

周本濂

(1931—2000)



周本濂，材料物理学家，中国科学院院士。早年从事内耗研究。负责中国科学院金属研究所高温热物理性能测试基地的建设和发展工作，主持研制了大量国家急需的测试装备。承担碳/碳材料热应力损毁机理研究，为我国新一代弹头防热材料的研制作出了重要贡献。从事材料仿生学的研究，并取得突出成果。

周本濂，祖籍安徽合肥，1931年10月20日出生于江苏扬州。中学时代就读于浙江大学附中，1949年先后报考交通大学土木工程系和清华大学物理系，均被录取，他决定在清华大学物理系就读。1952年，他服从国家分配奔赴当时的重工业基地沈阳，投入到中国科学院金属研究所的建设中。1953年到1958年，他在著名科学家葛庭燧的指导下，参与“金属中的内耗和力学性质的研究”，该项目获国家自然科学奖三等奖。

1958年，中国科学院金属研究所在发展航空航天高温材料的同时，组建了高温热物性测试及高温热源研究室，周本濂担任

研究室副主任、主任。1961年，国家科委决定成立全国高温测试基地，周本濂担任基地专业组成员，开始了他为国防军工事业默默无闻创新奉献20多年的科研历程。在此期间，周本濂先后主持研制了大量国家急需的热物性测试设备，多项研究成果获国家及部委奖励。20世纪80年代末到90年代初，周本濂又主持了低维材料热物性测试方法的研究工作，建立了具有自主知识产权的薄膜热物性测量装置及方法。1981年7月至1982年8月在美国康涅狄克大学物理系和材料科学研究所进修。

80年代初，受航天部门的委托，周本濂主持承担了碳/碳复合材料热应力损毁机理研究任务，该任务获得中国科学院科技进步奖一等奖和三等奖各一项。1986年，周本濂提出了固体热膨胀动态过程的概念，打破了人们长期对固体热膨胀过程的理解，并引起了热物理学界的广泛关注。90年代初，周本濂在材料研究中引入了仿生设计的概念，并先后提出了“最差界面设计”、过程仿生等创新性的研究理念。现在仿生材料研究已成为材料研究的重要领域。

周本濂曾担任沈阳市青联委员，沈阳市第七至第九届政协委员；中国科学院科学技术委员会委员，中国科学院国际材料物理中心副主任；国家发明奖评审委员会冶金专业组委员，国家自然科学基金委员会非金属材料学科评审组副组长，国家科委s-“863”软课题研究组专家，中国复合材料学会常务理事；中国计量测试学会热物理性能专业委员会副主任；辽宁复合材料学会名誉理事长。1997年周本濂当选为中国科学院技术科学部学部委员（现称为院士）。

周本濂在40余年的科学生涯中，对我国材料科学、国民经济和国防建设作出了重要贡献。他被国防科工委授予“献身国防科技事业”荣誉证书章，荣获首届桥口隆吉奖，还被评为辽宁省优秀专家和沈阳市劳动模范。

在高温热物理性能测试基地的建立与发展中的贡献

准确的热物理性能数据是材料制备、热过程控制、热结构设计、使役环境等计算的基础。为了研究高温合金等材料的热性能，1958年，年仅27岁的周本濂受命组建金属所高温热物性测试及高温热源研究室。1961年，为了配合国防军工研制及生产的需要，国家科委决定成立包括一批研究所和高校在内的高温测试基地，由李薰教授任领导小组组长，严东生教授和姚桐斌教授任副组长，周本濂作为组员，具体负责了金属所多项热物性设备的研制工作。

当时国家正处于国外的严密封锁下，又时逢三年自然灾害，各种资料、设备严重匮乏，条件十分艰苦。周本濂带领科技人员，依靠自己的力量，克服种种困难，建成了一批测试装置，而且其中不少是具有自主创新的研究成果。如1963年基本建成的纵向热流绝对法金属热导率测试装置，与国外传统的一端设置热源方法不同，热源设置在上下两个试样的中心而热汇设置在两端，充分利用了中心发热体的功率，免去了一端设置热源必须进行温度控制的麻烦。设备研制成功后为包括航空材料在内的多种材料提供了热导率数据。金属弹性模量是各种材料特别是军工材料重要的物理性能指标，军工材料均要求采用动态法测量弹性模量数据。周本濂首先提出了端点悬挂声频共振法测量杨氏模量和剪切模量的方法，克服了节点附近悬挂不易激发振动的困难，获得了金属材料1000℃准确的模量数据。该方法于1965年通过委托单位专家的验收鉴定。此外，周本濂亲自动手建立的几套高温热物性测试装置，如石墨高温热导率和石墨高温弹性模量测试装置，在当时（1965年左右）也均处于国内领先地位。

