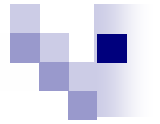


研究生培养的一点体会

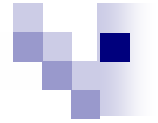
郑泉水
清华大学工程力学系
中国力学沙龙20091112

目录



- 主要研究兴趣
- 研究生总体情况
- 在读学生们的（匿名）反馈
- 培养理念和几个典型学生的培养模式分析
- 固体力学研究所讨论班和培养模式大研讨
- 不断学习如何培养研究生
- 小结

主要研究兴趣

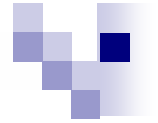


- 理性力学（1980-）
 - Cauchy平均转动、张量函数表示
- 细观力学（1994-）
 - IDD方法、普适性质、Eshelby张量
- 微纳米力学与多学科交叉（1999-）
 - 微纳米力学模型
 - 新原理NEMS（纳机电系统）
 - 微纳结构表面与湿润性和输运
 - 植物的细胞力学



知，原野位圖時
亦以 QuickTime 波
編譯佳音表矣

研究生总体情况



- 在读博士研究生和硕士研究生*：
 - 微纳米器件：刘益伦（MD05-）、杨佳瑞（实验06-）、刘泽（实验07-）、任曼瑞（理论08-）
 - 微纳表面湿润和输运：马明（MD和实验04-）、吕存景（实验和理论07-）、陈超*（实验和MD08-）、熊伟（MD09-）
 - 植物细胞力学：张燕香（实验07-）、丁怡婷/谢博（实验/理论08-）
- 已经毕业的博士生及其去向
 - 邓斐（05-09MIT）、曾杜娟（04-09航天一院）、江博（03-08中金资管）、徐志平（02-07MIT）、于洋（02-06MonashU■■■■）、王立峰（01-05MIT）、任志勇（98-02）、邹文楠（97-01北大）、刘哲（97-02NWU■■■）、霍波（96-00清华）、牡丹旭（95-01普林斯顿）、高蕴昕（94-97新加坡）、陈明祥（93-96武汉大学）

培养理念和几个典型学生的培养模式分析



- 培养理念：择才而取、因材施教、为培养科学家训练全面素质、不限去向、鼓励开拓创新
- 个例分析：
 - 杜丹旭（95-00）：IDD方法、2000年全国优博
 - 邹文楠（97-01）：0分、非均匀夹杂的Eshelby问题
 - 刘 哲（07-02）：纳米力学、2004年全国优博
 - 王立峰（01-06）：纳米力学、2008年全国优博
 - 赵治华（03-06）：本科论文、硕士JMPS、推销员
 - 郭 明（04-07）：树的生长极限和细胞力学
 - 徐志平（02-07）：本科21/60、100学分、MD开拓

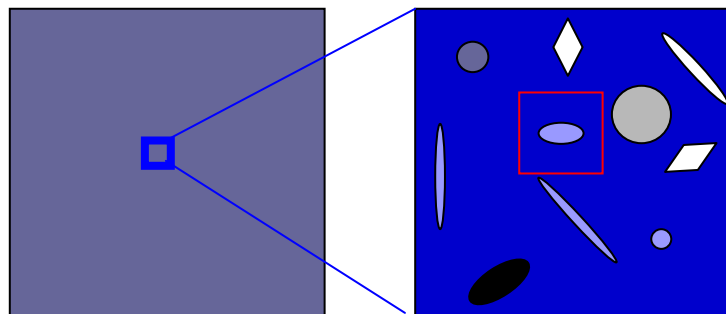
例1： 杜丹旭（95-00）



■ IDD、2000年获全国优博

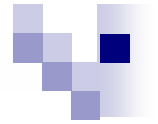
IDD模型

$$\mathbf{H}^{\text{IDD}} = [(\mathbf{H}^{\text{dilute}})^{-1} - \Omega_D]^{-1}$$



建立的相互作用直推（IDD）模型（JMPS 2001），“解决了全世界科学家过去没有解决的一个杰出问题——建立一个既是解析的，又计及夹杂形状、密度和分布函数对多相复合材料有效弹性性质影响的理论”（Acta Mech主编Weng评价）

