

11年之后，1966年10月27日，钱学森先生协助聂荣臻元帅领导导弹和原子弹“两弹结合”飞行实验获得成功。

第二件事是，在东北之行中，钱先生有好几次应大学和研究所之邀作学术报告。讲演的主题大都是关于发展“技术科学”的问题，一次比一次深入和展开。我曾经把他此行所讲和他后来提出的建设力学研究所的方案相比较，发现他回国时向往成立的研究所的内涵远比传统的应用力学要宽要深，实质上是希望办成一个运用马克思主义方法论的、足以领导工农业生产前进的“技术科学研究所”。

技术科学一词原来叫做工程科学，译自英语。钱先生1947年回国探亲时，曾以工程科学为题在交大、浙大和清华分别作过讲演。讲述了德国著名数学家克莱因倡导的应用力学学派在工程应用上的重大成就和发展前景，指出这个学派所提倡的科学和工程相结合从而推动工业技术飞速发展的思想已经得到了充分的体现，在自然科学和工程技术之间已经形成了一个独立的科学体系。这就是工程科学，后来改称技术科学。在美国的最后几年间，钱先生在失去自由的情况下，埋头创建了技术科学方面两门新的学科：《工程控制论》和《物理力学》。通过微观和宏观相结合方法去预测工程中需用的新物质材料的宏观性质。两者都和传统的应用力学紧密相关，然而都已超出了经典力学的范围。

在钱先生的心目中，有许许多多新的技术可以在新中国发展。他举出航天技术、核聚变、自动化工厂、冲击波化学、风力工程、定向爆破、光能利用、农业工厂、以及气象工程等等，和这些新技术相应可以建立起许多影响国计民生的新的技术科学，前途无限宽广。

此外，他又特别注意到国外在二次大战中发展起来的一门新学科“运筹学”，有可能发展到经济、企业、工程的管理中去，逐步形成工程经济理论、运输理论等新学科。他认为，新成立的力学研究所可以把研究范围放宽。在1956年1月5日中国科学院的院务会议上钱先生提出了建立力学研究所的方案。这个力学研究所将成立弹性力学、塑性力学、流体力学、物理力学、化学流体力学、自动控制、运筹学等7个研究室。由于学科发展的迫切需要，自动控制研究室在半年内升格成为自动化研究所，运筹学研究室则在后来演变成为系统科学研究所。这两件事说明了钱先生早年卓越的远见。

我有幸能够参加力学所最初的建设工作，直接体会钱先生学术思想的精深，在以后的力学教学和研究中，也得到钱先生多次有力支持。我常常想到我们在一起时的美好岁月。

再次祝贺力学所建所50周年和纪念钱学森先生归国50周年！

谢谢大家！

钱学森的技术科学思想与力学所的发展和建设

郑哲敏

中国科学院力学研究所，北京 100080

我的题目是“钱学森的技术科学思想与力学所的发展和建设”，“技术科学”实际上也就是“工程科学”，名字在英文上都是一样的，都是“Engineering Science”，我在这里做一个简单的解释，因为钱先生在1947年的报告里叫做“Engineering Science”，也就是“工程科学”，回国以后因为考虑到国内的一些称呼，科学院有个技术科学部，因此在1957年发表的文章里改称“技术科学”。这个思想正如前面几个报告所说是指导力学所的发展和建设的主导思想，所以我想就这个思想回忆一下力学所的发展，希望

能够沿着这个方向来继续推进力学所的工作。

首先，我想简单介绍一下这个思想的主要要点，分几个方面，即什么是技术科学；如何发展技术科学；技术科学工作者应有的素质和工作态度。

什么是技术科学呢？我自己理解的是自然科学和技术科学都是科学，它们都属于科学的范畴，但是在目标方面有共同点也有区别。又比如在方法论上，在科学性的认同方面，在基础性和应用的认识方面，在综合性上，在什么是创新的认识上都是既有区别，又有共同点的。其次，技术科学是基础科学与工

程和其他应用领域间的桥梁,科学是多层次的,有的是非常基础的,有的是比较应用的,它们构成多层次的一个综合体,层次间有着复杂的反馈关系:一门科学对另外几门科学可能是基础,而相对于其他门科学可能是应用,它们的地位也并非一成不变的。

