

总第 8911 期
2026 年 1 月 7 日
星期三 今日 4 版

中国科学院主管 中国科学报社出版
国内统一连续出版物号 CN 11-0084 代号 1-82
主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>



科学网 www.science.net.cn

深学笃行全会精神 聚力攻坚核能新程

■李晴暖

党的二十届四中全会系统谋划了以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业的宏伟蓝图,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划的建议》(以下简称《建议》)进一步明确了“加快建设新型能源体系”“积极稳妥推进和实现碳达峰”及“前瞻布局未来产业”的战略方向。

目前,上海应物所已成功开展加钍实验并实现堆内钍铀转化,初步证明利用钍资源的技术可行性,为后续规模化利用钍燃料奠定了重要科学基础。

值得一提的是,这座实验堆是我国资研发、设计和建设的第四代先进裂变能系统,更是目前国际上唯一运行并实现钍燃料入堆的熔盐堆,表明我国在钍基熔盐堆核能领域实现了国际领跑。这背后,离不开上海应物所围绕钍基熔盐堆建设目标探索形成的独特体制机制。

作为“国家队”,上海应物所始终坚持以国家战略需求为最高导向,探索并实践“建制化、体系化”的科研组织模式,按照专业优势整合所内外力量,形成目标统一、分工明确、高效协同的“大团队”作战格局。

近年来,上海应物所牵头和深度参与的多个国家级重大科研项目均取得重要进展,切实将“建制化、体系化”优势转化为服务国家战略的突出成效,充分体现国家战略科技力量的组织优势。

正是在各类重大科技任务中,上海应物所打造了一支集基础研究、技术攻关和工程建设于一体的攻关团队。当前,这支队伍正围绕钍基熔盐堆研发全链条,系统地组织和实施相关任务。

钍基熔盐堆的规模化应用,离不开与产业界的深度融合。上海应物所与国内研究所、大学、核电相关设计与制造企业等联合开展关键技术攻关。随着实验堆的建成,钍基熔盐堆国产化供应链已初具雏形。下一步,上海应物所将通过与能源领域领军企业合作,深化共建钍基熔盐堆产业链和供应链,为国家能源安全和“双碳”目标提供有力支撑。

《建议》为我们描绘了“十五五”乃至更长时期的发展蓝图,而蓝图的生命力在于执行。一张蓝图绘到底,一代接着一代干。上海应物所 TMSR 实验堆、研究堆、示范堆“三步走”发展战略蓝图,正通过详尽的规划与扎实的行动,转化为目标与路径清晰的“作战图”。

面向“十五五”,所上下将不忘初心、牢记使命,以更强的担当、更实的作风、更高的标准,奋力推动我国钍基熔盐堆科技事业再攀高峰,为全面建成社会主义现代化强国、实现中华民族伟大复兴的中国梦注入强劲的核能科技力量!

(作者系中国科学院上海应用物理研究所党委书记、副所长)

学习贯彻党的二十届四中全会精神

钢铁之脊:高端轴承的自主之路

■本报记者 张楠

一台巨型盾构机直径超过十几米的刀盘产生的惊人推力,最终由一套直径数米的主轴承一力承担;一箭高速运转中的航空发动机,主轴承需要在高温、高速、极端受力下毫厘不差地工作。

轴承,这个看似普通的工业部件,却是衡量一个国家工业基础与科技实力的“试金石”。

“十四五”期间,一场围绕高端轴承的自主可控攻坚战悄然打响,并取得关键突破。

中国科学院金属研究所(以下简称金属所)牵头,联合 20 余家科研机构与企业攻关,研制出直径 8 米级超大型盾构机主轴承“破壁者”,攻克高速高精密机床轴承、高温高可靠航空发动机主轴承研制等关键技术,打通高端轴承“设计—材料—制造—应用”全链条,标志着我国在高端基础零部件领域迈出自主可控的关键一步。

从“基因”里改写轴承寿命

在谋划“十四五”重点工作期间,金属所团队先后赴国内 13 个省份 30 余家单位开展调研,发现轴承产业面临严峻挑战——我国自 1997 年引入首台盾构机、21 世纪初启动国产化以来,几乎所有零部件都未能自给,唯独主轴承依赖进口。

企业的焦虑更直接,盾构造价数亿元,进口主轴承不仅价格高昂、交付周期长,还存在“断供”风险;背后基建工程耗资以百亿元计,国产主轴承即便造出来,谁也不敢冒“一旦失效就导致工程停摆”的风险。

