

走“极端”的物理学家

■本报记者 倪思洁

3月的北京,山里的桃花开了。物理学家吕力骑着自行车穿行在平坦的柏油路上。他的工作地点在北京怀柔科学城——一个布局了37个科技设施平台项目的地方。最早扎根于此的是综合极端条件实验装置(以下简称“极端”装置),吕力是这个装置的首席科学家。

就在不久前,“极端”装置通过了国家验收,吕力感到一种久违的轻松。他向北骑行,不到半个小时,就享受到了花、树、山、水里的田园气息。在物理学家眼里,这些都是宇宙大爆炸后留下的产物。

工作时,吕力会待在怀柔科学城一栋栋标有“X”记号的大楼里。“X”是英文“极端”(Extreme)的缩写。为了理解物质、调控物质,吕力和一群有拿手绝活儿的物理学家,一起创造出比宇宙大爆炸时更极端的条件,然后用这样的极端条件“逼”出物质的超自然特性。



吕力(前排左一)和学生们。

程金光(左三)团队。受访者供图



九宫格里的X楼

吕力的工作地,正是“极端”装置所在地,这里也是中国物理研究所(以下简称物理所)的怀柔园区。园区占地130亩,看上去像是一个大型九宫格。九宫格里有9栋X楼,从“X1”到“X9”,实验条件最极端的平台集中于其中的5栋——X2、X3、X6、X7、X8。

X2楼位于园区西南角,被称为“量子调控平台”,这里有4个具备低温、强磁场条件的实验站,最低温度逼近宇宙中温度的下限——“绝对零度”(−273.15摄氏度),达到−273.1495摄氏度,用于调控量子态。

X3楼位于园区西侧中间位置,它和位于园区正中央的X6楼一起,被称为“物性表征平台”,这里聚集了低温、高压、强磁场3种极端条件。其中,超高压可高达接近地球核压强,强磁场可强于地球磁场的60万倍。在这两栋楼里,共安置了9个不同的实验站,用于激发和研究物质属性。

X7楼位于园区东北角,和东侧中间位置的X8楼一起,被称为“超快动力学表征平台”,这里具备超快光场和低温条件,有5个实验站。里面的激光装置一眨眼就能按下上百万亿次“快门”,可以拍下原子尺度的晶格运动图像,甚至可以看清电子的运动。

除了这5栋楼之外,位于西北角的X4楼和X5楼是支撑实验运行的液氮车间和机械加工车间,南侧中间的X1楼是吕力等人办公和开会的地方,东南角的X9楼是科研人员吃饭和住宿的地方。

与此同时,在北京东北方向1000公里外的

吉林大学,还有一个具备高温、高压条件的“大体材料研究平台”。它与北京怀柔的这三大平台一起,构成了“极端”装置的主体设施。

2月26日,九宫格园区迎来了一件大事——“极端”装置的国家验收会。下午2点,吕力和各实验站的负责人从各栋X楼里出来,集中到附近的验收会场。

会上,吕力走上讲台,给台下按U形围坐的30位专家讲述“极端”装置从2017年9月开工建设以来的全部历程。

过去近8年的建设历程,被吕力浓缩进一份PPT(演示文稿)里,留下一串串令他们自豪的数字。“我们实现了1毫开尔文的超低温、300吉帕的超高压、26特斯拉的超导磁体强磁场和100阿秒的超快光场等单项极端条件,并达到了10000特斯拉/开尔文的磁场/温度值、2800特斯拉·吉帕/开尔文的磁场·压力/温度值和60000吉帕·开尔文的压力·温度值,及4.2开尔文以下、不高于200飞秒的超快光脉冲等综合极端条件。”吕力介绍说。

