

薪火相传七十载 能动筑梦新征程

——中国科学院工程热物理研究所建所七十周年成就巡礼

■本报记者 陈欢欢

第一章 奠基

工程热物理学科发源地

20 世纪 50 年代,国际叶轮机械界发生了两件公认的大事:电子计算机的应用和叶轮机械三元流动理论的创立,而后者便是由一位来自中国

的 33 岁年轻人——吴仲华创立的。彼时的吴仲华刚从美国麻省理工学院博士毕业,进入美国航空咨询委员会(NASA 前身)刘易斯喷气推进中心工作。当时,航空工业最迫切的需求是提高航空发动机性能,但由于发动机在空气中的工作由一组复杂的偏微分方程(N-S)控制,求解难度极高,难以工程化。1950 年,刚刚工作 3 年的吴仲华另辟蹊径,提出了“两类流面理论”。这一被称为“吴氏通用理论”的突破,使借助计算机求解发动机内部流场成为可能。这一颠覆性突破一经发表,便震动了国际学术界,极大地推动了航空发动机的研发进程。

与声誉一同到来的不是春风得意,而是朝鲜战争爆发的消息。震惊之余,吴仲华专程赶到纽约联合国总部。在聆听了中国政府特派代表伍修权的发言后,他义愤填膺,“回国,建设新中国”的声音在心中回响。强烈的报国之心让吴仲华毅然辞去美国军方的工作。1954 年,他以赴欧洲旅游为名,携全家离开美国,辗转绕道半个地球回到祖国,而迎接他的是百废待兴的新中国和一张空白的学科蓝图。

1956 年,党中央发出了“向科学进军”的号召。中国科学院组织制定了新中国第一个中长期科技发展规划,并逐步组建了一批新的研究单元。吴仲华受邀组建中国科学院动力研究室。1963 年,中华人民共和国科学技术委员会批复成立工程热物理所,虽因故未能组建,但从此开创了中国工程热物理事业的新崭时代。



1978 年,由吴仲华创建的中国工程热物理学会成立大会召开。

彼时,国际上发生了两件大事:苏联于 1957 年发射了世界上第一颗人造卫星;4 年后,加林成为首个进入太空的宇航员,人类从此开启了一个新时代。在此背景下,吴仲华认识到推进装置的极端重要性。面对高温、高压、高速、高转速和化学反应交织在一起的复杂物理过程和工程技术挑战,必须把原来独立发展的工程热力学、传热学、空气动力学、燃烧学 4 门学科紧密结合在一起研究。经过深思熟虑,1961 年,吴仲华在国家科委和中国科学院召开的技术学科科学规划座谈会上,正式提出创建工程热物理学科的建议。这门学科首创的新学科主要研究能量在转化、传递、存储和利用过程中的基本规律及其应用。吴仲华凭借敏锐的学术洞察力与超凡的前瞻性,加之其深厚的学术威望,最终推动工程热物理学科在中国落地生根。

美国加州大学伯克利分校首任华裔校长、美国国家工程院院士田长霖曾表示,提出工程热物理学科的意见“随着时间的推移将日益显现”。如今,他的预言已经成为真。经过几十年的发展,工程热物理学的应用范围大为扩展,在航空航天推进、能源高效清洁利用、新能源开发、环境保护等领域发挥着愈发重要的作用。

改革开放以后,我国进入了经济高速增长时期。战略科学家吴仲华敏锐地意识到,能源是社会和经济发展的重要基础,将成为我国和世界各国发展的重大制约因素。

1980 年,在中共中央书记处举办的科学技术讲座上,吴仲华提出“中国的能源问题及其依靠科学技术解决的途径”,特别强调了节能和提高能源利用率的重大意义,并提出“分配得当,各得其所,温度对口,梯级利用”的总能思想。它至今仍是能源高效转化领域的核心思想,为中国能源事业指明方向。

同年 4 月 15 日,国务院批准工程热物理所恢复建制,吴仲华任首任所长。《工程热物理学报》也在这一年创刊。之后,工程热物理所确立了以航空、船舶和工业用燃气轮机研究为主,积极开展能源利用研究的方向。

从 1956 年成立动力研究室至今,七十年来,这支工程热物理领域的“国家队”不仅奠定了我国能源动力学科的理论基础,也为国家重大工程提供了关键技术支撑,更培养了一大批杰出人才和科技骨干。

