

模拟有一些新的突破.英国在结构耐撞性和吸能装置研究方面继续投入了很大注意力.与上届会议相比,可以看出,随着工程应用的扩展,更多的国家关注这一研究领域的发展.一些国家,如新加坡、印度、韩国、澳大利亚等,研究人员已从过去的分散的个人发展为若干课题组.除了大会邀请报告外,一些会议交流的论文也很有特色,如美国 Sandia 实验室 E. P. Chen 教授报告的模拟侵彻和贯穿问题的无网格方法,日本名古屋技术学院 Kawashima 教授报告的用多冲法 + C 扫描层裂发展的技术,新加坡国立大学报告的用质量块方法 (lumped mass approach) 尝试泡沫材料冲击压坏的数值模拟和用 Twaron (一种商品编织材料) 做防弹衣的研究等.

我国学者共 7 人参加了本次会议,他们分别来自

力学所、中国科技大学、太原工业大学、工物院、建材院和香港科技大学.我国学者在会议上共提交论文 8 篇.

从本次会议看,当前冲击工程研究领域的总的特点是:更多的注意力由传统的军事应用转向民用,由本领域的研究获得的新概念、新设计思想已得到越来越多的工程应用.

会议期间,部分代表还参观了新加坡国立大学机械和产品工程系以及新加坡高性能计算研究所,对新加坡政府高度重视科学研究,在这一研究领域的投入留下深刻印象.如国立大学冲击实验室已投入 100 万新元,高性能计算研究所拥有 Cray, SGI, IBM, Sun 等我种大型机和 3-D 虚拟显示等手段.

会议商定,第四届国际冲击工程会议将于 2000 年在日本举行.

## 努力把国家微重力实验室建成我国微重力科学研究中心

田兰桥

中科院国家微重力实验室,北京 100080

随着人类对外层空间的开发和利用,以及载人航天技术的迅速发展,微重力科学已成为当前科学技术发展中一个十分重要的研究领域,也是空间科学的前沿.为适应我国科学技术和航天事业的发展,总装备部和中科院共同投资建立了国家微重力实验室.这是国家高技术研究发展计划的一个重大的应用基础性建设项目.国家微重力实验室的建立将为我国微重力科学的进一步发展提供更加有利的条件.国家微重力实验室的成立标志着我国微重力科学研究进入了一个崭新的发展阶段.

### 1 国家微重力实验室的组织结构

中国的微重力科学研究起始于 80 年代后期,经过近十年的努力已经有了一个良好的开端,并取得了可喜的研究成果.十年来我国独立自主地初步建立了地基研究、短时微重力研究和空间实验研究相结合的微重力研究体系.以中科院为主已经组成了 30 多个不同学科领域的研究集体,所研究的课题涉及到微重力科学的主要领域.国家微重力实验室的建立更加充实了我国微重力研究基地,它将成为我国微重力科学的研究中心.

国家微重力实验室位于中关村地区,主要建筑为 2000m<sup>2</sup> 的实验大楼和包括高 110m 的落塔及 52m 的落管在内的自由落体设施.国家微重力实验室主要由两部分组成,即研究系统和技术支持系统.

**研究系统** 国家微重力实验室将以应用基础研究为主,并同时开展应用研究和相关的基础研究.国家微重力实验室将开展微重力环境下流体科学、材料科学、生物科学与技术的交叉学科的研究,研究有应用背景的流体物理和物理化学问题,探讨微重力环境中材料科学

和生物科学的现象,以了解物质的运动规律和改进地面及空间的材料制备.同时将开展数值模拟和地面实验模拟研究,发展空间材料加工的原理和方法,进行空间微重力实验的准备,参加和承担空间微重力科学实验,推广空间实验成果.

