

铁基破局：他们重塑高温超导带材的“脊梁”

■本报记者 倪思洁

当前,可控核聚变、超高场磁共振等装置都在向更高磁场发起冲击。作为装置“心脏”的超导磁体性能,往往决定了这些装置能在冲击极限的路上走多远。通上电流的瞬间,超导线圈要承受巨大电磁力的拉扯。此时,一根看上去不起眼的“金属带子”成了决定“心脏”承受力的关键。

这根“带子”就是超导带材的“金属基带”。它好比超导线圈的“脊梁”,易碎的超导体附着其上。如果“脊梁”不够坚韧,超导体无法获得稳定电流,超导磁体就不能在极限环境中稳定工作。

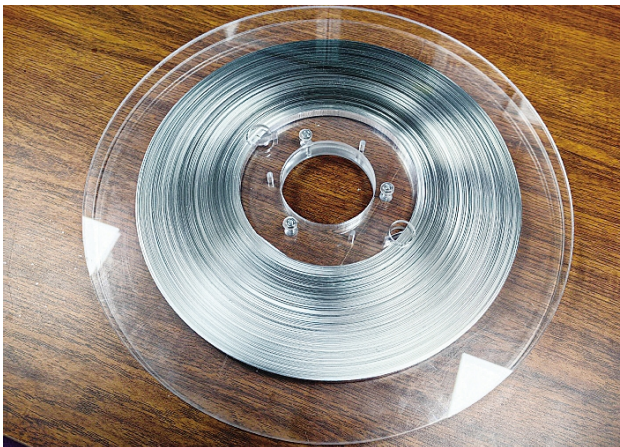
过去几十年,这根“脊梁”几乎都用一种进口合金——哈氏合金(C276)来做。它不仅昂贵,而且在极端工况下存在性能软肋。今年1月,中国科学院物理研究所发布的《2025年度REBCO高温超导带材战略研究报告》,明确将如何大幅提升合金基带的屈服强度与疲劳耐受性以满足高场应用,列为高温超导带材亟待解决的十个关键科学技术问题之一。而这个夏天,中国科学院理化技术研究所(以下简称理化所)研究员李来风和师莉带领团队,用近乎廉价的铁基合金颠覆了这一切。

“凭什么非得是哈氏合金”

用陶瓷材料做成的超导体易碎,无法绕制成线圈。为把脆性的陶瓷变成可用的线材,科学家把它做成薄膜,附着在柔韧的金属基带上,形成一条可以像电线一样绕成圈的超导带材。

第二代高温超导带材就像“汉堡包”:最底层是约50微米厚的金属基带,相当于最下面的面包片;往上逐层镀上氧化铝、氧化钪、氧化钕等过渡层,相当于夹在中间的辅料;中间是微米级厚度的超导体,相当于核心的肉饼;最上层镀一层银作为保护,像顶层的面包片把一切包在里面。

过去几十年,作为底层“面包片”的金属基带,几乎全是用美国发明的哈氏合金做的。它是一种镍基合金,耐高温、



刚刚生产出来的DW01高温超导基带。

倪思洁/摄

耐腐蚀、强度尚可,但由于含有大量镍、钼、钨等元素,价格不菲。更关键的是,它在强磁场下受力变形时有致命软肋:应变一旦超过0.4%,带材的临界电流通常会进入快速衰减区。这让超高场磁铁设计人员束手束脚,用这种基带做出来的带材,设计磁体时不得不预留较大的安全裕度,因为带材变形一旦突破安全边界,载流能力便会迅速下降,影响磁体的稳定运行。

常年研究低温材料的李来风对此耿耿于怀:“我就想不通,凭什么非得是哈氏合金,用别的合金行不行?”

李来风把心中的想法告诉中国科学院物理研究所研究员赵忠贤。赵忠贤点了点头:“国产化是什么?国产化不是单纯仿制国外的东西,而是研发出中国人自己的东西,不仅能替代进口,还能把它推广到全世界去。”

通过调研,他们了解到,20世纪90年代,人们用市场上现成的合金试着做超导基底,试到哈氏合金时觉得性能“还行”。此后这一路线沿用了近30年,很少有人探究有没有更好的材料。

就在李来风犹豫要不要用铁基合金做基带时,2023年初,上海超导科技股份有限公司(以下简称上海超导)董事长马韬敲响了他办公室的门。

“李老师,你们能不能帮我们把基

带国产化?做出来,我按进口价买!”马韬满腹苦水。彼时,国内超导带材企业被进口基带“卡住了脖子”,不但贵,供应也不稳定。

“那就做。”李来风下了决心。

“心凉了半截”