X楼里的绝活儿

吕力在讲台上作报告时,物理所副所长程金光、研究员周睿也坐在台下,他们负责的装置都在X3楼。

程金光是“超低温超高压物性测量—六面砧实验站”的负责人,拿手绝活儿是“超高压”。这个实验站的核心设备是6块大小相同的梯形压砧,中心放着指甲盖大小的立方密封块,

密封块里是装满液体的传压介质,从内部伸出两根比头发丝还细的导线。工作时,样品连着导线被放在密封块的液体里,压砧则从上下左右前后方向同时挤压密封块,使样品“享受”到最高约15万个标准大气压的压力——相当于15万头成年大象同时站在1平方米的地面上。

程金光是一位研究超导材料的凝聚态物理学家,2012年到2014年在日本东京大学物理研究所做博士后研究。其间,他不仅掌握了六面砧超高压测试技术,还通过改进密封框,将超高压极限提升了近一倍。

回到物理所后,他将超高压技术与低温、强磁场等极端条件集成在一起,在物理所的中关村园区建立了一个小型的高静水压研究设备,最高超高压能达到约8万个标准大气压。

2017年,“极端”装置开工建设,程金光开始挑战更极端的指标。

设备研制初期,程金光团队是和厂家磨合定制特殊的制冷机就花了半年时间,反反复复改进。为了让实验站创造的条件达到新的极限,程金光带着团队“死磕”各种技术细节,包括六面砧的尺寸、密封块的构型、设备里的各类材料……直到创造出超高压、超低温、超快光场等综合极端条件。

和程金光一样,“强磁场核磁共振实验站”负责人周睿的研究方向也是超导材料。不同的是,他的绝活儿是“强磁场”。在物理所攻读博士学位时,就已经关注强磁场下的超导材料研究,毕业后他在法国强磁

场实验室工作了3年半,接触到水冷磁体等先进技术和大装置设计建设工作。2018年,“极端”装置开工建设后没多久,周睿就被吸引回国,承担一台强磁场极端装备的研制任务。

他感觉到,当条件被推向更极端时,任何微小的缺陷都会被无限放大。有段时间,他们好不容易实现了强磁场和超低温条件,可实验站的液氮消耗量大得惊人,“500升一罐的液氮,一天就没了”。反复查找原因后,他们发现,原来是用来为磁体通电流的引线发热太大。直到他们在引线上加上了高温超导材料后,才将液氮的日消耗量稳定在90升。

如今,这个实验站用于开展固体材料的核磁共振研究,可以稳定地将强磁场环境保持在高出地球磁场50万倍的水平。

包括程金光团队和周睿团队在内,“极端”装置里的物理学家们几乎个个有绝活儿——有些人擅长“超高压”“强磁场”,还有一些人擅长“超低温”“超快光场”,他们或是将温度逼近无法企及的“绝对零度”,或是以光为媒“照亮”电子的运动。

这些有绝活儿的科学家聚在一起,像玩乐高积木一样,根据用户需求“组装”各种极端条件。

“极端”商店

验收会上,当听到吕力介绍“笼目晶量子材料”成果时,程金光和周睿相视一笑。这是浙江大学教授曹光早团队发表在《自然》杂志上的一项成果,实验数据来自程金光和周睿负责的两个实验站。

曹光早是最早体验过“极端”装置的用户团队之一。在他看来,“极端”装置就像一站式商店。

2023年初,曹光早团队在浙江大学的实验室里培育出一种具有笼目结构的特殊晶体。根据以往的研究经验,曹光早推断,它很有可能是一种超导电性材料。

然而,用了很长时间,他们都没能看到材料的超导迹象。曹光早想:如果对材料施加超高压,有没有可能诱导出材料的超导电性?于是,他们向“极端”装置发起申请并获得了实验机时。

为他们服务的正是程金光团队。实验过程不轻松,晶体样品是0.5毫米大、0.03毫米厚的六角形薄片,比一片雪花还小。“我们把它放进压力设备中,还没测就碎了。”程金光回忆说。

经过反复讨论,实验团队设计了一种合适的实验方案。两周后,曹光早收到程金光发来的好消息:“曹老师,测到6吉帕,高温相变抑制了,看到超导了!”再往后,程金光团队又把压力调低,只用了3天,他们就找到了超导电性的临界点。

