

中国科学院院士魏炳波：

# 杰青项目开启空间材料科学新纪元

■本报记者 甘晓 ■杨曦

不久前，我国“太空家园”传来好消息，中国空间站和核心舱已在轨稳定运行 3 年。

我国首个空间材料科学实验室的创建者、中国科学院院士魏炳波欣慰地看到，3 年来，天和核心舱内的“无容器材料实验柜”获得大量微重力环境下无容器材料实验的关键科学数据，有望为探索新材料提供指导。

“我们 30 多年来‘地面画龙、空间点睛’的梦想终于实现！”魏炳波表示。

长期以来，魏炳波带领科研团队从事金属材料凝固科学与技术和空间材料科学研究，自主设计研制了金属材料超常凝固实验系统，为探索金属材料在极端环境下的制备成形提供了强有力的实验手段，开创了我国空间材料科学新纪元。

1994 年，魏炳波曾获首批国家杰出青年科学基金项目（以下简称杰青项目）资助。“我在杰青项目的申请过程中得到了高水平的学术锻炼，项目成功获批又给了我很大信心。”回首科研人生，他坦言，“在杰青项目支持下，我的创新能力得到进一步提高，成长为空间材料科学领域的学术带头人。”

## 创建地面的“太空”

1992 年圣诞节，28 岁的魏炳波结束在德国的合作研究，搭乘国际航班从瑞士苏黎世回到西安。他以教授的身份，重新走进母校西北工业大学的校园。

回到祖国，魏炳波继续致力于空间材料科学和快速凝固领域研究。几乎所有金属材料的加工制备过程都从凝固开始。人们将加热后熔融的金属冷却至熔点以下，使其从液态转变为固态。从液体到固体的相变过程直接关系到金属材料结构、微观组织和最终性能，其中的重要参数之一——“过冷度”成为科学家关注的焦点。

例如，在正常情况下，炽热的铁水在 1538 摄氏度时开始凝固。而在一些特殊情况下，铁水可以在远低于正常凝固点的 1300 摄氏度保持液态，从而达到过冷状态。

魏炳波介绍，在过冷状态下，液体内部的原子或分子由于能量的降低和结构的重新排列，为后续的快速凝固过程创造了条件。



魏炳波  
受访者供图

“无容器”状态是科学家研究过冷梦寐以求的实验手段——让熔融的金属材料成为液滴漂浮在空中，不和容器壁接触，在较低温度下不凝固，仍然保持液体状态。太空的微重力环境则为实现“无容器”状态提供了绝佳条件。

随着我国启动载人航天工程，魏炳波回国后不久就参与其中，旨在为载人飞船上搭载相关载荷开展预先研究。他一心想创建一个地面的“太空”，为的是在地面模拟出太空微重力下的“无容器”效果，开展空间材料实验。

1994 年，魏炳波得知国家杰出青年科学基金设立的好消息后，以“空间材料科学研究”为题提交了申请书。这让他成为国内较早提出“空间材料科学”新概念的学者之一。

## 答辩遇到两个难题

要在地面上让熔融金属的液滴飘起来实现“无容器”，就需要利用某种外力抵消液滴自身的重力。申请杰青项目时，魏炳波提出了 3 个研究目标，计划采用 3 种不同的方式抵消重力。

“首先做电磁悬浮，计划在地面上做一些预演，模拟未来空间站的情况。”魏炳波回忆，“第二个目标是做超声悬浮，与电磁悬浮形成互补；第三个目标是用熔体浸浮的方式做公斤级的大体积样品。”

当年杰青项目的答辩会上，魏炳波面对众多国际知名的材料与工程专家，条理清晰又语气坚定地阐述了上述研究目标。话音刚落，评委们就提出了一个难题：“杰青项目给你 60 万元经费，你能完成这三方面的研究吗？”

