

文章编号: 1004-7220(2021)03-0343-02

## 沉痛悼念陶祖莱先生

龙 勉

(中国科学院力学研究所 生物力学与生物工程中心; 工程化构建与力学生物学北京市重点实验室; 中国科学院微重力重点实验室, 北京 100190)

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2021.03.005

陶祖莱先生不幸于2021年5月14日与世长辞,深感悲痛。回忆起与陶先生1980年代后期在重庆大学初识,到2000年入职中科院力学所后在陶先生指导下工作20多年,转瞬之间三十年有余。此时与陶先生天人相隔,竟不敢相信是真的。

陶祖莱先生是我国生物力学领域的开创者与奠基人之一。陶先生1977年开始从事生物力学和生物医学工程研究;1977~1980年代中期主要研究大血管流动、血液流变特性等;1984~1985年应邀赴美国加州大学圣迭戈分校冯元桢先生实验室工作,主要研究肺力学;1986年以来重点研究应力-生长关系、空间细胞/组织培养和组织工程化构建。陶先生是我国改革开放后赴冯先生实验室访问和学习的首批学者之一。基于冯先生1979年在华中工学院和重庆大学两个讲习会的讲稿,他作为主要整理与编作者之一,出版了我国第一部《生物力学》专著(科学出版社,1983年),让同行和后辈学子对生物力学新兴学科有所了解,我也是读着这本书完成了自己的研究生学业。陶先生一直致力于我国生物力学和生物医学工程领域的发展。他积极推动在中国力学学会/中国生物医学工程学会两个一级学会下成立了生物力学专业委员会,使得我国生物力学工作者有了自己的学术组织;这种隶属于两个一级学会的专业委员会在我国的学术组织中并不多见,充分体现了力学与生物医学的交叉和融合,极大促进了学科的发展。1999~2003年期间,陶先生担任全国生物力学专业委员会主任,对我国生物力学领域未来发展战略进行了深入思考,引领全国同行开展了认真研讨,为新世纪我国生物力学

发展的方向和特色奠定了基础;同时,陶先生积极提携后进,鼓励和帮助他(她)们提升发挥的空间和舞台。进入二十一世纪以来,陶先生始终关心我国生物力学的学科发展和人才成长,从各个视角、层面提出宝贵建议和意见,为我国生物力学发展贡献真知灼见。我国生物力学领域能有今天的发展局面,与陶先生独特和重要的贡献是不可分的。

陶祖莱先生是极具大局观和学术敏感性的杰出科学家。陶先生1962年进入力学所后,在空气动力学和流体力学方面主要从事超音速气道、不可压缩湍流边界层、湍流减阻等研究。进入生物力学和生物医学工程领域后,陶先生在生物力学、空间生物技术、组织工程等领域做出了卓越的学术贡献。在生物力学领域,1977年“早春的偶然”,陶先生作为生物力学的“跳水者”参加了“北京市心血管会战”。至1980年代中期,在脉搏波传播机理方面,通过心血管系统数值实验,揭示了桡动脉脉搏波的时域和频域变化可用于反映心血管系统整体功能状态的改变;在动脉粥样硬化的血流动力学成因方面,发现了血管弯曲部位粥样硬化病变发生的流体力学因素并不仅限于壁面剪应力的高、低,而与当地的二次流型密切相关;在呼吸生理流动与病理生理方面,揭示了肺整体力学性能的宏观特征参数(如呼吸流量极限)在肺疾病发展和进程中的重要作用。1986年以来,从应力-生长关系出发,重点关注生理血流对血管内皮细胞生长与功能的调控作用,尤其是生理流动的几何因素→流型→简约化的变化规律。在空间生物技术领域,陶先生于1990年代初进入空间生物技术(微重力科学)领域,将生物

收稿日期:2021-06-01

作者简介:龙勉,研究员,美国医学与生物工程院士(AIMBE Fellow)、国际医学与生物工程科学院院士(IAMBE Fellow);工程化构建与力学生物学北京市重点实验室主任。

