

铁路工程知识论研究

孙永福¹, 郭峰², 牛丰^{3①}

(1. 原铁道部, 北京 100844;

2. 中南大学 土木工程学院, 长沙 410075;

3. 中国国家铁路集团有限公司, 北京 100844)

摘要: 铁路工程居于“自然-工程-社会”这个相互关联、相互作用、相互制约的巨系统之中, 在实践中不断总结完成对铁路工程认知的升华, 集成为具有深刻哲学属性的铁路工程知识, 对铁路工程实践具有重要指导意义。从铁路工程发展历程描述铁路工程知识演化的过程, 基于“科学-技术-工程”三元论架构, 构建以铁路工程通用知识为基础、以铁路工程专业知识为核心的知识体系并辅以案例论证。其中铁路工程通用知识包括铁路工程科学技术知识、人文社会知识、工程管理知识三种类型; 铁路工程专业知识包括工程决策知识、设计知识、实施知识、验收知识、运维知识与评估知识等六类。前瞻铁路工程知识变化与创新, 强调铁路工程知识的科学运用, 建设绿色智能铁路工程, 乃铁路工程知识论研究的归宿。

关键词: 铁路工程; 铁路工程知识; 工程知识论

中图分类号: N031

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2019)05-0482-18

引言

铁路是国家关键基础设施, 对促进经济发展、社会进步以及巩固国防等方面具有重大战略作用。随着铁路工程的不断发展, 铁路工程知识也在不断总结中完成对铁路工程实践的理论升华, 同时又对铁路工程实践产生重要指导意义。国家铁路发展的卓有成效, 铁路工程的顺利建成, 均离不开科学系统的铁路工程知识。从铁路工程发展历程描述铁路工程知识演化的过程, 以工程哲学和工程方法论的角度审视铁路工程知识脉络, 并基于“科学-技术-工程”三元论架构, 构建以铁路工程通用知识为基础、以铁路工程专业知识为核心的知识体系, 并辅

以案例论证, 深入探讨铁路工程知识的本质、演化、构成与创新。本研究有助于更好地把握铁路工程发展规律, 发挥铁路工程知识实践价值, 加强铁路工程知识的运用与创新, 推动我国铁路工程的可持续发展。

1 铁路工程与铁路工程知识

铁路是大众化的交通运输方式, 是现代化交通运输体系的重要组成部分^[1]。随着各国对铁路重视程度的提高, 铁路基础设施建设投入持续增加, 高速铁路、高原高寒铁路、重载铁路、城际铁路等创新成果不断涌现, 形成了内容丰富的铁路工程知识体系。

① 本研究团队其余人员: 袁瑞佳, 肖檬, 曹楠, 黄杨, 欧阳子龙, 刘旭, 苏轲, 张丽娟, 章威, 李幸, 义雯, 陈莉, 刘雅欣。

收稿日期: 2019-06-10; 修回日期: 2019-09-10

基金项目: 中国工程院咨询研究项目“工程知识论”(2018-XY-42)

作者简介: 孙永福 (1942-), 男, 教授级高工, 博士生导师, 中国工程院院士, 研究方向: 工程管理, 工程哲学。E-mail:

nftlzs@126.com

郭峰 (1965-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为项目(群)管理、企业管理、工程哲学。E-mail:

gf8785@126.com

1.1 铁路工程的特征

铁路工程建设是人类在各种约束条件下,创造性地将自然资源重新组合成能够满足公众交通需求的人工物过程。人类对于铁路的多样性需求及铁路工程建设的多方面约束条件,使铁路工程形成了自身的特征。

1) 铁路工程是点线网结合的系统性工程。一个铁路项目的单项工程(如一座桥梁)是铁路建设中的“点”状工程,将各“点”有效衔接就构成了铁路“线”,而任何一条铁路只有融入区域性路“网”系统中,才能发挥更大作用。也就是说,铁路工程的价值最大化必须依托区域交通运输网络的有效支撑。随着铁路运输网络的不断完善,铁路运输系统辐射范围也由线型分布转变为网络化、区域化的面状覆盖。因此,任何一项铁路工程建设,不能孤立地就事论事,必须从整体铁路网络角度综合考量其影响程度。

2) 铁路工程是多专业融合的综合性工程。铁路工程涉及选线、路基、桥隧、轨道、站场、通信、供电等诸多专业工程。各个专业工程无法单独发挥作用,只有将其综合成为铁路工程系统,并在能源、气象等部门共同配合下,才能真正发挥作用。铁路工程在建设、运营中,需综合考虑生态环境保护、社会经济效益、人文伦理制约等因素。这些都决定了铁路工程的综合性。

3) 铁路工程是规模宏大的复杂性工程。铁路工程需要跨越不同地区,地质、气候、风俗不同,具有显著的地域性。铁路工程建设规模大、工期长、环境复杂,具有不确定性。铁路工程项目参与主体多,涉及众多利益相关者,需要协调各方利益,以实现工程总体利益最大化。因此,铁路工程是一个集时空、人文、管理等多要素于一体的、规模宏大的复杂性工程。

4) 铁路工程是需求导向的服务性工程。铁路发展宗旨是让人们满意,这就需要满足经济、社会、国防等多方面需求。铁路工程选址需结合区

域发展规划,铁路工程设计需服务于运能、速度等要求。铁路运输的不同需求,催生出高速铁路(客运专线)、重载铁路(货运专线),以及特快动车组列车、绿色扶贫列车、旅游列车、快递列车、集装箱列车等,共同服务于社会。

1.2 铁路工程知识演化

工程传统与工程创新的矛盾,是工程演化的内部动力;工程与自然、社会的矛盾,是工程演化的外部动力^[2]。从19世纪到现在,铁路走过了近200年发展历程,经过从蒸汽机车到内燃机车、电力机车铁路的重大变革,实现了从普速到高速铁路的重大提升,现在正朝着信息化、智能化铁路不断迈进。

1) 蒸汽时代铁路工程知识

在第一次工业革命推动下,出现了蒸汽机车牵引的铁路。作为这一时代先进的交通运输工具,铁路引起了世界各国的关注。1825年,英国修建了世界上第一条由蒸汽机车牵引的铁路;1832年“乔纳森兄弟”号机车出现;随后复胀式机车、凝汽式机车相继出现。在欧洲铁路建筑物标准、设备标准等逐渐统一后,首次出现了铁路工程建造技术手册、轨道设计图纸、建设标准与规范。这时期,铁路工程知识以较为粗犷的机械方法体系、模糊经验知识体系被学习、分享。基本的铁路修建技术、铁路建设材料、铁路牵引动力、列车运行管理等方面的铁路知识得到传播。

2) 电气时代铁路工程知识

在第二次工业革命推动下,电力得到广泛使用。内燃机车和电力机车逐渐取代蒸汽机车,成为主要的铁路牵引动力。1890年,英国首次使用电力机车牵引列车;1924年,苏联制造出第一台电力传动的内燃机车。动力机械发展极大地促进了机车车辆与线路设备性能改善,为列车提高速度和增加载重创造了条件。铁路工程知识得到了进一步丰富,铁路供电、运行控制等方面的知识融入到了铁路工程知识体系中。此外,随着铁路

工程的军事、外交和工业价值的逐渐显现, 铁路工程的人文类知识也不断丰富起来, 涉及法律、经济、生态、政治等方面知识, 逐渐呈现出多要素融合的特征。

3) 信息时代铁路工程知识

在第三次工业革命推动下, 铁路走向数字化、网络化、智能化。建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM)、地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 等技术被广泛运用于铁路工程当中; 铁路光缆、数字光纤通信加速了铁路装备和运营管理现代化; 铁路运输统计、设备管理等逐步实现信息化。铁路运营效率得到极大改善, 行车安全、舒适度进一步加强。高速铁路集铁路高新技术之大成, 是信息时代的重大铁路创新, 也是信息时代铁路工程知识的集中体现。1964 年, 日本建成世界上第一条高铁——东海道新干线, 随后法国 TGV、德国 ICE 相继出现。2008 年, 中国建成第一条高速铁路京津城际 (时速 300km/h)。现在, 铁路正朝着智能建造、智能装备、智能运输方向迈进。

