

奔走在“星海之路”的“忙人”杨锐

■本报记者 沈春蕾 通讯员 刘言

“有颁奖照片吗？”
“他没去现场领奖。”

因在航空航天和深海探测领域的突出贡献，中国科学院金属研究所(以下简称金属所)研究员杨锐荣获2024年全国五一劳动奖章。然而，因为工作，他缺席了颁奖典礼。

这些年来，杨锐实在太忙了。他忙着带领团队解决长征五号系列火箭氢氧发动机核心部件泵叶轮制备的技术难题；忙着攻克钛合金超细粉制备技术，实现重点飞机型号关键原材料的自主保障；忙着发明高强度高韧性钛合金，制造出世界上容量最大的万米级载人舱，用于“奋斗者”号潜水器；忙着实现钛铝叶片无余量铸造，用于长江系列航空发动机，推动技术成果实现产业化……

铸飞天之“心”

几个月前，长征五号运载火箭成功将嫦娥六号探测器送入预定轨道。其强大心脏——发动机中有一个核心部件泵叶轮，由杨锐带领的钛合金研发团队研制。

杨锐担任金属所钛合金研究部主任已有27年，他牵头研制的泵叶轮从2016年应用于长征五号首次发射后，一直沿用至今。

多年前，氢氧发动机是业界公认的发展大推力航天动力的“拦路虎”。氢氧叶轮是氢氧发动机最重要的部件之一，它好比发动机的“心脏瓣膜”，可以在零下253摄氏度的低温下高速旋转，给发动机输送液态氢燃料，转速最高可达35000转/分钟，轮盘边缘速度高达430米/秒，比声速还快。”杨锐表示，这对材料、工艺及产品性能都提出了严苛要求。

2008年前，我国对粉末冶金泵叶轮的研究几乎是空白。2008年，杨锐团队承接了泵叶轮的攻关任务。

当时，国际上已经有采用粉末冶金成形新技术制造泵叶轮的报道，但杨锐在查阅文献后发现，只有大概轮廓和最终结果，文献中对关键技术和工艺过程只字不提。



杨锐(左三)和团队成员在金属所实验室工作。

氢氧叶轮的攻关时间紧、任务重，杨锐是第一开展粉末冶金部件研究，没有可以借鉴的经验，只能硬着头皮干。

“氢氧叶轮属于闭合空腔结构，内部无法进行加工，对成形后的尺寸精度要求非常高。而粉末致密化时体积收缩高达30%，控制复杂形状轮廓尺寸的难度极大。”杨锐说，“我们遇到的最大难题是，如何让性能和尺寸精度同时达标。”

在开展部件成形试验之前，杨锐团队进行了大量模拟计算，最终成功解决了尺寸精度与成形开裂的矛盾，并在一年半的时间内攻克了洁净钛合金粉末制备技术，突破了氢氧叶轮材料与制造技术瓶颈。

造潜海之“舱”

2016年，“奋斗者”号万米载人潜水器立项。在立项前的论证阶段，杨锐已经为全海深载人舱的研制做好了充分的准备工作。

“奋斗者”号载人舱要承受万米深度海水压力，如果采用国际通用的Ti64合金，难以获得均匀显微组织，导致强度不合格，而且随着板材厚度增加，焊接风险随之增大，无法保证焊缝具有足够的韧性。专家组经过多次论证后认为，采用Ti64合金这条技术路线在国内不可行，唯一出路是研制具有更高强度且保持高韧性的新钛合金。

“十一五”期间，杨锐带领的钛合金研究部研制出一种新的钛合金材料，该材料表现出的韧性和可焊性都非常出色，为“奋斗者”号万米载人舱材料的研制提供了技术积累。但杨锐清楚地知道，这种钛合金材料与厚板焊接的技术要求还存在一定距离，其在厚板条件下的强度、韧性和可焊性的综合平衡水平，离工程要求尚远。

