

力学与工程：一名优秀的工程师首先是力学家

百纳知识 2018-06-15 00:00

工程的重要性大家都会知道，这是不言而喻的。衣、食、住、行，我再加两样，衣、食、住、行之外，玩儿，现在的娱乐，还有学习，衣、食、住、行、玩、学，六样，没有一样离开工程。所以工程对国际民生的重要性，大家非常容易理解。

对国家来说，要富、要强。要富，税收都是从各种工厂、工业部门收来的。表面上看起来靠力学能不能富，对不起，从力学家那里收税收不了几个钱，国家不可能靠力学来富，我指的直接。强国，那么所有的军事武器、国防的设施都是工程，没有一样离开工程。

但是力学是不是没有用了？既不能富，也不能强，对衣、食、住、行、吃、喝、玩、乐，都没有作用，是不是真是这样呢？我这一节就是要讨论一下这个问题。

一、从世界的历史来看力学

我们在介绍力学学科与现代工程的关系之前。为了更准确地把握力学与现代工程的关系，我们首先对力学学科在人类文明发展中的作用，做一个简要的回顾。

力学学科在世界历史上起过很重要的作用。至少在以下三方面起过作用：

第一，它是最早向权势即真理的真理观发起挑战，并且取得决定性胜利的学科。

地心说就是罗马教会所要垄断的“真理”。他们对一切反对地心说的人加以迫害。力学学科特别是其中的动力学，就是在反对地心说发展日心说中逐渐成熟起来的。

在力学早期的发展中应当特别提到四本书。它们是：1543年出版的哥白尼 (Nicolas Copernic, 1473-1543) 的著作《天体运行论》，1632年出版的伽利 (Galileo Galilei, 1564-1642) 略的著作《关于托勒密和哥白尼两大世界观的对话》，1638年出版的伽利略的著作《关于两门新科学的对话》和1687年出版的牛顿 (Issac Newton, 1642-1727) 的著作《自然哲学的数学原理》。这四本书就是力学走向成熟的奠基之作。也是日心说取得决定性胜利的最重要的理论武器。



哥白尼、伽利略、牛顿

日心说战胜地心说，它的意义不仅是天文学上新思想的胜利，也不仅在科学上力学学科的成长和发展成熟。他是人类历史上真理观的一次革命，它宣告以往权势即是真理的破灭，宣告权势可以垄断真理的破产，宣告指鹿为马的把戏破产。它使中世纪以前傲慢的权势不得不向新兴的科学低头，它警告人们，不管他是多么有权势有地位，在科学面前必须持谦卑的态度。随后，由于科学的不断进步（例如进化论学说对上帝造人学说的冲击）和人文精神的不断取得胜利，当人类进入19、20世纪，科学得到了空前的繁荣。权势即真理的专断愈来愈不得人心。所以才有罗马教廷对伽利略审判的平反。以至于基督教会也不得不办起了以科学为名的报纸乃至办起了科学院。无论如何，由力学发起的对“权势即真理”的真理观的挑战，是代表历史进步的潮流的。这个潮流在中国，也就是五四运动之后兴起的民主与科学的思潮。顺之者昌、逆之者亡。

人们说，宇宙演化、生命起源和物质结构是有史以来人类一直在不断探求的三大问题，围绕这三大问题，一直是愚昧和迷信与科学斗争的前沿。力学和整个自然科学，迄今一直为解开这些秘密而不断探求和做贡献。

第二，力学在人类历史上的另一种伟大的作用，就是推动现代科学的发展，成为现代科学的领头羊。

17世纪开始的世界范围的科学革命，从根本上改变了人类对客观世界的认识，改变了人类自身的思维方式，也改变了人类的物质生活。但是，在整个科学革命的历史发展的过程中，力学学科却起着引领潮流的作用。

美国印第安纳大学科学史教授威斯特福尔 (R.S. Westfall) 在他所著的《近代科学的建构》一书的序言中，一开头就说：“有两个论题左右了17世纪的科学革命——一个是从几何意义上来观察自然，和将宇宙理解为按照数学的指令构造的毕达哥拉斯传统；另一个是力学哲学，把大自然理解为一个巨大的机器并且找寻隐藏于现象背后机械论的解释。”

力学学科的成熟与发展，大大改变了人类认识世界的面貌。首先，天文学进入了一个新时代。如果说在牛顿之前，研究天文学的主要工具是几何学，那么在牛顿之后，力学成为研究天文学的主要工具。

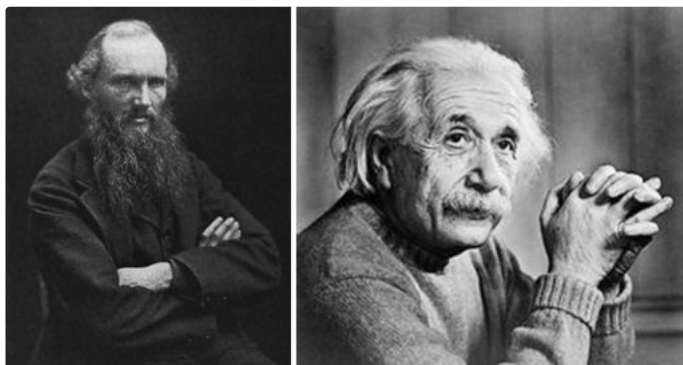
至于说到力学对于物理学的作用，请听爱因斯坦 (Albert Einstein, 1879-1955) 的话，爱因斯坦在《物理学与实在》中的一段话：“尽管我们今天确实知道古典力学不能用来作为统治全部物理学的基础，可是它在物理学中仍然占领着我们全部思想的中心。”他还说：“依我看，牛顿力学的最大成就，在于它的贯彻一致的应用已经超出了这种现象论的观点，特别是在热现象领域内。在气体运动论和一般的统计力学里，出现的就是这种情况。”爱因斯坦还说：“牛顿成就的重要性，并不限于为实际的力学科学创造了一个可用的和逻辑上令人满意的基础。而且直到19世纪末，它一直是理论物理学领域中每一个工作者的纲领。”

