



# 苟清泉与物理力学在中国的发展<sup>1)</sup>

\*\*\*\*\*  
\* 力学家 \*  
\*\*\*\*\*

白 欣<sup>\*,2)</sup> 白秀英<sup>†,3)</sup>

<sup>\*</sup>(首都师范大学物理系科技史研究室, 北京 100048)

<sup>†</sup>(渭南师范学院物理与电气工程学院, 陕西渭南 714000)

**摘要** 苟清泉从 20 世纪 60 年代初致力于将物理力学学科研究建立在原子物理和高压物理的基础之上, 系统地开展了原子结构、相互作用及原子碰撞等方面的科学研究工作; 提出了物理力学发展微观化的思路 and 观点; 修订并规范了物理力学研究的内容、方法和目的; 组织并召开了 4 届全国物理力学学术会议, 为物理力学的有组织发展、科研队伍的建立与壮大以及物理力学的科学研究等做出了重大贡献。

**关键词** 物理力学, 苟清泉, 钱学森

**中图分类号:** O369 **文献标识码:** A

**doi:** 10.6052/1000-0879-13-447

## 引言

物理力学作为近代力学的一个分支, 是研究宏观力学现象的微观理论学科, 是 20 世纪 50 年代由中国学者钱学森首先在中国提出并发展的<sup>[1]</sup>. 1956 年, 钱学森主持中国导弹研制工作, 迫于任务研究的需求, 在中国科学院力学研究所新建了物理力学、爆炸力学等新学科, 呼吁物理学界开展高温气体、高压气体和高压固体中的原子与分子物理问题的研究. 苟清泉师从吴大猷教授最早开始原子与分子物理研究, 在国际上最先研究并取得“电子碰撞产生双 K 电子离子”之研究成果, 在吉林大学组建了我国第一个原子与分子物理研究所, 与钱学森一起发展并推广了物理力学的研究内容和研究思路, 为物理力学的发展指明了方向并做出了重大贡献. 本文以苟清泉先生的物理力学学术生涯和贡献为线索, 阐述物理力学学科在中国的创立及发展历程, 以此纪念苟清泉先生在中国创建和推动物理力学发展过程中做出的巨大贡献.

## 1 钱学森与物理力学在中国的创建

20 世纪 40 年代, 由于核工程等尖端技术和基

础科学的发展, 在工程技术中面临了大量极端条件下的问题. 例如在空间飞行器的研究中, 首先遇到的问题之一就是在飞行器进入大气层时产生很强的激波, 把空气加热到 10 000°C 左右, 使飞行器头部加热而烧毁. 为了计算这种加热效应, 就要知道高温空气的状态方程、比热、热传导系数、辐射系数以及各种化学反应过程的性质. 在这种超高速飞行技术中遇到的温度可高达上千至上万摄氏度, 高能爆炸工程中遇到的压力可高到几十万至几百万乃至几千万大气压的特殊条件下, 如只从宏观角度去分析问题、解决问题, 会遇到很大困难. 钱学森提出寻找一种从微观理论出发合成具有特殊性能材料, 应用原子与分子的性质和相互作用的规律来分析研究物体的宏观性质. 1946 年, 钱学森在研究火箭发动机内部的燃烧过程时, 将稀薄气体的物理力学特性和化学动力学结合起来, 准确地判断并预见新型材料力学性能的计算方法, 为从微观状态推算出宏观特性提供了基础和可能, 从而开辟了一条通过微观分析介质和材料的性质解决工程技术问题的途径<sup>[2]</sup>.

随着核爆炸、宇航技术等导致了 20 世纪中期高新技术的涌现和发展, 高温、高压、超高温、超高压和强放射下材料的性能亟待解决. 一方面, 如果完全依靠实验方法, 需要大的设备和长久的时间来实验, 耗时费力甚至无法解决. 另一方面, 由于近代物理学、物理化学和量子化学等的发展, 物质的微观结构除了个别以外已经基本掌握. 钱学森高瞻远瞩地用微观与宏观统一的哲学思维方式, 主张从物质的微观规律确定其宏观力学特性, 改变过去只靠实验测定力学性质的方法, 开拓高温高压研究的新领域, 发表了相关论文数篇<sup>[3-4]</sup>.

