
张健：“精密”是始终如一的努力方向

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39626.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

张健：“精密”是始终如一的努力方向。



张健 金属所供图

本报记者 张楠

单晶涡轮叶片的核心在于“精密”二字。它的制造离不开定向凝固这一高难度工艺，涉及型芯、型壳、温度场等多重变量的精准控制。中国科学院金属研究所（以下简称金属所）研究员张健团队用20余年时间，一步步解开了这道复杂的工程方程。

零下20摄氏度的起步

张健2003年进入金属所工作时，国内在高温梯度液态金属冷却（LMC）定向凝固技术领域几乎是一片空白。

在组建实验室之初，张健就高度重视LMC技术的基础科研以及核心装备的自主研发。然而，当时的研发条件十分艰苦，硬件落后。

2003年底，张健与中国科学院沈阳科学仪器股份有限公司合作研制设备。12月的沈阳，室外温度能到零下20多摄氏度，而车间几乎没有取暖设施，四面漏风，只有东北常见的两道棉门帘挡着。

因为循环水冻结会胀坏管路，晚上必须关掉，每天早上8点多到车间，张健和同事要先花1个多小时预热循环水。调试设备的过程涉及加热、冷却、真空等多个环节，需要一项项地调。就这样，

他们冒着严寒在车间里连续调试了几个星期。

2004年初，项目组成成功研制出实验室级别的LMC设备。2006年3月27日，他们用这台设备制备出第一件实心单晶叶片，并用记号笔在叶片上写下了这个日期。这个叶片至今仍保存在实验室里。

张健对《中国科学报》表示，现在看来，当时对单晶的理解很肤浅，制备成功多少有些“凑巧”，但这确实给了团队信心。

此后，张健带领团队从单晶高温合金研发到大型LMC装备研制，逐步破解了高强抗热冲击型壳、低熔点冷却介质温度控制等关键难题，让LMC工艺从“纸上谈兵”变成了触手可及的技术成果。他们也成为国内立足自主研发、唯一掌握可工程化LMC技术的团队。

“单晶涡轮叶片是精密铸造工艺制造的，核心就在‘精密’两个字上。”这是张健始终如一的努力方向。

临危受命，3个月建成生产线

2019年，受国际形势影响，某型号发动机的自主研发迫在眉睫。该型发动机的单晶叶片要求全部采用LMC工艺制造。张健团队凭借在LMC技术领域的领先优势，成为唯一供应商。

然而，真正的考验才刚刚开始。2022年底，交付任务激增，张健下定决心组建完善的单晶叶片生产线。为应对疫情防控，作为党支部书记，张健果断决定驻厂生产。30余名团队成员迅速响应，住进车间。团队成员几周内几乎都出现了发烧的情况，但还是克服重重困难，用3个月时间就建设完善了一条精密铸造制壳生产线，为叶片交付奠定了坚实基础。

2023年、2024年，对团队来说是“最折磨人的两年”。

车间成了他们的“战场”。沈阳的夏天，气温超过30摄氏度，而车间内炉子附近七八米高的操作台温度超过40摄氏度。团队现场工作人员几乎全年坚持每天“朝五晚十”的高强度工作。

更大的挑战来自技术本身。曾经有一个月，单晶叶片的合格率突然降低，几乎为零。

科研人员每周开会分析原因，再到现场一点点核对，记录繁复的数据，一周一周地比对。从问题出现到最终解决，往往要花费几个月的时间。更棘手的是，叶片研制初期，同样工艺下，一批叶片顺利交付，另一批却大量报废。张健知道，这背后一定有他们尚未察觉的变化。

张健介绍，单晶涡轮叶片是空心结构，内部是氧化硅基的陶瓷型芯，外部是氧化铝基的陶瓷模壳，两者膨胀系数相差十几倍。从室温加热到高温的过程中，必须给它们留出极其精密的配合空间。这时氧化铝、氧化硅体系以及工艺过程中微小的变化，都会影响型壳体系的尺寸、质量控制。

与此同时，为了满足激增的交付任务量，张健团队算了一笔账：如果按照当时国内外常规的生产效率，即使操作人员一整天不睡觉、设备24小时不停，也无法完成任务。

他们决定发挥LMC技术温度梯度高、冷却均匀的优势，使单炉效率至少提升3倍。

这一过程并非一帆风顺——叶片断了，模壳浇注时漏了，单晶长不出来……团队花了半年多时间

解决大型模壳不同位置温度场差异的问题，又花了1年半时间稳定工艺，经历了反复迭代试验。

2023年至2024年，张健团队几乎全年无休，先后破解了大型密排模组设计制造、动态隔热、取向控制等关键难题，单晶叶片制造效率大幅提升，强力支撑了交付任务的完成。

从1%成品率向智能制造迈进

在张健看来，“技术没有终点”。面对国内某先进发动机单晶叶片研制的僵局，他再次迎难而上。当时，该叶片的成品率只有1%。

但团队里没有人觉得“这不可能”。张健说：“老外能干成，中国人当然也能干成。”

张健团队攻克了复杂型芯制造、精密尺寸控制等难题。金属所因此荣获“2020年度、2023年度民用发动机金牌供应商”称号，成为叶片领域唯一获此殊荣的单位。

然而，张健却称，自己“一直在焦虑”。国内的研发生产力量，各有优势，竞争激烈。而国际上，俄罗斯效率更高，欧美合格率更高，所以只有加倍努力才能实现真正的“技术上遥遥领先”。

2024年，张健团队搭建了国内第一套单晶叶片全链条数据采集系统。每个现场操作人员均配设二维码，每件产品、每道工艺的参数都记录在案。数据积累起来后，张健便联合相关科研人员，尝试用AI分析这些数据与合格率之间的关联。

近期，更大模组的单晶铸件在实验室获得突破，准备进入批产验证。他希望通过一到两年的努力，将合格率和效率继续提升到更高的水平，确保关键时刻单晶叶片“供得上、用得起”。

不久前，张健获2025年中国科学院年度先锋人物荣誉称号。从“无人涉足”到“国际先进”，从“卡脖子”困境到“自主可控”，张健以二十余载深耕诠释着科学家精神的内核。他说，做科研和做党员的要求高度一致，最根本的就是实事求是。“做工程，不实事求是是出不来的。”

《中国科学报》(2026-05-08 第1版 要闻)

作者：张楠 来源：中国科学报

更多科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发