

实验教学改革与实验室建设

文件目录

1. 南方院校教改经验调研报告·····1
2. 工程力学实验室建设调研报告·····7
3. 争创“国家力学实验教学示范中心”的构想·· 12
4. 实验教学改革总体思路····· 18
5. 十一五教学基地建设规划····· 20
6. 力学教学十一五课程建设规划····· 23
7. 工程力学实验中心开放实验管理办法····· 27
8. 研究生助教管理规定····· 28
9. 实践教学队伍培训培养的制度（办法）····· 29
10. 学生实验体会和建议·····30

南方院校教改经验

邱 棣 华

一. 以学生为主体的教学改革：

浙江大学“国家工科基础课程力学教学基地”，首倡了以学生为主体的教学改革。1997年获诺贝尔物理学奖的朱棣文教授说：“中国学校过多强调学生的书本知识和书面应试能力，而对激励学生的创新精神则明显不足”，因此，中国高校本科教育的教学改革迫在眉睫，即需要从传统的知识教育转入创新教育。

“科教兴国”战略的实施，首先必须建立拥有一流教学方法、教学手段和教学思想的一流学校，而实现优秀教学成果的各校共享、优势互补，也能快速缩小国内各层次学校之间的差距，使各校的办学质量达到国际、国内的先进水平。

优秀教学成果推广机制的建立、推广渠道的畅通，能使优秀成果的研制形成良性循环，带给开发人员一定的经济报酬，从而改善开发条件，提高开发人员的积极性，解决中青年开发人员的后顾之忧。同时也有利于吸引更多基础扎实、聪明勤奋、思路开阔、学术思维敏锐、有创造能力的中青年技术骨干投身到教学改革工作中去。而教学改革则是教育这个百年大计的重中之重，我国要想培养一流的人才，必须有一流的人才投身到教学改革和教学实践中去。因此必须加快教学成果的推广，建立良好的开发、推广机制和体系。

国家优秀教学成果的推广情况，调查结果不容乐观。优秀教学成果具有与一般科研成果不同的特点。优秀教学成果主要应用于教学，不像其他科研成果可以预见其较大的经济效益，随着主要研究人员研究重心的转移或离退休，大多数优秀成果难以得到推广和进一步持续开发。再加上优秀成果要广泛推广，必须投入更大的经费使成果趋于成熟，这对本来就十分拮据的教学改革经费来说几乎是不可能的，使得很多教育研究没有产生应有的成效，优秀教学成果难以被推广应用。重要的教育资源的浪费容易引起教学成果开发的恶性循环，优秀开发人员则由于经济上考虑不得不去从事其他的研究开发工作。

庄表中教授主持的力学创新应用实验室（见图1），体现了以人为本、学生为主体的教学模式。实验室开出了“开拓创新思维、摸索认知规律”为宗旨的近三十项新实验。无论是演示观摩、动手操作、思考提问、方案设计，均有一般实验室所无法比拟的启迪引导、培养思维和能力的功效。

例如：仿真玩具汽车、推土机、吊车（见图2），让学生在玩中得到启示，通过拆、装机械玩具并画

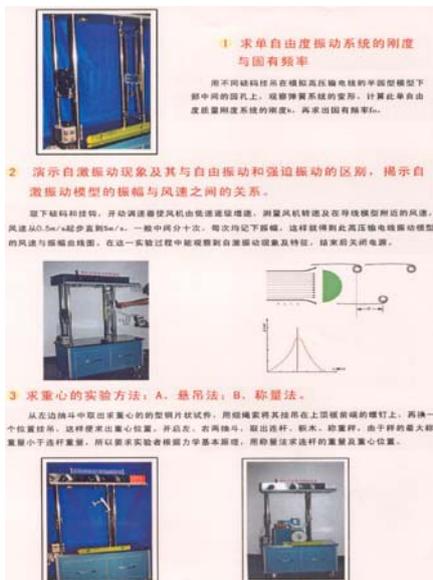


图1 浙大力学创新实验室介绍



图 2. 浙大力学创新实验室教具



图 3. 耐克鞋底的力学问题

将名牌耐克鞋底和一般旅游鞋的鞋底剖开比较（见图 3），可以从力学的角度去分析，人在行进中脚的着力点不同，为什么穿耐克鞋走 6 小时不累，而穿一般旅游鞋走 3 小时就累了。

练拳击用的沙袋（见图 4），通过拳击的速度和角度不同、速显力的大小，使学生对动力的基本概念有了感性的认识。

通过对八音琴的解析，让学生了解八音琴设计与音片的振动关系，列出音键在平面内的变形能函数方程及单元质量矩阵和单元刚度矩阵。

有的学生在创新实验中得到启发，利用假期写出了万言以上的论文。

庄表中教授的教改，首先调动了学生的积极性，使学生产生兴趣，在玩中去认识生活实践和生产实践中的力学问题，再借助教材进行理论的梳理，这个梳理过程即理论教学过程不再是枯燥的。当学生发现了感兴趣的生活实践和生产实践中的问题，他会很快地利用已掌握的理论去再发现、再创新。



图 4. 拳击沙袋的力学问题

浙江大学按照 21 世纪人才模式调整、优化课程体系、探索教学和认知规律，实施了“大机械、大土木、宽基础”的教学模式。在基础力学课程体系中，探讨、贯通理论力学、材料力学及有关延伸课程新体系的规律，把流体力学和水力学整合成大土木公共课的〈应用流体力学〉和专业课程〈专门水力学〉两大模块。并相应对教材、实验教学进行体系改革。

毛根海教授（见图 5）提出的从现代教育的角度看，高等教育的目的不仅在于知识的传播，更重要的是培养学生的能力和素质，21 世纪应该培养知识（Knowledge）、能力（Ability）和个人素质（Quality）三者并重的人才，即在“KAQ”的模式下培养人才。



图 5. 毛根海教授

[返回主目录](#)

流体力学作为一门土木类、机械动力类及水利类专业的技术课，古典理论、经验性内容多，概念抽象，通常很难用通俗化的语言表述出来，特别是流体力学基本理论中的一些基本概念，如流线、空化、迹线、流体质点等。在传统的“黑板+粉笔”的教学模式中，平面化的图形与空洞乏味的语言是无法详尽地描述流体力学中抽象的内容，学生则往往是一知半解。同时，高校本科教学普遍存在知识量剧增、学时有限的矛盾，一要求压缩课堂学时，削减专业课的课时量，以达到增加学生的选修课程数目和拓宽学生知识面的目的，另一方面，又不能削减所讲授的内容。

工程流体力学由于本身所具有的抽象难懂的特点，使得教师上课变得非常困难，但是，流体力学拥有诸多实验与生产实践，其中许多概念和理论可以在实验室或实际生产中形象地加以表示。这一优势为摄制教学录像和制作相应的动画提供了必要条件。综合利用录像、动画、图片及计算机技术使抽象的概念具体化、形象化，可给学生留下深刻的印象，从而加强学生的记忆、调动学生的主动性和积极性、培养学生的创造性思维。而在实验教学中，教师的职责是服务、讨论、检查，突出了学生的主体地位。

工程流体力学教学软件区别于传统流体力学教学的有以下几点：

- 1、内容模块化，强调传授有效的知识。
- 2、引入大土木观念，拓宽电子软件的覆盖面。
- 3、拓宽学生工程或实践的知识面。
- 4、增加单位课时内容，实行课间双向讨论，提高课堂的活跃气氛。
- 5、录像、动画、图片构成生动、活泼、有趣的课堂。

毛根海教授又提出了“全面革新实验教材，拓宽加深学生知识面；采用现代化教学手段，辅助实验教学；改革教学方法，创造条件，让学生多动手、学得主动、学得活”。他们将研制新型仪器作为一项重要工作来做，攻克了流动显示、紊流发生机理、水击、空化等 10 余项实验的仪器研制。例如在教学中遇到旋涡、局阻、射流、紊动、边界层等一些极其普遍，但却令学生难以捉摸的现象，坚持攻关 8 年，通过第一代、第二代，直至第三代研制更新，终于成功地推出了“壁挂式自循环流动演示仪”（见图 6），这是一套七台屏展式的装置，系统封闭、水自循环、新颖完备、构思奇妙，在柔和的灯光下，流动现象十分生动。



图 6. 壁挂式自循环流动演示仪

浙大水力学实验室原来的传统教学装置已不复存在了，取而代之的是经几代研制而取得突破的系列化新仪器（见图 7）。它们由演示类和量测类两个系列共 28 种实验仪器所组成，完全满足并超过了课程基础实验的基本要求，



图 7. 浙大水力学实验室全貌

与传统仪器相比较有以下四个特点：

1) 技术先进，测量精度高。2) 流动现象可视性强。3) 小型化、占地面积小、能耗低、套数多、干扰性小。4) 性能优于同类进口仪器。

已获国家专利 8 项，另有 4 项正在申请中，并参加了“90 国际教学仪器设备展览会”和在纽约召开的“新技术产品博览会”，得到了国内、外专家的好评，获得了最优秀奖。

随着仪器的更新和实验要求的提高，仪器更新了三代，相应的实验指导书与报告也全面改写了三次，同时编著了〈实验解答〉，现已完成的新编教材总量达 30 余万字。新的指导书重点突出了实验成果分析与讨论，并增加了分析题的广度和深度。这将有助于培养学生分析、解决问题的能力。

毛根海教授的另一想法和作法是让学生在学习期间获得某种工程或技术的资质，这是一种更贴近工程的教学思路和作法。更新教学手段，优化教学过程是教改的重要目标。利用电教和计算机辅助实验是两个重要的现代化教学手段。浙大力学、水力学录制了新仪器配套的 9 项基础实验的教学录像片，它无论在实验操作还是分析讨论方面均能较好地起到替代教师实验辅导的作用，录像片在实验室供学生随时观看，电化教学不仅加快了学生实验的节奏，减少了教师重复指导的工作量，还为实验室“全天开放、学生随到随看”提供了保障。

