

## 工程科学与应用力学 (二)

### ——纪念钱学森诞辰一百周年\*

郑哲敏

中国科学院力学研究所, 北京 100190

#### 6 钱学森工程科学主要论点

(1) 工程科学不仅是自然科学与工程技术间的桥梁, 也是人类知识的源泉。

科学是多层次的, 有的是非常基础, 有的是着重应用的, 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. 自 20 世纪 40 年代 V·Bush 有广泛影响的报告“Science: the Endless Frontier”发表以来, 人们往往认为自然科学是人类认识的唯一源泉. 20 世纪 90 年代, 在重新研究之后, 美国的一份权威性报告认为这一认识并不全面, 因为在自然科学与技术之间实际上存在着复杂的反馈关系, 作为自然科学与工程技术间的桥梁, 技术科学即应用科学也同样可以是人类认识的源泉。

(2) 工程科学属于科学; 工程科学要起带动工程技术的作用。

工程科学同自然科学一样也是科学, 两者的区别在于其目标. 工程科学首先是为工程技术 (广义上泛指一切应用领域) 服务, 而自然科学的核心是为了理解和认识客观世界的规律. 并且工程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. 在另一个场合, 钱先生还曾提出, 工程科学要引领工程技术的发展。

(3) 工程科学要创造性地运用最新的自然科学研究成果, 又要灵活运用工程技术经验。

工程科学是科学, 而不是工程技术的“尾巴”. 它建立在基础科学最新成就的基础上, 不断吸纳数学科学以及其他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, 因此往往比较复杂, 以致仅仅用已有的自然科学知识不能圆满地解决工程问题, 这时就要注意灵活地运用工程技术经验, 来更好地带动工程技术的发展。

(4) 工程科学的研究成果要回到工程技术中去并得到验证和进一步的发展。

工程科学从工程技术或其他应用所需解决的问题中提炼科学问题, 通过研究并解决这些问题来促成实际问题的解决, 还要不断总结经验, 提高和完善. 概括地说就是从应用中来又回到应用中去. 在这个过程中实现工程科学本身的发展。

#### 7 应用力学的位置

力学可以分为基础理论力学和应用力学是显而易见的, 不过要严格加以界定却不一定大家都一致, 也没有必要, 特别是因为在某种意义上说, 这个问题取决于研究者本人的态度, 然而从总体上加以界定又是可能和必要的. 一般说, 如果主要是为了深入探讨与认识某种具有普遍性的力学规律, 并无明确的直接应用目标, 这样的力学可以称之为理论力学. 另一方面, 如果是为了解决实际应用中的某类特定问题, 这样的力学属于应用力学的范畴. 因此应用力学属于工程科学, 应用力学要为工程技术服务. 当然, 应用力学也要为其他科学服务. 但是从投入比例上讲应用力学应该大于理

收稿时间: 2011-11-25

\* 根据郑哲敏院士在中国力学大会-2011暨钱学森诞辰 100 周年纪念大会上的报告录音整理

论力学, 因为实际应用是多方面的和复杂多变的, 并且只有加大投入才能适应国民经济快速发展的需要.

## 8 技术科学工作者应有的素质

下面讲讲技术科学工作者应该有的素质和工作态度. 对于技术科学工作者来说, 他们的任务是解决提交给他们的问题, 以及进行工程科学的基础研究, 所以他们必须要具备一些基础:

(1) 知识基础: 因为实际工程问题是复杂的, 往往涉及到多学科, 为了从中提炼和研究工程科学问题, 研究者必须具备广博而扎实的基础科学知识.

(2) 工程技术知识: 钱学森先生十分强调技术科学要对工程技术有足够的认识与理解, 要学习有关的工程技术知识, 要与工程师交朋友, 要与他们有共同的语言, 要有工程观点, 对工程问题要有数量的概念. 这些能力都要从学习领会工程设计原理和实践的过程中逐步获得. 有关科目就是常规的工程科目, 诸如机械制图、绘图和机械设计、工程材料和工艺、车间实习.

(3) 科学基础: 工程科学家的培训和常规工程师不同, 他必须掌握多得多的物理和化学等自然科学的基础, 以适应科学技术和工业不断发展的需要. 举例来说, 他在力学方面的知识必须不只限于刚体的静力学和动力学以及简单的梁、柱中的应力. 他必须学习弹塑性理论的原理. 他对流体运动的认识必须不能只限于水力学的内容, 他必须学习流体动力学的原理. 他在热力学方面的知识不能只限于第一定律和第二定律, 或者理想的奥托循环或狄塞尔循环的计算, 他必须要从统计力学和热力学平衡更广泛的观点出发学习熵的物理意义. 然后他必须懂得从原子核到分子的物质的基本结构. 换句话说, 他必须学习许多物理学家或化学家所必须学习的课目. 钱学森先生在担任加州理工学院教授期间, 仍坚持旁听数学、物理和化学方面的课程, 参加各种专业举办的研讨会, 这使他能从更深的层次上解决航空和火箭技术面临的难题, 比别人更早地预见到有必要在微观和宏观的结合的层次上开展研究, 因而提出了物理力学这个新的学科方向.

