

从“四人小组”看钱学森对航天工程人才的培养

王春河

(中国航天科技集团公司, 北京 100048)

摘要: 钱学森始终关注创新人才的培养。作为我国航天事业的奠基人, 他主持规划了我国航天事业科技人才队伍建设的蓝图。他身体力行, 在航天工程实践中以各种方式培养堪当重任的将帅之才。本文以钱学森用带研究生的方式培养“四人小组”为例, 探讨了钱学森关于培养工程人才的独到做法, 并由此引出若干启示。“四人小组”的成长表明, 重要工程人才的培养, 不但要靠学校教育, 还要有导师在工程实践中指导他们锻炼成长。

关键词: 钱学森; 航天; 工程人才; 四人小组; 培养

中图分类号: G40-09

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2010)04-0314-10

1 引言

钱学森毕生关注人才培养, 并且身体力行, 着力培养科技人才。1955年10月8日他举家归国, 在广州、上海停留数日, 10月28日来到北京。当天接受记者采访时他就表示:“我要把我的全部力量, 献给社会主义建设, 为祖国培养迫切需要的科学研究人才”^[1]。他是这样说的, 也是这样做的。

研究钱学森对航天工程人才的培养, 要从《建立我国国防航空工业的意见书》(以下简称《意见书》)谈起。1956年2月17日, 钱学森受周恩来总理之托起草了这份《意见书》。在《意见书》中, 钱学森提出了创建我国国防航空工业(当时为了保密, 以“国防航空工业”代称我国火箭、导弹工业)领导机构和研制、生产机构的建议, 同时, 几乎以半数篇幅勾画了研制队伍建设的蓝图。在分析了我国当时的工业基础及人才状况后, 他写道:“问题是如何从约15个高级干部和50个年轻干部的人力中, 以最迅速的方法, 建立起我国国

防航空工业的三部分: 研究、设计和生产。”他估算了这项事业所需要的总人数:“到1967年, 共有工厂技术人员2400人, 设计院技术人员5700人。”在当时全国与火箭及导弹相关的专业人才只能以百数计的条件下, 十一年后要达到以万数计, 实在是一件十分困难的事情。那么, 如何才能培养出这些人才呢?《意见书》提出了两个办法: 一是自己培养; 二是派到兄弟国家(当时主要是苏联)学习。其中的一个关键在于, 边组建队伍, 边培养人才, 创造条件使他们在干中学, 在干中成长。他写道:“在原则上是: 研究、设计和生产三面并进, 而在开始时, 重点放在生产, 然后兼及设计, 然后兼及研究。”其中, 从事生产的, 他列出了从1956年到1967年十二年中每年需要增加的工艺和设计人员数目, “到1967年, 共有工厂技术人员2400人”; 从事基础科学研究的, “估计……在整个系统完成时有600人, 其中副博士水平以上的研究人员有120人至150人”; 从事火箭研究设

收稿日期: 2010-09-20; 修回日期: 2010-11-18

基金项目: 中国航天科技集团公司“钱学森与中国航天”研究课题

作者简介: 王春河(1945-), 河北永清人, 高级政工师, 主要从事两弹一星历史及工程哲学研究。E-mail: cnwang121@sina.com

引自钱学森1956年2月17日起草的《建立我国国防航空工业的意见书》。

计的，在 1958 年达到 600 人的基础上，从 1959 年开始，每年增加 600 名大学毕业生，到 1967 年达到 6000 人；其中有副博士水平以上的人员 500 人至 600 人”。由此可见，钱学森在设计航天事业的蓝图时，就把人才培养、队伍建设放在了至关重要的位置。

晚年的钱学森曾发出发人深省的“教育之问”。钱学森认为，“现在中国没有完全发展起来，一个重要原因是没有一所大学能够按照培养科学技术发明创造人才的模式去办学，没有自己独特的创新的东西，老是‘冒’不出杰出人才。”当前许多人都都在研究如何破解“为什么我们的学校总是培养不出杰出人才？”这个难题。笔者认为，从钱学森自己成长的轨迹和他为人才教育培养所做的努力来看，学校教育固然非常重要，而在工程实践中教育培养骨干人才同样重要。钱学森在航天工程实践中教育培养人才，主要采用了以下方式：结合航天工程实践，举办培训班，亲自授课；在重大航天工程中拔擢将帅之才，委以重任；在工程实践中指导科技人员攻关克难；着力培养学术秘书；耳提面命，“以师带徒”。本文以钱学森培养“四人小组”为例，探讨钱学森在工程实践中教育培养航天工程骨干人才的具体做法并引出若干启示。

2 钱学森与“四人小组”

运载火箭是发展人造卫星的重要基础。20 世纪 60 年代初，我国自行研制的中近程火箭取得了重大进展，并启动了中程火箭的研究工作。钱学森高瞻远瞩地认为，应尽早为发展人造卫星做一些先期准备工作。其中重要的一方面就是尽快培养少数技术带头人和组织管理者，让他们掌握必要的运载火箭和人造卫星的技术知识和综合管理知识，以便为全面开展研制工作创造条件。

