

李敏华院士传略

毛天祥

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

李敏华, 女, 1917年11月2日出生于江苏省吴县(苏州市)的职员家庭。母亲思想比较开明, 毕业于杭州女子师范中学, 支持李敏华姐妹自小读书。1925年, 李敏华刚到上海不久便发生了“五卅惨案”, 上海滩上, 英国巡捕随便打杀中国人, 外国军舰在黄浦江上耀武扬威的种种事实, 给少年的李敏华留下深刻的印象。1931年, 日本侵略军侵略我国东北三省。李敏华当时就读于务本女中, 该校的校长很爱国, 鼓励同学参加示威游行, 并组织了军事训练。一次上音乐课时, 正好是五月四日, 音乐老师给同学们讲述了自己参加北京“五四运动”的经过。在李敏华的心中激起一股热浪, 决心毕业后要去北平(北京)读大学。1935年, 她考入清华大学, 不久, 便爆发了“一二九”学生运动。她一面和所有爱国青年一道积极参加示威游行, 一面更加刻苦学习, 并决心以己之所学报效祖国。

在大学一年级时, 李敏华认识了吴仲华, “理工救国”的共同奋斗目标和摄影和音乐的共同爱好, 使他们成为好友。抗日战争时期, 他们随学校经过长沙迁到昆明, 改名为西南联合大学。在艰难的战争条件下, 学习生活紧张而窘迫。1940年大学毕业后, 李敏华和吴仲华分别被留在航空工程系和机械系任助教, 不久结为终身伴侣。1944年她与吴仲华共同赴美, 就读于麻省理工学院。不久, 他们有了两个儿子, 当时美国妇女生育之后, 大多是在家里照顾孩子, 而李敏华却能在这种情况下, 先后于1945年和1948年获得了硕士、博士学位。作为一个妇女, 这在当时是不多见的。李敏华回忆说: “我之能够学成, 是由于有学成后回国服务的坚定信念; 也是和吴仲华帮助我照顾孩子和家务分不开的。我们合理地安排时间, 共同照顾孩子, 克服种种困难才得学成。”李敏华的大部份硕士论文工作都是在晚上, 由吴仲华照顾孩子, 挑灯夜战完成的。

那时的美国对妇女还很歧视, 她在开始读博士时, 麻省理工学院机械系负责本科生的教授说: “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(Sodeberg)教授支持她, 在读博士期间, 李敏华选修了热力学课程, 肯能(Keenen)教授在一次发考卷时说: “这次考题很难, 很多人不及格, 第一名考95分, 是吴夫人(Mrs. Wu)。”后来肯能教授夫人在一次茶会上对李敏华说: “开始肯能教授对你不相信, 所以出难题考考你。通过这次考试肯能教授才相信。”

李敏华的硕士论文是“用散射光弹解轴扭转”方面的工作。她先认真看了光学书中全部有关散射光的内容。再将散射光的特性、散射光弹原理与轴扭转问题的特点相结合, 提出了一个用散射光弹解决轴的扭转问题的简单新方法, 得到了应变分布。她的博士论文是亚谐波振动。导师邓·哈托(Den. Hartog)指着自己所著《机械振动》一书的一段话说: “这就是作博士论文的题目。”并补充说: “博士论文的题目不一定能做得出结果的。”邓·哈托本人在书中就写道: “由于这涉及到变系数非线性方程, 很显然, 这样的分析工作是极其困难的。”当时, 吴仲华获得博士学位后, 离开麻省理工学院去克利物伦(Cleveland)NACA(美国宇航局NASA的前身)路易斯发动机研究中心工作。李敏华利用暑期中学放假, 请了一位中学生照顾孩子, 以便她进行论文工作。她查阅亚谐振动的文献, 查到电子系统有产生亚谐振动的少量文献,

而机械系统只有一篇叙述产生亚谐振动的一个机械模型，并且只在一定的初始条件下才会发生亚谐振动。她分析得出了电子系统在振荡过程中，系统的系数是变化的，在一定的条件下，会发生亚谐振动；而机械系统中这些系数是固定不变的，只有在一定的初始条件下才产生亚谐振动。根据这些理解，她得到亚谐振动的解法，并算出了一个例子。邓·哈托教授在看了她的方法和计算结果，并进行简单的校验之后，感到无比高兴，对她说：“你解决了！”于是，导师进一步要求她对初始相位差的整个范围进行计算。这个工作是她带着两个孩子在吴仲华工作的城市完成的。李敏华终于成了麻省理工学院工科方面的第一位女博士。波士顿报纸在报道该届麻省理工学院毕业典礼时提到：“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。”

