



科技新知

探討人工智慧生態系統

副教授 史堯年
副教授 汪仁虎

提 要

離開這個地球大自然的呵護，人類如何才能永續生存下去呢？譬如建立一個外星世界，有三個階段必須依次完成。第一階段全賴補給作業，就像今天已經建立的駐人太空站性質。第二階段要能循環利用，擺脫對母體的依賴，建立於美國亞利桑那州沙漠上的人工生態系統「生物圈二號」，如果能再加改進並成功的話，可算進入了第二階段。第三階段為此新世界要有能力對外發展，支持到另一個全新地方，建立另一個新世界，就像一個生命體必須要生殖繁衍後代一般，否則無法永續生存。故 文探討一種類似蟻穴狀的地下人工智慧生態系統之構想，主要以LED植物燈照明供光合作用，及利用資源再循環工程所建構，所需之龐大能源，則唯有核融合或融合與裂變混合之能源可以永續提供。

壹、前言

維繫一個複雜生命體之運作，需要的要素很多，任何一環缺乏都會嚴重威脅到寶貴的生命，尤其三要素－陽光、空氣、水，更需充分具備。常有人感嘆窮困潦倒，其實只要活著，這個自然界便已經供給了每個生命體生存所需的許多天賦資財，並予以寬大之呵護，例如地球的重力場、磁場、大氣、風、雪、雨、露、陽光普照、山川景物-----，翱遊、採集、獵、捕---人人擁有機會，看你如何利用，並且每個人天生的聰明才智、生理功能、基因組合也都大同小異，不論貴、賤，生、老、病、死沒有什麼差別，只要不怨天尤人、自我摧殘，窮人同樣可以長命百歲快樂的過一生，因為在這個世上，他真的一點都不窮。可是一離開這個孕育生命如慈母



般的大自然，就完全不同了，那可是真正的貧窮、孤獨與恐怖，缺少可以利用的天然財富，卻瀰漫強烈輻射或毒氣，沒有任何呵護，生命剎那即將結束，唯有趕快返回母親的懷裡，我們絲毫沒有獨立的本錢，如此渺小、脆弱者，豈能狂妄，不知感恩、節儉與孝順，快祈求偉大的母親還有億萬年青春好時光吧！

生命世界各式各樣，生物學家以五界系統涵蓋—原核界、原生界、菌物界、植物界與動物界，彼此相互依存，和環境之間也相互影響，其中動物直接或間接依賴植物維生，稱消費者，而植物可以利用太陽能製造食物提供氧氣，稱生產者。人想離開地球，移居到另一個天地，首先必須以人工智慧建立一個可以呵護的環境，取得賴以維生的食物與供氧，也就是先培養好各種植物並建立永續能源。

貳、植物的生理與病理

植物的生活史包括其發芽、生長、發育、成熟、生殖及死亡的流程，我們可以利用已知的化學、物理法則，了解植物如何利用太陽能來同化碳，轉換成所需之要素；如何得到及分配養分與水分以促成生長與發育；如何對環境變化作出反應並度過逆境；如何完成生殖繁衍等。植物在正常生活過程中，由於連續遭受其他生物的侵染或不利的非生物因素影響，使其生長發育受到顯著阻礙，外觀上形態改變甚至死亡。植物病理學需認識病害的原因，所涉病原菌的生理、生態、物性、寄生、致病等性質，及我們應如何幫助植物抗病與防治病害等。生物的基本單位是細胞，一個典型的植物細胞，是一個原生質的液態化學溶液與其外包圍的原生質膜所組成原生質體。選擇性的通透膜於原生質體內形成各種胞器，供應主要代謝活動的分室功能，細胞核以外的所有胞器也稱細胞質，非胞器的流體部分稱細胞溶質。大部分細胞膜富含磷酸脂類，其為雙層雙向性分子，疏水非極性的尾端在內層，親水極性頭端在外層，對大部分極性分子是不可通透的，但水、二氧化碳和氧例外，可快速穿過膜。膜含有蛋白質，參與膜的相關代謝活動，例如幫助溶質分子選擇性的穿越膜運移、參與能量傳導等。

植物生存在含有大量水、礦物、二氧化碳及氧的環境，水與礦物主要經由根部系統進入植物體內。水活化生化反應，且其力學性質使得細胞增大，也支撐細胞的結構。根系非常廣闊，通常佔植物體重量的50%以上，由土壤中選擇性的吸收礦物養分。水是絕大多數生命體中含量最豐富的成分，含量依組織與細胞種類及形態而異，通常超過總重70%，乾燥種子內的含水量可降至5%，處於代謝無活性狀態，待水分含量恢復至正常程度時，代謝活性可以再復原。 H_2O (水)之氫與氧原子間以兩共價鍵夾角108度組成，其共用電子對較接近氧原子核，故具有極性，極性分子



