

协力

郑哲敏

总第 21期 | 季 刊
2021年第3期



中国科学院力学研究所党委主办

传承基因·担责国家，做工程科学接班人

综合要闻

- 学习习近平总书记“七一”重要讲话精神
- 召开2021年第七次、第八次理论学习中心组学习会
- 中央统战部来力学所调研参观
- 党史学习教育中央督导组调研力学所



党员随笔

传承与践行

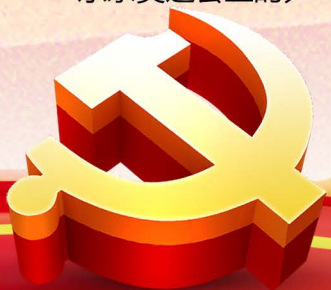
- 传承老一辈科学家思想，做工程科学接班人 / 陈猛
- 追梦与传承 / 陈雪飞
- 同一起点重头开始 / 徐多
- 对格物致知精神的再思考 / 漆文刚

奥运科普

- 下届奥运会游泳观赛指南（力学篇） / 万田
- 弹弹弹，弹上领奖台！ / 王江涛，马特，宋宏伟
- 这种球像“章鱼”，速度最快减速也最快 / 韩桂来
- 东京奥运会上的乒乓球和球拍是自带的吗？ / 刘聪，吴臣武

创新驱动发展

- 从近海迈向深远海 / 周济福，段金龙
- 制约高速磁浮列车“贴地飞行”的流固耦合问题 / 吴晗，郭迪龙
- “十年磨砺，匠心筑梦”
—高精度瞬态同轴热电偶的研制与应用 / 李进平，张仕忠，陈宏
- “十年磨一剑，香自苦寒来”
——可燃冰开采安全评价与工程应用 / 张旭辉





协 力

郑哲敏

主办

中国科学院力学研究所党委

承办

LMFS 党总支部

编委会

主 编：刘桂菊

执行主编：杨 旭

副 主 编：（按姓氏拼音排序）

卢哲猛 魏炳忱 武佳丽 杨国伟 赵 伟

编 委：周济福 黄仁芳 吴 晗 杜特专 张旭辉

王静竹 李 洋 张慧杰 任庆帅 王 洁

刊物类型：季刊

地址：北京市海淀区北四环西路 15 号 邮编：100190

电话：+86-10-82543856

传真：+86-10-62560914

网址：<http://www.imech.cas.cn>

目录

2021年·第3期·总第21期



| 封 | 面 |

40 力学人

- 凌博闻 40
- 刘天威 41
- 吴晗 42
- 王睿星 43
- 杜书恒 44
- 黄仁芳 45
- 郭雅惊 46
- 王志英 47
- 曹高辉 48
- 李鹏 49

50 创新驱动发展

- 从近海迈向深远海 / 周济福, 段金龙 50
- 制约高速磁浮列车“贴地飞行”的流固耦合问题 / 吴晗, 郭迪龙 54
- “十年磨砺, 匠心筑梦”——高精度瞬态同轴热电偶的研制与应用 / 李进平, 张仕忠, 陈宏 57
- “十年磨一剑, 香自苦寒来”——可燃冰开采安全评价与工程应用 / 张旭辉 60

01

综合要闻

- 力学所党委中心组专题学习贯彻习近平总书记在庆祝中国共产党成立 100 周年大会上的重要讲话精神 01
- 力学所组织党员干部参观“新时代中央和国家机关党的建设成就巡礼展” 02
- 力学所党委召开 2021 年第七次、第八次理论学习中心组学习会 03
- 中央统战部组织党外知识分子来力学所调研参观 05

06

党史学习教育

- 党史学习教育中央督导组赴力学所怀柔园区调研并召开座谈会 06
- 力学所办公室党支部召开党史学习教育专题组织生活会 07
- “因相信而看见因看见而更加相信”——LHD 党总支召开全体党员大会暨党史学习教育专题组织生活会 08
- 机关一党支部召开党史学习教育专题组织生活会 09
- LMFS 党总支召开全体党员大会暨党史学习教育专题组织生活会 10
- 宽域飞行工程科学与应用中心党支部召开党史学习教育专题组织生活会 11
- LNM 党支部召开全体党员大会暨党史学习教育专题组织生活会 12
- “深入学习党史, 传承红色基因”——LHD 第二党支部第二党小组组织香山革命旧址主题党日活动 13

14

党员随笔

传承与践行

- 传承老一辈科学家思想, 做工程科学接班人 / 陈猛 14
- 追梦与传承 / 陈雪飞 16
- 同一起点重头开始 / 徐多 18
- 对格物致知精神的再思考 / 漆文刚 19
- 观《觉醒年代》有感 / 路玲玲 21

奥运科普

- 下届奥运会游泳观赛指南(力学篇) / 万田 23
- 弹弹弹, 弹上领奖台! / 王江涛, 马特, 宋宏伟 26
- 这种球像“章鱼”, 速度最快减速也最快 / 韩桂来 31
- 东京奥运会上的乒乓球和球拍是自带的吗? / 刘聪, 吴臣武 35

62

先锋故事

- 郑哲敏院士: “给力”中国力学学科建设与发展 62
- 应用力学和技术科学的开拓者和领路人——著名力学家郑哲敏院士 65

72

党风廉政

- 力学所召开党风廉政建设责任书签订仪式和廉政谈话会 72

67

党群园地

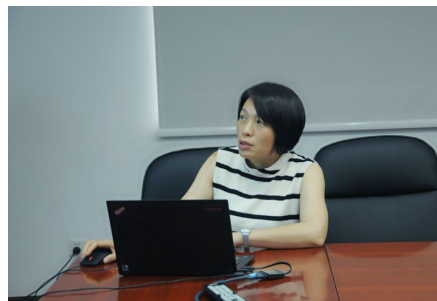
- “筚路蓝缕创业业, 初心不忘再起航”——力学所开展“力之韵”主题摄影大赛 74

力学所党委中心组专题学习贯彻习近平总书记在庆祝中国共产党成立 100 周年大会上的重要讲话精神

7月19日下午，力学所党委召开了2021年第六次党委理论学习中心组暨党史学习教育专题学习会，专题学习贯彻习近平总书记在庆祝中国共产党成立100周年大会上的重要讲话精神。所党委中心组成员参加会议，会议由党委书记、所长刘桂菊主持。

刘桂菊传达了中科院院长、党组书记侯建国专题党课报告精神以及中科院副院长、党组副书记阴和俊在报告会上的重要讲话，并传达了力学所在党史学习教育中结合实际组织开展中科院弘扬科学家精神示范基地启动式及体验活动的情况。

党委委员杨国伟传达了习近平总书记在庆祝中国共产党成立100周年大会上的重要讲话精神以及习近平总书记在中国共产党与世界政党领导人峰会上的主旨讲话精神，并分享了现场参加庆祝中国共产党成立100周年大会感想与体会。



刘桂菊作报告



杨旭作报告



杨国伟作报告



会议现场

党委副书记、纪委

书记杨旭作了题为《新时代全面从严治党的历史性成就》的党史学习教育专题党课。她结合纪检工作典型案例，对党中央以及我院全面从严治党的战略举措进行了深刻阐述和详细解读。随后传达了中科院科研道德委员会办公室关于印发《关于在公众媒体上发布学术成果常见问题或错误的诚信提醒》的有关要求。

刘桂菊在讲话中强调，要进一步深入学习贯彻落实习近平总书记在庆祝中国共产党成立100周年大会上的讲话精神。要求党委委员：一是要强化思想认识、推动各项工作落实，积极发挥党委委员以上率下的带动作用；二是以咬定青山不放松的精神，积极推进科研、党建和人才队伍建设；三是党委委员要按照分工切实履行责任，推动各项工作任务落实；四是要推动党建工作与科研工作互融互促，发挥引领作用。

力学所组织党员干部参观 “新时代中央和国家机关党的建设成就巡礼展”

为深入推进党史学习教育，按照中国科学院直属机关党委统一部署，2021年8月6日上午，力学所组织包括所领导班子成员、党委委员、纪委委员在内的10余名党员干部，赴中国国家博物馆参观“让党中央放心、让人民群众满意——新时代中央和国家机关党的建设成就巡礼展”。

展览以贯彻落实习近平总书记在中央和国家机关党的建设工作会议上的重要讲话精神为主线，集中展示了2700余幅图片、185件实物和3000余册图书，生动展现了党的十八大以来特别是中央和国家机关工委成立以来，在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，中央和国家机关党的建设取得的显著成绩和深刻变化。



参观巡礼展



合影留念

参观时，大家不时驻足交流，边看边思，边学边悟。走出展览大厅，大家一致表示，要深入学习贯彻习近平总书记在庆祝中国共产党成立100周年大会上的重要讲话精神，增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”，当好“三个表率”，贯彻落实习近平总书记对我院提出的“四个率先”和“两加快一努力”要求，恪守定位、聚焦主业，努力建设让党中央放心、让人民群众满意的科研院所。

力学所党委召开 2021 年第七次、第八次理论学习中心组学习会

● 第七次理论学习会

8月18日上午，力学所党委召开了2021年第七次理论学习中心组学习会。所领导班子成员、党委理论学习中心组成员参加会议，会议由党委书记、所长刘桂菊主持。党委委员赵伟、卢哲猛、武佳丽做了主题发言报告。

赵伟带领大家学习了《中国共产党组织工作条例》，卢哲猛传达了阴和俊副书记在特聘研究岗位制度实施部署会上的讲话精神，武佳丽与大家共同学习了党委中心

组学习制度以及由来和发展、上级关于民主生活会的有关要求。全体党委中心组成员共同学习了习近平总书记在西藏考察期间的重要讲话精神、习近平总书记在2021年4次考察时阐释党史学习教育总要求、《中国共产党党内法规体系》、《县以上党和国家机关党员领导干部民主生活会若干规定》等。

刘桂菊在讲话中强调，要深入推进党委理论学习中心组学习规范化、制度化、科学化，着力提高学习质量和效果；中心组成员应当发挥示范和表率作用，强化责任意识，提升能力水平；要进一步推进党建工作信息化，进一步加强所内制度体系建设和文化建设；要结合力学所发展定位，面向国家重大战略需求，切实推动特聘研究岗位制度落地落实并取得实效。



刘桂菊讲话



赵伟作报告



武佳丽作报告



卢哲猛作报告



会议现场

● 第八次理论学习会

9月15日上午，力学所党委召开了2021年第八次理论学习中心组学习会。所领导班子成员、党委委员等力学所党委中心组成员参加会议，会议由党委书记、所长刘桂菊主持。



刘桂菊讲话



杨旭作报告



卢哲猛作报告

刘桂菊传达了院党组夏季扩大会精神，党委副书记、纪委书记杨旭传达了党建工作推进会精神，党委委员、人力资源处处长卢哲猛传达了习近平在中央党校（国家行政学院）中青年干部培训班开班式上发表的重要讲话精神。

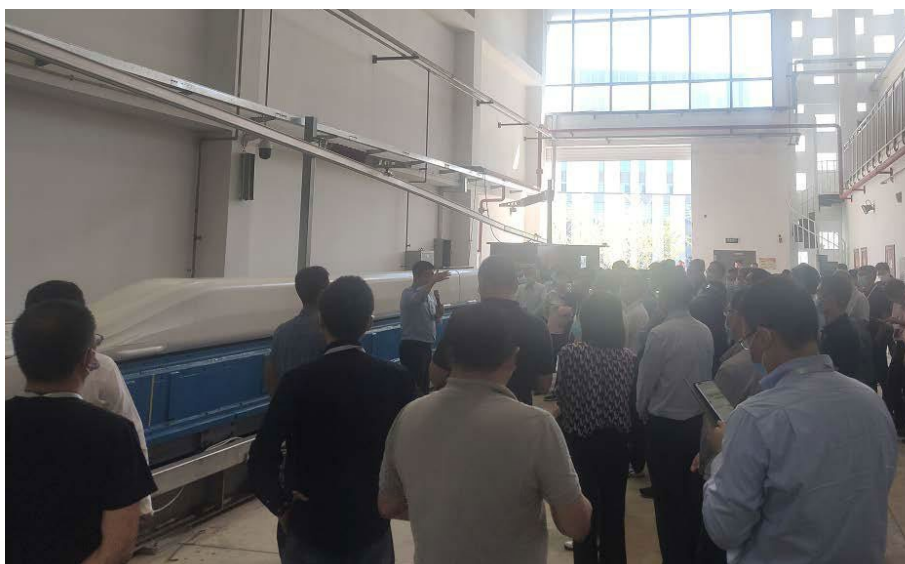
刘桂菊在讲话中强调，要认真落实上级有关要求，将思想认识统一到党中央和院党组的决策部署上来；中心组学习需结合工作实际，将学习成果转化成推动力学所高质量发展的具体举措；干事要有决心、有韧劲，要有坚韧不拔的精神，要把学习落实到具体行动上来；进一步加强“四强”党支部建设，推进支部党建活动与科研工作相互融合；持续推动在科研骨干中发展党员工作，加强对党外科技骨干的政治引领；征集一批具有鲜明科技特色的、充满感召力、凝聚力、震撼力的标语口号，进一步弘扬新时代科学家精神。



会议现场

中央统战部组织党外知识分子来力学所调研参观

9月6日下午，中央统战部和中科院直属机关党委组织近160名党外知识分子参观了力学所激波风洞实验室和高速列车动模型实验平台。科研人员生动形象的为大家讲解了大科学装置的运行原理、技术体系和应用。参观人员了解到力学所大科学装置采用的一系列关键技术都是世界领先的独创技术，被科学家们勇攀高峰、敢为人先的创新精神所鼓舞。



参观速列车动模型实验平台



参观激波风洞实验室

党史学习教育中央指导组 赴力学所怀柔园区调研并召开座谈会

9月8日下午，党史学习教育中央第25指导组组长段余应，中科院副秘书长李和风，中科院驻怀柔科研院所党委负责人及党办主任等一行二十余人到力学所怀柔园区调研并召开座谈会。

指导组实地考察了力学所怀柔园区激波风洞实验室，听取了韩桂来副研究员介绍JF-12和JF-22风洞的原理、应用和成果。

李和风主持召开了调研座谈会。指导组听取了中科院驻怀柔科研院所党史学习教育情况的汇报。会上，力学所党委副书记、纪委书记杨旭重点从四个方面汇报了力学所党史学习教育工作开展情况：一是领导带头、以上率下，切实发挥表率作用；二是精心策划、加强指导，确保规定动作做到位、自选动作有特色；三是结合实际、注重成效，不断创新活动品牌和载体；四是统一思想、提升站位，积极策划“心系‘国家事’、肩扛

‘国家责’”主题党日活动。其他怀柔驻区单位也就党史学习教育开展的情况进行了汇报。

段余应强调，认真学习和贯彻落实总书记“七一”重要讲话精神，要在现有学习的基础上，重点围绕深入理解总书记讲话的一系列重大思想、重大观点、重大论断，围绕总书记关于科技创新的重要认识和科学院的重要指示批示，继续开展形式多样的专题学习活动；着力推进“我为群众办实事”实践活动，将实践活动作为党史学习教育的主要内容，作为检验党史学习教育成效的重要标准。



参观激波风洞实验室



李和风讲话



段余应讲话



杨旭汇报



会议现场

李和风指出，各单位要认真学习领会，做好贯彻落实，要进一步深入学习贯彻习近平总书记“七一”重要讲话精神，抓实“我为群众办实事”实践活动，结合贯彻落实夏季党组扩大会议精神和党建工作推进会精神，进一步强化心系“国家事”、肩扛“国家责”的使命担当，办实事，开新局，认真抓好重大改革创新举措的落实，确保“十四五”和“率先行动”计划第二阶段开好局、起好步。

力学学会办公室党支部 召开党史学习教育专题组织生活会



会议现场

8月17日上午，力学学会办公室党支部召开党史学习教育专题组织生活会。所党委委员卢哲猛同志出席会议。

会上，支部书记汤亚南同志总结了半年来学会办公室党支部党史学习教育的开展情况以及历次活动的收获，深刻检视反思了开展党史学习教育活动过程中发现的问题和不足，提出了整改措施和努力方向。每位党员按照党史学习教育专题组织生活会的要求交流了学习感悟和收获。

卢哲猛同志对本次组织生活会进行了点评。他指出，学会办公室党支部围绕党史学习教育专题开展了非常丰富的活动，每位党员在本次组织生活会中深刻剖析自己，谈体

会、有思考、有深度，达到了自我提高的目的。他倡议大家以党史学习教育为契机，进一步加强相关学习，做到学以致用，做好本职工作，促进个人发展，进而推动部门和研究所以发展。研究所的发展又能为个人发展提供更好的平台，进而形成良性循环。

汤亚南同志作总结发言。她引用习近平总书记“科技立则民族立，科技强则国家强”的金句，向支部全体党员发起号召，当前科技界重任在肩，我们作为科技界的后勤服务保障人员也重任在肩，接下来支部将深入开展“我为群众办实事”实践活动，为科研人员安心致研提供有力保障。

“因相信而看见因看见而更加相信” ——LHD 党总支召开全体党员大会暨党史学习 教育专题组织生活会



LHD 党总支书记赵伟讲党课



LHD 党总支副书记仲峰泉讲党课



所党委委员杨国伟讲话

为贯彻“学史明理、学史增信、学史崇德、学史力行”要求，高温气动党总支围绕“学党史、悟思想、办实事、开新局”主题于2021年8月18日召开全体党员大会暨党史学习教育专题组织生活会。所党委委员杨国伟应邀出席。

党总支书记\LHD一支部党支部书记赵伟作了题为《学党史鉴往知来，找初心行稳致远》的党课报告，他以“觉醒年代”为引子，回顾了从建党初期的筚路蓝缕到今天领导中国人民开创中华民族伟大复兴的艰苦奋斗历程。党课概述了“道路自信”建立过程中的几个伟大历史时刻。他号召每位党员扎实开展党史学习教育，涵养家国情怀，忠诚党和人民；激发担当意识，发扬主人翁精神；既要仰望星空也要脚踏实地，做到青春无怨无悔。

党总支副书记\LHD二支部党支部书记仲峰泉作了题为《中共北平（京）党组织早期发展历程及主要成员》的党课报告，他详细讲述了早期中共北平党组织从创建到发展壮大过程以及李大钊等主要成员的英雄事迹。他号召全体党员积极响应上级党组织“学

党史、悟思想、办实事、开新局”的号召。大力发扬红色传统、传承红色基因，赓续共产党人精神血脉，始终保持革命者的大无畏奋斗精神，鼓起迈进新征程、奋进新时代的精气神。

随后，各党小组组长汇报了半年来党小组工作情况，特别是开展党史学习教育情况。LHD实验室副主任孙泉华表示探索正确道路的过程十分曲折，革命党人和而不同，学习历史我们既学习前辈的精神也学习他们的方法，我们有必要以多种形式加强交流和碰撞，找到更能发挥实验室作用的方案。申义庆同志作为一名新党员光荣地参加了建党百年天安门庆典，在会场聆听习总书记的报告，深受鼓舞，他深刻体会了党的组织力和感召力，为加入中国共产党，成为一名中国共产党员而感到自豪。

杨国伟进行了总结讲话。他表示党员同志应当不忘初心，牢记使命，特别要把握当下百年未有之大变局的时机，以“四个自信”推进中国特色社会主义事业，坚持走新时代中国特色社会主义道路，实现中华民族的伟大复兴。

机关一党支部召开党史学习教育专题组织生活会

8月19日上午，机关一党支部在1号楼礼堂召开了支部党员会议。院党史学习教育领导小组第八指导组成员刘冰同志到会指导，党委书记、所长刘桂菊，党委副书记、纪委书记杨旭以普通党员的身份参加会议，会议由机关一党支部书记卢哲猛主持。



刘桂菊同志发言

支部副书记宋金颖同志带领全体党员学习了习近平总书记在庆祝中国共产党成立100周年大会上的讲话，传达了习近平总书记在两院院士大会上的重要讲话精神、侯建国院长在中国科学院第二十次院士大会上的工作报告精神等上级精神。支部书记卢哲猛同志作2021年上半年支部工作总结，开展了问题检视，并提出整改措施和整改时限。

会上，全体支部党员举手表决，讨论通过了党小组的调整方案。新加入支部的党员

同志张慧杰、张博洋、代玉灵、王登礼纷纷发言，畅谈心得体会。

在专题组织生活会上，刘桂菊同志首先发言，她对照专题组织生活会要求，结合自身实际，分享了感悟和收获，盘点和检视了自身的不足，并围绕所内发展关键问题和推动巡视整改工作提出了具体整改措施。随后，各党小组严格对照党史学习教育的要求分别开展专题会议，大家进行认真对照检视，开展批评与自我批评。