例2：邹文楠（97-01）



■ 0分、张量、微结构流体

$$\gamma_2(x) = \frac{1}{4\pi i} \oint_{\partial\omega} \frac{dz}{z}, \quad \gamma_4(x) = \frac{1}{16\pi i} \oint_{\partial\omega} \frac{zdz}{z^2}$$

$$\gamma_2 = \frac{1}{4\pi i} \sum_{k=1}^N (\Theta_{k-1} - \Theta_k) \ln z_k - \frac{1}{2} \Theta_N$$

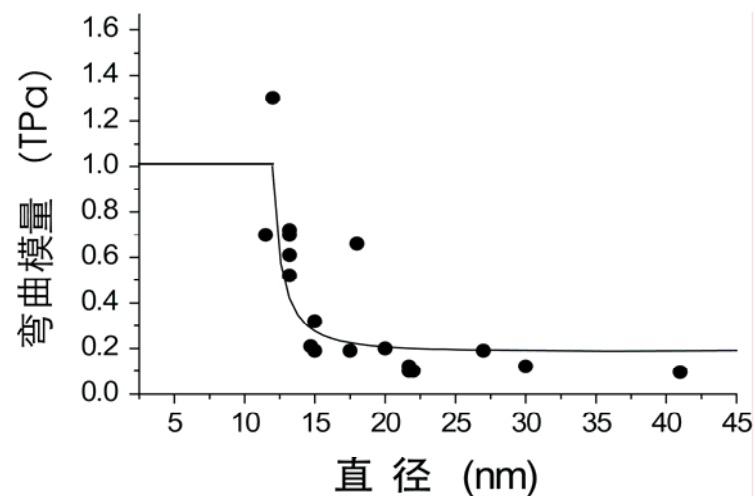
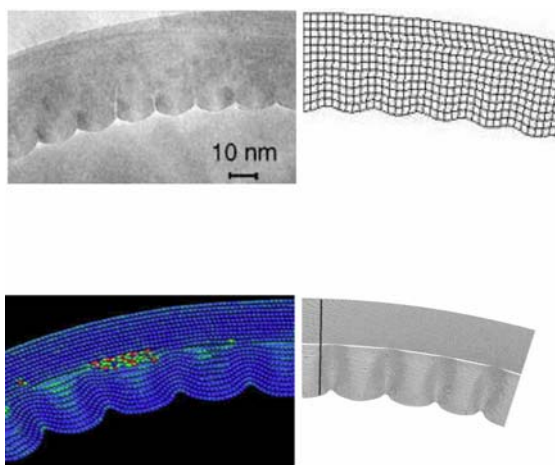
$$\gamma_4 = \frac{1}{16\pi i} \sum_{k=1}^N \left[(\Theta_{k-1}^2 - \Theta_k^2) \ln z_k - (\Theta_{k-1} - \Theta_k) \frac{z_k}{z_k} \right] - \frac{1}{8} \Theta_N^2$$

- 邹文楠、郑泉水等（JMPS 2009）首次回答了“非椭球夹杂是否可用椭球Eshelby张量”的基本问题，表明对凸形夹杂是可接受的近似，但非凸夹杂不行
- JMPS主编Bhattacharya评价：“实际夹杂的形状与椭球经常相去甚远，一直不知道此时可否采用椭球Eshelby张量。你们的论文是该方向的一个主要进展。”

例3：刘哲（97-02）



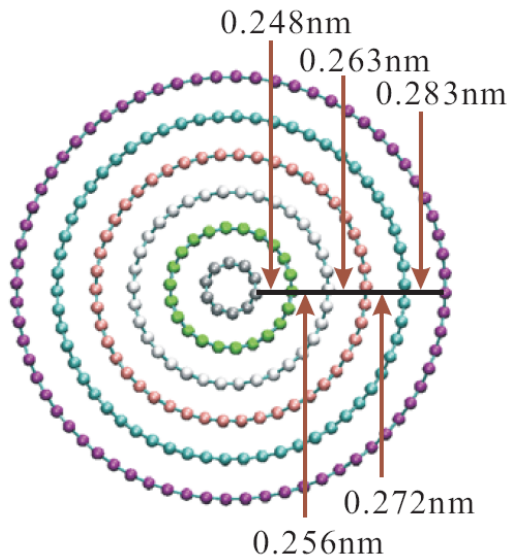
■ 纳米力学未知领域“尝螃蟹”



