

# 3

## 钱学森的科学贡献

在长达70多年的科学生涯中，钱学森不断开拓，勇于创新，取得了举世瞩目的杰出成就。

在美国工作的20年，钱学森在应用力学、喷气推进以及火箭与导弹研究方面，成就卓著，成为世界知名的空气动力学家、应用力学家、喷气推进和火箭理论开创者之一，并创立了物理力学和工程控制论。

1955年回国后的20多年，钱学森开创了我国火箭、导弹和航天事业。与此同时，他还创建了系统工程管理方法与技术。作为战略科学家，他以自己的远见卓识和超凡智慧，为我国科技发展提出了许多前瞻性和战略性的重要思想和建议。

1981年以后，钱学森建立了系统科学及其体系，并开创了复杂巨系统科学与技术这一新的科学领域。晚年，他运用系统科学思想构建了新的现代科学技术体系，并在多个领域提出了一系列重要创见。



## NOTHING IS FINAL

薄壁圆柱壳的失稳问题始终困扰着航空工程师。钱学森认真观察和分析了实验结果，经过反复尝试和失败，终于意识到薄壁壳失稳前后存在着一个能量跳跃的过程且发现了符合实验现象的模式。钱学森针对本研究的手稿达到800多页，而正式发表的论文却只有10页。

当研究完成后他在存放手稿的信袋上用红笔写下了“Final”（最后的定稿）几个字。但作为一名严肃的科学家，他意识到该理论仍有不足之处，因此他又在旁边写下了“Nothing is final”（没有什么认识是最终的）。



## 喷气推进与航天技术



1946年 (“Rocket and Other Thermal Jets Using Nuclear Energy”) 《用核能的火箭和其它热射流》一文的部分手稿



《星际航行概论》新版封面

从20世纪40年代到60年代初期，钱学森在火箭与航天领域提出了若干重要的概念：在20世纪40年代提出并实现了火箭助推起飞装置(JATO)，使飞机跑道距离缩短；在1949年提出了火箭旅客飞机概念和关于核火箭的设想；在1953年研究了星际飞行理论的可能性。

在1963年出版的《星际航行概论》中，提出了用一架装有喷气发动机的大飞机作为第一级运载工具，用一架装有火箭发动机的飞机作为第二级运载工具的天地往返运输系统概念。

## 稀薄气体力学方面的开创性工作

钱学森于1946年发表论文，从空气动力学观点总结了有关稀薄气体的研究成果，指出在几十公里高空飞行时将会遇到稀薄气体动力学问题。他提出稀薄气体动力学中三个流动领域的划分，为研究稀薄气体动力学作出了开创性工作。这一研究对卫星、载人飞船或航天飞机的发展起着重要的作用。



1946年发表的稀薄气体力学论文原稿的第一页

## 预见气动加热现象

钱学森首次揭示和证明，当飞机速度超过声速的2.6倍，因边界层附近的空气与飞行器产生摩擦而使空气的温度剧增，在飞行器表面开始起加热作用。如果速度更高，可能使外壳丧失强度，甚至熔化和气化。这就是后人所谓的“热障”现象。

## 破解薄壳失稳之谜

20世纪30年代末，全金属结构飞机开始全面取代早期的木布结构飞机。薄壳失稳问题成为困扰航空学界多年的一个不解之谜。钱学森通过深入系统的研究，解决了这一航空学界久攻不克的难题。



1940年前后，钱学森先后发表了数篇关于壳体弯曲问题的重要论文。图为他关于球壳外压弯曲的部分手稿。



## 力学领域的原创性工作

20世纪30、40年代是航空界从低速飞行向高速飞行发展的时期。钱学森瞄准当时航空界面临的重大前沿难题，在空气动力学、固体动力学、稀薄气体力学等应用力学领域中，全方位地进行探索，取得了一系列开创性的成果，为实现高速飞行奠定了理论基础。

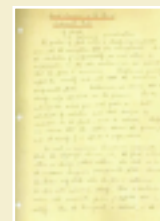
## 攻克空气动力学前沿难题

提出“卡门-钱近似”公式

1939年，钱学森在冯·卡门的指导下，对空气的压缩作用提出了修正理论公式，即“卡门-钱近似”公式，解决了“如何改进飞机机翼的设计以消除空气的压缩效应对高速飞行的制约”这一难题，被广泛应用于飞机翼型的设计。



1996年钱学森先生和Marble教授亲切交谈



推算出“卡门-钱近似”公式的原稿一页



钱学森的博士论文封面

# 三 杰出的战略科学家

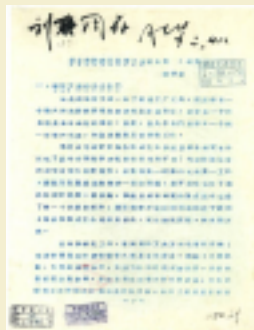
钱学森是一位具有战略眼光的科学家。在新中国科学技术事业奠基创业之初，他就以非凡的远见卓识，描绘出其发展蓝图。

钱学森是我国国防科技的主要领导者，在“两弹一星”的决策和研制过程中发挥了重要的领导作用。

## 制定国防科技发展战略

### 促成国家发展导弹的战略决策

钱学森回国之时，发展现代科技正成为新中国的当务之急。面对是优先发展导弹还是飞机的争议，钱学森在周恩来总理的支持和鼓励下，起草了《建立我国国防航空工业意见书》，为中央军委做出发展中国导弹技术的战略决策提供了重要支撑。此外，他还参与制定了我国空间技术研究计划。