與其他極性分子間以氫鍵連結，需能量即較高溫度才能拉開氫鍵將其分離，高的比熱與導熱性，使得水可以吸收大量的熱再傳散出去，植物體之溫度得以穩定持。水可以一或多層水分子來包圍一些帶電的溶質分子或離子，成為水化殼，以減少離子結合且形成結晶結構的狀態，達到溶解的目的，植物體的溶質許多皆帶極性，故水為絕佳溶劑。

植物對水的整體吸收中，低於5%的水分是真正用於生長與生化反應，其餘因蒸發而散失，植物經葉片氣孔蒸散水分，是由葉片內間隙及其周圍大氣間的蒸氣壓所驅動。管束植物葉片表面被覆多層臘，稱角皮層，對其內層細胞有高度的防水性，其上有許多氣孔，每孔都有兩個保衛細胞圍繞，如閥門控制孔的大小開閉，蒸散作用的速率，在自然的情況下會受到濕度、溫度及風速等因素影響。管束植物具有管束組織—木質部與韌皮部，延伸有如一個連續性的系統，由根與莖進入側枝、葉、花與果實，在各器官間傳導水與養分，有些植物高度超過100米，如何將水由根部移送到樹木的頂端？主要是結合蒸散作用與水的內聚力達成，水與延著毛細管壁的極性分子群間的附著力，加上由同類水分子間的內聚力產生的表面張力作用，使水能克服重力往上升，蒸散作用使水分退到葉肉細胞交接處及空隙，引起表面張力，從相鄰的細胞處拉水，此張力經由水柱最後轉移到根及土壤的水，除了非常鹹的土壤外，土壤水分的溶質濃度相對於植物相當低，使土壤水不斷擴散被植物吸收。植物細胞中，原生質體向外擴張對細胞壁所產生的力量，即是膨壓，若土壤乾燥，植物不易吸收水分以平衡散失，將失去膨壓而凋萎，若土壤水分獲得補充膨壓可以恢復，根毛是表皮細胞向外的生長，可以拓展根在廣大土壤區域中的吸收能力。

植物藉捕捉太陽能，並轉換成有用的化學能進入生物體內，這過程稱光合作用。葉綠體含有葉綠素及進行一些生化反應所需的酵素，能將無機碳素及其他元素組合成複雜碳水化合物，以構成有機體，藉光合作用貯存在糖類的能量，經細胞的呼吸作用，將能量釋放出來，在複雜的代謝途徑中，糖類被轉換成基本單位，此基本單位再構成細胞所需之複雜分子。植物的生產力就是碳素的增加，主要決定於光合作用與呼吸作用間的平衡。個別植物發育及行為的最終型式，是基因(DNA即去氧核糖核酸)、荷爾蒙及環境因子間複雜相互作用的結果。從受精卵開始，經過細胞分裂、生長、分化成各種組織和器官，長成一棵植株，成熟植株會開花、結果、老化最後死亡，這些過程伴隨生物化學作用，及許多影響生命歷程的種種因子，構成植物的發育。從子葉所取出的細胞，可被刺激，再度進行分裂、分化，長成一棵與母體相同的新植株，證明植物細胞具有完整遺傳因子，及完成遺傳程序的能力。基



因表達，是根據基因內部特定的密碼，合成特定的蛋白質，依據發育程序的需求，或對環境狀況的改變，作基因活化或關閉的動作，不同基因的表達，是改變細胞內酵素組成的主因，進而影響細胞分化和新陳代謝的過程。真核生物基因表達，大致可分為五個主要階段：(1)基因活化。(2)轉錄作用。(3)RNA(核糖核酸)加工。(4)轉譯作用。(5)蛋白質加工。任何一個階段都是調節作用發生的潛在點。許多種類的荷爾蒙可單獨或互相組合作用，而促進或抑制各種不同的發育反應。例如：許多不再分裂生長的細胞，但若置於人工培養基中，加入適當養分和正確種類的荷爾蒙，此細胞可能會分化形成根、莖、葉，並長成一棵完整的植株。植物本身必定具備某種方式，來接收外在光線、溫度、引力甚至磁場、聲音、風等環境訊息，並經由轉換、傳遞，進而改變新陳代謝和生化方面的反應。

現代的植物生物技術，主要是建構於分子遺傳學和DNA重組技術之提升，而植物組織與細胞培養，和原生質體發育之方法的進步，也幫助了發展，此技術已被應用在農業、工業、醫藥等方面，其價值與潛力皆無可限量。組織培養是一種利用人工培養基，持續地維持植物組織生長的技術。通常採用洋菜培養基，如果植物組織以機械式震盪培養，一些細胞會分離出來，進而生長成細胞團塊，於適宜的光照、養分及荷爾蒙等條件環境下，部分能分化成類似植物有性胚的體胚，並依一般正常發育步驟成長為植株。原生質體是不含細胞壁的植物細胞，細胞壁可經由酵素分解，解除細胞壁的保護與限制，原生質體可使遺傳上不親合之物種，得以雜交融合，也容易進行基因轉殖。