牛顿在《自然哲学的数学原理》的序言中说：“哲学的全部任务看来就在于从各种运动现象来研究各种自然之力，而后用这些力去论证其他的现象。”“自然的一切现象，完全可以根据力学的原理用相似的推理——演示出来。”

德国物理学家亥姆霍兹 (Hermann von Helmholtz, 1821-1894) 是能量守恒的发现者，原文叫做“论力的守恒”，他说“一切自然科学最后的目的，是把自己变成力学”，“只要把自然现象归结为简单的力这件事情完成了，并且证明了自然现象只能这样来归结，那么科学的任务将就此终结了。”

我们不是说自然科学是认识自然和理解自然吗。英国物理学家开尔文 (William Thomson, 1st Baron Kelvin, 1824-1907) 说：“我的目标就是要证明，如何建造一个力学模型，这个模型在我们所思考的无论什么物理现象中，都将满足所要求的条件。在我没有给一种事物建立起一个力学模型之前，我是永远也不会满足的。如果我能够成功地建立起一个模型，我就能理解它，否则我就不能理解。”

以上牛顿、赫姆霍兹和开尔文说的都是一个意思，就是自然界的一切变化，都归结为力学。这种观点就是科学上的“还原论”的方法论，即将复杂的事物还原为简单的事物。机械运动既然是自然界最简单的运动形式，最后把各种运动形式还原为力学是很自然的了。这种方法论在今天看来，并不能涵盖科学哲学中的一切方法，不过它毕竟是一种很重要的方法论。在这个意义上说，力学是一切自然科学的基础，是有一定道理的。



开尔文、爱因斯坦

进入19世纪末和20世纪初，力学还引领人类在揭开大气、地质构造、化学化合与分解、生命现象等的秘密中发挥了越来越重要的作用。

所以可以说，力学是现代科学最早成熟的学科，也为现代各门科学的发展奠定了基础，它和数学一起成为人类认识自然的两大重要工具。这就是威斯特福尔在他的著作中表述的基本思想。

所以恩格说：“认识机械运动，是科学的第一个任务”。

第三，力学的第三种功绩是奠定了现代工程的基础。

世界上，大学的工科教育起步很晚。大约只有二百五十年左右的历史。最早的工科教育当是法国成立于1745年的一所道桥学院。其后到1794年法国巴黎的综合工科学校诞生，工科教育逐渐成熟了起来。后来才有世界各国效法它成立的各种工科大学或工科系科。其中一个标志性的事件是巴黎综合工科学校两本基础课教材的出版。一本是1811年分两卷出版的泊松所著的《力学教程》，另一本是1926年出版的纳维所著的《力学在结构和机械方面的应用》。前一本奠定了理论力学的教学基础，而后一本奠定了材料力学的教学基础。实际上，作为材料力学主要内容的梁的理论，是直到纳维的这一本书才最后完成的。

早些时候，在没有工科教育的情况下，工程知识都是由师傅带学徒的方式相互传授。我们知道的18、19世纪的几位著名的工程师与发明家都是学徒出身。如改进蒸汽机的瓦特 (1736-1819)，纺织机的发明者英国人阿克赖特 (1732 - 1792)，蒸汽机为动力的轮船的发明者美国人富尔顿 (1765 - 1815)，蒸汽机车的发明者英国人斯梯文森 (1781 - 1848) 等，他们青少年时代都曾经当过修表学徒。只有在工科的基础课理论力学和材料力学基本成熟和定型后，成批地培养工科

人才才成为可能。所以可以说，现代工科教育，或者说现代工程是力学学科发展和成熟的直接成果。

所以马克思说：力学是“大工业的真正科学的基础”。

归纳起来，力学的发展过程说明，它是最早向权势即真理的真理观发起挑战，并且取得决定性胜利的学科；它又是自然科学各门学科的共同基础，是人类认识自然界的有力工具；它还是现代工程技术的基础。

力学如此重要，遗憾的是，我国到20世纪初，一直没有力学。19世纪末在中国致力于介绍翻译西方科学著作的英国人傅兰雅 (John Fryer, 1839-1928) 于1890年前后，在他编写的《格致须知》的《重学》一卷的引言中，有如下一段话：

“至于重学，不但今人无讲求者，即古书亦不论及，且无其名目。可知中华本无此学也。自中西互通，有西人之通中西两文者，翻译重学一书，兼明格致算学二理。”