浙大在计算机应用方面做了两项工作：一是自行编制了 2 套 40 余个相关程序，供学生处理实验数据；二是探索怎样合理使用这些软件，使其能真正发挥教学效益。由于管理程序编制复盖面广、量大，为了使用方便，采取了每项实验独立编制的搭积木结构，有管理程序可供选择入口，有些较复杂的实验，则设置多路开关式的组合菜单，学生可在实验现场迅速对数据进行处理校核，发现问题及时通过实验校正。学生通过习题已经基本掌握的某些要试算的计算量较大的实验，应用计算机计算，则可大幅度节省计算时间而多作实验训练。但有的实验则规定只允许用计算机校验其中部份测点值，而其余必须自行列式计算。有些实验则要求学生必须先完成相关的习题作业，较好地掌握计算方法，才可以在实验用计算机进行系统计算。另外，提供条件，支持学生在时间许可时自编程序上机操作。他们还编制了一套计算机辅助绘图软件，它既为设计提供了方便，又能为实验教材提供计算机绘制规范化的图表。计算机的应用，不但极大地提高了仪器设备的研制、调试和教材编写的效率，成为实验仪器研制过程中必不可少的手段，而且在实验教学中发挥了较好的辅助作用。

浙大的革新实验教学方法在八个方面进行了探索和实践：

- 1、实验室实行全天开放，学生随到随开。
- 2、实验教学单独考查计成绩。
- 3、实行必做实验和选做实验相结合。
- 4、增加实验演示内容。
- 5、分组实验与集中讨论相结合。
- 6、支持个人独立实验。
- 7、试行独立构思实验方案。
- 8、积极参与学术交流，不断提高实验队伍自身素质。

接待我们的教师在介绍庄表中教授和毛根海教授时，谈到了他们的共同之

处，即思想活跃、社会活动能力强。在和他们个人交谈时，可以听得出来他们在一定的时期是顶着一定的压力在走这条教改之路的，庄表中教授的创新实验室就曾被别人封过。所以任何一项进步的事业，在它萌生、发展的过程中，遇到一定的阻力、甚至打击是正常的。

二. 力学教改与工程背景：

力学的研究是着力于理论上还是着力于工程上是一个久辩不清的问题，北方一些偏理的学校倾向于理论的研究，而南方纯理的力学专业(如中山大学力学系)都有较强的工程背景，而在市场竞争中，南方的大学争取到的科研经费和所占的市场份额，高于北方的大学，这不仅体现在科研中，也体现在教改中。

南京航空航天大学，以力学为主建立了航空宇航学院，年科研经费 2300 万。在座谈中，清华大学的范钦珊教授明确地说，清华大学决定将工程力学系改为工程力学与航天系，这一意外的消息也震动了南航。

华南理工大学的力学系，建立安全工程专业，并建立安全工程研究所，与广东省劳动厅挂钩，明确了培养目标是安保主任（按广东省规定，危险工业，每 500 人设安保主任一名），解决了生源和分配的问题。

上海大学的力学系和力学研究所结合为实体，而上海大学力学研究所挂的是上海市力学所的招牌，每年的科研经费是 400 万，上海大学不提成，所使用的实验室、办公室不缴费。

深圳大学的力学设在土木系，力学和监理所组成实体，承担深圳部份建筑物的监理任务。

以上大学都有能结合工程进行科研的大型设备：

浙大的风洞实验设备号称亚洲最大：

南航、上海大学，都有几百米的风洞实验设备：

中山大学有 200 米长，深度从 3 米到 0.8 米的仿浪水道，可以研究船及舵在各种风浪中的受力状态：

南航有飞机在飞行中各种气流对飞机形成的各种力的模拟现场。

在教学中渗入工程概念也是这些学校的特点，浙江大学创新实验室所展示的内容及学生可以动手做的实验，无一不是和工程实践、生活实践紧密联系的。过去，理论力学开出实验是比较困难的，而在浙大，从静力学、运动学、动力学都有与工程相联系的实验，学生在学习中认识了工程，掌握了知识，将来也可以利用这些知识去解决工程中的问题。

华南理工大学力学实验中心的教师和工作人员常参加实测任务，他们将一座斜索大桥的模型放在实验室（见图 8），贴上电阻丝片，让学生进行电测试验。

中山大学制成了三层楼板结构模拟地震，作震动电测实验。

从学时分配来看，大多数的院校增加了实验学时。南航原来的力学课是 4 学分，现在降为 3 学分，增加了力学实验学时，单算 2 学分，实际上是明降暗升，材料力学学分由原来的 4 学分增到 5 学分。这些大学在实验教改上是一致的，增加实验课的学时、增大实验室的面积、增添实验设备、减少学生每组实验人数，现在实验组合为 1 至 2 人，强调了独立思考、独立完成。

从访问、调研中发现，南方的大学正在学国际上的一流大学，从重理论轻实践向两者并重方向转化，并转变学生在学校中的地位，使学生从被灌输知识的对象，改变为主动拼搏的智者，是教学的主体。



图 8.斜索大桥模型

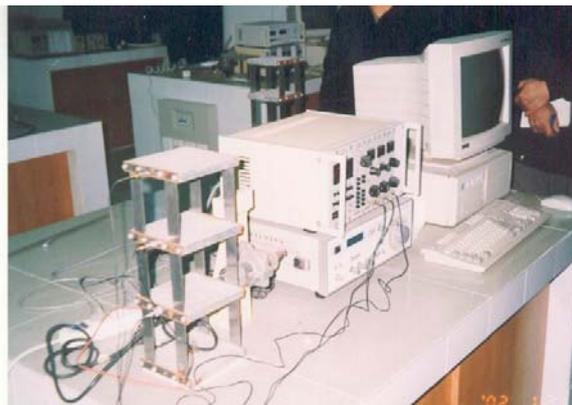


图 9.楼板结构模型

三. 调研后的思考:

调研归来后,对工大教学大讨论的认识更深刻了。我个人认为,工大基础力学类课程教改的关键是如何调动学生的学习主动性。工大的硬件建设与国内一般院校相比是相当不错的,但是软件建设的差距较大,工大的学术氛围、教风、学风等有待于进一步的提高。

一个好的学术氛围可以造就无数好的教师,一位优秀的教师可以调动学生的学习主动性,激发学生持之以恒的学习热情。学术氛围、教风、学风不能分开而论,不能分开求全责备。一堂课、一个讲座、一席话都能让人得到启迪而去开创一番事业,这是讲者、听者的一种共鸣。一所学校、一个班级、一间宿舍的环境也在影响着每个人,使之或进取、或甘居中流、或颓废。教学的最小单元是一堂课,学校的基层环境是一间宿舍,这里都会具体展现出教风和学风,因此,从每堂课去抓教风、从每间宿舍去抓学风,应该是切实可行的。

南方的院校有许多好的经验和作法值得我们去学习和借鉴,他们制作的实验装置可以购买,他们创新的实验项目可以“克隆”,但重要的是从调研中得到启发去走自己的路,搞出有工大特色的教改。

以下是几点具体的想法:

原力学教研室在老先生的带领下结合工程搞科研已经有 20 多年的经历了,但是如何将这些成果系统地在课堂上体现出来,还需要进一步地去努力。

- 1、我校是全国唯一可以为北京地区院校试验机检定出具法律性证书的单位。91 年建所时自筹经费配装了三等测力环,至今检定装置已落后,加上各高校检定经费缺乏,一直无法工作,若能投资 30 万元,即可建立一套新的力值量传系统和检定交通工具,我们每年可以义务或半义务地为高校检定试验机 100 台(全市院校计有试验机 1000 台左右),建立以工大为中心的力值量传系统,这是一条与各高校联系的纽带,可以保障各院校教学、科研的正常进行,对树立工大的形象是在非常有益的。
- 2、十几年来,我们进行了大型结构和压力容器的实测工作,根据实测经验可以制作球罐、卧罐的模型,搬进课堂,进行教学电测实验。
- 3、在汽车模型上贴电阻应变片,当改变轴距、轮距时测定底盘大梁的应力变化情况,得出轴距、轮距的最佳位置。有条件还可以作碰撞动应力测定。