第二章 使命

从科技前沿到国家战略需求

自成立之日起,动力研究室就注入了创新血

液,并通过七十年代赓续,无声融入中国从能源动力大国迈向能源动力强国的伟大征程。初创时的科研骨干,有从美国回国的吴承康、吴文、葛绍岩,有从苏联回国的王超群、纪家驹,还有国内著名高校毕业的蔡睿贤、闵桂荣、胡文瑞、刘高联、陈乃兴、林汝谋、朱荣国、吴文权等。他们或受吴仲华邀约,或慕名而来。这个群星闪耀的初创团队奠定了工程热物理所的人才根基,他们的研究方向构筑了工程热物理学科大厦的基石。

2026 年,中国科学院工程热物理研究所(以下简称工程热物理所)迎来建所七十周年。七十载栉风沐雨,七十载薪火相传,作为工程热物理学科的发源地,研究所始终以“国家队”“国家人”的主动自觉,心系“国家事”、肩扛“国家责”,为我国能源动力可持续发展提供创新思想、创新技术、创新人才。如今,站在新的历史节点上,回望来

路、瞭望前程,他们从“为国家而燃”的初心出发,探寻中国科技自立自强的精神密码。

七十年来,纵然国际能源格局天翻地覆、动力领域赛道换了又换,工程热物理所始终面向国家重大战略需求。每一个方向的开拓,其背后都是“国家需要什么,我们就研究什么”的朴素逻辑。七十年来,工程热物理所始终坚守在中国能源动力事业最需要却最难出彩的地方,钻研那些周期长、风险大、见效慢、别人不愿碰的基础研究与“卡脖子”核心技术。

七十年来,工程热物理所始终以热爱祖国、无私奉献的家国情怀,以“工于致热、诚以聚能”的“工热”精神,为国民安全和民生改善、为我国科技自立自强和高质量发展提供有力支撑。



吴仲华

考核试验;

2017 年,化石能源领域首个国家重大科技基础设施项目“高效低燃燃气轮机试验装置”项目获批;

2017 年,全球首款吨级大型货运无人机 AT200 成功首飞;

2021 年,我国首个商用压缩空气储能电站并网发电;

2021 年,国际首套兆瓦级太阳能与燃料热化学互补热电厂系统运行;

2022 年,航空发动机领域首个国家重大科技基础设施项目“吸气式发动机关键部件热物理试验装置”获批;

2023 年,首创的单轴两扇发动机完成首飞;

2024 年,国际首套 300 兆瓦先进压缩空气储能电站并网发电;

2025 年,国内首个 5 万吨/年循环流化床生物质气化制绿色甲醇项目投产;

2026 年,牵头成立国内首个涵盖星际动力、星际航行环境、行星动力学、星际社会学等方向的星际航行学院……

七十年来,他们坚持做“有用的科研”,解决能源动力领域“卡脖子”问题。他们中的很多人用一辈子时间只做一件事,却展现了中国科技自立自强最坚实的底色。一项项“国内首个”、一个个“世界首台”相继问世,让研究所成为世界工程热物理的中心。

第三章 登峰

摘下“皇冠上的明珠”

七十年来,工程热物理所经历过任务暂停、人才流失、经费拮据的低谷,也面临过改革调整中的方向迷茫,但他们始终坚信:国家需要的就是方向,只要方向对,哪怕走得慢一点也绝不回头。凭借着这股韧劲,他们无数次摔倒了再爬起来,将冷门做成热门,将不可能变为可能。

吴仲华的学生、中国科学院院士徐建中就是其中典范。随着时代进步,飞机速度不断攀升,开始向超音速迈进。对航空发动机的设计提出了新的要求。通过几十年的基础研究积累,徐建中创建了嫡产极小化激波增压理论,将叶轮机械三元流动理论从亚音速拓展到超音速。但徐建中最大的理想并不仅仅是理论创新,更是实现老师的抱负——利用中国人提出的叶轮机械三元流动理论研发出中国人原创的航空发动机。