1953 年, 钱学森在《Physical mechanics, a new

2013-10-28 收到第 1 稿, 2013-12-09 收到修改稿.

1) 国家自然科学基金项目 (11372200) 和渭南师范学院研究项目 (13YKS014) 资助.

2) 白欣, 首都师范大学物理系副教授, 博士, 主要研究方向为力学史. E-mail: hhbaixin@sina.com.cn

3) 白秀英, 渭南师范学院物理系副教授, 博士, 研究方向为科学史与科学传播. E-mail: 576838908@qq.com

field in engineering science》一文中正式提出“物理力学”概念<sup>[1]</sup>。他在文中指出：“物理力学是用于指定的一个新领域的工程科学，其目的是预测材料的宏观性质，从而已知物质成分的微观性质。这样一个科学分支的出现，最初源于在喷气推进、航空、原子能等尖端的工程技术问题，这一新学科将不可避免地在所有工程领域中产生影响。”1955年9月17日，钱学森冲破重重阻力回到了祖国后，1956年，中国科学院力学研究所成立了第1个物理力学研究小组，钱学森亲任组长。1957年2月，钱学森在中国物理学会北京分会年会报告上作了《物理力学介绍》报告，就物理力学研究的内容、物理力学的根源和研究方法等向中国学者进行了深入介绍<sup>[4]</sup>。同年6月，钱学森在《科学通报》上发表《论技术科学》一文，指出在一些力学问题中，出现了特征尺度与微观结构的特征尺度可比拟的情况，因而必须从微观结构分析入手处理宏观问题，强调中国应该大力发展物理力学<sup>[5]</sup>。随后，钱学森整理了在加州理工学院给丹尼尔和佛罗伦斯·古根海姆喷气推进中心的研究生们讲授《Physical Mechanics》课程时编写的讲义，并于1962年正式出版《物理力学讲义》<sup>[6]</sup>。该书系统介绍了物理力学的基本概念，研究内容和研究方法，也介绍了钱学森所做的有代表性的工作。他认为物理力学虽然引用了近代物理和近代化学的许多结果，但它并不完全是统计物理或者物理化学的一个分支，而是力学的一个新分支。因为，无论是近代物理还是近代化学，都不能完全解决工程技术里所提出的各种具体问题。物理力学所面临的问题往往要比基础学科里所提出的问题复杂得多，它不能单靠简单的推演方法或者只借助于某一单一学科的成就，而必须尽可能结合实验和运用多学科的成果。他将物理力学的研究内容归纳为平衡现象的研究和非平衡现象的研究，将物理力学的研究工作集中在以下3个方面：(1) 高温气体的性质：研究气体在高温下的热力学平衡性质（包括状态方程）、输运性质、辐射性质以及与各种动力学过程有关的弛豫现象（见高温气体物理力学）。(2) 稠密流体的性质：主要研究高压气体和各种液体的热力学平衡性质（包括状态方程）、输运性质以及相变行为等。(3) 固体材料性质：利用微观理论研究材料的弹性、塑性、强度以及本构关系等<sup>[6]</sup>。

物理力学虽然当时处在萌芽阶段，而且继承诸多相关学科的地方较多。但作为力学的一个新分

支，它却具有其自身的特征：首先，物理力学注重机理分析。物理力学着重于分析问题的机理并借助建立理论模型来解决具体问题。只有在进行机理分析而感到资料不够时，才求助于新的实验。其次，物理力学注重运算手段。物理力学的研究力求采用高效率的运算方法和现代化的电子运算工具，要求作彻底的数值计算。最后，物理力学注重从微观到宏观的研究。以往的技术科学和绝大多数的基础科学，都是或从宏观到宏观，或从宏观到微观，或从微观到微观，而物理力学则建立在近代物理和近代化学成就之上，运用这些成就，建立起物质宏观性质的微观理论，这也是物理力学建立的主导思想和根本目的。