1962 年底，国家开始调整从事研究发展导弹和火箭的组织机构。1963 年 1 月，国务院正式决

定将受中国科学院和上海市共同领导的上海机电设计院划归国防部第五研究院建制。1962 年底，钱学森就建议上海机电设计院选派 4 名年轻技术人员到北京国防部第五研究院总部来，由他用带研究生的办法，亲自指导，开展运载火箭、人造卫星研制的先期准备工作。他对这四个人的要求，除其他条件外，所学专业，要两个力学专业的，一个推进专业的，一个物理专业的。

经上海机电设计院副院长杨南生和总工程师王希季的推荐，该院派出了孔祥言、朱毅麟、李颐黎和褚桂柏 4 位年轻人，赴京受命。这 4 人虽然年龄都在 26~30 岁之间，但已经拥有 4~8 年的实际工作经验。孔祥言和李颐黎均毕业于北京大学数学力学系力学专业；朱毅麟是中国科学院力学研究所与清华大学合办的工程力学研究班首届毕业生。褚桂柏在上海交通大学毕业后曾在上海力学研究班进修过。他们都是在 1958 年分配到中国科学院力学所工作的。当年，毛泽东在党的八大二次全会上，发出了“我们也要搞人造卫星”的号召。中国科学院为了落实研制人造卫星的任务，于当年 8 月依托力学所组建了三个设计院，其中第一设计院(代号“1001 设计院”)主要承担卫星和运载火箭总体设计任务。该院同年 11 月迁往上海，更名为上海机电设计院。于是，这四个人先后随“1001”设计院从北京搬迁到上海。

褚桂柏回忆说：

“1963 年春节一过，我们四个人于 2 月份来到北京。钱学森一看四个人的档案，笑咪咪地跟我说：我和你是同行。因为我是交大机车班的，钱学森在交大读书时也在这个系。我本来见这么有名的大科学家挺紧张的，这一说一笑，就不太紧张了。”^①

钱学森本来就是卓越的力学专家。他一看 4 个人都搞过力学专业，而且其中有人还搞过发动机和弹道设计，非常高兴。因为他一直认为，力学是一门技术科学，是架设在基础科学与工程技术

^① 引自“钱学森与中国航天”课题组 2009 年 5 月 25 日采访记录。

之间的桥梁。力学工作者既具备深厚的科学理论基础, 又拥有潜在的工程设计能力, 他们有可能较快地掌握火箭和人造卫星设计的基本技术和管理方法。钱学森告诉他们, 在今后两年左右的时间内, 他将亲自指导他们四个人, 任务是收集和学习国外人造卫星和其他空间飞行器的技术资料, 跟踪国外宇航技术的发展动向, 在此基础上编制我国卫星和空间技术的发展规划。钱学森特别吩咐后勤部门为他们创造较好的吃、住条件, 在国防部第五研究院总部办公大楼及位于另一地点的该院情报所为他们安排了两处办公室。同时, 指定他的秘书王献及五院科技部科研处吴鹏与他们保持经常联系。钱学森做事之认真、安排之细密, 由此可见一斑。

这四个人, 就构成了本文所说的“四人小组”。尽管当时并没有“四人小组”的说法, 但这个概括还是符合实际的, 也是为了行文的方便。对于“四人小组”的具体培养过程, 可以从以下六个方面展开分析。

2.1 一带四, 每周半天答疑指导

钱学森在繁忙的领导工作中, 每星期召见“四人小组”一次, 听取他们的汇报并答疑, 一年多时间内从未间断。每次召见他们大多是在他的办公室, 时间大约 2 小时到 3 个半小时, 先由组长孔祥言为主汇报一周来的学习、工作情况, 包括收集到的参考资料的名称、大致内容、学习情况、遇到的困难和下一步打算, 然后钱学森对他们提出的疑难问题进行答疑, 告诉他们怎样学习和分析参考资料, 并进一步提出一些问题, 让他们带着问题学, 加深理解。一开始, 汇报、答疑主要是收集资料、学习和工作方法方面的内容。随着他们接触面的扩大以及工作内容的增加, 话题也越来越广, 如后文谈到的如何讲好“星际航行概论”课、如何撰写科普文章等等。

在每周例行召见之外, 还有许多“加课”, 即临时召见。有时是钱学森向他们推荐适合他们阅

读、学习的资料; 有时是请他们参加重要活动, 提前做一些准备; 有时是布置他们赶写文章, 等等。那时候, 通讯设施还很稀缺, 钱学森往往匆忙地写个纸条, 通知他们在何时何地见面, 谈何题目。因为与“四人小组”很熟悉, 钱学森常用行草笔体签名。四个人当时都是毛头小伙子, 看着“钱学森”的行草签名很像“化学系”, 就开玩笑地说: “化学系”要召见我们了。这恰恰避开了泄密之虞。因为当时严格规定, 在公众场合, 是绝对不允许把钱学森的名字与他们的学习、工作联系在一起。