指导组刘冰同志在发言中指出，力学所党委高度重视党史学习教育，指导支部扎实开展党史学习教育各项工作；机关一支部本次专题组织生活会高度重视、准备充分、主题聚焦、成效显著。并建议支部继续深化学习，落实整改措施与期限，并将学习成效运用到具体工作中。



会议现场

LMFS 党总支部召开全体党员大会 暨党史学习专题组织生活会

8月19日，LMFS 党总支部召开党员大会暨党史学习专题组织生活会。党委副书记、纪委书记杨旭应邀出席了会议。



会议现场

本次大会，各党小组首先汇报了专题组织生活会的情况。总结了党史学习中存在的主要问题，并针对性地提出了整改计划。

随后，党总支部青年支委分别就党史学习中的感悟和收获向与会党员作了分享。吴晗总结了科研人员在未来如何继承和发扬共产党在斗争和社会建设中所体现出的优点；李洋总结了基层科研和管理人员该如何利用党史学习过程的收获来引导自己发挥党员模范带头作用；张旭辉结合力学中的无量纲数概念解读了守民心这一课题在新时期的主要内容；黄仁芳通过解读《觉醒时代》，激情饱满地回顾了党成立的历史背景；王静竹解读了在科研领域引进消化吸收再创新与党的理论发展的共通性；杜特专总结了“给我上”和“跟我上”的区别，分享了中国共产党员应该如何发挥起先锋模范带头作用。其他党员随后也发表了自己的感想。



支部党员分享

党总支部书记杨国伟研究员作了题为“学习贯彻习近平总书记重要讲话精神”主题党课，他对习总书记在建党百年庆祝大会上的讲话做了深刻分析，对其中一些关键性金句做了解读。



杨旭讲话

杨旭在总结发言中对支部开展党史学习教育给予了充分肯定。她指出，党史学习是十分必要的，通过党史学习可以进一步坚定广大党员的理想信念，使同志们更加敢于担当、勇于作为，从而有效推动和促进科技创新工作，希望党总支继续做好党史学习教育下一个阶段的工作，引导广大党员从党史中汲取力量，努力为科技创新作出更大贡献。

宽域飞行工程科学与应用中心党支部 召开党史学习教育专题组织生活会



参观“中国科学院弘扬科学家精神示范基地”展馆



聆听“科学家事迹”讲解



会议现场

宽域飞行工程科学与应用中心（以下简称宽飞中心）于2021年8月19日下午召开全体党员大会，开展了围绕“学党史、悟思想、办实事、开新局”主题的党史学习教育专题组织生活会。会议由支部书记肖歆昕同志主持。

会议首先组织参观了“中国科学院弘扬科学家精神示范基地”，一起回顾了钱学森、郭永怀等力学所老一辈科学家的事迹，让参观的党员感受到了他们为国担当的家国情怀，进一步坚定了同志们传承践行老一辈科学家精神、矢志创新、科研报国、为我国的科技事业做出突出贡献的决心。

支部书记肖歆昕介绍了宽飞中心党支部建设情况，向全体党员通报了党支部成立以来开展的各项活动和取得的成效，对照四个方面盘点检视的结果，指出支部目前存在的两个主要问题：一是新组建的支委班子成员在党务

工作能力方面还需要提升和加强；二是需要进一步加强党建工作与业务工作的深度融合，并针对以上问题制定了具体的应对措施。

会上，针对如何高效、有针对性的开展党史学习，以党小组分组谈话的方式进行了讨论，提出党史学习要有目标、注重方式与内容、丰富活动形式。一方面可以围绕典型革命故事开展“信仰的力量”等分享会；另一方面以史为鉴，基于具有转折意义的重大历史事件，结合新时期发展观，深入思考目前面临的问题和困境，以期开拓新的发展思路。

各组代表做了小组总结发言，一致认为要充分发挥支委及党小组长积极性，调动全体党员参与支部活动，形成活跃的支部文化，做到工作有计划、有提醒，落实情况有监督，学习成果有分享。



第一党小组讨论中



第二党小组在讨论中



第三党小组讨论中

LNM 党支部召开全体党员大会 暨党史学习教育专题组织生活会

8月20日，LNM党支部召开了支部全体党员大会暨党史学习教育专题组织生活会。党委书记、所长刘桂菊、实验室主任魏宇杰应邀出席会议。

首先，党员们全体起立奏唱国歌。接着，支部书记武晓雷代表党支部委员会向党员报告半年来党支部的工作情况，特别是开展党史学习教育情况。之后，会议围绕“学党史、悟思想、办实事、开新局”主题，召开了“学史明理、学史增信、学史崇德、学史力行”专题组织生活会，并认真开展了批评与自我批评。

李江华作题为《党史宣讲：家乡红色革命圣地—西柏坡》的党史学习报告，介绍了我党部分领导人在西柏坡的革命事迹。刘传奇从“飞夺”的定义、是否战斗、引用邓小平对布热津斯基所述内容是否准确等三个方面论证了“飞夺泸定桥”的史实是清晰的，某些别有用心的人草率地否定“飞夺泸定桥”的史实是不足为训的。李龙以《学习党史 牢记使命 党史故事——南陈北李，相约建党》



讨论和交流

为题进行了党史学习主题报告，讲述了陈独秀与李达相识相知，相约建党的故事以及从中获得的启示。

魏宇杰充分肯定了相关报告，他表示科研工作者们应当将学习和行动结合起来。现如今，年轻的科研工作者们是科学发展的先锋骨干，是科学院和力学所的未来。科研工作者们应当攻坚克难，助力国家发展。洪友士表示了对党史学习报告的认同，进一步指出学术交流对于科研发展十分重要，支部应当认真考虑在疫情环境下如何促进科研的交流工作。

刘桂菊在讲话中指出，现如今中国的科研环境条件很好，国家从党政两个角度都支持实验室的发展，科研工作者们应当面向国家需求做贡献；支部的特色活动有助于年轻科研工作者的发展与成长，支部活动应当能够支撑实验室的发展。她希望能够将党建工作与科研工作联系在一起，如何调动科研工作者的积极性、促进科研工作产出是党建工作的落脚点和根本出发点。



会议现场

“深入学习党史，传承红色基因” ——LHD 第二党支部第二党小组组织香山革命旧址 主题党日活动

为进一步贯彻习近平总书记在党史学习教育动员大会上发表的重要讲话精神，落实所党委对党史学习教育活动的重要部署，8月26日，LHD 第二党支部第二党

小组组织近 20 名党员和群众赴中共中央北京香山革命纪念地，开展“深入学习党史，传承红色基因”主题党日活动。

同志们首先来到中国共产党“进京赶考”的第一站——双清别墅，瞻仰毛主席的办公和居住地。看着年代久远的布局和陈设，同志们身临其境地感受当年中国共产党领导中国人民夺取全国胜利和筹建新中国的光辉历史。随后，大家瞻仰了朱德、刘少奇、周恩来、任弼时等中央领导人的办公和居住地、中共中央办公厅旧址（镇芳楼和镇南房）、中共中央宣传部旧址（思亲舍和多云亭）、



双清别墅东侧中央警卫处旧址合影



双清别墅合影



讲解员介绍中共中央北京香山革命纪念地

香山专用电话局旧址（丽瞩楼）、中共中央图书馆旧址（小白楼）等多个革命旧址。大家触景生情，脑海中

浮现着老一辈无产阶级革命家在香山时的工作和生活情况，深感当年进京“赶考”的艰辛和不易。

随后大家登上香炉峰，远眺蓝天白云下的北京城，远处一栋栋高楼大厦，繁荣而充满活力。大家纷纷表示能够有今天这样幸福的生活，是无数革命先烈艰苦奋斗和流血牺牲换来的，我们应当牢记“为人民谋幸福、为民族谋复兴”的初心使命，在今后的工作中发扬老一辈无产阶级革命家不畏困难的革命精神，始终在科研和业务工作中保持奋发有为勇于创新的精神风貌，永葆党的先进性和纯洁性，以“赶考”的清醒和坚定答好新时代的答卷。

追寻先辈的红色足迹，深入认识党的革命历史，学习老一辈无产阶级革命家的事迹是高温气体动力学国家重点实验室党总支部践行党史学习教育和党性教育的重要方式。这次以党小组为单元的活动为支部党史学习教育提供了很好的活动形式示范作用，必将带动党总支各小组的学习热情与学习效率。

传承与践行

传承老一辈科学家思想，做工程科学接班人

◇ 陈猛

2021年对于我们国家，我们的党，都是不同寻常的关键之年。中国共产党建党100周年之际，全党全国人民攻坚克难，打赢脱贫攻坚战；众志成城，新冠疫情得以有效控制。经过评估和总结，党中央正式宣布中国全面建成小康社会。今年也是“十四五”开局之年，全面建设社会主义现代化国家新征程由此开启：中国加入世贸组织20周年、恢复联合国合法席位50周年、民法典实施、“天问一号”火星着陆……这一系列重大成就令国人自豪，各界瞩目。

作为一名党员，一个普通的科研工作者，我深深地为国家的科技进步、人民生活水平提高感到自豪。这是前辈共产党人艰苦奋斗、捐躯济难取得的伟大功绩。我国科技事业取得的历史性成就，是一代又一代矢志报国的科学家前赴后继、接续奋斗的结果。璀璨成果来之不易，作为力学所人对老一辈科学家的求真务实、报国为民、无私奉献的爱国情怀和高尚品格有着更深刻的体会。

我们的第一任所长钱学森先生在建国初期就坚定了“效忠中国人民”的伟大志向。

即便在美国历经5年封锁与不公正待遇，仍克服万难，坚持回到祖国，投身到当时一穷二白的中国航天事业，为“两弹一星”事业立下了不朽功勋。“我作为一个中国人，有责任回到祖国，和人民一道，共同建设我们的美丽的山河。”郭永怀先生用生命诠释了什么是共和国的脊梁，他的一生始终践行着为祖国的科研事业努力拼搏。他们为新中国填补了多项空白，铸就了共和国核盾牌，奠定了我国国防安全体系的基石。郑哲敏先生曾说：“我从过去走到现在，并没有什么清晰的路线。但有一点是确定的，那就是富国强民的愿望。”老一辈科学家始终把国家利益放在首位，想国家之所想，急人民之所急，身体力行地践行着“为人民服务”。他们在艰苦而枯燥的工作中，逐渐铸就了胸怀祖国、勇攀高峰、追求真理、淡泊名利、甘为人梯的科学家精神。

老一辈科学家始终以国家重大需求为研究方向，聚焦制约国家重大任务的关键共性技术和核心科学问题，科研方向要从国家迫切需要和长远需求出发，真正致力于解决实

际问题。这种科学家精神和我所钱学森先生工程科学思想的办所方针是高度契合的。作为力学所的学生、职工，这种工程科学思想更是深植我的血液，我也始终秉承老一辈科学家的理念，以国家重大需求作为自己的研究方向。一直以来，水声材料是制约我国水下潜航器发展的主要问题之一，课题组对此进行攻坚克难，从吸声机理到制备工艺，我们在一次次失败中，总结经验教训，优化设计方案，锲而不舍，实现了从最初的实验室小块吸声材料到如今数百平米的大尺寸吸声覆盖层的跨越。虽然道路坎坷，但是老一辈科学家艰苦卓绝的奋斗精神一直鼓舞着我们前进，迈向更高的阶梯。当然，目前的工作还远没达到最初的目的，但迈出的这一小步将成就往后工作的一大步，我们也将继续攻关，提升我国水下吸声材料的科技实力。

我国科学技术事业的发展始终浸润着一代代科学家的心血和汗水，也体现着一代代科学家的智慧和精神。老一辈科学家求真务实、报国为民、无私奉献的爱国情怀和高尚品格，是新时代广大科技工作者攻坚克难、勇攀高峰的强大动力源和精神营养剂。科技发展关乎国家命运。新时代科技工作者应把满足国家需求和人民需要作为科技工作的出发点，时刻从国家需要、国家发展的角度审

视自身研究的意义和价值，想国家之所想、急国家之所急，通过发展科技夯实党执政兴国的物质和技术基础，为实现“两个一百年”奋斗目标提供坚强科技支撑。

建设科技强国急需科学家静心笃志、心无旁骛、力戒浮躁，甘坐“冷板凳”，肯下“数十年磨一剑”的苦功夫，能够“沉住气”“静下来”“钻进去”，瞄准世界一流，解决实际问题，力争实现关键核心技术自主可控，把创新主动权、发展主动权牢牢掌握在自己手中，实现科技自立自强。



陈猛，副研究员，中科院微重力重点实验室。研究领域：先进功能波动超材料研究；软体力学超材料研究；声/弹性波拓扑材料研究。

追梦与传承

◇ 陈雪飞

我叫陈雪飞，是2016届的博士研究生，我的导师是武晓雷研究员。接到“协力”的约稿，感到非常荣幸，来力学所5年了，借这个机会和这个平台和同学们聊聊一个女博士的科研生活。

我很幸运遇到了我的导师，因工作过几年，所以博士入学时，我的年龄已经比较大了，但是我的导师并没有因为这一点将我这名大龄女青年拒之门外。相反，导师还常常开导我，年龄不是问题，只要肯努力，踏踏实实好好干，终究会出成绩的，这些话在日后的科研中一直激励着我。我的科研道路并不是一帆风顺的，由于我之前的专业更偏材料领域，对力学方面的知识掌握得比较薄弱，所以读博之初我有很长一段时间陷入深深的自我怀疑，也是导师的引导帮我渡过难关。我们课题组有一个非常好的风气——传承。我的导师时常教导大家，高年级的师兄师姐们多与低年级的师弟师妹们交流沟通，不仅是理论研究，还是实验方法，都需要传帮带，大家要凝成一股劲，课题组才能做得更好，所以在导师和同学们的帮助下，我逐渐跟上了。从始至终，

我都感到很幸运能够加入武老师的课题组。

做科学研究从来不是一件轻松简单的事情，需要付出很多很多的汗水，但是仅靠单纯的努力是不够的，要发挥出全部的智慧。作为研究生，光凭自己是很难做到这一点的，需要导师的不断指导和引导。在科研方面，我的导师对学生的要求是非常严格的，基本功的训练，要扎实，丝毫不能马虎，扎扎实实走好第一步。数值计算方面，从公式推导，数据分析，每一个步骤导师都要求我们要仔细认真。力学性能的实验，微观结构观察的实验，从材料的制备，到实验结果分析，每一项都要精益求精，反反复复地推敲，一次又一次的重复验证，不断地尽善尽美，才会呈现出值得大家认可的成果。论文的构思与写作对研究生来说是最重要的一个训练，研究生的论文工作从计算结果或者实验结果开始，写出初稿，与导师不断修改打磨，在修改文字和配图的过程中，训练逻辑思维能力，在这个过程中自己不断的提高自己的能力，直到写出一个完整的稿件，完成投稿，这个过程不仅练的是研究水平，更多的是在练心

劲。可能会被退稿，然后再继续修改，要扛得住失败，经受得住否定，要坚定且坚持不懈地继续做下去，直到稿件录用。勇于挑战，一次做得比上一次更好。

要做好科研，单凭靠自己擅长领域的知识还是不够的，需要不断地学习新的知识，了解本领域发展的前沿走势。我的导师要求我们每一个人，尽量去学习新的领域知识，学科交叉才能碰撞出更美丽的火花。透射电子显微学，是研究我们课题的一个很重要的知识领域，而对于我们课题组而言，这部分的知识还是比较薄弱的。导师安排我对这方面的知识进行全面而深入的学习，向所内外的专家们进行请教学习，用新的知识武装自己。新的领域知识与我们课题组本身的研究课题相结合，很多研究都有了新的理解与发现。非常荣幸地参与到我们组最前沿科研工作的研究中，能够在中熵合金化学短程有序的研究工作中发挥自己的作用，最终成果在顶刊 Nature 上发表，得到更多人的认可。在这个过程中学习到的不仅是老师的科学研究方法，更多地传承到了一种科学研究的价值观。在追梦的路上，要坚持不懈，尽善尽美，要扎实自己领域，又要不断学习新领域的知识，保持敏锐的学术嗅觉，走到科学前沿。

上个月郑哲敏先生去世了，我和我的同学都很难过，我们常常会经过他的办公室，

偶尔还能在所里遇到他，他在我们心里是一个慈祥的老人，是顶礼膜拜的大科学家，也是我们精神上的引领者，最近看过很多他的报道，再重温他说过的话，“搞科研更多的时候很苦，很枯燥，要经得起寂寞”。今年正值我党建党一百周年之际，也对新时代的青年赋予了新的使命，要以实现中华民族伟大复兴为己任，增强做中国人的志气、骨气、底气，不负时代，不负韶华，不负党和人民的殷切期望！把科研工作做好，为党和国家解决攻关难题，我们不是开创者，我们前赴后继，沿着伟大的科学家们的道路，砥砺前行，不负韶华。致敬我们的前辈们！



陈雪飞，2016年8月进入中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室(LNM)，从事金属结构材料强韧化及微观机理研究。

针对中熵合金中的化学短程序难题，通过透射电子显微镜实验与分析，首次给出了中熵合金中化学短程序存在的直接观察证据以及化学短程序与位错的交互作用证据。以一作身份，在顶级期刊 Nature 上，发表论文“Direct observation of chemical short-range order in a medium-entropy alloy”。

同一起点 重头开始

◇ 徐多

依稀记得，上一次站在郭永怀先生塑像前，是在2008年夏天的一个细雨霏霏的日子里。那时，我即将毕业远赴美国读博。在力学所学习生活了三年时间，多次学习钱学森先生、郭先生等老一辈科学家的事迹。站在塑像前，思绪万千。屈指算来，至今已有十几个年头了。

今年元月初，我从德国取道上海回到北京，回到我曾经学习生活过的地方，回到这个阔别已久、我人生第一次接触科研生涯的起点。这次，我要在这里开始自己科研的职业生涯。

郭先生的碑上多了李佩先生的名字，塑像旁边矗立了钱先生的塑像。两位当年的同门、朋友、战友、力学所的奠基人，又站在一起。夜晚，我又一次站在郭先生的塑像前，十年前在影像中学习到的事迹片段在脑海中浮现。心里油然而生的，不仅是对先生们的景仰之情，更多的是对先辈们境界追求的思考，体会他们情感上的家国情怀、事业上的目光远大、学术上的矢志不渝。

先辈们所处的年代，科研条件远远不如现在，承担的是国家重大需求的科研任务。

先生们以国家大局为要，事业为重，夙夜在公，绞尽脑汁，“盈科而后进”，力行着自己的信念，取得了令世人瞩目、后人称道的科研成果。我们这些力学所的学生后辈们，能够近水楼台，近距离地触摸大师曾经跳动的脉搏，校准前行目标，汲取成长营养，实乃三生之幸。心情平静之余，在力学所重头开始的我，一面体会着先生们的情怀和信念，一面思考着自己在科研工作中该如何前行。

做个“老实人”。科学是一门严谨、深奥的学问，需循序渐进，锲而不舍，才会透过表象，剖析机理，接近问题本质，获得一点真知。想要取得一些科研成果，必须遵循规律，心无旁骛，一步一个脚印，容不得半点虚伪和浮夸。自己要踏踏实实，稳扎稳打。

做个“诚实人”。诚实，是做人的根本，也是做学问的前提。要用科学史观研究分析问题，带着疑问、带着责任去学习和工作。以党史学教活动为契机，加强党性修养和锻炼，规范言行。保持对党纪的敬畏，不踩“红线”，不碰“高压线”，牢记“千里之堤毁于蚁穴”的古训。

做个“朴实人”。以先生们为榜样，高

扬理性，摒弃虚荣，守得住清贫，耐得住寂寞，高标做事，低调做人。学习那种“板凳要坐十年冷，文章不写半句空”的定力，培养锐意进取的底气、敢于求真的豪气。把有限的时间、经费用在科研任务的“刀刃”上，脚踏实地、勤勉勤奋，凭智慧和汗水浇灌理想之花，用实际行动体现人生价值。

先生们的塑像诉说着先辈们的事迹，就像不灭的明灯，将继续照亮我的前行之路。



徐多，项目研究员，非线性力学国家重点实验室。
研究领域：实验流体力学测量技术；层流-湍流转捩与流动不稳定性；湍流与流致噪声。

对格物致知精神的再思考

◇ 漆文刚

记得读初中的时候，语文课上曾经学过丁肇中先生撰写的一篇短文——《应有格物致知精神》。当年少不经事，除了学习到“格物致知”这个新词语，记住了王阳明“格”竹子七天之久后终因头痛而失败的历史掌故，此外便没有在头脑中留下什么显著的印记。最近，偶然的機會重新品读《应有格物致知精神》，产生了一些新的体悟和认知。