## 2 苟清泉与物理力学在中国的发展

苟清泉，1917年4月14日生于四川省邛崃县，1938年考入国立中央大学物理学科，1942年毕业后留校任教，1944年任西南联大物理系助教，师从吴大猷先生开始原子与分子物理研究。1979年，受教育部委托在吉林大学创建了我国第一个原子与分子物理研究所，并担任所长；1982年调入四川大学（成都科技大学），先后创建了应用物理系、原子与分子物理研究所、高温高压物理研究所（与中国工程物理研究院一所联合），均为首任系主任或所长。苟清泉长期从事原子与分子物理、高压物理和物理力学的研究，致力于使物理力学的研究建立在原子物理和高压物理的基础之上，并促进这三门学科的合作与交流，为促使物理力学形成自己的研究特色作出了贡献。在中国，物理力学有组织的发展是在苟清泉的努力和领导下进行的，大致可以分为3个时期。

第1个时期是1956~1966年的奠基期。

1956年，钱学森领导并制定了《我国科学发展的十二年远景规划》，物理力学列为边缘学科之一。1956年和1962年两次自然科学规划中，物理力学均列为重点学科<sup>[7]</sup>。1958年，在钱学森和郭永怀的主张下，中国科技大学设置了物理力学专业，教材是钱学森编写的《物理力学讲义》，先后培养了三届毕业生，1962年还招收了一届研究生。钱学森亲自讲授了专业课的理论部分，他鼓励学生们认真学习并抽空为学生答疑解惑，称他们是中国物理力学的第一代，许多毕业生后来成为中国科学院力学研究所的生力军。在钱学森的倡导和影响下，中国科学院力学所成立了全国第一个物理力学研究小组，每周一次定期召开学术讨论会和学术报告，当时的许多研究课题即来源于这样的讨论会。钱学森对物理力

学的发展充满了信心, 他积极规划并构思了推进物理力学研究的三大步, 即建立队伍, 培养队伍, 接受党和国家任务, 为物理力学的发展奠定了基础。

1963 年的全国物理学年会上, 钱学森询问谁在做原子分子物理研究, 有人推荐了苟清泉。在当时中国科学院副院长吴有训的极力主张下, 钱学森在会议期间与苟清泉单独详谈了半天。当时, 苟清泉参与研究“两弹一星”工程等有关的高温气体、高压气体和高压固体技术, 他向钱学森建议把物理力学扩展到原子与分子物理工程技术, 并安排力量对新出现的物理力学进行研究。苟清泉组织吉林大学和中国科学院东北物理研究所二十余人组成了研究团队, 与钱学森领导的中国科学院力学研究所物理力学研究室保持协作, 进行了高温气体、高压固体中的原子间相互作用力等的研究, 使物理力学的研究在中国开始形成<sup>[8]</sup>。

在全国范围内, 由于钱学森的影响以及苟清泉等的积极支持和参与, 吉林大学、中科院物理研究所、合肥固体所、东北金属物理研究所、哈尔滨军事工程学院及有关国防科研单位都纷纷搞起了物理力学研究。1966 年 2 月 3 日, 由中国物理学会与中国力学学会联合召开“原子分子物理与物理力学学术座谈会”, 该会加强了原子分子物理与物理力学之间相互促进及与国防科研的联系, 史称“6623”会议, 这是中国物理力学发展史上浓重的一笔。会议开幕式由苟清泉主持, 钱学森做了《从原子分子物理出发, 经由物理力学的思路和方法搞发明创造》的报告, 提出了许多新思想、新观点, 为学科发展指明了方向<sup>[9]</sup>。老一代力学家和物理学家周培源、施汝为等参加了这次开幕式, 西北核技术研究所的程开甲也参加了这次会议。会议报告了 40 余篇论文进行交流, 讨论物理力学的发展方向和课题。会议研究成果包括高温气体、高温辐射、高压气体及高压固体方面的内容, 研究的成果也促使大家明确了以原子与分子物理为基础来研究高温高压物理和物理力学及固体物理和新材料合成的研究方向, 走出我国有自己特色的科研道路的第一步。参加会议的青年学者(如赵伊君、崔季平、龙期威、乔登江、邹广田等)后来都成长为这一学科的学术带头人, 对推动学科的发展和人才培养起了很大的作用。