20世纪70年代初，我国第一颗返地卫星研制任务要求提供材料大量的热物性数据。如卫星裙部热控材料铝合金板材厚度仅

几个毫米，其热导、比热、模量、热膨胀、热辐射等性能均是必不可少的设计参数，而 60 年代建立的测试方法已不能满足板材热物性的需求。周本濂又带领大家建立了一系列新的测试设备，包括国内首批激光脉冲热导仪，该项目在 1978 年获全国科学大会奖；自动记录高温辐射仪，这是我国第一台三参数（温度、电流、电压）实现自动记录的半球向全发射率测试装置。这些设备对我国航天事业的发展做出了重要的贡献。

20 世纪 80 年代末至 90 年代初，周本濂又开展了二维材料热物理性能的研究工作，由于薄膜材料传热速度极快，其法向热导率测量极其困难，当时国际上的大多数测试方法都只是测量薄膜的径向热导率。周本濂带领科技人员大胆创新，将通常用于块体试样测量的激光脉冲法进行改进，研制出了超短激光脉冲法薄膜热导率测量装置，并成功测量了导热性能极高的金刚石薄膜的热导率。周本濂又提出了一种全新的薄膜热膨胀系数测量方法，即采用 CCD 光学成像技术，通过测量像边缘的位移来测量薄膜材料的热膨胀。测试过程中试样不接触各种传感元件，从而保证薄膜的自由膨胀。该装置研制成功后，弥补了国内薄膜热膨胀测量技术的空白，并获得了国家发明专利。这两套装置在此后的研究工作中，先后为多种航天用薄膜材料的研制提供了大量热物理性能数据，为我国航天热控材料及热控系统的设计与研制作出了重要贡献。

热膨胀动态过程概念的提出

关于热膨胀的研究已有数百年的历史，但人们一直以来都认为热膨胀和温升是同步的，各种理论模型也都没有考虑热膨胀随时间的演化过程。周本濂在 1986 年召开的第一届亚洲热物性会议上首次提出了热膨胀动态过程的概念，即固体的热膨胀过程与温升过程不同步，热膨胀落后于温升，存在一个弛豫过程。并从

晶格动力学理论出发，推导出了一维点阵非简谐振动的解析解，求出瞬时加热后固体热膨胀过程的弛豫时间，得到了弛豫时间与固体长度成正比的结论。

由于该理论打破了人们长期对固体热膨胀过程的理解，很快引起了热物理学界的广泛关注和争论。而验证这一理论是否正确，最好的方法就是直接的实验观察。但由于固体热膨胀动态过程的弛豫时间非常短，国内外均没有测量固体瞬时膨胀的技术和方法，而且当时国内缺乏高速数据采集和分析等设备，实验观察十分困难。周本濂查阅了大量的文献，带领学生刻苦攻关，先后解决了超短脉冲加热、微量热膨胀测量、高速数据分析等一系列技术难点，先后建立了间接观测和直接观测两种动态热膨胀的实验测量方法，终于从实验上直接观测到了固体热膨胀随时间的变化过程，证明了固体中的热膨胀过程滞后于温升过程这一新的物理理论的正确性。在此基础上，周本濂又对金属、陶瓷、高分子、高 T_c 超导体、激光棒等多种材料的热膨胀动态过程开展了系统的研究工作，并得到了一系列的研究成果，如在高 T_c 超导体的热膨胀动态过程研究中发现了 T_c 转变温度附近的动态热膨胀幅度 - 温度跃变等，在国内外学术刊物及会议上发表了十余篇学术论文。

碳/碳耐热材料热应力损毁机理的研究和应用

20 世纪 70 年代末期，我国第一代远程弹头耐热材料碳 - 石墨复合材料成功达到了耐热要求，取得了出色的成就，但是命中目标的精度达不到预想的要求。航天部门获悉国际上已经选用先进的三向编织的碳 - 碳复合材料作为弹头耐热材料，80 年代初，我国也制备出这类材料，但是三向编织的碳 - 碳复合材料在再入大气层时是否会因极高的温度产生热应力而损毁却是个未知数。航天部门当时提出的这一课题由于难度极大，没有研究单位敢于承担。在这种情况下，金属所周本濂和刘文川等在著名科学家

