

# 实验教学特色

本中心经过 40 多年的发展，特别是经过十五“211 工程”的建设，逐渐形成了自己的特色。

**主要特色可以概括为 3 点：**

多层次、多来源、多效益的精细型实验群的打磨；

时空开放、氛围宽松、主动探索的实验环境营造；

实体实验与数值实验比翼齐飞，使工程力学实验内涵得以扩充和丰富。

**另外，次要特色有如下 2 点：**

装备实验教学平台的硬实力和完善管理、运行、评价体系的软实力；

进行高水平的学术和教研交流以提高境界促进中心的建设。

## **(1) 多层次、多来源、多效益的精细型实验的打磨**

(1.1) 多层次指基本型、综合设计型和研究创新型 3 种试验，它们起的作用体现了对学生创新能力培养的不同层次，反映工程力学实验已经从传统验证知识的旧观念走出来，进入到知识、能力、素质三要素的把握。三种层次对学生起到了逐步提高的作用。

研究创新型实验必须体现在学生的自主设计上：学生自主制定试验题目、方案、步骤，写出计划书，经批准后，试验室提供适当的工具和材料，学生自己动手做出某种装置并进行试验。注意“试验”而不是“实验”。“试验”更多带有探索的色彩，学生也将面临更多的困难，因此更具有挑战性，从而有利于培养学生的综合能力。

(1.2) 多来源指实验群除了来之材料力学、理论力学和流体力学固有的实验，还有从科研中、技术开发中提炼出来的实验，以及学生从校园、宿舍等耳闻目睹的现象中发掘出的实验。

(1.3) 多效益指上述多层次、多来源的实验对学生们培养的效果，不仅使他们掌握了各专业所需的基本的力学实验技能，掌握了数值模拟著名软件的使用，使他们有了今后的发展前景。

(1.4) 精细型的实验指采用导师制的办法，使对学生的指导摆脱以往粗放式的状态，向精耕细作发展，使实验教学有一个很大的提高，师生互动中使广大学生受益。

## **(1.5) 开设了一批国内领先的教学实验**

按照规范化和系统化能力培养的实验教学模式，结合我中心多年科研成果及

办学定位，几年来开设一批国内领先的实验。如：大型化的工程性设计实验，材料取材于实际型钢，应用各种角钢、槽钢、方钢制成各类试样、桁架，搭建各种工程结构，其结构件的设计、联结方式等均与模仿实际工程结构；多学科的相互渗透与交融，建工学院学生在材料力学设计性实验中，以钢结构、桁架结构为背景，与结构力学及相关专业课程有机结合起来。多功能实验框架可进行多种实验加载方式，分别讨论其受力变形特点；综合设计实验：“应力集中试件的数值模拟实验”、“加载装置的力学分析实验”、“位移互等定理在桥梁中的工程应用实验”、“薄壁截面槽钢的弯曲及弯心实验”、“薄壁截面角钢的斜弯曲实验”；扩展研究性实验：“弹塑性应力及电测法的综合实验”、“残余应力测定实验”、“金属材料的高温拉伸实验”、“冲击中的动应力实验”、“聚质材料的拉伸性态实验”、“自行车结构分析实验”、“不同加载状态的光测应力集中实验”“城市轻轨的力学性能实验”、“拱钢的力学性能分析”； 前沿研究性实验：“地应力传感器加载实验”、“偏心拉伸及金属磁记忆检测实验”、“孔边应力集中的磁记忆实验”、“电扇运行过程中的无线电测测量实验”，可靠性分析类“金属材料疲劳裂纹扩展速率实验”、“金属材料疲劳寿命试验”、“应力腐蚀实验”等。残余应力多媒体课件的制作在国内属于首创。



## (2) 时空开放、氛围宽松、主动探索的实验环境营造

(2.1) 时空开放包括时间与空间的两个内容，时间上，实体实验室从周一至周五对学生全天开放，数值实验室每周7天全部开放，实验时间充裕。学生只要遵守实验中心的管理规定，任何实验仪器、消耗品、软件、计算机设备等都可使用。空间上实验场地从实验室延伸到操场、教师的开发项目现场。让学生在广阔的时空中驰骋，增长才干。

