

• 人物评传 •

论罗沛霖技术科学思想与实践

On Luo Peilin's Thoughts and Practice of Technological Science

刘洋 / LIU Yang 王楠 / WANG Nan

(中国科学院大学人文学院, 北京, 100049)
(School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049)

摘要: 在梳理罗沛霖的技术科学思想形成过程基础上, 对其技术科学思想作了分析; 对罗沛霖技术科学思想的实践作了梳理: 从发展技术科学和工程技术的角度, 罗沛霖提议成立中国工程院; 提出中国发展科学的道路应强调技术发展须与当前和长远的经济发展相适应; 提出电子工业发展阶段和对策等具有很强针对性的建议。

关键词: 技术科学 钱学森 罗沛霖

Abstract: This paper aims to analyze Luo Peilin's thoughts of technological science by examining the process of its formation. Generally, Luo's practice of technological science includes: he initially proposed to establish the Chinese Academy of Engineering to meet the development of technological science and engineering technology, in terms of Qian Xuesen's ideas on technological science; he claimed that Chinese program for the advance of science should emphasize that the development of technology corresponds to present and future progress of economy; and he provided the specialized advices to stages and strategies of development of national electronic industry.

Key Words: Technological science; Qian Xuesen; Luo Peilin

中图分类号: N0 文献标识码: A DOI: 10.15994/j.1000-0763.2018.12.017



罗沛霖

罗沛霖(1913–2011年), 22岁毕业于上海交通大学, 35岁赴美攻读博士研究生。37岁从美国学成归国后, 投身中国的电子工业与电子科技发展, 参与和推动了新中国电子工业的许多重要项目。

1993年, 参与起草创建中国工程院的建议, 并当选首批两院院士。他的一生一直在电子产业界和学术界奔波, 见证和参与了中国电子工业的成长并为之做出卓越贡献。

19世纪初, 按照科学与社会关系的密切程度,

国际上开始把科学区分为纯科学和应用科学, 即自然科学与技术科学。纯科学“旨在增加科学、技术知识和发展新的探索领域, 而不考虑任何特定的实际目的”; 应用科学“致力于解决国民经济中所提出的世纪科学问题”。^[1]然而, 一些在工业领域和工程领域的研究者觉得, “纯”科学这一概念明显带有某种偏见, 让他们难以接受。于是“基础”科学的概念被引入, 并逐步取代了“纯”科学的概念。^[2]到了20世纪, “基础研究”与“应用研究”作为一对政策范畴和政策术语, 愈来愈被广泛使用。1945年7月, 万尼瓦尔·布什(V. Bush)发表《科学——无止境的前沿》的报告, 认为基础研究的实施不考虑实际结果, 是对“一般知识以及自然界及其规律

收稿日期: 2017年6月23日

作者简介: 刘洋(1974–)男, 辽宁岫岩人, 中国科学院大学人文学院讲师, 研究方向为中国现代科学史研究。Email: liuyangwfm@ucas.ac.cn

王楠(1979–)女, 辽宁大连人, 中国科学院大学人文学院副教授, 研究方向为工程哲学。Email: wangnan@ucas.ac.cn

的认识”的贡献,是应用研究的先驱。经济合作与发展组织(OECD)1963年制定的《研究与发展调查手册》与联合国教科文组织(UNESCO)1978年制定的《科学技术统计指南》将研究与发展(R&D)分为基础研究、应用研究和试验发展三种类型。

20世纪中叶,随着工程师队伍的迅速壮大,工程活动愈发显现出与科学、技术的不同特点,著名科学家冯·卡门认为“科学家研究已有的世界,工程师创造未来的世界”。因此,许多学者逐渐趋向于把整个科学技术分为三大部分或三大领域、三大门类。我国著名科学家钱学森于1957年明确提出了“自然科学、技术科学和工程技术三个部门或三个领域”的划分。^[3]美国工程科学院院士田长霖在1979年访华时主张:“总的来说,科学技术可以分为三大领域:基础科学、技术科学和工程应用”。^[4]我国著名软科学家冯之浚于1980年提出:“今天,科学技术已经形成了由基础科学、技术科学与应用技术三部分组成的庞大而有机的体系。”^[5]我国著名技术哲学家陈昌曙在1982年提出应把这三大门类表述为“基础理论科学、技术基础科学、工程应用科学”,以强调它们“都是科学,都是知识形态的东西”,从而把“作为社会精神财富的科学同作为社会物质财富的工程技术区别开来。”^[6]尽管这些说法在表述形式上有所差异,但主张的实质是基本相同的,即自然科学、技术科学和工程技术是现代科学技术体系的三个不同的重要组成部分。这一认识对于我国科技事业的发展至关重要,因为科学技术发展战略的重要问题之一就是如何处理基础研究和应用研究的关系,而对于这个问题的回答必然涉及到如何正确地认识现代科学技术的结构,尤其是技术科学在其中的地位和作用。^[7]

在关于技术科学的研究中,钱学森对于技术科学的定义、技术科学与工程科学关系等问题的思考,在中国科技界有着开创性的作用,并产生了深远的影响。建国后,由于受到“全面学习苏联”的影响,中国科学院决定仿照苏联科学院的建制于1955年设立了四个学部,其中的技术科学学部旨在将“新中国的科学工作与国家建设联系起来”。^[8]技术科学学部的建立,不仅使得技术科学这一概念广为人知,而且让我国科技工作者充分认识到技术科学的重要意义。然而,由于当时我国工业落后,技术科学基础特别薄弱,苏联、德国、波兰、保加利亚等一些社会主义国家的技术科学研究方法和成果被相

继介绍到国内。^{[9]-[12]}文革结束后,我国科技工作和国家建设逐渐恢复到正常轨道,技术科学研究再次成为我国科技界的关注焦点。尽管各门具体学科拥有不同的研究方法,但学者们一致认为“技术科学是以基础科学理论为指导去解决应用技术中出现的带有普遍性的技术问题的学科,是联系基础科学和应用技术的纽带,是科学转为直接生产力的桥梁,是我国经济建设和国防建设中的关键性和综合性问题。”([5], pp.9-19)