第 2 个时期是 1967~1977 年的艰难发展期。

不幸的是从 1966 年开始, 中国经历了长达 10 年的“文化大革命”。这场政治运动对中国的科学技

术事业无疑是一场巨大的灾难。其间, 科技管理陷入瘫痪, 研究机构被肢解, 广大科学技术工作者被迫停止科研工作, 下放到农村或厂矿劳动, 中国的科学技术几乎停滞不前。物理力学在“6623”会议成果基础上艰难发展。刚刚形成的队伍被拆散转行, 原子与分子物理学、高温高压物理理论研究和学术活动没有继续开展, 使这门学科的发展遭受到了极大的损失。在艰难的处境中, 仅有少数几个单位仍坚持物理力学方面的研究工作, 取得了一些成果。当时, 吉林大学在苟清泉的带领下开始了对高压固体状态方程和激光破坏机理的实验和理论研究, 提供了石墨、岩石等若干种固体材料高压状态的实验数据; 东北物理所对高温空气的辐射吸收系数进行了系统的理论计算; 北京应用物理与计算数学研究所所在爆轰波与激波物理研究方面取得了系列成果; 西北核技术所亦展开了高温高压下气体和固体状态方程的研究<sup>[10]</sup>。

第 3 个时期是 1978~1993 年的有组织发展期。

十年文化大革命后的 1978 年全国力学会议上, 钱学森亲临讲话, 强调力学的技术科学性质和力学的微观化道路, 建议采用苟清泉提出的“细观”概念。在最后制订的规划中, 物理力学被列为重点发展的边缘科学之一, 这是对物理力学规范的第二次调整<sup>[7]</sup>。从此, 细观力学的概念得到公认, 并明确纳入物理力学的范畴, 成为物理力学在固体问题上的侧重方向。在会议的鼓励下, 中科院力学所、物理所、吉林大学、国防科技大学、中国工程物理研究院、北京应用物理与计算数学研究所、航空航天部 207 所、科学院金属研究所等单位都相继开展了物理力学的研究工作。在这些举措的促进下, 物理力学研究工作很快恢复和发展。1979 年, 苟清泉在吉林大学建立了“原子与分子物理研究所”, 侧重研究高温高压下的原子分子状态与相互作用以及辐射与吸收过程, 大力培养研究生。1984 年, 苟清泉在成都科技大学主持创建了“高温高压物理研究所”(后改为高温高压与原子分子科学研究所), 从原子分子物理出发开展了高温高压物理力学和新材料的设计与合成的研究工作。西南流体物理研究所合作组建了“应用物理研究所”, 建立了“动高压”、“静高压”、“高温激波管”及“新材料合成”4 个实验室, 装备了先进的实验设备, 为物理力学的实验研究提供了较好的条件。这两个研究所先后开展了慢电子与原子分子碰撞散射截面的系统研究与计算工作, 提出了在高压下固

体氢转化为金属氢的微观机理,并从理论上预言转化压力约在 200 万大气压左右.他们还开展了锰铜压力计的动高压标定、高纯金刚石的动高压合成、静高压对锰铜合金及铁、镍电阻率的影响,新金刚石材料的设计与合成,高温激波管的应用研究等实验方面的研究.

