

钱学森对科学精神的传承

荣正通

钱学森是享誉海内外的杰出科学家，“两弹一星”元勋，中国航天事业的奠基人。他不仅为国家留下了宝贵的科学成就和深邃的科学思想，更给后人留下了永恒的科学精神。钱学森的科学精神内涵丰富、旗帜鲜明，很多专家学者都对它进行了总结和提炼。理清钱学森科学精神的来龙去脉，有助于我们更好地学习和发扬它。本文首先剖析钱学森科学精神的来源，接着介绍他在航天科研和教学工作中对科学精神的传播，最后梳理他在书信中流露的科学精神。

一、钱学森的科学精神主要源于西方科学文化

科学文化是伴随近现代科学的产生而逐步形成和发展起来的，是人类最宝贵的文化成果。近现代科学始于文艺复兴时期的欧洲，而不是创造了四大发明的中国。科学文化的缺陷是导致中国科学技术在近代一度陷入尴尬境地的重要内因。^[1]钱学森能成为世界著名的科学家，必然深受西方科学文化的影响。

科学文化是人类在运用科学来认识世界和改造世界的过程中形成的文化成果，包括科学家们对于应当如何从事研究工作所持的共同信念和观念。它的内涵包括科学知识、科学方法、科学思想和科学精神。科学精神是科学文化的核心，是科学家们在追求真理、逼近真理的科学活动中，所形成和发展的各种精神气质。笔者认为，开拓创新、严谨求实和学术民主是科学精神的本质。

开拓创新离不开探索精神和批判精神。它们是创新的动力源泉，前者是对未知的求知欲，后者是对已知的再审视。亚里士多德认为：“人类开始研究哲学可以归因于他们的惊异，因而探索哲理以摆脱愚蠢。显然人们从事科学研究是为了追求知识。”^{[2] 25} 充满求知欲的古代西方哲人以理性为支柱，运用还原论方法，探究事物间的因果关系。中国古代的儒家文人不但缺乏探索精神，而且信奉错误的今不如昔论。孔子梦寐以求的是使社会倒退到尧舜时代。这种观点反映在教育中就是不论弟子怎么努力，也永远赶不上老师，更别说超越了。否定是创新的前提，科学的进步源于对旧有知识的不断否定。因此，从事科学研究的人必须具备批判精神。中国传统文化重继承轻批判，不愿轻易冒犯先人。当代的中国人可能不乏自我批判的勇气，却往往因为关乎切身利益而不敢批判别人的错误。

严谨求实是运用科学方法的客观需要。形式逻辑和实证方法是基本的科学方法，它们的结合催生了近现代科学。形式逻辑包括概念、判断、推理三大基本要素，以逻辑思维为基础，必须具备确定性、无矛盾性、一贯性和论证性。实证方法包括观察、调查、实验、统计等，要求人们实事求是地探寻事实真相。严谨求实是这两者的共同要求。科学不是对世界的价值判断和感性欣赏，强调理性与实

证。这就要求逻辑推理必须概念清晰，判断准确，论证严密。中国传统文化重视感性思维，轻视理性思维。这导致中国古代的典籍大多概念模糊，不讲究定义，命题缺乏论证，结论主观臆断的色彩浓厚。就连科学性较强的《本草纲目》中也有很多概念混乱、自相矛盾的地方。科学实验是实证的重要手段，也是实践的一种基本形式，而实践是检验真理的唯一标准。儒家哲学强调“知”与“行”的统一关系。但儒家所说的“行”实际上是指人的道德实践，旨在造就一种高尚的人格，未超出伦理活动的范畴。封建士大夫们鄙视体力劳动，不屑于动手做实验，只依靠经验或直觉来判断。他们对待科学的态度，既不严肃，也不严格。

学术民主为人才的成长和科技创新提供了良好氛围和制度保障。学术讨论要不分长幼贵贱，人人平等，真正做到“不唯上，不唯书，只唯实”，既坚持真理，又发扬民主。西方的学术民主诞生于古希腊、古罗马时代的民主共和政体中，其历史源远流长。在中国古代君主专制政体下，“百家争鸣”是暂时的，“独尊儒术”是长期的。在传统教育中，先生授课不容许弟子驳难，否则就是大逆不道。弟子如果要标新立异，更是离经叛道。在这种思想禁锢下，学生既没有批判精神，也没有创新意识，终其一生，只能皓首穷经。