我记得大概在 1945 年罗斯福的科学顾问 V. Bush 写过一本书,叫做《科学的前沿》,那时候他强调基础科学是人类认识的源泉。钱先生在 1957 年的论文里就讲:技术科学也可以是人类认识的源泉,他举了一个例子——控制论,他说在过去的自然科学里找不到他的祖先。同样的,信息科学和系统科学,在自然科学里也找不到他的祖先,它是从技术科学、从工程技术里边发展出来的。技术科学里包含力学,叫做应用力学。力学发展到上个世纪初期,在理论结构上已经比较完善,已经可以比较好的应用到工程技术和许多其他实用领域中去,所以力学很早就兼有应用的性质。德国哥廷根大学是世界上那个时期基础科学非常重要的研究基地,他们那里有包括大数学家希尔伯特在内的一群非常著名的数学家和理论物理学家,在这里 F. 克莱恩提出了基础科学应该走向应用,特别提出了发展应用数学和应用力学。钱先生在其 1947 年的文章里谈到了原子弹和雷达的发展对工程技术的促进;他指出由于基础科学对雷达和原子弹的发展所起的重要作用,所以技术科学的发展和国家的国民经济发展、国防建设更加密切结合起来了。

下面我讲讲如何发展技术科学。技术科学一定要为国家的经济和国防建设以及社会发展服务,这种服务不是简单地解决工程技术提出的问题,而是要致力于创造性地带动工程技术的发展,也就是要走在工程技术的前面,提出新观点、新方法、新概念和新途径,同时推进科学的进展。所以说技术科学是科学,不是工程技术的“尾巴”。它建立在基础科学最新成就的基础上,不断地吸纳数学科学以及其它各种自然科学里的最新进展,为工程技术创造新的方法、新的途径和新的领域。此外,工程技术的要求往往是多方面、综合性的,因此要注意技术科学的多学科性质和跨学科性质。技术科学并不能代替工程技术,工程技术自己能够解决的问题不需要技术科学来解决,如果把两者混同起来,那技术科学就没有真正尽到自己的责任。

下面讲讲技术科学工作者应该有的素质和工作态度。我们技术科学工作者首先应该关心和了解国家的需求,对熟悉和解决工程或其他应用问题有兴趣和热情;其次要十分重视选题,选题要恰当和认

真,要有坚实的数学、自然科学基础和工程领域的知识,要全面掌握工作领域内相关的知识;最后还要有创新的精神。做事情要争第一,不能沿循旧的办法,要勇于承担责任。因为这和搞自然科学不一样,我今天研究不出来可以明天研究,明天研究不出来可以后天研究,或者再过一天研究,技术科学的目标往往是有限期、有一定质与量方面要求的,敢不敢承担这样的工作,算出来的东西和所做的判断自己相信不相信,敢不敢给别人用,这就要求一方面有严格的科学精神,另一方面要勇于承担责任和风险。所以技术科学工作者应有踏踏实实、坚忍不拔的精神,敢于做困难工作的素质。

下面我再简单回顾一下钱先生、郭先生和钱伟长先生是如何在力学所建设中实现这种精神的。他们 3 位先生都跟冯·卡门一起工作过,对发展力学有共同的认识。建所初期,我记得钱先生 10 月份到了组建中的力学所,当时我们已经从清华园搬出来,转移到化学所楼上的 4 楼。那时虽然有 4 个研究组,但是研究组为国家经济建设目标服务并不明确。钱先生第一次到力学所来就提出了每个组的研究方向要围绕着国家的重大问题。比如对弹性组,就要考虑我们国家是多地震国家,对地震的防护水平还不高,应该把主要的方向设定在为抗震服务方面上。11 月份他在朱先生的陪同下到东北了解了我们国家的工业情况、科学院的研究情况。我听朱先生说,钱先生对科学院的某些研究研究所的工作并不满意,他说有些工作应该由产业部门抓,不应该是科学院来管。1956 年 1 月他给周总理写信提出发展我国火箭导弹技术的报告,不久又对力学所的工作做了第二次调整,增加了高速空气动力学、物理力学、化学流体力学、运筹学和工程控制论,这就增加了力学所原来所没有的一些更加基础的、应用范围广阔和国家迫切需要的一些领域。这种布局在国际上也是很超前的。1956 年两位钱先生参加了 12 年科学远景规划。当时钱学森、钱三强、钱伟长 3 人被称为著名的“三钱”,钱学森先生在规划工作中担任总体组组长,钱学森先生对我们国家制定火箭技术、导弹技术规划、推动建立的几个重要的研究所都起了很大的作用。1957 年钱先生发表“论技术科学”,对力学学科作了全面论述,在此基础上也形成了力学所的基本框架。然后是人才的培养,刚刚洪所长提到了钱先生 1957 年开办力学班,1958 年他还和许多其他科学家一起积极的提出创办中国科技大学,亲自主持近代力学系。

钱先生对我们国家其他方面的研究工作也是十

分重视的，曾担任三峡科研组的成员。1958年他同郭永怀先生提出了“上天、入地、下海”作为力学所的主要研究方向。经过了3年困难时期的调整，力学所形成了与火箭技术研制部门的分工，确立了以服务航天为主要目标的基本定位，把主要的力量放在了航天上。

