

中国高速铁路创新发展的哲学思考

傅志寰

(中国铁路总公司, 北京 100038)

摘要: 本文从回顾中国高铁创新发展历程出发, 总结了我国高铁创新成就, 着重分析了高铁创新发展中几个哲学关系问题。即: 着眼大局, 处理好工程单元个体与工程系统整体的关系; 立足实践, 既重视渐进性创新又追求突破性创新; 以我为主, 处理好引进与自主创新的关系; 培育创新能力, 在诸要素中突出人的作用; 坚持协同创新, 把握好“用产学研”之间的关系; 立足国情, 发挥市场体制与举国体制双重优势; 开放自主, 为世界高铁发展承担更多责任。最后希冀中国铁路人继续开拓进取, 敢闯“无人区”, 不但要为我国铁路发展也应为世界铁路发展做出重要贡献。

关键词: 高速铁路; 技术引进; 自主创新; 举国体制

中图分类号: U2

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2021)03-0240-12

在人类交通工程演化发展进程中, 铁路的发明和建设是一个革命性事件。1825年, 英国开通了第一条铁路, 开创了世界铁路历史的先河。紧随其后, 许多国家也都开始了大规模铁路建设。可是在1949年以前的旧中国, 铁路工程建设却经历了格外艰难曲折的历程。新中国成立后, 铁路发展明显加快了建设速度。尽管如此, 仍难以满足经济快速增长的需求, 与世界先进水平相比差距巨大。改革开放后, 铁路人勇于创新, 在列车速度问题上, 基于财力有限的历史条件, 以渐进性地开展“提速”的方式不断积累和创新, 直至跃升走上了发展中国高速铁路的新阶段。

经过多年的奋斗, 中国高速铁路建设取得辉煌成就, 对经济社会发展发挥了重要支撑和拉动作用, 并成为对外一张靓丽的名片。2020年中国高铁营业里程达3.79万公里, 约占世界高铁的70%。自主设计制造的复兴号高速列车奔驰在祖国广袤的大地上, 最高行车时速达350公里, 居世界第一, 目前中国高铁网覆盖除西藏外的全

部省份。客运量急剧增长, 适应了人民群众出行的需要, 既解决了多年火车买票难问题, 又缩短了旅行时间, 提高了乘车便捷和舒适性。与此同时, 高铁作为中国交通运输的主骨架, 支撑了经济社会高质量发展, 增强了沿线地区经济发展的吸引力和辐射力; 缩短了时空距离, 打造同城效应, 加快经济社会运行节奏, 促进了城市群、区域一体化。发挥了绿色交通的比较优势, 为节能减排, 做出了重要贡献。

1 中国高铁创新发展历程

“水滴穿石, 非一日之功”。中国高铁的孕育和发展曾是一个漫长的创新发展过程。经历了探索突破、快速发展、自主提升时期, 目前正在进入高质量发展时期。

1.1 锲而不舍的探索创新时期

创新是梦想引导的活动, 没有创新的梦想就不可能有创新的行动。然而实现梦想不可能是一蹴而就的, 必须审时度势创造条件, 脚踏实地开

展创新活动。只有锲而不舍，不盲从，不跟风，把梦想与实践结合起来，探索和创新才有成功的希望。

中国高铁的孕育是由广深（广州—深圳）准高速铁路建设开始的。20世纪80年代中国铁路运能紧张，严重制约了国民经济和社会发展。旅客列车平均速度仅48km/h，货物列车速度更慢。在计划经济体制下，每年国家一百亿元左右的拨款只能修建几百公里铁路，显然无力建设高铁。提高运输能力主要靠既有铁路挖潜。1990年铁道部决定将长度约150km的广深线作为提速改造的试点工程，最高速度从100km/h提高到160km/h（其中26km设有速度为200km/h的试验段）。广深线作为我国第一条提速铁路（又称准高速铁路），开通后取得了良好效果。其所开发的大功率机车、新型客车、动车组以及可动心道岔等以及新制定的标准规范，为日后铁路大面积提速奠定了坚实的基础。从1997年开始，我国铁路陆续实施6次大提速，最高速度达200~250km/h。大规模的提速工程不但提高了铁路客运能力和服务质量，而且成为我国高铁发展的铺垫和前奏。

铁路人没有满足于既有铁路的大提速，进而提出建设高速铁路的设想，并率先对京沪（北京—上海）高铁开展了论证。其背景是：20世纪80年代东部沿海经济起飞，既有京沪铁路客货运量猛增，急需扩大运输能力。在做了大量研究的基础上，1990年铁道部向国务院报送《关于“八五”期间开展高速铁路技术攻关的报告》。1993年国家科委、国家计委、国家经委、国家体改委和铁道部组织专家编写出《京沪高速铁路重大技术经济问题前期研究报告》上报国务院。报告认为建设京沪高速铁路是迫切需要的，技术上是可行的，经济上是合理的，国力上是能够承受的，建设资金是可以解决的，建议国家尽快批准立项。随后，铁道部组织力量开展现场勘测设计工作，并对机车车辆、通信信号、线路桥梁、运输组织等开展

系列研究。1996年完成“预可研”报告并上报国务院。总理办公会议专门做了研究，认为建设京沪高速铁路是需要的，可考虑近期完成立项工作。1997年铁道部将《北京至上海高速铁路项目建议书》上报国家计委。1998年初，中央把京沪高速铁路建设列入工作重点之一。