工程力学实验室建设

王 慕

一. 上海交大力学实验中心

1、基本情况

编制：13 人（工人 2 人） 设备总值：800 万

世行、985 后：1500 万（教学） 面积：4700m²

2、实验情况

流体：演示（风洞模型、流场演示）

理力：强迫振动、自由振动

材力：基本实验（拉压、 $E\nu$ 、叠梁、偏拉、弯扭、稳定、内力+扭）

复合材料性能测试

光测：全息云纹干涉（应力集中等）

求解器：50 台计算机

3、单独授课

学时：45（理力、流体、材力）

27（35 学时供选）

18

1) 管理与选课

实现网络化

2) 中心实验室

理力实验室、材料性能实验室、光测实验室、电测实验室、

工程结构实验室、钢结构实验室、环境疲劳实验室

3) 独立核算机制

教学：14 万； 管理：14 万； 辉煌：12 万； 创收：40-50 万（中心）

4、特点

高水准设备：岛津、MTS（带高低温环境）

基本实验台套：32 台（应变仪）

结合工程紧密：轻轨（工字型不对称叠梁）

二. 上海大学力学实验室（新校区）

1. 基本情况

教师：20 人 实验室专职：2 人 授课人数：1500 人 面积：3000m²
力学所、力学系、土木系

2. 实验室

材料性能实验室、电测实验室、硬度实验室、振动实验室、ZWIK（2.5kN）
实验室

3. 示范中心建设

校长亲自抓、投资力度大

ZWIK 公司：冲击、双向拉伸、高频疲劳、2 吨高温拉伸（共：340 万）

4. 力学所基础科研国内领先

一级学科 教师：20 人 年到校经费：400 万

5. 特色

设备新环境好（学术氛围好） 基本实验台套 15 套 新建起点高

三. 南航力学中心（宇航学院）

1. 基本情况

基础力学设备总值：300 万 工程力学设备总值：1500 万

授课人数：1800 人 现有面积：600m²

教师人数：12 人 实验室专职：2 人

实验室到校经费：60 万/年

2. 投资建设

二期投 600 万 计划面积：4000 m²

3. 实验教学

材力理论学时：64 材力实验力学测试学时：32（材性测试、新标准、
应变分析、 误差分析）

电测：传感器技术、计算机数据采集技术、图象处理、光纤技术

无损检测学时：32（超声、红外、磁粉等）

前沿类：光纤位移传感器技术

4. 实验特色

动态测试 光弹+图象处理 弯扭组合实验装置（20套）

5. 瞄准市场跟踪现代技术

桥梁振动检测（时实监测） 高速公路机场快速修复 飞行器与环境安全

生产实验台动静台应变仪 无损检测

四. 浙大国家实验力学基地

1. 基本情况

教师人数：10人 实验室专职：3人 现有面积：600m²

在建面积：4000m² 设备投资总值：1100万

授课人数：1300人

2. 基地实验室

流体力学实验室

振动与创新实验室

材力实验室

3. 实验特色

叠梁——胶粘不同材料（应变连续）

单双臂压杆稳定

内压+组合变形

创新实验室——6个实验、20个力学问题分析（拖把、管钳子、8音盒、兔子挠骨）

多媒体教学、实验课件

4. 基地窗口作用

教材建设

教师培训

实验装置研制（流体模型、创新为国内首创）

CAI课件

高水平新实验

五. 深圳大学力学实验室（土建学院）

1. 基本情况

材力学时：110 实验：6+2 力学、结构教师：3人
实验室专职：0 授课学生：120人 面积：200m²

2. 特色

实验室建设充分利用当地资源（3个实验机公司）和高校技术共建
结合工程、结构实验
工程管理（监理培训）
设备类型完整

六. 华南理工大学

1. 基本情况

编制：7人（助工：3人） 机加工车间：2个
设备总值：250万 面积：1000m²

2. 实验中心

机械性能实验室 电测与振动实验室 硬度实验室
激光和光弹实验室

3. 实验特色

高层建筑振动实验（12套）
大型斜拉桥综合电测实验（2套）
基本实验台套15套

4. 实验室特色

自制设备模型
工程结构实验项目
宽敞明亮

七. 中山大学力学实验室（应用力学系）

1. 基本情况

授课人数：50 实验室人数：3人

2. 实验室

固体、流体、水工、土木

水波实验水槽：200×50 米²（水深：3 米）

3. 特点

振动：与香港大学合作申请自然科学基金

结合地域特点：地质地理气象、海洋工程、水工结构

数值计算强

八. 差距与建议

通过此次调研和兄弟院校座谈交流，我们的差距主要集中在力学实验设备的档次和门类两方面。建议如下：

1. 建立硬度实验室，填补此空白。
2. 重新规划实验室建设，按示范中心标准建设我中心。
3. 购置标志性高水平设备，如：小吨位拉伸机等。
4. 重视实验室人文环境，加大实验室学术氛围体现以人为本的思想。
5. 高水平实验的不断推出，由工程和科研项目转化而来。
6. 流体实验室走与建工学院等合作的道路。

面向市场为社会服务改变设备利用率不高的现状。

争创“国家力学实验教学示范中心”构想

张亦良

一. 示范中心定位及概况

根据《新世纪高等教育教改工程》（教高[2000]1号文件）中对实验室建设和改造方面的内容和要求，教育部决定开展《基础课实验教学示范中心建设标准》的课题研究。旨在“十五”期间，在若干所高校建设100多个具有辐射、示范作用的高层次基础课实验教学示范中心，合理配置教学资源，保证教学质量，提高我国基础课实验教学、实验室建设和管理的层次和水平，为高校培养适应新世纪国家经济建设与社会发展需要的创新性高素质人才创造条件。

目前标准讨论稿已出台，首先制定了物理、化学、生物、力学、机械、电工电子、计算机共7门基础课的标准。课题参加单位共有16所大学，力学方面共7所大学参加，有清华、天大、上海交大、浙大、哈工大、华中科技大及北工大。

标准的正式出台预计在今年二、三季度，正式的评选将于明年进行。工程力学实验室在评估验收的基础上，提出申请作为“力学实验教学示范中心”，经过教育部组织专家组审查认定后，授予“教育部力学实验教学示范中心”称号，之后每4年复审一次。该示范中心具有国家级重点实验室的地位。

二. 调研后的感受

走访了7所院校，既有国家一流的重点大学，也有地方大学；感受颇深，可以概括为：震撼、压力、动力。

在我校的小天地里，我们曾认为做得不错，一年前，国内一百多同行专家来我校参观时，对我们的开放实验大加赞赏，我们也暗暗高兴过，感觉在这一点上走在了国内高校的前面。但是今天，走出学校，听到看到国内其他高校所做的工作、所有的规模、办学的思想、开放实验的做法，才知道天地有多大，也才知道差距有多大，任务有多重。

在21世纪、特别是中国入世、中国走向世界、教育走向产业化的今天，教育要与国际接轨，培养出来的学生要与国际接轨，能够参与国际竞争，已经是迫在眉睫的工作了。面对国际竞争的压力，教育部着急、国家重点大学着急、我们更是着急。北工大与国内一流大学相比，有着很大差距。我们深知：不进取、不努力，就是面临竞争中的淘汰。

三. 争创示范中心的可能性——我们的劣势与优势

据调研初步统计，部分高校争创示范中心的状况如表 1。

● 劣势：

1. 办学规模小，与国内重点大学相比较，招生人数少，校园面积小。
2. 学科建设方面的差距：国内多所大学（如清华、浙大、天大、上海交大等）都有几十年力学系的基础，且学科大、覆盖面宽，集固体、流体、静力学、动力学于一体。而我校底子薄，安全工程专业只招生一届 1 个班学生。力学整体学术水平、科研能力有较大差距。
3. 资金投入方面的差距：国内几所重点大学近期拿到世界银行贷款的“实验教学基地建设”资金，加之 211 及为示范中心的投入，整体投入超过千万元的院校大有所在（见表 1）。而我校的投入仅 400 余万元。
4. 实验设备的差距：一是设备的先进性，国际、国内领先的代表学科综合能力的大型设备较少。二是设备的覆盖面较小，在某些必要的方面我校仍属空白（如流体力学实验设备、低周疲劳实验设备），或停留在三十年前的低水平上（如光弹实验设备）。
5. 学生层次上的差距：我校学生的入学分数比起清华、北大有一百多分的差距，比起其它国内一流院校也有五十分以上的差距。

● 优势：

1. 我校地处北京，有北京市的大力支持。进入 211 工程并通过验收后，正争取成为“地方院校的排头兵”。
2. 我校的力学有优良传统。早在八十年代，材料力学课程就成为了北京市的第一批优秀课程，并以独创的综合电测实验而闻名。近几年的开放实验又在国内力学界引起了较大反响。我校的力学在国内力学界占有一席之地，并成为全国《基础课实验教学示范中心建设标准》课题组（力学共 7 所）成员院校。
3. 工大自身的特色：工程性。从我校“面向北京、依托北京、服务北京，为北京市的经济建设培养工程性人才”的定位出发，近年来承担了较多的实际工程课题，并在某些方面（如压力容器的残余应力、应力腐蚀等）处于国内领先地位。另外，我校是全国唯一可以为北京地区院校试验机检定出具法律性证书的单位。2001 年又在力学性能、结构物应力应变、计量检定、显微组织及物相等方面通过了国家技术监督局的认证与授权。工程力学部现在有良好的科研环境，并与社会上工矿企业、科研院所、国家检测中心等都有较密切联系。这些为们开出与工程实际密切结合的工程型实验提供了保证，而将科研成果转化为教学是我们的一大特色。至今，我校开出本科生的用 X 射线法进行残余应力测试的系列实验在国内仍为首屈一指。
4. 安全工程专业的设置及安全工程实验室的建立使我校的力学在国内独具特色，使我们的工程性实验上了一个台阶，有可能使检测与力学相结合，打出

我校的新特色，为学生的设计性实验开辟新天地。

表 1 其他高校争创示范中心状况

学 校	投资情况 万元	力学实验 室占地 面积m ²	授课学生 人数/年	科研经费 /年 万元	特色
清华大学	1200	2600	1300		选修 2 学分
哈尔滨 工业大学	700	1200+ 500	2000		
矿业大学	1400	1100+600	1000		
华中科技大学	800	2000	2500- 3000		单独设课
西北工业大学	1200	1300	1500		单独设课 力学竞赛
合肥工业大学	60+ 1000	1600+ 3800	1500- 2500		报省示范中心
南京理工大学	100+ 400	4000	1200		
河海大学	200	600	1000		
武汉理工大学	202+ 48	1600+ 2000	2000- 3000		
上海交通大学	1000+ 600	4700	1500- 2000		单独设课
上海大学	700	2000	2000	400	力学所
浙江大学	400+ 1000	700+ 3000	1600		
南京航空 航天大学	1500	800+3000	1800	600	
华南理工大学		2000	00		
深圳大学		600	120		
中山大学			70		固体、流体、 50×200 米水槽
北京工业大学	200+ 200	800	700		