建设力学所的同时钱先生也教给我们怎么做科研。许多领域对我们是新的，所以我们首先要以讨论班的方式开展广泛地调研，包括内外情况的调研和文献的调研，加强与工程部门的联系，加强与清华、北大等兄弟高校的联系，加强和相邻学科的联系。比如当时力学所和化工冶金所有着密切的关系，化工冶金所以前的叶所长和郭所长，都在钢铁冶炼以及多相流和移动床等研究领域与我们所进行了合作，钱先生和贝时璋先生来往也常就生物方面的问题展开讨论。其次加强了基础知识的学习，开展实验室建设和工厂建设，强调实验的第一性；广泛开展的学术讨论，提倡不同观点之间的争论。钱所长和郭所长对高级研究人员要求特别严格，在学术讨论会上对他们的工作有更严格的要求，甚至会受到严肃的批评；提倡要干“出汗”的工作，要理论联系实际，批评无实质内容、花花哨哨和“数学游戏式”的工作；强调团队精神，合作精神。钱先生还要求我们，作为社会主义国家的研究所，要十分认真地答复人民来信。在这方面，他也身体力行为我们做出了榜样。

力学所就是在这样一些精神的指导下逐步发展起来的。大家刚才可以从洪所长的报告中了解到，钱先生的这些工程科学或者说技术科学的思想是常年指导我们力学所发展的一个基本方针，因为有这个思想在，所以力学所工作还是很有特点的，也可以说是优势。第1，力学所始终是关心国家发展的需求、注意力学的前沿，不断探索两者结合的道路，主动地向国家有关部门提出建议；第2，勇于承担国家任务，做超前的科学研究工作，及时把成果转到应用部门去。比如刚才谈到的高超声速风洞，我们的起步是在1957年，郭所长回来以后开展激波管的研究，从激波管到高超声速风洞经过了相当长的历程，直到文化大革命的中期才完成。虽然它花的钱只是后来产业部门或军队经费的千万分之一，但它的作用是极大的。我国一些大型风洞就是以这个为基础建造的，并且风洞的建设费用比在美国和日本等建设费用要便宜很多。类似这样的工作还有很多，这里我就不一一回顾了，总之，要做超前的，而不是重复别人已经有的工作。当然在必要的时候也要为解决一般性的问题服务，但是重点还是要做超前的工作，也就

是现在所说的创新的工作；第3，是能有效地组织科研队伍，把各方面的人才组织起来，把理论研究的、实验研究的、工程研究的人才都组织在一起，成立一个有实力、能战斗的队伍；第4，重视实验研究；第5，重视现象的物理分析，最重要的是要把握事物的本质，认识事物的本质。

最后我想说的是，在现阶段改革的大潮中，在市场经济的冲击下怎么样保持正确的方向是我们面临的问题。现在有些思想很紊乱，什么是理想、什么是正确的价值观、应该有什么样的责任心和献身精神、什么是科学精神，什么工作值得做，如何正确评价自己的成果，不少方面存在着比较混乱的情况，所以我最后想用钱先生的两段话作为我的结束语。

“一方面是精深的理论，一方面是火热的斗争，是冷与热的结合。这是没有胆小鬼的藏身处，也没有自私者的活动地；这是需要的真才实学和献身精神。”

“……，技术科学中最主要的一点是对所研究问题的认识。只有对这个问题认识了以后才能开始分析，才能开始计算。但是什么是对问题的认识呢？这里包含确定问题的要点在哪里，什么是问题中现象的主要因素，什么是次要因素：哪些因素虽然也存在，可是它们对问题不能起多大作用，因而这些因素可以略而不计。要做到这一点我们必须首先做一些准备工作，特别是实验和现场观测数据，把这些资料印入脑中，为下一阶段工作做准备，下一阶段就是真正创造的工作了。创造的过程是：运用自然科学的规律为摸索道路的指南针，在资料的森林里，找出一条道路来，这条道路代表了我们对所研究问题的认识，对现象机理的了解。也正如在森林中找道路一样，道路决难顺利地一找就找到，中间很可能要被不对头的踪迹所误，引入歧途，常常要走回头路。因为这个工作是最要紧的，要集中全部思考力，所以最好不要为了查资料而打断了思考过程，最好把全部有关的资料记在脑中。当然，也可能在艰苦工作之后，发现资料不够完全，缺少某一方面的数据。那么为了解决问题，我们就暂时把理论工作停下来，把力量移到实验工作上去，或现场观测上去，收集必要的资料。所以一个困难的研究课题，往往要理论和实验交错好几次，才能找到解决的途径。……”

第一段话摘自钱先生在纪念郭所长牺牲20周年时候的讲话。第二段录自钱先生1957年科学通报上的“论技术科学”一文。钱先生这些话提醒我们，应该树立怎样的目标，什么是有价值的工作，什么是没有价值的工作，敢不敢承担一些困难的工作，敢不敢

承担科学上困难的事情，敢不敢承担国家任务里的困难的工作。我谨以此结束我的讲话。谢谢！

力学研究所成立五十周年感言

MARBLE Frank E.

