

网站地图 (<http://www.imech.cas.cn/serv/wzdt/>) |

联系我们 (http://www.imech.cas.cn/serv/lxfs/201212/t20121205_3698646.html) |

所内网 (<http://www.imech.cas.cn/serv/szxx/>) | 所内网 (<https://ioa.imech.ac.cn>) |



<http://english.imech.cas.cn/> | 中国科学院 <http://www.cas.cn/>
Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences

(<http://www.imech.cas.cn/>)



当前位置：首页 (../..../..../) >> 科学传播 (../..../..../) >> 力学园地 (../..../) >> 情系科学 (../..../)

【情系科学】郑哲敏院士研究地下核爆炸和反坦克武器原理的故事

2022-08-23 16:36

[【放大 缩小】](#)

编者按：2022年8月25日，是中国科学院力学研究所老所长郑哲敏院士逝世一周年的日子。本刊特此发布丁雁生研究员撰写的纪念文字。通过郑先生研究地下核爆炸和反坦克武器原理的故事，从一个侧面展现他爱祖国、爱人民的忠诚之心和对于科学真理的不懈追求。郑哲敏院士是力学人永远学习的榜样。

郑哲敏院士研究地下核爆炸和反坦克武器原理的故事

丁雁生

红日升。

南山狮吼虎熊惊。

虎熊惊，地震山崩，欢声雷鸣。

这是1975年12月17日中国第二次地下核试验时，开国上将张爱萍口占的词句。旭日东升，伴随一阵深沉的轰鸣，只见那天山南麓的峰峦突然剧烈跳动，尘埃飞扬，花岗岩山体变幻颜色，石块纷纷崩落，持续好几分钟，几十里外山巅的参试人员欢声如雷。“狮吼”典出陈毅，元帅应将军之邀动员研制核武器时，把我国核爆比作虎啸

狮吼。

你是否知道，张将军身为“两弹一星”任务的直接指挥者，竟然在1967年1月突陷囹圄致残？林彪坠亡后将军出牢养伤，1975年复出，他才能在第二次地下核爆时亲临现场。你是否知道，那次核爆试验后，将军在“批邓”、“反击右倾翻案风”中再次被打倒？“四人帮”垮台后他二次复出，紧抓洲际导弹、潜射导弹、通信卫星的研制工作。1980年将军70岁，请求退休未准，于1982至1988年任国务委员兼国防部长。

有类似经历的人，不仅是张将军。中国科学院力学研究所的归国学者郑哲敏也是一个。他是2012年度国家最高科学技术奖的获得者，因为在爆炸力学领域的杰出贡献。



张爱萍1988年12月5日到力学所参加纪念郭永怀牺牲20周年大会，郑哲敏接待

郑哲敏是钱学森在美国指导的博士，冲破美国政府的阻挠，于1955年回国。1963年承担了我国第一次核爆空中冲击波测量的紧急任务并如期完成。当年12月参加张爱萍和陈士渠两位上将主持的讨论抗核爆结构的会议，39岁的郑哲敏第一次近距离接触53岁的张将军。1964年承担地下核爆炸力学效应的数值预报和检验任务，1966年5月现场观看核爆试验，在提交最终报告之前4个月的1968年12月被打成“特嫌”隔离审查，未能参加1969年9月23日我国首次地下核爆。林彪折戟后郑哲敏从“五七干校”回京，虽然没有正式平反，实际上得到基层党组织和周围群众信任，重新指导研究室的科研，参加全国力学规划座谈并起草纪要。“批邓”、“反击右倾翻案风”时，他比张将军幸运许多，得到基层党组织和群众的保护，顺利完成反坦克武器原理研究。1980年10月他应邀观看了我国最后一次空中核爆炸试验。1988年12月5日，在力学所举办的郭永怀先生牺牲20周年纪念会上，郑哲敏第二次近距离接触张将军。“两弹一星”伟业的这位直接领导人与承担核爆力学效应研究的学者相谈甚欢。

(一)

核爆瞬间先产生强X射线辐射。地下爆炸时，被强X射线照射的岩石瞬间达到很高的温度和压力，紧贴核装药处的岩石气化或液化。这样，起爆后极短时间内爆心就充满高压物质，它突然作用于岩壁，扩展成空腔并在岩体中形成冲击波。冲击波压力随传播距离迅速衰减。冲击波掠过的岩石，爆心近处在几百万大气压、较远处在上万