**技术支持系统** 国家微重力实验室建有性能先进的研究型自由落体设施,其中包括落塔和落管两部分,这是进行材料科学、微重力流体物理和微重力燃烧等研究必不可少的设备;百米落塔设施的建设在我国是第一次,其总体设计达到世界先进水平,并且在某些方面独具先进性,如二期工程的上抛方案.此外,国家微重力实验室的技术支持系统还包括光学诊断与测试技术实验室、流体物理实验的遥科学实验室演示系统和图象采集及计算机图形工作站.这些实验室紧密地结合科学研究的前沿和空间实验任务,充分利用现代的光电、信息、遥感及计算机技术,建立、发展和完善先进的地基和空间实验测试诊断技术、实验数据、图象的自动采集和远距离传输系统.

目前国家微重力实验室已经建立了 12 个研究性实验室,自行研制了 36 台套实验研究系统,从国外引进了 41 台套性能先进的仪器设备.这些实验设备和仪器组成了国家微重力实验室完整的、先进的实验研究体系,这是开展微重力科学研究的技术及条件保证.

国家微重力实验室第一届学术委员会主任是林兰英院士,副主任是章综院士和梁栋材院士;实验室主任是胡文瑞院士,副主任是王文魁研究员.诸多知名专家学者和在微重力及相关学科有造诣的学术带头人和一批优秀的中、青年科技研究人员,组成了国家微重力实

实验室强有力的领导班子和研究力量。这是国家微重力实验室建设高起点、高标准,以及良好的发展前景的组织保证。

## 2 国家微重力实验室主要的研究系统

### 2.1 微重力流体物理实验研究系统

微重力流体物理是当今微重力科学的重要研究领域之一。微重力流体物理研究不仅推动了经典流体物理学的发展,而且已经成为流体力学的一个极为活跃的研究前沿。它与其它微重力学科如空间材料科学、微重力燃烧、生物科学和技术等密切相关,并对深入研究和认识微重力环境下上述学科的基本规律具有重要的意义。

自80年代后期,以胡文瑞院士为主的力学所微重力研究组,即对有材料科学应用背景的“浮区热毛细对流和稳定性”这一基础性前沿课题开展了系统性的理论分析和地基及短时微重力实验研究并取得了富有成效的研究成果。近年来还开展了二相流及气泡、液滴动力学、多层流热毛细对流、Benard-Marangoni对流和生物流体等多项微重力流体课题的理论和实验研究。其中“半浮区液桥热毛细对流研究”获1997年中科院自然科学二等奖。

目前国家微重力实验室建立了两相流实验室和流体动力学实验室,它们主要的研究内容和设备如下。

#### (1) 两相流实验室

两相流实验室主要研究:气体/液体、液体/液体、液体/固体间的相互作用及运动,特别与表面张力、界面张力不均匀相关联的运动现象,如:气泡/液滴的迁移、分裂、凝聚、两相介质的掺混、转变、分层等。由于在微重力环境中的两相流的传输过程十分重要,而人们对其规律认识较少,因此两相流动力学的研究正成为微重力物理的重点课题,也越来越受到重视。

国家微重力实验室在多年研究的基础上,将进一步开展以上课题的研究。通过实时观测等方法,对其流态、相分布、压降特性、传热传质特性及相变特性加深了解,以模拟微重力过程进行界面张力影响的研究。

目前实验室除已有的设备如黏度测量仪、界面张力测量仪、数据采集及反演系统外,还自行研制了液滴迁移实验装置、气泡迁移实验装置和中性悬浮实验系统,现已投入试运行。

#### (2) 流体动力学实验室

本实验室主要从事重力、表面及界面张力梯度驱动的热质对流、扩散及毛细流动现象的研究。在微重力环境下进行非重力驱动对流现象的研究,有助于了解正常情况下被重力所掩盖的许多次级流体现象。

国家微重力实验室将以空间材料生长和生物技术过程的研究为背景,开展与表面和界面过程相关的典型流体系统的力学行为研究。如:Benard对流、Marangoni对流、相变的输运过程、界面行为,及重力跳动和磁场效应等。

该实验室主要仪器设备有:Benard对流实验装置、

Marangoni迁移实验装置、激光全息干涉系统、粒子成像测速(PIV)系统、多路温度测控系统、压力测量及压力补偿系统、一维及二维激光多普勒测速仪以及相应的图象和数据实时采集及处理系统。并研制完成了多层流热毛细对流实验装置、液桥实验装置和Reyleigh-Benard对流等实验装置。