正当人们准备大干京沪高速铁路之时，不期然却陷入了长达五年的磁浮与轮轨技术制式之争——也就是关于中国高铁工程的“技术路线”之争。1998年德国公司以及我国几位学者提出京沪高铁采用磁浮技术的建议，并得到高层重视。然而铁道部却不赞同这一技术路线，理由是：采用磁浮路线除了技术掌握在外国公司手里、风险大外，最重要问题是新建的磁浮系统不能与既有铁路兼容联网；相反，若京沪间修建轮轨高速铁路，不但技术成熟、成本较低，还能在华东地区发挥更为广阔的辐射效应。这场技术路线的争论十分激烈，导致了京沪高速铁路建设长时间搁浅。

由于京沪高铁迟迟未能上马，1999年开始建设的秦沈（秦皇岛—沈阳）客运专线，便成为我国高速铁路的“试验田”。秦沈客运专线全长405km，线下工程按250km/h、线上工程按200km/h设计，并设置了长66km、速度为300km/h试验段。这条线路建设创造了中国铁路的众多“率先”和“第一”。路基率先按全新概念设计和施工，对填筑工艺提出严格要求；开发了新型钢轨、大号码道岔，铺设了超长无缝线路。桥梁上率先大范围采用双线混凝土箱型梁。接触网第一次在我国采用铜镁合金导线，受流性能明显改善。牵引变电所具有远动控制和自诊断功能，做到无人值守。信号系统取得突破，以车载速度显示作为行车凭证。“中华之星”动车组试验速度达到321.5km/h，刷新我国铁路的最高纪录。秦沈客运专线不但开发了新技术，积累了设计、施工经验，同时也培训了一大批人才，为后续高铁建设输送了技术骨干。

1.2 抓住机遇实现快速发展时期

在现实的社会生活中,人们都对“机遇”问题有深切体验。对于工程发展和工程创新进程来说,如果能够及时抓住机遇,就会走上发展的快车道。

2003 年轮轨和磁悬浮的技术路线之争结束,“轮轨技术”成为公认的选择。国务院先后于 2004 年和 2008 年相继批准《中长期铁路网规划》和《中长期铁路网规划(2008 调整)》,为我国铁路特别是高铁规划了发展蓝图。由于适逢国家追加“铁、公、机”投资的时机,紧接着高铁建设进入高潮,并创造了历史性的辉煌。合肥-九江、武汉-广州、北京-天津(我国第一条时速 350km 的高铁)、郑州-西安、温州-福州、福州-厦门等高铁接连开通,在国内外引起热烈反响,得到社会公众的赞扬。其中,1318 公里的京沪高铁是当时世界上一次建成里程最长、标准最高的高铁线路。这一期间,实施了高速动车组等技术装备的大规模引进,并很快实现了国产化。例如,生产了 CRH1、CRH2、CRH3、CRH5 型动车组,进而在此基础上经过改进创新,推出 CRH380A、CRH380B 等系列高速列车,这样在技术和质量上又上了一个新台阶。

1.3 重大事件反思后的自主提升时期

2011 年,甬温高铁动车重大伤亡事故发生后,社会上关于高铁一片褒扬的舆论出现了如过山车般的跌宕,质疑之声一时间铺天盖地。关于高铁如何发展问题,突然成为全社会议论的热点。

工程发展史的辩证法告诫人们:重大事故往往会成为工程发展中的一个“关节点”。如果能对事故进行严肃剖析和反思,就能发现重大技术和管理漏洞,进而能够深化对所建工程的认识,甚至会开创工程建设的“新阶段”;反之,也可能成为“一蹶不振”的“转折点”。那段时间,面对种种质疑,铁路人没有自乱阵脚,没有气馁。在国务院的指导下,铁道部深入分析了之前存在的科学、不规范、不可持续的问题,调整了发展思

路。即以保证建设质量为前提,不再急忙抢进度;把握需求与可能,兼顾社会效益和经济效益,调整建设规模;充分考虑群众多层次需求和对票价的承受能力,做到建设标准与所在地区的发展水平相匹配;按 300~350km/h 建设“四纵四横”主通道高速铁路;按 200~250km/h 建设高速铁路延伸线。就这样,通过调整发展思路,在加强管理、降低造价、保证质量和安全方面取得了明显成效。

与此同时,加大了自主创新攻关力度。经过几年的努力,开展正向设计、自主制造、自主试验,开发出系列具有自主知识产权的产品。“复兴号”动车一组列车研制取得成功,列车控制系统、地震预警系统获重大突破,无砟轨道、跨度 40 米简支箱梁、装配式隧道、聚氨酯固化道床等研究成果进一步优化了中国高速铁路线路工程技术体系。

1.4 进入新时代高质量发展时期

2017 年十九大明确了建设交通强国的宏伟目标,铁路系统提出了“建设交通强国,铁路先行”的发展战略——统筹发展和安全,打造一流设施、技术、管理、服务,构建便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进、安全可靠的现代化的高速铁路系统。这标志着铁路系统进入新时代的高质量发展时期。主要成就是:推进高铁网建设在原有“四纵四横”基础上,向“八纵八横”过渡。增强科技创新力度,实现运营调度指挥自动化,在世界上首次实现时速 350 公里列车的自动驾驶;启动速度为 400km/h 的新型动车组的开发,为高铁进一步缩短旅行时间创造条件;试制高速磁浮列车,研究真空管道高速列车,为发展更高速度的交通方式做好技术储备;推进数字化、智能化建设,对运输组织、安全生产、客货服务、经营管理、建设管理等发挥支撑作用。提高工程质量,实现 BIM、大数据等新一代信息技术和高速铁路建设工程的集成融合。提升运输经营水平,实行一站式、个性化服务。推进绿色发展,使用