力学方法与空间微重力环境有机结合,聚焦于空间细胞/组织培养原理、方法与装置、空间连续流电泳电流体力学过程及其地基模拟等两个重要问题。在863-2计划(1992~1994年)支持下,研制了我国第一台空间细胞动态培养装置,技术性能优于国外同类装置,并于1994年7月在尖兵-1号卫星搭载实验中取得了圆满成功。同时,参与了国家微重力实验室立项论证并负责空间生物技术部分(1991~1994年)。在此基础上,参加了我国载人航天计划,负责空间生命分系统中“空间生物技术中的流体力学问题”的研究(1993~2001年)。基于鱼类鳃呼吸气-血交换和微循环的生物力学原理,发展了一种具有原创性的逆流片层透析式空间细胞培养器,并用于载人航空气间实验和科学卫星实验。承担了空间细胞/组织培养地基模拟系统和空间连续流电泳电流体力学地基模拟系统的研制(1995~1998年),发展了双轴旋转式细胞/组织培养装置。以此为基础,参加了科技部攀A预选项目“微重力科学若干重大基础性交叉学科研究”,负责子课题“微重力对细胞生长和细胞培养的影响”(1997~2000年),发展了两类具有微重力效应的细胞/组织三维培养系统。研制了两类三种应力可调控旋转式细胞/组织三维培养装置,并开展了生物流体力学分析和细胞/组织培养验证。与此同时,主持了国家自然科学基金重点项目“应力-生长关系及其应用”(1998~2001年)。在组织工程领域,陶先生作为项目建议人之一参与了973项目“组织工程基本科学问题”的立项论证,并负责子课题“组织工程中的生物力学问题”(2000~2004年),发展了两种适用于不同目标功能的细胞/组织培养系统(生物反应器),即应力/应变多模态细胞/组织培养系统(以血管、肌腱、韧带、骨组织等管、柱、条、带状组织培养为目标),和对流/交流式细胞/组织培养系统(以软骨、骨等片、块状组织培养为目标),其共同特点是应力状态可调控。同时,还发展了可降解材料构架功能的检测系统(传质性能、降解速率、细胞黏附和生长状态等)和两种模式化表面的微制备技术(毛细管包埋法和低自由能表面等离子溅射法)。此外,参与了863计划的皮肤组织工程课题,发展了一种皮肤组织培养器原型样机。数十年的学术生涯,陶先生学术成果丰硕,在生物力学、空间生物技术、组织

工程等领域发表50余篇学术论文,出版《生物流体力学》、《生物力学导论》等两部专著。2004年评为中国科学院“载人航天工程优秀工作者”。

陶祖莱先生是后辈学子在工作、思想和生活上的引领者和良师。我有幸于1980年代后期在重庆大学结识了陶先生,深深佩服于陶先生对科学问题深度和技术路线广度的认知。2000年,在陶先生的极力推荐和支持下,我得以加入中科院力学所从事生物力学工作至今,在研究方向选取、科学问题提炼、实验室建设、研究生培养等诸多方面均受到陶先生的指点和熏陶。2001年,在武夷山召开的我国载人航天工程转阶段会议上,是陶先生引领我进入微重力科学和空间生命科学领域,从重力变化视角重新审视生物力学的贡献,并亲自指导、组织和实施了相关的中国科学院知识创新工程项目和科技部973项目。2005年,基于陶先生提出的片流逆流式细胞生物反应器搭载第22颗返回式卫星圆满完成了空间飞行实验,验证了空间飞行硬件合理性、获得了滋养层细胞代谢相关数据。2006年,陶先生推动和促成了力学所生物力学与生物工程中心的成立,为进一步整合了力学所内相关的研究力量奠定了组织架构。多年的教诲,让我辈受益良多,尤以以下几点印象深刻:(1)生物力学研究者究竟是做“票友”(原有知识的拓展应用)还是“下海”(投身于生物医学领域)是一个双选题;如果是“下海”,那么生物力学研究者的生理学知识就不能低于一个大夫;(2)生物力学研究应该发现与发明并重,尤其需要注重方法学的创新和技术的发明,“工欲善其事、必先利其器”,这也许就是陶先生在科研生涯中十分重视方法学积累和技术创新的初衷;(3)生物力学研究者需要走自己的路,需要解决具体的问题。陶先生的晚年致力于健康医学工程的研究和推广,而所获得的中国生物医学工程学会“终身贡献奖”和“杰出贡献奖”,也是对陶先生为之不懈努力的最好嘉奖。

逝者已矣,生者如斯。陶先生学识渊博、思想睿智、正直坦荡、甘为人梯。陶先生虽然离我们而去,我辈后进更应该继承先生遗志、秉承先生思想、传承先生理念,将我国生物力学领域继续发扬光大,唯有如此,才不辜负先生的期望。

陶祖莱先生千古!