

钱学森与工程控制论

阮晓钢 北京工业大学



中国“航天之父”钱学森

钱学森，祖籍浙江杭州，1911年12月11日出生于上海。1929年，钱学森考入上海交通大学机械工程学院学习机械和力学。1934年，钱学森大学毕业，并考取清华大学赴美留学预备班。1935年，钱学森远渡重洋，赴美国麻省理工学院攻读航空专业硕士学位。1936年，即一年后，钱学森获麻省理工学院航空专业硕士学位，同年，钱学森转学加州理工学院，攻读博士学位。三年后，即1939年，钱学森在加州理工学院获航空与数学博士学位。

钱学森的博士生导师冯·卡门（Von Karman）是近代力学的奠基人，领导着美国最早的火箭研究机构——“喷气推进实验室”。

获取博士学位后，钱学森留校任教，从事火箭导弹研究，并成为冯·卡门研究小组和喷气推进实验室的重要成员。

20世纪40年代，钱学森在空气动力学和航空工程理论方面有许多开创性的贡献，并成为世界级的火箭专家。1943年，钱学森和马博尔（Marble）合作完成了《远程火箭的评论与初步分析》研究报告，为20世纪40年代喷气推进实验室研制成功地地导弹和探空火箭奠定了理论基础。

钱学森对于科学最突出贡献之一是，提出了跨声速流动相似律。钱学森与冯·卡门一起最早提出高超声速流的概念和理论，为飞行器克服音障和热障提供了依据，为空气动力学的发展奠定了基础。高亚声速采用的公式是以钱学森和冯·卡门的名字命名的“Karman-Tsien”公式。

1945年，美国政府组建了一个由36位优秀专家组成的科学顾问团去德国考查。考察团要参加一次重要的战略行动。冯·卡门受聘担任了这个科学顾问团的团长，被授予少将军衔。钱学森受聘担任火箭组主任，被授予上校军衔。

冯·卡门后来回忆道：

“我们的朋友钱学森，是1945年我向美国空军科学顾问组推荐的专家之一。他是当时美国处于领导地位的第一流火箭专家，后来成了世界

闻名的新闻人物。”

“钱学森作为加州理工学院火箭小组的元老，曾在二次大战期间对美国火箭研究作出重大贡献。……他是一个无可置疑的天才，他的工作大大促进了高速空气动力学和喷气推进科学的发展。……我兴高采烈地带他一起到德国去考察希特勒的秘密技术发展情况。”

1949年，中华人民共和国成立，远在美国的钱学森要求回国，迫切希望为新中国效力。

钱学森的归国请求遭到了美国政府的拒绝。美国政府为了阻止钱学森回中国，对钱学森实施了软禁。一些非常重要的，也许对他以后的科学创造具有更为重要价值的设想，恰恰就在他被软禁的日子里，开始在钱学森的头脑中浮现出来。

在被美国政府软禁之前，钱学森从事空气动力学、弹性力学、喷气和火箭推进器等航天领域的科学研究。这些研究领域与军事和国防是密切相关的，这正是美国政府不希望钱学森回国的原因。正如美国所说的：“他随时都值3~5个师的兵力。”

为了使美国政府放心，钱学森决定在软禁期间从事远离军事和国防问题的科学研究。限于软禁的环境，钱学森不可能有过去的实验研究条件，因此他只能选择接近数学的问题。

作为世界级的导弹和火箭专家，钱学森对控制问题以及控制系统问题自然是非常熟悉的。那时，维纳的《控制论》刚刚出版，控制论作为一门新的学科刚刚诞生。

钱学森转向了控制论的研究。

对此，为钱学森立传的人是这样叙述的：“他想到，随着现代科学技术突飞猛进的发展，科技活动日益繁杂，人们迫切需要用最短的时间，投入最少的人力和物力，有效地利用最新技术成果，以完成经济建设和国防建设等各项任

务。……为此，仅仅依靠某种特定的技术和某个学科的知识，以及少数人的组织管理技能和经验，是远远不够的。要采用各个学科的最新成果，必须综合地、定量地、科学地加以处理，使人们有可能从经验决策上升到科学决策。于是，一种崭新的理论便被提了出来，这就是控制论。”

第二次世界大战结束后，钱学森对于迅速发展起来的控制与制导工程技术，曾作过深入的观察与研究。钱学森曾对制导控制系统进行研究，并取得了一定的进展，成为此类研究工作的先驱。因此，维纳的《控制论》与钱学森火箭制导的工程问题是相通的。