信息技术成为铁路工程知识创新的重要动力。铁路工程更加注重技术与管理组织的协同、安全与风险的平衡、交通运输与产业经济间的契合。客运专线无砟轨道技术、空气动力学、高速接触网供电技术、客站修建技术、高铁项目动态验收等创新成果不断涌现。铁路工程知识表现出跨学科综合集成特征, 范围不断扩充, 内容不断丰富, 功能和结构不断完善。

铁路发展历程表明, 铁路工程知识随着工业革命、技术革命不断更新、发展, 同时社会文化等对铁路工程知识有着一定影响。铁路工程从过去依赖经验、技艺、手工工具等传统知识类型, 逐步转移到更广泛地依靠和选择工程学原理、技术手段、机械与电气自动化装置、项目管理等现代科学、技术和管理知识^[3]。

1.3 铁路工程知识体系

铁路工程居于“自然-工程-社会”这个相互关联、相互作用、相互制约的巨系统之中。铁路工程知识是人类反复实践、不断总结对铁路工程认识的集成与升华。铁路工程与铁路工程知识互为因果, 在知识指导下建设铁路工程; 在铁路工程实践过程中, 铁路工程知识不断发展。基于“科学-技术-工程”三元论架构^{[4]98-107}, 可以将铁路工程知识看作以铁路工程通用知识为基础、以铁路工程专业知识为核心的知识体系 (图 1)。

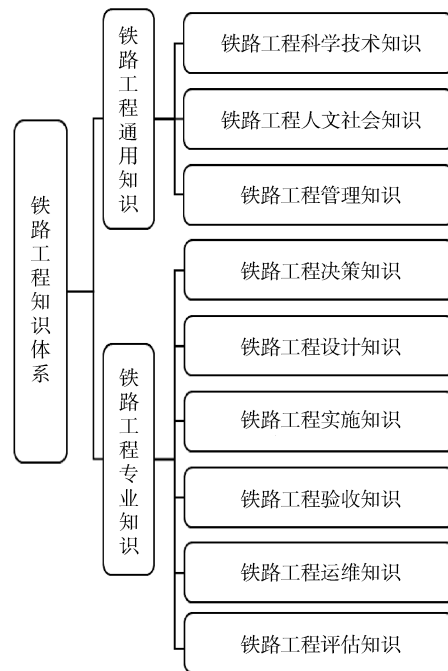


图 1 铁路工程知识体系

铁路工程通用知识是铁路工程专业知识的前提和条件, 是整个铁路工程知识体系的共性理论基础, 由科学技术知识、人文社会知识和工程管理知识构成。铁路工程专业知识是铁路工程通用知识在铁路领域的延伸和扩展, 指导铁路工程各阶段具体工作, 是铁路工程知识直接发挥其实践价值的“核心”, 由决策知识、设计知识、实施知识、验收知识、运维知识和评估知识构成。

铁路工程通用知识主要涉及自然界和人类社

会运行的基本规律和方法。其中, 铁路工程科学知识研究和阐明普适性规律和原理, 如结构力学、材料力学是对相关结构、材料受力特性及变化规律的论述。铁路工程技术知识是利用铁路工程相关事物的特性和规律, 达到特定目的的方法和手段, 如无线传感技术利用电磁波特性达到传输信息的目的, 机械化施工技术利用各种施工机械特性达到高效率施工的目的等。铁路工程人文社会知识是与人和社会密切相关的知识集成, 充分体现了铁路工程中蕴含的人性化、社会化, 如车站站房设计时需考虑的以人为本、民族风俗、生态和谐、造型美感等。铁路工程管理知识是为了实现铁路工程目标, 所采用的计划、组织、指挥、

控制和协调等原理和方法, 及可望借鉴的铁路工程经验与教训。铁路工程通用知识是多角色、多因素之间广泛深入的融合, 特别强调工程与科技、社会及人的交融。

铁路工程专业知识与铁路工程通用知识深度交织、充分互动。一方面, 通用知识为专业知识提供了强有力的支撑; 另一方面, 专业知识是通用知识在铁路建造情境中的具体实化。铁路工程专业知识将通用知识所阐明的基本规律和方法, 转化为适应铁路工程具体情境条件的工艺流程、规程等具有可操作性的工程实践指导。铁路工程项目经历决策、设计、实施、验收、运维及评估等六个阶段, 各阶段知识构成了如图 2 所示的铁路工程专业知识。

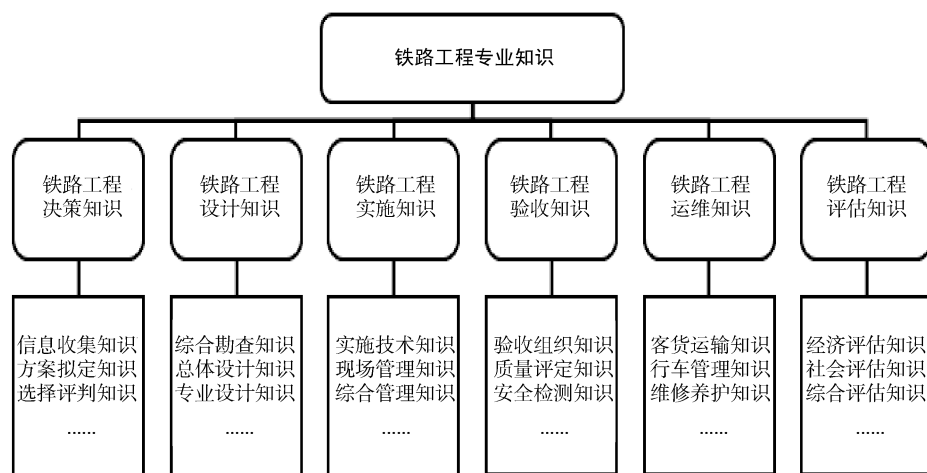


图 2 铁路工程专业知识构成

1.4 铁路工程知识的性质

作为构建人工物的铁路工程活动, 在实践中不断完成从经验到知识的升华。知识指导实践, 同时又在实践检验中不断丰富。在螺旋式上升进程中, 有益的铁路经验教训被纳入到铁路工程知识中, 集成为具有深刻哲学属性的铁路工程知识体系。具体来讲, 铁路工程知识体现了普遍性与特殊性、规范性与创新性、多元性与集成性、共享性与专有性的辩证统一。

铁路工程知识是普遍性与特殊性的统一。普遍与特殊, 从来都不是单独存在的, 没有绝对的

普遍, 也没有完全的特殊。铁路工程知识反映了人们对铁路工程的了解与认识, 本质上具有普遍性。但有些铁路工程知识只适用于某类铁路工程, 具有一定特殊性, 如高原冻土铁路工程技术与施工工艺^[5]、跨越海峡铁路工程技术。普遍性铁路工程知识是人们开展铁路工程实践活动的基础, 深刻揭示了铁路工程活动的存在形式、本质特征与演化过程。而具有针对性与特殊性的铁路工程知识则造就了各类特殊铁路工程, 从而推动知识不断创新和持续发展。要正确处理铁路工程知识普遍性与特殊性的关系, 实现普遍性与特殊性的

矛盾统一。

铁路工程知识是规范性与创新性的统一。规范意指约定或规定的标准, 规范性是事物相互关联、相互作用中的规范属性。创新性是事物发展过程中表现出的与以往不同的特殊属性。铁路工程知识规范性反映在建设规范制度上, 是解决铁路问题的基本依据。但是铁路发展面临许多新问题, 需要研究新对策, 并且科技成果也会促进铁路工程知识更新。铁路工程知识创新性是铁路发展的必然要求。铁路工程知识吸收越来越多跨学科的前沿知识来不断创新, 而铁路工程知识创新反过来又会促进铁路工程发展。创新性成果经过长期实践检验之后, 有的会上升成规范性知识, 从而纳入制度、规范。因此, 既要严格遵循铁路工程知识规范性, 又要积极探索铁路工程知识创新性, 坚持铁路工程知识规范性与创新性的辩证统一。

铁路工程知识是多元性与集成性的统一。铁路工程点线网结合、多专业综合、规模宏大、需求导向的特征, 决定了铁路工程知识是“多元性”知识, 涉及科学、技术、人文、社会、经济、管理等方面的知识。所有这些知识并非作为简单的模块化知识独立存在, 而是依托一定组合规律与协同关系相互作用, 动态有序地形成一个整体, 这就从本质上决定了铁路工程知识具有集成性。如果没有多元性为基础, 铁路工程知识不可能具有集成性。只有各模块化知识相互交流、互动, 才能集成为一个知识体系。要重视铁路工程知识多元性和集成性的相互连接、相互制约、相互转化, 形成在多元化基础上的集成应用。