在生態系內，造成植物病害的原因，係由寄主植物、病原菌、環境、拮抗微生物四個主要因子的相互作用，發生不平衡所致，廣義的生物防治，是利用各種病害的防治方法，並且促進拮抗微生物活性，以抑制或減少病害。拮抗微生物能在病原菌佔據基質之前，快速纏據或在競爭作用中將病原菌排除，並可產生抗生素，或行重複寄生，或產生酵素溶解病原菌細胞壁，也可促使植物生長得更好，所以病害雖不能完全消滅，但病徵可以緩解。生物防治的對象是病原菌族群，故必須對病原菌的生態有所認識，借適當時機引用拮抗菌，或改變環境，以達防治目的。植物病害生物防治的應用途徑是多方面的，主要為田間土壤傳播性病害之防治，尤其是根部病害，其次為地上部病害。一個成功的生物防治，必須具備三個條件：(1)擁有優良有效的菌株，此可利用篩選、原生質融合或基因轉殖等方法獲得。(2)可大量生產，並擁有長時間在室溫存活的能力，且生物製劑必須在價格上能與化學藥劑競爭，因此必須開發較便宜的材料及快速生產的方法。(3)須擁有一套傳送體系，使此一微生物具有最低有效的基本生物量，以及最高活性的生物族群。生物防治是一極



具潛力的理想防治策略，但目前應用度尚低，除非生物工程學研究有重大突破，否則大量商品化仍然遙遠。

綜合防治與管理的概念，在求避免單由藥劑之使用，所導致多種不良後果之困境，它是在有害生物族群動態與其相關環境之範圍內，做綜合考慮，並顧及生產、經濟、生態、社會等方面，於協調的方式中，盡可能利用所有適當的技術及方法，使有害生物族群，保持在允許危害之範圍內。其所採用之方法，包括法規檢疫對健康種子或苗木作物之生產、耕作，如輪作、田間衛生、剪枝等；生物防治，如抗病品種等；物理防治，如貯藏溫度等；化學防治，如土壤燻蒸、種子或苗木處理、噴藥、採擷工具、容器、貯藏倉庫、清洗溶液等，每種方式都應有最好的防治效果，而其綜合運用，必須是經濟、簡易、安全與有效的。但有許多專家建議的一些病害綜合防治與管理計畫，實施起來，成功的例子很少，因為有許多問題尚待克服，包括(1)源自於技術上的障礙，例如簡單的病害的監測方法，簡單的行動門檻及經濟門檻等。(2)財源上的障礙，例如督導費用及推廣經費的欠缺。(3)教育上的障礙，主要為計畫的深度與廣度，對一般農民具有複雜性。(4)社會及市場上的障礙，包括生產者對計畫缺乏信心，且各項資源獲取困難等因素。

叁、人工智慧生態系統

對生命體生存所需的各項需求來說，地球資源是豐盛的，離開地球到任何已知的其他地方，資源都極貧乏，似乎沒有必要離開這可愛的地球。但世事無常，不論自然的或人為的，豐盛也會耗盡，相反的，貧乏也有可能逐漸滋潤，且人不只是為日常生活，還有更多的理想，則那些貧乏地方，在某些方面卻可能含有更豐盛的資源。為了防備未來無法預測的變化，也為了實踐更遠大的理想，到一個生存環境極度艱難又危險的外星，建立一個滋潤又美好的田園，絕對有其必要。

在一個生存資源極貧乏的外星上，建設生活田園，好比天方夜譚，一切生活所需，幾乎全要由地球上運去，其龐大的資源量，就像要移走一座大山一般，而以今天的科技水平來看，不計其他裝備耗損，每運送一頓物資到最近的外星，至少要用掉一百噸化學燃料，在今天能源危機日益嚴重的地球上，如何支應這龐大的需求？就算有了一些資源量，要建立及運作最起碼的受防護之田園，以及日後的維修與發展，在在都需要龐大的能源，而已知適合登陸的外星上，沒有化石能源，可能也極少水力、風力、潮汐、地熱等再生能源，水星與月球可以利用太陽能，只是收集並利用太陽能，對巨大的能源需求，恐怕也只是杯水車薪，且到了火星，太陽能已甚微弱，木星的衛星，甚至更遠的其他星體，太陽能微不足道，唯一的辦法只有設法



利用核能。

裂變核能的原料是鈾與鈾，宇宙中的資源量不多，適合建立田園的外星上，鈾、鈾資源量可能都不如地球，長期來看，依賴裂變核能，不論是輕水反應爐，或滋生反應爐，都是不夠的，最後只剩核融合能。核融合能的原料，主要是氫與氫的同位素氘與氚，還有在月球與水星上可以獲得的氦-3，宇宙中資源量最大的就是氫，其次為氦，應該不難取得，因為它單位質量可以放出的能量巨大，即使由地球上攜帶過去，也是可行的，除了核能，地球上所有能源幾乎都來自於太陽，而太陽與一切恆星的能量，基本上皆來自於核融合能，它是能源之母，人類能否創建新世界，先決條件即在於人造太陽能否成功。但是受控核融合實用化至今相距成功仍然遙遠，甚至再50或100年也未必能成，能源問題若不能根本解決，未來世界人類的生活不堪想像，更別談什麼移民外星或人工智慧生態系統的夢想了。