格物致知的含义是通过探索物体而得到知识。丁肇中认为：“用这个名词描写现代

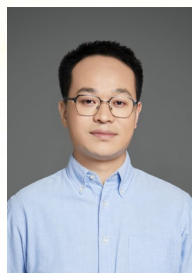
学术发展是再适当也没有了。现代学术的基础就是实地的探索，就是我们现在所谓的实验。”钱学森先生的工程科学思想与上述的认识不谋而合，同样强调了实地探索（也就是实践，特别是工程实践）的重要性。现代科学研究的范式在几百年的发展中虽已经历了若干次的演进，但基于有想象力有计划的对于客观事物的观察和探索，从而获得新的认知、建立新的模型，确是未曾改变的底层逻辑。所谓“格物”，其实含义跟“研究”

基本相当。格物时，须先选定一物而格；在研究中，首要的一步也是选择一个适当的问题和对象。研究的英文单词是 research，字面理解是反复寻找之意，这种浅显的字面含义或许也深刻的道出了研究的奥义所在；既然要反复寻找，找什么、从哪里找的问题自然就是首要的问题了。格物（或者科学研究）之精神无贵贱，但对所格之物必定要有取舍，这在当前的时代背景下尤其重要。作为中科院“国家队”的一员，所格之物自然应是“国家事”，投身“国家事”理应被视为最高品味的科研，这也是日常研究工作选题中须时时谨记且最后内化于心的基本准则。

格物的目的是为了致知。致知，不是为了知他人已知之知，而在于获取新知。知识的英文单词是 knowledge，其中包含了“知道”（know）和“边界”（edge）两个词，而致知就是要不断的知道和了解旧的边界，同时推进和创造出新的边界，从而让边界内的已知之知达到日日新、又日新的状态。edge 除了表示边界，还有一个刀刃的意思，这似乎暗示了拓展知识边界的不易。唯有具备披荆斩棘的决心且做好了道阻且长的心理准备，才有可能在这艰险迷人的知识边界上捡拾到自己的一枚小小贝壳。

若从自己读博时算起，从事科研相关工作已过了第一个十年的关口。按照“十年树

木百年树人”的说法来推算，这十年的变化和成长历程也应算得上自己科研人生的第一圈年轮了。期待在下一个新的人生年轮中，继续踏踏实实的格物致知，格国家急需之物，致人民有益之知。唯有如此，将来细数人生年轮的截面时，方能心中无愧。



漆文刚，副研究员，中科院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：海洋工程、海洋土力学。

观《觉醒年代》有感

◇ 路玲玲

恰逢建党百年，中央1套隆重推出了《觉醒年代》，详细介绍了以陈独秀、李大钊为代表的第一批中国共产党员、中华民族新派从反封建到求共产的转化，第一次正面大张旗鼓的树立了陈独秀先生独立思考、个性张扬、奋发有为的形象。在工作闲暇之余，我也详细地观看了这部电视剧，感触颇深。

陈独秀先生从流亡日本，被愚忠派当做汉奸，到后来回国创立《新青年》杂志，再到后来入京任教，并把《新青年》转移到北京。后期，被北洋政府压迫从北京返沪，陈独秀先生倡导的民主和科学，振聋发聩，一时风头无两，激励国人。陈独秀先生是新文化运动的倡导者、发起者和主要旗手，“五四运动的总司令”，中国共产党的主要创始人之一和党早期主要领导人。陈独秀先生思想活跃且开放、不拘泥于形式。同时，陈独秀先生的两个儿子：陈延年和陈乔年，也对中国革命做出重要贡献，而他们的生命分别定格在29岁和26岁。在影片的最后2集中，陈独秀先生送别两个儿子赴法勤工俭学，一个镜头是两位少年衣衫整齐，回头与父亲告别；另一个镜头，分别是两位少年衣衫褴褛，带

着脚镣、手铐，慷慨赴刑场。看到这个地方，我就抑制不住自己的泪水。在他们还是少年的时候，就已经开始自食其力，边学习边打工挣钱，同时不断思考中国应该走哪一条路、如何拯救中国。相比于那个时代，我们现在的生活物质丰富、和平，没有战争、没有外国侵略者，更加应该好好珍惜现在的美好生活、踏实工作，在自己的工作岗位上发挥好个人作用。

过去，我对李大钊先生的认识主要停留在初中历史课本中的介绍。然而，通过观看《觉醒年代》这部电视剧，李大钊先生的形象在我心目中更加生动、形象。李大钊先生是中国最早的马克思主义传播者。1917年俄国十月革命胜利后，李大钊同志备受鼓舞，连续发表《法俄革命之比较观》、《庶民的胜利》、《布尔什维主义的胜利》、《新纪元》等文章和演讲，热情讴歌十月革命。同时，李大钊先生也是中国共产党的主要创始人之一，为中国共产党的建立做出了重大贡献。1922年至1924年，他受党的委托，奔走于北京、上海、广州之间，帮助孙中山改组国民党，为建立第一次国共合作的统一战线作

出重大贡献。他领导北方党组织配合五四运动，配合北伐胜利进军，开展反帝反军阀斗争，为大革命胜利作出卓越贡献。然而，在1927年4月6日，李大钊同志在北京被捕入狱。他受尽各种严刑拷问，始终坚守信仰、初心不改，坚贞不屈、大义凛然。4月28日，李大钊同志惨遭反动军阀绞杀，生命永远定格在38岁。李大钊先生对信念的坚守与坚持精神深深的打动着，在那个物质匮乏、社会动荡的年代，李大钊先生一直坚守理想与信念，并把广大中国人民利益放在第一位，舍弃小我的利益，对于生活现在年代的我们，有很大的学习意义。

影片中，还有年轻时代的毛润之，毛泽东，毛主席。毛主席是中国人民的领袖、伟大的马克思主义者、伟大的无产阶级革命家、战略家、理论家，中国共产党、中国人民解放军和中华人民共和国的主要缔造者和领导人，马克思主义中国化的伟大开拓者，近代以来中国伟大的爱国者和民族英雄，中国共产党第一代中央领导集体的核心，领导中国人民彻底改变自己命运和国家面貌的一代伟人。在影片中，印象最深的是，毛主席在北

大图书馆给李大钊先生做助理期间，晚上经常挑灯读书，同时旁边放着一盘鲜红的辣椒，边吃边认真读书。先辈们孜孜不倦的学习精神非常值得我们学习。

《觉醒年代》里，充分展现了中国共产党成立的初心和使命，是为劳工、为大众、为民族、为社会！观看此剧，作为一个年轻的科研人员，我多次热泪盈眶！先辈的不屈不挠、刻苦努力、孜孜不倦的精神鼓舞着我，在我未来漫长的科研生涯中，我将继续踏实、努力工作，在自己的研究领域贡献一份力量。



路玲玲，副研究员，中科院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：结构智能感知；结构健康监测；结构损伤识别。

奥运科普

下届奥运会游泳观赛指南（力学篇）

◇ 万田

（作者注：本文内容仅供观赏及吹牛使用，请勿作为实际游泳指南。）

<https://mp.weixin.qq.com/s/T-GuYg3rIIWHUr0ZdT0zgQ>

游泳是奥运会当中的金牌大户，不仅有各种距离的比赛，还分四种泳姿，接力项目更是紧张刺激。游泳运动员健美的体型和优美的泳姿，也使比赛具有很高的观赏性。

但是，就跟足球比赛里啥叫越位、篮球比赛走没走步一样，游泳比赛中也充满了问题陷阱，比如“为什么要潜泳”、“为什么自由泳最快”……一旦回答不上，那就是看了个热闹了。

作为科研人员，我们不但要能简单回答疑问，还要从原理上给与解答，这篇文章就当是一份借助了科学力量的观赛指南吧。

希望朋友们认真阅读，下届奥运为中国游泳队加油的时候用得着。



我国游泳选手张雨霏（图片来源：新华社记者许畅摄）

问题一：为什么入水后要潜泳一段距离？

从运动员一跃入水开始，问题就来了，为什么运动员要像海豚一样在水下潜泳一段距离再出水面（蛙泳比赛除外）。

普通观众的解答：当然是因为这样最快；
专业观众解答：因为水下蝶泳腿最快；
科研人员的解答：因为潜泳没有波阻。



图片来源：veer 图库

游泳时主要会受到三种阻力：压阻、摩擦阻和波阻。

通俗地说，压阻就是你游泳时头部感受到的水的压力。摩擦阻就是摩擦阻力，水流过你的身体表面时受到的粘性力，由你身体表

面的光滑度和水流速度梯度决定。被禁的鲨鱼皮泳衣，就是模仿鲨鱼的皮肤达到减小阻力的目的，现在运动员则通过刮体毛来减小摩阻了。波阻，全称叫波浪阻力，就是游泳时拍出来的波浪会对身体产生阻力。水面通常叫做自由表面，由于空气密度比水小得多，使得水面相比水底更容易产生波浪。潜泳时没有这部分阻力，所以潜泳是最快的泳姿，但是由于其危险性被禁止使用。现代游泳比赛时，每次转身最多只允许潜 15 米。

问题二：为什么自由泳是最快的比赛泳姿？

答案就是自由泳是阻力系数最小的比赛泳姿，“阻力系数”四个字一定要说全，后面两个字是体现专业性的地方。

阻力与阻力系数、速度的平方和挡水面积成正比。自由泳因为速度快，其阻力并非最小，不过，清华大学的闫卫星等人^[1]通过实验测量了自由泳和蛙泳的动态阻力和阻力系数（表 1 和表 2，C 即阻力系数），自由泳的阻力系数仅是蛙泳的 50% 左右。如果自由泳和蛙泳以相同的速度前进，那么自由泳的阻力会小于蛙泳。从这个角度来说，阻力系数越小的泳姿越省力。

表 1 运动员自由泳的动态阻力系数

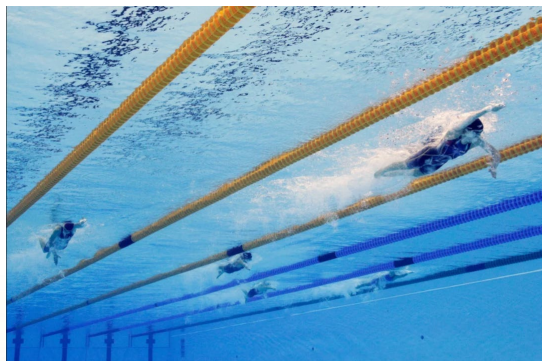
运动员编号	性别	$v_1/(m \cdot s^{-1})$	$v_2/(m \cdot s^{-1})$	f_1/N	$C_x=f_1/v_1^2$
A1	男	1.854	1.677	73.835	21.48
A2	男	1.835	1.758	168.227	49.96
A3	男	1.854	1.701	88.221	25.666
B1	女	1.641	1.439	57.834	21.477
B2	女	1.505	1.375	78.768	34.776
B3	女	1.566	1.4	69.09	28.173

表 2 运动员蛙泳的动态阻力系数

运动员编号	性别	$v_1/(m \cdot s^{-1})$	$v_2/(m \cdot s^{-1})$	f_1/N	$C_x=f_1/v_1^2$
A1	男	1.237	1.129	86.599	56.594
A2	男	1.327	1.241	123.806	70.307
A3	男	1.267	1.165	102.314	63.735
B1	女	1.181	1.015	56.818	40.737
B2	女	1.172	1.053	87.179	63.468
B3	女	1.109	1.035	113.112	91.97

问题三：为什么长距离自由泳比赛中，运动员很少打腿？

原因大家都知道，就是打腿太费力，自由泳的推力主要由手臂产生，腿重而且离心脏远，导致推进效率低。



图片来源：东京奥运会官方网站

那完全不打腿行不行？如果你懂力学，进行一下力学分析，就知道应该是不行的，运动员需要通过打腿来保持身体姿态。

人体在水中受到的垂直方向的力，主要有重力、浮力和水的压力，这三者不仅仅需要保持力的大小平衡，还要保持力矩大小的平衡。重力作用点在人体的质心，通常在肚子附近。由于肺部里的空气能产生大量浮力，因此，人体的浮力作用中心更靠近身体上半部分。那么，为了保持身体平衡，就需要身

体下半部分产生一个向上的力，或者通过上半部分身体产生一个向下的力，这样产生的力矩就会平衡浮力产生的力矩，身体在水中才会保持平衡。自由泳的向下打腿，就是保持身体力矩平衡的一种手段。

还有一种“下坡式”自由泳，头部下沉的较多，整个上半身与前进方向有个夹角，水能够冲击到背部，这样产生的上半身向下的力，也能保持力矩平衡。“下坡式”自由泳是不用打腿的或者很少打腿的，这样能够更省力，适用于长距离游泳。

游泳比赛演变成今天这种形式，有很多的原因，其中包含了很多力学原理。随着流体力学和生物力学越来越多地应用到比赛中，相信以后运动员的速度会越来越快。对

于我们普通人来说，如果游泳学不会，有时候不光要问教练，更要在梦中问问牛顿，看看你的泳姿是否违背了他的定理。



我国游泳选手汪顺（图片来源：东京奥运会官方网站）

参考文献：

[1] 闫卫星，王连泽，李德坚，王新峰，沈熊，“测量游泳动态阻力的附加阻力微扰动法”，清华大学学报，2005 年第 45 卷第 5 期



万田，副研究员，高温气动国家重点实验室。研究领域：高超声速非平衡计算流体力学，高温计算物理，过渡流区大气密度。

弹弹弹，弹上领奖台！

◇ 王江涛、马特、宋宏伟

(<https://mp.weixin.qq.com/s/dm2V9oIP-SfRwGvMmQuLg>)

东京奥运会男子跳高冠军跳过了 2.37 米，男子撑杆跳高冠军跳过了 6.02 米。

而现在的男子撑杆跳高世界记录是 6.18 米，也是尘封了近 30 年的男子跳高世界纪录 2.45 米的 2.5 倍！



东京奥运会男子撑杆跳高冠军瑞典选手阿曼德·杜普兰蒂斯，也是目前的世界记录保持者
(图片来源：东京奥运会官方网站)

仅仅借助于一根撑杆，为什么就可以跳得那么高？

成也撑杆，败也撑杆

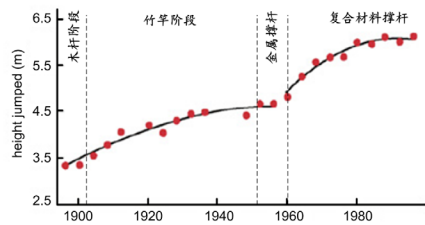
远古时代，人们利用一根木杆，跨过溪流、越过高墙、腾上马背，并逐渐把撑杆跳演化成为一种体育运动。撑杆跳高早在 1896 年第一届奥运会就被列入正式比赛项目。

纵观百年奥运历史，没有哪个田径项目能像撑杆跳高那样，世界纪录提升的幅度如此巨大：从最初的 3.3 米到去年的 6.18 米，

提高了将近一倍！

这其中的主要奥秘在于那根撑杆。

撑杆跳高的纪录是随着撑杆材料的演变而不断提升的。撑杆材料发展大致经历了木质杆、竹质杆、金属杆和复合材料杆（包括玻璃纤维 GFRP，碳纤维 CFRP，Kevlar 纤维 KFRP 等）4 个阶段。世界纪录也从实心木杆的 3.3 米，提升到空心竹竿的 4.77 米，空心金属撑杆的 4.8 米，玻璃纤维及碳纤维撑杆的 6.18 米。



撑杆材料演变与世界纪录强相关，玻璃纤维、碳纤维等复合材料撑杆的出现，为撑杆跳高运动带来新的飞跃

(图片来源：https://ffden-2.phys.uaf.edu/211_fall2002.web.dir/Daniel_Lenord/vault.html)

借助于撑杆的“倍增器”效应，撑杆跳高成为破纪录最频繁的运动之一。

有着撑杆跳高“沙皇”之称的布勃卡，从 1983 年到 1997 年连续 6 次夺得世锦赛冠军，35 次创造世界纪录，在世界撑杆跳高领域称霸 15 年。无独有偶，从 1998 到 2013 年

长达 15 年时间里，伊辛巴耶娃几乎统治了整个女子撑杆跳高比赛，28 次破世界记录。优秀的运动员借助于撑杆技术的革命，结合完美技巧最大限度地延伸了身体的功能，并部分弥补了因年龄增长而带来的身体机能退化，从而催生了撑杆跳高运动的常青树，演绎了“一厘米先生”和“一厘米女王”精彩故事（每次将世界纪录提高 1 厘米）。



伊辛巴耶娃在比赛中（图片来源：法新社）

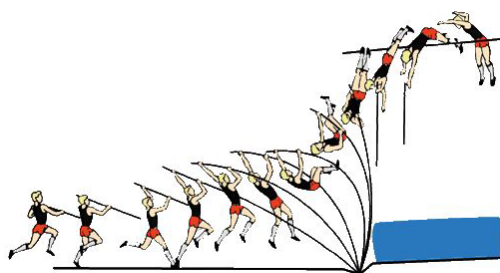
也正是源于对撑杆的依赖，撑杆跳高也是出现事故最多的运动之一。据不完全统计，进入 21 世纪以来，撑杆跳高运动发生了 30 多起灾难性的伤害。除了落地意外受伤外，撑杆折断对运动员而言也是噩梦般的危害。如何“弯而不折”，是设计者在提升撑杆性能极限与确保运动员安全之间所必须面对的矛盾。



2012 年伦敦奥运赛场上的惊险一幕，古巴撑杆跳名将拉佐-博格斯在起跳的时候，撑杆突然断成三截
(图片来源: <http://roll.sohu.com/20120810/n350353799.shtml>)

撑杆：飞跃极限的“能量转换器”

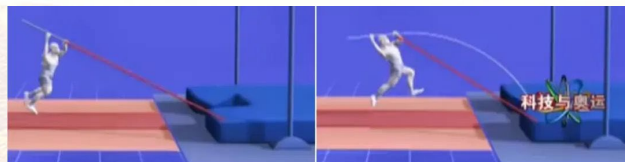
从撑杆跳高的过程中，我们很容易就会发现其中的能量转化问题：撑杆作为整个过程的“能量转换器”，会将运动员的动能转化成撑杆的弹性变形能，随后撑杆变直并将存储的弹性变形能转化成运动员的势能，使其达到高点；再借助肌肉收缩做功完成最后的拉升，从而越过最高点。



撑杆跳高过程示意图

(图片来源: <https://blogs.mathworks.com/>)

那么同样是撑杆，究竟是什么原因导致了“柔性”玻璃纤维撑杆要比“刚性”木杆的效果有了质的突破呢？接下来让我们将两代撑杆进行对比，看看其中力学原理的差别。



左为木杆插杆起跳示意图，
右为玻璃纤维撑杆插杆起跳示意图
(图片来源: <https://www.bilibili.com/video/BV1H4411B711?p=2>)

在运动员插杆起跳过程中，撑杆首先插在穴斗中，运动员随后会弯曲撑杆并起跳。“刚性”实心木杆由于抗弯刚度大，会像“跷跷板”一样“直挺挺”地将运动员送往高点，存储的弹性应变能低，并且对身体施加的力

还很大。而设计成空心薄壁结构的“柔性”玻璃纤维撑杆由于抗弯刚度小，挠度大，转换成的弹性应变能高；并且弯曲后的撑杆可以减小力矩，这意味着运动员能够提高握杆点从而进一步增加最大高度。

我们知道抗弯刚度与撑杆的弹性模量以及惯性矩正相关，那可以通过减小木杆的直径来降低抗弯刚度吗？答案显然是不行的，因为还有一个限制因素就是木杆的强度低，易出现“弯却折”。所以在这“百尺竿头”的发展中蕴含了力学原理的应用与材料科学的进步。

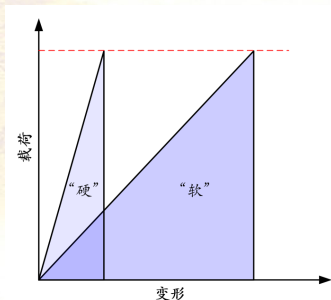
如何选择“弯而不折”的撑杆材料？

好的撑杆应尽可能多地将运动员冲刺跑的动能转变为能够存储的弹性势能。

（预警：以下进入专业模式！）

简单来说，弹性势能大小近似等于载荷—变形图中曲线围成的面积。如下图所示，在相同载荷下，越“软”（弹性模量或变形刚度越小）的材料围成的面积越大，所存储的势能也越大，也就是说，弹性模量越小，给运动员提供的“支撑”就越大。

