

中国工程科技论坛

工程方法论前沿

● 中國工程院

高等教育出版社

中国工程科技论坛

工程方法论前沿

Gongcheng Fangfalun Qianyan



高等教育出版社·北京

内容提要

第 223 场中国工程科技论坛——“工程方法论前沿”于 2016 年 6 月 28 日在北京召开。本次论坛是中国工程院“工程方法论研究”重点咨询项目两年来的研究成果的第一次框架性地系统展示。此次研讨基于工程本体论、工程-技术-科学三元论、工程演化论的研究成果,聚焦于工程方法论前沿,从哲学高度总结和交流工程方法论研究的最新成果,考察和分析了新世纪以来中国若干重大工程建设中的新成就和新认识,以期依据理论联系实际的原则建立和形成一个具有一定系统性、内容丰富、特色鲜明、现实感强烈的工程方法论体系,为丰富生动的工程实践提供有价值的方法论指导。论坛报告分为“理论研究”和“案例研究”两部分,分别由孙永福院士和王安院士主持。殷瑞钰、何正文、栾恩杰、何继善、李伯聪、孙永福、张寿荣、张福明、何镜堂、王基铭、侯深渊、凤懋润等十二位院士和专家先后进行了精彩的报告,展示了两年来“工程方法论”研究的最新进展和成果。大会报告的内容包括工程方法论的发展历程、工程方法论相关概念的内涵和特征、一般意义上的工程方法论,以及行业性、专业性的工程方法论等。

本书为中国工程院“中国工程科技论坛”系列丛书之一,可供工程界、工程哲学界、工程管理界、科技界和有关高等院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程方法论前沿 / 中国工程院编著. -- 北京: 高等教育出版社, 2017.9

(中国工程科技论坛)

ISBN 978-7-04-048427-4

I. ①工… II. ①中… III. ①工程师-方法论 IV. ①T-29

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 199843 号

总 策 划 樊代明

策划编辑 王国祥 黄慧靖 责任编辑 黄慧靖 张 冉

封面设计 顾 斌 责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 大厂益利印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 7.5
字 数 150 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
版 次 2017 年 9 月第 1 版
印 次 2017 年 9 月第 1 次印刷
定 价 60.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 48427-00

编辑委员会

主 任：殷瑞钰

副主任：李伯聪

委 员：孙永福 王 安 王基铭 栾恩杰 汪应洛
何继善 张寿荣 何镜堂 陆佑楣 袁晴棠
傅志寰 王礼恒 凤懋润 侯深渊 张福明
陈 凡

目 录

第一部分 综述

综述	3
----------	---

第二部分 主题报告及报告人简介

工程哲学的新进展——工程方法论研究	殷瑞钰	11
基于工程全生命周期的工程方法论	汪应洛 何正文	21
工程管理方法论初探	何继善 王孟钧 王青娥 丰 静	28
关于运用工程方法的通用原则	李伯聪	34
我国钢铁工业设计工作的演进过程	张寿荣	47
钢铁冶金工程设计方法研究与实践	张福明	50
建筑工程的建筑设计方法	何镜堂	66
石油化工工程方法案例研究	王基铭	74
中国载人航天工程的工程方法研究	王礼恒 侯深渊	83
桥梁工程方法与方法论研究	凤懋润 赵正松	94
附录 主要参会人员名单		103
后记		111

第一部分

综 述

综 述

一、论坛背景

在工程活动和工程创新中,方法论的问题具有关键作用 and 意义。新中国成立后,特别是改革开放以来,中国进行了大规模的工程建设。工程类型之多、规模之大,史无前例。在工程实践中,我们既有丰富的经验,也有沉痛的教训。这些经验和教训一再证明,工程活动的成败得失都有其工程方法论方面的深层原因。在当前形势下,我国工程师和工程界亟须强化工程方法论意识,提高合理运用工程方法论的水平和自觉性。工程界、工程管理界和哲学界需要进一步加强学术交流融合,加深对工程方法论意义和特点的认识,努力在工程方法论研究中取得新进展甚至突破性进展,这不仅对于深化工程哲学研究、完善工程管理理论体系具有积极意义,而且对指导我国工程实践、促进工程创新也将起到重要的支撑作用。