一、核裂聚變熱中子滋生反應爐：

為求受控核融合實用化能早日實現：構想一種核反應器，如圖一所示，主要在現有已發展成熟的核反應器中騰出一個可供融合的作用空間，將 ${}^9\text{Be}$ 與 ${}^6\text{LiD}$ 合金製成的許多小珠粒（直徑約僅1mm），間隔的由外部向反應器內逐一探進此區域，至焦點旁釋放小珠粒，細管再快速退出此區域，在反應器內應有許多各式觀測與控制聯結等系統設施，在器壁周邊開許多小窗口，裝置耐高溫高壓之透鏡材料，許多束高功率脈衝雷射（可由一束分開成數十或百餘束）間斷而穩定的射來，分別穿過這些窗口與透光的冷卻劑（輕水或重水）同時共同精確的聚焦在小珠粒上，透鏡與冷卻劑必須維持良好的透明度，若因長久循環使用而劣化，需有方便自動更換的設計，其中 ${}^6\text{Li}$ 因吸收裂變中子而輻射出T與 α 粒子，此輻射動能結合聚焦雷射的壓縮與升溫造成的熱震盪能共同作用，較容易使得第一群T、D融合及 α 粒子與 ${}^9\text{Be}$ 融合，因為熱震盪能量若增高則融合機率也會跟著增加，若雷射功率夠大、平衡壓縮精度夠高、持續時間夠長，融合後放出的粒子會引發二度融合使能量再增加，如此連鎖反應便能達到使整個珠粒核融合的條件而湧出大量的輻射，其中包含可以回饋給鈾、鈾、鈾裂變燃料所需的大量中子，此狀況類似微小規模的中子彈爆發，當此回饋中子大量出現時，可在能控制的臨界範圍內，將 ${}^{232}\text{Th}$ 以調整控制棒的類似方法適量的逐步添加入反應器內，耗乏燃料棒同樣方法可以逐漸汰換而出， ${}^{232}\text{Th}$ 與 ${}^{238}\text{U}$ 吸收中子後會漸漸轉變成 ${}^{233}\text{U}$ 或 ${}^{239}\text{Pu}$ 裂變燃料，以彌補 ${}^{235}\text{U}$ 的耗損，此稱熱中子滋生，如此裂變核能與核融合能可以相輔相成，並循環作用以持續提供能源。

若要實際驗證此反應器的運作，必有許多極大的困難處需要克服，例如如



何獲得巨大功率的雷射光束？這雷射光束如何在真空中分割，並同時（可能容許誤差為十億分之一秒）聚焦在極小的範圍內（誤差須小於1mm）？在不斷流動的冷卻劑內，如何將比重較輕的 ^9Be 與 ^6Li D合金小珠粒，依準確的路徑與時間單獨送達雷射聚焦點處？或許可在此區域內順冷卻劑流動方向，利用細管深入至焦點旁立即釋放小珠粒，並在雷射發出之前細管須快速退出此區域，且在焦點處應有持續的觀測與控制聯結等系統設施。這種裂、聚變聯合核反應器所需科技水平仍然太高，誰也沒把握能成功。

或許應該從小型與簡單的方式入手嘗試，再逐漸深入探索才較實際，在此設想一種簡便方法以供參酌：圖一所示之其他部分結構型態不變，只將反應爐核心部分大量簡化，即取消控制棒、細管、雷射、反射鏡、透鏡及小珠粒等裝置，在球狀反應爐燃料槽頂上與底部各設一開口，用以進、出核燃料小球，此小球直徑約5~7公分，共分為三層，內層為 ^{239}Pu 與 ^9Be 合金中子源，中層為 ^9Be 與 ^6Li D合金，吸收中子後有可能產生核融合反應，外層為 ^{238}U 或 ^{232}Th 與 ^9Be 的合金，數百至數千顆這種小球裝入燃料槽內約七分滿，槽殼材料用可反射中子的 ^9Be 合金。

每克 ^{239}Pu 每秒自然衰變約放射出 2×10^9 個 α 粒子， α 粒子被 ^9Be 吸收後會轉變成碳與中子， ^6Li 吸收中子能輻射出T與 α 粒子，T、D若融合會生成 α 粒子與中子，唯這種常溫靠碰撞相融合的機率很低，鈾、鈾、鈾吸收中子後會分裂或轉變成另一種裂變燃料，這種小型與簡化的裂、聚變反應，其作用遠低於臨界值，是十分安全與溫和的，體積小、花費少、技術層次不必很高，各種探測與紀錄也容易安置，調節冷卻劑流率及核燃料小球之數量，就能控制溫度與發電量，燃料與爐體結構的使用年限，則可長達數十或數百年，只是它的能量貢獻也很小，其發電量可能只夠一個特殊地方的小社區使用，但值得嘗試。

