

柳卫平：追寻“圣杯”的深山观星人

■本报记者 冯丽妃 通讯员 陈璇

时如飞逝，距离2024年底只剩两个月了。身在北京的柳卫平却恨不得时跑得快些，直接“飞到”两个月后，他就可以置身在四川锦屏的大山里。

柳卫平是中国原子能科学研究院(以下简称原子能院)研究员、南方科技大学教授，也是中国锦屏深地核天体物理实验项目(JUNA)首席科学家。等待JUNA平台的系统升级已有两年多，他渴望回到锦屏山2400多米的地下实验室继续观星，探寻天体元素合成的更多密码。

“我们伽马射线的探测器阵列、加速器主体前端的离子源等都已更新，还研发了全新的气体靶，可以进行轰击气体原子核的实验。”近日谈起实验的前景，柳卫平在接受《中国科学报》采访时，眼里闪烁着期待与兴奋的光。

初识核天体物理

9月初，四川成都。在一个灯火通明的会议厅里，穿着一身深空蓝休闲西服的柳卫平作为第十七届物质起源与星系演化国际研讨会主持人，自信地向来自全球的学者分享中国深地核天体物理实验的进展。

今年是柳卫平从事核天体物理研究的第31个年头。

少年时期，柳卫平最大的梦想是成为一名飞机设计师。命运却把他送上了另一条道路。1979年，柳卫平以优异的成绩被北京大学技术物理系录取，踏上了核物理研究的道路。

出于对自然科学的兴趣，柳卫平很快就爱上了这门学科。至今，他仍记得那时每晚都会和同学抢座位上自习的情景。大学毕业后，柳卫平师从黄胜年(1991年当选为中国科学院院士)在原子能院攻读硕士学位，后来又回到日本理化所深造。作为日本理化所加速器中心首个外籍的课题组负责人，年轻的柳卫平曾和日本团队一起在新建成的回旋加速器上成功建立起不稳定核束流分离装置，并首次找到了当时国际上两个最重的丰质子新核素存在的证据。

20世纪八九十年代，国际上核天体物理研究方兴未艾。1989年，柳卫平回到原子能院，决定瞄准这个前沿领域“大干一场”。28岁的他与56岁的前辈白希祥结成了“老少”搭档，着手开展核天体物理研究需要的低能不稳定束流装置的建设工作。结合在日本的工作经历，他们把已经退役的我国第一台回旋加速器上的磁铁组装起来，在1993年建成了低能不稳定束流装置并成功出束，使我国核天体物理研究进入了新赛道。

伴随着装置产生的铍-7束流，两人开始聚焦新的国际前沿——太阳中微子研究。彼时，国际科学界发现，理论计算的中微子数目总是远远超过中微子探测器的数目。“丢失”的中微子去哪儿了？

“我们希望利用这个装置产生的铍-7



柳卫平在实验室做研究。
锦屏深地核天体物理加速器。原子能院供图

不稳定束流，测量产生太阳中微子的概率。”柳卫平回忆说。

当第一次实验完成时，信号数据看上去非常好，大家都很高兴。但进入后期数据处理阶段，他们才发现，这样得出来的概率显然太大了，比实际的可能性高了10倍。经过反复验证，他们确认取得的数据里掺杂了许多脉冲堆积带来的噪声，之后又花了将近一年时间尝试了很多新技术，才终于排除了噪声，测出了准确的实验数据。

经过后期理论计算，柳卫平和白希祥带领团队终于破解了这个谜题：太阳中微子失踪现象来源于非核物理截面因素。相关研究1996年发表于《物理评论快报》，这是该刊创立40年来首次发表我国实验核物理文章，也是国际上首次测量不稳定原子核反应的角度分布。

大山深处叩响“圣杯”

随着研究的深入，柳卫平把目光投向核天体物理的“圣杯”—— $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反应。

“圣杯”反应是世界核天体物理学家心中的“珠穆朗玛峰”。它决定了宇宙中碳和氧的丰度比，进而影响恒星的演化和元素合成，甚至生命起源。然而对其直接测量十分困难，世界核天体物理界经过半个多世纪的努力，至今远未达到理论模型要求的精度。

