



# 为火箭焊“心脏” 助力航天腾飞

——记中国航天科技集团公司一院首都航天机械公司高凤林

□本报记者 盛丽

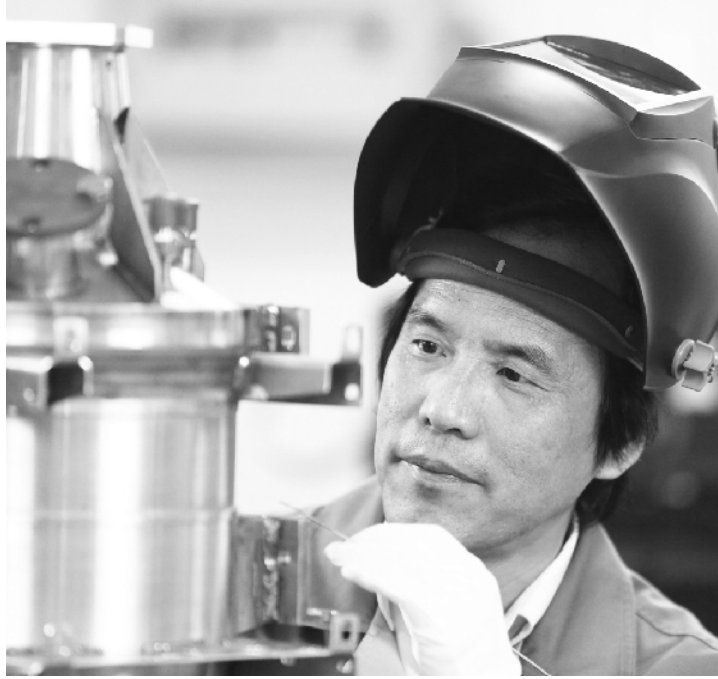
2014年，在德国纽伦堡国际发明展上，一名来自中国的技术工人同时获得三项金奖震惊了世界，他就是高凤林。我国长三甲系列运载火箭、长征五号运载火箭的第一颗“心脏”，也就是氢氧发动机喷管，都在他手中诞生。37年来，他先后为90多发火箭焊接过“心脏”，这个数字占我国火箭发射总数近四成。他还先后攻克了200多项航天焊接难关。

## 攻克焊接难关 连续昼夜奋战一个月

上世纪90年代，为长三甲系列运载火箭设计的新型大推力氢氧发动机，其大喷管的焊接一度成为研制瓶颈。火箭大喷管延伸段由248根壁厚只有0.33毫米的细方管组成，全部焊缝长达900米，焊枪多停留0.1秒就有可能把管子烧穿或者焊漏。

在首台大喷管的焊接中，高凤林连续昼夜奋战一个多月。每天累得腰和手臂都麻木了，晚上回家都要用毛巾热敷才能减轻痛苦。凭借着高超的技艺，高凤林攻克了烧穿和焊漏两大难关，成功焊接出第一台大喷管。但随后的X光检测却显示，大喷管的焊缝有200多处裂纹，面临被判“死刑”的命运。

高凤林异常镇定，他从材料的性能、大喷管结构特点等展开分析，最终判断出：裂纹是假的。经过剖切试验，在200倍的显微镜下显示，所谓的“裂纹”确实只是焊漏与方管壁的夹角所造成的假象。就此，第一台大喷管被成功送上试车台。这一新型大推力氢氧发动机的成功应用，使我国火箭的运载能力得到大幅提升。



此后，在为长三甲系列火箭焊接第二台氢氧发动机的关键时刻，公司唯一一台真空退火炉发生炉丝熔断，研制工作一时陷入停滞。要想恢复设备运转，必须有人从窄小的炉口缩着肩膀钻进去，将炉丝重新焊接在一起。

那时正值盛夏，炉内氧气本就稀薄，焊接时还要输送氩气进行焊接保护，情况十分凶险。高凤林忍住长期加班导致的胃痛，主动要求钻炉抢险。在漆黑的炉腔里，他打着手电忍着闷热和缺氧的窒息感进行焊接，每到呼吸困难时，他扯扯脚上的安全绳，外面的同事就赶紧把他拉出去换一次气。三进三出，前后近两个小时，他成功地焊好了炉丝，让真空炉恢复了运转。高凤林也由