开拓创新、严谨求实与学术民主是辩证统一的，三者相辅相成，缺一不可。虽然钱学森对中国传统文化抱有深厚的感情，但是仅靠中国传统文化难以孕育出他的科学精神。钱学森的科学精神是中西方文化融合的产物，更是长期接受西方科学文化熏陶的结晶。

二、钱学森的科学精神得益于名师的言传身教

钱学森的父亲钱均夫早年留学日本，回国后长期在教育部任职，主管基础教育。钱均夫深知中国传统教育之弊，决心让儿子从小接受正规的现代教育。钱学森先后就读于女师大附小、北师大附小、北师大附中、交通大学、清华大学、麻省理工学院和加州理工学院。在十几年的西方式教育中，多位名师的言传身教对于钱学森科学精神的培养，起到了不可替代的推动作用。

北师大附中的校长林砺儒制定了一套以启发学生兴趣为目标的教学方案，并亲自教授伦理学。他认为道德规范是因社会的发展而演变的，反对“天不变，道亦不变”的错误观点。在儒家传统思想中，宇宙、天地、社会、世道是停滞不变的。然而，任何事物的存在和发展都是绝对运动和相对静止的统一。没有改变，就没有创新。几何老师傅仲孙把逻辑推理讲得很透彻，使钱学森第一次得知什么是严谨的科学。在老师的精心培育下，北师大附中的学生求知欲强，把学习当成一种享受，而不是一种困难。钱学森认为，六年的北师大附中学习生活对他的教育很深，对他的一生，对他的知识和人生观起了很大的作用。

1929年，钱学森以第三名的成绩考入交通大学机械工程学院。当时的交大师资力量强，教学水平高，被誉为“东方MIT”。1929年全校共有教师103人，

其中教授（包括副教授）33人，约占教师总数32%，其中除了国文教授外，均是留学归国人员，其中以留学美国的为主。^{[3] 124} 这些从欧美学成归来的教授不仅认真传授科学知识，而且注重培养学生的科学精神。钱学森在1989年回忆说：“专业基础课中给我印象最深的是陈石英先生，他讲工程热力学严肃认真而又结合实际，对我们这些未来工程师是一堂深刻的课。”^{[4]72} 陈石英教授在教学中注意培养学生的创新意识，曾以美国福特汽车公司的例子来说明创新的重要性。钱学森晚年经常用当年陈石英举的例子来鼓励青年人开拓创新。

钟兆琳教授也给了钱学森深刻的影响。他教授电机工程，重视培养学生的实证精神，精心指导学生做实验。钱学森曾专门写了《战斗在第二线》一文，热情赞颂钟兆琳，感谢他的指导。1990年4月13日，钱学森得知钟兆琳病逝，不胜悲痛。他在写给钟兆琳之子钟万勰的悼念信中说：“兆琳老师是我在上海交大得教诲最深的几位之一，我一生忘不了他教我把理论与实际结合起来。”^{[5]254}

交通大学对学生的要求极其严格，老师在批阅学生试卷时，对于答案对而方法步骤不对的仍要扣分。1933年1月24日，钱学森在水力学考试中，除了最后一题中的一个“Ns”漏写了“s”，6道题答得全部正确。金恂老师为这个小错扣了钱学森4分，只给了96分。钱学森认为，交大的老师教学严、要求高，使他确实学到了许多终身受用不浅的知识。

1934年夏，钱学森毕业于交通大学铁道工程专业，不久便以优异的成绩考取了清华大学第二届留美公费生，专业是飞机设计。在出国前的实习期间，两位导师王助和王士倬既向他传授现代航空科技的理论与技术知识，还教导他重视工程实践和制造工艺。1935年秋，钱学森进入麻省理工学院航空系学习，不到一年就取得硕士学位。该系学风严谨，重视创新意识和实践能力。

1936年10月，钱学森转入加州理工学院，师从力学大师冯·卡门教授，学习航空工程理论。冯·卡门对他的影响是刻骨铭心的。钱学森在1935年底写给父亲的信中表达了对导师的景仰：“冯·卡门的谦逊和热情，对事业一丝不苟的态度，以及严谨的治学精神，皆给儿很大影响。”^[6]

冯·卡门特别看重学生的创造性思维。他在加州理工学院任教期间曾经一个学期都没有测试，因此全班学生有些惴惴不安。面对疑惑，冯·卡门问道：“你们的100分标准是什么？”学生们回答：“全部题目都答得正确。”“我的标准和你们的不一样，”冯·卡门说，“因为任何一个工程技术问题根本就没有百分之百的准确答案。要说有，那只是解决问题和开拓问题的方法。如果有学生的试卷对试题分析仔细，重点突出，方法对头，因个别运算疏忽最后答数错了；而另一个学生的试卷答数正确，但解题方法毫无创造性。那么，我给前者的分数要比后者高得多。”^{[7] 150}