由于恒星中的“圣杯”反应极其微弱，而穿透大气层的宇宙射线噪声却十分强，在地面测量，无疑是大海捞针。要想准确测量“圣杯”反应的信号，就必须找到能够屏蔽宇宙射线的实验场所，阻挡宇宙射线噪声的严重干扰。

柳卫平和团队经过10多年的寻觅，找到了理想的实验场所——四川锦屏的大山。

这里最大岩层厚度可达2400多米，宇宙射线通量可以降到地面水平的数亿分之一。

2016年起，柳卫平带领JUNA团队走进大山深处，在最深的地底仰望星空。面对设备器材研制的关卡，他带领原子能院项目团队联合中国科学院近代物理研究所科研团队，研制出紧凑永磁结构的先进ECR离子源和高通量的高压加速器，束流强度可以达到10毫安，是意大利格兰萨索地下实验室的10倍；他们与北京师范大学科研团队合作，研制出BGO伽马探测器阵列，探测效率达到70%，达到国际同类装置最优水平；此外他们还研制出大功率核反应靶，靶上曝光量达到数百库仑，超出国际最好水平10倍以上，满足了强流束实验要求。

2020年，在原本空空如也的锦屏地下实验室核天体物理平台，一个模拟天体演化环境下核反应的“迷你小宇宙”诞生了，并一点点长大。2020年12月26日，一道亮光点燃荧光屏，锦屏深地核天体物理加速器成功出束。

“这就是叩响‘圣杯’的第一缕光。”柳卫平说。

随后，JUNA团队产出的科研成果接踵而至，受到国际瞩目。

2021年12月，团队发表首批4项核天体物理关键反应实验研究，测量灵敏度和统计精度均高于国际同类装置水平。2022年10月，团队在《自然》发表成果，首次揭示宇宙最古老恒星钙丰度之谜。诺贝尔物理学奖获得者约翰·马瑟也发来祝贺函。

回忆起这段经历，JUNA团队很多成员都记忆犹新。当时的锦屏地下实验室就像一个“装修中的毛坯房”，通道昏暗，有的地方伸手不见五指，还有许多沟沟坎坎和地下水的水坑。不但通行十分不便，空气环

境也不好。由于设备功率大，在热胀冷缩的影响下，水管发生爆裂，整个加速器被水淋透，大家都凉了。但事实证明团队制造的设备是可靠的，积水清扫干净后，设备正式启动运行了。

在此过程中，作为首席科学家的柳卫平发挥了“定盘星”的作用。

一个纯粹的科学家

“他是一个纯粹的科学家。”这是柳卫平的同事和学生一致的看法。

在原子能院核物理研究所副所长郭刚看来，柳卫平有着身为一名科学家最重要的战略视野和甘为人梯的优良品格。

任何电子元器件进入太空后都逃不过空间电离辐射的影响，而针对这一问题的抗辐射加固研究，是航空航天事业发展的重中之重。2000年，时任原子能院核物理研究所所长的柳卫平意识到，随着我国航空航天事业的发展，辐射效应研究将成为未来重要的研究领域。他将分散在核物理研究所各研究室的才会聚集起来，通过公开招聘的方式选出课题组带头人。

郭刚就是当选的带头人之一，他博士毕业时，还在为研究方向而纠结，柳卫平成了他科研道路上的引路人。“作为我国抗辐射研究领域的推动者，柳老师给我们提供了很多战略上的思路，也让我找到了为之奋斗的研究方向。”郭刚说。如今，他带领的研究小组已发展成为国家级抗辐射应用技术创新中心。

柳卫平的“纯粹”，还包括主动承担“困难但有意义”的事。

大约10年前，中国工程院院士、时任中国核学会会长的李冠兴找到柳卫平，希望他牵头组织编写一本核科技名词的词典。核科学技术是一门基础科学与技术交叉的综合性尖端学科，涉及学科数量多且复杂，这件事的难度可想而知。当时担任原子能院副院长的柳卫平工作十分繁忙，但他意识到这件事的重要性，十分支持。

他邀请了数十位院士专家，完成了上万条名词的内容编写。2024年3月，他们历经9年反复打磨完成的《核科学技术名词》出版，其内容包括21个学科领域7000余条中英文释义，成为我国核科学技术的科研、教学、生产、经营及新闻出版中的名词规范，受到国内核科技界专家的广泛好评。

