

星島教室 科技與生活

在地球同步軌道上，一座龐大的太空電站靜靜懸浮於漆黑的太空中，錯厝如巨型花瓣的太陽能板無聲地吸收著太陽輻射。無論白晝或黑夜，無論風暴或晴空，電能都精準地傳射到地球上，默默為地球無間斷提供清潔能源——這並非科幻電影的場景，而是人類正在努力實現的未來。

太空太陽能發電系統
(Space Based Solar Power, SBSP)

太空太陽能電站的構思最早是由美國科學家格勞澤於1968年提出，以提升太陽能的利用率。其他國家隨後亦開展相關研究。

中國太空太陽能電站的研​​究始於「十一·五」（第十一個五年規劃，即2006至2010年），雖然起步較晚，但在系統設計和關鍵技術方面已取得成果，相關的「逐日工程」在2018年啟動，並計劃於2030年發射首座太空太陽能試驗電站，2040年建設兆瓦級(MW)，2050年實現十兆瓦級(GW)太空太陽能電站，引領人類進入來自太空的無限能源時代。

人類第一次「天地供電」發生於2023年。美國加州理工學院團隊把一個小型測試模型送入低地球軌道，他們利用自家設計的天線陣列，把能量傳送到30公分外的接收天線，點亮了一顆LED燈外，更成功把光能電力轉化成微波，發射到地球上的太空實驗室內的接收器。

美國新創太空太陽能公司冰島能源公司在2024年10月簽署合作協議，冰島可望於2030年成為全球第一個接受太空太陽能電力的國家。

太空太陽能電站建造工程

在太空建造太陽能電站的核心目標是最大限度地利用太陽輻射能量。地球同步軌道的高度36000公里，是建造電站的理想位置，因為能保持與地球同步移動，始終面對地球的固定區域，幾乎不受地球陰影影響，可以全天候24小時收集太陽能。太陽能面板須採用超輕合金、高效率的光電技術，以減少發射成本。同時，太陽能板必須根據太陽的位置進行自動調節，保持

最佳的能量吸收效率。

專家表示，如果在地球同步軌道上部署一條寬度1000米的太陽能發電板，一年接收的太陽輻射能量，已大約等於目前地球石油儲量的能量總和。

如何把太陽能傳回地球？

目前將太陽能轉換為可傳輸的能量，最常見的方案是將太陽能轉換為電能後，利用微波或激光的形式進行無線傳輸。「微波傳輸」是一種成熟的方案，因為它可以穿過地球大氣層且損耗較低。電站將光能轉換為直流電，再通過高效的變頻技術，將電能轉變為頻率在2.45 GHz或5.8 GHz的微波信號，實現遠距離傳輸。

「激光傳輸」是另一種選擇，主要優勢在於激光束的能量密度高，能對筆較小的接收區域，適合用於固定地點的能量傳輸。然而激光傳輸容易受到雲層和天氣擾動的影響，需要結合精準的瞄準與跟蹤技術。

無論是微波還是激光傳輸，都須確保傳輸過程中的能量損耗降至最低，並避免對地面生態或飛機軌道造成影響。

「整流天線陣列」與能量轉換

要有效接收從太空傳回的能量，地面須建設專門的接收站，稱為「整流天線陣列」(Rectifying Antenna)。這些陣列由大量小型天線單元組成，高效地接收能量，並將其轉換為直流電，再輸送到地面電網。

地面接收站通常選址在開闊、無遮擋的區域，例如沙漠或海面上，這樣不僅能減少對人口密集地區的影響，還可充分利用未開墾土地。接收站須配備智能控制系統，根據實時數據調整接收角度去提高光能。

作者介紹



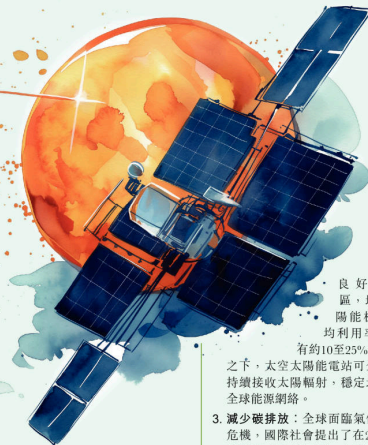
中華基督教會
協和小學(長沙灣)
副校長
鄭俊傑



中華基督教會
協和小學(長沙灣)
老師
王溢濤



夸父逐日 天地供電—— 太空太陽能發電系統



良好的地區，地面太陽能板的平均利用率也只有約10至25%。相比之下，太空太陽能電站可全天候持續接收太陽輻射，穩定地支援全球能源網絡。

開發太空太陽能的大優勢

太陽能從太空傳回地球的過程確實複雜且費用高昂，但仍有許多科學家致力研究和推動這項技術，因為它具有其他能源形式無法比擬的優勢和潛力。

- 1. 解決全球能源危機：**隨著人口增長和經濟發展，全球能源需求持續增加。根據國際能源署(IEA)的數據，到2050年全球能源需求預計將增長約50%。而現有的化石燃料儲量無法長期支撐。若建設足夠的太空太陽能電站，將可滿足全球能源需求。
- 2. 提供穩定持續能源：**地面太陽能系統的發電效率受制於多種因素，例如晝夜變化、天氣條件、大氣層吸收等。即使在光照條件

陽能電站初期投資巨大，但從長遠來看，它比傳統能源形式更具經濟效益。太空太陽能電站幾乎毋須燃料成本，加上隨著發射技術的普及，成本更有望進一步下降。科學家預測到本世紀中葉，發電成本或可降至每千瓦0.10至0.15美元，比地面太陽能風能的成本更低。

不久將來，當你仰望星空，或許那閃爍的光點不再只是衛星，而是一座正在為地球輸送能量的太空太陽能電站，人類真正迎來來自太空的無限能源時代。

小思考、大智慧

1. 太空太陽能若以微波信號傳送回地球，會加劇當地暖化的現象嗎？
2. 除了建造太空太陽能電站需要高昂成本外，你還想到有甚麼缺點嗎？

參考答案

1. 太空太陽能所產生的熱能是微不足道的，英國天文學家計算出頻率在2.45 GHz或5.8 GHz的微波信號會令當地氣溫上升0.0006°C。比較現時地面用太陽能光伏板所造成的熱能遠低得多，亦不會像燃燒化石燃料排放大量溫室氣體所造成全球暖化，因此是綠色能源的新選擇。
2. (自由作答)太空太陽能電站都需要定期維護及維修，當中的花費十分昂貴。另外，亦需要接受太空環境的挑戰，例如太空垃圾及太空垃圾的衝擊、高強度的太陽輻射及太陽能板老化問題。但隨著技術的進步，深空所有缺點將會陸續減少。

本欄逢周四刊登，由教育評議會邀請資深中小學老師、校長及大學講師撰稿，旨在為學子提供更多元的STEAM學習材料，引發學子探求知識的興趣，將學習融入生活，培養學生的世界觀、敏銳的觀察、積極學習的態度。