学校其它部门支持学生的创新试验：学生选择双杠力学性能实验时，得到了体育部的大力支持。提供了电源等物质上的准备及相关的双杠资料等。

(2.2) 宽松的氛围是独立自主、分散进行的开放式实验教学方式的直接结果。让每位学生独立安排各自的实验，允许实验失败的同学重做实验，鼓励有兴趣的同学尝试创新，既充分发挥了学生的主观能动性使其能够更好的完成实验，又充分利用了设备和避免了实验条件有限对学生实验的影响。

(2.3) 由于实验中心为学生提供实验设备和场地，并安排有丰富经验的实验

人员或研究生值班，对学生进行辅导，尽量帮助学生的构想变成现实，因此他们可以随时与值班教师或研究生讨论问题，这种宽松自由的学术交流环境有利于学生主动地进行探索。

建工学院 04 级 2 个班进行了成功的试点。学生们 2-3 人一组，结合自己的专业特点，进行了多项创新试验。学生需要完成的是：①实验计划书；②制作装置及进行实验；③撰写实验论文；④做 PPT，进行实验论文交流答辩。在试验室中，有 50% 的学生自己动手制作了小型实验装置，60% 的学生能够在自己的实验中发现问题的，进行深入探索研究。五一放假期间，30% 的学生在试验室做试验。研究型设计性大实验中，课内外学时达到 1:10 以上。



### **(3) 实体实验与数值实验比翼齐飞，使工程力学实验内涵得以扩充和丰富**

现代力学实验的内涵已经远远超出了传统实体实验的范畴，数值方法越来越为工程力学提供不可缺少的解决方案，理论、数值和实验的综合方法成为现代力学研究的主要特点。在力学教学，特别是力学实验教学中应体现现代力学的这种发展趋势。北京工业大学工程力学实验中心从 2000 年起，开始尝试在力学实验中引入数值实验，并且成立了校级“北京工业大学工程数值中心”。

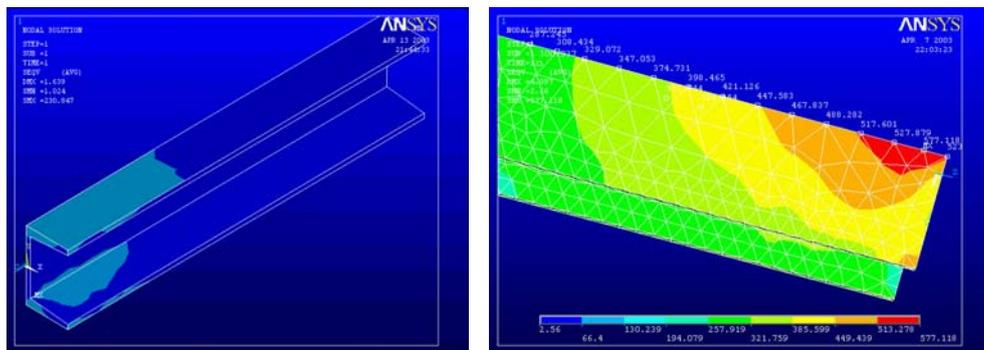
实体实验与数值实验在不同课程和不同实验中得侧重点有所不同。在理论力学、材料力学和工程力学、流体力学的实验中，全面引入数值分析实验，基础实验已经做成多媒体课件，引入到理论教学中。综合设计型实验和创新性实验采用了实体实验与数值实验相对照的方式。学生将实验结果与数值结果互相对照，可以自行验证结果的正确性。采用数值方法以后，对实验结果的显示更加直观、生动，对结果的分析更加全面、深入。

在有限元法的实验中，采用自编程序和通用商业程序，研究实际工程问题。学生自己选择工程问题，建立尽可能逼近工程实际的力学模型，然后进行数值实验和分析。数值实验结束以后，学生再设计简化的模型，进行实体实验。用典型的实体实验结果与数值结果进行对照。