当时钱学森担任国防部第五研究院主管技术工作的副院长, 工作十分繁重。在该院创建之初的几年时间, 科研生产管理、技术发展途径、导弹和卫星型号预研以及研制中的重大技术问题、科研队伍建设等, 都需要钱学森去管。在这种情况下, 钱学森如此重视“四人小组”, 使一些同志感到不解, 觉得钱学森花在这四个人身上的时间过多。钱学森听到这些议论, 耐心地对提意见的同志做了解释。

2.2 指导“四人小组”跟踪美、苏等国航天技术发展动向

在钱学森的精心安排下, “四人小组”每周用一半时间到五院情报所上班, 收集和学习有关火箭、卫星及其他空间飞行器的资料。情报所不但为他们提供了专用办公室, 还派该所的研究人员史珍同他们一道工作, 帮助他们从该所的图书馆和资料室查找和借阅资料, 目的就是要把他们培养成比较全面掌握星际航行知识的人才, 给他们压担子, 又工作, 又学习, 使他们尽快地、全面地成长起来。

李颐黎回忆道:

那段时间我们是挺苦的, 除了白天集中精力工作外, 每天吃完晚饭就从国防部五院招待所去情报所的办公室。天天晚上要学习、查资料到十点钟以后回宿舍去。这些, 对于我们年轻人来说都不算什么。主要有几个困难: 首先是英语的困难。参考资

料基本上都是英文的，俄文资料很少。原来我们这些人在大学都是学俄语的，英语的词汇面不宽，所以赶快学英语。第二个困难是原来所学专业的限制。原来我们的专业面都比较窄，我原来是学力学的，工作以后搞过气动力，搞过轨道，热化学计算搞了很短的一段时间。力学基础比较好，但是工程和电学方面不是太行。火箭、卫星技术涉及的学科太多了，只能结合工作刻苦学习。^①

“四人小组”就是在边学火箭、卫星专业知识、边加强英语能力的条件下，开始了查阅、收集国外资料的工作。

当时，他们能够看到的，主要是五院情报所通过各种渠道收集到的美国的一些公开出版的报刊、杂志，而苏联的资料，由于其高度保密，能看到的极少。他们悉心收集轨道力学、姿态控制、结构、热控制、电源等方面的资料，如饥似渴地学习这些专业知识。在人造卫星方面，“四人小组”收集和学习了“泰罗斯”气象卫星、“发现者”返回式卫星、“子午仪”导航卫星、“回声”无源气球通信卫星、“电信”有源通信卫星和世界第一颗地球静止轨道通信卫星“辛康”等资料。其中，“泰罗斯”和“发现者”两种卫星引起了“四人小组”的特别兴趣。因为前者公布资料十分详尽，后者则具有潜在的国防用途。因此，他们尽可能详细地收集和研究的这两种卫星的资料。他们还收集和研究了加拿大第1颗人造卫星“百灵鸟”、英国第1颗人造卫星“羚羊”和美国第1个月球探测器“徘徊者”的资料；在载人航天方面，他们详细了解了美国的“双子座”座的交会对接方案，还有“阿波罗”载人登月飞船的设计方案，这些当时是最前沿的技术了。“双子座”当时还没发射，“阿波罗”也正在讨论计划之中，在月球轨道上交会，还是地球轨道上交汇，有很多方案。他们还收集、学习了美、苏的一些运载火箭设计的资料，如美国第一枚运载火箭的资料、发射阿波罗飞船

的土星5号运载火箭的资料等^{[3]4-5}。

钱学森特别强调，对国外的资料要独立思考，善于分析，千万不要人云亦云。“四人小组”遵照这些教导，对收集到的资料进行去粗取精、去伪存真的分析，并结合我国情况进行研讨，做了大量笔记。这些，对我国后来的火箭、卫星、飞船研制工作起到了重要作用，特别是对“发现者”卫星的了解，促使我国早在1966年就开始设计返回式卫星，最后使我国成为世界上第3个拥有返回式卫星的国家。

2.3 压担子，指导四人小组讲授“星际航行概论”课

钱学森培养“四人小组”的另一个方式是指导他们为中国科技大学学生讲授“星际航行概论”课程。“星际航行”是“行星际航行”的简称。自1967年后，根据钱学森的倡议，将太阳系内的行星际航行称为“航天”，将太阳系外的航行称为“航宇”。从此，在中文字典里，才有了“航天”、“航宇”等词条。