清洁能源装备，减少噪声和污染物排放，促进高铁与生态的协调。

回顾三十多年的高铁发展历程，并非一路坦途，曾出现一些起伏和曲折。尽管如此，这一历程却是高铁系统不断升级的过程、技术和管理创新的过程，也是对高铁不断加深认识和统一思想的过程。尤其是在早期探索时期的十多年里，通过不同观点的辩论、各种方案的比较、技术路线（轮轨与磁浮）的激烈交锋，和“否定之否定”的螺旋式反复，对客观事物理解逐步深化，最终导致认识上的升华，并在统一思想的基础上形成了正确的决策。如果没有先前的辩论和“交锋”，就不会有后来认识上的高度一致。看起来“统一认识”来得慢些，但正是这个“慢”就为后来的“快”（决策上马）做了准备，促成了“快速发展时期”的早日到来。由于“统一认识”来之不易，所以其后的决心和行动就坚定不移，不为外界各种议论所动摇。这就在思想上为我国高铁顺利发展创造了重要条件。

2 我国高铁的创新成就

2.1 技术创新成就

多年来，中国铁路始终坚持独立自主、开放合作，坚定不移走自主创新之路，推进核心技术攻关和产业化应用。在工程建设、动车组、通信信号、牵引供电、安全保障、经营管理等领域实现重要突破，研制和推广了大量自主化新装备^[1]，取得复兴号动车组等一批重大科技创新成果；形成了包括工程建设标准、产品技术标准、运营技术在内的高速铁路标准体系。我国高铁在技术上总体上达到世界先进水平，部分领域为世界领先。

工程建设领域^[2]。依托多年大规模铁路建设实践，在高铁路基、轨道、桥梁、隧道等方面解决了许多世界性技术难题，相继建成以京沪、京广为代表的一批高速铁路。路基轨道方面，攻克了复杂地质条件下地基处理、填筑工艺、变形控

制、防止冻胀等技术，保证了高铁路基长期稳定和线路平顺；开发 CRTS 型板式无砟轨道结构，形成了具有自主知识产权的成套技术；开展了聚氨酯固化道床研究，丰富了轨道结构类型。桥梁方面，建成了跨度、荷载等创世界记录的高速铁路桥梁。武汉天兴洲长江大桥，是世界第一座按四线铁路修建的双塔公铁两用斜拉桥；南京大胜关长江大桥，是世界首座六线且荷载最大的高速铁路桥梁；沪通长江大桥和五峰山长江大桥分别为世界上最大跨度公铁两用斜拉桥和高速铁路悬索桥。隧道方面，在岩溶、瓦斯、黄土、高地应力、高水压等复杂条件下的工程修建技术取得新突破，建成了一批特长、超深埋、超大断面、高海拔等隧道工程，如全长 27.8 公里的太行山隧道，是亚洲最长的高速铁路隧道；广深港线狮子洋跨海隧道是世界最长的水下铁路盾构隧道。智能建造方面，将物联网、大数据、人工智能等先进技术成功应用于高铁建设，形成基于 BIM 的协同设计、智能施工体系。

高速动车组领域。先期自主研发了“中华之星”等高速动车组，后来通过引进技术、消化吸收，实现动车组的国产化，形成了“和谐号”动车组系列，再后经过改进创新研制了 CRH380A、380B 等动车组。特别值得称道的是，中国科技人员坚持正向设计，成功开发了具有完全自主知识产权的时速 350 公里中国标准动车组——“复兴号”，树立了世界高铁建设运营新标杆。其后又以复兴号为基础，构建了高速动车组产品谱系化平台，满足了不同速度等级、不同运用环境、不同编组型的需要，实现了“自主化”、“标准化”，彻底摆脱了外国公司对技术所有权的控制。具体而言，在产品开发中开展了大量的基础研究、设计探索、仿真优化、台架试验及长期线路跟踪试验，在走行部技术、车体技术、牵引制动与网络技术等方面实现了新突破。其结果是：在速度方面，继和谐号 CRH380 创造了 486.1 km/h 的世界

轮轨铁路运营最高速度纪录后,复兴号创造了420 km/h的世界最高速度列车交会试验记录。在安全方面,设置智能化感知系统对列车进行全方位监测,应用大数据、物联网等信息技术实现动车组健康管理。在节能环保方面,优化列车头型及车体空气动力学性能,采用镁合金、碳纤维等轻量化材料,降低了运行能耗和噪音。在舒适性方面,平稳指标达到国际优级标准。尤其应该指出,近期又成功研制用于京张、京雄铁路的智能型复兴号动车组,在世界上首次实现了时速350公里自动驾驶。复兴号已经成为中国走向世界手中的王牌。为此,习近平总书记称赞道“复兴号奔驰在祖国广袤的大地上”,“复兴号高速列车迈出从追赶到领跑的关键一步”。

通信信号领域。通过引进和自主研发,采用GSM-R通信系统,突破无线闭塞中心关键技术,实现地面与动车组信息的双向实时传输,成功研发了自主化CTCS-3级列控系统,构建了自主列控系统技术体系,满足了列车时速350公里的运行要求,进而又成功研制了高铁列车自动驾驶系统。

牵引供电领域。研制了大张力全补偿链型悬挂等接触网新技术,改善了弓网受流性能。开发了具有设备远程控制、保护、监视、测量功能的智能牵引供电系统,保证了高速运行条件下牵引供电系统的安全可靠。

安全保障领域。建立包括实时检测、在线预警、综合分析、趋势预测和安全评估的综合检测技术体系。研发了风雨雪等自然灾害监测、异物侵限报警与地震监测预警技术,建成了覆盖高速铁路全线的综合视频监控系統,实现对设备状态、自然灾害和治安风险的立体防控。

运营管理领域。为保障大规模、多场景铁路运营,构建了由全路指挥中心、地区调度中心、车站执行中心组成的调度指挥体系,有效解决了不同动车组编组、不同速度、不同距离、跨线运