钱学森将维纳《控制论》的思想引入自己熟悉的航空航天系统的导航与制导系统，从而形成一门新学科：《工程控制论(Engineering Cybernetics)》。

1954年，钱学森的《工程控制论》一书由美国McGraw-Hill图书出版公司正式出版。

《工程控制论》的问世，很快引起了美国科学界乃至世界科学界的关注。科学界认为，《工程控制论》是这一领域的奠基式的著作，是维纳控制论之后的又一个辉煌的成就。

《工程控制论》赢得了国际声誉，并相继被译为俄文、德文、中文等多种文字。

回忆《工程控制论》的创作，钱学森是这样说的：

“研究工程控制论只是为了转移美国特务们的注意力，争



取获准回归祖国。当时并没有想到建立一门新学科。”

关于《工程控制论》，一位美国专栏作家是这样评论的：

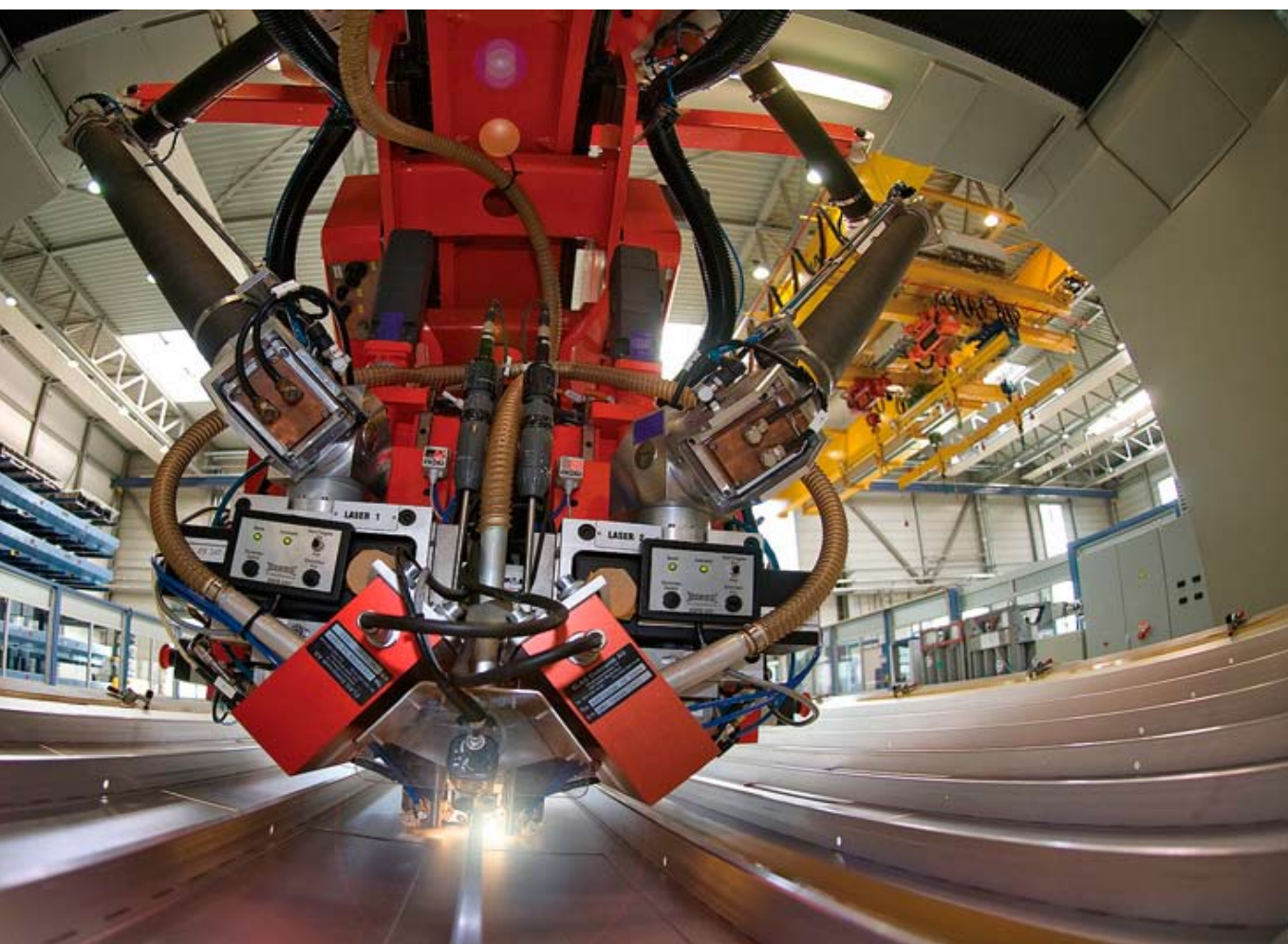
“工程师偏重于实践，解决具体问题，不善于上升到理论高度；数学家则擅长理论分析，却不善于从一般到个别去解决实际问题。钱学森则集中两个优势于一身，高超地将两只轮子装到一辆战车上，碾出了工程控制论研究的一条新途径……”

