

姜文汉院士

访谈录

人物小传



姜文汉，1936年5月9日生于浙江平湖。光电工程专家。1958年毕业于哈尔滨工业大学铸造工艺与设备专业。1995年当选为中国工程院院士。

中国自适应光学的开拓者和奠基人。在自适应光学和光束控制两方面均作出了重要贡献。1979年在中国开辟自适应光学研究方向，建立整套基础技术并主持研制多代具有国际先进水平的自适应光学系统，成功应用于高

分辨力天文观测、激光核聚变光束控制、光波大气传输校正、活体人眼视网膜细胞超高分辨力成像等领域，使中国在自适应光学领域的研究水平跃居世界先进行列。

一 求学之路

1 母亲启蒙我爱上科学

1936年5月,我出生在浙江省平湖县。平湖是杭嘉湖平原上靠近上海的一个小县城,地处杭州湾出海口北岸,紧邻当时的江苏省金山(现属上海市),是平原上的水网地带,也是十分丰饶富足的鱼米之乡。江南曾经广泛流传一首民谣:“金平湖、银嘉善、铜嘉兴、铁海盐……”平湖能够被冠以“金”字排名首位,其自然条件和富庶程度显然是得到了大众的认可。

然而,在我一岁时,这里的美好面貌就因战火而全然不再。

1937年7月,日本侵华战争全面爆发。11月,日军从平湖县最东边的小镇“金丝娘桥”登陆,向上海和南京方向进攻。中国守军虽奋起抵抗,仍是损失惨重,金丝娘桥等地也相继失守。我外婆家在附近的新丰镇,整个镇子都被日军烧成了废墟,大火烧了整整三天三夜。

故土一片狼藉,我们全家被迫开始了逃难生活。先是乘小船逃到湖州附近,而后辗转来到上海租界,与舅舅一家合租了一套小房子,终于算是有了落脚的地方。然而,居住、医疗等条件都非常恶劣,我的一个哥哥和一个姐姐都患上了麻疹,在几天之内先后去世。

这一切,让我在孩童时期就深深尝到了家破人亡的滋味,也在我幼小的心灵中刻下了深深的烙印。它时刻警醒着我:“唯有国家强大,才能不受欺负。”1945年日本投降,我虽仅有九岁,也是倍感欢欣鼓舞,喜悦之情至今难忘。

我的母亲自小家境殷实,是一个大家闺秀,为人温婉大方,在杭州进入学堂接受过新式教育,还在安庆等地当过教师,对教育方式有自己的独到理解,是民国最早的一批知识女性之一。

母亲中年得子,38岁生下了我。哥哥姐姐的去世,给母亲带来了难以释怀的伤痛,但为了我,她还是坚强的承受下来。在那个战火纷飞的年代,母亲竭尽全力呵护我成长,甚至在最恶劣的条件下,她也没有放松对我的教育。到我6岁时,母亲已经教我学完了小学一、二年级的课程,所以我能够直接跳入三年级学习并且游刃有余。

母亲一直教育我要学好功课,成为有用之才,在我上初中时即开始培养我对科学的兴趣。平湖县虽然靠近上海,但交通非常闭塞,到上海只能依靠小火轮,往返需要一天一夜。所以想要看到课外读物相当困难,但母亲还是千方百计地为我弄到了《中学生》《开明少年》等中学生读物。每次拿到这些难得的课外读物,我就会贪婪地阅读起来,完全沉浸其中。虽然对内容似懂非懂,但大自然的奥秘已经触动了我的幼小的心灵。

儿时的情景仍然记忆犹新。夏天与母亲在院落里乘凉时,一起对照书上的介绍识别天上的星座,数数满天的繁星,时光平静而又温馨。母亲的启蒙教育在我心中埋下了探索真理的炽热火种,成为了我一生科学追求的不竭源泉。同时母亲坚强的性格以及豁达的生活态度也对我产生了潜移默化的影响,使我能够在遭遇苦难与挫折时坦然面对。

2 在复旦中学打下良好数理基础

1949年7月,我从平湖中学初中毕业。由于当地还没有高中,我乘坐小火轮来到了上海就读,进入了向往已久的复旦中学。这所中学与复旦大学同时创立,历史悠久且文化厚重。我在感到眼界大开的同时,也深刻体会到了城乡教育水平之间的差距。我的初中阶段,正处于政局动荡时期,教学质量难以保证,所以并没有受到扎实的数理基础教育。高中一年级时,我的学业比同班同学差很多,尤其是数学和英语。庆幸的是复旦中学有很好的老师,同学们也很热情,学习风气也很好,我并没有感到彷徨无助。

班上有一批同学不仅成绩优异,而且乐于助人。我和大家共同学习、一起锻炼,相处得十分融洽。在这样良好的氛围里,我下定决心奋发努力、迎头赶上。利用几个寒暑假,我把当时能找到的几本知名