为了取得进行科研工作的实际经验，吴仲华和李敏华决定获得博士学位后，准备做一段工作再回国。随后，李敏华也在 NACA 路易斯发动机研究中心强度研究室任研究科学家，进行塑性力学的研究工作。

朝鲜战争爆发后，他们立即离开 NACA 转到学校工作，为回国作准备。但不久，美国政府对在大学工作的中国理工科留学生回国横加阻挠。经过几年的努力，克服了重重困难，他们终于在 1954 年暑假离开美国，绕道西欧、苏联回到祖国。

回国后，李敏华为青年教师开设塑性力学课，并组织讨论塑性理论和蠕变理论，推动了中国进行塑性力学方面的研究。以后她参加航空航天方面的基础研究。1959 年前后，她领导了为新研制的复合材料试件进行高温试验以及瞬态加热加载材料实验机的研制工作。1970 年代中期，她参加航空发动机故障分析会，承担了喇叭形涡轮轴在扭矩作用下的应力分析。这次故障分析会，使她深深感到疲劳问题的严重性。为此，自 1980 年代后，她又开始从事疲劳研究。同时发起组织侧重宏观研究的全国疲劳学术会议，推动了学术交流。

回国以后，李敏华先后在中国科学院数学研究所力学组及中国科学院力学研究所任研究员，固体力学研究室主任。1980 年当选为中国科学院技术科学部学部委员(院士)。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。李敏华还曾当选为第三届全国人大代表。她是全国妇联执委，第六届、第七届政协委员。1984 年，她加入中国共产党，实现了多年的心愿。

在塑性力学方面的研究

1949 年初在 NACA 路易斯发动机研究中心工作时，李敏华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。当时，塑性力学工作刚开始不久，考虑材料硬化的解更少，通常都采用形变理论迭代求解。她采用形变理论，用椭圆方程的角度 α 和无量纲有效应变 γ/γ_0 来表达冯·米泽斯 (von Mises) 屈服条件。使问题由 5 个未知应力应变分量和未知材料参数降为 2 个未知变量 α 、 γ/γ_0 及未知材料参数。因 α 在边界上已知， γ/γ_0 是随应变分量变化的未知量，仍需要迭代求解。李敏华引进了一个任意常数 k 将半径无量纲化为 γ/k ，这样在一个边界选定了 γ/γ_0 值，从此边界沿 γ/k 进行计算，直到 α 满足另一个边界值。这时的 γ/k 值等于 β/k ，由此可定出任意常数 k ，从而不需要迭代可得精确解，这种方法可用在轴对称平面应力问题中，在计算机尚不发达的 1950 年代初是非常有意义的。在对李敏华文章讨论时，E.T. 斯托威尔 (Stowell) 写道：“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的或近乎精确的解。……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参数，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。”

当时，对形变理论是否适用有不同看法。薄管实验结果已经证明，对于比例加载（即加载过程中主应力方向和比值不变），形变理论是可用的。李敏华针对轴对称平面应力问题，计算了两种不同硬化性能材料在不同载荷下圆孔薄板和旋转盘问题的解。结果表明每种材料在不同载荷下的 $\alpha-\gamma/\beta$ 曲线接近，而且对这一组轴对称平面应力问题，主应力的比值 σ_r/γ_0 和 α 成线性关系。这表明在加载过程中各点满足比例加载，因而形变理论能用于轴对称平面应力问题。李敏华将此结果在 Brown 大学举行的塑性力学学术会议上报告，虽然该校当时有几位著名塑性力学家对形变理论有不同看法，但对李敏华的工作仍是很重视的。

李敏华还发现，不但上述每种材料的 $\alpha-r/b$ 曲线很接近，而且两种材料的 $\alpha-r/b$ 曲线及 $\gamma/\gamma_0-r/b$ 曲线也分别的比较接近。因此，又对理想塑性材料（即幂硬化指数 $n=0$ ），以及包括大部分工程材料的幂函数近似范围内的 n 值进行了计算。结果显示，不同 n 值的 $\alpha-r/b$ 曲线簇及 $\gamma/\gamma_0-r/b$ 曲线簇都分别的相当接近。因此，她对协调方程和用幂函数近似材料曲线的平衡方程忽略小项进行了分析。得到材料曲线对主应力比值分布和比例应变分布的影响都不大，但比例应力分布因受材料 $\tau(\gamma)$ 的影响各不相同。这表明对塑性变形问题应变协调起主导作用，并由此提出一个近似解法。对每一个轴对称平面应力问题，只需计算一个解，所得到的 $\gamma/\gamma_0-r/b$ 曲线可作为该问题的无量纲有效应变分布的近似解，再用实际材料曲线得到应力分布和外载。此近似解并可用来求解当时无法解决的非均匀材料性能，包括不同温度分布引起的非均匀材料性能的问题。1957 年波兰塑性力学专家 W. 沃尔扎克(Olszak)访问中国科学院力学研究所。当时，沃尔扎克是用理想塑性材料性能求解非均匀材料性能问题的，因此，他对李敏华的方法非常赞赏，邀请她参加 1958 年在华沙举行的非均匀性能塑性力学国际会议。

