

“老科学家学术成长资料采集工程”系列报道⑧

一颗矢志不渝的爱国心，一份开拓创新的责任感，李敏华把毕生精力献给了祖国的航空事业。她这一生所体现的默默奉献的品质，孜孜以求的精神，甘为人梯的情怀，无不绽放着美丽芳华，堪为后人典范。

李敏华：展翅长空绽芳华

■毛天祥 王柏懿

麻省理工学院首位工科女博士

1917年11月2日，李敏华出生于江苏省吴县。幼年时曾在振华小学读书，后随家人迁居上海。1935年从本女中毕业后考入清华大学。1925年的“五卅惨案”、1931年的日本侵略东北三省以及1935年的“一二·九”学生运动，都给李敏华留下深刻的印象，使她立志以己所学报效祖国。

1940年，李敏华大学毕业后留在航空工程系任教。4年后她与丈夫吴仲华一起赴美留学，就读于麻省理工学院(MIT)，并先后在1945年和1948年获得了硕士和博士学位，论文分别是《用散射光解触轴扭转》和《亚谐波振动的解法》，都获得很好的结果。

那时的美国对妇女还很歧视，她在选读博士时，麻省理工学院(MIT)机械系负责本科生的教授就说：“我不能看到机械系有女博士。”幸好负责研究生工作的苏特勒教授支持她。

读博期间，李敏华选修了热力学课程，她的老师肯能教授在一次总结考试结果时说：“这次考题很难，很多人不及格，第一名考95分，是吴夫人。”30多年后，当1979年中国学者访问MIT时，她的老师还记得此事，并说：“一个小个子女孩子打败了所有男孩子！”况且当时的李敏华还有两个儿子需要照顾。她后来回忆说：“我之所以能够学成，是由于有学成后回国服务的坚定信念；也是和吴仲华帮助照顾孩子和分担家务分不开的。”

当李敏华终于成为麻省理工学院第一位工科女博士时，波士顿报纸在报道该届毕业生典礼时特地提到：“中国的李敏华，几个孩子的母亲，证明妇女可以与男子一样，获得博士学位。”

李敏华不仅在MIT攻读学位时，一边学习一边照顾孩子。1975年她的小儿子重病期间，以及1988年初吴仲华肝癌手术后到1992年病故期间，她也是一边工作一边照顾病人。李敏华用实际行动展示她如何处理学业、工作和家庭的关系，不愧是妇女科技工作者的典范。

毅然回国开拓中国塑性力学

为了取得科研工作的实际经验，李敏华决定和吴仲华一起应聘到美国国家航空咨询委员会(NACA)的路易斯飞行推进实验室工作。她在强度研究室任研究科学家，进行塑性力学的研究。朝鲜战争爆发后，他们立即离开NACA转到美国布鲁克林理工学院(PIB)机械系工作，为回国作准备。

其时，李敏华夫妇均已进入科学研究的“如日中天”境地。李敏华发表了数篇NACA报告，还在1950年秋举办的第三届塑性年度会议宣讲了重要论文《应力应变硬化区中轴对称平面应力问题》，从而奠定了她在塑性力学领域的地位。鉴于学术上的成就，她被遴选为西格玛Xi学会的会员，这是优秀青年科学家才能够得到的一项崇高荣誉。

尽管他们工作如意、生活富裕，而且有关方面一直要求他们加入美国籍，但他们并没有忘掉自己学习工程的主要原因，一心回国参加建设。当时，美国政府对在大学工作的中国理工科留学生的回国事宜横加阻挠，李敏华夫妇历经多年努力，尝试过出国参加学术会议、到印度等地找工作、争取联合国的亚洲工程项目以及赴港探亲等途径，均未成功。最后决定以暑期旅欧名义出行，而且特地选择了星期日乘飞机离美赴英的方案，这才避开了移民局的纠缠。1954年8月，

李敏华一家终于离开了美国，绕道西欧、前苏联，并于11月通过满洲里回到了祖国。

当时的新中国百废待兴，周总理接见李敏华夫妇时亲切地讲道：“像你们这样年轻的科学家夫妇，我国还很少，你们要好好工作。”这给了李敏华夫妇很大鼓励，他们也是一直这么做的。

从1955年秋开始，李敏华以极大的热情投入了钱学森和钱伟长领导下的中国科学院力学研究所的创建工作。作为高级研究人员，她担任了力学所设立的四个研究组之一的塑性力学组组长，成为我国塑性力学的开拓者。

上世纪50年代中期，塑性力学在我国尚属空白，她便和王仁、杜庆华等学者一起，携手培育塑性力学的研究人才。他们在力学所精心组织塑性力学文献讨论会，通过集体学习方式，高效率地吸收国外科研成果和工作经验。参会者除了有关院校的著名学者外，还有力学所塑性组的年轻学子。李敏华特别安排年轻人参加文献调查和讨论会，使大家从实践中学到科学知识并了解作研究必须具备的科学态度和基本功。