1958年前后，在钱学森的建议下，清华大学、中国科技大学、北京航空学院、北京工业学院、浙江大学等全国重点大学里，陆续开办了工程力学、物理力学、近代力学等与“两弹一星”关系密切的科系。钱学森是中国科技大学十人筹备委员会委员之一。中国科大成立后，直到1970年搬迁到合肥，12年间他一直兼任近代力学系主任，并亲自讲授“物理力学”课。从1961年起，开设“星际航行概论”（最初称“火箭技术概论”）课。按照他在1961年8月3日亲手编写的教学大纲，这门课共计45学时，分为13讲，每讲3个多学时，一学期讲完。第一期是他亲自授课，于1961年9月18日在中关村中国科学院自动化所的大阶梯教室开课。来听课的人非常多，包括58级、59级两个年级三个专业的学生，还有力学所的一些专家、学者。由于座位有限，不少人自带凳子、马扎来听课。

^① 引自“钱学森与中国航天”课题组2009年5月22日采访记录。

当时, 讲课时学生手上还没有教材, 钱学森按他编写的讲课提纲进行讲授, 由力学所的雷见辉、喻显果 (两人兼钱学森的助教或称学术秘书) 记录钱学森讲授的内容, 课后立即整理出来, 下个星期印发讲义给科大同学。课讲完了, 由这两人把钱学森的讲课提纲和记录稿综合起来, 绘制插图, 帮助钱学森整理成《星际航行概论》书稿。1963年2月,《星际航行概论》由科学出版社出版。该书不仅囊括了空间技术的基本理论知识, 而且凝聚着钱学森在领导中国发展导弹和火箭事业中所获得的第一手实践经验。钱学森在该书序言中指出了星际航行(航天)技术的高度综合性以及实践的复杂性和艰巨性:

“它(本文作者注: 指星际航行技术)几乎包括了所有现代科学技术的最新成就, 像近代力学、原子能、特种材料、高能燃料、无线电电子学、计算技术、自动控制理论、精密机械、太空医学等。星际航行的更进一步发展不但将对上述科学技术提出新的、更高的要求, 而且还会对另外的一些直到现在还未发生联系的学科, 像植物学、动物学、生物物理、生态学、遗传学、地质学等也提出研究课题, 使这些学科也得到以前未有的推动力, 并向新的方向发展。一句话, 星际航行是组织和促进现代科学技术的力量; 星际航行可以广泛地带动各门科学前进。”“星际航行事业的每一个部门, 研究、设计、试验、制造、发射、通讯都需要一个庞大的组织, 都需要一个由千万名科学家、设计师、工程师、技师、技术员、工人和其他人员组成的队伍。这些部门进行工作所需要的设备在质上要求最高的, 在量上也多; 因此, 没有一个强大和各方面成套的工业, 没有一支多种学科和人数众多的科学技术队伍, 就不可能设想全面地开展星际航行工作。”^[2]

中国科大近代力学系第二次开设《星际航行概论》, 已是1963年9月份。钱学森交给“四人小组”一项任务: 读《星际航行概论》, 代替他讲授这门课程并参加该书增订版的修改工作。“四人小组”既感到压力很大, 又感到非常光荣。

四个人接到讲课的任务后, 根据每个人的专业情况各自承担了几章, 开始备课。他们首先要吃透原书的内容。由于该书对力学问题讲得比较深, 四个人下工夫刻苦学习、认真研究, 乃至把书中的公式一个个进行推导, 加深自己对书中阐述的理论的理解, 准确把握该书内容。为了使他们把课讲好, 钱学森和他们一章一章地讨论如何把这些最前沿的科学知识深入浅出地教给学生, 并指定中国科学院力学所的喻显果和赵秉增担任助教。在四个人讲课的半年左右时间里, 钱学森每星期抽出半天时间例行接见“四人小组”时, 都要听他们汇报讲课的情况, 四个人也不失时机地提出疑难问题, 他每次都给予认真的解答。从1963年9月至1964年1月, 他们完成了一学期的讲课任务。

朱毅麟后来回忆说:

如果说, 收集和学习参考资料, 使我们开阔眼界, 广泛了解了国外卫星和空间技术的发展动态, 那么讲授《星际航行概论》课, 使我们大大加深了对有关星际航行和空间飞行器技术知识的理解。

学期结束后, 钱先生收集了学生对我们讲课的反映, 说我们的讲课学生们评价很好, 使我们很受鼓舞。钱先生曾嘱咐我们帮他修改这本书, 补充有关卫星和空间飞行器技术的最新内容, 以便再版, 还将《航空知识》编辑部谢础同志对该书文字的修改意见转给我们, 供修订参考。遗憾的是, 后来由于种种原因, 我们没有完成修订任务, 辜负了他的一番厚望。迄今, 在我国的正式出版物中, 还没有一本航天技术概论的书, 在理论高度和技术深度上能出其右者^[3]。

