舊金山水族館人造珊瑚礁

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



在美國舊金山的Steinhart Aquarium水族館玻璃牆後面，生長著一叢密集的珊瑚礁，在幾呎的空間裡就將南太平洋海底一哩長的珊瑚礁上各種生物集中展現了出來。在這裡，每平米生物種類數目超過了地球上任何地方，這是一個被壓縮成了超越自然生命密集程度的人造堡礁。然而對這些生物來說，這裡並不是圈養欄而是牠們的家，牠們在這裡吃、睡、活動、繁育後代，直到生命的盡頭。長遠來看，牠們還會共同進化，這是一個真正的生命群落。

在這個生命展示池後面，有一堆機械裝置，包括耀眼的鹵素燈、定量給料泵機、臭氧發生器、管道以及各種分子吸附過濾裝置……等等，對這個礁體來說，工業管道和裝置代替了太平洋洋流，有16000加侖的再生海水循迴流過，珊瑚的生存環境需要水溶氣體、微量化學元素、酸碱度、微生物種群、光照、波浪模式和溫度等因素達到平衡，這些都是由機械裝置和生物製劑的互聯網絡在水族箱中提供的。

我們知道，一天就可以摧毀的東西如果要想建成它，恐怕需要幾年甚至幾個世紀的時間。在建成這個人造珊瑚礁之前，並沒有人知道能否成功。海洋科學家知道，要建成珊瑚礁這樣複雜的生態系統，必須按照正確的順序投入原材料才能組合成功，但是，沒有人知道什麼時候該投入什麼、該投入多少。創造自然須要時間，科學家花了5年時間，礁體才形成自我維持系統，可以不必再投食。唯一要提供的就是不斷燃燒的鹵素燈來生成人工日光以取代陽光。基本上，這塊礁石是靠電力維持生命的。

我們看看地球，用系統科學的角度來看，地球在物質上是一個封閉系統，因為地球上除了些許無足輕重的輕氣體逸出以及隕石的少量墜落以外，所有物質都處於某種循環之中，另一方面，以能量和信息的角度來看，地球是開放的，陽光照射地球，信息則來去自如。所以要創造一個封閉的生態系統，物質雖然封閉但能量上應該是敞開的。

以下是相關科學家們的一些心得彙總：

* 要獲得隱定的珊瑚礁，重要的是要做好最初的微生物母體。在任何一個生態系統裡，微生物都肩負著「閉合生物元素之環」的作用，使大氣與養分能夠循環流動。
* 在所有融入這塊礁石的生物裡面，大約有90%的生物不是計劃中引進的，在最初的培養液裡存在著少量且完全不可見的微生物，它們一直耐心的漂浮著，直到具備了這些微生物參與融合發展的條件才冒了出來。
* 某些在初始階段主宰這塊礁石的物種消失了，例如在群落啟動之時需要大量的微藻類，十個月後微藻類消失。接著某些開始時很旺盛的海棉消失，另一種海棉冒出頭來，現在有一種不知從那來的黑色海棉開始在礁石裡紥根。
* 珊瑚礁在組合的初始階段，而不是在維護階段，需要某些伴護性物種的幫助，它們的角色只是過渡。
* 失敗往往在於試圖在生物栖息地塞入超過系統承載能力的生物或者沒有按照正確的順序引入。順序有多重要？---「生死攸關」！
* 可以按照已存在的生態系統中物種的比例，濃縮複製一個較小的生態系統嗎？不能！結果都是失敗，原來生態系統的形成過程是「不受控」的！
* 即使對已封口燒瓶中生成的封閉營養物質循環迴路施以額外干擾，也阻止不了簡單的微生物群落獲得均衡狀態。
* 隨機混合物形成自組織的生態系統並不困難，即使在封閉式生態系統，哪怕物種類別再少，也幾乎都能成活。
* 瓶裝的封閉生態系統都需要一個啟動階段，有一個大約在60到100天的波動危險期，在此期間任何意外都可能發生。
* 複雜性的開端植根於混沌式中。如果複雜系統能夠在一段時間的互相遷就之後獲得共同的平衡，那麼之後就再沒有什麼能夠讓它脫離軌道了。
* 是看不見的微生物進行了最大量的呼吸，產生了氧氣，最終供養了地球上大量的可見生物。是隱形的微生物基質引導著生命整體的發展進程，並將各種各樣的養分融合在一起。
* 那些引起我們關注的生物、需要我們照料的生物，就環境而言，可能僅僅是一些點綴性的、裝飾性的東西。
* 在任何一個生態系統裡，微生物都肩負著「閉合生物元素之環」的作用。正是哺乳動物腸道中的微生物、黏附在樹根上的微生物、漂浮在水中和空氣中的微生物……等等，在地球這個封閉系統中產生出了價值。