

成功提出了 Re 数很高时($Re \rightarrow \infty$)的边界层问题,此问题在本质上说明了整个边界层理论的特点。

这里要强调一个重要问题。无限减小粘性并不能从Euler方程得到解,这是因为它同理想流体($\mu=0$)理论及粘性消失流体理论的边界条件问题的不同提法有关。例如,对于第二种情况,不管粘性多么小,都可以提出确定流体粘附在固壁上的条件的问题。

同湍流流动守恒性的一般概念也密切相关的一个新方向是湍流边界层的准层流稳定性理论,应当指出,在一阶近似下平均湍流流动的小扰动方程,类似于描述层流流动的二维小扰动的Orr-Sommerfeld方程。但在 $Re > Re_{\text{临界}}$ 的区域内,一切比较平坦的速度分布形状(同Poiseuille抛物线分布相比而言),在通常的小扰动分析意义上来说是稳定的。如果假定在这些速度分布的集合的性质中,可以实现某种意义上的最大稳定性,那就可以不要任何经验系数而建立固体附近的平均湍流流动理论。于是,看来对整个平均湍流流动进行流体动力学稳定性的分析,就成为湍流理论基本发展方向之一。

最后我们谈谈同一般描述湍流问题有关的一个崭新思想[14]。文献[14]试图把具有强烈相互作用涨落的热力学系统的相似性质搬到湍流理论中。分析附壁湍流的一些新方法,导致发现一系列具有极重要实际意义的新效应。这里我们只举出两个例子。

利用具有粘性消失的边界层理论来预言把可渗透表面上的湍流边界层排挤掉的效应,已在实验上证实并进行了研究。所建立的计算方法使我们能够了解具有复杂边界条件的许多流动,包括物理-化学变化和边界层流化问题。

电弧等离子体发生器中等离子体束的湍流化,可得到解决高温化工装置结构问题的重要新方法。湍流流动同电磁场的相互作用,弥散介质中的湍流,目前都是物理流体力学新分支的研究对象。

参 考 文 献 (略)

译自: Кутателадзе, С.С. (1990), Развитие основных идей теории турбулентности, Вопросы истории естествознания и техники, 4: 112-116. (董务民译)

生物力学的发展

——第1届全国生物力学学术会议述评

复旦大学 柳兆荣

一、概 况

第1届全国生物力学学术会议于1981年7月20—23日在上海复旦大学举行。这次会议由中国力学学会、中国生物医学工程学会主办,并委托上海力学学会、上海生物医学工程学会与复旦大学联合召开。

这次学术会议是我国生物力学学术界的一次空前盛会。参加这次会议的有来自各高等院校、科研机构、医院以及其他有关部门的代表156名(包括列席代表65名),他们中有力学工作者、医学生理学工作者以及其他有关方面的专家。中国生物医学工程学会理事长、中国医学科学院院长黄家驷出席并指导了这次会议。著名生物力学家、美国加州大学圣地亚哥分校冯元桢教授热情关怀我国生物力学

的发展,自始至终关心和支持这次会议的召开。在会议上,他做了《生物力学的新发展》与《对中国生物力学发展的期望》的学术报告,并对所涉及的许多问题做了具体的指导。会议还邀请美国伦塞勒工学院毛昭宪教授做了《滑液关节力学》的学术报告。

这次学术会议上宣读了论文55篇,书面交流论文19篇。主要涉及的内容有动脉中的血液流动与脉搏波分析、中医脉象机理的探讨、生物组织与血液流变学、骨科疾患的力学分析、呼吸系统动力学以及体育运动力学等方面。会议将这些论文装订成册,以会议“论文汇编”形式进行交流。

二、生物力学的目标与内容

冯元桢教授在《生物力学的新发展》的报告中,结合国外生物力学的新发展,就生物力学这门学科的目标与内容做了详细的论述。他指出,研究生物力学的目标是:

- 探科学的新奇;
- 增进对生理学与医学的了解;
- 帮助医疗发展与提出防治疾病的方法;
- 降低医疗费用;
- 发展健康工业。

目前国际从事生物力学研究的绝大多数人是致力于研究生理学,希望在生理学中加进力学与数学的工具。这个工具很重要,但传统的生理学是缺少这一工具的。生物力学工作者的首要任务是做出工作,使生理学家觉得力学、数学确实是有用的工具,并迫切希望协作。生物力学目前研究的内容是:

◦ 定量生理学 生物组织流变学;体液的流动与平衡;物质的迁移与扩散;微循环;生理学的系统分析;生物控制系统。

• 心血管循环系统的临床问题 心脏瓣膜的修复、人工瓣膜;心脏的辅助装置,如左心室辅助泵、抗搏器等;体外循环,心肺机;血液的渗滤与处理;全心替换;无损伤诊断;脉搏波的分析;湍流的发生及其影响;血管壁物质的交换。