在钱学森的鼓励下, 四个人在讲课的基础上, 大胆地提出这本教材的修改意见, 包括一些文字表述、公式推导、图表绘制等, 为该书的增订版做了准备。虽然当时未能出版增订版, 但在44年后, 中国宇航出版社于2008年12月吸纳了包括“四人小组”在内的意见, 出版了该书的第二版, 即简化汉字版。

2.4 吸收四人参加星际航行座谈会，承担星际航行委员会技术秘书的工作

钱学森培养“四人小组”的另一种方式是吸收他们参加星际航行座谈会的组织工作并担任星际航行委员会技术秘书。这些安排扩展了他们的视野，锻炼了他们的组织协调能力。

星际航行座谈会是1961年由钱学森、赵九章、竺可桢等知名科学家发起的不定期学术活动。每次座谈会上由1名某一学科或技术领域的专家就自己专业与星际航行相关的问题作学术报告，然后自由发言，各抒己见。在1961年~1964年的3年间，星际航行座谈会共举行了12次。

“四人小组”来到钱学森身边后，每次星际航行座谈会都去参加，听学术报告，从中获得更多的星际航行知识。通过做一些事务性工作，他们也有机会接触诸多知名科学家。有一次，由空间医学专家陈辛一教授作空间生理学和生物学报告。讨论中，钱学森说，运载火箭振动对人体的影响是载人航天必须研究的重要问题，其中，应分析振动对人眼球的影响，从力学观点看，人的眼眶就像是一个弹性支座，眼球就像弹性支座上的质量，它的共振频率是可以计算出来的。这些，使他们大开眼界。钱学森对“四人小组”严格要求，希望他们不仅要听，还要积极思考，在讨论会上踊跃发言。

1963年2月，中国科学院成立了星际航行委员会，钱学森担任主任委员。钱学森让四个人担任该委员会技术秘书。

孔祥言回忆说：

全国星际航行委员会，钱老是主任委员。委员会开会，与会的都是科学界的顶尖人物，像赵九章、竺可桢、谈家桢等。故第一次参加会，又是作为委员会秘书，我们几个谁也不敢发言。听杨（南生）副院长说，后来钱老问他，你们院里来的人是不是都这样？要积极发言。这是钱老唯一的一次批评我们。钱老对我们要求很高，希望尽快成才。^①

参加星际航行座谈会和星际航行委员会会议，他们有时参与接待与会者、做发言记录、整理讲稿，后来也大胆地在讨论中阐述自己的观点。这些，使他们拓宽了知识面，结识了各方学者，锻炼了组织才干。

2.5 为四人小组创造条件，调研科学院和国防部五院研制、发射卫星的能力

为了培养他们，也为了让他们参与完成《中国1964~1973年空间技术发展规划》，钱学森为他们创造条件，调研中国科学院和国防部五院研制、生产和发射卫星的能力。他们到科学院的一些研究所，如地球物理所、生物物理所、电子所等，了解与火箭、卫星和星际航行有关的专业建设、科研进展、实验手段等情况。为了让他们能从感性上具体了解导弹和火箭，钱学森曾亲自带着他们到地处北京南郊的国防部五院一分院（现在的中国运载火箭技术研究院）的总装车间参观火箭总装情况，到西南郊的试验站观看火箭发动机热试车。不过，更多的是让他们自己去实地考察。

李颐黎回忆说：

有一次他跟我们说，你们到一分院去，找孙家栋。孙家栋当时是一部的室主任，我们就去找了孙家栋，了解中程、中远程火箭的设计情况（当时准备从中选择一种火箭发射卫星），看一下它的总体参数、性能、结构情况，让我们估计一下，能不能用它来发射卫星，什么时候大概能够发射等等。我们就找到孙家栋，孙家栋也找了下边的人和我们见面，比如说下边的人有刘宝镛，他还是我的同学呢，我们是一个年级，还有韦德森，那时候也在一部，他们俩都是工程组长，刘宝镛是搞弹道的，韦德森是搞总体结构的。我们了解了以后，就把这些情况向钱老汇报。^②

对科学院、国防部五院等情况的调研，使“四人小组”增长了对导弹、火箭的感性认识，增加了对我国尖端技术发展情况的了解，增强了他们对

^① 引自2009年6月17日“钱学森与中国航天”课题组采访记录。

^② 引自“钱学森与中国航天”课题组2009年5月22日采访记录。

我国发展空间技术的信心,这对他们不久以后起草《中国 1964~1973 年空间技术发展规划》起到了重要作用。

2.6 鼓励四人小组为报刊撰写科普文章,给青少年写回信

在 20 世纪 60 年代,由于美、苏竞相研制、发射卫星、飞船,使得我国科技界、青少年对导弹和空间技术深感兴趣。一些报刊、杂志向钱学森约稿,也有许多青少年给钱学森写信,请教航天、航空方面的知识。但钱学森工作很忙,只能给少数报刊、杂志撰稿,也只能给少数青少年回信。尽管他很看重科普工作,但又感到力不从心。他对“四人小组”说:你们写吧,这个工作也很重要。怎么写?四个人讨论后,拟出了题目,请教钱学森。钱学森总是耐心地指导他们。