此得名“金手天焊”。

## 应对疑难杂症 国内外同行向他求助

随着高凤林远近闻名，国内外同行遇到棘手难题也向他求助。一次，我国从国外引进的一种中远程客机发动机出现裂纹，很多权威专家都没有办法修好。国外派来的专家更是断言，只有把发动机拆下来运回生产的国家去修，或者请国外的专家来中国才能修好。

高凤林被请到了机场。看着这个瘦弱的年轻人，国外的专家仍然明确地说：“你们不行，中国专家谁也修不了！”高凤林却通过翻译告诉国外专家：“我十分钟之内就能把它焊好！”焊完后，国外专家反反复复检查了好几遍，面带微笑对高凤林竖起了大拇指。

2007年9月，在长征五号研制的关键时刻，发动机内壁在试车时出现烧蚀。现场专家焦灼地联系高凤林求援，高凤林带着助手赶到现场。操作台10米开外就是易燃易爆的大型液氢储罐，脚下是几十米深的山涧。故障点无法观测、操作空间异常狭小，仅能硬塞一只手臂进去，高凤林只能凭着多年的操作经验“盲焊”。

最终，在夜晚来临前，他成功地排除了故障，被发动机总设计师戏称“通过了国际级大考”。真正的国际级大考发生在2006年。那年11月底，诺贝尔奖得主丁肇中教授的秘书多方辗转找到高凤林。原来，由世界16个国家和地区参与的AMS-02暗物质与反物质探测器项目，在制造中遇到了一个大难题，希望高凤林前往解决。

探测器用的是液流氦低温超导电磁装置，将搭乘美国最后一班航天飞机“奋进号”到国际空间站上执行探测任务。此前已经来了国内外两拨“顶尖高手”，但因为工程难度巨大，项目实施方案一直没能得到国际联盟总部的认可。在论证会上，高凤林介绍了自己的设计思路，得到各方专家赞赏。会后，高凤林又耗费几天的时间，把思路完善成一个创新设计方案。方案终于通过了国际联盟总部的评审，高凤林也被美国宇航局委以特派专家的身份督导项目实施。

探测用的液流氦低温超导电磁装置，将搭乘美国最后一班航天飞机“奋进号”到国际空间站上执行探测任务。此前已经来了国内外两拨“顶尖高手”，但因为工程难度巨大，项目实施方案一直没能得到国际联盟总部的认可。在论证会上，高凤林介绍了自己的设计思路，得到各方专家赞赏。会后，高凤林又耗费几天的时间，把思路完善成一个创新设计方案。方案终于通过了国际联盟总部的评审，高凤林也被美国宇航局委以特派专家的身份督导项目实施。

## 努力前行 应对新技术新问题

如今“高凤林”这三个字在

业界已经是非凡的代称，可在非凡业绩的背后，却是不为人知的非凡付出。他常常连续熬夜，最长的一次熬了将近一个月，每天要忙到凌晨5点左右，那次是为了国家863计划的一个项目。26个难关，都需要一个个去攻克。

因为这样的付出，他被同事称为不吃不喝的“骆驼”，是“和产品结婚的人”。为了攻克难关，他常常不顾环境危险，直面挑战，为此曾多次受伤。鼻子受伤缝针，头部受伤，三次手术才把异物取出，而胳膊上黄豆大的铁销由于贴近骨头至今无法取出。

因为要应对新技术新问题，高凤林要求自己“每天都要有进步”。他的徒弟们甚至说，师傅不是在解决问题就是在为解决问题而读书。因为高凤林不仅要自己会干，还要能写出来指导别人干，他著有论文30多篇，每年授课120多课时以上，听众上千人次。

在操作难度很大的发动机喷管对接焊中，高凤林研究产品的特点，灵活运用所学的高次方程式和线积分公式，提出了“反变形补偿法”进行变形控制，这一工艺获得了国家科技进步二等奖。他还主编了首部型号发动机焊接技术操作手册等行业规范，多次被指定参加相关航天标准的制定。

2011年，国家人力资源和社会保障部以高凤林的名字，命名了国家级技能大师工作室，这也是首批国家级技能大师工作室之一。2015年，高凤林劳模创新工作室挂牌。工作室现有成员19人，平均年龄只有34岁，其中有5名全国技术能手、1名中央企业技术能手和1名航天技术能手，工作室已经成为重要的人才育成基地。