基带国产化这件事,李来风决定“两条腿走路”:一条是延续传统路线,将哈氏合金基带技术国产化,掌握基带制备的全链条工艺;另一条是打破既有思路,从材料低温强化机制和应用需求出发,设计一种全新的铁基合金基带。

说干就干。技术负责人师莉牵头,带着博士生黄一宁等组成团队,全身心扑到铁基合金基带攻关上。“就算这条路走不通,也会有科学价值。”面对前景的不确定性,李来风不止一次鼓励大家。

之后,团队一边进行哈氏合金基带的国产化工作并借此打通基带生产线,一边做铁基合金基带研发。

那段时间,师莉与北京北冶新材料股份有限公司(以下简称北冶)和首钢技术研究院密切合作,从冶炼、热轧到冷轧,前后经过十七八道工序,一起摸索每一道工序的参数,用了一年多时

间,终于将产线打通。

黄一宁则在李来风的指导下,弃实用铁基合金做基带的理论基础并建立相关低温测试平台。

凭着技术经验,团队设计出4组成分不同的铁基合金。然而,让他们失落的是,第一组成分的合金拿去锻造时,尚未成形的基带就像苏打饼干一样层层碎开。

直到2024年夏天,他们总算做出了几卷像样的铁基合金基带样品。之后,他们把样品送到上海两家超导带材企业。两家企业用该基带制备出超导带材后,测试结果都是“没有电流”。

“一下子,心凉了半截,我都做好了从头再来的准备。”黄一宁说。他天天在微信上拜托企业技术人员再试试,几乎每句话后面都要加一个抱歉的表情。

团队没有灰心。他们与北冶技术人员降向冬等反复讨论,优化制备工艺,盼着下一次送去的样品能有个好结果。

转机

到2025年3月,团队原本计划的“两条腿走路”里的一条已经走通,成功将哈氏合金基带国产化。但是,大家最想攻克铁基合金基带仍然没有进展。

在团队研制铁基合金基带的过程中,赵忠贤一直关注着这支团队。2025年11月,在一次于四川成都举行的小型研讨会上,赵忠贤说:“只有氧化铝层与基带存在直接的氧化物接触,所以氧化铝层最为关键。在制作过渡层时,必须深入研究这一问题。”

李来风把这句话听进去了。回京后,他指导黄一宁重新翻出文献和实验记录,把目光聚焦到基带与氧化铝过渡层的交界处,反复比对哈氏合金与铁基合金的高温镀膜过程。

今年2月,李来风又去东莞松山湖材料实验室,参加了一个只有十几人的高温超导机理研讨会。会上,赵忠贤再次建议他们仔细研究基带和氧化铝层的精细微观结构。



旷野中最亮的“光”——野外台站巡礼

八桂大地的峰丛里,有群和石头较劲的人

(详见第4版)

宇宙“造星”为何变慢? 中国天眼有新发现

本报讯(记者甘晓)今天的宇宙为什么越来越难以形成新的恒星?一个直观而流行的解释是,随着宇宙演化,孕育恒星的“冷气体”逐渐被消耗,最终导致造星活动衰退。中国科学院国家天文台研究员姜鹏、上海天文台研究员郭宏,上海交通大学教授杨小虎,中国科学院院士景益鹏等组成的国际合作团队,利用中国天眼(FAST)与国际暗能量光谱仪(DESI)纠正了这一解释。两台世界先进的天文观测设备实现了对距今45亿年以来的宇宙中性原子氢(以下简称中性氢)演化的高精度测量。研究发现,在宇宙恒星形成活动显著减弱的同一时期,作为星系中重要冷气体储备的中性氢变化却相对缓慢。相关成果9月1日发表于《自然-天文学》。

研究将FAST的高灵敏度射电观

测与DESI的大规模光谱巡天深度融合,分析了覆盖约1/3天区的250万个星系。研究人员利用中性氢谱线叠加技术,将大量单个无法直接探测的微弱信号按星系的红移精确对齐并叠加,成功从噪声中提取出平均中性氢信号,从而在前所未有的统计精度与大样本尺度上精确追踪了宇宙中性氢的演化轨迹。

测量结果显示,45亿年前的宇宙恒星形成率约为今天的2.5倍,而同期的中性氢密度仅约为今天的1.4倍。也就是说,在恒星形成活动大幅下跌的同时,宇宙中的中性氢储备并未同步枯竭。团队指出,这种演化速率上的强烈反差,排除了“中性氢快速耗尽导致恒星形成衰退”这一简单的物理图景。同时,这项成果将该领域的探讨焦点从

