

核電青年軍 鍛造「黃金人」

研發「華龍」中國芯 攻堅程式保運行



今年3月，中國西部首台「華龍一號」機組正式投產發電。這一次，「華龍」真正擁有了一顆「中國心」——由中國自主研發的核電神經中樞「和陸系統」。為了邁上這個新台階，中國核電人經歷了無數個埋頭奮鬥的日日夜夜。近日，大公報記者深入探訪中廣核防城港核電基地「華龍一號」機組和上海中廣核工程科技有限公司，走進「華龍一號」和「和陸系統」研發團隊，並採訪「華龍一號」值長張濤、上海科技產品研究院院長張春雷和北京廣利核公司技術部副經理張智慧。這些滿帶「青年力量感」的核電人一路走來所克服的難關、所經歷的巨變，亦正是中國科技自立自強，鍛造「黃金人」的生動寫照。

大公報記者 張寶峰



▲防城港核電站內，研發人員正在工作。受訪者供圖

話你知

黃金人

「黃金人」是20世紀80年代中國首座百萬千瓦級大型商用核電站——大亞灣核電站赴法英接受核電技術培訓人員的形象比喻。在當時國家外匯非常緊張的情況下，這些學員平均每人培訓費約130萬法郎（按當時匯率折合人民幣約195萬元，且不包含其他費用），如果按當時的金價折算成等值的黃金，其重量接近一個成年人的體重，「黃金人」由此而來。



▲「華龍一號」機組值長張濤在核電站主控室內工作。受訪者供圖

見到張濤時，他正在主控室密切注視着操控屏，一身勞保服，目光炯炯有神。身為值長，張濤需要對中國自主研發的「核電大腦」——和陸系統進行各種測試與驗證，以確保其運行萬無一失。在這個圈子裏，即使是初級操縱員，亦需要經過十輪培訓、上百次考試，上崗之後，更需要獨立應對有十個顯示屏的操控台，其「技術含量」可想而知。而作為值長的張濤，他身上的十八般武藝更是非同尋常。在核電界，像他一樣的人，都有一個響亮又神秘的名字——「黃金人」。

上世紀八十年代，中國建造了國內首座百萬千瓦級的大型商用核電站——大亞灣核電站。硬件有了，但卻急缺一大批專業人員。為此，在國家外匯非常緊張的背景下，我國依然向法國派出了第一批學員，深入學習與國際接軌的核電高級運維技術。事後經過估算，這些學員平均每人的培訓費接近人民幣200萬元。如果按當時的金價折算成等值的黃金，其重量接近一個成年人的體重，「黃金人」的稱呼由此而來。如今，在國家科技創新政策的大力扶持下，中國核電事業也取得了長足的進步。以人才培養為例，再也不需要向國外支付高昂學費，而是已經建立起一套科學、系統的人才培養體系。

80後人才 顯示產業後勁

在防城港核電站，大公報記者了解到，這裏的核電人才培養已經完全體系化、梯隊化。每年的取照考試，防城港核電都可以培養約40位操縱員。目前，這裏已經培養出近110名核電高級操縱員。尤其值得一提的是，這裏的核電人才均為80後。年輕的核電人才儲備更顯示出中國核電的後勁與希望。

今年元旦假期期間，張濤帶領團隊迎來了新年第一個忙碌的中班。張濤在梳理退出零功率物理試驗條件滿足後宣布結束試驗，開始升功率。就在此時，主控大屏幕上卻突然顯示數據異常！張濤立即組織專業進行討論，快速地找到了問題產生的原因，通過一系列干預，最終解決了問題，保證了調試的正常推進。

攻克6000多頁程序

運行程序是運行人員控制機組的依據和寶典，面對「華龍一號」無參考程序、時間緊、任務重的情況，張濤帶領五十多名系統負責人開始了漫長的運行程序編製工作，完成了總清單梳理和各類程序編寫架構、模板、細則的制定，攻克六千多頁總體程序、主控室模塊化操作單、報警卡等程序的邏輯圖繪製，耗時兩年完成了1200餘份「華龍一號」運行程序的編寫和現場生效，實現了「從無到有、從有到全」的跨越性轉變。

像養「孩子」一樣做科研

精益求精

2018年6月24日深夜，在北京市海澱區永豐路辦公樓的一個角落裏，廣利核的實驗室仍舊燈火通明，一群技術人員在產品原型實驗台的屏幕前激烈的討論着。此時，站在人群中間的張春雷，身穿白色防靜電服，聽着大家的討論，時不時陷入沉思。討論聲漸漸變小，張春雷的頭腦中的思路也逐漸清晰起來。他從實驗台上拿起兩個模塊左右端詳，不時轉頭盯着屏幕對比數據看。「就定這個方案，我們就是要做精品！」這是中廣核首個自主非安全級數字化儀控產品研發漫長過程中的一瞬間，也是張春雷十餘年自主研

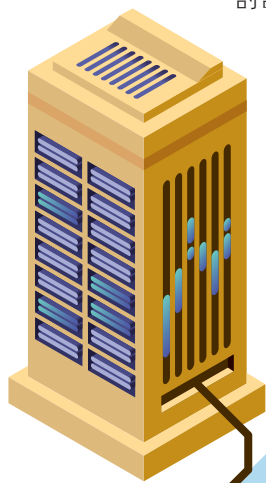
發生涯的一個縮影。在此之前，張春雷經歷了數百個日夜，調研了國內外30餘家公司的工業和