其中的“重学”是早期对西方力学 (Mechanics) 一词的译名。傅兰雅的这段话说明三点：

第三，后来的历史发展进一步说明的是，即使是外国人送上门来，中国人接受也不痛快，甚至有时采取排斥的态度，接受的过程是缓慢和曲折的。



傅兰雅像

在1840年之前，有少量的传教士将力学知识传输到国内。不过中国人对学习力学的兴趣一直只限于极个别人之间，形不成气候。鸦片战争之后，中国的有识之士看到中国的失败和西人的船坚炮利，想办法救亡图存，提出“师夷之长以制夷”的口号。之后从19世纪60年代起形成全国范围的“洋务运动”。它的主要内容是聘请洋技术专家教学生、办工厂、买枪炮、买机器。如1865年成立江南制造总局与金陵机器局；1866年成立的福州船政局。这些活动都需要懂外文的翻译，于是1862年在北京成立的同文馆专门培养翻译。数年后，翻译培养出来了，可是洋枪洋炮的说明书还是看不懂。于是1866年又在同文馆中设天文与算学二馆（1898年京师大学堂成立，同文馆并入），开始讲授一点力学知识。

力学学科在中国得到独立发展的标志性的事件是，1952年在北大成立力学专业，1951年在科学院数学所成立力学研究室，随后1956年在科学院成立力学研究所。

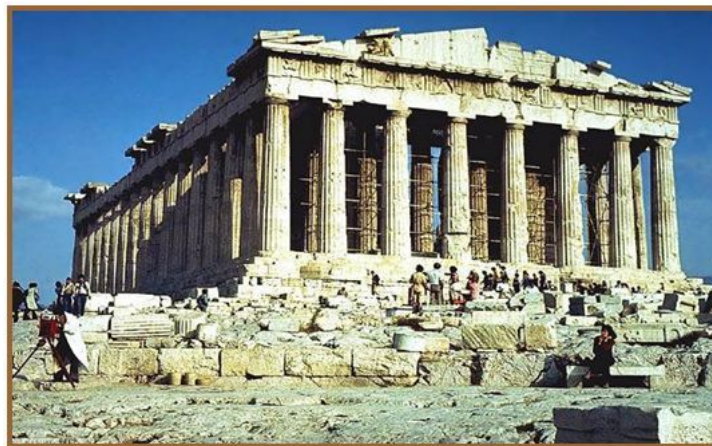
我们落后就落后在这里，外国是先有理科、先有力学，然后逐渐的才有工科，而我们是先弄工科，工科弄不下去了然后再培养一点力学人才，再培养一点数学。我国力学独立发展的历史才有短短70年的历史，这比起西方发达国家力学学科有着四百年的历史是很短的，所以从力学发展的历史来说，我们还只能是发展中的国家。今天有机会获得学习力学专业的机会是弥足珍贵的。

在关于力学学科性质的问题上，我国学者一直有两种不同的观点，一种认为力学是基础学科（周培源、钱伟长、谈镐生），一种认为力学是工程技术学科（钱学森、张维）。回顾以上的论述，就会自然地看到他们看问题的侧重点是不同的，主张力学属于基础学科的，是看到力学在历史上发挥的上面三种作用；主张力学是工程技术学科的，则偏重于看到力学在历史上发挥的第三种作用。

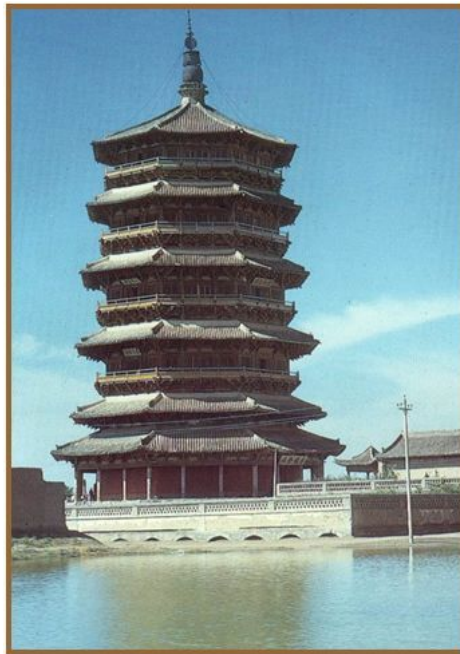
二、什么是工程

前面，在介绍力学的历史作用的时候，我们简单介绍了一下力学学科的发展与走向成熟，才开启了近代工程教育。现在我们要从近代工程本身来看力学。

在18世纪之前，即作为力学学科发展成熟之前的工程，一般多指结构工程，即桥梁、房屋结构、公共设施如神庙、长城、碉堡、水坝等等。下面看三个例子：



雅典女神庙，座落于雅典卫城。建于438B.C.是古希腊建筑的典型例子。



应县佛宫寺释迦塔

建于公元1056年，总高67米。采双层环形空间结构形式，是现存中国最古老楼阁式木构佛塔。塔建在4米高的两层石砌台基上，内外两排立柱构成双层套筒式结构，柱与柱间还有大量水平构件，暗层内又有大量斜撑，使双层套筒内外层紧密结合连成一体。其柱不是直接插入地中而是搁置于石础之上。在连接上采用了传统的斗拱结构，为不同部分的特殊需要分别设计了50余种不同形式的斗拱。由于结构上的合理性，近千年间经历了12次6级以上的大地震，迄今安然无恙。



