

今天，我们为什么怀念钱学森

——写在中国航天事业奠基人钱学森归国70周年之际

从为国“铸剑”到“化剑为犁”

□ 翁圣成

在前不久举行的纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利80周年阅兵式上，核导弹第二方队作为装备方队压轴出场。12台大型导弹运输车载着“东风-5C”液体洲际战略核导弹，通过天安门广场，光荣接受检阅。

此刻，在中国科学家博物馆的展柜内，静静躺着一枚“上海”牌手表。当年，在指挥包括“东风-5”远程洲际导弹在内的多场发射试验时，中国航天事业奠基人钱学森都戴着它。

铸造“倚天长剑”，打破洲际导弹垄断

新中国成立后，党中央作出发展“两弹一星”的战略决策。恰逢其时，钱学森冲破重重阻力回到祖国，投身火箭、导弹、人造地球卫星等尖端技术研制工作。作为技术领导人，他勇挑重担，精心组织攻关会战，为“两弹一星”与中国航天事业的创建与发展，建立了不朽功勋。

1963年11月，钱学森组织起草了《对地地导弹技术发展途径的意见》，制定了著名的“八年四弹”规划。按照这一计划，我国将在1965年到1972年的8年间，研制出“东风”系列改进型中近程导弹、中程导弹、中远程导弹和远程洲际导弹。其中最后一型，便是射程可达8000—12000公里的“东风-5”远程洲际导弹。由于种种历史原因，最后一弹的研制任务严重拖期，导弹虽然完成了基本设计，并进行了高、低弹道飞行试验，但尚未进行全程飞行试验。

1977年9月18日，国防科技领域的三大任务被列入国家计划，其中之一就是向南太平洋海域发射洲际导弹。

要完成这一高难度的飞行试验，首要难关便是解决导弹再入大气层时的弹头防热问题。为此，钱学森将从南到北几十家单位的高超声速气动防热领域的科技人员组织起来，开启了一场关于弹头再入气动、防热研究的“淮海战役”。钱学森走访了几乎所有“参战”单位，指导解决了上百个攻关和协作问题，基本突破了关键技术难点。随着1978年4月16日“东风-5”第二次低弹道飞行试验的圆满成功，这场技术攻关大获全胜，洲际导弹全程飞行试验万事俱备，只欠东风。

1980年5月18日10时整，一声“点火”令下，四条火龙将“东风-5”迅速托起。导弹跨越西太平洋碧波万顷，准确落入指定海域，落点误差只有250米，远远低于误差指标。

这次发射成功，标志着中国拥有了第一代洲际导弹。它打破了超级大国对洲际战略核武器的长期垄断，中国人民从此拥有了可以指向地球任何一个角落的“倚天长剑”！

“八年四弹”规划体现了钱学森的远见卓识，为我国导弹和运载火箭技术指出了一条正确的发展道路，为我国航天事业的长远发展奠定了坚实的基础，后续“东风”家族和“长征”系列也得以在此之上开枝散叶、茁壮成长。

“有矛必有盾”，建设中国防御体系

除了战略导弹，钱学森也为我国导弹防御体系建设，发挥了不可替代的作用。

20世纪50年代之后，面对美、苏等国的导弹核威慑，毛泽东主席开始从战略上考虑如何反击来犯导弹，保卫国土安全。1964年2月6日，毛泽东邀请气象学、地理学家竺可桢，地质学家李四光和钱学森到南海畅谈科学工作。

此次交谈中，毛泽东向钱学森提出“有矛必有盾”，希望他组织人员进行反导系统的研制。根据党中央指示，当时的国防科委于1964年3月成立以聂荣臻元帅、钱学森为负责人的防御问题小组，由钱学森负责成立防御规划和反导规划小组并开展反弹道导弹研制任务，史称“640工程”。

