

西安交通大学动力工程多相流国家重点实验室

National Key Laboratory of Power Engineering & Multiphase Flow

周芳德

(西安交通大学工程热物理研究所,教授)

一、实验室概况

西安交通大学动力工程多相流国家重点实验室是国家计委1990年1月批准建立的,预计于1992年12月进行国家验收。

动力工程多相流国家重点实验室主要从事针对核电站、火电站、石油、化工等工业部门中气液、气固等多相流动和传热规律的基础研究和工程应用研究。

实验室的学术带头人中国科学院学部委员陈学俊教授是国内多相流学科的开创者,著名的动力工程专家,在国内外学术界有着广泛的影响和很高的声誉。还有教授10名,其中博士生导师5人,国家级有突出贡献的中青年科学家1人,同时拥有一批经验丰富、年富力强的中青年骨干,以及由高级工程师、工程师和技术人员组成的研究技术力量,还有一批勤奋学习、努力工作的博士生、硕士生,基本上形成一支实力雄厚结构合理的研究队伍。重点实验室下设多相流研究、气固研究、低温研究、湿蒸汽研究和热工研究等部分。几年来,本实验室获得国家、省部委几十项科研成果和基础理论研究成果奖,出版了多部学术专著,有的在全世界发行,扩大了在国际学术界中的影响,为我国火电站、核电站、石油、化工等工业发展作出了重大贡献,促进了我国多相流这一新学科的发展。

二、实验室的研究方向和内容

该实验室主要从事多相流体的流动和传热规律研究,即研究各种动力机械和设备中有不同相态(如气态、液态和固态)的物质同时存在时的流体力学及其传热传质过程。这是在流体力学、工程热力学、传热学与传质学基础上发展起来的一门新

的学科,和国民经济中各个部门都有着密切的联系。

动力工业是国民经济发展的命脉,国家能源生产中的绝大部分用于动力工业。目前我国一次能源仍以煤为主,石油、天然气、核电次之。我国能源储量虽然比较丰富,但仍然不能满足国民经济发展要求,在2000年前,工农业增产中对能源的需求量中的一半要靠节能来满足,也就是要靠能源、动力及各行各业的技术和科学进步来满足,因此在动力工业中就必须发展新型、高效率、低能耗的动力设备。

动力机械的功能是实现能源的转换和传递,而动力机械中的介质大部分涉及到多相流问题。在现代化的大型火电机组中,多相流问题往往是影响机组发展的关键之一。目前火力发电正向着高温高压大机组的方面发展,国家正在发展17兆帕、300兆瓦和600兆瓦级亚临界压力机组,并将逐步成为我国电力工业的主力机组,并已开始研究超临界压力的25兆帕、600兆瓦机组。国外目前已以亚临界和超临界压力的机组为主,正在研制30兆帕到35兆帕的超临界压力机组。随着压力的提高,锅炉炉膛水冷壁中由于沸腾传热恶化和水动力偏差引起的爆管问题就成为大型电站锅炉发展的关键问题。

大型汽轮机中末级叶片的设计及核电站汽轮机中的湿蒸汽两相流已成为汽轮机发展中的重要课题。

在核反应堆中,汽液两相流和传热的研究成为核电站发展的关键问题之一。现代的大型石油化工企业中,大型合成氨、尿素、大型乙烯装置工艺系统中能源回收成为这些装置是否先进(能耗低)的重要标志。在尿素合成时,利用废热锅炉回收高温工艺气的热量生产高压蒸汽,存在着大量的两相流与传热方面的课题。

在炼油、化工、采油、制冷及电子设备中,存在着大量两相流传热的课题,要求设备紧凑,效率高。

在石油开采及原油运输中,同时存在大量的伴生气和水,预测井底多相流体压力,温度变化,三相流量分离技术及低阻力输送等都是油气水三相流动和传热课题。

煤粉燃烧中的制粉、干燥、输送及风粉混合过程对煤粉燃烧过程有着重大影响,这些均是近年来发展起来并已开始应用的流化床燃烧技术。煤的流化过程及流化方式及气力输送等的研究是气固两相流研究的重要应用。又如除尘技术的发展,主要是依靠气固两相流分离技术的研究成果。大气污染,粉尘运动,食品,医药工业,也无不涉及多相流问题。总之,多相流是涉及整个国民经济各个部门的主要学科之一,尤其对动力工业、能源工业的发展有着重要作用。