1986 年 11 月,苟清泉组织召开了第二届全国物理力学学术会议,地点是成都科技大学.作为大会报告题目之一,苟清泉首先做了《物理力学的发展与展望》的报告<sup>[8]</sup>.他在报告中重点介绍了物理力学产生的背景和在我国发展的经过,论述了物理力学研究的主要内容和发展的特点.会上成立了专业委员会,苟清泉当选为委员,并决定物理力学学术会议每两年召开一次,物理力学迈入了有计划有组织的发展阶段,国防科技大学成立了“原子分子物理与物理力学研究中心”,大力开展了以原子分子物理为基础的物理力学研究工作,学术水平有了很大提高.这次会议标志着物理力学学科的兴旺发展,物理力学的队伍虽然受“十年动乱”的冲击,并且各种干扰大大增加,物理力学这门学科仍然在发展,并进入了有计划有组织的发展阶段.

1989 年初在长沙国防科技大学举行了第三次全国物理力学学术会议,有百余人参加会议,发表论文 70 余篇.苟清泉作了“物理力学与原子分子物理”的邀请报告.与前两届相比,论文水平比上届会议有显著提高,并且青年研究者的报告数量增多,象征着物理力学的发展后继有人.随着材料本构关系、强度与断裂等固体力学发展,物理力学扩展为包括损伤力学、断裂力学等全新的科学方向,坚定了人们发展微观理论、细观力学和宏观理论的多层次的理论.

1990 年,第四届全国物理力学学术会议在合肥召开,会议不仅特邀了 12 篇大会报告,还出版了 70 余篇物理力学论文的合集,内容涉及了以下几个方面:(1) 固体强度的微观理论、固体缺陷和固溶体的电子计算机模拟.(2) 高压相变、激光与材料相互作用的破坏机理研究.(3) 高温气体辐射和反应流以及纳米固体材料的力学性质.(4) 物理力学计算中的状态方程、原子参数等方面的研究.这些论文在理论深度和广度上都有较高的水平.物理力学规范的 4 次调整和发展,对物理力学在我国的持续进展起到了不断推动的作用.

至 1993 年,我国的物理力学研究队伍已相当壮大,研究队伍和研究工作比较集中的有中国科学

院力学研究所高温气体动力学开放实验室和非线性力学国家重点实验室、中国科学院金属研究所中国科学院国际材料物理中心、钢铁研究总院电子结构组及清华大学电子结构组、吉林大学原子与分子物理研究所超硬材料国家重点实验室,航天部二院 207 所、国防科技大学、四川大学原子与分子物理研究所及高温高压物理研究所、中国工程物理研究院应用物理与计算数学所、西南流体物理研究所、中国科学技术大学、中国科学院固体物理研究所、中国科学院物理研究所、北京理工大学应用物理系材料科学研究中心、中国空气动力学研究与发展中心高速所、云南大学物理系、浙江大学材料科学与工程学系等单位.而且各单位之间密切合作,互相交流,除国内会议外,还经常参加国际会议,不少专家在国外有一定的影响,得到了国际学术界的认可.物理力学的成果和贡献最突出的是中外核爆炸、核受控、现代航空航天技术、微机械、纳米科技等.前苏联乌克兰科学院成立了“物理力学研究所”,用物理力学的有关方法研究固体材料的强度、塑性、韧性和断裂.随着国际上力学微观化总趋势的发展,物理力学从微观到宏观的研究模式已成为材料科学和力学学科的世界潮流.2000 年,俄罗斯科学院西伯利亚分院强度物理和材料科学研究所创办了国际期刊 *Physical Mesomechanics*.今天,一切使用量子力学、原子分子物理学和统计力学来解决工程技术所提出的力学问题都属于物理力学的成果和贡献.