他决定从合金成分设计入手来解决问题。2014年春节假期，杨锐翻阅文献时受到启发——如果在钛合金中加入钨取代钼，会不会更有利于合金稳定，从而提高韧性？为验证这个想法，团队成员立即结束休假，回到实验室进行计算工作，计算结果与杨锐的推测一致。

后续的实验结果验证了杨锐关于新型合金设计的主要思路的正确性，成分调整后的合金不仅解决了可焊性问题，还具备了工程实现的可能性。最终，我国原创的新型钛合金Ti62A诞生了，它的韧性和可焊性与Ti64相当，强度提高了20%。

“奋斗者”号用的是我国发明的钛合金，是纯粹国产、国产，我们终于可以删掉国产化的‘化’字，在追赶中实现了超越。”国家重点研发计划“深海关键技术与装备”重点专项总体专家组组长丁抗这样评价Ti62A。

2020年11月，随着“奋斗者”号成功下潜10909米，我国成为世界上第二个实现万米载人深潜的国家，创造了中国载人深潜新纪录。

奔赴“星辰大海”

目前，为实现我国商用航空发动机的减重，杨锐正带领团队自主研发关键新材料钛铝合金，并开发低成本叶片制造技术。

杨锐透露，团队已经发明了高稳定性氧化钇涂层技术，可以使表面反应层厚度降低一个数量级，在国际上首次解决了钛铝叶片无余量铸造难题并实现工业应用，这项成果未来将助力安装国产动力的商用飞机腾飞。

这些年，杨锐团队发明的新技术加速推广应用，促进了我国钛行业的发展。比如，全海深载人舱的研制就带动了我国钛合金工业能力提升和装备制造技术进步。

其中，高强度高韧性钛合金铸锭尺寸、板幅宽与厚度、钛合金半球厚度、锻件截面与单重、钛合金电子束焊缝厚度等技术指标均打破国内原有纪录，达到我国现有钛工业设备的极限水平。

另外，超大厚度高强度钛合金电子束焊接和热处理技术实现了技术跨越。这些制造能力的转化与推广有望提升我国舰船、海洋工程和石油化工领域的钛合金应用水平。

从国家战略需求出发，杨锐团队完成了一项又一项艰巨任务。在一次又一次奔向“星辰大海”时，他总是全力以赴。

弘扬科学家精神



智能装备助力高原枸杞采收

8月，青海省都兰县的高原有机枸杞进入紧张的采收环节。

为解决枸杞采收过程中劳动强度大、机械化水平低的问题，北京林业大学工学院教授赵东团队先后研制出振动式、梳刷式、梳振式、振吸式、剪切式等多种以不同方式工作的轻便便携式枸杞采收装备，助力当地枸杞采收。

图为赵东团队开发的手持智能枸杞采收设备。

本报记者温才妃 通讯员杨金融报道 研究团队供图

大模型遇“算力荒” “超智融合”来帮忙

■本报记者 赵广立

论及当下计算技术的发展方向和趋势，“超智融合”当仁不让——在2024年全球“最节能超算”榜单中，位列前三的超算都采用了“超智融合”的技术理念。

顾名思义，超智融合即“采用融合架构，集成超算和智算的功能”。在当前大模型训练需要大算力不断支持的时代背景下，超智融合理念落地意义重大。然而，如何科学界定超智融合、实现超智融合的技术路径有哪些、实践中有哪些注意事项等问题，尚需进一步厘清。

为此，在近日召开的“2024中国算力发展专家研讨会”上，中国科学院院士陈润生、钱德沛，中国工程院院士郑伟民等业内专家和产业界代表共聚一堂，就“超智融合技术路线下的趋势与发展”展开研讨。

呼唤超智融合的，不只大模型“算力荒”