◦ 心肺动力学 手术后的问题;肺积水与肺不张;脉动血流的研究;声学与超声波的应用。

◦ 外科 损伤与愈合;新的外科手术,如动静脉交替、人工材料的移植等;人工脏器;骨科与整形;牙科。

• 健康工业 病床与轮椅;健身房,运动器械;假肢;职业安全与健康;公路上和飞行中的安全;老年人和聋、哑、盲人的辅助器械;日常可用的监护装置。

显然,这些内容是十分广泛的,其中每一个课题都能够为人类的造福做出重大的贡献。

三、我国生物力学的发展

通过这次学术会议的交流,大家满意地看到,自1979年11月在重庆大学召开的生物力学座谈会以来,我国生物力学无论在研究工作的深度与广度方面都有显著的进步。这次宣读与交流的74篇论文大致可归纳为如下几方面:

1、脉搏波的分析与临床应用 复旦大学柳兆荣的《脉象的一种力学分析》、陶明德的《动脉脉搏波的数值模拟》、陈金娥的《动脉脉搏波的分析与数值计算》等文章,对脉搏波进行了一系列分析并提出在中医脉象研究中的可能应用;李惜惜的《Windkessel理论在心血管参数无创伤检测中的应用》提出了利用脉搏波图无创伤检测心血管参数的方法。这些理论与方法经上海市高血压研究所等单位的临床与动脉检验(见陈德奎等的《弹性腔理论在脉图中的应用》一文),并通过中医脉象的分析(见张镜人的《冠心病患者的脉象和有关心血管功能的定量分析》、殷文治的《桡动脉脉图法检测几种脉象的循环功能》、施诚等的《线化理论在脉象分析中的应用》等)、气功疗效的比较(见陈冰灿的《冠心病气功治疗前后心血管参数变化的分析》)以及在检测有害气体对心血管毒害(见刘忠权

等的《乙醛对心血管动力学参数的影响》)等方面的应用,从不同角度说明了将中医的传统观点与生物力学对脉搏波的分析方法联系在一起是可行的,也是受欢迎的。

2、骨骼愈合的临床经验 这次会议上对骨伤的力学分析与治疗过程中骨骼愈合的临床经验有不少好的工作介绍,特别是中西医结合治疗骨伤方面有新的进展。其中以北京中医研究院骨伤科研究所孟和、张长江、尚天裕等与河北大学的张文沂、周祖威、华筑信和力学所钱民全等结合研究的工作最为突出。他们的文章有《中西医结合治疗股骨的力学探讨》、《从生物力学角度对颈椎病发病机制的探讨》、《从脊柱生物力学特性对人工胸椎置换的研究》、《骨与克氏针摩擦力的实验测定》、《骨折复位固定器的原理与临床的初步报告》、《踝关节足伸屈对小腿干应力的影响与其临床意义》与《骨折局部外固定中夹板作用力的实验研究》等。此外还有太原工学院吴文周等的《肱骨踝上骨折并发肘内翻的生物力学初探》和上海科大王以进与上海二医曲克服的《实验性骨折愈合过程中的生物力学分析》等也做出了成绩。

3、生物材料基本数据的收集 生物材料基本实验数据的收集十分重要。会议上高兴地看到我国在这方面也开展了工作,其中以骨骼强度方面的工作最为集中。上海科大与上海二医协作的《人体椎骨几何性质的研究》、《关于人体椎骨弯曲强度的研究》、《脊柱侧凸的力学分析及其临床应用》等文章以及西北建工学院孙家驹等的《长骨抗压性能》等都对骨骼提供了一些有用的数据。重庆大学吴云鹏等在《人体胆管在单向拉伸时的力学特性》一文给出人体胆管在静态单向拉伸时的应力-应变关系,并通过实验定出本构方程中的两个基本参数。此外,华中工学院王君健等对牛心包的流变学特性进行试验,干荣臻等对肺动脉的流变性质的分析都是很有意义的。

4、数学分析的进展 在心血管动力学分析中,进行了一定的模型归结,并进行了较细致的数学分析,得到了有用的结果。北京大学吴望一等在《弯曲血管涡旋分离区的确定》中详细分析了弯管内血流分离的特性;复旦大学许世雄在《Casson流体在分离区的流动特性分析》中讨论了血液非牛顿性质对分离的影响;吴望一与钱民全等的《Chandler圆环内人工血栓形成处的流动分析》与《旋转带环中血栓形成的实验研究》等文章从理论上分析了Chandler环内血液流动的特性,并对血栓的形成进行了一定的实验研究;上海交大汤福坤的《论动脉血流线化理论基础》与《人体动脉血流的相似律与动态模拟》详细分析了动脉流中线化理论的条件,并提出相应的相似参数;西北工大林灏仙在《小血管血流速度分布的一种计算方法》中讨论了微流体的流动特性;上海交大刘延柱的《自由下落猫转体运动的动力学问题》从理论上详细分析了自由下落时猫转体的运动特性。所有这些理论工作都引起有关同志的兴趣。