“卡脖子”问题面前,“国家队”必须站出来。

经过研判,中国科学院正式启动“高端轴承自主可控制造”战略性先导科技专项,金属所整合所内涵盖轴承钢、热处理、陶瓷等领域 12 个团队及院内 7 家研究所力量,联合中交天和、机械设备制造有限公司(以下简称中交天和)、洛阳新强联回转支承股份有限公司等 20 余家企业,构建起“行政指挥线+技术指挥线+党委保障线”三线并行机制。

一场覆盖轴承全生命周期的攻坚战就此拉开序幕。

“做轴承,材料是根,是‘基因’。基因不好,后面所有的工艺都是空中楼阁。”这是中国科学院院士、金属所研究员李殿中团队的共识。

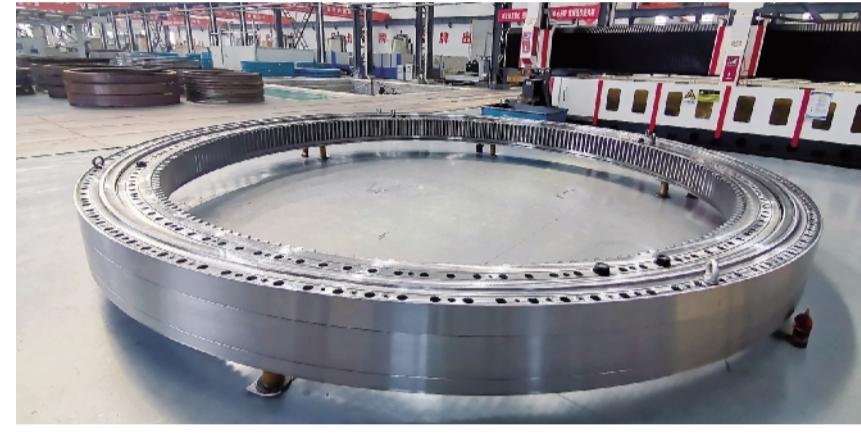
在中国科学院院士、金属所研究员李依依等老一辈科学家的带领下影响下,金属所深耕特殊钢领域数十年,奠定了坚实的理论与技术基础。

正是在这样的引领下,李殿中和金属所研究员胡小强带领的团队接过专项攻关重任,将目标锁定在轴承钢“氧含量”这一核心指标上。

钢中的氯会形成夹杂物,成为轴承疲劳裂纹的源头,直接影响寿命。要把氧含量降下来,需要从冶金物理学的基础理论入手,对整个工艺流程进行重塑。

这是一场与微观世界斗争的硬仗。研究团队深入探究了轴承钢在冶金过程中夹杂物的生成机理与演变规律,创新性地开发了微量稀土添加、低氧纯净化铸造成夹杂物细化弥散化控制等关键技术。

团队成员长期扎根生产一线,与企



金属所供图

业的工程师、技术工人一同观察、分析、调试。失败了,就从头再来;数据不合理,就一遍遍优化工艺……他们最终掌握了高性能轴承钢的“基因密码”,成功研制出超纯净、高均质、长寿命的轴承钢材料。

经第三方检测,该新型轴承钢的疲劳寿命远超进口的某知名品牌轴承钢,达到国际先进水平。

这一突破,意味着国产高端轴承有了强健的“身体”。

“我们不仅是在改进一种材料,还通过低氧稀土钢的研发应用,为中国的关键基础零部件打造更强健的‘体魄’,形成杀手锏。”李殿中感慨,“这是我们对的责任。”

41 吨“巨轮”闯过微米“天堑”

顶级轴承钢材料的研制成功,只是起点。

如何将优质钢变成性能卓越、稳定可靠的轴承,考验的是从设计、制造到应用的全链条协同创新能力。

当时,我国进口设备受国外技术限制,大型滚子的加工精度只能达到二级,即几百个滚子直径的误差不大于正负 2.5 微米,但要制造出符合盾构机要求的滚子,加工精度必须达到一级,即柱体直径误差不能大于正负 1 微米。