新中国成立之初，领空频遭境外飞机入侵，国家安全受到严重威胁。钱学森响应党中央部署，着手构建既有“矛”又有“盾”的国防尖端科技体系。20世纪60年代，在钱学森主持下成功研制的“红旗二号”地空导弹，大大提升了中国的防空能力。

钱学森还参与了中国海防导弹的发展规划。从仿制苏联的“上游一号”，到自主研发的“海鹰”系列，再到现如今海空两用的“鹰击”系列反舰导弹，沿着钱学森等人的设计思路，中国海防导弹走出独具特色的发展之路。

我国战略导弹防御系统的研制始于“640工程”，尽管其后续型号研制工作受各种因素影响无果而终，但其预研的一批重要技术成果，如超高速导弹、相控阵雷达、激光武器系统等，为日后国防科技相关领域的建设，留下了丰富的实践经验和科技积累。

“化剑为犁”，提出系统工程思想

20世纪80年代，钱学森逐步从国防科研一线领导岗位退了下来。重回学术理论研究的他，思索的仍然是如何将自已的研究与中华民族伟大复兴联系起来，并将关注点投向了与国计民生息息相关的诸多领域。

彼时，以信息、生物技术为代表的一系列现代科学技术突飞猛进。西方的未来学家预测世界将出现一系列剧变，新的社会形态将伴随着新技术浪潮的冲击而诞生。我国国内也对未来科技发展与可能产生的社会变革展开了热烈讨论。与此同时，被称为“科学的春天”的全国科学大会已于1978年召开，我国正快步迈入发展新阶段。

就是在这样的历史背景下，钱学森对中国科技如何赶上世界先进水平作了深刻思考与客观论证，并给出了自己的答案——系统工程。他结合领导航天事业的科研实践，提炼总结了具有中国特色的航天系统工程理论及方法，并提出建立总体设计部的构想。

1978年，《组织管理的技术——系统工程》一文的发表，标志着钱学森系统工程思想已从萌芽发展至体系。随后钱学森“化剑为犁”，依托于生物技术和计算机技术，结合系统工程思想提出人机结合理论，并将虚拟现实等技术用更为中国本土化的“灵境”一词表达出来，对未来信息技术、人工智能等技术的发展指明了前路，并尝试将系统工程思想应用于社会、经济、管理等诸多领域。

（作者系上海交通大学钱学森图书馆策展人）



科学家瞬间

胸有惊雷而面如平湖

右边这张图拍摄于1980年5月18日，“东风-5”远程洲际导弹发射前，钱学森坐在当时的国防科委北京指挥中心一个不太显眼的座位上，“胸有惊雷而面如平湖”地拨弄着手腕上那枚陪伴他多次指挥试验的“上海”牌手表，校验发射时间。

随着试验成功的消息传来，他的思绪似乎也跟随着这枚导弹跨越万里飞向太平洋——那片他负笈求学和重归故土时，曾不止一次眺望过的大洋。



“错一个小数点，我就扣你20分”

1958年，钱学森在担任中国科学技术大学近代力学系主任期间，有一次课堂上，他花了整整3个小时，只为让同学们重视作业中出现的错误。

钱学森说：“小数点点错一个，打出去的导弹就可能飞回来打到自已，所以你错一个小数点，我就扣你20分。”最后，他在黑板上写了几个大字：“严谨、严肃、严格、严密”。一位科学翘楚的事业心，以及对年轻学子的拳拳之心震撼着在场的所有同学。

“严谨、严肃、严格、严密”，这种科学精神不仅是对学生的要求，也是钱学森一生学术精神的写照。

钱学森曾告诫学生说：“搞科学的要下笔千钧。”事实上，钱学森对自己的要求更加严苛。1941年美国《航空科学学报》发表了钱学森一篇分量十足的论文《柱壳轴压屈曲》，论文发表时只有短短的10页，可是钱学森写下的演算草稿竟达800多页。在

完成论文后，钱学森长长地舒了一口气，把800多页的手稿装进纸皮袋，并写上“Final（最终的）”的字样。但他立刻想到，真理是相对的、科学研究是无止境的，紧接着他又在“Final”之前加上“Nothing is”，变成了“Nothing is final”，意为对科学真理的探索永无止境。