作为我国工程科技界最高荣誉性、咨询性学术机构,中国工程院始终坚持对国家工程科技创新和发展问题开展战略研究,提供决策咨询。为提高和加强对工程活动本质和规律的认识,自 2005 年开始,中国工程院依托工程管理学部先后开展了“工程哲学”“工程演化论”方面的研究,以及一系列旨在推进工程哲学研究深化和普及的主题学术活动。经过十余年的努力,在对工程本质和特征的思考、对工程理念和工程观的凝练、工程演化规律和工程人才成长规律等方面均取得了丰硕成果。2014 年以来,工程院继续组织开展工程方法论研究,不断深化对工程、工程方法和工程方法论的认识。

在各方的共同努力下,第 223 场中国工程科技论坛——“工程方法论前沿”于 2016 年 6 月 28 日在北京召开。本次论坛是中国工程院“工程方法论研究”重点咨询项目两年来的研究成果的第一次框架性地系统展示。此次研讨基于工程本体论、工程-技术-科学三元论、工程演化论的研究成果,聚焦于工程方法论前沿,从哲学高度交流工程方法论研究的最新成果、总结相关研究心得,并考察和分析了新世纪以来中国重大工程建设的新成就和新认识,以期依据理论联系实际的原则建立和形成一个具有一定系统性、内容丰富、特色鲜明、现实感强烈的工程方法论体系,为丰富生动的工程实践提供有价值的方法论指导。

二、整体情况

本次论坛由中国工程院主办,中国工程院工程管理学部和北京首钢国际工程技术有限公司承办。

中国工程院副院长徐德龙院士,中国工程院殷瑞钰、孙永福、王安、胡文瑞、王基铭、栾恩杰、何继善、何镜堂、张寿荣、傅志寰、陆佑楣等二十二位院士,首钢集团总经理张功焰,以及中国科学院、中国社会科学院、清华大学、浙江大学、钢铁研究总院、航天科技集团、航天科工集团、首钢集团、宝钢集团等单位的二百余名专家学者参加了论坛。

(一) 论坛主题与主要内容

本次论坛以鲜明的问题为导向,聚焦于工程方法论前沿,从哲学高度交流工程方法论研究的最新信息并总结相关研究成果,旨在进一步推进和深化工程方法论与工程哲学研究,为丰富生动的工程实践提供有价值的方法论指导。

(二) 大会报告和研讨情况

中国工程院副院长徐德龙院士和首钢集团张功焰总经理在论坛开幕式上致辞。徐德龙副院长根据我国社会和经济发展的现状及要求,指出工程方法论研究对工程创新的重要性,并指出工程界、工程管理界、学术界需进一步加强交流。张功焰总经理介绍了首钢集团的发展历程及建设现状,并谈及了工程方法论研究在实践中的指导意义及价值。

本次论坛分为“理论研究”和“案例研究”两部分,分别由孙永福院士和王安院士主持。殷瑞钰、何正文、栾恩杰、何继善、李伯聪、孙永福、张寿荣、张福明、何镜堂、王基铭、侯深渊、凤懋润等十二位院士和专家先后进行了精彩的报告,展示了两年来“工程方法论”研究的最新进展和成果。大会报告的内容包括工程方法论的发展历程、工程方法论相关概念的内涵和特征、一般意义上的工程方法论,以及行业性、专业性的工程方法论等。

殷瑞钰院士对工程方法论研究在中国的发展历程、工程方法论研究的思想进路等方面作了报告。西安交通大学何正文教授介绍了基于工程全生命周期的工程方法论,论述了工程生命周期模型与工程生命周期过程方法论。栾恩杰院士围绕工程方法论的核心表达——“定义与说明”进行了报告,并对工程问责相关内容进行了论述。何继善院士介绍了工程管理方法论的哲学方法论、一般方法论和具体方法论。中国科学院大学李伯聪教授针对运用工程方法的六条“通用原则”进行了报告。孙永福院士介绍了青藏铁路建设过程中形成的工程方法

理论体系。张寿荣院士、首钢总公司张福明教授级高工分别就中国钢铁工业设计工作的演进过程和钢铁冶金工程设计方法的研究与实践作了报告。何镜堂院士结合建筑实例,介绍了建筑工程的建筑设计方法。王基铭院士介绍了石油化工领域工程方法案例的研究内容。中国空间技术研究院侯深渊研究员结合中国载人航天工程的发展,对载人航天工程的工程方法研究作了报告。交通运输部凤懋润教授级高工依托特大型跨江海桥梁的建设介绍了桥梁工程方法与方法论的研究。