师昌绪先生带领下，勇敢地承担了下来，这就是 202 工程碳 - 碳复合材料热应力损毁机理课题的由来。

周本濂带领该课题组研究人员从材料微观结构、力学性质、物理性质入手全面开展研究工作，取得了开拓性成果。特别在对风动试验模拟件产生的裂纹进行研究时，与沈阳军区总医院合作，创造性地采用了当时 X 射线 CT 这一新技术，对该模拟件进行了探测，获得了清晰的图像。解剖结果表明裂纹位置与图像吻合，综合分析说明该裂纹是材料制备过程中产生的，并非风动试验中产生的。到 1986 年该课题共获得中国科学院科技进步一等奖和三等奖各一项。

在该课题开展的材料双向拉伸工作受到重视的同时，1980 年代末期，航天部门又委托金属所与航天部门某所合作进行碳/碳材料的强度特性和强度准则的研究。在周本濂带领下，该课题组在普通万能试验机上用自行设计的机械装置完成了材料的室温（双向应力 1:1 和 1:2）和高温（1000℃，双向应力 1:1）双向强度特性（包括双向拉拉、双向拉压、双向压压）和强度准则的研究，该成果于 1994 年获得中国科学院科技进步奖二等奖一项。

复合材料仿生探索研究的先行者

1991 年，周本濂在复合材料的研究中引入了仿生设计的概念。针对当时复合材料设计中界面设计、纤维的脆性、拔出等一系列困难，周本濂提出，生物界的所有材料都属于复合材料，其在数以百万年的进化过程中对环境具有极强的适应能力，因此完全可以借鉴生物材料的结构和性能特点来设计复合材料。在此基础上，周本濂等先后制备出多种仿生复合材料，并使仿生复合材料成为材料领域的一个新的研究热点。

1993 年，周本濂提出了复合材料界面仿生设计的新理念，再次引起人们的关注。由于复合材料界面的强结合可以实现应力

的理想传递而提高材料强度，但使其韧性降低；弱结合可阻止裂纹扩展而改善韧性，但不利于应力传递，此前人们一直在试图寻求一种最佳的界面结合状态以同时满足强度和韧性的要求，但最佳界面结合是不稳定的，在载荷作用下将偏离最佳点而变坏。而周本濂提出的仿生界面设计则利用仿骨的哑铃型增强体或仿树根的分形树型增强体，通过基体和增大了的端头之间的压缩传递应力而对界面结合不提出特殊的要求。此情况下的应力传递对界面状态不敏感，即使界面设计很差也能满足要求而得到优良的性能。这一观点提出了解决复合材料设计中界面结合强度与韧性间矛盾的新途径，为复合材料设计提出了一个全新的研究思路。基于这一思想，周本濂带领学生先后制备出仿树根状碳纤维、仿草根型网状碳纤维、仿骨哑铃型 SiC 晶须和分形树状氧化锌晶须等多种仿生增强体，并研制出一系列的仿生复合材料。

1995 年在香山科学会议第 45 次学术讨论会上，周本濂又提出了过程仿生的概念，他指出：动植物通过摄取营养而生存，在运动中消耗、补充和发育，都体现了耗散结构的自组织过程。疲劳与休息、损伤与愈合都表现出开放体系自我调节的种种特征。试想一个人假如不吃不喝，也不休息，还要不断劳动，恐怕很难生存一个星期。但是当其遵从定时进食、及时休息的生活规律时，寿命就可以数千倍地延长。工程材料虽然无生命可言，但如将其变为开放体系，当其中的微观缺陷还没有聚集到产生裂纹时就输入能量，给以及时处理，也许可能获得人们预想不到的结果。经过调研，周本濂认为脉冲电流处理是一种向金属材料中输入能量的好方法，他积极组织力量，研究通过脉冲电流处理使材料内部损伤修复及疲劳寿命延长的方法，发现采用疲劳 - 休息 - 通电（补充能量） - 再疲劳这种仿生处理方法，材料的疲劳寿命与一次性疲劳相比提高了 1 个数量级以上。周本濂等进一步发现通过仿生恢复处理后，材料中的裂纹及驻留滑移带等均发生一定程度的愈合，从而大幅度提高了材料的使役性能。这些工作改

