

朱森元：赤子丹心铸就液体动力之“魂”

5月14日，中国共产党优秀党员、中国科学院院士、我国航天液体火箭技术专家、中国航天科技集团有限公司科技委顾问朱森元因病逝世。巨星陨落，享年95岁。

在长达半个多世纪的航天征程中，朱森元把毕生心血奉献给祖国的火箭发动机事业，从青年报国到耄耋不倦，以实际行动践行着老一辈科学家“国家需要到哪里，就奋斗到哪里”的初心和担当。

烽火淬炼报国魂

1930年10月，朱森元出生于江苏溧阳一个普通农家。童年时代的他亲历了山河破碎的苦难：1937年，侵华日军制造南京大屠杀，他的家乡溧阳也于1938年沦陷。逃难路上，幼小的朱森元目睹敌机肆虐。“爷爷说，我们这枪炮不行，行的话我们就可以和他们打。”朱森元在93岁接受采访时曾回忆，这句话给他印象很深，“要搞好枪炮，这个我从小就知道了。”

1949年，新中国成立，朱森元考入南京大学航空系。他积极响应号召，进入军事干部学校，参与空军教师队伍培养，从此将个人命运与国家航天事业紧密相连。1953年，他赴苏联留学，后转入鲍曼高等技术学校攻读研究生，获技术科学副博士学位。之后，他谢绝苏方挽留，披上军装，归国投身国防部第五研究院，开启航天动力研究之路。

攻坚“氢氧”千重障

20世纪70年代初，出于发展静止轨道卫星和新一代大推力运载火箭的需要，中国决定自主开展液氢液氧高能火箭发动机的预研。彼时，我国在超低温推进技术领域几乎是一片空白：没有现成试验台架，缺乏耐零下253摄氏度液氢的材料，更无成功经验可循，一切从零起步。

40岁的朱森元临危受命，被指定负责组建氢氧火箭发动机研究室，挑起开创性重担。他主动带领22名从三线调回的技术人员来到对口车间，组建起科研人员与工人师傅联合攻关的团队。

万事开头难。摆在眼前的第一道坎是严苛的低温材料问题，几乎所有以往发动机用的非金属材料在液氢环境下都无法使用。材料关不破，试验就无法继续。

朱森元当机立断，在极端简陋的条件下展开了一轮又一轮材料筛选试验：把各种样品浸泡在装有液氢的杜瓦瓶中冷冻，再取出用卡尺测量尺寸变化，徒手摔打、铁锤敲击，查看韧性和强度。这套土办法既原始又危险——任何一丝火花都可能引发氢爆炸，但当时他们别无他



1988年6月，朱森元(左)主持研究生论文答辩会 ■ 资料图

法，只能冒险摸索。朱森元和团队在兄弟单位支援下，仅用一年多时间就攻克了液氢环境下阀门密封材料等难题。

材料瓶颈突破后，更大的挑战接踵而至。没有低温涡轮泵试验台，朱森元就带领团队把小型水泵改造成低温测试装置；缺少高空模拟设备，他们便独创“热效喷管”方案验证燃烧室性能。1974年，首台液氢泵半系统试车成功，不仅验证了核心部件协调性，更催生出世界首创的“憋压起动”技术，解决了火箭二次点火难题。有人评价这项突破犹如“猴子进化成人”，标志着中国正式叩开低温推进技术大门。

创新难免伴生阻力，突破必然经历质疑。1974年5月，针对来自科技人员的《关于建设我国卫星通信的建议》的信件，周恩来总理批示“做出规划，督促进行”。同年8月，领导和专家在北京友谊宾馆具体论证通信卫星运载工具的方案。朱森元作为代表出席会议，他带着经过半系统试车的发动机实物，汇报氢氧发动机预研进展，阐释这种新型发动机的优越性能和光明前景。

起初，不少与会者认为氢氧发动机尚属“雏形”，不具备立刻上马的条件，他们更倾向于采用成熟的常规推进方案，朱森元据理力争。

在总设计师任新民的坚定支持下，会议最终拍板：通信卫星运载火箭“氢氧和常规两个方案并举，一年以后再定”。“还要看你们一年。”散会时，任新民对朱森元说。

朱森元没有辜负期望。半年之后，1975年1月，我国第一台预研型氢氧发动机(代号YF-70)在北京郊外试车台上完成了满时长全系统点火试验，获得圆满成功，从此氢氧发动机进入实用研制阶段。