“气体是否耗尽”转变为“为何中性氢储备充足,恒星形成却日益艰难”。

科研人员解释,恒星主要诞生于更加致密的分子气体云中,而中性氢正处于大尺度气体供应与分子气体形成的关键中间节点。研究提示,晚期宇宙真正发生显著变化的可能是气体从中性氢到分子氢再到恒星的转化过程。随着宇宙网供气减弱、气体密度降低,中性氢向分子氢转化的效率随之下降,中性氢储备得以保持相对稳定,而真正能直接孕育恒星的分子气体却逐渐减少。

这项工作为理解宇宙晚期气体循环、恒星形成衰退及星系演化确立了新的重要观测基准。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02965-9>

电动汽车电池包性能和资源利用制约因素获揭示

本报讯(记者孙丹宁)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员陈忠伟团队联合瑞典查尔姆斯理工大学教授邹长福团队等,基于长期实车运行数据,建立了面向车队尺度的电池单体老化诊断与整包性能评估框架,系统定量揭示了单体不一致性对电池包健康状态、可用电量、寿命、功率能力和全寿命能量资源利用率的影响。研究发现,受性能最弱单体的制约,电池包寿命可缩短约18%至23%,约19%至27%的潜在能量资源未能得到充分利用。该工作为提高电动汽车电池系统利用率、延长服役寿命和优化电池管理策略提供了数据依据与量化评价工具。相关成果发表于《自然-能源》。

研究团队构建了面向车队尺度的

电池单体老化诊断与整包性能评估框架。在此基础上,团队建立了6项评价指标,系统刻画了单体不一致性对电池包长期服役性能的影响。结果显示,按照统一退役阈值进行评估,单体不一致性使电动乘用车和公交车电池包的可用健康状态分别降低6.2%和7.5%;相对于包内所有单体的平均寿命,整包寿命分别缩短17.7%和22.8%;由内阻差异造成的功率能力损失分别达到12.9%和15.1%。相比之下,在所研究车辆的充电与均衡策略下,荷电状态不一致对单次可用充电量的影响通常低于2%。综合提前退役和荷电状态不一致造成的影响,电动乘用车和公交车电池包的全寿命能量资源利用率分别仅为80.7%和72.9%。

均衡策略与单体不一致性的长期演化密切相关。提高动力电池利用率需要从电池制造、成组筛选和运行管理等多个环节协同控制单体差异。一方面,降低初始单体差异、优化电池成组策略,有助于抑制服役过程中不一致性的放大;另一方面,先进均衡控制、热管理和可重构电池系统等技术,有望缓解“最弱单体”对整包性能的限制。

研究提出的量化指标和实车分析框架,可为电池制造与成组优化、电池管理系统设计、车队健康监测、退役评估和梯次利用决策提供参考,并帮助评估不同一致性改善技术带来的系统级收益。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1038/s41560-026-02131-5>

寰球眼

本报讯近日,盖茨基金会向美国华盛顿大学健康指标与评估研究所(IHME)捐赠逾5亿美元。据《科学》报道,IHME负责发布《全球疾病负担》报告,这是全球覆盖面最广的疾病与健康风险数据集。然而,这再次引发外界对IHME的批评——该机构的结论依靠外部无法查阅的计算机模型,很多结果是基于十分有限的数据推断得出的。

IHME长期接受盖茨基金会资助,这笔为期10年、总额5.4亿美元的资金是其有史以来获得的最大一笔捐款。IHME表示,将利用这笔资金提升《全球疾病负担》报告的测算精度,把评估覆盖的地理单元数量从900余个扩充至近5000个;同时深化全球健康预测项目,并加强对全球卫生经费投入情况的监测统计。

“这笔钱来得正好。”全球卫生专家、曾任IHME理事会成员的Lincoln

Chen评价,因为《全球疾病负担》报告“是我们能定期拿到的、唯一真正全面的全球健康图景数据”。该机构2025年的最新报告覆盖204个国家和地区,分析375种疾病和损伤造成的健康影响。加拿大康考迪亚大学的Tim Evans指出,由于这些数据可以为卫生领域提供参考,“这类投资能带来极高的回报”。

而另一些专家提醒,IHME的计算机模型并不能替代实地人群健康数据采集工作。“很多估算结果过度依赖高收入国家的数据,然后靠模型进行大量推演。”美国同一健康信托基金主席Ramanan Laxminarayan表示,“而且他们的模型不对外公开,既难以核验,也无法复现结果。”

英国牛津大学的Prabhat Jha指出,这套体系已出现过明显错误。例如2015年《全球疾病负担》报告将霍乱列为加拿大腹泻死亡的首要诱因,但霍乱在加拿大极其罕见,只有来自疫区的旅行者才会感染。IHME后续修正了报告,却没有解释错误成因。“我们至今仍不清楚问题出在哪儿,究竟是什么导致了这样的误判。”