行等调度难题,实现了调度指挥集中化、智能化。构建了世界上规模最大的12306实时票务交易系统,推出自助选坐等一系列服务功能,提升了高铁运营服务品质。

综上所述,以上高铁的各技术领域(子系统)都取得丰硕的创新成果。不过,各领域技术创新的特征和层次是有差异的。在工程建设和牵引供电领域,主要是在渐进式创新基础上,取得了集成性突破,即通过多年实践经验和知识的积累集成,实现量变到质变,整体达到世界领先水平。高速动车组则是在自主研发的深厚底蕴基础上,通过引进实现了高水平的再创新,在运行速度上反超日、法、德等国。通信信号创新与高速动车组属于同一类型,目前达到国际先进水平。安全保障和运营管理技术则是我国自主开发的结晶。

高铁是个复杂的大系统,是由多个子系统上千种专项技术(要素)支撑的,而这些子系统及其要素常常是不可分割的。例如动车与轨道,动车与供电,动车与信号,形成了相互耦合、相互制约的关系,有的甚至相互融合成一个整体,而安全保障技术和管理技术则渗透到高铁的其他子系统。众所周知,大系统整体作用大于子系统作用之和,所以在技术创新中不但子系统内部各要素需要集成,而且各子系统之间也必须进行综合。反过来说,即使每个要素(子系统)不是最优,但可以通过有效的集成整合,实现工程大系统的优化。事实上也是如此,我国高铁并非基于全新的技术,并非都最高档次上,而是以自主创新技术为核心,充分利用长期积累的成熟技术,消化吸收的引进技术,加以融合集成而形成的工程系统。多年来,我国高铁采取了建设、运营一体化,科研、制造、试验一体化,固定设施与移动装备一体化等综合开发方式,打通了不同专业、不同部门创新环节间的阻隔,形成了跨专业融合、上下贯通、协调一致的协作模式,从而综合创造了世界水平的技术系统。

2.2 管理创新成就

铁路是个社会性、外部性很强的工程系统，系统环境是铁路赖以生存发展的必要条件。对于计划经济烙印很深的铁路而言，几十年来所处的系统环境发生最突出的变化，是我国市场经济体制改革的不断深化。铁路逐步适应这种变化，实施了许多改革与管理创新。先后组建中国铁路总公司和中国国家铁路集团有限公司，改变了长期以来铁路政企合一体制，在构建现代企业管理制度方面取得重要进展。

引入市场机制，改革高铁投资模式。吸收各省市以及社会资本，促进铁路投资多元化新格局的形成和高铁管理体制与运行机制的转变。铁路与地方政府开展密切合作，形成“路地共建”模式，既发挥了铁路企业在组织建设和运营管理方面的特长，又发挥了沿线地方政府在征地拆迁方面的优势，妥善解决了有关群众安置问题，化解了许多矛盾。

推进运输管理体制变革，创新经营管理模式。负责资产管理的各高速铁路公司不直接经营运输业务，而采取委托模式，由相关铁路局承担运输组织工作，并对设施基础、移动装备、运输安全进行管理和维修。这种模式有利于充分利用既有铁路设施和人力资源，便于与整个路网的协调配合，发挥更大效益。

开拓创新服务模式，改善服务质量。为适应旅客出行需要和客流量的不断变化，推出各种等级的长途、城际、市域列车等多样运输产品，建立客运“一日一图”运力调配机制；全面推广电子客票、网上售票、刷脸进站、互联网订餐、旅途在线娱乐等特色服务。实施列车票价差异化的市场化改革。

我国高铁建设运营之所以取得成功，改革与管理创新是重要因素。改革与管理创新从根本上改变了计划经济体制下的“高大半”（高度集中统一、大联动机、半军事化）的管理模式，既适应

了社会主义市场经济体制大环境，又激发了企业的活力。

综上所述，技术创新和管理创新是一种相互依存、相互促进的关系。技术创新促进了管理创新，管理创新则支撑了技术创新功效得以发挥。技术创新与管理创新对我国高铁的发展起到了“双轮驱动”作用。

3 关于高铁创新发展中若干关系的哲学分析

3.1 着眼大局，处理好工程单元个体与工程系统整体的关系

自然界的一切事物不是孤立存在的，都处于系统之中^[3]。高铁作为四通八达的运输体系，一方面与经济社会有着千丝万缕的联系，另一方面其自身又是个复杂巨系统。与一般的工程不同，高铁是由基础设施网、运营服务网、信息网、能源供应网等多层网络构成的系统。其中，基础设施网由多条线路和诸多枢纽组成，运营和服务网由高速动车、列车控制系统、供电系统、信息系统、运输指挥和客货服务系统支撑。除此，高铁网不仅要与既有普通铁路网互联互通，而且要与其他交通方式实现有效衔接。与此同时，高铁还要服务于经济社会发展的需要，既要着眼全国也惠及有关省市。这就要求每一条线路、每一个枢纽的规划和运营不但要服从全局的需要，又必须适应各地发展的要求。因此，高铁建设与运营必须从大局着眼，处理好每个工程单元个体与整个系统的关系。也就是说，为了实现我国高铁系统的优化，每项工程必须服从总体规划，技术制式的选择必须考虑全局的要求，所有装备必须符合标准和规范，列车运营要服从统一调度。

由于多年来我国高铁建设坚持抓好顶层设计，上述各项要求已经兑现。这主要归功于我国的体制优势。例如，路网建设得到国家的高度重视，国务院于2004、2008、2016年三次批准“铁

