

钱学森与物理力学

崔季平

一、物理力学的学术思想

1953年钱学森在美国火箭学会杂志上发表题为“Physical Mechanics, a New Field in Engineering Science”一文,正式提出把物理力学作为技术科学的一个组成部分和力学的一个分支的意见。在这篇文章及以后的多次论述中指出,物理力学的目的就是要以物质的原子分子结构和微观知识为出发点,用物理学关于原子分子结构的理论,建立并推导出从微观到宏观的联系,以期达到预见工程技术中所需要的工质材料力学性质,提供可依靠的定量数据。这一思想的形成背景首先是基于工程技术的需求。在当时喷气推进技术的发展中,已经遇到了在复杂条件下,工质材料的性质用传统力学中使用的经验参数解决问题的方法受到很大限制,而在核武器中则遇到的高温、高压和强辐射状态更是对传统力学的挑战。这一切都显示力学必须与物理学再次结合,从物质结构的深层次寻求新的基础加以解决,已成为技术科学向前发展的必经之路。另一方面,20世纪上半叶物理学关于物质结构理论的突破,正好提供了这种发展的机遇。把微观的基础科学知识加以发展以解决工程技术问题,这正是物理力学所要从事的内容。物理力学的目的也就设定了它的作为一门技术科学所特有的方法论。第一,从复杂的工程技术问题中提炼模型是力学学科的传统方法论,在物理力学中除工程问题的复杂性之外,还要面对原子与分子系统的复杂性。这样也就有了微观系统模型化的问题。第二,工程上要求有准确的数据,因此必须有效率的运算方法求解而不能停留在原则上的解决。第三,在有些情况下,基础科学并不能完全解决实际问题,常常需要利用某些特定实验结果及累积的经验参数和经验规律,包括微观的与宏观的,采用理论与经验相结合的方法。这也正是物理力学方法论中的另一特色。以上三点并非空论,而是钱学森自己的研究工作所具体体现了的。

钱学森的物理力学学术思想无疑是形成于他对技术科学宏图的思考,但他的开放的科学精神也是促成这一思想的因素。可以举出的是他关于《超高速空气动力学》的论文中关于稀薄气体领域的划分,在力学上就开了跨越从微观到宏观的先河。他对气体动力学基本方程的论述中明确指出:“从微观的观点看,任何流体都是由极多的分子组成,所以气体动力学问题的基本处理得通过统计力学的原理来进行”。而这种深层联系在当时却是

经常被忽视的一个事实。

二、钱学森为发展物理力学所做的实践

钱学森从技术科学大跨度思维上提倡了物理力学,同时他本人也是身体力行、不懈地为之而奋斗。1955年钱学森回国后,积极建议把在我国建立物理力学的内容列入了1956年到1966年我国科学发展的十年规划,立志要在我国白手起家建立一支物理力学研究队伍。他设定了一个大胆而扎实的计划,共分三个步骤。第一步是由大学生开始组成一个初级研究队伍;第二步是开展有指导的研究训练;第三步是溶入技术科学的大军中,成为国家队伍中的一员,解决工程技术问题。其第一步先招收大学生做研究实习员,在他指导下自学他编写的《物理力学讲义》,每周举行读书报告会,为讲义的出版及扩大队伍作准备。1958年成立中国科学技术大学时设立化学物理系,内设物理力学专业。他本人则亲临授课。从3期毕业生中吸收了共约40名学生组成了研究实习员队伍。第二步是对研究实习员开展有指导的研究工作。共分4个课题组,分别为高温气体、高压气体、高压固体与超临界物质。研究方向选题工作是由钱学森亲自制订的,其原则是:①有实用背景,为国家发展工程技术所需要的;②考虑设定水平的先进性和具有物理力学特色;③要有良好的可执行性。其中实用的观点始终是第一的,这一条是有组织的定向科学研究所不可少的,这是组织者的责任,钱学森本人正如他自己说的这个责任是他的。第二条则是保证与工程技术和基础研究能协调,使其成为有用的、受欢迎的必要条件,而不要与需求发生冲突。第三条是对路线的判断要切合实际。钱学森在选题方面为物理力学的开展奠定了基础。例如在高温气体的研究上以航天高速飞行为背景,致力于高温气体的物理与化学性质的研究,包括平衡的与非平衡的,在充分使用物理学与化学的基础理论的知识下,用计算加上部分的和局部的模拟实验方法(如激波管实验),来满足工程上的需要。这样的路线经过多年努力累积,终于能达到苦心经营的目的,成为高温气体的一个组成部分。在指导研究工作方面钱学森有特殊的方式。先是任命课题组长,其任务是落实研究方向,布置工作。组长与组员是学术研讨的关系,你说的有道理要人家接受,而没有行政命令的权力,组长向钱学森负责汇报工作进展。在全体人员每周一次的学术讨论会上,研究人员轮流作学术报告,钱学森通过提问引导大家开展讨论。每次会议他都给出一个总结发言,批评的意见往往是很尖锐的,特别是对于突发无根据的断想,夸大其词用以吓人,以及基本概念混乱的发言是绝对不能原谅的。对组长则加倍严格。总结发言往往是对所讨论的问题提出更为清晰的剖析而能使大家受益匪浅。记得在一次讨论会上,他即席发挥提出了像临界态有长程相关的问题,用统计力学中采用的量子场论方法去处理,这很可能是一条出路,并指示开一个这方面的读书报告会来补上这方面的知识欠缺。同时,多次提出大家要关注那些会成为物理力学发展的普遍性问题,如分子间相互作用力的问题等。钱学森