### 3 苟清泉在物理力学研究方面的贡献

苟清泉是 20 世纪在战乱中成长的中国科研者代表,他从事科学研究的特点是从世界科学技术发展趋势和我国的需要出发,发现问题、攻克难点、发展学科.多年来,他取得了一系列重要学术成就,发表了大量论著,其中代表性的论文已收集在《苟清泉论文选集》与《苟清泉论文选集(续编)》<sup>[11-12]</sup>.1946 年,抗日战争结束,苟清泉随抗战迁到昆明的北京大学复原迁回北平原北京大学旧址,苟清泉 1946 年发表的《以电子碰撞原子产生双 K 电子离化的量子力学几率》一文,是国际上最早报道电子碰撞产生双 K 电子离化的理论研究成果的文章,受到了国际物理学界的高度重视<sup>[13]</sup>.他从 50 年代起研究原子与分子物理的同时,还积极开展了稀固溶体理论以及固体中原子间力的理论研究,发表了《论金属键的本质》、《过渡金属的价数与原子间力》及《论过渡族金属固溶体的原子间结合力》等论文<sup>[14-15]</sup>.苟清泉对

Pauling 的金属价键理论进行分析, 建立了从电子数及电子云分布、动量分布和自旋分布深入研究金属键的形成与性质的计算方法. 提出了一个新的价数系统, 从原子结构出发得到原子间结合力的原则: 结合力大小不仅取决于成键电子数, 还与电子对内联系、电子云的重叠程度有关. 并进一步探究了过渡族金属固体溶液的原子键强度规律, 得出少量杂质对稀固体溶液的物理特性有强烈影响, 为提高金属与合金的力学强度指明了方向.

1963 年, 苟清泉在钱学森的提议下从原子分子物理出发, 积极开展了对物理力学中高温高压物理问题的研究. 他组织吉林大学和中国科学院东北物理研究所二十余人组成了研究团队, 与钱学森领导的中国科学院力学研究所物理力学研究室保持协作, 进行了高温气体、高压固体中的原子间相互作用力与慢电子碰撞方面的研究, 高温气体、高压固体的状态方程与高压固体能谱的研究, 并取得较快的进展. 最突出的就是针对慢电子、氧原子、氮原子的弹性散射截面, 提出了自己的理想模型, 得到了可靠的结果. 苟清泉指导学生陈其峰、杨向东对低能正电子与氮原子弹性散射截面的理论计算进行的研究, 所用的物理模型清晰, 计算方法简单, 计算结果可靠, 之后被进一步推广到了低能正电子与其他原子碰撞截面的计算中.

苟清泉从 1971 年起对人造金刚石合成机理进行研究. 他带领曾琴、邹广田、徐洪山、熊大和、金曾孙、千正男、吴代鸣、吴绍曾、苏文辉、郝兆印、崔慧聪、崔硕景等深入工厂调查研究, 完成了《高温高压下石墨变金刚石的结构转化机理》一文<sup>[16]</sup>. 后继续理论研究, 陆续发表论文《含硼黑金刚石的结构与合成机理极其特殊性能的探讨》、《人造金刚石聚晶的粘结机理》等论文<sup>[11-12]</sup>. 这些从原子分子物理出发进行的人造金刚石合成机理的研究在 70 年代领先于国际上发达国家, 具有划时代的意义. 1978 年 3 月 18~31 日在北京召开的党中央全国科学大会上, 苟清泉被评为全国先进科技工作者; 金刚石科研工作获得了全国科学大会奖; 中国科协把苟清泉等人的《人造金刚石合成机理研究》评为重大科研成果, 并指定长春电影制片厂把他们的研究过程拍摄成彩色电影, 作为献礼在全国科学大会期间面向全国公演. 同年, 苟清泉制定了物理力学的发展规划, 并与唐敖庆、王湘浩、余瑞璜、蔡镗生、吴式枢、江泽坚、王柔怀、谢邦杰、关实之、陶慰孙、高鼎三、金景芳、余省

吾、关梦杰一起担负了“文革”后的首批研究生指导教师的工作. 为帮助被文革耽误的教育科研事业重新起步, 苟清泉受教育部委托, 于 1978~1979 年间组建了吉林大学原子与分子物理研究所, 并任首任所长, 3 年时间培养了 17 名研究生.