随后，李敏华又在钱学森倡导成立的工程力学研究班以及中国科学技术大学力学系开设塑性力学课程，为我国塑性力学事业造就了一支中坚队伍。

矢志不渝结硕果

李敏华从年轻时代起就立志理工报国，决心投身航空事业，并取得了一系列重要成果。

一是独特构思有效地求解航空发动机强度问题。上世纪50年代初，航空发动机强度是一个挑战性的前沿问题。李敏华卓有成效地将塑性力学应用于飞机发动机机匣的设计，为解决发动机强度问题作出了独特的贡献。她在NACA路易斯飞行推进实验室工作时，进行圆形薄膜在侧压作用下考虑材料硬化的塑性应力应变分析工作，采用形变理论，通过无量纲变换和引进任意常数巧妙构思，从而不需要迭代即可得到精确解。在当时计算机尚不发达的情况下，这种可用于轴对称平面应力问题的方法是非常有意义的。对此美国学者斯托尔评价道：“在求解应变硬化材料塑性应力分布时，几乎不能精确地求解。而对于轴对称问题，作者(李敏华)得到的解就属于精确或近乎精确的解……即使是在非常简单的圆孔薄板的一维情况，要同时满足协调方程、平衡方程、应力应变关系和边界条件，也不是一件容易的事。由于作者非常巧妙地引进了任意常数，作者相当精确地满足了上述条件。”他最后说：“作者提供了一系列精确解的典范，这是她的特殊贡献。”回国以后，李敏华又通过计算对上述工作进行了推广，研究了材料的应力应变曲线对于塑性平面应力问题的影响。相关工作获1956年中国科学院自然科学奖(国家级)三等奖。

二是研制试验航空烧蚀材料的瞬时加热加载装置。1958年，中国科学院以力学所为主成立了负责人造卫星运载火箭总体设计和发动机研制的第二设计院，李敏华被聘为高级研究人员，她不仅参与了相关工作，甚至和年轻人一样过着集体生活。由于卫星回地球时，重返大气层会遇到高温高速气流冲刷，需要研制耐烧蚀材料及燃烧实验装置，1959年，李敏华作为研究室副主任，接受了筹建燃烧实验装置的任务。她提出了炽体引燃方法，在不到半年的时间里，课题组便在国内首次实现了驻点温度超过1000℃的高温实验。科学院副院长裘丽生亲自带了化学所研制的抗烧蚀材料来做实验，钱学森所长也带了力学

所中层干部来参观。随后，在组织航天预研项目工作中，李敏华又亲自指导建立瞬时加热加载的材料试验机装置，提出了应变测量方法，并与研究组内科研人员一起调研了加热方法，确定了实施方案，终于在国内首次研制成功瞬时加热加载材料试验机，并得到了试件试验段瞬时的均匀温度。研究组被评为先进，相关工作引起了航天有关部门的高度重视。

三是发展新解法分析航空发动机涡轮轴断轴故障。上世纪70年代初，针对航空发动机涡轮轴断轴故障，李敏华承担了在扭矩作用下喇叭轴应力分析工作，针对问题的症结需要得到小凹槽高应力集中区域的应力应变值。她提出变截面轴扭转问题的一个新解法，推导出在任意非正交曲线坐标系中变截面轴扭转问题的平衡和协调方程，用任意非正交曲线坐标和差分法求解应力函数，从而通过计算得到了全轴的等应力函数线和剪切应力分布，并给出了小凹槽任意点的应力。这种新解法收敛性好，所需计算容量小，应用方便，便于编排通用程序，计算量较有限元法少，而且由于采用了任意非曲线坐标，因此适用于解决复杂曲线边界问题，提高了通常用的差分法的适应性和灵活性。那时，她已近六十岁了，仍常常扑在桌上看一张张大大的涡轮轴工程图，不时与航空部有关工厂研讨修改设计参数方案，然后再做数值模拟试验，与实验数据比较，反复核算计算结果，终于获得了航空部“这正是当初故障研究所需”的评价。鉴此，这项工作获1978年中国科学院重大成果奖。