1975年3月，毛泽东主席批准将通信卫星工程(代号“331”工程)确定为国家重点项目，氢氧发动机在工程方案中占据了一席之地。

箭指深空修正果

“三十功名尘与土，八千里路云和月。”昔日岳飞的诗句，映照出朱森元团队13年的艰辛征途。从1975年~1984年，他率队经历了氢氧发动机从原理样机到工程应用的几多风雨。1980年涡轮泵轴承故障、1982年低频振荡、1983年高频爆燃……每次危机都考验着团队的承压能力和智慧。朱森元带领团队制定“防火防漏十大措施”，研发新型耐蚀材料，最终在1983年8月完成氢氧发动机全系统可靠性验证。

1984年1月29日，当长征三号运载火箭矗立在发射塔架时，朱森元和团队距梦想实现仅剩最后一跃。火箭的三级氢氧发动机凝聚着团队的心血，承担着把卫星送入地球同步转移轨道的重任。

当日20时24分，长征三号火箭首次点火升空。一级正常、二级正常、三级一次点火正常……接下来就是决定成败的三级发动机二次点火。朱森元盯着遥测屏幕上压力曲线的跳动，几乎屏住呼吸。然而，二次点火后第3秒，氢氧发动机二次启动失败了。刹那间，大厅内传来一片低沉的叹息声。

经过彻夜分析计算，他们针对暴露的新问题各自提出改进措施。朱森元更是马不停蹄绘制出全部修改图纸并准备好相关数据。前方发射场和后方科研单位密切协同，仅用70天就将第二发火箭准备就绪，再次奔赴发射场。

1984年4月8日清晨，长征三号火箭迎来了期盼已久的再战时刻。伴随震

耳欲聋的轰鸣声，火箭再度扶摇直上。这一次，三级氢氧发动机的两次点火都精确无误，托举着东方红二号试验通信卫星成功进入地球同步轨道。

指控大厅沸腾了，人们激动地相拥而泣。这一刻，朱森元的梦想终于实现：中国成为继美、法两国之后第三个掌握低温火箭发动机技术的国家。

矢志航天薪火传

晚年的朱森元腿脚不便、眼睛看不清了、耳朵也听不见了，但他对航天事业的关切丝毫未减。除了钻研他仍感兴趣的学术课题外，他还坚持担任北京航空航天大学、国防科技大学等高校的兼职博士生导师，指导培养研究生，以“传帮带”延续航天动力人才的薪火。“现在的年轻人做得很好，在专业上我很放心。”他说道。

长征五号运载火箭总指挥王珏是朱森元的学生。“我是1986年读的朱先生的研究生，跟着朱先生从事氢氧发动机系统动力学方面的研究，能够师从于先生，是我一生的幸运。”在王珏的记忆中，朱森元学识深厚、温文尔雅，说话慢条斯理，但思维逻辑极其严谨，十分注重“对待问题首先要理清概念、弄清机理，不能浮于表面，要看到问题本质”，有时甚至亲自推导公式，阐明观点。

从事重型火箭相关工作的郑孟伟是朱森元的关门弟子。两人成为师徒时，朱森元已年逾古稀，双眼视力只剩0.3左右，可让郑孟伟记忆犹新的事，朱森元坚持自己动手批改每一份论文，仍喜欢把学生们叫到家里一起讨论前沿技术问题。“涉及的一些动力系统的公式，都记在他脑子里，他随手都可以写下来，让我们非常佩服。”郑孟伟回忆。

“我们最后一次见面是在2024年的春节，我去医院看望他，当时他的眼睛已经看不清了，体力衰弱得厉害，但是依然紧紧拉着我的手，仔细询问近期有关发展动态，对一些技术问题问得很细。”王珏回忆，“看得出来，他始终在全身心关注国家航天事业的发展，对我的到访期待已久。”那一幕让王珏鼻子一酸，这位老科学家对一份事业简单纯粹的爱，让他毕生难忘。