李颐黎回忆说:

这几篇文章怎么写?他给了我们很多指示。比如他说:你们要讲发射“阿波罗飞船”的“土星5号”运载火箭有多大,不要只说长是88米,要说火箭竖起来有多少层楼房这么高;推进剂呢,不要只说有2200多吨,人家没概念,你还要说用550辆解放牌卡车才能运走那些推进剂。他给我们举了很具体的例子,写科普文章要通俗化,让人能有直观的概念,吸引读者去阅读。另外他说,你们写这个文章有一个指导思想,你们要写出星际航行的难度,社会上有一些人不了解具体的技术情况,要重点宣传搞火箭、卫星是很伟大的工程,但也是非常艰巨的工程,要把难度写出来。我们基本上贯彻了他的思想。^①

第一组文章共三篇,总的题目是《漫谈星际航行的近况和前景》,具体包括《人能上月球吗》、《星际航行的下一步》和《星际航行动力》,由五人讨论(包括经常协助他们工作的国防情报所史珍等)、四人分别执笔,陆续刊登在1964年的《航

空知识》上,笔名“钱星五”,寓意在钱学森指导下,四个人所撰写的关于星际航行方面的科普文章。因为当时还没有一种专门介绍航天知识的报刊《航空知识》就担起了普及航空、航天知识的重任。

有不少青少年给钱学森写信,有的请教一些航空航天方面的知识,有的寄来自己的论文,请钱学森指教,也有的是一些创造发明,请钱学森给个评论。有些直接写给他,有些则是通过杂志转给他的。他非常重视这些信,自己无暇亲自回信的,都让“四人小组”一代他回信。有一次有人想发明类似“永动机”的机电装置,钱学森说:有科学探索精神是好的,但是有些人老想发明永动机。从科学原理讲是不可能的。能量只能互相转化,不可能凭空产生,你们要从这方面给他们讲解清楚。

科普文章一经发表,给他们很大鼓舞。给青少年的回信,也使他们从正、反两方面思考问题,增长了知识面。后来,他们四个人都先后写了大量科普文章,在国内外的各大刊、大报以及网络上发表;给大、中、小学学生做了多次科普报告。这些,为推动我国航天科普工作做出了贡献。

此外,钱学森还让他们代为审查文稿、书稿。他们清楚地记得,经他们之手审改的论文就有北京大学某教授的《重力转弯弹道设计》、北京邮电学院某教授的《利用导线在空间切割磁力线发电》;专著有北京航空学院某教授的《宇宙航行》、军事医学科学院某教授的《宇宙医学》等。在钱学森的指导下,以他们所学的宇航知识,为这些论著增色,也使他们增长了见识。

褚桂柏回忆说:

钱老多次对我们说过:现在让你们做这些工作,将来你们就能够指导别人怎么做了。钱老还说:做科研工作,物理概念最重要。数学是描述物理现象、过程和解决实际问题的重要工具。钱老鼓励我们多读书,他说,非专业的书放在茶余饭后读。^②

① 引自“钱学森与中国航天”课题组2009年5月22日采访记录。

② 引自“钱学森与中国航天”课题组2009年5月25日采访记录。

通过上述六个培养环节，“四人小组”初步掌握了星际航行和卫星设计的基本知识，锻炼了研究能力和组织能力。在这个基础上，到了1964年1月，他们完成了第一份“作业”：《中国1964~1973年空间技术发展规划(草案)》。尽管这个规划还比较粗略，也没有完全付诸实施，但它是我国航天发展史上早期空间技术发展规划的珍贵文本。

1964年5月，孔祥言和朱毅麟先回上海机电设计院，李颐黎和褚桂柏留京，把中国科技大学的“星际航行概论”课讲完并处理未了事宜，8月底也回到上海。1964年5月间，在钱学森的推动下，上海机电设计院以“四人小组”为骨干，从院内其他研究室调了一些技术人员，成立了上海机电设计院卫星总体研究设计室——第七研究室，由孔祥言任主持工作的副主任，朱毅麟任副主任，李颐黎、褚桂柏任其中两个组的组长。这个研究室共包括5个工程组，即总体设计、结构与温控、姿态控制、电源和跟踪遥测遥控。1964年5月，该室开始进行我国人造卫星的可行性研究和初步方案设计。他们克服了种种困难，在客观条件允许的范围内积极主动地开展工作，终于在1965年5月完成了《我国第一颗人造卫星方案设计》。虽然这个方案设想现在看来并不十分完善，但却为开展卫星研制工作进行了有益的探索。1965年8月，中央专委第13次会议原则批准了中国科学院负责研制我国第一颗人造卫星。也就在这个时期，上海机电设计院搬迁到北京，更名为七机部第八设计院。按照七机部指示，该院七室圆满完成了我国第一颗人造卫星运载火箭长征一号的总体方案设计。1966年到1968年间，七室又圆满完成了我国第一颗返回式卫星的方案设计工作。1968年2月，运载火箭、卫星总体设计任务分别移交给七机部一院和五院，八院暨七室完成了它的光荣而艰巨的历史使命。