1956年2月钱学森起草了《建立我国国防航空工业意见书》

### 主持制定导弹和航天发展规划



1960年钱学森(前左四)在某导弹基地指导工作

1956年3月，钱学森主持完成了《喷气和火箭技术的建立》，喷气和火箭技术被纳入国家长远规划。1963年，他主持制定了“八年四弹规划”，为中国导弹和运载火箭技术发展指出了正确的发展道路。20世纪70年代中期，他又提出了研制第二代战略导弹的建议。

# 钱学森

## 与

# 中国科学

纪念钱学森诞辰100周年展

# 二 倡导技术科学思想，开创物理力学新学科

## 倡导技术科学思想

20世纪40年代末，钱学森指出技术科学是基础科学和工程技术之间的桥梁，目标是为工程技术提供有科学基础的工程理论，进而带动和领导产业的发展。1957年，他又对这一思想做了进一步的阐述。他认为技术科学对发展高技术、提升和改造传统工程技术、开辟新的技术科学领域具有十分重要的意义。今天普遍采用的“分析-实验-数值实验或分析”三位一体的研究方法，钱学森在半个世纪前就预见到了。



钱学森1948年发表的英文论文

技术科学思想建立于20世纪上半叶是历史发展的必然结果。首先觉察到这一点，把它准确地、完整地勾画出来并指出这是一个新的科学领域，则是钱学森的巨大功绩。

——中国科学院院士、中国工程院院士郑哲敏

## 开创物理力学新学科

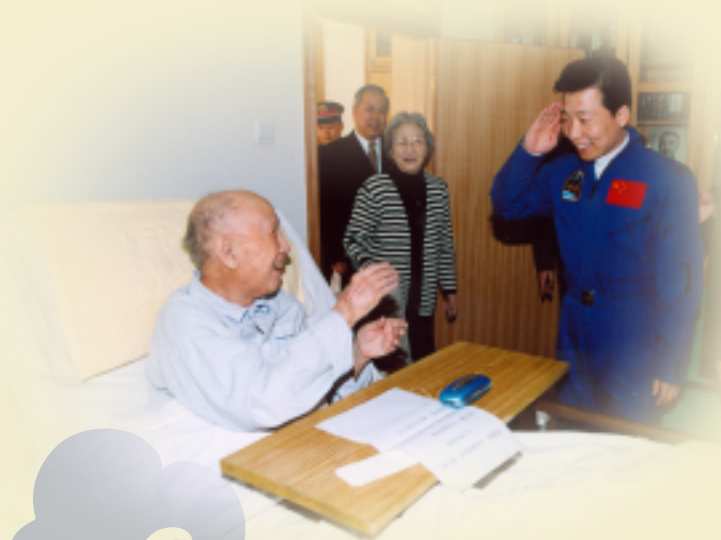
1953年，钱学森发表题为“Physical Mechanics, a New Field in Engineering Science”的论文，正式提出把物理力学作为工程科学的组成部分和力学的一个分支的意见，主张根据物质的微观规律确定其宏观属性。物理力学用物理学关于原子分子结构的理论，建立并推导出从微观到宏观的联系，以期达到预见工程技术中所需要的工质材料的力学性质，提供可依靠的定量数据。回国后，钱学森从组建机构、规划学科发展战略、确定研究方向到培养人才，做了大量卓有成效的工作。半个世纪以来，其核心思想和研究模式已成为当今材料科学和力学学科的世界潮流。



《物理力学讲义》初版于1962年，2007年再版。



## 筹划载人航天事业



航天界有个不成文的“规矩”。神舟系列飞船每次发射成功后，航天员都会上门看望钱学森。图为2004年元宵节中国首飞航天员杨利伟看望钱学森。

热烈祝贺神舟五号发射成功  
向新一代航天人致敬！

钱学森  
2003年10月18日



2006年1月10日杨利伟、费俊龙、聂海胜看望钱学森

1968年2月钱学森提出对我国载人航天发展规划进行研究的建议。经他和其他科学家倡议，1970年7月我国正式启动“曙光号”载人航天工程。“曙光号”搁浅后，他一直坚持相关探索性研究。他在方案论证和决策中发挥重要作用，悉心培养造就航天医学科技人才队伍。20世纪80年代中后期，他积极倡导从飞船起步的符合中国国情的载人航天战略。

## 擘画新中国科技发展蓝图

担任国务院科学规划委员会综合组组长



1956年6月14日中央领导与参加制定1956-1967年科学技术发展远景规划的全体专家合影（前排右72为钱学森）

1956年，在我国制定“十二年科学技术发展远景规划”期间，钱学森担任综合组组长。他面对头绪复杂的资料，力排众议，除制定56项重大研究项目外，还确定了四项紧急措施，对我国科技发展产生了深远影响。



《1956-1967年科学技术发展远景规划纲要（修正草案）》

为国家多项科技计划建言献策



1956年5月全国十二年科学技术发展远景规划编写小组开会讨论规划纲要（左三为钱学森）



钱学森在讨论“七五”计划草案时发言