

工程哲学视域下的钱学森工程观探析

张 彬, 梁 飞

(山东建筑大学 马克思主义学院, 山东 济南 250101)

摘要:对钱学森工程观的探讨,既是深入理解钱学森哲学思想的根本,也为探究工程哲学基本问题提供新的思路 and 参考。钱学森以系统论为起点,通过对工程实践的反思,提出了“系统工程”范畴,并在此基础上建立了“现代科学技术体系”,分析了“科学—技术—工程”之间的相互关联,开创出“工程科学”这一理论学科。对钱学森的工程观进行梳理与分析,应成为工程哲学研究领域重要的学术任务,为当下工程哲学研究带来极具价值的启示。

关键词:钱学森;工程观;工程哲学;系统工程

[中图分类号] [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2022)01-0026-06

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2022.01.004

On Qian Xuesen's Engineering View from the Perspective of the Philosophy of Engineering

Zhang Bin, Liang Fei

(School of Marxism, Shandong Jianzhu University, Jinan, Shandong 250101, China)

Abstract: The discussion on Qian Xuesen's engineering view is not only the foundation for deeply understanding his philosophical thought, but also provides a new way of thinking and reference for exploring the basic questions to the philosophy of engineering. Starting from the system theory and through reflection on engineering practice, Qian Xuesen put forward a category of "system engineering", basically established "modern science and technology system", analyzed the interrelationship of "science-technology-engineering", and created theoretical discipline of "engineering science". It should be the crucial academic tasks of the philosophy of engineering to comb and analyze Qian's engineering view, which will bring valuable enlightenment to further researches on the philosophy of engineering.

Key words: Qian Xuesen; engineering view; philosophy of engineering; system engineering

一、引言

21 世纪初,中西方学者不约而同地开始对工程进行一系列思考。在这种趋势下,工程逐渐哲学化并随着哲学问题的展开以及由此带来

的哲学意义而成熟,并且哲学也逐渐向工程思想和实践开启^[1-2]。工程哲学的基本问题,即“人能否改变自然界(世界)和应该怎样改变自然界(世界)”^[3]由此提出,并引起了后续系列的关注和思考^[4-5]。其在我国是以哲学界与工

收稿日期:2021-11-25

基金项目:山东省社会科学规划项目(21CZXJ07);山东省社会科学规划项目(18CYMJ14);山东建筑大学高层次人才科研基金项目(00316030501)

作者简介:张 彬(1982—),男,副教授,博士,主要从事马克思主义哲学、技术与工程哲学研究;
梁 飞(1973—),男,副教授,博士,主要从事马克思主义理论与思想政治教育研究。

程界结盟的方式,对工程实践活动展开多维度 and 深层次的分析^[6-7],开创了工程哲学、工程社会学、工程史学、工程伦理学等涵盖多学科、综合性的研究领域。尽管国内外工程哲学研究的范围和视角在不断扩展,但对“什么是工程”及“现代科学、技术与工程三者之间的关系”等基本问题的探讨仍存有争议,一定程度上制约着工程哲学研究的发展。

钱学森作为我国当代杰出的科学家、思想家和教育家,是我国科技界的领军人物,他的哲学思想别具一格。在对工程实践活动的经验总结和反思中,钱学森提炼出了一套独特的系统论思想,提出了“系统工程”范畴,并在此基础上创建了现代科学技术体系,对科学、技术与工程之间的相互关联进行了分析,开创出“工程科学”这门学科^[8-10]。对钱学森思想的现有研究主要集中在系统科学、社会工程、大成智慧思想和人才培养上,对其哲学思想的分析主要集中在他的唯物辩证法思想、建筑哲学思想、系统工程论和社会工程论等方面^[11-12],缺乏对钱学森工程观的分析,而他的工程观恰恰是其哲学思想的起点。可以说,对钱学森工程观的研究,是理解钱学森哲学思想的根本,并且,这种探讨有助于理解工程的哲学内涵,理解工程与科学、技术之间的相互关联等基本问题,丰富工程哲学研究的现有讨论,为工程哲学研究的发展奠定基础。