四是倡导学科交叉开展材料疲劳研究。李敏华参加航空发动机涡轮轴断轴故障分析会后，深深感到疲劳问题的重要性，便将自己的研究方向从应力应变分析转向疲劳问题研究。她认为应当和材料科学家配合起来，从宏观微观的角度研究疲劳机制，于是主动与中国科学院金属研究所的王中光教授等人密切合作，共同观察，一起分析，解释实验中出现的现象。为了解在疲劳加载过程中试棒内部的变化，她不顾“自己的疲劳”而开展低周疲劳的实验研究。为了保证试验件的质量和试验结果的可靠性，她不顾年事已高，亲自到南昌航空工业部的飞机工厂安排加工。她采用圆孔薄板铝试件来研究应力应变分布变化规律，得出了应变协调起到主要作用的结论。除了开展实验，她还提出用全量应力-应变关系和分段幂函数近似实际疲劳循环曲线的模型，所得到的计算结果和实验结果相当一致。同时，李敏华又进行了超载对圆孔铝合金薄板试件疲劳寿命影响的实验研究，重点研究拉-拉低周疲劳，得到了超载60%、疲劳寿命增加3-4倍的结果。直到年届八十高龄，她还亲自指导研究生从事疲劳研究。

延伸阅读

关于中学生活

当我在初中三年级的时候，“九一八”事件发生。我记得很清楚，这消息传来是在晚上自修课的时候，那时我们年纪较小，禁不住大家在各级的教室里哭起来了。我们非常愤恨，政府居然毫不抵抗地撤出整个东北。这时曹一华先生走进教室，他用很响、很严肃而气愤的口吻说：“你们哭什么！哭又有什么用！你们应当用行动表示。”之后他还继续讲了一些，说我们应当采取行动，应当向政府抗议，应当要求政府抗日。第二天学校在礼堂外的操场召开了全体(中小学)大会，校长给我们作了很长的演讲，她说我们应当向政府要求抗日，同时要排除日货及洋货，要训练自己来参加武装中国等等。我和同学们参加了上海的学生运动，包括罢课、游行、示威和分组出发宣传抗日及排除日货等工作。同时，学校开始了军事训练，开了抗日运动展览会，将学生制服改用国产土布……

在高中，我们参观了在上海的工厂，如制钙厂、酒精厂、味精厂、纺织厂等等。那时，排除日货外货的情绪很高，所以我希望学习工业化学，这样将来可以直接参加生产工作。所以和一位姓林的同学，决定学工业化学。但我们觉得为了好好地充实自己，当先念化学，再转化工。

关于大学生活

我的大学初期，有很多事件影响到我的思想。那时日本制造的事件愈来愈多以及察院政委会的成立等等激发了各地的学生运动。我在清华大学念书时，有机会参加了“一二·九”、“一二·一六”以及其他多次游行示威运动。当时的各种情景，像冲击西便门、前门开枪后再集合、追悼郭清罹难、追悼郭清游行后持有手榴弹(枪)的军警



李敏华(1917-2013年)

固体力学家，中科院院士。1917年出生于江苏苏州。1940年毕业于清华大学航空工程系。1945年和1948年先后获得美国麻省理工学院硕士学位和博士学位。1949-1951年在美国NACA路易斯发动机研究中心任研究科学家，1952-1954年在美国布鲁克林理工学院机械系任研究教授。1954年回国，先后在中国科学院数学研究所力学室及中国科学院力学研究所任研究员，曾任力学所固体力学研究室主任。

她是中国塑性力学的开拓者，在塑性问题的解析方法、结构强度、疲劳失效机制等方面作出了重要贡献，并培养了一批优秀的力学人才。1956年获国家自然科学奖三等奖，1978年获中国科学院重大成果奖。曾任中国力学学会常务理事、副秘书长，航空学会常务理事，《力学学报》《航空学报》和《固体力学学报》编委。先后当选为第三届全国人大代表，第六届、第七届全国政协委员以及全国妇联执委。

为推动我国疲劳研究工作的学术交流，从1982年开始，李敏华发起组织了两年一届的全国性疲劳学术会议，由中国力学学会和航空学会联合轮流召开，以后机械工程和金属学会也先后参加，最终发展成为4个学会联合轮流主持。这样就筑构一个跨学科平台，强化了力学工作者与材料科学家、理论研究与试验研究相结合，以及宏观研究与微观分析相结合的趋势，推动了疲劳研究的学术交流。

甘作人梯 春蚕丝尽

李敏华对年轻学子的培养，很是花费了一番心思和精力。每位年轻人分配到研究室、课题组来，她都亲自谈话，了解业务基础、兴趣爱好等情况，以此来确定各人的工作方向。特别是在建所初期，她首先设法使年轻人具备研究塑性力学必要的基础知识，如固体力学、应用数学、试验技术等，并言传身教培养大家的查阅文献能力。她安排年轻人去北京大学数学力学系及清华大学工程力学班旁听相关课程，让他们参与各种学术会议，还为每一年轻人名人聘请一位高级研究人员进行指导，使青年学子迅速成长起来。