中国科学界对于现代科学技术的结构、技术科学的认识形成过程中,有一位“一直在产业与学术界之间奔忙”^[13]的科学家对于这个问题也做了深入思考,他就是罗沛霖。罗沛霖结合自己的科技工作实践对技术科学的含义、特征和作用等问题进行了深入的理解和梳理,并据此对我国的产业界发展提出了有针对性的建议。他的技术科学思想产生了现实影响,成立中国工程院的提议就是他技术科学思想的直接反映。梳理罗沛霖的技术科学思想,不但能够有助于深入了解这位经历丰富的科学家,也有助于学界加深对技术科学的理解。

一、罗沛霖的技术科学思想

技术科学的概念在中国的出现和推广,钱学森做了开创性的工作,更是影响了包括罗沛霖在内的一代科学家。

1. 受到钱学森影响

技术科学思想是钱学森科学思想的重要组成部分。1947年,钱学森回国访问期间,在浙江大学、上海交通大学和清华大学做了“工程和工程科学”为题的报告,阐述其技术科学观点,引起国内科技教育界开始对技术科学这个领域的重视与思考。1957年,钱学森在《科学通报》上发表《论技术科学》一文,在文中从科学的历史发展脉络推演出技术科学概念的形成过程,将技术科学定义为:“从自然科学和工程技术的互相结合所产生出来的,是为工程技术服务的一门学问。”([3], pp.97-104)

钱学森将科学划分为自然科学、技术科学和工程技术三个互相影响、互相提携的领域,在这个科学体系中,技术科学是自然科学和工程技术的结合。在界定了技术科学的来源和内涵、特点后,钱学森还对技术科学的研究方法,技术科学与基础科学和工程技术的关系,技术科学的意义和作用、发

展方向、对其他科学的贡献等问题做了全面论述。([3], pp.97-104) 郑哲敏先生认为, 这篇文章“起到了全面界定技术科学的历史性作用”。^[14] 1982年和1988年, 钱学森又发展、深化了他的科学体系划分, 提出了科学技术的体系结构, 把现代科学技术分为几大部门, 每个部门在横向上又分为自然科学、技术科学和工程技术三个层次。

钱学森的技术科学思想在中国的科学技术界产生了极大影响。特别是钱学森在加州理工学院的博士生、国家最高科技奖得主郑哲敏先生, 研究、阐发、传播了钱学森的技术科学思想。郑哲敏认为, 钱学森技术科学思想的源头可以追溯到19世纪末德国哥廷根大学应用数学的发明人克莱因 (F. Klein)。他主张数学和实际工程要结合起来, 运用数学区解决实际问题。冯·卡门从哥廷根大学来到美国加州理工学院后, 也把克莱因的基础理论与工程实践相结合的思想从德国传到美国, 在冯·卡门指导下学习与航空工程有关的基础理论的钱学森深受其影响。郑哲敏多次发表文章阐述钱学森的技术科学思想, 并且提出钱学森的技术科学思想还具有很强的指导意义, 例如钱学森的技术科学思想在中国科学院力学研究所的得到实践; 力学既是基础科学, 又属于技术科学, 力学的发展必须有侧重, 中国的力学应当主要沿着技术科学的道路发展, 重点应当发展应用力学。

钱学森与罗沛霖对技术科学的认识都受到了加州理工学院的深刻影响。1948年, 钱学森为罗沛霖写推荐信, 推荐他到美国加州理工学院读书。在加州理工学院的两年时间里, 学院重视实验科学和应用基础科学的风气对罗沛霖产生了深远的影响。^[15] 1949年9月, 钱学森担任加州理工学院的戈达德讲座教授, 兼任古根海姆喷气推进研究中心主任。在1950年夏罗沛霖离开美国之前的这段时间, 钱学森与罗沛霖有密切交往。1950年8月, 罗沛霖在回国的轮船上完成了博士论文, 到广州后寄往美国后经郑哲敏组织打字, 还是钱学森帮助补入方程式后提交的。([13], p.249) 在加州理工学院这一段重合的人生轨迹, 只是钱学森与罗沛霖一生交往的一个片段, 此前他们同是北京师大附小的同学, 同在上海交大读书, 便结下了深厚的友谊。在上海交大读书期间, 钱学森曾对罗沛霖说: 中国的政治问题, 不经过革命是不能解决的, 我们虽然读书, 但光靠读书救不了国。这句话对罗沛霖一生有深刻的

影响。^[16]

钱学森对于中国工程院、中国科学院角色定位的思考, 是其科学体系思想的直接体现。1994年6月3日, 中国工程院成立, 钱学森在致中国工程院首任院长朱光亚的贺信中说: “我现在想到一个中国工程院与中国科学院分工合作的说法, 即: 全部学问分三个层次——基础科学、技术科学、工程技术, 那么中国科学院是基础科学兼技术科学, 而中国工程院则是工程技术兼技术科学。”从逻辑上看, 钱学森对科学划分为基础科学、技术科学、工程技术三个层次, 与中国科学院、中国工程院的角色定位和分工合作十分吻合。

2. 罗沛霖技术科学思想产生的背景

罗沛霖自1978年12月14日在《人民日报》发表“技术科学与四个现代化”一文以后, 陆续发表或写作了几十篇文章, 逐渐形成了技术科学思想体系。他的技术科学思想的形成, 既受到钱学森的影响, 也受到国内科学界对于技术科学认识的影响。