护”的政治高度,进一步提高学习贯彻习近平党建思想的政治自觉、思想自觉、行动自觉,在全面学习、全面把握、全面落实上下功夫,以高质量党建引领提升国家战略科技力量主力军组织战斗力,为抢占科技制高点提供坚强政治保证。

侯建国对全院抓好习近平党建思想的学习贯彻提出三点要求。一是在深学细悟上下功夫,把这一重要思想作为党员、干部教育培训的必修课程必修课,采取多种形式深入学习研讨,持续深化对新时代党的建设规律的认识。二是在融会贯通上下功夫,把学习习近平党建思想与学习习近平总书记关于科技创新的重要论述和对中国科学院的重要指示批示精神,以及巩固拓展树立和践行正确政绩观学习教育成果贯通起来,切实提高运用党的创新理论指导实践、推动工作的能力。三是在贯彻落实上下功夫,紧扣抢占科技制高点核心任务,聚焦增强科技创新体系化攻关能力,自觉运用习近平党建思想谋划和推进党建工作,把学习成效转化为推动全院改革创新高质量发展的强大动力,为实现高水平科技自立自强、建设科技强国作出更大贡献。

中央纪委国家监委驻中国科学院纪检监察组、院机关各部门负责人列席会议。

(柯讯)

2026年全国科普月月活动全面启动

本报讯(记者高雅丽)9月1日,以“科技改变生活 创新赢得未来”为主题的2026年全国科普月活动全面启动。这是新修订的科普法施行后的第二个全国科普月,由中国科协联合34家全民科学素质纲要实施工作办公室成员单位共同部署开展,各类活动将持续1个月,打造全领域行动、全地域覆盖、全媒体传播、全民参与共享的科普盛宴。

2026年全国科普月主场活动在国家科技传播中心和中国科技馆举办。主场活动按照“寻初心——把科学交给人民”“悦科普——让公众体验科技”“探创新——让公众走近前沿”“向未来——让公众创享未来”4个板块进行布局。

中国科协科普部副部长任海宏介绍,今年全国科普月在活动组织形式上实现创新突破,划分多个阶段并设置分主题,引导社会力量分阶段集中开展科普工作,持续营造科普氛围,保持整月活动热度。

据悉,全国科普月将在全国范围集中开展“系列主场活动”“纲要办成员单位特色活动”“科普报告话前沿”“科普阵地探未来”“千万IP创科普”“科学文化进基层”六大板块活动,动员纲要办成员单位、地方科协、全国学会、高校、科研院所、园区(企业)、现代科技馆体系、网络平台等开展科普联合行动。

“同时,全国科普月坚守科普为民的初心使命,整合全国学会以及高校、园区(企业)、科技馆体系优质科普资源推送至省级科协,指导省级科协建立项目资源清单并做好统筹,把科普服务送到群众身边。面向青少年、老年人、农民、工人等重点群体,提供分众化、精准化科普内容,切实让科技成果惠及广大群众。”任海宏说。

作为全国科普月重点活动之一,2026世界公众科学素质促进大会将于9月19日至21日举办,届时将正式宣布成立世界公众科学素质组织,开启全球科普交流合作新篇章。

“全球疾病负担”项目于上世纪90年代由世界卫生组织(WHO)委托发起。为完成报告,IHME收集全球数百万份数据源,包括高收入国家医疗卫生系统记录、已发表科学文献;对于卫生体系薄弱甚至缺失的贫困国家,则依靠各类调查统计疾病症状与死亡情况。为避免霍乱这类错误,IHME增加了与当地专家、卫生部门的合作,请他们对估算结果开展核查。

每两年发布一次,以系列论文形式刊登于《柳叶刀》的报告曾多次引发争议。2013年首份报告得出的疟疾死亡人数估值就与WHO的结果差距巨大。该机构之所以依然发展壮大,很大程度上得益于盖茨基金会的慷慨资助。迄今,盖茨基金会已为IHME投入超过3.85亿美元,目前承担该机构约9000万美元年度预算的60%。

(王方)

“全球疾病负担”项目获 5.4 亿美元捐助



“全球疾病负担”项目于上世纪90年代由世界卫生组织(WHO)委托发起。为完成报告,IHME收集全球数百万份数据源,包括高收入国家医疗卫生系统记录、已发表科学文献;对于卫生体系薄弱甚至缺失的贫困国家,则依靠各类调查统计疾病症状与死亡情况。为避免霍乱这类错误,IHME增加了与当地专家、卫生部门的合作,请他们对估算结果开展核查。