针对上述报告的内容,与会院士、专家和代表进行了提问、交流和讨论,会场气氛十分热烈。

三、会议主要观点

论坛经过一天的报告和研讨,初步形成了如下主要观点。

(一) 工程方法论的发展历程

工程方法是实际进行工程活动的必要条件,没有一定的工程方法就不可能有工程活动的发生。人们意识到工程方法的重要性,甚至经过一定的理论升华会形成自己的方法论理论体系,但迄今为止,对于工程方法论仍然缺乏系统的、专业的、深层次的研究。工程方法论是工程哲学的重要内容,推进和深化工程方法论的相关研究,无论是对于工程哲学的理论发展,还是对于工程活动的认知实践,都具有十分重要的意义和价值。

自2003年“科学-技术-工程三元论”提出以来,中国的工程哲学历经“三元论”、“工程演化论”、“工程本体论”直到如今的“工程方法论”。工程方法论从最初的模糊整体论,到还原论框架下的机械方法论,发展到了如今开放、动态、系统的整体方法论。与此相适应的,在工程方法论基本内涵的基础上,研究工程方法论的思想进路也发展出了整体性思维进路(解析—集成,集成—解析)、协同化原则与进路、程序化原则与进路、功能化原则与进路,以及和谐化原则与进路。

(二) 工程方法论的相关概念

工程方法是“指向”“工程产品”和“工程目的”的过程性、中介性概念。工程活动是实现现实生产力的过程,强调建造性和实践性,具有整体性、复杂性、动态运行、组织性等特点,并具有因果规律。在科学、技术、工程的“无首尾逻辑”链条中,工程发挥着“扳机”作用。工程方法论是内容不断创新的命题,充满新的思考、归纳、案例、矛盾和问题。对工程方法论的认识要以工程本体论为立足点,结合工程本身的特点。

(三) 工程方法论的研究内容

一般意义上的工程方法论研究具有“二阶性”和多视野性,其研究宗旨是研究工程方法的共性特征和应遵循的原则及规律。工程方法论理论体系的重要内容之一是工程方法的“运用”原则。工程方法的通用原则可归纳为以下六点:①工程方法和工程理念相互依存、相互作用的原则;②“硬件”、“软件”、“软件”“三件合一”相结合、相互作用的原则;③工程方法运用中的选择、集成和权衡协调原则;④工程方法运用的可行性、安全性、效益性原则;⑤遵守工程规范和进行工程创新辩证统一的原则;⑥约束条件下满意适当、追求“卓越与和谐”的原则。这六条通用原则涉及了工程方法自身的结构、功能、目的、演化等方面,以及工程方法的运用条件、价值评价、影响及后果等方面的问题。

行业性、专业性的工程方法论是针对不同专业领域的工程方法进行的研究。针对“石化”“冶金”“铁路”“航天”“建筑”“桥梁”等关键词所代表的能源、制造、建筑、交通、运输等领域,也已初步形成了具有个性化特征的理论体系,推动着所在领域的发展。

冶金——钢铁工业在经济社会发展中具有重要的作用和地位,现代钢铁制造流程是开放性的、不可逆的耗散过程。目前,钢铁冶金工程已经从原来的“三传一反”发展到了“三流一态”,即物质流、能量流、信息流的动态运行。以首钢京唐钢铁厂为例,现代钢铁冶金工程的方法体系内容包括概念设计、顶层设计、动态-精准设计、三维仿真设计,钢铁制造流程则涉及了系统集成与结构优化、经济与社会评估的内容。

石化——石油化工工程项目具有技术复杂、涉及专业多、关联范围广、集成程度高、工程投资大、建造周期长和质量安全环保要求高等特点。石油化工工程领域的方法论研究随科技进步与管理理论创新而不断丰富发展。对石油化工工程生命周期的管理历经诸多阶段,目前正迈向国际化、专业化、标准化、信息化、集成化的发展。数字化工厂、智能化工厂等新型工厂是石化领域的重点建设方向之一,前者能充分发挥工程数据库的功能,后者则贯穿了生产、运营、管理的全过程,是石油化工工程领域未来的发展方向,也将丰富石化行业方法论研究的内容。