曾担任中国科学院技术科学部专职副主任的刘翔声认为, 技术科学这个词是中国科学院代表团访问苏联后才出现的。^[17] 的确, 在中国代表团访苏之前中国科学院的工作总结和工作计划中还没有出现技术科学的字眼。如《中国科学院1950年工作总结与1951年工作计划要点》中, 提出“应该使主观力量与客观要求, 理论科学与应用科学, 国家目前需要与长远需要都取得适当的配合。”在1951年研究工作重点的确定上, 是以地质研究、近代物理研究、应用物理研究、实验生物的研究、地球物理的研究和语言研究几个方面划分的。

1953年2月至5月, 中国科学院应苏联科学院邀请派遣了访苏代表团, 团长为钱三强, 成员共26人。主要任务是了解和学习苏联如何组织和领导科学研究工作, 了解苏联科学的现状及其发展方向。在访苏期间, 代表团了解到, 1929年以前苏联科学院还没有专门的技术科学研究机构, 由于工程技术在国家建设中的巨大作用, 1929年开始成立了一个小组, 并在此基础上逐渐建立了动力研究所、燃料研究所等, 到1935年, 苏联科学院正式成立了技术科学部。钱三强注意到, 技术科学部是苏联科学院最年轻的部门, 战后由于生产过程自动化、机械化提出新问题, 因此技术科学发展得很快。^[18]

中国科学院访苏代表团从苏联科学院了解到了技术科学研究机构的情况, 但对于技术科学的定义、

研究对象和发展方向等更深一层的问题,似乎还没有形成一致的认识,在他们的报告中也看不到这方面的思考。根据白夜昕的研究,^[19]苏联科学界认为技术科学是技术科学化的产物,还是自然科学在使用领域具体化的产物;是在技术科学与自然科学对比的框架下去理解技术科学的哲学问题的。或许对于技术科学定义不同,在苏联存在一个由来已久的问题是“技术科学需要数学化吗?”或者“工程师需要数学吗?”。可以看出,苏联科学界对于技术科学的实践和理论思考都是很深入的。

苏联科学院的影响下,1955年6月,中国科学院成立学部,设置物理学数学部、生物学地学部、技术科学部和哲学社会科学部。其中技术科学部主任严济慈,副主任茅以升、赵飞克。1955年6月2日,中国科学院技术科学部主任严济慈作“中国科学院技术科学部报告”,从报告中可以看到,当时中国的科学界已经开始考虑技术科学与基础研究的关系、技术科学研究的对象和发展方向等问题,但并没有形成完备、清晰的概念,对技术科学的概念没有定义和阐述,对于技术科学的理解还在摸索阶段。报告中说,“技术科学各研究单位的主要任务应当是:充分发挥力量,积极地协助新企业的建立,研究合理地利用我国自然资源的方法,改进原有企业的生产技术,提高产品的质量,增加新品种,在联系实际中,发展我们的科学事业,扩大我们的科学队伍,提高我们的科学水平,为坚决实现国建建设的总任务而努力。”这段话实际上也是阐述了技术科学的研究对象和发展方向问题;“为了使我国在技术科学方面进一步发展与提高,许多基础理论问题的研究工作更不容忽视。如金属物理学、冶金过程中的物理化学、热力学、催化反应、材料力学、结构力学、流体力学、电子学等方面的工作都须逐渐开展起来。”([8], pp.32-38)这段话,也可以理解为阐述了技术科学与基础研究的关系问题。

中国科学院技术科学部的成立,也使得技术科学的概念在国内科学界广泛推广,为人所知。但是国内科学界对于技术科学的概念、边界、作用等问题的并没有形成清晰的认识,据罗沛霖回忆,在1962、1978年制订中国科学技术发展规划时都讨论过技术科学的范畴,由于技术科学的概念对农、医等方面也同样具有意义,因此使用技术科学而不是工程科学的名称来定义在基本科学与技术之间起桥梁作用的科学。^[21]虽然使用技术科学这个概念来

定义基本科学与技术之间的桥梁,但国内科学界对技术科学内涵的理解还不够深入。当时,在科学界过度强调“理论指导实践”的作用、广泛存在的产业部门和科学院之争,在某种程度上可以看作是对于科学体系、特别是技术科学的定位没有准确理解的结果。

“文革”结束后,国内科学界又开始继续思考对技术科学与基础科学、工程技术关系问题,特别是技术科学与工程技术的关系。罗沛霖对于技术科学认识逐渐深化的过程,也是国内科学界对技术科学概念深化理解的一个缩影。特别是提议建立工程院,正是包括罗沛霖在内的科学家对深入理解技术科学和工程技术基础上的结果。

3. 罗沛霖技术科学思想的形成

罗沛霖对于科学体系的划分及对技术科学概念的界定,既受到钱学森的影响,也有其独立思考。罗沛霖的科学体系划分和对技术科学的认识,主要形成于20世纪后二十年。

1978年,以“技术科学与四个现代化”一文为标志,罗沛霖开始了对技术科学的思考。这篇文章开篇便提出“技术科学的蓬勃兴起,是科学技术发展史上的一件大事”。文中,罗沛霖还没有对科学体系进行系统的划分,只是从基础科学和技术科学两个范畴关系的角度去思考技术科学的作用。罗沛霖提出,基础科学的主要任务是研究物质运动的基本规律,技术科学主要任务是运用基础科学的成果去具体解决社会实践中提出的大量技术问题,是科学技术发展中极为重要的环节。对于基础科学与技术科学的关系,罗沛霖以原子能的发展和电磁波的利用为例,说明这些领域虽然首先是在基础科学研究做出重大成果,但是在经过技术科学方面做了大量的工作后才发挥作用的,如果没有技术科学的发展,当代的科技水平不可能达到现在的高度。^[21]

1981年,罗沛霖开始从科学体系的角度去思考、定义技术科学。他把当代科学技术活动分为四个环节:基础科学(即基础研究)、技术科学(即应用研究)、技术发展(研制)和具体的工程技术。^[22]1988年,罗沛霖又提出把科学技术工作分为六个部分:属于科学研究的基本科学研究和应用科学研究;属于技术发展的产品的发展和基本工艺方法的发展;属于现场作业技术范围的:投产或投产的技术工作和日常运行、维护的技术工作。他提出,从科学技术的发展必须和社会、经济的发展相协调的要求来