冯·卡门每周主持召开学术讨论会，充分发扬学术民主，让与会者都能畅所欲言。在一次讨论会上，钱学森与导师争论起来。冯·卡门见说服不了这个学生，一时非常生气，拿起钱学森的论文稿扔在地上，拂袖而去。冯·卡门事后冷静地

思考了钱学森的观点，认识到学生是正确的。第二天一早，冯·卡门亲自来到钱学森的办公室，真诚地向他道歉：“钱，昨天的争论你是对的，我错了。”冯·卡门虚怀若谷的大师风范深深地感动了钱学森。

在冯·卡门影响下，加州理工学院崇尚对知识与真理的追求，科学创新精神和学术民主之风弥漫整个校园。用钱学森的话说就是“整个学校的精神就是创新。在这里，你必须想别人没有想到的东西，说别人没有说过的话。这里的创新还不能是一般的，迈小步，那不行，你很快就会被别人超过。你所想的、做的要比别人高出一大截才行。那里的学术气氛非常浓厚，学术讨论会十分活跃……加州理工学院给这些学者、教授们，也给年轻的学生、研究生们提供了充分的学术权力和民主氛围。不同的学派，不同的学术观点都可以充分发表。学生们也可以充分发表自己的不同学术见解，可以向权威们挑战。”^{[8]94-95}

三、钱学森的科学精神在航天事业中发扬光大

在中国航天事业的开创时期，钱学森作为技术总负责人，主要承担科研组织管理工作。在具体型号的研制过程中，他的科学精神表现得淋漓尽致，教育和激励了一大批科技工作者。在钱学森的引领下，中国航天人铸就了“艰苦奋斗、勇于攻坚、开拓创新、无私奉献”的载人航天精神。

钱学森一向支持和鼓励年轻人开阔视野，勇于创新，对王永志等人提出的各种合理建议积极采纳。在“东风二号”导弹的研制过程中，总体设计部的设计人员提出用一个小的恒压气瓶替代笨重复杂的大减压器，虽然地面试验取得了成功，但是对于能否装弹进行飞行试验却无法形成共识。最后，设计人员只好请钱学森裁决。钱学森听完汇报后，明确指出，这一改进是成立的，可以装弹进行飞行试验。试验的成功大大鼓舞了青年科技人员的创新积极性，也使他们对钱学森的科学精神有了直观而深刻的体会。

在航天科研中，钱学森遵照周总理提出的“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的要求，不放过试验中出现的任何一个疑点。他对测试中出现的各种大小问题及改进措施，都一一过问并详细记载在随身携带的笔记本上，不允许有丝毫疏忽。在“东风三号”导弹的发射现场，氧化剂的加注阀门突然出现漏气，他要求技术人员严密监测，确保漏气量控制在允许范围之内。对于钱学森的科学精神，孙家栋曾高度评价说：“钱学森办事非常严谨认真，非常有科学态度，他提出能办的，是抱着对国家、对民族高度负责、不怕担风险的大无畏精神，是建立在科学思考基础上的。”

钱学森认为航天事业不是一个或几个专家就能搞成的，要靠成千上万的科技人员共同努力，要科学管理，就必须发扬民主。上世纪60年代初，钱学森在每个星期天都会把几个总设计师请到家里，按照民主集中制的原则讨论重大技术问题。这种做法十分有效，几位老总都心情舒畅，能直言不讳。1998年4月19日，

钱学森在致航天工业总公司办公厅的信中总结说：“对航天工作这样高技术而又复杂的科技工作，必须用民主集中制。也就是要发扬民主，以充分调动大家的积极性和能力，各尽所能，分工负责；另外又必须强调集中，有组织有纪律，关键时刻要由领导决策，大家按照贯彻实施。要民主与集中并重，不能只民主不集中，也不能只集中不民主。”^{[9]367}

四、钱学森的科学精神在教学实践中薪火相传

钱学森的科学精神在教学实践中得到了有效的传承，让一批又一批学生从中获益匪浅。旅美期间，钱学森曾在加州理工学院和麻省理工学院任教多年。回国后，他参与创办了工程控制论讲习班、清华大学工程力学研究班、中国科学技术大学力学和力学工程系等。不论在哪里，他都重视培养学生的科学精神，强调创新意识、严谨态度和民主作风。

