



早上8點，一身「航天藍」的何小虎準時出現在航天六院西安航天發動機有限公司35生產車間內。和同事開完班前會後，他開始給車床熱機，然後將半成品噴嘴放入料倉，由此開始了一天的工作。不久後，一個個銀色的離心式噴嘴加工完成，整齊出列，水滴形的離心孔點綴其間，「這些都是用於液體火箭發動機的離心式噴嘴，每個噴嘴有12個直徑為1.05毫米的離心孔，且這些離心孔的一致性誤差必須控制在5微米，也就是相當於A4紙厚度的1/20。」

發動機被稱為火箭的「心臟」，作為液體火箭「心臟」的鑽刻師，西安航天發動機有限公司35車間數控車工、高級技師何小虎，長期從事液體火箭發動機渦

輪泵和推力室相關零組件的精密加工，離心式噴嘴便是其中之一。2018年，面對中國空間站建設對火箭發動機噴嘴的巨大需求，他和團隊艱苦攻關，最終在直徑為半根頭髮絲大小的空間內，實現了離心式噴嘴的無毛刺加工，大大提高了產品生產效率和合格率。如今，這一個個小噴嘴已助力120噸液氧煤油發動機形成磅礴推力。何小虎也因突出的表現，先後榮獲中國青年五四獎章、大國工匠等榮譽稱號。

◆文：香港文匯報記者 張仕珍 西安報道
圖：香港文匯報陝西傳真



◆何小虎(右二)和團隊成員交流工作。

出生於陝西延安農村的何小虎，早在高中時期就在心裏埋下了「航天夢」的種子。2003年，當神舟飛船把航天英雄楊利偉載入太空的那一刻，何小虎熱血沸騰，他默默給自己定下目標：以後要成為一名航天人。

專業車工畢業 入職被老師傅震撼

2010年，從陝西工業職業技術學院機械製造與自動化專業畢業後，何小虎以實操第一名的優異成績如願進入航天六院西安航天發動機有限公司，成為一名車工。「當時作為學生的我，覺得自己水平還是非常高的，但來到單位的那一刻，我就被師傅們深深地震撼了。」

何小虎至今仍記得，剛入職時就聽說了「航天鑽頭」、全國勞模曹化橋的事跡。「在那個火箭發動機零件加工主要依靠手工鑽刻的時代，為了保持視力，確保鑽刻時的精度，曹師傅居然幾十年都沒有使用過電視、電腦等電子設備。」這個故事讓何小虎學生時代的「驕傲」一掃而空。從那以後，做一名合格的航天人就成了何小虎不懈的追求。

泡在車間苦練技術 挑戰創新攻難題

為了成為一名好車工，剛開始工作時，何小虎每天都把自己泡在車間苦練技術。「車工行業流行一句話叫『好車工一把刀』，刀具刃磨是最基本的技術，那時候經常一磨就是幾個小時，手上磨出血泡是常有的事。」何小虎說。

更多的時候，他會把一個產品裝到數控機床加工完以後，再從數控機床上取下來測量，把它清洗完放到規定的位置。「我加工過耗時最短的一個產品只需要10秒鐘，每天就在車床跟前不停地重複相同的動作。」一開始，何小虎也曾懷疑這份枯燥工作的意義，但時間長了，他開始思考：「我能不能通過創新方法在有效時間內加工出更多的零件？能不能超越極限、超越以前的加工狀態呢？」

因為思想比別人多一點，手法比別人快一點，加工思路比別人多一點，何小虎在車間總是顯得與眾不同。他的師父董效文甚至給他起了「何三多」的名字。

也正是因為勤奮刻苦，何小虎得到了飛速的成長。2018年初，隨着中國空間站即將進入建造階段，發射任務眾多，發動機噴嘴的需求量從每年1萬多個激增到4萬多個，然而當時噴嘴加工效率低、難度大的問題，困擾着車間多年。面對這項難題，何小虎主動提出，想用數控機床把加工和去毛刺的過程一次實現。