铁路工程知识共享性与专有性的统一。铁路工程知识是人类关于铁路智慧的结晶, 是全人类共同的精神财富, 应该为全人类所共有。铁路工程知识从个体到群体、从各国到世界范围内广泛传播, 绝大部分具有共享性。但是, 作为社会生产力的一种要素, 对于某些具有创新性、特殊性

的铁路工程知识, 相关主体在一定时期内拥有相应的产权。有些铁路工程知识涉及国家机密, 必须将其保密。铁路工程知识专有性使它有别于一般信息, 在一定时期内仅为本知识拥有者服务, 但开放之后就可供全人类共享。面对激烈竞争的形势, 需妥善处理铁路工程知识共享性与专有性之间的关系, 在保护知识产权的同时, 促进铁路工程知识不断交流、更新和发展。

2 铁路工程通用知识

铁路工程通用知识为铁路工程实践提供基础指导, 主要包括铁路工程科学知识、技术知识、人文知识、社会知识以及工程管理知识。其中, 铁路工程科学、技术知识为铁路工程实践提供了客观性、方法性的能力支撑, 而铁路工程人文知识、社会知识和工程管理知识则更多地为铁路工程顺利实施提供价值性、合目的性的思想导向。

2.1 铁路工程科学技术知识

铁路工程科学技术知识集成了有关铁路工程的客观规律与基本方法。它既内蕴着科学知识的真理性与进步性, 又渗透着技术知识的方法性、可操作性, 但更为重要的是它与铁路工程知识的独特性、地域性深度融合^[6]。

1) 铁路工程科学知识

尽管各项铁路工程的规模、标准、寿命不尽相同, 但其结构、功能、基本特征、建造方式及程序安排均具有客观的内在规律^{[4]102-108}。这些规律需要用科学思维反复地进行经验归纳、理论演绎, 才能成为指导实践的工程知识。

随着对铁路的认识由浅到深、由零碎到系统, 人们在凭借已有铁路工程科学知识进行实践活动时, 对那些重复发生的、具有普遍意义的问题进行探究, 逐渐形成新的铁路工程科学知识。例如, 对有砟轨道易变形、多维修问题总结和探讨, 分析轨道结构和受力情况, 进而形成了无砟轨道原理。

铁路工程科学知识既包括科学理论原理,也包括科学研究方法。科学理论原理是铁路工程活动中事实规律的概括和数学化表示。如函数、几何、数理统计等数学知识,力学、电磁学、热力学等物理知识,物质化学性质和化学反应等化学知识,地理学、地质学、海洋学等地学知识……。这些基础科学知识在铁路工程情境下选择性集成,形成铁路工程地质学、工程力学、工程测量学、工程材料学等各类科学知识。铁路工程科学研究方法是认识铁路工程本质特征、运行模式的方法手段,包括经验归纳和演绎推理、整体与局部辩证统一等逻辑学知识,以及系统论、组织论、控制论等。

铁路工程科学知识助力建设者对铁路工程内在规律进行着一轮又一轮新认识。在中国既有铁路历经的六次大提速中,电磁学等科学知识创新运用,取得牵引动力技术突破;工程力学知识、材料学知识等用以解决传统设计问题,保障列车安全高效运行;列车提速还需考虑快速、普速、低速共线混跑密度,组织论、控制论等科学研究方法,从系统角度指导列车组合运行模式科学规划,保证线路最优运输能力。

2) 铁路工程技术知识

技术影响知识的增长方式与发展方向^[7]。铁路工程规律要成功运用于铁路实践各阶段,并最终转化为现实的各铁路工程子系统,则需要依赖一定的技术性、工艺性或服务性知识——铁路工程技术知识。

铁路工程技术知识一般具有普适性,但有些则有明显的特殊性和地域性。铁路作为人工建构的实体对象,需要建设者在实践过程中融入自身的思维和理念,并依托符合特定场景条件的技术与方法,实现工程构想的具象化、现实化与物化。

在这一过程中,铁路工程技术知识被具化为工具、图纸、方案、工艺流程以及操作方法等,同时还有一部分只可意会的经验在铁路工程主体之间共享。

在长期大量的铁路工程建设活动中,形成了具有鲜明特征的铁路工程技术知识体系,包括铁路工务工程技术知识、牵引供电技术知识、列控技术知识、通信信号技术知识、调度指挥技术知识、综合维检技术知识等,为铁路工程建设活动提供切实可行的方法性指导。例如,建设者将隧道工务工程技术知识与无线传感技术知识、可视化信息技术知识等融合,取得隧道机械化、智能化遥控作业技术创新成果,使京张高铁以深挖隧道方式穿越市区,精准避开核心市区多且杂的地铁、城市道路及市政管线网;京张高铁途经官厅水库时,建设者充分将轨道、桥梁等工务工程技术知识与生态环境学知识结合,突破现有轨道、桥梁建造技术局限,创造出国内首例适用于350公里时速有砟轨道的钢桁梁铁路桥建造技术,同时通过技术革新优化铁路绿色施工,在保证设计时速的同时,最大限度地保护了官厅水库原生环境,在碧波湖面架起了一道长虹。

一项新技术出现通常是针对某一实际问题,并在反复经历“试验-实践”过程中调整和优化,从而使铁路技术知识更新,铁路建设技术水平也在螺旋式上升中不断提高。从手工测绘到CAD、RS、GPS、GIS^①等新技术,从建设全过程完全人力管理到通信技术、微电子技术及计算机自控技术的应用,再到人工智能技术的出现,铁路技术与工程实践相互引导、不断演化,一直处于不断发展创新之中。

在铁路实践活动中,人们要以铁路工程科学技术知识为手段,保证工程设计和施工顺利进行。

^① CAD (Computer Aided Design) 为计算机辅助设计技术,RS (Remote Sensing) 为遥感技术,GPS (Global Positioning System) 为全球定位系统,GIS (Geographic Information System) 为地理信息系统,以上信息技术都在铁路工程实践活动中得到应用。

2.2 铁路工程人文社会知识

人文社会知识是工程与所在地域历史、文化、艺术相交融所凝结而成的知识, 是以建造更好的人工物为原则, 以“人民满意”为最终指向, 具有价值导向性的知识。铁路人文社会知识是美学知识、经济知识、政治知识、伦理知识等多种知识的集成。

1) 铁路工程人文知识

人文, 是人类社会各种文化现象, 其核心体现是对人的重视、尊重与关爱^[8]。人文科学主要研究社会现象和文化艺术。铁路作为涉及国计民生的大型工程, “人民满意”是其最基本的要求, 与铁路工程相关的一切活动都要符合这一要求。工程师必须充分运用其在环境学、生态学、美学、历史学、宗教学等方面的铁路工程人文知识, 融合现有科学技术知识, 对拟建铁路进行深入思考, 进而形成科学合理的建设方案。例如, 在肯尼亚的蒙内铁路建设中, 建设人员运用生物学知识、环境伦理知识、美学知识等, 在铁路线上为不同体型、习性、迁移路径的动物, 设置多处专门的桥梁通道、涵洞通道以及隔离栅栏, 保障野生动物正常活动和安全。同时, 蒙内铁路建设者运用人类学、行为学、宗教学等知识, 充分调研当地人生活习惯、宗教习俗、发展诉求等, 把中国的资金、技术、标准、经验带入非洲, 并尽可能雇佣当地工人, 采购当地原材料, 使当地人民受益。

铁路工程在建设中与各民族文明、各地域文明相互作用、交融, 与途经区域深厚人文环境相契合, 从而衍生出独有的“铁路人文”。1959年建成的北京站站房使用功能良好, 旅客进出站便捷, 建筑造型优美, 民族风格的金色屋顶和钟楼, 成为北京市标志性建筑; 拉萨站站房充分体现了以旅客为核心, 自然景观与藏族文化艺术相结合; 2006年建成的拉萨河特大桥为五孔三拱大跨度下承式连续梁钢管混凝土叠拱组合结构, 宛如洁白的哈达, 成为雪域高原一道靓丽风景。从铁路沿

途文化出发, 重视人文关怀。

铁路技术发展是人们为追求进步而不懈努力、自主创新的结果, 但仅满足科学技术要求是不够的, 还需结合人文知识进行考量, 促使铁路融入当地环境, 成为一条发展之路、幸福之路。