河北赵州安济桥

桥位于河北赵县城南5里，为隋匠人李春所建，成于隋开皇大业年间(594 - 605年)，是现存世界上最古老、跨度最大的敞肩拱桥。桥的主孔净跨37.02米，净矢高7.23米，拱腹线的半径为27.31米，拱中心夹角。桥形很扁，桥总长50.83米，宽9米。大拱之上两侧各有一小拱。赵州桥在结构、地基处理、外观都达到尽善尽美。结构上减少了重量、增加了可靠性，使它历千年而不坏。

我们以上所举的例子，其设计都在力学理论建立之前，它们体现了在力学学科发展成熟之前的人类最高智慧的杰作。注意，什么时候有的力学呢？有两个年头应当记住，你注意一下：

前面举的所有的这些建筑，都是在这两个年代以前，在以前为什么会有这么复杂的建筑？为什么有如此精巧的建筑呢？回答，人的经验。就是说因为人都是要学习、要改变自然，所以他一代、一代地往下传，这种经验是非常可贵的，判断力一天比一天丰富，就完成了房屋、桥梁各种复杂结构的建筑。

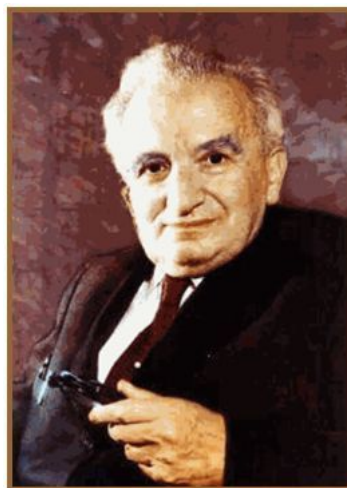
在公元一世纪，罗马的建筑大师维特鲁力 (Vitruvius) 在他所著的《建筑十书》中说：“因为人们有着模仿和善于学习的性质，所以每天彼此夸耀发明，互相显示建房的成就，就这样竞争锻炼了才能，判断力一天比一天丰富，而完成了房屋。”就形象地说明人们经验积累的过程。我国周朝关于工程的历史文献《考工记》中说：“天有时，地有气，才有美，工有巧。合此四者，然后可以为良。材美工巧，然而不良，则不时，不得地气也。”是说要达到好的工程设计和制造，所需要考虑的因素。

按经验的工程也非常伟大，但是凭经验的工程需要许多人、许多代的积累，所以结构形式比较少，发展改变很慢，所以一千年来我们村里面的那些建筑形式基本上没有变，我在农村待过，基本上是上面有一根梁，下面有一个檩，梁，檩，然后椽，基本上是这个形式，没有特别新的形式。连皇帝居住的宫殿也是一代又一代都是这样的。这都是变成格式，都是死的，他们脑子里都背会了。现在我们有不少的工程人员搞设计，他们大半还是凭经验，原因是什么呢？原因是他不懂力学。

所以结论，要凭经验的话，你要当一个好的工程师一定要记住前人的一些好的设计，好的工程师一定要记住，记住这个以后，你根据你的学问然后再不断地改进，然后产生新的结构、新的产品。

现代工程是在18世纪之后形成的。可以毫不夸张地说，现代工程是力学学科的产儿。

著名的力学家冯卡门 (Von Karman, 1881-1963) 说：“科学是去发现已经存在的，而工程是要创造世界上从来没有的。”



冯卡门

在力学直接指导下完成的产品，可以举调速器和钟表两个例子来说明。它们都是以前没有的。看上去它们都是不起眼的小玩意，可是它们的出现改变了人类的生活方式，引起社会革命性的变化。

1712年,英国人托马斯·纽可曼 (Thomas Newcomen,1663 - 1729) 发明了大气压蒸汽机。不过它的速度很不稳定,派不上多大的用途。瓦特的一项重要发明是在蒸汽机上安装了离心调速器,这大约是1782年前后的事情。这种调速器的构造简单得可以当做现今理论力学的一个习题。它是蒸汽机所以能普及应用的关键,也是人类自动调节与自动控制的开始。由于人们能够自由地控制蒸汽机的速度,才使蒸汽机应用于纺织、火车、轮船、机械加工等行业,才使人类大量使用自然原动力成为可能,这才有后来兴起的产业革命。

钟表的发明应当追溯到伽利略对单摆等时性的研究,后来荷兰力学家惠更斯 (Christiaan Huygens, 1629—1695) 发明了摆钟。这就是现代计时器的开始。由于钟表的发明,改变了人们的生活,使航海能够准确定位,也为其他科学研究提供的精确的计时装置。还是由于社会对钟表的大量需求,促进了机械加工、机床的生产,也就是说促进了机械行业的发展。

从现代关于工程的定义我们也能够看出力学学科的作用。一位斯坦福大学电机工程教授斯密斯 (Ralph J. Smith, 1907-1997) 说:“工程是最优地应用科学以自然资源来造福的艺术行业。”另一位叫林赛 (S. E. Lindsay) 的工程师在1920年说得更加明确,他说:“工程是安全与经济的实践,它采用服从科学定律的力和天然的材料,经过组织、设计、施工以满足人们的普遍利益。”所以可以说,力学是现代工程最重要的理论支撑,也可以说支撑现代工程的大厦主要的理论支柱就是力学。