“四人小组”是我国早期探索卫星研制工作的种子。在钱学森的指导、培养和推动下形成了以“四人小组”为骨干成立的第七研究室，在我

国研制各种航天器的历程中，发挥了历史性的作用。在40多年的岁月里，深得钱学森“真传”的这四个人都成长为我国卫星、飞船研制的著名专家或著名的空气动力学家，至今仍活跃在航天器研制、著书立说、教书育人的领域。

孔祥言在“文革”中于1971年以“工作需要”为名被调离航天部门，几经辗转，在中国科技大学力学系任教授、博士生导师，已是桃李满天下，出版了诸多获奖专著和论文。

朱毅麟参加了多个卫星型号的研制和我国空间技术发展战略研究，1989年后担任中国空间技术研究院科技常委、秘书长多年，目前是国际宇航科学院通讯院士、研究员。

李颐黎现任中国空间技术研究院研究员，他长期从事航天器轨道研究设计和航天器总体设计工作，是知名的航天器轨道专家。我国载人航天工程立项后，担任首任神舟飞船总体副主任设计师兼任应急救生系统主任设计师。

褚桂柏，中国空间技术研究院研究员，从事过多型号(返回、通信、导航、地球资源、传感、空间平台、月球探测器等)空间飞行器总体研究设计。多次参加我国卫星和空间技术发展规划的制定以及我国空间技术发展战略研究。曾担任月球卫星预研组组长和月球探测器总体技术顾问。

3 结 论

我国航天事业50多年来取得了举世瞩目的辉煌成就，靠的是人才特别是科研骨干人才。在航天人才的培养上，钱学森功不可没。研究钱学森培养“四人小组”的过程，可以给我们诸多启示：

3.1 根据工程需要和发展前景制定人才培养计划和规划

像航天这样的国家重点工程，必须兼顾当前需要和长远发展的需求，制定吸引人才、培养人才的计划和规划。钱学森在航天事业创建伊始，在他起草的《意见书》中就确定了科学研究、研究设计和生产制造人才需求的三个层次，并且具体

计划出未来十年中每一年、每一层次需要的人才数量。这个具有远见卓识的规划,既保证了航天工程起步阶段的人才需求,也为其长远发展奠定了人才队伍建设的基础。我国航天事业起步的前十年,基本上是按照钱学森的设想培养了一批又一批技术骨干力量。由于党和国家的高度重视,加上以钱学森为代表的航天事业的组织领导者不遗余力的努力,航天科研队伍的建设速度,大大超过了当初的预想。

培养“四人小组”这样的人才,是钱学森为我国第二轮起步研制人造卫星所作的准备。我国第一轮起步研制人造卫星是在大跃进年代的1958年,当时叫“581”工程。由于技术水平、经济实力、工业基础等方面的明显差距,根据中央领导指示精神,不得不在1959年进行了重大调整,停止研制大型运载火箭和人造卫星,把力量转到重点研制探空火箭上来,同时开展一些人造卫星单项技术的研究。到1962年底,我国的火箭技术取得了长足进步,钱学森认为不久的将来即可开展人造卫星的研制工作。因此,他开始做一些先期准备工作,培养“四人小组”就是诸多准备工作中的重要一项。事实上,“四人小组”“毕业”一年后,到1965年,我国就第二次启动了卫星研制工作,时称“651”工程。如前所述,钱学森亲手培养的这四个人,和其他骨干人才一起,发挥了重要作用。

3.2 帮助指导有发展前途的人才在重大工程中锻炼成长

从航天科技工业发展多年的历史看,工程人才的培养,学校教育固然重要,但在工程实践中锻炼成长也同样重要。学校教育为人才打下基本知识的基础,学会学习方法,养成科学思维方式,而工程实践才是更大的“学校”。在这所没有围墙的“学校”里,需要个人积极主动地学习,也需要有实践经验的工程技术人员肯于用心帮助指导年轻人。在钱学森带出“四人小组”的过程中,有几点是钱学森别具匠心的:选择重大工程,培

养重点人才;结合工程需要,有针对性地学习钻研新知识;一定要熟练地应用外语特别是英语工具;尽力了解世界先进国家在同一领域的技术水平和发展方向;更详细地掌握我国同一领域的科研进展、生产能力、基础设备等相关情况;锻炼与不同层次的人交往的能力;面对权威,勇于发表自己的见解;提高文字表达能力;等等。应该说,这些都是钱学森的切身感悟。作为工程大师,只有积极将这些经验用于对后生的培养中,才能薪火相传,产生更多的拔尖人才。