2) 铁路工程社会知识

社会是指由一定的经济基础和上层建筑构成的整体, 泛指由于共同物质基础而互相联系起来的人群。铁路工程社会知识是社会学、经济学、政治学等学科与铁路工程相互作用的知识, 带有浓厚的社会色彩。换言之, 铁路工程的发展与人类社会意识形态、社会经济、产业背景等变更密切相关, 铁路工程社会知识因这些因素变化而不断发展。

铁路工程建设从全局考量, 既涉及铁路自身承担的社会责任, 同时也受到社会经济、社会民生、社会结构、城乡规划等因素影响。可以认为, 铁路工程社会知识是城市化知识、人文地理知识、公共管理知识、经济知识等知识的综合集成。同时它的每一次集成都必须实现与工程特定区域的政治生态、经济结构、产业结构、社会组织结构等社会因素的充分融合^[9]。我国纵贯南北的大干线京九铁路沿线多为革命老区和贫困地区。若按传统设计理论, 线路走向尽量取直, 这虽能保障铁路经济效益, 但有的地市远离铁路达几十公里, 很难带动地区经济发展。京九铁路建设决策时贯彻国家战略方针, 综合运用城市化知识、人文地理知识等, 在考虑铁路经济效益的同时, 兼顾沿线地区经济社会发展, 使京九铁路经由鲁西南、皖西北、鄂东麻城、赣南吉安赣州、粤东和平等地, 带动沿线劳动力、农副产品、资金、信息流通, 使比较封闭的县、市经济走向大区域经济, 贫困地区经济加快发展^[10]。

在符合自然规律前提下最大可能地满足人民需求, 是铁路工程人文知识和社会知识对铁路工程建造活动提出的内在要求。妥善运用铁路工程人文社会知识, 同时注重科学技术知识与人文社

会知识紧密结合,注重工程内在品质与外在影响之间的有机联系,才能使铁路工程更好地助力人类改善环境、创造美好生活的愿景得以实现。

2.3 铁路工程管理知识

工程管理是一项依附于工程活动参与者而存在并具有情境性的主动活动。工程管理活动贯穿于工程全生命周期中,并伴随着不同情境下人的各种有意或无意的行为表现出来,为工程建设活动最终按既定目标的顺利完成提供组织、计划和控制。

铁路工程项目管理不能拘泥于单纯要素管理。需要在现代工程建设理念指导下,确立铁路工程管理基本原则,深刻剖析铁路工程项目管理机理,创新工程项目组织体系和实施模式。强化由合同、资源、技术、信息、风险和文化等管理要素构成的支撑保障体系,完善由决策、协调、激励约束和绩效评价等构成的运行机制以及标准化管理,从而确保铁路工程项目质量、职业健康安全、环境保护、工期和投资“五大控制”目标体系全面实现^{[11]3}。

铁路工程管理知识是经过大量铁路工程实践检验的管理经验与教训的一般性概括和抽象性总结。铁路工程管理知识主要回答了如何更好地认识铁路、如何更合理地将方法和工具应用于实践、如何更全面地激发出铁路工程的价值,以及如何更顺利地保障铁路工程建设过程科学有效完成等问题,具有合目的性的导向。

随着大规模铁路工程的建设开展,对铁路工程管理知识提出了更高要求。铁路工程管理经历了从不规范到规范,从传统到现代,从借鉴到创新的发展,铁路工程管理知识体系的深度和宽度也在实践过程中因铁路工程的不断突破和知识的不断创新而得到一次次扩展。

早期铁路工程管理属于传统经验型管理方式,管理者所运用的工程管理知识主要为意会知识。这类知识多为其他土木工程领域管理经验的积累,工程管理总体上较为粗放。20世纪80年

代至20世纪末,工程管理作为独立的学科兴起并得到专门研究,铁路工程管理知识进入快速发展时期。随着铁路工程管理体制迎来改革,项目法人制、招投标制、工程监理制、合同管理制(FIDIC合同管理、工程承包合同管理)以及竞争、激励和约束机制等管理理论和方法被纳入铁路工程管理知识体系之中,铁路工程管理知识走向理性化、规范化。进入21世纪后,铁路工程管理知识又迎来了发展新时期。管理工作对人和自然的重视以及信息技术的大量应用,促使传统铁路工程管理方式开始向现代科学管理方式转变,铁路工程管理知识走向现代化、精益化和信息化。

铁路工程管理知识体系构建以系统论、组织论、控制论、信息论、决策论、运筹学、博弈论等管理学知识为重要理论基础。从知识层次看,铁路工程管理知识包括管理理论原理、管理流程以及管理技能与方法等。从知识内容看,铁路工程管理知识既包括计划、组织、指挥、协调、控制等职能管理知识,也包括涉及具体管理内容的知识,如质量、安全、环境、成本、进度等目标管理知识,以及资源和采购、法律和合同、技术、风险、信息、文化等支撑保障性管理知识。对铁路工程管理而言,最重要的是管理知识体系与铁路本身特性的深度契合。

铁路工程作为大型基础设施,其众多利益相关者的组织协调是一项重要管理工作。项目组织协同管理知识是用来实现项目直接和间接利益相关者协同工作、紧密配合的重要利益相关者知识。在铁路工程众多利益相关者管理工作中,业主方管理占据主导地位。我国建设发展中先后采用了建设指挥部管理模式、铁路局代管模式、专门机构集中管理模式,以及项目法人责任制模式等业主方管理模式。

铁路工程战线长、构成复杂、影响面广,解决这些难题是铁路工程管理者持续奋斗的方向,也是铁路工程管理知识体系不断丰富内生动力

力。这些特点要求铁路工程管理知识在实践中尽可能地回答“三大关系”问题,即项目各专业工程协调配合关系、项目与沿线环境和谐发展关系以及技术创新与安全可靠动态适配关系问题^{[11]34-35}。因此,铁路工程管理者除了要具备各专业知识、全生命期管理知识等丰富知识储备外,还必须要具备较强的科学规划、专业协调、动态控制以及创新优化等工程能力。

青藏铁路建设为我国铁路工程管理水平向现代化跨越进行了有益探索。在组织管理上,成立青藏铁路公司,开创了公益性铁路工程的项目法人责任制,对铁路全线建设和运营一体化管理知识的创新,消除了传统管理中建、管脱节的弊端。在目标管理上,青藏铁路加强“质量、安全、环保、工期、投资”管理,更加重视以人为本和可持续发展要求。在科技创新管理上,实施开放创新、协同创新,攻克了“多年冻土、高寒缺氧、生态脆弱”三大世界难题,建成了集全世界一流水平的高原铁路^[12]。形成一批拥有自主知识产权的高原冻土、高原环保、高原健康安全关键技术。

铁路工程管理是一项具有艺术性的活动,需要政府、社会组织、企业等各类管理人员结合所处环境创造性地灵活运用所掌握的铁路工程管理知识,具体问题具体分析。只有这样,才能充分激发铁路工程管理知识活力,真正地将理论服务于实践,并在实践中推动铁路工程管理水平全面提升。

总之,铁路工程通用知识奠定了铁路工程知识基础,它既推动又约束着铁路工程活动及其成果的形成过程。铁路工程科学技术知识是对现实自然、客观规律的认识,不以人的意志为转移;铁路工程人文社会知识和铁路工程管理知识则是铁路相关“人”的需求、行为规律的反映,体现出人的主观能动性。在铁路工程不同阶段,融合工程背景进行集成运用,体现出科学技术自然规律与人主观能动性的辩证统一。

3 铁路工程专业知识

工程专业知识是将工程理念、设计方案、理想愿景等物化为人工物的关键。铁路工程专业知识与时空、情境、人的活动紧密相关并耦合互动,与铁路工程点线网结合、多专业融合、规模宏大、需求导向的特征密切关联。铁路工程专业知识总体上包涵了决策知识、设计知识、实施知识、验收知识、运维知识与评估知识。

3.1 铁路工程决策知识

决策是工程实体项目建造的起点。铁路工程决策需要对铁路建设必要性、各类方案可行性和合理性等进行科学论证。借助信息收集知识、目标管理知识、方案拟定知识和选择评判知识(图3),决策者可以依据工程总目标和约束条件,面对纷繁复杂的不确定性,对各种选择的利弊风险全面权衡、综合比选并做出决定。