说,这六个方面“越到后边,工作量越大”;要注意到现场作业技术工作和工艺方面的发展是薄弱环节,应当大力加强;特别是技术对于“顺利运行、保证质量”的重要作用。^[23]1990年,罗沛霖又重新划分了科学体系,在这个科学体系中,列为五个范畴:基础科学、应用基础科学、基本技术、原型技术、(生产)现场技术;其中对于应用基础科学这个概念,对应于工程专业,“我们也习惯于称它为技术科学”;应用基础科学(即技术科学,作者注)是基础科学和工程技术之间的桥梁。^[24]2000年,罗沛霖对于科学体系的划分思想基本成熟。他提出,广义的科学分为基本科学和应用科学,应用科学又包含应用基础科学和工程技术,工程技术再分为基本技术和现场技术,基本技术又包括产品原型和新工艺的发展,现场技术(对于工程技术的学科专业来说)又可分为与投产工程相关的投产技术和与日常保持生产作业相关的生产技术。^[25]

罗沛霖从概念上划分了基本科学和技术科学的区别,对重大新技术的发明和发展的作用给予特别的重视。他以半导体和集成电路的发展史为例,在肯定基本科学的成果之外,强调了技术科学的重要作用。他指出:“从晶体管走向大规模集成电路,很重要的有时平面和扩散工艺以及外延结构的发明起了作用,这里面包含了大量的科学实验工作,但并没有利用量子力学新发现。”([20], p.7)

从历史发展脉络看待问题,是罗沛霖的一个特点。他对技术科学的认识,也是从梳理技术科学的发展历史入手。他认为18世纪的工业革命是沿着两条线发展的,一条线是自然科学的发展,如天文学、物理、化学等,这些学科的发展啊超于产业革命;另一条线是技术的发展。瓦特、哈格里沃斯等发明家是“从实践之中直接产生了技术”,这也导致了自然科学和工程技术的分化,纯科学和应用科学的分化。在罗沛霖看来,技术科学的出现弥补了自然科学和工程技术科学的分化,但自然科学和工程技术科学的分化的“遗留作用很强”,应用基础科学(技术科学)对分化的弥合作用不充分。

例如,英国的科学强大,但其工艺技术是薄弱的;美国是近代科学技术的摇篮,美国科学技术发展的时间顺序是:现场技术和技术发明、基本技术、应用基本科学、基本科学。([25], p.10)罗沛霖引用杨振宁的话,“美国的基本科学是二次大战后才发展起来的”。在二战中及以后,美国人在雷达、

原子弹和喷气超音速飞机的发展中,运用基本科学原理,并感受到了基本科学能为他们创造出巨大利润。在他们形成工程科学即技术科学学派的时期,不能离开运用基本科学。^[26]日本在二战以后从经济着手,科学技术方面主要是引进和提高,日本在取得专利技术项目很多,但很少有带头的重大发明。苏联是追赶发达地区科学技术不成功的案例,重基本科学,轻生产技术。^[27]苏联的缺陷是其科学和技术是分两条线发展的,苏联的基本科学强大,但工程技术比较落后,弥合分化的应用基础科学不发达;对科学研究人员的发展重视,对技术人员重视不够;有才能的人集中到基本科学部门,工业企业技术力量薄弱,只有国防工业例外。罗沛霖认为,中国几乎全部继承了苏联模式,也有类似的缺陷,例如突出重视出品种,出原型(所谓“礼品”、“展品”、“样品”),却忽视了基本科学,忽视了技术,忽视了投产技术和正规生产的技术维护,因而使应用基础科学和基本科学一起受到忽视;在生产中重数量,轻质量、轻经济效益。([25], p.12)

罗沛霖的技术科学思想是根植于其对现代科学技术体系的认识当中的。与当前普遍把现代科学技术体系划分为自然科学、技术科学和工程技术不同,罗沛霖的划分是基础科学、应用基础科学、基本技术、原型技术、(生产)现场技术(1990年)。在这个体系中,应用基础科学对应的概念就是技术科学,是基础科学和工程技术之间的桥梁。罗沛霖对现代科学技术体系的这种划分内涵丰富,是理解其技术科学思想的重要框架。罗沛霖的技术科学思想重要性在于以下三个方面:

其一,深入阐述了技术科学与基础研究的关系问题,明确指出技术科学主要任务是运用基础科学的成果去具体解决社会实践中提出的大量技术问题,是科学技术发展中极为重要的环节。特别是以苏联科学发展的经验,强调了技术科学对基础科学与工程技术的弥合作用,展现了这些思考的现实意义。

其二,特别强调了工程技术独立发展的重要性。将工程技术细分为基本技术、原型技术和“生产”现场技术,实际上是强调了工程技术的独立性,即工程技术不但会受到技术科学的影响而产生,还会独立产生重大新技术发明。1991年,为提议成立中国工程院,罗沛霖给钱学森去信,说明了提议成立中国工程院的过程,同时也在信中阐述了其对于技术科学的理解。按一般理解,自然科学指认识客

观世界的知识,而工程技术则包括改造客观世界的知识并包含改造客观世界的实践中所有的脑力劳动等。”“工程技术是基本科学、技术科学与国家经济、社会、国防建设当中的广大中间地带,这个院(指中国工程院)在跨越这几个重大方面的重大决策方面,能给国家做出更符合于实际的,有价值的咨询与评议”。信中对于工程技术存在问题的诊断是他对产业界有深入了解的结果,而这很可能是钱学森所不熟悉的。罗沛霖写道:“应当说,我们对于工程技术工作是十分重视的,但是往往只是作为具体项目对待,或者依从于具体项目的建设任务予以安排。这远不是以适应工程技术作为整体对于国家建设无可非议的支配地位。除去科研体制的作用以外,上述这一状况以及由此助长了的在建设第一线上工程技术水平提高不快,也正是我们产品质量低,投产慢和科学研究成果不能充分转化生产力的重大致因。为此我们提出迅速成立中国工程院或工程技术院,作为中国科学院的各学部同等性质的国家咨询性与荣誉机构。”^[28]