3.3 名师带徒,方法得当

钱学森从1955年底创建中国科学院力学研究所开始,就经常亲自给研究人员讲课;国防部五院成立后,他多次主办培训班,亲自讲解《导弹概论》等课程。他还和钱伟长、郭永怀等联名向有关领导倡议创立“宇宙航行学院”,此倡议成为1958年中国科学院成立“中国科技大学”的重要缘由之一,钱学森是十人筹备组成员。他兼任中国科大近代力学系主任十多年,亲自编写教材、执鞭授课。作为名教授,同时又是航天工程的主要领导人,他深知如何指导学生把学校里学到的书本知识与工程实践结合起来。

在提出四个人进京深造之时,钱学森就明确指出,是用带研究生的办法培养这四个人,时间两年左右。虽然后来因为种种客观原因,缩短了“学制”,但在将近一年半的“名师带徒”过程中,钱学森的做法至今还有重要的借鉴意义:例如,导师带研究生,一个名师不宜同时带太多的学生,否则很难保证教学质量;导师带研究生,一定要适时亲自授课,不能以自己“忙”为托词,一年中见几次面,多数课程委托助手“帮忙”;名师尤其要亲自带学生,否则名不副实,徒有虚名,贻误后人。如果说忙,钱学森最忙。他当时主要担任国防部五院主管技术的副院长,同时兼任中国科学院力学所所长、中国科技大学近代力学系主任等职务,哪一摊子都需要他投入很大精力。但他

却把培养后生作为一件大事，坚持每周一次面授，这是难能可贵的。

3.4 不但要提高人才的知识和技术水平，还要培养他们的科学精神和道德情操

钱学森为教育培养航天工程人才，抛却了个人名利，奉献了毕生精力。曾多次有人问他：你在美国学习、工作 20 年期间，发表了那么多具有独创见解、影响力深远的论文，但回国后几十年里发表的论文却少得很，这种牺牲是不是值得？钱学森都坦然回答：我一个人写论文是一篇，我教出 100 个学生，每人写一篇，就是 100 篇，这跟我一个人发表论文谁轻谁重？我认为值得，值！而且，钱学森培养“四人小组”，不但要占用他许多时间和精力，也没有任何额外的报酬。这些，对学生都是无声的教育。

他在施教过程中，始终注意把培养科学精神放在重要位置。他引导学生发扬民主精神，对学术问题展开民主讨论。他鼓励学生，即使面对权威也要敢于发表自己的意见。他教育学生，既要广泛地了解国内外科技前沿的信息、吸纳有用知识，又不要人云亦云，要有自己的分析和见解。他手把手地教学生如何撰写科普文章，怎样用通俗的

语言表达深奥的科学道理，使一般受众能够听懂、看懂。他在多次讲课、讲话中指出：写个技术报告、划个曲线，把点给点错了，经人家指出来后，至少应该三天睡不着觉。

当前，青年科技人员一批又一批地成长起来，他们有诸多优势和长处。但是，钱学森着力培养的这种科学精神、奉献精神、学术民主作风、严谨慎实的作风，值得大声疾呼地提倡。

致 谢

本文大量引用了中国航天科技集团公司“钱学森与中国航天”课题组的采访记录。该课题组 2008 年 8 月成立，2009 年 5 月份以来，对“四人小组”做了多次采访。该课题组当时主要成员为石磊、王春河、陈大亚、陈中青、张宏显。在此，向课题组其他成员致谢。

参考文献

- [1] 王文华. 钱学森实录[M]. 2 版. 成都: 四川文艺出版社出版, 2009: 108.
- [2] 钱学森. 星际航行概论[M]. 北京: 科学出版社出版, 1963: 序言.
- [3] 朱毅麟. 钱学森指导下的早期卫星准备工作[J]. 国际太空, 2002: 8.

On Qian Xuesen's Contribution in Cultivating the Talented in Aerospace Engineering: The Case of "The Group of Four"

Wang Chunhe

(Department of Corporate Culture of China Aerospace Science & Technology Corporation, Beijing 100048)

Abstract: Qian Xuesen has always paid close attention to the cultivation of talents. As the founder of China's aerospace engineering, he drew up the blueprint for establishing scientific and technological teams in the field of aerospace engineering. In his research works in aerospace engineering he himself trained the talents who can take the leadership and undertake the important tasks. This paper discusses Qian Xuesen's ways of training talented persons in aerospace engineering by introducing his graduate students team—"the group of four" and also makes further reflections on his approaches. The growing process of "the group of four" indicates that the cultivation of talented persons not only requires the school education but more importantly depends on the practical engineering experiences and the knowledge and teaching from their supervisors.

Key words: Qian Xuesen; aerospace; talented engineers; "the group of four"; cultivation

□ 责任编辑：王大洲