“当时我是个‘愣头儿青’，没有经济头脑，觉得可以做完。”魏炳波回忆。评委则建议他在经费有限的情况下，专注把电磁悬浮研究做好。

答辩接近尾声时，一位资深冶金学家又提出一个犀利的问题：“你使用玻璃熔体处理金属材料时，如何避免它们之间的反应？”这个问题让魏炳波一时语塞。

最后，评委们向魏炳波提出了一些建议，并希望他认真考虑。“我当时很年轻，才 30 岁，通过那次答辩认识到知识面太窄，只懂得自己研究领域内的一点点东西，专家的建议让我获益匪浅。”如今，魏炳波对当时的情景仍然记忆犹新。

他感慨道：“申请杰青项目的过程对我来说是一种锻炼。评委们的高标准、严要求不仅是对我能力的考验，也为我提供了成长的机会。”

## 交出漂亮成绩单

获批杰青项目后，一位老前辈鼓励魏炳波：“希望你在实验室里带着学生好好干，4 年后交出一份合格的答卷。”

一开始，困难远超想象。“之前在国外都是用人家已有的实验装备，没想到自己设计一台新型仪器会面临那么多困难。”魏炳波说。

在几乎没有经验的情况下，魏炳波带领科研团队全身心投入先进实验仪器的研发中。认识他的人都说他是个“工作狂”。如果想找魏炳波，只要到实验室，准能看到他的身影。

魏炳波团队克服重重困难，终于实现了杰青项目申请书的研究目标——电磁悬浮快速凝固仪器问世。这是中国第一台、也是世界第三台同类仪器。

杰青项目结题时，魏炳波心怀忐忑地交上了这份答卷，不知道能不能及格。“杰青项目总结会上，我都快掉眼泪了。第一批杰青项目获得者中，有人交上来 50 篇甚至 100 篇论文，而我只发表了 10 篇。”他说，“同时交了一台自主设计的新型仪器。”

“我们充分肯定你的工作。”专家组组长拍了拍魏炳波的肩膀说。当时，国家自然科学基金尚未单独设立资助科研仪器研发的项目。专家组详细研讨后，认为魏炳波完成了一项原创研究，研发出的仪器拥有全部知识产权，各项指标都达到世界一流水平，能够视为一种特殊形式的基础研究成果。

魏炳波深刻感受到，要把论文写在祖国大地上。他认为，这句话不应狭义地理解为用中文写论文并发表在中国人创办的刊物上，而应理解为坚持目标导向和自由探索“两条腿走路”，把世界科技前沿同国家重大战略需求和经济社会发展目标结合起来。

魏炳波在执行杰青项目过程中学术能力

得到极大提高。“杰青项目是我强有力的助推剂。”他强调。

对于从 2024 年起开展杰青项目结题分级评价及延续资助工作，魏炳波表示：“这是力度前所未有的改革举措，强化了杰青项目的全流程管理。”前不久，他刚刚参加了今年的杰青项目结题答辩会，13 位杰青项目获得者中有 1 位执行情况差。

“我们希望青年学者通过四五年的研究，认真做科学，成长为领域内的学术带头人。”魏炳波表示。

## 梦圆空间站

以杰青项目为起点，魏炳波带领科研团队在空间材料科学研究之路上越走越远。他们建立了金属材料超常凝固实验系统，自主研制了电磁悬浮、超声悬浮、静电悬浮、气动悬浮、熔体浸浮和自由落体等 6 种实验设备，并都达到国际先进或者领先水平。

随着我国载人航天工程的深入推进，这些成果已经应用于空间应用系统。

2022 年 3 月，无容器材料实验柜在“天宫课堂”第二课上公开向全球展示。课堂上，神舟十三号乘组航天员王亚平展示了铅金属熔化与凝固实验。一颗金属小球悬浮在实验腔体中，经过悬浮控制、激光加热、测量物性、再辉、样品冷却凝固、回收等环节后，实验完成。

当年的空间材料科学梦已经在中国空间站上变成现实，魏炳波倍感骄傲。他说：“我们已经用中国自己的空间站做了 400 多个不同材料实验样品的实验，使金属材料在转型升级上迈出更大一步。”