以上工作获 1956 年中国科学院自然科学奖（国家级）三等奖。

随后，李敏华又通过计算推广到轴对称平面应变问题，通过实验推广到平面应力问题。由以上的这些工作她认为若零件所受外载比例增加，对塑性大应变问题、形变理论可以应用，而且也具有上述塑性形变的特性。冯元桢(Y.C. Feng)在 1970 年代末访问力学所时提到：“在去年举行的国际力学学术会议时，我们还讨论到李敏华的工作。”1981 年哈佛大学 J. 哈钦森(Hutchinson)与何明元的工作中也应用塑性形变理论。

在航空航天事业中为瞬时加热加载及涡轮轴断轴问题作出成果

1959 年，她接受了对新研制的复合材料试件进行驻点温度超过 1000°C 的高温实验任务。李敏华作为研究室副主任，参加到研究组，通过调研决定采用火箭发动机加热。由于时间紧，不可能研制常规火箭发动机。她提出用炽体引燃，大大缩短了设计和加工周期。他们在不到半年的时间里，在国内首次实现了驻点温度超过 1000°C 的高温实验，航天部有关部门极为重视，专门组织参观并进行仿制。

随后，李敏华又参加到建立瞬时加热加载的材料试验机工作的研究组。她提出应变测量方法，并与组内科研人员一起调研几种加热方法后决定方案，得到试件试验段瞬时的均匀温度，在国内首次研制成功了瞬时加热加载材料试验机。该组因这项工作被评为所内先进集体

并获得奖状。

1970 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。针对问题重点, 需要得到小凹槽高应力集中区域的应力应变值。她提出以应力函数作为未知量, 用非正交曲线坐标有限差分法进行计算。这样在所需计算机容量不大的情况下, 直接得到沿小凹槽边各点的应力值。当时她的小儿子患白血病住院, 她每隔一天的下午或晚上去医院, 另一天加班工作, 按时完成了任务。航空部有关部门在来信中称: “对比有限元、光弹实验及涡轮轴疲劳试验的结果, 该计算结果是比较准确的。……该计算可按强度分析需要校核轴外表面任意点处的强度, 是它优于有限元法的主要特点。这正是当初故障研究所需。” 该项工作获 1978 年中国科学院重大成果奖。

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。下决心从应力应变分析的研究改为研究疲劳问题。她认为力学工作者应和材料学家配合进行疲劳研究。为推动我国疲劳研究工作的学术交流, 她发起由中国力学学会和航空学会联合轮流召开两年一届的全国性疲劳学术会议。以后机械工程学会和金属学会也先后参加, 后发展成为 4 个学会联合轮流主持。每两年一次的全国性疲劳学术会议, 推动了疲劳研究的宏观和微观的学术交流。

她认为力学工作者从宏观疲劳研究出发应逐步考虑微观因素, 以便从内在因素进一步了解宏观反应, 这样才能和材料科学家的研究相配合, 较好地研究疲劳机制。只进行圆棒试件和圆棒缺口试件的宏观疲劳实验对了解在疲劳加载过程中试棒内部的变化是不够的。她决定进行低周疲劳的研究。为便于测量试件在疲劳加载过程中应变分布的变化, 采用圆孔薄板试件, 从应变分布变化规律, 她得出了应变协调起主要作用的结论。这样, 李敏华提出用全量应力-应变关系和分段幂函数近似实际疲劳循环曲线的模型 (简称分段全量应力-应变关系模型), 指导研究生编制了平面应力问题程序, 计算结果和实验结果比较一致, 以后又发展到三维问题程序, 用以计算疲劳载荷作用下试件的应变分布和应力分布。在此同时, 李敏华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-拉低周疲劳并进行超载对试件疲劳寿命影响的实验研究。得到了超载 60%, 疲劳寿命增加 3~4 倍的结果。她还进行了圆缺口小板抛光的铝合金试件的超载对试件晶粒滑移线影响的研究, 观察到在超载 60% 的情况下, 试件出现由交滑移引起的细而密的滑移带。超载滑移带对主载滑移带的发展起阻碍作用。