大气压的作用下粉碎，形成压碎区。此外，冲击波压力随时间也在衰减，冲击波压力较高时，压碎区岩石的状态像是流体；冲击波压力较低时，压碎区岩石状态像是有一定塑性的砂介质。压碎区外，冲击波掠过的更远处则是破裂区，岩石受到强拉伸，产生大量裂缝。破裂区岩石的裂缝呈辐射状，裂缝的形成滞后于冲击波掠过的时间。在破裂区和破裂区外的下游区，岩石则保持为弹性固体状态，其中的波速趋近岩石声速。这就是地下核爆时声如狮吼、地震山崩的内在机制。

爆心空腔的大小、岩石中冲击波的强度，以及流体-塑性体-弹性体分区的尺度等等与核爆炸TNT当量的关系，是地下核爆炸力学效应最关心的问题。

起初，国防科委核防护工程组指定力学所采用点源强爆炸模型做地下核爆炸的解析解。郑哲敏课题组用流体模型计算地下强爆炸，所得激波时程曲线与文献报导的近区实测结果相当符合，说明流体模型是地下强爆炸近区的一个有用的理论模型。1964年11月他们就提交了“地下强爆炸的一个近似计算方法”报告，1965年1月又提交了“地下强爆炸的几个实例计算”报告。经过实际计算和分析，郑哲敏认为，点源强爆炸理论适用于空气介质，可得解析解，但不适用于模拟地下岩石介质中的核爆炸，用解析方法解决问题的希望不大，需要另辟途径。

郑哲敏知道物理学家曾对高压条件下的状态方程进行过实验和理论研究，并且提出过理论的状态方程（例如德拜方程），可以描写高至几十万甚至几百万大气压、低至几万大气压的岩石状态。工程界做过约一万大气压的岩石围压试验。他看过冯×卡门——老师的老师——早年的一份研究大理石在高压下行为的论文，知道只要围压足够高，岩石可以同时发生塑性流动和大的体积变形，从固体到流体是连续演变的。

当时研究小组掌握一些公开的美国地下核试验的结果，以及关于爆炸当量和爆后弹坑尺寸的少数报道。报道中有一个分区计算的方案，即在爆源近区采用可压缩流体模型，远处改用弹塑性模型。郑哲敏认为，分区计算的毛病，首先在于流体和固体两个区域的分界线难以确定，会带来很大的人为影响，使全局后果难以估计。经与课题组成员解伯民讨论后，在短时间内，郑哲敏写出以小塑性变形为基础的流体-弹塑性方程，转而寻求数值解。他在1965年5月和解伯民联名将建议上报国防科委。

1966年，郑哲敏和解伯民的建议为国防科委所采纳。国防科委要求以这个模型为基础，参考国外发表的地下核爆炸观测数据为例进行数值模拟，并答应提供岩石的状态方程和其他必要的数据库。

1966年4月郑哲敏应邀到罗布泊核爆现场参观，并观看5月9日进行的当量20-30万吨的空投实验，从而对空中核爆的巨大威力和效应有了一些深刻的体会。在此期间，他有机会接触到一些部队的同志，无意中听到他们关于罗瑞卿大将未在新闻中出现的议论，联想到彭德怀的先例，感到可能要发生什么重大事件。

回到北京已是5月中旬，正赶上批判“三家村”。到6月，风暴来了，所里到处挂着大字报。紧接着社会上出现打砸抢，一些人被拉去游街、戴高帽，有的人被活活打死，一些著名知识分子自杀，党政领导机关受冲击。郑哲敏所在研究室一位年轻人跳楼自杀，力学所党委办公室的一位女干部在家自杀，恐怖气氛一下子便起来了。

1966年底至1967年初，一项大型封头的爆炸成形项目在上海江南造船厂进行，郑哲敏去上海做试验，经历了造反派夺上海市党政大权的“一月风暴”。回到力学所，党委组织群众掀起了批判“资产阶级反动学术权威”的大字报高潮，有一个大字报专栏针对郑哲敏，标题叫“郑家铺子”。面对大字报专栏，他一遍又一遍念下去，麻木了，只是喃喃地用毛泽东的话“相信群众，相信党”来说服自己。