5. 人才的引进、教师队伍素质的提高带动了整个学科的发展。工程力学部人气旺，团结、向上，脚踏实地，有着较好的凝聚力。

综上所述，我校力学实验中心的占地面积、投资额度、学生人数等硬件条件与国内重点大学相比均相差甚远，而这些又不是我们可以改变的。争创全国示范中心对于我校来说，的确困难重重。面对这种情况怎么办？回答是：如果不做，永远不会成功，我们的力学实验永远不会跨入国内先进行列。如果做了，尽我们的最大努力，有可能会成功，即使不成功也会使学生受益，使我们的工程力学实验水平得以提高。

四. 做法与打算

4.1 争取示范中心要大学科、大规模、高水平。

据调研的多所院校情况看（例如清华、航院、上海交大、浙大、天大、华南理工大学、上海大学、南航、华中科技大学等等），力学均是指大力学，除了力学本专业及理论力学、材料力学公共基础课以外，联合学校与力学相关的各学科，其中包括材力、理力、结构力学、流体力学等等，结构合理，科研能力强，又能资源共享。

因此，根据我校的现状，建议联合土建学院、数理学院、材料学院中的力学相关课程和实验室（土建学院中结构力学、数理学院中流体力学、材料学院中心实验室），联合起来共同申请、争取示范中心。

4.2 示范中心对实验教学改革的要求——核心问题在于人才培养

按示范中心建设标准要求，在实验教学内容上，坚持三个层次：基本实验；提高型实验；研究创新型实验。在实验内容安排上，注意由浅入深、由简单到综合，创造各种有利条件，坚持开放实验，最大限度地调动学生学习的主动性。

4.2.1 基础实验（基础实验阶段）：提高基础实验培训学生实验操作技能的科技含量水平，使学生直接面向工程、面向社会、面向世界，使基础实验技能一步到位，达到国内先进水平，具有示范意义。

4.2.2 综合型、设计型、研究型实验（综合实验阶段）：参考《标准》推荐的实验项目，依据自身具备的实验技术能力，近期（1年内）设计并开出一批具有工程背景的、适合学生独立思考的、设计型、综合型、研究型实验。使实验教学内容接近工程，同时又具有教学性质。即培养学生的实验动手能力，又培养学生应用理论和数值计算进行分析的理论分析能力。争取达到国内一流水平。力争做到每年都有新的实验开出，保证达到示范中心建设标准的要求：“每学年更新实验内容数达到总实验项目数的5%”。

4.2.3 前沿性教学实验（提高实验阶段）共分四类实验：

a) 具有不确定性测量的实验类：断裂韧性实验、疲劳寿命实验、裂纹扩展实

验等。争取达到国内一流水平。

- b) 前沿性科学研究实验类：非金属和复合材料力学性能实验、动态工程载荷分析实验、生物力学血流动力学实验、应力腐蚀实验等。
- c) 检测技术实验类：传感器基本原理实验、无损探伤实验等。
- d) 数值模拟实验类：几何参数优化实验、动力学参数优化实验等。

通过实验教学，要使学生具备正确使用仪器设备、准确取得实验数据的能力；具有正确记录、处理数据和表达实验结果的能力；认真观察实验现象进行分析判断、逻辑推理、做出结论的能力；正确设计实验，并通过查阅工具书、文献获得信息的能力。培养学生实事求是的科学态度，百折不挠的工作作风，相互协作的团队精神、勇于开拓的创新意识。

4.3 实验与计算相结合，扩展学生眼界。

充分利用工程力学部数值模拟实验中心的有利条件，将有限元分析方法与动手实验相融合。对于实验中难以解释的问题能够用有限元进行模拟，开阔思路，将最先进的技术展现在学生面前。学生对此不一定能够精通，但通过入门可开阔视野。

4.4 加大实验课比例。

示范中心建设标准中规定：实验课相对于理论课的比例，力学为 20%。从我校的力学教学情况看，目前材料力学 I、II 类（机电类 I 总学时 80、实验学时 16、占 20%；土建类 II 总学时 88、实验学时 18、占 20.5%）可满足，但理论力学、工程力学相差较远。为达到力学课学时总比例的要求，需进一步加大实验课的比例，缩减理论课学时。

4.5 实验室坚持开放。

开放实验在我校实行多年，已从试点到全面铺开。争取示范中心，要继续坚持、并加强此项工作。对于大多数的实验，尽可能实行开放，让学生能够充分发挥主动性及创造性。

除了担任学校本科实验教学外，同时开展实验教学课程体系、内容、理论和技术方法、手段的研究，且对社会开放。只有加强对社会的服务，加大科研力度，解决企业实际难题，教学才有可能联系实际，将科研成果转化为实验项目，不断更新，走出一条自己的新路。

4.6 配合学院 SRT（Student Research Training，即大学生研究训练）计划，实验室成为学生的科研基地。

实验室除了完成正常的教学任务外，还要成为学生进行科学研究、深入探索

的基地，为学生提供研究场所。以往，已有少数学生进入实验室，进行教学要求以外研究。今后要鼓励多数学生进行探索性的研究，实验仪器设备供学生使用，为搞研究的学生提供方便。

4.7 制定并完善实验教学的考核制度。

实验教学的考试坚持口试，学生抽签答题，试题中增加工程应用型、动手型类题目比例，对于实验中有创造性的学生，给予及时的鼓励，以综合实验、学生小论文为基础，每年召开学生学术年会，建立良好的学术氛围。

4.8 教学科研并重，进一步扩大科研领域。

调研中最深的体会是：凡是教学好的学校一定有科研做依托。中山大学重点为海洋工程，华南理工大学重在于桥梁的分析，911 事件后，南航就开始了高速公路、机场快速修复的战备研究，承接了国防科工委的重大课题。王伟事件后，开始了高空环境、自救、救生的飞行器与环境安全研究等等。教育、科研以市场为导向的趋势在国内一流大学中越加体现出来。没有广泛的科研领域，没有教师的不断提高，就开不出高水平的实验。我们若在全国高校中立足，定要打出自己的特色，扬长避短，扩大科研领域，扩大在全国的影响力。

五. 结束语

走访了 7 所院校，眼界大开，体会颇深，压力之大，亦是前所未有的。在争取示范中心的道路上，北工大比清华、浙大等校困难大得多。规模、投资差距之大不是短期内可解决的。但是，我们相信：示范中心毕竟不是投资示范、面积示范，而是培养创新性高素质人才、提高教学管理水平的示范。这意味着挑战与机遇并存。

争创示范中心，决不能靠喊口号、做表面文章；也不能单凭热情干劲。而要靠踏踏实实的工作、科学的管理、高水平的实验成果，要靠培养出来的优秀学生。当然还要靠学校的大力支持。

我们要把调研小组的 4 位教师的体会变成学科部全体的感受。相信通过付出更多的精力和汗水，以一腔热血投入到教育教学工作中去，不仅走出学校大门，面对国内大学的竞争，更要面向世界的竞争。我们要走出一条北工大自己的路，尽我们的全力争创全国示范中心。

实验教学改革总体思路

(1) 更新教学观念，充实和创新实验内容，进一步实施课程体系的优化整合

(1.1) 逐步实现向创新型教学的转变是教学理念更新带动教改的根本：将理论教学与实验教学相结合，变实验辅导为引导；利用现代信息技术，实施以学生为主体，教师为主导的学生自主学习；采用课内外相结合的多元化的实践方式，培养学生的工程实践能力、综合分析能力和科技创新能力。

(1.2) 根据学科发展和人才培养的需求，重构实验教学体系：实现实验课程之间的合理分工和紧密衔接，建立一个由简单到复杂、由基础到综合的循序渐进教学内容体系。

(1.3) 密切联系理论教学和相关学科技术的发展：以三个结合（虚实结合、软硬结合、模数结合）为标准，对现有实验内容进行全面整合和更新；大幅度增加综合性、设计性和研究创新性实验的比例；建设具有自身特色的实践教学精品课程，出版一系列精品教材。

(2) 完善立体化实验教学模式，推进实践技能评价标准的改革

(2.1) 完善中心教学管理网站的功能，全面推行立体化的教学模式。

(2.2) 探索开放环境下为学生提供更有效教学指导的方法和策略。

(2.3) 探索在学科专业设置综合化条件下，提高课程体系的科学性和适应能力的有效途径。

(2.4) 建设系列课程下的实践技能综合评价机制，按逐级达标要求，建立多元实验考核方法，统筹考核实验过程与实验结果，对学生的实验理论、基本技能、设计能力及创新能力进行更为客观的评价。

(3) 继续充实和加强教师队伍建设

加大引进和接收实验室人员的力度，加强在职进修以提高业务水平，鼓励在职攻读学位以改善队伍结构，加强知识更新以提高学术水平，加强教学研究以提高教学水平。培养一支爱岗敬业，有较强业务

水平和信息素养，能教、会管的教师队伍。逐步实现职称结构合理化、学历结构合理化、知识结构合理化、年龄结构合理化。

(4) 通过实验、科研和工程的紧密结合，实现中心发展的与时俱进和可持续性

进一步推进与大企业、国际高技术公司的合作；深入推行导师制，鼓励自主实验设备研发和科技成果转化，使更多学生在教师指导下参与课外科学研究与工程实践，培养其动手能力、创新能力，对优秀学生进行重点跟踪和培养。教师在中心良好的实验环境中跟进最新技术，在科研、工程开发工作中提高水平，其自身实践经验反过来有助于更新实验教学内容。中心与外界紧密交流，实现中心环境、教学内容、教师队伍的与时俱进和可持续性发展。

(5) 进一步提高实验环境、设施及设备的效益与效率

分析新课程体系需求，按照高起点配置，以综合性、多功能为原则调整现有实验室的功能布局，进一步提高仪器设备的使用效益和实验室管理的效率；我校新建东校区综合实验大楼，将为工程力学实验中心提供充足和条件优越的环境。届时实验环境和设施将得到进一步的优化，并大大有利于实验资源的共享。