李敏华除科研工作外, 还为清华力学班开塑性力学课。在中国科学院创办中国科技大学时, 她兼任力学系固体力学教研室主任, 并讲授塑性力学课。在研究生培养方面, 她先后于 1956 年, 1962 年至 1964 年招收培养研究生 6 名; 1989 年起先后培养硕士生 10 名博士生 3 名。

李敏华认为对妇女科研工作者来说, 关键是要很好地安排时间, 不要把事业和家庭对立起来, 要很好地结合。对孩子和丈夫应尽母亲和妻子应尽的责任, 同时也享受应有的快乐。这样就不会觉得为了事业而牺牲了一些什么, 事业反而能坚持下去。1944~1948 年在麻省理工学院念研究生时, 她一边念研究生, 一边照顾孩子。70 年代, 她的小儿子病重时, 以及 1988 年初吴仲华肝癌手术后到 1992 年病故止, 她都是一边工作, 一边照顾病人。

简历

- 1917年11月2日 生于江苏省吴县(苏州市)。
- 1935—1937年 清华大学学习。
- 1937—1940年 西南联合大学航空系学习,获学士学位。
- 1940—1943年 西南联合大学航空系任助教、教员。
- 1944—1948年 美国麻省理工学院机械系学习,获硕士学位、博士学位。
- 1949—1951年 美国NACA路易斯发动机研究中心任研究科学家。
- 1952—1954年 美国勃洛克林理工学院机械系研究教授。
- 1955—1956年 中国科学院数学研究所力学研究室研究员。
- 1956年 中国科学院力学研究所研究员、研究室副主任、主任。
- 1980年 被选为中国科学院技术科学部学部委员,中国力学学会第一、二届常务理事,第三届理事和第四届名誉理事,第一届副秘书长。
- 1965年 当选为第三届全国人大代表。
- 1983年 第六届全国政协委员。
- 1988年 第七届全国政协委员。

主要论著

1. Lee Wu MH. Analysis of plane-plastic-stress problem with axial symmetry in strain-hardening range. NACA TR 1021, 1951
2. Lee Wu MH. Linearized solution and general plastic behavior of thin plate with circular hole in strain-hardening range. NACA TN 2301, 1951
3. Lee Wu MH. General plastic behavior and approximate solutions of rotating disk in strain-hardening range. NACA TN 2367, 1951
4. Lee Wu MH. A simple method of determining plastic stresses and strains in rotating disk with nonuniform metal properties. J of Appl Mech 1952, 19(4): 489-495
5. Lee MH. Effect of stress strain relations of material on solution of plane-stress problems with large plastic deformation. Congrès International de Mécanique Appliquée, 9e. Actes Université de Bruxelles (Brussels: Proc of the 9th Inter'l Congress of Appl Mech), 1957, 8: 156-165. 另见力学学报, 1957, 1(1): 77
6. 李敏华, 王仁. 塑性应力应变关系总结. 力学学报, 1958, 2(2): 167
7. 李敏华. 硬化材料的轴对称塑性平面应力问题的研究. 北京: 科学出版社, 1960
8. 李敏华. 变截面圆轴扭转问题用非正交曲线坐标的新解法. 固体力学学报, 1980, 1(2): 159-169
9. Lee MH, Ren XA. A new method for torsion of shaft with variable diameter using non-orthogonal curvilinear coordinates and its application. Proc of AIAA/ASME/ASCE/AHS 22nd Structures, Dynamic and Materials Conf, April 6-8, 1981, Atlanta USA, Part 1, 1-6
10. Lee MH, Tu MR. Multi-objective-speckle technique and its application. Beijing, China: Proc. of

Inter'l Conf. of Experimental Mech, 1985, 392

11. Lee MH, Wang ZJ, Zhou AH. Effect of proportional over-loading on the life of low cycle fatigue crack initiation of strain-concentrated member. Beijing, China: Proc. of Inter'l Conf. Mech. Behavior of Materials—5, June 3-6, 1987: 671-676
12. 李敏华, 毛天祥, 周爱华等. 比例超载对铝合金圆孔薄板试件低周拉-拉疲劳寿命的影响. 力学学报, 1993, 25(4): 492-495

参考文献

1. Den Hartog JP. Mechanical Vibrations. New York: McGraw—Hill Book Company, INC, 1947. 451
2. Stowell ET. Discussion on a simple method of determining plastic stresses and strains in rotating disks with nonuniform metal properties. JAM, 1953, 20(2): 309

www.cnki.net