然而,航空发动机被誉为“现代工业皇冠上的明珠”,是衡量国家综合国力的战略标志,尤其超音速飞机的发动机设计是世界性难题,中国要走自主创新之路更是难上加难。为了“登峰”,甲子年中的徐建中勇敢地以理论研究迈向工程实践。凭借与教科书迥异的设计思路,他成功突破传统设计的束缚,发展出彰显中国人设计思想的新原理发动机。为了“登峰”,他们不惧“冷板凳”,愿意花十年时间突破一项关键核心技术。徐建中一再强调:“要始终把为国家作贡献放在第一位,向着目标坚定地走下去,也可能要十年、二十年时间,但无所畏惧。”

进入 21 世纪,面对国家战略急需,工程热物理所选择了一条颇具挑战的攻关路径——挑战当时并非行业主攻方向的轻型发动机。尽管技术跨度大、经费短缺、研制风险高,他们仍迎难而上。从 2007 年绘制首张发动机图纸,到 2013 年首款涡喷发动机试飞成功,再到 2016 年首款涡扇发动机台架试车告捷,工程热物理所团队从无到有,攻克了强度、振动等一系列

“卡脖子”难题。为了完成外场实验,他们的足迹遍布条件艰苦的无人区。

2014 年除夕前夜,为完成某型发动机试飞任务,科研团队赶赴西北高原,在零下几十摄氏度的严寒中通宵工作,用跨年奋战的 48 个小时,换来了发动机的平稳运转。当发动机橘红的尾焰和岗什卡雪山黝黑的身影融为一体,远处的天空透着日出前微微的红。看着年轻人在雪域高原上忙碌的身影,项目负责人朱俊强院士曾有感而发:“工程热的伙伴们,骨子里透着格桑花一样的坚韧和淡然。”正是凭着这股舍我其谁的拼劲,他们研发出多款轻型涡扇、涡喷发动机,填补了国内设计研发体系的空白。“面对激烈的国际竞争和发达国家技术封锁,我们必须靠自己的双手、靠原创解决问题。”朱俊强说。

工欲善其事,必先利其器。航空发动机和燃气轮机的研发离不开大型试验装置的支撑。但长期以来,我国深受大功率燃气轮机试验装置空白的瓶颈制约,与国外的差距至少有 30 年。

2016 年,航空发动机及燃气轮机重大专项全面启动实施。工程热物理所承担了建设高效低燃燃气轮机试验装置、吸气式发动机热物理试验装置两大国家重大科技基础设施的重任。高温、高压、高转速……为了模拟极端复杂的真实工作环境,这两台装置的建设可谓挑战人类工程科学极限。但工程热物理人怀揣信念、全力以赴,组建了吴仲华高效低燃燃气轮机科技攻关青年突击队,36 人平均年龄 35.6 岁。他们说:“再难再苦,我们豁出去也要把它建成、用好!”如今,高效低燃燃气轮机试验装置的主要试验平台已陆续通过验收,吸气式发动机热物理试验装置也进入全面冲刺阶段。建设者们用十余年的极限冲锋换来了“国之重器”的问世。

第四章 致远

“双碳”赛道上的中国智慧

七十年来,国际能源界经历了石油危机、全球变暖等重大事件的冲击,我国也从“缺油少气”的能源禀赋焦虑,走向了建设清洁低碳、安全高效能源体系的战略觉醒。

煤炭作为我国的主要能源,其清洁高效低碳利用是保障我国能源安全、实现“双碳”目标的关键环节。作为国内最早、最具影响力的循环流化床技术研发团队之一,工程热物理所循环流化床实验室自 1981 年成立以来,经过 40 余年基础研究的积累,成功研发出了一系列具有自主知识产权的循环流化床锅炉,打破了国外技术垄断。目前已在落地超过 100 台套,相关产品产值超 33 亿元,每年可减排含焦油和酚的废水 260 万吨,并输出至共建“一带一路”国家。近年来,他们响应国家需求开发出燃煤灵活调峰、固废处置、生物质气化等技术,均获得成功应用。实验室主任朱治平说:“通过集体智慧达到别人达不到的效果,这是我们团队的核心价值所在。”

2004 年,正值我国火电“大干快上”的时代,可再生能源装机占比尚不足 1%,几乎可以忽略不计。当时刚刚博士毕业的陈海生在充分调研之后,开创性提出更符合中国国情的“先进压缩空气储能”新原理。没有先例可供参考的技术研发注定是孤独和艰难的,但陈海生说:“哪怕多花几年,一定要掌握核心技术,不受制于人。”