其三,作为一名“一直在产业与学术界之间奔忙”的科学家,罗沛霖的技术科学思想不只是理论思考的结果,更是对国内外科学发展和产业发展思考的结果,因而更加具有现实意义。提议成立中国工程院、对中国科技发展道路的独特认识、提议中国电子工业发展战略和对策等,就是其技术科学思想的体现和实践。下文将详细论述。

可以说,罗沛霖对于技术科学的认识继承、发展和深化了钱学森的技术科学思想。谈及继承,是因为罗沛霖对技术科学的认识与钱学森的思想基本是一致的。钱学森将科学划分为自然科学、技术科学和工程技术三个环节,罗沛霖将科学活动划分为基础科学(即基础研究)、技术科学(即应用基础科学)、基本技术、原型技术和(生产)现场技术五个环节;他们对科学划分基本构架的本质是相同的,只是罗沛霖在钱学森三个环节的基础上,又对工程技术进行了细化。谈及发展和深化,是因为与钱学森相比,罗沛霖对于产业和学术都有深入的了解,因而更加了解产业发展和科学研究之间的现实冲突和矛盾,他对技术科学的认识是与如何发展中国科技道路的思考紧密联系着的;并且,罗沛霖有着更强的历史感,他是在梳理科学的发展史和美国、日本、苏联发展技术科学历史的基础上形成对技术科学的认识的。郑哲敏先生一直研究、阐发、传播

钱学森的技术科学思想,他也提到罗沛霖对其启发作用。郑哲敏说,罗沛霖对“技术科学有全面而深刻的看法和论著,并特别指出基础技术的重要性,这些对我都很有帮助。”^[30]

二、罗沛霖技术科学思想的实践

罗沛霖的技术科学思想不只停留在理论思考层面,并与实践紧密联系。罗沛霖长期在电子工业领导机关从事科学技术的领导工作,特别关心和重视技术科学和工程技术的工作。1996、1997年,又先后向国家提出“固本工程”的建议,作为加强产业技术工作的重大措施。罗沛霖对科技管理提出建议,既与他来自于实践的经验有关系,也与他从技术科学体系去看待问题有密切关系。他从整个科学技术体系的角度去把握技术科学和工程技术的作用,并从这个思想体系出发,提议成立中国工程院;提出中国发展科学的道路,强调技术发展须与当前和长远的经济发展相适应,应重视采用适宜技术;提出电子工业发展阶段和对策等。

1. 提议成立中国工程院

按照罗沛霖将科学技术活动分为基础科学(即基础研究)、技术科学(即应用研究)、技术发展(研制)和具体的工程技术四个环节的划分,基础科学、技术科学都有相对应的机构(中国科学院物理学数学部、生物学地学部、技术科学部),而技术发展(研制)和具体的工程技术环节往往属于企业研发的环节,没有相对应的国家级科研机构,在国家科技政策制定上也容易忽略这两个环节的科技活动。正因如此,罗沛霖提议成立中国工程院。

中国工程院的成立,也反映出国内科学界对于工程技术的重视,以及出科学界对于技术科学、工程技术的概念及其关系的认识深化和成熟。上世纪80年代,在中国科学院第一技术科学部副主任刘翔声的支持下,由金属所组织力量先后编辑出版了两本有关国外工程院及工程与技术科学院的情况介绍,对以后中国工程院的成立起了参考作用。1981年,在中国科学院技术科学部的学部大会上,提出工程院的建院提议。大会要求学部常委中的张光斗、吴仲华、罗沛霖和师昌绪对工程院成立的必要性和初步方案进行讨论。讨论这个方案,实际上也是厘清技术科学和工程技术概念和相互关系的过程。1982年9月17日,罗沛霖与师昌绪、张光斗、吴仲

华联名在《光明日报》上刊登了题名为“实现四化必须发展工程科学技术”的文章，阐述工程科学技术的重要性。1989年，王大珩、师昌绪、刘翔声合写的“中国科学院技术科学四十年”一文中，对于技术科学的定义和解释文中说，“技术科学又称工程科学。它运用基础科学的原理，对各种工程技术中的同类型问题，进行概括总结，并深入进行科学实验和理论研究，掌握这些工程技术过程的规律，从而解决具体的技术问题并指导其发展。”“在基础科学理论与工程技术实践之间还需要有一个中间环节，这便是技术科学。与基础科学相比，技术科学具有明确的应用目的；与工程技术相比，它又具有理论基础性质。”科学家的这些努力，使得科学界对技术科学、工程技术概念、关系等问题逐渐清晰了。^[30]

罗沛霖是建立中国工程院的提议者和推动者，这离不开他对技术科学和工程技术的深刻认识和超强的行动能力。1978年，罗沛霖曾随中国电子学会代表团访美，期间了解到美国国家工程院（National Academy of Engineering）成立于1964年12月，是美国工程科技界最高水平的学术机构。1986年，由茅以升、钱三强、徐驰等领衔，包括工程师、科教人员等83人提出了一个关于加强工程技术工作的意见书，这个意见书初稿的起草者是罗沛霖。在初稿基础上，罗沛霖又于1986年6月2日完成“关于加强第一线工程技术界的重视的意见”一文，其中提出“建立国家工程院的建议”。文中说，“现在存在的问题是工程技术工作类别多量大面广，（中国科学院，作者注）各学部容纳的工程技术人员仅占四分之一，并限于学术水平较高的那一部分。那些工程和第一线技术实践方面经验丰富、对技术经济有发言权而在学术、理论上表现不突出者入选者极少。不少发达国家已经认识到这是个问题。他们认为近一百年来科学与工程技术之间的区分趋于比较明显，因此在1980年已有14个国家（美、英、瑞、澳等）建立了国家工程院。”国家我们认为我国也应有这样的组织，可以根据国内情况参照外国经验和办法组建。它的任务应当是为国家的重大工程问题和技术经济问题提出咨询、审议和论证。因此它应包括我国工程和经济上最有发言权的人员，因此同时必然也就是工程技术与技术经济方面应享有最高荣誉的人员，并能起联系全国广大工程技术人员为国家做出贡献的作用。”^[31]