十一五教学基地建设规划

工程力学实验中心

一、项目建设的指导思想

1、加强实践教学环节，将力学素质教育、力学工程教育和力学创新教育结合起来，全面提升本科生的综合素质与创新精神。

2、以学生为本。充分尊重学生在实验教学中的主体地位，创造良好的实验环境和实验条件，激活学生参与实验教学的积极性与主动性，优化实验教学效果。

3、深化力学实验教学内容与体系改革，加强实验的设计性和研究性，形成基础性实验、综合性实验、前沿性实验和设计创新试验在内的、新的基础力学实验系列。

二、工程力学实验中心建设目标和发展方向

用先进的教学理念建立完善的实践教学体系。将力学理论课与实验课融会贯通、相互渗透、有机结合。通过本项目建设，按照国家基础课程实验示范中心的建设标准建设我校的工程力学实验中心，搭建一个包括理论力学、材料力学、流体力学在内的高水平的基础力学教学实验平台。

实验中心定位：重点培养学生独力动手、综合应用的实践能力，掌握多种实验手段与先进的测试技术，综合应用理论分析和数值计算与实验检测相结合的手段，为北京市的经济发展培养基础扎实、专业面宽、素质好、实践能力强、富有创新精神的应用型、复合型人才。

三、项目建设内容

1、实验中心的整合与环境改造

通过内部挖潜，争取在现有的基础上，再增加 80—100 平方米的教学实验室面积，对实验中心进行改造，使其在房间使用、仪器放置、环境更新等方面进行全面整合。

2、建立立体化的实验教学体系，建设实验教学网络平台

学生可进行网上预约、预习等。在网络平台上建立典型案例库：有些典

型的工程实例、部分优秀的综合实验小论文挂在网上，供学生学习参考。

3、建设实验教学的多媒体助学虚拟系统

在几个重点开放的实验室中，均配备多媒体系统，将大型设备、教学仪器的使用拍摄制作成录像幻灯片，并且具备选择性功能，适合于开放实验教学应用。

4、创建“开放创新试验室”，建设良好的“发现”与“探索”平台

开展多种形式的探索试验，是培养和选拔少数具有特殊特长学生的一种途径，是普通教学实验的有益补充，是研究型大学的基本特色。

开放创新试验室的特点是：学生可自主制定试验题目、试验方案、试验步骤，经指导教师批准后，试验室将提供适当的工具和材料，学生将动手做出某种装置并进行演示。因此，开放创新试验室开展的是一种“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，更有利于培养学生的综合能力。开放创新试验室希望开展多种类型的试验，每种类型都侧重在某一方面对学生进行锻炼。

5、大力改造与完善“理论力学实验室”

我校理论力学实验相比材料力学而言是比较弱的。从实验内容、实验教学方法、实验开设种类、实验设备等方面均有较大差距，特别是学生的开放型综合、设计、创新实验开展较少。近年来国内多所一流大学在此方面做出诸多突出成绩，如浙大、南航、上海交大、天大、北航、清华等。我实验中心若想跻身于国内一流大学行列，争创国家级实验教学示范中心，必须弥补该项缺陷。

6、进一步巩固建设材料力学实验室，使其更上高水平。

- ✓ 建立多层次实验教学体系，针对不同学生提供不同层次的实验环境（机械、土建、材料类），因人施教。
- ✓ 继续完善和开发一批综合性实验，实现理论分析、计算机分析以及实验分析的综合；学科内相关实验课程的综合；跨学科实验教学内容的综合。
- ✓ 努力将科研成果转化为实验教学资源，开发、研制一批反映现代实验技术，具有广泛工程意义和特色的前沿性实验。
- ✓ 进一步扩大实验能力，填补某些设备方面的空白，增加自制设备的投入，突出自身优势，打出我们的特色。

四、项目建设需增加的设备

1. 结构强度、疲劳、力学试验装置：共 342 万元
 - 1) 电液伺服低周疲劳试验机：200kN，65 万元（国产）
（现有一台改造的进口 Instron 试验机，动静两用，40 万元）
 - 2) 小型冲击机：65 万元（德国）
 - 3) 恒载拉伸试验机：32 万元
 - 4) 低温环境箱：15 万元（进口）
 - 5) 慢应变速率拉伸试验机：15 万元
 - 6) 腐蚀温度控制环境箱：20 万元（进口）
 - 7) 非金属材料大位移测量系统：20 万元
 - 8) 现有设备的升级改造：30 万元
 - 9) 高精度电子万能试验机：（10KN，60 万元）（德国）
 - 10) 自制设备：20 万元
 - ✓ 综合力学实验框架教学平台的改造与完善，
 - ✓ 主要针对建工类的“结构试验与应力测试”创新性教学实验平台，
 - ✓ 传感器的制作与应用平台，
 - ✓ 结构应变场的光测实验平台，
 - ✓ 残余应力仪器的数字化处理。
2. 多功能可拆卸组合结构综合实验平台（6 台）：24 万元
3. 光弹实验平台：50 万元
4. 电测：共 45 万元
 - 1) UCAM 系列新型静态应变仪：20 万元
 - 2) 应变无线测量系统：25 万元
5. 无损检测方向：共 30 万元
 - 1) 超声探伤仪：15 万元（进口）
 - 2) 体式显微镜：15 万元（进口）
6. 实验室改造（办公家具及试验台更新）：60 万
7. 实验教学网络平台建设：5 万元
8. 多媒体助学虚拟系统建设：20 万元（6 套多媒体系统）

力学教学十一五课程建设规划

工程力学学科部

1 教学质量建设

由于新加入基础力学教学团队的年轻教师较多,这些年轻教师在教育观念、讲课方法、授课质量、课堂管理、教学研究等诸多方面需要加强指导、引导、培训、改进和提高。在年轻教师中,对实践教学的重视程度普遍欠缺,需要从思想和观念上着手改变。

提高教学质量的具体措施如下:

(1) 制定青年教师培训计划和规章制度,以督促年轻教师尽快达到与精品课程地位相称的讲课水平。

(2) 加强老教师对青年教师的传帮带作用,充分发挥有经验教师的辐射作用,为新加入的年轻教师安排导师,系统听老教师的课,并以一定方式进行考核。

2 教学改革规划

目前的课程内容、教学方法、考试方法基本适应学生后续学习的需要和工程技术基本素质培养的需要。基础力学教育是工科专业学生工程技术素质教育的一个重要组成部分。理论教学和实践教学是基础力学教育的两大支柱,为此必须将力学课程中实践教学与理论教学的统筹安排,并保证足够的实验学时。以材料力学为例,根据材料力学教学大纲规定,材料力学 88 学时分两个学期,第一学期 64 学时为基础教学,第二学期 24 学时为专题提高内容教学。两个学期分别有 8 和 12 个实验教学学时,从而保证 20 学时的实验教学。

进一步改革拟从以下几方面着手:

(1) 使全体教师从“知识单参数教学”转变为“知识、能力、素质三参数教学”。

(2) 尝试编写内容创新教材，并争取在国家级出版社出版。

(3) 继续在教学过程中改善共享课件，使之体现知识发生过程、加强启发性，并为培养学生创新能力的教学目标服务。

(4) 继续加强网络教学，增加网上教学资源。

(5) 继续探索改革考试方式和考核方法，使之更适应教学需要。

(6) 在巩固国家精品课程（材料力学）和北京精品课程（理论力学）建设的同时，开始启动“工程力学”精品课程的建设。

(7) 全力建设成基础力学实验国家级示范中心。

实践教学内容与方法的更新一直是我校关注的目标，在十一五期间要开发新的实践（验）教学项目。在实验室管理上，实现网络化管理，学生可以在网上预定实验时间，提交实验预案和实验报告。学生可以随时随地查阅浏览网上实验教学资源。

3 实践教学基地建设规划

工程力学实验教学，除了配合理论教学引导学生验证和应用理论知识进行综合实验，还要培养学生善于从工程中敏锐地发现和形成问题，转化为实验项目，设计出相应的实验方案，独立动手、应用多种手段、通过实验检测，上升为理性结论，必要时结合计算机数值模拟计算；一句话，培养以实验能力为核心的多方面综合科研能力。

工程力学实验中心建设目标和发展方向：

(1) 基础实验（基础实验阶段）：提高基础实验培训学生实验操作技能的科技含量水平，使学生直接面向工程、面向社会、面向世界，使基础实验技能一步到位，达到国内先进水平，具有示范意义。

(2) 综合型、设计型、研究型实验（综合实验阶段）：参考《全

国力学基础课实验教学示范中心标准》推荐实验项目，依据自身具备的实验技术能力，建设一批具有工程背景的综合型、设计型、研究型实验，使实验教学内容接近工程，同时又具有教学性质。即培养学生的实验动手能力，又培养学生应用理论和数值计算进行分析的理论分析能力。

(3) 前沿性教学实验（提高实验阶段）共分四类进行建设：具有不确定性测量的实验类；断裂韧性实验、疲劳寿命实验、裂纹扩展实验等。

(4) 前沿性科学研究实验类：非金属和复合材料力学性能实验、动态工程载荷分析实验、生物力学血流动力学实验、应力腐蚀实验等。

(5) 检测技术实验类：传感器基本原理实验、无损探伤实验等。

(6) 数值实验类：几何参数优化实验、动力学参数优化实验等。

由于不可能给每个学生准备一整套完整的实践教学设备，即便资金充足，实验室空间也不可能提供每个学生所需的资源。因此，继续采用并完善目前采用的高效率方法，就是开放实验室，实践证明开放实验室是解决台套数投资的最好方法。

