生物圈二號

主要參考資料來源：《失控》，Kevin Kelly著，東西文庫譯，新星出版社，2010；維基百科。



生物圈二號（Biosphere 2）位於[美國](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%8E%E5%9B%BD)[亞利桑那州](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%9A%E5%88%A9%E6%A1%91%E9%82%A3%E5%B7%9E)[圖森](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%96%E6%A3%AE_(%E4%BA%9E%E5%88%A9%E6%A1%91%E9%82%A3%E5%B7%9E))市北部[奧拉克爾](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A5%A7%E6%8B%89%E5%85%8B%E7%88%BE_(%E4%BA%9E%E5%88%A9%E6%A1%91%E9%82%A3%E5%B7%9E))，是美國德州億萬富翁[艾德·巴斯](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%89%BE%E5%BE%B7%C2%B7%E5%B7%B4%E6%96%AF)的支助下建造的人造[生態箱](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E6%80%81%E7%AE%B1)(生態系統)，占地1.3萬平方米，擁有3.14英畝（1.27公頃）的結構，大約有8層樓高，它是一個圓頂形密封鋼架結構的玻璃建築物，是有史以來最大的封閉系統，對整個生態系統進行大尺度的研究。參與生物圈二號研究被認為是與登月計劃等同的科學工程，參與的科學家和太空人一樣被視作英雄。至於為什麼要命名為「生物圈二號」？因為「生物圈一號」就是地球。

前面我們談到過「生態球」，但這種與外界隔離的玻璃瓶到底要多大、裡面要裝些什麼活物，才能保障「人」也能在裡面生存？「生物圈二號」就是被用於測試[人類](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%BA%E7%B1%BB)是否能在以及如何在一個封閉的[生物圈](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E5%9C%88)中生活和工作，探索了在未來的[太空殖民](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E7%A9%BA%E6%AE%96%E6%B0%91)中，了解人類在封閉生態系統中生存的可能性。「生物圈二號」使得人們能在不傷害[地球](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E7%90%83)的前提下，對生物圈進行研究與控制。

太空生物圈企業 (Space Biosphere Ventures, SBV) 利用石油大亨艾德·巴斯資助的數千萬元美金，在二十世紀八十年代中期設計建造了一個小棚屋大小的試驗裝置。小棚屋裡塞了一個暖房那麼多的植物、一些負責水循環的管道、幾個靈敏的環境監控黑箱子、還有一個小廚房和衛生間，當然還有很多玻璃器皿，約翰·艾倫把自己封在這個裝置中三天，做了第一次測試。雖然事先根據理性推測精選出植物，但也只是把所有東西一股腦的往裡一扔，並不知道這個系統會怎麼運作。測試的結果非常令人鼓舞，看起來植物、土壤、水、陽光、空氣、人，已經接近了某種均衡，而且當他出來時，裡面的空氣仍然是相當清新的。後來，生物學家琳達·利也在這個小棚屋裡過了21天。監測設備顯示，總體來說，大氣是穩定的，但它也很敏感，任何的小變異都能輕易的引起波動，還好其影響都是小規模的。

「生物圈二號」最初是為了證明封閉生態系統在[外太空](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%96%E5%B1%82%E7%A9%BA%E9%97%B4)支持和維持人類生命的可行性。它被設計為旨在探索基於各種[生物群系](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E7%BE%A4%E7%B3%BB)，並具有不同區域結構的生命系統間的相互作用網絡。他們認為對於任何複雜、危險的項目來說，最理想的團隊人數是8個人，超過8人，會造成疏忽大意或者決策緩慢和躭擱，少於8人，遇到突發事件也會難於應付。於是他們決定採用8人一組的規模來製造這一個方舟工程。

要為8個人提供食物、水和氧氣需要多大的空間和土地？估算的結果大約要12, 000多平米，因此那個透明容器要有15多米高的穹頂，加上玻璃罩，建物一定相當壯觀昂貴。在巴斯的資助下又追加了一億美元，於1988年正式動工，耗時三年建成，大約是一個體育館的大小。這個方舟對物質是封閉的，沒有任何氣體、水或者物質能夠出入，但能量是開放的(太陽光可以照射進去)，只是複雜得多。

要創造一個有生命的系統，無論大小都令人畏懼，要創造一個像生物圈二號這麼大的系統，還得面臨許多生物學的挑戰。首先，要在幾十億物種中挑選幾千個適合的物種，然後把牠們合理的安排在一起，讓牠們互通有無並能自我維持。還要保證沒有任何一種有機體占據主宰地位，也不能讓任何一種成分邊緣化，同時保證整個活動和大氣組成能維持，由於系統中包括人，所以還得保證生物圈裡頭有東西吃、有水喝。我們需要驗證的是某種程度的複雜性是否可以帶來自我延續性。

生物圈二號設計了7個生態區，其中有雨林、高地熱帶草原、多刺高灌叢、海(鹹水湖)、珊瑚、濕地沼澤、野生物、沙漠和農業城市區(種植食物的地方)等。在生物圈中有動物(含寵物)、土壤、微生物、霧漠植物、蜜蜂、蜥蜴、魚、龍蝦、鳥、番木瓜樹、圖書館、健身房和自助洗衣房等。