誤差須控制在5微米 相當於A4紙厚度1/20

「一枚長征五號火箭的發動機需要2,160個噴嘴，每個噴嘴有12個直徑1.05毫米的離心孔，這些離心孔的一致性誤差必須控制在5微米，也就是相當於A4紙厚度的1/20。」何小虎告訴香港文匯報記者，過去噴嘴一直採用傳統的機械加工，加工後形成的毛刺還必須配一個經驗豐富的老師傅手工去除，不僅效率低，合格率也低。「一旦出現毛刺，噴嘴不能穩定工作，嚴重的話還會影響發動機正常工作。」

但他提出的方法，涵蓋了鉗工技術、數控銑工技術、磨削技術等加工全流程技術。那段時間，為了提高自己的綜合技術能力，下班後的何小虎經常去其他車間「偷師」。到2019年底，經過幾輪上百次的試驗，何小虎將傳統鑽刻改為銑削，在半根頭髮絲大小的空間內實行三軸聯動加工，最終精度完全達標。他並利用車刀和磨頭交叉去除毛刺的方法，實現了液體火箭發動機離心式噴嘴無毛刺加工，將產品一次合格率提升到99.9%，效率提升兩倍多，每年節省成本上千萬元。

2021年4月29日11時，「天和核心艙」發射升空，完成中國空間站建設的首戰，何小虎的心裏激動難掩。「這是無數航天人苦苦奮鬥的結果。」如今，隨着中國航天事業的不斷發展，各種離心式噴嘴每年的需求量達到30多萬件，但在何小虎團隊的努力下，智能化的生產方式已經破解了供不應求的難題，一個個小噴嘴已助力液體火箭發動機形成磅礴動力，助推着中國航天事業飛得更遠。

航天車工何小虎

潛心為火箭心臟鑽刻

十三年精益求精 毫微間追求卓越



掃碼碼片



◆何小虎測量火箭發動機燃燒室噴嘴的尺寸。

師父傾囊相授育新人 囑託：產品就是人品

從一名初出茅廬的「小白」，到成為「大國工匠」，何小虎用了13年的時間。然而，對於自己今天的成績，何小虎說，這離不開航天前輩對他的幫助。「我曾經師從廠裏5位技能大師，在他們身上，我感受到的是師父特別希望徒弟能夠快速成長、快速學習技能的願望。」

高標準嚴要求幫助徒弟成長

何小虎至今仍記得，十多年前，西安航天發動機有限公司的生產車間內還是以傳統的生產加工方式為主，但那時的師傅們卻憑借刻苦鑽研和責任心練就了一手絕活。「像曹化橋師傅，他幾十年不看電視，最拿手的就是在直徑一尺多的部件上，鑽出2,000多個不同角度、不同直徑的小孔，最小的孔直徑只有0.12毫米。」

但最讓何小虎敬佩的，是航天師傅們不論何時，總是能毫無保留地幫助年輕人。「有一次，我去請教曹師傅如何刃磨一件鑽頭，沒曾想曹師傅二話沒說就帶我現場刃磨了一個，然後給我細心講解如何刃磨。」何小虎說，這件事雖小，但對於當時入職一年多的他來說卻非常感動。

令他難忘的還有師父對徒弟的嚴厲。「董效文師傅是我的入門師父，他對我總是高標準嚴要求。」何小虎記得，有一次他刃磨一個鑽頭，自認為已經很好

了，但師父卻讓他反覆磨了一天，直到他把一個半徑16毫米、長100毫米的鑽頭給磨沒了。當時雖有不解，但現在回想起來，何小虎心裏滿滿都是感激，「如果沒有他們的嚴要求，就沒有我今天的進步。」

像待孩子一樣呵護手下產品

如今，何小虎繼承了師父們對自己的教導，在帶徒弟的過程中嚴厲的標準一點不少。儘管車間生產已進入智能化時代，但他還是堅持讓剛入職的職工學習刃磨刀具這項傳統技能。「智能化雖然好，但我們的傳統技藝可以幫助大家深刻理解不同角度的切削原理，有助於在選擇刀具時提高分析能力。」

何小虎說，以前師父總是告訴他產品就是人品，要像對待自己的孩子一樣呵護手下的產品。「現在，我也把同樣的理念傳給我的徒弟。」他明白，航天工匠不是一般的工作，生產的產品是要上天的，這關乎的不僅是一次發射的成敗，還有國家和民族的尊嚴。