为了更精确地描述这种材料的磁性特征,程金光又帮忙协调周睿团队和强磁场核磁共振实验站加入研究,将材料的磁性数据更详尽地测量出来。

研究充分证明,材料确实具有磁性和超导性能,它也因此成为物理学家用于研究笼目结构超导电性材料的新平台。

论文发表后,面对上门采访的媒体记者,曹光早毫不吝啬地赞美合作伙伴和他们的装置:“装置可以同时提供多种极端条件,使研究人员可以更全面、更高效地测定样品特性,对于用户

来说太便利了。”

终极梦想

验收会上,委员会的专家听完汇报,就按照从X1楼到X3楼,再到X7楼的顺序,逐一考察了装置平台。大家讨论后认为:“项目按指标全面、高质量完成了国家发展和改革委员会批复的各项建设任务。”

在场的参与装置建设的人员都松了一口气。过去8年里,他们一点点把实验条件推向极端,终于把梦想变成了现实。

最初,他们只是想建一个具有超低温实验条件的设施。“我们想,能不能从国家层面建设更好的超低温测量平台,让更多人能用得上?”吕力回忆。

此后,他们的设想从最初的低温研究装置变成了综合性研究装置。“我们察觉到,尽管当时国外已经有很多具备极端实验条件的实验室,但它们都是在单项指标上做得很高,而在不同极端条件之间的交叉和测量系统的配套方面存在种种不足。”吕力说。

2004年,他们已经开始考虑综合各种极端条件。这年年初,物理所成立专门的工作小组,推动极端条件物理平台建设,由时任物理所极端条件物理实验室主任吕力担任组长、低温物理专家金锋研究员担任顾问。

2008年,在中国科学院国家重大科研装备研制项目支持下,物理所正式开展“综合极端条件实验系统”研究,纳入多种极端条件实验手段。2016年,国家发展改革委正式批复“综合极端条件实验装置”项目建议书。次年9月,“极端”装置开工建设。

如今,“极端”装置建设正式运行。这些走在“极端”边上的物理学家依然雄心勃勃,他们的目标不只是认识世界。“认识世界是一个基础,更重要的是控制物质的状态,造福人类。”吕力说。

回想历史,三次工业革命无一不是人类对物质控制能力升级的结果。人类控制水的气态和液态,发明和升级蒸汽机,实现第一次工业革命;人类控制电的能量状态,进入“电气时代”,完成第二次工业革命;人类控制半导体的导电态,发明计算机,实现第三次工业革命。

“现在,我们依然在尝试调控物质的状态,比如量子态,而这将促成新一轮工业革命。”吕力说。

每次骑行在柏油路上时,吕力时常会想,当物理学家追求用超自然的“极端”工具寻找改变世界的可能时,“极端”装置建设本身就已经改变了当地人的生活。2017年,他第一次来到这里,周边全是农田。现在,这里成为综合性国家科学中心,科学技术与山水田园交织在一起,人们在自然里,已经开辟出了新天地。



综合极端条件实验装置园区X1楼。李子锋/摄

国际前沿舞台上的绿色化学“女团”

■本报记者 甘晓

今年春天,中国科学院化学研究所(以下简称化学所)研究员刘志敏不断迎来好消息。

2月,她获得了国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)颁发的“2025年度IUPAC化学化工杰出女性奖”,成为全球12位获奖者之一。

3月,她所在的科研团队“绿色溶剂性质与应用研究团队”(以下简称团队)荣获了中央和国家机关三八红旗集体称号。团队由1位中国科学院院士、9位研究员、4位副研究员和1位高级工程师组成,其中女性成员包括刘志敏、张建玲、刘会贞和朱庆宫4位研究员,杨冠英、马珺、荆莉红、赵燕飞、张裴5名副研究员和管理骨干。

多年来,“女团”成员齐心协力“围攻”可再生资源转化中的难题,是绿色化学与技术领域一股特别的“她”力量,在国际上具有重要的地位和影响力。团队深耕绿色化学和物理化学的交叉研究,在揭示绿色溶剂体系性质及其在二氧化碳、生物质、废弃塑料、有机废弃物资源化利用方面取得系统性重要成果。