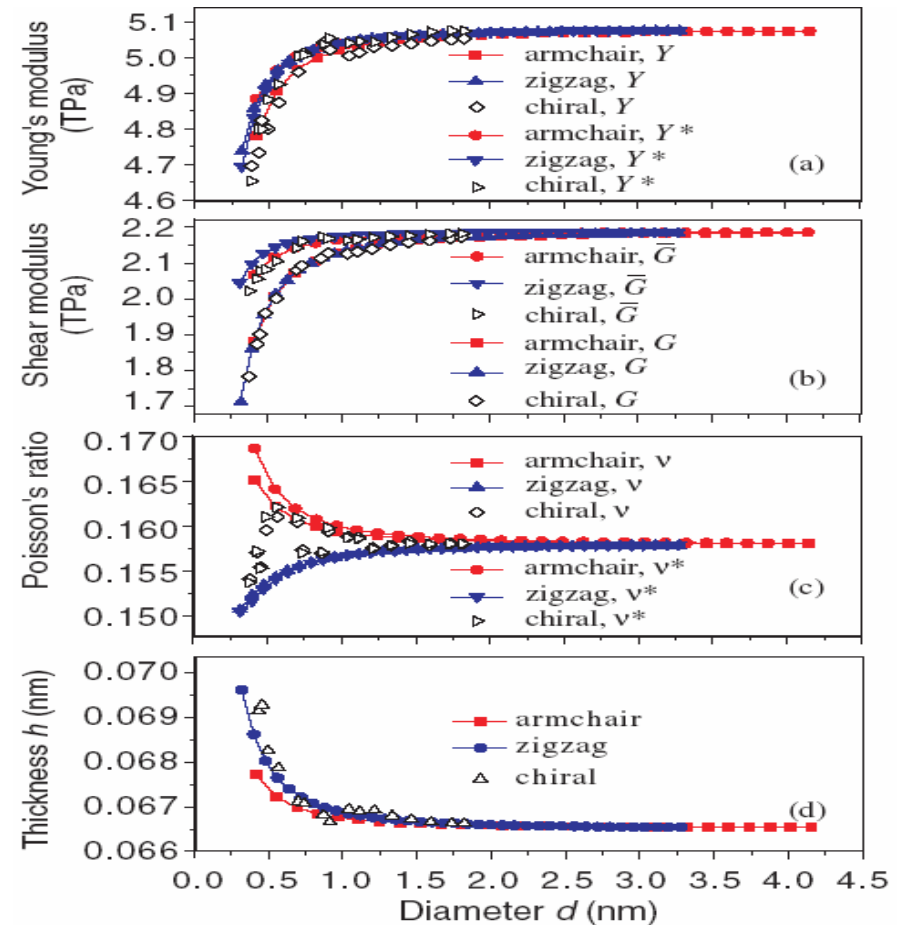
- 刘等 (PRL 2001) 揭示了弯曲起皱是导致碳纳米管两个经典力学性能实验 (Science 1997; 1999) 发现的奇异现象的主要机制 (美国工程院院士Belytschko等的评价, PRL 2003)

例4：王立峰（01-06）

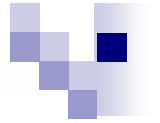
- 纳米力学模型与纳米极端材料



- 王立峰等(PRL 2005; Small 2008)