名词解释：对弹性体施加一个作用力（应力），弹性体会发生形状的改变（应变），单位应变所需应力的大小即为“弹性模量”

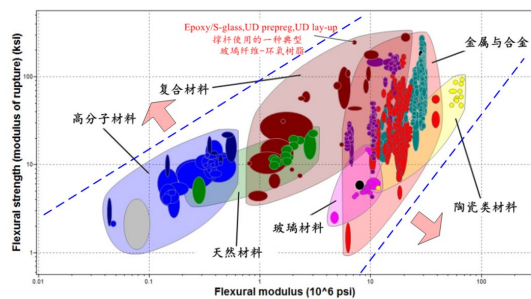


载荷—变形图，三角形的面积代表撑杆储存的弹性势能
（图片来源：作者提供）

对于撑杆而言，其弹性势能主要由弯曲变形引起，主要影响的力学参量为弯曲刚度 EI 和最大弯矩 M 。若限定不同材料撑杆间几何尺寸相同，则对应材料的关键力学参数变为弹性模量 E 和弹性强度 σ 。弹性强度是指弹性材料抵抗外力破坏作用的能力，也就是说，弹性强度越大，撑杆就越“结实”。

但是，真实世界的材料却存在这样的矛盾：弹性模量越小的材料，弹性强度往往越低。

如下面的 Ashby 弯曲模量—强度图所示，不论天然材料还是人工合成的材料，主要分布在 Ashby 相图的对角线上两条蓝色虚线之间的区域，一般而言弹性模量与强度正相关（这里是相对的概念）；图中左上方和右下方区域属于空白。



从 Ashby 相图看撑杆材料选择，
横坐标为弯曲模量，纵坐标为强度
（图片来源：作者修改自参考文献 [1]）

而根据前面的分析，撑杆材料的选择与发展是尽量朝着红色箭头指向的左上方靠近，也就是弹性模量尽量小，弹性强度尽量大。这就需要材料设计中不断克服模量与强度的天然矛盾。

在要求密度尽量低以保证轻量化设计的条件下，人们希望撑杆材料能够平衡弹性模量 E 与弹性强度 σ 的相对关系，使得弹性势能图中围成的面积尽可能的增大，做到“弯而不折”！

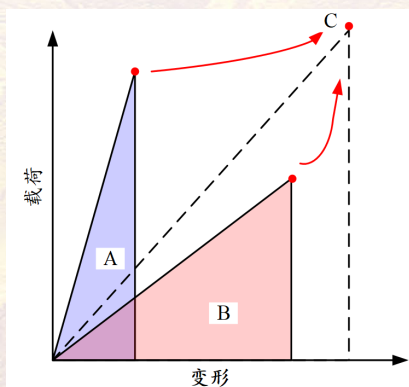
表 1 典型撑杆材料性能

材料性能	竹子	铝	玻璃纤维 复合材料	碳纤维 复合材料
密度/ kg m^{-3} (与含水率相关)	740	2768	1990	1580
模量/GPa	12.3	70	55	140
强度/MPa	185	296.7	700	1000

图表来源：参考文献 [5]

典型撑杆材料性能如表 1 所示。竹制撑杆弹性模量小但强度也较低，容易折断，可用下图中的材料 B 表示；金属撑杆虽然不易折断，但是弹性模量却相对较高，如材料 A 所示。综合考虑，二者弹性储能差别不大，这也体现在这两种材料的撑杆所创造的奥运纪录差距并不明显。

复合材料撑杆的出现在一定程度上突破了二者性能的制约，如图中 C 点所示，带来了更大的势能存储。



不同种撑杆材料最大弹性势能比较（图片来源：作者提供）

因此，现代的复合材料撑杆通常分为三层：外层是高强度的碳纤维增强环氧，中间层是玻璃纤维的带状织物，内层是环带状的玻璃纤维。这样的复合材料与结构，充分利用了碳纤维的轻质高强、玻璃纤维的相对低模高强的综合优势。

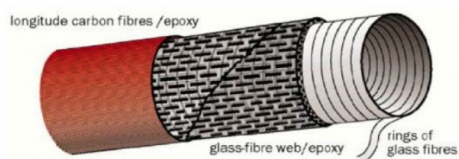


Figure 4. An example of the layered structure of modern pole vault poles [12].

复合材料撑杆内部结构示意图（图片来源：参考文献 [1]）

Toward new horizons

上世纪四十年代，冯·卡门、钱学森等人撰写的《Toward New Horizons》（迈向新高度），阐明了“科学是掌握制空权的基础”观点，并把人类带入超声速飞行的时代。同样，科技变革体现在小小的撑杆上，也可能助力人类跳向更高的新天际。石墨烯等高性能纳米新材料的运用，也许会使撑杆跳高的成绩百尺竿头，更进一步。



图片来源：veer 图库

“举杆冲刺、插杆起跳、杆上翻转、推杆落垫，运动员在空中划过一道美丽的弧线……”。一根撑杆蕴含着“更高、更快、更强”的奥运精神，是速度、力量、技巧三者运动员与撑杆间的完美结合。撑杆跳高运动既是对人类身体极限的挑战，也是对材料性能极限的挑战。



王江涛，博士后，宽域飞行工程科学与应用中心。研究领域：（1）轻质热防护结构；（2）激光与物质相互作用。

参考文献：

[1] The Future of Pole Vaulting. Bowen, Gloria & Blume, Emma & Killeen, Katie & Winn, Brandon. (2017).

[2] Boden BP. Catastrophic pole vaulting injuries increased during past decade. Am J Sports Med. 2012;40:1488-1494.

[3] 撑杆跳高技术进步与材料发展，于祥，张孔军，陈儒（2014）。

[4] Autonomous indication of mechanical damage in polymeric coatings. Li, W., Matthews, C. C., Yang, K., Odarczenko, M. T., White, S. R., & Sottos, N. R. 17 (2016).

[5] 王臻，戴英，嵇醒．复合材料撑竿性能对撑竿跳高高度的影响．力学与实践，2008年6月．

[6] 魏德敏，张恒．对撑杆力学性能及撑杆跳高高度影响因素的研究．力学与实践，2008年6月．

[7] 于祥，张孔军，陈儒．撑杆跳高技术进步与材料发展．金属世界，2014年第3期．



马特，博士研究生，中科院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：（1）先进复合材料热力性能研究；（2）激光与物质相互作用。



宋宏伟，研究员，中科院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：（1）新型轻质多孔材料与结构的热力性能及应用；（2）强激光诱导的多场耦合热力破坏效应；（3）结构健康监测等。

这种球像“章鱼”，速度最快减速也最快

◇ 韩桂来

(<https://mp.weixin.qq.com/s/xla7ngb5JNiFpcAYqEScfQ>)

奥运赛场上，球速最快的是什么球？

想必认真看了比赛的同学都能回答：羽毛球！

那么，减速最快的是什么球？

答案还是：羽毛球！

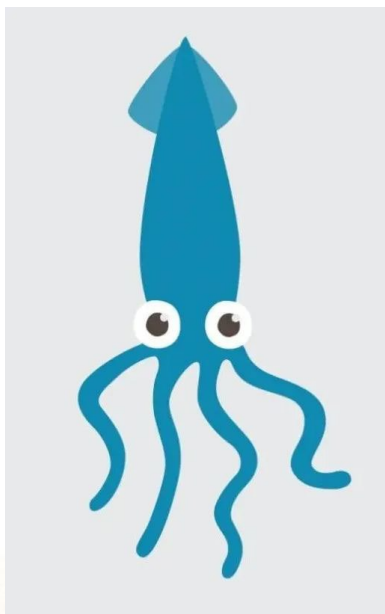
这项运动咋这么特殊？我们一会通过三个实验来体验。



图片来源：veer 图库

像“章鱼”的羽毛球，也太特别了！

同奥运赛场上其他“球”相比，羽毛球都是完全不同的。我们首先来看一下羽毛球的结构，可分为半圆形的球头和长长的羽毛，乍一看并不像球，而更像是一只“章鱼”，而这只“章鱼”注定成为最特别的球类。



图片来源：veer 图库

羽毛球拍的拍头是一张紧绷的网，其轻质的长柄结构，有利于运动员更好地发力和击球，尤其是在激烈的“扣杀”过程中可以更猛烈地击打球头，使得羽毛球时速可以轻松超过 300 公里 / 小时。很多羽毛球选手经常能打出时速 400 公里的球，目前在比赛中的球速世界记录是 426 公里 / 小时，由来自丹麦的男双选手科丁 2017 年 1 月 10 日在印度羽毛球超级联赛上创造。

那么问题来了，为什么轻飘飘的羽毛球速度能如此之快？

羽毛球拍相对于其他球类的拍子是比较容易发力的，挥拍的时候，角速度非常大。球拍又伸出手臂那么长一段距离，所以线速度更快。并且，运动员在击球时还会利用手腕的作用进行强化，而羽毛球又比较轻，所以在击球的瞬间，羽毛球得到了极高的起始速度。



中国羽毛球选手郑思维在扣杀
(图片来源：东京奥运会官方网站)

问题又来了，与棒球、垒球相比，羽毛球的球场却不大，总长不过 13.4 米。如果羽毛球以每秒钟 90 米的速度在球场飞驰，那是何等恐怖的现象？但是我们看羽毛球比赛时，并不会觉得球速那么快。

实际上，因为羽毛球特殊的身材，它也是“减速最快的球”，很多时候只能留下“半个抛物线”的痕迹，便直直落下。这又是为什么呢？



中国羽毛球选手陈雨菲在救球
(图片来源：东京奥运会官方网站)

为了让大家更容易理解羽毛球运动的独特之处，请大家不妨在脑中想象三个实验。

三个实验，让你更理解羽毛球

第一个实验：

在太空中建立一个羽毛球场地，由两个固定在球场上的机器人激烈对打。

在太空中，由于处于失重和真空状态，羽毛球在自由飞行过程中会保持匀速直线运动，直到一个机器人用球拍击打球头后改变其运动状态。我们可以来想象一下这个击球的过程。

羽毛球的质心（编者注：质量中心简称质心，指物质系统上被认为质量集中于此的一个假想点）靠近球头，在猛力击打羽毛球时，球头获得极高的瞬时速度，羽毛球能够在百分之二秒之内完成掉头翻身，并保持球头向前飞行。在这一瞬间，球头和羽毛部分的速度不一致，会导致羽毛球产生变形，羽

毛会向内产生弯曲，变成一个“球柱”的形状，就好比一只章鱼并拢了所有布满吸盘的触须。



图片来源：veer 图库

随着羽毛球向前飞行，羽毛的弹性会让其逐步恢复形状，又变成原先的“锥形”的形状，成为一只张牙舞爪的章鱼。羽毛球会以最大的速度飞行，大小和方向都不变。

时速 400 公里的球飞来飞去，可能只有机器人能接到了，人眼无法看清球的轨迹。

第二个实验：

两个机器人在空间站里对打羽毛球。

在空间站里，仍然是处于失重状态，与太空中不同之处就在于空间站中有空气，羽毛球的运动过程会受到空气的影响。

击球之后，羽毛球像一只触须并拢的章鱼，速度极快，但空气的阻力与速度的平方成正比，在空气的高阻力下羽毛球速度减小，

同时气流的作用会让羽毛球产生绕中心轴的旋转。

然而，更为奇妙的是，旋转以及减速会加速羽毛张开的过程，从而进一步加快减速的过程，使得羽毛球就像一个逐渐张开的降落伞。因此，对方机器人击球后，羽毛球会处于一个极快的减速过程。如果空间站足够大，两个机器人距离稍远一些，这只羽毛球甚至可能会很快停在空中。

第三个实验：

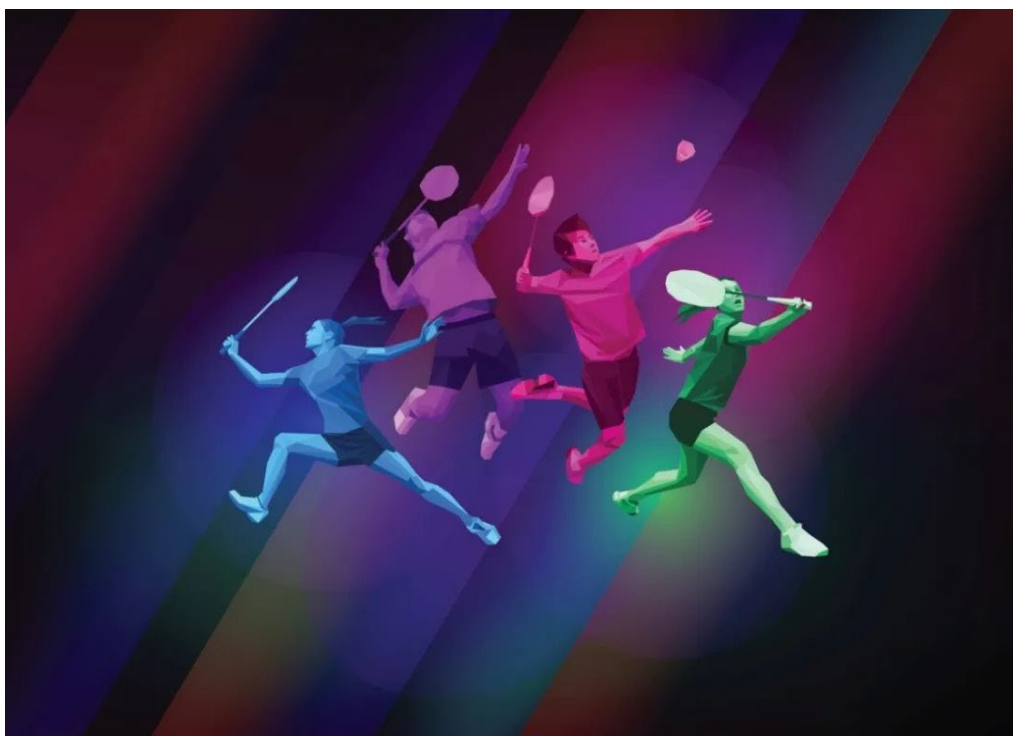
两名运动员在地面上对打羽毛球。

这时候，重力作用会让这个运动变得更加复杂。在太空和空间站中，羽毛球处于失重状态，会保持直线运动。而在地面上，重力会使得羽毛球处于更为复杂的抛体运动，其运动轨迹变得更加复杂。

假设运动员击球后，羽毛球初始方向为水平方向。在飞行过程中，羽毛球在水平方向的速度会迅速减小，与在空间站中运行规律类似；而在竖直方向受重力作用，速度迅速增加，因此羽毛球在运动过程中其速度方向与水平方向的夹角会越来越大，其运动轨迹会迅速偏离水平直到落地。

当运动员向对方后场打出高远球，当球到达对方上空时，水平方向速度较低，甚至可能造成羽毛球近似垂直地、快速落向地面。

正是因为羽毛球对空气阻力的高度敏感，格外“弱不禁风”，所以羽毛球比赛场地对风速规定非常高，规定地面以上 9 米区域内风速不能大于 0.2 米 / 秒。而在不同海



图片来源：veer 图库

拔高度和气温环境下，空气密度不一样，使用的球重量也不一样，海拔和温度越高用的球越轻。正式比赛中，主办方会在每天开赛前对不同速度的球进行测试，测试选手会在球场底线发球至对面落点测试区，主办方再依结果选择用球。

结语

这里仅仅是介绍了羽毛球从高速运动到减速的过程。而实际上，羽毛球运动除了对力量和速度有要求，还特别讲究技巧和战术的安排，比如比赛中有大量的迷惑对手的假动作。而运动员大量的训练以及对竞争对手

的研究，让羽毛球比赛充满了意想不到的变数和眼花缭乱的场景。

羽毛球的乐趣，大家不妨自己去体验吧！



韩桂来，副研究员，高温气体动力学国家重点实验室。研究领域：高超声速空气动力学。

东京奥运会上的乒乓球和球拍是自带的吗？

◇ 刘聪、吴臣武

（出品：科普中国 监制：中国科学院计算机网络信息中心）

乒乓球运动我国的传统优势项目，在历届奥运会中，我国乒乓球队都有十分优异的表现。甚至在乒乓球队共同努力下，将东京奥运会的乒乓球单打决赛变成了“队内训练赛”，金银牌的角逐也成为了国家队的胜利会师。



马龙卫冕男单冠军 图片来源：人民日报

但为战果自豪的同时，大家有没有注意过乒乓球比赛的细节呢？比如：乒乓球的攻击力从何而来？为什么赛前裁判要特地检查

比赛双方的球拍？奥运会上，乒乓球和球拍都是球员自带的吗？



孙颖莎和伊藤美诚相互检查球拍
图片来源：网易号篮球也是球

电光火石间 乒乓中的撞击动力学！

首先，我们要知道，赛场上“乒乒乓乓”，往复飞跃，主要源于球和拍之间的撞击动力

学过程。比赛中，球和球拍的碰撞接触时间仅为千分之一秒，乒乓球飞行速度最高可达每秒 47 米！电光火石之间，球拍表层的橡胶和海绵会因为球的快速挤压而变形、同时吸收动能储存变形能（当然，球也会变形储能、球拍底板也会发生微小变形）；当总动能达到某个极小值时、形变达到最大值，此后海绵和橡胶层形变开始恢复，变形能快速释放，转化为乒乓球的动能，于是乒乓球“脱板”而飞，抵达对方队员球拍后，又会开始下一次的碰撞与飞跃。



球和球拍的碰撞 图片来源：参考文献[1]

如果在击球瞬间，乒乓球的受力方向没有通过球心，切向摩擦力就会使球发生转动。除了球和拍的相对运动姿态外，影响切向摩擦力的主要原因是球与拍的材质和工艺，因此，通过优化技术可以制造出更高级的球和球拍，让击球更具“杀伤力”。

球拍为何要仔细检查？看完你就懂了！

目前的国际比赛中，乒乓球是由赛场统一提供的，但球拍却是队员自行携带的，这是为何？因为球拍的使用契合着运动员的自身特点和习惯，往往需要长时间的磨合才能提升技巧水平、达到“人拍合一”的境界，比较而言乒乓球本身则影响没那么大。从另一方面来看，球拍的自行携带机制也从硬件上给比赛带来了极大的不确定性！

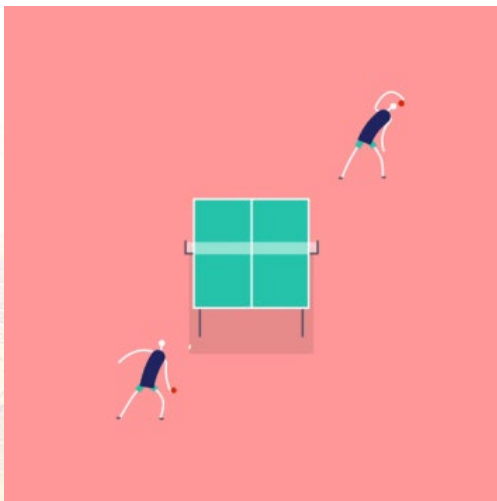
可以想象，为了争取更大的胜利，各国都会投入大量研发工作来提升球拍性能，球拍结构越来越复杂；纵观乒乓球运动的发展，技术打法的革新与球拍变革息息相关。目前，球拍大都由底板、海绵和胶皮三部分组成，随着这三部分结构、材质的不断创新，技术打法越来越追求高速度、强旋转，重视“几招毙命”、回合减少的“速效”打法。但同时，这显然会显著降低乒乓球比赛的观赏性和趣味性，让“拼体育”变成“拼技术”，与奥运的竞技精神背道而驰了。



乒乓球拍 图片来源：百度百科

好在，国际乒联对直接影响球拍和球撞击过程的重要参数上给出了系列规范。虽然目前的球拍形状和重量没有统一规定，但在球板特性方面作了强制性要求：首先，球板应当足够平整、坚硬；其次，球拍底板中天然木料层占比不小于85%，木料间粘接层等辅助材料厚度不大于总厚度的7.5%、也不能厚于0.35mm，海绵层厚度不大于0.4mm；以及，橡胶层不允许使用长胶等等。

因此，为了保证比赛的技术公平性，赛前会有专门的检测处对球拍进行检测，检测内容主要包括球拍表面平整度、球拍表面光泽度、水溶性胶水和胶皮海绵合法性等等。这下，你明白为何运动员的球拍为何要被一一检查了吗？