在工作中，钱学森要求团队对科学问题保持敬畏，要求大家在科研中要有严肃的态度。在钱学森的工作手册中，每次试验都有详细记录，甚至把大大小小的异常或故障列出表格，一一落实解决。对已经解决的问题，他注上“已换”或者“已重新调试，可用”等。对尚未解决或落实的问题，他在表格中用红笔作个“★”号，并注明已指定责任人协调解决。

钱学森在细节上，要求极其严格。一次导弹试射前夜，他发现数据异常，坚持要求所有人通宵复核。第二天清晨问题解决，试验得以成功。在场的人感叹：“钱

老的眼睛比仪器还准。”

为了厘清导弹武器系统各个组成部分之间的联系，使人一目了然，钱学森提出，从总体、分系统、子系统直至单机与部件、组件等的承制单位，都要制定自己的网络流程图，将任务的整个过程画在一张图上，并标出它们之间的分工、关系、时间要求和完成的情况。下一级的流程图必须和上一级的流程图接轨，确定“节点”任务的完成时间和技术指标要求。在他的倡导下，航天部门的许多计划和工程部门的墙上，都挂起了按技术上和组织上的各种时序联系和逻辑关系制定的严密的流程图。

钱学森精益求精的精神，影响了一代又一代航天人，成为宝贵的精神财富。今天新一代航天人的“毫米级”精度追求，离不开钱学森“严谨、严肃、严格、严密”精神的影响和垂范。

（上海交通大学钱学森图书馆供稿）

狠抓基础才能决胜前沿

□ 邱文佳

工程科学的新领域》中，正式提出物理力学这一新学科；同时期他给加州理工学院的研究员讲授物理力学课程，并编写了一套《物理力学》英文讲义。1958年，钱学森在中国科学技术大学化学物理系设立了物理力学专业，并亲自授课。

半个世纪以来，物理力学已取得了丰硕成果，钱学森的核心思想和研究模式已成为当今材料科学和力学学科的世界潮流。

钱学森格外重视学生的基础训练。在他的学生、后来担任共和能源集团总裁的克劳德·布伦纳的记忆中，钱学森的课堂甚至有些“恐怖”——他不允许任何人提问。有一次课上，一位同学表示对黑板上的公式不太明白，钱学森停下板书，反问这名学生是否学过某些基础课程。学生回答“学过”后，钱学森说，“既然学过，就不需要我再解释”，然后继续讲课。

这种对基本功的强调，也体现在他在

中国科学技术大学的教学

他并不提倡死记硬背，而是以独特方式督促学生学习。有一次考试，他只出了两道题，其中一题是：“从地球发射一枚火箭，绕过太阳再返回地球，请列出方程并求解。”学生们从早上考到中午，没有一个人能交卷。钱学森认为学生基础还不够扎实，于是让大家延长半年学习时间，专门补习工程数学。

正是这种引领前沿与夯实基础并重的教育方式，培养了一批科技帅才和将才，如以孙家栋、王永志为代表的中国第二代航天事业领军人物，以及以包为民、孙斌为代表的第三代航天事业领军人物。

（作者系上海交通大学钱学森图书馆助理研究员）

图③：1958年，钱学森在中国科学技术大学给学生们讲课。

图②：1955年10月28日，中国科学院副院长吴有训（右）等到北京火车站迎接钱学森（左）。

图④：钱学森曾佩戴过的“上海”牌手表。

图⑤：钱学森写下“Nothing is final(科学探索永无止境)”。

图⑥：1955年9月17日，钱学森登上“克利夫兰总统号”邮轮，踏上归国航程。

图⑦：1980年5月，“东风-5”远程洲际导弹，成功向南太平洋海域发射。

本版图片由上海交通大学钱学森图书馆、中国科学家博物馆提供

底图由AI制作