

2014 年摩擦学国家重点实验室年度报告

2014 年，摩擦学国家重点实验室继续面向学科前沿和国家重大需求开展研究工作，针对超大规模集成电路制造装备、航空制造、高温气冷堆核能装备、高档数控机床、风力发电装备、核聚变装置等国家重大工程中的表面界面问题和关键技术需求，在摩擦、润滑、减磨、延寿等方面开展了大量基础性和应用基础性研究工作，取得了一系列理论成果和关键技术突破。

实验室的主要研究工作集中在以下 5 个方向：（1）摩擦学理论与技术；（2）机械表面/界面科学与性能控制；（3）生物摩擦学与生物机械；（4）微纳制造理论与技术；（5）微纳光电测试理论与技术。一年来，相关方面的研究结果在国内外学术刊物和会议上共发表论文 391 篇，其中 SCI 收录（含网络版 SCI-EXPANDED）论文 210 篇，EI 收录 137 篇，其中在 1 区（JCR 分区）论文 100 篇，影响因子 $IF > 2$ 的论文总数为 103 篇。实验室获发明专利授权 90 项，并且多项研究成果在工程领域获得转化和应用。获省部级科技奖励 4 项，郭丹副研究员等获教育部自然科学奖二等奖 1 项（排名 1）；陈恳教授等获教育部技术发明奖二等奖 1 项（排名 1）；唐晓强教授等获教育部高等学校自然科学奖二等奖 1 项（排名 1）；王立平教授获中国机械工业奖特等奖 1 项（排名 2）。温诗铸院士等人（温诗铸、黄平、刘莹、钱林茂、田煜、刘宇宏）所著《界面科学与技术》，荣获 2014 年度中国机械工业科学技术奖二等奖。此外，博士生张远月和李津津分别获“第四届上银优秀机械博士论文奖”。

学术交流方面，实验室于 2014 年 10 月成功主办了中德双边“表/界面效应研讨会”（Workshop on Surface and Interface Effect）。实验室的研究人员参加了 Tribology Gordon Conference、The 7th China International Symposium on Tribology、KSTLE Annual Meeting、The 5th Advanced Forum on Tribology 2014 等约 30 个国际会议，并在国内外重要会议上作特邀报告 33 次。

一、研究水平与贡献

1. 承担任务

摩擦学国家重点实验室承担了多项国家重要科研任务，目前在研项目共计 317 项，其中作为课题负责人的项目有 255 项。本年度进校科研经费约 1.15 亿元。主要在研课题包括：国家“973 计划”课题 12 项、国家科技重大专项课题 24 项、国家科技支撑计划课题 3 项、国家自然科学基金项目 60 余项、国际合作研究项目 21 项等。2014 年度新增 5 项重要科研任务如下：

序号	课题名称	项目（课题）编号	负责人及单位	起止时间	总经费（万元）	本年度经费（万元）	经费来源	类别	类型	研究方向
1	高压高速液压驱动中的界面效应与性	2014CB0464404	何永勇	2014.01-2018.12	550	135	科技部	主要负责	国家“973”	机械表面/界面科学与

	能强化								计划	性能控制
2	机械摩擦学与表面技术	51425502	田煜	2015.01-2019.12	400	200	国家基金委	主要负责	杰出青年基金	机械表面/界面科学与性能控制
3	机构学与机器人	51425501	刘辛军	2015.01-2019.12	400	200	国家基金委	主要负责	杰出青年基金	微纳制造理论与技术
4	微纳制造中表面/界面行为与机理	51422504	马天宝	2015.01-2017.12	100	60	国家基金委	主要负责	优秀青年基金	摩擦学理论与技术
5	电梯用热喷涂 Ni60 涂层摩擦学性能以及电梯钢丝绳和润滑剂工作寿命研究	20143000333	邵天敏	2014/10-2016/03	100	50	KONE Elevators Co., Ltd.	主要负责	国际合作	机械表面/界面科学与性能控制

2.研究工作水平

本年度的代表性研究进展如下：

1) 摩擦学理论与技术

本年度代表性成果：

序号	成果名称	完成人	刊物、出版社或授权单位名称	年、卷、期、页或专利号	类型	类别	研究方向
1	Reduction of friction stress of ethylene glycol by attached hydrogen ions	Li, JJ; Zhang, CH; Deng, MM; Luo, JB	Scientific Reports	2014, 4, 7226	基础研究	论文	摩擦学理论与技术
2	Superlubricity of two-dimensional fluorographene/MoS2 heterostructure: a first-principles study	Lin-Feng Wang, Tian-Bao Ma, Yuan-Zhong Hu, Quanshui Zheng, Hui Wang and Jianbin Luo	Nanotechnology	2014, 25, 385701	基础研究	论文	摩擦学理论与技术