在球拍的发展历程中啊，还有一个小插曲——早期运动员曾使用到有机溶剂溶解橡胶精制成的快速胶水，来实现多变的撞击以

控制球速和转动。因为它在粘合球拍底板和海绵层时，能短暂形成特殊的分布式气囊结构；然而，这种快速胶水对人体伤害很大，所以渐被禁用，而球拍是否含有快速胶水也成了一项重要的检测指标。

人靠衣装马靠鞍，乒乓选手看底板

球拍底板虽然不直接接触球，但却是整个球拍的承力主体。直接影响球拍性能的底板参数主要包括“硬度、弹性和底劲”。硬度和弹性，咱们都能理解，这个“底劲”又是啥？从力学上简单地讲，它可以理解为防止球与拍碰撞能量耗散的一股“劲儿”，——最有“底劲”的极限理想情况是“存多少、就能取多少”。通常，球拍底板木料层数不超过七层，因为当单层厚度一定时，木料层数越多、球拍表现越硬；这正是为什么快攻选手往往选择七层硬木底板、弧圈选手则常常选择五层夹芯底板，真是“人靠衣装马靠鞍，乒乓选手看底板”。

新材料新工艺的加持，特别是纤维增强复合材料技术的发展和支撑，也让球拍底板力学性能提升得很快；在这里，纤维类型良多、选择颇有讲究：典型的有碳纤维、芳纶纤维、玻璃纤维及其混编体，其中，高强玻璃纤维底板最适合现代鞭打式击球，手感上它最接近纯木底板、但是变形恢复速度又远超实木底板；比重轻、刚度大的碳纤维底板，撞击变形恢复时间短、回球加速快，可以帮助运动员制造高速低弧线球；芳纶纤维底板

底劲充足，而且能减轻撞击震动，长期使用更有利于保护运动员手腕；不难想象，芳纶纤维和碳纤维混编底板或许能兼具二者优势，既有足够快的脱板速度、又有足够柔和的手感；总之，底板取材丰富多彩，因人而异各取所需，是可谓“量体裁板”。

海绵、胶皮：与底板相辅相成的软性材料



球拍中的海绵和胶皮 图片来源：互联网

乒乓球拍用的海绵是一种发泡橡胶，粘贴在底板和胶皮之间。海绵夹层的主要作用是拉长球、拍接触时间，提高球拍整体弹性及其摩擦切球能力。从力学性能上粗略划分，海绵可分为高弹和低弹两种类型：高弹海绵回弹大、压缩负荷比高，用高弹海绵的球拍能打出较高的旋转和速度；低弹海绵反弹小、因此又名惰性海绵，低弹海绵球拍控球稳健、容易控球，在制造旋转时击球运动员需要发挥更多自身力量。

作为直接接触球体的胶皮，其工艺技术更是日新月异。简单地说，当前乒乓球拍主

要用到两类胶皮，即颗粒胶和反贴胶。其中，颗粒胶胶皮颗粒朝外，当颗粒直径等于、大于或小于颗粒长度时，它又分别称为正胶、生胶和长胶；反贴胶胶皮颗粒朝内，通常需要搭配厚的硬海绵，而自身又厚又硬的反胶就叫防弧胶，则需要相对松软的海绵配合。不难理解，不同胶皮对乒乓球具有不同的摩擦能力，这就可以配合不同的技术打法。

优化的胶皮、海绵搭配与底板性能的发挥相辅相成、相得益彰——胶皮、海绵和底板的组合让球拍们展示出各有千秋的独特性能。

球的变迁：ABS 与大球时代

说完球拍，咱也说说球。为了增加乒乓球运动的观赏性，2000年，国际乒联将球的直径从38毫米增加到40毫米，从此开启了乒乓球的大球时代。

大球飞行阻力更大、旋转时空气摩擦力矩也更大，且自身转动惯量也大，因此大球的飞行速度和旋转速度也更低。想让球快速转起，运动员往往需要付出更大努力。

与球拍的变迁史类似，乒乓球本身的材料也是几经更替。2014年，服役百余年的赛璐珞球被换为安全环保的无缝塑料球，因为赛璐珞有毒且易燃、给航空运输带来很大困难。然而，在干冷环境里，由于冷缩、干缩和冷脆等力学效应，无缝塑料球容易破裂，有数据显示其损耗率比赛璐珞球至少高出20%。因此，2017年，世乒赛开始广泛采用

ABS 材质的乒乓球，作为一种三元共聚物，ABS 具有更好的性能和更低的造价，这看起来更像是“天选之材”了。



“工欲善其事，必先利其器”，球与拍就是是乒乓赛场的武器装备。对于运动员来说，好的装备能以更大限度的发挥出高水准，给观众带来更炫的表演。纵观乒乓球发展史，球拍和球的技术进步互为挑战，相辅相成：球拍不断朝着弹性更高、摩擦操控性更强的方向发展，目的是使球速更快、运动轨迹更难以捉摸；乒乓球却是朝着体积更大、惯性更大的方向发展，目的是使它飞行更稳定、精彩更持久。

乒乓球在变，球拍也在变，但是努力拼搏的中国乒乓球的精神不变，世界和平的奥运精神不变。

参考资料：

[1] 乒乓球的前世今生 [J]. 走近科学, 2009, 000(002):52-57.

[2] 乒乓球教材小组. 乒乓球 [M]. 北京：人民体育出版社, 1992:95.

[3] 费曼. 物理讲义 第一卷 [M]. 北京：世界图书出版公司, 2008:4-5.

[4] 王吉生. 如何进行乒乓球底板与海绵胶皮的选择搭配 [J]. 乒乓世界, 1999(4).

[5] 中国乒乓球协会. 乒乓球竞赛规则 [M]. 人民体育出版社, 2003、2011.

[6] 苏清强, 王浩峰. 乒乓球拍底板材料与底板性能分析 [J]. 新乡学院学报：自然科学版, 2010.

[7] 刘琼. 简析乒乓球球拍的演变与革新 [J]. 运动, 2016, 000(024):134-135.

[8] 陈伟胜, 杨敏. “防抱死”乒乓球成赛场新宠 [N]. 广州日报, 2017-10-07.



刘聪，中科院流固耦合重点实验室研究生，研究方向：热结构动力学。



吴臣武，博士，中科院流固耦合重点实验室副研究员，研究方向：多场耦合力学。

凌博闻

凌博闻，2016年12月于美国加州大学圣地亚哥分校（University of California, San Diego）获得博士学位。2017年1月加入美国斯坦福大学（Stanford University），任博士后研究员，兼任讲师。2021年2月通过海外人才计划加入中国科学院力学研究所工作。现任中国科学院流固耦合系统力学重点实验室，副研究员。



凌博闻的研究领域为跨尺度介质内流动和物质迁移。跨尺度介质的特点是，其物理过程的几何特征尺度、特征时间有多个量级的差异，例如多孔介质，逆透析薄膜等。研究工作通过应用升尺度理论，微流实验以及多物理场数值模拟等方法开展。其应用背景涵盖：非传统油气田，微孔隙渗透薄膜过滤技术，新能源与可再生能源技术等。凌博闻致力于架构基于渗流、流体力学理论的数值升尺度方法，所开发的数值解算平台被成功应用于地下潜流层流体流动、非传统油气页岩储层中的流动和物质运移、逆渗透薄膜过滤等问题的研究中，所提出的“多物理场跨尺度流动传质”研究思想解决了传统计算力学、计算传质学中不同方法适用尺度小、物理场单一的研究壁垒，在解决大尺度复杂问题上表现出了巨大的潜力。与此同时，凌博闻使用微流芯片的前沿设计与制作技术，在不同尺度通过研究复杂介质内的流动和物质运移。相关工作发表在 *Journal of Fluid Mechanics*, *Physical Review Fluids*, *Physics of Fluids*, *Advances in Water Resources* 等国际著名期刊上。



刘天威

刘天威，2015 年博士毕业于中国石油大学（北京），在日本国立物质材料研究所（NIMS）从事了 2 年的博士后研究工作，2018 年入所工作至今。现任中国科学院力学研究所，非线性力学国家重点实验室，助理研究员。

研究领域为钢铁的马氏体相变和金属的强韧化。钢铁的马氏体相变是一个古老的课题，从 2800 多年前兵器的淬火炼制，到今天各种高强钢的设计开发都离不开马氏体和马氏体相变。马氏体相变的科学研究自 1895 年显微观察开始到现在已经有一百多年的历史。然而，由于缺少关键实验结果，马氏体相变早期理论陷入了停滞，许多基本问题仍需澄清。其中之一就是马氏体相变的原子迁移过程，也即相变模型。为了澄清这一问题，上世纪 60、70 年代（1960-1970），国际著名材料学家 Morris Cohen, Gregory B. Olson, W.G. Burgers, 和 A. J. Bogers 给出了变形过程中面心立方（FCC）到密排六方（HCP）再到体心立方（BCC）的 BBOC 模型。而这一相变过程也是现在被广泛用作提高金属材料塑性 TRIP 效应（相变诱导塑性）的基础。

相对于变形过程，淬火过程的马氏体相变是相关问题的起源，其原子迁移过程仍然困扰着研究者们。我们通过大量的实验得到了关键实验结果，从而给出了淬火过程马氏体相变的原子迁移路径，建立了相变模型；明确指出了淬火和变形过程中两条不同的相变路径。我们的工作将过去分散的知识联系在了一起，对钢铁马氏体相变给出了更合理的闭环理解。这对钢和其他合金的结构控制和性能调控都有重要的意义。相关工作正在审稿中。现已发表 SCI 论文十几篇。



吴 晗

吴晗，1988年10月出生，山东潍坊人，博士，中共党员。2010年本科毕业于天津大学船舶与海洋工程专业，2015年6月力学所毕业并留所工作，任助理研究员。

主要面向高速轨道交通等国家重大工程，长期从事高速轮轨列车以及磁悬浮列车的车轨耦合动力学、运动稳定性以及悬浮稳定性控制与优化研究。揭示了高速列车在气动载荷作用下的运动稳定性非线性特征，提出了高速磁浮列车临界速度概念，解决了气动条件下磁浮列车稳定性能无法有效评价的难题；提出了基于滑模控制的高速磁浮悬浮控制方法，可以有效抑制磁浮列车在气动作用下的振动；研制了高速磁浮气动一车一轨一控制耦合振动试验平台，实现了600公里速度级下磁浮列车各系统相互作用的实验能力，为高速磁浮列车的安全运行提供了理论基础与试验验证平台。

主持国家自然科学基金1项、中科院先导专项A类子课题1项、中科院仪器设备研制项目1项、大型企业横向课题3项，以及开放课题等。参与中科院先导专项B类专项、国家重点研发计划、中科院信息化专项等多项重大任务。发表SCI论文20余篇，其中包括Vehicle System Dynamics、Nonlinear Dynamics、Applied Mathematical Modelling等著名期刊。



王睿星

王睿星，1989年8月出生，博士，中共党员。2011年本科毕业于北京航空航天大学，2017年获北京航空航天大学固体力学博士学位，同年9月至今在中科院力学所工作。现任中科院流固耦合系统力学重点实验室，助理研究员。主要从事激光与物质的相互作用、流—热—固多场耦合数值计算、热结构分析与优化设计等方面的研究工作。

激光武器反制高速导弹目标是未来空天战场中重要的作战场景。针对具有复杂多物理场（激光、温度场、流场、位移场等）耦合效应的激光毁伤效应定量化评估难题，建立了反映高速气流作用的典型靶材热力烧蚀模型，突破了含非规则移动边界的多材料结构流—热—固—化多场耦合数值分析方法，并通过激光与风洞联合实验对模型和算法进行了验证。为实现科研成果的有效转化，研制了能够应用于工程实际的激光毁伤效应定量化评估软件——“激光热力毁伤多场耦合分析软件 V1.0”，该软件已应用于海军研究院、中科院理化所等领域内总体单位。

作为课题负责人先后承担了国家自然科学基金青年项目、激光破坏效应相关横向项目等多项科研课题，并作为骨干成员参与了军科委 H863 项目、国家自然科学基金重点项目、国防基础科研重点项目、军委装发部装备预研联合基金项目等研究。近 5 年以第一或通讯作者在 Applied Thermal Engineering, Energy, Aerospace Science and Technology, Applied Mathematical Modeling 等领域内重要学术期刊发表 SCI 论文 7 篇，EI 论文 1 篇，登记软件著作权 3 项。



杜书恒

杜书恒，2018年毕业于北京大学获理学博士学位，同年7月加入中国科学院力学研究所。现任非线性力学国家重点实验室助理研究员，Natural Gas Industry B (NGIB) 期刊编委，International Journal of Mining Science and Technology (IJMST)、Advances in Geo-Energy Research (AGER)、《天然气工业》、《非常规油气》期刊青年编委。主持国家自然科学基金等课题多项，曾获中国石油学会和中国地球科学年会优秀论文奖、北京市和北京大学优秀毕业生等荣誉。



研究领域为深地物理力学，研究方向包括非常规能源高效开发中的关键力学—地学交叉问题及其工程实践与应用。非常规能源是国家重大需求和能源安全最为根本的战略保障，如何实现该类能源的高效开发，成为力学、地学等领域迫切需要解决的“卡脖子”问题。针对上述关键科学问题，提出了非常规能源储层精准表征和深地页岩材料脆性评估及压裂缝优势延展方向判定的“伞式解构”方法，从元素（矿物）视角推动实现了较大尺度视域下深地页岩微观各向异性的定量解析；通过构建干酪根成烃演化模型，提出干酪根成烃上下限预测公式，成功应用于全球干酪根上、下限计算，为非常规油气勘探开发的顶层设计提供直接理论依据；建立了原位岩石力学、地应力、地质非均质属性模型，提出考虑地应力、岩石力学和地质学三大因素的页岩可压裂性评估的综合标尺，实现了压裂缝模拟从常规均质稳定延展向非常规非均质非稳定延展模型的跨越。相关工作发表在能源领域主流期刊 Energy、JPSE、Fuel、AAPG Bulletin、MPG、IJHE 上。



黄仁芳

黄仁芳，中国科学院力学研究所，助理研究员，中共党员。

2018年在清华大学获得博士学位；2016.1-2017.1在美国明尼苏达大学进行联合培养；2018年7月进入中科院力学所工作。

高性能水下武器及水面航行器等是维护海洋权益、实现国家核心利益的重要工具。跨介质穿越自由面具有隐蔽突防的重要优势，但也给装备研制工作带来巨大的挑战。

以高速跨介质重要工程型号研制为背景，开展了空化水动力学应用基础研究，主要工作包括：（1）提出了一种高精度的多相流固耦合数值模拟方法，满足了不同区域对计算精度和计算效率的要求，探索了物理信息融合的深度学习流场建模与优化方法，应用于某型号高速水面舰艇推进器自主研发；（2）研究了推进器内空泡非稳态演化规律及压力脉动特性，揭示了空化与涡旋相互影响机理，发现了空化体积二阶导数为推进器内空化诱导低频水压脉动激增的根源，为解决空化条件下流动分离、减振降噪提供了新思路；（3）获得了自由面影响下空泡流态相图及通气空泡形成机理，发展了近自由面升力线理论的修正模型，构建了通气空泡稳定准则。为了获得稳定流态，建立了切割自由面通气超空泡水翼设计方法，为研制新概念跨介质装备提供了支撑。

相关工作在 Renewable Energy、Energy、Ocean Engineering、ASME Journal of Fluids Engineering 等领域重要期刊上发表论文 30 余篇，其中以第一（通讯）作者发表 SCI 论文 15 篇；授权国家发明专利 8 项，登记软件著作权 8 项。主持国家自然科学基金青年项目、装备预研基金、基础加强计划重点项目子课题、院重点实验室基金等多项课题。获得了教育部科学技术进步奖（推广类）二等奖、辽宁省铁岭市科学技术一等奖、第十二届全国水力机械及其系统学术会议“优秀论文奖”等奖项。



郭雅惊

郭雅惊，2013年就读于中国科学院力学研究所，并于2018年获得博士学位。同年7月留所工作至今。现任中科院流固耦合系统力学重点实验室，助理研究员。

致力于冲击动力学理论与试验技术、连接结构受冲击载荷作用的响应分析、材料动态力学性能、引信结构防护与减振等。“信号粘连”现象是侵彻弹引信计层识别过程中存在的重大不利因素，极易造成侵彻弹的完全或部分失效。利用冲击动力学原理阐释了我国侵彻弹引信在高压冲击作用下的响应机理，探究弹引连接结构的冲击失效机理。建立了典型螺纹连接结构受冲击外载下的载荷传递规律，给出冲击松动失效的临界载荷条件。同时，发展了一套基于剪切增稠材料的引信连接结构振动抑制及防护技术，大幅提高了我国侵彻引信的信号识别率。进一步提出剪切增稠材料的性能优化方法，以便固化工艺操作，评估该胶体材料的高频减振特性。上述研究获得国家自然科学基金、XX领域基金等纵向课题支持，并在结构冲击防护方面获批合作经费2000余万元。在相关领域已发表文章4篇，分别收录在 *International Journal of Impact Engineering* 和 *Smart Materials and Structures*，已获得授权专利2项。



王志英

王志英，1989年2月生，博士，中共党员。2019年博士毕业于北京理工大学，同年进入中科院流固耦合系统力学重点实验室工作，现任助理研究员。

海洋内航行器的高速化是现代海战装备发展的必然趋势，是水动力学的前沿研究课题。围绕复杂海洋环境下空泡流体动力学及其在水下兵器与水下发射等项目研制中的共性关键科学问题进行了系统深入研究。侧重研究了空泡内部流体的介质特征、空泡流动形态特征、动力特性、流动结构与减阻机理，以及空泡与湍流旋涡结构的相互作用。进一步考虑了复杂海洋环境，开展了强非线性自由表面效应下，航行体水下运动以及入水过程中空泡流动与动力特性的研究。主持国家自然科学基金青年项目、军科委基础加强子课题、装备预研共用技术领域基金快速支持项目等纵向项目。相关研究工作发表在 *Phys. Rev. Fluids*、*Int. J. Multiphas. Flow*、*Exp. Therm. Fluid. Sci.*、*Ocean Eng.* 等本学科领域具有影响力的国际期刊上。



曹高辉

曹高辉，1992年6月出生，博士，中共党员。2014年在清华大学获得水利水电工程学士学位，2019年获中国科学院力学研究所工程力学博士学位，同年进入力学所工作，现为中科院流固耦合系统力学重点实验室助理研究员。

近年来，非常规能源的战略地位越来越重要，常规能源的研究框架在非常规能源中的适用性大大减弱。对于页岩气、致密油、页岩油等而言，纳米孔道中受限烃类的赋存及流动过程与常规油气藏迥异，固液作用强，非线性显著，尺度跨越大，带来了一系列跨尺度科学难题。这些难题，本质上来源于微观量子力学和宏观经典力学之间的关联研究目前还比较薄弱。在研究团队分子尺度及孔隙尺度模拟的基础上，开展了孔隙尺度到表征单元体尺度，再到连续介质尺度的跨尺度渗流研究，建立了页岩气跨尺度渗流力学模型。通过这一模型，结合扫描图像、渗流实验，表征了非达西渗流过程，明确了动态过程跨尺度相比静态参数跨尺度的重要性，给出了甲烷碳同位素分馏、气井“长尾”产气特征的科学解释。相关工作发表在 Energy, Fuel, SPE Journal 等能源及油气领域顶级期刊上。获得力学所“郭永怀奖”、“优秀党员奖”、“博士国家奖学金”以及“中国科学院院长奖”等奖项。



李 鹏

李鹏，2014 年就读于中国科学院力学研究所，于 2019 年获得博士学位，留所工作至今。现为中国科学院力学研究所流固耦合系统力学重点实验室助理研究员。

目前主要从事非常规油气开发中的多相流动问题研究。研究工作主要以开采深海天然气水合物为工程背景，重点研究含天然气水合物沉积物颗粒和海水的混合物在垂直管道中流动时包含传热传质的气液固多相流动过程。首先建立了含水合物沉积物颗粒在对流传热条件下的分解模型，得到了含水合物分解的多相流动的控制参数。其次，形成了气液固三相流动与水合物分解耦合的三维欧拉模型模拟方法。最终，分析了水合物分解和多相流动之间的耦合运动规律，探索了管道内多相流动的流型变化及相应的流动稳定性条件，并定量描述了管道内水合物颗粒的分解平衡高度及总的产气量变化。相关工作以第一作者或通讯作者在 Chemical Engineering Science、Energy & Fuels、Journal of Natural Gas Science and Engineering、Water 等期刊上发表。