### 2.2 空间材料科学实验研究系统

空间材料科学是微重力科学一个重要的研究领域。微重力环境避免了地面重力场引起的许多耦合效应,消除了重力引起的浮力对流和沉降现象,易于实现纯扩散的晶体生长过程和无容器加工过程,有助于更好地了解微重力环境下材料生长过程、材料加工和材料制备过程中的机理性问题,从而可以通过改变材料制备过程中的物理及化学条件,实现对材料结构及品质的控制。

1987年在林兰英院士的领导下,中科院半导体所利用我国自行研制的返回式卫星,在空间微重力环境下成功地生长出世界上第一根砷化镓单晶,为我国半导体材料的研究开创了新途径。此外通过空间卫星搭载、地面短时微重力实验等手段,对微重力条件下金属合金的凝固问题也进行了深入的研究,并取得了一批有突破性进展的研究成果。这些研究成果使我国的空间材料科学研究在国际上处于较高的起点,为进一步深入开展微重力材料科学的研究奠定了良好的基础。空间材料科学是一个崭新的研究领域,开展微重力材料科学的研究将在材料工艺创新中发挥其潜在的优势,发现新物质、新规律、形成新技术,所获得的研究成果必将对国民经济的发展产生深远的影响。为此,国家微重力实验室建立了半导体空间生长模拟实验室、透明晶体生长实时原位观察实验室、金属合金的成核过冷研究系统、气相外延生长系统和非透明晶体生长实验室等材料研究设施。

#### (1) 半导体空间生长模拟实验室

已有的研究表明,微重力条件对半导体材料品质的提高有很大的影响,特别是由于半导体材料重大的工业应用价值,因此半导体单晶生长一直是空间材料研究的重点之一。但是,由于半导体单晶生长需要较长的时间,因此寻找一种在地面模拟微重力条件的生长环境是十分必要的,目前世界许多国家都在开展这方面的研究,国家微重力实验室的研究主要在以下几个方面。

磁场中生长化合物半导体单晶:利用磁场对半导体熔体产生洛伦兹力的作用,通过将熔体的对流模式由不定常的热对流改变成定常的层流模式,从而减少熔体内的温度变化,以达到减少晶体生长条纹,改善单晶的品质。

化合物半导体液相外延生长系统:高质量的半导体外延薄膜材料的研究及制备是近年来国际微重力界的一个重要的研究课题。地面模拟微重力环境下生长液相外延半导体材料可通过改变生长容器的尺寸来改变其中的流动模式,或通过改变生长界面与重力场的方向来实现对流模式的改变。以此来开展液相外延薄膜材料的研究及制备。

为了开展以上研究,实验室自行研制了磁场直拉单晶炉;液相外延生长装置及相关的辅助设备。

#### (2) 气相外延生长系统

高质量的半导体外延薄膜材料是目前半导体材料及器件研究的热点,空间生长的半导体外延薄膜材料的均匀性和完整性均优于地面对照材料。因此开展地面模拟微重力环境下半导体气相外延薄膜材料的研究受到了加倍重视。

国家微重力实验室通过采用局部冷却技术配合多绕组加热炉来获得生长区所需要的陡峭的温度梯度以开展研究工作。这种从微重力的角度来研究闭管气相外延生长系统的方法是一种新的研究思想,目前尚未见到有关报导。

结合以上的研究工作实验室研制了气相外延生长炉,并研制了生长坩埚制备台等相应的设备。

#### (3) 透明晶体生长和原位实时观察实验室

由于微重力环境消除了地面重力场引起的许多耦合效应,可能实现纯扩散的晶体生长过程,因而为研究晶体生长相变机理开创了新途径。为了探索重力对晶体生长过程的影响,对其过程进行原位实时观察是十分必要的。这方面的研究,国际上通常采用全息干涉技术、电子散斑干涉技术、相移位错干涉技术和 MacIr Zehnder 干涉技术等。国家微重力实验室也建立了相应的光学实时观测系统,以实现对晶体生长过程的原位实时观察。通过光学的方法观测晶体生长速率、生长形态及固/液生长界面;诊断溶液或熔体的流场、浓度场和温度场及其对晶体生长的影响;研究不同扩散-对流耦合强度下的晶体生长现象和规律,从而优选空间生长晶体的最佳条件。