变了人们对金属材料工件使用一次性用坏为止的传统观点。

周本濂还非常重视研究成果的工业应用。由于早期的金属基复合材料主要用于国防军工项目，很少关注成本问题。周本濂提出应制备低成本金属基复合材料，并用于民用生产。他带领研究生，经过反复调研和实验，研制成了改性竹增强铝复合板和维尼纶增强铝复合板两种复合材料板材，并在大型客车地板上得到应用。

严谨治学，无私奉献

周本濂具备科学家的许多优良品格，他勤奋好学，办公桌上总是放着厚厚的文献资料，他还特别愿意与别人讨论问题，分享自己的想法，研究所里的很多年轻人都曾得益于他的指导和帮助。他治学严谨，经常亲自到实验室指导学生，处理各种实验技术问题。在实验取得结果时，他问的第一个问题往往是实验结果能否重复。学生请他审阅的论文，他都逐字逐句地予以修改，连错别字和标点符号也不漏掉。

周本濂待人和蔼、真诚，他身为院士，经常有许多同志邀请他评审论文、写推荐信。他虽然工作非常繁忙，但只要有时间，基本上是有求必应，即使没有时间，也帮助他们推荐其他老师。同时他也非常谦虚，他主持过多项研究工作，其中许多成果获奖，或在国内外学术期刊发表，他总是把自己的排名放在后面。1985年“高温热物性测试基地的建立与发展”获国家科技进步二等奖，他没有忘记李薰、严东生和姚桐斌3位院士的功绩，自己仅排在第四名。他说：“大家不忘记我出过主意，我就很满意了。”

周本濂担任很多重要职务，如中国科学院材料科学技术委员会委员、国家自然科学基金委学科评审组副组长、国家发明奖冶金组评审委员等，会议频繁，杂志审稿，基金评审，学位论文评审，讲学，教学等经常不断。他为了祖国科研事业的繁荣，为了培养中青年人才，牺牲了很多休息时间准备材料满足各方面的要

求。1998年以后周本濂身体一直很虚弱，在家里常常疲惫得难以入眠。1999年他应邀去越南的一个国际学术会议作特邀报告前夕，在中关村医院作出国签证的例行体检中，医生告知他心脏有病，要他彻底检查治疗，但他回国后仍然坚持工作。

2000年春节期间他因心脏病突发住院治疗，稍有缓解就要出院，并去北京参加基金委的评审会议，在国际材料物理中心活动中作了长达2小时的学术报告。2000年5月18日他再次病倒住院，在住院期间还评审了5份基金申请书，同事去探视时，他总是不谈病情，只谈工作进展。周本濂就是这样一位把智慧和精力全部奉献给祖国的科学家，他以杰出的科学成就、高尚的品格赢得了人们对他的无限尊敬和热爱。

(何冠虎 郭敬东)

简 历

1931年10月20日 生于江苏省扬州市

1949—1952年 就读于清华大学物理系

1949—2000年 历任中国科学院金属研究所研究实习员、助理研究员、副研究员、研究员

1981—1982年 在美国康涅狄克大学物理系和材料科学研究所进修

1997年 当选为中国科学院院士

主要论著

- 1 周本濂，朴正用，廖德明，等．真空中测定热导率的纵向热流绝对法．//1963年测试基地年会报告集，1963.
- 2 周本濂，黄亦明，邹云林，等．金属动态弹性模量的测定．//1963年测试基地年会报告集，1963.
- 3 G H He, X Z Zhang, Z Wei, S Q Dong, et al. Suggestions regarding ther-