为满足大模型Grok3的训练需求，近日，埃隆·马斯克在美国内华达州拉斯维加斯打造超级算力集群。据报道，这一计划于2024年底落成的“算力巨兽”将集成10万块英伟达H100GPU，堪称“地表最强人工智能(AI)训练集群”。

当前，沿着“规模效应”猛增的大模型，正成为名副其实的“算力黑洞”。美国公司OpenAI与微软也在计划10万乃至百万级GPU的算力集群，以满足GPT-5的训练需求。相形之下，我国大模型训练面临着巨大的算力缺口。

在前述研讨会上，郑伟民表示，对我国而言，除英伟达GPU之外，还有两类算力集群可以支持大模型训练。一类是基于国产AI芯片的集群系统，但目前国产AI芯片的生态系统尚不完善，无形中提高了应用门槛；一类是国家超级计算设施，一些负载不饱和的国家超算系统可以利用空闲资源支持大模型训练，前提是做好软硬件协同设计，降低超算训练大模型的成本和能耗。

推进超智融合不单是缓解大模型“算力荒”的有效之策，更是顺应智能时代发展的应有之义。

北京应用物理与计算数学研究所研究员袁国兴认为，从现实发展的角度来看，超智融合理念顺应AI时代的需要。一方面，应用侧对算力的需求越来越多元化，超智融合兼具高性能计算强大的计算处理能力和智算的算法优化能力，可以满足同时需要不同算力的应用需求；另一方面，随着模型复杂度提高、覆盖范围扩大及所需精度提高，超智融合也可以提升计算与训练结果的可信度。

不要“拉郎配”，要“有机融合”

那么，超智融合应如何实现？“超算与智算的融合是必然的，但是这种结合是在需要的时候融合，而不是生硬地凑在一起——这样不解决效率问题，是没用的。”陈润生认为，在合适时，超算和智算一定会逐渐融合，“而且是有机地融合”。

陈润生提到，超算与智算之间其实有本质的区别——超算走的是“时间复杂度”路线，智算走的则是“空间复杂度”路线。因此，他认为，我国在大模型训练上“应该在基础理论方面有所发展和创新”。

中国科学院计算机网络信息中心研究员陆忠华也谈到，超智融合不是“拉郎配”，至于如何融合，要从需求侧、供给侧同时考虑。

需求侧就是要视用户实际应用需求裁夺如何分配算力响应，供给侧则需要更高的算力服务水平。陆忠华提到，希望供给侧的算力服务提供者能够在算法、生态等方面加大投入和建设，创造更易用的软件环境，立足国产算力平台做好超智融合。

“到2030年，我国年新增算力中将有70%~80%为智能算力。”

“智算的猛增势必引起算力结构的变化。”国家信息中心信息化和产业发展部主任单志广说，在日益复杂的算力需求背景下，除了超智融合外，还要研究如何把云计算、超算、智算等更好地结合起来，实现多元算力融合，以满足不同应用需求。他表示，由应用驱动驱动的算力结构演化是一个重要话题，但前提是要把它的形态、演进路径和能否发挥实效等问题弄清楚，“需要做系统化研究”。

钱德沛认为，超智融合在技术路径上需要从硬件、软件两方面综合考量，并且要在符合国情的前提下，做好软件和硬件的协同，以最佳匹配组合支持特定应用。

在他的构想中，超智融合的进程将会沿着超算支撑AI应用(for AI)、用AI

技术改进超算(by AI)、超智实现内生融合(being AI)三个阶段演进。

“到了being AI阶段，计算机系统内生智算属性，或者说智能是计算机的核心属性和基本组成，它的智能化水平可能远超今天的超算或智算。”钱德沛说。

超智融合的探索实践：国家超算互联网

今年4月，国家超算互联网平台正式上线。

这是超智融合理念在网络层面的一个生动实践。近年来，在“算力经济”驱动下，全国各地出现了大大小小的超算、智算和数据计算中心。在国家超算互联网平台上，分布于全国的超算、智算中心等被连接起来，分散化的算力通过智能调度实现互联互通，并最终转化为社会发展所需的高效、便捷的算力服务。