目前,本实验室以气液两相流为主,开展气(汽)液两相流、湿蒸汽两相流、低温两相流、油气水及气固两相流等方面的研究工作。

根据以上研究方向,结合我国当前国民经济发展的要求,在“七·五”及“八·五”期间,将着重进行下列内容的研究工作。

1. 汽(气)液两相流及其传热传质过程的研究

(1) 汽(气)液两相流与传热的基础研究

着重研究汽(气)液两相流与传热的流型分布,局部及平均的截面含气率(空泡份额),质量干度,两相流中汽泡和液滴的运动规律,相界面运动规律,蒸汽夹带和沉积以及传热恶化等。

(2) 针对大型电站锅炉、石化设备、核电站等工业应用的需要,研究各种管内(如垂直管、水平管、倾斜管、U型管、螺旋管、内螺纹管等)和管外空间不同流向的沸腾管在受热条件下的两相流与传热特性,包括两相流动压力降、截面含气率、对流沸腾放热系数、临界热负荷及干涸后传热等。

(3) 反应堆安全传热研究,包括泄压及再淹没情况下的两相流动、传热、临界热负荷及它们的动态工况,小破口事故下的流动特性、临界流量及传热研究,喷淋传热特性。

(4) 两相流不稳定性的研究,包括密度波型不稳定性、压力降型不稳定性、热力型不稳定性等各种类型不稳定性机理、条件及设计准则等。

(5) 高压汽水混合物汽水分离的研究,包括汽水分离机理及新型高效分离器的研究。

(6) 沸腾及凝结传热强化研究,着重研究各种高效换热表面的传热特性及其传热的机理。

(7) 汽液两相液与传热的数学模型、数值计算及其比拟模化规律的研究。

2. 汽轮机湿蒸汽两相流研究

(1) 研究汽轮机中湿蒸汽两相流对汽轮机效率及特性的影响。

(2) 研究汽轮机叶片通道中湿蒸汽两相流的流体动力特性,湿蒸汽中液滴或液膜的运动规律以及高速液滴对固体表面的撞击机理。

(3) 湿蒸汽两相流边界层中的粘性效应及其对汽轮机工作性能的影响。

(4) 研究高湿蒸汽在膨胀条件下的相变机理和过程,为地热井管中的两相流计算提供理论根据和实验数据。

(5) 叶片受湿蒸汽两相流磨损与腐蚀的研究。

3. 低温两相流及其传热传质过程的研究

(1) 低温气液两相流与传热传质规律的研究,重点研究多组分气体的两相流及液氮级的低温两相流,并达到具体应用的水平。

(2) 多组分气体在等熵绝热膨胀过程中的两相流包括不同组分对威尔逊(Wilson)点的影响。两相流中气液组分变化规律低温工质成核理论,在径流叶轮中液粒运动轨迹等理论研究,并逐步把研究成果应用于生产。

(3) 低温两相流的传质研究,重点是多组分工质的共吸附及变压吸附。在理论研究的基础上应用于生产。

4. 油气水三相流及其传质过程的研究

(1) 油气水三相流动过程中的流型及其转变,油气水三相流的含气率,流动压力降,油气管道混合输送等的理论和实验研究。

(2) 油气水三相流流动特性及其测试技术的研究。

(3) 油气水三相流传质过程的研究,研究油井开采过程中油气之间的质量传递,如传质系数,质量传递对管道阻力、原油成分及密度的影响。

(4) 油气水三相流分离过程的研究。

(5) 油气和油水两相流动及其传质过程的研究。

5. 气固两相流及其传热传质过程的研究

(1) 气固两相流运动规律的研究。研究颗粒的分布,颗粒的停留时间,颗粒的沉积,过滤分离,气固两相流的流型及脉动。

(2) 电站锅炉送煤系统中煤粉运动规律的研究,新型燃烧器空气动力工况的研究,炉膛空气动力工况及气固两相流流动,传质和燃烧技术的研究。

(3) 流化床燃烧流化特性的研究,循环流化床中颗粒流动和分离器的研究,流化床中传热特性的研究。

(4) 气固两相流分离、除尘及脱硫技术的研究。

三、主要的实验装备与仪器

本实验室拥有开发多相流流动和传质过程研究的必要设备与仪器,其中包括高压蒸汽—水试验台,油气水三相流试验台,有机工质试验台,湿蒸汽两相流风洞,湿蒸汽透平试验台,凝结换热试验台,沸腾换热试验台和气固两相流试验台。主要仪器有:三维激光多普勒测速仪,热线热膜风速仪,高速大容量微机工作站,高速动态分析仪,高速、高精度数据采集系统,粒子动态分析仪,双通道频谱分析仪,磁带记录仪,96通道压力扫描仪,以及各类常规仪器,实验室面积为3 500平方米。