此外,实验室还建立了原料合成和提纯设备,结晶系统筛选设备、高精度控温仪;超纯水离子交换自动水处理系统及图像采集和处理系统等。

#### (4) 金属合金的成核过冷研究系统

金属合金的凝固组织形态是影响金属合金的强度性能和使用寿命的主要因素,金属的凝固取决于成核和长大,而这两者均直接或间接地受重力的影响。成核过冷研究是当前微重力材料科学的重要研究内容。在微重力条件下流体的静压力消失,金属熔体只受表面张力的影响,可以达到深过冷度,从而可研究纯扩散下的形核机理。

实验室已研制完成一台超高真空的合金熔炼炉与净化设备,用于地基金属合金的成核与过冷研究。由于在地面实验条件下,无容器处理消除了非均匀形核的主要发源地-容器壁,这样在成核前就可以达到较大的过冷度,这套系统可以创造均匀的形核环境,使用探针触发成核,研究不同过冷度与凝固组织形态的关系,及其对合金性能的影响。

实验室还建立了相关的测试系统。

#### (5) 非透明介质模拟实验系统

许多实用材料对可见光是非透明的,如金属、半导

体等材料,由于这些材料凝固的形态与组分分布受熔体固液界面的传热传质过程的影响。常规的方法是待材料冷却后再解剖分析,推演材料在高温时可能发生的过程。显然这种方法不仅有局限性,也有许多非确定的因素。此外,不同的凝固速度可以制备定向凝固合金、非晶、纳米晶等不同材料,这些在理论、试验及应用上都有重要的意义。因此非透明材料的固化过程的研究一直是微重力材料科学研究的一项主要内容。研究微重力的影响目的是建立接近纯扩散的凝固过程,以揭示固/液转变动力学的物理本质,完善现有的凝固理论。

实验室将采用 X 射线原位动态观测的方法,特别是通过对固/液界面迁移速度的测量、凝固过程界面位置和速度变化的测量及监测以及对样品成分的分析等方法开展研究工作。

为此实验室研制和引进了电阻加热凝固实验炉,镜式加热炉,X 衍射线仪和 X-Video 等设备,并配备了有关的光学及电学再辉检测系统。

#### 2.3. 物理化学研究系统

微重力燃烧和分散体系的研究是微重力科学与应用的一个重要组成部分。

燃烧是伴有能量释放的快速化学反应过程。它涉及到空气动力学、热力学和化学反应动力学。在微重力环境下由重力引起的浮力对流及沉降过程基本消失,在燃烧过程中起主要作用的传热、传质机制也发生了很大的变化,为燃烧过程的实验研究提供了非常有利的条件。通过对微重力条件下燃烧过程基本规律的研究,可以解决载人航天飞行器的安全防火问题;改善地面燃烧设施的燃烧效率,节省能源;减少地面燃烧设施污染物排放,保护人类生活的环境;并可以利用燃烧过程合成新型的优质材料。

分散体系和胶体无论在工业应用和日常生活中都是非常重要的物质体系,是无处不在的。所谓的分散体系即是一种或几种物质分散在另一种物质中的体系,分散体系的许多特性与粒子间的相互作用有关,当重力的影响可以与这些力相比较时,重力的因素就十分重要了。在微重力环境下研究分散体系无疑会对其特性的了解提供一个良好的条件。