数学教科书的习题都做了一遍。尽管有题海战术之嫌,但借此打下的扎实的数理基础却让我终生受用。此外,我始终没有放松对课外知识的学习。当时最大的乐趣是到上海几条旧书店集中的街上去看书,一看就是半天。最吸引我的是《科学画报》,铜版纸精印的刊物,图文并茂。

1952 年夏天我参加了高考。发榜时,我和班上几名成绩优异的同学被另榜公布。我们被录取到了北京俄文专修学校,也就是当时的留苏预备部。

回顾三年的高中生涯,帮我打下了良好的数理基础。尽管高中学的都是最初等的知识,但学会用数学的思维方法分析问题,是这一阶段非常大的收获。以致后来参加工作遇到大量实际的工程问题,我都能很好的适应并加以解决。

3 在哈工大打好工程技术基础

1952 年秋天,我满怀憧憬的来到了留苏预备部。能够去苏联学习先进的技术和经验是包括我在内无数青年人的梦想,我为之不断地努力着、奋斗着。一年的学习时间很快过去了,结果却是我始料未及的。我被通知由于家庭出身问题政治审查没有通过,不能去苏联留学。

当时满心的期待落了空,很是失望。不过好在因为我成绩优异,学校允许我可以申请到国内任何一所大学学习。回顾这一年,虽然结果难以令人满意,但是过程仍然弥足珍贵。我既开拓了眼界,也更坚定了逐梦科学的信念。

1953 年,正值中国“全面学习苏联”浪潮的高峰时期。哈尔滨工业大学(以下简称哈工大)被确定为全国学习苏联高等教育办学模式的两所样板大学之一,一切传承苏联的教学体系。为了弥补心中的遗憾,我毫不犹豫地选择了哈工大,选择继续北上,来到千里冰封、万里雪飘的北国冰城哈尔滨。由此开启了为期五年的大学求学生涯。

哈工大以工科为主,被誉为“工程师的摇篮”。专业设置完全仿效苏联模式,根据实际的岗位需求针对性的设置专业。毕业生能够实现按专业对口分配,到岗后可以比较快的适应工作要求。分配专业时,我响应号召选择了最艰苦的铸造工艺与设备,学习又脏又累的翻砂专业。

在办学、治学的过程中,哈工大逐步形成了“规格严格,功夫到家”的优良传统,在教学上始终比较严苛。以绘图课为例,只要绘图规范性稍差一点儿就必须重做。教学内容上包括大量的课程设计和毕业设计和工程实践训练,促进学生学以致用,使学生在走出校门时已经具备很好的工程实践能力。课程的考核也很严苛,主要课程通常采取口试的方式。学生进入考场抽取一张考卷,题目通常为两三道,但涉及范围很广。考生经过半个小时的准备,需要向主考老师陈述答案并接受质询。老师根据现场答辩情况直接评分,有时为更全面了解考生的知识掌握程度还会提问考题以外的内容。这种考试方式需要学生掌握所学内容的物理本质,对物理概念有清晰的把握并且能够融会贯通。掌握物理本质由此成为了我几十年工作中的一个重要原则。

大学时期是我打好工程技术基础的阶段。虽然在以后的工作中经历了几次专业的改变,离原来的铸造已经很远了,但仍然感到大学里学的基础知识和技能还是很受用的。

二 主动适应国家需要,多次改变专业

1 从“铸造”到“高精度加工”

1958 年我从哈工大毕业后,被分配到中国科学院长春机械研究所工作,从事压力铸造工艺和设备研究。我承担的第一项工作是到北京汽车厂与厂方合作设计 1200 吨大型压铸机。在两位老同志的指导下,我和另一位也是刚从大学毕业的同志一起承担具体设计任务。在 3 个月时间里,我们两人加班加点居然完成了这一台大型压铸机主机全部的设计图纸。这不能不归功于大学中受到的工程实际训练。当然由于两人都是第一次做这么大的工程设计,问题一定不少。后来由于客观原因,设计完成的图纸没有投入试制,没有得到真正的生产考验。

1959 年春节后回到长春,又投入到黑色金属压铸的研究。压力铸造生产的铸件由于精度高,后续加工量少,有很大实际意义,但一般只限于熔点比较低的有色金属。直接压铸钢铁的黑色金属,由于金属熔点高,对模具和工艺都要从头摸索。我们在老同志的带领下几乎每天晚上都在高频炉旁加班进行压铸实验。我的具体工作是测量钢水温度,经过一段时间的练习,我已能测量得非常准确,满足了试验的要求。虽然我们压铸出了手枪本体的毛坯,但由于模具损耗过大而未能投入使用。