路中长期发展规划”,其中包括建设“四纵四横”“八纵八横”高铁主骨架。与此相应有关部门和地方制定了落实计划和保障措施。

假如与美国早期铁路建设相比,我国走了完全不同的道路。当时美国铁路发展呈现放任、无序的态势,结果导致碎片化和重复建设,以至于后来不得不实施大规模兼并重组,并将十几万公里运量不大的铁路拆除。

其实,在我国高铁建设中,关于如何处理好局部与全局关系并不是没有出现问题的。尽管有一些波折,但最终得到解决。例如前面提到的京沪高铁技术制式抉择问题,即磁悬浮与轮轨技术路线之争,经过长期反复辩论后,才最终得出结果。正是这条高铁技术方案统一到全国轮轨制式的正确选择,为开启我国高铁建设高潮铺平了道路。

由于高铁建设重视把握工程单元个体与工程系统的关系,所以取得了良好的整体效益。

3.2 立足实践,既要重视渐进性创新,又要追求突破性创新

实践是创新的源泉,对中国高铁也是如此。以工程建设(土建)为例,其主要技术源自于中国铁路自身多年建设实践。这是由于国情不同于日、法、德等高铁先驱,疆土辽阔,气候与地质条件十分复杂,没有国外成套经验可资借鉴,况且中国高速铁路最高时速为350公里,已经超越了国外最高标准,更需自己探索前行。几十年来中国铁路大规模建路、架设桥梁、开凿隧道的极其丰富工程实践(包括科学实验)孕育和支撑了高铁技术创新和管理创新。铁路人立足于丰富实践,将经验总结为方法,将领悟升华为理论,将认知转化为标准。而形成的这些方法、理论和标准又反过来再指导实践。大规模的实践是我国高铁超越发达国家的重要原因,而原来领先的日、法、德等国由于高铁建设放缓步伐,缺乏最新实践,所以在许多领域被我们超越。

辩证法告知人们,立足于实践的创新有不同形式,既有量变(渐进性)又有质变(突变性)。这就要求在工程建设中既要重视渐进性创新又要重视突破性创新。

经验表明,大量立足于实践的创新是渐进性的,主要以技术或方法的“改进”“革新”形式出现,这类创新对于改善质量、降低成本、提高效率是十分重要的,而且可为重大突破式创新打下基础。与此同时,必须指出,渐进性创新在表现形式上,往往不局限于线性式“进化”,却常常表现为“阶梯式”跳跃^[4]。当工程出现某种局部的技术或管理突破性创新后,由于量变与质变二者的密切结合,就会产生创新跳跃台阶,并导致“阶梯式”的创新发展态势。例如:多年来建设的多座高铁跨江、跨海大桥,跨度越来越大、结构越来越新。尽管彼此设计方案与施工方法有很大区别,然而后者既是对前者的借鉴继承,也是对前者的优化升级,即每建一座新的大桥在技术和管理上就会再上了一个台阶。又如,高铁的无砟轨道先后开发出三种型号,即CRTS_I、CRTS_{II}、CRTS_{III},一个比一个更好,呈现了“阶梯式”发展。“阶梯式”发展不只是出现在高铁建设领域,中国铁路的六次大提速,也是很好的例证。每次提速都吸取了前一次的经验,在技术和管理上都有提升,最高速度也从140~160km/h逐步提高至200~250km/h。这些“积小胜为大胜”的“阶梯式”的积累,为高速铁路建设打下基础。

经验还表明,重大突破性创新,不但是实践积累的跃变,也是理论创新的结晶。开展多年的大量科学实验,不但解决了工程施工和产品开发中的现实问题,又推动了高速状态下的轮轨关系等理论研究的创新。例如,基于列车与桥梁相互作用的系统研究,使得在大跨度钢桥设计参数、疲劳性能、材料应用等方面收获丰硕成果;由于揭示路基基床结构的动力响应规律和荷载传递特征,形成了动力分析与累积效应理论,有效控制基床的动应变等。理论创新促进了路基、桥梁、

动车组设计水平的跃升，进而支撑了铁路从普速到高速的历史性大跨越。

就突破性创新而言，以集成形式实现系统性的突破并达到国际领先水平，也是中国高铁土建领域的特色。基于研究、设计、施工以及管理的整体优势，中国率先在世界上成套掌握了复杂环境下线路建设技术、复杂地质条件下隧道设计技术、深水大跨桥梁设计施工技术；建设了包括寒带、热带、大风、沙漠、冻土等不同气候和地质条件下的高铁。尽管中国在高铁工程建设(土建)方面还有一些薄弱环节，不过由于具有明显的综合实力，目前可称为本领域的世界“全能冠军”。

3.3 以我为主，处理好引进与自主创新的关系

引进是后发国家的合理选择。我国铁路建设比欧美国家约晚 50 年，早期铁路的技术装备基本从国外进口。高铁起步也落后较多，20 世纪 80 年代才开始跟踪研究世界高速铁路的发展，并通过考察、培训等方式学习先进经验。实践表明，这样做对于起步晚、底子薄的中国铁路来说是十分必要的，可少走不少弯路。事实也的确如此，技术引进使我们受益。以高速动车组为例，2006 年开始从日、法、德、加等国共引进了四种车型，由我国工厂按图生产。引进生产的动车组一度成为我国高铁不可或缺的组成部分，不但档次升级，而且改善了对旅客的服务；引进带动了我国动车组设计手段的提升、加工工艺和生产组织方式的改进；引进促进了企业加速技术改造和设备更新，增强了“精细化制造”意识，提高了质量控制和经营管理水平。此外，通过引进，在动车的检修设施建设、修程修制改革方面，也弥补了国内的短板。尤其应该指出的是，引进的动车组采用交流传动等先进技术，性能优良。在此技术平台上，通过消化吸收，由我国企业再开发的 380A 与 380B 等高速动车组一段时间成为高铁的主力车型。