为了开展以上课题的研究,国家微重力实验室建立了燃烧实验室及研究型的自由落体实验设施和分散体系实验室。

##### (1) 微重力燃烧

微重力环境为燃烧过程的研究提供了非常有利的条件。目前国际上进行的微重力燃烧研究几乎涉及到燃烧学的所有课题。如美国 NASA 微重力燃烧计划支持 50 项地基短时微重力实验研究。鉴于我国的具体情况,我们的研究主要集中在以下两个方面:研究非金属材料在微重力条件下着火的基本规律和着火的先期征兆;利用微重力条件下由浮力对流引起的大尺度、低频火焰峰面不稳定现象消失的条件来研究预混层流火焰结构,火焰传播等课题。

实验室可进行:气体、液体、固体燃料的微重力燃烧实验,如:火焰结构、火焰传播、着火极限、燃烧不稳定性、闷烧和粉尘爆燃等燃烧过程的落塔实验研究。

本实验室除了已有的设备如稳压储罐、高压燃料容器、减压、稳压设备,可更换的实验段,火焰稳定器,高能点火器等外,还研制了落塔和地面燃烧实验台。

#### (2) 分散体系实验室

由于分散相物质的颗粒度非常小,因此长久以来重力的影响没有被重视,特别是在地面重力的影响不易消除,很难对它做专门的研究,但现代科学的发展已证实很小的作用量可能导致一个系统在动力学行为上的较大的影响,特别是航空、航天技术的发展也促使人们开展在微重力条件下对分散体系的研究。

实验室将通过固相微粒分散在液态介质中的体系,通过密度匹配的方法尽可能多的抵消重力的影响,研究微重力对分散体系聚集过程的影响,同时,开展了聚集动力学实验台的研制,建立了视频成像光学显微系统和聚集速率测量系统。

目前已引进的仪器有:激光散射仪,可以完成对分散体系粒度的快速、无接触的高精度测量;重力离心式X射线粒度仪,可测量尺度介于 $0.01\mu\text{m}$ 至 $100\mu\text{m}$ 粒子的积分、微分布以及沉降曲线;此外,还配有ZETA电位仪、差分折射率仪等。

#### 2.4. 微重力生物科学与技术研究系统

经过了近十年的研究,我国的微重力生物科学与技术已经取得了长足的进展和可喜的研究成果。自1988年起,我国已进行了多次空间搭载实验,实验证明微重力环境可以制备出比地面结构更完整和尺寸足够大的蛋白质晶体。例如我们在空间生长出来的溶菌酶单晶样品的X射线衍射分辨率高达 $1.6\text{nm}$ 以上,明显地优于地面生长的同类单晶。通过对这些样品进行结构分析,可以精确地测定蛋白质的结构,从而可以促进地面生物工程和药品的制备。细胞与组织培养是生物学研究的重大课题,它的突破性研究可望为临床医学、制药及组织器官移植等带来不可估量的应用前景。

目前我国空间蛋白质生长研究成果已受到国际同行的关注,相关的地基研究也取得了很大的进展。

国家微重力实验室在以上研究的基础上建立了蛋白质晶体生长实验室;空间细胞生长和组织培养地基模拟系统和连续流式电泳电流体力学实验室,以开展微重力生物科学与技术的研究。

##### (1) 蛋白质晶体生长实验室

研究蛋白质晶体生长对微重力科学和生命科学都具有十分重要的意义。目前可精确描绘出结构的蛋白质晶体只有6000多种。蛋白质晶体生长是一种非平衡态过程,同样涉及到传热、传质和固/液界面的物质交换,其动量和质量的输运是非均匀且各向异性的,是通过宏观对流和微观扩散实现的。因此,重力是影响这一过程的重要因素。研究微重力对以上各环节的影响,对揭示蛋白质晶体生长的机理具有重要意义。从而可以开展地

面生物过程和药品制备的研究。

国家微重力实验室建立了蛋白质结晶研究装置和结晶观测系统,通过光学干涉及原子力显微镜等实时观测方法开展蛋白质晶体生长机理的研究。

##### (2) 空间细胞生长和组织培养地基模拟实验系统

空间细胞生长和组织地基培养是当前生物科学技术研究的一个热点,空间微重力环境为细胞三维生长创造了条件。地基模拟实验的目的是:认识微重力环境对细胞生长的影响提供分析依据,掌握三维培养的规律。后者对组织工程和医学的发展有重要的意义。开展空间细胞生长研究,主要是研究重力对细胞生长的影响,以区分微重力的直接和间接作用。