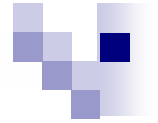


例5：赵治华（03-06）

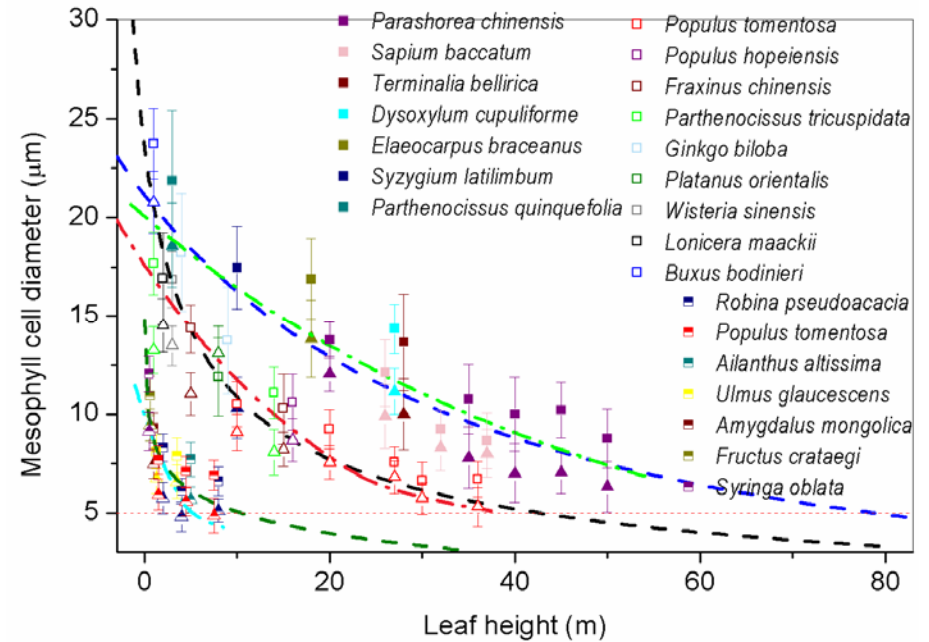
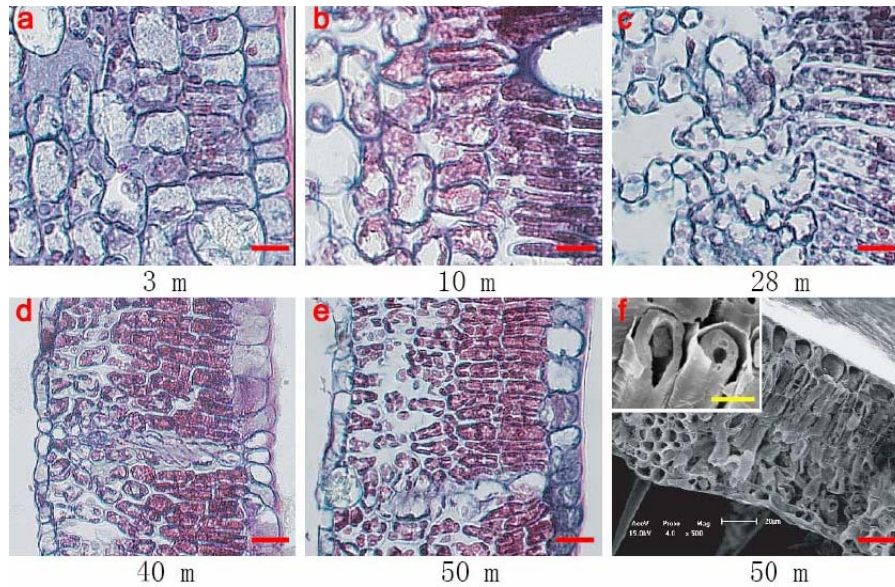


- 全班唯一做研究的人
- 本科生论文；硕士生JMPS, Langmuir
- 下海
- 回炉

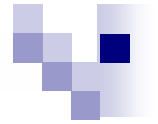
例6：郭明（04-07）



- 自己感兴趣做
- 发现各地树高极限的细胞层次的秘密



例7：徐志平（02-07）



- 第21名、100学分、MD
- 一系列重要发现：跨声子现象、石墨烯剪裁电子输运和量子结、热致高频振荡、微纳树状导热

固体力学研究所讨论班和培养模式大研讨



二、突出特点，不断创新

清华大学固体力学博士点在培养模式的各个层面上所形成的制度或方法，广泛吸收了国内外著名大学的成功经验，形成了一套适应中国教育和科技的发展、符合国际一流水平的博士生培养规律、突出高水平和创新性、兼备目标与过程管理的完整体系，具有如下五个方面的突出特点和创造性。

(1) “顶天立地”的博士生选题原则

博士生选题对实现高水平和创新性的学位论文有着至关重要的影响。选题必须是“顶天”，即研究学科前沿、热点和重大理论等问题，或是“立地”，即研究事关国计民生的重大工程难题。这“顶天立地”的选题原则保证了博士学位论文研究方向的高质量。例如：