图3 铁路工程决策知识构成

铁路工程决策必须坚持科学决策、民主决策、依法决策。信息收集知识旨在通过各类方式获取所需齐全信息并加以归纳整合,使决策工作有据可依。不仅涵盖收集整理知识、网络知识、大数据挖掘及分析知识,还包括运筹分析知识和趋势预测知识。若没有信息收集知识支撑,决策制定就会成为无源之水。如是否有必要修建京沪高铁,这是京沪高铁项目决策面临的首要问题。铁道部针对“没有必要修建京沪高铁”的观点,广泛收集国情、路情等社会、经济、自然信息,通过数据知识分析发现:既有京沪铁路已全线处于超饱和、超负荷状态,不能满足人民生活水平日益提高的出行需求和运输需求,急需扩大运输能力,

建设京沪高速铁路。

方案拟定知识可以辅助决策者结合国情与政策, 根据现实要素进行统筹, 开展融资、选线、设计、技术、建设等方案研究工作^[13]。例如, 京沪高铁决策过程面临的轮轨与磁悬浮技术制式选择问题, 先后经历了三次大规模论证^[14]: 1998 年, 根据国务院领导批示, 由中国工程院组织专家研究比较, 结合方案拟定知识, 系统考虑京沪高铁的战略规划和国情路情、铁路运量等现实因素, 认为采用轮轨技术是可行的; 1999 年, 按照国务院领导要求, 中咨公司召开研讨会, 会后上报了关于采用高速轮轨技术的建议; 2003 年, 受国家发改委委托, 由中咨公司再次组织专家论证, 通过选择评判知识对工程技术、投资收益、环境影响等十个方面权衡比较得出最终决策, 认为高速轮轨技术是现阶段的必然选择。

目标管理知识集成战略规划、目标转化、任务分解、组织实施和成果管理等知识, 使决策从单纯依赖目标驱动发展为目标驱动与知识引导相结合, 助力决策者更全面地衡量铁路项目多元价

值。例如 2004 年京沪高铁决策过程面临的引进高速动车组技术问题。决策者认为在我国已取得科研成果基础上引进高速动车组整套技术, 通过消化吸收再创新, 实现高速动车组国产化, 是尽快追赶国际先进水平的正确选择, 也是实现“弯道超车”的最佳途径。

铁路工程决策既要了解过去, 综合考虑多元历史因素; 又要立足现实, 科学权衡资源分配、路网规划、技术水平、资金实力、环境影响等多方面现实因素; 且要面向未来, 全面衡量科学社会、经济技术发展的战略总目标和大趋势。决策中涉及许多哲学问题, 需要重视以人为本, 构建人与人之间的和谐, 以及人与自然之间的和谐^{[4]236-238}。

3.2 铁路工程设计知识

设计是铁路工程的灵魂, 是造物的蓝图。综合勘察选线知识、总体设计知识、专业设计知识和设计特性知识等构成了铁路工程设计知识, 如图 4 所示。

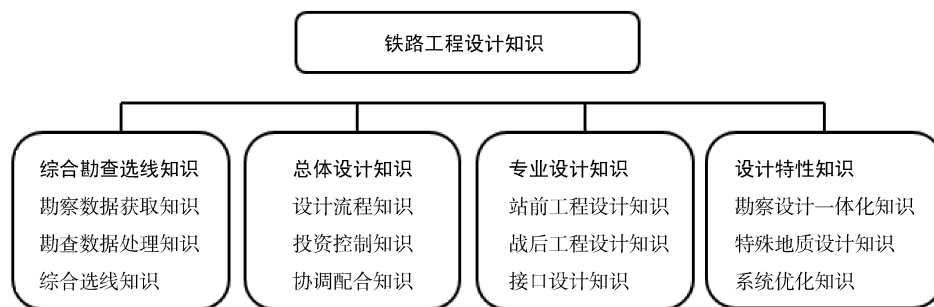


图 4 铁路工程设计知识构成

综合勘察选线知识涉及数据获取与处理, 从宏观到微观、从现象到本质, 逐步解决铁路运量预测、地质勘探、线路选择等问题^[15], 保障选线工作顺利开展。我国铁路选线曾先后提出经济选线、地质选线、环保选线、安全选线等理论。相当长一段时间内, 铁路选线以经济选线为主, 强调投入产出政策, 将国家、沿线地区经济条件和铁路建设投入水平置于首位。随着山区铁路建设

增加, 铁路选线突出了地质选线, 对特殊地质区域做到绕有依据、治有上策。自青藏铁路建设之后, 环保选线设计理念得到广泛认同, 促进自然保护与铁路建设充分结合。近年, 又提出安全选线的设计理念^[16]。

铁路工程总体设计知识具有统领性、全局性, 为解决项目功能定位、主要技术条件选择、建设方案和投资控制等全局性问题服务。大秦铁路是

我国第一条重载铁路, 运输途中不改编、不变轴、不更换机车。需要运用总体设计知识, 解决点线能力匹配、移动设备与固定设备运能匹配问题, 以及装车、运输、卸车能力协调问题, 使之形成一个高效运输大系统。通过持续技术改造和创新, 逐步提升列车牵引质量、年运输能力。原设计运输能力为 1 亿 t/年, 现最高达到 4.5 亿 t/年, 使大秦铁路走出了一条既有铁路挖潜扩大再生产的成功之路。

铁路工程专业设计知识则主要解决铁路工程站前工程、站后工程设计问题及其接口问题。铁路工程设计需要树立全局观念, 认清整体与局部的关系, 立足设计整体性, 统筹诸多专业设计, 达到铁路总体设计最优目标。同时又要充分重视各专业工程设计及其相互联系, 将各专业设计优化汇聚以促进总体设计质量提升。

为满足铁路工程设计某些特定需求, 如解决勘察和设计脱节问题, 或岩溶、采空等特殊地质问题等, 勘察设计一体化知识、特殊地质设计知识及系统优化知识等设计特性知识开始出现。其中, 勘察设计一体化知识涵盖了勘察知识和设计知识, 更重要的是两者交叉融合, 指导勘察者和设计者相互考虑对方需要, 从而推动铁路勘察与设计双向互动、协调统一, 有效提高勘察设计质量和效率。例如依托 BIM 技术, 勘察设计一体化知识可得到有效运用。利用 BIM 进行地质体可视化建模, 展现工程勘察结果, 可使设计人员将工程结构设计与工程地质信息充分结合, 提高勘察设计质量和水平。

铁路工程设计阶段相较于铁路建造其他阶段, 更有赖于人的创造性和主观能动性。千变万化的设计方案既承载着设计者的价值观念、审美追求与知识经验, 又蕴含着设计者对客观条件的系统思考和科学把握, 需要铁路工程人文社会知识支撑。

3.3 铁路工程实施知识

实施阶段是铁路工程实体形成过程。铁路工

程实施知识具有鲜明的情境性, 是一种建构性知识, 涵盖现场管理知识、综合管理知识、实施技术知识。通过现场管理知识将现场管理目标、要素视为矛盾统一的有机体, 运用综合管理知识进行组织协调, 以实施技术知识解决技术难题, 保障铁路工程顺利建成。

现场管理知识主要围绕项目目标实施现场管理和控制, 涵盖组织管理知识、质安环一体化管理知识、工期投资控制知识。通过对不同学科知识的有机整合及合理运用, 对工具、方法和技术要素的有效选择, 并在实践过程中反复检验、科学总结、更新发展, 达到知识的内生创造, 全面实现工程质量、安全、环保、投资、进度目标要求。在铁路实施阶段面临着大量协调问题, 既有各个目标之间相互协调问题, 也有各参与方及项目内部组织、人员、资源等协调问题, 还有铁路工程与自然、社会环境协同发展问题^[17]。现场管理知识可为有效解决这些问题而服务。

综合管理知识将现场管理理念和工程项目五大目标贯通, 对铁路工程实施过程中的资源、风险、合同、信息、文化等要素进行全面管控。其构成如图 5 所示。综合管理知识中尤其要重视合理运用风险管理知识, 对地质、安全、环境、技术、资金等潜在风险有效控制和处理。