团队突破了当时国内淬火机床最大尺寸限制,通过设备改造和工艺创新,实现 8 米级超大直径主轴承滚道面的大淬深控制。

当年 9 月底,这套重达 41 吨的 8

根头发丝直径的 1/40,但在科研团队眼中无异于一道“天堑”。

为此,金属所研究团队主动“走出去”,与 20 余家相关企业共同组建了产学研用紧密结合的攻关联合体。

“科学家懂材料机理,工程师懂制造工艺,用懂实际工况。只有将三方的智慧深度融合,才能制造出真正好用的轴承。”一位参与项目的工程师总结道。

联合团队针对超大直径盾构机主轴承、航发主轴承、机床主轴承等具体应用场景,展开了全链条技术攻关。

2022 年 7 月,项目进入“会战”阶段。在河南洛阳的组装现场,研究人员又遇难题:表面淬火机床和高精度磨床无法满足 8 米轴承加工需求,而进口加工装备要么对我国禁售,要么价格高昂,并且需要停产两年。严重的挫败感笼罩在大家心头。

金属所党委决定即刻组建以首任所长名字命名的“李薰大型重载轴承攻关突击队”。突击队在李依依、李殿中、胡小强等人的共同带领下,在合作企业的大力支持下,联合各单位在现场一点点改造现有机床,一点点摸索参数,仅用两个月就啃下了“硬骨头”。

团队突破了当时国内淬火机床最大尺寸限制,通过设备改造和工艺创新,实现 8 米级超大直径主轴承滚道面的大淬深控制。

当年 9 月底,这套重达 41 吨的 8

根头发丝直径的 1/40,但在科研团队眼中无异于一道“天堑”。

为此,金属所研究团队主动“走出去”,与 20 余家相关企业共同组建了产学研用紧密结合的攻关联合体。

“科学家懂材料机理,工程师懂制造工艺,用懂实际工况。只有将三方的智慧深度融合,才能制造出真正好用的轴承。”一位参与项目的工程师总结道。

联合团队针对超大直径盾构机主轴承、航发主轴承、机床主轴承等具体应用场景,展开了全链条技术攻关。

2022 年 7 月,项目进入“会战”阶段。在河南洛阳的组装现场,研究人员又遇难题:表面淬火机床和高精度磨床无法满足 8 米轴承加工需求,而进口加工装备要么对我国禁售,要么价格高昂,并且需要停产两年。严重的挫败感笼罩在大家心头。

金属所党委决定即刻组建以首任所长名字命名的“李薰大型重载轴承攻关突击队”。突击队在李依依、李殿中、胡小强等人的共同带领下,在合作企业的大力支持下,联合各单位在现场一点点改造现有机床,一点点摸索参数,仅用两个月就啃下了“硬骨头”。

团队突破了当时国内淬火机床最大尺寸限制,通过设备改造和工艺创新,实现 8 米级超大直径主轴承滚道面的大淬深控制。

当年 9 月底,这套重达 41 吨的 8

米级主轴承通过验收,各项技术性能指标与进口同类产品相当。

此时,连续作战的科研人员终于能松口气。胡小强回到家后,因长期疲劳导致双眼严重肿胀,“任务倒下来,身体里攒的‘火气’才敢冒出来”。

在工程一线展示实绩

产品最终要在工程一线经受考验。

在“高端轴承自主可控制造”专项支持下,装有金属所自研 3 米主轴承的盾构机已成功应用于沈阳地铁工程。这是全链条自主的国产主轴承首次在基建项目中“试水”,标志着技术从实验室走向了实战。而 8 米主轴承通过验收,标志着我国大型盾构机国产化链条彻底打通。

2025 年 10 月,在中国科学院与国务院国资委工作会商中,金属所与中交天和签署合作协议,将采用国产 8 米主轴承进行示范应用。装有 8 米主轴承的盾构机将在江西省内高速公路隧道等工程中大展身手。

“高端轴承自主可控制造”专项破解了高端机床、大型盾构机和航空发动机主轴承国产化的难题,为我国高端基础零部件攻关提供了有益探索,是“贯通技术链、打造创新链,对接产业链”的积极实践,是发挥新形势下体制优势、开展“政、产、学、研、用”协同创新的生动体现。

“但这不是终点。”李殿中介绍,目前主轴承产业化基地已正式落地,为打通盾构机国产化“最后一公里”奠定了坚实基础;而技术的辐射效应还在延伸——团队正探索将高端轴承技术应用于风电、塔吊、港机,甚至高端精密医疗设备。

团队已整装待发,迎接下一场关键技术的挑战。前路依然充满挑战,但这场成功的实践已经证明,只要心系国家、脚踏实地、薪火相传,中国人完全有能力在关键核心技术上,铸就属于自己的“钢铁之脊”。

团队已整装待发,迎接下一场关键技术的挑战。前路依然充满挑战,但这场成功的实践已经证明,只要心系国家、脚踏实地、薪火相传,中国人完全有能力在关键核心技术上,铸就属于自己的“钢铁之脊”。