(4) 数学工具 (包括计算能力): 技术科学工作者应具有坚实的数学基础, 将其熟练地运用于工

程技术中科学问题的分析和计算. 钱学森先生认为, 与自然科学工作者相比, 技术科学工作者需要更多地从事计算, 因为提供给工程师的结果必须有定量的表达. 因此他始终十分重视计算, 一向关心和支持电子计算机和计算技术的发展. 另一方面, 他又指出数学对技术科学来说毕竟只是工具, 数学能使我们的分析和论证更加严密, 研究结果得以量化, 但不能替代对问题的真正认识. 同时, 不能把数学看作一成不变的工具, 应该在应用中发展数学方法. 例如, 运算微积分、摄动法、能量法、有限元法等都是在技术科学的而研究中创造出来的.

(5) 讲究方法论: 选择了不同的方法论, 会通过不同的视角来考虑自己所要研究的对象, 所以方法论对于科研工作十分重要. 我们要学习钱学森提倡的方法论 (见下节).

(6) 严肃认真的献身精神: 与自然科学研究不同, 技术科学的目标往往是有期限的, 有一定质与量方面要求的, 这是十分严肃认真的事. 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、坚忍不拔的献身精神, 敢于做困难工作的素质. 正像钱学森先生在纪念郭永怀牺牲 20 周年的讲话中所说: “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. 这里没有胆小鬼的藏身处, 也没有自私者的活动地; 这里需要真才实学和献身精神.”

## 9 钱学森提倡的方法论

对于一个技术科学研究对象, 钱学森强调研究方法分为三步:

第一步, 出发点: 在扎实的基本功基础上, 掌握一切与所研究问题有关的资料, 作为研究工作的起点.

第二步, 认识和分析所要解决的问题, 这是一个“创造过程”: “运用自然科学的规律为摸索道路的指南针, ……找出一条道路来”. 它“代表了我们对所研究问题的认识, 对现象机理的了解”.

第三步, 根据以上认识, 建立数学模型并进行分析和计算, 从而得出计算结果.

在第二步中, 为了解现象的本质, 必须着力抓住主要矛盾, 即“吸收一切主要因素, 略去一切非

主要因素”，制造出来“……‘一幅图画’，一个思想上的结构物。”力学的量纲分析方法往往能给出一些有意义的定性结果。

对于第二和第三步，应该强调认识过程、建模过程的反复性，强调理论必须有实践的检验。强调要充分应用电子计算机，发展计算方法，同时发展分析手段。

## 10 一些个人想法

(1) 应用力学的领域十分广泛，且不断扩大

上已说明，应用力学有两方面的服务对象，一是为工程设计服务，为发展生产力服务；另一个是为发展自然科学服务。当然这两个服务不是决然分开的而是有交叉的。因此应用力学的领域十分广泛是很明显的。但是能否找到问题，就看你的观察力是否敏锐了，而这又取决于你的应用力学基本素质是否优秀，你的研究方法是否对路。

应用力学的领域在不断地扩大。过去一些属于物理学或数学领域的问题现在也成为应用力学研究的对象。例如，随着 MEMS/NAMS 技术和生物技术的发展，应用力学的领域向纳观深入，过去认为是数学领域的复杂网络动力学，现在也属于应用力学的研究范围了。

(2) 从实际中来，一些综合性的、大系统的、极端条件下的问题更应加以关注。

国民经济建设中有许多实际问题，例如煤与瓦斯突出问题，虽然数据不够，还是可以用数量级和量纲分析的方法进行一些粗略的定性分析，然后一步一步量化的。对于极端条件下的问题，如

超高温、超高压条件下的材料行为，实验不能做，只有用理论计算的方法来解决。

(3) 作为科学工作者，保持自主性非常重要，没有自主性就必然没有创造性。

因为一个人有一个人的兴趣、爱好和专长，并且需要长期积累，才有创新能力。所以在科研方向上要有个人的长远目标，不能盲目跟风，这样会碌碌无为。

## 11 力学学会应该成为学术方面的旗帜

(1) 力学学会要在力学界宣传工程科学思想，学科的具体内涵要与时俱进，还要参加各种工程科学的会议，了解各方面的内容。参加会议的不仅要有力学界，还要有非力学界，进行多学科的交融，学术方面的交流。

(2) 建立力学学科内外的联系，加强联合与交叉。“门要开大一些”，“不要老板着脸”，对别的行业的人采用友善和欢迎的态度。

(3) 要促进学术交流，倡导学术争论，开展学术评论。我们力学学会能不能通过某些方式来展开一些争论。例如，JAM 杂志的争论很严格，很尖锐，这对促进我们力学的发展很重要。

(4) 倡导介入大工程，促成我国力学事业的可持续发展。力学学会在国家的项目上要有发言权，力学学会也要参与标准化的工作等等。譬如，我们飞机发动机不过关，就是因为我们经典力学的基础问题没有解决。我们力学界应该有责任和能力为国家多做一些事。

# ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED MECHANICS

## (PART 2)

### ——IN MEMORIAL OF TSIEN HSUE-SHEN'S

### 100 TH ANNIVERSARY

ZHENG Zhemin

Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China