4 师资队伍建设

使教师成为全面发展的人才，具体做法如下：

(1) 从修身养德入手，培养每位教师成为热爱教学工作、热爱基础力学、热爱学生的教书育人师表。

(2) 使每位教师主动转变教育观念，用于统领教学活动全过程。

(3) 让每位教师瞄准教学-科研型目标，在主持科研项目的时候，负责或参加教育教学研究项目。

(4) 每位教师不仅要撰写科研论文，也要撰写教研论文。

(5) 培养出优秀校级教学教师 2 名、优秀青年教师 2 名，校级

教学名师 2-3 名，市级名师 1-2 名。

(6) 提升副教授 3-4 名，教授 2-3 名。

(2006 年 4 月 30 日)

附 录： 为了巩固国家精品课程（材料力学）和北京精品课程（理论力学）的建设、启动“工程力学”精品课程的建设，对于教学工作的分工做如下调整 ——

材料力学： 隋允康、张亦良、秦 飞、王 慕、宇慧平

理论力学： 李晓阳、刘赵淼、叶红玲、陈丽华、张小军

工程力学： 杨庆生、王亲猛、龙连春、杜家政

实验配合： 张 伟（高工）、程咏梅

附件 10-7

工程力学实验中心开放实验管理办法

本中心属校、院二级管理体系，是 211 建设的教学实践基地之一。为了更好地为学生提供实践教学环境，充分发挥实验室的功能和优势，制定开放实验管理办法如下：

一、实验室在为教学服务时服务宗旨是教学第一，学生是主体。提供优良环境和优质服务是实验室全体为之奋斗的目标。

二、开放设备为本中心的所有试验设备、仪器。

三、实验室应保证在开放实验中的设备完好率，当使用人发现设备故障时，设备保管人的职责是及时到现场维护或作应急处理（作应急处理不等于最终处理）。

四、实验室技术人员应定期检验设备并负责保养和设备维护，发现存在损坏或安全隐患时必须及时报告并协助解决。

五、实验室负责人应根据校 211 建设规划和本单位设备现状，申报设备维修计划和执行。

六、设备保管人应向使用人告之设备使用登记、设备操作要点并监督执行。

七、参加开放工作的人员为实验室在岗人员和有关教师。开放管理由实验室主任全权负责。

八、实验室人员应遵守各自负责的房间每周一彻底清扫卫生的制度，并负责保持日常环境卫生，根据“非典”疫情，实验室应有消毒和应对措施。研究生和勤工俭学均起辅助作用。

九、开放实验时，实验室人员只负责设备正常运转和管理，不负责教学答疑和代替学生操作或其他要求学生完成的工作。教学内容原则上由教师负责答疑。

十、参加开放实验的学生应遵守相应守则（学生进实验室守则）。

十一、开放时间按研究生、本科毕设、本科教学三个层次分别实行，可有：学年、学期、阶段三种形式，具体情况由导师与实验室协商确定。

十二、办法一经批准，必须认真落实执行。

工程力学实验中心

2003，5，20

工程力学实验中心

研究生助教管理规定

为加强实验中心聘用的实验教学服务对的管理，特制定规定如下：

一、实验中心聘用的研究生助教分配到各实验室后，管理使用权归各实验室。

二、研究生助教必须服从所在实验室分配和安排工作，不得以任何理由拒绝实验室为其安排的事务工作。

三、研究生助教的岗位职责是：根据不同阶段的要求，完成实验室安排的辅导学生实验、实验课值班、批改实验报告（作业），试验前准备、调试仪器设备、整理实验室内务等任务。

四、担任实验中心助教的研究生应当平均每周要有 12 小时的时间在实验教学中心工作，并能够保证有一定的白天工作时间，可以用考勤方式来落实工作时间。根据课程的安排，工作的时间可以安排在白天或晚上，有时临时的任务会在公共假日，具体工作的时间由实验室负责人和研究生助教协商后确定。

五、因特殊原因助教确需改变约定的工作时间、内容时，必须提前 1 天向实验室负责人请示，得到明确答复后方可更改。

六、助教必须积极工作，履行职责，不得出现出工不出力等消极怠工现象。

七、中心将通过对实验室工作人员和学生调查等多种渠道考评研究生助教的工作情况。对工作消极、不能履行职责、不能胜任岗位、评价较差的研究生助教，中心将上报研究生管理部门建议停发其津贴，并予以解聘。

北京工业大学工程力学实验中心

2005 年 1 月

北京工业大学工程实验中心

实践教学队伍培训培养的制度（办法）

根据实验室工作的要求，实践教学队伍在上岗前都应进行岗前培训，并经考核、试讲合格后才能上岗。上岗以后还应不断学习、不断提高。

1、岗前培训

实验老师在上岗前都应进行岗前培训。岗前培训包括教学培训和实验技术培训：

①教学培训：参与实习、实验以及教学课程的辅导、答疑等工作，熟悉课程的各个环节，了解各环节的教学内容、教学方法、特点及它们之间的关系。

②实验技术培训：了解实验的内容、目的和重点；实验中容易出现的问题和解决方法；学习实验仪器的使用方法,安全操作规程。

岗前培训应实行导师制，由师德高尚并具有丰富实验教学经验和技能的教师任导师，制定培训计划并负责计划的实施。

2、专业实验技能培训

实验教师应接受专业实验技能培训。这对于培养学生的规范操作和严谨的作风是十分必要的。同时对实验室的对外开放，承接试验和科研项目也是十分有利的。专业实验技能的培训可通过短训班，或脱产进修等方式进行。

3、学历进修

为提高实验室工作水平、稳定实验队伍和教师的自身发展。示范中心应积极创造条件，对相关人员进行相关专业学历培训或进修。学历培训或进修可采用在职学习或半脱产等方式进行。

4、现代技术培训

现代技术培训包括计算机培训，新技术、新工艺，新仪器设备使用等的学习。现代技术的发展和力学实践教学的改革，使许多新仪器设备已陆续充实到力学实验室。计算机也将越来越多的应用于实践教学，教师也应在现代技术方面不断学习和提高。现代技术培训可采用在职学习、参加专业培训班、内部培训等方式。

5、参与教研、科研工作

实验教师在完成实验教学的前提下，应注意联合工程力学学科、实习车间、以及校外其他单位的力量，积极开展教研、科研和开发工作。以实验教学为主的实验室，应努力开展教学研究，探索实验教学方法，改进实验内容，开设新实验，积极开发适合力学实验的仪器、设备、实验课件等。有科研条件，科研基础较好的实验室，应积极争取科研课题，注意发挥力学实验的综合优势。

6、外语培训

为提高教师的外语水平，增强教学科研和对外交往能力，推进教师使用外文原版教材和开展双语教学的工作，工程力学示范中心将不定期的举办各种类型、不同层次的外语培训班，并创造各种条件积极选派部分有较好外语基础的优秀青年教师参加国内外外语培训。

北京工业大学工程力学实验中心

2005. 01. 01

学生的实验体会和建议

✓ 本实验的一切对我们而言都是全新的。都是经过我们不断的实践与询问，最终完成的。其中有许多问题我们并未涉及或者并不知道其发生的原因是什么，还需要大量的时间加以解决。通过实验，我们发现自己所学的知识还仅仅是些“皮毛”，对许多知识还很缺乏。但有一点可以肯定，实验不仅锻炼了我们的动手能力，自主解决问题的能力，还进一步培养了我们团结协作的精神与良好的科学研究工作使我们获益匪浅。

——010113 班石里男等

✓ 通过实验让我们认识到了自己知识的浅缺，让我们学到了很多新的实践的知识，锻炼了我们的动手能力和独立思考问题和解决问题的能力，也培养了我们的团队合作精神，使我们受益非浅！

——000112 班 蔡斌等

✓ 我们把几乎所有的课余时间都用在试验和试验的准备、理论分析上。通过这次试验，我们感觉到收获颇丰：第一，我们通过独立思考完成试验，加强了实际工程分析能力；第二，我们小组统一思想，群策群力发挥团队作用，充分发挥每个人各方面的特长，培养了团队精神；第三，通过本次实验我们查阅了大量的资料，认真总结和学习了材料力学课上所学的知识，巩固了本学科的基础知识。最后我们感谢本次实验的指导老师们，并对老师提供的帮助、建议表示感谢。这次课题给我们提供了一次挖掘自身潜力、提高工程素质与研究水平的机会，我们希望今后还能参与这类活动。

——010112 班张健等

✓ 经过这次大实验进一步的让我们体会到了我们现在所学到的在解决实际生活、工作当中的具体问题还是太有限，让人感到力不从心。在实验中迈出的每一步我们都付出了很大的努力。不过有了这样一次经历后更让我们体会到在实际当中遇到了问题要想解决好比做出一道题要难多了！而且我们认为更重要的是我

们学会了更好的利用图书馆，来为我们的实验提供帮助。也让我们看到了我国在机械制造、材料加工方面的不足，让我们立志要学好现在的专业知识，走好每一步，为我国的机械行业有更好的发展作出自己最大的贡献。

——010111 班 徐昊等

✓ 这次实验使我们更好的了解了应力的概念和算法，我们又把材力书复习了一边，发现以前的知识漏洞还很多，使我们更全面的掌握这方面的知识，也使我们的动手能力得到了提高，自己写实验自己讲实验还是第一次，我们也当了一次老师，这种新的教学形式引起了我的兴趣，这对我们今后的工作有很重要的帮助，使我们有了很强的解决问题的能力，我现在充分的认识到材力是很重要的一门学问，是必不可少的，这次实验我们下了很大的功夫，不仅想要个高分，更想提高自己的能力，了解自己的能力和知识，总之，受益非浅。

伴随着本次实验的完成，材料力学课程也将结束了，此时十分恋恋不舍，因为从此就少了一门既锻炼我脑力思维而又更培养我动手能力的课程。通过材力实验的操作，我学会了一种方法，这种方法不仅对于材料力学适用，推而广之，对一切科学都适用。