二、工程思想的发端

对工程的认识,涉及一般性认识、专业性认识、哲学性认识等层面。“工程”一般被认为是“一种实践活动或产物”,是“一个设计过程或制造过程”等,并由此提出对工程进行广义与狭义的区别^{[13](P8),[14]}。在钱学森看来,工程可以从系统的视角进行理解,将其视为一种存在方式。这种存在方式与实践结合紧密,并且可以在实践过程中运用系统工程这一科学方法^[15]。钱

学森曾谈到自己多年大型工程实践活动所采用的方法就是系统工程方法。钱学森工程思想的理论根源是系统论,且贯穿于他的整个工程观。

钱学森通过研究维纳的《控制论》,发现被控制的系统或被操作的系统不仅在火箭技术领域内,而且在整个工程技术范围内无处不在。系统中的要素如果发生改变,平衡可能会被打破,其他要素将随之改变,以达到一种新的平衡。对于工程实践活动而言,它是分项目与子工程组成的复杂系统,分项目、子工程的变化会带来系统局部结构与边界条件的变化,并进一步引发新的问题。因此,有必要用一种统观全局的方法,以更广阔的眼界,用更系统的方法来进行处理。他在1954年出版的标志其系统思想、系统观确立的著作《工程控制论》中这样写道:“控制论的对象是系统。所谓系统,是由相互制约的各个部分组织成的具有一定功能的整体……有小系统,有大系统,也有把一个国家作为对象的巨系统;有工程的系统,有生物体的系统,也有非工程的,也非生物的系统。”^{[16](Pviii)}钱学森明确提出:“一项科学技术工程是一个系统”,并且没有局限在工程技术领域,而是以它作为起点,将“系统”这个概念扩展到更为广阔的领域,“任何一种社会活动都形成一种系统,复杂的系统几乎无所不在”^[17]。

正是基于这种认识以及长期以来的工程实践,钱学森逐步将他的系统思想深化完善,形成一套体系,提出了“系统科学”的概念。该概念的主要特征就是系统性,从系统的角度看待客观世界^[18]。虽然钱学森以一种系统的视角看待工程,但他并未停留于此,而是结合自身实践开创出“系统工程”的科学方法,这种从实践出发所认识 and 理解的工程才是钱学森工程观的创新之处和对当前具有启发意义的所在。

三、工程与系统工程观

如果将钱学森以系统视角看工程当作是他

的认识论的话,那么他提出的“系统工程”则是从方法论角度来理解工程。在《论系统工程》中,钱学森提出了对工程的一般性理解,认为工程是围绕特定目的而开展的各项工作的总和,比如土木工程、冶金工程、机械工程等^[19]。将工程看作“各项工作的总和”,就是我们现在所讲的为了实现特定目的的各种实践活动的集合与集成。钱学森根据自身多年的实践经验指出,工程即“实干”,也就是通过运用所掌握的客观规律对客观世界进行改造。“工程就是要客观地改造、科学地改造客观世界。科学地改造客观世界,这是工程。”^[20]因此,钱学森所理解的工程就是实践,工程就等于实践活动。他以系统的观点来理解所要实践的对象(客观世界),然后通过工程(实践活动)进行改造和处理。正如他所讲的,大型复杂系统的问题能够用量化的系统方法进行处理,无论是组织、建立系统,还是对系统进行经营管理,都可以看作是工程实践。然而,如何科学地进行这种实践活动则需要科学的方法,钱学森将这套方法称之为“系统工程”,即怎样对系统(认识对象)进行工程(实践)活动。

钱学森进一步指出,大型复杂工程甚至是企业和国家部门,都可以看作是一个体系,比如行政系统工程、科学研究系统工程、工程系统工程、军事系统工程等。因此,对于系统工程来说,钱学森认为它是“一种对所有‘系统’都具有普遍意义的科学方法”^[21]。目的是为了系统的组织建立或者系统的经营管理,但它并不是一类系统的组织管理技术,而是各类系统组织管理技术的总称。各类系统工程共同特点在于其实践性,强调系统问题的应用,突出改造自然系统,对社会生活各方面的系统进行创造,展现出实践的效果。系统工程在自然科学、工程技术与社会学之间构筑了一座桥梁,自然科学家、工程技术人员、哲学与社会科学家之间的合作将更为紧密。