當然，面對「00後」徒弟越來越多，他這個「老師傅」也格外講究方式方法。「嚴厲不能少，但還要多一些交流，要站在年輕人的角度跟他多溝通。」在何小虎和團隊的共同努力下，一個個新的技術難關被不斷攻破。

毫厘之間 練就爐火純青之技

在看來枯燥乏味的生產加工車間，何小虎有着屬於自己的快樂：在精益求精中練就爐火純青之技便是他的追求。工作十多年來，除了離心式噴嘴為中國航天作出貢獻，何小虎負責加工的傳動軸、軸承座等產品還是高新工程等武器系列的姿控發動機、軌控發動機的核心部件。

改良裝備 實現提速提效提質

「一個傳動軸有72個齒，每個齒的精密程度直接影響着發動機的變軌精度。進一步提升變軌的精準性，是當時迫在眉睫的重大任務。」何小虎告訴香港文匯報記者，他利用高精度車銑複合加工中心將原來的八道工序縮減為兩道，將產品精度保證在0.001毫米，使產品加工合格率和準確率提升到100%。

而在軸承座的加工過程中，他又自行設計了專業工裝和刀具，創新性改變了近30年的加工方法，實現了由普通手工設備向數控自動化設備的轉化，效率提

升4倍多，一次合格率提升到99%，不僅保證了武器型號的精準打擊，還確保了後續大批量的戰略需求。

獨創加工技術 破行業世界級難題

推得精、飛得穩、變得妙、落得準……在月球着陸器和天問一號着陸火星的過程中，變推力發動機負責探測器在着陸時獲得反推力，使其減速、懸停、平穩着陸。而變推力發動機所用的燃燒室噴管在其中扮演着尤為重要的角色。

「火星探測器着陸變推力發動機所用燃燒室噴管是由鈦鎢合金加工而成，由於噴管結構特殊，加之材料屬於難熔金屬，切削過程中極易出現排屑困難、刀具崩刃、刀桿震動嚴重從而影響產品質量等現象，其加工一直是行業難題。」何小虎通過大量試驗獨創了一種冷卻液的製備和使用方法及車削加工技術，徹底解決了鈦鎢合金材料噴管精密加工難度大、合格率低的世界級難題。

挑戰「最牛車工」 攻關解決75項發動機難題

在2022年大國工匠年度人物發布儀式上，何小虎手拿一個十層鏤空的正十二面體出現在舞台上。這個十二面體有一個好聽的名字叫「航天炫」，之所以製作這個作品，何小虎說，是因為當時網上流傳一個車工加工的三層嵌套四面體，一度被網友稱為「最牛車工」，同為車工的他也想看看自己能不能成為那個「最牛車工」。

正四面體的加工很快被何小虎拿下了，但他心裏卻沒有預想的那種成就感。2016年，西安航天發動機有限公司舉行首屆職工創意創新大賽，何小虎於是把目標定在了「航天炫」上。「產品最薄的地方只有0.4毫米，加工過程中一不小心就會破損。」何小虎說，他沒想到，一個小小的作品竟然花了他和團隊3個多月的時間。

「這個作品雖然不是液體火箭發動機的零部件，但在製作它的過程中衍生出的加工技術已經應用在世界上推力最大的高壓補燃雙噴管液氧煤油發動機的研製中。」何小虎驕傲地說，儘管只是公司的一個創意作品大賽，但他們達到了以賽促練、以賽促學、以賽促產的效果，技能水平得到了顯著提升。

在何小虎看來，「鑽刻師」的「鑽」還有一層含義便是鑽研。「我希望在這個工作崗位上繼續鑽研技術，把發動機製造得更加可靠穩定。」如今的何小虎，已經可以操作10多種不同型號、不同類型的機床，他覺得最大的幸福就是全心全意投入到產品的技術攻關之中。在他和團隊的努力下，共解決了75項發動機難題，獲獎70項，申請專利18項，獲國際發明專利1項。



◆何小虎(右二)希望把航天師傅們的精神、技藝和培養年輕人的迫切願望傳承下去。