1960 年,中苏关系破裂,中国下决心自主开展尖端科技研究。为集中力量,中国科学院决定将在长春的机械研究所和光学精密机械仪器研究所合并,组建长春光学精密机械研究所(简称长春光机所)。我进入长春光机所的第一个任务是研制陀螺仪的宝石轴承。这是一种非常小的精密轴承,精度要达到 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。这是我第一次改变专业,从原来研究的金属熔化、浇铸、凝固和成型转为亚微米精度的加工和测量。原来接触的是将金属熔液转化为零件毛坯,精度达到 1 mm 就不错了,现在要研制出精度高于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的精密产品,唯有努力学习才能胜任。

为此我自学了精密加工工艺和精密测量,很快就掌握了研制宝石轴承的全过程。还提出了测量 1 mm 直径小孔内壁表面光洁度的新方法,完成了研制任务。在工作中学习是效率最高的。

2 从“精密机械”到“光学机械”

1962 年,长春光机所承担了研制中国第一台大型电影经纬仪的任务。这是一台口径达 600 mm 、重达几吨的精密仪器,而且要“一竿子到底”,就是要研制成产品直接交付用户使用。全所上下都没有经验,所里调我去参加设计任务,担任机械组负责人之一,具体负责方位转台的设计。这是我第二次改变专业,从精密机械转到了光学机械。

为此我又自学了应用光学、精度理论和概率论等基础知识。直径达几米的转台要求非常平稳,在高速和低速转动时不能有抖动。传统的机械传动都不能满足要求,而且当时也没有加工机械传动用的大型精密齿轮的能力。时任所长王大珩先生提出了采用摩擦传动的设想。但当时谁也不知道只靠摩擦力能否将重达几吨的经纬仪平稳地转动起来,并且不能有间隙。我接到任务之后设计了一台试验装置,通过试验证明了摩擦传动存在一定的转差率,即主动轮和被动轮之间的传动比不是常数。另外也证明了转差率的变化与驱动力成正比,在传动力小于极限负载力时不会产生打滑现象。通过试验消除了疑虑,摩擦传动在设计中得到了正式采用并且经受住了实际考验。后来发现国外以后研制的许多大型天文望远镜也使用摩擦传动。

方位转台的轴系精度是整台仪器精度的基础,要求旋转时转轴的晃动小于 1 角秒。方位止推轴承是保证整台设备精度的基础,但制造误差和变形对轴系精度的影响是尚未解决的问题。我经过分析提出了精度分析方法,设计了一套试验装置,用干涉方法测量了轴系晃动和零件制造精度的关系,并验证了分析结果。直径 1 m 多的方位止推轴承表面的不平度要小于 $1\text{ }\mu\text{m}$,如何测量加工后轴承表面的不平度是一个难题。一般来讲,测量一个零件的不平度,需要用一个同样大小但精度更高的基准平面,但如何测量这个精度更高的基准的平面度,又是个更大的难题。经过仔细分析,我提出了一种自为基准的三点测量方法,不需要任何高精度的基准,很好地解决了平面度测量的难题,这种方法沿用至今。

1971 年,由于三线建设的需要,我来到四川大邑县深山沟里,参与建设新的研究所(即光电技术研究所的前身)。经过几年脱离科技工作的生活之后,重新有了工作的机会,我以满腔的热情投入新所的建设。最初,从事的多是与专业无关的基建工作,每周还有一天背土运砖的劳动,但是大家的热情都很高。两年多工夫就把新所建成,并且于 1973 年投产了。

到了光电所以后,陆续承担了两种关键光学设备的研制。第一种是弹道相机。这是光电所承担的第一项独立研制任务。弹道相机是一种固定式、大视场的飞行弹道测量设备,为国内首次研制。所里把设计任务交给我负责,这也是我第一次独立负责整机设备的研制。作为负责人必须把握总体性能、协调各分系统的关系,这对我又是一个新的挑战。

我找到一份国外类似设备的详细研制报告,下决心将全文翻译出来。我与所里的一位同志合作,利

用晚上业余时间进行翻译。历时 1 个多月,我们翻译了 20 余万字资料。通过学习,对如何分析光学设备的总体性能有了比较深入的认识。后来进入设计阶段,常常需要工作到深夜,我就索性住在了办公室,画图设计到深夜,就在办公桌上摊开被褥睡觉。经过两年多的潜心攻关,研制成功了我国第一台固定式弹道测量设备并装备了部队。后来又陆续研制成功了两种不同规格的设备,成为光电所的第一批系列产品。

第二种是光刻机。1978 年全国科学大会胜利召开,中国迎来了科学的春天,为改变我国集成电路制造的落后局面,党中央提出开展大规模集成电路的关键技术攻关。中国科学院安排光电所研制国内第一台光刻机——接近/接触式光刻机,我在第一台弹道相机刚刚研制完成后,就接到了新的任务。所里安排我负责这台光刻机的研制工作。这一次又要从头学起,从原来的弹道测量设备转而研制精度要求很高的生产设备。我和同事们通过两年时间的攻关,研制出第一台光刻机,圆满完成了任务。

我一次次面临巨大的挑战,每次都勇于接受、敢于尝试,最终战胜了困难。

三 开拓与发展我国自适应光学事业

1 从“光学工程”到“自适应光学”