对物理力学推进发展的第三步,是要物理力学走上担当国家任务的道路。一方面是靠他在学术界的影响力,把物理力学推向国内学术界。例如他亲自到物理学学术年会上去作报告,让学术界了解物理力学的学术思想与工作。另一方面则是在力所能及的范围内与工程部门建立承担委托任务的合作关系。这两方面的努力导致 1966 年春在他的倡议下召开了全国第一届原子分子物理与物理力学座谈会。会议聚集了全国重要的工程技术界与科研院所的专家,共同研讨从当前到未来工程技术发展的需求与挑战,以及今后共同携手合作的事宜。

最后,还应当谈一谈“文革”中这一计划受挫时他对物理力学发展的看法。事实上,“文革”中有人以“革命”的名义强令物理力学解散,而且要钱学森自己来宣布。在那次会议上钱学森动情地给他的弟子们作告别讲话,讲的是爱迪生实验室的故事。这个故事告诉我们的是有组织的研究工作在现代社会的重要性。无疑物理力学应当有组织、有引导地发展。但是,物理力学却面对的是另一现实。最终他鼓励大家不管“分散下乡”去作“乌兰牧骑”,或是“上山砍柴”,应当看作是对物理力学的考验与锻炼。“但是,总有吹集合哨的那一天,召集你们再回来。”事实上,经过这次变动,等到吹哨的那天,人已散出多半。“文革”的影响无所不在,物理力学不能例外,但教训应当汲取。

三、新时代下物理力学的思考

1978 年召开全国的力学基础学科规划会议,钱学森应邀作报告,其中提到力学的微观化作为力学发展的大趋势之一。近 20 年的发展结果,除了本身就是搞微观到宏观的物理力学之外,微观化已经渗透到力学的许多领域。钱学森已经离开了科学院和力学所,但是,他对物理力学的关心并无减退,并且是更加关注其命运的发展。时过境迁,但物理力学应当有系统、有组织的发展的观点依然存在,正如技术科学的思想不灭一样。1979 年钱学森在为物理力学研究室的恢复的私人谈话中说:有组织的科研机构内部的人员结构应该向高级发展,要层次化。对处于高层次人的要求可用“登堂入境”来形容,这样的境界不是人人能达到的,多数人经过努力只能达到“会作研究,能解决问题”。他坦诚地说:“你们也就是这样。”但是不是就不能发展了呢?当然不是。他告诫我们应当做那些“力所能及的”事,因为一切都是有条件制约的。其次,他指出时代变化对物理力学的影响,首先是计算机的快速发展,过去不能算的现在都可以算了。而材料的强度与塑性的研究过去提不到日程上,现在解决这样的问题是有望的。这次谈话到如今过去 20 年了,应当说他的判断是准确的,我国的物理力学正是朝着这一方向飞跃地发展着。

参 考 文 献

- 1 Tsien H S. Physical Mechanics, a New Field in Engineering Science, J.Amer. Rocket Soc. 1953, 23:14

- 2 Tsien H S. The Properties of Pure Liquids, J. Amer. Rocket Soc. 1953, 23:17
- 3 Tsien H S. Superaerodynamics, Mechanics of Rarefied Gases, J of Aeronaut. Sci. 1946, 13, 653
- 4 钱学森. 气体动力学诸方程. 见:Emmons HW. Ed. 徐华舫译. 气体动力学基本原理 A 编. 北京:科学出版社, 1966
- 5 朱如曾. 钱学森开创的物理力学之路. 见: 庞逢甘, 郑哲敏主编. 钱学森技术科学思想与力学. 见: 北京: 国防工业出版社, 2001

作者简介: 崔季平 1934年1月出生于北京。1956年毕业于北京大学物理系。现在中国科学院力学研究所从事物理力学与高温气体动力学研究,任研究员、博士生导师,所学术委员会委员。现任中国力学学会物理力学专业委员会委员,激波管专业组副组长,《力学进展》常务编委,中国物理学会《化学物理学报》编委,中国科学技术大学化学物理系兼职教授。1995年获中科院科技进步二等奖。