二、第二生物圈：

地球本身若稱第一生物圈，美國建於亞利桑那州圖森市以北沙漠中的一座人工生態近封閉循環系統，則稱第二生物圈，是研究在仿真地球生態環境的條件下，人類是否適合生存的問題，為移居外星和宇宙探險做實驗。其佔地1.28公頃，總體積0.18百萬立方米，耗資1.5億美元，歷8年完成，內部組成部分主要包括：農業、居住、熱帶雨林、草原、沼澤、海洋、沙漠、西肺與南肺等區，及分析、醫療、獸醫、監控、維修、鍛煉、影視等室，允許太陽光通過玻璃結構，供植物進行光合作用，同時引入電能供各項操作運轉，並通過電腦系統、通訊、攝像、衛星電視等，與外界信息交換，首批8名科學家，按各



自專長，在21個月內，研究生物、地球、化學、物理、土壤、水、海洋、農業、遺傳、生理、營養及技術、工程等內容，進行廣泛、細緻、深入的觀察與分析。但一年後，生態狀況逐漸惡化嚴重，氧氣含量從21%降到14%，二氧化碳與二氧化氮濃度直線上升，大氣、海水變酸，許多物種陸續死去，大部分脊椎動物死亡，昆蟲消失，造成靠傳花粉植物幾全部死亡…，嚴重危及人類健康，科學家被迫提前撤出。

檢討失敗原因，除缺少細菌、真菌以分解枯枝濫葉等，可改進之因素外，最主要在於比例不對，以此規模僅供一人生活都不夠，豈能容下8人！看來人想不必依賴地球，向宇宙進展，其困難度，遠高於想像。

三、蟻穴狀的地下網路系統：

有鑑於第二生物圈的教訓，在有限的人造空間裡，無法真正仿出極複雜的地球生態循環，尤其在動、植物之間同時獲得食物與供氧的平衡，長遠來看，是辦不到的，其中食物包含蛋白質、脂肪、碳水化合物等，無法由人工創造，但是將二氧化碳還原成碳與氧則容易多了，太陽能也靠不住，尤其在外星，暴露在空間的建設，外部接近真空，內部一大氣壓，爆開、洩漏難免，沒有磁場與大氣防護，宇宙射線容易穿透，且溫差太大，極冷或極熱，問題重重。但也並非沒法解決，若具備充裕的能源，且一切建設地下化，則或可期待。

外星許多資源貧乏，甚至根本沒有，但是必定擁有大量的土壤與一些可以利用或代用的建材或原料等礦藏，建議到外星構築一種如蟻穴狀的地下網路系統，如圖二所示，此構想首先要建立一座小型核電站，提供必須的一切能源，外星所有欠缺的材料，都要從地球上運去，代價極端昂貴，須作最經濟有效的運用，沒有浪費沒有垃圾，全都要循環使用，因此也須先建設許多小型工廠，生存環境異常險惡，在地下網路系統建成之前，非必要，不適生命體前往，少數專家著防護衣，居維生系統完善的太空艙內，一切工作經由遙控自動化裝備與機器人操作，蜂巢或蟻穴是由千百個小室或小穴集成，地下網路系統同樣需要區分千百座小網路系統相互溝通、支援，互利共生，通道設閘門，及自動抽風口，必要時可以彼此阻斷，方便救助，避免牽連，每個小網路系統除了可居住約十人，從事特色農耕之外，也必須是一或數座小型特色工廠，或醫療、教育、商場、機關等單位，利用衛星與終端機，電腦視訊，聯絡、搜尋、學習、採購等，農工產品彼此搬運交換，人員彼此交流學習，應付繁雜的生活所需，主要都在地下受防護之管道流通，非必要不出地面。

小網路系統深度約十餘米，約可分五層，如圖三所示，最上層在地表面，



為繼續擴建、採礦及與遠方貿易、交流，故須容納各種車交通工具、機具、器材等而對外開放，其餘各層為封閉式，位於地面下，可防護宇宙射線之侵襲，內部空氣成份、氣壓、溫、濕度等，除了重力與磁場，皆須控制到與地球相仿，各處設立偵測與監控儀器，一切設備全部電氣化，嚴禁耗氧的燃燒，空間立體規劃，包含廠房內及連絡通道等，皆做最大容許的植物栽培，植物以各種農產為主，其次提供各種工業需求，沒有石化副產品，必須的膠體材料，如水封、油封、黏膠、各種纖維等，也全賴植物提煉，採少量多種方式耕作，利用許多LED植物燈行光合作用，飼養少量牲畜與水產，由生產的總植物性食物量，決定可以容納的動物量與人數，小網路系統溫度控制由約 2°C 到 35°C ，交錯分布，形成熱帶、亞熱帶、溫帶、寒溫帶與寒帶型氣候，並可做日、夜與季節性調節，以利生物多樣化與氣流因溫差變化而自然流通。

