

编 者 按

2009 年 4 月 4 日是著名力学家、应用数学家、“两弹一星”功勋奖章获得者、中国科学院院士、中国科学院力学研究所副所长郭永怀先生诞辰 100 周年。为弘扬郭永怀先生的学术思想,学习郭永怀先生的崇高品德,本期特邀请李家春院士、崔尔杰院士和中国科学院力学研究所所长樊菁研究员组编《纪念郭永怀先生诞辰 100 周年专刊》。

《力学进展》编辑部

序

2009 年 4 月 3 日,中国科学院力学研究所、中国工程物理研究院、中国科学技术大学、中国空气动力学研究与发展中心、中国航天空气动力技术研究院、总参工程兵三所和中国力学学会联合举办纪念郭永怀先生百年诞辰暨学术报告会。

郭永怀先生是中国近代力学事业的奠基人之一。他不仅参与了中国 20 世纪五六十年代的力学学科规划,支持和规划近代力学大型实验装置的战略布局,并身体力行地倡导了高速空气动力学、磁流体力学和爆炸力学等新兴学科,培养青年力学人才。

纪念活动回顾郭永怀先生杰出的学术成就,缅怀他为“两弹一星”事业做出的卓越贡献,弘扬他的学术思想和学习他的高尚品德。并从今天的视角,观察郭永怀先生当年所倡导的学科,在经历近半个世纪后的研究现状和发展前景,进一步体会郭先生的远见卓识和开阔视野。

郭先生回国不久就在《科学通报》发表了题为“现代空气动力学的问题”一文,阐明了高速空气动力学的前沿科学问题。他认为:在飞行速度接近或超过声速时,遇到了压缩性的困难,出现了“激波”现象,于是“空气动力学就达到了流体力学与热力学结合”。实际上,上临界马赫数和激波边界层干扰的研究促成了超临界翼型和后掠机翼的出现,促进了现代大型飞机设计的创新发展。同时,减阻、增升、降噪、气动弹性和优化设计成为当前航空工程关注的焦点。他还认为:更高速的飞行又导致了空气动力学第 3 个新时代的开始。这时,飞行速度达到 20 倍声速以上,飞行器周围的高温空气会发生分离和电离现象,于是“空气动力学就不得不进一步和物理化学汇合了”。郭先生还把这一领域称为“超高声速空气动力学(hypersonic aerodynamics)”,后又称为高温空气动力学。在 20 世纪 60 年代,他和钱学森先生倡导了“高速空气动力学”讨论班,指导研究钝体和小钝锥飞行器高超声速绕流的流场、气动和传热特性,支持激波管、激波风洞和电弧加热器开展气动热、烧蚀和高温空气特性的实验研究,领导了再入物理现象研究。中国在 1975 年就成功回收返地卫星,今天的神舟计划和嫦娥工程实现了载人飞行、出舱行走、绕月飞行,并即将开展空间对接、空间站(天宫 1 号)和火星探测(萤火 1 号)的工作,使中国跻身航天先进国家行列,其中高速空气动力学研究的贡献不可磨灭。但是,由于航天工程已经从无人卫星发展到载人飞船、从近地空间发展到深空探测,将来的飞行器还要从垂直起降发展到水平起降,空气动力学将面临更严峻的挑战。

郭先生当年亲自组建了磁流体力学研究组(后发展成为研究室),建立讨论班制度,读书与研究相结合使磁流体力学这颗幼苗迅速成长。为了使大家理解学科的意义,他强调说:“为什么要搞电磁流体力学呢,主要有 3 个方面原因:第一,人类将来势必要从受控核聚变反应中取得大量能源,而研究高温等离子体和磁流体理论乃是研究受控热核反应的基础;第二,航天器再入返回大气层时,也会碰到气体电离

和磁流体力学问题;第三,可以通过磁流体发电方式直接获取能源。”他特别关心受控热核反应装置中等离子体不稳定、加热问题和同位素电磁分离技术,他的目标就是:从力学角度为聚变出力,为核科学技术出力。由于学科的发展和队伍的建设,中国的大型科学工程全超导 EAST/HT-7U、神光装置和磁约束/惯性约束理论研究取得可喜的进展,同时,中国也参加了国际合作项目 ITER 计划。因此,今天中国在核能利用方面,不仅裂变堆电站如雨后春笋,而且聚变堆研究的步伐正在加速。同时,中国低温等离子体技术在材料制备、金属冶炼、表面改性、器件加工和废物处理等方面得到了广泛的工业应用。