据了解，自正式上线以来，已有超过200家应用、数据、模型等服务商入驻国家超算互联网，并提供超过3200款商品。这些商品覆盖科学计算、工业仿真、AI模型训练等领域，可满足全社会对先进计算服务的需求。

“很多科学计算需要AI技术，不少AI应用也需要高精度、混合精度的计算。未来，单一精度的计算会减少，混合精度的计算将成为主流。”国家高性能计算机工程技术研究中心副主任曹振南说，“多元融合、超智融合将是算力基础设施发展的重要趋势。”

动态

“聚变能源关键核心装备研发能力提升”项目开工

本报讯(记者王敏 通讯员王凤素)近日，“十四五”科教基础设施——“聚变能源关键核心装备研发能力提升”项目开工仪式在合肥综合性国家科学中心未来大科学城举行。

据悉，“聚变能源关键核心装备研发能力提升”项目由国家发展改革委支持立项，2023年9月该项目可行性研究报告获批，2024年4月初步设计方案和投资概算获批。该项目将建设高温超导磁体实验平台、高场磁体安全

服役性能测试平台、高场磁体风险及可靠性评估平台和国际聚变联合中心“等三合一中心”。

中国科学院合肥物质科学研究院党委书记黄晨光表示：“项目建成后，将实现聚变堆高场磁体关键技术国际引领，成为高场磁体研究领域的国际重要影响力的前沿阵地及国际化人才培养基地，可大幅提升关键核心技术的自主创新能力，为我国未来聚变堆的建设和运行保驾护航。”

科学家在滦河流域开展遥感联合试验

本报讯(记者倪思洁)日前，记者从中国科学院国家空间科学中心(以下简称空间中心)获悉，空间中心联合中国科学院空天信息创新研究院及国内20家单位，在滦河流域的塞罕坝机械林场、御道口牧场等地联合开展了“滦河流域天空地多尺度遥感联合试验”(以下简称联合试验)。试验历时一个月，已取得天-空-地一体化的多源卫星数据、航空遥感数据和地面配套数据。

此次联合试验由“滦河流域植被与土壤的三维遥感试验”和“滦河流域植被与土壤的水分遥感试验”两部分组成。前者主要聚焦生态系统质量评估中涉及的植被与土壤的三维结构和

分布特征，发展和检验三维遥感机理建模以及植被分层叶面积、地上生物量、土壤有机质和质地等参数的国产卫星协同反演技术；后者主要聚焦土壤-植被系统的水分和能量传输遥感机理，发展和检验分层土壤温湿度、叶片温湿度、植被长势、蒸散发等参数的反演方法。

“此次联合试验将有助于突破传统遥感在二维空间观测的限制，实现对土壤、植被等生态系统关键参数的三维定量反演，为观测和理解复杂生态系统的物质和能量循环过程提供新的方法和数据支持。”空间中心研究员施建成说。

农技推广新模式支撑主粮作物大面积单产提升

本报讯(记者李晨)近日，2024年基层农技推广体系改革与建设项目试点任务推进会暨技术培训活动在河南省郑州市召开。此次活动由中国农业科学院中原研究中心(以下简称中原中心)与河南省农业农村厅科技教育处联合举办。

中原中心试点任务负责人谢瑞芝介绍，我国黄淮海夏玉米区存在着种植密度偏低、生产管理粗放、水肥利用率低和玉米生产逆境频发等问题。为解决上述问题，他们开发了“黄淮海夏玉米密植滴灌抗逆稳产技术”，以密植高质量群体构建和水肥精准调控为核心，为玉米大面积均衡增产制定了全链条、多环节、综合性