1978年，研究生制度恢复招生时，李敏华招收

了8名学生。她对这些研究生的学业要求十分严格，选定了线性代数、常微分方程、数学物理方程、计算方法和张量分析等作为基础课，又指定了弹性力学、振动与稳定、塑性力学和有限元方法作为专业课。由于学生都是学业荒废十多年之后重新拿起书本的，学习相当艰苦，几个学生曾一起商量让李敏华先生免考塑性力学。但她没有同意，并用自己在麻省理工读博士的经验告诉学生：学完一门课程，只有经过考试，才能有深刻的记忆。

和严谨甚至苛刻的学术作风成鲜明对照的，是她对弟子们“祖母式”的关怀。当年，由于户籍政策，不少研究生们都是长期两地分居，有的达七八年之久，她特别同情两地分居的困难，多次和所里商量，寻找解决的办法。身为女性，她对女弟子、女助手格外关心，经常与她们探讨如何处理学业、工作和家庭的关系。

作为著名的固体力学家，李敏华在事业上奋力求索，在生活上充满情趣。她很爱种花，办公室和家中的窗台上都摆满她亲手种植浇灌的花，有吊兰、海棠、蟹爪兰，还有各式仙人掌。她常常说：“科研工作出成果很慢，需要做些像种花这样易见成果的事。”正如鲜艳美丽的花儿，李敏华的一生也充满精彩，绽尽芳华。

(作者单位：中科院力学所)

李敏华《自传》摘录

殴打同学以及同学被捕、警察及带大刀的宪兵来校捕人等等，都一直清楚地记着。这说明了那时蒋介石政府的腐败无能，而另一方面说明了群众力量的强大，和群众意志的坚定。这种情景的记忆在我以后遇到困难时给我以极大的鼓励，同时增加了克服困难的勇气……

到昆明后，学校开办了航空工程系，由机械系同学转入。我在抗战期间看到空军的重要，深感航空工程的需要，因此和其他的九位同学一同转入了新办的航空工程系。我所学的注重飞机结构。在这个时期中，我们安心学习，希望将来能为国家多多工作。但是慢慢地看到抗战不够积极、蒋介石政府人员的腐败贪污、商人的囤积走私、物价高涨，以及其他等等不公平的现象……我们又大大地失望。我们很感苦闷，因为学习工程的常在一起讨论，觉得在政治上不轨道的时候学习工程是错误的，当从事政治工作。但我们平时对社会学方面的学习又少，有无从着手之感，结果只能仍然向工程方面继续努力。我们想至少应当充实自己，等将来政治上轨道时，可以尽我们最大的力量工作。

关于留学生活

1944年2月抵美，休养至7月，入麻省理工大学研究院，进修工程力学(因那时该校航空系飞机结构方面研究院课程和导师远不如机械系工程力学方面的好，并且工程力学更较飞机结构为基本，将来应用较广)。1945年修毕工程力学硕士学位。那时健康大部恢复，只较弱而已。继续进修工程力学博士，1948年完成。在这四年的初期，我们有了两个孩子。因此对我的工作负担增加极多，对经济负担也增加不少。同时很多人觉得女子在结婚后不能也不需要念书。所以在这种经济和舆论的双重压迫之

下，度过这个时期也很不容易的。但是，我选择学习工程和我赴美留学的原因是很清楚和肯定的，是那多年来的实际环境所造成的，因此我的意志很坚决。

关于在美工作

1947年春，我的爱人吴仲华在麻省理工大学完成博士学位，而正好那时美国航空研究所(NACA)需要有博士学位的人做研究工作。吴仲华与航空研究所派来麻省理工接洽的负责人(Dr. Bardoef，是一位物理学博士)谈后，那负责人积极欢迎吴仲华去工作，并且在知道我正在做博士论文后，盼望我能在完成博士学位后亦立即去该所工作。那时我们因国内非常混乱，蒋介石政府腐败到极点，解放战争刚在东北开始，我们认为除非回国直接参加解放战争，不然能在美做些实际研究经验，对于将来回国参加建设工作将有帮助。我们决定在航空研究所做一段短期的研究工作。我们觉得我们已经在所学的方面花了很多的时间，仍继续往这方面努力，也许成效可大些。

关于回国工作

虽然我们的工作地位及条件都很好，虽然我们的工作性质很合适，虽然我们的私人生活很富裕(我们的收入远超过美国薪水阶级家庭收入的平均值)，虽然美国政府对留中国学生学习的阻挠极严，但我们没有忘掉使我们决定工程的主要原因，没有忘掉在学生时代所目睹的一切事件。我们更清楚地看出新中国的一切是中国人民盼望已久的境地的实现。所以我们坚决地试探及进行了很多有可能性的完美计划。(摘录自1955年5月提交的《自传》)



①李敏华和助手们研究讨论试件的试验结果(1986年)。②李敏华在主持国际学术会议(1988年)。③李敏华获得博士学位后在麻省理工学院校园留影(1948年)。④“文革”结束时李敏华率团出访罗马尼亚(1978年)。