——01011217 蔡赫

做材力实验的一点心得

980104 班 杜海山

材力实验课结束了，这对于几周前的我来说，真使一件不小的喜事。的确没有了烦心的连线、测数，更再也不用说那讨厌的实验报告，确实可以让我轻松不少。可自从最后一次实验到了真要说再见的时候，却有点儿舍不得了。

我们在上高中的时候，也做过实验，可那时的实验都很简单，且都是老师手把手教着干，更重要的是那时实验也不太重要，所以不太受到我们的重视。可到了大学，遇到了独立性很强的实验，尤其是材力实验，才发现实验真使个苦差事。一根铁棒傻乎乎地躺在那里，好象没什么可研究的，可非让你测什么它的受拉、

受压、受弯、受扭等等时的应力状态，你说是不是挺烦人的，虽说老师把材力实验夸的天花乱坠，可我们对它的态度还是一点没变。可有几件事让我改变了对材力实验的看法。

那是在上学期，做叠梁弯曲实验。当时，对于这个理论，老师并没有正式系统的讲过，所以，数据出来以后，好多同学都拿着它，可是怎么写实验报告都无从下手。我开始也不知道该怎么算，后来想起书上有一道例题，说由芯轴与套管牢固组成一圆轴，当圆轴受扭力时，求芯轴与套管的 τ 最大剪应力。在这题求解中，有一个很重要的几何方程是，我想，对于这套梁，它受弯时的几何方程会是怎样呢？我突然发现，这个叠梁实验，与我们平时的练习并没有太大的分别，不也就是三个方程吗！在那时，我有了一种成就感，一种把学到的东西用上的成就感，一种把熟悉的与不熟悉的联系到一起的成就感。

另一件让我改变对材力实验看法的就是在最后一一起做材力实验时，我们把贴好的试件联到应变仪上，然后开始做实验，可令我们惊讶的是，从 channel 1 到 channel 9 的系数都是根本不会变，换 $\times 10$ 档行不行？没戏！我们开始找毛病，难道是焊点不牢固，我们一看，果然有几个焊点掉了，于是我们把线拆下来，重新焊了一遍，再连上一看还是没数，不会是贴片掉了吧，我们就又拿来万用表一个贴片一个贴片的检验，还是没有毛病，这是怎么回事呀！没办法，只得向老师求救，老师问明情况，说：“要是都没数，肯定有一个共同的问题，你看，应变仪后这根线断了吧！”当时，我真有一种说不出的滋味，我的两节课，就因为这一根断线，全浪费了。事后，我想有的问题很难解决，是因为我们没有想办法，不知道该怎么去想，也不知道怎样找到一个解决问题的突破口。应变片都没读数，应该有一个共同问题，这很简单，可我们没有这么想。我突然明白了：这思考问题的方法的确很重要。

材力实验课结束了，也许那些实验本身对我们来说，不过是巩固了一下知识，可那种思考问题的方法，那种成就感，对我们来说是至关重要的。

对材力实验的体会及关于材力课的建议

980103 王楠

伴随着本次实验的结束，材料力学课程也告一段落。但它却留下了许多东西，教给我学习知识的方法，指导我思考问题的途径，使我受益非浅。

这次实验可以说是本课的课设实验，步骤较多，过程复杂，从选择、贴片、焊线到加载、测量、计算，全部由自己动手，自己设计方案，极大地培养了个人独立思考、实际操作的能力。在小组内部共同协议，参与实验的同时，又加强了团队协作互助精神。而这些能力又是今后的学习和工作中不可缺少的，因此，我从这次实验中学到了很多。

在做实验的过程中，我不可避免地遇到了许多困难，贴片不易对正，焊穿电阻片等等，通过寻找失败原因，认真分析并努力克服困难，使我们在无形中对基本知识、基本概念又有了进一步的认识。

在做好试件准备工作开始测应力应变时，却发现测力计和数字仪的数字总是闪烁不停，无论如何调零，标定都无济于事。后来请来老师，她仔细地观察了情况，用万用表一点点测量各桥路之间的联结，终于发现是导线的接触问题，于是教我们如何将导线卸下，剥出铜丝，焊上小的金属接头，重新接线、启动等等。老师一丝不苟的工作精神给予我们极大的启迪，为今后的学习指明了方向。

一年的授课，张教授以生动的讲解给我们留下了深刻的印象，总能将枯燥的理论知识与实际工程背景相结合，激发了我们的学习兴趣。如果我们有机会能到实际工程中体验一下，甚至参与一些设计测量，能将理论诉诸于实践，无疑会对我们学习的深造，工作经验的积累都有很大的帮助。

本学期实验小结及收获

980103 班 牛志宇

经过一学期材料力学课程的学习再加上这学期六周的实验，是我们初窥了材料世界的无穷奥秘。学到了一些初步的分析问题解决问题的方法。但在这两次动手实验和一次演示实验中，使我急迫的感到自己所学远远不够。实际工作中困

难百出，总要想尽办法才能克服，也许这就是实验本身对我们的提高吧！通过这短短的六周实验虽不能说使我们的实验水平有了质的飞跃，但我们从中学到的不仅是实验的内容本身，更重要的是我们从中体会到面对问题如何分析、解决。这种分析问题、解决问题的能力我觉得是最宝贵的。同时也让我们深刻体会到实验经验的不足。这只能在今后的工作学习中不断积累，不断提高。

我觉得这种开放实验形式很好。一开始拿到一个实验，有点无从下手的感觉，不知道如何去做去分析，但慢慢的一步一步的做下来总有一种“柳暗花明又一村”的感觉。我觉得这种教学形式很应该在中国的大学生普遍推广，它不仅增加我们自己的动手的能力，也使我们对知识本身概念认识的更深刻了最重要的是它引导我们如何认识问题、分析问题、解决问题的方法，对今后我们的工作学习都是很有帮助的。但通过这几周的实验我感觉到自己所学远远不够，这就需要我在以后的工作学习中不断积累，已使在以后工作中遇到问题困难有法可解。

综合大实验体会

000112 马晓东

通过几次实验，尤其是最后一次大实验，巩固了材力的理论知识，培养了我们的动手操作能力、理论与实际结合能力以及实事求是的作风。在实际过程中总是遇到这样那样的问题，从而在实验过程中又不断对理论知识由浅入深地逐步掌握，真正应证了一句：这是把死书变成活书的过程。希望以后有更多的独立实验机会，从而成一个能力强、知识宽的新型首都大学生，为自己的人生写下光辉的一笔。

实验创新后的感想

000112 班 闫淼

刚拿到这个实验，本想做与实验指导书上一模一样的实验，心想那样会挺简单的吧，但随着实验数据的出炉，越来越想做一个新的实验，一种对未知的冲动使我完成了这份报告。实验目的前一项基本被我们抛弃了，实验是活的，一个试

件可以研究它的多种用途与性质，所以我把精力放在后面的实验上。

这后面的实验目的，是我初上实验课时没有想到的，其实是一时灵感给了我启发，我们就试着做出来了，肯定有不准确的地方，但这起码算我们的一种探索吧！这次实验让我充分体会到了创新的乐趣，更加真正了解到理论与实际相结合的重要性。

希望以后能多参加这样的研究。

（后记：由于我们略去了 $K_{\text{修}}$ 的调整，至使我们第一次数据误差较大，第二次，我们重设了 $K_{\text{修}}=0.9216$ ，并对理论值进行了计算，得到的误差就小多了。这次实验使我们真的受益良多，并让我们对应变仪有了更加深刻的了解。）

残余应力综合实验总结

980412 班 王晓林

实验课的主要目的是培养学生的实验能力，而材料力学的综合电测实验不仅如此，还更体现出了对学生的综合素质的培养。综合电测实验是在没有老师指导，也没有理论公式的情况下由各组同学发挥自己的能力独立完成的。整个实验过程包括：设计实验方案（实验目的、贴片方案和加载方案），贴电阻片，加载，处理数据，最后对实验进行议论。这个实验的特别之处在于各组同学的实验思路是不同的，这样充分发挥了学生的创造力，使学生不再拘泥于课堂知识，而以一个研究人员的角度去看待问题。

综合电测实验给学生提供了不同种的试件。不同的试件是有难度差别的，有的试件只能进行电测实验，有的试件则还可以运用计算机的 Anlysis 程序分析应力分布，自然难度有所增加，还有用来进行残余应力实验的试件。实验还允许学生从生活中寻找力学问题进行研究，还需要学生有敏锐的观察力和清晰的力学概念，也意味着实验将更具难度，而且需要花更多的精力。这种实验对学生来说是一次挑战。可惜的是没有人接受这个挑战。对不同试件的选择应该是学生学习的主动能动性的体现。

我选择了做残余应力实验，一方面，因为这个实验与其它实验相比，接触到

更多的新知识，还运用了先进的仪器。实验中的残余应力问题就是以前没有接触过的新知识。价格昂贵的 x 射线应力仪也让人想一使为快。另一方面，这个实验也具有相当的难度，它所涉及到的塑性屈服问题是相当复杂的，课本中讨论的也比较少，这给了我发挥能力的余地。总之，我是抱着扩展知识的目的来做这个实验的。

实验的过程实际上就是发现问题然后解决问题的过程。我们用电阻片测定纯弯梁上下表面的应变，得到载荷与应变的关系，加载至出现塑性铰时再卸载，得出卸载时载荷与应变的关系。卸载完毕后，做光测实验测出上下表面的残余应力。过程说起来容易，其实每一步都有难以解决的问题。首先，在加载过程中，我们不清楚理论上卸载与应变的关系，所以无法随时对实验数据进行检测。我们也不清楚塑性铰出现时的实验现象，当载荷相当高的时候，总是怀疑塑性铰是否已经出现了，最后加到 4000N 时我们发现应变一下子增加了 $600\ \mu\varepsilon$ 左右，我们被这么大的增量吓了一跳，以为仪器哪里接触不好，怕以后的数据不准确，就开始卸载了。后来，分析才知道这才是塑性铰出现的现象。最让人困惑的是，同是单向拉伸，纯弯梁的载荷应变曲线与拉伸实验中的载荷应变曲线有很大的不同，没有屈服时的波动。最后，测残余应力时理论上上下表面残余应力应该等值反号，而实际上虽然反号但值相差很大。