靠光合作用，植物固碳放出之氧氣，遠不足以供應動物與人員之需求，二氧化碳、二氧化氮等廢氣量將快速累積，無法只靠植物消化，必須依賴工廠分解，有很多種方式可以處理廢氣，例如有人提議可以利用冷凍氨吸收空氣中的二氧化碳，加高溫（約 60°C ）則二氧化碳被分離出來，令其通過高溫鹼或鹼土等金屬粉末，代換成氧化金屬與碳，混於水中電解，可於陽極收集氧氣，陰極還原出鹼金屬，重複利用，碳粒則沉於水底回收，部分水也會被電解，故陰極也能收集到少量氫氣，用作氫電池，和氧作用還原為水回收，最後大量的氧氣輸送回各小田園區，可由養殖池水中放出，獲得循環上的平衡。

水是生命與生活中最珍貴的物質之一，每個人每天都需要飲用及使用大量的水，小田園中水的儲備及植物與水產生物需水量都很龐大，不同使用目的，水的純淨度與所含溶質成份及氧量等要求不同，需要有檢測標準，使用後的污水包含廚房、浴室、化糞池、工廠、醫護等的排放水，有些可供下一級利用，例如浴室排放水經檢驗合格可供植物生長吸收，若完全不能再利用，則必須立刻作污水淨化處理，循環使用。水的處理方式，視需要可分沉澱、過濾、浮除、消毒、生物處理、厭氣處理、離子交換、混凝及化學處理等，而由污水中取出的各種有機、無機雜質、礦物質、細菌等需另行處理，處理好的水可供一般使用，飲用水仍應再經逆滲透、蒸餾或煮沸使用。

廢物其實是等待處理的原料，包括冶金、開礦、建築、機械、食品、化工、商業、農、牧、民生、維修、醫療、動物屍骨等，內含病菌、毒物、輻射等任何成份，也需連同污水中的取出物一併即刻處理，否則污染容易擴大，對空氣、水質與環境造成重大危害。處理廢棄物，首先要依性質與處理方式的不同



，仔細分類，處理的方法包括(1)物理處理：包括壓實、破碎、分選、增稠、吸附、萃取等，部分有價值的物質可以直接回收。(2)化學處理：對成份相似的廢棄物，採用此法可破壞其中的有害成分，包括氧化、還原、中和、化學沉澱與溶出等。(3)生物處理：可分解有機物，達到無害化或綜合利用，包括好氧處理、厭氧處理與兼性厭氧處理，一般處理時間較長，效率較不穩定。(4)熱處理：經由高溫破壞及改變組成與結構達到減容、無害化或綜合利用的目的，包括焚化、熱解、濕式氧化及燒結等。(5)固化處理：將廢棄物固定或包覆，以方便運到遠處安置，降低對環境的危害，主要是對不易處理的高毒性與放射性廢棄物，且其原料附近容易取得者。凡是在此外星沒有，或不易取得的元素，都必須不計代價，全部回收再循環利用，任何難處理的化合物，最後在夠高的溫度下都會解離，回收後再合成各種原料，如肥料、農藥、建材、醫藥、飼料、布料、維生素…。

每個小網路系統的園區造型與室內佈置、風格、動、植物種類、工廠或商場型態等，都應各具特色，可供相互觀賞、學習，栽培植物是每個人從小必須熟習的基本操作，每一種栽培流程的相關知識，甚至任何一門學問，點點滴滴都可以在電腦網路上取得與學習，除此之外每個人還須具備許多其他工作專長，靠著豐盛資源，地球上的人有時可以不勞而獲，或者依賴祖先產業，不工作也能享受人生，但在艱困的外星上，要生存就必須仰賴高科技、高智慧且學以致用勤奮操作，從小到老都有事做，沒有失業的事，不論教育、防衛、旅遊、經濟、體育、法律、道德、文藝、音樂、信仰、家庭、倫理、醫療、娛樂、典章制度、價值觀…在新的世界裡，環境、需求不同，就一定會有別我們今天的世界，這種發展很難臆測，例如人們尋常活動輕裝便服，不會離開相連通的各網路系統區，外面的世界通常藉由衛星網路傳遞，藉視訊觀看聯絡，若要離開須著防護重裝備，通過安檢嚴密的交換門，登上具備各種維生系統、衛星定位與通訊聯繫的動力車輛，回來時人員物質也都要經過檢驗消毒等程序，十分不便，但相信會從艱苦到舒適，從欠缺到豐盛，逐漸轉變，只是不知需要經歷若干代歲月才能演化得更接近完美。

肆、結論

一個外星地下的人工智慧生態系統，若要能夠脫離地球的供給，完全獨立自主，就好像一個遠離父母家庭的呵護，到異鄉奮鬥的浪子，終於成家立業為人父母，也可以呵護它的後代子孫了。人工智慧生態系統當然不能老死異地，它必須有能力