专注绿色化学

二氧化碳、塑料及生物质的化学转化作为一种合理利用碳资源、实现碳循环的重要途径,是全球化学家面临的共同挑战,这正是团队的主攻方向。

2024年,刘志敏在塑料的化学转化方面收获颇丰,她带领的团队在《自然-通讯》上连续发表3篇论文。这些研究在聚酯废料转化的策略、溶剂以及催化剂等方面均有所突破,得到了国内外同行的关注。

在抢占科技制高点的新征途上,刘志敏深切体会到“创新是基础研究的灵魂,我们只有主动作为,开辟新赛道,才能在全球科技竞争中占有一席之地”。

张建玲重点关注绿色溶剂在二氧化碳光/电催化转化方面的应用。在将二氧化碳转化为单碳产物的基础上,她开始探索如何将二氧化碳转化为多碳产物。“我们致力于探究选择性好、活性高、稳定性好的绿色催化体系。”她向《中国科学报》介绍。

这些工作需要在微观层面精确控制化学键的断裂和重组,具有极高的难度。张建玲享受着这份事业,她说:“在实验室里做实验,是我人生中最幸福的时候。”刘会贞则主要关注如何将生物质转化为有价值的化合物,木屑、玉米秸秆和玉米芯等农业废弃物都是她的实验材料。近年来,她通过预功能化的方法实现了木质素模型化合物中芳环和侧链的综合利用。“坚持在一个方向上深耕,总会有新的发现。”她说。

朱庆宫擅长电化学理论,研究主要集中在二氧化碳还原或利用二氧化碳进行有机反应方面。最近10年,采用电化学方法实现二氧化碳转化逐渐成为热门研究领域。这令她感到欣慰:“我们前瞻性部署了这一方向,抢占了先机。”

延长创新链

“为实现‘双碳’目标贡献力量,是几位‘女团’成员的共同愿景。”

最近几天,刘会贞的实验获得了一个好结果。“很有应用前景,再有几年推动有望实现产业化。”她“剧透”道。

早在2009年,刚刚踏上科研之路的刘会贞就在《科学》上发表了论文。如今,谈到这段“出道即巅峰”的经历,她认为,在国家需求的牵引下,基础科学研究从“书架”走向“货架”更能够体现国家战略科技力量的使命和担当。

近年来,刘会贞尝试用前沿科学的发现指导解决企业生产中的实际问题。“生产上找不到原因,我从科学上找出原因解决了。”这让她充满了成就感。这个专注基础研究的“女团”正在力争延长创新链。例如,她们围绕如何用化学方法把剩饭、剩菜变成有机绿色的水溶肥进行了探索。同时,围绕废弃的聚烯烃如何转化成汽油、废旧纺织品如何有效回收利用等问题,团队也取得了一些进展。

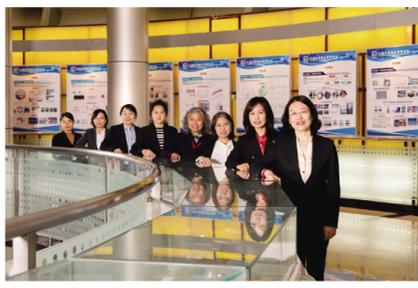
“针对废旧纺织品资源化利用,我们以新化学反应为基础,进行了原创技术的研发,已经实现了聚酯混纺制品全组分回收,破解了该领域的一个重大难题。”刘志敏介绍。目前,这项技术正在向企业进行大力推广。

在她看来,要让基础研究具有应用前景、延伸创新链,离不开通过合理配置资源和团队协作,开展有组织的基础研究。

“成为我们自己”

前不久,刘志敏在为“2025年度IUPAC化学化工杰出女性奖”的提名准备材料时,完整回顾了自已的科研生涯。“一路走来,感恩许多人的帮助。”她说,“特别是我们团队良好的工作氛围让我们每个人都‘成为我们自己’。”