郑哲敏是爆炸力学研究室的室主任，被“夺权”靠边站了。但绝密性质的地下核爆力学效应研究没有撤销，一时间课题组只剩下他一个人在工作。他觉得，承担这项任务是国家对他本人的信任和委托，必须坚持下去。尽管戴着“资产阶级反动学术权威”的帽子，白天上班照样坚持科研，晚上在家仍然工作到深夜。他在1965年建议的基础上，对地下核爆炸的计算方案做了详细研究，为编程计算做了较充分的准备。

1967年3月，中国科学院计算技术研究所的李荫藩奉命来力学所参加计算工作。那时，计算机高级语言，例如FORTRAN等，尚未出现，只能采用汇编语言，即直接用二进制编码写程序，非常繁杂，非计算机专业人士无法进行复杂的数值计算。李荫藩与郑哲敏密切合作，使数值计算得以顺利进行。李荫藩负责编排程序、上机计算，郑哲敏负责整理数据、画图、分析结果。两人共同讨论如何改进程序，调整参数，拟定下一步的工作。这个方式工作效率很高。计算结果的分析表明，前驱波的出现和塑性波速与理论预计一致，空腔大小对所采用的参数敏感，因此适当调整预设的计算参数有可能有效地模拟实测结果。由此，计算进入参数调整阶段。在这个过程中，为了增加能量消耗，他们引进了加载、卸载、重新加载的磁滞模型，此外还把公式做了修改，使其适用于大变形。因为当时考虑的是一维球对称问题，所以这些修改并不造成困难。接着，郑哲敏等来到通县从事计算，国防科委又派一位谢同志参加，并且补充了许多重要的现场参数，包括爆室气体的状态方程、岩石的高压状态方程和其他参数等。这样到1968年底，模拟计算结果与国外观测数据基本相符，虽然结果没有全部整理出来，应该做的事基本都完成了。他们的工作信心逐步增加，相信会有成功的应用，可以完成委托方的任务。

1968年下半年，力学所开始“清理阶级队伍”。秋末的一天下班后，郑哲敏被留在所里审问到后半夜。12月初郑哲敏被当作“特嫌”，实行隔离审查，每天忍受人格侮辱，真个是斯文扫地。在高压下，他陷入噩梦，看见一只大手向他伸来，无助地大叫，惊醒，浑身冷汗。他幻觉自己炸了北京的粮库和珠海的大桥，洗衣店卡在衣服上的号码变成了特务暗号。他苦苦思索，发誓不睡觉也要把事情想清楚。可是日子一天天过去，脑子一片空白，像个瞎子，漆黑一片，看不见任何东西。终于，抗日战争初期落下的毛病发作，头痛难忍，他呕吐，蜷缩着身躯双手使劲拍脑袋。

郑哲敏被迫彻底离开了地下核爆炸力学效应研究。

1969年3月，项目组剩下的成员完成了研究报告。根据流体-弹塑性模型数值计算结果，对当年9月23日我国第一次地下核爆炸实验的各种仪器布置提供量程预报。力学所还参加了我国1975年10月27日第二次、1976年10月17日第三次地下核爆炸，提出了力学效应试验方案，分析整理了力学效应的试验资料，结合爆炸后现场开挖时的实际观察，给出岩石中应力波的传播规律。事实证明：第二次和第三次地下核爆炸现场实测与数值计算结果完全一致，预报与实际符合。力学所理论研究成果和实测数据被编入国防工程设计手册。

郑哲敏对地下核爆怎样采用他提出的理论一无所知。

“特嫌”查无实据，他被释放回家。1970年下放到“五七”干校劳动，继续被批判。幸运的是，一年多艰苦劳动远离了京城的政治风暴，周围许多同事又给予关心和鼓励，他渐渐从幻觉中解脱。

(二)

“清队”中有不少走出“牛棚”的人未见亲情友情，绝望自杀。而郑哲敏是幸运的，劫后一家三口团聚，同住一个单元的年轻人王鑑莉和她的丈夫仍然敬重他，并尽力帮助他治疗头痛顽疾。郑哲敏下班回家洗净手，接着就抱起王鑑莉的小宝贝逗孩子玩；闲暇时陪读初中的儿子练习骑自行车、制作舰船和飞机模型、自制从矿石到晶体管收音机……