突出新学科热点前沿问题——获奖者谭鸿来、朱廷和姜汉卿的学位论文选题分别为“材料断裂过程的宏微观研究”（1993—1997）、“铁电陶瓷的电致失效力学”（1995—1999）和“应变梯度塑性理论断裂和大变形的研究”（1996—2001），在当时都是固体力学国际研究的热点和前沿问题。这些选题，使得学生有机会成为该领域的拓荒者之一，激发了最大的创新热情和研究潜力。

针对学科重要难题，结出系统性理论成果——获奖者冯西桥和牡丹旭的选题“脆性材料的细观损伤力学”（1991—1995）和“多相材料有效性质的 IDD 法”（1995—2000），都是已经研究了四十余年而又十分重要的理论难题。他们的论文研究，取得了重要的系统性成果，对推动该领域研究的进展起到了关键作用。

解决国家急需的重大工程难题——压力容器和管道量大面广，其中绝大多数存在着大量体积型缺陷。对其危害性如何进行安全评定和处理，是工业界长期没有解决的技术难题。获奖者刘应华的选题“体缺陷失效力学与压力容器的安全评定”就是针对这一国家需求，在国家“八五”重点科技攻关专题的支持下完成的。


鼓励有特殊兴趣和才能的博士生独立选题和开辟新方向——获奖者冯西桥在力学和数学方面有浓厚的兴趣和扎实的基础，在硕士生阶段（1990—1991）即表现出突出的独立从事科研工作的能力，发表了 10 篇期刊论文。他获导师允许，自主选择了微裂纹细观损伤力学的博士生课题，成功地建立了一套细观损伤力学理论——微裂纹扩展区理论，并独立提出了损伤结构的安定理论的课题。

(2) 自由活跃的学术氛围与高水平的合作交流

良好的学术氛围与高水平的国内外合作交流，是提出和形成“顶天立地”选题的沃土。严格训练、高起点要求和合作指导是实现论文目标的关键。

学科前沿学术讨论班制度——黄克智院士等从 1977 年创建了每周一次的学术讨论班，已经坚持了 27 年，无特殊原因从未间断。大量力学界的中外名人都在这个讨论班上做过报告，一批批青年教师和博士后在这里锻炼成长，一代代研究生从这里熏陶感悟，它成为获取灵感不断创新的摇篮，不仅对固体力学学科的发展和建设，也对高水平创新性研究生的培养起到了至关重要的作用。

讨论班的发展历程大致分为三个阶段。70—80 年代的早期讨论班主要体现了集体研讨的特点。90 年代以后，伴随着学科发展和学术交流的日益频繁，逐渐演化成两个层次的讨论班，其一是每周一次的大讨论班，以著名学者作学科的前沿报告为主；其二是每个导师的小讨论组，以研究生作报告和小组讨论为主。

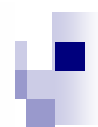



进入新千年以来，进一步拓展为三个层次的讨论班制度。

其一是每周一次的全所讨论班，报告人绝大多数是国际和国内的著名学者，内容涉及固体力学研究前沿和与之相关的数学、物理、化学、生物、材料和工程等诸多学科。要求全所教师和研究生参加，执行严格的考勤，并纳入教师评估和研究生学分的管理体系。全所讨论班平均每年举办40次以上（假期除外），每次均有100名师生参加，达到了拓宽知识结构、了解学术前沿、促进学科交叉的目的。

其二是不定期举行8个研究方向的报告会，每位教师和研究生至少参加两个以上研究方向的报告会。

其三是导师（独立或联合）与研究生的研讨会，有效地督导了研究生的论文质量和进程，训练了他们对研究课题的表述能力，并促进了导师之间和研究生之间的交流合作。





高水平的国际合作与交流——在固体所教师中多人为国际水平的知名学者，他们频繁地参加国际学术会议和进行国外学术访问，每年吸引了众多的海外著名教授来访或学术休假。他们与国际著名学者之间有着密切的合作，如与国外科学家联合申请科研项目和指导研究生，以及聘请国外著名学者兼职等。

正是发展创建的三个层次的学术交流机制和广泛密切的国际学术活动，对形成“顶天立地”的选题，对研究所成员始终活跃在固体力学的研究前沿，对营造浓厚的、自由活跃的学术气氛，对培养学生严谨、勤奋、求实、创新的科学作风和素质，都起到了关键性的不可替代的作用。