然而市场换不来核心技术。在看到引进带来

诸多裨益的同时，也必须正视出现的弊端。以高速动车组为例，发生了一些不容忽视的问题。其一，引进的动车组有四种之多，设计各异，标准不一，既对制造不利，也给高铁运营带来诸多麻烦。多种型号的动车组，车钩结构和高度不一、电气控制方式不同，彼此难以连挂及重联运营；轮对直径不同，需要多种备品；各种动车组由于定员人数及坐席布局不同，难以互为备用。其二，最重要的是核心技术受制于人。外方对诸如转向架、网络控制、变流装置、空气制动等关键硬件和软件技术，都拒绝转让。我国得到的主要是生产图纸、制造工艺、质量控制、检测试验方法，即制造合格产品所必须的文件。至于原始设计依据、计算分析方法、关键参数选取、研究实验数据及控制软件则严加保密，以至于一段时间动车组重要参数的调整还离不开外方的技术支持。

事实教训我们，期望“站在巨人的肩膀上”往往是靠不住的。外国公司的“看家”本领——核心技术是买不来的，越是先进技术，引进难度就越大。经验还启示我们，引进成效取决于自身实力。如果一个企业本身具有较深的底蕴和内功，其技术水平将会通过引进获得提升，这就是“借力发力”；相反，倘若企业缺乏自身“定力”，则有可能被人“绑架”，按照人家的“脚本”和节奏起舞，甚至只能接受“挨宰”的命运。高铁动车之所以与汽车引进的效果不同，是因为我国机车车辆工业有较强的实力，没有把自己的企业变成他人的加工厂，而是在消化引进技术的基础上，坚持“以我为主，为我所用”的原则，开发自主的新产品^[5]。我国之所以与一般的发展中国家也不同，就是拥有深厚的底蕴和创新的造血能力，可以迅速消化引进的技术（不包括未转让的核心技术），并进行再创新，再开发，最终研制成功中国标准动车组——复兴号^[6]。

综上所述，引进与自主创新对我国高铁发展都是不可或缺的，两者是互补的关系。因此继续坚持开放式自主创新十分必要。一方面要开展交

流与合作, 不放弃一切机会利用国外资源, 借鉴国外先进经验; 另一方面, 必须坚持自立自强, 发挥“自身硬”的决定性作用。

3.4 培育创新能力, 在诸要素中突出人的作用

树高叶茂系于根深。对于一个国家, 对于一个行业, 创新能力是最重要的。我国高铁之所以蜚声世界, 归根结底是因为我国铁路有创新能力。经验告诫我们, 先进产品可以用钱买到, 但指望以引进方式购买创新能力几乎不可能。以高速动车组为例, 中国机车车辆工业的创新能力并非因引进生成, 而是在大规模引进之前就已有了基础, 只不过是在引进过程中又得到进一步增强。那么创新能力究竟来自哪里?

创新能力是长期积淀的结晶。没有积淀, 创新能力就是无源之水, 对于传统产业更是如此。正如老子所说, “合抱之木, 生于毫末; 九层之台, 起于累土”。自 20 世纪 50 年代开始起步, 我国机车车辆工业逐步形成了完整的制造体系。多年来自行开发的电力、内燃机车不下 20 个型号, 生产了数以千计的机车、数以万计的客车, 适应了铁路大提速的需要。即使在 2004 年大规模引进之前, 我国还研制了多种动车组, 其中包括为秦沈客运专线开发了高速动车组“先锋号”和“中华之星”。应该说我国铁路车辆品种之多、产量之大在世界上是少见的。这意味着在研究—设计—制造—运行的各个环节都积累了很多经验和教训。而这些正是培育创新能力的沃土。

创新能力来自于试验设施的支撑。试验是创新的摇篮, 没有试验手段就谈不上创新。几十年里, 我国铁路建有许多重要试验设施。1958 年建成的北京环行铁道试验线, 是世界规模最大的综合试验基地之一; 1992 年在西南交通大学落成的机车车辆滚动振动试验台, 是世界上试验速度最高、功能最全的试验台。这些连许多发达国家都没有的大型试验设施, 在中国铁路新型技术装备的研制中发挥了重要作用, 以至于一些外国公司

也慕名而来, 测试改进自己的产品。此外各企业也建有大量试验设施。更值得一提的是, 中国铁路总公司曾利用建设中的大同一太原高铁而特别开设的 90km 试验线(原平—太原), 对开展“复兴号”等新型动车组的研究发挥了关键作用。

无论是深厚的积淀也好, 还是试验设施也好, 都是与人才有关。也就是说, 创新能力的载体是人, 没有人才何谈创新? 而对人才的培养并非一朝一夕, 需要长期过程。几十年来, 中国铁路人“在游泳中学习游泳”, 在工程建设和新产品开发中, 经历难以数计的失败与成功, 一步一个脚印, 一步一份感悟, 才使自己得以提升。特别是挫折与失败使中国技术人员增加了知识“厚度”。多年实践昭示我们, 超大规模高铁建设是造就人才和领军人物的主战场, 不经反复磨砺, 就很难造就出一支高水平的专家队伍。人才队伍是最宝贵的财富, 也是我国铁路立足世界的底气所在。令人欣慰的是, 曾参与高铁建设的一大批中年骨干, 业已成为新技术研发的领军人物, 在他们带领下, 朝气蓬勃的年轻一代已经成长起来, 挑起了今日创新攻关的大梁。