郭先生也十分重视爆炸力学的发展。1960年初,郭先生参加第一届前苏联全国理论和应用力学大会期间,专门拜访了俄国爆炸力学家拉夫伦捷夫。回国后便大力提倡发展爆炸力学,在中科院力学所建立研究室,在中国科技大学设立爆炸力学专业。在他的记事本中,爆炸力学的各项任务和课题始终占据着重要的地位。1960年担任九院副院长后,他分管武器研制的工程技术问题。其中点火与这门学科紧密相关。他组织大家学习鲍曼的“爆炸物理学”,指导大家进行非定常流计算,亲自参加现场的爆轰试验。他特别关注爆炸力学的国防应用:领导了三峡工程抗核攻击能力的评估,组织力学所开展爆破堆山可行性研究,为工程兵筹划建立防护工程试验基地。在国家经济建设方面,他打开中国地图,对从事这项工作的年轻同志解释说:“你们看,我国的高原和丘陵地带占有多大的比例!要建设就要用炸药,如果我们能使炸药的爆炸效力提高百分之几,就能为国家节省多少人力物力啊”。今天,中国爆炸力学学科繁荣,不仅理论研究有了突破,防护工程成果丰硕,他时刻牵挂着的长江三峡水电站和成昆铁路已经“天堑变通途”。

本专刊刊登的9篇论文,反映了国内外学术界在上述3个领域的研究进展,着重介绍了相关的科学问题和应用前景。在边界层理论方面,我们看到郭先生的高阶边界层理论受到国内外学术界的重视,并被拓展到新的参数领域;在稍大的努森数时,用动理学理论结合IP方法,进一步考虑了稀薄气体效应,不仅验证了郭先生的理论结果,并得到了一些新的结论。新的湍流边界层高雷诺数的实验数据,使人们对边界层的尺度律以及平均速度普适规律提出质疑,管流实验表明平均速度的对数律依然成立,湍流边界层的渐近行为有待于获得更高雷诺数实验的精细测量数据来得出结论。在跨声速空气动力学方面,结合中国大型飞机工程,开展了气动弹性的研究。毫无疑问,深化空气介质与飞机结构耦合运动规律的认识,在飞机优化设计中占重要地位。中国科学家系统地发展了高速空气动力学的数值格式和计算软件,可以模拟包括真实气体效应的飞船返回舱、近空间远程飞行器的气动力、气动热特性及其优化设计,结合风洞试验,已为工程设计提供了可靠的科学依据。同时,在高速飞行器推进方面,在减小阻力、降低损失、加强混合、控制燃烧、提高效率和增加推力等问题的研究有了新进展。在磁流体力学方面,环形管道中的MHD流动的理论工作对于直接发电、同位素分离有重要意义。在磁约束聚变方面,提出了完全清洁核能系统(radiative clean nuclear power system, RCNPS)的思想,通过中子诱发包层再生区的裂变反应,以实现生产核燃料、处理核废料、生产氦和增值能量的4项功能,这是为尽早和有效实现核聚变可行性的探索研究,同时对其中的难题也要有充分的估计。爆炸力学通过理论、计算和试验的宏微观结合,实现物理化学过程的多学科交叉研究,在材料爆炸响应和激光聚焦爆炸方面取得了新的进展。

收入本专刊的论文作者是流体力学、航空航天、磁流体力学和爆炸力学领域的专家,也是与此相关重大工程的学术带头人和践行者。其中有年近古稀的老科学家,也有活跃在科研第一线的中青年杰出人才,从中可以看到中国近代力学事业的兴旺发达。

值此机会,我们谨对撰写论文的所有作者的热情支持表示衷心的感谢。他们的论文将有助于读者进一步领悟郭永怀先生高瞻远瞩的科学思想,继承他朴实无华的学术风格,激励我们攀登新的科学高峰,并为当前国家的重大工程做出新的贡献!

李家春 崔尔杰 樊菁