水基超滑研究：针对已发现的水-磷酸和水-甘油-酸两种超滑体系进行深入研究，揭示超滑规律和超滑机理、建立超滑的理论模型。并逐步将超滑与实际应用工况相结合，开发出具有应用前景的超滑技术。通过对摩擦副先使用酸跑合，然后向接触区加入多羟基醇（比如乙二醇），摩擦系数从酸跑合后的 0.03 突然减小到 0.007，然后进一步减小到 0.004 并保持稳定。根据 Hamrock-Dowson 理论可以估算出膜厚约为 32 nm。说明在吸附有氢离子的两表面之间形成弹流润滑膜，将两个表面进一步分开是导致乙二醇超滑的主要因素。研究表明流体效应与超滑有很大的关

系，只要在氢离子跑合之后的表面之间形成流体润滑膜就可以实现超滑。根据上述研究成果，我们推断，只要用氢离子跑合表面，然后形成流体润滑膜就实现超滑，即使换成油基润滑剂也可以。实验结果验证了这一推论。使用硫酸溶液（pH=1）跑合后，用去离子水冲洗残留在摩擦副表面上的硫酸溶液，并用滤纸吸干去离子水，接着向接触区添加硅油（粘度为 100mPas），可以发现摩擦系数从跑合后的 0.03 突然降为 0.004。这表明酸跑合之后的表面可以使硅油实现超滑。相关论文分别发表在 Scientific Reports 和 RSC Advances 期刊上。并在第 19 届工业摩擦学和汽车润滑国际会议（德国）上做大会报告，在 Gordon 会议（美国）、第 7 届中国国际摩擦学大会（中国）上做邀请报告。

材料原子尺度摩擦和超滑机理研究：由二维材料（如单层石墨烯、MoS₂、h-BN 等）堆叠而成的层状材料层间具有较低的剪切强度，可以作为良好的固体润滑材料。我们采用引入长程修正的密度泛函方法建立了二维材料层间摩擦模型，计算了体系势能起伏和任意滑移路径上的滑动能垒，从而获得层间剪切强度。分别研究了石墨烯、氧化石墨烯、氟化石墨烯、MoS₂ 原子尺度摩擦机理。研究表明，氧化石墨烯的静电吸引和氢键作用会导致较高的层间摩擦力；而理想氟化石墨烯（化学计量比 1:1）由于强电负性的氟原子之间的静电排斥作用，理论上可以获得层间较低的摩擦力。近年来，人们发现层状材料的超滑具有明显的旋转角度依赖性，当层间处于更为稳定的公度结构时，摩擦较大，甚至产生自锁，限制了层状材料稳定超滑的实现。针对该问题，我们从理论上预测了采用层状异质材料，引入层间晶格失配，获得不依赖于旋转角度的不公度界面结构，从而获得任意堆垛结构下的稳定超滑。以氟化石墨烯与二硫化钼形成的异质材料（FG/MoS₂）为例，发现 FG/MoS₂ 的滑动能垒约为氟化石墨烯滑动能垒的 1/30 和二硫化钼的 1/200。层状异质材料的稳定超滑具有尺寸依赖性，只有当体系尺寸大到足够形成摩尔条纹时，层状异质材料才可实现稳定超滑。我们进一步建立了摩尔条纹周期与层间晶格失配率的关系，发现晶格失配率越小，则层状异质材料体系形成摩尔条纹、实现超滑所需尺寸越大。相关研究成果发表在 Nanotechnology 上。

2) 机械表面/界面科学与性能控制

序号	成果名称	完成人	刊物、出版社或授权单位名称	年、卷、期、页或专利号	类型	类别	研究方向
1	Tribological performance of textured coatings	Tianmin Shao, Ximei Wang, Xiao Huang, Hongfei Shang and Shiyu Hu	International Ceramic Congress CIMTEC 2014 (Montecatini Terme, Italy)	2014. 6.8	应用基础研究	邀请报告	机械表面/界面科学与性能控制
2	States of a water droplet on nanostructured surfaces	Shuai Chen, Jiadao Wang, and Darong Chen,	Journal of Physical Chemistry C	2014, 118 (32), 18529	应用基础研究	论文	机械表面/界面科学与性能控制