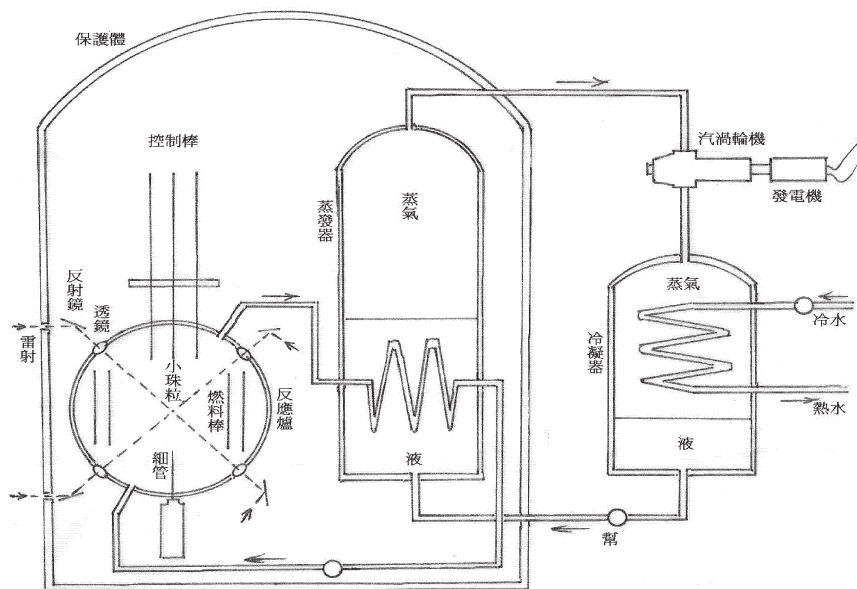


像誕生它的母體一樣，再到另一個星體塑造另一個新世界，才算完全自立，功德圓滿，而人類也才有希望率領世上的生態，抵抗任何自然的或人為的意外，在宇宙中生生不息，因此一個人工智慧生態系統區，必須有夠大的規模，而在同一個星體上的不同人工智慧生態系統區，彼此必須密切合作，相互配合，才有可能完成遠大的理想。

然而建立人工智慧生態系統當然極端困難，可能要花數十年甚至更久遠才能成功，但若是先在地球上實驗，則隨時可以進行，除非地球真的被太陽吞噬，否則就算遭遇不可逆的末日變故，環境再差，也比我們所知任何其他星球好得多，在地球地面下建立人工生態循環實驗區，各種材料、儀器、設備取得方便，人員進出與工程進行容易，氣壓、溫、濕度、磁場、重力場、輻射、氣體成份等，控制容易，危險性低，代用能源不缺，花費相對很少，可以逐漸增加污水、廢氣、廢物等工廠的循環再利用項目，而且實驗區在完全控制之下，隔離外界變化與災害，因此可以栽培與養殖高經濟價值品種，培養各學門人才，及作為生物科技等的試驗場所，相信非常值得嘗試，對地球生態環境之維護亦將會有重大的貢獻。