1955年8月1日，中美就战俘问题和平民归国问题在日内瓦谈判。谈判一开始，即8月1日，中

国代表就向美国代表宣布，7月31日，11名美国飞行员被释放，已经离开北京，取道香港回美国。8月2日，美方代表则称，美国于1954年4月，已经发布公告，取消了扣留中国留学生的法令。中方代表出示钱学森请求中国政府帮助其回国的信函。8月4日，美国移民局通知钱学森，他可以回到中国去了。

受困五年的钱学森，终于登上了返回祖国的“克利夫兰号”。

1955年，在钱学森即将离开美国返回中国时，他将《工程控制论》送给自己的导师冯·卡门。冯·卡门对钱学森说：



“我为你感到骄傲，你创立的工程控制论学说，对现代科学事业的发展是巨大的贡献。你现在在学术上已经超过了我。”

维纳的《控制论》是一部哲学，是思想，是世界观，是认识论和方法论。哲学的晦涩使《控制论》难于理解，难于透过《控制论》的哲学思想发现其与科学技术的联系。因此，《控制论》诞生之初，许多人不能理解。前苏联对于《控制论》更是采取了批判的立场，并将《控制论》定性为“反动的伪科学”。另一方面，维纳在《控制论》中将动物与机器相提并论，也引起了某些宗教人士的抗议，认为这冒犯了造物主和人的尊严。

钱学森在《工程控制论》中，系统地揭示了维纳控制论对自动化、航空、航天、电子通讯等科学技术的意义和影响。《工程控制论》未触及到人类这种动物的尊严问题，写的全是技术科学的事。因此，《工程控制论》很快为科学界所接受，同时，也促进了人们对维纳《控制论》的理解。

《工程控制论》吸引了大批数学家和工程技术专家从事控制论的研究，形成了控制科学在50年代和60年代的研究高潮。庞特里亚金的极大值原理、卡尔曼的能控能观性定理和递推滤波器等等，都是在这时期产生的。

《工程控制论》带来的控制论研究热潮，改变了许多人对《控制论》的批判态度。前苏联不再将《控制论》称作“反动的伪科学”，反而积极参与《控制论》和《工程控制论》的研究。1956年，前苏联发行了俄文版的《工程控制论》，并将辞书中的《控制论》定义为：“研究信息和控制一般规律的新兴学科”。

1957年，国际自动控制联合会（IFAC）筹委会在巴黎成立。缺席的钱学森当选为第一届理事



1956年，钱学森任国防部第五研究院院长

会成员。1960年9月，IFAC第一届世界代表大会在莫斯科举行。维纳出席了本届大会，受到英雄般的接待。然而，由于国家对于钱学森安全问题的考虑，钱学森仍然缺席。与会代表为钱学森的缺席而遗憾。为表示对钱学森的敬意，与会代表齐声朗诵钱学森《工程控制论》序言中的名句：

“建立这门技术科学，能赋予人们更宽阔、更缜密的眼光去观察老问题，为解决新问题开辟意想不到的新前景。”

20世纪50年代末，在钱学森的主持下，中国国防部在第五研究院成立了作战运筹研究室。1962年，在钱学森的倡议下，中国科学院数学研究所成立控制理论研究室。与此同时，清华大学建立了第一个自动控制专业。于是，自动控制专业在中国各高校相继成立。

维纳的《控制论》是思想，是哲学，是世界观，是认识论和方法论，而钱学森的《工程控制论》是这种思想和方法论在工程领域的具体实践。

《工程控制论》是自动控制理论的思想基础和方法学基础。自动控制理论皆由《工程控制论》衍生而来。《工程控制论》是自动化学科或“控制科学与工程”学科的基础和核心。

依钱学森《工程控制论》的思想和观点：

“维纳的《控制论》是关于机电元件如何形成具有稳定性和目的行为的组织结构的科学，其显著的特征是，它全然不计能量、热和效率，而这些东西对于其它的自然科学却是极其重要。事实上，控制关心的首要问题在于系统各部分间的相互关系和其整个体系的综合行为。于是，《工程控制论》的目的在于，研究博大的控制论科学的某些部分，这些部分可直接地应用于工程以设计控制系统或制导系统。”

关于《工程控制论》与工程科学的关系，钱学森是这样论述的：

“《工程控制论》是一门工程科学，……，而工程科学的目标在于，将用于工程实践的设计原则组成某一学科，从而揭示不同工程实践领域间的相似性，并强调基本原理和基本思想的推动力。简言之，工程科学以理论分析为主导，并常常使用先进的数学。只要浏览一下《工程控制论》这本书，就会发现这一点是非常明显的。”

1989年，钱学森获威拉德·罗克韦尔奖章和“世界级科学与工程名人”称号。威拉德·罗克韦尔奖章是世界上理工界科学家最高的荣誉，1982年创立，至钱学森获奖时，仅授予了16位理工界的科学家，钱学森是其中唯一的中国科学家。

1991年10月16日，钱学森获“国家杰出贡献科学家”荣誉称号。