1977 年,中国科学院组织制定科技发展规划,我也有幸参加了规划的讨论。当时国外光学界刚刚出现一个新的学科——自适应光学,我在规划会上提出了这个新的研究领域,并列入了规划。

光学系统无法克服动态干扰的影响,是几百年来没有解决的难题。尤其是大型望远镜,其性能受限于大气湍流的动态干扰问题更为突出,这是困扰光学界和天文界几百年的老问题。自适应光学是实时测量——控制——校正光学误差的方法,可以克服动态干扰对光学系统的影响,使光学系统在动态干扰的环境下始终保持良好性能。由于光学波长短,光学干扰变化速度快,自适应光学无论在精度和速度方面都有严格的要求,难度很大。事实上自适应光学的概念早在二十世纪五十年代就已经由一位天文学家提出了,但由于缺乏技术基础,二十多年没有实质性的进展,直到七十年代中期才开始付诸实现。

虽然自适应光学已经列入 1977 年制定的规划,但之后的两三年中,没有人开展这方面的工作。1979 年我在结束光刻机的研制后,就想是否可以开始进行这方面的研究。但是自适应光学是综合光、机、电、计算、材料等多学科的新技术,与我原来从事的工作有很大差异,不仅国内没有人搞过,国际上也只刚刚有几篇文献报道。做这样难度很大的基础性工作,很可能长期出不了成果而坐“冷板凳”,因而有一些犹豫。这时我得到爱人凌宁的坚定支持,她给我分析说:“你知识面广,接受能力强,又肯下工夫,一定能够很快适应工作。尽管短时期内出不了成果,但是国家肯定是要的,虽然有风险,为国家开辟一个新学科,冒这种风险也是值得的。”在她的鼓励下,我下定了决心。组织了几位同志,在所里支持下白手起家,正式开始进行自适应光学的研究。

1979 年,我们组建了“自适应光学课题组”。成立之初,课题组除了我只有四个组员。但是成立当年,我们课题组就构建了第一个自适应光学试验装置。第二年,光电所成立了第八研究室,也就是我国的第一个自适应光学实验室。由于光电所建在山沟里,工作条件很差,当时所里开始在成都郊区双流的牧马山建立新址,计划分批搬迁。由于我们是开展新的工作,所里决定让我们先期搬到牧马山。当时的牧马山是一片工地,原来这里是省军区的“五七干校”,只有一些用作养蚕、养鸡的平房。所里刚刚盖起三栋宿舍,道路是泥土路,一下雨就一片泥泞,只能穿高筒雨靴行走。我们自己动手把原来养蚕的平房进行改造,在墙上贴墙纸,地上铺一层塑料地板,没有光学实验平台就找一块厚钢板,下面垫上沙子做减震,中国第一个自适应光学实验室就这样开始运行了。

2 成功应用于激光核聚变装置和天文望远镜

自适应光学在国内没人研究过,国外也只在起步阶段,我们如何白手起家?我确定两条原则:一是坚持建立基础技术,由简单到复杂认真解决单元技术;二是尽量寻找应用目标,因为技术只有在实际使

用中经受考验,方能通过不断发现问题得以改进,进而在使用中体现其价值。经过两年的努力,我们的 7 单元线列系统实现了闭环校正。这是中国的第一个自适应光学系统,尽管非常简单,但是演示了自适应光学波前校正的基本原理。

当时中国科学院上海光机所正在构建“LF12”激光核聚变系统。这是一套庞大的激光系统,激光经过上百米的光路,将激光功率放大到 10^{12}W , 聚焦于充满氘和氚的小丸,引发核聚变。系统中几十个镜面的制造误差,以及累计总长达几米的光学材料的不均匀可以积累很大的静态光学误差,导致聚焦面上光能发散,影响用激光触发核聚变的效能。1983 年,上海光机所的几位专家得悉我们在做自适应光学,就希望我们用自适应光学来校正“LF12”激光核聚变系统的波前误差。我们就把原来研制的线列变形镜改为研制面阵变形镜,并研制出 19 单元的变形镜。因为校正的对象是静态误差,我们提出将通过焦面上针孔的激光能量作为波前校正的指标,采用高频振动爬山法控制原理进行闭环校正的思路。

经过两年努力,1986 年这套校正系统与“LF12”装置进行联机,实现了对这套庞大激光系统的波前误差校正,校正后的焦斑能量集中度提高为校正前的 3 倍,这是全世界在激光核聚变系统中第一次采用的自适应光学系统。七年以后,美国劳伦斯·利弗莫尔实验室在国际会议上报道,他们的 Beamlet 激光核聚变系统中也使用了自适应光学系统,并在报告中说这是中国装置首先使用的“中国方法”。