随着锦屏深地实验室核天体物理平台在10月底升级改造刚刚完成，柳卫平和团队正在紧张地对设备进行最后的调试并开展实验条件准备工作。他们期待明年年初带着全新升级换代后的设备，回到深山山下继续仰望星空。

“我们的‘圣杯’反应已经取得了最接近伽莫夫窗口和最高灵敏度的好成绩，下一步我们力争在‘圣杯’反应的研究上取得更重要的突破。”柳卫平说。

10年前的11月10日，师昌绪先生永远地离开了我们。师昌绪先生是材料领域的著名科学家、中国高温合金领域的奠基人，曾获国家最高科学技术奖。

师先生曾在很多场合讲他对做人、做事、做学问的体会。他常说：“做人要海纳百川，诚信为本，忍让为先；做事要认真负责，持之以恒，淡泊名利；做学问要实事求是，勇于探索，贵在发现与创新。”这是他的座右铭，也是他对自己一生的凝练和总结。

师先生在少年时期，亲身经历北方军阀混战和日寇入侵，目睹饱受苦难的民众，他在那时就立下强国之志，就是要使中国强盛起来，这个强国之志一直激励着自己前进”。他在战乱中辗转求学，赴美读书先后获得密苏里矿业学院硕士学位、圣母大学博士学位，后在麻省理工学院从事博士后研究。基于实业救国理念，他在国立西北工学院谈大学开始，一直选择采矿冶金、材料等工科专业。新中国成立后，他作为反抗美国政府阻挠中国留学生回国的积极分子，经过顽强、机智的斗争，于1955年回到祖国。

回国后，师先生在地处沈阳的中国科学院金属研究所(以下简称金属所)一干就是30年，主要从事高温合金和合钢研究。20世纪60年代，师先生带领团队研制铸造九孔高温合金涡轮叶片，使中国航空发动机涡轮叶片由锻造到铸造，由空心到空心一跃迈上两个重要台阶，成为继美国之后第二个自主开发这一关键技术的关键技术，研制的叶片大量应用于中国先进战机发动机。

他还亲自到工厂一线参与合金生产，直接服务国防和经济建设。其中有一段期间到抚顺钢厂攻关高温合金生产工艺，赶上三年自然灾害，东北生活极为困难，他连续3个月每天乘坐铁路罐车往返沈阳和抚顺，因劳累过度患了胃炎，但依然坚持工作。回忆那段岁月时，他写道：“当时想的就是无论如何也要使高温合金的生产立足国内，不能让苏联人卡我们的脖子。”直到国家航空所用的高温合金生产工率平定足国内，他的攻关工作才结束。

调至北京工作后，师先生在国家科技战略咨询方面做了很多卓有成效的工作。他牵头组织对中国大型飞机、航空发动机及燃气轮机、集成电路、新材料研发及工程化、材料加工大型装备等重点科技领域的发展进行战略咨询研究，多次向党中央、国务院提出重大决策建议，并得到采纳实施。

师先生曾自嘲“爱管闲事”，其实他想着的是关系国家利益的大事。2011至2013年，围绕集成电路技术和产业发展，师先生组织两院院士、专家到北京、上海、深圳等地实地考察。他亲自主持召开大小研讨会20余次，每次会议，他都要做重点发言，总结专家意见并部署下一步咨询研究工作。最终，专家组形成了一份极具参考价值的研究报告。

2013年5月，师先生在病房中起草报中央领导同志的信，对中国集成电路产业发展战略提出建议。他提出“发展集成电路产业和技术是强国的必由之路”，并对相关产业和技术发展提出具体建议。研究报告得到中央的高度重视。后来国务院发布了《国家集成电路产业发展推进纲要》之后，国家集成电路产业发展领导小组成立，规模宏大的国家集成电路产业投资基金开始运行。

师先生曾说：“我这个人没什么本事，就是能团结大家一起做事。”从带领金属所“一百零八将”攻克空心叶片到整合全国力量让国产碳纤维起死回生，再到以两院院士联谊会会长身份带领资深院士和专家围绕集成电路、三农、转基因、创新人才培养等开展咨询工作，师先生把自己海纳百川、团结协作的性格展现得淋漓尽致。不管到哪里，他总能团结大家、共同干事创业，他的人格魅力影响着身边的每一个人。