从近海迈向深远海

◇ 周济福 段金龙

海洋是人类赖以生存的重要伙伴。一方面，海洋对人类在陆地生存的环境有决定性的影响，另一方面，海洋蕴藏着无尽的远未被人类认知和开发的宝藏。近几年，习近平总书记高度关注海洋强国建设，提出了“深海进入”、“深海探测”和“深海开发”的中国深海战略“三步曲”，并相继视察中科院深海所、青岛海洋科学与技术试点国家实验室，号召：“加强创新协作，加快打造研发基地，加快发展深海科技事业，推动我国海洋科技全面发展”、“发展海洋经济、海洋科研、关心海洋、认识海洋、经略海洋”。

本文从当前海洋资源开发利用的需求出发，浅谈人类从近海迈向深远海进程中海洋工程发展所应关注的几个关键问题，包括：海洋水动力环境、近岸资源利用、深海资源开发、海洋环境保护、海洋工程装备研发等。

1. 海洋水动力环境

深入认识海洋水动力环境，是人类开展海洋资源开发、海洋灾害预警预防、海洋环境保护等活动的前提条件。

在近岸地区，河口径流、风浪、潮汐、风暴潮是主要的水动力要素。风浪、风暴潮的生成、演化及与其相伴随的质量、动量

和能量输送是有关海床演化、海岸防护、灾害预警的重要基础科学问题。我国东南沿海经常遭受台风袭击，秋冬季寒潮经常过境黄渤海海域，台风和寒潮诱导的风暴潮在近岸可造成极端巨浪、剧烈增水或减水。对于海洋工程而言，需要特别关注伴随台风和寒潮的巨大风速和极端巨浪对海洋结构的破坏。巨大的风速可以直接摧毁海洋工程的上部结构，极端巨浪可以给水面和水下结构以巨大的作用力，风暴增水常造成沿海淹没灾害。

在近海和深远海，畸形波和内波易危害海洋结构物安全。畸形波可以发生在任意水深的水域，包括深水区、浅水区和中等水深区，也包括有强海流和无海流的水域。由于波高很大，畸形波对海洋工程结构物的作用力也很大，可导致结构破坏。在有强密度跃层的水域，内波活动频繁。海洋内波可造成鱼雷脱靶、潜艇掉深或失控等重大事故，还可影响海面下声的传播，垂向上的强剪切可引起湍流和垂向混合，所以内波可以影响海洋工程结构、海洋环流及营养盐垂向迁移。

2. 近岸资源利用

近海岸地区是人类赖以生存和发展最为重要的地带。为了适应经济社会的发展需求，

人们在沿海建设港口、码头、航道、桥梁等近岸工程，发展航运和交通，或者开发滩涂、围海造地、围海养殖，发展沿海经济。

近三十年来，海上风电、波浪能、潮流能等可再生能源开发活动受到重视，这是我国实现“双碳”目标的重要途径。波浪能、潮流能开发还处于高效能装备的研发阶段，而海上风能利用技术已相对成熟。目前全球海上风电场建设正方兴未艾，我国也已建成东海大桥风电场、临港风电场、渤海菩提岛风电场等。目前，海上风电场主要建设在水深小于 50 米的浅水区，采用固定式基础支撑风机，如单桩结构、重力式基础、导管架平台、吸力桩基础、高桩承台结构等。对于水深大于 50 米的深水区，采用浮式支撑结构（如：单柱、半潜式、张力腿式基础等）更经济，浮式风机还处在研发阶段，今年 7 月我国在广东阳江已成功安装了全球首台抗台风型漂浮式海上风电机组，以开展示范应用研究。

海上风电机组所处的环境十分复杂，要受到风力、波浪力、海流力的作用，全生命周期的成本高，这使得海上风电场面临巨大的挑战。海上风电系统的设计既不能沿用陆上风电系统的设计方法，也不能借用海上油气资源开发平台的设计理论，因为海上风电与陆地风电和海上油气平台都有很大区别。因此，要积极稳妥地发展海上风电，既要研究陆上风电所涉及的气流与风机塔架、叶片的相互作用，也要研究海流、波浪、海冰对

风机支撑结构的作用，还需研究支撑结构与海床土之间的耦合效应。对于浮式风电系统，水面浮体大幅运动及其与水下柔性锚缆耦合运动的研究对风机的生存安全和稳定运行至关重要。

3. 深海资源开发

近二十多年来，人类勘探、开发海洋资源的活动逐步向深海延伸。深海资源非常丰富，包括储存于海底深部岩层中的石油、天然气等流态（液态、气态）资源，以及成藏于海底深层的水合物和富集于海床表面的金属结核 / 结壳、硫化物等固态资源。

为了开发深海资源，人们提出了许多工程装备结构，如：张力腿平台、半潜式平台、Spar 平台、FPSO、超大型浮式结构（VLFS）、水下工作站等。除水下工作站外，其它浮式平台都是跨越从海底到海面全水深的结构系统，必须考虑结构系统与全水深流动环境的流—固—土耦合。

水面浮体与复杂恶劣海况的强非线性相互作用不可忽略。海洋波浪的非线性效应可导致浮体的平均漂移、低频振荡和高频振荡，平台慢漂水平位移往往很大，可造成作业困难、缆索或立管拉断，低频振荡和高频振荡可激励浮体的低频和高频共振，危害结构安全。水下小尺度构件（锚链、立管等）往往具有大长径比的结构特征，在深海条件下其柔性效应特别显著。当波浪或海流经过构件

时，漩涡脱落会引起涡激振动，这是结构疲劳破坏的主要原因。对于立管，还必须考虑内流（油气或矿料与海水的固液两相流）的影响，内流的密度、速度、流态以及弯曲立管的内流等都会对立管乃至全水深结构系统的水动力响应产生不可忽视的影响。结构的运动反过来也可改变内流的输运状态。因此，考虑内外流联合作用下结构系统的动力响应是深海资源开发工程必须解决的关键科学问题之一，一直是深海工程的研究热点。

水下工作站或空间站是人们为了深海资源开发而提出的一种新概念大型水下工作平台，可在水下长时间停留（或移动、或固定），可操控潜水器，高效率地完成深海科研、探测和作业等任务。与传统的海洋平台相比，水下工作站不受海面恶劣环境的影响，可以避免由此带来的一系列难题。但人们对水下工作站的研发还仅停留在起步阶段，目前还面临着许多困难，如动力方式的选择、耐压外壳的设计、水下对接技术、供电和供热模式、水下续航能力等等。水下工作站的研发亟待多学科交叉研究，涉及材料力学、水动力学、结构力学、能源与推进、操控与控制等，相关技术还远未成熟。

4. 海洋环境保护

海洋环境保护是人类可持续开发利用海洋资源的瓶颈问题。近岸和海床的地质与地貌环境、海水污染等已成为相关开发工程可

行性的决定性因素。尽管海洋本身有着巨大的自然净化能力，但是这种自净能力是有限的，不能把海洋当成天然的“垃圾桶”，否则人类一定会遭到海洋严酷的“报复”。

近岸区的开发活动应保护好滩涂、湿地的生态环境，避免加剧海岸冲刷、水道淤积、盐水入侵等。自然条件下，易遭受极端波浪、风暴潮等海洋灾害的海岸带需要建设海岸防护工程，以防止海岸不被波流冲刷而破坏。岸线、地貌的长期演化也是海洋环境保护的重要方面。这些环境与工程问题都与近海岸波浪、潮汐、海流及其诱导的泥沙输运、海床演化密切相关。加强近岸泥沙运动力学的基础理论研究，可为近岸资源利用和环境保护提供基础理论和决策依据。

海洋油气资源开发与输运存在溢油风险，海上溢油对海洋生态环境的损害是灾难性的，原油泄漏会降低海洋环境质量，影响生物的光合作用及其生理生化功能，大大降低海水和海生物的栖息环境质量，危害海洋生物的生存和繁衍，不利于保护海洋生物的多样性。海底天然气水合物开发，一方面可能破坏海底的稳定性，进而引发海底滑坡甚至滑坡海啸，另一方面可能发生水合物分解的甲烷气体泄露而污染海水，进而破坏海洋生态环境。海底多金属结核/结壳、硫化物等矿藏的开发活动必然扰动海床，海底行走的集矿机或采矿车必然造成海底软泥悬浮，并长时间保持悬浮状态，海面采矿船处理矿

料的尾矿排放也将长时间影响水体的透明度，因而恶化海生物的生存和繁衍环境，而且这种影响将是持续的，难以恢复的。

5. 海洋工程装备研发

随着人类开发利用海洋资源的活动从近岸逐渐向深远海迈进，海洋工程装备相应地从浅水起步，并不断向深海拓展。已有技术相对成熟的桩基式平台、坐底式平台、自升式平台、张力腿平台、半潜式平台及超深水船等，适应的水深从十米级逐步发展到千米级。大容量浮式风机也已看到应用示范的曙光。

然而，5000 米以深至万米级超深水海域的勘探、开发需求越来越紧迫，必须进一步开展装备创新研发。虽然水下工作站建设难度极大，不亚于甚至更甚于太空空间站，但因前景诱人，开展远期研发势在必行。近期应加强海上风能、海底矿藏、深海油气、水合物等资源开发装备的创新研发。

深海资源开发需要面对复杂海洋环境条件，对海洋工程设备提出了极高的安全性和稳定性要求，这是加快深海进入和开发必然面临的基础研究挑战，未来亟待加强如下基础科学和技术问题的研究：深海水动力环境、复杂结构系统的耦合响应、复杂装备的海试技术、勘探装备设计关键技术、水下传感器和关键元器件研发技术、水面和水下高速运载技术、资源开发方案论证技术、环境影响监测和评估技术等等。

6. 结语

深海进入、深海探测、深海开发势在必行，海洋工程的创新发展迫在眉睫。适应深远海开发需求的深海工程创新发展对于我国“双碳”战略、“双百”目标、国家安全都具有极其重大的战略意义。

深海进入、深海探测、深海开发的紧迫需求为海洋科学与海洋工程技术提出了新的机遇与挑战。对于我国科技界，当前迫切需加强相关前沿基础科学问题的研究，提升科技自主创新实力，以支撑我国深海工程装备建设的重大需求，增强海洋强国建设的驱动力。



周济福，研究员，中国科学院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：1) 环境流体力学；2) 泥沙运动力学；3) 河流动力学；4) 河口海岸动力学。



段金龙，特别研究助理，中国科学院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：1) 立管涡激振动；2) 海洋结构物动力响应。

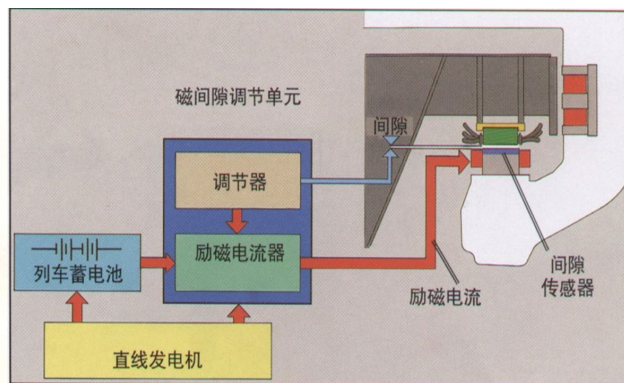
制约高速磁浮列车“贴地飞行”的流固耦合问题

◇ 吴晗 郭迪龙

高速铁路以及高速动车组近十几年来获得了跨越式发展，已经成为了我国一张靓丽的名片，其运行速度可达 350km/h，甚至未来可达 400km/h。然而，人们对速度和效率的追求是永无止境的，轮轨列车受轮轨黏着限制，随着速度提高，在黏着系数下降，空气阻力迅猛增加的共同作用下，实现更高速度运行是十分困难的。

高速磁浮列车通过电磁力实现列车与轨道之间的无接触的悬浮和导向，再利用直线电机产生的电磁力牵引列车运行，相比于轮轨列车，具备速度高、加速快、安全可靠、噪音低、振动小、载客量大、维护量少等优点，是下一代高速轨道交通车辆的重点发展方向。今年 7 月 20 日，世界首套时速 600 公里级高速磁浮交通系统在青岛成功下线，并实现低速运行，该成果标志着我国已初步具备高速磁浮成套技术和工程化能力。另外，8 月 26 日，交通运输部正式批复中高速磁悬浮列车研制及工程化应用作为《交通强国建设纲要》的建设试点。时速 600 公里高速磁浮是当前可实现的速度最快的地面交通工具，按“门到门”实际旅行时间计算，是 1500 公里运程范围内最快捷的交通模式。在可预见的未来，

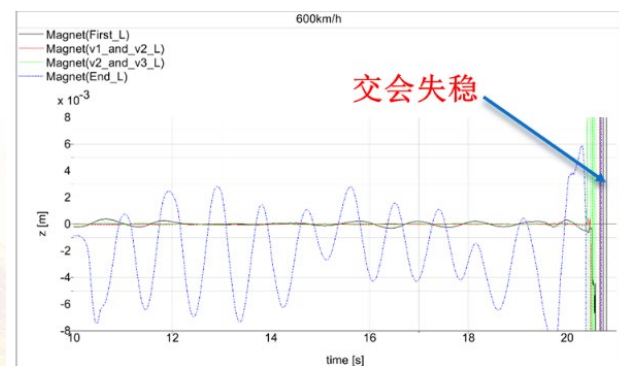
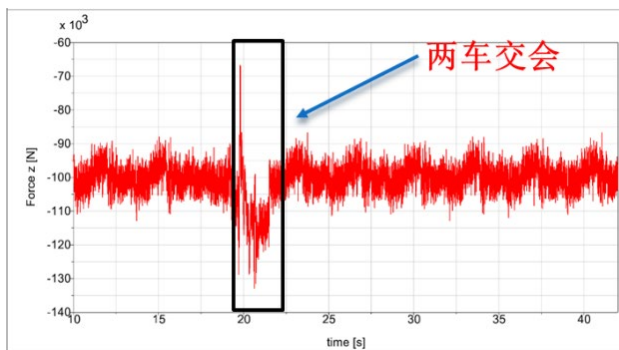
高速磁浮列车将成为新的交通运输方式，填补高铁和飞机之间的空白。



磁悬浮列车及其悬浮原理

目前，高速磁悬浮列车虽进行了低速调试，但真正实现 600km/h 速度下的安全运行仍诸多关键问题亟待解决，这其中，列车所面临的流固耦合问题是重要的制约因素。首先，列车以 600km/h 运行时，会受到近 10 吨的整车气动升力，这会造成列车的悬浮

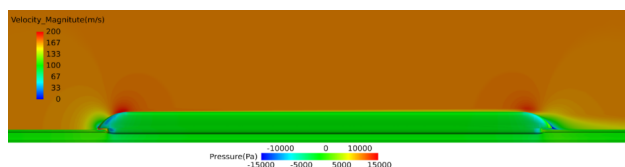
稳定性降低，而在交会时甚至接近 14 吨，造成悬浮控制失效。第二，磁悬浮线路建设依然缺少理论依据，线路跨长、弯曲刚度、阻尼比等参数选择暂无可靠的规范，而这些参数又直接影响的车轨耦合振动性能。另外，常导磁悬浮列车的电磁力的主动控制是必不可少的，也是关键的核心技术。



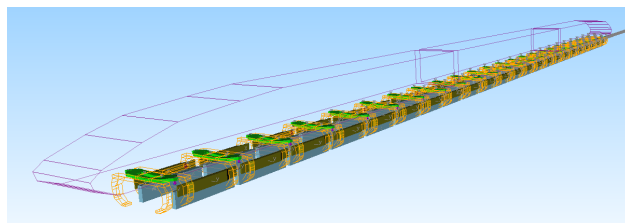
磁浮列车明线交会载荷及动态响应

为了解决制约磁悬浮列车 600km/h 安全运行的气动载荷、车轨耦合振动以及悬浮控制问题，中科院力学所针对列车的空气动力学、车辆动力学以及悬浮控制方面开展了大量的研究。主要开展了高速磁悬浮列车气动升力分析、气动外形优化设计、气动条件下列车动力学研究以及悬浮控制优化研究等。

此外，为了满足高速磁悬浮列车的气动性能、动力学及控制性能等流固耦合问题的验证，中科院力学所还对原动模型实验平台进行了升级改造，并新建设了高速磁浮气动—车—轨—控制试验平台。



磁浮列车压力云图



高速磁浮列车动力学模型

(一) 动模型实验平台升级改造

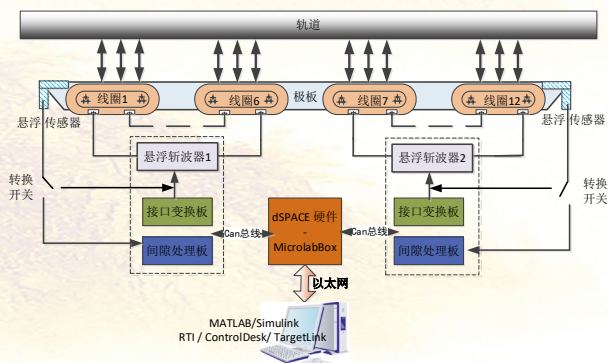
为适应高速磁浮列车的气动载荷测试需求，利用高压空气间接加速技术和磁轨制动技术，将测试速度提高至 600km/h，可以实现高速磁浮列车的明线、明线交会、隧道以及隧道交会等条件下的气动载荷测试。特别地，为满足侧向风作用下的测试条件，在动模型平台上设计加装了横风装置。动模型横风装置采用风机阵形式，风洞洞体总长 15m 宽 20m 高 6m。能提供平直、均匀、稳定的射流流场，在标准大气状态下空风洞最大风速 50m/s，流速稳定性 5%，流速均匀性 10%，湍流度 5%，气流偏角： $\alpha \leq 2^\circ$ $\beta \leq 2^\circ$ 。



高速列车动模型实验平台及横风装置

(二) 高速磁浮气动—车—轨—控制试验平台

高速磁浮气动—车—轨—控制试验平台基于一个电磁铁悬浮开展结构设计，试验平台主体结构可以实现悬浮系统的气动升力和轨道不平顺的耦合加载和测试，基于DSAPCE实时仿真系统的悬浮控制系统设计可以实现控制算法的流程化设计、代码自动编译下载等，试验台悬浮总质量2.7吨，实现二级悬挂，配置的轨道液压激振系统可对轨道激振，额定振动幅值5mm，频率7.5Hz，车体液压激励系统可以模拟气动升力，最大静态实验力25KN，动态试验力20KN，可以模拟列车以600km/h速度运行的气动—车—轨—控制相互作用情况。



磁浮试验平台控制系统示意



磁浮试验平台

随着磁悬浮技术的成熟和发展，超导磁浮、真空管道超级列车等系统也将相继面世，展望未来，高速磁悬浮列车系统将成为我国交通领域发展的新引擎，会充分发挥示范引领作用，为交通强国建设提供经验借鉴。力学所高铁团队基于其在高速列车流固耦合领域长期的研究积累和完善的装备基础，必将在我国高速磁浮列车的发展中继续贡献自己的力量。



郭迪龙，正高级工程师，中国科学院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：1) 高速列车空气动力学；2) 气动测量技术。



吴晗，助理研究员，中国科学院流固耦合系统力学重点实验室。研究领域：1) 轮轨及磁浮列车动力学；2) 电磁悬浮控制技术。

“十年磨砺，匠心筑梦”

——高精度瞬态同轴热电偶的研制与应用

◇ 李进平 张仕忠 陈宏

高超声速飞行器在军事领域以及民用方面都具有重要的意义，被誉为本世纪航空航天领域技术新的制高点，成为世界各国的研究热点。随着高超声速飞行器飞行速度的提高，“热障”问题更加显著，高速气体的动能转化为热能，使得热防护系统承受极大的热力载荷，可能导致结构产生变形以及热防护材料发生烧蚀，威胁到飞行器的安全和寿命。因此，气动加热是关系高超声速飞行器安全与成败的关键问题，而地面实验是目前高超声速气动热问题研究的主要途径之一。激波管、激波风洞等具有复现高超声速试验气流的能力，成为最佳的气动加热研究与试验的装置，但这类设备试验时间短、气流冲刷能力强，实验环境极为恶劣，使得高超声速流动气动热的准确测量非常具有挑战性。

2010年俞鸿儒院士基于专项对气动热研究的需求及国内气动热测量技术的水平和现状，提出了开展高精度气动热测量技术攻关的建议。以此为背景，高温气体动力学国家重点实验室解离气体动力学课题组开展了高精度瞬态同轴热电偶热流传感器的研制工作，历经十余年的不断改进与发展，目前，已经显著提升了国内气动热测量能力。