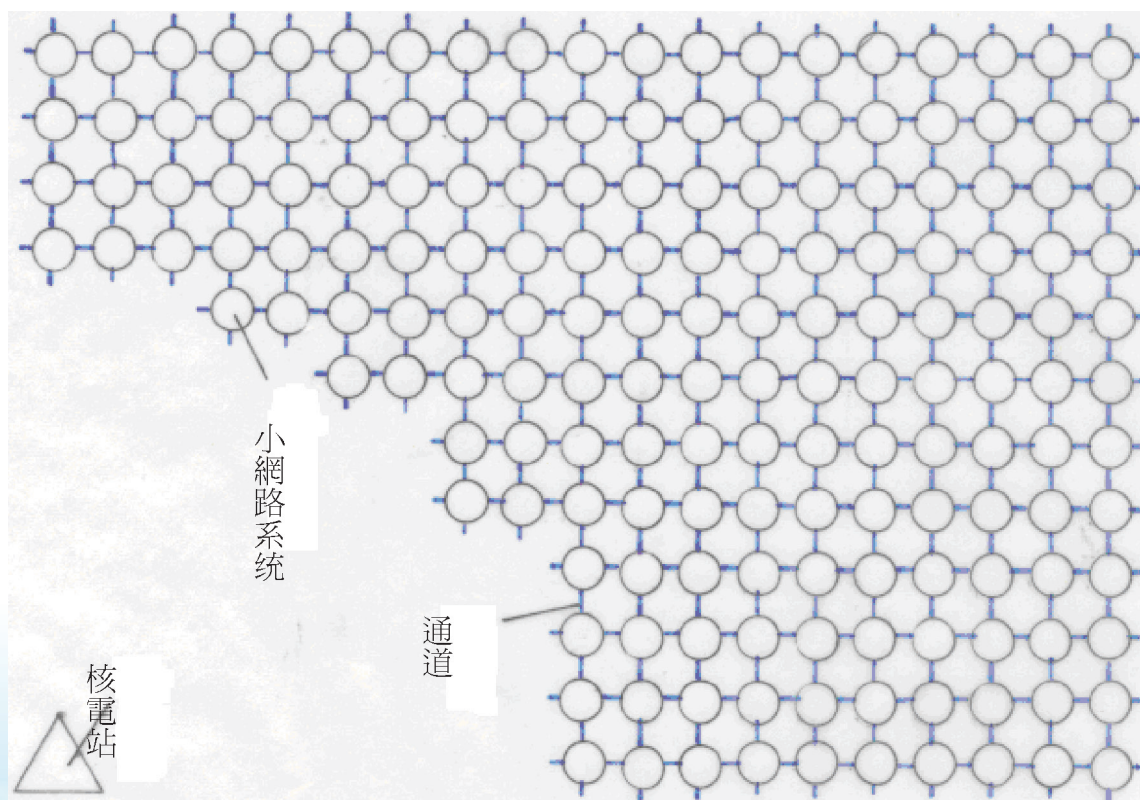
參考資料

- 一、黃世傑、王瑋農、陳森香著，「生物學」，華杏出版股份有限公司，2007. 8.
- 二、WILLIAM G. HOPKINS著，廖玉琬等譯，「植物生理學」，啟英文化事業有限公司，2004.
- 三、柯勇編著，「作物病害與防治」，藝軒圖書出版社，2008. 2.
- 四、孫守恭編著，「植物病理學通論」，藝軒圖書出版社，2004. 3.
- 五、張則周著，「植物營養學」，五藍圖書出版股份有限公司，2008. 9.
- 六、Manuel C. Molles, Jr. 著，金恆鏢等譯，「生態學」，希爾國際股份有限公司，2007. 8.
- 七、Biosphere 2 Center —<http://www.bio2.com/>.
- 八、DAVID L. RUSSELL著，高年信譯，「廢水處理實務」，滄海書局2007. 12.
- 九、平振明、高忠愛、吳天寶、祁夢蘭編著，「廢棄物處理技術」，科技圖書股份有限公司，2001. 9.
- 十、郭雙生、孫金標，「美國生物圈2號及其研究」，<http://www.Space.centin.net.cn/docs/htm-4/>，2008
- 十一、林光輝，「哥倫比亞大學第二生物圈中心的研究項目」，環境教育季刊(42)13-19 2000. 6.
- 十二、史堯年、汪仁虎、陳興忠，「核裂聚變熱中子滋生反應爐」，空官校航空機械學術研討會，2009. 10.

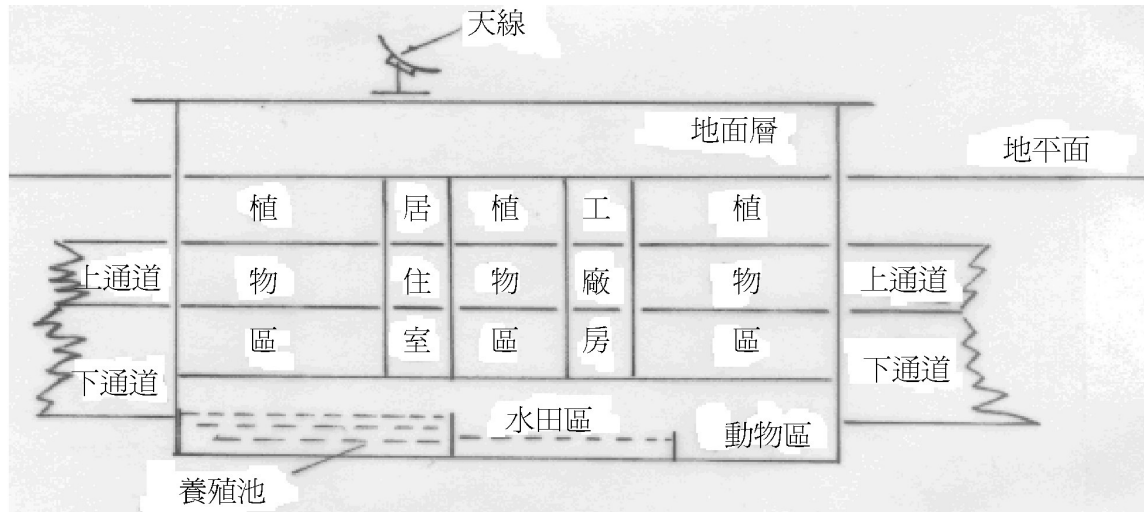


核裂聚變反應爐簡圖

圖一 核裂聚變反應爐簡圖



圖二 地下網路系統



圖三 小網路系統

作者簡介

副教授 史堯年

學歷：空軍官校55期、中正理工學院航太所碩士，經歷：空軍官校講師、副教授、系主任，現職：空軍官校教學部航機系副教授。

副教授 汪仁虎

學歷：空軍官校55期、中正理工學院物理所碩士，經歷：空軍官校講師、副教授，現職：空軍官校通識中心數理組兼任副教授。