自80年代中期我国即开展了应力对细胞生长的研究,成功地研制了我国第一台空间细胞动态培养器,并在1994年卫星搭载实验中取得了圆满成功。在此基础上实验室将进一步开展空间细胞生长和组织培养地基模拟研究,为此建立的设备有细胞生长低重力效应实验台,低重力组织培养实验台,空间细胞高密度培养地基模拟实验台和动态细胞培养流体动力效应实验台。

##### (3) 连续流式电泳电流体力学实验台

生物制品分离是空间微重力资源开发利用的一个重要方面,连续流电泳是其主要的办法。80年代以来美、欧等已进行了多次飞行实验,取得了成绩,也揭示了问题,实验往往由于意外事故而失败,原因是微重力下电泳分离过程的定量规律缺乏认识。

实验室将在流动相似条件下进行地基模拟,通过对分离样品分析、对分离过程电泳电场进行实时观测等方法进行研究、认识规律,从而为空间实验装置的设计、运行和样品筛选提供依据。

实验室的设备除已有的电泳流槽,电极室及双恒流驱动控制系统等外,还研制了连续式电泳流体力学实验台。

#### 3 国家微重力实验室的技术支持系统

为了开展微重力科学的实验研究,国家微重力实验室投入大量资金建立了研究型的自由落体设施其中包括落塔和落管,并建立了设备先进,高精度的诊断和测试系统。现代科学实验的发展要求不断提高实验的量化水平,其中包括实验的先进学术思想、实验仪器设备的高精度水平以及对实验过程的实时监测,发展先进的测试及诊断技术对提高微重力实验水平是十分重要的。

##### (1) 光学诊断与测试技术实验室

建立先进的光学诊断与测试系统是国家微重力实验室建设的主要内容之一,通过紧密地结合科学实验研究的前沿和空间实验,研制和发展先进的地基和空间实验的诊断测试方法,特别是实现实验过程的实时在线诊断测量是现代科学实验手段的发展方向,这也是国家微重力实验室建立的光学诊断与测试技术系统区别于常规测量系统的特点,以发展非接触和全场诊断技术为主导,强调微观物理现象的观察和分析。

本实验室已具有和正在研制的仪器设备有:细观诊

断及显示系统,非接触测温-CARS系统,流场诊断系统和流场显示图象数据处理系统,光全息诊断显示系统,ESPI诊断显示系统,多功能显示诊断体系,纹影显微镜,GRIN Fizeau干涉系统及Ronchi纹影仪等。

#### (2) 流体物理实验的遥科学实验室演示系统

在许多微重力实验中,研究人员无法在现场进行操作,因此建立高效的大容量的现代通信网络,实现图象的实时高质量的传输、显示和遥测数据、遥控指令的实时高速传输与响应是发展遥科学的首要任务。

力学所国家微重力实验室具有遥科学研究的基础。早在1993年即完成了半浮区液桥振荡对流微重力实验测控系统的研制,它可以同时记录16路数据和12路图象,控制4套温控器和8台步进马达,可实时显示实验的数据和图象,并实时控制实验进程,改变实验参数和工况。1995年建立了微重力流体实验控制台。在此基础上将建立流体物理实验的遥科学实验室演示系统。并研制完成了图象及数据无线传输系统。

#### (3) 自由落体设施

自由落体设施是进行微重力科学与应用研究的重要设备,可进行微重力燃烧、流体物理、材料科学和载人航天飞行器防火等学科的研究。自由落体设施是国家微重力实验室主要的公用设备之一,它主要由落塔和落管两部分组成。

落塔和自由落体设施主要的技术参数为:塔体总高为100m,内径是11m,有效微重力时间在第一期工程完成后可达到3.5s,二期工程建成后将达到7s。实验微重力水平可达 $10^{-5}g$ ,预计二期工程后将达到 $10^{-6}g$ 。自由落体设施的实验仓为双仓结构,内外仓间真空度为1Pa。二期工程将改进为单仓结构。实验载荷质量在双仓时为200kg,单仓时为150kg。回收系统采用网篮装置,其减速过载小于10g。预计每日可实验2~4次。