从钱学森工程思想的开端,即他的系统论思想出发,到对工程的理解、对系统的理解,可以看到三者之间的关联:系统论思想提供了认识自然和世界的视角,工程是对认识对象(系统)进行改造和处理的实践活动,系统工程则是进行实践活动的管理组织的技术和方法,目的是为了改造或创造系统,即“处理系统的工程技术”^[22]。因此,系统工程既是系统,又是工程。可以说,系统论思想属于认识论范畴,工程属于实践活动,而系统工程则属于方法论范畴^[23]。钱学森以系统论的视角,在掌握和了解当代科技发展规律和趋势的基础上,结合自身多年的工程实践经验和亲身体会,开创性地将三者有机结合,为我们理解工程、认识客观世界提供了一套完整的理论体系,对指导工程实践活动具有重大现实意义,值得进一步研究。

四、工程与科学、技术的关系

对工程“划界”,尤其是它与科学、技术之间的相互关系,是工程哲学研究的基本问题。国内外学者对科学与技术的划界和各自特点的认识较为一致,而对工程的划界则存在争议。以往的国外学者大多倾向于在技术的框架下来看待工程,认为工程虽然有其独特之处,但它仍被涵盖在技术哲学的讨论范畴,而国内学者如殷瑞钰等人认为,科学、技术和工程是三个不同性质的对象、行为以及不同类型的活动,应当把工程与科学、技术看作是一种三元的互动关系,并且尝试建立一种区别于科学哲学、技术哲学的新型学科和研究视角^{[13](P75)}。把工程作为独特的研究对象将有助于突破原有技术哲学关注“大写技术”、忽略现实经验的困境,揭示技术与工程哲学的实践指向,从而具有更为深刻的现实指导意义。这与钱学森的工程观不谋而合,他以丰富的工程实践经验、扎实的理论基础以及创造性的思维活动构建出一套现代科学技术体系,从学科的视角对工程、科学与技术之间的

相互关系进行了分析,提出了工程科学(即技术科学)这一设想,为工程、科学和技术三者之间架起了一座桥梁。

现代科学技术由于高度分化和高度综合,使其成为一个门类繁多、纵横交错、相互渗透、彼此贯通的复杂网络,而且学科与学科之间、学科与产业之间相互交叉、紧密结合的程度逐步加深,科学与技术之间的相互关系也由传统知识论的理解上升为存在论的理解^[24]。钱学森在1985年明确提出,现代科学技术不仅要对个人事物和个别现象进行研究,而且要研究事物和现象的发展变化过程及它们之间的相互关系,现代科学技术已经发展成为一个严密的综合体系^[25]。因此,必须运用通过实践认识客观世界所积累的知识对客观世界进行改造,其中的一个关键要素就是现代科学技术体系。

为此,钱学森创立了一套现代科学技术体系(如图1所示),并将它划分为四个部分,加上数学科学共十一个大的门类^[26]。四个部分分别是自然科学、社会科学、技术科学与工程技术,其中工程技术是对前面三个组成部分成果的综合应用,是对客观世界进行直接改造。十一个门类包括自然科学、社会科学、数学科学等,马克思主义哲学则是现代科学技术的最高概括。在四个组成部分之间,技术科学是桥梁,连接着工程技术与自然科学、数学科学和社会科学,系统综合自然科学、数学科学与社会科学,对工程技术的发展进行指导;工程技术的进步反过来通过影响技术科学来促进自然科学、数学科学和社会科学的向前发展。

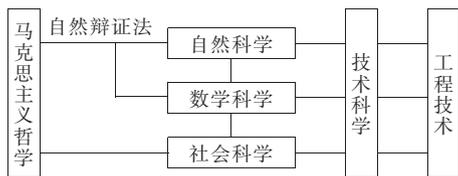


图1 现代科学技术体系^[27]

对于各个学科的任务和发展方向,钱学森

认为,首先应当满足生产建设的需要,即实践需求,其次则是学科自身的发展需要。在工程实践活动中,一般先向工程技术提出要求,规定任务;然后工程技术向技术科学、自然科学以及社会科学,也包括数学科学提出任务和需求。钱学森很早就发现并注意到,工程技术在工程实践活动中起着至关重要的作用,并且与自然科学和社会科学有着密切关联。通过对三者之间的关系进行分析,钱学森创造性地提出建立“工程科学/技术科学”这一伟大设想,为工程技术和科学之间架起了一座桥梁。