由于力学和自然科学的发展产生了一系列新的工程领域:冶金、造船、采矿、化工、电机、机械、造纸、纺织、发电、核工程、半导体、电讯、航空和航天,复合材料、橡胶、塑料、机器人等等。

从无到有,如电机、核工程、航空、航天等,它们是基础研究的产物。这些新工程领域,第一批涉猎者都是力学家和科学家。

下面这几张图片所表示的现代工程的杰作中,每一项都有大量的力学家参加工作。都有力学家的汗水,而且可以说最重要大量的工作,都是与力学有关的。



波音777飞机可乘坐400人,最大起飞重量250吨。



大型汽轮机转子

原有的工程类别，由于基础研究的指导，产生了质的变化，如建筑，从1875年芝加哥开始的高层结构，1859年开始的钢铁造船，1867年开始的钢筋混凝土结构。



芝加哥的高层建筑

我们再举两个例子，说明力学对工程的影响：

一个例子是在1940年建成的美国的西北部一座吊桥，长853.4m的塔科姆 (Tacoma) 大桥，建成后不久，由于同年11月7日的一场不大的风（仅每秒19m）引起了振幅接近9m的“颤振”，在这样大振幅振荡下结构不一会便塌毁了。

在此之前，设计工程师没有流体力学的知识，他们以为风这样吹来的时候，风激起的桥的振动是沿着风的方向振动，即顺着风向来振动。那么桥这么宽，这个刚度足够大，没有问题。他没有想到桥会垂直于风向振动，即垂直于来流的方向来振动。这个事情就是当时的工程师缺乏流体力学的训练。经过这一事实的教训，现在设计这种吊桥，全部必须要有流体力学方面的计算和实验。著名的力学家冯卡门就参加了这个桥的风洞实验，在用桥的模型，在风动里头吹风，然后来论证他能够承受多少级风。这就是由于力学的发展，在土木结构的设计中必须考虑新的因素的一个例子。



被风吹垮的塔科姆 (Tacoma) 大桥

另一个例子是复合材料力学的诞生。人类早期应用的复合材料有麻刀、钢筋混凝土等。20世纪七八十年代在冶金和力学指导下，产生了纤维金属合成板。被大规模应用于航空航天工程中。

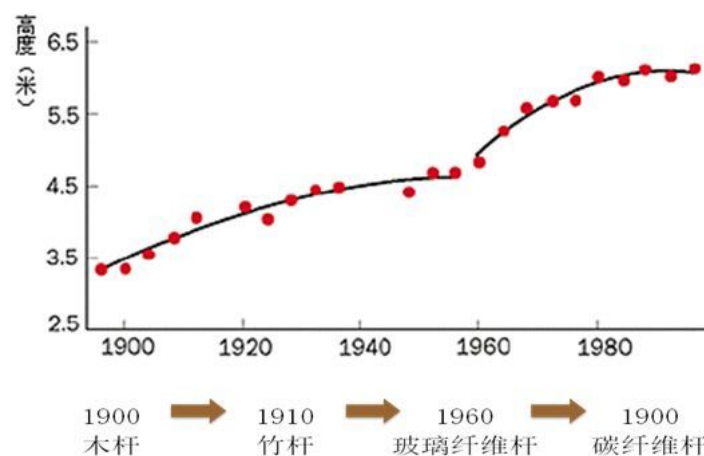
为了提高这种材料的性能，需要解决诸如界面强度问题、多尺度多层次的优化问题以及加工等一系列力学问题。于是迅速形成了一门新学科——复合材料力学。



单向碳纤维——网状碳纤维和环氧树脂——玻璃纤维内层

撑杆跳高用的复合材料撑杆

就以撑杆跳高用的撑杆来说。仅仅由原来的木杆，到1910年采用竹竿，到1960年之后采用复合材料杆，跳高的记录就提高了一倍还要多。



因之，可以说由于近代力学的发展，使整个工程领域获得了新生、面貌一新。由于这些新的工程面世，改变了人类的社会生活方式、劳动形式和社会结构。

三、20世纪最伟大革新与力学

人类进入20世纪，新的发明不断浮现，这些新的发明形成新的工程领域。其中，最为伟大的新的工程，对人类的生活影响至关深远的领域有以下六个方面：核工程（包括原子弹，原子能发电，氢弹，和核聚变能源的研究）、半导体工程（包括后来的大规模集成电路）、计算机和新的信息产业（包括智能手机、数码相机、笔记本和放送技术等）、航空工程、航天工程、遗传基因工程。

以上这六个领域，无一例外，都是基础学科指导下产生的新工程。如核工程和半导体工程是物理学指导之下产生的新工程；计算机是在数学和电子学指导之下产生的新工程；而遗传工程则是在生物学指引下形成的工程；航空工程、航天工程则完全是在力学指导之下产生和发展的新工程。

值得关注的是，在航空、航天这两个领域之外的四个新工程领域，力学虽然不是关键学科，但这些新工程领域拥有许多关键技术问题需要力学介入，有些领域，力学问题还是具有十分重要和决定性的。例如，核工程要求提炼铀235到一定浓度，其关键技术不管是离心还是扩散法，都是和力学有关的技术。世界第一台计算机的研制，就是为解决弹道这种力学问题的计算大量重复性计算来服务的，计算机投入使用后，为适应最大量的计算，适应各种各样的计算力学问题的需求来不断改进的。