工程数值中心拥有所有常用的计算机数值模拟软件和图形、数据处理软件。所有软件能够通过网络与主实验室连接、共享。

强大的数值模拟功能与先进的实验仪器结合，不仅扩大了工程力学实验的内

涵，也为解决复杂的工程问题提供了有力的手段。新的实验技术也激发了学生的学习兴趣，提高了解决问题的能力，使学生有很大的成就感。



#### (4) 装备实验教学平台的硬实力和完善管理、运行、评价体系的软实力

(4.1) 大型、高档贵重设备的安全使用一直是开放实验的难题。中心为了解决这一矛盾，与试验设备厂联合研制开发了“综合力学实验平台”，根据学生对工程性设计实验的要求，大型设备开放性实验的特点，对原有的 CSS-1110 型电子万能试验机的机操作功能进行了全面改造，操作分两个级别：学生界面和教师界面。在学生界面上，具有强大的保护功能，即学生无论发生怎样的操作都不会发生设备和人身安全问题，由此解决试验机操作开放实验的问题。该装置受到同行专家好评，属国内首创，国外未见同类产品发表。

(4.2) 贵重设备及前沿技术应用于本科生开放实验教学。中心的原则是：高档设备一是要应用；二是不替学生动手。为此中心严格管理，编制了详细的仪器操作说明书，制作了实验多媒体光盘，学生在实验中可方便地看到仪器操作步骤。已经用于开放实验的高档设备为：X 射线应力仪、磁记忆应力集中检测仪、电子万能试验机、静、动态应变仪、应力腐蚀实验机等。建立建全了应力检测室，购置具有高新技术的应力应变检测设备，包括高水平的动态应变仪，残余应力仪，磁记忆应力集中检测仪，力学实验教学基地现在可承接动静态工作应力、残余应力、无损检测等，在事故预测、早期诊断、应力检测能力等方面，在国内作为教学科研单位，处于领先地位。应力腐蚀方面，取得了开拓性成果。在原有基础上，实验室的建设引进了最新的腐蚀实验装置，自制了腐蚀疲劳试验机，为学生的课程设计及毕业设计提供了实验平台，利用该资源，完成了大量国家级、省部及课题，已培养了多名学生，本科生以第二作者已在国际会议上发表论文，在腐蚀疲劳方面取得了创新性成果，达到国际国内先进水平。

(4.3) 校、院打造了良好的学生实验创新外部环境。学校无条件地投入：对于创新试验所消耗的钢材、应变片等学校给予大力支持，基本是：只要试验计划合理就可执行。学院为学生的创新试验打造了良好的外部环境，例如在学校机械工程培训中心，给学生提供了实验装置必需的原材料，如角钢、槽钢等，工人师傅协助指导学生动手制作实验装置，完成学生的设计。

(4.4) 工程力学实验中心围绕人才培养的大目标，建立了一整套关于实验教学目的、方法、改革、管理和考核的规范和制度，建立了教学质量的控制、评价和保障的体系。按学科设立实验室和开设实验项目，使各实验自成体系并紧密联系。在实验设备、实验内容、实验手段等方面达到国内领先水平。用网络技术进行实验中心的管理，实现人与设备的高效率使用，并实现资源共享。采用多媒体组合教学实验设计、综合利用各种媒体的优势，提高学生综合素质和工程意识、提高教学质量和效益。



(4.5) 实验教学改革与课程教改紧密结合，以培养学生的创新能力和综合设计能力为主线，进行实验内容，实验手段，实验方法的改革。把以往的验证性实验逐渐改为综合创新性实验，目前已开出多个创新性综合实验。创新性实验由学生自己制定实验方案，并由学生在全天候开放的实验室独立完成，学生可以多次反复修改方案直至得出满意结果为止。

(4.6) 开创了实验教学的新模式，学生根据教学要求，独立自主地设计实验方案、进行实验操作、对实验结果进行分析评定、完成实验总结报告。在这个过程中学生查阅并学习众多专业知识和实验技术，设计具体详细的工艺路线，通过动手实验来探索、检验、分析和修正设计方案，这既丰富了学生的理论知识，锻炼了学生的实验技能，又提高了学生综合运用理论知识分析问题和解决问题的能力，培养了学生的创新意识和求真务实的科学态度。在教学方式上表现出以学生独立操作为主，教师指导为辅。