在工程科学/技术科学方面,钱学森分析了工程科学家在对工程的发展、对科学与技术的发展中所起到的巨大作用和突出贡献。他通过对美国曼哈顿工程等重大科学工程项目的研究,发现了一种新的职业——工程科学家。他们在科学与工程之间搭建桥梁,运用基础知识处理工程实践中遇到的各类问题^[28]。1957年,钱学森发表了《论技术科学》,在文中他将“工程科学”改为“技术科学”,认为它产生于自然科学和工程技术的互相结合并为工程技术服务,从而正式提出创建工程科学这一重要学术思想^[29]。

通过对比工程技术与自然科学,钱学森发现工程技术中存在较多的原始经验,而且没有经过系统性的整理与分析。这类原始经验一般不会出现在自然科学里,如果含有部分经验组成,自然科学家也会极力消除,所以,综合自然科学理论与工程技术是一项创造性活动,不是一件简单之事,这就驳斥了把工程技术看作科学理论的应用的观点。工程科学将自然科学与工程技术连结起来,总结了二者的生活经验,既是解决工程实际问题的工具,也是一种实践意义上的化合^[30]。

因此,技术科学以自然科学理论为根,通过研究工程技术中的普遍性问题,并对其进行系统综合而成。自然科学的规律成为技术科学的研究指南,并且技术科学以工程实践经验为源

泉,以科学的分析方法提炼出工程技术理论,所以技术科学是从实际中来、到实际中去,主要作用是“从工程技术的实践提取具有一般性的研究对象,它研究的成果就对那些工程技术问题有普遍的应用”^[27]。联系到他曾开创的工程控制论,钱学森认为,工程控制论“是控制工程系统的技术的总结,即从工程技术提炼到工程技术的理论,即技术科学……(它)把工程实际的各个不同领域的共同性显示出来,而且也有有力地说明一些基本概念的重大作用”^{[15](P308-309)}。技术科学的重要地位被提升到一个新的高度,并因此成为知识领域一个新的组成部分。

大力发展工程科学是钱学森的一个基本主张,可以看到,他为了推动我国工程技术的发展,从理论上开创出了一套科学技术体系架构,从学科建制上开创了一门崭新学科——工程科学,从而为工程实践活动提供了坚实的理论基础和知识来源。20世纪后半叶,科学技术的突飞猛进和工程实践活动的复杂性,进一步彰显出钱学森的真知灼见和非凡的预见力。

五、结语

进入 21 世纪后,国内外学者在顺应技术哲学“经验转向”的同时,开始了对工程哲学问题的关注,分别以美国学者布希亚瑞利的《工程哲学》(2003),我国学者李伯聪的《工程哲学引论》(2002)以及与殷瑞钰、汪应洛合著的《工程哲学》(2007)为代表。随着研究的不断深入,工程哲学的研究范围在不断扩大,与其他领域的融合在不断加强,逐渐从一般意义上的认识论、本体论扩展到了工程史与工程社会学、工程伦理、工程案例分折等众多方面。工程哲学的体系化建设正日趋完善,相关的理论成果也在不断丰富。

现代科学技术和工程实践的愈加复杂,需要以一种“系统”的视角进行观察和分析,从整体上综合考虑,而不是将构成要素简单结合。

工程需要哲学,哲学要面向工程,“哲学研究要真正回应‘时代之需’,以问题为导向,在与现实问题的互动中拓宽研究视野。”^[31]正如钱学森所说,“系统工程”的方法能够运用于诸多领域,在自然科学、工程技术与社会科学之间搭建桥梁,为自然科学家、工程技术人员、哲学与社会科学家之间的合作创造了现实条件和研究路径。同时,钱学森提出的“现代科学技术体系”和他开创并大力倡导的“工程科学”,是他在充分把握现代科技活动和发展趋势后,对自然科学与工程技术的创造性综合,抓住了科技时代工程实践活动的规律和特征,是具有中国工程特色的重大理论创新。钱学森的工程观既对工程哲学基本问题的解答提供了一种全新的分析思路,为当前工程哲学的研究带来重要启示,推动现代工程相关学科与工程实践的向前发展,也提醒我们在研究工程问题时需要注意工程科学的影响力,发挥工程技术在工程实践中的关键作用以及工程科学家所具有的特殊地位。