此后 20 年,他带领团队一步一个脚印,逐步建成和完善“系统设计—关键部件—集成控制”的完整研发设计体系,先后建成国际首套 1.5 兆瓦、10 兆瓦、100 兆瓦、300 兆瓦先进

压缩空气储能示范电站,性能指标屡创世界纪录,被誉为“规模最大、效率最高、性能最优、成本最低”的“地表最强空气充电宝”。

回顾这条二十年磨一剑的研发之路,陈海生感触最深的是“坚持”和“专注”——不追风口,而是自己成为风口;不因冷门而退缩,而是在坚持中把冷门做成热门。

2020 年,我国提出“力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和”的“双碳”发展目标。该目标如何实现?中国科学院院士、工程热物理所研究员金红光有着深入的思考和长期的研究。他指出,简单、粗放的能源利用方式造成高品位能源“大材小用”,是高能耗、高污染、高碳排放的重要原因。金红光系统地建立了燃料化学能梯级利用与多能源互补的能质能势理论,改变了传统单一能源利用的思维,从而大幅提升能源利用效率。

基于该理论建立的分布式能源梯级利用系统,经第三方测试,在供热、供热、供电量不变的前提下,可一次性节省 29.3% 的燃料,远高于当时西方最高水平。针对温室气体减排这一全球性挑战,金红光团队首次发现了燃烧过程中二氧化碳定向迁移的新现象,并原创性提出了捕集二氧化碳的化学链燃烧动力系统新技术,开辟了从源头控制碳排放的新方向。

第五章 薪火

何以“能动”未来?

回望七十年,工程热物理之所以能不断创造奇迹,缘于血脉中流淌着一种独特的精神谱系。

第一,科学报国的“无我”之境。从吴仲华辞美国回国,到徐建中花甲之年转型工程,再到年轻团队扎根无人区做实验,其背后逻辑始终是“国家需要什么,我们就研究什么”。这已不仅仅是职业选择,更是融入血液的价值观。

第二,追求卓越的“匠心”品格。无论是三元流动理论的精妙方程,还是发动机叶片上的一道气膜冷却孔,抑或储能电站的毫秒级响应,都体现了他们对精益求精的极致追求。正如徐建中所言:“一定要把基本概念掌握得清楚,再清楚!学得扎实,再扎实!只有这样,才能把能力提高,再提高!贡献大些,再大些!”

第三,甘于寂寞的“种子”心态。不论是早年坐“冷板凳”,还是储能团队把“冷门”做成“热点”,他们身上都有一种共同的特质:不因冷门而退缩,反而在坚持中把冷门做成热门。这种“坐得住、沉得下、熬得出”的定力是当下浮躁社会中最稀缺的资源。

七十载薪火相传,变的是一往无前的科技征程,不变的是“为中国能源动力事业燃烧”的初心。从奠基者到引领者,工程热物理所的下一个七十年,必将以更坚实的步伐迈向未来。那么,未来的工程热物理,何以“能动”?

所长陈海生表示,未来的“能动”必须推动科研范式变革。随着人工智能、大数据与能源动力的深度融合,传统的“理论推导+实验验证”模式正在向“数据驱动+数字孪生”转变。能否利用人工智能加速新材料筛选、迭代设计与制造、赋能系统控制与智慧运行,将是抢占科技制高点的关键。

未来的“能动”必须向极限挑战。在空天动力领域,冲击更高马赫数、更高推重比;在能源领域,攻坚更高效、更低成本、更低碳的新型能源技术。这需要“功成不必在我”的长周期布局,坐得住“冷板凳”,才能一飞冲天。

未来的“能动”必须直面系统性大考。能源问题从不是孤立的技术问题,而是涉及安全、环境、经济、社会的复杂系统。传承吴仲华先生的“总能”思想,研究所不仅要交出单项技术的答卷,更要为国家提供能源变革的系统性解决方案。

这,就是工程热物理所的下一个七十年——知重负重,向新而行。

站在新起点,陈海生表示,有道是“行之力则知愈进,知之深则行愈达”。在科技创新这条长征路上,工程热物理所初心如磐,使命在肩,将以归零心态再出发,以“工于致热、诚以聚能”的“工热”精神,继续深耕能源和动力领域,加速向更高效、更优性能、更广泛应用发起冲锋,抢占科技制高点,为国家科技自立自强贡献全部力量。



中国科学院工程热物理研究所外景。

本版图片均由工程热物理所提供