钱学森执教后，以冯·卡门为榜样，积极启发学生的创新思维。1944年，美国政府选派一批军官到加州理工学院攻读航空学硕士学位。钱学森应邀为他们讲授工程学数学原理和喷气推进理论。“钱学森试图像冯·卡门当年对他那样对待自己的学生，”后来出任美国空军副部长、曾受教于钱学森的约瑟夫·查理克回忆道，“他们会在一起讨论一个问题，然后冯·卡门会说，这问题很复杂，但为什么我们不强调一下几个地方，看看是否能够把问题简化？而这正是钱学森指导自己学生所采用的方式。将一个非常复杂的事情简化为基本要素。”^{[10]117}

钱学森严于律己，认真备课，每次上课时的板书都没有任何涂改，而且总是能正好在一堂课结束前讲完内容。他对学生非常严格，从来不能容忍智力上的懒惰。在加州理工学院喷气推进中心主持讨论会时，钱学森总是言辞尖锐，不留情面。他对与会者的要求很高，对于中国学生，标准只有更高。钱学森的博士生郑哲敏回忆说：“钱先生讲课是十分清晰的，板书也极为工整，极有条理。他对学生要求很严格，特别是在各种讨论会上，他总是就学生报告的内容提出很精辟的意见，严格考察报告内容的依据以及假设、推导和所得结果的意义。”^{[11]210} 钱学森的一丝不苟让人肃然起敬，给学生们留下了深刻的印象。

回国后，钱学森认为国内最缺乏的是学术民主，因此总是不厌其烦地强调，在学术讨论中一定要发扬民主，即使是权威专家，也要虚心听取年轻人的意见。20世纪50年代后期，周恩来总理曾向钱学森请教，“组织尖端科研你有经验，你看什么是关键？”“学术充分民主！”钱学森脱口而出，“在一个问题没有搞清楚的时候，只有尊重科学，充分讨论，最后才能搞清楚，形成一个正确的意见。我自己当教授，也这样对待我的学生。”^{[12]87}

1957年2月，高等教育部和中国科学院在清华大学联合开设了工程力学研究班与自动化进修班。钱学森亲自为工程力学研究班授课，并参与指导学员的工作。他教导学生不能人云亦云，对国外的资料要有自己独立的判断。钱学森鼓励

学生互相讨论，开拓创新。他极为推崇冯·卡门主持的讨论会模式，认为这种氛围最易激发人的思维。

1958年9月，中国科学院为了适应发展尖端技术的需要，创办了中国科学技术大学。钱学森参加了中科大筹备委员会的工作，并担任力学和力学工程系主任。他曾在黑板上写下“严谨、严肃、严格、严密”八个大字，督促学生培养严谨的治学态度。学生米博恩回忆说：“有次上课，钱老说如果你5道题做对了4道，按常理，该得80分，但如果你错了一个小数点，我就扣你20分。他常告诉我们，科学上不能有一点失误，小数点错一个，打出去的导弹就可能飞回来打到自己。”钱学森的科学精神是他传给学生们的无价之宝。

五、钱学森的科学精神在书信交流中跃然纸上

书信是钱学森晚年与社会各界人士交流学术思想的一个重要形式，由于其非正式性和私人性质，反而更真实地展现了一个原汁原味的钱学森。《钱学森书信》与《钱学森书信补编》共计收录了5311封信，跨越的时间是1934年至2000年。钱学森书信涉及的内容非常广泛，蕴涵的思想博大精深，字里行间闪耀着科学精神的光芒。阅读这些书信，能给人启迪，使人进步。

钱学森一直倡导创新精神，并且身体力行。1985年7月23日，他在信中介绍了对自己的要求，即“追求真理，永无止境，明确目的，自强不息。”^{[13]378}钱学森认为研究问题就是为了解决问题，而解决问题不创新是不行的。他觉得人们不能迷信各种经典著作，要有批判精神。钱学森在1989年1月9日郑重地表示：“马克思主义、辩证唯物主义哲学不能背叛，但老经典著作说的可不见得字字是真理，死抱不放。这个精神可用五个字来形容：‘离经不叛道’。”^{[14]366}他激励别人和自己一起保持强烈的求知欲，曾在1994年2月7日感慨道：“认知过程是无穷的，知识是无穷的。过程、历史、发展、前进，永无止境。我们现在知道的只是一小块，我们不知道的才是大海！”^{[15]60}在上世纪90年代，钱学森对当时我国科技界普遍缺乏创新意识深感忧虑。1995年1月2日，他在致王寿云等六人的信中言辞犀利地写道：“但是今天呢？我国科学技术人员有重要创新吗？诸位比我知道得更多。我认为我们太迷信洋人了，胆子太小了！我们这个小集体，如果不创新，我们将成为无能之辈！我们要敢干！”^{[16]7}