1972年，郑哲敏知道不能重回核爆研究，一边疗伤，一边寻找下一步的科研课题。

他和解伯民建议的流体-弹塑性体模型，与国外学者同在1960年代各自独立提出，本不落后，并且具有广泛而重要的应用前景，可惜刚一产生便失去发展的机会。郑哲敏看到Kingslow的专著《Hypervelocity Impact》系统地发表了类似性质的工作，感慨人家不停步朝前走，我们又被抛在后面。

那时正值中苏珍宝岛冲突之后，兵工厂加紧研制、生产反坦克武器装备；全军部队加强了以打坦克为主要内容的军事训练。但是，提高反坦克武器性能的任务并不顺利，军方和兵器工业部门由此认识到“穿破甲机理不明”是瓶颈。郑哲敏选择“穿破甲机理”——流体-弹塑性模型的又一个重要应用为新的研究方向，和兵器工业的单位建立协作关系，全面展开反坦克弹（矛）和坦克装甲（盾）的相互作用的实验和理论研究。1966年郑哲敏、解伯民二位曾建议兵科院材料所采用模型试验方法解决装甲钢验收问题。1969年，力学所二室与兵器材料所合作完成了钝头弹穿甲模型律和装甲钢非破坏检验方法研究，1970年转入次口径弹穿甲模型律和装甲钢非破坏检验方法研究。这些工作使得兵科院、力学所在进一步合作上一拍即合。

穿破甲机理研究进行得相当顺利。这里有两方面原因：一是郑哲敏面对刚刚遭受的冤屈，不是怨气冲天，更不是灰心丧气，而是以国家利益为重全身心投入，充分发挥流体-弹塑性体模型高屋建瓴的理论优势，揭示穿破甲的机理。二是林彪坠亡后，正直的人们不禁反思接连不断的诡谲事件，在实际行动中摒弃“极左”做法。这个时期，在所内，基层党支部一直尊重郑哲敏，支持他指导爆炸力学研究；在所外，“穿破甲机理”项目从领导机关（兵器科学研究院）到组长单位（兵器工业材料研究所）和参研人员，全都敬重郑哲敏，采纳他的工作建议和理论成果，同情他曾经遭受的冤屈，钦佩他的真知灼见。兵器人天天做穿破甲试验，但是对许多侵彻现象熟视无睹，而郑哲敏趴下身子仔细观察靶板的变化，却从中发现许多有重要理论意义的实际现象。“外行看热闹，内行看门道”的赞叹在参研人员中流传。

从1972年到1978年，中国科研战线经历了“三起两落”：一“起”是“九一三”事件后批极左，恢复基础理论研究；一“落”是1973年批“极右”，说“恢复基础理论研究是复辟回潮”。二“起”是1975年邓小平整顿，端正科技政策和知识分子政策；二“落”是1975年底开始批邓反击右倾翻案风，发生天安门事件。三“起”是1976年10月粉碎“四人帮”，1978年召开全国科学大会，为广大知识分子正名，迎来科学的春天。在这两“落”期间，郑哲敏一直受到基层党组织和相关单位群众的爱护，没有再次遭殃，得以顺利做科研。

1974年中国科学院遵从周恩来指示，发布《关于制定我院十年规划工作的安排意见（草案）》。郑哲敏据此提出了爆炸力学规划，包括大爆破、核防护、穿破甲，并布局材料动态性质问题的研究，主张建立一支又红又专的、能根据国家需要不断开辟新领域的爆炸力学专业研究队伍。这个规划的制定带来了力学所爆炸力学研究的一次高潮。

在穿甲方面，郑哲敏提出长杆弹侵彻模型和靶道模拟试验方法，并经力学所与组长单位合作的缩尺模型试验证实，实现了靶道模拟试验方法，大大节约靶板用量并缩短研制周期。在破甲方面，郑哲敏提出高速射流形成、断裂、侵彻机理，指导团队实验证实破甲的几何相似律。

1974年郑哲敏率领力学所课题组人员出差火炸药所，住了一个月。他一边观察聚能射流侵彻、截割钢靶的实验现象，一边讲授射流侵彻问题。郑哲敏深入浅出地解释连续射流对靶板的准定常侵彻，并指出只要认定射流速度与侵彻速度之间存在确定的关系，不需要知道该关系的具体形式，在已知射流微元速度线性分布的条件下，就能简洁地导出描写侵彻过程的常微分方程，而且求得侵彻深度的积分表达式。火炸药所参研同志全神贯注地听报告，感到物理图像非常清楚，理解了实验观测射流速度与侵彻速度关系的重要意义。在当时的工业部门工作，很少用到微分方程，主要精力是做实验、整理经验公式。郑哲敏的报告，画龙点睛，显著提高了整个课题的学术水平，使大家抓到了重点，弄清了靶板强度对侵彻的影响。