朱森元的一生，支撑他走过漫长科研之路的，是对党和国家的无限忠诚、对航天事业的无悔热爱和对科学真理的不懈追求。他身上所体现的爱国情怀、创新精神、严谨作风，正是一代又一代中国科技工作者优秀品质的缩影。如今，这位把自己的一切都献给国家航天事业的老人离开了我们，但他的名字将与长征系列运载火箭一同载入史册。

王小月

手握焊枪三十载，他以钢铁为纸、焊花为墨，从国内油田到国际舞台，用一把焊枪在国内外重点工程中书写“中国速度”，累计获18项国家专利、1项软件著作权，成为国际焊接领域公认的“中国焊匠”。

汪宏辉，1970年出生，中共党员，石工建沙特项目管理部焊接技能负责人，集团首席技师、技能大师，全国劳动模范，全国技术能手，全国五一劳动奖章获得者。

4月15日，在沙特代瓦迪米地区石工建沙特MGS项目现场，55岁的汪宏辉指导着外籍焊工作业。伴随着“刺刺”的焊接声，跃动的光芒照亮了钢铁管道。

汪宏辉用一把焊枪，在钢铁上刻下三十年如一日的坚守。他的技术履历，比焊花还要夺目。

1998年，汪宏辉首次出征苏丹HGLC油田，就创下直径400毫米管线月焊3180道口、日均焊接106道口的国际手工焊最高纪录，合格率高达99.7%，被外方誉为“免检王”。

2008年在阿尔及利亚管道项目，他运用半自动下向焊工艺焊接直径200毫米~1200毫米平焊法兰，功效提高了5倍以上且合格率100%。

2012年在沙特SWCC项目，面对1900毫米全球最大口径管线挑战，他带领团队反复调试参数，最终以98.3%的焊接合格率刷新纪录，德国监理破例颁发“一次合格证书”。

10余年间，他辗转沙特、阿尔及利亚、乌干达等9个国家，累计焊接管线总长度超3000公里，相当于北京至乌鲁木齐的直线距离。

“焊工不能只靠手，更要靠脑子！”深耕焊接领域，汪宏辉明白，新时代的焊工需要双手的精准，更需头脑的革新。

2020年，他带领工作室成员仅用40天完成国家管网首批4项工艺评定，实验数据一次性全优，为中国石化进入国家管网市场立下汗马功劳。2021年，他率队扎根南通施工现场，顶着酷暑与潮湿，26天攻克国内X80高钢级管道技术空白，取得12项科研成果，完成国内首个铜衬垫外根焊全自动技术验证。

从手工焊到全自动焊，汪宏辉主导6项国家级科研课题，制作80余项焊接工艺规程，推动国内管道焊接效率提升40%。2022年，他组织撰写《全自动焊机数据上传系统》创新成果，成功入围全国大国工匠创新交流大会。

除了技术突破，汪宏辉还将匠心倾注于薪火相传。他首创“双序列”团队培养模式，融合工程师理论深度、焊工实操精度与管工系统思维，累计带徒36人，培训180人次。他的徒弟中，有人成长为集团技能大师，有人在国家级竞赛中摘金夺银，大多扎根一线成为技术骨干。

技术无国界，匠心可燎原。2024年，汪宏辉远赴乌干达开展“焊花绽放”培训计划，为当地培养了60名焊工，为非洲能源发展播下“中国经验”的种子。

汪宏辉用30年的坚守证明：匠心，是枯燥中的极致追求，更是用一技之长照亮时代的担当。他说：“我只是一名焊工，但焊枪连着的，是中国制造的脊梁。”



汪宏辉(左)指导外籍人员工作场景 ■ 资料图

践行“四力” 立足基层 ——寻访最美科技工作者

郝贵忠：让老味道在新时代“活”起来

■ 科学导报记者 刘娜

他是副食品工业化的“解码者”，在数据与风味的迷宫中探寻最优解；他是技术突兀的“破壁人”，用毫米级精度重塑生产线基因，他就是山西海玉园食品有限公司研发部经理郝贵忠。这位从生产一线成长起来的“石头饼大王”，用20多年时间书写了一段“把青春熬成配方，让创新闯进生活”的传奇故事。