“人是要有点精神的”。也就是说, 创新能力还源于人的自强不息精神。创新常常是被逼出来的。以机车为例, 1960 年我国电力机车诞生不久, 苏联专家突然撤离, 把刚刚接触新技术的年轻人搞得措手不及, 但却激发了他们发奋图强的使命感, 敢于对苏联不合理的设计“开刀”, 以自身力量开展艰难的技术攻关, 彻底解决了机车不能正常运行的问题。艰难困苦, 玉汝于成, 久而久之形成了自强不息的精神。由于有了这种自强不息精神, 有了一股不服输的“倔劲”, 不但敢打硬仗, 还大大提振了科技人员的自信。正是源于自信, 一些企业即使受到引进的猛烈冲击却未曾放弃过自己的研发平台。再以京沪高铁为例, 从构思到开工, 铁路人坚守了 18 年。1998 年轮轨与磁悬浮两种技术路线之间发生激烈争论, 一时间京沪高速铁路非磁悬浮技术莫属的呼声高企, 铁路人

尽管曾陷于困境，却一直在坚持自己认为正确的轮轨方案，从未中断有关研究设计工作，没有放弃涉及土木建筑、机车车辆、通信信号等上百个科技攻关项目。正是铁路人锲而不舍的执着，任由“上马”呼声潮起潮落，终于在2008年迎来了京沪高速铁路开工仪式和2011年建成通车。事情还不止于此，2011年甬温线动车追尾重大伤亡事故发生后，接踵而来的关于高铁质疑之声铺天盖地。高铁是否安全？动车还能不能坐了？面对来自社会的巨大压力，面对某些人恶意攻击，铁路人保持了清醒，没有迷失方向，坚持认为：高铁不但是低能耗、全天候的“绿色交通方式”，而且是我国旅客运输不可或缺的骨干力量，高铁建设继续前行的势头必然不可阻挡。没有这种坚守的精神，没有一股韧劲，就不可能取得今天的成就。无数事实说明，创新能力的铸就取决多种要素，但关键在于要有高水平的人才和自强不息的奋斗精神。创新能力不是“形”，而是“神”。创新能力是内功，即经磨练而成，难以用钱买来。创新能力从来不是速成品，是数十年乃至数十年的培育、磨砺、激发的结果。正所谓“不经一番寒彻骨，怎得梅花扑鼻香”。

3.5 坚持协同创新，把握好“用产学研”之间的关系

高铁是一个复杂系统，涉及领域众多，要实现技术与管理创新，只依靠铁路自身力量远远不够。因而构建形成以企业为主体、科研院所和高校广泛参与、产学研用紧密结的同创新体系十分重要^[7]。

正是按照协同创新的理念，铁路系统在高铁建设中联合有关高校、科研院所、勘察设计、工程建设、装备制造等单位，建立开放平台，改变了新产品开发与用户脱节状况，推动科研成果直接应用于高铁建设。实践证明，协同创新体系发挥了不可替代的作用。

以高速动车组研制为例，从“中华之星”直

到“复兴号”诸多产品的研制，均建立了由几十家单位组成的“用产学研”稳定的联合体。在联合体中铁路运输企业发挥龙头作用，生产企业从事设计制造，科研院所和高校负责研究试验，形成高效的协同创新体系。这样可以攥紧拳头，高效运作，不但使铁路运输企业受益，同时也降低了制造企业新产品研发的风险。应该说明的是，与制造企业在协同创新中起主导作用的通常做法不同，铁路作为“单一”用户，在重大“特定”产品开发中一直起着龙头作用。实践表明这样做不但颇具特色，而且效果很好。这是因为，和面向市场的普适产品不同，铁路运输企业既是最了解使用场景的专用产品购买者，又是最终风险的承担者，理应成为协同创新的主导者。

综上所述，建立协同创新体系，通过整合人力、技术、信息等创新要素实现有效集成，十分必要。关于如何处理“用产学研”之间的关系，要具体问题具体分析。当产品面向众多用户的市场，制造企业一般可成为协同创新的主体；而当产品面向单一市场，则用户可以处于研发的主导地位。这就是说，在协同创新领域，没有放之四海而皆准的固定模式，有的只是能够适应不同条件下的实用模式。实用有效的模式就是好模式。

3.6 立足国情，发挥市场体制与举国体制双重优势

市场需求为我国高铁发展提供了历史机遇^[8]。我国幅员辽阔、人口众多，随着经济社会快速发展、居民收入水平大幅增长，广大人民群众对美好旅行生活的期盼和向往，为高铁发展提供了巨大的市场。与此同时，改革开放的大气候为高铁发展激发出从来未有的活力。其一，在工程建设上充分引入市场机制，大量引入了地方和社会资本，解决了建设资金的来源问题。其二，在运输服务上为适应市场变化推出丰富的运输产品。其三，创新经营管理模式。同时，我国社会主义集中力量办大事的体制也是高铁快速发展极为重要

的因素。高铁建设和运营牵涉经济、社会、国防、国土开发,离不开党和国家的关怀和支持。历史是最好的证明,党中央对铁路工作的高度重视为中国高铁发展提供了强有力的支撑,国家将高铁建设写入重要文件、列入国民经济发展规划,为其发展提供根本遵循。特别是在2008年国际金融危机爆发后进一步加大了支持力度,出台系列有利于高铁建设的政策措施,这是西方任何国家所不能比拟的优势。此外,在京沪、沪昆高铁等重点工程项目上,国务院领导同志亲自担任建设领导小组组长,统筹协调各方力量,对工程顺利进行发挥了重要作用。国务院有关部门对于高铁项目审批、土地划拨、融资贷款、技术研发等都作为重点,予以关照。仅以技术研发为例,科技部、发改委、教育部以专门设立的国家科技重大攻关项目为依托,整合全国资源,支持高铁技术创新。