面向未来，魏炳波表示，将继续带领团队开展空间材料科学研究，满足载人航天工程在空间应用与科学领域的国家重大需求。与此同时，他们在生物医学用金属材料领域开展有益尝试，希望为人民生命健康作出贡献。

过去 8 年，魏炳波团队与医学领域专家合作，探索超常调制的特种金属材料在人工关节等人体植入物中的潜在应用。“我们期待能够尽快在骨科临床上开展应用。”魏炳波表示。

（作者杨曦单位：国家自然科学基金委员会科学传播与成果转化中心）

中国科学院院士李惠：

# 杰青项目振奋了我的科学精神

■本报记者 冯丽妃

中国科学院院士、哈尔滨工业大学教授李惠是一名桥梁工程专家，研究方向为桥梁智能科学与技术，即通过人工智能与桥梁工程学科交叉监测桥梁结构健康状态，为桥梁安全“把脉”。

李惠的首创成果广泛应用于我国特大桥梁，如世界首座跨度超 1000 米的斜拉桥苏通大桥、世界最大公铁两用桥沪苏通大桥、浙江舟山西堠门大桥、粤港澳大湾区南沙大桥等。

李惠表示，获得国家杰出青年科学基金项目（以下简称杰青项目）资助对其科学研究生涯影响巨大。“杰青项目振奋了我的科学精神，提升了我的科研品味，提高了我的科学研究尤其是基础科学研究水平。”她近日在接受《中国科学报》采访时说。

## 科学性、基础性、创新性最重要

李惠曾于 2005 年获得杰青项目资助。彼时，结构健康监测是新兴交叉研究方向，她对这一方向极感兴趣，获得杰青项目资助让她能静下心来，长期从事这个崭新且具挑战性的研究。

谈及撰写杰青项目申请书的经历，李惠表示，研究成果的科学性、基础性、创新性是最重要的；其次，申请人的国内外学术影响力和活跃度也非常重要。“撰写杰青项目申请书和准备答辩，是一个深刻思考个人研究对学科发展贡献的过程。”她对《中国科学报》说。

自攻读博士学位开始，李惠就致力于土木工程交叉创新研究。她是我国较早开展结构振动控制研究的学者，在主动调频质量阻尼控制、半主动控制和形状记忆合金自恢复智能控制领域取得了系列成果，尤其是提出了斜拉桥智能负刚度控制理论，大幅提升了振动控制效果，且深刻揭示了智能控制机理。

在杰青项目的资助下，李惠给自己设定更高的标准和要求——做具有更高创新水平的基础研究。

“获得杰青项目资助对我影响非常大，让

我的研究理念、研究品味发生了很大变化。”李惠说。

何为科研品味？李惠表示，好的科研品味是追求研究对象的本质，抓住其最核心、最本质的第一性原理；同时，要用数学语言对原理机制进行表述，从而使研究具有普适性。正如法国哲学家、物理学家笛卡尔所说，“一切问题都可以转化为数学问题”。

## 带着梦想启航

当科学家是李惠儿时的梦想。受杰青项目资助，李惠获得 5 年 160 万元经费支持，这让她带着儿时的科研梦想扬帆启航，开始研究结构健康监测。

大型桥梁造价昂贵。由于多处于潮湿、高盐、台风等恶劣环境中，且每天有大量车辆经过，腐蚀、疲劳等因素导致桥梁产生累积损伤，降低了安全性。此外，风致振动和地震等灾害也会对桥梁服役安全造成很大威胁。

结构健康监测则是保障重大工程结构安全的重要技术。然而，如何实时准确监测和诊断一座大型桥梁的全生命周期健康，是一个国际难题。

针对这一难题，李惠率先将人工智能深度学习与桥梁工程交叉融合，研究桥梁结构健康监测理论。

“结构健康诊断就是从数据中挖掘与桥梁健康有关的特征指标，然后像给人看病一样，诊断结构是否存在损伤、是否需要修复和控制，从而确保桥梁在全生命周期内安全运行。”李惠解释说。