刘志敏和张建玲、刘会贞等团队成员都先后师从中国科学院院士、化学所研究员韩布兴。“韩老师从内心尊重我们每一个人,看到我们每个人的长处,并激励



科研团队合影。化学所供图

我们。”刘志敏回忆。

2016年,张建玲从韩布兴课题组“单飞”,独立组建了课题组。“韩老师再三鼓励我,年轻人思想活跃、点子多,应独当一面,更加自由发挥才能,我犹豫再三才答应。”她说。正是在独立主持课题组工作的机会中,张建玲得到了锻炼和提升。

团队所在的化学所胶体、界面与化学热力学实验室总结出“绿色、敬业、创新、和谐”的室风室训。其中,“和谐”一词颇有深意,大家的理解是:人和人不一样,正如花是花、树是树,不能为了求同而磨灭个性,遵循和谐之道才能让花成为花,让树成为树。

2014年,当时31岁的朱庆宫加入团队,有人问了她一个尖锐的问题:“在化学所这样一个充满竞争的环境里,面对结婚、生育的现实,你要如何搞好科研?”她毫不犹豫地回答:“有这个绿色化学的‘女团’作榜样,我相信我也能做好。”

朱庆宫和几位女同事成为了知心姐妹,无论什么困难都倾力相助,让她快速成长起来。

面对青年学生时,“尊重”也是她们教书育人的基本原则。“我曾经带过一个女生,总鼓励她,唤醒她,后来她变得自信又强大,成了自己都没有预期到的‘大女主’!”这让张建玲感到欣慰。

自身的成长经历让她们相信,任何一个行业的职场女性,只有从人格上得到充分尊重,才能消除社会对性别的刻板印象,走到舞台中央,魅力四射。

创新她力量

看“圈”



栏目主持:雨田

乔杰任自然科学基金委医学科学部主任

近日,国家自然科学基金委员会官方网站显示,中国工程院院士乔杰已担任国家自然科学基金委员会医学科学部主任。

乔杰曾任北京大学第三医院院长、北京大学医学部主任、北京大学常务副校长,2017年当选中国工程院院士。

乔杰多年来一直从事妇产及生殖健康相关临床与基础研究工作,领导团队构建了世界首个高精度重组定位女性个人遗传图谱,成功建立了新的植入前胚胎遗传病诊断新方法并实现临床转化;对导致不孕的最常见疾病多囊卵巢综合征(PCOS)卵成熟障碍、炎症和代谢异常等新机制进行了系统研究,建立代谢异常预测模型,制定适用于中国PCOS的诊断标准。

包刚任温州肯恩大学校长

据温州肯恩大学官微消息显示,包刚已任温州肯恩大学校长。近日,在温州肯恩大学召开2025年春季学期全体行政员工大会上,校长、中国科学院院士包刚部署2025年学校重点工作。

包刚2010年起历任浙江大学数学系主任、研究生院院长、工程师学院院长等职,还担任过浙江工业大学副校长。

包刚长期致力于偏微分方程反问题的数学理论、算法及应用研究。曾获国家自然科学基金二等奖、冯康科学计算奖等,并受邀在国际数学家大会上作45分钟邀请报告。

约瑟夫·斯蒂格利茨受聘南开大学名誉教授

南开大学官微消息显示,3月22日,美国经济学家、2001年诺贝尔经济学奖获得者约瑟夫·斯蒂格利茨受聘南开大学名誉教授。

约瑟夫·斯蒂格利茨,曾任美国国际经济学会主席、世界银行资深副行长兼首席经济学家、美国总统经济顾问委员会主席。他为经济学的一个重要分支——信息经济学的创立作出了重大贡献。他所倡导的一些前沿理论,如逆向选择和道德风险,已成为经济学家和政策制定者的标准工具。作为全球公共部门经济学领域最著名的专家,他编写的教材是世界范围内最流行的教材之一,被翻译成多种语言。