硬质多层膜制备及性能研究：针对高性能刀具以及其它特殊应用，开发了 TiN/Ta、TiAlN/Ta 以及 SiCN/TiCN 多层膜技术，利用实验室自行研发的物理气相沉积设备，制备了具有不同调制周期和调制比的多层薄膜，对其纳米硬度、弹性模量。膜基结合力等机械力学性能进行了表征，研究了其在高温条件下的热稳定性。研究发现，高温金属 Ta 作为多层膜子层的加入，能够明显提高 TiN 和 TiAlN 的硬度，膜基结合力也得到显著改善。与此同时，薄膜的热稳定温度显著提高。相关论文分别发表在 Applied Surface Science 和 Advances in Materials Science and Engineering，本年度在多层膜方面有两项国家发明专利获得授权，相关研究成果在 2014 年 6 月意大利举行的国际陶瓷大会“International Ceramic Congress 2014 CIMTEC2014, June 8-13, Montecatini Terme, Italy”上做邀请报告、在 2014 年 4 月在日本举行的第五届摩擦学高峰论坛“The 5th Advanced Forum on Tribology 2014”上做主题报告。

基于表面微纳结构的润湿等流固界面行为调控：开展了三相界面存在的润湿过程分子动力学仿真，仿真实现了全局最优 Cassie 状态，并分析了出现全局最优 Cassie 状态的原因；发现了水分子在微纳结构中的结构化是一种新的 Crossover 润湿状态的原因；获得了不同于宏观尺寸润湿特性的纳米形貌上的微液滴的润湿状态的划分体系：Wenzel 状态、亚稳态 Cassie 状态、全局稳定 Cassie 状态和 Crossover 状态（宏观状态一般仅包括 Wenzel 状态和亚稳态 Cassie 状态）。基于微纳结构对表面润湿性的影响研究成果，构建了液固界面处微结构中气相结构的稳定存在，探讨了流场中三相界面处的界面诱导水蒸发的机理，探明了压力、流速等的基本影响规律，获得了压力导致气相结构减少后的气体快速恢复和生成方法，为微空泡减阻技术在真实环境下的应用奠定基础。相关研究成果在 Journal of Physical Chemistry C 等期刊上发表论文 6 篇。

3) 生物摩擦学与生物机械

序号	成果名称	完成人	刊物、出版社或授权单位名称	年、卷、期、页或专利号	类型	类别	研究方向
1	An investigation on the biotribocorrosion behaviour of CoCrMo alloy grafted with polyelectrolyte brush	Zhang HY, Zhu YJ, Hu XY, Sun YF, Sun YL, Han JM, Yan Y, Zhou M	Bio-Medical Materials and Engineering	2014, 24, 2151	应用基础研究	论文	生物摩擦学与生物机械
2	Bridging nanocontacts to macroscale gecko adhesion and its quick attachment and detachment control	Tian Yu	The 2nd International Conference on BioTribology 2014 (Canada)	2014.5.11	应用基础研究	主题报告	生物摩擦学与生物机械

生物材料表面超亲水聚合物接枝改性及其生物摩擦腐蚀性能研究：人工关节置换术是目前治疗中晚期关节炎、股骨头坏死等关节疾病的有效手段。人工关节假体在人体生理环境中受到摩擦、腐蚀的交互作用，同时实现低摩擦磨损与耐腐蚀的生物材料表面改性技术至关重要。本研究采用紫

外光聚合技术在钴合金表面接枝了超亲水聚合物磷酸胆碱,并将电化学工作站与摩擦磨损测试仪进行耦合,研究了磷酸胆碱的抗摩擦、腐蚀性能。实验结果表明,接枝改性后钴合金与超高分子量聚乙烯之间的摩擦系数、腐蚀电流显著降低,而破钝电位大幅提高,从而实现了良好的生物摩擦腐蚀性能。该工作发表在 *Bio-Medical Materials and Engineering* 上。

仿生黏附表面设计: 当固体结构尺寸减小到微纳米尺度,尺寸越小,表面力对其界面行为的影响越大。自然界的壁虎、蚂蚁、蜜蜂、苍蝇、蜘蛛和蜥蜴等动物或昆虫都具有很强的黏附和摩擦控制能力,该能力与它们足部刚毛结构密切相关。围绕仿生黏附表面的快速黏/脱附性能设计与器件控制,设计制造了具有各向异性的微纳柱状阵列结构的功能表面,在所建立的实验平台上测试所制备功能表面的摩擦与粘着性能。研制了黏脱附可控的夹持器。发展了通过材料和形貌设计来主动控制材料的摩擦学性能的基础理论,并为空间探索装备的实际应用奠定坚实的技术基础。2014年5月在加拿大多伦多第二届世界生物摩擦学大会(The 2nd International Conference on BioTribology)上做主题报告一次。