钱学森始终坚持严谨的科学态度，认为马克思主义和科学都是十分严肃的事，来不得半点想当然。他反对浮夸的学风，认为搞科学必须实事求是，曾在1985年10月17日告诫友人说：“科学是老老实实的，知就是知，不知就是不知！”^{[13]472}钱学森辩证地看待创新和严谨的关系，认同“大胆假设，小心求证”的治学方法。1994年8月24日，他在致中国工程院院长朱光亚的信中指出：“一方面我们应该让年轻人大胆创新，另一方面又要尊重科学的严肃性。”^{[15]348}对于别人在著作、文章、书信中的错误，钱学森总是毫不隐讳地指明。在众多的书信中，

他赞赏过一些人，也批评过许多人。1986年11月28日，钱学森致信甘肃草原生态研究所所长任继周，指出其文章中有两个数字欠精确。1991年6月17日，中国科学技术协会书记处书记刘恕在致钱学森的信中将盟、旗和县混淆了。钱学森在6月25日的回信中特意写道：“我查看了地图，应该是县级的‘旗’、阿拉善左旗，不是‘阿拉善盟’。您看对吗？”^{[17]40}这种善意的提醒发人深省，也体现了这位老科学家的严谨和细致。

钱学森一贯提倡学术民主，从不以“权威”自居，反对别人把他当作“一代宗师”。他鼓励别人指出他的学术错误，并且虚心承认。1964年1月，青年教师郝天护发现了钱学森一篇力学论文中的错误，并致信提出了自己的纠正意见。钱学森在回信中说：“我很感谢您指出我的错误！科学文章中的错误必须及时阐明，以免后来的工作者误用不正确的东西而耽误事。”^{[18]84}1991年1月14日，钱学森在信中诚恳地说：“我是常犯错误的！你们和我一块工作，务必及时指出我的失误。务必这样做！”^{[19]436}同年1月21日，他再次表示：“我的谦虚不是对人的，对人我讲平等，老、少一概平等。我的谦虚是对客观世界的，即尊重事实，实事求是。发现错了就改，纠正得越快越好；所以请你们帮助。”^{[19]446}钱学森看不惯“一言堂”的做法，反对各种形式的学术专权。1994年9月2日，他明确指出：“在学术讨论中，应讲学术民主，平等讨论，不分长幼，才是对的！”^{[15] 357}钱学森认为，自由讨论就是民主集中制，是推动当代科技进步的重要方式，关系到我国社会主义建设的大业。

参考文献：

- [1] 杨怀中. 中国科学文化的缺陷及当代建构[J]. 自然辩证法研究, 2005(2):92.
- [2] 朱德生. 西方哲学名著菁华[M]. 北京: 中国青年出版社, 1991.
- [3] 王宗光. 上海交通大学史: 第3卷[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.
- [4] 钱学森. 回顾与展望[M] // 陈华新. 集大成 得智慧——钱学森谈教育. 上海: 上海交通大学出版社, 2007.
- [5] 李明, 顾吉环, 涂元季. 钱学森书信补编: 第3卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [6] 魏宏森. 钱学森与清华大学之情缘[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008(11):1876.
- [7] 冯·卡门, 李·爱特生. 钱学森的导师——冯·卡门传[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2011.
- [8] 钱学森. 关于科技创新人才的培养[M] // 陈华新. 集大成 得智慧——钱学森谈教育. 上海: 上海交通大学出版社, 2007.
- [9] 涂元季. 钱学森书信: 第10卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [10] 张纯如. 蚕丝——钱学森传[M]. 北京: 中信出版社, 2011.
- [11] 郑哲敏. 钱学森老师对我的教诲[M] // 上海交通大学. 民族之魂——人民科学家钱学森的精神风采. 上海: 上海交通大学出版社, 2009.
- [12] 王文华. 钱学森的情感世界[M]. 成都: 四川人民出版社, 2002.

- [13] 涂元季. 钱学森书信: 第2卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [14] 涂元季. 钱学森书信: 第4卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [15] 涂元季. 钱学森书信: 第8卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [16] 涂元季. 钱学森书信: 第9卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [17] 涂元季. 钱学森书信: 第6卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [18] 涂元季. 钱学森书信: 第1卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [19] 涂元季. 钱学森书信: 第5卷[C]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

(作者为上海交通大学钱学森图书馆陈展部馆员)