晚年的师先生虽然已是材料领域的泰斗级科学家，但他没有任何架子，因他威望高、声誉好、处事公道，科技领域向他请教的单位和个人络绎不绝，普通科技工作者的来访来信，他都坦诚接待、回应。中国工程院一位领导同志评价师先生说：“与他交往无不感到心情舒畅。他关心人，不看对象，不分厚薄；他尊重人，不分长幼，不论资历。他是大家心目中值得信任的好领导、好长辈、好朋友。”

我在师先生身边工作时，也切身感受到了他的关心与尊重。刚到他身边工作时，先生嘱咐我多读书、多看文献，还亲自给附近的图书馆写了一封信，请他们协助帮我办一张图书借阅证。

第一次和师先生出差，到酒店安顿好后，师先生把我叫住：“小郝，你是第一次来深圳吧？”说着就从外套内兜里掏出些钱来说：“出去转一转，看看有什么要买的。”师先生对自己却一点也不关心。比如，师先生穿着极为简朴，很多次跟着他出去开会时，都有人提醒我：师先生的衣服太旧了！

如今，先生已经离开我们10年，每每回忆起这些细节，我的心中依然感到温暖。这是一份宝贵的精神财富，照亮着我们的未来，激励着我们继续前行。

科学成就离不开精神支撑。“作为一个中国人，就要对中国作出贡献，这是人生的第一要义。”这是师先生作为一个爱国者的朴素表达。在他的人生历程中，在祖国科技一线，他敢于攻坚克难，为国铸材；在事关国家长远发展的重大科技领域，他担当重任，凝练科技工作者智慧，形成战略决策建议。师先生用行动诠释了科学家精神中爱国、创新、奉献的精神内核。

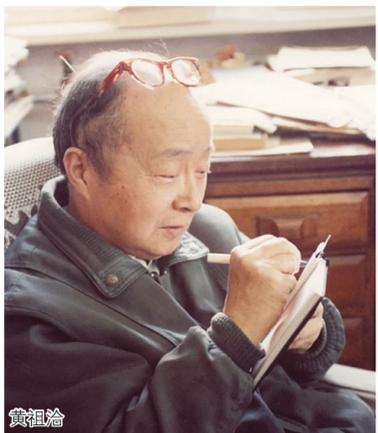
当前，距离实现建成科技强国目标只剩11年时间了。科技工作者们肩负历史重任，要学习老一辈科学家爱国奋斗、敢于创新的宝贵品格，以科学精神做事、做学问，以科学家精神铸魂，脚踏实地、奋发有为，为早日建成世界科技强国贡献力量。

(作者系师昌绪原秘书、国家自然科学基金委员会副研究员，本报记者甘晓采访整理)

郝红全与师昌绪(右)合影。

师昌绪先生的做人、做事、做学问

■郝红全



北京师范大学供图

今年是我国首颗原子弹爆炸成功60周年，恰逢理论物理和核物理学家、两弹一星”杰出贡献者黄祖洽百年诞辰。

回忆起父亲时，黄祖洽的女儿黄萌笑着说：“我父亲应该是天生热爱当老师的，他自己说过这样的话，他的经历也很好地说明了这一点。”

发自内心地爱学生

据黄萌回忆，黄祖洽的初中、高中阶段都有过在班里当老师的经历。当时正值抗战期间，学校奇缺老师，而黄祖洽非常擅长自学甚至超前学习。所以，当时的校长就和他商量，在班里没有物理老师的情况下，请他为同学们讲课。

后来，在清华大学成为钱三强的学生后，黄祖洽曾作为研究生协助老师钱三强讲过一个“原子能科学”的课程。钱三强看他备课认真又深受学生喜爱，奖励给他一部照相机。

黄祖洽之女忆父亲：他天生热爱当老师

■本报记者 陈彬 通讯员 张蔚

“这部照相机一直陪伴着我父亲。”黄萌回忆道。

到北京师范大学工作后，带学生、讲课、答疑，为研究生逐字逐句修改论文……都是黄祖洽从未间断的功课，直到去世。他坚持认为院士不应该只局限于学术研究，“更应该给本科生上课”，所以他从自身做起，一直坚持给本科生上大课。下课了，他的课堂往往被提问的学生围得水泄不通，他从不着急离开课堂，总是非常耐心地回答完最后一个学生的问题才走。