苟清泉还对高温气体和高压固体状态方程的理论进行研究. 在他的指导下计算出了高压下铜的 3d 电子能谱、固体和气体闭合壳层排斥势及其状态方程, 提出了一种解决高压 (百万到千万大气压) 范围内固体状态方程的新方法. 苟清泉曾使用氢原子的比较准确的解析波函数, 采用海特纳 - 伦敦方法严格计算高温范围内氢原子间的排斥势, 导出了排斥势公式, 并利用这个公式计算氦气在  $1 \times 10^3 \text{C} \sim 1 \times 10^5 \text{C}$  的的二级维利系数<sup>[17]</sup>. 之后, 苟清泉从氢原子与氢分子的相互作用出发, 研究了金属氢高压合成的可能性, 发表了题为《金属氢的高压合成机理》的论文<sup>[18]</sup>, 阐明了高压下固体氢中的氢分子相互作用可以转变成氢原子相互结合成体心立方的金属氢结构. 他对  $\text{H}_2$  的体心立方结构进行计算与研究, 结果表明, 在常压下氢的体心立方结构具有亚稳态. 这说明在高压下合成的金属氢结构, 在常压下仍可能保持金属氢的结构. 因此, 在高压下以固体氢来合成金属氢是可能的. 这是合成金属氢特殊新材料的原子分子设计理论基础.

与此同时, 苟清泉还对 LiH 及 LiD 的高压状态方程与相变进行了理论计算. LiH 及 LiD 也是很重要的高密度能源材料和核聚变材料, 常常要在高压下使用, 因此了解它的高压状态方程和相变是十分重要的问题. 但是单靠实验方法解决这个问题是十分困难的, 须要借助于物理力学的方法进行理论计算. 苟清泉从原子在高压下的状态和相互作用的变化出发, 提出了一个新的物理模型和计算方法, 只用一个简单球形对称的 1s 电子波函数且参数随压力大小而变的参数可调的 Slater 型波函数来表达  $\text{Li}^+$  及  $\text{H}^-$  的状态, 并用来计算 LiH 晶体的结合能. 对一定的体积算出的结合能是参数的函数, 然后按变分原理确定最佳的参数值和结合能值. 直接算出一个适用于 200 万大气压下的高压状态方程, 并且预言在 80 万大气压附近将出现一个结构相变<sup>[12]</sup>. 这就是苟清泉创建的计算离子晶体状态方程的变分法, 过去未曾从实验或理论计算得到的新结果, 方法简单准确, 易于推广到更复杂的晶体, 取得了很大的成功. 这是从原子结构与相互作用出发, 成功地应

用物理力学的方法,研究高压固体状态方程的一个典型例子.

之后苟清泉的研究重心由高温高压下介质材料的物理性质研究渐渐转到了与激光相关的一些作用机理的研究和新材料的原子分子设计方向,同时也没有放弃高温高压下物理性质的研究.简单的激光照射的能量沉积过程就存在许多瞬态过程,还涉及高温高压状态以及同强辐射相互作用的问题.苟清泉基于微观理论去认识这些过程,进行研究,过渡到以连续介质力学方法处理问题;苟清泉还在材料本构关系、强度与断裂方面,建立了一套包括损伤力学、断裂力学等全新的科学方向,推动固体力学的发展.他研究的这些问题涉及激波波阵面结构、爆轰波结构、燃烧锋面结构、界面或细小亚结构附近流动、变形与破坏等方面,取得了很大进展,为以后的发展奠定基础,指明方向.

#### 4 结语

在“6623会议”精神的鼓舞下,苟清泉有计划地开展了原子碰撞、慢电子散射、辐射吸收等方面的理论计算工作,为物理力学的研究发展提供了必要的理论基础和数据.他1977年主持制定了我国第一个原子与分子物理学科发展规划,并于1978年主持制定了我国第一个物理力学学科发展规划.这两个规划都贯彻了“6623会议”的学术指导思想,这两门学科分别于1980年和1986年成立了各自的专业委员会,均由苟清泉担任首任主任.从此,这两门学科紧密结合,有组织有计划地向前发展,四十多年来,为国家培养了一大批优秀的物理力学和高压物理的专门人才,众多弟子成为国内外知名学者、国家栋梁之材,他亲自指导的学生中已有5人当选为中国科学院院士.2007年,苟清泉曾借90岁诞辰之机建议召开了原子分子物理与物理力学学术座谈会,庆祝“6623”会议召开41周年.会上苟清泉汇报了“6623”会议之后在攻克世界性科学难题的过程中所

取得的重要进展和突破性成果.在中国,由苟清泉领导并创建的若干研究所、国家重点实验室、国家重点学科,解决了诸多重大尖端科技难题,大大发展了物理力学,形成了具有中国特色、自主创新能力强的学科.