航天——中国的载人航天工程从1985年开始前期论证,1992年9月开始实施“三步走”发展战略,于不同时间分别启动了一期、二期、三期工程,至今已历经30多年。前期论证过程中,首次应用了钱学森先生提出的“从定性到定量综合集成方法”,对载人航天工程的科学论证和正确决策起到了重要作用。神舟飞船总体方案设计中,采用了定性与定量相结合的系统分析、系统综合和传统设计

优化等方法,达到了预期的工程目标和要求。空间站的总体方案设计与构建过程主要采用的是多学科设计优化方法。

建筑——建筑工程是以房屋建筑为对象的工程类型,具有功能性、文化性、技术性等特点。建筑工程的设计程序与工作方法的 basic 流程包括方案设计、初步设计、施工图设计、施工配合。实现建筑工程的建筑设计方法要“以人为本”,要“适用、经济、绿色、美观”,要遵循“两观三性”的理念(“两观”为整体观和可持续发展观,“三性”为地域性、文化性和时代性)。建筑工程是创造性的工程活动,是理性与感性的交融,创新是建筑的灵魂。从泰州(中国)科学发展观展示中心、2010 上海世博会中国馆、钱学森图书馆等经典的建筑实例中可以看出,创造性思维、辩证思维、系统思维始终贯穿于建筑工程的设计与工作方法中。

铁路——依托我国铁路行业的标志性工程——青藏铁路而形成的铁路工程方法理论体系,以“以人为本、环境协调、持续创新、系统优化、服务运输”为建设理念,由规划决策方法、优化设计方法、目标管理方法、技术创新方法、组织管理方法和竣工验收方法等组成,对我国的铁路工程发展具有重要的指导意义。

桥梁——桥梁工程发展至今,已成为复杂的工程构建活动。依托长江三角洲、珠江三角洲等地区 and 涉外项目的特大型跨江海桥梁建设实践,覆盖工程全生命周期的桥梁工程方法论可以进一步细分为具有桥梁个性的规划方法论、建造方法论、运营方法论。桥梁工程的“价值工程”导向以交通需求、权衡必选、辩证统筹为路径实现;“品质工程”导向以创造性设计、精细化建造、建设集成管理为路径实现;“平安交通”导向以预防性养生、社会管理、工程评估为路径实现。

工程方法论是一种过程方法论,具有“过程论”特征。工程“全生命周期”过程方法论具有整体性、系统性、协同性、时效性、真善美统一的基本特征,其逻辑步骤应从认知方法、行为方法发展到知行合一方法。

工程管理中的一般方法论内容涉及工商管理理论的发现方法、检验方法和工程管理理论的发展方法三个方面,主要包括系统科学方法论、综合集成方法论等。工程管理中的具体方法论是从某一方面、某一角度或某一层面探讨工程管理实践产生、发展的规律,主要包括工程组织方法论和项目管理方法论。

四、论坛意义

在本次论坛上,来自工程界、工程管理界和哲学界的与会代表分别从不同视角进行思考、认识和阐述各自不同的观点,对工程方法论形成了许多新认识、新观点和新见解。本次论坛系统性地展示了工程方法论研究的进展,对工程方法论的研究起到了切实的推动和深化作用,并将继续对后续的研究起到催化和促进作用。

第二部分

主题报告及报告人简介

工程哲学的新进展——工程方法论研究

殷瑞钰

钢铁研究总院

一、关于“方法”与“工程方法”

“方法”一般是指为获得某些东西或达到某种目的而采用的手段和采取的行为方式。对于“方法”，可广义解释，也可狭义解释。广义地讲，“方法”可以表现为方式、途径、步骤、手段等形式。其中所谓的手段，其最大的特征是以实体形态存在的，如工具、器械、机器、装备、武器、控制系统等（例如斧头、车床、高炉、导弹等），是“一物或诸物的复合体”，是通过自身具有的机械属性、物理属性和化学属性作用于客观对象的。因而，这类手段有时也被称之为“硬件”或“硬设备”。