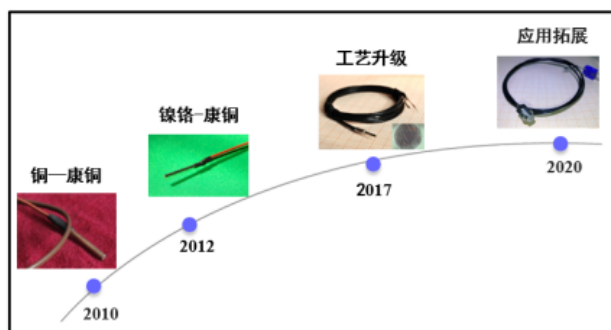
1. 同轴热电偶的研制历程

高焓地面设备是开展气动热测量的主要设备，其主要特征是气流速度快、温度高，冲刷强。同轴热电偶以其强抗冲刷能力的优点受到较多关注，国内早期也曾尝试研制，但传感器响应随机、精度差，不能满足高精度气动热测量需求。在研制初期，课题组主要精力集中于改进同轴热电偶的制作工艺并通过激波风洞实验检验其测试性能上，并未建立起系统理论，虽然热流测量精度有所提升，但是达不到专项目标值。

经过一段时间探索后，课题组发现问题还是出自基础研究深度不够上。同轴热电偶热流测量虽然从测量原理上十分简单，但是其内部包含的科学问题却很多。热流测量与直接温度、压力测量不同，它是一个间接量，需要包含一个热传导过程，提高气动热测量精度，需要将复杂的对流传热和多维热传导转化为易于测量和反演的一维热传导问题，这就涉及到了材料的热特性匹配问题。同时，热电偶的节点是同轴热电偶热流传感器的核心，脉冲激波风洞有效实验时间只有几毫秒到几十毫秒，对传感器的频响特性要求极高。针对这些问题，课题组开展了系统的理论研

究，通过理论指导研制工艺和试验技术的提升。

历经数年，通过材料定制筛选、结构优化和工艺革新等系列工作，课题组研制出了同时具有高精度和抗冲刷能力极强快速响应同轴热电偶，克服了原有传感器重复性和一致性差难以满足要求等问题，其热流测量精度优于专项目标值，达到了国际先进水平。

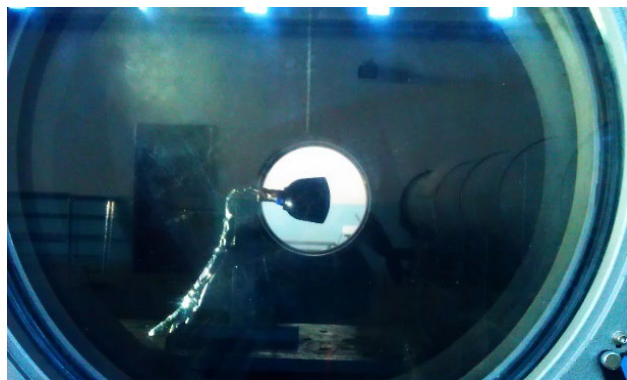


力学所同轴热电偶发展历程

2. 同轴热电偶的推广应用

力学所一直坚持的是工程科学思想，科研工作为国家需求服务。秉承这一理念，我们将同轴热电偶测热技术推广到了国内航天相关应用单位，为国家重大型号任务研制起到了支撑作用。

JF12 复现高超声速激波风洞作为国内自主创新的“国家重大科研装备研制”项目之一，在风洞运行初期，研制的同轴热电偶在返回舱模型、尖锥标模及升力体模型气动热测量探索试验中，成功得到了有效试验数据，为 JF12 后期的气动热测量奠定了坚实的基础。



JF12 第一次测热试验 (2012.11.26)

德国亚琛工业大学激波实验室研制的同轴热电偶是国际上最先进的气动热测量传感器之一，它在欧洲地面脉冲设备中已广泛应用，十分具有代表性。2013 年课题组研制的同轴热电偶和德国亚琛工业大学 Herbert Olivier 教授研制的传感器在风洞中开展了应用对比，两者表现出一致的性能和精度，Herbert Olivier 教授参与现场实验并给出高度评价。



Herbert Olivier 教授参与标模对比试验

为进一步扩展同轴热电偶的应用领域，课题组开展了同轴热电偶长时间热流测量技术研究，将其从毫秒量级测量推广到秒量级

测量。目前，课题组研制的同轴热电偶已广泛应用于国内诸多风洞中，如中国空气动力与发展中心的燃烧风洞、中国航空气动力研究院的电弧风洞、西安航天动力试验技术研究所火箭发动机平台等，成为其热流测量的主要手段，传感器优良的动态性能和测量精度得到同行认可。

2017年8月，课题组研制的同轴热电偶成功应用在了中国航空气动力研究院的“星空四号”飞行试验任务中，获得了超过130个测点的有效数据，表现良好，取代了国外传感器，解决了飞行试验热流传感器依赖国外技术的“卡脖子”问题。2021年8月，在力学所“YF-1”飞行试验中，搭载课题组研制的同轴热电偶为科学研究获取了重要数据。

3. 传承与发展

高精度瞬态同轴热电偶的研制成功，首先离不开俞先生科学家精神的传承。从俞先生十年前高屋建瓴提出专项攻关开始，我们的目标一直是满足国家航空航天重大战略需求。俞先生教导我们心系“国家责”，戒骄戒躁，静心钻研，攻坚克难，做有用的科研，真正解决实际问题。在研制过程中，我们一直秉承俞先生的思想，不断改进工艺并创新发展，为国家重大型号研制任务提供有力技术支撑。在后续的科研工作中，我们要继承和发扬老一辈科学家的永攀高峰、敢为人先的创新精神，以及严谨科研的求实精神，不忘初心，牢记使命。

通过同轴热电偶的研制，让我们也深深体会到基础研究对科研工作的重要性。只有提高基础研究水平，才能提高创新能力和科技水平。虽然基础研究一般取得成果时间较长，需要坚持不懈，甚至要“甘坐冷板凳”，但这也正是我们这一代科研人员应该担当的责任。我们中科院科研人员作为“国家队”，时刻需要心系“国家事”，肩抗“国家责”，解决国家迫切需要的难题，只有这样才能为我国科研创新驱动发展做出贡献。



李进平，副研究员，高温气体动力学国家重点实验室。研究领域：1) 高超声速空气动力学；2) 爆轰激波物理与应用。



张仕忠，高级工程师，高温气体动力学国家重点实验室。研究领域：高超声速实验与测量。



陈宏，研究员，高温气体动力学国家重点实验室。研究领域：实验空气动力学。

“十年磨一剑，香自苦寒来”

——可燃冰开采安全评价与工程应用

◇ 张旭辉

天然气水合物（俗称“可燃冰”）是资源量丰富的高效清洁能源，也是未来全球能源发展的战略制高点之一。虽然我国南海的可燃冰资源量丰富，但由于赋存于浅层未固结泥质粉细砂中，致其开采难度大。可燃冰开采会不会使得原来稳定的海水—上覆土层—储层—下伏层系统发生失稳？储层失稳的条件是什么？这些是可燃冰开采安全性研究必须回答的问题。含可燃冰沉积物的力学性质是地层变形和稳定性评价的基础数据，亟需解决其力学参数及本构模型的工程实用性问题，同时也亟需厘清可燃冰分解引起的滑坡、开裂、隆起或沉陷等破坏的演化机制。海洋可燃冰开采的储层稳定性及安全评价技术，是可燃冰开发需要解决的关键技术之一，并涉及含相变的多相流和多物理场耦合的基础科学问题。该问题的研究不能完全寄希望于现场实时监测，需要首先建立系统的物理模拟技术，探索可能的破坏类型以及动力学过程，最终建立理论预测体系，提前做好防范措施。

中国科学院力学研究所自 2004 年以来在郑哲敏先生的指导下开展可燃冰的研究工作，搭建了具有自主知识产权的可燃冰开采安全

评价实验平台，攻克了多项高压低温环境下储层力学测量与模拟技术，为获得试采储层安全评价必需的力学参数与地层破坏的物理机制提供了基础条件；建立了储层力学本构模型，阐明了相变 / 传热 / 渗流 / 地层应力重分布多场演化导致地层与结构破坏的机理，为可燃冰试采储层与结构安全性评价提供了基础力学数据和物理机制；提出了可燃冰分解多场演化的多重时间尺度渐近分析方法，建立了试采储层安全评价技术。

自 2011 年国务院批准启动可燃冰资源勘查与试采工程以来，力学所研究团队全程参与了这项工程，主要分为两个阶段：第一阶段（2011 年—2015 年），结合国家 127 工程项目的南海可燃冰地质调查与现场取样，开展可燃冰分解土力学响应与土层稳定性评价的机理性基础研究，获得了南海可燃冰储层的力学数据与本构模型、地层破坏机理与储层失稳评价技术；第二阶段（2016 年—2020 年），在南海两轮试采中作为我国海域可燃冰试采现场指挥部环境评价组的主要力量，负责可燃冰储层安全评价研究，基于第一阶段的研究成果，提供试采安全评价所需的储层物理和力学参数，结合实际地形地貌等建

立三维地质力学模型，评价储层与结构变形的发展特征及破坏的临界条件，为安全的试采工艺优化、环境影响（沉降、甲烷泄漏等）监测方案制定提供理论支撑。中国地质调查局广州海洋地质调查局在我国南海成功实施了两轮可燃冰试采，创造了连续产气时间最长、产气总量最大、日均产气量最高的3项世界纪录。2017年完成了探索性试采，解决了可燃冰“能否安全、持续产气”的问题，证实了技术可行性，获得了党中央、国务院贺电嘉奖。2020年完成了试验性试采，突破了对提高产气规模起决定性作用的深水浅层水平井技术这一世界性难题，实现了规模化开采，向产业化迈出了极为关键的一步，“我国率先实现水平井钻采深海可燃冰”入选“两院院士评选2020年中国十大科技进展新闻”。

力学所研究团队取得的成果已成功应用于我国南海首轮试采（垂直井探索性试采）和第二轮试采（水平井试验性试采），在储层及井壁安全评价中确定了统一的力学参数选取标准，为针对我国储层特点的试采方案与储层安全保障措施制定提供了支撑数据；项目研究成果深化了对可燃冰开采储层变化过程的认识，支撑“南海天然气可燃冰勘查与试采环境评价”项目建立了可燃冰环境安全与风险防控体系，保障了试采工程及环境安全，奠定了绿色开采基础，促进我国神狐海域可燃冰勘查开采先导试验区建设取得阶段性成果，有力地支撑服务于粤港澳大湾区

建设，推动了产业化布局，有效地助力广东省海洋经济发展。该团队完成的《南海天然气水合物试采储层安全评价技术》项目获得2021年度中国力学学会科技进步奖一等奖，并将面向可燃冰的商业化开发开展更为系统的研究工作。



张旭辉，博士，中科院力学所副研究员，博士生导师，国科大岗位教师，《力学进展》、《海洋地质与第四纪地质》、《海洋地质前沿》杂志青年编委，中科院青年创新促进会会员。主要从事海洋土力学和多相流体力学的研究工作，承担国家自然科学基金委项目、国家重大专项子课题、中科院先导子课题、中科院装备项目、产业部门项目等多项科研任务。相关成果以第一/通讯作者发表SCI期刊论文20余篇，获批准发明专利20余项，获中国力学学会科技进步一等奖1项。

郑哲敏院士：

“给力”中国力学学科建设与发展

本文选自《中国新闻网》

为中国力学学科建设与发展不遗余力、倾尽全力的著名力学家郑哲敏院士，2013年1月18日在北京人民大会堂登上国家最高科学技术奖的领奖台。他“给力”祖国，祖国给予他国家最高科技奖的殊荣。



郑哲敏是中国科学院和中国工程院“两院”院士，还是美国工程院外籍院士，他是中国爆炸力学奠基人和开拓者之一，也是中国力学学科建设发展组织者和领导者之一。

师从两“钱”结缘力学 辗转归国效力

郑哲敏院士早年求学、工作以及与力学结缘、从美国辗转欧洲回国效力的经历，和享誉海内外的中国现代科技界科学大家“三钱”中的两钱——钱学森、钱伟长都有不解之缘。

1943年，郑哲敏考入西南联合大学电机系，次年转入机械系。1946年，抗战胜利后，郑哲敏所在的工学院回到北京清华园。同年，钱伟长从美国回国到清华大学任教，在他的课上，大四的郑哲敏首次接触到弹性力学、流体力学等近代力学理论，钱伟长严密而生动的理论分析引起了郑哲敏的极大兴趣。1947年毕业后，郑哲敏留在清华大学做钱伟长教授的助教。

多年后，郑哲敏回忆道，钱伟长使他确定研究力学的道路，钱伟长重视数学和物理等基础学科对自己影响很大。

1948年4月，在钱伟长等人推荐下，郑哲敏获准入学美国加州理工学院，并于一年后成为钱学森的博士研究生。1954年9月，郑哲敏从纽约乘船离美，辗转欧洲，于次年2月回到祖国后进入中国科学院数学研究所力学研究室工作，随后参加钱学森创建中国科学院力学研究所的工作。

1956年1月，郑哲敏成为力学所的首批科技人员之一，任弹性力学组组长。同年，他还作为助手参加了钱学森主持的12年科学技术发展远景规划中全国力学学科规划的制订。后来在钱学森指导下，郑哲敏建立起爆炸力学学科，这一切，深深影响到郑哲敏的研究方向和治学风格。1984年2月，郑哲敏还接过钱学森的接力棒，出任中科院力学所第二任所长。

奠基爆炸力学 引领中国力学发展

郑哲敏科研生涯的最早期主要从事热弹性力学和水弹性力学的研究，回国后曾根据国家需要从地震响应、水轮机叶型等方面的研究工作。

后来因为国家科研布局调整，郑哲敏选择高速高压塑性动力学研究方向，并于很短时间内在爆炸成形方面取得完整、深入的研

究成果，从而拉开爆炸力学研究的序幕。

郑哲敏在爆炸力学方面的主要贡献包括：一是提出流体弹塑性体模型，促进形成完备的爆炸力学学科体系；二是建立爆炸力学的基本研究方法，为武器设计与武器效应评估提供崭新的力学基础；三是开辟爆炸成形、爆炸筑堤等关键技术领域，并发展水下爆炸及其与结构相互作用的理论，解决了重大工程建设核心难题。

郑哲敏还通过对“瓦斯突出”的机理研究，认为“瓦斯突出”的动力来源于煤层瓦斯中含有的机械能。

与此同时，作为中国力学学科建设与发展的组织者和领导者，郑哲敏参与和主持制定了一系列重要力学学科及相关科学规划。他总体把握中国力学学科发展方向，积极倡导、组织和参与热弹性力学、水弹性力学、材料力学行为、环境力学、海洋工程、灾害力学、非线性力学等多个力学分支学科或领域的建立与发展。

在材料力学研究中，郑哲敏提出的硬度表征标度理论，在国际上有重要影响并被广泛引用，还以他与合作者的姓氏命名为C-C方法。引领中国力学发展的郑哲敏为促进中国力学界与国际力学界的交融、提升中国力学国际地位等做出重要贡献。

科研需要耐心 倡导“自由探索”

当前中国科技发展水平虽然有很大进步，但与国际先进水平相比，仍有不小差距。郑哲敏认为，学术界浮躁的风气是制约发展的重要原因。“科研需要耐心。现在，一些人都急于求成，沉不下心来坐冷板凳，这样做出的也最多是中等成果，很难有出色的、有重大影响的成果。有的人急于要实效，不重视基础理论研究，最终会极大地制约整体科技的发展。”

他提醒说，当科学家并不像大家看上去的那么美。“科研有突破的那一刻很快乐，但是更多的时候很苦、很枯燥，在一遍又一遍的错误中寻求突破，在反反复复的试验中总结创新。”

在郑哲敏眼里，现代科学精神的精髓就是古希腊时代传承下来的“自由探索”的精神。纵观中国自身的历史发展和文化传承，“自由探索”精神相对薄弱，这也是造成中国科学创新不足的核心问题。要真正激活科技界的创造力，“自由探索”不仅仅是一种科学精神，也应成为一种人生目标。

郑哲敏指出，中国当下的青年科研人员压力特别是政策压力很大，现在各种评奖评审、项目申请等，“把人搞得很浮躁，东迎



西迎，像无头苍蝇一样乱撞”，年轻人急功近利、不能沉下心来，必然影响到他们开展科学研究和从事科研的决心。他呼吁尽快给青年科研人员减压，把他们从烦躁、浮躁的“包围圈”中解放出来。

已 89 岁高龄的郑哲敏仍然活跃在科研一线。近年来，他将研究重心转向水下高速航行体的流固耦合力学问题、海底天然气水合物开采技术与安全性等方面，带领相关研究团队为国家海洋安全和海洋资源能源的开发作贡献，并指导有关课题组继续进行爆炸与冲击动力学研究。

耄耋之年的郑哲敏接受采访时一直面带微笑，笑容里还不时透出些孩童般的调皮与无邪。他身边的同事称，微笑与乐观也许就是郑老健康长寿的秘诀。

应用力学和技术科学的开拓者和领路人

——著名力学家郑哲敏院士

作者：洪友士

2004年8月18日，在国际理论和应用力学联合会（IUTAM）理事会上，郑哲敏先生当选 IUTAM 执委会八位成员之一。这是中国力学家在国际最重要的力学学术机构的最高任职。郑哲敏先生以他的学术造诣和人格魅力代表中国力学界赢得了在国际力学最高学术组织中的重要地位。

郑哲敏先生从事科学研究 50 余年，他既是一位杰出的科学家，又是一位富有远见卓识的科技队伍的组织和领路人。从 20 世纪 50 年代后期到 90 年代，他为爆炸力学学科的创建和发展做出了创始性贡献。20 世纪 70 年代后期以来，他带领和推动了材料力学性能、非线性力学和海洋工程力学等方面的研究。1978 年至 80 年代末，他先后担任中国科学院力学研究所副所长、常务副所长、所长。90 年代，郑哲敏先生还曾担任中国科学院技术科学部副主任、主任和中国科学院学部主席团成员。

郑哲敏先生在应用力学和技术科学的发展上做出了创造性贡献。他发表了百余篇学术著作，获得了多项国家和中国科学院的科

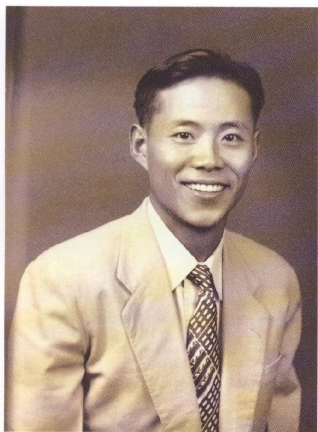
技奖以及多项荣誉奖，包括国家“新产品、新技术、新材料、新工艺”一等奖一项，国家自然科学二等奖两项，国家科技进步二等奖一项，陈嘉庚技术科学奖，何梁何利科学与技术进步奖等。郑哲敏先生先后当选中国科学院院士、中国工程院院士和美国工程院外籍院士。

一、聪敏勤奋，学成回国

1924 年 10 月 2 日，郑哲敏先生出生于山东济南，原籍浙江鄞县。其父亲郑章斐崇尚实业，教育子女勤勉好学、修身养性。家庭的影响给郑哲敏先生在青少年时期勤奋好学、正直做人品格的形成带来深刻的影响。

初中二年，抗日战争爆发，郑哲敏先生入川。1943 年，他中学毕业后考入西南联合大学电机系，次年转入机械系。抗日战争胜利后，学校迁回北平（北京），郑哲敏先生继续在清华大学机械系学习。1947 年毕业后，郑哲敏先生留在清华大学做钱伟长教授的助教。

1947 年底至 1948 年初，经清华大学，北平（北京）地区，华北区和全国等四级选拔，郑哲敏先生脱颖而出成为全国唯一的一名“国际扶轮社国际奖学金”获得者，并得到梅贻琦、陈福田、钱伟长、李辑祥等人的推荐。1948 年 4 月他获准入学美国加州理工学院，同年 8 月由上海乘船赴美。在加州理工学院学习一年后，他获得了硕士学位。接着他成为钱学森先生的博士生。1952 年 6 月，郑哲敏先生获得加州理工学院博士学位。



1948 年 9 月抵美加州理工学院



在清华大学任助教（1948 年）

1954 年日内瓦会议后，美国移民局取消了对一批留学生不得离境的限制。郑哲敏先生遂于 1954 年 9 月 26 日从纽约乘船离美，途经欧洲辗转近五个月，于次年 2 月 21 日从深圳入境，回到了阔别六年半的祖国。在“回国留学生工作分配登记表”中，郑哲敏先生写了如下的话：“回国本是一贯的主张。我们之所以获得教育，直接或间接的是由于全国人民的劳动，因此回国服务是不可推辞的责任。同时一个人如果不是在为群众的利益工作，那么生活便失去了意义。”朴实的语言表达了他深刻的思想和崇高的境界。