▲陽江5號機組核級DCS機櫃工廠測試。受訪者供圖

消費類產品，經過了20多輪研討論證。「做產品就像養孩子。」有了對「孩子」的愛，張春雷帶領團隊不顧一切、傾其所有、苦心鑽研。

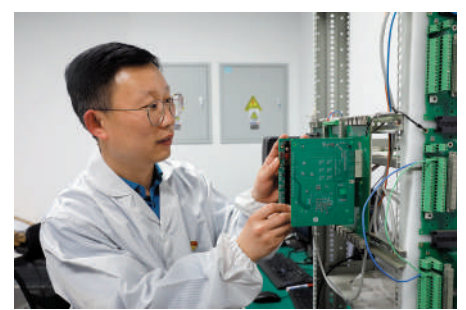
今年3月，中國西部首台「華龍一號」機組正式投產發電。這一次，「華龍」真正擁有了一顆「中國心」——由中國完全自主研發的核電神經中樞「和陸系統」。在上海廣利核公司的實驗室裏，張春雷時刻留意着一方方大屏，以及團隊同事們的工作。「如今，我們的DCS產品關鍵指標已達到國際領先水平，相信「和陸系統」與最先進的三代壓水堆「華龍一號」強強結合，會更安全、更可靠。」



攻克難關

作為「和陸系統」研發團隊的軟件「大拿」，北京廣利核公司技術部副經理張智慧與隊員一起攻克了業界公認的難題——核級應用軟件代碼生成技術。因為他和團隊其他同事的努力，中國有了首個具有完全自主知識產權的核級數字化儀控平台，真正實現了核電站「神經中樞」中國造。從核電新人成長為軟件「大拿」，絕對不是一蹴而就的過程，從零開始的和陸系統是橫亘在張智慧面前最大的難關。作為公司傾力打造的王牌產品，和陸系統的

研發對中國核電儀控行業的發展有舉足輕重的影響。張智慧作為和陸系統軟件研發團隊的負責人，其肩上的重擔和心裏的壓力可想而知。「這個軟件的研發完全是從零開始，壓力很大，但我們沒想過失敗，



▲張智慧在實驗室裏開展軟件調試工作。受訪者供圖

只能一次把事情做好。」

從2008年4月至今的十年時間裏，張智慧一心撲在了和陸系統的軟件研發上。在北京的郊區的公司辦公樓，都有張智慧和團隊廢寢忘食的身影。前後四五次封閉研發，最長的一次長達半年時間，人數最多能達到七八十人。大家吃住都在一起，經常要從早晨忙到凌晨一點多，周日才有休息的空檔。「小問題不過夜、大問題連夜攻」，每個人都把自己全部的時間和精力貢獻給了和陸系統，就是為了把軟件做到最好。

通過長達數載的努力，張智慧和團隊的研發人員共完成近100萬行和陸系統軟件代碼的自主編寫，實現了採用自主設計核級應用軟件代碼生成器的目標。

「黃金人」是怎樣煉成的？

- 「大學生」前置化培養，20門課程通關
- 成為「核電小白」，9輪培訓，每輪10次考核
- 獲得「初級操作員」培訓資格，接受3年培訓
- 成為「初級操作員」，經過3年培訓
- 成為「高級操作員」，經過實戰歷練
- 鑄成「黃金人」

大公報記者張寶峰整理

小問題不過夜 大問題連夜攻

20門理論課過關 方能做「核電後備軍」

博學多才

「現在，我們會在有核電學科背景的大學，提前遴選優秀的學生，進行『前置化培養』，也就是在高校中，用半年到一年的時間，對這些有意加入核電事業的學生進行理論知識培訓。」防城港核電站項目負責人梅俊對大公報介紹說，想要成為一名合格的核電操

縱員，學生需要學習熱力、電子、化學、機械、原子能物理等20餘門基礎理論課。這種「前置化」的培養模式也確保了我國的人才儲備和梯隊建設，更在人才培養自主化的意義上保障了中國核電事業的安全。

儘管向國外支付高昂學費的故事已經成為「過去時」，但從技術含量的角度講，將核電操縱員比作「黃金人」，仍然毫不為過。在大學階段成功完成20餘門基礎理論課之後，「核電小白」就可以進入到工作崗位，但等待他們的並不是「上手操作」，而是一系列更為嚴苛的學習、培訓與考核。

「進入工作環節後，每個小白都要經過4個輪次的在崗培訓。每個輪次中要面對8個階段的培養和考核，只有通過這層層的培訓、考核和選拔，才能有資格參與核電操縱員的培訓。」梅俊說，核電操縱員培訓為期三年，這之後他們要在模擬機上進行仿真培訓，之後經過選拔篩選，合格者方能成為一名「初級操縱員」。而要想成為「高級操縱員」，則還要經過3年的高級培訓。



▲國家能源核電站數字化儀控系統研發中心工作場景。受訪者供圖