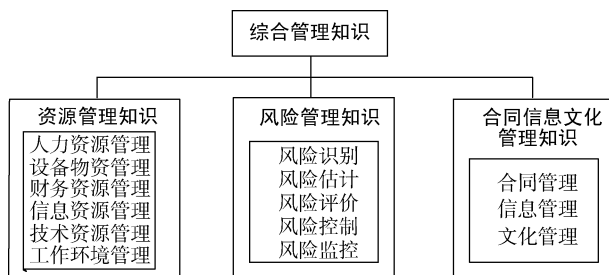


图 5 综合管理知识构成

实施技术知识来源于理论研究、科学试验和实践经验, 用于解决铁路工程实施过程的技术问题。它兼顾建造情境性, 以可能遇到的工程难题不确定性为出发点, 是铁路工程科学技术知识在

具体建造情境中的集成与运用,并不断优选与创新,推动造物目标达成。例如宜万铁路穿越岩溶特别发育的崇山峻岭,地质情况特别复杂,建设面临极高安全风险。建设者们在现场管理知识指导下对工程各目标进行协调,研发信息化注浆施工方法,引入可超前预报的钻孔设备,安全快速地解决了高压富水断层破碎带开挖问题。运用风险管理知识,强化风险意识,从识别评估、决策管理、技术应对和安全措施四个方面入手创建了复杂隧道风险管理体系,有效实现了铁路隧道建设风险管控。建设者秉承“宜疏不宜堵”原则,创造“释能降压”技术,成功解决了岩溶突泥突水难题。

和谐发展理念为铁路工程实施与环境互动赋予了新内涵和新特征。一方面,铁路工程实施突破了建造环境带来的阻碍和困难,改变了原有的物理自然环境;另一方面,铁路工程实施应与自然生态和谐共生、协同发展,绘制出物理自然与铁路工程“你中有我,我中有你”的和谐画卷。

3.4 铁路工程验收知识

铁路工程验收是铁路工程实体投产运营前的重要阶段。项目验收需要依据国家有关法律法规、工程建设标准规范及批准的设计文件,兼顾铁路项目特点、特殊环境和具体需求,进行系统优化与反馈调节,从而确保铁路建造成果与铁路设计要求、合同约定、价值目标及整体功能相匹配。

铁路工程验收知识主要涵盖验收组织知识、质量评定知识、系统集成知识、安全检测知识以及反馈调节知识。同时发挥铁路工程通用知识作用,综合运用各类知识,为验收工作顺利开展提供有效支撑。

质量评定知识是经验知识与理论知识的高度融合。将各专业工程分解为组成部件,以评定标准为依据,以评定方法为手段,以铁路工程技术知识为工具,对各个部件质量可靠性、耐久性等

进行评判。不仅重视“结果”,而且重视“过程”,最后评定整体工程质量。安全检测知识运用目的在于事前控制、防患未然,既要对铁路安全隐患特征进行分析,又要检验系统应急响应和保障能力,以及突发事件应急救援能力。以人为本、保障安全,避免事故发生,体现着铁路工程人文技术知识与科学技术知识的充分融合。例如沪杭高速铁路按照工务、电务、信息等专业工作组对工程质量安全进行验收,对轨道结构、站房建设等八个方面进行了质量安全检测评估,进行了动车组火灾扑救、行车固定设备故障抢修等七个场景的故障模拟和应急演练测试,使安全隐患得以尽早发现和处理,应急救援能力得到提升,从而保证线路运营安全。

铁路工程验收要从单项工程验收着手,同时安排整体验收。用动态验收方式,从铁路工程整体性出发,考量其是否达到验收要求。动态验收中必须依靠系统集成知识来集零为整,全面考察系统间多方面联系,保障系统间协调配合及整体功能最优化^[18];并结合安全检测知识,确保铁路工程整体安全性符合要求。

此外,铁路工程验收还需要运用验收组织知识与反馈调节知识保证验收工作的完整性和高质量。验收开始阶段,验收组织知识为解决验收总体目标、组织结构、管理流程等服务,确保验收组织高效运作。验收结束阶段,反馈调节知识按照否定之否定的思维路径,对检测调试过程中可优化部分,反复调整,以使最终交付工程在质量、安全、系统集成上进一步优化。

随着信息时代到来,验收也从传统人工检验测量调试,发展到利用无人机遥感技术、激光二维扫描技术等先进技术进行检测验收。不仅重视验收实体成果,更重视建设过程质量管理及效果。验收演化反映了数据采集手段、检测技术方法、调试优化模型等方面的不断进步,铁路工程验收知识也随之不断更新和发展。历经现场测量、手工测算到室内

仿真模拟, 提炼出符合实践规律的可靠结论, 不仅是工程知识责任性和问责性的体现, 也是工程知识的“造物性”到“造福性”的完美体现。

3.5 铁路工程运维知识

铁路工程运营是实际运用和价值展示阶段。铁路工程经验收符合要求即可进入运营维护阶段, 其“造物”使命基本告一段落, 正式开启“造福”新篇章。所谓“造福”, 其本质是形成巨大运输生产力服务社会。铁路运维通常包括铁路运营和维修养护。其中铁路运营是综合运用各种运输设备, 完成旅客、货物运输任务的过程; 铁路维修养护则是对固定设施(工务、电务等)、移动设施(机车、车辆等)的检测与维护, 保障运输安全、畅通。铁路运营与维护相伴而生, 不能相互脱离地孤立存在。

铁路运营是一个动态、综合、系统的组织活动。一方面, 通过运输管理经营活动吸引更多的旅客和货物; 另一方面, 通过运输组织管理提高运输效率和质量, 创造良好的经济效益、社会效益和环境效益。铁路运营知识既综合集成数学、物理等科学知识, 调度指挥技术知识、综合维检方法等技术知识, 同时也融合了铁路工程人文社会、运输管理知识。铁路运营知识主要包括客运管理知识、货运管理知识和行车组织知识。

铁路维修养护是一项多专业综合性、预防性工作。铁路维护知识包括铁路移动和固定设施的巡视和检测知识、维修知识、养护知识等。随着铁路运量和速度的大幅提升, 留给铁路维修和养护的时间以及工作面也越来越少, 这就需要维修制度变革、通过先进技术实时掌握设备运转情况, 及时采取预防维修, 加强专业之间协同、高效配合; 利用“天窗”时间, 实行多专业立体化综合检测; 同时将“减少维护工作”理念提前至铁路设计、实施阶段, 提高结构设备耐久性。

数字化、网络化、智能化是铁路运营维修大趋势, 铁路工程科学技术知识在铁路运维中扮演

着愈发重要的角色。以铁路运输组织、客货营销、经营管理为维度的铁路运维信息体系正逐步完善, 铁路工程运维方式也将逐渐由人工向机械化、自动化甚至智能化跨越。

铁路工程在运维阶段的表现, 是对工程理念是否正确、工程决策是否得当、工程设计是否先进、工程建造是否优良的最直接的验证^{[4]209-210}。铁路运维“造福”社会, 是项目生命期最长的阶段, 经受运营实践考验所暴露出来的问题, 需要运用运维知识去解决。铁路运维知识不断更新, 将促进铁路工程知识得到新发展。

3.6 铁路工程评估知识

工程评估本质上是工程价值认知过程。工程评估理念决定了评估主体对工程价值体系的认知, 从而决定了工程评估知识体系的构成, 铁路工程也适用于这一普遍规律。铁路工程评估理念随着人类认知的进步和经济社会的发展而不断演化。在我国铁路工程发展史上, 评估理念先后经历了先通后备、固本简末、运能协调、和谐发展的演化历程^{[11]3}, 铁路工程评估知识也由简单的财务经济和技术可行性分析知识逐渐向以经济、社会、环境等方面价值为标准的知识发展, 并且更加注重铁路综合效益。铁路工程评估知识与不同阶段工程评估活动相伴而生, 图6展现了铁路工程知识与实践的互动关系。

评估工作贯穿于铁路建造全过程, 并与铁路决策、设计、实施、验收、运维各阶段互动, 因此评估对象多样复合。按照评估标准划分, 现代铁路工程评估知识包括专题评估知识和综合评估知识。专题评估知识是依据技术、经济、社会、环境、质量、风险等不同评估标准对铁路工程本身进行价值判断或成果优化的评估知识; 而综合评估知识是系统权衡各项标准使之达到辩证统一的评估知识。经济评估知识、社会评估知识、环境评估知识和综合评估知识是评估知识中最主要的知识构成。