#### 参考文献

- 1 Tsien HS. The properties of pure liquids. *Journal of the American Rocket Society*, 1953, 23: 14-16
- 2 谈庆明. 钱学森对近代力学的发展所做的贡献. *力学进展*, 2001, 31(4): 500-508
- 3 Tsien HS. Lennard-Jones and Devonshire theory for dense gas. *Jet Propulsion*, 1955, 25(9): 471-478
- 4 Tsien HS. Physical mechanics, A new field in engineering science. *Journal of the American Rocket Society*, 1953, 23: 14-16
- 5 钱学森. 物理力学介绍. *物理通报*, 1957, (4): 193-200
- 6 钱学森. 论技术科学. *科学通报*, 1957, (4): 97-104
- 7 钱学森. 物理力学讲义. 北京: 科学出版社, 1962
- 8 苟清泉. 物理力学的发展与展望. *力学进展*, 1991, 21(1): 1-5
- 9 朱如曾. 钱学森开创的物理力学. *力学进展*, 2001, 31(4): 489-499
- 10 钱学森. 从原子分子物理出发, 经由物理力学的思路和方法搞发明创造. *原子与分子物理学报*, 2007, 24(2): 203-205
- 11 苟清泉论文选集编委会. 苟清泉论文选集. 北京: 科学出版社, 1992
- 12 苟清泉论文选集续集编委会. 苟清泉论文选集(续集). 北京: 科学出版社, 2011
- 13 苟清泉. 以电子碰撞原子产生双 K 电子离化的量子力学几率. *中国科学社论文专刊(外文版)*, 1947, (1): 1-6
- 14 苟清泉. 论金属键的本质. *科学通报*, 1962, (6): 22-27
- 15 苟清泉. 过渡族金属的价数与原子间结合力. *吉林大学学报(自然科学版)*, 1962, (1): 113
- 16 苟清泉. 高温高压下石墨变金刚石的结构转化机理. *吉林大学学报(自然科学版)*, 1974, (2): 52-63
- 17 苟清泉, 黄树勋, 刘志渊等. 高温氢气中氮原子间的排斥势函数与二级维利系数. *成都科技大学学报*, 1981, (1): 11-17
- 18 苟清泉. 金属氢的高压合成机理. *高压物理学报*, 1987, (1): 3-6

(责任编辑: 胡漫)

(上接第344页)

#### 参考文献

- 1 吴永端, 邓宗白, 周克印. 材料力学. 北京: 高等教育出版社, 2011
- 2 刘鸿文. 高等材料力学. 北京: 高等教育出版社, 1985
- 3 杨亚平, 王先. 计算梁大挠度变形的数值积分法. *青海大学学报: 自然科学版*, 1998, 16(6): 17-22
- 4 胡辉. 悬臂梁自由端受集中力作用时大挠度问题的近似解. *邵阳高专学报*, 1994, (3): 213-214

- 5 何晓婷, 陈山林. 悬臂梁大挠度问题的摄动解. *重庆建筑大学学报*, 2003, 25(6): 46-51
- 6 马明江. 求悬臂梁变形不忽略  $(y')^2$  的解. *平顶山工学院学报*, 1992, (1): 89-93
- 7 铁摩辛柯 S, 盖尔丁著. 材料力学. 胡人礼译. 北京: 科学出版社, 1978
- 8 老大中. 变分法基础. 北京: 国防工业出版社, 2004

(责任编辑: 胡漫)