此外,落塔实验的监测与控制系统采用实验数据和图象的实时记录与显示的方法向用户提供遥测遥控的技术服务。落塔实验可向用户提供1路图象,16路模拟量和8路数字量的实时记录,以及8路开关的命令通道。

落管设施总高为52m,内径200mm,有效坠落高度45m。与落管相配套的设备有电阻加热炉,电磁悬浮炉,电子束轰击炉等。

#### (4) 图象采集及计算机图形工作站

国家微重力实验室已经建立了以SGI小型机为基础的计算机图形工作站和图象采集系统,为国家微重力实验室各个研究室的数据采集、分析处理提供服务。由于Internet信息量大、交流速度快、分布范围广等日益成为交流信息的不可缺少的工具。国家微重力实验室已通过国家教育科研网接入Internet,无疑它将为国际范围的学术交流及研究提供极大的方便。本实验室还将建立自己的信息发布站点、局域网以及与国际间的交换及访问信息数据库的接口。逐步建立起国家微重力信息数

据中心,既为内部学术交流提供了方便,也使及时进行国际学术交流成为可能。

#### 4 国家微重力实验室发展展望

目前国家微重力实验室正在建设中,2000m<sup>2</sup>的实验楼已经竣工,百米落塔也将于1999年上半年完成土建工程。实验室自行研制的36台套实验设备已经进入实验楼进行安装调试。国家微重力实验室在进行建设的同时也开展了一批研究工作,并取得了卓有成效的研究成果,如利用数字粒子图象测速技术,在国际上首次测量到极薄流层中热毛细对流的速度场分布等。

国家微重力实验室的研究工作将以完成国家高技术航天领域的有关课题为主,积极承担国家重大、重点课题,如利用落塔进行空间飞行器的防火研究,结合我国的空间开发和利用计划,进行地面研究及短时微重力研究,并通过大量的地基研究,实验方法和诊断技术的现代化,为空间实验做准备,使我国微重力研究有一个较大的发展。同时,通过深入的应用基础研究,优选出一批定量化水平高的微重力空间实验项目。经过筛选将允许一些有发展前途的自选课题的研究。期望经过不太长时间的努力使我国微重力科学在流体物理、燃烧、晶体生长、凝固过程及生物技术等方面的某些研究达到或接近国际先进水平。

实验室将在早期工作的基础上努力开拓微重力研究的深度和广度,使之能覆盖微重力研究的主要方面,在学术上较全面地跟踪国际先进水平,加强基本规律的研究,安排若干项重要的微重力实验,争取有一些重大的课题达到国际先进水平。国家微重力实验室还将积极组织 and 参与我国的空间开发和利用任务,争取在地面研究和空间实验两个方面取得一批重要的学术成果。

国家微重力实验室建成以后将充分利用实验室多学科的特点和优势,积极开展学科间的交流及学科间的交叉研究,将微重力科学和微重力应用这不可分割的两部分有机地结合起来,在加强基础研究和应用基础研究的同时,注意开展有应用背景的研究课题。

国家微重力实验室将向国内、外开放。除固定科技人员外,还设有客座研究及青年访问学者工作站,欢迎微重力学术界的专家、学者、年青的科技工作者前来实验室工作。

面对国际空间科学和技术的迅速发展,面对微重力科学在基础研究重大科学问题上的突破性进展和微重力科学在高科技产业发展中的广阔前景,中国今后将进一步开拓微重力科学基础研究和应用研究的领域。随着21世纪人类向外空间进军时代的到来,空间科学技术及应用的发展也进入了一个崭新的时代,它为微重力科学的发展既提供了机遇,也提出了挑战。我们期待着微重力科学研究领域及应用技术的巨大突破。

致谢 本文参阅了项目组的研制报告,并得到胡文瑞院士和束继祖、刘秋生研究员的指导,在此一并表示感谢。