现在我们就航空和航天两个领域的发展和力学的关系来简要地进行回顾：

航空方面：

1903年12月17日，莱特兄弟第一次实现了人类飞行的梦想。开辟了航空时代。

人类对飞行的向往是源远流长的。一般通俗地介绍航空历史的书上，只提到飞机的发明是两个卖自行车的莱特兄弟完成的。这给人一个错觉，似乎飞机是他们心血来潮的幸运所得。其实航空的产生和发展是人类世代前赴后继奋斗和积累的结果，其中首先是力学家研究贡献，在莱特兄弟之前，至少应当提到三位科学家的力学研究。

第一位是19世纪初，英国人乔治·凯利 (George Cayley, 1773 - 1857) 为了对空气的阻力与升力进行定量研究，1804年12月，凯利自己设计和制造了一架悬臂机，用于研究平板的升力和阻力。利用这个装置，凯利得到了最早关于升力和速度方面的数据。他初步的结果是，平板的升力与面积成正比、与迎风角成正比、与速度的平方成正比。他在悬臂机试验中还发现了流线型对减少阻力的重要性。他经过精心计算，给出了一架飞机的设计参数，并且说：“如果这块平板能在动力作用下高效率运动，空中航行就会实现。”大莱特曾说过：“我们设计的飞机，完全按照凯利爵士的非常精确的计算方法。”所以后来西方的航空专家都称凯利为航空之父。

第二位是美国的科学家兰利 (Samuel Pierpont Langley, 1834 - 1906)，起先曾从事土木工程工作，后来靠自学成为著名的天文学家。他发展了测辐射热仪，对太阳光谱测量作出了重要贡

献，1867年，任美国匹兹堡大学的物理与天文学教授。他从幼年便对鸟的飞翔产生了极大的兴趣。经常连续数小时观看鸟的飞行。1887年兰利移居华盛顿，出任当时美国学术权威机构斯密森学会的秘书。他建造了一座60英尺的悬臂机，该机靠煤气发动机驱动，外周速度可达每小时70海里。利用这座悬臂机，他进行了大量的空气动力实验，研究平板与鸟翼在空气中运动时的阻力与升力的规律，由此得到了许多定量的结果，并且纠正了前人的不少错误。兰利将他的研究成果写成一本书《空气动力学实验》，于1891年由华盛顿的斯密森学会出版。这本书是最早的比较系统的实验空气动力学著作，对后来的飞机研究者，包括莱特兄弟影响很大。

除了实验室研究外，兰利还动手做飞行试验。他先后从1891年开始试制了橡筋动力模型飞机、设计并制造了轻型蒸汽机、并且设计了空中旅行者0 - 6共7个型号的飞机模型、对其中的第5、6两号在1896年进行了成功的飞行、后来又在1903年进行了两次不成功的载人的飞行试验。后来因为财政拮据和新闻界的冷嘲热讽，以及兰利本人年事已高（接近70岁）的诸多原因，放弃了试验，兰利也于1906年逝世。后人总结他载人飞行的失败主要是由于结构上的不合理，当时他的发射架如果采用轮式起落架，试飞很可能是另一种结果。

莱特兄弟首先从制造滑翔机开始，逐渐改进。他们研究前人的经验，其中包括达·芬奇、乔治·凯利、兰利教授、马克辛（机枪的发明者）、查纽特、帕森斯、托马斯·爱迪生、利林塔尔、阿代尔、等等的事迹与经验。其中特别是凯利和兰利关于飞行的理论资料。到1902年秋，已经积累了上千次滑翔经验，掌握了飞行的理论与技术。最后，他们决心制造装有发动机与螺旋桨的飞机。经过艰苦的研究，终于制成了4缸8马力的内燃发动机，并且用枞木制造了螺旋桨。1903年12月17日在北卡罗来纳州的刺鬼山海岸（Kill Devil Hills beach），对他们制成的“飞行者”1号进行了试飞。经过4次试飞，最好的成绩是在空中飞行59秒，飞行距离259.7米的记录。那次试飞，他们发了50封邀请信，结果只来了5个人，报界对此反映冷淡。到1905年，美国著名的科学普及杂志《科学的美国人》说这次试验只不过是——一个骗局。可是，就在这一年，莱特兄弟的第三个改型飞机在10月5日那天，一次飞行了38.6千米，在空中持续飞行38分又3秒钟。

1901年莱特兄弟为了实验和改进翅膀，建造了风洞，他们研究与比较了200种以上的机翼形状。这个风洞大概是美国第一座风洞。

除了莱特兄弟好学，向一切从前的和当时的人学习以外，还应当特别提到的是有一位著名的工程师直接指导莱特的力学知识。这就是法裔工程师恰纳特（Octave Chanute，1832 - 1910）。他是一位著名的铁路工程师，主持设计过复杂的铁路桥梁，采用新的材料进行施工。他对飞行一直保持浓厚的业余兴趣，而且他关于飞行的力学知识在19世纪80年代一直处于前缘。他与莱特兄弟一直保持通信，指导他们，并且亲自去过莱特兄弟的试验场地。在1886年8月于布法勒（Buffalo）他在美国第一次组织召开了关于航空研究可能性的讨论会。这也就是美国科学促进协会（American Association for the Advancement of Science (AAAS)）的第一个系列会议。之后他与他知道的任何有志于航空研究的人通信。1889年在多伦多又召开了AAAS的会议，会上他正式将航空计划作为一个工程问题。在1893年他趁芝加哥世界博览会之机，在芝加哥组织召开了一次国际航空会议。许多对航空有兴趣的著名人物出席了会议，其中有斯密森学院的秘书兰利、发明家爱迪生等。之后于1894年他出版了《飞行力学进展》，后来这本书成为这方面的一本经典著作。