“我父亲喜欢和年轻人在一起，一是他有童心、有活力，另外就是他发自内心地爱学生。在我们记忆中，学生来家问问题，到了饭点他留学生一起吃饭，是再平常不过的事。”黄萌说。

惩罚也要让人“心服口服”

女儿记忆中的黄祖洽总是异常忙碌，不是趴在书桌上工作，就是在拉计算器或画图。然而无论如何忙碌，他把子女的教育始终放在心上。

黄萌说：“在‘读书无用论’泛滥的时期，父亲很担心荒废我们的学业。所以，父亲让我们在家自己制定作息时间表和学习计划，养成自学的习惯。”

在教育的原则问题上，黄祖洽很严厉，不能懒惰、不能攀比、不能未经思考就提问题，犯了错误还会严惩。

黄萌至今还记得一件小事。有一次，她和弟弟在家里不小心把温度计打碎了，他们突然发现散落一地的水银小珠子很好

玩，两个小的碰一块儿就变大了。于是，父亲一到家，姐弟俩就迫不及待和他讲这个有趣的发现。瞬间，黄祖洽就变得很严肃，马上一边清理现场，一边告诉孩子们怎么样用硫磺处理散落在地上的水银。紧接着，他拿出纸笔匆匆写下边算，告诉孩子们这么多水银的毒性，以及水银一旦变成气体的致命后果。

“他批评我们、惩罚我们，也是先把道理讲清楚，让你心服口服，还要和你商量，让你自觉自愿接受惩罚措施。现在回想起父亲当时气呼呼的神情，感觉都是对我们的爱和担心。”黄萌说。

给学生指明方向

也正因一生都秉持这样的精神，黄祖洽特别喜欢爱思考、会提问的学生，还很喜欢为人真诚、追求真理、明辨是非的学生。“在家里，我们经常听到他点名说起自己的某个学生，他经常觉得他的很多学生都比自己强，讲起来眉飞色舞、满脸荣光。”

由于自身受益于西南联大的育人特色，黄祖洽也特别希望在自己的身上延续那种学风、教风，以及师生关系。他曾经向子女们回忆起自己的大学生活——曾经有一阵，他总是拉肚子，肠胃很弱，脸色蜡黄。大学老师王竹溪听说后，特地叫他到家里吃热乎的软面条，好好保养身体。经过一段时间的调理，他的身体果然好了起来。

回忆起当时的老师授课，黄祖洽认为，西南联大的老师们更倾向于给学生指明一个方向，而不是仅仅教授具体的知识。后来，黄祖洽上课时，也总是给学生们指出世界上

有什么新的研究趋势、哪些人在这个领域是杰出的，哪些文献是顶尖的。

黄萌讲述道：“爸爸总是说，你要站在前沿，看到最好的，才可能做出新的、更好的成果。”

父亲是一本越读越厚的书

上中学期间，黄祖洽的国文非常好，他的作文基本是班里的范文。当时的国文老师写给他的作文评语是：“骈散一炉，文情俱佳。使季绳(黄祖洽字季绳)专研文学，不难出人头地也。勉之望之！”然而最终黄祖洽选择了物理。进入西南联大后，也有数学系的老师欣赏他的才能，希望他转学数学专业，但他还是坚持学习物理，并认为“物理有更广泛的应用空间，能够实现报国之心”。

不过，黄祖洽一直得益于文理兼修给自己带来的滋养，故而一直倡导理工科的学生“文理兼修”。黄萌回忆：“父亲晚年病重时，回答我的问题仍是用《论语》中的智慧。为了启迪我理解为人品格，还推荐我看《古文观止》中的《诫子书》。”

“父亲生前总是鼓励我们把书读薄，这样知识就成为自己的。而如今，我发现父亲是一本越读越厚的书。他的点点滴滴都让我们怀念。”黄萌动情地说，“想起天气好的时候，他和妈妈经常带着我们去圆明园。父亲会给我们念亭台楼阁的名字，讲其中的历史，还会带我们观察植物，陪我们把湖里的蝌蚪抓回来养到长出腿后再放生。后来我才知道，这也是父亲给我们上的一课，这一课叫‘拥抱生活，热爱自然’。”

郝红全与师昌绪(右)合影。

吴晓东 / 摄