通过杰青项目的资助及后续 15 年的不懈创新，李惠建立了桥梁结构健康监测大数据挖掘与安全评定理论和技术体系，其中包括桥梁结构局部损伤的计算机视觉识别算法和相关模式机器学习算法、结构整体损伤的稀疏动力反演算法、桥梁结构流场偏微分方程机器学习算法、湍流物理机器学习模型、桥梁风致振动动力学及湍激振动识别与建模



李惠  
受访者供图

的物理机器学习算法，并将上述算法开发为软件，广泛应用于实际桥梁健康诊断，为保障大型桥梁服役安全提供了坚实的基础理论和先进技术支持。

这些成果让李惠在国际上率先开辟并引领了结构健康监测数据科学的研究，使结构健康监测进入了一个新时期，推动了桥梁智慧科学与技术新领域的发展。

李惠的成果已经应用于国内外上百座大型桥梁监测数据的分析挖掘和安全诊断，能够及时识别湍激振动并报警。

“桥梁是我国科技的一张名片。我国建设了世界上数量最多、规模最大的桥梁，桥梁科技和桥梁建设水平世界领先，其中也包括桥梁健康监测基础理论、技术和系统。”李惠充满信

心地说。

李惠长期扎根这一研究领域，2015 年，她获得国际结构健康监测年度人物奖；2018 年，她作为第一完成人完成的“大型桥梁结构健康监测数据挖掘与安全评定关键技术”项目，获得国家科技进步奖二等奖；2021 年，她因桥梁健康监测基础理论和工程实践方面的贡献，获得美国土木工程师协会 G.W. 豪斯纳奖章；2023 年，她因在桥梁风工程机器学习理论和工程实践方面的贡献，获得美国土木工程师协会 R.H. 斯坎伦奖章。

当前，我国正在推动数字化、信息化建设。桥梁结构健康监测技术不仅用于大型桥梁，未来其联合人工智能技术还将广泛应用于中小型桥梁。李惠希望进一步发展更先进、低造价

的结构健康监测技术。

## 助力青年科学家攀登科研“珠峰”

从切身参与杰青项目申请，到多年担任该项目评审专家，在李惠看来，“杰青项目是我国最好的人才资助项目之一，给青年人做顶尖成果提供了机会，为提高我国基础科学研究水平发挥了巨大的作用”。

当前，走过 30 个年头的杰青项目正在进行系列改革，其中包括三期滚动支持。首期 5 年 400 万元（数学和管理科学每项为 280 万元）资助期满后，择优遴选给予第二个 5 年滚动支持，资助强度加倍达到 800 万元；资助期满后，再择优遴选给予第三个 5 年 1600 万元的资助。

在李惠看来，“滚动支持”是一个积极举措。一方面，它可以使获得杰青项目的年轻人继续努力，把项目做好，争取滚动支持；另一方面，可以使他们静下心来，长期聚焦更有挑战性的难题的研究。

采访中，李惠多次表示，应建立鼓励青年科学家冒险、长期静心攻关具有挑战性课题的制度和环境，这样青年科学家即使失败也没有后顾之忧。同时，年轻人要有勇气、有梦想、有情怀，要把科学当成兴趣，有强烈的好奇心，科学是事业而不是谋生的手段，只有这样才能在杰青项目的滚动支持下，攀登科研领域的“珠峰”，做出推动学科发展的历史性重大成果，为建设科技强国作贡献。

获得杰青项目资助、实现人生理想的李惠，也希望为青少年圆梦出一份力。2021 年 8 月，她带领团队设立“菁华智慧奖助学金”，每年捐款 5 万元资助黑龙江省同乐村低收入家庭的大中小学生顺利完成学业。此外，他们每年还给广西金秀县捐赠图书 500 册，供中小学生阅读。

“教育是民族的大事，但这件事不能全靠国家，我们有能力也应该为国家教育作贡献，让困难家庭的孩子不因经济问题而失学。我们也希望为孩子们树立一个榜样，等将来他们成长起来、有能力的时候，再去帮助其他有困难的人。”李惠说。