中國 Youth Power

今年八月，中國西北戈壁某處試驗基地，一艘長67米、寬40米、高23米的巨型「氣艇」如同深海浮出的白鯨，沒有槳葉，沒有塔架，十餘組輕量發電機組隨它一起緩緩升空，最終在4,000米高空穩定懸停，通過細長的纜線向地面輸送電力，然後平穩回收。

這不是科幻電影的場景，而是「95後」創業者、北京臨一雲川能源技術有限公司創始人兼CEO頓天瑞主導研發的「空中發電」新突破——浮空風電技術打破傳統風電的地面局限，在全球範圍內首次將發電裝置送至千米高空，利用那裏更強、更穩定的風能資源發電，使「人類向天要電」的天方夜譚成為現實。

●香港文匯報記者 王玨 北京報道
圖：香港文匯報北京傳真

掃碼睇片

中國浮空風電技術新突破 遠超歐美升空紀錄

「95後」造「空中發電站」 四千米高空向天要電



●臨一雲川S4000完成全球首次4,000米浮空風電放飛驗證。

寄語來者

「人生不可預知，不要聽任何人給你的任何建議，信你自己吧！
—北京臨一雲川能源技術有限公司創始人兼CEO頓天瑞

人物簡介



頓天瑞，28歲，北京臨一雲川能源技術有限公司CEO兼首席設計師，SAWES浮空風力發電系統發明人，中國航空學會浮空器分會委員、全國航空器標準化技術委員會浮空器分技術委員會委員。2023年創立臨一雲川，帶領團隊先後完成5代SAWES產品設計與5次試飛。

這場關於風的遠征是天馬行空的科幻構想落地，也是一位青年背水一戰、跨界追夢的創業冒險。頓天瑞1998年出生於深圳，他在接受香港文匯報記者專訪時表示，從小他就對天空、太空充滿遐想。2014年，迪士尼動畫《超能陸戰隊》上映，電影有一個場景：胖胖的機器人「大白」，被天空漂浮的巨大充氣裝置勾住了，這是為城市提供清潔能源的浮空飛艇。

「那個畫面篇幅很長，一直在我腦子裏轉」他深知科幻作品大多是對現有技術概念的藝術化加工，因此判斷，背後對應的高空風電早已存在理論基礎，只是沒能產業化落地。

考入中國傳媒大學後，他練就了項目統籌、人才聯動、資源整合的綜合能力，同時意識到單一創作能力的局限性，開始重新規劃發展方向。他找到了高中同學——正在中國科技大學攻讀通信工程專業的翁翰鈞。

艱辛打磨 從十秒墜落到百米懸停

翁同學從小受「兩彈一星」前輩事跡感染，對火箭、衛星、導彈興趣濃厚。兩個人的「天空情結」撞到了一起，通過對技術的深入探討，且高空風能密度可達每平方米10千瓦，約為地面風場的數十倍，一個大膽的想法逐漸清晰：創業！研發高空風電，向天要電！

決定是認真的，也有點孤注一擲。2020年，團隊的第一筆研發資金換來了一個直徑3米的白色球——團隊搭建的第一台驗證系統S0，然而，在升空十幾秒後，這次試飛宣告失敗。頓天瑞很平靜，他完整拍下試飛全過程，拿着視頻一個一個找專家問，和團隊重新分析、重新設計。一年後，第二台浮空器成功升空100米並穩住。這一刻，他和小夥伴們堅信，這條路走得通。

在新能源領域的無人區，要把科幻構想變成工程現實，需要攻克一系列世界級難題，浮空器穩定性、氣囊強度、姿態控制、輕量化電機、千米輸電……每一個都是嚴峻又繁複的考驗。團隊奔赴戈壁、海岸等地開展實地測試，在複雜環境中持續打磨技術。

被嘲諷遭質疑 以專業破困局

技術攻關是一方面，這條向天取能的道路，從起步就布滿荊棘。創業初期融資艱難，不少人聽聞構想後投來嘲諷，招募專業技術人才也是曲折坎坷，另外還有很多始料未及的「難關」。頓天瑞至今記得某年在西北草原上進行試驗的一段插曲：團隊雖已辦妥全套合法試飛手續，場地也選在遠離人畜居住活動的區域，但起初仍受到當地牧民的質疑與阻攔。團隊秉持專業態度，通過技術說明與安全方案反覆溝通，最終以專業能力獲得了當地的理解與支持。後來，那片區域成了他們重要的放飛場地，當地牧民也和團隊成為了好朋友。

從S0的3米氣球首次試飛，到S4000長60米的巨鯨升空——僅僅過去六年，公司團隊平均年齡不到32歲。曾以為風電的極限就是海上百米高塔，這群「90後」創業者卻打破了傳統風電的技術邊界，為風能利用開闢出全新的發展方向。