地方政府发挥自身特长,在征地拆迁、市政配套、站城融合发展等方面起到主导作用,从而形成了铁路与地方优势互补、合作共为的建设格局,保证了高铁建设有序推进。

综上所述,我国高铁发展既是市场体制机制发挥作用的结果,又是社会主义新型举国体制集中力量办大事制度优势的体现。市场体制和举国体制有机结合的制度创新,形成了强大合力,推动我国高铁创造了令人惊叹的中国速度、中国质量、中国品牌。

3.7 开放自主,为世界高铁发展承担更多责任

中国铁路作为落后的追赶者单方面从发达国家引进先进技术与管理体制已成历史。如今中国铁路已经进入世界前列,拥有世界三分之二的高铁里程和速度最快的高速列车;有些技术领域实现“领跑”,有的做到“并跑”;市场竞争力不断增强,多家企业进入世界五百强,其中,中国中车公司销售额远超世界同类企业,以至于客观促成世界著名的阿尔斯通公司与庞巴迪公司轨道交

通业务的合并,以应对来自中国的竞争。面对正在发生变化的世界铁路格局,中国高铁应该做些什么?需要思考和回答。

中国高铁离不开世界,世界高铁也离不开中国。任何工程系统都是开放的,唯有与外界不断进行物质、能量、信息的交换,才能保持其旺盛活力。因此,我国高铁要继续构建开放创新生态,积极促进国际合作,维护和改善业已形成的产业链、供应链,以保持我国高铁发展的良好势头。与此同时要加快走出去步伐,要通过资本输出带动装备输出和技术输出,支持更多的企业进入国际市场,尤其是要热情帮助“一带一路”沿线国家修建高铁或铁路,造福当地人民群众。

应进一步增强自信,争取更强的国际话语权。尽管我国高铁在里程和速度上领先世界,然而在国际组织中的作用却与我国地位不相匹配,许多高铁技术标准尚未得到发达国家的认可。要加强国际化人才培养,积极参与国际交通规则制定,贡献中国智慧,推动中国标准国际化,提升我国高铁的影响力。

外因是发展的条件,内因是发展的根据。所以眼睛既要向外也要向内,特别要正确认识自我。虽然中国高铁已经取得世界瞩目的成就,然而却有不少短板和不足。就技术领域而言,目前中国的优势在于集成创新和引进消化再创新,而原始创新却相对缺乏,尤其是理论创新尚待重大突破,即使在相对领先的部分技术领域,许多设计软件尚须从国外购买,少数关键产品与器件还要进口。打铁还需自身硬。特别在当前某些国家企图对中国进行围堵的形势下,必须努力补短板、强弱项,要防止核心技术被人卡脖子。当前特别应该强调的是,我们正在进入轮轨高铁发展的“无人区”,没人领路,未知因素很多。这既是严峻的挑战,也是难逢的机遇,需要奋进开拓,坚持创新。如果不勇往直前,迟早会被人超越,可能再次被抛在后面。与此同时,还要看得更远,在真空管道

高速列车研制方面也应有所作为。

综上所述，包括高铁在内的世界铁路格局在变。作为铁路大国，我国就是要在变局中做到“守正创新”，换句话说，就要把握好“变”与“不变”的关系。所谓“不变”的是坚持“对外开放，自立自强”；所谓“变”，就是要进一步开拓进取，敢于探索，加强原始创新，走别人没有走过的路，敢闯“无人区”，担当起世界高铁领跑者的责任，不但要为我国铁路发展也应为世界铁路发展做出重要贡献。

参考文献

[1] 智能高铁战略研究项目组. 智能高铁战略研究 (2035)

研究报告[R]. 中国工程院咨询研究项目, 2020.

- [2] 刘晓光, 蔡超勋, 卢春房. 中国高速铁路线路工程技术创新与发展[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(2): 1-6, 17.
- [3] 殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪. 工程哲学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [4] 朱训. 阶梯式发展是物质世界运动和人类认识运动的重要形式[J]. 自然辩证法研究, 2012, 28(12): 1-8.
- [5] 傅志寰. 关于我国高铁引进与创新的思考[J]. 中国铁路, 2016(10): 1-4.
- [6] 卢春房. 需求导向服务经济:“复兴号”动车组创新实践[J]. 科技导报, 2021, 39(4): 9-11.
- [7] 吴欣桐, 梅亮, 陈劲. 建构“整合式创新: 来自中国高铁的启示”[J]. 科学学与科学技术管理, 2020, 41(1): 66-82.
- [8] 黄阳华, 吕铁. 深化体制改革中的产业创新体系演进: 以中国高铁技术赶超为例[J]. 中国社会科学, 2020(5): 65-85.

Philosophical Reflection on Innovation and Development of China's High-speed Railway

Fu Zhihuan

(China Railway Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: The author reviews the development history of China's high-speed railway to summarize the major innovative achievements through philosophical reflections. Seven lessons are drawn from Chinese experiences as following: (1) To focus on the overall situation and evaluate the relationship between an individual engineering unit and the entire engineering system; (2) To achieve progressive innovation while pursuing breakthrough innovation based on the practice; (3) To adhere to oneself and consider the relationship between technology import and independent innovation; (4) To cultivate innovation ability, and highlight the role of human resources in various elements; (5) To adhere to collaborative innovation and grasp the relationship among application, industry, university, and research institutes; (6) To take full advantages of the market system as well as the entire national system; (7) To open up and be self-dependent in order to assume more responsibilities to develop the high-speed rail network in the world. Lastly, it is expected that the Chinese railway practitioners continue forging ahead and dare to enter the "no man's land" to make crucial contributions for developing China's railway and the global railway.

Key Words: high-speed railway; technology import; self-dependent innovation; whole nation system