4) 微纳制造理论与技术

序号	成果名称	完成人	刊物、出版社 或授权单位 名称	年、卷、期、 页或专利 号	类型	类别	研究 方向
1	Sonication-microfluidics for fabrication of nanoparticle-stabilized microbubbles	Chen, HS; Li, J; Zhou, WZ; Pelan, EG; Stoyanov, SD; Arnaudov, LN; Stone, HA	Langmuir	2014, 30(15), 4262	应用基础研究	论文	微纳制造理论与技术
2	Self-assembly of polytetrafluoroethylene nanoparticle films using repulsive electrostatic interactions	Du, C; Wang, JD; Chen, DR	Langmuir	2014, 30(4), 976	应用基础研究	论文	微纳制造理论与技术

超声—微流体技术制备长期稳定的复合结构微泡:微纳米尺寸的气泡在超声造影剂和食品添加剂方面有着重要的应用。从微泡的稳定性和尺寸的均一性等设计指标上,要求微泡具有高度的均一性、长的使用寿命和高制备效率,这在目前的超声法制备微泡的工艺中均难以实现。本研究采用微流成形的方法制备尺寸均一的微米级气泡,并在微通道外施加超声场,从而在微通道中的气—液两相界面上形成局部气相分离,形成更加微小的离散气泡;另一方面,在溶液中添加纳米颗粒,利用超声空泡的收缩性实现纳米颗粒在微泡表面的吸附和稳定,从而获得长期稳定并且尺寸均一的微泡。该工作发表在 *Langmuir* 上,并获得 2014 年度联合利华国际合作研究项目资助。

胶体纳米颗粒液固界面自组装:以聚四氟乙烯纳米胶体颗粒为基本研究单元,对其在液固界面上的静电自组装机理、方法、影响因素、应用等方面进行了深入研究,提出了一种聚四氟乙烯纳米颗粒静电斥力自组装方法,一种无模板自组装二维微孔结构的方法,一种基于纳米颗粒自组装制备聚四氟乙烯纤维薄膜的方法,并制备了具有超疏水、油水分离功能特性的多种纳米薄膜。该研究

对于挖掘和完善静电自组装理论和方法、对于开发新的聚四氟乙烯纳米材料的应用方法和范围都有着重要意义。相关研究成果在 *Langmuir* 等期刊上发表论文 2 篇，申请发明专利 1 项。

5) 微纳光电测试理论与技术

序号	成果名称	完成人	刊物、出版社或授权单位名称	年、卷、期、页或专利号	类型	类别	研究方向
1	Single laser free-space duplex communication system with adaptive threshold technique and BER analysis in weak turbulent atmosphere	Geng, DX; Du, PF; Wang, W; Gao, G; Wang, T; Gong, ML.	Optics Letters	2014, 39(13), 3950	应用基础研究	论文	微纳光电测试理论与技术
2	TSV CMP Process Optimization and Dishing Defect Reduction	Lu Xinchun	2014 International Conference on Planarization/CMP Technology, ICPT (Japan)	2014.11.19	应用研究	邀请报告	微纳光电测试理论与技术

强激光技术研究：针对内含强光学畸变的非稳定腔，基于波动光学方法建立输出激光横向模场特征的物理模型，研究了腔内光学畸变与输出激光模场的关系，搭建了实验装置，实现单口径液体直接冷却固体激光 3kW 输出；突破了高功率光纤泵浦耦合器和双包层光纤包层光泄露等关键技术，研究了光纤低损熔接工艺降低了光纤激光器损耗，有效抑制了光纤激光的非线性效应，采用直接泵浦方式在国际上首次实现了高功率高光束质量光纤激光输出。探索了大口径镜面的面形精密调控与像差补偿技术，基于 Fried 和 Hudgin 模型的加权重构算法的自适应光学实时校正与波面闭环控制技术，使得动态像差校正精度达到 25nm。