恰纳特对莱特兄弟的指导是无私的，他不仅用通讯的方式回答他们的任何问题，还亲临指导。他们之间的来往的信件，就有200多封。所以美国人罗杰·劳纽斯（Roger D. Launius）说：“莱特兄弟教会了世界飞行，但是是谁教会了莱特兄弟去飞行的呢？从最广泛的意义上说是一位出生于法国，在芝加哥长大的工程师——恰纳特。”

莱特兄弟进行了世界上最早的飞行之后，飞机得到迅速发展，不论从飞机结构上、飞行控制和稳定性操作性上，还是从飞行速度以及航空发动机的改进上，它的改进和发展的每一步都是力学研究的突破。人们突破了音障和热障，后来又有直升机的发明。到现在飞行在天空有各种用途各种性能的飞机，民用航空已成为人民远距离旅行的主要的交通工具。

航天方面：

飞机是靠飞行物运动时空气动力把它举起来的。而要飞离地球，那里没有空气，能不能飞出去呢。这是航天首先要回答的力学问题。这个问题最早是由俄罗斯中学教师齐奥尔可夫斯基 (Константин Эдуардович Циолковский, 1857 - 1935) 解决的。他出生于俄罗斯离莫斯科不远的梁赞省的伊热夫斯基村。大约在他十岁的时候因为疾病使他的耳朵几乎完全失去听力。由于生病，他经常缺课，在家由他母亲帮他补课。他14岁时才开始正式上学，16岁时，父亲送他到莫斯科求学。后来他靠顽强的自学精神，而于1878年秋成为一名中学教师，并且撰写了若干篇有关化学和物理的学术论文。

齐奥尔可夫斯基对星际航行的兴趣是由凡尔纳的科学幻想小说引起的，他在1911年回忆说：“对我来说，第一颗太空飞行思想的种子是由著名的儒勒·凡尔纳的幻想小说播下的，它们使我在头脑里形成了确定的方向。我开始把它作为一种严肃的活动。”

齐奥尔可夫斯基在1898年完成了论文《利用喷气工具研究宇宙空间》，但是论文直到1903年才在莫斯科的《科学评论》杂志上发表。论文涉及航天飞行的各方面的问题。

他首先指出，利用气球、大炮炮弹、都不可能飞出地球，因之“我建议利用反作用机械研究高空大气。我所指的反作用机械就是火箭。”

论文开创了变质量力学，并且由此推导出火箭运动的基本公式，后人称之为齐奥尔可夫斯基公式。

论文导出了火箭要克服地球引力所要具有的最小速度，即第一宇宙速度为每秒8公里。并且给出了液体燃料是最理想的推进剂。

1919年齐奥尔可夫斯基发表了论文《太空火箭列车》。这是关于多级火箭的最早的研究。

齐奥尔可夫斯基还写作过不少通俗介绍火箭与太空飞行的读物。他一生写了580篇科学与科学幻想作品。不过，他的研究工作，首先是在美国与德国受到重视，外国的研究火箭热，反过来推动了苏联。到1924年，苏联重新出版了齐奥尔可夫斯基发表过的论文。

法国人埃斯诺 - 贝尔特利 (Robert Esnault-Peltre, 1881 - 1957) 早期从事飞机的设计与研究，后来转入火箭与星际航行的研究。他独立于齐奥尔可夫斯基的工作，在1912年发表了论文《关于无限减轻发动机重量的可能性的结果的思考》。论文得到了和齐奥尔可夫斯基相同的结论。他计算得到火箭逃出地球的速度为每秒11.28公里，即现今说的第二宇宙速度。他并且设计了到达月球、金星与火星的火箭以及飞行策略。

齐奥尔可夫斯基与埃斯诺 - 贝尔特利的研究工作奠定了航天技术的理论基础。

最早在实际上研究设计与制造液体火箭的是美国的戈达德 (H.Geddard, 1882 - 1945) 与罗马尼亚人奥伯特 (H.J.Oberth, 1894 - ?) 戈达德独立自费研究火箭推进, 并且在1919年出版了研究的论著。在1926年3月16日, 有四位助手配合, 妻子担任记录, 成功地发射了液体试验火箭。火箭在2.5秒时间内, 升高12.5m, 水平飞行56m。1923年他又出版了《深入星际太空的火箭》一书, 这本书对后来德国的火箭研究起了很大作用。

奥伯特1922年得知美国的戈达德发表了《到达极大高度的方法》, 写信索要并仔细阅读。之后写了论文《飞往星际空间的火箭》。文中他设想载人火箭的设计方案。之后他将论文扩展成为书, 于1929年出版, 书名为《通向宇宙之路》。在1928年奥伯特应聘为科学幻想电影《月球女郎》做载人飞船, 随之进行了火箭试验。1939年第二次世界大战爆发后, 奥伯特, 被德国当局应征去研究军用火箭。