“方法”的另外一个含义就是人们在某种活动过程中一连串动作、行为的关联方式。从这一意义上看，“方法”不同于物化了的手段。这个含义的“方法”是指人类认识客观世界和改造客观世界应遵循的某种（某些）方式、途径和程序的总和。可以把这种类型的方法看成是人的大脑扩展开来的一种“工具”或“手段”，可以称其为“软件”或“工艺软件”。

狭义的“工程方法”的一个同义词是“工程技术”，例如人们习惯地把“预测方法”叫作“预测技术”、把“工程管理方法”叫作“工程管理技术”、把“工程设计方法”叫作“工程设计技术”等。

工程活动离不开组织管理，组织管理也有许多方法，有人把管理方法称为“软件”（Orgware）。系统工程是组织管理的技术，是对所有工程系统都具有普遍意义的方法。

随着时代的发展，实践多样性、思维多样性、行为多样性的发展，“方法”的含义也越来越扩展，甚至涵盖了办法、做法、想法，技术、技巧、工艺，程序、步骤，规则、规章，规划、计划，策划、计谋、谋略等内涵。

总之，从概念上看，“工程方法”是一个“指向”“工程产品”和“工程目的”的过程性、中介性概念；而从“自身表现”和“自身存在”上看，工程方法常常表现为“硬件、软件、软件统一”的、可运行的、形成生产能力的、创造价值的工程方法集；研究工程方法时，不仅要关注形成静态实体的方法，更要关注动态运行的方

法,获得持续的实效。

二、工程的本质、内涵

工程本体论是研究工程方法论的“基点”。从工程本体论出发来认识和分析工程活动的特征,工程活动就是通过选择-集成-建构而实现在一定边界条件下要素-结构-功能-效率优化的人工存在物——工程集成体。工程活动的这些过程及其结果都是通过工程方法而实现的,工程方法论的基本任务就是要在工程方法与工程过程、工程结果、工程意义等的相互作用中研究关于工程方法共性的诸多问题。

所谓“集成”不等于若干要素的拼凑或随机组合。工程作为人类的一项物质性社会活动,不但涉及思想、价值、知识方面的因素,而且必然涉及资源、资本、土地、设备、劳动力、市场、环境等要素,而且要经过对这些知识、工具、方法和要素进行选择、整合、互动、集成在一起,才能集成-构建出有结构、可运行、有功能、有价值的工程实体,体现为直接生产力,见图 1。

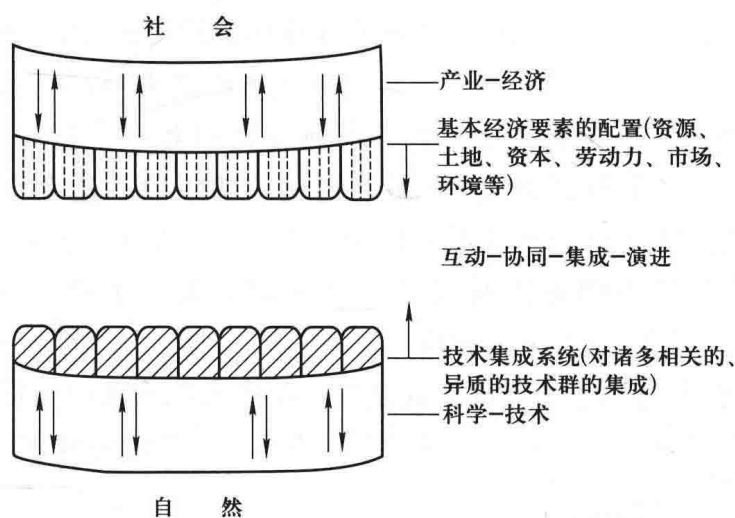


图 1 工程的内涵及其要素与集成

工程是人类有目的、有计划、有组织地运用知识(技术知识、科学知识、工程知识、产业知识、社会-经济知识等)和各种工具与设备(各种手工工具、动力设备、工艺装备、管控设备等)有效地配置各类资源(自然资源、经济资源、社会资源、知识资源等),通过优化选择和动态的、有效的集成,构建并运行一个“人工实在”的物质性实践过程。

工程活动是一个实现现实生产力的过程。工程及其过程的内在特征是集成和构建。集成、构建是指对构成工程的要素进行识别和选择,然后将被选择的要素进行整合、协同、集成,构建出一个有结构的动态体系,并在一定条件下发挥这