CMP 终点检测方法研究：为更好地满足 CMP 终点检测的在线和实时性要求，本年度分别对电涡流和电机功率终点检测方法进行了研究。在 CMP 抛光工艺中，对于非金属层的终点检测以及金属层与非金属层衔接面的终点检测，采用基于摩擦的方法，通过监控抛光头和抛光大盘的电机电流和机械功率的变化，判断 CMP 工艺是否到达理想终点。基于摩擦的终点检测方法可靠性较高，且主要用于对金属层-阻挡层/阻挡层-介电质层的突变界面的监测。当抛光进行到晶圆的不同介质表面时，抛光表面与抛光垫之间的摩擦系数会发生变化，当抛光盘和抛光头的转速以及抛光下压力不变时，抛光表面与抛光垫之间的摩擦力会发生明显变化，从而造成驱动电机的电流、抛光头和抛光盘旋转轴的扭矩也会相应地发生变化。因此，我们开创性地选择了利用抛光头/盘电机功率的变化来判断何时达到 CMP 终点。在数据处理过程中，由于信号存在大量的噪声，为了保证数据的有效性与实时性，采用多次迭代平滑算法，可得到良好的分析曲线。相关研究成果分别在“2014 海峡两岸先进基板研磨加工技术交流”和“2014 International Conference on Planarization/CMP Technology, ICPT”会议上做邀请报告。

二、队伍建设和人才培养

摩擦学国家重点实验室由中心实验室和 5 个分室组成，目前有固定人员 83 人，其中教授/研究员 34 名，副教授/副研究员 40 名，中级职称 8 人。长江学者特聘教授 7 人，国家杰出青年科学

基金获得者 9 人，国家优秀青年科学基金获得者 4 人，教育部跨/新世纪人才 11 人。其中，本年度田煜、刘辛军获得“国家杰出青年科学基金”资助；田煜获批教育部长江学者特聘教授，马天宝、李群仰获得“国家优秀青年科学基金”资助。唐晓强晋升为正高；温鹏、马丽然、张洪玉、邵珠峰等 4 人晋升为副高。

田煜于 1993 年进入清华大学，2002 年博士毕业后留校，2009 年升任研究员。目前任摩擦学国家重点实验室副主任，摩擦学研究所所长。主要从事微纳流变、电磁流变、生物摩擦与仿生、液/液界面行为与调控、摩擦主动控制机理与方法等方面的研究。在 PNAS, Scientific Reports, Langmuir 等期刊上发表论文 80 余篇，研究成果被列入 MIT 课程讲义，被 Science, Nature Material 等期刊论文引用。获得国家杰出青年科学基金资助，教育部长江学者特聘教授。获得教育部自然科学一等奖、二等奖各 1 项，中国机械工程学会青年科技成就奖、全国百篇优秀博士学位论文等奖励。

刘辛军于 2000 年进入清华大学，2005 年从德国回国在清华大学任副研究员，2011 年升任教授。作为实验室的重点骨干，主要从事先进制造装备设计、机构学与机器人方面的研究工作。2014 年获得国家杰出青年科学基金资助，在机构学领域国际顶级学术期刊《Mechanism and Mechine Theory》、《Journal of Mechanisms and Robotics》等发表 SCI 收录论文 65 篇，SCI 他引 700 余次，出版 Springer 英文专著 1 部，获国家自然科学基金二等奖 1 项、教育部自然科学二等奖 2 项。

马天宝于 2003 年进入清华大学攻读博士学位，2009 年留校任助理研究员，2011 年升任副研究员。作为实验室重点培养的中青年骨干教师，主要从事纳米摩擦学和超滑等方面的研究工作。2012 年入选中组部首批青年拔尖人才支持计划，2014 年获基金委优秀青年基金资助，在 Scientific Reports、Physical Review B、Carbon、Journal of Physical Chemistry C、Langmuir 等国际权威期刊上发表系列学术论文，获教育部自然科学一等奖等国内和国际奖励。

三、开放与合作交流

2014 年实验室参加出国讲学、短期工作访问或国际学术会议活动的师生有近 100 人次。实验室固定人员在国内外重要会议上作特邀报告共 33 次，其中雒建斌院士分别在美国举行的“The 2014 Tribology Gordon Conference”、德国举行的“19th International Colloquium Tribology Industrial and Automotive Lubrication”、巴西举行的“The Second International Brazilian Conference on Tribology-TriboBr-2014”、以及台湾举行的“第一届台湾磨润科技国际工程研讨会”等会议上作大会报告和主题报告；孟永钢在韩国举办的“2014 KSTLE Annual Meeting”会议上作大会报告；邵天敏在日本举行的“第五届摩擦学高峰论坛 (The 5th Advanced Forum on Tribology 2014)”和在意大利举行的“国际陶瓷大会 (International Ceramic Congress 2014 CIMTEC2014)”会议上作邀请报告和大会报告等；郑泉水、田煜、张晨辉分别在中国徐州举办的“The 7th China International Symposium on Tribology (第七届中国国际摩擦学会议)”上做主题报告和邀请报告。