在世界上德国的星际航行发展得最早, 在奥伯特的著作影响下, 1927年6月5日在德国布莱斯劳成立了德国星际航行协会, 并决定出版刊物《火箭》。协会在一年间, 人数增加到500人。

布劳恩 (Wernher von Braun, 1912 - 1977) 1932年毕业于柏林工学院, 1934年获柏林大学物理系博士学位。1932年在德国陆军军械部从事火箭研究。作为第一次大战的战败国, 德国不允许发展常规武器, 于是便在火箭上打主意。从20世纪20年代末德国军方就组织人员研究火箭。30年代希特勒上台后, 更加紧了火箭的研究。从1933年开始设计火箭。1942年10月3日, 成功地发射了第一枚液体燃料的军用导弹V - 2。后来V - 2又经过不断改进, 最后它的状况为:

从1944年起, 直到1945年德国法西斯覆灭, 德国共向盟国各地区、特别是英国发射了V - 2火箭3745枚。

德国法西斯覆灭后, 美国俘获了包括布劳恩在内的100多名火箭专家、全部V - 2火箭的设计资料和少量的V - 2火箭及其零件, 苏联则俘获了一批二流专家和一批V - 2火箭及其零件。这样V - 2火箭就成为后来苏、美两国进行军用火箭与空间飞行研究的基础。

布劳恩投降美军后, 到美国陆军装备设计研究局工作, 后任陆军弹道导弹发展处处长。1955年入美籍。先后领导研制成功红石、丘辟特、潘兴等火箭, 并用火箭发射美国第一颗人造卫星成功。1960 - 1970任马歇尔航天中心主任, 1961年任肯尼迪总统的空间事务科学顾问, 分管阿波罗工程。美国将人送上月球, 就是用的他主持设计的土星火箭。1970年任美国国家航空航天局主管计划的副局长, 1972年辞职。可以说布劳恩的一生, 是研制火箭成功的一生。

1957年10月4日, 苏联在拜科努尔航天发射场发射成功第一颗重83.6公斤的人造卫星。它的轨道近地点215公里、远地点947公里、轨道倾角、周期是96.2分。它在天上运行了92天。这颗卫星进行了高空空气阻力的测量, 完成了地面大气密度的测量等多方面的研究。应当提及的是, 苏联宇航火箭总设计师科罗廖夫 (Сергий Павлович Корольов, 1907-1966) 是毕业于基辅工学院的空气动力学专业。苏联宇航研究的著名力学家谢多夫 (Леонид Иванович Седов, 1907-1999) 曾出任国际航天协会的主席。

在苏美两国相继发射卫星成功后, 各国又发射各种不同应用的卫星, 如通信卫星、气象卫星、遥感卫星、地球资源卫星、军用情报卫星等。共发射不同用处的卫星数千枚。

1970年4月24日, 中国发射成功了“东方红1号”卫星, 重173公斤。

1961年4月12日，苏联把宇航员加加林 (Yuri Alexeyevich Gagarin,1934 - 1968) 送入地球轨道，运行了108分钟，开辟了人类进入太空的纪元。

1969年7月16日美国的“阿波罗 - 11”将三位宇航员送上了月球轨道，其中两人送上了月球，于7月25日安全溅落在太平洋上。它不仅在组织管理的水平要求是空前的，在技术方面，还要解决诸如控制问题、通讯问题、材料问题、发动机技术问题、以及大量的力学问题（空气动力学、固体力学、飞行力学）。就以再入大气所遇到的力学问题来说，就要求解决：再入大气时的入角大小要合适，过大过小都不行；再入大气后的数分钟内，由于大气的电离层隔断无线电通讯，要解决飞行器精确自动控制的能力问题；再入大气后飞行器与空气摩擦产生的高温（1000℃以上）问题等。而在所有飞行的各个环节中，火箭的条件，包括加速度、温度都要控制得适合人的生存。

1964年8月19日，美国发射了第一枚地球同步静止轨道通信卫星。这种卫星的特点是：它的绕地球的周期与地球的自转一样都是24小时；它的轨道严格处于地球的赤道平面内，且为圆形。通过计算知道，这种卫星的轨道高度是35800公里。为此火箭在地面的初始速度必须达到每秒10.43公里。在发射时，要有十分精确的控制系统。此外，当卫星达到赤道平面内的椭圆轨道后，还要通过二次点火使轨道调整到预定的精确位置上。所以同步静止轨道通讯卫星是火箭与卫星技术的新水平。1984年4月8日，我国成功地发射了一颗地球同步静止通讯卫星，并于4月16日定点成功。

后来率先有美国发展起来的全球定位系统 (GPS) 用24颗卫星传送数据借以对地球上的目标准确定位。

2003年10月15日中国发射“神舟5号”载人飞船将航天员杨立伟送上太空。经过21小时的飞行安全降落在内蒙古草原。

2005年10月12日，中国又发射“神舟六号”载人飞船将航天员聂海胜和费俊龙送上太空，至10月17日在晨安全着陆。

航天飞行还在发展，前程无量。

四、结 语

力学在人类文明发展中真理战胜强权发挥了举足轻重的作用，是现代自然科学的领头学科和基础，是现代工程的基础支柱。

如果你打算做一名优秀的工程师，那么你应当首先把自己变成力学家。

来源：武际可科学网博客，作者：武际可 北京大学力学系。

声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。返回搜狐，查看更多