- mal diffusivity measurements on pyrolytic graphite and pyrolytic boron - nitride by the laser - pulse method. Intern. J. Thermophys, 1986, 7 (4): 789.
- 4 X Z Zhang, G H He, Z Wei, et al. Measurement of thermal diffusivity by the flash method for a 2 - layer composite sample in the case of triangular pulse. Intern. J. Thermophys, 1986, 7 (4): 803.
 - 5 Y T Zhu, B L Zhou, G H He, et al. A statistical theory of composite materials strength. J. Composite Mater. , 1989, 23 (3): 280.
 - 6 H M Cheng, B L Zhou, Z G Zheng, et al. Chemical silver plating on carbon - fibers. Plating and Surface Finishing, 1990, 77 (5): 130.
 - 7 D W Tang, B L Zhou, H Cao, et al. Dynamic thermal expansion under transient laser - pulse heating, Appl. Phys. Lett. , 1991, 59 (24): 3113.
 - 8 周本濂. 高性能低价格复合材料的研究与开发. 东北科技, 1991, 1: 28.
 - 9 周本濂. 新型复合材料研究的一些进展. 材料科学进展, 1991, 5 (6): 524.
 - 10 S Y Fu, B L Zhou, X Chen, et al. Some further considerations of the theory of fiber debonding and pull - out from an elastic matrix 1. Constant interfacial frictional shear - stress, Composite, 1993, 24 (1): 5.
 - 11 W M Liu, B L Zhou. Solitons in an order - parameter - preserving antiferromagnet. J. Phys. , Condens. Matter, 1993, 5 (12): L149.
 - 12 中国科学院金属研究所, 航空航天部一院十四所. 研制报告: 某某端头帽三向碳/碳复合材料强度特性和强度准则. 1993年3月.
 - 13 B L Zhou. The biomimetic study of composite - materials. JOM, 1994, 46 (2): 57.
 - 14 S H Li, S Y Fu, B L Zhou. Reformed bamboo and reformed bamboo aluminum composite 1. Manufacturing technique, structure and static properties. J. Mater. Sci. , 1994, 29 (22): 5990.
 - 15 周本濂, 冯汉保. 复合材料的仿生探索. 自然科学进展: 国家重点实验室通讯, 1994, 4 (6): 713.
 - 16 周本濂. 瞬态激光作用下的弛豫过程. 物理, 1994, 23 (2): 93.
 - 17 B L Zhou. Biomimetic design of worst bonding interface for ceramic - matrix composite. Composites Engineering, 1995, 5 (10 - 11): 1261.

- 18 Y Q Wang, B L Zhou, Z M Wang. Oxidation protection of carbon - fibers by coatings. *Carbon*, 1995, 33 (4): 427.
- 19 周本濂. 复合材料的仿生研究. *物理*, 1995, 24 (10): 577.
- 20 B L Zhou. Some progress in the biomimetic study of composite materials. *J. Mat. Chem. Phys.*, 1996, 45: 114.
- 21 R S Qin, S X Su, J D Guo, et al. A healing model for metallic materials - theoretical study. *Biomimetics*, 1996, 4: 121.
- 22 沈以赴, 周本濂, 何冠虎, 等. 材料疲劳恢复新途径的探索 I - 低碳钢疲劳寿命的延. *材料研究学报*, 1996, 10 (2): 165.
- 23 B L Zhou, G H He, Y J Gao, et al. The microscopic nonequilibrium process in solids under transient heating. *Inter. J. Thermophys.*, 1997, 18 (2): 481.
- 24 周本濂. 材料制备中的非平衡过程. *材料研究学报*, 1997, 11 (6): 576.
- 25 J D Guo, W L Zhao, R S Qin, et al. The Experimental study of dynamic thermal expansion of Bi - based high T_c superconductors. *Physica C*, 1997, 282 - 287: 1449.
- 26 B L Zhou. Improvement of mechanical properties of materials by biomimetic treatment. *Fracture and Strength of Solids, Part 1&2*, 1998, 145 (9): 765.
- 27 K Zhang, Y Q Wang, B L Zhou. Biomimetic study on helical fiber composite. *J. Mater. Sci. Tech.*, 1998, 14: 29.
- 28 H Wang, Y Y Zhang, G H He, et al. A contactless CCD dilatometer for foil materials. *Inter. J. Thermophys.*, 1999, 20 (2): 743.
- 29 J Zhang, Y Q Wang, B Yang, et al. Effects of Si content on the microstructure and tensile strength of an in situ Al/Mg₂Si composite. *J. Mater. Res.*, 1999, 14 (1): 68.
- 30 B L Zhou. Bio - inspired study of structural materials. *Mater. Sci. Eng. C*, 2000, 11: 13.
- 31 Y Z Zhou, R S Qin, S H Xiao, et al. Reversing effect pf electropulsing on damage of 1045 steel. *J. Mater. Res.*, 2000, 15 (5): 1056.
- 32 B L Zhou. Some non - equilibrium thermophysical problems to be studied in materials processing. *Mater. Sci. Eng. A*, 2000, 292 (2): 133.
- 33 Y Z Zhou, Y Zeng, G H He, et al. The healing of quenched crack in 1045 steel under electropulsing, *Mater. Res.*, 2001, 16 (1): 17.