## (5) 进行高水平的学术和教研交流以提高境界促进中心的建设

实验中心积极开展对内和对外的学术和教研交流，及时了解国内外学术和教学改革的动态，使实验中心的工作始终保持先进水平。

### (5.1) 校内各实验室之间密切协作

工程力学实验中心与校内各实验室建立了密切的协作关系，在实验仪器、实验资料和教研信息方面互相调剂，并通过网络实现共享。各实验室之间共同合作，联合承担科学研究和教学研究项目。例如，工程力学实验中心为环能学院、焊接技术研究所完成了数值分析工作，为材料学院完成材料性能实验工作，并且有一些学生参与到其中的工作中。

### (5.2) 实验中心内积极开展教学研究和交流

实验中心制定了定期和不定期的教学研究交流制度,鼓励教师探索教学改革,撰写教学研究论文。在制定教学方案、评定学生成绩时,大家共同准备、一起切磋,达到共同提高、提高教学质量的目的。

### (5.3) 积极开展对外科研和教学交流

实验中心采用走出去、请进来的方式,加强对外交流。近几年,邀请了钟万颀院士、杨卫院士、范钦珊教授等国内外一大批著名科学家、教育家来实验中心讲学和指导工作,每年邀请的学术报告 40 余次。同时实验中心积极选派教师到国内外大学参观访问或进修学习。近几年实验中心教师主持和参与的主要学术和教研活动如下:

(5.3.1) 与美国 Wright 州立大学、英国 Leeds 大学、法国 Reims 大学、加拿大 Toronto 大学、德国 Sigen 大学、日本北陆先端技术大学院、澳大利亚国立大学、新加坡国立大学、香港理工大学等大学进行科研合作,交换学者、学术互访交流。



(5.3.2) 聘请国外专家 30、国内专家 60 人次讲学,应邀出国讲学 8 人次,在国际学术会议上作特邀报告 10 人次,参加国际学术会议 29 人次,参加国内学术会议 80 人次。

(5.3.3) 加强了同国际知名软件公司的全面合作。

(5.3.4) 2003 年,举办中国力学学会力学史与方法论学术讨论会,中国力学学会二级学会——力学史与方法论专业委员会成立,且挂靠在本学位点,选举隋允康教授为常务副理事长。北京力学学会计算力学专业委员会也挂靠在本学位点。

(5.3.5) 2004 年年初,与新加坡国立大学工程科学高级计算中心合作,在新加坡联合主办了计算力学双边高级论坛,隋允康教授任中方会议主席,我方有 7 人参加会议和进行学术访问,会后出版了反映该会议成果的北京工业大学学报专刊。

(5.3.6) 2005 年,隋允康教授作为中方主席举办 First B-J-K Symposium on Biomechanics (第一届 B-J-K 生物力学研究会) (B—北京工业大学, J—日本北陆先端技术大学院大学, K—金泽大学)。

(5.3.7) 2005 年 8 月,与中国力学学会联合举办《中国力学学会首届学术大会 2005'》,参会人员 1500 人。

(5.3.8) 2006 年，隋允康教授作为中方主席，与澳大利亚国立大学在澳大利亚联合举办了力学与材料科学新进展双边论坛，我方有 7 人参加会议。

(5.3.9) 2006 年 3 月，隋允康教授作为中方主席举办在日本金泽的 Second B-J-K Symposium on Biomechanics (第二届 B-J-K 生物力学研究会)。

(5.3.10) 2006 年，隋允康教授作为主席，筹备 2006 年 7 月在美国洛杉矶召开的世界计算力学大会的《结构与多学科优化》分会。

(5.3.11) 2006 年，隋允康教授作为副主席，筹备 2006 年 8 月 10-12 日在长春召开的 **Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering Science and Mechanics** (工程科学与力学的计算机方法的增进与提升) 国际会议。

(5.3.11) 2006 年，杨庆生教授作为执行主席，筹备和主持在北京召开的中国科协青年科学家论坛：“先进复合材料研究与应用中的关键问题与创新思维”。