在1992年4月21日，由罗沛霖执笔并联系张光斗、王大珩、师昌绪、张维、侯祥麟等五人提出的“早日建立中国工程与技术科学院的建议”，并最终导致了中国工程院的成立。这份建议体现了罗沛霖对工程技术和技术科学的一贯看法，文中从科学技术的发展脉络入手提出问题，列举美国、英国等国家设立国家工程院的情况，着眼于中国科技和经济发展的需要而提出建立“中国工程与技术科学院”的建议。文中提出，“工程技术应成长壮大，并被充分认识到是与自然科学同等的高层次知识，并与技术科学一起，是对社会、经济、文化发展直接产生极为巨大作用，就有巨大决定意义的因素。”“建立这个工程与技术科学院就是为国家提供在技术、经济方面决定重大方针政策，审议重大工程科技项目的设想、计划和成就等方面的一个强有力的参谋和助手。”^[33]罗沛霖执笔的这个建议书，反映出他考虑问题的历史纵深和宽广视野，也是他技术科学思想的又一次阐发。

2. 对中国科技发展道路的独特认识

前文提到，罗沛霖对技术科学的认识是从梳理技术科学的发展历史入手，从历史发展看待问题是罗沛霖的一个思维特点。他对中国科技发展道路的认识，也体现出这种历史感。罗沛霖认为，中国建国初期学习苏联发展基本科学研究和应用基础研究，但没有注意到俄罗斯传统的消极影响。对于中国科技发展道路，罗沛霖从基础科学、技术科学、工程技术三个视角去分析，认为中国不应当遵循美国的在技术发展起来之后再重视基本科学研究的途径，而是应当同时并举发展基本科学、应用基础科学、基本技术发展和现场技术这四个环节。罗沛霖特别强调技术先行于科学，强调不能必须本国有了基础科学的新成就，才能在技术方面取得新进展。中国的情况也是属于追赶发达地区的类型，“强化生产技术实践是当务之急”。^[33]

罗沛霖还着重从经济角度去认识问题。他非常认同提倡“科学技术工作要为经济建设服务”的决策，（[33]，p.49）认为这是恢复了《1956-1967年十二年科学技术发展远景规划》的优良传统。如何实现科学技术为经济建设服务？罗沛霖的观点是，在发展战略上要“远近结合”，实现路径要“立足当前”，“依靠政策、依靠管理技术、依靠教育”。立足当前，就是要考虑到中国前沿科学与经济文化发展的薄弱环节，考虑远近结合中的重大问题。在

在他看来,前沿技术和常规技术关系的处理,体现了远近结合:前沿技术的带动作用总是以常规技术发展所实现的“广度”、“深度”为基础的。“我们希望早日采用前沿技术,但必须注意与现实进程间的衔接”,这个衔接可以是前沿带动,但“如何现实距离太远,或带动面与常规需要并不十分符合,则会造成很大浪费。”([33], p.49)

罗沛霖认为,科学技术发展必须与当前和长远的经济发展相适应,既要符合社会经济需要,还要建立在社会经济所可能支持的基础上。^[35]“倍增”,是罗沛霖将他的技术科学思想和经济发展结合起来而提出来的一个概念。科学技术与经济社会发展相适应,才会有“倍增”效应。“如果科学技术和国家的政治、经济、社会事业的发展相适应,转化的效率就高,生产力的倍增率就大。如果不相适应,甚至于小于一倍,或产生负倍增。”

科学技术与经济社会发展相适应是罗沛霖对技术发展的一个重要认识。总结中国科学技术发展的历史过程,罗沛霖提出中国的发展道路曾经重产品,轻体系,即忽略“生产工程”,所以出现这种现象:在实用主义思潮影响下,强调“看得见、摸得着”,重视产品发展的成果,忽视以后还要付出更为巨大的努力才能投产,而投产是一项不容忽视的系统性工作,即“生产工程”。因为忽视了“生产工程”,所出“产品”投不了产,只是个原型,被列入“礼品”、“展品”。([34], p.56)与此相对应,罗沛霖提倡科学技术应当符合于社会经济的需要并建立在社会经济所可能支持的基础上。因此,他提出经济发展应采用适宜技术,([33], p.50)而适宜技术有可能是新兴技术,也可能是陈旧技术。([33], p.52)对于适宜技术的概念,罗沛霖给予了清晰的定义。他提出了适宜技术的前提、优化原则、客观要求的制约作用等。主要观点是,适宜技术应当符合社会的需要和可能,“适销对路”,技术方法是可以获得的,又应当为劳动者掌握;技术的选择应当考虑生产的具体规模,考虑节约成本,提高性能价格比,实现高的经济效益等。

进一步,罗沛霖提出了前沿科学与科学、经济文化发展的薄弱环节如何结合的问题,提出前沿技术发展总是以常规技术发展所实现的“广度”和“深度”为基础的,采用前沿技术,必须注意和现实进程间的衔接。([33], p.49)对于产品,强调“好”(质量)、“中”(不追求高档而瞄准市场上大量需要的中、抵挡产品)