S4000參數



●臨一雲川S4000完成全球首次4,000米浮空風電放飛驗證後團隊合影留念。

- 長67米 寬40米 高23米
- 空中有效載荷逾1噸
- 輸出電壓等級覆蓋10千伏至35千伏
- 最大升空海拔達4000米
- 設計使用壽命長達20年

落地三大核心應用場景

一 是併網發電，作為新型電源接入電網，補充清潔能源供給

二 是偏遠區域供電，適配山區、海島、礦區、哨所等傳統電網覆蓋不足區域

三 是低空經濟綜合應用，依靠長效滯空與自發電能力，可掛載雷達、通信、監測類設備，拓展應急保障、安防巡檢、通信組網等功能

特稿

走一條美國人沒走過的路 給世界兌現夢想

高空風電的構想早在上世紀七十年代就在歐美學界產生，各路資本和科研機構扎堆入局，認定這是改寫清潔能源格局的突破口。但數十年過去了，無數團隊包括一些頂尖跨國公司，投入巨資卻最終折戟沉沙：谷歌的Project Loon燒了9年錢，最高懸浮紀錄卡在297米，最後戰略收縮退場；歐洲多國能源企業同步跟進研發，樣機極限高度同樣卡在300米以內，單薄發電量連實驗室測試需求都難以滿足。

公司創始人頓天瑞介紹，臨一雲川團隊在研發初期參考過海外高空風電的技術思路，打造出首台驗證系統S0，卻在首次升空時即發生故障損毀。這場代價不菲的失敗，成了團隊最重要的一課。團隊復盤行業路徑後發現，海外主流技術方案普遍存在難以突破的工程化瓶頸：以谷歌旗下Makani項目為代表的海外高空風電探索，歷經十餘年研發、投入大量資源，最終仍因技術容錯性不足、商業化成本過高等問題止步。臨一雲川團隊沒有沿用海外技術路徑，經過反覆鑽研與試驗，最終選定充氦柔性浮空器技術路線，逐步形成具備完整自主知識產權的SAWES（平流層浮空風力發電系統）技術體系，走出了一條自主開拓的道路。

讓高空風穿過涵道帶動發電

據悉，臨一雲川的產品是一個充了氦氣的浮空器，長得像個白色的大氣囊，把輕量化的發電機組掛在下面，一起升到千米高空。利用涵道引射擴散原理，讓高空風穿過涵道帶動發電機發電。電發出來之後，靠一根特製的繫留電纜傳回地面。

頓天瑞回憶說，在技術攻關過程中，他們得到了很多資深專家甚至院士的支持，但其中有一些人也存在困惑，因為這個東西美國人都沒搞成過，「過去，美國人沒有搞過的事情，中國人走在前列的確實很少。但是對我這一代人來說的話，我們要給世界造夢，給世界兌現，而且我們已經展現了無比強大的兌現能力」。



●頓天瑞（中）和團隊在試驗現場。



●頓天瑞（左）和團隊研究技術方案。

30歲目標：高空發電成本降至火電十分之一

2024年10月湖北荊門，S500首飛500米，打破美國保持了多年的297米世界紀錄；2025年1月在江西共青城，S1000飛到1,000米；2025年9月S1500在新疆哈密遭遇極端天氣仍穩穩懸停在1,500米，成為全球首台兆瓦級商用浮空風電系統；2026年1月，S2000在四川宜賓升至2,000米高空完成併網發電，刷新行業紀錄；2026年8月，S4000在西北試驗基地完成4,000米高海拔全流程放飛驗證。新華社報道指出「這是中國浮空風電領域取得的又一重要進展，本次驗證標誌着高空風電邁向工程化落地階段」。

據香港文匯報記者了解，下一代S6000浮空風力發電系統已在路上，平流層浮空風力發電也提上了日程。

「向天要電」的科幻構想最終變成了落地生根的現實產業。「95後」創業者頓天瑞認為，創業的成功離不開時代機遇，「完備的工業體系、工程師體系、國家政策的強大驅動力，這三樣東西同時存在的窗口期，在歷史上是第一次。」

中國完備工業體系助實現科研夢

目前高空風電已納入國家「十五五」可再生能源發展規劃，成為重點布局的新型清潔能源技術。在他看來，自己和團隊幸運地站在了正確的產業風口，此外中國完備的工業和工程師體系助力實現科研夢想，「以百公里為半徑畫一個圈，就能配齊絕大多數原料、工藝、設備與配套人才，這種全門類、大規模的產業配套效率，在全球處於領先水平，也是中國高端製造快速迭代的核心底氣之一」。

頓天瑞算過一筆賬，如果未來浮空高度可以升到10,000米，理論年發電時長超過7,000小時，一度電成本有望降到3分錢，約為火電的十分之一。他說，這本是他為自己30歲（2028年）定的目標，「現在看來，進展超預期，這個目標還能提前實現。」