火炸药所在大量脉冲X光照相的基础上，在1975年整理出某型破甲弹射流颈缩-拉断的实验规律，即射流的颈缩-拉断从速度最高的头部逐渐向速度最低的尾部发展，高速射流段与低速射流段的颈缩-拉断区疑似各有自己的规律。射流的拉断究竟服从什么规律？成为兵器人的疑问。1976年试验结果交到郑哲敏手里，再加上力学所课题组在此期间从事实验研究获得的大量现象和数据，经过深入思考，郑哲敏用量纲分析和解析方法，把高速段的拉断定性为空气干扰的结果，低速段的拉断判定为常见的颈缩过程。

在飞行中拉断，属于射流运动的稳定性问题。而稳定性分析是力学领域的一类难题，没有深厚的功力，往往不知道如何下手。与郑哲敏同期，一位留美的华裔学者利用美国的计算机优势，在射流上人为施加微小扰动，数值模拟了射流失稳拉断现象。两位科学家的研究结论类似，但研究方法不一样。从力学的传统角度看，郑哲敏用量纲分析和解析方法阐述射流失稳规律，物理意义更加清楚，思路更巧妙，成为稳定性分析方面的一个成功案例。

鉴于射流拉断，对于破甲过程有重大影响，这一成果对于改进破甲弹的设计和使用，对于新型装甲的设计和运用，有重要的指导作用。郑哲敏为破甲机理研究和抗破甲弹技术的研究提供了新思路。

流体-弹塑性体模型推动了力学学科的发展，成为研究核武与常规武器效应以及一些爆炸现象的重要模型，是爆炸力学领域继二次大战提出流体模型之后一个里程碑性质的进展。地下核爆炸力学效应与穿破甲机理的研究成果，在1982年获国家自然科学二等奖，郑哲敏为第一获奖人。

（三）

张爱萍将军有一颗爱祖国、爱人民的火热的心和坚强意志，是他奋斗一生，包括十年动乱两次被打倒仍然能够站起来的决定因素。郑哲敏在“反右”、“四清”时被迫做检查，“清队”中惨遭迫害，仍然做了杰出贡献，也是因为有一颗爱祖国、爱人民的忠诚的心和不懈追求。

从他与著名的美国华裔学者冯元桢先生交往的故事可以了解到郑哲敏的赤子心。

1948年，冯元桢在帕萨迪纳火车站迎接到加州理工留学的郑哲敏，两人从此成为至交。1952年，美国当局因郑哲敏是钱学森的学生并向往新中国，假“非法居留”之名将他关押，是冯元桢保释他出狱（出狱后郑哲敏起诉要求回国，打赢了官司，却被议会和政府以“美国利益”禁止他回国，并且勒令不得离开住地）。郑哲敏1954年离美时委托冯元桢代理未完事宜。1973年，冯元桢率加州华裔科学家代表团访华期间，曾经到家里看望郑哲敏。这是他们1954年分手十九年后的第一次相聚，郑哲敏却没有对老朋友诉说动乱挨整的冤屈。直到1990年年底，冯元桢才从别的华人学者口中听说郑哲敏“清队”遭受很大冲击，遂于1991年元旦致信询问，期待“将来有一天剪

烛西窗，我们要摆摆龙门阵”。从1973到1990十八年间，被誉为“生物力学”之父的冯元桢曾多次回国推进中国的生物力学研究，两位好朋友大约有不下十次或长或短、或在华或在美的相聚，郑哲敏竟然从未诉说曾经遭遇的严酷冲击。这是何等宽阔的胸怀！

对照将军与学者的顺逆遭遇，笔者感叹不已，步将军口占词韵续《忆秦娥》下阙：

妖风阴谷出奸佞，良莠莫辨毒邪盛。

毒邪盛？

斯文曾咽，大道终正。



中国科学院 (http://www.cas.cn)
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

中国科学院力学研究所 版权所有 京ICP备05002803号 京公网安备110402500049

地址：北京市北四环西路15号 邮编：100190

(http://bszs.conac.cn/sitename?method=show&id=081D2D6355AD574EE053022819ACCBA7)