与此同时,为实现瞄准天文目标的高分辨力成像观测,我们积极开展大气湍流造成的动态波前误差的校正技术研究。而校正动态误差的技术要求很高;一是自适应光学校正系统的空间和时间尺度要与动态干扰(湍流)的空间——时间尺度匹配,即波前校正器和波前探测器的单元尺度不能大于湍流的空间尺度,校正系统的带宽要大于湍流的特征频率,校正精度要达到十分之一波长,对可见光就是 50 nm,时空频率要求极高;二是探测从星体目标来的光学波前所能用的光能又非常有限,要达到光子计数的水平。所以校正大气湍流的自适应光学系统,实际上就是一个几十到几百单元、几百赫兹带宽,以数光子的方法,探测和校正波前误差精度达到几十纳米的多路并行高速光学波前控制系统。

我们从简单的系统开始,先建立一套 21 单元自适应光学系统。采用动态剪切干涉仪做波前传感器,用一台口径 300 mm 的望远镜在所区几百米的室外光路进行大气湍流校正实验,1987 年成功实现大气湍流校正。这是中国第一次实现动态波前误差的实时校正,1988 年这一工作在《光学学报》上发表后,美国武装部队技术情报局将其全文翻译为 AD 报告。

1983 年,中国科学院为了支持新技术的研究,经过专家组评议,决定给予我们自适应光学 100 万元的重点课题支持,我们就靠这一支持维持了六七年的研究。

3 在“863”计划的支持下蓬勃发展

1986 年 3 月到 4 月,我在北京参加了“863”计划的专家讨论,参与了“863”计划发展纲要的制定。在国家“863”计划中,我最初担任信息获取和处理主题专家组成员,以后又陆续担任领域专家委员会的成员和顾问,参与发展规划筹划和具体组织实施。此外还就发展战略、研究方向等向上级机关多次提出建议,得到有关领导的重视和采纳。在“863”计划实施中,有多个主题都对自适应光学提出需求,由于我们前期打下的基础,都获得了支持。从此我们的工作“在‘863’计划的支持下得到蓬勃发展”。

1990 年,我们研制的 21 单元大气湍流校正自适应光学系统,在云南天文台的 1.2 m 望远镜上实现了对天文目标的自适应光学校正,这使我国成为第三个实现这一目标的国家。之后我们对这套系统进行改造,在当时东亚最大的北京天文台 2.16 m 望远镜上,对星体目标在红外 $2.2\ \mu\text{m}$ 波段实现了接近衍射极限的成像校正,将该望远镜的分辨力提高近一个量级。

上述系统的波前传感器都是旋转光栅剪切干涉仪,与之配套的波前处理计算机是模拟网络构成的。剪切干涉仪的缺点是有高速运动部件,结构复杂。为此我们开展了另一类波前传感器夏克-哈特曼传感器的研究。在解决了传感器中的孔径分割器件——微透镜阵列之后,面临的一个问题是如何将哈特曼传感器测量得到的信号转化为变形反射镜驱动器的驱动信号。原有的算法是先根据波前传感器测量得到的波前斜率信号后算出波前误差,再解算出变形镜驱动器的控制信号。我们经过研究发现,没有必要先算出波前误差,可以根据波前传感器测量的波前斜率直接解算出变形镜驱动器的控制信号,从而

提出了一种新的算法——直接斜率法。此法 1990 年 4 月在国际会议上发表,此后得到普遍应用。测量大气湍流动态误差的哈特曼传感器需要每秒对波前误差测量上千次,每次测量都要在下一次测量的周期内进行处理,因此要求波前处理机具有很高的运算速度,通用的计算机不能完成计算任务,要根据所用的算法研制专用的高速数字处理机。在解决了哈特曼波前传感器和配套的数字波前处理机等难题之后,我们研制了新一代的天文目标自适应光学系统,获得了分辨能力更高的天文目标图像,并进一步研制了专门的自适应光学望远镜,陆续有多台投入使用。随着望远镜口径越来越大,所需要的变形反射镜的单元数也越来越多,后续研制了 1000 单元级的变形反射镜。

在激光核聚变光束控制方面,随着中国激光核聚变系统的发展,我们研制了多种自适应光学系统,并且校正对象从静态误差扩展到激光系统在工作时产生的动态误差。2011 年,针对我国新一代激光核聚变系统,我们研制成功了口径达 390×390 mm 的可拆卸维修的变形镜和自适应光学系统。为我国大科学工程和新型高效洁净能源的探索作出了贡献。

4 将自适应光学拓展到医疗领域

1997 年,我们团队研制出一台校正人眼高阶像差并获取视网膜高分辨力图像的自适应光学系统。这是全世界第二个实现人眼视细胞级高分辨力成像的系统,设备体积仅相当于美国同类产品的十分之一,国际首次实现了人眼高分辨成像设备的小型化。经过几年努力,我们还研制了自适应光学视网膜成像仪(AORC)、自适应光学视力训练仪(AOVC)、双眼自适应光学视觉仿真器(MAOVS)、人眼自适应光学-光学相干层析成像仪(AO-OCT)、人眼自适应光学-活体视细胞共焦扫描仪(AO-CSLO)等系列装置。上述成果的深入应用,为新视觉科学研究提供了崭新工具,同时为视网膜疾病和全身性相关疾病的超早期诊断提供了全新手段。