导师间密切合作，联合指导博士生——固体所不仅新老教师之间，而且著名博导之间经常合作指导博士生，有效促进了博导之间的实质性合作，有助于博士生博采众长、交叉研究、做出创造性成果。典型的例子如黄克智—余寿文组合带出杨卫、孙庆平等。合作的广泛性可举郑泉水为例的导师组合：余寿文—郑（损伤力学）、杨卫—郑（高分子材料—各向异性）、郑—符松（固体—流体）、郑—C.H. Woo（力学—材料）、郑—Jiang（纳米力学—微机电）等等。

高标准要求，力争在国际力学最具影响力的杂志上发表文章——研究所对研究生高标准、严要求，不求论文数量，但求质量，倡导和鼓励研究生将研究成果瞄准在所研究领域中最具有影响力的国际杂志上发表，如在力学影响因子最高的 JMPS (Journal of the Mechanics and Physics of Solids) 上发表，微纳米力学则在物理界最有影响的 PRL (Physical Review Letters) 上发表。近 10 来，固体所在 JMPS 上发表的论文数，位居世界高校前十位。

(3) 重视过程管理，实施和规范质量保证体系

对研究生培养过程的各个环节（入学、课程、开题、中期考核、预答辩和答辩等），研究所逐步形成了一套成文的制度。这些制度，借鉴了国内外著名大学的成功经验和教训，顾及到固体力学学科正在发生的深刻变化，适应于我们国家教育和科技的发展。导师们形成了如下共识：严格执行这些制度和要求，是对工作的重要支持和帮助，有利于督导学生投入学习和研究，真正做出成果。

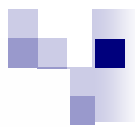
高标准的开题要求——对占本博士点相当比例的直博生的开题，要求：1) “顶天”或“立地”；2) 对选题背景和研究技术路线有全面和较深刻的理解；3) 取得了与硕士论文相当的研究成果，基本表明有可能实现选题目标。这些要求，促使博士生从入学开始，就要积极进入和十分投入到研究工作。达不到要求的学生，一般会被导师建议延缓申请开题半年甚至一年。该制度得到了严格执行，即使黄克智、张维先生的学生也无例外。



严要求淘汰制和灵活性的资格考试——清华大学十分重视博士生的资格考试环节。在学校的支持下，固体所创立了对学位课程具有更高要求、免试和淘汰相结合的资格考试制度（见附件）。该制度的实施，显著地促进了学生的学习主动性和积极性，同时明显地提高了资格考试的效率。

着眼长久发展潜力，加深拓宽课程体系——作为固体所博士生教学体系全面革新的成果，针对以往课程体系的知识浅显面窄、科学思维局限、独立创新不足的问题，新课程体系在深度、广度和衔接方面有了大幅度的调整。重点建设了 13 门核心固体力学主修课程，增加了 9 个学分必修的交叉学科（如工程、材料、数学、物理、化学、生物等）辅修课程，加强数学课程的学分要求。通过全方位的研究生课程改革，加深拓宽了博士生的知识结构，为他们今后的长远发展奠定了坚实宽广的理论基础，全面缩小了在课程设施上与 MIT 和 Brown 等著名高校的差距。

在清华大学研究生院的支持下，我们所建立的一整套固体力学学科博士生培养的新的课程体系和培养方案已经实施，并在航天航空学院全面推广。



(4) 建设一流的教师队伍

高质量研究生培养的核心保障是导师队伍的高质量和追求创新。为此，固体力学博士点在队伍建设方面注重了如下几个方面：

积极培养和引进杰出人才——老一辈学术带头人为杰出人才的培养和引进做出了不懈的努力，并给予大力提携和全方位支持，使得新一代学术带头人迅速成长。如杨卫、郑泉水和方岱宁从美国和欧洲回到清华工作后，在国际上做出了更突出的学术贡献，不断开辟新的研究方向，迅速成长为国内外知名学者，并获得了国家杰出青年科学基金、长江特聘教授等一系列荣誉。杨卫和郑泉水分别于1994和1996年获得中国青年科学家奖；他们共带出了3名全国优秀博士论文获得者；杨卫于2003年当选为中科院院士。聘请海外年轻华人学者杰出代表高华健和黄永刚为长江讲座教授。