建造一個這麼大的生物圈並不容易。以生物圈二號的海來說就要比水族箱大多了，它有自己的沙灘，一端裝有波浪發生泵提供珊瑚喜愛的湍流，還可以按照月亮的盈缺周期製造約半米高的海潮。適合該區的土壤是非常重要的，它是玄武岩、沙子、粘土再加上適當微生物的混合。負責的生態學家說：「土壤是活的，它們會呼吸，而且跟你呼吸得一樣快，你必需像對待有生命的東西一樣對待土壤，因為最終是土壤控制著生物圈系統。」

接著的問題是：生物圈二號到底應該吸納哪些物種？什麼樣的物種組合，才能生產得出供呼吸的氧氣、供食用的植物、喂養食用動物的植物以及供養食用植物的物種？能夠編成一張自我支持的網絡嗎？又要怎麼才能啟動一種共同進化的迴路？要選什麼種類的蜜蜂或蛾來為我們想要的植物授粉，但也要考量牠們的習性並能養活牠們。枯朽的木本植物又要靠什麼分解？……，然而科學家往往只是某種方面的專家，但是他們的專業知識很少是可以系統性加以應用的，例如：食物需求、能量要求、相伴物種、繁育要求、產生的廢物和數量。可是就算是那些常見的物種，也很少有這類資料，這讓我們認清，其實我們對任何物種實際上都是「所知甚少」的。

最後，選出了一千多種生物，實際上是根據猜測和專家討論、談判、折衷、讓步……出來的結果。他們採用的是在食物網中設立冗餘的方法，也就是說，不要去跟那個糾結複雜的關係網鬥爭，而是去發掘它，找出具備替代能力的生物體，以防某種角色不起作用時，還有另外一、二種可以替代，完善循環的迴路。

設計一個生態群系有點像上帝的工作，雖然能夠無中生有，但是對於其中到底會進化出什麼是控制不了的，能做的只是把組件準備充足，讓它們自行組裝。其實野外的生態系統也是由各種小塊拼湊出來的，這個系統自己會決定要讓哪些物種補進來。所以，自然生成的生物圈二號生態，其精確的細節是無法預測的。

由於空間有限，在其中的生物是無法大規模生存的，但又要保障繁殖。以動物來說，最好的雌雄比例並不是一對一，原則上雌性和雄性的比例最好達到5 : 3 。也就是說，安排進入生物圈二號的8個組員理想上應該是5個女性、3個男性，還好實驗中並沒有繁殖任務。還有一個難題，就是霧林造雨，如果使用冷凝管的方式造雨雖然最像下雨，但雨水出現的次數非常少，而一旦出現時又會太大，太具有摧毀性了並不理想。如果用灑水的方式，一段時間後那些精細的小孔又很難疏通和更換，最後的方案是使用散置在坡面的水管末端裝上水霧噴頭把水噴出來。

在一個物質封閉的小系統裡，有一點未曾預料到，那就是水不僅不缺還頗為充裕。大約一週的時間，所有的水都可完成一次循環，也能通過濕地的處理區中存在的微生物得到淨化。用水量比較大時，只是加快了水進入循環的速度罷了！

在包裹嚴密的生態系統中，有沒有發生滅絕的事件？有的，一定的滅絕率對於進化來說是必要的。生物圈二號由於物種關係失調，熱帶雨林植物和葡萄藤在高二氧化碳濃度下過度生長；所有傳播花粉的昆蟲消失；大多數植物滅亡；外來侵入的螞蟻和其依生生物以及微生物成為獨占物種；引入的25種脊椎動物中有19種消失。因此得到的經驗就是要放進去比我們希望能活下來的物種數量更多的生物，特別是昆蟲和低等生物，這樣流失率反而會降下來。等新一輪重新開始的時候，我們就再過量的往裡塞，並替換一些有點差別的物種(也是猜想的)，每一輪都這麼做，物種的數量就會穩定在一次比一次高的水平上。系統愈複雜所能容納的物種就愈多，於是，多樣性就確立起來了。可是，我們也不能把生物圈二號最後能夠容納的物種都在第一次就放進去，這樣的話，系統也會在一開始時就崩潰！

留給生物圈二號生態學家的一個巨大問題，就是如何以最佳的方式啟動初始多樣性，使它成為後續多樣性成長的槓桿。我們想一下，這是不是和如何把所有的動物裝進方舟一樣？科學家的心得是「選擇分散在各處的精華，然後把它們融合進一個取樣器。」。經過在佛羅里達一塊30哩長紅樹林沼澤，加以分段後從中一定間隔取了30塊樣本後重組成90x30呎的大小，並成功的移植到生物圈二號裡的經驗，證實了這是一個可行的壓縮方法。

生物圈二號的結局如下：

經過了二年半的實驗後，生物圈二號還是宣告其長期維持8個人生存的努力失敗了。原因主要有化學元素平衡失調、物種關係失調、水循環失調、食物短缺等。2005年該工程被出售，現在用於觀光和社區建設。