如今,我们的自适应光学研究正向两个方向前进,一是适应国家大型光学工程的需要研制更大规模的自适应光学系统。这就要研制单元数更多的变形反射镜和波前传感器,运算速度更高的波前处理机,以实现更高的分辨力和探测能力。二是适应国家经济和民生的需要,研究小型化和低成本化的自适应光学系统,扩大自适应光学在医疗等领域的应用。

四 成就和荣誉中有你的一半

1 克服重重阻力走到一起

我的妻子凌宁是江苏武进人,与浙江平湖相隔不远,算得上是江南同乡。抗战胜利后她随母亲一起投奔了在鞍山的姐姐。到东北后,凌宁先在大连大学预科乙班学习高中课程,后来进入哈工大预科初级班从头学习高中课程,通过刻苦努力,三年后从哈工大预科班毕业。1953 年,以全 5 分的成绩升入哈工大本科学学习。分专业时,同样响应系里号召,报了最艰苦的铸造工艺与设备专业,我们就此成为了同班同学。由于专业课学习、工厂实习、课程设计、毕业设计任务等比较繁重,我们各自忙于学业,没有太深的交集。

1958 年,我们从哈工大毕业,一起分配到了长春光机所,在同一个研究室工作。我们在工作中逐渐产生了感情,她认为我工作积极努力,能力很强,为人老实正派,值得信赖。但那时是讲究出身成分的年代,她的哥哥和姐姐很早就参加革命,哥哥牺牲在新四军抗日的战斗中,姐姐和姐夫是党的高级干部,她在上大学时就已经入党。而我家庭出身不好,在我们要确定关系的时候,遭到了领导和凌宁家人的一致反对。所里几位党员干部,都找她谈话要求与我划清界限。但她始终坚持自己的选择,把想法向两位党总支部书记和委员进行了汇报,由他们请示党委书记,最终获得了批准。然后她把情况告诉了家里,之前一直反对的家人也终于同意。

在 1961 年五一国际劳动节前夕,她顶着很大的政治压力与我步入了婚姻的殿堂。婚后不久,就遇到了“社教”运动。运动中她以阶级立场不稳,成为被重点批判的对象。当时她正怀着孩子,反反复复写

检查就是不能通过,直到孩子早产,在休产假期间仍需要接受批评。

2 渡过文革时期的艰难岁月

“社教”运动尚未结束,“文化大革命”接踵而至。“造反派”用残酷的逼供手段,把长春光机所的几百人莫名其妙的打成特务。凌宁也未能幸免,同样被当成“特务”审查。将近一年时间,遭受多种非人折磨。她怀着对党的信念和对我的挚爱和牵挂,最终坚强地挺了过来。1976年后,王大珩先生向小平同志反映了光机所的这场“灾难”,在小平同志关心下,长春光机所的这批冤案得到彻底平反。

1968年,带着“事出有因,查无实据”的搪塞性结论,她终于可以回家了。紧接着我被下放到黑龙江北大荒农场进行“劳动锻炼”,家人再次分离。之后又接到了新的通知,全家“上山下乡”。1969年底,我和凌宁带着两个老人和两个孩子,冒着东北三九时节的隆冬严寒,来到了吉林省长岭县的农村。住在老乡当年新打的又经过半个冬天已经冻透的土坯房里,条件虽然艰苦,但一家人终于团聚了。她以很大的热情投入到“向贫下中农学习”的活动,带着浑身疼痛,积极参加各种农事活动,为生产队出谋划策,尽力想办法改变农村贫困的面貌。每天清晨挑着粪桶,挨家挨户收集肥料。尽管那时政治运动仍然不断,由于我们在农村这个“世外桃源”,总算也过了两年相对平静的生活。

3 攻克自适应光学核心器件——“魔镜”

我的妻子不仅从生活上给我关爱,思想上给我鼓励和支持,而且用她的实际贡献——波前校正器技术为我的工作打下了牢固的基础。正如在2007年科学院杰出成果奖评奖会上专家所说:“自适应光学的原理大家都知道,但正因为他们掌握了关键器件——波前校正器,所以他们能够获得这么多成果”。

自适应光学系统包括波前传感、波前控制和波前校正三个主要部分。其中波前校正器有变形反射镜和高速倾斜镜两类。这种新型反射镜,一反传统光学镜面追求稳定不变保持高精度的传统,要在外加电压控制下能动可控地改变面形,而且精度要达到几十纳米,反应时间要小于毫秒。这是非常富有挑战性的任务,国际上把这种镜子称为“魔镜”。当时也只有一两家单位能生产,而且从产品到技术对我国严格封锁。我们的队伍组织起来半年后,还没有人敢于挑战。而要搞自适应光学,没有这种关键器件只能是纸上谈兵。