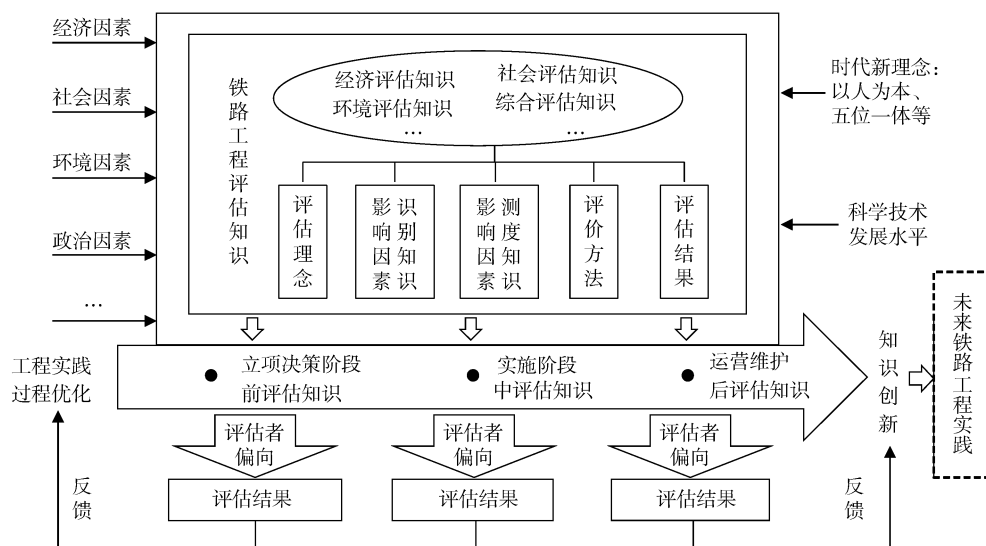


图6 铁路工程评估知识与实践关系图

铁路工程项目经济评估知识以工程经济知识为基础,主要分为微观层面财务经济评估知识和投资风险评估知识,以及宏观层面国民经济评估知识。铁路工程项目社会评估知识则基于社会学及经济学中外部性理论等,充分识别和反映铁路工程对国家战略、区域经济发展和就业贡献、民族地区社会进步、铁路路网灵活性补充、运输时间价值及国防作用等社会效益,其与铁路工程人文社会知识密切关联。

评估铁路综合效益时,经济、社会等专题评估知识具有一定局限性,无法反映铁路工程综合价值,因此需要依靠综合评估知识系统权衡经济、社会、环境等各维度影响利弊,从定性定量相结合角度出发,尽可能将铁路工程各类效益进行量化,并需要进一步运用铁路工程科学技术知识、人文社会知识来解决社会、环境效益等难以量化的问题,使综合评估知识更具全面性、客观性。

青藏铁路通车十余年,为贯彻国家重大战略部署和加快青海西藏两省区经济社会发展做出了重大贡献。在青藏铁路综合评价中,评价者将综合评估知识和铁路工程人文社会知识融于评价过程,系统分析青藏铁路对国家和沿线地区经济、社会、环境等发挥作用程度。评价结果显示,青

藏铁路实际客货运量、接待旅游人数、旅游总收入大幅增长,极大地推动了交通运输业、旅游业的发展,促进了地区社会的进步。此外,评估者对青藏铁路采取的环保型列车运行模式、植被恢复、动物保护通道设置等环保措施进行评价,分析得出青藏铁路工程与沿线生态环境实现了和谐统一。据不完全统计,青藏铁路各种间接效益合计达334.82亿元(已超过建设总投资330亿元)^[19]。

铁路工程评价同样需要对各阶段工程价值不断进行实践、认识、再实践、再认识。按评估阶段划分,铁路工程评估知识可分为前评估知识、中评估知识和后评估知识,前、中、后评估知识内在相互联系,并分别指导各阶段评估主体从经济、社会、环境等不同标准维度对铁路工程过程和结果的合目的性进行检验和反馈。

铁路工程评估知识围绕一定价值目标而展开,集客观理论方法及主观经验理念于一体,融合技术、经济、社会等多维度价值体系,承载评估主体定量定性相结合的价值判断。除铁路部门外,要广泛听取服务对象的反映,包括政府、军队、企业、社会团体及民众等。它实现了铁路项目对社会需求满足程度的评价,促使工程整体功能实现、价值提升,也促进了后续工程实践活动

的优化和工程知识的丰富。

总之, 铁路工程专业知识具有明显的阶段性特征, 但各阶段知识并非孤立, 而是紧密衔接、内在关联、耦合互动、不断递进, 全面贯通铁路工程全生命期。各阶段工程知识与铁路工程通用知识合力达成铁路工程系统目标, 协同创造了造物价值。

4 铁路工程知识的运用与创新

纵观历史长河, 知识促进各行业探索前进, 各行业发展推动知识动态创新, 二者演化为螺旋式发展的自组织结构, 促使知识不断地由低阶向高阶更新迭代^{[4]23-25}。从朴素唯物主义到辩证唯物主义, 铁路从业者对“两类物质世界”(天然自然界和人工物世界)^[20]客观存在规律进行思辨扬弃, 特别强调铁路工程知识系统运用, 前瞻铁路工程知识变化与创新。

4.1 科学运用铁路工程知识

铁路工程知识是按照特定目标及地域环境由通用知识和专业知识构成的有机整体, 并受到自然、经济、社会等多种因素的深刻影响。科学运用铁路工程知识切忌生搬硬套, 要倡导灵活运用、集成运用、创新运用的综合统一。

灵活运用铁路工程知识是对铁路从业者观察视野、知识范围、实践能力等素质提出的高标准严要求。为了实现特定环境(包括自然环境、人文社会环境、科学技术环境、政治经济环境等)下的铁路工程建造, 必须从诸多相关学科知识库中灵活选择。随着铁路建造领域延伸、运行环境不断改变, 只有将铁路工程知识结合项目实际灵活运用, 才能更全面深入地分析问题和解决问题。

集成运用是将碎片化铁路工程知识集中在一起产生联系, 从而构成一个知识体系的过程。不但重视科学技术、人文社会、工程管理等通用知识, 更加重视决策、设计、实施、验收、运维、

评估等专业知识。京津城际是我国高速铁路全生命期自主研发创新的良好开端, 其中运用的铁路工程知识不仅以铁路工程实体及其建造设备、工机具等形态“物化”的存在, 又以铁路工程的建造经验、标准规范、设计构想、技术方案、社会认知等纯知识形态存在。最终京津城际铁路建设攻克了系统设计、轨道高平顺与高稳定、高速列车安全与舒适、运行控制可靠与高效这四大工程难题^[21]。

创新运用是铁路工程知识创新生态下技术知识进步和管理知识集成共同演进的产物。当铁路工程的发展满足了人类服务性需求的稳态之后, 人们对铁路运输知识的快捷性提出了更高的要求——希望能够弥补高铁速度与飞机速度之间的空白地带。2019年5月24日, 中国时速600公里的高速磁悬浮试验样车在青岛下线, 这标志着高速磁浮技术知识实现重大突破^[22]。人们正在研究新的高速动车组和高速铁路技术, 也在开展低真空管道超高速磁悬浮技术研究。

科学运用铁路工程知识涉及铁路工程系统、知识要素以及它们之间的灵活运用、集成运用、创新运用, 不仅随时间的推移而变化, 而且按空间的划分而铺展。通过科学总结和持续更迭, 铁路工程知识的科学运用必将为铁路大发展做出新贡献。

4.2 建设绿色智能铁路工程

在不断变革的人与自然关系的基础上, 铁路从业者更加深刻地认识到工程知识更新的复杂性、动态性和集成性。随着理念升级迭代、技术运用发展, 铁路工程知识必定在未来多元化实体活动中得到更普遍地应用, 其中以理念更新为引领的绿色铁路和技术更新为核心的智能铁路尤为突出。

绿色铁路随着可持续发展理念的提出而备受关注。绿色铁路是以环境价值为衡量尺度, 运用各种绿色环保知识, 在确保铁路运输安全、快捷、

高效的条件下,减小铁路及配套设施对生态环境的负面影响,同时具有良好的经济效果和可持续发展能力的铁路^[23]。与传统铁路工程相比,绿色铁路不单体现在节能节水节地减排,实现铁路绿化、环境保护、安全保障等方面,更是一个高标准高质量的综合体系;是一项开放复杂的工程系统,更是科学技术知识、人文社会知识、工程管理知识的集成运用。绿色铁路目标体现在多方面:一是运用经济知识,使建设和运维外部成本内部化;二是以资源可持续利用为前提,通过技术水平提高和管理现代化,节约使用各种资源;三是以环保知识为约束条件,从粗放型转变为集约型,以数量型转变为质量型,把对环境的影响降到最低程度。换言之,绿色铁路所体现的是可持续发展知识与铁路工程专业知识的有效结合,也是构建和谐轨道交通的必然选择。