“廉”(低成本)。^[36]从而解决“生产工程”被忽视的问题、加强经济建设中必须解决的技术难题。

罗沛霖对于中国科技发展道路的系列观点,既是从梳理技术科学发展历史脉络和强调技术科学、工程技术作用的视角看问题的结果,也是结合他多年来在产业部门工作经验的结果,具有很强的指导意义。

3. 提议电子工业发展战略和对策

罗沛霖对基础科学、技术科学划分和关系等观念,不只停留在理论层次,他对电子技术、电子工业发展的观点更是具体体现,他对电子技术的发展史,也是用应用科学和基本技术两个视角来考察的。按照一贯的思考习惯,在分析电子技术发展方向之前,他首先对电子学的定义、层次、发展方向等问题作了思考。罗沛霖认为,电子学是利用电子运动和电磁波而发展起来的一门技术和应用科学,电子学以其主要在信息作业方面的强大能力而具有强大的生命力。现代电子学包括电子技术、电子科学,并且是围绕着电子设备及其应用的发展而逐步完整、丰富起来。他将电子科学和技术的结构系统分为四个层次:电子材料、电子构件、电子功能技术和功能单元及单机、电子设备和系统。^[36]

罗沛霖对于电子工业发展战略和对策的提出,也是与他的个人经历相关的。1957年,罗沛霖就提出在8个方面加强电子工业的基础。1964年,罗沛霖接受一个短期任务——考察电子的兴起在历史发展中的地位。为完成这个任务,罗沛霖开始学习产业革命的历史,并受到《资本论》中马克思对产业革命论述的启发,提出“新的产业革命是通过控制机去控制那些操作工具的机器,从而又一次倍增了生产力。”即18世纪从欧洲兴起的产业革命是以机械和机械动力为中心的,从“人-工具”的生产劳动模式转化为“人-机械-工具”的生产劳动模式,从而倍增了人生产能力。当时,罗沛霖引申了这个理论,提出了人-控制机-工作机-工具的模式,作为新的产业革命的特征;他把电子、电子计算机看作是控制机技术最先进的代表,看作是新产业革命的关键要素。^[37]

此后,罗沛霖对电子科学技术的发展又继续做了考察和研究。在20世纪七八十年代,他认识到电子对信息作业具有的强大功能,而此前提出的自动控制模式还只是其基本功能之一。由此,罗沛霖深化了此前的认识,开始把电子信息作业这个大范

畴当做新产业革命的标识，并于1990年又明确提出文化电子系统的概念、“文化牵引经济发展”的推论，形成了新产业革命的概念。（[37]，p.79）1998年，罗沛霖在“泛论新产业革命”一文中从“倍增生产力”的角度提出信息化产业革命的观点，认识到“电、电子、光电子技术在信息作业所需的各种功能上全面地起到了倍增的作用，导致了新的产业革命，而自动控制还只是各种功能的一种。”^[38]

1984年，罗沛霖对电子工业发展战略及对策提出了12条建议。他认为，电子飞翔的两翼一个是电子科学以及其他有关的应用基础科学；另一个就是和电子有关的基本技术；电子的发展是科学与技术相互促进、技术发展与生产应用相互促进的典型范例。^[39]1992年，根据电子技术的进展，罗沛霖扩大为从14个方面加强电子工业的基础技术与科学：分立器件、集成电路、元件、材料、专用生产设备、测试仪器和计量仪器、构造产品的基本规律、制造和生产中所需的各项工艺的研究发展、专为电子技术解决问题所需的应用基础科学、计算机辅助设计、软件工程、管理工作、人员培养、人机交互设备。^[40]现代的电子科学技术，不能离开工程科学或应用基础科学研究，工程技术、应用基础科学、基本科学都要发展，并保持妥善切实比例。“在重视基础理论研究的同时，用更大的努力解决现代化建设中迫切需要解决的科技问题。”（[26]，p.349）

罗沛霖对于电子工业发展战略及对策的提议，既关注应用基础科学，又关注基本技术，他的思考方式和解决问题的思路，都是其技术科学思想的直接体现。

三、结论：罗沛霖的知与行

罗沛霖的技术科学思想是与实践紧密相连的，这与他人生经历有着密切的关系。1938年3月，罗沛霖来到延安，参加军委三局延安通信材料厂建厂和初期设计并动手制作电台；1948年9月，罗沛霖赴美加州理工学院攻读博士研究生，仅用23个月便完成了课程和论文；1951年，罗沛霖为引进、建设华北无线电器材厂做了大量工作，在德意志民主共和国走遍了十几个专业不同的工厂以及研究室，学习产品制造工艺、了解材料、设备要点，并参加工厂的总体设计，回国后承担建厂启动期的技术总负责；1956年，罗沛霖任电子学组副组长，参与讨

论并制订《1956—1967年科学技术发展远景规划纲要》的工作；1958年，负责超远程雷达研制工作的技术指导和组织协调工作，提出了“门波积累”的思想；1973—1975年期间，组织和指导中国最早的通用计算机100系列和200系列的研制工作。1980年罗沛霖当选为中国科学院学部委员，后退居二线，开始思考科学体系和发展方向等问题，90高龄后，集中心力提倡和推荐中国的发明，支持新兴力量。

在产业部门的经历锻炼了罗沛霖的动手能力，培养成特别注重工程细节的习惯；担任技术管理者的经历，又显示出视野广阔的一面，他在70年代初期时候就提出计算机是任何人都可以使用的，甚至家庭妇女都可以口袋里装着计算机上街买菜。作为一名科学家，却选择在产业部门工作，是因为罗沛霖早就注意到了产业部门与学术界建立联系的重要性。1950年罗沛霖从美国回国后，在谈到对工作的设想时说：“产业部门和学术界经常缺乏联系。我做了十几年的工程师，又进修了一些高深的物理、数学等课，应该在这个问题上做些工作。是党培养我去美进修的，回来应为国家为党的事业做出贡献，也许这样更有意义。我还是愿意到工业部门。”^[41]上世纪后二十年，罗沛霖退居二线后开始思考科学体系和发展方向等问题，可以看作是从理论层面再重新思考产业部门和学术界的联系问题。他独特的人生经历，使得他对科学技术的发展规律、对科技管理的思考都具有很强的实践和指导意义，其技术科学思想对于科技管理和电子工业的发展具有指导意义。虽然罗老谦虚地自称“没有什么系统性的成就”，^[42]“一直在产业与学术界之间奔忙”的人生经历和他晚年对技术科学和工程技术关系的思考，展现了一个科学家“知行合一”的风貌；他的技术科学思想，从经济发展角度看待技术科学的观点，都是值得总结和借鉴的。

