眼其他行星

要瞭解其他星球上有沒有生物，從「水」這個簡單的事實就能瞭解。已有證據顯示，月球和火星上曾經有水，因此我們可以預測，火星和月球剛開始形成時，是有可能演化出生命來的，只不過它們沒有機會進一步演化成比較複雜的生物。演化成比較複雜的生物，即使在地球上來也要花很長的時間才能形成，而月球和火星的生物形成環境和地球差太多了，就算星球剛形成時溫度高，使生命過程可以維持，但溫度隨時間逐漸冷卻之後，生命大概就無法維持下去了。有人預測在火星深處仍然有水，說不定也有像地球一樣的熾熱岩漿，那麼原始生物在火星深處是有可能出現的。月球的機率就更低了。至於，火星「現在」究竟還有沒有生物，那是另一個問題。

蓋亞理論

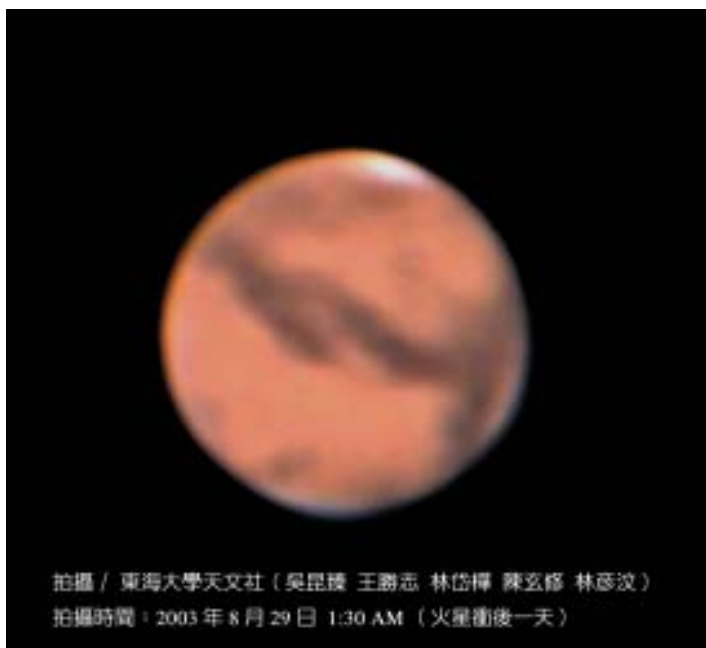
事實上，NASA（美國航太總署），在 1970 年間，已經有了研究「火星上是否有生物」的計畫了。另外，有個人提出「蓋亞理論」，是說，我們根本就不需要到火星去探測，就知道火星上不可能有生物。他的理由是，在一顆有生物生存的星球，就是顆「活

的星球」，就是說我們觀察的到如月球是「死的星球」，那不需要你用很好的顯微鏡就知道是死的，表面上沒有任何的變化（除了物理化學等等變化以外）。而「活的星球」就是除了可預測的物理化學等變化外，還

有其他變化。那是以地球跟火星的距離及太陽系所有行星的距離而言，從地球就可以觀測出來，是不斷在變換的。我們大氣層溫室效應的氣體大部分都是「二氧化碳」和動物排出的廢氣「甲烷」；也就是說，如果一個星球有非常活躍的生命的話，就會發現很多生命的跡象（如甲烷）。在1970年間，所蒐集到的所有關於火星的資訊，都沒有看到這些徵兆，當時，有人認為火星是顆「死的星球」，即火星上沒有生物。但是，過了20多年，從更多的資料研究認為，假如火星的深處仍然有一些細菌之類的生物在生存的話，我們有可能在地球上觀察不到。

生命出現很容易，但演化很困難

我們從地球生命的歷史發現，最原始的細菌要出現是非常容易的，甚至在月球和火星形成的早期，也有這一類的生物出現。但今天情況已經完全不同，如：火星大氣已逐漸消散、月球大氣已經完全不見，而表面溫度也逐漸降低到我們一般生物所不能忍受的地步。所以，今天在火星和月球表面完全不可能發現任何生物；但若是進行挖掘，我們能預測，可能發現活的標本，更可能發現原始細菌留下來的化石。