“口感还不够酥脆，继续上机刷油烘烤，再试试它的口感。”5月19日，《科学导报》记者见到郝贵忠时，他正在车间指导工作。

1999年，刚刚入职的郝贵忠成为一名装卸工人，是生产环节和工艺流程的一名“门外汉”，但他不怕苦不怕累，以负责敬业的态度做好每一份工作，并展现出超乎常人的责任心。

工作刚起步的时候，他每天都要在生产线上忙碌10多个小时，回想起那段时光，他的眼中闪烁着光芒：“我从来没有抱怨过，因为我知道，只有脚踏实地，才能学到真本事。”

之后因为岗位调整，郝贵忠被安排到了生产车间，和师傅学习面粉搅拌，也就是“和面”。对于食品生产而言，这是一个十分重要的环节，各种原料的比例、搅拌的时间和温度不同产生的微

妙变化，都会影响到产品最终的品质。勤奋好学的他一边向师傅学习，一边在工余时间不断练习，琢磨技术，最终掌握了技术要领。

当技术不断精进，海玉上线了一款叫做“早餐奶饼”的新产品，由两个生产小组进行生产。因为第一次接触这个产品，在经过一夜的反复调试和制作之后，郝贵忠所在小组还是没能成功生产，但另一个小组却成功了。在第二天全厂的生产会议上，公司领导通报了这件事。

郝贵忠坐在最后一排的角落里抬不起头，他心里暗暗下定决心：一定要提升本领、精通技术，不能再让类似的事情发生。这次小小的挫折，也促成了他的快速成长。数年之后，他被委以重任，成为饼干生产科科长，成为公司“拳头产品”生产车间的管理人员。

因为工作忙碌，郝贵忠经常没有时间吃早饭，为此，他购买一些传统手工生产的石头饼放在办公室，饿了就拿来充饥。有一次，他突发奇想，石头饼作为传统食品，能否推出一款方便、干净的包装产品，将石头饼做成饼干大小，这样既方便食用，又容易进行大批量生产。有了这个思路，郝贵忠便着手开始试验。第一批试验制造的“石头饼”，是由他全手工完成的。制成之后，他将样品拿去和同事一起品尝、讨

论，确定了该产品的可行性，同时也发现了其在口感方面存在的不足。此后，他和其他技术人员进入了漫长的试验、调整、改良阶段，产品配方和比例的调整超过了20余次，最终确立了最佳的方案。

有了稳定的配方，大批量生产离不开设备，但是市场上完全没有可以批量生产石头饼的设备。郝贵忠深知设备调试是产品创新的基石，鉴于这一情况，2022年，熟悉生产工艺的郝贵忠和技术人员一起着手对现有设备进行改造。

最初研发改造的时候，郝贵忠带领团队72小时吃住在车间进行技术攻关，对新设备的每项参数进行系统性验证与调整，从滚、揉



工序的转速控制到加热环节的温度设定，每一个关键节点都需要经过数十次对比实验。为确保产品口感与品质，他坚持亲自参与感官测试，历时6个月，“石头饼”饼干系列成为海玉公司的明星产品和新的产值增长点，市场销售火爆。

2023年，海玉公司生产的2000公斤石头饼和缸炉饼通过晋阳海关出口到美国、荷兰，在海外一展“老城榆次”美食的风采。

不满足，才能创新，公司才能发展。在现有

石头饼的基础上，郝贵忠和同事们再接再厉，深耕新产品的研发及工艺的制定，为了更加符合现代人的健康理念，他和同事研发出了第三代薯片“薯东方”，与市面上的薯片最大的区别就是，它是在石头上烤出来的非油炸、非膨化的薯片，不仅健康，而且在工艺上还保留了非遗的传统技艺，去年一经上市就受到了消费者的青睐。

深耕细作笃前行，功夫不负有心人。郝贵忠扎根平凡、书写不凡，创造了行业奇迹：2017

年荣获“优秀食品科技工作者”称号；2018年入选山西省“三晋英才”支持计划青年优秀人才；2019年被授予“山西省劳动模范”称号；2021年荣获全国五一劳动奖章；2025年荣获“全国劳动模范”称号。

从生产线的参数调试到国际市场的产品认证，郝贵忠用行动证明：真正的创新源于对细节的执着，他以“把每件产品做到极致”的信念，在食品研发领域书写着属于新时代劳模的奋斗篇章。