[参考文献]

- [1] 刘大椿. 科学活动论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2010, 6-7.
- [2] 朱军文. 基础研究产出评价中的科学计量学方法探讨[A], 上海市科技统计协会: 上海市第一届科技统计论文研讨会论文集[C], 上海: 上海科学普及出版社, 2010, 25-34.
- [3] 钱学森. 论技术科学[J]. 科学通报, 1957, 8(3): 97.
- [4] 田长霖. 对技术科学发展的几点看法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1979, (4): 91-98.
- [5] 冯之浚、张念椿. 技术科学研究的重要作用[J]. 科研管

- 理, 1980, (1): 9-19.
- [6] 陈昌曙. 科学与技术的统一和差异 [N]. 光明日报, 1982-10-01; 1982-01-15.
- [7] 关士续. 技术与创新研究 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2005, 118.
- [8] 严济慈. 中国科学院技术科学部报告 [J]. 科学通报, 1955, (7): 32-38.
- [9] A. 涅斯米扬诺夫、汪容、黄孝楷. 自然科学与技术科学的成就与任务 [J]. 科学通报, 1954, (7): 55-66.
- [10] 周行健. 关于波兰技术科学研究的一些见闻 [J]. 科学通报, 1955, (3): 71-74.
- [11] Д. В. 费立夫、王新民、许志宏. 保加利亚人民共和国技术科学的发展 [J]. 科学通报, 1956, (1): 86-89+7.
- [12] Hofmann, U、徐成光. 德意志民主共和国科学院技术科学领域的任务与目标 [J]. 世界科学译刊, 1979, (4): 79-80.
- [13] 刘九如、唐静. 行有则知无涯——罗沛霖传 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2013, 249.
- [14] 郑哲敏. 钱学森的技术科学思想 [A], 中国科学技术协会学会学术部: 钱学森科学贡献暨学术思想研讨会文集 [C], 北京: 中国科学技术出版社, 2001, 27-33.
- [15] 罗沛霖. 见一个小天地——漫谈美国加州理工学院 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 323-324.
- [16] 罗沛霖. 浦汇叽市燕城——忆钱学森兄的二三事 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 473-475.
- [17] 张藜、刘洋. 采访刘翔声录音整理稿 (未刊), 2012.
- [18] 中国科学院秘书处. 学习苏联先进科学——中国科学院访苏代表团报告汇刊 [Z]. 北京: 中国科学院, 1954, 29.
- [19] 白夜昕. 前苏联技术科学数学化问题研究 [J]. 自然辩证法研究, 2011, 27 (6): 107-110.
- [20] 罗沛霖. 科学技术发展的历史轨迹——略论各科技范畴发展历程 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 3-7.
- [21] 罗沛霖. 技术科学与四个现代化 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 62-66.
- [22] 罗沛霖. 技术科学在我国国民经济和国防建设中的地位 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 59-61.
- [23] 罗沛霖. 历史性的验证——纪念赫兹电磁波实验一百周年 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 476-477.
- [24] 罗沛霖. 科学技术发展与经济发展中若干经验的探讨 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 35-37.
- [25] 罗沛霖. 从科学技术体系的形成探讨我国科学技术体制改革 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 8-15.
- [26] 罗沛霖. 电子工业经营管理杂议——国外工业及科研管理若干特点的探讨研究 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 342-350.
- [27] 罗沛霖. 从发展历史探讨中国科技战略 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 21-24.
- [28] 罗沛霖致钱学森的信 [Z]. 复印件现藏于采集工程馆藏基地 (北京理工大学图书馆内), 1991, 5.
- [29] 郑哲敏. 记罗沛霖院士二三事 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 576-577.
- [30] 王大珩、师昌绪、刘翔声. 中国科学院技术科学四十年 [J]. 中国科学院院刊, 1989, 4 (3): 199-208.
- [31] 罗沛霖. 关于加强对于第一线工程技术界的重视的意见 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 40-45.
- [32] 罗沛霖. 早日建立中国工程与技术科学院的建议 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 32.
- [33] 罗沛霖. 关于当前科学技术工作以及经济建设的若干意见 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 32-33.
- [35] 罗沛霖. 关于中国的特点, 发展科学技术的中国式道路和科学技术水平评议的准绳 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 49-53.
- [35] 罗沛霖. 中国在开放市场中具有技术经济的潜在竞争力 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 46-47.
- [36] 罗沛霖. 电子学的一个概论 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 210-217.
- [37] 罗沛霖. 新产业革命及其终极远景——文化产业最后将牵引经济发展 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 78-102.
- [38] 罗沛霖. 泛论新产业革命 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 72-77.
- [39] 罗沛霖. 试论“电子”的构成及其发展环境 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 193-196.
- [40] 罗沛霖. 立足于增强人民共和国国力, 强化电子科学技术和产业 [A], 罗沛霖: 罗沛霖文集 [C], 北京: 电子工业出版社, 2003, 185-190.
- [41] 唐静采访罗沛霖, 资料保存于采集工程馆藏基地 (北京理工大学图书馆内), 2011-04-30.
- [42] 唐静采访罗沛霖, 资料保存于采集工程馆藏基地 (北京理工大学图书馆内), 2010-08-10.