[参考文献]

- [1] Carl Mitcham. The Importance of Philosophy to Engineering [J]. *Teorema: International Journal of Philosophy*, 1998, 17(3): 27-47.
- [2] 李伯聪. 工程哲学引论——我造物故我在[M]. 郑州:大象出版社, 2002: 19.
- [3] 李伯聪. 哲学为什么要关注技术问题? (笔谈): “我思故我在”与“我造物故我在”——认识论与工程哲学刍议[J]. *哲学研究*, 2001(1): 21-24.
- [4] 若泽·路易斯·加西亚, 海伦娜·马特乌斯·杰罗尼莫, 王大洲, 等. 引言: 21 世纪的技术与工程哲学之路[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2014(2): 115-118.
- [5] Kroes P, Meijers A W M. Toward an Axiological Turn in the Philosophy of Technology [A]//Franssen M, Vermass P E. *Philosophy of Technology after the Empirical Turn*[M]. Basel: Springer International Publishing, 2016.
- [6] 王大洲. 工程实践的人文意蕴审思[J]. 北京航空航天大学

- 学学报(社会科学版),2019(6):27-33.
- [7] 段伟文.走向科技时代的科技哲学发展概观[J].长沙理工大学学报(社会科学版),2021(1):1-16.
- [8] 钱学敏.钱学森科学思想研究[M].西安:西安交通大学出版社,2008:12-18.
- [9] 于景元.从系统思想到系统实践的创新——钱学森系统研究的成就和贡献[J].系统工程理论与实践,2016(12):2993-3002.
- [10] 盛懿,汪长明.钱学森系统工程思想的理论和实践价值[J].上海党史与党建,2019(10):43-45.
- [11] 欧阳聪权.钱学森工程哲学思想初探[J].自然辩证法研究,2012(11):48-53.
- [12] 魏峰.钱学森工程哲学思想研究[D].江苏:苏州科技大学,2016.
- [13] 殷瑞钰,汪应洛,李伯聪,等.工程哲学[M].北京:高等教育出版社,2007.
- [14] 张彬,易显飞.“工程”范畴界定的多维透视[J].贵州大学学报(社会科学版),2016(3):12-17.
- [15] 陈建新.钱学森是我国工程哲学的先驱和开拓者[N].中国科学报,2016-04-18.
- [16] 钱学森,宋健.工程控制论[M].北京:科学出版社,1981.
- [17] 钱学森.系统思想和系统工程[A]//钱学森.论系统工程[M].上海:上海交通大学出版社,2007:41.
- [18] 钱学森,等.论系统工程(增订本)[M].长沙:湖南科学技术出版社,1988:186.
- [19] 钱学森,等.论系统工程[M].长沙:湖南科学技术出版社,1982:80.
- [20] 钱学森.用科学方法绘制国民经济现代化的蓝图[J].未来与发展,1981(3):5-7,20.
- [21] 钱学森.组织管理的技术:系统工程[A]//钱学森.论系统工程[M].上海:上海交通大学出版社,2007:3.
- [22] 钱学森.大力发展系统工程,尽早建立系统科学的体系[N].光明日报,1979-11-10.
- [23] 闫坤如.工程的系统性以及新系统工程方法论探析[J].长沙理工大学学报(社会科学版),2014(6):17-21.
- [24] 易显飞.创新驱动发展[M].北京:新华出版社,2016:51-52.
- [25] 钱学森,讲.吴生义,编.社会主义现代化建设的科学和系统工程[M].北京:中共中央党校,1987:63.
- [26] 钱学森.科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学[J].哲学研究,1979(1):20-80.
- [27] 钱学森.关于建立和发展马克思主义的科学学的问题[J].科研管理,1979(3-4):32-42.
- [28] 钱学森,谈庆明.工程和工程科学[J].力学进展,2009(6):643-649.
- [29] 钱学森.论技术科学[J].科学通报,1957(3):97-104.
- [30] 李伯聪.工程科学的对象、内容和意义——工程哲学视野的分析和思考[J].工程研究——跨学科视野中的工程,2020(5):463-471.
- [31] 易显飞.恩格斯关于“哲学基本问题”的论述及启示——纪念恩格斯诞辰200周年[J].思想教育研究,2020(11):39-43.