

香港風險管理與安全協會（HKARMS）成員們參加了由香港工程師學會（HKIE Nuclear Division）和香港核學會（HKNS）主辦，並在中電（CLP Power）贊助的「合肥全超導托卡馬克」人造太陽核聚變交流考察活動。

作為支持機構，HKARMS 此次在為期三天的綜合考察活動，參觀了涵蓋了前沿科技、人文底蘊與能源產業實踐的設施，得以提升專業認知與戰略視野。

首日參訪科學島，深切體悟我國科研人員和工程師的偉大貢獻。於 EAST（Experimental Advanced Superconducting Tokamak）裝置大廳，實地觀察 D 型截面真空室、超導磁體系統及偏濾器（divertor）結構，了解其透過低雜波電流驅動（LHCD）與離子迴旋共振加熱（ICRH）實現電漿加熱與電流剖面調控的技術路徑。重點學習了托卡馬克裝置在電漿約束穩定性方面的挑戰，如磁流體不穩定性（MHD instabilities）中的鋸齒振盪（sawtooth）、新古典撕裂模（NTM）等，需透過即時回饋控制加以抑制。第一壁材料（first wall materials）面臨高熱負荷（ $>10 \text{ MW/m}^2$ ）與粒子轟擊，須採用鎢（W）或碳化矽複合材料（SiC/SiC）以提升耐久性。

核聚變雖具本質安全性——其反應依賴外部加熱與強磁場約束維持，失電或失磁將導致電漿與器壁接觸並迅速冷卻，放電自然終止（passive safety），無臨界事故或熔毀（meltdown）風險；且燃料氘（D）半衰期僅 12.3 年，單位發電量放射性產物遠低於裂變堆——但仍面臨中子活化（neutron activation）問題：D-T 反應釋放 14.1 MeV 高能中子，穿透包層（blanket）結構，與原子核發生（ n, γ ）反應生成放射性核種（如 Co-60、Ni-63），需採用低活化鐵素體／麻田散體鋼（RAFM steel，如 CLAM 鋼），並規劃數十年衰變期的廢棄物管理策略。此外，氚的滲透與滯留（tritium permeation and retention）構成內照射風險，須依賴雙壁冷卻管、真空夾層與在線回收系統（如催化氧化—分子篩吸附）實現包容控制。我國已將聚變裝置納入《原子能法》框架，實施分級分類監管，避免套用裂變堆標準，體現風險導向的審慎治理。

次日，三河古鎮的徽派建築群與水系格局，展現傳統聚落與自然環境的共生智慧。中國科大先研院聚焦智能感知、先進能源與空天資訊，其無人集群協同控制平台與量子金鑰分發（QKD）原型系統，凸顯技術轉化能力。於零重力航空，體驗基於六自由度運動平台的飛行模擬器，理解慣性載荷與空間定向障礙（spatial disorientation）的生理影響。

第三日考察陽光電源，深入光電逆變器智能化生產線，了解 IGBT 模組封裝、EMC 屏蔽設計及電網適應性（如 LVRT 低電壓穿越）測試流程。其構網型（grid-forming）逆變器技術，具備自主建立電壓與頻率的能力，對建構高比例新能源電力系統具有戰略意義。

此次行程貫通先進科研、安全設計、風險管控、技術轉化與產業落地，強化了我們對清潔能源系統全鏈條發展的專業認知與責任擔當。

更要感謝考察團主辦單位的一眾工作人員。