这时我动员凌宁来挑此重担。这与她原来的经历相差很大,她在学校里学的是铸造工艺和设备,工作后主要搞机械设计,对她来说研究波前校正器是全新的工作,一切都要从头开始。她理解我为缺少这一关键技术而着急的心情,毅然答应了我的要求,开始了艰苦研制波前校正器的工作。压电陶瓷是波前校正器的主要驱动材料,她从头开始学习压电陶瓷的知识,建立压电陶瓷性能测量设备,从众多的压电陶瓷型号中筛选出适用的型号。胶结也是必需的工艺,她深入钻研,做了大量试验,得到了合适的胶结剂配方。她学习光学测量知识,搭建了波前校正器性能测量设备。最终,她与同志们一起,经过反复摸索,建立起制作波前校正器的全套工艺和设备。

在研制过程中,我们遇到了许多难点,包括材料、结构、制造工艺和检测技术等许多方面。特别是在使用过程中更暴露出许多难以预想的新问题,她全身心地投入去解决这些问题,执着地思索,吃饭、散步甚至睡觉时都在想问题,寻找解决的方法。有的“点子”就是在早晨还没有完全醒来,处在似睡非睡的朦胧状态下突然冒出来的。她顽强地做试验,失败了就改进,然后再做……经过苦苦探索,反复试验,终于解决了问题。遇到难题久攻不下而后取得突破时的喜悦心情是难以言表的,她说这是人生的最大乐趣。经过几年的努力,终于研制出我国第一块变形反射镜和高速倾斜镜,并且在自适应光学系统中闭环成功,取得波前校正的效果。

此外,为满足自适应光学新应用提出的新要求,凌宁在成功面前没有停止创新的步伐,不断地改进技术。随着自适应光学系统的发展,波前校正器技术也在不断上新台阶。1998年,她发明了一种小型变形反射镜。正是有了这种小型的变形反射镜,才可以将国外放置在整个3 m×1.5 m光学平台的系统,缩小到可以放在普通的计算机桌子上,为实现这种医学新技术的仪器化铺平了道路。

可以说,我在自适应光学研究方面的成就,一半应当归功于她。真的是“成就和荣誉中,有我的一半,也有你的一半”。

五 培养自适应光学后继人才，实现代际交接

1 带领自适应光学团队发展

我经历了自适应光学实验室从零起步到艰苦创业再到蓬勃发展的阶段,见证了最初四五个人的课题组发展成为中国科学院重点实验室的艰难过程。我们实验室掌握自适应光学基础技术之全面,应用领域之广,在国内外所仅见,被国外同行专家称为“世界规模最大的自适应光学研究群体”。自适应光学取得的成果背后是科研团队不断的磨砺成长。我作为团队负责人,和团队成员同心协力跨过了诸多科技难关。尽管一个个难题常常让我废寝忘食,但经过苦苦思索、日夜攻关之后终于豁然开朗的喜悦,比起任何物质的享受都要舒坦安然。

我特别注重营造开放的学术氛围以激发团队的创新活力,给大家充分发表想法和施展才能的空间。讨论的时候,我会认真的聆听,慢慢形成了一种开放的讨论氛围。讨论的范围涉及的学术面很广,碰撞出了很多创新的火花,我会鼓励大家大胆去实践和论证。

在二十世纪九十年代初,虽然自适应光学科科研任务饱满,但是受体制约束,科研人员待遇普遍不高。而当时市场经济繁荣发展,下海经商“钱途”更好,我们的几位年轻骨干也是跃跃欲试,还好及时将他们挽留了下来。这引发了我对人才培养的深入思考,此后出台了自适应研究室的“人才培养计划”,注重对核心人才的针对性培养,注重各个专业人才的均衡发展,注重对人才苗子的挖掘与培养等。从此提高了大家的工作积极性。

工作是要靠集体的努力来完成的,特别是我们这样工程性很强的研究工作。自适应光学是多学科的综合,包括光学、精密机械、材料、测试技术、计算机和自动控制等许多学科,没有不同专业人员的默契配合和交叉融合不可能实现技术的突破。因此我们在工作中提倡团队精神,要求互相配合,反对以邻为壑、互相封锁的作风。我们这些成绩的取得,无一不是集体努力的结果。

2 将事业交接给年轻人

工作要发展,人才是关键。只有培养一批人才,才能后继有人,持续发展。我认为,培养人才主要有两点:一是要有一个适合人才成长的气氛,作为带头人首先不能嫉贤妒能,要形成平等讨论的学术气氛;二是人才主要在工作中培养,通过压担子使年轻人及早承担更大的责任。

我在培养年轻人时,会结合自身多年的科研经历,与他们分享自己的心得体会:

(1)创新是科学技术发展的源泉。我们刚开始自适应光学研究时,有关领导告诫我们说这项工作短期内看不到成果,而且可能应用面也不广(当时能想到的只是天文应用,而天文研究本身是基础研究,在当时的中国不可能有大的支持),因此这是冷板凳的工作。我们也是做好了坐冷板凳的思想准备。但是我们经过几年不懈的努力取得了突破,而且很快就找到了应用。尤其是国家“863”计划启动后,几个主题都提出需求,并都取得了成果。充分显示了自适应光学在大型光学工程、先进医疗设备等方面的巨大应用前景,并且对全所工作也有很大推动,一时冷板凳变成了热饽饽。我们发展自适应光学的历程,是一个独立自主发展高技术的过程。1967年美国首批公布的自适应光学文献,只有其原理性的讨论,完全没有解决工程技术问题的 Know-how。我们这些完全没有留洋经历的“土包子”一点一滴地逐步攻克其关键技术,终于建立起具有完全自主知识产权的全套技术,并取得实际应用。现在我国还有若干关键技术受制于人,成为“卡脖子”的大问题。通过我们的这段经历更加坚定和增强了独立自主攻克“卡脖子”问题的决心和信心。我认为:我们有集中力量办大事的制度优势,又有中国人吃苦耐劳的特点,只要适当地组织起来,充分发挥科技人员的聪明才智,凡是人类可以做出来的,中国人一定也可以做出来,而且还可以完成别人没有的创造。

(2)主动适应国家和社会的需要,方能充分发挥个人的才能。我在参加工作之后,改了三次专业。从铸造到精密机械,到光学工程再到自适应光学,每次都取得了成功。我认为我改变专业的过程就是不断适应国家和社会需要,调整自己工作方向的过程。国家和社会的需求是科学技术发展的推动力。一

个人要想有所作为,必须适应这一需要,也只有这样才能获得必要的支持,才能有明确的目标,使自己的聪明才智有用武之地。这不是说不要个人志愿,而是要把个人志愿与国家和社会需求紧密地结合起来。从全社会来说,各种专业都是需要的,但每个人所处的环境或所能争取到的条件是有限的,是具体的而不是抽象的,关键是如何把自己的专业和能力在这样一个具体环境中最大限度地发挥出来。人们常说一个人的成功,一是靠勤奋,二是靠机遇。我想所谓机遇就是国家和社会的需求。关键是如何抓住这个机遇,如何使自己的才能在具体的、现实的需求中找到用武之地。如果具有很好的才能而不去主动适应因形势变化而出现的新情况,只希望社会来适应自己而不是自己适应社会,那么成功的机会是很有限的。如果只是埋怨环境不给你发挥才干的机会,一肚子“怀才不遇”的牢骚而让时光白白流逝,到头来必将一事无成。所以选择个人才能和社会需求之间的最佳契合点,使自己主动适应社会的需求,这是一个人成功的重要条件。

(3)不断学习,敏锐吸取科技新进展,才能跟上科技发展的步伐。要想能胜任工作,对于几度改变专业的我来说,必须付出加倍的努力。每次改变专业都要学习新的知识,这就要不怕辛苦,善于在实践中学习。在实践中提出问题,带着问题去钻研学习,比按部就班学习效率高得多。如果不是带着问题学习,学了常常不知所云,而带着问题学习,就能很快掌握其精髓。当然学习中也要注意系统性,突破一点之后就要扩大学习内容,努力掌握这门学科的概貌以及和其他学科的关系。

(4)对于一个科技人员,必须以敏锐的眼光,根据科学技术的发展不断更新知识。一个人如果墨守已经掌握的知识,不去更新和充实自己,已有的知识会很快老化,跟不上科技发展的步伐。一个人如果用同一项技术几年之久,没有用新技术来充实自己,这些技术肯定是落后的,也就失去了竞争力。这就要求科技人员要有广阔的视野和敏锐的洞察力。当年在闭塞的山沟里,我还坚持阅读新的科技期刊,看到美国光学学会会刊以专辑形式发布的第一批自适应光学文章,我就感到这是一个重要的新方向,可以解决几百年来一直困扰光学和天文界的动态干扰问题。本质上是光学和电子学的结合,正符合光电所的大方向,我就提出将此方向列入规划,才有了今天的发展。

现在,自适应光学实验室已经形成老中青结合、以中年骨干为主的科技队伍。2000年以来,年轻人承担了科研和发展的重担,所有课题的负责人都由中青年骨干担任。鉴于这个团队新人辈出,年轻人已经挑起大梁,发展形势很好,为了使年轻同志充分发挥作用,我决定主动退居二线。2014年5月,我宣布下列四条:不再在任何课题中挂名、不再在任何奖项中挂名、不再在不是自己写的文章上署名、不再招研究生。我这样做的目的,是主动给年轻人创造发挥才能的条件,促进完成代际交接。我深信,充满智慧和拼搏奉献精神的年轻一代,一定会将开创的事业继续发展下去,取得更加辉煌的成绩。