智能铁路受到全面感知、万物互联、数据驱动、智能决策等创新技术融合影响,已然成为铁路工程变革的核心。智能铁路充分利用新一代信息技术,即移动互联网、人工智能、大数据、云计算、物联网等,创新性地以自主感知、自主学习、自主决策和自主控制为核心处理流程,在知识指导实践的基础上,为人们提供高效精准、个性化的位移服务,从而实现更加安全、高效、舒适、绿色的新一代铁路交通运输系统^[24]。在铁路工程全生命期各个阶段,形成了体系化的自主知识产权,对于智能铁路的建设、管理及运维工作起到至关重要的作用。

自然界和人工物世界通过“自催化”和“自反馈”等机制进行着创新演进,铁路工程知识历经百年洗礼也进行着阶梯式动态更新。绿色智能铁路有一个从低级到中级再到高级的发展过程,相应的绿色智能铁路知识也经历一个从低到高的升级过程^[25]。在铁路工程知识更新迭代的道路上,铁路从业者不仅要动态更新知识融入到造物活动当中,更要将对立统一、质量互变和否定之否

定的辩证思想和系统思维,渗透到更高质量、更高水平以及更高效率的铁路工程实践活动当中。

总之,要立足工程哲学,以自然界与人工物世界的统一为依据,建立铁路工程知识灵活运用、集成运用、创新运用的自组织结构。在此基础上,运用工程建设的新思维,建设绿色智能铁路工程,进一步推动铁路工程知识的动态发展。铁路工程需求是铁路工程知识发展的牵引力,要从本质上认识铁路工程知识的价值和作用,把握其运动、变化和更新的基本规律,才能让铁路工程更好地造福全世界人民。

5 结语

铁路工程在实践中不断更新演化,集成为具有深刻哲学属性的铁路工程知识,进而指导铁路工程实践。本文从铁路工程发展历程描述铁路工程知识演化的过程,构建以铁路工程通用知识为基础、以铁路工程专业知识为核心的知识体系,前瞻铁路工程知识运用与创新,为铁路工程知识论研究提供分析佐证。并得出以下结论。

1) 铁路工程知识是工程知识的重要组成部分,对铁路工程具有重要指导意义。从铁路工程发展历程回顾铁路工程知识演化的过程,并构建铁路工程知识体系,同时对铁路工程知识辩证统一的性质进行分析,为铁路工程知识的详细研究确立了基本思想和架构。

2) 铁路工程科学技术知识、人文社会知识、工程管理知识是铁路工程通用知识的三维体现。三者因性质、功能不同,彼此促进的同时又相互制约,共同为铁路工程实践的开展提供基础保障。通过解读铁路工程通用知识本质构成,厘清了铁路工程与自然、社会、人之间的关系。

3) 铁路工程专业知识总体上涵盖了决策知识、设计知识、实施知识、验收知识、运维知识与评估知识。虽然具有明显的阶段性特征,但各阶段知识并非孤立,而是紧密衔接、内在关联、耦合互动、不断递进,全面贯通铁路工程全生命

周期。

4) 铁路工程知识的运用与创新克服了以往缺乏系统认知所造成的局限性, 吸取了工程哲学中关于铁路工程运动、发展的整体思想, 建立了一种铁路工程知识科学运用的自组织结构。建设绿色智能铁路工程开拓了工程建设的崭新思维, 推动了铁路工程知识的动态发展, 让铁路工程更好地造福全世界人民。

参考文献

- [1] 孙永福. 对铁路投融资体制改革的思考[J]. 管理世界, 2004(11): 1-4.
- [2] 殷瑞钰, 李伯聪, 汪应洛, 等. 工程演化论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 51-67.
- [3] 黄正荣. 工程知识的性质与特征——从工程哲学的视野看[J]. 长沙理工大学学报(社会科学版), 2016, 31(2): 19-25.
- [4] 殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪. 工程哲学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [5] 孙永福. 青藏铁路多年冻土工程的研究与实践[J]. 冰川冻土, 2005(2): 153-162.
- [6] 邓波, 贺凯. 试论科学知识、技术知识与工程知识[J]. 自然辩证法研究, 2007, 23(10): 41-46.
- [7] 吕乃基. 科技知识论[M]. 南京: 东南大学出版社, 2009: 90-96.
- [8] 夏征农. 辞海:1999年版[M]. 上海: 上海辞书出版社, 2000: 872.
- [9] 邓波, 罗丽. 工程知识的科学技术维度与人文社会维度[J]. 自然辩证法通讯, 2009, 31(4): 35-42.
- [10] 孙永福. 京九铁路对经济社会发展重大作用研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2008: 6.
- [11] 孙永福. 铁路工程项目管理理论与实践[M]. 中国铁道出版社, 2016.
- [12] 《青藏铁路》委员会. 青藏铁路·综合卷[M]. 中国铁道出版社, 2012: 54-58.
- [13] 郭峰. 协调管理与制度设计[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 240-250.
- [14] 京沪高速铁路建设总结编写组. 京沪高速铁路建设总结·决策卷[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2015: 160-165.
- [15] 张倬元. 工程地质勘察[M]. 北京: 地质出版社, 1981: 119-120.
- [16] 白孝勇. 刍议铁路选线设计树立安全选线的设计理念[J]. 铁道标准设计, 2012(7): 33-37.
- [17] 郭峰, 王喜军. 建设项目协调管理[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 23-26.
- [18] 卢春房. 中国高速铁路建设项目一体化管理模式研究与实践[J]. 铁道学报, 2016, 38(11): 1-8.
- [19] 孙永福. 青藏铁路对经济社会发展的重大作用[R]. 2016: 2.
- [20] 殷瑞钰, 傅志寰, 李伯聪. 从“两类物质世界”出发看工程知识——工程知识论研究之一[J]. 自然辩证法研究, 2018, 34(9): 31-38.
- [21] 何华武. 京津城际铁路科技创新[J]. 中国工程科学, 2009, 11(1): 4-16.
- [22] 苏万明, 温竞华, 阳建. 我国时速600公里高速磁浮试验样车下线[N]. 新华每日电讯, 2019-05-24(1).
- [23] 马得祥. 关于建设可持续发展绿色铁路的研究[J]. 环境科学与管理, 2019, 44(3): 177-180.
- [24] 秦勇, 孙璇, 马小平. 智能铁路2.0体系框架及其应用研究[J]. 北京交通大学学报, 2019, 43(1): 138-145.
- [25] 孙永福. 建设绿色智能川藏铁路[R]. 川藏铁路建设论坛, 2019, 4.

A Study on Railway Engineering Knowledge

Sun Yongfu¹, Guo Feng², Niu Feng³

(1. *The former Ministry of Railways, Beijing 100844, China;*

2. *School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410075, China;*

3. *China State Railway Group Co., Ltd, Beijing 100844, China)*

Abstract: Railway projects reside in the “natural-engineering-society”, a system that is interrelated, interactive, and mutually constrained. In practice, it continuously summarizes and completes the sublimation of railway engineering cognition and integrates it into railway engineering knowledge with profound philosophical attributes. Furthermore, it has an important guiding significance for railway engineering practice. This paper describes the process of railway engineering knowledge evolution from the development history of railway engineering. Based on the “science-technology-engineering” ternary framework, it builds a knowledge system based on the general knowledge of railway engineering and the core knowledge of railway engineering, supplemented by case studies. Among them, the general knowledge of railway engineering is recognized from the three dimensions of railway engineering science and technology, humanities society, and engineering management. Railway engineering expertise from the whole life cycle of the railway engineering decision-making knowledge as well as design, implementation, acceptance, operation and maintenance, and evaluation knowledge is taken into account for this division. Our study looking forward to the changes and innovations in railway engineering knowledge, emphasizing the scientific application of railway engineering knowledge, building a green intelligent railway project, providing analytical support for railway engineering knowledge theory research.

Key Words: railway engineering; railway engineering knowledge; engineering knowledge theory