的整体技术方案。该技术可使玉米种植密度提升至5000-6000株/亩，单产提升显著，肥料利用效率可从40%提高到60%，节约劳动力成本25-30元/亩。

中原中心在河南省24个县(市、区)开展河南小麦-玉米周年大面积单产提升工作，构建了一套可复制、可推广、技术精准高效、全产业链融合、推广转化渠道畅通、核心基地发挥辐射带动作用、“院地协同、三位一体”新推广模式。

据介绍，该模式有望扩大主粮作物生产过程中关键技术覆盖面，实现主粮作物的高质高效生产与大面积单产提升。

绿色高效烟气脱硝技术通过专家鉴定

本报讯(记者李思辉 实习生何睿)日前，中国石化和化学工业联合会组织专家在武汉召开“绿色高效生物质非催化还原(BNCR)烟气脱硝关键技术及应用”科技成果鉴定会。

氮氧化物是主要的大气污染物之一。BNCR技术利用热分析与质谱联用(TG-MS)方法开发了两种具有更宽的反应温度窗口的绿色高效新型脱硝还原剂，并结合不同脱硝条件创新性地研制出以生物质为主的脱硝还原剂配方，在中高温条件下可将氮氧化物排放折算浓度控制在30-60mg/Nm³，解决了

传统脱硝工艺的氨逃逸、设备结垢和腐蚀问题。同时，技术人员基于小流量、大气量、中高温多物理场耦合的模拟结果，研制了药剂加注方法，提高了混合覆盖度和反应速率，减少了药剂用量，降低了运行成本，并且进一步提高了脱硝效率。

经鉴定委员会认定，该技术成果创新性强，总体达到国际先进水平。鉴定委员会由中国科学院院士王焰新担任主任，中国石化集团公司高级专家何细藕担任副主任，9位专家共同参与鉴定。

广东省退役新能源器件高质循环利用重点实验室举行揭牌仪式

本报讯(记者朱汉斌)近日，广东省退役新能源器件高质循环利用重点实验室揭牌仪式暨学术委员会第一次会议在中国科学院广州能源研究所(以下简称广州能源所)举行。中国工程院院士陈勇、杨志峰、徐祖信、杨勇平等出席活动。

广州能源所所长吕建成向学术委员会委员颁发聘任证书。广州能源所研究员、广东省退役新能源器件高质循环利用重点实验室主任袁浩然

作了题为《退役新能源器件高质循环利用项目》的专题报告。袁浩然提出，实验室建设将主要围绕退役新能源器件循环利用的核心科学问题，形成清洁高效回收协同交叉理论体系，构建智能解离、逆向合成、混杂金属分离富集和低碳调控方法，开发精细智能拆解-高效分离转化-清洁高质回收系统技术，形成全链条绿色低碳循环利用技术体系，服务广东省高质量发展。

复旦大学成立神经调控与脑机接口研究中心

本报讯(记者江庆龄)为服务神经调控与脑机接口领域国家重大交叉融合战略需求，布局神经调控与脑机接口技术研发和应用，日前，复旦大学正式宣布成立神经调控与脑机接口研究中心(以下简称研究中心)。

研究中心依托于复旦大学类脑智能科学与技术研究院(以下简称类脑研究院)，联合复旦大学脑科学转化研究院、脑科学研究院、大数据学院、集成芯片与系统全国重点实验室、附属华山医院、附属儿科医院、附属肿瘤医院7家单位共同建设，由中国科学院院士、复旦大学附属华山医院国家老

年疾病临床医学研究中心主任王以政任首席科学家，类脑研究院副院长王守岩任主任。

研究中心的核心目标是集聚复旦大学理工交叉学科力量，突破核心关键技术，推动脑机接口领域创新与临床转化应用。研究中心确定了神经调控机制及理论研究、脑机交互神经调控技术研发和神经调控临床研究三大方向，围绕脑健康干预、脑疾病治疗与神经康复领域创新技术需求与挑战，开展从基础研究到临床应用、从材料到诊疗的交叉融合研究。