美国加州理工学院

在庆祝我的同事和朋友钱学森所创立的力学研究所成立 50 周年之际，我很荣幸能在此讲几句话。当然，我未能与你们中的多数人一样，在力学所成立初期，参加你们的工作。你们的这段经历令我羡慕不已。但是另一方面，在钱学森回国之前，在他计划为新中国的科学技术的发展做出贡献的时候，我就在他的身边。正是这一时期孕育了他的这些想法。

为了追寻钱学森创建力学所理念的来源，我们得回顾一下历史。在庆贺钱学森诞辰九十周年的研讨会上我说过^[1]，20 世纪 30 年代后期到 40 年代初，钱学森在冯·卡门直接指导下工作，我称之为是他做“学徒”的阶段。正是在这一时期，钱学森逐渐确立了关于力学研究的观点。那么，人们要问，冯·卡门的观点又是如何形成的？是在什么时候形成的？毫无疑问，这发生在 19 世纪末，当时冯·卡门在哥廷根大学从教^[2]。他有机会与当时的“科学大家”、应用数学的发明人克莱恩 (Geheimrat Felix Klein) 和纯粹数学的巨匠希尔伯特 (David Hilbert) 切磋讨论。克莱恩强烈主张数学与实际工程要结合起来，并认为，所有伟大的数学家都知道应如何运用数学去解决实际问题，而这种观点又是希尔伯特和其他数学家所反对的。为了确保自己的这种想法能够实施，克莱恩在哥廷根大学设立了应用数学和应用力学讲座职位。

在哥廷根大学从教的这段时间内，克莱恩的观点对冯·卡门产生了重要影响，并成为他后来在亚琛工学院和加州理工学院致力于科学与技术相结合的动力源泉。正当冯·卡门在美国大力宣传应用数学和应用力学观点的时候，钱学森来到了加州理工学院，成为了冯·卡门的“学徒”。可以说，在建立中国科学院力学研究所的时候，钱学森所秉持的也正是这种应用数学和应用力学的观点。

为了更完整地理解这个观点，我们可以将钱学森发表的文献分成两部分。一部分是基础性的工作，另一部分是应用性的工作。前者是推进一个领域的

基础科学，后者是解决当时所面临的工程问题。例如，“可压缩流体亚声速和超声速混合流中的‘极限线’”^[3]，“超级空气动力学，稀薄气体力学”^[4]，“高超声速流动中的相似率”^[5]。这几篇论文对于航天科学的发展做出了贡献。而另外一些文章，“可压缩流体亚声速二维流动”^[6]，“风洞中收缩锥的设计”^[7]，“超级空气动力学中的风洞试验问题”^[8]，处理的是在工程或制造中出现的问题，需要及时提出解决方案。类似地，如果分析冯·卡门的论文，我们也会发现，其中相当部分来源于当时所面临的工程问题。

在加州理工学院的最后几年，钱学森主要关注的是如何将严格的理论与工程实际结合的问题。他将此称为“工程科学”。他花费了不少精力来说明什么是工程科学，如何应用工程科学，以及如何在学校里教授工程科学。由此，他创立了“物理力学”这个领域^[9]，其目的是根据工程材料的原子和分子组成来预测它们的性能。

我相信，工程科学的领域和实践是钱学森在担任古根海姆喷气推进中心主任的几年中，在其脑海里逐渐提炼形成的，力学所则使这一思想付诸实践，将工程科学思想作为自己的核心理念。钱学森的后继者用这样的标准努力工作，取得了可喜的成绩。古根海姆喷气推进中心是钱学森总结出这些思想的地方，我作为古根海姆喷气推进中心的一员，祝贺你们已经取得的成绩，并希望你们有更加辉煌的未来。

参 考 文 献

- 1 Marble Frank E. 钱学森在加州理工学院——他对科学、技术和教育的影响。见：宋健主编。钱学森科学贡献暨学术思想研讨会论文集。北京：中国科学技术出版社，2001。10~26
- 2 von Karman Th. The Wind and Beyond. Pub Little Brown & Co, 1967. 44~56
- 3 Tsien Hsue-Shen. The ‘Limiting Line’ in mixed subsonic and supersonic flow of compressible fluids. NACA Technical Note No. 961, November, 1944
- 4 Tsien Hsue-Shen. Superaerodynamics, mechanics of rarified