本年度实验室邀请约四十多名国际知名专家学者来实验室访问、讲学和学术交流，其中包括瑞典皇家工学院 Christofer Leygraf 院士、以色列魏茨曼科学院的 Jacob Klein 教授、以色列 Technion 技术大学的 Izhak Etsion 教授、美国橡树岭国家实验室 Zhili Feng 教授等。实验室在 2014 年度分别与芬兰 KONE Elevators 公司、日本 IHI、日本佐贺大学理工研究生院、美国西北大学等企业和研究单位开展合作项目，与英国壳牌公司、德国西门子公司、法国电力 EDF、美国通用电气（中国）

研究开发中心有限公司、英国焊接研究所签署了合作协议。此外，实验室主办了一次国际双边学术会议“表/界面效应中德双边研讨会”（Workshop on Surface and Interface Effect），会议促进了中德两国学者在表/界面研究和摩擦学领域的交流合作，在推动两国在学科领域中的发展方面发挥了重要作用。

摩擦学国家重点实验室还面向社会开放公共设备平台。实验室大型仪器设备年度总计对外服务机时近 2 万小时，其中场发射环境扫描电子显微镜、摩擦磨损实验机、原子力显微镜等多台大型仪器设备年单机服务机时超过 2000 小时。实验室全年共接待大、中、小学学生团体参观约 100 人次；企业、社会机构、团体等单位参观访问共计约 200 人次。

四、专项经费执行情况与效益分析

根据科技部 2008 年国家重点实验室科研业务费的使用管理规定，实验室通过自主研究课题继续加大对新兴的研究方向和年轻教师支持。截至 2014 年底，实验室共设立自主研究课题重点课题 24 项，自由探索课题 54 项，重点项目群 1 项和奖励课题（含主任基金）25 项。本年度，资助经费达 560 万元，其中重点课题资助总额达 280 万元。

本年度实验室进一步加强与国内和国际间的开放、交流和合作，通过设立开放课题，支持非重点实验室人员利用实验室开放平台进行摩擦学研究工作。今年，共有来自 20 余所高校和单位的研究人员提出 12 项开放课题重点项目和 22 项自由探索项目的申请。经实验室学术委员会审核批准，本年度开放课题共设立 10 项重点课题和 14 项自由探索课题。资助经费合计 102 万元，其中重点课题的资助总额 61 万元。

2014 实验室对正在执行和结题的自主研究课题与开放基金项目进行了考核。本年度结题的自主研究课题和开放课题均已完成了任务书所规定的研究内容，部分取得了重要理论研究进展和应用研究成果，但需要加强系统集成和成果申报。大多数在研项目根据项目计划书进展顺利，部分已取得了一定的研究成果，需要依据计划书进一步深入开展研究。

五、依托单位的支持

摩擦学国家重点实验室依托清华大学，挂靠在机械工程系。依托单位对实验室的人事调整、固定资产和财务工作进行统筹管理。2014 年度，在实验室设备采购的过程中，清华大学设备处在严格执行有关采购程序的前提下，提供了高效的设备采购服务，包括对招标、谈判等关键环节严格把关，为实验室争取最优价格，并在水外贸进口、海关手续办理等环节积极协调，这为实验室顺利完成设备采购提供了有力支持和保障。

实验室管理工作也得到了机械工程系的大力支持，系领导非常关心和重视实验室的安全运行，对实验室工作进行了多次督导和检查，确保了科研工作安全有序进行。为加强安全管理工作，系里还为实验室增设夜间值班岗位，并实现和机械系的安全统筹管理，为实验室的运行提供了有力支持和保障。

类别	2013 年度	2014 年度	增长数	增长比率
专职管理人员（个）	1	1	0	0
专业技术人员（个）	4	4	0	0
硕士研究生招生（个）	44	45	1	2%
博士研究生招生（个）	45	47	2	4%
单位配套运行费（万元）	0	0	0	0
单位配套设备费（万元）	0	0	0	0
实验室总面积（平米）	3820	3820	0	0
实验室总资产（万元）	9125	9574.6	449.6	4.9%