## 职工故事

行进京华大地 讲述精彩故事

线索征集邮箱: ldwbgh@126.com



# 突破国外碳纤维技术封锁线

——记中纺海天公司产品研发室主任江四九

□本报记者 阎义 通讯员 李向军

“我的工作像搅拌，搅拌浆在烧瓶中旋转，而我围着实验台、试剂转。每天的工作总是设计新试验方案、实验、失败或重复。在外人看来这是一份枯燥、不够光鲜亮丽的工作。我却从不这样认为，当一个实验品按着设计的方式被制备出来，那就是最美的，因为那是知识和努力的结晶。我们科研人员就是要发现，别人看不到的‘美’。”北京光华纺织集团中纺海天公司产品研发室主任江四九这样说。

就是他的“搅拌”下，突破了国外碳纤维技术封锁线，突破了进口产品对我国碳纤维产业发展的技术封锁，成功研发并生产了碳纤维上浆剂产品，为航天、航空、国防等重要领域的发展做出了贡献。他被市国资委评选为第四届“国企楷模·北京榜样”，并在2017年12月27日召开的“国企楷模·北京榜样”主题活动颁奖会上领奖。

2010年7月，江四九完成了北京化工大学材料科学与工程专

业的博士学业，来到北京光华纺织集团中纺海天公司。当时，中纺海天公司没有独立的产品研发部门，没有设备齐全的科研实验室，不具备独立研发产品的基础条件。江四九来公司实习期间，就开始筹划科研实验室的组建工作。他在与公司领导、技术人员、销售人员进行了多次的深入交流与讨论，了解公司产品概况，调研产品市场和公司未来产品的发展方向后，主动申请到生产车间一线实习，与工人师傅一起进行生产，掌握公司产品的生产工艺和应用性能。实习工作后，他迅速完成了科研实验室的规划和实验仪器的安装调试工作。2010年底，中纺海天公司正式成立了产品研究室和研发团队，承担起技术创新和新产品研发的重任。

在众多的新产品研发中，江四九说最难啃的骨头就是碳纤维上浆剂的研发。高性能碳纤维被称为“黑色黄金”，它是一种重要的战略性新材料，涉及到航

天、航空、国防等重要领域。碳纤维上浆剂在高性能碳纤维制造中发挥着至关重要的作用。碳纤维上浆剂的性能好坏是影响碳纤维的性能、品质和应用性的最重要的因素之一，也是国外碳纤维制造厂家的一个关键技术秘密和核心竞争点。

江四九及其团队通过查阅文献资料，反复实验，一丝不苟地记录着每次实验的现象与结果，失败再失败，却在每次挫折中获得成长，在“搅拌”中最终使碳纤维上浆剂产品成功研发并生产。在长达3年的研发中，江四九及其团队受尽了磨难。

他清楚地记得，在2014年7月，江浙一带出现异常高温天气。江四九在浙江的一家氨纶纤维厂纺丝生产车间调整工艺。当时，室外高温酷暑，室内闷热难耐，江四九经受了“烤”验。这年冬天，江四九又转战到寒冷的吉林。当时，最低温度已经零下30度。他在吉林一家碳纤维企业通宵进行碳纤维上浆剂的在线

实验。面对严寒，江四九笑谈：“寒冷严冬在常人看来都是痛苦的，而对我反而是快乐的时刻。这是恩赐的最佳实验条件和实验机会。”

目前，江四九及其团队研制的碳纤维上浆剂已在国产的高性能碳纤维生产中应用，替代了进口产品，生产成本具有国际竞争力，产品广泛用于航空航天、载人潜水器、智能汽车及尖端科研领域。该公司也已形成了一系列高性能纤维助剂和绿色环保助剂产品，为相关产业发展开拓了新的市场和发展空间。

“科研工作就是站在专业知识的基础上，做合理的选择和必胜的坚持。我们国家的科研工作进步巨大，然而科研成果的转化一直是薄弱的瓶颈。”江四九的工作经历和学习经历让他认识到，科研成果需要转化为产品和服务才能实现其第一生产力的价值，这也是他选择来企业做产品研发的原因，通过自己的努力，让科技促发展是他的初心。