解决问题最直接的方法是去图书馆寻找相关的书籍，几本书中在梁弯曲屈服方面的内容大同小异。而且看上去也不高深。但最关键的屈服时载荷与应变关系的问题还没解决。我开始怀疑实验数据的准确性，所以抓紧时间又重新做了一次加载实验，实验结果与原来基本相同。只好又找了一本书看，经过认真研究才有所进展。载荷与应变的关系曲线是双曲线，这与实验数据相符，这个结果是从应力应变关系的假设中得来的。通过这一点我有以下认识：

材料力学中一些问题由于受多种因素影响，所以比如屈服现象，解决它们的方法是根据一定的实验结果，对材料的性质进行假设，从而得出理论结果。

完成这个实验确实花了我不少精力，但收获是大的。这可能就是我们搞工程的人的工作特点吧。

实验总结

000113 班 石磊 周炜 侯青

这次实验是我们首次自行设计实验方案并实施的。我们全组人员都一心想把本次实验做好，所以在实验过程中，都以严谨、认真的态度来对待。虽然在实验过程中遇到很多这样或那样的困难，但我们都已经努力克服了。比如说在贴①、⑤片的时候，由于是侧面贴片，尺寸较窄，很难把片贴到位，大家连续试了好几次，有时 502 胶水都快把试件淹没了，还是重新用砂纸打磨用酒精清洗。这样重复几次，最后终于在大家的努力下把片成功的贴好了。还有就是焊接的时候，常常焊成短路，用万用表测量时，没有电阻，而且焊接不牢固，还出现刚要去拉伸，导线就断的问题，又得重新来焊。总之是困难多多，但我们也体会到了克服困难后的喜悦。

本次大实验，对我们每一个人来说确实是一个锻炼的机会，我们也非常珍惜这次难得的机会。实验过程锻炼了我们的动手能力，分析解决问题的能力，提高了实验能力，培养了科学的工作作风，为我们以后进行研究工作以及走向社会都打下了良好的基础。

其中最重要的一项就是培养了创新能力，使我们不再拘泥于课本，不再拘泥与前人的研究，而自由发挥自己的想象力、创造力。我想这种创新精神对我们这个年代的大学生来说是具有重要意义的。

材料力学综合实验体会及感想

990102 冯喜旺

这学期刚进入第八周，我们的材料力学课就要结束了，这也意味着我们两个学期的材力课程全部结束。回顾以往的学习，虽然感到材力确实有一定难度，但通过对材力的学习，我们感到学到了很多知识，除了理论学习，在老师的指导下，我们还做了各类型的实验，通过本次综合实验的过程，我的体会可以概括如以下

几点：

一．通过综合实验，同学们有了一次充分运用所学知识、充分发挥想象力、设计实验的机会，这次实验起到了复习、巩固原有知识的作用。

二．通过综合实验的方式代替原有的期末考试，我认为这种方式是十分灵活并且有效的，这也是教学及考试制度的进步。

三．通过本次实验，我也发现了自身的一些不足。在考虑问题时，有时不能全面周密地分析，以至于不能发现实验中存在的问题，这点应该在今后的学习中改正。最后感谢张老师的指导，希望张老师在今后的工作中工作顺利，取得更大的更多的成就。

综合实验小结及体会

980104 屈雅楠

此次**弹塑性应力及电测法的综合实验**从最初的实验方案设计、试件打磨、贴电阻片，到最后残余应力的测定、实验数据的处理及分析，都是由同学亲手完成的，老师只是起指导作用，只有当我们在实验中出现自己无法解决的问题时，老师才会给予帮助，这样有助于锻炼我们独立思考、通过同组同学之间的合作来解决在实验中所遇到的问题的能力，而且对实验的具体操作，使我们了解了一个材力实验从最初的准备工作到最后的数据处理的全过程，以及如何用实验的方法来解决生产、生活实际问题。例如本实验所研究的弹塑性变形的问题，在实际生活中可以经常碰到。例如，巨型天车的横梁，经过长时间的使用会发生弯曲现象，还有大型电机的主轴，长时间的弯扭组合作用也会发生塑性变形。遇到这种情况，这些零件还能否继续使用，或者如何来避免这些问题发生，对此有了比较深刻的了解。所以我认为在材料力学这门课即将结束的时候设计这种涉及材力所学的各种知识、又与工程较为贴近的综合性实验是非常有必要的。虽然在实验中出现了各种各样的问题，有很多还是没有解决的，但我还是认为这次实验非常成功，而且是极有意义的。这些问题不但可以引发我们的思考，更能引起我们深入学习的兴趣。

不断从挑战中完善自我——完成材料力学小论文有感

980414 班 骆林

我是一个敢于、乐于迎接挑战的人。学习、工作上越是让我感到畏惧的，我就越有兴趣去尝试。因为我觉得克服畏惧最好的办法就是用百分之百的努力取得成绩。

完成这次材料力学小论文称得上是在该学科对自己提出的挑战。在实验论文的选题上我有意选了被选次数少、知识在课堂上未经讲解的“矩形截面梁弹塑性弯曲及表面残余应力测定”实验。论题被选次数少容易创新；知识在课堂上未讲过却又要独立完成实验，这就需要自己积极主动的学习相关知识，扩充自己的知识面，我也希望同时检查一下自己的自学能力。

有的同学半开玩笑的对我说：“怎么？又要拿出当年写理论力学小论文时的那股劲了？”的确，当年我写理论力学小论文时就选择了一个与课堂讲授内容关联不大，需要提高性学习的论题。建工学院 98 级中，选这个论题的大概只有我一人。那次，通过自己的自学以及专门研究此项课题的教授的指导，我高质量的完成了小论文，得到了老师的褒奖。

在确定了论题后，我对课本中弹塑性问题的相关章节进行了学习，基本掌握了弹塑性基本理论，以及一些简单问题的计算方法。对实验内容有了大致的了解，并初步计算出了理论数值。设计了实验贴片方法及实验步骤。

实验前期准备就绪，然而实验却一波三折。本论题所采用的实验是破坏性实验，只能一次完成不允许重复进行。因此在实验过程中，我们操作得都相当谨慎。在预先算好的弹性极限及塑性铰出现位置附近都采取每隔 50N 加载读数的方法进行加载记录。但由于实验设备的原因，主要是加载不平衡左重右轻，使得试件弯曲不对称，在应变片粘贴位置没有得到正确数值。第一次实验以失败告终。

此时其他组的实验操作大多已经完成，已转入实验数据处理阶段。有人建议我用失败实验的数据结合实验失败的原因写一篇关于失败的小论文。我没有接受这一建议，因为这次实验的失败完全是由于仪器上的原因，实验数据没有什么研究价值，再加上我不愿意我的第一次材力论文以失败收场。我执意把实验再做一次。王慕老师也很支持我的决定。

就这样我们向王老师重新要了试件，借了实验室。利用中午饭的时间对试件进行打磨及实验电阻片的粘贴，利用课余时间重新做了实验。这次实验我们做得更为谨慎，记录了完整的实验数据，试件也被弯成较为满意的形状，在 X 光表面残余应力的测定实验中，试件上下表面得到了符号相反、大小相差不多的数值。整个实验过程还是比较令人满意的。我们的工作也转入了下一阶段——实验数据的处理阶段。

面对近三百个实验数据，加之自己在实验理论上的一知半解，我有些手足无措，不知如何下手。那段时间我开始“泡”图书馆，其间翻阅并学习了多本有关弹塑性力学方面的书籍，其中包括清华大学出版社出版的《弹塑性力学教程》、北京大学出版社出版的《弹塑性力学教程》以及大连理工大学出版社出版的《塑性力学》，同时还参阅了多所理工科院校的学报及论文汇编等期刊。我从书籍中寻找与本次实验相同、相似之处以做借鉴，从“论文汇编”中学习写论文的程序和方法。那一阶段的确收获不小。

从图书馆出来，我开始独立处理实验数据。绝大多数实验数据都相继得出了与理论值较为接近的结果，但实验结果的绘图上又出现问题。按照理论，试件进入弹塑性阶段后， $P-\epsilon$ （或 $\sigma-\epsilon$ ）图线将成为一条曲线，而且根据我的实验数据从开始受弯到最终出现塑性较失去承载能力 $P-\epsilon$ 图线几乎始终为一条基本平行于卸载图线的直线。这究竟是因为什么呢？是实验又失败了吗？不应该！那为什么其他数据都能保证较小的误差而惟有图线出问题呢？我百思不得其解，最终还是王老师引导我分析出问题的症结。

原来，实验所记录的读数是在加载仪与应变仪均稳定后的读数，读数中包含了局部加卸载过程带来的残余应力对读数的影响。因此根据实验所得数据做出来的图线自然符合卸载曲线规律，若要得到真实曲线需要将试件进入弹塑阶段后的实验数据除以 1.5 ($\mu=1.5Mp$)。这样一来曲线就基本符合弹塑材料的基本曲线了。实验终于有了一个较为圆满的结果。

这次撰写材料力学小论文我的确付出了大量的时间、精力。其间也遇到了不少难题，但都在自己的努力、同学的帮助、老师的指导下一一得以解决。通过这次实验及论文，培养了我科学严谨的工作作风，实事求是的工作态度，增强了我克服困难的能力和信心，进一步提高了自学能力。就像我开始希望的那样：在挑战中不断完善自我！