在5.4億年到現代之間，地球生命史上至少出現了10次以上的生物大滅絕，每一次生物大滅絕，對地球的生命演化史有極重大的影響。最嚴重的一次是在古生代，地球表面上幾乎

90%以上的生物都滅絕了；距離現在最近的一次，是在6千5百萬年前的恐龍大滅絕。觀察這些生物大滅絕對生物演化史的影響，可以讓我們得到許多線索：在什麼樣的條件之下，較複雜的生物才能比較順利演化出來？

「人」不是注定要演化出來的

我們在想像地球以外的生命體時，都會覺得和人很像，不管長相如何，都是以人為範本，這是不合理的！也就是說，只要研究地球生命的演化過程本身，就可以得到一個簡單的結論：人不是注定要演化出來的，要是古代沒發生生物大滅絕，也許今天根本就沒有我們所認得的哺乳類出現，甚至連恐龍都不會出現。因此，大家要瞭解：地球生命史的一些基本事實——生命的演化，根本不是以人類出現為目標。

木星和土星—替地球挨子彈的生命保母

在地球上所發生的生物大滅絕，並非因為地球內部如火山爆發等的問題造成，據推測大都是隕石撞擊地球造成的。如果地球外面沒有土星和木星這2顆質量比地球大90300多倍的行星擋在那，早就不知道多少隕

石會砸在地球上了，所以說，土星和木星是地球生命史的一個巨大屏障，就是因為有這兩顆質量非常大的行星在太陽系中，我們才有如此悠長的生命演化史。所以，這麼想的話，如果我們在宇宙中要搜尋適合生命演化的星球，所要考慮的就不是很簡單的平均數的概念，其他的太陽系，必需有這種像地球的特徵，才有可能讓生命演化得多采多姿，也就是說，要有一顆類似地球的行星，還要有 1-2 顆質量大的木星擋在外面，替這顆行星「挨子彈」。我們所要說的是，要瞭解宇宙中生命的分佈，其實只要從太陽系本身下手，就可以有一些明確的思考方向，不用在那亂猜。

文明是會消失的

每次討論外星人時，都會講到文明。假定外星人科技比我們發達是正確的，因為宇宙實在是太廣大了，如果科技不夠，是不可能越過那麼浩瀚的空間和花費那麼多時間來到地球。然而，預測宇宙中有多少高級文明時，還要考慮一個因素就是：文明的壽命。地球上文明的壽命相當短，如果用千年來計算，還嫌過份和誇張，所以以我們現有的天文知識，即使我們知道在附近的銀河有偉大的文明，我們還沒走多遠，其文明就消失了。

從歷史的角度來看

「人」出現在地球或其他行星上的意義

最後一個問題，其他行星就算出現了人又如何呢？人是聰明的嗎？人是萬物之靈嗎？地球到了廿一世紀初期還都是一群野蠻人（出草的出草，不穿衣服的不穿衣服）。地球本身的文明史，絕大多數的人類社會都失敗了，因為它連一絲我們稱之為文明之事蹟都沒有完成。例如：鄭成功來到台灣時什麼都沒有，因為絕大多數的人類社會皆沒有發展形成國家之階段。我們現在談科學，什麼是科學呢？是不是人類坐下來用腦筋想一想，想出來的東西就是科學？顯然不是的，

所有的人類社會都沒有發展出科學。中國、埃及、中東二河流域、印度等在至少二千五百年以前就已經知道了畢氏定理（ $3^2+4^2=5^2$ ），但全世界只有一個社會想要證明，就是希臘人，想要證明的人就發明了科學。其他社會皆沒有人用腦發明科學，所有的地球人皆有相同的大腦構造，但卻只有少數人成功的運用大腦。今日所謂之文明是如此發展出來的，其實是非常險的。為了要能成功的運用大腦且不失為「萬物之靈」的封號，那是需要複雜又困難且長時間之教育，受教育最基本的內容是要鎮壓我們大腦中的怪力亂神。那就是為什麼我們要念那麼多的書、上那麼久的學，光這樣想你就不會隨便相信外星人來到的問題，由此可知其他的地球其實演化出人類，也不見得能演化有用的使用大腦的方式，由數個不同的論證可知，討論外星人來地球之問題，我很懷疑這就是我們要鎮壓怪力亂神之思想問題。

作者：王道還為中央研究院歷史與語言研究所助理研究員。

曾耀寰為中央研究院天文所助技師。