5、实验研究与仪器的研制 清华大学席葆树等在循环系统模拟实验方面取得可喜的进展,使与会同志得到鼓舞。力学所郝敬尧在这方面也开展了工作(见《脉动流实验模拟装置及其实验研究》一文)。血研所金永娟等的《一种医用旋转式锥板粘度计》介绍了研制的锥板粘度计以及有关实验结果。卢永江等的《红细胞可变形性激光衍射仪的研制》介绍了用以测量红细胞变形的激光衍射仪的原理与性能指标。此外,翁维良等的《微量血液直长管粘度计》、张福保的《云纹技术在脊柱侧凸症普查中的应用》等也有一定的价值。

6、思路新鲜、值得进一步研究的工作 武汉水利电力学院周穆英在《模拟生物电脉冲刺激的运动效应》中提出用电脉冲治疗瘫痪,认为刺激可将神经通道打通,这是一个很新鲜的想法。西安交大孔祥骥等的《中医切脉用传感器的研究及脉象的实验观察》提出一个七点式脉象传感器的想法,并公布了所描记的脉图。哈尔滨船舶学院刘荣周等的《双腿高举屈曲分娩法的产力分析与计算》通过力学性能分析提出一种新的分娩方法,是一个值得重视的结果。此外,海军医学研究所王连桂等的《减压中体内氮分压的估算》一文通过人体氮分压的估算,提出一种潜水减压表的理论计算方法,南京工学院刘振田的《模糊数学在生物力学中的应用》以及兰州渗流所郭尚平、阎庆来等关于脏器渗流多孔介质的分析等,也都是很吸引人的。

四、今后生物力学发展的关键

冯元桢教授在他的报告中, 强调了今后生物力学发展的关键问题是:

1、建立生物材料物性的本构方程 这就象研究弹性力学得先知道胡克定律、研究流体力学得先知道牛顿定律一样, 建立生物材料的物性本构方程是研究生物力学的第一步。目前已在一定条件下对血液、血球、血管、肌肉、骨骼、软骨、一般生物固体、一般生物流体求得一些本构方程, 但困难的是确定包含在这些本构方程中的常数。因此收集数据是至关重要的。

2、收集物质迁移与扩散的数据 物质的迁移与扩散在生物体中是广泛存在的, 例如通过呼吸进入肺泡的氧气如何进入血液最后又如何进入细胞, 又如水如何进入血液、体液, 最后达到体液平衡等等, 都属于这个问题。不研究这个问题就没有接触到真正的生物问题。目前的困难是缺乏具体数据, 特别是血管外的组织更是如此, 因为这些组织通常是非均匀的。

3、寻找生长与应力的关系 这是生物力学十分重要的问题, 最早是在骨骼中发现的。骨骼的生长与加一定的应力是密切相关的, 例如在母胎中的胎儿, 脚的不断踢动对其关节的生长是十分有利的, 等等。可以这么说, 正因为生长与应力密切相关, 才使生物力学有了“生命”。

总之, 生物力学工作者今后相当长的一段时期内是收集生物材料物性的基本数据, 建立本构方程; 导出物质迁移与扩散的基本方程与基本数据; 搞清生长与应力的基本关系。有了这三方面的基础, 再利用力学的传统工具与分析方法, 就可能得到许多有用的结果。

我国的生物力学研究起步晚, 基础差, 目前取得的成绩还是很初步的, 与国外先进水平比起来差距还很远。虽然在收集物性数据方面进行了一些初步的工作, 但在有关物质的迁移与扩散、生长与应力关系等方面基本上还属空白。因此, 今后应更加扎实地工作, 加强力学和其他工程人员同医学、生理学工作者的紧密协作, 努力为我国生物力学的发展做出贡献。

为了提高我国生物力学研究队伍的水平, 会议建议在82—83年间, 由复旦大学与上海交大主持举办心血管力学讨论班; 由太原工学院与上海科大主持举办生物固体力学讨论班; 由华中工学院主持举办呼吸系统动力学讨论班。

通过这次学术会议, 大家了解到生物力学是一门边缘学科, 生物力学学术会议由中国力学学会与中国生物医学工程学会联合主办是一种较好的形式。本届会议是由中国力学学会负责的, 下届会议则由中国生物医学工程学会负责。下届会议定于1984年在山西太原市召开。

第4届全苏聚合物材料和 复合材料力学学术会议

1980年10月29—31日在里加举行了第4届全苏聚合物材料和复合材料力学学术会议。会议的组织者为苏联科学院力学和控制过程学部, 该学部所属的复合材料结构力学学术委员会以及强度和塑性问题学术委员会, 苏联科学院主席团所属的聚合物的力学和物理学委员会以及合成材料学术委员会, 拉脱维亚科学院聚合物力学研究所。参加会议的有来自苏联39个城市100多个科研机构, 结构-工艺机构、生产单位以及高等学校的430位专家。会议上听取了4篇大会报告和117篇分组会议报告(分5个组进行)。还散发了45篇报告。

会议组织委员会主席拉脱维亚科学院院长A. K. Малмейстер在开幕词中指出, 聚合物和复合材料按其力学性能来说, 超过了传统的材料, 并且在极端条件下采用它们特别有效。他指出, 召开第4届