二、创建和发展爆炸力学

回国后，郑哲敏先生到中国科学院数学研究所任副研究员。他随后参加钱学森先生创建中国科学院力学研究所的工作。1956 年 1 月，中国科学院力学研究所成立，他成为力学研究所首批科技人员之一。

1958 年，郑哲敏先生和他领导的小组开始研究爆炸成形问题。他根据板料经历过两次加速的实验结果，提出了水下爆炸空化理论，成功解释了板材的两次加速过程，形成了爆炸成形机理的核心内容。在此基础上，他提出了模型试验所应依据的几何相似律以及能量准则，并设计了一整套确定成形工艺参数和条件的试验方法。对于生产大型零件，

他巧妙地发明了分块拼装的惯性模。他领导的研究集体在爆炸成形中所取得的成果总结在专著《爆炸加工》中^[1]。

1964年，郑哲敏先生完成了空中核爆炸冲击波压力标定的任务，随后又受委托研究地下核爆炸冲击波的发生和发展问题。经过调研和分析，他认为国外把全场分为内部流体区和外部固体区的分区模型存在不连续的缺点。1965年，他和解伯民先生提交了“关于地下爆炸计算模型的一个建议”^[2]，提出了一种新的力学模型—流体弹塑性体模型。这一模型体现介质在流体性质和固体性质之间的紧密耦合及其运动在时间和空间上的连续变化的特征。

70年代初，他领导的集体完成了杆式弹穿甲相似律研究，并且提出了杆式弹的穿甲模型。这个模型抓住了弹头在孔底边进边碎的特点，引入碎渣作为弹靶作用的中间过渡体，从而改进了国际流行的 Tate 公式。他解决了破甲相似律、破甲弹金属射流失稳拉断机理、射流侵彻金属装甲和非金属装甲的机理等一系列问题。他采用量纲分析和解析方法给出了射流失稳断裂的计算公式，证明了射流高速段的失稳是空气动力作用的结果，而低速段的失稳则与射流材料的强度性质有关^[3]。1981年，他的集体又在记录纤维增强复合材料的侵彻过程的 X 光照片上，发现孔底附近孔壁发生回缩的重要现象。他们分

析判断材料发生了热裂解，于是进一步组织专门实验和理论分析，建立了流体弹塑性加热裂解的侵彻模型。

80年代初期，郑哲敏先生开始组织气相燃烧和爆炸、粉尘燃烧和爆炸的研究；接着又组织煤和瓦斯突出、森林火灾的发生和防治等课题的研究。1982年，他发表了“从数量级和量纲分析看煤与瓦斯突出的机理”一文^[4]，对我国历年发生的大型瓦斯突出事故从力学角度做了分析和估算，认为突出的主要能量来源于煤层中的瓦斯，而地压只是触发煤层破坏的条件。他们的实验证明，在一定条件下会发生恒速推进的自持突出；同时还建立了关于两相介质的渗流破坏的简化模型，揭示了突出的主要过程和特征，并且为突出判据提供了理论说明。



郑哲敏在办公室 80年代初

郑哲敏先生为爆炸力学学科的创建和发展做出了一系列开创性的贡献，包括：

(1) 薄板在水下爆炸击波作用下的变形理论；

(2) 高速射流的准定常侵彻理论、爆炸成形后期的第二次加载理论以及爆破的鼓包运动理论等；

(3) 反映爆炸和冲击问题中的高速、高压和高温特征以及惯性与强度相互耦合效应的流体弹塑性体模型和多种应用理论；

(4) 多种爆炸和冲击的相似律；

(5) 多种耦合运动的理论，包括两种物体的耦合运动以及同一物体中流体性质和固体性质相互影响的耦合效应的理论；

(6) 射流拉断、界面波、绝热剪切等理论。

鉴于在爆炸力学的理论和应用的贡献，1993年2月，郑哲敏先生当选美国工程院外籍院士。当年全世界仅有八名非美科学家获此殊荣。时任中国科学院院长的周光召先生给郑哲敏先生的贺信中写到：“您的成就证明您获得这一称号是当之无愧的。”

三、组织材料力学性能、非线性力学、海洋工程力学的研究

组织材料材料力学性能的研究

郑哲敏先生倡导以钱学森先生“物理力学”的学术思想开展材料力学性能研究，强调宏观、细观、微观相结合，实验、计算、

分析相结合，力学与材料科学相结合。1982年，郑哲敏先生发表了“连续介质力学与断裂”一文^[5]，指出在断裂分析中存在一个被忽视的长度量并提出尺度效应必须包括到断裂理论中。这篇论文的学术观点引导了那个时期力学所材料力学性能的研究工作。

在郑哲敏先生的带领和指导下，力学研究所在材料力学性能研究方面取得了12项国家和中科院的科技成果奖。其中特别突出的是郑哲敏先生参与完成的“热塑剪切带”研究，该成果获得了1992年度中科院自然科学一等奖和1993年度国家自然科学基金二等奖。

组织非线性力学的研究

在郑哲敏先生领导下，力学研究所非线性连续介质力学开放研究实验室(LNM)于1988年6月成立，郑哲敏先生任LNM第一任室主任至1993年。而后，他担任LNM学术委员会主任至2000年。

1993年，郑哲敏先生在“中国科学院院刊”以“非线性连续介质力学”为题撰文^[6]指出，“从国际国内发展看，我们认为存在着两个突出的，也是许多人关心的前沿问题，那就是经典流体力学中的波动、涡、稳定性与湍流和固体力学中材料的损伤萌生、演化，直至破坏的理论。这两个方面的任何实质性进展，都会对整个连续介质力学理论与应用

产生推动作用。我们把实验室的主要研究方向确定为：（1）材料的力学性质，特别强调了宏微观手段与方法的结合；（2）经典流体力学中的波、涡、分离流与湍流；（3）有关环境力学的若干基础的流体力学问题。这些论述，表达了郑哲敏先生对力学前沿领域敏锐的思考以及对LNM研究方向的大局观。

1995年，LNM被评为优秀实验室。此后，LNM被科技部批准立项建设国家重点实验室，并于2001年4月通过验收。在LNM接受国家评估并获得“优秀”的成绩后，郑哲敏先生语重心长地告诫LNM的成员们，前面的路途任重道远，我们仍然要力戒浮躁，“不断爬坡”。

在郑哲敏先生的领导下，LNM形成了优良的传统和室风。最突出的是，LNM每年召开一次学术年会。从最初的几十人参加，发展到近年的二百余名参与者的较大规模的学术盛会，在中关村以至在力学界已形成品牌。

组织海洋工程力学的研究

郑哲敏先生不仅在力学所领导开创了海洋工程力学的科研方向，而且强调发挥中国科学院多学科的综合优势，同兄弟所进行密切的合作，面向我国海洋石油开发的需求进行深入的科学研究。1986年，院批准成立“中国科学院海洋工程科学技术研究中心”，并

任命郑哲敏先生担任主任。

近二十年来，郑哲敏先生领导海洋工程科学技术研究中心承担了国家科委攻关项目和国家自然科学基金重大项目。完成了数十项中国海洋石油总公司委托的科研和工程开发项目，为多个海区的海底油气开采创造了条件。作为首席科学家，郑哲敏先生主持了科学院“七五”、“八五”、“九五”重大项目。他带领和指导的队伍在海洋工程研究中获得了多项国家、中国科学院和国家部门的科技奖，其中包括国家科技进步三等奖一项、中科院科技进步一等奖一项、中科院科技进步二等奖三项等。

1999年5月，郑哲敏先生与中国海洋石油总公司曾恒一院士提出：中国科学院与中国海洋石油总公司进一步开展科技合作，并促成了中国科学院路甬祥院长与海洋石油总公司卫留成总经理签署了“中国科学院与中国海洋石油总公司‘十五’科技合作意向书”。随后，双方成立了科技合作指导委员会和科技合作办公室。郑哲敏先生担任了指导委员会成员和合作办公室中科院方主任。双方为我国渤海油田开发，和东海、南海油气勘探、开发中的关键技术确定了研究课题。这些课题已经取得可喜的进展和成果。

四、组织制订力学学科发展规划

1956年，郑哲敏先生作为助手参加了钱学森先生主持的12年科学技术发展远景规划中全国力学规划的制订。

1977年，郑哲敏先生参与主持制订了中国科学院的力学发展规划。1978年，郑哲敏先生作为主持人之一，组织制定全国力学规划。该规划确定了14项重大课题，其中第一项是固体材料的力学性质，第二项是湍流机理。

80年代末，国家自然科学基金委员会决定开展学科发展战略研究。1990年，确定了以郑哲敏先生为组长的力学学科发展战略研究组。1997年，研究组完成了《力学》自然科学学科发展战略调研报告^[7]。郑哲敏先生组织全书的编写并撰写了该书的“详细摘要”，其中贯穿了技术科学研究为发展国民经济服务的战略思想。

1992年10月，国家科委设立“21世纪初科学发展趋势”的课题。郑哲敏先生会同力学学科的院士和专家多次召开力学学科发展战略研讨会，科学地阐明力学既是基础科学又是技术科学的两重性，以及其在推动国民经济发展和国防科技中不可替代的重要作用。国家科委正式下文，成立了以郑哲敏先生为组长的“力学科学小组”。力学作为门类科学与学科之一，系统编入了《21世纪初科学发展趋势》的总体规划中^[8]。

1993年至2000年期间，郑哲敏先生作

为中国科学院力学学科专家组主要成员，指导了“中国科学院‘九五’基础研究发展规划—力学”和“中国科学院科技发展‘十五’计划和2015年远景规划—力学”的编写工作。

1999年7月，国家自然科学基金委员会受科技部委托开展“全国基础研究‘十五’计划和2015年远景规划”的工作。郑哲敏先生作为力学学科规划顾问组组长，组织顾问组对力学学科发展规划进行了总体指导和逐段审议，完成了力学学科发展规划报告^[9]。

2003年至2004年，年近八旬的郑哲敏先生对“国家中长期科学和技术发展规划发展战略研究”投入了极大的热忱。受中国科学院技术科学部的委托，他担任“国家战略高技术与高新技术产业化研究”专题咨询组组长，负责组织高层专家对规划的第13专题提出咨询意见。同时，他还担任第12专题“国防科技问题研究”咨询组副组长，并参与了第14专题“基础科学问题研究”的咨询工作。

2004年，郑哲敏先生受国家发展和改革委员会和中国科学院院士工作局的委托，承担了“世界高技术产业的发展趋势和我国的战略对策”咨询项目。他组织技术科学部和数学理学部的许多院士，成立了航天、航空、材料、能源、信息等几个工作小组，对我国高技术产业发展的现状进行了分析和梳理，



重点阐明了高技术产业应有的内涵和核心技术，提出了我国高技术产业发展的对策和建议。

五、广泛的国际学术交流

在本文开头已述及郑哲敏先生当选 IUTAM 八位执委之一。此外，1986 年，郑哲敏先生被推举为 IUTAM 理事并任职至今。1988 年至 1996 年期间，他任两届国际理论与应用力学联合会的大会委员会委员。

郑哲敏先生数十次参加多种类型的国际学术访问和交流，特别是作为大会主席多次组织重要国际学术会议，包括首届国际强动载荷及其效应学术会议，北京国际爆破技术学术会议，第二届国际强动载荷及其效应学术会议，ICSU/WMO 国际热带气旋灾害研讨会，第二届国际工程爆破技术学术会议，第二届国际冲击工程学术会议等。

郑哲敏先生与北美、西欧、日本、澳大利亚以及香港、台湾等国家和地区的一大批有成就的力学家有广泛而真诚的学术联系，特别是与冯元桢，吴耀祖，林同骅，何志明、朱家骥、谢定裕等一批杰出的海外华裔力学家有深厚友谊和密切的学术联系。

参考文献

- [1] 郑哲敏，杨振声等编著，爆炸加工，国防工业出版社，北京，1981.
- [2] 郑哲敏，解伯民，关于地下爆炸计算模型的一个建议，郑哲敏文集，科学出版社，北京，2004，166~190.
- [3] 郑哲敏，聚能射流的稳定性问题，爆炸与冲击，1981，1(1): 6~17.
- [4] 郑哲敏，从数量级和量纲分析看煤与瓦斯突出的机理，郑哲敏文集，科学出版社，北京，2004，382~392.
- [5] 郑哲敏，连续介质力学与断裂，力学进展，1982，12(2): 133~140.
- [6] 郑哲敏，非线性连续介质力学，中国科学院院刊，1993，(4): 283~289.
- [7] 国家自然科学基金委员会，力学，科学出版社，北京，1997.
- [8] 郑哲敏，周恒，张涵信，黄克智，白以龙，21 世纪初的力学发展趋势，力学进展，1995，25(4): 433~441.
- [9] 力学学科调研组，力学，中国基础学科发展报告，2001，135~156.

(此文原载于《中国科学院院刊》(2004)，Vol.19，no.6，p.468-471)

来源：http://www.imech.ac.cn/zt/ctdnznm/ftyxzzm/202108/t20210826_6169299.html

力学所召开党风廉政建设 责任书签订仪式和廉政谈话会

为深入贯彻落实党中央和院党组关于全面从严治党的部署要求，严格执行党风廉政建设责任制，推动全面从严治党向纵深发展、向基层延伸，力学所于2021年8月16日召开了党风廉政建设责任书签订仪式和廉政谈话会。所领导，实验室正、副主任，党支部书记，职能部门负责人等参加会议。会议由党委副书记、纪委书记杨旭主持。

党风廉政建设责任书签订仪式上，党委书记、所长刘桂菊与学术所长，领导班子成员与分管实验室负责人、新提任教育处处长，党委副书记、纪委书记与党支部书记分别签订党风廉政建设责任书或廉政建设责任书。

随后，党委书记、所长刘桂菊与分管实验室正、副主任进行了廉政谈话。她在总结讲话中强调，签订党风廉政建设责任书，是贯彻落实党中央和院党组全面从严治党要求的重要举措，各实验室、职能部门及党支部书记等各级领导干部要切实履行“一岗双责”，齐心协力、共同努力，既要抓好分管的业务工作，又要抓好分管部门的党风廉政建设；作为力学所的中坚力量，要积极发挥表率作用，强化政治意识，要志存高远、胸怀理想，在科研工作中始终牢记作为“国家队”，“国家人”，必须心系“国家事”，肩扛“国家责”；要继续大力弘扬传承科学



刘桂菊讲话



杨旭主持

家精神，用好首个“中国科学院弘扬科学家精神示范基地”，以实际行动践行老一辈科学家精神，在国家重大需求中发挥更大的作用；面对百年未有之大变局，要大胆实践探



签订党风廉政建设责任书

索力学所的发展道路，聚焦研究所发展长远问题，通过制度建设、文化建设，着力提升科技创新能力，才能行稳致远，在实现科技自立自强中发挥作用；全所要上下联动，加强人才队伍建设，通过改革和完善人才发展机制，做强做大人才队伍，提升战斗力，推动力学所的长远发展。

会上，各实验室还就近期重点工作向研究所提出了意见和建议，并与相关职能部门负责人进行了研讨。

会后，所领导班子成员与分管实验室正、副主任，职能部门正、副处长分别进行了廉政谈话。各实验室主任与副主任，课题组组

长、副组长，职能部门负责人与关键岗位人员逐级签订了党风廉政建设责任书或廉政建设责任书。

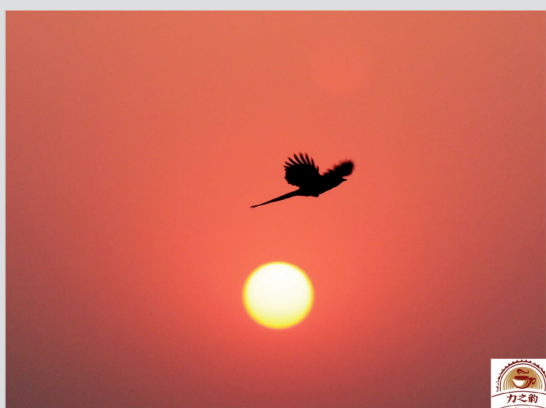


会议现场

“筌路蓝缕创伟业，初心不忘再起航”

——力学所开展“力之韵”主题摄影大赛

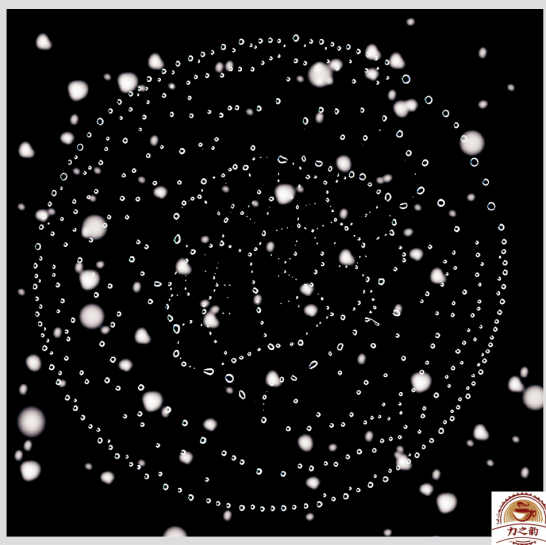
筌路蓝缕创伟业，初心不忘再起航。为庆祝中国共产党成立 100 周年，展现我所深厚文化底蕴与科技内涵，丰富师生业余文化生活，体现力学的内在与无形之美，由所团委和研究生会联合承办开展“力之韵”主题摄影大赛。经过初选，有 21 幅作品入围，经全所师生投票选出前 10 名，并将获奖照片展出在“力之韵”咖啡厅。



作品名称：迎风飞翔

作者：李林达 NML 研究生

一个雨后的傍晚，在所内看到几只喜鹊在天空中飞翔，拿起相机按下快门的一刻，刚好夕阳和喜鹊在同一个镜头里出现。喜鹊在夕阳里披上金光，夕阳也因喜鹊变得更加灵动。微风忽起，迎风而飞，向阳而生。



作品名称：微结构拓扑变换

作者：王富帅 LNM 研究生

自由操控材料微结构的拓扑变换，是科学家们一直以来的梦想追求，这为改变材料的微结构，尤其是实现拓扑微结构的动态可调提供了一种可能。



作品名称：美“力”怀柔

作者：王娟 NML 研究生

创造更加美好的未来。



作品名称：拼搏的力学接班人

作者：林鑫 LHD 职工

小朋友努力向前，奋力拼搏的样子，小朋友都这么努力，你还有什么借口懈怠。



作品名称：Wave

作者：杨焱 LHD 职工

浅浅的溪水流过，冲刷出光滑的石头，带走片片秋叶，它们却让水波形成了美丽的波纹，在这动静之间，可品味力的作用。



作品名称：鲤鱼跃龙门

作者：周冬冬 学会办公室职工

大自然鬼斧神工，有光透过仿佛一条鲤鱼跃过龙门。



作品名称：裂纹

作者：杨焱 LHD 职工

这是冻雨之后的一片树叶，树叶上覆盖了一层冰。它似乎不是一次成形的，冰晶的生长中产生了裂纹，跟叶子的叶脉似乎有着一些神奇的关系。



作品名称：焕发青春

作者：厉文萍 机关职工

在这座建于1958年的大楼里，力学所的科研工作者在此攻坚克难，创新奋进。通过镜头记录春风吹到力学所，我们这个老所、大所正在焕发出勃勃的生机。表达重现历史辉煌的美好愿望。



作品名称：平衡

作者：杨焱 LHD 职工

春天里，这些优雅的苍鹭们从南方来了，正在大树上建造将要用来生养子女的窝。这芊芊的细腿，足以支撑它们在树枝上打个盹，这需要多好的平衡功夫！它们日常往返于天空和大地之间，随着季节变化，足迹横跨欧亚大陆，让我们羡慕它们轻盈的身躯和随遇而安的潇洒劲头吧。



作品名称：请党放心，强国有我

作者：杜特专 LMFS 职工

背景的主楼见证了力学所辉煌的历史，“人民科学家·强国奠基石”的碑刻既是对力学所前辈们的肯定，也是对青年科研人员的鞭策。力学所秉承“科技创新”，勇担强国重任，恰逢建党百年，每个力学人都应该有信心、有底气地喊出“请党放心，强国有我！”



地址: 北京市海淀区北四环西路15号
Add: No.15 Beisihuan West Road,
Haidian District, Beijing, China
电话Tel: 86-10-82543856
传真Fax: 86-10-62560914
网址: <http://www.imech.cas.cn>
邮政编码Postcode: 100190