四、研究成果

近年来,在科学研究过程中,我校逐步形成了多相流研究的重点,开发了许多科研项目,取得了一批重要成果,受到国内外同行专家的重视,已初步形成具有特色的国内多相流研究中心,对促进我国动力工业和石油、化工等工业的发展作出了贡献。近几年来在这一领域的重要获奖项目有:管内气液两相流与沸腾传热特性的研究获1988年国家自然科学三等奖、1987年获国家教委科技进步一等奖,U型管内两相流与传热特性的研究获1985年国家教委科技进步二等奖,两相流体脉动及受热面对传热的影响获1985年国家教委科技进步二等奖,用孔板测量气液两相流的流量与干度获1986年国家教委科技进步二等奖,大型电站锅炉两相流沸腾传热与阻力特性的研究获1988年国家教委科技进步二等奖,夹心风燃烧器的研制获1987年国家发明三等奖、国家教委科技进步二等奖,链条炉拱结构与二次风技术研究获1987年国家教委科技进步二等奖、机械委科技进步一等奖,火电厂热力系统节能理论及其应用获1988年陕西省科技进步一等奖、1989年国家科技进步三等奖,螺旋管内气液两相流动与传热特性研究获1991年国家教委科技进步二等奖。

本实验室承担国家自然科学基金委、国家高技术项目、“七·五”攻关项目、机电部、化工部、石油天然气总公司以及厂矿企业合同项目,进行相关学科的基础理论和应用基础研究,生产应用研究。为促进我国能源与动力工业的发展作出了重要贡献。

五、学术交流

加强学术交流,是把实验室建设成世界第一

流水平的现代化实验室的重要途径。我们历来重视和国内外同行专家的交流、科研合作。对于科研水平的提高,人才培养有着重要的作用。

1. 积极参加国内外有关的学术活动。重视将优秀论文在国内外有影响的学术刊物及学术会议上交流,据初步统计,近年来在国内、国际学术会议上发表论文200多篇。

2. 举办多相流动和传热国际学术会议,已先后于1984年和1989年举行二次。促进了科研成果向外交流和对国际上最新成果的了解。

3. 进行国际间科研合作,自1985年以来同美国迈阿密大学建立了流动不稳定性研究的科研合作,使我们对两相流不稳定性研究达到了国际先进水平,也促进了人才培养。同时与英国哈威尔原子能中心,意大利原子能所,莫斯科高温研究所,比利时罗尔大学,德国柏林工业大学、斯图加特工业大学、慕尼黑工业大学等建立了密切的学术联系。

4. 有计划地选派有关人员出国进修或从事合作研究,近年来先后派出10余人在国外有关实验室从事研究工作,对于提高本室的科研水平起到了良好的作用。

5. 重视国外科学家的短期来访,认真组织来访科学家的学术报告活动,几乎世界上最著名的多相流专家和传热专家都来校进行过访问,如美国柏克莱加州大学校长田长霖教授,美国俄亥俄大学伯格莱斯(Bergles)教授,美国圣塔巴巴拉加州大学赫芝罗尼(Hetsroni)教授及法国、比利时、英国、前苏联等国的学者均来访过,并进行了学术报告。对及时了解国际相关领域的动态,活跃研究人员的学术思想,掌握研究新方向起了很大的促进作用。

(责任编辑 刘先曙)

(上接第48页)

元伟的庙宇和建立水利博物馆,以便对浙江省的历代水利建设进行系统、全面的介绍,供后人学习和浏览。

它山堰自建造迄今,已经历了千年以上的岁月。星移斗换,沧海桑田,但堰体本身至今基本完好,依然能发挥灌溉、供水、通航和泄洪等作用。这是世界水利史上的一个奇迹。它充分显示了中国劳动人民的勤劳与智慧。

(责任编辑 特约编辑时学黄)