五湖四海，广纳优秀人才——交叉最易激发创新和进取。以往固体所的教师多是清华本校的毕业生，现在则大部分是外校来的。目前全部17位文革后研究生毕业的教师，分别在国内的清华、北大、中科大、西交大、西工大等高校，以及美国、法国、爱尔兰、日本、以色列等国家获得博士学位者，且全部都有在国外学习或工作多年的经历。这些来自五湖四海的人才，融合在固体所优秀传承的氛围中，带来了国内外各异教育文化的精髓，和不同大学的学术特色，客观上为固体所形成今天这样一个具有丰富的学术、教学和人文氛围的内涵，以及和谐、合作和良性竞争的团队奠定了基础。

大力培养、引进有发展潜力的年轻教师——固体所对人才引进制订了详尽的条例（见附件）。对引进年轻人才提出很高的要求，即他们在学术上有很大的发展潜力、有优良的科学素养和将来有能力超越现有的教师。

（5）因材施教和全面素质培养

因材施教、发挥特长——将研究生特长和潜力充分发挥出来，是实现高水平创新性博士生培养的一个事半功倍的关键因素。在招生时，导师们特别考察和关注学生的理论基础、计算能力和实验技术诸方面的专业特长、科研素质和创新意识。在选题和培养中扬长补短，充分发挥研究生的科研主力军作用，产出高水平的学术成果，使研究生具有成就感。

重视批判精神和研究方法的培养——通过讨论班制度，导师们言传身教，鼓励和强化博士生的学术批判精神。要求他们敢于探索和质疑，敢于提出新观点，敢于走别人没有走过的路和不怕失败。只有具有学术批判精神才有创新的动力和源泉。

为人师表，行胜于言——导师们时常以诸多访问过固体所的大师级学者为榜样，教导研究生既要志向高远，又要脚踏实地。以黄克智院士敬业投入、严谨求实、“积跬步、成千里”的精神激励研究生自强不息。正是这些导师们诚信为人和严谨为学的态度受到了研究生的由衷敬仰，对培养他们的优秀科学素质起到了潜移默化的作用。

三、更新观念，再攀高峰

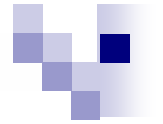
固体所导师之所以能够对博士生培养如此重视，源于对高质量博士生培养的信念和追求。导师们经历了一系列的关键性的观念更新，如：

- ◆ **追求质量，而不追求数量**——在90年代初期，研究生的规模发展迅速，当时一些导师认为招生数量越多，则成果和论文越多，而对研究生培养的质量和发表论文的水平却考虑得不够。如今我国现在每年研究生毕业的人数即将超过美国，但最大的差距是缺乏培养出高水平创新性的博士生。结论是作为优秀的博士生导师，应该是培养出高水平的优秀博士生，有精品意识，而不能刻意地追求研究生的数量。

- ◆ **实施淘汰，并不影响生源**——曾经有部分导师认为，若实行淘汰制，一些研究生就不敢报考，会使导师十分尴尬，因此主张除非特别差的个别学生，都要让他们毕业。经过一段时间的讨论与尝试，我们认识到不问质量和不负责任的授予学位对学校 and 教授 的声誉都非常不利。合理的淘汰非但不会使导师被动，宁缺勿乱，反而大大提高了导师和学校的声誉。我们的实践表明，淘汰制度的实施，对研究生的学习热情和科研投入起到了一定的激励作用，并吸引了更多的优秀学生慕名而来。

- ◆ 增加课程，并不影响论文质量——个别教授认为大幅度增加博士生的课程数量和深度，会缩短学位论文的研究时间，减少发表文章的数量。经过研讨和中美研究生教育对比，有些观念发生了变化。我们认识到增加和拓宽课程，会大大提高学位论文研究的加速度，实现学科交叉的创新性，非但不会影响论文的最终成果，而且会取得更大的创新性；另一方面，对于研究生毕业后的持久发展非常有利。国外著名大学的成功经验均证实了这一点。

不断学习如何培养研究生，小结



- Group Meeting
- 多鼓励、出路
- 创新、内在兴趣、个性化培养
- 学生之间的合作和团队精神